

## ウラン廃棄物の特徴等とクリアランスの検討状況

岩沢信夫\*

核燃料サイクル施設から発生する放射性廃棄物とクリアランス対象物について、製錬・転換・濃縮・再転換・成型加工の各施設から発生するウラン廃棄物等の特徴とクリアランスの検討状況を述べる。内容は、ウラン廃棄物の特徴、ウラン廃棄物の物量、クリアランス国内検討状況、IAEA安全指針RS-G-1.7の概要、諸外国でのクリアランス例について説明する。

**Keywords:** ウラン廃棄物, クリアランス, 放射性廃棄物, 核燃料サイクル施設

This document is to introduce the characteristics of the uranium bearing waste and examination situation of the clearance, which occurs from each process of nuclear fuel cycle facilities such as milling, conversion, enrichment, re-conversion and palletizing. As the contents of this document, It deal with the characteristics of uranium bearing waste, quantity of uranium bearing waste, domestic examination situation of the clearance, outline of IAEA safety guide RS-G-1.7 and the clearance example in several foreign countries.

**Keywords:** uranium bearing waste, clearance, radioactive waste, nuclear fuel cycle facilities

### 1 ウラン廃棄物の特徴

#### 1.1 ウランの特徴

ウラン廃棄物には施設の運転に伴って発生するフィルタ・紙やウエス・ゴム手袋・設備取替えでの金属などの雑固体廃棄物・廃液の処理に使用したスラッジなどが含まれ、汚染源の核種が天然ウラン核種であるために他の放射性廃棄物とは異なる特徴がある。

##### (1) 長寿命核種

ウラン (U-234, U-235, U-238) は天然起源の放射性物質で半減期が長く、製錬されている場合は子孫核種の生成・累積により放射エネルギーが増大する。

##### (2) ウランとその子孫核種による被ばく

自然界からの年間被ばく線量 2.4mSv のうち、世界平均土壌濃度 (U-238: 0.033Bq/g) のウラン及びその子孫核種による年間被ばく線量は外部被ばくで約 18μSv, 屋内でのラドン吸入被ばくは約 1mSv と推定されている。

##### (3) 天然賦存性

ウランは、自然界に広く賦存している。世界の土壌の平均濃度は 0.033Bq/g, 日本国内で 0.029Bq/g の報告例がある。工業製品においても、リン酸塩肥料・火力発電のフライアッシュ・セメント・アルミ等に 0.01~3Bq/g 程度含有されているとの報告がある。

#### 1.2 廃棄物として取り扱う上での留意事項

これらのウランの特徴を踏まえて、廃棄物として取り扱う上で次の点に留意する必要がある。

##### (1) ラドンの取り扱い

ウランの子孫核種には気体状のラドンが含まれる。産業

起源のラドンと、もともと自然界に存在するラドンと区別が付かない。

##### (2) 化学毒性

ウランは放射性物質としての性質 (放射性毒性) と同時に重金属としての性質 (化学毒性) も有している。

##### (3) 臨界安全管理, 保障措置

ウラン廃棄物の処分場においても臨界事故を防止する措置が必要。また、保障措置の対象から外れることを確認することが必要。

#### 1.3 ウラン廃棄物の発生施設と具体例

ウラン廃棄物は核燃料サイクルの製錬・転換・濃縮・再転換・成型加工の各施設から発生する。主な発生施設は、

- (1) 日本原子力研究開発機構 (JAEA) の人形峠及び東海村,
- (2) 日本原燃株式会社 (JNFL) の六ヶ所村, 及び,
- (3) 燃料加工事業者であるグローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン (GNF-J: 横須賀市), 三菱原子燃料 (MNF: 東海村), 原子燃料工業 (NFI: 東海村及び熊取町), ジェー・シー・オー (JCO: 東海村) の各事業所である。ウラン廃棄物の具体例は以下のとおり。



Fig.1 Examples of uranium bearing waste

Characteristics of the uranium bearing waste and examination situation of the clearance by Nobuo Iwasawa (iwasawa@jsnm.or.jp)

本稿は、日本原子力学会バックエンド部会第22回夏期セミナーにおける講演内容に加筆したものである

\* 社団法人 新金属協会 核燃料加工部会 ウラン廃棄物対策推進チーム  
Working Team for Uranium Disposal System, The Committee of Nuclear Fuel Fabrication, Japan Society of Newer Metals  
〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-8-1 虎ノ門電気ビルディング 5 階

