

京都大学原子炉実験所 正員 古屋仲芳男

1. 緒言

原子力発電炉はじめとする大型の動力用原子炉の運転に際して、使用済燃料は再処理を必要とし、それに伴って核分裂生成物を中心とした中レベルならびに低レベル放射性廃水が生じるが、その量が著しく大量であるため蒸発濃縮法、イオン交換法および凝聚沈殿法などを中心とする従来の放射性廃水処理法では、その経済的処理はきわめて困難である。このため、現在、核燃料再処理設備をもつ国々では、これら大量の中レベルあるいは低レベル放射性廃水を不完全な処理の後、大規模な放射線モニタリングを実施しつつ、地中への注入廃棄、河川あるいは海洋への投棄によって処分している¹⁾。しかしながら、本邦では、そのような地中廃棄に適するべき地に乏しいことや海廢物が国民の主要な蛋白源であることなどの理由から、いすれの廃棄法も実施がきわめて困難である²⁾。

したがって、とくに本邦においては、核燃料再処理の実施に当っては、これら大量の放射性廃水を迅速にしかも完全に処理することのできる新しい処理法の開発が強く望まれている³⁾。

選択浮上法は、従来主として有用鉱物の選別法の一つとして発達したものであるが、この方法は水溶液中に含まれる微量物質を泡沫によってきわめて短時間に分離除去する特性を有しているので核燃料再処理廃水への適用性を検討することは、重要な意義があるものと考えられる。

選択浮上法によって核燃料再処理廃水中の長寿命核分裂生成物を除去した報告は、まだほとんど見出しきれどないが、著者は既報^{4),5)}において選択浮上法は従来の処理法と異り、処理容量が著しく大きく、処理後残留する放射性ストラッジ量も少量であり、適切な共沈剤および捕集剤の選択によって¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ¹⁰⁶Ru, ¹⁴⁴Ce および⁹⁵Zr などの長寿命核分裂生成物を効率的に除去できること、ならびに泡沫分離のような特殊な合成界面活性剤を必要とせず、その使用量も著しく少量であることなどすぐれた特性を持ち、大量の中レベルおよび低レベル放射性廃水の処理に適用できることを明らかにした。

本報では、以上の観点から、¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ¹⁴⁴Ce, ¹⁰⁶Ru および⁹⁵Zr の既報の浮上分離結果にもとづいて分類し、各類を浮上法によって選択的に除去する方法について報告する。

2. 浮上特性による長寿命核分裂生成物の分類

長寿命核分裂生成物を既報の浮上特性によって分類すると表 1 表に示すようになる。すなわち、オーラー 1 類には半減期 30 年の ¹³⁷Cs が属し、pH 3.0 ~

5.5 においてフェロシアン化銅およびオクタデ

シルアミニアセテート (ODAA と略記) を用いて浮上分離される。またオーラー 2 類には半減期 1 年未満の ¹⁴⁴Ce, ¹⁰⁶Ru および⁹⁵Zr の 3 核種が属

し、水酸化オーラー 2 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 3 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 3 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 4 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 4 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 5 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 5 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 6 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 6 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 7 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 7 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 8 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 8 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 9 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 9 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 10 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 10 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 11 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 11 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 12 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 12 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 13 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 13 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 14 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 14 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 15 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 15 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 16 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 16 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 17 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 17 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 18 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 18 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 19 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 19 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 20 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 20 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 21 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 21 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 22 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 22 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 23 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 23 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 24 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 24 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 25 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 25 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 26 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 26 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 27 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 27 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 28 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 28 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 29 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 29 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 30 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 30 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 31 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 31 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 32 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 32 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 33 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 33 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 34 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 34 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 35 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 35 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 36 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 36 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 37 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 37 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 38 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 38 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 39 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 39 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 40 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 40 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 41 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 41 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 42 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 42 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 43 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 43 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 44 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 44 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 45 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 45 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 46 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 46 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 47 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 47 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 48 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 48 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 49 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 49 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 50 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 50 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 51 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 51 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 52 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 52 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 53 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 53 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 54 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 54 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 55 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 55 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 56 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 56 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 57 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 57 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 58 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 58 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 59 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

