

平成 31 年度放射線対策委託費  
(放射線安全規制研究戦略的推進事業費)  
放射線安全規制研究推進事業

包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究  
成果報告書

令和 2 年 3 月

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構



# 目次

1	研究事業の概要	
1.1	背景と目的	1
1.2	研究内容	2
1.3	研究計画	4
1.3.1	調査研究1：初動対応手順の検討とマニュアル等の作成	4
1.3.2	調査研究2：医療機関での受け入れ体制整備	4
1.3.3	調査研究3：専門的支援体制等の整備	5
1.3.4	検証1：モデル地域での検証	5
1.4	実施体制	5
2	【調査研究1】初動対応手順の検討とマニュアル等の作成	
2.1	本年度の研究計画	9
2.2	検討の経緯と内容	9
2.2.1	避難退域時検査等	10
2.2.2	CBRNE テロ災害の初動対応の教育	10
2.2.3	CBRNE テロ災害訓練	13
2.3	結果	14
2.3.1	難退域時検査の効率化の課題	15
2.3.2	安定ヨウ素剤配布時の説明における課題	15
2.3.3	原子力災害時の多機関連携における課題	15
2.3.4	CBRNE テロ災害での初動対応における課題	15
2.3.5	CBRNE テロ災害対応の教育における課題	18
2.3.6	CBRNE テロ災害の初動対応の教材の作成	19
2.3.7	CBRNE テロ災害での初動対応手順の作成	19
2.4	考察	21
2.4.1	避難退域時検査の効率性の向上	21
2.4.2	CBRNE テロ災害に関する教育、教材の充実	21
2.4.3	CBRNE テロ災害の初動対応手順	22
2.4.4	CBRNE テロ災害対処における多機関連携	22
2.5	結論	22
	資料 2-1 令和元年度 鳥取県原子力防災訓練	24
	資料 2-2 救急車養生訓練	26
	資料 2-3 汚染傷病者ヘリコプター搬送訓練	28

資料 2-4	浦安市消防本部 CBRNE テロ対処研修	31
資料 2-5	浦安市消防本部 CBRNE テロ対処机上演習	34
資料 2-6	市川市消防局 CBRNE テロ対処机上演習	35
資料 2-7	CBRNE 対策合同訓練	36
資料 2-8	国際空港エマルゴ訓練	38
資料 2-9	医療機関における CBRNE テロ災害訓練	40
<b>3</b>	<b>【調査研究 2】医療機関での受け入れ体制整備</b>	
3.1	本年度の研究計画	44
3.2	検討の経緯	44
3.3	結果	45
3.3.1	原子力災害医療に関する研修の体系化	45
3.3.2	原子力災害医療に関する高度専門研修	47
3.3.3	原子力災害医療に関する研修で使用する標準テキスト改定	47
3.3.4	原子力災害拠点病院等での全職員向けの研修資料	48
3.3.5	標準テキストの公開	48
3.3.6	被ばく医療の所領のフローチャートとマニュアル	48
3.4	考察	51
3.4.1	原子力災害医療の研修の今後の展望	51
3.4.2	包括的被ばく医療に関する課題と今後の展望	51
3.5	結論	52
<b>4</b>	<b>【調査研究 3】専門的支援体制の整備</b>	
4.1	本年度の研究計画	53
4.2	検討の経緯	53
4.3	結果	53
4.3.1	ネットワーク会議を活用した専門的支援	53
4.3.2	検知システム等を活用した専門的支援	54
4.3.3	情報共有システムを活用した専門的支援	58
4.3.4	災害医療との連携	59
4.3.5	医療機関への専門的支援体制	59
4.4	考察	60
4.5	結論	61
<b>5</b>	<b>【検証 1】モデル地域での検証</b>	
5.1	本年度の研究計画	62

5.2	検討の経緯	62
5.2.1	初動対応機関の研修	62
5.2.2	原子力災害医療の研修	62
5.2.3	災害医療との連携の研修	62
5.3	結果	62
5.3.1	初動対応機関の研修	62
5.3.2	医療機関の研修	63
5.3.3	災害医療との連携の研修	66
5.4	考察	68
5.5	結論	69
	資料 5-1 協力協定病院・東京 DMAT 被ばく医療研修	70
6	まとめ	72
	別添資料	別-1～545



# 1. 研究事業の概要

## 1.1. 背景と目的

原子力災害、放射線テロまたは核攻撃（以下：RN テロ・災害）、放射線障害防止法の対象事業所（以下：RI 事業所）での労災事故など、発生あるいは災害の種類によって区別されることなく、初動対応や緊急被ばく医療は実施される必要がある。しかし、それぞれの発生場所あるいは災害の種類によって、対応する初動機関、医療機関が分かれており、それぞれの体制整備、人材育成が実施されている(図 1-1)。

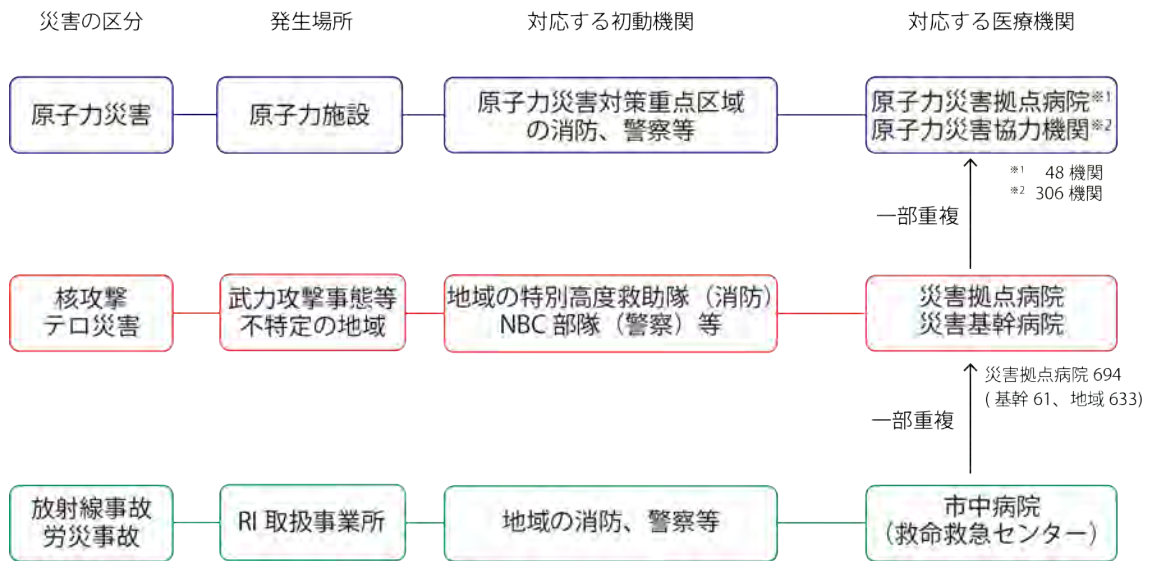


図 1-1 災害の区分と対応機関

原子力災害対策指針は東電福島第一原発事故の経験を踏まえ、被ばく医療等の体制の充実、強化が図られている。しかし、国、高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センター、地方公共団体等が行なっている研修について、研修内容の重複、対象者のミスマッチ等が生じており、研修を整理・体系化し、効率的・効果的な人材育成を行うことが必要であると原子力規制庁により示されている<sup>1</sup>。また、これまでの実施された研修で使用されている講義資料は研修毎に講義を担当する講師が作成していること、全ての研修が体系的に整理されておらず講義内容の重複があるといった研修を受講する側としては体系化、標準化されていないといった課題も指摘されていた。さらに多数の公衆等への迅速な避難と適切な避難退域時検査の両立の困難等も示されており、原子力災害対策指針等に基づく防護措置及び医療対応の実際的な運用に必要な解決策を見出す必要がある。

また、RI 事業所での事故や RN テロ・災害等に対応できる体制については整備が遅

<sup>1</sup> 原子力規制庁；平成 30 年度第 3 回原子力規制委員会 資料 1 「原子力災害拠点病院等の施設要件」の見直しの方向性について、平成 30 年 4 月 18 日

れている。RI 利用の拡大、昨今の核セキュリティへの国際的な取り組みを鑑みると、これらの対策は喫緊の課題である。放射線障害防止法の改正により数量の極めて大きい RI の許可届出使用者又は大規模研究用加速器施設の許可使用者を対象に、危険時の措置の強化として消防、警察、医療等の対応機関との連携が求められている。国民保護に関する基本指針では、核攻撃等による医療、防護措置等の必要性が示され、オリパラ・テロ対策推進要綱では、テロ等発生時の救護体制の強化として、多数傷病者の搬送体制の整備等が示されている。

初動対応でも医療機関での初期診療でも、テロ災害や局地災害の発生直後に、放射線や放射性物質が単独で使用されているとは限らず、特に CBRNE テロ災害対応では、放射線や放射性物質以外の化学剤や爆発物、生物剤などの脅威についても、防護措置や検知などは同時に実施することが求められる。さらに、化学剤や爆発物、生物剤などが使用された可能性がある判断される場合も、放射線や放射性物質の存在も考慮して対応することが求められる。初動対応や初期診療で、他の脅威に気づかずに対応してしまうと被害が拡大したり、二次被害が発生したりする。全ての脅威に対してそれぞれの特性に応じた適切な対応をすることが All hazard approach である。

本研究事業では、原子力災害に限らず、RI 事業所での事故、RN テロ・災害等に対応可能な被ばく医療体制構築のため、対応機関の初動対応、初療のマニュアル、専門的支援、人材育成について、現行の原子力災害対策指針等の体制等に基づき検証し、対応機関が包括的に被ばく医療を実践できる対処能力の実効性を向上させる方法を明らかにし、原子力災害等における防護措置及び医療対応の実際の運用方法を明らかにする。

## 1.2. 研究内容

原子力災害対策指針では、原子力災害対策重点区域（24 道府県）での被ばく医療体制整備が進められているが、それ以外の地域（23 都県）も含め、全国の RI 事業所での放射線事故、労災事故など危険時の措置の強化、国民保護に関する基本指針では武力攻撃事態等、緊急対処事態における放射線テロまたは核攻撃等の放射線緊急事態での医療、放射線防護措置等の必要性も示されており、包括的かつ実質的な被ばく医療の体制整備が求められている。

また、多人数を対象とした実質的な放射線防護及び医療対応についての検討、包括的に被ばく医療を提供するためのガイドラインやマニュアル、効果的な現場運用のための研修方法等について、課題の整理、抽出および実施体制の整備等が求められる。さらに、放射線防護、放射線管理、被ばく医療、線量評価等に関して専門的支援体制、情報共有システムの整備が必要である。

原子力災害での医療や対応と、RI 事業所での放射線事故、労災事故あるいは放射線テロまたは核攻撃等の放射線緊急事態での初動対応と医療対応については、放射線の



測定や除染、放射線防護の技術や技能は同じである。一方で、発災の状況や事前の初動や医療の体制については、原子力災害は原子力施設での災害であり、発災の場所が限定されることから原子力災害対策重点区域（24道府県）に限定されて体制整備がなされ、人材育成や資器材の配備などがなされてきた。放射線テロ災害は、発災場所が事前に特定されることはなく、多くは CBRNE テロ災害、危機管理の一環としてそれぞれの地域で教育や体制整備が行われており、関係組織がそれぞれ教育や体制整備を実施している。このような相違点を明確にし、それぞれの対応力が向上することにより原子力災害が発生した場合でも、全国の初動対応機関、医療機関から支援が得られること、放射線テロ災害や RI 事業所での放射線事故発生時でも、遅滞なく必要な被ばく医療が提供できる体制の整備が可能となることが期待される。

このため本研究では、これまで量子科学技術研究開発機構（以下：量研）で実施してきた緊急被ばく医療体制整備、各種セミナー、協力協定病院等を活用し、【調査研究 1】初動対応手順の検討とマニュアル等の作成、【調査研究 2】医療機関での受け入れ体制整備、【調査研究 3】専門的支援体制の整備、【検証 1】モデル地域での検証の区分に分けて実施する（図 1-2）。さらに本研究では、化学剤、爆発物によるテロ災害等の知見を取り入れ、原子力災害のみでなく、RI 事業所や輸送中の事故、核攻撃等も含め、初動対応の手順、医療等を検討する。

最終的な研究成果としては、包括的被ばく医療の体制構築のために、次の項目を目標とする。

- 地域の実情に合わせた研修やマニュアル、ガイドライン等の**最適化**
- 研修内容の**標準化**
- 研修の**体系化、効率化**
- 原子力災害時の医療に関しては、人材育成の**高度化**
- 原子力災害時の医療に携わる人材の**一元管理**
- **包括的被ばく医療**の人材育成
- **専門的支援体制**の整備

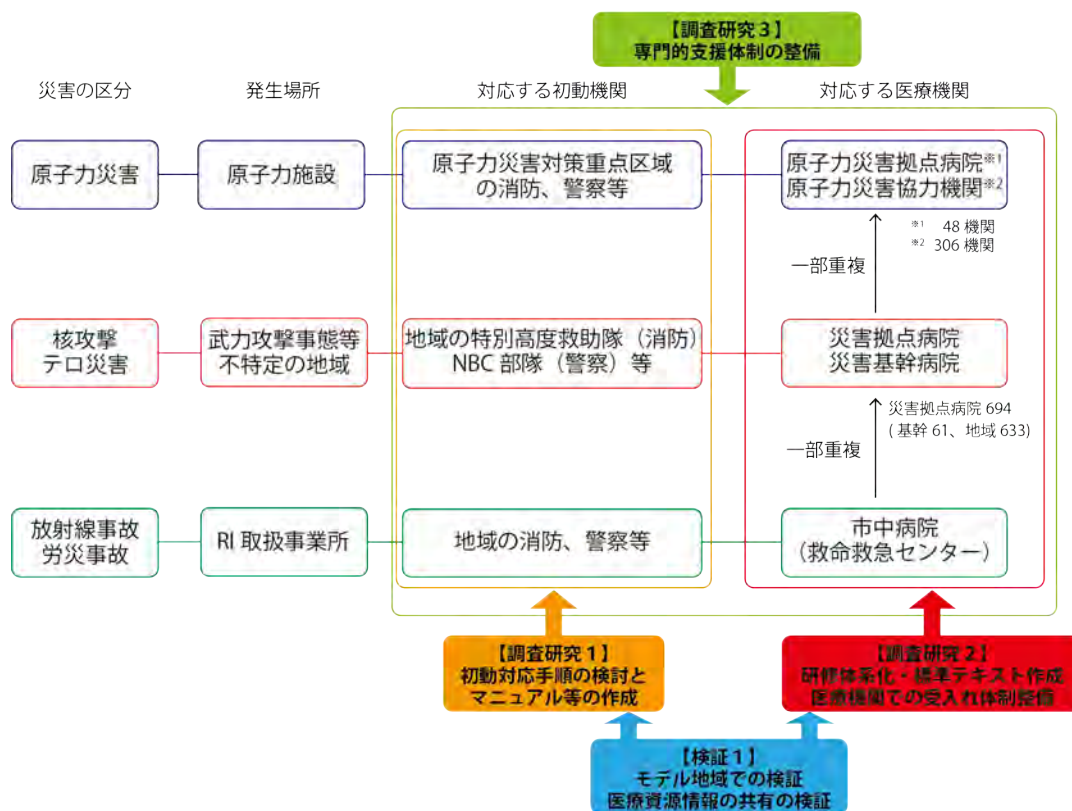


図 1-2 研究の概要

### 1.3. 研究計画

本研究は、平成 30 年度（2018 年度）から 3 年間の調査研究を計画している。研究区分ごとの計画を示す。

#### 1.3.1. 調査研究 1：初動対応手順の検討とマニュアル等の作成

迅速、的確な初動対応、関係機関間の連携による実効性向上を目的とする。

H30 年度（2018 年度）は原子力災害等の研修、演習あるいは有識者等から初動対応機関、RI 事業所の原子力災害等への対応、多機関連携に関連する情報を収集することにより課題を比較・抽出して整理する。R 元年度（2019 年度）は脅威の迅速な検知と All hazard approach も含めた初動対応手順及び多人数のスクリーニング方法等を検討し、マニュアル、教材等を作成、検証する。R2 年度（2020 年度）は、マニュアル等を再検証し、各地域の実状に合わせて改善する。

#### 1.3.2. 調査研究 2：医療機関での受け入れ体制整備

全国の医療機関の被ばく医療の診療能力の向上により迅速かつ適切な被ばく医療を提供する手段の開発を目的とする。

H30 年度（2018 年度）は量研放医研の協力協定病院、有識者等の協力を得て、現場除染なしまたは乾的除染で医療機関が傷病者を受入れるために必要な体制、教育等

について課題を抽出する。さらに既存の原子力災害医療の研修の体系を整理し、既存のテキストを改定し、研修による人材育成の実効性を向上する。R 元年度（2019 年度）は、多人数の被災者への対応を含めた、医療機関での初療マニュアル、教材を作成、効果的研修法を検証する。R2 年度（2020 年度）は、マニュアル等を再検証し、医療機関の実状に合わせて改善する。

### 1.3.3. 調査研究 3：専門的支援体制等の整備

専門的支援の充実による初動対応、被ばく医療の実効性向上を目的とする。

H30 年度（2018 年度）は、専門機関、染色体および物理学的線量評価ネットワークを活用した被ばく線量評価、被ばく医療等の専門的支援に必要な項目、課題を整理する。R 元年度（2019 年度）は、専門的支援について、具体的手順、方法、器材等を検討する。初年度から平行して平常時、災害時に活用できる専門的支援における情報共有システムについて課題等を整理し、システムを設計する。また、既存の広域災害救急医療情報システム（EMIS）や健康危機管理支援ライブラリー（H-CRISIS）との連携についても検討する。

### 1.3.4. 検証 1：モデル地域での検証

H30 年度（2018 年度）は、原子力災害対策重点区域（24 道府県）及びそれ以外の地域（23 都県）で研修等を実施するモデル地域を選定する。R 元～R2 年度は、モデル地域で効果的な現場運用のための研修法を検討し、調査研究 1～3 へ反映する。

## 1.4. 実施体制

本年度は、調査研究 1～3 および検証 1 のそれぞれの担当者を図 1-3 のように割り振り、本研究を実施した。

研究代表者：富永隆子

量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門  
高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部

表 1-1 研究協力者一蘭（50 音順、敬称略）

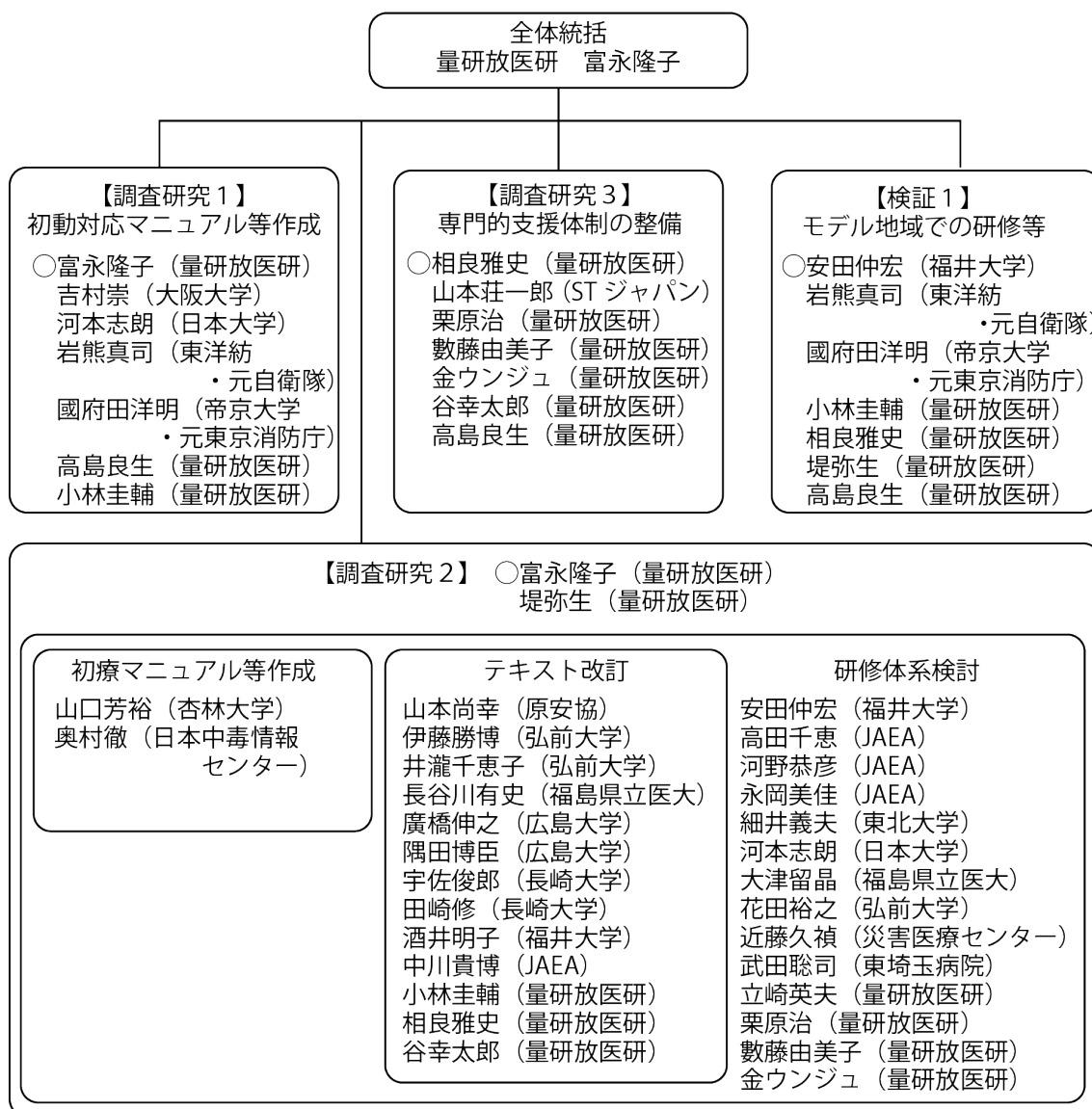
1	井瀧千恵子	弘前大学	大学院保健学研究科看護学領域
2	伊藤勝博	弘前大学	医学部附属病院高度救命救急センター
3	岩熊真司	東洋紡株式会社	AC 製品事業部特需グループ
4	宇佐俊郎	長崎大学	長崎大学病院 国際ヒバクシャ医療センター

5	大津留晶	福島県立医科大学	放射線健康管理学講座
6	奥村徹	日本中毒情報センター	
7	河本志朗	日本大学	危機管理学部危機管理学科
8	河野恭彦	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構	核燃料・バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部環境監視課
9	國府田洋明	帝京大学	医療技術学部スポーツ医療学科 救急救命士コース
10	近藤久禎	国立病院機構 災害医療センター 厚生労働省 DMAT 事務局	臨床研究部・災害医療部
11	酒井明子	福井大学	医学部看護学科
12	隅田博臣	広島大学	広島大学病院診療支援部
13	高田千恵	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構	核燃料・バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部線量計測課
14	武田聡司	国立病院機構東埼玉病院	放射線科
15	田崎修	長崎大学	長崎大学病院救命救急センター
16	永岡美佳	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構	核燃料・バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部環境監視課
17	中川貴博	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構	核燃料・バックエンド研究開発部門 核燃料サイクル工学研究所 放射線管理部放射線管理第1課
18	長谷川有史	福島県立医科大学	放射線災害医療学講座
19	花田裕之	弘前大学	大学院医学研究科救急・災害医学講座
20	廣橋伸之	広島大学	原爆放射線医科学研究所 放射線災害医療研究センター 放射線医療開発研究分野
21	細井義夫	東北大学	大学院医学系研究科 放射線生物学分野
22	安田仲宏	福井大学	附属国際原子力工学研究所 原子力防災・危機管理部門

23	山口芳裕	杏林大学	医学部救急医学教室 高度救命救急センター
24	山本荘一郎	エス・ティ・ジャパン	危機管理製品部
25	山本尚幸	原子力安全研究協会	放射線災害医療研究所
26	吉村崇	大阪大学	ラジオアイソトープ総合センター 同位体化学研究室

表 1-2 研究参加者一覧 (50 音順、敬称略)

1	金ウンジュ	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 計測・線量評価部
2	栗原治	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 計測・線量評価部
3	小林圭輔	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 被ばく医療部
4	相良雅史	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 被ばく医療部
5	数藤由美子	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 計測・線量評価部
6	高島良生	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 計測・線量評価部
7	立崎英夫	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 被ばく医療部
8	谷幸太郎	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 計測・線量評価部
9	堤弥生	量子科学技術研究開発機構	量子医学・医療部門 高度被ばく医療センター 被ばく医療部



○はとりまとめ担当

図 1-3 令和元年度 (2019 年度) 実施体制

## 2. 【調査研究 1】 初動対応手順の検討とマニュアル等の作成

### 2.1. 本年度の研究計画

消防等の初動対応機関での迅速、的確な初動対応、関係機関間の連携による実効性向上を目的とし、今年度は、昨年度から継続して原子力災害等の研修、演習あるいは有識者等から初動対応機関、RI 事業所の原子力災害等への対応、多機関連携に関連する情報を収集することにより課題を抽出して整理した。さらに整理した課題の解決策として、避難退域時検査の実行性の向上のための検査の効率化、CBRNE テロ災害に関する教育を充実させるための教材や研修方法を検討した。さらに All hazard approach による初動対応手順を検討し、初動対応機関の CBRNE テロ災害時の現場対応についてフローチャートとマニュアルを作成した。

### 2.2. 検討の経緯と内容

原子力災害と放射線取扱事業所等での労災事故、放射線テロでは、初動対応に様々な相違がある。まず、原子力災害は原子力施設の立地隣接地域でのみ初動対応が求められるが、全国に所在する事業所での労災事故や放射線テロでは、発災場所が限定されない。そして原子力災害では、事象の進展や防護措置など対応が想定されていることが多いが、労災事故や輸送中の事故、放射線テロでは、事象そのものが被ばく事故や汚染事故など多様であり、対応する組織の対応能力もそれぞれの組織で異なる。そのため、平時の体制整備として、原子力防災体制として実施されている原子力災害対策重点区域(24 道府県)のそれ以外の地域の初動対応機関の資器材や教育の体制は異なっている。しかしながら、放射線防護措置、放射線測定、除染などの基本的な技能や放射線、放射線防護等の基本的な知識については同じである。

これらの相違を踏まえ、原子力災害、放射線事故、放射線テロ災害等に関連する訓練、研修、演習、学会等に参加あるいは開催し、情報を収集し、原子力災害等での初動対応、教育に関連する課題を抽出し、整理した上で、初動対応のためのフローチャートとマニュアル、教材を作成した。教材は研修等で使用し、項目の追加や修正等を行った、また、フローチャート、教材等は、研究協力者、研究参加者が 2 回の検討会で検討し、取りまとめた。

なお、検討会は、調査研究 1 および 3、検証 1 をまとめて開催した。

#### 1. 第 1 回検討会

日時：2019 年 9 月 4 日(金) 14:00 – 16:00

場所：量子科学技術研究開発機構 本部棟 2 階第一会議室

千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1

議題：議題 1：昨年度の成果報告

- 議題 2 : 今年度の事業計画
- 議題 3 : 初動対応手順の検討
- 議題 4 : 初動対応機関への研修開催案
- 議題 5 : 検知機材の活用方法

## 2. 第 2 回検討会

日時 : 2020 年 1 月 23 日(木) 14:00 - 16:00

場所 : フクラシア八重洲 B 会議室

東京都中央区八重洲 2-4-1 ユニゾ八重洲ビル (常和八重洲ビル) 3F

議題 : 議題 1 : 初動対応機関への研修開催報告

議題 2 : 初動対応手順の検討

議題 3 : 初動対応機関向け講義資料

議題 4 : 避難退域時検査の効率化

### 2.2.1. 避難退域時検査等

#### (1) 原子力総合防災訓練 (島根原子力発電所) (資料 2-1)

昨年度は、避難退域時検査の現実的かつ実行可能な課題解決策を提示し、さらに避難退域時検査及び簡易除染マニュアル (平成 29 年 1 月 30 日修正) を放射線テロ災害時に活用することの可能性あるいは活用にあたっての課題についても抽出した。これを踏まえ、2019 年度原子力総合防災訓練 (鳥取県原子力防災訓練) において鳥取県で実施された避難退域時検査実働訓練、住民避難訓練、広域医療搬送訓練を視察し、多数の検査を実施する場合の効率的な器材、安定ヨウ素剤配布時の説明、多機関連携について課題を再度整理した。

### 2.2.2. CBRNE テロ災害の初動対応の教育

昨年度抽出した CBRNE テロ災害での初動対応機関向けの教育に関する課題を元に、CBRNE テロ災害に必要な研修項目、講義項目を検討し、講義資料等の教材を作成した。さらに研修会での講義で実際に使用したのち、必要な項目の追加や修正を行った。また、放射線や化学剤の検知や防護装備の着脱など、初動対応に必要な基本的な技能について実習の実施要領を検討し、検証した。

#### (1) CBRNE 災害対処千葉連携研修会

CBRNE 災害対処千葉連携研修会は千葉県警察本部、千葉市消防局、量研放医研が中心となって、千葉地域での CBRNE テロ災害対処の能力向上のために 2014 年度から開催している研修会である。毎年、CBRNE テロ災害対処に係る講義や資器材の取り扱い実習、机上演習、実働演習を実施しており、昨年度も本研究事業で報告した。本年度は、継続して CBRNE テロを想定した対応に必要な研修、実習、机上



演習を実施した（表 2-1）。

さらに放射性物質により汚染した傷病者の搬送のために必要となる救急車の養生、ヘリコプターの養生と搬送の訓練および擬剤を使用した検知紙の実習を実施した（資料 2-2、資料 2-3）。

この結果、初動対応機関による CBRNE テロ災害の初動対応の教材および CBRNE テロ災害の All Hazard Approach による初動対応のフローチャートとマニュアルの作成についても検討した。

表 2-1 2019 年度 CBRNE 災害対処千葉連携研修会実績

開催日	講義	講師	量研	県警	消防		事業所	合計
					市	県		
2019.7.10 (水) 13:30 - 16:30	化学テロ災害対処	岩熊 真司 氏 (元陸上自衛隊化学学校副校長)	11	22	43	49	7	132
	化学防護服について	稲井 巡 氏 (元陸上自衛隊化学学校副校長)						
2019.8.7 (水) 13:30 - 16:30	NBC災害活動技術 13:30～15:20	東京消防庁特殊災害課 テロ災害係長 小野 浩二 氏	2	19	58	68	7	173
	消防本部のNBC災害対策 の現状について	千葉市消防局花見川消防署 消防司令補 金坂 裕樹 氏						
2019.9.12 (木) 13:30 - 16:30	地下鉄サリン事件から学ぶ ～現場対応～	中村 勝美 氏 (元陸上自衛隊)	3	42	51	-	7	106
	地下鉄サリン事件から学ぶ ～医療機関での対応～	日本中毒情報センター 奥村 徹 氏						
	防護装備の性能	重松製作所千葉営業所 所長 小島 信明 氏						
2019.11.22 (金) 13:30 - 16:30	放射線テロ災害対処	富永隆子 (量研機構)	5	23	45	50	-	123
	機材展示	岩部 悠						
		北村 尚 (量研機構) 富永 隆子						
2019.11.27 (水) 13:30 - 16:30	机上演習	千葉県警察本部 千葉市消防局 量研機構	3 (2)	21	16	-	3	45

(2) 浦安市消防本部 CBRNE テロ対処研修 (資料 2-4)

所管地域に大規模集客施設を有する消防本部 (消防職員数約 200 人) である。集客施設には最大 10 万人以上が滞在することがあり、このような状況で、CBRNE テロ

災害が発生し、多数傷病者が発生すると明らかに消防力劣勢となる。そのため消防本部の多くの職員が CBRNE テロ災害に対応するための基礎知識と技能を有することが重要である。この研修を実施したことにより、講義項目の整理と教材を作成した。

(3) 浦安市消防本部 CBRNE テロ対処机上演習（資料 2-5）

大規模集客施設近隣の鉄道駅での化学剤、爆発物、放射性物質の複数の脅威によるテロを想定し、消防、警察、事業所、医療機関、行政が参加して机上演習を実施した。消防と警察での初動対応では、明らかに活動部隊の能力は劣勢であり、事業者との連携が不可欠である。事業者は、CBRNE テロという特殊な状況についての知識や対応計画は脆弱であり、事業者も含めた初動対応の手順について検討した。

(4) 市川市消防局机上演習（資料 2-6）

昨年度は、市川市消防局西消防署の機動化学隊、指揮隊、ポンプ隊、救急隊の職員に対して、現有部隊、現有資器材での CBRNE テロ災害対応の能力向上を目的として、化学テロ災害、放射線テロ災害の初動対応のための基礎知識の講義、各種検知器等の資器材を使用した実習、CBRNE テロ災害を想定した机上演習からなる合計 6 回の研修会を実施した。本年度は、この研修を受講した部隊の隊員を含め、消防局全ての消防署を対象として、所管の鉄道駅で発生した CBRNE テロの初動対応についての机上演習を実施した。この机上演習には、所管する消防署と警察の職員が参加したことで、実際の現場の状況が分かっている状況で、相互の活動について、活発に討議、意見交換できた。また、テロ災害の想定は同じであるが、発災場所は、それぞれの消防署が所管する駅としたことで、現有の部隊の活動、配置、資器材に応じた現実的な対処の検討ができ、地域の CBRNE テロ災害対処の実効性向上のための課題が整理できた。さらに初動対応の手順についても検討した。

2.2.3. CBRNE テロ災害訓練

昨年度整理した All hazard approach の観点から関係機関連携を含めた初動対応手順等の検討に必要な項目と、本年度の CBRNE テロ災害対処訓練（表 2-2）の視察、評価で得られた課題、知見を元に、CBRNE テロ災害の初動対応について All Hazard Approach でのフローチャートを作成した。

表 2-3 CBRNE テロ災害対処訓練の視察、評価

	訓練、研修	日時	内容等
1	CBRNE テロ対策合同訓練	2019.6.12	Dirty Bomb を想定した演習
2	国際空港エマルゴトレーニング	2019.7.11	化学テロ災害を想定した演習
3	医療機関における CBRNE テロ災害訓練	2019.6.10	化学テロ災害を想定した演習

(1) CBRNE 対策合同訓練（資料 2-7）

国際空港での Dirty Bomb が使用された事による放射線と爆発物によるテロの想定であった。初動対応の消防機関は、CBRNe クラウドシステムを使用しており、化学剤の検知も同時に実施する対応であった。All hazard approach を実際に実施しており、初動対応における課題を抽出した。

(2) 国際空港エマルゴトレニング（資料 2-8）

エマルゴトレニングシステム<sup>®</sup>とは、スウェーデンのリンショーピング大学病院に隣接された Centre for Teaching and Research in Disaster Medicine & Traumatology（災害医療・外傷学教育研究センター）にて 20 年以上前から地域とともに開発されてきた救急・災害医療の机上シミュレーションによる研修法である。災害を想定し、医療従事者及び被災者に見立てたマグネット人形を使用し、これらを白板上で災害現場や病院などに移動する。これらは設定された病床数・増床数職員数・限られた資源を用い、訓練上の時間経過に沿って行われ、評価は、設定された対応法の妥当性及び避けられた合併症、避けられた死の有無の検討で行われる。様々な職種の方が参加することが有用であり、行政職員、自衛隊警察、消防、病院関係者などがトレーニングに参加することにより実災害に近い訓練となる。

国際空港では、エマルゴトレニングシステムによる航空機災害の研修を実施してきたが、昨年度より CBRNE テロ災害を想定した研修を実施しており、今年度は、化学剤テロ（サリン）のシナリオであった。本訓練の視察により初動対応の課題を整理し、初動対応のフローチャートの作成に反映させた。

(3) 医療機関における CBRNE テロ災害訓練（資料 2-9）

医療機関と自衛隊が合同で実施した化学テロ災害の訓練であった。特に小児や幼児が家族と被災者役で訓練参加していたことにより、CBRNE テロ災害対応における小児や幼児特有の課題を認識することができた。

### 2.3. 結果

原子力災害、放射線事故、放射線テロ災害等での初動対応について、CBRNE テロ災害の All hazard approach の視点で、課題を整理し、効果的、効率的な教材、初動対応のフローチャートとマニュアルを作成した。

### 2.3.1. 避難退域時検査の効率化の課題

人の検査では、簡易検査でも一人当たり2～3分程度時間がかかることがボトルネックであり、避難者全員を検査できない理由の一つである。指定箇所検査が短時間でできる測定器の導入で効率的に検査が可能となり、短時間でも大勢の検査が可能と考えられる。測定器の導入には、費用対効果を検討する必要があるが、検査会場に必要な人員の削減にもなると思われる。



図 2-1 測定器  
指定箇所検査が5秒で実施  
できる。

この測定器による指定箇所検査である簡易検査を放射線テロ災害にも実施できれば、短時間で多数の汚染の有無を確認する検査を実施できるようになる。車両の汚染検査にガンマポールなどを使用しているが、これも人の検査に活用できれば、短時間で効率的に多数の被災者の汚染の有無を確認する検査が実施できると思われる。測定器の調達の方法が課題である。

### 2.3.2. 安定ヨウ素剤配布時の説明における課題

安定ヨウ素剤の問診票のように専門用語での説明は理解が難しい。そのため、原子力災害だけでなく、放射線テロ災害での避難や屋内退避などの広報の文案、既存の様々なQ&A集を活用した広報文案集などがあると便利であると思われる。

### 2.3.3. 原子力災害時の多機関連携における課題

災害時には、専門機関や各対応組織が連携することが重要であるが、各組織の役割や対応能力を相互理解しておく必要がある。相互理解については、会議等での調整だけでなく、訓練によって現場で活動する要員も理解しておく必要があるため、多機関が参加する訓練等を積極的に行うことも望まれる。関係機関との調整やどの機関が主導するのかなど、課題がある。

### 2.3.4. CBRNE テロ災害での初動対応における課題

#### (1) 警備員、先着隊、医療関係者等の防護装備

爆発発生直後に現場確認、避難誘導する警備員、先着隊の警察官等は、呼吸保護がされないまま活動を継続していた。原因物質が特定されない状況での活動は、化学剤あるいは放射線への暴露、放射性物質の吸入などの危険が伴う。CBRNE テロ災害対応の蓋然性が高いと考えられる警備員や先着隊には、最低限の呼吸保護となる使い捨て防塵マスク（N95 マスク）を常時携行させるなどの対策があると一層の安全確保に資すると考える。さらに個人線量計も常に装着しておくことで、放射線テロ災害発生時に、放射線被ばく管理が早期から可能となり、警備員等の安全確保に資すると考える。

多くの活動計画やマニュアル、ガイドラインでは、放射性物質による汚染対策が必要な場所での活動における防護装備にシューズカバーが含まれる。しかし、シューズカバーの多くが、不織布等を使用しており、屋外で活動する場合には、活動中に破損していることがある。これでは、汚染拡大防止対策にはならない。屋外活動時の防護装備としては、シューズカバーに破損防止の対策を講じるか、屋外でも使用可能なシューズカバーの着用を考慮する必要がある。活動計画やマニュアル等に屋外活動時の防護装備の注意点などを記載する必要がある。このため、放射線テロ災害の講義資料では、屋外でのシューズカバーは破損しないようなもの（ゴム底の靴カバーなど）を使用するよう記載した。

視察した実動訓練では、医療チームは除染後の救護所および医療機関での活動であり、コールドゾーンでの活動となるため、防護装備については検討されていなかったようである。しかし、完全な現場除染の実施は、現実的には不可能だと思われ、さらに化学剤と放射性物質が混在している可能性も否定できず、汚染されたまま自力で医療機関を訪れる被災者も多数発生することが予想される。また、ダーティボムといった爆発物や化学剤が使用されるテロでは、完全な除染よりも医療班による救命処置が優先される場合も考えられる。このような可能性を考えると、コールドゾーンでの対応、除染後の対応しかしない場合でも、最低限の安全確保のための防護装備は必要である。これには、個人線量計、検知紙、防護服、ゴム手袋（ニトリル手袋）、呼吸保護のための簡易マスク（化学剤、有害微粒子対応）などの準備が必要である。

## (2) NBC 出動（特殊災害出動）時の検知活動

今年度実施したいくつかの机上演習の結果、NBC 出動（特殊災害出動）の指令であっても、化学剤によると判断される症状や状況が通報された場合、化学テロ災害の対応を考慮しても、放射線や爆発物への対応は考慮されないことがあった。このことから、All Hazard Approach の対応として、NBC 出動（特殊災害出動）の場合は、出動時から化学剤、放射性物質、放射線、爆発物のすべての脅威、二次攻撃を踏まえて対応することを基本とするような初動対応の手順を示す必要がある。

## (3) 保有する資器材の実践的な活用

今回の研修で実施した実習では、各機器の特性も理解できたようであり、実際の災害現場での検知活動において、効率的、効果的に器材を使用して、消防活動の目的である人命救助、二次災害の防止をどのように実践するのか、具体的な活動方針について、各隊員の理解が深まったと思われる。放射線測定器も化学剤検知器も使用する部隊で、使用の講習や訓練は実施しているようであるが、実際に表示付認証機器（教育訓練用放射線源）や化学剤の擬剤を使用した実習は、消防機関だけで実施するのは、容易ではない。そのため訓練用の資器材及びこれらを用いた訓練要領について整備が必要である。資料として化学剤検知紙のハンドアウトを作成した。

(4) 同時多発の場合の対応

市内の消防署の1つで発災し、他の消防署から応援が得られる前提で机上演習の検討を行ったが、同時多発した場合には、初動対応の部隊は今回の検討よりも少なくなると予想され、県内、近隣の消防機関からの応援が必要となるが、救助、医療介入までの時間は長くなると予想される。具体的に県内、近隣消防からの応援部隊が到着するまでの可能な対処についても現実的に検討しておくことも必要である。

(5) ヘリコプターおよび救急車養生の効率化

救急養生の実習は説明の時間を除き、約45分で完了した。しかし、通常の救急搬送では、出動までに45分を要するのは、要救助者の搬送が遅延する原因となる。そのため実際の対応では、養生にかかる時間の短縮が望まれるが、各隊員が養生に慣れること、エステクトシートなどは事前に一定の大きさに切断して準備しておくことで10～15分ほどは効率化が可能と思われる。ヘリコプターの養生は、事前に養生シートをヘリコプターの内部の構造に合わせて切り抜きをしており、養生を実施する場合は、このシートを貼り付けるだけで養生が完了するため、効率的である。しかし、隊員の異動等があるため、継続した訓練等で養生の方法を伝達することも必要であり、そのためには、ヘリコプターの養生の方法を提示した具体的な資料の作成が必要である。

(6) 関係機関との連携と現場対応についての相互理解

市川市消防局の机上演習においては、行政（市当局）や民間事業者、医師等は参加していないが、今後は自衛隊を含め関係機関の参加を募り、広域の対応体制の確認も実施すべきである。一般的に広報や避難には、行政との連携が不可欠であり、医療には、医療機関と原因物質の情報共有が不可欠である。

発災後に通行人の避難誘導や現場の交通整理、立入制限は、消防や警察で実施することが役割であると認識されているが、駅や集客施設の事業者も利用者の安全確保のために避難誘導、立入制限を実施することが改めて認識された。さらに事業者が所有する土地や建物を使用することも現場で円滑に調整できるようであった。このため、事業者にも消防や警察、行政の対応方針や活動内容を理解してもらうことや、CBRNEテロ災害の基本的な対応について理解し、利用者の安全確保に活用できる知識を習得できる研修等の機会があることが望まれる。

さらに、CBRNEテロ災害時には、派遣チームによる現場医療は、安全確保を考慮して、通常の多数傷病者発生時や局地災害発生時と同様には提供されることはないことがほとんどである。さらに現場での除染が実施されないと医療機関での受入がなされないとしている消防の想定があるが、医療機関の受け入れについては、このような机上演習で、医療機関の体制や対応方針について相互理解の機会があることは、地域の実情に応じた計画を立てる上で、非常に有益な情報共有ができると思われる。

(7) 小児、幼児への対応

幼児や小児の生理学的徴候や異常の判断には、小児科医、小児病棟・外来の看護師の協力が必要である。現場では、幼児や小児の対応は、家族と同じ導線に対応する必要があると思われる。また、脱衣後の着替えや靴が基本的に成人用の準備であることが多く、小児等への対応も不足している。大規模集客施設などでの CBRNE テロ災害では、幼児や小児の割合が高いことも予想されるため、CBRNE テロ災害の訓練や研修にも積極的に小児科医、小児病棟・外来の看護師の参加を呼びかけ、実践的な訓練により小児等を含む全ての被災者への対応を考慮すべきである。

#### (8) 実動訓練での検証

机上演習では、理想的な活動時間で活動方針や活動内容を検討していたが、検討した活動に実際に要する時間を実動訓練で検証し、活動計画に反映することで、実際の CBRNE テロ災害対処の能力向上に結びつくと思われる。実動訓練を実施するには、予算措置、想定状況再現などの課題がある。

### 2.3.5. CBRNE テロ災害対応の教育における課題

#### (1) 訓練に参加していない隊員への普及教育、意識の統一

実際の CBRNE テロ災害の現場で迅速に活動するには、全ての消防職員が、それぞれの役割と活動内容、各組織のマニュアルや活動計画を理解し、そのために必要な知識と技能を習得し、基本的な対処については意識の統一が不可欠である。しかし、CBRNE テロ災害に関する研修の機会は少ないようである。すべての職員が参加するには消防や警察の勤務体制の関係で2日続けて同一の研修を実施する必要がある。多機関で実施する場合は、日程や講師の確保が課題となる。国際的イベントの開催や大規模集客施設が近隣に所在することで、研修や実効性向上の必要性は認識しているようであり、より効果的な修学が容易となるように、テキストや自己学習が可能となる資料の作成が必要である。また、CBRNE テロ災害に関する研修での専門的知見を有する講師を派遣する体制も、人材育成としての体制整備にとって課題である。救急車とヘリコプターの養生については、各消防署で具体的な方法について教育、伝達できるように資料の作成が望まれる。さらに今後導入される検知紙についても使用方法について救急隊員のみでなく、救助隊員への周知も現場での安全管理や迅速な脅威の判定には重要である。

#### (2) 多機関が参加する研修等の開催

消防、警察、自衛隊、医療機関、行政、事業者が一堂に会する研修を開催することは各組織の活動方針や体制を相互理解するのに非常に有効であるが、研修の開催趣旨、研修参加の意義、机上演習での討議に積極的に参加できるシナリオや状況付与の作成については、関係機関の多大な努力が必要である。効率的に机上演習を開催するための教材やシナリオ等の作成が必要である。



### 2.3.6. CBRNE テロ災害の初動対応の教材の作成

#### (1) 講義資料作成（別添資料）

消防、警察等の初動対応機関向けの CBRNE テロ災害対処に関する講義資料として下記の3つを作成した。形式としては、原子力災害時の医療体制に関する標準テキストと同様にスライドとその解説を作成し、講義聴講後にも復習や自己学習が可能となる教材とした。

- ・ 放射線テロ災害対処
- ・ 化学剤テロ災害対処
- ・ 爆発物テロ災害対処

#### (2) 化学剤検知紙ハンドアウト（別添資料）

化学剤検知として、様々な器材が初動対応機関では使用されているが、最も安価である検知紙も消防や NBC 部隊では使用されており、新たに購入し配備する部隊もあるとのことであった。そこで検知紙でどのような反応が出るのか、擬剤を用いた実習によって、実際に確認することの他、化学剤の種類と特性、検知紙での検知方法と注意点について A4 用紙 1 枚にまとめた。検知紙と擬剤による実習での補足資料として使用した。

### 2.3.7. CBRNE テロ災害での初動対応手順の作成

放射線テロ災害では、放射線、放射性物質以外の脅威の存在も否定できず、各種の脅威の検知結果により原因物質が特定されるまでは、可能性のある脅威に対する防護措置、対処が求められる。その中でも優先順位を考慮した初動対応が求められる。被災者の状況から化学剤によるテロ災害と判断される場合でも、放射線源あるいは放射性物質を同時に使用していることも否定できないことから、化学剤の検知と同時に放射線の検知活動も必要である。ただし、化学剤が使用された場合、化学剤の除染、治療は即時に実施する必要があるため、放射線検知は、これらの対応の後に実施することが望ましい。化学剤が使用されない場合では、出血や呼吸の異常など放射線以外の脅威に対する処置を優先し、それらの処置が実施された後に、放射線検知を実施する。そこで、昨年度提案した All hazard approach による初動対応手順も考慮して、CBRNE テロ災害の初動対応手順のフローチャート（図 2-2）を作成した。さらにこのフローチャートの各項目についての解説が必要と思われたため、解説を「CBRNE テロ災害初動対応マニュアル」として作成した（別添資料）。

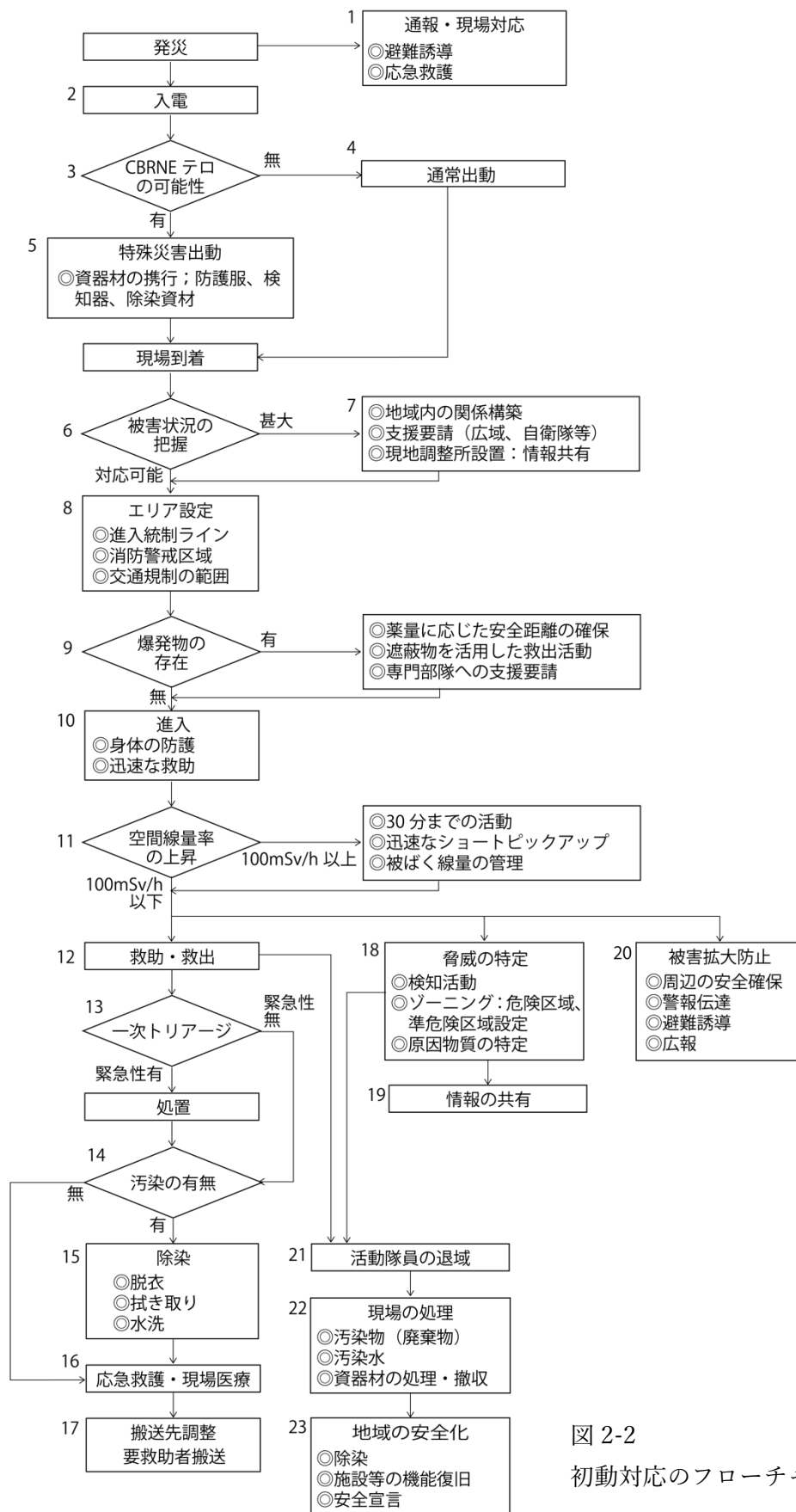


図 2-2  
初動対応のフローチャート

## 2.4. 考察

今年度整理し、作成した避難退域時検査の効率性の向上、CBRNE テロ災害に関する教育や教材、初動対応手順、多機関連携について、それぞれの今後の展開、活用について考察した。

### 2.4.1. 避難退域時検査の効率性の向上

「原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル」（原子力規制庁放射線防護企画課 平成 29 年 1 月 30 日修正）では、OIL による避難する住民等の汚染状況の確認が目的であるが、車両の汚染検査で OIL4 以上となった場合、代表者の指定箇所検査を実施し、さらに OIL4 以上であれば乗員全員の指定箇所検査を実施する。この多段階の検査では、車両と代表者の移動に時間を要し、全員の指定箇所検査を実施することになった場合は、さらに時間を要することになる。そのため、検査の効率化が求められる。さらに避難退域時検査の会場には、多くの人員が配置されているが、原子力災害時には、道路状況や被災状況によってはこれだけの人員が初動から参集できない可能性もあり、検査を担当する人員を削減できる方策も必要であると思われる。そこで、通常の担当者がサーベイメーターを使用した検査よりも指定箇所検査が約 5 秒の短時間でできる測定器の導入は、効率的に検査が可能となり、人員が少なくても、短時間で大勢の検査が可能と考えられる。

また、放射線テロ災害で多数の被災者の汚染検査を実施しなくてはならないような場合にも活用できると思われるが、器材の調達の課題がある。

### 2.4.2. CBRNE テロ災害に関する教育、教材の充実

原子力防災には関連がない機関が CBRNE テロ災害対応をする場合は、被ばく医療、原子力災害時の対応の基礎知識や資器材を有していることは稀であると思われる。そのため、放射線テロ災害に関連する教育、訓練の機会を別途提供し、原子力災害以外でも全ての医療機関、初動対応機関が、最低限の対応ができるようにすべきである。今年度は、CBRNE テロ災害時の初動対応に関連する項目を整理し、安全と危険、リスク、防護対策の効果、および相互の関係性と判断方法、効率的かつ効果的な資器材の使用法等について教育、研修のための教材を作成した。

化学テロ災害と放射線テロ災害の基礎知識の講義と、消防署の現有資器材を使用した実習により、実際の活動における知識と検知や救助技術の向上が図られたと推測する。このような研修は、消防局、消防本部、警察の部隊の資器材がある程度同じである場合は、他の組織、部隊でも同様に実施することが可能であり、標準的な研修としての展開も可能だと思われる。より多くの関係者に教材を使用してもらうため、教材のダウンロードが可能となるウェブサイト等の作成、関係機関への周知をすることが次年度の課題である。

#### 2.4.3. CBRNE テロ災害の初動対応手順

CBRNE 全ての脅威を考慮した対応を開始した初動の手順を明確にし、フローチャートを作成し、フローチャートの各項目の解説としてマニュアルも作成した。今後は、このフローチャートを用いた机上演習等での実効性の検証が必要である。また前述の教材と同様にフローチャートとマニュアルのダウンロードが可能となるウェブサイト等の作成、関係機関への周知をすることが次年度の課題である。

#### 2.4.4. CBRNE テロ災害対処における多機関連携

住民および現地関係機関の職員の生命又は身体の安全確保に関する情報については、出来る限り迅速に共有することとされている<sup>1</sup>が、このためには現地調整所が機能的に設置、運営されなければならない。しかし、現地調整所に関連する研修や講習は少なく、現地調整所での活動や情報共有の項目、方法、各機関が必要とする情報と提供できる情報を整理する必要があると考える。

放射線テロ災害を含め、CBRNE テロ災害での現地調整所の研修や訓練の機会が増えることで、各地域での原子力防災体制、救急・災害医療体制の強化に繋がることが期待される。現状としては、訓練で現地調整所の関係機関が一堂に介し、情報共有するには、調整役の多大な努力に頼らざるを得ない。多くの地域で現地調整所に関連する研修や訓練等が開催される教育体制が整備されることで、現地調整所での活動に対し、それぞれの機関、組織の理解が促進され、安全・危険情報の共有が円滑に行われることで、初動対応機関の組織的、効果的活動が促進され、住民等への影響や二次災害の拡大防止が強化されることが期待される。

CBRNE テロ災害の訓練では、医療機関、行政、消防、警察、自衛隊等、多くの関係機関が連携するようなシナリオ作成も検討する必要がある。実動訓練が望ましいが、関係機関の現実的な状況付与等が困難であるため、図上訓練による多機関連携のために必要な情報共有、相互理解を繰り返し実施することが望ましい。

#### 2.5. 結論

昨年度抽出した課題を元に、CBRNE テロ災害への初動対応に必要な知識と技能を習得する講義や研修のための教材を作成し、原因物質が判明しない初動対応での All hazard approach も含めた対応手順のフローチャートとマニュアルを作成した。CBRNE テロ災害の発生現場では、対応者の安全を確保した上で、検知、除染、現場医療等を実施し、医療機関へ迅速に搬送する体制が求められる。この現場活動の「病院前医療体制」は、放射線テロ災害のみでなく、化学テロ、爆弾テロなどと共通する

---

<sup>1</sup> 内閣官房「国民保護措置を円滑に実施するための現地調整所の在り方について」（平成19年4月9日）

ところもあるため、これらの対策および関係機関と連携して、教育や訓練等を含めた体制の強化、整備が求められる。そのため、作成した教材等が最大限に活用される手段を次年度に検討、実行する。

## 資料 2-1

### 令和元年度 鳥取県原子力防災訓練

1. 期間：2019年11月8日(金)～10日(日)
2. 場所：総合運動公園駐車場
3. 訓練参加人数：鳥取県：35機関 1500人数（全体としては210機関、7600人）
4. 事故想定：島根原子力発電所2号機において、島根県東部を震源とした地震による外部電源喪失後、非常用炉心冷却装置による原子炉への注水を実施する。しかし、非常用炉心冷却装置等にも設備故障等が発生し、同装置等による原子炉への全ての注水が不能となり、全面緊急事態となる。

#### 5. 視察内容

##### (1) 原子力災害医療活動訓練：避難退域時検査（11月10日）

会場：名和農業者トレーニングセンター

避難退域時検査会場の設営に必要な資器材はコンテナに入れられており、原子力災害が発生した場合には、鳥取県と契約している事業者が検査会場に輸送し、会場設営をすることになっている。



車両の検査会場、避難者の検査会場の動線も整理されており、円滑な移動ができるようになっている。さらに人の検査会場は屋内であることから、雨天等の悪天候でも対応可能である。

図1 コンテナ  
避難退域時検査会場で使用する器材がまとめられている。

人の指定箇所検査については、一度に指定箇所全てを5秒で検査できる新たな測定器の導入が試みられていた。測定員が1箇所ずつ検査する場合より、2倍以上の処理能力があった。

##### (2) 住民避難訓練、原子力災害医療活動訓練：安定ヨウ素剤（11月9日）

安定ヨウ素剤の事前配布をしていない避難者に対して、一時集結場所で安定ヨウ素剤の緊急配布の訓練であった。薬剤師による安定ヨウ素剤と問診票の説明があったが、「安定ヨウ素剤の配布・服用にあたって」に記載されている問診票を読み上げる説明であり、医療従事者ではない被災者には回答するのが難しい内容であった。

##### (3) 原子力災害医療活動訓練：広域医療搬送（11月9日）

地震災害に対するDMATの広域搬送訓練で、汚染のある負傷者の搬送訓練ではなかったが、DMATがSCUで自衛隊の衛生隊と野外手術ユニットと連携して医療活動、広域搬送を調整していた。

なお、実際には、災害発生から自衛隊の要請、SCUでの野外手術ユニットの展

開までは時間を要するため、このような連携がどの時点で可能であるか検証し、計画しておく必要があると思われる。災害時に多機関連携が円滑に実行できるようにするには、それぞれの役割と実現可能な対応について相互理解が不可欠である。



図2 SCU  
DMAT と自衛隊との連携

## 資料 2-2 救急車養生訓練

### 1. 概要

千葉市内での放射線テロ災害発生時の放射性物質が付着あるいは被ばくした可能性がある傷病者の搬送について、安全かつ円滑に実施できるように救急車養生、化学剤検知紙の取り扱いの訓練を実施した。

### 2. 日時・場所

(1) 日時：2月13日（木）、2月14日（金）10時

(2) 場所：量子科学技術研究開発機構

### 3. 講師

岩熊真司（高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部）

菅原幸喜（放射線医学総合研究所技術安全部保安管理課）

岩部悠（放射線医学総合研究所技術安全部放射線安全課）

北村尚（高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部）

富永隆子（高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部）

### 4. 参加者

千葉市消防局 20名/日

### 5. 訓練詳細

10:00 開催あいさつ、訓練の流れ説明

10:05 検知紙実習（緊急被ばく医療施設トリアージ室）

① 検知紙の概要説明

② マネキンに付着した擬剤の判定

10:20 緊急被ばく医療施設玄関前に移動

10:25 救急車養生の概要説明

10:35 3班に分かれて3台の救急車を養生

11:30 養生終了、講評、質疑応答

11:45 養生撤収

12:00 訓練終了

### 6. 準備資機材

(1) 検知紙実習：擬剤（マロン酸ジエチル、サリチル酸メチル）、検知紙（シール付き）、検知紙片（40名分）、検知紙説明資料（40名分）、検知棒（8本）、ガーゼ、キムタオル、マネキン（ディスプレイ着用）、サランラップ、ゴミ袋





- ・マネキンの両下腿にそれぞれサランラップを巻き、ガーゼを固定。
- ・マネキンにディスポ術衣を着用させ、ガーゼの位置に擬剤を付着させる。
- ・汚染箇所が視覚的に判断できるようにする。

- (2) 救急車養生実習：養生説明資料（40名分）、エステクトシート、エプロテープ、エプロシート、はさみ、カッター、ろ紙シート、ラミロール、ビニール袋（90L、45L）、傘袋

## 7. 訓練内容

### (1) 検知紙実習

- ① 化学剤及び検知紙の概要説明
- ② 検知紙（シール様式）を防護服に貼付し、汚染区域での活動時に化学剤の存在の有無を判定できることを説明
- ③ 各自で検知棒の先に検知紙を挟み、マネキンに付着した擬剤の判定（びらん剤、G剤）
- ④ 体液を模擬した水との反応の違いを確認



検知紙を貼付(○部分)

### (2) 救急車養生実習

- ⑤ あらかじめ養生した救急車で養生のポイント、手順を説明
- ⑥ 車内（6名）とストレッチャー（3名）に分かれてそれぞれの養生を実施
- ⑦ 車内の機器類の使用、椅子に座った時に養生が剥がれないか確認
- ⑧ ストレッチャーの動作確認（昇降や背もたれの稼働等）後に、救急車内に搭載
- ⑨ 養生の状況確認後、養生の撤去時の注意事項を説明し、養生を撤去（1台はそのまま消防署に移動し、訓練に参加していない職員への説明、展示に使用）



○擬剤、○水



## 資料 2-3

### 汚染傷病者ヘリコプター搬送訓練

#### 1. 概要

千葉市内での放射線テロ災害発生時の放射性物質が付着あるいは被ばくした可能性がある傷病者のヘリコプターによる搬送について、安全かつ円滑に実施できるようにヘリコプターの養生、患者搬送の訓練を実施した。

#### 2. 日時

(1) ヘリ養生訓練 2月10日(月) 11時～12時

(2) ヘリ搬送訓練 3月3日(火) 10時～12時

#### 3. ヘリ養生訓練

##### (1) 量研機構参加者

宮後法博(放射線医学総合研究所管理部工務課)

岩部悠(放射線医学総合研究所技術安全部放射線安全課)

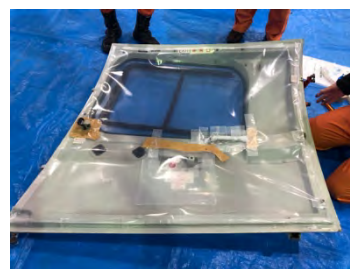
佐藤眞二(高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部)

北村尚(高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部)

富永隆子(高度被ばく医療センター放射線緊急事態対応部)

##### (2) 実施内容

- ① ヘリの形状に合わせて型抜きした養生シートを貼り付ける。
- ② ドアを外して、養生シートを貼り付ける。ハンドル等の部分は切り込みを入れる。
- ③ モニター類の前を養生シートでカーテン状に被覆し、操縦席側と隔離する。モニター類を使用する場合は、モニターの後ろ側に養生シートで隔壁を作成する。
- ④ 座席部分は、エステクトシートで養生した上に、ラミシートを使用(滑り止め)。
- ⑤ 担架部分の養生は、エステクトシートで養生した上に、ラミシートを使用。



#### 4. ヘリ搬送訓練飛行スケジュール

- 9:00 ヘリ養生開始（千葉市消防局） 個人防護装備（タイベック着用）  
量研の訓練参加者参集（緊急被ばく医療施設）、防護服着用後、ヘリポートへ  
移動、REMAT 2号車待機  
ヘリポート準備開始
- 10:05 平川 HP 離陸
- 10:15 量研機構 HP 着陸 放射線計測専門家、医師を同乗
- 10:25 量研機構 HP 離陸
- 10:30 花見川終末処理場 HP 着陸 傷病者収容
- 10:35 花見川終末処理場 HP 離陸
- 10:40 量研機構 HP 着陸  
傷病者引渡し後、ヘリと搭乗者（航空隊）の汚染検査
- 11:15 量研機構 HP 離陸  
QST 職員の防護装備脱衣
- 11:25 平川 HP 着陸  
訓練終了（各組織で訓練終了の判断）  
マネキン、REMAT 2号車、資機材等撤収
- 12:00 訓練終了

#### 5. ヘリ搬送訓練詳細

- (1) ヘリ養生：千葉市消防局航空隊が実施
- (2) 9:00 訓練参加者が緊急被ばく医療施設に参集し、訓練開始
- (3) 量研機構での準備：防護装備着用（タイベックスーツケース 7-4/5 を使用）、PD 装着、承諾書取得
- (4) 量研ヘリポートで医師、放射線管理要員が搭乗後、花見川終末処理場で汚染のある傷病者を搭乗させ、量研に搬送
- (5) 搬送中のヘリ内の空間線量率の測定：0.01～0.03 $\mu$ Sv/h で推移し、異変なし。
- (6) 量研ヘリポートでの傷病者引き渡し：救急車（REMAT 2号車）のストレッチャーにマネキンを固定し、緊急被ばく医療施設へ搬送（ヘリポートの外まで移動し、終了）
- (7) 汚染検査：ヘリ内部と航空隊員（4名）の汚染検査を実施し、汚染なしを確認後、タイベックスーツ等脱



衣。養生シートは平川 HP に戻ってから撤去。

(8) 緊急被ばく医療施設に移動後、PD の値を確認（全員 0  $\mu$ Sv）し、訓練終了。

## 6. 準備資機材

### (1) ヘリコプター養生用資器材

養生用資機材：エステクトシート（0.3mm, 135cm 幅） 1 本、エプコテープ 4 巻、エプコシート 1 本、傘袋 1 袋、ラミロール 1 本

### (2) 搬送訓練資器材

- ① マネキン（マントル数カ所貼付）、メガムーバー（マネキンの養生＋搬送用）、バックボード
- ② 防護資機材：タイベックスーツ、ゴーグル、N95 マスク、養生テープ、PD 等 30 人分
- ③ 搬送時の測定器：RadEyeB20J, RadEye PRD-ERJ, RadEye SPRDJ 各 2 台
- ④ 測定器（ヘリ、搭乗者の汚染検査用：）GM 2 台

## 資料 2-4

### 浦安市消防本部 CBRNE テロ対処研修

#### 1. 目的

消防職員に対し、CBRNE テロ発生における現場対応要領について必要な知識と技術について情報を提供する。

#### 2. 対象

- CBRNE に関する専門的知識は保有していない一般の隊員
- 救出を主任務とする救助隊員と、応急処置及び搬送を主任務とする救急隊員

#### 3. 参加者数

(1) 12月16日(月)：浦安市消防本部 56名、市川市消防局 23名\*、浦安市危機管理室 3名

(2) 12月17日(火)：浦安市消防本部 56名、市川市消防局 23名\*

\*午前中の講義のみ参加

#### 4. 日時

12月16日(月)および17日(火) 10:00～17:00

#### 5. 会場

浦安市消防本部 講堂

#### 6. 時間割

- |                   |                            |
|-------------------|----------------------------|
| (1) 10:00 - 10:45 | 講義；放射線テロ災害対処               |
| (2) 10:50 - 11:35 | 講義：事故・テロ・災害時の初動対応（化学剤・爆発物） |
| (3) 12:40 - 14:40 | 簡易机上演習                     |
| (4) 14:50 - 16:50 | 実習                         |

#### 7. 講師

岩熊真司（東洋紡、量研機構）  
小林圭輔（量研機構）  
富永隆子（量研機構）  
山本荘一郎（エステイジャパン）

#### 8. 研修会内容

- (1) 講義：放射線テロ災害対処
- 放射線の基礎
  - 放射線テロ災害での対策：外部被ばく対策、内部被ばく対策、汚染拡大防止

- 要救助者対応

(2) 講義：事故・テロ・災害時の初動対応（化学剤・爆発物）

- テロで使用される可能性のある C 剤の特性
- 初動対応者自身の防護要領
- 救命率向上のための着意事項
- 爆発物が併用された場合の対応



(3) 簡易机上演習：8~10 人／班 × 6 班

化学テロ、放射線テロ、爆発物テロが発生した場合の軽易な状況を作為し、初期情報に基づく状況判断と対応要領について討議した。



(4) 実習

① 電子式個人線量計の動作確認（5分）

電源を入れて、使用方法、注意事項を説明後、タイベックスーツの中に着用する。

② 個人防護装備（15分）

タイベックスーツ、マスク、ディスポ帽子、ゴム手袋二重、靴カバーを着用し、テープで目張りする。着用の前にパウチしたマントルを各自適当に隠す。

③ 化学剤検知（30分）×2回

擬剤（サリチル酸メチル、マロン酸ジエチル）を用いて、被服が汚染されたことを想定し、擬剤を浸したガーゼと水を浸したガーゼを設置し、化学剤検知器（LCD3.3）と検知紙を使用して化学剤の検知実習を行った。化学剤検知器は気状の化学剤を、検知紙は液状の化学剤を検知するため、その特性に応じた運用場面を作為するため、気状化学剤が滞留しやすい室内と、風向により気状化学剤が流動する屋外において実習を行い、化学剤検知器及び検知紙を組み合わせた効果的な使用法について習得させた。



④ 放射線検知（30分）×2回

室内に表示付認証機器 5 個を隠し、3 人一組（10 班）で、1 人が記録、2 人が空間線量計各 1 台を使用して、 $0.5\mu\text{Sv/h}$  のエリアを設定できるように放射線マッピングする。測定器によっては、マイクロ、ミリなどの単位も確実に確認、報告することを指導した。



約 30m<sup>2</sup> 程の会議室で、20 分ほどの時間を要すること、測定していない場所

は、危険性を確認できていないことを認識し、実際には、救助活動の場所、動線を優先して測定することを指導した。

⑤ 脱衣（10分）

汚染拡大防止に注意しながら、個人防護装備を脱衣し、個人線量計の値を確認する。

⑥ 汚染検査（30分）

3人一組となって、検査者、被検者、記録者を決め、汚染検査する。

測定器の台数に応じて、単位時間あたりに汚染検査できる隊員数が決まることを確認し、活動計画に反映できる知見等を習得させた。

※方法；①、②、⑤、⑥は全員で実施。③、④は2つに分かれて、同時並行で実施。

## 資料 2-5

### 浦安市消防本部 CBRNE テロ対処机上演習

#### 1. 目的

CBRNE テロ発生時の現場対応、現地調整所での活動について、関係機関との連携、協力、役割分担等を検討し、相互理解を深める。

#### 2. 参加者：54 名

- (1) 浦安市消防本部（24 名）；指揮隊、救助隊、ポンプ隊、救急隊の各隊員
- (2) 行政（3 名）、警察（7 名）、近隣消防（10 名）、医療機関（2 名）、事業者（10 名）

#### 3. 講師

岩熊真司（東洋紡、量研機構）

奥村徹（中毒情報センター）

國府田洋明（帝京大学）

富永隆子（量研機構）

#### 4. 開催日時

2019 年 12 月 19 日(木)13:00 – 17:00 机上演習

#### 5. 机上演習想定

(1) 想定：駅でサリンが散布され、30 名程度が暴露した。さらに 100m ほど離れた地点で塩化セシウムのダーティボムが爆発し、5 名ほどが負傷した。

#### (2) 討議事項

- 通報から出動までの対応方針
- 複合の事象が発生した時の現着からの状況判断と対応要領
- 広報、避難に関する調整
- 医療機関への搬送調整、受入調整



## 資料 2-6

### 市川市消防局 CBRNE テロ対処机上演習

#### 1. 目的

CBRNE テロ発生時の現場対応、現地調整所での活動について、関係機関との連携、協力、役割分担等を検討し、相互理解を深める。

#### 2. 参加者：72名

- (1) 市川市消防局（33名/日×2回）；指揮隊、救助隊、ポンプ隊、救急隊の各隊員
- (2) 警察（3名/日×2回）

#### 3. 講師

岩熊真司（東洋紡、量研機構）

國府田洋明（帝京大学）

富永隆子（量研機構）

#### 4. 開催日時・会場

- (1) 2020年1月20日(月)9:00 - 12:00 市川市消防局ホール
- (2) 2020年1月21日(火)9:00 - 12:00 市川市消防局ホール

#### 5. 机上演習概要

- ・ 4つの消防署から参加
- ・ 消防署毎に班分け（3班）し、西署の救助隊は各班に応援部隊として配置
- ・ 3つの班毎に発災場所（駅）が異なるが、想定は同じ
- ・ 現有の資器材と部隊で検討
- ・ 各班にファシリテーター1名を配置

#### 6. 机上演習想定

- (1) 想定：駅の改札前で、ダーティボム（塩化セシウム、TATP）とサリンを所持した男性1名が嘔吐（高線量被ばくの前駆症状）し、駅員と通行人が介抱し、救急通報。救急隊到着時には、サリンが漏出し、男性は痙攣等発症、駅員、通行人もサリンに暴露され、発症。さらに救助隊到着時には駅員、通行人は症状が進行し、他2名にもサリンによる症状が出現している。

#### (2) 討議事項

- ・ 通報から出動までの対応方針
- ・ 事態が想定と異なる、あるいは被害が拡大している時の到着からの状況判断と活動方針の変更
- ・ 第1報ではCBRNEテロ災害の判断ができない場合の活動の変更



## 資料 2-7 CBRNE テロ対策合同訓練

### 1. 訓練概要

開催日時：2019年6月12日(水)13:30 - 15:00

開催場所：国際空港内

参加機関：警察、消防本部、国際空港株式会社、警備会社等

訓練内容：CBRNE テロを想定した実働訓練

訓練想定：国際空港第2旅客ターミナル到着ロビーにおいて、大きな爆発音と閃光があり、煙が立ち込めている。周辺には多数の負傷者が倒れており、多くの人が現場から避難している。検知の結果、爆発現場周辺からは放射線が検知された。

### 2. 訓練内容

発災通報から現場出動、検知活動、救助活動、避難誘導、一次トリアージ、汚染検査、除染活動、指揮所設置、現地調整所設置、捜索、救急搬送を実施していた。

#### (1) 発災通報から現場出動

到着ロビーでの爆発により多数の負傷者が発生し、警備員が避難誘導や負傷者への声かけの対応をしていた。ただし、警備員は呼吸保護のためのマスク等は着用しておらず、これは、放射線を検知した後も同様であった。



