

原子力規制庁 殿

令和 6 年度放射線対策委託費  
(放射線防護基準値の設定方法  
に関する調査) 事業  
成果報告書

令和 7 年 3 月

日本エヌ・ユー・エス株式会社

本報告書は、原子力規制委員会原子力規制庁からの委託により実施した業務の成果を取りまとめたものです。

本報告書に関する問い合わせは、原子力規制庁長官官房技術基盤グループ放射線・廃棄物研究部門までお願いいたします。

## 目次

|       |                                          |     |
|-------|------------------------------------------|-----|
| 1     | 調査の概要.....                               | 1   |
| 1.1   | 全体概要.....                                | 1   |
| 1.2   | 調査の方法 .....                              | 1   |
| 1.2.1 | 航空飛行時被ばくに係る防護措置の導入状況に関する調査 .....         | 2   |
| 1.2.2 | 航空飛行時被ばくに係る国際民間航空機関 (ICAO) の要件等に関する調査 .. | 3   |
| 1.2.3 | 航空飛行時被ばくに係る防護措置の動向に関する調査 .....           | 3   |
| 1.2.4 | 本委託業務に関する成果の取りまとめ .....                  | 3   |
| 2     | 事業の成果.....                               | 4   |
| 2.1   | 航空飛行時被ばくに係る防護措置の導入状況に関する調査 .....         | 4   |
| 2.1.1 | 米国.....                                  | 4   |
| 2.1.2 | カナダ .....                                | 13  |
| 2.1.3 | 韓国.....                                  | 22  |
| 2.1.4 | Euratom（欧州原子力共同体） .....                  | 45  |
| 2.1.5 | 英国.....                                  | 50  |
| 2.1.6 | ドイツ .....                                | 74  |
| 2.1.7 | フランス.....                                | 89  |
| 2.1.8 | フィンランド.....                              | 104 |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 2.2 航空飛行時被ばくに係る国際民間航空機関（ICAO）の要件等に関する調査 | 113 |
| 2.2.1 ICAO の刊行物の体系                      | 113 |
| 2.2.2 航空飛行時被ばくの放射線防護に係る要件等              | 116 |
| 2.2.3 宇宙天気情報マニュアル                       | 118 |
| 2.2.4 ICAO における検討体制及び検討経緯、現在の動向等        | 120 |
| 2.2.5 IFALPA（国際エアラインパイロット協会連盟）          | 122 |
| 2.3 航空飛行時被ばくに係る防護措置の動向に関する調査            | 123 |
| 2.4 本調査のまとめ                             | 124 |
| 3 別添資料:中間報告書                            | 130 |

## 1 調査の概要

### 1.1 全体概要

我が国では、国際放射線防護委員会（ICRP）や国際原子力機関（IAEA）等で国際的に合意された放射線防護の考え方を尊重し、放射線防護基準値が設定されている。航空飛行時の宇宙放射線からの放射線防護に関しては、ICRP Publication 132（2016）や IAEA GSR Part 3（2014）において、参考レベルの選択や被ばくの管理について勧告又は要件が示されている。国内においては、放射線審議会が「航空機乗務員の宇宙線被ばく管理に関するガイドライン」（2006）を定め、航空事業者が自主的な取組として実施すべき対応方法を示している。

本事業では航空機の乗務員及び乗客の宇宙放射線からの被ばく（以下「航空飛行時被ばく」という。）に着目し、その放射線防護のための被ばく線量に係る基準値がいかにして放射線防護関係法令、ガイドライン等（以下「法令等」という。）（政府機関若しくは規制機関又はこれらが所管する有識者会議が定めたものに限る。以下同じ。）に導入されているか、被ばく線量の管理方法も含め、諸外国における事例について、我が国における今後の検討に資することを目的として、調査を行った。

調査項目は以下のとおりである。

- ・ 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等
- ・ 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等
  - 1) 法令等の適用範囲
  - 2) 法令等における被ばく線量に係る基準値
  - 3) 被ばく線量の管理方法
  - 4) 天文現象への対応方法
- ・ 法令等に関連する検討体制等
- ・ その他の関連情報

### 1.2 調査の方法

1.1 の調査項目について、以下の方法で調査し、整理した。

### 1.2.1 航空飛行時被ばくに係る防護措置の導入状況に関する調査

諸外国の法令等における、航空飛行時被ばくの放射線防護を目的とした被ばく線量に係る基準値や被ばく線量の管理方法の導入状況に関して、下記 1) から 4) の事項について公開情報に基づき調査した。また、妊娠期間における特別な措置の導入状況を対象に含めた。

調査対象は、原子力規制庁殿と協議したうえで、米国、カナダ、韓国、英国、ドイツ、フランス、フィンランド、Euratom とした。

#### 1) 適用範囲の調査

航空飛行時被ばくの放射線防護に関連する法令等を調査した上で、その法令等が適用される範囲（航空事業者等）及び放射線防護の対象となる個人（航空機の乗務員及び乗客）を調査した。調査においては、航空事業者等の運航路線、運航経路若しくは運航頻度又は航空機の乗務員若しくは乗客の飛行頻度の考慮（グレーデッドアプローチ）についても対象に含めた。

#### 2) 被ばく線量に係る基準値の調査

法令等に定められている被ばく線量に係る基準値とその位置付けを調査した。調査においては、国際紛争、自然災害等により通常とは異なる航路で運航する必要がある場合に、当該基準値の見直し又は弾力的な措置を講じるための定め及びこのような見直し又は措置の事例（2007 年以降のものに限る）についても対象に含めた。

#### 3) 被ばく線量の管理方法の調査

法令等に定められている被ばく線量の管理方法を調査した。調査においては、被ばく線量の評価、被ばく線量記録の保存、累積の被ばく線量の管理及び本人への被ばく線量の通知並びにこれらの責任の所在を対象に含めた。また、航空飛行時被ばくによる被ばく線量や健康影響などに関する教育、乗客への通知、一般に向けた広報等が定められているか、調査した。

#### 4) 天文現象への対応方法の調査

法令等において、航空飛行時被ばくの放射線防護の観点で、太陽フレア等の天文現象への対応（例：宇宙天気予報を踏まえた航路の変更）について定められているか調査した。

##### 1.2.2 航空飛行時被ばくに係る国際民間航空機関（ICAO）の要件等に関する調査

国際民間航空機関（ICAO）における航空飛行時被ばくの放射線防護に係る刊行物の体系及び刊行物における該当要件等を調査した。

##### 1.2.3 航空飛行時被ばくに係る防護措置の動向に関する調査

上記 1.2.1、1.2.2 の調査結果を踏まえ、諸外国の法令等における航空飛行時被ばくに係る防護措置及び ICAO の刊行物における航空飛行時被ばくの放射線防護に係る要件等に関して、ICRP や IAEA 等で国際的に合意された放射線防護の考え方及び最新の科学的知見の導入にあたって検討された事項や現在の動向について調査した。調査においては、本項の調査対象国及び ICAO における検討体制を対象に含めた。事業成果の向上・精緻化を図ることを目的として、調査内容に関連する国外の専門家への聞き取り調査を行った。専門家の選定にあたっては、各国の ICRP 委員及びその紹介によって決定した。聞き取り調査における結果は本報告書の中で「\*」で示した。

##### 1.2.4 本委託業務に関する成果の取りまとめ

上記 1.2.1、1.2.2、1.2.3 の成果を報告書にとりまとめた。中間報告書（2024 年 9 月 30 日付）は、別添資料に掲載した。

## 2 事業の成果

### 2.1 航空飛行時被ばくに係る防護措置の導入状況に関する調査

#### 2.1.1 米国

##### 2.1.1.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

米国の航空機乗務員に関する放射線防護において法的拘束力のある規制はないが、米連邦航空局（FAA）は法的拘束力のない勧告及びガイダンスを所掌している。

##### 2.1.1.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

米国では、連邦規則集（CFR）によって、太陽フレアが発生した場合の乗務員の放射線被ばく軽減を記載した運航規則(14CFR Part 121 Appendix P など)<sup>1</sup>が定められているものの、太陽フレアの他に、航空機乗務員の宇宙線被ばくの放射線防護に関連した法的拘束力のある法令はなかった。

一方で、法的拘束力のないガイダンス及び勧告が FAA から公表されている。

FAA は、労働安全衛生（OHA）方針に関して、FAA Order3900.19C<sup>2</sup>を発行している。FAA Order には、法的拘束力がなく、FAA 職員向けのガイダンス資料である。また、FAA Order に含まれる命令及び通知は、航空業界で参照することが可能である。FAA Order3900.19C では、米国労働安全衛生局（OHSA）による建設業における安全衛生規則 29 CFR § 1926.53<sup>3</sup>を遵守することを方針として記載されている。

また、FAA は、航空関係者に情報を体系的に伝える法的拘束力のない勧告（Advisory Circulars (AC)）を発表しており<sup>4</sup>、航空飛行時の放射線被ばくに関する AC No: 120-61B が 2014 年 11 月 21 日に公表された<sup>5</sup>。本 AC は、飛行機機内の電離放射線被ばくについて、乗

---

<sup>1</sup> CFR, 14CFR Part 121 Appendix P, <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-G/part-121#Appendix-P-to-Part-121>

<sup>2</sup> FAA, FAA Order3900.19C, (2019), [https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Order/FAA\\_Order\\_3900.19C.pdf](https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Order/FAA_Order_3900.19C.pdf)

<sup>3</sup> OHSA, 29 CFR § 1926.53,(1993), <https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2006-title29-vol8/pdf/CFR-2006-title29-vol8-sec1926-53.pdf>

<sup>4</sup> AC は、FAA の所掌する CFR（Title 14, Chapter 1）の主題分野と同様の番号体系で発行されている。

<sup>5</sup> FAA, Advisory Circular, AC No: 120-61B, (2014)., [https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory\\_circular/ac\\_120-61b.pdf](https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/ac_120-61b.pdf)



務員に情報を提供する航空事業者のプログラムを改善するために利用できる基本的な背景情報と、より詳細な情報源へのリンクを提供することを目的としている。また、AC No: 120-61B に参照される FAA のテクニカルレポート「DOT/FAA/AM-11/9 Ionizing Radiation in Earth's Atmosphere and in Space Near Earth」(2011)<sup>6</sup>についても、2021 年に「DOT/FAA/AM-21/8 Ionizing Radiation and Radiation Safety in Aerospace Environment」<sup>7</sup>へアップデートが行われている。

## 1) 法令等の適用範囲

AC No: 120-61B では、「航空分野では、商業飛行高度での銀河宇宙放射線が高レベルであるため、自然放射線源からの電離放射線は職業被ばくとみなされる」と結論付けられている。航空における放射線源については 5 項 b 節に、以下のとおり記載されている。

Advisory Circular No: 120-61B

### 5.SOURCES OF EXPOSURE.

#### b.Sources in Aviation.

航空分野では、商業飛行高度における銀河宇宙放射線が高レベルであるため、自然放射線源からの電離放射線は職業被ばくとみなされる。原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）は 2000 年報告書で、航空機乗務員の年間平均実効線量は 3 ミリシーベルト（mSv）で、被ばくが 4 番目に多い従業者のグループとしている。重要度の低い放射線源としては、太陽宇宙放射線、放射性物質の輸送、放射性ガスの雲、雷に関連する非常に稀な地上ガンマ線フラッシュ（TGF）などがある。（後略）

なお、AC No: 120-61B の「4.RELATED READING MATERIALS」で引用されている連邦官報（Federal Register）に掲載されている職業被ばくに関する連邦機関への放射線防護ガ

---

<sup>6</sup> FAA, DOT/FAA/AM-11/9, (2011), <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/20607>

<sup>7</sup> FAA, DOT/FAA/AM-21/8, (2021), [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/data\\_research/research/med\\_humanfacs/aeromedical/202108.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/data_research/research/med_humanfacs/aeromedical/202108.pdf)

イダンス、環境保護庁の勧告の承認<sup>8,9)</sup>は、仕事の過程で放射線に被ばくするすべての労働者に適用される職業被ばくを制限するための一般原則を示し、数値的な指針（成人の場合、実効線量当量 50 mSv/年、妊娠中の女性では 5mSv/妊娠期間中など）を示している<sup>10)</sup>。

## 2) 法令等における被ばく線量に係る基準値

FAA は、アメリカ産業衛生専門家会議（ACGIH）の最新の勧告<sup>11)</sup>を受け入れており、以下のとおり線量限度を勧告している。

Advisory Circular No: 120-61B

### 7. RECOMMENDED LIMITS.

FAA は、ACGIH の最新の勧告を受け入れている。妊娠していない航空機乗務員に対して、FAA が勧告する電離放射線への被ばく限度値は、ICRP が勧告する限度値と同様である。

#### b. Recommended Exposure Limit.

勧告される電離放射線の職業被ばく限度は、5 年間の平均実効線量が 20 mSv/年であり、かつ 50 mSv/年を超えない。医療処置や歯科処置の一環としての放射線被ばくは、推奨される限度値の対象ではない。また、これらの限度値は、その線量が耐えられないとみなされるしきい値ではなく、許容可能な上限値であることに注意することが重要である。この許容上限は、現在のリスク係数に基づいており、また、被ばくに伴う健康リスクが通常安全と考えられる産業界のリスクを超えないように線量を制限したいという要望にも基づいている。

#### c. Pregnancy and Exposure

<sup>8</sup> EPA（ただし AC No: 120-61B では、「U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration」と記載）、The President Radiation Protection Guidance to Federal Agencies for Occupational Exposure, (1987), <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/52-fr-2822.pdf>

<sup>9</sup> EPA, Federal Guidance for Radiation Protection, <https://www.epa.gov/radiation/federal-guidance-radiation-protection>

<sup>10</sup> この EPA ガイドラインは「Federal Guidance Policy Recommendation（連邦の施政方針）」に相当し、米国連邦政府機関に対して、職業被ばくに関する防護法令等を策定するときの勧告事項である。

<sup>11</sup> ACGIH, LVs and BEIs: Based on the documentation of the threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices, <https://www.acgih.org/science/tlv-bei-guidelines/>

妊娠中の女性は、他の医学的及び個人的な懸念事項に加えて、胎児の電離放射線被ばく限度値を考慮すべきである。妊娠中の乗務員の場合、7b 項の通常の職業被ばく限度値に加え、FAA は胎児への電離放射線被ばくを 0.5 mSv/月以下に制限することを推奨する。妊娠中の放射線被ばくに関する 2 つのテクニカルレポートは、以下のリンクから閲覧可能である：

(1) 「妊娠中の航空旅行」（米国産科婦人科学会発行）：

<http://www.acog.org/~media/Committee%20Opinions/Committee%20on%20Obstetric%20Practice/co443.pdf?dmc=1&ts=20120402T1214440751>.

(2) 「妊娠中の航空機乗務員の銀河宇宙線被ばく II」

(FAA テクニカルレポート DOT/FAA/AM-00/33)：

[https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/data\\_research/research/med\\_humanfacs/aeromedical/00\\_33.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/data_research/research/med_humanfacs/aeromedical/00_33.pdf)

FAA Order3900.19C<sup>12</sup>及び AC No: 120-61B での線量限度を表 1 に示す。

表 1 FAA Order3900.19C 及び 120-61B に記載される線量限度

| 法令・ガイドライン等        | 対象                      | 限度                                |
|-------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| FAA Order3900.19C | 全身、頭、胴体、上腕部、大腿部         | 5 rem(50 mSv)/年<br>外部被ばくと内部被ばくの合計 |
|                   | 水晶体                     | 15 rem(150 mSv)/年                 |
|                   | 手、肘、前腕、足、膝、下腿           | 50 rem(500 mSv)/年                 |
|                   | 皮膚 (1 cm <sup>2</sup> ) | 50 rem(500 mSv)/年                 |
|                   | 診断された妊婦                 | 妊娠期間中に 0.5 rem (5 mSv)            |

<sup>12</sup> FAA Order3900.19C では、職業上の放射線被ばくについて放射線防護基準（10CFR Part 20）が参照されている。

|         |            |                                          |
|---------|------------|------------------------------------------|
| 120-61B | 成人の実効線量    | 5 rem(50 mSv)/年                          |
|         | 眼の水晶体      | 15 rem(150 mSv)/年                        |
|         | その他の臓器     | 50 rem(500 mSv)/年                        |
|         | 18 歳未満の作業者 | 0.5 rem(5 mSv)/年<br>※成人の 10 分の 1         |
|         | 妊娠中の作業者    | 0.5 rem(5 mSv)/妊娠期間<br>※DOT/FAA/AM-00/33 |

### 3) 被ばく線量の管理方法

FAA は、フライト中の銀河宇宙線（太陽粒子事象を除く）による実効線量を推定できる CARI プログラムを提供している。

CARI-7 は FAA のウェブサイト上で、ウェイポイントで定義された飛行経路と最短経路（測地線）の飛行経路の両方に対応していると紹介されている。また、航路や特定の場所での粒子線量の計算も可能であり、高度制限は 300,000 ft (90,000 m) である<sup>13</sup>。

FAA の AC No: 120-61B では、CARI プログラムを用いた飛行中の被ばく線量計算を実施することを推奨しており、CARI-6 と CARI-6M の 2 種類が紹介された。また、太陽粒子事象による実効線量を推定できる FAA のプログラムまたはウェブサイト／アプリケーションはないと AC No: 120-61B の 9A に明記されている。

CARI-6 は、世界中の任意の 2 空港の間の大圏コースを想定した被ばく線量の計算と、高度 60,000 ft (18,000 m) までの大気中の任意の場所における銀河宇宙線の実効線量率の計算が可能であると説明された。一方で、CARI-6M は出発地と目的地の空港の間の大圏コースを必要とせず、航空路のウェイポイントの高度と地理座標を入力することで飛行経路を指定することが可能である。

また、FAA は、被ばく管理について ALARA の原則に基づくべきであることを示している。

---

<sup>13</sup> FAA, CARI-7 and CARI-7A,  
[https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/aeromedical/radiobiology/cari7](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/aeromedical/radiobiology/cari7)

#### 4) 天文現象への対応方法

米国において、航空機乗務員の天文現象への対応に関する規定は 14CFR Part 121 Appendix P 及び 14CFR Part 135 Subpart B, 135.98<sup>14</sup> に記載されている。アラスカ州内運航を除く北極圏・南極圏を通過する場合は FAA の承認が必要であり、「太陽フレア活動時の乗務員の放射線被ばくを軽減するため行動計画」が承認時に必要となる。

また、AC No: 120-61B「6.EXPOSURE VARIABLES.」では、飛行中に受ける銀河宇宙放射線による被ばく量が、飛行時間、高度、緯度、太陽活動によって異なることを説明しており、飛行時に高緯度で放射線被ばくが懸念される地域では、太陽放射線警報が発令された場合、高度を下げての飛行へ迅速に対応可能であるならば被ばく線量を大幅に減らすことができることが紹介されている。

上記の他、以下の機関では、太陽粒子現象の予測を可能とするツールを提供している。

- ・ 米航空宇宙局 (NASA) の大気電離放射線ナウキャスト (NAIRAS)
- ・ 米国海洋大気庁 (NOAA) の宇宙天気予報センターの航空コミュニティ・ダッシュボード

NOAA の宇宙天気予報センターから提供されるデータは、FAA の民間航空宇宙医学研究所 (CAMI) が開発した太陽放射線アラートシステムにも使われており、地球大気中に高線量の電離放射線をもたらす可能性のある太陽の擾乱が始まったことを利用者に警告すると AC No: 120-61B で紹介されている。

##### 2.1.1.3 法令に関連する検討体制等

AC No: 120-61B は EPA の 52FR2822 職業被ばくに関する勧告を参照しており、520-61 には ICRP Publication 26 に記載されている線量限度と ALARA の考え方などを採用している。DOT/FAA/AM-21/8 Ionizing Radiation and Radiation Safety in Aerospace Environment (2021)<sup>15</sup>では FAA が職業被ばくについて ICRP Publication 103 と米国放射線防護審議会 (NCRP) の NCRP Report 174 を引用し、ICRP と NCRP の勧告を組み合わせた値 (limit) を引き続き推奨すると記載している。DOT/FAA/AM-00/33 では妊娠している乗

---

<sup>14</sup> CFR, 14CFR Part 135 Subpart B, <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-G/part-135/subpart-B>

<sup>15</sup> FAA, DOT/FAA/AM-21/8, (2021), [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/data\\_research/research/med\\_humanfacs/aeromedical/202108.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/data_research/research/med_humanfacs/aeromedical/202108.pdf)

務員の線量限度は、ICRP Publication 75 における職業被ばくの線量限度を引用している<sup>16</sup>。

#### 2.1.1.4 その他の関連情報

米国は ICAO 条約に加盟している。FAA より公表されている、米国の規制や要件について、ICAO Standards との比較が行われた資料によると、ICAO Annex 6 Operation of Aircraft, Chapter 6 Reference 6.12 との比較を実施した結果、宇宙線を測定するための測定機器は不要であるとの判断が示されている<sup>17</sup>。

FAA はフライトによる放射線被ばくに関する報告書をまとめている<sup>18</sup>。航空宇宙環境における電離放射線と放射線安全、飛行中の放射線被ばくに関する乗務員の訓練、妊娠中の放射線被ばく、太陽放射線警報システムなどのタイトルでまとめられた最新のレポートを 2021 年に公表した。また FAA は航空機乗務員の健康と安全に関する医療トピックをウェブサイト上で公開しており<sup>19</sup>、国立労働安全衛生研究所（NIOSH）の宇宙線の情報をまとめたページ<sup>20</sup>を参照している。

米国疾病予防管理センター（CDC）による航空機乗務員の健康に関するアドバイスが、CDC イエローブック（CDC による国際旅行のための保健情報・健康情報）2024<sup>21</sup>にまとめられているが、宇宙線の被ばくに関する項目は確認できなかった。一般の旅行者向けへのアドバイスでも宇宙線の被ばくに関する項目は確認できなかった<sup>22</sup>。

NCRP が発行したレポート 132 「地球低軌道における活動のための放射線防護ガイダンス

---

<sup>16</sup> FAA, DOT/FAA/AM-00/33, (2000), [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/data\\_research/research/med\\_humanfacs/aeromedical/00\\_33.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/data_research/research/med_humanfacs/aeromedical/00_33.pdf)

<sup>17</sup> FAA, GEN 1.7 Differences From ICAO Standards, Recommended Practices and Procedures, [https://www.faa.gov/air\\_traffic/publications/atpubs/aip\\_html/part1\\_gen\\_section\\_1.7.html](https://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/aip_html/part1_gen_section_1.7.html)

<sup>18</sup> FAA, Reports on Radiation Exposure During Air Travel, [https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/aeromedical/radiobiology/reports](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/aeromedical/radiobiology/reports)

<sup>19</sup> FAA, Aircrew Health and Safety Medical Topics, [https://www.faa.gov/travelers/fly\\_safe/health/aircrew](https://www.faa.gov/travelers/fly_safe/health/aircrew)

<sup>20</sup> NIOSH, AVIATION SAFETY and HEALTH Aircrew and Cosmic Ionizing Radiation, [https://www.cdc.gov/niosh/aviation/prevention/aircrew-radiation.html?CDC\\_AAref\\_Val=https://www.cdc.gov/niosh/topics/aircrew/cosmicionizingradiation.html](https://www.cdc.gov/niosh/aviation/prevention/aircrew-radiation.html?CDC_AAref_Val=https://www.cdc.gov/niosh/topics/aircrew/cosmicionizingradiation.html)

<sup>21</sup> CDC, Advice for Aircrew, CDC Yellow Book 2024, <https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2024/work-and-other-reasons/aircrew>

<sup>22</sup> CDC, The International Business Traveler, CDC Yellow Book 2024, <https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2024/work-and-other-reasons/international-business>

「(Radiation Protection Guidance for Activities in Low-Earth Orbit)」は、宇宙空間における放射線環境、特に地球低軌道 (LEO) 上の宇宙船内の放射線環境に関する情報を検討することを目的としている<sup>23</sup>。また、NCRP のレポート 180「電離放射線被ばくの管理：米国の放射線防護ガイダンス (Management of Exposure to Ionizing Radiation: Radiation Protection Guidance for the United States)」では、職業被ばくに関する章で太陽・銀河宇宙放射線について以下のとおり言及しており、太陽・銀河宇宙放射線による被ばくを飛行機のパイロット及び乗務員の職業被ばく線量に含めて管理するべきと記載されている<sup>24</sup>。

NCRP REPORT No. 180: Management of Exposure to Ionizing Radiation: Radiation Protection Guidance for the United States (2018)

5.2 Occupational Exposure

5.2.1.4 Solar and Galactic Cosmic Radiation

NCRP (2009) では、米国人口の放射線被ばくに関する報告書の中で、民間航空機の操縦室及び客室の乗務員は、年間平均実効線量が最も高い可能性のある職業集団であると述べている。これらの航空機乗務員（原文中では民間航空機の乗務員、貨物機や企業用航空機のパイロット）は、通常モニタリングされていない。実効線量は、様々な飛行ルートと高度における太陽及び銀河宇宙放射線被ばくの計算に基づいて推定される。この被ばくは、これらの人々に要求される職業活動から生じるものであるため、職業被ばくとみなされ、そのように管理されるべきである。

ICRP Publication 132 では、航空飛行時の太陽・銀河宇宙放射線被ばくに対する防護体系の適用について有益な議論を提供している。

FAA の AC No: 120-61B の 5B では、ICRU の平均太陽活動 (2000 年 1 月)、静穏太陽条件 (KP=0) における航空事業者 27 社の片道直行便のフライトデータと CARI-7 で計算した実効線量をまとめており、この結果は米国を拠点とする国内及び国際路線の推定線量を示している<sup>25</sup>。その他、電離放射線被ばくに関連する健康影響、がんリスクについても説明され

<sup>23</sup> NCRP, NCRP Report No. 132, (2000), Radiation Protection Guidance for Activities in Low-Earth Orbit, <https://ncrponline.org/publications/reports/ncrp-reports-132/>

<sup>24</sup> NCRP, NCRP Report No. 180, Management of Exposure to Ionizing Radiation: Radiation Protection Guidance for the United States, (2018), <https://ncrponline.org/shop/reports/report-no-180-management-of-exposure-to-ionizing-radiation-radiation-protection-guidance-for-the-united-states-2018-2018/>

<sup>25</sup> 本記載は、AC No: 120-61B の 5B にあり、参照元である ICRU の情報は確認できなかった。

ている。

#### 2.1.1.5 米国のまとめ

米国における航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下のとおりまとめる。詳細については、表 8 に記載した。

1. 適用範囲：CFR では、太陽フレアが発生した場合の乗務員の放射線被ばく軽減に関する規則(14CFR Part 121 Appendix P 及び 14CFR Part 135 Subpart B, 135.98) が定められているが、それ以外に航空機乗務員の放射線防護に関して、法的拘束力のある法令が規定されていない。しかし、FAA は適用対象事業者を航空事業者、防護の対象となる個人を航空機乗務員とする法的拘束力のない勧告 (AC No: 120-61B) を 2014 年 11 月に公表している。この勧告では、「航空分野では、商業飛行高度での銀河宇宙放射線が高レベルであるため、自然放射線源からの電離放射線は職業被ばくとみなされる」と結論付けている。以下の 2~4 はこの勧告についてまとめた。
2. 被ばく線量に係る基準値：FAA は AC No:120-61B で、電離放射線の職業被ばく限度が、5 年間の平均実効線量が 20 mSv/年であり、かつ 50 mSv/年を超えないこと、妊娠中の乗務員の場合、通常の職業被ばく限度値に加え、胎児への電離放射線被ばくを 0.5 mSv/月以下に制限することを記載している。
3. 被ばく線量の管理方法：勧告では、CARI プログラムを用いた飛行中の被ばく線量計算を実施することを推奨しており、このプログラムはフライト中の銀河宇宙線（太陽粒子事象を除く）による実効線量を推定できる。また、被ばく管理は ALARA の原則に基づくべきであると強調されている。
4. 天文現象への対応方法：航空機乗務員の天文現象への対応に関する規定は 14CFR Part 121 Appendix P 及び 14CFR Part 135 Subpart B, 135.98 に記載されている。アラスカ州内運航を除く北極圏・南極圏を通過する場合は FAA の承認が必要であり、「太陽フレア活動時の乗務員の放射線被ばくを軽減するため行動計画」が承認時に必要となる。なお AC No:120-61B では、具体的な被ばく低減に関する記載がある。



## 2.1.2 カナダ

### 2.1.2.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

カナダの航空機乗務員に関する放射線防護において法的拘束力のある規制はないが、カナダ運輸省は法的拘束力のない勧告を所掌している。

### 2.1.2.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

カナダでは航空機乗務員に関する放射線防護の法令での規定はない。一方でカナダ運輸省は 2001 年 4 月 5 日付で「航空機に搭乗する従業員の宇宙放射線被ばくを管理するための措置」と題する商業・ビジネス航空に対する勧告 (Commercial and Business Aviation Advisory Circulars, CBAAC#0183) を公開した<sup>26</sup> (現在公開されているのは 2006 年 4 月 28 日付の勧告である)。CBAAC の内容は一般市民 (乗客) を拘束するものではなく、法的拘束力はない。一方、同勧告では航空事業者に対し、航空機内で働く従業員の宇宙放射線被ばくを管理するためのプログラムを作成するよう勧告している。また、航空事業者は CBAAC に含まれる推奨対策を自主的に実施することができるが、カナダ運輸省は将来的に法令を策定し、規制する意向である<sup>26</sup>。

以降に記載する情報は、CBAAC#0183 に示された勧告内容である。

#### 1) 法令等の適用範囲

CBAAC#0183 では、カナダの航空事業者に対し、航空機乗務員の被ばくを管理するための対策を講じることを強く求めている。

対策は以下の 12 項目である。1.職業被ばくとしてみなすこと、2.宇宙放射線による職業被ばく (年間 20 mSv) の制御、3.介入 (intervention) レベルの導入、4.線量 (Dose level = 1 mSv) の適用、5.被ばくの制御 (被ばく時間、高度、緯度、つまり飛行時間、低高度及び南緯の飛行の管理)、6.被ばく超過の場合の対策、7.線量のモニタリング (予測及び定期的な実測)、8.コンピュータプログラム (code) の利用、9.線量記録、10. 運航に従事していない航

---

<sup>26</sup> カナダ運輸省, Commercial and Business Aviation Advisory Circular (CBAAC) No. 0183R, (2006), <https://tc.canada.ca/en/aviation/reference-centre/commercial-business-aviation-advisory-circulars/commercial-business-aviation-advisory-circular-cbaac-no-0183r>

空機乗務員が別空港に輸送される際は職業被ばくとして記録すること、11.妊娠中の従業員への対応、12.従業員への情報提供。

一方で、乗客を対象とした線量に係る基準はなく、CBAAC#0183 の勧告にも記載はない。

## 2) 法令等における被ばく線量に係る基準値

CBAAC#0183 では以下のように記載されている（勧告 1 及び 2）。

乗務員が年間 1 mSv を超える被ばくを受ける可能性が高い航空事業者は、従業員への宇宙放射線による職業被ばくが生じているとみなし、この被ばくを管理するための対策を講じる必要がある。

線量は、経済的要因と社会的要因を考慮して、「合理的に達成できる限り低く」（ALARA 原則として知られる）抑える必要がある。現在の慣行では、航空機乗務員が推奨される年間線量限度の 20 mSv を超える可能性は低いですが、個々の航空機乗務員の被ばくを制御する手順を開発し、関連するリスクを最小限に抑える必要がある。カナダ運輸省は、カナダの航空事業者が年間線量限度を 20 mSv に設定することを勧告している。この限度値は ICRP Publication 60 に準拠した数値である。

また、介入レベルについても勧告されている（勧告 3）。

介入レベルとは、特定の防護措置または是正措置が講じられるレベルである。前述のとおり、現状では航空機乗務員が年間被ばく線量レベルの 20 mSv に達する可能性は低いですが、介入レベルとして 6 mSv を採用することが勧告される。このレベルは、欧州共同体の一部の国で使用されている介入レベルに相当し、近い将来他の国でも使用される可能性がある（2006 年現在）。6 mSv の介入レベルは、原子力作業員の 20 mSv 限度の 3/10 を使用して設定される。このレベルは、原子力作業員の限度を十分に下回るレベルでも何らかの介入を行わなければならないという ALARA 原則にも沿うレベルである。従業員の年間被ばく線量が 6 mSv に近づくと、航空事業者は、年の残りの期間中のその後のフライトで追加の被ばくがわずかになるように、従業員の勤務スケジュールを調整する措置を講じる。これらの措置は、カナダ労働法典第 II 部に従って、安全衛生方針委員会（Policy Health and Safety Committee）、または方針委員会がない場合は職場安全衛生委員会（Work Place Health and Safety Committee）と協議して策定されるべきである。

さらに、妊娠中の航空機乗務員について以下の記載がある（勧告 11）。

従業員は妊娠に気付いたら、すぐに経営陣に報告すべきである。妊娠中は、放射線感受性の高い胎児を守るために、より低い線量限度が適用される。経営陣に報告した後、妊娠中の従業員の労働条件は、妊娠の残りの期間に胎児への追加の等価線量が 1 mSv を超えないようにすべきである。これにより、胎児に対する許容可能なレベルの保護が提供される。妊娠中の乗務員を、妊娠が終了する十分前に年間被ばく量が 1 mSv 未満のフライトに配置するか、地上業務に配置することで、宇宙放射線被ばくを十分に制御できるはずである。これらの措置は、胎児の健康を心配する妊娠中の従業員は、医師がリスクの有無を判断するまで職務を遂行することを中止できるという、カナダ労働法典第 II 部の規定に対応する。リスクがある場合、従業員は他の職務に再配置される可能性がある。

### 3) 被ばく線量の管理方法

CBAAC#0183 には勧告 7 に被ばく線量の管理方法に関する記載がある。

高高度における宇宙放射線場は複雑であるが、高性能の測定器群によって一旦測定されれば、既知のものとなる。また、航空機内の放射線のフラックスは非常に均一なので、個人モニタリングは必要ない。

従業員の被ばく量を予測するには、既存の経路線量データを使用することが勧告されている。各フライトで受ける線量をモニタリングすることは有用かもしれないが、フライト線量を従業員の記録と照合するのはロジスティックス上の困難がある。検証のために、定期的にエリアモニタリングまたは個人線量測定を行うべきである。

高度 50,000 ft (15 km) 以上を飛行する航空機には、エリアモニタリング装置を装備するか、衛星または地上局からモニタリング情報を取得して航路線量を測定すべきである。こうすることで、太陽フレア活動によって線量率が上昇した場合に回避行動を取ることが可能になる。

また、線量記録については CBAAC#0183 の勧告 9 に記載がある。

コンピュータプログラム (code) を使用することで、航空事業者は、1 mSv/年を超える可能性のある乗務員ごとの累積線量の記録を永久に保存できるようになる。この記録

は、従業員の許可を得た上で、従業員とその代理人に公開するべきである。

航空事業者は、従業員の線量記録が、国立線量登録局とカナダ運輸省が決定した形式と頻度で、国立線量登録局（National Dose Registry）に送信されるようにすべきである。国立線量登録局は、カナダで電離放射線被ばくのモニタリングを受けているすべての労働者の線量記録を含むデータベースである。このデータは、規制当局が現行規制の遵守状況をモニターするために、またカナダ保健省が職業上の放射線被ばくに関するレポートの発行と疫学研究に使用し、従業員の要求に応じて開示される。登録局の所在地は以下のとおり。

カナダ保健省放射線防護局（住所省略）

2001～2002年にカナダ運輸省の研究によるコンピュータコードが利用可能になれば、航空事業者は日常業務で使用する線量管理システムを開発できるようになる。線量記録は従業員用に保管され、カナダ運輸省は、国立線量登録局と調整を行い、従業員向けの説明会を開催する予定である。

放射線防護規則（Radiation Protection Regulations）（SOR/2000-203）第 24 条では、「(2) 全ての許認可取得者は、放射線量の記録を管理し、その記録を、その情報を収集した日から 5 年後まで保存しなければならない。」とされている<sup>27</sup>。また、国立線量登録局における線量関連情報の変更に関するガイドライン（Guidelines for Making Changes to Dose-Related Information in the National Dose Registry）によると、登録される「線量情報には、年間サマリー、個別線量の詳細、累積線量の合計、線量履歴、線量の種類（全身、四肢、実効線量、等価線量）、妊娠中の労働者の線量情報が含まれる。」とされている<sup>28</sup>。

非運航乗務員及び通勤のために搭乗する乗務員などについては、CBAAC#0183 の勧告 10 に記載がある。

年間被ばく線量が 1 mSv を超えるフライトで別の基地に移動する非運航乗務員も、移動中で実際にはそのフライトに携わっていなくても、職業被ばくとして被ばく線量を記録すべきである。同様に、航空機で通勤する人や、勤務中でなく本拠地に戻る人（フェリ

<sup>27</sup> Canadian Nuclear Safety Commission, Radiation Protection Regulations, (2000), <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2000-203/page-2.html#h-656957>

<sup>28</sup> Health Canada, Guidelines for Making Changes to Dose-Related Information in the National Dose Registry, (2006), <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/health-risks-safety/guidelines-making-changes-national-dose-registry.html>

ーフライト) も、被ばく線量を記録すべきである。

#### 4) 天文現象への対応方法

カナダ運輸省による「双発機による長距離進出運航 (ETOPS) 承認のための安全基準 - TP 6327」において、航空機の運航に影響を及ぼす可能性のある太陽フレア活動や宇宙放射線が知られている地域、又は予想される地域を回避するよう計画されなければならないとの記載がある。具体的な記載は以下のとおり<sup>29</sup>。

##### 3.4.4 通信設備及び航法設備

- 6) 航空機の運航に影響を及ぼす可能性のある、太陽フレア活動、宇宙放射線、電波ブラックアウトの知られている地域、または予想される地域で運航される予定のフライトは、航空事業者の運航マニュアルに定められた基準に基づき、これらの地域を回避するように計画されなければならない。

##### 3.4.6 ETOPS 代替空港

- 6) 運航管理者及び運航乗務員は、ETOPS 代替空港の選択を計画または承認する場合、フライトのパフォーマンスに影響を与える可能性のある太陽フレア、宇宙放射線、及び電波ブラックアウト活動の影響を考慮しなければならない。

2012 年 1 月には、大規模な太陽嵐が地球の大気圏に衝突したため、エア・カナダは宇宙放射線による被ばくの防護策として 飛行経路を変更 (北緯 70 度寄り北側を回避) したと報道されている<sup>30</sup>。ただしカナダ運輸省の HP での掲載は確認できていない。

なお、CBAAC#0183 では、関連する記載は以下のとおりである。(勧告 5、勧告 6)。

飛行中の航空機の被ばく源は制御できないため、唯一実行可能な制御手段は、被ばく時間、高度、緯度、つまり飛行時間、低高度及び南緯の飛行を管理することである。さらに、将来的に非常に高い高度 (50,000 ft 以上) で長時間飛行する場合は、太陽活動サイクル

<sup>29</sup> Safety Criteria for Approval of Extended Range Twin-Engine Operations (ETOPS) - TP 6327, (2007), <https://tc.canada.ca/en/aviation/publications/safety-criteria-approval-extended-range-twin-engine-operations-etops-tp-6327>

<sup>30</sup> Solar storm forces Air Canada to reroute flights, (2012), <https://nationalpost.com/news/canada/air-canada-flights-rerouted-as-a-precaution-after-massive-solar-storm>

の極大期に太陽フレアによる散発的な被ばくが発生する可能性があるため、何らかの追加制御手段が必要となる。

被ばく源は比較的一定しており、偶発的な個人への過剰被ばくは起こりにくい。例外は、まれに発生する太陽フレアで、航空機乗務員が高い放射線量を受ける可能性がある。しかし、非常に高い高度を飛行する航空機には線量率計を装備するか、衛星や地上局からモニタリング情報を受け取るべきである。太陽フレアは突然発生する可能性があるが、航空機の高度をその場に応じて下げるなどの回避行動をとることで、線量を下げることができる。特に早期警戒情報は、米国宇宙環境センターのウェブサイト ([http://www.absoluteastronomy.com/topics/Space\\_Environment\\_Center](http://www.absoluteastronomy.com/topics/Space_Environment_Center)) で入手可能である。

### 2.1.2.3 法令に関連する検討体制等

CBAAC#0183（背景）には以下のように記載されている。

カナダ運輸省の指導の下、カナダ航空運輸協会（ATAC）は、カナダ王立陸軍大学（RMC）とオタワ国防研究施設（DREO）が 1996 年 8 月から 1998 年 1 月にかけて実施した研究（カナダ航空機乗務員放射線環境研究（Canadian Aircrew Radiation Environment Study, CARES））の第 1 段階を一部後援した。この調査は、選ばれた大手航空事業者、地域航空事業者、チャーター航空事業者の従業員と経営陣の協力を得て実施された。調査の目的は、経路線量（周辺線量当量）を記録することであった。この報告書では、これらのデータをその報告年（すなわち、銀河宇宙放射線が極大であった時期）のフライトスケジュールのデータと組み合わせることにより、選定された航空機乗務員の年間被ばく量が推定された<sup>31</sup>。また、報告書は、同様の方法で個人も自分の被ばくを推定できるように書かれていた。

CARES の研究では、高度、緯度が高く、飛行時間が長いほど、乗務員の被ばくが大きくなることが判明した。例えば、平均高度 35,000 ft、総飛行時間 10.5 時間（太陽活動極小期）の北京からバンクーバーへのルートで、測定された最大周辺線量当量は 0.052 mSv であった。高高度で測定された自然バックグラウンドの宇宙放射線場からの線量率は、通常、地上で経験する線量率の 100 倍以上である。この研究で選ばれた航空機乗務員は、（太陽周期の所定の

---

<sup>31</sup> Cosmic Radiation Exposure of Aircrew Project Report, Volumes 1 and 2, Royal Military College of Canada, (2000),  
2025 年 3 月 17 日現在、本報告書の公開は確認できない。

測定期間において) 年間 1~6 mSv の周辺線量当量にさらされていた。実際、このレベルの被ばくは、医療従事者や原子力作業員など、カナダで職業放射線被ばくのモニタリングを受けている作業員が受けるものと同程度である。カナダ保健省の放射線防護局 (RPB) は、宇宙放射線被ばくの影響を評価するために調査結果を分析し、そのような被ばくを管理するために航空事業者が取るべき対策を勧告した<sup>32</sup>。

カナダ運輸省航空労働安全衛生局は、CARES 研究にアドバイザーとして参加した。さらに、この研究を通じて、RMC/DREO、RPB、航空事業者、労働組合の間の連絡事務所としての役割も果たした。カナダ運輸省は航空機乗務員の宇宙放射線被ばくプロジェクトである第 2 段階の資金援助にも参加し、2006 年現在、第 3 段階の資金援助にも参加した。

RMC/DREO の研究及び RPB による宇宙放射線被ばくの影響評価に基づき、カナダ運輸省は、カナダの航空事業者に対し、年間 1 mSv を超える可能性に基づいて、従業員の宇宙放射線被ばくを管理するためのプログラムを策定するよう CBAAC#0183 を勧告した。

#### 2.1.2.4 その他の関連情報

<CBAAC#0183 における従業員向けの情報提供 (勧告 12) >

宇宙放射線被ばくの潜在的リスクと、そのリスクを最小限に抑えるための対策について従業員に周知徹底するのは、雇用主、この場合は航空事業者の責任である。この情報をどのように提示するかは、職場の安全衛生委員会 (work place health and safety committee) で合意する必要がある。

特に重要なのは、妊娠中の被ばく線量を管理する必要性と、必要な被ばく線量管理対策を導入できるよう、できるだけ早く経営陣に通知する必要があることを女性従業員に知らせることである。

<本ガイドラインの位置づけ>

本ガイドラインに示される対策は、航空機内で働く従業員の健康を保護するための自

---

<sup>32</sup> カナダでは、国家線量登録をカナダ保健省の放射線防護局が管理している。  
Health Canada, National Dose Registry, <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/health-risks-safety/radiation/national-dose-registry.html>

主的なプログラムの開発において、航空事業者を支援するために提供されている。航空機乗務員の宇宙放射線被ばくをモニタリング及び制御するプログラムを開発する航空事業者は、そのプログラムの存在を運輸省に通知し、情報提供のためにコピーを運輸省に送付すべきである。航空事業者は、プログラムの開発に関するガイダンスや詳細情報を運輸省に求めることもできる。

カナダは ICAO 条約に加盟しており、カナダ運輸省が航空機乗務員に関して文書 (Aeronautical Information Manual (TC AIM)) <sup>33</sup>を 2024 年 3 月に発行しているが、その文書では放射線に関する要求の対応について明記されていない。

#### 2.1.2.5 カナダのまとめ

カナダにおける航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下のとおりまとめる。詳細については、表 8 に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は法令等では規定されていないが、カナダ運輸省が商業・ビジネス航空に対する法的拘束力のない勧告 (CBAAC#0183) を 2006 年 4 月に公表している。この勧告では、適用対象事業者を航空事業者、防護の対象となる個人を航空機内で働く従業員として、この従業員の宇宙放射線被ばくを管理するためのプログラムの作成を求めている。以下の 2～4 は、この勧告をまとめている。
2. 被ばく線量にかかる基準値：勧告では、乗務員が年間 1 mSv を超える被ばくを受ける可能性が高い航空事業者は、従業員への宇宙放射線による職業被ばくが生じているとみなし、被ばく管理の対策を講じる必要がある。ここで、カナダ運輸省は、カナダの航空事業者の年間線量限度を 20 mSv に設定することを勧告している。  
また、従業員の年間被ばく線量が 6 mSv に近づくと、航空事業者は、年の残りの期間中でのフライトによる追加の被ばくがわずかになるように、従業員の勤務スケジュールを調整する措置を講じることと勧告している。また、妊娠中は、より低い線量限度が適用され、妊娠の残りの期間に胎児への追加の等価線量が 1 mSv を超えないようにすることが勧告されている。
3. 被ばく線量の管理方法：従業員の被ばく量を予測するためには、既存の経路線量データを

---

<sup>33</sup> Transport Canada, Transport Canada Aeronautical Information Manual (TC AIM), (2024), [https://tc.canada.ca/sites/default/files/2024-03/aim-2024-1\\_gen-e.pdf](https://tc.canada.ca/sites/default/files/2024-03/aim-2024-1_gen-e.pdf)



使用することが勧告されているが、高度 50,000 ft 以上を飛行する場合は、エリアモニタリング装置を装備するか、衛星又は地上局からモニタリング情報を取得して航路線量を測定すべきことが勧告されている。線量記録は国立線量登録局で管理される。

4. 天文現象への対応方法：「双発機による長距離進出運航（ETOPS）承認のための安全基準 TP 6327」において、航空機の運航に影響を及ぼす可能性のある、太陽フレア活動、宇宙放射線、電波ブラックアウトの知られている地域、または予想される地域で運航される予定のフライトは、航空事業者の運航マニュアルに定められた基準に基づき、これらの地域を回避するように計画されなければならない、と規定されている。

### 2.1.3 韓国

#### 2.1.3.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

韓国の放射線防護に関連する規制を担うのは、原子力規制機関である。韓国における原子力関連機関の体制図を図 1 に示す。

2011 年 10 月 26 日、大統領直属の独立委員会であり、原子力の安全、セキュリティ、核不拡散を担当する規制機関として原子力安全委員会 (NSSC) が設立された。2013 年 3 月には、政府組織法改正により、NSSC は首相府の管轄下に置かれることになった<sup>34</sup>。

韓国における航空機運航に起因する宇宙放射線被ばくについての規制機関は NSSC である。NSSC は韓国原子力安全技術院 (KINS) に宇宙放射線安全規制業務を委託し、航空機の運航で発生する宇宙放射線被ばくに対する安全管理を行っている。

NSSC は、原子力安全法 (NSA) の下で原子力施設の許認可を含む原子力施設の安全規制の権限と責任を担っている。一方、科学技術情報通信部 (MSIT) は、原子力振興法により、原子力の研究、開発、生産、利用 (原子力利用) に関する産業の振興の責任を負っている。産業通商資源部 (MOTIE) は、電源開発振興法と電気事業法により、電力の需給安定性を確保するとともに、電力会社間の競争を促進するための原子力開発計画を策定・実施する責任を負っている。

韓国の国家航空局である韓国民間航空局 (KOCA: Korea Office of Civil Aviation) は、国土交通部 (Ministry of Land Infrastructure and Transport) 傘下の組織である。KOCA では航空情報をデータベースで管理 (AIM: Aeronautical Information Management) している。AIM では、「放射線レベルが上昇するような宇宙天気現象が進行中」といった通知が管理されている。

---

<sup>34</sup> NSSC, 9<sup>th</sup> National Report for the Convention on Nuclear Safety, (2022), [https://www.iaea.org/sites/default/files/24/01/9th\\_national\\_report\\_of\\_the\\_republic\\_of\\_korea\\_for\\_the\\_convention\\_on\\_nuclear\\_safety.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/24/01/9th_national_report_of_the_republic_of_korea_for_the_convention_on_nuclear_safety.pdf)

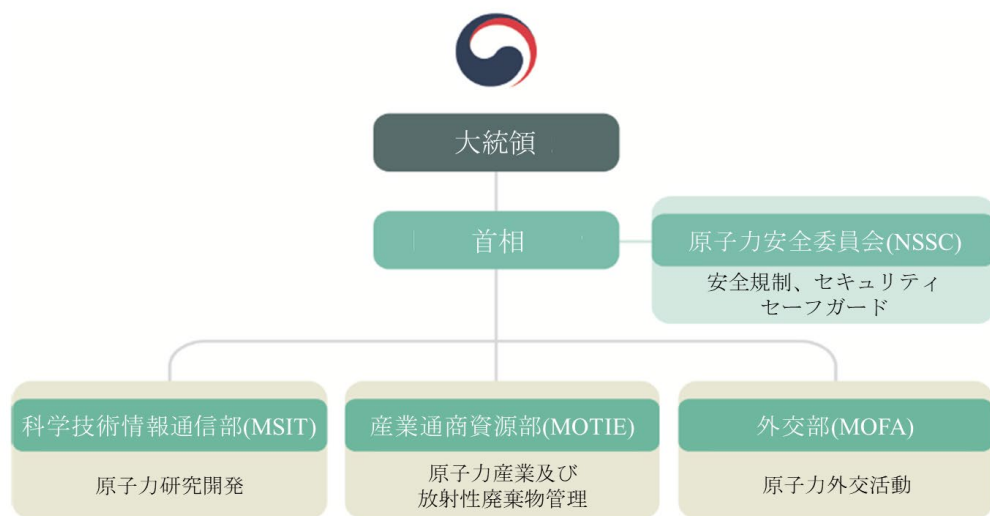


図1 韓国の原子力規制機関<sup>34</sup>

韓国の原子力に関連する法体系を図2に示す。原子力安全に関する法的枠組みは、法律（原子力安全法; NSA）、大統領令（NSA 施行令）、総理令（NSA 施行規則）、NSSC 規則（原子炉施設等技術基準規則、放射線安全管理等技術基準規則）、NSSC 告示の5つのレベルで構成されている。NSA は、原子力施設の安全規制を規定する主要な法律であり、原子力の研究、開発、生産、使用における安全管理に関する主要事項を規定している。

|                   |                                                                                                                              |              |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 法律                | <ul style="list-style-type: none"> <li>原子力安全法、物理的防護及び放射線緊急事態に関する法律、原子力損害賠償、等</li> </ul>                                      | 法令<br>(NSSC) |
| 施行令<br>(大統領令)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>法律により委託された事項</li> <li>原子力安全法施行令およびその他の関連法施行令</li> </ul>                               |              |
| 施行規則<br>(総理令)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>法律又は政令により委託され、その執行に必要な事項(詳細な手続及び書類の様式を含む)</li> <li>原子力安全法施行規則及びその他の関連法施行規則</li> </ul> |              |
| 技術基準<br>(行政規則)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>法律や政令によって委託された簡潔な技術基準</li> <li>原子炉施設技術基準規則、等。放射線安全管理技術基準規則、等。</li> </ul>              |              |
| NSSC告示<br>(行政規則)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>法律、政令、規則によって委任された技術基準、手順、フォーマットに関する詳細</li> <li>原子力施設の立地に関する技術基準に関する通知</li> </ul>      |              |
| 規制基準              | <ul style="list-style-type: none"> <li>技術基準のさらなる詳細または解釈</li> </ul>                                                           | 指針<br>(KINS) |
| 規制指針              | <ul style="list-style-type: none"> <li>許容される方法、条件、仕様</li> </ul>                                                              |              |
| 安全レビュー<br>・ 検査の指針 | <ul style="list-style-type: none"> <li>標準レビュー計画、検査マニュアル</li> </ul>                                                           |              |
| 産業分類コード<br>・ 規格   | <ul style="list-style-type: none"> <li>KEPIC、ASME、IEEE、ASTM、等</li> </ul>                                                     |              |

図 2 韓国における原子力安全規制に関する法的枠組み <sup>34</sup>

### 2.1.3.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

放射線防護に関連する法令として、NSSC が定めた、生活環境の中で受ける放射線に対する安全管理を目的とした「生活周辺放射線安全管理法（2024 年 1 月 23 日一部改正）」<sup>35</sup>がある。同法は、2023 年 6 月 11 日に、以下の理由により改正されている<sup>36</sup>。（以下、抜粋）

近年、宇宙放射線に長期間直接さらされる航空機乗務員の健康保護のために、宇宙放射

<sup>35</sup> 원자력안전위원회, 생활주변방사선 안전관리법 (약칭: 생활방사선법), (2024), <https://law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=259305&ancYd=&ancNo=&efYd=20240123&nwJoYnInfo=Y&ancYnChk=0&efGubun=Y&vSct=%EB%B0%A9%EC%82%AC%EC%84%A0#0000>.

<sup>36</sup> NSSC, 생활주변방사선 안전관리법, (2023), <https://www.law.go.kr/LSW/lsRvsRsnListP.do?lsId=011433&chrClsCd=010202&lsRvsGubun=all>.

線被ばくと疾病との関係を客観的に明らかにする必要があるという指摘が継続的に提起されている。そのため、航空運送事業者は、宇宙放射線に被ばくするおそれのある航空機乗務員に対して健康診断を実施することとし、宇宙放射線被ばく等に関して原子力安全委員会が実施する教育を受けさせる。また国土交通部と原子力安全委員会が二元的に管轄していた航空運送事業者の宇宙放射線安全管理に関する規制業務を原子力安全委員会に一元化するなど、現行制度の運営上、現行制度の一部不備を改善・補完しようとするものである。

主な改正内容は以下のとおりである。(以下、抜粋)

- ・ 航空運送事業者は、乗務員に対して健康診断を実施し、原子力安全委員会が実施する宇宙放射線被ばく等に関する教育を受けさせるようにする(第18条第5項及び第6項新設)。
- ・ 航空運送事業者の宇宙放射線安全管理に関する規制機関を原子力安全委員会に一元化する(第18条第7項など)。
- ・ 航空運送事業者は、宇宙放射線安全管理のための措置などを記録・保管し、原子力安全委員会に報告するようにし、航空運送事業を廃業する場合、当該資料を原子力安全委員会に提出するようにする(第18条の2新設)。
- ・ 原子力安全委員会は、宇宙放射線が健康に及ぼす影響を把握するため、乗務員に対して生活周辺放射線健康影響調査を実施できるようにする(第18条の3新設)。
- ・ 原子力安全委員会が生活周辺放射線安全管理実態に関する調査の一環として、乗務員に対する宇宙放射線の安全管理現況を調査できる根拠を設ける(第23条第1項第4号新設)。
- ・ 航空運送事業者の乗務員の安全管理に関する事項を原子力安全委員会が定期的に検査することができる根拠を設ける(第24条第2項)。

「生活周辺放射線安全管理法」の改正により、「生活周辺放射線安全管理法施行令」<sup>37</sup>も改

<sup>37</sup> 원자력안전위원회, 생활주변방사선 안전관리법 시행령 ( 약칭: 생활방사선법 시행령 ), (2023), <https://www.law.go.kr/LSW/lsc.do?section=&menuId=1&subMenuId=15&tabMenuId=81&eventGubun=060101&query=%EC%83%9D%ED%99%9C%EC%A3%BC%EB%B3%80%EB%B0%A9%EC%82%AC%EC%84%A0+%EC%95%88%EC%A0%84%EA%B4%80%EB%A6%AC%EB%B2%95+%EC%8B%9C%ED%96%89%EB%A0%B9#undefined>

正された。

主な改正内容は以下のとおりである。(以下、抜粋)

- ・ 乗務員に対する健康診断の実施 (第 10 条の 2 新設)  
航空運送事業者は、国際航空路線の搭乗勤務を初めて開始する乗務員に対しては国際航空路線の搭乗まで、国際航空路線に搭乗勤務する乗務員に対しては国際航空路線の搭乗勤務が編成される毎年、被ばく放射線量が「原子力安全法施行令」に基づく線量限度を超過した乗務員に対しては直ちに健康診断を実施するようにする。
- ・ 乗務員に対する教育の実施 (第 10 条の 3 新設)
  - 1) 航空運送事業者が乗務員に受けさせなければならない教育の内容に、宇宙放射線が人体に及ぼす影響及び被ばく管理案などを含めるようにする。
  - 2) 航空運送事業者が乗務員に受けさせなければならない教育を新規教育と定期教育に区分し、3 時間の新規教育を履修した後は、2 年ごとに 1 時間の定期教育を受けられるようにする。
- ・ 乗務員に対する宇宙放射線の安全管理に関する定期検査 (第 14 条の 2 第 2 項第 2 号新設及び別表 1 第 2 号)  
航空運送事業者は、乗務員の年間被ばく線量の調査・分析、乗務員の健康保護及び安全のための措置、乗務員に対する健康診断及び教育などについて原子力安全委員会の定期検査を受けるようにする。

「生活周辺放射線安全管理法」の改正 (2023 年 6 月 11 日施行) に基づき、2023 年 6 月、原子力安全委員会の告示として、「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」<sup>38</sup> が制定・施行された。

生活周辺放射線安全管理法の体系を図 3 に示す。

---

<sup>38</sup> 원자력안전위원회, 항공운송사업자의 우주방사선 안전관리 규정, (2023), <https://www.law.go.kr/LSW//admRulInfoP.do?admRulSeq=2200000081365&chrClsCd=010201>



図 3 生活周辺放射線安全管理法の体系

## 1) 法令等の適用範囲

「生活周辺放射線安全管理法」第 18 条第 1 項では、乗務員の、飛行路線、飛行高度及び飛行回数などは大統領令で定めるとされている。(以下、抜粋)

### 第 18 条（宇宙放射線の安全管理等）

①大統領令で定める航空運送事業者（以下「航空運送事業者」という。）は、宇宙放射線に被ばくするおそれのある運航乗務員及び客室乗務員の健康保護と安全のために努力しなければならない。

②第 1 項の運航乗務員及び客室乗務員（以下「乗務員」という。）の範囲は、飛行路線、飛行高度及び運航回数等を考慮して大統領令で定める。

③航空運送事業者は、次の各号の事項を調査・分析しなければならない。

1. 航空路線別に乗務員が宇宙放射線に被ばくする量
2. 乗務員が年間宇宙放射線に被ばくする量

④航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより第 3 項各号の事項に対する調査・分析結果を反映し、乗務員の健康保護及び安全のための措置をしなければならない。

⑤航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより乗務員に対して健康診断を実施しなければならない。 <新設 2022. 6.10.>

⑥航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより、乗務員に宇宙放射線被ばく等に関する事項について原子力安全委員会が実施する教育を受けるようにしなければならない。 <新設 2022.6.10.>

⑦原子力安全委員会は、第 3 項各号の事項に対する調査・分析及び第 4 項の安全措置を履行するための手続、方法等、宇宙放射線の安全管理のために必要な細部事項を定めて告示する。 <改正 2022. 6. 10.>

「生活周辺放射線安全管理法施行令」第 9 条で、航空運送事業者等の範囲が定められている。(以下、抜粋)

#### 第 9 条（航空運送事業者等の範囲）

①法第 18 条第 1 項において「大統領令で定める航空運送事業者」とは、「航空事業法」第 7 条第 1 項により国際航空運送事業を経営する者をいう。 <改正 2017. 3. 29.>

②法第 18 条第 2 項による運航乗務員及び客室乗務員は、第 1 項による航空運送事業者が運営する国際航空路線に搭乗する乗務員とする。

「航空事業法」<sup>39</sup>の第 7 条第 1 項によれば、国際航空運送事業を経営する者は国際航空運送事業の免許を受けた場合、国内航空運送事業の免許を受けたものとみなすとされている。(以下、抜粋)

#### 第 7 条（国内航空運送事業と国際航空運送事業）

①国内航空運送事業又は国際航空運送事業を営もうとする者は、国土交通部長官の免許を受けなければならない。ただし、国際航空運送事業の免許を受けた場合には、国内航空運送事業の免許を受けたものとみなす。

## 2) 法令等における被ばく線量に係る基準値

「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」第 4 条（乗務員に対する安全措置手続、方法等）で、以下を定めている。(以下、抜粋)

---

<sup>39</sup> 국토교통부, 항공사업법, (2024), <https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%ED%95%AD%EA%B3%B5%EC%82%AC%EC%97%85%EB%B2%95>



- ・ 乗務員の被ばく放射線量最適化のための管理基準として年間 6 mSv
- ・ 妊娠した客室乗務員の場合、妊娠した事実を航空運送事業者に報告・通知して妊娠が確認された時点から出産時までの期間は 1 mSv

(以下、抜粋)

#### 第 4 条 (乗務員に対する安全措置の手順、方法など)

①「生活周辺放射線安全管理法施行令」第 10 条第 1 号ロ目で「原子力安全委員会が定めて告示する年間被ばく放射線量基準」とは、乗務員の被ばく放射線量最適化のための管理基準として年間 6 mSv をいう。ただし、妊娠した客室乗務員の場合、妊娠した事実を航空運送事業者に報告・通知して妊娠が確認された時点から出産時までの期間は 1 mSv とする。

②法第 18 条第 7 項による法第 18 条第 4 項及び令第 10 条の乗務員の健康保護及び安全のための措置を履行するための手順、方法等の詳細は次の各号のとおりである。

1. 施行令第 10 条第 1 号により乗務員の国際航空路線搭乗勤務を編成する際には、累積年間被ばく放射線量が高い乗務員の勤務を可能な限り被ばく放射線量が低い路線に編成すること。
2. 施行令第 10 条第 1 号イ目において、基準を超えるおそれがあるとは、直前の調査・分析時点までの年間被ばく放射線量と直前の調査・分析時点以降に搭乗した又は搭乗予定の国際航空路線の予想被ばく放射線量の合計が第 1 項による基準を超える場合をいう。
3. 施行令第 10 条第 3 号による情報提供は、乗務員が別途要求しなくても常に確認できるようにすること。
4. 施行令第 10 条第 4 号による経緯調査及び当該乗務員の年間被ばく放射線量の再評価は、次の各号の方法で行うこと。

イ.経緯調査：施行令第 10 条第 1 号の措置の実施有無を含むこと。

ロ.当該乗務員の年間被ばく放射線量の再評価：当該乗務員の年間国際航空路線の搭乗記録を基に路線別の被ばく放射線量を再評価して合算すること。

③施行令第 10 条第 4 号ロ目で「原子力安全委員会が定めて告示する措置」とは、次の各号のいずれかに該当する措置をいう。

1. 既存の計画された国際航空路線より被ばく放射線量が低い路線に変更する。

2. 搭乗予定国際航空路線の回数を調整する。
3. 国際・国内航空路線を搭乗しない勤務に変更する。
4. その他、当該乗務員の被ばくを低減することができる措置。

### 3) 被ばく線量の管理方法

「生活周辺放射線安全管理法」第 18 条は、国際航空路線を運営する航空運送事業者が遵守しなければならない放射線安全管理事項を明示した条項である。航空運送事業者は、放射線に被ばくするおそれのある運航乗務員及び客室乗務員の健康保護と安全のための措置を講じなければならないとされている。(以下、抜粋)

#### 第 18 条（宇宙放射線の安全管理等）

- ①航空運送事業者は、宇宙放射線に被ばくするおそれのある運航乗務員及び客室乗務員の健康保護と安全のために努力しなければならない。
- ②乗務員の範囲は、飛行路線、飛行高度及び運航回数等を考慮して大統領令で定める。
- ③航空運送事業者は、次の各号の事項を調査・分析しなければならない。
  1. 航空路線別に乗組員が宇宙放射線に被ばくする量
  2. 乗組員が年間宇宙放射線に被ばくする量
- ④航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより第 3 項各号の事項に対する調査・分析結果を反映し、乗務員の健康保護及び安全のための措置をしなければならない。
- ⑤航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより乗務員に対して健康診断を実施しなければならない。 <新設 2022. 6.10.>
- ⑥航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより、乗務員に宇宙放射線被ばく等に関する事項について原子力安全委員会が実施する教育を受けるようにしなければならない。 <新設 2022.6.10.>
- ⑦原子力安全委員会は、第 3 項各号の事項に対する調査・分析及び第 4 項の安全措置を履行するための手続、方法等、宇宙放射線の安全管理のために必要な細部事項を定めて告示する。 <改正 2022. 6. 10.>

#### 第 18 条の 2（航空運送事業者の記録・保管及び報告義務等）

①航空運送事業者は、次の各号の事項を記録・保管し、原子力安全委員会に報告しなければならない。

1. 第 18 条第 3 項各号の事項を調査・分析した結果
2. 第 18 条第 4 項による健康保護及び安全のための措置の結果
3. 第 18 条第 5 項による健康診断結果
4. 第 18 条第 6 項による教育実施結果

②航空運送事業者は、「航空事業法」第 25 条により航空運送事業を廃業する場合、第 1 項により保管した記録を原子力安全委員会に提出しなければならない。

③その他記録の保管及び報告、記録の提出等に関して必要な事項は、大統領令で定める。

[本条新設 2022. 6. 10.]

#### 第 18 条の 3（乗組員の健康影響調査）

①原子力安全委員会は、宇宙放射線が健康に及ぼす影響を把握するために、乗組員に対する生活周辺放射線健康影響調査（以下「健康影響調査」という）を実施することができる。

②原子力安全委員会は、健康影響調査のため、関係中央行政機関の長又は地方自治体の長、生活周辺放射線関連機関又は団体の長に次の各号の資料の提出を要請することができる。この場合、資料の提出を要請された者は、特別な事由がない限り、これに応じなければならない。

1. 「国民健康保険法」第 14 条により国民健康保険公団が管理する資格、診療、健康診断などに関する資料。
2. 「がん管理法」第 14 条によるがん登録統計事業及び同法第 15 条によるがん情報事業に関する資料。
3. 「統計法」第 3 条第 4 号による統計資料のうち、職業、疾病及び死因などに関する資料。
4. 「産業災害補償保険法」による業務上の災害認定に関する資料。
5. 「住民登録法」第 7 条による住民登録表の住民登録情報
6. 「産業安全保健法」第 129 条に基づく一般健康診断及び同法 130 条に基づく特殊健

健康診断に関する資料

7.「出入国管理法」に基づく出入国資料のうち、航空機利用に関する資料

8.その他、委員会が健康影響調査のために必要と認める情報・資料。

健康影響調査に関連する業務に従事する者又は従事していた者は、職務上知り得た個人情報又は秘密の漏洩、職務上の目的以外の目的で使用してはならない。

[本条新設 2022 年 6 月 10 日].

「生活周辺放射線安全管理法施行令」第 10 条で、乗務員に対する安全措置が定められている。(以下、抜粋)

#### 第 10 条（乗務員に対する安全措置等）

航空運送事業者は、「生活周辺放射線安全管理法」第 18 条第 4 項により乗務員の健康保護及び安全のために被ばく放射線量が線量限度を超えないように次の各号の措置をしなければならない。 <改正 2019.7.9. 2023.6.7.>

##### 1. 乗務員の被ばく放射線量を最小化するための次の各号の措置

イ. 乗務員の年間被ばく放射線量を考慮した国際航空路線搭乗勤務の編成

ロ. 国際原子力機関等国際機関の勧告事項等を考慮して、原子力安全委員会が定めて告示する年間被ばく放射線量基準を超えるおそれのある乗務員に対する航空路線の変更及び搭乗回数の調整

##### 2. 法第 18 条第 5 項及び本施行令第 10 条の 2 による健康診断の結果、当該乗務員が宇宙放射線による健康悪化のおそれがあり、飛行搭乗勤務を継続することが困難な状態であるという医師の所見を受けた場合には、国際・国内航空路線搭乗勤務から除外

##### 3. 乗務員の被ばく放射線量に関する情報提供（乗務員が常に確認できるようにしなければならない）

##### 4. 乗務員の被ばく放射線量が第 1 号ロ目により原子力安全委員会が定めて告示する年間被ばく放射線量の基準を超えた場合には、次の各号の措置

イ. 年間被ばく放射線量基準を超えたことを知った日から 1 ヶ月以内に経緯調査及び当該乗務員の年間被ばく放射線量についての再評価を行うこと

ロ、イ、による調査及び再評価の結果を当該乗務員に直ちに通報すること

ハ、その他当該乗務員のさらなる被ばくを防止するため、原子力安全委員会が定めて告示する措置を行うこと

#### 第 10 条の 2（乗務員に対する健康診断）

①航空運送事業者は、法第 18 条第 5 項の規定により、乗務員に対する健康診断を次の各号の区分による時期に実施しなければならない。

1. 国際航空路線の搭乗勤務を初めて開始する客室乗務員：国際航空路線の最初の搭乗前まで
2. 国際航空路線の搭乗勤務経験がある乗務員で、国際航空路線の搭乗勤務が編成（編成予定の場合を含む。以下同じ。）された乗務員：国際航空路線の搭乗勤務が編成される年の 1 月 1 日から 12 月 31 日まで（第 1 号による健康診断を受けた年を除く。）
3. 法第 18 条第 3 項の規定による調査・分析の結果、被ばく放射線量が線量限度を超えた乗務員：直ちに

②第 1 項の規定による健康診断の検査項目については、第 5 条の 2 第 2 項を準用する。  
この場合、「原料物質又は工程副産物を取扱・管理する従事者」とあるのは「乗務員」とみなす。

③第 1 項の規定にかかわらず、乗務員が第 5 条の 2 第 3 項各号の健康診断を受けた場合には、第 1 項の規定による健康診断を受けたものとみなす。

[本条新設 2023.6.7.]

#### 第 10 条の 3（乗務員に対する教育）

①航空運送事業者は、乗務員に法第 18 条第 6 項の規定により原子力安全委員会が実施する次の各号の区分による教育を受けさせなければならない。

1. 新規教育：国際航空路線の搭乗勤務を初めて開始する乗務員が受ける教育。
2. 定期教育：国際航空路線の搭乗勤務経験がある乗務員で、国際航空路線の搭乗勤務が編成された乗務員が受ける教育。

②第 1 項による教育の内容は、次の各号の事項を含むものとする。

1. 宇宙放射線概念及び宇宙放射線が人体に及ぼす影響

2. 乗務員の宇宙放射線被ばく管理方策
3. 宇宙放射線の安全管理関連法令
4. その他、宇宙放射線の安全管理に必要な事項

③第1項による教育は、次の各号の区分に従って受けなければならない。

1. 新規教育：国際航空路線の初回搭乗前までに3時間の教育
2. 定期教育：2年ごと（直前に教育を受けた日から起算して2年になる日の属する年の1月1日から12月31日までをいう）1時間の教育。

[本条新設 2023.6.7.]