水酸化オーラー 59 鉄あるいは水酸化コバルトおよ

びナトリウム

を用いて浮上分離される。またオーラー 60 類には半減期 1 年未満の ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr の 2 核種が属し、

がオレイン酸ナトリウムを用いて浮上分離される。その際の適切なpHは、それぞれ6.0～8.0および10.5～11.5である。

オ3類には半減期27年の⁹⁰Srが属し、pH10.5～11.0においてリン酸カルシウム、ナフテン酸ナトリウム、シュウ酸カルシウムを用いて浮上分離される。

3. 選択浮上分離効率

廃水中の各種類の核種をm段の選択浮上操作によって、除去する際の浮上分離効率は、つぎのようないずれかによって表すされる。

$$R_j = \left(1 - \frac{T_m \cdot t_{mj}}{T_0 \cdot t_{oj}} \right) \times 100 (\%) \quad (1)$$

$$R_{ij} = \frac{(T_{i-1} \cdot t_{i-1,j} + \Delta T_i \cdot t_{i,j}) - (T_i \cdot t_{ij} + T_i \cdot t_{oi})}{T_0 \cdot t_{oj}} \times 100 (\%) \quad (2)$$

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n (T_0 \cdot t_{oj} \cdot R_{ij})}{\sum_{j=1}^n T_0 \cdot t_{oj}} \quad (3)$$

$$R = \sum_{i=1}^m R_i \quad (4)$$

ここに、 R_j =オ_j核種に対する総括浮上効率、 R_{ij} =オ_i段におけるオ_j核種に対する浮上効率、 R_i =オ_i段における全放射能除去効率、 R =全段における総放射能除去効率、 T_0 =原廃水量、 T_i = i 段における処理液量、 ΔT_i = i 段におけるスラッジ液量、 t_{ij} = i 段での処理液中の j 核種の放射能濃度、 t_{oi} = i 段におけるスラッジの汚液の放射能濃度である。

4. 試料および試薬

核燃料再処理廃水の水質は、多岐にわたっているが、本実験では、Purex廃水と類似したイオン組成をもつ模擬廃水を使用した^⑤。

共沈試薬には試薬特級硝酸銅、塩化第2鉄、塩化コバルト、塩化カルシウム、リン酸ナトリウム、シュウ酸ナトリウム、フェロシアニン化カリウムを10000 ppm水溶液として使用した。

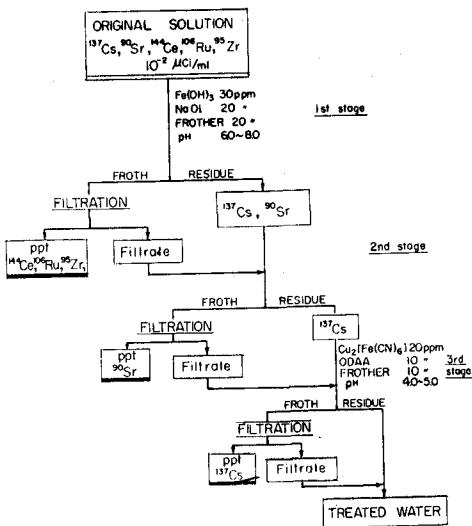
捕集試薬としては、オクタデシルアミニアセテート、オレイニ酸ナトリウム、ナフテン酸ナトリウムの5000 ppm溶液を使用した。pH調節には、1N硫酸ナトリウム溶液および1N磷酸を用いた。

5. 実験方法

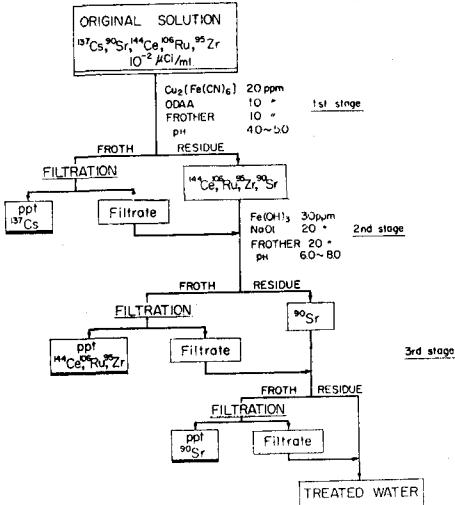
浮上装置には容量100lのMKF-K15型浮選機^⑥を、また条件槽には容量70lのデンバー型コンデンショナーを用いた。

