

淡水化装置（RO-3）用の温風ヒータ吸気ダクト 取替作業における身体汚染の発生について

2021年12月23日



東京電力ホールディングス株式会社

1. 身体汚染の発生

- 11/19(金)に、当社社員4名が淡水化装置（RO-3）の温風ヒータ吸気ダクト取替作業を実施した後、管理対象区域を退出する際に社員2名の身体汚染が確認された（残り2名は作業着のみに汚染を確認）。
- 時系列
 - 10:10頃 当社社員4名がヒータ装置コンテナ（Gゾーン※）内にてダクト取替作業開始
 - 11:10頃 ダクト取替作業終了【作業時間：約1時間】
作業後2名（社員C,D）は退域し、入退域管理棟で汚染検査を実施（身体汚染^{なし}、作業着汚染^{あり}）
 - 11:40頃 残り2名（社員A,B）は装備交換所でY装備に着替えて、淡水化装置ハウス（Yβゾーン※）に移動し、作業結果（温風排出）確認【作業時間：約15分】
 - 12:20頃 残り2名は退域し、入退域管理棟で汚染検査を実施（身体汚染^{あり}、作業着汚染^{あり}）



※ Gゾーン : DS 2 マスク、一般作業服で作業可能なエリア

Yβゾーン : 全面マスク、カバーオールを着用が必要なエリア且つベータ管理対象エリア

2-1.作業エリア

北 ←



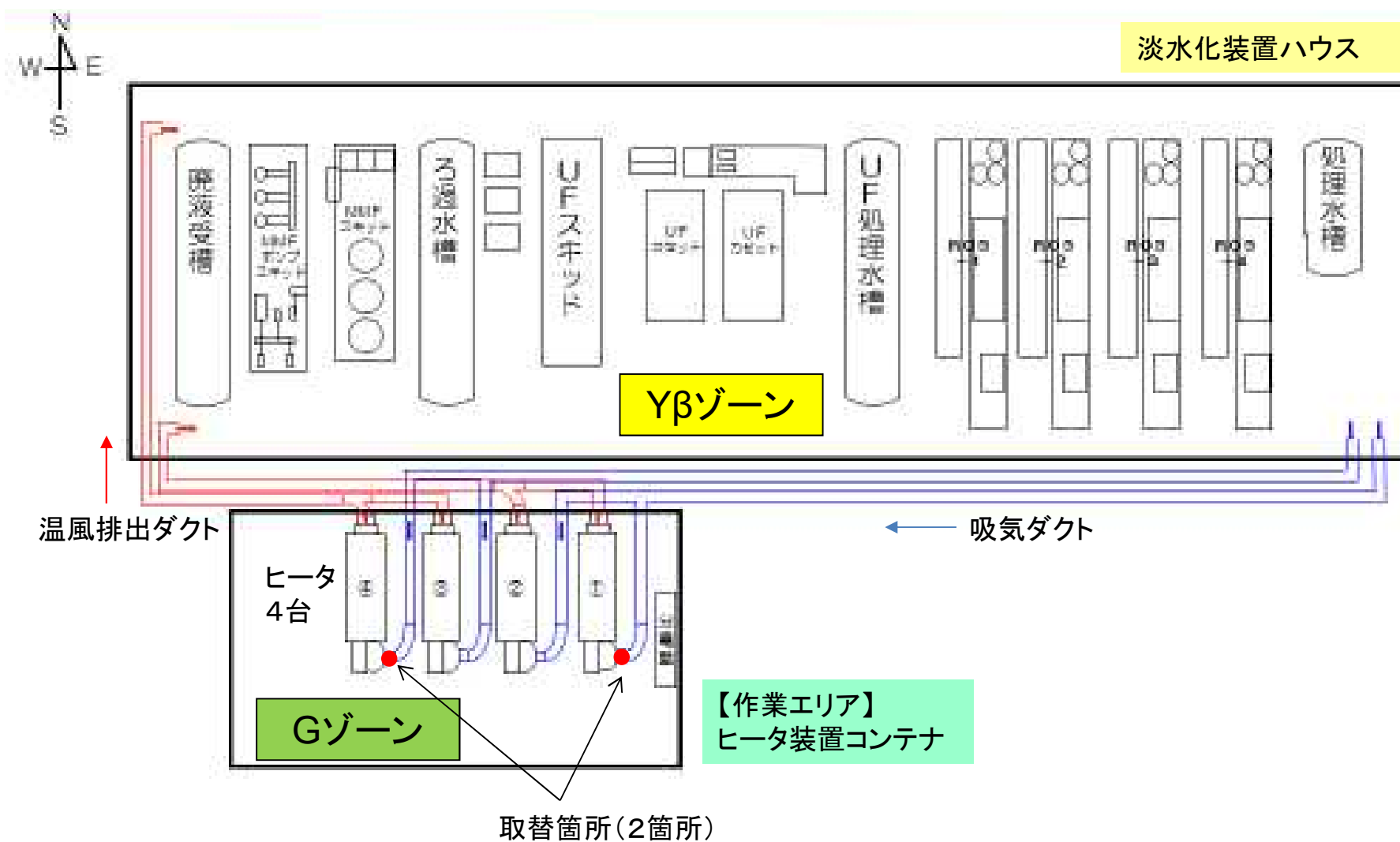
【Cエリア 淡水化装置南側】



※ Gゾーン : DS 2 マスク、一般作業服で作業可能なエリア

Yβゾーン : 全面マスク、カバーオールを着用が必要なエリア且つベータ管理対象エリア

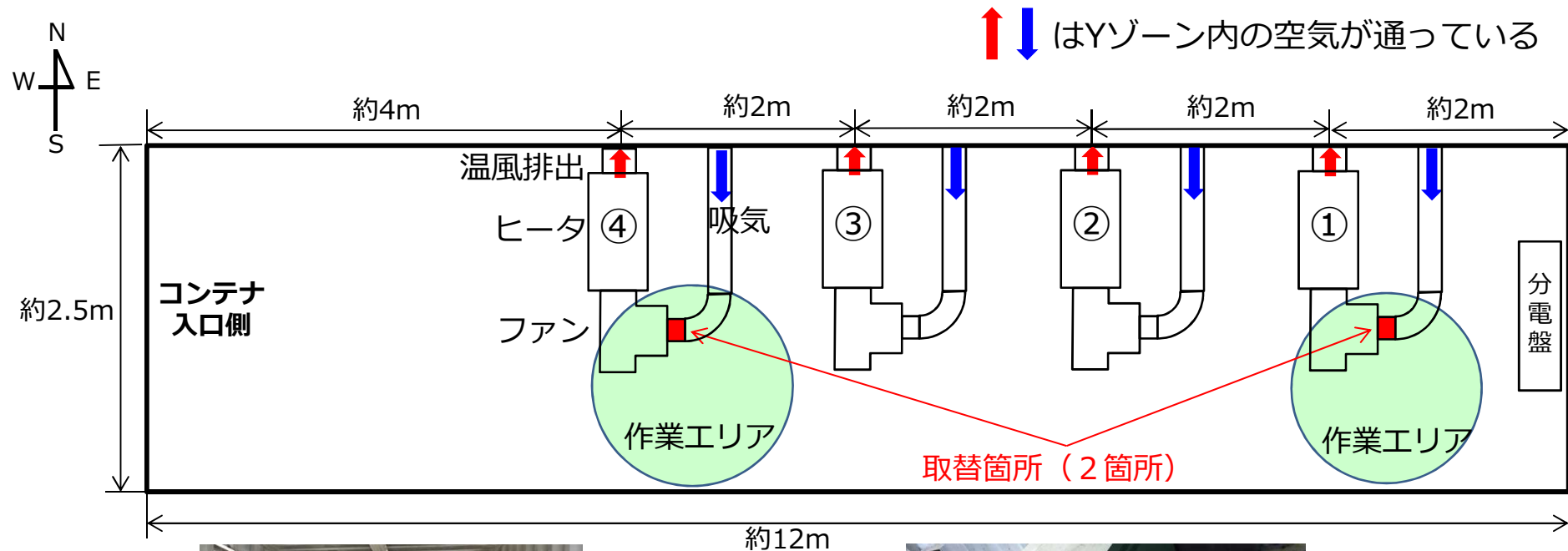
2-2.淡水化装置（R O－3）・温風ヒータ装置 概略配置図



2-3.作業内容・エリア拡大図

➤ ヒータ①④の吸気ダクト接続部の取替を実施

