

Doc No. P 営（原）003

令和2年12月9日

原子力規制委員会 殿

大阪府大阪市住之江区南港北1丁目7番89号

日立造船株式会社

取締役社長 三野 禎 男

使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書

本文及び添付書類の一部補正について

平成30年8月1日付けDoc. No. P 営（原）005をもって申請しました使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書の本文及び添付書類を下記のとおり一部補正いたします。

記

使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の設計の型式証明申請書の本文及び添付書類を、別紙1及び別紙2のとおり補正する。

以上

本文の一部補正

本文を以下のとおり補正する。

頁*1	行	補正前	補正後
1~4		(記載変更)	(別紙 1-1 の記載に変更)
5		(記載変更)	(別紙 1-2 の記載に変更)
6		(図の変更)	(別紙 1-3 の記載に変更)
-		(図の追加)	(別紙 1-4 及び別紙 1-5 の記載 に変更)
7		(図の変更)	(別紙 1-6 の記載に変更)

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

## 一 氏名又は名称及び住所並びに代表者の氏名

氏名又は名称 日立造船株式会社  
住 所 大阪府大阪市住之江区南港北 1 丁目 7 番 89 号  
代表者の氏名 取締役社長 三野 禎男

## 二 特定容器等の種類

金属製の乾式キャスク

## 三 特定容器等の名称及び型式

Hitz-B52 型

## 四 特定容器等の構造及び設備

## 1. 構造

Hitz-B52 型は、軽水減速、軽水冷却、沸騰水型原子炉（以下「BWR」という。）で発生した使用済燃料を貯蔵する機能を有するとともに、使用済燃料の事業所外運搬に使用する輸送容器の機能を併せ持つ金属製の乾式キャスク（以下「金属キャスク」という。）である。Hitz-B52 型は、使用済燃料が臨界に達することを防止する機能（以下「臨界防止機能」という。）、金属キャスクに収納された使用済燃料からの放射線を遮蔽する機能（以下「遮蔽機能」という。）、金属キャスクに収納された使用済燃料を閉じ込める機能（以下「閉じ込め機能」という。）、及び金属キャスクに収納された使用済燃料の崩壊熱を除去する機能（以下「除熱機能」という。）といった安全性を確保するために必要な機能（以下「基本的安全機能」という。）を有する構造とする。

Hitz-B52 型は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」等の関連法規の要求を満足するとともに、原則として、現行国内法規に基づく規格及び基準等によって設計する。

## イ. 使用済燃料の臨界防止に関する構造

Hitz-B52 型は、使用済燃料の臨界防止に関して、次の方針に基づき安全設計を行う。

## 1. 金属キャスク単体として臨界を防止するための設計方針

- (1) Hitz-B52 型は、金属キャスクの内部に格子状のバスケットを設け、バスケットの格子の中に使用済燃料集合体を収納することにより、使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持できる設計とする。
- (2) Hitz-B52 型は、中性子吸収能力を有するほう素を偏在することなく添加した材料をバスケットの構成部材に使用する設計とする。
- (3) Hitz-B52 型のバスケットは、臨界防止上有意な変形を起こさず、設計貯蔵期間 60 年間を通じて構造健全性が保たれる設計とする。

(4) Hitz-B52 型の臨界評価において、中性子実効増倍率が 0.95 以下となるように設計する。この際、未臨界性に有意な影響を与える因子については以下のとおりとする。

- ①乾燥状態及び冠水状態で臨界評価を実施する。
- ②バスケット格子内の使用済燃料集合体は、中性子実効増倍率が最大となるように、乾燥状態では金属キャスク中心側に偏向して配置し、冠水状態では格子中央に配置する。
- ③金属キャスク周囲を完全反射条件（無限配列）とする。
- ④バスケットの板厚、内りの寸法公差や中性子吸収材の製造公差を考慮する。
- ⑤使用済燃料集合体の燃焼に伴う反応度低下は考慮しない。なお、冠水状態での解析では、可燃性毒物による反応度抑制効果を適切に考慮する。

(5) 上記(1)から(4)により、金属キャスク単体として、使用済燃料集合体が冠水状態となること等の技術的に想定されるいかなる場合においても、核燃料物質が臨界に達するおそれのない設計とする。

## 2. 金属キャスク相互の中性子干渉を考慮した臨界防止

Hitz-B52 型は、金属キャスク相互の中性子干渉を考慮した臨界防止について、中性子実効増倍率が 0.95 以下となるように設計する。上記における金属キャスク単体による臨界防止評価において、金属キャスクの境界条件を完全反射条件（無限配列）としていることから、金属キャスク相互の中性子干渉による影響は考慮しており、複数の金属キャスクが接近する等の技術的に想定されるいかなる場合でも核燃料物質が臨界に達するおそれがない。

## ロ. 放射線の遮蔽に関する構造

Hitz-B52 型は、放射線の遮蔽に関して、次の方針に基づき安全設計を行う。

Hitz-B52 型が設置される使用済燃料貯蔵施設の事業所周辺及び管理区域その他事業所内の人が立ち入る場所の線量を低減できるように使用済燃料から放出される放射線を金属キャスクの本体胴及び蓋部により遮蔽する設計とし、ガンマ線遮蔽材には十分な厚みを有する鋼製の材料を用い、中性子遮蔽材には樹脂（レジン）を用いる。設計貯蔵期間 60 年間における金属キャスクの中性子遮蔽材の熱による遮蔽機能の低下を考慮しても、金属キャスク表面及び金属キャスク表面から 1m の位置における線量当量率は、それぞれ 2mSv/h 以下、100 $\mu$ Sv/h 以下となるように設計する。

Hitz-B52 型の遮蔽機能に関する評価は、収納する使用済燃料の種類、燃焼度、冷却期間等の条件から、遮蔽評価の結果が厳しくなるような入力条件を設定したうえで、線源強度を求める。金属キャスクの実形状を二次元でモデル化し、金属キャスク表面及び金属キャスク表面から 1m の位置における線量当量率を求め、上記に示す

線量当量率の基準を満足することを確認する。

#### ハ. 使用済燃料等の閉じ込めに関する構造

Hitz-B52 型は、使用済燃料等の閉じ込めに関して、次の方針に基づき安全設計を行う。

##### 1. 使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持するための設計方針

Hitz-B52 型は、長期にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、金属キャスクの蓋及び蓋貫通孔のシール部に金属ガスケットを用いることにより、設計貯蔵期間 60 年間を通じて、使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持できるように設計する。

##### 2. 使用済燃料集合体を内封する空間を容器外部から隔離するための設計方針

Hitz-B52 型は、使用済燃料集合体を内封する空間を金属キャスク外部から隔離する設計として、金属キャスクの蓋部を一次蓋及び二次蓋による二重の閉じ込め構造とし、その蓋間を正圧に維持することにより圧力障壁を形成し、使用済燃料集合体を内封する空間を金属キャスク外部から隔離する設計とする。

##### 3. 金属キャスクの閉じ込め機能の修復性に関する考慮

Hitz-B52 型は、万一の金属キャスクの閉じ込め機能の異常に対して、二次蓋の閉じ込め機能の異常が認められた場合には、使用済燃料集合体を内封する空間が負圧に維持されていること及び一次蓋が健全であることを確認のうえ、二次蓋の金属ガスケットを交換し、閉じ込め機能を修復できる設計とする。また、一次蓋の閉じ込め機能に異常があると考えられる場合には、三次蓋を取り付け、使用済燃料貯蔵施設外へ搬出できる設計とする。