国際線に搭乗する航空機乗務員は、関連規則に規定されているとおり、毎年医師による健康診断を受ける義務がある。2023年6月の生活周辺放射線安全管理法施行令の改正に伴い、健康診断の実施項目として、新たに血小板数、血色素量等が含まれている。また、必要であれば、医師は乗務員が国際線への乗務継続の可否を判断することができる\*。なお、宇宙放射線被ばく管理を目的とした航空事業者による放射線防護官（RPOs: radiation protection officers）の任命は義務付けられておらず、現状では医師とRPOsの間には交流はない\*。NSSC及びKINSは、放射線量評価や教育訓練などの他の要件とともに、この健康診断が関連規則に従って適切に行われているか、航空事業者に対しての定期的な検査を行っている\*。

NSSCはKINSに宇宙放射線安全規制業務を委託し、航空機の運航で発生する宇宙放射線被ばくに対する安全管理を行っている。KINSは「生活周辺放射線安全管理法」第27条に基づく専門機関であり、NSSCから委託された宇宙放射線安全管理実態調査及び定期検査業務を遂行する。またKINSは、宇宙放射線測定及び評価のための技術基盤樹立及び関連研究を進めている<sup>40</sup>。

航空運送事業者定期検査は、「生活周辺放射線安全管理法」の改正により新たに実施される規制行為である。生活周辺放射線安全管理実態調査が毎年実施されており、その実態調査で把握した情報が定期検査で確認する情報と似ているが、定期検査と実態調査は法的に明確に

---

<sup>40</sup> Korean Association for Radiation Protection; KARPe-Letter, Vol.6, No.4（우주방사선 안전관리현황과 향후계획）, (2023), <https://karp.or.kr/karpeletter/no23/>

区別される。定期検査は、航空運送事業者が法的に履行しなければならない宇宙放射線安全管理事項を適法に履行したかどうかを点検し、適法でない事項が発生した場合、指摘及び是正を要求することができる。定期検査はこのような強制性及び検査結果による法的不利益が発生する可能性があるため、KINS は法施行前後に多数の事業者説明会を通じて定期検査受検を案内し、生活周辺放射線安全管理のための安全指針の改正、定期検査指針書及び定期検査受検ガイドを開発した。

KINS は、生活周辺放射線安全管理実態調査を通じて、国際航空路線を保有している国内航空事業者で勤務する航空機乗務員の被ばく線量を調査した。航空機乗務員は、航空機を操縦する運航乗務員と機内の安全及び顧客サービスを提供する客室乗務員に区分することができる。2019～2022 年に KINS が実施した生活周辺放射線安全管理実態調査によると、国内航空機乗務員の個人当たりの被ばく線量は年平均 2 mSv 程度であり、最大被ばく線量は年平均 6 mSv 未満であった。最大被ばく線量を示した航空機乗務員は、長距離路線である米州路線と欧州路線に搭乗する航空機乗務員であった<sup>40</sup>。

2023 年 6 月 11 日に施行された「生活周辺放射線安全管理法」により、乗務員の被ばく放射線量評価の信頼性問題を解消するための宇宙放射線被ばく放射線量評価プログラム<sup>41</sup>の検証技術基準が、NSSC 告示「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」に規定された。規則によりコンピュータプログラムによる放射線量評価結果と測定値との間の不一致は±30%以内に維持されなければならないとされている\*。この要求事項は ISO 20785-4 に基づいて採用されたものである\*。また、この要件が満たされているかどうかを 5 年ごとに KINS が定期的に検査することになっている\*。なお、この要求事項の検証方法に関する詳細なガイドラインは現在作成中であり、いずれ発表される予定である\*。

KINS は、2024 年 1 月、報告書「2023 年自然環境における放射線安全管理の実態調査・分析」<sup>42</sup>を公表し、その中で、航空運送事業者に対して表 2 の各項目に対する書面調査及び現場調査の実施を計画していることを明らかにした。

---

<sup>41</sup> Korea Astronomy and Space Science Institute, 항공기 탑승 시 우주방사선 피폭량 확인할 수 있는 웹서비스 시작, (2022), <https://www.kasi.re.kr/kor/publication/post/newsMaterial/29288?cPage=7>

<sup>42</sup> KINS, 2023 년도 생활주변방사선안전관리 실태조사 및 분석, (2024), [https://www.nssc.go.kr/ko/cms/FR\\_BBS\\_CON/BoardView.do?pageNo=3&pagePerCnt=15&MENU\\_ID=390&CONTENTS\\_NO=&SITE\\_NO=2&BOARD\\_SEQ=12&BBS\\_SEQ=46119&USER\\_NAME=&TEL\\_NO=&WRITER\\_DI=&\\_csrf=&CATE\\_SEQ=&SEARCH\\_FLD=&SEARCH=](https://www.nssc.go.kr/ko/cms/FR_BBS_CON/BoardView.do?pageNo=3&pagePerCnt=15&MENU_ID=390&CONTENTS_NO=&SITE_NO=2&BOARD_SEQ=12&BBS_SEQ=46119&USER_NAME=&TEL_NO=&WRITER_DI=&_csrf=&CATE_SEQ=&SEARCH_FLD=&SEARCH=)

表 2 航空運送事業者等の実態調査・分析内容<sup>42</sup>

| 区分          | 調査・分析内容                                                                                                                                                                                             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 航空運送業者      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 航空機の現況</li> <li>・ 航空機別運航路線</li> <li>・ 乗務員別飛行時間、被ばく線量及び運航機種 of 状況</li> <li>・ 実際に飛行した経路データの確保が可能かどうか</li> <li>・ 宇宙放射線測定装置の搭載可能な場所</li> <li>・ 機内実査</li> </ul> |
| 自家用航空機運航事業者 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自家用航空機の現状</li> <li>・ 乗組員の状況</li> <li>・ 運航路線及び運航回数</li> <li>・ 宇宙放射線の安全管理状況</li> </ul>                                                                       |

#### 4) 天文現象への対応方法

2013 年、太陽活動のピークが予想され、太陽フレアなど宇宙天気による様々な災害の脅威が高まっていることから、韓国では気象法が改正され、宇宙天気予報と特別報告の法的基盤が整備された<sup>43</sup>。宇宙気象に主要な影響を及ぼす太陽黒点爆発などは、太陽活動極大期前後の約 3～4 年間に頻繁に発生することを考慮すると、今後、より多くの注意が必要であり、2012 年 3 月 8 日には、宇宙粒子の暴風により米国-仁川路線を運航する航空機の北極航路が多数変更された事例があった。また、2012 年 4 月 1 日から施行される宇宙気象サービスは、国家及び公共機関に提供される通知サービスと宇宙気象ホームページの提供であり、宇宙気象情報を簡単に理解し、対応できる形で提供される。宇宙気象予報・特報は、世界気象機関 (WMO)、ICAO 及び NOAA が提示している基準を参考に、宇宙放射線の暴風、宇宙粒子の暴風、地磁気の暴風の 3 つの項目について基準を設定して実施される。宇宙気象通報サービスは、国家及び公共機関、報道機関など 60 余りの機関を対象に毎日 2 回の定時予報 (7 時、19 時) と随時発表する特報 (注意報、警報) に区分し、FAX、SMS テキストメッセージ、E-mail を通じて提供される<sup>43</sup>。

<sup>43</sup> 기상청, 4 월 1 일부터 우주기상 서비스 시행, (2012),  
<https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchTrend.do?cn=SCTM00104402>



「気象法」<sup>44</sup>第 14 条の 3 では、気象庁長は宇宙空間における物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に及ぼす影響について必要な予報をしなければならないとされている。(以下、抜粋)

第 14 条の 3 (宇宙空間の物理現象が気象現象等に及ぼす影響に対する予報及び特報)

①気象庁長は、宇宙空間での物理的現象が気象現象、気候及び気象衛星に及ぼす影響について必要な予報をしなければならない。 <改正 2023. 2.14.>

②気象庁長は、宇宙空間での物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に影響を及ぼし、重大な災害が発生するおそれがあると判断する場合、宇宙空間での物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に及ぼす影響について必要な特報をしなければならない。 <新設 2023. 2. 14.>

③第 1 項及び第 2 項による予報及び特報の種類及び内容等に必要な事項は、大統領令で定める。 <改正 2023. 2.14.>

[本条新設 2011. 9. 30.]

[第 14 条の 2 から移動<2023. 2. 14.>]

「気象法施行令」<sup>45</sup>の第 11 条の 2 には法第 14 条の 3 第 1 項で定められている予報及び特報 (注意報及び警報) について記載されている。(以下、抜粋)

第 11 条の 2 (宇宙空間の物理現象が気象現象等に及ぼす影響に対する予報及び特報)

①法第 14 条の 3 第 1 項による宇宙空間における物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に及ぼす影響の予報は、次の各号に分けられる。 <改正 2024. 2. 6.>

1. 短期予報：予報対象期間 1 日以内
2. 中期予報：予報対象期間 7 日以内
3. 長期予報：予報対象期間 8 日以上

②法第 14 条の 3 第 2 項による宇宙空間における物理現象が気象現象、気候及び気象衛星

<sup>44</sup> 기상청, 기상법, (2024),  
<https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EA%B8%B0%EC%83%81%EB%B2%95>

<sup>45</sup> 기상청, 기상법 시행령, (2024),  
<https://www.law.go.kr/LSW//lsInfoP.do?lsiSeq=261523&efYd=20240527&ancYnChk=0#0000>

に及ぼす影響に対する特報は、注意報と警報に区分する。 <改正 2024.2.6.>

③気象庁長は、第 1 項及び第 2 項による予報及び特報を発表するために、関係中央行政機関の長又は研究機関の長に「電波法」第 61 条による宇宙電波受信資料や地磁気、電離層及び太陽黒点観測結果など必要な資料の提出を要請することができる。

④第 1 項から第 3 項までに規定した事項のほか、第 1 項による予報の詳細種類・内容、第 2 項による特報の発表基準等に関して必要な事項は、気象庁長が定める。 <新設 2024.2. 6.>

[本条新設 2012. 3. 30.]

太陽活動による電離層・地磁気妨害など急激な宇宙環境の変化により、航空運航に障害（北極航路運航航空機の乗客の放射線被ばく、航空通信途絶）が発生する可能性がある。航空事業者は気象法で定められている宇宙天気に関する情報を、航空安全データとして収集し、設備点検及び北極航路運航の可否を確認する。

関連規則によると、航空事業者は航空機乗務員の宇宙線量を評価し、記録を保存しなければならない。現在、韓国の航空事業者は、すべての国際線飛行ルートについて、コンピュータプログラムを使用して放射線量を評価し、その評価結果と関連する航空機乗務員の飛行記録を組み合わせ、年間の航空機乗務員の宇宙線量を推定している\*。この作業には、トレーニングやデッドヘッドを含む乗務員のすべての国際線飛行記録を考慮しなければならない\*。現在、韓国の航空事業者では CARI-6M と CARI-7 のコンピュータプログラムが使用されている\*。

CARI-7A で選択可能な宇宙放射線モデルには、過去に発生した太陽粒子現象に基づいたモデルがある。また、CARI プログラムは周期的な太陽活動の影響による銀河宇宙線（GCR）の変化を反映している。通常、現在の時点から 1～2 ヶ月前のデータが更新されるため、安全管理担当者はデータの更新を常にチェックし、更新された時点でその月の被ばく放射線量計算を行う。飛行経路を可能な限り乗務員が飛行した当時の情報を反映できるようにすることが被ばく放射線量管理の観点から重要であると強調されている。

CARI-7A の出力値は「ICRP PUB 103 EFFECTIVE DOSE」または「ICRP PUB 60 EFFECTIVE DOSE」が選択可能である。韓国国内の被ばく線量評価体系が ICRP Publication 60 の放射線重み付けを適用しているため、現在の時点では後者を選択すること

が適切であると「2022 年 生活周辺放射線安全管理実態調査及び分析」で勧められた。

「2022 年生活周辺放射線安全管理実態調査及び分析」によると、韓国の各航空運送事業者が使用している宇宙放射線被ばく線量評価プログラムは、2023 年 4 月時点で表 3 のとおりである。

表 3 航空運送事業者別宇宙放射線被ばく線量評価プログラムの使用状況

| プログラム        | 航空運送業者   |
|--------------|----------|
| CARI-6M      | 大韓航空     |
|              | アジアナ航空   |
|              | チェジュ航空   |
|              | ジンエアー    |
| CARI-6(SAFE) | エアプサン    |
|              | エアソウル    |
|              | エア・インチョン |
|              | ティーウェイ航空 |
|              | フライカンウォン |
| CARI-7A      | エアプレミア   |

KINS による「2023 年自然環境における放射線安全管理の実態調査・分析」<sup>42</sup>によれば、一部の航空運送事業者は、飛行計画段階で太陽活動関連事項をモニタリングし、乗組員に情報を提供して飛行時に参考するようにしていることが確認されている。これは直接的な宇宙放射線安全管理ではないが、間接的に急激な太陽活動を回避して被ばく放射線量を減少させることができる安全管理の一部とみなすことができる。しかしながら、日常的な乗務員の被ばく放射線量のモニタリング、宇宙放射線に関する情報提供など直接的な宇宙放射線安全管理を行う事業者はなかったとされている。

### 2.1.3.3 法令に関連する検討体制等

航空機乗務員に対する宇宙放射線安全管理強化のため、「生活周辺放射線安全管理法」が2022年6月10日に公布され、2023年6月11日施行に伴い、同法施行に必要な事項を同法施行令、施行規則の改正に関する検討がNSSCにより行われている。

2022年12月22日に開催された第169回原子力安全委員会では、原子力安全委員会放射線安全課長より改正案についての説明がなされている。審議の結果、被ばく放射線量がNSSCの定める基準を超えた場合、航空機乗務員に対する安全措置事項を告示で具体的に定めることを委任するように修正するということが議決されている。

2023年2月9日に開催された第171回原子力安全委員会では、「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」について議論がなされ議決されている<sup>46</sup>。同委員会では、6 mSvの管理基準に関する議論がなされており、KINS内で専門家との検討を行ったことが議事録で記されている。(以下、議事録抜粋、仮訳)<sup>47</sup>

○金大珍（韓国原子力安全技術院生活放射線規制総括室）

私たち内部の専門家の方と検討してみた結果、6 mSv という数値は、前回も一度申し上げましたが追加的に検討された内容は、過去にICRP Publication 26（77年勧告）から始まりました。77年勧告当時は線量限度が50 mSvでしたが、その当時ICRPは従事者の勤務管理のために線量限度の30%という基準で管理することを勧告しました。

それをヨーロッパやIAEAで反映して管理をしてきました。ICRP Publication 60に発展し、ICRPは30%という基準を削除しましたが、ヨーロッパでは引き続き線量限度の30%という基準を管理基準として維持してきました。

そして、線量限度が20 mSvに変更になり、この30%という基準を維持し続けてきており、そのため、その6 mSvという数値は過去に従事者や放射線管理区域の管理区分基準で線量限度の30%を使ったことが今まで存続してヨーロッパで適用しているというお話をさせていただきます。

<sup>46</sup> NSSC, The 171st Meeting of the Commission Was Held, (2023), [https://www.nssc.go.kr/en/cms/FR\\_BBS\\_CON/BoardView.do?pageNo=15&pagePerCnt=10&MENU\\_ID=90&CONTENTS\\_NO=&SITE\\_NO=3&BOARD\\_SEQ=1&BBS\\_SEQ=46183&USER\\_NAME=&TEL\\_NO=&WRITER\\_DI=&\\_csrf=&SEARCH\\_FLD=&SEARCH=](https://www.nssc.go.kr/en/cms/FR_BBS_CON/BoardView.do?pageNo=15&pagePerCnt=10&MENU_ID=90&CONTENTS_NO=&SITE_NO=3&BOARD_SEQ=1&BBS_SEQ=46183&USER_NAME=&TEL_NO=&WRITER_DI=&_csrf=&SEARCH_FLD=&SEARCH=)

<sup>47</sup> NSSC, 제 171 회(2023) 원자력안전위원회 회의록, (2023), [https://www.nssc.go.kr/ko/cms/FR\\_BBS\\_CON/BoardView.do?pageNo=4&pagePerCnt=15&MENU\\_ID=170&CONTENTS\\_NO=&SITE\\_NO=2&BOARD\\_SEQ=14&BBS\\_SEQ=46036&USER\\_NAME=&TEL\\_NO=&WRITER\\_DI=&\\_csrf=&SEARCH\\_FLD=&SEARCH=](https://www.nssc.go.kr/ko/cms/FR_BBS_CON/BoardView.do?pageNo=4&pagePerCnt=15&MENU_ID=170&CONTENTS_NO=&SITE_NO=2&BOARD_SEQ=14&BBS_SEQ=46036&USER_NAME=&TEL_NO=&WRITER_DI=&_csrf=&SEARCH_FLD=&SEARCH=)

だから 6 mSv がどんな人体影響や科学的根拠で設定になったのではなく、放射線防護の目的で設定された基準の 30%であり、それを航空機乗務員に適用したときも現在は ICRP や IAEA、ヨーロッパでも航空機乗務員の管理基準として 5～10 mSv の間、そして 6 mSv または 5 mSv を勧告している状況です。

そこで我が国にこの部分を適用してみた時もこれまで管理されてきた履歴をもとに 6 mSv で、追加で検討し管理を目的とする適切な数値だと判断しました。

放射線防護の概念を導入する際には、主な参考文献として、ICRP Publication 132 及び EU BSS (2013)が参照されている\*。また、ドイツ、フランス、イギリスなど欧州各国の事例も調査された\*。現在適用されている規制では、航空機乗務員による宇宙放射線被ばくの場合、計画被ばく状況や現存被ばく状況に該当するか否かの被ばく状況の明確な規定がない\*。しかしながら、計画被ばく状況の職業被ばくとして規制している欧州の国もあることから、線量限度や線量拘束値（あるいは参考レベル）を適用して、航空機乗務員の宇宙線被ばく線量を管理することとしている\*。

#### 2.1.3.4 その他の関連情報

KINS が発行した「2022 年 生活周辺放射線安全管理実態調査及び分析」<sup>48</sup>では、宇宙被ばくの評価手順が記載されている。韓国の航空事業者が実施している被ばく評価には、米国連邦航空局 FAA が提供する CARI-6M、CARI-6、もしくは CARI-7A が使用されている。

そのうち、エアプレミアが使用している CARI-7A は FAA の最新プログラムである。エアプレミアの宇宙放射線被ばくの評価手順は以下のとおりである。

エアプレミアは、乗務員の被ばく放射線量評価のため、安全管理担当者が FAA のホームページを通じて周期的な太陽活動の影響を反映しているかどうかを確認し、それに応じて関連部署を通じて評価期間中の飛行計画書を送付する。その後、担当者は飛行計画書上の飛行高度とその高度で飛行した時間を手書きで抽出し、CARI-7A を駆動させるための路線別入力ファイルを生成及び CARI-7A に入力し、路線別被ばく放射線量を出力する。その後、これを整

---

<sup>48</sup> KINS, 2022 년 생활주변방사선 안전관리 사업 실태조사 결과보고서, (2023), [https://cisran.kins.re.kr/board/reports/list.do?bltnth\\_seq=220&page\\_current=&ctgr\\_cd=&sel\\_search\\_type=TC&keyword=](https://cisran.kins.re.kr/board/reports/list.do?bltnth_seq=220&page_current=&ctgr_cd=&sel_search_type=TC&keyword=)

理して運航乗務員、客室乗務員のスケジュールを管理するチームにそれぞれ送ると、各チームで路線別線量を乗務員がその期間に飛行した履歴に反映して乗務員別の被ばく放射線量を算出する。

韓国は ICAO 条約に加盟しており、2024 年 4 月に外交部 (MOFA) から、韓国の外務次官が ICAO 事務総長と会談し、北朝鮮のミサイル挑発に関する問題について意見交換を行ったプレスリリースが報告された<sup>49</sup>。しかし、本文書を含むその他文書においても放射線に関する要求の対応について明記されていない。

「乗務員に対する宇宙放射線安全管理規定」(2016 年 12 月 14 日)<sup>50</sup>では、航空機乗務員の被ばく放射線量安全基準にて年間 50 mSv を超えない範囲で 5 年間 100 mSv 以下と定めていた。(以下、抜粋)

#### 第 4 条 (乗務員の線量限度等)

①乗務員の線量限度は、年間 50 ミリシーベルトを超えない範囲で、5 年間毎に 100 ミリシーベルト以下とする。ただし、妊娠した女性乗務員の場合には、その妊娠事実が確認された日から出産時まで 2 ミリシーベルト以下とする。

2018 年 6 月、大韓航空の乗務員は国内の航空機乗務員として初めて血液がんが労災申請を行った。航空機乗務員の労災申請については、雇用労働部 (MOEL) が決定した\*。審議の中で、MOEL は、航空機乗務員の生涯宇宙放射線量として、積算線量という概念を用いた。このような積算線量の使用は、NSSC と KINS が実施している関連法に基づく航空機乗務員の宇宙線量の管理とは無関係である\*。この労災申請をきっかけに、国会では、乗務員に対する宇宙放射線の制度改善の必要性が提起された。それまで、原子力安全委員会と国土交通部に二元化されていた宇宙放射線安全管理体系に対する制度改善の必要性が提起された\*。これを受け 2021 年 1 月の第 9 回原子力安全政策協議会において、宇宙放射線安全管理業務を原子力安全委員会に一元化することが合意された\*。原子力安全委員会が推進した「生活周辺放射線安全管理法」改正法律 (案) が、2021 年 6 月の国会において発議され、1 年後の 2022 年 6 月に改正 (公布) された。改正法律は 2023 年 6 月 11 日に施行された。なお、「生活周辺放射線安全管理法 (2022 年 6 月 10 日改正)」の施行 (2023 年 6 月 11 日) により、乗務

<sup>49</sup> MOFA, Vice Minister of Foreign Affairs Kang Insun Meets with Secretary General of International Civil Aviation Organization (ICAO), (2024), [https://www.mofa.go.kr/eng/brd/m\\_5674/view.do?seq=320986](https://www.mofa.go.kr/eng/brd/m_5674/view.do?seq=320986)

<sup>50</sup> 국토교통부, 승무원에 대한 우주방사선 안전관리 규정, (2016), <https://www.law.go.kr/LSW/admRulLsInfoP.do?chrClsCd=&admRulSeq=2100000089737>

員宇宙放射線安全管理に関する業務が原子力安全委員会に移管されたことに伴い、国土交通部告示の「乗務員に対する宇宙放射線安全管理規定」は、2023年6月21日に廃止された。2023年6月11日には、原子力安全委員会による「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」が制定・施行されている。

「乗務員に対する宇宙放射線安全管理規定」(2021年5月24日)<sup>51</sup>では、航空機乗務員の被ばく放射線量安全基準は線量限度年間50 mSvから、年間6 mSvに引き下げられ、個人別被ばく放射線量資料保管期間は従来の5年から航空機乗務員退職後30年または75歳のいずれか遅い時点まで延長された。特に、妊娠した客室乗務員の安全基準は、妊娠認知から出産まで2 mSvから1 mSvに下げて管理されることとなった。(以下、抜粋)

#### 第4条 (乗務員の被ばく放射線量管理)

①乗務員の被ばく放射線量は年間累積して6ミリシーベルトを超えない範囲で管理されなければならない。ただし、妊娠した女性乗務員の場合には、その妊娠事実が確認された日から出産時まで被ばく放射線量を1ミリシーベルト以下で管理しなければならない。

#### 2.1.3.5 韓国のまとめ

韓国における航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下のとおりまとめる。詳細については、表8に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は2023年6月施行の生活周辺放射線安全管理法で規定されている。適用対象事業者は、航空運送事業者、防護の対象となる個人は、運航乗務員、客室乗務員である。
2. 被ばく線量に係る基準値：生活周辺放射線安全管理法では、国際航空機乗務員の被ばく放射線量最適化のための管理基準として年間6 mSv、妊娠した客室乗務員の場合、妊娠した事実を航空運送事業者に報告・通知して妊娠が確認された時点から出産時までの期間は1 mSvと規定されている。基準を超えた場合、飛行路線の変更や飛行回数の調整等の措置が講じられることが定められている。

---

<sup>51</sup> 국토교통부, 승무원에 대한 우주방사선 안전관리 규정, (2021), <https://www.law.go.kr/LSW/admRulLsInfoP.do?chrClsCd=&admRulSeq=2100000201188>

3. 被ばく線量の管理方法：生活周辺放射線安全管理法では、航空運送事業者は、放射線に被ばくするおそれのある運航乗務員及び客室乗務員の健康保護と安全のための措置を講じなければならないとされており、この法令に基づく専門機関の KINS が NSSC から宇宙放射線安全規制業務を委託し、宇宙放射線安全管理実態調査及び定期検査業務を遂行することで、宇宙放射線被ばくに対する安全管理を行っている。また、宇宙放射線被ばく放射線量評価プログラムでは、2023 年 6 月に規定された NSSC 告示「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」によって、検証技術基準が規定されている。
4. 天文現象への対応方法：2023 年 2 月 14 日に改正された気象法では、気象庁長は宇宙空間における物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に及ぼす影響について必要な予報をしなければならないとされている。航空事業者はこれら宇宙天気に関する情報を、航空安全データとして収集し、設備点検及び北極航路運航の可否を確認し航路変更等を検討する。また、KINS による実態調査によって急激な太陽活動を回避し、被ばく放射線量を減少させることができる安全管理の実施が確認されている。



#### 2.1.4 Euratom（欧州原子力共同体）

2013年にEuratomは電離放射線による危険から身を守るための基本的な安全基準を定めるため、COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOMを勧告した<sup>52</sup>。これはEU二次法のdirective（指令）である<sup>53</sup>。この勧告（2013/59/EURATOM）の内容を以下に抜粋する。

（26）宇宙放射線への航空機乗務員の被ばくは、計画被ばく状況として管理されるべきである。宇宙船の運用は本指令の適用範囲であり、線量限度を超える場合は特別に認可された被ばくとして管理されるべきである。

#### 第1章 主題と範囲

##### 第3条 適用範囲からの除外：

- （a）人体に含まれる放射性核種や地上に存在する宇宙放射線など、自然レベルの放射線による被ばく
- （b）飛行中または宇宙空間における、一般公衆または航空・宇宙乗務員以外の労働者が受ける宇宙放射線による被ばく
- （c）地殻に存在する放射性核種による地上での被ばく

#### 第2章 被ばく量の制限

##### 第10条 妊娠中及び授乳中の労働者の防護

1. 加盟国は、胎児の防護が一般人に提供される防護と同等であることを確保するものとする。妊娠中の労働者が事業者に、または外部労働者の場合は雇用者に、妊娠の事実を知らせるとすぐに、国内法に従い、事業者及び雇用者は、妊娠中の労働者の雇用条件が、胎児への等価線量が合理的に達成可能な限り低く、少なくとも妊娠の

---

<sup>52</sup> European Union, Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, (2013), /oj

<sup>53</sup> directive（指令）：指令の中で命じられた結果についてのみ、加盟国を拘束し、それを達成するための手段と方法は加盟国に任される。指令の国内法制化は、既存の法律がない場合には、新たに国内法を制定、追加、修正することでなされる。一方、加盟国の法の範囲内で、指令内容を達成できる場合には、措置をとる必要はない。加盟国の既存の法体系に適合した法制定が可能になる半面、規則に比べて履行確保が複雑・困難になる。

総務省、欧州連合（EU）、[https://www.soumu.go.jp/g-ict/international\\_organization/eu/pdf\\_contents.html](https://www.soumu.go.jp/g-ict/international_organization/eu/pdf_contents.html)

残りの期間中は 1 mSv を超える可能性が低いことを保証しなければならない。

2. 労働者が乳幼児に授乳していることを、事業者（または外部労働者の場合は雇用者）に通知した時点で、放射性核種の摂取や身体汚染の重大なリスクを伴う業務に就かせてはならない。

## 第 6 章 職業被ばく

### 第 35 条 職場における取り決め

1. 加盟国は、放射線防護のため、労働者が年間 1 mSv の実効線量、または眼の水晶体について年間 15 mSv、皮膚及び四肢について年間 50 mSv の等価線量を超える被ばくを受ける可能性のあるすべての作業場について、取り決めを行うことを保証しなければならない。

このような取り決めは、施設及び線源の性質、ならびにリスクの大きさ及び性質に適切なものでなければならない。

2. 第 54 条(3)に規定される作業場で、労働者の被ばくが年間 6 mSv の実効線量または加盟国の定めた時間で積算されるラドン被ばく値を超える可能性がある場合、これらは計画被ばく状況として管理され、加盟国は本章に規定されるどの要件が適切であるかを決定するものとする。第 54 条(3)に規定される事業場であって、労働者の実効線量が年間 6 mSv 以下、または被ばく量が対応する時間積分ラドン被ばく値以下の場合、所轄庁は、被ばく量を常に見直すことを義務付けなければならない。

3. 宇宙放射線による乗務員の実効線量が年間 6 mSv を超える可能性がある航空機を運航する事業については、この被ばく状況の特殊性を考慮した上で、本章に定める関連要件が適用されるものとする。加盟国は、乗務員の実効線量が年間 1 mSv を超える可能性がある場合、所管官庁が事業者に対し、特に次のような適切な措置を講じるよう求めることを確保しなければならない

- (a) 当該乗務員の被ばくを評価すること

- (b) 被ばく量の多い乗務員の線量を減らす目的で作業スケジュールを組む際に評価された被ばく量を考慮すること
- (c) 関係する労働者に、業務に伴う健康リスクと個々の被ばく線量を知らせること
- (d) 妊娠中の乗務員に第 10 条第 1 項を適用すること

#### 第 43 条 結果の記録と報告

加盟国は、各カテゴリーA の労働者、及び加盟国がモニタリングを義務付けている各カテゴリーB の労働者について、個別モニタリングの結果を含む記録を作成することを保証しなければならない。

1. 第 1 項の目的のため、被ばく労働者に関する以下の情報を保持しなければならない：

- (a) 第 41 条、第 42 条、第 51 条、第 52 条、第 53 条、及び第 35 条(2)に従って加盟国が決定した場合は第 54 条(3)に従って、個々の被ばく線量を測定または推定した記録
- (b) 第 42 条、第 52 条及び第 53 条で言及されている被ばくの場合、状況及び取られた措置に関する報告書
- (c) 個人線量を評価するために使用される職場モニタリングの結果（必要な場合）。

第 1 項の情報は、電離放射線への被ばくを伴う業務に従事する期間中、及びその後 75 歳に達するまで、または 75 歳に達すると見込まれる期間、ただし、情報の保管について、いずれの場合も、被ばくを伴う業務の従事終了後 30 年を下回ってはいけない。

第 42 条、第 52 条、第 53 条、及び第 35 条(2)に基づき加盟国が決定した場合、第 54 条(3)に定める被ばくについては、第 1 項に定める線量記録に別途記録するものとする。

2. 第 1 項の線量記録は、附属書 X の規定に従い、加盟国が設置する個別放射線モニタリング用のデータシステムに提出するものとする。

線量記録の保存期間については、IAEA GSR Part3 の 3.104.にも同様の記載がある<sup>54</sup>。

3.104. 各作業者の職業被ばく記録は、作業者の就労期間中とその後少なくとも作業者が 75 歳に達するか達したと思われるまで及び職業被ばくを伴う作業終了後少なくとも

---

<sup>54</sup>IAEA, IAEA Safety Standards Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards General Safety Requirements Part 3, (2014), <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards>

も 30 年間、保存されなければならない。

#### 2.1.4.1 DOSMAX プロジェクト

EU では、Euratom のプロジェクトの一部として、2000 年から 2004 年に航空機乗務員の被ばく線量評価のプロジェクト “Dosimetry of aircrew exposure to radiation during solar maximum (DOSMAX)”<sup>55</sup>: 太陽活動極大期における航空機乗務員の被ばく線量評価“を実施した。DOSMAX プロジェクトの目的は以下のとおりである。

過去 10 年間に採用された航空機の飛行高度の上昇により、大気圏上層部での航空機乗務員の放射線被ばく線量が増加している。欧州連合 (EU) 理事会指令 96/29/EURATOM<sup>56</sup>の改訂により、宇宙放射線が職業被ばくに含まれることになったため、航空時の高度における被ばく状況を徹底的に調査し、航空機乗務員の被ばく量を推定する必要性が浮き彫りになった。問題となっている航空環境は非常に複雑で、地上での職業被ばくの研究では経験したことのない種類の放射線や範囲が混在している。さらに、線量レベルは高度、地磁気、太陽周期の位相によって変化する。測定と計算は、11 年間の太陽周期のうち、最後の 7 年間について成功裏に終了した。今回のプロジェクトの目的は、来るべき太陽活動極大期までの調査を統合し、完了させることである。

上記のプロジェクトでは、航空機の高度における放射線場を調査が可能な測定器の開発・改良を行い、さまざまな加速器施設でそれらの校正と特性評価を実施した<sup>57</sup>。第 23 太陽周期<sup>58</sup>の極大期における高度及び緯度の関数としての放射線場の測定を行い、高高度で稀に発生する太陽高エネルギー粒子の影響を初めて測定することを計画した。これらの測定と並行して、EPCARD や CARI-6 を含むコンピュータコードを用いた広範な計算を行い、場の様々な

---

<sup>55</sup> CORDIS - EU research results, Dosimetry of aircrew exposure to radiation during solar maximum, (2003), <https://cordis.europa.eu/project/id/FIGM-CT-2000-00068>

<sup>56</sup> European Communities, Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation, (1996), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31996L0029>

<sup>57</sup> CORDIS - EU research results, Dosimetry of Aircrew Exposure to Radiation During Solar Maximum (DOSMAX), FINAL REPORT PROJECT SUMMARY, (2004), [https://cordis.europa.eu/docs/projects/files/FIGM/FIGM-CT-2000-00068/fp5-euratom\\_dosmax\\_projsu\\_en.pdf](https://cordis.europa.eu/docs/projects/files/FIGM/FIGM-CT-2000-00068/fp5-euratom_dosmax_projsu_en.pdf)

<sup>58</sup> 太陽黒点の記録が開始された 1755 年以降の、23 回目の太陽活動周期（1996 年 5 月から 2008 年 12 月まで 12.6 年間）

側面を調査し、実験データと結果を比較した。また、線量推定のいくつかの方法とそれに伴う不確実性についても検討した。最終的に、DOSMAX プロジェクトの結果と結論を、専門家や一般向けに分かりやすく説明した小冊子<sup>59</sup>を作成した。

---

<sup>59</sup> CORDIS - EU research results, Evaluation of the Cosmic Radiation Exposure of Aircraft Crew, [https://cordis.europa.eu/docs/projects/files/FIGM/FIGM-CT-2000-00068/75331981-6\\_en.pdf](https://cordis.europa.eu/docs/projects/files/FIGM/FIGM-CT-2000-00068/75331981-6_en.pdf)

## 2.1.5 英国

欧州連合理事会は 2014 年 1 月 17 日に、電離放射線への被ばくから生じる危険から身を守るための基本的な安全基準を定める指令 2013/59/Euratom を採択している。英国では、2013/59/Euratom に基づき、航空機乗務員と宇宙飛行士に適用される同指令の規定が、2019 年 8 月 7 日に The Air Navigation (Cosmic Radiation: Protection of Air Crew and Space Crew and Consequential Amendments) Order 2019<sup>60</sup>（以下、ANO(Cosmic Radiation)）として施行された。

### 2.1.5.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

英国の航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制は、英国民間航空局（CAA）が所掌している<sup>61</sup>。

### 2.1.5.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

航空機乗務員の放射線被ばくについては、ANO(Cosmic Radiation)<sup>60</sup>で規制されている。また、一部、The Air Navigation (Overseas Territories) Order 2013<sup>62</sup>（以下、ANO(Overseas Territories)）の Part5 にも宇宙放射線からの航空機乗務員の防護について記載がある。一方で、乗客に関する放射線防護の法令やガイドライン等について、英国及び航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった。

#### 1) 法令等の適用範囲

英国の法律では、放射線防護アドバイザー（RPA）が法律の正しい適用について助言を行うが\*、法令の適用範囲は、ANO(Cosmic Radiation)の第 3 条に定められており、英国にて設

---

<sup>60</sup> UK government (UK Statutory Instruments), The Air Navigation (Cosmic Radiation: Protection of Air Crew and Space Crew and Consequential Amendments) Order 2019,(2019), <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2019/1115/made>

<sup>61</sup> CAA, Introduction A summary of health and safety and working regulations in civil aviation, <https://www.caa.co.uk/our-work/about-us/health-safety-and-working-time-regulation/introduction/>

<sup>62</sup> UK government (UK Statutory Instruments), The Air Navigation (Overseas Territories) Order 2013, (2014), <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2013/2870/contents/made>

立されているまたは、主たる営業所が英国内にある航空機を管理する事業者が対象である。また、この事業者は、ANO(Cosmic Radiation) の第 4 条で、航空機を管理しているものを意味すると定められている。したがって、放射線防護における他のすべての側面についても、「事業者」に責任がある\*。以下に、関連する箇所を抜粋する。

#### 第 1 部第 3 条「法令適用」

(1) 本令は、以下に関して適用される。

(a) 以下の事業者による航空機の運航に関して、いずれかに該当する場合適用される。

(i) 英国に設立されている。

(ii) 主たる営業所が英国内にある。

(2) この命令は、軍用機の運航に関しては適用されない。

(3) 本条において、「軍用機」とは、以下を意味する。

(a) 各国の海軍、陸軍、空軍の航空機

(b) 国務長官が発行した証明書が有効な航空機であって、当該航空機が本令の目的のために軍用機として取り扱われるもの

#### 第 1 部第 4 条「事業者の意味」

(1) この命令の規定の適用上、航空機に関する "事業者" とは、当該時点で航空機を管理する者をいう。

(2) ただし、陛下に属する航空機又は専ら陛下の業務に使用される航空機に関するこの命令の適用については、陛下に代わって航空機の管理を担当する政府省庁またはその他の機関が、航空機の事業者とみなされる。

(3) この条のいかなる規定も、航空機の管理について陛下に代わって責任を負う政府省庁またはその他の機関に、刑罰を科す責任を負わせるものではない。

航空事業者等の運航路線、運航経路若しくは乗客の飛行頻度の考慮（グレーデッドアプローチ）に関する法令等は、英国及び航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった。その一方で、ANO(Cosmic Radiation)の第 7 条では、被ばく線量の高い乗務員に関して、被ばく線量を低減する目的で、評価された被ばく量を考慮して作業スケジュール

ルを組むことと定めている。以下に、関連する箇所を抜粋する。

第2部第7条「評価及び情報提供の要件」

(1) 事業者は、以下のことを行わなければならない。

(a) 該当する各乗務員の宇宙放射線被ばくを評価するための適切な手段を講じること

(b) 被ばく線量の高い乗務員の被ばく線量を低減する目的で、評価された被ばく量を考慮して作業スケジュールを組むこと。

(c) 関係乗務員に対し、(a)で評価された各乗務員の被ばく線量を通知すること。

(2) "評価"及び"過度の被ばく"は、命令の第35条と同じ意味を有する。

2) 法令等における被ばく線量に係る基準値

ANO(Cosmic Radiation)では、被ばく線量に係る基準値は、第5条に、事業者が認可を受けていない場合、雇用された乗務員の実効線量が1 mSv/年を超えてはいけないことを定めているが、(a) 事業者が有効な関連証明書や認可を付与または発行されている場合、(b) 承認された訓練機関または公表された訓練機関である場合、(c) CAA に関連する申告を行っている場合の乗務員では、実効線量で6 mSv/年を定めている。また、実効線量の基準値が6 mSv/年の乗務員の中でも、特別の任務を負った乗務員 (Classified crew member) は、実効線量の基準値を20 mSv/年に定めている。また、ANO(Cosmic Radiation)の第2条にて、乗務員は運航乗務員 (当該航空機の操縦士、航空無線通信士)、客室乗務員 (旅客の安全のために職務を遂行する目的で航空機に乗り組む者)、タスクスペシャリスト (航空機内で専門的なタスクを行う者) と定められている。以下に、関連する箇所を抜粋する。

第2部第5条「被ばくの許可と禁止」

(1) いかなる事業者も、本条において認可されていない限り、年間で1 mSv を超える宇宙放射線による実効線量を受ける可能性のある者を、航空機の乗務員として雇用し、またはその他の方法で従事させてはならない。

(2) 第24条 (事業者を認可されていないと決定するCAAの権限) に従い、事業者は、以下のいずれかに該当する場合、本条において認可される。

(a) 関連証明書、宇宙産業法認可、または特殊運航認可が付与または発行され、かつその証明書、認可、または認可が有効である場合。



(b)承認された訓練機関又は公表された訓練機関である場合。

(c) CAA に関連する申告を行っている場合。

- (3) いかなる事業者も、航空機又は宇宙船の乗務員として、その者が1年間に6 mSv (6 mSv/年)を超える宇宙放射線による実効線量を受けることになるような職務を遂行するために、その者を雇用又はその他の方法で従事させてはならない。ただし、その者が特別の任務を負った乗務員 (Classified crew member) である場合はこの限りでない (第12条 (過度の被ばくを受けた乗務員の継続勤務) 参照)。
- (4) いかなる事業者も、航空機又は宇宙船の乗務員として、その者が1年間に20 mSv (20 mSv/年)を超える宇宙放射線による実効線量を受けることになるような職務を遂行するために、その者を雇用又はその他の方法で従事させてはならない。(第12条 (過度の被ばくを受けた乗務員の継続勤務) 参照)。
- (5) 本条において「承認訓練機関」とは、EASA 航空機乗務員規則第1条に規定されている意味を有し、「申告訓練機関」とは、EASA 航空機乗務員規則第1条に規定されている意味を有し、「EASA 航空機乗務員規則」とは、欧州議会及び理事会規則 (EC) No 216/2008 に基づき、民間航空機の航空機乗務員に関する技術的要件及び管理手続きを定めた2011年11月3日付の欧州委員会規則 (EC) No 1178/2011 を意味する。  
「EASA 航空事業者規則」とは、欧州議会及び理事会規則 (EC) No 216/2008 に基づき、航空業務に関する技術的要件及び行政手続を定めた2012年10月5日付欧州委員会規則 (EU) No 965/2012 をいう M7 ; 「国内航空事業者証明書」及び「Part-CAT 航空事業者証明書」とは、2016 年航空航法別表第 1 の第 1 項に定める意味を有する ; 「関連証明書」とは、以下をいう。

(a)国内航空事業者証明書

(b)Part-CAT 航空事業者証明書

「関連申告」とは、事業者が CAA に対して行う申告を意味する。

(a)EASA 航空運航規則附属書 III に従い、運航者が高リスクの商用特殊運航以外の特殊運航を実施する、または実施する意図があること

(b)EASA 航空業務規則附属書 III に従い、運航者が複合動力航空機の非商業的運航を実施している、または実施しようとしている場合

"特殊運航"及び"高リスク商業特殊運航"は、EASA 航空事業者規則と同じ意味を持つ。"

特殊運航許可"とは、EASA 航空事業者規則に基づいて運航者に付与された、高リスク商業特殊運航を行うことを許可する許可を意味する。

#### 第 2 部第 12 条「過度の被ばくを受けた乗務員の継続勤務」

- (1) いかなる事業者も、暦年の残りの期間、 $X \text{ mSv}$  を超える宇宙放射線による実効線量を受けるおそれのある過度の被ばくを受けた乗務員を、航空機又は宇宙船内で職務に従事させるために雇用又は従事させてはならない。
- (2) (1)において、「 $X$ 」とは、以下のいずれか低い方をいう。
  - (a) 当該乗務員に適用される線量限度を  $365$  で除し、暦年の残りの日数を乗じた値
  - (b) 当該乗務員に適用される線量限度から、当該乗務員が過度の被ばくを受けた日までの暦年間に当該乗務員が受けた実効線量（過度の被ばくの結果生じた線量を除く）を差し引いた値
- (3) 過度の被ばくを受けた乗務員を航空機又は宇宙船内で職務に従事させる事業者は、当該乗務員に適用される線量限度について、当該乗務員に通知しなければならない。
- (4) 乗務員が受けた過度の被ばくが、事業者が管理できない例外的な状況によって生じた場合、過度の被ばくの結果生じた線量は、第 5 条（被ばくの禁止）及び第 26 条（違反及び罰則）における乗務員の実効線量の評価には含まれない。
- (5) 本条においては
  - (a) 「乗務員に適用される線量限度」は、以下のとおりとする。
    - (i) 乗務員が第 5 条の認可を受けていない事業者のために業務を行っている場合、 $1 \text{ mSv}$
    - (ii) 乗務員が第 5 条の認可を受けた事業者のために職務を行っている場合
      - (aa) 特別の任務を負った乗務員については、 $20 \text{ mSv}$
      - (bb) その他のすべての乗務員については、 $6 \text{ mSv}$
  - (b) 「暦年の残り」は、当該乗務員が過度の被ばくを受けた日の翌日から始まり、暦年の最終日までとする。

#### 第 3 部第 13 条「特別の任務を負った乗務員」

- (1) 事業者は、第 5 条(3)の目的のために乗務員を分類することができ、本条に基づいて特別の任務を負った乗務員を、この命令では "特別の任務を負った乗務員"という。
- (2) ただし、事業者は、次の場合を除き、乗務員を分類してはならない。
- (a)当該乗務員の直近の健康診断又は場合によっては第 14 条（健康診断）に基づく健康診断において、医師が当該乗務員を以下のいずれかに該当すると判定した場合
- (i) 特別の任務を負った乗務員として働くのに適している。
- (ii)一定の条件下で、特別の任務を負った乗務員として働くのに適している。
- (b)(a)(ii)に該当する場合、その条件が満たされていること。
- (3) 事業者は、乗務員の直近の健康診断又は場合によっては第 14 条に基づく健康診断後、できるだけ速やかに、以下のすべての結果を考慮して、当該乗務員の区分への適性を見直さなければならない。
- (a)健康診断又は健康診断が行われた年の初め以降に、当該乗務員に関して実施された第 9 条又は第 16 条に基づくモニタリング
- (b)乗務員の直近の健康診断又は第 14 条に基づく健康診断
- (c)第 14 条に基づく乗務員の直近の健康診断又は健康診断の日以降に、当該乗務員が受けたその他の健康診断
- (4) 事業者は、以下の場合、乗務員を特別の任務を負った乗務員として区分することを中止しなければならない。
- (a)当該乗務員の直近の健康診断又は第 14 条に基づく健康診断において、医師が以下のいずれかに該当すると判断した場合。
- (i) 特別の任務を負った乗務員として働くのに不適當である。
- (ii)一定の条件下で、特別の任務を負った乗務員として働くのに適している。
- (b)(a)(ii)に該当する場合、その条件が満たされていない。

## 第 1 部第 2 条「解釈」

- (1) この命令では

"飛行場"は、航空航法令 2016 M1 の別表 1 の段落 1 に与えられた意味を有し、"客室乗務員"は、旅客の安全のために職務を遂行する目的で航空機に乗り組む者であって、運航乗務員の一員として行動しない者をいい、"特別の任務を負った乗務員"は、第 13 条(1)に与えられた意味を有し、"乗務員"は、

(a)航空機に関し、当該航空機に乗り組む者であって、次のいずれかに該当する者をいう。

(i)運航乗務員

(ii)客室乗務員

(iii)タスクスペシャリスト

妊娠中の乗務員について被ばく線量に係る基準値は、ANO(Cosmic Radiation)の第 8 条に、等価線量が残りの妊娠期間中に 1 mSv を超える可能性が低いことを確保しなくてはならないと定めている。以下に、関連する箇所の翻訳を抜粋する。

#### 第 2 部第 8 条「妊娠中の乗務員の防護」

(1) 事業者は、胎児への被ばくリスクを考慮し、妊娠の事実を早期に事業者に知らせることの重要性を、関係する全ての乗務員に伝えなければならない。

(2) 事業者は、乗務員から書面により妊娠している旨の連絡があった場合には、直ちに、以下のすべての事項を確保しなければならない。

(a)乗務員が職務上宇宙放射線に被ばくする条件が、胎児への等価線量が合理的に達成可能な限り低くなるようなものであること。

(b)その線量が残りの妊娠期間中に 1 mSv を超える可能性が低いこと。

(3) 本条において、「等価線量」は、指令の第 4 条(33)で与えられる意味を有する。

ANO(Overseas Territories)<sup>62</sup> の Part5 では、事業者が、年間 1 mSv を超える宇宙放射線にさらされる可能性のある乗務員について、飛行中の宇宙放射線被ばくを評価すること、胎児への等価線量が合理的に達成可能な限り低く、1 mSv を超える可能性が低いことを保証することが定められている。なお、英国では 2025 年 2 月現在、妊娠中であることを申告した時点から、妊娠中の乗務員に対して残りの妊娠期間中の実効線量を 1 mSv に制限することを検討中である\*。

以下は ANO(Overseas Territories) Part 5 の翻訳抜粋である。

第 5 部第 65 条「宇宙放射線からの航空機乗務員の防護」

- (1) 関連事業者は、宇宙放射線から航空機乗務員を保護するための以下のすべての適切な措置を講じなければならない。
  - (a) 年間 1 mSv を超える宇宙放射線にさらされる可能性のある乗務員の飛行中の宇宙放射線被ばくを評価する。
  - (b) 被ばく線量の高い航空機乗務員の被ばく線量を低減するため、作業スケジュールを組む際には、評価された被ばく線量を考慮すること。
  - (c) 関係する労働者に、業務に伴う健康リスクを知らせること。
- (2) 関連事業者は、妊娠中の航空機乗務員に関して、飛行中の宇宙放射線被ばくの条件が、胎児への等価線量が合理的に達成可能な限り低く、残りの妊娠期間中に 1 mSv を超える可能性が低いことを保証しなければならない。
- (3) (2)のいかなる規定も、航空機乗務員が妊娠していることを書面で通知するまでは、当該事業者に対して、航空機乗務員に関する何らかの措置を講じることを要求するものではない。

一方、「Ionising Radiations Regulations 2017」(IRR2017)<sup>63</sup>では一般公衆の線量限度が規定されている。しかし、一般公衆に対する航空機による宇宙線被ばくに関する規定は、英国及び航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった(2025年3月17日)。

### 3) 被ばく線量の管理方法

一般に向けた広報等については定められていない。

被ばく線量の評価及び通知について、ANO(Cosmic Radiation)の第 7 条では、事業者は、関連する各乗務員の宇宙放射線被ばくを適切な手段で評価し、通知する必要があると定めら

---

<sup>63</sup> UK government (UK Statutory Instruments), The Ionising Radiations Regulations 2017, (2018), <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2017/1075/contents/made>

れている。また、第 9 条にて、事業者は特別の任務を負った乗務員に特定されるまで、乗務員の被ばくをモニタリングする必要がある。また、第 9 条及び第 16 条にて、コンピュータプログラムである CARI-7、EPCARD、SIEVERTPN、PCAire を使用し、特別の任務を負った乗務員以外の乗務員及び特別の任務を負った乗務員の線量評価をすることができると定めている（その他コンピュータプログラムの使用ができない理由は述べられていない）。なお、2019 年以降に利用可能になったコンピュータプログラムは、法的には使用できない（現在利用可能である CARI-7A は、下記に記載されていないため、許可されていない可能性がある）\*。以下に関連する箇所の翻訳を抜粋する。

#### 第 2 部第 7 条「評価と情報提供の要件」

- (1) 事業者は、以下を行わなければならない。
  - (a) 関連する各乗務員の宇宙放射線被ばくを評価するために適切な手段を講じること。
  - (b) 被ばく量の高い乗務員の線量を低減するために、作業スケジュールを組む際に、評価された被ばく量を考慮すること。
  - (c) 各関係乗務員に、(a)に基づき評価された被ばく線量を通知すること。
- (2) "評価"及び"過度の被ばく"は、指令の第 35 条と同じ意味を有する。

#### 第 2 部第 9 条「特別の任務を負った乗務員以外の乗務員のモニタリング」

- (1) 事業者は、第 13 条に基づき特別の任務を負った乗務員を特定するのに十分な程度まで、特別の任務を負った乗務員以外の関連する乗務員の宇宙放射線への被ばくをモニタリングすることを確保しなければならない。
- (2) 本条に基づく乗務員のモニタリングは、航空機に搭乗している者が受ける宇宙放射線による実効線量を計算する次のいずれかのコンピュータプログラム又はこれと同等の機能を果たすコンピュータプログラムを適切に使用することにより実施することができる。
  - (a)CARI-7
  - (b)EPCARD
  - (c)SIEVERTPN

(d)PCAire

(3) 本条において

(a)「CARI-7」とは、連邦航空局民間航空宇宙医学研究所が開発した同名のコンピュータプログラムをいう

(b)「EPCARD」とは、ヘルムホルツ・ミュンヘン・ドイツ環境保健研究センターの放射線防護研究所により開発された、航空路線線量計算のための欧州プログラムパッケージをいう

(c)「SIEVERTPN」とは、Institut De Radioprotection et de Surete Nucleaire により開発された同名のコンピュータプログラムをいう

(d)「PCAire」とは、PCAire Inc.が開発した同名のコンピュータプログラムを意味する。

### 第3部第16条「宇宙放射線被ばくのモニタリング：特別の任務を負った乗務員」

(1) 事業者は、特別の任務を負った乗務員一人一人の宇宙放射線被ばくを個別にモニタリングすることを保証しなければならない。

(2) 本条に基づく乗務員のモニタリングは、航空機に搭乗している者が受ける宇宙放射線による実効線量を計算する次のいずれかのコンピュータプログラム又はこれと同等の機能を有するコンピュータプログラムを適切に使用することにより行うことができる。

(a)CARI-7

(b)EPCARD

(c)SIEVERTPN

(d)PCAire

(3) 本条において、「CARI-7」、「EPCARD」、「SIEVERTPN」及び「PCAire」は、第9条と同じ意味を有する。

事業者は、乗務員が過度の被ばくを受けたと信じるに足る合理的な理由がある場合、過度

の被ばくが発生していないことを合理的な疑いを超えて結論付けるため、直ちに調査を実施する必要がある。調査の結果、調査を開始した日から起算して 14 日以内に、否定的結論が出されなかった乗務員については、直ちに直近の健康診断を担当した医師に過度の被ばくについて通知し、被ばくした宇宙放射線の線量を調査する必要がある\*。医師は特別の任務を負った乗務員として働くのに適当であるか評価する責任がある\*。線量の調査結果については、調査を開始した日から起算して 2 年を経過する日まで、確実に保存しなければならないことと ANO(Cosmic Radiation)の第 11 条に定められている。この被ばく線量が記載された調査報告書の保管及び管理については、同第 11 条に、事業者が、調査した乗務員が 75 歳または、調査が開始された日から 30 年目の日のいずれか遅い日まで保管しなければならないことと定められている。

以下に、関連する箇所の翻訳を抜粋する。

#### 第 2 部第 11 条「過度の被ばく」

- (1) 事業者は、航空機内で当該事業者のために職務を遂行している間に、乗務員が過度の被ばくを受けたと信じるに足る合理的な理由がある場合、過度の被ばくが発生していないことを合理的な疑いを超えて結論付けるため（以下「否定的結論」）、直ちに調査を実施しなければならない。
- (2) 事業者が、調査を開始した日から起算して 14 日以内に否定的結論を出すことができない場合、過度の被ばくが発生したものとみなされ、事業者は以下のすべてに該当する事項を行わなければならない。
  - (a)直ちに
    - (i)過度の被ばくについて CAA に通知する。
    - (ii)乗務員が特別の任務を負った乗務員である場合、当該乗務員の直近の健康診断または場合によっては健康診断を担当した医師に過度の被ばくについて通知する。
    - (iii)影響を受けた乗務員に過度の被ばくを通知するための適切な措置を講じる。
  - (b)乗務員から要請があった場合、直ちに、過度の被ばくに関して乗務員の健康診断を実施するための医師を手配する。
  - (c)14 日間の期間後、合理的に実行可能な限り速やかに、以下を決定するために必要な調査を実施する。



- (i)合理的に実行可能な限り、乗務員が受けた宇宙放射線の線量。
  - (ii)過度の被ばくの再発を防止するために必要な措置がある場合は、その措置。
- (3) (2)(c)に基づき調査が実施された場合、事業者は、調査が終了次第、直ちに以下のすべての事項を行わなければならない。
- (a)CAA に通知する。
  - (b)影響を受けた乗務員に、調査の結果及び過度の被ばくの再発を防止するためにとるべき必要な措置に関する決定を、通知するための適切な措置を講じること
- (4) 過度の被ばくの再発を防止するために必要な措置があると判断した事業者は、そのような判断がなされた後、実施可能な限り速やかにその措置を実施しなければならない。
- (5) (1)の規定による調査を行った事業者は、調査を開始した日から起算して 2 年を経過する日まで、調査報告書を確実に保存しなければならない。
- (6) (2)(c)に従い調査を実施する事業者は、調査報告書を以下のいずれか遅い日まで保管しなければならない。
- (a)影響を受けた乗務員が 75 歳をむかえた日（その日まで生存しているか否かを問わない）。
  - (b)調査が開始された日から 30 年目の日。
- (7) 「過度の被ばく」とは、以下を意味する。
- (a)第 5 条（被ばくに関する許可及び禁止）に基づき許可されていない事業者のために業務を行っている乗務員との関係では、当該乗務員が暦年で実効線量 1 mSv を超える宇宙放射線被ばくを受けたこと。
  - (b)第 5 条の認可を受けた事業者のために職務を遂行する乗務員については
    - (i) 特別の任務を負った乗務員に関しては、暦年で実効線量 20 mSv を超える宇宙放射線被ばくを受けたこと。
    - (ii)その他の乗務員に関しては、その乗務員が暦年で実効線量 6 mSv を超える宇宙放射線被ばくを受けたこと。

教育については、ANO(Cosmic Radiation)の第 10 条に、宇宙放射線による被ばくから生じる健康リスク、事業者が第 6 条に基づきリスク評価を実施するための手順、宇宙放射線に対する乗務員の被ばくを評価・モニタリングするための事業者の手順について、乗務員が航空機内で業務を行う前に、事業者が各乗務員への訓練を実施する必要があると定められている。以下に、関連する箇所の翻訳を抜粋する。

第 2 部第 10 条「乗務員への情報及び訓練の提供」

- (1) 事業者は、関連する各乗務員に対し、以下に関する適切な情報及び訓練をすべて確実に提供しなければならない。
- (a) 航空機または宇宙船内で乗務員の職務を遂行する際に、宇宙放射線による被ばくから生じる健康リスク。
  - (b) 事業者が第 6 条に基づきリスク評価を実施するための手順。
  - (c) 宇宙放射線に対する乗務員の被ばくを評価し、モニタリングするための手順。
- (2) 事業者は、(1)に基づく訓練が、以下のすべてに該当するように行われることを保証しなければならない。
- (a) 航空機に乗務するために雇用され、又はその他の方法で従事している乗務員に関しては、この命令が施行された後、合理的に実行可能な限り速やかに。
  - (b) その他のすべての場合においては、当該乗務員が航空機内で業務を行う前。

航空機乗務員の航空飛行時の被ばく結果は、以下の European ALARA Network (EAN) の 2012 年のレポート<sup>64</sup>で報告されている。(以下、抜粋)

European ALARA Network EAN request on radiation protection of aircraft crew - Final  
- 7th February 2012

データ

英国人口の電離放射線被ばく：2005 年レビュー、HPARPD-001 より抜粋

宇宙放射線による被ばくは、航空機乗務員が空中で過ごす時間によって異なる。英国放

---

<sup>64</sup> European ALARA Network, Results of the EAN request on radiation protection of aircraft crew, (2012), <https://www.eu-alara.net/index.php/activities/ean-documents-and-publications/docman-menu/survey/85-aircraft-crew/file.html>

射線防護局（NRPB）が実施した調査によると、長距離便の乗務員は年間約 900 時間、短距離便の乗務員は年間約 400 時間空中にいる可能性がある。宇宙線による平均線量率を 4  $\mu\text{Sv/h}$  とすると、年間被ばく線量は短距離乗務員で 1.6 mSv、長距離乗務員で 3.6 mSv となる。年間の平均飛行時間を約 600 時間とすると、年間線量は 2.4 mSv となる。

#### 4) 天文現象への対応方法

天文現象への対応は、ANO(Cosmic Radiation)に明記はされていないが、事業者の ANO(Cosmic Radiation)では、管理できない例外的な状況による過剰被ばくによる線量は当該乗組員の実効線量の評価に含めないことが記載されている。以下に関連する箇所の翻訳を抜粋する。

##### 第 2 部 12 条「過剰な被ばくをした乗組員の継続的な作業」

- (4) 乗組員が受けた過剰被ばくが、事業者の管理できない例外的な状況によって生じた場合、その過剰被ばくによる線量は、第 5 条（被ばくの禁止）及び第 26 条（違反行為及び罰則）の目的のための当該乗組員の実効線量の評価に含めない。

英国健康安全保障庁（UKHSA）から天文現象と放射線に関する以下のガイダンス「宇宙天気と放射線（Space weather and radiation）」<sup>65</sup>が 2014 年 1 月に発行されており、太陽嵐によって、通常よりも高い放射線量が発生した場合においても、個人の放射線の生涯リスクは有意に変化しないと記載されている。

##### Guidance, Space weather and radiation（一部抜粋）

太陽嵐によって、通常よりも高い放射線量率が発生する可能性がある。線量率の増加は、いわゆる地上事象（GLE）として、海面で測定できることもある。このような現象は珍しいことではないが、地上レベルで線量率の上昇が測定された場合、航空機高度での上昇はより顕著である。記録が始まった 1942 年以降、GLE は年平均 1 回程度発生しているが、太陽活動極大期前後に最も多く発生している。しかし、これらのうち、乗務員や乗客の線量率が有意に上昇するものはごくわずかであり、個人の生涯がんリスクを有意に変化させ

<sup>65</sup> UK Health Security Agency, Space weather and radiation, (2014), <https://www.gov.uk/guidance/space-weather-and-radiation>

るものはなかった。

宇宙天気の影響を受けるような技術の開発や、その影響を測定する方法が確立されて以来、大きな宇宙天気現象はほとんど起こっていない。科学者たちが 200 年に 1 度起こるかもしれないと考えているような事象に基づく最善の推定によれば、地上にいる人々の放射線量は小さく、自然に発生する放射性ガスであるラドンのレベルのためにバックグラウンド放射線が高いコーンウォールで 1 週間休暇を過ごすのとほぼ同じ程度の線量である。大規模な太陽嵐のときに飛行機を利用する人であっても、コーンウォールで 2～3 年過ごすのと同程度の線量を追加で受けるだけである。

重大な事象は非常にまれであり、このような通常ではない線量レベルであっても、個人の放射線による生涯リスクは測定可能なほど変化しない。

CAA より以下の宇宙天気の航空への影響に関する報告書(CAP 1428 : Impacts of space weather on aviation)<sup>66</sup>が 2016 年 9 月に出版されており、英国の航空業界へのガイダンスの提供を目的としている。(以下、抜粋)

CAP 1428 の出版及び改訂の経緯は、以下のとおりである。

第 1 号 2016 年 9 月 1 日

CAP1428 は、宇宙気象が航空に及ぼす可能性の高い影響について、運航会社及びその他の業界関係者にガイダンスを提供するために導入された。企業の安全管理システムによる軽減戦略 (mitigation strategies) が強く推奨されている。

第 2 号 2020 年 10 月

CAP1428 を改訂し、ICAO 宇宙天気予報及び気象庁宇宙天気予報製品・サービスに関する詳細を追加するとともに、厳しい宇宙天気の脅威を考慮する際の安全リスク評価に関するガイダンスを提供する。

また、CAP1428 では、ICAO の支援の下で宇宙天気情報配信されていること及び宇宙天気

---

<sup>66</sup> CAA, CAP1428: Impacts of space weather on aviation, (2020), <https://www.caa.co.uk/our-work/publications/documents/content/cap1428/>

シナリオに関するリスク評価のガイドラインが記載されている。(以下、抜粋)

## CAP 1428 : Impacts of space weather on aviation

### 第 6 章 宇宙天気観測と予報

#### ICAO Space Weather Information Service (一部抜粋)

宇宙天気予報は、高周波数 (HF) 通信、全地球航法衛星システム (GNSS) ナビゲーション及び監視、衛星通信、航空機内の放射線レベルの上昇の可能性に関して、宇宙天気現象が中程度または深刻な影響を及ぼす場合に、航空固定ネットワークを通じて配信される。

このグローバル・サービスは、ICAO 指定の 3 つのグローバル宇宙天気センター、すなわち ACFJ コンソーシアム (オーストラリア、カナダ、フランス、日本で構成)、PECASUS コンソーシアム (オーストリア、ベルギー、キプロス、フィンランド、ドイツ、イタリア、オランダ、ポーランド、英国で構成)、及び米国を提供する責任を引き受けた国によって 24 時間 365 日提供される。このサービスは、3 つのセンターが持ち回りで提供する。

### 第 7 章 宇宙天気に関する安全リスク評価

#### Guidelines for Completing a Safety Risk Assessment (一部抜粋)

リスクとは、ハザードから生じる有害な結果の確率と重大性の評価である。ハザードが危害を引き起こす確率をオペレーターが判断し、認識された安全リスクを軽減する可能性を支援するために、利用可能なすべての関連情報を考慮し、関連する利害関係者に相談する必要がある。

これには、通信手段の喪失、航空電子機器の潜在的な故障、乗客・乗務員の放射線被ばくの増加などが含まれる。このような事象による重大な混乱が、特に従業員や乗客へのハザードの伝達に関連する計画に含まれていることを確認するため、運航会社の危機管理計画の評価が実施されるべきである。

さまざまな宇宙天気のシナリオについて、事業者は、上記の影響が発生した場合の深刻度を検討すべきである。これには、航空機の安全運航に有害と考えられる宇宙天気関連現象に遭遇する確率を評価すること、及び、その結果生じるリスクが許容可能であり、組織のリスクパフォーマンスの範囲内であるかどうかを判断することが含まれる。必要な場合、運航者は、安全リスクを運航者の責任ある管理者が許容できるレベルまで低減するための

行動を優先すべきである。

また、CAP1428 では、ICAO が、“49000 ft (15000 m) 以上で飛行しようとする航空機は、全宇宙放射線の線量率を測定し、継続的に表示する装置を搭載することを義務付けている。”ことを記載している。また、機内の総放射線量が 50 mrem/h (約 0.5 mSv/h) に達した場合、Circular 126 Guidance Material on SST Aircraft Operations に、パイロットが取り得る行動のガイダンスが含まれていることが記載されている。(以下、抜粋)

#### CAP 1428 : Impacts of space weather on aviation

#### 第 4 章 宇宙天気の影響

#### Mitigation against space weather impacts

#### Aircraft Intending to operate above 49000 ft (一部抜粋)

ICAO の付属書 6 (パート I、第 6 章) は、49000 ft (15000 m) 以上で飛行しようとする航空機に、全宇宙放射線の線量率を測定し、継続的に表示する装置を搭載することを義務付けている。また、付属書 6 の付録 2 は、パイロットが太陽宇宙線にさらされた場合に取りべき最善の行動を決定できるような情報と、降下する決定を下した場合の手順を、運航マニュアルに記載することを義務付けている：

1. 運航情報システム (ATS) ユニットに状況を事前に警告し、暫定的な下降許可を得る必要性。
2. ATS ユニットとの通信が確立できない、または中断された場合に取りべき行動。

付録 2 には、提供すべき情報に関するガイダンス資料が、Circular 126 Guidance Material on SST Aircraft Operations. に記載されていることが記されている。Circular 126 には、機内の総放射線量が 50mrem/h (約 0.5 mSv/h) に達した場合に取り得る行動に関するパイロットへのガイダンスが含まれている。

Circular 126 に記載されている行動のひとつは、パイロットが、総放射線量が、同じルートで飛行する同型機の乗務員が受けると予想される放射線量を超えないレベルまで降下する許可を求め、その許可を得た場合にのみ降下することである。Circular 126 では、パイロットが被ばく低減を目的とした降下要求が正当化されるかどうかを効果的に判断できるようにするため、航空機乗務員に宇宙放射線 (電離放射線及び中性子線) の線量率及び各フライト中の累積線量を容易に表示できる空中放射線検出装置を装備することを運航上

の要件としている。ICAO は、航空機が航空交通管制に連絡できない場合、50mrem/h（約 0.5 mSv/h）を超える線量率に関連するリスクは、飛行中の航空機が通過する飛行高度まで、または通過する飛行高度まで、緊急の安全でない降下を行うことを正当化するものではないとしている。

また、CAP1428 では、49000 ft（15000 m）以上で飛行する予定のない航空機に関するトピックがあり、“ほとんどの民間航空機は 49000 ft 以上では飛行しないため、全宇宙放射線の線量率を測定・表示する装置を搭載していない”ことが記載されている。そのため、“パイロットが宇宙気象現象中に低空への降下を要求した場合、管制官は単位時間当たりの線量の単位を明確に特定することが非常に重要である”ことが記載されている。（以下、抜粋）

#### CAP 1428 : Impacts of space weather on aviation

##### 第 4 章 宇宙天気の影響

##### Mitigation against space weather impacts

##### Aircraft not Intending to operate above 49000ft（一部抜粋）

ほとんどの民間航空機は 49000ft 以上では飛行しないため、全宇宙放射線の線量率を測定・表示する装置を搭載していない。例えば、放射線検出装置を搭載していない航空機の場合、パイロットは（機内での放射線被ばくを減らすという特別な目的のために）降下する決定を下す根拠となる機内の放射線レベルを正確に知ることができません。例えば、放射線防護においては、放射線量を受ける可能性のある期間を把握することが非常に重要であり、したがって、どのような被ばく状況においても、単位時間当たりの線量の単位を明確に特定することが非常に重要である。

しかし、パイロットが宇宙気象現象中に低空への降下を要求した場合、管制官はその要求に応えるためにあらゆる合理的な手段を講じるべきである。また、管制官は、まれに厳しい宇宙天気に遭遇したパイロットが、クリアランスを待たずに緊急降下を開始することがあることを認識しておくべきである。

また、CAA が発行する CAP 513: Extended Range Twin Operations (ETOPS)について、太陽フレアへの対応を確認したが記載は確認できなかった。

#### 2.1.5.3 法令に関連する防護措置等の動向

ANO(Cosmic Radiation)は、2013/59/Euratom に基づくものであり、乗務員の被ばくを線

量限度の対象となる計画被ばく状況とみなしている\*。しかし、IAEA GSR Part 3 では、航空機乗務員の被ばくを参考レベルの対象となる現存被ばく状況とみなしており、ICRP でも、航空機乗務員の被ばくは現存被ばく状況であるとの見解を発表している。そのため、ANO(Cosmic Radiation)は、IAEA 及び ICRP の意向に従っていない\*。

