

別紙

製鍊転換施設の非管理区域における放射性物質の漏えいについて

平成 25 年 5 月

独立行政法人日本原子力研究開発機構

## 目 次

1. 件名 .....	1
2. 発生日時 .....	1
3. 発生場所 .....	1
4. 施設の概要 .....	1
4. 1 製鍊転換施設の状況 .....	1
4. 2 給排気設備の概要 .....	1
4. 3 排気ダクトの設置状況 .....	2
4. 4 事象発生時の第3排気系統に係る核燃料物質等の取扱い状況 .....	2
5. 漏えいの状況 .....	3
6. 環境等への影響 .....	3
7. 原因調査 .....	3
7. 1 問題点及び調査検討体制 .....	3
7. 2 調査内容と調査結果 .....	4
7. 3 漏えいの経緯と漏えい量の推定 .....	8
7. 4 漏えいの推定原因 .....	10
7. 5 管理面及び安全文化について .....	11
8. 再発防止対策 .....	12
9. その他の排気系統に対する対策 .....	13
9. 1 その他の排気ダクトからの漏えい防止対策 .....	13
9. 2 管理面及び安全文化の醸成に係る対策 .....	13

## 添付資料

添付資料-1 人形峠環境技術センター施設配置図	添-1
添付資料-2 製鍊転換施設排気系統の状況	添-2
添付資料-3 排気ダクト(第3排気系統)系統図	添-3
添付資料-4-1 漏えい発見箇所(非管理区域)	添-4
添付資料-4-2 第3排気系統の排気ダクト構造図	添-5
添付資料-5 応急措置状況(非管理区域)	添-6
添付資料-6 時系列	添-7
添付資料-7 環境等への影響	添-8
添付資料-8-1 特性要因図	添-9
添付資料-8-2 要因系統図(1/3~3/3)	添-10~添-12
添付資料-9 放射線透過撮影による排気ダクトの状況確認	添-13
添付資料-10-1 第3排気系統の排気ダクトの傾斜測定	添-14
添付資料-10-2 第3排気系統の排気ダクトの幅方向の傾斜測定	添-15
添付資料-11-1 透明なプラスチックカバーの観察結果	添-16
添付資料-11-2 繊維強化プラスチックの観察結果	添-17
添付資料-12-1 リベットの観察結果(端面)	添-18
添付資料-12-2 リベットの観察結果(側面)	添-19

## 1. 件名

製鍊転換施設の非管理区域における放射性物質の漏えいについて

## 2. 発生日時

平成 25 年 1 月 4 日（金）11 時 45 分頃（発見）

## 3. 発生場所

人形峠環境技術センター 製鍊転換施設（使用施設）の給気室（1）（非管理区域）（添付資料-1、2）

## 4. 施設の概要

### 4.1 製鍊転換施設の状況

製鍊転換施設は、昭和 56 年 10 月に竣工し、翌年の 3 月にウランの転換試験を開始し、六フッ化ウランを製造（約 678t）した。平成 11 年 7 月には、転換技術の実証という当初の目的を達成したことから試験を終了した。試験終了後は、試験に使用してきた設備機器の解体撤去を進め、平成 24 年 7 月までにウランを取り扱った転換設備機器について解体撤去を終了している。その解体物は、ドラム缶等に収納した後、管理区域内の各室に保管管理している。

給排気設備、廃液処理設備等については、継続して使用している。

### 4.2 給排気設備の概要

製鍊転換施設は、3 階建ての鉄筋コンクリート製の施設であり、管理区域と非管理区域から構成される。管理区域の排気系統は、第 1～第 5 排気系統に区分されている。給気ファン等の機器は非管理区域の給気室（1）に、また、フィルタユニット、排風機等の機器は、管理区域の排気室（1）に設置されている。管理区域各室の排気は、排気ダクトによって排気室（1）に取り込まれるが、その排気ダクトの一部は、非管理区域を通過している。

漏えいがあった第 3 排気系統は、添付資料-3 に示すように、UF<sub>6</sub> 充填室及びコールドトラップ室\*を排気している系統である。UF<sub>6</sub> 充填室及びコールドトラップ室からの排気は、アルカリスクラバにより排気処理を施した後、非管理区域（給気室（1））を通過し、管理区域内の高性能エアフィルタを通して排気筒から大気に放出される。

排気筒には放射性物質濃度を監視するダストモニタを設置し、モニタしながら排出している。

第 1、第 4、及び第 5 排気系統には、アルカリスクラバは設置されていない。また、第 2 排気系統には、非管理区域を経由する排気ダクトを設置

しているが、アルカリスクラバを経由するラインではない。

#### ※UF<sub>6</sub>充填室及びコールドトラップ室

平成 3 年～平成 11 年までは、回収ウラン転換実用化試験に係る設備として、六フッ化ウランを捕集し、シリンドラに充填するための機器を設置していたが、平成 20 年度に設備・機器の解体撤去を実施した後、解体物をドラム缶等に収納し保管している。平成 25 年 1 月 4 日の漏えい発見時、コールドトラップ室には、130 本のドラム缶とメッシュコンテナ 25 基を保管していた。UF<sub>6</sub> 充填室は、核燃料物質等をドラム缶に詰め替える作業に使用していた。

### 4.3 排気ダクトの設置状況

#### (1) 建設時の設置状況

製錬転換施設の給排気設備は、昭和 56 年に第 1～第 5 排気系統を設置した。排気ダクトの主要部分は、工場にて加工し、現地で継ぎ込みを実施した。その際、排気ダクトの変形防止の枠材を排気ダクト外周側等にリベットで固定し、排気ダクト用のシール材でシールした。

#### (2) 平成 19 年の漏えい対策

製錬転換施設では、平成 19 年に発生した廃水配管からの非管理区域への漏えい事象を受けて、非管理区域を通る配管類の漏えい防止対策を行った。

その際、排気ダクト内の湿潤した腐食環境を考慮して、継手部などからの非管理区域への漏えい防止を目的に、耐薬品性に優れ、また運転・停止時の振動、衝撃等に耐えられるものとして、纖維強化プラスチックで継手部などの全周を覆った。これにより継手部などの二重化を図った。

仮に漏えいが発生した場合に漏えいを目視により検知するため、透明なプラスチックカバーを取り付け、その周りをシリコン系シール材で固定した。

その後、毎作業日の巡視点検では、排気ダクト自体の外観などに加え、透明なプラスチックカバー内に水漏れがないことを確認していた。

### 4.4 事象発生時の第 3 排気系統に係る核燃料物質等の取扱い状況

平成 24 年 12 月 20 日まで、核燃料物質等を UF<sub>6</sub> 充填室で詰め替え、順次、核燃料物質貯蔵庫に保管していた。その後、核燃料物質等の取扱いはなかった。

12 月 28 日に給排気設備の計画停止(アルカリスクラバを含む。)を行い、

平成 25 年 1 月 8 日に運転を再開する予定であった。

## 5. 漏えいの状況

平成 25 年 1 月 4 日 10 時 30 分頃、製鍊転換施設の巡視点検中に、管理区域内の排気室（1）で、床面に水滴を発見し、直上の排気ダクト（第 3 排気系統）に水滴が付着していることを確認した。直ちに、紙タオルとビニルシートで飛散防止の応急措置を行った。

11 時 45 分頃に、同じ排気ダクトの非管理区域側の給気室（1）でも、透明なプラスチックカバー内部の水たまり及び床面への水の滴下を発見した（添付資料-4-1、添付資料-4-2）。床面には 200mm×100mm 程度、水濡れがあった。飛散防止として、漏れ箇所下の床面を紙タオルとビニルシートで養生し、さらに容器を設置して滴下した水を受ける応急措置を行い、12 時 18 分頃、第 1 報を発信した。

12 時 49 分頃、給気室（1）の一部を一時管理区域に設定し、その後、水濡れがあった床面のスミヤ測定で  $\alpha : 0.20\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta : 0.34\text{Bq}/\text{cm}^2$  を確認した。応急措置から約 7 時間に容器で受けた水量は、約 3cm<sup>3</sup> であった。この水を分析した結果、 $\alpha : 6.9\text{Bq}/\text{cm}^3$ 、 $\beta : 1.7\text{Bq}/\text{cm}^3$  であった。緊急作業計画書に基づき、18 時 55 分頃から 23 時 08 分頃まで、排気ダクトをビニルシートで養生の上、透明なプラスチックカバーのボルトの増し締めとシリコンゴムによるシールなどで漏水防止対策を行った（添付資料-5）。その結果、翌 5 日 9 時 35 分頃まで漏えいがなく、漏水防止対策が有効であることを確認した。そのほか、非管理区域に漏えい、痕跡等はなかった。

時系列を添付資料-6 に示す。

## 6. 環境等への影響

モニタリングポスト等の指示値に特別な変動はなく、環境への影響はなかった。給気室（1）の漏えい箇所周辺の線量率はバックグラウンドレベル、空気中放射性物質濃度は検出下限値未満であり、作業員に被ばくはなかった。その他、周辺機器への物損等の影響はない。（添付資料-7）

## 7. 原因調査

### 7.1 問題点及び調査検討体制

平成 19 年に発生した「廃水配管からの非管理区域への漏えい」に係る継手部などからの漏えい防止の水平展開として、第 3 排気系統の排気ダクトに纖維強化プラスチックの覆いと透明なプラスチックカバー（以下「排気ダクト等」という。）を取り付けていた。それにもかかわらず漏えいに至った原因究明並びに管理面・安全文化に係る調査及び再発防止対策につ

いて、センター副所長を長とする組織において検討を行った。

原因調査に当たっては、非管理区域の排気ダクト等からの放射性物質漏えいの要因解析を行い取りまとめた。特性要因図を添付資料-8-1に、要因系統図を添付資料-8-2に示す。

## 7.2 調査内容と調査結果

### (1) 排気ダクトの状況

非管理区域を通過する第3排気系統の排気ダクト（以下「当該ダクト」という。）は給気室（1）の天井付近（床から当該ダクト下面まで約3.45m）に敷設されており、水滴が発見された部位は曲がり（中心部の曲率半径：850mm、曲げ角度：90度）部分の外側である。

### (2) 漏えいに係る要因解析

排気ダクト等などについて、以下の項目を調査した。

- ・液体の成分分析
- ・放射線透過撮影による排気ダクトの状況確認
- ・排気ダクト等の施工状態及び外観・内部観察
- ・運転実績等
- ・排気ダクト等の材質・施工調査
- ・リベットの分析と観察

#### ①液体の成分分析

管理区域である排気室（1）で容器に受けている水について、蛍光X線による定性分析を行ったところ、Naが主成分で、そのほか、微量成分としてMg、Al、Si、S、Cl、K、Ca、Uが検出され、第3排気系統で使用しているアルカリスクラバ水と同じ元素が検出された。またpHについても9.3であり、アルカリスクラバ水の9.7と近い値であった。誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS）でU濃度を定量したところ122ppmであり、アルカリスクラバ水の110ppmと同程度であった。これらのことから、同じ液体と考えられる。

非管理区域である給気室（1）で容器に受けている水については、採取した液量が約3cm<sup>3</sup>と少なく、全量を放射能分析に使用したため成分分析は行えなかつたが、5.で測定した全β放射能濃度1.7Bq/cm<sup>3</sup>から、アルカリスクラバ水のU濃度110ppmと放射能分析の結果（全β放射能濃度1.89Bq/cm<sup>3</sup>）を基に推定すると、U濃度は99ppmとなり、上記と同程度となることから、同様に同じ液体と考えられる。

## ②放射線透過撮影による排気ダクトの状況確認（添付資料-9）

排気ダクト等のそれぞれの部位における漏えい箇所を特定するため、放射線透过撮影にて排気ダクト等の施工状況を観察した。

放射線透过撮影にて当該ダクト曲がり部について観察したところ、漏えい部は排気ダクトフランジの継手部ではなく、排気ダクト補強部であった。補強部は枠材が排気ダクト表面に施工されており、その枠材を排気ダクト本体に取り付ける止め金具として、4辺、リベット\*が用いられている。各辺のリベット部分を放射線透过撮影にて観察をしたところ、リベット穴が確認され、リベットが脱落しているように見えた。

なお、当該ダクトの漏えい部位以外については、リベットの取付け状態は正常であることを確認した。

\*リベット数は、側面部（2面）にそれぞれ7本ずつ、上面及び下面にそれぞれ11本ずつ使用している。

## ③排気ダクト等の施工状態及び外観・内部観察

### i) 排気ダクトの施工状態

第3排気系統の排気ダクトの傾斜測定から、添付資料-10-1に示すように排気室(1)にあるフィルタユニットから乾式工程フィルタ室内に設置しているデミスタ（気体に飛沫同伴されたミストを捕集分離除去する機器）に向けて下り傾斜になっている。排気設備を停止した場合、排気に含まれるミストが排気ダクト下部に凝縮し、全体的には、給気室（1）（非管理区域）から乾式工程フィルタ室（管理区域）のデミスタに流れようになっている。ただし、この傾斜は一定ではなく、僅かに凹凸があり、この凹み部分に凝縮水がたまることが予想され、漏えい部付近にも凹み部分が存在していた。