#### ニ. 使用済燃料等の除熱に関する構造

Hitz-B52 型は、使用済燃料等の除熱に関して、次の方針に基づき安全設計を行う。

Hitz-B52 型は、金属キャスクについて動力を用いないで使用済燃料等の崩壊熱を適切に除去するため、使用済燃料集合体の崩壊熱を金属キャスク表面に伝え、周囲空気等に伝達することにより除去できる設計とする。

Hitz-B52 型は、以下のとおり使用済燃料集合体の温度及び金属キャスクの温度を制限される値以下に維持する方針とする。

##### 1. 使用済燃料集合体の温度を制限される値以下に維持するための設計方針

Hitz-B52 型は、金属キャスクに収納する使用済燃料集合体の燃料被覆管の温度においては、使用済燃料集合体の健全性を維持する観点から、金属キャスクの周囲温度を 45℃、貯蔵建屋壁面温度を 65℃とし、収納する使用済燃料の種類、燃焼度、冷却期間等の条件から、除熱評価の結果が厳しくなるような入力条件を設定したうえで求めた使用済燃料集合体の崩壊熱量及び使用済燃料集合体の燃焼度に応じた収納配置を考慮した除熱評価を行う。除熱評価の結果、当該燃料被覆管の温度に

ついて、燃料被覆管の累積クリープ歪みが 1%を超えない温度、照射硬化の回復により燃料被覆管の機械的特性が著しく低下しない温度及び水素化物の再配向により燃料被覆管の機械的特性が低下しない温度以下となるように金属キャスクを設計する。

## 2. 金属キャスクの温度を制限される値以下に維持するための設計方針

Hitz-B52 型は、金属キャスクの基本的安全機能を維持する観点から、金属キャスクの周囲温度を 45°C、貯蔵建屋壁面温度を 65°C とし、収納する使用済燃料の種類、燃焼度、冷却期間等の条件から、除熱評価の結果が厳しくなるような入力条件を設定したうえで求めた使用済燃料集合体の崩壊熱量及び使用済燃料集合体の燃焼度に応じた収納配置を考慮した除熱評価を行う。除熱評価の結果、金属キャスクの温度を構成部材の健全性が保たれる温度以下となるように設計する。

## ホ. 地震による損傷の防止に関する構造

Hitz-B52 型は、地震による損傷の防止に関して、次の方針に基づき安全設計を行う。

Hitz-B52 型は、金属キャスクを使用済燃料貯蔵施設の貯蔵建屋内の床等に固定した状態で、耐震評価において設計条件として設定した、水平方向 1.4G、鉛直方向 0.87G の加速度により作用する地震力に対して、金属キャスクが転倒しないよう金属キャスクの本体胴等を設計する。またこの場合において、この金属キャスクの本体胴等の応答が弾性状態に留まるよう設計する。

## へ. その他の主要な構造

Hitz-B52 型は、イからホに加え、次の方針に基づき安全設計を行う。

- (1) Hitz-B52 型は、金属キャスクの基本的安全機能を維持する上で重要な構成部材には、設計貯蔵期間 60 年間における温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食、クリープ、応力腐食割れ等の経年変化に対して十分な信頼性のある材料を選定することにより、その必要とされる強度、性能を維持し、使用済燃料の健全性を確保する設計とする。
- (2) Hitz-B52 型は、金属キャスク本体内面、バスケット及び使用済燃料集合体の腐食等を防止するために、使用済燃料集合体を不活性ガスであるヘリウムガスとともに封入し、金属キャスク表面の必要な箇所には、塗装等による防錆措置を講ずる設計とする。
- (3) Hitz-B52 型は、三次蓋を取付けて輸送できる構造を有する設計とする。
- (4) Hitz-B52 型は、使用済燃料貯蔵施設への搬入、貯蔵及び搬出にかかる金属キャスクの移動の際に想定される金属キャスクの転倒事象、落下事象及び金属キャスクへの重量物の落下事象に対して、基本的安全機能を維持できる設計とする。

## 2. 主要な設備及び機器の種類

## 金属キャスク

種 類	鍛造キャスク（鋼-樹脂遮蔽体タイプ）
全 質 量（使用済燃料集合体を含む）	約 118t
寸 法	
全 長	約 5.5m
外 径	約 2.4m

## 3. 貯蔵する使用済燃料の種類及びその種類毎の最大貯蔵能力

## イ. 使用済燃料の種類

## BWR 使用済燃料集合体

## 高燃焼度 8×8 燃料

収納する使用済燃料集合体の最高燃焼度	50,000MWd/t 以下
収納する使用済燃料集合体の平均燃焼度	43,000MWd/t 以下
冷却期間	15 年以上

## 新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料

収納する使用済燃料集合体の最高燃焼度	40,000MWd/t 以下
収納する使用済燃料集合体の平均燃焼度	38,000MWd/t 以下
冷却期間	18 年以上

## 新型 8×8 燃料

収納する使用済燃料集合体の最高燃焼度	40,000MWd/t 以下
収納する使用済燃料集合体の平均燃焼度	35,000MWd/t 以下
冷却期間	25 年以上

なお、使用済燃料集合体を Hitz-B52 型へ収納するに当たり、収納する使用済燃料集合体の燃焼度に応じて収納位置が制限される。

## ロ. 最大貯蔵能力

## 金属キャスク 1 基当たりの貯蔵能力

BWR 使用済燃料集合体	52 体
最大崩壊熱量	12.8kW



五 特定容器を使用することができる範囲を限定し、又は条件を付する場合にあつては、当該特定容器等を使用することができる使用済燃料貯蔵施設の範囲又は条件

1. 特定容器等を使用することができる使用済燃料貯蔵施設の範囲

以下に示す条件により設計された金属キャスクを使用することができる使用済燃料貯蔵施設であること。

金属キャスクの設計貯蔵期間	60 年以下
金属キャスクの貯蔵場所	貯蔵建屋内
金属キャスクの貯蔵姿勢	たて置き
金属キャスクの固縛方式	下部トラニオン固縛
金属キャスクの全質量（使用済燃料集合体を含む）	118t 以下
金属キャスクの主要寸法	全長 約 5.5m 外径 約 2.4m
金属キャスク表面から 1m 離れた位置における線量当量率	100 $\mu$ Sv/h 以下
貯蔵区域における金属キャスク周囲温度	最低温度 $-22.4^{\circ}\text{C}$ 最高温度 $45^{\circ}\text{C}$
貯蔵区域における貯蔵建屋壁面温度	最高温度 $65^{\circ}\text{C}$
貯蔵区域における地震による加速度	水平方向 1.4G 鉛直方向 0.87G