ANO(Cosmic Radiation)の法令制定以降、ANO(Cosmic Radiation)の法令に関する放射線防護の考え方や最新の知見の動向は、航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった（2025 年 3 月 17 日時点）。一方で、英国における放射線及び民間原子力の安全規制のあり方に関するガイダンスが 2021 年に英国政府から発行されている。

Guidance, How we regulate radiological and civil nuclear safety in the UK,  
Published 20, April 2021<sup>67</sup>

#### 国際安全基準との整合性

英国は高い安全レベルを維持することを約束し、関連する国際安全基準の策定に専門知識を提供している。IAEA や ICRP などの国際機関が策定した安全基準は、国際的な優良事例として広く認められている。英国はこれらに積極的に貢献し、法律、規制、ガイダンスに採用している。そうすることで、英国は関連条約の義務を完全に遵守していることを示し続けている。英国は、IAEA の安全基準を自国の安全枠組みを評価する主要な基準として認識しており、IAEA のピアレビューを日常的に歓迎している。

#### 2.1.5.4 その他の関連情報

英国は ICAO 条約に加盟しており、CAA が管理し、英国航空情報サービスプロバイダーとして NATS が 2024 年 1 月 25 日に発行した文書<sup>68</sup>に以下のような記載がある。（以下抜粋）

#### GEN 1.7 DIFFERENCES FROM ICAO STANDARDS, RECOMMENDED PRACTICES AND PROCEDURES

##### 1 DATA NOT FULLY COMPLIANT WITH DATA QUALITY REQUIREMENTS OF

<sup>67</sup> Department for Energy Security and Net Zero and Department for Business, Energy & Industrial Strategy, How we regulate radiological and civil nuclear safety in the UK, (2021), <https://www.gov.uk/government/publications/how-we-regulate-radiological-and-civil-nuclear-safety-in-the-uk>

<sup>68</sup> National Air Traffic Services, GEN 1.7 DIFFERENCES FROM ICAO STANDARDS, RECOMMENDED PRACTICES AND PROCEDURES, (2015), <https://nats-uk.ead-it.com/cms-nats/opencms/en/Publications/AIP/Current-AIRAC/html/eAIP/EG-GEN-1.7-en-GB.html>



COMMISSION REGULATION (EU) 73/2010 (ADQ)

Annex 6 Part 1: Operation of Aircraft (International Commercial Air Transport - Aeroplanes) (12th Edition) (AMDT 48)

C6 6.12 Standard Different in character or other means of compliance

宇宙放射線の管理は、航空航法（宇宙放射線：航空機乗務員及び宇宙乗務員の保護ならびにその結果に関する改正）に従って行われる。ANO(Cosmic Radiation)に基づき行われ、航空機機材は必ずしも航空機に搭載されるとは限らない。

英国の航空局である CAA には、太陽活動と宇宙放射線の線量に関して、英国における放射線防護の管理に関するガイダンスが 2011 年に国防省（MOD）から発行されており、以下のとおり記載がある<sup>69</sup>。ウクライナ紛争などに関連する航路の見直しの要請などの情報は、航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった（2025 年 3 月 17 日時点）。

宇宙放射線の性質

太陽からの放射線の出力は、およそ 11 年周期で変化する。太陽黒点の数が増加し、太陽の出力が最大になる時期には、太陽の放射線の中に組み込まれた磁場が、銀河宇宙放射線成分の多くを地球からそらす役割を果たす。このため、最大太陽活動期には平均値より 20%ほど線量が低くなり、最小太陽活動期には 20%ほど線量が高くなる。主に太陽活動極大期には、わずかな確率ではあるが、非常に大量の高エネルギー粒子を発生させる太陽フレアが発生し、航空機高度での宇宙放射線レベルが上昇する。

また、ガイダンスでは、太陽フレア、線量評価の手法、コンピュータプログラムを使用した線量評価の例に関して以下のとおり記載がある<sup>69</sup>。

Guidance, Management of radiation protection in defence: part 2 guidance (JSP 392), April 2011<sup>69</sup>

Chapter 33 : exposure to cosmic radiation

<sup>69</sup> Ministry of Defence, Management of radiation protection in defence: part 2 guidance (JSP 392), (2011), <https://www.gov.uk/government/publications/jsp-392-radiation-safety-handbook-volume-2>

8. 太陽フレアの場合、荷電粒子が太陽から放出され、進行方向によっては地球に衝突する可能性がある。このような太陽粒子現象は平均して年に 1 回程度発生し、短時間（数時間または数日間）、放射線量の急激な上昇をもたらす。

10. 航空法は、年間 1 mSv を超える宇宙放射線被ばくを受ける可能性のある航空機乗務員について、飛行中の宇宙放射線被ばくによる職業被ばく線量の評価を行うことを事業者に義務付けている。航空機乗務員には、運航乗務員、客室乗務員、及び航空機の運航事業者には雇用され、航空機の飛行中に機内で職務を遂行する者が含まれる。1 年とは、暦年ではなく、12 ヶ月の期間を指す。

11. 線量評価は、個々の航空機乗務員に個人線量計を発行するか、コンピュータプログラムを使用することによって実施することができる。現在利用可能なコンピュータプログラム（CARI-7、EPCARD、SIEVERTPN、PCAire）は、飛行時間、高度、出発／到着空港に基づいて、個々の飛行の線量を評価する。コンピュータプログラムを用いて計算された飛行中に受ける典型的な線量の例は、本章の ANNEX A に記載されている。

12. 年間 1 mSv を超える線量を受ける可能性のある乗務員、または乗務員グループについては、被ばく線量を記録することが義務付けられている。この記録は、指定されたフライトの乗務員の被ばく線量（そのフライトに搭乗していた乗務員のリストを含む）、または個々の乗務員の被ばく線量の記録という形で行うことができる。典型的な飛行高度と飛行時間に基づき、年間 1 mSv を超える可能性のある乗務員の推定は、本章の ANNEX B に示したグラフを用いて行うことができる。

#### ANNEX A、Chapter 33 : exposure to cosmic radiation

##### 飛行中の宇宙放射線による被ばく線量の例

ロンドンから出発し、様々な目的地へ飛行する航空機乗務員の典型的な放射線量を表 A-1 に示す。各フライトは、離陸 30 分後に最高高度に到着し、着陸 30 分前に降下を開始すると仮定している。すべての線量は復路のもので、コンピュータプログラム CARI-6 を用いて計算されている。線量計算に含まれる誤差は、飛行時間の不確実性の結果である。

表 A-1 ロンドンから目的地までの放射線量

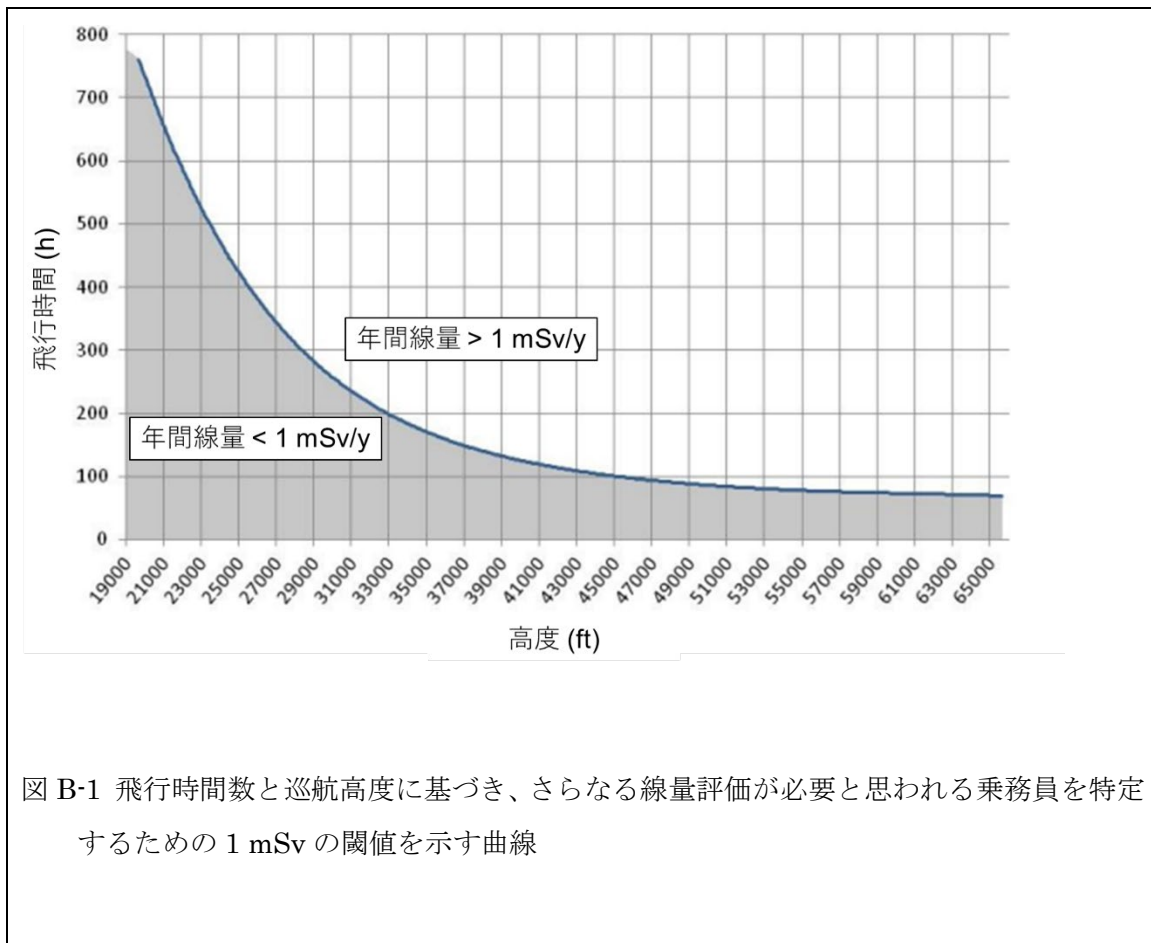
| 目的地        | 最大高度 (ft) | 飛行時間 片道 (分) | 線量(μSv) |
|------------|-----------|-------------|---------|
| マウント・プレザント | 35000     | 1000±120    | 94±12   |
| マウント・プレザント | 30000     | 1000±120    | 64±8    |
| ワシントン      | 35000     | 540±60      | 89±10   |
| イスタンブール    | 20000     | 180±30      | 4±1     |
| ベルリン       | 20000     | 120±30      | 3±1     |
| バーレーン      | 35000     | 300±60      | 30±7    |
| クウェート      | 35000     | 300±60      | 31±7    |
| バスラ        | 35000     | 300±60      | 32±8    |
| タンザニア(ドドマ) | 35000     | 780±120     | 68±11   |
| キプロス(パフォス) | 30000     | 180±30      | 11±3    |
| ラスベガス      | 40000     | 720±60      | 171±16  |
| シドニー       | 40000     | 1260±60     | 186±10  |

#### ANNEX B、Chapter 33 : exposure to cosmic radiation

##### 航空機乗務員の宇宙放射線被ばくの推定

このグラフ（図 B-1）は、航空機乗務員が 1 mSv/年を超える可能性があるかどうかを確認するための目安としてのみ使用されるべきである。飛行時間によって 1 mSv を超えたり、下回ったりするルートもある。

例：FL250（25,000 ft）を日常的に飛行している乗務員が 1 mSv 以上の線量を受けるには、300 時間を超える飛行が必要である。



#### 2.1.5.5 英国のまとめ

英国における航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下のとおりまとめる。詳細については、表 8 に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は 2019 年施行の法令、ANO(Cosmic Radiation)で規定されており、適用対象事業者は、英国に設立されている、または、主たる営業所が英国内にある事業者であり、防護の対象となる個人は、運航乗務員（当該航空機の業務に係る操縦士、航空無線通信士）、客室乗務員、タスクスペシャリスト（航空機内で専門的なタスクを行う者）である。
2. 被ばく線量に係る基準値：法令 ANO(Cosmic Radiation)では、事業者が認可を受けていない場合、雇用された乗務員の実効線量が 1 mSv/年を超えてはいけないことを定めている。しかし、事業者が有効な関連証明書や認可を付与または発行されている場合、承認された訓練機関または公表された訓練機関である場合、CAA に関連する申告を行っている

場合の乗務員では、実効線量で 6 mSv/年を定めている。また、実効線量の基準値が 6 mSv/年の乗務員の中でも、特別の任務を負った乗務員 (Classified crew member) は、実効線量の基準値を 20 mSv/年に定めている。

また、法令 ANO(Overseas Territories)では、事業者が、年間 1 mSv を超える宇宙放射線にさらされる可能性のある乗務員について、飛行中の宇宙放射線被ばくを評価すること、胎児への等価線量が合理的に達成可能な限り低く、残りの妊娠期間中に 1 mSv を超える可能性が低いことを保証することが定められている。

3. 被ばく線量の管理方法：法令 ANO(Cosmic Radiation)では、事業者は乗務員の宇宙放射線被ばくを特別の任務を負った乗務員に特定されるまで、コンピュータプログラムを使用して、評価・通知する必要がある。また、事業者は、乗務員が過度の被ばくを受けたと信じるに足る合理的な理由がある場合、直ちに調査を実施する必要がある、乗務員の被ばく線量が記載された調査報告書は、調査した乗務員が 75 歳または、調査が開始された日から 30 年目の日のいずれか遅い日まで保管しなければならないことと定められている。また、CAA では、ICAO 条約に加盟しており、49000 ft (15000 m) 以上で飛行しようとする航空機に対し、全宇宙放射線の線量率を測定し、継続的に表示する装置を搭載することを義務付けている。
4. 天文現象への対応方法：天文現象への対応は、法令 ANO(Cosmic Radiation)に明記されていない。ただし、2014 年 1 月に発行されたガイダンス、Space weather and radiation では、天文現象への対応について、乗務員や乗客の線量率が有意に上昇するものはごくわずかであり、個人の生涯発がんリスクを有意に変化させるものはないと記載されている。

## 2.1.6 ドイツ

### 2.1.6.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

放射線防護法 (StrlSchG) §189 に基づきドイツ連邦航空局 (LBA) が責任当局として、航空機乗務員の防護の法的な要件の遵守のモニタリングを行っている<sup>70</sup>。

### 2.1.6.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

放射線防護法 (StrlSchG) は、放射線防護に関する人々の健康を長期的に保護することを目的として法令が定められている。被ばく状況は、計画被ばく状況、緊急時被ばく状況、現存被ばく状況の3つに区分される。また、この法律では、航空機乗務員の被ばくは職業被ばくに分類される (StrlSchG Part 1 §1~2)。StrlSchG Part 2 (計画被ばく状況における放射線防護) の第7節§50~54 には、宇宙線に関する活動として、通知が必要な航空機の運航 (§50)、宣言された航空機の運航の審査 (§51)、通知が必要な宇宙船の運用 (§52)、宇宙船の指示された動作の検査 (§53)、報告された活動の終了 (§54) がそれぞれ定められている。

また、StrlSchG の下位法令である放射線防護令 StrlSchV<sup>71</sup>では、§64 に実効線量及び等価線量をモニタリングすべき対象が記載されており、実効線量で 1 mSv/年、等価線量で眼の水晶体 15 mSv/年及び局所皮膚 50 mSv/年を超える航空機乗務員がモニタリングの対象となっている。

#### 1) 法令等の適用範囲

StrlSchG では、航空機の運航者が法令の適用対象となり、航空機乗務員が防護の対象となっている。StrlSchG Part 2 第7節§50 には、航空法に基づき航空機登録簿に登録されている航空機を運航する者は、飛行中に航空機乗務員が受ける実効線量が 1 mSv/年を超える可能性がある場合、運航する4週間前までに管轄当局へ届出を行う必要があり、届け出には活動を安全に遂行するために必要な数の放射線防護監督者 (Strahlenschutzbeauftragter :

---

<sup>70</sup> BMUV, Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung, (2017), <https://www.gesetze-im-internet.de/strlschg/>

<sup>71</sup> BMUV, Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung, (2018), [https://www.gesetze-im-internet.de/strlschv\\_2018/](https://www.gesetze-im-internet.de/strlschv_2018/)

Radiation protection officer) を雇用する必要がある。なお、§50 では、運航者がドイツもしくは法の範囲内で法的能力を有する法人等であり、ドイツの労働法に従って雇用される航空機乗務員を雇用している場合、他国で登録されている航空機の運航にも適用されるとされている。この届出に含めなければならない文書として、活動を安全に遂行するために必要な数の放射線防護監督者が任命され、その職務を遂行するために必要な権限が付与されていることの証明、各放射線防護監督者が放射線防護に関する必要な専門知識を有していることの証明、活動に関与するその他の人物が起こりえる放射線の危険性や適用される防護措置に関して必要な知識とスキルと有していることの証明、管轄当局が承認したコンピュータプログラムの名前、または適切な測定装置が使用されていることの証明などが挙げられている。

StrlSchV では、§64 に航空機乗務員が宇宙線から受ける実効線量が 1 mSv/年を超える可能性がある場合、StrlSchV に規定される線量決定（通常は§65 が適用されるが、航空機乗務員については§67 が適用）を実施することが定められている。

## 2) 法令等における被ばく線量に係る基準値

StrlSchG§77 では、労働者の被ばく線量限度（Grenzwert）として、業務従事中的実効線量の合計で 400 mSv を規定している。医師と協議の上、実効線量が 10 mSv/年を超えない場合、かつ対象者が書面により同意する場合、責任当局（LBA）は追加の職業被ばくを許可することが可能である。§78 には、職業被ばくについては 20 mSv/年の実効線量限度が規定されており、当局は連続する 5 年間で 100 mSv を超えないことを条件に、最大 50 mSv/年を許可することが可能である。また、臓器の等価線量の線量限度については、眼の水晶体が 20 mSv/年、皮膚が 500 mSv/年、四肢が 500 mSv/年として規定されている（ただし、18 歳未満の場合はこれより低い線量限度としている。）。妊娠の可能性のある女性の場合については、§78 の第 4 項に、子宮の臓器等価線量限度を 2 mSv/月、胎児については妊娠届出時から妊娠終了まで 1 mSv の実効線量（effektiven Dosis）限度と規定されている。また、StrlSchV§69 では、妊娠・授乳時の防護について規定されており、放射線防護監督者は妊娠を通知された場合、直ちに「職業上の被ばくが週単位で決定されること」及び「被ばくは直ちに対象者に伝えられること」を確実にしなければならないとされている。

## 3) 被ばく線量の管理方法

職業被ばくの線量管理については、StrlSchG§167 に規定されており、以下の情報が記載さ

れる。

- ・ 職業上の被ばくを受ける者に対する測定、決定又は推定の結果、並びに、測定、決定又は推定に使用されたデータ
- ・ 個人情報（姓、旧姓、名、生年月日、出生地、性別、国籍）
- ・ 個人識別番号
- ・ 放射線パスポート所持者の場合は放射線パスポートの識別番号
- ・ 雇用の特徴や被ばくの状態

また、§167 第 2 項では、75 歳に達するまで、または雇用終了後少なくとも 30 年間（雇用が継続されていた場合、75 歳に達すると見込まれる期間まで）、いずれかで記録保管が義務付けられている。この規定は Euratom2013 年勧告第 43 条と同様である<sup>52</sup>。また、第 4 項では記録保持義務者は、線量限度の超過、対象者の個人データ、判定された線量、線量限度を超過した理由等の事項を管轄当局に遅延なく報告しなければならない、また、対象者に被ばく線量を遅延なく知らせる義務があるとされている。

StrlSchG§170 には、収集された職業被ばくに関するデータが連邦放射線防護局（BfS）による放射線防護登録簿（SSR）<sup>72</sup>に記録されることが規定されている。また、この収集された職業被ばくに関するデータには、以下の情報が記載される。

- ・ 個人識別番号
- ・ それぞれの個人情報
- ・ 雇用形態及び被ばく比率、雇用企業の企業番号
- ・ 放射線防護の監督者、第 131 条(1)項及び第 145 条(1)項第 1 文に基づく義務者、第 115 条(2)項及び第 153 条(1)項に基づく監督者の氏名及び住所
- ・ 本法に基づく法定文書に従って登録された放射線パスポートに関する情報
- ・ 所管官庁に関する情報
- ・ 職業被ばくの結果として本法または本法に基づく法定文書に従って決定された被ばく線量、被ばく条件、及びこの被ばく線量及び被ばく条件に関する所轄官庁の所見

StrlSchV§64 で届出が必要な航空機を運航する場合、放射線防護監督者は年に一度、及び業務終了後に、航空機乗務員へ受けた職業被ばくを書面で報告することを保証しなければな

---

<sup>72</sup> BfS, Das Strahlenschutzregister (SSR), [https://www.bfs.de/DE/themen/ion/strahlenschutz/beruf/strahlenschutzregister/strahlenschutzregister\\_node.html](https://www.bfs.de/DE/themen/ion/strahlenschutz/beruf/strahlenschutzregister/strahlenschutzregister_node.html)



らない。また、放射線パスポート（放射線手帳）に関する内容が、StrlSchG§171 及び StrlSchV§68 に規定されているが、航空機乗務員が放射線パスポートを所持することについては明記を確認することができなかった。

放射線パスポートの概要について、BfS のウェブページ<sup>73</sup>に紹介されている。同ウェブページによれば、放射線パスポートは公的文書であり、個人の所有物である。これは、外部施設の管理区域に入るために所持が義務付けられているものである。発行は各連邦（州）の登録機関が行い、登録機関は SSR に放射線パスポートの発行について通知する。放射線パスポートには以下の情報が記載されている。

- ・ パスポート所持者の個人情報
- ・ 雇用企業に関する情報
- ・ 外部施設における外部被ばく及び（該当する場合は）内部被ばくに関する情報
- ・ 被ばく期間
- ・ 以前の勤務地で取得した線量値（公式の線量測定による）
- ・ 限度値の超過
- ・ 健康適性
- ・ 放射線防護訓練

LBA に報告する内容には、1 年間に 1 mSv に達する可能性のある各人について決定された実効線量（月ごとの累積線量値）、登録された放射線パスポートに関する情報、個人情報（姓、名、生年月日、出生地、性別、雇用形態）などが含まれる<sup>74</sup>。

航空機乗務員への教育については、LBA のウェブサイトにおいて以下の記載がある<sup>75</sup>。

## 第 2 部第 5 条「被ばくの許可と禁止」

放射線防護規則で定められている内容をすべて教えることを前提に、教育方法は指導者の裁量に委ねられている。教育方法には、適切な訓練を受けた者による教育、メディア（コンピュータファイルやビデオ録画など）を用いた教育、自己学習のための書面による情報提供

<sup>73</sup> BfS, The radiation passport, (2023), <https://www.bfs.de/EN/topics/ion/radiation-protection/occupation/methodology/radiation-passport.html>

<sup>74</sup> LBA, Häufig gestellte Fragen zur Erfassung der Strahlendosis beim fliegenden Personal (Was hat der Verpflichtete an das LBA zu melden?), [https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ\\_node.html](https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ_node.html)

<sup>75</sup> LBA, Häufig gestellte Fragen zur Erfassung der Strahlendosis beim fliegenden Personal (How may this information be provided?), [https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ\\_node.html](https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ_node.html)

などが含まれる。いずれの場合も、従業員は、書面で教育を確認しなければならない。また、その確認書は教育の範囲に関する情報を提供する文書を含め、少なくとも 5 年間保管される必要がある。

LBA は、2020 年 1 月 14 日付で航空機乗務員に対する新しい放射線防護に関する通達に基づき、航空機の運航に関する放射線防護の専門知識の要件を示した<sup>76</sup>。これは航空機の運航に関する放射線防護監督者に適応される。放射線防護監督者は、放射線防護の法的規定を履行するために必要な業務を行う企業の従業員であり、放射性物質や電離放射線の取り扱い時に放射線防護を確保するための活動を管理・監督する\*。また、LBA が認定する資格証明書を所持する必要がある、そのためには、特定の専門知識習得コースに合格することが義務付けられている\*。一方で、放射線防護に関する業務の責任は、放射線防護責任者（Radiation protection accountable、経営委員会のメンバー、CEO など）にある\*。そのため、放射線防護監督者は、放射線防護責任者から業務を委任されている立場にある\*。また、乗務員のスケジュール管理、フライト／飛行ルート計画などに関与する他の職員も、適切な知識を有していることが要求されるが、専門知識習得コースを受講する必要はない\*。放射線防護監督者の位置づけは StrlSchV 第 4 章に記載されている<sup>71</sup>。専門知識は、公認の講習会に出席することで 5 年ごとに更新しなければならない。講習会の最低受講時間は 45 分×12 ユニットである。カリキュラムの詳細を表 4 に示す。

---

<sup>76</sup>LBA, Rundschreiben zum neuen Strahlenschutzgesetz, (2020), [https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/T/T3/Strahlenschutz/Rundschreiben\\_StrlSchG\\_Rev1.html](https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/T/T3/Strahlenschutz/Rundschreiben_StrlSchG_Rev1.html)

表 4 専門知識習得コースの対象分野

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 科学の基礎        | 放射線物理学の基礎；放射線生物学の基礎                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                 | 放射線リスク                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                 | 線量の用語と単位                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                 | 人間の放射線被ばく（自然放射線と人工放射線）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                 | 宇宙放射線とその影響因子                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2. 法的根拠         | 法的枠組み <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 指令 2013/59/EURATOM</li> <li>・ 放射線防護法及び原子力法（第 17 条、第 19 条 AtG）</li> <li>・ 放射線防護令</li> <li>・ ガイドライン</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                 | 所轄官庁の仕様                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                 | 国際勧告（ICRP、IAEA など）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                 | その他の規則・規定（規格、取扱説明書、BG 規則）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3. 航空機乗務員の放射線防護 | StrlSchG 及び StrlSchV の放射線防護： <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計画時、現存、緊急時被ばく状況</li> <li>・ 主役と責任：</li> </ul> BfS（185 条（5）StrlSchG）、LBA（189 条 StrlSchG）。                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                 | 放射線防護の原則（§6 - 9 StrlSchG）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                 | 届出手続き及び特別規定（StrlSchG 第 50 条、第 51 条、StrlSchG 第 209 条の経過規定）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                 | 放射線防護の運営組織： <ul style="list-style-type: none"> <li>・ SSV 及び SSB の法的地位（StrlSchG 第 69～72 条）</li> <li>・ 専門知識の要件と更新（§47、48 StrlSchV）</li> <li>・ 放射線防護に関する指示（§45 StrlSchV）</li> <li>・ StrlSchG と StrlSchV の準備（§ 46 StrlSchV）</li> <li>・ 指導内容（§63 StrlSchV）</li> <li>・ 記録・保存義務</li> </ul>                                                                                                                             |
|                 | 航空機乗務員のモニタリング： <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 職業被ばく限度（§ 78 StrlSchG）</li> <li>・ 体内線量（Körperdosis）の決定（§64, 67 StrlSchV§197 StrlSchV）及び航空における特別な機能（計算プログラム）。</li> <li>・ 妊婦及び授乳婦の防護（§69 StrlSchV）</li> <li>・ 職業被ばくのカテゴリー（第 71 条（2）StrlSchV）</li> <li>・ 線量ガイダンス値（第 72 条 StrlSchV）と線量低減対策／作業計画の作成（第 75 条(3)StrlSchV）</li> <li>・ 医療モニタリング（StrlSchV§77-81）</li> <li>・ 放射線防護登録（§170, 173 StrlSchV）</li> </ul> |
|                 | 規制違反                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

乗客への通知や一般に向けた広報については、StrlSchG 及び StrlSchV では定められていないが、BfS のウェブサイトでは、航空機乗務員に対する放射線防護<sup>77</sup>及び乗客の放射線被ばくに関する一般的な情報<sup>78</sup>が掲載されている。

#### 航空機乗務員に対する放射線防護

##### 航空機乗務員のモニタリング

- ・ 高度が高い場合、人々は地上よりもかなり多くの宇宙放射線にさらされる。
- ・ パイロットと客室乗務員は、飛行中の宇宙放射線により 1 暦年内に 1 ミリシーベルトを超える実効線量を受ける可能性がある場合、強制的にモニタリングの対象となる。
- ・ 2003 年 8 月より、放射線防護登録は、職業上放射線にさらされる飛行乗務員の線量値を記録している。
- ・ 航空機乗務員については、フライトデータに基づいてフライトごとの被ばく線量が計算される。

#### 乗客の放射線被ばくに関する一般的な情報

##### 飛行中の高い高度での放射線

- ・ 飛行中に追加される放射線被ばくの程度は、主に飛行時間、高度、飛行経路、太陽活動によって決まる。
- ・ フランクフルトからニューヨークへの往復飛行では、平均実効線量は約 100 マイクロシーベルト (μSv) になる。
- ・ 時々飛行機に乗る人にとっては、飛行による追加放射線被ばくは非常に低く、健康上のリスクはない。これは妊婦や小さな子供にも当てはまる。

パイロットや客室乗務員、または「頻繁に飛行機に乗る人」は、特に北極ルートで長距離飛行を行う場合、電離放射線を使用する職業や放射性物質を扱う職業で受ける放射線量と同

---

<sup>77</sup> BfS, Monitoring of flight personnel, (2022), <https://www.bfs.de/EN/topics/ion/radiation-protection/occupation/methodology/air-crew-monitoring.html>

<sup>78</sup> BfS, Höhenstrahlung beim Fliegen, (2023), <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/luft-boden/flug/flug.html>

程度の被ばくを受ける可能性がある。したがって、放射線防護法では、航空機乗務員に対して他の職業上の放射線被ばく者と同様の法的な放射線モニタリングが規定されている。このモニタリングは、連邦放射線防護局が連邦民間航空局と協力して実施される。

乗客の放射線被ばくに関する一般的な情報については、BfS のウェブサイト<sup>77</sup>では、線量は事業者が計算プログラムを利用して、物理測定値（中性子密度など）と飛行データ（発着場所、飛行時間、高度、日付）に基づいて決定し、その結果は LBA に報告され、LBA は毎月 BfS の SSR にデータを送信することが紹介されている。

StrlSchG 及び StrlSchV では、航空事業者等の運航路線、運航経路、運航頻度または航空機乗務員の考慮について明記には記載されていない。StrlSchV§71「職業被ばく者の分類」によれば、届出が必要な航空機を運航する場合、放射線防護監督者は、飛行要員として雇用する職業被ばく者が業務を開始する前に、二つのカテゴリーのいずれかに割り当てられていることを確認しなければならないとされている。一つ目が、暦年で 6 mSv を超える宇宙放射線被ばくによる実効線量を受ける可能性がある者（カテゴリーA）であり、放射線被ばくに関する追加的な健康管理が義務付けられている。二つ目が、カテゴリーA に分類されず、暦年で 1 mSv を超える宇宙放射線被ばくによる実効線量を超える可能性がある者（カテゴリーB）であり、通常の職業上の健康診断と、法律で義務づけられている場合（航空機乗務員など）の健康診断のみを行えば良い。また、法律で義務付けられている健康診断では、飛行適性検査が行われる\*。なお、放射線防護監督者は、カテゴリーB に分類された者がカテゴリーA の分類の値に近づくことが予見できる場合、割り当てを調整しなければならないとされている。放射線防護の追加資格を有し管轄当局の認定を受けた産業医は、飛行乗務員が年間 6 mSv を超える可能性があり、LBA による要求があった場合、飛行乗務員に対して、電離放射線に被ばくする業務の遂行能力に関する追加検査を実施する\*。

また、BfS のウェブサイトには以下の記載がある<sup>77</sup>。

欧州連合(EU)指令 2013/59/EURATOM では、航空機乗務員に対する放射線防護の要件が規定されている。ドイツでは、2001 年にドイツ放射線防護令が改正され、この要件が国内法に導入された。これにより、航空機乗務員がドイツの労働法に従って雇用され、飛行中に宇宙放射線によって年間で 1 mSv を超える実効線量を受ける可能性がある場合、強制的なモニタリングの対象となる。

2003 年 8 月以降、放射線防護登録簿には放射線に曝される全ての職業人の線量値が記録

されている。乗務員の場合、飛行ごとの放射線被ばく量は飛行データに基づいて計算される。BfS は、使用される線量計算プログラムの品質保証を担当し、承認は LBA によって確認されている。

これらの従業員の放射線被ばくは、個々のケースに応じて評価され、制限し、軽減されるべきである。航空機の運航者には、従業員の被ばく線量を決定し、適切なスケジュールや飛行ルートを通じて被ばく線量を低減する義務がある。（2022 年 10 月 13 日付）

#### 4) 線量の測定方法

放射線防護令 StrlSchV§64 には、放射線の線量決定とモニタリング対象者に関する義務が規定されている。航空機乗務員が 1 mSv/年を超える可能性がある場合、モニタリング対象者となる。この際、航空機器運用規則第 2 実施規則第 13 文第 1 条に基づき、被ばく線量に加えて活動中の航空事業者内外での勤務時間、飛行勤務時間、ブロック時間、休憩時間などが含まれることが求められる。また、§67 では、事業者が許可を受けた航空機を運航する場合、放射線防護監督者は、被ばく線量を決定するために当局が承認した計算プログラムまたは適切な測定装置を使用することを保証しなければならないとされている。これにより、航空機乗務員の線量決定方法が定められている。

LBA は、航空機乗務員の被ばく線量を計算するためのソフトウェア「IASON-FREE」<sup>79</sup>などを承認し、LBA のウェブサイト上で公開している<sup>80</sup>。このプログラムの要件<sup>81</sup>には、機能要件と非機能要件が含まれており、機能要件には 2 つの基準がある。

第一基準：飛行高度における線量を決定するための計算プログラムは、計算された周辺線量当量  $dH^*(10)/dt$  が、実測値から決定された平均値の $\pm 30\%$ 以内であるすべての可能なカットオフ剛性  $R_c$  値に対して許容される。

第二基準：異なる飛行について計算されたルート線量が、測定された線量と $\pm 30\%$ 以内である場合に認められる。

---

<sup>79</sup> Radiat Prot Dosimetry, IASON-FREE: theory and experimental comparisons, (2009), <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19608576/>

<sup>80</sup> LBA, Informationen zur Umsetzung der Strahlenschutzverordnung, [https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/Informationen\\_node.html](https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/Informationen_node.html)

<sup>81</sup> LBA, Anforderungen an Rechenprogramme zur Berechnung der Strahlenbelastung des fliegenden Personals, (2005), <https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/T/T3/Strahlenschutz/AnfRechnerprogramme.html>

非機能要件としては、プログラムのセキュリティ、パラメータ値やフライトデータのセキュリティ、エラー検出に関する要件が定められている。このプログラムの科学的検証は連邦放射線防護局にて、国際規格 ISO 20785-4 に定義された基準に基づき実施される\*。試験対象のプログラムが出力する  $H^*(10)$  または  $dH^*(10)/dt$  の値は、基準値から最大±30%の範囲でしか逸脱しないことが想定されている\*。また、線量の計算には運航飛行計画からのデータが使用されることがあり、ヨーロッパ内のフライトでは、出発空港と目的地空港の基準点間の大圏距離を使用可能である。また、OFP (Operational Flight Plan) <sup>82</sup>で計算された飛行時間と、そこで計画された飛行高度が使用される場合がある。さらに、長距離飛行では、線量計算に使用される点間 (空港基準点またはウェイポイント <sup>83</sup>) の距離は 750 海里を超えてはならないことや、ウェイポイント間で高度の変更が計画されている場合、最も高い計画高度を線量の決定に使用する必要がある。これらの情報も、LBA のウェブサイト <sup>84</sup>に記載されている。

## 5) 天文現象への対応方法

StrlSchG 及び StrlSchV では、航空飛行時の放射線防護に関連して、太陽フレアなどの天文現象への対応 (例：宇宙天気予報を踏まえた航路の変更) についての規定はない。

### 2.1.6.3 法令に関連する検討体制等

放射線防護委員会 (SSK) は、1994 年と 1996 年に、宇宙放射線による航空機乗務員の被ばく線量の測定に関する声明を発表した。SSK とその放射線防護技術委員会は、1996 年の SSK 勧告を更新し、StrlSchV§103 の実施案を作成するための作業部会を設置した。この StrlSchV§103 では、宇宙放射線による実効線量が年間で 1 mSv を超える可能性がある場合、飛行中の宇宙放射線による実効線量を決定することが求められている。2002 年 12 月 4 日から 6 日に開催された第 182 回作業部会会合で採択された勧告では、航空事業者が従業員に対して年間 1 mSv に達するかどうかを簡単に確認できる基準が示されている。この勧告とその

---

<sup>82</sup> SKYbrary, Operational Flight Plan (OFP), <https://skybrary.aero/articles/operational-flight-plan-ofp>

<sup>83</sup> 航空路の分岐点や空域の境界などに設定され、航空機が通過する地点として使用される。

<sup>84</sup> LBA, Häufig gestellte Fragen zur Erfassung der Strahlendosis beim fliegenden Personal (Welche Angaben dürfen zur Dosisberechnung benutzt werden?)  
[https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ\\_node.html](https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ_node.html)

科学的根拠は、「放射線防護委員会報告書」シリーズの第 35 号<sup>85</sup>として 2003 年 6 月 13 日に発表されたが、SSK のウェブサイトでは報告書の概要のみが掲載されており、原文は確認できなかった。

現行の放射線防護法 (StrlSchG) は、2013/59/EURATOM に基づくものであり、基本的に 2013 年以前の知見 (ICRP での合意などを含む) を考慮している\*。また、この法令の導入に伴い、ICRP Publication 116<sup>86</sup> に基づく線量換算のための最新の係数が飛行乗務員の線量計算のために、すべてのコンピュータプログラムに導入された\*。

「放射線防護委員会報告書」シリーズの第 35 号<sup>85</sup>の概要

この勧告には、航空事業者が暦年で従業員の線量が 1 mSv の閾値に達するかどうかを簡単に確認できる基準が含まれている。これらの基準のいずれかが満たされていれば、閾値を遵守していることの証明となり、個別に線量を決定する必要はない。基準が変更された場合、または少なくとも 5 年ごとに状況の再評価が必要となる。宇宙放射線場の線量は、局所線量率を測定して飛行時間にわたって積分するか、それぞれの飛行データから数学的モデルを用いて計算することによって記録することができる。

#### 2.1.6.4 その他の関連情報

ドイツは ICAO 条約に加盟しており、2021 年 8 月に LBA が ICAO に対して、ICAO のセキュリティ文化に関する文書を発行しているが、本文書を含むその他文書においても放射線に関する要求の対応について明記されていない<sup>87</sup>。Euratom2013 年勧告に従い、StrlSchG 及び StrlSchV はそれぞれ 2017 年と 2019 年に改正され、StrlSchV は StrlSchG に格上げされた。これに伴い、2020 年 1 月 14 日付で航空機乗務員に対する新しい放射線防護に関する

---

<sup>85</sup> SSK, Ermittlung der durch kosmische Strahlung verursachten Strahlenexposition des fliegenden Personals - Vorschlag zur Umsetzung des § 103 StrlSchV, (2003),  
[https://www.ssk.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen\\_PDF/DE/BerichtederSSK/Heft40.html](https://www.ssk.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen_PDF/DE/BerichtederSSK/Heft40.html)

<sup>86</sup> ICRP, ICRP Publication 116, (2010),  
<https://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20116>

<sup>87</sup> LBA, ICAO security culture - starter pack, (2021),  
[https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Formulare/S/Schulung/icao\\_sec\\_culture\\_starter\\_pack.html](https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Formulare/S/Schulung/icao_sec_culture_starter_pack.html)



通達<sup>88</sup>が行われた。

## 1) 線量登録についての補足

2019年にBfSのドイツ全国線量登録(SSR)に登録された航空機乗務員は約41000人で、その平均年間実効線量は1.82 mSvであった<sup>77</sup>。また、BfS放射線防護登録簿に登録された放射線防護目的で職業上モニタリングされている全個人の約10%を占めた。この10%の集団被ばく線量は約75人・Svで、ドイツにおける職業上の総被ばく線量の3分の2を占めている。航空機乗務員は、他の職業分野と比較して平均の被ばく線量が多い職業集団である。医療従事者の年間実効線量は平均で0.32 mSvと低く、航空機乗務員と大きな差がある。2019年の職業被ばくの年間線量分布を比較すると、航空機乗務員では1.5～2.0 mSvの年間線量値が最も多く存在している(図4 2023年の様々な分野における職業被ばく者の年間線量頻度分布の比較)。他の職業(医学、工業、原子力工学など)では、被ばく者の多くが0.5 mSv以下の線量に留まっている。航空機乗務員の年間線量が8 mSvを超えることは、実質的にあり得ない<sup>77</sup>。

---

<sup>88</sup> LBA, Rundschreiben zum neuen Strahlenschutzgesetz, (2020), [https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/T/T3/Strahlenschutz/Rundschreiben\\_StrlSchG\\_Rev1.html?nn=2202852](https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/T/T3/Strahlenschutz/Rundschreiben_StrlSchG_Rev1.html?nn=2202852)

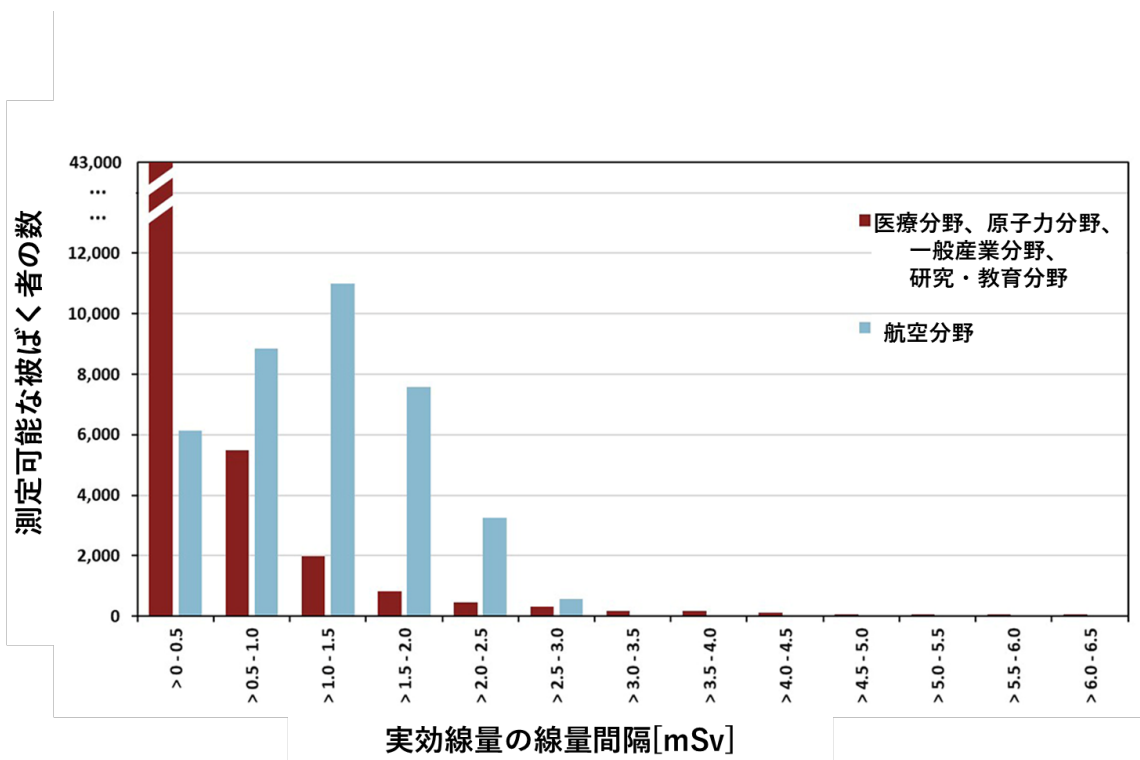


図4 2023年の様々な分野における職業被ばく者の年間線量頻度分布の比較<sup>77</sup>

2022年には、SSRで約424,000人がモニターされ、そのうち航空部門の従業員が約8%を占め、医療部門（76%）に次いで一般産業（General Industry）（8%）と並んで多い割合を示している。放射線防護のモニタリングの対象者全員が実際に被ばくしているわけではない。職業上被曝した人のおよそ4分の1が測定可能な被ばくをしており、これは毎月の線量記録の少なくとも1つが検出限界を超えていることを意味する。2022年には、航空部門にて測定可能な被ばく者が34%に達し、医療部門（51%）に次いで多い割合を示している。さらに、2022年のセクター全体では、年間集団線量が67.1人・Svであり、航空部門はその約2/3で年間集団線量が42.1人・Sv（約36,000人）であった。年間集団線量は2020年、2021年と減少したが、2022年にはパンデミック前とほぼ同じレベルに戻り、その値が42.1人・Svである<sup>89</sup>。

<sup>89</sup> BfS, Statistical evaluations from the National Dose Register, (2024), [https://www.bfs.de/EN/topics/ion/radiation-protection/occupation/register/register-results.html?jsessionid=D3E68CA52437CB450D904B84A87955E8.1\\_cid363](https://www.bfs.de/EN/topics/ion/radiation-protection/occupation/register/register-results.html?jsessionid=D3E68CA52437CB450D904B84A87955E8.1_cid363)

## 2) コンピュータプログラムの品質保証を改善するための新規研究プロジェクトの立ち上げについて<sup>90</sup>

現在、ドイツでは、プログラムの品質保証の改善、特に検証に使用する周辺線量当量  $H^*$ (10)の実験測定値のデータベースの改善に取り組んでいる。これまでのデータベースは、約 18 年前に 18 の飛行ルートのみについて決定されたものであり、関心の高い極地は考慮されていない。また、測定期間中には、乗務員の実効線量に大きく寄与するような高エネルギー太陽現象が発生していなかった。そのため、ドイツは、EURADOS のワーキンググループ 11 内で国際プロジェクトを立ち上げた。このグループの一部では、航空機乗務員の線量測定というテーマに取り組んでおり、一般的に、飛行高度における新たな実験値の収集に高い関心が寄せられている。しかし、現在の WG の参加者は、特定のプロジェクトを立ち上げ、それに対応する測定計画を実施する能力を有していないと認識している。そのため、まずは文献で入手可能な、すでに公表済みの測定データを収集し、そのデータの共同利用を検討することとなっている。過去の会議には、韓国原子力安全技術院の NORM 及び宇宙放射線規制部門の担当者も出席しており、実験データの収集を目的とした同様のプロジェクトが韓国で実施されていることが報告された<sup>90</sup>。

---

<sup>90</sup> EURADOS, WG11 – High energy radiation fields, <https://eurados.sckcen.be/en/working-groups/wg11-high-energy-radiation-fields>

#### 2.1.6.5 ドイツのまとめ

ドイツにおける航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下のとおりまとめる。詳細については、表 8 に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は 2017 年施行の放射線防護法 (StrlSchG) で規定されている。適用対象事業者は、航空機の運航者であり、防護の対象となる個人は、航空機乗務員である。
2. 被ばく線量に係る基準値：StrlSchG では、被ばく状況は(1)計画被ばく状況、(2)緊急時被ばく状況、(3)現存被ばく状況の 3 つに区分され、職業被ばくにおける実効線量限度は、従事期間の合計で決定される 400 mSv、20 mSv/年、5 年間で 100 mSv を超えない場合に限り、最大 50 mSv/年が許可されることが定められている。妊婦については子宮の等価線量限度が 2 mSv/月、胎児の実効線量限度が妊娠中 1 mSv とされている。また、StrlSchG の下位法令である 2018 年施行の放射線防護令 (StrlSchV) では、航空機乗務員が宇宙線から受ける実効線量が 1 mSv/年を超える可能性がある場合、線量決定を実施することが定められている。
3. 被ばく線量の管理方法：StrlSchV では、LBA に承認された計算プログラムもしくは測定機器を使用し、線量を評価することが規定されている。また、StrlSchG では、職業被ばくの線量管理について、雇用の特徴や被ばくの条件等、管理される情報が規定されており、75 歳に達するか、雇用終了後少なくとも 30 年間（雇用が継続されていた場合、75 歳に達すると見込まれる期間まで）のいずれかで記録保管が義務付けられている。また、収集された職業被ばくに関するデータが BfS による放射線防護登録簿 (SSR) に記録されることが規定されている。
4. 天文現象への対応方法：法令及びガイドライン等では、天文現象への対応方法に関する規定はない。

## 2.1.7 フランス

### 2.1.7.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

フランスの航空機乗務員に関する放射線防護の法令等は労働法典（Code du travail）<sup>91</sup>に記載されており、線量評価結果の通知先は、放射線防護原子力安全研究所（IRSN）で<sup>92</sup>ある。

### 2.1.7.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

労働法典の Part4 職場での健康と安全（R4121-1~R4823-6）の第 IV 巻、R4451-1~R4451-4<sup>93</sup>で、航空機乗務員が労働法典の適用対象とされている。航空機乗務員以外の労働者の宇宙放射線被ばくについては、対象外とされている（R4451-2 の第 3 項に記載）。航空機乗務員に特化した法令等は 2025 年 3 月 17 日時点で確認できていない。

#### 1) 法令等の適用範囲

航空飛行中の乗務員の被ばくについて、労働法典が適用される範囲は以下のとおり。労働法典に運行経路・路線、頻度は記載されていない。法典以下の法令（Arrete）・政令（Decret）・官報（JORF）で航空飛行時の被ばくに関する情報は 2025 年 3 月 17 日時点で得られていない。乗客に関する放射線防護規定は公衆衛生法典では確認できていない。労働法典では、航空機乗務員以外の労働者が宇宙線に被ばくした場合は除外される。

以下は労働法典の Part4 職場での健康と安全（R4121-1~R4823-6）の第 IV 巻、R4451-1 第 3 項の記載である。

R4451-1

第 3 項

自然電離放射線の存在を伴う人間活動のうち、特に労働者の被ばく量を著しく増加させる活動

<sup>91</sup> Ministère du Travail, Code du travail, (2024),  
[https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte\\_lc/LEGITEXT000006072050/2024-07-18](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006072050/2024-07-18)

<sup>92</sup> 2025 年 1 月に放射線防護・原子力安全研究所（IRSN）と原子力安全機関（ASN）が統合し、新たな規制機関として原子力安全・放射線防護機関（ASNR）が設立された

<sup>93</sup> Ministère du Travail, Code du travail ReplierQuatrième partie : Santé et sécurité au travail (Articles R4121-1 à R4823-6), (2011),  
[https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section\\_lc/LEGITEXT000006072050/LEGISCTA000018491125/#L-EGISCTA000022441837](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006072050/LEGISCTA000018491125/#L-EGISCTA000022441837)

- |                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| a) 輸送法 (Code des transports) L6522-1 条に規定される乗組員 <sup>94</sup> の被ばくに関する航空機の運航、及び乗組員に関する宇宙船の運航 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|

## 2) 法令等における被ばく線量に係る基準値

労働法典の R4451-6～R4451-793 に以下のように線量限度が定められている<sup>93</sup>。なお、線量とは別にリスク評価が行われており、労働法典 R5441-14 に詳細が記載されている。リスク評価では「航空機及び宇宙船の飛行高度における宇宙放射線の性質及び放出レベルに関する情報」が考慮されるとされている。

### R4451-6

労働者の電離放射線被ばくは、以下を超えない：

第 1 項 全身については、実効線量に基づき評価した、連続する 12 カ月間の被ばく限度値 20 mSv

第 2 項 臓器または組織については、対応する等価線量に基づいて評価される以下の被ばく限度値が適用される：

a) 四肢及び皮膚については、連続 12 カ月間で 500 mSv。皮膚については、被ばく面積にかかわらず、1 cm<sup>2</sup>の表面における平均線量に適用される

b) 眼の水晶体に対しては、連続する 12 カ月間で 20 mSv。

ただし

2018 年 6 月 4 日付政令 2018-437 号第 7 条の規定により、これらの規定は 2018 年 7 月 1 日から施行されるが、第 2 項の水晶体に対する線量限度値は 2023 年 7 月 1 日から施行される。

2018 年 7 月 1 日から 2023 年 6 月 30 日までは、1 年間に受ける線量が 50 mSv を超えないことを条件に、水晶体に対する累積限度値は 100 mSv に設定される。

### R4451-7

---

<sup>94</sup> Code des transports L6522-1 では、飛行中の航空機のサービスのために登場しているすべての人々が乗務員と定義されている。

妊娠の場合、妊娠宣言から出産までの間、胎児の被ばく線量は合理的に可能な限り低く保たれ、いかなる場合でも、胎児が受ける等価線量は 1 mSv 未満に保たれる。

#### R4451-14

リスク評価を実施する場合、雇用主は特に以下を考慮しなければならない：

第 1 項 公衆衛生法第 1333-158 条に規定される電離放射線源のインベントリ

第 2 項 電離放射線源の性質、放射線の種類、被ばくのレベル及び期間、放射性核種の拡散及び取り込みの方法（該当する場合）

第 3 項 電離放射線源の供給者または製造者が提供する放出レベルに関する情報

第 4 項 航空機及び宇宙船の飛行高度における宇宙放射線の性質及び放出レベルに関する情報

### 3) 被ばく線量の管理方法

職業被ばくの線量管理については、労働法典に規定されており、以下の情報が記載される。

- ・ 1mSv/年を超える線量を受ける可能性がある場合、労働者を分類する必要があるため、雇用主は放射線防護監督者（RPO）の選任を含む放射線防護組織を設置しなければならない（R4451-111）。
- ・ 産業医は、労働者の分類について使用者に助言する（R4451-57）。
- ・ 雇用主は、労働者に被ばくについての通知をし、教育する責任がある（R4451-58）。
- ・ 分類された労働者は、定期的な線量モニタリングや年間評価など、強化された医療モニタリングの恩恵を受ける（R4451-82）。

被ばく線量評価・保存・通達等は労働法典に記載されている。線量評価方法は R4451-12、健康に対するリスク評価は R4451-13～R4451-17、線量の管理は R4451-66～73 に記載されている。乗務員への教育訓練は R4451-58～R4451-59 に記載されている。乗客への広報等に関する法令等は 2025 年 3 月 17 日時点で確認できていない。

SIEVERTPN ソフトウェア（IRSN）を使用して、各搭乗員が飛行中に受けた線量が計算される。雇用主は、線量計算のために飛行データと搭乗員情報を送信する責任がある\*。

電離放射線被ばくに関する情報及び管理システム「SISERI (Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants) <sup>95</sup>」について規定した行政決定 <sup>96</sup> (Arrêté: JORF n°0145 du 24 juin 2023) <sup>97</sup>では、SISERI への登録とアクセス、電離放射線被ばくのモニタリングの条件を設定している。労働法典 R4451-127 で、SISERI の情報収集管理システムの責任は IRSN にあることが明記されており、各労働者のデータは最後の被ばくから 50 年間一元管理されることが規定されている。

評価された個人線量は SISERI で管理され、航空機乗務員、雇用主、産業医は、算出された線量に個別にアクセスでき\*、雇用主は、SISERI のデータにアクセスできる関係者を指定する責任がある。アクセス通知はメールで受け取ることができ、労働者はすべてのデータにアクセスできる (図 5、図 6) (労働法典 R4451-67)。産業医もこのデータにアクセスすることができるが限定される (労働法典 R4451-68)。

個人線量モニタリングを受ける労働者は、リスク評価の結果に関連して訓練を受けなければならないとされている (労働法典 R4451-58)。そして、訓練に含まれるべき内容として、電離放射線の特性、健康影響、放射線防護監督者の名前と連絡先の詳細、リスクを排除又は軽減するために講じられる措置、妊娠中又は授乳中の女性等に対して定められた特別規則、被ばく線量測定結果にアクセスする方法、事故又は事件が発生した場合に取るべき措置等が挙げられている。

個人線量は、IRSN により開発された SIEVERT ソフトウェアを使用して、航空機乗務員の被ばく線量が航空事業者によって計算される <sup>95</sup>。その結果は航空事業者によって SISERI システムに送信される。雇用主が任命した RPO が、労働者の線量測定を監視することができる\*。

---

<sup>95</sup> IRSN, SISERI, <https://docs.siseri.irsnn.fr/about-siseri>

<sup>96</sup> Arrêté は特に大臣、知事、市長によって公布される行政命令で、法典や、大統領または首相によって公布される Décret よりも下位に相当する。  
Vie-publique, Qu'est-ce qu'un arrêté ?, <https://www.vie-publique.fr/fiches/20264-quest-ce-quun-arrete>

<sup>97</sup> Arrêté du 23 juin 2023 relatif aux modalités d'enregistrement et d'accès au système d'information et de surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants « SISERI » et modifiant l'arrêté du 26 juin 2019 relatif à la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, (2023), <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000047719829>



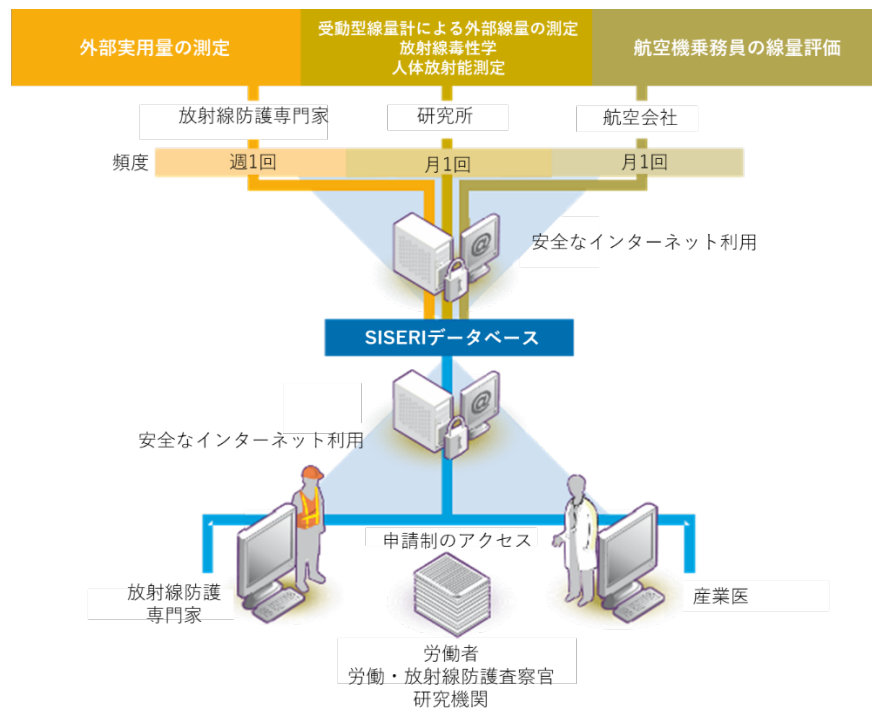


図 5 SISERI システムの概念図 95

| ✓ 読み取り専用<br>✓ 読み書き可能<br>✕ アクセス不可                                                                                      | 管理情報              | 線量測定データ                             |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|------|
|                                                                                                                       |                   | 外部線量（受動型線量計計測値、<br>『実効』線量、等価線量、実用量） | 内部線量 |
| 労働者                                  | ✓                 | ✓                                   | ✓    |
| 雇用主                                  | ✓                 | ✕                                   | ✕    |
| CES（雇用主側のSISERI担当者）<br>              | ✓                 | ✕                                   | ✕    |
| CRP（放射線防護コンサルタント）<br>                | ✓                 | ✓*                                  | ✕    |
| MDT（産業医）<br>                         | ✓                 | ✓**                                 | ✓**  |
| 監督機関（IT（労働監督局）、<br>IRP（従業員代表機関））<br> | ✓                 | ✓                                   | ✕    |
| 研究機関                                 | 合意の下、医療機密に係る要件を遵守 |                                     |      |

\* 雇用主またはCRPがINB（原子力基本施設）での実用量測定データを送信  
 \*\* 線量の修正または登録

図 6 SISERI のデータにアクセスできる関係者<sup>98</sup>

労働法典に記載される事項のうち、航空機の被ばくに関連するものを以下に抜粋する。

#### R4451-12

実効線量及び等価線量の計算は、公衆衛生法 R1333-24<sup>99</sup>を適用して発行された命令で定められた方法に従って行われる。

#### R4451-13

雇用主は、労働法典 L. 4644-1 条の I に記載されている従業員、または従業員が既に指名

<sup>98</sup>SISERI, Présentation, <https://docs.siseri.irsns.fr/informations/presentation>

<sup>99</sup>Code De La Sante Publique, R1333-24, (2018),

実効線量及び等価線量の計算については、人体の様々な組織や器官に対する放射性核種の影響を考慮し、放射線防護・労働担当大臣の命令で定められている：

第 1 項 使用する計算方法と加重係数；

第 2 項 電離放射線による外部被ばくの換算係数値；

第 3 項 摂取または吸入された各放射性核種について、取り込まれた単位放射能あたりに発生する実効線量値。

加重係数、電離放射線の外部被ばくに対する換算係数値、及び組み入れられた単位放射能あたりの預託実効線量値は、国際放射線防護委員会が公表し、更新された値を考慮する

[https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section\\_lc/LEGITEXT000006072665/LEGISCTA000036990632/#L-EGISCTA000036990632](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006072665/LEGISCTA000036990632/#L-EGISCTA000036990632)

している場合は放射線防護アドバイザーの援助を要請することにより、労働者の電離放射線への被ばくから生じるリスクを評価する。

#### R4451-14

リスク評価を実施する場合、雇用主は特に以下を考慮しなければならない：

第 1 項 公衆衛生法第 1333-158 条に規定される電離放射線源のインベントリ

第 2 項 電離放射線源の性質、放射線の種類、被ばくのレベル及び時間、放射性核種の拡散及び取り込みの方法（該当する場合）

第 3 項 電離放射線源の供給者または製造者が提供する放出レベルに関する情報

第 4 項 航空機及び宇宙船の飛行高度における宇宙放射線の性質及び放出レベルに関する情報

第 5 項 R.4451-6、R.4451-7、R.4451-8 に規定される被ばく限度値

第 9 項 作業工程または実施される作業に内在する、合理的に予見可能な事故

第 11 項 妊婦、胎児または授乳中の子供、18 歳未満の労働者の健康と安全への影響

第 12 項 職場の他の物理的、化学的、生物学的、または組織的リスクとの相互作用

第 13 項 会社の活動が本章第 12 項の規定の影響を受ける可能性

第 14 項 国の代表者が提供する、住民が被るリスクに関する情報、及び第 4451-1 条の 6 項で言及されている長期的な被ばく状況の場合に汚染地域の管理を確実にするために実施される措置に関する情報

#### R4451-15

雇用主は、リスク評価の結果、被ばく量が以下のレベルのいずれかに達するか、または超える可能性がある場合、職場において測定を実施しなければならない：

第 1 項 全身：年間 1 mSv

第 2 項 水晶体：年間 15 mSv

第 3 項 四肢及び皮膚：年間 50 mSv

#### R4451-16

リスク評価の結果は、第 4121-1 条に規定する単一の評価文書に記録する。R4451-15 に規定される評価及び測定の結果は、少なくとも 10 年間は参照可能な形で保管されるものとする。

#### R4451-17

I.雇用主は、リスク評価と測定の結果を、L.4624-1 条第 1 項に記載された保健専門家、及び社会経済委員会に、特に R.4121-2 条に基づいて更新された場合に伝達しなければならない。

#### 4) 天文現象への対応方法

労働法典及び航空輸送関連の規制には天文現象や紛争に関する航路の変更等について具体的な言及はない。R4451-5 では、雇用主が技術の進歩と発生源におけるリスク管理手段の利用可能性を考慮し、放射線の被ばくから生じるリスクを排除もしくは最小限に抑えることを目的とした予防措置を講じることが規定されている。労働者の被ばくに関するリスク評価について考慮すべき事項が R4451-14 に示されており、「航空機及び宇宙船の飛行高度における宇宙放射線の性質及び放出レベルに関する情報」などが考慮すべき事項として記載されている。また、線量評価を行う SIEVERTPN は天文現象に対応し、評価を行うことが可能<sup>100</sup>である。SIEVERTPN の線量計算<sup>101,102</sup>は、EPCARD ソフトウェア<sup>103</sup>によって計算された高度 80,000 フィートまでの宇宙放射線の実効線量率の 3D グリッドに基づいている\*。空域は高度、経度、緯度のセルに分割され、265,000 セルのメッシュからなる 3D グリッドを形成す

---

<sup>100</sup> IRSN, SIEVERTPN, <https://www.sievert-system.org/#Home>

<sup>101</sup> Clairand, N. Fuller, J.-F. Bottollier-Depois, F. Trompier. The SIEVERT system for aircrew Dosimetry. Radiation Protection Dosimetry, Volume 136, Issue 4, (2009), Pages 282–285. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19608575/>

<sup>102</sup> JF Bottollier-Depois, P. Blanchard, I. Clairand, P. Dessarps, N. Fuller, P. Lantos, D. Saint-Lô, and F. Trompier (2007), An operational approach for aircraft crew dosimetry: The SIEVERT system, Radiat. Prot. Dosim., 125, 421–424, doi:10.1093/rpd/ncl555., <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17711868/>

<sup>103</sup> Schraube H, Leuthold G, Heinrich W, Roesler S, Mares V, Schraube G. (2002), EPCARD—European program package for the calculation of aviation route doses. GSF-Report 08/02 Neuherberg. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20414353>

る\*。各セルは高度 1000 フィート、経度 10 度、緯度 2 度である。実効線量率の値は各セルに毎月割り当てられる\*。SIEVERTPN は、航空機が各セルに滞在した時間を評価し、被ばく線量を推定する\*。大規模な太陽フレアが発生した場合、SiGLE モデル<sup>104</sup>を用いて特定のグリッドが作成される\*。

フランスの航空局のウェブサイトでは、太陽フレアや紛争による経路変更の要請や被ばくに関する情報の記載は確認できなかった。

#### 2.1.7.3 法令に関連する検討体制等

関連する法令の検討体制については情報が得られていない。

#### 2.1.7.4 その他の関連情報

フランスは ICAO 条約に加盟しており、フランス政府が ICAO に対して、ICAO のパリ事務所の近代化支援に向けた、450 万ユーロ以上の資金提供に関する新しい協定を締結した<sup>105</sup>。しかし、放射線に関する要求の対応について明記されていない。

#### 1) 乗務員の線量評価の目的

2001 年にフランスで乗務員の線量評価の概念が導入されたとき、その目的は、ICRP 勧告に従い国内規制に沿った運用ツールをフランスの航空事業者に提供することであった\*。提案されたシステム (SIEVERT first、SIEVERTPN) は、銀河系宇宙線 (GCR) と太陽エネルギー粒子 (SPE) の両方の成分を考慮したものであった\*。ICRP Publication 103 で提案された新しい放射線加重係数 ( $w_R$ ) は、2021 年以降の実効線量計算に考慮されている。フリークエントフライヤー (プロフェッショナル枠での飛行) の被ばく問題は、たとえ ICRP が提案したとしても、まだ考慮されていない\*。

---

<sup>104</sup> Lantos P, Fuller N. (2004), Semi-empirical model to calculate potential radiation exposure received on board airplane during solar particle events. IEEE Trans. Plasm. Sci. 32 (4): 1468–1477, <https://ieeexplore.ieee.org/document/1341504>

<sup>105</sup> ICAO, France contributes over €4.5m to ICAO Paris Office Modernization, <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/France-contributes-over-45m-to-ICAO-Paris-Office-Modernization.aspx>

## 2) フランス食品環境労働生成安全庁

フランス食品環境労働生成安全庁 (ANSES) により、2023 年 10 月に航空機の乗務員に関する健康についてまとめたレポートが発表されている<sup>106</sup>。宇宙線による影響に加えて、勤務時間や気圧・受動喫煙などによるがんの影響に関する国際がん研究機関 (IARC) や ICRP の刊行物などを引用し、さらに航空機の乗務員に関する宇宙線とがんの疫学研究などをレビューし、航空機の乗務員のばく露条件などが整理され、現在の知見と現状がまとめられている。

## 3) エールフランスにおける取組 (ICRP シンポジウム 2015 の発表)

2015 年に ICRP によって開催された第 3 回放射線防護体系に関する国際シンポジウムでは、フランスのエールフランス航空機乗務員の放射線防護の取組について紹介された。以下にその概要を示す<sup>107</sup>。

SIEVERT のシステムを用いて、毎月約 26,000 回のエールフランスのフライトナビゲーションデータが処理され、19,000 人の乗務員の被ばく量が計算された。地上レベル増強事象 (GLE) として分類される太陽陽子事象 (SPE) の場合による追加線量についても考慮された。すべての中距離及び長距離飛行を考慮した年間平均実効線量は安定して約 2 mSv/年であったため、乗務員が 40 年のキャリアでも 100 mSv を超える実効線量となる可能性は低いとされた。

エールフランスでは労働衛生サービス (OHS) で義務付けられる年次健康診断の際に産業医によって年間実効線量が通知され、宇宙放射線とそれによって起こりうる健康影響に関する対話の機会が位置付けられた。年 1 回の健康診断では、産業医が会社の放射線防護担当者が作成した宇宙放射線と規制に関するリーフレットを配布しており、さらに乗務員は以下のような資料にアクセス可能である\*。

- ・ 航空機乗務員は、業務用タブレットで、宇宙放射線、放射線防護及び関連リスクに関する広範な文書を閲覧できる。
- ・ 航空機乗務員は、線量計算ツール (IRSN が管理する SIEVERTPN) の個人アカウントを持っており、個人の線量報告書や、宇宙放射線や線量計算に関する追加情報にアクセスできる。自分のアカウントを有効にしている搭乗員は 20%未満とごく少数である。

---

<sup>106</sup> ANSES, Effets sur la santé liés à la profession de personnels navigants et sur la qualité de l'air dans les cabines d'avions, (2023), <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2019SA0075Ra.pdf>

<sup>107</sup> Desmaris G. (所属 : Air France) , Cosmic radiation in aviation: radiological protection of Air France aircraft crew, (2016), <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0146645316636009>

さらに、産業医は IRSN の線量測定専門家に同行して、年に 2 回実施されるフライト測定キャンペーンに参加している。本キャンペーンは、放射線や労働条件についてスタッフと話し合う理想的な機会となっている\*。

OHS では毎月すべての乗務員と面会することができないため、被ばく量が多い乗務員を特定するスクリーニングシステムが開発され、防護の最適化のために、12 か月の基準レベルを 6 mSv、トリガーレベルを 4 mSv に設定することで、乗務員の勤務ローテーションを必要に応じて変更できるようにした（グレーデッドアプローチ）。

乗務員は飛行時間に応じて給料が支払われるため、飛行時間を短縮することに消極的になる可能性がある。航空機には中性子や荷電粒子による人工的な電磁場を遮蔽するものではなく、被ばく量を減らす唯一の方法は「自然の」防護（すなわち、地球の磁場（緯度）と地球の大気（高度））に頼ることである。民間ジェット機が飛行する高度では、銀河宇宙放射線は赤道付近では極地よりも強度が 1/3～1/5 倍と低いが、ルート（高度や緯度）を変更することは、燃料節約<sup>108</sup>のために選択したルートと矛盾するため難しい。このような制約があるため、OHS と放射線防護監督者は、被ばく量の高いクルーに宇宙線について認識させ、希望する飛行ルートを変更することに同意させるよう努めた。このアプローチが功を奏し、2012 年以降、5 mSv/年の線量を超えたクルーはいない（このアプローチが実施される前は、20 人以上のクルーがこの線量を超えていた）。また、赤道横断飛行と極地付近の飛行を乗務員全員で平等に分担することで、平準化するという対策が提示された。