また、第3排気系統の排気ダクトの幅方向の傾斜は、添付資料-10-2に示すように給気室（1）（非管理区域）を中心に排気室（1）及び乾式工程フィルタ室側にかけて曲がりの外側（図中B側）が低くなっており、排気ダクト内のアルカリスクラバ水は、曲がりの外側（図中B側）に集まる状態であった。

### ii) 排気ダクト等の観察（添付資料-11-1、添付資料-11-2）

当該ダクトの漏えい部位の透明なプラスチックカバーは、下板と側板を接合するシール材が剥がれ、隙間（約3mm×L30mm）を生じていた。また、繊維強化プラスチックが透明なプラスチックカバーの

幅よりも一部はみ出した状態にあったことも確認された。

排気ダクト下部の補強部にコーティングしている繊維強化プラスチックの覆いと排気ダクト本体とは接着が剥がれ、約 1mm の隙間が見られた。

当該ダクトの曲がり部を取り外し、繊維強化プラスチックの覆いを取り除き、排気ダクトの補強材について調査した。漏えい部を含む排気ダクト下面では、排気ダクトと補強材とが離れていた（リベットは補強材に残っていた。）。また、リベット穴は外側に変形し、排気ダクトが内側へ引かれたようになっていた。

排気ダクトの下面是内側に湾曲しており、その凹みは最大約 16.4mm であった。側面及び上面のリベットは機能していた。

#### ④運転実績等

給排気設備は、昭和 57 年の運転開始から年 1 回の定期点検整備の際に計画停止を行っていた。その後、施設での試験が終了したことから平成 15 年以降は、盆、正月等の長期休暇の際にも計画停止を行っている。平成 15 年以降の停止回数は合計 69 回（停止総日数約 360 日）である。アルカリスクラバも、給排気設備の計画停止に合わせて、停止している。これまでの計画停止においては、漏えいは確認されなかった。なお、直近の計画停止は平成 24 年 12 月 14 日～17 日であった。

#### ⑤排気ダクト等の材質・施工調査

##### i) 排気ダクト

当該ダクトは W700mm×H450mm×L6,000 mm 程度で、アルカリスクラバ水を含む気体が流通することを想定し、板厚 0.6mm のステンレスを使用していた。工場で加工した継手部も同様にステンレス製のリベットで取り付けていた。

##### ii) 排気ダクト周辺

平成 19 年の「廃水配管からの非管理区域への漏えい」の水平展開として実施した排気ダクト継手部（4箇所）及び補強部（6箇所）について、漏えい防止を目的に繊維強化プラスチックで覆い、漏えいが目視により確認できるように透明なプラスチックカバーを取り付けていた。

繊維強化プラスチックは、排気ダクト本体をワイヤーブラシ、サンダー等で目荒ししてから、外周の補強材に沿って取り付け、硬化後、仕上げコートを塗布した。

透明なプラスチックカバーは、繊維強化プラスチック施工後、排気ダクトを取り巻くように取り付け、さらに排気ダクトとの合わせ面を排気ダクト用のシール材でシールして取り付けた。

#### ⑥リベットの分析と観察

以下のリベットの材質をX線回折により分析した結果、アルミニウム製であった。このため、放射線透過撮影では認識しにくかったと考えられる。その後の調査で、現地施工した当該ダクト補強材の止め金具であるリベットは、全てアルミニウム製であったことが分かった。さらに、以下のリベットを実体顕微鏡と電界放射型走査電子顕微鏡（以下「SEM」という。）で観察した。

##### i) リベット端面

実体顕微鏡によるリベット端面（排気ダクト内側）の観察写真と同じ部分のSEMによる観察写真を添付資料-12-1に示す。SEMでの観察では、表面にスケール、割れ及び無数の細孔が確認されている。このような状態は、腐食の進行と繰り返し荷重の複合的な作用によるものと考えられる。

##### ii) リベット側面

実体顕微鏡による別のリベットの側面の観察写真と同じ部分のSEMによる観察写真を添付資料-12-2に示す。

リベット下部に繊維強化プラスチックと思われる被覆膜と上部には金属が露出している。また、金属面の観察写真において、数箇所、割れが見られる。この割れは、金属の腐食が進行する過程で引張とせん断の複合応力による繰り返し荷重が作用したことで発生したと考えられる。

#### ⑦リベットが抜けた要因調査

以上を総合して、リベットが抜けた要因について考察した。

ダクト上面と側面のリベットは、ミストのみにさらされるが、それに対し、下面のリベットは、ミストとアルカリスクラバ水がたまつことでより腐食しやすい環境となる。さらに、ダクト内の圧力変化による繰り返し荷重により、排気ダクトの補強部から抜け落ちたと推定される。

##### i) ミスト雰囲気による腐食量の推定

側面と上面のリベットの頭の外径の測定結果は、5.0mmで、施工時には5.3mm程度であることから、0.3mmがミスト雰囲気により腐食したと考えると、製錬転換施設運転開始から31年経過しており、年間

0.01mm 程度腐食したと推定できる。

ii) ミストとアルカリスクラバ水のたまりによる腐食量の推定

文献※によると pH9.5 でのアルミニウムの腐食速度は、0.02～0.03mm/年程度であり、運転開始から 31 年間では、0.6～0.9mm 程度腐食が進んだと考えられる。

※アルミニウムの腐食のおはなし(古河スカイ㈱ 技術研究所)アルミニウムの溶解速度の pH 依存性

iii) 繰り返し荷重

ダクト内の圧力による各リベットに作用する荷重を有限要素法で解析した結果、ダクト下面のリベットには 160～640N/本の荷重変動があったと考えられる。

このリベットの基準強度は、2,200N/本（カタログ値）であったが、約 31 年間の負圧調整等による繰り返し荷重が作用して、リベット強度は、約 25%（550N/本）※まで低下していたと考えられる。

※金属材料疲労強度の設計資料 I(日本機械学会)

### 7.3 漏えいの経緯と漏えい量の推定

#### (1) 漏えいに至った経緯

7.2 の調査結果から、当該ダクトで漏えいに至った経緯を以下のとおり推定した。

- ① 給排気運転中は、上流側のアルカリスクラバで発生したミストの一部が、デミスターを通過して当該ダクト内に運ばれていた。
- ② 給排気を計画停止した後、当該ダクト内に滞留していたミストは、凝縮して水滴となり、排気ダクトの凹み部分に蓄積した。
- ③ 排気ダクト補強材の止め金具であるリベットは、アルミニウム製であったため、排気ダクトの凹み部分に蓄積したアルカリスクラバ水（水酸化ナトリウム溶液：pH9.3）により、徐々に腐食された。
- ④ ①～③による状態が繰り返され、リベットの腐食が進んだ。
- ⑤ このような状況で、給排気運転中の排気ダクト内の圧力変化により排気ダクトが収縮して、腐食が進み機能を失ったリベットから外れ、排気ダクト表面にリベットの穴が残った。平成24年12月14日～17日の計画停止時には漏えいしていないことから、このときまでは曲がり部ダクトの外側付近の纖維強化プラスチックは機能していたと考えられる。
- ⑥ 平成24年12月28日の給排気設備の計画停止によって、当該ダクト内に

滯留していたミストが、凝縮して水滴となり、漏えい部付近では曲がり部ダクトの外側の凹み部分に蓄積し、付近のリベットの穴から漏れ出し、纖維強化プラスチックの隙間から流れ出た。その際、纖維強化プラスチックのはみ出し部分からは透明なプラスチックカバーの外側を伝って、透明なプラスチックカバー内に漏えいしたものは一部がその下部の隙間から、それぞれ床へ滴下した。平成24年12月28日の巡回点検において異常がないことを確認していることから、漏えいしたのは、28日以降と考えられる。

## (2)漏えい量の推定

### ①当該ダクトの構造と漏えい部付近の凹部分の形状からの推定

当該ダクトの構造から、給排気設備の計画停止時に排気ダクト内に滞留していたアルカリスクラバ水のミストの内、曲がり部ダクトから排気室フィルタユニットまで約5.5m ( $1.73\text{m}^3$ ) の範囲のものが今回の事象に関係している可能性がある。このうち、非管理区域側にのみ影響するのが $0.32\text{m}^3$ である。

アルカリスクラバ水の補給量が $324,000\text{cm}^3/\text{h}$ であることから、この量が排気ダクト内に供給されると考えられる。この値を排風量 $10,500\text{m}^3/\text{h}$ で除すれば、約 $31\text{cm}^3/\text{m}^3$ のミストが滞留していたと考えられる。よって、蓄積したアルカリスクラバ水は約 $10\text{cm}^3$ である。

凹み部分の容積は約 $93\text{cm}^3$ であるので、最大でも、もともとたまっていた $93\text{cm}^3$ と新たにたまつた約 $10\text{cm}^3$ の合計約 $103\text{cm}^3$ に起因すると考えられる。リベットの穴の高さが最下面から $1.4\text{mm}$ 上方にあるため、 $6\text{cm}^3$ が排気ダクト内に残留し、他は漏えいすると推定される。

したがって、残留分を差し引くと約 $97\text{cm}^3$ が漏えいしたと推定される。透明なプラスチックカバー内に残留していたものが約 $3\text{cm}^3$ 、発見後、容器で受けたものが約 $3\text{cm}^3$ であるので、床には最大 $91\text{cm}^3$ が滴下したものと考えられる。

### ②滴下量からの推定

漏えい発見後、容器で受けたのは $3\text{ cm}^3/7\text{時間}$ であったことから、給排気停止から発見まで一様な漏えいを想定した場合は $72\text{ cm}^3$ となり、残留分 $6\text{ cm}^3$ を差し引くと $66\text{ cm}^3$ となる。

### ③漏えいした床面のスミヤ測定結果からの推定

発見時の漏えい範囲である $10\text{cm} \times 20\text{cm}$ 及びスミヤ測定結果（ $\alpha$ 線はろ紙による自己遮へいの可能性があるので、 $\beta$ 線の $0.34\text{Bq}/\text{cm}^2$ を使用）か

ら68Bqと計算され、応急措置の際に容器で受けた水約3cm<sup>3</sup>の分析結果（ $\beta$  : 1.7Bq/cm<sup>3</sup>）から、漏えい量は40cm<sup>3</sup>と推定される。

上記①、②及び③より、漏えい量は40～90cm<sup>3</sup>程度と推定される。

## 7.4 漏えいの推定原因

### (1) 直接原因

#### ① 補強材のリベットにアルミニウムを使用したこと

給排気設備の運転停止により、第3排気系統の排気ダクト内にはアルカリスクラバ水が凹部にたまるにもかかわらず、その付近に補強材をアルミニウム製リベットで固定していた。

アルミニウムはpH4～8の領域では、不動態化した酸化皮膜が形成され良好な耐食性を有するものの、pH9程度から腐食が進むため、pH9以上であるアルカリスクラバ水が滞留することでアルミニウム製リベットの腐食が進行した。

また、給排気運転中の排気ダクト内の圧力変化による繰り返し荷重によりリベット強度が約25%まで低下することが分かった。アルミニウムの腐食と繰り返し荷重の複合的な要因により、リベットが排気ダクトから抜けた。さらに、リベットが抜けたことで纖維強化プラスチックが剥がれる原因に至った。

#### ② 透明なプラスチックカバーのシール材の隙間を把握できなかったこと

透明なプラスチックカバーは、2つの部品で構成されており、ボルト及びシール材で接続されている。設置目的としては、透明なプラスチックカバー内部に漏えいした水等の検知であることから、ボルトなどで固定した下板と側板を一般的なシール材でシールしていた。さらに、シール部の経年劣化による微細な亀裂及びはがれの有無について点検項目に入れていたなかった。そのため、下板と側板の間のシール材の劣化により、隙間が生じていたことを把握できず、この隙間から液漏れが生じた。

また、纖維強化プラスチックを透明なプラスチックカバーからはみ出して施工していたことに気付けなかったことから、纖維強化プラスチックの接着が剥がれると、透明なプラスチックカバー外に液体が漏れる状況となっていた。

### (2) 背景原因

#### ① 設計・施工における問題

当該ダクトの直線部では、排気ダクト内にも補強を施工しているが、

漏えいのあった曲がり部では、施工されていないことから、当該部分の排気ダクトの収縮が大きくなつたと考えられる。繊維強化プラスチックなどを施工した箇所がそのような収縮の大きくなる部分であることが分からず、また、アルミニウム製リベットの使用についても記録が残つていなかつたことなど、技術情報の伝承に問題があつた。

