

## ウラン廃棄物のクリアランス及び埋設の規制に関する検討（第2回）

令和2年11月4日  
原子力規制庁

### 1. 経緯

第13回原子力規制委員会（令和2年7月1日）において、原子力規制庁は、ウラン廃棄物<sup>※1</sup>のクリアランス及び埋設処分に係る規制制度に大きな影響を与えられ、特に重要な論点を抽出して「分岐点」として整理し、資料を提出した（参考1）。これを基に原子力規制委員会は議論を行い、次のような認識が示された（参考2）。

- ・ウラン廃棄物の規制に関し、ウランを人工起源核種として取り扱うことは妥当。また、ウラン廃棄物の特徴を踏まえ、天然起源核種としての性格を併せ持つことを考慮することも可能。
- ・ウラン濃度を埋設当初から十分に低く抑えらるる条件の下で、ウラン廃棄物を第二種廃棄物埋設の対象として取り扱う方向で検討。
- ・埋設において長期の評価を行う合理性が乏しい場合は、考慮すべき評価の期間を定めることは妥当。

その上で、原子力規制委員会は、原子力規制庁に対し、今後の議論のたたき台として規制の考え方の全体像を整理するとともに、線量評価の試算結果を示すよう指示を行った。

### 2. ウラン廃棄物の規制の考え方に関する議論の材料

上記の指示を受け、本件担当部門（研究炉等審査部門）は、「ウラン廃棄物のクリアランス及び埋設の規制に関する考察」（別添）を作成した<sup>※2</sup>。

本日は、本資料を基にして、主な論点である「ウランのクリアランスレベル（金属以外を含む）の算定の考え方」、「浅地中処分における『十分に低いウラン濃度』の考え方」及び「浅地中処分において考慮すべき評価期間の考え方」について議論いただきたい。

別添の資料のこれらの論点に関する記載内容の主旨は、下記に示すとおり。

#### ①ウランのクリアランスレベル（金属以外を含む）の算定の考え方

- 原子力規制委員会の議論を踏まえ、ウランを人工起源核種として取り扱うこととし、IAEA 国際基準等を参考に、合理的に予見可能なシナリオに対して  $10 \mu\text{Sv/y}$ 、低確率シナリオに対して  $1 \text{ mSv/y}$  を線量基準として、クリアランス対象物を限定せずウラン同位体毎にクリアランスレベルを試算する。

※1 ウランの製錬、転換、濃縮、再転換、成型加工等の工程によって生じる、専らウラン及びその子孫核種によって汚染されたもの。本資料では、クリアランスされた後再利用される資材及び産業廃棄物として処分されるもの、並びに放射性廃棄物として埋設処分されるものを指す。

※2 別添には核燃料廃棄物研究部門が発行した NRA 技術ノート「ウラン廃棄物の埋設及びクリアランスに関する海外の規制」（NTEN-2020-3001）の内容を含む。

- ウランのクリアランスレベルの試算のモデル及びパラメータは、原子力安全委員会がウラン以外の核種及び金属に限定したウランのクリアランスレベルを導出した方法に準拠する。物量の多いコンクリートの再利用は金属の再利用シナリオに包含されることから、今回の試算は、クリアランス対象物を限定せず、またそれらが産廃処分されるとして行った。
- 試算は、U-234、U-235 及び U-238 のそれぞれについて、クリアランス対象物中の平均濃度が 1 Bq/g として、産廃処分場からの流出を考慮する場合（現実的）と考慮しない場合（保守的）で線量評価を行った。その結果を用いて、それぞれのシナリオに対応する線量基準（現実的：10  $\mu$ Sv/y、保守的：1 mSv/y）に相当する各同位体の濃度を算出し、更にクリアランスレベルの設定で一般に用いられる対数丸めを行った。また、参考までに、ラドンによる被ばくを考慮した試算（線量基準は 1 mSv/y として設定）を行った。
- その結果は、下表のとおり。U-234、U-235 及び U-238 のそれぞれについて、最も厳しい値をとると、1 Bq/g というクリアランスレベルが導出された。この値は、EU 諸国が定める値と共通であり、我が国の規制基準で定めている金属に限定したクリアランスレベルとも同値である。

表 産廃処分シナリオにおけるクリアランスレベルの試算結果（対数丸め後）

シナリオの特徴		適用した線量基準	U-234	U-235	U-238
流出を考慮		10 $\mu$ Sv/y	1 Bq/g	1 Bq/g	1 Bq/g
保守的に流出を考慮せず		1 mSv/y	10 Bq/g	10 Bq/g	10 Bq/g
【参考】ラドンによる被ばく	流出を考慮	1 mSv/y	10 Bq/g	10 Bq/g	100 Bq/g
	保守的に流出を考慮せず		10 Bq/g	10 Bq/g	1 Bq/g

## ②浅地中処分における「十分に低いウラン濃度」の考え方

- 第二種廃棄物埋設である浅地中処分の安全確保の考え方は、規制期間中に、人工バリアによって放射性物質の漏出を低減することにより廃棄物埋設地内で十分減衰させ、規制期間終了後においても公衆への被ばくが基準を超えないようにすること。減衰しないウランに対しては、埋設当初から廃棄物埋設地における放射能濃度を十分に低く抑えることでこの安全確保の考え方に合致させることができる。
- ウランの濃度が低いことは、放射能濃度が支配的な因子となる、規制期間終了直後における廃棄物埋設地の掘削を考慮した人為事象シナリオ（線量基準：ピット処分で 1 mSv/y、トレンチ処分で 0.3 mSv/y）等による評価で間接的に確認する（注：即ち、ウラン濃度の数値基準は設定しない）ことも考えられるが、ビルドアップを考慮する長期の評価は信頼性が乏しいこと等から問題が大きい。このため、「十分に低

いウラン濃度」を新たな基準として設定することが考えられる。

- 「十分に低いウラン濃度」の設定については、次のとおり。
  - ・埋設されたウランはやがて移行・拡散し、自然界において元々存在していたウランと同化していくことが想定されることから、「十分に低いウラン濃度」は自然界の濃度を考慮して検討することができる。
  - ・IAEA SSR-5 が示しているように、天然に存在する核種の埋設は自然の濃度を基準として比較することは有効。
  - ・自然のウラン濃度は、日本の天然ウランの濃度(同位体合計)は高いところで 1Bq/g 程度で、ウラン鉱では約 5 Bq/g であるとされている。世界のウラン濃度は、高いところで約 1 Bq/g<sup>※3</sup>程度で、1000 Bq/g を超える濃度のウラン鉱床もある。
  - ・これらの数値を踏まえ、「十分に低いウラン濃度」を仮に廃棄物埋設地平均で 1 Bq/g (同位体合計) に設定し、評価シナリオを用いて影響の大きさを確認する。
- 長期におけるビルドアップも考慮した影響の大きさを試算する。評価シナリオは、原子力安全委員会が第二種廃棄物埋設に係る濃度上限値を算出した報告書(自然事象シナリオ及び人為事象シナリオと類似の評価シナリオが用いられている)を参照する。現実的な想定としてウランが地下水等によって廃棄物埋設地から流出するとして試算する。更に、数万年以上に亘り、ウラン及びその子孫核種の全量が流出せずに廃棄物埋設地に留まるとする仮想的な状況も想定する。これに加え、ラドンによる被ばくを含む場合と含まない場合に分けて試算する。
- 5%濃縮ウランのウラン濃度を 1 Bq/g (同位体合計、廃棄物埋設地内に一様に分布)とし、ウランの場合に最も厳しいと考えられる居住シナリオ(廃棄物埋設地の直上に居住)における線量評価の試算結果を下表に示す。

表 ウラン濃度 1 Bq/g の埋設に係る線量評価結果のまとめ

	居住シナリオ		
	ウラン及び瞬時平衡の子孫核種による被ばく	ラドンを除く子孫核種による被ばくを含む	ラドンによる被ばくを含む
流出を考慮	0.010 mSv/y (~1000 年後)	0.18 mSv/y (約 4 万年後)	1.3 mSv/y (約 4 万年後)
保守的に流出を考慮せず		0.82 mSv/y (約 20 万年後)	5.9 mSv/y (約 20 万年後)

- 1000 年程度までの評価結果は殆ど変わらず、U-238 とその瞬時平衡の子孫核種による被ばくが約 0.010 mSv/y である。数万年後以降の評価の信頼性は低いが、ウランの流出を考慮しラドンを除く子孫核種の影響を考慮しても 0.18 mSv/y であり、敢

※3 世界の土壌中の U-238 濃度は、高いところで 0.3~0.6 Bq/g ほどであることから、天然のウランでは U-238 と永続平衡となる U-234 の濃度を含めると 1 Bq/g 程度となる。

えて線量拘束値 0.3 mSv/y と比較しても低い値となる。また、仮想的な評価として、保守的にウランの流出を考慮しない場合には、ラドン等子孫核種全てを含む場合の被ばく線量は約 5.9 mSv/y となり、例えば WHO 等が屋内におけるラドンによる被ばくの基準としている 10 mSv/y と比較しても低い値となる。

○従って、本評価の条件である「5%濃縮ウランが 1 Bq/g で廃棄物埋設地内に一様に分布する」との想定は、ウラン濃度が十分に低い状況と考えてよさそうである。

○ウランは実質的に減衰しないことを考えれば、埋設当初から十分に低いウラン濃度としたウラン廃棄物については、人工バリアによる放射性物質の漏出の防止・低減の措置を求める意味はない。ただし、その他の放射性廃棄物も併せて埋設する場合はこの限りではなく、また、事業者による人工バリアの設置を妨げるものではない。

### ③浅地中処分において考慮すべき評価期間の考え方

○現行基準の自然事象シナリオは、地下水移行のように廃棄物埋設地から漏出した放射性物質による被ばくを考慮したシナリオであり、廃棄物埋設地の放射能濃度よりも放射エネルギーに大きく依存する。このため、埋設当初から「十分に低いウラン濃度」とした場合でも、当該シナリオに係る基準を適用することが必要と考えられる。

○この際、規制として考慮すべき評価期間は、人工バリアや天然バリアの状態設定の不確実性に影響を及ぼす周辺環境の安定性に着目して設定することが考えられる。浅地中処分の廃棄物埋設地が設置される地表近くの環境は、降雨や風による侵食等の自然現象により常に変化していることから、考慮すべき評価期間は、数 100 年を超える期間として、規制期間終了後 1000 年程度が目安になると考える<sup>※4</sup>。

○考慮すべき評価期間を超える長期において計算上の線量ピークが現れる場合は、評価を行ったとしても、長期における不確実性に対する考慮が必要と考える。

### 添付資料一覧

別添 ウラン廃棄物のクリアランス及び埋設の規制に関する考察

参考 主な用語の定義

別紙 1 ウラン廃棄物に係る線量評価の試算

別紙 2 浅地中処分において考慮すべき評価期間に関する考察

参考 1 令和 2 年度第 13 回原子力規制委員会（令和 2 年 7 月 1 日）資料 3（抜粋）

参考 2 令和 2 年度第 13 回原子力規制委員会会議議事録（令和 2 年 7 月 1 日）（抜粋）

※4 IAEA SSG-23「放射性廃棄物の処分のためのセーフティケースと安全評価」では、地上処分施設の場合、不確実性は数百年の期間で顕著になりつつあり、定量評価は 1000 年の期間を超えともはや無意味になるかもしれないとしている。

## ウラン廃棄物のクリアランス及び埋設の規制に関する考察

研究炉等審査部門  
核燃料廃棄物研究部門

### 記載内容

1. ウラン廃棄物の規制に関する検討を行う背景	1
2. ウラン及びウラン廃棄物の特徴	1
2. 1 ウランの特徴	1
2. 2 ウラン廃棄物の特徴	2
3. クリアランスの規制について	6
3. 1 国際基準等の整理	6
3. 2 放射線防護におけるウランの位置付け	7
3. 3 ウランに対するクリアランスレベルの設定の考え方	8
(1) クリアランスレベル導出に係る線量基準	8
(2) クリアランスレベル導出に係る評価シナリオ	9
(3) ウランのクリアランスレベル	9
(4) $\Sigma D/C$ の適用	10
4. 廃棄物埋設の規制について	12
4. 1 国際基準等の整理	12
4. 2 放射線防護におけるウランの位置付け	12
4. 3 ウラン廃棄物の埋設に係る安全確保の考え方	13
(1) 第二種廃棄物埋設の安全確保の考え方	13
(2) 浅地中処分におけるウラン廃棄物の取扱い	13
(3) 「十分に低い放射能濃度」を要求するための追加的基準の必要性	13
4. 4 第二種廃棄物埋設としてのウラン廃棄物の規制の方法	14
(1) 「十分に低いウラン濃度」の設定の考え方	14
(2) ウラン廃棄物を含む浅地中処分における線量基準の適用について	16
(3) ウランに対する人工バリアによる漏出の防止・低減の措置の取扱いについて	16

参 考 主な用語の定義

別紙1 ウラン廃棄物に係る線量評価の試算

別紙2 浅地中処分において考慮すべき評価期間に関する考察

## 1. ウラン廃棄物の規制に関する検討を行う背景

我が国のウラン加工施設やウラン使用施設等で発生する専らウランで汚染された廃棄物（以下「ウラン廃棄物」という。）は、主に雑固体、使用済みフィルタ、スラッジ、焼却灰などであり、2050年頃までに約11万トンの発生が見込まれ、各事業者等によって保管管理されている[1]。これらウラン廃棄物は、クリアランス又は埋設処分（以下「埋設」という。）が検討されており、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が原子炉等規制法上の廃棄物埋設事業（未申請）としてその一部を埋設するための廃棄物埋設施設を設計・検討している[2]。

ウラン廃棄物のクリアランスについては、原子力安全委員会が平成21年に報告書を取りまとめ[3]（以下「ウランクリアランス報告書」という。）、対象物を金属に限り、その再利用に係る我が国の状況を考慮した評価を行い、U-234、U-235及びU-238について、それぞれ1 Bq/gというクリアランスレベルを導出した。同報告書を基に、クリアランスに関する規則[4][5]において、金属に限定して、U-234、U-235及びU-238に対し1 Bq/gというクリアランスレベルが規定された。一方、金属以外の対象物のクリアランスレベルは、現行のクリアランスに関する規則[6]においても規定されていない。これは、再利用以外のシナリオ、特に産業廃棄物として最終処分するシナリオにおける子孫核種の影響について整理されていなかったことが背景にあると推察される。

ウラン廃棄物の埋設については、旧原子力安全委員会が平成22年に策定した第二種廃棄物埋設事業の安全審査の基本的考え方[7]の中で、「ウラン系列核種が主な核種となるいわゆるウラン廃棄物については、自然起源の放射性物質を主たる組成とする放射性廃棄物であり、長期にわたり放射能の減衰が期待できず、かつ、安全性の判断に当たり自然環境中の放射能との関連等も考慮する必要があると考えられる」とし、適用対象外とした。また、核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則（以下「事業規則」という。）は、令和元年12月5日の改正により、埋設の対象となる廃棄物の発生施設の範囲を拡大したが、引き続きウラン廃棄物は対象から除かれている。

## 2. ウラン及びウラン廃棄物の特徴

### 2. 1 ウランの特徴

ウランは地球上のどこにでも有意に存在する自然起源の放射性核種であり、その半減期の長さ（U-234：25万年、U-235：7億年、U-238：45億年）から、実質的に減衰しないが、放射線を発生する能力は小さい。国連科学委員会（UNSCEAR）によると、日本における土壌中のU-238の平均濃度は0.029 Bq/g（表1参照）であり、世界の平均濃度は0.035 Bq/gである[8]。また、産業技術総合研究所のデータベースによれば、日本において天然のウラン濃度（同位体合計。以下、同位体を明示しない場合は同じ。）の高い場所では約1 Bq/g（図1参照）程度である[9]。

天然に存在するウランは、一般に、その子孫核種（図2及び図3参照）と永続平衡状態にあり、ウランと個々の子孫核種は同じ強さの放射能を有する。このため、仮に、ウランの同位体を合計した濃度が1 Bq/gだとすると、永続平衡状態にある子孫核種を含めた総放射能濃度は理論上約7 Bq/gとなる（図4(a)参照）。また、子孫核種の一つであるラドン（Rn-222）もウラン（正確には親核種であるラジウム）と同じ放射能で天然に存在し、日本における自然放射線による被ばく線量（約2 mSv/年）のうち、ラドンによる被ばくは約0.5 mSv/年とされている[10]。

ウランの化学的な特徴として、大気平衡下の地表で観察されるような酸化性条件では、ウラン鉱床が生成されるような一般的に深い地中で観察される還元性条件に比べて溶解度が高い。

## 2. 2 ウラン廃棄物の特徴

ウラン廃棄物に含まれるウランは、原子力利用を目的とした製錬等の処理を経て子孫核種が除去されており、天然に存在するウラン及びその子孫核種を含む鉱物や残渣とは核種組成が異なる。このため、時間の経過とともに子孫核種が生成し、これらを含めた総放射エネルギーが増大していく（数万年後以降、5%濃縮ウランの場合には約20万年後に最大。図4参照。以下「ビルドアップ」という。）。

ビルドアップの影響を評価する場合は、子孫核種の挙動及び被ばく形態を考慮する必要がある。子孫核種のうちラドン（U-238の場合はRn-222、半減期3.8日）以外のものは固体であり、地下水による移行や廃棄物埋設地の直上への居住等の経路を想定し、それらに伴う外部被ばく又は内部被ばくを評価する。他方、ラドンは希ガスであり、その挙動及び被ばくへの寄与は他の子孫核種とは異なる。ラドンはガス状で地中から地表へ放出された場合にのみ人への被ばくに寄与することになり、地中にとどまる場合には、被ばくへの寄与は極めて小さい。そのため、ラドンによる被ばくを評価するには特別のモデルが必要となる。ラドンによる被ばくを評価した例がある[3][11]が、地中から地表へのラドンガスの散逸、床下等から家屋内へのラドンの侵入、家屋内と家屋外との換気といった評価が必要であり、評価の不確かさが大きい。

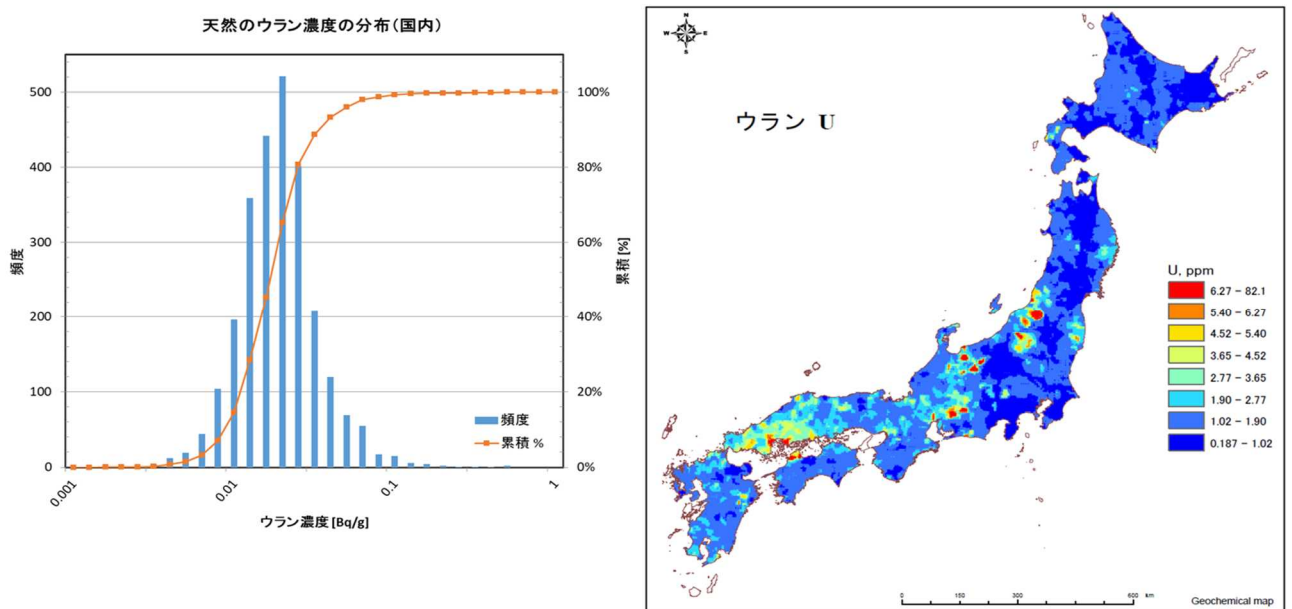


図 1 我が国における天然のウラン濃度

(右：産業技術総合研究所 地質調査総合センター「海と陸の地球化学図」[9]より抜粋  
左：同センターから公開されている濃度データから事務局が作図)

