

## 【参考】 降雨による線量率上昇例（地域差が大きく現れた例）

発電所から10～30km圏内には、10km圏内と同様の固定型測定局（モニタリングポスト）を12箇所に設置している。

降雨によって線量率が上昇するのはよくあることだが、観測圏内で地点差が大きく現れた例というのはあまり多くはない。

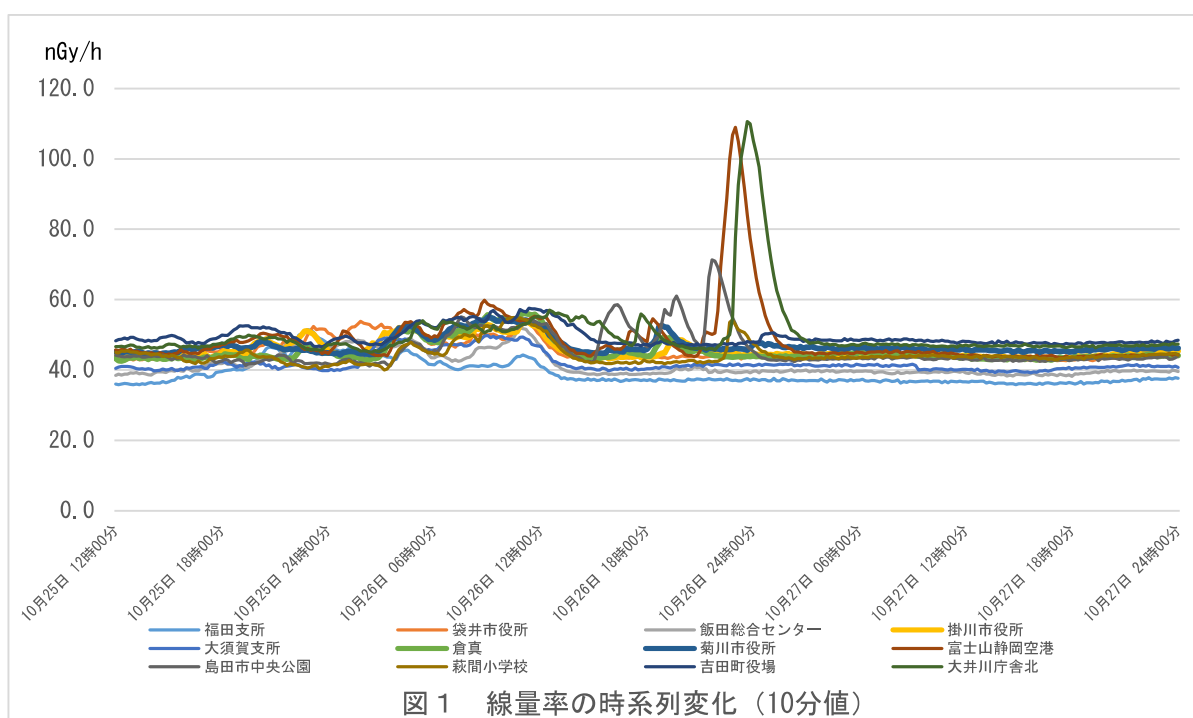
2013年（平成25年）10月26日21時から24時頃にかけて、10～30km圏内に設置している富士山静岡空港局、島田市中央公園局及び焼津市大井川庁舎北局において、線量率が25～60nGy/h上昇したが、10km圏内を含む他の測定局ではほとんど線量率に変化が見られないという事象があった。（表1及び図1参照）

当該時間帯のスペクトル（図2）及びその解析結果（図3～5）、後方流跡線解析結果（図6）並びに降雨量の時系列変化（図7）から、線量率が上昇した原因は、大陸由来のラドンとその崩壊生成物濃度が高い空気塊が北西方向から流入し、当該3局を含む地域にもたらされた雨によって、ラドン崩壊生成物が地表面に沈着し、線量率の上昇につながったものと考えられる。

このように、線量率の変動を広域で見た場合には、気象条件の変化による違いが大きく現れることがある。

表1 各測定局の線量率（10分値）の最大値（平成25年10月26日21時～24時）

測定局	時刻	最大値(nGy/h)	測定局	時刻	最大値(nGy/h)
福田支所	21:30, 22:30, 23:40	37.5	菊川市役所	24:00	47.2
袋井市役所	21:40, 22:20	43.9	富士山静岡空港	23:00	<b>109.0</b>
森町飯田総合センター	21:00	40.7	島田市中央公園	21:40	<b>71.3</b>
掛川市役所	21:20	46.1	萩間小学校	22:50	54.2
掛川市大須賀支所	21:20	41.8	吉田町役場	23:40	48.1
掛川市倉真	21:00	45.5	焼津市大井川庁舎北	23:40	<b>110.6</b>
10km圏内14局	21:00-24:00	（各測定局の最大値の範囲）		39.5 ~ 57.0	



