

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2021-156835
(P2021-156835A)

(43) 公開日 令和3年10月7日(2021.10.7)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
GO 1 T 1/167 (2006.01) GO 1 T 1/167 C 2 G 1 8 8

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2020-60021 (P2020-60021)
(22) 出願日 令和2年3月30日(2020.3.30)

(71) 出願人 505374783
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地
1
(74) 代理人 100097113
弁理士 堀 城之
(74) 代理人 100162363
弁理士 前島 幸彦
(74) 代理人 100194283
弁理士 村上 大勇
(72) 発明者 林 宏一
福井県敦賀市明神町3番地 国立研究開発
法人日本原子力研究開発機構 新型転換炉
原型炉ふげん内

最終頁に続く

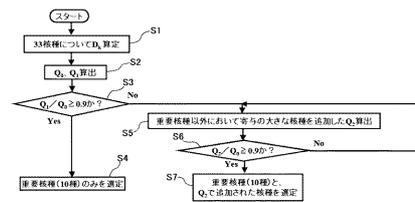
(54) 【発明の名称】放射化汚染の放射能評価の際の評価対象となる核種の選定方法

(57) 【要約】

【課題】原子炉等の廃止措置において扱われる廃棄物に対するクリアランス判定に際して、評価の対象とすべき核種を、安全性を確保しつつ簡易に選定する。

【解決手段】全ての核種について D_k が算出される(S1)。次に、全ての D_k に基づいて Q_0 が、重要核種(10種)の D_k のみに基づいて Q_1 が選定のための指標値としてそれぞれ算出される(S2:算出工程)。 $Q_1/Q_0 < 0.9$ でない場合(S3:No)には、重要核種(10種)以外の核種の寄与が無視できないと認識されるため、重要核種以外で、 D_k/C_k が大きな核種を D_k/C_k の大きな順に選定し、ここで追加された核種が、重要核種(10種)に加えて選定される(S7:選定工程)。 D_k の算出に際して、重要核種(10種類)に対しては下限側代表値が、重要核種以外の核種(23種類)に対しては上限側代表値が、各元素の組成の代表値として用いられる。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射性の廃棄物（クリアランス含む）における放射能の評価を核種毎に行う際に、前記評価に際して測定の対象となりうる複数の核種である対象核種と、前記対象核種のうちの一部であり前記測定が必須とされる核種である重要核種と、が予め設定された中で、前記重要核種以外の前記対象核種を前記測定の対象として追加して選定する選定方法であって、

前記対象核種の各々に対して基準放射能濃度 C_k （ k は前記対象核種各々に付与される番号）が設定され、

前記廃棄物を構成する各元素の組成には分布が存在し、

前記対象核種の各々について C_k に対応して前記廃棄物の放射能濃度 D_k を前記廃棄物の化学組成に基いて算出し、前記対象核種の全てにおける D_k / C_k を用いて、前記重要核種以外の前記対象核種を前記測定の対象として追加して選定するための指標値を算出する算出工程と、

前記指標値の値と、前記重要核種以外の前記対象核種における D_k / C_k に応じて、前記重要核種以外の前記対象核種を前記測定の対象として前記重要核種に追加して選定する選定工程と、

を具備し、

前記算出工程において、前記重要核種に対しては前記廃棄物を構成する各元素の組成の分布における平均値よりも小さな下限側代表値を前記各元素の前記組成として用い、前記重要核種以外の前記対象核種に対しては前記平均値よりも大きな上限側代表値を前記組成として用いて、 D_k を算出することを特徴とする、放射化汚染の放射能評価の際の評価対象となる核種の選定方法。

【請求項 2】

前記算出工程において、前記指標値として、前記対象核種の全てにおける D_k / C_k の総和である Q_0 と、前記重要核種の全てにおける D_k / C_k の総和である Q_1 と、を算出し、

前記選定工程において、 Q_1 / Q_0 の値が閾値以上である場合には、前記重要核種のみを選定し、 Q_1 / Q_0 の値が前記閾値未満である場合には、前記重要核種以外の前記対象核種において D_k / C_k が最も大きなものを前記測定の対象として前記重要核種に追加して選定する、

