

ISET-R A02-3 班

若手育成研修会（第4回）レポート

2016. 12. 2.

筑波大学 数理物質系 物理学域

松中哲也

「海水中の放射性セシウムの分析および海洋地球研究船「みらい」・
最先端海洋観測機器・むつ科学技術館見学」

研修内容

1 実習

- 1-1 海水中放射性セシウム分析のためのリンモリブデン酸アンモニウム（AMP）による前処理
- 1-2 ガンマ線測定
- 1-3 データ解析

2 施設見学

- 2-1 海洋地球研究船「みらい」
- 2-2 海洋研究開発機構むつ研究所施設
- 2-3 むつ科学技術館

3 講義

- 3-1 海洋における環境放射能調査について

山田 正俊 先生 「海洋における放射能調査ープルトニウム」

本多 牧生 先生 「福島沖海底堆積物中放射性セシウムの懸濁態と水平輸送」

熊本 雄一郎 先生 「福島事故起源放射性セシウムの北太平洋への拡がり」

日程：2016年10月24日（月）14：45 ～ 10月25日（火）17:00

場所：国立研究開発法人海洋研究開発機構 むつ研究所（青森県むつ市）

講師：山田 正俊 先生（弘前大学 被ばく医療総合研究所）
本多 牧生 先生（海洋研究開発機構）
熊本 雄一郎 先生（海洋研究開発機構）

参加者：5名



写真1 若手研修会の講師と参加者
本多先生、Niさん、報告者、猪俣さん、熊本先生
山田先生、Menさん、水津さん

1 実習

1-1 海水中放射性セシウム分析のためのリンモリブデン酸アンモニウム (AMP) による前処理

試料：海水 20L

試料名：1207_関根浜 (0 dbar)

試料 ID：#0324

採取場所：むつ研究所港湾

採取日：2012年5月15日

作業者：松中・猪俣・水津 (グループ1)

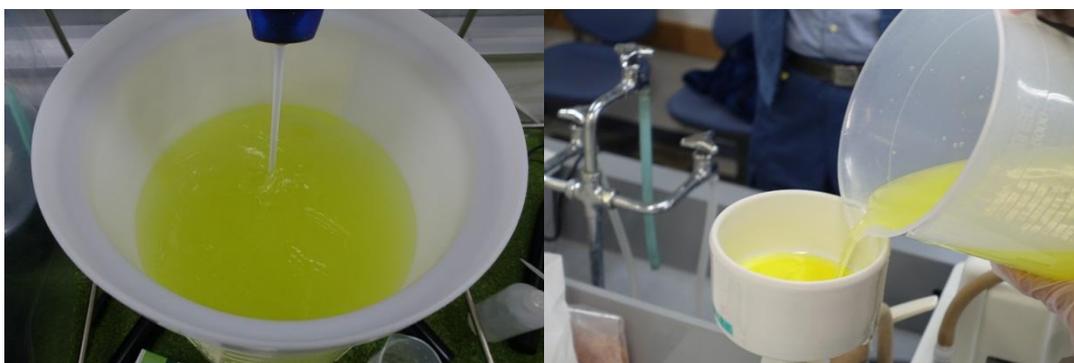


写真2 AMPを添加した海水の攪拌 (左)、AMP・Cs化合物のろ過 (右)

1-2 ガンマ線測定

試料 ID：#0324

検出器：井戸型ゲルマニウム半導体検出器 No. 1

測定日：2016年10月28日

測定時間：240,000 秒

測定容器：テフロンチューブ

試料：海水から分離精製した AMP・Cs 化合物

テフロンチューブ中の AMP の高さ：平均 11.6 ± 0.1 mm (n = 4)



写真3 テフロンチューブに入れた AMP・Cs 化合物 (左)、検出器 (右)

