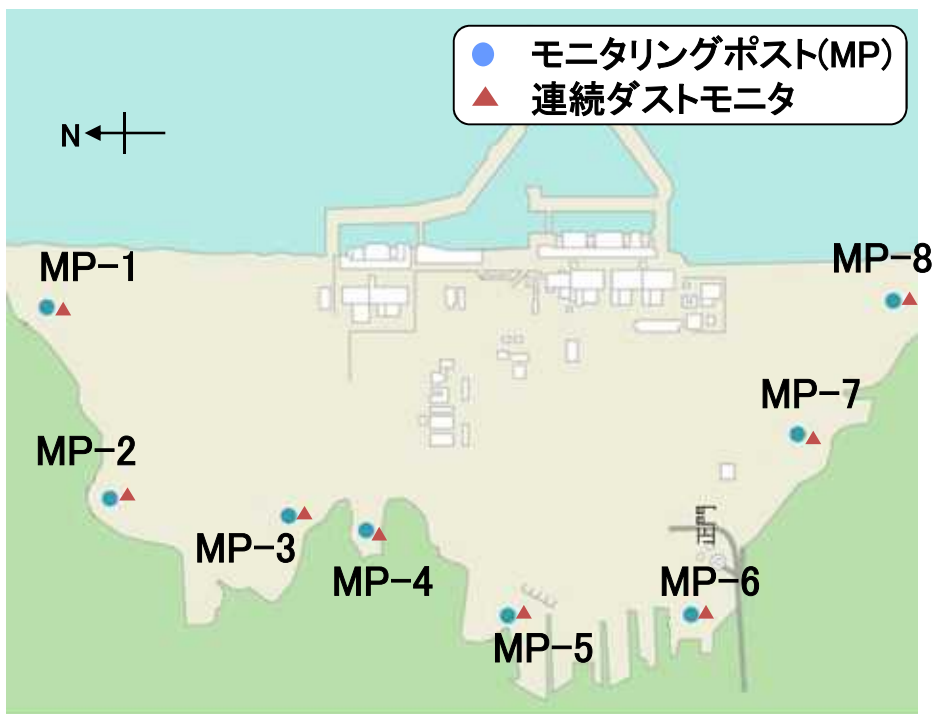


敷地境界連続ダストモニタ警報発生に伴う 原因と対策について

東京電力ホールディングス株式会社

敷地境界連続ダストモニタの設置経緯

- 3号機原子炉建屋オペフロ作業時のダスト飛散事象に鑑み、ダスト濃度をリアルタイムで監視することを目的に、1号機カバー解体作業に合わせて設置（平成26年9月に5台導入し、平成27年5月に3台追加設置）
- 天然核種の影響をリアルタイムで除外できる本機を選定（事故前にMP3・MP8近傍に設置されていたダストモニタは、天然核種の影響を除外するため、6時間集塵後6時間放置した後に測定）
- 連続ダストモニタの設置場所



連続ダストモニタ



敷地境界連続ダストモニタの「高警報」発生状況（その1）

発生日時	発生場所	調査状況	推定原因
2016年1月13日 12時39分頃	MP-7 近傍	○作業状況：構内にてダストが舞い上がる作業はなかった。 ○風 向：南南東からの風、4.3m/s (構外から風) ○他モニタの状況：<u>当該モニタ以外の敷地境界ダストモニタ、モニタリングポスト、構内ダストモニタ等に有意な上昇なし。</u> ○集塵ろ紙分析結果：人工核種が検出 Cs-134：$2.0 \times 10^{-6} \text{Bq/cm}^3$ Cs-137：$8.9 \times 10^{-6} \text{Bq/cm}^3$ ○その他：警報発生時、ダンプカー 3 台が通過した。 ○砂塵の分析結果（MP7近傍道路路面砂塵（土埃）） Cs-134：$4.7 \times 10^5 \text{Bq/kg}$ Cs-137：$2.1 \times 10^6 \text{Bq/kg}$ （MP7近傍道路路面土砂） Cs-134：$1.9 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ Cs-137：$8.9 \times 10^4 \text{Bq/kg}$ ○指示値の特徴：上昇後、低下しない。（減衰しない）	ダンプカーの通過によって舞い上がった、土埃に含まれるCsの集塵による影響

（データグラフ：参考資料 P12）

敷地境界連続ダストモニタの「高警報」発生状況（その2）

発生日時	発生場所	調査状況	推定原因
2016年6月1日 1回目： 7時54分頃 2回目： 11時30分頃	MP-2 近傍	○作業状況：<u>構内にてダストが舞い上がる作業はなかった。</u> ○風 向：西からの風、2.5m/s (構外からの風) ○他モニタの状況：<u>当該モニタ以外の敷地境界ダストモニタ、モニタリングポスト、構内ダストモニタ等に有意な上昇なし。</u> ○集塵ろ紙分析結果：1回目：<u>人工核種は検出されなかった。</u> 2回目：<u>人工核種は検出されなかった。</u> ○指示値の特徴：1回目は瞬間的な上昇と下降。 2回目は上昇後低下しない。（減衰しない） （人工核種が検出されていないにも拘わらず、指示値が上昇し、継続した） ○詳細データを抽出し解析した結果、<u>α/β検出器、及び補正用γ検出器に同時に異常計数が見られた。</u>（データグラフ：参考資料 P13）	機器異常 もしくは ノイズ発生
2016年7月3日 7時07分頃	MP-8 近傍	○作業状況：<u>構内にてダストが舞い上がる作業はなかった。</u> ○風 向：南南西からの風、1.1m/s (構外からの風) ○他モニタの状況：<u>当該モニタ以外の敷地境界ダストモニタ、モニタリングポスト、構内ダストモニタ等に有意な上昇なし。</u> ○集塵ろ紙分析結果：<u>人工核種は検出されなかった。</u> ○指示値：緩やかな上昇と下降。 ○人工核種が検出されておらず、確認された天然核種の濃度からは警報値に達しないが、検出器の異常は見られないことから、短半減期核種による影響と推定。 ○詳細データを抽出し解析した結果、特に検出器に異常計数は確認できなかった。（データグラフ：参考資料 P14）	天然核種