毎分20lの模擬廃水を条件槽にフィードし、試薬条件をひとの点を後、さらに浮選機にフィードし、生じた泡沫を捕集した。

長寿命核分裂生成物の選択的捕集の順序については、オ1表の会類にしたがって、つぎの2つの場



オ 1 図



オ 2 図

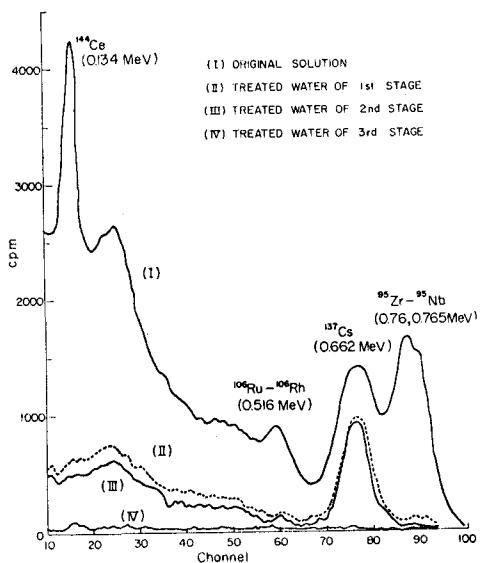
合について検討した。すなわち、オ 1 図はオ 1 段においてオ 2 類 ^{144}Ce , ^{106}Ru , ^{95}Zr を捕集し、オ 2 段で ^{90}Sr をさらにオ 3 段で ^{137}Cs をそれぞれ捕集する。またオ 2 図ではオ 1 段で ^{137}Cs を、オ 2 段で ^{144}Ce , ^{106}Ru , ^{95}Zr を、オ 3 段で ^{90}Sr を捕集する。

試料の放射能はつきのようにして測定した。処理水の一定量を小ステンレス皿上で蒸発乾固し、TMC 製の 100 チャンネル α 線スベクトロメータによって α 線スペクトルを測定するとともに、湿式の化学分析法によって核種を分離した後、GM カウニターで β 放射能を測定し、標準試料の β 放射能と比較して定量した。

6. 実験結果および考察

オ 3 図は、オ 1 図に示した捕集順序にしたがって長寿命核分裂生成物の選択浮上分離を行ない各類の選択性除去を試みた結果である。曲線(1)は、放射能濃度 0.1 $\mu\text{Ci}/\text{ml}$ の原液試料 1 ml を小ステンレス皿上に蒸発乾固した試料について α 線スペクトルを測定したものである。 ^{144}Ce , ^{106}Ru , ^{137}Cs , ^{95}Zr の光電吸収によるビーグ (以下、光電ビーグと略記) がそれぞれのエネルギーの位置に表われている。曲線(2)は以上のようにして α 線スペクトルを示す原液水に対して 30 ppm の水酸化第二鉄を共沈剤とし、オレイン酸ナトリウムを捕集剤として pH 6.0 で浮上処理を行ない、オ 2 類の ^{144}Ce , ^{106}Ru および ^{95}Zr を選択的に除去した際の処理液の α 線スペクトルを示したものである。 ^{144}Ce , ^{106}Ru , およ

オ 3 図



び⁹⁵Zrの光電ピークがいずれも著しく低下することから、これら2種の核種が、主として効果的に除去されたことがわかる。¹³⁷Csの光電ピークは⁹⁵Zrのコンアントン連続帶が消えため全体的に下方へ移動するが、その高さは低下していくことから¹³⁷Csは、ほとんど除去されないことがわかる。