破損ダクトの取替作業は、破損ダクト両端のホースバンドのボルトを緩めて破損ダクトを取り外し、新品ダクトを取り付けてホースバンドで止め直す作業であった。



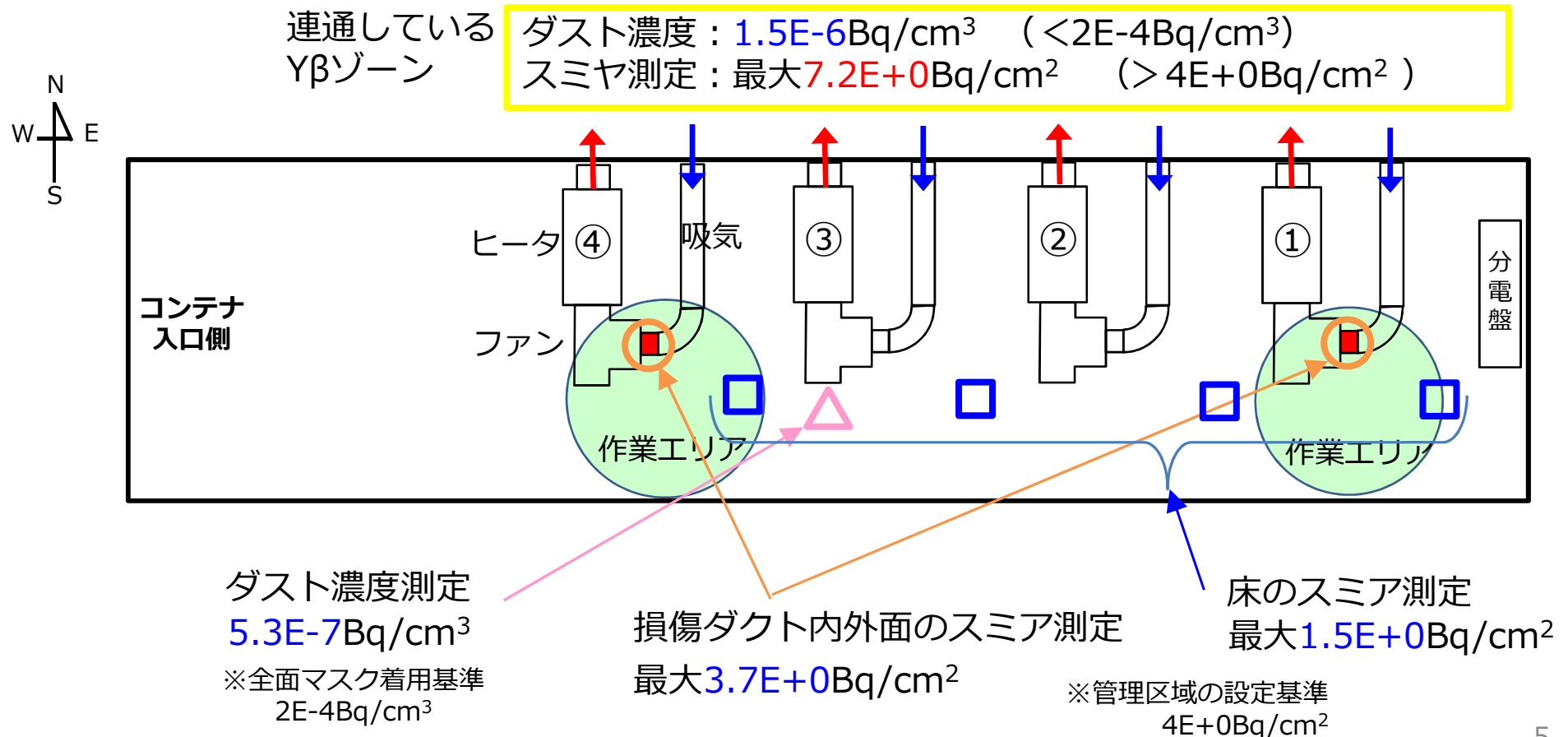
コンテナ入口側から見た写真



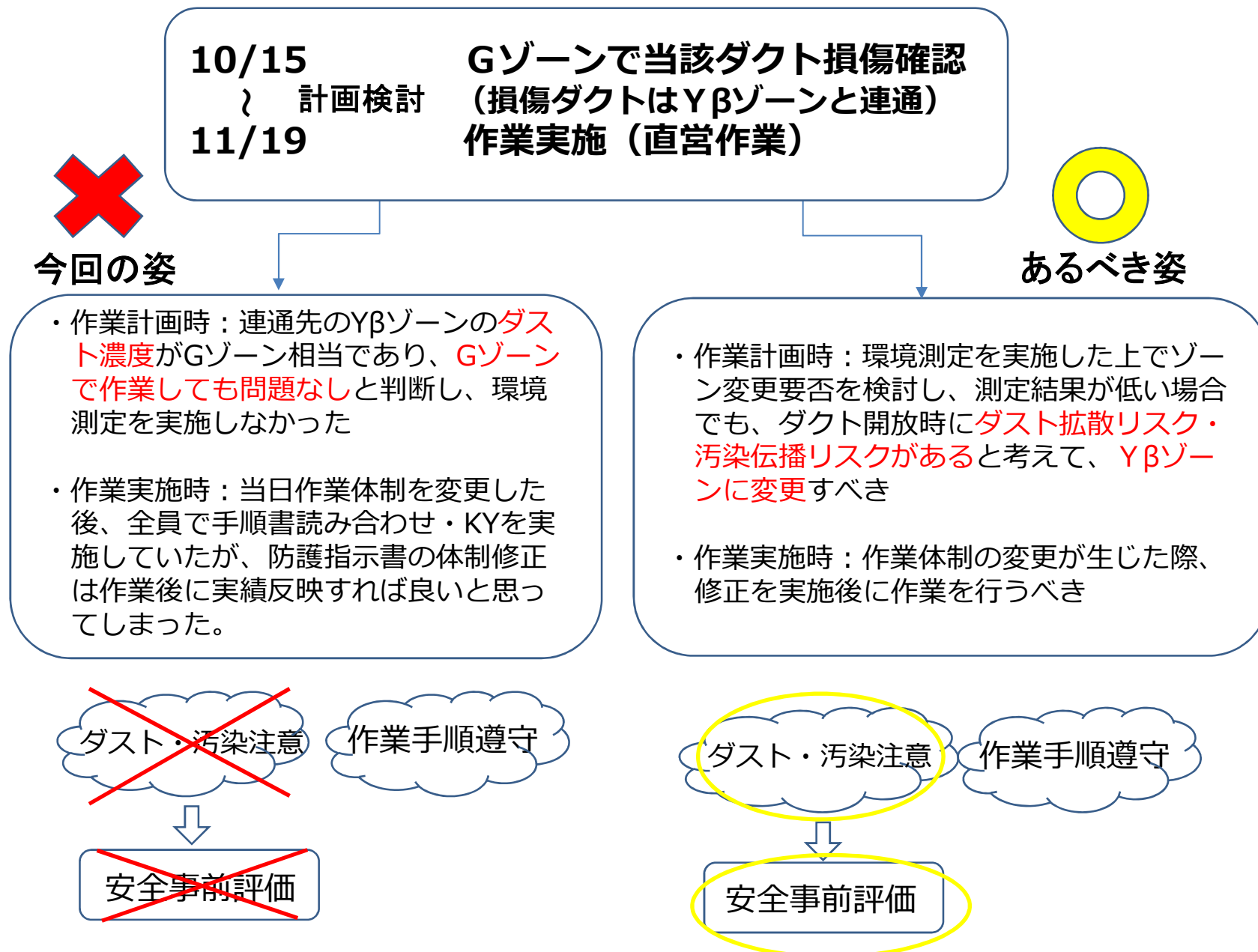
吸気ダクト

2-4.作業環境測定状況

- **作業計画**：Yβゾーンの環境測定データより、ダスト濃度が全面マスク着用基準未満であることを確認し問題ないと判断していたため、環境測定を実施しておらず、Gゾーンのまま作業を計画。
- **作業時**：ダクト内部の汚染がYβゾーンと同程度存在する可能性を考慮せず、汚染伝播リスクへの配慮が不足したまま作業実施。
- **作業後**：作業エリアのサーベイを実施した結果、当該作業を行うエリア近傍のダスト濃度及び表面汚染密度はG装備で作業可能な環境であることを確認。