敷地境界連続ダストモニタの「高警報」発生状況（その3）

発生日時	発生場所	調査状況	推定原因
2016年8月2日 1回目：13時30分頃 2回目：17時08分頃 3回目：20時09分頃	MP-7 近傍	○作業状況：構内にてダストが舞い上がる作業はなかった。 ○風 向：1回目：南東からの風、2～3m/s （構外からの風） 2回目：北北東からの風、1.6m/s （構内からの風） 3回目：南西からの風、0.7m/s （構外からの風） ○他モニタの状況：<u>当該モニタ以外の敷地境界ダストモニタ、モニタリングポスト、構内ダストモニタ等に有意な上昇なし。</u> ○集塵ろ紙：1回目：<u>人工核種のCsが検出されたが、1F敷地周辺で検出される程度。</u> 2回目、3回目：<u>人工核種は検出されなかった。</u> ○指示値：1回目～3回目すべてにおいて緩やかな上昇と下降。 （1回目は、天然核種と同様な傾向を示したが、その後変動が頻発している事から機器異常と推定） ○詳細データを抽出し解析した結果、<u>補正用γ検出器のみ異常計数が見られた。</u>	機器異常 （検出器の誤信号）

（データグラフ：参考資料 P15）

敷地境界連続ダストモニタの「高警報」発生状況（その4）

発生日時	発生場所	調査状況	推定原因
2016年8月22日 3時44分頃	MP-8 近傍	○作業状況：<u>構内にてダストが舞い上がる作業はなかった。</u> ○風 向：南からの風、2.4m/s（構外からの風） ○他モニタの状況：<u>当該モニタ以外の敷地境界ダストモニタ、モニタリングポスト、構内ダストモニタ等に有意な上昇なし。</u> ○集塵ろ紙：<u>人工核種は検出されなかった。</u> ○指示値：緩やかな上昇が1時間継続した後下降。 ○天然核種と推定した傾向とは異なり、上昇時間が長く、人工核種も検出されていない。 ○当該モニタから詳細データを抽出し解析した結果、<u>補正用γ検出器のみ異常計数が見られた。</u> （データグラフ：参考資料 P16）	機器異常 （検出器の誤信号）
2016年8月25日 12時48分頃	MP-8 近傍	○作業状況：<u>構内にてダストが舞い上がる作業はなかった。</u> ○風 向：南南東からの風、6.1m/s（構外からの風） ○他モニタの状況：<u>当該モニタ以外の敷地境界ダストモニタ、モニタリングポスト、構内ダストモニタ等に有意な上昇なし。</u> ○集塵ろ紙：<u>人工核種は検出されなかった。</u> ○指示値：上昇・下降を繰り返した。 ○天然核種と推定した傾向とは異なり、人工核種も検出されていない。 ○詳細データを抽出し解析した結果、<u>α/β検出器のみの上昇が見られた。</u> （データグラフ：参考資料 P17）	機器異常 （検出器の誤信号）

警報発生の原因調査について

- 「高警報」を発生したMP-2、7、8近傍の連続ダストモニタについて、点検、ならびに内部に保存されている詳細データを回収して解析を実施し、原因調査を行った。（参考資料 P19）
（これまでに、機器本体、及び演算プログラムに異常が無いことは確認済み）
- その結果、検出器の誤信号による「高警報」については、複数の要因を抽出し応急対策を実施しているが、原因の特定には至っていない。

原 因	応 急 対 策 (実施済み、または1ヶ月程度以内に実施)	追加調査・追加対策
電源ノイズ	・ノイズ抑制機器の設置(MP-2近傍)【実施予定】	・ノイズ影響調査 ・(上記調査に基づく対策等)
検出器コネクタ部への結露	・設置場所(MP局舎内)温度の調整【実施済み】 ・サンプリングホース、及び検出器部への保温設置【実施済み】 ・検出器内部への湿分浸入防止【実施済み】 (参考資料 P20、21)	・設置場所の温度、湿度調査 ・(上記調査に基づく対策等)
天然核種検知	・データグラフ、核種分析、及び詳細解析により判断【継続実施】	・測定時間の最適化 ・設置場所の天然核種濃度調査 ・(上記調査に基づく対策等)
構外ダスト検知(Cs等)	・飛散防止剤散布(MP-7近傍)【実施予定】	・飛散抑制対策(MP-7近傍) (フェーシング等)

今後、設置場所の環境調査を実施し、原因の特定に努める。

設置場所の環境と原因の推察

	MP1 近傍	MP2 近傍	MP3 近傍	MP4 近傍	MP5 近傍	MP6 近傍	MP7 近傍	MP8 近傍
雰囲気線量 ($\mu\text{Sv/h}$) (H28/8/29)	約1	約2	約2	約2	約1	約1	<u>約8</u>	<u>約8</u>
連続ダストモニタ設置場所の周囲の状況	林に囲まれている	舗装道路 土道路 草木	舗装道路 草木 (造成で土)	舗装道路 林	砂利 林 (造成で土)	砂利 建物	舗装道路 草、林 一部土	舗装道路 林
海岸からの距離	<u>近い</u>	遠い	遠い	遠い	遠い	遠い	<u>比較的 近い</u>	<u>近い</u>
結露発生確認回数 (8/15 ~8/29)	2	1	0	3	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>5</u>	<u>4</u>



