

(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2010-32512

(P2010-32512A)

(43) 公開日 平成22年2月12日(2010.2.12)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 2 1 F 9/36 (2006.01) G 2 1 F 9/36 5 0 1 Z
G 2 1 F 9/00 (2006.01) G 2 1 F 9/00 Z

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2009-169667 (P2009-169667)	(71) 出願人	508177046
(22) 出願日	平成21年7月21日 (2009.7.21)		ジーイー・ヒタチ・ニュークリア・エナー
(31) 優先権主張番号	12/219, 904		ジー・アメリカズ・エルエルシー
(32) 優先日	平成20年7月30日 (2008.7.30)		GE-HITACHI NUCLEAR
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ENERGY AMERICAS, L L C
			アメリカ合衆国, 28401, ノースカロ
			ライナ州, ウィルミントン, キャスル・ヘ
			イン・ロード, 3901
		(74) 代理人	100137545
			弁理士 荒川 聡志
		(74) 代理人	100105588
			弁理士 小倉 博
		(74) 代理人	100129779
			弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 核廃棄物を処理するためのセグメント化廃棄物棒ならびにその使用および製造方法

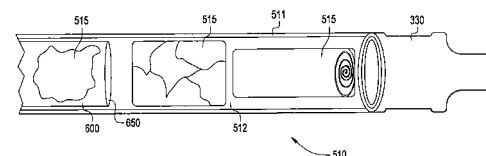
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】燃料内で発生する所望の同位元素のために収集された燃料から取り残された元素を含む、使用済み核燃料から発生する廃棄物を収容および処分が可能なセグメント化廃棄物棒を提供する。

【解決手段】セグメント化廃棄物棒の棒セグメントは軸方向に互いに取り外し可能に嵌合されており、棒セグメントは個々に金属被覆されており、棒セグメントは連続的なマルチセグメント廃棄物棒を形成しており、棒セグメントの少なくとも1つは、内部に密封された少なくとも1片の非燃料廃棄物を収容する廃棄物棒セグメントである。

【選択図】図4

FIG. 4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の棒セグメント（１１０）からなるセグメント化廃棄物棒（５００）であって、
前記棒セグメント（１１０）は軸方向に互いに取り外し可能に嵌合されており、
前記棒セグメント（１１０）は個々に金属被覆されており、
前記棒セグメント（１１０）は連続的なマルチセグメント廃棄物棒（５００）を形成し
ており、

前記棒セグメント（１１０）の少なくとも１つは、内部に密封された少なくとも１片の
非燃料廃棄物（５１５）を収容する廃棄物棒セグメント（５１０）である、セグメント化
廃棄物棒（５００）。

10

【請求項 2】

前記少なくとも１片の廃棄物（５１５）が、収集された燃焼棒セグメントに由来する材
料を含む、請求項 1 に記載のセグメント化廃棄物棒（５００）。

【請求項 3】

前記少なくとも１片の廃棄物（５１５）が、クラディング（５１１）、容器アセンブ
リ（６００）、雄型エンドプラグ（３３０）、および雌型エンドプラグ（３５０）からな
る群から選択される、請求項 2 に記載のセグメント化廃棄物棒（５００）。

【請求項 4】

前記燃焼セグメント化棒と実質的に同様の長さおよび外径を有する、請求項 2 又は 3 に
記載のセグメント化廃棄物棒（５００）。

20

【請求項 5】

廃棄物（５１５）を収容していない前記棒セグメント（１１０）の少なくとも１つは使
用済み核燃料を収容する、請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載のセグメント化廃棄物棒
（５００）。

【請求項 6】

前記セグメント化廃棄物棒（５００）の第 1 端部で前記複数の棒セグメント（１１０）
の第 1 棒セグメントに取り外し可能に嵌合される下方延長部（１３０）と、

前記セグメント化廃棄物棒（５００）の第 2 端部で前記複数の棒セグメント（１１０）
の第 2 棒セグメントに取り外し可能に嵌合される上方延長部（１２０）とをさらに有して
おり、前記上方延長部（１２０）および前記下方延長部（１３０）が燃焼セグメント化棒
（１００）から再利用される、請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のセグメント化廃棄
物棒（５００）。

30

【請求項 7】

前記棒セグメント（１１０）が、雄型エンドプラグ（３３０）および雌型エンドプラグ
（３５０）を介して取り外し可能に嵌合される、請求項 1 に記載のセグメント化廃棄物棒
（５００）。

【請求項 8】

核廃棄物（５１５）を処理する方法であって、

前記廃棄物（５１５）を廃棄物棒セグメント（５１０）内に配置するステップと、

前記廃棄物（５１５）棒セグメント（５１０）を密封するステップと、

前記廃棄物棒セグメント（５１０）を、上方延長部（１２０）、下方延長部（１３０）
、使用済み核燃料を収容する棒セグメント（１１０）、および別の廃棄物棒セグメント（
５１０）の少なくとも１つに軸方向に嵌合させることによって、前記廃棄物（５１５）棒
セグメント（５１０）をセグメント化廃棄物棒（５００）内に配置するステップとからな
る、方法。

