

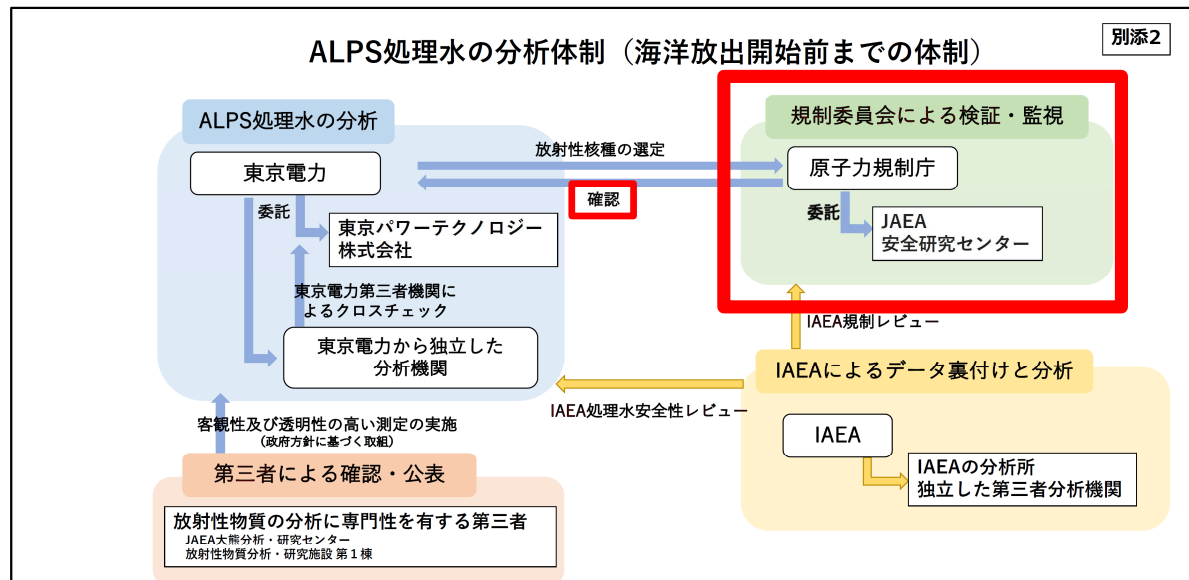
ALPS処理水の分析結果

原子力規制庁
東京電力福島第一原子力発電所事故対策室

令和5年10月5日

目的

- ALPS処理水の海洋放出に際し、原子力規制委員会は、東京電力が実施計画に従い測定・評価対象核種分析の体制整備や分析に係る品質保証活動を適切に実施しているかについて、保安検査で確認していることに加えて、政府方針で示されている客観性や透明性の担保という目的に鑑み、独立した立場で分析の妥当性を確認することとしている。
- 本年4月に開催した本検討会において、放出の1バッチ目に対する原子力規制庁の分析結果を説明したところ、今般2バッチ目の放出に際し同様に妥当性確認の分析を実施したことから、その結果について報告する。
- なお、前回と同様に、原子力規制庁から日本原子力研究開発機構(JAEA)安全研究センターへの委託により、ALPS処理水中の核種分析を実施している。