これまで、MP-2、7、8近傍の連続ダストモニタで警報が発生しているが、上記より以下の仮説を立てて、今後詳細な調査を実施する。

- MP- 7、MP-8近傍において、「雰囲気線量」が検出器に影響を与える可能性がある。
- MP- 5～MP-8近傍において、結露の発生回数が多かったため、「結露」が検出器に影響を与える可能性がある。
- 設置場所周囲からの「天然核種」が検出器に影響を与える可能性がある。

今後の対応スケジュール

- 電源ノイズや結露対策を実施するとともに、引続き原因特定のため、設置場所に特有の原因（雰囲気線量、温度・湿度、天然放射能濃度等）の調査を実施していく。
- 引続き、敷地境界におけるダスト監視を適切に実施していく。
- なお、上記に加え、更なる信頼性向上対策として、敷地境界連続ダストモニタを多重化することについても検討を進めていく。

原因	調査・対策	H28/8月	9月	10月	11月	12月
電源ノイズ	ノイズ抑制機器設置（MP2近傍）					
	ノイズ影響調査、対策					
検出器コネクタ部への結露	室内温度調整					
	サンプリングホース及び検出部の保温対策					
	検出器内部への湿分浸入防止					
	設置場所の温度、湿度調査、対策					
天然核種検知	測定時間の最適化					
	天然核種濃度調査					
構外ダスト検知（Cs等）	飛散防止剤散布（MP7近傍）					
	飛散抑制対策（MP7近傍）（フェーシング等）					
雰囲気線量の調査	雰囲気線量と影響調査、対策					

 応急対策
 追加調査・追加対策

(余 白)

参考資料

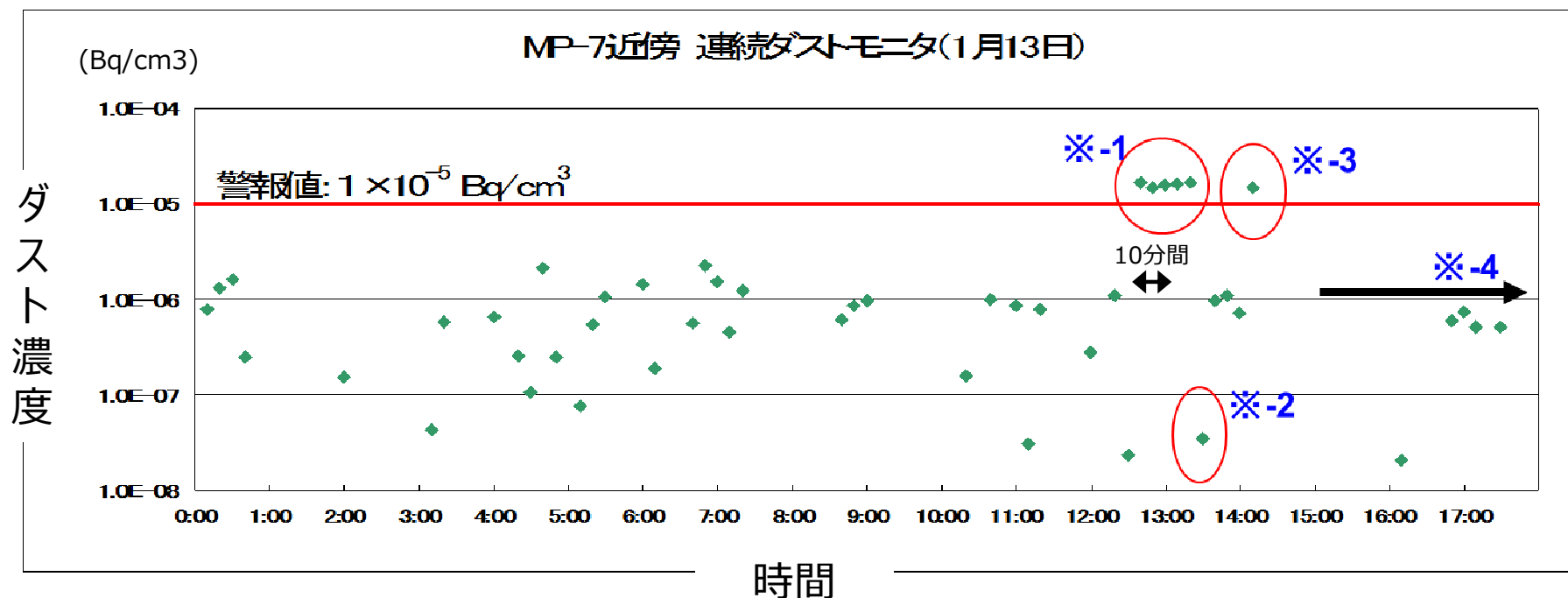
(参考) ダスト濃度の監視体制 (連続測定)

- ダスト濃度は、作業中に加え、夜間・休日も24時間体制で監視



- | | |
|---------------------------------------|--|
| ● オペレーティングフロア上のダストモニタ(1号機4箇所, 3号機5箇所) | : 警報値 5.0×10^{-3} [Bq/cm ³] |
| ● 構内ダストモニタ (10箇所) | : 警報値 1.0×10^{-4} [Bq/cm ³] |
| ▲ 敷地境界ダストモニタ (8箇所) | : 警報値 1.0×10^{-5} [Bq/cm ³] |
| ● 敷地境界モニタリングポスト (8箇所) | |

(参考) データグラフ (1/13 MP7近傍)