フランスの規制では、例外的な太陽活動を考慮することが義務付けられている<sup>109</sup>ため、重大な GLE の後、特定のマップが作成、検証される。天体物理学者は、地上レベル及び飛行レベルでの影響を評価するよう求められる。線量率マップの作成には約 3～4 週間を要する。GLE による被ばくは一見高く見えるが、乗務員の年間被ばく量が大幅に変わるわけではない。しかし、乗務員の信頼を維持のために GLE への対処が重要とされている。

上記のようなエールフランスの取組は、ICRP Publication 60 で航空機乗務員を職業上被ばくする労働者として認識することが推奨されたことに端を発する。この取組は Euratom 欧

---

<sup>108</sup> 高度を上げると空気が薄くなるため燃焼効率は低くなるが、空気抵抗が大きく減るため、全体的な燃料消費量は下がる。

<sup>109</sup> ただし、この記載は本 Proceedings の記載であり、労働法典中には記載が確認できなかった。（2025 年 3 月 17 日現在）

州指令 96/29 の要件であり、フランスの法令として 2000 年に発効された。航空事業者は、関係する航空機乗務員の被ばく線量を評価し、潜在的な健康リスクを乗務員に通知するとともに、最も被ばくする乗務員の被ばく量の低減を図った。また、図 7<sup>107</sup> では、長距離フライトに対応するピークは 3 mSv/年付近に集中しており、この図の形状から、最高線量を削減できる可能性があることが示された。これは、赤道を越える路線と極地に近い路線をすべての乗務員で均等に分担することで、集団線量をより公平に分担できることを示している。また、妊娠中の乗務員の被ばく量を 1 mSv 未満に抑えるために、適切な措置が講じられている。

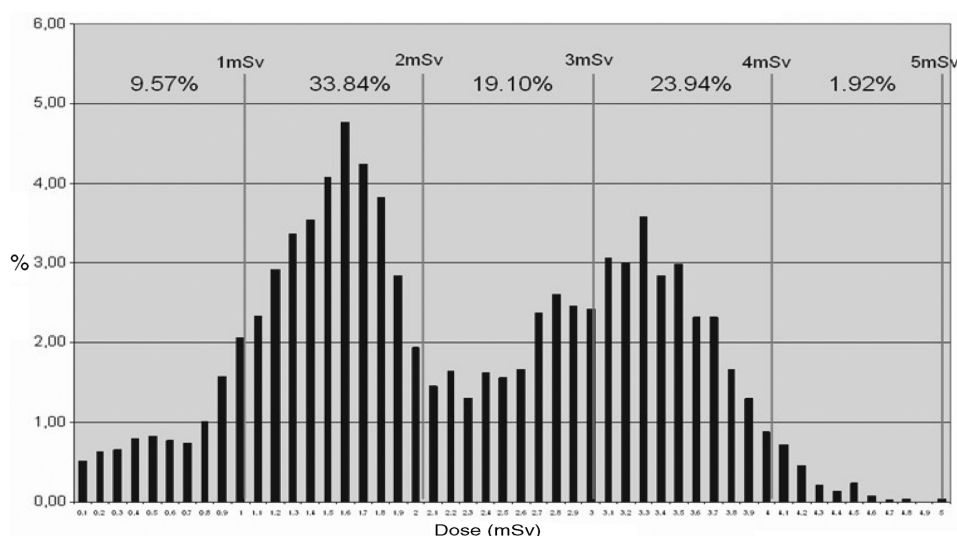


図 7 2007 年の航空機乗務員の実務に伴う線量分布

横軸は乗務員の年間線量 (mSv)、縦軸は線量測定を実施した乗務員の割合を示す。

#### 4) 線量測定などに関連した研究

SIEVERTPN (EPCARD)は、測定値<sup>110</sup>やコード相互比較演習<sup>111,112</sup>によって検証されてい

<sup>110</sup> Bottollier-Depois et al., (2004). Exposure of aircraft crew to cosmic radiation: On-board intercomparison of various dosimeters. Radiat. Prot. Dosimet. 110 (1-4) : 411-415, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15353683/>

<sup>111</sup> Eurados, Comparison of Codes Assessing Radiation Exposure of Aircraft Crew due to Galactic Cosmic Radiation, report 2012-03. (2012), ISBN 978-3-943701- 02-9, [https://eurados.sckcen.be/sites/eurados/files/uploads/Publications/23\\_EURADOS\\_Report\\_201203.pdf](https://eurados.sckcen.be/sites/eurados/files/uploads/Publications/23_EURADOS_Report_201203.pdf)

<sup>112</sup> Eurados, Comparison of Codes Assessing Radiation Exposure at Aviation Altitudes in Case of Solar Particle Events report 2021- 03. (2021), ISBN 978-3-943701- 27-2, <https://eurados.sckcen.be/en/news-overview/eurados-report-2021-03-published-comparison-codes-assessing-radiation-exposure-aviation-altitudes-case-solar-particle-events-was-published>



る。測定値と計算値の相対的な差は、ほとんどが $\pm 30\%$ 以内であることがわかった<sup>113</sup>。銀河系と銀河系外成分に関するコード間の全体的な一致は、中央値から $\pm 20\%$ より良いことがわかった\*。

IRSN は、計算とその場測定に基づき、地球ガンマ線フラッシュ (terrestrial gamma Flash : TGF)、ガンマ線グロー (Gamma ray Glows : GGR)、ガンマ線の点滅フラッシュ (Flickering gamma-rays Flashes : FGF) など、雷雨における放電現象の影響を評価する研究プログラムを開始した。最初の結果では、これらの現象によるフランスの航空事業者への影響は無視できると考えられていたが、事象の発生頻度や新しい現象 (FGF) 発見に関する最近のデータ<sup>114</sup>により、今後の研究が必要となった\*。航空機による放射性物質輸送の影響もまた、航空事業者とともに研究されるテーマである\*。さらに IRSN は、地上レベル事象 (GLE) 発生時の線量評価に使用するモデルの検証や、実施された線量推定を修正するためのデータを得るために、航空機内での放射線測定の連続モニタリングプログラムを実施している\*。さらに、GCR による放射線被ばく健康への影響を推定するために、SPACE と名付けられた疫学調査が開始された<sup>115 116 117</sup>。

---

<sup>113</sup> Lillhök J et al. (2007), A comparison of ambient dose equivalent meters and dose calculations at constant flight conditions. *Radiat. Meas.* 42 (3): 323–333, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350448707000030>

<sup>114</sup> FGF に関する最新の文献には、2024 年 10 月に公表された以下がある。Østgaard, N et al. “Flickering gamma-ray flashes, the missing link between gamma glows and TGFs.” *Nature* vol. 634, 8032 (2024): 53–56. doi:10.1038/s41586-024-07893-0

<sup>115</sup> Pallu M et al. XStorm: A New Gamma Ray Spectrometer for Detection of Close Proximity Gamma Ray Glows and TGFs. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. Open Access Volume 128, Issue 2427 (2023), Article number e2023JD039180, [https://www.researchgate.net/publication/376718511\\_XStorm\\_A\\_New\\_Gamma\\_Ray\\_Spectrometer\\_for\\_Detection\\_of\\_Close\\_Proximity\\_Gamma\\_Ray\\_Glows\\_and\\_TGFs](https://www.researchgate.net/publication/376718511_XStorm_A_New_Gamma_Ray_Spectrometer_for_Detection_of_Close_Proximity_Gamma_Ray_Glows_and_TGFs)

<sup>116</sup> Pallu M et al. Radiation Risk Assessment Associated With Terrestrial Gamma Ray Flashes for Commercial Flights. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. Open Access Volume 128, Issue 627 (2023), Article number e2022JD037569, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2022JD037569>

<sup>117</sup> Pallu M et al.. Estimation of Radiation Doses Delivered by Terrestrial Gamma Ray Flashes Within Leader-Based Production Models. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* Open Access Volume 126, Issue 827, (2021), Article number e2020JD033907, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2020JD033907>

## 5) 2023 年の航空機乗務員の被ばく実績

フランス放射線防護・原子力安全研究所（IRSN）は、2024 年 9 月 10 日、フランスにおける 2023 年の電離放射線への職業被ばくについて総括した報告書<sup>118</sup>を公表した。これは、2023 年に公開された放射線被ばくモニタリング情報システム SISERI に記録された作業者の線量測定データを使用して作成されたものである。

本報告書では、主要な業種別の作業者数、対応する集団線量、ならびに線量レベルごとの作業者の内訳が報告されている。対象となる業種は、防衛、医療、歯科、獣医学、原子力及び非原子力産業、放射線や放射線源が使用される研究・教育、及び自然放射能への特別な被ばくがある活動や職場を含むすべての活動である。

自然放射線に被ばくした作業者の平均個人線量は 1.17 mSv であり、登録された作業者は 23,137 人、その 96%近くが宇宙放射線に被ばくしている民間及び軍の航空機乗務員であった。図 8 は、2023 年における業種別の実効線量の割合を示す。自然放射線に被ばくしている作業者では、年間 1 mSv 未満が 39.84%、1～5 mSv が 60.16%、5 mSv を超えて被ばくしている人はいなかった。

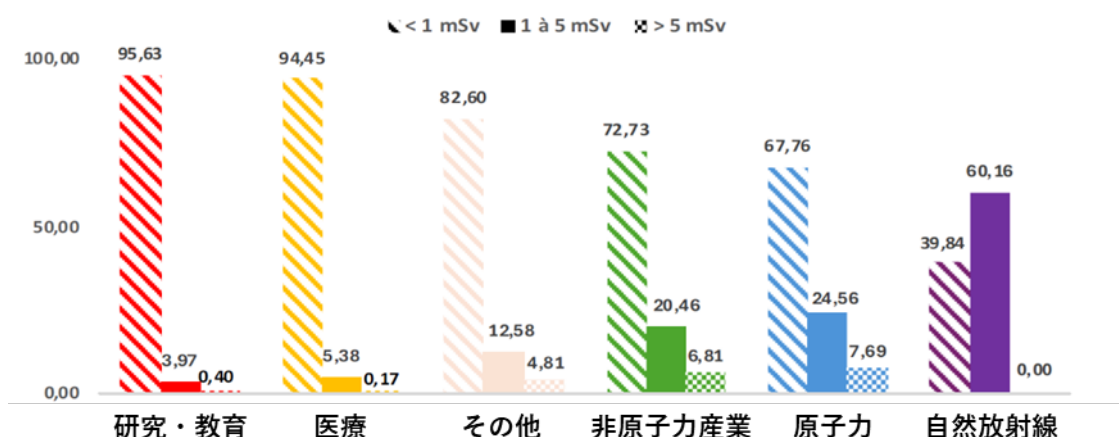


図 8 2023 年における業種別の実効線量 (%)

<sup>118</sup> IRSN, “La Radioprotection des Travailleurs, Expositions professionnelles aux rayonnements ionisants en France : bilan 2023” Rapport IRSN/2024-00333, (2023), <https://www.irsn.fr/savoir-comprendre/sante/radioprotection-travailleurs>

#### 2.1.7.5 フランスのまとめ

フランスにおける航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下のとおりまとめる。詳細については、表 8 に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は 2017 年施行の労働法典（Code du travail）で規定されており、適用対象の事業者は、記載がないものの、防護の対象となる個人は、乗務員（飛行中の航空機のサービスのために搭乗しているすべての人々が乗務員）である。
2. 被ばく線量に係る基準値：労働法典の法令では、労働者の線量限度について、全身の実効線量で、連続 12 カ月間あたり 20 mSv である。一方で、等価線量で、四肢及び皮膚で連続 12 カ月間あたり 500 mSv、眼の水晶体で連続する 12 カ月間あたり 20 mSv と規定される。なお、皮膚については、被ばく面積にかかわらず、1 cm<sup>2</sup>の表面における平均線量に適用される。妊娠中の労働者の場合、胎児が受ける等価線量は 1 mSv と規定される。
3. 被ばく線量の管理方法：労働法典の法令では、被ばく線量評価・保存は、IRSN により開発された、電離放射線被ばくに関する情報及び管理システム SIEVERT が利用されることが規定されている。また、SISERI の情報収集管理システムの責任は IRSN にあることが明記されており、各労働者のデータは最後の被ばくから 50 年間一元管理されることが規定されている。
4. 天文現象への対応：労働法典では、天文現象への対応方法に関する規定はない。ただし、労働法典では雇用主が技術の進歩と発生源におけるリスク管理手段の利用可能性を考慮し、放射線の被ばくから生じるリスクを排除もしくは最小限に抑えることを目的とした予防措置を講じることが規定されている。また、労働者の被ばくに関するリスク評価について考慮すべき事項が R4451-14 に示されており、「航空機及び宇宙船の飛行高度における宇宙放射線の性質及び放出レベルに関する情報」などが考慮すべき事項として記載されている。

## 2.1.8 フィンランド

フィンランドの法令には、laki (法・議会法) と asetus (政令) がある。放射線法 (Säteilylaki 859/2018) <sup>119</sup>及び原子力法 (Ydinenergi laki 990/1987) <sup>120</sup>に基づき、フィンランド放射線・原子力安全局 (STUK) が置かれ、原子力及び放射線の安全に対する規制を行っている。STUK は、放射線法 (859/2018) に基づき、放射線及び原子力に関する規則を定めており、原子力法に関する規則 Y シリーズ、放射線及び原子力法に関する規則 SY シリーズ、及び放射線に関する規則 S シリーズがある。これらの STUK 規則は、いずれも法的拘束力を有している。図 9 にフィンランドの原子力・放射線関連の法令・ガイダンス等を示す。

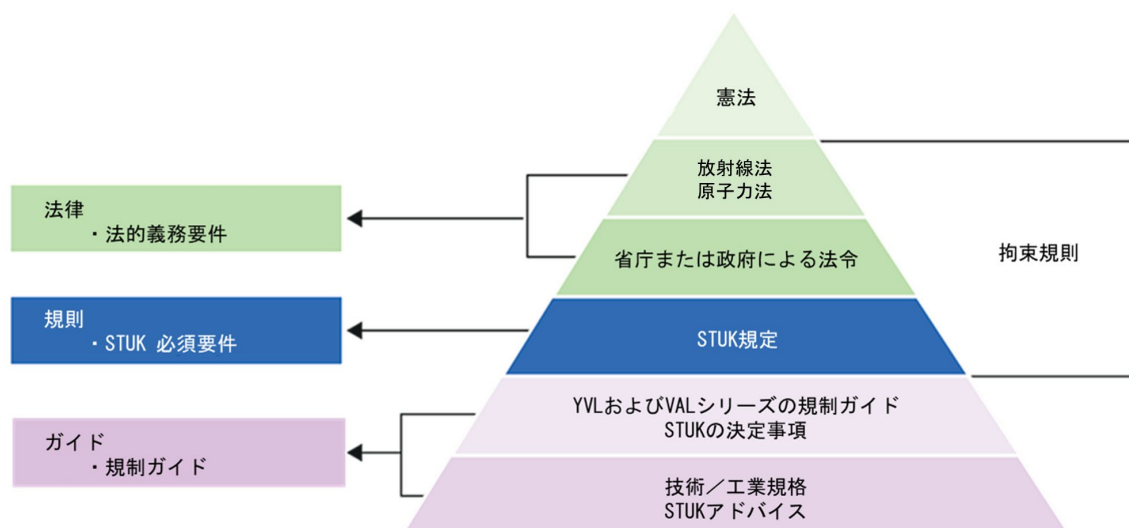


図 9 フィンランドの原子力・放射線関連の法令・ガイダンス等 <sup>121</sup>

### 2.1.8.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

放射線安全及び原子力利用の安全性の促進と監督を行うため、社会保健省の直下に国家行

<sup>119</sup> Sosiaali- ja terveysministeriö, Säteilylaki 859/2018, (2018), <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180859>

<sup>120</sup> Kauppa- ja teollisuusministeriö, Ydinenergi laki 990/1987, (1988), <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/1987/990>

<sup>121</sup> Sammio, Legislation and guides, <https://stuk.fi/en/legislation-and-guides>

政機関として STUK が設立されている (Laki Säteilyturvakeskuksesta 2022/1164) <sup>122</sup>。

#### 2.1.8.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

放射線法 (859/2018) では、航空機乗務員の職業被ばくを適用範囲としている。宇宙線被ばくによる公衆の被ばくは適用範囲となっておらず、放射線法 (859/2018) に基づき、職業被ばく及び公衆の被ばくについては、電離放射線に関する政令 (Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018) <sup>123</sup>及び、放射線に関する社会保健省の政令 (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä 1044/2018) <sup>124</sup>が制定されている。また STUK が発効した、STUK 規則 S シリーズでは、放射線防護に関する安全許可を必要とする活動に関する STUK 規則 (STUK S/6/2019) <sup>125</sup>、自然放射線に被ばくする活動に関する STUK 規則 (STUK S/6/2022) <sup>126</sup>が航空機乗務員の放射線防護に関連する。

##### 1) 法令等の適用範囲

放射線法 (859/2018) では、第 18 章に自然放射線からの職業被ばくについて規定が記載されている。第 18 章§145 には、雇用者は活動を開始する前に STUK に航空業務について放射線安全に不可欠な情報を報告すること (自主的な届出) (STUK 規則 S/6/2022§3<sup>127</sup>に記載) が要求されている。また第 18 章§152 には、航空機乗務員の放射線被ばくについて規定があり、フィンランド運輸安全局が発効する交通許可に基づき航空業務を行う雇用者は、主な飛

---

<sup>122</sup>Sosiaali- ja terveysministeriö, Laki Säteilyturvakeskuksesta (20.12.2022/1164), (2022), <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2022/20221164?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=20.12.2022%2F1164>

<sup>123</sup> Sosiaali- ja terveysministeriö, Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä (22.11.2018/1034), (2018), <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20181034>

<sup>124</sup> Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä (1044/2018), (2018), <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181044>

<sup>125</sup> Sosiaali- ja terveysministeriö, Radiation and Nuclear Safety Authority Regulation on Radiation Practices Subject to a Safety Licence STUK S/6/2019, (2019), <https://www.stuklex.fi/en/maarays/stuk-s-6-2019>

<sup>126</sup> STUK, Säteilyturvakeskuksen määräys luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta (STUK S/6/2022), (2022), <https://www.stuklex.fi/fi/maarays/stuk-s-6-2022>

<sup>127</sup> 以下の内容を報告することが規定。

航空事業者、雇用主/雇用主/航空事業者、最も一般的な飛行ルート、高度、航空機の種類、業務の一般的な説明、放射線業務従事者の数の推定、放射線従事者の線量評価と評価の基礎

行高度が 8000 m を超える場合、それによって生じる放射線被ばくを調査する義務があると規定されている。また航空法 (Ilmailulaki 864/2014) <sup>128</sup>に規定する軍用航空及び国営航空に従事する者も対象となる。

放射線法 (859/2018) では、基準値の設定について第 18 章 § 144 に記載されており、その状況 (§ 152) に対する自然放射線の基準を設定する際には防護基準と社会の観点から許容量が考慮されると規定されている。

フィンランドの法令及び規則には、航空事業者等の運航路線、運航経路若しくは乗客の飛行頻度の考慮 (グレーデッドアプローチ) に関する記載を確認できなかった。

## 2) 法令等における被ばく線量に係る基準値

放射線法では、航空機乗務員による宇宙被ばくに関する線量限度についての直接的な記載はないが、§ 152 で、宇宙放射線によって引き起こされる職業被ばくが、以下の § 144 に規定された値を超える可能性がある場合 (ラドン以外のものによる集団の被ばくの基準値が、公衆の線量限度より高くなる場合)、事業者は、最も被ばくした労働者の被ばくが制限されるように航空機乗務員のシフトを計画しなければならないことが規定されている。

### § 144 に規定された値

- ・ 職場のラドン濃度及びラドンによる職業被ばくの基準値は、従業員のラドンによる放射線量が労働者の線量限度の 10 分の 3 以下になるように設定される。
- ・ 常時作業を行う作業場では、職場のラドン濃度基準値が適用される。短期間の作業には、職業上のラドン被ばくの基準値が適用される。
- ・ ラドン以外のものによる集団の被ばくの基準値は、公衆の線量限度より高くてはならない。

---

<sup>128</sup> Liikenne- ja viestintäministeriö, Ilmailulaki 864/2014, (2014), <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2014/864>

放射線に関する政令（1034/2018）では、§ 2 で、正当性の評価と防護の最適化に考慮が要求されており、§ 3 では、放射線法（859/2018）§ 5 に記載される全体的な利益の評価について、放射線被ばくの結果として生じる健康被害・環境への影響・財産・社会機能への被害を考慮することなどが規定されている。

放射線に関する政令（1034/2018）第 3 章には職業被ばくにおける線量限度（annosrajat : dose limits）（§ 13）と公衆（一般公衆及び同等の労働者）被ばくの線量限度（§ 15）が規定されており、それぞれ以下のように定められている（表 5）。

職業被ばくにおける妊娠時・授乳時の取り扱いについては、放射線法（859/2018）§ 100 及び放射線に関する政令（1034/2018）第 7 章 § 41 に規定されており、従業員からの通知後妊娠中は等価線量で 1 mSv を超えないように調整しなければならないことが規定されている。

放射線に関する社会保健省の政令（1044/2018）の § 18 には、職業被ばくにおける参考レベルの利用（Viitearvojen käyttäminen: Use of Reference level）が規定されている。第 6 章 自然放射線 § 22（宇宙放射線被ばくの参考レベル）には航空機乗務員の放射線被ばくの参考レベル（viitearvoja : reference level）は実効線量で 1 mSv/年と記載されている。なお放射線に関する社会保健省の政令（1044/2018）第 5 章には現存被ばく状況に関する定義が記載されており、第 6 章には自然放射線の状況は適用されないと記載されている（現存被ばく状況における参考レベルは 1 mSv と規定されている（§ 16））。

STUK 規則のうち、放射線防護に関する安全許可を必要とする活動に関する STUK 規則（STUK S/6/2019）では、第 3 章 § 7 に航空機の乗務員の被ばく線量拘束値（Dose constraint）が 6 mSv/年と規定されている。ただし、実際の対策で 6 mSv に制限できない特別な状況では線量拘束値がこれより大きくなる場合があるとの規定もされている。

#### § 7 職業被ばくの線量拘束値

放射線業務における職業被ばくの線量拘束値は、その業務における職業被ばくのカテゴリーが 3 の場合、0.3 mSv である。しかし、安全評価において正当性が示されれば、線量拘束値はこれより大きくてもよい。

航空業務における職業被ばくの線量拘束値は 6 mSv である。ただし、合理的な方法で被ばくを 6 mSv に制限できない限定された特殊な状況においては、線量拘束値をこれより大きくすることができる。

表 5 フィンランドにおける職業被ばくと公衆被ばくの線量限度 (mSv/年)

|                                             | 全身実効線量 | 眼の水晶体等価線量                         | 皮膚等価線量                               | 手・腕・足・足首の等価線量 |
|---------------------------------------------|--------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| 職業被ばく                                       | 20 mSv | 5 年で 100 mSv、ただし年間 50 mSv を超えない範囲 | もともと露出した皮膚の平均等価線量が年間 500 mSv を超えない範囲 | 500 mSv       |
| 公衆被ばく                                       | 1 mSv  | 15 mSv                            | もともと露出した皮膚の平均等価線量が 50 mSv を超えない範囲    | なし            |
| 学生と研修者<br>(放射線法 § 99 の規定に従って放射線源の使用に参加する場合) | 6 mSv  | 15 mSv                            | もともと露出した皮膚の平均等価線量が 150 mSv を超えない範囲   | 150 mSv       |

国際紛争、自然災害等により通常とは異なる航路で運航する必要がある場合に、当該基準値の見直し又は弾力的な措置を講じるための定め及びこのような見直し又は措置の事例（2007 年以降のものに限る）については、放射線法（859/2018）等では記載が確認できなかった。

### 3) 被ばく線量の管理方法

放射線法（859/2018）第 4 章に、線量登録に関する規定があり、STUK が放射線登録簿への記載などを行うことが規定されている。第 4 章 § 20、21 には、線量登録簿の情報として、各作業員の身元と個人線量モニタリングに関する情報（作業内容、外部作業者のオペレータ及び雇用者、個人線量を決定するために使用された方法、被ばく線量に影響を与える要因、個人線量モニタリングの結果）を対象者が 75 歳になるまで（ただし放射線業務終了後 30 年間の経過するまで）保管されることが規定されている。また、研究の目的ではこれより長期



間保管されることがあると記載されている。

線量登録の情報は、作業者が放射線業務に従事している間、及びその後、当該作業者が 75 歳に達するまで、または 75 歳に達する見込みであるまで、ただし放射線業務の終了から 30 年を経過するまでは保存される。STUK は、放射線の安全確保に関連する研究目的のために、上記の情報をこれよりも長期間保存することがある。

第 9 章放射線測定では、STUK が放射線測定の信頼性の検証や適合に関するより詳細な規則を発行していることが記載されている (§ 59)。

STUK 規則 (S/6/2022) では、第 6 章に航空機乗務員の放射線被ばくの決定方法と線量登録簿への情報提供を規定している。§ 25 で放射線被ばく線量は適切に検証された計算方法で決定する必要があり、国際標準もしくは他の適切な文書化された方法で行わなければならないことが規定されている。また計算された線量当量等は測定値又は参照値±30%を超えて逸脱してはならないと規定されている。§ 26 ではこれらの測定結果は、測定期間が終了後 1 か月以内に提出される必要があると規定されている。

STUK 規則 (S/1/2018) <sup>129</sup>では、職業被ばくの調査・評価・モニタリングに関する規則が規定されている。§2 の被ばく条件のモニタリングでは、被ばく条件が変化していないことを確認するため外部放射線量率の定期的な測定が求められている。§9 では個人被ばく線量の計算が規定されており、個人線量が直接測定できない場合は他の従業員の測定結果に基づくか、放射線量を推定するツールを使って、計算することが求められている。推定された線量とその評価方法については線量登録簿に記載される。§14 には、線量の通知について規定されており、外部放射線による線量は深部線量 Hp(10)、表面線量 Hp(0.07)、及び眼の水晶体の等価線量 Hp(3) の量を使用して作業者の線量記録簿に登録することが規定されている。

社会保健省の政令 (1044/2018) 第 3 章 § 8 にて放射線業務に従事する労働者の教育訓練について規定されている。

放射線業務に従事する労働者は、少なくとも 5 年間、放射線防護に関する補習的な教育訓練を受けなければならない。教育訓練では、各課題に必要な放射線安全に関する特殊性

---

<sup>129</sup> STUK, Radiation and Nuclear Safety Authority Regulation on the Investigation, Assessment and Monitoring of Occupational Exposure, (2018), <https://www.stuklex.fi/en/maarays/stuk-s-1-2018>

や、当該放射線実務における放射線安全に関する変更点や最新情報について強調する。

第 1 項に定めるものに加えて、放射線安全専門家または医学物理学の専門家として働くものは、5 年間にわたって少なくとも 20 時間の放射線防護に関する補足的な教育訓練を受けなければならない。付録 5 に定めるものに加えて、放射線安全の監督者は、5 年間にわたって少なくとも 10 時間の放射線防護に関する補足的な教育訓練を受けるものとする。

乗客への通知及び一般への広報について、2025 年 3 月 17 日時点で法令等は法令及び航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった。

#### 4) 天文現象への対応方法

線量拘束値 (annosrajoitus : dose constrain) の 6 mSv/年を超えないように活動を計画しなければならない (旧規則の ST-12-4<sup>130</sup>)。また、この規則の 3.3「高高度飛行時の異常な放射線被ばくへの備え」には以下のように太陽フレアに触れる形での記載がある

15km 以上の高度を飛行する際には、突然の太陽フレアに備える必要がある。 15km 以上の高度を飛行する際の測定機器の要件については、EU-OPS 1.680<sup>131</sup>に記載されている。

EU-OPS 1.680 は「宇宙放射線検出器」についての記載であり、以下のとおりである。

「(a) 航空機は、次の場合を除き、15,000 メートル (49,000 フィート) を超える高度で運航してはならない。

1. 宇宙放射線 (すなわち、銀河及び太陽起源の電離放射線及び中性子放射線の合計) の線量率及び各飛行の累積線量を継続的に測定・表示する機器が装備されている場合、または
2. 当局が承認する、四半期毎の機内放射線サンプリングシステムが確立されている場合。」

---

<sup>130</sup> STUK, SÄTEILYTURVALLISUUS LENTOTOIMINNASSA, (2013), <https://stuk.fi/documents/150192312/162639293/ST12-4.pdf/91d9dbce-7299-7617-2766-6983afc65c70/ST12-4.pdf?t=1684840303893ac>

<sup>131</sup> Commission Regulation (EC) No 859/2008 of 20 August 2008 amending Council Regulation (EEC) No 3922/91 as regards common technical requirements and administrative procedures applicable to commercial transportation by aeroplane, (2008), <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/859/oj/eng>

### 2.1.8.3 法令に関連する検討体制等

2008 年 3 月以降 STUK では諮問委員会が設立されている<sup>132</sup>。放射線防護諮問委員会、放射線安全諮問委員会、原子力安全諮問委員会などがある。諮問委員会については放射線防護庁によって設置<sup>133</sup>され、放射線安全諮問委員会では放射線の被ばく状況や安全の観点からの意見を述べ、放射線安全の規制に関する声明、研究の発展と国内国外の協力について STUK と協力して活動している。2020 年 1 月以降の議事録が公開されているが、航空機の乗務員・乗客に関する記述は確認できていない。

また STUK 規則については、各規則の検討について覚書が公開<sup>134</sup>されている。STUK 規則 (S/6/2019) の覚書<sup>135</sup>では職業被ばくの線量拘束値について §7 に航空業界における職業被ばくの線量限度を 6 mSv/年としているが、これについて覚書では、航空機で発生する線量はどの事業者においても非常に類似しているため、各業者が異なる線量拘束値を設定することは適切ではないことと、Directive 2013/59/EURATOM でも 6 mSv/年と記載されていることが記されている。

### 2.1.8.4 その他の関連情報

フィンランドは ICAO 条約に加盟しており、2021 年にフィンランド交通通信省が ICAO に関して文書「Finland's Action Plan to Reduce CO<sub>2</sub> Emissions from Aviation 2021」<sup>136</sup>を発行しているが、本文書を含むその他文書においても放射線に関する要求の対応について明記されていない。

---

<sup>132</sup> STUK, Neuvottelukunnat, (2008), <https://stuk.fi/neuvottelukunnat>

<sup>133</sup> Sosiaali- ja terveysministeriö, Valtioneuvoston asetus Säteilyturvakeskuksesta (29.12.2022/1359), (2022), <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2022/20221359?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=29.12.2022%2F1359>

<sup>134</sup> STUK, STUKin määräykset, <https://stuk.fi/stukin-maaraykset>

<sup>135</sup> STUK, Säteilyturvakeskuksen määräys turvallisuushupaa edellyttävästä Säteilytoiminnasta, (2019), <https://www.stuklex.fi/fi/STUK-S-6-2019-perust.pdf>

<sup>136</sup> Finnish Transport and Communications Agency Traficom, Finland's Action Plan to Reduce CO<sub>2</sub> Emissions from Aviation (2021), <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Finlands%20Action%20Plan%20to%20Reduce%20CO2%20Emissions%20from%20Aviation%20Revision%202021.pdf>

#### 2.1.8.5 フィンランドのまとめ

フィンランドにおける航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下のとおりまとめる。詳細については、表 8 に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は 2018 年施行の放射線法（859/2018）で規定されている。適用対象事業者は、フィンランド運輸安全局が発効する交通許可に基づき航空業務を行う雇用者であり、防護の対象となる個人は、航空機乗務員である。
2. 被ばく線量に係る基準値：放射線法（859/2018）では、職業被ばくにおける線量限度が規定されている。職業被ばくの線量限度は、それぞれ、全身実効線量が 20 mSv/年、眼の水晶体等価線量が 5 年で 100 mSv（ただし年間 50 mSv を超えない範囲）、皮膚等価線量が 500 mSv/年（もっとも露出した皮膚の平均等価線量）、手・腕・足・足首の等価線量が 500 mSv/年であることが規定されている。また、放射線法（859/2018）では、航空機乗務員は放射線従事者として分類される。航空機乗務員の職業被ばくの参考レベルは実効線量で 1 mSv/年と、線量拘束値は 6 mSv/年を超えないよう規定されている。
3. 被ばく線量の管理方法：放射線法（859/2018）では、STUK が放射線登録簿への記載などを行うことを規定している。線量登録簿の情報として、各作業員の身元と個人線量モニタリングに関する情報（作業内容、外部作業者のオペレータ及び雇用者、個人線量を決定するために使用された方法、被ばく線量に影響を与える要因、個人線量モニタリングの結果）を対象者が 75 歳になるまで（ただし放射線業務終了後 30 年間が経過するまで）保管されることが規定されている。また、研究の目的ではこれより長期間保管されることがあると記載されている。
4. 天文現象への対応方法：法令では、天文現象への対応方法に関する規定はない。旧規則の ST-12-4 に線量拘束値（annosrajoitus : dose constrain）の 6 mSv/年を超えないように計画を調整すること及び 15km を超える高高度（太陽フレアの影響受け得る高度）での運航には必ず宇宙放射線検出器を装備する旨が記載されている。

## 2.2 航空飛行時被ばくに係る国際民間航空機関（ICAO）の要件等に関する調査

ICAO（国際民間航空機関）は、国際連合の専門機関であり、193の国々が協力して空を共有し、相互の利益を享受することを支援している<sup>137</sup>。ICAOの歴史は、1944年に54の国々によって起草された「国際民間航空条約（Convention on International Civil Aviation）」（通称「シカゴ条約」）に始まる。この合意は、国際空運の基本原則を確立し、それを監督する専門機関であるICAOの設立につながった。ICAOの主な任務は、各国が民間航空規制、基準、手続き、組織において可能な限り高い一貫性を達成することを支援することである<sup>138</sup>。

ICAO総会（Assembly）は、少なくとも3年に1回開催され、ICAOの統治機関である理事会が招集する。理事会は選出された36カ国から構成され、総会では、技術、経済、法律、技術協力の分野におけるICAOの作業計画が詳細に検討される。総会の成果は、ICAOの他の機関及びその加盟国に提供され、継続及び将来の作業の指針となる。この総会における決定は、条約に別段の定めがある場合を除き、投票の過半数によって行われる<sup>139</sup>。

ICAOはUNSCEARとも連携しており<sup>\*140</sup>、UNSCEAR 2020/2021 報告書附属書D「電離放射線の職業被ばくの評価」<sup>141</sup>では、ICAOからの民間航空機乗務員のデータの提供により、推定の改善に寄与したとされている。

### 2.2.1 ICAOの刊行物の体系

#### 2.2.1.1 シカゴ条約、付属書、PANS、SARP、SUPPSの位置づけ<sup>142</sup>

ICAOは、国際民間航空の安全性、効率性、公平性を確保するために様々な文書を発行している。これらの文書は、条約、付属書（Annex）、SARPs（Standards and Recommended Practices）、PANS（Procedures for Air Navigation Services）、SUPPS（Regional Supplementary Procedures）の5つのカテゴリーに分けられる。これらの中で、条約は、法

---

<sup>137</sup> ICAO, About ICAO, <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>

<sup>138</sup> ICAO, The History of ICAO and the Chicago Convention, <https://www.icao.int/about-icao/History/Pages/default.aspx>

<sup>139</sup> ICAO, The ICAO Assembly <https://www.icao.int/about-icao/assembly/Pages/default.aspx>

<sup>140</sup> UNSCEAR, Partnerships, <https://www.unscear.org/unscear/en/about-us/partnerships.html>

<sup>141</sup> UNSCEAR, SOURCES, EFFECTS AND RISKS OF IONIZING RADIATION, (2022), [https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/publications/UNSCEAR\\_2020\\_21\\_Annex-D.pdf](https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/publications/UNSCEAR_2020_21_Annex-D.pdf)

<sup>142</sup> 議会官庁資料室（国立国会図書館）、ICAO（国際民間航空機関／International Civil Aviation Organization）、(2023), <https://ndlsearch.ndl.go.jp/rnavi/politics/icao>

的拘束力を持つが、それ以外の文書は法的拘束力を持たない。また、Annex と SARPs については、加盟国の方式が Annex・SARPs の内容と完全に一致しない場合、ICAO 理事会に対し相違通告が義務づけられる。それぞれの文書の位置づけは以下のとおりである。

## 1. 条約

### シカゴ条約の改定

シカゴ条約は、ICAO の基本的な法的枠組みを提供するものである。シカゴ条約は、1944 年 12 月 7 日に 52 カ国によってシカゴで署名された。本条約は、文書の形式で締結された加盟国に対して法的拘束力を持つ国際条約（Convention）である。

シカゴ条約は ICAO の目的を次のように定めている。

「国際民間航空の将来の発展は、世界の国家及び国民の間に友好と理解を生み出し、維持することに大いに役立つが、その濫用は、一般の安全に対する脅威となり得る。

摩擦を避け、世界の平和がかかっている国家間及び国民間の協力を促進することが望ましい。よって、各国政府は、国際民間航空が安全かつ秩序ある方法で発展し、国際航空輸送サービスが機会の平等に基づいて確立され、健全かつ経済的に運営されるようにするため、一定の原則及び取決めに合意した。」

シカゴ条約は改定が続けられており、2006 年の第 9 版が最新である<sup>143</sup>。補遺なども ICAO が作成している。

### その他の条約

ICAO は航空関係に関する国際条約を作成しており、ジュネーブ条約（航空機に対する権利の国際的承認に関する条約）などを作成している<sup>144</sup>。

## 2. 附属書（Annex）

附属書（Annex）は、ICAO の条約を実施するための詳細な技術標準やガイドラインを提

---

<sup>143</sup> ICAO, Convention on International Civil Aviation - Doc 7300, <https://www.icao.int/publications/Pages/doc7300.aspx>

<sup>144</sup> 外務省, 国際民間航空機関（ICAO）が作成する条約, (2016), <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/icao/jyoyaku.html>

供するものである。各附属書は特定の技術的または運用的分野に関する標準を規定しており、各国がこれを遵守することが求められている。附属書に法的な拘束力はないが、自国の方式が ICAO 標準と異なる場合は、ICAO に通告することが、同条約上義務付けられている<sup>145</sup>。現在、19 の附属書が存在する。例えば、「Annex 1: Personnel Licensing (人員免許)」や「Annex 8: Airworthiness of Aircraft (航空機の耐空性)」などがある。

### 3. SARPs (Standards and Recommended Practices)

SARPs は、附属書の中に含まれる具体的な技術基準 (Standard) と推奨実務 (Recommended Practices) に関する文書に分かれており、法的な拘束力はない。基準は各国が遵守すべきものであり、推奨実務は可能な限り実行が望まれるものである。加盟国の方式が基準の内容と完全に一致しない場合、ICAO 理事会に対し相違通告が義務付けられる。

### 4. PANS (Procedures for Air Navigation Services)

PANS は、標準・勧告方式とするには細かすぎると考えられる規定や、技術進歩でしばしば変更される内容などを規定し、理事会が承認して締結国に実施を勧告するものであり、法的な拘束力はない。PANS は、航空交通管理や航空機運航の手順を詳細に記述している。例えば、PANS-ATM (Air Traffic Management) がある。

### 5. SUPPS (Regional Supplementary Procedures)

SUPPS は、各地域の特定の運用条件や必要に応じた補足手順であり、法的な拘束力はない。内容が全世界で実施可能になると、標準・勧告方式 (SARPs) ないしは航空業務方式 (PANS) に格上げされる。SUPPS は ICAO の地域事務所によって管理され、特定の地域における運用上のニーズに応じた手順を規定している。例えば、ヨーロッパやアジア太平洋地域の航空交通手順が含まれる。

ICAO の条約、附属書、SARPs、PANS、SUPPS の改正プロセス及び基準作成プロセスに

---

<sup>145</sup> 外務省, 調査月報 2022/No.2 研究ノート航空保安の国際ルール強化に向けた最近の動向—2001 年 9.11 同時多発テロ事件後—, (2002), [https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/pr/pub/geppo/pdfs/02\\_2\\_3.pdf](https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/pr/pub/geppo/pdfs/02_2_3.pdf)

ついて以下にまとめる。

ICAO 理事会は、世界的な統一ルールが必要と考えられる事項について、すべての締結国に原則的に適用される標準 (Standards)、すべての締結国に統一的に適用されることが望ましい勧告方式 (Recommended Practices) を採択している。両者を合わせて SARPs という略称で呼ばれている。加盟国の方式が標準の内容と完全に一致しない場合、ICAO 理事会に対し相違通告が義務付けられている。

SARPs は条約の Annex の中に含まれ、現在第 1 附属書から第 19 附属書までである。随時改定版 (Edition)、補遺 (Supplement)、修正 (Amendment) が出されている<sup>142</sup>。

## 2.2.2 航空飛行時被ばくの放射線防護に係る要件等

放射線防護に関する規定は、シカゴ条約に記載がない。その一方で、ICAO の Annex 6 (運航安全) Part I の Chapter 4 (4.2.11.5)、Chapter 6 (6.12)、Part II の Chapter 3 に以下のとおり施行されている。

Part I International Commercial Air Transport (Nineth Edition July 2010)<sup>146</sup>

### Chapter 4 Flight Operations

#### 4.2.11.5 (Crew/乗務員)

For each flight of an aeroplane above 15000 m (49000 ft), the operator shall maintain records so that the total cosmic radiation dose received by each crew member over a period of 12 consecutive months can be determined.

15000m (49000 ft)を超える航空機の各フライトについて、運航者は、各乗組員が連続する 12 ヶ月間に受けた宇宙線線量の合計を決定することができるよう記録を保持しなければならない。

### Chapter 6 Aeroplane instrument, equipment and flight documents

---

<sup>146</sup> ICAO, Annex 6 - Operation Of Aircraft - Part I - International Commercial Air Transport - Aeroplanes, (2022), <https://store.icao.int/en/annex-6-operation-of-aircraft-part-i-international-commercial-air-transport-aeroplanes>



## 6.12 (Radiation Indicator／放射線量の表示)

All aeroplanes intended to be operated above 15000 m (49000 ft) shall carry equipment to measure and indicate continuously the dose rate of total cosmic radiation being received (i.e. the total of ionizing and neutron radiation of galactic and solar origin) and the cumulative dose on each flight. The display unit of the equipment shall be readily visible to a flight crew member.

Note. The equipment is calibrated on the basis of assumptions acceptable to the appropriate national authorities.

標高 15,000 m (49,000 ft) 以上の上空で飛行することを意図するすべての航空機は、各フライトで受ける全宇宙放射線（すなわち、銀河及び太陽起源の電離放射線及び中性子線の合計）の線量率及び累積線量を継続的に測定し、表示する装置を搭載しなければならない。装置の表示ユニットは、飛行乗務員が容易に視認できるものでなければならない。

注：本装置は、適切な国家当局が受け入れ可能な前提に基づいて校正される。

## Part II International General Aviation

### Chapter 3 <sup>147</sup>

#### 3.6.7 (Aeroplanes operated above 15,000 m (49,000 ft) radiation indicator／高度 15,000 m (49,000 ft) 以上で運航される航空機の線量計（放射線量の表示）) <sup>148</sup>

Recommendation.— Aeroplanes intended to be primarily operated above 15 000 m (49 000 ft) should carry equipment to measure and indicate continuously the dose rate of total cosmic radiation being received (i.e. the total of ionizing and neutron radiation of galactic and solar origin) and the cumulative dose on each flight. The display unit of the equipment shall be readily visible to a flight crew member.

Note.— The equipment is calibrated on the basis of assumptions acceptable to the appropriate national authorities.

推奨事項— 主に高度 15,000 m (49,000 ft) 以上での運航が意図されている航空機は、受

<sup>147</sup> ICAO, Annex 6 - Operation Of Aircraft - Part II - International General Aviation – Aeroplanes, (2022), <https://store.icao.int/en/annex-6-operation-of-aircraft-part-ii-international-general-aviation-aeroplanes>

<sup>148</sup> Musée Delta, RADIATION INDICATOR, <https://museedelta.wixsite.com/musee-delta/single-post/radiation-indicator>

けているすべての宇宙放射線の線量率（すなわち銀河系及び太陽起源の電離放射線と中性子線の総量）及び各フライトの累積線量を継続的に測定・表示する装置を搭載すべきである。装置の表示ユニットは、運行乗務員が容易に視認できる場所に設置されなければならない。

注 この装置は、適切な国家当局が受け入れ可能な前提に基づいて校正される。

これらの要件の位置付けは、大型航空機で想定される運航に十分な安全レベルを保証するものである。要件の根拠は **Annex 6 Part I** に基づくが、一般公衆が利用しない非商用運行においては所有者と機長が運航の安全に責任を持つため、**Part I** より厳しい基準が求められない。

### 2.2.3 宇宙天気情報マニュアル

ICAO では、2019 年から民間航空機の運航に宇宙天気情報の利用を開始するための「ICAO Manual on Space Weather Information in Support of International Air Navigation（以下、宇宙天気情報マニュアル）」（2019 年版）を公表した。宇宙天気情報は 4 つの宇宙天気センターから情報が提供される。日本の情報通信研究機構（NICT）は 4 つある宇宙天気センターのうちの一つである日豪仏加連合の一翼を担っている。無線通信障害・測位誤差の増大・宇宙放射線による被ばく線量の増加の観点で航空運用に支障を来すおそれのある宇宙天気現象が発生している、あるいは 24 時間以内に発生すると予報された場合に「アドバイザリ」と呼ばれる情報を宇宙天気センターが発信する<sup>149</sup>。

宇宙天気情報マニュアルには、ICAO の放射線被ばくの宇宙天気アドバイザリ基準のしきい値が示されている（表 6）。マニュアルの 3.6 項にはアドバイザリ情報の取り扱いについて、ユーザーが意思決定のために利用できる情報を提供していると記載されている。この中で、「Severe」と「Moderate」のしきい値がそれぞれ示されている。放射線被ばくにおける「Severe」と「Moderate」のしきい値は、宇宙科学者と健康科学者の両方が協議した結果として設定さ

---

<sup>149</sup> 日本原子力学会；原子力学会誌 ATMO Σ Vol.66, No.7, (2024) p361-365

れている<sup>150</sup>。また、Severe の値は、国際線 12.5 時間 1 フライトで 1 mSv に達する可能性があることから定められたとされている<sup>151</sup>。

表 6 ICAO の放射線被ばくアドバイザー基準のしきい値

| Status   | 条件            |
|----------|---------------|
| Moderate | 30 $\mu$ Sv/h |
| Severe   | 80 $\mu$ Sv/h |

Moderate のアドバイザー情報は、46,000 ft（約 14,000 m）以下で Moderate しきい値に達した場合のみ発令される。Severe のアドバイザー情報は、どの高度でも Severe しきい値に達した場合に発令される。

次に、宇宙天気アドバイザー情報が発令された場合の対応は、宇宙天気情報マニュアルの 4.1 項、4.2.1、4.3.1~4.4.1 に記載されている。以下は関連する項からの抜粋である。

4.1：こうしたアドバイザー情報のなかには、綿密な対応計画を立て、すでに計画されている飛行を変更しないための時間を確保できるものもある。逆に、直前になって、あるいは航行中に、あらかじめ決められた飛行計画の再計算が必要になる場合もある。

4.2.1：放射線注意報が出るまでの時間は、長くて数分しかない場合もある。放射線を避けるためには、時間、距離、遮蔽物を考慮することで、脅威を軽減するための効果的な行動をとることができる。

4.3.1 a)：時間 - 勧告で指定された地域への立ち入りの遅延。放射線と一部の高周波の勧告は通常、非常に短い（数分）リードタイムを持つが、高周波と Global Navigation Satellite System 勧告の大部分は、しきい値に達するまでに数時間かかる場合がある。

<sup>150</sup> ICAO, Manual on Space Weather Information in Support of International Air Navigation (Doc 10100), (2019), <https://store.icao.int/en/manual-on-space-weather-information-in-support-of-international-air-navigation-doc-10100>

<sup>151</sup> 総務省, 宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会（第 7 回）, (2022), [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000809610.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000809610.pdf)

4.4.1：ベストな状況は、飛行ルートの変更、燃料、乗務員のスケジュールを考慮して、12 時間から 24 時間先の計画を立てることができることである。

参考として、太陽フレアによる航空機乗務員被ばくに関する研究において、最大線量率が 80  $\mu\text{Sv}/\text{時}$  を超える太陽フレアの頻度が推定されている<sup>152</sup>。

## 2.2.4 ICAO における検討体制及び検討経緯、現在の動向等

ICAO では総会（Assembly）の技術委員会において ICAO 勧告等の改定を議論している。また ICAO には医療問題に関して、ICAO に対する勧告を行う医療提供研究グループ（MPSG, Medical Provisions Study Group）があり、地理的配分を考慮して多くの加盟国から専門家が参加している\*。日本もアジア太平洋地域を代表する国の一つとして MPSG に参加している。MPSG には産業界のステークホルダーも参加している\*。MPSG の常任の参加者は 36 人程度で、議題によっては他の参加者を会議に招待することもある\*。会議は特定の議題について議論する必要がある場合開催される\*。放射線については、MPSG ではまだ議論されていないが、MPSG のワーキンググループの一つ（the Aviation Medical Certification Working Group）では議論されている\*。

ICAO 総会で公開されている情報のうち 1990 年から 2022 年までの情報を確認し、以下の情報を得た。

1992 年に開催された第 29 回総会において、放射線被ばくに関して検討を開始する旨が以下のとおり報告されている。

「航空機乗務員の労働安全及び健康に重要な影響を及ぼすもう一つの重要なテーマは、宇宙放射線被ばくの問題である。ICAO の医学部門がこのテーマについてさらなる研究を行うことを期待する。」<sup>153</sup>

2010 年に開催された ICAO のワーキンググループ国際航空路火山モニタリンググループ

---

<sup>152</sup> JAEA, 太陽フレアによる被ばくの脅威から航空機搭乗者を「合理的」に護る—経済的損失リスクの定量化により最適な航空機運用指針の策定が可能に—（プレスリリース）, (2021), <https://www.jaea.go.jp/02/press2021/p21090302/>

<sup>153</sup> ICAO, ASSEMBLY 29th Session PLENARY MEETINGS Minute, (1992), <https://www.icao.int/assembly-archive/Session29/A.29.BOUND.9601.P.EN.pdf>

(IAVWOPSG) 第 5 回会合において、宇宙天気における太陽放射線嵐の分類について検討がされている<sup>154</sup>。2014 年に開催された IAVWOPSG ワーキンググループでは、宇宙天気情報マニュアルの文章改定が議論されている<sup>155</sup>。2018 年には宇宙天気情報マニュアルのドラフトが発行され、放射線被ばくに関する宇宙天気アドバイザー基準が公開されている<sup>156</sup>。

2019 年に開催された第 40 回総会のセッションにおいて、次のタイトルで放射線防護が検討されている;「EXPOSURE TO IONISING RADIATION BY FLIGHT CREW AND CABIN CREW MEMBERS: NEED FOR DEVELOPMENT OF STANDARDS OR GUIDELINES FOR MONITORING INFLIGHT COSMIC RADIATION EXPOSURE (乗務員及び客室乗務員による電離放射線被ばくについて 機内での宇宙放射線被ばくをモニタリングするための基準またはガイドラインの策定の必要性)」<sup>157</sup>。この Working paper には、線量評価の一例として、「北欧から米国東海岸への飛行では、30～40  $\mu\text{Sv}$  の実効線量が推定されている。また、北欧から日本への長距離飛行は 50～70  $\mu\text{Sv}$  の線量となり、超音速機が使用する高度での大西洋横断飛行は、亜音速機と同程度の総実効線量をもたらす可能性があり、より高い線量率は飛行時間の短縮によって相殺される」と記載されている。

一方、2022 年に開催された第 41 回総会において、放射線被ばくに関するセッションは確認できなかった。

2024 年 10 月 3～5 日にはポルトガルリスボンで国際航空宇宙医学会 (2nd International Congress of Aerospace Medicine ICAM 2024)<sup>158</sup>が開催された\*。アブストラクト集が公開

---

<sup>154</sup> ICAO, IAVWOPSG EIGHTH MEETING (CONCEPT OF OPERATIONS FOR THE PROVISION OF SPACE WEATHER INFORMATION IN SUPPORT OF INTERNATIONAL AIR NAVIGATION) WORKING PAPER, (2014), <https://www.icao.int/safety/meteorology/iavwopsg/iavwopsg%20meetings%20metadata/iavwopsg.8.wp.020.8.en.pdf>

<sup>155</sup> ICAO, IAVWOPSG EIGHTH MEETING (IFALPA'S COMMENTS ON THE CONCEPT OF OPERATIONS FOR THE PROVISION OF SPACE WEATHER INFORMATION) WORKING PAPER, (2014), <https://www.icao.int/safety/meteorology/iavwopsg/IAVWOPSG%20Meetings%20Metadata/IAVWOPSG.8.IP.010.8.en.pdf#search=radiation>

<sup>156</sup> ICAO, Manual on Space Weather Information in Support of International Air Navigation (DRAFT), (2018), <https://www.icao.int/airnavigation/METP/Panel%20Documents/Doc.10100.Space%20Weather%20Manual%20FINAL%20DRAFT%20Version.pdf#search=radiation>

<sup>157</sup> ICAO, ASSEMBLY 40TH SESSION TECHNICAL COMMISSION WORKING PAPER, (2019), [https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/WP/wp\\_345\\_en.pdf](https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/WP/wp_345_en.pdf)

<sup>158</sup> ICAM 2024 in Lisbon, Portugal, (2024), <https://www.icam2024.com/>

されており<sup>159</sup>、航空機乗務員の白内障と被ばくなどに関する発表もあった。

### 2.2.5 IFALPA（国際エアラインパイロット協会連盟）

パイロットの国際的な非営利団体である国際定期航空操縦士協会連合会（International Federation of Air Line Pilots' Associations : IFALPA）は、70 カ国以上の 12 万人以上のパイロットを代表している。ICAO が設立されたのち、1948 年 4 月、世界のパイロットが ICAO と事業者の声を反映することを目的で開催されたロンドン会議において、13 の加盟団体によって IFALPA が設立された<sup>160</sup>。

IFALPA は 2019 年に航空機乗務員と電離放射線と題するレポートを公開している<sup>161</sup>。その中で、原子炉事故によって放出された大気中の放射性物質に関して、放射能に汚染された空域での飛行は可能な限り避けるべきであると記載されている。

また、IFALPA は、ICRP Publication 132（2016）に記載された航空機乗務員の職業被ばくの年間限度として 20 mSv を認めるが、State 規則（各国の法令）が以下の概念を適用することを推奨することを示している。

- 航空機乗務員の被ばく線量の最適化／最小化を目的とした参考レベルの設定。
- 各航空機的全搭乗員の初期線量参考レベル（Initial dose reference levels）は、年間 6 mSv に設定されるべきである。
- 乗務員の被ばく線量を個別にモニタリングし、参考レベルを超えない場合でも、合理的に達成可能な限り低い線量（ALARA）に最適化すべきである。
- 実効線量が年間 1 mSv を超える可能性のある航空機乗務員は職業被ばく者と認定されるべきであり、年間 6 mSv を超える航空機乗務員はカテゴリ A 作業員 1 に分類されるべきである。

さらに、このレポートには放射線被ばくを最小限に抑える方法として、以下の項目が示されている。

---

<sup>159</sup> ICAM 2024 abstract book, (2024), [https://www.icam2024.com/images/call\\_for\\_abstracts/Abstracts\\_Book\\_ICAM\\_2024.pdf](https://www.icam2024.com/images/call_for_abstracts/Abstracts_Book_ICAM_2024.pdf)

<sup>160</sup> IFALPA, <https://www.ifalpa.org/about-us/>

<sup>161</sup> IFALPA, Aircrews and Ionizing Radiation, (2019), <https://www.ifalpa.org/media/3467/19hupbl01-aircrews-and-ionizing-radiation.pdf>

- ALARA を遵守すること
- 最適高度以上の飛行は避けること
- タイムステップの短い登り（short time step climbs）は避ける
- 飛行時間を短くすることで、被ばく時間を減らす
- 可能であれば、航空機の種類、運航形態（短距離／長距離）、定年退職年齢を選択できるようにする
- 落雷のリスクを減らすため、雷雨の近くでの飛行は避ける

### 2.3 航空飛行時被ばくに係る防護措置の動向に関する調査

韓国、英国、ドイツ、フランス、ICAO の航空飛行時被ばくに係る防護措置の動向について、詳細を把握するため、表 7 の関係者らにメールベースによるヒアリング調査を実施した。入手した公開情報については、適宜 2.1、2.2 節の調査結果に追記した。

表 7 ヒアリング対象者

| 国名（機関）     | 回答・協力者                                                                               |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 韓国（KINS）   | Kun-Woo Cho 氏                                                                        |
| 英国（UKHSA）  | Simon Bouffler 氏、Rick Tanner 氏、Jonathan Eakin 氏                                      |
| ドイツ（BfS）   | Werner Rühm 氏、Weiler, Dominic 氏、Uwe Oeh 氏                                            |
| フランス（IRSN） | Dominique Laurier 氏、Isabelle Clairand 氏、Francois Trompier 氏                          |
| ICAO       | Jordaan Johanna 氏、Nageshwar Rao Komarraju 氏、Alegria Magos Virgilio 氏、McGuigan Lynn 氏 |

## 2.4 本調査のまとめ

諸外国における、航空飛行時被ばくの放射線防護を目的とした被ばく線量に係る基準値や被ばく線量の管理方法に関する法令及びその検討状況等について調査した。調査対象は、米国、カナダ、韓国、英国、ドイツ、フランス、フィンランドとした。

航空機乗務員の航空飛行時被ばくを法令によって職業被ばくと定め、防護を目的とした基準値や管理方法を導入しているのは、調査対象国のうち、韓国、英国、ドイツ、フランス、フィンランドの 5 か国であった。EURATOM では 2013 年の Directive で航空機乗務員の被ばくについて法令への取入れを勧告しており、英国（2019 年に EU 離脱）・ドイツ・フランス・フィンランドはそれに準じている。米国・カナダは航空飛行時被ばくの放射線防護を目的とした被ばく線量に係る基準値等を法令で定めてはいないものの航空局や運輸局から法的拘束力のない勧告が出されている。また放射線防護の目的で乗客の被ばく線量の基準値や管理方法を定めている国はなかった。航空事業者等の運航路線、運航経路若しくは運航頻度又は航空機の乗務員若しくは乗客の飛行頻度の考慮（グレーデッドアプローチ）については、調査した 7 か国のいずれも確認できなかった。

航空機乗務員に対する職業被ばくの線量限度として、英国、ドイツ、フランス、フィンランドの 4 か国では、20 mSv/年が法令で規定されているほか、線量拘束値や管理基準として、韓国、英国、ドイツ、フランス、フィンランドの 5 か国では、6 mSv/年が定められている。

天文現象及び国際紛争、自然災害等により通常とは異なる航路で運航する必要がある場合の当該基準値の見直し又は弾力的な措置を講じるための定め及びこのような見直し又は措置の事例については、本調査では確認できなかった。

被ばく線量の管理については、特に英国では英国民間航空局（CAA）が承認したプログラムを用いることが規定されている。また線量登録は保管期間について英国・ドイツ・フィンランドは Euratom に準じる形（75 歳までか 30 年保管）が採用されており、フランスでは 50 年の保管が規定されている。

天文現象への対応方法については、太陽フレア等の天文現象に対し、米国は連邦規則集（CFR）によって、太陽フレアが発生した場合の乗務員の放射線被ばく軽減に関する規則を定められており、カナダでは太陽フレア活動や宇宙放射線の影響を受ける地域を回避するように定められていた。英国では宇宙天気についてガイダンスが出されているが、天文現象については線量の増加はわずかであることなどが記載されている。



表 8 諸外国の航空飛行時被ばくに係る放射線防護の法令等のまとめ

|                                 |                   | 日本                                                               | 米国                                                                           | カナダ                                                                      | 韓国                                                                                            | 英国                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | ドイツ                                                                          | フランス                                                                                                 | フィンランド                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 航空飛行時被ばくの防護に関する法令・規則・ガイドライン・通達等 |                   | ガイドライン：<br>航空機乗務員の宇宙線被ばく管理に関するガイドライン <sup>162</sup> (2006 年 5 月) | 法令：なし<br><br>勸告：米連邦航空局（FAA）、Advisory Circulars (AC) No. 120-61B（2014 年 11 月） | 法令：なし<br><br>勸告：「航空機に搭乗する従業員の宇宙放射線被ばくを管理するための措置」（CBAAC#0183）（2006 年 4 月） | 法令：<br><br>生活周辺放射線安全管理法（2024 年 1 月）<br><br>生活周辺放射線安全管理法施行令(2023 年 6 月)<br><br>気象法(2024 年 2 月) | 法令：<br><br>The Air Navigation (Cosmic Radiation: Protection of Air Crew and Space Crew and Consequential Amendments) Order 2019（ANO(Cosmic Radiation）（2019 年）<br>The Air Navigation (Overseas Territories) Order（2013 年）<br><br>ガイダンス：<br><br>Space weather and radiation（2014 年 1 月）<br>Impacts of space weather on aviation（2020 年 10 月）<br>How we regulate radiological and civil nuclear safety in the UK（2021 年 4 月）<br>Management of radiation protection in defence: part 2 guidance（2011 年 4 月） | 法令：<br><br>放射線防護法（StrlSchG）（2017 年 7 月）<br><br>放射線防護令（StrlSchV）（2018 年 12 月） | 法令：<br><br>労働法典（Code du travail）（2024 年 9 月）<br><br>Arrete (JORF n°0145 du 24 juin 2023)（2023 年 6 月） | 法令：<br><br>放射線法（859/2018）（2018 年 12 月）<br><br>電離放射線に関する政令（1034/2018）（2018 年 12 月）<br><br>社会保健省の政令（1044/2018）（2018 年 12 月）<br><br>規則：<br><br>STUK 規則（S/6/2019）（2019 年 7 月）<br><br>STUK 規則（S/6/2022）（2022 年 1 月） |
| 所掌官庁（機関）                        |                   | 文部科学省（現在の所掌：放射線審議会） <sup>163</sup>                               | 米連邦航空局                                                                       | カナダ運輸省                                                                   | 原子力安全委員会                                                                                      | 英国民間航空局                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | ドイツ連邦航空局                                                                     | フランス政府                                                                                               | フィンランド政府・社会保健省                                                                                                                                                                                                 |
| 適用範囲                            | 適用対象事業者           | 航空事業者：ガイドライン                                                     | 航空事業者：AC No: 120-61B                                                         | 航空事業者                                                                    | 航空運送事業者：生活周辺放射線安全管理法                                                                          | 英国に設立されている、または、主たる営業所が英国内にある事業者：ANO(Cosmic Radiation)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 航空法に基づき航空機登録簿に登録される航空機を運航する者：StrlSchG                                        | 記載はない <sup>164</sup> 。                                                                               | フィンランド運輸安全局が発効する交通許可に基づき航空業務を行う雇用者：放射線法(859/2018)                                                                                                                                                              |
|                                 | 防護の対象とする職種・個人     | 航空機乗務員（運航乗務員と客室乗務員）                                              | 航空機乗務員：AC No: 120-61B                                                        | 航空機乗務員                                                                   | 航空機乗務員、客室乗務員：生活周辺放射線安全管理法                                                                     | 運航乗務員（当該航空機の操縦士、航空無線通信士）、客室乗務員、タスクスペシャリスト(航空機内で専門的なタスクを行う者）：ANO(Cosmic Radiation)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 航空法に基づき航空機登録簿に登録される航空機を運航する者及び航空機乗務員：StrlSchG                                | 乗務員（飛行中の航空機のサービスのために搭乗しているすべての人々が乗務員）：労働法典                                                           | 航空機乗務員：放射線法（859/2018）                                                                                                                                                                                          |
|                                 | 運航航路（緯度、高度）及び飛行時間 | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                            | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                        | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                             | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                            | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                                    | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                                                                                                                                              |

<sup>162</sup> 同ガイドラインは、放射線審議会が策定したものである。文部科学省、厚生労働省（乗務員の労働安全を所管）、及び国土交通省（航空事業を所管）は、定期航空協会に対して連名で文書（基発 0509007 号）を発行し、同ガイドラインに沿った措置が講じられるよう周知徹底を図ることを要請した。（2016 年 5 月 9 日），<http://www.joshrc.org/files2/20060509-001.pdf>

<sup>163</sup> 同ガイドラインは、文部科学省科学技術・学術政策局 放射線安全規制検討会 航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する検討ワーキンググループにおいて検討されたものであり、「航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する検討について、<http://www.jhps.or.jp/upimg/files/aircraft-guideline.pdf> としてまとめられた（2005）。

