

環境省モニタリングにおける 対象核種の分析測定方法等

【海水】

Cs-137などγ線放出する核種、Pu同位体などα線を放出する核種、トリチウム、Sr-90などβ線を放出する核種を対象とし、合計で64核種とする。

分析方法については、原則として、文部科学省及び原子力規制庁が制定している放射能測定法シリーズに記載の方法に従う。次の4核種(Tc-99、Cd-113m、I-129及びNi-63の4核種)の分析は、論文等で公表されている方法に従って行う。

検出下限目標値は左表のとおりである。

【水生生物】

魚類はトリチウム、炭素-14を対象とし、海藻類はI-129を対象とする。分析方法は、海水と同様、放射能測定法シリーズに記載の方法に従う。I-129の分析は論文等で公表されている方法に従って行う。

検出下限目標値は左表のとおりである。

海水

対象核種	検出下限目標値 (Bq/L)	分析測定方法 ^{※1}
トリチウム	0.1	No.9 トリチウム分析法
	10	No.9 トリチウム分析法
¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs	0.001	No.7 ゲルマニウム半導体検出器によるγ線スペクトロメリー
¹⁰⁶ Ru, ¹²⁵ Sb, ⁶⁰ Co	¹⁰⁶ Ru : 1.2	
	¹²⁵ Sb : 0.5 ⁶⁰ Co : 0.3	
その他のγ線放出核種	— ^{※2}	
²³⁸ Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, ²⁴¹ Am, ²⁴² Cm	0.00002	No.12 プルトニウム分析法 No.21 アメリシウム分析法
²⁴³ Am, ²⁴³ Cm, ²⁴⁴ Cm	0.002	No.22 プルトニウム・アメリシウム逐次分析法 No.31 環境試料中全アルファ放射能迅速分析法
²⁴¹ Pu, ^{242m} Am	—	ORIGENによるインベントリ比 (²⁴¹ Pu/ ²³⁸ Pu, ^{242m} Am/ ²⁴¹ Am) からの評価
⁹⁰ Sr(⁹⁰ Y)	0.001	No.2 放射性ストロンチウム分析法
⁸⁹ Sr	0.005	No.2 放射性ストロンチウム分析法
⁹⁹ Tc	0.0004	固相抽出による化学分離後、ICP質量分析
^{113m} Cd	0.2	陰イオン交換による化学分離後、液体シンチレーション測定
¹²⁹ I	0.01	希釈後、ICP質量分析
⁶³ Ni	20	固相抽出による化学分離後、液体シンチレーション測定
¹⁴ C	0.0005	No.25 放射性炭素分析法

水生生物

対象核種	検出下限値		分析測定方法
組織自由水型トリチウム	0.1	(Bq/L)	No.9 トリチウム分析法
有機結合型トリチウム	0.5	(Bq/L)	No.9 トリチウム分析法
¹²⁹ I	0.1	(Bq/kg生)	燃焼等による化学分離後、ICP質量分析
¹⁴ C	2	(Bq/kg生)	No.25 放射性炭素分析法

※1 No.を記載している分析測定方法は、文部科学省及び原子力規制庁が制定している放射能測定法シリーズのことである。

※2 Ru-106、Sb-125、Co-60の検出下限値を満足する条件での同時測定とする。

【対象核種と分析方法】

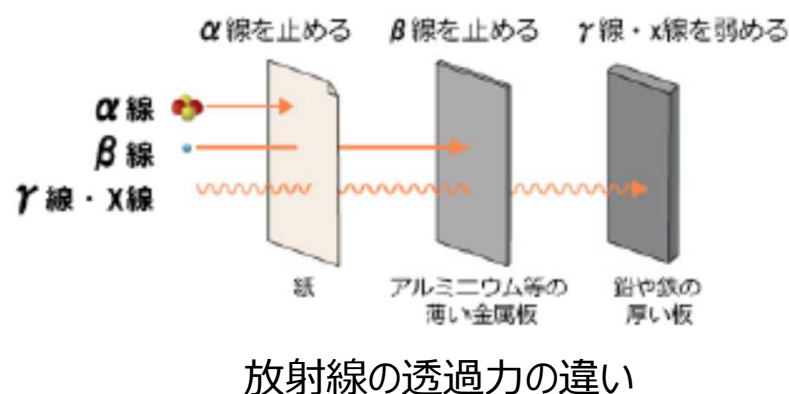
トリチウム、放射性セシウム(Cs-134及びCs-137など)、放射性ストロンチウム(Sr-89及びSr-90)、炭素-14などを含む64核種を対象とする。

分析・測定方法は対象核種から放出される放射線(α線、β線及びγ線)を測定する核種と原子の数を測定する核種に大別される。

放射線を測定する場合は、測定対象となる放射線の透過力(下図参照)やその性質の違いにより、適切な分析・測定方法を選択する必要がある。特に、α線とβ線を測定する場合は、対象核種を十分に分離精製して測定試料にする必要がある。