※-1 Cs核種捕集による警報発生

※-2 モニタの計算プログラムより、1時間前の値をBGとして差し引く為、指示値が低下

※-3 現場モニタの警報をリセット。このリセット操作により、計算プログラムもリセットされる

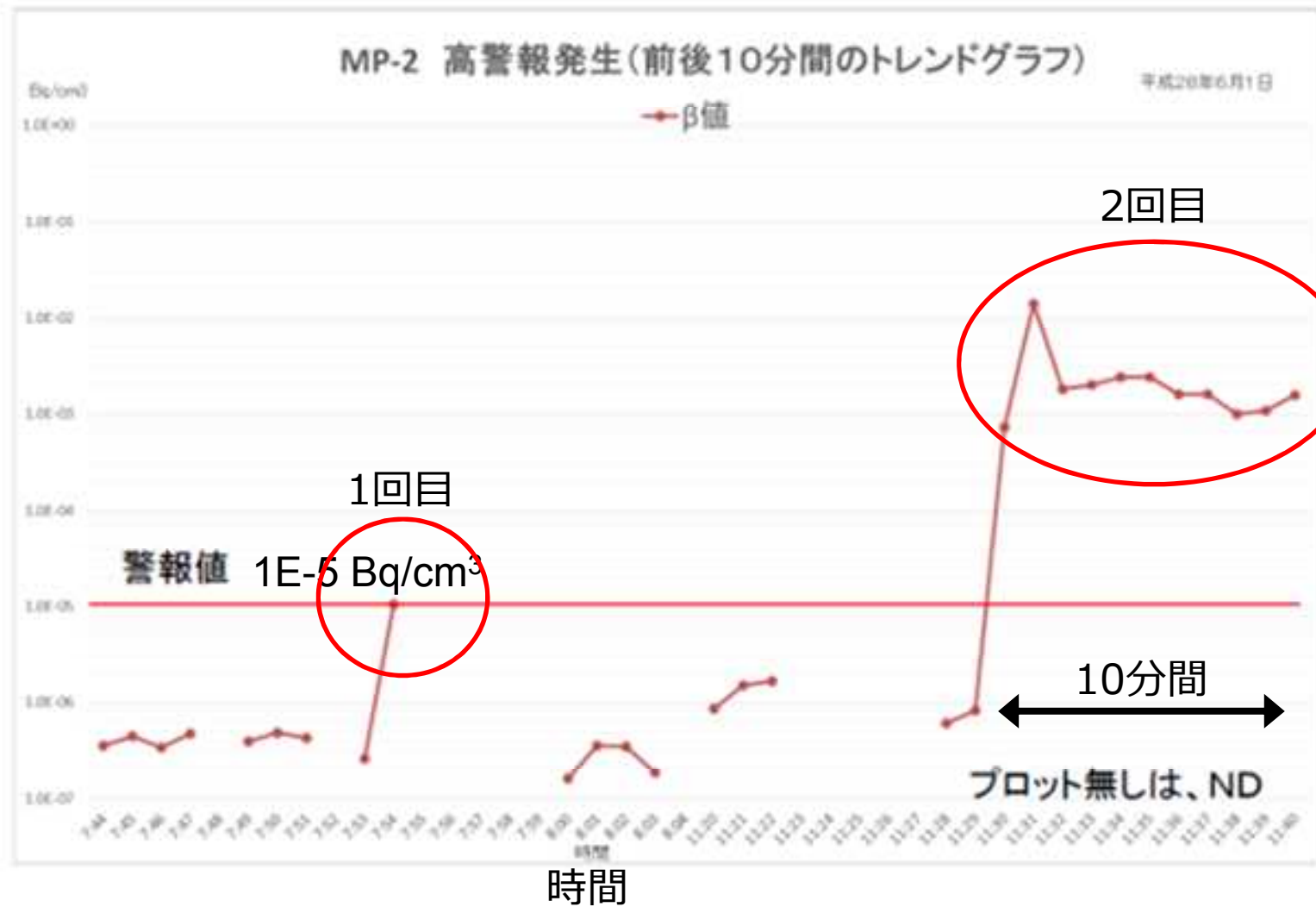
為、測定開始1時間まではBGが差し引かれない濃度が表示される。今回の場合、まだ濾紙は切り取っていない為、濃度上昇時と同等の値が表示されており、事象の継続は無いと判断できる。

※-4 濾紙切り取り後の、新濾紙での測定指示値

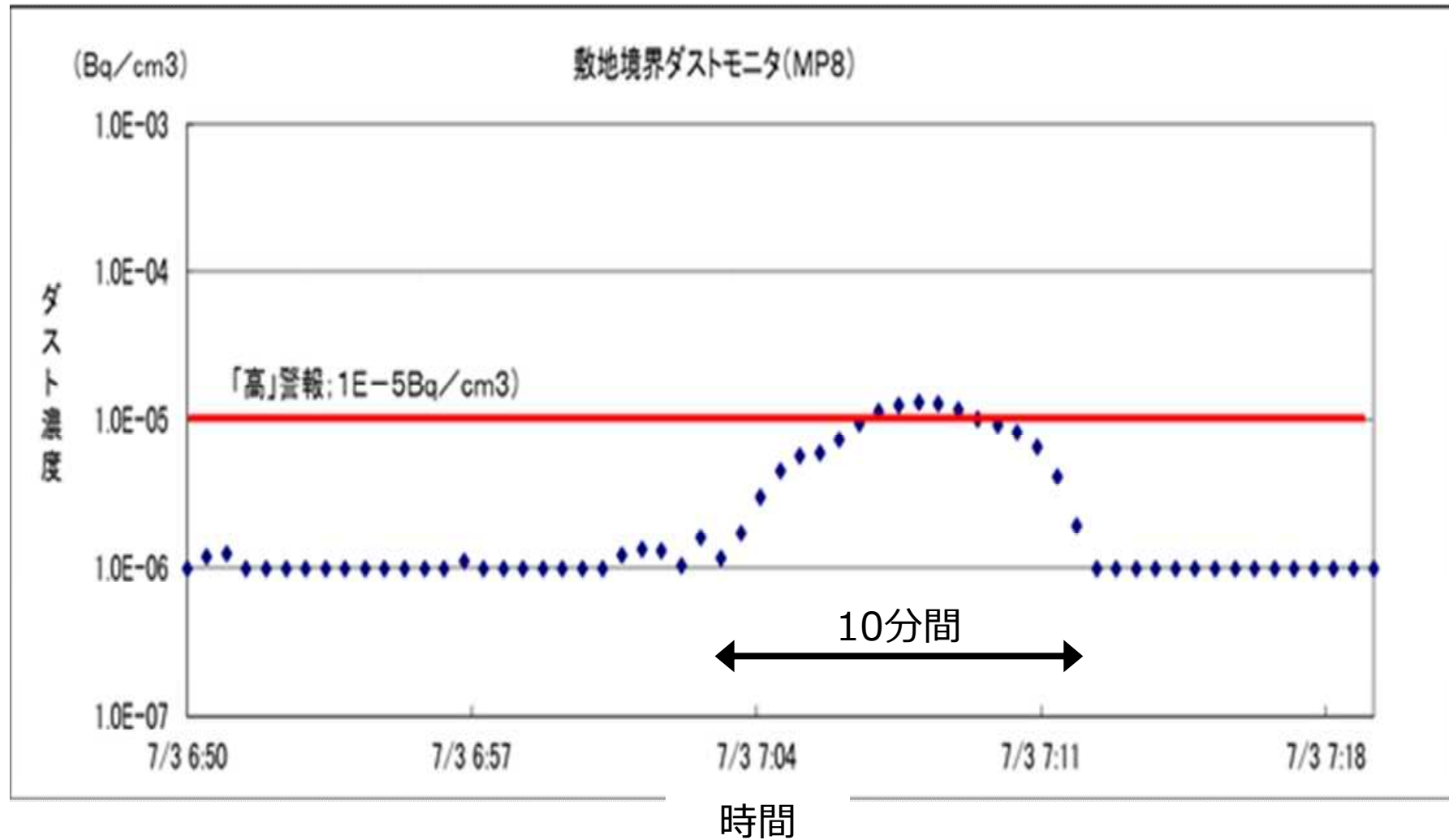
(参考) データグラフ (6/1 MP 2 近傍)

