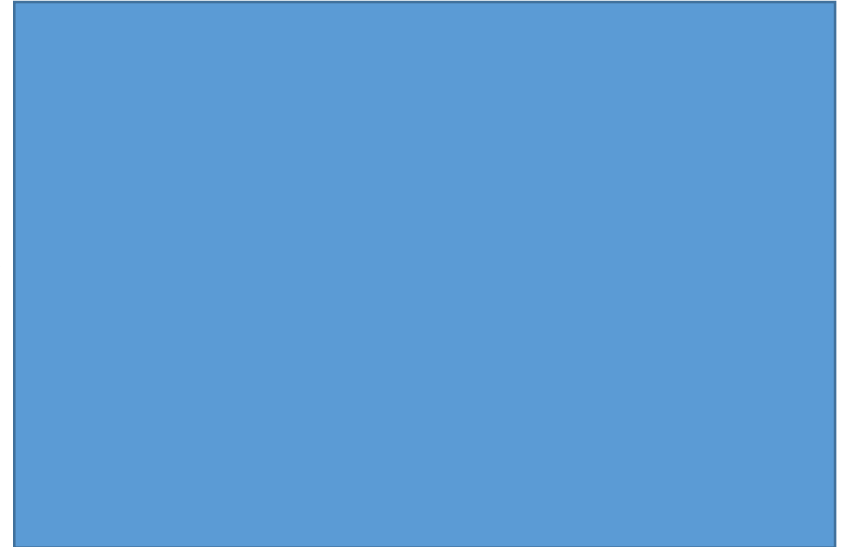


SK-Gdに向けた 硫酸ガドリニウム中の 超微量 ^{238}U , ^{232}Th の測定

東京大学 宇宙線研究所

岡田健

- 岡田健 (おかだたけし)
- 東京大学 宇宙線研究所 M1
 - スーパーカミオカンデグループ
SK-Gdグループに今月入りました
- 趣味：カメラ
天体観測
ロードバイク

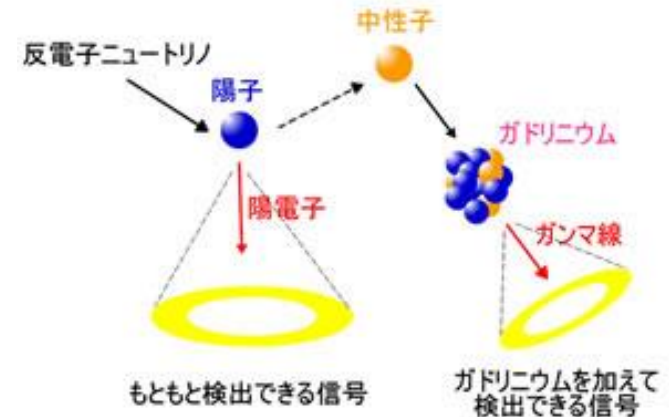


- SK-Gdについて
 - 概要
 - SK改修作業
- ICP-MS
 - 原理
 - 感度工場の為の工夫
 - 試料溶液の作成(固相抽出法)

- Super-Kamiokande(SK)
 - 岐阜県飛騨市神岡町の地下1000mにある5万トンのタンクに超純水を湛えた検出器
- SKに $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$ を溶かし中性子検出機能を付加
 - Gdは熱中性子捕獲断面積が非常に高い
 - 中性子捕獲により計8 MeVの γ 線を放出
 - 遅延同時計測で $\bar{\nu}_e$ をタグ



ガドリニウムが中性子を捕獲して γ 線を出す様子



SKホームページより

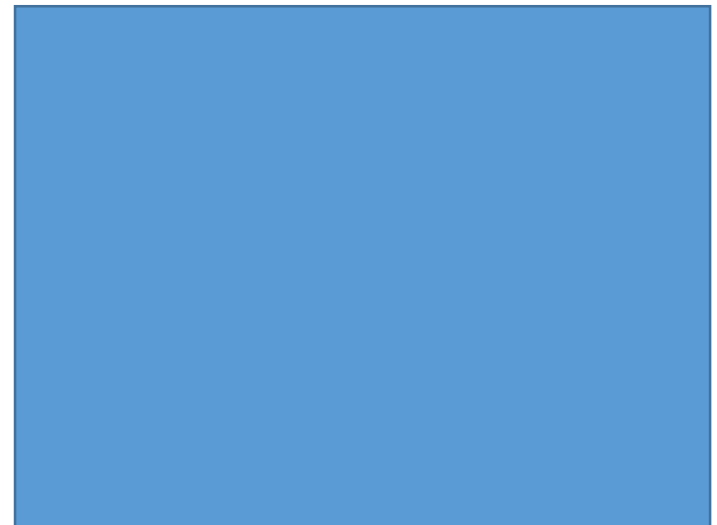
- SK-Gd計画に向けた大規模改修(今年6月から)
 - 止水補強
 - これまで一日約1トンの水が漏れていた
 - 水漏れ対策として溶接部を止水材で補強
 - タンク内配管の改良
 - Gd を溶かした水を効率よく循環するため
 - 60トン毎時(35日で一巡)→120トン毎時(17日で一巡)
 - PMTの交換
 - 2006年以来12年間で
 - 不具合のでたPMTの交換