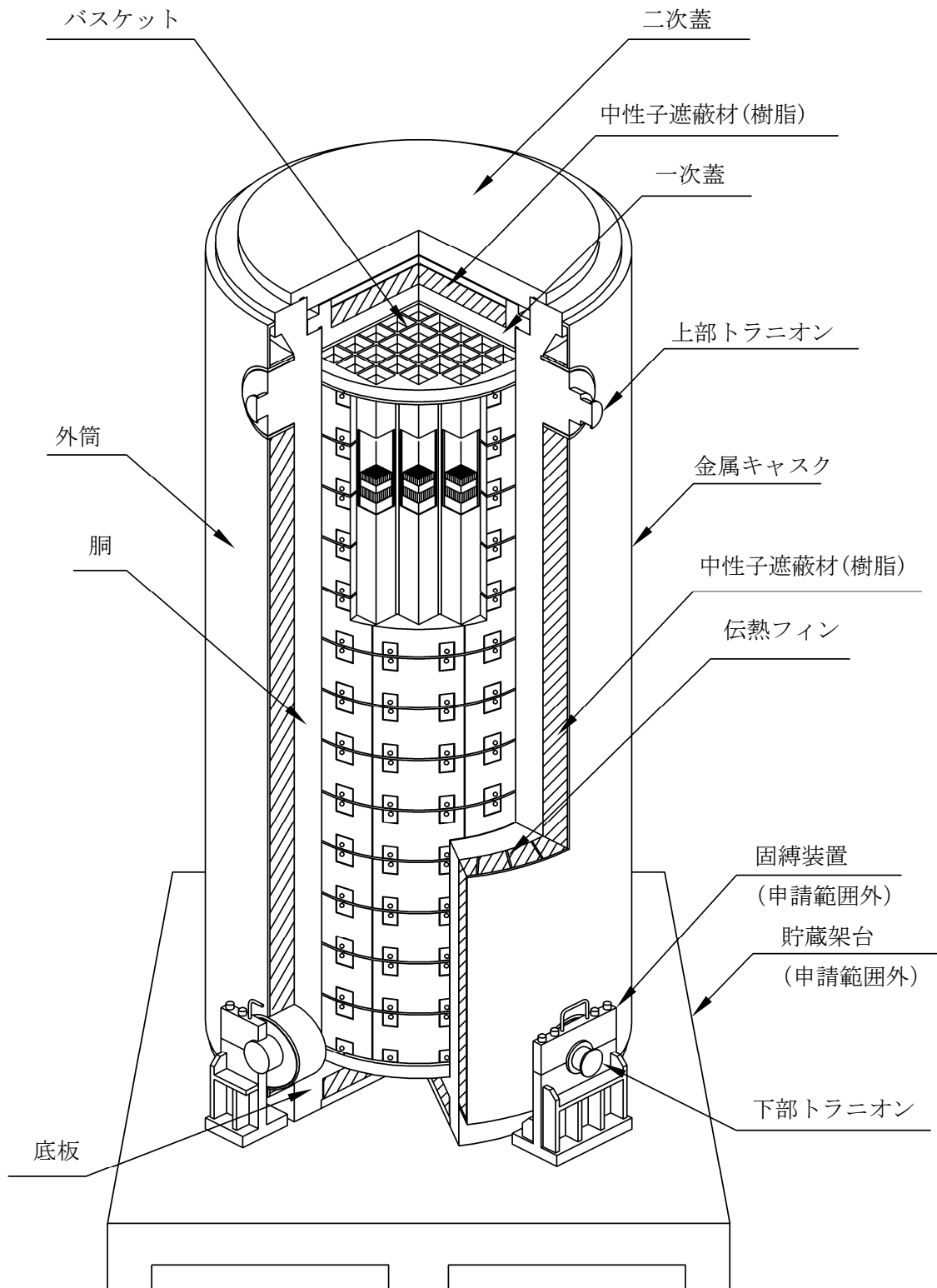
2. 特定容器等を使用することができる使用済燃料貯蔵施設の条件

使用済燃料の貯蔵の事業（変更）許可申請時に別途確認しなければならない事項等の条件は以下のとおりである。

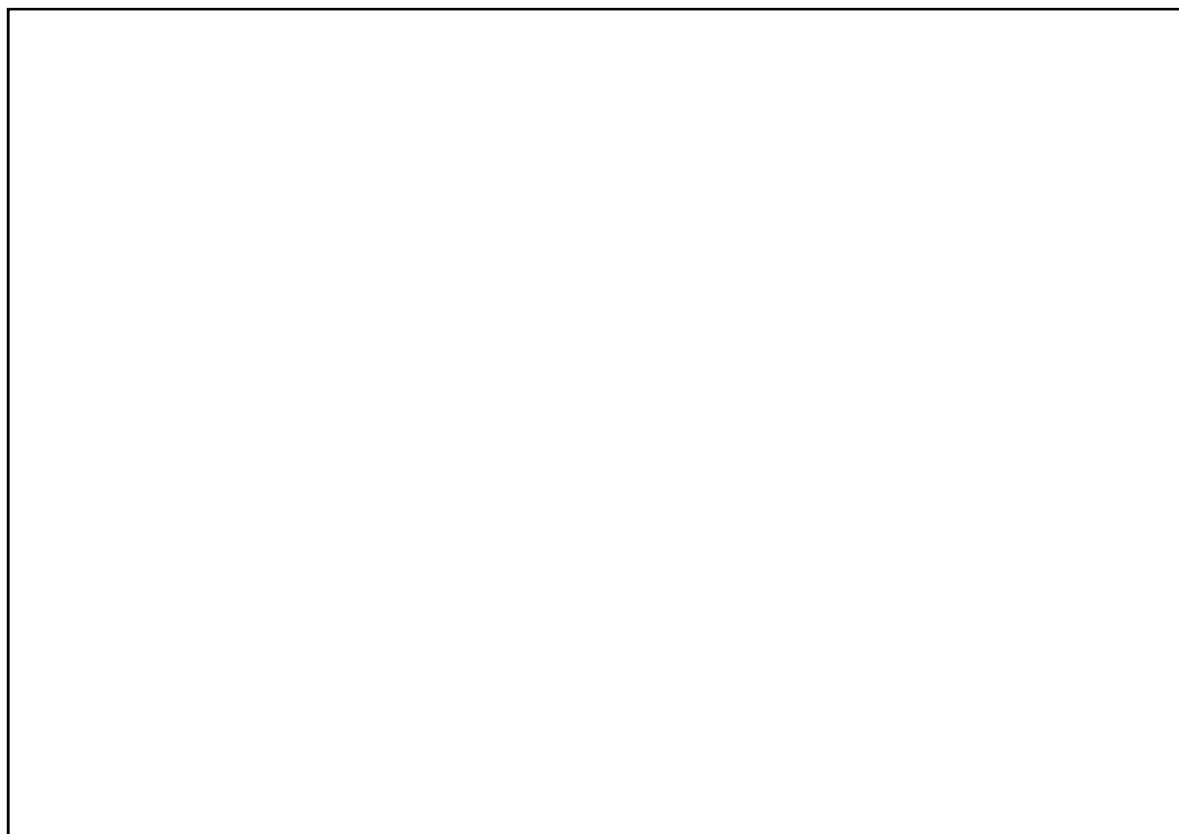
- イ. Hitz-B52 型に収納する使用済燃料の反応度が、本申請の臨界防止機能に関する評価で使用した使用済燃料が有する反応度を超えないこと。
- ロ. 使用済燃料貯蔵施設の遮蔽機能に関する評価で使用するエネルギースペクトルによる遮蔽材中の放射線透過率が、Hitz-B52 型の表面エネルギースペクトルによる遮蔽材中の放射線透過率に対して同等以上であること。
- ハ. Hitz-B52 型を含めた金属キャスク周囲温度及び貯蔵区域における貯蔵建屋壁面温度が、前項に示したそれぞれの最高温度以下であること。
- ニ. Hitz-B52 型を使用した場合、使用済燃料貯蔵施設の貯蔵架台が、前項に示した地震力に対して概ね弾性状態に留まる範囲で耐え得る設計であること。
- ホ. 火災等、津波及び外部からの衝撃については、使用済燃料貯蔵施設で想定される条件において Hitz-B52 型の基本的安全機能が損なわれないこと。
- ヘ. 使用済燃料貯蔵施設の設計最大評価事故を選定し、設計最大評価事故が発生した場合において、事業所周辺の公衆に放射線障害を及ぼさないこと。