(Bq/cm³)

ダ
ス
ト
濃
度

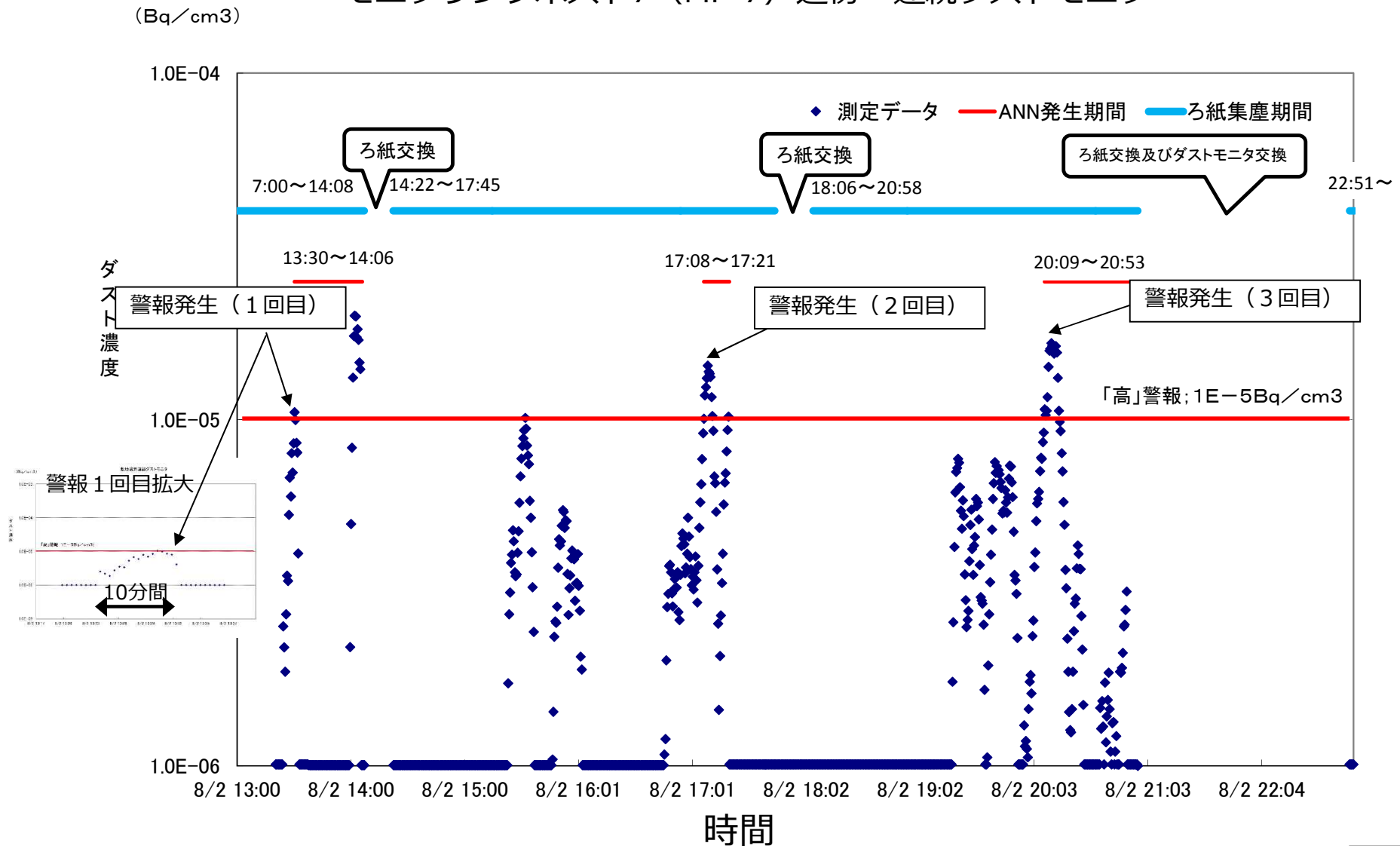


(参考) データグラフ (7/3 MP7近傍)

