

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6140760号  
(P6140760)

(45) 発行日 平成29年5月31日 (2017.5.31)

(24) 登録日 平成29年5月12日 (2017.5.12)

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| (51) Int. Cl.                 | F 1                  |
| <b>G 2 1 F 9/36 (2006.01)</b> | G 2 1 F 9/36 5 0 1 J |
|                               | G 2 1 F 9/36 5 0 1 H |
|                               | G 2 1 F 9/36 5 0 1 A |

請求項の数 9 (全 15 頁)

|           |                               |           |                     |
|-----------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2015-92233 (P2015-92233)    | (73) 特許権者 | 000157005           |
| (22) 出願日  | 平成27年4月28日 (2015.4.28)        |           | 関電プラント株式会社          |
| (65) 公開番号 | 特開2016-211856 (P2016-211856A) |           | 大阪府大阪市北区本庄東二丁目9番18号 |
| (43) 公開日  | 平成28年12月15日 (2016.12.15)      | (73) 特許権者 | 000198307           |
| 審査請求日     | 平成27年6月12日 (2015.6.12)        |           | 株式会社 I H I 建材工業     |
|           |                               |           | 東京都墨田区両国二丁目10番14号   |
|           |                               | (73) 特許権者 | 515116504           |
|           |                               |           | 村田エンジニアリング株式会社      |
|           |                               |           | 大阪府和泉市伏屋町3丁目28番12号  |
|           |                               | (74) 代理人  | 100064908           |
|           |                               |           | 弁理士 志賀 正武           |
|           |                               | (74) 代理人  | 100108578           |
|           |                               |           | 弁理士 高橋 詔男           |
|           |                               | (74) 代理人  | 100094400           |
|           |                               |           | 弁理士 鈴木 三義           |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 使用済み核燃料集合体収納容器、使用済み核燃料集合体収納容器の集合体、使用済み核燃料集合体収納容器の組立方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

使用済み核燃料集合体を収納した金属キャスクと、  
前記金属キャスクを収納した略六角筒形状の容器本体と、  
前記容器本体の略六角筒形状の外側面に形成されていて内側に凹んで長手方向に延びる凹部とを備え、

前記凹部は、一の前記容器本体と他の前記容器本体の外側面同士を当接することで各外側面に設けた一対の前記凹部によって冷却用気体の外部冷却通路を形成することを特徴とする使用済み核燃料集合体収納容器。

【請求項 2】

請求項 1 に記載された使用済み核燃料集合体収納容器であって、  
前記容器本体の内側面及び前記金属キャスクの間に形成されていて下部と上部で外気に連通する冷却用気体の給気路と排気路を設けた内部冷却通路とを、  
備えたことを特徴とする使用済み核燃料集合体収納容器。

【請求項 3】

前記容器本体の内側面には前記金属キャスクの揺動を防ぐストッパを設けた請求項 1 または 2 に記載された使用済み核燃料集合体収納容器。

【請求項 4】

前記容器本体の上面には先細状のチムニーを設けている請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載された使用済み核燃料集合体収納容器。

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載された使用済み核燃料集合体収納容器であって、

前記容器本体は、エバポライト型堆積鉱床の鉱石から採取したコレマナイト及び／またはヒルガダイトを主体とした骨材と、固結材であるセメントとを備え、しかも前記エバポライト型堆積鉱床の鉱物に含まれるユーレキサイトとサッソライトを除いた前記コレマナイト及び／またはヒルガダイトを前記骨材とした中性子遮蔽コンクリートによって形成されていることを特徴とする使用済み核燃料集合体収納容器。

## 【請求項 6】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載された使用済み核燃料集合体収納容器であって、

前記容器本体は、比重 3.5 以上の重量コンクリートによって形成したことを特徴とする使用済み核燃料集合体収納容器。

10

## 【請求項 7】

請求項 1 に記載された使用済み核燃料集合体収納容器を複数配列した使用済み核燃料集合体収納容器の集合体であって、

複数の前記容器本体は前記外側面同士を当接させてハニカム構造に配列されており、前記ハニカム構造の配列において複数の前記容器本体の少なくとも 1 の外側面がそれぞれ外気に接触するように前記使用済み核燃料集合体収納容器を設けない空間を有していることを特徴とする使用済み核燃料集合体収納容器の集合体。

## 【請求項 8】

請求項 1 に記載された使用済み核燃料集合体収納容器を複数配列した使用済み核燃料集合体収納容器の集合体であって、

複数の前記容器本体は前記外側面同士を当接させてハニカム構造に配列されており、外側に配列した複数の前記使用済み核燃料集合体収納容器の更に外側に前記金属キャスクを収納しない前記容器本体が配列されていることを特徴とする使用済み核燃料集合体収納容器の集合体。

20

## 【請求項 9】

請求項 1 に記載された使用済み核燃料集合体収納容器の組み立て方法であって、

基台を設置する工程と、

前記基台の上に前記使用済み核燃料集合体を収納した前記金属キャスクを載置する工程と、

30

蓋部と略六角筒形状の側筒部からなる部材で前記金属キャスクを覆って前記基台に固定する工程と、

を備えたことを特徴とする使用済み核燃料集合体収納容器の組立方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は使用済み核燃料集合体を収納した金属キャスクを収納して貯蔵等をする使用済み核燃料集合体収納容器とその集合体、そして使用済み核燃料集合体収納容器の組立方法に関する。

## 【背景技術】

40

## 【0002】

従来、放射性汚染物質を収納して安全に保管する収納容器として、例えば特許文献 1 や 2 に記載されたものが知られている。特許文献 1 に記載された収納容器では、放射性廃棄物を鋳物製容器に収納して積み重ねて保管している。また、特許文献 2 に記載された放射性汚染物質収納容器では、収納空間内に放射性汚染物質を収納した略六角柱の容器の各外側面に凹部または凸部を形成している。そして、複数の放射性汚染物質収納容器を配列した際、一の収納容器の凹部に他の収納容器の凸部を嵌合させて略六角柱の容器の各外側面を互いに当接させてハニカム構造に配列して貯蔵等していた。