## ②運転管理における問題

給排気設備の停止の際、アルカリスクラバの停止を直前に実施したため、ミストが排気されずダクト内に滞留した。

### 7.5 管理面及び安全文化について

記録の確認や関係者等からの聞き取り等により、設備・機器の管理面や組織の安全文化について確認した。

#### (1) 排気ダクトの点検状況

当該ダクトの点検については、巡視（1回／日：原子力機構の休日を除く。）による外観点検を実施するとともに、当該ダクトを含む排気ダクトの自主点検を毎年度実施している。

巡視による外観点検では、継手部などのカバー内への液漏れ等、異常がないか目視で確認していた。自主点検では、排気ダクト・ダンパ等における有害な損傷、腐食、液漏れ等の有無を目視で確認していた。

今回の事象が発生する前の巡視による外観点検（平成24年12月28日）及び自主点検（平成24年9月7日～13日）において、当該ダクトの外観の異常や漏えいはなかつたことを確認していた。

#### (2) 過去の水平展開の実施状況

①「独立行政法人日本原子力研究開発機構 人形峠環境技術センター 製鍊転換施設における放射性物質漏えいについて（原因と対策）」（平成19年6月14日付け19原機（峠）035）をもって文部科学大臣に報告した原因と対策で示した再発防止対策の実施状況

i ) 製鍊転換施設の給気室（1）への具体的な再発防止対策として、平成19年9月に排気ダクトの継手部からの漏えい防止を目的に、継手部などのコーティングを行い、さらに漏えい検知を目的に透明なプラスチックカバーを取り付けており、報告書で示した再発防止対策を施し、当該箇所の巡視点検を実施している。

ii ) 製鍊転換施設の設備点検を所掌する課（以下「所掌課」という。）においては、平成20年3月に元従業員を講師として招き、意見交換を

実施している。また、技術情報の伝承と施設・設備の安全レベルの向上を目的に「製鍊転換施設の設備状態調査表」を取りまとめ、運転情報も含めて更新することで、保守点検のみならず、廃止措置にも活用できるデータベースとなっている。

- iii) 安全の確保が全てに優先されるべきことを徹底するために、「1) 他拠点の安全管理者、外部講師との積極的な情報交流を通して、安全最優先の意識を醸成する。」、「2) センター所長等幹部との定期的な意見交換を実施し、常に問いかける姿勢を持ち、安全意識の醸成に向けて継続的な改善を図る。」、「3) 他施設での事故・故障等の水平展開の取り組みにおいて、自らの施設の設計や運転管理を踏まえ、水平展開事項に取り組むとともに対策を実施する。」ことに取り組んできた。1)～3)について、所掌課の設備担当者からの聞き取り調査によれば、「センターや機構の幹部に自らの意見を伝えることができる有効な機会であると考えている。」、「これまで実施された水平展開や安全情報は現場の保安（安全）に役立っている。」との意見があった。
- iv) 毎月所掌する施設の整理・整頓・清掃・清潔（4S）を課員全員で行っていること、解体を進めている製鍊転換施設ではあるが、この4S活動によりマイプラント意識が醸成されていることを所掌課の設備担当者等からの聞き取り調査で確認した。

## ②再処理施設主排気筒貫通孔に係る根本原因分析等を踏ました水平展開について

原子力機構では、再処理施設主排気筒貫通孔に係る根本原因分析等を踏ました水平展開を行っている。センターにおいては、水平展開すべき事項については、平成19年の製鍊転換施設における放射性物質漏えいや平成21年に実施した「排気ダクト等の補修管理に関する水平展開」において指示された事項に対する処置であり、既に実施している旨を水平展開の指示部署に回答しているが、所掌課の設備担当者等からの聞き取り調査では、「既に処置済みの内容であるとの思いがあった」ため、現場の状況確認で細部にわたる点検が不足していた。

## 8. 再発防止対策

「4.1 製鍊転換施設の状況」で述べたとおり、ウランを取り扱ってきた転換設備機器の解体撤去を終了し、平成24年度から順次、付帯設備（給排気設備等）の解体撤去を進めていることから、以下のとおり、第3排気

系統ダクトからの漏えいに係る再発防止対策を講じる。

- (1) 排気ダクトからの漏えいを発生させないために、アルカリスクラバ水の抜取りを実施するとともに、解体撤去まで排風機の運転停止を継続する。
- (2) 今後、許認可変更申請を経て解体撤去する。

## 9. その他の排気系統に対する対策

### 9.1 その他の排気ダクトからの漏えい防止対策

- (1) 製錬転換施設のアルカリスクラバ水（ミストを含む。）の流通するその他の系統は、管理区域の第2排気系統が該当する。管理区域内の排気室(1)での第3排気系統の漏えいがパッキンの劣化が原因だったことを鑑みて実施した類似箇所の点検では、アルカリスクラバ水（ミストを含む。）の流通する管理区域の第2排気系統排気ダクトには漏えい箇所はなく、アルミニウム製リベットを使用している箇所もなかったものの、さらに点検を実施した上で、必要に応じてシール補修などを行う。
- (2) 製錬転換施設の非管理区域を通過するその他の系統には、アルカリスクラバ水（ミストを含む。）の流通する排気ダクト等はないが、これらの系統についてもシール材等の劣化の有無を確認する項目を加えるなど「排気ダクト類及び廃水配管等自主点検マニュアル」の見直しを行う。
- (3) センター内他施設（濃縮工学施設、ウラン濃縮原型プラント、開発試験棟及び廃棄物焼却施設）を対象に、非管理区域にある排気ダクトについて、継手部などの点検を行い、現状の設置状態について異常がなく、漏えいも無いことを確認した。また、同様にマニュアルの見直しを行う。
- (4) ミスト等による湿潤雰囲気が想定される系統の給排気の停止に際しては、ミストを発生させる機器を停止してから、一定時間、給排気の運転を継続し排気ダクト内から水分等を除去する手順に変更する。

### 9.2 管理面及び安全文化の醸成に係る対策

#### (1) 事故事例や技術情報の伝承に関する対策

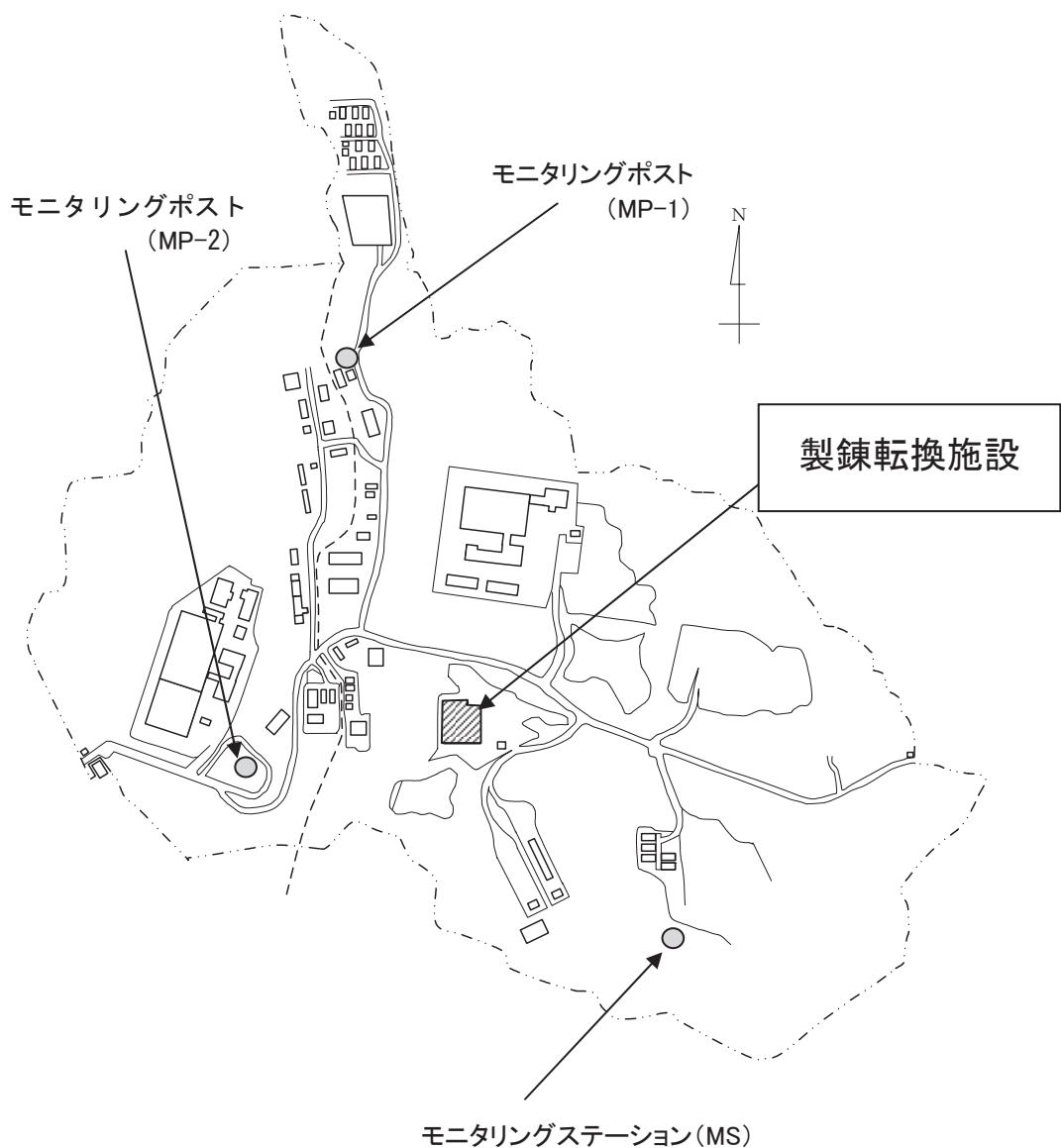
設備の設計仕様、放射性物質、毒劇物・危険物の滞留情報、休止年月日、閉止措置の内容、保守履歴、汚染・トラブル情報などを取りまとめた「製錬転換施設の設備状態調査表」を、技術情報の伝承及び施設・設備の安全レベルの向上を目的に更新している。最後まで使用が予定されている給排気設備と廃水処理設備などに関する情報については、当該漏

えい事象を踏まえて、使用環境や材質などの情報を追加し技術情報の伝承に活用する。

## (2) 安全文化の醸成

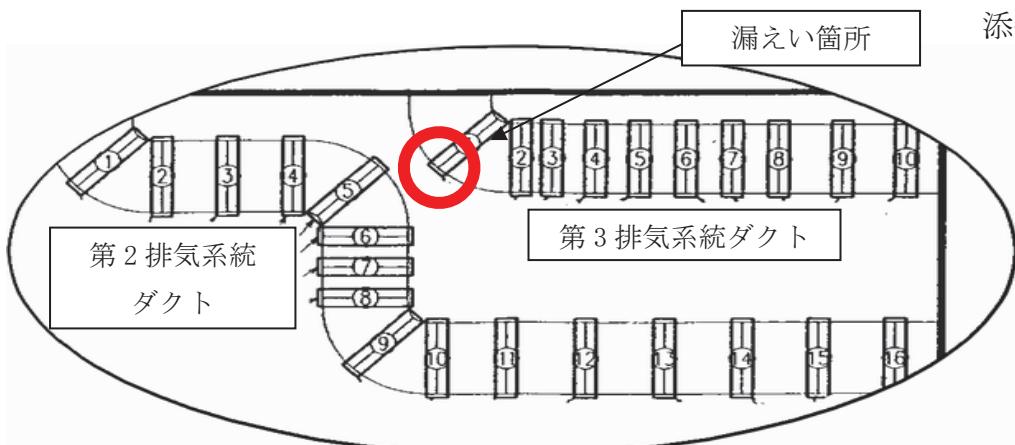
過去のトラブルを踏まえた処置や既に処置済みの水平展開事項について、その後の点検で有害な損傷がなかった場合も、次の点検までに設備機器は常に状態変化の可能性があることを従業員に意識付ける。