40

【請求項 9】

前記廃棄物（５１５）を前記廃棄物棒セグメント（５１０）内に配置する前に、前記廃
棄物棒セグメント（５１０）内に配置するために前記廃棄物（５１５）を準備するステッ
プをさらに有する、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

50

前記廃棄物（５１５）を前記廃棄物棒セグメント（５１０）内に圧縮することによって、前記セグメント化廃棄物棒（５００）を燃料バンドル内に配置するステップをさらに有する、請求項８または９に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は概して、原子力発電所で用いられる燃料構造、原子力発電所で発生する廃棄物の処理、ならびに廃棄物処理用の構造を使用および製造する方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

原子力発電所は通常、核分裂によって電力を発生させるために内部に燃料が配置された炉心を備えている。米国の原子力発電所の共通設計では、炉心内に配置された、燃料集合体、すなわち燃料バンドルとして結合した複数の金属被覆燃料棒の中に燃料を配置している。動力操作中、燃料が核分裂連鎖反応を維持する中性子で照射され、その結果として複数の放射性元素が燃料中に形成される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【特許文献１】米国特許公開第２００７／０１３３７３４号公報

【特許文献２】米国特許公開第２００７／０１３３７３１号公報

【特許文献３】米国特許第４，６１９，８０８号公報

【特許文献４】米国特許第５，１９６，１６１号公報

【特許文献５】米国特許公開第２００８／００７６９５７号公報

【特許文献６】米国特許公開第２００８／００３１８１１号公報

【特許文献７】米国特許公開第２００７／０２９７５５４号公報

【特許文献８】米国特許公開第２００６／０１２６７７４号公報

【特許文献９】米国特許公開第２００６／００６２３４２号公報

【特許文献１０】米国特許公開第２００５／０１０５６６６号公報

【特許文献１１】米国特許公開第２００５／０１１８０９８号公報

【特許文献１２】米国特許公開第２００４／００９１４２１号公報

【特許文献１３】米国特許公開第２００４／０１９６９４２号公報

【特許文献１４】米国特許公開第２００４／０１９６９４３号公報

【特許文献１５】米国特許公開第２００４／０１０５５２０号公報

【特許文献１６】米国特許公開第２００３／０１７９８４４号公報

【特許文献１７】米国特許公開第２００３／００１２３２５号公報

【特許文献１８】米国特許公開第２００３／００１６７７５号公報

【特許文献１９】米国特許公開第２００３／０１０３８９６号公報

【特許文献２０】米国特許公開第２００２／００３４２７５号公報

【特許文献２１】米国特許第６，２３３，２９９号公報

【特許文献２２】米国特許第６，１９２，０９５号公報

【特許文献２３】米国特許第４，４９３，８１３号公報

【特許文献２４】米国特許第５，８６７，５４６号公報

【特許文献２５】米国特許第４，６６３，１１１号公報

【特許文献２６】米国特許第４，６１７，９８５号公報

【特許文献２７】米国特許第３，９４０，３１８号公報

【特許文献２８】米国特許第４，４６２，９５６号公報

【特許文献２９】米国特許第４，１９６，０４７号公報

【特許文献３０】米国特許第４，８５９，４３１号公報

【特許文献３１】米国特許第５，６８２，４０９号公報

【特許文献３２】米国特許第５，３５５，３９４号公報

10

20

30

40

50

【特許文献 33】米国特許第 4, 475, 948 号公報
 【特許文献 34】米国特許第 4, 532, 102 号公報
 【特許文献 35】米国特許第 5, 596, 611 号公報
 【特許文献 36】米国特許第 6, 456, 680 号公報
 【特許文献 37】米国特許第 5, 513, 226 号公報
 【特許文献 38】米国特許第 6, 056, 929 号公報
 【特許文献 39】米国特許第 6, 804, 319 号公報
 【特許文献 40】米国特許第 6, 751, 280 号公報
 【特許文献 41】米国特許第 6, 895, 064 号公報
 【特許文献 42】米国特許第 5, 910, 971 号公報
 【特許文献 43】米国特許第 5, 758, 254 号公報
 【特許文献 44】米国特許第 5, 633, 900 号公報
 【特許文献 45】米国特許第 5, 145, 636 号公報
 【特許文献 46】米国特許第 5, 053, 186 号公報
 【特許文献 47】米国特許第 4, 729, 903 号公報
 【特許文献 48】米国特許第 6, 896, 716 号公報
 【特許文献 49】米国特許第 6, 678, 344 号公報
 【特許文献 50】米国特許第 6, 160, 862 号公報
 【特許文献 51】米国特許第 5, 615, 238 号公報
 【特許文献 52】米国特許第 5, 400, 375 号公報
 【特許文献 53】米国特許第 4, 284, 472 号公報
 【特許文献 54】米国特許第 3, 998, 691 号公報
 【特許文献 55】米国特許第 4, 597, 936 号公報
 【特許文献 56】米国特許第 7, 235, 216 号公報
 【特許文献 57】米国特許第 5, 871, 708 号公報
 【特許文献 58】米国特許第 7, 157, 061 号公報
 【特許文献 59】米国特許第 4, 782, 231 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

