

尿中ウラン分析

仕様書

1. 件名

尿中のウラン分析

2. 目的及び概要

本仕様書は、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）人形峠環境技術センターにおける尿中ウラン分析を実施するため、当該業務を受注者に請負わせるための仕様について定めたものである。

3. 納期

令和 8 年 12 月 18 日

4. 作業内容

4.1 作業範囲及び項目

- (1) 分析工程表作成・提出
- (2) 試料採取容器等の準備及び引き渡し
- (3) 試料の運搬
- (4) 試料の前処理及び放射能（ウラン）の分析・測定
- (5) 報告書作成・提出

4.2 作業内容及び方法

(1) 分析工程表作成・提出

受注者は、契約締結後速やかに分析工程表を作成し、1 部提出すること。分析工程表は、各工程の所要日数及び実施時期が分かる表であること。

(2) 試料採取容器等の準備及び引き渡し

対象者人数（25 人）分及び予備分として 5 人分、計 30 個の試料（尿）採取容器（目盛付広口ポリ容器 200ml）及び、必要事項を記載するラベル、試料運搬容器を受注者が用意し、原子力機構に引き渡すこと。試料採取及び試料採取後受注者に引き渡すまでの試料保管は、原子力機構側で実施する。

(3) 試料の運搬

対象者全員の採取が終了後、受注者が手配した運送業者により、試料の運搬を行う。なお、試料の運搬は受注者の責任で実施すること。試料採取対象者のリスト（個人情報保護のため、試料採取対象者の個人名を A, B, C 等の記号として扱う）は原子力機構側で作成し、試料とともに受注者へ引き渡すものとする。

・試料の引き渡し時期 令和8年10月上旬頃

(4) 試料の前処理及び放射能（ウラン）の分析・測定

試料の前処理及び分析作業は受注者で実施すること。分析測定方法は別添資料のとおり、財団法人 原子力安全技術センター「被ばく線量の測定・評価マニュアル2000」を参考としたものとする。なお、分析・評価にあたっては、検出限界値を0.15Bq/1.5リットル尿未満とすること。分析の結果、ウランが検出された場合は、当該者氏名及び評価結果を直ちに原子力機構へ連絡すること。

(5) 報告書作成・提出

分析実施後、報告書を作成し、提出すること。尚、報告書の記載内容は以下のとおりであること。

① 実施内容

- ・実施期間
- ・実施場所
- ・被験者員数
- ・実施機関及び分析担当者氏名
- ・作業内容（前準備、試料採取、分析、測定等、報告）

② 分析測定方法

③ 分析測定結果（分析結果一覧表を含む）

④ 考察

⑤ 参考資料

- ・分析測定作業計画及び実績表
- ・採尿年月日別の被験者数
- ・被験者名一覧（個人情報保護のため、被験者名はA, B, C等の記号として扱う）
- ・アルファ線測定データ
- ・回収率測定データ
- ・アルファ線測定装置のブロック線図
- ・分析測定方法（分析精度、試薬、器具及び装置、測定装置、分析測定操作、分析測定系統図、計算式を含むこと）

5. 提出書類

書類名	提出期限	部数
分析工程表	契約締結後速やかに	1 部
尿中ウラン分析報告書	分析作業終了後速やかに	1 部

(提出先) 原子力機構 人形峠環境技術センター 保安管理課

(確認方法)

「確認」は、次の方法で行う。

原子力機構は、確認のために提出された図書を受領したときは、期限日を記載した受領印を押印して返却する。また、当該期限までに審査を完了し、確認しない場合には修正を指示し、修正等の指示がないときは確認したものとする。

6. 検収条件

4.2 に示す作業内容の実施、5.に示す提出書類の確認、及び原子力機構が仕様書の定める業務が実施されたと認めた時を以って、業務完了とする。

7.検査員

(1) 一般検査 管財担当課長

8.特記事項

- (1) 受注者は、同種のウラン分析作業に要求される知見・技術力を有していること。
- (2) 受注者は、分析作業により不適合が発生した場合は、受注者における品質保証計画書等に基づき処理すること。なお、受注者において、品質保証計画書等が定められていない場合は、原子力機構 人形峠環境技術センターの品質マネジメント計画書に基づき処理すること。
- (3) 受注者は分析作業を実施することにより取得した当該作業に関する各データ、技術情報、成果その他のすべての資料及び情報を原子力機構以外に発表もしくは公開し、または特定の第三者に対価をうけ、もしくは無償で提供することはできない。ただし、あらかじめ書面により原子力機構の承認を受けた場合はこの限りではない。
- (4) 分析作業に使用する機器の運用上における注意事項等が発生した場合はその技術情報を提供すること。