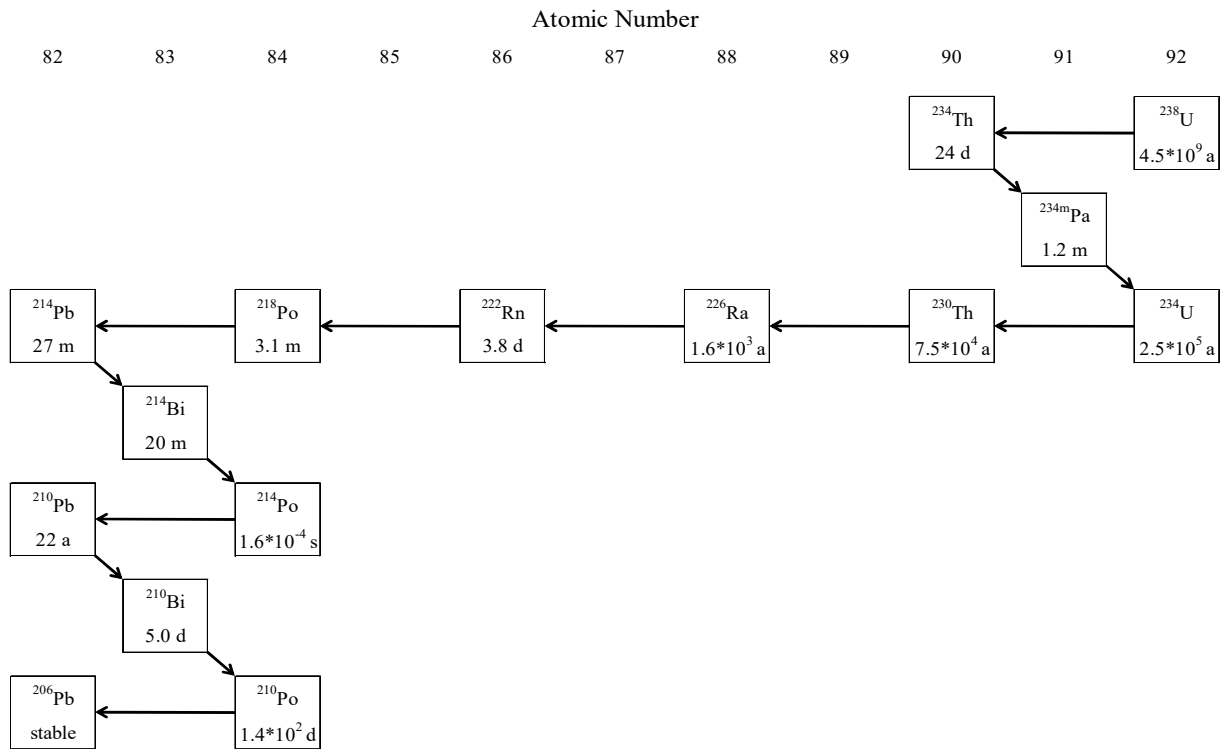


図 2 U-238 の壊変系列  
(主な核種のみ表示。ICRP Publ. 107 [12]を基に作成)

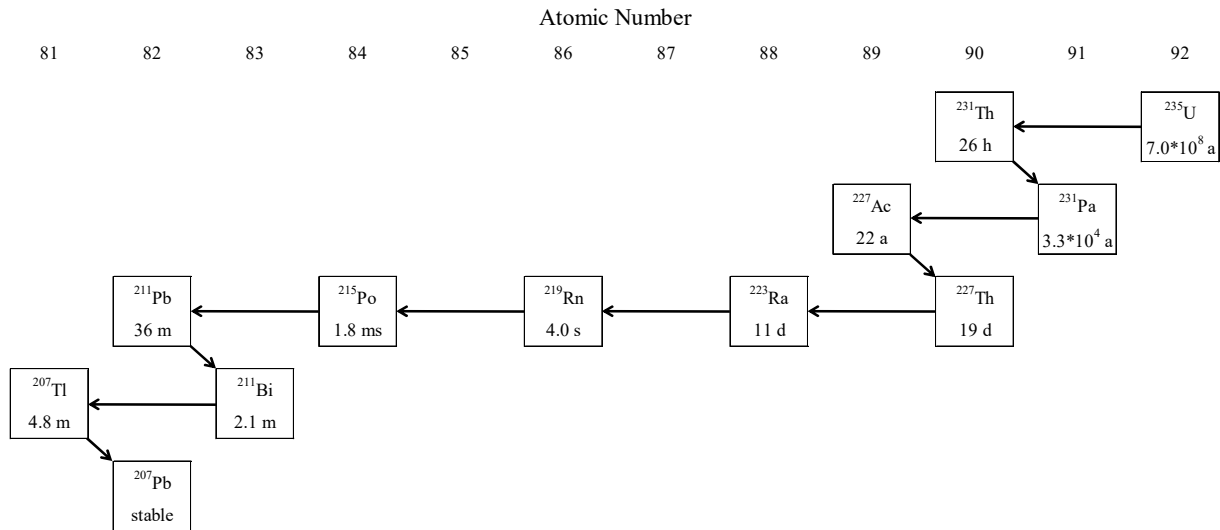
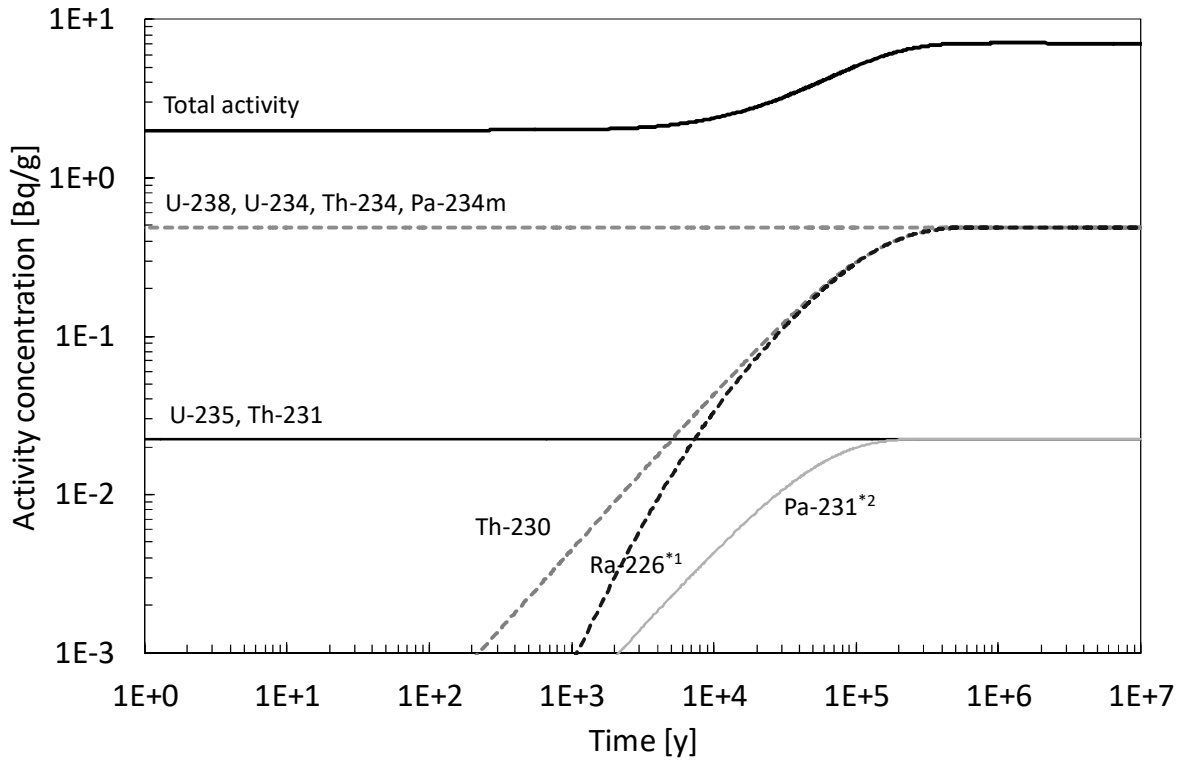
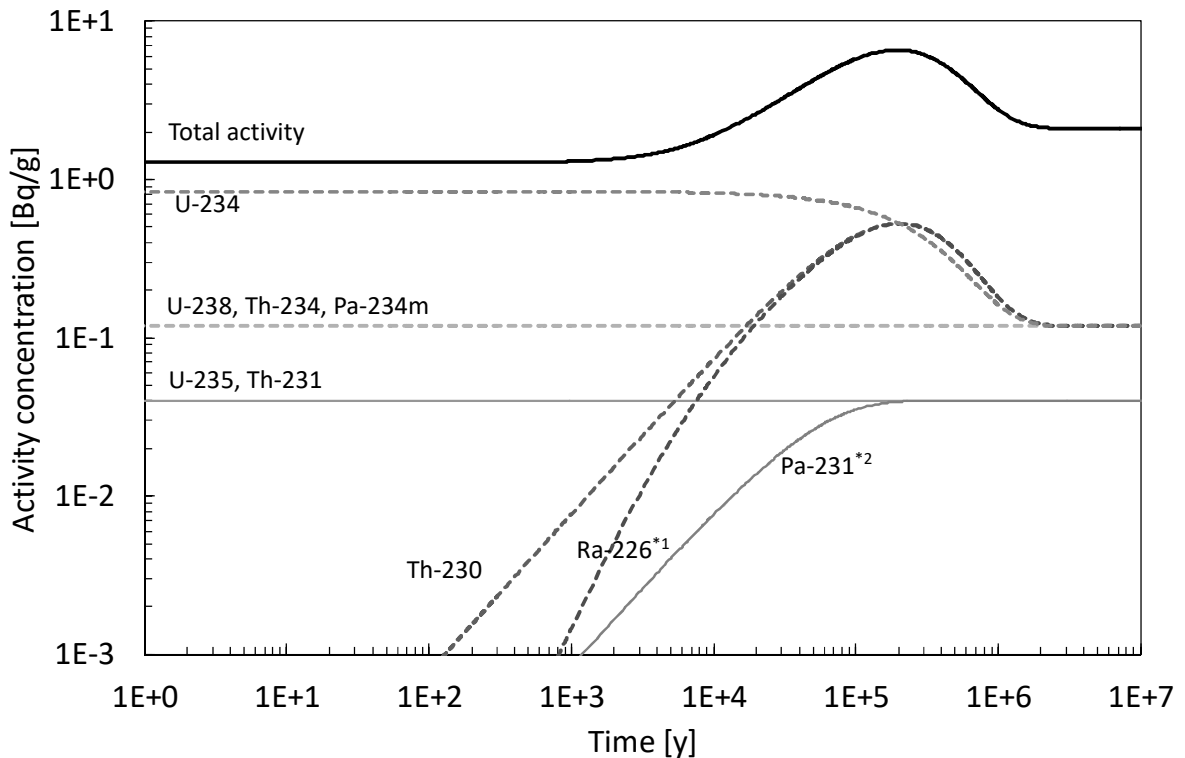


図 3 U-235 の壊変系列  
(主な核種のみ表示。ICRP Publ. 107 [12]を基に作成)





(a) 天然ウラン ( $^{235}\text{U}$ : 0.711%、ウラン同位体合計の初期濃度 1 Bq/g)



(b) 濃縮ウラン ( $^{235}\text{U}$ : 5%、ウラン同位体合計の初期濃度 1 Bq/g)

図 4 ウラン及びその子孫核種の放射能濃度の時間変化

\*1: about the same as Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210

\*2: about the same as Ac-227, Th-227, Ra-223, Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207

表 1 UNSCEAR による各国土壌中の自然放射性核種濃度 (参考文献[8]より抜粋)

地域/国	土壌中濃度 $^{238}\text{U}$ (Bq/kg)	
	平均	範囲
アフリカ		
アルジェリア	30	2 - 110
エジプト	37	6 - 120
北アメリカ		
コスタリカ	46	11 - 130
米国	35	4 - 140
東アジア		
中国	33	2 - 690
香港	84	25 - 130
インド	29	7 - 81
日本	29	2 - 59
カザフスタン	37	12 - 120
マレーシア	66	49 - 86
タイ	114	3 - 370
西アジア		
アルメニア	46	20 - 78
シリア	23	10 - 64
北ヨーロッパ		
リトアニア	16	3 - 30
ノルウェー	50	
西ヨーロッパ		
ドイツ		11 - 330
アイルランド	37	8 - 120
オランダ		5 - 53
スイス	40	10 - 150
英国		2 - 330
東ヨーロッパ		
ブルガリア	40	8 - 190
ハンガリー	29	12 - 66
ポーランド	26	5 - 120
ルーマニア	32	8 - 60
ロシア	19	0 - 67
スロバキア	32	15 - 130
南ヨーロッパ		
アルバニア	23	6 - 96
クロアチア	110	83 - 180
ギリシャ	25	1 - 240
ポルトガル	49	26 - 82

### 3. クリアランスの規制について

#### 3. 1 国際基準等の整理

IAEA 一般安全要件「放射線防護及び放射線源の安全：国際基本安全基準」(2014) [13] (以下「IAEA GSR Part3」という。)では、クリアランスすることができる一般的な判断基準<sup>※1</sup>は、次のいずれかとしている。

(a) クリアランスされる物質による個人の放射線リスクが、規制上の管理が正当化されないほど十分に低く、クリアランスの一般的な判断基準を満たさないことにつながる可能性があるシナリオが発生する明らかな見込みがない；又は

(b) 個人線量又は健康上のリスクを低下させる上で、価値ある見返りが得られる合理的な管理対策がないという点で、物質の継続的な規制上の管理が正味の便益をもたらさない。

主に人工起源核種に対しては、(a)の基準「個人の放射線リスクが、規制上の管理が正当化されないほど十分に低い」に基づき、合理的に予測可能なシナリオに対し  $10 \mu\text{Sv}/\text{年}$  オーダーかそれ以下、確率の低いシナリオに対しては異なる線量基準として  $1 \text{mSv}/\text{年}$  を超えないという判断基準を採用し、クリアランスすることができるとしている<sup>※2</sup>。

さらに、これらの線量基準に相当する放射能濃度 (以下「クリアランスレベル」という。)を導出し、この放射能濃度を超えない届出又は認可された行為の範囲内の放射性物質についてはクリアランスできるとしている<sup>※3</sup>。

このクリアランスすることができる判断基準の考え方について、国際放射線防護委員会 (ICRP) Publication 46 (1985) [14]は、「個人が行動を決定する際に考慮に入れないリスクレベル ( $10^{-6}/\text{年}$ )」や「些細なリスクとして許容できるレベル」に相当する線量として、年間  $100 \mu\text{Sv}$  という線量を示している。さらに、規制免除されたいくつかの物 (線源) から1人の個人が受ける年線量の合計は、最も大きな個人線量を与える1つの免除された線源からの寄与分の10倍よりも低いことはほとんど確実であるとして、1つの線源からの線量を年間  $100 \mu\text{Sv}$  の  $1/10$  である年間  $10 \mu\text{Sv}$  とする考え方を示している。同様の考え方として、IAEA Safety Report Series No. 44 (2005) [15]では、仮に複数の線源 (クリアランス物) による異なる被ばく経路を介した被ばくの重畳があったとしても、人の被ばく線量の合計が年間  $100 \mu\text{Sv}$  以下に抑えられるよう、1つのクリアランス物に含まれる放射性物質に起因する人の被ばく線量については「現実的シナリオについて年間  $10 \mu\text{Sv}$  以下」とい

※1 (原文) I.10. The general criteria for clearance are that:

(a) Radiation risks arising from the cleared material are sufficiently low as not to warrant regulatory control, and there is no appreciable likelihood of occurrence for scenarios that could lead to a failure to meet the general criterion for clearance; or

(b) Continued regulatory control of the material would yield no net benefit, in that no reasonable control measures would achieve a worthwhile return in terms of reduction of individual doses or reduction of health risks.

※2 (原文) I.11. Material may be cleared without further consideration under the terms of para. I.10(a) provided that in reasonably foreseeable circumstances the effective dose expected to be incurred by any individual owing to the cleared material is of the order of  $10 \mu\text{Sv}$  or less in a year. To take into account low probability scenarios, a different criterion can be used, namely that the effective dose expected to be incurred by any individual for such low probability scenarios does not exceed  $1 \text{mSv}$  in a year.

※3 (原文) I.12. Radioactive material within a notified practice or an authorized practice may be cleared without further consideration provided that:

(a) The activity concentration of an individual radionuclide of artificial origin in solid form does not exceed the relevant level given in Table I.2 (p. 124)<sup>62</sup>; or

(b) The activity concentrations of radionuclides of natural origin do not exceed the relevant level given in Table I.3 (p. 128)<sup>63</sup>

う線量基準に基づいて放射性物質の放射能濃度（単位：Bq/g）を算出している。また、低確率シナリオについては年間 1mSv という線量基準に基づいて放射能濃度（クリアランスレベル）を算出している<sup>※4</sup>。この際、両方のシナリオに基づいて算出された放射能濃度が異なる場合は、小さい方（すなわち基準として厳しい方）の値を採用している。

他方、主に天然起源核種に対しては、(b)の基準に基づき、天然に存在する濃度及び線量を考慮してクリアランスレベルを設定している。IAEAの安全指針 RS-G-1.7(2004) [16]では、クリアランスに関し、天然に存在する放射性核種に対する放射能濃度値は、UNSCEAR[8]によって提供された世界規模での土壌中の放射能濃度分布の上限に対する考察に基づいて選ばれているとしている<sup>※5</sup>。

専ら天然起源核種を含み、原子力施設から発生するという両者の特徴を併せ持つウラン廃棄物については、欧州理事会指令（EU Council Directive）[17]では、原子力利用のために天然起源核種を処理する行為によって生じたものについては人工起源核種を含む物質と同様にクリアランスレベルを設定すべきであるとしている。クリアランスを制度として導入しているEU諸国では、EU Council Directiveに基づき、共通的なクリアランスレベルを導入している。

IAEA GSR Part3ではウラン廃棄物に含まれるウランは天然起源核種として扱うか人工起源核種として扱うかが明確ではないが、現在、IAEA 廃棄物安全基準委員会（Waste Safety Standard Committee: WASSC）で議論されているクリアランスに関する個別安全指針案 [18]<sup>※6</sup>では、行為（practice）から発生した天然起源核種（ウラン）で汚染された廃棄物は人工起源核種と同じように扱うことが記載されており、IAEAの考え方はEUと同様であることが伺える。IAEAがこのような考え方であることは、IAEA事務局と議論し確認してきた [19]。

### 3. 2 放射線防護におけるウランの位置付け

ウラン廃棄物の規制を検討するに当たっては、ウランの取扱いを人工起源核種と同様とするのか、天然起源核種とするのかという基本的な考え方を決めておく必要がある。この違いにより、クリアランスレベル設定の考え方やクリアランスレベルの数値及び判断の方法（例えば、ΣD/Cの適用）等に差異を生じる可能性があるからである。

IAEAは天然起源核種（radionuclides of natural origin）の定義を「地球上で天然に相当量存在する放射性核種。一般的には、地球創世時に生成された核種である<sup>40</sup>K、<sup>232</sup>Th、<sup>235</sup>U、<sup>238</sup>Uとそれらの子孫核種」<sup>※7</sup>としており、その定義に従えば、ウラン廃棄物のウランは天然

---

※4（原文）The original derivation of the 10 μSv/a criterion was based on a dose of 100 μSv/a, which was considered acceptable as a trivial risk. However, since an individual may be exposed to several exposure sources over different pathways, the criterion was divided by ten to take into account these possible multiple exposures. The derivation of activity concentration values presented here, however, also is based on the 1 mSv/a public dose criterion for the low probability parameter assumptions. In this case, no allowance can be made for multiple exposure pathways affecting one individual, because the dose criterion refers to the overall exposure of a member of the public. Therefore the sum of all exposures affecting one individual in a specific situation has to be considered.

