



汚染水の分析結果について

平成24年9月24日

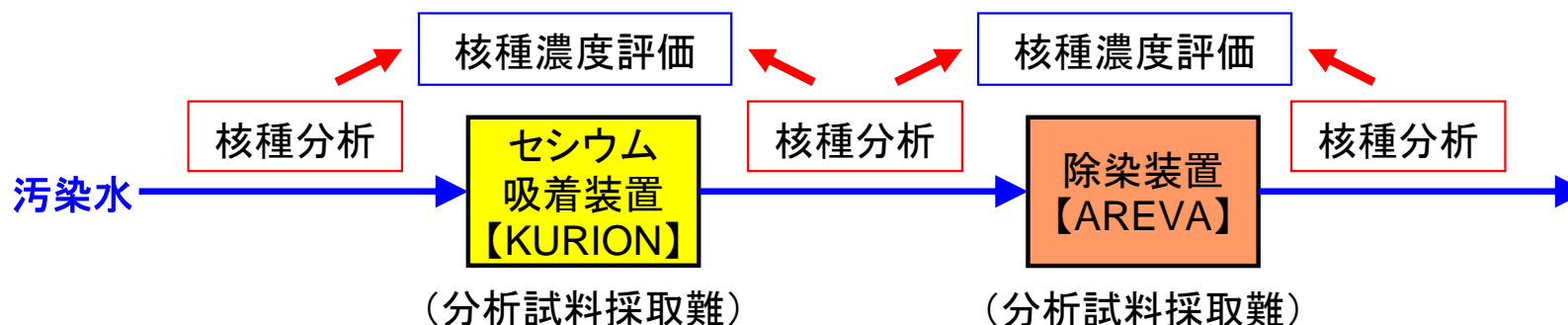
日本原子力研究開発機構

汚染水分析の目的

- ・ 廃ゼオライト・スラッジ等に含まれる放射性核種濃度の評価

「廃ゼオライト・スラッジ等の分析試料採取難：高線量、遠隔操作難」

⇒ 各汚染水処理装置前後の水試料の核種分析から評価



分析対象核種

- ・ 廃棄物の処分を検討する上で重要となる核種 (38核種)

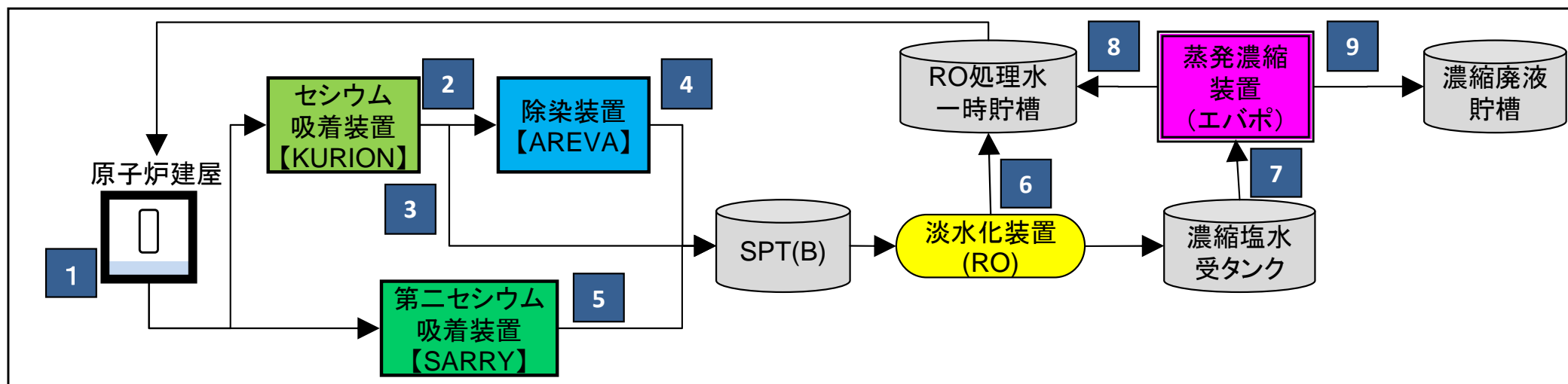
γ 核種： ^{60}Co 、 ^{94}Nb 、 ^{137}Cs 、 ^{152}Eu 、 ^{154}Eu