9. 協議事項

- (1) 本仕様書に記載されている事項及び本仕様書に記載のない事項について疑義が生じた場合は、機構と協議の上、その決定に従うものとする。

10. グリーン購入法の推進

- (1) 本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- (2) 本仕様で定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

以上

尿中ウラン分析測定方法

1) 概要

本法は試料中の有機物を、灰化処理後、塩酸に溶解し、陰イオン交換分離を行った後、ウランをステンレス板に電着し、シリコン表面障壁型半導体を用いたアルファ線測定装置で計測し定量する。

2) 適用範囲および分析精度

本法は、試料中のウラン量が 100mL 中に 0.002Bq 以上の試料に適用する。なお、分析精度は 100mL の試料を前処理した後、15 時間以上のアルファ線計測に対する誤差は約 30% であること。

3) 試薬

(1) ウラン-232 標準溶液

(2) 消泡剤：プロピレングリコール

(3) 硝酸 (1+1)

(4) 硝酸 (1+100)

(5) 塩酸

(6) 塩酸 (4+1)

(7) 塩酸 (1+100)

(8) 塩酸 (1+119)

(9) 過塩素酸

(10) 硫酸 (1+19)

(11) アンモニア水 (1+1)

(12) イオン交換樹脂：Dowex 1 × 8 (100~200mesh)

4) 器具および装置

(1) イオン交換カラム：内径 8mm、長さ 100mm

(2) 電着セル：テフロン製内径 20mm、長さ 82mm

(3) 電着板：直径 24mm、厚さ 1 mm のステンレス板

(4) 電着装置：直流安定化方式

5) 測定装置

シリコン表面障壁型半導体を用いたアルファ線測定装置

6) 分析測定操作（分析測定系統図参照）

(1) ①試料 100mL をコニカルビーカ (300mL) にとり、消泡剤 0.1mL および塩酸 5mL を加えホットプレートで 20mL まで濃縮 [V-1] する。

(2) 濃縮溶液を塩酸 (1+100) 20mL (10mL ずつ 2 回) で耐酸性アルミナルツボ (以下ルツボという) に洗い込む。

(3) ルツボ内の溶液をホットプレートで蒸発乾固 [V-2] し、電気炉を用い 280℃ (3 時間) で炭化 [H-1] しさら

に 600℃ (3 時間)、820℃ (1 時間) 灰化 [H-2] する。

(4) 放冷 [C-1] したルツボに硝酸 (1+1) 10mL を加え、サンドバスを用い灰化物を完全に加熱溶解 [V-3] し、硝酸 (1+100) 20mL (10mL づつ 2 回) でビーカ (200mL) に移し、ホットプレートで蒸発乾固 [V-4] する。

(5) 放冷後、塩酸 (4+1) 50mL を加え時計皿で蓋をしてホットプレートで内容物が完全に溶けるまで加熱溶解 [V-5] する。

(6) 放冷後、塩酸 (4+1) 50mL を追加し、5℃ で 24 時間冷却 [C-2] する。

(7) この塩酸水溶液をあらかじめ塩酸 (4+1) で洗浄済のグラスファイバーフィルター (1 μm) を用いてろ過する。ろ液はビーカに受ける。

(8) あらかじめ調製してあるイオン交換カラムに塩酸 (4+1) 80mL (10mL づつ 8 回) を通した後、このろ液を毎分 1mL 以下の流速で通し、さらに塩酸 (4+1) 100mL (50mL づつ 2 回) でカラム洗浄する。

(9) 塩酸 (1+119) 60mL (10mL づつ 6 回) を流し、ウランを溶離し、溶離液はビーカ (100mL) に受ける。

(10) 過塩素酸 1.0mL を加え、サンドバスで約 20mL まで濃縮する。次に時計皿で蓋をしてサンドバスで蒸発乾固 [V-6] する。次にビーカ底以外の周辺についている過塩素酸をサンドバスで除去する。