※5（原文）3.3. The values of activity concentration for radionuclides of natural origin set out in Table I have been selected on the basis of consideration of the upper end of the worldwide distribution of activity concentrations in soil provided by UNSCEAR

※6 未だドラフト段階であるため公開されておらず、発行は2022年8月以降が予定されている

※7（原文）**radionuclides of natural origin**

Radionuclides that occur naturally on Earth in significant quantities.

起源核種に含まれると理解することもできる。

他方、ウラン廃棄物に含まれるウランを人工起源核種として取り扱う場合には、以下のような理由が考えられる。

- ウラン廃棄物に含まれるウランは、ウランの製錬等の工程を経て子孫核種が除かれ、原子力利用のために同位体比を変化させ、工業製品として利用し便益を得た結果として発生する廃棄物に含まれるものであり、それから受ける被ばくは計画被ばく状況と解することができる。
- クリアランスされたものが国際的に流通することがあり得るため、国際基準及びクリアランス制度を導入している EU 諸国の規制基準との共通性・協調性を確保することは重要である。クリアランスレベルの設定の当たっては、ウランを人工起源核種として取り扱っている EU 諸国と同様の方法（シナリオ、線量基準、評価期間）により設定することができる。
- 我が国では、金属に限定してウランのクリアランスが規定されているが、そのクリアランスレベルを設定した際の原子力安全委員会の報告書[3]では、「自然線源の放射性核種という特徴を踏まえ（略）規制除外の考え方から評価された 1Bq/g とする考え方が（略）重要である。」としつつ、「線量のめやす値を 10 $\mu$ Sv/年とした場合のクリアランスレベルを算出」という人工起源核種のクリアランスレベルの算出と同様の方法をとっている。

この点については、第 13 回原子力規制委員会（令和 2 年 7 月 1 日）において、基本的にウランを人工起源核種として取り扱う方向で検討を進める旨の議論が行われた。また、ウラン廃棄物の特徴を踏まえ、天然起源核種としての性格を併せ持つことを考慮することも可能である旨の考え方が示された。

### 3. 3 ウランに対するクリアランスレベルの設定の考え方

#### (1) クリアランスレベル導出に係る線量基準

人工起源核種に対するクリアランスレベルを設定する場合には、線量基準を規定し、その基準を満足する放射能濃度（クリアランスレベル）を導出するという手法が一般的であり、IAEA GSR Part3 においてもその手法が取られている。

3. 1 で示したように、IAEA GSR Part3 では、ある物質に含まれる放射性物質に起因する人の被ばく線量が以下の(a)と(b)のいずれも満たしていることとし、これらを満たす場合にその物質はクリアランスレベル以下であるとする考え方を示している。

(a) 合理的に予測可能な被ばくシナリオ（以下「現実的シナリオ」という。）を考えた場合には、年間 10 マイクロシーベルトのオーダー<sup>※8</sup>又はそれ以下であること

(b) 発生確率の低い被ばくシナリオ（以下「低確率シナリオ」という。）を考えた場合には、年間 1 ミリシーベルトを超えないこと

IAEA Safety Report Series No. 44 (2005)では、一つのクリアランス物に含まれる放射性物質に起因する人の被ばく線量については「現実的シナリオについて年間 10 マイクロシ

① The term is usually used to refer to the primordial radionuclides <sup>40</sup>K, <sup>235</sup>U, <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th and their radioactive decay products.

※8 「オーダー」とは通常桁数のことを意味し、この場合、「10～数 10 マイクロシーベルト」を意味する。

ーベルト以下」という線量基準に基づいて放射性物質の放射能濃度（単位：Bq/g）を算出し、低確率シナリオについては年間 1 ミリシーベルトという線量基準に基づいて放射能濃度を算出している<sup>※9</sup>。この際、両方のシナリオに基づいて算出された放射能濃度が異なる場合は、小さい方（すなわち基準として厳しい方）の値を採用している。IAEA GSR Part 3 はこれらの値をクリアランスレベルとして規定している（GSR Part 3 の Table I.2）。

なお、原子力規制委員会のクリアランス規則[20]では、GSR Part3 に規定されている 257 種類の放射性物質のクリアランスレベルを取り入れている[21]が、ウランについては GSR Part3 に人工起源核種としてのクリアランスレベルが規定されていないことから、(a)及び(b)の線量基準からクリアランスレベルを導出することになる。

## (2) クリアランスレベル導出に係る評価シナリオ

現行クリアランス規則でウラン（U-234、U-235 及び U-238）のクリアランスレベルが規定されている金属は、再利用される過程において、クリアランス対象物以外のものと混合・希釈されることを想定し、再利用を繰り返すことによって濃度が下がることを想定している。そのため、評価期間を 100 年と限定したとしても、放射能濃度が 100 年以降に初期の放射能濃度を超えることは考えられない。

金属以外のクリアランス対象物を考えたとき、コンクリートについては、建設リサイクル法によりその多くが再利用されることが想定される。再利用されるものについては、子孫核種の影響が出るよりも先に希釈による濃度の低下が顕著となり、評価期間によらず、クリアランス直後が最も濃度及び線量が高くなるものと考えられる。

一方、コンクリート以外の非金属については、主として産業廃棄物の安定 5 品目<sup>※10</sup>として安定型最終処分場<sup>※11</sup>等に処分されることが想定される（以下「産廃処分シナリオ」という。）。この場合は、再利用を繰り返すことによる濃度の低下は想定されないものの、クリアランス対象物以外の産業廃棄物と混合されることが想定され、原子力安全委員会報告書[22]における産廃処分シナリオでは 10 分の 1 に希釈される設定としている。また、雨水等による流出も考えられることから、産廃処分場全体としてのウランの濃度はウラン廃棄物中の濃度に比べ低くなるものと考えられる。

## (3) ウランのクリアランスレベル

ウランのクリアランスレベルを試算するにあたり、線量基準については、IAEA 基準の考え方（GSR part3）に従い、合理的に予見可能なシナリオに対し 10  $\mu$ Sv/y、低確率シナリオに対し 1mSv/y を適用する。評価に用いるモデルとパラメータについてはウランクリアランス報告書[3]及び原子炉施設等から発生する廃棄物のクリアランスレベルを導出した原子力安全委員会の報告書[22]で用いられている方法に準拠する。（評価の詳細については別紙 1 参照）

産廃処分シナリオにおける試算は、跡地利用と地下水移行の二つのシナリオに分けて評価し、更に、跡地利用のシナリオは、ウランの流出の有り無しに分けて評価する。なお、産

※9 算出された放射能濃度の数値は対数丸め（「2 捨 3 入」による桁の繰り上げ繰り下げ）を行い、例えば 0.029 Bq/g の場合は 0.01 Bq/g、0.031 Bq/g の場合は 0.1 Bq/g となる。

※10 廃棄物の処理及び清掃に関する法律に定められる、廃プラスチック、ゴムくず、金属くず、ガラス・コンクリート・陶磁器くず、がれき類（廃プリント配線板、廃ブラウン管等を除く）

※11 安定 5 品目を埋立処分する最終処分場

廃処分の埋立てに伴う作業については、ウランクリアランス報告書[3]において、金属の再利用に伴いウランが凝縮されるスラグの埋立てを評価しており、これが最も厳しくなるため、本試算では評価していない。

産廃処分シナリオにおいて流出を考慮した評価を合理的に予見可能なシナリオとし、線量基準  $10 \mu\text{Sv/y}$  に相当するウラン (U-234、U-235、U-238) のクリアランスレベルは、 $1 \text{ Bq/g}$  となる (表 2)。また、降水や風化作用等の地表付近における自然現象による産廃処分場の擾乱、比較的溶解度が高くなる大気平衡下の地表付近におけるウランの漏出の可能性等を考慮すると、産廃処分場に含まれるウランとその子孫核種の全てが 20 万年間その場に留まり続けるとの想定は、科学的に合理的とは考えられないが、このような保守的に流出を考慮しない評価を低確率シナリオとしたとき、線量基準  $1 \text{ mSv/年}$  に相当するウランのクリアランスレベルは、ラドンの影響を考慮したとしても、 $1 \text{ Bq/g}$  となる (表 2)。

上記の考え方及び試算結果に基づけば、産廃処分シナリオにおけるウラン (U-234、U-235 及び U-238 のそれぞれ) のクリアランスレベルとして  $1 \text{ Bq/g}$  というクリアランスレベルが導出される。この値は、EU Council Directive (2013) を国際基準とする欧州諸国では U-234、U-235、U-238 に対して規定した数値 ( $1 \text{ Bq/g}$ ) と同値であり、この値を採用すれば EU 諸国との共通性は確保される。また、我が国の規制基準では金属に限定して  $1 \text{ Bq/g}$  というクリアランスレベルが既に規定されており、これとも整合する。日本におけるクリアランス制度はクリアランス後の利用方法を制限しない「無制限クリアランス」であることに鑑みても、1つの放射性核種に対し1つの数値基準を与えることが望ましい。

表 2 産廃処分シナリオにおけるクリアランスレベルの試算結果

シナリオの特徴		適用する 線量基準	U-234	U-235	U-238
流出を考慮		$10 \mu\text{Sv/y}$	$1 \text{ Bq/g}$	$1 \text{ Bq/g}$	$1 \text{ Bq/g}$
保守的に流出を考慮せず		$1 \text{ mSv/y}$	$10 \text{ Bq/g}$	$10 \text{ Bq/g}$	$10 \text{ Bq/g}$
【参考】 ラドンによる被 ばく (跡地居住)	流出を考慮	$1 \text{ mSv/y}$	$10 \text{ Bq/g}$	$10 \text{ Bq/g}$	$100 \text{ Bq/g}$
	流出を考慮せず		$10 \text{ Bq/g}$	$10 \text{ Bq/g}$	$1 \text{ Bq/g}$

#### (4) $\Sigma D/C$ の適用

IAEA GSR Part 3 では、線量基準を満足するため、複数の人工起源核種によって汚染されたクリアランス対象物に対しては各放射性物質のクリアランスレベルに対する放射能濃度の比の総和 (以下「 $\Sigma D/C$ 」という。) が 1 以下になることがクリアランスの判断の基準となることが規定されている<sup>※12</sup>。また、クリアランスに関する原子力規制委員会規則にお

※12 (原文) I.14. For clearance of radioactive material containing more than one radionuclide of artificial origin, on the basis of the levels given in Table I.2 (p. 124), the condition for clearance is that the sum of the activity concentrations for individual radionuclides is less than the derived clearance level for the mixture ( $X_m$ ), determined as follows:

いても同様の規定がある<sup>※13</sup>。ウラン廃棄物に含まれるウランを人工起源核種として取り扱う場合には、他の人工起源核種と同様に、ΣD/Cが適用される。

なお、IAEA GSR Part 3では、天然起源核種によって汚染されたクリアランス対象物に対してはΣD/Cは適用されず、ウラン系列の核種それぞれに対して1 Bq/gというクリアランスレベルが規定されている<sup>※14</sup>。

---


$$X_m = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{f(i)}{X(i)}} \quad (I.2)$$

where

$f(i)$  is the fraction of activity concentration of radionuclide  $i$  in the mixture;

$X(i)$  is the applicable level for radionuclide  $i$  as given in Table I.2;

and  $n$  is the number of radionuclides present.

※13 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が放射線による障害の防止のための措置を必要としないものであることの確認等に関する規則 第2条第2号

二 評価単位に係る放射性物質の種類が二種類以上の場合 別表の第一欄に掲げる放射性物質の種類ごとの放射能濃度のそれぞれ同表の第二欄に掲げる放射能濃度に対する割合の和が一となるようなこれらの放射能濃度

※14 (原文) TABLE I.3. LEVELS FOR CLEARANCE OF MATERIAL: ACTIVITY CONCENTRATIONS OF RADIONUCLIDES OF NATURAL ORIGIN

Radionuclide	Activity concentration (Bq/g)
K-40	10
Each radionuclide in the uranium decay chain or the thorium decay chain	1



## 4. 廃棄物埋設の規制について

### 4. 1 国際基準等の整理

放射性廃棄物の埋設に関する IAEA 等の国際基準においては、ウランを他の放射性核種と区別し、ウランに特化した基準を設けているものは見当たらない。即ち、ウランを特別視せず長寿命放射性核種の一つとして捉えているものと考えられる。

IAEA 個別安全指針 SSG-29「放射性廃棄物の浅地中処分施設」[23]（以下「SSG-29」という。）では、浅地中処分が適しているのは、限られた量の長寿命放射性核種を含む場合のみ<sup>※15</sup>としている。また、「埋設施設の長期の安全性は能動的な制度的管理に拠るのではなく、受動的な安全機能と埋設しようとする長半減期核種の制限値をすべて評価すべきであり、数百年を超えた監視と管理を前提とした運用とすべきではない。」<sup>※16</sup>と記載している。

IAEA 個別安全要件 SSR-5「放射性廃棄物の処分」[24]（以下「SSR-5」という。）では、放射性廃棄物全般に対して、代表的個人に対する線量拘束値 0.3 mSv/y（又はリスク拘束値  $10^{-5}$  /y）や、人間侵入<sup>※17</sup>に対しては 1～20 mSv の範囲で侵入確率の低減又は施設設計の最適化をすべきであると規定している。

### 4. 2 放射線防護におけるウランの位置付け

廃棄物埋設の放射線防護におけるウランの位置付けについて、ウランを人工起源核種と同様に取り扱うのか、天然起源核種として取り扱うのかという違いを議論した国際基準等は見当たらないが、基本的な考え方は 3. 2 のクリアランスと同じである必要がある。

その上で、廃棄物埋設においてウランを人工起源核種と同様に取り扱うことが妥当であるとする理由は次のとおりである。

- ウラン廃棄物に含まれるウランは、ウランの粗製錬の工程を経て子孫核種が除かれ、原子力利用のために同位体比を変化させ、工業製品として利用し便益を得た結果として発生する廃棄物に含まれるものであり、それから受ける被ばくは計画被ばく状況と解することができる。（再掲：クリアランスと同じ）
- これまで、専ら人工起源核種を念頭に置いて整備された第二種廃棄物埋設の既存の規制制度では、埋設できる核種の濃度の上限値を定めており、その中でウランは全  $\alpha$  核種のうちの一つとして取り扱われている。
- 国際基準においてウランに特化した要件・基準はなく、長半減期核種の一つとして捉えられており、限られた量の長半減期核種は浅地中処分可能であるとされている。我が国の浅地中処分においても、人工起源の長半減期核種は低い濃度で含まれており、ウランについても人工起源核種として埋設の対象にできる可能性がある。

---

※15（原文）4.19. Containment of radioactive waste implies that the disposal facility should be sited and designed to prevent or to minimize the release of radionuclides. As near surface disposal is only suitable for classes of waste containing mainly short lived radioactive waste and potentially with limited amounts of long lived radionuclides, the time frames over which containment has to be ensured are largely determined by the objective to limit the potential for a release of radionuclides from the waste to the biosphere.

※16（原文）4.47.（略）As the long term safety of a disposal facility is required not to be dependent on active institutional control, all passive safety features and the limitations on long lived activity in the disposed waste should be assessed and employed without assumption of surveillance and control beyond a period of a few hundred years at most.

※17「人間侵入」は、処分施設の健全性に影響を与え、放射線学的影響を潜在的に生じうる人間活動のことをいう。処分施設（すなわち、廃棄物自体、汚染されたニアフィールドあるいは工学バリア物質）の直接の擾乱をもたらす人間活動のみが、考慮される。

#### 4. 3 ウラン廃棄物の埋設に係る安全確保の考え方

##### (1) 第二種廃棄物埋設の安全確保の考え方

第二種廃棄物埋設の安全確保の考え方は、閉じ込め、移行抑制、離隔等によって放射性物質の生活環境への移動を抑え、その間に放射能を減衰させることにより、公衆の受ける線量を合理的に達成できる限り低く抑えるというものである[7]。

「閉じ込め」とは廃棄物埋設地の限定された区域からの放射性物質の漏出の防止であり、「移行抑制」とは廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出の低減である。

「離隔」とは数万年を超える長期間にわたって公衆を防護するための中深度処分の根幹的な対策の一つであり、10 万年間は地表から 70 メートル以上の深度を確保できる場所に放射性廃棄物を埋設することとされている。これに対し、浅地中処分（ピット処分及びトレンチ処分）は、深さを幾ら以上にすると規定はなく、一般に浅い地中に埋設する。

中深度処分では、半減期が数万年以上に及ぶ長寿命放射性核種がある程度含まれるとの前提で、上述の離隔に係る措置に加えて放射能濃度制限を含む規制基準の考え方が作られており、基本的にはウラン廃棄物にも対応できると考えられる。このため、ここでは専ら浅地中処分を対象として考察することとする。

##### (2) 浅地中処分におけるウラン廃棄物の取扱い

現行の第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則[25]においては、ピット処分に対して、放射性廃棄物の受入れの開始から埋設の終了までの間にあっては廃棄物埋設地の限定された区域からの放射性物質の漏出を防止し、埋設の終了後 300～400 年以内の規制期間中は廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減することを要求している。また、トレンチ処分に対して、放射性廃棄物の受入れの開始から埋設の終了後 50 年程度の規制期間中に、廃棄物埋設地の外への放射性物質の漏出を低減することを要求している。このように、規制期間中に放射性物質の漏出を防止又は低減することにより放射性廃棄物に含まれる放射性物質の放射能を十分減衰させる。これにより、規制期間終了後に地表付近で想定される自然事象や人為事象を考慮しても、残存する放射性物質による公衆の被ばくが基準を超えないようにする。

減衰しないウランに対しては、埋設当初から放射能濃度を十分に低く抑えることでこの安全確保の考え方に合致させることができると考えられる。このような埋設当初から放射能濃度を十分に低くするという考え方は、4. 1 国際基準等の整理で示したとおり、SSG-29 の「浅地中処分が適しているのは、限られた量の長寿命放射性核種を含む場合のみ」という考え方にも整合する。

この点については、第 13 回原子力規制委員会（令和 2 年 7 月 1 日）において、ウランの濃度を最初から十分に低く抑えるとの条件の下で、ウラン廃棄物を第二種廃棄物埋設の対象として取り扱うことが妥当である旨の方向性が示された。