以 上

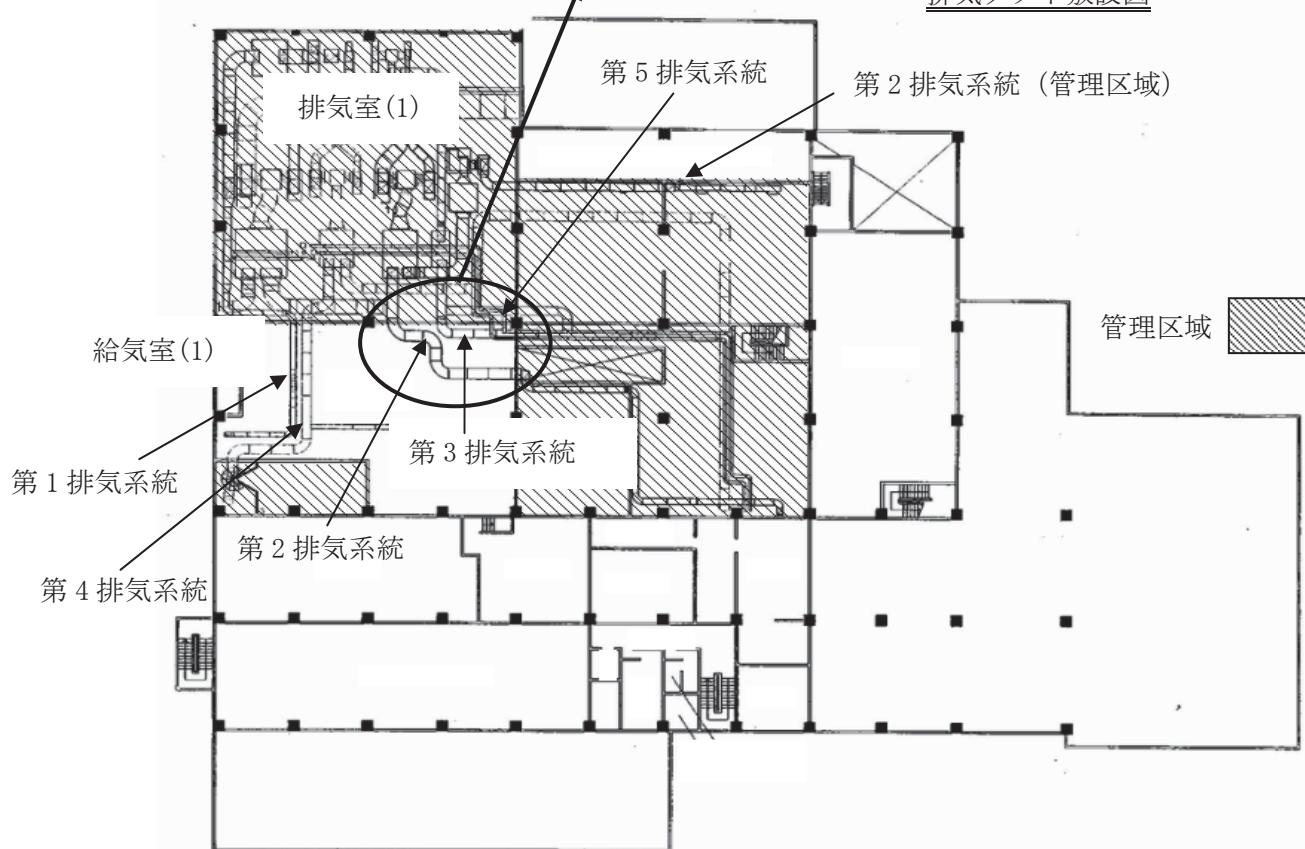


人形峠環境技術センター施設配置図

添付資料-2



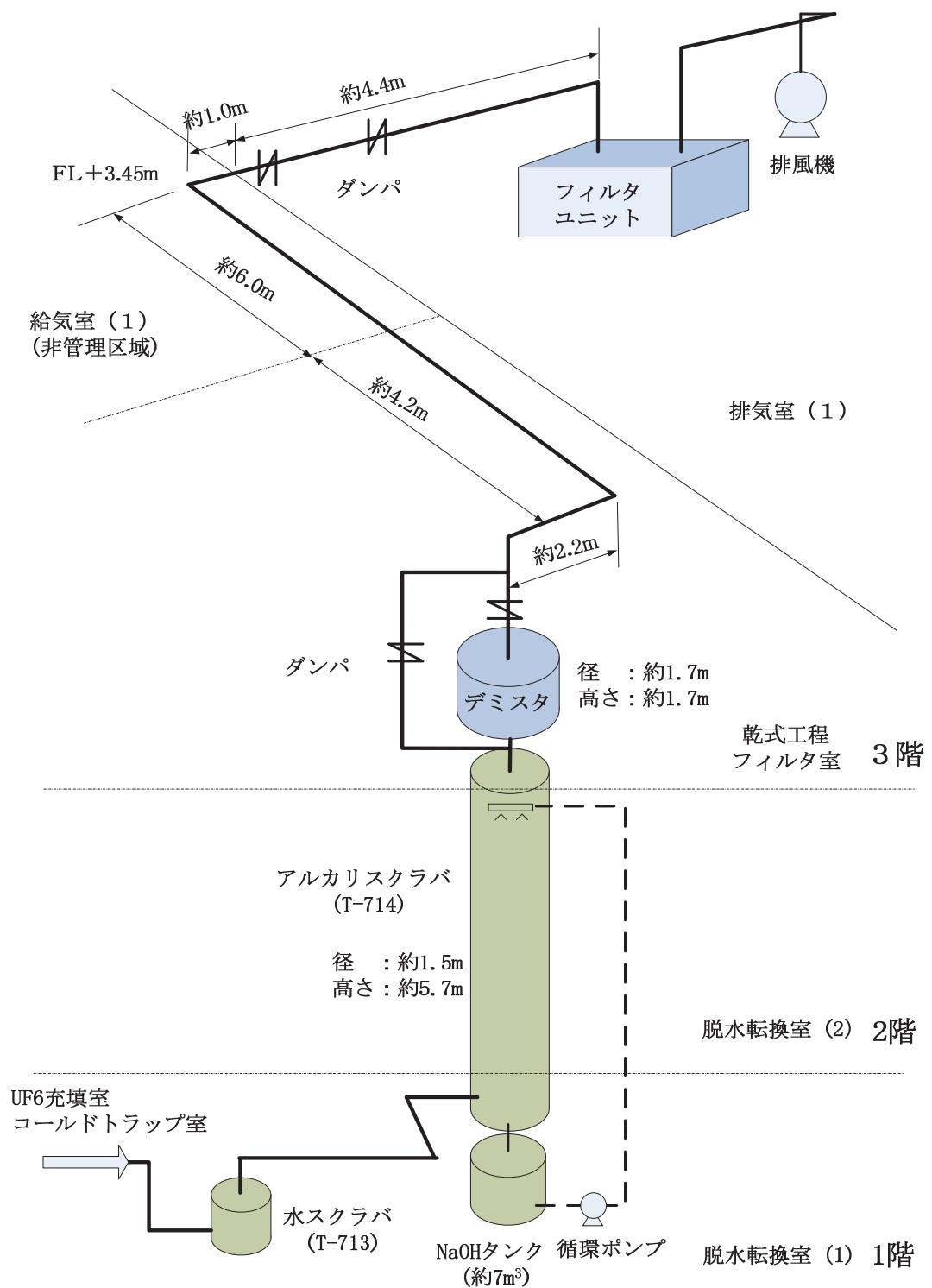
排気ダクト敷設図



項目	系 統	第1排気系統	第2排気系統	第3排気系統	第4排気系統	第5排気系統
非管理区域通過の有無		○	○	○	○	○
アルカリスクラバの有無		×	○	○	×	×
アルカリスクラバ下流での、非管理区域通過の有無		×	×	○	×	×

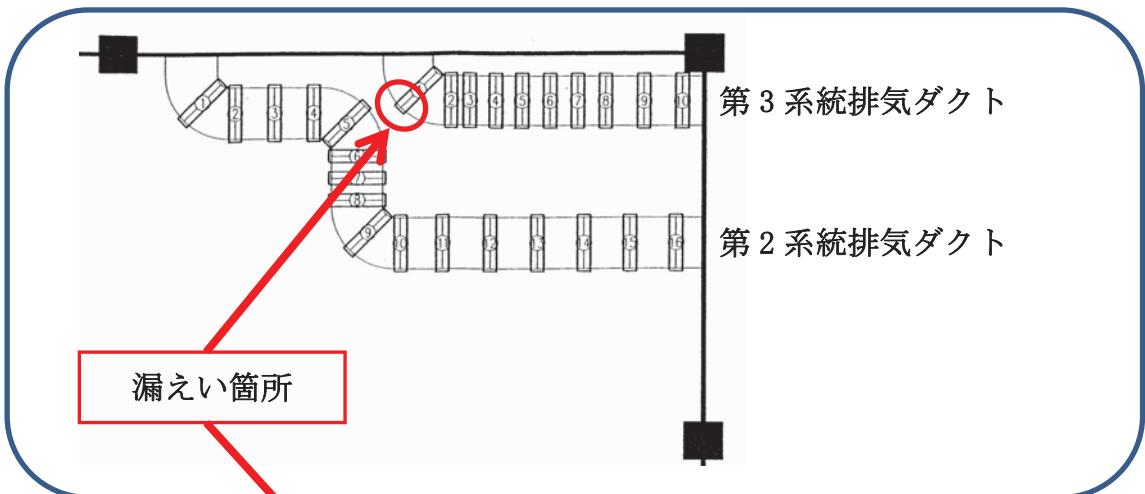
製錬転換施設排気系統の状況

添付資料-3



排気ダクト(第3排気系統)系統図

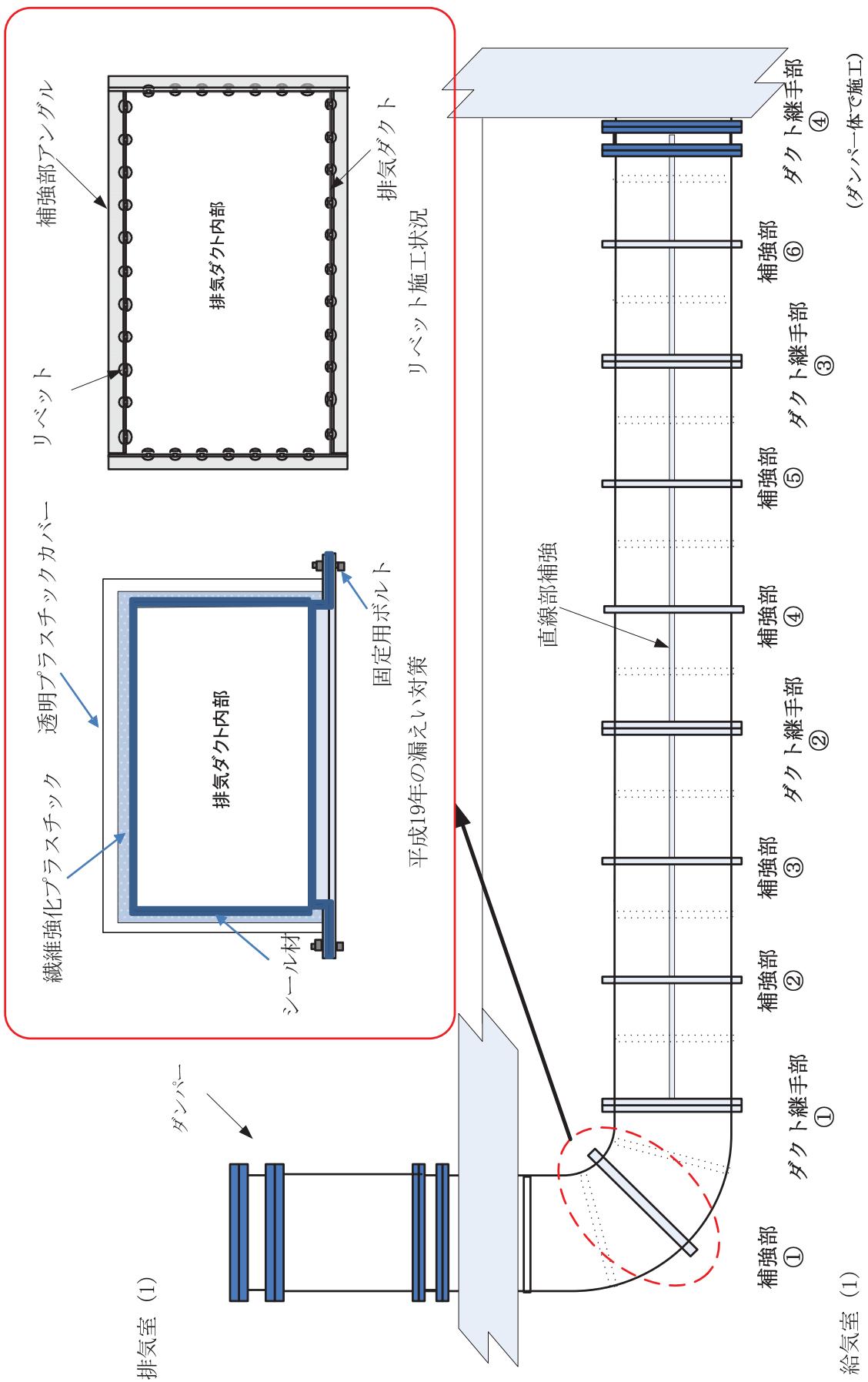
添付資料-4-1



透明なプラスチックカバー内部のたまり及びカバー下面のねじから床面への滴下を発見

撮影日時 H25年1月4日 11:46頃

漏えい発見箇所 (非管理区域)



