

「放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルについて」の報告書の
取りまとめにおける対象核種追加選定等の検討について（案）

平成22年10月12日
クリアランス技術検討WG
放射線規制室

1. はじめに

放射線安全規制検討会の下クリアランス技術検討ワーキンググループ（以下、「クリアランスWG」という。）は、第2次中間報告書が取りまとめられて以降の第17回～第21回のクリアランスWGをとおして、第2次中間報告書のクリアランスレベルの暫定値の算出に用いたシナリオ等の妥当性評価を行うとともに、告示に規定するクリアランスレベルの設定に向けた検討を行い、今般、「放射線障害防止法に規定するクリアランスレベルについて」（以下、「RIクリアランス報告書」という。）を取りまとめた。

上記のRIクリアランス報告書の取りまとめに関する検討を進める中で、第2次中間報告書のクリアランスレベルの暫定値の算出に用いた評価パラメータの値の的確性についても確認作業を進めたところ、RI汚染物に係る対象核種として選定されていたW-188について、子孫核種の影響を考慮する観点から、線量係数及び線量換算係数の値の見直しを行う必要性が明らかとなった。

これに加えて、第19回のクリアランスWGにおいて、独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、「原子力機構」という。）より、原子力機構のJT-60施設の改造等に伴って発生する金属材料のクリアランス対象物等の物量の精査結果及びクリアランス対象物に含まれる核種の精査結果に関して報告が行われるとともに、放射線障害防止法でクリアランスレベルを定める核種の追加選定に関する検討の依頼があった。

このようなことから、クリアランスWGにおいて、W-188の線量係数等の値の見直しに伴う影響について評価・検討を実施するとともに、JT-60施設の改造等に伴う金属材料のクリアランス対象物等の物量の精査に伴う評価パラメータへの影響や対象核種の追加についての検討を実施したので、その結果について報告する。

2. W-188の線量係数等の値の見直しに係る検討について

2.1 W-188の線量係数等の値の見直しを行う必要性が明らかとなった経緯及び見直しの結果

国際原子力委員会（IAEA）が取りまとめたRS-G-1.7⁽¹⁾にクリアランスレベルに相当する放射能濃度値が示されていない核種について、第2次中間報告書の検討方法を踏まえて、IAEAが取りまとめた安全レポートシリーズ（Safety Reports Series）No.44⁽²⁾（以下、「SRS No.44」という。）の考え方に則りクリアランスレベルに相当する放射能濃度値（以下、「クリアランス相当濃度値」という。）の確認を進めていたところ、W-188について第2次中間報告書で算出したクリアランスレベルの暫定値に比べて100倍以上大きな値が得られた。このため、評価パラメータ等の設定状況について再確認を行ったところ、表1の「見直し前」の欄に示すとおりW-188の線量係数及び

(1) : 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概念の適用

(2) : IAEA Safety Reports Series No. 44, “Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance (規制除外、規制免除及びクリアランスの放射能濃度の導出)”

線量換算係数の値に子孫核種の影響が考慮されていなかったことが明らかとなり、表1の「見直し後」の欄に示すとおり W-188 の線量係数及び線量換算係数の値として、その子孫核種である Re-188 の値を考慮したものに見直しを行うとともに、見直しに伴うクリアランスレベル暫定値の見直しの必要性についても検討を行った。

2. 2 クリアランスレベルの算出における短半減期子孫核種の影響の考慮について

SRS No. 44 では、RS-G-1.7 に示された基準値の設定根拠として提示されている放射能濃度値（以下、「SRS No. 44 の放射能濃度値」という。）を算出する際に、短半減期の子孫核種を生成する核種については、核種依存パラメータである線量係数等に子孫核種の影響を考慮する必要があるとの考え方が示されている。この考え方を踏まえ、第2次中間報告書では、RI 汚染物及び放射化物に係るクリアランスレベルを設定する対象核種として選定された69核種のうち、SRS No. 44 に放射能濃度値が示されている Sr-90、Mo-99、Ag-110m、Sn-113、Sb-125 及び Cs-137 については、算出の過程において、線量係数及び線量換算係数の値にそれぞれの子孫核種の影響を考慮している。

また、上記69核種のうち、SRS No. 44 に放射能濃度値が示されていない8核種⁽³⁾、Ti-44、V-49、Ga-67、Ge-68、Rb-81、Yb-169、W-188 及び Au-195 については、下記のとおり SRS No. 44 に示された「子孫核種の影響を考慮すべき核種の選定条件」に基づいて、線量換算係数及び線量係数の値に子孫核種の影響を考慮する必要性の有無に関して評価を行った。これらの条件の適合の有無を整理したものを表2に示す。

【子孫核種の影響を考慮すべき核種の選定条件】

(1) 子孫核種の半減期が親核種のものより短い

AND

(2) 子孫核種の半減期が1日未満である

OR

(3) 子孫核種の半減期が親核種の半減期の10%未満で、且つ、子孫核種の半減期が10年未満である。

基準(1)が基準(2)と(3)のいずれか1つと共に満たされるならば、その子孫核種が別々に扱われる必要はないことを意味する。

崩壊系列については、この選定基準を、基準を満たさない核種に達するまで適用し、基準を満たしたすべての子孫核種が、線量計算において考慮されている。

その結果、選定条件に適合し、子孫核種の影響を考慮する必要性のある核種は、Ti-44、Ge-18 及び W-188 となった。

2. 3 W-188 のクリアランスレベル暫定値の見直しについて

W-188 について、表1の「見直し後」の欄に示した線量係数及び線量換算係数を用いて再度算出した RI 汚染物に対する一括クリアランスを想定した場合のクリアランスレベルの暫定値を表3に、RI 汚染物に対する個別クリアランスを想定した場合のクリアランスレベルの暫定値を表4