<sup>164</sup> フランスの労働法典は、私法上の雇用主とその従業員に適用されるものであって（L-1111-1 条）、航空事業者（あるいは放射線利用関係）に限定したものではない。

|          |                                    | 日本                                                                             | 米国                                                                                                               | カナダ                                                                                                                                         | 韓国                                                                                                                    | 英国                                                                                                                                                                                            | ドイツ                                                                                                                                                                           | フランス                                                                                     | フィンランド                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | 航空機乗務員若しくは乗客の飛行頻度の考慮               | 具体的な記載はない。                                                                     | 具体的な記載はない。                                                                                                       | 具体的な記載はない。                                                                                                                                  | 具体的な記載はない。                                                                                                            | 具体的な記載はない。                                                                                                                                                                                    | 具体的な記載はない。                                                                                                                                                                    | 具体的な記載はない。                                                                               | 具体的な記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                             |
|          | その他                                | -                                                                              | 米国放射線防護審議会（NCRP）は、乗務員の被ばくは職業活動から生じるものであるため、職業被ばくとみなし、管理すべきと勧告している（NCRP レポート（2018 年）、para. 5.2.1.4）。              | 航空機乗務員の被ばくを職業被ばくとしてみなす： CBAAC#0183                                                                                                          | -                                                                                                                     | -                                                                                                                                                                                             | 職業被ばくに分類：StrlSchG Part 1 §1~2<br><br>計画被ばく状況：StrlSchG Part 2 §50~54                                                                                                           | -                                                                                        | 計画被ばく状況が適用：社会保健省の政令（1044/2018）                                                                                                                                                                                                                                         |
| 線量に係る基準値 | 航空機乗務員                             | 5 mSv／年                                                                        | 職業被ばく線量限度：5 年間の平均実効線量が 20 mSv/年であり、かつ 50 mSv/年を超えない。：AC No: 120-61B                                              | 年間 1 mSv を超える被ばくを受ける可能性が高い場合、宇宙放射線による職業被ばくが生じているとみなし、事業者は従業員の被ばくを管理するための対策を講じる必要がある。また、航空事業者は以下の勧告をしている。<br><br>線量限度：20 mSv/年、介入レベル：6 mSv/年 | 放射線量最適化のための管理基準として年間 6 mSv                                                                                            | 事業者が認可を受けていない場合、雇用された乗務員;実効線量で 1 mSv/年の線量限度<br><br>事業者が認可の付与を受けている場合や CAA への申告を行っている場合の乗務員;実効線量で 6 mSv/年<br><br>上限 6 mSv までの乗務員の中でも特別の任務を負った乗務員;実効線量で 20 mSv/年<br><br>： ANO(Cosmic Radiation) | 職業被ばくについては 20 mSv/年の実効線量限度、(5 年間で 100 mSv を超えないことを条件に、最大 50 mSv/年を許可することが可能)、臓器の等価線量については、眼の水晶体が 20 mSv/年、皮膚が 500 mSv/年、四肢が 500 mSv/年の線量限度（ただし、18 歳未満の場合はこれより低い線量限度）：StrlSchG | 線量限度：<br><br>実効線量 20 mSv/年（全身）<br><br>等価線量 500 mSv/年（四肢及び皮膚）<br><br>等価線量 20 mSv/年（眼の水晶体） | 職業被ばくの線量限度は、全身の実効線量が 20 mSv/年、眼の水晶体等価線量が 5 年で 100 mSv、ただし年間 50 mSv を超えない範囲、皮膚等価線量がもっとも露出した皮膚の平均等価線量が年間 500 mSv を超えない範囲、手・腕・足・足首の等価線量が 500 mSv/年（1034/2018）<br><br>線量拘束値 6 mSv/年（ただしこれより大きくなる場合もある）：STUK 規則(STUK S/6/2019)<br><br>参考レベル実効線量 1 mSv/年：社会保健省の政令（1044/2018） |
|          | 乗客                                 | 記載はない。                                                                         | 記載はない。                                                                                                           | 記載はない。                                                                                                                                      | 記載はない                                                                                                                 | 記載はない。                                                                                                                                                                                        | 記載はない。                                                                                                                                                                        | 記載はない。                                                                                   | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|          | 基準値の位置付け                           | 航空機乗務に伴う付加的な被ばく線量の管理目標値が設定。ただしガイドラインであり、法的拘束力はない。                              | 法的拘束力なし(AC は規制の参考資料として組み込まれない限り法的拘束力を有さない)                                                                       | 法的拘束力なし。航空事業者は CBAAC に含まれる対策を自主的に実施することが推奨されている。カナダ運輸省は将来的に規制を策定する意向。                                                                       | 拘束力のある法令：生活周辺放射線安全管理法                                                                                                 | 拘束力のある法令：ANO(Cosmic Radiation)                                                                                                                                                                | 拘束力のある法令：StrlSchG・StrlSchV                                                                                                                                                    | 拘束力のある法令：労働法典                                                                            | 拘束力のある法令：STUK 規則                                                                                                                                                                                                                                                       |
|          | 国際紛争、自然災害等に伴う基準値の一時的な見直し（2007 年以降） | ガイドラインに記載はない。                                                                  | 記載はない。                                                                                                           | 記載はない。                                                                                                                                      | 記載はない。                                                                                                                | 記載はない。                                                                                                                                                                                        | 記載はない。                                                                                                                                                                        | 記載はない。                                                                                   | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 線量の管理方法  | 線量の評価方法                            | 計算により線量を評価する場合、十分な精度を確保すること。また、必要に応じて、計算精度を評価するために実測を行い、計算による評価方法の精度維持に留意すること。 | 米連邦航空局（FAA）は、フライト中の銀河宇宙線（太陽粒子事象を除く）による実効線量を推定できる CARI プログラムを提供している。<br>AC No: 120-61B においても CARI プログラムの使用を推奨している | 従業員の被ばく線量が 6 mSv に近づくと、航空事業者は、年間の残りの期間中のその後のフライトで追加の被ばくがわずかになるように、従業員の勤務スケジュールを調整する。<br><br>従業員の被ばく量を予測するには、既存の航空線量データを使用することが勧告されている。      | 1.既存の計画された国際航空路線より被ばく放射線量が低い路線に変更する。<br>2.搭乗予定国際航空路線の回数を調整する。<br>3.国際・国内航空路線を搭乗しない勤務に変更する。<br>4.その他、当該乗務員の被ばくを低減することが | 被ばく線量の高い乗務員は被ばく線量低減に向けた作業スケジュールの組み立てが求められている。： ANO(Cosmic Radiation)<br><br>乗務員及び特別の任務を負った乗務員の線量評価は以下のコンピュータプログラムを使用する(a) CARI-7、(b) EPCARD、(c) SIEVERTPN、(d) PCAire 又はこれと同等                  | 承認された計算プログラムもしくは測定機器を使用する。LBA に承認要件として 2 つの機能要件と非機能要件が規定されている。： StrlSchV                                                                                                      | 線量登録システムである SISERI が規定されており、IRSN が開発した SIEVERTPN を使用することができる。内部被ばく線量・外部被ばく線量が保存される。      | 宇宙放射線によって引き起こされる職業被ばくが §144 に規定する基準値（ラドンによる労働者の被ばく線量が労働者の線量限度(表 2-4 参照)の 10 分の 3 を超えないように設定された値)を超える可能性がある場合、監督者は、最も被ばくした労働者の被ばくが制限されるように航空機乗務員のシフトを計画しなければ                                                                                                            |

|  |              | 日本                                                                                                     | 米国     | カナダ                                                                                                                                                                         | 韓国                                                                                                      | 英国                                                                                                                                                  | ドイツ                                                                                                                                      | フランス                                                                                                                            | フィンランド                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |              |                                                                                                        |        |                                                                                                                                                                             | <p>できる措置。</p> <p>米国連邦航空局（FAA）提供の CARI-6M、CARI-6、もしくは CARI-7A を使用</p>                                    | <p>の機能を果たすものを適切に使用： ANO(Cosmic Radiation)</p>                                                                                                       |                                                                                                                                          |                                                                                                                                 | <p>ならない。：放射線法（859/2018）</p> <p>放射線被ばく線量は適切に検証された計算方法で決定する必要があり、国際標準もしくは他の適切な文書化された方法で行わなければならない。：STUK 規則（S/6/2022）</p> <p>職業被ばくに関する規則の§2 では、被ばく条件のモニタリングでは、被ばくの条件が変化していないことを確認するため外部放射線量率の定期的な測定が求められており、§9 では個人被ばく線量の計算が規定されており、個人線量が直接測定できない場合は他の従業員の測定結果に基づくか、放射線量を推定するツールを使つて、計算することが求められている。： STUK 規則（S/1/2018）</p> |
|  | 線量記録保存       | 事業者は航空機乗務員の乗務時間、航路等から被ばく線量を計算し、個々の航空機乗務員が必要に応じて、自分の被ばく線量や全体の傾向等を閲覧できるような工夫をするとともに、得られた結果の記録、保存を行うことが重要 | 記載はない。 | 国立線量登録局とカナダ運輸省が決定した形式と頻度で、電離放射線被ばくのモニタリングを受けているすべての労働者の線量記録が国立線量登録局（National Dose Registry）に送信される。また、コンピュータコードを使用することで、航空事業者は、1 mSv/年を超える可能性のある乗務員ごとの累積線量の記録を永久に保存できるようになる。 | 航空運送事業者は、宇宙放射線安全管理のための措置などを記録・保管し、原子力安全委員会に報告するようにし、航空運送事業を廃業する場合、当該資料を原子力安全委員会に提出するようにする（第 18 条の 2 新設） | 過度の被ばくを受けた可能性がある場合、線量の調査を実施する必要がある、被ばくを受けていないという否定的結論が出されなかった乗務員は、この線量の調査結果を、75 歳または最後に宇宙線に曝露された日から 30 年目の日のいずれか遅い日まで保管すること。： ANO(Cosmic Radiation) | 収集された職業被ばくに関するデータが BfS による放射線防護登録簿（SSR）に記録される。放射線防護登録簿には、放射線に曝される全ての職業人の線量値が記録されている。： StrlSchG                                           | 労働者のデータは最後の被ばくから 50 年間一元管理されることが規定されており（労働法典 R4451-127）、電離放射線被ばくに関する情報及び管理システム「SISERI」が用いられている： JORF No.0145（2023 年 6 月 24 日付け） | 対象者が 75 歳になるまでか、放射線業務終了後少なくとも 30 年間保管：放射線法（859/2018）                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|  | 累積線量の管理      | ガイドラインに記載はない。                                                                                          | 記載はない。 | 航空事業者は、コンピュータコードを使用して、1 mSv/年を超える可能性のある乗務員ごとの累積線量の記録を永久に保存できる。                                                                                                              | 当該乗務員の年間被ばく放射線量の再評価：当該乗務員の年間国際航空路線の搭乗記録を基に路線別の被ばく放射線量を再評価して合算すること。                                      | 記載はない。                                                                                                                                              | 75 歳に達するまでか、または 75 歳に達すると見込まれる期間まで、雇用終了後少なくとも 30 年間（雇用が継続されていた場合、75 歳に達すると見込まれる期間まで）、いずれかでの記録保管：StrlSchG<br><br>合計で実効線量 400 mSv：StrlSchG | 記載はない。                                                                                                                          | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|  | 本人への被ばく線量の通知 | 個々の航空機乗務員が必要に応じて、自分の被ばく線量や全体の傾向等を閲覧できるような工夫をする                                                         | 記載はない。 | 被ばく線量のデータは、従業員の要求に応じて公開される。                                                                                                                                                 | 施行令第 10 条第 3 号による情報提供は、乗務員が別途要求しなくても常に確認できるようにすること。                                                     | 該当乗務員の宇宙放射線被ばくを評価し、被ばく線量を通知すること。： ANO(Cosmic Radiation)                                                                                             | 放射線防護監督者は年に一度、及び最後の配属後に航空機乗務員へ受けた職業被ばくを書面で報告することを保証：StrlSchG                                                                             | 線量の通知はないが、SISERI には労働者がアクセスできる修正いたしました。： JORF No.0145（2023 年 6 月 24 日付け）                                                        | 線量の通知が規定されており、外部放射線による線量は深部線量 Hp (10)、表面線量 Hp (0.07)、及び眼の等価線量 H p (3) の量を作業者の線量記録簿に登録すること”                                                                                                                                                                                                                               |

|            |                 | 日本                                                                | 米国                                                                                                                                                                                                                                                                                 | カナダ                                                                                                                                                                                       | 韓国                                                                                                                                                                                                                                                      | 英国                                                                                                                                                                                   | ドイツ                                                                                             | フランス                                                                                       | フィンランド                                                                            |
|------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
|            | 被ばく線量管理に係る責任の所在 | 自主的な取組として、事業者に求めている。                                              | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                                             | カナダ保健省放射線防護局（RPB）                                                                                                                                                                         | 韓国原子力安全技術院（KINS）                                                                                                                                                                                                                                        | 事業者： ANO(Cosmic Radiation)                                                                                                                                                           | BfS、LBA                                                                                         | 労働法典としての責任の要求は事業者にある。： JORF No.0145（2023年6月24日付）： IRSN                                     | STUK が放射線登録簿への記載などを行うことが規定されている：放射線法（859/2018）第4章                                 |
|            | 教育              | 教育についての記載あり <sup>165</sup> 。                                      | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                                             | 宇宙放射線被ばくの潜在的リスクと、そのリスクを最小限に抑えるための対策について従業員に周知徹底するのは、航空事業者の責任である。この情報をどのように提示するかは、職場の安全衛生委員会で合意する必要がある。                                                                                    | 乗務員に対する教育の実施（第10条の3新設）<br><br>1) 航空運送事業者が客室乗務員に受けさせなければならない教育の内容に、宇宙放射線が人体に及ぼす影響及び被ばく管理案などを含めるようにする。<br><br>2) 航空運送事業者が乗務員に受けさせなければならない教育を新規教育と定期教育に区分し、3時間の新規教育を履修した後は、2年ごとに1時間の定期教育を受けるようにする。                                                         | 事業者は乗務員に以下の教育を実施する必要がある。<br><br>a)航空機又は宇宙船の機内で乗務員の職務を遂行する際に、宇宙放射線への被ばくから生じる健康リスク<br><br>b)リスク評価を実施するための手順<br><br>c)宇宙放射線に対する乗務員の被ばくを評価し、モニタリングするための手順<br><br>： ANO(Cosmic Radiation) | LBA は、StrlSchG 第 50 条に基づく航空機の運航に関する放射線防護の専門知識の要件を提示し、放射線防護監督者に対する講習カリキュラム（科学的な基礎知識、法令等）を公開している。 | 労働法典：雇用者の各労働者への教育・訓練は、放射線の特性、健康影響、妊娠時の注意事項、個人線量測定結果へのアクセス方法、またリスク評価結果に関する訓練を行うことなどが記載されている | 放射線業務に従事する労働者は、少なくとも5年間、放射線防護に関する補習的な教育訓練を受けなければならない。：社会保健省の政令（1044/2018）         |
|            | 乗客への通知          | ガイドラインに記載はない。                                                     | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                                             | 記載はない。                                                                                                                                                                                    | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                  | 記載はない。                                                                                                                                                                               | 記載はない。                                                                                          | 記載はない。                                                                                     | 記載はない。                                                                            |
|            | 広報              | ガイドラインに記載はない。                                                     | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                                             | 記載はない。                                                                                                                                                                                    | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                  | 長距離、短距離乗務員の平均線量率を推測し報告している： European ALARA Network                                                                                                                                   | StrlSchG・StrlSchV に記載はないが、BfS のウェブサイトにおいて、航空機乗務員に対する放射線防護に関する周知と航空機の乗客に対する放射線被ばくに関する周知が行われている。  | 記載はない。                                                                                     | 記載はない。                                                                            |
| 天文現象への対応方法 |                 | 付加的な線量増加なども予想される太陽フレアについては、宇宙天気予報など可能な予測手段なども利用することにより適切な対応を図ること。 | 連邦規則集（CFR）によって、太陽フレアが発生した場合の乗務員の放射線被ばく軽減に関する規則（14CFR Part 121 Appendix P 及び 14CFR Part 135 Subpart B, 135.98）が定められている。<br><br>AC No: 120-61B では、太陽放射線警報が発令された場合、飛行高度を下げて被ばく線量を減らすことを推奨している。<br><br>以下の機関では、太陽粒子現象の予測を可能とするツールを提供している。<br><br>米航空宇宙局 (NASA) の大気電離放射線ナウキャスト (NAIRAS) | 「双発機による長距離進出運航（ETOPS）承認のための安全基準 TP 6327」により、航空機の運航に影響を及ぼす可能性のある、太陽フレア活動、宇宙放射線、電波ブラックアウトの知られている地域、または予想される地域で運航される予定のフライトは、航空事業者の運航マニュアルに定められた基準に基づき、これらの地域を回避するように計画されなければならないことが定められている。 | 気象法が以下のとおり整備された。“気象庁長は宇宙空間での物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に影響を及ぼし、重大性の災害が発生するおそれがあると判断する場合、その影響について必要な特報をしなければならない”<br>航空事業者はこれら宇宙天気に関する情報を、航空安全データとして収集し、設備点検及び極航路運航の可否を確認し航路変更等を検討する。<br>CARI-7A で選択可能な宇宙放射線モデルには、過去に発生した太陽粒子現象に基づいたモデルがある。また、CARI プログラムは周期的な太陽活動 | 対応に関する記載はないが、乗務員や乗客の線量率が有意に上昇するものはごくわずかであり、個人の生涯発がんリスクを有意に変化させるものはないことがガイダンスに記載されている。： Space weather and radiation)                                                                  | 記載はない。                                                                                          | 労働法典中には天文現象や紛争に関する航路の変更等について具体的な言及はないが、SIEVERTPN は天文現象に対応し、線量評価を行うことが可能である。                | 線量拘束値（annosrajoitus：dose constrain)の6 mSv/年を超えないようにシフト（STUK 規則 (S/6/2019) の覚書）を調整 |

<sup>165</sup> 同ガイドラインには次のように記載されている；航空機乗務員への宇宙線被ばくに関する説明と教育を事業者が行うことについては、航空機乗務員が宇宙線被ばくに関する知識を正しく理解し、不安を払拭し、安心し、また、自ら納得して業務に専念するためにも有効な手段であると考えられる。既存の職場教育プログラムの中に宇宙線被ばくに関する項目を盛り込み、必要な場合には、産業医等による健康教育や健康相談の実施により、航空機乗務員への宇宙線被ばくに関する説明に意を払うことが適切であると考えられる。特に、女性の航空機乗務員に対しては、胎児への放射線影響についての教育も行い、宇宙線被ばくについての認識を持たせることが重要である。

|                  | 日本            | 米国                                                                                                               | カナダ                                                                   | 韓国                                                | 英国                                                    | ドイツ                                                                                                                                                                        | フランス                                                                          | フィンランド                                                                             |
|------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |               | 米国海洋大気庁 (NOAA) の宇宙天気予報センターの航空コミュニティ・ダッシュボード                                                                      |                                                                       | の影響による銀河宇宙線 (GCR) の変化を反映している。                     |                                                       |                                                                                                                                                                            |                                                                               |                                                                                    |
| 妊娠期間の特別措置        | ガイドラインに記載はない。 | FAA は、 AC No: 120-61B で妊娠中の乗組員について職業被ばく限度値 (100 mSv/5 年かつ 50 mSv/年) に加え、胎児への電離放射線被ばくを 0.5 mSv/月以下に制限することを推奨している。 | 妊娠の残りの期間に胎児への追加の等価線量が 1 mSv を超えないようにすべき<br>1 mSv 未満のフライトまたは、地上業務に配置する | 妊娠した事実を航空運送事業者に報告・通知して妊娠が確認された時点から出産時までの期間は 1 mSv | 妊娠期間中に等価線量で 1 mSv を超える可能性が低いこと： ANO(Cosmic Radiation) | 妊娠可能な年齢の女性では子宮の臓器等価線量限度は 2 mSv/月、胎児では妊娠の届時から妊娠終了まで 1 mSv の実効線量 (effektiven Dosis) 限度と規定： StrlSchG<br><br>妊娠の通知から直ちに「職業上の被ばくが週単位で決定されること」、「被ばくは直ちに対象者に伝えられること」を確実にしなければならない | 妊娠宣言から出産までの間、胎児の被ばく線量は合理的に可能な限り低く保たれ、いかなる場合でも、子どもが受ける等価線量は 1 mSv 未満に保たれる：労働法典 | 従業員からの通知後妊娠中は等価線量で 1 mSv を超えないように調整しなければならない：放射線法 (859/2018)・放射線に関する政令 (1034/2018) |
| ICAO 条約の加盟状況     | 日本の加盟は 1953 年 | 加盟している。<br>NASA による ICAO への適用の比較にて、米国は宇宙線を測定する機器を必要としていない                                                        | 加盟している（放射線に関連する要求事項についての対応は明記されていない）                                  | 加盟している（放射線に関連する要求事項についての対応は明記されていない）              | 加盟している。<br>CAA が管理し、機材は必ずしも航空機に搭載されるとは限らない            | 加盟している（放射線に関連する要求事項についての対応は明記されていない）： StrlSchV                                                                                                                             | 加盟している（放射線に関連する要求事項についての対応は明記されていない）                                          | 加盟している（放射線に関連する要求事項についての対応は明記されていない）                                               |
| 法令等への取入れに関する検討状況 | -             | 現時点では法的拘束力はない。                                                                                                   | 現時点では法的拘束力はない。カナダ運輸省は将来的に規制策定する意向。                                    | -                                                 | 事業者を対象とした ANO(Cosmic Radiation) のみである。                | -                                                                                                                                                                          | -                                                                             | -                                                                                  |
| 検討体制             | 放射線審議会        | -                                                                                                                | -                                                                     | -                                                 | -                                                     | SSK (放射線防護委員会)                                                                                                                                                             | -                                                                             | -                                                                                  |
| 検討経緯             | -             | -                                                                                                                | ICRP Publication 60 に準拠した数値                                           | ICRP Publication 60 に準拠                           | -                                                     | SSK が 2002 年に報告書を発表、2020 年に新しい通達                                                                                                                                           | -                                                                             | -                                                                                  |
| 検討状況（動向）         | -             | -                                                                                                                | -                                                                     | -                                                 | -                                                     | -                                                                                                                                                                          | -                                                                             | -                                                                                  |
| その他              | -             | -                                                                                                                | -                                                                     | -                                                 | -                                                     | -                                                                                                                                                                          | -                                                                             | -                                                                                  |

### **3 別添資料:中間報告書**

本章では、本事業の中間報告書を掲載する。中間報告書は本事業の 2024 年 9 月 30 日までの調査結果を取りまとめ、2024 年 9 月 30 日に原子力規制庁へ提出している。そのため、2 章に掲載される最終調査結果とは異なる点がある。

原子力規制庁 殿

令和 6 年度放射線対策委託費  
放射線防護基準値の設定方法  
に関する調査  
中間報告書

令和 6 年 9 月

日本エヌ・ユー・エス株式会社



本報告書は、原子力規制委員会原子力規制庁からの委託により実施した業務の成果を取りまとめたものです。

本報告書に関する問い合わせは、原子力規制庁長官官房技術基盤グループ放射線・廃棄物研究部門までお願いいたします。



## 目次

|       |                                           |     |
|-------|-------------------------------------------|-----|
| 1     | 調査の概要.....                                | 1   |
| 1.1   | 全体概要.....                                 | 1   |
| 1.2   | 調査の方法 .....                               | 1   |
| 1.2.1 | 航空飛行時被ばくに係る防護措置の導入状況に関する調査 .....          | 1   |
| 1.2.2 | 航空飛行時被ばくに係る国際民間航空機関（ICAO）の要件等に関する調査.....  | 2   |
| 1.2.3 | 本委託業務に関する成果の取りまとめ .....                   | 2   |
| 2     | 事業の成果.....                                | 3   |
| 2.1   | 航空飛行時被ばくに係る防護措置の導入状況に関する調査 .....          | 3   |
| 2.1.1 | 米国.....                                   | 3   |
| 2.1.2 | カナダ .....                                 | 12  |
| 2.1.3 | 韓国.....                                   | 20  |
| 2.1.4 | Euratom（欧州原子力共同体） .....                   | 42  |
| 2.1.5 | 英国.....                                   | 47  |
| 2.1.6 | ドイツ .....                                 | 70  |
| 2.1.7 | フランス.....                                 | 83  |
| 2.1.8 | フィンランド.....                               | 95  |
| 2.2   | 航空飛行時被ばくに係る国際民間航空機関（ICAO）の要件等に関する調査 ..... | 105 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 2.2.1 ICAO の刊行物の体系 .....              | 105 |
| 2.2.2 航空飛行時被ばくの放射線防護に係る要件等 .....      | 108 |
| 2.2.3 宇宙天気情報マニュアル .....               | 110 |
| 2.2.4 ICAO における検討体制及び検討経緯、現在の動向等..... | 112 |
| 2.2.5 IFALPA（国際エアラインパイロット協会連盟） .....  | 114 |
| 2.3 航空飛行時被ばくに係る防護措置の動向に関する調査 .....    | 115 |
| 2.4 本調査のまとめ .....                     | 116 |

## 1 調査の概要

### 1.1 全体概要

我が国では、国際放射線防護委員会（ICRP）や国際原子力機関（IAEA）等で国際的に合意された放射線防護の考え方を尊重し、放射線防護基準値が設定されている。航空飛行時の宇宙放射線からの放射線防護に関しては、ICRP Publication 132（2016）や IAEA GSR Part 3（2014）において、参考レベルの選択や被ばくの管理について勧告又は要件が示されている。国内においては、放射線審議会が「航空機乗務員の宇宙線被ばく管理に関するガイドライン」（2006）を定め、航空事業者が自主的な取り組みとして実施すべき対応方法を示している。

本事業では航空機の乗務員及び乗客の宇宙放射線からの被ばく（以下「航空飛行時被ばく」という。）に着目し、その放射線防護のための被ばく線量に係る基準値がいかにして放射線防護関係法令、ガイドライン等（以下「法令等」という。）（政府機関若しくは規制機関又はこれらが所管する有識者会議が定めたものに限る。以下同じ。）に導入されているか、被ばく線量の管理方法も含め、諸外国における事例を調査し、我が国における今後の検討に資することを目的として、調査を行った。

### 1.2 調査の方法

#### 1.2.1 航空飛行時被ばくに係る防護措置の導入状況に関する調査

諸外国の法令等における、航空飛行時被ばくの放射線防護を目的とした被ばく線量に係る基準値や被ばく線量の管理方法の導入状況に関して、下記 1) から 4) の事項について公開情報に基づき調査した。調査対象は、原子力規制庁殿と協議したうえで、米国、カナダ、韓国、英国、ドイツ、フランス、フィンランド、Euratom とし、妊娠期間における特別な措置の導入状況を対象に含めた。

#### 1) 適用範囲の調査

航空飛行時被ばくの放射線防護に関連する法令等を調査した上で、その法令等が適用される範囲（航空事業者等）及び放射線防護の対象となる個人（航空機の乗務員及び乗客）を調査した。調査においては、航空事業者等の運航路線、運航経路若しくは運航頻度又は航空機の乗務員若しくは乗客の飛行頻度の考慮（グレーデッドアプローチ）についても対象に含めた。

## **2) 被ばく線量に係る基準値の調査**

法令等に定められている被ばく線量に係る基準値とその位置付けを調査した。調査においては、国際紛争、自然災害等により通常とは異なる航路で運航する必要がある場合に、当該基準値の見直し又は弾力的な措置を講じるための定め及びこのような見直し又は措置の事例（2007 年以降のものに限る）についても対象に含めた。

## **3) 被ばく線量の管理方法の調査**

法令等に定められている被ばく線量の管理方法を調査した。調査においては、被ばく線量の評価、被ばく線量記録の保存、累積の被ばく線量の管理及び本人への被ばく線量の通知並びにこれらの責任の所在を対象に含めた。また、航空飛行時被ばくによる被ばく線量や健康影響などに関する教育、乗客への通知、一般に向けた広報等が定められているか、調査した。

## **4) 天文現象への対応方法の調査**

法令等において、航空飛行時被ばくの放射線防護の観点で、太陽フレア等の天文現象への対応（例：宇宙天気予報を踏まえた航路の変更）について定められているか調査した。

### **1.2.2 航空飛行時被ばくに係る国際民間航空機関（ICAO）の要件等に関する調査**

国際民間航空機関（ICAO）の刊行物における航空飛行時被ばくの放射線防護に係る要件等を調査した。調査においては、ICAO の刊行物の体系を対象に含めた。

### **1.2.3 本委託業務に関する成果の取りまとめ**

上記 1.2.1、1.2.2 の成果を中間報告書にとりまとめた。

## 2 事業の成果

### 2.1 航空飛行時被ばくに係る防護措置の導入状況に関する調査

#### 2.1.1 米国

##### 2.1.1.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

米国では、航空機乗務員の宇宙線被ばくの放射線防護に関連する法的拘束力のある法令等はないが、規制外の情報を体系的に航空関係者に伝えるため、Advisory Circulars (AC) を米連邦航空局 (FAA) が発出している。AC は、FAA の所掌する連邦規則集 (CFR) (Title 14, Chapter 1) の主題分野と同様の番号体系で発行されている<sup>1</sup>。この AC は法令・規則の中で参照されない限り、AC の内容は一般市民を拘束するものではない。

##### 2.1.1.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

米国において、航空機乗務員の宇宙線被ばくに関する放射線防護の法令は確認できていない。

FAA が公表した AC の中で、航空飛行時の放射線被ばくに関する AC No: 120-61B は、2014 年 11 月 21 日に公表された<sup>2</sup>。本 AC は、飛行機機内の電離放射線被ばくについて、乗務員に情報を提供する航空会社のプログラムを改善するために利用できる基本的な背景情報と、より詳細な情報源へのリンクを提供することを目的としている。航空に関連する法令・規則等で、AC No:120-61B は参照・引用されていない。

FAA が 2011 年に公表したテクニカルレポート「DOT/FAA/AM-11/9 Ionizing Radiation in Earth's Atmosphere and in Space Near Earth」では、「FAA は ACGIH (米国産業衛生専門官会議) の最新の勧告を受け入れている」<sup>3</sup>と記載があり、「ACGIH の最新勧告」とは「TLVs and BEIs: Based on the documentation of the threshold limit values for chemical

<sup>1</sup> 米連邦航空局 (FAA), Aeronautical Information Manual (AIM) Code of Federal Regulations and Advisory Circulars, [https://www.faa.gov/air\\_traffic/publications/atpubs/aim\\_html/chap0\\_cfr.html](https://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/aim_html/chap0_cfr.html)

<sup>2</sup> FAA, Advisory Circular, AC No: 120-61B, 2014.11.,  
[https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory\\_circular/ac\\_120-61b.pdf](https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/ac_120-61b.pdf)

<sup>3</sup> FAA, Ionizing Radiation in Earth's Atmosphere and in Space Near Earth, 2011.5.,  
<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/20607>

substances and physical agents & biological exposure indices (2010)」<sup>4</sup>を指している。

## 1) 法令の適用範囲

米国において、宇宙線に関する被ばくを規定する法令等は確認できなかったが、FAA の AC No: 120-61B は、「航空分野では、商業飛行高度での銀河宇宙放射線が高レベルであるため、自然放射線源からの電離放射線は職業被ばくとみなされる」と結論付けている。また、環境保護庁（EPA）では、「職業被ばくに関する連邦機関への放射線防護ガイダンス、環境保護庁の勧告の承認」と題するガイダンスで、仕事の過程で放射線に被ばくするすべての労働者に適用される労働者の被ばくを制限するための一般原則を示し、数値的なガイド（線量等量 50 mSv/年）を示している<sup>5</sup>。

なお、原子力施設等における放射線防護に関する連邦規制基準である 10 CFR Part 20 では、バックグラウンド放射線を以下の通り定義しており、宇宙放射線による被ばくは職業被ばくの線量に含まれないとされている<sup>6</sup>。

### 10 CFR Part 20 § 20.1003 Definitions.

バックグラウンド放射線とは、宇宙線源、ラドンを含む自然起源放射性物質（線源物質または特殊核物質の崩壊生成物を除く）、核爆発装置の実験やチェルノブリの過去の原子力事故から環境中に存在し、ライセンシーの管理下でない国際的なフォールアウト（放射性降下物）からの放射線を意味する。「バックグラウンド放射線」には、委員会が規制する線源、副産物、または特殊な核物質からの放射線は含まれない。

また、米環境保護庁（EPA）が定める放射線に関する法令・ガイドラインなども確認したが、宇宙線被ばくに特化した記述は確認できなかった。

FAA の AC No: 120-61B は、法的拘束力のない勧告であり、航空会社のプログラムを改善するために使用可能な基本的な背景情報及び詳細な情報源へのリンクを提供している。以降

<sup>4</sup> 失効済み。本文閲覧不可。

<sup>5</sup> EPA, The President Radiation Protection Guidance to Federal Agencies for Occupational Exposure, 1987.1.27., <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/52-fr-2822.pdf>

<sup>6</sup> U.S.NRC, Regulations (10 CFR), PART 20—STANDARDS FOR PROTECTION AGAINST RADIATION, <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part020/index.html>

では本 AC の内容を中心に記載する。

## 2) 法令における被ばく線量に係る基準値

FAA の AC No: 120-61B は、UNSCEAR 2000 年報告書<sup>7</sup>などの文書を引用しながら、「航空分野では、商業飛行高度での銀河宇宙放射線が高レベルであるため、自然放射線源からの電離放射線は職業被ばくとみなされる」と結論付けている。航空における放射線源について、以下の通り記載されている。

Advisory Circular No: 120-61B

### 5.SOURCES OF EXPOSURE.

#### b.Sources in Aviation.

航空において、商業巡航高度における銀河宇宙放射線が高レベルであるため、自然放射線源からの電離放射線は職業被ばくとみなされる。原子放射線の影響に関する国連科学委員会（UNSCEAR）は 2000 年の報告書で、航空機乗務員の年間平均実効線量は 3 ミリシーベルト（mSv）で、被ばくが 4 番目に多い従業者のグループとしている。重要度の低い放射線源としては、太陽宇宙放射線、放射性物質の輸送、放射性ガスの雲、雷に関連する非常に稀な地上ガンマ線フラッシュ（TGF）などがある。（後略）

FAA は、米国産業衛生専門官会議の最新の勧告を受け入れており、以下の通り線量限度を勧告している。

Advisory Circular No: 120-61B

### 7. RECOMMENDED LIMITS.

FAA は、米国産業衛生専門官会議の最新の勧告を受け入れている。妊娠していない航空

<sup>7</sup> UNSCEAR; SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes VOLUME I: SOURCES; 2000;  
[https://www.unscear.org/docs/publications/2000/UNSCEAR\\_2000\\_Report\\_Vol.I.pdf](https://www.unscear.org/docs/publications/2000/UNSCEAR_2000_Report_Vol.I.pdf)

会社乗務員に対して、FAA が勧告する電離放射線への被ばく限度値は、国際放射線防護委員会（ICRP）が勧告する限度値と同様である。

**b. Recommended Exposure Limit.**

勧告される電離放射線の職業被ばく限度は、5 年間の平均実効線量が 20 mSv／年であり、かつ 50 mSv／年を超えない。医療処置や歯科処置の一環としての放射線被ばくは、推奨される限度値の対象ではない。また、これらの限度値は、その線量が耐えられないとみなされるしきい値ではなく、許容可能な上限値であることに注意することが重要である。この許容上限は、現在のリスク係数に基づいており、また、被ばくに伴う健康リスクが通常安全と考えられる産業界のリスクを超えないように線量を制限したいという要望にも基づいている。

**c. Pregnancy and Exposure**

妊娠中の女性は、他の医学的および個人的な懸念事項に加えて、胎児の電離放射線被ばく限度値を考慮すべきである。妊娠中の乗務員の場合、7b 項の通常の職業被ばく限度値に加え、FAA は胎児への電離放射線被ばくを 0.5 mSv／月以下に制限することを推奨する。妊娠中の放射線被ばくに関する 2 つのテクニカルレポートは、以下のリンクから閲覧可能である：

(1) 「妊娠中の航空旅行」（米国産科婦人科学会発行）：

<http://www.acog.org/~media/Committee%20Opinions/Committee%20on%20Obstetric%20Practice/co443.pdf?dmc=1&ts=20120402T1214440751>.

(2) 「妊娠中の航空機乗務員の銀河宇宙線被ばく II」

(FAA テクニカルレポート DOT/FAA/AM-00/33)：

[http://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/00\\_33.pdf](http://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/00_33.pdf).

### 3) 被ばく線量の管理方法

FAA は、フライト中の銀河宇宙線（太陽粒子事象を除く）による実効線量を推定できる CARI プログラムを提供している。

CARI-7 は FAA のウェブサイト上で、ウェイポイントで定義された飛行経路と最短経路



(測地線)の飛行経路の両方に対応していると紹介されている。また、航路や特定の場所での粒子線量の計算も可能であり、高度制限は 300,000 ft である<sup>8</sup>。

FAA の AC No: 120-61B では、CARI プログラムを用いた飛行中の被ばく線量計算を実施することを推奨している。通達の中では、CARI-6 と CARI-6M の 2 種類が紹介された。また、太陽粒子事象による実効線量を推定できる FAA のプログラムまたはウェブサイト／アプリケーションはないと AC No: 120-61B の 9A に明記されている。

CARI-6 は、世界中の任意の 2 空港の間の大圏コースを想定した被ばく線量の計算と、高度 60,000 ft までの大気中の任意の場所における銀河宇宙線の実効線量率の計算が可能であると説明された。一方で、CARI-6M は出発地と目的地の空港の間の大圏コースを必要とせず、航空路のウェイポイントの高度と地理座標を入力することで飛行経路を指定することが可能である。また、被ばく管理は ALARA の原則に基づくべきであると強調された。

#### 4) 天文現象への対応方法

米国において、航空機乗務員の被ばくに関する、天文現象への対応に関する規定は 2024 年 6 月 21 日時点では確認できていない。一方で、AC No: 120-61B「6.EXPOSURE VARIABLES.」では、飛行中に受ける銀河宇宙放射線の被ばく量が、飛行時間、高度、緯度、太陽活動によって異なることを説明しており、飛行時に高緯度で放射線被ばくが懸念される地域では、太陽放射線警報が発令された場合、高度を下げての飛行へ迅速に対応可能であるならば被ばく線量を大幅に減らすことができることが紹介された。

上記の他、以下の機関では、太陽粒子現象の予測を可能とするツールを提供している。

- ・ 米航空宇宙局 (NASA) の大気電離放射線ナウキャスト (NAIRAS)
- ・ 米国海洋大気庁 (NOAA) の宇宙天気予報センターの航空コミュニティ・ダッシュボード

NOAA の宇宙天気予報センターから提供されるデータは、FAA の民間航空宇宙医学研究所 (Civil Aerospace Medical Institute : CAMI) が開発した太陽放射線アラートシステムにも使われており、地球大気中に高線量の電離放射線をもたらす可能性のある太陽の擾乱が始

<sup>8</sup> FAA, CARI-7 and CARI-7A,

[https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/aeromedical/radiobiology/cari7](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/aeromedical/radiobiology/cari7)

まったことを利用者に警告すると AC No: 120-61B で紹介されている。

#### 2.1.1.3 法令に関連する検討体制等

米国労働省（DOL）の管轄する連邦規則 29 CFR Part 1910（労働安全衛生基準）サブパート D（労働衛生と環境管理）の § 1926.53（電離放射線）では、電離放射線源の使用を伴う建設および関連活動においては、職業上の放射線被ばくに対する防護に関する原子力規制委員会の放射線防護基準（10 CFR Part 20）の関連規定が適用されるものとする<sup>9</sup>とされている。

10 CFR Part 20「放射線防護基準」では、職業被ばくについて、ICRP Publication 26 に記載されている ICRP の線量限度の考え方が採用されている<sup>10</sup>。Publication 60、Publication 103 の公開後も職業被ばくについての線量限度は改正されていない<sup>11</sup>。

AC No: 120-61B の妊娠していない乗務員の線量限度は、ICRP 2007 年主勧告における職業被ばくの内容を反映している。

#### 2.1.1.4 その他の関連情報

米国は ICAO 条約に加盟している。FAA より公表されている、米国の規制や要件について、ICAO Standards との比較が行われた資料によると、ICAO Annex 6 Operation of Aircraft, Chapter 6 Reference 6.12 との比較を実施した結果、宇宙線を測定するための測定機器は不要であるとの判断が示されている<sup>12</sup>。

<sup>9</sup> OSHA, Code of Federal Regulations §1926.53 Ionizing radiation, 1979.2.9., <https://www.ecfr.gov/current/title-29/subtitle-B/chapter-XVII/part-1926/subpart-D/section-1926.53>

<sup>10</sup> U.S.NRC, ISSUE PAPER 1 UPDATE 10 CFR PART 20 TO ALIGN WITH THE INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION PUBLICATION 103 METHODOLOGY AND TERMINOLOGY, <https://www.nrc.gov/docs/ML1408/ML14084A342.pdf>

なお、公衆被ばくについては ICRP Publication 60 に準じている。

<sup>11</sup> U.S.NRC, Subpart C—Occupational Dose Limits, 1991.5, <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part020/part020-1201.html>

<sup>12</sup> FAA, GEN 1.7 Differences From ICAO Standards, Recommended Practices and Procedures, [https://www.faa.gov/air\\_traffic/publications/atpubs/aip\\_html/part1\\_gen\\_section\\_1.7.html](https://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/aip_html/part1_gen_section_1.7.html)

FAA（米国運輸省）はフライトによる放射線被ばくに関する報告書をまとめている<sup>13</sup>。航空宇宙環境における電離放射線と放射線安全、飛行中の放射線被ばくに関する乗務員の訓練、妊娠中の放射線被ばく、太陽放射線警報システムなどのタイトルでまとめられており、最新のレポートは2021年に発表されている。またFAAは航空機乗務員の健康と安全に関する医療トピックをウェブサイト上で公開しており<sup>14</sup>、国立労働安全衛生研究所（NIOSH）の宇宙線の情報をまとめたページ<sup>15</sup>を参照している。

米国疾病予防管理センター（CDC）による航空機乗務員に関する健康のアドバイスが、CDCイエローブック（CDCによる国際旅行のための保健情報・健康情報）2024<sup>16</sup>にまとめられているが、宇宙線の被ばくに関する項目は確認できなかった。一般の旅行者向けへのアドバイスでも宇宙線の被ばくに関する項目は確認できなかった<sup>17</sup>。

米国放射線防護審議会（NCRP）が発行したレポート132「地球低軌道における活動のための放射線防護ガイダンス（Radiation Protection Guidance for Activities in Low-Earth Orbit）」は、宇宙空間における放射線環境、特に地球低軌道（LEO）上の宇宙船内の放射線環境に関する情報を検討することを目的としている<sup>18</sup>。

また、NCRPのレポート180「電離放射線被ばくの管理：米国の放射線防護ガイダンス（Management of Exposure to Ionizing Radiation: Radiation Protection Guidance for the United States）」では、職業被ばくに関する章で太陽・銀河宇宙放射線について以下の通り言及しており、太陽・銀河宇宙放射線による被ばくを飛行機のパイロット及び乗務員の職業

<sup>13</sup> FAA, Reports on Radiation Exposure During Air Travel,  
[https://www.faa.gov/data\\_research/research/med\\_humanfacs/aeromedical/radiobiology/reports](https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/aeromedical/radiobiology/reports)

<sup>14</sup> FAA, Aircrew Health and Safety Medical Topics,  
[https://www.faa.gov/travelers/fly\\_safe/health/aircrew](https://www.faa.gov/travelers/fly_safe/health/aircrew)

<sup>15</sup> NIOSH, AIRCREW SAFETY & HEALTH – Cosmic Ionizing Radiation,  
<https://www.cdc.gov/niosh/topics/aircrew/cosmicionizingradiation.html>

<sup>16</sup> CDC, Advice for Aircrew, CDC Yellow Book 2024,  
<https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2024/work-and-other-reasons/aircrew>

<sup>17</sup> CDC, The International Business Traveler, CDC Yellow Book 2024,  
<https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2024/work-and-other-reasons/international-business>

<sup>18</sup> NCRP, NCRP Report No. 132, Radiation Protection Guidance for Activities in Low-Earth Orbit ,  
<https://ncrponline.org/publications/reports/ncrp-reports-132/>

被ばく線量に含めて管理するべきと記載されている<sup>19</sup>。

NCRP REPORT No. 180: Management of Exposure to Ionizing Radiation: Radiation Protection Guidance for the United States (2018)

## 5.2 Occupational Exposure

### 5.2.1.4 Solar and Galactic Cosmic Radiation

NCRP (2009) は、米国人人口の放射線被ばくに関する報告書の中で、民間航空の操縦室および客室の乗務員は、年間平均実効線量が最も高い可能性のある職業集団であると述べている。これらの民間航空会社の乗務員、貨物機や企業用航空機のパイロットは、通常モニタリングされていない。実効線量は、様々な飛行ルートと高度における太陽および銀河宇宙放射線被ばくの計算に基づいて推定される。この被ばくは、これらの人々に要求される職業活動から生じるものであるため、職業被ばくとみなされ、そのように管理されるべきである。ICRP Publication 132 は、航空旅行中の太陽・銀河宇宙放射線被ばくに対する防護体系の適用について有益な議論を提供している。

FAA の AC No: 120-61B の 5B では、ICRU の平均太陽活動 (2000 年 1 月)、静穏太陽条件 (KP=0) における航空会社 27 便の片道直行便のフライトデータと CARI-7 で計算した実効線量をまとめており、この結果は米国を拠点とする国内および国際路線の推定線量を示している<sup>20</sup>。その他、電離放射線被ばくに関連する健康影響、がんリスクについても説明されている。

#### 2.1.1.5 米国のまとめ

米国における航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下の通りまとめる。詳細については、表 6 に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は法令等では規定されていないが、FAA が法的拘

<sup>19</sup> NCRP, NCRP Report No. 180, Management of Exposure to Ionizing Radiation: Radiation Protection Guidance for the United States, <https://ncrponline.org/shop/reports/report-no-180-management-of-exposure-to-ionizing-radiation-radiation-protection-guidance-for-the-united-states-2018-2018/>

<sup>20</sup> 本記載は、AC No: 120-61B の 5B にあり、参照元である ICRU の情報は確認できなかった。

束力のない勧告（AC No: 120-61B）を 2014 年 11 月に公表している。この勧告では、適用対象事業者を航空会社、防護の対象となる個人を航空機乗務員とする。また、「航空分野では、商業飛行高度での銀河宇宙放射線が高レベルであるため、自然放射線源からの電離放射線は職業被ばくとみなされる」と結論付けている。以下の 2~4 はこの勧告についてまとめた。

2. 被ばく線量に係る基準値：勧告では、電離放射線の職業被ばく限度が、5 年間の平均実効線量が 20 mSv/年であり、かつ 50 mSv/年を超えないこと、妊娠中の乗務員の場合、通常の職業被ばく限度値に加え、FAA は胎児への電離放射線被ばくを 0.5 mSv/月以下に制限することを記載している。
3. 被ばく線量の管理方法： 勧告では、CARI プログラムを用いた飛行中の被ばく線量計算を実施することを推奨しており、このプログラムはフライト中の銀河宇宙線（太陽粒子事象を除く）による実効線量を推定できる。また、被ばく管理は ALARA の原則に基づくべきであると強調し、記載されている。
4. 天文現象への対応方法：勧告では、飛行中に受ける銀河宇宙放射線の被ばく量が、飛行時間、高度、緯度、太陽活動によって異なることが説明されている。また、太陽放射線警報が発令された場合、飛行時に放射線被ばくが懸念される高緯度な地域では低い高度での飛行へ迅速に対応することで、被ばく線量を大幅に減らすことができると記載されている。

## 2.1.2 カナダ

### 2.1.2.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

カナダの航空機乗務員に関する放射線防護に関連する法的な拘束力のある法令での規定はないが、法的拘束力のない勧告をカナダ運輸省が発出している。

### 2.1.2.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

カナダでは航空機乗務員に関する放射線防護の法令での規定はない。一方でカナダ運輸省は 2001 年 4 月 5 日付で「航空機に搭乗する従業員の宇宙放射線被ばくを管理するための措置」と題する商業・ビジネス航空に対する勧告 (Commercial and Business Aviation Advisory Circulars, CBAAC#0183) を公開した<sup>21</sup> (現在公開されているのは 2006 年 4 月 28 日付の勧告である)。本勧告に法的拘束力はない。同勧告では航空会社に対し、航空機内で働く従業員の宇宙放射線被ばくを管理するためのプログラムを作成するよう勧告している。また、航空会社は CBAAC に含まれる推奨対策を自主的に実施することができるが、カナダ運輸省は将来的に規制策定する意向である<sup>21</sup>。

以降に記載する情報は、CBAAC#0183 に示された勧告内容である。

#### 1) 法令の適用範囲

CBAAC#0183 では、カナダの航空事業者に対し、航空機乗務員の被ばくを管理するための対策を講じることを強く求めている。

対策は以下の 12 項目である。1.職業被ばくとしてみなすこと、2.宇宙放射線による職業被ばく (年間 20 mSv) の制御、3.介入 (intervention) レベルの導入、4.線量 (Dose level = 1 mSv) の適用、5.被ばくの制御 (被ばく時間、高度、緯度、つまり飛行時間、低高度および南緯の飛行の管理)、6.被ばく超過の場合の対策、7.線量のモニタリング (予測及び定期的な実測)、8.コンピュータコードの利用、9.線量記録、10.非運航乗務員が別空港に輸送される際

<sup>21</sup> カナダ運輸省, Commercial and Business Aviation Advisory Circular (CBAAC) No. 0183R, 2006.4, <https://tc.canada.ca/en/aviation/reference-centre/commercial-business-aviation-advisory-circulars/commercial-business-aviation-advisory-circular-cbaac-no-0183r>

は職業被ばくとして記録すること、11.妊娠中の従業員への対応、12.従業員への情報提供。

一方で、乗客を対象とした線量に係る基準はなく、CBAAC#0183 の勧告にも記載はない。

## 2) 法令における被ばく線量に係る基準値

CBAAC#0183 では以下のように記載されている（勧告 1 及び 2）。

乗務員が年間 1 mSv を超える被ばくを受ける可能性が高い航空事業者は、従業員への宇宙放射線による職業被ばくが生じているとみなし、この被ばくを管理するための対策を講じる必要がある。

線量は、経済的要因と社会的要因を考慮して、「合理的に達成できる限り低く」（ALARA 原則として知られる）抑える必要がある。現在の慣行では、航空機乗務員が推奨される年間線量限度の 20 mSv を超える可能性は低いが、個々の航空機乗務員の被ばくを制御する手順を開発し、関連するリスクを最小限に抑える必要がある。カナダ運輸省は、カナダの航空事業者が年間線量限度を 20 mSv に設定することを勧告している。この限度値は ICRP 60 に準拠した数値である。

また、介入レベルについても勧告されている（勧告 3）。

介入レベルとは、特定の防護措置または是正措置が講じられるレベルである。前述のとおり、現状では航空機乗務員が年間被ばく線量レベル 20 mSv に達する可能性は低いが、介入レベルとして 6 mSv を採用することが勧告される。このレベルは、欧州共同体の一部の国で使用されている介入レベルに相当し、近い将来他の国でも使用される可能性がある（2006 年現在）。6 mSv の介入レベルは、原子力作業員の 20 mSv 限度の 3/10 を使用して推定される。このレベルは、原子力作業員の限度を十分に下回るレベルでも何らかの介入を行わなければならないという ALARA 原則にも沿うレベルである。従業員の年間被ばく線量が 6 mSv に近づくと、航空事業者は、年の残りの期間中のその後のフライトで追加の被ばくがわずかになるように、従業員の勤務スケジュールを調整する措置を講じる。これらの措置は、カナダ労働法典第 II 部に従って、政策安全衛生委員会（Policy Health and Safety Committee）、または政策委員会がない場合は職場安全衛生委員会（Work Place Health and Safety Committee）と協議して策定されるべきである。

さらに、妊娠中の航空機乗務員について以下の記載がある（勧告 11）。

従業員は妊娠に気付いたら、すぐに経営陣に報告すべきである。妊娠中は、放射線感受性の高い胎児を守るために、より低い線量限度が適用される。経営陣に報告した後、妊娠中の従業員の労働条件は、妊娠の残りの期間に胎児への追加の等価線量が 1 mSv を超えないようにすべきである。これにより、胎児に対する許容可能なレベルの保護が提供される。妊娠中の乗務員を、妊娠が終了する十分前に年間被ばく量が 1 mSv 未満のフライトに配置するか、地上業務に配置することで、宇宙放射線被ばくを十分に制御できるはずである。これらの措置は、胎児の健康を心配する妊娠中の従業員は、医師がリスクがあるかどうか判断するまで職務を遂行することを中止できるという、カナダ労働法典第 II 部の規定に対応する。リスクがある場合、従業員は他の職務に再配置される可能性がある。

### 3) 被ばく線量の管理方法

CBAAC#0183 には勧告 7 に記載がある。

高高度における宇宙放射線場は複雑であるが、高性能の測定器群によって一旦測定されれば、既知のものとなる。また、航空機内の放射線のフラックスは非常に均一なので、個人モニタリングは必要ない。

従業員の被ばく量を予測するには、既存の経路線量データを使用することが勧告されている。各フライトで受ける線量をモニタリングすることは有用かもしれないが、フライト線量を従業員の記録と照合するのはロジスティックス上の困難がある。

検証のために、定期的にエリアモニタリングまたは個人線量測定を行うべきである。

高度 50,000 ft (15 km) 以上を飛行する航空機には、エリアモニタリング装置を装備するか、衛星または地上局からモニタリング情報を取得して航路線量を測定すべきである。こうすることで、太陽フレア活動によって線量率が上昇した場合に回避行動をとることが可能になる。

また、線量記録については CBAAC#0183 の勧告 9 に記載がある。

コンピュータコードを使用することで、航空事業者は、1 mSv/年を超える可能性のあ



る乗務員ごとの累積線量の記録を永久に保存できるようになる<sup>22</sup>。この記録は、従業員の許可を得た上で、従業員とその代理人に公開するべきである。

航空事業者は、従業員の線量記録が、国立線量登録局とカナダ運輸省が決定した形式と頻度で、国立線量登録局（National Dose Registry）に送信されるようにすべきである。国立線量登録局は、カナダで電離放射線被ばくのモニタリングを受けているすべての労働者の線量記録を含むデータベースである。このデータは、規制当局が現行規制の遵守状況をモニターするために、またカナダ保健省が職業上の放射線被ばくに関するレポートの発行と疫学研究に使用し、従業員の要求に応じて開示される。登録局の所在地は以下の通り。

カナダ保健省放射線防護局（住所省略）

2001～2002年にカナダ運輸省の研究によるコンピュータコードが利用可能になれば、航空会社は日常業務で使用する線量管理システムを開発できるようになる。線量記録は従業員用に保管され、カナダ運輸省は、国立線量登録局と調整を行い、従業員向けの説明会を開催する予定である。

放射線防護規則（Radiation Protection Regulations）（SOR/2000-203）第24条では、「(2) 全ての許認可取得者は、放射線量の記録を管理し、その記録を、その情報を収集した日から5年後まで保存しなければならない。」とされている<sup>22</sup>。また、国立線量登録局における線量関連情報の変更に関するガイドライン（Guidelines for Making Changes to Dose-Related Information in the National Dose Registry）<sup>23</sup>によると、登録される「線量情報には、年間サマリー、個別線量の詳細、累積線量の合計、線量履歴、線量の種類（全身、四肢、実効線量、等価線量）、妊娠中の労働者の線量情報が含まれる。」とされている。

非運航乗務員および通勤のために搭乗する乗務員などについては、CBAAC#0183 の勧告10に記載がある。

年間被ばく線量が1 mSv を超えるフライトで別の基地に移動する非運航乗務員も、移

<sup>22</sup> Canadian Nuclear Safety Commission, Radiation Protection Regulations, 2000.5.31., <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2000-203/page-2.html#h-656957>

<sup>23</sup> Health Canada, Guidelines for Making Changes to Dose-Related Information in the National Dose Registry, 2006.4., <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/health-risks-safety/guidelines-making-changes-national-dose-registry.html>

動中で実際にはそのフライトに携わっていなくても、職業被ばくとして被ばく線量を記録すべきである。同様に、航空機で通勤する乗務員や、勤務中でなく本拠地に戻る乗務員（フェリーフライト）も、被ばく線量を記録すべきである。

#### 4) 天文現象への対応方法

カナダ運輸省のウェブサイトには、太陽フレアに関する情報提供は CBAAC#0183 の紹介にとどまっており、太陽フレアおよび紛争による航路変更の要請、被ばくに関する情報は確認できなかった。

2024 年 9 月時点では CBAAC#0183 において対応の規定はない。関連する記載は、前述 2.3 項の記載に加えて、以下の通り（勧告 5、勧告 6）。

飛行中の航空機の被ばく源は制御できないため、唯一実行可能な制御手段は、被ばく時間、高度、緯度、つまり飛行時間、低高度および南緯の飛行を管理することである。さらに、将来的に非常に高い高度（50,000 ft 以上）で長時間飛行する場合は、太陽活動サイクルの極大期に太陽フレアによる散発的な被ばくが発生する可能性があるため、何らかの追加制御手段が必要となる。

被ばく源は比較的一定しており、偶発的な個人への過剰被ばくは起こりにくい。例外は、まれに発生する太陽フレアで、航空機乗務員が高い放射線量を受ける可能性がある。しかし、非常に高い高度を飛行する航空機には線量率計を装備するか、衛星や地上局からモニタリング情報を受け取るべきである。太陽フレアは突然発生する可能性があるが、航空機の高度をその場に応じて下げるなどの回避行動をとることで、線量を下げることができる。特に早期警戒情報は、米国宇宙環境センターのウェブサイト

([http://www.absoluteastronomy.com/topics/Space\\_Environment\\_Center](http://www.absoluteastronomy.com/topics/Space_Environment_Center)) で入手可能である。

##### 2.1.2.3 法令に関連する検討体制等

CBAAC#0183（の背景）には以下のように記載されている。

カナダ運輸省の指導の下、カナダ航空運輸協会（ATAC）は、カナダ王立陸軍大学（RMC）とオタワ国防研究施設（DREO）が 1996 年 8 月から 1998 年 1 月にかけて実施した研究（カナダ航空機乗務員放射線環境研究（Canadian Aircrew Radiation Environment Study,

CARES) の第 1 段階を一部後援した。この調査は、選ばれた大手航空会社、地域航空会社、チャーター航空会社の従業員と経営陣の協力を得て実施された。調査の目的は、経路線量(周辺線量当量)を記録することであった。この報告書では、これらのデータをその報告年(すなわち、銀河宇宙放射線が極大であった時期)のフライトスケジュールのデータと組み合わせることにより、選定された航空機乗務員の年間被ばく量も推定した。報告書はまた、同様の方法で個人も自分の被ばくを推定できるように書かれていた<sup>24</sup>。

CARES の研究では、高度、緯度、飛行時間が高いほど、乗務員の被ばくが大きくなることが判明した<sup>24</sup>。例えば、平均高度 35,000 ft、総飛行時間 10.5 時間(太陽活動極小)の北京からバンクーバーへのルートで、測定された最大周辺線量当量は 0.052 mSv であった。高高度で測定された自然バックグラウンドの宇宙放射線場からの線量率は、通常、地上で経験する線量率の 100 倍以上である。この研究で選ばれた航空機乗務員は、(太陽周期の所定の測定期間において)年間 1~6 mSv の周辺線量当量にさらされていた。実際、このレベルの被ばくは、医療従事者や原子力作業員など、カナダで職業放射線被ばくのモニタリングを受けている作業員が受けるものと同程度である。カナダ保健省の放射線防護局(RPB)は、宇宙放射線被ばくの影響を評価するために調査結果を分析し、そのような被ばくを管理するために航空会社が取るべき対策を勧告した<sup>25</sup>。

カナダ運輸省航空労働安全衛生局は、CARES 研究にアドバイザーとして参加した。さらに、この研究を通じて、RMC/DREO、RPB、航空事業者、労働組合の間の連絡事務所としての役割も果たした。カナダ運輸省は航空機乗務員の宇宙放射線被ばくプロジェクトである第 2 段階の資金援助にも参加し、2006 年現在第 3 段階の資金援助にも参加した。

RMC/DREO の研究および RPB による宇宙放射線被ばくの影響評価に基づき、カナダ運輸省は、カナダの航空会社に対し、年間 1 mSv を超える可能性に基づいて、従業員の宇宙放射線被ばくを管理するための以下の対策を含むプログラムを策定するよう CBAAC#0183 を勧告した。

<sup>24</sup> Cosmic Radiation Exposure of Aircrew Project Report, Volumes 1 and 2, Royal Military College of Canada, March 2000

2024 年 9 月現在、本報告書の公開は確認できない。

<sup>25</sup> カナダでは、国家線量登録をカナダ保健省の放射線防護局が管理している。

Health Canada, National Dose Registry, <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/health-risks-safety/radiation/national-dose-registry.html>

#### 2.1.2.4 その他の関連情報

##### <CBAAC#0183 における従業員向けの情報提供（勧告 12）>

宇宙放射線被ばくの潜在的リスクと、そのリスクを最小限に抑えるための対策について従業員に周知徹底するのは、雇用主、この場合は航空事業者の責任である。この情報をどのように提示するかは、職場の安全衛生委員会（work place health and safety committee）で合意する必要がある。

特に重要なのは、妊娠中の被ばく線量を管理する必要性と、必要な被ばく線量管理対策を導入できるよう、できるだけ早く経営陣に通知する必要があることを女性従業員に知らせることである。

##### <本ガイドラインの位置づけ>

本ガイドラインに示される対策は、航空機内で働く従業員の健康を保護するための自主的なプログラムの開発において、航空事業者を支援するために提供されている。航空機乗務員の宇宙放射線被ばくをモニタリングおよび制御するプログラムを開発する航空事業者は、そのプログラムの存在を運輸省に通知し、情報提供のためにコピーを運輸省に送付すべきである。航空事業者は、プログラムの開発に関するガイダンスや詳細情報を運輸省に求めることもできる。

カナダは ICAO 条約に加盟しており、カナダ運輸省が航空機乗務員に関して文書（Aeronautical Information Manual (TC AIM)）<sup>26</sup>を 2024 年 3 月に発行しているが、その文書では放射線に関する要求の対応について明記されていない。

#### 2.1.2.5 カナダのまとめ

カナダにおける航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下の通りまとめる。詳細については、表 6 に記載した。

<sup>26</sup> Transport Canada, Transport Canada Aeronautical Information Manual (TC AIM), 2024.3.21., [https://tc.canada.ca/sites/default/files/2024-03/aim-2024-1\\_gen-e.pdf](https://tc.canada.ca/sites/default/files/2024-03/aim-2024-1_gen-e.pdf)

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は法令等では規定されていないが、カナダ運輸省が商業・ビジネス航空に対する法的拘束力のない勧告（CBAAC#0183）を 2006 年 4 月に公表している。この勧告では、適用対象事業者を航空会社、防護の対象となる個人を航空機内で働く従業員として、この従業員の宇宙放射線被ばくを管理するためのプログラムの作成を求めている。以下の 2～4 は、この勧告をまとめている。
2. 被ばく線量にかかる基準値：勧告では、乗務員が年間 1 mSv を超える被ばくを受ける可能性が高い航空事業者は、従業員への宇宙放射線による職業被ばくが生じているとみなし、被ばく管理の対策を講じる必要がある。ここで、カナダ運輸省は、カナダの航空事業者の年間線量限度を 20 mSv に設定することを勧告している。  
また、従業員が 6 mSv に近づくと、航空事業者は、年の残りの期間中でのフライトによる追加の被ばくがわずかになるように、従業員の勤務スケジュールを調整する措置を講じることと勧告している。また、妊娠中は、より低い線量限度が適用され、妊娠の残りの期間に胎児への追加の等価線量が 1 mSv を超えないようにすることを勧告されている。
3. 被ばく線量の管理方法：従業員の被ばく量を予測するためには、既存の経路線量データを使用することが勧告されているが、高度 50,000 ft 以上を飛行する場合は、エリアモニタリング装置か、衛星又は地上局からモニタリング情報を取得することが勧告されている。線量記録は国立線量登録局で管理される。
4. 天文現象への対応方法：勧告では、太陽フレアの情報が提供されており、まれに発生する太陽フレアで、航空機乗務員が高い放射線量を受ける可能性があること、非常に高い高度を飛行する航空機は線量率計を装備するか、衛星や地上局からモニタリング情報を受け取るべきであること、太陽フレアは、航空機の高度をその場に応じて下げるなどの回避行動をとることで、線量を下げることができることが記載されている。

### 2.1.3 韓国

#### 2.1.3.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

韓国の放射線防護に関連する規制を担うのは、原子力規制機関である。韓国における原子力関連機関の体制図を図 1 に示す。

2011 年 10 月 26 日、大統領直属の独立委員会であり、原子力の安全、セキュリティ、核不拡散を担当する規制機関として原子力安全委員会 (NSSC) が設立された。2013 年 3 月には、政府組織法改正により、NSSC は首相府の管轄下に置かれることになった<sup>27</sup>。

韓国における航空機運航に起因する宇宙放射線被ばくについての規制機関は NSSC である。NSSC は韓国原子力安全技術院 (KINS) に宇宙放射線安全規制業務を委託し、航空機の運航で発生する宇宙放射線被ばくに対する安全管理を行っている。

NSSC は、原子力安全法 (NSA) の下で原子力施設の許認可を含む原子力施設の安全規制の権限と責任を担っている。一方、科学技術情報通信部 (MSIT) は、原子力振興法により、原子力の研究、開発、生産、利用 (原子力利用) に関する産業の振興の責任を負っている。産業通商資源部 (MOTIE) は、電源開発振興法と電気事業法により、電力の需給安定性を確保するとともに、電力会社間の競争を促進するための原子力開発計画を策定・実施する責任を負っている。

韓国の国家航空局である韓国民間航空局 (KOCA: Korea Office of Civil Aviation) は、国土交通部 (Ministry of Land Infrastructure and Transport) 傘下の組織である。KOCA では航空情報をデータベースで管理 (AIM: Aeronautical Information Management) している。AIM では、「放射線レベルが上昇するような宇宙天気現象が進行中」といった通知が管理されている。

<sup>27</sup> NSSC, 9<sup>th</sup> National Report for the Convention on Nuclear Safety, 2022. 7., [https://www.iaea.org/sites/default/files/24/01/9th\\_national\\_report\\_of\\_the\\_republic\\_of\\_korea\\_for\\_the\\_convention\\_on\\_nuclear\\_safety.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/24/01/9th_national_report_of_the_republic_of_korea_for_the_convention_on_nuclear_safety.pdf)

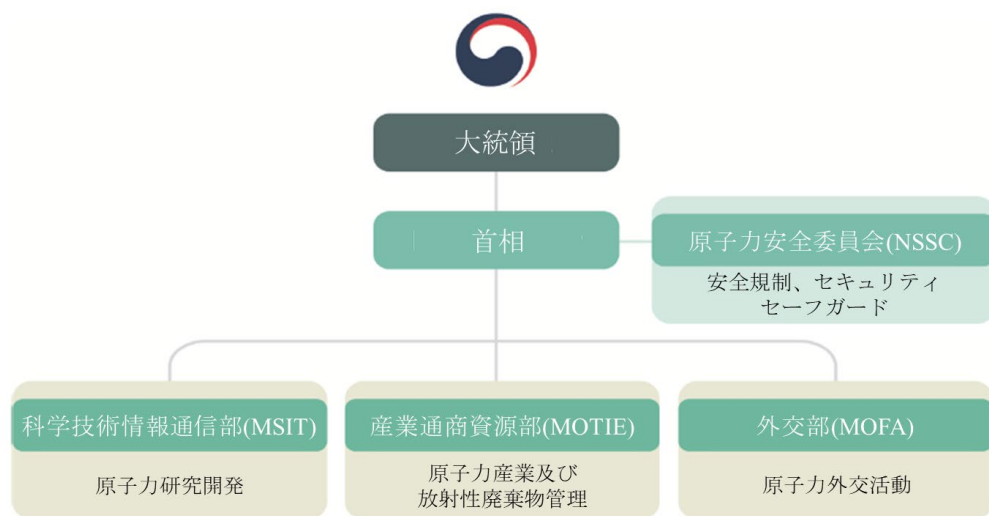


図 1 韓国の原子力規制機関<sup>27</sup>

韓国の原子力に関連する法体系を図 2 に示す。原子力安全に関する法的枠組みは、法律（原子力安全法; NSA）、大統領令（NSA 施行令）、総理令（NSA 施行規則）、NSSC 規則（原子炉施設等技術基準規則、放射線安全管理等技術基準規則）、NSSC 告示の 5 つのレベルで構成されている。NSA は、原子力施設の安全規制を規定する主要な法律であり、原子力の研究、開発、生産、使用における安全管理に関する主要事項を規定している。

|                   |                                                                                                                              |              |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 法律                | <ul style="list-style-type: none"> <li>原子力安全法、物理的防護及び放射線緊急事態に関する法律、原子力損害賠償、等</li> </ul>                                      | 法律<br>(NSSC) |
| 施行令<br>(大統領令)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>法律により委託された事項</li> <li>原子力安全法施行令およびその他の関連法施行令</li> </ul>                               |              |
| 施行規則<br>(総理令)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>法律又は政令により委託され、その執行に必要な事項(詳細な手続及び書類の様式を含む)</li> <li>原子力安全法施行規則及びその他の関連法施行規則</li> </ul> |              |
| 技術基準<br>(行政規則)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>法律や政令によって委託された簡潔な技術基準</li> <li>原子炉施設技術基準規則、等。放射線安全管理技術基準規則、等。</li> </ul>              |              |
| NSSC告示<br>(行政規則)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>法律、政令、規則によって委任された技術基準、手順、フォーマットに関する詳細</li> <li>原子力施設の立地に関する技術基準に関する通知</li> </ul>      |              |
| 規制基準              | <ul style="list-style-type: none"> <li>技術基準のさらなる詳細または解釈</li> </ul>                                                           | 指針<br>(KINS) |
| 規制指針              | <ul style="list-style-type: none"> <li>許容される方法、条件、仕様</li> </ul>                                                              |              |
| 安全レビュー<br>・ 検査の指針 | <ul style="list-style-type: none"> <li>標準レビュー計画、検査マニュアル</li> </ul>                                                           |              |
| 産業分類コード<br>・ 規格   | <ul style="list-style-type: none"> <li>KEPIC、ASME、IEEE、ASTM、等</li> </ul>                                                     |              |

図 2 韓国における原子力安全規制に関する法的枠組み<sup>27</sup>

### 2.1.3.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

放射線防護に関連する法令として、NSSC が定めた、生活環境の中で受ける放射線に対する安全管理を目的とした「生活周辺放射線安全管理法（2024 年 1 月 23 日一部改正）」<sup>28</sup>があ

<sup>28</sup> 원자력안전위원회, 생활주변방사선 안전관리법 (약칭: 생활방사선법), 2024.1.23.,

<https://law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=259305&ancYd=&ancNo=&efYd=20240123&nwJoYnInfo=Y&ancYnChk=0&efGubun=Y&vSet=%EB%B0%A9%EC%82%AC%EC%84%A0#0000>.



る。同法は、2023 年 6 月 11 日に、以下の理由により改正されている<sup>29</sup>。(以下、抜粋)

近年、宇宙放射線に長期間直接さらされる航空機乗務員の健康保護のために、宇宙放射線被ばくと疾病との関係を客観的に明らかにする必要があるという指摘が継続的に提起されている。そのため、航空運送事業者は、宇宙放射線に被ばくするおそれのある航空機乗務員に対して健康診断を実施することとし、宇宙放射線被ばく等に関して原子力安全委員会が実施する教育を受けることとする、また国土交通部と原子力安全委員会が二元的に管轄していた航空運送事業者の宇宙放射線安全管理に関する規制業務を原子力安全委員会に一元化するなど、現行制度の運営上、現行制度の一部不備を改善・補完しようとするものである。

主な改正内容は以下の通りである。(以下、抜粋)

- ・ 航空運送事業者は、乗務員に対して健康診断を実施し、原子力安全委員会が実施する宇宙放射線被ばく等に関する教育を受けさせるようにする(第 18 条第 5 項及び第 6 項新設)。
- ・ 航空運送事業者の宇宙放射線安全管理に関する規制機関を原子力安全委員会に一元化する(第 18 条第 7 項など)。
- ・ 航空運送事業者は、宇宙放射線安全管理のための措置などを記録・保管し、原子力安全委員会に報告するようにし、航空運送事業を廃業する場合、当該資料を原子力安全委員会に提出するようにする(第 18 条の 2 新設)。
- ・ 原子力安全委員会は、宇宙放射線が健康に及ぼす影響を把握するため、乗務員に対して生活周辺放射線健康影響調査を実施できるようにする(第 18 条の 3 新設)。
- ・ 原子力安全委員会が生活周辺放射線安全管理実態に関する調査の一環として、乗務員に対する宇宙放射線の安全管理現況を調査できる根拠を設ける(第 23 条第 1 項第 4 号新設)。
- ・ 航空運送事業者の乗務員の安全管理に関する事項を原子力安全委員会が定期的に検査することができる根拠を設ける(第 24 条第 2 項)。

<sup>29</sup> NSSC, 생활주변방사선 안전관리법, 2023.6.11.,

<https://www.law.go.kr/LSW/lsRvsRsnListP.do?lsId=011433&chrClsCd=010202&lsRvsGubun=all>.