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の、放射化汚染の放射能評価の際の評価対象となる核種の選定方法。

【請求項 3】

前記下限側代表値を前記元素の分布における 95% 信頼下限値とし、前記上限側代表値を前記元素の分布における 95% 信頼上限値とすることを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の、放射化汚染の放射能評価の際の評価対象となる核種の選定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原子炉等の廃止措置等に関わる廃棄物（クリアランスを含む）の処理を行うために放射能を評価する放射能評価の際の評価対象となる核種の選定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

原子炉等の廃止措置において扱われる廃棄物として、放射能濃度が高いために放射性廃棄物として取り扱うべきものと、放射能濃度が低く自然放射能レベルとみなされるために通常の廃棄物として取り扱えるもの（クリアランス）の 2 種類がある。前者と後者の区分をするための判定（クリアランス判定）のためには、廃棄物の放射能を示す指標となる値と閾値との大小関係が認識される。また、全ての廃棄物の全ての箇所における放射能を測定することは実質的には不可能であるため、実際に放射能濃度が測定される点数は限定さ

10

20

30

40

50

れ、限定された数のサンプルから上記の指標となる値が算出されて、上記の判定が行われる。

【0003】

このため、実際の廃棄物においてこのようなクリアランス判定を適正に行うことは容易ではない。ただし、公共の安全の観点からは、本来はクリアランス判定をクリアした（放射能濃度が低い）と判定すべき廃棄物がクリアランス判定をクリアしなかった（放射能濃度が高い）と誤判定される場合は大きな問題とはならず、本来はクリアランス判定をクリアしない廃棄物がクリアランス判定をクリアすると誤判定される場合が特に問題となるため、特にこうしたケースが発生しないような評価方法が好ましい。

【0004】

特許文献1には、こうした点を考慮して、廃棄物における限られた数の測定箇所における測定結果を用いて、適正に上記の判定を行うことができる放射能評価方法が記載されている。

【0005】

また、一般には単一の廃棄物に多数の放射性の核種が含まれており、核種の発する放射線の種類や半減期に応じて、各核種の外部に与える影響は異なる。このため、上記の放射能の測定は核種毎に行われ、核種毎の放射能濃度（単位Bq/g）として測定される。放射性の核種の数は多いため、実際にはこのうちの核種を選定して測定するかが重要となる。この指針は、非特許文献1に記載されている。廃棄物において特に影響の大きな核種は実際には限定されるため、このように評価対象となる核種を予め限定することは測定の効率化のためには非常に有効である。

【0006】

この場合、核種毎に基準放射能濃度が定められ、核種毎の放射能濃度と基準放射能濃度に対する比率が用いられてこの選定が行われる。ここで、基準放射能濃度の値（単位：Bq/g）は、廃棄に際して外部に与える影響が大きなものについては低く（例えば²³⁹Puで0.1Bq/g）、この影響が小さなものについては高く（例えば³Hで100Bq/g）設定される。この選定の段階ではまだ測定は行われていないため、ここで用いられる放射能濃度は、計算によって算出されたものとなる。ただし、放射能の起源が判明していれば、この計算値を合理的に算出することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2015-145792号公報

【0008】

【非特許文献1】原子力規制委員会、廃棄に関する規則・告示・内規・ガイドにおけるクリアランス制度、「放射能濃度についての確認を受けようとする物に含まれる放射性物質の放射能濃度の測定及び評価の方法に係る審査基準」（令和元年9月）（<https://www.nsr.go.jp/data/000283697.pdf>）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上記のように評価対象とする核種を選定のために用いられる放射能の算出値は、廃棄物となる元の構造材の化学組成に大きく依存する。これに対して、例えば原子炉等の廃止措置の際の廃棄物は、原子炉や設備に関わる各種の構造材からなり、その化学組成は様々である。更に、構造材の中でも場所により化学組成が異なる場合もある。上記の放射能の算出には長い計算時間を要するため、この算出値を全ての廃棄物（構造材）に関して多くの箇所では算出することは実質的に困難であった。このため、上記のような評価対象とすべき核種を選定を放射能の算出値に応じて廃棄物毎に行う作業は実際には容易ではなかった。このため、この選定方法を簡易に行うことが望まれた。