PMT交換作業中の様子



- SKの超純水に $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$ を溶かすため
 $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$ の不純物量を測定したい
 - 今回測定したのはウランとトリウム
 - ^{238}U ：超新星背景ニュートリノのBG
 - ^{232}Th ：太陽ニュートリノのBG
 - 今回Gd水循環装置に用いる樹脂の為の
高純度硫酸ガドリニウム1.5tが届いた
- これらのU,Th濃度が
目標濃度以下であるか調べたい
(目標濃度U:400ppt, Th:14ppt)
- →ICP-MSを用いて測定する

届いた $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

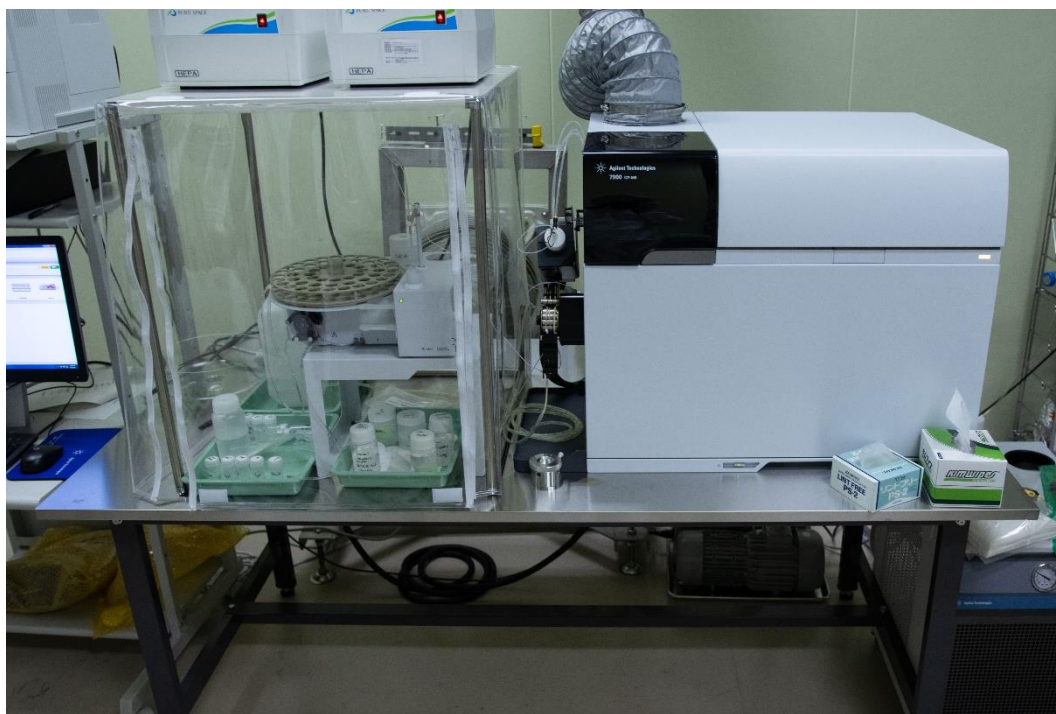


• ICP-MS

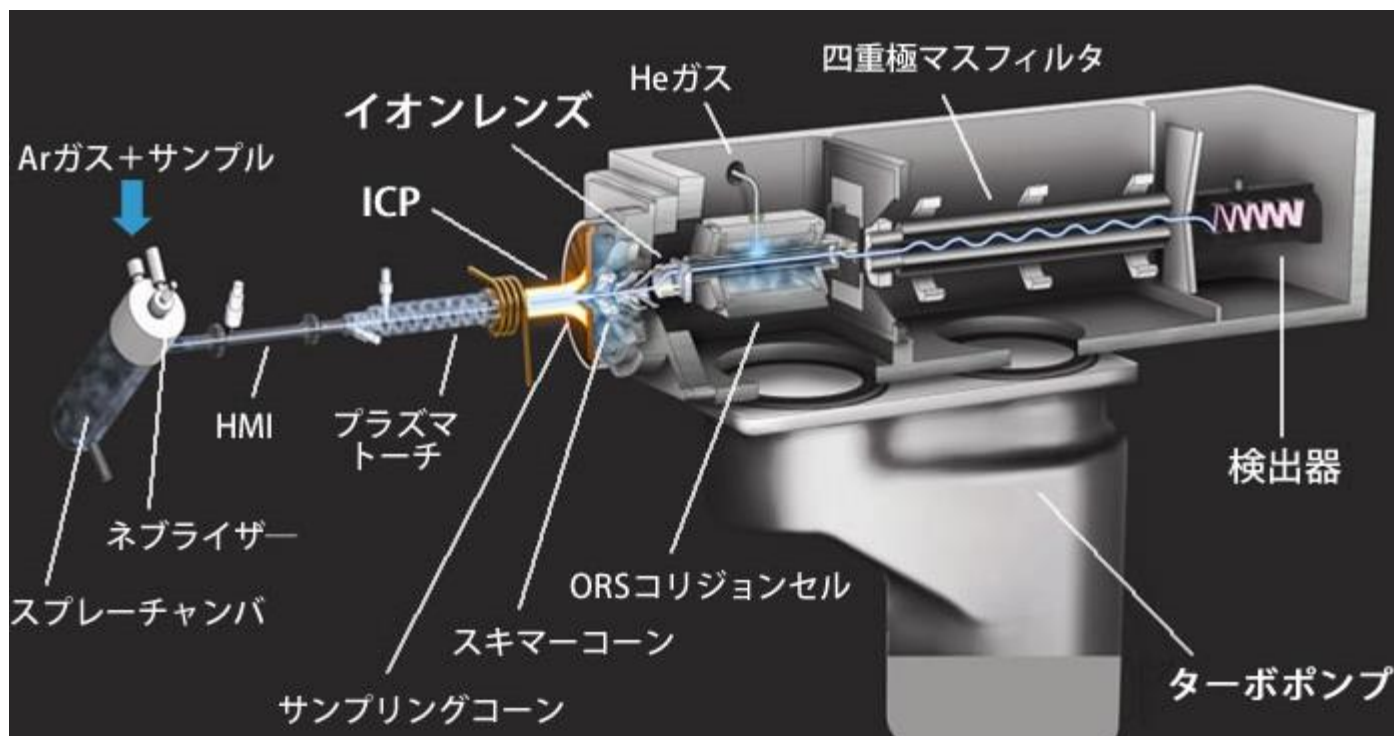
誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)

