

土壌等環境試料に対するGe半導体検出器を用いた ガンマ線スペクトロメトリの高度化



福島環境安全センター 放射線計測技術グループ
三枝 純、前田 智史、栗田 義幸、依田 朋之、武石 稔

研究経過報告会
-ふくしまの環境回復に係るこれまでの取組-
2015年11月9-10日

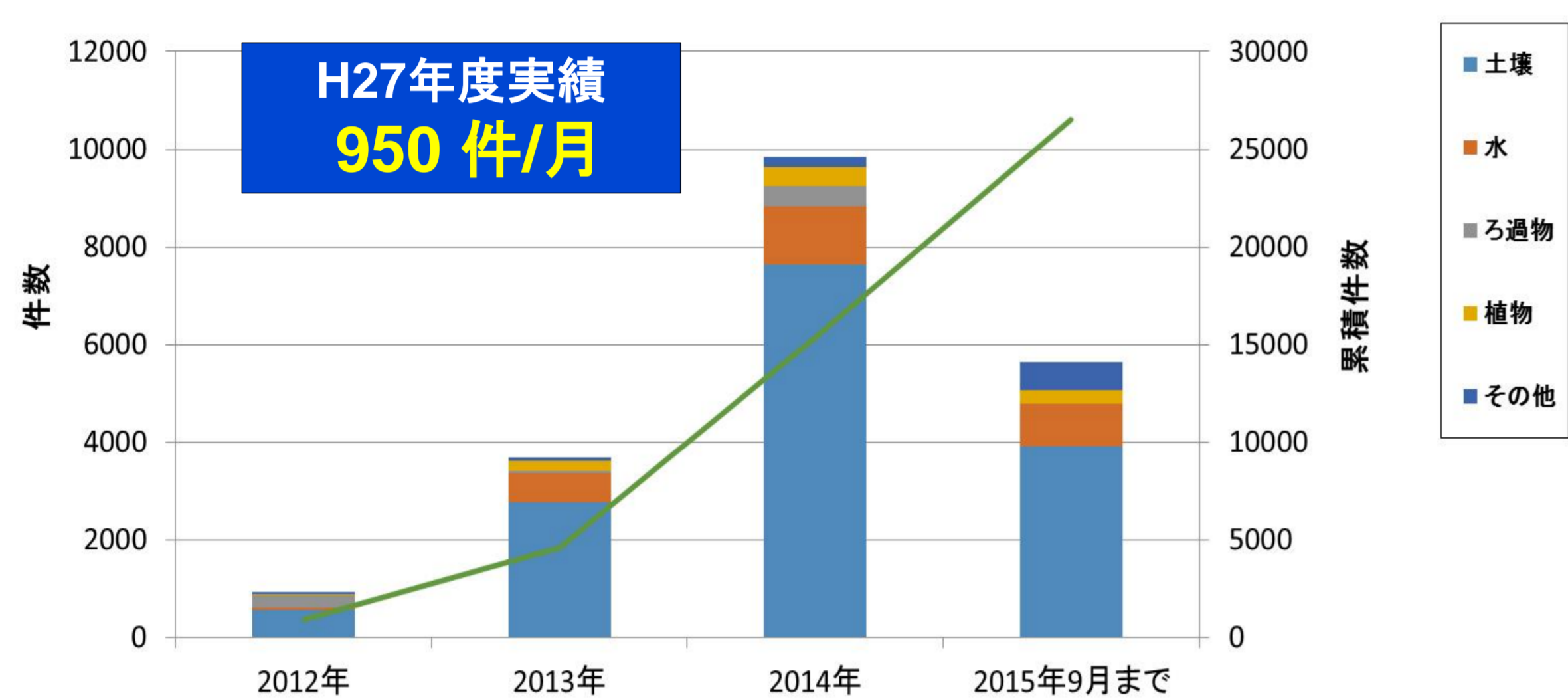
概要

福島環境安全センター放射線計測技術グループでは、東京電力福島第一原子力発電所事故対応に伴う各種環境試料の放射能分析を実施している。平成24年9月に福島市内に「笹木野分析所」を開設し、平成25年1月までに各種放射能測定を行うための機器を整備した。その後、Ge検出器を用いたガンマ線放出核種の放射能分析をルーチンベースで進めるとともに、放射能定量結果の精度向上及び信頼性担保のための技術開発を実施している。