##### (3) 「十分に低い放射能濃度」を要求するための追加的基準の必要性

(2) に示したように、現行の規制基準では、規制期間終了後において廃棄物埋設地に残存する放射性物質による公衆の被ばくが基準を超えない見通しであること（廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあること）を要求している。具体的には以下に示す評価シナリオと線量基準が定められている。

- 自然事象シナリオ : 自然現象による廃棄物埋設地からの漏出、天然バリア中の移行、河川への移行及び生活様式等を考慮した評価シナリオ (ピット処分とトレンチ処分に共通)
  - 【線量基準】・最も厳しい設定で  $300 \mu\text{Sv/y}$  (線量拘束値)
  - ・最も可能性が高い設定で  $10 \mu\text{Sv/y}$
- 人為事象シナリオ : 規制期間終了直後における廃棄物埋設地の掘削を伴う土地利用を考慮した評価シナリオ
  - 【線量基準】・ピット処分について  $1 \text{ mSv/年}$
  - ・トレンチ処分について  $300 \mu\text{Sv/年}$

上記の自然事象シナリオのうち、廃棄物埋設地の直上で生活することを想定したシナリオ及び人為事象シナリオの評価結果に影響を及ぼす支配的な因子は廃棄物埋設地内の放射能濃度であることから、当該線量基準への適合により、ウランの放射能濃度が低く抑えられていることを間接的に確認することも考えられる。

しかし、長期的にはビルドアップするというウラン廃棄物の特徴を考慮すると、埋設直後を評価時点としたシナリオ評価が保守的とは言えない。また、ビルドアップを考慮すると、ビルドアップが顕著となる数万年後の評価を行うことになるが、このような長期の評価は信頼性に乏しく、設定するシナリオ次第で評価結果が大きく変動する等、問題が大きい。

したがって、第二種廃棄物埋設 (浅地中処分) の規制制度において、確実にウラン濃度を十分に低く抑えるためには、ビルドアップの影響も考慮した「十分に低いウラン濃度」を新たな基準として設定することが考えられる。

#### 4. 4 第二種廃棄物埋設としてのウラン廃棄物の規制の方法

##### (1) 「十分に低いウラン濃度」の設定の考え方

ウランは広義の意味において天然起源核種であり、バックグラウンドとして自然界に一定以上の濃度で存在する。そのような天然に存在する核種の埋設に当たっては、IAEA SSR-5[24]では、線量基準に代わる付加的指標として、自然のウラン濃度を基準として比較することは有効としている<sup>※18</sup>。

また、埋設されたウランはやがて移行・拡散し、自然界において元々存在しているウランを同化していくことが想定されることから、「十分に低いウラン濃度」は自然界の濃度を考慮して検討することができると考えられる。これは、先の原子力規制委員会で、ウラン廃棄物の特徴を踏まえ、天然起源核種としての性格を併せ持つことを考慮することも可能である旨の考え方が示されたこととも符合する。

我が国におけるウラン濃度の調査によれば、日本の天然ウランの濃度は高い側で  $1 \text{ Bq/g}$  程度であり (図 1 参照)、人形峠のウラン鉱では約  $5 \text{ Bq/g}$  であるとされている (参考文献 [26]より算定)。また、表 1 に示したように、世界の土壌中の U-238 濃度は、高いところでは  $0.3 \sim 0.6 \text{ Bq/g}$  ほどであることから、天然ウランでは U-238 と永続平衡となる U-234 の

※18 (原文) 2.23. Additional indicators and comparisons, such as estimates of concentrations and fluxes of contaminants and their comparison with concentrations and fluxes of radionuclides of natural origin within the geosphere or biosphere, may also prove valuable in indicating a level of overall environmental protection that is independent of assumptions about the habits of people.

濃度を含めると 1 Bq/g 程度となる。なお、この場合、2. 1 で述べたように、ウランの同位体合計の濃度が 1 Bq/g とすると、製錬等の処理で子孫核種が除去される前は子孫核種を含めた総放射能量は理論上、約 7 Bq/g となる。また、RS-G-1.7[16]では、この UNSCEAR[8] に提供された世界規模での土壌中の放射能濃度分布の上限に対する考察に基づき、天然起源核種としてのウランのクリアランスレベルとして、U-238 系列の放射性核種それぞれに対して 1 Bq/g を規定している。なお、世界では 1000 Bq/g を超える濃度のウラン鉱床が存在する（例えば、[27]）。

このようにウラン鉱床を除いたとしても、自然のウラン濃度（同位体合計）が 1 Bq/g 程度又はそれ以上である地域が日本を含め世界中に多く存在することを踏まえ、「十分に低いウラン濃度」を 1 Bq/g（同位体合計）と仮に設定する。

このウラン濃度 1 Bq/g に基づき、長期におけるビルドアップも考慮した影響の大きさについて評価シナリオを用いて確認することとする。

### ① 評価シナリオ

ウラン廃棄物の埋設（浅地中処分）に係る評価シナリオは、平成 19 年度の原子力安全委員会によるトレンチ処分の濃度上限値の算出[28]（以下「濃度上限値報告書」という。）を参照して行う。

現実的な想定として、ウランが地下水等によって廃棄物埋設地から流出するとして試算する。更に、数万年以上に亘り、ウラン及びその子孫核種の全量が流出せず廃棄物埋設地にそのまま留まり、また廃棄物埋設地の状態が埋設の時点から変化せず、更にその直上に建屋を建築して居住するとの仮想的な状況を想定して被ばく量を算出する。

これに加え、ラドンによる被ばくを含まない場合と含む場合に分けて試算した。なお、ラドンの被ばく評価のモデルでは、土壌中のラジウムの濃度に応じて希ガスであるラドンが生成し、地中から地表へのラドンガスの散逸、床下等から家屋内へのラドンの侵入、家屋内と家屋外との換気を考慮したモデル[11]とした。

### ② 評価結果

表 3 にウラン濃度を 1 Bq/g（同位体合計、廃棄物埋設地全体の平均値）としたときの試算結果を示す。（評価の詳細については別紙 1 参照）

廃棄物埋設における被ばく線量評価は、大別して、地下水による流出に伴う被ばく（地下水シナリオ）及び廃棄物埋設地の直上での居住に伴う被ばく（居住シナリオ）がある。ウランの場合は、濃度上限値報告書で示されているように、地下水を介した被ばくよりも廃棄物に含まれるウラン及びその子孫核種からの直接的な被ばくの方が大きいため、居住シナリオについて試算する。

浅地中処分の線量評価において信頼性を確保できる期間の目安を 1000 年と仮定する（別紙 2 参照）。1000 年以前の評価としては、U-238 と瞬時平衡の子孫核種による被ばく線量は約 0.01 mSv/y であり、ウランの流出の想定の有無には大きく影響されない。他方、これらの線量ピークが出現する時期は 1000 年を大きく超える数万年以降であり、評価の信頼性は極めて低いと考えられるが、最も現実に近いと考えられる「ウランの流出を考慮」し「ラドンを除く子孫核種による被ばくを含む」試算ではピーク線量は約 4 万年後に 0.18 mSv/y である。これを敢えて線量拘束値（0.3 mSv/y）と比較しても、十分に低い値となっている。

仮想的な評価として、保守的にウランの流出を考慮しない場合には、約 20 万年後をピー

クに、ラドンを除く子孫核種を含む場合の被ばく線量は 0.82 mSv/y、ラドン等子孫核種を全て含む場合の被ばく線量は約 5.9 mSv/y である。ラドンによる被ばくを含めたとしても、WHO 等が屋内におけるラドンによる被ばくの基準としている 10 mSv/y や中深度処分の人為事象シナリオの基準とした 20 mSv/y より低い値となっている。

従って、本評価の前提条件である「5%濃縮ウランが 1 Bq/g (U-234、U-235、及び U-238 のそれぞれの濃度の合計) で廃棄物埋設地内に一様に分布する」との想定は、ウラン濃度が十分に低い状況と考えてよさそうである。

**表 3 ウランの埋設に係る線量評価結果のまとめ**

(5%濃縮ウランの廃棄物埋設地における平均濃度が埋設直後に 1 Bq/g (U-234、U-235 及び U-238 のそれぞれの濃度の合計))

	居住シナリオ		
	ウラン及び瞬時平衡の子孫核種による被ばく	ラドンを除く子孫核種による被ばくを含む	ラドンによる被ばくを含む
流出を考慮	0.010 mSv/y (~1000 年後)	0.18 mSv/y (約 4 万年後*)	1.3 mSv/y (約 4 万年後*)
保守的に流出を考慮せず		0.82 mSv/y (約 20 万年後*)	5.9 mSv/y (約 20 万年後*)

※ 括弧内の数値は被ばく線量のピークの出現時期

### (2) ウラン廃棄物を含む浅地中処分における線量基準の適用について

第二種廃棄物埋設の許可基準規則では、「廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること」を要求し、その解釈で「自然事象シナリオ」及び「人為事象シナリオ」による評価を要求している。

このうち自然事象シナリオは、地下水移行のように廃棄物埋設地から漏出した放射性物質による被ばくを考慮したシナリオであり、廃棄物埋設地の放射能濃度よりも放射エネルギーに大きく依存する。このため、ウラン廃棄物を含む浅地中処分については、埋設当初から「十分に低いウラン濃度」とした場合でも、ウラン廃棄物以外を含めた全体を対象として自然事象シナリオに係る線量基準を適用することが必要と考えられる。

### (3) ウランに対する人工バリアによる漏出の防止・低減の措置の取扱いについて

規制期間中における人工バリアによる放射性物質の漏出の防止・低減の措置は、当該期間中において放射性廃棄物に含まれる放射性物質の放射能を十分減衰させることを目的としたものである。他方、ウランは実質的に減衰しないことを考えれば、埋設当初から十分に低いウラン濃度としたウラン廃棄物については、人工バリアによる放射性物質の漏出の防止・低減の措置を求める意味はない（事業者による人工バリアの設置を妨げるものではない）。

ただし、その他の放射性廃棄物も併せて埋設する場合はこの限りではない。

## 参考文献

- [1] 一般社団法人日本原子力学会「東京電力福島第一原子力発電所事故以降の低レベル放射性廃棄物処理処分の在り方」特別専門委員会：低レベル放射性廃棄物処分におけるウランの扱いについて－浅地中トレンチ処分に係る規制への提言－平成 26 年度報告書、平成 27 年 3 月。
- [2] 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構：バックエンドロードマップ、2018 年 12 月 26 日。
- [3] 原子力安全委員会：ウラン取扱施設におけるクリアランスレベルについて、平成 21 年 10 月 5 日。
- [4] 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（平成 17 年経済産業省令 112 号）、令和 2 年 8 月 13 日廃止。
- [5] 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（平成 17 年文部科学省令第 49 号）、令和 2 年 8 月 13 日廃止。
- [6] 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が放射線による障害の防止のための措置を必要としないものであることの確認等に関する規則（令和 2 年原子力規制委員会規則第 16 号）、令和 2 年 8 月 13 日制定。
- [7] 原子力安全委員会：第二種廃棄物埋設の事業に関する安全審査の基本的考え方、平成 22 年 8 月 9 日。
- [8] 国連科学委員会：放射線の線源と影響，原子放射線の影響に関する国連科学委員会の、総会に対する 2000 年報告書，科学付属書 B，放射線医学総合研究所監訳（2002）。
- [9] 産業技術総合研究所 地質調査総合センター：海と陸の地球化学図、<https://gbank.gsj.jp/geochemmap/index.htm>、2020 年 10 月 26 日アクセス。
- [10] 原子力安全研究協会：新版 生活環境放射線（国民線量の算定），平成 23 年 12 月。
- [11] 日本原子力研究開発機構：TRU 核種を含む放射性廃棄物及びウラン廃棄物のトレンチ処分に対する濃度上限値の評価（受託研究），JAEA－Research 2008-044（2008）。
- [12] ICRP: Nuclear Decay Data for Dosimetric Calculations, ICRP Publication 107, Ann. ICRP 38(3), (2008).
- [13] IAEA: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements Part 3, No. GSR Part 3 (2014).
- [14] ICRP: Principles for the Disposal of Solid Radioactive Waste. ICRP Publication 46. Ann. ICRP 15 (4). (1985).
- [15] IAEA: Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance. Safety Report Series No.44 (2005).
- [16] IAEA: Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Guide, No. RS-G-1.7 (2004).
- [17] European Union: Council Directive 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 (2013)
- [18] IAEA: Application of the Concept of Clearance. Draft Safety Guide DS500 (Revision of Safety Guide RS-G-1.7), Status: STEP 7 – First review of the draft publication by the review Committee(s), Date: 9 April 2020.
- [19] 室田健人、青木広臣：ウラン廃棄物の埋設及びクリアランスに関する海外の規制、NTEN-2020-3001、NRA 技術ノート（令和 2 年 9 月）。
- [20] 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が放射線による障害の防止のための措置を必要としないものであることの確認等に関する規則、令和 2 年原子力規制委員会規則第 16 号、令和 2 年 8 月 13 日施行。
- [21] 原子力規制庁：クリアランス規則等の見直し案及びそれに対する意見募集の実施について、令和元年度 第 69 回原子力規制委員会 資料 3、令和 2 年 3 月 11 日。

- [22] 原子力安全委員会：原子炉施設及び核燃料施設の解体等に伴って発生するもの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、平成16年12月16日（平成17年3月17日一部改訂及び修正）。
- [23] IAEA: Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste. Specific Safety Guide No. SSG-29 (2014).
- [24] IAEA: Disposal of Radioactive Waste. Specific Safety Requirements No. SSR-5 (2011).
- [25] 第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則、平成25年原子力規制委員会規則第30号、令和元年12月5日改正。
- [26] 動力炉・核燃料開発事業団 中部事業所，日本のウラン資源，PNC-TN7420 94-006，1994年3月（1994）。
- [27] Jamieson. B.W., : Mining the high grade McArthur River uranium deposit, IAEA-SM-362/29, p. 272-286, International symposium on the uranium production cycle and the environment; Vienna, Austria; 2-6 Oct 2000, (2000).
- [28] 原子力安全委員会：低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について、平成19年5月21日。

## 主な用語の定義

### 自然線源

天然起源の線源。例えば星、岩石、土壌その他事実上天然起源核種由来の放射能しかない物質（例えば鉱石の処理によって生じる製品又は残さ）。ただし、ウラン・トリウム鉱山及び放射性廃棄物処分施設以外の原子力施設で用いられる放射性物質又は排出される放射性廃棄物は除く。

### natural source

A naturally occurring source of radiation, such as the sun and stars (sources of cosmic radiation) and rocks and soil (terrestrial sources of radiation), or any other material whose radioactivity is for all intents and purposes due only to *radionuclides of natural origin*, such as products or residues from the processing of minerals; but excluding *radioactive material* for use in a *nuclear installation* and radioactive waste generated in a *nuclear installation*.

- ① Examples of natural sources include naturally occurring radioactive material (NORM) associated with the processing of raw materials (e.g. feedstocks, intermediate products, final products, co-products, waste).

### 天然起源核種

地球上で天然に相当量存在する放射性核種。一般的には、地球創世時に生成された核種である  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  とそれらの子孫核種。

### radionuclides of natural origin

Radionuclides that occur naturally on Earth in significant quantities.

- ① The term is usually used to refer to the primordial radionuclides  $^{40}\text{K}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and their *radioactive* decay products.
- ① Contrasted with *radionuclides of artificial origin*, anthropogenic radionuclides and human made radionuclides (which all mean the same), and also with artificial radionuclides (which exclude radionuclides of artificial origin that are also naturally occurring).

! *Radionuclides of artificial origin* may include radionuclides that are also naturally occurring but may not include *radionuclides of natural origin*.

### 人工起源核種

天然起源核種に当てはまらない、人工的に生成された核種。人工起源核種には天然由来の放射性核種を含むこともあるが、“天然起源核種”は含まない。

### NORM

天然起源核種以外の放射性核種をほとんど含まない放射性物質

### naturally occurring radioactive material (NORM)

*Radioactive material* containing no significant amounts of radionuclides other than *naturally occurring radionuclides*.

- ① The exact definition of ‘significant amounts’ would be a regulatory decision.



- ① Material in which the activity concentrations of the *naturally occurring radionuclides* have been changed by a process is included in naturally occurring radioactive material (NORM).
- ① Naturally occurring radioactive material or NORM should be used in the singular unless reference is explicitly being made to various materials.

### ウラン廃棄物

ウランの製錬、転換、濃縮、再転換、成型加工等の工程によって生じる、専らウラン及びその子孫核種によって汚染されたもの。本資料では、クリアランスされた後再利用される資材及び産業廃棄物として処分されるもの、並びに放射性廃棄物として埋設処分されるものを指す。

### クリアランス

規制を受けている放射性物質を規制の対象から外すこと。

#### **clearance**

Removal of regulatory control by the regulatory body from radioactive material or radioactive objects within notified or authorized facilities and activities.

- ① Removal from regulatory control in this context refers to regulatory control applied for radiation protection purposes.
- ① Conceptually, clearance — freeing certain materials or objects in authorized facilities and activities from further control — is closely linked to, but distinct from and not to be confused with, exemption — determining that controls do not need to be applied to certain sources and facilities and activities.
- ① Various terms (e.g. ‘free release’) are used in different States to describe this concept.
- ① A number of issues relating to the concept of clearance and its relationship to other concepts were resolved in RS-G-1.7.

### 原子力施設

核燃料サイクルの一部に位置付けられ、許認可を受けた原子力施設。ウラン鉱又はトリウム鉱の採鉱及びその工程に係る施設並びに放射性廃棄物の埋設施設は除く。

#### **nuclear installation**

1. Any *nuclear facility* subject to *authorization* that is part of the *nuclear fuel cycle*, except facilities for the mining or processing of *uranium* ores or thorium ores and *disposal facilities* for *radioactive waste*.
- ① This definition thus includes: nuclear power plants; *research reactors* (including subcritical and *critical assemblies*) and any adjoining radioisotope production *facilities*; *storage facilities* for *spent fuel*; *facilities* for the enrichment of *uranium*; *nuclear fuel* fabrication *facilities*; *conversion facilities*; *facilities* for the *reprocessing* of *spent fuel*; *facilities* for the *predisposal management* of *radioactive waste* arising from *nuclear fuel cycle facilities*; and *nuclear fuel cycle* related research and development facilities.