特徴

- 高感度・低バックグラウンドな測定が可能(ppm~ppt)
- 元素を同時に測定可能、かつダイナミックレンジが広い



- 試料溶液を霧状にし、Arプラズマでイオン化させる。
- イオンを収束、四重極磁石で質量選択
- PMTでイオン数をカウントして濃度を見積もる



Agilent HPより

- 測定の注意点

- 高精度の測定を行うために注意する点

- 1,マトリックス効果

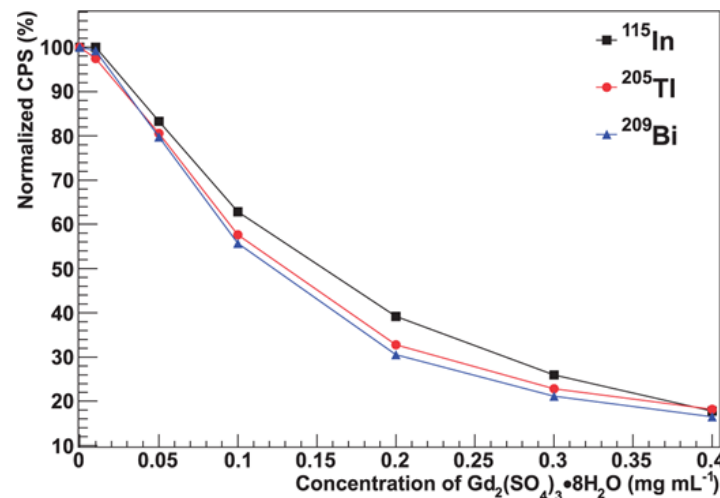
- 2,スペクトル干渉

- 3,メモリー効果

- 4,コンタミ

- 濃度の高い(>0.01%)溶液(マトリックス)を導入することで他の元素のイオン化を妨害し感度が低下する現象

硫酸ガドリニウム濃度によるIn,Tl,Biの感度の変化



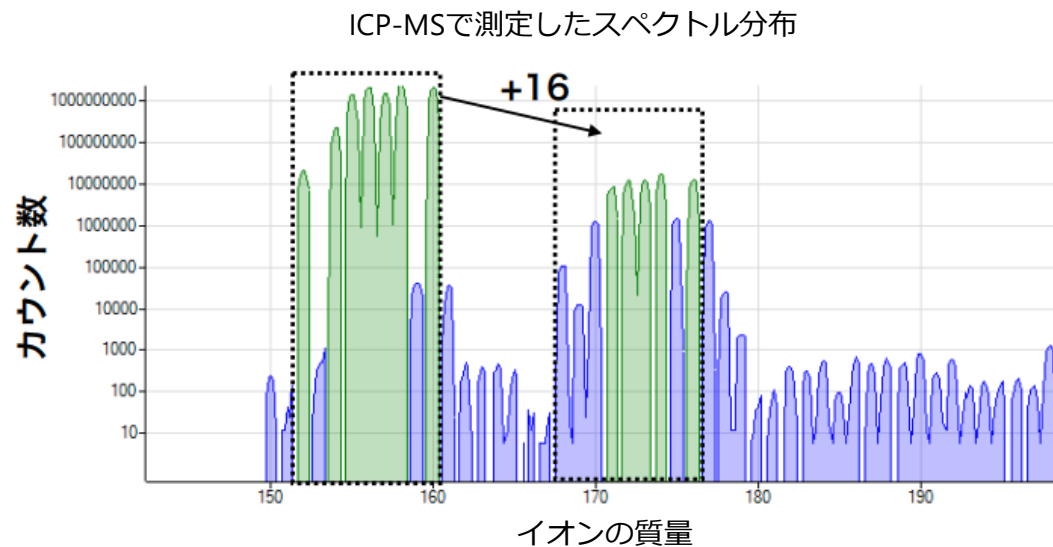
対策

- 妨害元素の濃度を<0.01%以下にする
→化学分離

- 試料溶液中の元素同士が多原子イオンを生成し、目的元素のスペクトルに干渉すること
 - Gd(152~160)と酸素(16)が多原子イオンになり
質量数168~176の領域にGdと同じ形のスペクトルを形成
→質量数168~176の元素量の過大評価につながる