平成27年10月現在、ガンマ線スペクトロメトリに基づき約28,000件の環境試料の放射能定量を実施している。平成26年度よりISO/IEC17025規格に基づく国際試験所認定取得のための準備を進めてきたところであるが、平成27年10月に日本適合性認定協会（JAB）より同規格に適合した試験所であることが認定された。放射能分野では福島県内で唯一のISO/IEC17025適合試験所である。



笹木野分析所
(福島駅から西へ約2 km)



笹木野分析所におけるガンマ線放出核種分析実績（～H27年9月）

実施項目の一例

- 検出器の環境バックグラウンド低減化
- 異なる充填高さの試料に対するGe検出器効率補正パラメータの整備
- 電気冷却式Ge検出器の日常点検データの解析
- ISO/IEC17025国際試験所認定の取得

(1) 検出器の環境バックグラウンド低減化

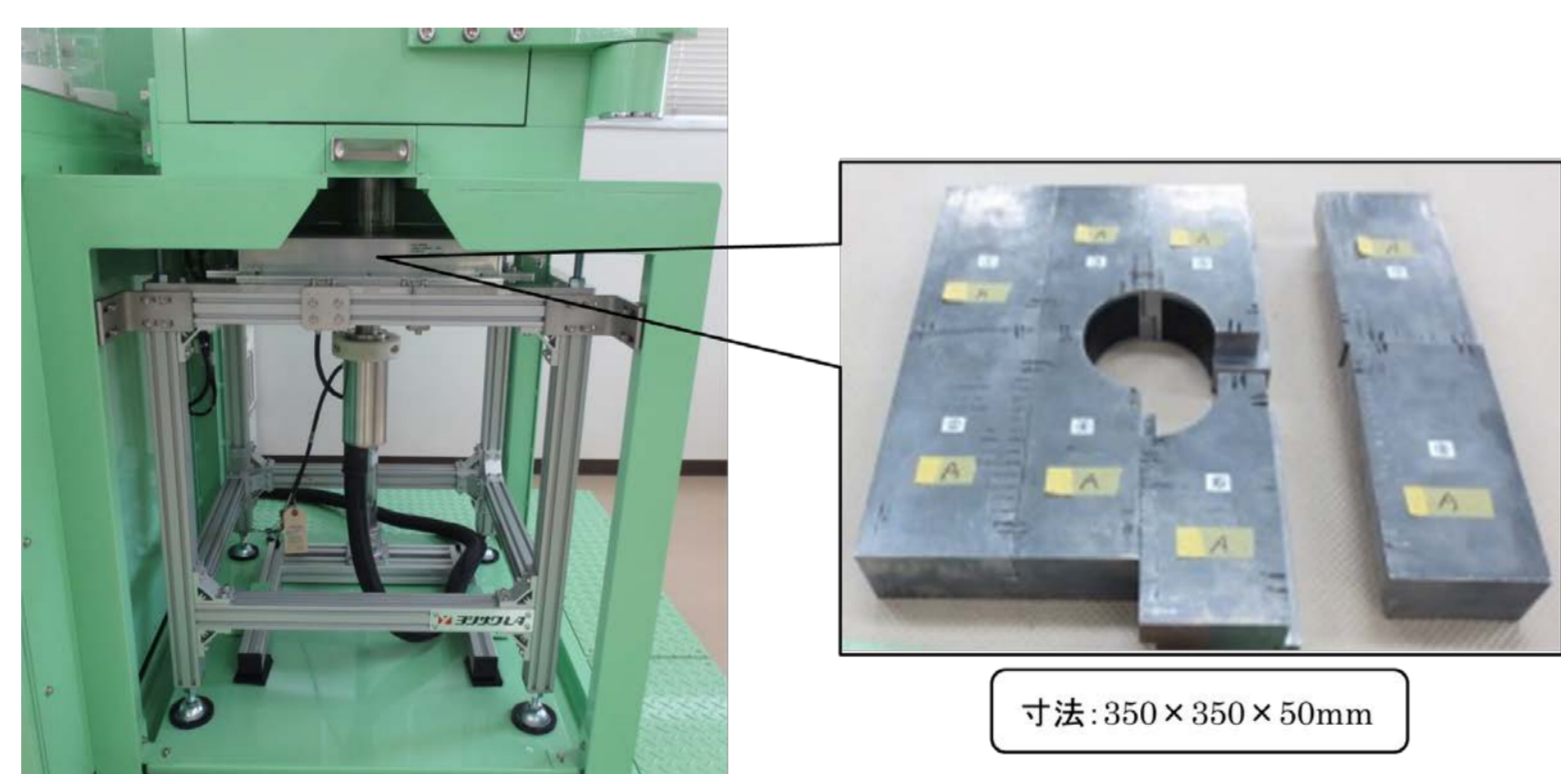
分析所2階に設置しているGe半導体検出器のバックグラウンド(BKG)測定において、放射性セシウムのピークが確認された。そこでBKGを低減するための調査・対策を行った。