## 2 ウラン廃棄物の物量

### 2.1 廃棄物保管量

各施設におけるウラン廃棄物の平成 15 年度末の保管量は以下のとおりで、200 リットルドラム缶換算で合計約 9 万本を保管している。

### 2.2 ウラン廃棄物の将来発生想定量

2050 年頃までの運転と、現状明確な計画は無いが各施設の解体を想定し、さらに各廃棄物に対する除染を考慮すると各社で約 15 万本から約 17 万本(その他に大量の非放射性廃棄物も発生)の当該廃棄物が発生するものと試算している。

### 2.3 ウラン廃棄物の濃度分布とクリアランス対象物量の推定

これらの濃度分布を想定し、クリアランスレベルとして 0.1Bq/g を仮定したうえで、クリアランス可能な物量を試算した。3 者それぞれでおおよそ約 4 割から約 9 割が、3 者合計では約 7 割がクリアランス可能と推定されている。

Table 1 Quantity of uranium bearing waste in nuclear fuel facilities as of March 2004

発生者	可燃物	難燃物	金属類	スラッジ	その他不燃物	計
日本原燃株式会社	3,100	-	200	20	600	3,920
燃料加工メーカー	4,900	5,900	10,800	7,500	11,400	40,500
日本原子力研究開発機構	2,000	5,500	17,000	6,500	16,000	47,000

Table 2 Estimated quantity of uranium bearing waste in nuclear fuel facilities as of 2050

発生者	将来発生想定量 (2050年度末)
日本原燃株式会社	運転：約 14.8 万本 (約 6.0 万 t)
	解体：約 0.6 万本 (約 0.1 万 t)
燃料加工メーカー	運転：約 8.9 万本 (約 1.0 万 t)
	解体：約 8.5 万本 (約 1.4 万 t)
日本原子力研究開発機構	運転：約 6.6 万本 (約 1.2 万 t)
	解体：約 10.3 万本 (約 1.8 万 t)

\* 本数は200Lドラム缶換算本数、( )は重量換算

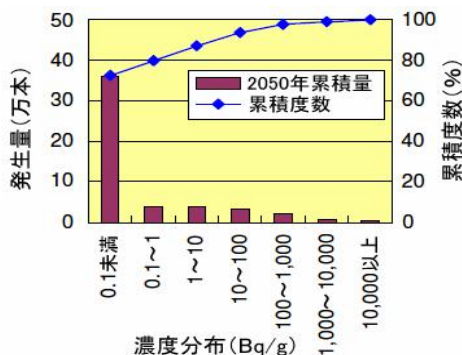


Fig.2 Radioactive concentration in uranium bearing waste

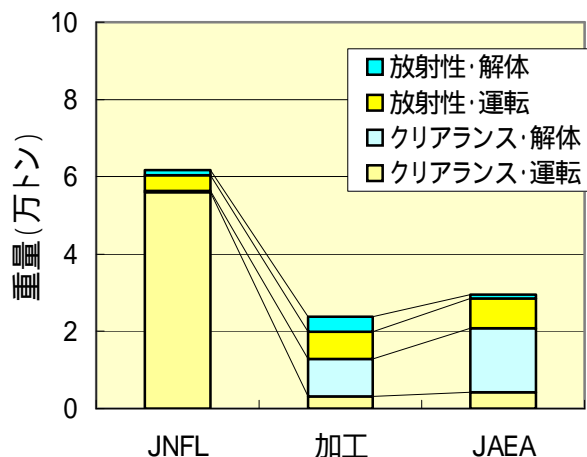


Fig.3 Quantity of clearance material and uranium bearing waste

## 3 クリアランス国内検討状況

### 3.1 クリアランスの推進

クリアランスとは、人の健康への影響が無視できることから「放射性物質として扱う必要がないもの」として、放射線防護の規制の対象から外すことを言う。一般的には、原子力施設から発生する、ごくわずかの放射性核種を含む廃棄物や再生利用可能物が該当する。クリアランスされたものは、一般のものとして扱うことが可能となる。

