

平成30年9月28日

原子力規制委員会 殿

東京都大田区羽田空港三丁目5番1号
株式会社JALエンジニアリング
代表取締役社長 北田 裕一

JALエンジニアリング成田地区事業所内における
放射性同位元素の漏えいについて

標記の件について、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則
第28条の3の規定に基づき、平成30年7月12日付けでご報告した標記の件について
原因と対策をとりまとめましたので、別紙のとおりご報告いたします。

I. 件名

JALエンジニアリング成田地区事業所内における放射性同位元素の漏えいについて

II. 事象の内容

1. 報告者

東京都大田区羽田空港三丁目5番1号
株式会社JALエンジニアリング
代表取締役社長 北田 裕一

2. 発生場所

株式会社JALエンジニアリング 成田地区事業所内 装備工場ビル
千葉県成田市三里塚字御料牧場一丁目1番地

3. 事象

3. 1 概要

平成30年7月2日午前11時頃、装備工場ビルのエキサイターテストルーム（以下「点火装置試験室」）（注1）において、担当整備士が点火装置（注2）の組み立て作業後の機能試験中に、内部のスパークギャップの電極が外れており、密封性が損なわれていたことを発見した。このスパークギャップは密封線源で、放射性同位元素（R I）が含まれている。

（注1） 航空機のエンジンおよび補助動力装置（注3）の点火装置を修理するための隔離された部屋（使用の場所として原子力規制委員会に届け出ている）。

（注2） 航空機のエンジンおよび補助動力装置の始動時に使用されるもので、エキサイターとも呼ばれる。

（注3） 航空機の各部に圧縮空気や油圧、電力を供給するために推進用のエンジンとは別に搭載された小型のエンジンであり、主に地上で作動させる。

3. 2 発生経緯および通報の状況

日時	状況
7月2日 9:10	常時換気している点火装置試験室において、担当整備士（1名にて）が、点火装置のスパークギャップを交換した。その際、新品のスパークギャップについて目視点検で異常がないことを確認した。
10:50	点火装置の組み立て後、点火装置試験室内の試験設備にて点火装置の機能試験を行ったところ、試験不良となった。
11:00	試験不良のため、内部部品を点検したところ、スパークギャップの電極が外れていたことを発見。担当整備士は点火装置試験室から退出し、ただちに放射線取扱主任者へ連絡した。
11:10	放射線取扱主任者により当該部品の周囲、点火装置試験室内外の放射線量を計測し、これらのすべての箇所での線量測定値が人体および環境に影響がないことを確認した。
11:14	担当整備士と放射線取扱主任者が、所定の手続きに基づいて当該スパークギャップを隔離した。
11:15	放射線取扱主任者が社内安全担当部門に連絡した。
11:17	所属長が点火装置試験室に立ち入り、担当整備士の状況とスパークギャップの隔離状況を確認。その後、担当整備士に作業状況の聞き取りを開始した。
12:06	担当整備士の所属長が詳細状況をまとめ社内安全担当部門ならびに社内関係者に報告を行った。
12:15	社内安全担当部門から原子力規制庁事故対処室に電話にて連絡した。
15:47	社内安全担当部門から原子力規制庁事故対処室へ通報様式にて報告を行った。放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則第28条の3第4号放射性同位元素等が管理区域外で漏えいしたときに該当することを確認。