【BKG計数値】(低減化対策前)

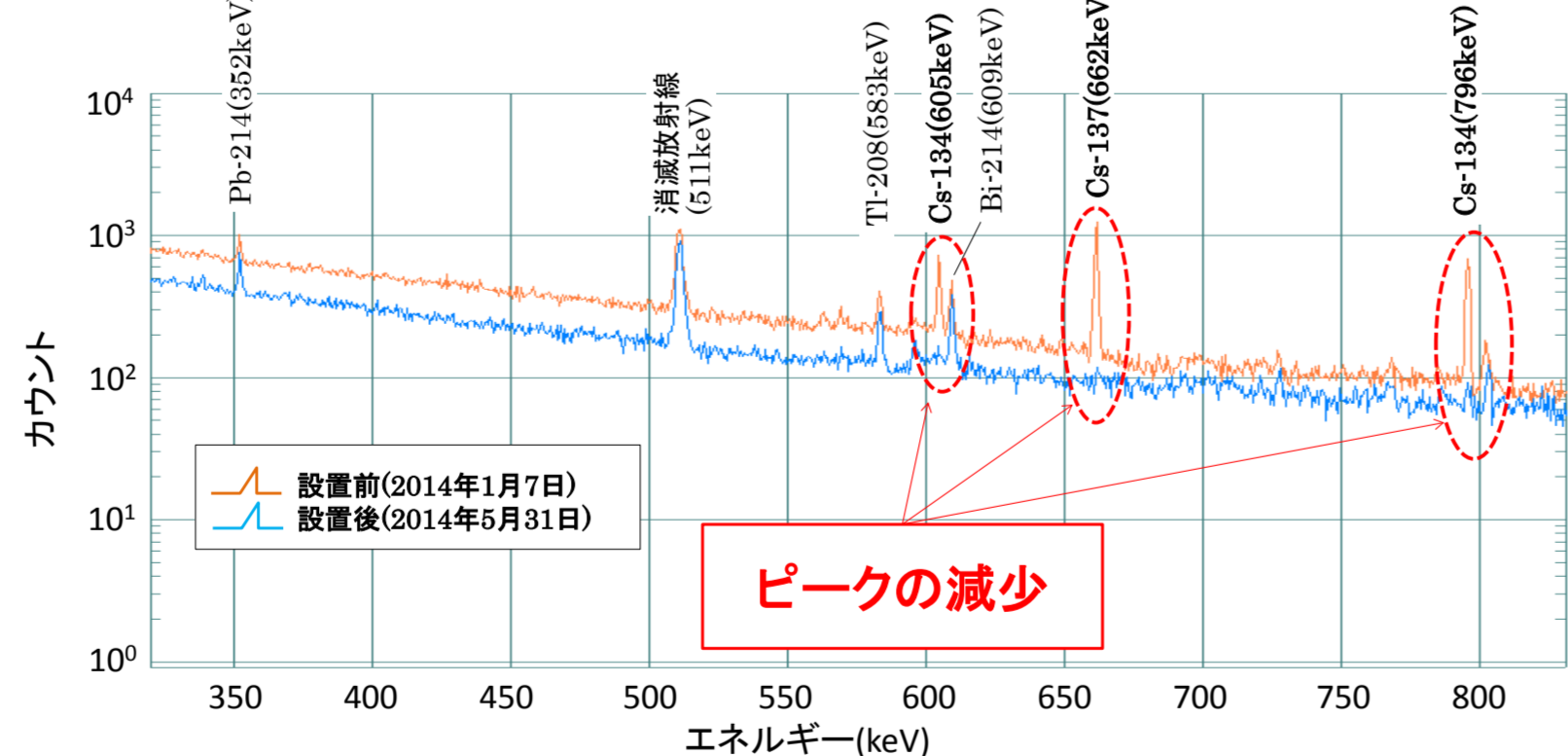
検出器	Cs-137 ピーク面積 (counts)
Ge-2	245
Ge-3	215
Ge-4	175
Ge-5	3409
Ge-6	1263