※各用語の英語の定義は、IAEA Safety Glossary Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection 2018 Edition (2019)より抜粋

## ウラン廃棄物に係る線量評価の試算

### 1. ウラン廃棄物のクリアランスに係る線量評価の試算

#### 1. 1 試算の方針と前提条件

##### 【試算の方針】

- 今回のウラン廃棄物のクリアランスに係る試算は、我が国のクリアランスレベルの算出においてこれまで用いられてきた方法に準拠する。具体的には、以下のものを参照する。
  - ・ 原子力安全委員会「原子炉施設及び核燃料施設の解体等に伴って発生するもの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（平成 16 年）」※[1]（以下「クリアランス報告書」という。）※<sup>1</sup>
  - ・ 原子力安全委員会「ウラン取扱施設におけるクリアランスレベルについて（平成 21 年）」[2]（以下「ウランクリアランス報告書」という。）※<sup>2</sup>
- また、上記の方法で足りない部分（例：低確率シナリオの設定）については、IAEA 基準で用いられている方法を参照する。
- 試算の対象核種は U-234、U-235 及び U-238 とし、それぞれについて試算する。
- クリアランスの試算は、再利用シナリオと産廃処分シナリオに大別される。コンクリートの再利用は、ウランクリアランス報告書で評価した金属の再利用シナリオに包含される。それら以外の物は、再利用される法令がなく物量も少ないため、産廃処分される可能性が高い。従って、今回の試算はクリアランス対象物を限定せず、またそれらが産廃処分されるとして試算する。
- 産廃処分シナリオにおける試算は、跡地利用と地下水移行の二つのシナリオに分ける。本試算ではこの跡地利用と地下水移行のシナリオについて評価し、更に、跡地利用のシナリオは、ウランの流出の有り無しに分ける。なお、産廃処分の埋立てに伴う作業については、ウランクリアランス報告書において、金属の再利用に伴いウランが凝縮されるスラグの埋立てを評価しており、これが最も厳しくなるため、本試算では評価していない。
- 上記の二つの報告書では取り扱われていないラドンによる影響については、ラドンによる影響が顕著に現れ始めるのが数千年後以降であり不確実性が大きいことを踏まえ、参考までに低確率シナリオとして評価する。

##### 【試算の前提条件】

- 試算における線量基準については、IAEA 基準の考え方（GSR part3）に従い、合理的に見可能なシナリオに対し 10  $\mu$ Sv/y、低確率シナリオに対し 1 mSv/y を適用する。

---

※1 原子力施設等から発生するクリアランス物の埋設処分（産業廃棄物処分）と再利用について評価したものであり、評価の対象にウランは含まれていない。

※2 金属の再利用に限定して U-234、U-235 及び U-238 等のクリアランスレベルを評価したものであり、これに基づき金属くずに係るウランのクリアランスレベルの基準が設定された。

- ウランの流出の程度は、ウランクリアランス報告書で示されているものと同様に、英国の廃棄物処分場で計算された浸出水中と廃棄物中との物質濃度の比の平均値（ウランは $3E-4$ ）と我が国の平均年間地下水流出量 $0.4 \text{ m/y}$ から算定する。
- 試算に用いるパラメータは、クリアランス報告書及びウランクリアランス報告書に記載されているパラメータを用いる。これら報告書では U-234 等について評価されていないが、人工核種である U-232 及び U-236 について評価されている。これら報告書に記載されていない U-234 等に関するパラメータについては、U-236 の評価のために引用されているレポート（例えば IAEA TSR 364 等）のものを参照する。
- 跡地利用と地下水移行のシナリオ評価における産業廃棄処分施設の大きさ等のパラメータについては、クリアランス報告書とウランクリアランス報告書（スラグの埋立て）とで差異があるが、本試算ではクリアランス報告書に準拠することとする。

## 1. 2 評価結果

上記の方針及び前提条件を基に試算した結果の整理は、次のとおり。

- 表 1 は、U-234、U-235 及び U-238 のそれぞれについて、金属くずのクリアランスレベルが $1 \text{ Bq/g}$ であることを踏まえ、すべてのクリアランス対象物の濃度を $1 \text{ Bq/g}$ とした場合の被ばく線量を算出したもの。
- 表 2 は、表 1 の計算結果から、線量基準を合理的に予見可能なシナリオに対し $10 \mu \text{ Sv/y}$ 、低確率シナリオに対し $1 \text{ mSv/y}$ に設定した場合のウランの濃度を算出したもの。
- 表 3 は、表 2 を基に、クリアランスレベルの設定で一般に用いられる対数丸めを行った後のウラン濃度を記載したもの。これによれば、U-234、U-235 及び U-238 のそれぞれについて最も厳しい数値をとると、いずれも $1 \text{ Bq/g}$ となる。なお、金属くずに対して設定されているウランのクリアランスレベルは、U-234、U-235 及び U-238 のそれぞれについて、これと同じく $1 \text{ Bq/g}$ である。

表 1 クリアランス対象物の濃度を単位濃度 (1 Bq/g) としたときの評価結果

シナリオの特徴		U-234	U-235	U-238
流出を考慮		21 $\mu$ Sv/y	17 $\mu$ Sv/y	3.2 $\mu$ Sv/y
保守的に流出を考慮せず		40 $\mu$ Sv/y	46 $\mu$ Sv/y	69 $\mu$ Sv/y
【参考】 ラドンによる被ばく (跡地居住)	流出を考慮	100 $\mu$ Sv/y	85 $\mu$ Sv/y	15 $\mu$ Sv/y
	流出を考慮せず	330 $\mu$ Sv/y	240 $\mu$ Sv/y	560 $\mu$ Sv/y

表 2 線量基準を満足する放射能濃度

シナリオの特徴		適用する 線量基準	U-234	U-235	U-238
流出を考慮		10 $\mu$ Sv/y	0.48 Bq/g	0.59 Bq/g	3.1 Bq/g
保守的に流出を考慮せず		1 mSv/y	25 Bq/g	22 Bq/g	14 Bq/g
【参考】 ラドンによる被ばく (跡地居住)	流出を考慮	1 mSv/y	10 Bq/g	12 Bq/g	66 Bq/g
	流出を考慮せず		3.0 Bq/g	4.2 Bq/g	1.8 Bq/g

表 3 線量基準を満足する放射能濃度 (対数丸め後)

シナリオの特徴		適用する 線量基準	U-234	U-235	U-238
流出を考慮		10 $\mu$ Sv/y	1 Bq/g	1 Bq/g	1 Bq/g
保守的に流出を考慮せず		1 mSv/y	10 Bq/g	10 Bq/g	10 Bq/g
【参考】 ラドンによる被ばく (跡地居住)	流出を考慮	1 mSv/y	10 Bq/g	10 Bq/g	100 Bq/g
	流出を考慮せず		10 Bq/g	10 Bq/g	1 Bq/g

## 2. ウラン廃棄物の埋設（浅地中処分）に係る線量評価の試算

### 2. 1 試算の方針と前提条件

#### 【試算の方針】

- 今回のウラン廃棄物の埋設（浅地中処分）に係る試算は、平成 19 年度の原子力安全委員会によるトレンチ処分の濃度上限値の算出[3]（以下「濃度上限値報告書」という。）を参照して行う。
- 廃棄物埋設における被ばく線量評価は、図 1 に示すとおり、大別して、地下水による流出に伴う被ばく（地下水シナリオ）及び廃棄物埋設地の直上での居住に伴う被ばく（居住シナリオ）がある。ウランの場合は、濃度上限値報告書で示されているように、地下水を介した被ばくよりも廃棄物に含まれるウラン及びその子孫核種からの直接的な被ばくの方が大きいため、今回は居住シナリオについて試算する。
- 今回は、現実的な想定として、ウランが地下水等によって廃棄物埋設地から流出するとして試算する。更に、数万年以上に亘り、ウラン及びその子孫核種の全量が流出せず廃棄物埋設地にそのまま留まり、また廃棄物埋設地の状態が埋設の時点から変化せず、更にその直上に建屋を建築して居住するとの仮想的な状況を想定して被ばく量を算出する。
- 上記に加え、ラドンによる被ばくを含まない場合と含む場合に分けて試算する。なお、ラドンの被ばく評価のモデルでは、地中から地表へのラドンガスの散逸、床下等から家屋内へのラドンの侵入、家屋内と家屋外との換気といった評価が必要であり、評価の不確かさが大きい。

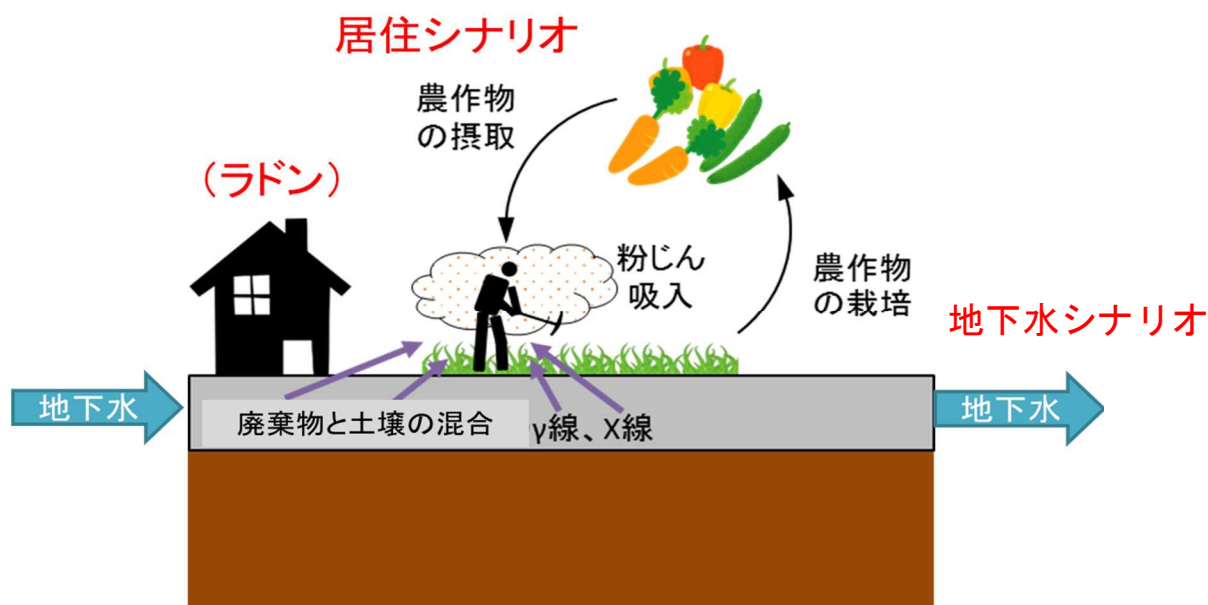


図 1 ウラン廃棄物の埋設における被ばく評価シナリオ

#### 【試算の前提条件】

- 地下水シナリオでは廃棄物埋設地内の総放射エネルギーが支配的になるが、居住シナリオではある一定の広さからの直接線及び粉じん吸入等による被ばく評価を行うことになるため放射能濃度が支配的となる。今回の居住シナリオの試算では、5%濃縮ウランが 1 Bq/g (U-

- 234、U-235、及び U-238 のそれぞれの濃度の合計) で廃棄物埋設地内に一様に分布するものとする。
- 廃棄物埋設地の大きさや処分場容量に対する廃棄物総量の割合は濃度上限値報告書に準拠した設定とする。濃度上限値報告書では、廃棄物埋設地の上部に 1.8 m の覆土をし、さらに居住シナリオでは 0.3 m の客土（廃棄物埋設地外から持ち込まれる汚染されていない土壌）をすることを想定しているが、本試算では、より長期的な評価であり不確かさも大きいことから、保守的な設定として覆土及び客土がない状態を想定する。
  - 現実的な想定として地下水によりウランが流出するものとし、流出の程度は、英国の廃棄物処分場で計算された浸出水中と廃棄物中との物質濃度の比の平均値（ウランは 3E-4）とシルト層を仮定した年間浸透水量 0.3 m/y から算定する。なお、この流出の程度は、比較的低い数値であると言われている。
  - 居住シナリオの被ばく経路は、直接線による外部被ばく、粉塵吸入による内部被ばく及び農作物摂取による内部被ばくの 3 つであり、これらの合算で被ばく量を算出する。なお、濃度上限値報告書では居住時の客土を想定していることから、粉塵吸入による内部被ばくを含めていないが、本試算では客土がない想定で評価を行うことから、粉塵吸入による被ばくも考慮する。
  - ラドンの評価については、土壌中のラジウムの濃度に応じて希ガスであるラドンが生成し、地中から地表へのラドンガスの散逸、床下等から家屋内へのラドンの侵入、家屋内と家屋外との換気を考慮したモデル[4]とする。
  - 評価期間については、浅地中処分の場合は地表面近く的环境変化が大きく、1000 年を超えるような評価は確実性が乏しいと考えられるが、今回は期間を限定せず試算を行う。

## 2. 2 試算結果

- 図 2 は、ウランの流出を考慮した場合と考慮しない場合、更にそれぞれにラドンの影響を含む場合と含まない場合に分けて試算をした居住シナリオの評価結果をグラフで示したものである。
- 表 4 は、廃止措置後のビルドアップする前の被ばく線量、及びラドンによる被ばくを含まない場合と含む場合の被ばく線量のピークの数値とその出現時期を整理したものである。

### 【ウランの流出を想定した試算の結果】

- U-238 と瞬時平衡の子孫核種による被ばく線量は約 0.01 mSv/y である。なお、これは、ウランの流出の想定の有無とは関係しない。
- ラドンを除く子孫核種を含む場合の被ばく線量は約 0.18 mSv/y、ラドン等子孫核種を全て含む場合の被ばく線量は約 1.3 mSv/y である。また、ラドンによる被ばくの有無を問わず、線量ピークが出現するのは、約 4 万年後である。

### 【保守的にウランの流出を考慮しない試算の結果】

- ラドンを除く子孫核種を含む場合の被ばく線量は約 0.82 mSv/y、ラドン等子孫核種を全

て含む場合の被ばく線量は約 5.9 mSv/y である。また、ラドンによる被ばくの有無を問わず、線量ピークが出現するのは、約 20 万年後である。

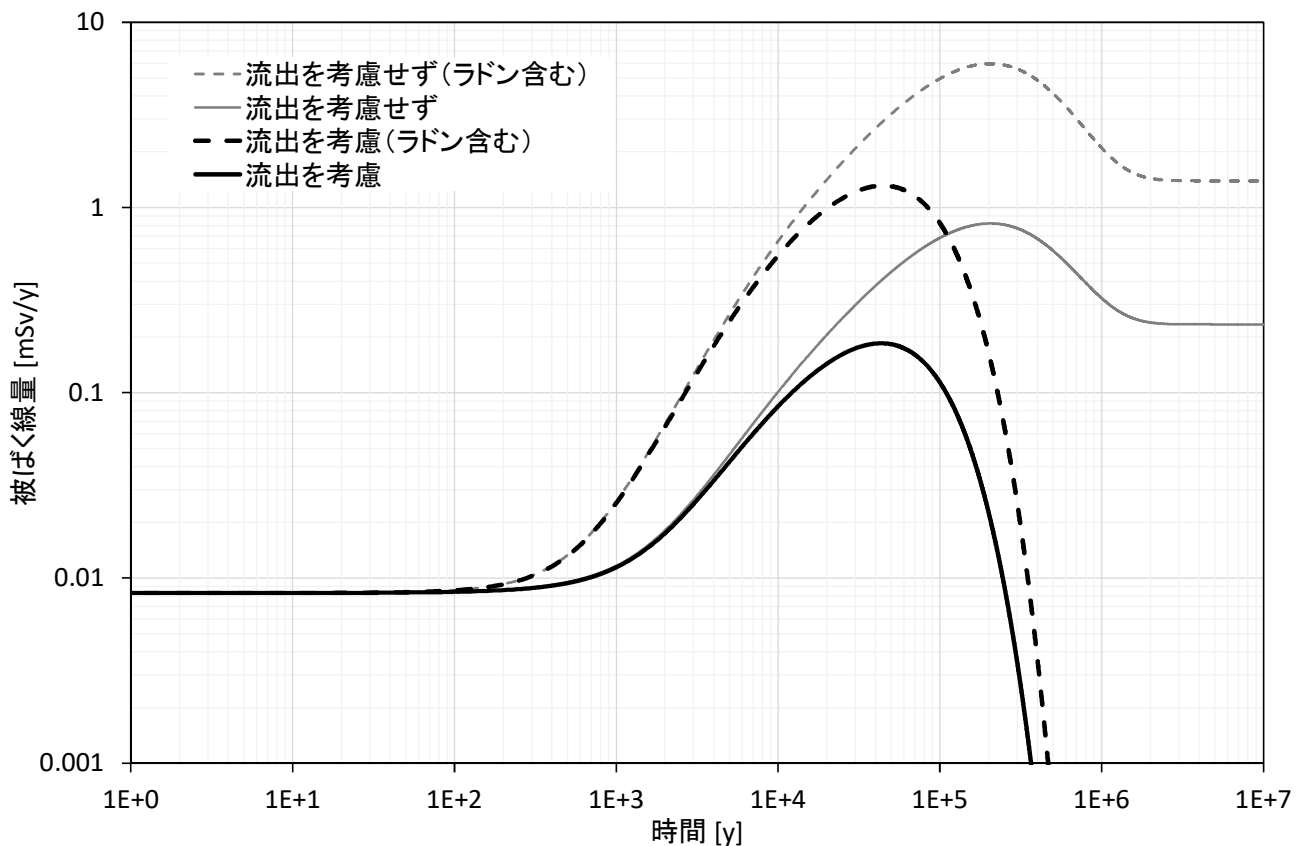


図 2 ウラン廃棄物の埋設に係る線量評価の経時変化

(5%濃縮ウランの廃棄物埋設地における平均濃度が埋設直後に 1 Bq/g (U-234、U-235 及び U-238 のそれぞれの濃度の合計))

表 4 ウラン廃棄物の埋設に係る線量評価結果のまとめ

	居住シナリオ		
	ウラン及び瞬時平衡の子孫核種による被ばく	ラドンを除く子孫核種による被ばくを含む	ラドンによる被ばくを含む
流出を考慮	0.010 mSv/y (~1000 年後)	0.18 mSv/y (約 4 万年後*)	1.3 mSv/y (約 4 万年後*)
保守的に流出を考慮せず		0.82 mSv/y (約 20 万年後*)	5.9 mSv/y (約 20 万年*)

※ 括弧内の数値は被ばく線量のピークの出現時期

【ウランの流出に係る感度解析】

○ ウランの流出を考慮した評価では、流出の程度によってウラン及びその子孫核種の濃度が変化し、被ばく線量が変化する。そのため、流出の割合（漏出率  $\eta$ ）をパラメータとし