添付資料-5

応急措置状況	実施内容
	透明なプラスチックカバー及び排気ダクトと透明なプラスチックカバーの隙間をシリコンゴムによりシール
	シリコンゴムによるシールの上からアルミテープの貼付け
	排気ダクトの該当部分をビニールシートで養生

撮影日時 H25年1月4日 23:05頃

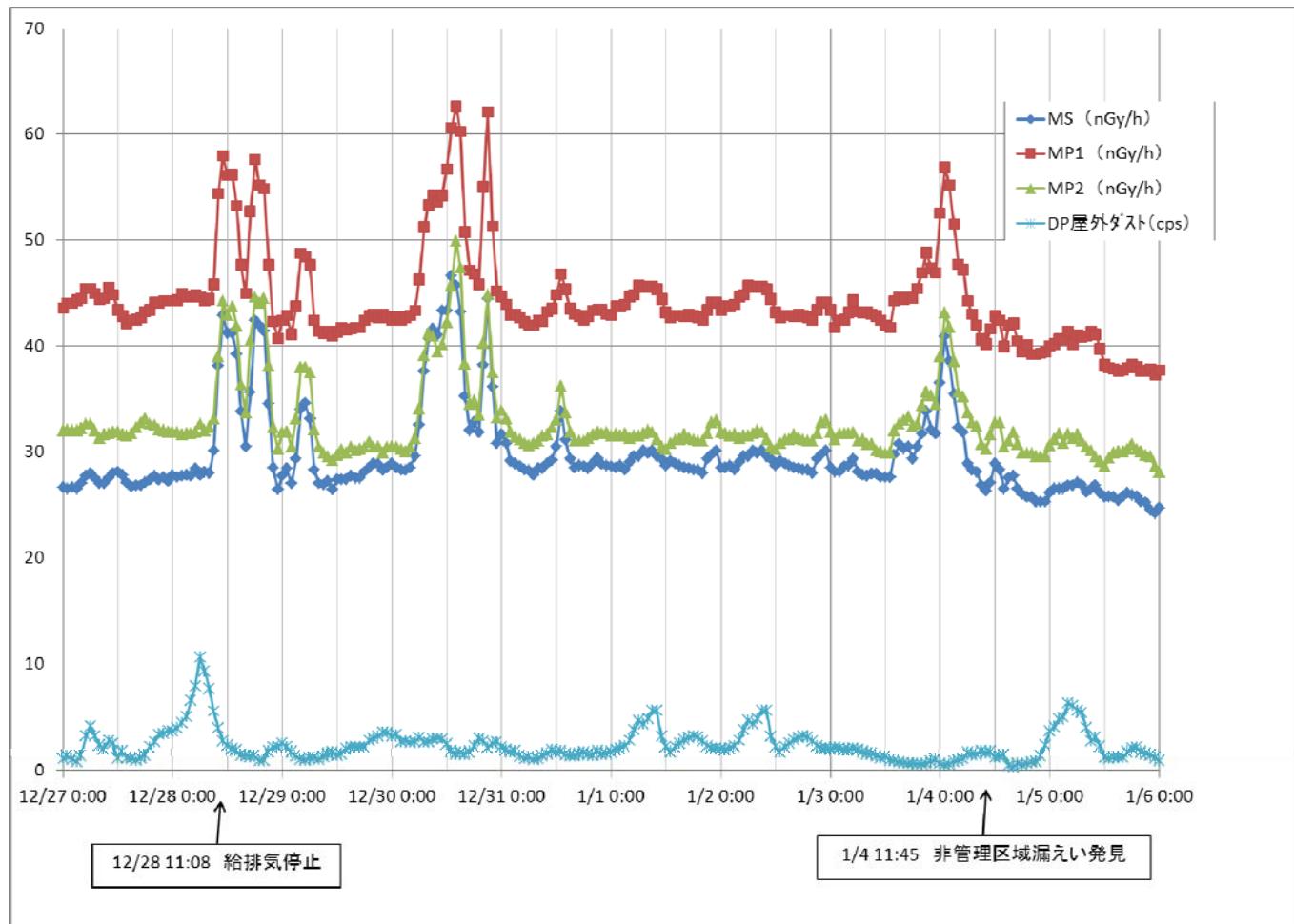
応急措置状況（非管理区域）

添付資料-6

日付	時間	内 容
12月28日	11時08分頃	施設の巡視点検を終了し、給排気設備を計画停止
1月4日	10時30分頃	巡視点検中に、管理区域内の排気室(1)で、床面に水滴を発見 安全管理課にサーベイを依頼 施設管理者に連絡 応急措置を実施(紙タオル及びビニールシートで養生) 施設管理者より、排気系全系統の巡視点検を指示
	11時45分頃	非管理区域側(給気室(1))で、排気ダクトから床面への水の滴下を発見 応急措置を実施(紙タオル及びビニールシートで養生並びに漏水受け容器の設置)
	12時05分頃	施設管理者から連絡責任者に通報
	12時12分頃	センターから上齋原原子力規制事務所長に連絡
	12時18分頃	第1報を発信
	12時27分頃	現地対策本部設置
	12時40分頃	上齋原原子力規制事務所長が現場指揮所に到着
	12時49分頃	非管理区域の漏えい箇所付近を一時管理区域に設定
	12時52分頃	床面のスミヤ測定結果 非管理区域( $\alpha : 0.20\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta : 0.34\text{Bq}/\text{cm}^2$ ) 管理区域( $\alpha : 0.35\text{Bq}/\text{cm}^2$ 、 $\beta : 0.24\text{Bq}/\text{cm}^2$ )
	15時45分頃	岡山県、鏡野町、鳥取県、三朝町、津山警察署及び津山消防署立入り 概況説明及び現地等視察(17時40分頃まで)
	16時51分頃	非管理区域の漏えい箇所付近の空気中放射性物質濃度は管理基準値未満であることを確認 排気の管理基準値( $\alpha : 1.8 \times 10^{-9}\text{Bq}/\text{cm}^3$ 、 $\beta : 8 \times 10^{-7}\text{Bq}/\text{cm}^3$ )
	18時25分頃	第5報(最終報)を発信
1月5日	18時55分頃	非管理区域の緊急作業開始 プラスチックカバ一部のボルト増し締め及びシリコンゴムによるコーティング処理 ビニールシートによる排気ダクト養生及び漏水受け容器の設置
	19時10分頃	管理区域の緊急作業開始 排気ダクト継手部のボルト増し締め、シリコンゴムによるコーティング処理 ビニールシートによる排気ダクト養生、漏水受け容器の設置
	21時26分頃	管理区域の緊急作業終了(作業箇所のスミヤを除く)
	23時08分頃	非管理区域の緊急作業終了(作業箇所のスミヤを除く)
	0時10分頃	非管理区域の緊急作業終了1時間後の確認で水滴は見られず
	08時40分頃	緊急作業終了に伴うスミヤ測定結果で、測定下限値( $10^{-2}\text{Bq}/\text{cm}^2$ 程度)未満であることを確認
	09時35分頃	非管理区域の緊急作業終了約10時間後、漏えいなしを確認
	10時40分頃	現地対策本部解散
	15時20分頃	鳥取県現地確認(16時20分頃まで)

時 系 列

添付資料-7



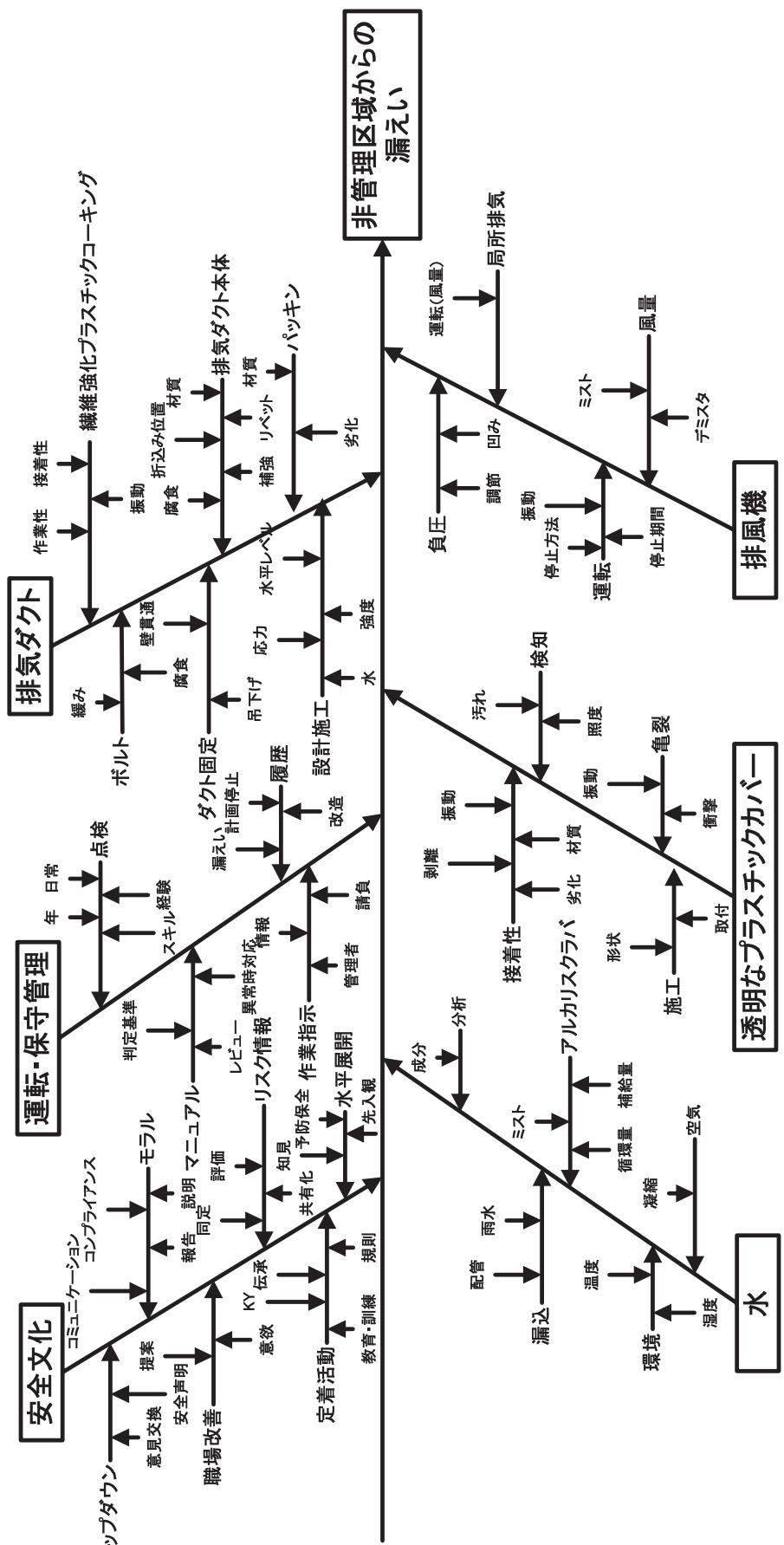
環境モニタリング測定結果 (12/27～1/5)