(3) : RS-G-1.7 にもクリアランスレベルに相当する放射能濃度の値の記載がない核種

に示す。

表 1 に示すように、見直し後の値は見直し前の値に比べて、内部被ばく線量係数で数倍、外部被ばく線量換算係数で 30 倍程度大きくなっており、W-188 のクリアランスレベル暫定値もその割合だけ低下している。これに伴い、一括クリアランスを想定した結果のコンクリートの再利用・再使用に係る決定経路、及び個別クリアランスを想定した結果の金属及びコンクリートの再利用・再使用に係る決定経路が変わるものの、個別クリアランス及び一括クリアランスともに W-188 のクリアランスレベル暫定値となる決定経路（表で「最小値」の欄の経路）は変わることはなく、その値は見直し前の約 30 分の 1 となった。

また、第 2 次中間報告書においては、RI 汚染物及び放射化物に含まれる各核種のクリアランスレベルの暫定値については、国際的なクリアランスレベルとの比較を行う意味で、SRS No. 44 の放射能濃度値との比率（＝クリアランスレベルの暫定値／SRS No. 44 の放射能濃度値）を計算し、その値が概ね 0.1 から 10 の範囲に入るかどうかを確認した結果、RI 汚染物の一括クリアランスを想定して算出した場合及び大規模施設において発生する放射化物を対象として算出した場合の結果は、概ね範囲に入っていることを確認した。ただし、W-188 は、SRS No. 44 の放射能濃度値が示されていない核種であることから、国際的なクリアランスレベルとの比較は行うことは不可能であった。このため、今回、原子力安全委員会の考え方を踏まえた第 2 次中間報告書の方法により線量係数等を見直して算出したクリアランスレベルの暫定値と、SRS No. 44 の考え方に則り算出したクリアランス相当濃度との比を求めたところ、上記の範囲に入ることを確認できた。

3. JT-60 施設の改造に伴って発生する金属材料のクリアランス対象物等の物量及び対象物に含まれる核種を考慮したクリアランスレベルを規定する対象核種の追加選定について

第 19 回のクリアランス WG において、原子力機構より、JT-60 施設の改造等に伴い発生する鉄、ステンレス鋼、アルミニウム及び銅でクリアランス対象物等の物量の精査結果、及びこれらのクリアランスを行う場合に放射能濃度の評価が必要となる核種の追加選定に関する検討結果が報告された。核種の追加選定に関する検討は、第 2 次中間報告書の「クリアランスレベルを算出する対象核種の選定」の考え方を踏まえて行われており、具体的には、Nb-93m、Nb-94、Ag-108m の 3 核種を追加選定することについての依頼があった。

この依頼を踏まえ、クリアランス WG において精査したクリアランス対象物量のクリアランスレベルの暫定値の算出への影響評価及び核種の追加選定に関する検討の実施が合意されたことから、原子力機構が行った評価の内容・結果について検討を行った。

3. 1 JT-60 施設の改造等に伴って発生するクリアランス対象物等の物量を考慮したクリアランスレベル暫定値の算出について

原子力機構のクリアランス対象物の物量がクリアランスレベルの暫定値の算出に与える影響について、以下のとおり評価を行った。

3. 1. 1 JT-60 施設の改造等に伴って発生するクリアランス対象等の物量

原子力機構那珂核融合研究所では、研究所の内規で定めた管理区域の考え方を踏まえ、放射線発生装置室となる JT-60 本体室・組立室の厚さ 2m のコンクリート遮へい壁を境界とし、その外側では計算と実測等から放射能濃度が検出限界以下となるものと推定している。このことから、こ

の遮へい壁で囲まれた範囲を今回の物量算出の対象区域とし、施設の改造又は解体に伴いこの対象区域から発生する機器・構造物を対象として低レベル廃棄物、クリアランスレベル以下の廃棄物等のそれぞれの物量の算出を行っている。

クリアランス WG に対して原子力機構より報告のあった JT-60 施設の改造等に伴い発生することが予想される金属材料のクリアランス対象物等の物量を表 5 に示す。

また、本体室・組立室の約 2m 厚さのコンクリート壁等を対象として、その物量についても精査を行い、本体室及び組立室の壁、天井、床のコンクリートの物量を精査した結果、コンクリートは合計で 72,900 トンとなった。なお、コンクリート壁の内側表面での放射化に関する計算及び同表面における実測の結果等から推定し、これらのコンクリート壁を放射性廃棄物でない廃棄物に相当する物として区分⁽⁴⁾している。

