

福島第一原子力発電所における ストロンチウム-90分析の評価について

平成26年2月20日
東京電力株式会社



1. 概要

- H25年6月採取分の港湾内海水試料のストロンチウム-90分析結果が7月下旬に判明し、ストロンチウム-90濃度が全ベータ放射能濃度を上回る状況（データの逆転）が散見されたため原因究明を実施。
- 調査の結果、データの逆転は5・6号機のホットラボの低バックグランドガスフロー型計数装置（LBC）でストロンチウム-90分析に偏っていることが判明した。
- 当該装置を含め、更に詳細調査を実施した。

2. 要因分析

- 日本原燃殿の協力をえながら、ストロンチウム-90分析のプロセスで結果に影響を与える要因として、以下の3つを抽出。

- ①分析を行う際に作成した、ストロンチウム標準液の濃度
- ②分析を行う際に作成した、イットリウム標準液の濃度
- ③イットリウム-90の計測効率

3. 検証結果

- 手順書通りの操作を行えば、ストロンチウム標準液もイットリウム標準液も正しく作成されることを確認。
- 福島第一の同一地下水試料から分取し各計測器で計測したところ、5・6号機LBCの計数値は環境管理棟LBCより高い値であった。
- 次に、標準線源を用いてイットリウム-90効率（ストロンチウム-90濃度を計算する際に使用する換算定数）を測定したところ、計測器導入当時の設定値よりも高いことが判明した。なお、環境管理棟の検出効率は導入当時の計数効率と同等であった。

	5・6号機ホットラボ		環境管理棟	
導入時に設定した 検出効率	47.9% (H15.12)		48.8% (H19.12)	
現在の設定値 (H26.1)	同上		同上	
今回標準線源で 確認したあるべき 検出効率※ (H26.1確認)	60.4%	60.5%	49.8%	51.2%
		59.1%		49.0%
		61.7%		49.3%

4. 低いLBC効率を使用していた原因

5・6号機LBCのイットリウム-90の効率測定に関係した者への聞き取り調査を実施し、本件の原因に直接係わる点として以下を確認した。

- LBCのイットリウム-90効率の評価は、当時定めた手順で実施していた。
- 効率測定を行った結果、「ストロンチウム-90+イットリウム-90」の値が旧式同型装置に比べて低かったため、同じ試料とあわせてイットリウム-90を再度測定したところ、イットリウム-90については低い値となった。
* 3種類の試料に対するの効率測定を行う（「ストロンチウム-89」、「ストロンチウム-90+イットリウム-90」、「イットリウム-90」）。このうちの「ストロンチウム-90+イットリウム-90」の値が低かった。
- その後、イットリウム-90について再測定を2回実施し、計4回実施した測定のうち3回目と4回目が同程度の値だったため、4回目の値を同装置の効率として採用。
- 旧装置と同型の当該計測器で得たイットリウム-90の効率は旧装置より低いものだったが、当時、当該機器固有の特性として効率が低い装置と考えた。
- 4回の測定で効率が70～50%と評価されたが、効率にばらつきがある原因について、当時は更に考察を行うことについて考えが至らなかった。

5. 過去の分析結果に対する影響

- 当該計測装置を使用して震災以前に分析した放射性廃棄物（全755試料）のうち、ストロンチウム-90を検出したのは1件のみ（H16年1月採取の1、2号機共用排気筒試料※）。
※ストロンチウム-90分析値： $1.4E-10\text{Bq/cm}^3$
- その他は全て検出限界未満で影響なし。
- 検出した1件は関係箇所に報告し記録を訂正する。