3. 3 R I 部品の情報

① R I 部品の詳細

製品名：スパークギャップ

部品番号：502000-32

製造会社：米国内にある航空機部品製造会社（以下「米国A社」）

製造時期：平成29年9月

電極が分離した台数：1台

密封されているR I：クリプトン85（不活性ガス）

スパークギャップの役割：蛍光灯のグローランプ（放電管）のような役割で、補助動力装置の点火に必要な放電を行っている

R I の用途：スパークギャップで安定的な放電を行うために封入

数量：約108キロベクレル

線源寸法：直径 約20mm×長さ 約33mm ガラス厚 約1mm



正常なスパークギャップ



電極が分離したスパークギャップ

② R I 部品が使用されている航空機部品の詳細

航空機部品名：補助動力装置の点火装置

部品番号：10-617075-6

製造会社：米国A社

使用されている航空機：米国製中型旅客機

点火装置の役割：補助動力装置の始動時に使用される

寸法：縦 約140mm×横 約127mm×高さ 約45mm

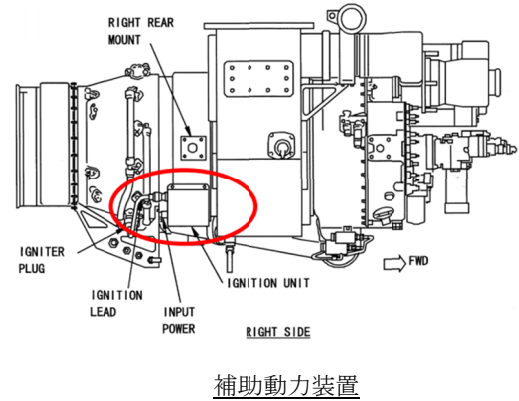
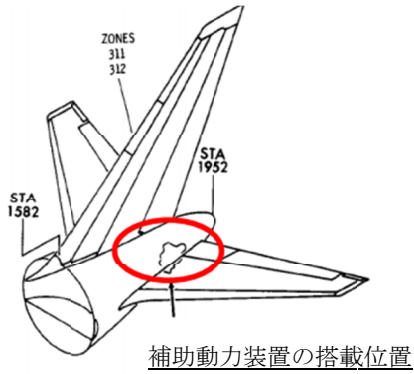
アルミ厚 約1.2mm



補助動力装置の点火装置

③ 航空機での搭載状態

補助動力装置は、航空機の最尾部に搭載されており、補助動力装置の下部に点火装置が装着されている。

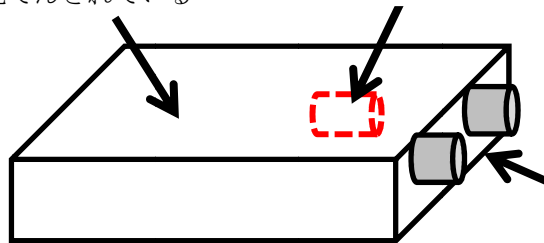


点火装置内部

スパークギャップ保護のために
シリコンが充てんされている

スパークギャップ

ガラス容器で遮蔽構造となっている



点火装置本体

アルミ製密封容器で遮蔽構造と
なっている (アルミ厚 約 1.2 mm)

点火装置内での R I (スパークギャップ) の取り付け状態

3. 4 R I 部品の管理

今回使用したスパークギャップは、平成29年11月15日に発注し、平成30年2月2日に受領して外観検査で異常がないことを確認した後、施錠された貯蔵施設で保管管理を行っていた。その後同年3月26日に施錠管理した点火装置試験室に移し保管しており、事象が発生した同年7月2日まで点火装置試験室外への持ち出しは一切行っていない。また、7月2日の点火装置への取り付け前には、担当整備士が電極を含め新品のスパークギャップに異常がないことを確認している。



貯蔵施設



点火装置試験室

3. 5 点火装置試験室が設置されている装備工場ビルについて

株式会社JALエンジニアリング成田地区事業所内装備工場ビルは、1階は航空機の油気圧システムの部品の修理エリア、2階は管理部門のオフィスと飛行制御システムの部品の修理エリア、3階は無線と計器システムの部品の修理エリアを有している。

3階には点火装置試験室があり、所属長の管理の下、使用者の記録を含め施錠管理を行っている。

また、貯蔵施設は装備工場ビルに隣接するセンターストア内で、所属長の管理の下、使用者の記録を含め施錠管理を行っている。

(別添資料2参照)

III. 事象への対応

1. 人体および環境への影響評価

1.1 点火装置試験室内外の線量測定

点火装置試験室内は換気性能を有しており、漏えいしたクリプトンのガスの滞留はない。また担当整備士はただちに室外に退避している。このため担当整備士の被ばくの影響はないと考えられる。念のため検出器を用いて点火装置試験室内外の放射線量を測定し、有意な違いは確認されなかった。