※現時点の想定であり、今後の検討により変更はあります。

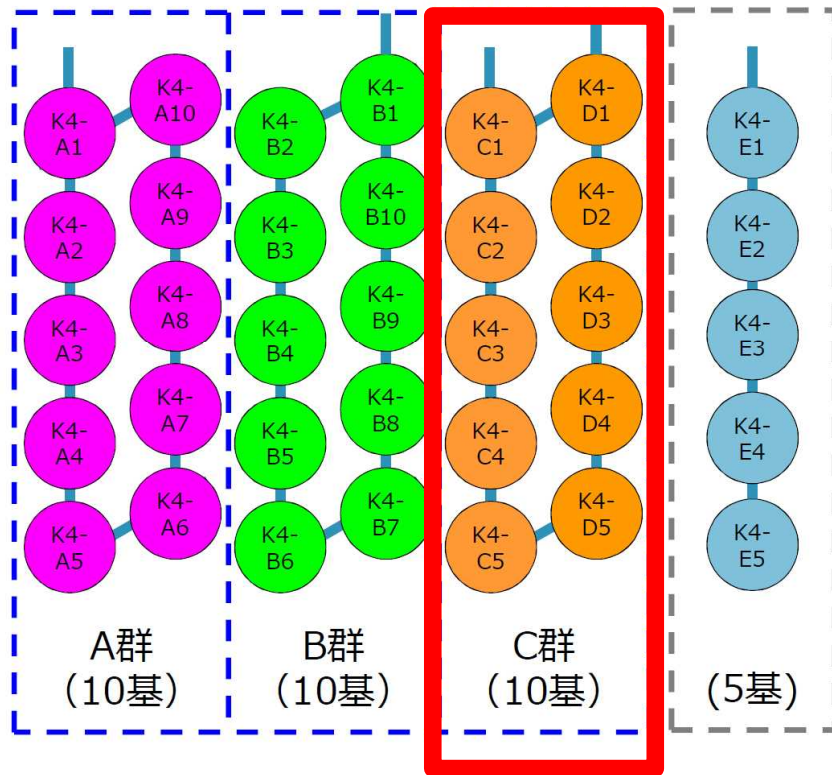
特定原子力施設監視・評価検討会(第101回)資料1-1より抜粋

JAEA安全研究センター及び東京電力による分析結果を
不確かさの範囲を考慮した上で比較し、確認のための一拠とする。

分析試料

2023年6月26日11時28分に採取した
『ALPS 処理水測定・確認用タンク水 (K4 タンク C 群)』

K4エリアタンク群：35基



JAEA
原子力科学研究所に受け入れ
(2023年7月31日)



分析対象核種

➤ 以下7核種の分析を実施（東京電力の分析値と比較）

- ・主に検出される核種のうち、Co-60, Ru-106, Sb-125, I-129, Cs-134, Cs-137, C-14

※核種選定理由

前回のバッチによる分析結果から、より効果的・効率的に分析の信頼性の確認に資することを目的として、トリチウムを除き検出値の桁数の大きい核種(I-129及びC-14)並びに、1測定で複数核種を対象とすることが可能なガンマ線放出核種(Ge半導体測定)を対象とした。

【参考】ALPS処理前後の告示濃度限度比総和の比較

TEPCO

- 下表の分類で、ALPS入口（2021年度）及びALPS出口（K-4, J1-C, J1-G）の分析結果について、告示濃度限度比を評価した結果は以下の通り。

No. 分類	具体的核種 (測定・評価の候補となっている核種)	ALPS 入口	ALPS出口		
			K-4	J1-C	J1-G
① ALPS処理水中で 主に検出される核種	主要7核種 (放射平衡Y-90, Te-125m 含む) , C-14, Tc-99	1.7E+03	2.7E-01	1.6E-01	5.8E-02
② α	U-234, U-238, Np-237, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Cm-244	5.4E+00	8.2E-04	4.2E-02	3.7E-02
③ ALPS 処理水中 には ほとんど 検出され ない核種	ALPS除去対象 (上記以外) Mn-54, Ni-63, Cd-113m, Ce-144, Pm-147, Sm-151, Eu-154, Eu-155, Pu-241	2.2E+00	1.4E-03	1.3E-02	1.2E-02
④ α 以外	除去対象 測定数多 Cl-36, Se-79, Nb-94	5.0E-02	1.2E-02	1.2E-02	1.2E-02
⑤ α 以外	除去対象以外 測定数少 (1)全β, Ge で計数可 Ba-133	8.8E-03	1.8E-05	1.4E-04	1.3E-04
⑥ α 以外	除去対象以外 測定数少 (2)全β, Ge で計数不可 Fe-55, Nb-93m, Mo-93	2.2E-02	9.2E-03	6.8E-03	6.8E-03

※：J1-C, J1-Gでは、Cl-36, Se-79, Fe-55, Nb-93m, Mo-93の分析評価結果がないため、増設ALPS出口の結果を使用

分析方法

Ge: Ge半導体検出器
 LSC: 液体シンチレーションカウンタ
 ICP-MS: 誘導結合プラズマ質量分析装置

核種	線種	分析装置	分析方法(前処理)	準拠手法
Co-60	β γ	Ge	前処理せずに分析装置で測定	放射能測定法 シリーズ No.7
Ru-106	β	Ge (娘核種であるRh-106の γ 線を測定)	前処理せずに分析装置で測定	放射能測定法 シリーズ No.7
Sb-125	β γ	Ge	前処理せずに分析装置で測定	放射能測定法 シリーズ No.7
I-129	β γ	ICP-MS	Anion-SRによりIを分離	放射能測定法 シリーズ No.32
Cs-134	β γ	Ge	前処理せずに分析装置で測定	放射能測定法 シリーズ No.7
Cs-137	β γ	Ge	前処理せずに分析装置で測定	放射能測定法 シリーズ No.7
C-14	β	LSC	試料に1.5M硝酸を添加し、窒素ガスを通気して発生したCO ₂ を吸収剤に捕集してシンチレータと混合(ヨウ素除去装置を設置)	JAEA-Technology 2009-051

分析結果の比較(En数)

分析結果の不確かさを考慮し、ISO/IEC17043:2010(JIS Q 17043:2011)のB.3パフォーマンスの統計計算に記載された統計手法のうち、En数を指標とした評価を実施。