【0010】

10

20

30

40

50

一方で、この選定は、上記のように、本来はクリアランス判定をクリアしない廃棄物がクリアランス判定をクリアしたと誤判定されることがないように行われる必要があった。このため、上記の核種の選定においては、評価対象となる核種の数进行限定しつつ、安全性を確保するために、重要な核種が選定漏れすることが防止されることが要求された。

【0011】

このため、廃棄物に対するクリアランス判定に際して、評価の対象とすべき核種を、安全性を確保しつつ簡易に選定することが求められた。

【0012】

本発明は、かかる問題点に鑑みてなされたものであり、上記問題点を解決する発明を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明は、上記課題を解決すべく、以下に掲げる構成とした。

本発明の、放射化汚染の放射能評価の際の評価対象となる核種の選定方法は、放射性の廃棄物（クリアランス含む）における放射能の評価を核種毎に行う際に、前記評価に際して測定の対象となりうる複数の核種である対象核種と、前記対象核種のうちの一部であり前記測定が必須とされる核種である重要核種と、が予め設定された中で、前記重要核種以外の前記対象核種を前記測定の対象として追加して選定する選定方法であって、前記対象核種の各々に対して基準放射能濃度 C_k （ k は前記対象核種各々に付与される番号）が設定され、前記廃棄物を構成する各元素の組成には分布が存在し、前記対象核種の各々について C_k に対応して前記廃棄物の放射能濃度 D_k を前記廃棄物の化学組成に基いて算出し、前記対象核種の全てにおける D_k / C_k を用いて、前記重要核種以外の前記対象核種を前記測定の対象として追加して選定するための指標値を算出する算出工程と、前記指標値の値と、前記重要核種以外の前記対象核種における D_k / C_k に応じて、前記重要核種以外の前記対象核種を前記測定の対象として前記重要核種に追加して選定する選定工程と、を具備し、前記算出工程において、前記重要核種に対しては前記廃棄物を構成する各元素の組成の分布における平均値よりも小さな下限側代表値を前記各元素の前記組成として用い、前記重要核種以外の前記対象核種に対しては前記平均値よりも大きな上限側代表値を前記組成として用いて、 D_k を算出することを特徴とする。

本発明の、放射化汚染の放射能評価の際の評価対象となる核種の選定方法は、前記算出工程において、前記指標値として、前記対象核種の全てにおける D_k / C_k の総和である Q_0 と、前記重要核種の全てにおける D_k / C_k の総和である Q_1 と、を算出し、前記選定工程において、 Q_1 / Q_0 の値が閾値以上である場合には、前記重要核種のみを選定し、 Q_1 / Q_0 の値が前記閾値未満である場合には、前記重要核種以外の前記対象核種において D_k / C_k が最も大きなものを前記測定の対象として前記重要核種に追加して選定する、ことを特徴とする。

本発明の、放射化汚染の放射能評価の際の評価対象となる核種の選定方法は、前記下限側代表値を前記元素の分布における95%信頼下限値とし、前記上限側代表値を前記元素の分布における95%信頼上限値とすることを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

本発明は以上のように構成されているので、廃棄物に対するクリアランス判定に際して、評価の対象とすべき核種を、安全性を確保しつつ簡易に選定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】対象核種及びその中の重要核種、及びこれらの基準放射能濃度を示す表である。

【図2】本発明の実施の形態に係る核種の選定方法を示すフローチャートである。

【図3】 Q_1 / Q_0 の経時変化を算出した結果である。

【図4】廃棄物の元となった構造材の化学組成のばらつきを異なる元素について模式的に示す図である。

10

20

30

40

50

【図5】対象核種の放射能を計算するために用いられる元素の組成分布における代表値の例である。

【図6】本発明の実施の形態に係る核種の選定方法における、対象核種の区分に応じて D_k の算出に使用される元素組成の代表値の選択を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