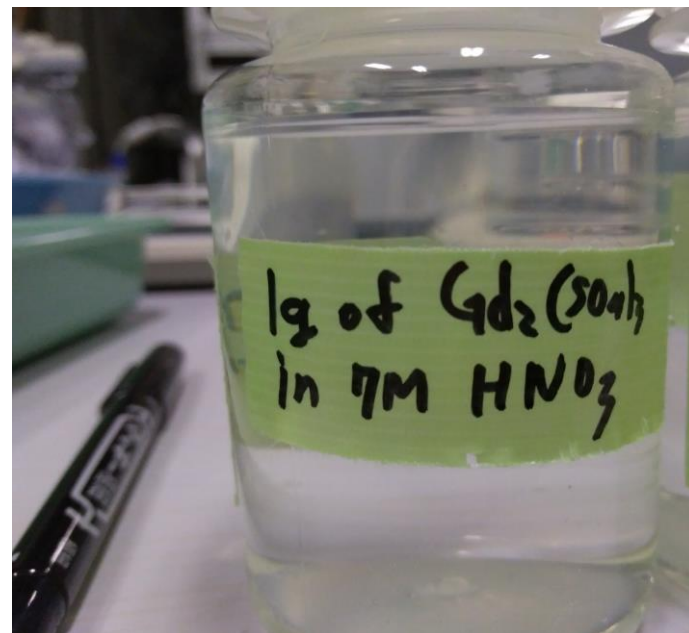
- 対策

- マトリックスを減らす
→化学分離



岡山大伊藤さんの
LBGT2018スライドより

- $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$ 中の不純物(U,Th)を測定したい
 - 化学分離を行いマトリックス効果やスペクトル干渉を減らす
 - そのまま薄めるとU,Thが測定限界を下回る
 - 化学分離→固相抽出法
 - Gdを吸着する樹脂を用いて $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液からU,Thのみ分離