動力操作は通常、燃料を使い果たすか、または核分裂連鎖反応を維持することができなくなって、原子力発電所が燃料の交換およびその他の保守を行なうために「運転休止（outage）」になる時まで、数カ月または数年間続けられる。一般的に、核燃料はそのような運転休止中にのみアクセス可能であり、非常に放射性が高いため、汚染および放射線暴露を防止するために厳しい処理、保管および／または処分指針を必要とする。運転休止中に処理される使用済み燃料および関連廃棄物は数年間放射性を有するため、その存続期間にわたって一定の封じ込めおよび特別な処理が必要である。

【0005】

使用済み核燃料およびその他の関連廃棄物は、従来より、使用済み燃料を使用済み燃料プールに配置して、燃料を安全に保管しつつさらなる崩壊を可能にすることによって、または廃棄物に存在する放射能を収容し得る特別な危険物埋立地に燃料および／またはその他の廃棄物を輸送および配置することによって処分されている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の例示的实施形態は、燃料内で発生する所望の同位元素のために収集された燃料から取り残された元素を含む、使用済み核燃料から発生する廃棄物の収容および処分が可能な構造を対象とする。例示的方法において、例示的实施形態の廃棄物処分構造を形成および使用する方法を開示する。

【0007】

本発明の例示的实施形態において、セグメント化廃棄物棒を開示する。例示的实施形態

のセグメント化廃棄物棒において少なくとも上方および下方エンドプラグ、クラディング、容器アセンブリと蓋、および／または上方および下方棒延長部を収容および／または再利用することができる１つ以上の廃棄物棒セグメントを有するものである。例示的实施形態のセグメント化廃棄物棒は、電力を発生および／または原子炉内に所望の同位元素を発生させるのに使用できる開示のセグメント化棒と実質的に同様の外部特徴を有しており、保管および／または処分用にそれらを収容する燃料バンドル内に配置される。

【０００８】

本発明の例示的方法において、例示的实施形態の廃棄物棒セグメントおよびセグメント化廃棄物棒を製造および使用することによる廃棄物処理方法を開示する。

【０００９】

本発明の例示的实施形態は、同様の要素を同様の参照番号で示す添付図面に関連する詳細な説明によって、より明らかとなるであろう。なお、これらの図面は例示目的においてのみ示されており、本明細書の例示的实施形態を限定するものではない

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】本発明の例示的实施形態および方法で使用可能なセグメント化燃料棒の説明図である。

【図２Ａ】本発明の例示的实施形態および方法で使用可能なセグメント化燃料棒のセグメント間の接続部の詳細説明図である。

【図２Ｂ】本発明の例示的实施形態および方法で使用可能なセグメント化燃料棒のセグメント間の接続部の詳細説明図である。

【図３】本発明の例示的实施形態によるセグメント化廃棄物棒および廃棄物棒セグメントの説明図である。

【図４】本発明の例示的实施形態による廃棄物を収容する廃棄物棒セグメントの断面図である。

【図５】本発明の例示的方法を説明するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

本発明の例示的实施形態を詳細に説明する実施形態を本明細書に開示する。ただし、本明細書で開示する特定の構造的かつ機能的な詳細は、例示的实施形態の説明のみを目的として示されている。また、例示的实施形態を多くの代替形態において実施することができ、本発明の実施形態は、本明細書に記載の例示的形態のみに限定されるものとして解釈すべきではない。

【００１２】

様々な要素を説明するために第１の、第２の、等の用語を本明細書で使用する場合がありますが、これらの要素はこれらの用語によって限定されるべきではないことが理解できよう。これらの用語は、１つの要素を別の要素から区別するために使用されるにすぎない。例えば、例示的实施形態の範囲から逸脱することなく、第１の要素を第２の要素とすることができ、同様に、第２の要素を第１の要素とすることができる。本明細書において、用語「および／または」は、１つ以上の関連して列挙された項目のありとあらゆる組み合わせを含むものとする。

【００１３】

ある要素が別の要素に「接続されて (connected)」、「連結されて (coupled)」、「嵌合されて (mated)」、「取り付けられて (attached)」、または「固定されて (fixed)」いるというとき、それは他の要素に直接的に接続または連結可能、あるいは介在要素が存在してもよいことが理解されよう。対照的に、ある要素が別の要素に「直接的に接続 (directly connected)」または「直接的に連結 (directly coupled)」されているというとき、介在要素は存在しない。要素間の関係を説明するのに使用される他の単語も、同様に (例えば、「間に (between)」に対する「間に直接的に (directly between)」、「隣接して (adjacent)」に対する「間に隣接して (directly adjacent)」等) 解釈さ

10

20

30

40

50

れるべきである。

【 0 0 1 4 】

本明細書において術語は、特定の実施形態を説明する目的のためだけに使用され、実施形態を例示的实施形態に限定するためのものではない。本明細書において、単数形「1つの(a, an)」および定冠詞「その(the)」は、明記しない限り、複数形も同様に含むことを意図している。本明細書において、用語「備える(comprises)」、「備えている(comprising)」、「含む(includes)」および/または「含んでいる(including)」は、述べられた特徴、整数、ステップ、動作、要素、および/または構成部品の存在を明記するものであるが、1つまたは複数のその他の特徴、整数、ステップ、動作、要素、構成部品、および/またはそれらの群の存在または追加の可能性を排除するものではないことが、さらに理解されよう。