測定日：2014年1月7日
(Ge-6:2013年12月28日)
測定時間：200,000秒

※遮蔽体内部及び測定器具の汚染はないことを確認



鉛補助遮蔽体を作製・設置し、外部放射線を遮蔽



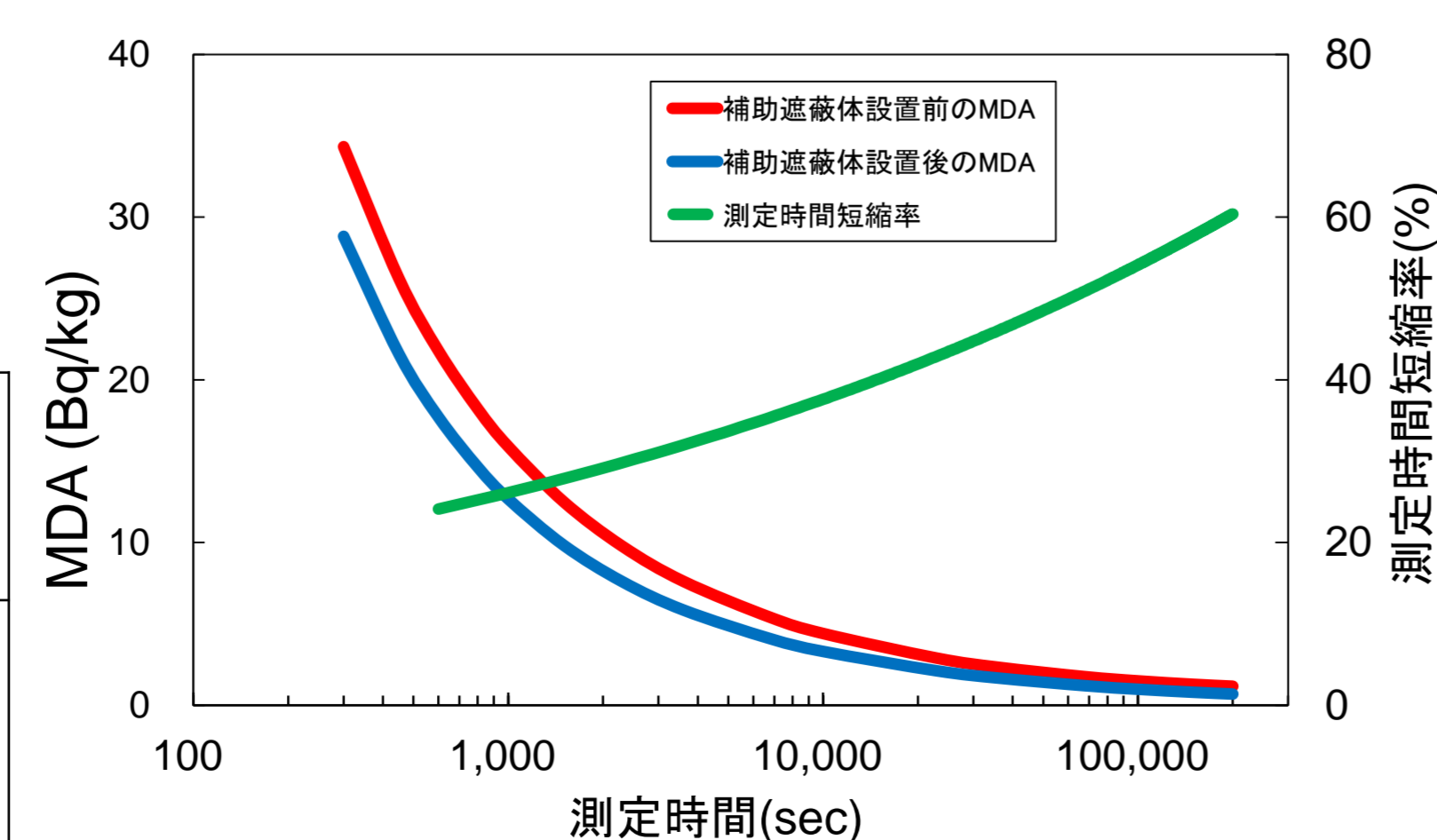
ピークの減少

《最小検出可能放射能(MDA)と測定時間短縮率の評価》

評価例

試料形状：V-1 (59.7mmΦ×21mmH)
材質：土壌 重量：85g
MDA：クーバー法で算出
検出ファクタ：3

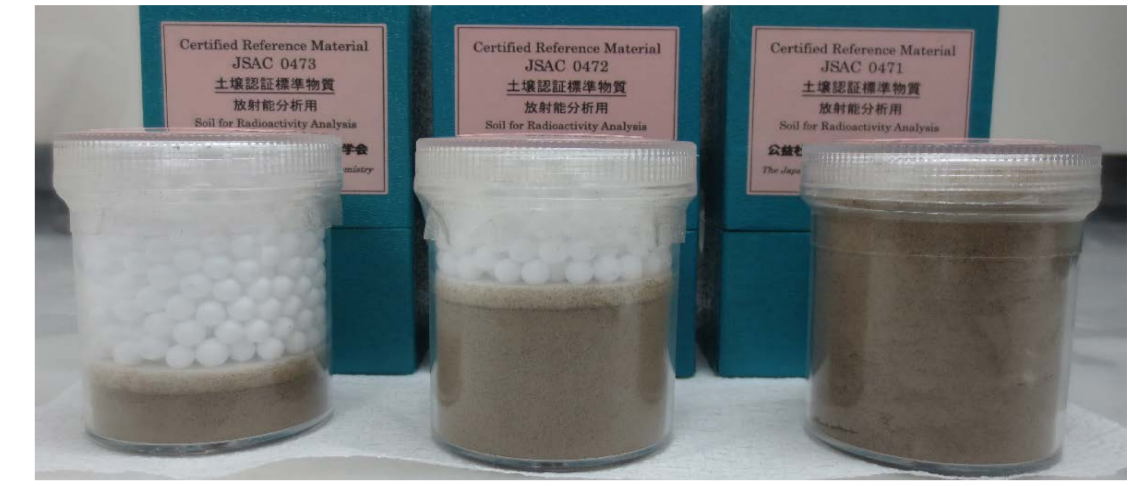
MDA (Bq/kg)	測定時間(sec)		測定時間短縮率 $\frac{t_A - t_B}{t_A} \times 100$ (%)
	補助遮蔽体設置前 t_A	補助遮蔽体設置後 t_B	
10	2,200	1,450	34%
7.6	3,600	2,300	36%
1.5	100,000	44,000	56%