- UTEVA® Resin

- → UやThを吸着しGdは吸着されない樹脂

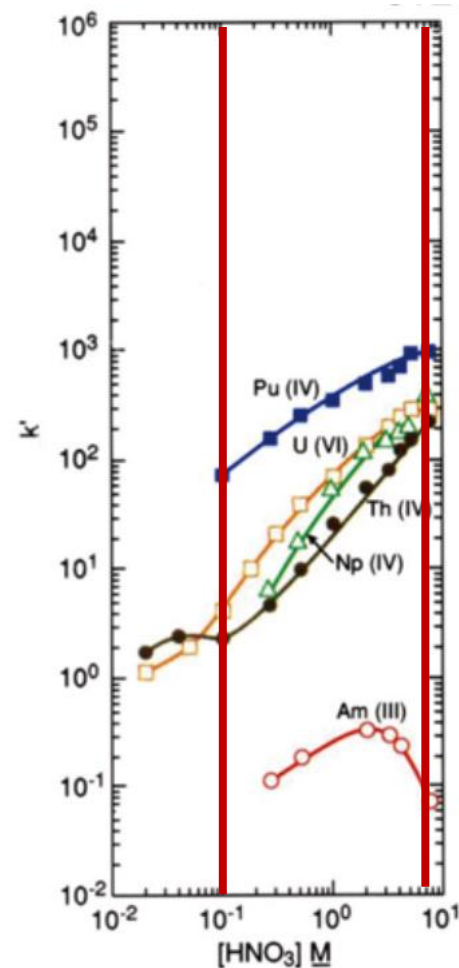
硝酸の濃度によって吸着率が変化

Am以外のアクチノイドは

7M硝酸で吸着、0.1M硝酸で溶離

→ GdはAm同様吸着されない

硝酸濃度による各元素の
UTEVA Resinへの吸着度 k' の変化



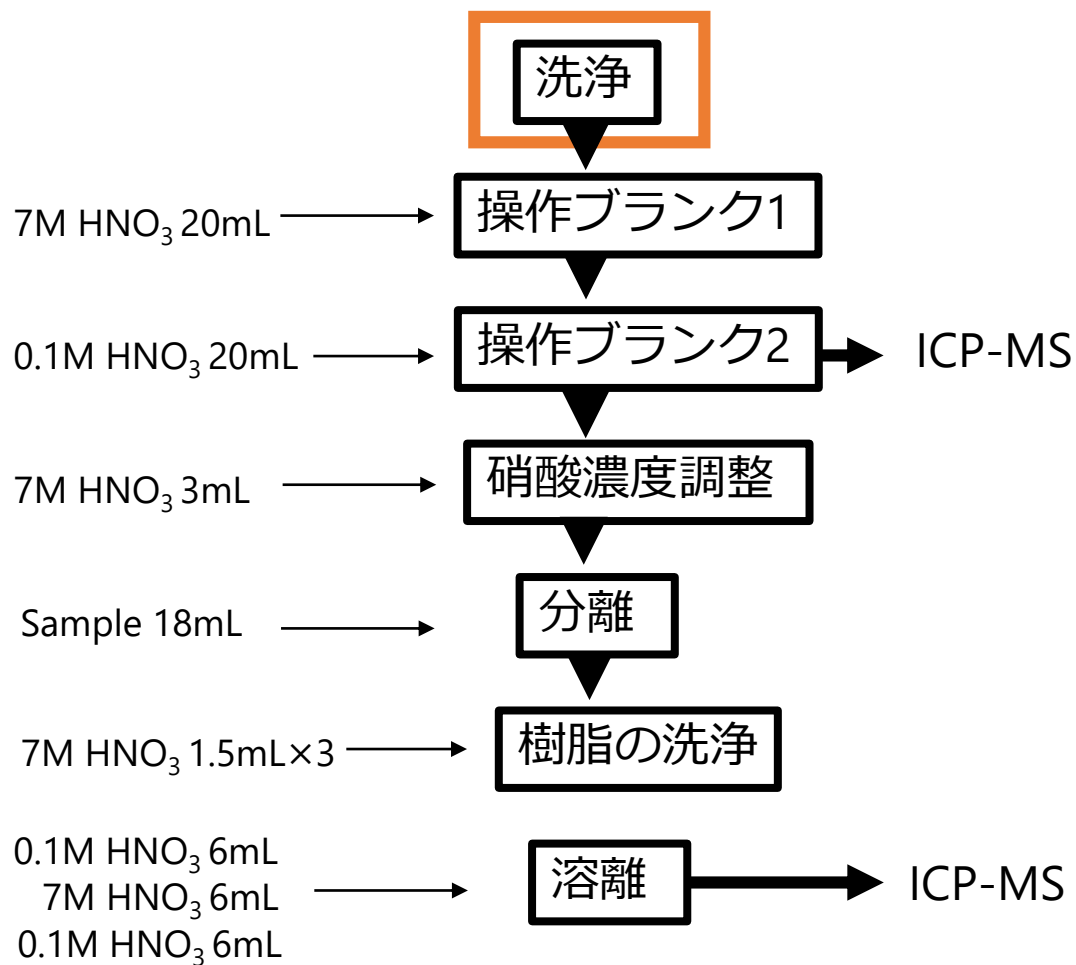
固相抽出法の手順

1, 洗浄

樹脂と容器を洗浄する

→硝酸に一晩以上
漬ける

→水や7M硝酸で洗浄



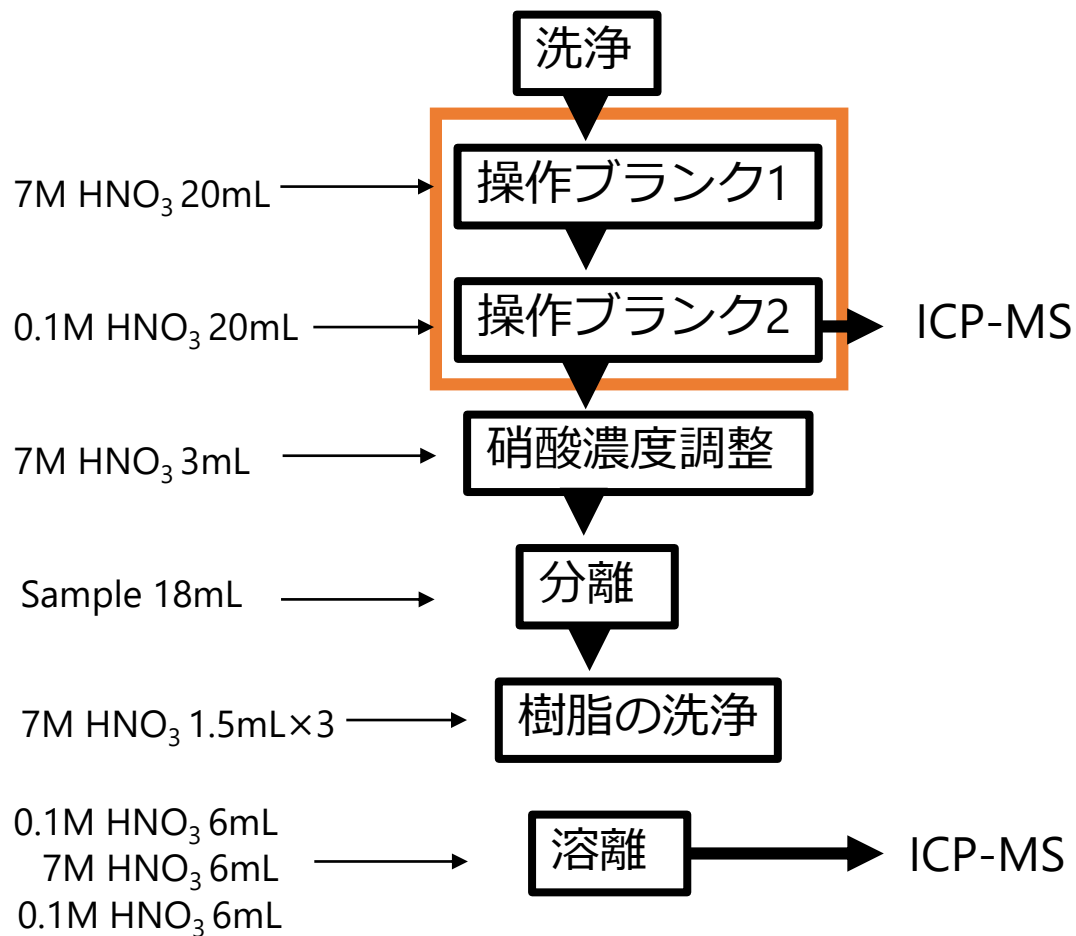
固相抽出法の手順

2,操作ブランク(空試験)