3-1.事象発生の際の経緯とあるべき姿



3-2.原因と対策

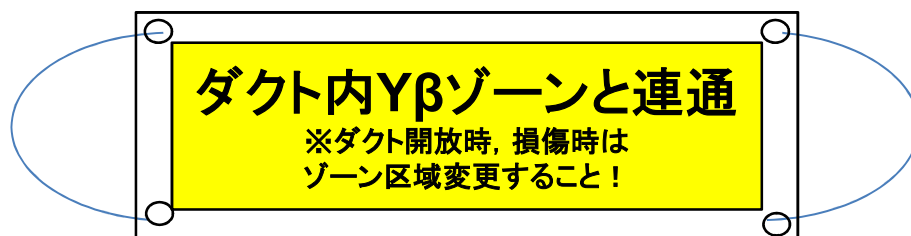
➤身体汚染の根本原因

「作業中に起こり得る汚染伝播・ダスト上昇を踏まえたゾーン設定ができなかったこと」

➤対策

- ・【視覚的強調】他ゾーンと連通したダクトのGゾーン側に下記を表示
- ・【再教育】放射線管理仕様書，直営作業ガイドの再教育実施
(1mSv超過→放管確認要，作業体制の変更時他→防護仕様書変更・承認必須)
- ・【直営作業ガイドの改訂】直営作業で他ゾーンと連通した設備や機器を取り扱う作業，3H作業を対象に，放射線防護上の措置について放射線管理部門のレビューを受けることを追加

表示例



表示を番線等で固縛



水平展開

- ・汚染のおそれのない管理対象区域-G-Y-Rゾーンの連通空調ダクト調査 計36か所
- ・当該ダクトの所管Gへ同様の対策を周知・展開

身体および顔面に放射性物質の付着を確認した社員については、管理対象区域からの退域基準である $4\text{Bq}/\text{cm}^2$ 未満まで除染し、管理対象区域からの退域後にホールボディカウンタ（WBC）の測定を行った。また、作業エリアのダスト濃度、作業時間から摂取量及び預託実効線量を算出し、暫定評価を行った。なお、詳細な預託実効線量は、尿中のSr-90測定結果に基づき算出する。

➤ WBC測定結果

身体および顔面に放射性物質の付着を確認した社員のWBC測定を行った結果、K-40以外の検出核種はなし。なお、Sr-90は純 β 核種のため、WBCでは検出されない。

➤ ダスト濃度・作業時間から算出した預託実効線量【暫定】

摂取量及び預託実効線量を算出（算出式は次ページ参照）した結果、記録レベル（ 2mSv ）未満であった。

➤ 尿の測定結果から算出した預託実効線量

（現在、測定中）

<ダスト濃度・作業時間からの算出式>

$$\text{摂取量 } I \text{ (Bq)} = C \times b \times t \times F / P$$

C : 空気中の放射性物質の平均濃度 (Bq/cm³)

b : 単位時間あたりの放射線業務従事者が呼吸する空気量 (1.2×10⁶cm³/h)

t : 作業時間 (h)

F : 放射線作業従事者の呼吸域の空气中放射性物質濃度と、作業室の定置式ダストモニタの指示した空气中放射性物質濃度との比 (不明な場合は「1.0」を使用する)

P : 防護マスクの防護係数 (全面マスク : 50、DS2マスク : 3)

$$\text{預託実効線量 (mSv)} = \Sigma (I \times K)$$

I : 核種の摂取量

K : Sr-90の化学形に対する実効線量係数 (3.0×10⁻⁵mSv/Bq)

<尿の測定結果からの算出式>

$$\text{預託実効線量 (mSv)}$$

$$= \text{尿分析結果 (Bq/日尿)} \div \text{尿中排泄率} \times \text{実効線量係数 (3.0 \times 10^{-5} \text{ mSv/Bq})}$$

※算出方法の出典：被ばく線量の測定・評価マニュアル（原子力安全技術センター）

【参考】作業体制

作業体制(当初予定)

社員概要		
	(A) 40代 作業責任者	(C) 20代 作業者
1 F 経験年数	3年1ヶ月	4年6ヶ月



8年11ヶ月

11/15：防護指示書（案）作成



11/16～17：体調不良で休暇

11/18：在宅勤務（別業務実施）

11/19：復調して出社

作業体制(作業当日に変更)

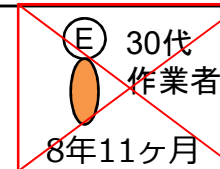
社員概要		
	(A) 40代 作業責任者	(B) 40代 作業者
1 F 経験年数	3年1ヶ月	1ヶ月



4年6ヶ月



2ヶ月



8年11ヶ月

体調不良明け
↓
作業不参加

11/19：事務所でKYのみ参加

- ・【作業体制変更前】社員 E は、11/19 出社後、自分が作業に参加するつもりで防護指示書を作成。
- ・その後、は、体調不良明けの社員 E の体調を考慮し、社員 E を外し、社員 B、D を追加した体制変更を行い、当日の作業は実施可能と判断。
- ・新体制 A ～ D + 社員 E の 5 名で事務所内で手順書の読み合わせ及び K Y を実施した後、新体制 4 名で現場出向。