β 核種： ^3H 、 ^{14}C 、 ^{36}Cl 、 ^{41}Ca 、 ^{59}Ni 、 ^{63}Ni 、 ^{79}Se 、 ^{90}Sr 、 $^{93}\text{Zr}^*$ 、 $^{93}\text{Mo}^*$ 、

^{99}Tc 、 $^{107}\text{Pd}^*$ 、 $^{126}\text{Sn}^*$ 、 ^{129}I 、 $^{135}\text{Cs}^*$ 、 $^{151}\text{Sm}^*$ 、 ^{241}Pu

α 核種： $^{233,234,235,236,238}\text{U}$ 、 ^{237}Np 、 $^{238,239,240,242}\text{Pu}$ 、 $^{241,242m,243}\text{Am}$ 、 $^{244,245,246}\text{Cm}$

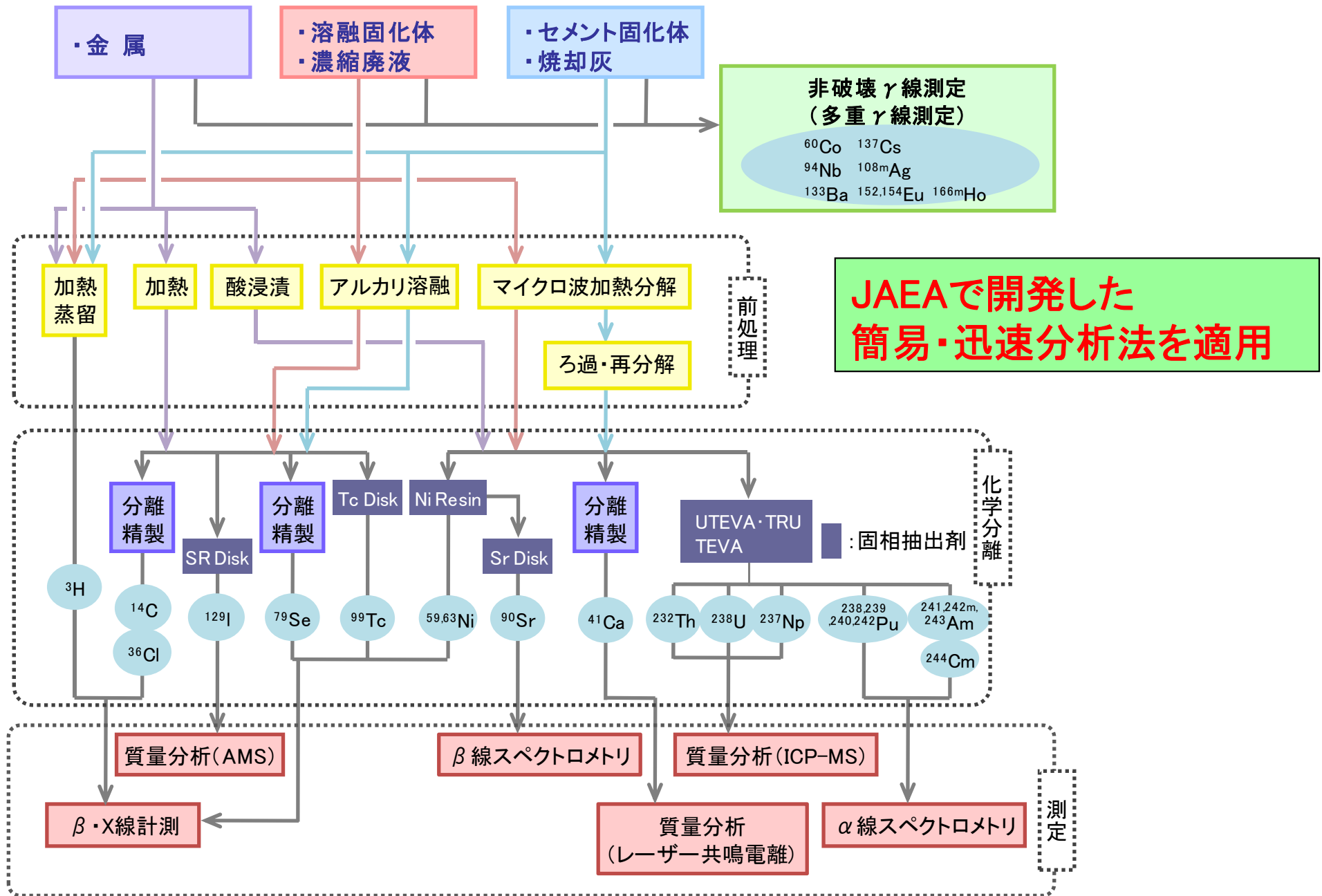
サンプリングポイント



| No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|-----------------|------------------|------------------|---------------|----------------|
| 試料名 | 集中RW地下高汚染水（滞留水） | セシウム吸着装置処理後水（連続） | セシウム吸着装置処理後水（単独） | 除染装置処理後水 | 第二セシウム吸着装置処理後水 |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| | 淡水化装置 出口水 | 蒸発濃縮装置 入口水 | 蒸発濃縮装置 出口水 | 蒸発濃縮装置 濃廃水 | |

分析条件

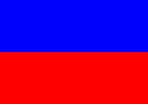
- ・ サンプル量：5 ml/試料
- ・ 検出下限値：0.5 Bq/ml（ただし、検出下限値を下げられる核種はできる限り下げる）
- ・ リソース（分析作業、機器、時間等）を有効に利用し、福島事故廃棄物の核種分析を効率よく進めるため、No. 1、9ともに検出下限値未満の核種については、No.2～8の分析を省略する



簡易・迅速分析法の概略フロー

分析スケジュール

| 核種 | 平成24年 | | | | | | | | | |
|--|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 |
| γ 核種① $(^{60}\text{Co}, ^{137}\text{Cs})$ | | | | | | | | | | |
| γ 核種② $(^{94}\text{Nb}, ^{152,154}\text{Eu})$ | | | | | | | | | | |
| β 核種① $(^3\text{H}, ^{14}\text{C})$ | | | | | | | | | | |
| β 核種② $(^{36}\text{Cl}, ^{41}\text{Ca}, ^{59,63}\text{Ni}, ^{79}\text{Se}, ^{90}\text{Sr}, ^{99}\text{Tc}, ^{129}\text{I})$ | | | | | | | | | | |
| α 核種 $(\text{U}, \text{Np}, \text{Pu}, \text{Am}, \text{Cm})$ | | | | | | | | | | |



計画
実績

分析結果(1/4) γ 核種

2012年1月19日(試料受入日)補正值

| No. | 試料名 | 採取日 | 放射能濃度(Bq/ml) | | | | |
|-----|--------------------------|------------|---|---|---|-----------------------------|------------------------------|