本発明の実施の形態に係る、放射能評価の際の評価対象となる核種の選定方法について説明する。この選定方法においては、クリアランス判定を行うために、放射能を評価すべき核種の選定が、安全性を確保しつつ簡易に行われる。まず、この選定方法において前提となる評価方法の審査基準、及びこれに伴う問題点について説明する。この審査基準の内容は非特許文献1に示されている。

10

【0017】

まず、評価対象となりうる33種類の放射性物質（核種：対象核種）と、各々に対して設定される放射能濃度（単位：Bq/g）に対する基準となる基準放射能濃度を図1に表として示す。基準放射能濃度は、廃棄に際して外部に与える影響が大きなものについては低く、この影響が小さなものについては高く設定されている。実際に廃棄物には多くの種類の核種が含まれるため、図1における N_0 を k （ $k = 1 \sim 33$ ）として、それぞれの基準放射能濃度を C_k とし、各核種について算出される放射能濃度（Bq/g）を D_k として、(1)式で算出される Q_0 が算出される。すなわち、 Q_0 は、予め想定される全ての核種に対する放射能の算出値によって算定される。

20

【0018】

【数1】

$$Q_0 = \sum_{j=1}^{33} D_j / C_j \quad \cdots (1)$$

【0019】

D_k は、原子炉における放射化汚染を起源とする放射能を想定し、廃棄物の元となった構造材の化学組成が判明している場合には、計算機を用いて算出することができる。すなわち、この化学組成から中性子の照射によって図1における各核種が生成されるものとして、各核種の量が算出され、 D_k が算出される。このようなツールとして、ORIGEN（米国オークリッジ国立研究所）が知られている。この場合には、化学組成と、中性子の照射履歴等に基づいて、 D_k が算出される。上記の33種類の核種の元となる親元素としては、これよりも多い70種類以上の元素が想定され、この計算のためには長い計算時間を要する。ただし、放射能の起源が予め判明していれば、この算出値の妥当性は高い。

30

【0020】

ただし、原子炉等の施設においては様々な構造材が用いられ、例えば、鋼材としても、炭素鋼やステンレス鋼が使用用途に応じて使い分けられているため、上記の化学組成は、構造材毎に、あるいは同じ構造材の中でもばらつきを有するため場所によって異なる。このため、厳密には上記の計算は全ての構造材における全ての箇所毎に行うことが好ましいが、実際にはこれは不可能である。このため、この代わりに、上記の化学組成において、このような事情が考慮されたばらつき（分布）が存在していたものとして計算を行うことができる。

40

【0021】

また、図1において特に放射能が高く（ D_k / C_k が大きい）、影響が大きいと予測される核種は、廃棄物の種類に応じて予め予測することができる。図1においては、このような核種（重要核種）がハッチングで表示され、ここでは $k = 1 \sim 10$ が該当する。このため、(2)式で算出される Q_1 も算出される。

【0022】

50

【数 2】

$$Q_1 = \sum_{j=1}^{10} D_j / C_j \quad \dots (2)$$

【0023】

このような重要核種は、クリアランス判定の際の評価対象とすべき対象として必ず含まれるべきものであり、 Q_1 / Q_0 の値が1に近くなると予想されるべきものである。このため、実際に評価対象とすべき核種は、この重要核種の他に、図1における重要核種以外の核種のうちの選択されたものとなる。ここで、クリアランス判定のための測定の簡易化、効率化のためにはこのように重要核種以外で選択されるものの数は必要最小限であることが望ましい。

10

【0024】

前記の審査基準には、このような評価対象とすべき核種の選定方法についての指針が記載されている。図2は、この指針に準拠した、本発明の実施の形態に係る核種の選定方法のフローチャートを示す。ここでは、まず、図1の33種全ての核種について D_k が算出される(S1)。次に、全ての D_k に基づいて(1)式の Q_0 が、重要核種(10種)の D_k のみに基づいて(2)式の Q_1 が選定のための指標値としてそれぞれ算出される(S2：算出工程)。その後、 $Q_1 / Q_0 = 0.9$ である場合(S3：Yes)には、この放射性廃棄物の放射能に対しては重要核種が支配的であり、他の核種の影響は小さいと認識されるために、クリアランス判定のための評価対象となるのは重要核種(10種)のみとされる(S4：選定工程)。