3. 1. 2 クリアランスレベルの暫定値の算出におけるクリアランス対象物量の設定について

第 2 次中間報告書では、決定論的な手法によるクリアランスレベルの暫定値の算出のためのクリアランス対象物量の設定は、以下の考えに基づいて行っている。

放射線発生装置の使用に伴って発生する汚染物（以下、「放射化物⁽⁵⁾」という。）のうちで施設の解体等に伴って発生するクリアランス対象物量は、放射線発生装置の種類（装置の加速エネルギーの大きさやビーム強度等）によって異なる。このため、アンケート調査⁽⁶⁾を行った結果に基づき、装置の加速エネルギーの加速粒子の種類や加速エネルギーの大きさにより施設を区別し、代表的な施設を対象として施設の解体等に伴って発生することが予想されるクリアランス対象物量の算出を行った。

その結果、医療機関のような小規模施設で発生する物量と、研究機関や教育機関のような大規模施設で発生する物量では大きく異なり、それぞれの施設で個別にクリアランスを実施する場合が想定されることなどから、いずれの場合にも安全が確保されるように、大規模施設及び小規模施設のそれぞれに対してクリアランスレベルの暫定値の算出に用いるクリアランス対象物等の物量を求めた。このような考え方に基づくと、JT-60 施設は研究機関の大規模施設に分類されることから、大規模施設に対してクリアランスレベルの算出に用いるクリアランス対象物の物量について精査することとした。その結果を表 6 に示す。

JT-60 施設の改造に伴って発生する金属材料のうちステンレス鋼、アルミニウム及び銅のクリアランス対象物量が第 2 次中間報告書で示した上述の最大物量を上回ることから、金属類のクリアランス対象物量の合計は、第 2 次中間報告書の値を見直して 6,109 (ton) となる。このため、大規模施設の解体等で発生するクリアランス対象物のうち、産業廃棄物としての埋設処分の対象になる物量も、金属類である鉄、ステンレス鋼、アルミニウム、銅の最大物量、及びコンクリートの最大物量を合計した 42,489 (ton) となる。

以上のことから、これらの物量に基づいて決定論的手法によりクリアランスレベルの暫定値の

(4)：原子力安全委員会の「原子炉施設におけるクリアランスレベル検認のあり方について」（平成 13 年 7 月 16 日）を参照

(5)：第 174 回国会で可決された放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律の一部を改正する法律では、「放射線発生装置の使用に伴って発生する放射線によって汚染された物」としている。

(6)：大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構（高エネ研）が大学等放射線施設協議会等の協力を得て行った「国内の代表的な医療機関、研究機関等の放射線発生装置使用施設から発生する廃棄物等の物量に関するアンケート調査」

算出を行う場合に、物量に関連する評価パラメータの変更について検討を行うとともに、暫定値の算出結果についても検討を行った。

3. 1. 3 大規模施設に係る放射化物のクリアランス対象物量に関する評価パラメータ

大規模施設に係る放射化物のクリアランス対象物量に関する評価パラメータは、表 7 に示す 5 つである。

ここで、上記①から⑤の評価パラメータは、JT-60 施設の改造に伴って発生するクリアランス対象物量を考慮した場合、表 8 に示す選定値となる。表中の評価パラメータの選定値の検討結果を踏まえ、再利用・再使用シナリオに係る評価パラメータのうち、見直しが必要となる「③積み下ろし作業時間、運搬作業時間（金属再利用処理）」の値を 550(h/y)としてクリアランスレベルの暫定値の算出を行った。

3. 1. 4 クリアランスレベルの暫定値の算出結果

前述の評価パラメータの選定値に基づいて行った各核種のクリアランスレベルの暫定値の算出結果を表 9 に示す。

JT-60 の改造等に伴い発生するクリアランス対象物の物量の再精査を踏まえて実施した今回のクリアランスレベルの暫定値の算出の結果、第 2 次中間報告書で取りまとめた各核種のクリアランスレベルの決定経路及び暫定値に変更は生じなかった。

3. 2 放射線障害防止法でクリアランスレベルを設定する対象核種の追加選定について

3. 2. 1 JT-60 施設の運転に伴って生成する構造材料中の主な核種

原子力機構は、JT-60 施設の運転に伴って生成する構造材料中の主な核種とその放射能濃度について、1 次元モデルを用いた評価を行っている。まず、JT-60 のドーナツ状プラズマを中性子源とし、プラズマ発生装置の赤道面にて 1 次元無限円筒モデルを適用し、1 次元の輸送解析により中性子束を算出した。その後、運転パターンを考慮した運転停止後の JT-60 本体室内装置近傍の代表地点での誘導放射能を算出した。また、各核種の誘導放射能濃度 D (Bq/g) は連続したモデル体系上のある材料に対して得られる単位体積当り濃度から単位重量当りに換算して求めている。なお、1 次元モデルであることから誘導放射能濃度の値は実際の濃度に比べ保守的評価となっている。

JT-60 施設では、構造材として、鉄（炭素鋼、インコネル）、ステンレス鋼、アルミニウム及び銅が用いられており、これらの材料がクリアランス対象として想定されることから、材料の組成を考慮して生成核種の評価が行われている。特に、磁場コイル用の銅材には、約 0.2wt%の銀が含まれており、通常の加速器施設とは異なった材料が使用されている。また、真空容器構造材には 3.6wt%の Nb を含んだ耐熱耐食性合金であるインコネルが使用されている。

原子力機構の評価結果を基に、JT-60 で用いられている鉄、ステンレス鋼、アルミニウム及び銅で運転中に生成する主な核種及び 1 次元モデルで求めた運転停止後 1 年後の各核種の放射能濃度 D (Bq/g) を表 10 に示す。