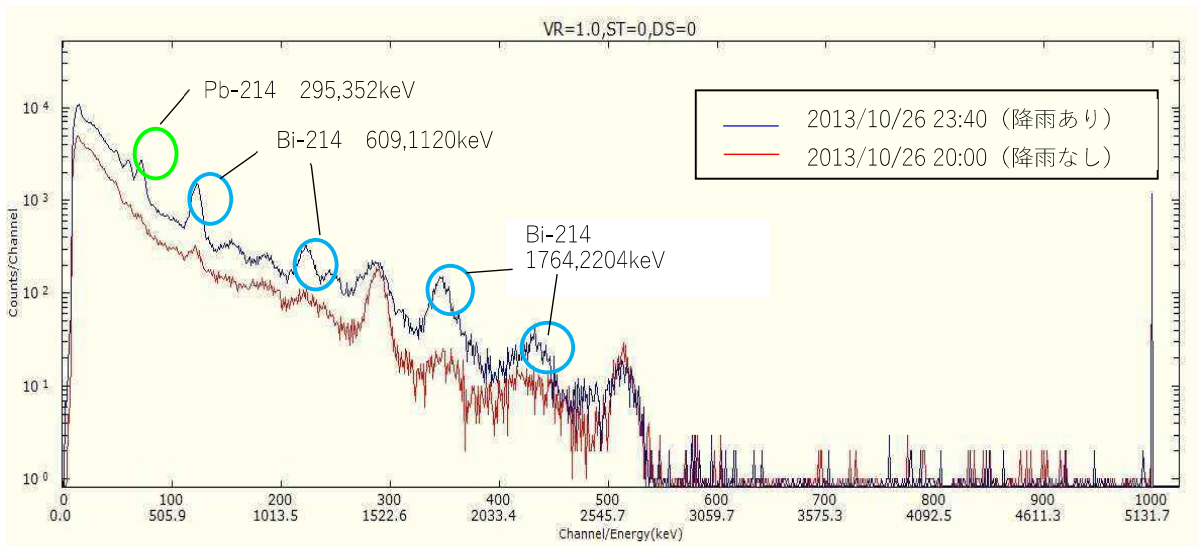


図2 スペクトルデータの比較  
(焼津市大井川庁舎北局)

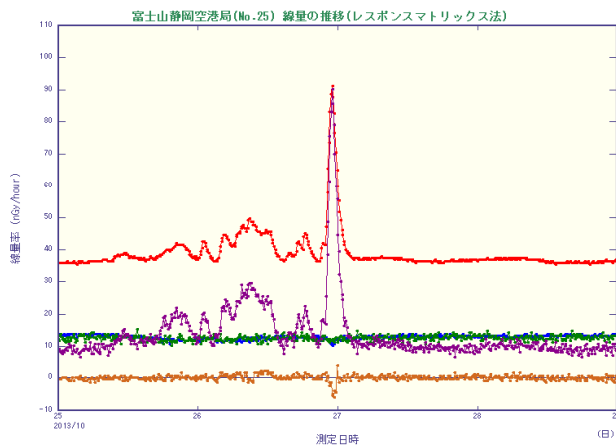


図3 スペクトル解析結果  
(富士山静岡空港局)

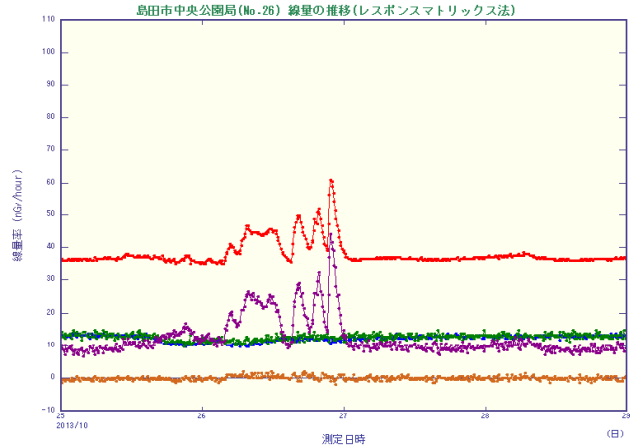


図4 スペクトル解析結果  
(島田市中央公園局)

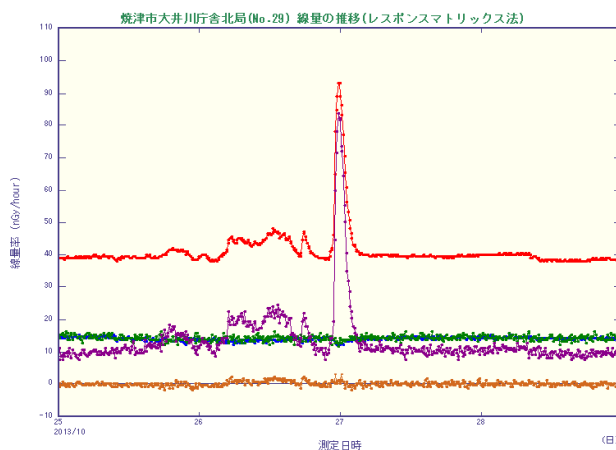
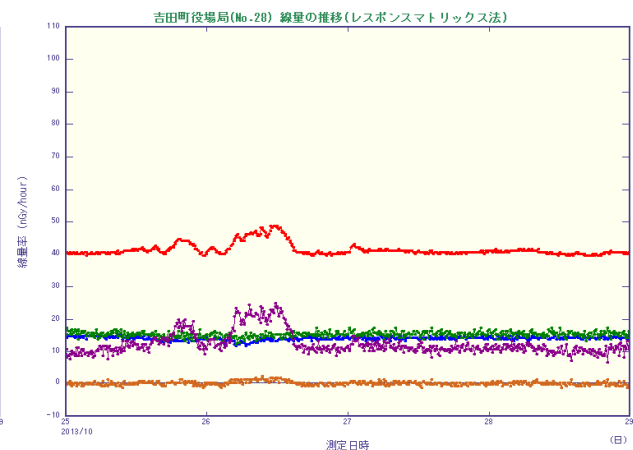


図5 スペクトル解析結果  
(焼津市大井川庁舎北局)



(参考) スペクトル解析結果  
(吉田町役場局)

— 合計線量    — U系列<sup>※1</sup>    — Th系列<sup>※2</sup>    — K    — 人工核種

※1 U (ウラン) 系列:  $^{238}\text{U}$  から  $^{222}\text{Rn}$  (希ガス) を経て  $^{206}\text{Pb}$  (安定) に至る自然放射性核種の崩壊系列