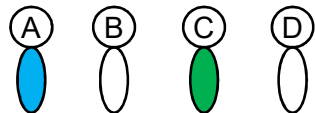
→本来は体制変更発生時は防護指示書の修正が必要であったが、作業者全員で作業前準備を実施していたこともあり、防護指示書の修正は作業後に実績として修正すれば良いと考えてしまった。

【参考】作業員配置図

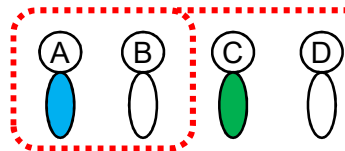
社員概要	(A) 40代 作業責任者	(B) 40代 作業員	(C) 20代 作業員 (主担当)	(D) 20代 作業員
1 F 経験年数	3年1ヶ月	1ヶ月	4年6ヶ月	2ヶ月

Gゾーン

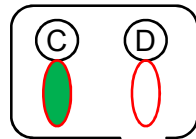
①社員4名がヒータ装置コンテナにてダクト取替作業開始



②ダクト取替修理終了



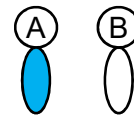
③退域後、入退域管理棟で汚染検査を実施



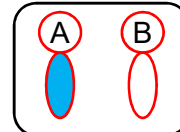
身体汚染なし
作業着汚染あり

Yβゾーン

③装備交換所にてY装備に着替えて、淡水化装置ハウスにて作業結果(温風排出)確認



④退域後、入退域管理棟で汚染検査を実施



身体汚染あり
作業着汚染あり

➤ **福島第一におけるルール**

- ✓ 「福島第一原子力発電所 直営作業ガイド」では、最新の作業環境「線量当量率、表面汚染、ダスト濃度」を確認し、作業予定表・防護指示書に記載することを要求している。

➤ **本作業における対応**

- ✓ 本作業においても、「福島第一原子力発電所 直営作業ガイド」に基づき、最新の作業環境「線量当量率、表面汚染、ダスト濃度」を確認し、作業予定表・防護指示書に記載していた。
- ✓ しかし、連通先のYβゾーンのダスト濃度がGゾーン相当であり、Gゾーンで作業しても問題なしと判断してしまったために、Yβゾーンに設定変更しなかった。
→連通先のYβゾーンのダスト濃度・汚染密度を考慮し、ダクト開放時にダスト拡散リスク・汚染伝播リスクがあると考えて、Yβゾーンに変更すべきだった。
自Gのみで判断せずに放射線管理部門に相談すべきだった。
- ✓ ・当日作業体制を変更した後、全員で手順書読み合わせ・KYを実施していたが、防護指示書の体制修正は作業後に実績反映すれば良いと思ってしまった。
→作業体制の変更が生じた場合は、修正を実施した後に作業を行うべきだった。