#### (2) 検知活動

消防と警察が同時に爆発現場である建屋内に進入して検知活動を実施した。消防については、化学剤等の有毒ガスと放射線の検知結果をリアルタイムで伝送し、指揮本部などの遠隔地でデータを共有できる CBRNe クラウドシステムを使用していた。化学剤は検知されず、建物の出入り口付近で放射線 100 $\mu$ Sv/h を検知したとの想定であった。屋内の放射線量率の検知結果は見学者には情報がなかった。



#### (3) 救助活動、避難誘導

検知のために進入してきた消防と警察によって、歩行可能な被災者は屋外へ避難誘導され、歩行不能の負傷者は消防と警察とで、検知活動と同時に救助されていた。迅速に危険区域から救助するために、一人あるいは二人で要救助者を屋外へショートピックアップしていた。その後、別の救助隊によって一次トリアージ



エリアまで担架で搬送されていた。

(4) 汚染検査、除染活動

歩行不能の負傷者は、救助後一次トリアージエリアに搬送され、止血の応急処置後に除染、汚染検査という処置の手順であったが、除染テントの立ち上がり、汚染検査の順番待ちの状況が続き、複数の負傷者が一次トリアージエリアに滞留していた。

歩行可能の被災者については、避難誘導後、汚染検査を実施し、汚染があれば脱衣の方法を説明しながら、脱衣をさせていた。この時、内部被ばくへの対策として使い捨ての防塵マスク(N95)を着用させていた。

(5) 捜索

警察により不審物の捜索などなされたが、防護装備としてタイベックスーツとシューズカバーを使用していた。屋外を歩き回って捜索していたため、シューズカバーが破損し、汚染拡大防止の機能を失っていた。



## 資料 2-8 国際空港エマルゴ訓練

### 1. 訓練概要

開催日時：2019年7月11日(木)10:00 - 16:00

開催場所：国際空港内 多機能施設

参加機関：警察、消防機関、医療機関、警備会社等

訓練内容：CBRNE テロを想定したシミュレーション訓練

(エマルゴトレーニングシステムを使用)

訓練想定：第1旅客ターミナル北ウィング到着ロビーで、何者かがペットボトルに入った液体をベンチのそばで床にこぼし、立ち去った。その後、原因不明だが、数人が倒れたと消防に通報あり。NBC 出動、毒劇物対処の指令となった。現場ではサリンが検知された。

### 2. 訓練内容

#### (1) 国際空港 CBRNE テロ対策合同訓練振り返り

- ・ 6月12日に実施された訓練をDVDで供覧した。

#### (2) 各エリアでの検討

- ・ 参加者の約半数は、本訓練の参加が初めてのようであり、訓練の進め方やルールの説明といった事前演習を各エリア、活動部隊に分かれて実施した。

#### (3) エマルゴトレーニングシステム※による訓練

- ・ 活動部隊ごとに状況を付与し、活動方針を検討し、訓練の時間想定に合わせて対応の結果を反映させ、全ての要救助者の救助完了と医療機関への搬送の途中までを実施した。
- ・ 被災者の汚染状況として、液滴の付着はフィギュアに赤いマークがついている。
- ・ 被災者発生からの対応の時系列は下記の通り。

12:50 原因不明で複数名が倒れているとの通報により、NBC 第三出動、毒劇物対処での出動指令

13:05 出動から到着までの状況を全体で共有。ビルから 100m 手前で集結、周辺は立入り規制し、20 人ほどは歩行可能で、ターミナルビルの外に出てきている。

13:15 レベル A 防護装備で進入し、屋外では検知無し、屋内でサリンを検知

13:58 消防による現場からの救助完了

14:00 サリンを検知した情報が医療機関へ伝達

14:16 一次トリアージエリア、除染エリアを経て、一人目が二次トリアージエリア、救護所に到着

14:17 医療チームが救護所に到着し、酸素投与の処置開始

14:40 赤タグ2名が医療機関へ搬送

14:45 二次トリアージエリアで被災者18人が滞留。救護所には6名が搬送の待機状態。

15:00 訓練終了

- ・ 酸素投与や気道確保が遅れたため、30人の被災者のうち、4人が死亡と判定された。
- ・ 訓練終了後に、各部隊でフィードバックし、活動報告及び訓練総括を実施した。

※エマルゴトレーニングシステム；エマルゴトレーニングシステム®とは、スウェーデンのリンショーピング大学病院に隣接された Centre for Teaching and Research in Disaster Medicine & Traumatology（災害医療・外傷学教育研究センター）にて20年以上前から地域とともに開発されてきた救急・災害医療の机上シミュレーションによる研修法である。

災害を想定し、医療従事者及び被災者に見立てたマグネット人形を使用し、これらを白板上で災害現場や病院などに移動する。これらは設定された病床数・増床数職員数・限られた資源を用い、訓練上の時間経過に沿って行われ、評価は、設定された対応法の妥当性及び避けられた合併症避けられた死の有無の検討で行われる。様々な職種の方が参加することが有用であり、行政職員、自衛隊警察、消防、病院関係者などがトレーニングに参加することにより実災害に近い訓練となる。

## 資料 2-9

### 医療機関における CBRNE テロ災害訓練

#### 1. 概要

医療機関で化学テロ災害に対応するための院内のマニュアルの検証、職員の対応能力向上のために開催された CBRNE テロ災害訓練に講師および評価者として参加し、all hazard approach による医療機関での初期対応について、課題等を抽出し、解決策を検討した。

#### 2. 日時

2019年6月10日(月) 9:00～17:00

9:00～9:15	訓練概要説明
9:20～10:00	基調講演「CBRNの基礎」 岩熊真司氏(東洋紡、量研客員研究員)
10:00～10:45	基調講演「化学テロ災害初動 より多くの命を救うために」 奥村徹氏(日本中毒情報センター)
10:55～11:30	チームビルディング
13:30～15:00	実動訓練
15:30～16:00	講評

#### 3. 参加機関

医療機関、陸上自衛隊、名消防、警察、日本中毒情報センター、東洋紡、量子科学技術研究開発機構

#### 4. 訓練想定

地下鉄駅構内でサリンが散布され、多数の被害者が発生した。現場から自力で受診および救急搬送された多数の患者について、自衛隊、消防、警察の関係機関と連携して、被害者の初療、除染等を実施し、処置をする。

#### 5. 評価項目と内容

##### ● 実動訓練の実施

平日の通常診療時間帯にこの規模の訓練を行った医療機関には敬意を表したい。雨天にもかかわらず、実務者から病院上層部まで数多くの参加者が熱心に訓練に取り組まれていた。自衛隊との連携においては、自衛隊家族が配偶者、幼児、乳児にいたるまで模擬患者として参加しており、それだけ実際的に訓練できていた。これは国民保護訓練等各種テロ対策訓練としてはかつてない被災者想定への取り組みであり、他の地域でも大いに参考にすべきものだと思われた。

##### ● All hazard approach での放射線検知のタイミング

訓練想定が化学剤と周知されていたため、放射線検知、放射線防護の活動がなかった。テロ災害時には、すべての脅威について考慮し、対策を講じる必要がある。

その中で、放射性物質による汚染がある場合、院内に汚染を持ち込まないように汚染検査を実施するべきである。また、個人被ばく線量計を装着していないため、対応後に放射線の関与が判明した場合には、被ばく線量の管理が困難となることが予想された。

- 職員の安全確保

化学テロ対応の防護装備としては、「TST 防護服ユニット」が4着程あり、除染担当のエリアで装着していた。しかし、一次トリアージエリアでは、現場から直接来院した被害者、および現場除染の実施が不明な傷病者が搬送されてきた場合でも現場の対応に当たる職員が感染防護衣、N95 マスクを装着して対応しており、化学テロ対応としては、安全確保ができていない状況であった。さらに、汚染が疑われる被災者の除染においては、TST 防護ユニットを装着した職員と感染防護衣と N95 マスクの職員が除染エリアで混在して除染しており、化学テロ対応としては、危険であった。



除染が必要な被災者に感染防護衣、N95 マスクで対応

- エリアと動線の設定

赤タグの重症者を除染テントで水除染後に、ストレッチャーで救急外来まで移動しており、その動線は自力歩行者の脱衣後の動線と同じであった。院内で重症者の対応をしているその横に自力歩行者が待機している場面があった。エリア設定としては、重症者が他の被災者の目に触れずに、救急外来に搬入される動線が必要であった。



除染エリアで「TST 防護服ユニット」での対応と感染防護衣、N95 マスクで対応が混在

今回は 30 名程度の被害者の想定で、ほとんどが自力歩行であったが、自力歩行者の一次トリアージの受付と搬送されてきた重症者の受け渡し場所と一次トリアージの場所が同じであったことは、汚染の可能性が低い自力歩行者と汚染が残存している可能性のある重症者が混在し、交差汚染の危険が予想される。



重症と軽症の患者の動線が同じ

- 現場除染の有無の確認

現場から救急搬送された負傷者について、現場除染の有無の確認がなかった。さ

らに除染後であっても、汚染の残存がないかなどの確認がなく、そのまま救急外来に搬入していた。この場合、化学剤の汚染残存があった場合は、院内での対応者の二次被害の発生が予想された。また、せっきく現場除染が行われていても重ねて除染することになり、効率の悪い対応になりかねなかった。

- 水除染

自力歩行不能な重症者に対して水除染を実施していた。さらに水をかけるのみであり、拭き取りなどは実施されていなかった。患者到着前には原因物質がサリンと判明していたこと、視認できる汚染の付着がないことを考慮して、脱衣と拭き取りによる乾的除染を選択できたと思われる。

また、汚染水の処理が不適切なためテント内に汚水が溜まっており、除染対応者がその水の中に入ることもあったため、汚染が拡大し、二次被害が拡大してしまうと予想された。これは放射性物質であっても同様であった。



水をかけるのみの除染  
ふき取りなどされなかった

- 除染後の確認

多くの被災者を水除染する場合、十分に時間をかけて綿密に除染する時間的余裕はなく、除染の効果を確認せずに病院内へと搬入するのは危険である。より多くの被災者に努めて早く医療処置を施す為にも、効率的な除染と除染効果を確認し安全を確保することが必要である。

- 多機関連携として地域の医療機関等との情報共有

重症者への薬剤（アトロピンとパム）の院内在庫の確認がなされていたが、多数傷病者への対応が必要となった場合は、地域内での薬剤の調達等が必要であり、行政や他の医療機関等との被災者の受け入れ状況などについて情報共有が必要であった。さらに消防機関やメディカルコントロールとして、患者の分散搬送や他の医療機関への転院搬送の調整も必要であったと思われる。

今回は、医療機関での受け入れ、除染を主体にした訓練であったため、一部、歩行可能者への脱衣後の事情聴取は県警が対応していたのみであった。このようなテロ災害の想定では、警察、消防、行政、他の医療機関不可欠である。

- 症状のない歩行可能者への対応

地下鉄構内のテロでは、被災者は数千人規模となると予想される。その中には化学剤に暴露されていなくても来院する被災者われるが、すべての被災者の一次トリアージに START 法による呼吸と脈拍の確認をしていたら時間がかかってしま



うと考えられる。化学テロに特化した簡易スコアでのトリアージを検討する。

- 幼児、小児への対応

幼児や小児の生理学的徴候や異常の判断には、小児科医、小児病棟・外来の看護師の協力が必要であったと思われる。



START 法による受付でのトリアージ。小児科医の協力も必要。

### 3. 【調査研究2】医療機関での受け入れ体制整備

#### 3.1. 本年度の研究計画

全国の医療機関の被ばく医療の診療能力の向上により迅速かつ適切な被ばく医療を提供する手段の開発を目的とする。

昨年度提案した原子力災害医療の研修の体系化に基づいて実施される研修の状況を調査し、研修の課題を整理し、作成した標準テキストを改訂する。また、昨年度提案した初療マニュアルについても、現場除染なし、または乾的除染で医療機関が傷病者を受入れるために必要な項目を整理した上で、フローチャートを修正し、マニュアルを作成する。

#### 3.2. 検討の経緯

調査研究2を担当する研究協力者、研究参加者による検討会を4回開催（第1回～第4回）し、以下の項目について議論した。

- 原子力災害医療に関する研修の体系化
- 原子力災害医療に関する高度専門研修
- 原子力災害医療に関する研修で使用する標準テキスト改訂
- 原子力災害拠点病院等での全職員向けの研修資料
- 標準テキストの公開
- 被ばく医療の初療のフローチャートとマニュアル

検討会の開催日程は下記の通りである。

##### 1. 第1回検討会

日時：2019年8月9日(金) 14:00 – 17:00

場所：フクラシア丸の内オアゾ

東京都千代田区丸の内 1-6-5 丸の内北口ビルディング 15階

議題： 議題1：事業概要説明

議題2：研修実施報告・開催予定

議題3：標準テキスト公開・改定作業

議題4：医療機関の初療マニュアル

議題5：今後のスケジュール

##### 2. 第2回検討会

日時：2019年9月13日(金) 14:00 – 16:00

場所：フクラシア東京ステーション

東京都千代田区大手町 2-6-1 朝日生命大手町ビル

議題： 議題1：標準テキスト改訂について

議題 2：医療機関の初療マニュアル

議題 3：その他

### 3. 第 3 回検討会

日時：2019 年 12 月 25 日(水) 14:00～16:00

場所：フクラシア丸の内オアゾ

議題： 議題 1：研修開催報告

議題 2：標準テキスト改定について

議題 3：標準テキストの新規作成（医療機関向け研修資料）

議題 4：医療機関における初療マニュアル

議題 5：その他

### 4. 第 4 回検討会

日時：2020 年 1 月 27 日(水) 14:00 – 16:00

場所：フクラシア丸の内オアゾ

議題： 議題 1：研修体系化案について

議題 2：標準テキスト改定について

議題 3：標準テキスト公開について

議題 4：バイオアッセイ研修について

議題 5：その他

## 3.3. 結果

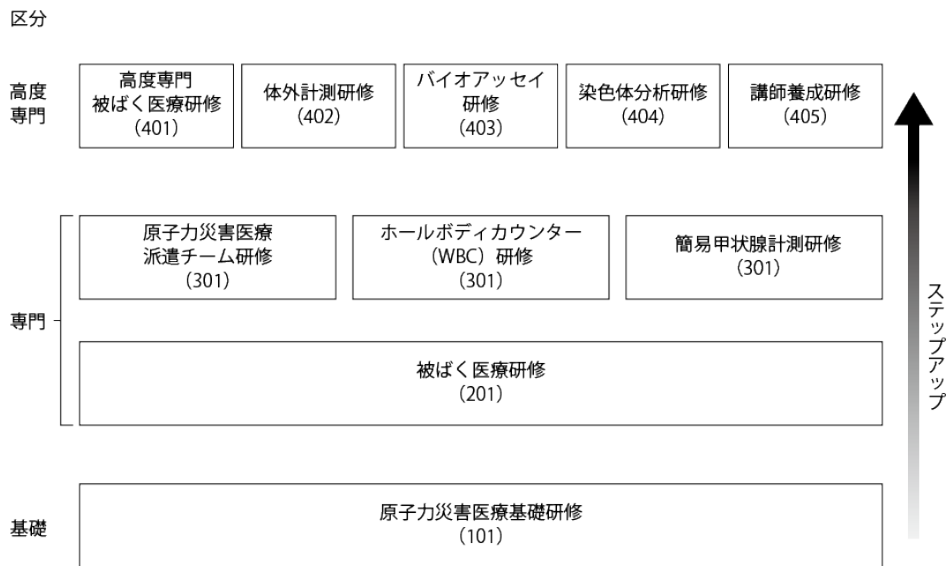
### 3.3.1. 原子力災害医療に関する研修の体系化

昨年度に提案した原子力規制庁の委託事業として実施してきた原子力災害医療の研修体系化（図 3-1）を【検証 1】での研修の実施の結果も踏まえて、再度検討し、修正案（図 3-2）を提案した。高度専門研修のバイオアッセイ研修と染色体分析研修の受講対象者は必ずしも基礎研修、専門研修（中核人材研修、派遣チーム研修など）のステップアップの過程を経由せず、専門技術を持った人材が全国各地から受講することを想定している。そのため、各研修にはコースコードを付与し、基礎研修が 100 番台、専門研修の被ばく医療研修が 200 番台、専門研修としての原子力災害医療派遣チーム研修、WBC 研修、甲状腺簡易計測研修が 300 番台、高度専門研修が 400 番台と提案していた中で、バイオアッセイ研修と染色体分析研修は、コースコードを変更した。

なお、基礎研修を修了して、専門研修の原子力災害医療中核人材研修を修了して、原子力災害医療派遣チーム研修、ホールボディカウンター（WBC）研修、簡易甲状腺計測研修を受講するステップアップとしている。原子力災害医療派遣チーム研修終了後に、高度専門被ばく医療研修、講師要請研修を受講し、ホールボディカウンター（WBC）研修終了後に講師要請研修と体外計測研修を受講するステップアップを提

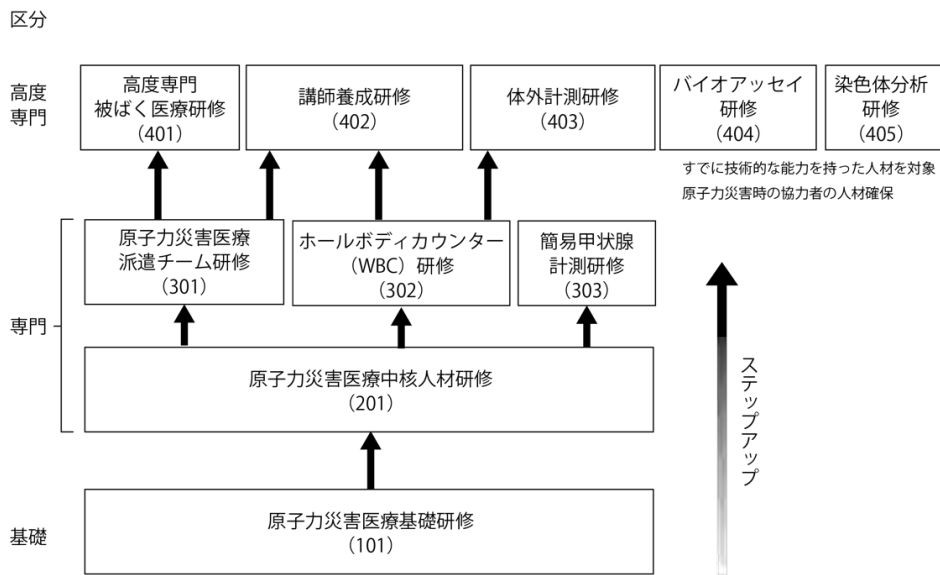
案した。

来年度以降は、提案した原子力災害医療に関する研修の体系化で各地域、高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センター等で開催予定である。研修制度は、基幹高度被ばく医療支援センターに設置される「被ばく医療研修認定委員会」で基準等が設定され、研修および受講者の修了認定がなされる予定である。さらに研修と人材の一元管理のシステムも基幹高度被ばく医療支援センターで構築しており、来年度から稼働する予定である。



( ) 内の数字はコースコード

図 3-1 2018 年度に提案した原子力災害時の医療に関する研修体系化案



( ) 内の数字はコースコード

図 3-2 本年度修正した原子力災害時の医療に関する研修体系化案

### 3.3.2. 原子力災害医療に関する高度専門研修

前述の新たな研修体系化の中で高度専門研修として、高度被ばく医療支援センターと原子力災害医療・総合支援センターの職員を対象とした研修を提案している。現行の原子力災害医療に関する研修は、各地域の原子力災害拠点病院での被ばくあるいは汚染のある傷病者の受け入れのための研修であり、高線量被ばくの病態や治療、内部被ばくの専門的な治療や線量評価、あるいはより複雑な状況（複数の核種が関与している場合など）での体外計測などに関する高度専門的な研修の機会がなかったという問題の解決策の一つとして提案した。高度被ばく医療支援センターとして、バイオアッセイによる線量評価が可能となる技術を有した人材を、さらに各センターに1～2名程度増員できるようにすることが目標である。

本研究事業において、「バイオアッセイ研修」と「染色体分析研修」を実施した（【検証1】参照）。なお、高度専門被ばく医療研修は、基幹高度被ばく医療センターの委託事業として実施した。

#### (1) バイオアッセイ研修

昨年度、試行的に量研機構で実施したバイオアッセイ研修により研修内容を取りまとめた（【検証1】参照）。

次年度以降は、基幹高度被ばく医療支援センターにおいて高度専門研修として実施予定である。施設の受入の状況によるが、1回の研修で2～3人の研修生を受け入れることが可能であると想定している。

#### (2) 染色体分析研修

今年度は、日本人類遺伝学会臨床細胞遺伝学認定士制度の更新単位として染色体分析研修を申請し、実施した【検証1】参照）。日本人類遺伝学会臨床細胞遺伝学認定士制度は、臨床検査として染色体検査にたずさわる医師、研究者および技術者を対象として、臨床細胞遺伝学の専門家の養成と認定を目的としており、染色体分析の基本的な知識と技術をすでに保持している人材であることから、被ばく線量推定での染色体分析の画像診断の知識を習得することで、被ばく医療での染色体分析の支援者としての活躍が期待できる。

### 3.3.3. 原子力災害医療に関する研修で使用する標準テキスト改訂

昨年度は、原子力災害医療に関する研修の体系化で示した研修のうち、基礎研修、被ばく医療研修、原子力災害医療派遣チーム研修、WBC（ホールボディカウンター）研修、簡易甲状腺計測研修については、必要な講義項目を整理し、内容が極力重複しないように講義資料を作成した。本年度は、この標準テキストを使用して、基礎研修、原子力災害医療中核人材研修、原子力災害医療派遣チーム研修を実施して使用し、標準テキストを改訂した（別添資料）。主な改訂は、次のとおりである。

- ・ 原子力防災体制：体制図を変更
- ・ 安定ヨウ素剤：安定ヨウ素剤の配布・服用に当たって（令和元年7月3日全部改訂）に合わせて修正
- ・ 医療機関の原子力災害対策：診療エリアのレイアウト図の修正
- ・ 外部被ばくと内部被ばくの線量評価：安定ヨウ素剤のスライドと同様に修正
- ・ その他：誤字等の修正

#### 3.3.4. 原子力災害拠点病院等での全職員向けの研修資料

「原子力災害拠点病院等の施設要件」により、原子力災害拠点病院は原則として時施設の全職員に、原子力災害医療協力機関は原子力災害対策に係る所属職員に対する教育研修を定期的実施することとなっている。このため、原子力災害拠点病院等の事務職員を含めた全職員向けの資料として、各施設の役割や最低限必要な知識を効率的に短時間で習得できるように原子力災害医療に関する研修で使用する標準テキストに準じて作成した（別添資料）。

#### 3.3.5. 標準テキストの公開

作成した標準テキストは、誰でもがダウンロードし、活用できるように量研機構のウェブページで2020年3月より公開した。活用状況を把握するためにダウンロードを希望する者には、勤務地（47都道府県）、勤務先属性、使用目的を申請した後にダウンロードサイトのIDとパスワードを送付する仕組みとした。また、それぞれのテキストのダウンロードのためのクリック数を把握できる。

原子力災害医療研修テキストのダウンロード

URL : <https://www.qst.go.jp/soshiki/101/37231.html>

テキストダウンロード申請

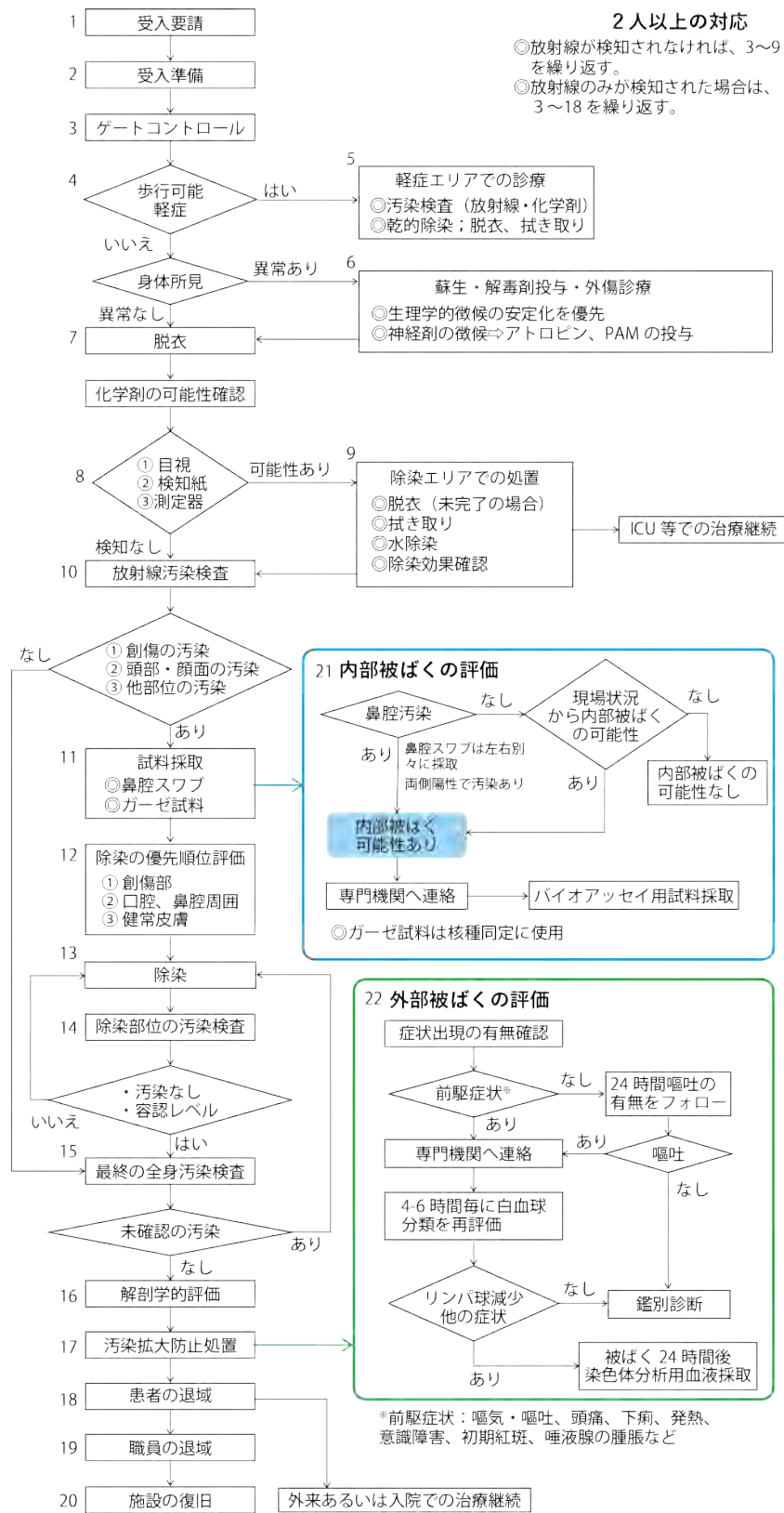
<https://www.qst.go.jp/ques/questionnaire.php?openid=18&check>

#### 3.3.6. 被ばく医療の初療のフローチャートとマニュアル

現場除染なし、または乾的除染で医療機関が傷病者を受入れるために必要な体制整備として、被ばく医療の診療マニュアルやプロトコルが必要であることから、昨年度は、救急外来等で外部被ばく、あるいは内部被ばく、または放射性物質が皮膚や創傷部に付着した傷病者を受け入れた時の初療について、外来で必要な処置や検査を一つの流れとしてフローチャートを示し、フローチャートを組み込んだ診療記録用紙も作成した。今年度は、このフローチャートを見直し、CBRNE テロ対応の All hazard

approach の視点で、救急外来等における初期診療のフローチャートに変更した。さらにフローチャートの各項目の解説を作成し、医療機関における初期診療マニュアルとして作成した（別添資料）。

マニュアルの作成に際しては、医療機関における CBRNE テロ災害訓練の視察（資料 2-9）により見出した課題も踏まえ作成した。





### 3.4. 考察

#### 3.4.1. 原子力災害医療の研修の今後の展望

昨年度提案した原子力災害医療の研修として体系化案、標準テキスト、研修制度により、今年度は試行的に研修を開催した。研修制度については、基幹高度被ばく医療支援センターに設置される被ばく医療研修認定委員会において研修の認定基準や研修終了の基準等が決定され、令和2年度より新体系化の研修が実施されることになっていることから、本研究事業の成果が原子力防災体制整備において活用される見込みである。

今後は、標準テキスト等の教材の活用状況を調査し、再度内容を検証し、より使い易く、学習効果のあるテキストに改定していく必要もある。また、研修には測定器の取り扱いやシミュレーションなどの実習も必要であり、これらの実習の項目、指導要領についても今後検討が必要である。ただし、実習は、それぞれの研修の主催者である高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターの各施設の状況や資機材、指導者によって柔軟に対応すべきであり、実習の指導要領は各高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターで作成されるべきである。

各研修の講師は、高度専門研修の修了者が担うことが望ましいことから、本研究事業で提案している講師養成研修の内容を検討し、試行的に実施する。また、提案している高度専門研修のうち、体外計測研修は研修内容の検討が終了していないため、次年度は研修内容を研究協力者、研究参加者によって検討し、試行的に研修を開催する。

#### 3.4.2. 包括的被ばく医療に関する課題と今後の展望

外部被ばく、内部被ばく、放射性物質による汚染の傷病者に対する処置、診断、治療は、原子力災害でも放射線事故、テロでも発生原因にかかわらず同じである。そのため、医療機関での処置については、事故や災害発生の原因ごとに区別する必要はない。しかし、その教育に関して、原子力災害対策重点区域（24道府県）とそれ以外の地域（23都県）では、機会に差があり、それぞれ別の教育方法を用意する必要がある。また、原子力災害対策重点区域以外の地域において、被ばく医療の教育や訓練を実施するには、CBRNE テロ災害対応などの動機付けが重要である。原子力災害時の医療対応のみを対象としていては、他の地域の救急・災害医療の関係者の参画の機会が失われる可能性があるため、今後は、包括的被ばく医療としての研修制度の設計、運用あるいは統合することも検討すべきである。さらに全国の救命救急センターや各地域のDMAT 隊員への被ばく医療の研修の開催を支援する体制構築が望まれる。また、作成したマニュアルや教材が、多くの医療関係者が活用できるように提供方法の検討が必要である。

本年度作成した初期診療のためのマニュアルには、下記の点を追加することを次年度は検討する。

- 職員の安全確保  
対応する職員の安全確保は必須であり、CBRNE テロ災害で、最初に化学剤の脅威を否定できない場合は、化学防護服の着用、全面マスクと吸収缶による呼吸保護が望ましい。また、これらの着用には、事前に練習して、適切に着用できるようになっておく必要がある。一方で、全面マスクは高価で、対応する全職員分を準備することは困難であり、また、全面マスクを装着した状態で患者対応をすることは症状の確認が難しく、患者の不安感を増長する点において好ましくなく、使い捨てのサージカルマスクよりも安全性があり、重装備にはならない程度の簡易防毒マスクも必要となるものと思われた。化学剤への対応で、後から放射性物質による汚染が判明しても、十分に対応可能である。
- エリアと動線の設定  
放射線テロ災害や原子力災害のみでなく、化学剤テロ災害にも対応可能となるように、汚染による重症者と汚染の可能性の低い自力歩行可能者が交差したり、同じエリアに滞在しないで済むような動線とエリアの設定を事前に検討する必要がある。また、汚染の可能性のある地域と、非汚染地域を明確に区分し、誰が見ても明瞭に認識できるよう明示すべきである。
- 症状のない歩行可能者への対応  
症状のない歩行可能者への対応を医療機関で実施すると、処置が必要な被災者への対応の人員を裂かなければならなくなる。そのため、行政等と連携し、相談窓口の開設や避難所等での対応について調整すべきである。RN テロ災害でも放射性物質の付着のみで被ばくがない被災者が、医療機関に搬送されることなく、汚染検査と除染ができる体制が必要である。  
また、化学剤テロ時に迅速に生理学的徴候の異常を判断できる基準やスコアを整理し、活用することも検討すべきである。

### 3.5. 結論

昨年度提案した原子力災害時の医療に関する研修の体系化、標準テキストを再検討し、修正、改訂した。次年度はこれらの研修体系化での標準テキスト等の教材の活用状況を調査し、必要な修正箇所等を検討し、修正する。

高度専門研修については、講師養成研修、体外計測研修の内容を検討し、試行的に開催する。

また、原子力災害以外の被ばく医療については、初期診療の手順を検討し、フローチャートと初療マニュアルを作成した。次年度は、医療機関における包括的被ばく医療の対処能力の向上に貢献できるように作成したマニュアルや教材を広く活用してもらうための方策を検討する。

## 4. 【調査研究3】専門的支援体制等の整備

### 4.1. 本年度の研究計画

専門的支援の充実による初動対応、被ばく医療の実効性向上を目的とする。

専門機関、染色体および物理学的線量評価のネットワークを活用した被ばく線量評価、被ばく医療等の専門的支援に必要な項目、課題を整理する。平常時、災害時に活用できる専門的支援における情報共有システムについて課題等を整理し、システムを設計する。また、既存の広域災害救急医療情報システム（EMIS）や健康危機管理支援ライブラリー（H-CRISIS）との連携についても検討する。

### 4.2. 検討の経緯

昨年度整理した専門的支援体制に必要な項目と課題を再度検討し、染色体分析の人材確保について、さらに実効的な方法について、被ばく医療の専門機関である量研が設置している高度被ばく医療支援センター連携会議線量評価部会の部会長等と検討した。

さらに専門的支援として、G20 大阪サミットでの実際の対応を含め、現地派遣の専門家による脅威や原因物質の検知結果を派遣元の災害対策本部等で共有できるシステムとして CBRNE クラウドシステム等の最新の検知器、検知システムを使用した検討を行った。また、CBRNE テロ災害時の専門家と初動対応機関との連携や専門的支援についても、実際の活動等を元に検討した。

情報共有システムについては、既存の広域災害救急医療情報システム（EMIS）の項目等を確認し、量研放医研で運用している「緊急被ばく線量評価情報共有・伝達システム」を利用して、量研放医研からの専門家派遣時の情報共有、量研放医研以外の高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターの派遣者との情報共有について、システムの設計に着手できるようにした。

原子力災害時の医療チームの連携についても学会等で最新の知見を収集し、シンポジウム等で討議された内容をまとめた。

これらは、研究協力者、研究参加者が2回の検討会で検討し、取りまとめた。なお、検討会は、調査研究1および3、検証1をまとめて開催した。

### 4.3. 結果

#### 4.3.1. ネットワーク会議を活用した専門的支援

調査研究2で提案している原子力災害時の医療に関する研修体系の中で、高度専門研修の一つである染色体分析研修を受講した日本人類遺伝学会臨床細胞遺伝学認定士を、染色体分析の支援者として登録し、事故や災害時に支援を依頼することを検討している。この専門的支援体制の構築には、実施主体、支援要請の基準や制度設計が

必要である。また、画像診断を依頼する際には、運用方法、画像の受け渡し方法、結果の受け渡し方法などを決めておく必要がある。

日本人類遺伝学会の臨床細胞遺伝学認定士は、2019年4月時点で、全国に179名、指導士は61名おり、認定士・指導士のうち87名は立地隣接道府県の医療機関に所属している。ただし、原子力災害拠点病院、原子力災害医療協力機関に所属している認定士は17名、指導士は8名である。さらに高度被ばく医療支援センターに所属している認定士は量研放医研、弘前大学、広島大学、長崎大学に各1名おり、指導士は量研放医研、弘前大学、広島大学に各1名である。原子力災害対策重点区域外の機関に所属している認定士・指導士は、153名であり、この認定士・指導士から、被ばく医療での染色体分析で協力を得られると多数の染色体分析による線量評価が可能となり、線量評価体制の充実にもなる。しかし、原子力災害対策重点区域外の機関に所属している場合は、被ばく医療の線量評価における染色体分析の画像診断の研修の機会が皆無でありことから、この認定士・指導士への研修が不可欠である。今年度は、【検証1】で記載しているように高度専門研修として、染色体分析研修を実施した。

物理学的線量評価のネットワークを活用した専門的支援体制としては、高度被ばく医療支援センター連携会議線量評価部会で線量評価に関するマニュアルあるいはガイドライン等の作成を検討されており、今後はそのマニュアル等の活用について検討する。

表 4-1 日本人類遺伝学会臨床細胞遺伝学認定士・指導士数

数値は人数

		認定士	指導士	合計
高度被ばく医療 支援センター	量研機構	1	1	2
	弘前大学	1	1	2
	福島県立医科大学	0	0	0
	広島大学	1	1	2
	長崎大学	1	0	1
原子力災害対策 重点区域	原子力災害拠点病院	7	3	10
	原子力災害医療協力機関	6	2	8
	上記以外	47	15	62
原子力災害対策重点区域外		115	38	153
合計		179	61	240

2019年4月時点

#### 4.3.2. 検知システム等を活用した専門的支援

本研究事業で検討した検知システムは放射線モニタリングシステム（ラジプローブ

システム) と CBRNE 情報共有システム(CBRNe クラウドシステム)であり、各システムの概要を示す。

### 1. 放射線モニタリングシステム (ラジプローブシステム)

可搬型の機材は、放射線測定器、制御用パソコン、カメラ、GPS、通信機器から構成され、測定結果等を地上通信もしくは、衛星通信で量研放医研のサーバーにも伝送する。伝送された情報は、モニタリングマップ、核種分析のスペクトル、線量率時間変化、積算線量、中性子線量、周辺映像が一画面として、サーバーにアクセスできるパソコンやタブレットで閲覧可能である。さらに放射線測定器は、高線量 $\gamma$ 線・中性子線検出器、携帯型ゲルマニウム半導体検出装置(高精度測定装置)、高感度小型線量計(CsI(Tl)シンチレーション検出器)を接続できる。これらは環境モニタリング、核種分析など用途に応じて選択する。



図 4-1 ラジプローブシステムの概要

### 2. CBRNE 情報共有システム(CBRNe クラウドシステム)

CBRNE 情報共有システムは、化学剤検知器と放射線測定器をネットワーク化させて、検知情報、位置情報等をクラウドサーバーに転送し、このクラウドサーバーを通じて測定現場の携帯端末と対策本部等の遠隔地の端末で情報共有ができるシステムである。本システムでは、化学剤検知器は、イオンモビリティ・スペクトロメーターであり、放射線測定器は、空間線量率、各種識別が可能である器材を使用している。さらに、以下のマニュアル類を横断的に検索でき、検知結果とリンクし、警戒区域や新入統制ライン等を地図上に表示できる。

- ・ 緊急時応急処置指針（Emergency Response Guidebook：通称 ERG）
- ・ 総務省消防庁 BC 災害マニュアル（平成 28 年度 救助技術の高度化等検討会報告書）からの引用
- ・ 総務省消防庁特殊災害室「医療機関、研究機関その他の放射性同位元素等取扱施設等における消防活動上の留意事項に関する検討会」の報告書からの引用、および添付資料個票（RI, 装備機器, 発生装置）
- ・ 爆発物探知ハンドブックからの引用（元 科学警察研究所爆発研究室 中村順先生監修）

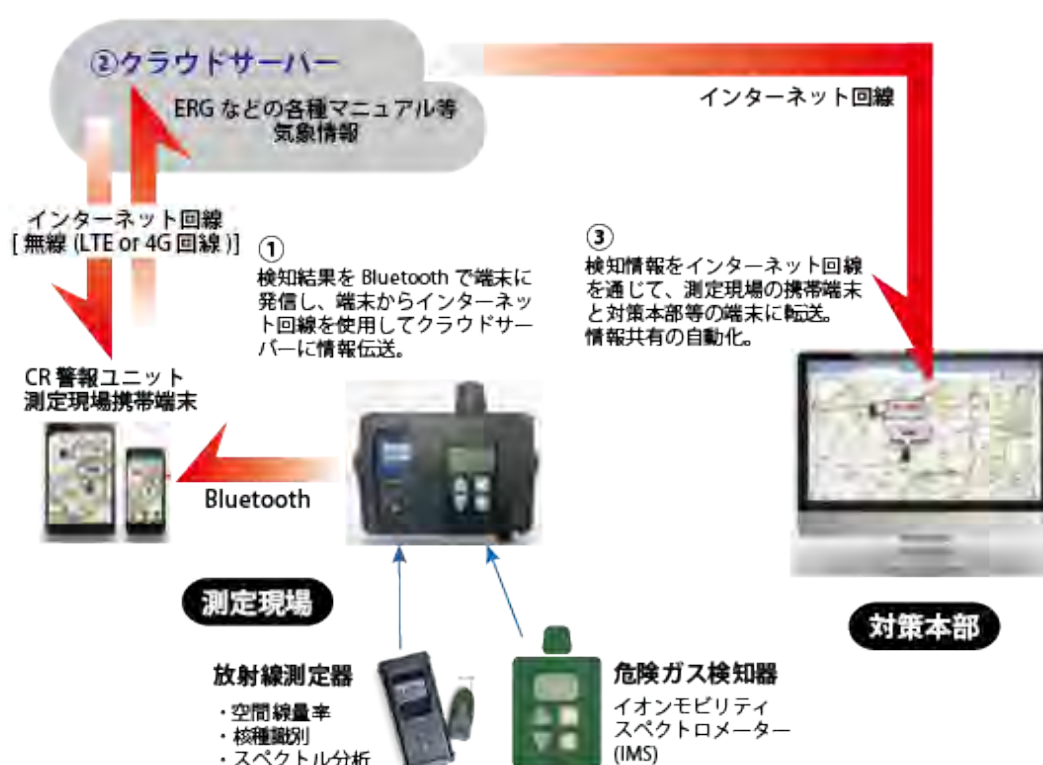


図 4-2 CBRNe クラウドシステムの概要

#### 4.3.2.1. 専門家派遣での活用

放射線モニタリングシステム（ラジプローブシステム）は、量研の研究成果の一つであり、原子力災害や放射線テロ災害での活用も考慮している。昨年度は、核種の特定や内部被ばくの詳細検査の一つであるバイオアッセイ法による生体試料の簡易的な計測、測定結果を後方支援の本部等と情報共有、より詳細な分析結果を現場での専門的支援に活用できること、医療機関でのエリアモニターとしての活用を提案した。

今年度は、G20 大阪サミットでの NBC の専門機関としての実際の活動において、このラジプローブシステムおよび CBRNe クラウドシステムを実際に活用した。

ラジプローブシステムは、量研機構のみで情報共有したが、CBRNe クラウドシス

テムは、日本中毒情報センター、現地対応の消防機関も同時に稼働したことで、複数の組織でリアルタイムに、化学剤および放射線のモニタリング結果を共有できた。



図 4-3 派遣先でのラジプロブシステムの活用事例

G20 大阪サミット対応において、現地派遣の量研機構の職員が、現地医療対策本部あるいは関西国際空港の派遣先で、ラジプロブシステムと CBRNe クラウドシステムを連続稼働させて監視した。



図 4-4 ラジプロブシステムの画面  
複数の拠点で、リアルタイムの測定結果を共有した。

#### 4.3.2.2. 初動対応での活用

国際空港の CBRNE テロ対策合同訓練において、消防機関が CBRNe クラウドシステムを活用していた（資料 2-7）。「NBC テロその他大量殺傷型テロ対処現地関係機関連携モデル」<sup>1</sup>では、NBC テロ発生時の対処においては、各都道府県を始めとする地方公共団体を中心とした関係機関の連携が重要であるとされている。この中で、救助・救急搬送、救急医療体制連携モデル、原因物質の特定における連携モデル、汚染検査・除染等における連携モデルが示されており、研究機関、専門機関は、消防本部、都道府県警察、保健所などの実働組織と連携することが示されている。本文書において、専門機関として量研が記載されていることから、放射線テロ災害発生時には、量研は助言や支援を求められる。しかし、発災場所によっては、現地に職員を派遣することに時間を要したり、困難であることも予想され、また、放射線検知結果の詳細（マッピングの情報等）を把握するにも時間を要することが予想される。そこで、本訓練で使用されていた CBRNe クラウドシステムのように、遠隔地でも検知結果の詳細（化学剤の検知結果、放射線の検知結果、マッピング情報）を確認、共有できるシステムにより、遠隔地でも的確な専門的支援が可能となることが考えられる。また、現地に専門家が派遣された場合でも、マッピング情報等の検知結果の把握が短時間で

<sup>1</sup> NBC テロ対策会議幹事会「NBC テロその他大量殺傷型テロ対処現地関係機関連携モデル」（平成 13 年 11 月 22 日（平成 28 年 1 月 29 日改定））

可能であると思われる。原因物質の特定まで CBRNe クラウドシステム等で実施されていたら、除染方法や医療処置についても、より詳細な助言や支援が早期から可能となり、二次災害の防止に資すると考える。

#### 4.3.3. 情報共有システムを活用した専門的支援

昨年度は、量研放医研で運用している「緊急被ばく線量評価情報共有・伝達システム」の機能の中で、専門家派遣で活用できる機能としては、複数の職員間での情報共有としての掲示板機能とラジプロブシステムの閲覧機能を提案し、情報共有システムに派遣先である量研放医研以外の場所からアクセスが可能となるように設定を変更した。

量研放医研以外の高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターとその派遣者との情報共有については、それぞれの専門家派遣の状況、患者の受入れの状況が考えられるが、これらも掲示板機能で対応可能と思われる。

既存の広域災害救急医療情報システム（EMIS）の項目等を確認したところ、医療機関の検索結果として、以前の被ばく医療機関の情報が表示される状況であり、現在の原子力災害時の医療体制で各道府県が指定している原子力災害拠点病院、原子力災害医療協力機関の情報を更新するための情報提供が必要があると思われる。

また、原子力災害医療派遣チームの派遣と待機の状況、チームの派遣先、活動状況の共有が必要と思われるが、情報共有システムを構築するには、原子力災害医療派遣チームの活動の具体的運用方法の整理が必要である。情報共有システムのページの構成としては、ログイン画面、掲示板、放射線モニタリング、EMIS、原子力災害拠点病院の基本情報等、原子力災害医療派遣チームの活動状況を提案する（図4-5）。

#### システム設計案

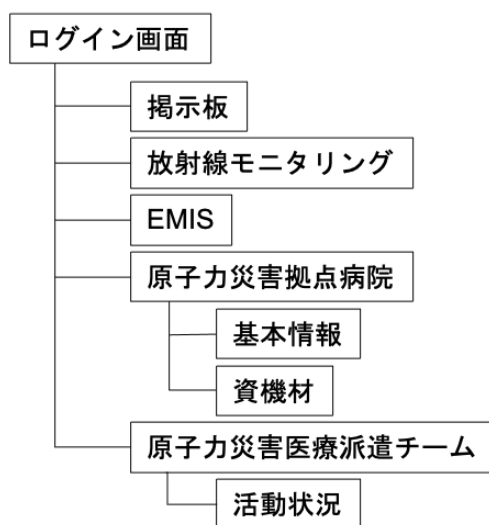


図4-5 情報共有システムのページの構成案



#### 4.3.4. 災害医療との連携

DMAT (Disaster Medical Assistance Team) とは、大地震や列車事故などの災害現場で迅速に救命治療を行う専門的な訓練を受けた災害派遣医療チームであり、規定の研修・訓練を終了した医師、看護師、業務調整員（事務員や放射線技師、薬剤師、検査技師など）の医療従事者から編成される。この DMAT には、厚生労働省が開催する日本 DMAT 隊員養成研修会を受講し登録された日本 DMAT、東京 DMAT のように都道府県と医療機関との間で締結された協定に基づき地域に発生した局地災害現場に日本 DMAT 隊員登録者が出動できる体制、日本赤十字社における DMAT などがある。他に災害時の医療派遣チームとしては、集団災害が発生した場合、被災地域の精神保健医療ニーズの把握、他の保健医療体制との連携、各種関係機関等とのマネージメント、専門性の高い精神科医療の提供と精神保健活動の支援を行う災害派遣精神医療チーム(DPAT; Disaster Psychiatric Assistance Team)や、災害発生後の健康危機管理・公衆衛生学的支援を行う災害時健康危機管理支援チーム (DHEAT; Disaster Health Emergency Assistance Team) などがある。いずれも原子力災害時の活動については明確な規定等はない状況である。原子力災害時に、原子力災害派遣医療チームと様々な医療チームが連携するためには、それぞれの活動の場所、活動の内容、役割分担、相互に協力や支援を要請する活動を明確にすることが不可欠である。

第 25 回日本災害医学会総会 学術集会 (2020.2.20 - 22) では、これまでの災害医療の活動から、シンポジウムの一つでは、原子力災害医療について、原子力災害での医療・保健・福祉の活動や体制についての現状の把握、災害医療との連携や役割分担、人材育成について討議された。

災害医療と原子力災害時の被ばく医療の連携としては、被災地域の医療の状況、原子力災害拠点病院と原子力災害医療協力機関の被災状況、原子力災害医療派遣チームの活動状況の情報共有がある。原子力災害時の被ばく医療に特有の情報として、被ばくあるいは汚染がある傷病者の受入れに関する情報、避難退域時検査の状況、放射線モニタリング情報、原子力災害医療派遣チームの活動状況などがあり、この情報共有の手段としては、前述の通り、原子力災害時の情報共有システムとして独自に設計、構築する必要がある。

#### 4.3.5. 医療機関への専門的支援体制

原子力災害では、医療支援として基幹高度被ばく医療支援センター、高度被ばく医療支援センター、原子力災害医療・総合支援センターが指定され、それぞれの役割や要件が示されている<sup>2</sup>。高度被ばく医療支援センターの診療機能としては、原子力災害拠点病院等との医療連携が示されているが、具体的に内部被ばくの治療に必要な薬剤

---

<sup>2</sup> 原子力規制庁「原子力災害拠点病院等の施設要件」(平成 27 年 5 月 15 日 (平成 30 年 7 月 25 日全部改定))

の備蓄等については言及されていない。

国際空港エマルゴ訓練（資料 2-8）において、医療機関では、サリン検知の情報を入手し、治療薬として硫酸アトロピンやプラリドキシム（PAM）の準備、現場での投与を検討していた。通常、医療機関で保有している量では不足することが予想される。そのため、化学テロ災害に備えて、これらの化学剤を用いたテロへの対応に必要な医薬品については、厚生科学審議会健康危機管理部会で提言され<sup>3,4</sup>、国家備蓄されている。これらの国家備蓄の薬剤は、分配場所や緊急配備のスキームなどの課題も指摘されている<sup>5</sup>。一方で、放射線テロ災害への対応に必要と考えられる DTPA やプルシアンブルーなどの医薬品は、国家備蓄となっておらず、高度被ばく医療支援センターが、原子力災害時の医療体制整備の一環として、保有している状況である。2017 年に発生した日本原子力研究開発機構大洗研究開発センターでのプルトニウムによる汚染事故では、治療のために一人に対して Ca-DTPA と Zn-DTPA を合計で 63 アンブル投与した。これは量研機構が保有する DTPA の約 1/4 である。そのため、多数の内部被ばく患者が発生するような放射線テロ災害が起こった場合には、国内の高度被ばく医療支援センターが保有している数量では、不足することが懸念される。

#### 4.4. 考察

量研放医研が設置している染色体ネットワークを活用する方策の一つとして、日本人類遺伝学会の臨床細胞遺伝学認定士の協力を得る方法がある。今年度は、認定士の更新の単位として認められるように日本人類遺伝学会に申請し、染色体分析研修を開催した。しかし、受講者を原子力災害時等の染色体分析の協力あるいは支援者として活用するには、人材情報の管理、支援要請の主体や手順、運営方法等の制度設計が必要である。

検知システムを活用した専門的支援については、実際の専門家派遣において検討したが、多機関が連携するには、情報の取り扱いやセキュリティ対策といった取り決めが必要である。

情報共有システムとして、EMIS の活用があり、高度被ばく医療支援センターでの利用であれば、現行の EMIS にそれぞれがアクセスし、情報共有が可能であるが、医療機関でない原子力災害医療協力機関が使用するには、災害医療と原子力災害のそれ

---

<sup>3</sup> 厚生科学審議会健康危機管理部会「化学テロリズム対策についての提言」平成 26 年 7 月 10 日

<sup>4</sup> 厚生労働科学研究「化学テロ等健康危機事態における医薬品備蓄及び配送に関する検討」（研究代表者：吉岡敏治）

<sup>5</sup> 厚生労働科学研究費補助金 行政政策研究分野 厚生労働科学特別研究「2020 年オリンピック・パラリンピック東京大会等に向けた化学テロ等重大事案への準備・対応に関する研究」（研究代表者：小井土雄一）

それぞれの所管省庁である厚生労働省、原子力規制庁、内閣府での調整、制度設計が必要である。また大規模災害発生時には、被災地の医療ニーズ、保健ニーズ、福祉ニーズに応えるため、多くの支援チームが被災地で支援活動を行う。このため EMIS の医療に関する情報のみでなく、災害時の保健、福祉の情報等も共有する手段である災害時保健医療福祉活動情報支援システム -D24H- (Disaster/Digital information system for Health and well-being) といったものも研究開発されている。原子力災害時にこれらの情報共有システム、情報支援システム等と連携するのであれば、原子力災害の情報共有システムを構築する際には、プラットフォーム等をしっかりと検討する必要がある。

#### 4.5. 結論

原子力災害、RN テロ・災害、RI 事業所等での労災事故などにおける専門的支援体制について、染色体ネットワーク会議等の活用、検知システムの活用、情報共有システムの利用、災害医療との連携の各項目について実際の活動や訓練等によって検討した。今後、この専門的支援体制の構築と強化のためには、原子力災害派遣医療チームの活動要領として、活動場所、活動範囲、活動内容をさらに明確にし、他の医療チームに要請する支援や協力の活動について明示する。また、専門的支援ができること、できないことを明確にすることも重要である。

## 5. 【検証1】モデル地域での検証

### 5.1. 本年度の研究計画

本年度は、【調査研究1】、【調査研究2】で作成した教材や標準テキストを使用して、原子力災害対策重点区域（24道府県）及びそれ以外の地域（23都県）で研修等を実施し、調査研究1～3へ反映する。

### 5.2. 検討の経緯

#### 5.2.1. 初動対応機関の研修

量研機構に依頼があった CBRNE 災害対処に関連する研修を活用し、原子力災害、RN テロ災害での消防や警察、自衛隊等の初動対応、多機関連携に関連する必要な知識と検知器材の使用についての技能を習得できるように教材を作成し、実習を含めた研修を実施した（【調査研究1】参照）。これらの研修会開催により得られた知見等で使用した教材を見直し、初動対応の手順としてフローチャートおよび解説のマニュアルに反映させた。

原子力災害対策重点区域（24道府県）における初動対応機関の研修を実施する地域については研究協力者と検討し、次年度以降に開催を検討することとした。

#### 5.2.2. 原子力災害時医療の研修

原子力災害時の医療に関する研修は、昨年度【調査研究2】で提案する新たな体系化による研修を、標準テキストを用いて開催し、標準テキストの改訂に反映した。また、高度専門研修の染色体分析研修を開催し、染色体分析の技術者が原子力災害時に協力者として活躍できる方法を検討し、昨年度実施したバイオアッセイ研修については、研修内容を研究参加者と再確認した。

#### 5.2.3. 災害医療との連携の研修

原子力災害が発生した際、地震や津波などの自然災害との複合災害である場合は、災害医療と緊密に連携して、活動することとなっている。今年度は、量研機構が NBC テロ災害対応の専門機関として実働する際に、東京 DMAT と連携して活動することも想定されたことから、東京 DMAT および量研機構の協力協定病院の医療従事者に向け NBC テロ災害対応の研修を開催した（資料5-2）。このことにより【調査研究3】の専門的支援体制について検討した。

### 5.3. 結果

#### 5.3.1. 初動対応機関の研修

原子力災害対策重点区域（24道府県）の初動対応機関では、各地域あるいは各地域

の消防本部等で研修や訓練が実施されているので、統一された研修体系や教材がない。そこで、本年度は、原子力災害等の対応に関して、実際に初動対応機関の職員が必要と考えている研修や教材、All hazard approach での初動対応手順について、研究協力者等を交えて検討し、標準的なテキストおよび自己学習できる教材として作成した（【調査研究1】参照）。さらに作成した教材と初動対応手順のフローチャートを用いて、研修や机上演習を実施して、修正した。

特に、防護装備の着脱や救急車の養生は、原子力災害、RN テロ災害にかかわらず CBRNE テロ災害対処時の基本的な必須技能であり、すべてのテロ災害への対応で、活用できる。ヘリコプターの養生についても訓練によって知見を得られた。このことから、次年度は、放射性物質による汚染した傷病者の搬送時の車両やヘリコプターの養生方法の資料を作成する。

### 5.3.2. 原子力災害医療の研修

新たに提案した体系化の研修の中で、本研究事業では5つの研修を開催した。基礎研修、原子力災害医療中核人材研修、原子力災害医療派遣チーム研修は、5つの高度被ばく医療支援センター（弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学、量研機構）の職員を対象として、量研機構で開催した。

すべての研修は、講義と実習の7割以上の出席を修了認定の基準とした。また、原子力災害医療中核人材研修は、ポストテストの合格も終了の基準とした。

#### (1) 基礎研修

開催日：2019年5月7日

修了人数：合計29名（弘前大学：6名、福島県立医科大学：5名、広島大学：6名、長崎大学：5名、量研機構：7名）

プログラム：

開始		終了		タイトル
14:30	-	14:40	開講式	
14:40	-	15:10	講義1	原子力防災体制
15:10	-	15:40	講義2	放射線の基礎
15:40	-	16:10	講義3	放射線の影響
16:10	-	16:40	講義4	放射線防護
16:40	-	16:50	休憩	
16:50	-	17:20	講義5	汚染検査・除染
17:20	-	17:50	講義6	安定ヨウ素剤
17:50	-	18:20	講義7	避難退域時検査
18:20	-	18:50	講義8	避難と屋内退避の支援
18:50	-	19:00	修了式	

(2) 原子力災害医療中核人材研修

開催日：2019年5月8日～10日

修了人数：合計20名（弘前大学：4名、福島県立医科大学：3名、広島大学：4名、長崎大学：3名、量研機構：6名）

プログラム：

1日目

開始		終了		タイトル
9:00	-	9:10	研修概要説明	
9:10	-	9:40	プレテスト	
9:40	-	10:10	講義 1	医療機関での原子力災害対策
10:10	-	10:40	講義 2	医療機関での初期対応
10:40	-	10:50	休憩	
10:50	-	11:20	講義 3	放射線障害の診断と治療
11:20	-	12:00	講義 4	外部被ばくと内部被ばくの線量評価
12:00	-	13:00	昼食	
13:00	-	15:30	実習 1	放射線測定器の取扱い
15:30	-	15:40	休憩	
15:40	-	16:40	実習 2	防護装備着脱

2日目

開始		終了		タイトル
9:00	-	9:30	講義 6	放射線管理要員の役割
9:30	-	10:00	講義 7	放射線事故事例
10:00	-	10:40	講義 5	原子力災害時のメンタルヘルス
10:40	-	11:00	移動	
11:00	-	11:30	実習 3	医療施設の養生
11:30	-	12:00	実習 4	除染（蛍光剤使用）
12:00	-	12:30	実習 5	傷病者の汚染検査
12:30	-	14:00	昼食	
14:00	-	17:00	机上演習	

3日目

開始		終了		タイトル
9:00	-	9:30	実習準備	役割分担
9:30	-	9:50	移動	
9:50	-	10:40	実習 6	WBC

10:40	-	12:10	実習 7	被ばく医療
12:10	-	13:10	昼食	
13:10	-	14:40	実習 7	被ばく医療
14:40	-	15:00	休憩	
15:00	-	15:30	ポストテスト	
15:30	-	16:30	総合討論	
16:30	-	16:50	修了式	

(3) 原子力災害医療派遣チーム研修

開催日：2019年5月11日

修了人数：合計 23 名（弘前大学：3 名、福島県立医科大学：6 名、広島大学：4 名、長崎大学：4 名、量研機構：6 名）

プログラム：

開始		終了		タイトル
9:00	-	9:30	講義 1	原子力災害医療派遣チームの活動
9:30	-	10:00	講義 2	原子力災害時の救護所活動
10:00	-	10:30	講義 3	原子力災害時のリスクコミュニケーション
10:30	-	10:40	休憩	
10:40	-	12:10	机上演習	
12:10	-	13:10	昼食	
13:10	-	15:10	実習	
15:10	-	15:40	移動	
15:40	-	16:10	閉講式	

(4) 染色体分析研修

日時：2019年11月26日（火）

場所：量研機構東京事務所

修了人数：5 名

プログラム：

13:30 - 13:40	開講式
13:40 - 14:20	講義 1 「放射線事故災害と被ばく医療」
14:20 - 15:00	講義 2 「被ばく線量推定～染色体分析を中心に～」
15:10 - 16:40	実習「画像診断練習」（ギムザ染色法による二動原体分析、FISH 法による転座分析）
16:40 - 16:50	閉講式

(5) バイオアッセイ研修

対象：化学実験経験のある研修生 1 名（放射線業務従事者、化学専攻\_技術職）

バイオアッセイ法：従来法(図 3-3)による研修

内容：①放射線教育研修：1 日（核燃料施設作業用の教育訓練、研修の概要）

②分析研修（試料の準備から解析まで）：

化学分析実習：3 日～4 日

測定及び解析：0.5 日

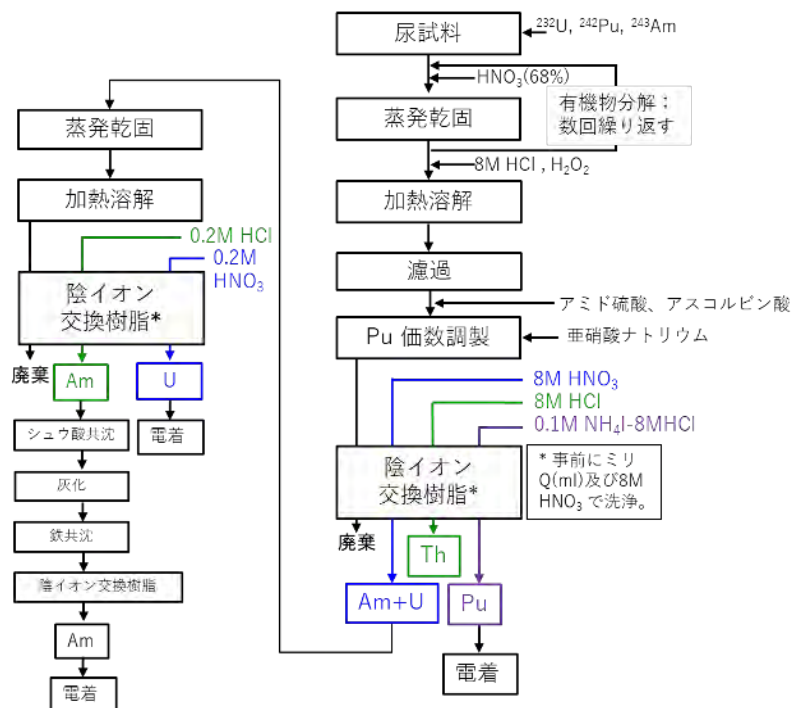


図 5-1 バイオアッセイ 従来法

5.3.3. 災害医療との連携の研修

災害医療と原子力災害医療、被ばく医療の体制が連携するには、それぞれの活動を担う医療従事者が共通認識を持つことが不可欠である。防災基本計画では、原子力災害対策編において、「被災地方公共団体及び被災地の医療機関は、原子力災害以外の災害の発生状況等を勘案しつつ、拠点となる原子力災害医療機関を中心として医療活動を行うものとする。その際、災害拠点病院や DMAT 等が行う災害医療活動と緊密に連携するものとする」との記載があり、DMAT との連携にあたり、被ばく医療と災害医療について相互に共通認識を持つ必要がある。

放射線テロ災害時の患者対応には、放射線の管理が必要であり、放射性物質による汚染がある負傷者の対応には、汚染および除染の有無によらず医療処置が必要な場合がある。そのためには DMAT が放射線テロ災害の現場で救護を実施することが有用であると思われる。この DMAT には、厚生労働省が開催する日本 DMAT 隊員養成研修会



を受講し登録された日本 DMAT、東京 DMAT のように都道府県と医療機関との間で締結された協定に基づき地域に発生した局地災害現場に日本 DMAT 隊員登録者が出動できる体制、日本赤十字社における DMAT などがある。

本年度は、東京 DMAT との研修を開催した（資料 5-1）。災害医療派遣チーム（「東京 DMAT」）NBC 災害発生時活動要領では、特殊災害チームは、NBC 災害時に東京消防庁の管理下で「消防警戒区域」での活動を行う方針となっている。これは、傷病者の救出及び除染の優先度、汚染検査及び除染結果、消防隊員の活動危険、救命処置等への医学的な助言に加え、必要に応じて傷病者に対する救命処置を行うこととなっており、さらに N 災害発生時に限り、「除染区域内」での活動も明記されている。このために、特殊災害チームには、研修を受講した隊員が指定されており、大規模テロ災害対処訓練等への参加が求められている。さらに装備品や医薬品等は東京都が準備している。

放射線テロ災害時での DMAT の活動は、行政と医療機関が必要性を認識し、活動方針を決定しておき、現場での消防機関との連携の調整ができれば、原子力災害に関わらず可能であると思われる。そこで、原子力災害あるいは放射線テロ災害で、原子力災害対策重点区域（24 道府県）以外の都県の DMAT が活動するための課題を次のように整理した。

(1) 行政機関による放射線テロ災害現場での DMAT の必要性の認識と体制整備

DMAT の資器材は行政機関により準備されている。そのため、放射線テロ災害に DMAT の派遣が有益であると認識し、DMAT の活動に必要な放射線測定器、個人線量計、個人防護装備等を準備することが求められる。さらに DMAT の放射線テロ災害現場での活動要領や研修等の隊員の教育体制の整備も求められる。

(2) 医療機関による放射線テロ災害現場での DMAT の必要性の認識と人材育成

放射線テロ災害現場への DMAT の派遣は、放射線被ばくやその他の脅威による危険が伴う。しかし負傷者の救命には、現場での救助と早期の医療処置の連携が重要である。このことを医療機関が認識し、放射線テロ災害現場での DMAT の安全な活動のために必要な教育を隊員に提供することが求められる。

(3) 消防機関等の初動対応機関との調整

DMAT が放射線テロ災害現場で活動する際には、現場の消防機関等と連携する必要がある、さらに現場での安全の確保のためには消防機関等の初動対応機関の指示、指揮下で対応する必要がある。そのため、初動対応機関と DMAT の活動について、活動場所や連携方法の調整が求められる。

(4) 専門機関による支援

DMAT が放射線テロ災害現場で活動する時に、専門機関が測定した放射線の計測結果を共有することは、現場の安全危険情報として必要である。また、放射性物質による汚染がある場合、その除染方法や汚染が残存した場合の対応について助言することも DMAT の活動を支援することになると思われる。このために、

DMAT の派遣要請とともに、行政による放射線テロ災害に対応できる専門機関への支援要請がなされる体制整備も必要と思われる。

「NBC テロその他大量殺傷型テロ対処現地関係機関連携モデル」<sup>1</sup>では、救助・救急搬送、救急医療体制連携モデルにおいて、研究機関・専門機関への情報共有と助言は消防機関と行うこととなっており、DMAT の活動を支援する場合でも消防機関との連携、情報共有が必要と思われる。このことから、前述の初動対応機関と DMAT との調整においては、専門機関との連携も同時に実施することが望まれる。

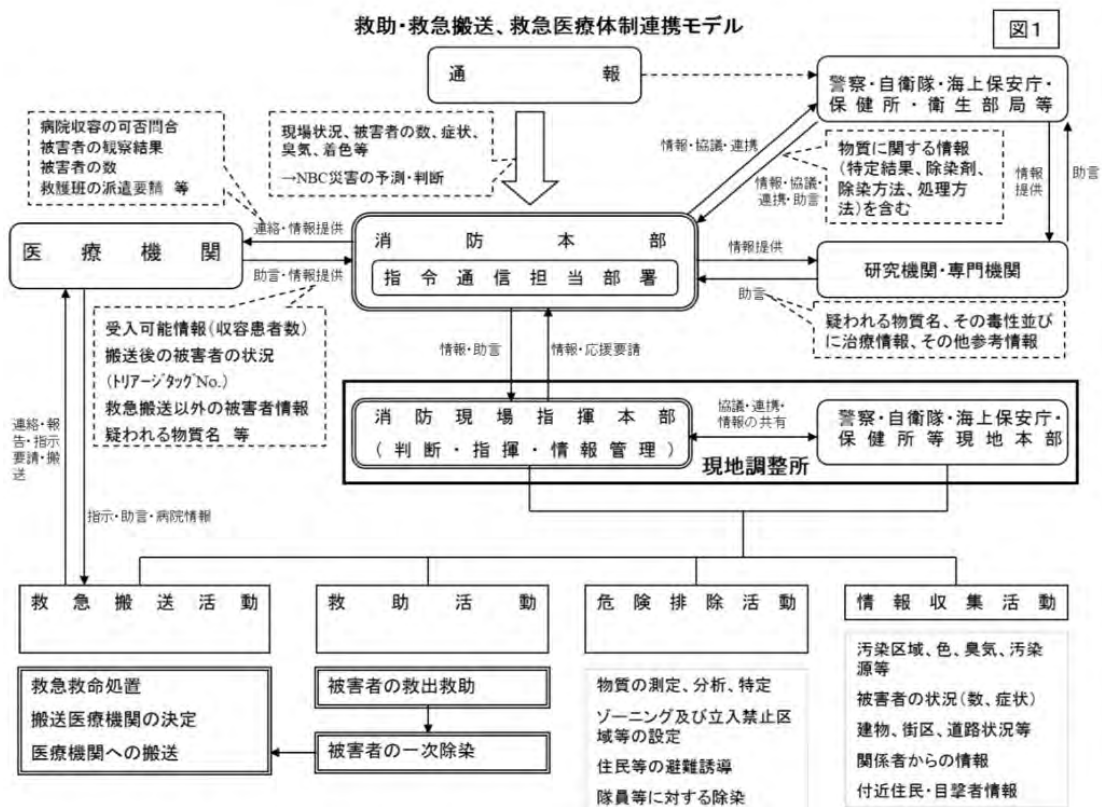


図 5-2 救助・救急搬送・救急医療体制連携モデル

#### 5.4. 考察

包括的被ばく医療の体制構築には、原子力災害対策重点区域（24道府県）以外でも初動対応機関、医療機関が、RN テロ・災害や被ばく医療についての共通認識を持っていることが重要である。また、防護装備の着脱やゾーニングの概念などは、原子力災害に限らず、CBRNE テロ災害での対応の基本的かつ共通の知識と技能である。

日本 DMAT の技能研修での被ばく医療研修の機会の提供については、日本 DMAT

<sup>1</sup> NBC テロ対策会議幹事会「NBC テロその他大量殺傷型テロ対処現地関係機関連携モデル」（平成 13 年 11 月 22 日（平成 28 年 1 月 29 日改訂））

と原子力災害医療の所管省庁が異なることから、統一した研修による認識、知識の共通化に支障があると予測されることより、災害医療と原子力災害時の被ばく医療が円滑に連携できないため、省庁間の調整は不可欠である。しかし、原子力災害時の医療体制整備には、関係しない医療機関や DMAT であっても、昨今の社会情勢や東京オリンピック・パラリンピックの開催を目前に控え、CBRNE テロ災害に関する研修や訓練には、非常に高い関心を示している。これは医療機関や医療チームだけでなく、消防や警察などの初動対応機関も同様である。原子力災害にかかわらず CBRNE テロ災害での初動対応や医療機関での初期診療の人材育成、教育が、原子力災害対策重点区域だけでなく、全国で実施されることで、原子力災害時に全国から支援を受けられる体制も整備できるようになると思われる。

#### 5.5. 結論

原子力災害に関する研修は、原子力災害対策指針、原子力災害拠点病院等の施設要件で、教育研修、訓練等の実施について言及されている。しかし、RI 事業所での事故や RN テロ・災害等に関連する教育は、関係機関の独自の研修があるのみで、原子力災害の研修や訓練と統一されたものは実施されていない。そのため、今後は、原因ごとに必要な研修や教育の内容と、統一して実施すべき研修や教育の内容を詳細に検討し、相互に整合性の取れた研修や教材を作成すべきである。

次年度は最終年度として、原子力災害に関する研修の標準テキストをさらに改定し、RN テロ災害や CBRNE テロ災害に関連する教育で活用できる教材の作成と初動対応手順や初期診療手順のマニュアルの作成し、広く活用されるようにすることを目標とする。

## 資料 5-1

### 協力協定病院・東京 DMAT 被ばく医療研修

#### 1. 目的

CBRNE テロ災害発生時に、量子科学技術研究開発機構（量研機構）の協力協定病院あるいは東京 DMAT NBC 指定病院と日本中毒情報センターや量研機構等の NBC テロ災害対処の専門機関が発災現場および医療機関で連携して活動するために、各機関の活動と資機材等について相互理解を深めるため、研修を開催した。

#### 2. 主催等

主催：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

後援：公益財団法人日本中毒情報センター

#### 3. 参加機関、参加人数

量研機構の協力協定病院、東京 DMAT NBC 指定病院、日本中毒情報センター、量研機構の職員 計 26 名

#### 4. 日時

令和元年 10 月 20 日(日) 14:00～17:30

#### 5. 場所

量研機構東京事務所

千代田区内幸町 2 丁目 2 - 2 富国生命ビル 22 階

#### 6. 研修内容

14:00 - 14:05 開会挨拶

量子科学技術研究開発機構 神田玲子

14:05 - 14:20 「G20 大阪サミットの化学テロ対策と即位礼正殿の儀への準備状況」

日本中毒情報センター 理事長 吉岡敏治

14:20 - 14:35 「東京都の特殊災害医療体制の概要」

杏林大学 教授 山口芳裕

14:35 - 14:50 「量研機構の NR テロ災害対応」

量子科学技術研究開発機構 富永隆子

15:00 - 15:15 実習 個人線量計の取り扱い

量子科学技術研究開発機構 北村尚

15:15 - 16:30 実習 防護装備着脱、放射線測定、除染

量子科学技術研究開発機構

濱野毅 富永隆子 佐藤真二 北村尚 小林圭輔 佐々木昭徳

16:35 - 17:00 意見交換

17:00

閉会

## 7. 実施内容

### (1) 講演

日本中毒情報センターと量研機構から CBRNE テロ災害対応の専門機関としてのこれまでの活動と即位礼正殿の儀等での救急・災害医療体制における計画について紹介した。とくに量研機構からは、所有する放射線測定器やラジプロブシステムの説明を行い、放射線テロ災害時に医療機関や DMAT との連携で支援できることを説明した。さらに東京都の特殊災害医療体制の概要として特に東京 DMAT の活動と東京消防庁との連携について紹介があった。



### (2) 実習

「個人線量計の取り扱い」では、デジタル式警報付個人線量計について簡単な説明と注意点、電源の On、Off の方法、警報値の確認と電池交換の方法などを実際に扱いながら実施した。その後の実習に引き続き、電源を入れた個人線量計を各人が装着した。



「防護装備着脱、放射線測定、除染」の実習では、実際の現場活動と同様に、まず各人にタイベックスーツ等の防護装備一式を着用してもらった。



その後、空間線量計の取り扱いを説明し、表示付認証機器を使用して、空間線量率の測定を実施した。この時、線源との距離と空間線量率の関係も体験してもらった。汚染検査の実習としては、まず、マネキン（パウチしたマントルを使用した模擬の汚染、模擬の創傷を準備）の汚染検査を複数人で同時に実施し、汚染箇所、その後の除染の順番等を確認した。

模擬の創傷汚染の部分に対し、汚染拡大防止の処置をした上で、除染をした。除染後の汚染検査時には、周辺の汚染した資材は除去するなどの注意点を説明した。さらに皮膚の除染方法について説明した。