(11) 放冷 [C-3] 後、硫酸 (1+19) 10mL を加え、加熱溶解 [H-3] する。

(12) 放冷 [C-4] 後、pH メーターを用い、アンモニア水 (1+1) で pH2 にする。

(13) 電着装置を用い、DC、1 A で 2 時間以上通電する。

(14) 電着セルにアンモニア水 (1+1) 0.1mL を滴下し、さらに 1 分間通電する。

(15) 電着終了後、電着板を取り外し、蒸留水で洗浄後、電熱器上で 5 分間加熱 [H-4] する。

(16) ②放冷 [C-5] 後、シリコン表面障壁型半導体を用いたアルファ線測定装置でウランを測定し計算する (計算式参照)。

(17) アルファ線スペクトルより、アルファ線放出核種の核種分析を行い、さらにウラン-238、234 および 235 のチャンネル領域の計数値より算出された放射能濃度と尿 1.5L 中 0.15Bq であるスクリーニングレベルと比較し③評価を行う。

7) 注意事項

(1) 「シリコン表面障壁型半導体」を用いたアルファ線測定装置と同等以上の測定性能があればイオン注入型のシリコン半導体検出器を用いても良い。

(2) 「サンドバス」と同様の処理を行えるのであれば、ホットプレートを使用しても良い。

(3) 「電熱器」と同様の処理を行えるのであれば、ガスバーナーを使用しても良い。

(4) 回収率補正用として、検体の分析を実施する前に、比較尿試料を採取 (受注者が尿試料を任意に採取) し、ウラン標準液 (U-232 標準溶液) を添加し、検体と同一操作により分析・測定し、求めた U-232 の放射能から、添加値との比を回収率として求める。回収率を求める実験は 10 回行い、最も低い回収率を検体の補正に用いるものとする。