## 【0003】

これに対し、放射性汚染物質と違って、反応炉で使用した使用済み核燃料集合体は、使

50

用直後は例えば300℃以上と高温であるため、3～5年程度プールの水中に保管され、周囲温度が例えば100℃以下になった状態で乾式貯蔵容器内に保管するようにしている。

乾式貯蔵容器として、例えば複数の使用済み核燃料棒を連結した燃料集合体を収納した略円筒形状の金属キャスクが知られている。これら多数の金属キャスクは、内部に収納された核燃料集合体が水中保管後であっても反応しているために高温状態である。そのため、強固で耐震性があり放射線遮蔽能力のある建屋内に間隔をあけて立てて、あるいは横に寝かせて並べて貯蔵していた。

また、別の乾式貯蔵手段として、遮蔽能力のある略円筒形のコンクリート製のキャスク内に核燃料集合体を収納したものを、屋外に間隔を開けて並べる手段が知られている。

10

#### 【0004】

わが国では、使用済み核燃料集合体を保管する場合、敷地境界における放射線の線量を年間1ミリシーベルト以下の許容値に抑える必要がある。そこで、敷地の広さ等の制約を考慮して、多数の金属キャスクを放射線を遮蔽する建屋内に保管する貯蔵方法がとられている。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0005】

【特許文献1】特開2003-167094号公報

【特許文献2】特許第5205540号公報

20

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

しかしながら、使用済み核燃料集合体であっても反応して金属キャスクが高温になるため、特許文献1や2に記載された放射性汚染物質のように密閉した貯蔵容器に収納して互いに密着させて保管することは困難であった。また、使用済み核燃料集合体を収納した金属キャスクを、耐震性と遮蔽能力のある建屋を設けて分散して貯蔵することはコスト高である上に、建屋を設ける敷地の取得に費用が掛かるという欠点があった。

#### 【0007】

本発明は、このような実情に鑑みてなされたものであり、遮蔽能力の高い建屋を必要とすることなく互いに集積させて保管できて金属キャスクを冷却可能な使用済み核燃料集合体収納容器とその集合体、そして使用済み核燃料集合体収納容器の組立方法を提供することを目的とする。

30

また、本発明の他の目的は、十分な遮蔽能力と耐衝撃性を備えていて放射線の遮蔽性を高めた使用済み核燃料集合体収納容器とその収納容器の集合体、そして使用済み核燃料集合体収納容器の組立方法を提供することである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0008】

本発明による使用済み核燃料集合体収納容器は、使用済み核燃料集合体を収納した金属キャスクと、金属キャスクを収納した略六角筒形状の容器本体と、容器本体の略六角筒形状の外側面に形成されていて内側に凹んで長手方向に延びる凹部とを備え、凹部は、一の前記容器本体と他の前記容器本体の外側面同士を当接することで各外側面に設けた一对の前記凹部によって冷却用気体の外部冷却通路を形成することを特徴とする。

40

本発明によれば、金属キャスクを放射線遮蔽性と耐衝撃性の高い容器本体に収納したものを屋外に貯蔵・保管できる。しかも使用済み核燃料集合体収納容器は容器本体の略六角筒形状の外側面同士を当接させてハニカム構造に集積状態で貯蔵でき、少なくともいずれかの外側面に形成した凹部に外気が流通する外部冷却通路を形成することで金属キャスクを冷却することができて高温になることを抑制できる。

#### 【0009】

本発明による使用済み核燃料集合体収納容器は、使用済み核燃料集合体を収納した金属

50

キャスクと、金属キャスクを収納した略六角筒形状の容器本体と、容器本体の内側面及び金属キャスクの間に形成されていて下部と上部で外気に連通する冷却用気体の給気口と排気口を設けた内部冷却通路とを、備えたことを特徴とする。

本発明によれば、金属キャスクを放射線遮蔽性と耐衝撃性の高い容器本体に収納したものを屋外に貯蔵・保管でき、しかも使用済み核燃料集合体収納容器は容器本体の略六角筒形状の外側面同士を当接させてハニカム構造に集積状態で貯蔵でき、容器本体の内側面及び金属キャスクの間の内部冷却通路を外気が流通することで金属キャスクを冷却することができて高温になることを抑制できる。

#### 【0010】

また、容器本体の内側面には金属キャスクの揺動を防ぐストッパを設けることが好ましい。

10

屋外の地盤上に使用済み核燃料集合体収納容器を設置した状態で、地震等で振動したとしても容器本体に対して金属キャスクが相対振動して衝突することをストッパで防止できる。

#### 【0011】

また、容器本体の上面には先細状のチムニーを設けていてもよい。

容器本体の上面に先細状のチムニーを設けることで、外部冷却通路や内部冷却通路で金属キャスクと熱交換した気体を上面から排出して、先細状のチムニーを通すことで気体の外部冷却通路や内部冷却通路での流速を速めて金属キャスクの冷却効果を促進できる。

#### 【0012】

20

本発明による使用済み核燃料集合体収納容器は、上述した使用済み核燃料集合体収納容器であって、容器本体は、エバポライト型堆積鉱床の鉱石から採取したコレマナイト及び／またはヒルガダイトを主体とした骨材と、固結材であるセメントとを備え、しかもエバポライト型堆積鉱床の鉱物に含まれるユーレキサイトとサッソライトを除いたコレマナイト及び／またはヒルガダイトを前記骨材とした中性子遮蔽コンクリートによって形成されていることを特徴とする。

本発明によれば、金属キャスクを通して核燃料集合体から放射される中性子線等の放射線は容器本体を形成する中性子遮蔽コンクリートで遮蔽することができるため、使用済み核燃料集合体収納容器から外部環境に放出される放射線の線量を低減させて許容値内に収めることができる。