申請書添付参考図目録

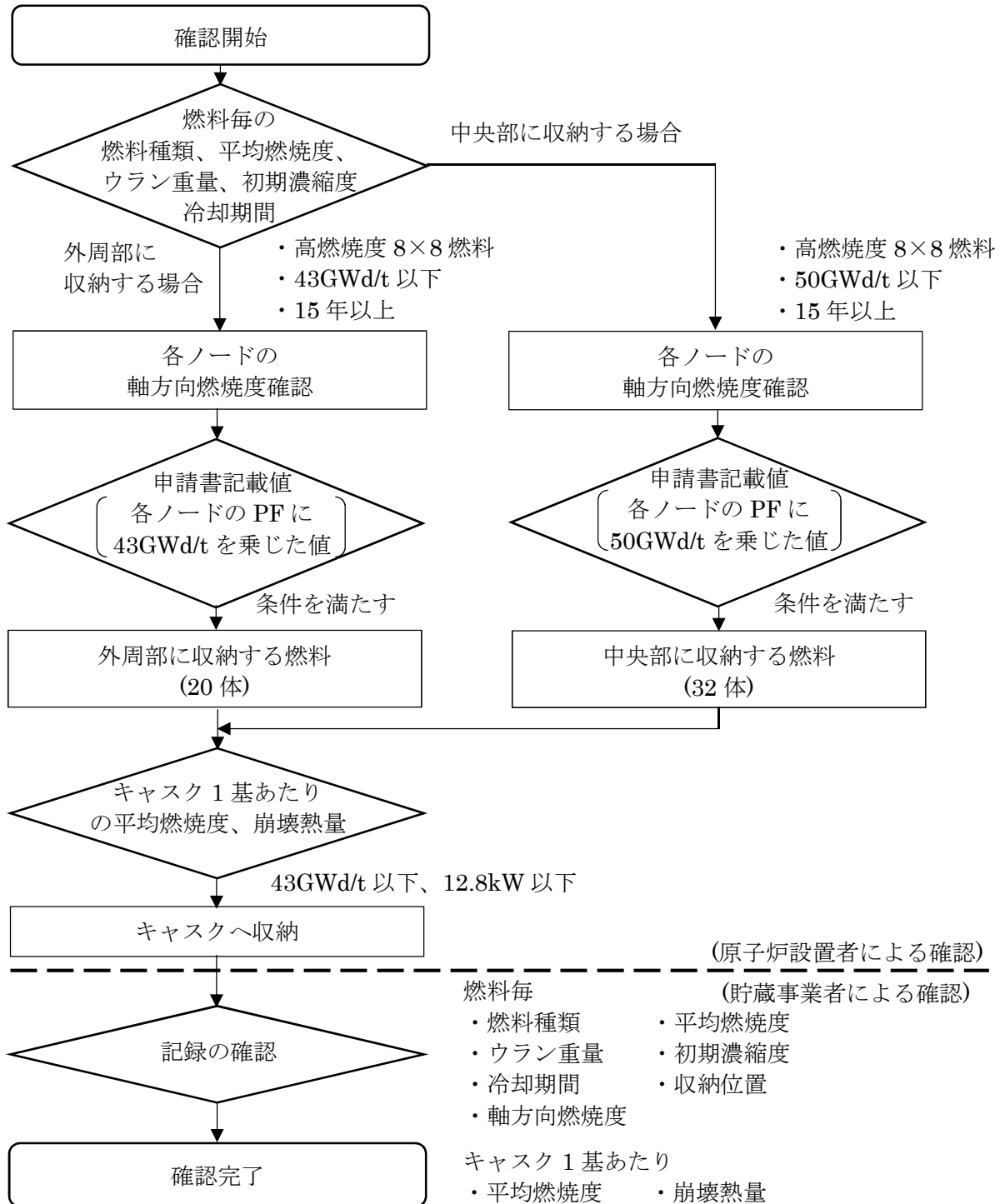
- |       |                     |                   |
|-------|---------------------|-------------------|
| 第 1 図 | Hitz-B52 型構造図       | (添付書類一 第 1-1 図)   |
| 第 2 図 | 使用済燃料の軸方向燃焼度        | (添付書類一 第 1-2-2 図) |
| 第 3 図 | 使用済燃料の軸方向燃焼度確認フローの例 | (添付書類一 第 1-2-3 図) |
| 第 4 図 | 使用済燃料貯蔵施設概要図 (例)    | (添付書類一 第 1-3 図)   |