さらに、第 2 次中間報告書のクリアランスレベルを算出する対象核種の選定の考え方を踏まえ、それぞれの材料で生成される各核種について、得られた D 値と RS-G-1.7 のクリアランスレベル C (Bq/g) 値との比 D/C を求めたところ、その最大値 ($= (D/C)_{\max}$) は、鉄とステンレス鋼では Co-60

の値、アルミニウムでは Mn-54 の値、銅では Ag-110m の値となる。

3. 2. 2 クリアランスレベルを算出する対象核種として追加選定する核種について

以上、原子力機構が求めた各生成核種の放射能濃度の結果を基にクリアランスレベルを算出する対象核種の選定を行うため、各核種の D/C を (D/C)_{max} で規格化 (= (D/C) / (D/C)_{max}) し、この値を桁で分類した場合に 4 桁目までに入る核種も表 10 にまとめている。

第 2 次中間報告書においても、同様の評価が行われ、放射線発生装置の使用に伴い発生する放射化物に含まれる核種のうち、(D/C) / (D/C)_{max} の値が 4 桁目までに入る核種を、放射化物に係るクリアランスレベルを設定する対象核種として選定していることから、表 10 に示した核種を対象核種として選定する必要がある。ただし、インコネルで生成される Nb-93m と Nb-94、及び銅で生成される Ag-108m は第 2 次中間報告書ではクリアランスレベルを算出する対象核種として選定していなかった核種であり、今回の検討結果を踏まえて対象核種として追加選定することとする。

4. まとめ

クリアランス WG としては、上述の評価・検討の結果を踏まえて、RI クリアランスレベル報告書の取りまとめを行った。

表 1 W-188 の核種依存パラメータ設定値における見直し前後の比較

No.	パラメータ名			単位	W-188 の値 [X]	見直し前 (第2次中 間報告書) [=X]	見直し後 [=X+Y]	Re-188 の値 [Y]		
1	内部 被ばく 線量係 数	作業者	吸入	Sv/Bq	8.4E-10	8.4E-10	1.6E-09	7.4E-10		
2			経口		2.3E-09	2.3E-09	3.7E-09	1.4E-09		
3		一般公衆 (成人)	吸入		5.7E-10	5.7E-10	1.1E-09	5.4E-10		
4			経口		2.1E-09	2.1E-09	3.5E-09	1.4E-09		
5			一般公衆 (子ども)		吸入	5.0E-09	5.0E-09	9.4E-09	4.4E-09	
6					経口	1.5E-08	1.5E-08	2.6E-08	1.1E-08	
7	皮膚被ばく 線量係数		β 線(4mg/cm ²)	Sv/h per Bq/cm ²	N. A.	N. A.	N. A.	3.9E-06		
8			γ 線(7mg/cm ²)		N. A.	N. A.	N. A.	3.4E-09		
9	外部 被ばく 線量換 算係 数	埋設処分 シナリオ	積み下ろし、 運搬作業者	μ Sv/h per Bq/g	1.5E-04	1.5E-04	4.6E-03	4.5E-03		
10			埋立作業、跡地利用、 地下水移行		5.8E-04	5.8E-04	1.8E-02	1.7E-02		
11		再利用 シナリオ	冷蔵庫		1.2E-05	1.2E-05	3.4E-04	3.3E-04		
12			ベッド		1.8E-05	1.8E-05	5.4E-04	5.2E-04		
13			鉄筋		5.0E-06	5.0E-06	1.7E-04	1.6E-04		
14			壁材		4.7E-04	4.7E-04	1.5E-02	1.5E-02		
15			積み下ろし		6.5E-06	6.5E-06	2.3E-04	2.2E-04		
16			運搬		5.8E-06	5.8E-06	2.0E-04	2.0E-04		
17			前処理作業		1.5E-06	1.5E-06	5.4E-05	5.2E-05		
18			溶融鑄造作業		2.2E-05	2.2E-05	7.8E-04	7.6E-04		
19			加工作業		1.9E-05	1.9E-05	6.6E-04	6.4E-04		
20			トラック		1.9E-05	1.9E-05	6.0E-04	5.8E-04		
21			オートバイ		3.8E-05	3.8E-05	1.1E-03	1.1E-03		
22			船舶		9.4E-05	9.4E-05	2.9E-03	2.8E-03		
23			机		5.1E-05	5.1E-05	1.5E-03	1.4E-03		
24			NC旋盤		7.4E-05	7.4E-05	2.4E-03	2.4E-03		
25			再使用品(電源)		8.1E-05	8.1E-05	2.1E-03	2.0E-03		
26			スラグ駐車場		1.8E-04	1.8E-04	5.4E-03	5.2E-03		
27			コンクリート処理		6.1E-05	6.1E-05	1.9E-03	1.9E-03		
28			コンクリート駐車場		1.8E-04	1.8E-04	5.4E-03	5.2E-03		
29			焼却処理 シナリオ		可燃物 積み下ろし 及び運搬	Sv/h per Bq/g	1.61E-10	1.61E-10	4.79E-09	4.62E-09
30					焼却炉補修	Sv/h per Bq/cm ²	2.76E-11	2.76E-11	8.60E-10	8.33E-10
31		焼却灰積み下ろし			焼却灰積み下ろし	Sv/h per Bq/g	1.91E-10	1.91E-10	5.73E-09	5.54E-09
32					焼却灰運搬		1.29E-10	1.29E-10	3.86E-09	3.73E-09
33					溶融炉補修		1.12E-10	1.12E-10	3.39E-09	3.28E-09
34					溶融固化物 積み下ろし		8.00E-11	8.00E-11	2.42E-09	2.34E-09
35					溶融固化物運搬		5.86E-11	5.86E-11	1.77E-09	1.71E-09
36		ブルーム			Sv/y per Bq/cm ³	3.23E-03	3.23E-03	1.01E-01	9.74E-02	