た感度分析を行った（図 3 及び表 5）。

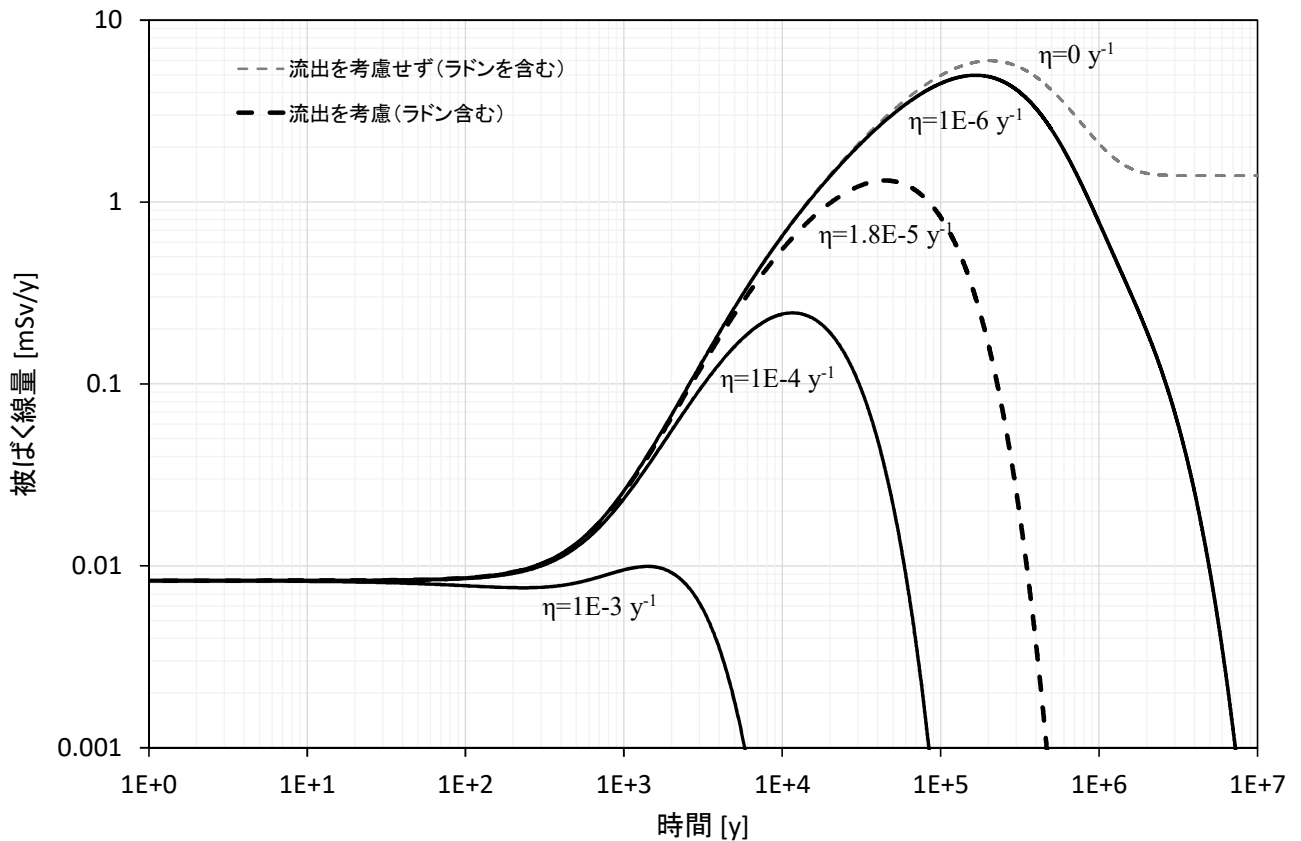


図 3 ウランの流出に係る感度解析

表 5 ウランの流出に係る感度解析の結果

放射性核種の漏出率 $\eta$ [y <sup>-1</sup> ]	流出を考慮				流出を考慮せず
	1E-3	1E-4	1.8E-5	1E-6	0
最大線量 (ラドンによる被ばく含む)	0.010 mSv/y	0.25 mSv/y	1.3 mSv/y	5.0 mSv/y	5.9 mSv/y
備考	砂の分配係数 33 ml/g 及び平均的な浸透水量 0.3 [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /y] を設定した場合の漏出率に相当	我が国の代表的な侵食速度数 m/1 万年で削られる廃棄物埋設地の割合を漏出率と見なした場合に相当	英国の放出係数 3E-4 [-] 相当の分配係数 1670 ml/g 及び平均的な浸透水量 0.3 [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /y] を設定した場合の漏出率に相当	我が国の代表的な風化速度数 cm/1 万年で削られる廃棄物埋設地の割合を漏出率と見なした場合に相当	(現実には想定されない)



## 参考文献

- [1] 原子力安全委員会：原子炉施設及び核燃料施設の解体等に伴って発生するもの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、平成 16 年 12 月 16 日（平成 17 年 3 月 17 日一部訂正及び修正）
- [2] 原子力安全委員会：ウラン取扱施設におけるクリアランスレベルについて、平成 21 年 10 月 5 日
- [3] 原子力安全委員会：低レベル放射性固体廃棄物の埋設処分に係る放射能濃度上限値について、平成 19 年 5 月 21 日
- [4] 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構：TRU 核種を含む放射性廃棄物及びウラン廃棄物のトレンチ処分に対する濃度上限値の評価（受託研究）、JAEA-Research 2008-044（2008）.

(参考) 廃棄物埋設地の跡地への居住に関する評価シナリオの比較

	クリアランス 産廃処分シナリオ (クリアランス報告書)	トレンチ処分 居住シナリオ (濃度上限値報告書)	中深度処分 放射能濃度制限シナリオ (放射能濃度制限ガイド (案))
廃棄物埋設地の大きさ	200m × 200m × 10m	500m × 500m × 5m	処分空洞の断面積×長さ
廃棄物の濃度に対する 廃棄物埋設地全体の希 釈割合	0.0625  (内訳) 全廃棄物中に占められるクリアランス対 象廃棄物の割合：0.1 処分場容積に対する全廃棄物の総量： 50万 ton/80万 ton=0.625	0.16  (内訳) 処分場容積に対する全廃棄物の総量： 20万 m <sup>3</sup> /125万 m <sup>3</sup> =0.16	(廃棄物と人工バリア等の構造物との 混合を考慮)
覆土の厚さ	0.5 m	1.8 m	—
客土の厚さ	0 m	0.3 m	—
跡地居住に係る掘削深 さ	3 m	3 m	3 m
跡地居住に係る覆土と 廃棄物埋設地の混合に よる希釈割合	$\frac{3m - 0.5m}{3m} = 0.83$	$\frac{3m - 1.8m}{3m} = 0.4$	1
被ばく評価シナリオ ・被ばく経路	跡地での居住シナリオ* ・土壌直接線による外部被ばく (成人) ・土壌直接線による外部被ばく (子供) ・粉塵吸入による内部被ばく (成人) ・粉塵吸入による内部被ばく (子供) ・直接経口による内部被ばく (子供)	居住シナリオ ・土壌直接線による外部被ばく ・農作物摂取による内部被ばく	居住シナリオ ・土壌直接線による外部被ばく ・農作物摂取による内部被ばく ・粉塵吸入による内部被ばく

\*クリアランスでは被ばく経路の重ね合わせ (合算) はせず、被ばく経路ごとに線量を評価し、最も高い被ばく線量からクリアランスレベルを算出している。

## 浅地中処分において考慮すべき評価期間に関する考察

### 1. 現行基準における評価期間

現行の浅地中処分に係る許可基準規則では、「廃止措置の開始までに廃棄物埋設地の保全に関する措置を必要としない状態に移行する見通しがあるものであること」を求めており、その解釈において自然事象シナリオ及び人為事象シナリオに基づく公衆の受ける線量評価の結果がそれぞれの線量基準を満たすこととしている。

このうち自然事象シナリオは、自然現象による放射性物質の廃棄物埋設地からの漏えい、天然バリア中の移動、河川等への移動、生活様式等（直上での居住は含むが、廃棄物埋設地の掘削を伴うものは除く。）を考慮したシナリオである。人為事象シナリオは、廃棄物埋設地の掘削を伴う土地利用を考慮したシナリオである。

線量評価を行う期間（以下「評価期間」という。）については、自然事象シナリオに関しては公衆が受ける線量の最大値が現れる時（以下「線量ピーク」という。）までとしている。一方、人為事象シナリオに関しては、その発生時期を予測することは不可能であること、減衰が期待される放射性廃棄物の埋設においては廃止措置の終了直後の時点での線量評価結果が最大となることから、廃止措置の終了直後（即ち規制期間終了直後）の時点の評価を行うこととしている。

### 2. 国際基準等における評価期間の取扱い

国際的には、我が国と同様に、放射性廃棄物の埋設について、閉鎖後<sup>※1</sup>においてなお残る放射性物質によるリスクが低いことを確認するための線量評価を行うことが一般的である。

IAEA SSG-23「放射性廃棄物の処分のためのセーフティケースと安全評価」では、安全評価計算は、最大ないしピークの線量又はリスクを決定するのに十分な長さの期間を包含すべきであるとする一方、浅地中処分に長半減期核種を埋設する場合については、遠い将来の評価の不確実性が著しく大きくなることから、評価の時間軸を制限するかもしれない<sup>※2</sup>としている。また、地上処分施設の場合、不確実性は数百年の期間で顕著になりつつあり、定量評価は1000年の期間を超えともはや無意味になるかもしれない<sup>※3</sup>としている。

※1 国際的に用いられている閉鎖（closure）の概念は我が国でいう「廃止措置の終了」に近い。我が国の「閉鎖措置」はアクセス坑道の閉鎖を指す。

※2 （原文）6.44 （略） Safety assessment calculations should cover a time period that is long enough to determine the maximum, or peak, dose or risk. However, this may not always be possible. For example, in the case of disposal of long lived waste (e.g. from uranium mining) on or near the surface where there is uncertainty in the durability of engineered barriers (e.g. dams and covers), doses and risks may remain constant or may even increase long into the future, through time frames in which uncertainties in the assessment increase significantly and limit the meaningfulness of the assessment. This may limit the timescale for the assessment in general, or at least the timescale for quantitative assessments.

※3 （原文）6.45. （略） For above surface disposal facilities (e.g. for waste from mining), the uncertainties in modelling results will already be substantial when considering periods of several hundred years, and quantitative estimates may become meaningless already beyond a period of a thousand years.

### 3. 長半減期核種を有意に含む放射性廃棄物の浅地中処分における評価期間に係る課題

廃棄物埋設の安全規制は線量評価に負うところが大きく、規制を適切に行うためには、線量評価が十分な科学合理性を有した設定の下で行われる必要がある。

線量評価を行うためには、埋設した放射性廃棄物に含まれる放射性物質の量や濃度に加えて、人工バリアからの放射性物質の漏出、天然バリア中の放射性物質の移動及び生活環境での公衆の被ばくの計算が必要となる。

このうち生活環境での公衆の被ばくを計算するためには生活様式等を設定する必要があるが、これは将来の人間活動に依存し、予測することはできないため、現在の処分場周辺における生活様式等が将来も同じであると仮定することとしている。

したがって、線量評価において科学合理性が求められるのは、廃棄物埋設地に存在している放射性物質の量や濃度、並びに放射性物質の移動を抑制する人工バリアや天然バリアの性能を決めるこれらバリアの状態設定（バリア中における地下水を介した放射性物質の移行挙動を含む）であり、このうち人工バリアや天然バリアの状態設定の不確実性は、一般的に評価を行う期間が長くなるほど大きくなる。

自然事象シナリオにおいては、主として短半減期核種を含む放射性廃棄物を浅地中処分する場合は、計算上の線量ピークは規制期間終了後の比較的短期に現れることが想定されるため、人工バリアや天然バリアの状態設定の科学合理性が求められる期間も比較的短期間となる。一方、ウランをはじめとする長半減期核種を有意に含む放射性廃棄物を浅地中処分する場合は、人工バリアや天然バリアの状態設定について信頼性を確保可能な期間を超える長期において計算上の線量ピークが現れることも想定されるが、このような場合の線量ピークの値の信頼性は低い。

人為事象シナリオについては、ビルドアップしない長半減期核種を有意に含む放射性廃棄物の場合は、短期的に減衰が期待される放射性廃棄物と同様に、廃止措置の終了直後の時点での線量評価結果が最大となることから、廃止措置の終了直後（即ち規制期間終了直後）の時点の評価を行うことで信頼性が確保される。一方、ウラン廃棄物を対象とする場合、ビルドアップの影響から、埋設から時間が経過するほど評価結果が厳しくなる可能性がある。ただし、ビルドアップの影響が顕著となるのは、人工バリアや天然バリアの状態設定について信頼性を確保可能な期間を超える数万年後であることから、このような時点における線量の計算値の信頼性は低い。

### 4. 考慮すべき評価期間の設定の考え方

規制として考慮すべき評価期間は、評価の長期化に伴う評価結果の確実性の低下がどの程度許容されるかの観点から、人工バリアや天然バリアの状態設定の不確実性に影響を及ぼす廃棄物埋設地及び周辺環境の安定性に着目して設定することが考えられる。

その際、評価の信頼性を確保可能と考えられる期間を超える長期において計算上の線量ピークが現れることが想定される場合は、長期における不確実性への考慮が必要と考える。

#### (1) 浅地中処分における考慮すべき評価期間について

上述のとおり、浅地中処分に係る現行の基準では、自然事象シナリオについて線量ピークまで評価することとしており、考慮すべき評価期間を定めていない。これは、放射性物

質が概ね減衰するまでの期間が、トレンチ処分の場合は数10年以内、ピット処分の場合は300～400年程度以内であること、また計算上の線量ピークまでの期間が規制期間に照らし大きな乖離がなく、この程度の期間であれば人工バリアや天然バリアについてある程度の信頼性がある状態設定が可能と考えられ、評価シナリオの科学合理性が大きく低下することがないことを前提としている。即ち、浅地中処分においては、これまで埋設された又は計画された廃棄物の特徴により、考慮すべき評価期間を定める必要性が小さかったものと考えられる。

他方、浅地中処分の廃棄物埋設地が設置される地表近くの環境は、降雨や風による侵食等の自然現象により常に変化しており、規制期間終了後は事業者による廃棄物埋設地の保全措置が講じられることはなく、また人為的な要因で容易に変化する可能性もある。規制期間終了後は、このような状況の下で数10年又は数100年が経過することを考えれば、人工バリアや天然バリアが大きく擾乱を受けることにより、線量評価におけるバリアの状態設定の科学合理性が低下し不確実性が高まっていくと考えられる。

このため、評価の信頼性を確保可能と考えられる期間の観点で浅地中処分の自然事象シナリオにおいて考慮すべき評価期間を設定するとすれば、数100年を超える期間として、規制期間終了後1000年程度が目安になると考えられる。

この点については、IAEA SSG-23においても同様の記述が見られ、1000年を超える線量評価は意味を持たないかも知れないとしている。

## (2) 長期における評価の不確実性への対応

浅地中処分においては、(1)のとおり考慮すべき評価期間として1000年程度を目安にしたとしても、次のような場合には、これを越えた期間の評価を行うとともに、長期の評価に伴う不確実性の高まりに対する考慮が必要になると考えられる。

- ① 長半減期核種が有意に含まれる場合の自然事象シナリオの評価において、考慮すべき評価期間を超えたところに計算上の線量ピークが現れる場合 (②を除く)

【対応】自然事象シナリオにおいて考慮すべき評価期間を超える期間については、明らかに保守的と考えられる設定の下で線量ピークまで計算し、その結果が自然事象シナリオの線量基準<sup>※4</sup>を著しく超えないことを確認する。

- ② ウラン廃棄物の埋設に係る直上居住シナリオ又は人為事象シナリオにおいて、ビルドアップやラドンの影響により計算上の線量ピークが現れる場合

【対応】廃棄物埋設地からの放射性物質の漏出を考慮しない等の明らかに保守的と考えられる設定で評価しても、ビルドアップやラドンの影響が顕著となる数万年以上の線量が著しく高くなることがないことを確認する。

---

※4 最も厳しいシナリオについては0.3 mSv/y。最も可能性が高いシナリオについては0.01 mSv/y。

## ウラン廃棄物のクリアランス及び埋設の規制に関する検討（第 1 回）

令和 2 年 7 月 1 日

原子力規制庁

### 1. 経緯

第 7 回原子力規制委員会（令和 2 年 5 月 28 日）において、原子力規制庁よりウラン廃棄物のクリアランス及び埋設の規制に関する検討の進め方について諮った際、原子力規制委員会から「分岐点」について整理するよう指示があった。

### 2. 分岐点の整理

ウラン廃棄物の規制制度の設計に当たっては、前回委員会資料で示した大小様々な論点・課題があるが、本資料では、規制制度に大きな影響を与えると考えられる特に重要な論点を抽出し、「分岐点」として整理した。

また、国際基準の枠組み及び原子炉等規制法におけるクリアランスと第二種廃棄物埋設に係る現行の規制制度の枠組みを踏まえつつ、抽出した「分岐点」を問いの形にし、それを分岐点と考えた理由、それぞれの問い対し YES 又は NO とする場合の理由等について整理した（添付の別表を参照）。更に、ウラン廃棄物の埋設を例にとり、別表の整理を基にフローチャートを作図した（添付の図を参照）。

### 3. 本資料の性格

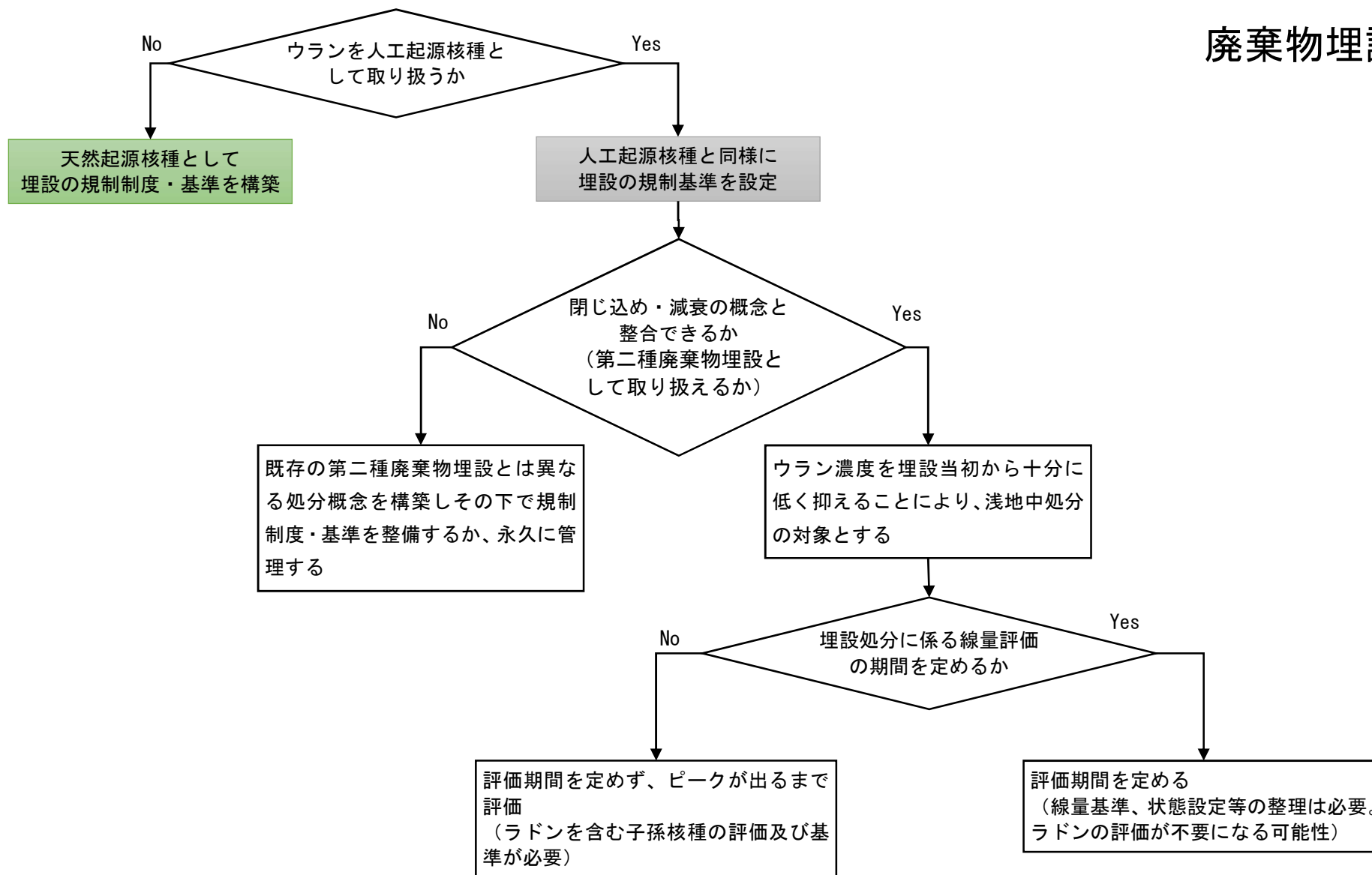
本資料は、規制制度に大きな影響を与えると考えられる特に重要な論点を抽出したものとどまり、事務局が考える具体的な検討内容や何らかの判断を示すものではない。本資料の表や図の構成や論理構成、文章表現、用語の選択等は、それぞれの分岐点の位置付けの理解に資するべく選択したものであって、事務局としての特定の判断を含むものではない。

(別表) ウラン廃棄物の規制に関する分岐点の整理 (案)