第 1 図 Hitz-B52 型構造図

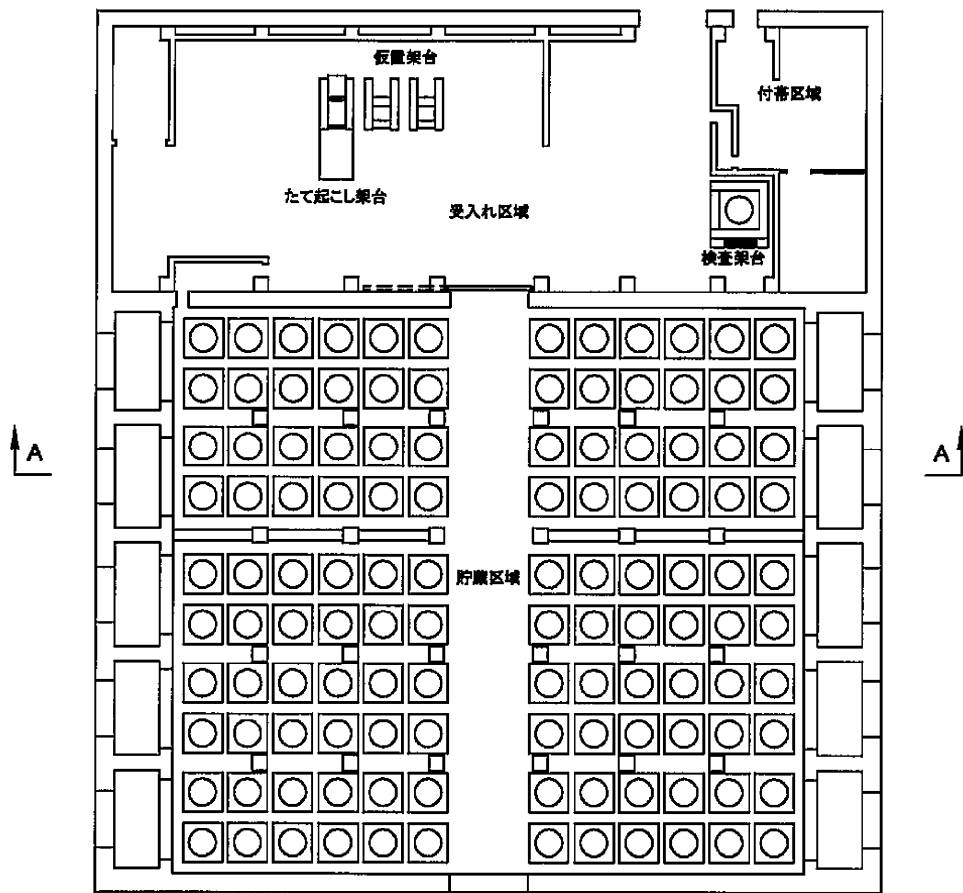


第 2 図 使用済燃料の軸方向燃焼度

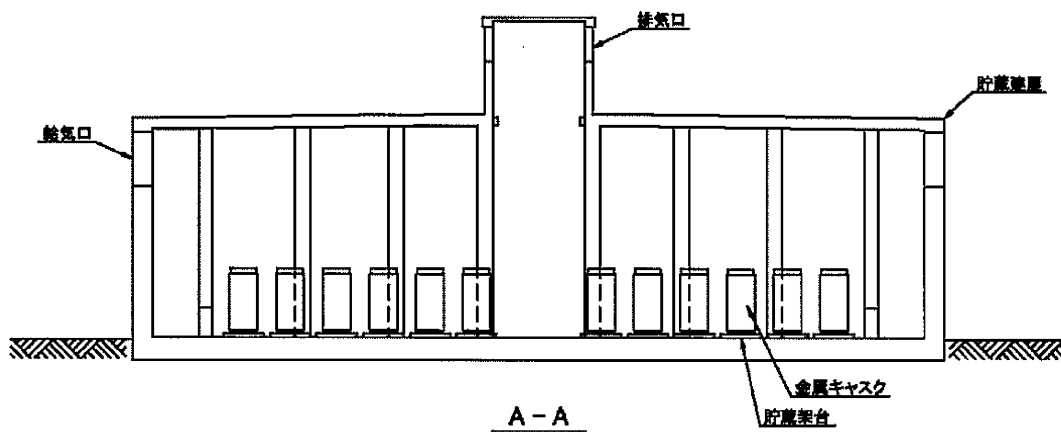


注記※1：上記フローにおいていずれの収納条件も満たせない燃料は収納対象外とする。

第 3 図 使用済燃料の軸方向燃焼度確認フローの例  
(高燃焼度 8×8 燃料を収納する場合) (注)  
(注) 他の使用済燃料は収納条件を指定しない。



(1) 機器配置図



(2) 施設断面図

第 4 図 使用済燃料貯蔵施設概要図 (例)

添付書類の一部補正

添付書類を以下のとおり補正する。

頁*1	行	補正前	補正後
1-1	上 13	樹脂	<u>樹脂 (レジン)</u>
1-1	上 16	(記載追加)	<u>本体のシール部は、シール面の防食を目的としてステンレス鋼の肉盛を行っている。</u>
1-1	上 20	樹脂	<u>樹脂 (レジン)</u>
1-1	上 24	(記載追加)	<u>二次蓋は炭素鋼であるため、シール部には防食を目的としてステンレス鋼の肉盛溶接を行っている。</u>
1-1	上 29	コンパートメントで	<u>コンパートメント及びステンレス鋼製の部材で</u>
1-1	下 5	中性子吸収材	<u>中性子吸収能力を有するほう素を偏在することなく添加した材料である中性子吸収材</u>
1-1	下 1	第 1-2 図	<u>第 1-2-1 図</u>
1-1	下 1	(記載追加)	<u>なお、高燃焼度 8×8 燃料に関しては、軸方向燃焼度が第 1-2-2 図に示す燃焼度を下回することを貯蔵事業者により確認された使用済燃料を収納可能とする。高燃焼度 8×8 燃料の軸方向燃焼度確認フローの例を、第 1-2-3 図に示す。</u>

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 當 (原) 005 の頁を示す。



頁*1	行	補正前	補正後
1-2	上 13	日本工業規格	日本 <u>産業</u> 規格
1-2	上 17	使用済燃料	使用済燃料 <u>集合体</u>
1-2	上 19	また、使用済燃料を貯蔵容量最大に収納した条件下で、Hitz-B52 型の使用済燃料貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及び Hitz-B52 型に使用済燃料を収納する際の冠水状態において、技術的に想定されるいかなる場合でも、中性子実効増倍率を 0.95 以下となるように設計する。 バスケット格子構造は、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料を所定の幾何学的配置に維持するために必要な構造健全性を保つ設計とする。	<u>バスケット格子構造は、設計貯蔵期間 60 年間を通じて使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持するために必要な構造健全性を保つ設計とする。</u> <u>使用済燃料集合体を貯蔵容量最大に収納した条件下で、Hitz-B52 型の使用済燃料貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及び Hitz-B52 型に使用済燃料集合体を収納する際の冠水状態において、技術的に想定されるいかなる場合でも、中性子実効増倍率を 0.95 以下となるように設計する。</u>
1-2	下 9	Hitz-B52 型は、使用済燃料からの放射線を	<u>Hitz-B52 型は、設置される使用済燃料貯蔵施設の事業所周辺及び管理区域その他事業所内の人が立ち入る場所の線量を低減できるように使用済燃料からの放射線を</u>
1-2	下 6	「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則(平成 29 年 12 月 22 日施行)」	「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則 <u>(令和 2 年 4 月 1 日施行)</u> 」
1-2	下 2	設計貯蔵期間	設計貯蔵期間 <u>60 年間</u>

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 當（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
1-2	下 2	遮蔽機能の低下	<u>熱による遮蔽機能の低下</u>
1-3	上 2	Hitz-B52 型は、使用済燃料を限定された区域に閉じ込めるため、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料を収納する空間を負圧に維持する設計とする。	<u>Hitz-B52 型は、使用済燃料集合体を限定された区域に閉じ込めるため、金属キャスクの蓋及び蓋貫通孔のシール部に金属ガスケットを用いることにより、設計貯蔵期間 60 年間を通じて使用済燃料集合体を内封する空間を負圧に維持する設計とする。</u>
1-3	上 4	一次蓋と二次蓋との空間部を正圧に維持することにより、使用済燃料を収納する空間を金属キャスク外部から隔離する設計とする。	一次蓋と二次蓋との空間部を正圧に維持することにより <u>圧力障壁を形成し、使用済燃料集合体を内封する空間を金属キャスク外部から隔離する設計とする。</u>
1-3	上 8	なお、一次蓋の閉じ込め機能に	なお、 <u>二次蓋の閉じ込め機能の異常が認められた場合には、使用済燃料集合体を内封する空間が負圧に維持されていること及び、一次蓋が健全であることを確認のうえ、二次蓋の金属ガスケットを交換し、閉じ込め機能を修復できる設計とする。また、一次蓋の閉じ込め機能に</u>
1-3	上 11	基本的安全機能を有する構成部材	<u>金属キャスクの基本的安全機能を有する構成部材</u>
1-3	上 12	使用済燃料	<u>使用済燃料集合体</u>
1-3	上 13	設計貯蔵期間	<u>設計貯蔵期間 60 年間</u>