最後にタイベックスーツ等の脱衣について、説明した後に全員が脱衣し、2人1組となってお互いに全身の汚染検査を実施した。この時、PPE 着用時にあらかじめパウチしたマントルを着衣に隠していたため、丁寧に汚染検査を行うように実習ができた。

## 6. まとめ

本研究事業は、包括的被ばく医療の体制構築のために、原子力災害、放射線テロまたは核攻撃（以下、RN テロ・災害）、放射線障害防止法の対象事業所（以下、RI 事業所）での放射線事故や労災事故など、それぞれの相違を明確にした上で、発生場所あるいは CBRNE テロ災害を含む災害の種類によって区別されることなく、その事象に対して All hazard approach による適切な初動対応や緊急被ばく医療が実施されるように、初動対応機関、医療機関の体制整備、人材育成に資する課題、解決策、システム、教材等を提案することが目的である。この包括的な被ばく医療の体制構築には、これまでの緊急被ばく医療体制、原子力災害医療体制、原子力防災体制などを鑑み、原子力災害への対応の充実と強化、原子力災害以外の RN テロ・災害、労災事故、放射線事故などへの対応能力の向上が必要となる。そこで、本研究事業では、初動対応機関、医療機関、専門機関に分けてそれぞれの対応の充実と強化のための方策を調査、検討し、課題の抽出と整理を行い、体制構築や人材育成に必要な資料、教材の作成、教育方法や専門機関と専門組織等の支援体制や連携について提案した。

【調査研究 1】では、昨年度から継続して避難退域時検査及び簡易除染マニュアルの実効性のある運用についての課題と解決のために必要な情報、All hazard approach も含めた対応手順の作成のために必要な情報を整理し、フローチャートと各項目の解説のマニュアルを作成し、初動対応機関等が使用できる教材を作成した。

【調査研究 2】では、昨年度提案した原子力災害での被ばく医療に関する研修の新たな体系化に基づき作成した標準テキストの教材を用いた研修を実施し、標準テキストの改定を行った。原子力災害以外の被ばく医療については、初療のためのフローチャートとマニュアルを作成した。なお、昨年度全国の医療機関（救命救急センター等）で効率的に短時間での研修における座学と実習から構成されるプログラムとテキストを提案しており、これらは令和元年度放射線対策委託費（被ばく傷病者への対応のための研修）事業において、実施されていることから、本年度はテキストの改訂等は実施しなかった。

【調査研究 3】では、昨年度に引き続き、専門的支援体制として既存のネットワークと検知システムの活用について検討し、情報共有システムによる原子力災害時の専門的支援を実施する機関と現場医療間の情報共有や連携について考察し、課題と解決策を提案した。

【検証 1】では、昨年度および本年度に作成した教材、研修内容で、実際に研修を行うことで、参加者からのフィードバックが得られ、包括的被ばく医療の体制構築に必要な人材育成の方法、教材等について調査研究 1～3 に反映できる課題を見出し、標準テキストや教材を改定した。

次年度以降は、対応機関ごとの研修や人材育成、専門的支援体制からの視点で得られたことや作成した教材、マニュアルを実際に使用し、さらに多くの関係者に活用してもらう

方策についても検討し、関係機関等とも調整して実行していくこととする。

平成 31 年度放射線対策委託費  
(放射線安全規制研究戦略的推進事業費)  
放射線安全規制研究推進事業

包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究  
成果報告書

別添資料

令和 2 年 3 月

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構



初動対応機関のための教材

放射線テロ災害対処	別-1
化学テロ災害対処	別-41
爆発物テロ災害対処	別-72
化学剤検知紙説明資料	別-88
CBRNE テロ災害初動対応マニュアル	別-89
原子力災害拠点病院等研修資料	別-105
原子力災害医療研修の標準テキスト	別-121
原子力災害・放射線テロ災害医療対応マニュアル	別-515

# 放射線テロ災害対処

初動対応者のための基礎知識

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

## 内容

- 初動対応の目標
- 放射線、放射性物質、放射能
- 測定器
- 放射線テロ災害対処
  - 外部被ばく対策
  - 内部被ばく対策
  - 汚染対策
- 要救助者対応

## 初動対応の目標

- ❖ 医療優先 → 防ぎ得た死をなくす
  - \* 被ばく・汚染だけで緊急に治療が必要なことはない
  - \* 除染は救命処置にならない
  
- ❖ 無用な被ばくをしない
  - \* 救助者の安全確保、被ばく線量管理（放射線防護）
  
- ❖ 二次災害の予防
  - \* 汚染拡大防止
  - \* 関係機関での安全・危険情報の共有
  - \* 公衆の保護

放射線テロ災害に限らず、CBRNEテロ災害が発生した場合は、完璧な対応は難しく、大過ない対応が求められる。放射線テロ災害では、被ばく、汚染だけでは、化学テロとは異なり、緊急に治療が必要なことはなく、除染は救命処置にならないため、放射線以外の脅威（化学剤や爆発、外傷など）に対する医療処置を優先し、防ぎえた死をなくすことが目標となる。次に、救助者と要救助者、被災者の無用な被ばくをしないための安全確保、被ばく線量管理が目標となる。そして、汚染拡大防止や関係機関間の安全、危険情報の共有、公衆の保護による二次災害の予防が目標となる。

## 放射線

放射性物質から出てくる**エネルギー**

を持った粒子や電磁波

ガンマ線

ベータ線

アルファ線 など



- 五感で感じられない
- 測定器で検知できる

いつの間にか被ばくする。  
どこに放射線・放射性物質があるか、測定器がないとわからない。  
線源に近いと放射線は強い。

放射線とは、放射性物質から放出されるエネルギーを持った粒子や電磁波である。種類としては、高いエネルギーを持つ電磁波のガンマ線、エックス線と高速で動く粒子線のアルファ線、ベータ線などがある。中性子線は、電荷を持たない放射線である。放射線は原子核が不安定な状態から安定な状態に変化（壊変）するときに放出されたり、原子核以外では発生装置からも放出される。原子は原子核とその周りを回る電子から構成されており、原子核はプラスの電荷を持つ陽子と電荷を持たない中性子で構成されている。原子核がエネルギー的に不安定な場合、安定になろうとして放射線を放出する。原子核から放射線を放出することを壊変といい、壊変は大きく分けると $\alpha$ （アルファ）壊変と $\beta$ （ベータ）壊変になる。

放射線は五感で感じることはできないが、測定器で検知、計測ができる。

## 放射性物質

### 放射線源



### 放射線を出す物質

気体、液体、固体、エアロゾル（液滴）

放射性物質を漏れないように容器に密封したものが密封線源

放射性物質とは、放射線を出す物質のことである。形状としては気体、液体、固体、エアロゾル（液滴）がある。放射性物質を漏れないように容器に密封したものを密封線源といい、この放射性物質を放射線源ということもある。

## 放射能



放射性物質が**放射線を出す能力**

数値が大きいほど、放射性物質からたくさんの放射線が出ている。

放射性物質が放射線を出す能力のことを放射能という。放射能の単位はBq（ベクレル）であり、数値が大きいほど放射性物質からたくさんの放射線が出ていることになる。

放射能は、単位時間当たりに放射性物質に含まれている原子核が「どれだけ壊れるか」で定義され、1 Bqは1秒間当たり1個の原子核が壊れることを表す。Bqは単独で使う以外に、単位体積、単位面積あるいは単位重量当たりの放射能を表す、 $Bq/cm^3$ 、 $Bq/cm^2$ 、 $Bq/kg$ などで使われる。

## 測定器



6

放射線測定器の種類、性能は様々である。測定する目的に合ったものを選択する必要がある。

活動する場所の外部被ばくの危険性の評価には、ガンマ線の空間線量率を測定する器材を用いる。

表面汚染の程度は、単位面積当たりの放射性物質の密度に依存する。そのため、表面汚染計で放射能の程度を評価する。

放射性物質を特定するにはスペクトルグラムを分析する。

## 放射線テロ災害対処

### ❖被ばく対策（外部被ばく・内部被ばく）

\*空間線量率測定、個人線量計、呼吸保護、ゾーニング



### ❖汚染拡大防止

\*汚染検査、個人防護装備、養生、ゾーニング、除染



放射線テロ災害の現場では、被ばく対策と汚染拡大防止が重要である。



# 被ばく

放射線をあびること



## 外部被ばく

放射性物質（線源）から放出される放射線を**体の外から**浴びること。  
被ばく後、身体には放射線は残らない。



吸入摂取

経口摂取  
経皮（創傷）吸収

## 内部被ばく

身体に取り込んだ（吸入、摂食）放射性物質からの放射線を**体内**で浴びること。

放射線の事故、災害時には、「被ばく」と「汚染」が生じる。被ばくとは、放射線を浴びることであり、体の外から放射線を浴びるのが外部被ばくであり、放射性物質を身体に取り込んで体の中から放射線を浴びることが内部被ばくである。

# 外部被ばく対策

9

放射線テロ災害の現場対応では、放射線を完全に遮蔽して被ばくしないようにすることはできない。そのため、外部被ばく対策は、放射線の測定、被ばく管理が重要になる。

## 個人線量計の装着

- \* 被ばく線量管理：活動中の被ばく線量の積算値
- \* 線量限度以下での活動
- \* アラーム設定で線量限度以上の被ばくを避ける
- \* アラームは2段階設定のものもある

10

外部被ばく対策の一つは、個人線量計を装着し、活動中の被ばく線量の積算値を管理することである。放射線の関与が疑われる状況で、個人線量計を装着しておく。被ばく線量は、現場で放射線を検知した後で測定を開始しても、測定開始前の被ばく線量を確認することができない。

管理としては、被ばく線量限度以下での活動を補助するために、アラーム（警報）を設定する。電子式個人線量計は機種によってはアラームを2段階に設定することも可能である。

# 個人線量計

- ❖ 汚染させないように防護服の中あるいはビニール袋などに入れて装着
- ❖ 装着の方向を確認
- ❖ アラーム音は小さい
- ❖ 誤計数の可能性があるため、携帯電話、PHS、高出力トランシーバーなどの装置の近辺での使用は十分注意する。



個人線量計は汚染させないように防護服の中に装着するか、ビニール袋に入れて装着する。装着の方向を間違えないようにする。またアラーム音が小さいこともあり、活動中に聞き取れない可能性もあるため、可能であれば振動による発報の機能があるとよい。個人線量計の機種によっては、高出力トランシーバーやスマートフォンの電波によって誤計数の可能性があるため、これらの装置と同じポケットには入れないなどの注意が必要である。

## 消防活動時の被ばく線量限度

外部被ばくと内部被ばくを合わせた線量限度

区分		個人被ばく線量計 警報設定値
通常の 消防活動	1回の活動あたりの 被ばく線量の上限 <b>10 mSv 以下</b>	左記の値未満で設定
人命救助等の 緊急時活動	被ばく線量限度 <b>100 mSv</b>	30 ~ 50 mSv の範囲で設定
繰り返し活動 を行う場合	決められた5年間の線量が 100 mSv (ただし、任意の1年に50 mSvを超えるべきでない。)	左記の条件を確実に満たす ように設定する。

原子力施設等における消防活動対策マニュアル  
(2014.3. 消防庁 消防・救助技術の高度化等検討会報告書)

12

消防活動時の被ばく線量限度と個人被ばく線量計の警報設定値を示す。

通常の活動時の警報設定値は8~9mSvとする。緊急時の警報設定値は、鳴動後に退避する間も被ばくするため、退避時の被ばく線量も考慮して30~50mSvとする。

出典：原子力施設等における消防活動対策マニュアル  
(2014.3. 消防庁 消防・救助技術の高度化等検討会報告書)

## 放射線検知<sub>活動</sub>

- \*放射線の存在を確認する（警報）
  - ❖放射線が関わることを認識する
- \*放射線量率を測る（分析）
  - ❖ゾーニング、被ばく管理
  - ❖複数の検知器



13

外部被ばく対策の一つとして放射線検知活動がある。  
まず、放射線の関与が疑われる現場では、空間線量計や表面汚染計によって放射線の存在を確認する。バックグラウンドレベル以上の放射線が検知されたら、放射線が関与している。  
放射線を検知したら、放射線量率（空間線量率）を測定し、詳細な危険の程度を分析する。

## ゾーニング

- \*危険区域（ $100\mu\text{Sv/h}$ 以上）の設定
- \*放射線計測、放射線管理ができる状態で進入
- \*放射線源から離れるほど安全

14

線量率に応じてゾーニングと外部被ばく管理を行う。外部被ばく対策のためのゾーニングは、危険区域を $100\mu\text{Sv/h}$ 以上の区域で設定し、準危険区域をバックグラウンド以上から $100\mu\text{Sv/h}$ の区域で設定する。準危険区域、危険区域に進入する場合は、放射線の測定器の持参と個人線量計の装着は必須である。また、危険区域あるいは準危険区域では、放射線源からは離れるほど放射線量は弱くなるため、安全である。

## 放射線測定器到着までの目安

情 況	暫定的安全境界域
屋 外	
非遮蔽あるいは破壊された危険性のある線源	周囲30m
危険性の高い線源からの漏洩	周囲100m
危険性の高い線源を巻き込んだ火災、爆発、煙霧	周囲300m
ダーティーボム（爆発後、未爆発）	爆発から防護するため半径400m以上
屋 内	
危険性の高い線源の破壊、遮蔽消失、漏洩	現場の部屋と隣接する部屋（上下階を含む）
危険性の高い線源を巻き込んだ火災などで、建物内に換気システムなどにより放射性物質が蔓延する可能性	建物全体と上記周囲
放射線学的モニタリングに基づく拡大	
地上1mでの空間線量率 100 $\mu$ Sv/h	左記の計測値が計測される範囲

- 空間線量率>100mSv/h；救命活動のため、30分以内
- 空間線量率>0.1mSv/h；安全境界線
- 注意：測定器が“0”を示したエリアは、放射線レベルが高く、非常に危険

先着隊の到着時に放射線測定器がない場合は、状況に応じて暫定的に安全境界域を設定する必要があり、その目安を表に示す。この表の数値は、ある程度大きな線源（例えば100TBq Cs-137など）が存在している場合を想定している。



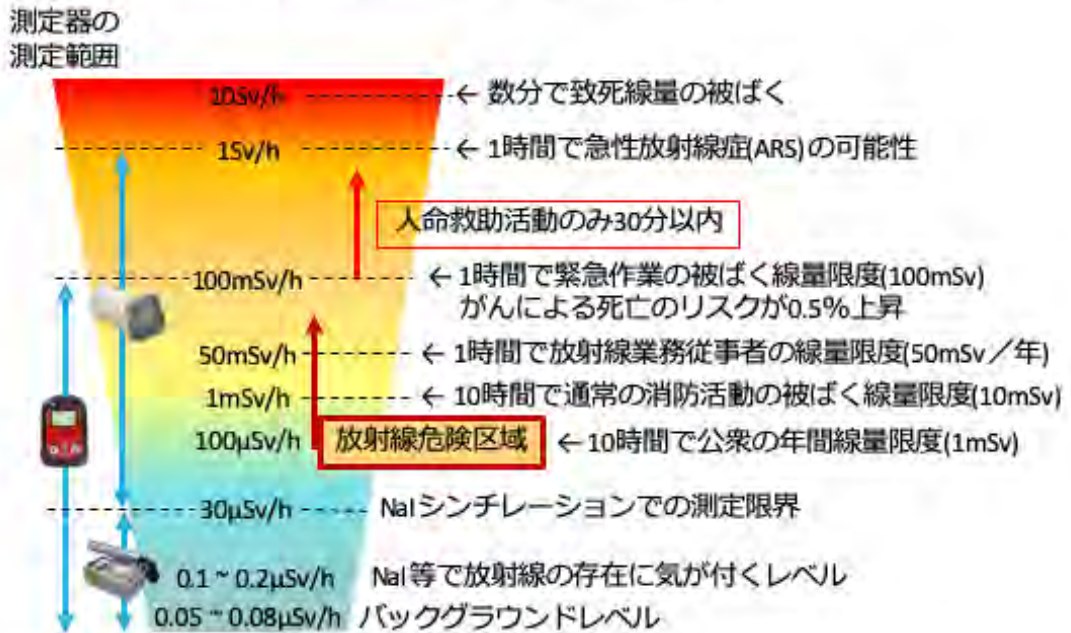
## 時間管理

\*現場の空間線量率に応じて、線量限度を超えないように管理

\*100mSv/h以上の場所での活動は  
30分以内

活動現場の空間線量率に応じて、各個人が被ばく線量限度を超えないように活動内容、活動時間を管理する必要がある。また、100mSv/h以上の空間線量率の場所では、人命救助などの緊急作業のみ立ち入ることができ、活動時間は30分以内とすることが望ましい。

## 空間線量率と危険性



17

空間線量計は、測定器の機種等によって測定範囲が異なる。放射線危険区域（100μSv/h以上）を設定する場合は、このレベル以上を計測できる空間線量計が必要である。

例えば、100μSv/hの場所に1時間滞在した場合の被ばく線量はおよそ100μSvとなり、10時間の滞在で、公衆の年間線量限度の1mSvとなる程度である。放射線危険区域を設定したら、区域内に進入する場合は、放射線測定器、個人線量計を装着し、必ず放射線管理ができる装備で進入する。区域への入退域管理をしっかりと実施する。

100mSv/h以上の場所は、それ以上の線量率の場所が存在する可能性もあり、場合によっては数分～1時間程度で急性障害を引き起こす可能性のある高線量被ばくをする可能性があるため、進入は人命救助活動のみとし、活動時間は30分以内とすることが望ましい。

## 外部被ばくの防護三原則

時間 活動計画、時間管理

### 作業時間を短く

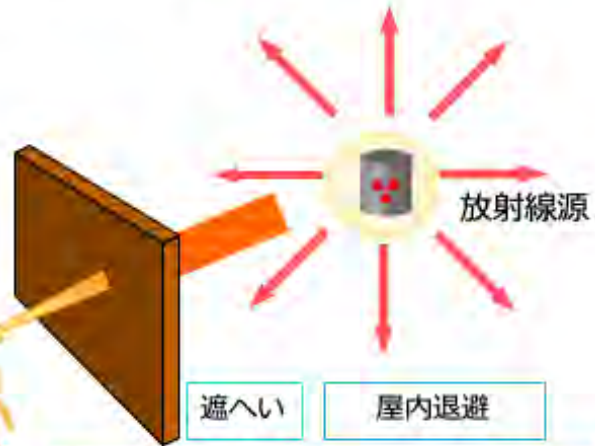
被ばく量は時間とともに増えます。  
活動時間を短くします。

距離

避難

### 線源からできるだけ離れる

放射線の強さは遠くに離れると弱くなり、  
線量は距離の2乗に反比例して減ります。  
ゾーニングによる危険区域の設置で距離を  
とります。



### 放射線に応じた遮へい体を線源と人の間に置く

物体によって空気と比べて放射線を弱めてくれます。  
建物の壁などは遮へい体になります。

18

外部被ばく防護のポイントは「時間」「距離」「遮へい」である。被ばくする時間を短くする、放射線源からの距離をとる、放射線を遮へいすることで、被ばく線量が低減できる。

放射線にさらされる活動時間を短くすることで被ばく線量を少なくできる。

放射線は、放射線源からの距離の二乗に反比例して減少するため、放射線源からの距離をとることで被ばく線量を少なくすることができる。逆に、放射線源からの距離が半分の位置(1/2の距離)に近づくと放射線量は元の位置の4倍になり、急激に空間線量が上昇することになるため、特に危険区域での活動時には注意が必要である。

放射線源との間に遮へい物があると放射線量は減少する。コンクリートの壁、鉄や鉛の金属の板などがあれば、遮へい材として使用できる。放射線源の位置、形状が明確であれば、鉛のブロックなどで線源を囲むことによって周辺の空間線量率を低減することもできる。

## 鉛入り防護服

- ❖ 遮蔽効果なし
- ❖ 重くて活動性低い
- ❖ 時間がかかると余計に被ばくする



エネルギー (keV)	遮へい効果 (%)
60 (Am-241)	94.2
662 (Cs-137)	9.4
1250 (Co-60)	4.4

防護服一式に含まれる鉛ベストは鉛3mm相当

19

鉛入りのインナーベストや放射能防護服があるが、その遮へい効果を実際に確認した結果を示している。防護服一式に含まれる鉛ベストは鉛3mm相当でしかなく、アメリカシウム-241から放出される低エネルギーの放射線に対しては遮へい率95%前後と、有効であるが、セシウム-137やコバルト-60に対しては遮へい率が10%以下となる。また、鉛ベストの側面(脇腹部分)は鉛が入っておらず、側面から被ばくをした場合、遮へい効果は期待できない。防護服一式の総重量等による機動性の低下により、活動時間が延長し、被ばく線量が増大することも考えられる。

出典；総務省消防庁 スタート！RI119 消防職員のための放射性物質事故対応の基礎知識（平成23年3月（平成27年3月一部改定））

❖放射線の遮蔽効果はどれにもない

❖汚染の付着防止の効果はどれも同じ

レベル	A	B	C	D
適用する状況	最高レベルの防護を要する場合	皮膚の危険がより低い場合	空気中の有害物質が少ない場合	化学物質暴露の危険がない場合
防護装備	<ul style="list-style-type: none"> <li>完全に密封された化学防護服と自給式呼吸器 (SCBA)</li> <li>陽圧式化学防護服</li> <li>*爆発の危険がある場合は着用しない。 →ダーティボムの事案では着用しない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>呼吸保護に関してはレベルAと同じ装備 (供給式) だが、スーツから露出</li> <li>化学防護服 (皮膚防護はレベルA程度を必要としない)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>供給式以外のガスマスク (吸取缶を装着したもの)</li> <li>化学防護服</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通常の作業衣</li> <li>マスクは必要ないレベル</li> </ul>
				<b>放射線災害の場合 汚染対策</b>

化学防護服は、どのレベルのものであっても放射線の防護効果はない。皮膚に放射性物質が付着することを防止する効果は、どれも同じである。また、陽圧式化学防護服は爆発の危険がある場所では着用しないことが望ましく、ダーティボムの事案では着用しない方が良い。

放射線テロ災害の現場では、放射性物質の汚染が付着した場合に、すぐに脱衣し、廃棄できる防護服の方が望ましく、防護服は汚染対策のための装備である。

放射線による外部被ばくに関しては、防護服ではなく、個人線量計と放射線測定器による放射線管理と時間管理を行う。

# 内部被ばく対策

21

放射線テロ災害の現場での内部被ばく対策は体内に放射性物質を取り込まないようにすることである。

# 呼吸保護

- ❖ 体内に放射性物質を吸入しない
- ❖ 放射性物質の浮遊がある／疑われる



空気呼吸器



全面マスク  
フィルタ  
(吸収缶)



半面マスク  
フィルタ  
(吸収缶)

- ❖ 汚染対応（汚染検査、搬送など）



使い捨て  
防じんマスク  
(N95マスク)



サージカルマスク

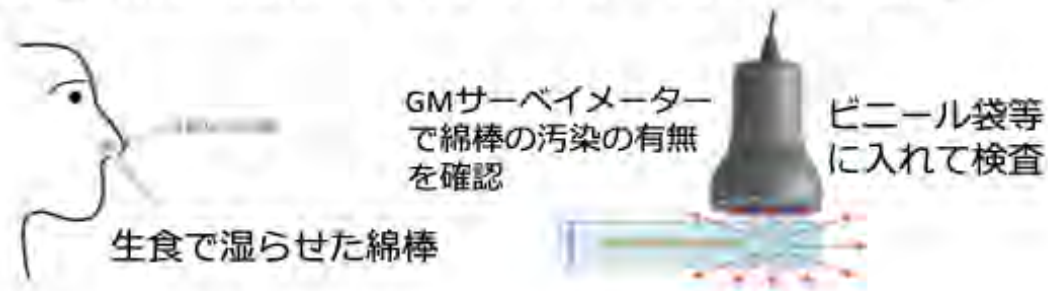
内部被ばく対策として、呼吸によって放射性物質を吸入しないように、呼吸保護が重要である。

屋内で持続的な放射性物質が放出されている場合は、活動中は常に呼吸保護が必要である。屋外では、一時的な放射性物質の散布であれば、時間が経過すると放射性物質は拡散して、多量の放射性物質を吸入する危険性は低下すると考えられる。

しかし、放射性物質の浮遊がある場合あるいは疑われる場合（周辺に汚染がある場合など）は、空気呼吸器、防塵フィルタを使用する。汚染検査や汚染した患者の搬送、応急救護などウォームゾーンでの活動は、使い捨て防塵マスクでの対応が良い。医療機関での処置など放射性物質が浮遊する可能性が少ない場合は、サージカルマスクでの対応が良い。

## 鼻腔スワブ

- ❖内部被ばくの有無の確認
- ❖鼻腔を傷つけないように左右別々に採取
- ❖汚染があれば、内部汚染の可能性があるので、詳細な検査（ホールボディカウンターなど）を実施



放射線テロ災害での現場活動が終了した後、内部被ばくの有無を簡易的に検査する方法が鼻腔スワブである。放射性物質を吸入した場合、鼻腔や口腔の粘膜に放射性物質が付着する。そこで、鼻腔や口腔を生理食塩水等で湿らせた綿棒で擦り、綿棒に汚染が付着しているか検査する。綿棒に汚染があれば、放射性物質を吸入している可能性があるため、より詳細な検査としてホールボディカウンターやバイオアッセイ法による検査を実施する。



## 汚染

放射性物質が付着



汚染に接触  
⇒汚染拡大



放射性物質の吸入 = 内部被ばく

↓  
汚れた大気の場合に滞在  
↓  
頭部、顔面の汚染

放射線の事故、災害時には、「被ばく」と「汚染」が生じる。被ばくとは、放射線を浴びることであり、体の外から放射線を浴びるのが外部被ばくであり、放射性物質を身体に取り込んで体の中から放射線を浴びることが内部被ばくである。汚染とは、体の表面や衣服、資器材に放射性物質が付着することである。汚染に接触すると汚染は広がって行く。また、噴霧、放出された放射性物質を吸入すると内部被ばくと同時に、頭部、顔面の汚染も存在する場合が多い。

表面汚染では危険な

## 外部被ばくはしない



全身または皮膚の被ばくの症状は出ない

25

表面汚染が皮膚や衣服にあっても、健康影響が出るような外部被ばくはしない。

$\beta$ 線核種による高濃度の汚染では、放射線皮膚障害が発症した事例があるが、通常のGMサーベイメーターで測定できる範囲内の汚染の程度では、全身または皮膚に被ばくの症状は出ない。

# 汚染対策 (汚染拡大防止)

26

放射線テロ災害現場の汚染対策は、放射性物質の拡散、汚染の拡大を防止することである。

# 個人防護装備

- \*皮膚、衣類への付着を防止
- \*外部被ばくは防護しない



破れる



安全のため、  
靴カバー使用なし

ゴム製の靴底  
野外での活動でも破れない

タイベックスーツ

ゴーグル  
マスク



ゴム手袋  
(二重)  
目張り

靴カバー

個人防護装備は、皮膚や衣類への放射性物質の付着を防止するものであり、放射線の外部被ばくを防護するものではない。基本的には不織布の防護服（タイベックスーツ）、ゴーグル、マスク、ゴム手袋（二重）、靴カバーを装着する。内側のゴム手袋と靴カバーの端はタイベックスーツに袖や裾にテープで目張りし、放射性物質の侵入を防ぐ。野外での活動では、不織布の靴カバーは破損するため、ゴム製の靴底の靴カバーを使用する方が良い。

# 呼吸保護

**\*浮遊した放射性物質による内部被ばくに注意**



28

表面汚染から浮遊した放射性物質を吸入することには注意が必要であり、そのような現場活動時には、呼吸保護を確実に実施する。

## 養生

\*資器材への付着を防止

\*汚染検査用の測定器もビニールで養生



29

資機材に放射性物質が付着するのを防止するためにビニールシート等で器材を被覆する。このことを養生ともいう。

特に汚染検査に使用する測定器は、汚染され易いので、ビニール袋でしっかりと養生する。

資器材を養生した場合は、ビニールやテープなどで動作が制限されていないか、正常に動作するか確認する。

# 封じ込め

\*汚染を直接触らないようにする



30

放射性物質が付着し、除染できない場合は、汚染を直接触らないように、ビニールシートや防水シートなどで覆い、放射性物質が拡散しないように封じ込める。

# ゾーニング

\*100 $\mu$ Sv/h以下でも汚染区域がある

\*汚染はホットゾーン、ウォームゾーン

\*汚染を持ち出さない

放射性物質による汚染区域であっても、空間線量率が100 $\mu$ Sv/hまで上昇しないこともあるため、空間線量率による放射線危険区域以外にも汚染による放射線危険区域を設定する必要がある。汚染がある現場はホットゾーンであり、汚染検査や除染を行う場所はウォームゾーンとなる。ウォームゾーン、ホットゾーンは汚染がある区域となるため、進入時には汚染対策の個人防護装備を着用し、退出時には汚染検査、除染を実施して、コールドゾーンに汚染を持ち出さないようにする。



# 汚染検査

\*汚染の持ち出しを防止

\*表面汚染計



簡易汚染検査

- ❖ 頭部、顔面、肩、手指の汚染検査
  - \* 汚染が付着しやすい部位を検査
- ❖ 検査時間を短縮

放射性物質の汚染検査は、表面汚染計を用いて測定し、汚染があれば除染して、汚染をコールドゾーンに持ち出さないようにする。簡易汚染検査は、放射性物質が付着しやすい頭部、顔面、肩、手指、足（靴底）の汚染検査を実施する。これらの身体の一部の検査は、1～2分程度で実施でき、検査時間を短縮することができる。多数の対象者を短時間で検査する場合に用いられる。

## 表面汚染の測定

❖プローブ（検出部）を汚染しないようにビニール袋、ラップ等で覆う

❖消音

距離を一定に保つ



- ・測定する表面からの距離が離れると測定値が小さくなる。
- ・除染前後で距離が異なると、正確な比較ができない。

角度を一定に保つ



- ・測定する表面と検出部の角度が異なると、検出部との距離が異なる。
- ・測定器への放射線の入射方向によって感度が異なる。

速度を一定に保つ



- ・測定値や応答時間を意識する。
- ・早く動かすと、指示値が表示される前に汚染のない箇所に移動してしまい、汚染を見逃してしまう。

33

測定器のプローブ（検出部）に放射性物質が付着しないように通常はビニール袋やラップなどで覆い、汚染したらこのビニール袋等を交換する。また、被災者の放射線被ばくに対する不安を考慮して、サーベイメータは消音にする。

測定時は、測定の対象物から一定の距離を保つこと、角度を一定に保つこと、ゆっくり動かすことに注意する。

計測する表面からの距離が離れると計数値は小さくなる。また、距離が異なると正確な評価ができなくなる。

GMサーベイメータは、検出部の窓以外からはベータ線が入射しない。表面と検出部の角度が異なると検出部との距離も異なる。そのため、表面と検出部の角度を一定に保つ。

表面汚染検査では、検出部は1秒間に5～10cmの距離を動かす。速度が速すぎると、指示値が表示される前に汚染のない箇所に移動してしまい、汚染を見逃してしまう。

# 除染

## \*脱衣

✦脱衣した衣類はビニール袋に入れて汚染拡大防止

## \*拭き取り

汚染のある衣服を脱がせることで、体表面の汚染の約90%を取り除くことができる。搬送時に傷病者を包んだ毛布やシーツ、衣類は、取り除いた後にビニール袋へ入れ、汚染が拡大しないようにする。汚染した衣類などを触った後は、他の箇所を触る前に素早く外側のゴム手袋を交換する。

脱衣で除染できなかった皮膚や資器材の汚染は、濡れたガーゼやタオルなどで拭き取る。拭き取りに使用したガーゼやタオルは放射性物質が付着しているので、ビニール袋へ入れ、汚染が拡大しないようにする。

# 要救助者対応

35

放射線テロ災害で要救助者がいる場合は、その対応を優先する。

## まず避難、救出

- \*外部被ばく →とりあえず被ばくを低減
- \*内部被ばく →可能な限り吸入しない
- \*体表面汚染 →付着の機会を少なく
- \*その他の脅威→離れることで危険を回避

放射線災害での現場対応では、要救助者をまず避難、救助し、発災現場から可能な限り離れた安全な場所に移動させることが優先である。

外部被ばくについては、現場から離れることで被ばくを低減でき、内部被ばくも可能な限り吸入する放射性物質の量を減らすことができる。体表面汚染は、放射性物質の付着する機会を少なくする。また、放射線以外の化学剤や爆発物等の脅威についても現場を離れることで危険を回避できる。

## ❖外傷等（放射線以外の原因）の 応急処置

- \*放射線の影響は現場では出現しない。
- \*大量出血に対する止血帯（ターニケット）

外部被ばくと内部被ばくは現場での症状出現はほぼないため、被ばくに対する現場の医療活動はない。体表面汚染は、生命の危険には関与せず、除染は救命処置にはならない。このため、放射線テロ災害での現場医療での救命処置は、放射線以外の原因である外傷や化学剤等への症状の改善が目的となる。これらの救命処置は、除染よりも優先される。  
特に大量出血に対する止血帯の使用は、救命に大きく関与する。

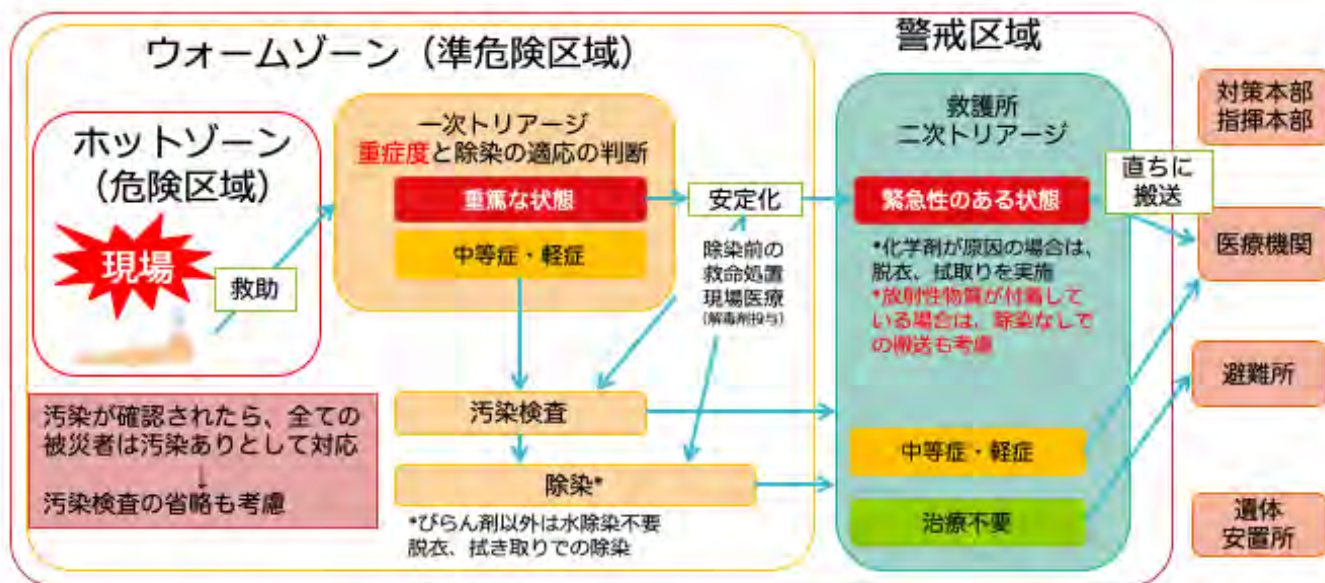
# 汚染検査

❖避難、救助してきた人々には汚染が付着している可能性がある。

❖可能な限り、汚染検査を実施

放射線の発災現場から避難、救助してきた人々には、放射性物質が付着している可能性がある。応急処置等で状態が安定している（緊急の処置が不要）場合、外傷等がなく医療処置が不要な場合は、可能な限り汚染検査を実施し、汚染拡大防止対策を実施する。

## 現場でのトリアージ



39

要救助者を危険区域から救助し、一次トリアージを行う。一次トリアージでは、重症度と除染の適応を判断する。重篤な状態であれば、安定化のための応急処置を実施し、汚染検査をせずに脱衣のみで直ちに医療機関に搬送する。

中等症、軽症であれば、汚染検査を実施し、必要に応じて除染する。放射性物質の付着では、生命に危機的状況となることはなく、化学剤への対処と異なり、除染は救命処置とはならない。

危険区域で放射性物質による汚染が確認されたら、すべての被災者に汚染があると脱衣等の対応をする。汚染検査を実施していなくても、脱衣をすることで、汚染拡大防止となる。



## 放射線テロ災害対処

### ❖被ばく対策（外部被ばく・内部被ばく）

\*空間線量率測定、個人線量計、呼吸保護、ゾーニング



### ❖汚染拡大防止

\*汚染検査、個人防護装備、養生、ゾーニング、除染



放射線テロ災害対処で重要なのは、被災者、活動隊員に対して、被ばく対策と汚染拡大防止の措置を実施することである。

# 化学剤テロ災害対処

初動対応者のための基礎知識

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

## 内容

- ・ 化学剤の基礎
- ・ 化学剤からの防護
- ・ 化学剤の検知
- ・ 化学テロ災害対応

# 化学剤の基礎

1. 有毒化学の種類と特性
2. 身体への影響
3. 有毒化学剤の防護
4. 有毒化学剤の検知

2

有毒化学剤について、その種類と特性、身体への影響、防護、検知について、基本的な内容を解説する。

現場対応として重要なのが、自分自身の安全確保と要救助者の人命救助である。

さらに化学剤には拡散する特性があるため、その二次被害拡大を防止することが現場対応に求められる。

## 化学剤の種類と特性

	名称	外観	臭気	蒸気密度 (空気比)	持久度	半数致死量 mg・min/m <sup>3</sup>
<b>神経剤</b> 神経系	タブン	無色液	無臭	5.6	数日	400
	サリン	無色液	無臭	4.8	数時間	100
	ソマン	無色液	無臭	6.3	数日	50
	VX	無色液	無臭	9.2	数日～週	10
<b>びらん剤</b> 皮膚・呼吸器系	マスタード	無色液 (淡黄)	にんにく臭	5.5	数日～週	1,500
	ルイサイト	無色液 (褐色)	ゼラニウム臭	7.1	数日	1,500
<b>血液剤</b> 細胞系	青酸	無色液・気	アーモンド臭	0.9	数分～時	2,500
	塩化シアン	無色液・気		2.1	数時間	10,000
<b>窒息剤</b> 呼吸器系	ホスゲン	無色気	干し草臭	3.5	数分～時	3,000
	塩素	無色液・気	刺激臭	2.5	数時間	6,000
	クロルピクリン	無色液・気	刺激臭	5.7	数時間	2,000

3

化学剤にはいくつかの種類があり、それぞれ特性が大きく異なるため、種類ごとに対応の仕方も異なることを意識しなければならない。

少量で人体に影響があるもの、匂いや色がないものが危険な化学剤である。表は軍用化学剤である。血液剤、窒息剤は産業毒性物質として、事業所、工場などで使用されている。神経剤、びらん剤は殺傷目的で合成されたものである。

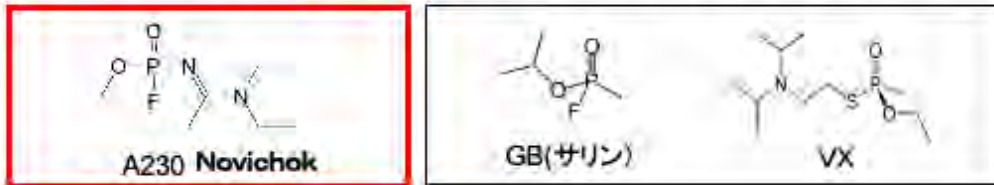
ほぼ全ての化学剤は空気より重い。そのため、特に室内においては低い位置に滞留するため低い姿勢でいると危険である。

持久度は、揮発しやすさであり、持久度が短いものは有毒ガスとして揮発しやすく、持久度が長いものは、汚染物質として残留し除染が必要となる。

半数致死量は数値が小さいほど、危険である。産業毒性物質は、半数致死量が大きく、匂いもあるため、何らかの匂いがした時点で防護措置を講じることにより被害を局限できる。

## Novichok (ノビチョク)

- ❖ 1970年代にソ連が開発した神経剤で、第4世代の化学兵器
- ❖ 派生の化学物質は100種類以上。VXの5～8倍の毒性
- ❖ 液体、固体（超微粒子）の各種存在
- ❖ バイナリーとして安全性、安定性が高く取扱いが容易
- ❖ 速効性（30秒から2分）～遅効性（パウダー状で約18時間）
- ❖ エージングが数分と短く、拮抗薬PAMの効果期待できない
- ❖ 不可逆的な神経損傷を起こし、永久的な障害の可能性



新たな神経剤として登場したのが、ノビチョクである。

ソビエト連邦が開発したと言われているが、構造式が明らかとなっており、有機化学合成の技術があれば製造は可能である。

100種類以上の派生型があると言われており、基本的には検知器による検知は困難である。

これまで最も毒性が高いと言われていたVXのさらに5～8倍の毒性と言われており、極めて脅威が高い。

パウダー状で使用された場合、10数時間後に発症する例もあり、使用されたことすら不明のまま被害が拡大する可能性もある。

## 神経剤の特徴

- ❖ 化学剤の中で**最も毒性が強く致死**的
- ❖ 神経組織に作用  
**縮腫**、涎、鼻汁、呼吸困難、嘔吐、頭痛、全身痙攣、失禁、呼吸停止
- ❖ 呼吸器からの**吸入**又は皮膚からの**浸透**し **速やかに症状**が現れる
- ❖ 通常、**無色**、**無臭**で五感による検知は困難
- ❖ 汚染持久度の長いものと短いものがある。

5

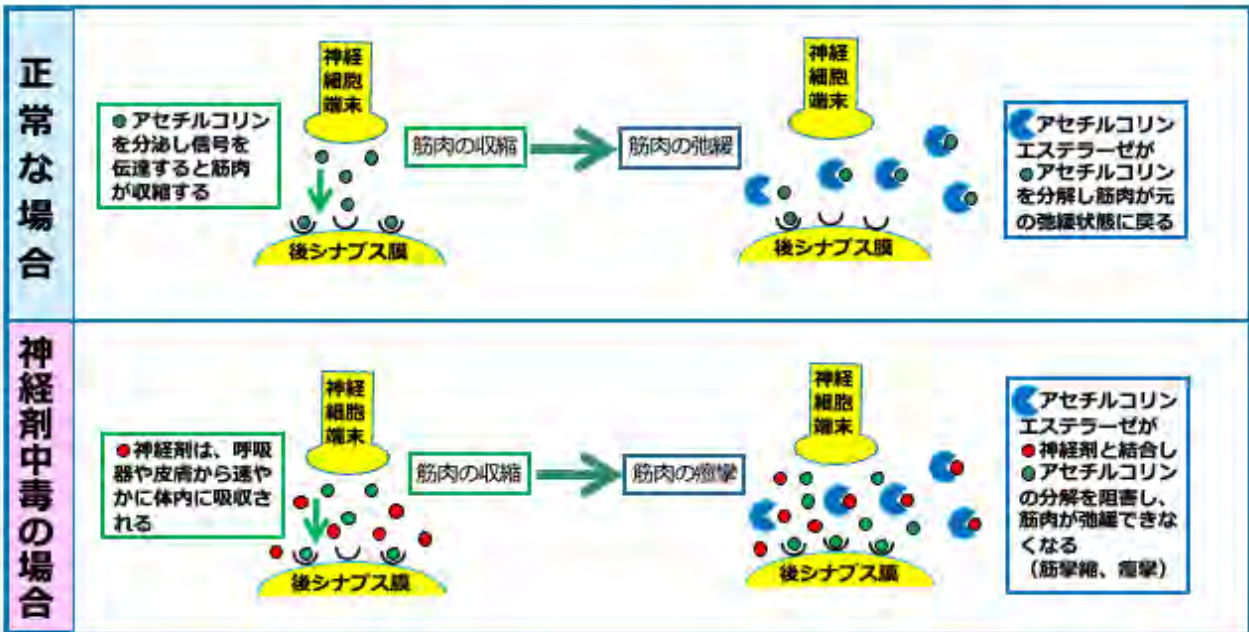
神経剤は吸入後、時間の経過とともに症状が進行する。最初に発現するのが縮腫である。その後、流涎、鼻汁の出現があり、呼吸困難、呼吸停止に至る。

経路としては、吸入が主であるが、液滴が直接皮膚に触れた場合、10数分で浸透し同様の症状を発症する。

通常は無職、無臭で五感による検知は困難である。

持久度が短いサリンは揮発して有毒ガスとなりやすく呼吸器保護が重要となるが、持久度が長いVXはほとんど揮発することなく、呼吸器の保護は重要ではないが、数mgの液滴の付着で致死である。

# 神経剤の人体への作用



神経剤の人体への作用としては、神経伝達物質（アセチルコリン）が元に戻ろうとする時必要な物質（コリンエステラーゼ）を阻害し、筋肉が元の状態に戻れず、弛緩、収縮できなくなる（筋攣縮、痙攣）ことで影響が出現し、瞳孔収縮、分泌過多、痙攣、心肺停止に至る。神経剤とコリンエステラーゼの結合は時間が経つと離れなくなり、この現象をエージングと言う。この神経剤とコリンエステラーゼの結合を解除するか、過剰な神経伝達物質の伝達を阻止する働きをするのが拮抗剤である。

## 神経剤に対する応急処置

- ❖ アトロピン(直接的な治療剤)
  - \* アセチルコリン過剰状態を受容体側でブロック
- ❖ パム(直接的な治療剤)
  - \* アセチルコリンエステラーゼから神経剤を解離吸着
  - \* 解離できなくなる現象をエージングと言い、エージングが起きる前に投与する必要がある
- ❖ ジアゼパム (二次時的な影響 (痙攣) の治療)
  - \* 直接神経剤には作用せず、痙攣で生じる脳障害を抑制
- ❖ 気道確保及び呼吸補助 (根本的治療までの対処療法)
  - \* 呼吸停止状態を補助することで救命が可能



神経剤には拮抗薬がある。抗コリン剤であるアトロピンは、末梢性ムスカリン作動部位（全ての副交感神経末端と、汗腺への交感神経末端）において過剰のアセチルコリンの効果を阻止することにより作用する。

PAMは神経剤とコリンエステラーゼの結合を解除し、コリンエステラーゼを再生することにより作用する。

ジアゼパムは抗痙攣薬で直接神経剤には作用しないが、痙攣持続で生じる脳障害を抑制する。

現場で対応できることとして、化学剤を吸入する状況から少しでも早く救出し、清浄な空気を吸入させることである。



## びらん剤の特徴

- ❖ 熱傷状の水疱を生じ、皮膚、口、鼻、喉、肺、目に障害を及ぼす  
特に湿った部位に影響する
- ❖ 吸入により肺を損傷し、肺水腫により死に至る
- ❖ マスタードは無痛、ルイサイトは激痛を伴う
- ❖ 蒸気曝露では、目の刺激症状、充血、上気道の刺激症状が起きる
- ❖ マスタードは数時間後に発症し、皮膚細胞が液化壊死する
- ❖ 独特の臭気により存在を察知することができる
- ❖ 持久性であり、汚染が必要である（人員、地域、施設）

8

びらん剤は第二次大戦時の化学剤である。国内各地から旧軍の化学弾が発掘または海中から発見されることがある。  
症状としては、熱傷の症状と類似した皮膚症状が出現する。  
発赤の徴候が1時間後、その後2～3時間で紅斑が現れ、10数時間後に水疱が発生する。  
マスタードは当初無痛のため汚染に気づかないが、ルイサイトは付着すると痛みがあるため、直ぐに覚知することが可能である。

## びらん剤に対する応急処置

- ❖ マスタードの解毒薬はなく、**対症療法**が主体
- ❖ ルイサイトには、BALが内部臓器の傷害を軽減
- ❖ 迅速な除染、水洗、ふき取りが有効
- ❖ 皮膚の損傷には、通常の熱傷と同様の処置



R S D L (Reactive Skin Decontamination Lotion)



個人用除染具（自衛隊装備）

9

マスタードには解毒薬はなく、皮膚のびらんに対する対症療法が主体となる。

ルイサイトにはBAL（British Anti-lewisite）が、内部臓器の傷害を軽減する効果がある。

被服の上からの汚染であれば、汚染面を皮膚に付着させないように脱衣する。

皮膚に付着した場合は、迅速な除染剤による除染、または水洗、ふき取りが有効である。

皮膚細胞の液化壊死の症状に対しては、通常の熱傷と同様の処置を施す。

## 血液剤（シアン化物）の特徴

- ❖ 細胞の酸素代謝を直接阻害（細胞の窒息）
- ❖ めまい、頭痛、嘔吐、頻呼吸、皮膚紅潮、痙攣、昏睡、呼吸困難、心肺停止
- ❖ 数秒で発症し、高濃度時は10分程で心肺停止
- ❖ アーモンド臭により嗅覚での検知が可能
- ❖ 持久効果はない（除染の必要はない）
- ❖ 産業毒性物質（メッキ、プラスチック工場等）
- ❖ 気道確保、拮抗薬（亜硝酸アミル）の吸入が有効
- ❖ 口による人工呼吸厳禁、吐物も危険

10

窒息性化学物質の塩化シアン及び青酸は、作用速度が極めて早く、細胞の酸素代謝を直接阻害する。

症状としては、眼や鼻、喉に刺激性の痛みを感じる、頭痛、めまい、吐き気を起こす、胸部圧迫感、呼吸困難、痙攣がある。

処置は、亜硝酸アミルの吸入、呼吸補助の実施である。現場では、早期に酸素投与、呼吸補助をする。

メッキ工場、写真工業等での漏洩事故、またはアクリル製品工場等での火災で発生する。この化学剤は、持久効果はなく、除染の必要はない。

## 窒息剤の特徴

- ❖ 肺胞毛細血管床の透過性を亢進し肺細胞を損傷
- ❖ 気道、肺胞から組織液が漏出し肺水腫により窒息
- ❖ 咳、胸部圧迫感、頭痛、嘔吐、皮膚の青紫変色、泡を含んだ痰、肺水腫、呼吸困難、心肺停止
- ❖ 低濃度では24時間以上の潜伏期（遅発性）の場合あり
- ❖ 特有の臭気により嗅覚での検知が可能
- ❖ 持久効果はない（除染の必要はない）
- ❖ 産業毒性物質（ポリウレタン原料）
- ❖ 解毒薬はなく、呼吸管理等の対処療法

11

窒息剤のホスゲン、塩素、クロルピクリンは、呼吸により肺の中に入り、気道、肺細胞を損傷し、気道、肺胞から組織液が漏出し肺水腫により窒息する。

症状は咳、胸部圧迫感、頭痛、嘔吐、皮膚の青紫変色、泡を含む痰、の症状を呈し、肺水腫、呼吸困難、心肺停止に至る。

激しい刺激を伴い即効性であるが、低濃度の場合、24時間以上の潜伏期を経て発症する場合がある。

特有の臭気または激しい刺激臭により嗅覚での検知が可能である。揮発性が高いので液体から有毒ガスが発生しやすいが、身体への付着物に対する除染の必要はない。

染料、ポリウレタン製品、ポリカーボネート樹脂等の原料に広く使用され、フロンの過熱でも発生することがある。

## 防護のレベル

	レベルA	レベルB	レベルC	レベルD
外観				
概要	全身を化学防護服で覆い、自給式空気呼吸器で呼吸保護し、陽圧で汚染物の被服内侵入を防止	化学防護服を装着し、自給式空気呼吸器で呼吸保護、ポンベ交換が容易で連続使用が可能	化学防護服を装着し、吸収缶式防護マスクで呼吸保護、低酸素、高濃度環境下では使用が制限	危険物質がないことが確認され、化学防護服及び呼吸保護の必要がない場合

12

レベルAは、自給式空気呼吸器と耐化学防護服で全身を覆い、呼気による陽圧により汚染物の侵入を防護できるため、最も防護性が高いが、生理的負担が大きいことと、ポンベ交換が困難であるため、30分程度の活動時間に限られる。空気呼吸器は防護服の内側にある。

レベルBは、自給式空気呼吸器と耐化学防護服で全身を防護し、空気呼吸器は防護服の外側にあるため、ポンベ交換により比較的長時間の活動が可能となるが、完全に気密させるためには、マスク、手袋、ブーツとの接合部をテープで目張りする必要がある。

レベルCは、吸収缶式の防護マスクに耐化学防護衣で全身を防護し、吸収缶の破過（通常10時間程度）まで活動が可能であるが、酸素濃度が低い場合、低分子量の有害物質（青酸等）では使用できず、高濃度の有毒ガス環境下では使用時間が短くなる。

どのような危険物質があるか不明だが迅速に要救助者を危険な地域からショートピックアップするにはレベルAが、被災者の状況（生存者の存在）から判断し、比較的長時間汚染地域内で活動するためにはレベルCが、その中間の用途でレベルBが適している。

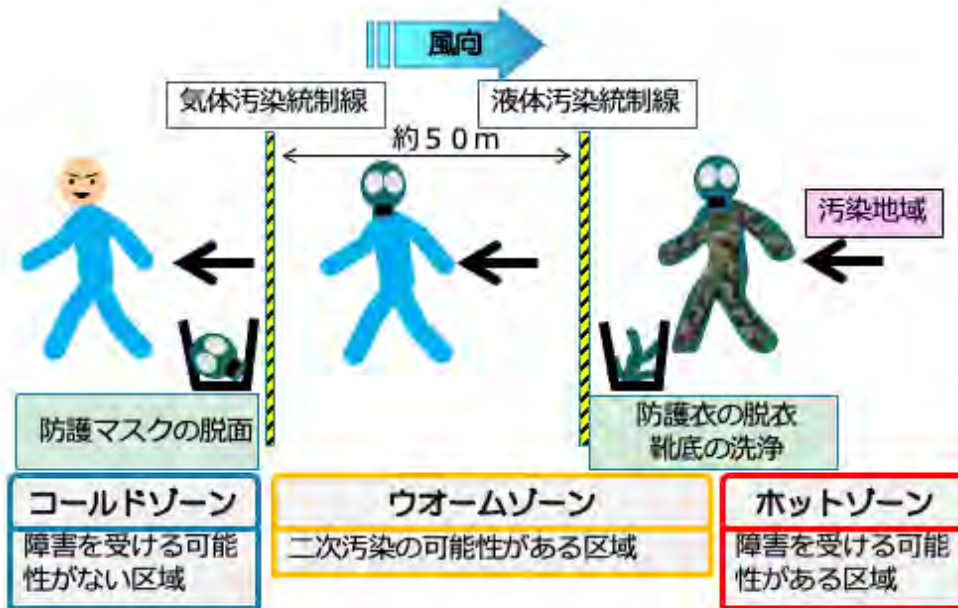
## 戦闘用防護衣（レベルC）



13

自衛隊及び警察のNBC部隊が保有する防護衣は、長時間（10時間程度）汚染環境内で活動するのに適している。これを可能にするため、呼吸器は活性炭式の吸収缶で、微粒子状の有害物質を濾過し、活性炭で有毒ガスを吸着する。防護衣は、生理的負担を軽減するため機能性の布帛により通気性を有しつつ、気状・液状の有毒化学剤から防護することが可能である。

# 脱面・脱衣の位置



14

汚染区域から退出してきたら、ウォームゾーンで防護衣を脱衣し、液状の有毒化学剤を拡散させない様に留意する（液体汚染統制線）。

有毒ガスは流動するので、防護マスクは風上側の安全な区域まで約50m程移動して、コールドゾーン（期待汚染統制線）で呼吸保護具を外す。

## 有毒化学剤の検知

- ❖ 見えない敵をいかに見るか（見えないから怖い）
- ❖ 検知器が反応しなければ大丈夫なのか
- ❖ 検知器がなければ何もわからないのか

15

見えない敵をいかに見る（知る）か、検知器だけが検出手段ではない。

VXなどはほとんど揮発しないため、ガスを検知する機器では検知が難しい。検知器だけで全てを検知できるものではない。

最も早く現着する消防隊員が検知器を保有しているとは限らないため、検知器以外での化学剤の存在を確認する手段を理解しておく必要がある。



## 徴候による化学剤の存在の判断

- ❖ 視覚、嗅覚
  - \* 異様な液体、不自然な容器、異臭
- ❖ 動植物の異変
  - \* 死骸、異常な行動、植物の変色
- ❖ 自覚症状
  - \* 鼻水、胸喉の締め付け感、息苦しい、目がボンヤリ、チカチカ、暗く感じる
- ❖ 被災者の症状
  - \* 流涎、鼻汁、縮瞳、嘔吐、痙攣、失禁、呼吸困難

16

初動対応者が現着した際、視覚・嗅覚、動植物の状況等、普段と違う徴候に注意をはらうと共に、自覚症状がないかも留意する必要がある。

また、被災者の状況・様態は危険物質の存在を判断する非常に重要な情報源である。

これらの情報は、関係機関で共有すると共に、保健所、市町村等関係機関、専門機関（日本中毒情報センター）情報提供し、原因物質の特定・分析、対処要領等の支援を受けることが重要である。

# 検知紙

- ◆微量 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) の化学剤を数秒以内で検知
- ◆びらん剤 (赤)、G剤 (黄)、V剤 (濃緑) を検知
- ◆水以外の有機溶媒等に偽陽性を示す

アセトン、トルエン、マロン酸ジエチル → 黄色  
サリチル酸メチル、水酸化ナトリウム → 赤色  
ジエチルアミン、アミノブタノール → 深緑色



17

検知紙は、液状化学剤に反応して、発色する。液状のものがあるということは、除染が必要ということである。びらん剤は赤色、G剤は黄色、V剤は濃緑色となる。化学剤以外にも発色するので、疑陽性を示す場合がある。しかしながら訓練では、このような化学物質を擬剤として使用し、実戦的な訓練が可能となる。

## CBRNテロ災害の特徴

- ❖ 大量の傷病者が発生、現場以外に被害が拡大
- ❖ 地域・施設が一時的に使用不能となり経済的損失
- ❖ 発災当初の即時の認知が困難
- ❖ 対処要員が二次被害を受ける可能性
- ❖ 対応にあたり専門的知識が必要
- ❖ 迅速な判断、対応、統制、多機関の連携が必要
- ❖ パニックを防止する適切な情報発信が重要

18



CBRNテロの特性として、一度に大量の傷病者が発生し、現場周辺から風下方向への流動や、汚染物質が付着した人員の移動により被害が拡散する可能性がある。また、地域・施設が一時的に使用不能となり経済的な損失も伴う。

CBRN兵器は軍事的には大量破壊兵器（WMD：Weapons of Mass Destruction）と言われているが、目に見えないため、発災当初の使用の認知が困難で、CBRN対応のスイッチが入り難い。また、通常災害の準備で対応すると、対処要員が二次被害を受けることになる。

したがって、対応にあたり専門的知識が必要であり、また、被災者の救命のためには迅速な判断、対応が必要となり、また、強制力を持った統制、警察、消防、自治体、事業所、医療機関、専門機関、自衛隊等、多機関の連携も必要となる。

また、被害拡大防止のため、近隣住民等に速やかに危険を伝達し、避難または屋内退避等を促す必要があるが、パニックを防止するような情報発信、広報に努めることが重要である。

# 化学テロの主な散布手段

	携行型	噴霧装置	時限式散布	無人機等
外観				
特性	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 化学剤をペットボトルやスプレー等で散布</li> <li>2 地下鉄サリン事件では、ビニール袋で携行し散布</li> <li>3 携行・秘匿性に優れている反面、自曝する可能性</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 化学剤を大型の噴霧装置で大量に散布</li> <li>2 松本サリン事件では、加熱式噴霧器を荷台に設置して使用</li> <li>3 多量の化学剤を噴霧できるため広範囲にわたる被害</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 爆発力の小さい爆薬に化学剤を入れた容器を抱かせて時限装置等で起爆させて散布</li> <li>2 携行・秘匿性に優れており、同時多発的に使用可能</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 化学剤を無人機等に搭載したタンク等から散布</li> <li>2 車両等に搭載して移動後、警戒線等を容易に超えて比較的広範囲にわたる被害</li> </ol>

19

化学剤の散布手段としては、地下鉄サリン事件で使用された携行型は、最も簡単で、閉鎖空間で使用すれば甚大な被害につながるが、使用者本人が自爆する可能性もある。

松本サリン事件で使用された噴霧装置では、大量の化学剤を散布することが可能で、影響範囲は広範囲（松本サリン事件では800m×570m）に及ぶ。

爆発物と複合的に化学剤が使用された場合、対応に多大な労力を要し、テロの目的である恐怖を与えるには最も効果的な方法である。

ドローンを使用した場合は、使用者の安全、秘匿を確保しつつ犯行に及ぶことが可能であり、また、警戒を厳重にしている要点であっても攻撃が可能となる。

## サリン事件の被害状況

	地下鉄サリン事件	松本サリン事件
死亡者数	13名	8名
負傷者数	6,300名	143名
被害範囲	消防職員、病院職員等に大量の二次被害発生	南北800m、東西570mに拡散
散布要領	サリン約500gを入れたビニール袋2～3個を新聞に包み傘で突き刺して電車内に散布	車両に搭載した散布装置からサリン約12Lを気化させ約10分間屋外で放出

20

地下鉄サリン事件では、13名の死亡者と6,300名に及ぶ負傷者が発生した。負傷者の内、99%は二次被害であり、救助に当たった消防隊員も135名が二次被害を受けた。このため、二次被害を防止するための教育訓練が行われてきたが、二次被害を恐れる余り、現場対応に非常に時間を要するようになった。CBRNによる被害は、汚染環境下にいる時間経過と共に重篤化する。

二次被害を出さないよう準備し、迅速な対応により、救命率を向上させなければならない。

また、松本サリン事件では、放出したサリンが南北800m東西570mに拡散して被害者が発生しており、風下に危険地域が広がることわかる。

また、被害防止として、窓を閉めていた部屋からは被害者が出ておらず、風下地域の住民は避難するよりも屋内で窓を閉鎖し密閉した方が安全が確保できる。

## 初動対応：判断

どの情報をもってCBRNテロのスイッチを入れるか

- ❖ 通常可燃物を取り扱わない場所での爆発
- ❖ 通常有害物質が存在しない場所での中毒症状
- ❖ 同時、同一箇所、同一症状の複数患者の発生
- ❖ テロ災害が疑われたら、最悪を想定
  - \* 二次攻撃の可能性
  - \* 有毒化学剤、放射性物質、生物剤の存在

21

事案が発生した場合、CBRNテロなのか、通常の事故なのか判断する必要がある。

通常、可燃物等がない場所での爆発、通常有害物質がない場所での中毒症状、同時、同一箇所、同一症状の複数患者の発生等の徴候は、CBRNテロを疑って対応を開始しなければならない。

CBRNテロを疑った場合、二次攻撃、化学剤、放射性物質、生物剤の存在等最悪を想定すべきである。

## 初動対応：出動準備

誤情報、混乱、情報不足が常態

- ❖ 有毒化学物質、放射性物質を検出する器材の準備
- ❖ 呼吸保護具の準備、化学防護衣の装着、ゴム手袋（ニトリル製）
- ❖ 火災対応装備（空気呼吸器、火炎防護服）でも可
- ❖ 情報不十分な状態での出動
- ❖ 風向がわかれば極力風上側から接近、拠点の決定

22

CBRN対応装備を保有していれば、化学剤、放射性物質、生物剤に対応できるよう全て携行する。

これらを保有しない消防署では、初動の速さが勝負であるので、とりあえず、空気呼吸器とゴム手袋（ニトリルなど耐化学薬品のもの）、火炎防護服等通常の準備の延長線上で出動し、現場では、呼吸器の確実な保護、不審な液体等に絶対に接触しない、生存者のいないような高濃度の閉鎖空間には近づかないことに留意する。当初の情報は不正確、不十分、誤報であることが多く、現場の状況の確認、通報者等からの情報収集が重要となる。

また、安全を確保するため、風向に注意し、極力風上側からの接近に努める。

## 初動対応：現着後

時間との勝負、迅速に救助することが重要

- ❖ 現場情報の入手
  - \* 被害者の位置、症状→被災者の状況は重要な情報源
  - \* 通報者からの聞き取り
- ❖ 現着後10分以内が勝負
- ❖ 二次被害を過剰に避けると被災者の命を失う
- ❖ 除染を待たせない→すぐに脱衣、ふき取り

23

入電時に全ての正しい情報が得られるわけではない。何らかの異常が発生していることを察知し、安全対策を講じて迅速な対応が求められる。

現着後、通報者や施設管理者等からの聞き取りも重要であるが、被害者の状況からの判断も重要である。

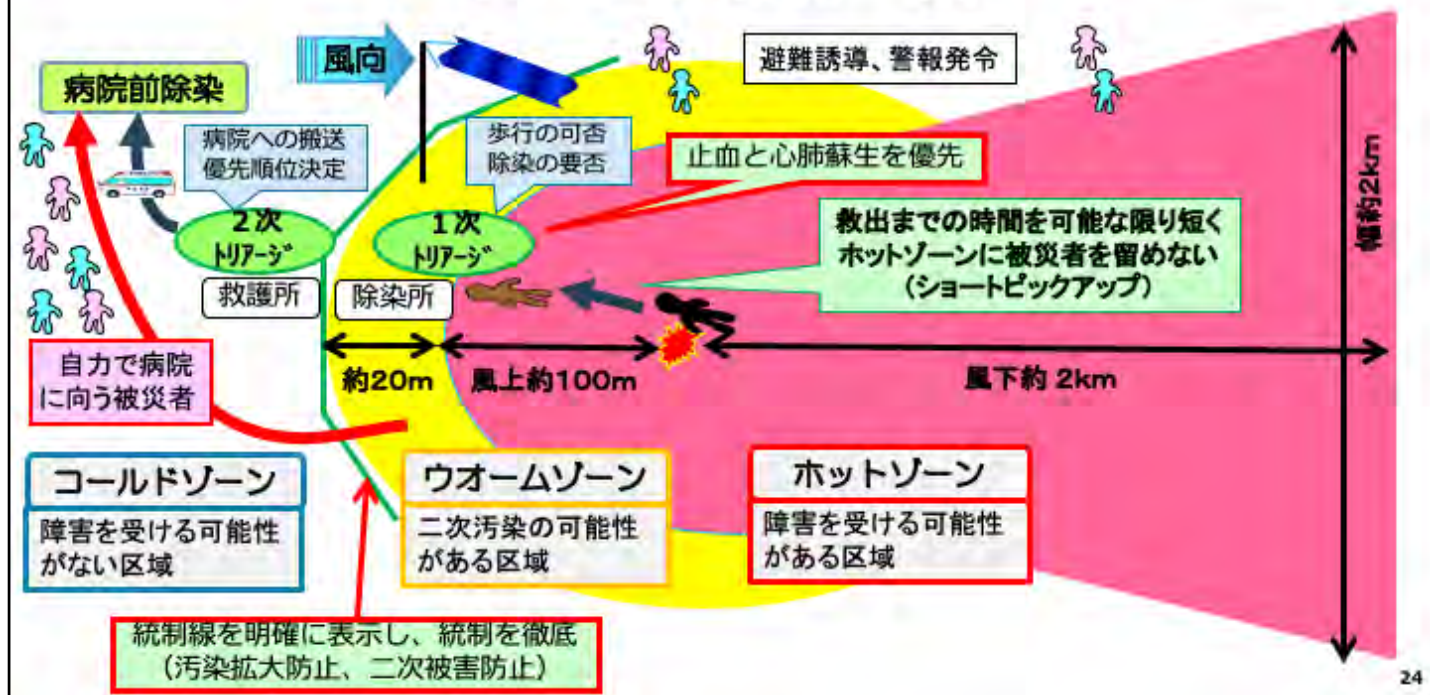
被害者の状況から、有害物質が使用されたこと、使用された場所、が判明し、その後速やかな汚染箇所からの被災者のショートピックアップが重要となる。

できれば現着後10分以内には危険地域から被災者を引き離すことを追及するべきである。

その後の除染も、できるだけ早く脱衣と皮膚への付着が確認されたら、ふき取りを行うことも救命のために重要となる。



# ゾーニングの一例



以下の条件をホットゾーンとし、ホットゾーンを基準にウオームゾーン及び統制線、コールドゾーンを決定する。

## ホットゾーン

- 化学剤収納容器等の残留物が目視で確認（液体等）できる場所及び液体等による曝露危険がある付近一帯
- 人が倒れている、人がうずくまっている付近一帯
- 簡易検知により反応がでる付近一帯
- 曝露者のものと思われる吐しゃ物、血液等がある付近一帯

## 進入統制ラインの設定

### 1. 目的

簡易検知活動を経て各ゾーンが設定される前に、危険な事象が発生している若しくは発生する可能性がある地域と安全な地域とを区別することにより、活動隊員の安全を確保するとともに、曝露者（疑いがある者を含む。）の退出を規制し、二次曝露（曝露者が媒体となった被害の拡大）を防止する。

## 2. 実施要領

各ゾーンが設定され、ウォームゾーンとコールドゾーンの境界が明確にされるまでの間、周囲の状況を確認し危険がない場所（異常がある場所から目安として120m以上離れた風上側の場所を参考）に進入統制ラインを設定する。

ロープ、標識、カラーコーン、立入禁止テープ等に加え、文字情報より、設定した進入統制ラインを関係機関や要救助者に対しても明確に分かるように表示する。

## 3. 留意事項

必ずしも検知結果に基づき設定しなければならないものではなく、設定時点の災害状況（臭気の有無、負傷者のいる位置等）から指揮者が「危険」と判断したところを基準に設定し、適宜確認して安全を確保するとともに、必要に応じて変更を行う。

各ゾーン設定後は、現地調整所において関係機関と共有する必要がある。

## 迅速な医療介入

- ❖ ショートピックアップ
  - \* 危険な地域からの迅速な救出
- ❖ 一時トリアージ
  - \* 迅速な分類（歩行の可否、除染の要否）
  - \* いかに早く医療介入するか
- ❖ 二次トリアージ
  - \* 病院搬送の優先順位の決定
- ❖ 二次被害防止のための除染
  - \* 脱衣、ふき取り、状況により水除染

25

救命にあたり最も重要な事は、迅速な医療介入である。

まずは、CBRNによる汚染物質が存在する危険な地域からの迅速な救出であり、ショートピックアップする。この際、大量出血を伴っていた場合、止血を最優先すべきである。

次に一次トリアージを実施し、必要に応じて心肺蘇生、気道確保である。状況により（縮瞳、分泌亢進、痙攣）の処置（拮抗剤の投与）を実施する。

汚染検査、除染後に二次トリアージを行い、状態、緊急度に応じて病院搬送の優先順位を決定する。最大多数に最善を尽くすため、様態により治療・搬送の優先順位を決めるが、逐次変化する様態に注意をはらう必要がある。

二次被害の防止のためには、除染により原因物質を除去する（病院前除染）ことが最善であるが、完璧な除染が出来ない場合もあるため、医療機関では、簡易マスクによる呼吸保護を実施しておく。

## 除 染

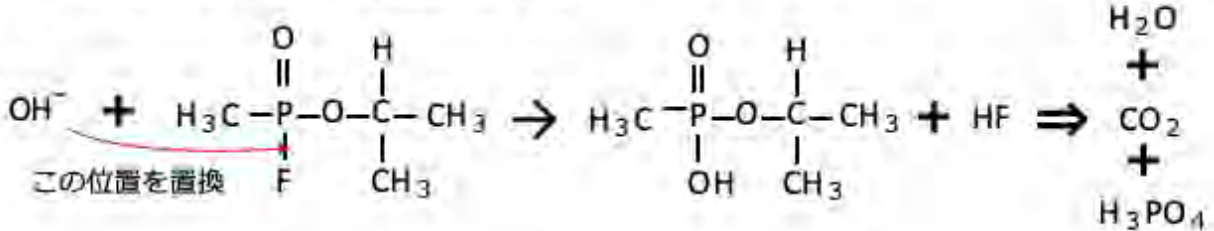
- ❖ 除染が先か、救護が先か
  - \* 止血、心肺蘇生を優先
  - \* 神経剤症状対処（拮抗剤の投与）
- ❖ 除染はどこで実施するべきか
  - \* 現場除染と病院前除染
- ❖ どのように除染すればいいのか
  - \* 大量の被災者を効率的に除染するには→脱衣・ふき取りを主体
  - \* 除染が必要な被災者の選別
- ❖ 除染後の汚染被服、汚水をどうすべきか
  - \* 汚染物、汚水は全て回収しビニール袋等で密閉保管
  - \* できるだけ汚水を出さない→ふき取りを主体

26

救命が目的であり、除染を優先したため死亡してしまうことのないよう被災者の様態をよく観察し、止血、心肺蘇生、気道確保、神経剤の症状への処置を迅速に判断し対応しなければならない。除染の目的は、被災者の被害を局限することと、二次被害の発生を防止することであり、現場での除染及び病院での除染（処置室に搬入前の除染）に区別される。汚染された傷病者が自力で病院に行く可能性があり、病院前除染は必ず必要である。大量の被災者が発生した場合、本当に除染が必要な被災者の除染を待たせることがあってはならない。汚染物質が身体に付着した被災者のみが除染対象であり、有毒ガスを吸入して発症した被災者は除染する物質が付着していないので除染の必要はない。除染が必要な被災者であっても、脱衣とふき取りにより現場での除染は十分である。水洗による除染は効果的ではあるが、時間を要する事、汚水が発生すること、低体温のリスク等の問題を有している。

## 除染と汚水の発生

❖ 除染剤で分解して無害化する



❖ 拭き取り、脱衣は汚染物質が残る⇒ビニール袋に密封保管

❖ 水洗は、毒物が移動するだけ⇒汚水が発生⇒密封容器に回収

27

水洗による除染は、効果が高いが、汚水が発生し二次被害の可能性があるので下水に放出することはできない。

この汚水は除染剤により無害化されるが、下水への排出基準への適合を確認するまで放出することはできない。

脱衣や拭き取りにより発生した汚染物はビニール等の密封容器に入れ、ウオームゾーンで一時保管し、処置について自治体と協議する。

これら汚染物の処理は、高温焼却炉での焼却か、除染剤による無害化の後、廃棄する等の処置が必要となる。

## 被害者大量発生時の除染

- ❖ 脱衣：10分以内が理想。汚染面を皮膚に付けない→約90%除去
- ❖ 応急除染：拭き取る手段で直ちに汚染を除去→約99%まで除去
  - \* ドライ：紙おむつ等の吸着素材で皮膚から汚染を除去
  - \* ウェット：水（ガーゼ、スポンジ等）で濡らし、拭き取る
- ❖ 水的除染：消防車2台を並べ、ミスト状でスプレー（15～90秒）
  - \* タオル等で皮膚に押し込まない様に摘み取って拭き取る→99.9%
- ❖ 完全除染：専用の除染ユニットや多くの資器材を使用
  - \* 準備に時間を要し、除染にあたり汚水が発生する

28

最も効率的な除染は脱衣である。迅速な脱衣による除染が重要である（理想としては10分以内）。これにより約90%の除染が可能であり、汚染の皮膚浸透を防ぎ、衣服からの蒸発・気化による二次被害を防ぐことができる。

脱衣は汚染面が皮膚に触れない様注意し、汚染面を包み込むように脱衣する。可能であればハサミで被服を切断し脱衣を容易にする。

皮膚の露出部位、または被服を浸透し皮膚が汚染されている場合は、ふき取りにより除染をする。この際、紙おむつ等に使用されている吸着素材または濡れたガーゼで湿らせた後拭き取る方法により、約99%の除染が可能である。