10

【 0 0 1 5 】

一部の代替的实施態様において、機能/作用についての言及は、図において言及する順序通りではない場合があることにも留意されたい。例えば、連続して示す2つの図および/または作用が、実際は実質的に同時に実行されたり、あるいは必要とされる機能性/作用に応じて時には逆の順序で実行されたりする。

【 0 0 1 6 】

本出願の発明者らは、関連出願において原子力および/または放射性同位元素の発生に使用可能なセグメント化燃料棒を開示した。これらの出願、すなわち米国特許出願第11/002,677号「原子炉用の棒集合体(ROD ASSEMBLY FOR NUCLEAR REACTORS)」；米国特許出願第11/002,680号「動力原子炉内に同位元素を発生させる方法(METHOD OF PRODUCING ISOTOPES IN POWER NUCLEAR REACTORS)」；および米国特許出願第11/987,160号「固定スペーサプレートを用いたセグメント化燃料棒バンドル設計(SEGMENTED FUEL ROD BUNDLE DESIGNS USING FIXED SPACER PLATES)」は、その全体が参照により本明細書に援用される。特に、本明細書で使用する用語「セグメント化棒」については、図13に示すセグメント化棒および'677号出願の関連説明を参照により援用する。本明細書で開示する例示的实施形態および方法においては、上述の出願を適用可能であるが、その他の核燃料棒および廃棄物形状も例示的实施形態および方法で同等に適用可能であることを理解されたい。

20

【 0 0 1 7 】

まず、例示的实施形態の廃棄物棒セグメントを有する例示的实施形態のセグメント化廃棄物棒を以下に説明する。その後で、例示的实施形態の廃棄物棒セグメントおよびそれを収容するセグメント化廃棄物棒を製造および使用する例示的方法を説明する。例示的方法においては、例示的实施形態が基準となる範囲で、代替および/またはその他の開示されていない構造を例示的方法で製造および使用してよいことを理解されたい。

30

セグメント化廃棄物棒および廃棄物棒セグメント

図1に、例示的方法および実施形態に適用可能な、上述の援用された'677号出願に開示の関連技術によるセグメント化棒設計を示す。図1に示すように、複数の棒セグメント110A、110B、110C、110D、110E、110F、および110Gは、上部および下部エンドピース120および130(上方延長部120および下方延長部130とも呼ばれる)の間に接合されて、発電原子炉で使用可能なセグメント化燃料棒100を形成する。各棒セグメント110A~Gは、従来の核燃料で見られるのと同様のクラディングで個々に被覆される。

40

【 0 0 1 8 】

各棒セグメント110A~Gは、照射ターゲットも収容する。一部のセグメント、例えばセグメント110Bは、従来の核燃料で使用されるのと同様の核燃料ペレット660を照射ターゲットとして収容する。その他のセグメント、例えばセグメント110Aおよび/または110Eは、中性子束にさらされたときに所望の同位元素に変換するその他の材料620を照射ターゲットとして収容する。照射ターゲット620は、照射ターゲット材

50

料 6 2 0 から発生する同位元素を分離してより容易に収集するために、個々のセグメント 1 1 0 内に配置された容器アセンブリ 6 0 0 内に収容される。

【 0 0 1 9 】

各セグメント 1 1 0 は、接続部 3 0 0 によって上方および下方延長部 1 2 0 および 1 3 0 の間に取り外し可能に嵌合される。このようにして、モジュラー燃料棒 1 0 0 は、1 つ以上のセグメント 1 1 0 内にいくつかの異なる種類の分離したターゲットを収容する。

【 0 0 2 0 】

図 2 A および 2 B は、図 1 に示す例示的なセグメント化棒 1 0 0 のセグメント 1 0 0 間の接続部 3 0 0 の詳細説明図である。図 2 A に示すように、2 つのセグメント、雄型エンドプラグ 3 3 0 および雌型エンドプラグ 3 5 0 (援用された文献ではアダプタサブアセンブリと呼ばれることもある) は、例えば溶接によってその他のセグメント 1 1 0 (図 1 および 2 B に示す) に取り外し可能に嵌合される。雄型および雌型エンドプラグ 3 3 0 および 3 5 0 は、プラグ 3 3 0 および 3 5 0 の結合を可能にする相補的特徴を有する。例えば、雄型および雌型エンドプラグ 3 3 0 および 3 5 0 は、そのような結合を可能にするためのねじおよびねじ穴、またはタング (テーパ延長部) およびレセプターであってよいが、プラグ 3 3 0 および 3 5 0 間で取り外し可能なあらゆるタイプの嵌合形状を例示的实施形態および方法に適用可能であることを理解されたい。