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
1-3	上 13	使用済燃料	使用済燃料 <u>集合体</u>
1-3	上 14	累積クリープ量	累積クリープ <u>歪み</u>
1-3	上 14	照射硬化回復現象	照射硬化の <u>回復</u>
1-3	上 16	貯蔵する使用済燃料の種類ごとに以下の制限が設けられる。	貯蔵する使用済燃料の種類ごとに以下の制限 <u>を設ける。</u>
1-3	上 21	また、Hitz-B52 型の主要な構成部材の温度は、基本的安全機能を維持する観点から以下の制限を設ける。	また、 <u>Hitz-B52 型は、金属キャスクの基本的安全機能を維持する観点から、金属キャスクの温度を構成部材の健全性が保たれる温度以下に制限する設計とする。</u> Hitz-B52 型の主要な構成部材の温度は、 <u>金属キャスクの基本的安全機能を維持する観点から以下の制限を設ける。</u>
1-3	上 29	(以下「金属キャスク構造規格」という。)に基づき設計する。	(以下「金属キャスク構造規格」という。) <u>又は(一社)日本機械学会「発電用原子力設備規格設計・建設規格」<sup>(21)</sup>(以下「設計・建設規格」という。)</u> に基づき設計する。

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
1-3	上 30	また、Hitz-B52 型は、設計条件として設定する地震力に対して概ね弾性状態に留まる範囲で耐え得る設計とする。	また、Hitz-B52 型は、 <u>耐震評価において設計条件として設定した、水平方向 1.4G、鉛直方向 0.87G の加速度により作用する地震力に対して、金属キャスクの本体胴等の応答が弾性状態に留まる範囲で耐え得る設計とする。</u>
1-3	下 3	基本的安全機能	<u>金属キャスクの基本的安全機能</u>
1-3	下 1	性能を維持するように設計する。	<u>性能を維持することで、使用済燃料の健全性を確保するように設計する。</u>
1-4	上 1	キャスク本体内面	<u>金属キャスク本体内面</u>
1-4	上 1	使用済燃料	<u>使用済燃料集合体</u>
1-4	上 2	使用済燃料	<u>使用済燃料集合体</u>
1-4	上 3	キャスク本体	<u>金属キャスク本体</u>
1-4	上 3	塗装等による防錆処理	<u>塗装等による防錆措置</u>
1-4	上 24	水平方向及び鉛直方向の地震力は、	<u>地震による水平方向及び鉛直方向の加速度は、</u>
1-5	下 2	基本的安全機能に損傷が生じないように	<u>金属キャスクの基本的安全機能が損なわれないように</u>

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
1-6	上 4	Hitz-B52 型の内部には、格子状のバスケットが設けられており、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料を所定の幾何学的配置に維持するためにバスケット格子の構造健全性を保つことで臨界を防止する。また、バスケット格子の適切な位置に中性子吸収材を配置することで臨界を防止する。	Hitz-B52 型の内部には、格子状のバスケットが設けられており、 <u>使用済燃料集合体を所定の幾何学的配置に維持し、適切な位置に中性子吸収材を配置することで臨界を防止する。設計貯蔵期間 60 年間を通じてバスケット格子の構造健全性を保つ設計とする。</u>
1-6	上 18	使用済燃料	使用済燃料 <u>集合体</u>
1-6	上 22	使用済燃料	使用済燃料 <u>集合体</u>
1-6	上 24	使用済燃料	使用済燃料 <u>集合体</u>
1-6	上 25	中性子実効増倍率が最大となるように Hitz-B52 型の中央へ偏心配置するとともに、	中性子実効増倍率が最大となるように <u>乾燥状態では Hitz-B52 型の中心側に偏向して配置し、冠水状態では格子中央に配置するとともに、</u>
1-6	下 2	キャスク本体及び	<u>金属キャスクの本体胴及び</u>
1-6	下 1	樹脂	樹脂 <u>(レジン)</u>
1-7	上 4	冷却期間等を条件に、	冷却期間等を考慮し、 <u>遮蔽評価の結果が厳しくなるような条件を設定し、</u>
1-7	上 6	使用済燃料平均燃焼度	平均燃焼度

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
1-7	上 10	遮蔽性能	遮蔽機能
1-7	上 11	(記載追加)	<u>線量当量率の算出には、二次元輸送計算コード DOT3.5 (DLC-23/CASK ライブラリ) を使用する。</u>
1-7	上 13	(記載追加)	<u>一方、DLC-23/CASK ライブラリは、鉄の単層透過時に中性子線量当量率を過小評価することが報告されていることから、自己共鳴遮蔽因子が用意されている断面積ライブラリである MATXSLIB-J33 ライブラリを使用して遮蔽解析を実施したが、別紙 1 に示すように、本影響を考慮しても、金属キャスク表面及び表面から 1m 離れた位置における線量当量率が基準値以内に収まっていることを確認した。</u>
1-7	上 17	キャスク本体	<u>金属キャスク本体</u>
1-7	上 17	使用済燃料を収納する空間	<u>使用済燃料集合体を内封する空間</u>

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
1-7	上 18	Hitz-B52 型は、蓋部を一次蓋、二次蓋の二重閉じ込め構造とし、その蓋間をあらかじめ正圧とし圧力障壁を形成することにより、放射性物質を金属キャスク内部に閉じ込める。また、使用済燃料を収納する空間に通じる貫通孔のシール部は一次蓋に設ける。蓋及び蓋貫通孔のシール部には、長期にわたって閉じ込め機能を維持する観点から金属ガスケットを用いる。	<u>使用済燃料集合体を内封する空間に通じる貫通孔のシール部は一次蓋に設ける。蓋及び蓋貫通孔のシール部には、長期にわたって閉じ込め機能を維持する観点から金属ガスケットを用いる。</u> <u>Hitz-B52 型は、蓋部を一次蓋、二次蓋の二重閉じ込め構造とし、その蓋間を正圧に維持することで圧力障壁を形成することにより、放射性物質を金属キャスク内部に閉じ込める。</u>
1-7	上 24	使用済燃料を収納する空間側に漏えいし、	使用済燃料集合体を内封する空間側に漏えいし、
1-7	上 25	使用済燃料を収納する空間	使用済燃料集合体を内封する空間
1-8	上 20	使用済燃料	使用済燃料集合体
1-8	下 9	Hitz-B52 型の実形状を軸方向断面、径方向断面にそれぞれ二次元で、	<u>Hitz-B52 型の実形状を基に軸方向に二次元軸対称でモデル化し、径方向に、バスケット格子外側の軸方向に一定の間隔で配置したステンレス鋼製の支持部材間半ピッチ分を三次元でモデル化する。燃料被覆管評価に当たっては、</u>