➤ 防護装備

ヒータ装置コンテナ（Gゾーン）：DS2マスク、一般作業服、Gヘルメット、G靴、靴下、
ゴム手袋(シーリングなし)、布手袋

淡水化装置ハウス（Yβゾーン）：全面マスク、カバーオール、Yヘルメット、Y靴、靴下、
ゴム手袋(シーリングあり)、布手袋

➤ 外部被ばく

作業者のAPD値は、(γ)0.01mSv、(β)0.0mSv

➤ 主な身体汚染の状況

一般作業服（主に腕、もも）と身体（主に顔面、腕部）に放射性物質の付着を確認した。

顔面に放射性物質の付着を確認した作業者の最大値は、首で3.4Bq/cm²。

➤ 鼻腔スミア

顔面に放射性物質の付着を確認した作業者の鼻腔スミアからSr-90が検出された。

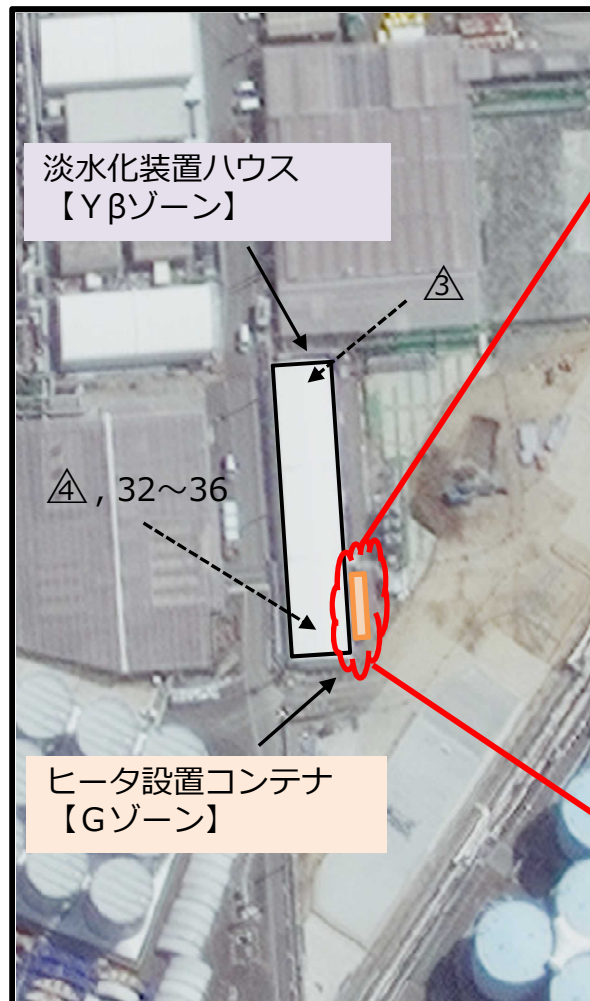
なお、Cs-134,Cs-137,全αは検出限界値未満であった。

鼻腔スミアの最大値は、全β：0.72Bq/サンプル、Sr-90：0.19Bq/サンプル。

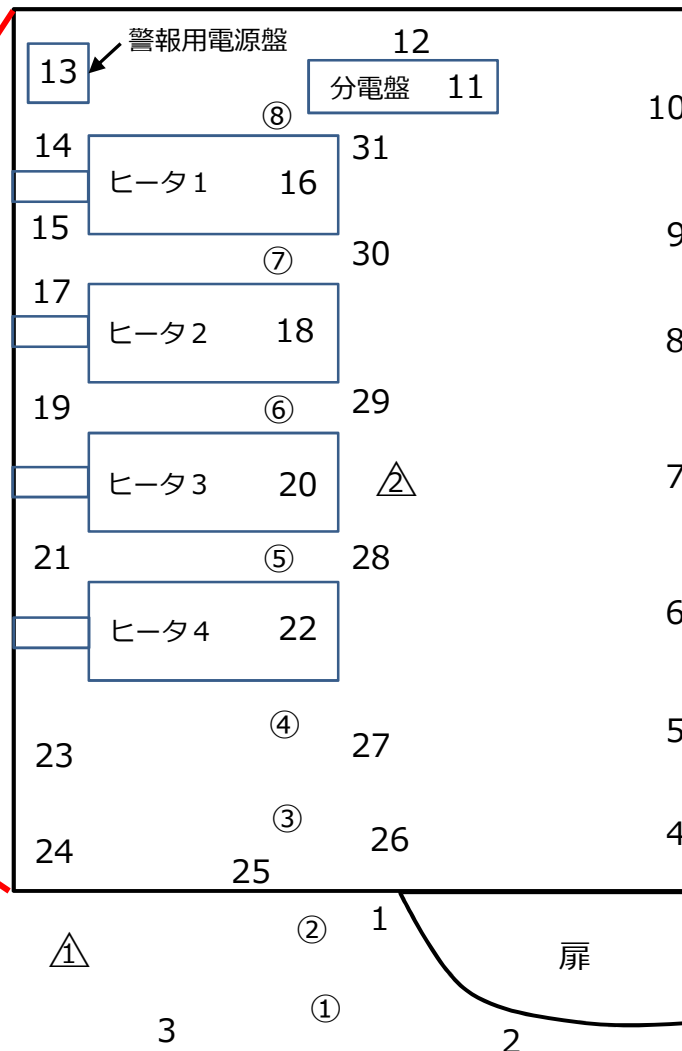
【参考】作業エリアのサーベイ結果（1 / 5）

- 本作業後、作業エリアの表面汚染密度・空間線量当量率・空气中放射性物質濃度を測定した。測定結果は次項に示す。

＜作業現場（航空写真）＞



＜サンプリング箇所＞



凡例

No.: スミア採取箇所

○: 空間線量当量率測定箇所

△: 空气中放射性物質採取箇所

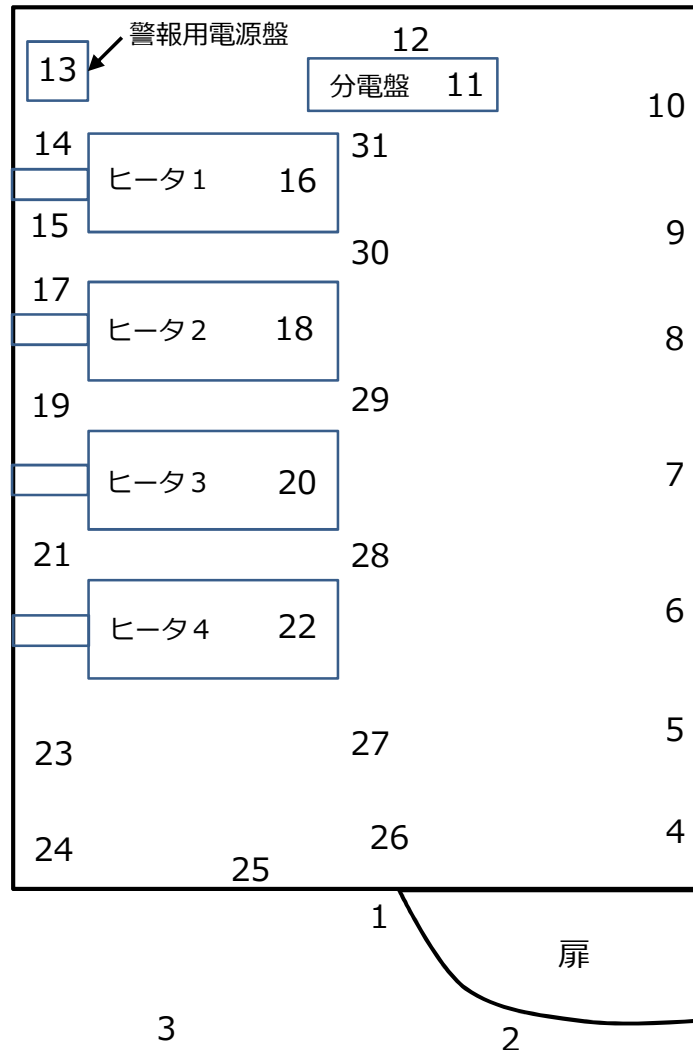
【参考】作業エリアのサーベイ結果（2／5）

■ヒータ設置コンテナの測定結果①

<サンプリング箇所>

凡例

No. : スミア採取箇所



<表面汚染密度> （採取日時： 11/19 14:22～15:20）

BG : 120cpm 検出限界値 : 1.3E+0Bq/cm²

No	採取箇所	Gross (cpm)	Net (cpm)	表面汚染密度 (Bq/cm ²)
1	扉	120	0	LTD
2	地面	120	0	LTD
3	地面	120	0	LTD