「生活周辺放射線安全管理法」の改正により、「生活周辺放射線安全管理法施行令」<sup>30</sup>も改正された。

主な改正内容は以下の通りである。(以下、抜粋)

- ・ 乗務員に対する健康診断の実施 (第 10 条の 2 新設)  
航空運送事業者は、国際航空路線の搭乗勤務を初めて開始する乗務員に対しては国際航空路線の搭乗まで、国際航空路線に搭乗勤務する乗務員に対しては国際航空路線の搭乗勤務が編成される毎年、被ばく放射線量が「原子力安全法施行令」に基づく線量限度を超過した乗務員に対しては直ちに健康診断を実施するようにする。
- ・ 乗務員に対する教育の実施 (第 10 条の 3 新設)
  - 1) 航空運送事業者が客室乗務員に受けさせなければならない教育の内容に、宇宙放射線が人体に及ぼす影響及び被ばく管理案などを含めるようにする。
  - 2) 航空運送事業者が乗務員に受けさせなければならない教育を新規教育と定期教育に区分し、3 時間の新規教育を履修した後は、2 年ごとに 1 時間の定期教育を受けるようにする。
- ・ 乗務員に対する宇宙放射線の安全管理に関する定期検査(第 14 条の 2 第 2 項第 2 号新設及び別表 1 第 2 号)  
航空運送事業者は、乗務員の年間被ばく線量の調査・分析、乗務員の健康保護及び安全のための措置、乗務員に対する健康診断及び教育などについて原子力安全委員会の定期検査を受けるようにする。

「生活周辺放射線安全管理法」の改正 (2023 年 6 月 11 日施行) に基づき、2023 年 6 月、原子力安全委員会の告示として、「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」<sup>31</sup>が制定・施行された。

<sup>30</sup> 원자력안전위원회, 생활주변방사선 안전관리법 시행령 ( 약칭: 생활방사선법 시행령 ), 2023.6.11., <https://www.law.go.kr/LSW/lsSc.do?section=&menuId=1&subMenuId=15&tabMenuId=81&eventGubun=060101&query=%EC%83%9D%ED%99%9C%EC%A3%BC%EB%B3%80%EB%B0%A9%EC%82%AC%EC%84%A0+%EC%95%88%EC%A0%84%EA%B4%80%EB%A6%AC%EB%B2%95+%EC%8B%9C%ED%96%89%EB%A0%B9#undefined>

<sup>31</sup> 원자력안전위원회, 항공운송사업자의 우주방사선 안전관리 규정, 2023.6.11., <https://www.law.go.kr/LSW//admRulInfoP.do?admRulSeq=2200000081365&chrClsCd=010201>



図 3 生活周辺放射線安全管理法の体系

## 1) 法令の適用範囲

「生活周辺放射線安全管理法」第 18 条第 1 項では、乗務員の、飛行路線、飛行高度及び飛行回数などは大統領令で定めるとされている。(以下、抜粋)

### 第 18 条（宇宙放射線の安全管理等）

①大統領令で定める航空運送事業者（以下「航空運送事業者」という。）は、宇宙放射線に被ばくする恐れのある運航乗務員及び客室乗務員の健康保護と安全のために努力しなければならない。

②第 1 項の運航乗務員及び客室乗務員（以下「乗務員」という。）の範囲は、飛行路線、飛行高度及び運航回数等を考慮して大統領令で定める。

③航空運送事業者は、次の各号の事項を調査・分析しなければならない。

1. 航空路線別に乗組員が宇宙放射線に被ばくする量
2. 乗組員が年間宇宙放射線に被ばくする量

④航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより第 3 項各号の事項に対する調査・分析結果を反映し、乗務員の健康保護及び安全のための措置をしなければならない。

⑤航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより乗務員に対して健康診断を実施しなければならない。 <新設 2022. 6.10.>

⑥航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより、乗務員に宇宙放射線被ばく等に関する事項について原子力安全委員会が実施する教育を受けるようにしなければならない。 <新設 2022.6.10.>

⑦原子力安全委員会は、第 3 項各号の事項に対する調査・分析及び第 4 項の安全措置を履行するための手続、方法等、宇宙放射線の安全管理のために必要な細部事項を定めて告示する。 <改正 2022. 6. 10.>

「生活周辺放射線安全管理法施行令」第 9 条で、航空運送事業者等の範囲が定められている。(以下、抜粋)

#### 第 9 条（航空運送事業者等の範囲）

①法第 18 条第 1 項において「大統領令で定める航空運送事業者」とは、「航空事業法」第 7 条第 1 項により国際航空運送事業を経営する者をいう。 <改正 2017. 3. 29.>

②法第 18 条第 2 項による運航乗務員及び客室乗務員（以下「乗務員」という。）は、第 1 項による航空運送事業者（以下「航空運送事業者」という。）が運営する国際航空路線に搭乗する乗務員とする。

「航空事業法」<sup>32</sup>の第 7 条第 1 項によれば、国際航空運送事業を経営する者は国際航空運送事業の免許を受けた場合、国内航空運送事業の免許を受けたものとみなすとされている。(以下、抜粋)

#### 第 7 条（国内航空運送事業と国際航空運送事業）

①国内航空運送事業又は国際航空運送事業を営もうとする者は、国土交通部長官の免許を受けなければならない。ただし、国際航空運送事業の免許を受けた場合には、国内航空運送事業の免許を受けたものとみなす。

## 2) 法令における被ばく線量に係る基準値

「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」第 4 条（乗務員に対する安全措

<sup>32</sup> 국토교통부, 항공사업법, 2024.2.17.,

<https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%ED%95%AD%EA%B3%B5%EC%82%AC%EC%97%85%EB%B2%95>

置手段、方法等）で、以下を定めている。（以下、抜粋）

- ・ 乗務員の被ばく放射線量最適化のための管理基準として年間 6 mSv
- ・ 妊娠した客室乗務員の場合、妊娠した事実を航空運送事業者に報告・通知して妊娠が確認された時点から出産時までの期間は 1 mSv

（以下、抜粋）

#### 第 4 条（乗務員に対する安全措置の手順、方法など）

①「生活周辺放射線安全管理法施行令」第 10 条第 1 号ロ目で「原子力安全委員会が定めて告示する年間被ばく放射線量基準」とは、乗務員の被ばく放射線量最適化のための管理基準として年間 6 mSv をいう。ただし、妊娠した客室乗務員の場合、妊娠した事実を航空運送事業者に報告・通知して妊娠が確認された時点から出産時までの期間は 1 mSv とする。

②法第 18 条第 7 項による法第 18 条第 4 項及び令第 10 条の乗務員の健康保護及び安全のための措置を履行するための手順、方法等の詳細は次の各号の通りである。

1. 施行令第 10 条第 1 号により乗務員の国際航空路線搭乗勤務を編成する際には、累積年間被ばく放射線量が高い乗務員の勤務を可能な限り被ばく放射線量が低い路線に編成すること。
2. 施行令第 10 条第 1 号イ目において、基準を超えるおそれがあるとは、直前の調査・分析時点までの年間被ばく放射線量と直前の調査・分析時点以降に搭乗した又は搭乗予定の国際航空路線の予想被ばく放射線量の合計が第 1 項による基準を超える場合をいう。
3. 施行令第 10 条第 3 号による情報提供は、乗務員が別途要求しなくても常に確認できるようにすること。
4. 施行令第 10 条第 4 号による経緯調査及び当該乗務員の年間被ばく放射線量の再評価は、次の各号の方法で行うこと。

ア.経緯調査：施行令第 10 条第 1 号の措置の実施有無を含むこと。

ロ.当該乗務員の年間被ばく放射線量の再評価：当該乗務員の年間国際航空路線の搭乗記録を基に路線別の被ばく放射線量を再評価して合算すること。

③施行令第 10 条第 4 号ロ目で「原子力安全委員会が定めて告示する措置」とは、次の各号のいずれかに該当する措置をいう。

1. 既存の計画された国際航空路線より被ばく放射線量が低い路線に変更する。
2. 搭乗予定国際航空路線の回数を調整する。
3. 国際・国内航空路線を搭乗しない勤務に変更する。
4. その他、当該乗務員の被ばくを低減することができる措置。

### 3) 被ばく線量の管理方法

「生活周辺放射線安全管理法」第 18 条は、国際航空路線を運営する航空運送事業者が遵守しなければならない放射線安全管理事項を明示した条項である。航空運送事業者は、放射線に被ばくする恐れのある運航乗務員及び客室乗務員の健康保護と安全のための措置を講じなければならないとされている。(以下、抜粋)

#### 第 18 条 (宇宙放射線の安全管理等)

- ①大統領令で定める航空運送事業者（以下「航空運送事業者」という。）は、宇宙放射線に被ばくする恐れのある運航乗務員及び客室乗務員の健康保護と安全のために努力しなければならない。
- ②第 1 項の運航乗務員及び客室乗務員（以下「乗務員」という。）の範囲は、飛行路線、飛行高度及び運航回数等を考慮して大統領令で定める。
- ③航空運送事業者は、次の各号の事項を調査・分析しなければならない。
  1. 航空路線別に乗組員が宇宙放射線に被ばくする量
  2. 乗組員が年間宇宙放射線に被ばくする量
- ④航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより第 3 項各号の事項に対する調査・分析結果を反映し、乗務員の健康保護及び安全のための措置をしなければならない。
- ⑤航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより乗務員に対して健康診断を実施しなければならない。 <新設 2022. 6.10.>
- ⑥航空運送事業者は、大統領令で定めるところにより、乗務員に宇宙放射線被ばく等に関する事項について原子力安全委員会が実施する教育を受けるようにしなければならない。 <新設 2022.6.10.>
- ⑦原子力安全委員会は、第 3 項各号の事項に対する調査・分析及び第 4 項の安全措置を

履行するための手続、方法等、宇宙放射線の安全管理のために必要な細部事項を定めて告示する。<改正 2022. 6. 10.>

第 18 条の 2（航空運送事業者の記録・保管及び報告義務等）

①航空運送事業者は、次の各号の事項を記録・保管し、原子力安全委員会に報告しなければならない。

1. 第 18 条第 3 項各号の事項を調査・分析した結果
2. 第 18 条第 4 項による健康保護及び安全のための措置の結果
3. 第 18 条第 5 項による健康診断結果
4. 第 18 条第 6 項による教育実施結果

②航空運送事業者は、「航空事業法」第 25 条により航空運送事業を廃業する場合、第 1 項により保管した記録を原子力安全委員会に提出しなければならない。

③その他記録の保管及び報告、記録の提出等に関して必要な事項は、大統領令で定める。

[本条新設 2022. 6. 10.]

第 18 条の 3（乗組員の健康影響調査）

①原子力安全委員会は、宇宙放射線が健康に及ぼす影響を把握するために、乗組員に対する生活周辺放射線健康影響調査（以下、「健康影響調査」という）を実施することができる。

②原子力安全委員会は、健康影響調査のため、関係中央行政機関の長又は地方自治体の長、生活周辺放射線関連機関又は団体の長に次の各号の資料の提出を要請することができる。この場合、資料の提出を要請された者は、特別な事由がない限り、これに応じなければならない。

1. 「国民健康保険法」第 14 条により国民健康保険公団が管理する資格、診療、健康診断などに関する資料。
2. 「がん管理法」第 14 条によるがん登録統計事業及び同法第 15 条によるがん情報事業に関する資料。
3. 「統計法」第 3 条第 4 号による統計資料のうち、職業、疾病及び死因などに関する資料。

- 4.「産業災害補償保険法」による業務上の災害認定に関する資料。
- 5.「住民登録法」第 7 条による住民登録表の住民登録情報
- 6.「産業安全保健法」第 129 条に基づく一般健康診断及び同法 130 条に基づく特殊健康診断に関する資料
- 7.「出入国管理法」に基づく出入国資料のうち、航空機利用に関する資料
- 8.その他、委員会が健康影響調査のために必要と認める情報・資料。

健康影響調査に関連する業務に従事する者又は従事していた者は、職務上知り得た個人情報又は秘密を漏洩したり、職務上の目的以外の目的で使用してはならない。

[本条新設 2022 年 6 月 10 日].

「生活周辺放射線安全管理法施行令」第 10 条で、乗務員に対する安全措置が定められている。(以下、抜粋)

#### 第 10 条（乗務員に対する安全措置等）

航空運送事業者は、「生活周辺放射線安全管理法」第 18 条第 4 項により乗務員の健康保護及び安全のために被ばく放射線量が線量限度を超えないように次の各号の措置をしなければならない。 <改正 2019.7.9. 2023.6.7.>

##### 1. 乗務員の被ばく放射線量を最小化するための次の各号の措置

- イ. 乗務員の年間被ばく放射線量を考慮した国際航空路線搭乗勤務の編成
- ロ. 国際原子力機関等国際機関の勧告事項等を考慮して、原子力安全委員会が定めて告示する年間被ばく放射線量基準を超えるおそれのある乗務員に対する航空路線の変更及び搭乗回数の調整

##### 2. 法第 18 条第 5 項及びこの令第 10 条の 2 による健康診断の結果、当該乗務員が宇宙放射線による健康悪化のおそれがあり、飛行搭乗勤務を継続することが困難な状態であるという医師の所見を受けた場合には、国際・国内航空路線搭乗勤務から除外

##### 3. 乗務員の被ばく放射線量に関する情報提供（乗務員が常に確認できるようにしなければならない）

##### 4. 乗務員の被ばく放射線量が第 1 号ロ目により原子力安全委員会が定めて告示する年間



被ばく放射線量の基準を超えた場合には、次の各号の措置

- イ．年間被ばく放射線量基準を超えたことを知った日から 1 ヶ月以内に経緯調査及び当該乗務員の年間被ばく放射線量についての再評価を行うこと
- ロ．イ．による調査及び再評価の結果を当該乗務員に直ちに通報すること
- ハ．その他当該乗務員のさらなる被ばくを防止するため、原子力安全委員会が定めて告示する措置を行うこと

#### 第 10 条の 2（乗務員に対する健康診断）

①航空運送事業者は、法第 18 条第 5 項の規定により、乗務員に対する健康診断を次の各号の区分による時期に実施しなければならない。

1. 国際航空路線の搭乗勤務を初めて開始する客室乗務員：国際航空路線の最初の搭乗前まで
2. 国際航空路線の搭乗勤務経験がある乗務員で、国際航空路線の搭乗勤務が編成（編成予定の場合を含む。以下同じ。）された乗務員：国際航空路線の搭乗勤務が編成される年の 1 月 1 日から 12 月 31 日まで（第 1 号による健康診断を受けた年を除く。）
3. 法第 18 条第 3 項の規定による調査・分析の結果、被ばく放射線量が線量限度を超えた乗務員：直ちに

②第 1 項の規定による健康診断の検査項目については、第 5 条の 2 第 2 項を準用する。この場合、「原料物質又は工程副産物を取扱・管理する従事者」とあるのは「乗務員」とみなす。

③第 1 項の規定にかかわらず、乗務員が第 5 条の 2 第 3 項各号の健康診断を受けた場合には、第 1 項の規定による健康診断を受けたものとみなす。

[本条新設 2023.6.7.]

#### 第 10 条の 3（乗務員に対する教育）

①航空運送事業者は、乗務員に法第 18 条第 6 項の規定により原子力安全委員会が実施する次の各号の区分による教育を受けさせなければならない。

1. 新規教育：国際航空路線の搭乗勤務を初めて開始する乗務員が受ける教育。
2. 定期教育：国際航空路線の搭乗勤務経験がある乗務員で、国際航空路線の搭乗勤務が

編成された乗務員が受ける教育。

②第1項による教育の内容は、次の各号の事項を含むものとする。

1. 宇宙放射線の概念及び宇宙放射線が人体に及ぼす影響
2. 乗務員の宇宙放射線被ばく管理方策
3. 宇宙放射線の安全管理関連法令
4. その他、宇宙放射線の安全管理に必要な事項

③第1項による教育は、次の各号の区分に従って受けなければならない。

1. 新規教育：国際航空路線の初回搭乗前までに3時間の教育
2. 定期教育：2年ごと（直前に教育を受けた日から起算して2年になる日の属する年の1月1日から12月31日までをいう）1時間の教育。

[本条新設 2023.6.7.1.]

NSSCはKINSに宇宙放射線安全規制業務を委託し、航空機の運航で発生する宇宙放射線被ばくに対する安全管理を行っている。KINSは「生活周辺放射線安全管理法」第27条に基づく専門機関であり、NSSCから委託された宇宙放射線安全管理実態調査及び定期検査業務を遂行する。またKINSは、宇宙放射線測定及び評価のための技術基盤樹立及び関連研究を進めている<sup>33</sup>。

航空運送事業者定期検査は、「生活周辺放射線安全管理法」の改正により新たに実施される規制行為である。生活周辺放射線安全管理実態調査が毎年実施されており、その実態調査で把握した情報が定期検査で確認する情報と似ているが、定期検査と実態調査は法的に明確に区別される。定期検査は、航空運送事業者が法的に履行しなければならない宇宙放射線安全管理事項を適法に履行したかどうかを点検し、適法でない事項が発生した場合、指摘及び是正を要求することができる。定期検査はこのような強制性及び検査結果による法的不利益が発生する可能性があるため、KINSは法施行前後に多数の事業者説明会を通じて定期検査受検を案内し、生活周辺放射線安全管理のための安全指針の改正、定期検査指針書及び定期検

<sup>33</sup> Korean Association for Radiation Protection; KARPe-Letter, Vol.6, No.4（우주방사선 안전관리현황과 향후계획）；2023.12.；[https://karp.or.kr/karpeletter/no23\\_/](https://karp.or.kr/karpeletter/no23/)

査受検ガイドを開発した。

KINS は、生活周辺放射線安全管理実態調査を通じて、国際航空路線を保有している国内航空会社で勤務する航空機乗務員の被ばく線量を調査した。航空機乗務員は、航空機を操縦する運航乗務員と機内の安全及び顧客サービスを提供する客室乗務員に区別することができる。2019～2022 年に KINS が実施した生活周辺放射線安全管理実態調査によると、国内航空機乗務員の個人当たりの被ばく線量は年平均 2 mSv 程度であり、最大被ばく線量は年平均 6 mSv 未満であった。最大被ばく線量を示した航空機乗務員は、長距離路線である米州路線と欧州路線に搭乗する航空機乗務員であった<sup>33</sup>。

2023 年 6 月 11 日に施行された「生活周辺放射線安全管理法」により、乗務員の被ばく放射線量評価の信頼性問題を解消するための宇宙放射線被ばく放射線量評価プログラム<sup>34</sup>の検証技術基準が、NSSC 告示「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」に規定された。KINS は、2024 年 1 月、報告書「2023 年自然環境における放射線安全管理の実態調査・分析」<sup>35</sup>を公表し、その中で、航空運送事業者に対して表 1 の各項目に対する書面調査及び現場調査の実施を計画していることを明らかにした。

表 1 航空運送事業者等の実態調査・分析内容<sup>35</sup>

| 区分     | 調査・分析内容                                                                                                                                                                          |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 航空運送業者 | <ul style="list-style-type: none"><li>航空機の現況</li><li>航空機別運航路線</li><li>乗務員別飛行時間、被ばく線量及び運航機種 of 状況</li><li>実際に飛行した経路データの確保が可能かどうか</li><li>宇宙放射線測定装置の搭載可能な場所</li><li>機内実査</li></ul> |

<sup>34</sup> Korea Astronomy and Space Science Institute, 항공기 탑승 시 우주방사선 피폭량 확인할 수 있는 웹서비스 시작, 2022.10.5., <https://www.kasi.re.kr/kor/publication/post/newsMaterial/29288?cPage=7>

<sup>35</sup> KINS, 2023 년도 생활주변방사선안전관리 실태조사 및 분석, 2024.3.22., [https://www.nssc.go.kr/ko/cms/FR\\_BBS\\_CON/BoardView.do?pageNo=3&pagePerCnt=15&MENU\\_ID=390&CONTENTS\\_NO=&SITE\\_NO=2&BOARD\\_SEQ=12&BBS\\_SEQ=46119&USER\\_NAME=&TEL\\_NO=&WRITER\\_DI=&\\_csrf=&CATE\\_SEQ=&SEARCH\\_FLD=&SEARCH=](https://www.nssc.go.kr/ko/cms/FR_BBS_CON/BoardView.do?pageNo=3&pagePerCnt=15&MENU_ID=390&CONTENTS_NO=&SITE_NO=2&BOARD_SEQ=12&BBS_SEQ=46119&USER_NAME=&TEL_NO=&WRITER_DI=&_csrf=&CATE_SEQ=&SEARCH_FLD=&SEARCH=)

|             |                                                                                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 自家用航空機運航事業者 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自家用航空機の現状</li> <li>・ 乗組員の状況</li> <li>・ 運航路線及び運航回数</li> <li>・ 宇宙放射線の安全管理状況</li> </ul> |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4) 天文現象への対応方法

2013 年、太陽活動のピークが予想され、太陽フレアなど宇宙天気による様々な災害の脅威が高まっていることから、韓国では気象法が改正され、宇宙天気予報と特別報告の法的基盤が整備された<sup>36</sup>。宇宙気象に主要な影響を及ぼす太陽黒点爆発などは、太陽活動極大期前後の約 3～4 年間に頻繁に発生することを考慮すると、今後、より多くの注意が必要であり、2012 年 3 月 8 日には、宇宙粒子の暴風によりで米国・仁川路線を運航する航空機の北極航路が多数変更された事例があった。また、2012 年 4 月 1 日から施行される宇宙気象サービスは、国家及び公共機関に提供される通知サービスと宇宙気象ホームページの提供であり、宇宙気象情報を簡単に理解し、対応できる形で提供される。宇宙気象予報・特報は、世界気象機関 (WMO)、ICAO および NOAA が提示している基準を参考に、宇宙放射線の暴風、宇宙粒子の暴風、地磁気の暴風の 3 つの項目について基準を設定して実施される。宇宙気象通報サービスは、国家及び公共機関、報道機関など 60 余りの機関を対象に毎日 2 回の定時予報 (7 時、19 時) と随時発表する特報 (注意報、警報) に区分し、FAX、SMS テキストメッセージ、E-mail を通じて提供される<sup>36</sup>。

「気象法」<sup>37</sup>第 14 条の 3 では、気象庁長は宇宙空間における物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に及ぼす影響について必要な予報をしなければならないとされている。(以下、抜粋)

第 14 条の 3 (宇宙空間の物理現象が気象現象等に及ぼす影響に対する予報及び特報)

①気象庁長は、宇宙空間での物理的現象が気象現象、気候及び気象衛星に及ぼす影響につ

<sup>36</sup> 기상청, 4 월 1 일부터 우주기상 서비스 시행, 2012.4.1.,

<https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchTrend.do?cn=SCTM00104402>

<sup>37</sup> 기상청, 기상법, 2024.2.15.,

<https://www.law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9/%EA%B8%B0%EC%83%81%EB%B2%95>

いて必要な予報をしなければならない。 <改正 2023. 2.14.>

②気象庁長は、宇宙空間での物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に影響を及ぼし、重大な災害が発生するおそれがあると判断する場合、宇宙空間での物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に及ぼす影響について必要な特報をしなければならない。 <新設 2023. 2. 14.>

③第 1 項及び第 2 項による予報及び特報の種類及び内容等に必要な事項は、大統領令で定める。 <改正 2023. 2.14.>

[本条新設 2011. 9. 30.]

[第 14 条の 2 から移動<2023. 2. 14.>]

「気象法施行令」<sup>38</sup>の第 11 条の 2 には法第 14 条の 3 第 1 項で定められている予報及び特報（注意報および警報）について記載されている。（以下、抜粋）

第 11 条の 2（宇宙空間の物理現象が気象現象等に及ぼす影響に対する予報及び特報）

①法第 14 条の 3 第 1 項による宇宙空間における物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に及ぼす影響の予報は、次の各号に分けられる。 <改正 2024. 2. 6.>

1. 短期予報：予報対象期間 1 日以内
2. 中期予報：予報対象期間 7 日以内
3. 長期予報：予報対象期間 8 日以上

②法第 14 条の 3 第 2 項による宇宙空間における物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に及ぼす影響に対する特報は、注意報と警報に区分する。 <改正 2024.2.6.>

③気象庁長は、第 1 項及び第 2 項による予報及び特報を発表するために、関係中央行政機関の長又は研究機関の長に「電波法」第 61 条による宇宙電波受信資料や地磁気、電離層及び太陽黒点観測結果など必要な資料の提出を要請することができる。

④第 1 項から第 3 項までに規定した事項のほか、第 1 項による予報の詳細種類・内容、

<sup>38</sup> 기상청, 기상법 시행령, 2024.5.27.,

<https://www.law.go.kr/LSW//lsInfoP.do?lsiSeq=261523&efYd=20240527&ancYnChk=0#0000>

第 2 項による特報の発表基準等に関して必要な事項は、気象庁長が定める。 <新設 2024.2. 6.>

[本条新設 2012. 3. 30.]

CARI-7A で選択可能な宇宙放射線モデルには、過去に発生した太陽粒子現象に基づいたモデルがある。また、CARI プログラムは周期的な太陽活動の影響による銀河宇宙線（GCR）の変化を反映している。通常、現在の時点から 1～2 ヶ月前のデータが更新されるため、安全管理担当者はデータの更新を常にチェックし、更新された時点でその月の被ばく放射線量計算を行う。飛行経路を可能な限り乗務員が飛行した当時の情報を反映できるようにすることが被ばく放射線量管理の観点から重要であると強調されている。

CARI-7A の出力値は「ICRP PUB 103 EFFECTIVE DOSE」または「ICRP PUB 60 EFFECTIVE DOSE」が選択可能である。韓国国内の被ばく線量評価体系が ICRP 60 勧告の放射線重み付けを適用しているため、現在の時点では後者を選択することが適切であると「2022 年 生活周辺放射線安全管理実態調査及び分析」で勧められた。

「2022 年生活周辺放射線安全管理実態調査及び分析」によると、韓国の各航空運送事業者が使用している宇宙放射線被ばく線量評価プログラムは、2023 年 4 月時点で以下の通りである。

表 2 航空運送事業者別宇宙放射線被ばく線量評価プログラムの使用状況

| プログラム        | 航空運送業者   |
|--------------|----------|
| CARI-6M      | 大韓航空     |
|              | アジアナ航空   |
|              | チェジュ航空   |
|              | ジンエアー    |
| CARI-6(SAFE) | エアプサン    |
|              | エアソウル    |
|              | エア・インチョン |

|         |          |
|---------|----------|
|         | ティーウェイ航空 |
|         | フライカンウォン |
| CARI-7A | エアプレミア   |

KINS による「2023 年自然環境における放射線安全管理の実態調査・分析」<sup>35</sup>によれば、一部の航空運送事業者は、飛行計画段階で太陽活動関連事項をモニタリングし、乗組員に情報を提供して飛行時に参考するようにしていることが確認されている。これは直接的な宇宙放射線安全管理ではないが、間接的に急激な太陽活動を回避して被ばく放射線量を減少させることができる安全管理の一部とみなすことができる。しかしながら、日常的な乗務員の被ばく放射線量のモニタリング、宇宙放射線に関する情報提供など直接的な宇宙放射線安全管理を行う事業者はなかったとされている。

### 2.1.3.3 法令に関連する検討体制等

航空機乗務員に対する宇宙放射線安全管理強化のため、「生活周辺放射線安全管理法」が2022年6月10日に公布され、2023年6月11日施行に伴い、同法施行に必要な事項を同法施行令、施行規則の改正に関する検討がNSSCにより行われている。

2022年12月22日に開催された第169回原子力安全委員会では、原子力安全委員会放射線安全課長より改正案についての説明がなされている。審議の結果、被ばく放射線量がNSSCの定める基準を超えた場合、航空機乗務員に対する安全措置事項を告示で具体的に定めるよう委任するよう修正するというで議決されている。

2023年2月9日に開催された第171回原子力安全委員会では、「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」について議論がなされ議決されている<sup>39</sup>。同委員会では、6 mSv の管理基準に関する議論がなされており、KINS 内で専門家との検討を行ったことが議

<sup>39</sup> NSSC, The 171st Meeting of the Commission Was Held, 2023.2.9., [https://www.nssc.go.kr/en/cms/FR\\_BBS\\_CON/BoardView.do?pageNo=15&pagePerCnt=10&MENU\\_ID=90&CONTENTS\\_NO=&SITE\\_NO=3&BOARD\\_SEQ=1&BBS\\_SEQ=46183&USER\\_NAME=&TEL\\_NO=&WRITER\\_DI=&\\_csrf=&SEARCH\\_FLD=&SEARCH=](https://www.nssc.go.kr/en/cms/FR_BBS_CON/BoardView.do?pageNo=15&pagePerCnt=10&MENU_ID=90&CONTENTS_NO=&SITE_NO=3&BOARD_SEQ=1&BBS_SEQ=46183&USER_NAME=&TEL_NO=&WRITER_DI=&_csrf=&SEARCH_FLD=&SEARCH=)

事録で記されている。(以下、議事録抜粋、仮訳) <sup>40</sup>

○金大珍（韓国原子力安全技術院生活放射線規制総括室）

私たち内部の専門家の方と検討してみた結果、6 mSv という数値は、前回も一度申し上げましたが追加的に検討された内容は、過去に ICRP (国際放射線防護委員会) で ICRP 26 (77 年勧告) から始まりました。77 年勧告当時は線量限度が 50 mSv ですが、その当時 ICRP は従事者の勤務管理のために線量限度の 30%という基準で管理することを勧告しました。

それをヨーロッパや IAEA で反映して管理をしてきました。ICRP 60 勧告に発展し、ICRP は 30%という基準を削除しましたが、ヨーロッパでは引き続き線量限度の 30%という基準を管理基準として維持してきました。

そして、線量限度が 20 mSv に変更になり、この 30%という基準を維持し続けてきており、そのため、その 6 mSv という数値は過去に従事者や放射線管理区域の管理区分基準で線量限度の 30%を使ったことが今まで存続してヨーロッパで適用しているというお話をさせていただきます。

だから 6 mSv がどんな人体影響や科学的根拠で設定になったのではなく、放射線防護の目的で設定された基準の 30%であり、それを航空機乗務員に適用したときも現在は ICRP や IAEA、ヨーロッパでも航空機乗務員の管理基準として 5～10 mSv の間、そして 6 mSv または 5 mSv を勧告している状況です。

そこで我が国にこの部分を適用してみた時もこれまで管理されてきた履歴をもとに 6 mSv で、追加で検討し管理を目的とする適切な数値だと判断しました。

#### 2.1.3.4 その他の関連情報

韓国原子力安全技術院 (KINS) が発行した「2022 年 生活周辺放射線安全管理実態調査及

<sup>40</sup> NSSC, 제 171 회(2023-02, 2.9) 원자력안전위원회 회의록, 2023.2.22.,

[https://www.nssc.go.kr/ko/cms/FR\\_BBS\\_CON/BoardView.do?pageNo=4&pagePerCnt=15&MENU\\_ID=170&CONTENTS\\_NO=&SITE\\_NO=2&BOARD\\_SEQ=14&BBS\\_SEQ=46036&USER\\_NAME=&TEL\\_NO=&WRITER\\_DI=&\\_csrf=&SEARCH\\_FLD=&SEARCH=](https://www.nssc.go.kr/ko/cms/FR_BBS_CON/BoardView.do?pageNo=4&pagePerCnt=15&MENU_ID=170&CONTENTS_NO=&SITE_NO=2&BOARD_SEQ=14&BBS_SEQ=46036&USER_NAME=&TEL_NO=&WRITER_DI=&_csrf=&SEARCH_FLD=&SEARCH=)



び分析」<sup>41</sup>では、宇宙被ばくの評価手順が記載されている。韓国の航空事業者が実施している被ばく評価には、米国連邦航空局（FAA）が提供する CARI-6M、CARI-6、もしくは CARI-7A が使用されている。

そのうち、エアプレミアが使用している CARI-7A は FAA の最新プログラムである。エアプレミアの宇宙放射線被ばくの評価手順は以下の通りである。

エアプレミアは、乗務員の被ばく放射線量評価のため、安全管理担当者が FAA のホームページを通じて周期的な太陽活動の影響を反映しているかどうかを確認し、それに応じて関連部署を通じて評価期間中の飛行計画書を送付する。その後、担当者は飛行計画書上の飛行高度とその高度で飛行した時間を手書きで抽出し、CARI-7A を駆動させるための路線別入力ファイルを生成及び CARI-7A に入力し、路線別被ばく放射線量を出力する。その後、これを整理して運航乗務員、客室乗務員のスケジュールを管理するチームにそれぞれ送ると、各チームで路線別線量を乗務員がその期間に飛行した履歴に反映して乗務員別の被ばく放射線量を算出する。

韓国は ICAO 条約に加盟しており、2024 年 4 月に MOFA から、韓国の外務次官が国際民間航空機関（ICAO）事務総長と会談し、北朝鮮のミサイル挑発に関する問題について意見交換を行ったプレスリリースが報告された<sup>42</sup>。しかし、本文書を含むその他文書においても放射線に関する要求の対応について明記されていない。

「乗務員に対する宇宙放射線安全管理規定」（2016 年 12 月 14 日）<sup>43</sup>では、航空機乗務員の被ばく放射線量安全基準にて年間 50 mSv を超えない範囲で 5 年間 100 mSv 以下と定めていた。（以下、抜粋）

|                  |
|------------------|
| 第 4 条（乗務員の線量限度等） |
|------------------|

<sup>41</sup> KINS, 2022 년 생활주변방사선 안전관리 사업 실태조사 결과보고서, 2023.04.28., [https://cisran.kins.re.kr/board/reports/list.do?bltnth\\_seq=220&page\\_current=&ctgr\\_cd=&sel\\_search\\_type=TC&keyword=](https://cisran.kins.re.kr/board/reports/list.do?bltnth_seq=220&page_current=&ctgr_cd=&sel_search_type=TC&keyword=)

<sup>42</sup> MOFA, Vice Minister of Foreign Affairs Kang Insun Meets with Secretary General of International Civil Aviation Organization (ICAO), 2024.4.19., [https://www.mofa.go.kr/eng/brd/m\\_5674/view.do?seq=320986](https://www.mofa.go.kr/eng/brd/m_5674/view.do?seq=320986)

<sup>43</sup> 국토교통부, 승무원에 대한 우주방사선 안전관리 규정, 2016.12.14., <https://www.law.go.kr/LSW/admRulLsInfoP.do?chrClsCd=&admRulSeq=2100000089737>

①乗務員の線量限度は、年間 50 ミリシーベルトを超えない範囲で、5 年間毎に 100 ミリシーベルト以下とする。ただし、妊娠した女性乗務員の場合には、その妊娠事実が確認された日から出産時まで 2 ミリシーベルト以下とする。

2018 年 6 月、大韓航空の乗務員は国内の航空機乗務員として初めて血液がんで労災申請を行った。これをきっかけに、国会では、乗務員に対する宇宙放射線の制度改善の必要性が提起され、その後 2021 年 5 月から安全基準の強化が図られた。「乗務員に対する宇宙放射線安全管理規定」(2021 年 5 月 24 日)<sup>44</sup>では、航空機乗務員の被ばく放射線量安全基準は線量限度 50 mSv から、年間 6 mSv に引き下げられ、個人別被ばく放射線量資料保管期間は従来の 5 年から航空機乗務員退職後 30 年(または 75 歳)まで延長された。特に、妊娠した客室乗務員の安全基準は、妊娠認知から出産まで 2 mSv から 1 mSv に下げて管理されることとなった。(以下、抜粋)

#### 第 4 条 (乗務員の被ばく放射線量管理)

①乗務員の被ばく放射線量は年間累積して 6 ミリシーベルトを超えない範囲で管理されなければならない。ただし、妊娠した女性乗務員の場合には、その妊娠事実が確認された日から出産時まで被ばく放射線量を 1 ミリシーベルト以下で管理しなければならない。

なお、「生活周辺放射線安全管理法(2022 年 6 月 10 日改正)」の施行(2023 年 6 月 11 日)により、乗務員宇宙放射線安全管理に関する業務が原子力安全委員会に移管されたことに伴い、国土交通部告示の「乗務員に対する宇宙放射線安全管理規定」は、2023 年 6 月 21 日に廃止された。2023 年 6 月 11 日は、原子力安全委員会による「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」が制定・施行されている。

#### 2.1.3.5 韓国のまとめ

韓国における航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下の通りまとめる。詳細については、表 6 に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は 2023 年 6 月施行の生活周辺放射線安全管理法

<sup>44</sup> 국토교통부, 승무원에 대한 우주방사선 안전관리 규정, 2021.5.24.,

<https://www.law.go.kr/LSW/admRulLsInfoP.do?chrClsCd=&admRulSeq=2100000201188>

で規定されている。適用対象事業者は、航空運送事業者、防護の対象となる個人は、航空機乗務員、客室乗務員である。

2. 被ばく線量に係る基準値：生活周辺放射線安全管理法では、国際航空機乗務員の被ばく放射線量最適化のための管理基準として年間 6 mSv、妊娠した客室乗務員の場合、妊娠した事実を航空運送事業者に報告・通知して妊娠が確認された時点から出産時までの期間は 1 mSv と規定されている。基準を超えた場合、飛行路線の変更や飛行回数の調整等の措置が講じられることが定められている。
3. 被ばく線量の管理方法：生活周辺放射線安全管理法では、航空運送事業者は、放射線に被ばくする恐れのある運航乗務員及び客室乗務員の健康保護と安全のための措置を講じなければならないとされており、この法令に基づく専門機関の KINS が NSSC から宇宙放射線安全規制業務を委託し、宇宙放射線安全管理実態調査及び定期検査業務を遂行することで、宇宙放射線被ばくに対する安全管理を行っている。また、宇宙放射線被ばく放射線量評価プログラムでは、2023 年 6 月に規定された NSSC 告示「航空運送事業者の宇宙放射線の安全管理に関する規定」によって、検証技術基準が規定されている。
4. 天文現象への対応方法：2023 年 2 月 14 日に改正された気象法では、気象庁長は宇宙空間における物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に及ぼす影響について必要な予報をしなければならないとされている。また、KINS による実態調査によって急激な太陽活動を回避し、被ばく放射線量を減少させることができる安全管理の実施が確認されている。

#### 2.1.4 Euratom（欧州原子力共同体）

2013年にEuratomは電離放射線による危険から身を守るための基本的な安全基準を定めるため、COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOMを勧告した<sup>45</sup>。これはEU二次法のdirective（指令）である<sup>46</sup>。この勧告（2013/59/EURATOM）の内容を以下に抜粋する。

（26）宇宙放射線への航空機乗務員の被ばくは、計画被ばく状況として管理されるべきである。宇宙船の運用は本指令の適用範囲であり、線量限度を超える場合は特別に認可された被ばくとして管理されるべきである。

#### 第1章 主題と範囲

##### 第3条 適用範囲からの除外：

- （a）人体に含まれる放射性核種や地上に存在する宇宙放射線など、自然レベルの放射線による被ばく
- （b）飛行中または宇宙空間における、一般公衆または航空・宇宙乗務員以外の労働者が受ける宇宙放射線による被ばく
- （c）地殻に存在する放射性核種による地上での被ばく

#### 第2章 被ばく量の制限

##### 第10条 妊娠中及び授乳中の労働者の防護

1. 加盟国は、胎児の防護が一般人に提供される防護と同等であることを確保するもの

<sup>45</sup> European Union, Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, 2013.12.5., /oj

<sup>46</sup> directive（指令）：指令の中で命じられた結果についてのみ、加盟国を拘束し、それを達成するための手段と方法は加盟国に任される。指令の国内法制化は、既存の法律がない場合には、新たに国内法を制定、追加、修正することで行なわれる。一方、加盟国の法の範囲内で、指令内容を達成できる場合には、措置をとる必要はない。加盟国の既存の法体系に適合した法制定が可能になる半面、規則に比べて履行確保が複雑・困難になる。

総務省、欧州連合（EU）、[https://www.soumu.go.jp/g-ict/international\\_organization/eu/pdf\\_contents.html](https://www.soumu.go.jp/g-ict/international_organization/eu/pdf_contents.html)

とする。妊娠中の労働者が事業者、または外部労働者の場合は雇用者に、妊娠の事実を知らせるとすぐに、国内法に従い、事業者および雇用者は、妊娠中の労働者の雇用条件が、胎児への等価線量が合理的に達成可能な限り低く、少なくとも妊娠の残りの期間中は 1 mSv を超える可能性が低いことを保証しなければならない。

2. 労働者が乳幼児に授乳していることを、事業者（または外部労働者の場合は雇用者）に通知した時点で、放射性核種の摂取や身体汚染の重大なリスクを伴う業務に就かせてはならない。

## 第 6 章 職業被ばく

### 第 35 条 職場における取り決め

1. 加盟国は、放射線防護のため、労働者が年間 1 mSv の実効線量、または眼の水晶体については年間 15 mSv、皮膚および四肢については年間 50 mSv の等価線量を超える被ばくを受ける可能性のあるすべての作業場について、取り決めを行うことを保証しなければならない。

このような取り決めは、施設および線源の性質、ならびにリスクの大きさおよび性質に適切なものでなければならない。

2. 第 54 条(3)に規定される作業場で、労働者の被ばくが年間 6 mSv の実効線量または加盟国の定めた時間で積算されるラドン被ばく値を超える可能性がある場合、これらは計画被ばく状況として管理され、加盟国は本章に規定されるどの要件が適切であるかを決定するものとする。第 54 条(3)に規定される事業場であって、労働者の実効線量が年間 6 mSv 以下、または被ばく量に対応する時間積分ラドン被ばく値以下の場合、所轄庁は、被ばく量を常に見直すことを義務付けなければならない。

3. 宇宙放射線による乗務員の実効線量が年間 6 mSv を超える可能性がある航空機を運航する事業については、この被ばく状況の特殊性を考慮した上で、本章に定める関連要件が適用されるものとする。加盟国は、乗務員の実効線量が年間 1 mSv を超える可能性

がある場合、所管官庁が事業者に対し、特に次のような適切な措置を講じるよう求めることを確保しなければならない

(a)当該乗務員の被ばくを評価すること

(b)被ばく量の多い乗務員の線量を減らす目的で作業スケジュールを組む際に評価された被ばく量を考慮すること

(c)関係する労働者に、業務に伴う健康リスクと個々の被ばく線量を知らせること

(d)妊娠中の乗務員に第 10 条第 1 項を適用すること

#### 第 43 条 結果の記録と報告

1. 加盟国は、各カテゴリーA の労働者、および加盟国がモニタリングを義務付けている各カテゴリーB の労働者について、個別モニタリングの結果を含む記録を作成することを保証しなければならない。

2. 第 1 項の目的のため、被ばく労働者に関する以下の情報を保持しなければならない：

(a) 第 41 条、第 42 条、第 51 条、第 52 条、第 53 条、および第 35 条(2)に従って加盟国が決定した場合は第 54 条(3)に従って、個々の被ばく線量を測定または推定した記録；

(b) 第 42 条、第 52 条および第 53 条で言及されている被ばくの場合、状況および取られた措置に関する報告書；

(c) 個人線量を評価するために使用される職場モニタリングの結果（必要な場合）。

3. 第 1 項の情報は、電離放射線への被ばくを伴う業務に従事する期間中、およびその後 75 歳に達するまで、または 75 歳に達すると見込まれる期間、ただし、情報の保管について、いずれの場合も、被ばくを伴う業務の従事終了後 30 年を下回ってはいけない。

4. 第 42 条、第 52 条、第 53 条、及び第 35 条(2)に基づき加盟国が決定した場合、第 54 条(3)に定める被ばくについては、第 1 項に定める線量記録に別途記録するものとす

る。

5. 第 1 項の線量記録は、附属書 X の規定に従い、加盟国が設置する個別放射線モニタリング用のデータシステムに提出するものとする。

線量記録の保存期間については、IAEA GSR Part3 の 3.104.にも同様の記載がある。

- 3.104. 各作業者の職業被ばく記録は、作業者の就労期間中とその後少なくとも作業者が 75 歳に達するか達したと思われるまで及び職業被ばくを伴う作業終了後少なくとも 30 年間、保存されなければならない<sup>47</sup>。

#### 2.1.4.1 DOSMAX プロジェクト

EU では、Euratom のプロジェクトの一部として、2000 年から 2004 年に航空機乗務員の被ばく線量評価のプロジェクト “Dosimetry of aircrew exposure to radiation during solar maximum (DOSMAX)<sup>48</sup>：太陽活動極大期における航空機乗務員の被ばく線量評価” を実施した。DOSMAX プロジェクトの目的は以下のとおりである。

過去 10 年間に採用された航空機の飛行高度の上昇により、大気圏上層部での航空機乗務員の放射線被ばく線量が増加している。欧州連合 (EU) 理事会指令 96/29/EURATOM<sup>49</sup>の改訂により、宇宙放射線が職業被ばくに含まれることになったため、航空時の高度における被

<sup>47</sup>IAEA, IAEA Safety Standards Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards General Safety Requirements Part 3, 2014, <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards>

<sup>48</sup> CORDIS - EU research results, Dosimetry of aircrew exposure to radiation during solar maximum, 2003.4.24, <https://cordis.europa.eu/project/id/FIGM-CT-2000-00068>

<sup>49</sup> European Communities, Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation, 1996.6.29., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31996L0029>

ばく状況を徹底的に調査し、航空機乗務員の被ばく量を推定する必要性が浮き彫りになった。問題となっている航空環境は非常に複雑で、地上での職業被ばくの研究では経験したことのない種類の放射線や範囲が混在している。さらに、線量レベルは高度、地磁気、太陽周期の位相によって変化する。測定と計算は、11年間の太陽周期のうち、最後の7年間について成功裏に終了した。今回のプロジェクトの目的は、来るべき太陽活動極大期までの調査を統合し、完了させることである。

上記のプロジェクトでは、航空機の高度における放射線場を調査が可能な測定器の開発・改良を行い、さまざまな加速器施設でそれらの校正と特性評価を実施した<sup>50</sup>。第23太陽周期<sup>51</sup>の極大期における高度及び緯度の関数としての放射線場の測定を行い、高高度で稀に発生する太陽高エネルギー粒子の影響を初めて測定することを計画した。これらの測定と並行して、EPCARDやCARI-6を含むコンピュータ・コードを用いた広範な計算を行い、場の様々な側面を調査し、実験データと結果を比較した。また、線量推定のいくつかの方法とそれに伴う不確実性についても検討した。最終的に、DOSMAXプロジェクトの結果と結論を、専門家や一般向けに分かりやすく説明した小冊子<sup>52</sup>を作成した。

<sup>50</sup> CORDIS - EU research results, Dosimetry of Aircrew Exposure to Radiation During Solar Maximum (DOSMAX), FINAL REPORT PROJECT SUMMARY, 2004.11,  
[https://cordis.europa.eu/docs/projects/files/FIGM/FIGM-CT-2000-00068/fp5-  
euratom\\_dosmax\\_projsum\\_en.pdf](https://cordis.europa.eu/docs/projects/files/FIGM/FIGM-CT-2000-00068/fp5-<br/>euratom_dosmax_projsum_en.pdf)

<sup>51</sup> 太陽黒点の記録が開始された1755年以降の、23回目の太陽活動周期（1996年5月から2008年12月まで12.6年間）

<sup>52</sup> CORDIS - EU research results, Evaluation of the Cosmic Radiation Exposure of Aircraft Crew,  
[https://cordis.europa.eu/docs/projects/files/FIGM/FIGM-CT-2000-00068/75331981-6\\_en.pdf](https://cordis.europa.eu/docs/projects/files/FIGM/FIGM-CT-2000-00068/75331981-6_en.pdf)



### 2.1.5 英国

欧州連合理事会は 2014 年 1 月 17 日に、電離放射線への被ばくから生じる危険から身を守るための基本的な安全基準を定める指令 2013/59/Euratom を採択している。英国では、航空機乗務員と宇宙飛行士に適用される同指令の規定が、2019 年 8 月 7 日に The Air Navigation (Cosmic Radiation: Protection of Air Crew and Space Crew and Consequential Amendments) Order 2019（以下、ANO(Cosmic Radiation)）として施行された<sup>53</sup>。

#### 2.1.5.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

英国の航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制は、英国民間航空局（CAA）が所掌している<sup>54</sup>。

#### 2.1.5.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

航空機乗務員の放射線被ばくについては、ANO(Cosmic Radiation)で規制されている。また、一部、The Air Navigation (Overseas Territories) Order 2013<sup>55</sup>（以下、ANO(Overseas Territories)）の Part5 にも宇宙放射線からの航空機乗務員の防護について記載がある。一方で、乗客に関する放射線防護の法令やガイドライン等について、英国および航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった。

### 1) 法令の適用範囲

法令の適用範囲は、ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup>の第 3 条にて、英国にて設立されているまたは、主たる営業所が英国内にある航空機を管理する事業者と定めている。また、この事業

<sup>53</sup> UK government (UK Statutory Instruments), The Air Navigation (Cosmic Radiation: Protection of Air Crew and Space Crew and Consequential Amendments) Order 2019, 2019.8.7, <https://www.legislation.gov.uk/ukSI/2019/1115/made>

<sup>54</sup> CAA, Introduction A summary of health and safety and working regulations in civil aviation, <https://www.caa.co.uk/our-work/about-us/health-safety-and-working-time-regulation/introduction/>

<sup>55</sup> UK government (UK Statutory Instruments), The Air Navigation (Overseas Territories) Order 2013, 2014.1.1, <https://www.legislation.gov.uk/ukSI/2013/2870/contents/made>

者は、ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup>の第4条で、航空機を管理しているものを意味すると定められている。以下に、関連する箇所の翻訳を抜粋する。(以下、抜粋)

第1部第3条「法令適用」

(1) 本令は、以下に関して適用される。

(a)以下の事業者による航空機の運航に関して適用される。

(i)英国に設立されている。または、

(ii)主たる営業所が英国内にある。

(2) この命令は、軍用機の運航に関しては適用されない。

(3) 本条において、「軍用機」とは、以下を意味する。

(a)各国の海軍、陸軍、空軍の航空機。

(b)国務長官が発行した証明書が有効な航空機であって、当該航空機が本令の目的のために軍用機として取り扱われるもの

第1部第4条「事業者の意味」

(1) この命令の規定の適用上、航空機に関する "事業者" とは、当該時点で航空機を管理する者をいう。

(2) ただし、陛下に属する航空機又は専ら陛下の業務に使用される航空機に関するこの命令の適用については、航空機の管理について陛下に代わって責任を負う当分の間、政府省庁その他の機関は、航空機の事業者とみなされる。

(3) この条のいかなる規定も、航空機の管理について陛下に代わって責任を負う政府省庁またはその他の機関に、刑罰を科す責任を負わせるものではない。

航空事業者等の運航路線、運航経路若しくは乗客の飛行頻度の考慮（グレーデッドアプローチ）に関する法令等は、英国および航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった。その一方で、ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup>の第7条では、被ばく線量の高い乗務員に関して、被ばく線量を低減する目的で、評価された被ばく量を考慮して作業スケジュールを組むことと定めている。以下に、関連する箇所の翻訳を抜粋する。(以下、抜粋)

第2部第7条「評価および情報提供の要件」

- (1) 事業者は、以下のことを行わなければならない。
- (a) 該当する各乗務員の宇宙放射線被ばくを評価するための適切な手段を講じること；
  - (b) 被ばく線量の高い乗務員の被ばく線量を低減する目的で、評価された被ばく量を考慮して作業スケジュールを組むこと。
  - (c) 関係乗務員に対し、(a)で評価された各乗務員の被ばく線量を通知すること。
- (2) "評価"及び"過度の被ばく"は、命令の第 35 条と同じ意味を有する。

## 2) 法令における被ばく線量に係る基準値

ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup>では、被ばく線量に係る基準値は、第 5 条に、事業者が認可を受けていない場合、雇用された乗務員の実効線量が 1 mSv/年を超えてはいけないことを定めているが、(a) 事業者が有効な関連証明書や認可を付与または発行されている場合、(b) 承認された訓練機関または公表された訓練機関である場合、(c) CAA に関連する申告を行っている場合の乗務員では、実効線量で 6 mSv/年を定めている。また、実効線量の基準値が 6 mSv/年の乗務員の中でも、特別の任務を負った乗務員 (Classified crew member) は、実効線量の基準値を 20 mSv/年に定めている。また、ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup>の第 2 条にて、乗務員は運航乗務員 (当該航空機の操縦士、航空無線通信士)、客室乗務員 (旅客の安全のために職務を遂行する目的で航空機に乗り組む者)、タスクスペシャリスト (航空機内で専門的なタスクを行う者) と定められている。以下に、関連する箇所の翻訳を抜粋する。(以下、抜粋)

### 第 2 部第 5 条「被ばくの許可と禁止」

- (1) いかなる事業者も、本条において認可されていない限り、年間で 1 mSv を超える宇宙放射線の実効線量を受ける可能性のある者を、航空機の乗務員として雇用し、またはその他の方法に従事させてはならない。
- (2) 第 24 条 (事業者を認可されていないと決定する CAA の権限) に従い、事業者は、以下の場合、本条において認可される。
- (a) 関連証明書、宇宙産業法認可、または特殊運航認可が付与または発行され、かつその証明書、認可、または認可が有効である場合
  - (b) 承認された訓練機関又は公表された訓練機関である場合。または、

(c) CAA に関連する申告を行っている場合。

- (3) いかなる事業者も、航空機又は宇宙船の乗務員として、その者が 1 年中に 6 mSv (6 mSv/年) を超える宇宙放射線の実効線量を受けることになるような職務を遂行するために、その者を雇用又はその他の方法で従事させてはならない。ただし、その者が特別の任務を負った乗務員 (Classified crew member) である場合はこの限りでない (第 12 条 (過度の被ばくを受けた乗務員の継続勤務) 参照)。
- (4) いかなる事業者も、航空機又は宇宙船の乗務員として、その者が 1 年中に 20 mSv (20 mSv/年) を超える宇宙放射線の実効線量を受けることになるような職務を遂行するために、その者を雇用又はその他の方法で従事させてはならない。(第 12 条 (過度の被ばくを受けた乗務員の継続勤務) 参照)。
- (5) 本条において「承認訓練機関」とは、EASA 航空機乗務員規則第 1 条に規定されている意味を有し、「申告訓練機関」とは、EASA 航空機乗務員規則第 1 条に規定されている意味を有し、「EASA 航空機乗務員規則」とは、欧州議会および理事会規則 (EC) No 216/2008 に基づき、民間航空機の航空機乗務員に関する技術的要件および管理手続きを定めた 2011 年 11 月 3 日付の欧州委員会規則 (EC) No 1178/2011 を意味する。「EASA 航空事業者規則」とは、欧州議会及び理事会規則 (EC) No 216/2008 に基づき、航空業務に関する技術的要件及び行政手続を定めた 2012 年 10 月 5 日付欧州委員会規則 (EU) No 965/2012 をいう M7 ; 「国内航空事業者証明書」及び「Part-CAT 航空事業者証明書」とは、2016 年航空航法令別表第 1 の第 1 項に定める意味を有する ; 「関連証明書」とは、以下をいう。

(a)国内航空事業者証明書

(b)Part-CAT 航空事業者証明書

「関連申告」とは、事業者が CAA に対して行う申告を意味する。

(a)EASA 航空運航規則附属書 III に従い、運航者が高リスクの商用特殊運航以外の特殊運航を実施する、または実施する意図があること ;

(b)EASA 航空業務規則附属書 III に従い、運航者が複合動力航空機の非商業的運航を実施している、または実施しようとしている場合 ;

"特殊運航"および"高リスク商業特殊運航"は、EASA 航空事業者規則と同じ意味を持つ。

"特殊運航許可"とは、EASA 航空事業者規則に基づいて運航者に付与された、高リス

ク商業特殊運航を行うことを許可する許可を意味する。

## 第 2 部第 12 条「過度の被ばくを受けた乗務員の継続勤務」

- (1) いかなる事業者も、暦年の残りの期間、 $X \text{ mSv}$  を超える宇宙放射線の実効線量を受け  
るおそれのある過度の被ばくを受けた乗務員を、航空機又は宇宙船内で職務に従事さ  
せるために雇用又は従事させてはならない。
- (2) (1)において、「 $X$ 」とは、以下のいずれか低い方をいう。
  - (a) 当該乗務員に適用される線量限度を 365 で除し、暦年の残りの日数を乗じた値、お  
よび、
  - (b) 当該乗務員に適用される線量限度から、当該乗務員が過度の被ばくを受けた日までの  
暦年間に当該乗務員が受けた実効線量（過度の被ばくの結果生じた線量を除く）を差  
し引いた値
- (3) 過度の被ばくを受けた乗務員を航空機又は宇宙船内で職務に従事させる事業者は、当  
該乗務員に適用される線量限度について、当該乗務員に通知しなければならない。
- (4) 乗務員が受けた過度の被ばくが、事業者が管理できない例外的な状況によって生じた  
場合、過度の被ばくの結果生じた線量は、第 5 条（被ばくの禁止）及び第 26 条（違  
反及び罰則）における乗務員の実効線量の評価には含まれない。
- (5) 本条においては
  - (a) 「乗務員に適用される線量限度」は、以下の通りとする。
    - (i) 乗務員が第 5 条の認可を受けていない事業者のために業務を行っている場合、1  
 $\text{mSv}$  ;
    - (ii) 乗務員が第 5 条の認可を受けた事業者のために職務を行っている場合
      - (aa) 特別の任務を負った乗務員については、20  $\text{mSv}$
      - (bb) その他のすべての乗務員については、6  $\text{mSv}$
  - (b) 「暦年の残り」は、当該乗務員が過度の被ばくを受けた日の翌日から始まり、 暦年  
の最終日までとする。

## 第 3 部第 13 条「特別の任務を負った乗務員」

- (1) 事業者は、第 5 条(3)の目的のために乗務員を分類することができ、本条に基づいて特別の任務を負った乗務員を、この命令では "特別の任務を負った乗務員"という。
- (2) ただし、事業者は、次の場合を除き、乗務員を分類してはならない。
- (a)当該乗務員の直近の健康診断又は場合によっては第 14 条（健康診断）に基づく健康診断において、医師が当該乗務員を以下のように判定した場合
- (i) 特別の任務を負った乗務員として働くのに適している。または、
- (ii)一定の条件下で、特別の任務を負った乗務員として働くのに適している。および
- (b)(a)(ii)に該当する場合、その条件が満たされていること。
- (3) 事業者は、乗務員の直近の健康診断又は場合によっては第 14 条に基づく健康診断後、できるだけ速やかに、次の結果を考慮して、当該乗務員の区分への適性を見直さなければならない。
- (a)健康診断又は健康診断が行われた年の初め以降に、当該乗務員に関して実施された第 9 条又は第 16 条に基づくモニタリング
- (b)乗務員の直近の健康診断又は第 14 条に基づく健康診断、および
- (c)第 14 条に基づく乗務員の直近の健康診断又は健康診断の日以降に、当該乗務員が受けたその他の健康診断
- (4) 事業者は、以下の場合、乗務員を特別の任務を負った乗務員として区分することを中止しなければならない。
- (a)当該乗務員の直近の健康診断又は第 14 条に基づく健康診断において、医師が以下のように判断した場合。
- (i) 特別の任務を負った乗務員として働くのに不適當である、または
- (ii)一定の条件下で、特別の任務を負った乗務員として働くのに適している、および
- (b)(a)(ii)に該当する場合、その条件が満たされていない。

## 第 1 部第 2 条「解釈」

(1) この命令では

"飛行場"は、航空航法令 2016 M1 の別表 1 の段落 1 に与えられた意味を有し、"客室乗務員"は、旅客の安全のために職務を遂行する目的で航空機に乗り組む者であって、運航乗務員の一人として行動しない者をいい、"特別の任務を負った乗務員"は、第 13 条(1)に与えられた意味を有し、"乗務員"は、

(a)航空機に関し、当該航空機に乗り組む者であって、次のいずれかに該当する者をいう。

(i)運航乗務員

(ii)客室乗務員、または、

(iii)タスクスペシャリスト

妊娠中の乗務員について被ばく線量に係る基準値は、ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup> の第 8 条に、等価線量が残りの妊娠期間中に 1 mSv を超える可能性が低いことを確保しなくてはならないと定めている。以下に、関連する箇所の翻訳を抜粋する。(以下、抜粋)

#### 第 2 部第 8 条「妊娠中の乗務員の防護」

(1) 事業者は、胎児への被ばくリスクを考慮し、妊娠の事実を早期に事業者に知らせることの重要性を、関係する全ての乗務員に伝えなければならない。

(2) 事業者は、乗務員から書面により妊娠している旨の連絡があった場合には、直ちに、以下の事項を確保しなければならない。

(a)乗務員が職務上宇宙放射線に被ばくする条件が、胎児への等価線量が合理的に達成可能な限り低くなるようなものであること。および、

(b)その線量が残りの妊娠期間中に 1 mSv を超える可能性が低いこと。

(3) 本条において、「等価線量」は、指令の第 4 条(33)で与えられる意味を有する。

ANO(Overseas Territories)<sup>55</sup> の Part5 では、事業者が、年間 1 mSv を超える宇宙放射線にさらされる可能性のある乗務員について、飛行中の宇宙放射線被ばくを評価すること、胎児への等価線量が合理的に達成可能な限り低く、1 mSv を超える可能性が低いことを保証することが定められている。(以下、抜粋)

#### 第 5 部第 65 条「宇宙放射線からの航空機乗務員の防護」

- (1) 関連事業者は、宇宙放射線から航空機乗務員を保護するための適切な措置を講じなければならない。
  - (a) 年間 1 mSv を超える宇宙放射線にさらされる可能性のある乗務員の飛行中の宇宙放射線被ばくを評価する。
  - (b) 被ばく線量の高い航空機乗務員の被ばく線量を低減するため、作業スケジュールを組む際には、評価された被ばく線量を考慮すること。および、
  - (c) 関係する労働者に、業務に伴う健康リスクを知らせること。
- (2) 関連事業者は、妊娠中の航空機乗務員に関して、飛行中の宇宙放射線被ばくの条件が、胎児への等価線量が合理的に達成可能な限り低く、残りの妊娠期間中に 1 mSv を超える可能性が低いことを保証しなければならない。
- (3) (2)のいかなる規定も、航空機乗務員が妊娠していることを書面で通知するまでは、当該事業者に対して、航空機乗務員に関する何らかの措置を講じることを要求するものではない。

一方、「Ionising Radiations Regulations 2017」(IRR2017)<sup>56</sup>では一般公衆の線量限度が規定されている。しかし、一般公衆に対する航空機による宇宙線被ばくに関する規定は、英国および航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった(2024年8月21日)。

### 3) 被ばく線量の管理方法

一般に向けた広報等については定められていない。

被ばく線量の評価および通知について、ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup>の第7条では、事業者は、関連する各乗務員の宇宙放射線被ばくを適切な手段で評価し、通知する必要があると定められている。また、第9条にて、事業者は、分類されるべき乗務員に特定されるまで、乗

<sup>56</sup> UK government (UK Statutory Instruments), 2018.1.1, The Ionising Radiations Regulations 2017, <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2017/1075/contents/made>



務員の被ばくをモニタリングする必要がある。また、第 9 条および第 16 条にて、コンピュータプログラムを使用して、特別の任務を負った乗務員以外の乗務員および特別の任務を負った乗務員の線量評価をすることができると定めている。以下に関連する箇所の翻訳を抜粋する。(以下、抜粋)

第 2 部第 7 条「評価と情報提供の要件」

- (1) 事業者は、以下を行わなければならない。
  - (a) 関連する各乗務員の宇宙放射線被ばくを評価するために適切な手段を講じること。
  - (b) 被ばく量の高い乗務員の線量を低減するために、作業スケジュールを組む際に、評価された被ばく量を考慮すること。
  - (c) 各関係乗務員に、(a)に基づき評価された被ばく線量を通知すること。
- (2) "評価"及び"過度の被ばく"は、指令の第 35 条と同じ意味を有する。

第 2 部第 9 条「特別の任務を負った乗務員以外の乗務員のモニタリング」

- (1) 事業者は、第 13 条に基づき分類されるべき乗務員を特定するのに十分な程度まで、特別の任務を負った乗務員以外の関連する乗務員の宇宙放射線への被ばくをモニタリングすることを確保しなければならない。
- (2) 本条に基づく乗務員のモニタリングは、航空機に搭乗している者が受ける宇宙放射線の実効線量を計算する次のいずれかのコンピュータプログラム又はこれと同等の機能を果たすコンピュータプログラムを適切に使用することにより実施することができる。
  - (a)CARI-7 ;
  - (b)EPCARD
  - (c)SIEVERT PN ;
  - (d)PCAire
- (3) 本条において
  - (a)「CARI-7」とは、連邦航空局民間航空宇宙医学研究所が開発した同名のコンピュー

タプログラムをいう；

(b)「EPCARD」とは、ヘルムホルツ・ミュンヘン・ドイツ環境保健研究センターの放射線防護研究所により開発された、航空路線線量計算のための欧州プログラムパッケージをいう；

(c)「SIEVERT PN」とは、Institut De Radioprotection et de Surete Nucleaire により開発された同名のコンピュータプログラムをいう；

(d)「PCAire」とは、PCAire Inc.が開発した同名のコンピュータプログラムを意味する。

### 第 3 部第 16 条「宇宙放射線被ばくのモニタリング：特別の任務を負った乗務員」

(1) 事業者は、特別の任務を負った乗務員一人一人の宇宙放射線被ばくを個別にモニタリングすることを保証しなければならない。

(2) 本条に基づく乗務員のモニタリングは、航空機に搭乗している者が受ける宇宙放射線の実効線量を計算する次のいずれかのコンピュータプログラム又はこれと同等の機能を有するコンピュータプログラムを適切に使用することにより行うことができる。

(a)CARI-7；

(b)EPCARD

(c)SIEVERT PN；

(d)PCAire

(3) 本条において、「CARI-7」、「EPCARD」、「SIEVERT PN」及び「PCAire」は、第 9 条と同じ意味を有する。

事業者は、乗務員が過度の被ばくを受けたと信じるに足る合理的な理由がある場合、過度の被ばくが発生していないことを合理的な疑いを超えて結論付けるため、直ちに調査を実施する必要がある。調査の結果、調査を開始した日から起算して 14 日以内に、否定的結論が出されなかった乗務員については、被ばくした宇宙放射線の線量を調査する必要がある。また、調査結果については、調査を開始した日から起算して 2 年を経過する日まで、確実に保存しなければならないことと ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup> の第 11 条に定められている。この被ば

く線量が記載された調査報告書の保管および管理については、ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup> の第 11 条に、事業者が、調査した乗務員が 75 歳または、調査が開始された日から 30 年目の日のいずれか遅い日まで保管しなければならないことと定められている。以下に、関連する箇所の翻訳を抜粋する。

第 2 部第 11 条「過度の被ばく」

(1) 事業者は、航空機内で当該事業者のために職務を遂行している間に、乗務員が過度の被ばくを受けたと信じるに足る合理的な理由がある場合、過度の被ばくが発生していないことを合理的な疑いを超えて結論付けるため（以下「否定的結論」）、直ちに調査を実施しなければならない。

(2) 事業者が、調査を開始した日から起算して 14 日以内（以下「14 日以内」）に否定的結論を出すことができない場合、過度の被ばくが発生したものとみなされ、事業者は以下を行わなければならない。

(a)直ちに

(i)過度の被ばくについて CAA に通知する。

(ii)乗務員が特別の任務を負った乗務員である場合、当該乗務員の直近の健康診断または場合によっては健康診断を担当した医師に過度の被ばくについて通知する。および、

(iii)影響を受けた乗務員に過度の被ばくを通知するための適切な措置を講じる。

(b)乗務員から要請があった場合、直ちに、過度の被ばくに関して乗務員の健康診断を実施するための医師を手配する。

(c)14 日間の期間後、合理的に実行可能な限り速やかに、以下を決定するために必要な調査を実施する。

(i)合理的に実行可能な限り、乗務員が受けた宇宙放射線の線量。および

(ii)過度の被ばくの再発を防止するために必要な措置がある場合は、その措置。

(3) (2)(c)に基づき調査が実施された場合、事業者は、調査が終了次第、直ちに以下の事項を行わなければならない。

(a)CAA に通知する。および

(b)影響を受けた乗務員に、調査の結果及び過度の被ばくの再発を防止するためにとるべき必要な措置に関する決定を、通知するための適切な措置を講じること

- (4) 過度の被ばくの再発を防止するために必要な措置があると判断した事業者は、そのような判断がなされた後、実施可能な限り速やかにその措置を実施しなければならない。
- (5) (1)の規定による調査を行った事業者は、調査を開始した日から起算して 2 年を経過する日まで、調査報告書を確実に保存しなければならない。
- (6) (2)(c)に従い調査を実施する事業者は、調査報告書を以下のいずれか遅い日まで保管しなければならない。
- (a)影響を受けた乗務員が 75 歳をむかえた日（その日まで生存しているか否かを問わない）。および
- (b)調査が開始された日から 30 年目の日。
- (7) 「過度の被ばく」とは、以下を意味する。
- (a)第 5 条（被ばくに関する許可及び禁止）に基づき許可されていない事業者のために業務を行っている乗務員との関係では、当該乗務員が暦年で 1 mSv を超える宇宙放射線の実効線量を受けたこと。
- (b)第 5 条の認可を受けた事業者のために職務を遂行する乗務員については
- (i) 特別の任務を負った乗務員に関しては、当該乗務員が暦年で 20 mSv を超える宇宙放射線の実効線量を受けたこと。
- (ii)その他の乗務員に関しては、その乗務員が暦年で 6 mSv を超える宇宙放射線の実効線量を受けたこと。

教育については、ANO(Cosmic Radiation) <sup>53</sup> の第 10 条に、宇宙放射線による被ばくから生じる健康リスク、事業者が第 6 条に基づきリスク評価を実施するための手順、宇宙放射線に対する乗務員の被ばくを評価・モニタリングするための事業者の手順について、乗務員が航空機内で業務を行う前に、事業者が各乗務員への訓練を実施する必要があると定められている。以下に、関連する箇所の翻訳を抜粋する。（以下、抜粋）

#### 第 2 部第 10 条「乗務員への情報及び訓練の提供」

- (1) 事業者は、関連する各乗務員に対し、以下に関する適切な情報および訓練を確実に提供しなければならない。

- (a) 航空機または宇宙船内で乗務員の職務を遂行する際に、宇宙放射線による被ばくから生じる健康リスク
  - (b)事業者が第 6 条に基づきリスク評価を実施するための手順。および、
  - (c)宇宙放射線に対する乗務員の被ばくを評価し、モニタリングするための手順。
- (2) 事業者は、(1)に基づく訓練が、以下のように行われることを保証しなければならない。
- (a)航空機に乗務するために雇用され、又はその他の方法で従事している乗務員に関しては、この命令が施行された後、合理的に実行可能な限り速やかに。および、
  - (b)その他のすべての場合においては、当該乗務員が航空機内で業務を行う前

航空機乗務員の航空飛行時の被ばく結果は、以下の **European ALARA Network (EAN)** の 2012 年のレポート<sup>57</sup>で報告されている。(以下、抜粋)

**European ALARA Network EAN request on radiation protection of aircraft crew - Final - 7th February 2012<sup>57</sup>**

データ

英国人口の電離放射線被ばく：2005 年レビュー、HPARPD-001 より抜粋

宇宙放射線による被ばくは、航空機乗務員が空中で過ごす時間によって異なる。英国放射線防護局 (NRPB) が実施した調査によると、長距離便の乗務員は年間約 900 時間、短距離便の乗務員は年間約 400 時間空中にいる可能性がある。宇宙線による平均線量率を 4  $\mu\text{Sv/h}$  とすると、年間被ばく線量は短距離乗務員で 1.6 mSv、長距離乗務員で 3.6 mSv となる。年間の平均飛行時間を約 600 時間とすると、年間線量は 2.4 mSv となる。

#### 4) 天文現象への対応方法

天文現象への対応は、ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup>に明記されていないが、英国健康安全保

<sup>57</sup> European ALARA Network, Results of the EAN request on radiation protection of aircraft crew, 2021.2.7, <https://www.eu-alara.net/index.php/activities/ean-documents-and-publications/docman-menu/survey/85-aircraft-crew/file.html>

障庁 (UKHSA) から天文現象と放射線に関する以下のガイダンス「宇宙天気と放射線 (Space weather and radiation)」<sup>58</sup>が 2014 年 1 月に発行されており、太陽嵐によって、通常よりも高い放射線量が発生した場合においても、個人の放射線の生涯リスクは有意に変化しないと記載されている。

Guidance, Space weather and radiation<sup>58</sup> (一部抜粋)

太陽嵐によって、通常よりも高い放射線量率が発生する可能性がある。線量率の増加は、いわゆる地上事象 (GLE) として、海面で測定できることもある。このような現象は珍しいことではないが、地上レベルで線量率の上昇が測定された場合、航空機高度での上昇はより顕著である。記録が始まった 1942 年以降、GLE は年平均 1 回程度発生しているが、太陽活動極大期前後に最も多く発生している。しかし、これらのうち、乗務員や乗客の線量率が有意に上昇するものはごくわずかであり、個人の生涯がんリスクを有意に変化させるものはなかった。

宇宙天気の影響を受けるような技術の開発や、その影響を測定する方法が確立されて以来、大きな宇宙天気現象はほとんど起こっていない。科学者たちが 200 年に 1 度起こるかもしれないと考えているような事象に基づく最善の推定によれば、地上にいる人々の放射線量は小さく、自然に発生する放射性ガスであるラドンのレベルのためにバックグラウンド放射線が高いコーンウォールで 1 週間休暇を過ごすのとほぼ同じ程度の線量である。大嵐のときに飛行機を利用する人であっても、コーンウォールで 2~3 年過ごすのと同程度の線量を追加で受けるだけである。

重大な事象は非常にまれであり、このような通常ではない線量レベルであっても、個人の放射線による生涯リスクは測定可能なほど変化しない。

CAA より以下の宇宙天気の航空への影響に関する報告書(CAP 1428 : Impacts of space weather on aviation)<sup>59</sup>が 2016 年 9 月に出版されており、英国の航空業界へのガイダンスの提供を目的としている。(以下、抜粋)