【 0 0 2 1 】

図 2 B に示すように、雄型エンドプラグ 3 3 0 および雌型エンドプラグ 3 5 0 は接合されて、接続部 3 0 0 を形成する。6 6 7 号出願において説明したように、接続部 3 0 0 は燃料またはその他の照射ターゲットを収容しない中実のセグメントを形成するので、セグメント化棒 1 0 0 の腐食および核分裂生成物の放出の危険を伴わずに、スペーサ (図示せず) をこれらの接続部 3 0 0 に配置することができる。さらに、図 2 B に示すように、くぼみ、すなわち六角形 3 5 7 により、エンドプラグ 3 3 0 / 3 5 0 と照射ターゲットを収容する棒セグメント 1 1 0 とが分離し、棒セグメント 1 1 0 からのエンドプラグ 3 3 0 / 3 5 0 の取り外しが容易になり、かつ / またはそこから同位元素を収集するために棒セグメント 1 1 0 の接続を解除すべき場所がわかり易くなる。容器アセンブリ 6 0 0 (図 1 に示す) を収容するセグメント 1 1 0 からエンドプラグ 3 3 0 / 3 5 0 を取り外すことにより、それらの容器アセンブリ 6 0 0 へのアクセスとその収集が可能になる。同様に、接続部 3 0 0 A (図 1 に示す) は、その他のセグメントと上方または下方延長部 1 2 0 / 1 3 0 の間に同様の接続部を形成する。

【 0 0 2 2 】

以上に参照により援用した文献においてより詳細に説明されているように、例示的なセグメント化棒 1 0 0 は、内部に収容された照射ターゲットを照射し、電力および / または所望の同位元素を発生させるために、原子炉内で使用される。本開示の発明者らは、動力操作後の原子炉から例示的なセグメント化棒 1 0 0 を取り外し、棒セグメント 1 1 0 内で発生する所望の同位元素を収集することを考えた。本開示の発明者らはさらに、セグメント化棒 1 0 0 の一部を再利用し、効率的かつ安全に、収集後に残っているセグメント化棒 1 0 0 の構成部品を処理 / 処分 / 保管することが有利であることを確認した。本開示の発明者らはさらに、稼働中の商用原子炉内での中性子束への暴露によって放射性を帯びた後に残っているセグメント化棒 1 0 0 の構成部品の量を最小限にすることが有利であることを確認した。

【 0 0 2 3 】

例示的实施形態および方法として、原子炉内での中性子束への暴露によって発生した所望の同位元素を収集した後に上述のセグメント化棒 1 0 0 を処理、輸送、および再利用するための構造と、そのような構造を製造および使用する方法を開示する。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、例示的实施形態のセグメント化廃棄物棒 5 0 0 の説明図である。図 3 に示すように、セグメント化廃棄物棒 5 0 0 は、モジュラーセグメント 1 1 0 を有する、図 1 で説明した例示的なセグメント化棒 1 0 0 にその大部分が類似している。しかし、セグメント

10

20

30

40

50

化廃棄物棒 5 0 0 は、そこから所望の同位元素を収集した後の照射ターゲットを収容するセグメント 1 1 0 から再利用可能および / または処分可能な材料を収容することができる少なくとも 1 つの廃棄物セグメント 5 1 0 を収容している。

【 0 0 2 5 】

図 3 に示すように、セグメント化廃棄物棒 5 0 0 は、セグメント化棒 1 0 0 (図 1 に示す) から同様の上方延長部 1 2 0 および / または下方延長部 1 3 0 を保持する。セグメント化廃棄物棒 5 0 0 は、1 つ以上の棒セグメント 1 1 0 をさらに保持してもよく、例えば、核燃料のみを収容し、かつ / または分離した照射ターゲット 6 2 0 または容器アセンブリ 6 0 0 (図 1 に示す) が欠けている棒セグメント 1 1 0 を含む。1 つ以上の廃棄物セグメント 5 1 0 は、後述するように、残っている棒セグメント 1 1 0 および / または上方および下方延長部 1 2 0 / 1 3 0 の間に接合される。

10

【 0 0 2 6 】

代替的には、セグメント化廃棄物棒 5 0 0 は、廃棄物棒セグメント 5 1 0 のみを含んでもよい。廃棄物棒 5 0 0 および廃棄物棒セグメント 5 1 0 は必要に応じた任意の長さ、例えば、保管能力および / または輸送キャスクに適合する長さが最大限になるような長さであってよい。同様に、セグメント化廃棄物棒 5 0 0 の外径、長さ、および / または形状は、例えば、核燃料バンドル内のその他の棒とのセグメント化廃棄物棒 5 0 0 が交換可能となるように、従来の燃料棒または上述した ' 6 7 7 号文献の例示的なセグメント化棒と実質的に同様であってよい。

【 0 0 2 7 】

図 3 に示すように、廃棄物棒セグメント 5 1 0 は、図 1 のセグメント化棒 1 0 0 に関して上述した方法と同様に、上方および / または下方延長部 1 2 0 / 1 3 0 、その他のセグメント 1 1 0 、および / またはその他の廃棄物棒セグメント 5 1 0 の間で接合される。廃棄物棒セグメント 5 1 0 は、雄型エンドブラグ 3 3 0 および / または雌型エンドブラグ 3 5 0 の片側に接合される。各ブラグ 3 3 0 および / または 3 5 0 は、例えば、溶接、ねじ切り、および / または締め付けを含む任意の周知の機構によって廃棄物棒セグメント 5 1 0 に接合される。雄型および / または雌型エンドブラグ 3 3 0 / 3 5 0 を介して、廃棄物棒セグメント 5 1 0 は、その他の雌型および / または雌型エンドブラグ 3 5 0 / 3 3 0 、その他の廃棄物棒セグメント 5 1 0 、照射ターゲットを収容するセグメント 1 1 0 、および / または延長部 1 2 0 / 1 3 0 に接合して、例示的实施形態のセグメント化廃棄物棒 5 0 0 を構成する。