1-4 データ解析

1) ガンマ線測定結果

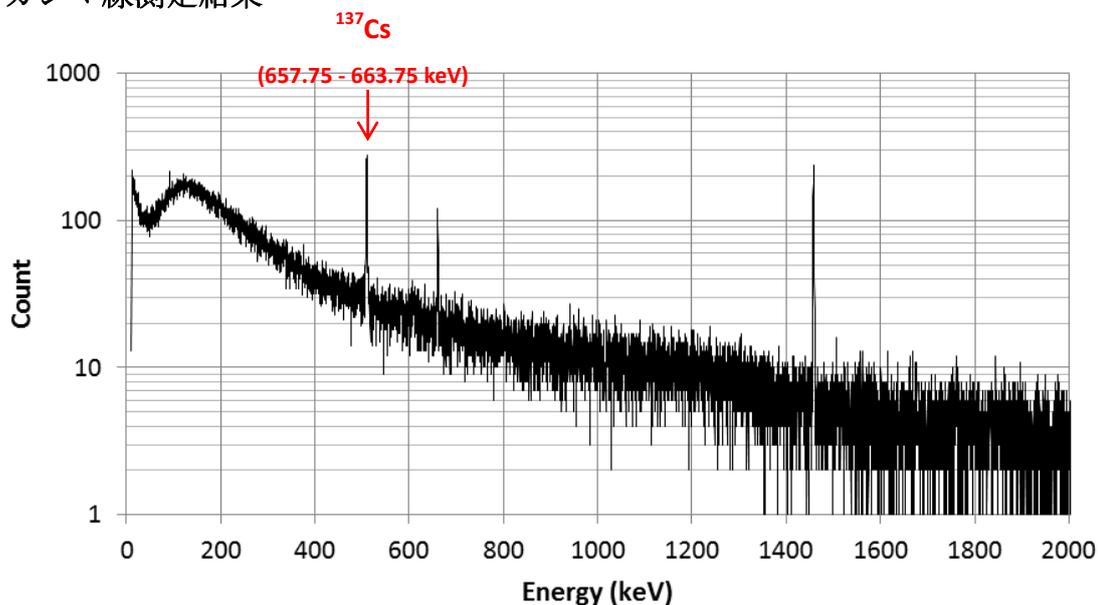


図1 AMP · Cs 化合物のガンマ線スペクトル

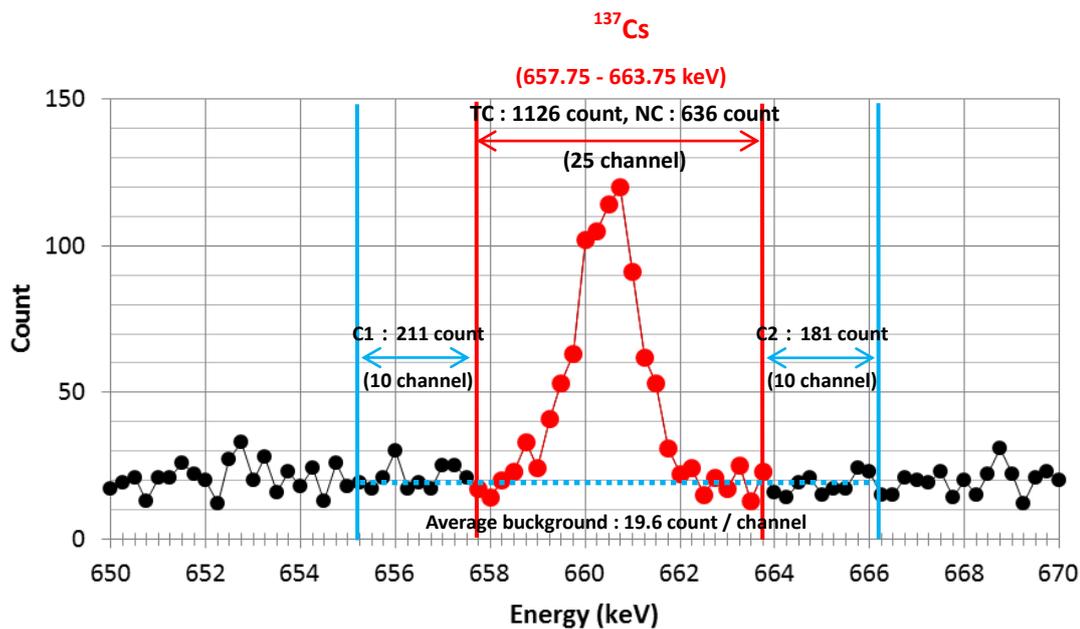


図2 ^{137}Cs ガンマ線シグナル前後 (650–670 keV) におけるスペクトル

- ① ^{137}Cs ガンマ線シグナル間の総カウント数 (657.75–663.75 keV、25 チャンネル)