洗浄した樹脂が

十分洗浄されているか確認

→ICP-MSで測定

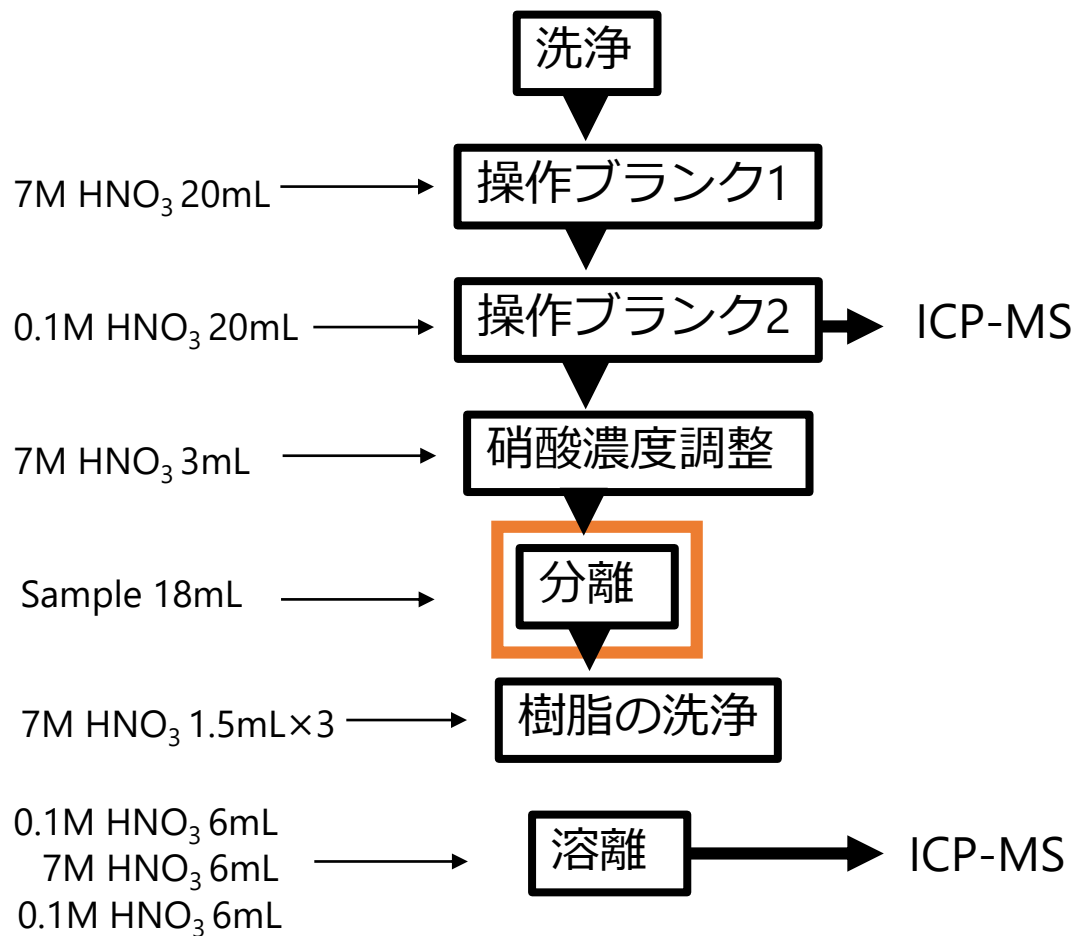
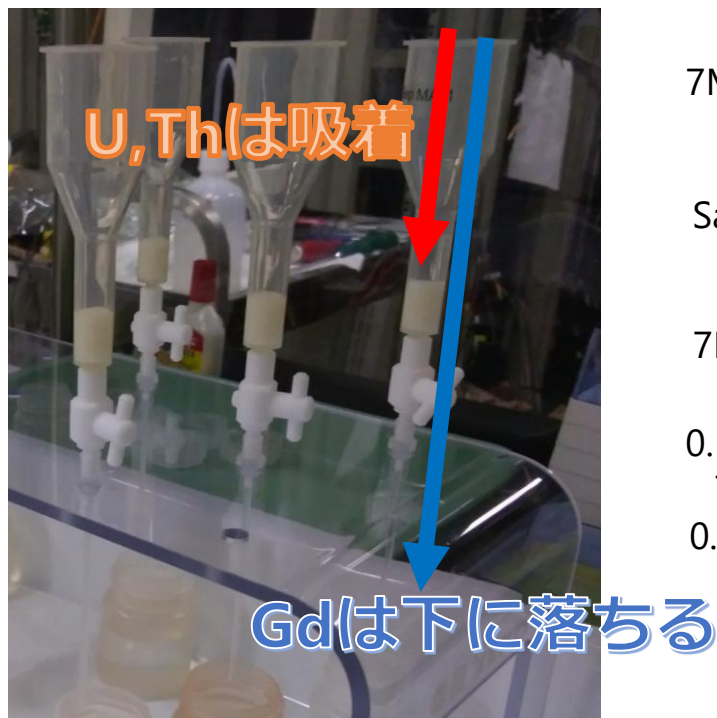