また、オ1段処理水中の各核種を分離定量して、オ1段での浮上率を算出すると、オ2表に示すように、¹⁴⁴Ce 98%, ¹⁰⁶Ru 98%, ⁹⁵Zr 99%が選択的に除去されたとともに、98%の¹³⁷Csおよび⁹⁰Srが処理水中に残留することが確かめられた。曲線(3)はオ1段処理水中に残留した⁹⁰Srを選択的に除去するためには、リン酸カルシウム60ppm、シユウ酸ナトリウム20ppmおよびナフテン酸ナトリウム20ppmを用いてpH11.0でオ2段の浮上処理を行なった際の処理水のスペクトルである。曲線(2)に比較して¹³⁷Csの光電ピークには、変化がないが、¹³⁷Csの分離定量の結果2%の¹³⁷Csが除去されたことがわかる。また、¹⁴⁴Ceと¹⁰⁶Ruについては、さうに1%が除去されたことがわかる。⁹⁰Srについては、92%が選択的に除去されたことが判明した。

曲線(4)は、オ2段処理水中に残留する96%の¹³⁷Csを除去するためには、フェロシアニン化銅20ppmを共沉剤としてオクタデシルアミンアセテートを用いてpH5.0でオ3段の浮上処理を行なった結果であるが、¹³⁷Csの光電ピークがほんのり消去されている。オ3段での¹³⁷Csの浮上率は95%であった。

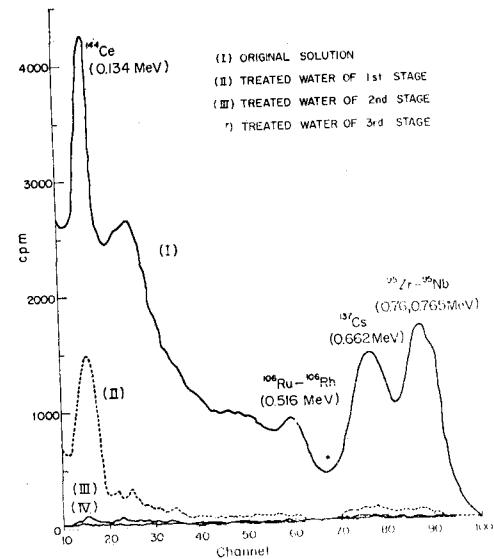
オ4図はオ2図の順序にしたがって、オ1段で¹³⁷Csをオ2段で¹⁴⁴Ce、¹⁰⁶Ru、⁹⁵Zrを、またオ3段で⁹⁰Srを選択的に除去した結果である。曲線(1)～(4)は、原魔水、オ1～3段処理水のスペクトルである。曲線(2)から明らかにオ1段においてフェロシアニン化銅を用いて海上処理すると、¹³⁷Csとともに¹⁰⁶Ru、⁹⁵Zrの光電ピークが同時に消去され、この方法では選択的除去が困難であることがわかる。

文 献

- 1) 丸山正倫：日本原子力学全誌，8, p81 (1966)
- 2) 三宅綱「放射化學ハンドブック」p.594
- 3) 同上 p.597
- 4) 古屋伸：日本原子力学全誌，7, 621 (1965)
- 5) 古屋伸：日本原子力学全誌，11, 198 (1969)

オ 2 表

NUCLIDE STAGE	1 ¹³⁷ Cs	2 ¹⁴⁴ Ce	3 ¹⁰⁶ Ru	4 ⁹⁵ Zr	5 ⁹⁰ Sr	
1st Stage	2%	98	98	99	2	60%
2nd Stage	2	1	1	trace	92	19
3rd Stage	95	trace	trace	trace	5	20
	99*	99	99	99	99	99*



オ 4 図

オ 3 表

NUCLIDE STAGE	1 ¹³⁷ Cs	2 ¹⁴⁴ Ce	3 ¹⁰⁶ Ru	4 ⁹⁵ Zr	5 ⁹⁰ Sr	
1st Stage	95*	trace	80	80	55	62%
2nd Stage	2	97	17	12	5	28
3rd Stage	trace	2	2	1	27	6
	97*	99	99	99	87	96%