(5) 検体試料にはウラン標準液を添加せず、比較尿試料にウラン標準液を添加し求めた回収率を用いて U-238、U-234、U-235 の放射能濃度を求める。

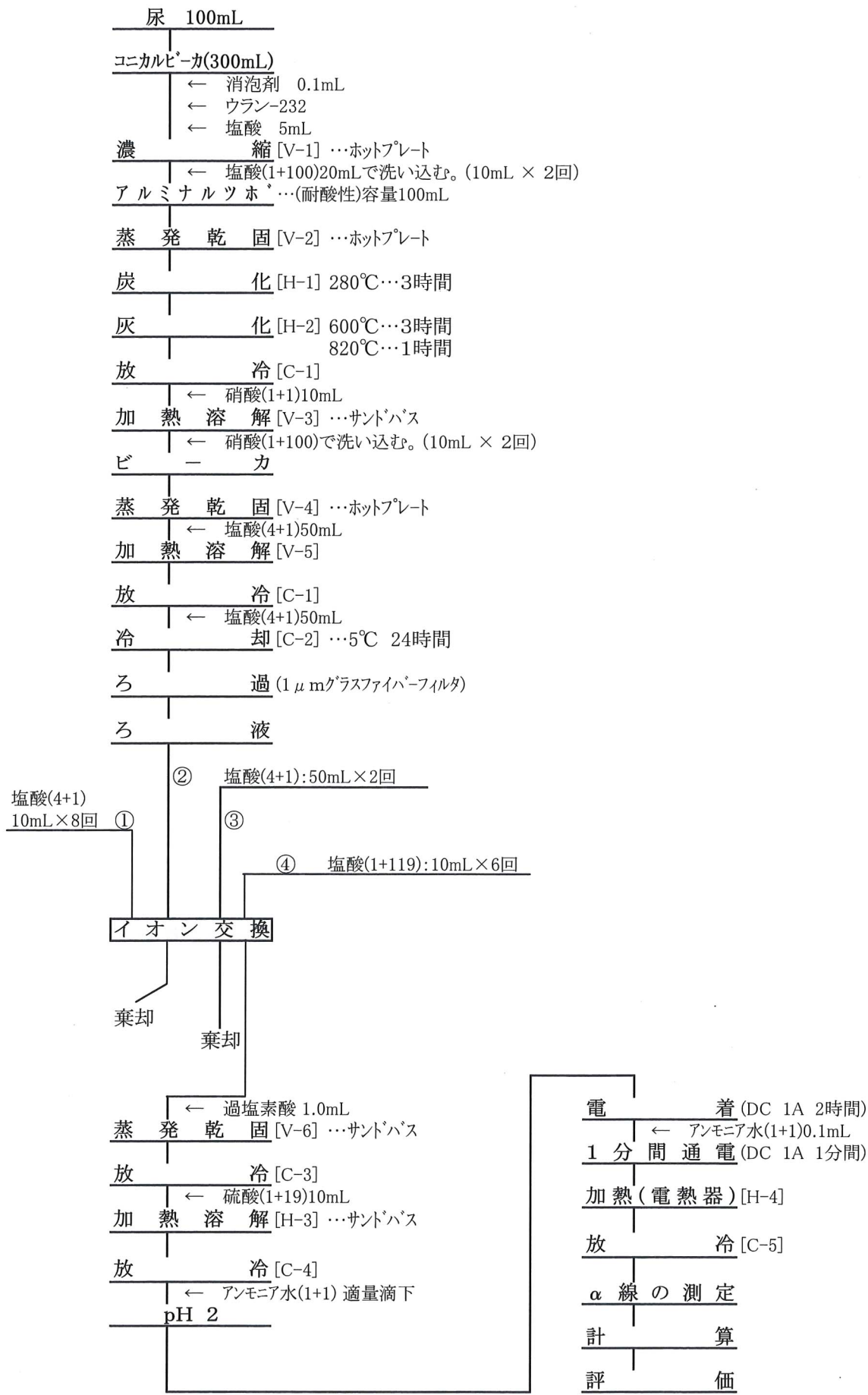
(6) 天然ウランのアルファ線のエネルギー領域において、アルファ線を計測する。

(7) ブランク試料は、試薬ブランクを指す。

(8) 算出された放射能濃度がスクリーニングレベルよりも高い場合、速やかに発注者側へ連絡し、それがアルファ線計測時のノイズに起因するものであるかを判定するため試料電着板のアルファ線を再測定し、その結果について再評価する。

以上

分析測定系統図



計算式

$$C = \left(\frac{S_1}{t} - \frac{B_1}{t_b} \right) \frac{T}{\frac{S_2}{t} - \frac{B_2}{t_b}} \times \frac{1}{W}$$

$$\Delta C = C \times \sqrt{\left(\frac{\Delta n_1}{n_1} \right)^2 + \left(\frac{\Delta n_2}{n_2} \right)^2 + \left(\frac{\Delta T}{T} \right)^2}$$

$$Y = \left(\frac{S_2}{t} - \frac{B_2}{t_b} \right) \times \frac{10^4}{f \times T}$$

$$\begin{aligned} \text{検出限界 (Bq)} &= \frac{100}{f} \times \frac{100}{Y} \times \frac{1500}{F} \times \\ &\left[\frac{K}{2} \left\{ \frac{K}{t} + \sqrt{\left(\frac{K}{t} \right)^2 + 4n_b \left(\frac{1}{t} + \frac{1}{t_b} \right)} \right\} \right] \end{aligned}$$

ここで

- C : U-(238+234+235)放射能濃度(Bq/L)
 ΔC : U-(238+234+235)放射能濃度の誤差(Bq/L)
 S₁ : U-(238+234+235)の計数値(Counts)
 S₂ : U-232の計数値(Counts)
 B₁ : U-(238+234+235)のチャンネル領域におけるブランク試料の計数値(Counts)
 B₂ : U-232のチャンネル領域におけるブランク試料の計数値(Counts)
 t : 試料測定時間(sec)
 t_b : ブランク試料の測定時間(sec)
 T : スパイクしたU-232の量(Bq)
 ΔT : スパイクしたU-232の量の誤差(Bq)
 W : 試料量(L)
 F : 試料供与量(mL)
 n₁ : $\frac{S_1}{t} - \frac{B_1}{t_b}$
 n₂ : $\frac{S_2}{t} - \frac{B_2}{t_b}$
 Δn₁ : $\left(\frac{S_1}{t^2} - \frac{B_1}{t_b^2} \right)^{1/2}$
 Δn₂ : $\left(\frac{S_2}{t^2} - \frac{B_2}{t_b^2} \right)^{1/2}$
 n_b : $\frac{B_1}{t_b}$
 Y : 回収率(%)
 f : 計数効率(%)
 K = 3