① 使用検出器（GMサーベイメーター）

産業科学株式会社製 RAM-D

本体 SK-640 S/N: 0101057

検出器 GM-42 SK-648 S/N: 0392036



② 測定結果（線量率）

部品周囲： 0.08～0.10 $\mu\text{Sv/h}$ （バックグラウンド含）

点火装置試験室内：

0.08～0.10 $\mu\text{Sv/h}$ （バックグラウンド含）

バックグラウンド（点火装置試験室外）：

0.05～0.08 $\mu\text{Sv/h}$

③ 測定に対する評価

測定結果より、バックグラウンドと同程度で有意な違いはなかった。

1.2 点火装置試験室内外の空气中濃度の評価

点火装置試験室内で拡散したクリプトン85の空气中濃度は、 0.002 Bq/cm^3 （別添資料1のII.1参照）。

点火装置試験室外は大量の空気に拡散するため、空气中濃度は更に低くなる。

また、放射線を放出する同位元素の数量等を定める件（平成十二年科学技術庁告示第五号）（以下、「告示」）で定められた空气中濃度限度を参考として比較しても下回っている。

1.3 担当整備士の被ばく評価

① 外部被ばく

約 $0.004\text{ }\mu\text{Sv}$ （別添資料1のII.2参照）。

一般公衆被ばく限度（一年間で 1 mSv ）と比較しても下回っている。

② 内部被ばく

クリプトン85は、サブマージョン核種であることから、内部被ばくによる影響はない。

また、当社産業医に状況を報告し、担当整備士との面談を行った結果、人体および健康に問題はなく、特段の処置を要しないと判断された。

1.4 まとめ

以上のことから、人体および環境への影響はないと評価した。

2. 調査結果と原因

2.1 当社内の調査

電極が外れたスパークギャップは、米国A社から購入し、未使用の新しい部品であった。また、組み込み作業まで外観上の異常は発生していなかった。さらに、組み込み作業および機能試験は、米国A社作成の整備マニュアルに従って適切に行われていたことを確認した。なお、このような電極が外れた事例は、当社ではこれまで経験していない。

2. 2 米国A社との共同調査

電極が外れた原因については、製造不良の可能性も疑われることから米国A社と連携し究明を行った。

スパークギャップは、ガラス容器と電極を一定の圧力と熱を加えながら結合させることで密封構造としているが、本事例では、結合部分が外れていたことから、結合方法に原因があるものと推定された。

平成29年7月から9月に製造したスパークギャップで、米国A社の点火装置の組み立て時に電極の外れが3件発生しており、当社の事例が4件目となることがわかった。米国A社の3件の事例では、電極の結合前の洗浄処理が不十分であったことが判明しており、スパークギャップの結合箇所およびその表面に電極の外れに至るようなガラスのヒビや不純物の混入、外部からの損傷による痕跡が認められていた。しかし、当社事例のスパークギャップについては同様な痕跡は認められなかったが、電極の外れの状況が類似していること、製造時期が平成29年9月で製造不良が発生した期間であることから、米国A社と当社は同種事例に相当すると判断した。なお、平成29年7月から9月に製造されたスパークギャップで当社所有分は全て米国A社へ返送している。また、米国A社3件の事例については、当社への情報提供は全く行われていなかった。

2. 3 原因

米国A社による製造上の不具合によるものと判断する。

3. 対策

3. 1 米国A社の対策

対策として、平成30年1月より電極の結合前の洗浄工程の見直しを行った。さらに工程の見直しが適切であることを確認するために、サンプリングによる引張試験を行っている。また全てのスパークギャップに対して、出荷前には連続8時間の作動試験および電圧測定試験を行うことにより密封性を確認している。

なお、見直しを行った工程で20,000個以上のスパークギャップが製造されているが不具合は発生していない。

3. 2 当社の対策

この製造不具合に対しては、米国A社にて平成30年1月から適切な再発防止策が講じられていることを確認した。米国A社に対して、今後スパークギャップを含む部品の製造不具合にかかわる事例について当社に迅速に情報を共有するよう強く申し入れており、米国A社および当社にて適切な部品の使用について監視を行っていくこととした。

当社として再発防止の観点から、補助動力装置の点火装置に対して、当社所有のスパークギャップは全て米国A社へ返送するとともに、今後当社施設内でのスパークギャップの組み込み作業は行わず、米国A社にてスパークギャップが組み込まれた点火装置を使用することとする。