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
1-8	下 8	有限要素法コード	<u>有限要素法に基づく伝熱解析コード</u>
1-8	下 6	使用済燃料の種類、燃焼度、冷却期間等を条件に	<u>収納する使用済燃料の種類、燃焼度、冷却期間等を考慮し、除熱評価の結果が厳しくなるような条件を設定し、</u>
1-8	下 5	崩壊熱量	<u>使用済燃料集合体の崩壊熱量</u>
1-8	下 5	使用済燃料	<u>使用済燃料集合体</u>
1-8	下 4	基本的安全機能	<u>金属キャスクの基本的安全機能</u>
1-9	上 1	蓋部及び底部の温度は、軸方向断面の二次元モデル、それ以外の構成部材の温度は径方向断面の二次元モデルで評価し、	<u>金属キャスクの蓋部及び底部の温度は、軸方向の二次元軸対称モデル、それ以外の構成部材の温度は径方向の三次元モデルで評価し、</u>
1-9	上 13	地震により生じる荷重等	地震により <u>作用する地震力等</u>
1-9	上 21	構造解析コード	<u>有限要素法に基づく構造解析コード</u>
1-9	下 5 の次	(記載追加)	<u>Hitz-B52型は剛体として、上記加速度を機器に作用させて地震力を算定し、自重、内圧、外圧、熱荷重及びその地震力に対して、金属キャスクの本体胴等の応答が弾性状態に留まる範囲で耐え得る設計とする。</u>

注記\*1：平成30年8月1日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。



頁*1	行	補正前	補正後
1-9	下 1	金属キャスク構造規格	金属キャスク構造規格等
1-10	上 4	キャスク本体	<u>金属</u> キャスク本体
1-10	上 5	キャスク本体	<u>金属</u> キャスク本体
1-10	上 11	顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており(5)、	顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており(16)、
1-10	上 14	顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており(5)、	顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており(17)、
1-10	上 17	樹脂	<u>樹脂 (レジン)</u>
1-10	上 23	顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており(8)、	顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており(18)、
1-10	下 7	クリープを考慮する必要はない(10)。	クリープを考慮する必要はない(9)(10)。
1-11	上 1	「平成 15 年度リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等（金属キャスク貯蔵技術確証試験）報告書」(7)	「平成 14 年度リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等（金属キャスク貯蔵技術確証試験）報告書」(7)
1-11	上 12	防錆処置	防錆 <u>措置</u>
1-11	上 17	防錆処置	防錆 <u>措置</u>
1-11	上 20	樹脂	<u>樹脂 (レジン)</u>
1-11	上 25	選択的に結合し腐食することから、	選択的に結合し腐食する(19)ことから、

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 當（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
1-11	下 6	10 <sup>21</sup> (n/cm <sup>2</sup> ) 又は 10 <sup>19</sup> (n/cm <sup>2</sup> ) までは、	10 <sup>21</sup> (n/cm <sup>2</sup> ) <u>及び</u> 10 <sup>19</sup> (n/cm <sup>2</sup> ) までは、
1-11	下 1	以下の Larson-Miller パラメータ (LMP) により表されることが確認されている <sup>(14)</sup> 。	以下の Larson-Miller パラメータ (LMP) により表されることが確認されている <sup>(14)(15)</sup> 。
1-12	上 2	$LMP = T \cdot (20 + \log t)$ ここで、 T : 温 度 (K) t : 時 間 (h)	$LMP = T \cdot (C + \log t)$ ここで、 T : 温 度 (K) <u>C : LMP の定数</u> t : 時 間 (h)
1-12	上 9	金属ガスケットについての漏えい率と LMP の関係から、	金属ガスケットについての <u>LMP の定数 C = 20</u> における漏えい率と LMP の関係から、
1-12	上 11	11×10 <sup>3</sup> である。Hitz-B52 型の	11×10 <sup>3</sup> である。 <u>LMP の定数 C = 14</u> とした場合の LMP と漏えい率の関係は第 1-17 図に示すとおりであり、初期の閉じ込め機能 (約 1×10 <sup>-10</sup> Pa・m <sup>3</sup> /s) を保持できる限界の LMP は、約 <u>8.0×10<sup>3</sup></u> である。Hitz-B52 型の
1-12	上 13	設計貯蔵期間である 60 年の条件で求められる LMP は、初期の閉じ込め機能を保持できる限界の LMP を下回る。	設計貯蔵期間である 60 年の条件で求められる LMP は、 <u>LMP の定数 C = 14 及び 20</u> において、初期の閉じ込め機能を保持できる限界の LMP を下回る。
1-12	上 18	変化がないことが確認されている <sup>(8)</sup> 。	変化がないことが確認されている <sup>(8)(20)</sup> 。

注記\*1 : 平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営 (原) 005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
1-12	上 21	バスケット格子	<u>コンパートメント等</u>
1-12	上 23	バスケット格子	<u>コンパートメント等</u>
1-12	上 23	中性子照射量が $10^{16}$ (n/cm <sup>2</sup> ) 又は $10^{17}$ (n/cm <sup>2</sup> ) までは、顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており <sup>(5)</sup> 、	中性子照射量が <u>それぞれ</u> $10^{16}$ (n/cm <sup>2</sup> ) <u>及び</u> $10^{17}$ (n/cm <sup>2</sup> ) までは、顕著な機械的特性変化は見られないことが示されており <sup>(16)</sup> 、
1-12	下 2	バスケット格子、	<u>コンパートメント等</u> 、
1-12	下 1	バスケット格子について	<u>コンパートメント等</u> について
1-12	下 1	クリープによる変形を考慮すべき温度は融点（絶対温度）の 1/3 に相当する約 300℃を超える場合であり、クリープを考慮する必要はない <sup>(10)</sup> 。	クリープによる変形を考慮すべき温度は融点（絶対温度）の 1/3 に相当する <u>温度</u> （炭素鋼では約 300℃、 <u>ステンレス鋼では約 280℃</u> ）を超える場合であり、クリープを考慮する必要はない <sup>(9)(10)</sup> 。
1-13	上 4	バスケット格子及び中性子吸収材が設置される胴内に	バスケットが設置される胴内に
1-14		(記載変更)	(別紙 2-1 の記載に変更)
1-15		(記載変更)	(別紙 2-2 の記載に変更)
1-17		(記載変更)	(別紙 2-3 の記載に変更)
1-18		(記載変更)	(別紙 2-4 の記載に変更)

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
1-21		(記載変更)	(別紙 2-5 の記載に変更)
1-22		(記載変更)	(別紙 2-6 の記載に変更)
1-23		(記載変更)	(別紙 2-7 の記載に変更)
1-24		(記載変更)	(別紙 2-8 の記載に変更)
1-24 の次頁		(記載追加)	(別紙 2-9 の記載を追加)
1-24 の次々 頁		(記載追加)	(別紙 2-10 の記載を追加)
1-29		(記載変更)	(別紙 2-11 の記載に変更)
1-30		(記載変更)	(別紙 2-12 の記載に変更)
1-31		(記載変更)	(別紙 2-13 の記載に変更)
1-32		(記載変更)	(別紙 2-14 の記載に変更)
1-33		(記載変更)	(別紙 2-15 の記載に変更)
1-34		(記載変更)	(別紙 2-16 の記載に変更)
1-36 の次頁		(記載追加)	(別紙 2-17 の記載を追加)
1-37		(記載変更)	(別紙 2-18 の記載に変更)
1-37 の次頁		(記載追加)	(別紙 2-19 の記載を追加)