※2 Th (トリウム) 系列:  $^{232}\text{Th}$  から  $^{220}\text{Rn}$  (希ガス) を経て  $^{208}\text{Pb}$  (安定) に至る自然放射性核種の崩壊系列

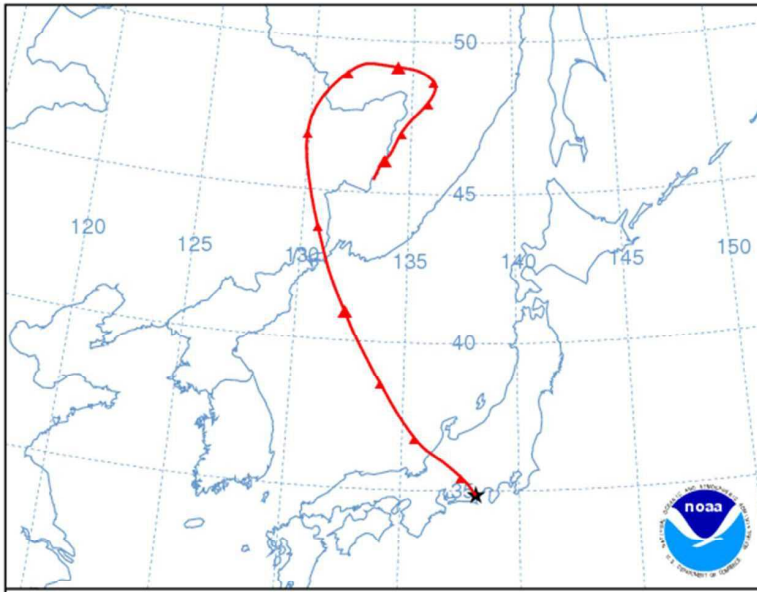


図6 後方流跡線解析

※ 2013年(平成25年)10月26日  
21時に島田市中央公園局の地点に  
到達した大気がどのような経路を  
通ってきたかを、米国海洋大気庁  
の HYSPLIT Model を用いて解析  
した。左図は、72時間前からの軌  
跡を示したものである。

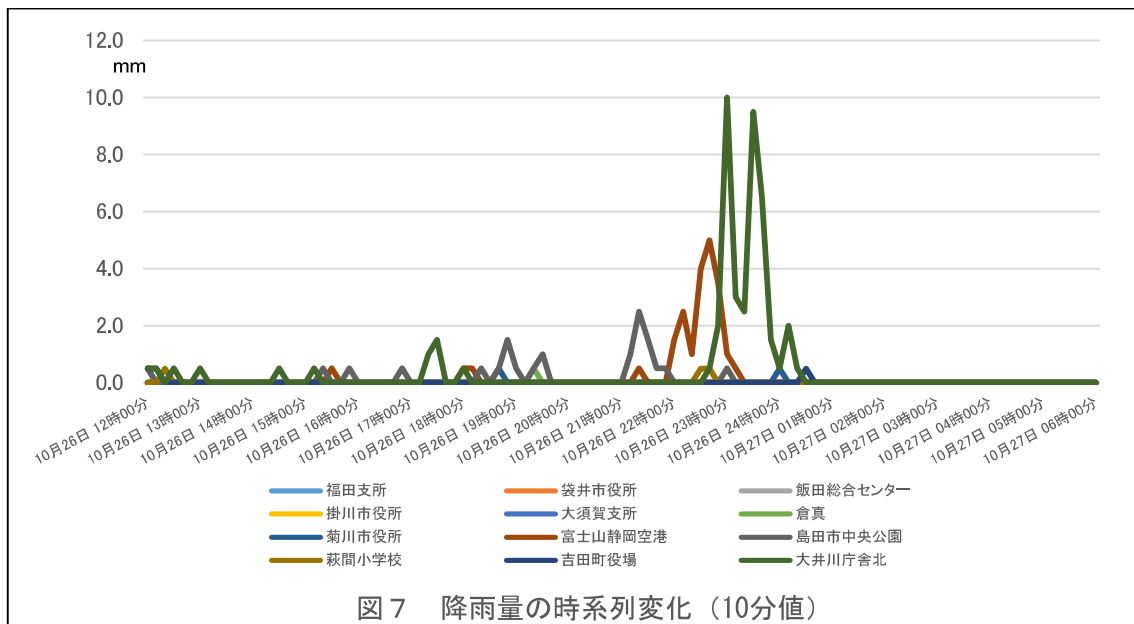
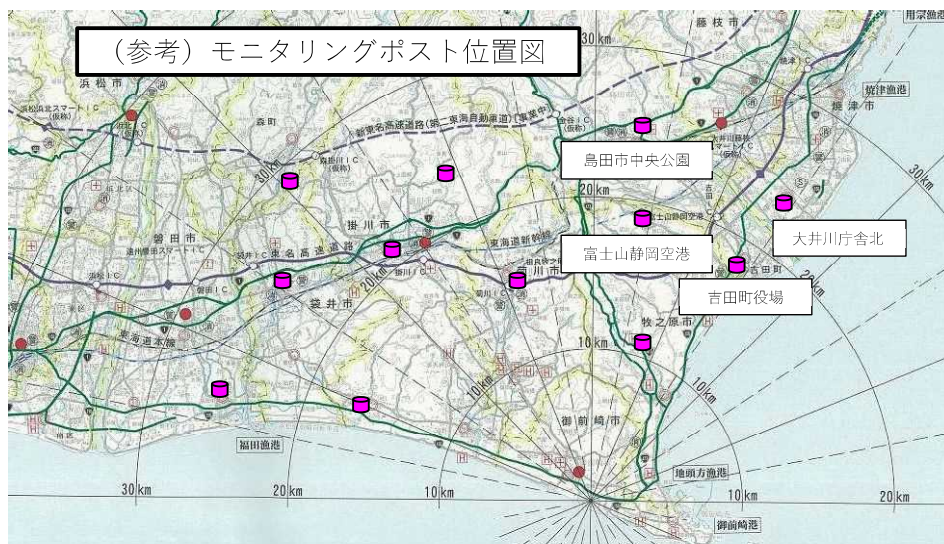