| | | | ^{60}Co (約5.3年) | ^{137}Cs (約30年) | ^{94}Nb (約 2.0×10^4 年) | ^{152}Eu (約14年) | ^{154}Eu (約8.6年) |
| 1 | 集中RW地下 高汚染水 (滞留水) | 2011年11月1日 | $4.9 \times 10^0 \pm 4 \times 10^{-1}$ | $7.4 \times 10^5 \pm 1 \times 10^3$ | $<1.3 \times 10^{-1}$ | $<4.6 \times 10^{-1}$ | $<2.5 \times 10^{-1}$ |
| 2 | セシウム 吸着装置 処理後水(連続) | 2011年8月9日 | $1.7 \times 10^1 \pm 1 \times 10^0$ | $1.1 \times 10^4 \pm 2 \times 10^1$ | $<1.8 \times 10^{-1}$ | $<4.7 \times 10^{-1}$ | $<3.5 \times 10^{-1}$ |
| 3 | セシウム 吸着装置 処理後水(単独) | 2011年11月8日 | $7.4 \times 10^0 \pm 9 \times 10^{-2}$ | $7.7 \times 10^0 \pm 1 \times 10^{-1}$ | $<1.5 \times 10^{-1}$ | $<3.9 \times 10^{-1}$ | $<2.7 \times 10^{-1}$ |
| 4 | 除染装置 処理後水 | 2011年8月9日 | $9.9 \times 10^0 \pm 9 \times 10^{-2}$ | $5.3 \times 10^{-1} \pm 6 \times 10^{-2}$ | $<1.0 \times 10^{-1}$ | $<3.5 \times 10^{-1}$ | $<2.2 \times 10^{-1}$ |
| 5 | 第二セシウム 吸着装置 処理後水 | 2011年11月8日 | $4.6 \times 10^{-1} \pm 4 \times 10^{-2}$ | $<2.7 \times 10^{-1}$ | $<1.6 \times 10^{-1}$ | $<5.0 \times 10^{-1}$ | $<3.2 \times 10^{-1}$ |
| 6 | 淡水化装置 出口水 | 2011年11月1日 | $<6.0 \times 10^{-2}$ | $<1.3 \times 10^{-1}$ | $<5.6 \times 10^{-2}$ | $<2.3 \times 10^{-1}$ | $<1.6 \times 10^{-1}$ |
| 7 | 蒸発濃縮装置 入口水 | 2011年11月1日 | $1.4 \times 10^1 \pm 1 \times 10^{-1}$ | $6.6 \times 10^0 \pm 9 \times 10^{-2}$ | $<1.3 \times 10^{-1}$ | $<3.9 \times 10^{-1}$ | $<2.5 \times 10^{-1}$ |
| 8 | 蒸発濃縮装置 出口水 | 2011年11月1日 | $<6.1 \times 10^{-2}$ | $<1.3 \times 10^{-1}$ | $<5.7 \times 10^{-2}$ | $<2.1 \times 10^{-1}$ | $<1.5 \times 10^{-1}$ |
| 9 | 蒸発濃縮装置 濃廃水 | 2011年11月3日 | $2.7 \times 10^0 \pm 5 \times 10^{-2}$ | $5.3 \times 10^1 \pm 2 \times 10^{-1}$ | $<8.7 \times 10^{-2}$ | $<4.8 \times 10^{-1}$ | $<2.1 \times 10^{-1}$ |