30

#### 【0013】

本発明による使用済み核燃料集合体収納容器は、上述したいずれかに記載された使用済み核燃料集合体収納容器において、容器本体は、比重3.5以上の重量コンクリートで形成したことを特徴とする。

本発明によれば、金属キャスクを通して核燃料集合体から放射される中性子線等の放射線は容器本体を形成する高比重の重量コンクリートで遮蔽することができるため、使用済み核燃料集合体収納容器から外部環境に放出される放射線の線量を低減させて許容値内に収めることができる。

#### 【0014】

40

本発明による使用済み核燃料集合体収納容器の集合体は、使用済み核燃料集合体を収納した金属キャスクを収納した略六角筒形状の外側面を有する容器本体を備えた使用済み核燃料集合体収納容器を複数配列した使用済み核燃料集合体収納容器の集合体であって、複数の容器本体の外側面同士を当接させてハニカム構造に配列し、複数の容器本体の少なくとも1の外側面がそれぞれ外気に接触するように使用済み核燃料集合体収納容器を設けない空間を形成したことを特徴とする。

本発明によれば、ハニカム構造に集積して配列した複数の使用済み核燃料集合体収納容器について、各容器本体の少なくとも1の外側面が使用済み核燃料集合体収納容器を除去した空間に面しているため、この空間を通して外気を流通させることで容器本体内の金属キャスクを冷却することができる。

#### 【0015】

50

本発明による使用済み核燃料集合体収納容器の集合体は、使用済み核燃料集合体を収納した金属キャスクを収納した略六角筒形状の外側面を有する容器本体を備えた使用済み核燃料集合体収納容器を複数配列した使用済み核燃料集合体収納容器の集合体であって、複数の容器本体の外側面同士を当接させてハニカム構造に配列し、外側に配列した複数の使用済み核燃料集合体収納容器の更に外側に金属キャスクを収納しない容器本体を配列したことを特徴とする。

多くの使用済み核燃料集合体収納容器内の金属キャスクから放射される放射線は他の使用済み核燃料集合体収納容器の容器本体の壁面に遮蔽されて線量を許容値内に低減でき、一部の放射線は外部に放射されるが、この場合でも金属キャスクを収納しない空の容器本体を通過することで遮蔽されて線量を低減できて許容値内に低減できると共に冷却効果を高めることができる。

10

#### 【0016】

本発明による使用済み核燃料集合体収納容器の組立方法は、上述した使用済み核燃料集合体収納容器の組み立て方法であって、基台を設置する工程と、基台の上に使用済み核燃料集合体を収納した金属キャスクを載置する工程と、蓋部と略六角筒形状の側筒部からなる部材で前記金属キャスクを覆って前記基台に固定する工程と、を備えたことを特徴とする。

本発明によれば、基台に載置した金属キャスクに蓋部と略六角筒形状の側筒部からなる部材を被せて固定することで使用済み核燃料集合体収納容器を組み立てることができ、工程数が少なく容易に組立できる。

20

#### 【発明の効果】

#### 【0017】

本発明による使用済み核燃料集合体収納容器によれば、金属キャスクを覆う容器本体によって外部に放出される放射線の線量を低減できると共に、容器本体の外側面に凹部による外部冷却通路、または容器本体の内側面と金属キャスクとの間に形成した内部冷却通路を通して冷却用気体を流通させて、直接または間接的に容器本体に収納した金属キャスクを冷却できる。

そのため、使用済み核燃料集合体を収納した金属キャスクであっても容器本体に収納して外側面同士を当接させて集積状態で貯蔵・保管できる。

また、使用済み核燃料集合体収納容器の組立方法では、金属キャスクと容器本体の組立と金属キャスクの収納を簡単に行える。

30

#### 【0018】

また、本発明による使用済み核燃料集合体収納容器によれば、コレマナイト及び／またはヒルガライトを骨材とした中性子遮蔽コンクリート製の容器本体によって、金属キャスクを通して核燃料集合体から放射される中性子線等の放射線を遮蔽できて外部に放出される放射線の線量を低減させることができる。

#### 【0019】

また、本発明による使用済み核燃料集合体収納容器の集合体によれば、使用済み核燃料集合体収納容器を略六角筒状の容器本体の外側面同士を当接してハニカム構造に配列することで、少ない占有スペースで多くの収納容器を配設できる。

40

しかも、金属キャスクを覆う容器本体によって外部に放出される放射線を許容値以下に低減できると共に、ハニカム構造に配列した複数の使用済み核燃料集合体収納容器の少なくとも1の外側面が空間でそれぞれ外気に接触するため、ハニカム構造の集合体であっても個々の使用済み核燃料集合体収納容器内の金属キャスクを冷却できる。

#### 【0020】

また、本発明による使用済み核燃料集合体収納容器の集合体によれば、使用済み核燃料集合体収納容器を略六角筒状の容器本体の外側面同士を当接してハニカム構造に配列することで、少ない占有スペースで多くの収納容器を配設できる。

しかも、金属キャスクを覆う容器本体によって外部に放出される放射線を許容値以下に低減できると共に、外側の使用済み核燃料集合体収納容器の更に外側に金属キャスクを収

50

納しない空の容器本体を配列したため、外部に放射される放射線の線量を許容値以下に低減できると共に冷却効果を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の第一実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器の斜視図である。

【図2】図1に示す使用済み核燃料集合体収納容器のA-A線縦断面図である。

【図3】図2に示す金属キャスクと容器本体の内側面との間のB部拡大断面図である。

【図4】複数の使用済み核燃料集合体収納容器をハニカム構造に配列させた集合体の平面図である。

【図5】図4に示す使用済み核燃料集合体収納容器の集合体の配列状態の一部を示す拡大斜視図である。 10

【図6】使用済み核燃料集合体収納容器の集合体の地盤上での配列状態を示す図であり、(a)は平坦な地盤上で保管した集合体の側面図、(b)は集合体をワイヤで拘束して保管した状態の側面図、(c)集合体を平坦な皿上に保管した側断面図である。