水的除染は、被服に付着した汚染がシャワーで皮膚へと移動するので、シャワー前に必ず脱衣することが必要である。

現場での完全除染は、専用の除染ユニットや多くの資器材を使用するため準備に時間を要し、除染に当たり汚水が発生するため、汚水の回収保管が必要となる。

また、救助者を冷たい水で除染することは、体温を下げるなど、状態を悪化させることになるため、全身に水をかける除染は推奨しない。

## 除染の必要性

- ❖ 被災者の9割は液体の付着ではなく、ガスの吸引
- ❖ 歩行可能な被災者は、皮膚の汚染はほぼない



大量の被災者の中で本当に除染が必要なのは誰か

- ❖ 歩行可能な被災者は除染を待たない
- ❖ 救急車を待たず勝手に病院に押し寄せる



二次被害防止のための病院前除染

障害が発生している被害者全てが除染対象となるわけではない。除染が必要な化学剤の汚染物質（液体）に直接触れた被害者は、発生現場のすぐ近くにいた人員のみであり、大半は除染の必要がない有毒化学剤のガスを吸引し発症した被害者である。神経剤の場合は、ある程度時間が経った後に、歩行可能な被災者（神経剤による症状がない被災者）には皮膚の汚染はないと判断できる。被服や靴底が汚染された歩行可能被害者は、消防が準備した除染を待つことなく、自力でまたはタクシー等を使用して病院に向かうことを止めることはできない。したがって、病院では二次被害を防止するためゲートコントロールを厳正に実施し、汚染の有無の確認と除染の実施が必要である。

## まとめ

- ❖ 見えない敵を見極め、正しく認識すればCBRNは怖くない
- ❖ CBRNE事態は100%阻止も100%完璧な対応も困難
- ❖ いかなる事態も大過なく合格点がとれる対応
- ❖ 警察、消防、自衛隊、自治体、専門機関の連携が不可欠
- ❖ 想像したくない最悪を考え、空振は幸運と思い万全の備え

30

CBRNテロは目に見えない有害物質であるため、非常に恐怖心を煽り、この恐怖心がテロを行う側の目的でもある。

この見えない物質の存在を見極め、関連する知識により正しく認識すれば、安全を確保しつつ被災者の救助が可能である。

しかしながら、CBRNEテロ災害対処は、常に受け身であるため、完璧な阻止も完璧な対応も困難である。

これに対応するファーストレスポnderは、いかなる事態でも、大過ない対応、つまり被災者の防ぎ得る死をいかになくすかである。このため、消防、警察、自治体、自衛隊、事業所管理者、専門機関の連携が不可欠であり、この連携を有効に発揮するため、日頃からの関係機関による、最悪事態を想定した机上演習及び実践的な訓練が重要となる。



# 爆発物テロ災害対処

初動対応者のための基礎知識

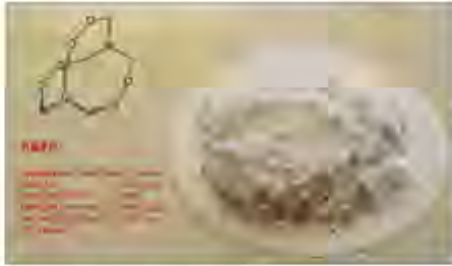
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

## 内容

- ・爆弾テロの概要
- ・爆弾テロ災害対応

## 爆発物テロの特性

- ❖ 爆弾テロは最も蓋然性が高く、テロの70%を占める
- ❖ 市販薬品とインターネット情報で作成可能
- ❖ 最も蓋然性が高いのは有機過酸化物による爆破テロ
- ❖ 二段攻撃、化学剤、放射性物質等、複合的危険の存在の可能性



**HMTD(有機過酸化物)**



**IED (Improvised Explosive Device)**

2

世界で発生しているテロの約7割は爆発物によるもので、誰でも手に入れることのできる市販薬とインターネット情報で爆発物を作成することが可能である。

紛争地域では、軍用爆弾と起爆装置を組み合わせたIEDが使われることが多いが、我が国において最も蓋然性が高いのは、市販薬で容易に製造できる有機過酸化物である。

また、テロは対応する側が最も嫌がる手段を使うため、爆発の二段攻撃や、爆発物に化学剤や放射性物質を組み合わせたダーティボムも警戒する必要がある。

# 爆発物テロ未然防止対策

## ❖ 未然防止

- \* 巡回強化、職務質問の徹底
- \* 監視カメラの増設
- \* アナウンス、ポスター等による協力要請

## ❖ 不審物対応

- \* 触れず、速やかに遠ざかり、警察に通報
- \* 周囲の人への注意喚起、避難誘導
- \* 処置は専門家に任せる

爆発物テロを未然に防止するためには、まず、不審物を設置させる隙を与えないことである。特に集客施設等テロの対象となる場所では、監視や不審者への警戒を強化すると共に、イベントへの参加者等に対しても、不審物・不審者への警戒の協力を促すことも未然防止のため重要である。

不審物を発見した場合、不用意に触れることなく、速やかに遠ざかり、警察に連絡すると共に、周囲に人にも注意喚起を促し、パニックに陥ることなく冷静に避難することが重要である。

爆発の可能性のある不審物からは十分な距離を設けて立ち入り禁止とし、専門部隊である警察の爆発物処理班の出動を待つ。

## 爆発物テロ初動対応

- ❖ 二次爆発物の存在に留意し行動する
- ❖ 爆発物の疑いのある不審物に近づかない
- ❖ 救助のためやむを得ない場合は
  - \* 建物等の隠蔽物を最大限利用する
  - \* 爆処理用の盾等を使用する
  - \* 車両、土嚢、水缶等遮蔽物を使用する
  - \* いかなる場合も20m以内には近づかない

4

爆発物テロは、当初の爆発による被害者を助けるファーストレスポンスに攻撃を与える二段階攻撃が行われる可能性がある。したがってテロが疑われた場合、爆発物の疑いのある不審物には掩護物を利用する等、十分に注意を払う必要がある。

人命救助のためやむを得ない場合、前スライドの避難命令距離以内に入ることを避け、爆発物に内包された金属片から防護するため建物等の遮蔽物の最大限利用、防護盾、車両、土嚢、水缶等の遮蔽物を使用し、極力低い姿勢で要救助者を救出する。

## 爆発物の種類

区 分	爆燃物質	爆ごう物質		
法的区分	火薬	一次爆薬	二次爆薬	三次爆薬
代表例	黒色火薬 無煙火薬	有機過酸化物 TATP,HMTD DDNP(雷管)	TNT、C4 ヘキソーゲンRDX ペンスリットPETN ニトログリセリン 含水爆薬	硝酸アンモニウム ニトロメタン
起爆源	点火具	点火玉	雷管、一次爆薬	二次爆薬
伝播速度	数100m/s以下	数1,000m/s～10,000m/s		
圧力	密閉度に依存	10～数10 GPa		
用途	推進薬、発射薬	発破、地雷、榴弾、魚雷		

5

過去には、花火等に使用されている黒色火薬を集めて密閉容器に入れて爆破させるケーもあったが、これらは爆燃物質と言われ爆発威力は限定的である。

紛争地域における爆弾テロであれば、爆轟物質といわれる軍用のTNTが使用されることが多いが、外国からわが国に持ち込み可能な爆薬としてプラスチック爆薬（RDX、C4）等がある（韓国大統領暗殺未遂、大韓航空機爆破など）。

西側先進国では、最近ではTNTは使用されず、パリ、ロンドン、ブリュッセル、ボストン、ニューヨークで発生した爆発物テロでは、いずれも有機過酸化物が使用されている。

## 爆発の影響

- ❖ 空気を圧縮し衝撃波を形成、全方向に音速を超えて伝搬
- ❖ 閉鎖空間における爆発は、衝撃波が反射し被害が拡大
- ❖ 水中での爆発は影響が強く、危険距離が3倍となる
- ❖ 爆風圧、熱、破片、有害物質により多様な傷病者が発生
- ❖ 爆発物の内容物（金属片等）は、初速千m/s以上で飛散する
- ❖ 爆発物の近くの物体は、大きな物でも数百m/sで飛散する

6

爆発の影響は、爆風による殺傷と爆風に伴い金属片等が飛散し、これによる殺傷効果がある。

爆風は、爆発物に近い程致命的であり、また閉鎖空間や水中ではその効果が増大する。

爆発物の内容物（ボールベアリング等）は初速千m/s以上で飛散し、これは拳銃等の弾丸よりも危険である。

また、爆風により窓ガラスやテーブル等も数百m/sの速度で飛散し身体に衝突した場合、生命の危険がある。

## 爆発による被害（爆傷）

区分	損傷の原因	症状
一次爆傷	衝撃波による損傷	鼓膜破裂、肺挫傷、眼球破裂、 腹腔内出血、腸管穿孔、脳震盪
二次爆傷	飛散物による損傷	多発性穿通創、体内遺物、 皮膚軟部組織損傷、外傷性剥離骨折
三次爆傷	吹き飛ばされる損傷 建物の崩壊による損傷	内出血、脳損傷、脊椎脊髓損傷、 骨折、胸腹部骨盤損傷
四次爆傷	その他の損傷 主に熱傷及び有害ガス	熱傷、煙及び粉塵による呼吸症状、 一酸化炭素等中毒

7

爆発による被害の原因は、一次爆傷から四次爆傷がある。  
 一次爆傷は、爆発による衝撃波による損傷で、避難命令距離以内で爆発を受けた場合で、致命的である。  
 二次爆傷は、爆発物に内包された金属片または爆破により破壊されたガラス片等の飛散物による損傷である。銃で撃たれた場合と同様の殺傷力があり、身体の重要部位または穿通・穿刺により大量出血した場合、致命的であるが、防護盾等で防護可能である。  
 三次爆傷は、爆風に身体が吹き飛ばされ、床や壁面にたたきつけられることによる損傷で、低い姿勢または伏せることにより回避が可能である。また、建物の崩壊による損傷もこれに含まれるが、堅固な建造物の柱等の活用が有効である。  
 四次損傷は、爆発に伴い発生したガス、熱傷、煙、粉塵等による呼吸症状、及び一酸化炭素中毒であり、通常の火災対応と同様である。

## 爆薬量と避難距離

爆発物の種類 (容器、車両等の種類)	爆発物 TNT換算薬量(kg)	避難命令距離(m)	避難推奨距離(m)
鉄パイプ、圧力鍋	2.3	21	366
ベスト	9.2	34	518
スーツケース	23	46	564
軽自動車	227	98	580
バン、RV車	454	122	732
2tトラック	1,814	195	1,159
4tトラック	4,536	263	1,555
大型トレーラー	27,216	479	2,835

出典：爆発物検知・CBRNEテロ対策ハンドブック

8

避難命令距離は、建物内に避難する場合の距離で、避難推奨距離は屋外で避難する場合の距離の基準である。

避難命令距離は、建物の強度に依存するが大きな被害や崩壊などが発生しない建物の中にいて、かつ窓から離れている場合の距離である。日本の木造家屋は、この避難距離では半壊し、爆破片が壁を貫通する可能性もあることから、この距離はビルなど堅固な建造物を対象として避難距離と考えたほうが良い。

避難推奨距離は、爆発物に仕込まれた金属片等が飛散する距離、またはガラスの破損等による危険の恐れがある距離に相当する。西側先進国で、空港、地下鉄、バスなどの爆破にはいずれも有機過酸化物が5kg程度使用されている。これは自爆ベルトやデイバッグなどに入れて怪しまれず持ち込める量のためである。



## 遮蔽物による防護

❖ 飛散物から防護するために遮蔽物が必要

❖ 建造物の頑丈な柱等による遮蔽  
頑強な建造物の影（通視できない所）の利用

❖ 防護盾、土嚢等による遮蔽  
防護盾の使用、土嚢壁の設置

❖ 避難命令距離以内には立ち入らない  
爆発破片からの防護（二次爆傷からの防護）  
爆風からの防護困難（一時爆傷からの防護効果なし）

遮蔽物素材	厚さ
鋼板	5mm
ポリカーボネート	10mm
コンクリート	20mm
砂	125mm
直径9.5mm鋼球 衝突速度500m/s	

9

人命救助等止むを得ない場合、遮蔽物を最大限利用する着意が必要となる。

建造物の頑丈な柱の陰や床が低くなっている構造等を利用し、不審物が爆発した場合であっても飛散物が身体を直撃しないよう防護することが重要である。

建造物の利用が困難な場合、防護盾の使用や土嚢の設置が有効である。防護盾は、直径9.5mmの鉄球が500m/sで飛散することを過程した場合、

鋼板であれば約5mm、ポリカーボネートであれば約10mmで防護可能である。また、土嚢であれば砂を詰め約125mmの厚さにすることで防護できる。

これは2次爆傷（破片効果への防護）であり、防護盾がある場合であっても避難命令距離以内に入ってはいけない。

## 爆発物テロによる負傷者への対応

- ❖ 医療関係者は爆破地点付近に極力近づかない
- ❖ 二次爆発に留意する
- ❖ 多数傷者発生に対するトリアージが重要
- ❖ 創傷部の迅速な止血が救命率を左右する
- ❖ 体表が軽傷でも臓器損傷の可能性を疑う
- ❖ 化学剤、放射性物質等による汚染を疑う

10

爆発による負傷者への対応として、応急救護、現場医療があるが、医療関係者がテロ現場に派遣された場合は、極力爆破地点付近には近づかないことである。

さらに爆発物の他、化学剤や放射性物質などが同時に使用される可能性にも留意する。爆発物テロ発生時には、多数傷病者が発生するため、救命率の向上にはトリアージも重要なポイントであり、現場での迅速な止血が有効である。さらに爆傷では体表の損傷が軽微でも臓器損傷が隠れている可能性があることに留意する。

トリアージ、現場医療、搬送、医療機関の選定、広域搬送等には、関係機関の連携が必要である。

## 爆傷（多数傷）のトリアージ

区 分	症 状
緊急治療群 (赤タグ)	気道閉塞、呼吸困難、非代償性ショックの徴候のある患者
待機治療群 (黄タグ)	代償性ショックの有無に関わらず内臓臓器損傷の患者
治療不要群 (緑タグ)	鼓膜損傷や難聴などの歩行可能な傷病者
救命困難群 (黒タグ)	呼吸停止、心肺停止の患者

出典：CBRNEテロ災害対処ガイドブック

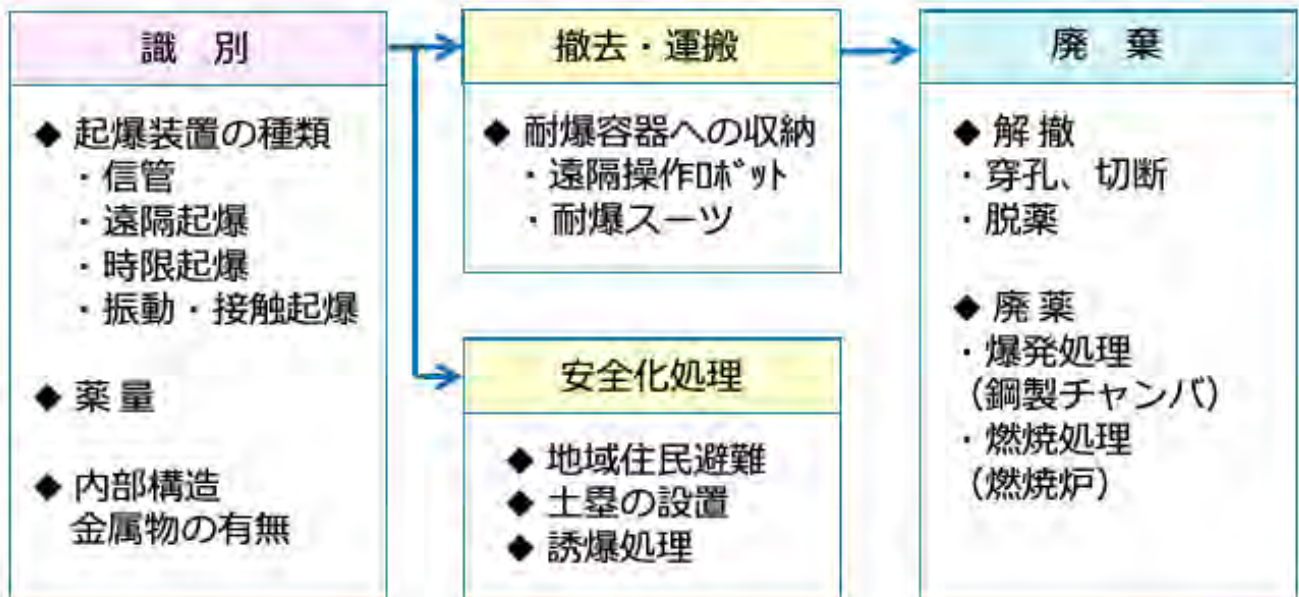
11

爆発が発生した場合、多くの被害者が一度に発生する。このため、現場ではトリアージが重要となる。

現場では、止血及び心肺蘇生等の応急処置を速やかに実施した後、医療機関への搬送を行う。

この際、気道閉塞、呼吸困難、非代償性ショックの徴候のある患者の搬送を優先し、次いで内臓臓器破損の疑いがある患者となる。多数傷対応の場合、生命に影響がない鼓膜破損や難聴等の歩行可能者は自力による医療機関への受診を推奨する。

# 爆発物処理の概要



12

爆発物処理は専門部隊の仕事である。その概要は、まず識別であり、起爆装置の種類を確認し爆発の緊急度を確認すると共に薬量を確認し爆発の影響度を推定する。爆発物を移動させることが可能と判断した場合、耐爆容器に収納し、処理可能な施設へ運搬する。

移動させることが非常に危険である場合、地域住民を避難させ、土塁等により周りを取り囲み、誘爆により処理を行う。

廃棄は、解体が可能であれば穿孔・切断により爆薬を抜き取り焼却処理を行う。解体が困難な場合、薬量に応じた鋼製チャンバの中で爆破処理する。

## 爆発物の探知方法と特性

探知方法	トレース探知	バルク探知	液体物検査	ボディスキャナー
対象	手指、被服等に付着する微量の爆薬成分	爆薬、起爆装置等の有無	危険な液体か安全な液体かの識別	被服内に隠し持つ爆発物の探知
方法	イオンビーム法 質量分析法 増幅蛍光ポリマー 爆弾探知犬	X線透過像 X線CT X線回析	レーザーラマン X線後方散乱 赤外分光	X線 ミリ波
特徴	極微量検出 低誤報率 量の判別は困難	形状情報から判断 材質識別 高処理速度	液体物種類判別 容器材質種類判別	高処理速度 被ばく問題 プライバシー問題

13

不審物は各種探知方法により、爆発物か否か、危険性の程度等を判断する。

トレース検知は、微量な爆薬成分を探知する技術で、pg（ピコグラム）オーダーの検知が可能である。これは爆発物を取り扱った人物の手や服はもちろんの事、手や服が触れた部分にも次々と痕跡が転写され追跡が可能な程精度が高い。

バルク探知は、X線を使用するもので、形状から判断する。

液体物検査は容器に入った液体爆薬を探知するもので、空港等で機内持ち込みの場面等で目にすることが多い。

ボディスキャナーはX線または身体に影響のないミリ波を使用し高速で被服内に隠し持つ不審物を探知するものである。

# 爆発物からの防護

## 防護装備



ヘルメット



防爆盾



簡易防護服  
重量約6kg

- ◆ 距離
- ◆ 遮蔽
- ◆ 低い姿勢



ターニケット

## 専門部隊装備



爆発物処理用具



防爆スーツ  
最大45kg

爆発物からの防護装備として、ヘルメット、防護盾、また、飛散する金属片等から防護可能な簡易防護服等がある。

専門部隊が使用し、爆発物に緊迫する際の装備として、遠隔操作や防弾板で防護されたマジックハンド、車両タイプの爆発物処理用具、防爆スーツ等がある。

この他、爆発物から身体を防護する着意として、できる限り距離をとり近付かない、遮蔽物の最大限の利用、低い姿勢の保持が原則である。

また、爆発による被災者は四肢切断、動脈損傷等、大量出血を伴う場合が多い為、救助にあたりターニケットの準備も重要である。

## 耐爆防護容器

- ❖ 空港や鉄道等公共施設に設置
- ❖ 緊急時の処置として一時的に保管
- ❖ 爆発しても周囲への被害を局限
- ❖ 数kg程度の爆発物の爆風と爆発破片を防護



耐爆防護容器  
(直径60cm高さ100cm)

15

耐爆防護容器は、空港や鉄道等公共施設にごみ箱と共用で設置し、爆発物にも対応できるよう設計された容器である。

諸外国では比較的多くみられるが、我が国で見るとはまだ少ない。

これは、緊急時の処置として不審物を一時的に保管するもので、この容器内で爆発しても周囲に爆風や飛散物が飛散せず、被害を局限することが可能である。

写真の容器で、数kgの薬量の爆発物から防護が可能である。しかしながら、爆発物をこの容器に入れるため移動させる時に危険が伴う。

## まとめ

- ❖ テロの7割は爆発物による
- ❖ 爆発は最初の爆発の後の2次攻撃に留意する
- ❖ 不審物に不用意に近づかない
- ❖ 人命救命等止むを得ない場合、遮蔽物を最大限利用する
- ❖ 止血、心肺蘇生を安全な場所で速やかに実施する
- ❖ 爆発物処理は専門部隊に任せる
- ❖ 放射性物質、有毒化学剤等の併用を疑う

16

世界で発生するテロの内、約7割は爆発物によるテロである。爆発は最初の1回だけでは終わらず、続いて起きる2次攻撃の被害を局限しなければならない。

不審物から迅速に離隔することが原則であるが、1次爆発で負傷した傷病者の救出のためやむを得ない場合は、遮蔽物を最大限利用することが重要である。

救助にあたっては、不審物の爆発の影響のない所で、止血、心肺蘇生を速やかに実施することが優先される。

爆発物の処理は専門部隊に任せ、爆発に伴い放射性物質や湯毒化学剤等が併用された複合攻撃も疑う着意が必要である。



# 化学剤 検知紙

## 化学剤の種類と特性

	名称	外観	臭気	蒸気密度 (空気比)	持久度	半致死量 mg・min/m <sup>3</sup>
<b>神経剤</b> 神経系	タブン	無色液	無臭	5.6	数日	400
	サリン	無色液	無臭	4.8	数時間	100
	ソマン	無色液	無臭	6.3	数日	50
	VX	無色液	無臭	9.2	数日～週	10
<b>びらん剤</b> 皮膚・ 呼吸器系	マスタード	無色液 (淡黄)	にんにく臭	5.5	数日～週	1,500
	ルイサイト	無色液 (褐色)	ゼラニウム臭	7.1	数日	1,500
<b>血液剤</b> 細胞系	青酸	無色液・気	アーモンド臭	0.9	数分～時	2,500
	塩化シアン	無色液・気		2.1	数時間	10,000
<b>窒息剤</b> 呼吸器系	ホスゲン	無色気	干し草臭	3.5	数分～時	3,000
	塩素	無色液・気	刺激臭	2.5	数時間	6,000
	クロル ピクリン	無色液・気	刺激臭	5.7	数時間	2,000

化学剤にはいくつかの種類があり、それぞれ特性が大きく異なるため、種類ごとに対応の仕方も異なることを意識しなければならない。  
 少量で人体に影響があるもの、匂いや色がないものが危険な化学剤である。表は軍用化学剤である。血液剤、窒息剤は産業毒性物質として、事業所、工場などで使用されている。神経剤、びらん剤は殺傷目的で合成されたものである。  
 ほぼ全ての化学剤は空気より重い。そのため、特に室内においては低い位置に滞留するため低い姿勢でいると危険である。  
 持久度は、揮発しやすさであり、持久度が短いものは有毒ガスとして揮発しやすく、持久度が長いものは、汚染物質として残留し除染が必要となる。  
 半数致死量は数値が小さいほど、危険である。産業毒性物質は、半数致死量が大きく、匂いもあるため、何らかの匂いがした時点で防護措置を講じることにより被害を局限できる。



- ◆微量 (μg/cm<sup>2</sup>) の化学剤を数秒以内で検知
- ◆びらん剤 (赤)、G 剤 (黄)、V 剤 (濃緑) を検知
- ◆水以外の有機溶媒等に偽陽性を示す  
 アセトン、トルエン、マロン酸ジエチル → 黄色  
 サリチル酸メチル、水酸化ナトリウム → 赤色  
 ジエチルアミン、アミノブタノール → 深緑色



# **C B R N E テロ災害 初動対応マニュアル**

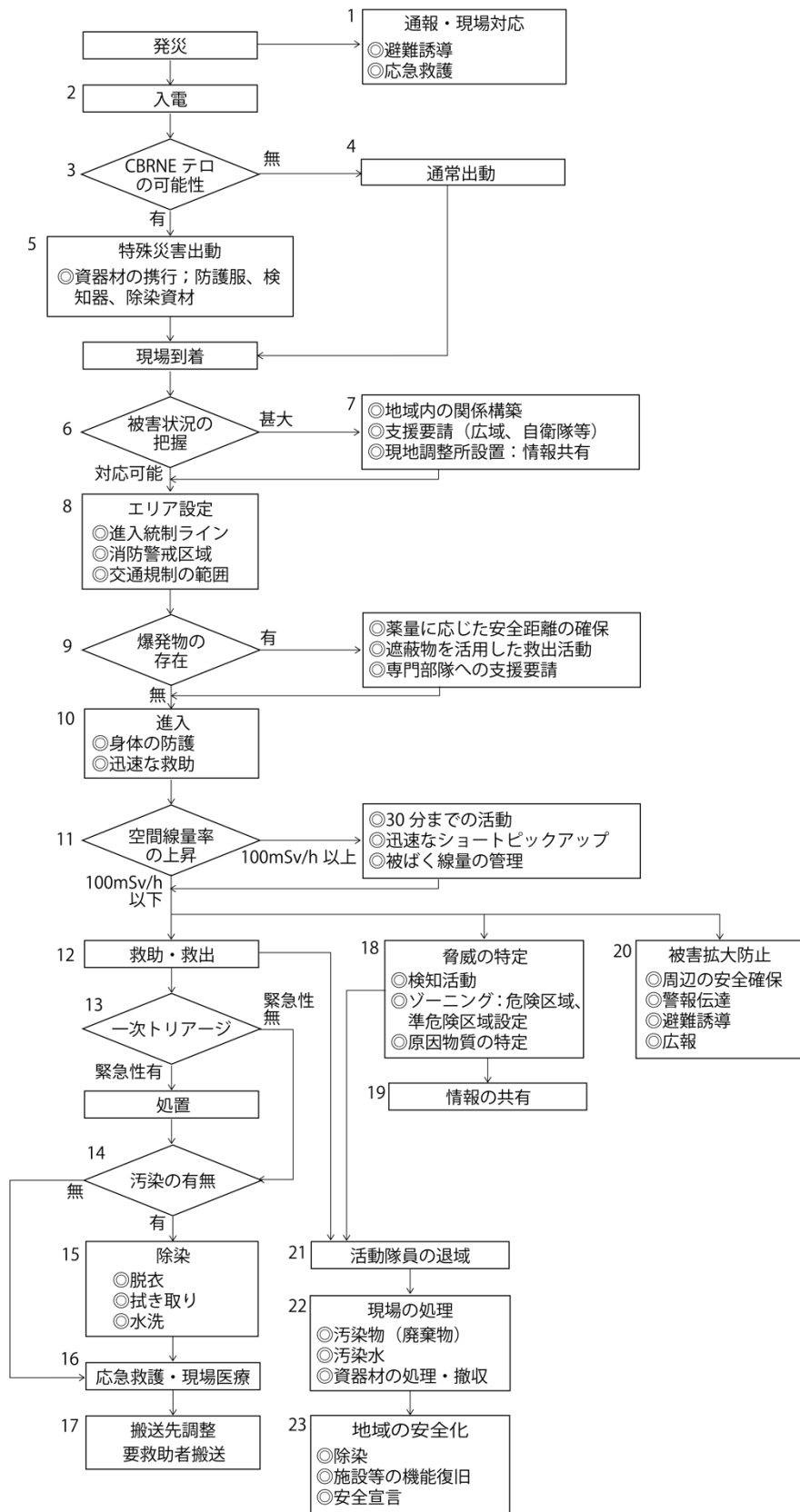
**Ver. 201912**

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費(放射線安全規制研究戦略的推進事業費)放射線安全規制研究推進事業(包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究)において作成されました。

## 目次

災害現場、災害医療の CSCATTT .....	1
1. 通報・現場対応 .....	1
2. 入電 .....	1
3. CBRNE テロの可能性の判断 .....	1
4. 通常出動 .....	1
5. 特殊災害出動準備 .....	2
6. 被害状況の把握 .....	3
7. 被害甚大時の対応 .....	3
8. エリア設定 .....	4
9. 爆発物存在時の対処 .....	4
10. 進入 .....	5
11. 空間線量率の上昇 .....	5
12. 救助・救出 .....	6
13. 一次トリアージ .....	6
14. 汚染の有無 .....	6
15. 除染 .....	7
16. 応急救護・現場医療 .....	7
17. 搬送先調整、要救助者搬送 .....	7
18. 脅威の特定 .....	8
19. 情報の共有 .....	8
20. 被害拡大防止 .....	9
21. 活動隊員の退域 .....	9
22. 現場の処理 .....	10
23. 地域の安全化 .....	10

対応フローチャート



災害現場、災害医療の CSCATTT

災害時には、「医療ニーズ」が「供給能力」を上回った状態であり、最大多数の救命、一人でも多くの救える命を救うことが目標になる。そのために、トリアージ (Triage) を行い、医療資源を投入すべき傷病者を選別し、治療 (Treatment) や搬送 (Transportation) の順位を決定します。これらの医療行為を行う体制を整えるために、指揮命令系統の確立 (Command & Control)、安全確保 (Safety)、情報収集と伝達 (Communication)、評価 (Assessment) が重要とされ、このコンセプトが CSCATTT である。

	Command&Control 指揮と調整	Safety 安全	Communication 情報共有	Assessment 評価	Triage トリアージ	Treatment 治療	Transportation 搬送
1	現場対応			○			
2	通報・入電		○	○			
3	CBRNE への可能性			○			
4	通常出動	○					
5	特殊災害出動	○					
6	被害状況の把握			○			
7	支援要請等						
8	エリア設定	○					
9	爆発物の存在	○					
10	進入	○					
11	空間線量率の上昇	○		○			
12	救助・救出	○					
13	一次トリアージ	○			○		
14	汚染の有無			○			
15	除染			○			
16	心急救護・現場医療					○	
17	搬送先調整・要救助者搬送						○
18	脅威の特定			○			
19	情報の共有		○				
20	被害拡大防止	○	○				
21	活動隊員の退域	○					
22	現場の処理	○		○			
23	地域の安全化	○					

1. 通報・現場対応
  - (1) 施設管理者または現場警備担当者等  
可燃物のない場所での爆発、同症状の複数患者の発生、異臭や不審物、不審な液体等を確認した場合、CBRNE テロを疑って行動する。
  - (2) 通報  
発生場所、被災者数、被災者の様態、原因（爆発、火災、異臭、煙、不審な液体）を通報する。
  - (3) 避難誘導  
発災場所の風上方向を基準に、避難方向を明確に示し、冷静沈着な行動を促す。
  - (4) 応急救護  
CBRNE テロを疑った場合、発災場所に不用意に近づかない。周辺の被災者の様態を確認し、化学剤の徴候がなければ、大量出血及び心肺停止患者については応急的な止血及び蘇生を行う。
  
2. 入電
  - (1) 被害状況の確認  
不正確、不足した情報であることが多い、また多数傷病者が発生した場合は、複数の通報となる。
  - (2) 確認項目  
発生場所、被災者数、被災者の様態、原因（爆発、火災、異臭、煙、不審な液体）
  
3. CBRNE テロの可能性の判断
  - (1) 化学テロ  
同一場所での複数の同一症状、異臭、不審な液体、可燃物等扱っていない場所での爆発
  - (2) 生物テロ（秘匿的攻撃、パンデミックは含まない）  
不審な粉
  - (3) 放射線テロ（核兵器によるテロ等は含まない）  
不審な粉、可燃物等扱っていない場所での爆発、不審物の放置
  - (4) 爆発物テロ  
可燃物等扱っていない場所での爆発、不審物の放置
  
4. 通常出動
  - (1) 携行品、装備等  
通常出動となった場合でも、呼吸保護装備、防護手袋（ニトリル系）は携行し、事象の変化が生じた場合、あるいは化学テロを疑った場合は直ちに着用する。

(2) 継続的な情報収集

専門機関及び警察等関係機関との情報共有、及び現場状況の変化等継続的な情報収集に努める。

(3) 現着後特殊災害と判明した場合

呼吸保護装備を装着し、身体の露出部位をなくし、特に手袋は二重に装着し、不審な液体等に絶対に触れないように注意して風上側から接近し、被災者のショートピックアップが可能であれば短時間で実施する。また、可能な範囲で応急救護を実施し、専門部隊の応援を要請する。

5. 特殊災害出動準備

(1) 携行資材の準備

CBRNE テロ発生を判断し、特殊災害出動となった場合、複合使用等最悪を想定し全ての CBRNE 脅威に対応できるよう準備する。

(2) 防護服

a レベル A 防護服

化学テロ災害時、現場到着後直ちに発災場所に進入し、最も危険な発災点から歩行不能被災者を迅速にショートピックアップする場合に適する。

b レベル B 防護服

化学テロ災害時、ホットゾーン及びウオームゾーンにおける被災者の搬送、除染、検知をする場合に適する。(30分以上行動する場合はボンベ交換が必要)

c レベル C 防護服

化学テロ災害時、ホットゾーン及びウオームゾーンにおける被災者の搬送、除染、検知をする場合に適する。しかしながら、長時間(一般的に12時間有効、高濃度の有毒ガスが存在する場合はこれより短時間となる)行動する場合は吸収缶の交換が必要となる。また、酸素が欠乏している場合及び吸収缶の適用ガス以外の有毒ガスが存在している場合は使用できない。

d 簡易防護服(タイベック)

放射線テロまたは生物テロ災害時、身体の汚染を防止する場合に適する。なお、ゴム手袋、靴カバー、防護マスク(N95以上)を装着し、結合部はテープによる目張りをする。

(3) 検知器

a 化学

化学剤検知器、分析器、検知紙、可燃性ガス測定器、酸素濃度測定器、有毒ガス測定器

b 放射線

個人線量計、線量率計(空間線量測定用、汚染密度測定用)



個人線量計および空間線量率計は出動時から電源を入れ、測定を継続しながら出動する。

c 生物

簡易検査チケット、テストストリップ

(4) 除染器材

a 乾的除染

ビニール袋（汚染物回収用）、はさみ、ふき取り用紙タオル、毛布等

b 水的除染

除染剤（器資材除染用）、紙タオル、ビニール袋（汚染物回収用）、除染テント、毛布、汚水回収用ポンプ、汚水回収用容器等

6. 被害状況の把握

(1) 優先事項

発災現場に残された被害者の迅速なショートピックアップを最優先とし、到着後の情報収集、現場確認及び測定器による確認は、努めて速やかに実施する。

(2) 情報収集

通報者、現場施設責任者、目撃者等から情報を収集する。

(3) 現場確認

被害者の概数及び被害様相により化学剤の可能性の有無を判断し、放射線の有無については検知器により迅速に確認する。さらに不審物（爆発物、化学剤など）に注意し、二次攻撃に留意する。

7. 被害甚大時の対応

(1) 地域内の関係構築（顔の見える関係構築）

先着隊の活動計画では対応ができないほど被害が甚大である場合は、県内外の消防本部、警察、自衛隊等へ支援要請をすることとなるが、各組織への支援要請の方法、手順は事前に把握し、カウンターパートを確認しておく必要がある。

(2) 現地調整所の開設；情報共有

当初現着消防隊の指揮所に情報を集約・共有し、逐次現着する関係機関の各指揮所を当初の現場指揮所近傍に開設する。自治体による担当者の現着後、現地調整所として開設し、情報の集約、現状把握、行動方針の決定、役割分担の調整、広報等を組織的に実施する。

(3) 広域支援要請

多数被害、汚染物質の存在及び被害拡大の可能性が確認された場合、直ちに消防本部に通報し、増援、NBC 災害対応部隊の支援を要請する。自衛隊への支援要請は、支援要請の内容、目的等を明確にし、地区担当自治体担当者から都道府県防

災担当者（知事権限）へ連絡し、都道府県防災担当者（知事権限）から災害派遣要請をする。

## 8. エリア設定

### (1) 進入統制ライン

発災現場の状況を確認し、各ゾーンが設定される前に、危険な事象が発生しているもしくは、発生する可能性がある地域と安全な地域とを区別し、活動隊員の安全を確保する。また、この進入統制ラインから発災現場への進入は防護装備の着用、検知器材の携行が必須である。

放射線テロ災害の場合は、バックグラウンドレベル以上の空間線量率が検知される、あるいは放射性物質の飛散による汚染が疑われる地域との境界で設定するのが原則である。

化学テロ災害の場合は、要救助者が倒れている場所から風上 120m で設定するのが原則である。

### (2) 立入禁止区域等

現場での消防活動、捜査等を効果的に行うために必要なエリアを確保し、住民や一時滞在者等の安全確保を図り、外周を標識等により明示する。消防警戒区域、立入禁止区域等がそれぞれ担当の消防、警察により設置される。区域内からの退避および区域内への出入りを禁止または制限する。

### (3) 交通規制の範囲

緊急車両、救急車の傷病者搬送等の円滑な通行の確保、住民や通行者の二次災害防止のため、発災現場を中心に十分広い区域において、交通規制する。交通規制は警察によって実施される。

## 9. 爆発物存在時の対処

### (1) 安全距離の確保

不審物の大きさから概略を判断（人員可搬型のテロの場合、薬量 5kg 以下が大半）し、爆発物の薬量に応じた安全距離を確保する（下表）。なお、いつ爆発するかわからないことを常に意識して行動する。

爆発物の種類 (容器、車両等の種類)	爆発物 TNT 換算薬量 (kg)	避難命令距離 (m)	避難推奨距離 (m)
鉄パイプ、圧力鍋	2.3	21	366
ベスト	9.2	34	518
スーツケース	23	46	564
軽自動車	227	98	580
バン、RV 車	454	122	732
2tトラック	1,814	195	1,159

4tトラック	4,536	263	1,555
大型トレーラー	27,216	479	2,835

出典：火薬学会爆発物探知専門部会編 爆発物探知・CBRNE テロ対策ハンドブック

(2) 専門部隊への支援要請

警察（爆発物処理班）への出動を要請する。専門部隊到着までの間、要救助者の様態（大量出血、化学剤併用による症状の出現等）の確認し、専門部隊到着時間と要救助者の救命のための時間的猶予を判断する。

(3) 遮蔽物等を利用した救出

建築物、構築物の壁、柱、堅固な施設付帯物、ソファ等々の遮蔽物、防爆盾、車両等遮蔽に活用できるものは全て活用し、救命のための時間的余裕のない被災者のショートピックアップに努める。遮蔽物があっても 20m 以内に近付いてはいけない。

10. 進入

(1) 身体の防護

呼吸器と皮膚が防護されていれば化学剤及び生物剤からは防護可能である。レベル A 防護服であれば、爆発、強度の放射線を除き、身体の防護は可能である。

(2) 迅速な救助

CBRNE テロ災害の場合の被災者は、汚染物質からの離隔、及び拮抗剤の投与（神経剤の場合）、心肺蘇生、止血（大量出血の場合）、を可能な限り迅速に行うことが救命率を向上させる。

11. 空間線量率の上昇

(1) 空間線量率の測定

出勤時から放射線の測定を実施し、バックグラウンド以上の放射線を検知した場合、あるいは個人線量計で数値が上昇した場合は、放射線の測定を継続する。100mSv/h 以下の地域では、個人線量計による被ばく線量管理を行い、被ばく線量が 100mSv を超えないように活動計画を立て、救助等必要な活動を実施する。

(2) 100mSv/h を超える地域での活動

100mSv/h 以上の地域では、活動時間を 30 分以下に制限し、人命救助のみを行い、迅速なショートピックアップを行う。

(3) 放射線防護の 3 原則

a 時間の原則

時間に比例し被ばく線量が蓄積されるため、迅速な活動に徹する。

b 距離の原則

放射線源から離れば著しく低減するため、放射線発生源の近くを避ける。

### c 遮蔽の原則

建造物、車両等が遮蔽物として利用できれば努めて活用する。

## 12. 救助・救出

### (1) 処置の優先順位

拍動性出血を確認した場合、止血を最優先する。原因物質により汚染されている地域における心肺停止患者は、風上側にショートピックアップした後、速やかに心肺蘇生の処置を行う。

### (2) 歩行不能患者

化学剤または放射性物質が存在する地域からの離隔を迅速に実施する。多数傷の場合、レスキューキャリーマット（患者を包み込みロープで引きずるタイプの救出具）を活用すると効率的である。

### (3) 歩行可能患者

避難方向を明確に示し、冷静沈着な避難を促す。視覚障害、意識レベルの低下、錯乱している場合、歩行を補助する。

## 13. 一次トリアージ

### (1) 緊急度の判断

生命維持に必要なバイタルサイン（心拍、意識状態、呼吸、痙攣、出血）を確認し迅速な処置を実施する。

### (2) 拮抗薬の投与

神経剤による症状が発生している場合、新鮮な空気を投与する。また条件を満たしている場合は、自動注射器により拮抗薬（アトロピン、パム）を投与する。

### (3) 除染の必要性の判断

歩行の可否と汚染物質の付着状況により除染要領（脱衣、ふき取り、水洗）を分類する。汚染物質が付着していない有毒ガスを吸引しただけの患者は除染の必要がなく、速やかコールドゾーンに誘導する。

## 14. 汚染の有無

### (1) 化学剤による汚染の検査

化学剤による汚染は液体の付着によるものであるため、目視、検知紙による検査が有効である。化学剤検知器による検査はウォームゾーン内では汚染空気存在の可能性があり、汚染検査において疑陽性の誤報が出る場合がある。

### (2) 放射性物質による汚染の検査

放射線測定器を体表面から1cmの距離を維持し、1秒間で5～6cmの速度で動

かし確認する。また、 $\alpha$ 線放出核種による汚染の場合、汚染検査は難しく、汚染拡散予測等の状況によっても汚染の有無を判断せざるを得ない。

(3) 生物剤による汚染の検査

炭疽菌の場合、鼻腔スメア、または被服等に付着した白い粉のスメアにより検査できる場合があるが、それ以外の生物剤の場合、除染の要否を確認するための汚染検査は困難である。生物剤テロが発生した場合、その近傍の拡散予測範囲にいた人員は全員除染対象となる。

15. 除染

(1) 脱衣による除染

一番外側の衣服の脱衣及び脱靴で概ね 90%の除染が可能であり、脱衣した被服等はビニールの袋に入れてウオームゾーンに一時保管する。

(2) 拭き取りによる除染

露出皮膚及び被服の浸透が疑われる場合、ふき取りにより除染する。この際、RSDL等の除染具があれば使用する。脱衣とふき取りにより 99%の除染が可能である。

(3) 水洗による除染

水洗が最も効果があるが、時間を要し、低体温、汚水発生等の問題を有する。大人数の迅速な除染の要領として、消防車等からシャワー状に放水し汚染人員を通過させて除染をする方法（ラダーパイプ）もある。

(4) 除染後の確認

化学剤は化学剤検知器あるいは検知紙を用い、放射性物質は表面汚染計で除染効果を確認する。

16. 応急救護・現場医療

(1) 応急救護

呼吸補助、止血、創傷の応急処置を実施する。

(2) 現場医療

現場に医療チームがいる場合は、気管挿管、拮抗薬の投与などを実施する。

17. 搬送先調整、要救助者搬送

(1) 搬送先調整

地域の災害医療体制、計画に基づいて、搬送先を選定、調整する。

(2) 要救助者搬送

放射性物質が付着している場合は、汚染拡大防止として被覆し、搬送する。通常の救急搬送と同様の車内活動は実施する。

## 18. 脅威の特定

### (1) 検知活動

#### a 化学剤の検知

化学剤検知器及び検知紙等を使用し、汚染物質の特定及び汚染範囲の決定を行う。この際、被災者の症状、証言、不審物の状況等も総合的な判断要素とする。

#### b 放射線の検知

放射線量率計により放射線強度を測定し危険範囲を決定する。また、スメア法（ふき取り）により汚染の有無、範囲を決定する。核種が判明できる検知器があればその結果を医療従事者に通報する。

#### c 生物剤の検知

白い粉の散布等、明示的なテロ以外では発災現場での検知は困難である。明示的な散布の場合、抗原抗体反応を利用した簡易検査キットやテストストリップで特定の生物剤の検知が可能である。秘匿的な散布の場合、数日から十数日経過後発症するため、保健機関による疫学調査により特定せざるを得ない。

### (2) ゾーニング

#### a 危険区域（ホットゾーン）

原因物質に直接接触する可能性のある区域で、不審物の存在、検知器による反応を示す一帯、歩行不能者が倒れている一帯で、発災地点から約 100m 距離を目安とする地域に設定し、立ち入り禁止テープ、カラーコーン等で表示する。

#### b 準危険区域（ウォームゾーン）

直接的な危険は少ないが、救出活動等により二次汚染の可能性がある地域で、ホットゾーンの風上側 100m～120m の地域に設定し、除染活動等を行う。

#### c 安全区域（コールドゾーン）

危害が及ばない安全な区域で救護所や現場指揮本部、現地調整所等を設置する。

### (3) 原因物質の特定

分析装置または専門機関に採取試料を後送り剤種を特定する。

## 19. 情報の共有

### (1) 現地関係機関の活動に関する情報

現地関係機関の部隊等の編成、装備、能力、救出、検知等活動状況の現状、支援要請、増援部隊等の状況等について関係機関で情報を共有し、効率的・効果的な活動に資する。

### (2) 災害に関する情報

被害者の人数、様態、歩行不能者の位置、有害物質の特性、散布量、汚染範囲、二次被害、被害拡大の状況等の情報を集約し、迅速な救出活動による救命率の向上に資する。

(3) 住民に関する情報

現場付近に存在した歩行可能者の状況、危険が予測される区域の住民等の状況、警報発令、避難誘導、避難場所の状況等の情報を共有し、被害の拡大を防止する。

20. 被害拡大防止

(1) 周辺の安全確保

CBRNE テロ災害では危険区域は発生現場だけでなく風下方向に拡散し、大気の状態が安定しており風速2～5 m/sの場合、風下数 km に拡散する場合がある。

スマホアプリの WISER(The Wireless Information System For Emergency Responders)を使用し、気象、化学剤等の条件の入力で風下危険区域が算定できる。

(2) 警報伝達

発災現場周辺では、拡声器等により避難を呼びかけ、迅速な避難を促す自治体を通じ、周辺住民に対し警報を伝達し、屋内待機又は避難指示を徹底すると共に、警察による交通統制、地域封鎖との連携を図る。伝達手段としてエリアメール、テレビ、ラジオ、防災無線などを活用する。

(3) 避難誘導

汚染の流動方向から迅速に離脱する方向に誘導するため、避難方向、避難場所、危険個所の回避を明確に伝わるよう努める。また、パニックによる二次被害を防止するため、冷静沈着な対応を促す。

(4) 広報

周辺住民の安全を確保するための情報発信を最優先し、住民の不安を除去するため、適時・正確な情報発信に努める。この際、広報の窓口を一本化し、整理された公式見解の発表を行う。

21. 活動隊員の退域

(1) 二次汚染の有無の確認

活動時に付着した汚染の有無を検知器、検知紙を用いて確認する。特に靴、要救助者に触れた箇所は汚染されていると判断する。

(2) 防護衣の脱衣

汚染面に身体が触れないように脱衣する。また、化学テロ対応時は、脱衣した場所から風上側に約 50m移動した地点で呼吸保護具を外すことが望ましい。脱衣した防護衣は十分に除染するかビニール袋に入れウォームゾーンに一時保管する。

(3) 残留汚染の確認と除染

防護装備の脱衣後は、化学剤検知器及び放射線測定器により、身体の汚染の有無を確認する。

身体に汚染を確認した場合、直ちに洗浄（石鹼水の使用が望ましい）し、被服に

汚染を確認した場合は、直ちに脱衣しビニール袋に封入しウォームゾーン内で一時的に保管する。

汚染地域内で使用した検知器、救助具等はウォームゾーンで確実に除染する。

(4) 汚染状況及び汚染物質等の表示

退域時には、汚染された地域・施設等はその後の除染を容易にするため可能な範囲で汚染状況及び汚染範囲を表示する。また、活動により発生した汚染廃棄物等は、密閉容器等により安全化し所要の表示をする。

## 22. 現場の処理

(1) 汚染物（廃棄物）の処理

救助活動、検知活動等で発生した汚染物、及び発災現場の汚染物等は、密閉容器への封入により危険物質の漏洩がないことを確認後、焼却処分できる施設に移送する。移送が困難な汚染物は、現場にて除染剤により無害化する。この際発生する汚水についても回収する。輸送の可否、一時保管、処分要領等について自治体の指示に従い実施する。

(2) 汚水の処理

除染により発生した汚水は極力回収して密閉容器に封入し、じ後の処置について、自治体の指示に従う。

回収した汚水を放出する場合は、専門機関による安全性と排出基準への適合について確認し、安全の確認後、自治体の許可を得て下水に放水する。

(3) 資器材の処理

養生が施されている場合、汚染面を包むように養生シートを外しビニール袋に密封する。

放射性物質による汚染がある場合は、原則としてふき取または水洗を実施する。除染できない場合は、廃棄、交換することが原則となる。化学剤による汚染があり、養生が施されていない場合、5%次亜塩素酸でのふき取りを実施する。布製部位は原則として廃棄し交換することが望ましい。

水除染が不適な精密器材等は事前にビニール等で養生することが望ましい。

## 23. 地域の安全化

(1) 地域等の除染

化学剤により汚染された地域の除染は、大量の除染剤が必要となるため自衛隊の支援を要請する。地域の除染により発生する汚水は通常回収が困難であるため、除染開始前に自治体と除染要領について協議する。

除染剤は腐食性があるため、除染が適さない部位については、化学剤の種類により放置して揮発させることが適する場合もある。



放射性物質による地域の汚染を除去する場合は、吸引、除土、水洗（汚水回収）等の手段がある。

(2) 安全宣言

除染後、検知器等を使用し残留する危険物質の有無を確認する。

安全宣言は、専門機関の助言を得ながら自治体が判断する。

# 原子力災害拠点病院等 研修資料

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

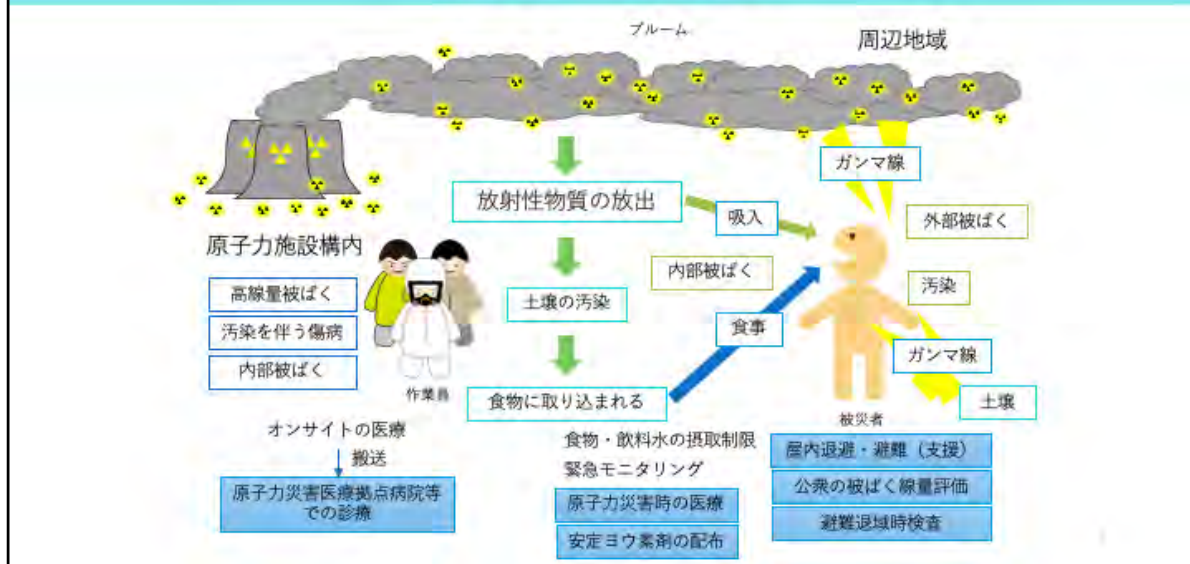
Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

## 内容

- 原子力災害と医療体制
- 被ばくと汚染
- 医療機関での準備と対策

# 原子力災害

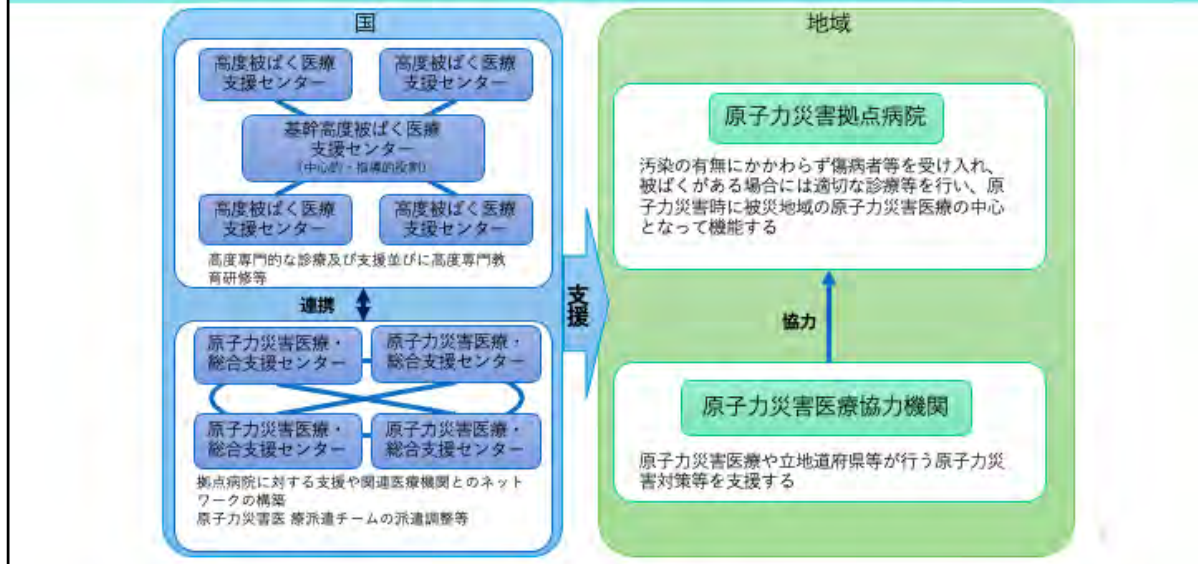


原子力発電所では、ウランが核分裂して発生する熱を発電に利用しています。この核分裂によって生じたものが核分裂生成物で、放射性物質を多く含んでいます。主に、キセノン、クリプトンなどの放射性希ガス、ヨウ素-131、ヨウ素-133、トリチウムの揮発性物質、クロム-51、マンガン-54、鉄-59、コバルト-58、コバルト-60、セシウム-134、セシウム-137、ストロンチウム-90など粒子状物質の気体や液体が生じます。事故で燃料のペレットや被覆管が破損すると、これらの放射性物質が外部へ漏れ出ます。

東京電力福島第一原子力発電所の事故では、津波によって全電源が喪失し、そのために原子炉を冷却できなくなり、原子炉内の温度や圧力が上昇して大量の放射性物質が環境中に放出されました。放出された気体状の放射性物質は、雲のような状態（プルーム）で大気中を流れます。このプルームから降ってきた放射性物質が地表に沈着したり、野菜などの食物に取り込まれます。そこで、プルームが通過した地域にいると汚染したり、プルームや地表からのガンマ線による外部被ばくをしたり、吸入や食事から内部被ばくをしたりします。

原子力災害時における医療対応には、通常の救急医療、災害医療に加えて被ばく医療の考え方が必要となります。

# 原子力災害時の医療体制



原子力災害時における医療対応には、被ばく線量、被ばくの影響が及ぶ範囲、汚染の可能性等を考慮して、被災者等に必要な医療を迅速、的確に提供することが必要となります。そのためには、各地域の状況を勘案して、各医療機関等が各々の役割を担うことが必要であり、平時から救急・災害医療機関が被ばく医療に対応できる体制と指揮系統を整備・確認しておくことが重要です。

原子力災害時の医療として、次の体制が整備されています。

- **原子力災害拠点病院**：原子力災害時において、被災地域の原子力災害医療の中心となって機能し、汚染の有無にかかわらず傷病者等を受け入れ、被ばくがある場合には適切な診療等を行う。
- **原子力災害医療協力機関**：原子力災害医療や立地道府県等が行う原子力災害対策等を支援する。
- **高度被ばく医療支援センター**：拠点病院では対応できない高度専門的な診療及び支援並びに高度専門教育研修等を行う。
- **基幹高度被ばく医療支援センター**：複数の高度被ばく医療支援センターの中心的・先導的な役割を担う。
- **原子力災害医療・総合支援センター**：平時において、拠点病院に対する支援や関連医療機関とのネットワークの構築を行うとともに原子力災害時において原子力災害医療派遣チームの派遣調整等を行う。
- **原子力災害医療派遣チーム**：拠点病院等に所属し、原子力災害が発生した立地道府県等内において救急医療等を行う。原子力災害拠点病院、原子力災害医療協力機関、原子力災害医療・総合支援センターが整備する。

## 地域の担当



量子科学技術研究開発機構は、基幹高度被ばく医療支援センターと高度被ばく医療支援センターに指定されています。

弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学は、高度被ばく医療支援センターと原子力災害医療・総合支援センターに指定されています。

原子力災害医療・総合支援センターの担当地域は次のようになっています。

- 弘前大学；北海道、青森県、宮城県
- 福島県立医科大学；福島県、新潟県、茨城県、神奈川県、静岡県
- 広島大学；富山県、石川県、福井県、岐阜県、滋賀県、京都府、大阪府、鳥取県、島根県、岡山県、山口県、愛媛県
- 長崎大学；福岡県、佐賀県、長崎県、鹿児島県

# 被ばく医療



被ばく医療の対象は、原子力施設あるいは原子力災害等で、外部被ばく、内部被ばくをした人と体表面汚染を合併した傷病者となります。

被ばく医療は、医療としての放射線障害の診断と治療、蘇生や外傷診療、全身管理と同時に被ばく線量評価と放射線管理を行う必要があります。被ばく線量評価は専門的な対応が必要なため、一つの組織や機関では対応困難なことがあります。そのため、平時に関係機関との連携やネットワークを構築して、事故や災害が発生した場合に備えておきます。

また、医療機関は、原子力災害時に被ばく医療を円滑に提供できるように備えておくことが重要です。

被ばく医療での診療は、放射線による外部被ばくと内部被ばくに対して治療し、放射性物質が付着した創傷や皮膚は除染して放射性物質を取り除きます。線量評価には外部被ばくの線量評価と内部被ばくの線量評価があり、様々な手法があります。原子力災害拠点病院等に設置されているホールボディカウンターは、内部被ばく線量評価のための計測機器です。

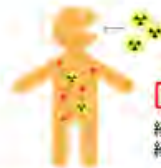
# 被ばく

## 放射線をあびること



### 外部被ばく

放射性物質（線源）から放出される放射線を**体の外から**浴びること。被ばく後、身体には放射線は残らない。



### 吸入摂取

経口摂取  
経皮（創傷）吸収

### 内部被ばく

身体に取り込んだ（吸入、摂食）放射性物質からの放射線を**体内で**浴びること。

被ばくとは、放射線を浴びることです。体の外から放射線を浴びるのが外部被ばくで、放射性物質を身体に取り込んで体の中から放射線を浴びることが内部被ばくです。

外部被ばくでは、一度にたくさんの放射線を浴びると急性障害が起こります。少量の被ばくでは、放射線の被ばく量に応じて発がんのリスクが高くなります。

内部被ばくでは急性障害が生じることは非常に稀です。放射性物質を体内に取り込む経路としては、呼吸による吸入摂取、飲食物の摂取による経口摂取、創傷や皮膚からの経皮吸収があります。医療機関では、吸入摂取をしないように使い捨て防塵マスクで呼吸保護をします。

# 汚染

## 放射性物質が付着



汚染に接触  
⇒汚染拡大



創傷の汚染  
⇒創傷処置と除染

汚染とは、創傷部位や体の表面（皮膚）、衣服、資器材に放射性物質が付着することです。汚染に接触すると汚染は広がります。創傷部の汚染は、通常の処置に加えて、除染が必要となります。除染とは、拭き取りや水による洗浄によって、付着した放射性物質を除去することです。創傷部に放射性物質の付着があれば、創傷の措置と同時に、除染をします。除染で使用したガーゼや水などの資器材は放射性物質が付着しています。除染できるものは除染し、廃棄できるものは、汚染拡大防止としてビニール袋に入れ、廃棄します。原子力災害では、放射性物質が付着した廃棄物は、事業者が引き取ることになっています。



## 汚染による被ばく

表面汚染では危険な



**外部被ばくはしない**

全身または皮膚の被ばくの  
症状は出ない

身体表面に放射性物質が付着しても、急性障害を生じるような外部被ばくはしません。

特に医療機関で通常使用されている一般的なGMサーベイメーターでは、測定範囲を超過したような汚染の濃度が極端に高い場合は、皮膚障害が起こる可能性もありますが、通常は表面汚染で全身または皮膚に被ばくの症状は出ません。

また、表面汚染がある患者の処置をしても、対応者が外部被ばくすることもありません。

## 医療機関での準備

- ❖ 対応者の安全対策
- ❖ 施設の汚染対策（養生）
- ❖ 資器材

医療機関で被ばくあるいは汚染のある患者を受け入れる場合は、対応者の安全対策、施設の汚染対策、資器材の準備が必要です。

## 対応者の安全対策

### 被ばく管理



個人線量計

### 汚染拡大防止

個人防護装備



対応者の安全対策は、個人線量計の装着による被ばく管理と、個人防護装備の着用による汚染拡大防止となります。  
被ばく管理は個人線量計を装着します。これは、活動中の被ばく線量の積算値を計測します。様々な種類のものがありますが、緊急時の対応では電子式、直読式の個人線量計を使用します。  
汚染拡大防止は、衣服や身体に放射性物質が付着しないようにディスポ手術用ガウン、タイベックスーツなどの個人防護装備を着用します。

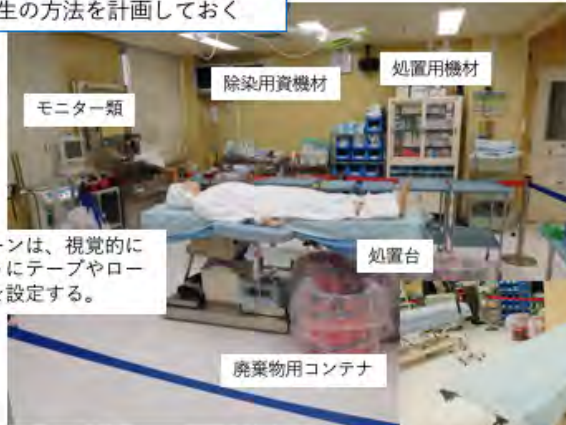
# 個人防護装備



個人防護装備は、基本的にディスポのものを使用します。医療機関での対応には、通常の業務でも使用しているガウンやディスポ術衣、帽子、マスク、ゴーグルを着用します。ゴム手袋は二重に装着し、外側のゴム手袋は汚染が付着するような処置を実施したら、その都度交換します。また、内側のゴム手袋と袖口、靴カバーと術衣のズボン、テープで目張りし、放射性物質の侵入を防止します。ガウンの代わりにタイベックスーツでも良いです。被ばく線量管理のため、防護服の中に個人線量計を着用します。また、全員が同様の格好をするため、識別できるように職種あるいは所属と氏名を記載します。

## 施設の汚染対策（養生）

養生の範囲、必要な養生用資機材の数量、養生の方法を計画しておく



ホットゾーンは、視覚的に分かるようにテープやロープで区域を設定する。

床はビニールシートとろ紙シートで二重に養生（被覆）

ストレッチャーや処置台には、シーツを複数枚かけておく  
（脱衣や除染で汚染した場合に取り除く）



廊下

シーツの縁はテープで床に隙間なく貼付する。ビニールシートの下に放射性物質が入り込まないようにする。

処置室は、養生の範囲や必要な養生用資機材の数量、養生方法を計画しておきます。ホットゾーンは視覚的に明確になるようにテープやロープ等で区域を設定できるようにします。また、除染後には、汚染が付着した廃棄物が多量に出るため、コンテナやゴミ袋は十分数量を準備しておきます。床は、ビニールシートで養生しますが、これだけでは、除染で水がこぼれた場合に滑りやすくなるなど危険であるため、ろ紙シートで二重に養生します。ストレッチャーや処置台には、複数枚のシーツをかけておくと、脱衣や除染で汚染した場合に、1枚のシーツを取り除くことですぐに汚染を除去できます。病院の入り口から処置室までの廊下も養生をします。廊下の養生は、処置室とは異なり、ビニールシートのみで良いです。ストレッチャーや通行者が安全に通行できるようにシーツの重なり部分、つなぎ目の部分は、引っかからないようにテープ等でしっかりと床に貼り付けます。

# 医療器材の養生

## ❖ ポータブルX線撮影装置



Hot zoneの中で操作する部分だけビニール袋で養生

本体はHot zoneの外で操作

## ❖ 超音波診断装置



プローブカバーで長さが足りない部分は、細長いビニール袋で対応

長時間使用時は、排気口を開ける

## ❖ 表面汚染計



フィルムカセットはビニール袋で養生

特に汚染が付着しやすい検出部（プローブ）はビニール袋やラップ等で覆う

## ❖ モニター等



表示が分かるように透明のビニール袋等で覆う  
ケーブルなども可能であれば、細長いビニール袋等で覆う

医療器材は、その機能や操作の妨げにならない程度にビニール袋やビニールシートなどで養生します。養生後には動作確認をして、正常に作動することを確認します。

放射線測定器は検知部（プローブ）は汚染が付着しやすいため、汚染が付着したらすぐに交換できるようにします。モニター類は可能な限り養生しますが、画面等は、操作あるいは表示を確認できるようにしておきます。

## 資器材

❖ 個人防護装備

❖ 養生用資器材

❖ 放射線測定器

❖ 除染用資器材



ビニールシート、ろ紙シート、  
養生テープなど



吸水シート



膿盆



ガーゼ類



使い捨て鑷子

使い捨てケリーパッド

通常の診療に必要な資器材に加え、個人防護装備、放射線測定器、養生用資器材、除染用資器材を準備します。

個人防護装備は前述の通りです。放射線測定器は、空間線量計、表面汚染計を準備します。養生用資器材は、ビニールシート、ろ紙シート、養生テープなどを準備します。除染用資器材は、吸水シート、膿盆や使い捨てケリーパッド、ガーゼ、鑷子などを準備します。

## まとめ

- ❖ 原子力災害時には、被ばく医療を提供する。
- ❖ 汚染では、危険な被ばくはしない。

原子力災害拠点病院あるいは原子力災害医療協力機関は、原子力災害時に被災者等に必要な被ばく医療を迅速、的確に提供することが役割です。  
また、職員の安全対策、施設の汚染対策を適切に実施できれば、汚染がある被災者を医療機関で受け入れても、対応する職員は危険な被ばくはしません。





# 原子力防災体制

原子力災害医療 基礎研修  
原子力災害基礎-1

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
Ver.201909

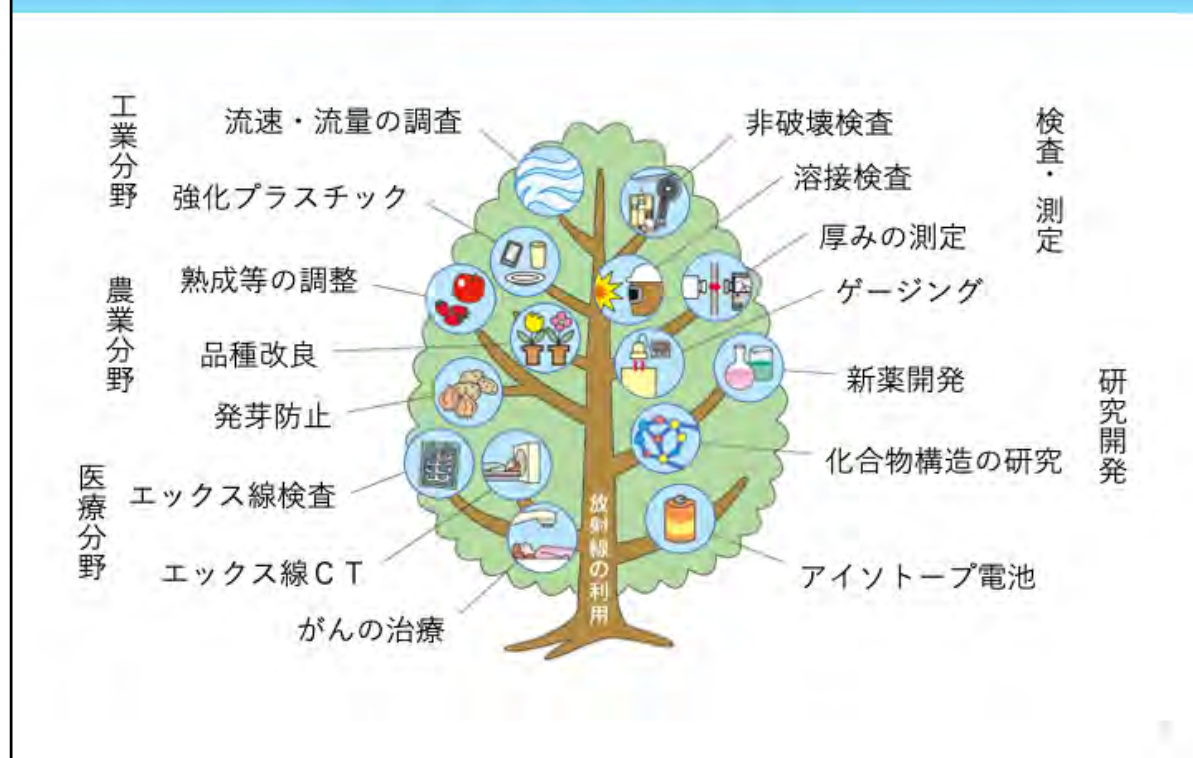
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間：30分

内容

- 放射線の様々な利用
- 放射線事故・災害の種類
- 原子力災害
- 関連文書
- 原子力災害対策指針
- 原子力災害対策重点区域
- 緊急事態の段階
- 緊急事態区分及び緊急時活動レベル(EAL)
- 運用上の介入レベル(OIL)
- OILの初期設定値と防護措置の内容
- 原子力災害時の防護の考え方・基準
- 安定ヨウ素剤の予防服用の体制
- 緊急時モニタリング
- 避難退域時検査及び除染
- 原子力災害時の医療体制

## 放射線の様々な利用



放射線は、医療のみならず、農業、工業などの様々な分野で利用されています。

医療の分野では、診断に利用するX（エックス）線撮影、X（エックス）線の透過度の差から臓器を画像化するCT（コンピューター断層撮影）、注射器、手術用の手袋やガウンなどの滅菌、ガンの治療にも利用されています。

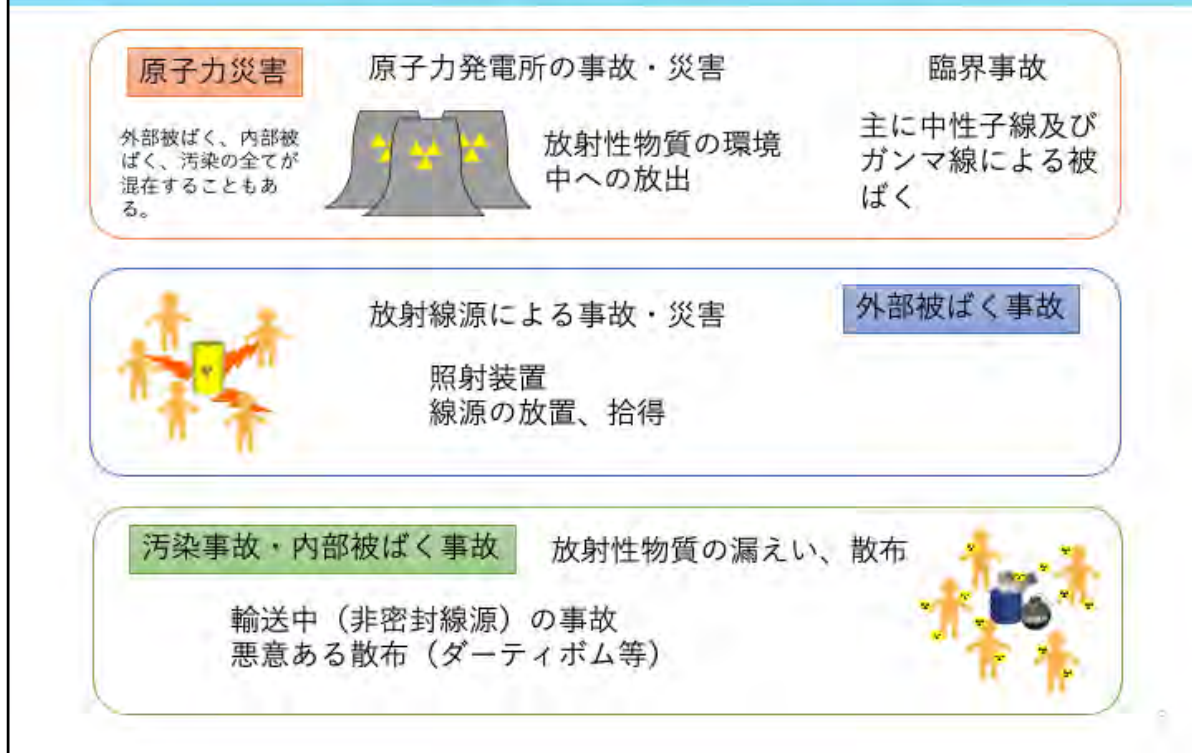
農業分野では、放射線を照射することで突然変異を惹起して、病気に強い品種や栄養価値を高めた品種の開発などの品種改良やジャガイモの発芽防止にも利用されています。また、不妊化した成虫を野外に放し、繁殖を抑制することによる害虫の駆除にも役立っています。

工業の分野では、自動車のタイヤなどの高分子化合物に放射線を当てると、熱が強くなり、機械的強度も増します。また、医療のX（エックス）線撮影と同じように物を壊さないで内部を検査する非破壊検査や連続的に物の厚さや密度を測るのにも利用されています。

また、半減期を使用した年代測定や放射性物質の熱を使用したアイソトープ電池等にも利用されています。

出典：原子力・エネルギー図面集2016

## 放射線事故・災害の種類



原子力災害は、原子力発電所や原子力施設などの事故・災害です。原子力災害対策特別措置法では、原子力災害とは、原子力緊急事態により国民の生命、身体または財産に生ずる被害を指します。ここでいう原子力緊急事態とは、原子力事業者の原子炉等の運転等により放射性物質または放射線が異様な水準で当該原子力事業者の原子力事業所外へ放出された事態を指します。

その他、放射線の事故・テロ・災害には、放射線源による外部被ばく、放射性物質の拡散による汚染と内部被ばくを生じるものがあります。爆発物を使用した放射性物質の拡散の場合は、被災者に放射性物質による汚染や体内への吸入等による内部被ばくに加えて爆傷の被害が生じます。また原子力施設の破壊行為や核兵器の使用では、外部被ばく、内部被ばく、汚染の全てが混在することになります。