「N. A.」は文献に値がないことを示す(W-188の影響が不明なため見直し後も文献に値がないとした)。

表2 IAEA Safety Reports Series No. 44 に値のない核種を対象とした
短半減期の子孫核種の影響を考慮する条件の適合表

No.	対象核種		放射性の子孫核種		条件 (1)	条件 (2)	条件 (3)
	核種名	半減期 (y)	核種名	半減期 (y)			
1	Ti-44	4.7E+01	Sc-44	4.5E-04	○	○	○
2	V-49	9.3E-01	なし	-	-	-	-
3	Ga-67	8.9E-03	なし	-	-	-	-
4	Ge-68	7.9E-01	Ga-68	1.3E-04	○	○	○
5	Rb-81	5.2E-04	Kr-81	2.1E+05	×	×	×
6	Yb-169	8.8E-02	なし	-	-	-	-
7	W-188	1.9E-01	Re-188	1.9E-03	○	○	○
8	Au-195	5.0E-01	なし	-	-	-	-

条件(1)：子孫核種の半減期が親核種のものより短い。

条件(2)：子孫核種の半減期が1日未満である。

条件(3)：子孫核種の半減期が親核種の半減期の10%未満で、且つ、子孫核種の半減期が10年未満である。

表3 RI 汚染物に対する一括クリアランスを想定した場合のクリアランスレベルの算出結果（「第2次中間報告書」、p.134、表3.19）

(見直し前)																
No.	核種	埋設処分		再利用・再使用				焼却処理				最小値 (A)		核種	RS-G-1.7 計算値(*1) (B)	比率 (A/B)
		金属, コンクリート, 可燃物等 濃度	決定経路	濃度	金属 決定経路	濃度	コンクリート 決定経路	濃度	可燃物等 決定経路	濃度	焼却灰 決定経路	濃度	決定経路			
46	W-188	1.6E+03	操業(埋立-外部)	5.5E+03	再利用(金属スクラップ周辺居住-農作物)(子ども)	2.2E+04	再利用(コンクリートスクラップ周辺居住-農作物)(子ども)	1.3E+03	可燃物(可燃物運搬-外部)	1.6E+04	焼却灰(焼却灰埋立-外部)	1.3E+03	可燃物(可燃物運搬-外部)	W-188	---	---

↓

(見直し後)																
No.	核種	埋設処分		再利用・再使用				焼却処理				最小値 (A)		核種	RS-G-1.7 計算値(*1) (B)	比率 (A/B)
		金属, コンクリート, 可燃物等 濃度	決定経路	濃度	金属 決定経路	濃度	コンクリート 決定経路	濃度	可燃物等 決定経路	濃度	焼却灰 決定経路	濃度	決定経路			
46	W-188	5.4E+01	操業(埋立-外部)	3.2E+03	再利用(金属スクラップ周辺居住-農作物)(子ども)	9.9E+02	再利用(コンクリート再処理-外部)	4.4E+01	可燃物(可燃物運搬-外部)	5.4E+02	焼却灰(焼却灰埋立-外部)	4.4E+01	可燃物(可燃物運搬-外部)	W-188	---	---

網掛けが見直しのあったところ

表4 RI 汚染物に対する個別クリアランスを想定した場合のクリアランスレベルの算出結果（「第2次中間報告書」、p.135、表3.20）

(見直し前)																
No.	核種	埋設処分		再利用・再使用				焼却処理				最小値 (A)		核種	RS-G-1.7 計算値(*1) (B)	比率 (A/B)
		金属, コンクリート, 可燃物等 濃度	決定経路	濃度	金属 決定経路	濃度	コンクリート 決定経路	濃度	可燃物等 決定経路	濃度	焼却灰 決定経路	濃度	決定経路			
46	W-188	1.6E+04	操業(埋立-外部)	8.2E+05	再利用(積み下ろし)(直接経路)	5.5E+07	再利用(コンクリートスクラップ周辺居住-農作物)(子ども)	2.3E+05	可燃物(可燃物積み下ろし-外部)	1.6E+05	焼却灰(焼却灰埋立-外部)	1.6E+04	操業(埋立-外部)	W-188	---	---

↓

(見直し後)																
No.	核種	埋設処分		再利用・再使用				焼却処理				最小値 (A)		核種	RS-G-1.7 計算値(*1) (B)	比率 (A/B)
		金属, コンクリート, 可燃物等 濃度	決定経路	濃度	金属 決定経路	濃度	コンクリート 決定経路	濃度	可燃物等 決定経路	濃度	焼却灰 決定経路	濃度	決定経路			
46	W-188	5.4E+02	操業(埋立-外部)	1.6E+05	再利用(積み下ろし-外部)	2.5E+06	再利用(コンクリート再処理-外部)	7.9E+03	可燃物(可燃物積み下ろし-外部)	5.4E+03	焼却灰(焼却灰埋立-外部)	5.4E+02	操業(埋立-外部)	W-188	---	---