図7 降雨量の時系列変化(10分値)



## 東電事故の影響

東電事故では、浜岡原子力発電所周辺地域において、2011年3月15日と3月21日から22日にかけての2回のプルームの流入があったことがスペクトロメータで確認できた。

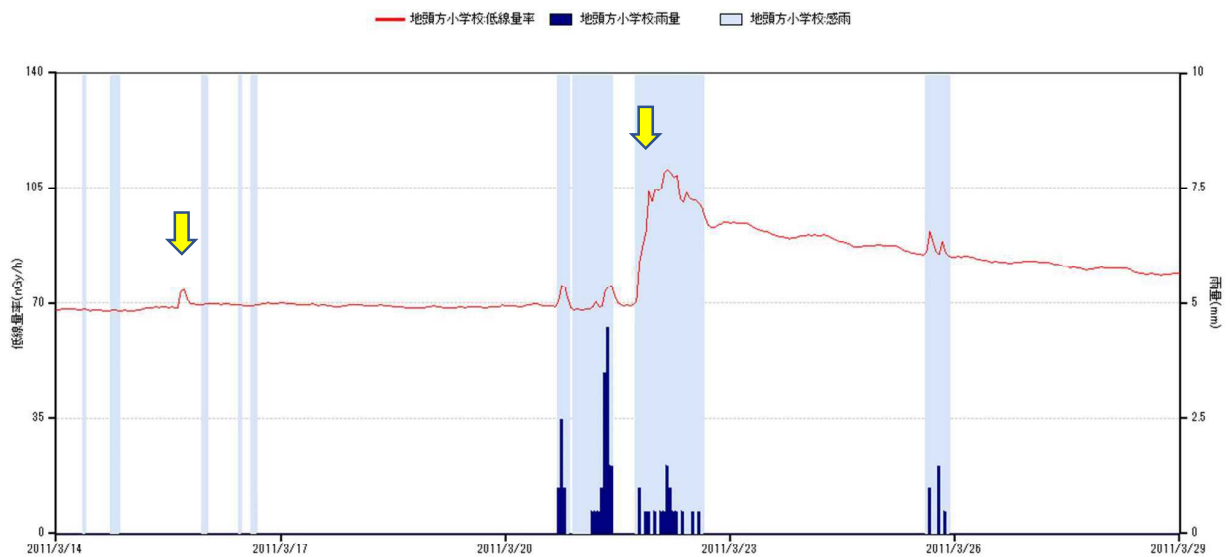
最初のプルームは、降雨がなかったため、通過しただけで線量率は一時的に数 nGy/h 程度上昇したに過ぎなかったが、2回目は降雨により、自然放射性核種とともに、人工放射性核種が降下、地表面に沈着し、トータルの線量率では最大約 40nGy/h 上昇した。