※ 分析値の±より後ろの数値は、計数値の誤差である

※ 核種の下()内は、半減期を示す

2012年1月19日(試料受入日)補正值

| No. | 試料名 | 採取日 | 放射能濃度(Bq/ml) | | | | | | | |
|-----|--------------------------|------------|-------------------------------------|--|---|---|---|---|------------------------|---------------------|
| | | | ^3H (約12年) | ^{14}C (約 5.7×10^3 年) | ^{36}Cl (約 3.0×10^5 年) | ^{41}Ca (約 1.0×10^5 年) | ^{63}Ni (約 1.0×10^2 年) | ^{59}Ni (約 7.6×10^4 年) | | |
| 1 | 集中RW地下 高汚染水 (滯留水) | 2011年11月1日 | $3.3 \times 10^3 \pm 3 \times 10^0$ | $< 2.0 \times 10^{-1}$ | $< 1.4 \times 10^{-1}$ | $< 1.7 \times 10^2$ | $6.3 \times 10^{-1} \pm 1 \times 10^{-1}$ | $< 1.1 \times 10^{-1}$ | | |
| 2 | セシウム 吸着装置 処理後水(連続) | 2011年8月9日 | $6.0 \times 10^3 \pm 4 \times 10^0$ | NO.1、9が 検出限界値 未満のため、 測定せず | NO.1、9が 検出限界値 未満のため、 測定せず | NO.1、9が 検出限界値 未満のため、 測定せず | $1.5 \times 10^0 \pm 1 \times 10^{-1}$ | $< 1.2 \times 10^{-1}$ | | |
| 3 | セシウム 吸着装置 処理後水(単独) | 2011年11月8日 | $4.0 \times 10^3 \pm 3 \times 10^0$ | | | | $7.4 \times 10^{-1} \pm 1 \times 10^{-1}$ | $< 1.1 \times 10^{-1}$ | | |
| 4 | 除染装置 処理後水 | 2011年8月9日 | $6.3 \times 10^3 \pm 4 \times 10^0$ | | | | $4.4 \times 10^{-1} \pm 1 \times 10^{-1}$ | $< 1.1 \times 10^{-1}$ | | |
| 5 | 第二セシウム 吸着装置 処理後水 | 2011年11月8日 | $3.3 \times 10^3 \pm 3 \times 10^0$ | | | | $< 3.8 \times 10^{-1}$ | ^{63}Ni が検出限界 値未満のため、 測定せず | | |
| 6 | 淡水化装置 出口水 | 2011年11月1日 | $3.9 \times 10^3 \pm 3 \times 10^0$ | | | | $< 3.1 \times 10^{-1}$ | | | |
| 7 | 蒸発濃縮装置 入口水 | 2011年11月1日 | $6.1 \times 10^3 \pm 4 \times 10^0$ | | | | $1.1 \times 10^0 \pm 1 \times 10^{-1}$ | $< 1.5 \times 10^{-1}$ | | |
| 8 | 蒸発濃縮装置 出口水 | 2011年11月1日 | $5.4 \times 10^3 \pm 4 \times 10^0$ | | | | $< 3.2 \times 10^{-1}$ | ^{63}Ni が検出限界 値未満のため、 測定せず | | |
| 9 | 蒸発濃縮装置 濃廃水 | 2011年11月3日 | $6.2 \times 10^3 \pm 4 \times 10^0$ | | | | $< 2.0 \times 10^{-1}$ | | $< 2.6 \times 10^{-1}$ | $< 1.1 \times 10^2$ |