固相抽出法の手順

3, 分離

Conditioning → pH調節 後
試料溶液を導入

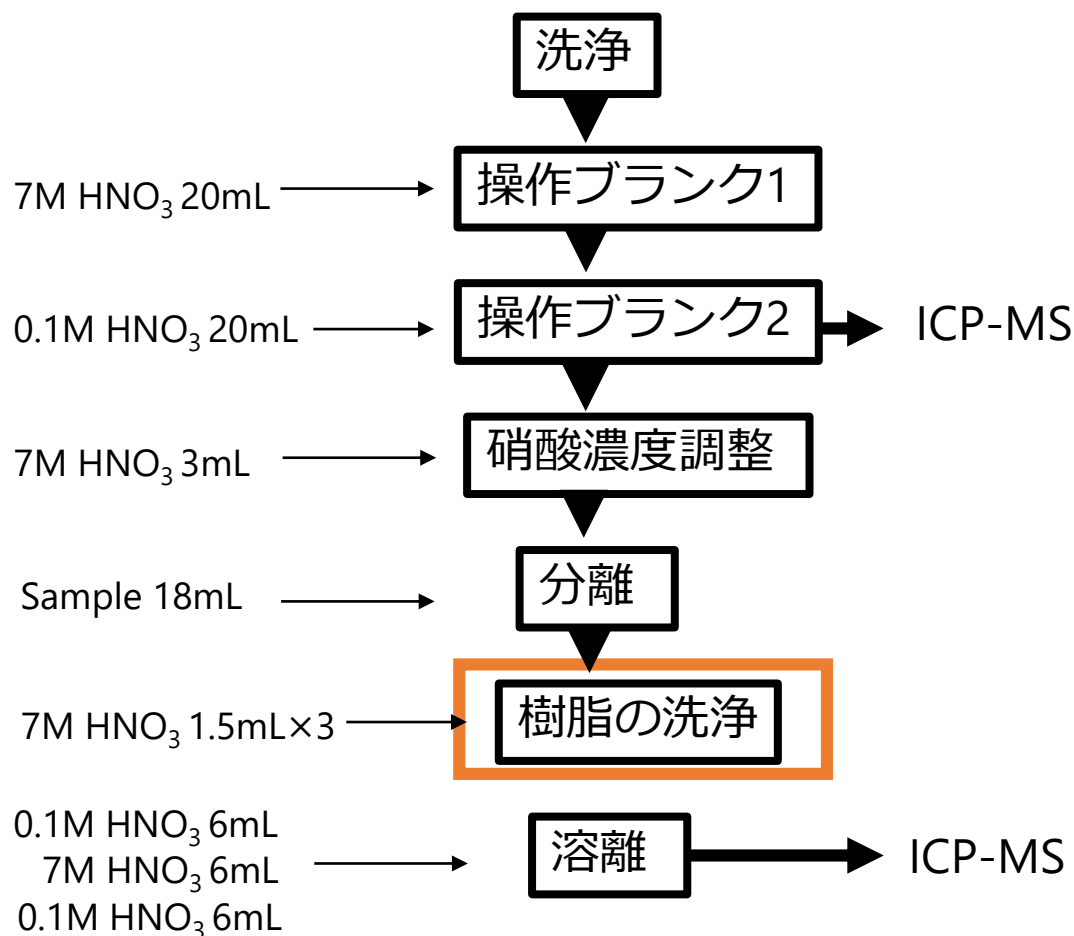
→ 樹脂にU,Thのみを吸着



固相抽出法の手順

3, 樹脂の洗浄

カラムやレジンに残った
Gdを入念に落とす



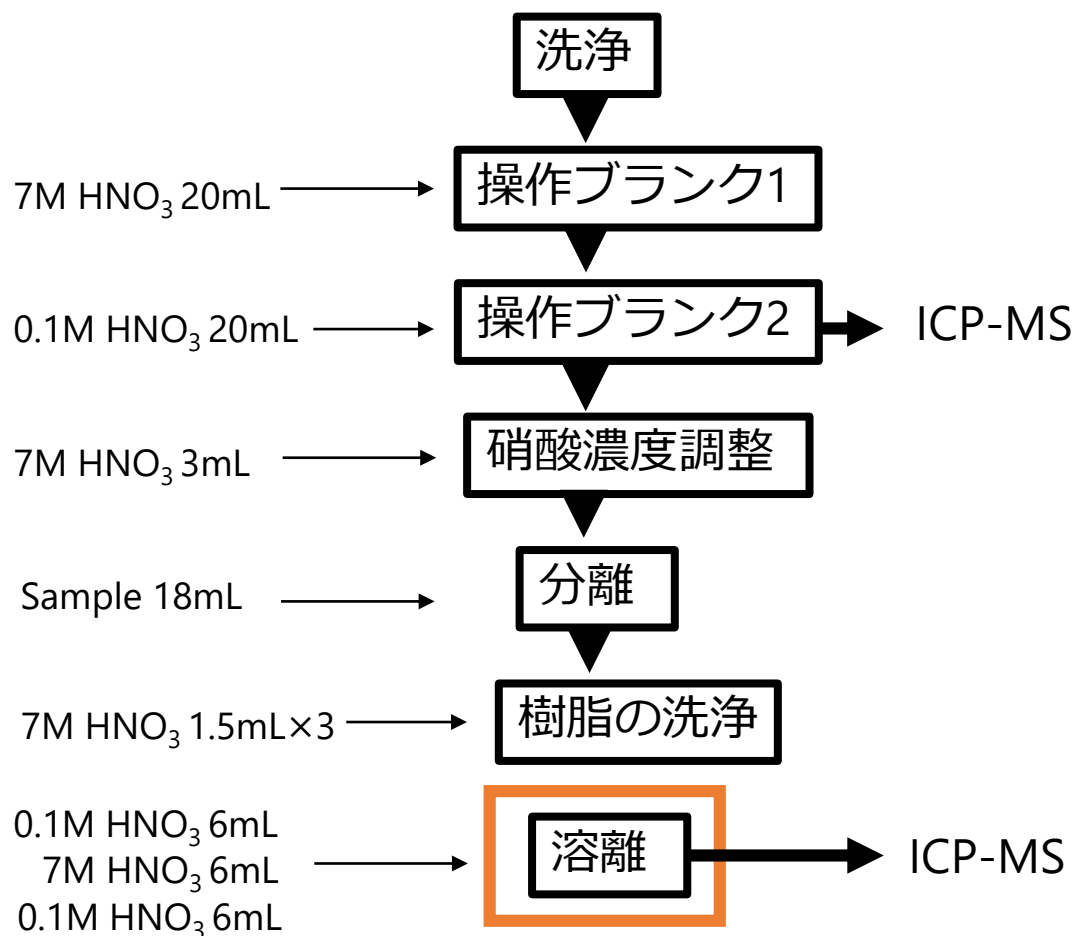
固相抽出法の手順

4, Elution(溶離)

0.1M硝酸を流し樹脂から

U,Thを溶離させる

→ICP-MSで測定



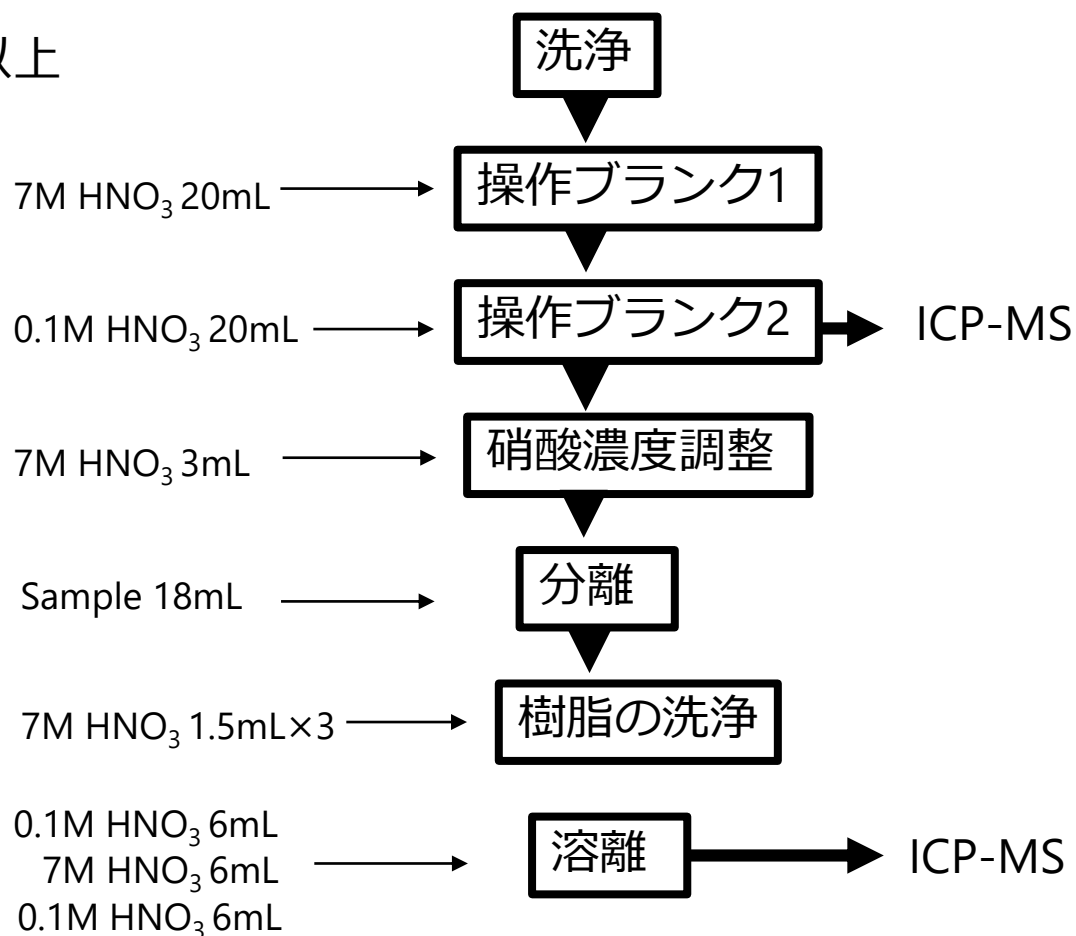
固相抽出法の回収率

この方法でU,Thの回収率は90%以上

Gd量を4桁落とすことに成功

→感度を維持したまま

U,Th量の測定ができる



- SK-Gdプロジェクトに向けてGd水循環装置の樹脂に使用する $\text{Gd}_2(\text{SO}_4)_3$ 内不純物としてU,Thの含有量を測定を行った。
- 測定に用いたICP-MSは試料溶液中の元素を非常に高感度で測定できる。
- 高精度で測定する為にGdとU,Thの化学分離を行った。

→測定の結果U,Thの分離に無事成功し、測定も成功。
- 来年度はSKにガドリニウムを溶かす予定なので、そのGdの分析も今後行っていく。