以上

調査結果報告書詳細

I. 事象

1. 事象

当社点火装置試験室にて、放射性同位元素を含むスパークギャップの電極が外れ、密封性が損なわれていることが発見された。

2. RI部品の詳細

製品名：スパークギャップ

部品番号：502000-32

密封されているRI： ^{85}Kr 約108 kBq

線源寸法：直径約 20mm × 長さ約 33mm ガラスの厚さ約1mm

II. 人体および環境への影響

1. 環境への影響

①評価に用いる数値

(1)線源の放射能 $Q = 108$ [kBq]

(2)施設の体積 $V = 52.91$ [m^3]

幅 5.5m × 奥行 3.7m × 高さ2.6 m = 52.9 m^3

②点火装置試験室内に拡散した ^{85}Kr の空気中濃度 D は次式で示される。

空気中濃度 $D = Q / V$

$= (108 \times 10^3) / (52.91 \times 10^6)$

$= 0.002041$ [Bq/cm^3]

点火装置試験室外は、更に大量の空気により希釈されている。

・比較参考値

放射線施設内の人が常時立ち入る場所における空気中濃度限度：

$3 \times 10^1 = 30$ [Bq/cm^3]

事業所排気口の排気中または事業所境界の外の空気中の濃度限度：

$1.0 \times 10^{-1} = 0.1$ [Bq/cm^3]

[出典：告示別表第2の第四欄、第五欄]

③評価

点火装置試験室内に拡散および室外に放出された ^{85}Kr の空気中濃度は、十分小さいもので、告示で定められた空気中濃度限度を参考として比較しても下回っていることから環境への影響はない。

2. 人体への影響

2.1 外部被ばく

①評価に用いる数値

- (1) スパークギャップの放射能 $Q = 0.108[\text{MBq}] \times 1 [\text{個}] = 0.108 [\text{MBq}]$
- (2) 線源からの距離 $r = 5 [\text{cm}]$
- (3) ^{85}Kr の γ 線実効線量率定数 $\tau = 0.000314 [\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}]$

[出典：放射線施設の遮蔽計算実務(放射線)データ集2015]

②評価に用いる条件

- (1) スパークギャップの密封性が損なわれた時、点火装置筐体（アルミニウム製、板厚約1.2mm）に収納されていた。
- (2) 点火装置試験室はプッシュプル換気装置を有している。点火装置を開封した後、漏えいした ^{85}Kr はただちに空气中に拡散されたものと判断する。
- (3) 作業者は素手で筐体を開けた際、線源から最大5cmまでの距離に近づいたと仮定する。
- (4) 被ばく時間を作業時間の10分と仮定する。

③ γ 線に対する評価計算

スパークギャップ 1個当たりの実効線量 X は次式で示される。[r : m]

$$\begin{aligned} X &= (\tau \times Q) / r^2 \times t \\ &= 0.000314 \times 0.108 / 0.05^2 \times 1/6 \\ &= 0.0023 [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

[出典：放射線概論 管理技術 4.2.3章]

④ β^- 線に対する評価計算

β^- 線の最大飛程 (g/cm^2) は下記式で近似される。

$$\begin{aligned} R &= 0.407E^{1.38} \quad (0.15\text{MeV} < E < 0.8\text{MeV}) \\ &= 0.407 \times 0.687^{1.38} \\ &= 0.407 \times 0.59566 \\ &= 0.24243 \end{aligned}$$

[出典：放射線概論 物理学 7.3章および管理技術 5.4.2章]

^{85}Kr から放出される β^- 線の最大エネルギー $[E]$: 0.687MeV

点火装置筐体アルミニウム密度 $[\rho]$: 2.7g/cm³

最大飛程 r (cm) は、以下の式で求められる。

$$\begin{aligned} r &= R / \rho \\ &= 0.24243 / 2.7 \\ &= 0.0898 [\text{cm}] = 0.898 [\text{mm}] \end{aligned}$$

[出典：放射線概論 物理学 7.3章および管理技術 5.4.2章]