分岐点	分岐点と考える理由	YES とする場合	NO とする場合
【クリアランス】 ウランを人工起源核種として取り扱うか	天然起源核種であるか人工起源核種であるか等の放射線防護における位置付け如何により、適用する規制概念や関係する規制制度・基準が異なるなどの影響を及ぼす可能性がある。	国際基準、EU 諸国の規制基準との共通性・協調性の確保を重視する。 EU 諸国との共通性を確保するとともに、これら諸国と同様の考え方によりクリアランスレベルを検討・設定できる。 なお、人工起源核種として取り扱うことを基本としつつ、天然に有意に存在するというウランの特徴を踏まえ、天然起源核種であることを考慮に入れることはできる。	定義に従うと、ウラン廃棄物のウランは天然起源核種として取り扱うことが妥当である。また、NORM であってもウラン廃棄物であっても、ウランによる被ばくは同じであり、科学的に両者を区別する合理性が乏しい。 この場合、IAEA GSR Part3 の天然起源核種のクリアランスレベル ( $^{238}\text{U}$ 系列核種それぞれに対して 1 Bq/g) を適用できる可能性がある。ただし、この考え方でクリアランスレベルを設定している国は見当たらない。
【埋設処分】 (1) ウランを人工起源核種として取り扱うか	(同上)	専ら人工起源核種を念頭に置いて整備された第二種廃棄物埋設等の既存の規制制度及びその基準の枠組みの中で取り扱うことができる可能性がある。 なお、人工起源核種として取り扱うことを基本としつつ、天然に有意に存在するというウランの特徴を踏まえ、天然起源核種であることを考慮に入れることはできる。	天然起源核種に特化した規制概念や規制制度・基準を構築し、その中でウランの埋設処分を検討する必要がある。
(2) 閉じ込め・減衰の概念と整合できるか (第二種廃棄物埋設として取り扱えるか)	既存の廃棄物埋設の基本的考え方は、放射能の減衰に応じた閉じ込め(漏出の防止・低減)である。ウランは、長期に亘り埋設地内に閉じ込め減衰を待つことはできず、いずれは移行・拡散することが避けられない。このため、既存の処分概念との整合性について整理する必要がある。	ウラン濃度を埋設当初から十分に低く抑える(条件付きとする)ことにより、閉じ込め・減衰を基本的考え方とする浅地中処分の対象にできるという考え方。また、国際基準の考え方とも整合する。 なお、中深度処分では、長半減期核種濃度を制限している。	ウランは減衰しないため、既存の第二種廃棄物埋設としては扱わないという考え方。 この場合、既存の第二種廃棄物埋設とは異なる規制概念を構築しその下で規制制度や基準を整備するか、永久に管理を行うこととなる。
(3) 埋設処分に係る線量評価の期間を定めるか	線量評価は埋設処分に係る規制の根幹である。長期の間にはウランが移行・拡散すること、地表面近傍の環境変化により埋設地に対する擾乱が生じることから、長期の線量評価の位置付けが重要となる。 なお、評価期間を定めるかどうかは、1 万年後以降にビルドアップが顕著となるラドン等の子孫核種の取扱いに影響する。	ウランの特徴から長期の評価を行う意味が乏しく、また不確実性の高い評価を基に規制を行う合理性が乏しいとすれば、評価の期間を定める妥当性はある。 この場合、一定期間内の線量評価を行うこととなり、設定する期間によっては子孫核種、特にラドンの評価を行う必要がなくなる可能性がある。	既存の浅地中処分の規制基準では線量評価の期間を定めていないことから、これを踏襲する。 この場合、評価期間を定めず、ピークが出るまで評価を行うこととなる。子孫核種、特にラドンの評価を行うこととなり、こうした不確実性の大きい超長期の評価に対する線量基準等の検討が必要となる。

図 ウラン廃棄物の埋設に係る規制に関する分岐点（フローチャート）

# 廃棄物埋設





# ウラン廃棄物の規制に関する課題・論点マップ（案）

## ウランの特徴

- （ウランについて）
- 地球創世時から存在する放射性核種であり、半減期が極めて長い
  - 日本の土壤中の平均濃度 約 0.03 Bq/g
  - 日本における自然放射線による被ばく線量（約 2mSv/年）のうち、ラドンによる被ばくは約 0.5mSv/年

- （ウラン廃棄物について）
- ウラン廃棄物に含まれるウランは、原子力利用を目的とした製錬等の処理を経て、子孫核種が除去されている
  - 長期的には子孫核種が生成し、時間の経過とともに放射能及び被ばく線量が大きくなる（ビルドアップ）
  - 子孫核種の一つであるラドンは希ガスであり、その挙動及び被ばくへの寄与は他の子孫核種とは異なる

## ウラン廃棄物に関する国際基準

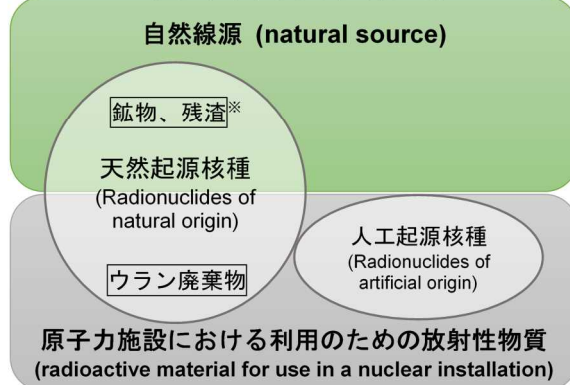
### クリアランス

- IAEA GSR Part 3 RS-G-1.7, SRS-44
- ICRP Publ. 103, Publ. 104
- EU 2013/59/EURATOM (2013) RP-122, RP-157

### 廃棄物埋設

- IAEA SSR-5 SSG-23 SSG-29

## ウラン廃棄物の放射線防護上の位置づけ（主にクリアランスに対して）



※ NORM の代表的な廃棄物

## 諸外国の例

### クリアランス

- ベルギー
- ドイツ
- フィンランド
- スウェーデン
- 英国

### 廃棄物埋設

- ベルギー
- フランス
- 英国
- 米国

## 課題・論点①

## ウラン廃棄物の規制上の基本的考え方

## 課題・論点③

### クリアランス

- 安全確保の考え方（クリアランスレベル設定の考え方）
- 規制の指標（クリアランスレベル）

### 課題・論点②

### 廃棄物埋設

- 安全確保の考え方
- 規制の指標
- 線量評価・評価期間

## 課題・論点④ 制度的管理

## 既存の規制制度

### クリアランス

- 安全確保の考え方  
クリアランスレベルは線量基準に対し種々のシナリオを考慮した上で導出されたもの
- 規制の指標
  - ・ IAEA RS-G-1.7 に記載のクリアランスレベル（放射能濃度）を委員会規則に取入れ
  - ・ ウラン ( $^{234}\text{U}$ 、 $^{235}\text{U}$  及び  $^{238}\text{U}$ ) のクリアランスレベルはそれぞれ 1 Bq/g（金属のみ）

### 第二種廃棄物埋設

- 安全確保の考え方
  - ・ 「放射能の減衰に応じた管理」、管理期間
  - ・ 放射性物質の漏えいを防止又は低減する機能
- 規制の指標
  - ・ 全  $\alpha$  核種に対する濃度上限値
  - ・ 線量基準
- 線量評価・評価期間
  - ・ 自然事象シナリオ、人為事象シナリオ
  - ・ 線量評価の最大値が出るまで
- 制度的管理（中深度処分のみ）

## 課題・論点

- ① 国際基準におけるウランの取扱いの整理（「天然起源核種」「人工起源核種」「NORM」「ウラン廃棄物」等の関係整理を含む）。その上で国際基準等において規定されている放射線防護の考え方や基準とどこまで整合を取るか（整合を図ることが適切と考えられる事項の整理）。
- ② ウラン廃棄物の規制に係る基本的な考え方を検討するに当たり、クリアランスと廃棄物埋設との関係をどのように整理するか。
- ③ ウラン廃棄物の規制上の取扱い及び考え方を検討するにあたり、以下に示す事項についてそれぞれどう考えるか。

### クリアランス

#### ○安全確保の考え方（クリアランスレベル設定の考え方）

天然起源核種として自然界に存在する天然起源核種の量を考慮して設定すべきか、人工起源核種と同様に設定すべきか。産廃処分される場合のシナリオと浅地中処分との関係整理

#### ○規制の指標（クリアランスレベル）

金属に対する現行のクリアランスレベル（1Bq/g）とそれ以外の対象物のクリアランスレベルとの関係整理。仮に両者が異なる値とした場合、一つの放射性核種に対して複数の基準を設定することの合理性。

### 廃棄物埋設

#### ○安全確保の考え方

廃棄物埋設の安全確保の基本的な考え方である「(放射能の減衰に応じた)漏出の防止・低減」の適用の考え方。「移行・拡散」及び「物量・濃度制限」等の新たな考え方の導入の必要性（ウラン以外の長半減期核種については濃度上限値で十分か）。その他安全確保のために必要な考え方は何か。

#### ○規制の指標

線量基準、濃度基準、その他規制の指標として適当なものは何か。

#### ○線量評価・評価期間

線量評価における放射性核種の移行・拡散等、発生が合理的に想定できる範囲内の事象の取扱い。線量評価における子孫核種のラドンの取扱い。減衰しない放射性核種に関し、評価すべき期間の考え方。

#### ○制度的管理

ウラン廃棄物の埋設に関し、制度的管理をどう考えるか。

- ④ クリアランス及び廃棄物埋設に関する既存の規制制度及び基準をウラン廃棄物に適用した場合の限界はどこか。特に、③の廃棄物埋設で示した事項のうち、線量評価・評価期間、制度的管理についてはどうか。

※本マップは、今後の検討状況により、適宜修正するものである。

令和2年度原子力規制委員会  
第13回会議議事録

令和2年7月1日（水）

原子力規制委員会

令和2年度 原子力規制委員会 第13回会議

令和2年7月1日

10:30～12:30

原子力規制委員会庁舎 会議室A

議事次第

- 議題1：帰還困難区域の放射線防護対策について（特定復興再生拠点区域外における土地活用関連）
- 議題2：原子力発電所の新規制基準適合性審査の状況について
- 議題3：ウラン廃棄物のクリアランス及び埋設の規制に関する検討（第1回）
- 議題4：放射性同位元素等規制法に基づき検査等の業務を行う登録機関に対する立入検査結果（令和元年度）について
- 議題5：国際原子力機関（IAEA）による「2019年版保障措置声明」の公表について

どれくらい先が掛かるかということについては、なかなか今の時点では申し上げられませんが、ただ、有識者会合の結論が、実は2回にわたって出ているわけですね。これは事業者側が不服を述べて、有識者会合の評価会合をやり直した上で、もう一度結論が出て、それが活動性が否定できないということで変わらなかったということがあるわけですね。

その上で現在の審査をやっているということですので、なかなかその結論を覆すだけの事実がまだ出てきていないということです。

○更田委員長

それで更に浦底断層というのがあるというところだろうと思いますけれども。

ただ、当面は柱状図書換えのものについて、きちんとした説明が受けられるように、調査会社の報告書等も含めてきちんと確認をしてもらうということからまずはということなのだろうと思いますけれども。

ほかになければ、本件は報告を受けたということにしたいと思いますが、よろしいでしょうか。

ありがとうございました。

3つ目の議題は、「ウラン廃棄物のクリアランス及び埋設の規制に関する検討(第1回)」。第1回としてですけれども、ウラン廃棄物に関する議論で分岐点のような判断の分かれ目となるようなところについて説明をということで、まだ1回目という形になります。説明は大村審議官、小野管理官、青木調査官からお願いします。

○大村長官官房審議官

審議官の大村でございます。

今、委員長から御紹介があったとおり、委員会におきまして、この分岐点というものについて整理するように指示があったということで、今日はそれを整理してまいりました。資料の説明は小野管理官と青木調査官の方から行います。

○小野原子力規制部審査グループ安全規制管理官（研究炉等審査担当）

研究炉等審査部門の小野でございます。

資料3に基づいて、御説明します。

2. を御覧いただきたいと思いますが、分岐点の整理ということでございます。

このウラン廃棄物の規制制度の設計に当たりまして、大小様々な論点、課題がございますが、本日御用意した資料では、規制制度に大きな影響を与えると考えられる特に重要な論点を「分岐点」ということで整理してございます。

この分岐点はどういう形で整理をしたかということでございますが、問いの形にいたしまして、それを分岐点と考えた理由、それぞれの問いに対しましてYES又はNOとする場合の理由などについて整理を、添付の別表ということでしてございます。

もう一つ、ウラン廃棄物の埋設を例に取りまして、別表の整理を基にフローチャートを作図してございます。

3.、本資料の性格でございますが、特に重要な論点を抽出したものととどまっております。事務局が考える具体的な検討内容や何らかの判断をこの資料で示しているものではございません。表や図の構成や論理構成、文章表現、用語の選択は、それぞれの分岐点の位置づけの理解に資するべく選択したというだけでありまして、事務局としての特定の判断を含むものではないということを御留意いただければと思います。

以降、青木調査官の方から説明いたします。

○青木原子力規制部審査グループ研究炉等審査部門技術研究調査官

研究炉等審査部門の青木です。

2 ページを開いていただきまして、こちらに別表として「ウラン廃棄物の規制に関する分岐点の整理（案）」として表を示しております。

この表の一番左の列ですが、分岐点ということで、一番上にクリアランスで1つ、その下に埋設処分で（1）から（3）まで3つの分岐点を今回設定しております。

埋設処分の方ですけれども、（1）から（3）の分岐点は3ページに示しますフローチャートのひし形（の枠）と対応しております。フローチャートではひし形（の枠）が3つありますけれども、これは別表の（1）から（3）の分岐点に対応しているというところでございます。

別表に戻っていただきまして、まず分岐点の1つ目、クリアランスですけれども、クリアランスウランを人工起源核種（人工、人工核種）として取り扱うかという分岐点1つだけ、今回抽出しております。

これを分岐点と考えた理由ですけれども、天然起源核種（天然、天然核種）であるか、人工起源核種であるかという放射線防護における位置付けのいかんによって、適用する規制概念や規制制度が異なるという影響はあると考えましたので、これを分岐点としております。

これを分岐点とした理由の右側に、YESとする場合、NOとする場合という2つの列がありますけれども、それぞれYESとするとした場合の理由と、その選択肢を取った場合の簡単な結論といえますか、どういう規制制度になるかといったことも簡単に書いております。

YESとする場合ですけれども、国際基準、EU諸国との共通性・協調性の確保は重視するという考え方です。EU諸国と共通性を確保することによって、EU諸国と同様の考え方によってクリアランスレベルを設定、検討することができます。

その下、なお書きがありますけれども、人工起源核種として取り扱うことを基本としつつ、天然にウランが有意に存在するという事実は変わりませんので、そういったウランの特徴を踏まえつつ、この天然起源核種であるということを考慮に入れた形でYESという選択肢を取るという考え方はできるのではないかと考えています。

NOとする場合、ウランは飽くまで天然であるという立場に立って、NORM（自然起源の放射性物質）と区別することの合理性は乏しいという考え方を取るものです。この場合には、IAEA（国際原子力機関） GSR Part3の天然起源核種のクリアランスレベルで1 Bq/gという

数字がありますので、この数値をそのまま使うことができるでしょうと考えています。

ただし、この考え方でクリアランスレベルを設定している国は、今のところ見当たりません。

次に、埋設処分の方に行きまして、まず1つ目が、ウランを人工起源核種として取り扱うかということで、これはクリアランスのときと同じ分岐点として設定しています。理由もクリアランスと同じです。

この分岐点でYESとする場合、専ら人工起源核種を念頭に置いてこれまでの二種埋（第二種廃棄物埋設）の規制制度は整備されてきていますので、その規制制度や基準の枠組みの中で取り扱うことはできるのではないかという考え方です。

これをNOとする場合ですけれども、天然起源核種として扱うとした場合には、天然起源核種に特化した規制概念や規制制度、基準を構築して、新たな天然起源核種のウランの埋設の処分という形で検討する必要があるかと思っています。

(2)ですけれども、閉じ込め・減衰の概念と整合できるかという分岐点を設定しています。この分岐点は、第二種廃棄物埋設として取り扱えるか、いわゆる既存の埋設の枠組みに収まるかどうかといった分岐になろうと思います。

分岐と考えた理由ですけれども、既存の廃棄物埋設の基本的考え方は、減衰と閉じ込めです。この閉じ込めという言葉ですけれども、現在の第二種廃棄物埋設の規則（核燃料物質又は核燃料物質によつて汚染された物の第二種廃棄物埋設の事業に関する規則、第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則）、解釈（第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈）の中ではこの言葉は使っていません。規則の中では漏出の防止・低減という言葉に変わっていますけれども、考え方としては閉じ込めという考え方が含まれていると考えています。

このウランは、長期にわたって埋設しないで閉じ込め・減衰を待つということは現実的ではありませんので、いずれ移行・拡散するでしょうと。この既存の処分概念、減衰・閉じ込めとどのように整合を取るのかという整理が必要だと考えたため、分岐点としております。

YESとする場合ですけれども、ウラン濃度を埋設当初から十分に低く抑えるという条件つきにすることによって、この閉じ込め・減衰を基本的な考え方とする浅地中処分の対象にできるという考え方です。

このような、濃度を当初から低く抑えるというものは国際基準にも書かれていますので、その国際基準の考え方とも整合すると考えます。

一方、NOとする場合ですけれども、ウランは減衰しない、ビルドアップ（時間の経過とともに子孫核種が生成し、長期的にはそれらの影響が大きくなる）するという特徴を持っていますので、既存の二種埋としては取り扱わないという考え方です。

この場合には、既存の第二種廃棄物埋設とは異なる規制概念を構築して、新たな規制制度や基準を整備する、若しくは永久に管理するという選択肢もあろうかと思っています。

最後、（３）が埋設処分に係る線量評価の期間を定めるかという分岐点を置きました。この分岐点は、ビルドアップするというウランの特徴を考えると、長期的に上がってくる子孫核種とか、ラドンをどのように扱うかという論点と置き換えていただいても結構かと思えます。

この分岐点を置いた理由ですけれども、線量評価は埋設処分に係る規制の根幹であること。長期の間には、ウランは移行・拡散するということと、特に浅地中処分の地表面近傍の環境変化によって埋設地に対する擾乱が生じるということから、長期の線量評価の位置付けが非常に重要となってきます。

この評価期間をどう定めるかによって、ビルドアップ、特にラドンの扱いについて影響が大きいと考えています。

YESとする場合ですけれども、ウランの特徴から、長期の評価を行う意味が乏しく、また不確実性の高い評価を基に規制を行う合理性が乏しいという判断があれば、評価の期間を定めるという妥当性はあろうかと考えています。

この場合ですけれども、一定期間内の線量評価を行うこととなりますので、評価する期間によっては子孫核種、特に数十万年後のラドンといったものの評価を行う必要がなくなるということが考えられます。

一方、NOとする場合ですけれども、既存の浅地中処分の規制基準では、線量評価の期間は定めていないということから、これを踏襲するという考え方です。この場合には、期間を定めることはなく、ピークが出るまで評価を行うということになりますので、子孫核種、特にラドンの評価を行うことになりますので、こういった長期の不確実性の大きい評価に対して、線量基準やこの扱いをどうするかということの検討が必要となります。

先ほど3ページ目のフローチャートは、別表の（１）から（３）までの分岐点と対応していると申し上げました。一応（１）、（２）、（３）の順番は上から流れるように書いていますけれども、順番が前後する場合も当然ありますでしょうし、それは今後議論をして、検討を進める上で変わっていくものかと考えています。