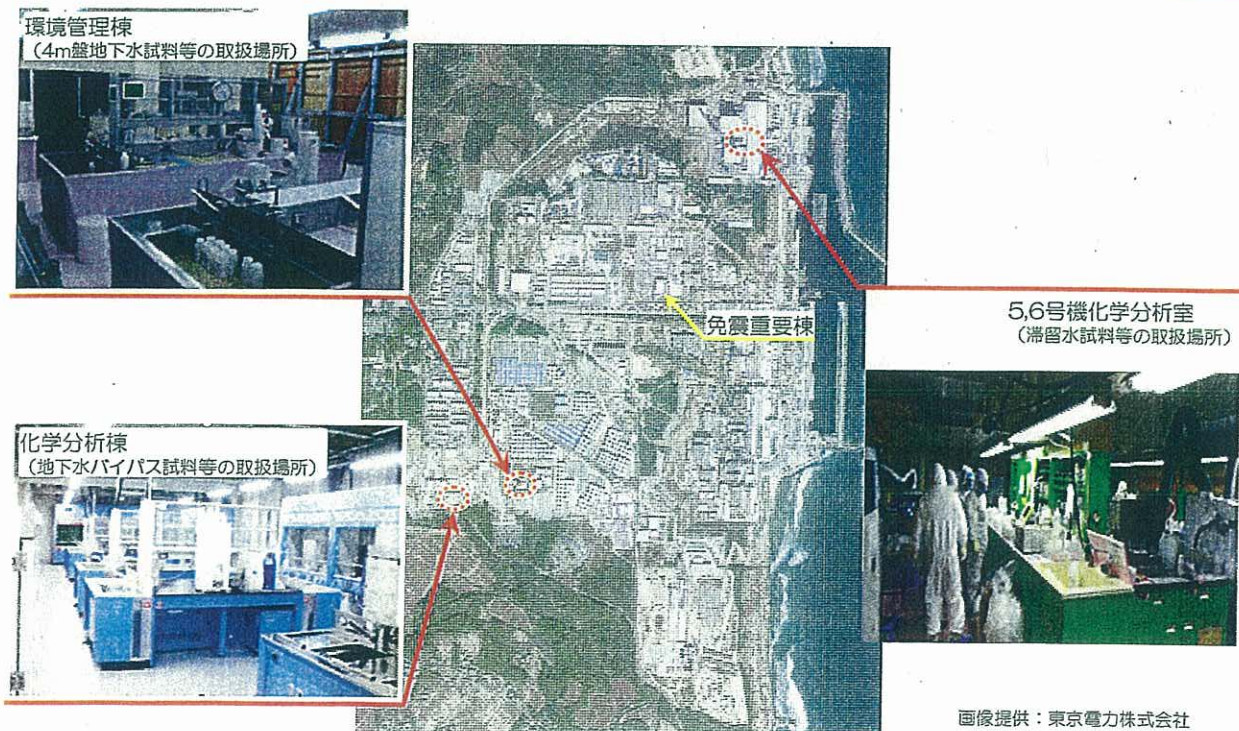
6. 今後の対応

- ストロンチウム-90が全ベータの値を上回っていた原因が判明したことから、分析の確定を中断していた試料について、速やかに確定作業を再開する。
- 福島第一における放射能分析の品質向上として、定期的に所内分析室間クロスチェック、および社外機関クロスチェックを実施し、分析品質が維持されていることを確認する。
- 再発防止のため、次回装置導入より、納入時の化学分析用放射線計測器の校正は、装置の扱い経験が豊富な計測器メーカーにて実施する。
- 当該装置での分析は以下の扱いとする。
 - ・5・6号機LBCは、再校正を行うまでの間はストロンチウム-90分析に使用しない。
 - ・当該機器で分析した試料はピコベータで再分析を実施する。
 - ・分析員の力量によるばらつきが小さい分析方法の導入を検討する。

<参考>5,6号機ホットラボの低バックグラウンドガスフロー型計数装置に係る時系列

時期	事象
平成15年8月	当該計測器納入
平成15年9月～12月	当該計測器の校正実施
平成23年3月	被災により当該機器使用停止
平成24年1月	当該機器のメーカー点検実施
平成24年10月	当該機器を用いたストロンチウム分析を再開
平成25年7月	福島第一港湾内海水ストロンチウム-90濃度と全ベータ放射能濃度の関係に従来と異なる傾向を確認したためデータ確定作業を中断し、当該試料の再分析を実施
平成25年8月	再分析試料および7月採取分の試料も前回分析と同様の傾向を示したためストロンチウム-90分析の妥当性検証開始
平成25年9月	ベータ核種分析装置運用開始
平成26年1月	当該機器のイットリウム-90効率が平成15年当時よりも高いことが判明

<参考>福島第一原子力発電所内の分析室



提供：日本スペースイメージング（株）、(C)DigitalGlobe

福島第一原子力発電所における ベータ線測定における数え落としについて

平成26年2月20日
東京電力株式会社



1. これまでの経緯

- 平成26年2月6日に公表した資料中の一部のデータで、全ベータの値がストロンチウム-90の値を下回っていた。
- 全ベータの値が、ストロンチウム-90の値を下回る原因は、計測時に生じる「数え落とし」が原因であった。
- 「数え落とし」により、測定値が過小評価されていることから、その影響範囲を調査した。
- なお、その背景としては、平成26年2月5日に、ストロンチウム-90の値が全ベータの値を上回っていたことについて、5、6号ラボの低バックグラウンドガスフロー計数装置（LBC）の計数効率によるものと、原因および対策を報告した。
- 平成25年7月末にストロンチウム-90の測定が正しくできていないことを確認したことから、原因の究明を始めるとともに、原因が究明されるまではストロンチウム90のデータ確定を中断している状態であった。
- そのため、平成25年7月5日に採取した「地下水観測孔（No.1-2）」試料の測定も、同年7月末以降は確定できない状況となっていた。（分析は同年9月12日に終了）

2. 調査状況

<調査対象>

震災以降、福島第一にて発生した液体試料、ダスト試料および土壌試料

- LBCでの測定において、IAEA-TECDOC1092の「原子力あるいは放射線緊急事態におけるモニタリングの一般的手順」では「数え落とし」の割合は20%とされていることから、これに相当する計数率800cpsを超える試料を抽出する。

※本調査において、「数え落とし」に対応する補正機能を有した、ゲルマニウム半導体スペクトロメータ（ガンマ核種分析用）、液体シンチレーション計数装置（トリチウム分析用）およびベータ線核種分析装置（ピコベータ：ストロンチウム分析用）は対象外。