20

【0025】

一方、 $Q_1 / Q_0 = 0.9$ でない場合(S3：No)には、重要核種(10種)以外の核種の寄与が無視できないと認識される。このため、重要核種以外で、 D_k / C_k が大きな核種を D_k / C_k の大きな順に選定して、この D_k / C_k を Q_1 に対して加えた値(Q_2)が算出される(S5)。 $Q_2 / Q_0 = 0.9$ である場合(S6：Yes)には、ここで追加された核種が、重要核種(10種)に加えて選定される(S7：選定工程)。 $Q_2 / Q_0 = 0.9$ とならない場合(S6：No)には、次に D_k / C_k が大きな核種が選定されて、この D_k / C_k が前記の Q_2 に対して更に加算され(S5)、 $Q_2 / Q_0 = 0.9$ となった場合(S6：Yes)には、更にこの核種が選定対象として追加される(S7)。このように、新たな核種における Q_2 (Q_1)に対する D_k / C_k の追加(S5)は、 $Q_2 / Q_0 = 0.9$ となる(S6：Yes)まで、繰り返され、加算された D_k / C_k に対応する核種(k)が、選定対象として追加される(S7：選定工程)。この手順によって、最も少ない場合には重要核種(10種)のみが選定され、他の核種(23種)からは、必要最小限と認識されるものだけがこれに加えて選定される。

30

【0026】

すなわち、図2の手順によれば、選定のための指標値が算出工程において算出され(S2)、この指標値、あるいは更に重要核種以外の核種の D_k / C_k に応じて、評価対象となる核種が重要核種に追加されて選定される(選定工程)。

40

【0027】

実際に上記の Q_1 / Q_0 の計算を、構造材の母材を化学組成が一定のステンレス鋼、炭素鋼とした場合において、廃止措置における原子炉の運転終了時からの経過年数に応じて算出した結果を図3に示す。この結果より、上記の Q_1 / Q_0 の比率は一定ではなく、徐々に減少する。この減少は、重要核種の中で半減期の短いものに起因する。このような核種としては、図1における例えば ^{60}Co があり、 ^{60}Co は実際の原子炉施設の廃棄物においては多く存在し、前記の D_k / C_k が大きな核種である。

【0028】

この結果より、例えば、初期においては上記の判定基準(S3)を満たす廃棄物が、時

50

間の経過に伴って、上記の判定基準（S3）を満たさなくなるという状況が生ずる。このため、図3における経過年数30年の時点では評価対象が重要核種（10種）のみとなった廃棄物に対し、経過年数70年の時点では重要核種（10種）以外の核種も評価対象とすべきという結果が得られる。原子炉施設の廃止措置作業には数十年以上の長期間を要し、廃棄物は長期間にわたり発生するために、上記のようなクリアランス判定のための評価対象とすべき核種の選定のための計算を、図2の手順に従って多く行うことが必要となった。

【0029】

この計算の際に用いられる廃棄物の化学組成は、実際は前記のように一定値ではなく、ばらつき（分布）があるものとして扱うことが必要となる。このために、実際には上記の計算量は膨大となった。この場合、評価対象とすべき核種を図2の手順に従って選定する作業も、これに伴い煩雑となった。

【0030】

図4は、前記のような廃棄物の元となった構造材の化学組成のばらつきを模式的に示す図であり、横軸は組成比（単位は例えばmol%）であり、縦軸は度数を示す。ここでは、組成ばらつきの大きな元素Aと組成ばらつきの小さな元素Bについて示され、ここではこの分布は正規分布であるとしている。この分布をもつ組成における代表的な値の定義が元素Aの分布について示されており、平均値が X_0 、標準偏差が σ とされる。また、 X_+ （95%信頼上限値：上限側代表値）は、この分布において X_+ よりも小さな組成比をもつ累積度数が95%となる値であり、 X_- （95%信頼下限値：下限側代表値）は、この分布において X_- よりも大きな組成比をもつ累積度数が95%である値である。 $X_- < X_0 < X_+$ となり、 σ では $X_- = X_0 - \sigma$ 、 $X_+ = X_0 + \sigma$ となる。ここでは組成分布が正規分布に従うものとしているが、実際の構造材における組成分布としてはこれ以外のものが適用される場合もあり、他の組成分布においても同様の定義が可能である。