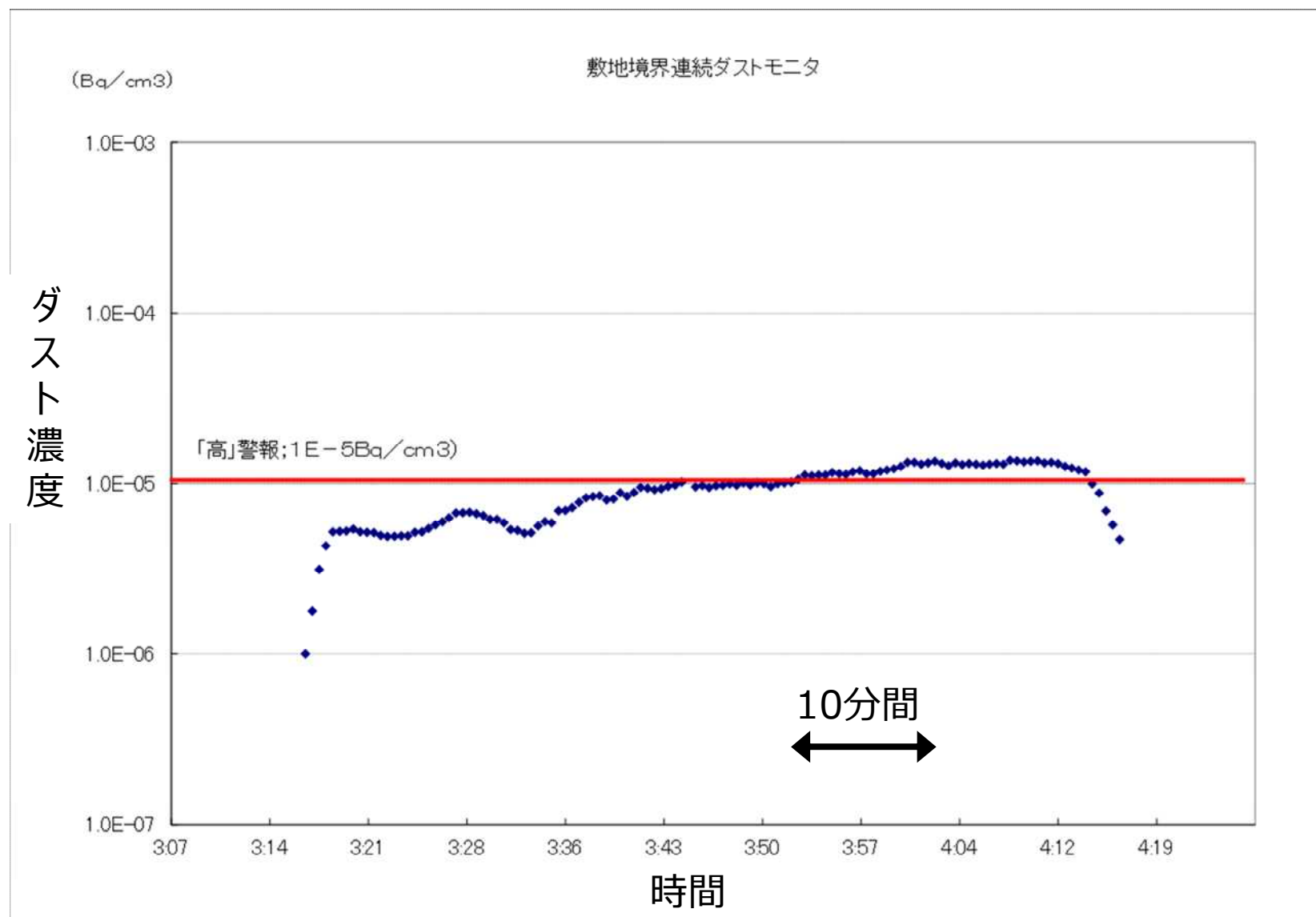


(参考) データグラフ (8/2 MP7近傍)