→En数の絶対値(|En|)が1を超えた場合は、分析値の差が生じた原因について検討を実施する。

$$En = \frac{X_{\text{東電}} - X_{\text{JAEA}}}{\sqrt{U_{\text{東電}}^2 + U_{\text{JAEA}}^2}}$$

$X_{\text{東電}}$: 東京電力の分析結果

X_{JAEA} : JAEA安全研究センターの分析結果

$U_{\text{東電}}$: 東京電力の分析結果の拡張不確かさ(k=2)

U_{JAEA} : JAEA安全研究センターの分析結果の拡張不確かさ(k=2)

分析結果(1/2)

➤ JAEA安全研究センターの分析値が定量下限値未満であった核種

核種	JAEA 安全研究センター 分析値(Bq/L)	東京電力 分析値* (Bq/L)	告示濃度限度 (Bq/L)
Ru-106	<0.81	<0.21	100
Sb-125	<0.26	<0.088	800
Cs-134	<0.17	<0.03	60

・いずれの定量下限値も告示濃度限度の1/100以下。

* : https://www.tepco.co.jp/decommission/data/analysis/pdf_csv/2023/3q/measurement_confirmation_230921-j.pdf

分析結果(2/2)

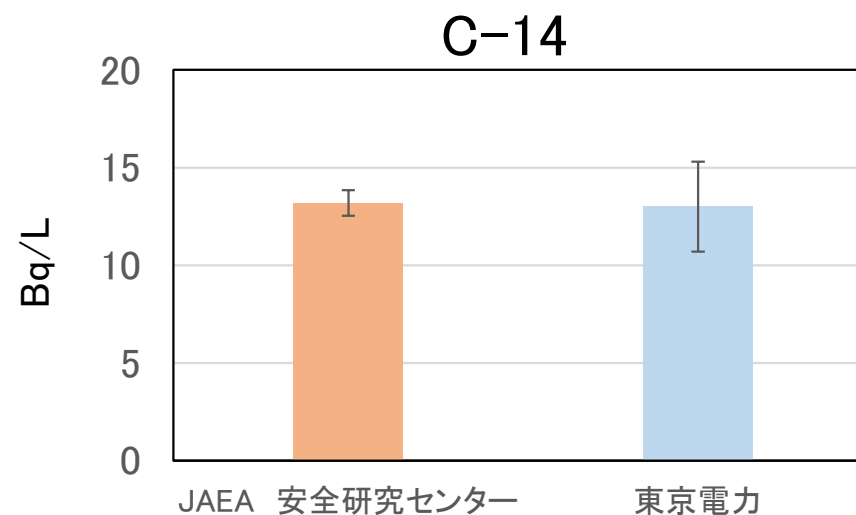
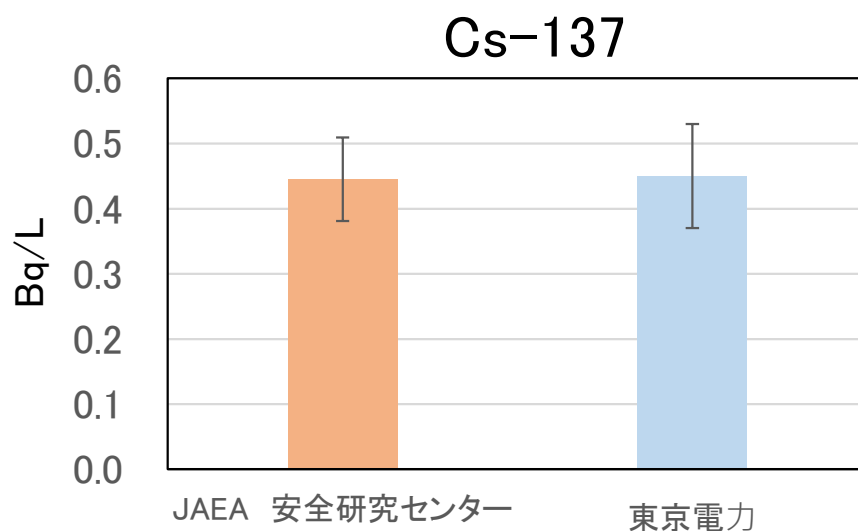
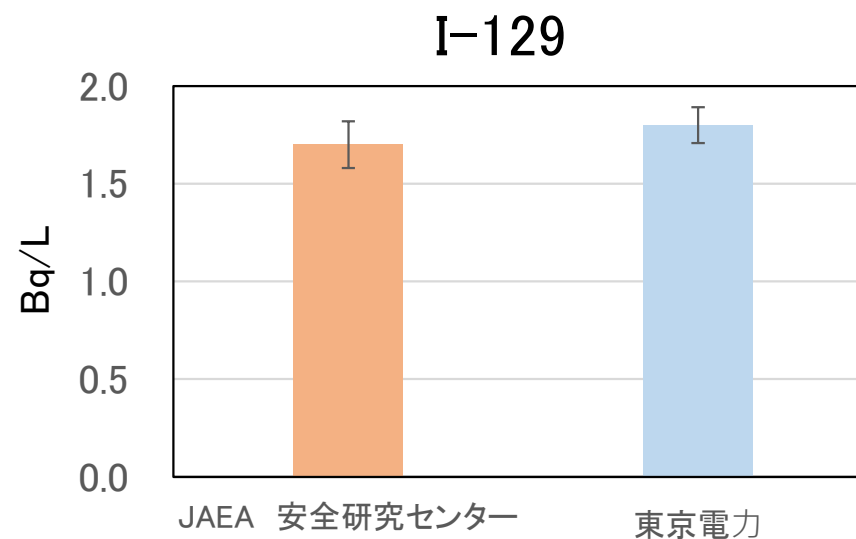
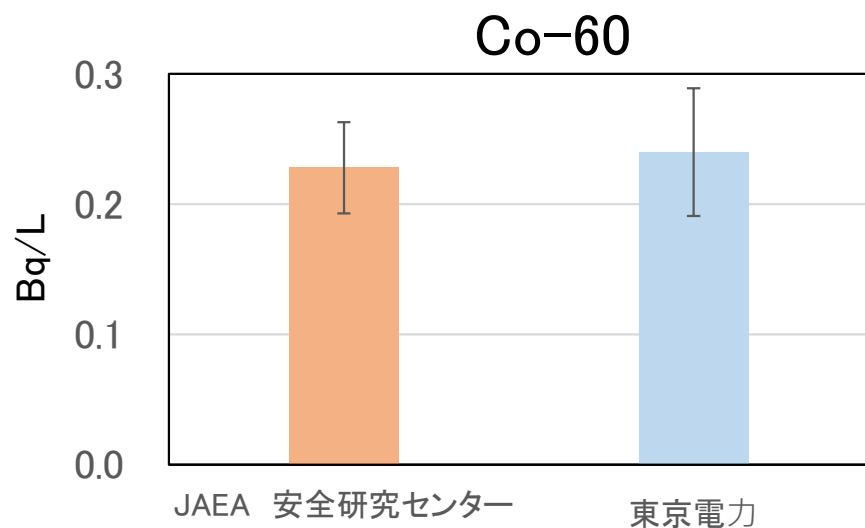
➤ JAEA安全研究センターの分析値が定量下限値以上であった核種