<sup>58</sup> UK Health Security Agency, Space weather and radiation, 2014.1.1

<https://www.gov.uk/guidance/space-weather-and-radiation>

CAP 1428 の出版および改訂の経緯は、以下の通りである。

第 1 号 2016 年 9 月 1 日

CAP1428 は、宇宙気象が航空に及ぼす可能性の高い影響について、運航会社およびその他の業界関係者にガイダンスを提供するために導入された。企業の安全管理システムによる軽減戦略（mitigation strategies）が強く推奨されている。

第 2 号 2020 年 10 月

CAP1428 を改訂し、ICAO 宇宙天気予報および気象庁宇宙天気予報製品・サービスに関する詳細を追加するとともに、厳しい宇宙天気の脅威を考慮する際の安全リスク評価に関するガイダンスを提供する。

また、CAP1428 では、ICAO の支援の下で宇宙天気情報配信されていることおよび宇宙天気シナリオに関するリスク評価のガイドラインが記載されている<sup>59</sup>。（以下、抜粋）

CAP 1428 : Impacts of space weather on aviation<sup>59</sup>

第 6 章 宇宙天気の観測と予報

ICAO Space Weather Information Service（一部抜粋）

宇宙天気予報は、高周波数（HF）通信、全地球航法衛星システム（GNSS）ナビゲーションおよび監視、衛星通信、航空機内の放射線レベルの上昇の可能性に関して、宇宙天気現象が中程度または深刻な影響を及ぼす場合に、航空固定ネットワークを通じて配信される。

このグローバル・サービスは、ICAO 指定の 3 つのグローバル宇宙天気センター、すなわち ACFJ コンソーシアム（オーストラリア、カナダ、フランス、日本で構成）、PECASUS コンソーシアム（オーストリア、ベルギー、キプロス、フィンランド、ドイツ、イタリア、オランダ、ポーランド、英国で構成）、および米国を提供する責任を引き受けた国によって 24 時間 365 日提供される。このサービスは、3 つのセンターが持ち回りで提供する。

<sup>59</sup> CAA, CAP1428: Impacts of space weather on aviation, 2020.10.27, <https://www.caa.co.uk/our-work/publications/documents/content/cap1428/>

## CAP 1428 : Impacts of space weather on aviation<sup>59</sup>

### 第 7 章 宇宙天気に関する安全リスク評価

#### Guidelines for Completing a Safety Risk Assessment<sup>59</sup>（一部抜粋）

リスクとは、ハザードから生じる有害な結果の確率と重大性の評価である。ハザードが危害を引き起こす確率をオペレーターが判断し、認識された安全リスクを軽減する可能性を支援するために、利用可能なすべての関連情報を考慮し、関連する利害関係者に相談する必要がある。

これには、通信手段の喪失、アビオニクス of 潜在的な故障、乗客・乗務員の放射線被ばくの増加などが含まれる。このような事象による重大な混乱が、特に従業員や乗客へのハザードの伝達に関連する計画に含まれていることを確認するため、運航会社の危機管理計画の評価が実施されるべきである。

さまざまな宇宙天気のシナリオについて、事業者は、上記の影響が発生した場合の深刻度を検討すべきである。これには、航空機の安全運航に有害と考えられる宇宙天気関連現象に遭遇する確率を評価すること、および、その結果生じるリスクが許容可能であり、組織のリスクパフォーマンスの範囲内であるかどうかを判断することが含まれる。必要な場合、運航者は、安全リスクを運航者の責任ある管理者が許容できるレベルまで低減するための行動を優先すべきである。

また、CAP1428 では、ICAO にて、“49000 ft（15000 m）以上で飛行しようとする航空機は、全宇宙放射線の線量率を測定し、継続的に表示する装置を搭載することを義務付けている。”ことを記載している。また、機内の総放射線量が 50 mrem/h（約 0.5 mSv/h）に達した場合、Circular 126 Guidance Material on SST Aircraft Operations に、パイロットが取得する行動のガイダンスが含まれていることが記載されている。（以下、抜粋）

## CAP 1428 : Impacts of space weather on aviation

### 第 4 章 宇宙天気の影響

#### Mitigation against space weather impacts

#### Aircraft Intending to operate above 49000 ft<sup>59</sup>（一部抜粋）

ICAO の付属書 6（パート I、第 6 章）は、49000 ft（15000 m）以上で飛行しようとする



る航空機に、全宇宙放射線の線量率を測定し、継続的に表示する装置を搭載することを義務付けている。また、付属書 6 の付録 2 は、パイロットが太陽宇宙線にさらされた場合に取りべき最善の行動を決定できるような情報と、降下する決定を下した場合の手順を、運航マニュアルに記載することを義務付けている：

1. 運航情報システム（ATS）ユニットに状況を事前に警告し、暫定的な下降許可を得る必要性。

2. ATS ユニットとの通信が確立できない、または中断された場合に取りべき行動。

付録 2 には、提供すべき情報に関するガイダンス資料が、Circular 126 Guidance Material on SST Aircraft Operations. に記載されていることが記されている。Circular 126 には、機内の総放射線量が 50mrem/h（約 0.5 mSv/h）に達した場合に取り得る行動に関するパイロットへのガイダンスが含まれている。

Circular 126 に記載されている行動のひとつは、パイロットが、総放射線量が、同じルートを飛行する同型機の乗務員が受けると予想される放射線量を超えないレベルまで降下する許可を求め、その許可を得た場合にのみ降下することである。Circular 126 では、パイロットが被ばく低減を目的とした降下要求が正当化されるかどうかを効果的に判断できるようにするため、航空機乗務員に宇宙放射線（電離放射線および中性子線）の線量率および各フライト中の累積線量を容易に表示できる空中放射線検出装置を装備することを運航上の要件としている。ICAO は、航空機が ATC に連絡できない場合、50mrem/h（約 0.5 mSv/h）を超える線量率に関連するリスクは、飛行中の航空機が通過する飛行高度まで、または通過する飛行高度まで、緊急の安全でない降下を行うことを正当化するものではないとしている。

また、CAP1428 では、49000 ft（15000 m）以上で飛行する予定のない航空機に関するトピックがあり、“ほとんどの民間航空機は 49000 ft 以上では飛行しないため、全宇宙放射線の線量率を測定・表示する装置を搭載していない”ことが記載されている。そのため、“パイロットが宇宙気象現象中に低空への降下を要求した場合、管制官は単位時間当たりの線量の単位を明確に特定することが非常に重要である”ことが記載されている。（以下、抜粋）

CAP 1428 : Impacts of space weather on aviation<sup>59</sup>

第 4 章 宇宙天気の影響

## Mitigation against space weather impacts

### Aircraft not Intending to operate above 49000ft（一部抜粋）

ほとんどの民間航空機は 49000ft 以上では飛行しないため、全宇宙放射線の線量率を測定・表示する装置を搭載していない。例えば、放射線検出装置を搭載していない航空機の場合、パイロットは（機内での放射線被ばくを減らすという特別な目的のために）降下する決定を下す根拠となる機内の放射線レベルを正確に知ることができません。例えば、放射線防護においては、放射線量を受ける可能性のある期間を把握することが非常に重要であり、したがって、どのような被ばく状況においても、単位時間当たりの線量の単位を明確に特定することが非常に重要である。

しかし、パイロットが宇宙気象現象中に低空への降下を要求した場合、管制官はその要求に応えるためにあらゆる合理的な手段を講じるべきである。また、管制官は、まれに厳しい宇宙天気遭遇したパイロットが、クリアランスを待たずに緊急降下を開始することがあることを認識しておくべきである。

### 2.1.5.3 法令に関連する防護措置等の動向

ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup>の法令制定以降、ANO(Cosmic Radiation)<sup>53</sup>の法令に関する放射線防護の考え方や最新の知見の動向は、航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった（2024年8月21日時点）。一方で、英国における放射線および民間原子力の安全規制のあり方に関するガイダンスが2021年に英国政府から発行されている。

Guidance, How we regulate radiological and civil nuclear safety in the UK,  
Published 20 April 2021<sup>60</sup>

国際安全基準との整合性

英国は高い安全レベルを維持することを約束し、関連する国際安全基準の策定に専門知識を提供している。IAEA や ICRP などの国際機関が策定した安全基準は、国際的な優良

<sup>60</sup> Department for Energy Security and Net Zero and Department for Business, Energy & Industrial Strategy, How we regulate radiological and civil nuclear safety in the UK, 2021.4.20,  
<https://www.gov.uk/government/publications/how-we-regulate-radiological-and-civil-nuclear-safety-in-the-uk>

事例として広く認められている。英国はこれらに積極的に貢献し、法律、規制、ガイダンスに採用している。そうすることで、英国は関連条約の義務を完全に遵守していることを示し続けている。英国は、IAEA の安全基準を自国の安全枠組みを評価する主要な基準として認識しており、IAEA のピアレビューを日常的に歓迎している。

#### 2.1.5.4 その他の関連情報

英国は ICAO 条約に加盟しており、CAA が管理し、英国航空情報サービスプロバイダーとして NATS が 2024 年 1 月 25 日に発行した文書<sup>61</sup>に以下のような記載がある。(以下抜粋)

##### GEN 1.7 DIFFERENCES FROM ICAO STANDARDS, RECOMMENDED PRACTICES AND PROCEDURES

##### 1 DATA NOT FULLY COMPLIANT WITH DATA QUALITY REQUIREMENTS OF COMMISSION REGULATION (EU) 73/2010 (ADQ)

Annex 6 Part 1: Operation of Aircraft (International Commercial Air Transport - Aeroplanes) (12th Edition) (AMDT 48)

C6 6.12 Standard Different in character or other means of compliance

宇宙放射線の管理は、航空航法（宇宙放射線：航空機乗務員および宇宙乗務員の保護ならびにその結果に関する改正）に従って行われる。ANO(Cosmic Radiation)に基づき行われ、機材は必ずしも航空機に搭載されるとは限らない。

英国の航空局である CAA には、太陽活動と宇宙放射線の線量に関して、以下の通り記載がある<sup>62</sup>。ウクライナ紛争などに関連する航路の見直しの要請などの情報は、航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった（2024 年 8 月 21 日時点）。

<sup>61</sup> National Air Traffic Services, GEN 1.7 DIFFERENCES FROM ICAO STANDARDS, RECOMMENDED PRACTICES AND PROCEDURES, 2015.4.30, <https://nats-uk.ead-it.com/cms-nats/opencms/en/Publications/AIP/Current-AIRAC/html/eAIP/EG-GEN-1.7-en-GB.html>

<sup>62</sup> Ministry of Defence, Management of radiation protection in defence: part 2 guidance (JSP 392), 2011.4.7 <https://www.gov.uk/government/publications/jsp-392-radiation-safety-handbook-volume-2>

## 宇宙放射線の性質

太陽からの放射線の出力は、およそ 11 年周期で変化する。太陽黒点の数が増加し、太陽の出力が最大になる時期には、太陽の放射線の中に組み込まれた磁場が、銀河宇宙放射線成分の多くを地球からそらす役割を果たす。このため、最大太陽活動期には平均値より 20%ほど線量が低くなり、最小太陽活動期には 20%ほど線量が高くなる。主に太陽活動極大期には、わずかな確率ではあるが、非常に大量の高エネルギー粒子を発生させる太陽フレアが発生し、航空機高度での宇宙放射線レベルが上昇する。

英国における放射線防護の管理に関するガイダンスが 2011 年に国防省 (MOD) から発行されており、このガイダンスでは、太陽フレア、線量評価の手法、コンピューターモデリングを使用した線量評価の例に関して以下の通り記載がある<sup>62</sup>。

Guidance, Management of radiation protection in defence: part 2 guidance (JSP 392), April 2011<sup>62</sup>

### Chapter 33 : exposure to cosmic radiation

7. 太陽フレアの場合、荷電粒子が太陽から放出され、進行方向によっては地球に衝突する可能性がある。このような太陽粒子現象は平均して年に 1 回程度発生し、短時間（数時間または数日間）、放射線量の急激な上昇をもたらす。

10. 航空法は、年間 1 mSv を超える宇宙放射線被ばくを受ける可能性のある航空機乗務員について、飛行中の宇宙放射線被ばくによる職業被ばく線量の評価を行うことを指揮官に義務付けている。航空機乗務員には、運航乗務員、客室乗務員、および航空機の運航事業者者に雇用され、航空機の飛行中に機内で職務を遂行する者が含まれる。1 年とは、暦年ではなく、12 ヶ月の期間を指す。

11. 線量評価は、個々の航空機乗務員に個人線量計を発行するか、コンピューターモデリングを使用することによって実施することができる。現在利用可能なコンピューターモデリング (CARI-7、EPCARD、SIEVERT PN、PCAire) は、飛行時間、高度、出発／到着空港に基づいて、個々の飛行の線量を評価する。コンピューターモデリングを用いて計算された飛行中に受ける典型的な線量の例は、本章の ANNEX A に記載されている。

12. 年間 1 mSv を超える線量を受ける可能性のある乗務員、または乗務員グループについては、被ばく線量を記録することが義務付けられている。この記録は、指定されたフライ

トの乗務員の被ばく線量（そのフライトに搭乗していた乗務員のリストを含む）、または個々の乗務員の被ばく線量の記録という形で行うことができる。典型的な飛行高度と飛行時間に基づき、年間 1 mSv を超える可能性のある乗務員の推定は、本章の ANNEX B に示したグラフを用いて行うことができる。

Guidance, Management of radiation protection in defence: part 2 guidance (JSP 392), Chapter 33 : exposure to cosmic radiation

#### ANNEX A<sup>62</sup>

飛行中の宇宙放射線による被ばく線量の例

ロンドンから出発し、様々な目的地へ飛行する航空機乗務員の典型的な放射線量を表 A1 に示す。各フライトは、離陸 30 分後に最高高度に到着し、着陸 30 分前に降下を開始すると仮定している。すべての線量は復路のもので、コンピューターモデリング CARI-6 を用いて計算されている。線量計算に含まれる誤差は、飛行時間の不確実性の結果である。

表 A1. ロンドンから目的地までの放射線量

| 目的地         | 最大高度 (ft) | 飛行時間 片道 (分) | 線量(μSv)  |
|-------------|-----------|-------------|----------|
| マウント・プレザント  | 35000     | 1000 ± 120  | 94 ± 12  |
| マウント・プレザント  | 30000     | 1000 ± 120  | 64 ± 8   |
| ワシントン       | 35000     | 540 ± 60    | 89 ± 10  |
| イスタンブール     | 20000     | 180 ± 30    | 4 ± 1    |
| ベルリン        | 20000     | 120 ± 30    | 3 ± 1    |
| バーレーン       | 35000     | 300 ± 60    | 30 ± 7   |
| クウェート       | 35000     | 300 ± 60    | 31 ± 7   |
| バスラ         | 35000     | 300 ± 60    | 32 ± 8   |
| タンザニア (ドドマ) | 35000     | 780 ± 120   | 68 ± 11  |
| キプロス (パフォス) | 30000     | 180 ± 30    | 11 ± 3   |
| ラスベガス       | 40000     | 720 ± 60    | 171 ± 16 |
| シドニー        | 40000     | 1260 ± 60   | 186 ± 10 |

### Chapter 33 : exposure to cosmic radiation

#### 航空機乗務員の宇宙放射線被ばくの推定

このグラフは、航空機乗務員が 1 mSv/年を超える可能性があるかどうかを確認するための目安としてのみ使用されるべきである。飛行時間によって 1 mSv を超えたり、下回ったりするルートもある。

例：FL250（25,000 ft）を日常的に飛行している乗務員が 1 mSv 以上の線量を受けるには、300 時間を超える飛行が必要である。

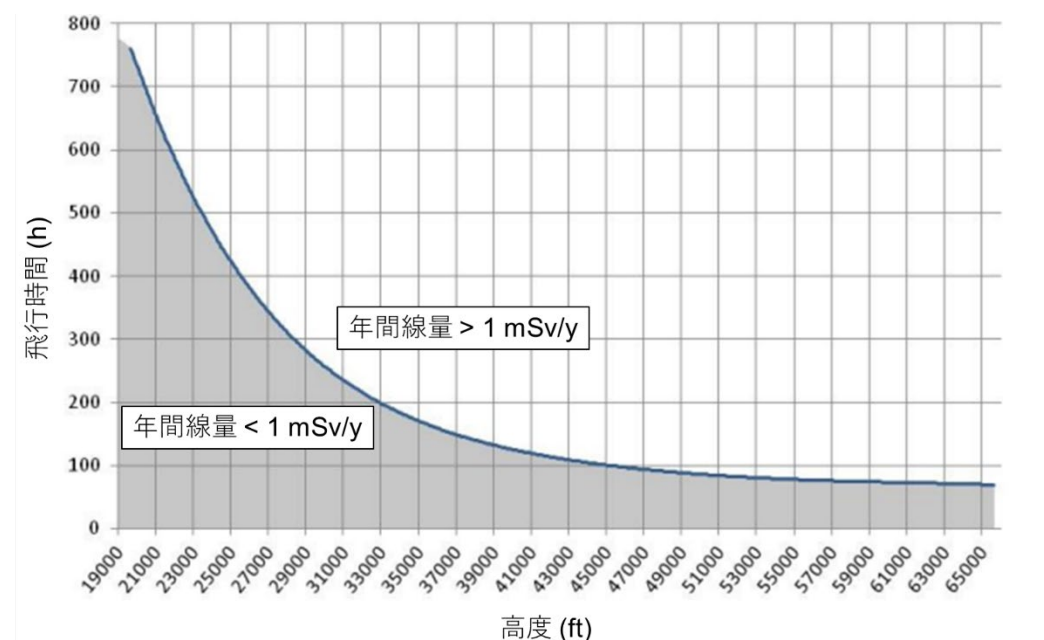


図 B-1 飛行時間数と巡航高度に基づき、さらなる線量評価が必要と思われる乗務員を特定するための 1 mSv の閾値を示す曲線

#### 2.1.5.5 英国のまとめ

英国における航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下

の通りまとめる。詳細については、表 6 に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は 2019 年施行の法令、ANO(Cosmic Radiation)で規定されており、適用対象事業者は、英国に設立されている、または、主たる営業所が英国国内にある事業者であり、防護の対象となる個人は、運航乗務員（当該航空機の操縦士、航空無線通信士）、客室乗務員、タスクスペシャリスト（航空機内で専門的なタスクを行う者）である。
2. 被ばく線量に係る基準値：法令 ANO(Cosmic Radiation)では、事業者が認可を受けていない場合、雇用された乗務員の実効線量が 1 mSv/年を超えてはいけないことを定めている。しかし、事業者が有効な関連証明書や認可を付与または発行されている場合、承認された訓練機関または公表された訓練機関である場合、CAA に関連する申告を行っている場合の乗務員では、実効線量で 6 mSv/年を定めている。また、実効線量の基準値が 6 mSv/年の乗務員の中でも、特別の任務を負った乗務員（Classified crew member）は、実効線量の基準値を 20 mSv/年に定めている。  
また、法令 ANO(Overseas Territories)では、事業者が、年間 1 mSv を超える宇宙放射線にさらされる可能性のある乗務員について、飛行中の宇宙放射線被ばくを評価すること、胎児への等価線量が合理的に達成可能な限り低く、残りの妊娠期間中に 1 mSv を超える可能性が低いことを保証することが定められている。
3. 被ばく線量の管理方法：法令 ANO(Cosmic Radiation)では、事業者は乗務員の宇宙放射線被ばくを特別の任務を負った乗務員に特定されるまで、コンピュータプログラムを使用して、評価・通知する必要がある。また、事業者は、乗務員が過度の被ばくを受けたと信じるに足る合理的な理由がある場合、直ちに調査を実施する必要がある、乗務員の被ばく線量が記載された調査報告書は、調査した乗務員が 75 歳または、調査が開始された日から 30 年目の日のいずれか遅い日まで保管しなければならないことと定められている。また、CAA では、ICAO 条約に加盟しており、49000 ft (15000 m) 以上で飛行しようとする航空機に対し、全宇宙放射線の線量率を測定し、継続的に表示する装置を搭載することを義務付けている。
4. 天文現象への対応方法：天文現象への対応は、法令 ANO(Cosmic Radiation)に明記されていない。ただし、2014 年 1 月に発行されたガイダンス、Space weather and radiation では、天文現象への対応について、乗務員や乗客の線量率が有意に上昇するものはごくわずかであり、個人の生涯発がんリスクを有意に変化させるものはないと記載されている。

## 2.1.6 ドイツ

### 2.1.6.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

放射線防護法 (StrlSchG) §189 に基づきドイツ連邦航空局 (LBA) が責任当局として、航空機乗務員の防護の法的な要件の遵守のモニタリングを行っている<sup>63</sup>。

### 2.1.6.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

放射線防護法 (StrlSchG) は、放射線防護に関する人々の健康を長期的に保護することを目的として法令が定められている。被ばく状況は、計画被ばく状況、緊急時被ばく状況、現存被ばく状況の3つに区分される。また、この法律では、航空機乗務員の被ばくは職業被ばくに分類される (StrlSchG Part 1 §1~2)。StrlSchG Part 2 (計画被ばく状況における放射線防護) の第7節§50~54 には、宇宙線に関する活動として、通知が必要な航空機の運航 (§50)、宣言された航空機の運航の審査 (§51)、通知が必要な宇宙船の運用 (§52)、宇宙船の指示された動作の検査 (§53)、報告された活動の終了 (§54) がそれぞれ定められている。

また、StrlSchG の下位法令である放射線防護令 StrlSchV<sup>64</sup>では、§64 に実効線量および等価線量をモニタリングすべき対象が記載されており、実効線量で 1 mSv/年、等価線量で眼の水晶体 15 mSv/年および局所皮膚 50 mSv/年を超える航空機乗務員がモニタリングの対象となっている。

#### 1) 法令の適用範囲

StrlSchG では、航空機の運航者が法令の適用対象となり、航空機乗務員が防護の対象となっている。StrlSchG Part 2 第7節§50 には、航空法に基づき航空機登録簿に登録されている航空機を運航する者は、飛行中に航空機乗務員が受けた実効線量が 1 mSv/年を超える可能性がある場合、その4週間前までに管轄当局に届出なければならないと記載されている。なお、

<sup>63</sup> BMUV, Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung, 2017.7.3., <https://www.gesetze-im-internet.de/strlschg/>

<sup>64</sup> BMUV, Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung, 2018.12.5., [https://www.gesetze-im-internet.de/strlschv\\_2018/](https://www.gesetze-im-internet.de/strlschv_2018/)



§50 では、運航者がドイツもしくは法の範囲内で法的能力を有する法人等であり、ドイツの労働法に従って雇用される航空機乗務員を雇用している場合、他国で登録されている航空機の運航にも適用されるとされている。この届出に含めなければならない文書として、活動を安全に遂行するために必要な数の放射線防護監督者が任命され、その職務を遂行するために必要な権限が付与されていることの証明、各放射線防護監督者が放射線防護に関する必要な専門知識を有していることの証明、活動に関与するその他の人物が起こりえる放射線の危険性や適用される防護措置に関して必要な知識とスキルと有していることの証明、管轄当局が承認したコンピュータプログラムの名前、または適切な測定装置が使用されていることの証明などが挙げられている。

StrlSchV では、§64 に航空機乗務員が宇宙線から受ける実効線量が 1 mSv/年を超える可能性がある場合、StrlSchV に規定される線量決定（通常は§65 が適用されるが、航空機乗務員については§67 が適用）を実施することが定められている。

## 2) 法令における被ばく線量に係る基準値

StrlSchG§77 では、労働者の被ばく線量限度（Grenzwert）として、職業被ばくによる実効線量を全ての暦年の合計で決定される 400 mSv と規定している。医師と協議の上、実効線量が 10 mSv/年を超えない場合、かつ対象者が書面により同意する場合、責任当局（LBA）は追加の職業被ばくを許可することが可能である。§78 には、職業被ばくについては 20 mSv/年の実効線量限度が規定されており、当局は連続する 5 年間で 100 mSv を超えないことを条件に、最大 50 mSv/年を許可することが可能である。また、臓器の等価線量の線量限度については、眼の水晶体が 20 mSv/年、皮膚が 500 mSv/年、四肢が 500 mSv/年として規定されている（ただし、18 歳未満の場合はこれより低い線量限度としている。）。妊娠の可能性のある女性の場合については、§78 の第 4 項に、子宮の臓器等価線量限度を 2 mSv/月、胎児については妊娠届出時から妊娠終了まで 1 mSv の実効線量（effektiven Dosis）限度と規定されている。また、StrlSchV§69 では、妊娠・授乳時の防護について規定されており、放射線防護の監督者は妊娠を通知された場合、直ちに「職業上の被ばくが週単位で決定されること」および「被ばくは直ちに対象者に伝えられること」を確実にしなければならないとされている。

### 3) 被ばく線量の管理方法

職業被ばくの線量管理については、StrlSchG§167 に規定されており、以下の情報が記載される。

- ・ 職業上の被ばくを受ける者に対する測定、決定又は推定の結果、並びに、測定、決定又は推定に使用されたデータ
- ・ 個人情報（姓、旧姓、名、生年月日、出生地、性別、国籍）
- ・ 個人識別番号
- ・ 放射線パスポート所持者の場合は放射線パスポートの識別番号
- ・ 雇用の特徴や被ばくの状態

また、§167 第 2 項では、75 歳に達するか、または 75 歳に達すると見込まれる期間まで、雇用終了後少なくとも 30 年間の記録保管が義務付けられている。この規定は Euratom2013 年勧告第 43 条と同様である<sup>65</sup>。また、第 4 項では記録保持義務者は、線量限度の超過、対象者の個人データ、判定された線量、線量限度を超過した理由等の事項を管轄当局に遅延なく報告しなければならず、また、対象者に被ばく線量を遅延なく知らせる義務があるとされている。

StrlSchG§170 には、収集された職業被ばくに関するデータが BfS による放射線防護登録簿（SSR）<sup>65</sup>に記録されることが規定されている。また、この収集された職業被ばくに関するデータには、以下の情報が記載される。

- ・ 個人識別番号
- ・ それぞれの個人情報
- ・ 雇用形態および被ばく比率、雇用企業の企業番号
- ・ 放射線防護の監督者、第 131 条(1)項および第 145 条(1)項第 1 文に基づく義務者、第 115 条(2)項および第 153 条(1)項に基づく監督者の氏名および住所
- ・ 本法に基づく法定文書に従って登録された放射線パスポートに関する情報
- ・ 所管官庁に関する情報
- ・ 職業被ばくの結果として本法または本法に基づく法定文書に従って決定された被ばく線

<sup>65</sup> BfS, Das Strahlenschutzregister (SSR),

[https://www.bfs.de/DE/themen/ion/strahlenschutz/beruf/strahlenschutzregister/strahlenschutzregister\\_node.html](https://www.bfs.de/DE/themen/ion/strahlenschutz/beruf/strahlenschutzregister/strahlenschutzregister_node.html)

量、被ばく条件、およびこの被ばく線量および被ばく条件に関する所轄官庁の所見

StrlSchV§64 で届出が必要な航空機を運航する場合、放射線防護監督者は年に一度、および最後の配属後に、航空機乗務員へ受けた職業被ばくを書面で報告することを保証しなければならない。また、放射線パスポート（放射線手帳）に関する内容が、StrlSchG§171 および StrlSchV§68 に規定されているが、航空機乗務員が放射線パスポートを所持することについては明記を確認することができなかった。

放射線パスポートの概要について、BfS のウェブページ <sup>66</sup>に紹介されている。同ウェブページによれば、放射線パスポートは公的文書であり、個人の所有物である。これは、外部施設の管理区域に入るために所持が義務付けられているものである。発行は各連邦（州）の登録機関が行い、登録機関は SSR に放射線パスポートの発行について通知する。放射線パスポートには以下の情報が記載されている。

- ・ パスポート所持者の個人情報
- ・ 雇用企業に関する情報
- ・ 外部施設における外部被ばくおよび（該当する場合は）内部被ばくに関する情報
- ・ 被ばく期間
- ・ 以前の勤務地で取得した線量値（公式の線量測定による）
- ・ 限度値の超過
- ・ 健康適性
- ・ 放射線防護訓練

LBA に報告する内容には、1 年間に 1 mSv に達する可能性のある各人について決定された実効線量（月ごとの累積線量値）、登録された放射線パスポートに関する情報、個人情報（姓、名、生年月日、出生地、性別、雇用形態）などが含まれる <sup>67</sup>。

<sup>66</sup> BfS, The radiation passport, 2023.4.25., <https://www.bfs.de/EN/topics/ion/radiation-protection/occupation/methodology/radiation-passport.html>

<sup>67</sup> LBA, Häufig gestellte Fragen zur Erfassung der Strahlendosis beim fliegenden Personal (Was hat der Verpflichtete an das LBA zu melden?), [https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ\\_node.html](https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ_node.html)

航空機乗務員への教育については、LBA のウェブサイトにおいて以下の記載がある <sup>68</sup>。

放射線防護規則で定められている内容をすべて教えることを前提に、教育方法は指導者の裁量に委ねられている。教育方法には、適切な訓練を受けた者による教育、メディア（コンピュータファイルやビデオ録画など）を用いた教育、自己学習のための書面による情報提供などが含まれる。いずれの場合も、従業員は、書面で教育を確認しなければならない。また、その確認書は教育の範囲に関する情報を提供する文書を含め、少なくとも 5 年間保管される必要がある。

LBA は、2020 年 1 月 14 日付で航空機乗務員に対する新しい放射線防護に関する通達に基づき、航空機の運航に関する放射線防護の専門知識の要件を示した <sup>69</sup>。これは航空機の運航に関する放射線防護監督者（Strahlenschutzbeauftragter : Radiation protection officer）に適応される。放射線防護監督者は、放射性物質や電離放射線を取り扱う際に、放射線防護を確保するための活動を管理・監督する。放射線防護監督者の位置づけは StrlSchV 第 4 章に記載されている <sup>64</sup>。

専門知識は、公認の講習会に出席することで 5 年ごとに更新しなければならない。講習会の最低受講時間は 45 分×12 ユニットである。カリキュラムの詳細を表 3 に示す。

乗客への通知や一般に向けた広報については、StrlSchG および StrlSchV では定められていないが、BfS のウェブサイトでは、航空機乗務員に対する放射線防護 <sup>70</sup>および乗客の放射線被ばくに関する一般的な情報 <sup>71</sup>が掲載されている。

航空機乗務員に対する放射線防護

飛行人員のモニタリング

<sup>68</sup> LBA, Häufig gestellte Fragen zur Erfassung der Strahlendosis beim fliegenden Personal (How may this information be provided?),

[https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ\\_node.html](https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ_node.html)

<sup>69</sup>LBA, Rundschreiben zum neuen Strahlenschutzgesetz, 2020.1.14.,

[https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/T/T3/Strahlenschutz/Rundschreiben\\_StrlSchG\\_Rev1.html](https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/T/T3/Strahlenschutz/Rundschreiben_StrlSchG_Rev1.html)

<sup>70</sup> BfS, Monitoring of flight personnel, 2022.10.13., <https://www.bfs.de/EN/topics/ion/radiation-protection/occupation/methodology/air-crew-monitoring.html>

<sup>71</sup> BfS, Höhenstrahlung beim Fliegen, 2023.1.9., <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/luft-boden/flug/flug.html>

- ・ 高度が高い場合、人々は地上よりもかなり多くの宇宙放射線にさらされる。
- ・ パイロットと客室乗務員は、飛行中の宇宙放射線により 1 暦年内に 1 ミリシーベルトを超える実効線量を受ける可能性がある場合、強制的にモニタリングの対象となる。
- ・ 2003 年 8 月より、放射線防護登録は、職業上放射線にさらされる飛行乗務員の線量値を記録している。
- ・ 航空機乗務員については、フライトデータに基づいてフライトごとの被ばく線量が計算される。

#### 乗客の放射線被ばくに関する一般的な情報

##### 飛行中の高い高度での放射線

- ・ 飛行中に追加される放射線被ばくの程度は、主に飛行時間、高度、飛行経路、太陽活動によって決まる。
- ・ フランクフルトからニューヨークへの往復飛行では、平均実効線量は約 100 マイクロシーベルト ( $\mu\text{Sv}$ ) になる。
- ・ 時々飛行機に乗る人にとっては、飛行による追加放射線被ばくは非常に低く、健康上のリスクはない。これは妊婦や小さな子供にも当てはまる。

パイロットや客室乗務員、または「頻繁に飛行機に乗る人」は、特に北極ルートで長距離飛行を行う場合、電離放射線を使用する職業や放射性物質を扱う職業で受ける放射線量と同程度の被ばくを受ける可能性がある。したがって、放射線防護法では、航空機乗務員に対して他の職業上の放射線被ばく者と同様の法的な放射線モニタリングが規定されている。このモニタリングは、連邦放射線防護局が連邦民間航空局と協力して実施される。

乗客の放射線被ばくに関する一般的な情報については、BfS のウェブサイト<sup>70</sup>では、線量は事業者が計算プログラムを利用して、物理測定値（中性子密度など）と飛行データ（発着場所、飛行時間、高度、日付）に基づいて決定し、その結果は LBA に報告され、LBA は毎月 BfS の SSR にデータを送信することが紹介されている。

StrlSchG および StrlSchV では、航空事業者等の運航路線、運航経路、運航頻度または航

空機乗務員の考慮について明記には記載されていない。StrlSchV§71「職業被ばく者の分類」によれば、届出が必要な航空機を運航する場合、放射線防護監督者 (radiation protection officer) は、飛行要員として雇用する職業被ばく者が業務を開始する前に、二つのカテゴリーのいずれかに割り当てられていることを確認しなければならないとされている。一つ目が、暦年で 6 mSv を超える宇宙放射線被ばくによる実効線量を受ける可能性がある者 (カテゴリーA) であり、二つ目が、カテゴリーA に分類されず、暦年で 1 mSv を超える宇宙放射線被ばくによる実効線量を超える可能性がある者 (カテゴリーB) である。なお、放射線防護監督者は、カテゴリーB に分類された者がカテゴリーA の分類の値に近づくことが予見できる場合、割り当てを調整しなければならないとされている。

また、BfS のウェブサイトには以下の記載がある<sup>70</sup>。

欧州連合(EU)指令 2013/59 EURATOM では、航空機乗務員に対する放射線防護の要件が規定されている。ドイツでは、2001 年にドイツ放射線防護令が改正され、この要件が国内法に導入された。これにより、航空機乗務員がドイツの労働法に従って雇用され、飛行中に宇宙放射線によって年間で 1 mSv を超える実効線量を受ける可能性がある場合、強制的なモニタリングの対象となる。

2003 年 8 月以降、放射線防護登録簿には放射線に曝される全ての職業人の線量値が記録されている。乗務員の場合、飛行ごとの放射線被ばく量は飛行データに基づいて計算される。BfS は、使用される線量計算プログラムの品質保証を担当し、承認はドイツ連邦航空局 (LBA) によって確認されている。

これらの従業員の放射線被ばくは、個々のケースに応じて評価され、制限し、軽減されるべきである。航空機の運航者には、従業員の被ばく線量を決定し、適切なスケジュールや飛行ルートを通じて被ばく線量を低減する義務がある。(2022 年 10 月 13 日付)

#### 4) 線量の測定方法

放射線防護令 StrlSchV§64 には、放射線の線量決定とモニタリング対象者に関する義務が規定されている。航空機乗務員が 1 mSv/年を超える可能性がある場合、モニタリング対象者となる。この際、航空機器運用規則第 2 実施規則第 13 文第 1 条に基づき、被ばく線量に加えて活動中の航空会社内外での勤務時間、飛行勤務時間、ブロック時間、休憩時間などが含まれることが求められる。また、§67 では、事業者が許可を受けた航空機を運航する場合、放射線防護監督者は、被ばく線量を決定するために当局が承認した計算プログラムまたは適

切な測定装置を使用することが保証しなければならないとされている。これにより、航空機乗務員の線量決定方法が定められている。

LBA は、航空機乗務員の被ばく線量を計算するためのソフトウェア「IASON-FREE」<sup>72</sup>などを承認し、LBA のウェブサイト上で公開している<sup>73</sup>。このプログラムの要件<sup>74</sup>には、機能要件と非機能要件が含まれており、機能要件には 2 つの基準がある。

第一基準：飛行高度における線量を決定するための計算プログラムは、計算された周辺線量当量  $dH^*(10)/dt$  が、実測値から決定された平均値の $\pm 30\%$ 以内であるすべての可能なカットオフ剛性  $R_c$  値に対して許容される。

第二基準：異なる飛行について計算されたルート線量が、測定された線量と $\pm 30\%$ 以内である場合に認められる。

非機能要件としては、プログラムのセキュリティ、パラメータ値やフライトデータのセキュリティ、エラー検出に関する要件が定められている。

また、線量の計算には運航飛行計画からのデータが使用されることがあり、ヨーロッパ内のフライトでは、出発空港と目的地空港の基準点間の大圏距離を使用可能である。また、OFP (Operational Flight Plan<sup>75</sup>) で計算された飛行時間と、そこで計画された飛行高度が使用される場合がある。さらに、長距離飛行では、線量計算に使用される点間（空港基準点またはウェイポイント<sup>76</sup>）の距離は 750 海里を超えてはならないことや、ウェイポイント間で高度の変更が計画されている場合、最も高い計画高度を線量の決定に使用する必要がある。こ

<sup>72</sup> Radiat Prot Dosimetry, IASON-FREE: theory and experimental comparisons, 2009.7.16., <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19608576/>

<sup>73</sup> LBA, Informationen zur Umsetzung der Strahlenschutzverordnung, [https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/Informationen\\_node.html](https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/Informationen_node.html)

<sup>74</sup> LBA, Anforderungen an Rechenprogramme zur Berechnung der Strahlenbelastung des fliegenden Personals, 2005.11.15., <https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/T/T3/Strahlenschutz/AnfRechnerprogramme.html>

<sup>75</sup> SKYbrary, Operational Flight Plan (OFP), <https://skybrary.aero/articles/operational-flight-plan-ofp>

<sup>76</sup> 航空路の分岐点や空域の境界などに設定され、航空機が通過する地点として使用される。

これらの情報も、LBA のウェブサイト <sup>77</sup>に記載されている。

## 5) 天文現象への対応方法

StrlSchG および StrlSchV では、航空飛行時の放射線防護に関連して、太陽フレアなどの天文現象への対応（例：宇宙天気予報を踏まえた航路の変更）についての規定はない。

### 2.1.6.3 法令に関連する検討体制等

放射線防護委員会（SSK）は、1994 年と 1996 年に、宇宙放射線による航空機乗務員の被ばく線量の測定に関する声明を発表した。SSK とその放射線防護技術委員会は、1996 年の SSK 勧告を更新し、StrlSchV§103 の実施案を作成するための作業部会を設置した。この StrlSchV§103 では、宇宙放射線による実効線量が年間で 1 mSv を超える可能性がある場合、飛行中の宇宙放射線による実効線量を決定することが求められている。2002 年 12 月 4 日から 6 日に開催された第 182 回作業部会会合で採択された勧告では、航空会社が従業員に対して年間 1 mSv に達するかどうかを簡単に確認できる基準が示されている。この勧告とその科学的根拠は、「放射線防護委員会報告書」シリーズの第 35 号 <sup>78</sup>として 2003 年 6 月 13 日に発表されたが、SSK のウェブサイトでは報告書の概要のみが掲載されており、原文は確認できなかった。

#### 「放射線防護委員会報告書」シリーズの第 35 号 <sup>78,79</sup>の概要

この勧告には、航空会社が暦年で従業員の線量が 1 mSv の閾値に達するかどうかを簡単に確認できる基準が含まれている。これらの基準のいずれかが満たされていれば、閾値を遵守していることの証明となり、個別に線量を決定する必要はない。他の航空機の使用やスタッフの配備時期の違いなどにより、開始地点が変わるたびに状況を再評価しなければならないが、

<sup>77</sup> LBA, Häufig gestellte Fragen zur Erfassung der Strahlendosis beim fliegenden Personal (Welche Angaben dürfen zur Dosisberechnung benutzt werden?)

[https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ\\_node.html](https://www.lba.de/DE/Technik/Umweltschutz/Strahlenschutz/FAQ/FAQ_node.html)

<sup>78</sup> SSK, Ermittlung der durch kosmische Strahlung verursachten Strahlenexposition des fliegenden Personals - Vorschlag zur Umsetzung des § 103 StrlSchV, 2003.6.13.,

[https://www.ssk.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen\\_PDF/DE/BerichtederSSK/Heft40.html](https://www.ssk.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen_PDF/DE/BerichtederSSK/Heft40.html)



少なくとも 5 年ごとに行う必要がある。宇宙放射線場の線量は、局所線量率を測定して飛行時間にわたって積分するか、それぞれの飛行データから数学的モデルを用いて計算することによって記録することができる。

#### 2.1.6.4 その他の関連情報

ドイツは ICAO 条約に加盟しており、2021 年 8 月に LBA が ICAO に対して、ICAO のセキュリティ文化に関する文書を発行しているが、本文書を含む其他文書においても放射線に関する要求の対応について明記されていない<sup>79</sup>。Euratom2013 年勧告に従い、StrlSchG および StrlSchV はそれぞれ 2017 年と 2019 年に改正され、StrlSchV は StrlSchG に格上げされた。これに伴い、2020 年 1 月 14 日付で航空機乗務員に対する新しい放射線防護に関する通達<sup>80</sup>が行われた。

#### 1) 線量登録についての補足

2019 年に BfS のドイツ全国線量登録 (SSR) に登録された航空機乗務員は約 41000 人で、その平均年間実効線量は 1.82 mSv であった<sup>70</sup>。また、BfS 放射線防護登録簿に登録された放射線防護目的で職業上モニタリングされている全個人の約 10%を占めた。この 10%の集団被ばく線量は約 75 人・Sv で、ドイツにおける職業上の総被ばく線量の 3 分の 2 を占めている。航空機乗務員は、他の職業分野と比較して平均の被ばく線量が多い職業集団である。医療従事者の年間実効線量は 0.32 mSv と低く、航空機乗務員と大きな差がある。2019 年の職業被ばくの年間線量分布を比較すると、航空機乗務員では 1.5～2.0 mSv の年間線量値が最も多く存在し、ほぼ対称的な分布を示している。他の職業（医学、工業、原子力工学など）では、被ばく者の多くが 0.5 mSv 以下の線量に留まっている。航空機乗務員の年間線量が 8 mSv を超えることは、実質的にあり得ない<sup>70</sup>。

2022 年には、SSR で約 424,000 人がモニターされ、そのうち航空部門の従業員が約 8%を

<sup>79</sup> LBA, ICAO security culture - starter pack, 2021.8.19.,  
[https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Formulare/S/Schulung/icao\\_sec\\_culture\\_starter\\_pack.html](https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Formulare/S/Schulung/icao_sec_culture_starter_pack.html)

<sup>80</sup> LBA, Rundschreiben zum neuen Strahlenschutzgesetz, 2020.1.14.,  
[https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/T/T3/Strahlenschutz/Rundschreiben\\_StrlSchG\\_Rev1.html?nn=2202852](https://www.lba.de/SharedDocs/Downloads/DE/T/T3/Strahlenschutz/Rundschreiben_StrlSchG_Rev1.html?nn=2202852)

占め、医療部門（76%）に次いで一般産業（General Industry）（8%）と並んで多い割合を示している。放射線防護のモニタリングの対象者全員が実際に被ばくしているわけではない。職業上被曝した人のおよそ 4 分の 1 が測定可能な被ばくをしており、これは毎月の線量記録の少なくとも 1 つが検出限界を超えていることを意味する。2022 年には、航空部門にて測定可能な被ばく者が 34%に達し、医療部門（51%）に次いで多い割合を示している。さらに、2022 年のセクター全体では、年間集団線量が 67.1 人・Sv であり、航空部門はその約 2/3 で年間集団線量が 42.1 人・Sv（約 36,000 人）であった。年間集団線量は 2020 年、2021 年と減少したが、2022 年にはパンデミック前とほぼ同じレベルに戻り、その値が 42.1 人・Sv である<sup>81</sup>。

<sup>81</sup> BfS, Statistical evaluations from the National Dose Register, 2024.2.12  
[https://www.bfs.de/EN/topics/ion/radiation-protection/occupation/register/register-results.html;jsessionid=D3E68CA52437CB450D904B84A87955E8.1\\_cid363](https://www.bfs.de/EN/topics/ion/radiation-protection/occupation/register/register-results.html;jsessionid=D3E68CA52437CB450D904B84A87955E8.1_cid363)

表 3 専門知識習得コースの対象分野

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.科学の基礎         | 放射線物理学の基礎；放射線生物学の基礎                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                 | 放射線リスク                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                 | 線量の用語と単位                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                 | 人間の放射線被ばく（自然放射線と人口放射線）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                 | 宇宙放射線とその影響因子                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2. 法的根拠         | 法的枠組み <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 指令 2013/59/EURATOM</li> <li>・ 放射線防護法および原子力法（第 17 条、第 19 条 AtG）</li> <li>・ 放射線防護令</li> <li>・ ガイドライン</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                 | 所轄官庁の仕様                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                 | 国際勧告（ICRP、IAEA など）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                 | その他の規則・規定（規格、取扱説明書、BG 規則）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3. 航空機乗務員の放射線防護 | StrlSchG および StrlSchV の放射線防護： <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 計画時、現存、緊急時被ばく状況</li> <li>・ 主役と責任：</li> </ul> BfS（185 条（5）StrlSchG）、LBA（189 条 StrlSchG）。                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                 | 放射線防護の原則（§6 - 9 StrlSchG）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                 | 届出手続きおよび特別規定（StrlSchG 第 50 条、第 51 条、StrlSchG 第 209 条の経過規定）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                 | 放射線防護の運営組織： <ul style="list-style-type: none"> <li>・ SSV および SSB の法的地位（StrlSchG 第 69～72 条）</li> <li>・ 専門知識の要件と更新（§47、48 StrlSchV）</li> <li>・ 放射線防護に関する指示（§45 StrlSchV）</li> <li>・ StrlSchG と StrlSchV の準備（§ 46 StrlSchV）</li> <li>・ 指導内容（§63 StrlSchV）</li> <li>・ 記録・保存義務</li> </ul>                                                                                                                              |
|                 | 航空機乗務員のモニタリング： <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 職業被ばく限度（§ 78 StrlSchG）</li> <li>・ 体内線量（Körperdosis）の決定（§64, 67 StrlSchV§197 StrlSchV）および航空における特別な機能（計算プログラム）。</li> <li>・ 妊婦および授乳婦の保護（§69 StrlSchV）</li> <li>・ 職業被ばくのカテゴリー（第 71 条（2）StrlSchV）</li> <li>・ 線量ガイダンス値（第 72 条 StrlSchV）と線量低減対策／作業計画の作成（第 75 条(3)StrlSchV）</li> <li>・ 医療モニタリング（StrlSchV§77-81）</li> <li>・ 放射線防護登録（§170, 173 StrlSchV）</li> </ul> |
|                 | 規制違反                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

#### 2.1.6.5 ドイツのまとめ

ドイツにおける航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下の通りまとめる。詳細については、表 6 に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は 2017 年施行の放射線防護法 (StrlSchG) で規定されている。適用対象事業者は、航空機の運航者であり、防護の対象となる個人は、航空機乗務員である。
2. 被ばく線量に係る基準値：StrlSchG では、被ばく状況、計画被ばく状況、緊急時被ばく状況、現存被ばく状況の 3 つに区分され、職業被ばくにおける実効線量限度は、全ての暦年の合計で決定される 400 mSv、20 mSv/年、5 年間で 100 mSv を超えない場合に限り、最大 50 mSv/年が許可されることが定められている。妊婦については子宮の等価線量限度が 2 mSv/月、胎児の実効線量限度が妊娠中 1 mSv とされている。また、StrlSchG の下位法令である 2018 年施行の放射線防護令 (StrlSchV) では、航空機乗務員が宇宙線から受ける実効線量が 1 mSv/年を超える可能性がある場合、線量決定を実施することが定められている。
3. 被ばく線量の管理方法：StrlSchV では、LBA に承認された計算プログラムもしくは測定機器を使用し、線量を評価することが規定されている。また、StrlSchG では、職業被ばくの線量管理について、雇用の特徴や被ばくの条件等、管理される情報が規定されており、75 歳に達するか、または 75 歳に達すると見込まれる期間まで、雇用終了後少なくとも 30 年間の記録保管が義務付けられている。また、収集された職業被ばくに関するデータが BfS による放射線防護登録簿 (SSR) に記録されることが規定されている。
4. 天文現象への対応方法：法令およびガイドライン等では、天文現象への対応方法に関する規定はない。

## 2.1.7 フランス

### 2.1.7.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

フランスの航空機乗務員に関する放射線防護の法令等は労働法典（Code du travail）<sup>82</sup>に記載されており、線量評価結果の通知先は、放射線防護原子力安全研究所（IRSN）である。

### 2.1.7.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

労働法典の Part4 職場での健康と安全 (R4121-1~R4823-6) の第 IV 巻、R4451-1~R4451-4<sup>83</sup>で、航空機乗務員が労働法典の適用対象とされている。航空機乗務員以外の労働者の宇宙放射線被ばくについては、対象外とされている（R4451-2 の第 3 項に記載）。航空機乗務員に特化した法令等は 2024 年 7 月 26 日時点で確認できていない。

#### 1) 法令の適用範囲

航空飛行中の乗務員の被ばくについて、労働法典が適用される範囲は以下の通り。労働法典に運行経路・路線、頻度は記載されていない。Code 以下の Arrete・Decret・JORF で航空飛行時の被ばくに関する情報は 2024 年 7 月 26 日時点で得られていない。乗客に関する放射線防護規定は公衆衛生法典では確認できていない。労働法典では、航空機乗務員以外の労働者が宇宙線に被ばくした場合は除外される。

R4451-1

第 3 項

自然電離放射線の存在を伴う人間活動のうち、特に労働者の被ばく量を著しく増加させる活動

<sup>82</sup> Ministère du Travail, Code du travail,

[https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte\\_lc/LEGITEXT000006072050/2024-07-18](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006072050/2024-07-18)

<sup>83</sup> Ministère du Travail, Code du travail ReplierQuatrième partie : Santé et sécurité au travail (Articles R4121-1 à R4823-6),

[https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section\\_lc/LEGITEXT000006072050/LEGISCTA000018491125/#LEGISCTA000022441837](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006072050/LEGISCTA000018491125/#LEGISCTA000022441837)

- a) 輸送法 (Code des transports) L6522-1 条に規定される乗組員<sup>84</sup>の被ばくに関する航空機の運航、および乗組員に関する宇宙船の運航

## 2) 法令における被ばく線量に係る基準値

労働法典の R4451-6～R4451-783 に以下のように線量限度が定められている<sup>83</sup>。なお、線量とは別にリスク評価が行われており、労働法典 R5441-14 に詳細が記載されている。リスク評価では「航空機および宇宙船の飛行高度における宇宙放射線の性質および放出レベルに関する情報」が考慮されるとされている。

### R4451-6

労働者の電離放射線被ばくは、以下を超えない：

第 1 項 全身については、実効線量に基づき評価した、連続する 12 カ月間の被ばく限度値 20 mSv；

第 2 項 臓器または組織については、対応する等価線量に基づいて評価される以下の被ばく限度値が適用される：

a) 四肢および皮膚については、連続 12 カ月間で 500 mSv。皮膚については、被ばく面積にかかわらず、1 cm<sup>2</sup>の表面における平均線量に適用される；

b) 眼の水晶体に対しては、連続する 12 カ月間で 20 mSv。

ただし

2018 年 6 月 4 日付政令 2018-437 号第 7 条の規定により、これらの規定は 2018 年 7 月 1 日から施行されるが、第 2 項の水晶体に対する線量限度値は 2023 年 7 月 1 日から施行される。

2018 年 7 月 1 日から 2023 年 6 月 30 日までは、1 年間に受ける線量が 50 mSv を超えないことを条件に、水晶体に対する累積限度値は 100 mSv に設定される。

<sup>84</sup> Code des transports L6522-1 では、飛行中の航空機のサービスのために登場しているすべての人々が乗務員と定義されている。

#### R4451-7

妊娠の場合、妊娠宣言から出産までの間、胎児の被ばく線量は合理的に可能な限り低く保たれ、いかなる場合でも、胎児が受ける等価線量は 1 mSv 未満に保たれる。

#### R4451-14

リスク評価を実施する場合、雇用主は特に以下を考慮しなければならない：

第 1 項 公衆衛生法第 1333-158 条に規定される電離放射線源のインベントリ；

第 2 項 電離放射線源の性質、放射線の種類、被ばくのレベルおよび期間、放射性核種の拡散および取り込みの方法（該当する場合）；

第 3 項 電離放射線源の供給者または製造者が提供する放出レベルに関する情報；

第 4 項 航空機および宇宙船の飛行高度における宇宙放射線の性質および放出レベルに関する情報；

### 3) 被ばく線量の管理方法

被ばく線量評価・保存・通達等は労働法典に記載されている。線量評価方法は R4451-12、健康に対するリスク評価は R4451-13～R4451-17、線量の管理は R4451-66～73 に記載されている。乗務員への教育訓練は R4451-58～R4451-59 に記載されている。乗客への広報等に関する法令等は 2024 年 7 月 26 日時点で確認できていない。

電離放射線被ばくに関する情報及び管理システム「SISERI<sup>85</sup>」について規定した行政決定

<sup>85</sup> IRSN, SISERI, <https://docs.siseri.irsnn.fr/about-siseri>

<sup>86</sup> (Arrêté: JORF n°0145 du 24 juin 2023) <sup>87</sup>では、SISERI への登録とアクセス、電離放射線被ばくのモニタリングの条件を設定している。労働法典 R4451-127 で、SISERI の情報収集管理システムの責任は IRSN にあることが明記されており、各労働者のデータは最後の被ばくから 50 年間一元管理されることが規定されている。

評価された個人線量は SISERI で管理される。雇用主は、SISERI のデータにアクセスできる関係者を指定する責任がある。アクセス通知はメールで受け取ることができ、労働者はすべてのデータにアクセスできる (図 4、図 5 参照) (労働法典 R4451-67)。産業医もこのデータにアクセスすることができるが限定される (労働法典 R4451-68)。

個人線量モニタリングを受ける労働者は、リスク評価の結果に関連して訓練を受けなければならないとされている (労働法典 R4451-58)。そして、訓練に含まれるべき内容として、電離放射線の特性、健康影響、放射線防護監督者の名前と連絡先の詳細、リスクを排除又は軽減するために講じられる措置、妊娠中又は授乳中の女性等に対して定められた特別規則、被ばく線量測定結果にアクセスする方法、事故又は事件が発生した場合に取るべき措置等が挙げられている。

個人線量は、IRSN により開発された SIEVERT ソフトウェアを使用して、航空機乗務員の被ばく線量が航空会社によって計算される <sup>85</sup>。その結果は航空会社によって SISERI システムに送信される。

<sup>86</sup> Arrêté は特に大臣、知事、市長によって公布される行政命令で、法典や、大統領または首相によって公布される Décret よりも下位に相当する。

Vie-publique , Qu'est-ce qu'un arrêté ?, <https://www.vie-publique.fr/fiches/20264-quest-ce-quun-arrete>

<sup>87</sup> Arrêté du 23 juin 2023 relatif aux modalités d'enregistrement et d'accès au système d'information et de surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants « SISERI » et modifiant l'arrêté du 26 juin 2019 relatif à la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, 2023.6.24., <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000047719829>



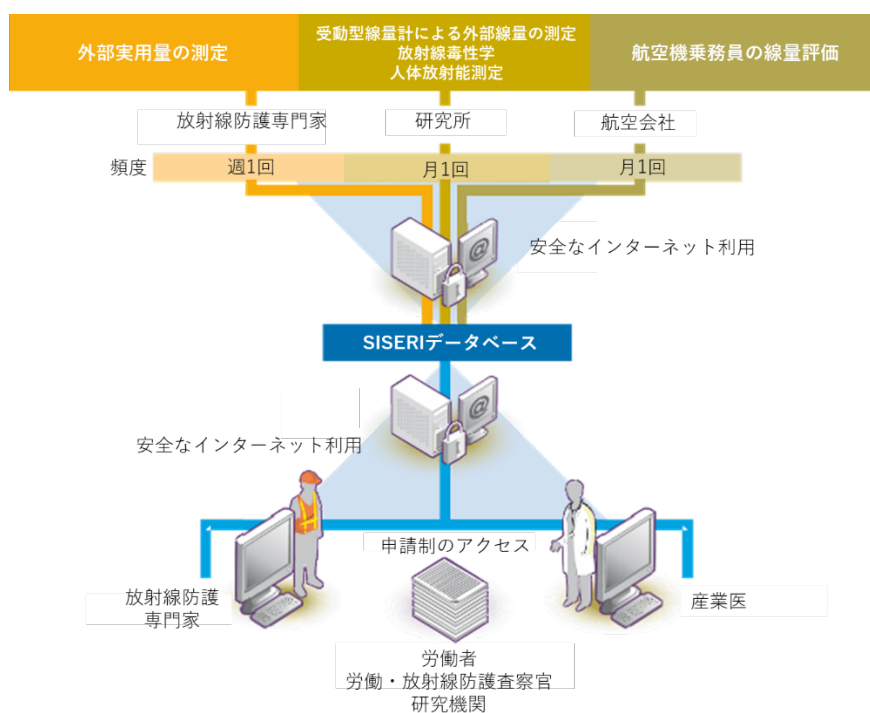


図 4 SISERI システムの概念図 85

| ✓ 読み取り専用<br>✓ 読み書き可能<br>✕ アクセス不可                                                                    | 管理情報              | 線量測定データ                             |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|------|
|                                                                                                     |                   | 外部線量（受動型線量計計測値、<br>『実効』線量、等価線量、実用量） | 内部線量 |
| 労働者                | ✓                 | ✓                                   | ✓    |
| 雇用主                | ✓                 | ✕                                   | ✕    |
| CES（雇用主側のSISERI担当者）                                                                                 | ✓                 | ✕                                   | ✕    |
| CRP（放射線防護コンサルタント）  | ✓                 | ✓*                                  | ✕    |
| MDT（産業医）           | ✓                 | ✓**                                 | ✓**  |
| 監督機関（IT（労働監督局）、<br>IRP（従業員代表機関））                                                                    | ✓                 | ✓                                   | ✕    |
| 研究機関               | 合意の下、医療機密に係る要件を遵守 |                                     |      |

\* 雇用主またはCRPがINB（原子力基本施設）での実用量測定データを送信  
 \*\* 線量の修正または登録

図 5 SISERI のデータにアクセスできる関係者 <sup>88</sup>

労働法典に記載される事項のうち、航空機の被ばくに関連するものを以下に抜粋する。

R4451-12

実効線量および等価線量の計算は、公衆衛生法 R1333-24<sup>89</sup>を適用して発行された命令で定

<sup>88</sup>SISERI, Présentation, <https://docs.siseri.irsna.fr/informations/presentation>

<sup>89</sup>Code De La Sante Publique, R1333-24

実効線量および等価線量の計算については、人体の様々な組織や器官に対する放射性核種の影響を考慮し、放射線防護・労働担当大臣の命令で定められている：

第 1 項 使用する計算方法と加重係数；

第 2 項 電離放射線による外部被ばくの換算係数値；

第 3 項 摂取または吸入された各放射性核種について、取り込まれた単位放射能あたりに発生する実効線量値。

加重係数、電離放射線の外部被ばくに対する換算係数値、および組み入れられた単位放射能あたりの預託実効線量値は、国際放射線防護委員会が公表し、更新された値を考慮する

[https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section\\_lc/LEGITEXT000006072665/LEGISCTA000036990632/#L-EGISCTA000036990632](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/section_lc/LEGITEXT000006072665/LEGISCTA000036990632/#L-EGISCTA000036990632)

められた方法に従って行われる。

#### R4451-13

雇用主は、労働法典 L. 4644-1 条の I に記載されている従業員、または従業員が既に指名している場合は放射線防護アドバイザーの援助を要請することにより、労働者の電離放射線への被ばくから生じるリスクを評価する。

#### R4451-14

リスク評価を実施する場合、雇用主は特に以下を考慮しなければならない：

第 1 項 公衆衛生法第 1333-158 条に規定される電離放射線源のインベントリ；

第 2 項 電離放射線源の性質、放射線の種類、被ばくのレベルおよび時間、放射性核種の拡散および取り込みの方法（該当する場合）；

第 3 項 電離放射線源の供給者または製造者が提供する放出レベルに関する情報；

第 4 項 航空機および宇宙船の飛行高度における宇宙放射線の性質および放出レベルに関する情報；

第 5 項 R.4451-6、R.4451-7、R.4451-8 に規定される被ばく限度値；

第 9 項 作業工程または実施される作業に内在する、合理的に予見可能な事故；

第 11 項 妊婦、胎児または授乳中の子供、18 歳未満の労働者の健康と安全への影響；

第 12 項 職場の他の物理的、化学的、生物学的、または組織的リスクとの相互作用；

第 13 項 会社の活動が本章第 12 項の規定の影響を受ける可能性；

第 14 項 国の代表者が提供する、住民が被るリスクに関する情報、および第 4451-1 条の 6 項で言及されている長期的な被ばく状況の場合に汚染地域の管理を確実にするために実施される措置に関する情報

#### R4451-15

雇用主は、リスク評価の結果、被ばく量が以下のレベルのいずれかに達するか、または超

える可能性がある場合、職場において測定を実施しなければならない：

第 1 項 全身：年間 1 mSv；

第 2 項 水晶体：年間 15 mSv；

第 3 項 四肢および皮膚：年間 50 mSv；

#### R4451-16

リスク評価の結果は、第 4121-1 条に規定する単一の評価文書に記録する。R4451-15 に規定される評価および測定の結果は、少なくとも 10 年間は参照可能な形で保管されるものとする。

#### R4451-17

I.雇用主は、リスク評価と測定の結果を、L.4624-1 条第 1 項に記載された保健専門家、および社会経済委員会に、特に R.4121-2 条に基づいて更新された場合に伝達しなければならない。

### 4) 天文現象への対応方法

労働法典中には天文現象や紛争に関する航路の変更等について具体的な言及はない。R4451-5 では、雇用主が技術の進歩と発生源におけるリスク管理手段の利用可能性を考慮し、放射線の被ばくから生じるリスクを排除もしくは最小限に抑えることを目的とした予防措置を講じることが規定されている。労働者の被ばくに関するリスク評価について R4451-14 では、「第 4 項 航空機および宇宙船の飛行高度における宇宙放射線の性質および放出レベルに関する情報」の考慮が記載されている。また、線量評価を行う SIEVERT-PN は天文現象に対応し、評価を行うことが可能<sup>90</sup>である。

フランスの航空局のウェブサイトでは、太陽フレアや紛争による経路変更の要請や被ばくに関する情報の記載は確認できなかった。

<sup>90</sup> IRSN, SIEVERTPN, <https://www.sievert-system.org/#Home>

#### 2.1.7.3 法令に関連する検討体制等

関連する法令の検討体制については情報が得られていない。

#### 2.1.7.4 その他の関連情報

フランスは ICAO 条約に加盟しており、フランス政府が ICAO に対して、ICAO のパリ事務所の近代化支援に向けた、450 万ユーロ以上の資金提供に関する新しい協定を締結した<sup>91</sup>。しかし、本文書を含むその他文書においても放射線に関する要求の対応について明記されていない。

SIEVERT ソフトウェアはウェブサイトで公開<sup>90</sup>されており、飛行中に受ける被ばく線量を計算することができる。よくある質問には健康への影響や、太陽フレアについての記載がされている。

フランス食品環境労働生成安全庁 (ANSES) により、2023 年 10 月に航空機の乗務員に関する健康についてまとめたレポートが発表されている<sup>92</sup>。宇宙線による影響に加えて、勤務時間や気圧・受動喫煙などによるがんの影響に関する IARC や ICRP の報告書などを引用し、さらに航空機の乗務員に関する宇宙線とがんの疫学研究などをレビューし、航空機の乗務員のばく露条件などが整理され、現在の知見と現状がまとめられている。

2015 年に ICRP によって開催された第 3 回放射線防護体系に関する国際シンポジウムでは、フランスのエールフランス航空機乗務員の放射線防護の取組みについて紹介された。以

<sup>91</sup> ICAO, France contributes over €4.5m to ICAO Paris Office Modernization, <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/France-contributes-over-45m-to-ICAO-Paris-Office-Modernization.aspx>

<sup>92</sup> ANSES, Effets sur la santé liés à la profession de personnels navigants et sur la qualité de l'air dans les cabines d'avions, 2023.7., <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2019SA0075Ra.pdf>

下にその概要を示す<sup>93</sup>。

SIEVERT のシステムを用いて、毎月約 26,000 回のエールフランスのフライトナビゲーションデータが処理され、19,000 人の乗務員の被ばく量が計算された。地上レベル増強事象 (GLE) として分類される太陽陽子事象 (SPE) の場合による追加線量についても考慮された。すべての中距離及び長距離飛行を考慮した年間平均実効線量は安定して約 2 mSv/年であったため、乗務員が 40 年のキャリアでも 100 mSv を超える実効線量となる可能性は低いとされた。

エールフランスでは労働衛生サービス (OHS) で義務付けられる年次健康診断の際に産業医によって年間実効線量が通知され、宇宙放射線とそれによって起こりうる健康影響に関する対話の機会が位置付けられた。OHS では毎月すべての乗務員と面会することができないため、被ばく量が多い乗務員を特定するスクリーニングシステムが開発され、防護の最適化のために、12 か月の基準レベルを 6 mSv、トリガーレベルを 4 mSv に設定することで、乗務員の勤務ローテーションを必要に応じて変更できるようにした (グレーデッド・アプローチ)。

乗務員は飛行時間に応じて給料が支払われるため、飛行時間を短縮することに消極的になる可能性がある。航空機には中性子や荷電粒子による人工的な電磁場を遮蔽するものではなく、被ばく量を減らす唯一の方法は「自然の」防護 (すなわち、地球の磁場 (緯度) と地球の大気 (高度)) に頼ることである。民間ジェット機が飛行する高度では、銀河宇宙放射線は赤道付近では極地よりも 3~5 倍強度が低い、ルート (高度や緯度) を変更することは、燃料節約<sup>94</sup>のために選択したルートと矛盾するため難しい。このような制約があるため、OHS と放射線防護監督者は、被ばく量の高いクルーに宇宙線について認識させ、希望する飛行ルートを変更することに同意させるよう努めた。このアプローチが功を奏し、2012 年以降、5 mSv/年の線量を超えたクルーはいない (このアプローチが実施される前は、20 人以上のクルーがこの線量を超えていた)。また、赤道横断飛行と極地付近の飛行を乗務員全員で平等に分担することで、平準化するという対策が提示された。

<sup>93</sup> Desmaris G. (所属 : Air France) , Cosmic radiation in aviation: radiological protection of Air France aircraft crew, 2016.4.4., <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0146645316636009>

<sup>94</sup> 高度を上げると空気が薄くなるため燃焼効率 は低くなるが、空気抵抗が大きく減るため、全体的な燃料消費量は下がる。

フランスの規制では、例外的な太陽活動を考慮することが義務付けられている<sup>95</sup>ため、重大な GLE の後、特定のマップが作成、検証される。天体物理学者は、地上レベルおよび飛行レベルでの影響を評価するよう求められる。線量率マップの作成には約 3～4 週間を要する。GLE による被ばくは一見高く見えるが、乗務員の年間被ばく量が大幅に変わるわけではない。しかし、乗務員の信頼を維持のために GLE への対処が重要とされている。

上記のようなエールフランスの取組は、ICRP の 1990 年勧告で航空機乗務員を職業上被ばくする労働者として認識することが推奨されたことに端を発する。この取組は Euratom 欧州指令 96/29 の要件であり、フランスの法令として 2000 年に発効された。航空事業者は、関係する航空機乗務員の被ばく線量を評価し、潜在的な健康リスクを乗務員に通知するとともに、最も被ばくする乗務員の被ばく量の低減を図った。また、図 6<sup>93</sup>では、長距離フライトに対応するピークは 3 mSv/年付近に集中しており、この図の形状から、最高線量を削減できる可能性があることが分かる。これは、赤道を越える路線と極地に近い路線をすべての乗務員で均等に分担することで、集団線量をより公平に分担できることを示す。また、妊娠中の乗務員の被ばく量を 1 mSv 未満に抑えるために、適切な措置が講じられている。

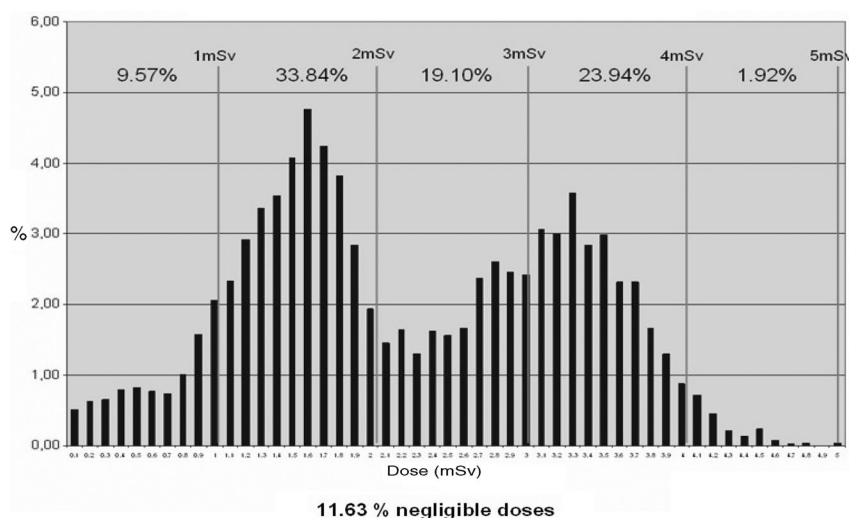


図 6 2007 年の航空機乗務員の線量分布

<sup>95</sup> ただし、この記載は本 Proceedings の記載であり、労働法典中には記載が確認できなかった。(2024 年 7 月 25 日現在)

#### 2.1.7.5 フランスのまとめ

フランスにおける航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下の通りまとめる。詳細については、表 6 に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は 2017 年施行の労働法典（Code du travail）で規定されており、適用対象の事業者は、記載がないものの、防護の対象となる個人は、乗務員（飛行中の航空機のサービスのために搭乗しているすべての人々が乗務員）である。
2. 被ばく線量に係る基準値：労働法典の法令では、労働者の線量限度について、全身の実効線量で、連続 12 カ月間あたり 20 mSv である。一方で、等価線量で、四肢および皮膚で連続 12 カ月間あたり 500 mSv、眼の水晶体で連続する 12 カ月間あたり 20 mSv と規定される。なお、皮膚については、被ばく面積にかかわらず、1 cm<sup>2</sup>の表面における平均線量に適用される。妊娠中の労働者の場合、胎児が受ける等価線量は 1 mSv と規定される。
3. 被ばく線量の管理方法：労働法典の法令では、被ばく線量評価・保存は、IRSN により開発された、電離放射線被ばくに関する情報及び管理システム SIEVERT が利用されることが規定されている。また、SISERI の情報収集管理システムの責任は IRSN にあることが明記されており、各労働者のデータは最後の被ばくから 50 年間一元管理されることが規定されている。
4. 天文現象への対応：労働法典では、天文現象への対応方法に関する規定はない。ただし、労働法典では雇用主が技術の進歩と発生源におけるリスク管理手段の利用可能性を考慮し、放射線の被ばくから生じるリスクを排除もしくは最小限に抑えることを目的とした予防措置を講じることが規定されている。また労働者の被ばくに関するリスク評価について「第 4 項 航空機および宇宙船の飛行高度における宇宙放射線の性質および放出レベルに関する情報」の考慮が記載されている。