次ページのスペクトル解析の結果、人工放射性核種寄与分としては 20 数 nGy/h であったことを確認した。

線量率は、その後、短半減期核種の減衰により、徐々に減少した。

当時の気象データから、2回目のプルームは北東方向から流入したと推定され、各局舎の測定値からも東に位置する局舎の方が上昇幅は大きかった。

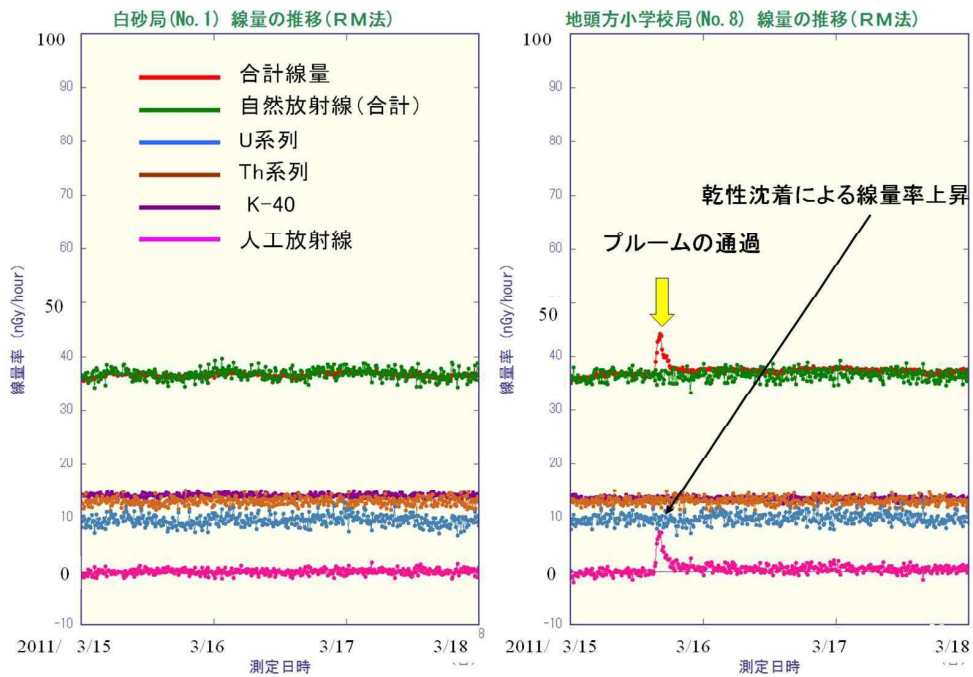
### 東電事故後の線量率の推移（地頭方小学校局）



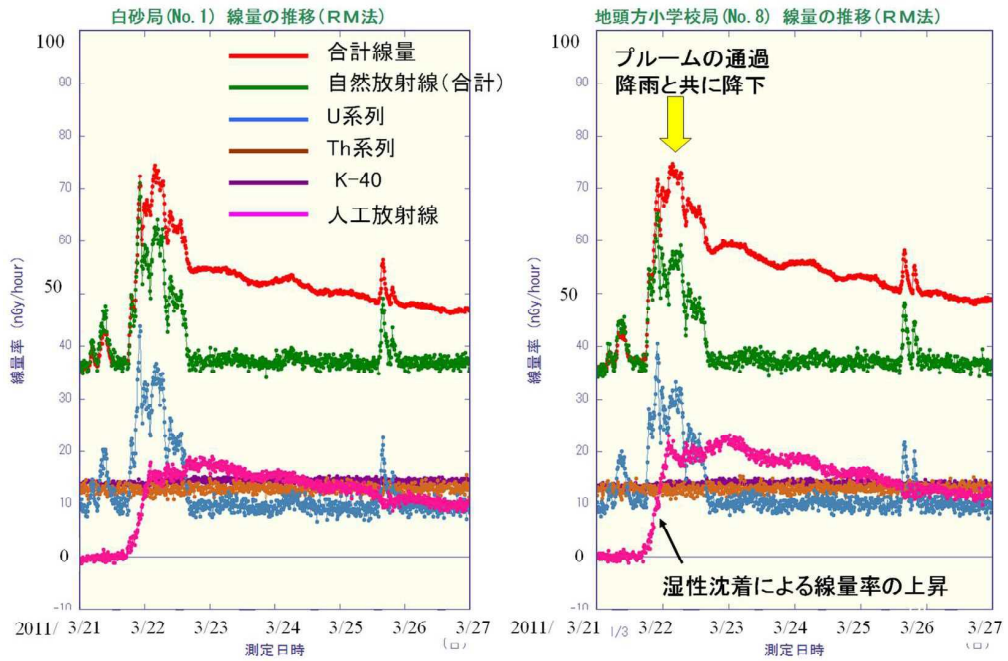
↓ プルームの流入による線量率の上昇

(注) 線量率の測定値には、宇宙線寄与分として 28nGy/h が加算されている。  
平成 23 年度の測定から、この加算を廃止した。

## スペクトル解析結果 (3/15~17 白砂局及び地頭方小学校局)



## スペクトル解析結果 (3/21~26 白砂局及び地頭方小学校局)



## 2 積算線量の測定

### 【測定法】

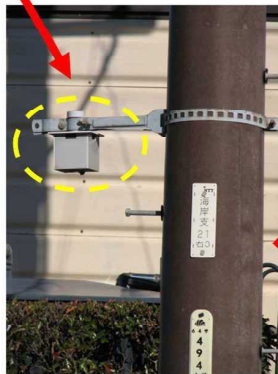
- 積算線量の測定は、**蛍光ガラス線量計**（RPL:Radiophoto luminescence glass Dosimeter）により3か月間の累積線量を測っている。
- 蛍光ガラス線量計は、銀活性リン酸塩ガラスを用いた測定素子からなり、電離放射線により蛍光中心を生じ、これを紫外線で刺激すると、オレンジ色の蛍光を発する。蛍光の強さは線量に比例することから、蛍光の強さを計測することにより、長期間にわたる線量の積算値を測定することができる。
- 測定素子は、ウレタンケースに入れ、防湿袋で密封した上で、測定地点（電柱）に設置する。3か月後、素子を回収し、次の回の素子を取り付けるということを繰り返す。
- 電源を必要としないため自然災害の影響を受けにくい、リアルタイムで測定値を確認することはできない。 $\mu\text{Gy}$  オーダーの変化がある場合に適している。
- 蛍光ガラス線量計を採用したのは、平成14年度からで、それまでは熱ルミネッセンス線量計（TLD:Thermophoto luminescence Dosimeter）を使用していた。蛍光ガラス線量計は、繰り返し読取りができることとフェーディング（蛍光中心の一部が常温で自然に消滅してしまう現象）がほとんどないという点で熱ルミネッセンス線量計よりも優れている。

### 蛍光ガラス線量計による測定



蛍光ガラス線量計素子  
(RPL)