20

30

【 0 0 2 8 】

図 4 は、例示的实施形態の廃棄物棒セグメント 5 1 0 の断面図であり、潜在的内容物を示す。図 4 に示すように、廃棄物棒セグメント 5 1 0 は、その他のセグメント 1 1 0 といくつかの特徴を共有している。廃棄物棒セグメント 5 1 0 は一般的に円筒形であり、外側クラディング 5 1 1 を含む。クラディング 5 1 1 は厚みがあり、例えば、ジルコニウムまたはステンレス鋼合金を含む、従来の燃料クラディングの材料と同様の材料から製造される。クラディング 5 1 1 は、廃棄物棒セグメント 5 1 0 内で封じ込めキャビティ 5 1 2 を許容する内径を有するが、実質的に例示的实施形態のセグメント化廃棄物棒全体として均一かつ、従来の核燃料棒の外径と同様の外径を維持している。

40

【 0 0 2 9 】

図 4 に示すように、封じ込めキャビティ 5 1 2 は、以下に詳述する数片および数種類の廃棄物 5 1 5 および容器アセンブリ 6 0 0 に適合し、放射能を封じ込める。封じ込めキャビティ 5 1 2 は、例えば、雄型エンドブラグ 3 3 0 をクラディング 5 1 1 に溶接することによって、廃棄物棒セグメント 5 1 0 の開放端で密封される。代替的には、例えば、クラディング 5 1 1 および / または雌型エンドブラグ 3 5 0 を含むその他の密封によってキャビティ 5 1 2 を閉鎖してもよい。キャビティ 5 1 2 に封じ込めを施し、かつ閉鎖する任意の種類および組み合わせの障壁が例示的实施形態で使用されることを理解されたい。さらに、キャビティ 5 1 2 を密封するために使用するエンドブラグ 3 3 0 / 3 5 0 については、新たに準備しても、そこから同位元素を収集した後に使用したセグメント 1 1 0 か

50

ら再利用してもよい。

【0030】

任意の種類の廃棄物 515 を廃棄物棒セグメント 510 内に配置することができる。廃棄物は、封じ込めキャビティ 512 内で圧縮され、廃棄物密度が最大化される。例示的实施形態の廃棄物棒セグメントに挿入可能な種類の廃棄物 515 に関する以下の説明は限定的なものではなく、いくつかの異なる材料 / 物体を例示的实施形態の廃棄物セグメントに収容してもよいことを理解されたい。廃棄物 515 は、内部の照射ターゲット 620 (図 1 に示す) から所望の同位元素を収集した後の棒セグメント 110 から取り残されたいいくつかの構成部品を含む。例えば、棒セグメント 110 のクラディングを、キャビティ 512 内に適合するように切断および圧延してもよい。同様に、収集過程中に棒セグメント 110 から取り外された 1 つ以上のエンドプラグ 350 / 330 を、破砕してキャビティ 512 に挿入してもよい。関連付けられた蓋 650 を備えた 1 つ以上の容器アセンブリ 600 は、照射ターゲットが容器アセンブリ 600 から取り除かれた後にキャビティ 512 内に配置される。液体、気体、および / または固体の廃棄物が、キャビティ 512 内に配置された容器アセンブリ 600 内にさらに配置される。廃棄物 515 の準備については、例示的方法に関して後にさらに詳細に説明する。

10

【0031】

所望の廃棄物 515 を収容する廃棄物棒セグメント 510 は、上述したようにその他の廃棄物棒セグメント 510、延長部 120 / 130、および / または残っている棒セグメント 110 の間に接続されて、セグメント化廃棄物棒 500 (図 3) を形成する。セグメント化廃棄物棒 510 のセグメントの長さおよび種類に応じて、使用済み燃料バンドル内に廃棄物棒 510 を配置して、処分するか、または使用済み燃料プールに保管することが可能である。さらに、セグメント化廃棄物棒 510 は、燃料バンドルから取り外され、セグメント化廃棄物棒 510 内に処分された任意のセグメント化棒 100 の代わりをして、任意の燃料バンドルのすべての未収集部分が、最終的に少なくとも 1 つのセグメント化廃棄物棒 510 を有するバンドル内に配置、すなわち保管される。代替的には、セグメント化廃棄物棒 510 を、バンドルから取り外された従来の燃料棒と交換してもよい。例示的实施形態の廃棄物セグメントおよびセグメント化廃棄物棒は、援用された文献で述べた同位元素収集過程において発生した放射性廃棄物および / または他の所望の廃棄物の封じ込めおよび保管を行うことができる。

20

30

例示的方法

本発明の例示的实施形態によるセグメント化廃棄物棒および廃棄物セグメントを説明してきたが、図 5 を参照しながら、例示的な廃棄物の処分方法を、例示的方法で使用可能な図 3 および 4 に示す例示的实施形態とさらに照らし合わせて以下に説明する。