【図7】本発明の第二実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器の集合体を示すものであり、集合体の外側に空の容器本体を配列させた平面図である。

【図8】第三実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器の集合体を示す平面図である。

。

【図9】変形例による使用済み核燃料集合体収納容器の斜視図である。

【図10】第四実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器を示す縦断面図である。 20

【図11】使用済み核燃料集合体収納容器の集合体の変形例を示す部分拡大平面図である。

。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の第一実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器とその集合体について説明する。

図1及び図2に示す使用済み核燃料集合体収納容器1は、原子炉での反応を終えた燃料棒を集合させた使用済み核燃料集合体を内部に収納した金属キャスク2を、コンクリート製の略六角筒形状をなす容器本体3内に収納したものである。これら複数の使用済み核燃料集合体を収納した金属キャスク2は概略で円筒形状を有している。本発明では、使用済み核燃料集合体収納容器1の集合体を建築物等に収納しなくても屋外であっても場所をとらずに効率的に保管できるようにしたものである。 30

【0023】

図1において、使用済み核燃料集合体収納容器1の容器本体3は、金属キャスク2を載置する略六角形板状の基台5と、外側面6aが略六角形筒状に形成されていて内側面6bが略円筒状に形成された側筒部6と、側筒部6の上部開口に設けた略円盤状の蓋部7とを有している。蓋部7は側筒部6の上部の開口6cに嵌合されて有蓋六角筒として一体に保持されており、必要に応じて蓋部7を側筒部6から取り外し可能とされている。

【0024】

これら基台5と側筒部6と蓋部7はいずれも使用済み核燃料集合体から放出される中性子等の放射線を遮蔽する能力のあるコンクリートでできている。なお、容器本体3は放射線の遮蔽能力があればコンクリート以外の材質のものを用いてもよい。 40

【0025】

図2に示す容器本体3の側筒部6において、金属キャスク2を収納する円筒状の内側面6bの上部は上側に向けて円形の階段状に拡張する段付きの開口6cを形成している。この開口6cに段付きの外周面を有する円盤状の蓋部7が嵌合して、蓋部7の拡張円盤部7aでボルト等によって側筒部6の上部に固定される。なお、容器本体3の側筒部6と基台5との接合部も、側筒部6の開口6cと蓋部7との嵌合部と同様に段付き形状にしている。これによって、金属キャスク2から放射される放射線を側筒部6によって確実に遮蔽できる。 50

## 【0026】

容器本体3の側筒部6は正六角筒に近い6面の外側面6aを有しており、各外側面6aはその幅方向の中央部に凹部10が形成されている。この凹部10は外側面6a中央の下端から上端まで長手方向の全長に亘って形成され、基台5の各面にも延長して形成されている。凹部10は容器本体3の外側面6aに形成した外気による外部冷却通路10Aを構成しており、各外側面6aにおいて外気が凹部10に沿って上側と下側との間を流通することで容器本体3を通して金属キャスク2を冷却できる。

また、容器本体3の側筒部6の内側面6bは金属キャスク2との間に若干の間隙を形成して略円筒状を形成している。

## 【0027】

側筒部6の下部における基台5の近傍には側筒部6の外側面6aに連通する給気口を設けた給気路13が径方向に延びて形成されており、給気路13は略円筒状の内部冷却通路12の下端部に連通している。しかも、側筒部6に設けた各給気路13は内部冷却通路12から放射状に階段状に屈曲して径方向外側に延びて六面の外側面6aにおける凹部10でそれぞれ開口する構成を有している。これによって、金属キャスク2から給気路13内に放射される放射線を側筒部6の壁面で遮蔽できる。

また、側筒部6における内部冷却通路12の上部は側筒部6内を断面略L字状に形成されて上面6dに開口する排気口を設けた排気路14に連通している。しかも、各排気路14は内部冷却通路12の上端付近から放射状に径方向外側に延びて六角形からなる上面6dの各角部近傍にそれぞれ開口する構成を有している。上面6dに設けた排気路14の排気口は給気路13の真上でもよく、上面6dの任意の位置に形成できるが、本実施形態では肉厚の大きい角部にそれぞれ形成した。

## 【0028】

また、図2に示す容器本体3内の内部冷却通路12において、内側面6bには金属キャスク2との隙間K内で地震等によって金属キャスク2が振動することを抑制するために、ストッパ15が取り付け部材16を介して取り付けられている。図3に示すように、ストッパ15は例えば高温に耐える金属を用いることが好ましく、ストッパ15と金属キャスク2との間に例えば10～15mm程度の微細な間隙が形成されている。

金属キャスク2が振動して側筒部6の内側面6bと衝突することを防ぐために、ストッパ15は側筒部6の内側面6bの周方向に所定間隔、例えば90度間隔で設置し、上下方向にも適宜の間隔で設置することが好ましい。或いは、ストッパ15は内側面6bに沿って螺旋状に配列してもよい。

## 【0029】

本実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器1は上述した構成を有しており、次に使用済み核燃料集合体収納容器1の組立方法について、図1及び図2を参照して説明する。

本実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器1は、例えば屋外の地盤上に設置するものであり、そのために、地盤上に基台5を設置する。そして、基台5の中央に金属キャスク2を載置する。次に、金属キャスク2の上に蓋部7を嵌合させた側筒部6を被せて覆うことで、基台5と側筒部6と蓋部7からなる容器本体3によって金属キャスク2を囲うことができる。最後に、側筒部6と基台5をねじ止め等することで使用済み核燃料集合体収納容器1の組立が完了する。

## 【0030】

このようにして得られた複数の使用済み核燃料集合体収納容器1を用いた集合体18の作用について説明する。

本実施形態による複数の使用済み核燃料集合体収納容器1における各容器本体3の外側面6a同士を互いに当接させて密集配列することで、図4に示すように、ハニカム構造の集合体18を形成することができる。