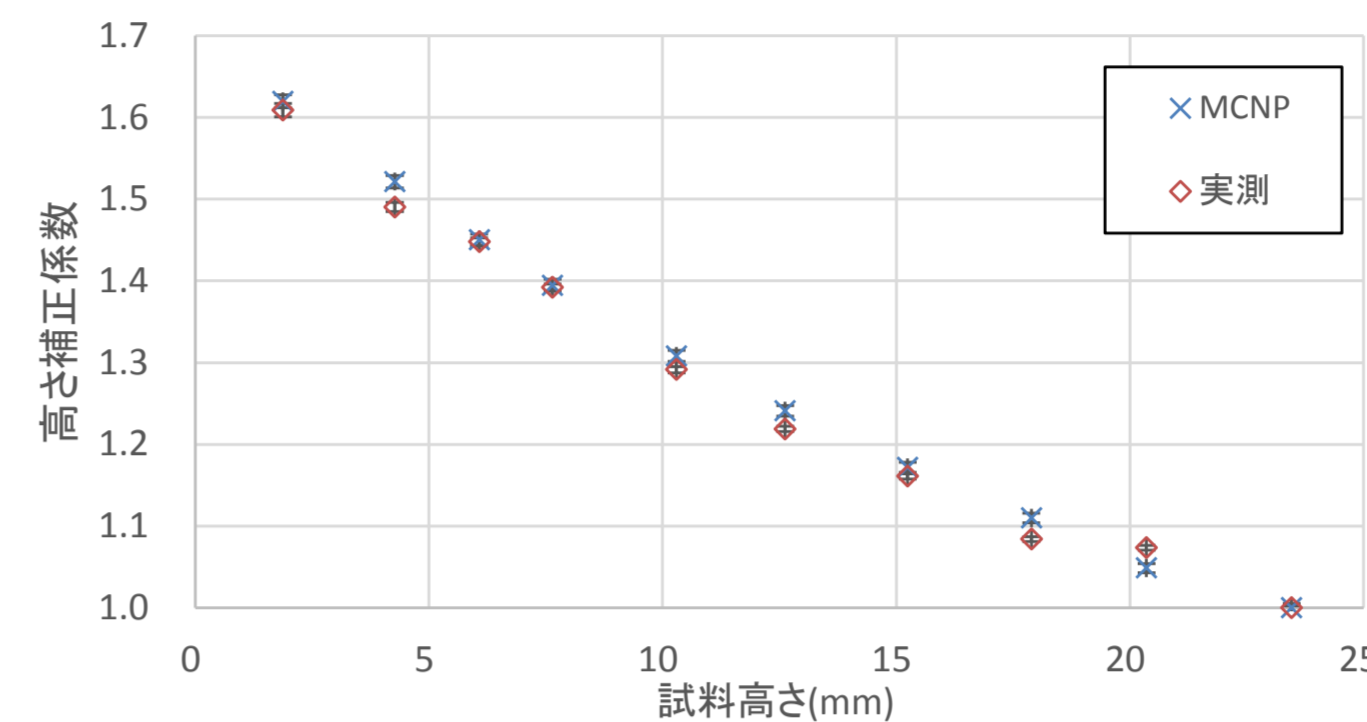
目的とするMDA担保に必要な測定時間を大幅に短縮

(2) 異なる充填高さの試料に対するGe検出器効率補正パラメータの整備

試料量が少なく容器にフル充填できない試料は、標準体積線源とジオメトリが異なるため検出効率の補正が必要となる。異なる充填高さに対する補正係数(高さ補正係数)をシミュレーション計算により求めた。結果の妥当性を実測値(土壤認証標準物質、水、KCl粉末)と比較検証した。



日本分析化学会土壤認証標準物質



シミュレーション(MCNPコード)と実測による高さ補正係数の比較 (V-1容器充填土壤試料)

土壤認証標準物質による妥当性確認試験結果

試料高さ (cm)	補正前 放射能濃度(Bq kg ⁻¹)		
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
1	172	213	747
3	120	150	518
5	91.4	116	410
認証値	85.3 ± 5.9	115 ± 8	396 ± 25