放射線事故や災害の種類は、

原子力施設の事故

放射性物質及び放射線の使用施設の事故

核物質や放射性物質の輸送中の事故

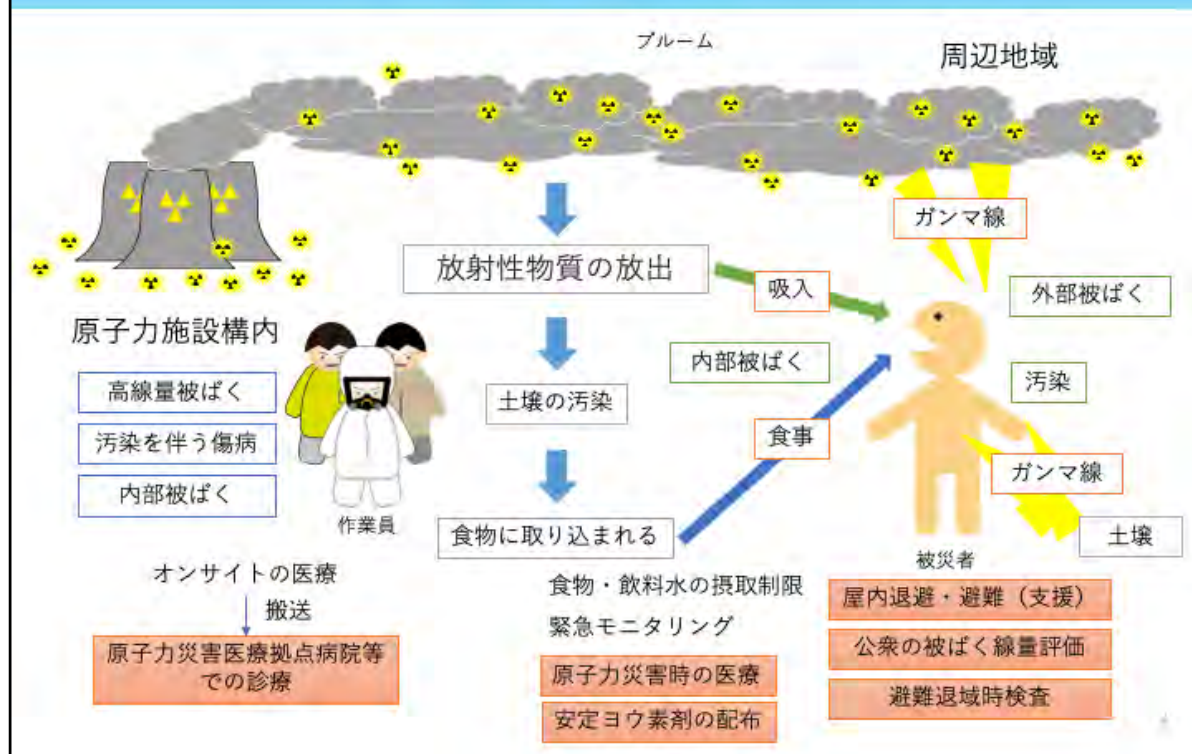
小規模な核兵器

原子力発電所や放射線使用施設への破壊行為、いわゆるテロ

放射性物質を意図的なまき散らし、いわゆる、ダーティボムなど、

様々種類が考えられます。

# 原子力災害

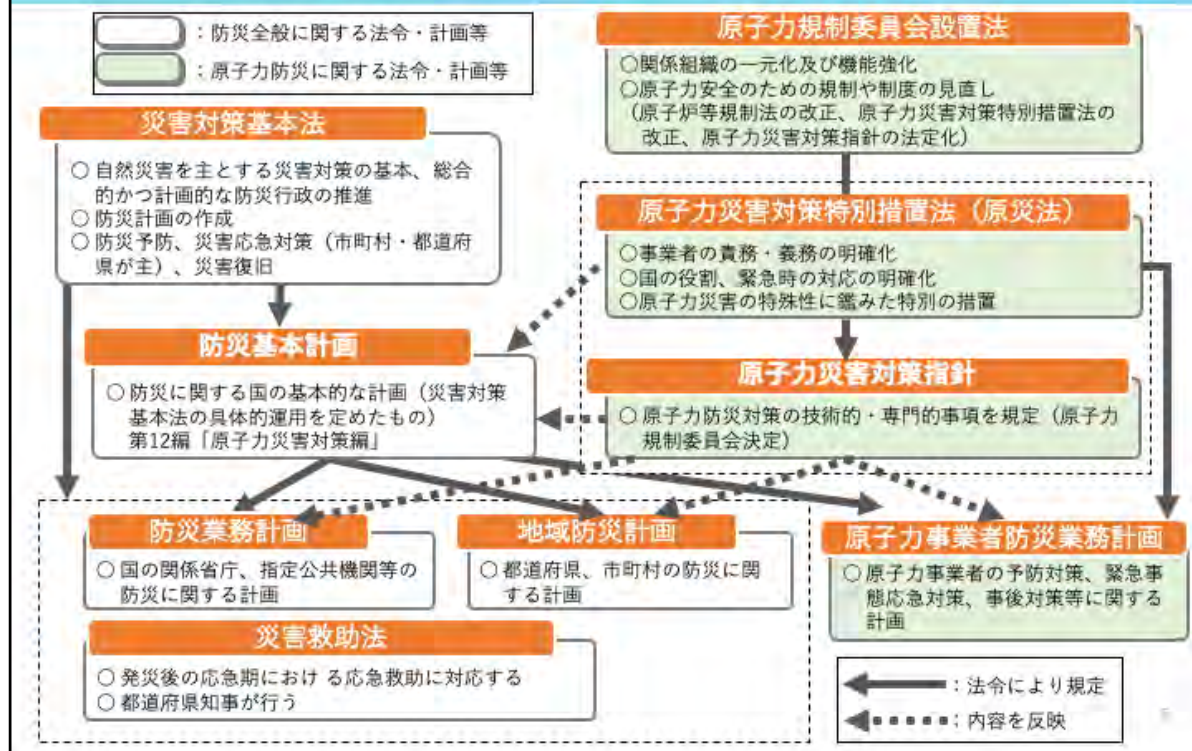


原子力発電所では、ウランが核分裂して発生する熱を発電に利用しています。この核分裂によって生じたものが核分裂生成物で、放射性物質を多く含んでいます。主に、キセノン、クリプトンなどの放射性希ガス、ヨウ素-131、ヨウ素-133、セシウム-134、セシウム-137、ストロンチウム-90など粒子状物質の気体や液体が生じます。事故で燃料のペレットや被覆管が破損すると、これらの放射性物質が外部へ漏れ出ます。

福島第一原子力発電所の事故では、津波によって全電源が喪失し、そのために原子炉を冷却できなくなり、原子炉内の温度や圧力が上昇して大量の放射性物質が環境中に放出されました。放出された気体状の放射性物質は、雲のような状態で大気中を流れます。このプルームから降ってきた放射性物質が地表に沈着したり、野菜などの食物に取り込まれます。そこで、プルームが通過した地域にいと汚染したり、プルームからのガンマ線や地表からのガンマ線による外部被ばくをしたり、吸入や食事から内部被ばくをしたりします。

原子力災害時における医療対応には、通常の救急医療、災害医療に加えて被ばく医療の考え方が必要となります。すなわち、被ばく線量、被ばくの影響が及ぶ範囲、汚染の可能性等を考慮して、被災者等に必要な医療を迅速、的確に提供する事です。

# 原子力防災に関する主な法令及び計画



原子力災害も他の災害と同じように「災害対策基本法」と、「災害対策基本法」等の特別法である、「原子力災害対策特別措置法」が基本になります。

また、「災害対策基本法」に基づき、中央防災会議は、内閣の重要政策に関する会議の一つとして、内閣総理大臣をはじめとする全閣僚、指定公共機関の代表者及び学識経験者により構成され、防災基本計画の作成や、防災に関する重要事項の審議等を行います。

この防災基本計画は、政府の防災対策に関する基本的な計画で、災害の種類に応じて、災害予防・事前準備、災害応急対策、災害復旧・復興という災害対策の時間的順序に沿って記述され、国、地方公共団体、住民等、各主体の責務を明確にするとともに、それぞれが行うべき対策をできるだけ具体的に記述されています。その第12編が原子力災害対策についてです。

さらに、原子力災害対策指針は、「原子力災害対策特別措置法」に基づき、原子力規制委員会が、原子力災害策を円滑に実施するために、専門的・技術的事項について定めたものです。

この防災基本計画及び原子力災害対策指針に基づき、指定行政機関及び指定公共機関は防災業務計画を、地方公共団体は地域防災計画を作成し、災害に備えます。

## 原子力災害対策指針

- 原子力災害対策指針は、原子力災害対策特別措置法に基づき、原子力事業者、指定行政機関の長及び指定地方行政機関の長、地方公共団体、指定公共機関及び指定地方公共機関その他の者が原子力災害対策を円滑に実施するために定めるもの。
- 国民の生命及び身体の安全を確保することが最も重要であるという観点から、緊急事態における原子力施設周辺の住民等に対する放射線の重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するための防護措置を確実なものとする。
- 原子力災害特別措置法では、本指針で次の事項を定めるとされている。
  - 一 原子力災害対策として実施すべき措置に関する基本的な事項
  - 二 **原子力災害対策の実施体制**に関する事項
  - 三 原子力災害対策を重点的に実施すべき区域の設定に関する事項
  - 四 前三号に掲げるもののほか、**原子力災害対策の円滑な実施の確保に関する重要事項**

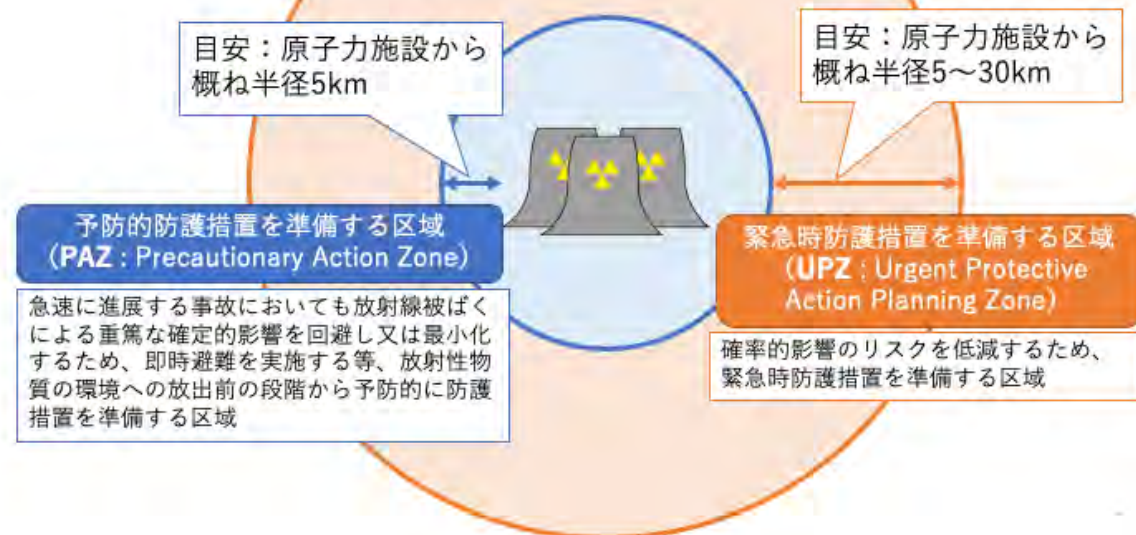
本指針は、原子力災害対策特別措置法(平成11年法律第156号。以下「原災法」という。)第6条の2第1項に基づき、原子力事業者、指定行政機関の長及び指定地方行政機関の長、地方公共団体、指定公共機関及び指定地方公共機関その他の者が原子力災害対策を円滑に実施するために定められたものです。

本指針の目的は、「国民の生命及び身体の安全を確保することが最も重要であるという観点から、緊急事態における原子力施設周辺の住民等に対する放射線の重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するための防護措置を確実なものとする」とあります。

この指針を十分に理解し、関係者の間で共通認識としておくことは、原子力災害に対応するにあたって、極めて重要です。また、様々な防護措置等についても基本的事項、実施体制等が策定されています。

# 原子力災害対策重点区域

実用発電用原子炉の場合の  
原子力災害対策重点区域



## 予防的防護措置を準備する区域 (PAZ : Precautionary Action Zone)

PAZとは、急速に進展する事故においても放射線被ばくによる重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、緊急事態の区分に応じて、即時避難を実施する等、通常の運転及び停止中の放射性物質の放出量とは異なる水準で放射性物質が放出される前の段階から予防的に防護措置を準備する区域です。発電用原子炉施設に係るPAZの具体的な範囲については、IAEAの国際基準において、PAZの最大半径を原子力施設から3～5 kmの間で設定すること（5kmを推奨）とされていること等を踏まえ、「原子力施設からおおむね半径5km」を目安としています。

## 緊急防護措置を準備する区域 (UPZ : Urgent Protective Action Planning Zone)

UPZとは、確率的影響のリスクを低減するため、緊急防護措置を準備する区域です。発電用原子炉施設に係るUPZの具体的な範囲については、IAEAの国際基準において、UPZの最大半径は原子力施設から5～30kmの間で設定されていること等を踏まえ、「原子力施設からおおむね半径30km」を目安としています。

ただし、炉規法第43条の3の33の規定に基づく廃止措置計画の認可を受け、かつ、照射済燃料集合体が十分な期間冷却されたものとして原子力規制委員会が定めた発電用原子炉施設については、原子力災害対策重点区域の範囲は原子力施設からおおむね半径5kmを目安とし、当該原子力災害対策重点区域の全てをUPZとしています。



## 緊急事態の段階

### 1. 準備段階

- ・原子力事業者、国、地方公共団体等がそれぞれの行動計画を策定
- ・関係者に周知
- ・訓練等で検証・評価し、改善

### 2. 初期対応段階

- ・情報が限られた中でも、放射線被ばくによる重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するため、迅速な防護措置等の実施

### 3. 中期対応段階

- ・放射性物質又は放射線の影響を適切に管理
- ・環境放射線モニタリングや解析による放射線状況の把握
- ・初期対応段階で実施した防護措置の変更・解除や長期にわたる防護措置の検討

### 4. 復旧段階

- ・復旧段階への移行期に策定した被災地域の長期的な復旧策の計画に基づき、通常の社会的・経済的活動への復帰の支援

緊急事態においては、事態の進展に応じて、関係者が共通の認識に基づき意思決定を行うことが重要です。

すなわち、緊急事態への対応の状況を、準備段階・初期対応段階・中期対応段階・復旧段階に区分し、各段階の対応の詳細について検討しておくことが有効です。

・準備段階では、原子力事業者、国、地方公共団体等がそれぞれの行動計画を策定して関係者に周知するとともに、これを訓練等で検証・評価し、改善する必要があります。

・初期対応段階では、情報が限られた中でも、放射線被ばくによる重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するため、迅速な防護措置等の対応を行う必要があります。

・中期対応段階では、放射性物質又は放射線の影響を適切に管理することが求められ、環境放射線モニタリングや解析により放射線状況を十分に把握し、それに基づき、初期対応段階で実施した防護措置の変更・解除や長期にわたる防護措置の検討を行う必要があります。

・復旧段階では、その段階への移行期に策定し被災した地域の長期的な復旧策の計画に基づき、通常の社会的・経済的活動への復帰の支援を行う必要があります。

## 緊急事態区分及び緊急時活動レベル(EAL)

- 緊急事態区分の判断基準：緊急時活動レベル(Emergency Action Level ; EAL)
- 緊急事態区分
  - 原子力施設の状況に応じた3区分
  - 各区分での原子力事業者、国及び地方公共団体の果たすべき役割の明確化
    - **警戒事態**；その時点では公衆への放射線による影響やそのおそれがある緊急のものではないが、原子力施設における異常事象の発生又はそのおそれがあるため、情報収集や、緊急時モニタリングの準備、施設敷地緊急事態において早期の避難等の防護措置の実施が必要な者の避難等の防護措置の準備を開始する必要がある段階
    - **施設敷地緊急事態**；原子力施設において公衆に放射線による影響をもたらす可能性のある事象が生じたため、原子力施設周辺において緊急時に備えた避難等の主な防護措置の準備を開始する必要がある段階
    - **全面緊急事態**；原子力施設において公衆に放射線による影響をもたらす可能性が高い事象が生じたため、重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するため、迅速な防護措置を実施する必要がある段階

緊急事態の初期対応段階においては、情報収集により事態を把握し、原子力施設の状況や当該施設からの距離等に応じ、防護措置の準備やその実施等を適切に進めることが重要です。このような対応を実現するため、以下のとおり、原子力施設の状況に応じて、緊急事態を、警戒事態、施設敷地緊急事態及び全面緊急事態の3つに区分し、各区分における、原子力事業者、国及び地方公共団体のそれぞれが果たすべき役割を明らかにしています。この緊急事態の区分を判断するための基準として用いるのが緊急時活動レベル(Emergency Action Level ; EAL)です。

これらの緊急事態区分に該当する状況であるか否かを原子力事業者が判断するための基準として、原子力施設における深層防護を構成する各層設備の状態、放射性物質の閉じ込め機能の状態、外的事象の発生等の原子力施設の状態等に基づき緊急時活動レベル(Emergency Action Level ; EAL)を設定しています。

## 運用上の介入レベル（OIL）

- OIL（Operational Intervention Level）とは、防護措置導入の判断に用いられる測定器による測定値などより求めたレベル
- OILは、事故の態様、放出放射性核種の別、気象条件、被ばくの経路（外部、吸入、食物摂取）等を仮定して、包括的判断基準（個々の防護措置の実施によって予想される線量あるいは既に受けてしまった線量によって表わされる判断基準）に相当する計測可能な値として導き出される。
- OILとしては、空間線量率、表面汚染密度、食品中の放射性核種濃度から初期設定値が定められている。

緊急時活動レベル（EAL）の他に、放射性物質の放出後、緊急時モニタリングの結果等の実測値に基づいて防護措置を実施する必要があります。この防護措置を実施すべき基準が、運用上の介入レベル（OIL）です。

次項に初期設定値と防護措置の内容を記載しています。

## OILの初期設定値と防護措置の内容

	基準の種類	基準の概要	初期設定値 <sup>*1</sup>	防護措置の概要		
緊急防護措置	OIL 1	地表面からの放射線、放射性物質の吸入等による被ばくを防止するため、住民等を避難や屋内退避等させるための基準	地上1mでの線量率 <sup>*2</sup> 500 $\mu$ Sv/h	数時間内に区域を特定し、避難等を実施		
	OIL 4	経口摂取、皮膚汚染からの被ばくを防止するため、除染を講じるための基準	$\beta$ 線：40,000cpm <sup>*3</sup> $\beta$ 線：13,000cpm <sup>*4</sup> 【1ヶ月後】	避難者のスクリーニング、除染		
早期防護措置	OIL 2	地表面からの放射線、放射性物質の吸入等による被ばく影響を防止するため、地域生産物 <sup>*5</sup> の摂取を制限、住民等を1週間程度内に一時移転させるための基準	地上1mでの線量率 <sup>*2</sup> 20 $\mu$ Sv/h	生産物の摂取制限、1週間程度内に一時移転		
飲食物摂取制限 <sup>*6</sup>	飲食物のスクリーニング基準	OIL6による飲食物の摂取制限を判断する基準として、飲食物中の放射性核種濃度測定を実施すべき地域を特定する際の基準	地上1mでの線量率 <sup>*2</sup> 0.5 $\mu$ Sv/h <sup>*5</sup> (BGIによる寄与も含めた値)	数日内に飲食物中の放射性核種濃度の測定区域を特定		
	OIL 6	経口摂取による被ばく影響を防止するため、飲食物の摂取を制限する際の基準	核種 <sup>*7</sup>	飲料水 牛乳・乳製品 魚	野菜類、穀類、肉、卵、魚、他	基準を超えるものは摂取制限
			ヨウ素	300Bq/kg	2,000Bq/kg <sup>*8</sup>	
			セシウム	200Bq/kg	500Bq/kg	
			プルトニウム、超U元素、 $\alpha$ 核種	1Bq/kg	10Bq/kg	
ウラン	20Bq/kg	100Bq/kg				

- ※ 1 「初期設定値」とは緊急事態当初に用いるOIL の値であり、地上沈着した放射性核種組成が明確になった時点で必要な場合にはOIL の初期設定値は改定される。
- ※ 2 本値は地上1mで計測した場合の空間放射線量率である。実際の適用に当たっては、空間放射線量率計測機器の設置場所における線量率と地上1mでの線量率との差異を考慮して、判断基準の値を補正する必要がある。
- ※ 3 我が国において広く用いられている $\beta$ 線の入射窓面積が20cm<sup>2</sup>の検出器を利用した場合の計数率であり、表面汚染密度は約120Bq/cm<sup>2</sup>相当となる。他の計測器を使用して測定する場合には、この表面汚染密度より入射窓面積や検出効率を勘案した計数率を求める必要がある。
- ※ 4 ※ 3 と同様、表面汚染密度は約40Bq/cm<sup>2</sup>相当となり、計測器の仕様が異なる場合には、計数率の換算が必要である。
- ※ 5 「地域生産物」とは、放出された放射性物質により直接汚染される野外で生産された食品であって、数週間以内に消費されるもの（例えば野菜、該当地域の牧草を食べた牛の乳）をいう。
- ※ 6 実効性を考慮して、計測場所の自然放射線によるバックグラウンドによる寄与も含めた値とする。
- ※ 7 その他の核種の設定の必要性も含めて今後検討する。その際、IAEAのGSG-2におけるOIL6値を参考として数値を設定する。
- ※ 8 根菜、芋類を除く野菜類が対象。
- ※ 9 IAEAでは、飲食物摂取制限が効果的かつ効率的に行われるよう、飲食物

中の放射性核種濃度の測定が開始されるまでの間の暫定的な飲食物摂取制限の実施及び当該測定の対象の決定に係る基準であるOIL3等を設定しているが、我が国では、放射性核種濃度を測定すべき区域を特定するための基準である「飲食物に係るスクリーニング基準」を定める。

# 原子力災害時の防護の考え方・基準

		PAZ	UPZ	UPZ外
警戒事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難準備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難準備への協力</li> </ul>
	国	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難準備の指示</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難準備への協力の要請</li> </ul>
施設敷地緊急事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難</li> <li>住民避難の準備</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>屋内退避の準備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難の受け入れ</li> <li>住民の避難準備への協力</li> </ul>
	国	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難の指示</li> <li>住民避難の準備の指示</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備の指示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋内退避の準備の指示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難の受け入れ要請</li> <li>住民の避難の準備への協力の要請</li> </ul>
全面緊急事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>住民避難</li> <li>住民等への安定ヨウ素剤の服用の指示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>屋内退避</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備の指示</li> <li>防護措置基準に基づく防護措置への対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>住民避難の受け入れ</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備</li> <li>防護措置基準に基づく防護措置への対応</li> </ul>
	国	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民避難の指示</li> <li>地方公共団体への安定ヨウ素剤の服用の指示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋内退避の指示</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備の指示</li> <li>防護措置基準に基づく防護措置への対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民避難の受け入れ要請</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備の指示</li> <li>防護措置基準に基づく防護措置への対応</li> </ul>

原子力発電所の事故が発生した場合、防護措置が開始されます。

防護措置は、緊急時活動レベル（EAL）に基づいた緊急事態区分に基づいて予め定められている防護措置と、緊急時モニタリング等で得られた測定値を基準値とした運用上の介入レベル（OIL）に基づいて実施されます。

緊急時活動レベル（EAL）に基づいた防護措置の考え方

予防的防護措置を準備する区域（PAZ）においては、確定的影響を回避するために、警戒事態において、施設敷地緊急事態要避難者の避難準備を行い、施設敷地緊急事態において、施設敷地緊急事態要避難者の避難、住民避難の準備及び安定ヨウ素剤の服用の準備を行い、全面緊急事態にいたった場合は、住民避難及び安定ヨウ素剤服用が指示されます。

また、緊急時防護措置を準備する区域（UPZ）においては、確率的影響のリスクを低減するために、施設敷地緊急事態において、屋内退避の準備を行い、全面緊急事態において、屋内退避及び安定ヨウ素剤の服用の準備を行います。

放射性物質の放出後、UPZ及びUPZ外においては、OILに基づいて、防護措置が実施されます。

施設敷地緊急事態要避難者

避難の実施に通常以上の時間がかかり、かつ、避難の実施により健康リスクが高まらない災害時要援護者等（傷病者、入院患者、高齢者、障害者、外国人、乳幼児、妊産婦その他の災害時に援護を必要とする者をいう。）、安定ヨウ素剤を事前配布されていない者及び安定ヨウ素剤の服用が不適切な者のうち、施設敷地緊急事態において早期の避難等の防護措置の実施が必要な者をいいます。

## 安定ヨウ素剤の予防服用の体制

- 放射性ヨウ素は、身体に取り込まれると、甲状腺に集積し、数年～十数年後に甲状腺がん等を発生させる可能性がある。このような放射性ヨウ素による内部被ばくは、安定ヨウ素剤をあらかじめ服用することで低減することが可能である。このため、放射性ヨウ素による内部被ばくのおそれがある場合には、安定ヨウ素剤を服用できるよう、その準備をしておくことが必要である。
- 服用の指示は、原子力規制委員会が判断する。  
[服用の方策] 投与指示は、原子力規制委員会が判断
  - PAZ：事前配布し、原則として、避難の際に服用の指示に基づき服用し、服用できない者は、施設敷地緊急事態において避難する。
  - PAZ外：避難や一時移転等と併せて、原子力施設の状況等に応じて必要性を判断して配布・服用を指示。

原子力発電所で事故が発生した場合、放射性ヨウ素を含む放射性物質が環境中に放出される場合があります。放射性ヨウ素が体内に取り込まれると甲状腺に集積し、将来ガンなどを発生させる可能性があります。

そのため、事前に安定ヨウ素剤を服用すると、血中のヨウ素濃度が高くなり、甲状腺ホルモンの合成が一時的に抑えられ、甲状腺へのヨウ素の取り込みが抑制されます。これが、安定ヨウ素剤の予防服用です。

安定ヨウ素剤の服用に当たっては、甲状腺に対する被ばく防止以外に効果がないこと、抑制効果は1日程度しか続かず、服用するタイミングが重要なこと、副作用の可能性があること、避難や屋内退避等の防護措置と組み合わせ実施されることにも注意しなければなりません。

通常は、市販されている丸薬を大人が2丸、小児が1丸、3歳未満には、ヨウ化カリウムゼリー剤またはヨウ化カリウム末から調整した水薬を服用してもらいます。

服用の指示は、原子力規制委員会が判断し、予防的防護措置を準備する区域（PAZ）においては、事前に配布し避難の際に服用します。緊急時防護措置を準備する区域（UPZ）においては、プラントの状況、空間放射線量率等に応じて避難や一時移転等の防護措置が講じられ、その際に服用が指示されます。

## 緊急時モニタリング

- 国、地方公共団体、原子力事業者及び関係指定公共機関は、緊急時モニタリング実施計画に基づいて緊急時モニタリングセンターの指揮の下、緊急時モニタリングを実施する。初期モニタリングにおいては、**OILによる防護措置の判断に必要な空間放射線量率の測定**を重視する。また、**放射性ヨウ素を中心とした空气中放射性物質濃度の測定**も行う。
- 緊急時モニタリングの結果は、緊急時モニタリングセンターで妥当性を判断した後、国が一元的に集約し、必要な評価を実施して、OILによる防護措置の判断等のために共有し、活用する。また、国は、集約及び共有した全ての緊急時モニタリング結果を分かりやすく、かつ迅速に公表する。

施設敷地緊急事態において、国は、地方公共団体の協力を得て、緊急時モニタリングセンターを立ち上げ、動員計画に基づき必要な動員の要請を行い、緊急時モニタリングを開始する等の初動対応を行います。

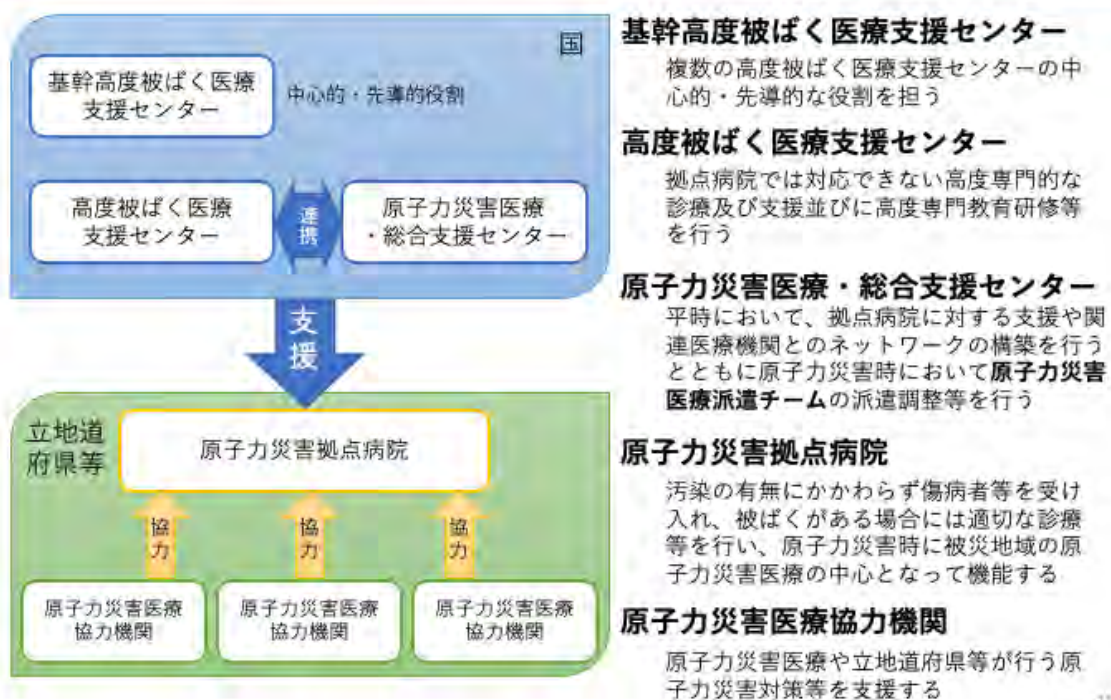


## 避難退域時検査及び除染

- 避難退域時検査等による汚染程度の把握は、吸入及び経口摂取による内部被ばくの抑制及び皮膚被ばくの低減、汚染の拡大防止のためには不可欠であり、医療行為を円滑に行うためにも実施しなければならない。
- 避難退域時検査等の実施に当たっては、それが必要な対象全てに対して実施できるような場所を選定すべきであり、この避難退域時検査等は、可能な限りバックグラウンドの値が低い所で行うことが望ましい。
- なお、OILに基づく防護措置としての避難又は一時移転の対象となった住民等については、原子力災害対策重点区域の境界周辺から避難所等までの場所において、避難退域時検査を行い、基準値を超えた場合には簡易除染等を行うことが必要である。

立地道府県等は、OILに基づく防護措置として避難又は一時移転を指示された住民等(ただし、放射性物質が放出される前に予防的に避難した住民等を除く。)を対象に避難退域時検査及び簡易除染を実施します。なお、避難退域時検査及び簡易除染は、避難や一時移転の迅速性を損なわないよう十分留意して行います。また、避難退域時検査及び簡易除染によって健康リスクが<sup>6</sup>高まると判断される住民等については、体調等が悪化しないよう十分配慮します。

# 原子力災害時の医療体制



原子力災害時における医療対応には、被ばく線量、被ばくの影響が及ぶ範囲、汚染の可能性等を考慮して、被災者等に必要な医療を迅速、的確に提供することが必要となります。そのためには、各地域の状況を勘案して、各医療機関等が各々の役割を担うことが必要であり、平時から救急・災害医療機関が被ばく医療に対応できる体制と指揮系統を整備・確認しておくことが重要です。

次の体制が整備されています。

- 原子力災害時において、被災地域の原子力災害医療の中心となって機能し、汚染の有無にかかわらず傷病者等を受け入れ、被ばくがある場合には適切な診療等を行う「原子力災害拠点病院」
- 原子力災害医療や立地道府県等が行う原子力災害対策等を支援する「原子力災害医療協力機関」
- 拠点病院では対応できない高度専門的な診療及び支援並びに高度専門教育研修等を行う「高度被ばく医療支援センター」
- 複数の高度被ばく医療支援センターの中心的・先導的な役割を担う「基幹高度被ばく医療支援センター」
- 平時において、拠点病院に対する支援や関連医療機関とのネットワークの構築を行うとともに原子力災害時において原子力災害医療派遣チームの派遣調整等を行う「原子力災害医療・総合支援センター」
- 拠点病院等に所属し、原子力災害が発生した立地道府県等内において救急医療等を行う「原子力災害医療派遣チーム」

## 各地域の担当



量子科学技術研究開発機構は、基幹高度被ばく医療支援センターと高度被ばく医療支援センターに指定されています。

弘前大学、福島県立医科大学、広島大学、長崎大学は、高度被ばく医療支援センターと原子力災害医療・総合支援センターに指定されています。

原子力災害医療・総合支援センターの担当地域は次のようになっています。

- 弘前大学；北海道、青森県、宮城県
- 福島県立医科大学；福島県、新潟県、茨城県、神奈川県、静岡県
- 広島大学；富山県、石川県、福井県、岐阜県、滋賀県、京都府、大阪府、鳥取県、島根県、岡山県、山口県、愛媛県
- 長崎大学；福岡県、佐賀県、長崎県、鹿児島県

## まとめ

- 原子力施設においては、原子力災害の発生を未然に防止するため、炉規法\*、原災法等に基づき、原子力災害予防対策が講じられる。
- しかし、原子力災害予防対策を講じているにもかかわらず、原子力災害が発生した場合には、原子力事業者、国、地方公共団体等が、住民の健康、生活基盤及び環境への影響を、事態の段階に応じた最適な方法で緩和し、影響を受けた地域が可能な限り早く通常の社会的・経済的な活動に復帰できるよう、様々な行動をとらなければならない。
- これらの行動が、事態の段階に応じて有効に機能するためには、平時から、適切な緊急時の計画の整備を行い、訓練等によって実行できるように、準備を十分に行っておく必要がある。

\*核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律

## 確定的影響の包括的判断基準(IAEA)

包括的判断基準	防護措置あるいは他の措置の例
<b>急性外部被ばく (10時間未満)</b> 赤色骨髓 <sup>*1</sup> : 1 Gy 胎児: 0.1 Gy 体組織 <sup>*2</sup> : 25 Gy (深部0.5cm) 皮膚 <sup>*3</sup> : 10 Gy (100cm <sup>2</sup> )	線量が予測されたら、包括的判断基準以下に線量を保つための予防的緊急防護措置(困難な状況下においても) ・ 公衆への情報提供及び警告 ・ 早期除染等の防護活動を予防的に行う
<b>急性摂取による内部被ばく AD (Δ)</b> (Δ=30日間 <sup>*4</sup> ) 赤色骨髓: 0.2 Gy (原子番号90以上の核種 <sup>*5</sup> ) 2 Gy (原子番号89以下の核種 <sup>*5</sup> ) 甲状腺: 2 Gy 肺 <sup>*7</sup> : 30 Gy 結腸: 20 Gy 胎児 <sup>*8</sup> : 0.1 Gy	もし被ばくを受けたら、以下を実施: ・ 迅速な医療診断、問診及び所要の処置 ・ 汚染管理 ・ 直ちに体内除染 <sup>*6</sup> (適用可能な場合) ・ 長期医療追跡調査の登録 ・ 包括的な心理カウンセリング

出典: IAEA GSR Part7 TABLE II.1.

\*1 均一な放射場での強い透過性放射線の照射によって生じる赤色骨髓、肺、小腸、生殖腺、甲状腺、水晶体に対する外部被ばく  
 \*2 (手やポケットに入れて携帯される放射源などとの)接触により、組織の深さ0.5cmで100cm<sup>2</sup>にもたらされる線量  
 \*3 線量は、表皮から40mg/cm<sup>2</sup>の深度(すなわち0.4mm)で100cm<sup>2</sup>の皮膚組織に対するものである。  
 \*4 AD (Δ)は、被ばくした人の5%に健康影響を生じるような摂取量(I<sub>05</sub>)

によって期間Δの間にもたらされる吸収線量を指す。  
 \*5 放射性核種の摂取量閾値の違いを考慮するため異なる基準を使用。  
 \*6 体内除染に対する包括的判断基準は、体内除染なしの予測線量に基づく。  
 \*7 本文書の目的上、「肺」とは、気道の肺胞-間質領域(AI)を意味する。  
 \*8 子宮内での成長期間における吸収線量。

国際的には、重篤な確定的影響を回避する為の包括的判断基準Generic Criteria (以下GC)、確率的影響のリスクの低減に関する緊急のGC、確率的影響のリスクの低減に関する早期のGC、飲食物制限に関するGC、の4つのGCが定められて、GCを達成するべく種々の基準値が定められている。

## 確率的影響の包括的判断基準(IAEA)

包括的判断基準		防護措置あるいは他の措置の例
以下の包括的判断基準を超える予測線量：緊急防護措置と他の対応措置を実施する		
甲状腺等価線量	50mSv (最初の7日間)	安定ヨウ素剤予防服用
実効線量	100mSv (最初の7日間)	屋内退避、避難、除染、食物やミルク、水の摂取制限、汚染管理、公衆の安心確保
胎児等価線量	100mSv (最初の7日間)	
以下の包括的判断基準を超える予測線量：緊急時の早い段階での防護措置と他の対応措置を実施する。		
実効線量	100mSv (年間)	一時的避難、除染、食物やミルク、水の摂取制限、汚染管理、公衆の安心確保
胎児等価線量	100mSv (子宮内発育全期間)	
以下の包括的判断基準を超えて受けた線量：放射線に起因する健康影響を検出し効率よく対処するため、長期医療対策を実施する。		
実効線量	100mSv (月間)	(医療追跡調査の基礎としての) 特定の放射線感受性の高い臓器の等価線量に基づくスクリーニング、カウンセリング
胎児等価線量	100mSv (子宮内発育全期間)	個々の状況で告知に基づく決定を実施するためのカウンセリング

出典：IAEA GSR Part7 TABLE II.2.

79

確率的影響に関する包括的基準に関しては、ALARAの概念に従い、可能な限り無理なく達成することを目標としています。

ALARAとは、国際放射線防護委員会が1977年勧告で示した放射線防護の基本的考え方を示す概念であり、“as low as reasonably achievable”の略語です。

## 飲食物に関する包括的判断基準(IAEA)

包括的判断基準		防護措置あるいは他の措置の例
食物、牛乳、飲料水の摂取および他の商品の使用により以下の包括的判断基準を超える予測線量：防護措置と他の対応措置を実施する		
実効線量	10mSv (年間)	食物、牛乳、飲料水の消費、流通、販売を制限し、他の商品の仕様と流通を制限する。必要な食物、牛乳、飲料水をできるだけ早く交換するか、代替品が入手できない場合は影響を受ける人々を避難させます。食物、牛乳、飲料水を摂取あるいは他の商品を使用した可能性のある人の線量を推定して、表II.2に従って、医療上の注意が必要な線量になったかどうかを判断します。
胎児等価線量 (子宮内発育全期間)	10mSv	

出典：IAEA GSR Part7 TABLE II.3.

食品、牛乳、飲料水を制限すると、脱水症状、深刻な栄養失調、その他の深刻な健康への影響が生じる可能性があります。したがって、必要不可欠な食品、牛乳、飲料水は、代替品がある場合に限り制限されるべきです。

# IAEAと原子力災害対策指針のOIL比較

	IAEA (EPR-NPP-OILs)			原子力災害対策指針				
	包括的判断基準 (実効線量)	初期設定値		初期設定値				
避難等	100mSv/週	OIL1	1,000μSv/h	OIL1	500μSv/h 【GC: 50mSv/週に相当】			
除染	皮膚線量10Gy/10時間 100mSv/週	OIL4	γ線: 1μSv/h β線: 60,000cpm	OIL4	β線: 40,000cpm 【GC: 50mSv/週に相当】 β線: 13,000cpm (1ヶ月後の値)			
一時移転等	100mSv/年	OIL2	100μSv/h (炉停止後10日間) 25μSv/h (11日以降)	OIL2	20μSv/h 【GC: 20mSv/年に相当】			
飲食物 摂取制限	10mSv/年	OIL3	1μSv/h	飲食物に係るスクリーニング基準  OIL5 (放射線ヨウ素は 甲状腺等価線量 50mSv、それ以外は 実効線量5mSv/年)	0.5μSv/h 【GC: 5mSv/年に相当】			
	10mSv/年	OIL7	核種		飲料水 牛乳 食べ物	核種	飲料水 牛乳・乳製品	野菜類、穀類、肉、魚、 その他
			I-131		1,000Bq/kg	放射性ヨウ素	300Bq/kg	2,000Bq/kg*
	10mSv/年	OIL6 (GSG-2より、 核種合計 で評価 I≤1)	357核種ごとの値を設定。 うち、 I-131: 3,000Bq/kg Cs-137: 2,000Bq/kg U-238: 100Bq/kg Pu-239: 50Bq/kg		放射性セシウム	200Bq/kg	500Bq/kg	
			ウラン	20Bq/kg	100Bq/kg			
健康調査対象 スクリーニング	幼児の甲状腺 等価線量100mSv	OIL8	0.5μSv/h	OIL8	—			

\* : 根菜、芋類を除く野菜類が対象

出典：平成 30 年 4 月 11 日 原子力規制庁 資料2 「包括的判断基準 (GC) 及び運用上の介入レベル (OIL)について」



# 放射線の基礎

原子力災害医療 基礎研修

原子力災害基礎-1

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

講義時間；30分

内容

- 放射線、放射能、放射性物質
- 放射線の種類
- 放射線の性質
- 原子の構造と周期律
- 壊変
- 物理学的半減期
- 放射性核種と半減期
- 放射線の作用
- 放射線の作用と放射線測定器
- 放射線の単位
- 補助単位
- 身の回りの放射線
- 大地の放射線
- まとめ

# 放射線、放射能、放射性物質

**放射線**  
放射性物質から出てくるエネルギー  
ガンマ ( $\gamma$ ) 線  
ベータ ( $\beta$ ) 線  
アルファ ( $\alpha$ ) 線 など

空間中、物質を通過するときのエネルギーの放出あるいは伝播

X線は原子核の外で発生する電磁波  
放射線発生装置から放出される。  
(病院や検診でのレントゲン撮影)

五感で感じられないが、測定器で検知できる

**放射線源 放射性物質**  
放射線を出す物質  
気体、液体、固体、エアロゾル（液滴）といった形状がある。  
放射性物質を漏れないように容器に密封したものが密封線源

**放射能**  
放射性物質が放射線を出す能力  
数値が大きいほど、放射性物質からたくさんの放射線が出ている。

放射線の事故、災害対応、マニュアルを使用する際には、放射線、放射性物質、放射能という用語を知っておく必要があります。

放射線とは、放射性物質から出てくるエネルギーです。種類としては、高いエネルギーを持つ電磁波のガンマ線、エックス線と高速で動く粒子線のアルファ線、ベータ線などがあります。中性子線は、電荷を持たない放射線です。放射線は原子核が不安定な状態から安定な状態に変化（壊変）するときに出したり、原子核以外では発生装置からも放出されます。

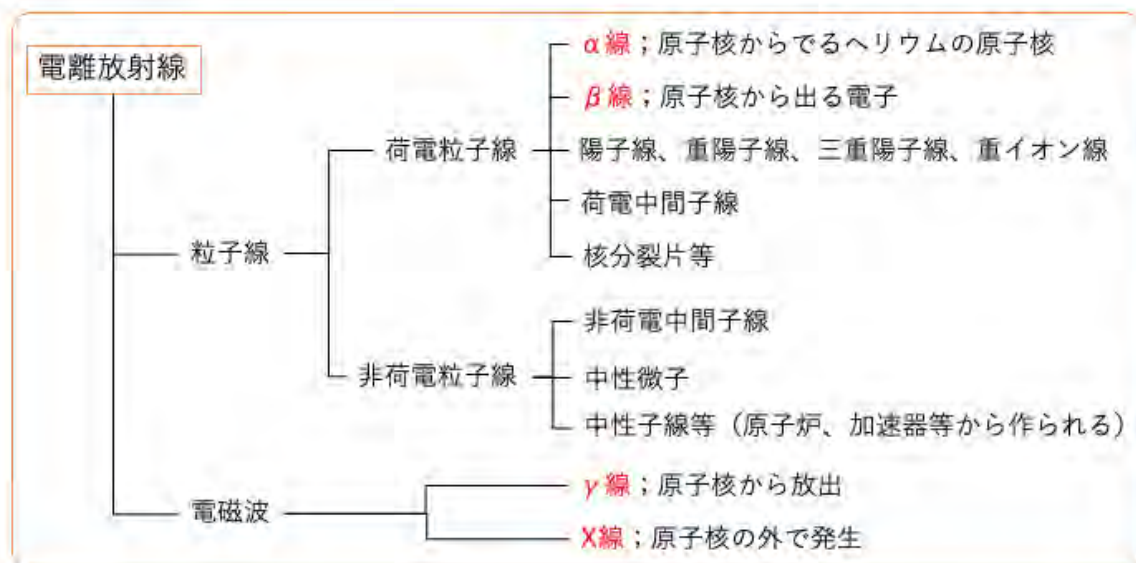
原子は原子核とその周りを回る電子から構成されており、原子核はプラスの電荷を持つ陽子と電荷を持たない中性子で構成されています。原子核がエネルギー的に不安定な場合、安定になろうとして放射線を出します。原子核から放射線を出すことを壊変といい、壊変は大きく分けると $\alpha$ （アルファ）壊変と $\beta$ （ベータ）壊変があります。

放射線は五感で感じることはできませんが、測定器で検知、計測ができます。

放射性物質とは、放射線を出す物質のことです。形状としては気体、液体、固体などがあります。放射性物質を放射線源ということもあります。

放射性物質が放射線を出す能力のことを放射能といいます。放射能の単位はBq（ベクレル）であり、数値が大きいほど放射性物質からたくさんの放射線が出ていることとなります。

# 放射線の種類



## 非電離放射線

紫外線、可視光線、赤外線、マイクロ波、電波

※一般的に放射線といった場合は、電離放射線を指す。

放射線には、物質を構成する原子を電離（+電荷のイオンと-電荷の電子に分離）する能力を持つ電離放射線と原子を電離する能力を持たない非電離放射線があります。

放射線と一般的にいった場合は、電離放射線を指します。

電離放射線には、粒子の粒の流れの粒子線と光の仲間の電磁波があります。粒子線の仲間には、 $\alpha$ （アルファ）線、 $\beta$ （ベータ）線、中性子線等が含まれます。

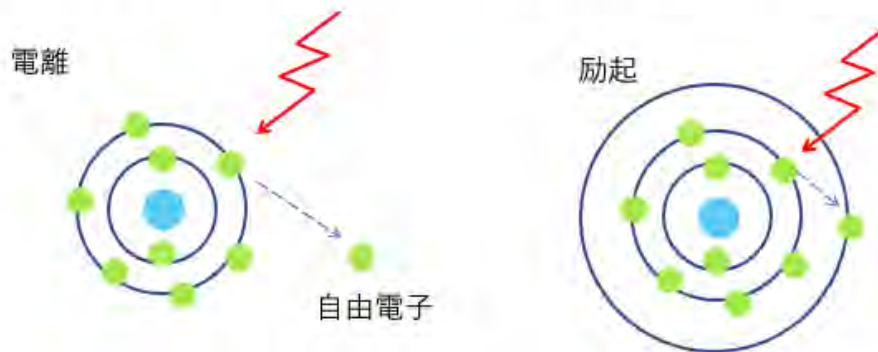
$\alpha$ （アルファ）線は、原子核から放出された陽子2個と中性子2個とが一つになった、ヘリウムの原子核の流れです。 $\beta$ （ベータ）線は、原子核から放出された電子の流れです。

中性子線は、原子核を構成する、中性子の流れです。

電磁波には、X（エックス）線、 $\gamma$ （ガンマ）線があります。X（エックス）線は原子核の外側で発生し、 $\gamma$ （ガンマ）線は原子核の内側で発生し、発生機構で区別しています。

## 電離と励起

- 放射線が物質を通過するとき、放射線が原子や分子にぶつかり相互作用が起こる。
  - 電離：分子（原子）がエネルギーを受けて電子を放出したり、外から電子を得ること
  - 励起：軌道電子が原子から出ず、外側の軌道に移ること



放射線は、物質を通過する際に、物質を構成する原子や分子と互いに影響を与えます。これが放射線と物質の相互作用です。

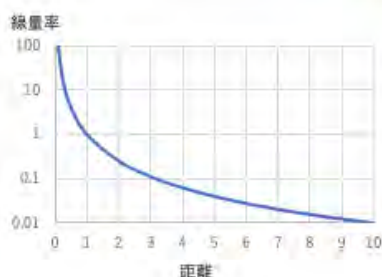
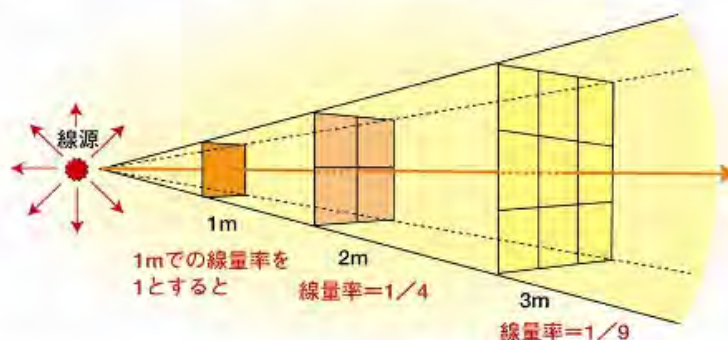
放射線が物質中を通過する場合、持っているエネルギーにより、原子が持つ軌道電子をはじき出して、陽電荷を帯びた状態の原子（または陽イオンの分子）と自由な電子（自由電子）とに分離します。軌道電子が原子の外に弾き出してしまうことを電離と言います。

軌道電子が原子から飛び出さず、外側の軌道に移ることを励起と言います。励起原子では、外側の軌道電子が内側の空の軌道に移ろうとします。内側の軌道電子が持つエネルギーは小さいので、電子は余分なエネルギーを光（電磁波）の形で放出します。この励起原子から出る光は蛍光と呼ばれます。

## 放射線の性質；等方性

### 等方性

放射線は、放射性物質（線源）から全方向に均一に放出される。



放射線の密度は線源からの距離の二乗に反比例して減少する（逆二乗則）。

線源からの距離が2倍だと線量率は1/4となり、1/10の距離であれば線量率は100倍となる。

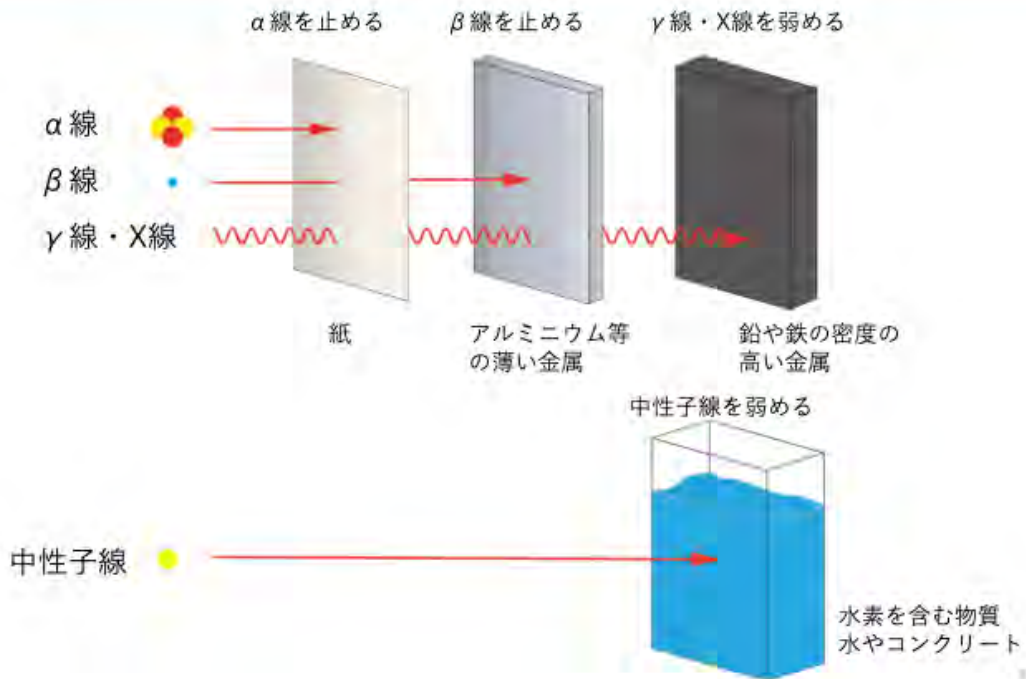
放射性物質からの放射線は光と同様に全方向に均一に放出され、これを等方性といいます。

電球の近くでは明るく、遠くでは暗いのと同様に、放射性物質の近くでは放射線の量は多く、遠くでは少なくなります。放射線の密度は放射性物質からの距離の二乗に反比例することから「逆二乗則」といいます。

例えば、1 mの距離の放射線量率を1とすると、2 mの距離では4分の1、3 mの距離では1/9になります。

なお、逆二乗となるのは放射線源が点線源かそれに近い場合で、点線源とみなせない場合は、必ずしも当てはまらないことには注意が必要です。（例えば、地表などに沈着した放射性物質や空気中の放射性物質からの放射線、リニアック、コリメートされた線源形状、加速器等からのビーム状の放射線等）

## 放射線の性質；透過力



放射線には物質を通り抜ける力（透過力）があります。物質内に入った放射線（電荷を持つ粒子や電磁波）は、電気、磁気的作用によってエネルギーを失い、最終的には止まります。つまり、遮へい物によって放射線を遮ることができます。

アルファ線は、透過力が弱いので、紙一枚で止めることができます。ベータ線は、核種ごとのエネルギーに依存しますが、アルミニウムやアクリルなどの薄い板で止めることができます。ガンマ線、X線は、透過力が大きく、密度の高い鉛や鉄の板で弱めることができます。中性子線は、電荷を持たないため、透過力が大きいですが、水素原子の弾性衝突で止めることができます。そのため、水素原子の密度が高い、水やコンクリートで弱めることができます。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」を改変

# 原子の構造と周期律

原子



原子核

- 陽子；+（プラス）の電荷を持つ
- 中性子；電荷を持たない

電子；-（マイナス）の電荷を持つ

化学的性質；陽子の数で決まる。  
 質量数 = 陽子 + 中性子  
 同位元素；陽子の数が同じで、中性子の数が異なる元素

		族																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
周期	1	1 H 1.008																	2 He 4.003	
	2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18	
	3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31											13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95	
	4	19 K 39.1	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.88	23 V 50.94	24 Cr 52	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.61	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.9	36 Kr 83.8	
	5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	(99)*	43 Tc 101.1	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
	6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57 La 138.9	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 192.2	77 Ir 195.1	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)	
	7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (261)*	105 Db (262)*	106 Sg (263)*	107 Bh (264)*	108 Hs (265)*	109 Mt (268)*	110 Ds (269)*	111 Rg (272)*	112 Cn (277)*	113 Uut (278)*						
		57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (145)	62 Sm 150.4	63 Eu 151.9	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0				
		89 Ac (227)	90 Th 232.0	91 Pa 231.0	92 U 238.0	93 Np (237)*	94 Pu (243)*	95 Am (243)*	96 Cm (247)*	97 Bk (247)*	98 Cf (251)*	99 Es (252)*	100 Fm (257)*	101 Md (258)*	102 No (259)*	103 Lr (260)*				

\* 括弧内は、その元素の代表的な放射性同位体の質量数である (IUPAC) 文部科学省 「一家に一枚周期表第6版」

原子は原子核とその周りを回る電子から構成されています。原子核はプラスの電荷を持つ陽子と電荷を持たない中性子で構成されています。

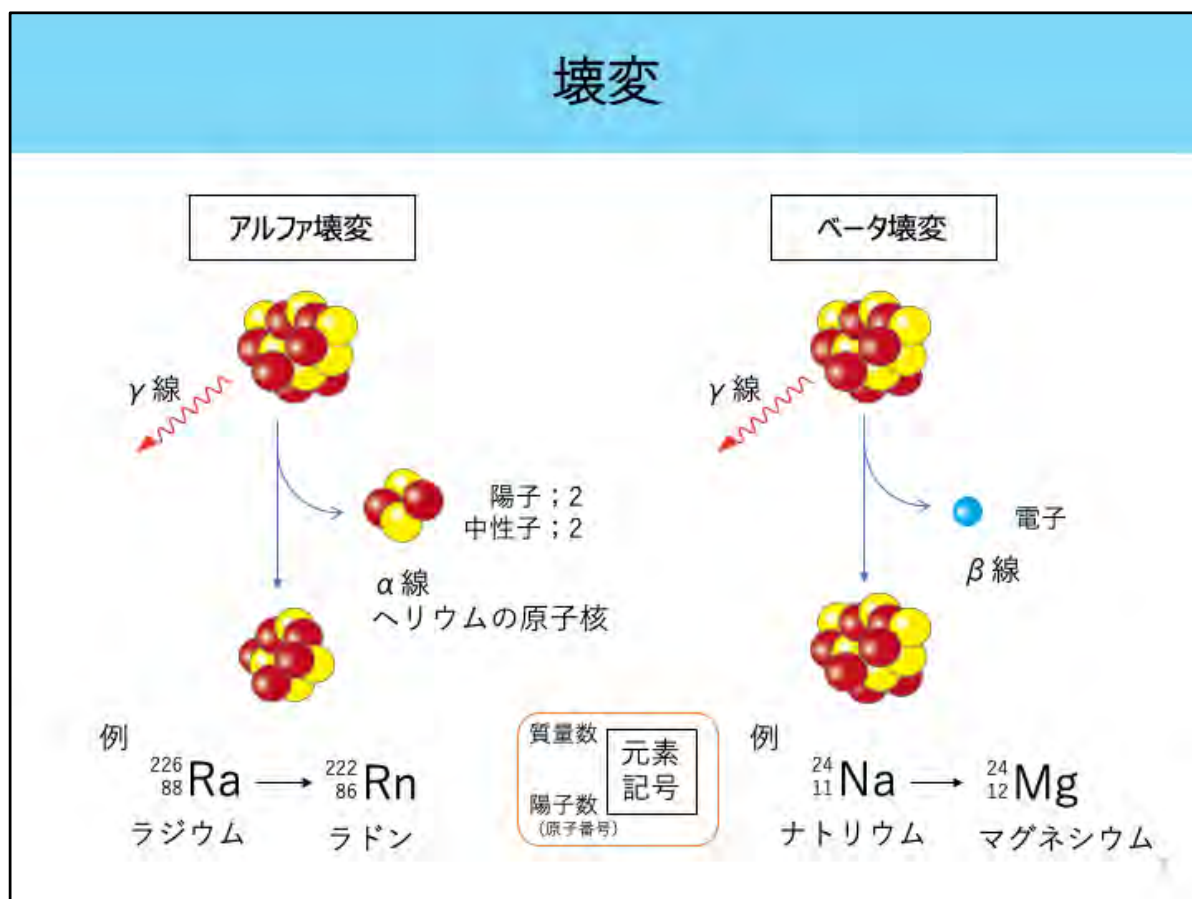
原子の化学的性質は陽子の数で決まります。例えば炭素は陽子が6個の元素ですが、中性子が5個のもの、6個のもの、7個のもの、8個の炭素などが存在しています。

陽子と中性子の数を足したものを質量数と呼びます。

例えば陽子が6個の炭素は、中性子が5個のものは質量数11、中性子が6個のものは質量数12、中性子が7個のものは質量数13、中性子が8個のものは質量数14となります。陽子の数が同じで、中性子の数が異なる元素を放射性同位元素と言います。

これらの原子を区別して呼ぶ場合は、元素名のあとに質量数を付けて、炭素11、炭素12、炭素13、炭素14と呼びます。

# 壊変



原子核がエネルギー的に不安定な場合、安定になろうとして放射線を放出します。原子核から放射線を放出し、別の原子核に変化する現象を壊変といいます。壊変は大きく分けると $\alpha$ 壊変と $\beta$ 壊変になります。

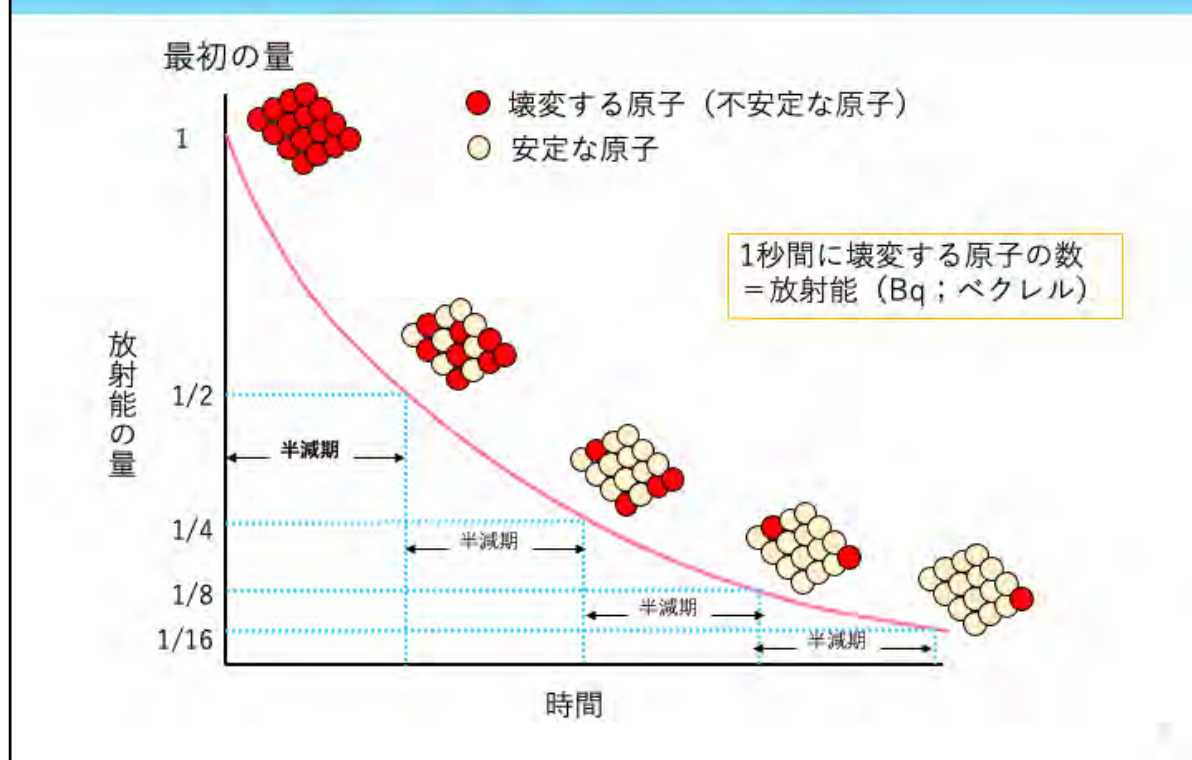
$\alpha$ 壊変は、原子核から陽子2個と中性子2個が一塊の粒子（ヘリウムの原子核）となって放出される壊れ方で、このヘリウムの原子核が $\alpha$ （アルファ）線です。多くの場合、 $\alpha$ 線の放出に伴って電磁波である $\gamma$ 線も放出されます。比較的質量数の大きい原子核で起こり、質量数が4、原子番号（陽子の数）が2つ減ります。

$\beta$ 壊変は、原子核から電子が放出される壊れ方で、この電子が $\beta$ 線です。 $\alpha$ 壊変同様、多くの場合、 $\beta$ 線の放出に伴って電磁波である $\gamma$ 線も放出されます。 $\alpha$ 壊変を起こす質量数より小さい原子核で起こり、質量数は変わらず、原子番号（陽子の数）が1つ増えます。中性子線はウランやプルトニウムが核分裂したときや、 $\alpha$ 壊変に伴って放出される中性子です。

例えば、炭素14は、窒素14に宇宙線の一つである中性子が当たり、陽子を追い出してできる自然界に存在する放射性物質です。原子核には陽子が6個、中性子が8個ありますが、両者の数のバランスが悪く、エネルギー的に不安定な状態です。一つの中性子が陽子になると、陽子も中性子も7個ずつになって安定します。このとき、余分なエネルギーが電子として放出されます。これが $\beta$ 線の正体です。つまり、炭素14は $\beta$ 線を出すことで、陽子数が7個の窒素に戻り、エネルギー的に安定になります。



## 物理学的半減期



放射能の単位にはBq（ベクレル）が用いられます。放射能は、単位時間当たりに放射性物質に含まれている原子核が「どれだけ壊れるか」で定義され、1 Bqは1秒間当たり1個の原子核が壊れることを表します。Bqは単独で使う以外に、単位体積、単位面積あるいは単位重量当たりの放射能を表す、 $Bq/cm^3$ 、 $Bq/cm^2$ 、 $Bq/kg$ などを使います。

放射性核種が壊れて別の原子核に変わるということは、時間の経過とともに放射性物質に含まれる放射性核種の数々が減っていくことになります。したがって、放射能も段々減っていきます。この変化の時間は、核種(放射性物質)の種類ごとに決まっており、元の放射性物質が半分に減少するまでの期間を「物理学的半減期」と呼んでいます。

半減期は放射性核種の種類によって異なり、数十億年という長いものから1秒以下の短いものまで色々あります。

## 核分裂反応

- 核分裂反応；不安定核が分裂してより軽い元素を二つ以上作る反応

- U-235原子核に低速の中性子が当たるといったん複合核を形成した後、2個の核分裂片XとYに分裂し、その際2～3個の中性子が放出される。

- 核分裂によって膨大な熱エネルギーが発生する。



- 核分裂生成物；核分裂反応によって発生する核分裂片

- 核分裂では、原子番号の和と質量数の和は、いずれも分裂の前後で保存されるが、A、B、a、bの値が一意的には定まらず、分裂パターンは多様化し、核分裂生成物の質量数は、72～162まで広く分布する。

熱中性子による核分裂で生じる主な核分裂生成物

生成物	U-235収率	Pu-239収率	半減期
セシウム133	6.70%	7.02%	安定
ヨウ素135	6.28%	6.54%	6.57h
ジルコニウム93	6.30%	3.80%	1.53My
セシウム137	6.19%	6.61%	30.17y
テクネチウム99	6.05%	N/A	211ky
ストロンチウム89	4.73%	1.72%	50.53d
ストロンチウム90	5.75%	2.10%	28.9y
ヨウ素131	2.83%	3.86%	8.02d
プロメチウム147	2.27%	N/A	2.62y
サマリウム149	1.09%	1.22%	安定
ヨウ素129	0.54%	1.37%	15.7My
キセノン133	6.70%	7.02%	5.2475d

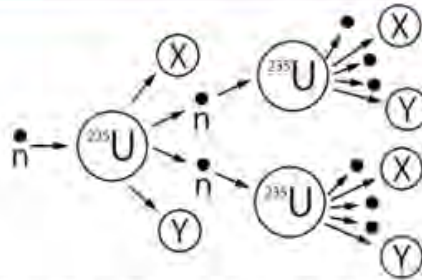
U-235原子核に低速の中性子が当たるといったん複合核を形成した後、2個の核分裂片XとYに分裂し、その際2～3個の中性子が放出されます。さらに核分裂を伴って膨大な熱エネルギーが発生します。これを核分裂反応といい、核反応の一つです。核分裂はU-235だけでなく、Th-232やU-233、U-238、Pu-239でも起こります。

核分裂片は核分裂生成物（FP; Fission Products）と呼ばれます。核分裂生成物の大部分は、強い放射能を帯びており、放射性廃棄物になります。核分裂では、原子番号の和と質量数の和は、いずれも分裂の前後で保存されますが、A、B、a、bの値が一意的には定まらず、分裂パターンは多様化し、核分裂生成物の質量数は、72～162まで広く分布します。

ウラン238、カリウム40のように半減期が長い放射性物質は、遠い昔に宇宙で作られ、地球が誕生する時に地球に取り込まれたものです。

セシウム137、ストロンチウム90、ヨウ素131、プルトニウム239は、原子力発電所が事故を起こすと環境中に放出されることがあります。

## 臨界



- **連鎖反応**；核分裂の際に放出された中性子が、近くのU-235原子核に当たると、そこでも核分裂が起こる。このように中性子が担い手となって次々にねずみ算式に次々と増大しながら進む反応
- **臨界**；中性子の数が増えもせず、減りもしない状態で、核分裂の連鎖反応が一定に持続している状態
  - 原子炉は連鎖反応が徐々に進み、それを制御できるようにした装置
  - U-235の濃度や量が少ないと核分裂で生じた中性子が次のU-235に当たらないので、連鎖反応が起こらない。

核分裂の際に放出された中性子が、近くのU-235原子核に当たると、そこでも核分裂が起こります。このように中性子が担い手となってねずみ算式に次々と増大しながら進む反応を連鎖反応と言います。

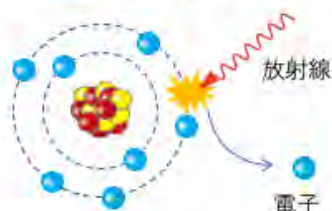
原爆は連鎖反応が瞬時に進むようにしたものであり、原子炉は連鎖反応が徐々に進み、それを制御できるようにした装置です。

中性子の数が増えもせず、減りもしない状態で、核分裂の連鎖反応が一定に持続している状態を臨界と言います。U-235の濃度や量が少ないと核分裂で生じた中性子が次のU-235に当たらないので、連鎖反応が起こりません。連鎖反応が起こるためには、一定量以上のU-235が必要になります。その最小量を臨界量と言います。

臨界量は、核燃料の種類、濃度、量、形状、溶液の有無などのよって変わります。そのため、臨界量以上の核燃料を1箇所に集めると、連鎖反応が一気に進み、危険です。これが臨界事故となります。

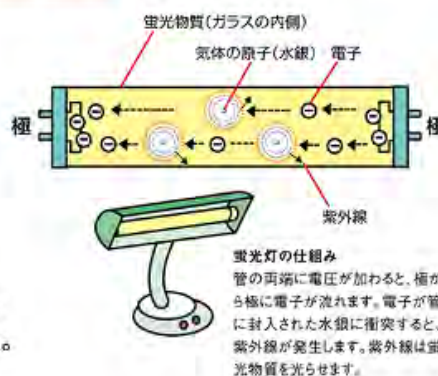
# 放射線の作用

**電離作用** 電子をはじき出す



直接作用；物質を直接電離する。  
間接作用；物質との相互作用によって発生した二次電子によって間接的に電離する。

**蛍光作用** 光を出させる



**透過作用**

物質を通り抜ける



放射線が物質中を通過する場合、持っているエネルギーにより、原子が持つ軌道電子をはじき出して、陽電荷を帯びた状態の原子（または陽イオンの分子）と自由な電子とに分離します。これを電離作用といいます。

電離放射線の中には、直接物質を電離するものと、間接的に電離するものがあります。

$\alpha$ （アルファ）線、 $\beta$ （ベータ）線等の電気を持った粒子線は、物質を直接電離します。特に $\alpha$ 線は、 $\beta$ 線等の数百倍の密度の電離を引き起こします。

$\gamma$ （ガンマ）線、X（エックス線）は、物質との相互作用によって発生した二次電子によって、物質を間接的に電離します。

蛍光作用とは、紫外線や放射線などが特別な物質に当たった時、その物質から特殊な光を出させる働きのことです。

透過作用とは、前述の通り物質を通り抜ける作用です。物質を通り抜けるときに、放射線（電荷を持つ粒子や電磁波）は、電気、磁気的作用によってエネルギーを失い、最終的には止まります。

放射線の他の作用として写真作用や化学作用もあります。写真作用の原理は、原則としてフィルムの写真と同じです。放射線が写真乳剤中の原子・分子に電離作用を及ぼしてイオンや自由電子を発生させます。このイオンを還元すると像として残ります。この像を現像、定着すると放射線の写真ができます。

出典；「原子力・エネルギー図面集2015」より改変

## 放射線の作用と放射線測定器

検出方法	測定器の例	主な測定対象放射線
気体の電離作用を利用	電離箱式サーベイメータ	γ線
	GM計数管式サーベイメータ	β線, γ線
固体の電離作用を利用	電子式ポケット線量計	γ線
蛍光作用を利用	シンチレーション式サーベイメータ	γ線, α線
	TLD、蛍光ガラス線量計	γ線, β線

放射線は人間の五感に感じないので、なんらかの手段によって検出する必要があります。放射線の検出（測定器）は、電離作用、蛍光作用などを利用して、放射線を検出し、測定することができます。

放射線の検出方法と測定器の例及び主な測定対象放射線を示します。

気体の電離作用を利用した放射線測定器に、電離箱式サーベイメータがあります。電離箱式サーベイメータは、放射線の電離作用によって生じた、電離箱内の空気中を流れる電流を測定することにより、放射線の量を測る測定器です。

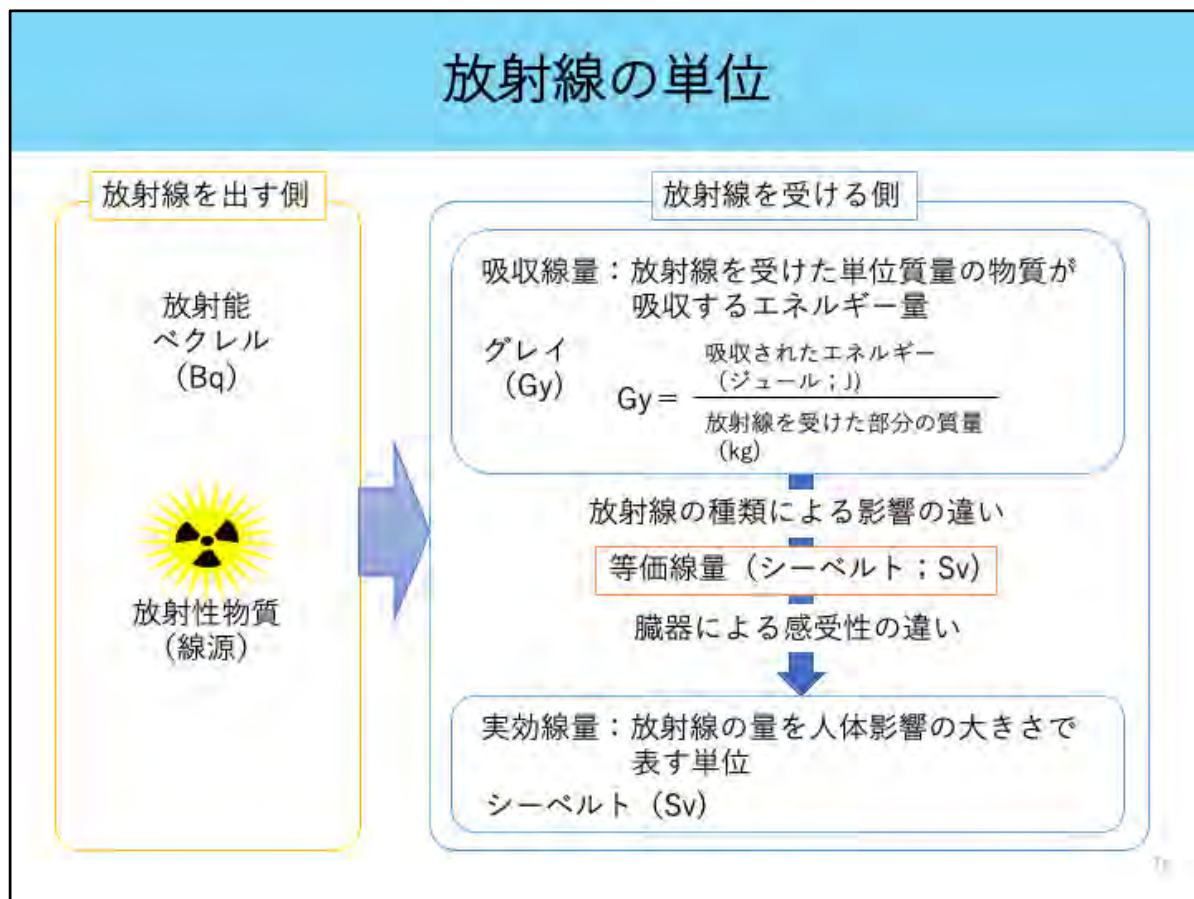
GM計数管式サーベイメータも放射線の電離作用を利用した測定器ですが、GM計数管は信号を増幅しているため電離箱よりも感度がよく、微量な放射線の測定に適しています。