網掛けが見直しのあったところ

表5 JT-60 施設の改造に伴って発生する金属材料のクリアランス対象物等の物量の内訳

(単位：トン)

材質*	低レベル廃棄物	クリアランス対象物	放射性廃棄物でない 廃棄物
鉄	0	3,316	1,917
ステンレス鋼	9	662	0
アルミニウム	0	35	0.5
銅	0	1,112	0.035
鉛	0	0	0
合計	9	5,125	1,917.5

* プラスチック 175 トン含めて放射化物 合計約 5300 トン。

表7 大規模施設に係る放射化物のクリアランス対象物量に関係のある評価パラメータ

シナリオ	評価パラメータ
埋設処分シナリオ	①混合率 ②廃棄物の総量
再利用・再使用シナリオ	③作業時間 ④再利用される金属中のクリアランス対象物割合（積み下ろし作業、運搬作業） ⑤再利用される金属中のクリアランス対象物割合（積み下ろし作業、運搬作業以外）

表8 大規模施設に係る放射化物のクリアランス対象物量に関係のある評価パラメータ

評価パラメータ	選定値及びその根拠	第2次中間報告書の選定値
①混合率	<p>選定値：0.4 選定値根拠： ・金属類とコンクリートを含めたクリアランス対象物量と「放射性廃棄物でない廃棄物」の物量の推定値（アンケート調査結果）から、以下の関係式を用いて選定する。 （関係式） 混合率＝クリアランス対象物量÷（クリアランス対象物量＋放射性廃棄物でない廃棄物の物量） よって、以下の通り計算して選定した。 $42,489(\text{ton}) \div (42,489(\text{ton}) + 79,950(\text{ton})) = 0.35 \rightarrow 0.4$ （※79,950(ton)は、アンケート調査の結果である金属類の放射性廃棄物でない廃棄物の物量約6,100(ton)とコンクリートの放射性廃棄物でない廃棄物の物量73,850(ton)の合計値）</p>	0.4
②廃棄物の総量	<p>選定値：120,000(ton) 選定値根拠： ・大規模の放射線発生装置使用施設等の解体や改造に伴って発生する金属類とコンクリートを含めた「廃棄物の総量」は、以下の関係式を用いて選定する。 （関係式） 廃棄物の総量＝クリアランス対象物量＋放射性廃棄物でない廃棄物量 よって、以下の通り計算して選定した。 $42,489(\text{ton}) + 79,950(\text{ton}) = 122,439(\text{ton})$ （※クリアランス対象物量42,489(ton)、放射性廃棄物でない廃棄物量の物量79,950(ton)）</p>	120,000(ton)
③積み下ろし作業時間、運搬作業時間（金属再利用処理）	<p>選定値：550(h/y) 選定値根拠： ・日本鉄リサイクル工業会によれば、スクラップの標準的な処理量として3,750ton/月が記されている。1月あたりの作業時間を160時間（20日×8時間）として、対象物量に応じて以下の通り計算し、その結果を丸めて選定した。 また、計算値が1時間に満たないものは1時間とした。なお、大規模施設の場合、再利用される金属中のクリアランス対象物割合に「放射性廃棄物でない廃棄物」との混合を考慮しているため、「放射性廃棄物でない廃棄物」を含めた物量（6,109(ton)＋6,100(ton)＝12,209(ton)⇒12,000(ton)）を用いる。 以上のことを踏まえ、スクラップの標準的な処理量3750(ton/月)と一月（8h×20日）あたりの作業時間160(h/月)、発生する総金属量12,000(ton)から、以下の通り計算して選定した。 $12,000(\text{ton}/\text{y}) \div 3,750(\text{ton}/\text{月}) \times 160(\text{h}/\text{月}) = 512 \rightarrow 550(\text{h}/\text{y})$</p>	500(h/y)
④再利用される金属中のクリアラ	<p>選定値：0.5 選定値根拠：</p>	0.5

評価パラメータ	選定値及びその根拠	第2次中間報告書の選定値
ンス対象物割合 (積み下ろし作業、運搬作業)	<ul style="list-style-type: none"> 大規模の放射線発生装置使用施設等の解体や改造に伴って発生する金属類の「クリアランス対象物量 6,109(ton)」と「放射性廃棄物でない廃棄物量約 6,100(ton)」の合計量に対する「クリアランス対象廃棄物量 6,109(ton)」の割合を以下の通り計算して選定した。 $6,109 \div (6,109 + 6,100) = 0.50$ 	
⑤再利用率される金属中のクリアランス対象物割合 (積み下ろし作業、運搬作業以外)	<p>選定値：0.1</p> <p>選定値根拠：</p> <ul style="list-style-type: none"> 日本鉄リサイクル工業会によれば、スクラップの標準的な処理量として 3,750ton/月が記されている。従って、1つの処理施設での年間の取扱量は、45,000 ton となる。対象廃棄物は、スクラップ処理場から再利用製品に加工されるまでの間に放射性核種を含まない金属スクラップと混合される可能性があり、その割合を、対象施設から発生した金属の発生量に応じて以下の通り計算して選定した。 $6,109(\text{ton}) \div 45,000(\text{ton}) = 0.136 \rightarrow 0.1$ (※6,109(ton)は、金属類のクリアランス対象物量) なお、目的とする製品の品質に応じて、金属スクラップの使用される割合が決定され、スクラップ金属 100%ですべての製品が製造されることはない。例えば、原子炉で使用されている炭素鋼中の Cr の含有量は 0.2～0.5%であるが、「鉄リサイクル事業のマニュアルブック」((社)日本鉄リサイクル工業会、1997)によれば、普通炭素鋼では、鋼を硬化させるので、0.1%以上は望ましくないとされている。 	<u>0.1</u>