核種	JAEA 安全研究センター 分析値 (Bq/L)	東京電力 分析値* (Bq/L)	告示濃度限度 (Bq/L)	En
Co-60	0.228±0.035	0.24±0.049	200	0.20
I-129	1.70±0.12	1.8±0.092	9	0.66
Cs-137	0.445±0.064	0.45±0.080	90	0.05
C-14	13.19±0.65	13±2.3	2,000	0.08

・いずれの核種も、En数の絶対値は1以下。

* : https://www.tepco.co.jp/decommission/data/analysis/pdf_csv/2023/3q/measurement_confirmation_230921-j.pdf

分析結果(2/2)のグラフ



* : 誤差棒は拡張不確かさを示す

参考：不確かさの評価の例(トリチウム(H-3))

不確かさの要因	相対標準不確かさ*1	値 (%)
試料の分析に係る不確かさ		
・試料分取量の不確かさ	μ_1	0.618
測定器校正に係る不確かさ		
・標準線源の不確かさ	μ_2	2.550
・標準線源採取の不確かさ	μ_3	1.020
・計数に係る不確かさ	μ_4	0.854
・校正式のフィッティング	μ_5	0.654
・減衰補正に係る不確かさ	μ_6	0.004
試料の測定に係る不確かさ		
・バックグラウンドの変動	μ_7	2.438
・計数に係る不確かさ	μ_8	0.432
・減衰補正に係る不確かさ	μ_9	0.007

・合成標準不確かさ = $\sqrt{\mu_1^2 + \dots + \mu_9^2} = 3.9 (\%)$

・拡張不確かさ*2 = (合成標準不確かさ) × 2 = 7.8 (%)

注：不確かさの値は分析毎に異なる。
また、低濃度では不確かさの幅が一層大きくなることに留意

* 1の例：[相対標準不確かさ (%)] = [標準不確かさ] ÷ [測定値] × 100

* 2: ISO国際文書“Guide to the expression of Uncertainty in Measurement(1995)”(「計測における不確かさの表現ガイド」)に基づき、

合成標準不確かさと包含係数k=2とから決定されたもので、約95%の信頼の水準を持つと推定される区間を定めたものである。