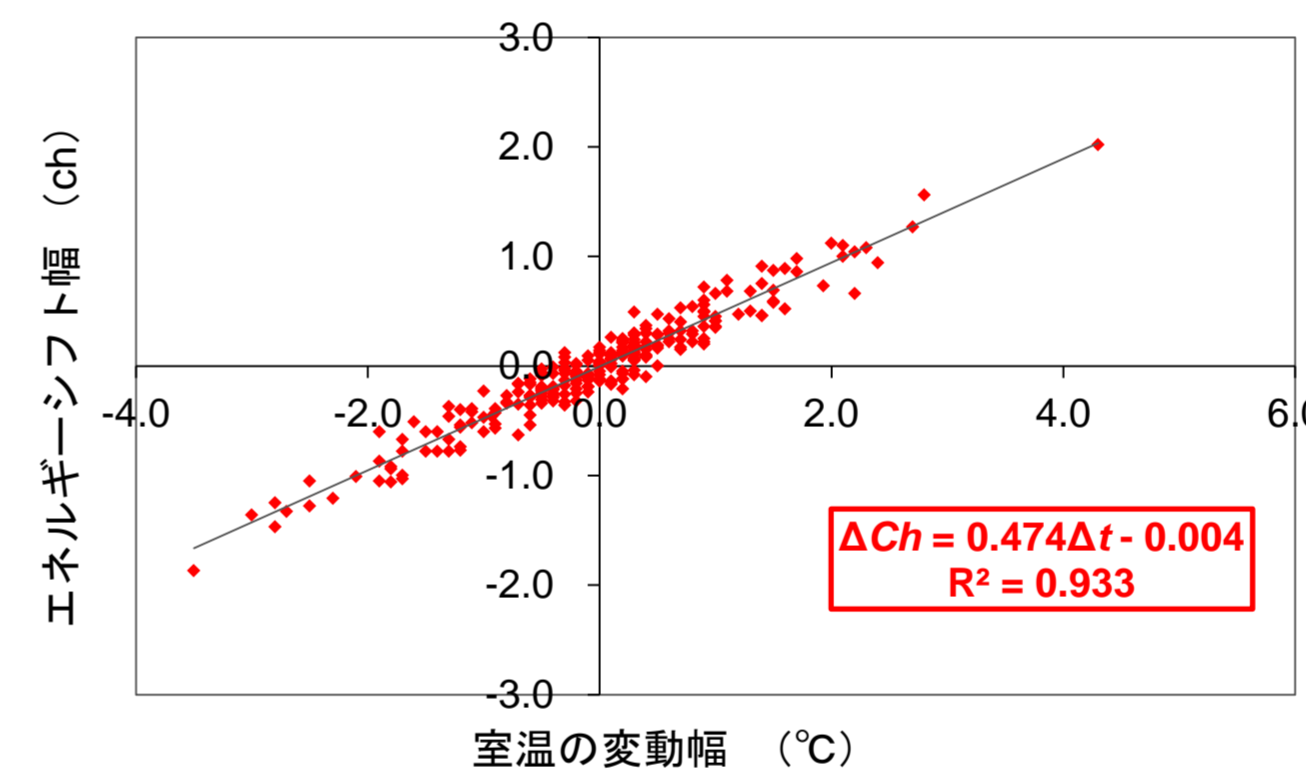
不確かさk=2

試料高さ (cm)	補正後 放射能濃度(Bq kg ⁻¹)		
	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
1	83.0 ± 6.0	109 ± 6	383 ± 29
3	84.3 ± 5.7	110 ± 5	380 ± 24
5	86.5 ± 5.8	112 ± 5	396 ± 24
認証値	85.3 ± 5.9	115 ± 8	396 ± 25