表9 評価パラメータのうち「積み下ろし作業時間、運搬作業時間（金属再利用処理）」を550h/yとして求めた放射能濃度と第2次中間報告書のクリアランスレベル暫定値（放射能濃度）との比較検討

No.	核種	運搬・積み下ろし作業を550h/yとした場合のクリアランスレベル暫定値の算出結果		第2次中間報告書におけるクリアランスレベルの暫定値の算出結果		変更の有無
		放射能濃度 (Bq/g)	決定経路	放射能濃度 (Bq/g)	決定経路	
1	H-3	6.7E+01	跡地（農作物）（子ども）	6.7E+01	跡地（農作物）（子ども）	変更なし
2	Be-7	2.0E+01	操業（埋立-外部）	2.0E+01	操業（埋立-外部）	変更なし
3	C-14	5.3E+00	地下水（養殖淡水産物）（子ども）	5.3E+00	地下水（養殖淡水産物）（子ども）	変更なし
4	Na-22	1.0E-01	再利用（壁材-外部）（子ども）	1.0E-01	再利用（壁材-外部）（子ども）	変更なし
5	Cl-36	3.4E-01	地下水（飼料畜産物）（子ども）	3.4E-01	地下水（飼料畜産物）（子ども）	変更なし
6	Ca-41	1.0E+02	地下水（農作物）（子ども）	1.0E+02	地下水（農作物）（子ども）	変更なし
7	Ca-45	6.0E+02	再利用（金属スクラップ周辺居住-農作物）（子ども）	6.0E+02	再利用（金属スクラップ周辺居住-農作物）（子ども）	変更なし
8	Sc-46	3.4E-01	操業（埋立-外部）	3.4E-01	操業（埋立-外部）	変更なし
9	Ti-44	7.3E-02	再利用（壁材-外部）（子ども）	7.3E-02	再利用（壁材-外部）（子ども）	変更なし
10	Mn-54	3.7E-01	操業（埋立-外部）	3.7E-01	操業（埋立-外部）	変更なし
11	Fe-55	4.3E+03	操業（積み下ろし）（直接経口） 再利用（コンクリート再処理）（直接経口）	4.3E+03	操業（積み下ろし）（直接経口） 再利用（コンクリート再処理）（直接経口）	変更なし
12	Fe-59	1.0E+00	操業（埋立-外部）	1.0E+00	操業（埋立-外部）	変更なし
13	Co-56	2.1E-01	操業（埋立-外部）	2.1E-01	操業（埋立-外部）	変更なし
14	Co-57	2.6E+00	操業（埋立-外部）	2.6E+00	操業（埋立-外部）	変更なし
15	Co-58	8.0E-01	操業（埋立-外部）	8.0E-01	操業（埋立-外部）	変更なし
16	Co-60	7.3E-02	再利用（壁材-外部）（子ども）	7.3E-02	再利用（壁材-外部）（子ども）	変更なし
17	Ni-59	3.6E+01	地下水（農作物）（子ども）	3.6E+01	地下水（農作物）（子ども）	変更なし
18	Ni-63	1.4E+02	跡地（農作物）（子ども）	1.4E+02	跡地（農作物）（子ども）	変更なし
19	Zn-65	6.0E-01	操業（埋立-外部）	6.0E-01	操業（埋立-外部）	変更なし
20	Ag-110m	1.2E-01	操業（埋立-外部）	1.2E-01	操業（埋立-外部）	変更なし
21	Sn-113	1.9E+00	操業（埋立-外部）	1.9E+00	操業（埋立-外部）	変更なし
22	Sb-124	5.1E-01	操業（埋立-外部）	5.1E-01	操業（埋立-外部）	変更なし
23	Sb-125	5.6E-01	操業（埋立-外部）	5.6E-01	操業（埋立-外部）	変更なし
24	Te-123m	3.5E+00	操業（埋立-外部）	3.5E+00	操業（埋立-外部）	変更なし
25	Cs-134	1.6E-01	操業（埋立-外部）	1.6E-01	操業（埋立-外部）	変更なし
26	Cs-137	2.9E-01	再利用（壁材-外部）（子ども）	2.9E-01	再利用（壁材-外部）（子ども）	変更なし
27	Ba-133	5.5E-01	再利用（壁材-外部）（子ども）	5.5E-01	再利用（壁材-外部）（子ども）	変更なし
28	Ce-139	3.2E+00	操業（埋立-外部）	3.2E+00	操業（埋立-外部）	変更なし
29	Eu-152	1.5E-01	再利用（壁材-外部）（子ども）	1.5E-01	再利用（壁材-外部）（子ども）	変更なし
30	Eu-154	1.4E-01	再利用（壁材-外部）（子ども）	1.4E-01	再利用（壁材-外部）（子ども）	変更なし
31	Tb-160	6.9E-01	操業（埋立-外部）	6.9E-01	操業（埋立-外部）	変更なし
32	Ta-182	4.2E-01	操業（埋立-外部）	4.2E-01	操業（埋立-外部）	変更なし
33	Au-195	6.9E+00	操業（埋立-外部）	6.9E+00	操業（埋立-外部）	変更なし
34	Hg-203	4.6E+00	操業（埋立-外部）	4.6E+00	操業（埋立-外部）	変更なし