$$\text{Total count (TC)} = \mathbf{1126}$$

- ② ^{137}Cs ガンマ線シグナル前のカウント数 (655.25–657.75 keV、10 チャンネル)

$$\text{Count 1 (C1)} = \mathbf{221}$$

- ③ ^{137}Cs ガンマ線シグナル後のカウント数 (664.00–666.25 keV、10 チャンネル)

$$\text{Count 2 (C2)} = \mathbf{181}$$

- ④ ^{137}Cs ガンマ線シグナル前後の平均バックグラウンド

$$\begin{aligned}\text{Average background (AB)} &= (\text{C1} + \text{C2}) / \text{Channel} \\ &= (221 + 181) / 20 \\ &= \mathbf{19.6 \text{ counts/channel}}\end{aligned}$$

- ⑤ ^{137}Cs ガンマ線シグナル間のバックグラウンド

$$\begin{aligned}\text{Background count (BC)} &= \text{AB} \times \text{Channel} \\ &= 19.6 \times 25 \\ &= \mathbf{490}\end{aligned}$$

- ⑥ ^{137}Cs ガンマ線シグナル間の正味カウント数

$$\begin{aligned}\text{NET count (NC)} &= \text{TC} - \text{BC} \\ &= 1126 - 490 \\ &= \mathbf{636}\end{aligned}$$

2) 海水中の ^{137}Cs 濃度の計算

- ⑦ AMP 中の ^{137}Cs 放射能 ($\{^{137}\text{Cs}\}$ 、Bq、counts/second)

$$\begin{aligned}\{^{137}\text{Cs}\} &= \text{NC} / \text{B} / \text{T} / \text{E} \\ &= 636 / 0.851 / 240,000 / 0.133 \\ &= \mathbf{0.0234 \text{ Bq}}\end{aligned}$$

^{137}Cs 分岐比 : Branching ratio (B) = 0.851

測定時間 : Measurement time (T) = 240,000 second

$$\begin{aligned}^{137}\text{Cs} \text{ 検出効率 : Efficiency (E)} &= a \times H^2 + b \times H + c \\ &= (-6.58\text{E-}6) \times (11.6)^2 + (-1.06\text{E-}3) \times (11.6) + (1.45\text{E-}1) \\ &= 0.133\end{aligned}$$

試料の任意高さにおける ^{137}Cs 検出効率算出の定数 :

$$a = -6.58\text{E-}6 \quad b = -1.06\text{E-}3 \quad c = 1.45\text{E-}1$$

テフロンチューブ中の AMP の高さ : Height (H) = 11.6 mm

⑧ 海水中の ^{137}Cs 濃度 ($[^{137}\text{Cs}]$, mBq/kg)

$$\begin{aligned} [^{137}\text{Cs}] &= (\{^{137}\text{Cs}\} \times 1000 - \text{Bk} \times \text{R}) / \text{W} / \text{R} \\ &= (0.0234 \times 1000 - 0.139 \times 0.890) / 20.8 / 0.890 \\ &= \mathbf{1.26 \text{ mBq/kg}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{試薬ブランク : Regent blank (Bk)} &= [^{137}\text{C}_{\text{SAMP}}] \times \text{W}_{\text{AMP}} + [^{137}\text{C}_{\text{SCsCl}}] \times \text{W}_{\text{CsCl}} \\ &= 0.023 \times 4.0032 + 0.179 \times 0.2613 \\ &= 0.139 \text{ mBq} \end{aligned}$$