<調査結果>

- 全ベータ放射能を計測した試料数 20,866体のうち、「数え落とし」が懸念される計数率800cpsを超過する試料数は167体（0.8%）であった。
- ストロンチウムはLBCでも測定しているが、LBCで計測した試料数 671体のうち、「数え落とし」が懸念される試料は無かった。

3. 今後の対応

- 「数え落とし」が懸念される計数率800cpsを超過する167試料について、「数え落とし」の影響を除いた正しい値に訂正していく。（訂正の方法は検討中）
- 国内外の分析機関によって、当社の測定体制の確認や、試料の分析を依頼して、結果を相互に確認するなど、測定の信頼性の維持・向上を計っていく。

【参考】「数え落とし」とは

放射線が検出部に入射すると
次に入射する放射線を検出しない時間帯が発生 → 分解時間

『分解時間』帯に入射した放射線を計数しない現象 → 数え落とし

放射能濃度「高」= 計数値「増」 → 分解時間「増」= 数え落とし「増」

数え落とし

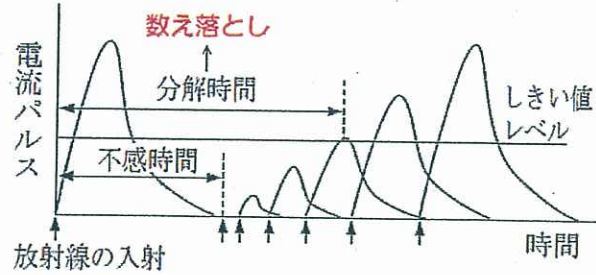
放射線が入射し、イオン対が生成しても
計数されない事象

不感時間

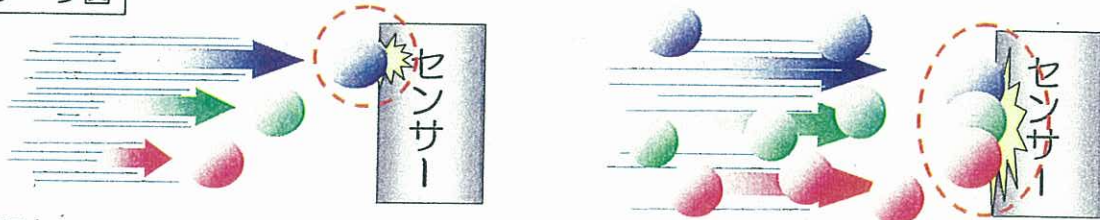
放射線が入射し、電離が生じても検出装置がまったく応答を示さない時間

分解時間

電流信号として認識され、計数されるまでの時間

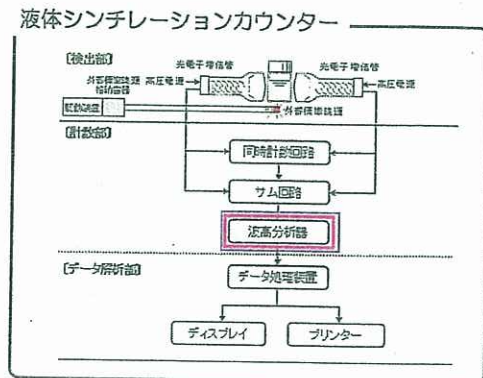
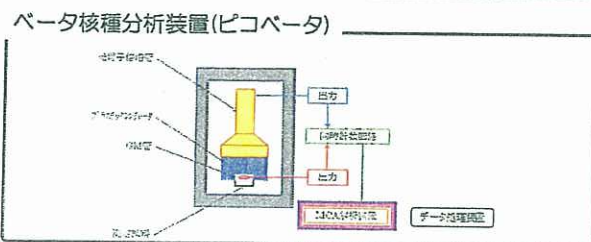
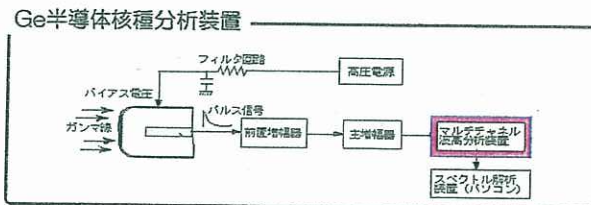


イメージ図



【参考】「数え落とし」の補正

- ・ 検出した放射線信号が有意かどうか補正回路で分析する時間が必要
- ・ 分析実施期間に次の放射線信号が入ると、補正回路は後から入った信号を処理できない
- ・ 処理できない信号 = 「数え落とし」が発生し、結果的に計数値が減少
- ・ 計数値の低下を防ぐために、補正回路では、放射線信号を分析していて次の放射線信号を受け付けることができない時間を「不感時間」として処理し、実際の経過時間から差し引く処理を行う回路を実装
- ・ 「数え落とし」によって減少した計数値に相当する時間（不感時間）を実際の経過時間から差し引く補正を実施



数え落とし補正回路