表10 JT-60の運転に伴い金属材料で生成する主な核種と放射能濃度算出結果に基づく
対象核種の選定について

材料	核種	半減期 (y)	誘導放射能 濃度 D(Bq/g)	IAEA RS-G-1.7の クリアラン スレベル C(Bq/g)	D/C	(D/C)/(D/C)max	(D/C)/(D/C)max の最大値に対す る差(桁)	
鉄	炭素鋼	Co-60	5.27E+00	2.45E+00	1.00E-01	2.45E+01	1.00E+00	最大核種
		Mn-54	8.55E-01	1.13E+00	1.00E-01	1.13E+01	4.62E-01	1桁
		Zn-65	6.69E-01	1.04E-02	1.00E-01	1.04E-01	4.26E-03	3桁
		Cs-134	2.07E+00	3.21E-03	1.00E-01	3.21E-02	1.31E-03	3桁
		Co-58	1.94E-01	2.40E-02	1.00E+00	2.40E-02	9.79E-04	4桁
		Fe-55	2.73E+00	1.27E+01	1.00E+03	1.27E-02	5.19E-04	4桁
	インコ ネル	Co-60	5.27E+00	7.43E+00	1.00E-01	7.43E+01	1.00E+00	最大核種
		Co-58	1.94E-01	2.22E+00	1.00E+00	2.22E+00	2.99E-02	2桁
		Co-57	7.44E-01	7.50E-01	1.00E+00	7.50E-01	1.01E-02	2桁
		Nb-93m	1.61E+01	6.52E+00	1.00E+01	6.52E-01	8.79E-03	3桁
		Nb-94	2.03E+04	5.88E-02	1.00E-01	5.88E-01	7.91E-03	3桁
		Mn-54	8.55E-01	5.38E-02	1.00E-01	5.38E-01	7.25E-03	3桁
	Ni-63	1.00E+02	1.64E+00	1.00E+02	1.64E-02	2.21E-04	4桁	
	ステン レス 鋼	SUS304	Co-60	5.27E+00	1.84E+01	1.00E-01	1.84E+02	1.00E+00
Mn-54			8.55E-01	8.50E-01	1.00E-01	8.50E+00	4.61E-02	2桁
Zn-65			6.69E-01	5.39E-02	1.00E-01	5.39E-01	2.92E-03	3桁
Co-58			1.94E-01	3.50E-01	1.00E+00	3.50E-01	1.90E-03	3桁
Co-57			7.44E-01	1.22E-01	1.00E+00	1.22E-01	6.60E-04	4桁
Cs-134			2.07E+00	5.09E-03	1.00E-01	5.09E-02	2.76E-04	4桁
SUS316		Co-60	5.27E+00	2.31E+01	1.00E-01	2.31E+02	1.00E+00	最大核種
		Mn-54	8.55E-01	8.02E-01	1.00E-01	8.02E+00	3.47E-02	2桁
		Co-58	1.94E-01	4.20E-01	1.00E+00	4.20E-01	1.82E-03	3桁
		Co-57	7.44E-01	1.47E-01	1.00E+00	1.47E-01	6.37E-04	4桁
		Zn-65	6.69E-01	7.95E-03	1.00E-01	7.95E-02	3.44E-04	4桁
		Ag-110m	6.84E-01	3.10E-03	1.00E-01	3.10E-02	1.34E-04	4桁
アルミ ニウム	Mn-54	8.55E-01	6.62E-03	1.00E-01	6.62E-02	1.00E+00	最大核種	
	Co-60	5.27E+00	1.02E-04	1.00E-01	1.02E-03	1.54E-02	2桁	
	H-3	1.23E+01	2.57E-02	1.00E+02	2.57E-04	3.89E-03	3桁	
	Fe-55	2.73E+00	2.88E-02	1.00E+03	2.88E-05	4.35E-04	4桁	
	Ni-63	1.00E+02	1.38E-03	1.00E+02	1.38E-05	2.09E-04	4桁	
銅 (銀入り銅)	Ag-110m	6.84E-01	1.02E+00	1.00E-01	1.02E+01	1.00E+00	最大核種	
	Co-60	5.27E+00	1.79E-01	1.00E-01	1.79E+00	1.76E-01	1桁	
	Ag-108m	4.18E+02	3.02E-03	1.00E-01*	3.02E-02	2.97E-03	3桁	
	Ni-63	1.00E+02	2.29E+00	1.00E+02	2.29E-02	2.25E-03	3桁	

※ Ag-108mのクリアランスレベルCは、IAEA SRS.No44に示された放射能濃度の値を用いた。

※ 銅については、(D/C)/(D/C)maxの最大値に対する差が4桁目となる核種は無い。