【0031】

このため、前記の D_k （ Q_0 、 Q_1 ）の算出において用いられる各元素の組成比としては、 X_0 、 X_- 、 X_+ のいずれかを代表値として用いることができ、これによって計算を容易に行うことができる。ただし、特に組成のばらつきが大きな場合には、これらのうちのいずれを用いるかによって、算出される D_k の値は大きく異なり、例えば図1におけるある核種の元となる親元素の組成比として X_- が用いられれば D_k は小さく見積もられ、 X_+ が用いられれば D_k は大きく見積もられる。このため、図2における Q_1/Q_0 等についての判定結果（S3、S6）も、どの元素についてどの代表値を用いたかによって異なる。すなわち、上記のどの代表値を用いるかによって追加選定される核種（S7）は異なる。あるいは、本来は追加選定されるべき核種が選定されないという状況が発生する。

【0032】

こうした状況下において、図2に示された手順に従い、重要核種（10種）以外で本来は評価対象とすべき核種が選定されない状況が発生しないことが要求され、この際の計算手順を簡略化することが好ましい。ここで、クリアランス判定のための測定の効率化のためには、対象となる核種の数が少ないことが好ましい。ただし、この際に、本来はクリアランス判定をクリアしない廃棄物がクリアランス判定をクリアしたと誤判定されることがない（廃棄物の放射能が低く見積もられることがない）ように、重要核種以外の核種で寄与の大きなものが選定（S7）されやすくなることも要求される。

【0033】

本発明の実施の形態に係る核種の選定方法においては、判定（S3、S6）で用いられる指標値となる Q_0 、 Q_1 中の D_k を算出するにあたり、この廃棄物の化学組成において用いられる元素の組成比において用いられる前記代表値を上記の X_- 、 X_+ のどちらとするかが設定される。以下にこの点について説明する。

【0034】

まず、図5は、図1における各核種の放射能を計算するために用いられる元素の組成分布における代表値の例（一部）を示す。ここでは、ステンレス鋼の元素組成における図4

中の X_0 、 X_- 、 X_+ が記載されている。図 1 における核種によってはこれらの元素のうち計算に使用されない(各種の生成に寄与しない)ものもあるが、ここでは例として示されている。この中では、H、Be、Th については $= 0$ であるため、組成に対する不定性はなく、 $X_0 = X_- = X_+$ となり、どれを代表値として用いても結果は変わらない。このため、図 5 においては Li、Bi、U についてどれを代表値として用いるかが問題となる。

【0035】

本発明の実施の形態に係る核種の選定方法においては、この場合において用いられる代表値は、図 1 における核種(対象核種)が重要核種であるか否かによって定まる。ここでは、 D_k の算出に際して、重要核種(10種類)に対しては、図 5 における X_- (95% 信頼下限値: 下限側代表値)が、重要核種以外の核種(23種類)に対しては、図 5 における X_+ (95% 信頼上限値: 上限側代表値)が、各元素の組成の代表値として用いられる。この状況を図 6 に模式的に示す。組成がこのように設定された上で、前記のように D_k ($k=1 \sim 33$) が算出され Q_0 、 Q_1 あるいは更に Q_2 が算出され、評価対象とすべき核種が選定される(S4、S7)。

10

【0036】

この場合、 Q_0 、 Q_1 は、重要核種($k=1 \sim 10$)の寄与が小さくなる側に、かつ重要核種以外の核種($k=11 \sim 23$)の核種については寄与が大きくなるように算出される。このため、例えば、全ての核種の放射能の算出に際して、上記の組成の代表値として平均値 X_0 を用いた場合と比べると、 Q_1 / Q_0 は小さくなり、図 2 における Q_1 / Q_0