※ 分析値の±より後ろの数値は、計数値の誤差である

※ 核種の下()内は、半減期を示す

2012年1月19日(試料受入日)補正值

| No. | 試料名 | 採取日 | 放射能濃度 (Bq/ml) | | | |
|-----|--------------------------|------------|---|---|---|---|
| | | | ^{79}Se (約 6.5×10^4 年) | ^{90}Sr (約29年) | ^{99}Tc (約 2.1×10^5 年) | ^{129}I (約 1.6×10^7 年) |
| 1 | 集中RW地下 高汚染水 (滯留水) | 2011年11月1日 | $8.3 \times 10^0 \pm 2 \times 10^{-1}$ | $2.9 \times 10^5 \pm 8 \times 10^2$ | $< 3.2 \times 10^{-1}$ | $2.5 \times 10^{-1} \pm 2 \times 10^{-3}$ |
| 2 | セシウム 吸着装置 処理後水(連続) | 2011年8月9日 | $2.7 \times 10^0 \pm 9 \times 10^{-2}$ | $1.2 \times 10^5 \pm 3 \times 10^2$ | $< 1.6 \times 10^{-1}$ | $8.3 \times 10^{-2} \pm 2 \times 10^{-3}$ |
| 3 | セシウム 吸着装置 処理後水(単独) | 2011年11月8日 | $2.5 \times 10^0 \pm 9 \times 10^{-2}$ | $2.0 \times 10^5 \pm 4 \times 10^2$ | $< 1.7 \times 10^{-1}$ | $2.7 \times 10^{-1} \pm 3 \times 10^{-3}$ |
| 4 | 除染装置 処理後水 | 2011年8月9日 | $3.1 \times 10^0 \pm 8 \times 10^{-2}$ | $1.2 \times 10^4 \pm 2 \times 10^1$ | $< 1.7 \times 10^{-1}$ | $8.5 \times 10^{-2} \pm 1 \times 10^{-3}$ |
| 5 | 第二セシウム 吸着装置 処理後水 | 2011年11月8日 | $1.6 \times 10^1 \pm 1 \times 10^{-1}$ | $1.0 \times 10^5 \pm 3 \times 10^2$ | $< 1.6 \times 10^{-1}$ | $1.3 \times 10^{-1} \pm 1 \times 10^{-3}$ |
| 6 | 淡水化装置 出口水 | 2011年11月1日 | $8.1 \times 10^{-1} \pm 3 \times 10^{-2}$ | $4.0 \times 10^1 \pm 8 \times 10^{-2}$ | $< 5.3 \times 10^{-2}$ | $< 2.1 \times 10^{-2}$ |
| 7 | 蒸発濃縮装置 入口水 | 2011年11月1日 | $3.0 \times 10^0 \pm 9 \times 10^{-2}$ | $2.3 \times 10^4 \pm 2 \times 10^1$ | $< 1.6 \times 10^{-1}$ | $1.8 \times 10^{-1} \pm 2 \times 10^{-3}$ |
| 8 | 蒸発濃縮装置 出口水 | 2011年11月1日 | $7.8 \times 10^{-1} \pm 3 \times 10^{-2}$ | $3.5 \times 10^{-1} \pm 9 \times 10^{-3}$ | $< 5.5 \times 10^{-2}$ | $< 2.1 \times 10^{-2}$ |
| 9 | 蒸発濃縮装置 濃廃水 | 2011年11月3日 | $9.4 \times 10^1 \pm 3 \times 10^{-1}$ | $3.2 \times 10^3 \pm 6 \times 10^0$ | $< 3.2 \times 10^{-1}$ | $1.3 \times 10^0 \pm 3 \times 10^{-2}$ |