容器に収納し電柱に設置



RPL設置容器



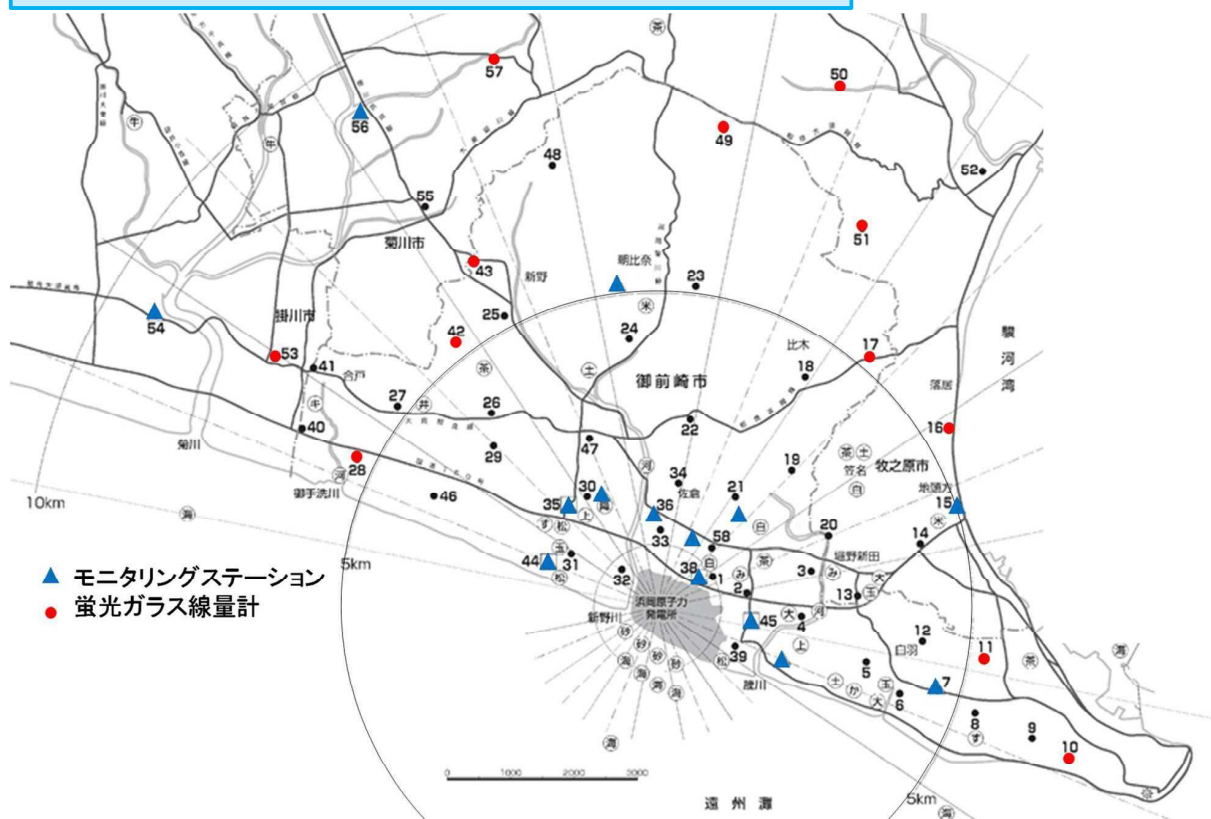
RPLD読取装置

3ヶ月後回収し、積算線量を読み取り

## 【調査のポイント】

- 発電所周辺 10km 圏内には、蛍光ガラス線量計を設置している **モニタリングポイント** が 12 地点あり、各方位それぞれに配置している。(モニタリングステーションと重ならないように配置している。)
  - 平常時における 90 日間の積算線量は、概ね 0.12~0.17mGy の範囲である。現在の測定値は、**東電事故の影響を検出できないレベル**になっている。
  - 積算線量の測定結果は、**線量率により外部被ばく線量を推定・評価する際の参考**として用いる。
- 
- 令和 2 年度から、**線量率による外部被ばく線量を推定・評価する際の参考**と位置づけ、測定地点を減らし、12 地点とした。(従来は 57 地点)
  - 測定地点による測定値の違いは、空間放射線量率と同様に、**地質の違いや周囲に存在する建物等の有無などが原因**である。
  - 3 か月ごとに、設置した蛍光ガラス線量計を回収するが、測定の作業工程上、設置日数を統一することができないため、90 日間の値に換算して、四半期ごとの比較ができるようにしている。
  - 最近の測定で平常の変動幅を上回ることがあったが、東電事故以降、継続して上回っているわけではないことから、人工放射性核種が蓄積しているということではない。また、空間放射線量率で確認しているとおり、新たに人工放射性核種が供給されたということではないことから、**主として自然変動(自然放射性核種の変動)によるものである**。(有効数字 2 桁にするとときの四捨五入の結果という要素が加わる場合もある。)

## モニタリングポイント(蛍光ガラス線量計)の配置

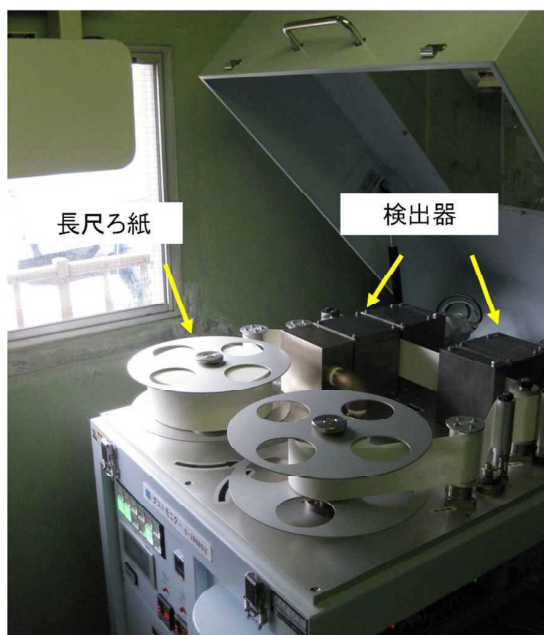


### ③ 大気中浮遊塵の全 $\alpha$ ・全 $\beta$ 放射能の測定

#### 【測定法】

- 次の検出器を備えた**ダストモニタ**により、大気中浮遊塵の全 $\alpha$ 放射能及び全 $\beta$ 放射能を測定している。
  - ・ 全 $\alpha$ 放射能検出器：ZnS シンチレーション検出器
  - ・ 全 $\beta$ 放射能検出器：プラスチックシンチレーション検出器
- 大気中に浮遊している塵には、粒子状の放射性物質が付着している。ダストモニタは、大気中の塵を連続でろ紙上に捕集しながら、 $\alpha$ 線と $\beta$ 線の放射能をそれぞれ同時に測定している。ろ紙は6時間間隔で自動的に送られ、集塵終了6時間後の $\beta$ 線も測定している。これは、ラドンの崩壊生成物を減衰させた状態で測定するためである。
- 人工放射性核種の多くが $\beta$ 線を放出するため、 $\beta$ 線の変化を捉えるための測定法である。測定値は、①集塵中の全 $\alpha$ 放射能・全 $\beta$ 放射能比、②集塵中の全 $\beta$ 放射能及び③集塵終了6時間後の全 $\beta$ 放射能の3つを2分間隔で取得している。各局舎のデータはテレメータシステムで環境放射線監視センターに集約している。
- 放射性物質に対する感度の高い測定がリアルタイムで可能であり、空間放射線量率と同様に、放射性物質の放出の早期検出に有効である。ダストモニタは、2000年（平成12年）度に整備し、試験運用後、2002年度から正式に測定を開始した。