## 【0031】

得られた使用済み核燃料集合体収納容器1の集合体18は、図5に示すように、1の使

10

20

30

40

50

用済み核燃料集合体収納容器 1 と他の使用済み核燃料集合体収納容器 1 を外側面 6 a 同士で当接することで、各外側面 6 a に設けた一对の凹部 1 0 によって外部冷却通路 1 0 A が形成される。しかも、各外側面 6 a における凹部 1 0 には内部冷却通路 1 2 に連通する給気路 1 3 が開口している。

#### 【0032】

そのため、屋外の地盤上に、多数の使用済み核燃料集合体収納容器 1 を密着させてハニカム構造に集合させた集合体 1 8 の状態であっても、密着した外側面 6 a 同士の一对の凹部 1 0 からなる外部冷却通路 1 0 A 内に上方から外気が流入して下方に流れる。そして、各使用済み核燃料集合体収納容器 1 の各外側面 6 a の凹部 1 0 の下側に形成した給気路 1 3 を通って容器本体 3 の内側面 6 b と金属キャスク 2 との間の内部冷却通路 1 2 内を外気が流通して金属キャスク 2 を冷却する。その後、各使用済み核燃料集合体収納容器 1 の上面 6 d に連通する排気路 1 4 を通って高温の気体が外部に放出される。

10

従って、使用済み核燃料集合体収納容器 1 を互いにハニカム構造に密着させても、各使用済み核燃料集合体収納容器 1 の六面の外側面 6 a にそれぞれ設けた外部冷却通路 1 0 A と、給気路 1 3、内部冷却通路 1 2、排気路 1 4 を通る冷却流路が形成され、容器本体 3 内の金属キャスク 2 を効率よく冷却できる。

#### 【0033】

しかも、使用済み核燃料集合体収納容器 1 内に収納した金属キャスク 2 を通して放出される放射線はその周囲のコンクリート製の容器本体 3 で減衰され、更に隣の使用済み核燃料集合体収納容器 1 の容器本体 3 によって減衰される。そのため、集合体 1 8 の外側の使用済み核燃料集合体収納容器 1 から外気に放射される放射線の線量を年間 1 ミリシーベルト以下の許容値内に抑えることができる。

20

#### 【0034】

また、図 4 及び図 6 (a) に示すように、本実施形態では、使用済み核燃料集合体収納容器 1 の集合体 1 8 を屋外の敷地内にハニカム状に密着配列して貯蔵・保管している。そのため、地震等が生じたとしても使用済み核燃料集合体収納容器 1 が相互に干渉しあうことで転倒を防止できる。さらに、図 6 (b) に示すように、各使用済み核燃料集合体収納容器 1 の集合体 1 8 は屋外等でワイヤ 1 7 によって拘束して保持してもよいし、同図 (c) に示すように平坦な皿状の部材 1 9 や床面等に集合体 1 8 を載置することで保持してもよい。これらの場合、集合体 1 8 の個々の使用済み核燃料集合体収納容器 1 とこれに収納された金属キャスク 2 が倒れたり損傷したりすることはない。

30

これらのことから、本実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器 1 やその集合体 1 8 は耐震性を持った遮蔽用の建物に収納する必要がなく、載置するための強固な基礎も不要となる。そのため、使用済み核燃料集合体収納容器 1 の貯蔵も運搬も容易である。また、使用済み核燃料集合体収納容器 1 は横方向に密着して配列するだけでなく上方向にも重ねて貯蔵できる。

#### 【0035】

上述のように本実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器 1 とその集合体 1 8 によれば、使用済み核燃料集合体収納容器 1 は略六角形の各外側面 6 a に形成した凹部 1 0 による外部冷却通路 1 0 A と凹部 1 0 に設けた給気路 1 3 及び内部冷却通路 1 2 及び排気路 1 4 とによって金属キャスク 2 を冷却することができる。そのため、多数の使用済み核燃料集合体収納容器 1 をハニカム構造に互いに密着して集合体 1 8 として貯蔵した場合でも、各使用済み核燃料集合体収納容器 1 間の凹部 1 0 による外部冷却通路 1 0 A を通して全ての金属キャスク 2 を冷却することができる。

40

しかも、金属キャスク 2 から放射される放射線はコンクリート製の容器本体 3 によって遮蔽することで放射線量を減衰でき、容器本体 3 を透過する放射線についても隣接して配列した他の使用済み核燃料集合体収納容器 1 の容器本体 3 によって更に減衰させることができる。そのため、集合体 1 8 の外部環境との境界での年間線量を 1 ミリシーベルト以下の許容値以下に抑制することができて安全である。

また、使用済み核燃料集合体収納容器 1 を放射線を遮蔽する建屋内に離間して保管する

50

必要もなく、強固な基礎地盤も必要なく、屋外で地盤上に密着配列して貯蔵・保管できて運搬も容易であるから占有スペースが小さくて済み低コストで貯蔵・保管できる。

#### 【0036】

なお、本発明による使用済み核燃料集合体収納容器1とその集合体18は、上述した実施形態に記載されたものに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で様々な変形や置換等が可能である。以下に本発明の他の実施形態や変形例等について説明するが、上述した実施形態による各部品や部材と同一または同様なものについては同一の符号を用いて説明する。

#### 【0037】

次に、図7は本発明の第二実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器1の集合体20を示すものである。 10

図7において、使用済み核燃料集合体収納容器1をハニカム構造に密着配列することで複数の使用済み核燃料集合体収納容器1の容器本体3を通過する金属キャスク2からの放射線は、複数の側筒部6の壁面を通過することで遮蔽されて減衰されるため、外部環境との境界での放射線量は確実に年間1ミリシーベルト以下の許容値内になる。

しかし、集合体20の最も外側に配設された使用済み核燃料集合体収納容器1では、金属キャスク2から放射される放射線は1つの側筒部6の壁面だけを透過して外部環境に放出されるため、線量は年間許容値より大きい可能性がある。