BG : 130cpm 検出限界値 : 1.2E+0Bq/cm²

No	採取箇所	Gross (cpm)	Net (cpm)	表面汚染密度 (Bq/cm ²)
4	壁	240	110	1.7E+0
5	ガラリ	240	110	1.7E+0
6	壁	180	50	LTD
7	壁	200	70	LTD
8	壁	160	30	LTD
9	ガラリ	170	40	LTD
10	壁	210	80	LTD
11	電源盤	220	90	1.4E+0
12	壁	1200	1070	1.6E+1
13	警報用電源盤	420	290	4.4E+0
14	壁	150	20	LTD
15	ガラリ	3200	3070	4.7E+1
16	ヒータ	280	150	2.3E+0
17	壁	210	80	LTD
18	ヒータ	1200	1070	1.6E+1
19	壁	210	80	LTD
20	ヒータ	1800	1670	2.6E+1
21	壁	150	20	LTD
22	ヒータ	2800	2670	4.1E+1
23	ガラリ	220	90	1.4E+0
24	壁	170	40	LTD
25	壁	210	80	LTD
26	床	130	0	LTD
27	床	190	60	LTD
28	床	230	100	1.5E+0
29	床	160	30	LTD
30	床	130	0	LTD
31	床	180	50	LTD

スミアの核種分析結果 (Bq/cm²)

No.	Cs-134	Cs-137	全β放射能	全α放射能	Sr-90
15	<3.2E-2	2.1E-1	1.8E+1	<8.6E-3	6.3E+0
22	<1.0E-1	3.9E-1	1.1E+1	<8.6E-3	4.6E+0

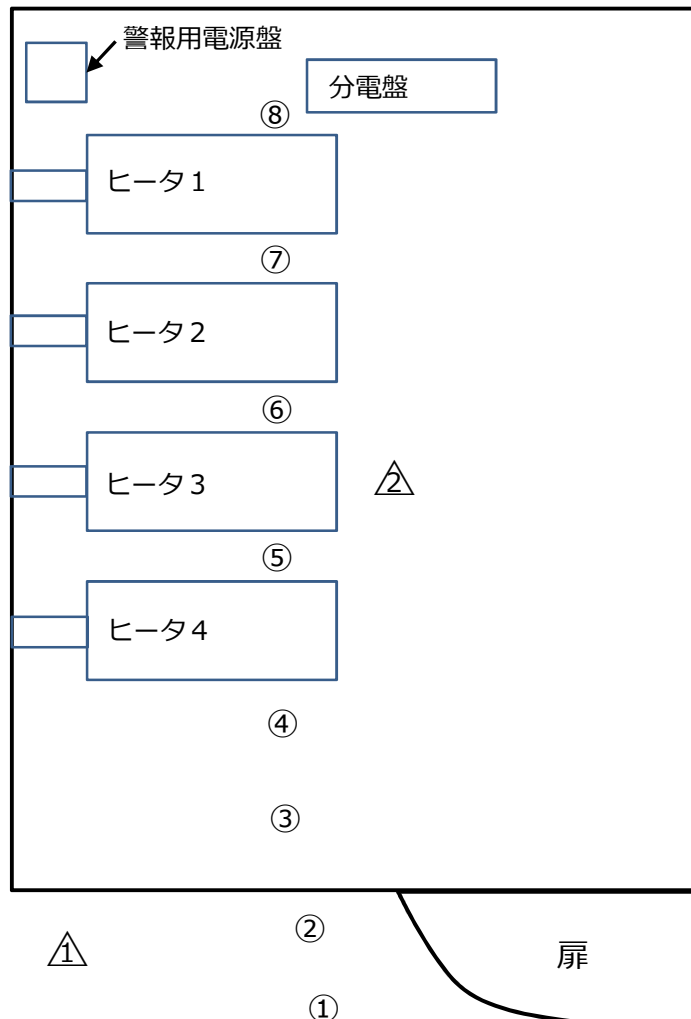
【参考】作業エリアのサーベイ結果（3 / 5）

■ヒータ設置コンテナの測定結果②

＜サーベイ・
サンプリング箇所＞

凡例

- ：空間線量当量率測定箇所
- △：空气中放射性物質採取箇所



＜空間線量当量率＞（測定日時：11/19 14:00～15:20）

No	空間線量当量率【mSv/h】	
	1cm線量当量率	70μm線量当量率
BG	0.003	0.003
①	0.003	0.003
②	0.004	0.004
③	0.005	0.006
④	0.005	0.010
⑤	0.020	0.080
⑥	0.010	0.020
⑦	0.010	0.300
⑧	0.005	0.020

＜空气中放射性物質濃度＞

（採取日時：△11/19 14:00～14:10、△11/19 15:10～15:20）

No	BG	Gross (cpm)	Net (cpm)	空气中放射性物質濃度 (Bq/cm ³)
△1	120	120	0	LTD ^{※1}
△2	130	140	10	LTD ^{※2}