※ 分析値の±より後ろの数値は、計数値の誤差である

※ 核種の下()内は、半減期を示す

2012年1月19日(試料受入日)補正值

| No. | 試料名 | 採取日 | 放射能濃度(Bq/ml) | | | | |
|-----|-----------------|------------|---|--|---|--|---|
| | | | ²³³ U (約1.6 × 10 ⁵ 年) | ²³⁴ U (約2.5 × 10 ⁵ 年) | ²³⁵ U (約7.0 × 10 ⁸ 年) | ²³⁶ U (約2.3 × 10 ⁷ 年) | ²³⁸ U (約4.5 × 10 ⁹ 年) |
| 1 | 集中RW地下高汚染水(滯留水) | 2011年11月1日 | <1.0 × 10 ⁻² | <2.5 × 10 ⁻³ | <1.1 × 10 ⁻⁵ | <4.3 × 10 ⁻⁵ | <1.7 × 10 ⁻⁴ |
| 9 | 蒸発濃縮装置濃廃水 | 2011年11月3日 | <9.4 × 10 ⁻³ | <2.9 × 10 ⁻³ | <7.4 × 10 ⁻⁶ | <2.8 × 10 ⁻⁵ | <9.2 × 10 ⁻⁵ |
| | | | ²³⁷ Np (約2.1 × 10 ⁶ 年) | | | | |
| 1 | | | <2.1 × 10 ⁻³ | | | | |
| 9 | | | <1.7 × 10 ⁻³ | | | | |
| | | | ²³⁸ Pu (約88年) | ²³⁹ Pu (約2.4 × 10 ⁴ 年) | ²⁴⁰ Pu (約6.6 × 10 ³ 年) | ²⁴¹ Pu (約14年) | ²⁴² Pu (約3.7 × 10 ⁵ 年) |
| 1 | | | <5.8 × 10 ⁻² | <1.5 × 10 ⁻² | <1.5 × 10 ⁻² | <1.7 × 10 ² | <1.1 × 10 ⁻² |
| 9 | | | <1.3 × 10 ⁻¹ | <3.6 × 10 ⁻² | <3.6 × 10 ⁻² | <3.2 × 10 ² | <9.4 × 10 ⁻³ |
| | | | ²⁴¹ Am (約4.3 × 10 ² 年) | ^{242m} Am (約1.4 × 10 ² 年) | ²⁴³ Am (約7.4 × 10 ³ 年) | | |
| 1 | | | <4.8 × 10 ⁻³ | <2.2 × 10 ⁰ | <1.0 × 10 ⁻² | | |
| 9 | | | <1.1 × 10 ⁻² | <1.4 × 10 ⁰ | <6.8 × 10 ⁻³ | | |
| | | | ²⁴⁴ Cm (約18年) | ²⁴⁵ Cm (約8.5 × 10 ³ 年) | ²⁴⁶ Cm (約4.7 × 10 ³ 年) | | |
| 1 | | | <2.2 × 10 ⁻³ | <1.0 × 10 ⁻² | <1.0 × 10 ⁻² | | |
| 9 | | | <6.0 × 10 ⁻³ | <6.8 × 10 ⁻³ | <6.7 × 10 ⁻³ | | |

まとめ

- ・滞留水及びその処理水に対して、JAEAで開発した簡易迅速法を適用
⇒Sr等のFP核種が多量に存在するため、妨害核種の除去を目的に分析フローを一部変更し、分析方法の合理化・検出下限値の低減に成功した。
- ・ ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 ^3H 、 ^{63}Ni 、 ^{79}Se 、 ^{90}Sr 、 ^{129}I の定量値を得た。
- ・ ^{94}Nb 、 ^{152}Eu 、 ^{154}Eu 、 ^{14}C 、 ^{36}Cl 、 ^{41}Ca 、 ^{59}Ni 、 ^{99}Tc 、 α 核種(U、Np、Pu、Am、Cm)は検出下限値以下であった。
- ・極低エネルギーのX線を放出する ^{41}Ca 等、一部の核種を除き、目標とする検出下限値が得られた。

今後の予定

- ・得られた各汚染水処理装置前後の水試料の核種分析結果から、廃ゼオライト、スラッジ等に含まれる放射能濃度を評価
- ・2011年8月及び2012年2月に採取した滞留水の分析
⇒TRU核種の有無を確認、及び核種組成の経時変化を把握
- ・淡水化装置濃縮水の分析
⇒TRU核種の有無を確認(Csが除去されており、供試量を増やして検出下限値を低減)