#### 【0038】

そのため、本第二実施形態では使用済み核燃料集合体収納容器1の集合体20の最も外側に、金属キャスク2を収納しない空の容器本体3からなるダミーの使用済み核燃料集合体収納容器1Aを配列して囲うようにした。 20

このような構成を採用したため、使用済み核燃料集合体収納容器1の集合体20において、最も外側に配設された使用済み核燃料集合体収納容器1から外側に放射される放射線はダミーの使用済み核燃料集合体収納容器1Aの側筒部6の壁面を通過することで遮蔽され、年間の放射線量は1ミリシーベルト以下の許容値内に納めることができる。しかも、空の使用済み核燃料集合体収納容器1Aによってその内側の収納容器1を冷却することができる。

#### 【0039】

なお、集合体20の外側に1重のダミーの使用済み核燃料集合体収納容器1Aを配列して囲う構成によっても線量の低下が十分でない場合には、例えば二重、三重と多重のダミーの使用済み核燃料集合体収納容器1Aを外側に配列することで年間の線量を確実に許容値内に納めることができる。 30

#### 【0040】

次に、図8は本発明の第三実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器1の集合体22を示すものである。

図8に示す使用済み核燃料集合体収納容器1の集合体22では、第二実施形態に示すものと同様に使用済み核燃料集合体収納容器1をハニカム構造に密着配列してその外側をダミーの使用済み核燃料集合体収納容器1Aで囲ったものにおいて、内側の使用済み核燃料集合体収納容器1を所定間隔で取り除いた略六角柱形状の空間を形成し、この空間を空孔23とする。 40

本実施形態において、空孔23の配列は、外側の使用済み核燃料集合体収納容器1を除く他の複数の使用済み核燃料集合体収納容器1における略六角筒形状の容器本体3の少なくとも1つの外側面6aがそれぞれ空孔23に対面する構成とした。

#### 【0041】

これによって、ダミーの使用済み核燃料集合体収納容器1Aを除く各使用済み核燃料集合体収納容器1は六面の外側面6aにおいて、凹部10による外部冷却通路10Aと使用済み核燃料集合体収納容器1内における内部冷却通路12を通って外気を金属キャスク2に接触させて流通させることで金属キャスク2を冷却できる。しかも、空孔23に対面する6個の使用済み核燃料集合体収納容器1は凹部10による外部冷却通路10Aが空孔2 50

3に連通するため、金属キャスク2の冷却機能が一層高くなる。

なお、使用済み収納容器1の集合体22において外側にダミーの使用済み核燃料集合体収納容器1Aを設けなければ外側の使用済み核燃料集合体収納容器1の金属キャスク2の冷却効果は一層高くなる。

#### 【0042】

また、第三実施形態の変形例として、使用済み核燃料集合体収納容器1の集合体22において、ダミーの使用済み核燃料集合体収納容器1Aを取り除き、凹部10のない容器本体3からなる図9に示す使用済み核燃料集合体収納容器24を使用済み核燃料集合体収納容器1に代えて配列してもよい。

この場合、空孔23内を降下する外気は空孔23に対面する外側面6aに設けた給気口を有する給気路13から内部冷却通路12内に侵入して金属キャスク2を冷却し、上面6dの排気路14を通して外気に放出される。従って、本変形例の集合体22によれば、容器本体3の外側面6aに凹部10を設けなくても使用済み核燃料集合体収納容器24内の金属キャスク2を冷却できる。

#### 【0043】

次に本発明の第四実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器26について図10により説明する。

本実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器26は基本構成を第一実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器1と同じくしており、相違点として排気路14が内部冷却通路12の延長上に延びて蓋部7の上面に開口している。

#### 【0044】

また、容器本体3における側筒部6の上面6dには冷却塔からなるchimney28が取り付けられている。chimney28は容器本体3の上面6dを覆う拡張された入口開口から上方に向けてテーパ状に縮径した屋根部28aの上端に小径の開口を有し、その上面に第二屋根部28bが形成されている。

そのため、容器本体3の排気路14の開口から排出される排気をchimney28によって収束させることで排気の流速を速めて、金属キャスク2の冷却効率を向上させている。なお、chimney28は鋼製であるが、コンクリート製でもよく、また容器本体3と一体に形成しても分割で形成してもよい。

#### 【0045】

上述の構成を備えた本第四実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器26によれば、容器本体3の給気口から内部の給気路13に流入した外気は内部冷却通路12を下側から上側に向けて流れて金属キャスク2の外周面を効率よく冷却できる。

しかも、容器本体3の上面6dにchimney28を設けることで、排気路14の排気口からchimney28に排出される外気は流速を高めて排出されるため、内部冷却通路12の流速を更に高めて金属キャスク2の冷却効果を一層高めることができる。

#### 【0046】

次に使用済み核燃料集合体収納容器1で金属キャスク2を収納する容器本体3の材質として放射線を遮蔽する能力のあるコンクリートを用いるものとする。放射線を遮蔽可能なコンクリートとして、ポルトランドセメント等を用いた普通コンクリート等を含む各種のコンクリートを用いることができる。特に、放射線のうち中性子遮蔽性能の高いコンクリートを容器本体3に用いることが好ましい。本実施形態において、容器本体3の材質として用いた中性子遮蔽コンクリートについて以下に説明する。

本実施形態による中性子遮蔽コンクリートは、エバポライト型堆積鉱床の鉱石から選別採取したコレマナイト及び／またはヒルガダイト等の硼素を主体とした硼素骨材と、固結材であるセメントとを備え、エバポライト型堆積鉱床の鉱石に含まれるユーレキサイトとサッソライトを除いて、コレマナイト及び／またはヒルガダイトを骨材としてセメントと混和して製造した。