漏えい箇所周辺の外部線量率及び空気中放射性物質濃度

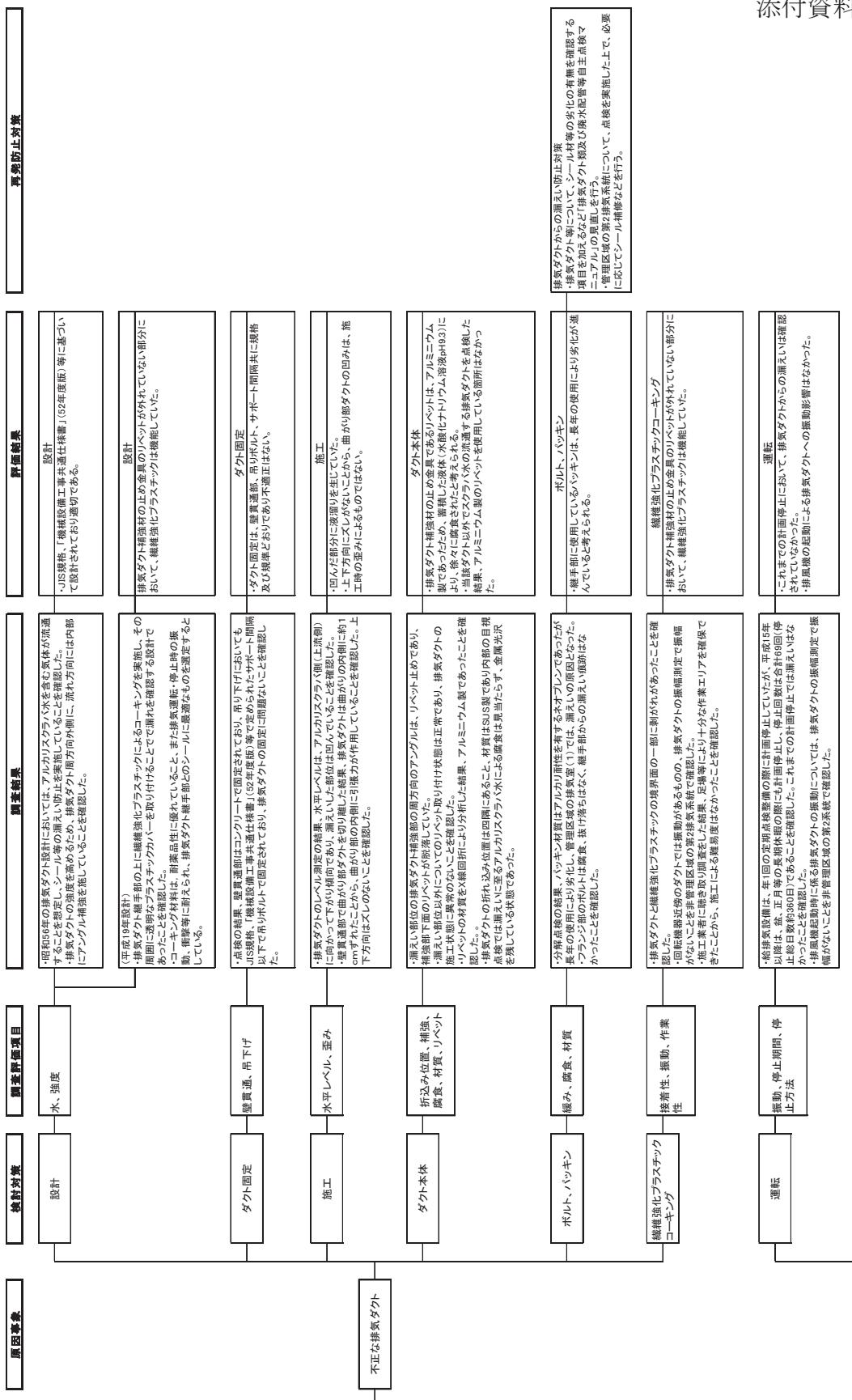
測定項目	測定時刻	結 果
外部線量率	1/4 15:03	$0.2 \mu \text{Sv}/\text{h}$ 未満
空気中放射性物質濃度	1/4 12:30～13:30	全 $\alpha$ $1.6 \times 10^{-10} \text{ Bq}/\text{cm}^3$ 未満 全 $\beta$ $2.3 \times 10^{-10} \text{ Bq}/\text{cm}^3$ 未満

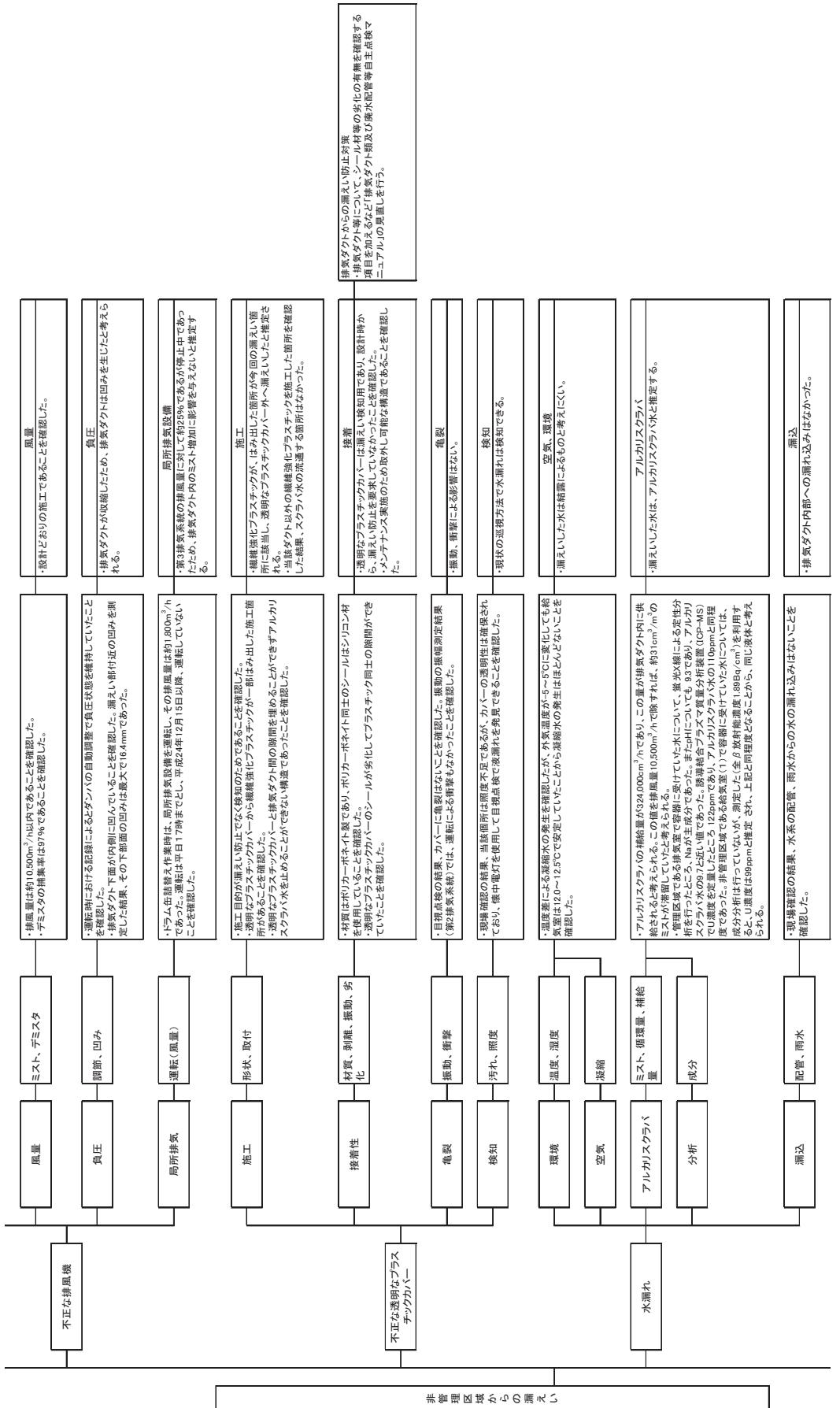
環境等への影響

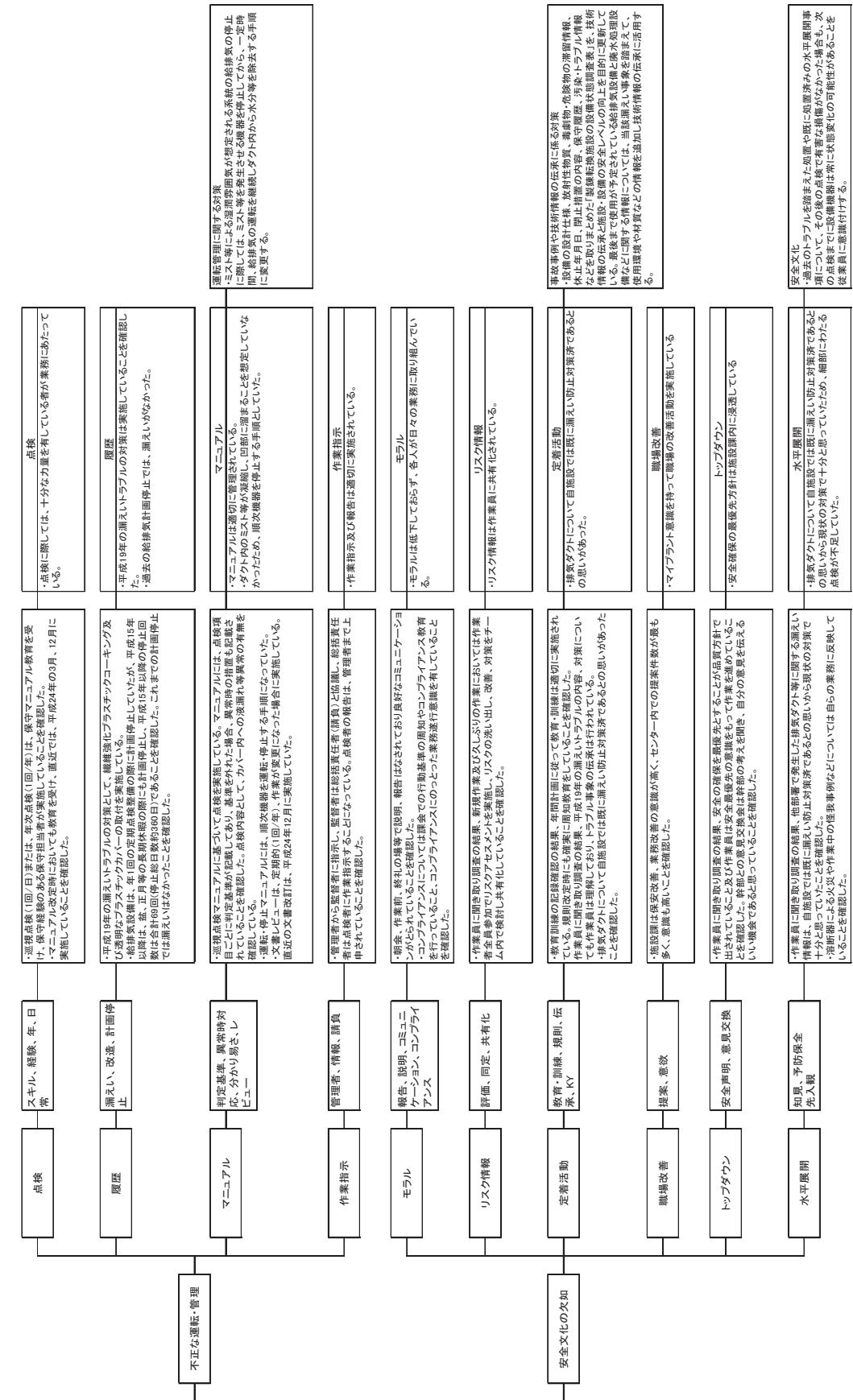
非管理区域の排気ダクトからの放射性物質漏えいの要因解析(排気ダクトからの漏えい)