【0032】

図 5 は、セグメント化廃棄物棒を用いて廃棄物を処理および / または保管する例示的方法を示すフローチャートである。例示的方法は、全ての所望の同位元素が選択された燃焼セグメント化棒から収集された後に適用可能であり、「燃焼」とは本明細書では稼働中の原子炉内で中性子束にさらされているものとして規定されている。なお、廃棄物を保管および / または処分することが望ましい他の場合にも、例示的方法を適用可能である。

40

【0033】

図 5 に示すように、任意のステップ S100 において、例示的实施形態の廃棄物棒セグメント内に配置するために、例えば図 4 に関して上述した廃棄物 515 を含む廃棄物をまず準備する。ステップ S100 は、例えば、取り外され、収集された棒セグメント 110 のクラディングを、圧延、切断、および / またはカーリングして、例示的实施形態の廃棄物棒セグメント 510 内に適合させることを含む。ステップ S100 は、例えば、廃棄物を空の容器アセンブリ 600 に圧縮および / または配置し、任意で容器アセンブリ 600 上の蓋 650 を元に戻すことを含む。ステップ S100 は、例えば、棒セグメント 110 から同位元素を収集する際に取り外されるエンドプラグ 330 / 350 を含む、1 つ以

50

上のエンドプラグ 330 / 350 を例示的实施形態の廃棄物棒セグメント 510 内に適合するように破碎することを含む。ステップ S 100 は、上述の廃棄物片およびさらなる廃棄物片のいずれかを例示的实施形態の廃棄物棒セグメント 510 内に適合するように準備することを含むが、一部の廃棄物は場合によって、例示的实施形態の廃棄物棒セグメント 510 内に挿入可能にする前の準備を殆ど必要としないことを理解されたい。従って、ステップ S 100 は、準備を必要としない廃棄物に関しては任意である。

【0034】

ステップ S 110 は、ステップ S 100 で準備された廃棄物を例示的实施形態の廃棄物棒セグメント内に配置することを含む。ステップ S 110 は、セグメント内に廃棄物を圧縮および / または成形して、セグメント内の廃棄物密度を最大限に高めることを含む。廃棄物は、セグメントが満杯になるまで廃棄物棒セグメント内に配置されるが、処分すべき廃棄物の量に応じて、廃棄物セグメントは例示的方法において完全にまたは部分的に空であってよい。

10

【0035】

ステップ S 120 は、ステップ S 110 において内部に配置された廃棄物を有する廃棄物棒セグメントを密封することを含む。例示的实施形態の廃棄物棒セグメントを、様々な方法で密封することができる。例えば、適切な種類のエンドプラグ 330 / 350、例えば、廃棄物棒セグメントの反対側の種類の他方のエンドプラグ 350 / 330 のプラグを、ステップ S 120 において満杯になった廃棄物棒セグメント上に溶接する。追加的または代替的には、例えば、クラッド材または別の収容機構を含む別の障壁を使用して、廃棄物棒セグメントを密封してもよい。

20

【0036】

密封された廃棄物棒セグメント 510 は、ステップ S 130 において、セグメント化廃棄物棒の他の部材間に取り付けることによって例示的实施形態のセグメント化廃棄物棒 500 内に配置される。ステップ S 130 は、廃棄物棒セグメントの端部のエンドプラグ 330 / 350 を別の廃棄物棒セグメント 510 または棒セグメント 110 の対応するエンドプラグ 350 / 330 に嵌合させることを含む。代替的には、廃棄物棒セグメントを、別の廃棄物棒セグメント 510 または棒セグメント 110 のエンドプラグ 350 / 330 に溶接してもよい。代替的には、廃棄物棒セグメントは、廃棄物棒セグメントの端部のエンドプラグ 330 / 350 を介して上方または下方延長部 130 / 120 に嵌合させてもよい。

30

【0037】

このようにして、例示的方法により、少なくとも 1 つの廃棄物棒セグメント 510 を含んでいるセグメント化廃棄物棒 500 を形成することができる。例示的实施形態のセグメント化廃棄物棒 500 は、最大で複数個の例示的实施形態の廃棄物棒セグメント 510 を含んでいてもよく、ステップ S 100 ~ S 130 は、例示的实施形態のセグメント化廃棄物棒を形成するために各所望の廃棄物棒セグメントに対して繰り返されてもよいことを理解されたい。

【0038】

さらに、例示的实施形態の廃棄物棒セグメント 510 を、例示的方法によって所望の最終長さの例示的实施形態のセグメント化廃棄物棒 500 が得られるように、任意の長さおよび数にすることができる。例えば、セグメント化廃棄物棒が、従来の燃料棒と実質的に等しい長さを有することが望ましく、さらに、例示的方法のステップ S 100 ~ S 130 において準備して取り付けられる廃棄物棒セグメントの数および長さを、セグメント化廃棄物棒に取り付けられる任意の棒セグメントの長さおよびセグメント化廃棄物棒に配置すべき廃棄物の量に応じて計算し、所望の長さを求める。

40

【0039】

随意的に、ステップ S 100 ~ S 130 において製造されたセグメント化廃棄物棒 500 を、ステップ S 140 において燃料バンドル内に配置し保管および / または処分してよい。例示的实施形態のセグメント化廃棄物棒は、バンドル内の他の短長または全長の棒と