#### 【0047】

上述した中性子遮蔽コンクリートによれば、エバポライト型堆積鉱床の鉱石に含まれる

10

20

30

40

50

ユーレキサイトとサッソライトは水に溶解し易いため、先に水に溶けてセメントの水和反応を阻害してしまうためコレマナイト及び／またはヒルガダイトがセメントと固化されにくい、エバポライト型堆積鉱床の鉱石に含まれるユーレキサイトとサッソライトを除いておくことで、エバポライト型堆積鉱床の鉱石から選別採取した含硼素鉱物であるコレマナイトやヒルガダイトをセメントと混練させて混和させると、高強度で耐久性が高く十分な中性子遮蔽性能を備えた硼素含有コンクリートを得ることができる。

この中性子遮蔽コンクリートについては本発明者らによる特願 2013-272471 号出願に詳しく開示されている。

#### 【0048】

また、他の放射線遮蔽性能の高いコンクリートとして、比重 3.5 以上の高比重コンクリート（Gコン）を用いることができる。この高比重コンクリートは砂や砂利等の重量骨材、或いは磁鉄鉱、鉄鉱石、酸化鉄粉、酸化スラグ等を主成分として含むものである。

本実施形態による使用済み核燃料集合体収納容器 1 における容器本体 3 は、上述した硼素鉱物を含む硼素含有コンクリートまたは比重 3.5 以上の高比重コンクリートによって製造するか、或いは普通コンクリートの外側表面または内側表面に硼素含有コンクリートまたは高比重コンクリートを塗布または積層して構成している。

このようなコンクリートを容器本体 3 の材質として用いることで金属キャスク 2 から放射される放射線を遮蔽して透過する線量を低減させ、集合体 18 の外部境界での放射線の線量を年間 1 ミリシーベルト以下に抑えることができる。

#### 【0049】

なお、上述した第一実施形態では、使用済み核燃料集合体収納容器 1 における側筒部 6 を六角形筒状に形成して各外側面 6a に凹部 10 を形成することで、隣り合う使用済み核燃料集合体収納容器 1 同士を接合した際、凹部 10 同士で略六角形状の外部冷却通路 10A を形成するものとした。しかし、これに代えて、図 11 に示すように互いに当接する使用済み核燃料集合体収納容器 1 の一方の外側面 6a に凹部 10 を設ければ、給気路 13 に連通する外部冷却通路 10A を形成することができる。

また、外部冷却通路 10A や内部冷却通路 12 に連通する給気路 13 及び排気路 14 は容器本体 3 の六面全てに形成する必要はなく、少なくとも 1 つ形成できればよい。

#### 【0050】

また、本発明において、使用済み核燃料集合体収納容器 1 は容器本体 3 の外側面 6a における凹部 10 による外部冷却通路 10A と、容器本体 3 の内側面 6b と金属キャスク 2 との間に形成した内部冷却通路 12 のいずれか一方のみを設けてもよい。

凹部 10 による外部冷却通路 10A を設けた場合には凹部 10 を外気が流通することで容器本体 3 を介して金属キャスク 2 を間接的に冷却できる。また、容器本体 3 の上面 6d にチムニー 28 を設けた場合には一層外部冷却通路 10A の外気の流通を速めて冷却効果を上げることができる。

また、内部冷却通路 12 を設けた場合には給気路 13 と排気路 14 を通して外気を流通させて直接金属キャスク 2 を冷却できる。

#### 【符号の説明】

#### 【0051】

1、24、26 使用済み核燃料集合体収納容器

1A ダミーの使用済み核燃料集合体収納容器

2 金属キャスク

3 容器本体

5 基台

6 側筒部

6a 外側面

6b 内側面

6d 上面

10 凹部（外部冷却通路）

10

20

30

40

50

- 10 A 外部冷却通路
- 12 内部冷却通路
- 13 給気路
- 14 排気路
- 15 ストップパ
- 18、20 集合体
- 23 空孔
- 27 フィン
- 28 チムニー