#### ダストモニタ

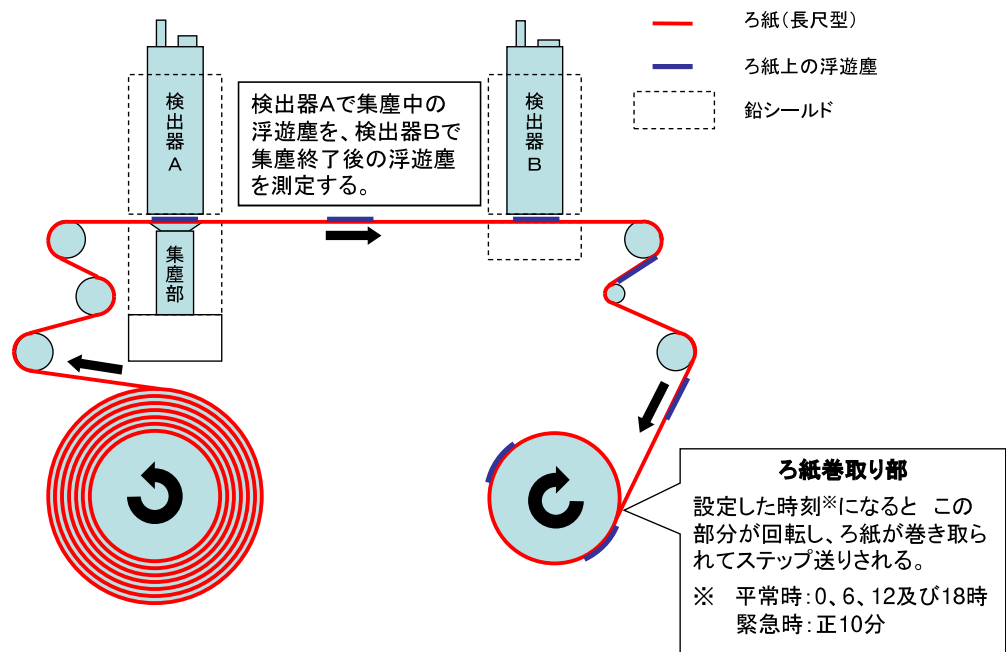


サンプラ部・検出部



測定部





内部機構

## 【調査のポイント】

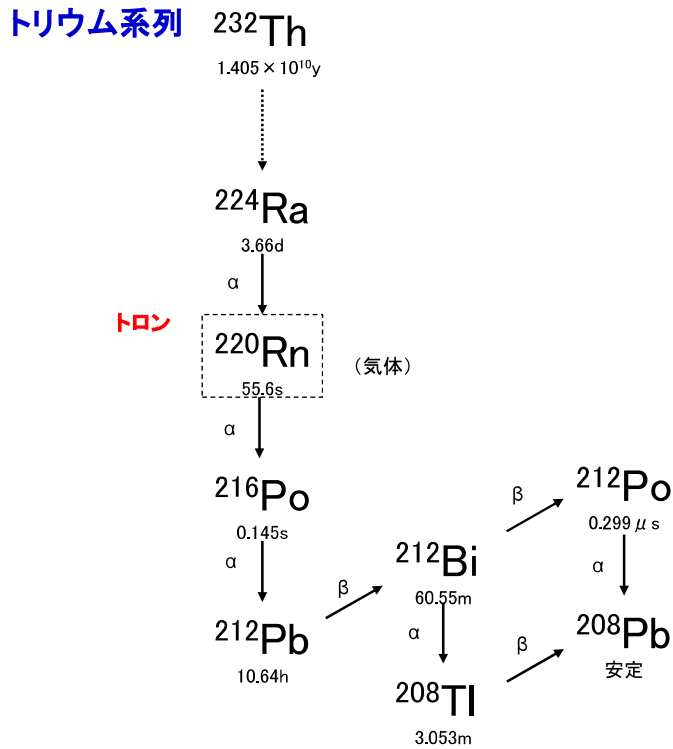
- 発電所からの予期しない放射性物質の放出の早期検出を目的に、発電所周辺 10km 圏内の 14 か所のモニタリングステーションのうち、5 か所にダストモニタを設置し測定を行っている。
  - 平常時の測定値は、おおよそ次のとおりである。現在の測定値は、**東電事故の影響を検出できないレベル**になっている。
    - ① 集塵中の全 $\alpha$ 放射能・全 $\beta$ 放射能比            2～4 前後
    - ② 集塵中の全 $\beta$ 放射能                                30Bq/m<sup>3</sup> 以下
    - ③ 集塵終了 6 時間後の全 $\beta$ 放射能（参考）        1Bq/m<sup>3</sup> 以下
  - 集塵したろ紙は、1 か月分まとめて回収し、 $\gamma$ 線の核種分析も行っている。
- 
- 5 か所のうち、県が測定を行っているのが 2 か所（白砂及び平場）、中部電力が測定を行っているのが 3 か所（中町、白羽小学校及び地頭方小学校）である。
  - 人工放射性核種の多くが $\beta$ 線を放出する。自然放射性核種も $\beta$ 線を放出するが、**自然放射性核種が増えた場合は、全 $\alpha$ 放射能と全 $\beta$ 放射能がほぼ同じ割合で増える**ので、放射能比（全 $\beta$ 放射能／全 $\alpha$ 放射能）は大きく変わらない。一方、**人工放射性核種が増えた場合には、全 $\beta$ 放射能が大きく増える**ので、放射能比が大きくなる。
  - つまり、人工放射性核種の放出があった場合には、① 集塵中の全 $\alpha$ 放射能・全 $\beta$ 放射能比と② 集塵中の全 $\beta$ 放射能の測定値が同時に大きくなる。
  - 一方、自然放射性核種が減少するときは、量的に少ない全 $\alpha$ 放射能の方が割合として大きく減る場合があり、そのときは比が大きくなることがある。
  - この例として、関東の東の海上に太平洋高気圧が停滞する夏場において、ラドンの崩壊生成物濃度が低い海洋性の空気塊が継続的に流入することにより、特に全 $\alpha$ 放射能が低下し、放射能比が上昇することがある。
  - 空気中の自然放射性核種であるラドンとその崩壊生成物は、見かけ上の半減期が約 30 分なので、集塵終了 6 時間後には、約 1/4000 まで減衰することになる。一方、主要な人工放射性核種は 6 時間ではほとんど減衰しないため、③ 集塵終了 6 時間後の全 $\beta$ 放射能の値が、② 集塵中の全 $\beta$ 放射能の値からそれほど減らないこととなる。
  - ③ 集塵終了 6 時間後の全 $\beta$ 放射能は、① 集塵中の全 $\alpha$ 放射能・全 $\beta$ 放射能比と② 集塵中の全 $\beta$ 放射能が同時に大きく変化した場合の参考として確認する。
  - 人工放射性核種の影響がない平常時においては、**集塵中の全 $\alpha$ 放射能及び全 $\beta$ 放射能の値は、ラドンの崩壊生成物からの放射線が主たるものである**。
  - また、集塵終了 6 時間後の全 $\beta$ 放射能については、見かけ上の半減期が約 11 時間である**トロンの崩壊生成物**からの放射線が主たるものである。