クリアランスの必要性は、原子力の利用等に伴い発生する廃棄物の再使用・再生利用や処理処分を安全かつ合理的に扱うことが可能となり、我が国における循環型社会の形成に寄与するためである[1]。

### 3.2 クリアランスに関する国内の審議状況

クリアランスに関する国内の審議状況として、以下の原子力安全委員会報告等が出されている。

平成 11 年 3 月「主な原子炉施設におけるクリアランスレベルについて」

平成 13 年 7 月「重水炉、高速炉等におけるクリアランスレベルについて」

平成 15 年 4 月「核燃料使用施設(照射済燃料及び材料を取り扱う施設)におけるクリアランスレベルについて」

平成 16 年 12 月「原子炉施設及び核燃料使用施設の解体等に伴って発生するものうち放射性物質として取り扱う必要のないものの放射能濃度 について」(IAEA 安全指針 RS-G-1.7「規制除外、規制免除及びクリアランスの概念の適用」を受けて再評価)

平成 17 年 1 月「放射性廃棄物・廃止措置専門部会の今後の進め方について(案)」で当面の課題の 1 つとして「RI・ウラン等のクリアランスレベル」

3.3 クリアランス法制化

これらを受けた法制化として以下の法令改正が行われ、「実用発電用原子炉」、「研究開発段階炉」、「試験研究炉」及び「核燃料使用施設（照射済燃料及び材料を取り扱う施設）」におけるクリアランスレベルが決まっている。

- (1) 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（原子炉等規制法）を平成 17 年（2005 年）5 月 20 日に改正，第 61 条の 2（放射能濃度についての確認等）を追加。
- (2) 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第 61 条の 2 第 4 項に規定する製錬事業者等における工場等において用いた資材その他の物に含まれる放射性物質の放射能濃度についての確認等に関する規則」（濃度規則）を平成 17 年（2005 年）11 月 22 日に公布。
- (3) 「試験研究の用に供する原子炉等に係る放射能濃度についての確認等に関する規則」（濃度規則）を平成 17 年（2005 年）11 月 30 日に公布。

4 IAEA 安全指針 RS-G-1.7 の概要

4.1 指針の目的

この指針は IAEA の「電離放射線に対する防護及び放射線源の安全のための国際基本安全基準」(S.S. No.115)を補完する目的で、国の規制当局等に対して、規制除外、規制免除及びクリアランスの概念の適用に関する指針を示すことにある。また、天然起源の放射性核種及び人工起源の放射性核種に対して、大量の物質を規制除外、規制免除、クリアランスをする際の「放射能濃度値」を示すことを目的としている。

4.2 放射能濃度値の設定方法

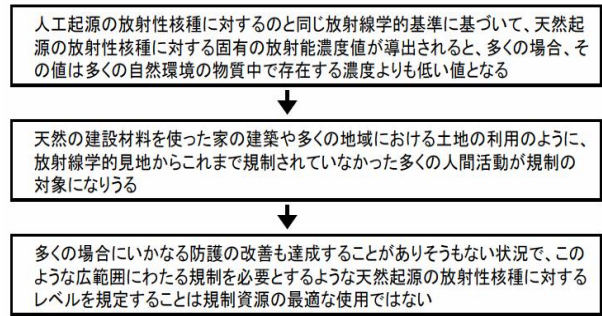
人工起源の放射性核種に対する放射能濃度値は、全ての物質を対象に、典型的な被ばくシナリオ（外部被ばく、ダスト吸入、経口摂取（直接及び間接））の評価に基づき設定されている。線量基準は 10 μSv/y（低確率事象に対する線量基準は 1mSv/y、皮膚被ばくに対する線量基準は 50mSv/y）としている。

天然起源の放射性核種に対する放射能濃度値は、規制除外の概念を適用し、世界規模での土壌中の天然起源の放射性核種の放射能濃度[2]の上限値に対する考察、すなわち、どこにでもあるような土壌中の放射能濃度と鉱石、鉱物砂、産業の残留物及び廃棄物中の放射能濃度との最適な境界として選定されている。