個人線量計の一つである電子式ポケット線量計は固体（半導体）の電離作用を利用した測定器です。同じ作用を利用したものに、γ線のエネルギーの違いから放射性核種の種類を判別するために用いられるゲルマニウム半導体γ線スペクトロメータがあります。

蛍光作用を利用した放射線測定器に、シンチレーション式サーベイメータがあります。シンチレーション式サーベイメータはシンチレータと呼ばれる蛍光物質が出す光を電気信号に変えて計測することにより、放射線の量を測定する測定器です。

TLD（熱ルミネセンス線量計）及び蛍光ガラス線量計は、放射線を照射した後、に所要の処理を施すことにより蛍光を発する作用を利用しています。

# 放射線の単位



放射線が物質に当たった場合、放射線の「エネルギーがどれだけ物質に吸収されたか」を表す量を吸収線量といいます。吸収線量の単位にはGy（グレイ）を用います。1 Gyは、物質1 kg当たり1ジュールのエネルギーが吸収されたときの放射線量です。

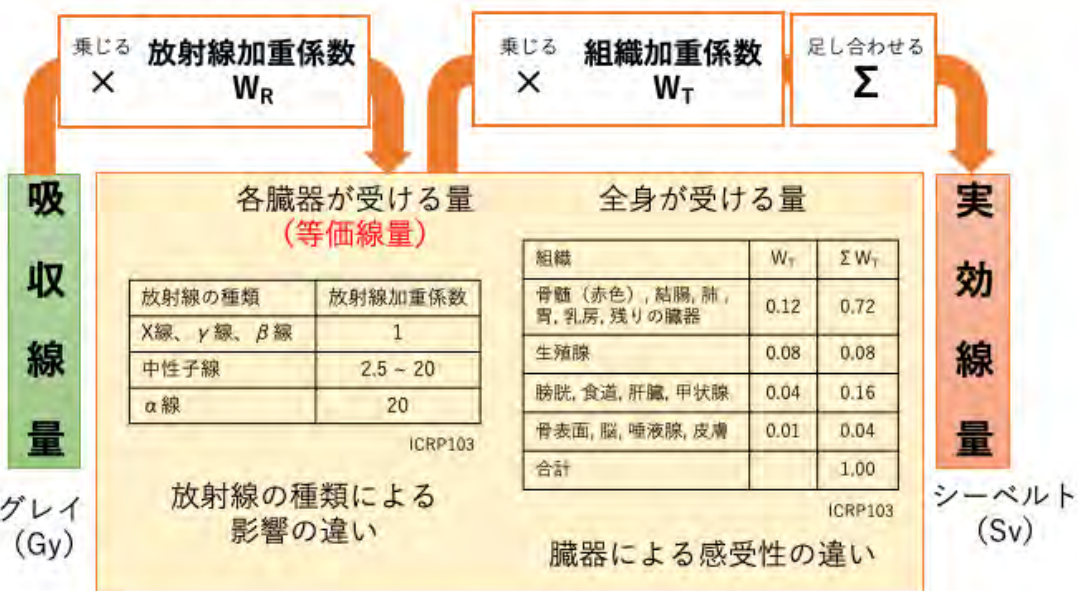
人が被ばくしたとき、放射線が人体に与えた影響の大きさを表す単位がSv（シーベルト）です。人体への影響は、各組織・臓器に対する影響と全身に対する影響とに分けて評価します。各組織・臓器に対する影響を「等価線量」、全身に対する影響を「実効線量」といいます。等価線量、実効線量ともにSvで表します。

放射線による各組織・臓器への影響は、吸収線量が同じでも、受けた放射線の種類やエネルギーによって異なることが知られています。この放射線の種類やエネルギーによる影響の違い（放射線荷重係数）を考慮して、各組織・臓器への影響を評価した線量が等価線量です。甲状腺の等価線量、水晶体の等価線量といった使われかたをします。各組織・臓器は、受けた等価線量が同じでも、その部位により影響の現れ方（感受性）が異なります。各組織・臓器の等価線量にこの影響の現れ方の違い（組織荷重係数）を加味して全身について合計したものが実効線量です。防災業務活動では実効線量を測定します。

Svは単独で使う以外に、単位時間当たりの線量としてのSv/h（1時間当たりの線量）やSv/年（年間当たりの線量）のような使い方があります。自然界のバックグラウンド線量率は $\mu$  Sv/h又はn Sv/hで表され、緊急時の防護対策ではmSv/hやmSvが多く使われます。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」より改変

# 放射線の影響と単位



人が被ばくしたとき、放射線が人体に与えた影響の大きさを表す単位がSv (シーベルト) です。

人体への影響は、各組織・臓器に対する影響と全身に対する影響とに分けて評価します。各組織・臓器に対する影響を「等価線量」、全身に対する影響を「実効線量」で表します。等価線量、実効線量ともに単位はSvです。

放射線による各組織・臓器への影響は、吸収線量が同じでも、受けた放射線の種類やエネルギーによって異なることが知られています。この放射線の種類やエネルギーによる影響の違い (放射線荷重係数) を考慮して、各組織・臓器への影響を評価した線量が等価線量です。甲状腺の等価線量、水晶体の等価線量といった使われかたをします。

各組織・臓器は、受けた等価線量が同じでも、その臓器により影響の現れ方 (感受性) が異なります。各組織・臓器の等価線量にこの影響の現れ方の違い (組織荷重係数) を加味して全身について合計したものが実効線量です。防災業務活動では実効線量を測定することになります。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」より改変



## 補助単位（接頭語）

- 非常に大きな数値や小さな数値を扱う場合、その数値をそのまま表現したら分かりにくいので、補助単位（接頭語）を使用する。

大きい数値を表す補助単位

補助単位	よみ	大きさ
k	キロ	$10^3$
M	メガ	$10^6$
G	ギガ	$10^9$
T	テラ	$10^{12}$

小さい数値を表す補助単位

補助単位	よみ	大きさ
m	ミリ	$10^{-3}$
$\mu$	マイクロ	$10^{-6}$
n	ナノ	$10^{-9}$
p	ピコ	$10^{-12}$

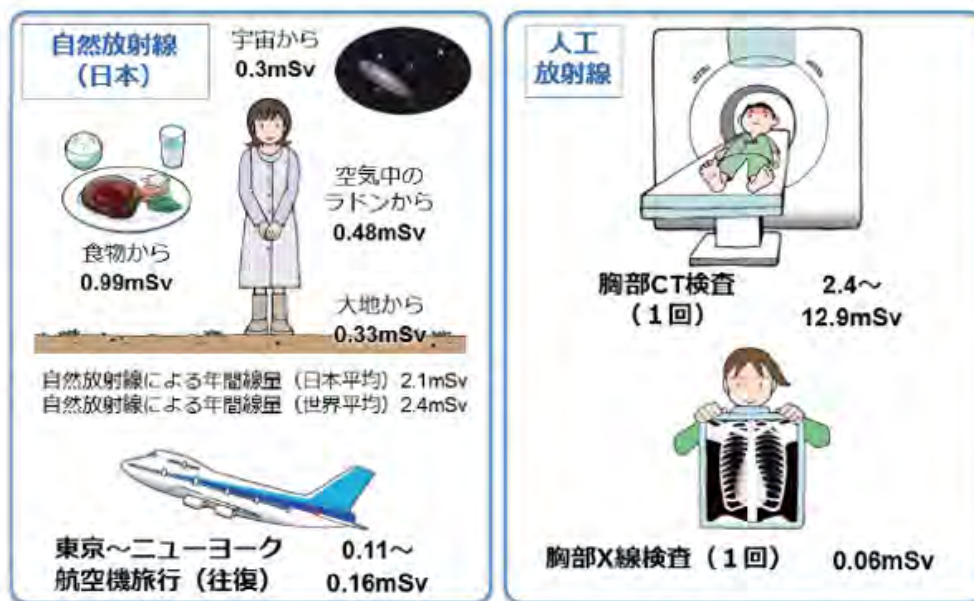
$$1 \text{ Sv} = 1000 \text{ mSv} = 1000000 \text{ }\mu\text{SV}$$
$$1 \text{ }\mu\text{SV} = 0.001 \text{ mSv} = 0.000001 \text{ Sv}$$

Bq、Sv、Gyなどの単位の他に、接頭語が使われます。

これは、放射線分野で扱う数値が非常に大きいものから小さいものまであり、その数値をそのまま表現したら分かりにくいいため、特に、M（メガ、百万倍）、m（ミリ、千分の一）、 $\mu$ （マイクロ、百万分の一）、n（ナノ、十億分の一）などの接頭語が多く使われます。

1Svは1000mSvであり、1,000,000 $\mu$ Svということになります。

## 身の回りの放射線



mSv : ミリシーベルト

出典：国連科学委員会〔UNSCEAR〕2008年報告、原子力安全研究協会「新生活環境放射線（平成23年）」、ICRP103 他より作成

17

日常生活をする中で、知らず識らず、私たちは放射線を受けています。

宇宙からそして大地から受ける自然放射線による外部被ばくや、食物や空気中のラドンから受ける自然由来の放射性物質から受ける内部被ばくは、合計すると年間で2.4mSv になります(世界平均)。また日本においては放射線検査等で受ける医療被ばくの割合が大きいことが知られています。これは一回の検査あたりの被ばく量が多いCT検査が広く普及していることや胃がん検診で上部消化器検査が行われているためと考えられます。

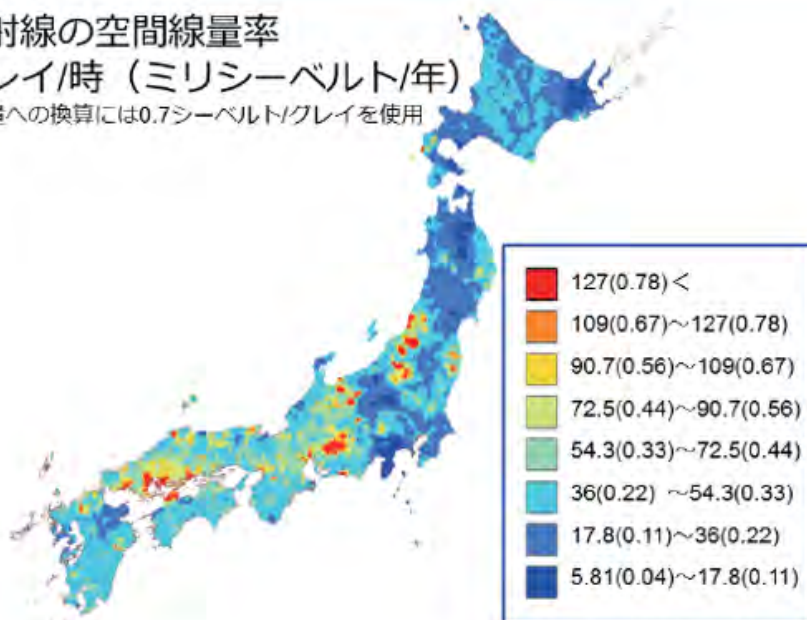
日本人が欧米諸国に比べて食品からの線量が高い理由は、魚介類を多く摂取する日本人の食生活が関係しています。魚介類にはポロニウム210が多く含まれているため、その分、実効線量が大きくなっています。一方、ラドン・トロンによる被ばくが少ないのは、日本家屋は通気性が良く、地中から屋内に侵入したラドン・トロンが速やかに屋外に拡散するためと考えられています。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」

# 大地の放射線

## 自然放射線の空間線量率 ナノグレイ/時 (ミリシーベルト/年)

・実効線量への換算には0.7シーベルト/グレイを使用



出典：日本地質学会ウェブサイトより

19

日本国内でも、大地からの放射線レベルにはわずかに差があります。

関東ローム層が大地からの放射線を遮へいする関東平野では、おおむね大地からの放射線量は少なくなっています。一方、花崗岩が直接地表に露出した地質が多い西日本では、東日本より大地からの放射線の量が高い傾向にあります。

最も高い岐阜県と最も低い神奈川県では年間0.4ミリシーベルトの差があるといわれています。しかし、だからといって、西日本に住んでいる人達に、放射線による悪影響がある、ということではありません。そのような事実はありません。この高低差はあくまで、低い自然放射線のレベルの中での高低差であって、日常生活の範囲での話です。事故時などのレベルは、これよりもはるかに高いレベルになります。

自然放射線量を計算で求めるには、大地に含まれるウランとトリウムとカリウム（放射性K-40）の濃度を用いますが、すでに公表されている元素の濃度分布図である地球化学図のデータを用いることができます。

地上1mの高さでの線量率D(nGy/h)の計算

$$D = 13.0 C_K + 5.4 C_U + 2.7 C_{Th}$$

ここでCK(%), CU(ppm), CTh(ppm)はそれぞれカリウム、ウラン、トリウムの濃度です。単位はナノグレイ(nGy)であるのでこれをマイクログレイ( $\mu$ Gy)に換算して表したのが上図です。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」（日本地質学会ウェブサイトより引用）

産総研地質調査総合センターウェブサイト

(<http://www.geosociety.jp/hazard/content0058.html>)

参考：<https://gbank.gsj.jp/geochemmap/>

<https://gbank.gsj.jp/geochemmap/setumei/radiation/setumei-radiation.htm>

## まとめ

- 放射線 ( $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線、X線、n線) と放射能 (放射線を出す能力)
- 放射線的作用による、電離 (電子の放出) と励起 (外側の軌道に移転)
  - 電離作用、蛍光作用→放射線測定器、透過作用→X線撮影、CT
- 等方性による距離の2乗減衰と遮蔽減衰 ( $\alpha$ :紙、 $\beta$ :7 $\mu$ m、 $\gamma$ :鉛、n:水)
- $\alpha$ 壊変 ( $\alpha$ 線+ $\gamma$ 線)、 $\beta$ 壊変 ( $\beta$ 線+ $\gamma$ 線)、核分裂 (n線+ $\gamma$ 線)
- 臨界 (連鎖反応に至る限界) →連鎖反応 (核分裂が次々に増大)
- 放射線により透過力が違う。
- 核種毎固有の半減期を有し、放射能は1半減期で1/2、2半減期で1/4
- 放射線の単位
  - ベクレル(放射能の単位)
  - グレイ(物質が吸収したエネルギーを表す単位)
  - シーベルト (放射線量、被ばく線量の単位)
- 自然界にも放射線は存在する。
  - 日本の年間自然放射線の量 2.1mSv
  - 世界の年間自然放射線の量 2.4mSv

# 放射線の影響

原子力災害医療 基礎研修

原子力災害基礎-3

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

講義時間；30分

内容

- 外部被ばくと内部被ばく
- 放射線の影響と単位
- 放射線とDNA損傷
- 生存率曲線
- ベルゴニー・トリボンドーの法則
- 実質細胞の放射線感受性
- 放射線の人体影響
- 確率的影響
- 確定的影響（組織反応）
- しきい値
- 被ばくの種類
- 急性放射線症
- 放射線皮膚障害
- 晩発障害
- 放射線によるがんの増加

# 外部被ばくと内部被ばく

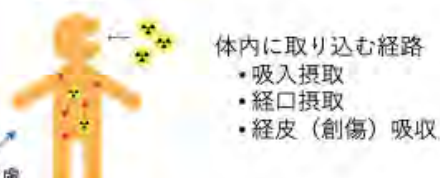
## 外部被ばく

外部被ばくとは、放射性物質（線源）から放出される放射線を体の外から浴びること。被ばく後、身体には放射線は残らない。



## 内部被ばく

内部被ばくとは、身体に取り込んだ（吸入、摂食）放射性物質からの放射線を体内で浴びること。



## 体表面汚染



放射線を受ける事を放射線被ばくと言います。

体の外から放射線を浴びるのが外部被ばく、放射性物質を体内に取り込んで体の中から放射線を浴びることが内部被ばくです。

外部被ばくには、全身あるいは体幹部の重要な臓器の大部分を被ばくする全身被ばくと、手指や四肢の一部など身体の一部だけを被ばくする局所被ばくがあります。局所被ばくでは、被ばくした部分の皮膚や骨の影響が現れます。

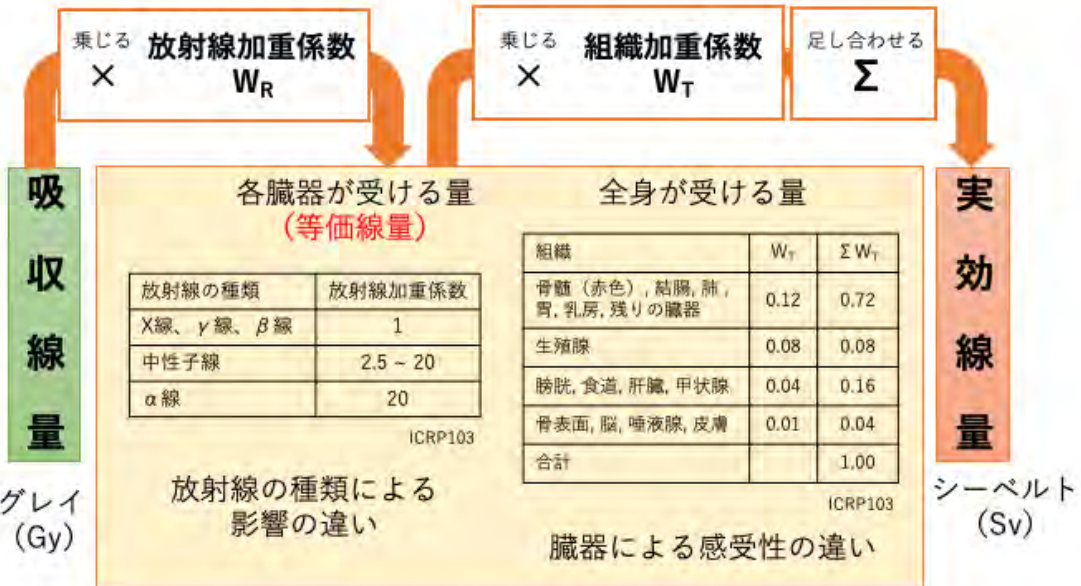
内部被ばくには、吸入摂取、経口摂取、経皮（創傷）吸収の3つの経路があります。

放射性物質が体の表面や衣服等に付着した状態が汚染です。頭部や顔面に体表面汚染がある場合は、噴霧あるいは放出された放射性物質を吸入したり、放射性物質が浮遊していた空間に滞在していた可能性があるため、内部被ばくの可能性を考えます。

体表面汚染のある部位からは、放射線を検知できますが、局所被ばくの症状が出現するほどの被ばくは通常はありません。ただし、とてもエネルギーが高い放射性物質が高濃度に付着した場合は、皮膚が外部被ばくすることもあります。表面汚染がある人から、周囲の人が外部被ばくするのはとても低いレベルです。

汚染に接触すると汚染拡大するため、注意が必要です。

# 放射線の影響と単位



放射線を受ける側の単位としては、グレイ (Gy)とシーベルト (Sv)があります。放射線が通ったところでは、放射線のエネルギーを吸収します。この吸収線量の単位がGyです。

人体への影響は、各組織・臓器に対する影響と全身に対する影響とに分けて評価します。各組織・臓器に対する影響を「等価線量」、全身に対する影響を「実効線量」で表します。等価線量、実効線量ともに単位はSvです。

放射線による各組織・臓器への影響は、吸収線量が同じでも、受けた放射線の種類やエネルギーによって異なることが知られています。この放射線の種類やエネルギーによる影響の違い（放射線荷重係数）を考慮して、各組織・臓器への影響を評価した線量が等価線量です。甲状腺の等価線量、水晶体の等価線量といった使われかたをします。

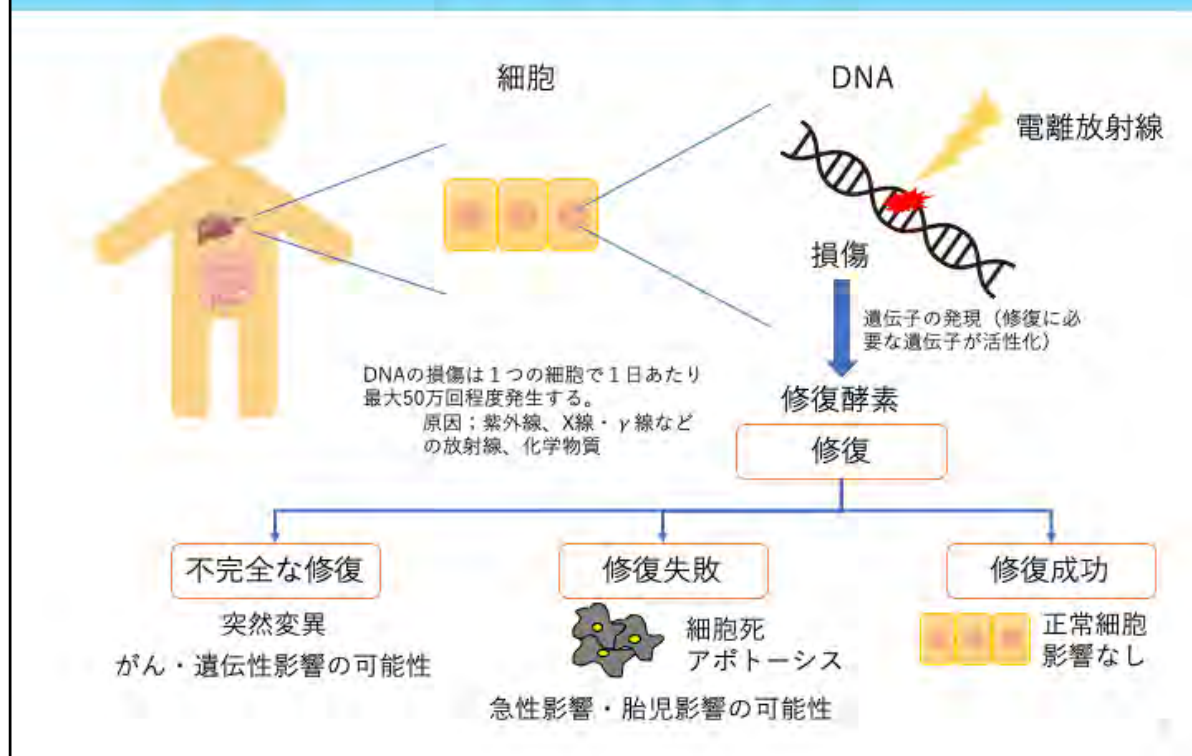
各組織・臓器は、受けた等価線量が同じでも、その臓器により影響の現れ方（感受性）が異なります。各組織・臓器の等価線量にこの影響の現れ方の違い（組織荷重係数）を加味して全身について合計したものが実効線量です。防災業務活動では実効線量を測定することになります。

このようにシーベルトは、全身が受ける放射線の量（実効線量）、内部被ばくによって受ける放射線の量（預託実効線量）、ある場所だけ放射線を受ける局所被ばくの量（等価線量）の単位として用いられます。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」より改変



## 放射線とDNA損傷



放射線の生物影響は、生体を通過してエネルギーを与える際の連鎖反応の結果です。

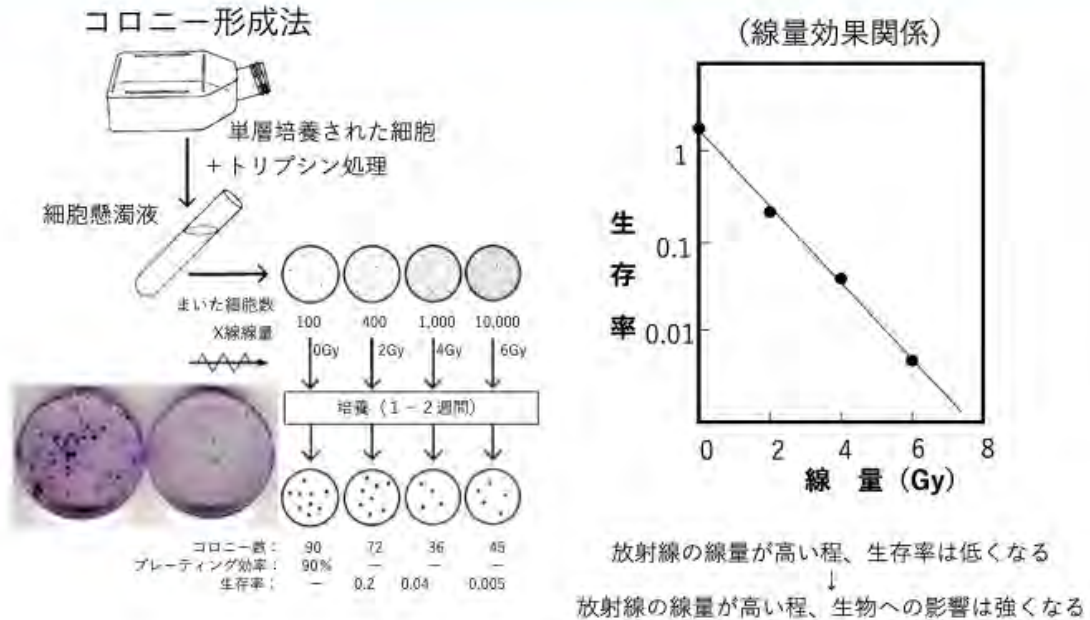
細胞での放射線のターゲットはDNAです。DNAの傷は体の中に備わっているシステムで修復されます。少しの傷なら修復が成功し、元に戻ります。傷が多ければ修復できずに細胞自体が死んでしまいます。また修復が不完全のまま、この細胞は生きながらえた場合、この細胞からがん細胞などが生じる可能性があります。

放射線による人体影響は、細胞が死ぬか、あるいは突然変異を起こすかのどちらかによるものです。

放射線の物理的相互作用は $10^{-15}$ 秒で起こります。がんが発症するまでには年単位での時間がかかります。

遺伝性影響とは被ばくした個体の子孫に現れる影響を指しますが、ヒトでは観察されていません。

# 生存率曲線



自己増殖する細胞をシャーレに播いて培養すると細胞が増殖を繰り返し、シャーレに細胞塊（コロニー）が形成されます。この細胞の増殖を定量的するために用いられる方法がコロニー形成法です。

放射線を照射した細胞は、増殖が出来なくなりコロニーの形成が少なくなります。放射線を照射していない細胞群を1としたとき、放射線を照射した細胞群でコロニーが形成される割合を生存率と言います。放射線の線量が高くなるほど生存率は低下します。

$$\text{生存率} = \frac{\text{コロニー数}}{\text{蒔いた細胞数} \times \text{プレーティング効率}}$$

## ベルゴニー・トリボンドーの法則

細胞分裂頻度が高い（細胞周期が短い）細胞  
将来、長期にわたって分裂を続ける細胞  
形態的・機能的に未分化な細胞

→ 放射線感受性が高い



放射線の影響を受け易い

基本的に“未分化で増殖盛んな細胞の放射線感受性が高い”


細胞の種類によっても放射線の感受性が異なり、その細胞の再生能力に比例し、分化の程度に反比例します。

細胞分裂の頻度が高い細胞ほど、将来、長期にわたって分裂を続ける細胞、形態や機能が未分化な細胞ほど放射線の感受性が高いため、放射線の影響を受けやすくなります。これをベルゴニー・トリボンドー（Bergonie and Tribondeau）の法則といいます。

この法則は、組織内の細胞の放射線感受性について細かい比較にまで当てはまるものではないが、基本的に“未分化で増殖盛んな細胞の放射線感受性が高い”ことを示しています。

細胞レベルでの放射線の影響は、細胞周期と関連します。細胞が分裂して再び分列を終了するまでの期間を細胞周期といい、G<sub>1</sub>期（DNA合成が始まるまでの準備期間）、S期（DNA複製が行われる期間）、G<sub>2</sub>期（細胞分裂に必要なタンパク質が合成される細胞分裂準備期間）、M期（細胞分裂が行われる期間）に分けられます。また、G<sub>1</sub>期から静止期(G<sub>0</sub>期)に移行します。放射線感受性はM期が最も高く、G<sub>1</sub>初期から中期にかけていったん低下し、G<sub>1</sub>後期からS期にかけて再び感受性が高まります。S期に入ると再び感受性が低下し、この状態がG<sub>2</sub>期まで続きます。G<sub>0</sub>期は一般に感受性が低いです。このことから盛んに細胞分裂を繰り返している組織や器官では、放射線の感受性が高くなります。

## 実質細胞の放射線感受性

感受性	グループ	増殖、分化	実質細胞の例
 高い	増殖幹細胞	分裂 未分化	造血幹細胞、小腸クリプト (幹細胞)、精原細胞、表皮 幹細胞、リンパ球
	分化している幹細胞	分裂 分化	血液系の分化した幹細胞、精 母細胞、食道上皮細胞、膀胱 上皮細胞
	(血管系、線維芽細胞などの結合組織系)		
	再生可能な分裂頻度の低い 細胞	通常はほとん ど分裂しない 分化	肝臓、腎臓、膵臓、副腎、甲 状腺、脳下垂体、成人の骨、 成人の軟骨
	分裂終了細胞	分裂終了 分化	神経細胞、筋繊維、顆粒球、 超上皮細胞
低い			

出典：日本放射線技術学会「放射線生物学（改訂2版）」

細胞分裂が盛んで、分化の程度の低い細胞ほど、放射線感受性が高い傾向にあります。

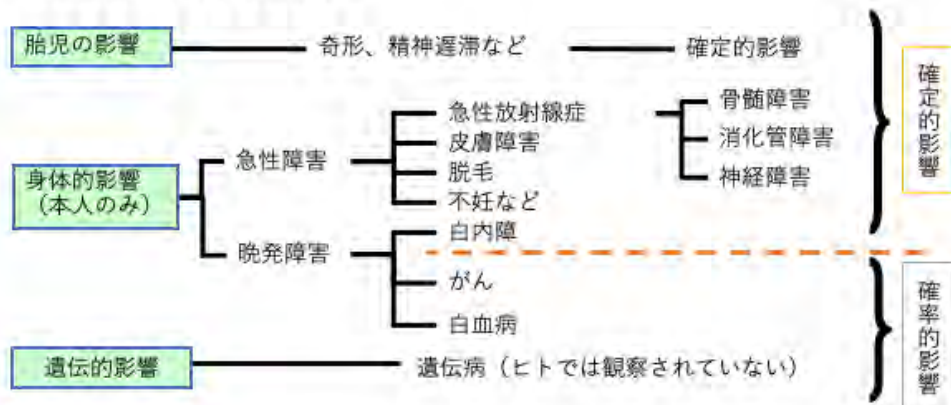
例えば、骨髄にある造血幹細胞はさかんに分裂しながら、血液中の各種細胞に分化する細胞です。幹細胞から分裂（増殖）が進んだ未成熟（未分化）な造血細胞の放射線感受性は極めて高く、分化した細胞よりも少量の放射線で細胞死が起こります。

その結果、血液細胞の供給が止まり、血中の各種の細胞の数が減少します。また消化管の上皮も常に新しい細胞に置き換わる新陳代謝が激しい臓器なので、放射線感受性が高くなります。

一方、細胞分裂をしない神経組織や筋組織は放射線に強いことが知られています。

# 放射線の人体への影響

- 急性障害
  - 急性放射線症：全身に短時間で1Gy以上の線量を被ばくしたときに生じる
  - 放射線熱傷：放射線による皮膚障害、体の一部分の被ばくでも生じる
- 晩発障害
  - 白内障：数年～十数年後に現れる目の症状
  - 悪性腫瘍：がんや白血病など



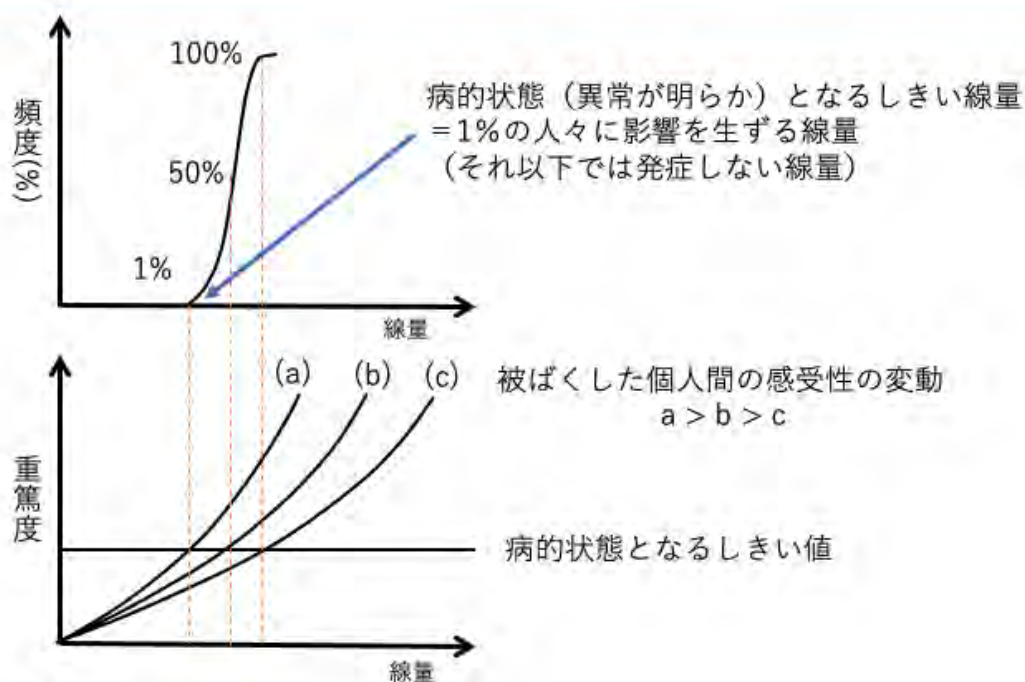
放射線の人体への影響は、医学的な観点から被ばくした本人に現れる身体的影響と被ばくした人の子孫に現れる遺伝的影響があります。遺伝的影響は人では観察されていません。

身体的影響は、被ばくした本人の体に症状が現れる時期によって急性障害と晩発障害に分けられます。急性障害は、被ばくして数週間以内に現れる症状で、全身に短時間で1 Gy以上の線量を被ばくした時には、骨髄障害、消化管障害、神経障害などの全身の症状が現れます。これを急性放射線症といいます。また、体の一部分だけを被ばくする事を局所被ばくといい、高線量の局所被ばくをした場合は、皮膚の障害として、熱傷のような症状が現れます。

被ばく後数年から数十年経ってから現れる症状を晩発障害といいます。晩発障害には、白内障、がん、白血病などがあります。

母親の胎内にいた時に被ばくした場合は、胎児の影響があり、奇形や精神遅滞などが現れます。

## 確定的影響（組織反応）



確定的影響とは、大量の放射線を被ばくした場合に、死滅する多くの細胞を補う正常な細胞の分裂増殖が十分でないために発生すると考えられているもので、ある線量以上の被ばくを受けた場合にだけ現れます。この線量を「しきい値」といい、しきい値を超えた線量を被ばくすると、症状の現れ方には多少の個人差はありますが、誰にも同じように症状が現れます。

確定的影響の特徴を整理すると、次のようになります。

- ・症状は、しきい値以上の放射線を被ばくした場合に現れる。
- ・症状の重さは、被ばくした放射線の量に依存する。
- ・同じ程度の量の放射線を被ばくした人には、誰にでも同じような症状が現れる。

なお、症状の発生する頻度が1%の値をしきい値としています。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」より改変

## しきい値

影響	器官/組織	発症までの期間	受けた線量 (Sv)	出展
			1%の人に生じる	
罹患率:				
一時的な不妊	精巣	3-9週間	~0.1	a, b
永久不妊	精巣	3週間	~6	a, b
永久不妊	卵巣	< 1週間	~3	a, b
造血能低下	骨髄	3-7日間	~0.5	a, b
皮膚の発赤	皮膚 (広範囲)	1-4 週間	<3-6	b
放射線熱傷	皮膚 (広範囲)	2-3 週間	5-10	b
一時的な脱毛	皮膚	2-3 週間	~4	b
白内障 (視力障害)	水晶体	数年	~1.5	a, c
死亡:				
骨髄症候群:				
- 治療なし	骨髄	30-60 日間	~1	b
- 適切な治療	骨髄	30-60日間	2-3	b, d
胃腸の障害:				
- 治療なし	小腸	6-9日間	~6	d
- 適切な治療	小腸	6-9日間	>6	b, c, d
肺臓炎:	肺	1-7ヶ月	6	b, c, d

放射線の確定的影響は、それぞれ被ばく後から発現するまでの期間としきい値が決まっています。この表はICRPによって示された、全身γ線被ばく後の成人の臓器および組織にかかわる罹病の1%発生率と死亡に対する、急性吸収線量のしきい値の予測推定値です。急性に1回で被ばくした場合の値です。

出典：ICRP Publication 103

a) ICRP (1984)

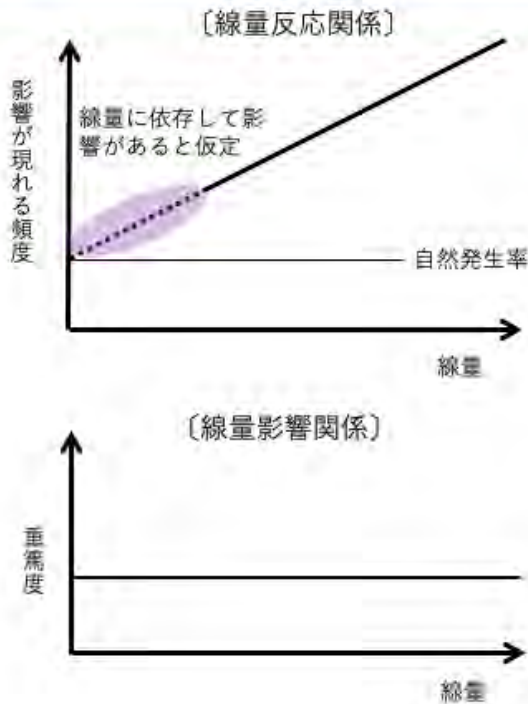
b) UNSCEAR (1988)

c) Edwards と Lloyd (1996)

d) Scott と Hahn (1989) , Scott (1993)

e) ほとんどの数値は四捨五入してGy に丸められている。範囲は、皮膚については面積依存性が、骨髄については様々な補助的治療があることを示している。

## 確率的影響



しきい線量は存在しないと仮定

確率的影響とは、**しきい値が存在しない**と考えられている影響であり、具体的には、発がんや遺伝的影響である。一定の線量以下では、喫煙や飲酒といった他の発がん影響が大きすぎて見えないが、ICRP等ではそれ以下の線量でも影響はあると仮定して、放射線防護の基準を定めることとしている。

確率的影響とは、しきい値が存在しないと考えられている影響であり、具体的には、発がんや遺伝的影響です。

これらの影響には、細胞の突然変異が関わっています。遺伝的影響の場合、生殖細胞に1回、発がんの場合、ひとつの体細胞に数回の突然変異が生じることで起こります。つまり、確率的影響は細胞が一つでも性質を変えれば、発生する可能性があります。

放射線の被ばく線量と影響の間には、しきい値がなく直線的な関係が成り立つという考え方をLNT(Liner non-threshold)仮説といいます。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」より改変

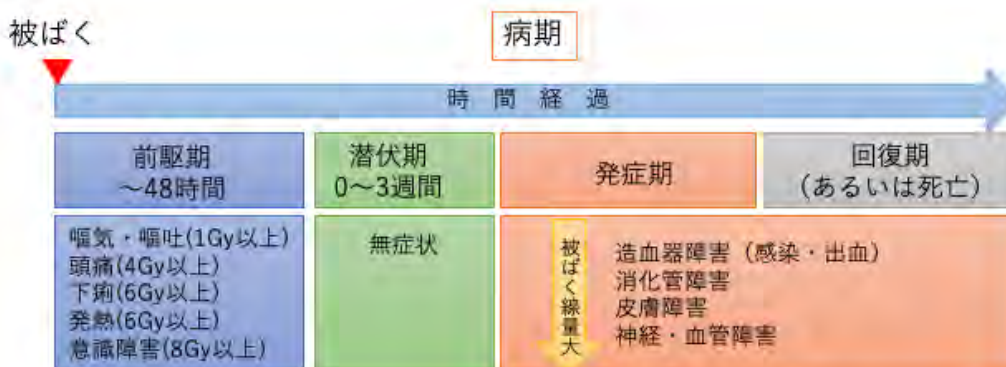


# 急性放射線症

短時間に1 Gy (1000mGy) 以上の全身被ばく後、数時間～数週間後に起こる臨床症状の総称

→多くの組織や臓器障害をおこす

特に細胞増殖の盛んな組織（造血器、消化管粘膜、皮膚、生殖腺の幹細胞など）が影響を受けやすく、これらの臓器の障害による症状が主体



全身に1グレイ（1,000ミリグレイ）以上の放射線を一度に受けた場合、急性放射線症と呼ばれる、一連の臓器障害をきたすことがあります。この時間経過をみると、典型的には、前駆期、潜伏期、発症期の経過をたどり、その後、回復するか、あるいは死に至ります。

被ばく後およそ48時間以内に見られる前駆症状により、おおよその被ばく量を推定することができます。

1グレイ以上の被ばくで、食欲不振、悪心、嘔吐と言った症状が見られることがあります。

4グレイ以上の被ばくをした場合、頭痛などを訴えることがあります。

下痢や発熱といった症状を示す場合は6グレイ以上被ばくした可能性があります。その後、潜伏期を経て、発症期に入ると、被ばくした線量に応じて造血器障害、消化管障害、神経血管障害が現れます。これらの障害は、放射線感受性の高い臓器や組織を中心に現れます。概して線量が多いほど潜伏期は短くなります。

皮膚は、大人で1.3～1.8m<sup>2</sup>と、大きな面積を持つ組織です。被ばく直後に初期皮膚紅斑がでることもありますが、一般には皮膚障害は被ばく後数日以上たってから現れます。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」より改変

## 急性放射線症の前駆症状

症状と治療方法		軽度 (1-2Gy)	中等度 (2-4Gy)	重症 (4-6Gy)	非常に重症 (6-8Gy)	致死的 (>8Gy)
嘔吐	発現時期 発現頻度	2時間以降 10-50%	1-2時間以降 70-90%	1時間以内 100%	30分以内 100%	10分以内 100%
下痢	発現時期 発現頻度	なし —	なし —	軽度 3-8時間 <10%	重度 1-3時間 >10%	重度 数分以内-1時間 ほぼ100%
頭痛	発現時期 発現頻度	軽微 —	軽微 —	中等度 4-24時間 50%	重度 3-4時間 80%	重度 1-2時間 80-90%
意識	発現時期 発現頻度	障害なし —	障害なし —	障害なし —	障害の可能性 —	意識喪失 秒分のオーダー 数秒-数分 <100% (> 50Gy)
体温	発現時期 発現頻度	正常 —	微熱 1-3時間 10-80%	発熱 1-2時間 80-100%	高熱 <1時間 100%	高熱 <1時間 100%

( | AEA/WHO Safety Reports Series No.2 "Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries".1998.Vienna  
に基づき原子力施設等防災専門部会が作成)

17

急性放射線症の前駆症状と被ばく線量をまとめた表です。

前駆期は被ばく後数分から数時間以内に現れ、48時間まで続くことがあります。食欲低下・悪心・嘔吐・下痢が主な前駆症状で、線量が高いほど出現までの時間が短く重篤です。

嘔吐であれば、1~2Gyの被ばくの場合、2時間以降に10~50%に症状が出現し、2~4Gyでは1~2時間以降に70~90%、4~6Gyでは1時間以内に100%、6~8Gyでは30分以内に100%、8Gy以上では10分以内に100%に症状が出現します。

## 急性放射線症の症状



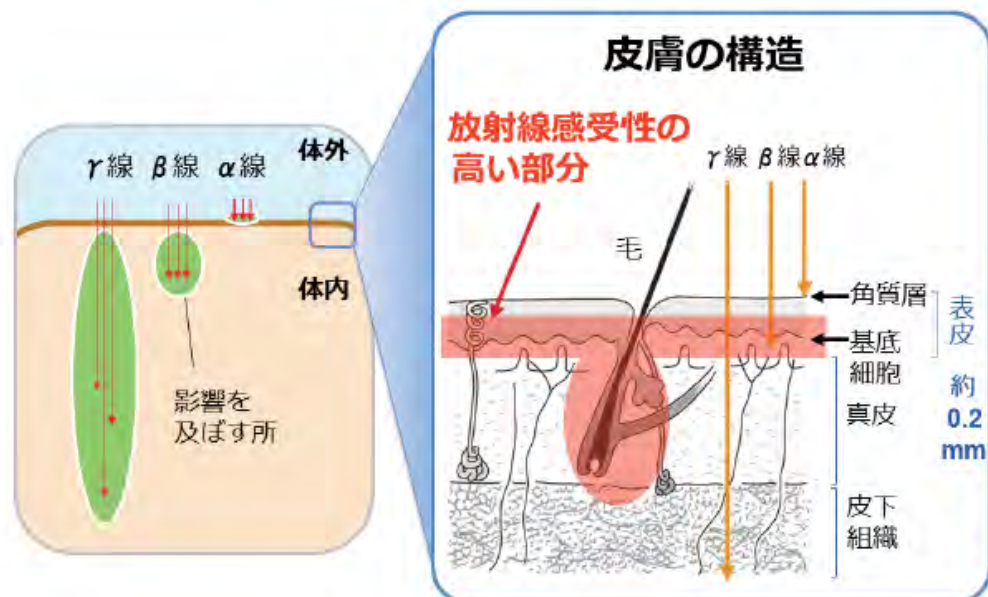
急性放射線症の症状は主に骨髄障害、消化管障害、中枢神経・循環器障害、皮膚障害に分けられます。

骨髄障害は、被ばく後に白血球、血小板が減少し、感染症、敗血症、出血症状を引き起こします。

致死的な線量の被ばくの場合、脳浮腫や血圧低下などの中枢神経と循環器障害が起こり、意識障害となります。

皮膚障害も被ばく線量に応じて、紅斑、水疱、びらん、潰瘍、壊死といった症状が出現します。

## 放射線皮膚障害



19

放射線による皮膚障害は、症状が熱傷に似ているため、放射線熱傷ともいいます。γ線は皮膚の基底細胞層まで透過するため、皮膚障害を発生します。透過力の弱いα（アルファ）線は表皮で止まってしまうので影響を及ぼすことはありませんが、β（ベータ）線を出す放射性物質が大量に体表面に付着し、長く放置された場合は、皮膚の放射線感受性の高い基底細胞層や毛根細胞に影響を及ぼすこともあります。

皮膚障害では、被ばくの線量と面積が予後を大きく左右する因子です。

初発症状は発赤（初期紅斑）で、通常は一過性です。およそ2-3 Gy（グレイ）の被ばくから現れます。線量により数日から1~2週間のを経て、脱毛、色素沈着、落屑、水疱、潰瘍、壊死が生じます。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」

## 放射線皮膚障害

	熱傷	放射線皮膚障害 (放射線熱傷)
症状	すぐに痛む 激しい炎症反応 患部の細胞死 組織の破壊	始めは痛みがない 被ばくの線量に応じて症 状の発現時期は異なる
障害の 機序	高温による障害 蛋白凝固 細胞代謝障害 局所循環障害	放射線によるDNA損傷 (細胞の種類により感受 性は異なる)
エネルギー (2度熱傷)	大 (4Cal/cm <sup>2</sup> )	小 (0.0126Cal/cm <sup>2</sup> ) :30Gy

- 皮膚障害の無自覚と深達度の判断の困難性
- 遅発性；症状発現が遅い
  - 潜伏期（期間は被ばく線量による）がある
- 難治性；治りにくい
  - 例えば、中性子被ばく（線質）、高線量被ばく（線量）などにより障害がより深達性となる
- 反復性；繰り返す
  - 障害が反復したり、一度治癒した部分が血流障害の悪化により再度症状再燃する（～年単位）

放射線による局所の皮膚障害は、熱傷の症状と似ており、放射線熱傷とも呼ばれます。しかし、その発症のメカニズムは異なります。

熱傷は、高温によるタンパク凝固、細胞代謝障害、局所循環障害が原因となり、受傷直後から痛みや水疱、びらんなどの症状が出現します。

放射線熱傷の場合は、皮膚の基底細胞が放射線による影響を受けた結果、細胞分裂ができなくなり、皮膚細胞が再生されなくなるために症状が出現します。このため、始めは痛みの症状はなく、症状の出現にも時間がかかります。

## 放射線皮膚障害の線量と時期

皮膚症状は被ばく直後には出現しない  
(時間が経ってから現れる)

症状	線量(Gy)	発症(day)
紅斑	3-10	12-21
脱毛	>3	14-18
乾性落屑	8-12	25-30
湿性落屑	15-20	20-28
水疱	15-25	15-25
潰瘍	>20	14-21
壊死	>25	>21

(IAEA/WHO Safety Report Series No.2 Diagnosis and Treatment of Radiation Injury 1998より改変)

国際放射線防護委員会 (ICRP) などが放射線皮膚障害のしきい線量、症状の出現時間をまとめています。

皮膚障害も被ばく線量が高くなればなるほど症状は重篤になります。さらに、症状の出現が遅いため、被ばく直後に皮膚障害の程度を判断するのは、非常に困難です。

紅斑は、被ばくから2週間ほどの時間を経て出現します。

3Gy以上の被ばくで脱毛が起こります。8~12Gyでは乾性落屑が起こり、15~20Gyでは湿性落屑や水疱が出現します。

20Gy以上では潰瘍が出現し、25Gy以上では壊死します。潰瘍や壊死などの皮膚障害は、非常に治療が難しく、一旦症状が軽快しても再び潰瘍が出現する等の難治性、再発性といった特徴があります。

# 晩発障害

晩発障害		潜伏期間	例	放射線影響の機序
影響の出現	身体的影響	数週間以内 = 急性影響 (早期影響)	急性放射線症候群 <sup>※1</sup> 急性皮膚障害	細胞死/細胞変性 で起こる 確定的影響 <sup>※2</sup> 
		数か月以降 = 晩発影響	水晶体の混濁	がん・白血病 遺伝性疾患
遺伝性影響				

※1：主な症状としては、被ばく後数時間以内に認められる嘔吐、数日から数週間にかけて生じる下痢、血液細胞数の減少、出血、脱毛、男性の一過性不妊症等。  
 ※2：一定量以上の被ばくがないと発生しない。

放射線被ばく後、数ヶ月以上経過した後に現れる影響を晩発障害といい、皮膚障害（表皮の萎縮、色素沈着など）、白内障、がん（白血病を含む）などの症状があります。

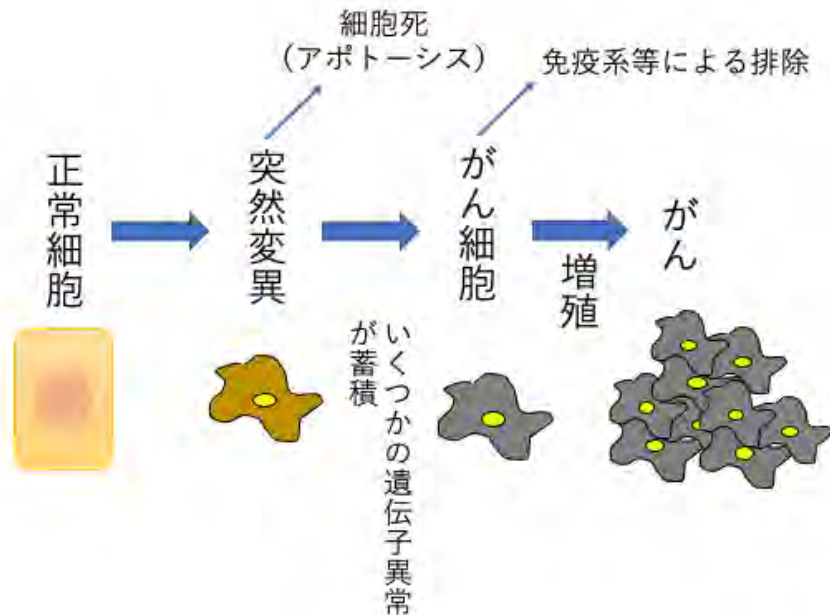
軽度の白内障である水晶体の混濁は500mSvから発症し、白内障は2,000mSv以上の線量を受けた場合に発症します。

急性障害を起こさない程度の放射線を被ばくした場合でも、数年から数十年経過した後にがんを発症することがあります。原爆被爆者の追跡調査によると、がんによる死亡リスクは100-200mSv以上では放射線の被ばく線量に正比例していますが、それ以下の被ばくについては確認されていません。

また、遺伝的影響も人では確認されていません。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」

## 発がんの仕組み



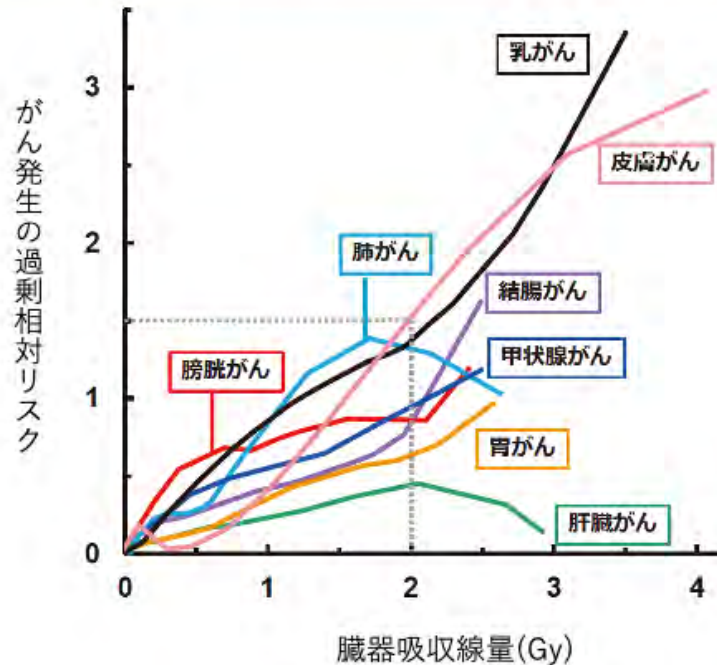
放射線ばかりではなく、様々な化学物質や紫外線等にもDNAを傷つける作用があります。しかし、細胞には傷ついたDNAを修復する仕組みがあり、大抵の傷はすぐに元どおりに修復され、また修復に失敗した場合でも、その細胞を排除する機能が体には備わっています。

ごく稀に、修復し損なった細胞が、変異細胞として体の中に生き残ることがあります。こうしたがんの芽は生じては消え、消えては生じといたことを繰り返します。その中でたまたま生き残った細胞に遺伝子の変異が蓄積し、がん細胞となることがありますが、それには長い時間が掛かります。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」より改変



## がん発生の過剰相対リスク



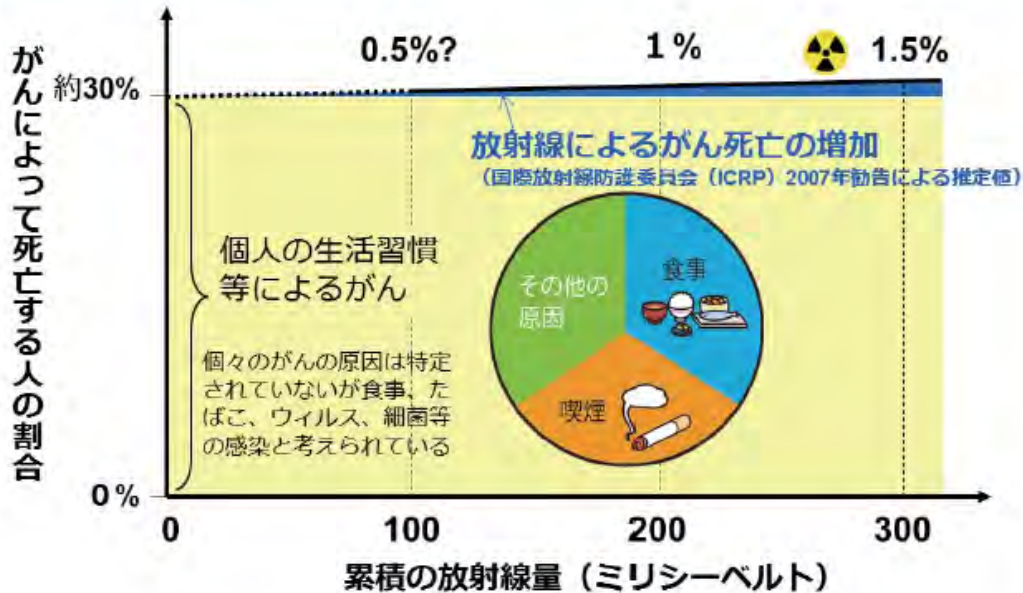
原爆被爆者を対象に、どれだけの線量をどこに受けるとがんのリスクが増加するかを調べたものです。横軸は、原爆投下時の高線量率一回被ばくによる臓器吸収線量で、縦軸は、過剰相対リスクです。相対リスクは、被ばくしていない集団と比べて、被ばくした集団ではどのくらいがん発症のリスクが増加したかを調べたものです。相対リスクが1であれば影響がないことになります。過剰相対リスクは、相対リスクから1を引いたもので、過剰リスクだけを示したものです。

例えば、臓器吸収線量が2Gyの場合は、皮膚がんの過剰相対リスクは1.5となっています。放射線を受けなかった集団と比べて1.5倍のリスクが過剰に発症していることを意味しています。つまり、2Gy被ばくした集団では皮膚がんの発症リスクは、放射線を受けていない集団（1倍）の2.5倍（1+1.5）となります。

こうした疫学研究の結果から、乳腺、皮膚、結腸等は、放射線によってがんが出やすい組織・臓器であることがわかりました。国際放射線防護委員会（ICRP）の2007年勧告では、臓器の感受性やがんの致死性等も考慮し、組織加重係数を定めています。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」より改変

# 放射線によるがんの増加



がんは放射線だけでなく、食事、喫煙、ウイルス、大気汚染など様々な要因によって発症すると考えられます。起こった個々のがんが放射線によるものであると特定することはできません。従って、放射線でがんが起きているかどうかを検証するには、多くの集団において、受けた線量とともにがんが起こる確率も上昇するかどうかを調べる必要があります。

原爆被爆者を主とした疫学調査では、およそ100ミリシーベルト以上の線量では、線量とともにがん死亡が増加することが確認されています。およそ100ミリシーベルトまでの線量では、放射線とがんについての研究結果に一貫性はなく、放射線によりがん死亡が増えることを示す明確な証拠はありません。しかしながら放射線防護の目的のための慎重な考え方として、年間100ミリシーベルトまでゆっくりと被ばくする場合、放射線によるがん死亡が1,000ミリシーベルトあたりおよそ5%であるとされており、国際放射線防護委員会 (ICRP) もこれを妥当であるとしています。

日本人は元々約30% (1,000人のうち300人) ががんで亡くなっています。この国際的な推定値を用いると、仮に1,000の方が100ミリシーベルト\*の線量を受けたとすると、生涯にがんで亡くなる方が300人から305人に増加すると計算できます。ただし、ICRPは同時に、この仮定は確実ではないが起こる可能性のある障害を予防するという考え方であり、100ミリシーベルトよりもごく低い線量を合計して集団で出るがんなどの症例数を計算するといった影響の評価には不確実性が大きく、適切でないとしています。

\*ここで言う100ミリシーベルトとは年間の被ばく線量ではなく、これまで受けた積算線量です。また、この100ミリシーベルトには自然界から受け

る放射線量は含まれません。

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」

## まとめ

- 各組織・臓器への影響は「等価線量」、全身への影響は「実効線量」である。
- 放射線はDNAを損傷し、その結果、修復、細胞死（急性影響）、突然変異（発癌など）が起こる。
- 確定的影響には、しきい値があり、被ばく線量に応じて重篤度が増す。
- 確率的影響には、しきい値がなく、発生頻度が被ばく線量に応じて高くなる。
- 短時間で大量の放射線を被ばくすると急性放射線症を発症する。
- 局所の被ばくでは、放射線皮膚障害を生じる。
- 癌発生リスクは被ばく量に相関する。

# 放射線防護

原子力災害医療 基礎研修  
原子力災害基礎-4

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間：30分

内容

- 原子力災害時の放射線防護の目的
- 防護の三原則
- 被ばく線量限度
- 放射線測定器
- 外部被ばく防護の三原則
- 外部被ばく対策
- 空間線量率個人被ばく線量
- 個人被ばく線量計
- 個人被ばく線量管理
- 遮へいの効果
- 遮へいと屋内退避
- 放射能防護服
- 内部被ばく経路の防護
- 吸入摂取の防護
- 鼻スワブ検査
- 汚染対策
- 汚染と被ばく線量

## 原子力災害時の放射線防護の目的

- 無用な被ばくをしない
  - 確定的影響の防止と確率的影響のリスクを合理的に達成できる程度に減少させる
  - 外部被ばくの防護
  - 内部被ばくの防護
- 二次災害の予防
  - 対応者の無用な被ばくの防止
  - 汚染拡大防止：汚染検査、除染
  - 関係機関での安全・危険情報の共有
- 住民の保護
  - 広報：情報提供（内容、方法）
  - 避難退域時検査
  - 避難
  - 屋内退避

原子力災害時の放射線防護の目的は、外部被ばく防護と内部被ばく防護による無用な被ばくをしないことと、二次災害の予防です。具体的には、確定的影響の防止と確率的影響のリスクを合理的に達成できる程度に減少させることとなります。このために、原子力災害時には、放射線防護を実施します。放射線防護の方法は、外部被ばくの防護と内部被ばくの防護に分けられます。さらに二次災害の予防として汚染拡大防止対策を講じます。

## 防護の三原則

### 正当化

便益  
(ベネフィット、メリット) >> 放射線のリスク

### 防護の最適化

個人の被ばく線量や人数を、経済的及び社会的要因を考慮に入れた上、合理的に達成できる限り低く保つこと

ALARA(As Low As Reasonably Achievable)

### 線量限度の適用

職業人 (実効線量)	一般公衆 (実効線量)
1年間 50mSv かつ	1年間 1mSv
5年間 100mSv	

がんや遺伝性影響では、影響の現れ方が確率的であり、現在の放射線防護では、低線量域でも直線しきい値なし(LNT)モデルを適用しているため、安全と危険を明確に区分することはできません。そこで、国際放射線防護委員会(ICRP)は、どんなに小さくても有限のリスクがあるものとして、「リスクを容認できること」を基準に、防護のレベルを考えることを推奨しています。その防護の三原則が、「正当化」「線量限度の最適化」「線量限度の適用」です。

正当化とは、放射線を使う、被ばくの変化をもたらす行為や活動に対して、もたらされる便益(ベネフィット、メリット)が放射線のリスクを上回る場合のみ認められることです。

放射線を伴う行為のメリットが放射線のリスクを上回る場合は、合理的に達成可能な限り被ばく量を減らして、放射線を利用します。これがALARAの原則です。防護の最適化とは、社会的、経済的なバランスも考慮しつつ、できるだけ被ばくを少なくするよう努力するということで、必ずしも被ばくを最小化することではありません。

線量限度は計画被ばく状況に適用されます。ICRPの2007年勧告では、職業人の実行線量限度は5年間で100mSv、特定の1年間に50mSvと定めています。一般公衆の場合は、実行線量限度は年間1mSvです。線量限度は、管理の対象となるあらゆる放射線源からの被ばくの合計が、その値を超えないように管理するための基準値であり、安全と危険の境界を示す線量ではありません。

## 被ばく線量限度

電離放射線障害防止規則による線量限度

区 分	実効線量限度	等価線量限度
業務従事者	100 mSv/5年 (50mSv/年) 女子 5mSv/3月 妊娠中の女子 (出産までの内部被ばく) 1mSv	水晶体：150mSv/年 皮膚：500mSv/年  妊娠中の女子 (出産までの腹部表面) 2mSv
	緊急作業：100mSv	水晶体：300mSv 皮膚：1Sv
一般公衆	1mSv/年	水晶体：15mSv/年 皮膚：50mSv/年

※ 国家公務員の場合は、人事院規則10-5（職員の放射線障害の防止）で被ばく線量限度が定められている。

ICRPの放射線防護の考え方及びその勧告に基づき、放射線障害の防止に関する法令で放射線を職業的に扱う人（放射線業務従事者）に対し、線量限度を定めています。国家公務員の場合は、人事院規則10-5（職員の放射線障害の防止）で被ばく線量限度が定められています。また、放射線業務従事者である個人の線量のほか、公衆に対する線量の寄与を把握するため、事業所の境界や、放射線を取り扱う管理区域の境界など、場所についての線量も定められています。

放射線業務従事者の線量限度は、男性では1年間で50mSv、5年間で100mSv、女性の場合は、3ヶ月で5mSvと定められています。人命救助などの緊急作業では100mSvです。一般公衆の線量限度は、1年間で1mSvです。

原子力災害や放射線事故、災害の現場活動では、被ばくを”0（ゼロ）”とすることはできません。このため、線量限度を越えないように活動計画では被ばく線量を管理しなければなりません。また、無用な被ばくをしないように対処することも重要です。



## 放射線測定器

対象	測定方法	測定する放射線	測定器
空間線量率	1時間あたりの線量 測定場所ごとの短時間測定	ガンマ線	NaIシンチレーション式 サーベイメーター
			電離箱式サーベイメーター
		GM計数管式サーベイメーター	
		中性子線	$^3\text{He}$ 計数管式（レムカウンタ）
表面汚染	直接法 （対象物を直接測定） 間接法 （スミア法など）	アルファ線	ZnSシンチレーション式 サーベイメーター
		ベータ（ガンマ）線	GM計数管式サーベイメーター
個人被ばく 線量	積算線量	ガンマ線 中性子線	電子式個人線量計
			警報付き個人線量計

放射線を測定する場合、測定する目的と測定の対象とする放射線の種類によって、適切な測定機器を選ぶ必要があります。適切な放射線測定器を選択していないと、過剰な被ばくをしたり、身体汚染を起こすこととなり、注意する必要があります。

放射線を測定する目的は、

- ・空間放射線量率の測定
- ・表面汚染の測定
- ・個人被ばく線量の測定 があります。

空間放射線量率の測定に適している測定器は、ガンマ( $\gamma$ )線を測定する場合は、NaIシンチレーション式、電離箱式、GM計数管式です。中性子線の空間放射線量率を測定する場合、 $^3\text{He}$ 計数管式（レムカウンタ）です。

アルファ( $\alpha$ )線を放出する放射性物質の表面汚染の測定に適しているのは、ZnSシンチレーション式が、ベータ( $\beta$ )線（ガンマ( $\gamma$ )線）を放出する放射性物質の表面汚染の測定に適しているのはGM計数管式です。

個人被ばく線量の測定に使用される、電子式個人線量計は、活動中に被ばく線量ができ、さらに、設定した線量に至るとアラーム等で警報を発する、警報付個人線量計（アラームメータ）もあります。

## 外部被ばく防護の三原則



### 時間

作業時間を短くする。

被ばく線量は時間とともに増えます。被ばく時間を短くすることで被ばく線量を少なくできます。



### 距離

線源からできるだけ離れる。

放射線の強さは遠くに離れると弱くなり、線量は距離の2乗に反比例して減ります。



### 遮へい

線源と人の間に遮へい体を置く。

物体を間に置くと放射線を弱めてくれます。建物の壁などは遮へい体になり、空間線量率が低くなります。



外部被ばく防護のポイントは「時間」「距離」「遮へい」です。被ばくする時間を短くする、放射線源からの距離をとる、放射線を遮へいすることで、被ばく線量が低減できます。

放射線にさらされる活動時間を短くすることで被ばく線量を少なくできます。放射線は、放射線源からの距離の二乗に反比例して減少します。そのため放射線源からの距離をとることで被ばく線量を少なくすることができます。逆に、放射線源からの距離が半分の位置(1/2の距離)に近づくと放射線量は元の位置の4倍になり、急激に空間線量が上昇することになるため、特に危険区域での活動時には注意が必要です。

放射線源との間に遮へい物があると放射線量は減少します。コンクリートの壁、鉄や鉛の金属の板などがあれば、遮へい材として使用できます。放射線源の位置、形状が明確であれば、鉛のブロックなどで線源を囲むことによって周辺の空間線量率を低減することもできます。

## 外部被ばく対策

### 空間線量率の測定

活動する場所の安全確認、管理  
危険区域の設定



### 個人線量計の装着

線量限度以下での活動、個人被ばく線量の管理  
アラームの設定：線量限度以上の被ばくを避ける



### 時間管理

現場の空間線量率に応じて、線量  
限度を超えないように管理

$$\text{被ばく線量} = \text{空間線量率} \times \text{活動時間}$$



外部被ばくの対策には、空間線量率を測定して、活動する場所の安全確認と管理をします。

個人被ばく線量計を装着して、被ばく線量管理を行います。

活動時間は、活動する場所の空間線量率に応じて、線量限度を越えないように管理します。

## 空間線量率と個人被ばく線量

### 実効線量

放射線被ばくによる全身の影響を表す。計算により算出し、直接測定はできない。

被ばく管理のために、実効線量の代わりに実際に測定できる線量当量を用いる。

### 周辺線量当量（空間線量）；Sv シーベルト

環境モニタリングで用いられる。  
人体の組織を模した直径30cmの球の表面から深さd\*で生じる線量当量測定を行った空間の線量を表す。



### 個人線量当量；Sv シーベルト

個人モニタリングで用いられる。  
人体のある指定された点における深さd\*の線量当量測定器を体に身につけて測定するときの単位



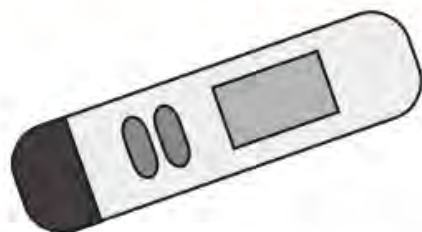
\*深さd：実効線量 1 cm、水晶体3mm、皮膚70 $\mu$ m

実効線量は計算によって算出される量で、直接測定することはできません。そこで、被ばく管理のために、実効線量の代わりに実際に測定できる量（実用量）として、周辺線量当量と個人線量当量を用います。

空間線量計は周辺線量当量を示し、個人線量計は個人線量当量が示されま

す。  
周辺線量当量は、人体の組織を模した直径30cmの球の表面から 1 cmの深さにおける線量（1 cm線量当量）で表されます。人体の組織の多くは体表面から 1 cmより深いところにあるので、結果的に周辺線量当量は実効線量よりも高い値となります。そのため周辺線量当量を用いることで、安全側での被ばく管理ができます。

## 個人被ばく線量計



電子式個人線量計



汚染させないように防護服の中あるいはビニール袋などに入れて装着する。

- ・ 活動中の被ばく線量の積算値
- ・ 装着の方向を確認する。
- ・ アラームの設定ができる。
- ・ アラーム音は小さいため、聞こえない場合がある。
- ・ 誤計数の可能性があるため、携帯電話、PHS、高出力トランシーバーなどの装置の近辺での使用は十分注意する。

電子式・直読式の個人線量計を用いると、被ばくの積算線量がリアルタイムで表示されるので、一定期間ごと、あるいは作業ごとに、自分の線量を知ることができます。また、被ばく線量があらかじめ設定した値に達すると、アラームや振動で着用者に知らせてくれる、アラーム付きのポケット線量計もあります。放射線の事故や災害などの緊急時の対応にはアラーム付きのポケット線量計を使用します。

男性は胸部に、女性は妊娠の可能性も考慮し腹部に付けることが一般的です。個人線量計は汚染させないように防護服の内側に、向きを確認して装着します。誤計数の可能性があるため、携帯電話、PHS、高出力トランシーバーなどの装置の近辺での使用は十分注意します。

個人線量計には、光刺激ルミネッセンス（OSL）線量計、ガラス線量計といったタイプのももあります。これらは、一ヶ月等の一定期間、身につけて、積算線量を測定するもので、リアルタイム値は表示されません（現像しないと分からない写真フィルム、のようなイメージに近いです）。

# 個人被ばく線量管理

## 個人被ばく線量の測定記録票の例

記録年月日	平成 年 月 日 (曜日)							
記録者氏名								
測定条件	①天候(晴れ、曇り、雨、雪) ②その他( )							
作業場所								
作業者氏名	線量計型式及び番号		作業前指示値 ( $\mu$ Sv)	作業後指示値 ( $\mu$ Sv)	被ばく線量 ( $\mu$ Sv)	作業時間		
	型 式	番 号				作業前時刻	作業後時刻	作業時間

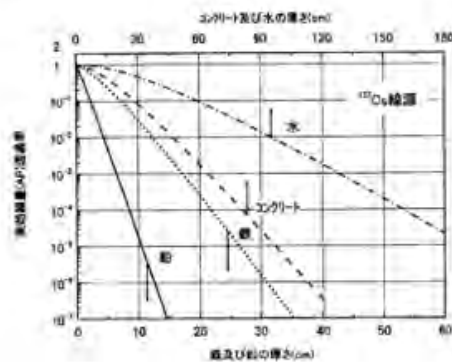
注：被ばく線量 = 作業後指示値 - 作業前指示値

活動時の個人被ばく線量を記録します。

個人線量計の中には、電源を切ると測定結果がリセットされてしまうものやホルダーに戻すとリセットされるものもありますので、注意が必要です。

## 遮蔽の効果

核種	鉛(cm)		鉄(cm)		コンクリート (cm)	
	半価層	1/10価層	半価層	1/10価層	半価層	1/10価層
Co-60	1.2	4.0	2.0	6.7	6.1	20.3
I-131	0.7	2.4	-	-	4.6	15.3
Cs-137	0.7	2.2	1.5	5.0	4.9	16.3



放射線は透過する物質の密度が高いほど減衰する。

遮へい材の遮へい効果を表すのに半価層及び1/10価層がよく用いられています。半価層は入射 $\gamma$ 線の線量率を1/2に減じるのに必要な遮へい物の厚さ、1/10価層は入射ガンマ( $\gamma$ )線の線量率を1/10に減じるのに必要な遮へい物の厚さになります。

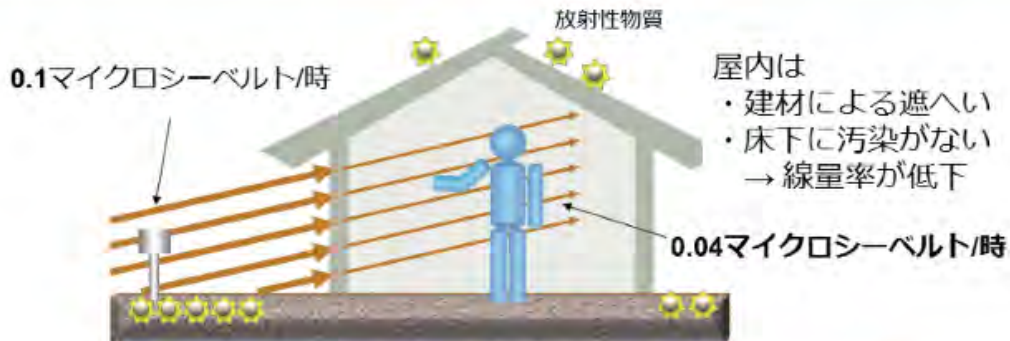
ガンマ( $\gamma$ )線では、実効線量透過率を1/10程度にするのに、鉛や鉄を用いても数cmの厚さが必要なこと、コンクリートでは同程度の遮へい効果を得るには、20cm前後の厚さが必要となることが分かります。

実効線量透過率とは遮へい体がない場合のガンマ( $\gamma$ )線の実効線量率と遮へい体がある場合のガンマ( $\gamma$ )線の実効線量率の比をいいます。この図は、線源から5m離れた場所に遮へい物を置いたときに、その後方でどれだけ実効線量透過率が低下するかを示しています。例えば、Co-60線源の場合、厚さ30cmの鉄では、その後方で実効線量透過率は約 $10^{-4}$ 、すなわち、1万分の1に低下します。