20

0.9 でない場合(S3: No) が起こりやすくなる。このため、図 2 のフローチャートにおいて、重要核種(10種)以外の核種が選択されやすくなる(S7)。このため、重要核種(10種)以外で本来は評価対象とすべき核種が選定されないという状況が発生しにくくなる。一方で、重要核種(10種)以外の核種の選定の有無に関わらず、重要核種10種は常に選定される(S4、S7)。このため、本来選定すべき対象となる核種が選定されないという状況は発生しにくくなる。これによって、評価対象とすべき核種の選定が不適切であったためにクリアランス判定が適正に行われなことが抑制される。

【0037】

一方、前記の D_k の算出は、各元素の組成において代表値(X_- 又は X_+)のみを用いればよい。このため、例えば廃棄物一つに対して単一の D_k を用い、この廃棄物については、これを用いて選定された核種のための放射能を測定することによって、クリアランス判定を行うことができる。

30

【0038】

図 3 の結果において、このように算出された D_k を用いた場合には、 Q_1 / Q_0 はより小さく、かつその経時変化(減少の度合い)も小さくなる。前記のように、図 3 の結果によれば、経過年数30年の時点では評価対象が重要核種(10種)のみとなり、経過年数70年の時点では評価対象が重要核種(10種)以外にも広がるのに対し、上記のように算出された D_k を用いた場合には、経過年数70年の時点で評価対象として追加される核種が、経過年数30年の時点でも対象とされやすくなる。この場合、長期間にわたり同一の核種を評価対象とすることができ、クリアランス判定のための測定が容易となる。この際、本来選定すべき核種が選定されないという状況は発生しない。

40

【0039】

このため、上記の選定方法によれば、廃棄物に対するクリアランス判定に際して、評価の対象とすべき核種を、安全性を確保しつつ簡易に選定することができる。これによって、このクリアランス判定を安全かつ容易に行うことができる。

【0040】

なお、上記の例では、図 1 に示されたように、評価対象となりうる核種(対象核種)は図 1 に示された33種であり、そのうちの重要核種としては図 1 における10種が選定された。しかしながら、これらの設定は、廃棄物の種類等に応じて適宜設定が可能である。あるいは、評価対象となりうる核種の数、そのうちの重要核種数は、適宜設定すること

50

ができ、重要核種の数 は最低 1 種類のみであってもよい。この場合においては、評価対象となりうる核種全てについての D_k / C_k の総和が前記の Q_0 となり、重要核種のみについての D_k / C_k の総和が前記の Q_1 となり、図 2 の手順や D_k 算出の際の組成における X_- 、 X_+ の選択は、上記と同様に行われる。これによって、同様に上記の効果を奏することが明らかである。

【0041】

また、図 2 における判定 (S3、S6) の閾値は非特許文献 1 においては 0.9 とされたが、この値は適宜設定される。この際、S3 における閾値と S6 における閾値が同一である必要はない。同様に、 D_k の算出のために用いられる各元素の組成の代表値 (上限側代表値、下限側代表値) として、95% 信頼上限値、95% 信頼下限値以外のものを適宜設定することもできる。

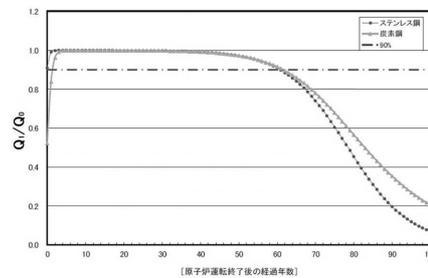
【0042】

更に、上記の例では、判定工程において用いられる指標値として各々が D_k / C_k の和である Q_0 、 Q_1 が用いられたが、他の指標値を用いた場合でも、上記のように D_k を算出するための元素組成において上限側代表値、下限側代表値をそれぞれ用いれば、重要核種の D_k を小さく算出し、重要核種以外の D_k を大きく算出することができる。これによって、他の指標値を判定に用いた場合でも、上記と同様の効果を奏することが明らかである。