50

実質的に同様の長さを有しているため、バンドルは、廃棄物棒のないバンドルと実質的に同様の形状および配列を有しており、廃棄物棒のないバンドルと同様に保管される。例えば、ステップ S 1 4 0 において内部に配置されたセグメント化廃棄物棒を有するバンドルは、使用済み燃料プール等の長期保管設備に配置されるか、または特殊廃棄物保管室内に処分される。

【 0 0 4 0 】

例示的方法は、放射能およびその他の核廃棄物の処理に適した施設で実行される。例示的方法において例示的实施形態の廃棄物棒セグメントに挿入される廃棄物は、稼働中の原子炉内で長い期間照射されるため、放射性がかなり高くなる場合があり、例示的方法においてそのような廃棄物を処理するための十分な健康安全設備を必要とする。さらに、例示的方法において加工され、例示的实施形態において処分される廃棄物を適切かつ安全に処理および分離するために、例示的方法においてホットセル等のさらなる設備を使用してもよい。

10

【 0 0 4 1 】

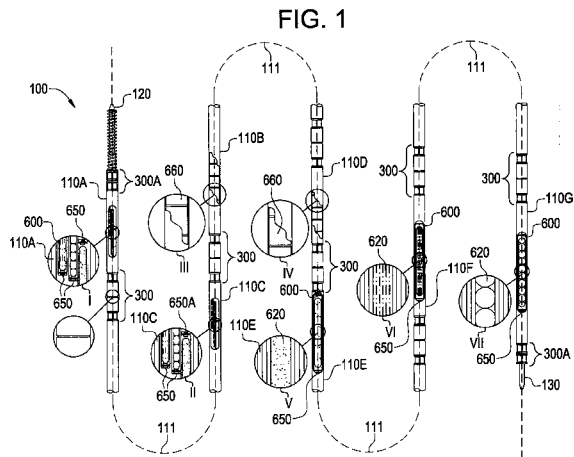
本発明の例示的实施形態のセグメント化廃棄物棒および該セグメント化廃棄物棒を形成する方法によると、例えば、上方および下方延長部、エンドプラグ、容器アセンブリと蓋、およびセグメント化棒クラディングを含む、セグメント化棒の収集から残っている廃棄物を実質的に処分および/または再利用し、そこからセグメント化棒が取り出された同じ燃料バンドルと互換性があり、それに挿入可能であるので、例示的な廃棄物棒によって、代替的な処分方法が不要となり、処分施設容量の使用が概して抑えられる。

20

【 0 0 4 2 】

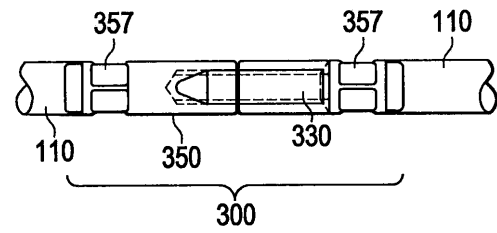
以上、本発明の例示的实施形態について説明してきたが、これらの例示的な実施形態および方法は、当業者には自明の通り、さらなる発明行為を加えない日常業務的な実験の範囲において改変可能である。かかる改変形態は、本明細書に開示の例示的实施形態の本質および範疇から逸脱しているものとみなされるべきではなく、このような修正は全て、当業者には自明の通り、添付の特許請求の範囲の範疇に含まれるものとする。

【図 1】



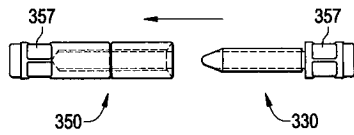
【図 2 B】

FIG. 2B



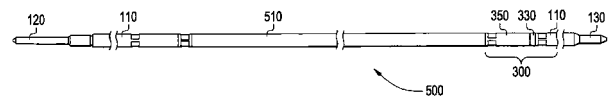
【図 2 A】

FIG. 2A



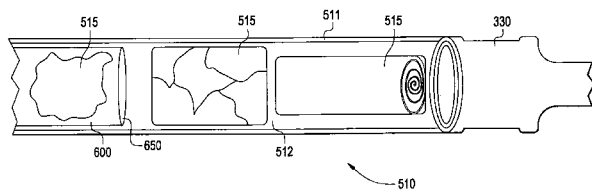
【図 3】

FIG. 3



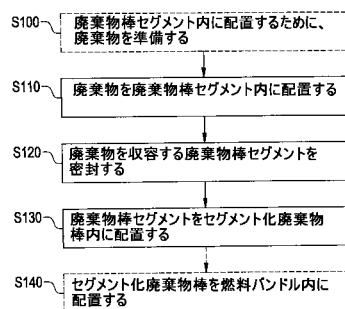
【図 4】

FIG. 4



【図 5】

FIG. 5



フロントページの続き

(72)発明者 ウィリアム・アール・ラッセル, セカンド

アメリカ合衆国、ノースカロライナ州、ウィルミントン、アーボタム・ドラム、1044番

(72)発明者 ロバート・ブライアント・ジェームズ

アメリカ合衆国、ノースカロライナ州、ウィルミントン、マデリン・ドライブ、209番