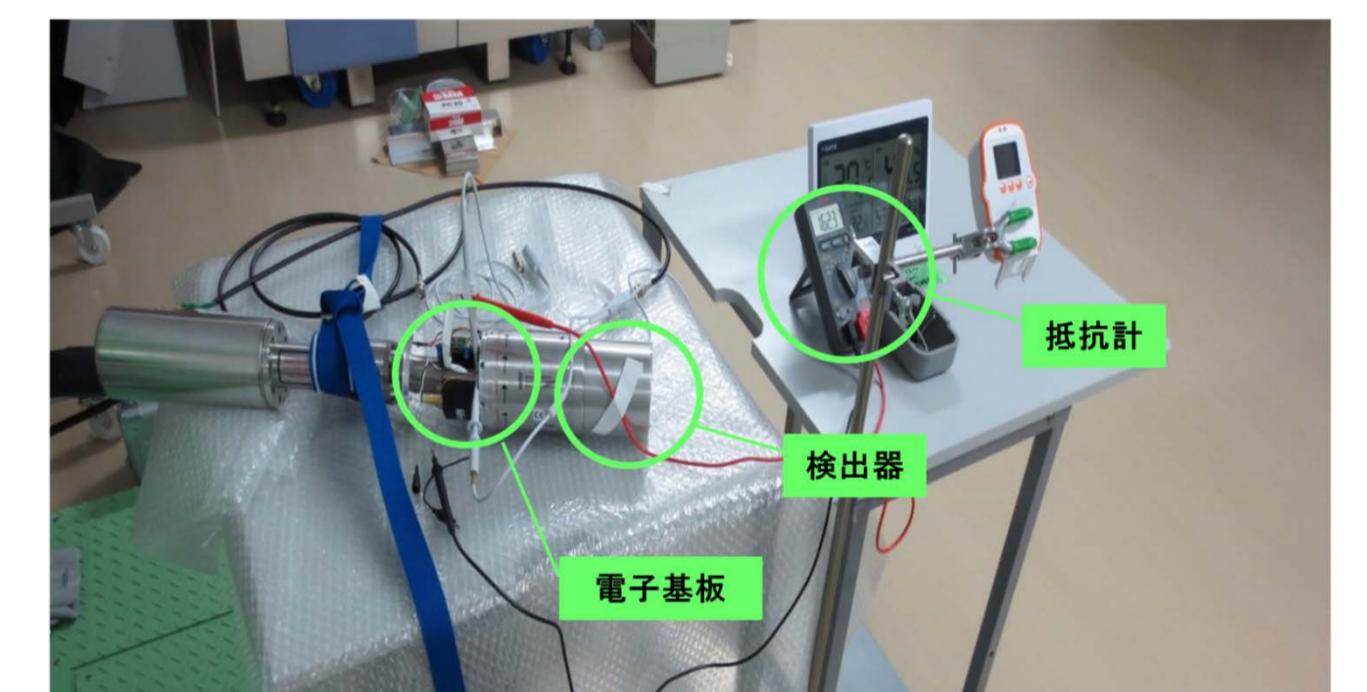
多様な試料に対して放射能定量を可能に

(3) 電気冷却式Ge検出器の日常点検データの解析

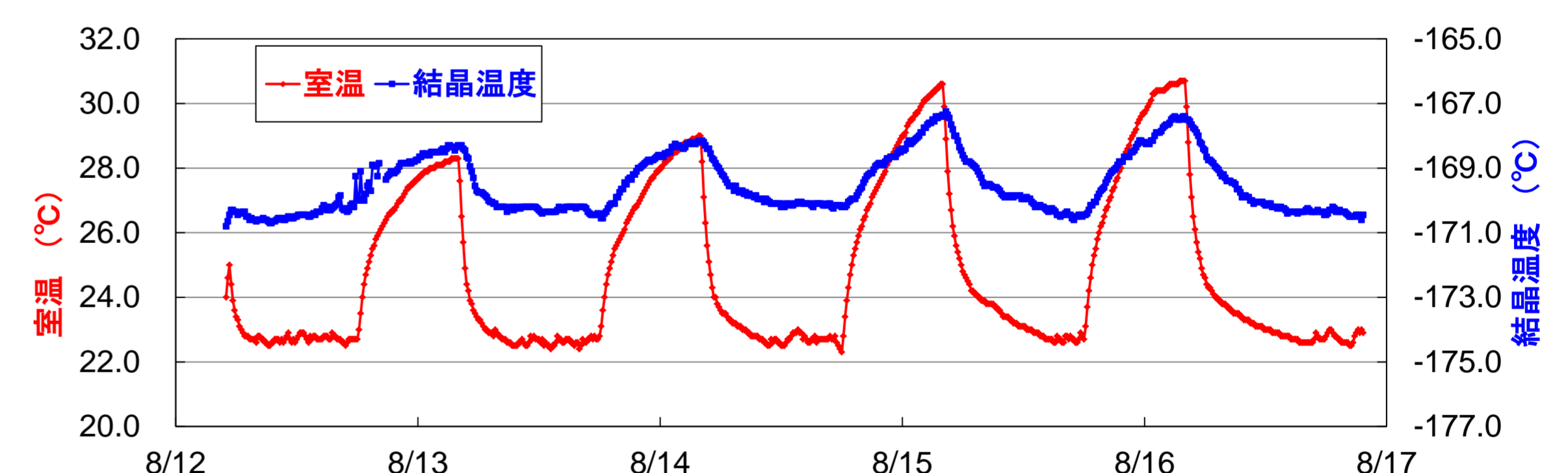
品質管理の一環として検出器及び回路系の日常点検を平日午前・午後の各1回、所定の標準線源(¹³⁷Cs、⁶⁰Co等)を用い、各々のピーク中心位置、半値幅、ピーク面積を評価し、検出器近傍の温湿度とともにトレンドグラフ化した。その結果、室温変動とエネルギーのシフト量との間に明確な相関があり、室温上昇1℃につき約0.4Chシフトすること等を見出した。



室温とエネルギーシフト量の関係



検出器冷却温度測定の様子



- 室温変動から数10分後に冷却が追従、室温1℃に対し、冷却温度は0.34℃変動
- bandgapエネルギー、対生成エネルギー、電子移動度の温度依存性に関係

(4) ISO/IEC17025国際試験所認定の取得

平成26年度よりGe検出器を用いた放射能濃度定量について、ISO/IEC17025国際標準規格(試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項)に基づく品質管理体系を整備し、平成27年10月に日本適合性認定協会(JAB)より適合性認定。これにより放射線計測技術グループ笹木野分析所で得られた試験結果(試験報告書)は、国際相互承認制度(ILAC-MRA)に則り、国際的に通用する。

《認定取得までの道のり》

- H26年5月 認定取得準備開始
- H27年3月 品質マニュアル準備完了
- H27年4月 審査作業の機構内契約請求手続
- H27年5月 認定審査機関決定(JAB)
- H27年5月 内部監査
- H27年7月 予備訪問
- H27年8月 現地審査
- H27年10月 認定審査・認定通知
- H27年11月 認定登録



ISO認定書、分析スタッフ

品質管理を行う上でのマネジメント力と信頼性のある試験結果を生み出す技術力が国際的に認められた