説明は以上です。

○更田委員長

青木調査官の説明の最後にありましたけれども、埋設についてはフローチャートの形で描かれているから目立つけれども、線量評価の期間を定めるか定めないかうんぬんと、その上の二種埋として扱えるかどうかというのは関連していますので、当然このフローチャートの流れどおりになるものではないのです。ですから、今説明のあったものでクリアランスについては1つ、埋設については3つの設間があると考えていただきたいと思います。

その上で、御質問と御意見をいただきたいと思いますし、可能であれば4つの設間に対してそれぞれの御意見をいただければ。現時点ではもちろん保留でも構いませんけれども、御意見をいただければと思います。

これはできればお一人お一人、全ての委員から御意見をいただきたいと思います。



どなたからでも。

では、私から口火を切ると、これは分かりやすく見解を申し上げると、まず、クリアランスに関して、それから埋設に関しての1問目とこの2つ、要するに人工起源核種として取り扱うかどうかというところが実は私としては一番悩んだところで、ロジックなのですが、ただ国際基準や欧州各国のプラクティスを見ると、どこも一旦人の手が入ったということになると人工核種として（扱う）、ただ放射線そのものは天然であろうと人工であろうと同じではあるのだけれども、一旦加工なりうんぬんがあったものは人工という考え方が主流であって、更に言えば、これは人工と考えても天然と考えても、その後の扱い、特にクリアランスなんかは恐らく余り変わったものにはならない、同一のものになる可能性がある。

迷いはしましたけれども、そういった意味では、主流の考え方ということで、クリアランス、それから埋設ともにウランは人工核種として扱うと。

その上で、二種埋と言いましたが、第二種廃棄物として取り扱えるかどうか。これは私は迷うことなくYESでありまして、やはり問題になるのは線量であって、線量で考えるべきなので、では線量をきちんと考えればいいのであって、ビルドアップという特徴を有するから二種埋と異なる概念をとというのは、私は全く当たらないとっていて、これは二種埋であろうと。

この問いと密接に関連するのですけれども、線量評価ですが、これはやはり議論を進めていく上では、これまでも示されているけれども、線量評価を改めて示してもらう必要があるだろうとっていて、線量評価にも4つあるとと思っているのです。

一つは、地中での放射性核種の移行を考えるものと考えないもの。考えないものというのは非常に仮想的なものではあるのだけれども、ある意味、線量評価としては最も保守的になるわけだけれども、地中に入れたらもうずっとそこにいます。10万年後、100万年後もずっといるという評価。

もう一つは、気体を含むものと気体を含まないもの。ウランで最も議論となるのはラドンなのだけれども、ラドンのピークが立つといいますが、立ったところで、被ばくの観点から言うとすぐに地上へ出てきて、ただしそこにとどまる期間というのは極めて短いですね。ですから、物を考える上では、気体込みのものとなしのものを見せてもらいたい。

そうすると、さっきの移行あり・なしと、気体を含む・含まないで「2×2」で4通りという単純なものなのですから、計算はできると思うので、それを見せてもらいたいと思います。

そして、その4つを見るときに、判断の根拠とする水準はおのずと異なるのだらうとっているのです。結局、例えば年間被ばく線量で言ったら1 mSvなり5 mSvなり考えた方がいいものと、10mSvないし20mSvでいいものと、非常に保守的な計算だったら、それは20mSvを下回るという判断の仕方もあろうかと思っています。そういった意味で、線量評価に関して二種埋としての取扱いというのは関連をしているのだけれども、線量評価に関してはそ

ういった幾つかのケースをやる。

それから、移行を考えないものに関しては、ずっと後段もあるのだろうけれども、移行を考えた方の解析結果というのはおのずと信頼性には限界があるだろうと。10万年後、100万年後の移行を考慮した線量評価というのは、それによって立って判断を行うというのは、私は科学的に非常に難しいだろうと。移行を考えた線量評価というのは、1000年とか1万年というところまでが参酌する上で要するに考慮に入れることができるような期間であると思っていますので、線量評価の期間を定めるかというのは、計算してみるという意味ではやってみればいいのだけれども、考慮にどこまで入れるかという意味においては、私は期間を定めるべきだろうと思っています。

以上です。

伴委員。

○伴委員

まず初めの天然か人工かということなのですけれども、これはそういう切り方もできるのですけれども、国際基準、EU諸国がなぜそれを人工核種として扱っているかということを考えるのに重要なのは放射線防護の枠組みで、いわゆるICRP（国際放射線防護委員会）の2007年勧告の被ばく状況の話です。結局、原子力利用のためにウランを取り出してきて使うというのは、計画被ばく状況ではないかと。それに対してNORM、ですからある種の建材であるとか、肥料といったところに天然起源の核種が含まれて被ばくをするというのは現存被ばく状況ではないかと。

だから、放射線防護の枠組みとしては、当然その2つは分けて考えるべきだというところに端を発している。それは非常に合理的だと思います。

一方で、人工か天然かというのが問題になるのは、ウランが非常に半減期が長く、しかもビルドアップしてくるので、それは何を意味するかというと、我々の環境から完全に除去してしまうことができないという意味です。だから、その特性は当然、この後の分岐点を考えるときに留保しておくべき、そこを考えるべきだとは思いますが。

そして、埋設処分の方の（2）なのですが、現行の廃棄物処分の枠組みの中に収まるかという問いであるとすれば、それは収まると思うのですけれども、ただ、現在の廃棄物処分の考え方というのは、人間の生活環境から隔離して、隔離している間に減衰を待つ、なくなるのを待つというのが基本だと思います。そうしたときに、ウランはなくならないですから、隔離する必然性というか意味がどこにあるのかという別の問題が生じます。

（3）に関しては、私は超長期の評価をすることに関しては否定的です。それは余りにも、それこそ何万年、何十万年先を見るということは、評価として果たしてどこまで信頼性があるのかという問題がありますし、ましてそこにラドンを含めるとなると、ラドンに関してはそんな先ではなくても、現在の評価であっても他核種との平衡状態といったものをどう仮定するかによって、オーダーで評価値が変わってしまいます。だから、そんなものを評価に含めるということはほとんど意味を持たないと考えます。

○更田委員長

ほかにいかがですか。

田中委員。

○田中委員

いろいろと分岐点を示して、総合的な議論を深めるという観点から示したものだと思いますし、その中で、委員長から先ほど、私がこれはどういうふうにかけているのかという、もうちょっと一歩踏み込んだような質問だったかと思いますが、今日はそのような質問があると思っていなかったのですけれども、そういうことを踏まえて、そういうことの状態ごとに若干の感想的なこともあるとすれば、クリアランスも埋設処分も、1個目の分岐点というのは人工かどうかという話ですけれども、ここは人工起源として扱うということがいいかと思います。

同時に、ここで別表の中で「なお、」というのがありますね。なお、このような場合には、天然であるということも考えなければいけないのだということを、評価期間をどうするか等々ということには、ただ、人工だけでは意味がなくて、天然になるということも考えながら、幅広にどう考えるかということが大事になってくるのかなと思います。

埋設処分の2つ目（（2））ですけれども、ここで悩ましいのは、第二種廃棄物埋設の扱いができるかどうかということと、その文章を見ると、中にはウラン濃度を埋設当初から十分に低く抑えることにより等々と書いているのですけれども、このような考え方が二種埋の規則（第二種廃棄物埋設の規則）の考え方の中でうまく理解できるかどうかというのがポイントになってくるかと思います。

閉じ込めとかがあるのですが、それと同時に、2ページ目の（2）の2つ目の分岐点ですけれども、移行・拡散が避けられないとあるのです。完璧な閉じ込めはできないので、移行・拡散があるのだということを含めて、どのようにこれを考えられるかが一つの重要なポイントになってくるかと思います。

大きくは二種埋の中でできるといいますが、その辺のところを丁寧に説明しないといけないのかなと思います。

線量評価ですけれども、皆さんが言われるように、評価期間を定めるということが大事でございますし、海外の例などを見ても評価期間を定めてございます。

同時に、どのようにして線量評価するかということは、先ほどの移行・拡散とも関係してくるのですけれども、幾らそう言っても、長期間にわたってそこに全てあるということはありませんから、どれだけそこに存在しているのかということを考えて、その上に人が住む場合にどうなるかということが一番基本になってくるかと思いますが、それはしなければいけないし、もっと将来、数万年以降どうなるのかとか、ほとんど不確実性も大きいし、その意味がないと思いがながらも、もし仮定したらどうなるかということも、参考のためにやっておくことも意味があるのかなと思います。

以上です。

○更田委員長

山中委員。

○山中委員

まず、人工核種として扱うかどうか。これは間違いなくYESかなと。

(埋設処分の) 2番目((2))の閉じ込め・減衰の概念と整合できるかというのがちょっと悩ましいのですけれども、最後の評価の期間を定めるかどうかというのは、YESかなと。

2番目はちょっと悩ましいところなのですが、現実問題として、普通の環境で浅地中処分にウランをすると、ウランは簡単に移行してしまうので、それを考えると、答えとしてはYESになるのかなと思いました。

ただ、いわゆる移行しないような極端な環境もないことはないのですが、そういう評価はしておかないといけませんし、もちろん長時間置けば、気体の核種もできるわけですから、そういう評価もしないといけないと思うのですけれども、現実問題として、簡単に移行してしまうというものだと考えますので、私はYESかなと。

○更田委員長

結論は同じでも悩むところはやはり違いますね。私は一番上のウラン、人工(ウランを人工起源核種として取り扱うか)で随分悩んだけれども、二種埋としてというのはちゅうちょなく二種埋という方向だったのですけれども、それにはちょっと山中委員の御意見を聞いて、あと田中委員の御意見を聞いて、「閉じ込め」という言葉に最初は随分惑わされたのですね。隔離のためのものではあるのだけれども、ここで言っている閉じ込めというのは、閉じ込めて減衰を待つという本来の人工核種に対する考え方と、そうはいっても隔離の人工バリアに持たそうとする機能は、一定程度の期間なのです。その後は希釈のプロセスが始まると。

特にウラン廃棄物に関して言うと、希釈のプロセスを一定程度遅らせてやるということであって、むしろあとは希釈の方に期待するようなところがある。もともと天然にいたものが天然に帰っていくというところに期待するようなところがあって、だから閉じ込めに期待する期間、移行に関する推移が人工核種と天然核種では異なるけれども、ただここに示されているように、埋設をするときに、むしろ期間の近いところでの被ばくの観点からすると、濃度を一定程度抑えることによって、人工核種とともに二種埋に入れるのはごく自然な措置のように私は思いました。

石渡委員、いかがでしょうか。

○石渡委員

最初の人工核種かどうかという点は、大勢に従って人工核種とするということではないかと思うのです。

閉じ込め・減衰の概念と整合できるかという点ですけれども、しかしこれもある程度、移行・拡散ということを考えてとしても、きちんとしたストーリーを考えて、かなり長期

間にわたる見積りをするということが大事だと思うのです。

例えば、中深度処分の場合は一応10万年という単位で物事を考えているわけですよ。これは氷河期、間氷期という地球での繰り返し、それによって海面が100m以上上下するというようなサイクルが、大体10万年で起きるということが分かっていますので、そういうことを考慮して、10万年という大体の基準ができたと思うのですけれども、そういう意味では、やはり10万年という単位を考えるとビルドアップが無視できないということで、そういうウラン廃棄物については、ほかの核種と違う特徴がどうしてもありますので、そういうストーリーをきちんと考えて、それを規制の中に取り入れるということが大事なのではないかと思えます。

○更田委員長

ありがとうございました。

ほかに御意見ありますか。

手戻りというか、戻ることがあっても構わないけれども、皆さんの意見の中で大きく分かれるところはなかったもので、そういった意味では、クリアランスレベル、それから埋設処分ともに人工起源核種として取り扱うと。そして、二種埋として取り扱えるという方向で考えてみよう。閉じ込め・減衰、こっちの場合（二種埋として取り扱う場合）は閉じ込め・希釈になるのかもしれないけれども、二種埋として取り扱う方向について考えてみよう。

それから、線量評価の期限。線量評価に関しても、伴委員もそうだし私もそうだけれども、ラドン抜き・入りの評価を見てみたいというところはあるし、石渡委員が言われるように評価というか考慮する期間であって、解析結果そのものは、後ろ（13ページ）に付いているものは $10^7$ 年まで示されているけれども、解析結果は $10^7$ 年までやれるのならば示せばいいわけだけれども、そのどこを私たちが評価として考慮するときに対象期間とするかというのは、いずれの委員も評価結果を見た上で、評価期間を決めるということに関しては御異存がなかったように思います。

今後の作業を進める上で、委員会は何を言っているか分からないからここをはっきりさせてというところがあったら、青木調査官、前田調整官から何かあれば。

○前田原子力規制部審査グループ研究炉等審査部門安全規制調整官

研究炉等審査部門の前田です。

今、御指摘いただいた内容で大体このいわゆる分岐点のYES、NOの選択は把握できましたので、その中で、今御指摘があったようないろいろなケースについてお示しをすると承ったと思っていますので、特に悩ましいところは、私はございません。

○更田委員長

その上で、ちょっと先走った議論かもしれないけれども、二種埋として扱うといっても考えられるのはトレンチ処分と中深度処分。ピット処分というのは余りなさそうではあるけれども、考えるときの例示としては、トレンチ処分と中深度処分をケーススタディとし

て示してもらえばいいと思うのですが、このあたりは青木調査官、どうですか。

○青木原子力規制部審査グループ研究炉等審査部門技術研究調査官

研究炉等審査部門の青木です。

これは評価期間の話とかなり密接に関わるところだと思います。ビルドアップをしてくる子孫核種に対して、どう抑えたいかであって、もしウランに対して外周仕切設備のようなコンクリートが有効だということであれば、それは意味があると思いますけれども、子孫核種に対しては余り意味はないと思うのです。

そういったこともありますので、そこは評価と一体ではないかと考えます。

○更田委員長

確かにウランと子孫とで影響が違うので、そういった意味では線量評価をある一定の期間見てということになるのだらうと思います。

伴委員。

○伴委員

今日はみんな余りそこに止まらなかったのですけれども、埋設処分の(2)のYESとする場合のところで、ウラン濃度を埋設当初から十分に低く抑える条件付きと。これも結構重要なポイントだと思うのです。

それによって、つまり埋設の何を狙うかというストラテジーが変わってくる可能性があるのです、それを踏まえて次回、たたき台の資料を作っていただきたいと思います。

○更田委員長

前田調整官。

○前田原子力規制部審査グループ研究炉等審査部門安全規制調整官

研究炉等審査部門の前田です。

今御指摘があったことと、先ほど複数の委員から言われた閉じ込め・減衰、ここは一瞬迷う部分かと思いますが、昨年トレンチ処分の規則(第二種廃棄物埋設の規則)を改正したときに、50年間という事業期間中は、覆土を設置して放射性物質の漏出を低減すると新しく加えました。

この理由というか目的は、埋設当初から高い放射能の状態のまま外に出ないように、50年間は減衰するという、そのためにいわゆる閉じ込めのバリアを設置した。

これを裏返しますと、最初に埋めるときは高い場合は減衰して、手放すときまでには低くしなさいということなので、減衰しないものであれば最初から低くするという事で、第二種(廃棄物)埋設の考え方と整合できるのではないかというのがこの表に書いてある内容ですので、そういった意味で整合性という観点で整理をしてみようかと考えております。

○更田委員長

ほかにありますか。

田中委員。

○田中委員

今、言われたように、今のような考えで、まず埋設処分についていろいろと整理してはどうかということで、クリアランスの方は分岐点の（１）（※正しくは、分岐点は１つ）はそう（人工起源核種）だったのですけれども、更にそれを検討していくと、例えば対象として金属くずだけなのかとか、産廃（産業廃棄物の最終処分）との関係とかいっぱいあるのだけれども、あとはその次の話でいいですね。まずは埋設について検討してみてください。

○更田委員長

これは作業の進め方でもあるのですけれども、いずれにしろクリアランスと埋設処分は考え方の整合は必要だと思うので、そういった意味では、作業をする上で、並行させてもそんなに作業の負荷が変わらないのか、それとも埋設処分をさっさとやろうと。

というのは、ニーズからしたら埋設処分なのかなと思うのですけれども、青木調査官、どうなのでしょう。

○青木原子力規制部審査グループ研究炉等審査部門技術研究調査官

研究炉等審査部門の青木です。

作業としては変わりませんし、先ほど田中委員がおっしゃったとおり、クリアランスの産廃処分を考えたときには、トレンチ処分との類似性がかなりありますので、そこは整合性というか比較をしていかなければいけないところだと思いますので、両方を見ながらというのも方針かなという気がします。

○更田委員長

これも議論の先走りですけれども、クリアランスの面倒なところというか解決しなければならぬのは、むしろクリアランスが産廃場（産業廃棄物の最終処分場）に集まる方が、考え方としては難しいですよ。だから、それとトレンチ処分とを並行して見ていかなければならないというのはいかがでしょう。

○田中委員

総合的にやるということで、全体の抜けがないように、問題点や懸念するところを十分分かりながら、議論できると思いますので、そうするのがいいと思います。

○更田委員長

そうすると、青木調査官、具体的に次のステップは。

○青木原子力規制部審査グループ研究炉等審査部門技術研究調査官

研究炉等審査部門の青木です。

今回の議論でかなり整理はされたのかなと思っていますし、伴委員からおっしゃっていただいたとおり、濃度を十分に低く抑えると。概念的には書きましたけれども、それは幾つなのかとか、更に分岐をもっと細かく振ることも当然でできます。今回はかなり大きな論点だけを集めて分岐としましたけれども、それぞれの分岐点の中でより細かい選択肢はあると思っていますので、そういったところを少し整理して、お示しできればと思っています。

○大村長官官房審議官

大村です。

当初、これは幾つかの大きな固まりの論点があるので、論点ごとに議論していくことを思い描いて最初始めたところがあるのですけれども、今日は全般にわたりまして極めて突っ込んだ議論をしていただきまして、事務局としては非常に今後の準備がしやすくなったということになりますし、全体像がある程度見えているという状況でもありますので、今後の進め方としては、論点ごとというよりは、一つ全体として、こういう絵姿があります、もちろん課題もあるし、細かいところではいろいろな分岐とかオプションもあり得ますので、そういうものを含めて、事務局としてはこういう全体の絵姿が考えられますということ、いろいろな試算も提示をしながら、御議論いただくというのがいいのかなと思いましたが、思いましたけれども。

○田中委員

そういうことが、全体像が分かっていい議論ができるかと思います。私としてはいいと思います。

○更田委員長

よろしいでしょうか。

これは今年の重点ポイント(原子力規制委員会令和2年度重点計画)でもありますので、しかるべき期間でまた再び議論をしたいと思えます。

ありがとうございました。

4つ目の議題ですが、「放射性同位元素等規制法に基づき検査等の業務を行う登録機関に対する立入検査結果(令和元年度)について」。説明は放射線規制担当の宮本管理官から。

○宮本長官官房放射線防護グループ安全規制管理官(放射線規制担当)

放射線規制担当の宮本です。

資料4に基づきまして、放射性同位元素等規制法(放射性同位元素等の規制に関する法律)に基づいていろいろな業務を登録機関が行ってございますけれども、これに対する令和元年度の立入検査結果を御報告させていただきます。

まず初めに検査対象ですけれども、各登録業務、これは9業務19機関が今登録されているという状況でございます。

原則2年に一度実施するというところでありますけれども、平成30年度の立入検査に基づきまして、指摘事項のフォローアップが必要なところについても行ったということがございます。

検査内容につきましては、通常行います財務関係、役員関係、検査員や講師の関係、それから業務規程や下部規程等の確認を行ったということに加えまして、平成30年度の指摘事項に対する状況を確認してございます。

今回の主な検査結果としては、特に法令に基づく命令等を行うような事項はございませ