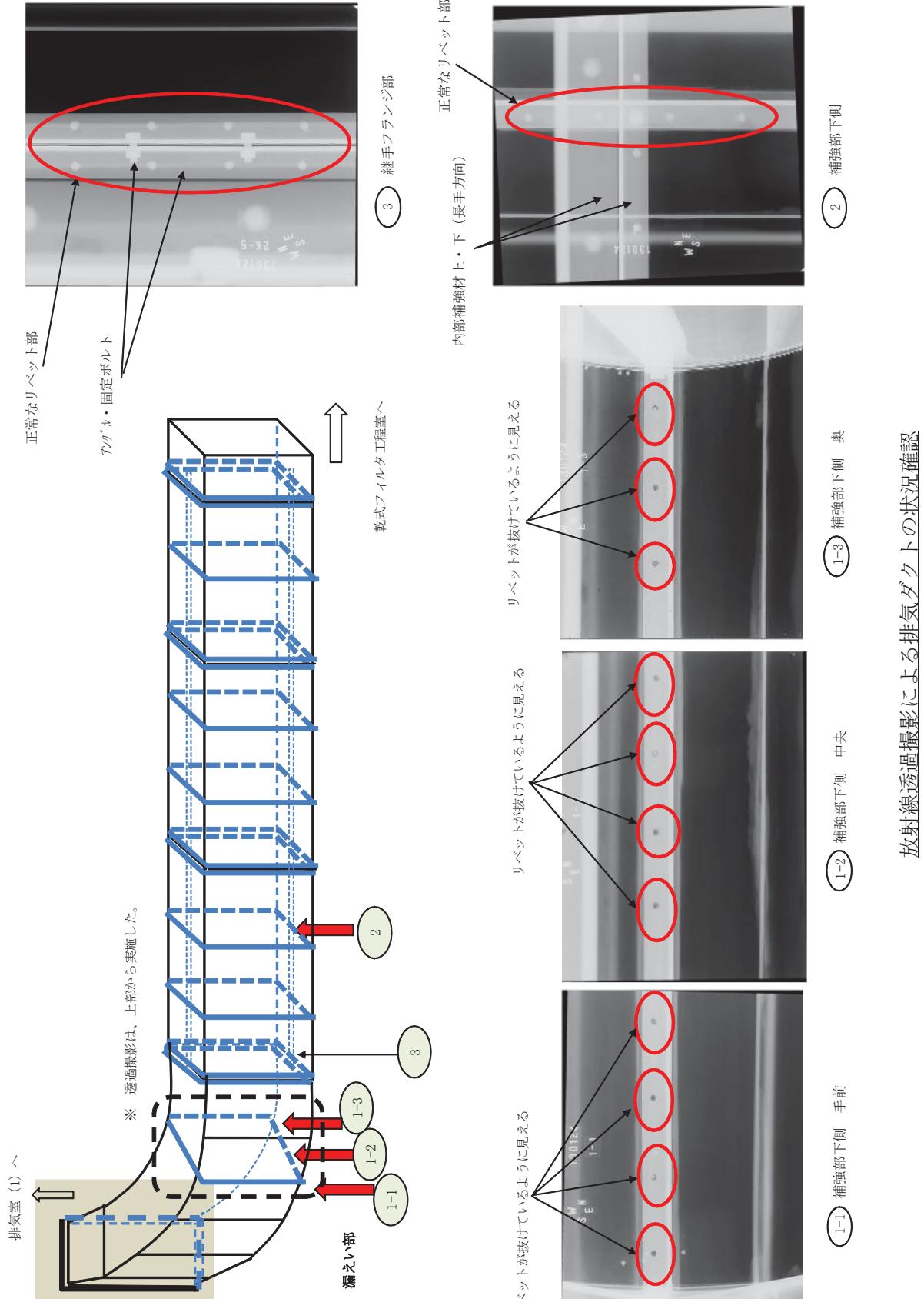


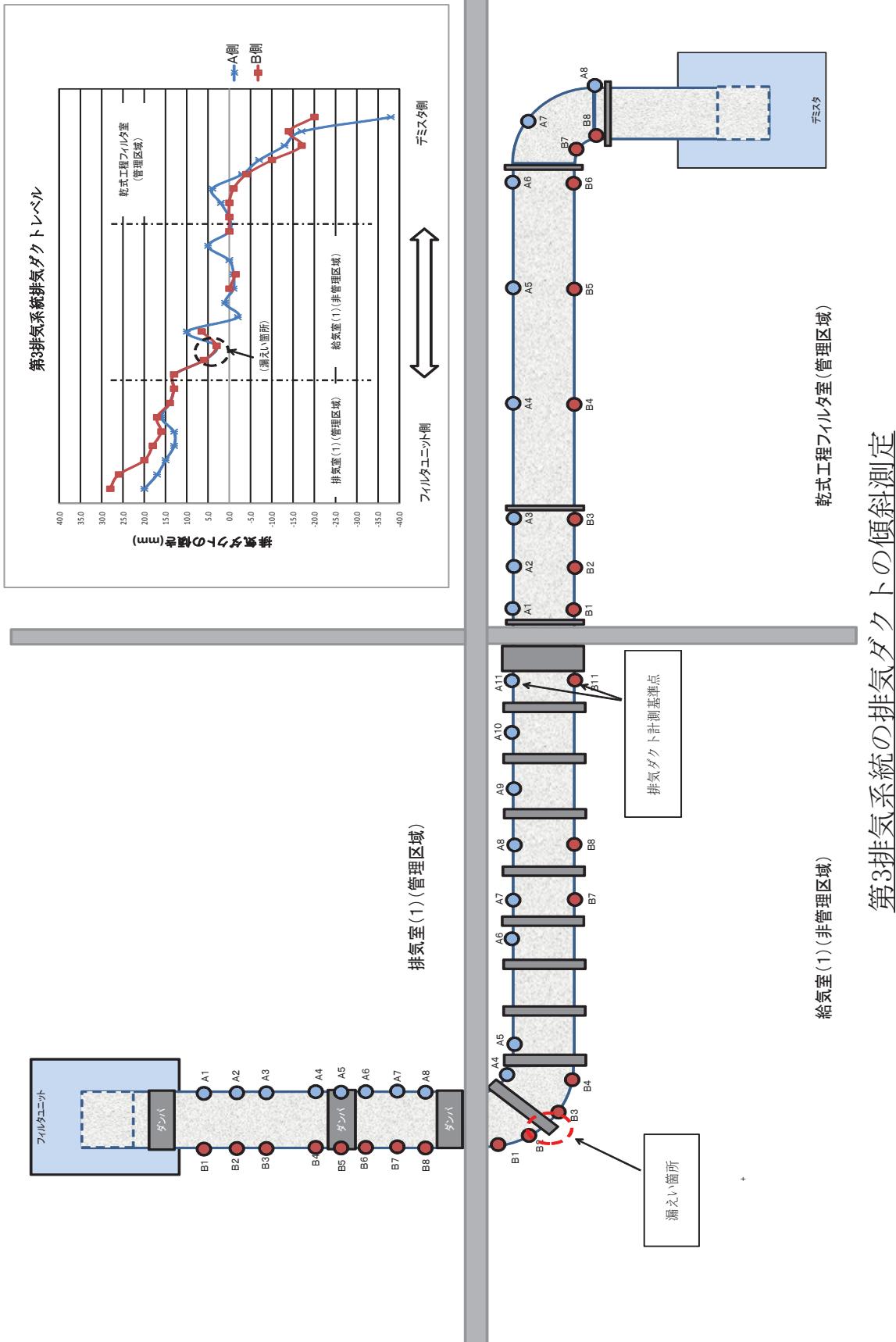
義大要性特

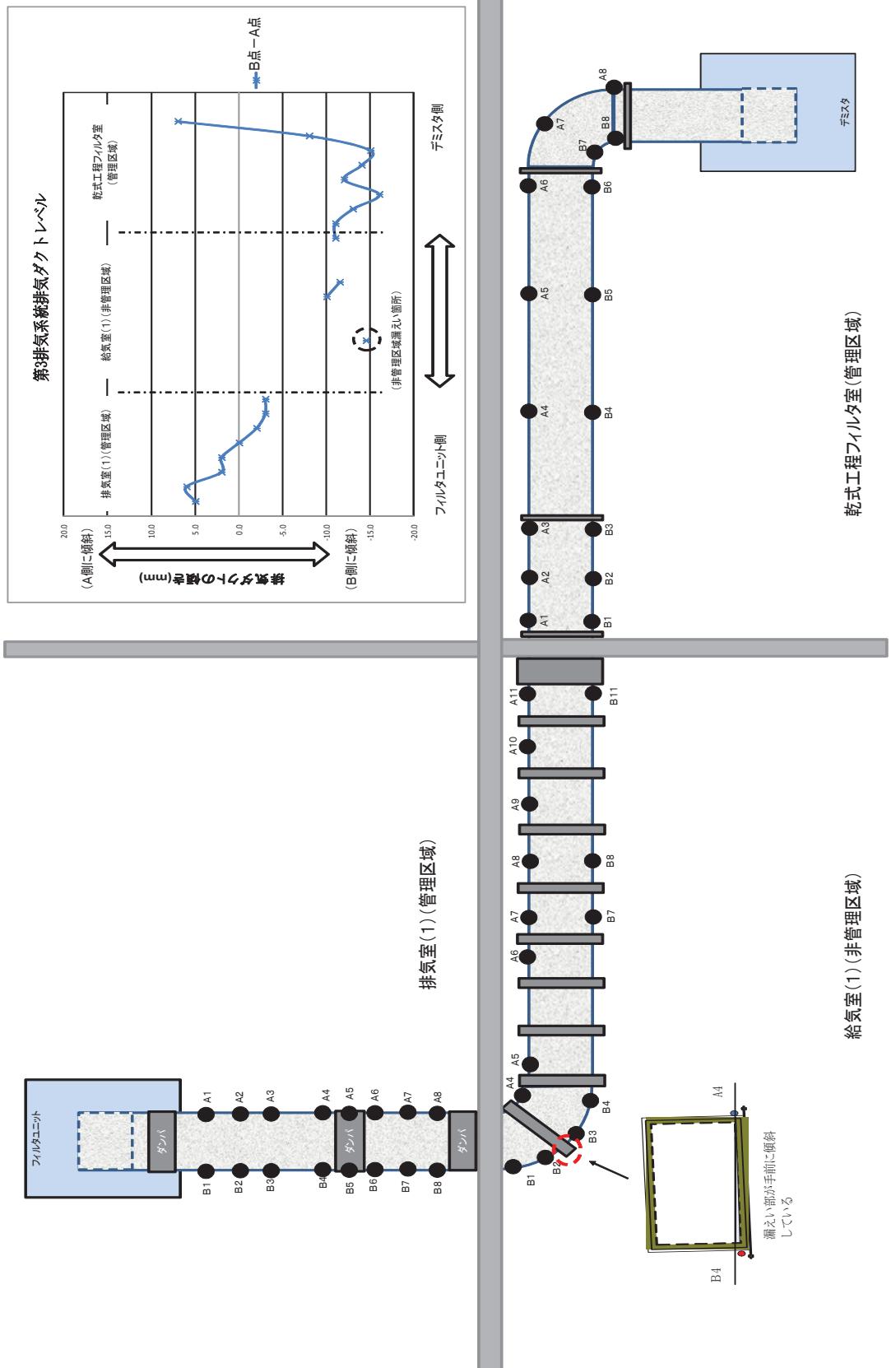




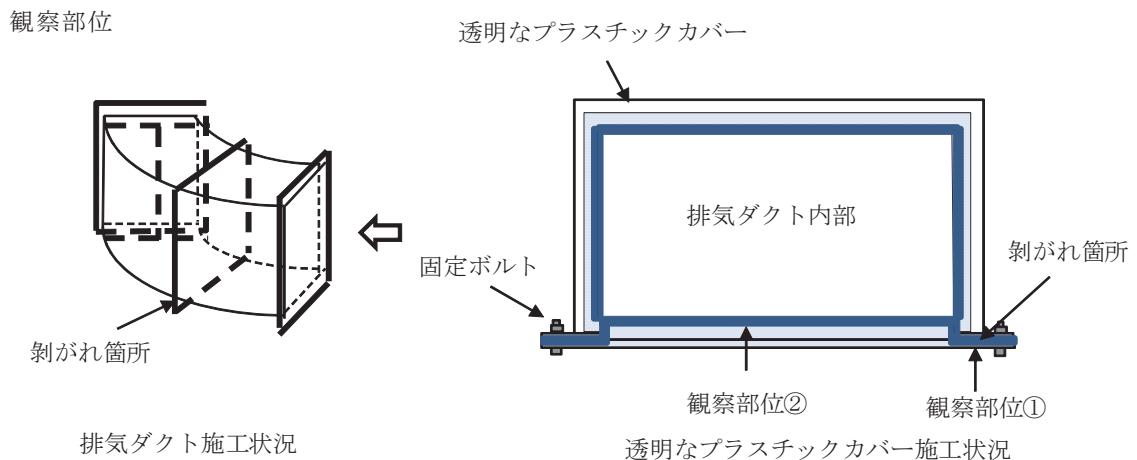








### 第3排気系統の排気ダクトの幅方向の傾斜測定

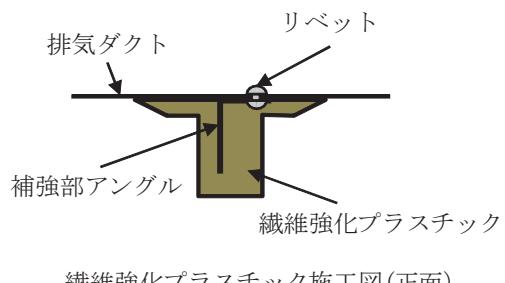
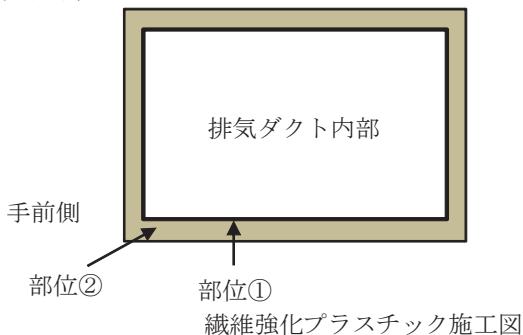


観察記録	観察内容
	<p>観察部位① 透明なプラスチックカバーの、下板と側板を接合するシール材が剥がれ隙間ができる。</p>
	<p>観察部位② 繊維強化プラスチックの施工が、透明なプラスチックカバーのシール材と重なっている。</p>