出典；JAERI-Data/Code 2000-044 実効線量評価のための光子・中性子・ベータ線制動放射線に対する遮へい計算定数

総務省消防庁 スタート！RI119 消防職員のための放射性物質事故対応の基礎知識（平成23年3月（平成27年3月一部改定））

## 遮へいと屋内退避



場所	低減係数*
木造家屋（1～2階建）	0.4
ブロックあるいはレンガ家屋（1～2階建）	0.2
各階450～900m <sup>2</sup> の建物（3～4階建）の1～2階	0.05
各階900m <sup>2</sup> 以上の建物（多層）の上層	0.01

\*建物から十分離れた屋外での線量を1とした時の、建物内の線量の比

原子力災害時の防護措置として屋内退避があります。これは、屋内では建材による遮へいの効果、床下には汚染がないことから屋外よりも空間線量率が低くなるためです。

屋内での線量率を求める場合は、建築物による遮へいや床下に汚染がないことを考慮して、近くの屋外線量率の値に低減係数を乗じて、屋内の空間線量率を推定します。

低減係数は、建材の種類によって異なります。木造家屋は、外からの放射線の約6割を低減します。ブロックやレンガの家屋、鉄筋コンクリート家屋ではより遮へい効果が高まります。また、高層階になるに従い、土壌表面の放射性物質からの距離が離れるため、放射線量も少なくなります。

出典；環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料平成29年度版」

原子力安全委員会「原子力施設等の防護対策について」（昭和55年6月（平成22年8月一部改訂））



## 鉛入り防護服



人体ファントム（人体模型）に個人線量計を装着し、防護服の有無による遮へい効果を、3種類（Am-241 (60keV)、Cs-137 (662keV)、Co-60 (1250keV) )の線源を用いて確認した。

エネルギー(keV)	遮へい効果(%)
60	94.2
662	9.4
1250	4.4

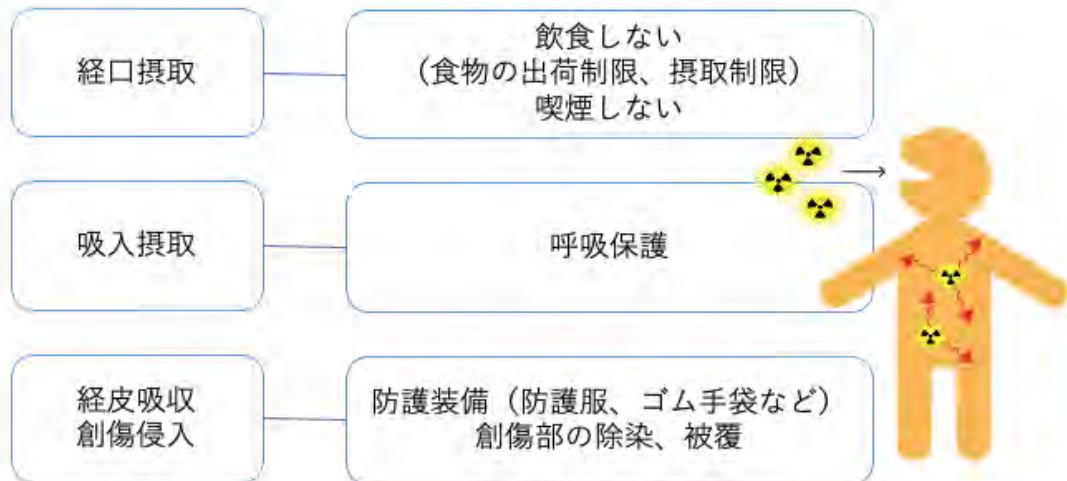
防護服一式に含まれる鉛ベストは鉛3mm相当でしかなく、アメリカシウム-241や放射線といった低エネルギーの放射線に対しては遮へい率95%前後と、有効であると言えるが、セシウム-137やコバルト-60に対しては遮へい率が10%以下となる。

鉛入りのインナーベストや放射能防護服がありますが、その遮へい効果を実際に確認した結果を示しています。防護服一式に含まれる鉛ベストは鉛3mm相当でしかなく、アメリカシウム-241や放射線といった低エネルギーの放射線に対しては遮へい率95%前後と、有効であると言えるますが、セシウム-137やコバルト-60に対しては遮へい率が10%以下となります。また、鉛ベストの側面(脇腹部分)は鉛が入っておらず、側面から被ばくをした場合、遮へい効果は期待できません。

防護服一式の総重量等による機動性の低下により、活動時間が延長し、被ばく線量が増大することも考えられます。

出典；総務省消防庁 スタート！RI119 消防職員のための放射性物質事故対応の基礎知識（平成23年3月（平成27年3月一部改定））

## 内部被ばく経路の防護



内部被ばくの経路には、経口摂取、吸入摂取、傷口や皮膚から体内に入る経皮摂取の三つがあります。そのため、内部被ばくを防ぐためには、この三つの経路から、放射性物質が体のなかに取り込まれないようにします。

経口摂取を防ぐには、汚染している区域で飲食、喫煙等をしない、手や物品を舐めるなど、口を使った作業をしないようにします。

吸入摂取の防止は、次のページに例示するマスクなど、必要に応じて、呼吸保護具を着用します。

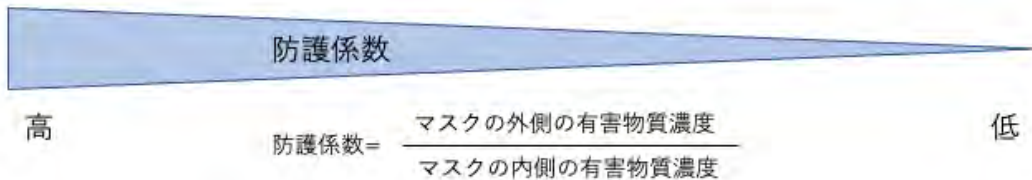
経皮摂取の防止ですが、傷口や皮膚からの放射性物質の取り込みを防ぐためには、傷口であれば保護（カバー、覆い）をする、皮膚については、次のページに例示する身体用の防護装備（つなぎ服、ゴム手袋等）を着用するなどして、放射性物質が直接、皮膚に接触しないようにします。

以上の3つは、人の内部被ばくにつながる三つの経路を断つという、身体に関する防護ですが、放射性物質そのものに対する防護としては、「閉じ込め」、「除染」、「整理・整頓（線源の管理）」の、内部被ばく防護の三原則があります（数は諸説あり）。これらはいずれも、「汚染状況の把握と拡大・飛散の防止」という、シンプルな原則に基づくもので、考え方は難しくないので、いずれも放射線計測・測定を伴うため、放射性物質の取扱い・管理について不明な場合には、放射線管理要員の助言を得ることがよいでしょう。

# 吸入摂取の防護

防護性能は、顔面とマスクの密着度合にも左右される。

 空気呼吸器	 全面マスク フィルタ (吸収缶)	 半面マスク フィルタ (吸収缶)	 使い捨て防じんマスク (DS-2,DS-3) 粒子捕集率95%以上	 サージカルマスク
放射性物質の浮遊がある／疑われる			汚染対応（汚染検査、搬送など）	



吸入摂取の防護には、呼吸保護具（マスク）を装着します。このマスク性能を表す数値として防護係数があります。防護係数が高いほどマスク内への粉じんの漏れ混みが少ないことを示しています。

原子力災害時の対応では、使用するマスクは、空気中に舞っている放射性物質の種類と濃度によりますが、汚染の程度が低ければ、サージカルマスクやN95マスクで対応します。

放射性物質濃度が高い場合、放射性ヨウ素、 $\alpha$ 線放出核種等の場合には、チャコールフィルター（活性炭フィルター）等によりろ過可能な、半面マスクや全面マスクを使うこともあります。

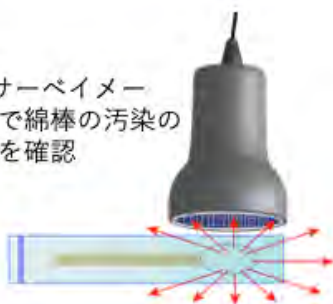
なお、派遣チームで標準的に利用することは想定されませんが、事業所内の状況によっては、陽圧式呼吸保護具など、特殊な装備が使われることもあります。

マスク着用に際しての注意点ですが、写真の例であれば、サージカル・N95などでは、鼻筋に当たる部分を密着させる（針金部を曲げて調整する）こと、面体のあるマスク（写真の例は全面マスク）では、顔にしっかり密着させることです。

## 鼻腔スワブ（鼻スメア）検査



GMサーベイメーターで綿棒の汚染の有無を確認



- 綿棒を生食で湿らせ、鼻腔を傷つけないように採取
- 左右別々に採取
- 採取部位、日時、氏名等を記入
- 汚染があれば、内部汚染の可能性があるため、詳細な検査（ホールボディカウンターなど）を実施

10

放射性物質を吸入した場合、鼻腔の粘膜に放射性物質が付着します。そこで、内部被ばくの可能性を確認する場合に鼻腔スワブの汚染検査で確認する方法があります。綿棒を生食で湿らせて、鼻腔を擦ります（綿棒を生食等で湿らせる方が粘膜を傷つけません。）。綿棒やスワブに汚染があれば、放射性物質を吸入した可能性があるため、ホールボディカウンターでの計測などで、詳細な検査を行います。

## 汚染対策

放射線あるいは放射性物質のみが原因の場合、放射性物質の付着防止のために防護服はタイベックスーツが選択される。  
(どんな防護服でも外部被ばくは防護できない)

タイベックスーツ

二重のゴム手袋

テープで  
目張り

くつカバー

靴底が全面ゴム製  
になったものだと  
野外での活動でも  
破れない

ゴーグル

マスク(シールド付)

必要に応じて吸収缶付きマスクを着用

・放射線を防ぐものではない  
+放射性物質の吸入、付着を防ぐことが目的

表面汚染対策としては、防護衣、マスク、ゴーグル、ゴム手袋、靴カバーを装着します。

適切な防護装備の選択には、作業環境の線量率、汚染（表面汚染密度）、放射性物質の種類（核種）等を勘案します。

例えば、汚染が低い場合は、白衣、綿手及びマスク等で十分ですが、汚染が高い場合には、より重い装備を選択する必要があります。対象となる放射性物質の種類や、作業環境の情報が得られず、不明である場合は、重装備を選びます。

汚染することが前提である場合や可能性が高い場合は、ゴム手袋を二重にし、外側のゴム手袋を交換していくなどの運用も必要です。

## 汚染と被ばく線量

$$H = A \times D \times T \times K \quad (\text{nSv})$$

A：単位皮膚表面汚染密度あたりの吸収線量 [(nGy/h)/(Bq/cm<sup>2</sup>)]  
(皮膚表面から70μm直下) で図より読取ります

D：汚染した箇所の表面汚染密度 (Bq/cm<sup>2</sup>)

T：皮膚被ばくの継続時間 (h)

K：吸収線量 (Gy) から皮膚の被ばく線量 (Sv) への換算係数 (1Sv/Gy)

皮膚が表面密度120Bq/cm<sup>2</sup> のI-131に汚染し、汚染してから除染が完了するまで2時間かかったときの皮膚の被ばく線量は、

$$\begin{aligned} H &= A \times D \times T \times K \\ &= 1,400 \times 120 \times 2 \times 1 \\ &= 336,000 \quad (\text{nSv}) \\ &= 0.34 \quad (\text{mSv}) \end{aligned}$$

皮膚の被ばく線量の計算式；  $H = A \cdot D \cdot T \cdot K$  (nSv)

A：単位皮膚表面汚染密度あたりの吸収線量

[(nGy/h) / (Bq/cm<sup>2</sup>)] (皮膚表面から70μm直下) で図(参考資料を参照)より読取ります

D：汚染した箇所の表面汚染密度 (Bq/cm<sup>2</sup>)

T：皮膚被ばくの継続時間 (h)

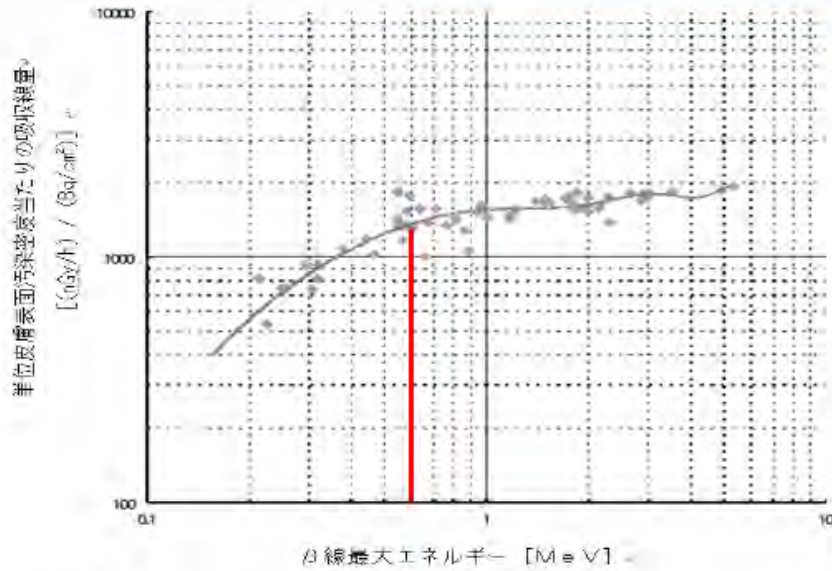
例として、I-131が表面汚染密度120 Bq/cm<sup>2</sup> で汚染して、汚染してから除染が完了するまでに2時間かかったときの、皮膚の被ばく線量は0.34mSvとなります。

放射線業務関係者の皮膚に関する等価線量限度500mSv(緊急時においては1Sv(1,000mSv))にくらべて、小さいことが分かります。

## まとめ

- 防護の三原則；正当化、防護の最適化、線量限度の適用
- リスクの容認(便益>>リスク、可能な限り低く(ALARA)、線量限度の適用)
- 目的に応じた測定器の使用(空間線量率Sv/h、表面汚染cpm、個人被ばく線量Sv)
- 外部被ばく防護三原則:出来るだけ短時間、距離を離隔、遮蔽体を使用
- 個人被ばく線量計:防護服内側、胸部(男)腹部(女)、向き確認、電波機器から離す
- 半価層:鉛1.2cm(Co-60)、0.7cm(Cs-137)であり、鉛ベスト(3mm)では、遮蔽の効果10%、屋内退避が有効
- 内部被ばく防止:口、鼻、皮膚、創傷からの侵入防止、汚染の把握・拡大飛散防止
- 放射性浮遊物:空気呼吸器・吸収缶マスク、汚染検査等;防塵マスク(密着注意)
- 汚染対策:防護衣、マスク、ゴーグル、ゴム手袋(二重)、靴カバー、テープ目貼り

## 参考



例えば、  
I-131の場合、β線の  
エネルギーを  
0.6MeV（横軸）とする  
と、単位皮膚表面汚  
染密度あたりの吸収  
線量（縦軸）は  
約1,400 (nGy/h) /  
(Bq/cm<sup>2</sup>) と読みます。

図1-5 単位皮膚表面汚染密度あたりの吸収線量とβ線最大エネルギーとの関係（出典：ICRU Report 56, 1997 改）



# 汚染検査・除染

原子力災害医療 基礎研修  
原子力災害基礎-5

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；30分

内容

- 表面汚染
- 汚染検査
- 表面汚染計の使用法
- 身体汚染検査
- 記録用紙の例
- 表面汚染の測定時の注意点
- 表面密度の計算
- OIL4について
- 医療機関での汚染検査
- 除染
- 身体除染

## 表面汚染

- 放射性物質が体表面、衣服等に付着した状態
- 表面汚染では危険な外部被ばくはしない
- 浮遊した放射性物質による内部被ばくに注意
- 原子力災害・放射線災害で汚染があれば汚染拡大防止
- **表面汚染計**で測定
- 防護服で皮膚、衣類への付着を防止



汚染の濃度が極端に高くない限り、全身または皮膚の被ばくの症状は出ない

放射性物質が体表面、衣服、資機材等に付着した状態が表面汚染です。体表面の汚染からの放射線は、それほど強くないため、近くで対応しても危険な外部被ばくはしません。

原子力災害や放射線災害で汚染が関与していれば、汚染拡大防止を行います。。そのためには表面汚染計で汚染の程度を測定し、防護服で皮膚、衣類等への付着を防止します。

## 汚染検査

- 表面汚染検査は、物体や身体、衣服などに付着した放射性物質の量を測定
- 表面汚染の程度を測る測定器は、測定器に入ってきた放射線の数をもとに1分間当たりあるいは1秒間当たりの計数として表示
  - 単位；は $\text{min}^{-1}$ 、cpm (count per minute)、 $\text{s}^{-1}$ 、cps (count per second)
- 表面汚染の測定器の種類
  - GM計数管式サーベイメータ；ベータ線、ガンマ線の表面汚染を測定
  - ZnS(Ag)シンチレーションサーベイメータ；アルファ線の表面汚染を測定



GM計数管式サーベイメータの例

表面汚染検査は、物体や身体、衣服などに付着した放射性物質の量を測定します。

表面汚染の程度を測る測定器は、測定器に入ってきた放射線の数をもとに1分間当たりあるいは1秒間当たりの計数として表示し、単位は $\text{min}^{-1}$ 、 $\text{s}^{-1}$ などを使用します。測定器の種類には、GM計数管式サーベイメータ、シンチレーション式サーベイメータがあります。ベータ線の表面汚染の計測には、GM計数管式サーベイメータが用いられ、アルファ線の表面汚染の計測には、ZnS(Ag)シンチレーションサーベイメータが用いられます。ZnS(Ag)シンチレーションサーベイメータでは、ベータ線は測定できませんし、GM計数管式サーベイメータでは、アルファ線は測定できません。

## 表面汚染計の使用法

1. 電源を入れる。
    - ・サーベイメーターは電池を使用するため、電池の残量を確認する。
  2. バックグラウンドレベル (B.G.) を測定する。
    - ・自然界にも放射線は存在する。そのため、自然界の放射線のレベルを測定しておく。
    - ・測定結果の計数値からこのバックグラウンドレベルの値を差し引くことで正味の計数値が得られる。
  3. 汚染と判断する基準値あるいは警報値の設定を確認する。
    - ・同じ表面密度でも測定器ごとに測定値が異なる。
    - ・測定器によっては警報値を設定することができる機種もある。
  4. 測定を開始する。
- ❖測定器は経年劣化するため年1回校正する。  
❖校正：測定器の指示値の正確さを確認する。  
❖検出部を汚染させない。ビニール等で覆う。

基本的な表面汚染計の使用法は以下です。

1. 電源を入れる。

サーベイメーターは電池を使用するため、電池の残量を確認します。
2. バックグラウンドレベル (B.G.) を測定する。

自然界にも放射線は存在するため、自然界の放射線のレベルを測定します。そして、測定結果の計数値からこのバックグラウンドレベルの値を差し引くことで正味の計数値が得られます。
3. 汚染と判断する基準値あるいは警報値を設定を確認する。

同じ表面密度でも測定器ごとに測定値が異なります。また、測定器によっては警報値を設定することができる機種もあります。
4. 測定を開始する。

放射線測定器は、経年劣化します。そのため、測定器の性能をチェックするために最低でも年1回の校正が推奨されています。放射線測定器の校正とは、国家計量標準とつながる基準測定器の値（基準値）と、測定器の値（測定値）を比較し、測定器の指示値の正確さを確認する作業です。

また、検出部を汚染させないようにビニール等で覆います。使用中にビニール等が汚染した場合は、ビニール等を交換します。

## 身体の汚染検査

- 検査は、2人 or 3人 1組が望ましい。
- GMサーベイメーターを使用して体表面汚染を検査する。
- 頭部からつま先まで検査する。
- 身体表面から約1cm離し、1秒間に5cm程度のゆっくりした速さで、検出部を移動
- 全身の汚染検査には5～10分程度必要
- 汚染の箇所と数値を記録する。

### 全身汚染検査



### 簡易汚染検査（指定箇所検査）



身体の汚染検査では、GM計数管式サーベイメーターを使用して、全身を測定します。原則として、検査は2人1組で行い、1人が測定を、もう1人が記録を行います。要員に余裕があれば、検査員2人が協力して検査し、時間短縮が可能です。

全身汚染検査では、頭からつま先、背中側をまんべんなく検査します。このため、全身汚染検査には、一人当たり約10分ほど時間を要します。

簡易汚染検査では、頭部、顔面、肩、手指、靴といった汚染が付着しやすい部位を検査します。この場合は、全身汚染検査よりも検査時間を短縮することができます。

汚染検査の結果を記録用紙に記載します。

口角、鼻周囲などの顔面に汚染が確認された場合は、放射性プルームの吸入が疑われますので、体内汚染の有無を判断するために、鼻腔スワブを綿棒で採取します。汚染検査の結果、有意な体内汚染の可能性が高いと判断された場合は、WBC（ホールボディカウンター）や甲状腺モニターによる内部被ばくの評価が必要となります。これらの検査は、被ばく医療機関等に設置されているWBC、甲状腺モニターを利用します。

## 記録用紙の例

実習・汚染検査		スクリーニング測定記録票	
氏名	被災者A		<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">記入例</div>
測定年月日	平成29年12月6日		
時間	16:30 ~ 18:40		
測定器機種	GMサーベイメータ TGS-136		
測定器番号	変則3-3		
B.G値	70 cpm		
測定者氏名	***		
記録者氏名	***		
除染	要 <input checked="" type="radio"/> 不要 <input type="radio"/>		
備考			

除染後の値について、除染回数を○で、数値を（）内に記載する。

記録用紙には、被検査者氏名、測定年月日、時間、測定器機種、測定器番号、バックグラウンド値、測定者氏名、記録者氏名、除染の要否等を記載します。

これらの情報があれば、後日、表面密度を求めることも可能となります。

測定結果は、汚染のある部位を○で囲み、計数値を記載します。

除染した場合は、除染の回数を○で示し（例；1回目の除染①、2回目の除染②）、除染後の計数値を記載します。

## 表面汚染の測定時の注意点

- プローブ（検出部）を汚染しないようにビニール袋、ラップ等で覆う。
- 消音とする。

### 距離を一定に保つ



- 測定する表面からの距離が離れると測定値が小さくなる。
- 除染前後で距離が異なると、正確な比較ができない。

### 角度を一定に保つ



- 測定する表面と検出部の角度が異なると、検出部との距離が異なる。
- 測定器への放射線の入射方向によって感度が異なる。

### 速度を一定に保つ



- 時定数や応答時間を意識する
- 早く動かすと、指示値が表示される前に汚染のない箇所へ移動してしまい、汚染を見逃してしまう。

測定器のプローブ（検出部）に放射性物質が付着しないようにします。通常はビニール袋やラップなどで覆い、汚染したらこのビニール袋等を交換します。

また、被災者の放射線被ばくに対する不安を考慮して、サーベイメータのスピーカーはオフにします。

測定時は、測定の対象物から一定の距離を保つこと、角度を一定に保つこと、ゆっくり動かすことに注意します。

計測する表面からの距離が離れると計数値は小さくなります。また、距離が異なると正確な評価ができません。

GMサーベイメータは、検出部の窓以外からはベータ線が入射しません。表面と検出部の角度が異なると検出部との距離も異なります。そのため、表面と検出部の角度を一定に保ちます。

表面汚染検査では、検出部は1秒間に5～6cmの距離を動かします。速度が速すぎると、指示値が表示される前に汚染のない箇所へ移動してしまい、汚染を見逃してしまいます。

## 表面密度の計算

$$\text{表面密度 } A [\text{Bq}/\text{cm}^2] = \frac{n - n_b}{\varepsilon_i \cdot W \cdot \varepsilon_s}$$

A : 表面密度[Bq/cm<sup>2</sup>]

n : 測定された計数率 [cps]

n<sub>b</sub> : バックグラウンド計数率 [cps]

ε<sub>i</sub> : β(α) 線に対する機器効率 (2π)

W : 検出部の入射窓面積 [cm<sup>2</sup>]

ε<sub>s</sub> : 対象核種の線源効率

ALOKA TGS-146の場合  
入射窓面積 : 19.6 cm<sup>2</sup>

S/N	R03011
機器効率	48.3%(2πat5mm)
校正日	平成24年7月23日
線源	Cl-36

10000 cpm (min<sup>-1</sup>) の  
汚染を検出した

計算すると・・・

35 Bq/cm<sup>2</sup>

表面汚染は、単位表面積に存在する放射能(Bq/cm<sup>2</sup>)で表され、これを表面密度といいます。

表面汚染の測定器によって得られた計数(min<sup>-1</sup>)から表面密度を求めるには、計算が必要です。

機器効率とは、標準線源に対して一定の条件で測定した時のアルファ線またはベータ線表面放出率に対する測定器の正味の計数率の比（線源から放出される放射線の量と測定器で検出される放射線の量の比率）であり、測定器ごとに異なります。測定器の校正をしている場合、校正証明書に記載されています。線源効率とは、汚染表面の材質、状態等によるアルファ線やベータ線の散乱や吸収の程度を示すものです。測定器の入射窓面積は取扱説明書に記載されています。

同じ汚染を測定しても、測定器が異なると測定器の機器効率、入射窓面積が異なるため、実際に表示される計数は異なります。そのため、同じ現場で、異なる種類の表面汚染の測定器を使用する場合、除染の適応のレベルを同じ表面密度で統一するには、あらかじめ測定器ごとに計数を設定しておく必要があります。

線源効率

β線最大エネルギーが0.4MeV以上；0.5

β線最大エネルギーが0.15から0.4MeV；0.25

α線放出核種；0.25



## OIL4について

- 不注意な経口摂取、皮膚汚染からの外部被ばくを防止するため、除染を講じるための基準
- 基準を超える際は迅速に除染



40,000cpm



?? cpm  
計数率を求める

- $\beta$ 線：40,000cpm
  - 主に放射性ヨウ素を想定
  - 我が国において広く用いられている $\beta$ 線の入射窓面積が $20\text{cm}^2$ の検出器を利用した場合の計数率であり、表面密度は約 $120\text{Bq}/\text{cm}^2$ 相当となる。他の計測器を使用して測定する場合には、この表面密度より入射窓面積や検出効率を勘案した計数率を求める必要がある。
- $\beta$ 線：13,000cpm【1ヶ月後の値】
  - 放射性ヨウ素が減少し、放射性セシウムが汚染の主体となることを想定
  - 表面密度は約 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 相当となり、計測器の仕様が異なる場合には、計数率の換算が必要である。

OIL4は不注意な経口摂取、皮膚汚染からの外部被ばくを低減するために、除染を講じるための基準です。

基準値を超える場合は、迅速に除染します。

原子力災害が発生し、最初の1ヶ月は $\beta$ 線で40,000cpmが基準値です。これは主に放射性ヨウ素を想定しており、さらに日本で広く用いられている入射窓面積が $20\text{cm}^2$ の測定器での計数値を想定しています。この場合、表面密度は約 $100\text{Bq}/\text{cm}^2$ 相当となります。他の測定器を使用する場合は、この表面密度から計数値を計算します。

原子力災害が発生して1ヶ月後には、OIL4は $\beta$ 線で13,000cpmになります。これは、半減期の短い放射性ヨウ素が減少して、汚染の主体は放射性セシウムとなるためです。この場合、表面密度は約 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ 相当となります。

## 医療機関での対応

- 救命や蘇生に必要な処置を優先する。汚染検査のために医療処置が遅れてはならない。
- 創傷部位があれば優先する。
- 「可能な限り」除染するが、健常皮膚を傷めるなどは逆効果。
- 臥位の傷病者は、背部も忘れずに実施。



19

救命や蘇生に必要な処置を優先します。また、臥位の傷病者の汚染検査では、背部の汚染検査を忘れないようにします。

病院での除染は、創傷部の汚染は可能な限り除染します。また、健常皮膚部の汚染も、除染の効果があれば、可能な限り除染します。

どこまで除染をするかは、医療にかける時間（傷病者の負担を含む）と除染の効果（低減される線量）により判断されます。

## 除染

- 除染の目的
  - 汚染拡大防止
  - 内部被ばくの危険性を低減
- 除染を行う者
  - 本人による実施が基本、必要により介助
- 除染の原則
  - ①できるだけ早く行う
  - ②汚染の拡大を防止しながら行う
  - ③体内への侵入を防止しながら行う

汚染があれば、除染します。除染とは、放射性物質を拭きとったりして、除去する事です。

拭きとった布やタオルには、汚染が付着します。これらは、汚染を広げないようにビニール袋などに入れて保管し、可能であれば除染します。廃棄できる使い捨ての不織布等を使用した場合や除染ができない場合は、廃棄します。

除染は、基本的に本人が実施しますが、必要な場合は、介助します。

また、除染はできるだけ早く実施します。これは、汚染拡大防止のためでもあり、汚染からの被ばくをできるだけ低減する事にもなります。除染時には、汚染が広がらないように、汚染の中心に向かって拭きとることが原則です。なお、頭髮や顔面の除染時には、流れた水を飲み込まないように注意が必要です。

## 身体除染 衣服の除染（脱衣）

汚染した衣服は脱いで着替える



被災者の汚染は、ほとんどの場合、衣服で、脱衣によりほぼ除染ができます。脱衣がされずに搬送されてきた場合は、そこから始めます。汚染されている衣類は、ポリ袋に入れ、氏名・日時を明記したラベルを貼り、保管します。着替えやバスタオル等をあらかじめ用意しておくことが望まれます。

脱衣によって約90%の汚染を除くことができます。

## 身体除染 頭髪の除染



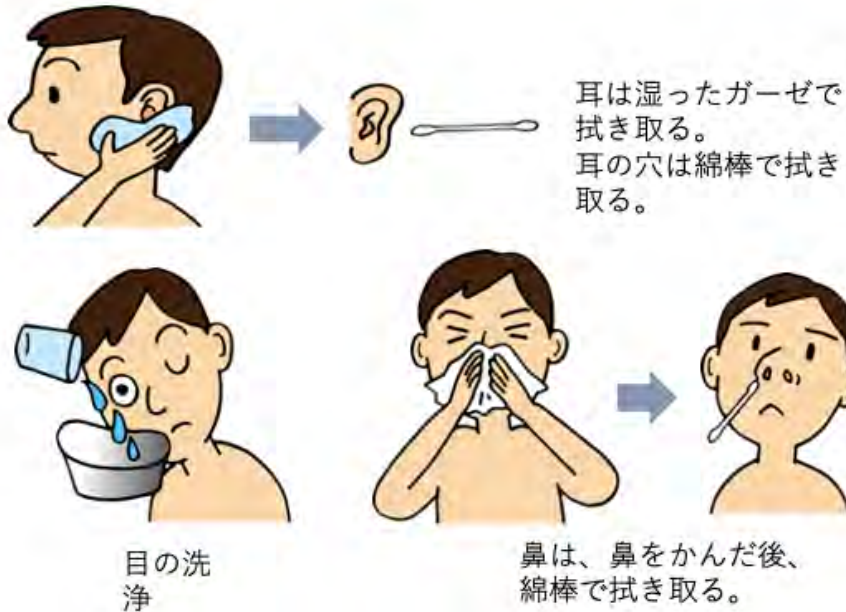
湿った布で拭き取る。  
拭き取りは上から下に一方向に限定



拭き取りで不十分な場合、  
シャンプーを用いて洗髪  
する。

頭髪は湿った布で毛先に向かって拭き取ります。これで除染が不十分な場合は、シャンプーで頭髪を洗う等の処置を行います。頭髪を切ることは、通常行いません。

## 身体除染 顔面の除染



目は清潔な水を用いて、洗びんなどをつかって、除染側を下にして受水器を当てながら洗い流します。水は鼻側から外側へ流れるようにします。

鼻は本人に鼻をかませてから、湿った綿棒で軽く拭き取ります。

口は口角を綿棒で拭き取り、洗ってから、うがいをします。

耳は表面を湿ったガーゼでよく拭き取ってから、聞こえや痛みなどの異常が無いことを確認後湿った綿棒で耳の穴を拭き取ります。

その他の皮膚は湿ったガーゼで拭き取ります。いずれの場合も、目、鼻、耳に除染に用いた濡れたガーゼの水（汚染水）が入らないよう注意します。

これらの処置で生じる洗い水、ガーゼ、綿棒等は、場合によっては測定・分析対象とすることがありますので、安易に廃棄扱いとしないようにします。

## 身体除染 皮膚の除染

ガーゼに水を  
しみこませる。



汚染を広げないよう、外側  
から内側に向かって拭き取る。  
使用するガーゼは、こまめ  
に取り換える。  
除染は、2回程度に止める。

皮膚の除染は湿ったガーゼ等によるふき取りで行います。

拭き取りは、常に汚染の中心に向かって行い、汚染を拡げないように注意します。このため一度使用したガーゼは再使用しません。

皮膚の除染は、除染効果が期待できるかどうかによりますが、通常は2回程度までを目安とします。

落ちないからといって、過度の除染を試みることは、健常な皮膚を傷つけ、逆効果になりかねません。

除染しても落ちないということは、汚染が拡散・拡大しない、ということでもありますので、その部分はシート等で覆って、より高度な除染が可能な機関へ搬送するなどの対応も考えられます。

## まとめ

- 身体表面の汚染検査の目的
  - 外部被ばく、内部取り込み、汚染拡大の防止 → 線量低減
- 身体表面の汚染検査の方法
  - 検出部を身体表面から約1cm離し、約5cm/秒で動かし測定
- 身体の除染
  - 衣服の除染 脱衣
  - 頭髪の除染 湿った布で拭き取る。洗髪する。
  - 顔面の除染 湿った布で拭き取る。綿棒も活用する。
  - 皮膚の除染 汚染を広げないように除染する。



## 参考 GMサーベイメーターの使い方



・電源スイッチを約2秒間押すと、液晶表示器の表示が下記のようになり、自動的に電源チェック等が行われ、問題がなければ測定状態となる。

ALOKA TGS-146 : 形名  
 ↓  
 15/02/14 13:30 : 時刻  
 ↓  
 BATT. = ■■■■ : 電池残量  
 ↓  
 ALARM OFF : 警報動作設定  
 ↓  
 HV=OK : HV状態  
 ↓  
 3 : 時定数  
 ↑  
 0 : 測定状態  
 ↑  
 計数率

なお、エラー表示については、以下のとおりである。

- ・電池残量表示

電池残量表示がBATT.= ■□□□で点滅している場合、バッテリーダウン予告表示なので電池を早めに交換する。なお、測定中に液晶表示器の左に“B”が点灯した 場合も同様である。

- ・HV状態表示

HV=ERRORは、HV出力異常のため、正しい計測ができないので、調整をメーカー等に依頼する。

# 安定ヨウ素剤

原子力災害医療 基礎研修  
原子力災害基礎-6

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間：30分

内容

- 安定ヨウ素剤の服用等に関する検討チーム
- 放射性ヨウ素の摂取経路
- 安定ヨウ素剤服用の必要性
- 放射性ヨウ素による健康障害
- 安定ヨウ素剤の働き
- 服用対象者
- 服用量、服用回数
- 安定ヨウ素剤の副作用
- 過剰服用による影響
- 副作用が起こった場合の対処方法
- 服用に注意が必要な場合
- 安定ヨウ素剤配布と服用指示
- 防災業務関係者の安定ヨウ素剤服用

## 安定ヨウ素剤の服用等に関する検討チーム



令和元年7月3日 全部改訂

- 提言1：適切な服用のタイミング、他の防護措置との組み合わせ
- 提言2：服用を優先すべき対象者
- 提言3：40歳以上の方への効果
- 提言4：副作用
- 提言5：複数回の服用を避けるべき対象者
- 提言6：服用後の経過観察
- 提言7：事前配布の対象区域における事前配布方法

検討チーム会合において、「安定ヨウ素剤の配布・服用に当たって」等の記載内容の確認を行い課題を抽出するとともに、関係自治体の実情等を踏まえ、安定ヨウ素剤の配布方法等に係る課題について検討し、WHOガイドライン2017年版およびそれを踏まえた課題について、7つの提言が報告書として取りまとめられました。

## 放射性物質の摂取経路

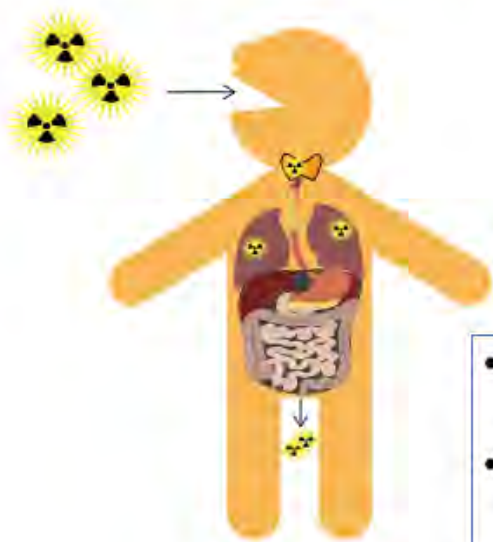


原子力発電所の事故時に大気中に放出された放射性ヨウ素を含む放射性物質の摂取経路としては、吸入摂取と経口摂取があります。

吸入摂取は、呼吸とともに放射性ヨウ素を含む放射性物質を吸い込むことで、体内に放射性ヨウ素を取り込みます。

経口摂取は、大気中に放出された放射性ヨウ素を含む放射性物質が土壌や水に沈着した後、農作物、海産物に移行したり、飲料水に取り込まれたりして、食事とともに食べることで体内に放射性物質を取り込みます。

## 放射性物質の体内動態



1. 臓器に蓄積する
2. 排泄される
3. 自然に減っていく

- 体の中に残っている放射性物質からの放射線によって被ばくする
- 体の中から放射性物質は時間が経つと減っていく
- 時間経過と共に体内残留量、排泄量が変化する

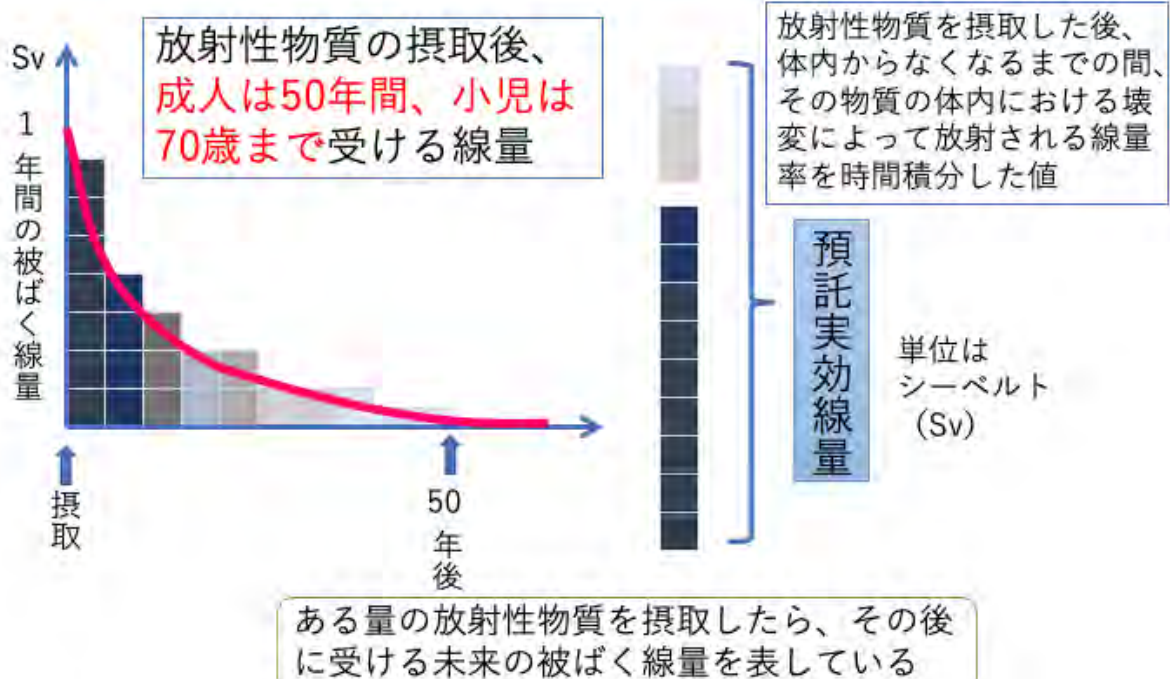
体の中に取り込まれた放射性物質は、臓器に蓄積したり、尿や便で体外に排泄されたりします。この代謝によって排泄されることで体内の放射性物質の量が半分になる時間を生物学的半減期と言います。また、放射性物質に含まれる放射能は時間とともに減っていくため（物理学的半減期）、体内の放射能も時間経過とともに減っていきます。体内に取り込まれた放射性物質が、物理的減衰と生物学的な排泄の両方で、半分の量になるまでの時間を実効半減期と言います。

内部被ばくは放射性物質が体内に存在している間は被ばくし続けることとなります。しかし、内部被ばくでは外部被ばくと異なり、預託実効線量が1シーベルト（Sv）を超えても急性の症状がでることはほとんどありません。

また、放射性物質である元素の種類によって蓄積する臓器が異なります。たとえば、放射性ヨウ素は甲状腺に蓄積し、その他の臓器にはほとんど集積しないため、全身への影響は少ないのが特徴です。放射性セシウムはカリウムと性質が似ており、量に違いはありますが、特定の臓器に集積せず、全身に分布します。

このようなことから、時間経過とともに放射性物質の体内残留量や排泄量は変化します。

## 内部被ばくの線量（預託実効線量）



内部被ばく線量は、放射性物質を摂取した後、体内からなくなるまでの間、その物質の体内における壊変によって放射される線量率を時間積分した値ということになります。

これは、成人であれば放射性物質の摂取後50年間、小児では摂取から70歳までの被ばく線量を足し合わせたもので、預託実効線量といい、単位はSv（シーベルト）で表されます。

放射性ヨウ素（I-131）や放射性セシウム（Cs-134、Cs-137）の実効半減期はそれぞれ7.5日、96日、110日\*なので、50年後まで体内に留まる量は非常に少ないです。

\*IAEA 「EPR-INTERNAL CONTAMINATION2018 Medical Management of Persons Internally Contaminated with Radionuclides in a Nuclear or Radiological Emergency」

## 安定ヨウ素剤服用の必要性

- ヨウ素は甲状腺ホルモンの成分で、体内ではほとんどが甲状腺内に存在する。
- 甲状腺ホルモンは、新陳代謝を促したり、子供では成長を促進する。
- 甲状腺は、頸部前面に位置し、重さ15～20 g、3～5 cmの蝶が羽を広げたような形をしてる。
- 放射性ヨウ素を体内に取り込んだ場合、肺や消化管から体循環に入り、10～30%が甲状腺に集積し、残りは尿中に排泄される。
- 安定ヨウ素剤を適切なタイミングで服用することで、放射性ヨウ素の甲状腺への集積を阻害、低減する。



ヨウ素は甲状腺ホルモンの成分で、体内ではほとんどが甲状腺内に存在します。

甲状腺ホルモンは、新陳代謝を促したり、子供では成長を促進します。甲状腺ホルモンは、全身の細胞に作用して、呼吸量、エネルギー産生量が増大します。

甲状腺は、頸部前面に位置し、大人では15～20g、3～5cmの蝶が羽を広げたような形をしています。

放射性ヨウ素を吸入または経口摂取した場合、肺や消化管から血液中に入り、吸収された放射性ヨウ素の10～30%が甲状腺に集積します。甲状腺に集積しなかった放射性ヨウ素は腎臓から尿中に排泄され、体の外にでます。甲状腺に集積した放射性ヨウ素からはベータ線が放出されるので、甲状腺の細胞が障害を受けやすくなります。

安定ヨウ素剤を適切なタイミングで服用しておくことで、放射性ヨウ素が甲状腺へ集積するのが阻害されます。このため、原子力災害時に放射性ヨウ素の環境中への放出の可能性がある場合は、事前に安定ヨウ素剤を服用します。



# 放射性ヨウ素による健康障害

## ・急性障害

### ・甲状腺機能低下症

- ・しきい線量は5,000 mGy以上
- ・甲状腺の細胞が障害を受け、細胞死の結果、甲状腺ホルモンの分泌が低下して発症する
- ・症状：全身倦怠感、無力感、皮膚の乾燥、発汗減少、便秘、体重増加、低体温、浮腫、不整脈

高濃度の放射性ヨウ素を吸入する可能性のある作業員のみ

## ・晩発性障害

### ・甲状腺がん

- ・予後が比較的よい乳頭がんが多い
- ・致命的なことは少ない
- ・甲状腺線量50-100 mGyを超えると増加がみられる可能性がある
- ・被ばくして数年～数十年後に甲状腺がん等を発症するリスクが上昇
- ・乳幼児の方が甲状腺がんの発生のリスクは高い
- ・I-131内部被ばくと甲状腺がんリスクとの定量的関係に関する情報は十分でない（国連科学委員会2008年報告書）

放射性ヨウ素による被ばくに関して、住民の放射線防護の目的は、晩発性障害の低減である

放射性ヨウ素が甲状腺に極めて大量に集積した場合、甲状腺の細胞が放射線の影響で細胞死を起し、その結果、急性障害として甲状腺ホルモンの分泌が低下して甲状腺機能低下症が起こります。甲状腺機能低下症の症状は、活動性の低下、全身倦怠感、無力感、皮膚の乾燥、発汗の減少、便秘、体重増加、低体温、浮腫、不整脈などがあります。

また、晩発性障害として、放射性ヨウ素が甲状腺に集積し、放射性ヨウ素が放出する放射線によって数年～数十年後に甲状腺がんを発症する可能性があります。

広島、長崎の原爆被爆者の疫学調査やチェルノブイリ原子力発電所の事故後の調査などによって、甲状腺被ばく線量が増加するに従って甲状腺がん発生率は上昇することが示されています。また、原爆被爆者の調査では、甲状腺被曝線量と甲状腺がん発生率は線形の線量反応関係が認められることが知られており、甲状腺吸収線量で100～200mGyを超える線量から甲状腺がんの増加がみられる可能性があります。

※この資料では、被ばく線量の単位としてGyとSvが用いられています。

特定の臓器・組織に対する放射線の影響と被ばく線量との関連性を調べる時は、その臓器・組織の吸収線量（Gy）を評価します。一方、線量係数によって計算できる実効線量（Sv）は、各臓器・組織の感受性を考慮した全身に対する低線量リスクに対する指標であり、確率的影響の有意な増加がみられない低線量域において、リスクを低減する防護措置の必要性を判断する基

準として使用できません。低線量域での放射線防護は、放射線誘発がんと遺伝性疾患に対する防護に主として関係しており、影響は確率的であるとされています。

また、高線量で特に緊急時の状況においては、放射線被ばくは確定的影響（組織反応）を引き起こすことがあるため、比較的高い線量の定量化または組織反応に関係する場合は、等価線量、実効線量（Sv）は用いるべきではなく、吸収線量（Gy）によって評価すべきであるとされています。

## 甲状腺の悪性腫瘍

### 甲状腺悪性腫瘍の組織分類

乳頭がん	Papillary carcinoma	一番多いタイプ
濾胞がん	Follicular carcinoma	甲状腺がんの約8%
低分化がん	Poorly differentiated carcinoma	乳頭がんや濾胞がんに比べて進行がやや早い
髄様がん	Medullary carcinoma	甲状腺がんの約1.5%
未分化がん	Undifferentiated carcinoma	甲状腺がんの約1%
悪性リンパ腫	Malignant lymphoma	甲状腺がんの約2.5%

- チェルノブイリ原発事故時(1986年4月26日)に18歳以下だった12,514人が対象
  - 2001年～2007年の2～4回目の検査で65人の甲状腺がんが診断された
    - Papillary : 61名
    - Follicular : 1名
    - Medullary thyroid cancer : 3名

Brenner et al., Environmental Health Perspectives 119(7):933 – 939, 2011

甲状腺悪性腫瘍の組織分類としては、乳頭がん、濾胞がん、低分化がん、髄様がん、未分化がん、悪性リンパ腫があります。甲状腺がんの発生率のピークは60～70歳代で、他のがんに比べると20～30歳代の若年者での発症も比較的多いです。甲状腺がんの生命予後は10年生存率約90%と比較的良好です。

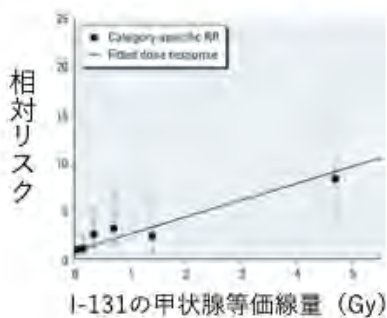
放射線被ばくによって誘発される甲状腺がんのほとんどは、甲状腺濾胞細胞に由来する乳頭がん、一般的に予後が良いとされています。

# チェルノブイリ原発事故での甲状腺がん

ロシア、ベラルーシ、ウクライナにおける甲状腺吸収線量 (mGy)

	未就学児	就学児童	青年	成人	全人口
3カ国合計	48	19	13	12	16
汚染地域*	289	110	84	75	102

\*汚染地域とは、土壌表面のセシウム-137の量が1平方メートルあたり37キロベクレルを上回る地域 UNSCEAR 2008年報告



- \* ウクライナの研究、チェルノブイリ原発事故時に18歳以下だった人を対象
- \* 甲状腺がんのリスクは被ばく線量に依存して直線的に増加する
- \* 過剰相対リスク 1.91 / Gy
- \* 過剰絶対リスク 2.21 / 1万人・年・Gy

Brenner et al., 2011

放射線被ばくにより甲状腺がんが誘発され、その発生確率は、特に乳幼児において高くなります。

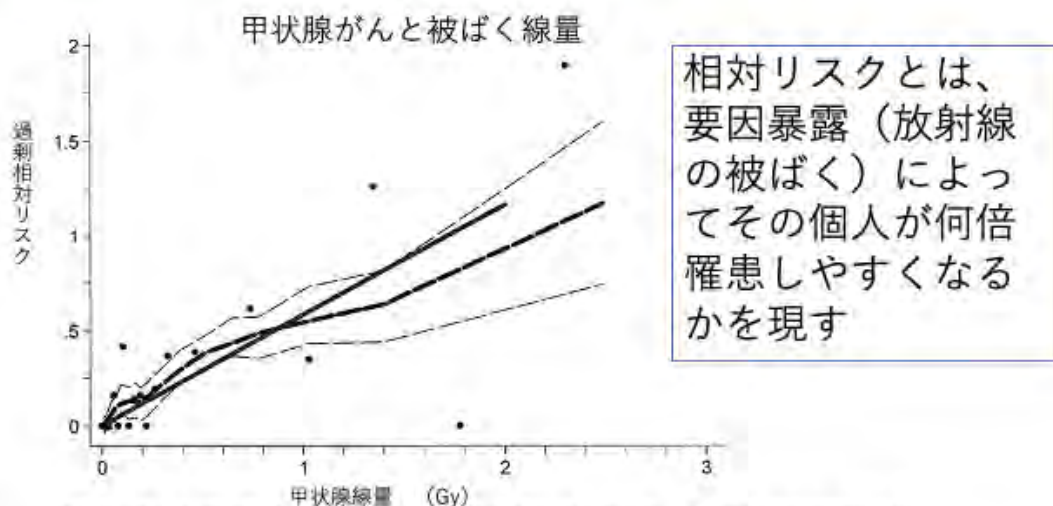
チェルノブイリ原子力発電所事故では、放射性ヨウ素による甲状腺の内部被ばくが問題となりました。

チェルノブイリ原発事故での調査では、過剰絶対リスクの大きさは、2.21 / 1万人・年・Gyです。言い換えると、1万人の甲状腺等価線量の平均が100 mSvの場合、40年間で8.8人の甲状腺がんが過剰に発生することになります。

がんで死亡する人が被ばくのないときに比べてどれだけ増加するかの比率を表わしたのが過剰相対リスクであり、死亡率がどれだけ上乘せされたかを表わすのが過剰絶対リスクです。

## 甲状腺がんと過剰相対リスク

広島・長崎の原爆被ばく者の追跡調査



直線は、被ばく時年齢30歳の人70歳に達した場合に当てはめた、男女平均過剰相対リスク (ERR) の線形線量反応を示す。太い点線は、線量区分別リスクを平滑化したノンパラメトリックな推定値であり、細い点線はこの平滑化推定値の上下1標準誤差を示す。

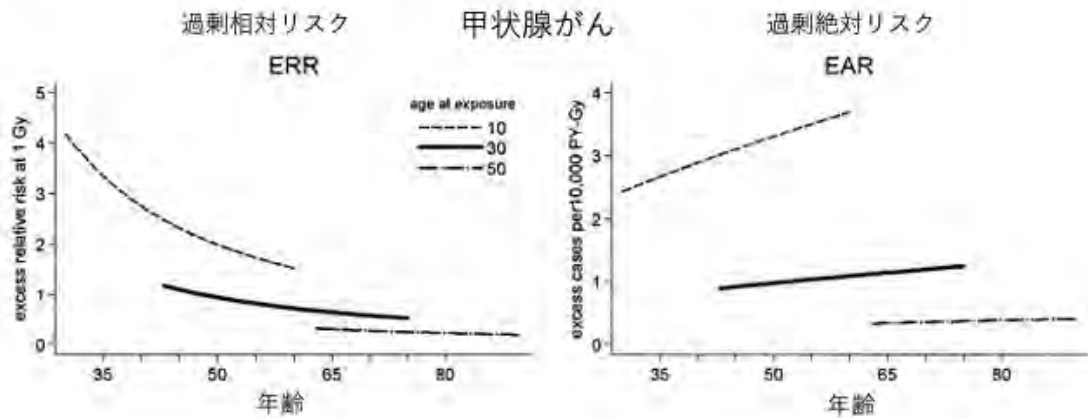
Preston, D. L., etc., Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors: 1958-1998. Radiat. Res. 168, 1-64 (2007).

甲状腺がんは、内部被ばく以外でも原爆被爆者や医療被ばくでの外部被ばくに起因するものもあります。原子爆弾被爆者の追跡調査では、甲状腺被ばく線量の増加に伴い、甲状腺がんの発生率は増加しており、線形の線量反応関係が認められています。

過剰相対リスクは、性別と年齢を一致させた対照群と比較して被ばく群のリスクが何倍になっているかを示すものが相対リスクで、相対リスクが1であれば影響がないことになります。過剰相対リスクは、相対リスクから1を引いたもので、過剰リスクだけを示したものです。いずれも対照群に対する比率を示しています。

## 甲状腺がんの年齢依存性

- 広島・長崎の原子爆弾被爆者の調査
- 被ばく時の年齢が若いほど、リスクが高い



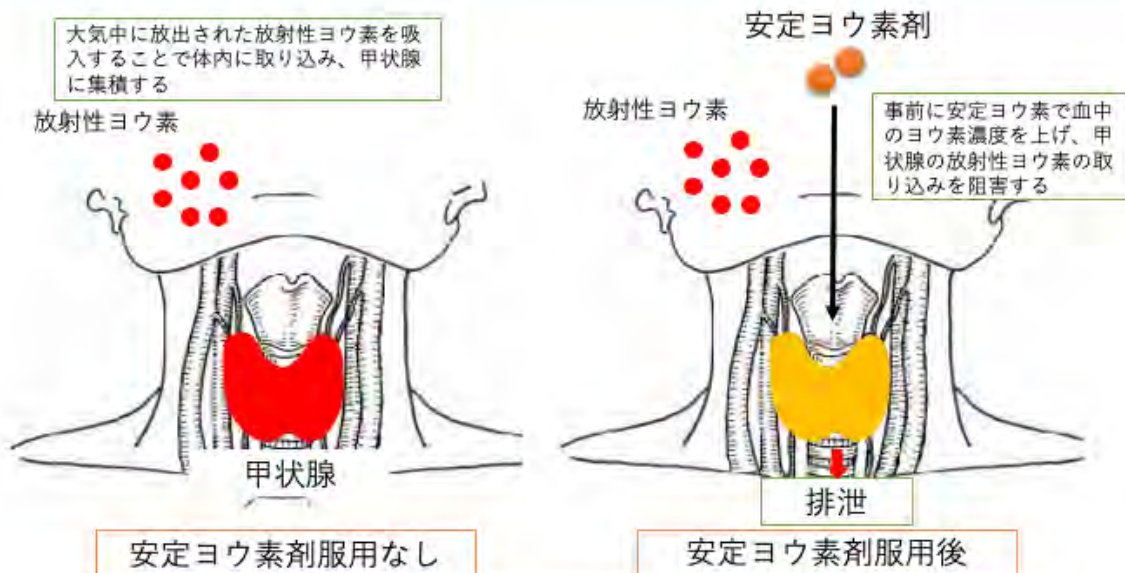
Preston, D. L., etc., Solid Cancer Incidence in Atomic Bomb Survivors: 1958-1998. Radiat. Res. 168, 1-64 (2007).

11

原子爆弾被爆者の調査では、被ばく時の年齢が低いほど甲状腺がんの過剰相対リスクは増加し、リスクが高いことが示唆されています。特に5歳未満では顕著であることが示唆されています。

また、到達年齢70歳のERR/Gyは、被爆時年齢10歳で1.21、30歳で0.57、50歳で0.27となっており、被爆時年齢が10年増加するに従い過剰相対リスクが31%減少していたことも示されています。

## 安定ヨウ素剤の働き



放射性ヨウ素以外の内部被ばく及び希ガス等による外部被ばくに対する防護効果は全くないため、同時に他の防護措置と組み併せて活用することが重要である。

放射性ヨウ素は、呼吸により吸入されて、肺から血液中に移行します。また、吸入された放射性ヨウ素の一部は、食道、消化管から吸収されて血液中に移行します。取り込まれた放射性ヨウ素の約10～30パーセントは、24時間以内に甲状腺に集積し、残りの大部分は、主に腎臓から尿中に排泄されます。

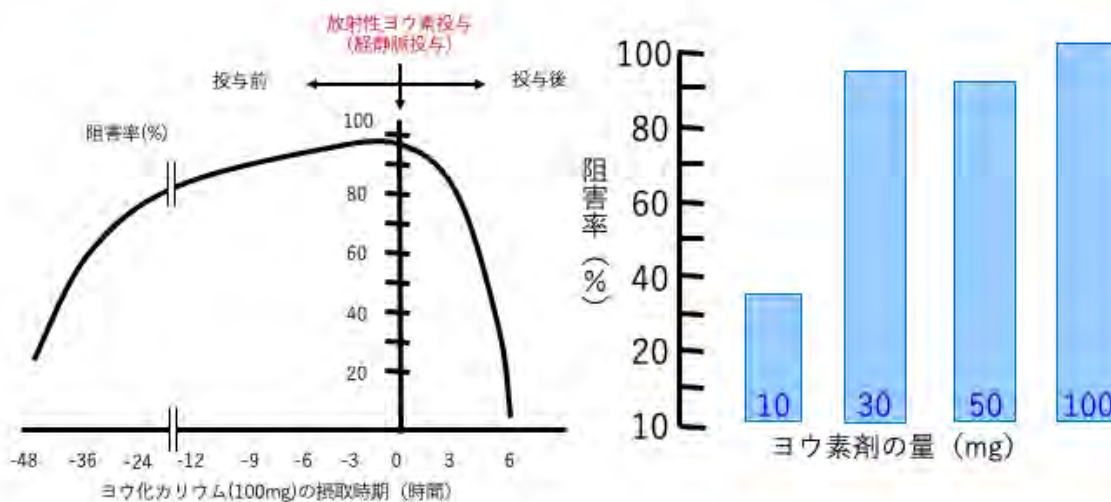
健康な人が安定ヨウ素剤を服用すると、服用後1～2時間以内に、その尿中排泄量が最大となります。その後、時間とともに排泄量は減少し、72時間後には服用した安定ヨウ素剤のほとんどが体から排泄されます。

安定ヨウ素剤の服用による放射性ヨウ素の甲状腺への集積を低減させる効果は、高濃度の安定ヨウ素剤との共存によって血中の放射性ヨウ素の甲状腺への取込みと競合することや細胞内へのヨウ素の取込みを抑制することによります。

安定ヨウ素剤は、放射性ヨウ素以外の内部被ばく及び希ガス等による外部被ばくに対する防護効果は全くないため、避難、一時移転、屋内退避、飲食物の摂取制限等の他の防護措置と組み合わせて活用することが重要です。

## 服用のタイミング、服用量と効果

放射性ヨウ素にばく露される24時間前からばく露後2時間までの服用が効果的



Becker, JAMA 1987; 258: 649-654から引用

放射性ヨウ素を吸入あるいは、摂取する前24時間以内または2時間以内に、安定ヨウ素剤を服用すると、放射性ヨウ素の甲状腺への集積を約90パーセント以上抑制することができます。すでに放射性ヨウ素が吸入された後でも数時間以内の服用であれば、約40パーセントの抑制効果が期待できます。

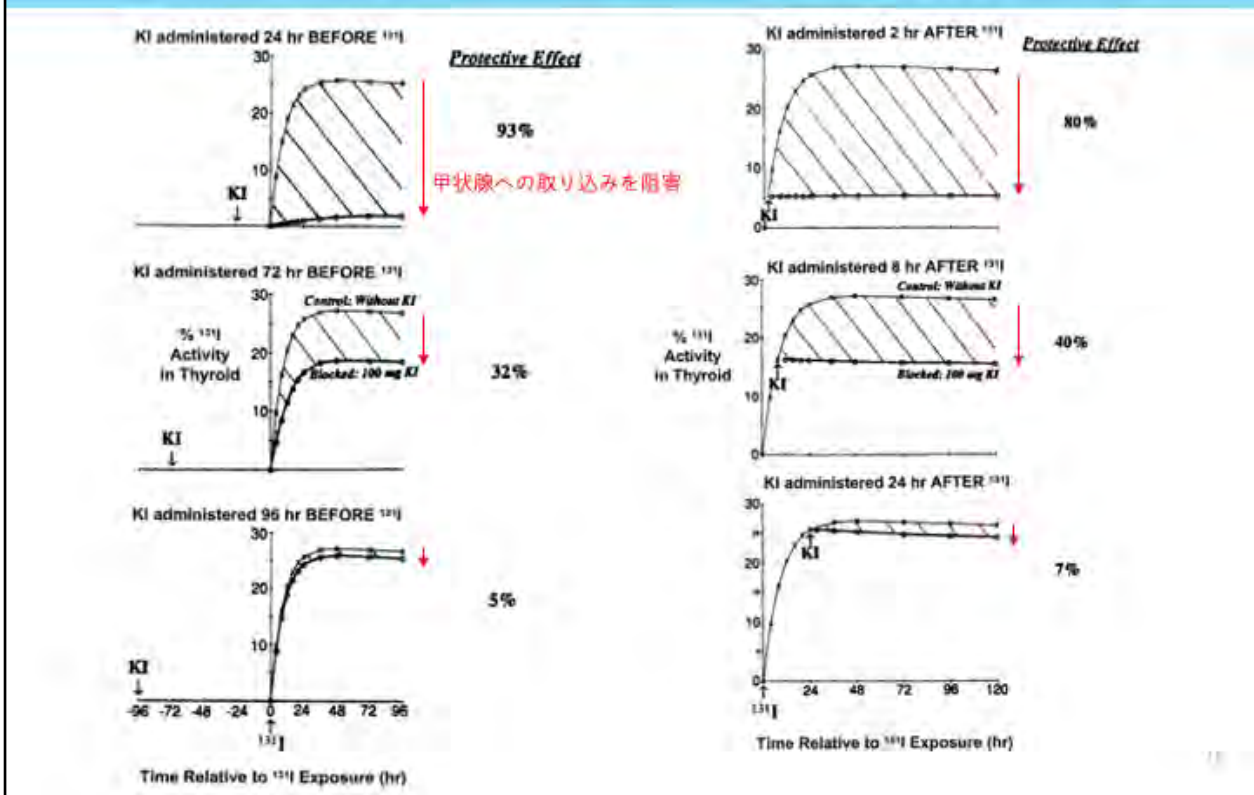
しかし、放射性ヨウ素にばく露後16時間以降であればその効果はほとんどないと報告されています。また、甲状腺機能亢進症の患者のデータでは、放射性ヨウ素にばく露後24時間以上経過して安定ヨウ素剤を服用すると、甲状腺に蓄積した放射性ヨウ素の生物学的半減期を延長させることが分かっており、服用のタイミングによっては有益性よりも有害性が大きくなる可能性があります。

成人では、ヨウ素量30 mg以上であれば、放射性ヨウ素の甲状腺への集積を効果的に抑制できます。日本で医療用医薬品として承認されている安定ヨウ素剤（ヨウ化カリウム丸）50 mgはヨウ素を38 mg含有している製剤で、成人の場合1回で2丸の服用が必要となります。

出典：Becker, JAMA 1987; 258: 649-654



## 安定ヨウ素剤の効果



Zanzonicoらによると、ヨウ化カリウム（安定ヨウ素剤）100mgの経口投与のタイミングと放射性ヨウ素の摂取後を評価したところ、放射性ヨウ素の摂取24時間前、72時間前、96時間前のヨウ化カリウム服用で、それぞれ93%、32%、5%の阻害効果があると報告されています。また、放射性ヨウ素摂取2時間後、8時間後、24時間後のヨウ化カリウム（安定ヨウ素剤）100mgの経口投与では、それぞれ80%、40%、7%の阻害効果があると報告されています。このことから、放射性ヨウ素にばく露される24時間前からばく露後2時間までの安定ヨウ素剤の服用が効果的だと言えます。

出典：Zanzonico, Pat; Becker, David, Health Physics. 78(6):660-667, June 2000.