アルミニウムの厚さは約1.2mm であることから、0.687 MeV の β^- 線はアルミニウム筐体により完全に遮蔽される。

⑤ β^- 線により発生する制動X線に対する評価計算

β^- 線の阻止により放出される制動X線の実効線量率定数： $\Gamma_{20}(Z)$ は

$$\Gamma_{20}(Z) = \Gamma_{20} \times K_{20}(Z)$$

$K_{20}(Z)$ ：原子番号20 を基準とした場合の原子番号Zに対する
制動放射効率比

Γ_{20} ：原子番号 20 のターゲットで発生する制動X線の実効線量率定数

[出典：放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル2015 1.3.1式]

阻止材は筐体であり、素材はアルミニウムであることから原子番号 $Z = 13$ である。

$K_{20}(Z)$ は、以下の式より、求められる。

$$K_{20}(Z) = 0.0607 \times Z / [1 + 0.351 \log_{10}(82/Z)]$$

[出典：放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル2015 解説編1.6.9式]

$$^{85}\text{Kr} \text{ の } \Gamma_{20} (\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) = 2.79 \times 10^{-4}$$

[出典：放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル2015 表1.3.1]

$$K_{20}(13) = 0.0607 \times 13 / [1 + 0.351 \log_{10}(82/13)]$$

$$= 0.6165$$

であることから、

$$\Gamma_{20}(13) = \Gamma_{20} \times K_{20}(13)$$

$$= 2.79 \times 10^{-4} \times 0.6165$$

$$= 0.172 \times 10^{-3} (\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$$

実効線量率Eは次式で求められる

$$E = r_{20}(Z) \times Q \times (1/d^2) \times Fa$$

[出典：放射線施設のしゃへい計算実務マニュアル2015 1.3.2式]

実効線量 H_e は時間を掛けたものであるから

$$H_e = r_{20}(Z) \times Q \times (1/d^2) \times Fa \times t$$

$$r_{20}(Z) = r_{20}(13) : 0.172 \times 10^{-3} \quad (\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$$

Q: 放射能 (MBq) : 0.108

d: 線源と評価点までの距離 (m) : 5cm = 0.05m

Fa: 遮蔽材の厚さに対応する透過率

*アルミニウムの透過率は安全値としてFa = 1 とした。

t: 10(min) = 1/6 (Hr.)

以上より、

$$\begin{aligned} H_e &= r_{20}(13) \times Q \times (1/d^2) \times Fa \times t \\ &= 0.172 \times 10^{-3} \times 0.108 \times (1/0.05^2) \times 1 \times 1/6 \\ &= 1.24 \times 10^{-3} \\ &= 0.00124 \quad [\mu\text{Sv}] \end{aligned}$$

⑥評価

β -線は、アルミニウム筐体で完全に遮蔽されていること、および γ 線, 制動X線に対する評価計算の合算値(③+⑤)は約0.004 μSv であり、一般公衆被ばく限度 1mSv を大幅に下回ることから人体への影響はない。