### 2.1.8 フィンランド

フィンランドの法令には、laki (法・議会法) と asetus (政令) がある。放射線法 (Säteilylaki 859/2018) <sup>96</sup>および原子力法 (Ydinenergialaki 990/1987) <sup>97</sup>に基づき、フィンランド放射線・原子力安全局 (STUK) が置かれ、原子力及び放射線の安全に対する規制を行っている。STUK は、放射線法 (859/2018) に基づき、放射線及び原子力に関する規則を定めており、原子力法に関する規則 Y シリーズ、放射線及び原子力法に関する規則 SY シリーズ、及び放射線に関する規則 S シリーズがある。これらの STUK 規則は、いずれも法的拘束力を有している。

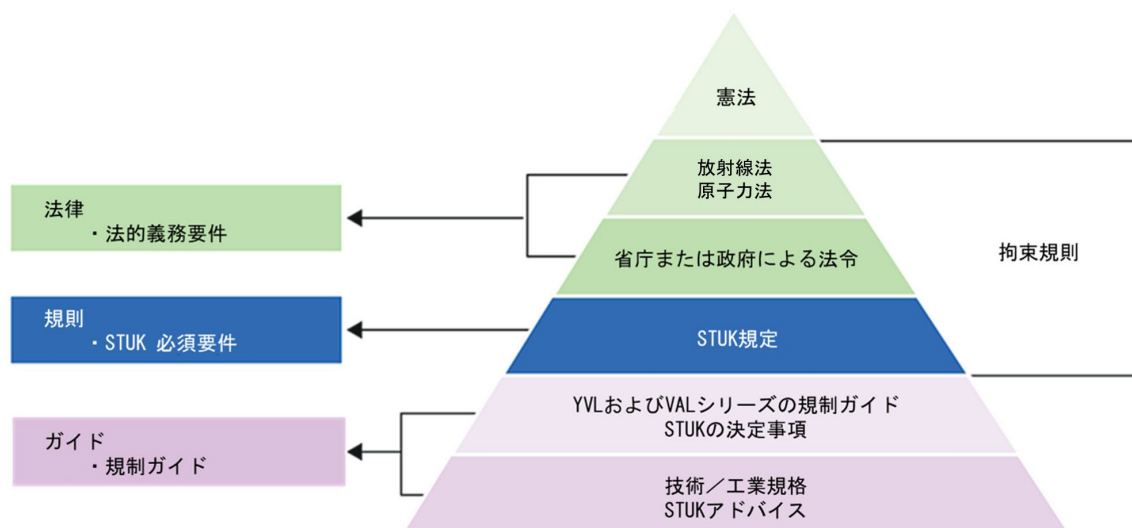


図 7 フィンランドの原子力・放射線関連の法令・ガイダンス等 <sup>98</sup>

<sup>96</sup> Sosiaali- ja terveysministeriö, Säteilylaki 859/2018, 2018.12.15, <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180859>

<sup>97</sup> Kauppa- ja teollisuusministeriö, Ydinenergialaki 990/1987, 1988.3.1, <https://finlex.fi/fi/laki/smur/1987/19870990?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=990%2F1987>

<sup>98</sup> Sammio, Legislation and guides, <https://stuk.fi/en/legislation-and-guides>

#### 2.1.8.1 航空機乗務員に関する放射線防護に関連する規制機関等

放射線安全および原子力利用の安全性の促進と監督を行うため、社会保健省の直下に国家行政機関として STUK が設立されている (Laki Säteilyturvakeskuksesta 2022/1164) <sup>99</sup>。

#### 2.1.8.2 航空機乗務員に関する放射線防護の法令等

放射線法 (859/2018) では、航空機乗務員の職業被ばくを適用範囲としている。宇宙線被ばくによる公衆の被ばくは適用範囲となっておらず、放射線法 (859/2018) に基づき、職業被ばくおよび公衆の被ばくについては、電離放射線に関する政令 (Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä 1034/2018) <sup>100</sup>および、放射線に関する社会保健省の政令 (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä 1044/2018) <sup>101</sup>が制定されている。また STUK が発効した、STUK 規則 S シリーズでは、放射線防護に関する安全許可を必要とする活動に関する STUK 規則 (STUK S/6/2019) <sup>102</sup>、自然放射線に被ばくする活動に関する STUK 規則 (STUK S/6/2022) <sup>103</sup>が航空機乗務員の放射線防護に関連する。

#### 1) 法令の適用範囲

放射線法 (859/2018) では、第 18 章に自然放射線からの職業被ばくについて規定が記載されている。第 18 章 § 145 には、雇用者は活動を開始する前に STUK に航空業務について放

<sup>99</sup>Sosiaali- ja terveysministeriö, Laki Säteilyturvakeskuksesta (20.12.2022/1164), 2022.12.30, <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2022/20221164?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=20.12.2022%2F1164>

<sup>100</sup> Sosiaali- ja terveysministeriö, Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä (22.11.2018/1034), 2018.12.15, <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20181034>

<sup>101</sup> Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ionisoivasta säteilystä (1044/2018), 2018.12.15, <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181044>

<sup>102</sup> Sosiaali- ja terveysministeriö, Radiation and Nuclear Safety Authority Regulation on Radiation Practices Subject to a Safety Licence STUK S/6/2019, <https://www.stuklex.fi/en/maarays/stuk-s-6-2019>

<sup>103</sup> STUK, Säteilyturvakeskuksen määräys luonnonsäteilylle altistavasta toiminnasta (STUK S/6/2022), 2022.2.15, <https://www.stuklex.fi/fi/maarays/stuk-s-6-2022>

放射線安全に不可欠な情報を報告すること（自主的な届出）（STUK 規則 S/6/2022 § 3<sup>104</sup>に記載）が要求されている。また第 18 章 § 152 には、航空機乗務員の放射線被ばくについて規定があり、フィンランド運輸安全局が発効する交通許可に基づき航空業務を行う雇用者は、主な飛行高度が 8000 m を超える場合、それによって生じる放射線被ばくを調査する義務があると規定されている。また航空法（Ilmailulaki 864/2014）<sup>105</sup>に規定する軍用航空および国営航空に従事する者も対象となる。

放射線法（859/2018）では、基準値の設定について第 18 章 § 144 に記載されており、その状況（§ 152）に対する自然放射線の基準を設定する際には防護基準と社会の観点から許容量が考慮されると規定されている。

## 2) 法令における被ばく線量に係る基準値

放射線法では、航空機乗務員による宇宙被ばくに関する線量限度についての直接的な記載はないが、§ 152 で、宇宙放射線によって引き起こされる職業被ばくが、以下の § 144 に規定された値を超える可能性がある場合（ラドン以外のものによる集団の被ばくの基準値が、公衆の線量限度より高くなる場合）、事業者は、最も被ばくした労働者の被ばくが制限されるように航空機乗務員のシフトを計画しなければならないことが規定されている。

<sup>104</sup> 以下の内容を報告することが規定。

航空事業体、雇用主/雇用主/航空会社、最も一般的な飛行ルート、高度、航空機の種類、業務の一般的な説明、放射線業務従事者の数の推定、放射線従事者の線量評価と評価の基礎

<sup>105</sup> Liikenne- ja viestintäministeriö, Ilmailulaki 864/2014, 2014.11.13,  
<https://finlex.fi/fi/laki/smur/2014/20140864?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=864%2F20>

§ 144 に規定された値

- ・職場のラドン濃度およびラドンによる職業被ばくの基準値は、従業員のラドンによる放射線量が労働者の線量限度の 10 分の 3 以下になるように設定される。
- ・常時作業を行う作業場では、職場のラドン濃度基準値が適用される。短期間の作業には、職業上のラドン被ばくの基準値が適用される。
- ・ラドン以外のものによる集団の被ばくの基準値は、公衆の線量限度より高くてはならない。

放射線に関する政令（1034/2018）では、§ 2 で、正当性の評価と防護の最適化に考慮が要求されており、§ 3 では、放射線法（859/2018）§ 5 に記載される全体的な利益の評価について、放射線被ばくの結果として生じる健康被害・環境への影響・財産・社会機能への被害を考慮することなどが規定されている。

放射線に関する政令（1034/2018）第 3 章には職業被ばくにおける線量限度（annosrajat : dose limits）（§ 13）と公衆（一般公衆および同等の労働者）被ばくの線量限度（§ 15）が規定されており、それぞれ以下のように定められている（表 4）。

職業被ばくにおける妊娠時・授乳時の取り扱いについては、放射線法（859/2018）§ 100 および放射線に関する政令（1034/2018）第 7 章 § 41 に規定されており、従業員からの通知後妊娠中は等価線量で 1 mSv を超えないように調整しなければならないことが規定されている。

放射線に関する社会保健省の政令（1044/2018）の § 18 には、職業被ばくにおける参考レベルの利用（Viitearvojen käyttäminen: Use of Reference level）が規定されている。第 6 章 自然放射線 § 22（宇宙放射線被ばくの参考レベル）には航空機乗務員の放射線被ばくの参考レベル（viitearvoja : reference level）は実効線量で 1 mSv/年と記載されている。なお放射線に関する社会保健省の政令（1044/2018）第 5 章には現存被ばく状況に関する定義が記載されており、第 6 章には自然放射線の状況は適用されないと記載されている（現存被ばく状況における参考レベルは 1 mSv と規定されている（§ 16））。

STUK 規則のうち、放射線防護に関する安全許可を必要とする活動に関する STUK 規則（STUK S/6/2019）では、第 3 章 § 7 に航空機の乗務員の被ばく線量拘束値（Dose constraint）

が 6 mSv/年と規定されており、ただし実際の対策で 6 mSv に制限できない特別な状況では線量拘束値がこれより大きくなる場合があると規定されている。

#### § 7 職業被ばくの線量拘束値

放射線業務における職業被ばくの線量拘束値は、その業務における職業被ばくの категорияが 3 の場合、0.3 mSv である。しかし、安全評価において正当性が示されれば、線量拘束値はこれより大きくてもよい。

航空業務における職業被ばくの線量拘束値は 6 mSv である。ただし、合理的な方法で被ばくを 6 mSv に制限できない限定された特殊な状況においては、線量拘束値をこれより大きくすることができる。

表 4 フィンランドにおける職業被ばくと公衆被ばくの線量限度 (mSv/年)

|                                             | 全身実効線量 | 眼の水晶体等価線量                         | 皮膚等価線量                               | 手・腕・足・足首の等価線量 |
|---------------------------------------------|--------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| 職業被ばく                                       | 20     | 5 年で 100 mSv、ただし年間 50 mSv を超えない範囲 | もともと露出した皮膚の平均等価線量が年間 500 mSv を超えない範囲 | 500           |
| 公衆被ばく                                       | 1      | 15                                | もともと露出した皮膚の平均等価線量が 50 mSv を超えない範囲    | なし            |
| 学生と研修者<br>(放射線法 § 99 の規定に従って放射線源の使用に参加する場合) | 6      | 15                                | もともと露出した皮膚の平均等価線量が 150 mSv を超えない範囲   | 150           |

国際紛争、自然災害等により通常とは異なる航路で運航する必要がある場合に、当該基準値の見直し又は弾力的な措置を講じるための定め及びこのような見直し又は措置の事例 (2007 年以降のものに限る) については、放射線法 (859/2018) 等では記載が確認できなかった。

### 3) 被ばく線量の管理方法

放射線法 (859/2018) 第 4 章に、線量登録に関する規定があり、STUK が放射線登録簿への記載などを行うことが規定されている。第 4 章 § 20、21 には線量登録簿の情報として、各作業員の身元と個人線量モニタリングに関する情報 (作業内容、外部作業者のオペレータおよび雇用者、個人線量を決定するために使用された方法、被ばく線量に影響を与える要因、個人線量モニタリングの結果) を対象者が 75 歳になるまでか、放射線業務終了後 30 年間、

研究の目的では長期間保管されることが規定されている。

線量登録の情報は、作業者が放射線業務に従事している間、およびその後、当該作業者が 75 歳に達するまで、または 75 歳に達する見込みであるまで、ただし放射線業務の終了から 30 年を経過するまでは保存される。STUK は、放射線の安全確保に関連する研究目的のために、上記の情報をこれよりも長期間保存することがある。

第 9 章放射線測定では、STUK が放射線測定の信頼性の検証や適合に関するより詳細な規則を発行していることが記載されている（§ 59）。

STUK 規則（S/6/2022）では、第 6 章に航空機乗務員の放射線被ばくの決定方法と線量登録簿への情報提供を規定している。§ 25 で放射線被ばく線量は適切に検証された計算方法で決定する必要があり、国際標準もしくは他の適切な文書化された方法で行わなければならないことが規定されている。また計算された線量当量等は測定値又は参照値±30%を超えて逸脱してはならないと規定されている。§ 26 ではこれらの測定結果は、測定期間が終了後 1 か月以内に提出される必要があると規定されている。

STUK 規則（S/1/2018）<sup>106</sup>では、職業被ばくの調査・評価・モニタリングに関する規則が規定されている。§ 2 の被ばく条件のモニタリングでは、被ばく条件が変化していないことを確認するため外部放射線量率の定期的な測定が求められている。§ 9 では個人被ばく線量の計算が規定されており、個人線量が直接測定できない場合は他の従業員の測定結果に基づくか、放射線量を推定するツールを使って、計算することが求められている。推定された線量とその評価方法については線量登録簿に記載される。§ 14 には、線量の通知について規定されており、外部放射線による線量は深部線量 Hp(10)、表面線量 Hp(0.07)、および眼の水晶体の等価線量 Hp(3) の量を使用して作業者の線量記録簿に登録することが規定されている。

社会保健省の政令（1044/2018）第 3 章 § 8 にて放射線業務に従事する労働者の教育訓練について規定されている。

<sup>106</sup> STUK, Radiation and Nuclear Safety Authority Regulation on the Investigation, Assessment and Monitoring of Occupational Exposure, 2018.12.13, <https://www.stuklex.fi/en/maarays/stuk-s-1-2018>

放射線業務に従事する労働者は、少なくとも 5 年間、放射線防護に関する補習的な教育訓練を受けなければならない。教育訓練では、各課題に必要な放射線安全に関する特殊性や、当該放射線実務における放射線安全に関する変更点や最新情報について強調する。

第 1 項に定めるものに加えて、放射線安全専門家または医学物理学の専門家として働くものは、5 年間にわたって少なくとも 20 時間の放射線防護に関する補足的な教育訓練を受けなければならない。付録 5 に定めるものに加えて、放射線安全の監督者は、5 年間にわたって少なくとも 10 時間の放射線防護に関する補足的な教育訓練を受けるものとする。

乗客への通知および一般への広報について、2024 年 6 月 24 日時点で法令等は法令および航空局等が公表している情報を確認したが、記載を確認できなかった。

#### 4) 天文現象への対応方法

線量拘束値 (annosrajoitus : dose constrain) の 6 mSv/年を超えないように活動を計画しなければならない (旧規則の ST-12-4<sup>107</sup>。これ以上の記載はない)。

##### 2.1.8.3 法令に関連する検討体制等

2008 年 3 月以降 STUK では諮問委員会が設立されている<sup>108</sup>。放射線防護諮問委員会、放射線安全諮問委員会、原子力安全諮問委員会などがある。諮問委員会については放射線防護庁によって設置<sup>109</sup>され、放射線安全諮問委員会では放射線の被ばく状況や安全の観点からの意見を述べ、放射線安全の規制に関する声明、研究の発展と国内国外の協力について STUK

<sup>107</sup> STUK, SÄTEILYTURVALLISUUS LENTOTOIMINNASSA, 2013.11.1, <https://stuk.fi/documents/150192312/162639293/ST12-4.pdf/91d9dbce-7299-7617-2766-6983afc65c70/ST12-4.pdf?t=1684840303893ac>

<sup>108</sup> STUK, Neuvottelukunnat, 2008.3, <https://stuk.fi/neuvottelukunnat>

<sup>109</sup> Sosiaali- ja terveysministeriö, Valtioneuvoston asetus Säteilyturvakeskuksesta (29.12.2022/1359), 2022.12.30, <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2022/20221359?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=29.12.2022%2F1359>



と協力して活動している。2020 年 1 月以降の議事録が公開されているが、航空機の乗務員・乗客に関する記述は確認できていない。

また STUK 規則については、各規則の検討について覚書が公開<sup>110</sup>されている。STUK 規則 (S/6/2019) の覚書<sup>111</sup>では職業被ばくの線量拘束値について § 7 に航空業界における職業被ばくの線量限度を 6 mSv/年としているが、これについて覚書では、航空機で発生する線量はどの事業者においても非常に類似しているため、各業者が異なる線量拘束値を設定することは適切ではないことと、Directive 2013/59/Euratom でも 6 mSv/年と記載されていることが記されている。

#### 2.1.8.4 その他の関連情報

フィンランドは ICAO 条約に加盟しており、2021 年にフィンランド交通通信省が ICAO に関して文書「Finland's Action Plan to Reduce CO<sub>2</sub> Emissions from Aviation 2021」<sup>112</sup>を発行しているが、本文書を含むその他文書においても放射線に関する要求の対応について明記されていない。

#### 2.1.8.5 フィンランドのまとめ

フィンランドにおける航空飛行時被ばくに係る放射線防護に関して、本調査で得られた情報を以下の通りまとめる。詳細については、表 6 に記載した。

1. 適用範囲：航空機乗務員の放射線防護は 2018 年施行の放射線法 (859/2018) で規定されている。適用対象事業者は、フィンランド運輸安全局が発効する交通許可に基づき航空業務を行う雇用者であり、防護の対象となる個人は、航空機乗務員である。

<sup>110</sup> STUK, STUKin määräykset, <https://stuk.fi/stukin-maaraykset>

<sup>111</sup> STUK, Säteilyturvakeskuksen määräys turvallisuushupaa edellyttävästä

Säteilytoiminnasta, 2019.6.26, <https://www.stuklex.fi/fi/STUK-S-6-2019-perust.pdf>

<sup>112</sup> Finnish Transport and Communications Agency Traficom, Finland's Action Plan to Reduce CO<sub>2</sub> Emissions from Aviation 2021, 2021.6,

<https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Finlands%20Action%20Plan%20to%20Reduce%20CO2%20Emissions%20from%20Aviation%20Revision%202021.pdf>

2. 被ばく線量に係る基準値：放射線法（859/2018）では、職業被ばくにおける線量限度が規定されている。職業被ばくの線量限度の場合、全身実効線量、眼の水晶体等価線量、皮膚等価線量および手・腕・足・足首の等価線量で、20 mSv/年、5年で100 mSv（ただし年間50 mSvを超えない範囲）、500 mSv/年（もっとも露出した皮膚の平均等価線量）および500 mSv/年であることが規定されている。また、放射線法（859/2018）では、航空機乗務員は放射線従事者として分類される。航空機乗務員の職業被ばくの参考レベルは実効線量で1 mSv/年と、線量拘束値は6 mSv/年を超えないよう規定されている。
3. 被ばく線量の管理方法：放射線法（859/2018）では、STUK が放射線登録簿への記載などを行うことを規定している。線量登録簿の情報として、各作業員の身元と個人線量モニタリングに関する情報（作業内容、外部作業者のオペレータおよび雇用者、個人線量を決定するために使用された方法、被ばく線量に影響を与える要因、個人線量モニタリングの結果）を対象者が75歳になるまでか、放射線業務終了後30年間、研究の目的では長期間保管されることが規定されている。
4. 天文現象への対応方法：法令では、天文現象への対応方法に関する規定はない。旧規則のST-12-4に線量拘束値（annosrajoitus : dose constrain）の6 mSv/年を超えないように計画を調整することが記載されている。

## 2.2 航空飛行時被ばくに係る国際民間航空機関（ICAO）の要件等に関する調査

ICAO（国際民間航空機関）は、国際連合の専門機関であり、193 の国々が協力して空を共有し、相互の利益を享受することを支援している<sup>113</sup>。ICAO の歴史は、1944 年に 54 の国々によって起草された「国際民間航空条約（Convention on International Civil Aviation）」（通称「シカゴ条約」）に始まる。この合意は、国際空運の基本原則を確立し、それを監督する専門機関である ICAO の設立につながった。ICAO の主な任務は、各国が民間航空規制、基準、手続き、組織において可能な限り高い一貫性を達成することを支援することである<sup>114</sup>。

ICAO 総会（Assembly）は、少なくとも 3 年に 1 回開催され、ICAO の統治機関である理事会が招集する。理事会は選出された 36 カ国から構成され、総会では、技術、経済、法律、技術協力の分野における ICAO の作業計画が詳細に検討される。総会の成果は、ICAO の他の機関およびその加盟国に提供され、継続および将来の作業の指針となる。この総会における決定は、条約に別段の定めがある場合を除き、投票の過半数によって行われる<sup>115</sup>。

### 2.2.1 ICAO の刊行物の体系

#### 2.2.1.1 シカゴ条約、付属書、PANS、SARP、SUPPS の位置づけ<sup>116</sup>

ICAO は、国際民間航空の安全性、効率性、公平性を確保するために様々な文書を発行している。これらの文書は、条約、附属書（Annex）、SARPs（Standards and Recommended Practices）、PANS（Procedures for Air Navigation Services）、SUPPS（Regional Supplementary Procedures）の 5 つのカテゴリーに分けられる。これらの中で、条約は、法的拘束力を持つが、それ以外の文書は法的拘束力を持たない。また、Annex と SARPs については、加盟国の方式が Annex・SARPs の内容と完全に一致しない場合、ICAO 理事会に対し相違通告が義務づけられる。それぞれの文書の位置づけは以下の通りである。

<sup>113</sup> ICAO, About ICAO, <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>

<sup>114</sup> ICAO, The History of ICAO and the Chicago Convention, <https://www.icao.int/about-icao/History/Pages/default.aspx>

<sup>115</sup> ICAO, The ICAO Assembly <https://www.icao.int/about-icao/assembly/Pages/default.aspx>

<sup>116</sup> 議会官庁資料室（国立国会図書館）, ICAO（国際民間航空機関／International Civil Aviation Organization）, 2023.4.27., <https://ndlsearch.ndl.go.jp/rnavi/politics/icao>

## 1. 条約

### シカゴ条約の改定

シカゴ条約は、ICAO の基本的な法的枠組みを提供するものである。シカゴ条約は、1944 年 12 月 7 日に 52 カ国によってシカゴで署名された。本条約は、文書の形式で締結された加盟国に対して法的拘束力を持つ国際条約（Convention）である。

シカゴ条約は ICAO の目的を次のように定めている。

「国際民間航空の将来の発展は、世界の国家及び国民の間に友好と理解を生み出し、維持することに大いに役立つが、その濫用は、一般の安全に対する脅威となり得る。

摩擦を避け、世界の平和がかかっている国家間および国民間の協力を促進することが望ましい。よって、各国政府は、国際民間航空が安全かつ秩序ある方法で発展し、国際航空輸送サービスが機会の平等に基づいて確立され、健全かつ経済的に運営されるようにするため、一定の原則及び取決めに合意した。」

シカゴ条約は改定が続けられており、2006 年の第 9 版が最新である<sup>117</sup>。補遺なども ICAO が作成している。

### その他の条約

ICAO は航空関係に関する国際条約を作成しており、ジュネーブ条約（航空機に対する権利の国際的承認に関する条約）などを作成している<sup>118</sup>。

## 2. 附属書（Annex）

附属書（Annex）は、ICAO の条約を実施するための詳細な技術標準やガイドラインを提供するものである。各附属書は特定の技術的または運用的分野に関する標準を規定しており、各国がこれを遵守することが求められている。附属書に法的な拘束力はないが、自国の方式

<sup>117</sup> ICAO, Convention on International Civil Aviation - Doc 7300,  
<https://www.icao.int/publications/Pages/doc7300.aspx>

<sup>118</sup> 外務省, 国際民間航空機関（ICAO）が作成する条約, 2016.11.15.,  
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/icao/jyoyaku.html>

が ICAO 標準と異なる場合は、ICAO に通告することが、同条約上義務付けられている<sup>119</sup>。現在、19 の附属書が存在する。例えば、「Annex 1: Personnel Licensing (人員免許)」や「Annex 8: Airworthiness of Aircraft (航空機の耐空性)」などがある。

### 3. SARPs (Standards and Recommended Practices)

SARPs は、附属書の中に含まれる具体的な技術標準や推奨実務であり、法的な拘束力はない。SARPs は、標準 (Standard) と推奨実務 (Recommended Practices) に分かれる。標準は各国が遵守すべきものであり、推奨実務は可能な限り実行が望まれるものである。加盟国の方式が標準の内容と完全に一致しない場合、ICAO 理事会に対し相違通告が義務付けられる。

### 4. PANS (Procedures for Air Navigation Services)

PANS は、標準・勧告方式とするには細かすぎると考えられる規定や、技術進歩でしばしば変更される内容などを規定し、理事会が承認して締結国に実施を勧告するものであり、法的な拘束力はない。PANS は、航空交通管理や航空機運航の手順を詳細に記述している。例えば、PANS-ATM (Air Traffic Management) がある。

### 5. SUPPS (Regional Supplementary Procedures)

SUPPS は、各地域の特定の運用条件や必要に応じた補足手順であり、法的な拘束力はない。内容が全世界で実施可能になると、標準・勧告方式 (SARPs) ないしは航空業務方式 (PANS) に格上げされる。SUPPS は ICAO の地域事務所によって管理され、特定の地域における運用上のニーズに応じた手順を規定している。例えば、ヨーロッパやアジア太平洋地域の航空交通手順が含まれる。

ICAO の条約、附属書、PANS、SARPs、SUPPS の改正プロセスおよび基準作成プロセスについて以下にまとめる。

<sup>119</sup> 外務省、調査月報 2022/No.2 研究ノート航空保安の国際ルール強化に向けた最近の動向—2001 年 9.11 同時多発テロ事件後—, 2002, [https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/pr/pub/geppo/pdfs/02\\_2\\_3.pdf](https://www.mofa.go.jp/mofaj/press/pr/pub/geppo/pdfs/02_2_3.pdf)

ICAO 理事会は、世界的な統一ルールが必要と考えられる事項について、すべての締結国に原則的に適用される標準 (Standards)、すべての締結国に統一的に適用されることが望ましい勧告方式 (Recommended Practices) を採択している。両者を合わせて SARPs という略称で呼ばれている。加盟国の方式が標準の内容と完全に一致しない場合、ICAO 理事会に対し相違通告が義務付けられている。

SARPs は条約の Annex の中に含まれ、現在第 1 附属書から第 19 附属書までである。随時改定版 (Edition)、補遺 (Supplement)、修正 (Amendment) が出されている<sup>116</sup>。

### 2.2.2 航空飛行時被ばくの放射線防護に係る要件等

放射線防護に関する規定は、シカゴ条約に記載がない。その一方で、ICAO の Annex 6 (運航安全) Part I の Chapter 4 (4.2.11.5)、Chapter 6 (6.12)、Part II の Chapter 3 に以下の通り施行されている。

Part I International Commercial Air Transport (Nineth Edition July 2010)<sup>120</sup>

Chapter 4 Flight Operations

4.2.11.5 (Crew／乗務員)

For each flight of an aeroplane above 15000 m (49000 ft), the operator shall maintain records so that the total cosmic radiation dose received by each crew member over a period of 12 consecutive months can be determined.

15000m (49000 ft)を超える航空機の各フライトについて、運航者は、各乗組員が連続する 12 ヶ月間に受けた宇宙線線量の合計を決定することができるように記録を保持しなければならない。

Chapter 6 Aeroplane instrument, equipment and flight documents

6.12 (Radiation Indicator／放射線量の表示)

<sup>120</sup> ICAO, Annex 6 - Operation Of Aircraft - Part I - International Commercial Air Transport - Aeroplanes, 2022.7., <https://store.icao.int/en/annex-6-operation-of-aircraft-part-i-international-commercial-air-transport-aeroplanes>

All aeroplanes intended to be operated above 15000 m (49000 ft) shall carry equipment to measure and indicate continuously the dose rate of total cosmic radiation being received (i.e. the total of ionizing and neutron radiation of galactic and solar origin) and the cumulative dose on each flight. The display unit of the equipment shall be readily visible to a flight crew member.

Note. The equipment is calibrated on the basis of assumptions acceptable to the appropriate national authorities.

標高 15,000 m (49,000 ft) 以上の上空で飛行することを意図するすべての航空機は、各フライトで受ける全宇宙放射線（すなわち、銀河および太陽起源の電離放射線および中性子線の合計）の線量率および累積線量を継続的に測定し、表示する装置を搭載しなければならない。装置の表示ユニットは、飛行乗務員が容易に視認できるものでなければならない。

注：本装置は、適切な国家当局が受け入れ可能な前提に基づいて校正される。

## Part II International General Aviation

### Chapter 3 <sup>121</sup>

#### 3.6.7 Aeroplanes operated above 15,000 m (49,000 ft) radiation indicator<sup>122</sup>

Recommendation.— Aeroplanes intended to be primarily operated above 15 000 m (49 000 ft) should carry equipment to measure and indicate continuously the dose rate of total cosmic radiation being received (i.e. the total of ionizing and neutron radiation of galactic and solar origin) and the cumulative dose on each flight. The display unit of the equipment shall be readily visible to a flight crew member.

Note.— The equipment is calibrated on the basis of assumptions acceptable to the appropriate national authorities.

3.6.7 高度 15,000 m (49,000 ft) 以上で運航される航空機の線量計 (radiation indicator)

<sup>121</sup> ICAO, Annex 6 - Operation Of Aircraft - Part II - International General Aviation – Aeroplanes, 2022.7., <https://store.icao.int/en/annex-6-operation-of-aircraft-part-ii-international-general-aviation-aeroplanes>

<sup>122</sup> Musée Delta, RADIATION INDICATOR, <https://museedelta.wixsite.com/musee-delta/single-post/radiation-indicator>

推奨事項— 主に高度 15,000 m (49,000 ft) 以上での運航が意図されている航空機は、受けているすべての宇宙放射線の線量率（すなわち銀河系および太陽起源の電離放射線と中性子線の総量）および各フライトの累積線量を継続的に測定・表示する装置を搭載すべきである。装置の表示ユニットは、運行乗務員が容易に視認できる場所に設置されなければならない。

注 この装置は、適切な国家当局が受け入れ可能な前提に基づいて校正される。

これらの要件の位置付けは、大型航空機で想定される運航に十分な安全レベルを保証するものである。要件の根拠は Annex 6 Part 1 に基づくが、一般公衆が利用しない非商用運行においては所有者と機長が運航の安全に責任を持つため、Part 1 より厳しい基準が求められない。

### 2.2.3 宇宙天気情報マニュアル

ICAO では、2019 年から民間航空機の運航に宇宙天気情報の利用を開始するための「ICAO Manual on Space Weather Information in Support of International Air Navigation（以下、宇宙天気情報マニュアル）」（2019 年版）を公表した。宇宙天気情報は 4 つの宇宙天気センターから情報が提供される。日本の情報通信研究機構（NICT）は 4 つある宇宙天気センターのうちの一つである日豪仏加連合の一翼を担っている。無線通信障害・測位誤差の増大・宇宙放射線による被ばく線量の増加の観点で航空運用に支障を来すおそれのある宇宙天気現象が発生している、あるいは 24 時間以内に発生すると予報された場合に「アドバイザリ」と呼ばれる情報を宇宙天気センターが発信する<sup>123</sup>。

宇宙天気情報マニュアルには、ICAO の放射線被ばくの宇宙天気アドバイザリ基準のしきい値が示されている。マニュアルの 3.6 項にはアドバイザリ情報の取り扱いについて、ユーザーが意思決定のために利用できる情報を提供していると記載されている。この中で、「Severe」と「Moderate」のしきい値がそれぞれ示されている。放射線被ばくにおける「Severe」と「Moderate」のしきい値は、宇宙科学者と健康科学者の両方が協議した結果として設定さ

<sup>123</sup> 日本原子力学会；原子力学会誌 ATMO Σ Vol.66, No.7(2024) p361-365



れている<sup>124</sup>。また、Severe の値は、国際線 12.5 時間 1 フライトで 1 mSv に達する可能性があることから定められたとされている<sup>125</sup>。

表 5 ICAO の放射線被ばくアドバイザー基準のしきい値

| Status   | 条件            |
|----------|---------------|
| Moderate | 30 $\mu$ Sv/h |
| Severe   | 80 $\mu$ Sv/h |

Moderate のアドバイザー情報は、46,000 ft（約 14,000 m）以下で Moderate しきい値に達した場合のみ発令される。Severe のアドバイザー情報は、どの高度でも Severe しきい値に達した場合に発令される。

次に、宇宙天気アドバイザー情報が発令された場合の対応は、宇宙天気情報マニュアルの 4.1 項、4.2.1、4.3.1~4.4.1 に記載されている。以下は関連する項からの抜粋である。

|                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.1：こうしたアドバイザー情報のなかには、綿密な対応計画を立て、すでに計画されている飛行を変更しないための時間を確保できるものもある。逆に、直前になって、あるいは航行中に、あらかじめ決められた飛行計画の再計算が必要になる場合もある。 |
| 4.2.1：放射線注意報が出るまでの時間は、長くて数分しかない場合もある。放射線を避けるためには、時間、距離、遮蔽物を考慮することで、脅威を軽減するための効果的な行動をとることができる。                         |
| 4.3.1 a)：時間 - 勧告で指定された地域への立ち入りの遅延。放射線と一部の高周波の勧告は通常、非常に短い（数分）リードタイムを持つが、高周波と Global Navigation                         |

<sup>124</sup> ICAO, Manual on Space Weather Information in Support of International Air Navigation (Doc 10100), 2019, <https://store.icao.int/en/manual-on-space-weather-information-in-support-of-international-air-navigation-doc-10100>

<sup>125</sup> 総務省, 宇宙天気予報の高度化の在り方に関する検討会（第 7 回）, 2022.4.12., [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000809610.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000809610.pdf)

Satellite System 勧告の大部分は、しきい値に達するまでに数時間かかる場合がある。

4.4.1 : ベストな状況は、飛行ルートの変更、燃料、乗務員のスケジュールを考慮して、12 時間から 24 時間先の計画を立てることができることである。

参考として、太陽フレアによる航空機乗務員被ばくに関する研究において、最大線量率が 80  $\mu\text{Sv}/\text{時}$  を超える太陽フレアの頻度が推定されている<sup>126</sup>。

#### 2.2.4 ICAO における検討体制及び検討経緯、現在の動向等

ICAO では総会（Assembly）の技術委員会において ICAO 勧告等の改定を議論している。総会で公開されている情報のうち 1990 年から 2022 年までの情報を確認し、以下の情報を得た。

1992 年に開催された第 29 回総会において、放射線被ばくに関して検討を開始する旨が以下の通り報告されている。

「航空機乗務員の労働安全および健康に重要な影響を及ぼすもう一つの重要なテーマは、宇宙放射線被ばくの問題である。ICAO の医学部門がこのテーマについてさらなる研究を行うことを期待する。」<sup>127</sup>

2010 年に開催された ICAO のワーキンググループ国際航空路火山モニタリンググループ（IAVWOPSG）第 5 回会合において、宇宙天気における太陽放射線嵐の分類について検討がされている<sup>128</sup>。2014 年に開催された IAVWOPSG ワーキンググループでは、宇宙天気情

<sup>126</sup> JAEA, 太陽フレアによる被ばくの脅威から航空機搭乗者を「合理的」に護る—経済的損失リスクの定量化により最適な航空機運用指針の策定が可能に—（プレスリリース）, 2021.9.3., <https://www.jaea.go.jp/02/press2021/p21090302/>

<sup>127</sup> ICAO, ASSEMBLY 29th Session PLENARY MEETINGS Minute, 1992.9.22-10.8, <https://www.icao.int/assembly-archive/Session29/A.29.BOUND.9601.P.EN.pdf>

<sup>128</sup> ICAO, IAVWOPSG EIGHTH MEETING (CONCEPT OF OPERATIONS FOR THE PROVISION OF SPACE WEATHER INFORMATION IN SUPPORT OF INTERNATIONAL AIR NAVIGATION) WORKING PAPER, 2014.2.17-20., <https://www.icao.int/safety/meteorology/iavwopsg/iavwopsg%20meetings%20metadata/iavwopsg.8.wp.020.8.en.pdf>

報マニュアルの文章改定が議論されている<sup>129</sup>。2018年には宇宙天気マニュアルのドラフトが発行され、放射線被ばくに関する宇宙天気アドバイザー基準が公開されている<sup>130</sup>。

2019年に開催された第40回総会のセッションにおいて、次のタイトルで放射線防護が検討されている;「EXPOSURE TO IONISING RADIATION BY FLIGHT CREW AND CABIN CREW MEMBERS: NEED FOR DEVELOPMENT OF STANDARDS OR GUIDELINES FOR MONITORING INFIGHT COSMIC RADIATION EXPOSURE (乗務員及び客室乗務員による電離放射線被ばくについて 機内での宇宙放射線被ばくをモニタリングするための基準またはガイドラインの策定の必要性)」<sup>131</sup>。この Working paper には、線量評価の一例として、「北欧から米国東海岸への飛行では、30～40  $\mu\text{Sv}$  の実効線量が推定されている。また、北欧から日本への長距離飛行は 50～70  $\mu\text{Sv}$  の線量となり、超音速機が使用する高度での大西洋横断飛行は、亜音速機と同程度の総実効線量をもたらす可能性があり、より高い線量率は飛行時間の短縮によって相殺される」と記載されている。

一方、2022年に開催された第41回総会において、放射線被ばくに関するセッションは確認できなかった。

<sup>129</sup> ICAO, IAVWOPSG EIGHTH MEETING (IFALPA'S COMMENTS ON THE CONCEPT OF OPERATIONS FOR THE PROVISION OF SPACE WEATHER INFORMATION) WORKING PAPER, 2014.2.17-

20., <https://www.icao.int/safety/meteorology/iavwopsg/IAVWOPSG%20Meetings%20Metadata/IAVWOPSG.8.IP.010.8.en.pdf#search=radiation>

<sup>130</sup> ICAO, Manual on Space Weather Information in Support of International Air Navigation (DRAFT), 2018,

<https://www.icao.int/airnavigation/METP/Panel%20Documents/Doc.10100.Space%20Weather%20Manual%20FINAL%20DRAFT%20Version.pdf#search=radiation>

<sup>131</sup> ICAO, ASSEMBLY 40TH SESSION TECHNICAL COMMISSION WORKING PAPER, 2019.9.24-10.4., [https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/WP/wp\\_345\\_en.pdf](https://www.icao.int/Meetings/a40/Documents/WP/wp_345_en.pdf)

### 2.2.5 IFALPA（国際エアラインパイロット協会連盟）

パイロットの国際的な非営利団体である IFALPA は、70 カ国以上の 12 万人以上のパイロットを代表している。ICAO が設立されたのち、1948 年 4 月、世界のパイロットが ICAO と事業者の声を反映することを目的で開催されたロンドン会議であり、13 の加盟団体によって IFALPA が設立された<sup>132</sup>。

IFALPA は 2019 年に航空機乗務員と電離放射線と題するレポートを公開している<sup>133</sup>。その中で、原子炉事故によって放出された大気中の放射性物質に関して、可能な限り放射能に汚染された空域での飛行は避けるべきであると記載されている。

また、IFALPA は、ICRP Publ.132(2016)に記載された航空機乗務員の職業被ばくの年間限度として 20 mSv を認めるが、State 規則（各国の法令）が以下の概念を適用することを推奨することを示している。

- 航空機乗務員の被ばく線量の最適化／最小化を目的とした参考レベルの設定。
- 各航空機的全搭乗員の初期線量参考レベル（Initial dose reference levels）は、年間 6 mSv に設定されるべきである。
- 乗務員の被ばく線量を個別にモニタリングし、参考レベルを超えない場合でも、合理的に達成可能な限り低い線量（ALARA）に最適化すべきである。
- 実効線量が年間 1 mSv を超える可能性のある航空機乗務員は職業被ばく者と認定されるべきであり、年間 6 mSv を超える航空機乗務員はカテゴリーA 作業員 1 に分類されるべきである。

さらに、このレポートには放射線被ばくを最小限に抑える方法として、以下の項目が示されている。

- ALARA を遵守すること
- 最適高度以上の飛行は避けること
- タイムステップの短い登り（short time step climbs）は避ける

<sup>132</sup> IFALPA, <https://www.ifalpa.org/about-us/>

<sup>133</sup> IFALPA, Aircrews and Ionizing Radiation, 2019.12.11.,  
<https://www.ifalpa.org/media/3467/19hupbl01-aircrews-and-ionizing-radiation.pdf>

- 飛行時間を短くすることで、被ばく時間を減らす
- 可能であれば、航空機の種類、運航形態（短距離／長距離）、定年退職年齢を選択できるようにする
- 落雷のリスクを減らすため、雷雨の近くでの飛行は避ける

## **2.3 航空飛行時被ばくに係る防護措置の動向に関する調査**

各国の航空飛行時被ばくに係る防護措置の動向について、詳細を把握するため、関係者らに、ヒアリング調査を実施する。

## 2.4 本調査のまとめ

諸外国における、航空飛行時被ばくの放射線防護を目的とした被ばく線量に係る基準値や被ばく線量の管理方法に関する法令及びその検討状況等について調査した。調査対象は、米国、カナダ、韓国、英国、ドイツ、フランス、フィンランドとした。

航空機乗務員の航空飛行時被ばくを法令によって職業被ばくと定め、防護を目的とした基準値や管理方法を導入しているのは、調査対象国のうち、韓国、英国、ドイツ、フランス、フィンランドの 5 か国であった。EURATOM では 2013 年の Directive で航空機乗務員の被ばくについて法令への取入れを勧告しており、英国（2019 年に EU 離脱）・ドイツ・フランス・フィンランドはそれに準じている。米国・カナダは法令での定めはないものの、航空局や運輸局から法的拘束力のない勧告が出されている。また、放射線防護の目的で乗客の被ばく線量の基準値や管理方法を定めている国はなかった。航空事業者等の運航路線、運航経路若しくは運航頻度又は航空機の乗務員若しくは乗客の飛行頻度の考慮（グレーデッドアプローチ）については、調査した 7 か国のいずれも確認できなかった。

航空機乗務員に対する職業被ばくの線量限度として、英国、ドイツ、フランス、フィンランドの 4 か国では、20 mSv/年が法令で規定されているほか、線量拘束値や管理基準として、韓国、英国、ドイツ、フランス、フィンランドの 5 か国では、6 mSv/年が定められている。

天文現象および国際紛争、自然災害等により通常とは異なる航路で運航する必要がある場合の当該基準値の見直し又は弾力的な措置を講じるための定め及びこのような見直し又は措置の事例については、本調査では確認できなかった。

被ばく線量の管理については、特に英国では英国民間航空局（CAA）が承認したプログラムを用いることが規定されている。また線量登録は保管期間について英国・ドイツ・フィンランドは Euratom に準じる形（75 歳までか 30 年保管）が採用されており、フランスでは 50 年の保管が規定されている。

天文現象への対応方法については、太陽フレア等の天文現象に対し、宇宙天気予報を踏まえた航路の変更などまで法令によって定めている国は確認できなかった。英国では宇宙天気についてガイダンスが出されているが、天文現象については線量の増加はわずかであることなどが記載されている。

表 6 諸外国の航空飛行時被ばくに係る放射線防護の法令等のまとめ

|                                 | 日本                                                           | 米国                                                                               | カナダ                                                                             | 韓国                                                                                         | 英国                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ドイツ                                                                               | フランス                                                                                          | フィンランド                                                                                                                                                                                                      |                                                   |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 航空飛行時被ばくの防護に関する法令・規則・ガイドライン・通達等 | 航空機乗務員の宇宙線被ばく管理に関するガイドライン <sup>134</sup><br><br>(2006 年 5 月) | 法令：なし<br>勸告：米連邦航空局（FAA）、Advisory Circulars (AC) No. 120-61B<br><br>(2014 年 11 月) | 法令：なし<br>勸告<br>「航空機に搭乗する従業員の宇宙放射線被ばくを管理するための措置」(CBAAC#0183)<br><br>(2006 年 4 月) | 生活周辺放射線安全管理法<br>(2024 年 1 月)<br>生活周辺放射線安全管理法施行令<br>(2023 年 6 月)<br><br>気象法<br>(2024 年 2 月) | 法律<br><br>The Air Navigation (Cosmic Radiation: Protection of Air Crew and Space Crew and Consequential Amendments) Order 2019（ANO(Cosmic Radiation)（2019 年）<br>The Air Navigation (Overseas Territories) Order（2013 年）<br><br>ガイダンス<br><br>Space weather and radiation<br>(2014 年 1 月)<br>Impacts of space weather on aviation<br>(2020 年 10 月)<br>How we regulate radiological and civil nuclear safety in the UK<br>(2021 年 4 月)<br>Management of radiation protection in defence: part 2 guidance<br>(2011 年 4 月) | 放射線防護法（StrlSchG）<br>(2021 年 5 月)<br><br>放 射 線 防 護 令（StrlSchV）<br>(2024 年 4 月)     | 労働法典（Code du travail）<br>(2024 年 9 月)<br>Arrete (JORF n°0145 du 24 juin 2023)<br>(2023 年 6 月) | 放射線法（859/2018）<br>(2023 年 12 月)<br><br>電離放射線に関する政令（1034/2018）<br>(2022 年 12 月)<br><br>社会保健省の政令（1044/2018）<br>(2023 年 3 月)<br><br>STUK 規則（S/6/2019）<br>(2019 年 7 月)<br><br>STUK 規則（S/6/2022）<br>(2022 年 1 月) |                                                   |
| 所掌官庁（機関）                        |                                                              | 文部科学省（現在の所掌：放射線審議会） <sup>135</sup>                                               | 米連邦航空局（FAA）                                                                     | カナダ運輸省                                                                                     | 原子力安全委員会（NSSC）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 英国民間航空局（CAA）                                                                      | ドイツ連邦航空局（LBA）                                                                                 | フランス政府                                                                                                                                                                                                      | フィンランド政府・社会保健省（STUK）                              |
| 適用範囲                            | 適用対象事業者                                                      | ガイドライン：航空事業者                                                                     | 航空会社：AC No: 120-61B                                                             | 航空事業者                                                                                      | 航空運送事業者：生活周辺放射線安全管理法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 英国に設立されている、または、主たる営業所が英国内にある事業者：ANO(Cosmic Radiation)                             | 航空法に基づき航空機登録簿に登録される航空機を運航する者：StrlSchG                                                         | 記載はない <sup>136</sup> 。                                                                                                                                                                                      | フィンランド運輸安全局が発効する交通許可に基づき航空業務を行う雇用者：放射線法（859/2018） |
|                                 | 防護の対象とする職種・個人                                                | ガイドライン：航空機乗務員（運航乗務員と客室乗務員）                                                       | 航空機乗務員：AC No: 120-61B                                                           | 航空機乗務員                                                                                     | 航空機乗務員、客室乗務員：生活周辺放射線安全管理法                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 運航乗務員（当該航空機の操縦士、航空無線通信士）、客室乗務員、タスクスペシャリスト(航空機内で専門的なタスクを行う者）：ANO(Cosmic Radiation) | 航空法に基づき航空機登録簿に登録される航空機を運航する者および航空機乗務員：StrlSchG                                                | 乗務員（飛行中の航空機のサービスのために搭乗しているすべての人々が乗務員）：労働法典                                                                                                                                                                  | 航空機乗務員：放射線法（859/2018）                             |

<sup>134</sup> 同ガイドラインは、放射線審議会が策定したものである。2016 年 5 月 9 日、文部科学省、厚生労働省（乗務員の労働安全を所管）、及び国土交通省（航空事業を所管）は、定期航空協会に対して連名で文書（基発 0509007 号）を発行し、同ガイドラインに沿った措置が講じられるよう周知徹底を図ることを要請した。<http://www.joshrc.org/files2/20060509-001.pdf>

<sup>135</sup> 同ガイドラインは、文部科学省科学技術・学術政策局 放射線安全規制検討会 航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する検討ワーキンググループにおいて検討されたものであり、「航空機乗務員等の宇宙線被ばくに関する検討について（平成 17 年 11 月 1 日、<http://www.jhps.or.jp/upimg/files/aircraft-guideline.pdf>）としてまとめられた。

<sup>136</sup> フランスの労働法典は、私法上の雇用主とその従業員に適用されるものであって（L-1111-1 条）、航空事業者（あるいは放射線利用関係）に限定したものではない。

|          |                                    | 日本                                                                                    | 米国                                                                                                               | カナダ                                                                                                                                         | 韓国                                                                                                 | 英国                                                                                                                                                                                         | ドイツ                                                                                                                                                                           | フランス                                                                                     | フィンランド                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | 運航航路（緯度、高度）及び飛行時間                  | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                     | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                                                | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                                                                           | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                                  | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                                                                                                                          | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                                                                                                             | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                        | 路線、経路、頻度に関わらず、一律に適用されている（関連の記載なし）                                                                                                                                                                                                                                    |
|          | 航空機乗務員若しくは乗客の飛行頻度の考慮               | 具体的な記載はない。                                                                            | 具体的な記載はない。                                                                                                       | 具体的な記載はない。                                                                                                                                  | 具体的な記載はない。                                                                                         | 具体的な記載はない。                                                                                                                                                                                 | 同上：StrlSchV                                                                                                                                                                   | 具体的な記載はない。                                                                               | 具体的な記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                           |
|          | その他                                | -                                                                                     | 米国放射線防護審議会（NCRP）は、乗務員の被ばくは職業活動から生じるものであるため、職業被ばくとみなし、管理すべきと勧告している（NCRP レポート（2018 年）、para. 5.2.1.4）。              | 航空乗務員の被ばくを職業被ばくとしてみなす：CBAAC#0183                                                                                                            | -                                                                                                  | -                                                                                                                                                                                          | 職業被ばくに分類：StrlSchG Part 1 §1~2<br><br>計画被ばく状況：StrlSchG Part 2 §50~54                                                                                                           | -                                                                                        | 計画被ばく状況が適用：社会保健省の政令（1044/2018）                                                                                                                                                                                                                                       |
| 線量に係る基準値 | 航空機乗務員                             | ガイドライン：5 mSv／年                                                                        | 職業被ばく線量限度：5 年間の平均実効線量が 20 mSv/年であり、かつ 50 mSv/年を超えない。：AC No: 120-61B                                              | 年間 1 mSv を超える被ばくを受ける可能性が高い場合、宇宙放射線による職業被ばくが生じているとみなし、事業者は従業員の被ばくを管理するための対策を講じる必要がある。また、航空事業者は以下の勧告をしている。<br><br>線量限度：20 mSv/年、介入レベル：6 mSv/年 | 放射線量最適化のための管理基準として年間 6 mSv                                                                         | 事業者が認可を受けていない場合、雇用された乗務員;実効線量で 1 mSv/年の線量限度<br><br>事業者が認可の付与を受けている場合や CAA への申告を行っている場合の乗務員;実効線量で 6 mSv/年<br><br>上限 6 mSv までの乗務員と特別の任務を負った乗務員;実効線量で 20 mSv/年<br><br>： ANO(Cosmic Radiation) | 職業被ばくについては 20 mSv/年の実効線量限度、(5 年間で 100 mSv を超えないことを条件に、最大 50 mSv/年を許可することが可能)、臓器の等価線量については、眼の水晶体が 20 mSv/年、皮膚が 500 mSv/年、四肢が 500 mSv/年の線量限度（ただし、18 歳未満の場合はこれより低い線量限度）：StrlSchG | 線量限度：<br><br>実効線量 20 mSv/年（全身）<br><br>等価線量 500 mSv/年（四肢及び皮膚）<br><br>等価線量 20 mSv/年（眼の水晶体） | 職業被ばくの線量限度は、全身の実効線量が 20 mSv/年、眼の水晶体等価線量が 5 年で 100 mSv、ただし年間 50 mSv を超えない範囲、皮膚等価線量がもっとも露出した皮膚の平均等価線量が年間 500 mSv を超えない範囲、手・腕・足・足首の等価線量が 500 mSv/年（1034/2018）<br><br>線量拘束値 6 mSv/年（ただしこれより大きな場合もある）：STUK 規則(STUK S/6/2019)<br><br>参考レベル実効線量 1 mSv/年：社会保健省の政令（1044/2018） |
|          | 乗客                                 | 記載はない。                                                                                | 記載はない。                                                                                                           | 記載はない。                                                                                                                                      | 記載はない                                                                                              | 記載はない。                                                                                                                                                                                     | 記載はない。                                                                                                                                                                        | 記載はない。                                                                                   | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                               |
|          | 基準値の位置付け                           | ガイドライン：航空機乗務に伴う付加的な被ばく線量の管理目標値が設定。ただしガイドラインであり、法的拘束力はない。                              | 法的拘束力なし(AC は規制の参考資料として組み込まれない限り法的拘束力を有さない)                                                                       | 法的拘束力なし。航空会社は CBAAC に含まれる対策を自主的に実施することが推奨されている。カナダ運輸省は将来的に規制を策定する意向。                                                                        | 拘束力のある法令：生活周辺放射線安全管理法                                                                              | 拘束力のある法令：ANO(Cosmic Radiation)                                                                                                                                                             | 拘束力のある法令：StrlSchG・StrlSchV                                                                                                                                                    | 拘束力のある法令：労働法典                                                                            | 法令・政令・STUK 規則：拘束力のある法令・規則                                                                                                                                                                                                                                            |
|          | 国際紛争、自然災害等に伴う基準値の一時的な見直し（2007 年以降） | ガイドラインに記載はない。                                                                         | 記載はない。                                                                                                           | 記載はない。                                                                                                                                      | 記載はない。                                                                                             | 記載はない。                                                                                                                                                                                     | 記載はない。                                                                                                                                                                        | 記載はない。                                                                                   | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                               |
|          | 線量の管理方法                            | ガイドライン：計算により線量を評価する場合、十分な精度を確保すること。また、必要に応じて、計算精度を評価するために実測を行い、計算による評価方法の精度維持に留意すること。 | 米連邦航空局（FAA）は、フライト中の銀河宇宙線（太陽粒子事象を除く）による実効線量を推定できる CARI プログラムを提供している。<br>AC No: 120-61B においても CARI プログラムの使用を推奨している | 従業員が 6 mSv に近づくと、航空事業者は、年間の残りの期間中のその後のフライトで追加の被ばくがわずかになるように、従業員の勤務スケジュールを調整する。<br><br>従業員の被ばく量を予測するには、既存の航空線量データを使用すること                     | 1.既存の計画された国際航空路線より被ばく放射線量が低い路線に変更する。<br><br>2.搭乗予定国際航空路線の回数を調整する。<br><br>3.国際・国内航空路線を搭乗しない勤務に変更する。 | 被ばく線量の高い乗務員は被ばく線量低減に向けた作業スケジュールの組み立てが求められている。： ANO(Cosmic Radiation)<br><br>乗務員および特別の任務を負った乗務員の線量評価は以下のコンピュータプログラムを使用する                                                                    | 承認された計算プログラムもしくは測定機器を使用する。LBA に承認要件として 2 つの機能要件と非機能要件が規定されている。： StrlSchV                                                                                                      | 線量登録システムである SISERI が規定されており、 IRSN が開発した SIEVERT-PN を使用することができる。内部被ばく線量・外部被ばく線量が保存される。    | 宇宙放射線によって引き起こされる職業被ばくが §144 に規定する基準値（ラドンによる労働者の被ばく線量が労働者の線量限度(表 4 参照)の 10 分の 3 を超えないように設定された値）を超える可能性がある場合、監督者は、最も被ばくした労                                                                                                                                             |



|              | 日本                                                                                                            | 米国     | カナダ                                                                                                                                                                         | 韓国                                                                                                      | 英国                                                                                                                                                 | ドイツ                                                                                                 | フランス                                                                                                                           | フィンランド                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |                                                                                                               |        | が勧告されている。                                                                                                                                                                   | 4.その他、当該乗務員の被ばくを低減することができる措置。<br><br>米国連邦航空局（FAA）提供の CARI-6M、CARI-6、もしくは CARI-7A を使用                    | (a) CARI-7、(b) EPCARD、(c) SIEVERT PN、(d) PCAire 又はこれと同等の機能を果たすものを適切に使用：ANO(Cosmic Radiation)                                                       |                                                                                                     |                                                                                                                                | 働者の被ばくが制限されるように航空機乗務員のシフトを計画しなければならない。：放射線法（859/2018）<br><br>放射線被ばく線量は適切に検証された計算方法で決定する必要があり、国際標準もしくは他の適切な文書化された方法で行わなければならない。：STUK 規則（S/6/2022）<br><br>職業被ばくに関する規則の§2 では、被ばく条件のモニタリングでは、被ばくの条件が変化していないことを確認するため外部放射線量率の定期的な測定が求められており、§9 では個人被ばく線量の計算が規定されており、個人線量が直接測定できない場合は他の従業員の測定結果に基づくか、放射線量を推定するツールを使って、計算することが求められている。：STUK 規則（S/1/2018） |
| 線量記録保存       | ガイドライン：事業者は航空機乗務員の乗務時間、航路等から被ばく線量を計算し、個々の航空機乗務員が必要に応じて、自分の被ばく線量や全体の傾向等を閲覧できるような工夫をするとともに、得られた結果の記録、保存を行うことが重要 | 記載はない。 | 国立線量登録局とカナダ運輸省が決定した形式と頻度で、電離放射線被ばくのモニタリングを受けているすべての労働者の線量記録が国立線量登録局（National Dose Registry）に送信される。また、コンピュータコードを使用することで、航空事業者は、1 mSv/年を超える可能性のある乗務員ごとの累積線量の記録を永久に保存できるようになる。 | 航空運送事業者は、宇宙放射線安全管理のための措置などを記録・保管し、原子力安全委員会に報告するようにし、航空運送事業を廃業する場合、当該資料を原子力安全委員会に提出するようにする（第 18 条の 2 新設） | 過度の被ばくを受けた可能性がある場合、線量の調査を実施する必要がある、被ばくを受けていないという否定的結論が出されなかった乗務員は、この線量の調査結果を、75 歳または最後に宇宙線に曝露された日から 30 年目の日のいずれか遅い日まで保管すること。：ANO(Cosmic Radiation) | 収集された職業被ばくに関するデータが BfS による放射線防護登録簿（SSR）に記録される。放射線防護登録簿には、放射線に曝される全ての職業人の線量値が記録されている。：StrlSchG       | 労働者のデータは最後の被ばくから 50 年間一元管理されることが規定されており（労働法典 R4451-127）、電離放射線被ばくに関する情報及び管理システム「SISERI」が用いられている：JORF No.0145（2023 年 6 月 24 日付け） | 対象者が 75 歳になるまでか、放射線業務終了後少なくとも 30 年間保管：放射線法（859/2018）                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 累積線量の管理      | ガイドラインに記載はない。                                                                                                 | 記載はない。 | 航空事業者は、コンピュータコードを使用して、1 mSv/年を超える可能性のある乗務員ごとの累積線量の記録を永久に保存できる。                                                                                                              | 当該乗務員の年間被ばく放射線量の再評価：当該乗務員の年間国際航空路線の搭乗記録を基に路線別の被ばく放射線量を再評価して合算すること。                                      | 記載はない。                                                                                                                                             | 75 歳に達するか、または 75 歳に達すると見込まれる期間まで、雇用終了後少なくとも 30 年間の記録の保管：StrlSchG<br><br>暦年の合計で実効線量 400 mSv：StrlSchG | 記載はない。                                                                                                                         | 記載はない。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 本人への被ばく線量の通知 | ガイドライン：個々の航空機乗務員が必要に応じて、自分の被ばく線量や                                                                             | 記載はない。 | 被ばく線量のデータは、従業員の要求に応じて公開される。                                                                                                                                                 | 施行令第 10 条第 3 号による情報提供は、乗務員が別途要求しなくても常                                                                   | 該当乗務員の宇宙放射線被ばくを評価し、被ばく線量を通知すること。：                                                                                                                  | 放射線防護監督者は年に一度、および最後の配属後に航空機乗務員へ受け                                                                   | 線量の通知はないが、SISERI には労働者がアクセスできる修正いたし                                                                                            | 線量の通知が規定されており、外部放射線による線量は深部線量 Hp (10)、                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|  |                 | 日本                                                                | 米国                                                                                                                                                                                               | カナダ                                                                                                                            | 韓国                                                                                                                                                                                              | 英国                                                                                                                                                                   | ドイツ                                                                                            | フランス                                                                                       | フィンランド                                                                           |
|--|-----------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
|  |                 | 全体の 傾向等を閲覧できるような工夫をする                                             |                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                | に確認できるようにすること。                                                                                                                                                                                  | ANO(Cosmic Radiation)                                                                                                                                                | た職業被ばくを書面で報告することを保証：StrlSchG                                                                   | ました。：JORF No.0145（2023 年 6 月 24 日付け）                                                       | 表面線量 Hp (0.07)、および眼の等価線量 H p (3) の量を作業者の線量記録簿に登録すること”                            |
|  | 被ばく線量管理に係る責任の所在 | 自主的な取組として、事業者に求めている。                                              | 記載はない。                                                                                                                                                                                           | カナダ保健省放射線防護局（RPB）                                                                                                              | 確認中：韓国原子力安全技術院（KINS）                                                                                                                                                                            | 事業者： ANO(Cosmic Radiation)                                                                                                                                           | BfS、LBA                                                                                        | 労働法典としての責任の要求は事業者にある。：JORF No.0145（2023 年 6 月 24 日付け）：IRSN                                 | STUK が放射線登録簿への記載などを行うことが規定されている：放射線法（859/2018）第 4 章                              |
|  | 教育              | ガイドライン：教育についての記載あり <sup>137</sup> 。                               | 記載はない。                                                                                                                                                                                           | 宇宙放射線被ばくの潜在的リスクと、そのリスクを最小限に抑えるための対策について従業員に周知徹底するのは、航空事業者の責任である。この情報をどのように提示するかは、職場の安全衛生委員会で合意する必要がある。                         | 乗務員に対する教育の実施（第 10 条の 3 新設）<br>1) 航空運送事業者が客室乗務員に受けさせなければならない教育の内容に、宇宙放射線が人体に及ぼす影響及び被ばく管理案などを含めるようにする。<br>2) 航空運送事業者が乗務員に受けさせなければならない教育を新規教育と定期教育に区分し、3 時間の新規教育を履修した後は、2 年ごとに 1 時間の定期教育を受けるようにする。 | 事業者は乗務員に以下の教育を実施する必要がある。<br>a)航空機又は宇宙船の機内で乗務員の職務を遂行する際に、宇宙放射線への被ばくから生じる健康リスク<br>b)リスク評価を実施するための手順<br>c)宇宙放射線に対する乗務員の被ばくを評価し、モニタリングするための手順<br>： ANO(Cosmic Radiation) | LBA は、StrlSchG 第 50 条に基づく航空機の運航に関する放射線防護の専門知識の要件を提示し、放射線防護監督者に対する講習カリキュラムを公開している。              | 労働法典：雇用者の各労働者への教育・訓練は、放射線の特性、健康影響、妊娠時の注意事項、個人線量測定結果へのアクセス方法、またリスク評価結果に関する訓練を行うことなどが記載されている | 放射線業務に従事する労働者は、少なくとも 5 年間、放射線防護に関する補習的な教育訓練を受けなければならない。：社会保健省の政令（1044/2018）      |
|  | 乗客への通知          | ガイドラインに記載はない。                                                     | 記載はない。                                                                                                                                                                                           | 記載はない。                                                                                                                         | 記載はない。                                                                                                                                                                                          | 記載はない。                                                                                                                                                               | 記載はない。                                                                                         | 記載はない。                                                                                     | 記載はない。                                                                           |
|  | 広報              | ガイドラインに記載はない。                                                     | 記載はない。                                                                                                                                                                                           | 記載はない。                                                                                                                         | 記載はない。                                                                                                                                                                                          | 長距離、短距離乗務員の平均線量率を推測し報告している： European ALARA Network                                                                                                                   | StrlSchG・StrlSchV に記載はないが、BfS のウェブサイトにおいて、航空機乗務員に対する放射線防護に関する周知と航空機の乗客に対する放射線被ばくに関する周知が行われている。 | 記載はない。                                                                                     | 記載はない。                                                                           |
|  | 天文現象への対応方法      | 付加的な線量増加なども予想される太陽フレアについては、宇宙天気予報など可能な予測手段なども利用することにより適切な対応を図ること。 | AC No: 120-61B では、太陽放射線警報が発令された場合、飛行高度を下げて被ばく線量を減らすことを推奨している。<br><br>以下の機関では、太陽粒子現象の予測を可能とするツールを提供している。<br><br>米航空宇宙局 (NASA) の大気電離放射線ナウキャスト（NAIRAS）<br><br>米国海洋大気庁 (NOAA) の宇宙天気予報センターの航空コミュニティ・ダ | 太陽フレア活動によって線量率が上昇した場合に回避行動を取ることできるため、高度 50,000 フィート（15 km）以上を飛行する航空機には、エリアモニタリング装置を装備するか、衛星または地上局からモニタリング情報を取得して航路線量を測定すべきである。 | 気象法が以下の通り整備された。“気象庁長は宇宙空間での物理現象が気象現象、気候及び気象衛星に影響を及ぼし、重大な災害が発生するおそれがあると判断する場合、その影響について必要な特報をしなければならない”<br>CARI-7A で選択可能な宇宙放射線モデルには、過去に発生した太陽粒子現象に基づいたモデルがある。また、CARI プログラムは周期的な太陽活動の影響による銀河宇宙線    | 対応に関する記載はないが、乗務員や乗客の線量率が有意に上昇するものはごくわずかであり、個人の生涯発がんリスクを有意に変化させるものはないことがガイダンスに記載されている。：Space weather and radiation)                                                   | 記載はない。                                                                                         | 労働法典中には天文現象や紛争に関する航路の変更等について具体的な言及はないが、SIEVERT-PN は天文現象に対応し、線量評価を行うことが可能である。               | 線量拘束値（annosrajoitus：dose constrain)の 6 mSv/年を超えないようにシフト（STUK 規則(S/6/2019)の覚書）を調整 |

<sup>137</sup> 航空機乗務員への宇宙線被ばくに関する説明と教育を事業者が行うことについては、航空機乗務員が宇宙線被ばくに関する知識を正しく理解し、不安を払拭し、安心し、また、自ら納得して業務に専念するためにも有効な手段であると考えられる。既存の職場教育プログラムの中に宇宙線被ばくに関する項目を盛り込み、必要な場合には、産業医等による健康教育や健康相談の実施により、航空機乗務員への宇宙線被ばくに関する説明に意を払うことが適切であると考えられる。特に、女性の航空機乗務員に対しては、胎児への放射線影響についての教育も行い、宇宙線被ばくについての認識を持たせることが重要である。

|                  | 日本            | 米国                                                                                                               | カナダ                                                                   | 韓国                                                | 英国                                                    | ドイツ                                                                                                                                                                        | フランス                                                                          | フィンランド                                                                             |
|------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |               | ツシュボード                                                                                                           |                                                                       | (GCR) の変化を反映している。                                 |                                                       |                                                                                                                                                                            |                                                                               |                                                                                    |
| 妊娠期間の特別措置        | ガイドラインに記載はない。 | FAA は、 AC No: 120-61B で妊娠中の乗組員について職業被ばく限度値 (100 mSv/5 年かつ 50 mSv/年) に加え、胎児への電離放射線被ばくを 0.5 mSv/月以下に制限することを推奨している。 | 妊娠の残りの期間に胎児への追加の等価線量が 1 mSv を超えないようにすべき<br>1 mSv 未満のフライトまたは、地上業務に配置する | 妊娠した事実を航空運送事業者に報告・通知して妊娠が確認された時点から出産時までの期間は 1 mSv | 妊娠期間中に等価線量で 1 mSv を超える可能性が低いこと： ANO(Cosmic Radiation) | 妊娠可能な年齢の女性では子宮の臓器等価線量限度は 2 mSv/月、胎児では妊娠の届時から妊娠終了まで 1 mSv の実効線量 (effektiven Dosis) 限度と規定： StrlSchG<br><br>妊娠の通知から直ちに「職業上の被ばくが週単位で決定されること」、「被ばくは直ちに対象者に伝えられること」を確実にしなければならない | 妊娠宣言から出産までの間、胎児の被ばく線量は合理的に可能な限り低く保たれ、いかなる場合でも、子どもが受ける等価線量は 1 mSv 未満に保たれる：労働法典 | 従業員からの通知後妊娠中は等価線量で 1 mSv を超えないように調整しなければならない：放射線法 (859/2018)・放射線に関する政令 (1034/2018) |
| ICAO 条約の加盟状況     | 日本の加盟は 1953 年 | 加盟している。<br>NASA による ICAO への適用の比較にて、米国は宇宙線を測定する機器を必要としていない                                                        | 加盟している（放射線に関連する要求事項についての対応は明記されていない）                                  | 加盟している（放射線に関連する要求事項についての対応は明記されていない）              | 加盟している。<br>CAA が管理し、機材は必ずしも航空機に搭載されずとは限らない            | 加盟している（放射線に関連する要求事項についての対応は明記されていない）： StrlSchV                                                                                                                             | 加盟している（放射線に関連する要求事項についての対応は明記されていない）                                          | 加盟している（放射線に関連する要求事項についての対応は明記されていない）                                               |
| 法令等への取入れに関する検討状況 | -             | 現時点では法的拘束力はない。                                                                                                   | 現時点では法的拘束力はない。カナダ運輸省は将来的に規制策定する意向。                                    | -                                                 | 事業者を対象とした ANO(Cosmic Radiation) のみである。                | -                                                                                                                                                                          | -                                                                             | -                                                                                  |
| 検討体制             | 放射線審議会        | -                                                                                                                | -                                                                     | -                                                 | -                                                     | SSK (放射線防護委員会)                                                                                                                                                             | -                                                                             | -                                                                                  |
| 検討経緯             | -             | -                                                                                                                | ICRP 60 に準拠した数値                                                       | ICRP 60 に準拠                                       | -                                                     | SSK が 2002 年に報告書を発表、2020 年に新しい通達                                                                                                                                           | -                                                                             | -                                                                                  |
| 検討状況（動向）         | -             | -                                                                                                                | -                                                                     | -                                                 | -                                                     | -                                                                                                                                                                          | -                                                                             | -                                                                                  |
| その他              | -             | -                                                                                                                | -                                                                     | -                                                 | -                                                     | -                                                                                                                                                                          | -                                                                             | -                                                                                  |