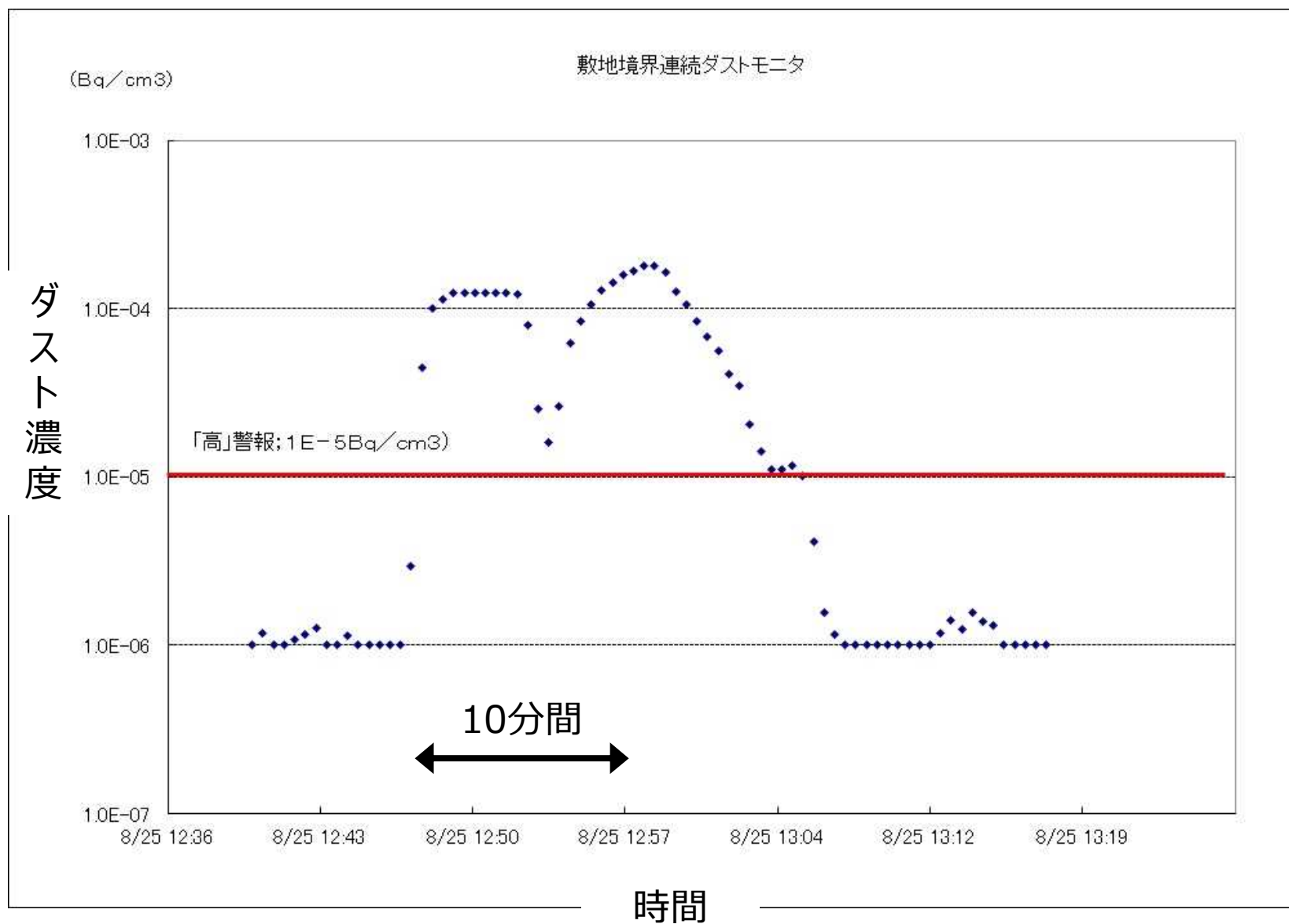
モニタリングポスト7 (MP-7) 近傍 連続ダストモニタ



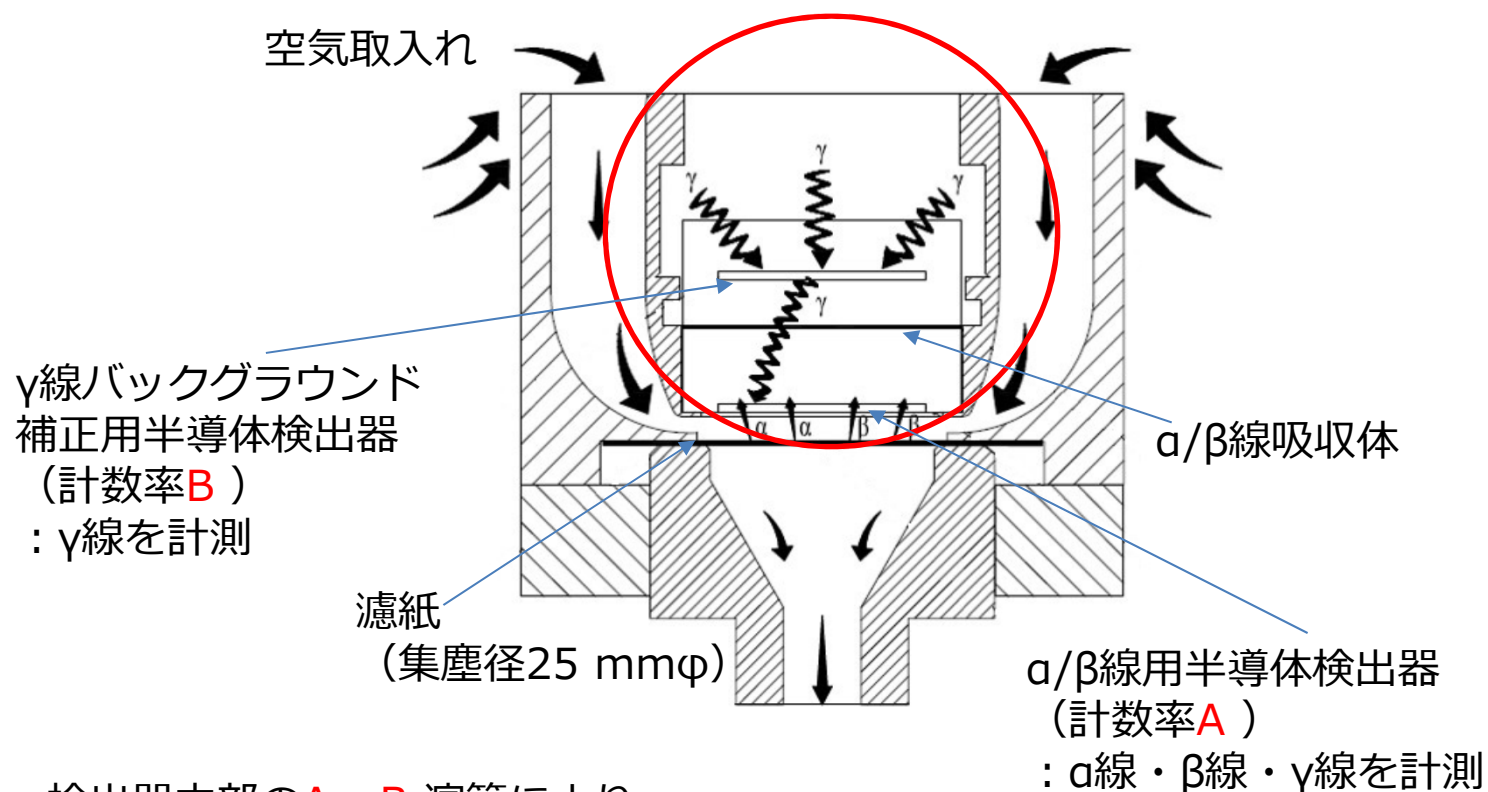
(参考) データグラフ (8/22 MP 8 近傍)