AMP 中の ^{137}Cs 濃度 : $[^{137}\text{C}_{\text{SAMP}}] = 0.023 \text{ mBq/g}$

CsCl 中の ^{137}Cs 濃度 : $[^{137}\text{C}_{\text{SCsCl}}] = 0.179 \text{ mBq/g}$

AMP 重量 : (W_{AMP}) = 4.0032 g

CsCl 重量 : (W_{CsCl}) = 0.2613 g

$$\begin{aligned} \text{試薬回収率 : Total recovery (R)} &= \text{沈殿回収量} / \text{理論回収量} \\ &= 3.7442 / 4.2094 \\ &= 0.890 \end{aligned}$$

沈殿回収量 = 3.7442 g

理論回収量 = 4.2094 g

海水試料重量 : Weight (W) = 20.8 kg

⑨ 試料採取日減衰補正した海水中の ^{137}Cs 濃度 ($[\text{Decay collected } ^{137}\text{Cs}]$, mBq/kg)

$$\begin{aligned} [\text{Decay collected } ^{137}\text{Cs}] &= [^{137}\text{Cs}] \times (1/2)^{-t/30.04} \\ &= 1.26 \times (1/2)^{-(-4.46/30.04)} \\ &= \mathbf{1.39 \text{ mBq/kg}} \end{aligned}$$

試料採取日 : 2012 年 5 月 15 日

測定日 : 2016 年 10 月 28 日

経過時間 : Time (t) = 1627 day / 365 day = 4.46 year

⑩ 誤差 (Uncertainly (U), %)

$$U = \frac{\sqrt{\text{TC} + \text{BC}}}{\text{NC}} \times 100$$

$$= \frac{\sqrt{1126 + 490}}{636} \times 100$$

$$= 6.3\%$$

⑪ 誤差を付けた減衰補正後の ^{137}Cs 濃度

$$[\text{Decay collected } ^{137}\text{Cs}] = A \pm A \times U$$

$$= 1.39 \pm 1.39 \times 6.3$$

$$= \mathbf{1.39 \pm 0.09 \text{ mBq/kg}}$$

3) まとめ

2012年5月15日に関根浜（むつ研究所港湾）で採取された海水中の ^{137}Cs 濃度は、 $1.39 \pm 0.09 \text{ mBq/kg}$ であった（グループ1）。この結果は、グループ2の結果（ $1.54 \pm 0.09 \text{ mBq/kg}$ ）と誤差範囲内で一致したが、やや低かった。この原因については明確ではないが、グループ1のAMP・Cs化合物の回収率が89.0%であり、グループ2の回収率（92.5%）と比べて低かった。特に、AMP・Cs化合物のろ過、及び乾燥させたAMP・Cs化合物の回収を慎重に実施し、その回収率が95%以上になる様に、自身の化学処理技術を磨く必要がある。

得られたガンマ線スペクトルに ^{134}Cs （半減期：2.065年）のシグナルが認められなかったことから、2011年3月11日に起こった福島第一原子力発電所事故由来の ^{137}Cs は、関根浜で採取された海水中で検出されなかったと考えられる。

今回の若手育成研修会の受講によって、海水中の放射性セシウムの分析する為に必要な化学処理と測定方法、及びデータ解析法について学び、今後自身で分析を実施するために必要な知識と技術の習得ができたと考えている。

2 施設見学

2-1 海洋地球研究船「みらい」



写真4 海洋地球研究船「みらい」（左）、ニスキン採水器（右）

2-2 海洋研究開発機構むつ研究所施設



写真5 海洋で漂流しながら表層と水深 2000 m までの水温・塩分を測定するアルゴフロート

3 講義

3-1 海洋における環境放射能調査について

山田 正俊 先生 「海洋における放射能調査ープルトニウム」

本多 牧生 先生 「福島沖海底堆積物中放射性セシウムの懸濁態と水平輸送」

熊本 雄一郎 先生 「福島事故起源放射性セシウムの北太平洋への拡がり」



写真6 講義の様子