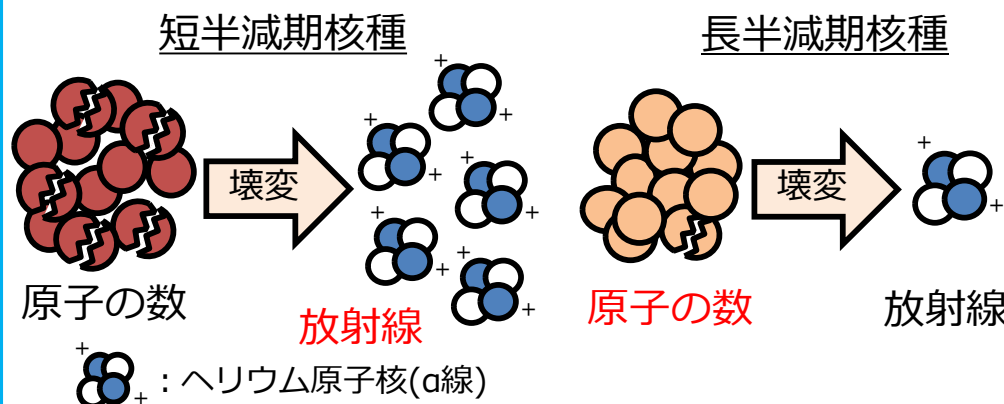
- ①α線は飛程が短いので、できる限り薄く測定試料を調製する。
- ②β線は固有のエネルギーを持たず、連続エネルギーとなることから、他のβ線放出核種から分離する。

一方、Tc-99やI-129などの半減期が非常に長い核種は、放射線を測定するより、原子の数を測定する方が、有利に測定することができる。



出典：「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料 平成30年度版」

α線を放出する核種での例



【 α 線の測定】

対象核種：Pu、Am、Cm同位体の10核種
Pu-238、Pu-239^{※1}、Pu-240^{※1}、Pu-241^{※2,※3}
Am-241、Am-242m^{※2}、Am-243^{※4}
Cm-242、Cm-243^{※4}、Cm-244^{※4}

沈殿分離、イオン交換分離を組み合わせ、対象核種を分離精製して測定試料を調製する。測定はシリコン半導体検出器もしくはZnS(Ag)シンチレーション検出器を用いて行う。



陰イオン交換樹脂によるPuの分離精製



シリコン半導体検出器

【 β 線の測定】

対象核種：トリチウム、炭素-14など7核種
トリチウム、炭素-14、Ni-63、Sr-89、Sr-90、
Y-90^{※5}、Cd-113m

蒸留(トリチウム)、ベンゼン合成(炭素-14)及び沈殿分離、イオン交換分離を組み合わせ、対象核種を分離精製して測定試料を調製する。測定は液体シンチレーションカウンタもしくは低バックグラウンドベータ線測定装置(LBC)を用いて行う。

トリチウムの分析方法はスライド17~20で説明。



陽イオン交換樹脂によるSrの分離精製



低バックグラウンドベータ線測定装置

※1 Pu-239とPu-240の合計した放射能濃度とする。

※2 ORIGENによるインベントリ比から評価する。

※3 β 線を放出するPu-241(α 壊変はごく僅か)はAm-241から評価する。

※4 Pu、Am、Cm同位体の合計値をそれぞれの核種の放射能濃度とする。

※5 放射平衡と仮定して、Sr-90の結果から評価する。

【γ線の測定】

対象核種：Cs-134、Cs-137など45核種※1

Rb-86、Y-91、Nb-95、Ru-103、Ru-106、Rh-103m、Rh-106、Ag-110m、Cd-115m、Sn-119m、Sn-123、Sn-126、Sb-124、Sb-125、Te-123m、Te-125m、Te-127、Te-127m、Te-129、Te-129m、Cs-134、Cs-135、Cs-136、Cs-137、Ba-137m、Ba-140、Ce-141、Ce-144、Pr-144、Pr-144m、Pm-146、Pm-147、Pm-148、Pm-148m、Sm-151、Eu-152、Eu-154、Eu-155、Gd-153、Tb-160、Mn-54、Fe-59、Co-58、Co-60、Zn-65

γ線は透過力が高いため、海水をそのままゲルマニウム半導体検出器で測定することができる。Cs-134及びCs-137については、リンモリブデン酸アンモニウム(AMP)に吸着捕集し、より効率の良い条件で測定を行う。



AMP試料とマリネリ試料

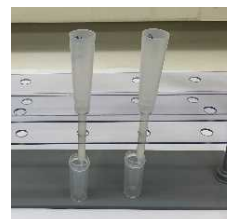


ゲルマニウム半導体検出器

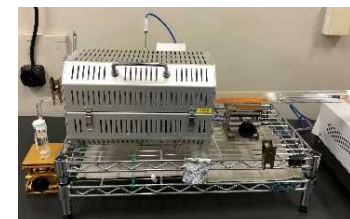
【原子数の測定】

対象核種：Tc-99及びI-129の2核種

固相抽出(Tc-99)、燃烧(I-129)により対象核種を分離精製して測定試料を調製する。測定は誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS)を用いて行う。分離精製操作にて除去できない妨害成分は、装置内セルにおける酸素ガスとの反応により除去する。なお、海水は希釈して測定試料を調製する。



固相抽出による
Tc-99の分離精製

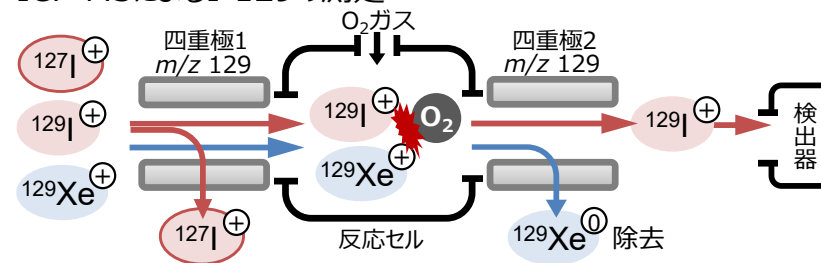


燃烧による
I-129の分離精製



ICP-MS

ICP-MSによるI-129の測定



※1 対象核種から放出されるγ線を測定する核種（放射平衡と仮定して評価する核種を含む）、ORIGENによるインベントリ比から評価する核種がある。