(参考) データグラフ (8/25 MP 8 近傍)



(参考) 連続ダストモニタ検出部の構造



検出部



検出器内部のA - B 演算により
γ線補正済み計数率(cps)が得られる
(なお、本機ではラドン、トロンの娘β核種) の補正も実施

$$\begin{aligned} \text{○積算放射能濃度(Bqh/m}^3\text{)} &= \text{放射能(Bq)} / \text{流量(m}^3\text{/h)} \\ &= \{ \text{正味計数率(cps)} / \text{検出効率(\%)} \} / \text{流量(m}^3\text{/h)} \end{aligned}$$

$$\text{○放射能濃度(Bq/m}^3\text{)} = (\text{積算放射能濃度 (1時間)}_n - \text{積算放射能濃度 (1時間)}_{n-1}) / \text{1時間}$$

(参考) 特性要因図 (8/2 MP7近傍,8/22・8/25 MP8近傍の例)

事象	要因分類①	機器要因②	想定する事象	調査結果	評価
β 高濃度検出	機器故障	検出器	検出器 (α/β および γ) 単体の故障による異常計数	○8/2・22分 【α/β 検出器】Rn/Th BGに有意な変動はなく、β 放射能濃度の上昇が見られたが補正用 γ 計数率の上昇によるものであり、自己診断結果、校正結果に異常はないことから要因とは考えにくい。 【γ 検出器】γ 計数率に変動が見られ、その後の測定で正常計数し自己診断結果で異常はないことから要因とは考えにくい。 ○8/25分 【α/β 検出器】有意な上昇が見られたが自己診断結果及び校正結果に異常はないことから検出器単体としての要因とは考えにくい。 【γ 検出器】γ 計数率に変動が見られ、その後の測定で正常計数し自己診断結果で異常はないことから要因とは考えにくい。	×
			検出器ケーブルの接続不良による異常計数	ケーブルに衝撃を与えても、測定値に変動はない。 コネクタにゆるみはない。	×
			検出器周り(検出面又はコネクタ部)の結露による異常計数	当該日(8/2・22・25)は気温27～28℃程度、湿度80～90%程度であり露点温度は24～25℃となる。MP局舎の温度は23℃程度であることから結露が発生する可能性があった。 同型器を用いて8/9～検出器のコネクタ部を温らせ試験したところ誤計数する事象が見られた。 また、継続調査で検出器キャップ内に水が浸入している事が確認できた	△
			電源ノイズによる異常計数	MP-7・8局舎内での作業は行っておらず、局舎内電源でのノイズによる影響は考えにくい。	×
			外来ノイズ(電磁波、静電気、振動)による異常計数	MP7・8警報発生時に局舎周りで特別な作業は行われてない。	×
		ポンプ	ポンプ動作不良で流量低下による放射能濃度上昇	ポンプが作動しない場合(流量が20L/minを下回る場合も含む)は「機器異常警報」が発報するが、機器異常警報ははっおうこの時流量に有意な変動はない。	×
			流量計動作不良で見かけの流量低下による放射能濃度上昇	流量計の動作不良は見られず、流量に有意な変動はなかった。	×
			ろ紙の急激なつまりや不具合で流量低下による放射能濃度上昇	流量は30L/min設定されており、流量は20L/minを下回ると機器異常警報が発報するが、警報も出てなければ、ろ紙詰まりも無かった。	×
		機器内電子回路	電子回路故障による誤計算	自己診断結果で異常はない。	×
	内部処理	演算プログラム	一時的なRn/Tn濃度の上昇による補正不足	γ 計数率の変動がβ 放射能濃度の変動と一致しており、異常はない。	×

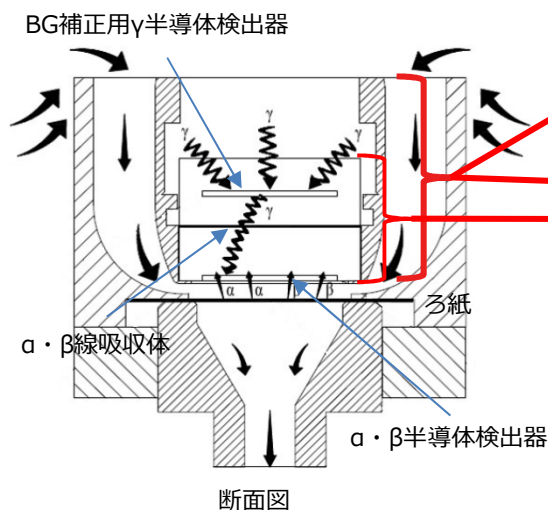
(参考) 結露模擬試験の状況



検出器コネクター



結露模擬試験風景



検出器カバー



検出器部



水滴を確認

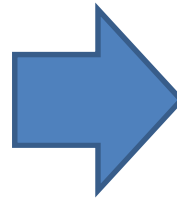
結露の発生が異常計数の原因になりうることを確認するため、検出部の結露を模擬し試験を実施したところ、検出器のコネクター部が湿ると誤計数を生じる事が確認された。さらに試験を継続した所、検出器カバー間より水分の浸入がある事を確認した。

(参考) サンプリングホース及び検出部の結露対策の実施状況

サンプリングホース、検出部への保温材の設置



対策前

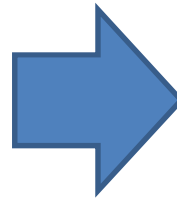


対策後

検出器カバーへのシリコン塗布



対策前



対策後