4.3 天然起源の放射性核種に対する放射能濃度値設定の観点

天然起源の放射性核種に対する放射能濃度値設定の観点を IAEA は次のとおり説明している。

Table 3 IAEA Explanation on natural sources of radiation



4.4 放射能濃度値

人工起源の放射性核種については、257 核種に対する放射能濃度値が示されている。複数核種がある場合には、以下のとおりとする。

$$\sum_{i=1}^n \frac{Ci}{Ai} \leq 1$$

*C<sub>i</sub>*: 物質中の人工起源の放射性核種*i*の放射能濃度  
*A<sub>i</sub>*: 放射性核種*i*に対する放射能濃度(基準値)  
*n*: 物質中に存在する人工起源の放射性核種の数

天然起源の放射性核種については、K-40 は 10Bq/g 及び ウランなどのその他天然核種は各 1Bq/g。

5. 諸外国でのクリアランス例

5.1 海外におけるクリアランス制度の概要

クリアランスは海外では既に実施されており、英国・スウェーデン等制度化済み、米国・カナダ等は個別審査でクリアランスが可能である。

5.2 海外における金属再利用状況及び産業廃棄物処分場抽出例

海外においては、クリアランスした金属の再利用が以下の例のとおり米国やスウェーデンで行われている。また、米国の濃縮工場等からは産業廃棄物として処分場に払い出した例がある。

Table 4 Estimated quantity of uranium bearing wastein nuclear fuel facilities as of 2050

国名	米国	英国	フランス	カナダ	スウェーデン
クリアランスレベル制度化	なし (個別審査)	あり	なし (ゾーニング)	なし (個別審査)	あり
対象物及び条件	金属・コンクリート 再利用	金属・コンクリート、再利用・処分	コンクリート 再利用	金属 再利用・処分	金属・コンクリート・オイル 再利用・処分
規制値	—	0.4 Bq/g	—	0.05mSv/y	再利用(α) 0.1Bq/g 処分(α) 0.5Bq/g
実績	コンクリート 11,470m <sup>3</sup> (その他調査中)	アルミ、鋼等 4万トン コンクリート 12万トン	コンクリート 622トン	金属 840m <sup>3</sup>	金属 3,813トン コンクリート 750トン (注2)

注1:総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会 廃棄物安全小委員会報告書「原子力施設におけるクリアランス制度の整備について」(平成16年12月13日改訂版)より抜粋  
 注2:スウェーデンの実績はベルギーからの受入量との合計



Table 5 Examples of metal recycling from clearance materials in foreign countries

国名	米国	ドイツ	スウェーデン
対象物及び条件	SG等の金属スクラップ、欧州からも受入	ハナウウラン燃料加工工場解体	ウラン廃棄物
規制値	平均74Bq/g程度の汚染金属を受入可能	再利用 U-235 0.3Bq/g U-238 0.4Bq/g	再利用( $\alpha$ ) 0.1Bq/g もしくはケースバイケースで0.4Bq/cm <sup>2</sup>
実績	1992年以来6万トン金属溶融し、DOE傘下の加速器に遮蔽ブロックとして納入	プラスト処理等の後、2,200トンは地元のスクラップ業者にそのまま払出し。 1,900トン溶融処理し得られたインゴットはクリアランス可能なものはスクラップ業者に払出し。放射能濃度が高い場合には放射性廃棄物輸送容器などで限定再利用	625トン(スタズビックラドウエスト社は累積処理量は1985年以来9,000トン)
備考	溶融実施はデュラテック社	溶融実施はジンベルカンパ社	溶融実施はスタズビックラドウエスト社

## 6 まとめ

ウラン燃料取扱施設からの放射性廃棄物(ウラン廃棄物)は、ウランが長半減期核種であること、子孫核種が数十万年後にピークを持つこと、子孫核種として気体状のラドンを含むこと等、ウランの特徴に留意して対応を検討する必要がある。特にクリアランスレベルについては、人工核種に準ずる評価方法に従うと天然賦存レベル以下になるという問題がある。

ウラン燃料取扱施設からのクリアランスについても、諸外国の実施状況やIAEAのRS-G-1.7に代表される国際機関での検討状況を踏まえ、ウランの天然賦存性を考慮したクリアランスレベルの設定を希求したい。

## 参考文献

- [1] 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会「原子力施設におけるクリアランス制度の整備について」,平成16年9月14日(平成16年12月13日改訂)。
- [2] UNITED NATIONS, "Sources and Effects of Ionizing Radiation (Report to the General Assembly)", Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), UN, New York (2000).