※1 検出限界値：2.9E-5Bq/cm³

※2 検出限界値：3.0E-5Bq/cm³

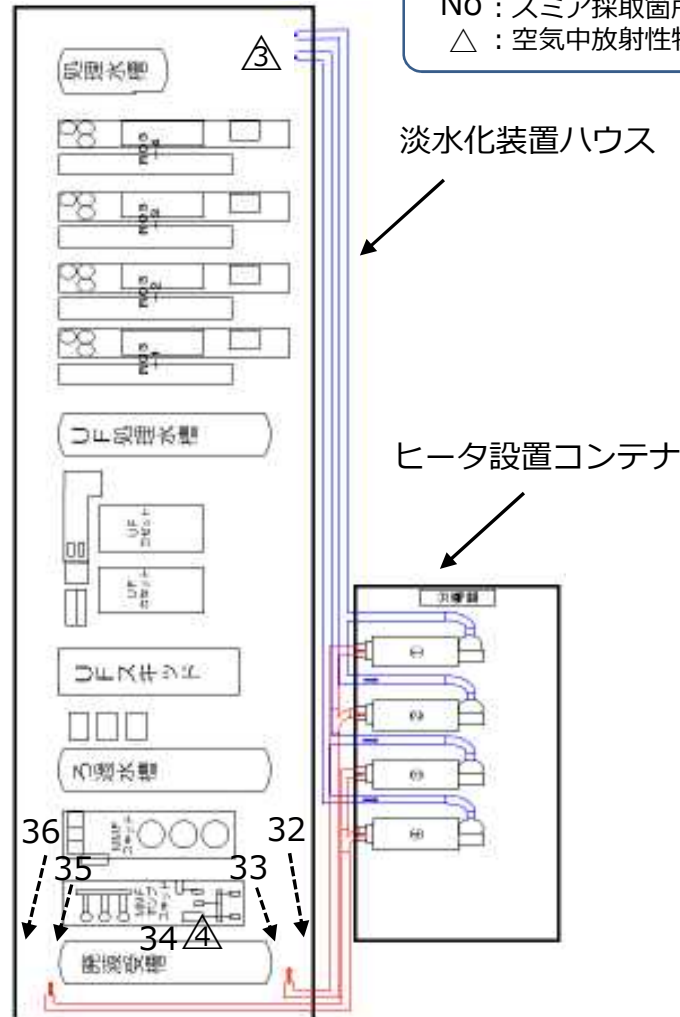
作業エリアの空气中放射性物質の核種分析結果 (Bq/cm³)

No.	Cs-134	Cs-137	全β放射能	全α放射能	Sr-90
△2	<2.0E-7	<1.6E-7	5.3E-7	<1.8E-7	<7.6E-8

【参考】作業エリアのサーベイ結果（4 / 5）

■ 淡水化装置ハウスの測定結果

＜サンプリング箇所＞



凡例

No : スミア採取箇所
△ : 空気中放射性物質採取箇所

＜表面汚染密度＞（採取日時：11/21 11:48～11:58）

BG : 170cpm 検出限界値 : 1.3E+0Bq/cm²

No	採取箇所	Gross (cpm)	Net (cpm)	表面汚染密度 (Bq/cm ²)
32	壁	350	180	2.5E+0
33	床	1500	1330	1.9E+1
34	床	1200	1030	1.4E+1
35	床	1500	1330	1.9E+1
36	壁	700	530	7.4E+0

スミアの核種分析結果 (Bq/cm²)

No.	Cs-134	Cs-137	全β放射能	全α放射能	Sr-90
32	<8.6E-2	<1.0E-1	1.5E+0	<9.2E-3	6.1E-1
33	<1.0E-1	3.3E-1	6.6E+0	<9.2E-3	2.7E+0
34	<1.1E-1	3.8E-1	6.8E+0	<9.2E-3	3.1E+0
35	<1.4E-1	4.7E-1	7.2E+0	<9.2E-3	3.0E+0
36	<1.0E-1	2.2E-1	3.5E+0	<9.2E-3	1.3E+0

＜空気中放射性物質濃度＞

（採取日時：△11/19 16:20～16:30、△11/21 11:48～11:58）

No	BG	Gross (cpm)	Net (cpm)	空気中放射性物質濃度 (Bq/cm ³)
△3	120	120	0	LTD ^{※1}
△4	170	200	30	LTD ^{※2}

※1 検出限界値 : 2.9E-5Bq/cm³

※2 検出限界値 : 3.1E-5Bq/cm³

作業エリアの空気中放射性物質の核種分析結果 (Bq/cm³)

No.	Cs-134	Cs-137	全β放射能	全α放射能	Sr-90
△3	<1.5E-7	<1.8E-7	3.5E-7	<1.9E-7	<7.3E-8
△4	<1.3E-6	<1.0E-6	1.5E-6	<2.0E-7	7.4E-7

■取り外したダクトの測定結果



スミアの核種分析結果 (Bq/cm²) (採取日時 : 11/20 14:27~14:30)

	Cs-134	Cs-137	全β放射能	全α放射能	Sr-90
ダクト 1 内側	<1.0E-1	<9.7E-2	3.7E+0	<8.6E-3	1.7E+0
ダクト 2 内側	<1.1E-1	<8.4E-2	2.4E+0	<8.6E-3	1.1E+0
ダクト 1 外側	<1.0E-1	<9.3E-2	1.4E+0	<8.6E-3	8.1E-1
ダクト 2 外側	<1.3E-1	<8.9E-2	1.4E+0	<8.6E-3	5.1E-1

※ヒータ1 とヒータ4 から外した破損ダクトは一纏めに保管しており、ヒータ1 か4 の区別はつかない状態。