【図 1】

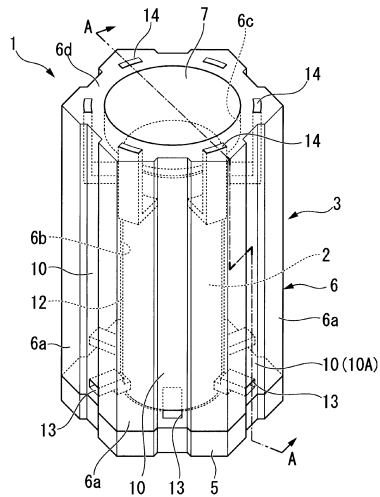


図 1

【図 2】

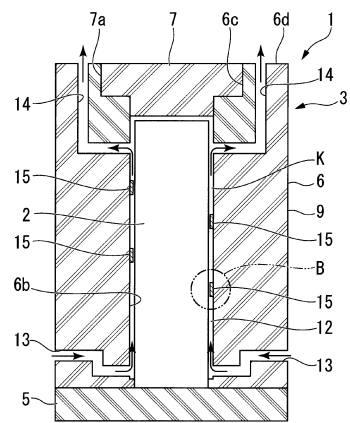


図 2

【図 3】

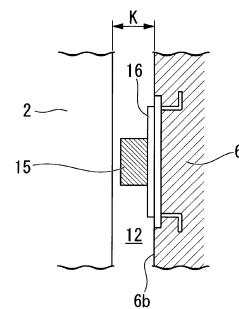


図 3

【図 4】

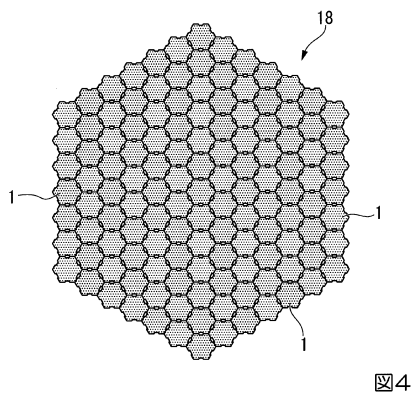


図4

【図 5】

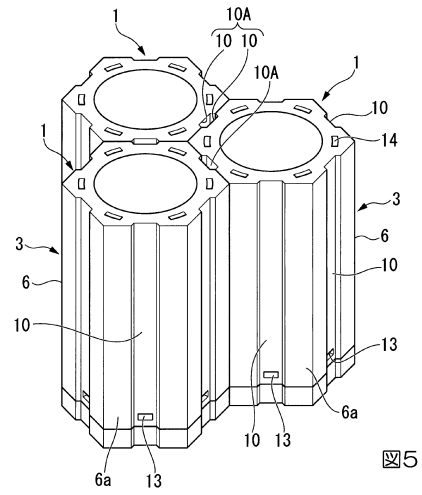


図5

【図 6】

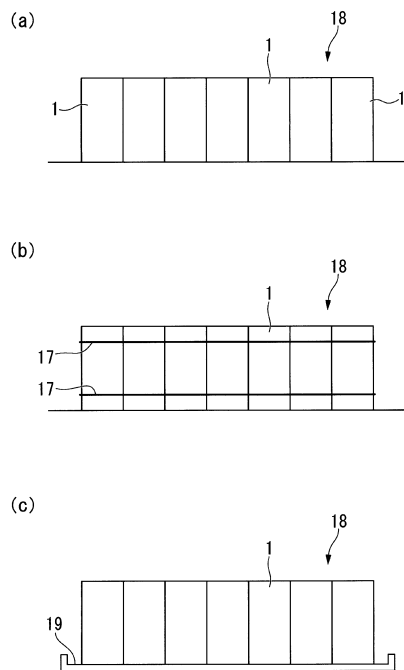


図6

【図 7】

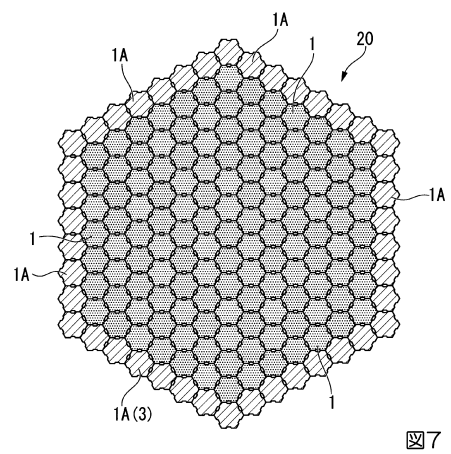


図7

【図 8】

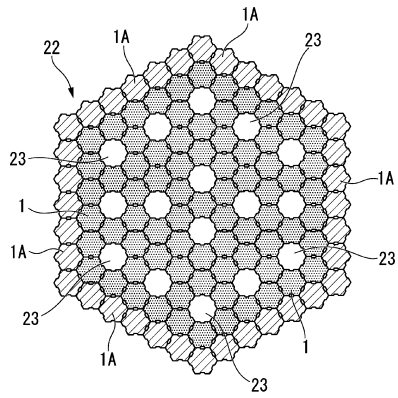


図8

【図 9】

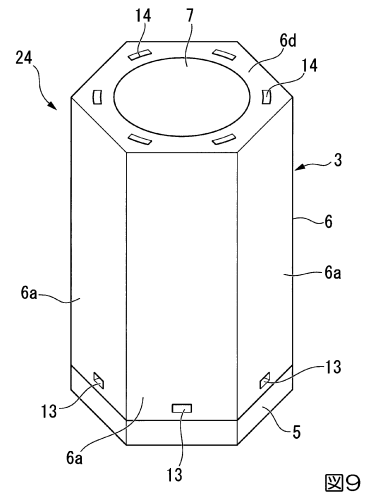


図9

【図 10】

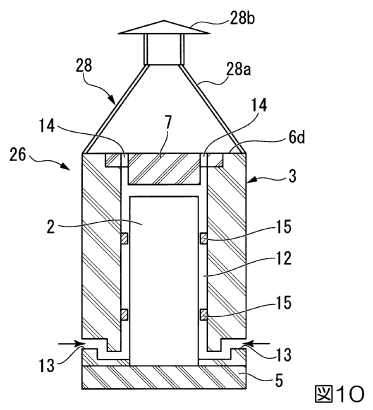


図10

【図 11】

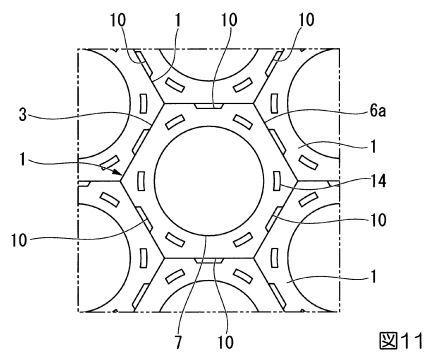


図11

---

フロントページの続き

- (72)発明者 肥田 善雄  
大阪府大阪市北区本庄東二丁目9番18号 関電プラント株式会社内
- (72)発明者 加藤 裕章  
東京都墨田区両国二丁目10番14号 株式会社IHI建材工業内
- (72)発明者 村田 孝司  
大阪府和泉市伏屋町3丁目28番12号 村田エンジニアリング株式会社内
- (72)発明者 上原 正勝  
東京都墨田区両国二丁目10番14号 株式会社IHI建材工業内

審査官 藤原 伸二

- (56)参考文献 特開2000-221294 (JP, A)  
実開平03-081597 (JP, U)  
特開2002-318298 (JP, A)  
登録実用新案第3192884 (JP, U)  
特開平02-287197 (JP, A)  
特開2004-028939 (JP, A)  
特開平11-084068 (JP, A)  
特開2013-152164 (JP, A)  
特開2014-141384 (JP, A)  
米国特許第6064711 (US, A)  
実開昭61-052299 (JP, U)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |           |
|------|-----------|
| G21F | 9/36      |
| G21C | 19/32     |
| G21F | 5/00-5/14 |
| G21F | 1/00-1/12 |