### 透明なプラスチックカバーの観察結果

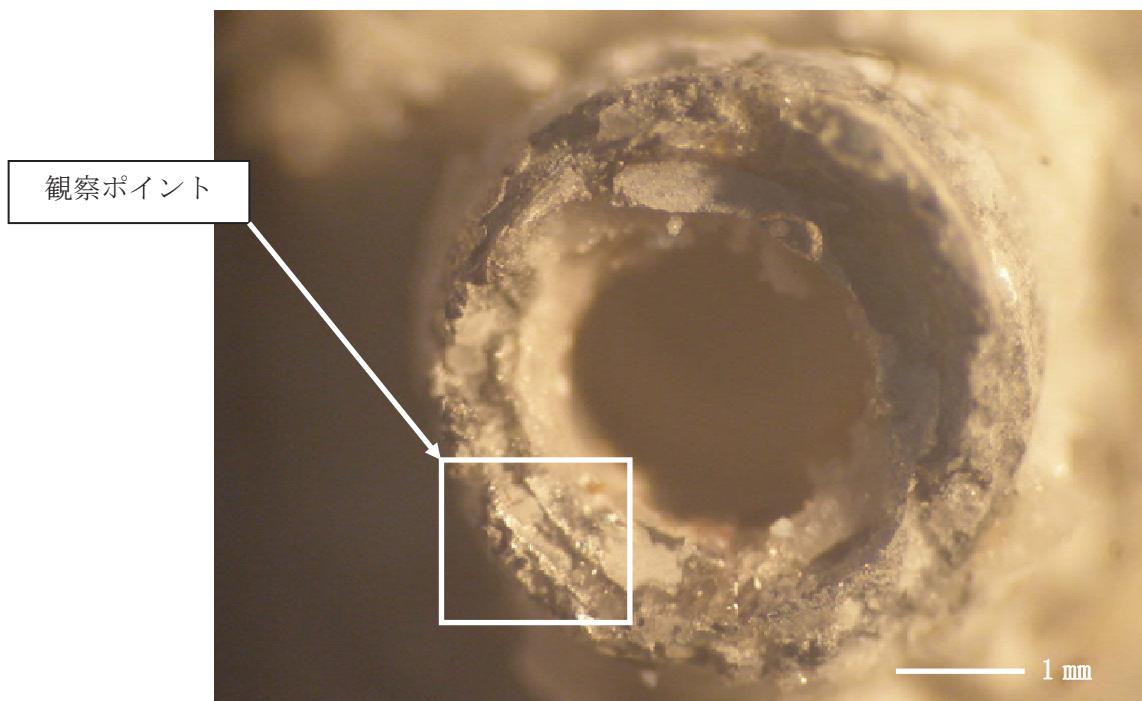
## 添付資料-11-2

観察部位

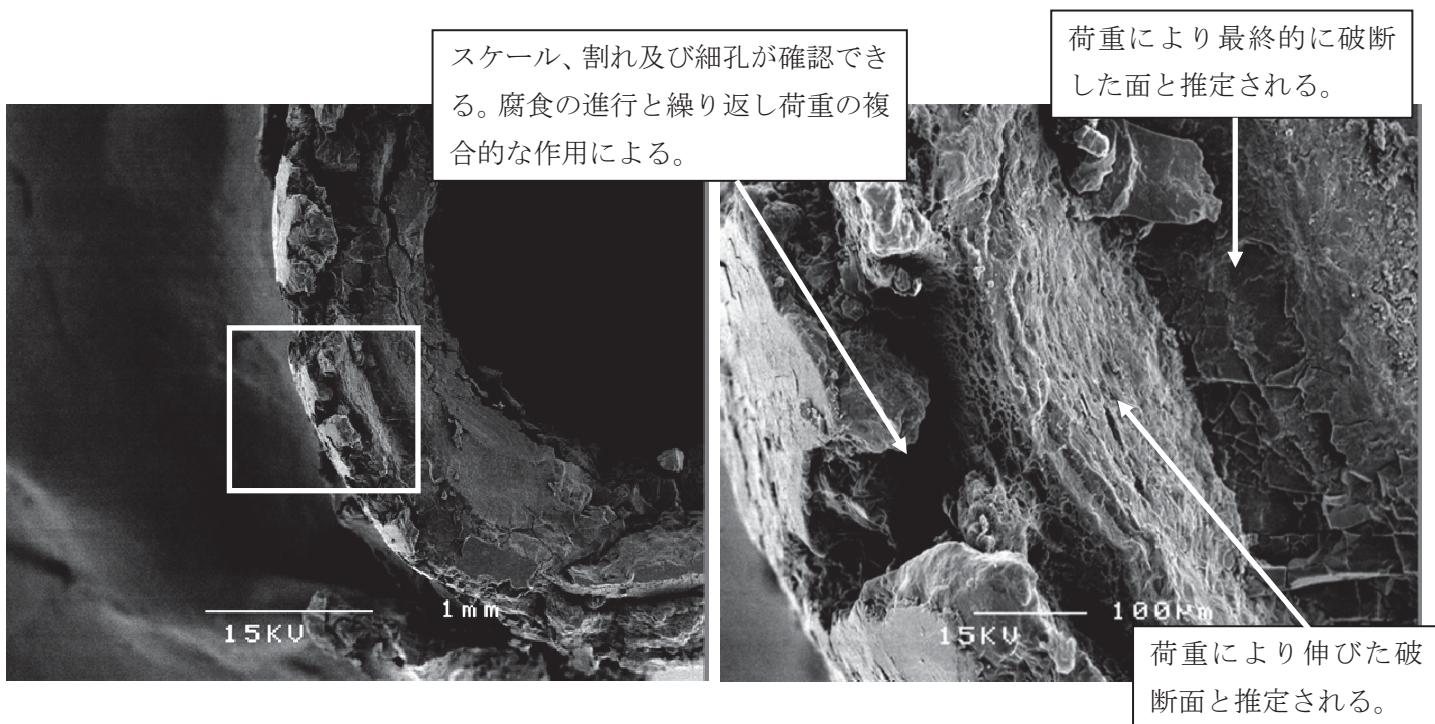


観察記録	観察内容
<p>隙間確認用 プラスチック板</p> <p>約400mm</p> <p>排気ダクト</p>	<p>観察部位 ①</p> <p>纖維強化プラスチックとダクトの間に隙間ができていた。</p> <p>約1mmの隙間</p> <p>隙間確認用 プラスチック板</p> <p>排気ダクト</p> <p>纖維強化プラスチックは接着している</p> <p>纖維強化プラスチック</p>
<p>部位 ②</p> <p>リベットが排気ダクトから外れている。 リベット穴も変形している。</p> <p>排気ダクト</p> <p>リベット穴</p> <p>纖維強化プラスチック</p>	<p>排気ダクトが内側に引かれることから、リベット穴は外側に変形する。</p> <p>排気ダクト内側</p> <p>リベット</p> <p>アングル</p> <p>纖維強化プラスチック</p> <p>約16.4mm</p>

## 纖維強化プラスチックの観察結果

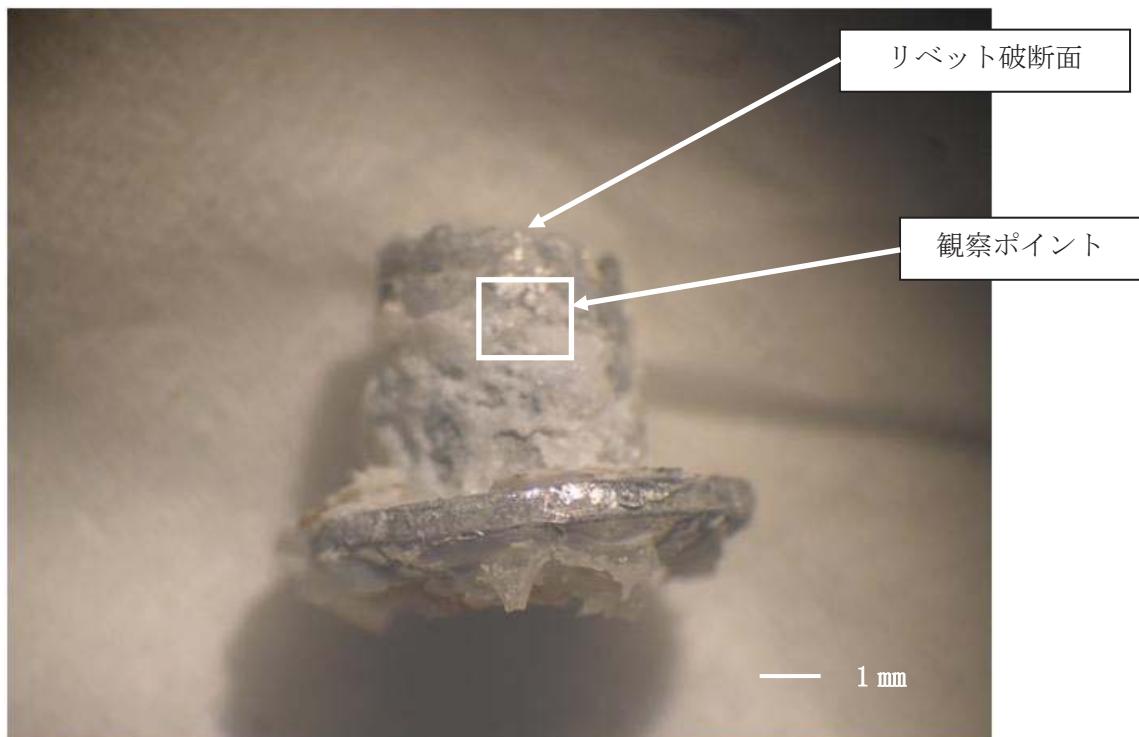


リベット破断面顕微鏡写真

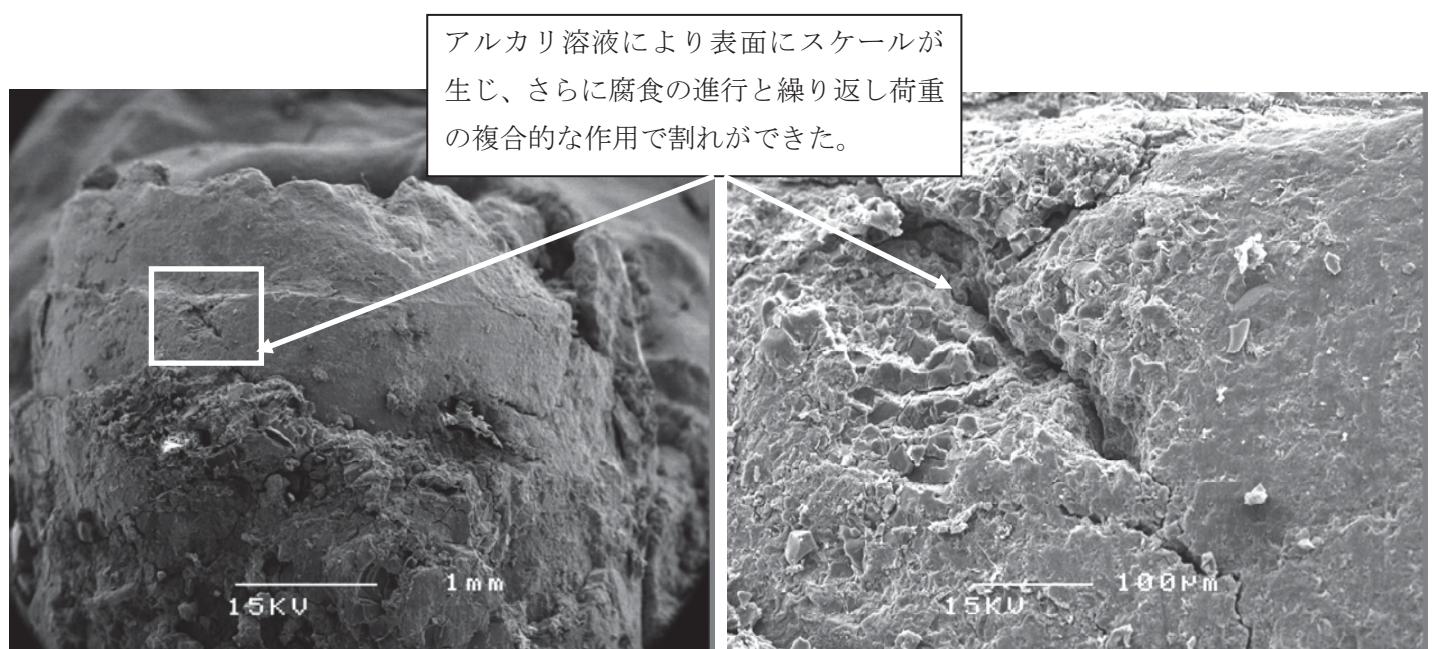


リベット破断面顕微鏡写真

### リベットの観察結果（端面）



リベット破断面顕微鏡写真



リベット破断面顕微鏡写真

### リベットの観察結果(側面)