## トロンの崩壊生成物

地球誕生から現在まで壊変しつづき存在するトリウム<sup>232</sup> ( $^{232}\text{Th}$ ) は、決まった壊変系列にしたがって次々と崩壊する。これを親核種の名前をとってトリウム系列と呼ぶ。

これらの崩壊は、土壤中で起こるが、途中で気体の核種であるロン ( $^{220}\text{Rn}$ ) が生成し、その一部が大気中へ散逸する。

ロンは崩壊し、ポロニウム、鉛、ビスマスなどの粒子状物質に変化する。



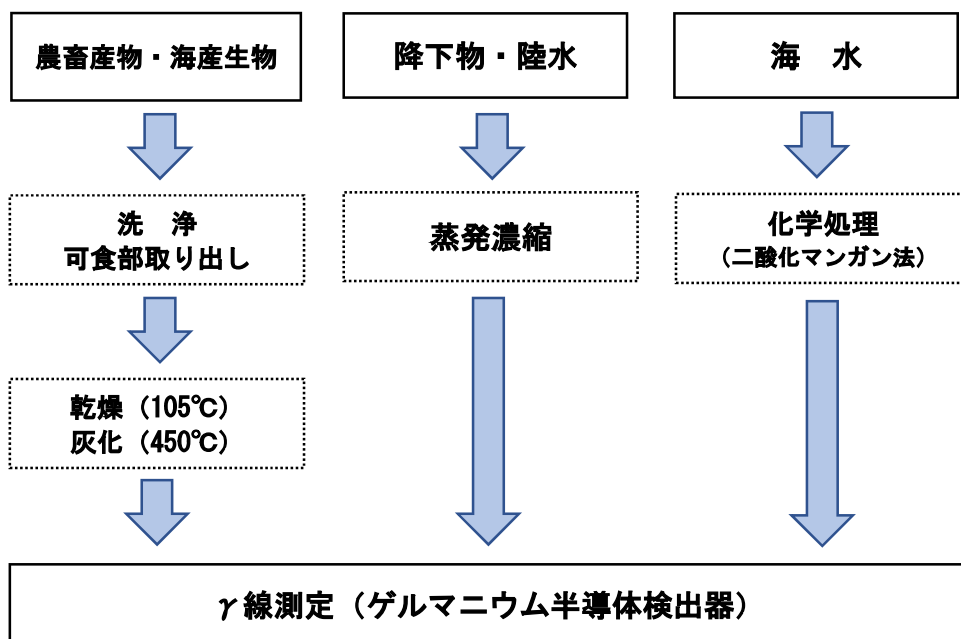
(注) 壊変系列の一部を省略して記載している。

## 4 $\gamma$ 線放出核種の測定

### 【測定法】

- $\gamma$ 線を放出する多数の核種を一度に測定できる**ゲルマニウム半導体検出器**を用いて測定する。
- 試料から出た $\gamma$ 線がゲルマニウムの半導体と相互作用し、 $\gamma$ 線のエネルギーに応じた電気パルスを発生する。この電気パルスを多重波高分析装置で解析する。
- ゲルマニウム半導体検出器はエネルギー分解能に優れているため、解析によって得られるスペクトルは核種同定が可能な明瞭なピークとなって表示される。
- 採取した環境試料は、その形態に応じて前処理（乾燥、灰化、蒸発濃縮、化学処理など）を行うことにより減容し、U8容器と呼ばれる専用の容器に充填する。（前処理を行わず、試料をそのまま専用の容器（マリネリ容器）に詰めて測定する場合もある。）
- 平常時は環境試料に含まれる放射性物質の量が非常に少ないため、前処理による減容に加えて、長時間（数万秒）の測定を行うことで、検出可能レベルを下げている。食品衛生法での測定は数Bq/kgを検出できればいいため、前処理等を行わないが、本法ではそれよりも2~3桁低いレベルを検出することが可能である。

### 分析・測定の流れ（例）



# ゲルマニウム半導体検出器