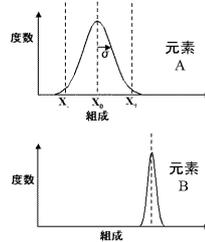
【図 1】

No. (k)	放射線物質(核種)の種類	基準放射能濃度 (Bq/g)
1	² H	100
2	⁵⁴ Mn	0.1
3	⁶⁰ Co	0.1
4	⁹⁰ Sr	1
5	¹³⁴ Cs	0.1
6	¹³⁷ Cs	0.1
7	¹⁵² Eu	0.1
8	¹⁵⁴ Eu	0.1
9	²⁴¹ Am	0.1
10	²⁴¹ Am	0.1
11	¹⁴ C	1
12	³⁶ Cl	1
13	⁴¹ Ca	100
14	⁴⁵ Sc	0.1
15	⁵⁶ Fe	1000
16	⁵⁶ Fe	1
17	⁶⁰ Co	1
18	⁵⁸ Ni	100
19	⁶⁰ Ni	100
20	⁶⁶ Zn	0.1
21	⁹⁰ Nb	0.1
22	⁹⁰ Nb	1
23	⁹⁹ Tc	1
24	¹⁰⁶ Ru	0.1
25	¹⁰⁶ Ru	0.1
26	^{110m} Ag	0.1
27	¹²³ Sb	1
28	^{123m} Te	1
29	¹²⁹ I	0.01
30	¹³³ Ba	0.1
31	¹³⁷ Ba	1
32	¹³⁷ Ba	0.1
33	²⁴¹ Pu	10

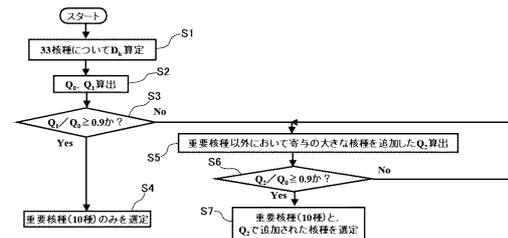
【図 3】



【図 4】



【図 2】



【図 5】

原子番号	元素	X ₀	X ₋	X ₊	σ
1	H	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01	0.00E+00
3	Li	1.86E-02	4.80E-03	3.23E-02	1.67E-02
4	Be	1.00E-02	1.00E-02	1.00E-02	0.00E+00
83	Bi	5.55E-02	3.17E-02	7.92E-02	2.56E-02
90	Th	5.00E-03	5.00E-03	5.00E-03	0.00E+00
92	U	1.46E-02	0.00E+00	3.01E-02	1.88E-02

【図 6】

No (k)	放射性物質(核種)	基準放射能濃度 (Bq/g)
1	³ H	100
2	⁵⁴ Mn	0.1
9	²³⁸ Pu	0.1
10	²⁴¹ Am	0.1
11	¹⁴ C	1
12	³⁶ Cl	1
32	¹⁶² Ta	0.1
33	²⁴¹ Pu	10

X ₁				
原子番号	元素	X ₁	X ₂	X ₃
1	H	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01
3	Li	1.88E-02	4.80E-03	3.23E-02
4	Be	1.00E-02	1.00E-02	1.00E-02
83	Bi	5.55E-02	3.17E-02	7.89E-02
90	Th	5.00E-03	5.00E-03	5.00E-03
92	U	1.48E-02	0.00E+00	3.01E-02

X ₂				
原子番号	元素	X ₂	X ₁	X ₃
1	H	1.00E+01	1.00E+01	1.00E+01
3	Li	1.88E-02	4.80E-03	3.23E-02
4	Be	1.00E-02	1.00E-02	1.00E-02
83	Bi	5.55E-02	3.17E-02	7.89E-02
90	Th	5.00E-03	5.00E-03	5.00E-03
92	U	1.48E-02	0.00E+00	3.01E-02

フロントページの続き

- (72)発明者 水井 宏之
福井県敦賀市明神町3番地 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 新型転換炉原型炉ふげん
内
- (72)発明者 副島 吾郎
福井県敦賀市明神町3番地 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 新型転換炉原型炉ふげん
内
- (72)発明者 岩井 紘基
福井県敦賀市明神町3番地 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 新型転換炉原型炉ふげん
内

Fターム(参考) 2G188 AA19 AA23 EE25