## 服用対象者

### ・服用を優先すべき対象者

- ・未成年者（乳幼児を含む）
- ・授乳婦および妊婦
  - ・母最大1/4程度が母乳に移行
  - ・母体が放射性ヨウ素にばく露された場合には、**母乳栄養を一時的に中断し**、乳児に安定ヨウ素剤を服用させる
  - ・安全性が確認されたミルクを確保できない間は、母乳栄養を継続する
  - ・母体が定められた安定ヨウ素剤を単回服用した場合、母乳栄養は継続し、乳児も定められた容量の安定ヨウ素剤を服用する
  - ・**新生児**が安定ヨウ素剤を服用した場合には、甲状腺機能低下症に関する経過観察を行う

### ・40歳以上の者への効果

- ・40歳以上の者は安定ヨウ素剤を服用する必要性は低い
- ・40歳以上であっても妊婦及び授乳婦は安定ヨウ素剤の服用を優先すべき対象者

年齢が低いほど放射性ヨウ素による内部被ばくの影響として甲状腺がん等の発症のリスクが高くなります。このため、服用を優先すべき対象者は、妊婦、授乳婦及び未成年者(乳幼児を含む。)です。授乳婦、新生児及び乳幼児については、母体が摂取したヨウ素(放射性ヨウ素及び安定ヨウ素)の最大1/4程度が母乳に移行するとされているため、母体が放射性ヨウ素にばく露された場合には、母乳を介して乳児が放射性ヨウ素にばく露されるリスクがあることから、母乳栄養を一時的に中断した上で乳児に安定ヨウ素剤を服用させることが適切です。安全性が確認されたミルクを確保できない間は、母乳栄養を継続する選択が考えられます。

一方で、緊急時に母乳栄養を一時的に中断するリスク(母体側として乳房緊満による乳腺炎、乳児側として母乳以外を受け付けない場合の脱水、低血糖等)についても十分に考える必要があり、母体が定められた用量の安定ヨウ素剤を単回服用した場合、母乳に移行する安定ヨウ素が乳児の甲状腺機能に与える健康影響は小さいことから、母体の放射性ヨウ素による内部被ばくの可能性が低いことを前提として母乳栄養は継続し、乳児自身も定められた用量の安定ヨウ素剤を服用します。なお、乳児のうち特に新生児が安定ヨウ素剤を服用した場合には、甲状腺機能低下症に関する経過観察を行うことが適切です。

原爆被爆者については、成人期以降に被ばくした者における甲状腺がんの発症について統計的に有意なリスクの上昇は確認されておらず、チェルノブイリ原発事故の被災者については、甲状腺がんの発症のリスクの上昇が明ら

かであるのは18歳未満の者で、その中でも特に6歳未満の乳幼児に甲状腺がんが多発していることから、服用を優先すべき対象者は乳幼児を含む未成年者です。また、WHOガイドライン2017年版においては、40歳以上の者への安定ヨウ素剤の服用効果はほとんど期待できないとされています。したがって、40歳以上の者は安定ヨウ素剤を服用する必要性は低いですが、40歳以上であっても妊婦及び授乳婦は、胎児及び乳児に対する放射性ヨウ素による甲状腺の内部被ばくの影響が大きいことから、安定ヨウ素剤の服用を優先すべき対象者です。

出典：原子力規制庁原子力防災課：安定ヨウ素剤の配布・服用に当たって  
(令和元年7月3日全部改正)

## 服用量、服用回数



ヨウ化カリウム丸 (50mg)



ヨウ化カリウム内服ゼリー 16.3mg



ヨウ化カリウム内服ゼリー 32.5mg

- 服用回数
  - 原則 1 回
  - 連続服用をしなくてよいように、避難等の防護措置を講じることが前提
  - ただし、放射性ヨウ素による内部被ばくの可能性が24時間以上継続し、再度の服用がやむを得ない場合は、原子力規制委員会が服用の必要性を判断し、国又は地方公共団体の指示があった場合のみ、24時間の間隔をあけて服用
- 服用方法
  - 経口摂取

対象者	ヨウ素量	ヨウ化カリウム量
生後1ヶ月未満	12.5 mg	16.3 mg (安定ヨウ素剤水薬1 ml) 16.3mgゼリー剤1包
生後1ヶ月以上3歳未満	25 mg	32.5 mg (安定ヨウ素剤水薬2 ml) 32.5mgゼリー剤1包
3歳以上13歳未満	38 mg	50 mg (ヨウ化カリウム丸1丸) 16.3mgゼリー剤1包 + 32.5mgゼリー剤1包
13歳以上	76 mg	100 mg (ヨウ化カリウム丸2丸) 32.5mgゼリー剤3包

服用回数は原則1回とし、複数回の服用をしなくてよいように避難等の防護措置を講ずることを前提としています。ただし、放射性ヨウ素による内部被ばくの可能性が24時間以上継続し、再度の服用がやむを得ない場合は、24時間の間隔を空けて服用することとなっています。

年齢に応じた服用量を表に示します。適切な服用量を超えて服用しても効能又は効果を高めることにはならないことから、適切な服用量を守る必要があります。

## 副作用（急性のアレルギー反応）

- 極めてまれな事象
- ヨード系造影剤により引き起こされるようなアナフィラキシーショックを含むアレルギー反応は、ヨウ素含有量や投与方法等が異なり、安定ヨウ素剤の服用で生じる可能性は極めて低い。
- 安定ヨウ素剤に含まれるヨウ化カリウムによりアレルギー症状が生じる可能性は極めて低く、ヨウ化カリウム以外の添加物についても、他の薬剤及び食品添加物として汎用されている使用実績や、含有量が微量である点からも安全性は極めて高いといえる。
- チェルノブイリ原子力発電所事故
  - ポーランドでの安定ヨウ素剤服用：成人5,061名
  - うち2名が緊急対応を必要とする気管支れん縮を発症
  - どちらも既に重度の気管支症を発症しており、安定ヨウ素剤の服用との明確な因果関係は示されていない
- 東京電力福島第一原子力発電所
  - 安定ヨウ素剤服用：緊急作業に従事した約2,000人
  - 急性のアレルギー反応の報告なし

地方公共団体は、救護所等での体制整備や受入れ可能な医療機関との連携等に努め、適切な対応を行う必要がある。

安定ヨウ素剤の副作用としては、急性のアレルギー反応と甲状腺ホルモンの分泌異常による中長期的な健康影響が考えられます。

### 【急性のアレルギー反応】

ヨード系造影剤により引き起こされるようなアナフィラキシーショックを含むアレルギー反応は、ヨウ素含有量や投与方法等が異なり、安定ヨウ素剤の服用で生じる可能性は極めて低いです。

安定ヨウ素剤に含まれるヨウ化カリウムによりアレルギー症状が生じる可能性は極めて低く、ヨウ化カリウム以外の添加物についても、他の薬剤及び食品添加物として汎用されている使用実績や、含有量が微量である点からも安全性は極めて高いといえます。

チェルノブイリ原子力発電所事故時に安定ヨウ素剤の服用を実施したポーランドでは、5,061名の成人のうち2名が緊急対応を必要とする気管支れん縮を発症しましたが、どちらも既に重度の気管支症を発症しており、安定ヨウ素剤の服用との明確な因果関係は示されていません。

東京電力福島第一原子力発電所の緊急作業に従事した者のうち約2,000人が安定ヨウ素剤を服用しま下が、急性のアレルギー反応の報告はありませんでした。

このように、アナフィラキシーショックを含む急性のアレルギー反応は極めてまれですが、地方公共団体は、救護所等での体制整備や受入れ可能な医療機関との連携等に努め、適切な対応を行う必要があります。

## 副作用（中長期的な健康影響）

- 甲状腺ホルモンの分泌異常による中長期的な健康影響
  - 単回服用で生じる可能性は極めて低い
  - チェルノブイリ原子力発電所事故
    - ポーランドで安定ヨウ素剤服用：34,491人（うち16歳未満12,641人）
      - 永続的な甲状腺機能障害は見られない
    - 生後1日目に安定ヨウ素剤を服用した新生児3,214人
      - 甲状腺機能低下症が12名（0.37%）に認められたが、16～20日後にはすべて正常化した
  - 東京電力福島第一原子力発電所
    - 安定ヨウ素剤服用：緊急作業に従事した約2,000人
    - 安定ヨウ素剤を連続14日間以上又は合計20丸服用した229人（すべて男性）
      - 3人（1.3%）に、血液検査で一過性の甲状腺機能低下症が疑われた
      - 4人（1.7%）に血液検査で潜在性の甲状腺機能低下症が疑われた
        - 一般人口における比率との違いは認められなかった。
- 妊婦の単回服用の場合、一般成人のデータによると甲状腺機能は正常範囲内の一過性的変化
  - 新生児は、経過観察を優先すべき対象者
  - 服用後数日以降の経過観察について、血液検査等による確認を行う

### 【中長期的な健康影響】

甲状腺ホルモンの分泌異常による中長期的な健康影響についても、単回服用で生じる可能性は極めて低い。

チェルノブイリ原子力発電所事故時に安定ヨウ素剤の服用を実施したポーランドでは、12,641人の16歳未満の者を含む34,491人において、永続的な甲状腺機能障害は見られなかった。生後1日目に安定ヨウ素剤を服用した新生児3,214人では、甲状腺機能低下症が12名（0.37%）に認められたが、16～20日後にはすべて正常化したことが報告されている。

東京電力福島第一原子力発電所の緊急作業に従事した者のうち約2,000人が安定ヨウ素剤を服用した。安定ヨウ素剤を連続14日間以上又は合計20丸服用した229人（すべて男性）中3人（1.3%）に、血液検査で一過性の甲状腺機能低下症が疑われた。また、229人中4人（1.7%）に血液検査で潜在性の甲状腺機能低下症が疑われたが、一般人口における比率との違いは認められなかった。

甲状腺ホルモンの分泌異常による中長期的な健康影響は、妊婦の単回服用の場合、一般成人のデータによると甲状腺機能は正常範囲内の一過性的変化であると考えられ、経過観察を優先すべき対象者は新生児です。

服用後数日以降の経過観察について、特に新生児が服用した場合の甲状腺機能低下症については配慮が必要であり、血液検査等による確認を行うことが考えられます。

## 服用に注意が必要な場合①

安定ヨウ素剤の成分、ヨウ素（ヨード）に対する過敏症（アレルギー）がある場合は、安定ヨウ素剤は服用できない。服用不適切項目該当者として登録。

次の場合は安定ヨウ素剤の服用の際に起こり得る症状ですが、**安定ヨウ素剤を適量服用した場合に、健康影響が生じる可能性は極めて低いです。**

- **ヨード造影剤過敏症**；ヨード造影剤により引き起こされるような過敏症は、ヨウ素含有量や投与方法等が異なり、ヨード造影剤過敏症の人が、安定ヨウ素剤服用によってヨウ素過敏症を発症するとは限りませんが、造影剤過敏症の人は、事前にヨウ素過敏症があるか医師に相談しておくことが望ましい。
- **甲状腺機能亢進症**；甲状腺機能亢進症がある場合は、ヨウ素の甲状腺摂取率が上昇しているため、安定ヨウ素剤を服用すると病状の悪化の恐れがある。
- **甲状腺機能低下症**；甲状腺機能低下が悪化する恐れがある。
- **腎機能障害、先天性筋強直症、高カリウム血症**；安定ヨウ素剤には、カリウムが含まれるため、血清カリウム濃度の上昇によって病状が悪化する恐れがある。
- **低補体血症性蕁麻疹様血管炎、ジューリング疱疹状皮膚炎**；日本では、極めて稀な病気であるが、ヨウ素に過敏であると考えられており、ヨウ素摂取により病状が悪化するとされている。
- **肺結核**；ヨウ素は結核組織に集まりやすく、結核を再燃させる恐れがある。

安定ヨウ素剤の成分、ヨウ素（ヨード）に対する過敏症（アレルギー）がある場合は、安定ヨウ素剤は服用できません。服用不適切項目該当者として登録します。

次の場合は安定ヨウ素剤の服用の際に起こり得る症状ですが、**安定ヨウ素剤を適量服用した場合に、健康影響が生じる可能性は極めて低いです。**

- **ヨード造影剤過敏症**；造影剤過敏症には種々の要因による過敏症が含まれており、その一部がヨウ素過敏症と考えられます。しかし造影剤過敏症に含まれるヨウ素過敏症の割合は推測できません。そのため、すべての造影剤過敏症の人が、安定ヨウ素剤服用によってヨウ素過敏症を発症するとは限りませんが、造影剤過敏症の人は、事前にヨウ素過敏症があるか医師に相談しておくことが望ましいです。
- **甲状腺機能亢進症**；ヨウ素の甲状腺摂取率が上昇しているため、安定ヨウ素剤を服用すると病状の悪化の恐れがあります。
- **甲状腺機能低下症**；悪化する恐れがあります。
- **腎機能障害、先天性筋強直症、高カリウム血症**；安定ヨウ素剤には、カリウムが含まれるため、血清カリウム濃度の上昇によって病状が悪化する恐れがあります。
- **低補体血症性蕁麻疹様血管炎、ジューリング疱疹状皮膚炎**；日本では、極めて稀な病気ではありますが、ヨウ素に過敏であると考えられており、ヨウ素摂取により病状が悪化するとされています。
- **肺結核**；ヨウ素は結核組織に集まりやすく、結核を再燃させる恐れがあります。

## 服用に注意が必要な場合②

現在服用している薬剤と安定ヨウ素剤を併用した場合に起こり得る症状ですが、**安定ヨウ素剤を適量服用した場合に、健康影響が生じる可能性は極めて低いです。**

- ・カリウム含有製剤：カリウム補給・・・高カリウム血症
- ・カリウム貯留性利尿剤：高血圧症・・・高カリウム血症
- ・リチウム製剤：双極性障害・・・甲状腺機能低下症
- ・抗甲状腺薬・・・甲状腺機能低下症
- ・ACE阻害剤：高血圧・・・高カリウム血症
- ・アンジオテンシンII受容体拮抗剤：高血圧・・・高カリウム血症

安定ヨウ素剤に含まれるカリウム量は、食品に含まれる量と比較すると僅かであり、成人の1回分の服用量である安定ヨウ素剤2丸中に含まれるカリウム24mgは、以下に示す食品の可食部100g中に含まれる量と比較すると、食パン1/4、バナナ1/15、納豆1/29～1/28、焼き芋1/23、カツオ生食1/18～1/16、焼きイワシ1/15と同量程度である。

**「慎重服用項目」及び「相互作用の可能性のある薬剤」について、適量の服用であれば健康影響が生じる可能性は極めて低く、該当する者が安定ヨウ素剤の配布及び服用に際し不利益を被ることのないよう、配布に携わる者への周知が必要である。**

現在服用している薬剤と安定ヨウ素剤を併用した場合に起こり得る症状ですが、**安定ヨウ素剤を適量服用した場合に、健康影響が生じる可能性は極めて低いです。**

- ・カリウム含有製剤：カリウム補給・・・高カリウム血症
- ・カリウム貯留性利尿剤：高血圧症・・・高カリウム血症
- ・リチウム製剤：双極性障害・・・甲状腺機能低下症
- ・抗甲状腺薬・・・甲状腺機能低下症
- ・ACE阻害剤：高血圧・・・高カリウム血症
- ・アンジオテンシンII受容体拮抗剤：高血圧・・・高カリウム血症



## 事前準備

- 予防的防護措置を準備する区域  
(Precautionary Action Zone; PAZ)
  - 全面緊急事態に至った場合には、避難の際に、服用指示に基づき速やかに安定ヨウ素剤を服用
  - 対象の住民に対して事前に安定ヨウ素剤を配布
  - 事前配布方法：原則として医師による説明、説明書と安定ヨウ素剤の配布
- 緊急防護措置を準備する区域  
(Urgent Protective Action Planning Zone; UPZ)
  - 全面緊急事態に至った場合には、避難または一時移転の際、原子力規制委員会が配布および服用の必要性を判断
  - 原子力防災対策本部または地方公共団体が指示
  - 地方公共団体は、避難または一時移転の際に安定ヨウ素剤を緊急配布できる体制を整備

予防的防護措置を準備する区域(Precautionary Action Zone; PAZ)では、全面緊急事態に至った場合に、避難の際、服用指示に基づき速やかに安定ヨウ素剤を服用します。このような迅速な服用を可能とするためには、地方公共団体はこの区域の対象住民に対して事前に安定ヨウ素剤を配布しておく必要があります。

事前配布方法は、原則として医師による説明、説明書と安定ヨウ素剤の配布です。説明会等において、薬剤師に医師への協力を要請することができます。

緊急防護措置を準備する区域(Urgent Protective Action Planning Zone; UPZ)では、全面緊急事態に至った場合に、避難または一時移転の際、原子力規制委員会が配布および服用の必要性を判断し、原子力防災対策本部または地方公共団体が服用を指示します。地方公共団体は、避難または一時移転の際に安定ヨウ素剤を緊急配布できる体制を整備する必要があります。

## 事前配布

- 説明会（地方公共団体が実施主体）
  - 医師（原則）による住民への説明会を定期的で開催
  - 医師による説明を受けることができる保健所等の公共施設や医療機関に住民が出向き、説明を受けた上で受領できるよう対応
  - 地方公共団体が指定する薬局等に住民が出向き、薬剤師等による説明を受けた上で安定ヨウ素剤を受領できるよう対応
- 説明内容：安定ヨウ素剤の配布目的、効能又は効果、服用指示の手順とその連絡方法、配布後の保管方法、服用時期、服用を優先すべき対象者、副作用等の留意点等
- 説明書と一緒に安定ヨウ素剤を配布
- 住民が記載したチェックシートに照らし合わせて、保健師、薬剤師等の専門職が確認書を記載し、安定ヨウ素剤の取扱いに係る留意事項について理解しているか等を確認するため、受領書に記入及び提出をさせる

地方公共団体は、住民への説明会を定期的を開催することを前提とした上で、地域の実情を踏まえ、**地域の医師会及び薬剤師会と具体的な配布方法等を協議の上、薬剤師会会員が所属する薬局等を指定し、その薬局等で、安定ヨウ素剤を配布することもできる。**

地方公共団体は、原則として医師による住民への説明会を定期的を開催する必要があります。説明会においては、原則として医師により、安定ヨウ素剤の配布目的、効能又は効果、服用指示の手順とその連絡方法、配布後の保管方法、服用時期、服用を優先すべき対象者、副作用等の留意点等を説明し、それらを記載した説明書とともに安定ヨウ素剤を配布します。地方公共団体は、配布等を円滑に行うために、説明会等において、薬剤師に医師への協力を要請することができます。

地方公共団体は、説明会に参加できない住民に対しては、医師による説明を受けることができる保健所等の公共施設や医療機関に住民が出向き、説明を受けた上で受領できるよう対応する必要があります。

地方公共団体は、住民への説明会を定期的を開催することを前提とした上で、地域の実情を踏まえ、地域の医師会及び薬剤師会と具体的な配布方法等を協議の上、薬剤師会会員が所属する薬局等を指定し、その薬局等で、安定ヨウ素剤を配布することもできます。

地方公共団体は、住民への説明会に参加できない住民に対して、地方公共団体が指定する薬局等に住民が出向き、薬剤師等による説明を受けた上で安定ヨウ素剤を受領できるよう対応する必要があります。

説明会又は地域の薬局等においては、住民が安定ヨウ素剤を受け取る際に、住民が記載したチェックシートに照らし合わせて、保健師、薬剤師等の専門職が確認書を記載し、安定ヨウ素剤の取扱いに係る留意事項について理解しているか等を確認するため、受領書に記入及び提出をさせることが必要

## 緊急配布

### ・配布場所

- ・ 備蓄場所と同じまたはその近隣の施設
- ・ 避難経路上、住宅地の近くで交通の便がよい場所等の住民が避難の際に容易に立ち寄れるところ

### ・配布方法

- ・ 住民が配布のために屋外に並ぶことを避け、屋内や車内で待機できるように配布場所を指定
- ・ 備蓄してある安定ヨウ素剤を地方公共団体職員等が備蓄場所から搬出して配布し、指示に従い服用させる
- ・ 受領書については、事前配布と同様に取り扱うことが望ましいが、時間的制約等により対応が困難な場合には、口頭による確認等で代替することも考えられる

### 配布場所

備蓄場所と同じまたはその近隣の施設

避難経路上、住宅地の近くで交通の便がよい場所等の住民が避難の際に容易に立ち寄れるところ

### 配布方法

住民が配布のために屋外に並ぶことを避け、屋内や車内で待機できるように配布場所を指定

備蓄してある安定ヨウ素剤を地方公共団体職員等が備蓄場所から搬出して配布し、指示に従い服用させる

受領書については、事前配布と同様に取り扱うことが望ましいが、時間的制約等により対応が困難な場合には、口頭による確認等で代替することも考えられる

## 服用指示の情報の伝達手段の確保

- 原則として、原子力規制委員会が必要性を判断



- その判断に基づき原子力災害対策本部又は地方公共団体は服用の指示



- 住民等はその指示に基づき服用

- 地方公共団体及び国は防災無線や 広報車等の地域における伝達手段とともに、テレビ・ラジオ放送やインターネット等を利用した広範な伝達手段を準備し、確実に指示が伝わる体制を整備し、伝わることを事前に確認

安定ヨウ素剤の服用は、その効果が服用の時期に大きく左右されるため、原則として、原子力規制委員会が必要性を判断し、その判断に基づき原子力災害対策本部又は地方公共団体は服用の指示を出し、住民等はその指示に基づき服用します。

ここで、住民等に安定ヨウ素剤を適切に服用させるためには、原子力災害対策本部又は地方公共団体の指示を服用すべき住民等まで速やかに伝達することが必要となります。したがって、各家庭のみならず、服用すべき対象者が集まる保育所、幼稚園、学校、病院、会社等に対しても情報提供を行う等、状況にあわせた情報伝達網の整備が必要です。

## 防災業務関係者の服用



防災関係者のうち、原子力施設内において災害に発展する事態を防止する措置等の災害応急対策活動を実施する者で、かなりの被ばくが予測される恐れのある場合は、甲状腺等価線量を瞬時に測定できる計測器がないこと、防護マスク等の装備の機能を考慮しつつ、甲状腺機能低下症の急性障害を予防するため、念のため、安定ヨウ素剤の服用について考慮します。

また、防災関係者が住民の避難誘導、連絡等のために全面緊急事態以降において屋外で災害対策業務に従事する場合は、各所属機関から安定ヨウ素剤の配布を受けて携行し、服用の指示に基づき、安定ヨウ素剤を服用します。また、作業が1日以上継続する場合は、連続服用も考慮します。業務が長期に及ぶ場合には、交代要員を確保する等により、安定ヨウ素剤を複数回服用する必要のない環境を整えることが望ましいです。これらの業務に関わる可能性があるものは、事前に教育研修を受けるか、それに相当する防護知識を習得しておくことが望ましいです。

放射性ヨウ素がほとんど存在しない場合や、原子炉の運転停止後から時間が経過して、放射性ヨウ素がほとんどなくなっている場合には、安定ヨウ素剤の服用は必要ありません。

## まとめ

- 安定ヨウ素剤は体内に取り込んだ放射性ヨウ素の甲状腺への影響のみに防護効果
- 安定ヨウ素剤は、外部被ばくの防護効果なし
- 安定ヨウ素剤服用時は、避難や屋内退避など他の防護措置も必要
- 安定ヨウ素剤は、放射性ヨウ素の放出がない場合には、服用不要
- 安定ヨウ素剤は服用のタイミングが重要であり、服用の必要性は原子力規制委員会が判断し、国又は地方公共団体が指示する
- 妊婦、授乳婦および未成年者（乳幼児含む）は、服用を優先すべき対象者
- 40歳以上でも妊婦および授乳婦は、服用を優先すべき対象者
- 服用を優先すべき対象者は、避難を優先する対象者でもあるが、服用の指示が出た際に服用を躊躇することのないよう、平時からの周知が重要

# 避難退域時検査

原子力災害医療 基礎研修  
原子力災害基礎-7

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構  
Ver.201912

本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間：30分

出典；原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル（原子力規制庁）より抜粋

内容

- 避難帯域時検査の概要
- 避難帯域時検査の流れ
- 検査及び簡易除染の体制
- 標準的な要員の役割と人数
- 資機材

## 避難退域時検査の概要

- 原子力災害時に放射性物質が放出された後に緊急時モニタリングの結果により必要があると判断された場合にOIL1に基づく防護措置として住民に避難や一時移転の指示される。その防護措置としての避難等の際に避難や一時移転される方の汚染状況を確認することを目的として実施される検査
- 対象者
  - OILに基づく防護措置としての避難等の指示を受けた住民等
  - 避難等の指示があった後に、この指示の対象となる区域から避難等をする住民のほか、労働者や旅行者等の一時滞在者も含む
- 国がOILに基づく防護措置の指示とともに地方公共団体に実施を指示
- 検査場所
  - 原子力災害対策重点区域の境界周辺(境界から概ね数キロメートルの範囲)から避難所等までの場所
  - 地域の実情を踏まえ選定
  - 避難経路上に複数の検査場所を設置

原子力災害時においては、国又は地方公共団体は、放射性物質が放出される前に予防的に実施する避難の指示の他、放射性物質が放出された後に緊急時モニタリングの結果により必要があると判断された場合には、「OIL1に基づく防護措置として住民に避難や一時移転(以下：避難等)」の指示を出します。

このOILに基づく防護措置としての避難等の際に、避難や一時移転される方の汚染状況を確認することを目的として実施される検査のことを「避難退域時検査」といいます。

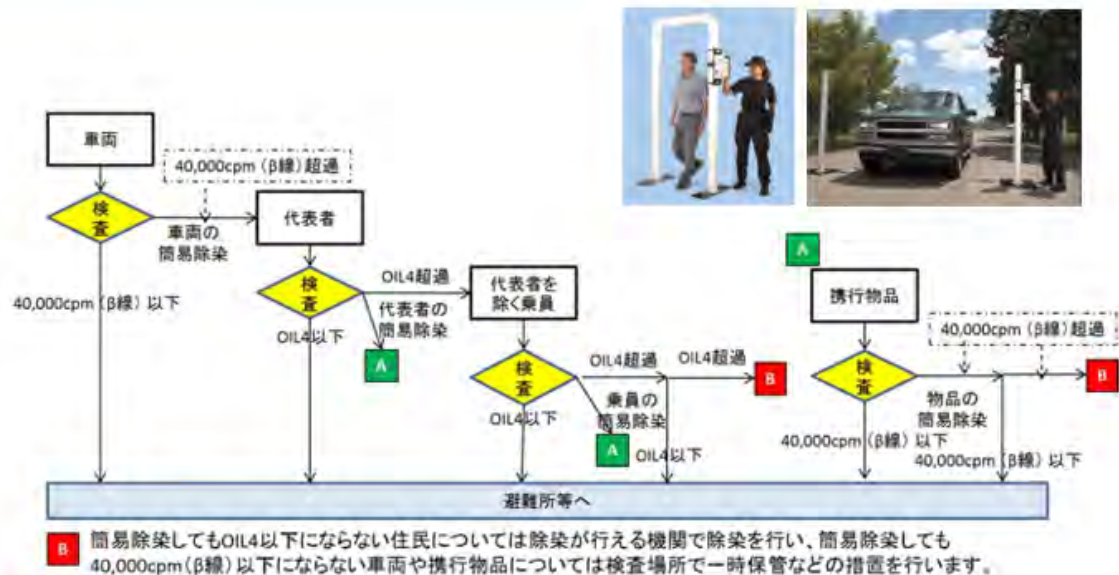
対象者は、OILに基づく防護措置としての避難等の指示を受けた住民等で、避難等の指示があった後に、この指示の対象となる区域から避難等をする住民のほか、労働者や旅行者等の一時滞在者も含まれます。

検査の指示は、国がOILに基づく防護措置の指示とともに地方公共団体に実施を指示します。

検査場所は、原子力災害対策重点区域の境界周辺(境界から概ね数キロメートルの範囲)から避難所等までの場所で、地域の実状を踏まえ選定します。



## 避難退域時検査の流れ



自家用車やバス等の車両を利用して避難等をする住民の検査は、乗員の検査の代用として、まず車両の検査を行います。この結果がOIL4 (初期設定40,000 cpm (β線)) 超の場合には、乗員の代表者に対して検査を行います。この代表者がOIL4超の場合には、乗員の全員に対して検査を行います。

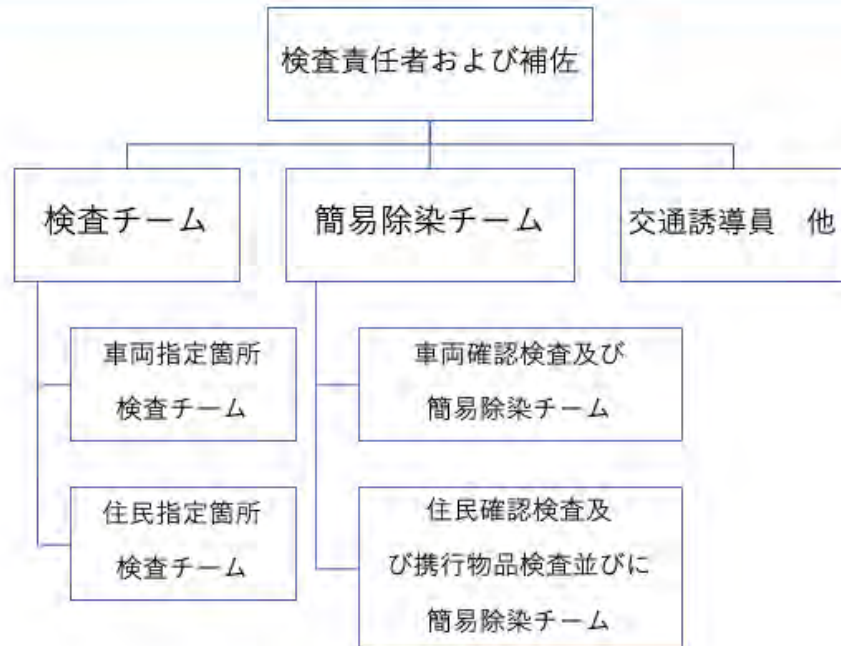
携行物品の検査は、これを携行している住民がOIL4超の場合にのみ検査を行います。

検査の結果、OIL4超の住民、車両及び携行物品には簡易除染を行います。簡易除染によってもOIL4超の住民は除染が行える機関で除染を行い、簡易除染によってもOIL4超車両や携行物品は検査場所で一時保管などの措置を行います。

なお、検査の実施に際しては、要配慮者に対する健康上の配慮等が必要です。例えば、避難所等から離れた場所で行う場合、この検査によって健康リスクが高まると判断される要配慮者及びその車両については、避難所等にそのまま向かっていただき、そこで健康上の配慮を行いつつ検査を行うことも考慮する必要があります。

出典；原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル（原子力規制庁）より抜粋

# 検査及び簡易除染の体制



検査及び簡易除染を行う者だけではなく、検査場所の規模に応じ、車両の誘導を行う交通誘導員、空調等の運転保守要員、受付・説明員、通信・連絡員等を配置することが望ましいです。

出典；原子力災害時における避難退域時検査及び簡易除染マニュアル（原子力規制庁）より抜粋

## 標準的な要員の役割と人数

チーム区分、要員	役割	要員数
検査責任者及び補佐	<ul style="list-style-type: none"> <li>検査場所における業務の全体統括及び地方公共団体の現地災害対策本部等との連絡調整(検査及び簡易除染の状況、バックグラウンドレベル等の報告等)</li> <li>バックグラウンドの測定、検査責任者へ検査チームや簡易除染チームの活動状況等の報告</li> </ul>	2名
車両指定箇所検査チーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両用ゲート型モニタ又は表面汚染検査用の放射線測定器による車両の指定箇所検査</li> </ul>	1名以上
車両確認検査及び簡易除染チーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>表面汚染検査用の放射線測定器による車両の確認検査及び簡易除染後の簡易除染の効果の確認</li> <li>車両の簡易除染</li> </ul>	2名以上
住民指定箇所検査チーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>体表面汚染モニタ又は表面汚染検査用の放射線測定器による住民の指定箇所検査</li> </ul>	1名以上
住民確認検査及び携行物品検査並びに簡易除染チーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>表面汚染検査用の放射線測定器による住民の確認検査及び携行物品の検査並びに簡易除染後の簡易除染の効果の確認</li> <li>住民及び携行物品の簡易除染並びにその補助(説明・指導等)</li> </ul>	2名以上
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両の誘導 他</li> </ul>	1名以上

検査の効率化を図るため、検査対象となる車両、住民及び携行物品の数に応じて、上記に示すチームの複数配置や他のチームによる支援などのチーム間での役割分担の調整、必要に応じて各チームの要員の増員を考慮します。

検査責任者及び補佐は、原則、地方公共団体の職員(又は地方公共団体が指定する者)で、原子力防災に関する基礎的な研修を受講した者、同等の知識を有する者又は実務経験者等の中から、検査会場の全体統括など、その役割を果たすことができる者が担います。

また、検査責任者及び補佐を除く要員には、本マニュアルで示す検査及び簡易除染が実践できるよう、原子力防災に関する基礎的な研修及び機器の取扱い実習を、予め受講しておくことが望ましいです。

## 資機材

個人防護装備	不織布防護服、綿手袋、ゴム手袋、サージカルマスク、キャップ(帽子)、シューズカバー、個人被ばく線量計(ポケット線量計(PD)等
放射線測定器	表面汚染検査用の放射線測定器(GM サーベイメータ等)、空間線量率用の放射線測定器(NaI シンチレーション式サーベイメータ等) (使用できる場合)体表面汚染モニタ、車両用ゲート型モニタ
養生資材	養生用シート、粘着テープ等
簡易除染用品	養生用シート、粘着テープ、ウェットティッシュ、ウエス、洗車用ブラシ、ビニールシート、大小ポリ袋、帽子、綿手袋、ゴム手袋、サージカルマスク、着替え 用衣類とタオル等

このほか、地方公共団体の現地災害対策本部等との通信連絡のため、携帯電話、衛星携帯電話などの通信機器を整備する必要があります。  
また、検査場所によっては、運営に必要な仮設テントや机、照明器具、熱中症対策のための保冷剤、送風機、暖房器具、雨具、荒天時対策の装備等が必要となります。なお、自動体外式除細動器(AED)は用意することが望ましいです。

数量等はチーム数等に応じて調整します。

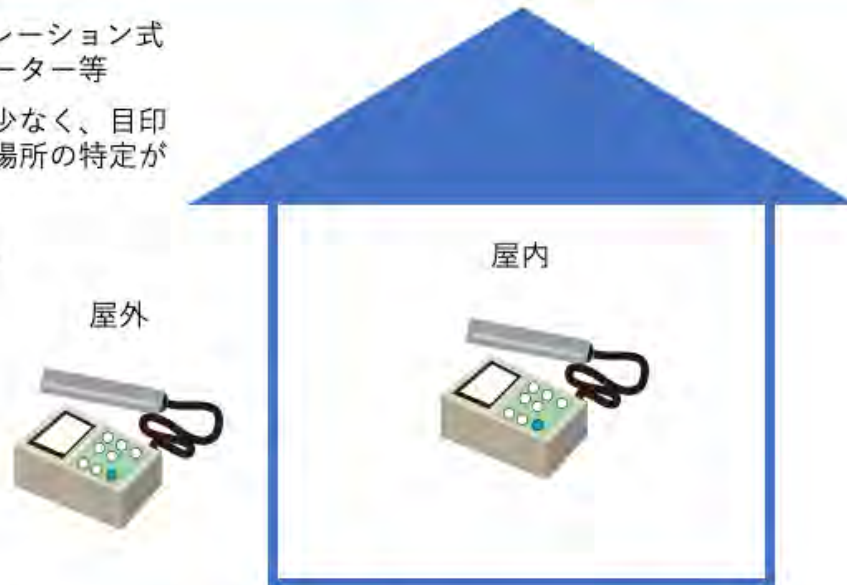
- 個人被ばく線量計は、原則として、日本工業規格(JIS Z4511)に準拠して校正された機器を用います。また、長期使用しない場合は、電池を取り外し、予備電池を用意しておきます。必要数は、要員と交代要員の数に加え、予備を考慮します。
- 空間線量率用の放射線測定器は、原則として、日本工業規格(JIS Z4511)に準拠して校正された機器を用います。放射線測定器は、定期的(半年に1回以上推奨)に動作確認を行い、バックグラウンド計測値に異常がないことを確認しておきます。また、長期使用しない場合は、電池を取り外しておくとともに、予備電池を用意しておきます。
- GMサーベイメーター(入射窓面積が $20\text{cm}^2$ )以外の表面汚染検査用の放射線測定器を使用する場合は、指示値のOIL4 (40,000 cpm)への換算を個別に確認しておきます。また、機器の仕様によっては、メーター針とデジタル表示を持つもの、デジタル表示のみのものなど、様々です。
- 体表面汚染モニタ又は車両用ゲート型モニタを使用する場合は、40,000cpmを検出できる性能であることをメーカーに確認しておきます。

## バックグラウンドの測定方法と取扱い

NaI シンチレーション式  
サーベイメーター等

車の通行が少なく、目印  
があって、場所の特定が  
容易な地点

時定数10秒

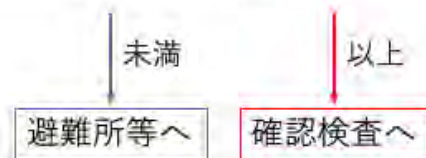


測定日時、測定場所、測定者及び測定値を記録

検査責任者の補佐は、検査の準備段階から検査終了までの間、空間線量率用の放射線測定器(NaI シンチレーション式サーベイメーター等)を使って、以下の方法により、定期的にバックグラウンド測定を行います。

1. 検査責任者の補佐は、検査場所の屋内・外の2ヶ所程度を選んで測定点(定点)とします。測定点は、車の通行が少なく、目印があって、場所の特定が容易な地点を選びます。
2. 測定器を準備し、測定点において検出部を地上から1m(腰部付近)の高差で水平に保ちます。毎回、同一の向きで測定します。
3. 時定数を10秒とし、約30秒(時定数の3倍)経過後、指示値を読み、記録します。指示値の読み方は、メーター針のある機種では、針の振れの中央を読みます。
4. 空間線量率の測定は、検査を開始する前及び検査中1時間に1回程度行います。
5. 測定結果として測定日時、測定場所、測定者及び測定値を記録します。
6. 原子力施設の状況の変化や各チームからの検出報告等、注意すべき情報が得られた場合には、連続監視等、測定の頻度を上げます。

- GMサーベイメータ（入射窓面積が20cm<sup>2</sup>のもの）を用いた測定
- 設定
  - 時定数；3秒
  - 測定レンジ；10kcpm(10,000cpm)
  - 消音
  - 距離；対象物の表面から数cm以内
  - 速度；毎秒約10cm
- 測定箇所；放射性物質が付着する可能性が高いところ(指定箇所)
- 基準値；6kcpm(6,000cpm)



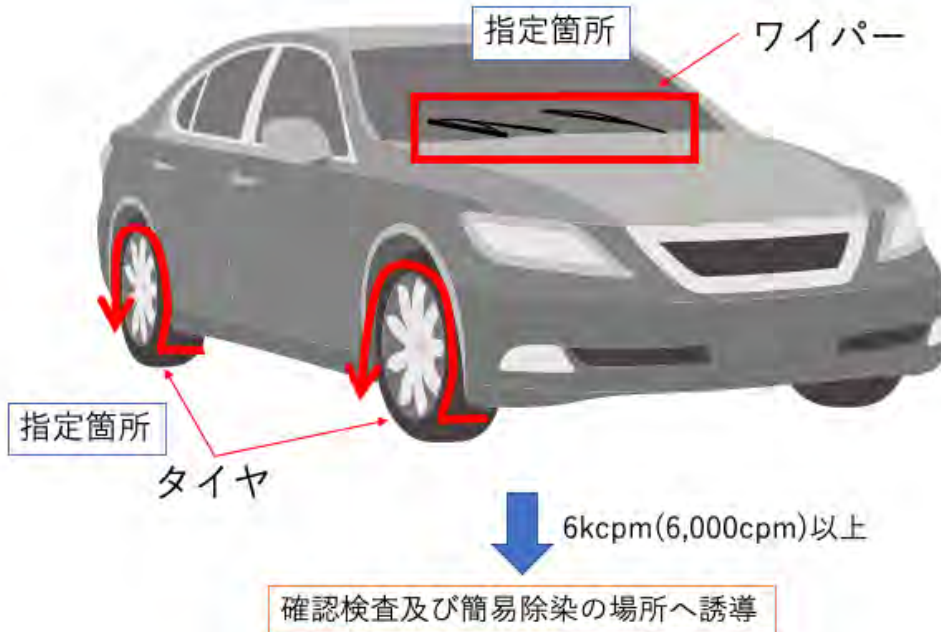
1. 時定数を3秒に設定します。
2. 測定レンジは、10kcpm (10,000 cpm)に設定します。
3. 計数音はオフ(消音)にします。
4. 検査対象の表面と検出部の距離を数cm以内に保ちながら、毎秒約10cmの速度でプローブを移動させます。
5. 検査を行う箇所は、放射性物質が付着する可能性が高いところ(指定箇所)とします。
6. 指示値が6kcpmを超えていないことを確認します。超えた場合は、次の「確認検査」に移行します。
7. 一世帯又は車両1台の検査が終わった後、バックグラウンド値に著しい変化がないことを確認します。確認の結果、著しい変化があった場合は、ラップフィルムを交換します。ラップフィルムの交換後もバックグラウンド値が戻らない場合は、他の原因が考えられますので、検査責任者の補佐に連絡します。

## 確認検査

- GMサーベイメータ
- 設定
  - 時定数；3秒
  - 測定レンジ；指示値に応じて切り替える
  - 消音
  - 距離；対象物の表面から数cm以内
  - 速度；毎秒約10cm
  - 測定箇所
- 測定箇所；指定箇所検査で検出された箇所を含めた検査対象の全面又は簡易除染を行うときはその箇所
- 有意に指示値が高い場所でプローブを縦・横に動かし、指示値が最も高くなる箇所でプローブを約 10 秒固定して、測定

1. 時定数を3秒に設定します。
2. 測定レンジは、指示値に応じて適宜、切り替えます。
3. 計数音はオフ(消音)にします。
4. 検査対象の表面と、検出面の距離を数cm以内に保ちながら、毎秒約10 cmの速度でプローブを移動させます。
5. 検査を行う箇所は、指定箇所検査で検出された箇所を含めた検査対象の全面又は簡易除染を行うときはその箇所です。原則として検査員による検査が可能な範囲とします。
6. 有意に指示値が高い場所でプローブを縦・横に動かし、指示値が最も高くなる箇所でプローブを約 10 秒固定して、測定値を読み、OIL4以下であるかを確認します。バックグラウンドの減算は行いません。
7. 有意に指示値が高い場所が複数あるときは、それぞれの箇所で同様に測定します。
8. バックグラウンド値の確認と処置は、指定箇所検査の7と同様に行います。

## 車両の検査



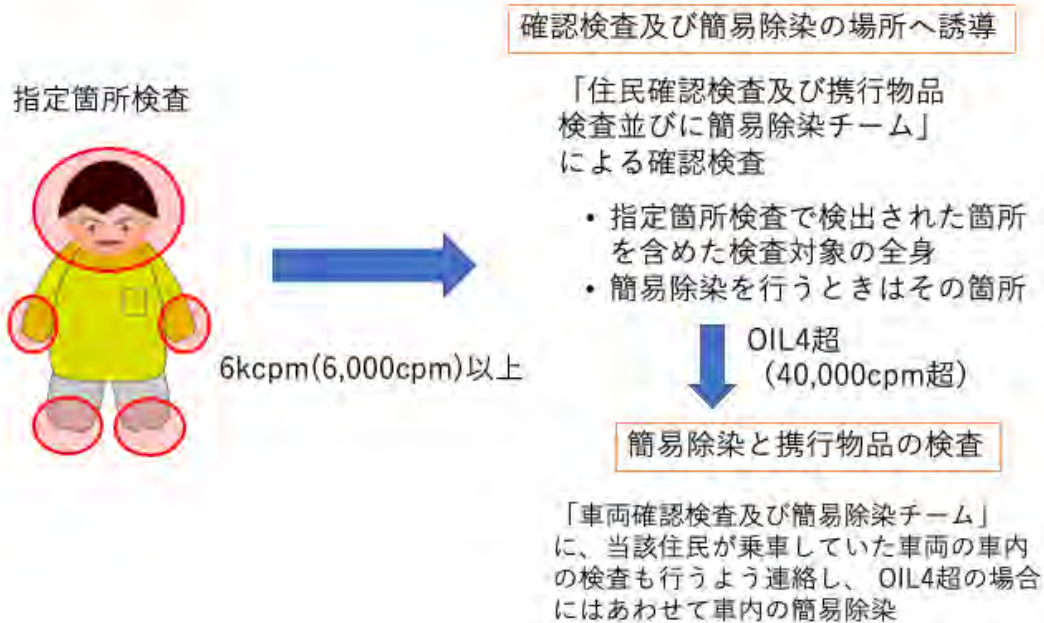
車両は以下の指定箇所検査を行います。

1. タイヤ(原則として全輪) シャーシより下部の接地面(ゴム部)を中心に、側面ゴム部も検査します。
2. ワイパー部(フロントガラス下部) ワイパーのゴム部分だけでなく、フロントガラスの下部パッキンにかけてのワイパー周辺一帯も検査します。

指定箇所検査でOIL4超の可能性があると判定(6,000cpm以上)された場合は、確認検査及び簡易除染の場所へ誘導し、「車両確認検査及び簡易除染チーム」による確認検査を実施します。その結果、OIL4超の場合は、簡易除染と乗員の検査を行います。



# 住民の検査

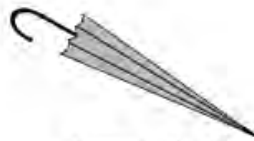


「住民指定箇所検査チーム」による表面汚染検査用の放射線測定器を用いた住民の検査では、放射性物質が付着している可能性が高い、①頭部、顔面、②手指、③靴底を指定箇所検査します。なお、検査の際には、帽子、上着等は着衣のまま、その上から検査します。

指定箇所検査でOIL4超の可能性があると判定された場合は、確認検査及び簡易除染の場所へ誘導し、「住民確認検査及び携行物品検査並びに簡易除染チーム」による確認検査を実施します。その結果、OIL4超の場合は、簡易除染と携行物品の検査を行います。また、「車両確認検査及び簡易除染チーム」に、当該住民が乗車していた車両の車内の検査も行うよう連絡し、OIL4超の場合にはあわせて車内の簡易除染を行います。

## 携行物品の検査

- 対象となる物品の表面検査
- 原則として表面全面の検査
- スーツケース、鞆、袋など密封されたものは、開封せずに、外側を検査



表面を検査



外側を検査



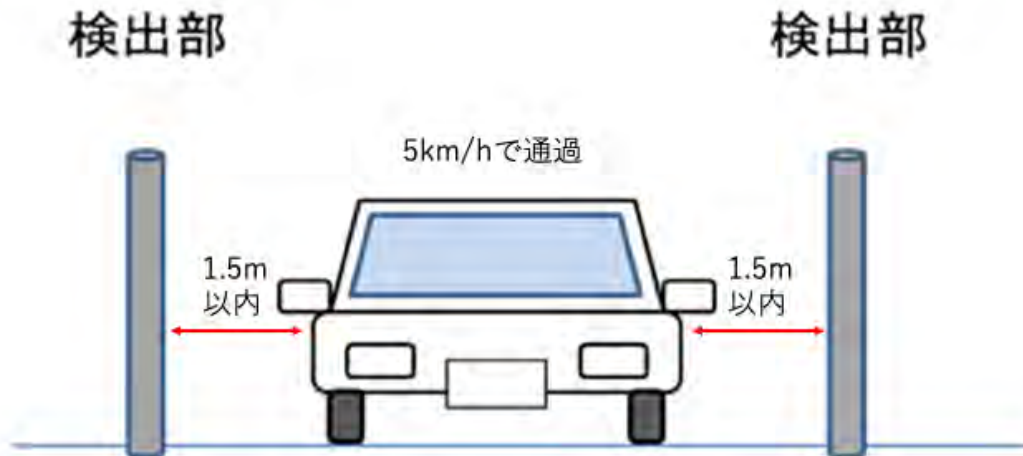
OIL4超 (40,000cpm超)

簡易除染

「住民確認検査及び携行物品検査並びに簡易除染チーム」による表面汚染検査用の放射線測定器を用いた携行物品の検査では、対象となる物品の表面を検査します。原則として表面全面を行って下さい。なお、スーツケース、鞆、袋等密閉されたものは、開封して検査する必要はありません。

検査OIL4超の場合は、簡易除染を行います。

## 車両用ゲート型モニタによる検査



一般的に車両用ゲート型モニタは、検出部に大容量のプラスチックシンチレータ等を用いており、 $\beta$ 線ではなく $\gamma$ 線を検出する方式のものが多くです。検出部は移動できる2本のポールで構成し、車両は、ポールとポールの間(ゲート)を通過する方式としたものがほとんどです。

車両用ゲート型モニタは、以下に示す検査方法等であれば、表面汚染検査用の放射線測定器による指定箇所検査に代えることができます。実際に車両用ゲート型モニタを導入するときには、その性能等をメーカーによく確認して下さい。

1. 検査員は、通過する車両の大きさ(バス、乗用車の車幅等)に合わせて、車体側面からポールまで1.5 m以内の間隔となるように設置します。
2. ゲートの手前で車両を一時停止させ、ゲートの中心線に沿って、およそ5km/h以下で一台ずつ通過させます。
3. 検査員は、ゲート通過後、車両を再度、一時停止させます。このとき、要員の安全を確保するため、ギアはパーキング又はニュートラルに、また、サイドブレーキが引いてあることを確認します。
4. 検査員は、ワイパー部(フロントガラス下部)を表面汚染検査用の放射線測定器で指定箇所検査します。ワイパー部は、車体に体が触れない程度の、手の届く範囲を検査します。
5. 検査の終わった車両を、次のところに誘導します。

## 車両の簡易除染

- 原則として、簡易除染員が濡らしたタオル等を用い、付着している放射性物質を拭き取る
  - OIL4超の箇所の周囲から中心に向かって一方向に拭き取ります。
  - 1枚のタオル等で何度も繰り返して拭き取らないようにします。
  - 1度拭き取りに使ったタオル等は所定の容器等へ入れます。
  - 該当箇所に強固に泥が付着している場合は、洗車用ブラシを使うなどして、泥を落とす。

原則として、簡易除染員が濡らしたタオル等を用い、付着している放射性物質を拭き取ります。拭き取りの方法は、以下のとおりです。

- OIL4超の箇所の周囲から中心に向かって一方向に拭き取ります。
- 1枚のタオル等で何度も繰り返して拭き取らないようにします。
- 1度拭き取りに使ったタオル等は所定の容器等へ入れます。

該当箇所に強固に泥が付着している場合は、洗車用ブラシを使うなどして、泥を落とします。落とした泥は、シートで受け、ビニル袋等に集めておき、一般の廃棄物と分別しておきます。

流水を利用する場合は、簡易除染員の吸入・汚染防止(マスク、防水用装備の着用)と水の拡散防止(周囲に防水シートを敷き、立ち上がりを設けて堰とします)を確保した上で行います。

## 住民・携行品の簡易除染

- 原則として住民本人による脱衣
- 手袋とマスクを着用
- 衣服の表を中に巻き込むように脱衣

### 携行品の簡易除染

- 水で濡らしたタオル等による拭き取り
- 所有者の希望があれば、本人が手袋をした上で、拭き取り



### 脱衣

衣服がOIL4超の場合は、原則として住民本人による脱衣を行ってまいります。その際、替えの衣服も予め用意しておきます。脱衣の際は、衣服や身体への放射性物質の拡大を防止する必要があります。そのため、簡易除染員から住民へ以下の説明と指導を行います。なお、自分で脱衣を行えない住民には、簡易除染員が手伝います。

- 手袋とマスクを着用します。
- 衣服の表を中に巻き込むように脱ぎます。
- 脱衣の際に皮膚に触れる場合は、テープ等で覆ってから脱衣します。

脱衣後、該当箇所の身体を確認検査し、測定の結果、OIL4超の場合は、次の簡易除染を行います。

なお、放射性物質の付着がごく一部分に限られている場合は、拭き取ることもできます。

### 拭き取り

頭髪や皮膚がOIL4超の場合は、原則として住民本人によるウェットティッシュ等を用いた拭き取りを行ってまいります。

簡易除染員から住民へ以下の説明と指導を行います。なお、自分で拭き取りが行えない住民には、簡易除染員が手伝います。

- 手袋(手の簡易除染時は着用しません)とマスクを着用します。
- OIL4超の箇所の周囲から中心に向かって拭き取ります。
- 1枚のウェットティッシュ等で何度も繰り返して拭き取らないようにします。

- ・ 1度拭き取りに使ったウェットティッシュ等は所定の容器等へ入れます。
- ・ アルコールにアレルギーのある住民には、水でぬらしたガーゼ、布等を使います。

1回の簡易除染でOIL4超の場合は、2回を目安に簡易除染を行い、確認検査を行います。

#### 流水の利用

流水を利用する場合は、原則として住民本人に洗い流してもらいます。簡易除染員から住民へ以下の説明と指導を行います。なお、自分で行えない住民には、簡易除染員が手伝います。

- ・ 目や口に水が入らないようにします。
- ・ 頭髪がOIL4超の場合は、洗髪します。
- ・ 傷がある場合には、傷口に水がかからないよう、絆創膏で保護するなどして行います。なお、創傷の程度によっては、医療処置を優先します。

携行品は、水で濡らしたタオル等で拭き取ります。所有者の希望があれば、本人が手袋をした上で、拭き取りをしてもらうこともできます。

簡易除染の効果の確認方法は、「確認検査」に準じて行います。1回の簡易除染でOIL4超の場合は、2回を目安に簡易除染を行い、確認検査を行います。

## OIL4以下にならなかった場合の処置

- 車両
  - 車両の所有者氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録
  - 当該車両に対する取扱いについては、例えば、検査場所が避難所等に近接している場合は、検査場所に一時保管（駐車）して徒歩で移動
  - 避難所等から離れている場合は、一時保管後、バス等の代替え交通手段で移動
- 住民等
  - 住民の氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録
  - 当該住民に対しては、追加の除染を行う必要があるため、検査結果を記載した書面を渡すとともに、OIL4以下でない部位をタオル等で覆うなどして拡散防止処置を施した上で、除染処置について専門的な知識及び技能を有する機関まで移動
- 衣服、携行品
  - 脱衣した衣服、携行物品は、ポリ袋に入れて封をし、所有者氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録
  - 封をしたまま避難所まで持参、廃棄処分、検査場所で一時保管のいずれか

### <車両>

車両の所有者氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録します。

当該車両に対する取扱いについては、例えば、検査場所が避難所等に近接している場合は、検査場所に一時保管(駐車)して徒歩で移動することが考えられます。一方、避難所等から離れている場合は、一時保管後、バス等の代替え交通手段で移動することも考えられます。

### <住民等>

住民の氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録します。

当該住民に対しては、追加の除染を行う必要があるため、検査結果を記載した書面を渡すとともに、OIL4超の部位をタオル等で覆うなどして拡散防止処置を施した上で、除染処置について専門的な知識及び技能を有する機関まで移動をお願いします。

### <衣類、携行物品>

脱衣した衣服、携行物品は、ポリ袋に入れて封をし、所有者氏名、連絡先、年月日及び検査結果の情報を記録します。その後の取り扱いは、(イ) 封をしたまま避難所等まで持参、(ロ) 廃棄処分（住民が所有権を放棄した場合）、(ハ) 検査場所で一時保管します。

## 汚染物等の取扱い



簡易除染で発生したタオルやウェットティッシュ等の汚染物（所有者が所有権を放棄した携行物品を含む）は、「汚染」と表記したポリ袋に入れ、一般の廃棄物と分別



流水を利用した場合等の廃水の処理については、「汚染」と表記したドラム缶やポリ容器等に封入

17

簡易除染で発生したタオルやウェットティッシュ等の汚染物（所有者が所有権を放棄した携行物品を含みます。）は、「汚染」と表記したポリ袋に入れ、一般の廃棄物と分別しておきます。なお、検査員等が使用したゴム手袋や防護服、マスク等も、汚染している可能性があるともみなし、同様に取り扱います。

流水を利用した場合等の廃水の処理については、環境や一般の下水道へ排水することは適切でないため、「汚染」と表記したドラム缶やポリ容器等に封入し、一時的に貯留します。

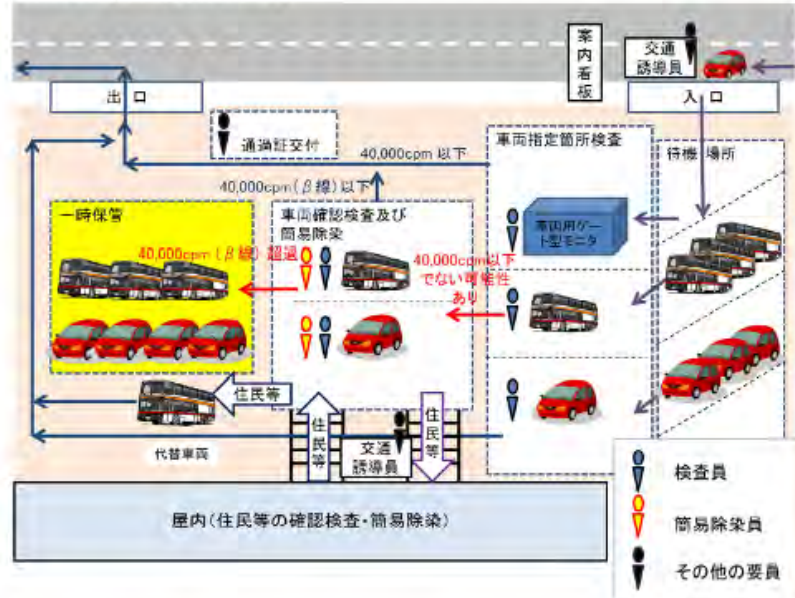
これらの汚染物等は、計画に定めた保管場所に一時保管します。一時保管場所は、住民や要員の出入りの少ない場所とし、可能であれば、施錠できる場所であってコンクリート壁等に囲まれた、遮へい効果が期待できる場所を選びます。

汚染物等の引取りは、地方公共団体が、予め、国及び原子力事業者と協議の上、決めておく必要があります。



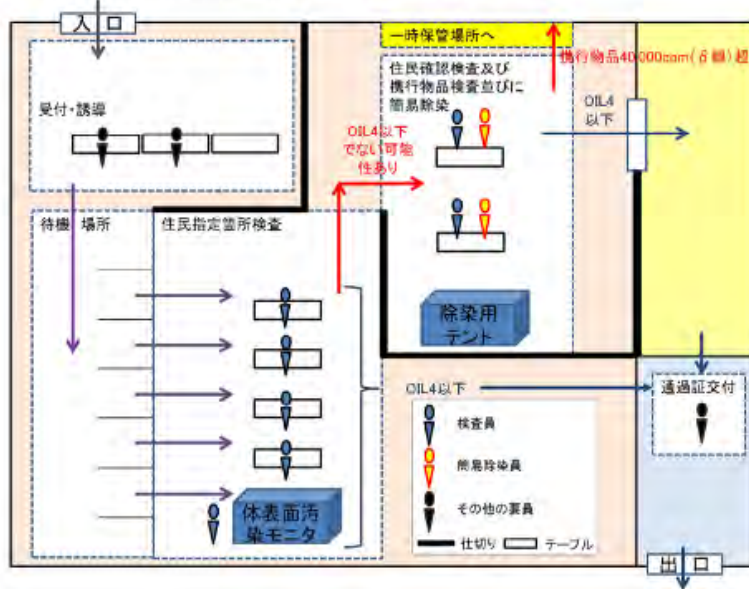
# 検査場所の例（屋外）

屋外の配置計画図、動線図の例



# 検査場所の例（屋内）

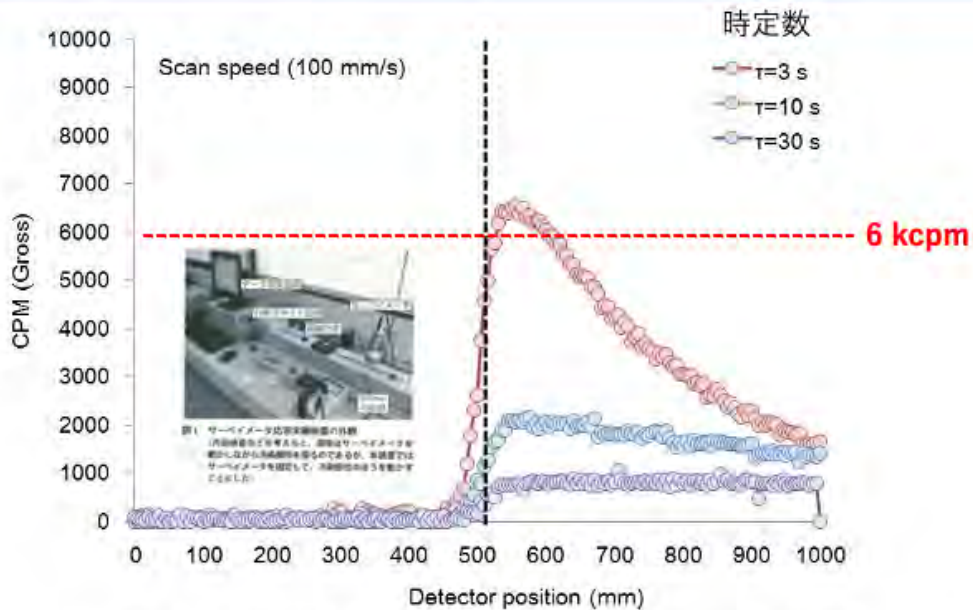
屋内の配置計画図、動線図の例(住民等の検査が必要となった場合)



## まとめ

- 判断基準：OIL4（初期値40,000cpm）
- 体制：責任者、検査チーム、簡易除染チーム、交通誘導員他
- 資機材：個人防護装備、放射線測定器、養生資材、簡易除染用品
- 車両の検査（ワイパー、タイヤ）：6,000cpm以上→確認監査、簡易除染
- 住民の検査（頭部、手、靴）：6,000cpm以上→簡易除染、携行品検査
- 携行品検査（表面全面の検査、開封しない）：OIL4超→簡易除染
- 車両の簡易除染：濡らしたウエスで拭き取る
- 住民の簡易除染：表を中に巻き込む様に脱衣しポリ袋に入れる
- 携行物品の簡易除染：濡らしたウエスで拭き取る
- OIL4超の場合：氏名、連絡先、月日、検査結果を記録（保管、飛散防止）
- 汚染物の取扱い：ゴミ袋に「汚染」と記載し、一時保管

## 補足



スキャン速度に応じたGMサーベイメータの指示値の変動  
 (コイン線源の1cm直上にプローブが静止状態にある場合の指示値は40000cpm)

白川, Isotope News 2007年3月号参考

線源と検出部の距離を10mm に固定して測定した際に40,000cpm ( $\beta$ 線) に相当する計数率が得られる場合、この線源に対し、時定数3秒、検出部入射面との高さを10mm に保ち、毎秒約10 cm で水平移動させて測定できる計数率の最大値は6,000cpm 以上となります(白川芳幸「サーベイメータの適切な使用のための応答実験」『ISOTOPE NEWS』第635号, 2007年3月, 19-24頁を参照)。

# 避難と屋内退避の支援

原子力災害医療 基礎研修

原子力災害基礎-8

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

Ver.201912

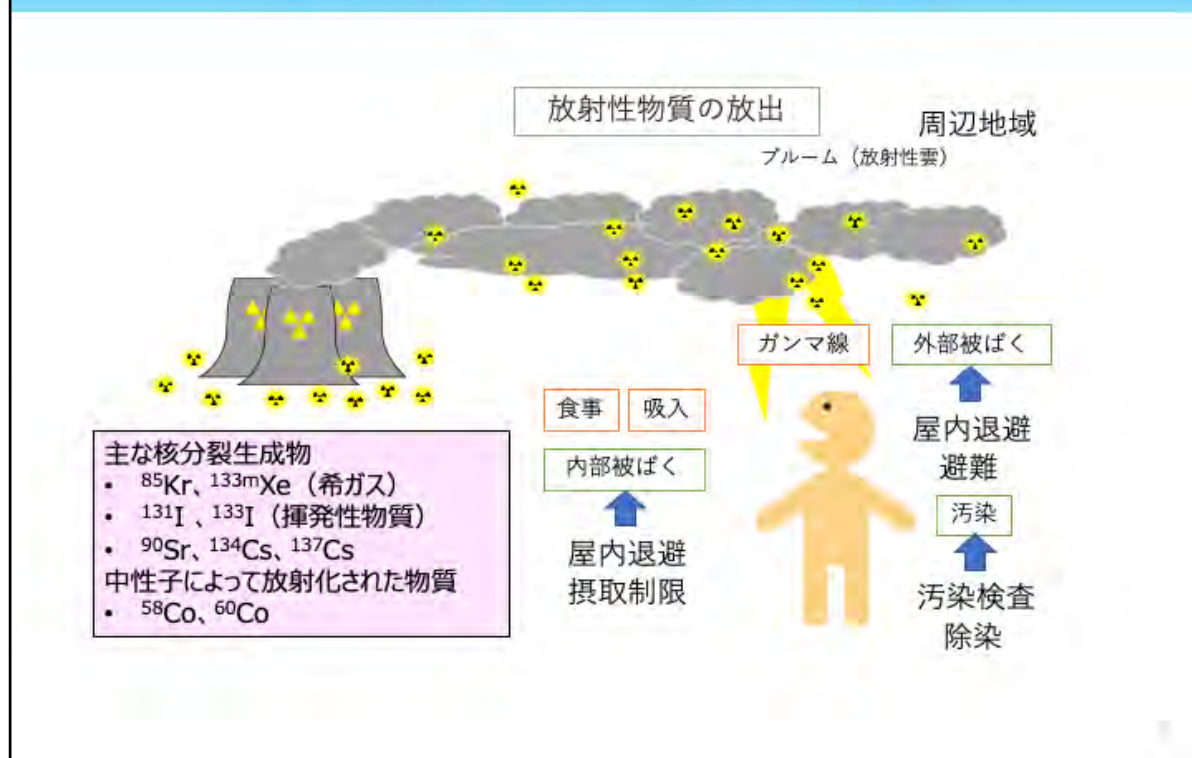
本資料は、原子力規制庁平成31年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）放射線安全規制研究推進事業（包括的被ばく医療の体制構築に関する調査研究）において作成されました。

時間；30分

内容

- 原子力発電所事故での影響
- 原子力災害時の防護措置
- 原子力発電所事故時の防護
- 防護措置の効果
- 屋内退避時の注意点
- 医療・福祉施設の避難
- 避難時の注意点
- 避難退域時検査
- 汚染検査
- 原子力災害時の病院避難
- 避難時の防護対策
- 車椅子の汚染検査
- 受け入れ先医療機関での対応
- 屋内退避・避難時のチェックリスト

# 原子力発電所事故での影響



原子力発電所では、ウランが核分裂して発生させる熱を発電に利用しています。この核分裂によって生じたものが核分裂生成物で、放射性物質を多く含んでいます。

原子力災害では、事故で燃料のペレットや被覆管が破損すると、大量の放射性物質が環境中に放出されます。

放出された気体状の放射性物質は、雲のような状態で大気中を流れます。このプルームから降ってきた放射性物質が地表に沈着したり、野菜などの食物に取り込まれます。そこで、プルームが通過した地域にいと汚染したり、プルームからのガンマ線による外部被ばくをしたり、吸入や食事から内部被ばくをしたりします。このため、原子力施設周辺の住民等に対する放射線の重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、及び確率的影響のリスクを低減するための防護措置を講じる必要があります。

# 原子力災害時の防護措置

	主体	PAZ	UPZ	UPZ外
警戒事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難準備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難準備への協力</li> </ul>
	国	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難準備の指示</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難準備への協力の要請</li> </ul>
施設敷地緊急事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難</li> <li>住民避難の準備</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>屋内退避の準備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難の受け入れ</li> <li>住民の避難準備への協力</li> </ul>
	国	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難の指示</li> <li>住民避難の準備の指示</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備の指示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋内退避の準備の指示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>施設敷地緊急事態要避難者の避難の受け入れ要請</li> <li>住民の避難の準備への協力の要請</li> </ul>
全面緊急事態	地方公共団体	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>住民避難</li> <li>住民等への安定ヨウ素剤の服用の指示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>屋内退避</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備</li> <li>防護措置基準に基づく防護措置への対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民への情報伝達</li> <li>住民避難の受け入れ</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備</li> <li>防護措置基準に基づく防護措置への対応</li> </ul>
	国	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民避難の指示</li> <li>地方公共団体への安定ヨウ素剤の服用の指示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋内退避の指示</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備の指示</li> <li>防護措置基準に基づく防護措置への対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住民避難の受け入れ要請</li> <li>安定ヨウ素剤の服用の準備の指示</li> <li>防護措置基準に基づく防護措置への対応</li> </ul>

原子力発電所の事故が発生した場合、防護措置が開始されます。

緊急時活動レベル（EAL）に基づいた防護措置の考え方

予防的防護措置を準備する区域（PAZ）においては、確定的影響を回避するために、警戒事態において、施設敷地緊急事態要避難者の避難準備を行い、施設敷地緊急事態において、施設敷地緊急事態要避難者の避難、住民避難の準備及び安定ヨウ素剤の服用の準備を行い、全面緊急事態にいたった場合は、住民避難及び安定ヨウ素剤の服用されます。

また、緊急時防護措置を準備する区域（UPZ）においては、確率的影響のリスクを低減するために、施設敷地緊急事態において、屋内退避の準備を行い、全面緊急事態において、屋内退避及び安定ヨウ素剤の服用の準備を行います。放射性物質の放出後、UPZ及びUPZ外においては、OILに基づいて、防護措置が実施されます。

PAZの医療機関は施設敷地緊急事態で、避難を開始することになります。

施設敷地緊急事態要避難者

避難の実施に通常以上の時間がかかり、かつ、避難によって健康リスクが高くなる要配慮者等（傷病者、入院患者、高齢者、障害者、外国人、乳幼児、妊産婦その他の災害時に援護を必要とする者をいう。）、安定ヨウ素剤を事前配布されていない者及び安定ヨウ素剤の服用が不適切な者のうち、施設敷地緊急事態において早期の避難等の防護措置の実施が必要な者をいいます。

# 原子力発電所の事故時の防護



放射性物質が環境中に放出された場合、大気中あるいは地表の放射性物質からのガンマ線によって外部被ばくします。屋内に滞在した場合は、建物の壁や屋根によって放射線を遮ることができ、被ばく線量を低減できます。建物は木造建屋よりもコンクリート建屋の方が放射線の遮へい効果があります。

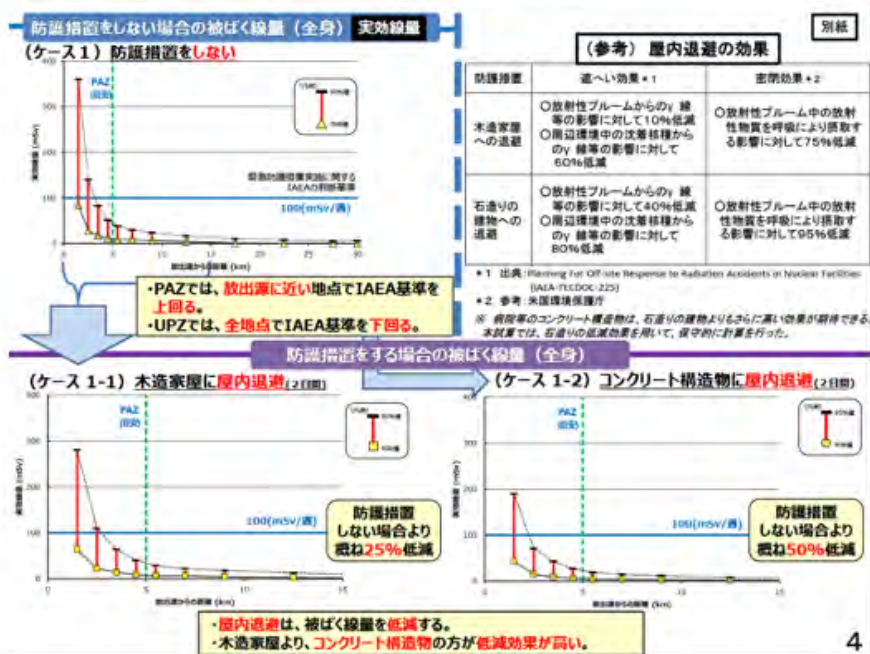
また、窓や扉を閉めることで、大気中の放射性物質が建物の中に入ってくることを防ぎ、放射性物質の吸入を防ぐことによって内部被ばくの防護ができます。

原子力災害が起こった時の防護の基本は、屋内退避と避難です。これらの行動の基準は、原子力災害対策指針（原子力規制委員会）に定められており、国や地方公共団体によって指示されます。医療機関や介護福祉施設等の避難に支援が必要な機関では、地域防災計画等によって定められている屋内退避や避難をします。

原子力災害時には、空間線量率が毎時500マイクロシーベルトを超えた地域は、直ちに避難をします。また、毎時20マイクロシーベルトを超えた地域は、1週間を目処に一時移転します。これらは、防護措置の実施を判断する基準として運用上の介入レベル(OIL)として設定されています。



# 防護措置の効果（全身の被ばく線量）



出典：緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案）  
平成26年5月28日 原子力規制委員会

屋内退避の防護効果を示します。ここでは、セシウム137が100テラベクレル、その他核種がセシウム137と同じ割合で換算された量、さらに希ガス類が全量、環境中に放出されるような仮想的な事故を想定しています。

防護措置をしない場合に比べて、屋内退避は被ばく線量を低減することができます。さらに木造家屋より、コンクリート構造物の方が被ばく線量の低減効果は高いです。

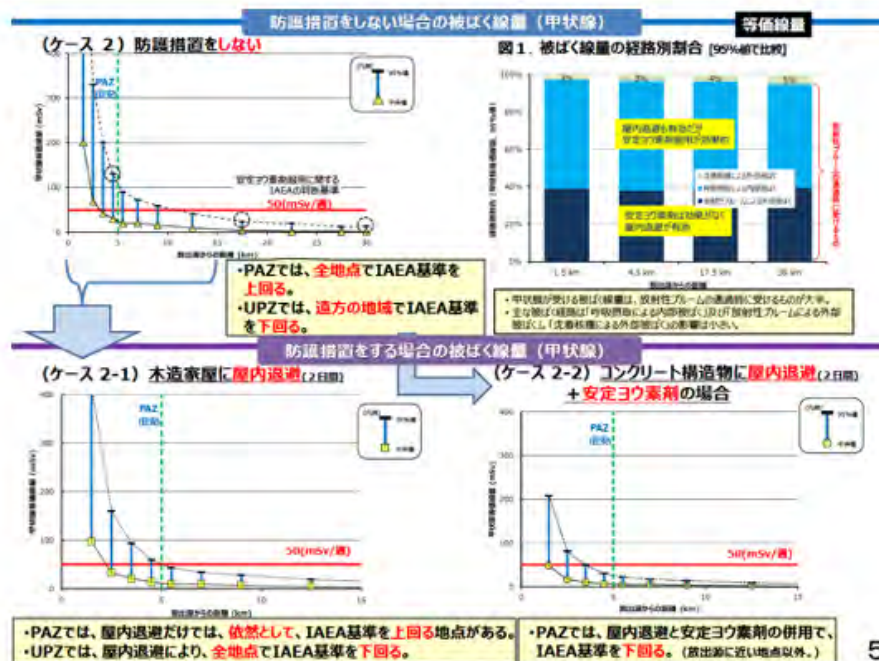
このように、一時的には、屋内退避による防護効果が期待できるため、PAZでは、予防的な避難を行うことによって、かえって健康リスクが高まるような要配慮者については、無理な避難を行わず、屋内退避を行うとともに、適切に安定ヨウ素剤を服用することが合理的です。

病院等のコンクリート建物に対して放射線防護機能を付加することで、より一層の低減効果を期待できます。

避難勧告・避難指示、屋内退避が長期に及ぶと予想される場合は、避難に切り替えることが必要です。

出典：緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案） 平成26年5月28日 原子力規制委員会

# 防護措置の効果（甲状腺）



出典：緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案）平成26年5月28日 原子力規制委員会

屋内退避による甲状腺の被ばく線量の低減効果を示します。

木造家屋に屋内退避した場合より、コンクリート建屋への屋内退避と安定ヨウ素剤の服用の併用によって、さらに甲状腺の被ばく線量を低減する効果が高くなります。

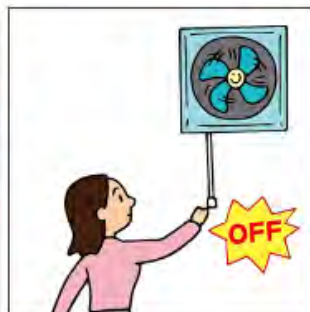
出典：緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について（案）平成26年5月28日 原子力規制委員会

## 屋内退避時の注意点

窓を閉める



換気扇を止める



冷暖房器具  
を止める。



空調を止める。



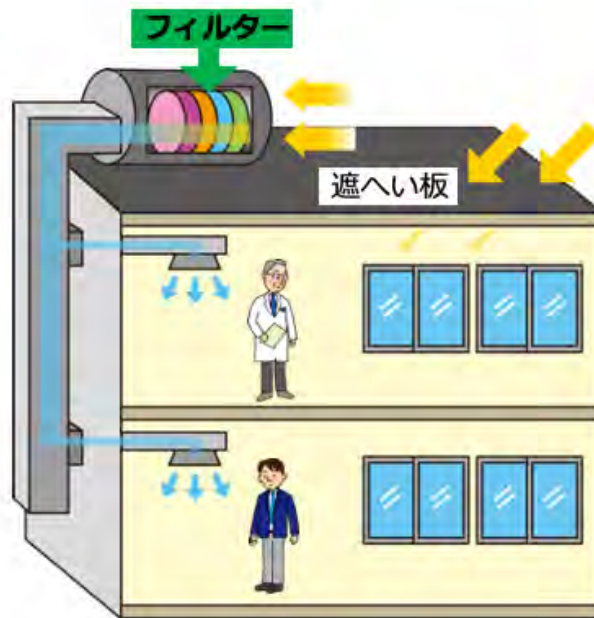
屋内退避が指示されたときの注意事項は、外気を取り入れないことがポイントです。

- ・窓や扉を閉める。
- ・換気扇を止める。（空気の流れを止める。）
- ・冷暖房器具を止める。  
ただし、家庭用のエアコンなど外気を取り入れない（熱交換だけを行う物）は、使用することができます。
- ・大きな建物などに設置されている、換気装置を止める。

その他

- ・テレビ、ラジオ、防災無線、広報車等から、正確な最新の情報を入手します。
- ・外から建物の中に入るとき、手洗い等を行います。
- ・食品を汚染させないように、食品をタッパ、ラップ、冷蔵庫等に保管します。
- ・避難、一時移転の防護措置が指示された場合に備えて、避難の際に持ち出す物品を準備します。

## 屋内退避時の注意点



避難や一時移転を実施した方が良いが、避難により健康リスクが高まる災害時要配慮者（傷病者、入院患者、高齢者、障害者、外国人、乳幼児、妊産婦等）等、実施が困難な場合、国及び地方公共団体の指示により屋内退避が実施されます。その際、一般的に遮へい効果や建家の気密性が比較的高いコンクリート建屋への屋内退避が有効です。さらに、空気の清浄装置や遮へい材の設置も考慮されます。

特に、屋内退避を実施している期間は、食料、医薬品及び日常生活の必需品等支援を受ける必要があるため、事前に市町村や道府県等の関係機関と十分調整し、実効性のある計画を策定する必要があります。

原子力緊急事態が発生した場合は、道府県や市町村の災害対策本部と連絡を密にし、上記の支援物資の提供や放射線防護について留意し、必要な情報の提供を絶えず受けます。情報が提供されない場合は、退避者側から取りに行くことも大切です。

## 医療・福祉施設の避難

- 施設内にいた患者、職員は基本的に汚染されていない。
- 放射性物質の放出後に外出した職員あるいは外から来た家族等は汚染の可能性がある。
- 放射線防護の観点から、汚染検査よりも迅速な避難が優先される。



病院や福祉施設において、屋内退避から避難に防護措置が切り替わったときは、避難者に医師や看護師が同行します。

医師や看護師は、避難先へ避難者に関する情報をできるだけ早い段階に提供することも必要です。

防災計画として、避難先と受け入れの調整を事前に実施しておくことが推奨されます。

## 避難時の注意点



戸締まりを忘れずにする。



近所の人に避難するよう声をかける。



皮膚を出さない服装をする。



常用薬、お薬手帳は必ず携行する。



元栓を閉め、ブレーカーを忘れずに落とす。

原子力災害が起こった時の防護の基本は、屋内退避と避難です。避難の時には、放射性物質が、万が一、環境中に放出された場合の対策も必要です。

外部被ばくの対策として、屋外の滞在時間をなるべく短くします。避難する場合には、車やバスなどを使用します。

内部被ばくの対策として、放射性物質を吸入しないようにマスクを使用します。マスクがない場合は、ハンカチなどで口を覆と放射性物質の吸入が少なくなります。

汚染の対策として、帽子、手袋、コートなどの長袖の衣類を一枚多く着用します。これは、汚染が髪や皮膚に付着することを防ぎ、汚染した場合には脱衣することで放射性物質を取り除くことができます。

避難する際には、戸締まりをして、電気のブレーカーを落とし、ガス・水道の元栓を閉め、近所の人に声をかけることも必要です。

医療・衛生関係では、常用薬、お薬手帳、粉ミルク、紙おむつなどは忘れずに必ず携行しましょう。

## 避難退域時検査



避難時の検査

避難時に汚染していないことを確認するために、避難退域時検査が行われます。特に、避難の初期は迅速性が重んじられ、避難車両の検査が中心に行われ、検査結果がOILの基準を超えている場合は、除染が実施されます。

## 汚染検査



GMサーベイメーターを使用して、体表面の放射性物質の付着の有無を調べます。これを汚染検査と言います。  
測定器のプローブを体表面から1 cmほど離して、毎秒5～6 cm動かしながら検査します。



頭からつま先まで腹側と背側の両方を検査します。靴底も忘れずに検査します。



車椅子やストレッチャーに乗っている場合も、全身の汚染検査をできる限り実施します。

汚染検査には、GMサーベイメーターなどの表面汚染計を使用します。人の汚染検査の場合、手や靴底の汚染検査が重要で、手指の汚染は内部被ばくの可能性を示唆し、靴底の汚染は、歩行した範囲の汚染を示唆します。

ストレッチャーや車椅子での避難時にもできる限り汚染検査を実施します。



# 原子力災害時の病院避難

地元自治体からの指示に基づき、屋内退避、避難を行う。  
搬送手段は、原則地元自治体が確保する。



入院患者は、施設敷地緊急事態要避難者であることから、PAZに立地する医療機関や介護福祉施設などは、施設敷地緊急事態となった時点で避難を開始することになります。また、避難先の選定には時間を要するため、平時にあらかじめ避難先病院群を選定し、調整しておくことが望ましいです。

搬送手段は、原則地元自治体が確保することになります。

## 避難時の防護対策

- 避難時の外部被ばくの対策
  - 屋外の滞在時間を短くする
  - 車やバスなどを利用する
- 避難時の内部被ばく対策
  - マスク、ハンカチ
- 避難時の汚染対策
  - 帽子
  - 手袋
  - コートなどの長袖の洋服



ストレッチャー等での搬送時には、使い捨てのシーツを上からかけておくと、毛布や衣服の汚染防止になります。



避難時の服装  
汚染した場合は、帽子、マスク、上着、手袋を脱ぐ。

医療・福祉施設の避難時にも、外部被ばく、内部被ばくの防護対策が必要です。これらの防護対策は入院患者も病院職員なども同じです。ストレッチャーでの搬送時には、使い捨てのシーツを上からかけておくと、毛布や衣服の汚染防止になります。

## 車椅子の汚染検査



15

車椅子を使用している避難者の汚染検査は、車椅子に乗ったまま行うか、車椅子から移動できる場合は、別の椅子や車椅子に移動してから汚染検査を行います。

車椅子を養生する場合は、車輪の養生は難しく、汚染が付着します。そのため、汚染がある区域から汚染がない区域へ移動する場合は、車椅子を変えることで汚染拡大防止ができます。また、移動中に手や衣類が車輪に触れないように注意が必要です。

ストレッチャーでの搬送の場合も同様です。

## 受入れ先医療機関での対応

- 基本的に、放射性物質が環境中に放出される前に避難が開始されるので、汚染されている可能性は小さい。
- そのため、受け入れ医療機関での安全確保、汚染対策は基本的に不要である。
  - 対応者の安全確保
    - 汚染検査と除染の対応者は個人線量計、防護装備を準備する。
      - 被ばく対策：空間線量計と個人線量計による管理
      - 汚染対策：防護装備
  - 施設の受入れ準備
    - 汚染対策
      - 汚染が院内に広がらないように汚染検査、除染のエリアを設置する。
  - 受入れ
    - 汚染検査と除染（必要な場合）を行なったのち、汚染のない区域へ移動する。

医療・福祉施設等の避難の場合、入院患者や高齢者にとって長距離の避難は負担となります。また、屋内に滞在していたのち、車両での避難である場合は、身体表面の汚染はほとんどないことが予想されます。そのため、受け入れ先の医療機関等では、汚染検査に時間をかけることで、避難してきた入院患者や高齢者等の負担を増幅することがないようにすべきです。

避難者の汚染が想定される場合には、汚染検査を実施し、必要に応じて除染します。

## まとめ

- 原子力災害時の防護措置はEAL及びOILを組み合わせる実施
- 避難は、放射線・放射性物質から遠ざかることによって防護
- 屋内退避は、建物の気密性や遮へい効果を利用して防護
- 屋内退避の注意点
  - 扉・窓を閉める
  - 換気扇を止める
  - 正確で最新の情報の入手
  - 避難等を実施すべき際の屋内退避
  - 支援を確実に受けられる体制の整備
- 避難時の注意点
  - 皮膚を出さない服装
  - 戸締まりやガスの元栓等を閉める
  - 避難退域時検査
  - 救護所
- 原子力災害時の医療機関の避難では、あらかじめ避難先病院群を選定し、調整しておくことが望ましい。