2.2 内部被ばく

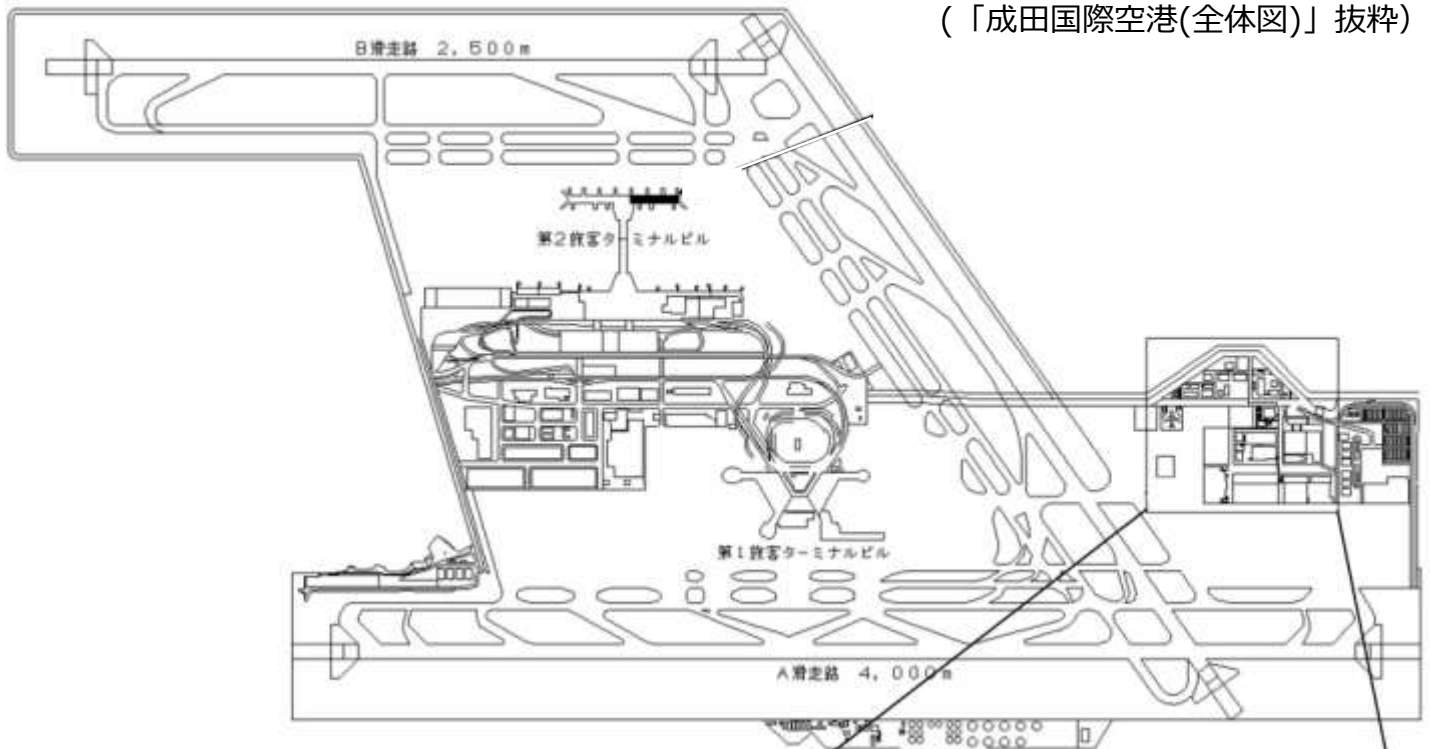
^{85}Kr はサブマージョン核種(不活性ガス)であることから内部被ばくによる影響はないと考えられる。また、 ^{85}Kr はアルミニウム筐体を開けた後、ただちに空気中に拡散され、プッシュプル換気装置により排出されており滞留時間は短いと考えられることから、人体に対する影響は無視できると考えられる。

[出典：告示別表第2の第二欄、第三欄に指定なし]

使用の場所および貯蔵施設の場所

別添資料-2

(「成田国際空港(全体図)」抜粋)

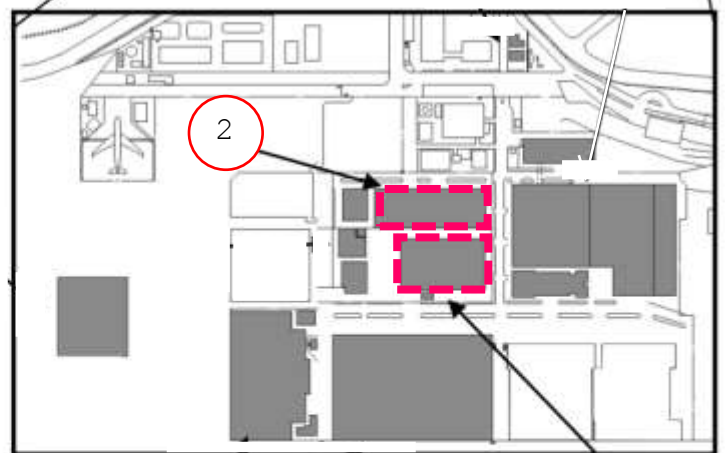


①: センターストア

貯蔵施設

②: 装備工場ビル

使用の場所



千葉県成田市成田空港内
(千葉県成田市三里塚字御料牧場一丁目1番地)

①