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
2-目-1		(記載変更)	(別紙 2-20 の記載に変更)
2-3	上 5	中性子を吸収する材料	<u>中性子吸収能力を有するほう素を偏在することなく添加した材料</u>
2-3	上 8	設計貯蔵期間	設計貯蔵期間 <u>60 年間</u>
2-3	上 8	幾何学的配置に維持するために、	幾何学的配置に維持するために、 <u>臨界防止上有意な変形を起こさず、</u>
2-3	上 12	臨界を防止するように設計されている。	臨界を防止する設計である。
2-3	上 14	未臨界	未臨界性
2-3	上 15	a. 配置・形状 貯蔵区域内の当該キャスクの配置、バスケット格子の形状、バスケット格子内の使用済燃料の配置等において安全裕度を考慮している。	b. 配置・形状 <u>バスケットの板厚、内のり寸法公差を考慮するなど、貯蔵区域内の当該キャスクの配置、バスケット格子の形状、バスケット格子内の使用済燃料の配置等において、安全裕度を考慮している。なお、バスケット格子内の使用済燃料は、乾燥状態では金属キャスク中心側に偏向して配置し、冠水状態では格子中央に配置することで、中性子実効増倍率が最大となるように考慮している。</u>
2-3	上 18	b. 中性子吸収材の効果	c. 中性子吸収材の効果

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
2-3	上 21	c. 減速材（水）の影響 使用済燃料を当該キャスクに収納するにあたり冠水することを考慮している。	a. 減速材（水）の影響 使用済燃料を当該キャスクに収納するにあたり <u>冠水することから、乾燥状態及び冠水状態を考慮している。</u>
2-3	上 25 の次	(記載の追記)	e. <u>金属キャスク相互の中性子干渉</u> <u>金属キャスクの境界条件を完全反射条件（無限配列）とすることで、金属キャスク相互の中性子干渉による影響を考慮している。</u>
2-4	上 9 の次	(記載の追記)	<u>使用済燃料から放出される放射線は、金属キャスクの本体胴及び蓋部により遮蔽する設計とし、ガンマ線遮蔽材は十分な厚みを有する鋼製の材料を用い、中性子遮蔽材には樹脂（レジン）を用いている。</u> <u>Hitz-B52型の遮蔽評価においては、収納する使用済燃料の種類、燃焼度、濃縮度、冷却期間等を考慮した厳しい条件を設定し、実績のある燃焼計算コードを用いて線源強度を求め、Hitz-B52型の実形状を二次元でモデル化し、算出した線源強度に基づき、実績のある核データライブラリを用いて、Hitz-B52型の線量当量率を評価している。</u>

注記\*1：平成30年8月1日付 Doc. No. P 當（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
2-4	上 12	2 mSv/h 以下及び 100μSv/h 以下となるように設計されている。	それぞれ 2 mSv/h 以下及び 100μSv/h 以下となる設計である。
2-5	上 5	設計貯蔵期間を通じて使用済燃料を収納する空間を負圧に維持できる設計である。	<u>金属キャスクの蓋部及び蓋貫通孔のシール部に金属ガスケットを用いることにより、設計貯蔵期間 60年間を通じて使用済燃料を内封する空間を負圧に維持できる設計である。</u>
2-5	上 8	使用済燃料を収納する	使用済燃料を <u>内封する</u>
2-5	上 14	なお、一次蓋の閉じ込め機能に	なお、 <u>二次蓋の閉じ込め機能の異常が認められた場合には、使用済燃料を内封する空間が負圧に維持されていること及び、一次蓋が健全であることを確認のうえ、二次蓋の金属ガスケットを交換し、閉じ込め機能を修復できるように設計する。また、一次蓋の閉じ込め機能に</u>
2-5	上 15	搬出できるように設計する。	搬出できる設計である。
2-6	上 5	使用済燃料の健全性を維持	使用済燃料の健全性及び <u>金属キャスクの基本的安全機能を維持</u>
2-6	上 5	キャスク表面	<u>金属キャスク表面</u>

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
2-6	上 6 の次	(記載の追記)	<u>(2) 当該キャスクは、使用済燃料の健全性を維持する観点から、設計貯蔵期間 60年間を通じて貯蔵する使用済燃料の種類ごとに定める制限温度以下となる設計である。</u>
2-6	上 7	(2) 当該キャスクは、	<u>(3) 当該キャスクは、</u>
2-6	上 7	基本的安全機能	<u>金属キャスクの基本的安全機能</u>
2-6	上 7	設計貯蔵期間	設計貯蔵期間 <u>60年間</u>
2-6	上 8	温度範囲にあるように設計されている。	温度範囲となる設計である。
2-9	上 13 の次	(記載の追記)	<u>Hitz-B52型は、貯蔵中はたて置き姿勢であり、Hitz-B52型が貯蔵中転倒しないように、貯蔵建屋内の支持構造物である貯蔵架台に、下部トラニオン 4 個を固縛することで床面に固定される。</u>
2-9	上 14	設計条件として設定する地震力に対して概ね弾性状態に留まる範囲で耐え得る設計とする	設計条件として、 <u>水平方向 1.4G、鉛直方向 0.87G に設定した加速度により作用する地震力に対して、金属キャスクを剛体としたモデルにその地震力を作用させることで評価を行い、金属キャスクの本体胴等の応答が弾性状態に留まる範囲で耐え得る設計とする</u>

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 當（原）005 の頁を示す。



頁*1	行	補正前	補正後
2-9	下 1	2.1 設計方針	<u>3.5 構造強度</u>
2-14	上 7	基本的安全機能	<u>金属キャスクの基本的安全機能</u>
2-15	上 9	基本的安全機能	<u>Hitz-B52 型の基本的安全機能</u>
2-15	上 10	放射線等の環境、並びにその環境下での	放射線等の環境及びその環境下での
2-15	上 11	必要な安全機能を失うことのないように設計されている。	必要な安全機能を失うことのない設計とすることにより、 <u>使用済燃料の健全性を確保している。</u>
2-15	上 12	キャスク本体内面	<u>金属キャスク本体内面</u>
2-15	上 13	不活性ガス	不活性ガスである <u>ヘリウムガス</u>
2-23	上 14	2.2.1「評価条件」に示す(1)及び(4)の事象について、Hitz-B52 型に作用する衝撃加速度は、いずれも「核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則(平成 29 年 12 月 22 日施行)」で定める特別の試験条件(落下試験 I)で作用する衝撃加速度を保守側に設定した設計加速度 <input type="text"/> <input type="text"/> より低いため、評価対象外とした。	(記載の削除)

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営(原)005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
2-23	上 19	2.2.1「評価条件」に示す(3)、(5)及び(6)の事象について、ABAQUS コードにより構造強度解析を実施した。なお、(2)の事象については、発生する衝撃荷重が(3)の事象に比べ小さいため、(3)の評価に含まれる。構造強度解析の結果は第 2-2 表、第 2-3 表及び第 2-4 表に示すとおり、一次蓋閉じ込め境界部の発生応力は弾性範囲内であり、閉じ込め境界部の健全性は維持される。	2.2.1「評価条件」に示す(1)、(3)、(4)、(5)及び(6)の事象について、ABAQUS コードにより構造強度解析を実施した。なお、(2)の事象については、発生する衝撃荷重が(3)の事象に比べ小さいため、(3)の評価に含まれる。構造強度解析の結果は第 2-2 表、第 2-3 表、第 2-4 表、 <u>第 2-5 表</u> 及び <u>第 2-6 表</u> に示すとおり、一次蓋閉じ込め境界部の発生応力は弾性範囲内であり、閉じ込め境界部の健全性は維持される。
2-24		(記載変更)	(別紙 2-21 の記載に変更)
2-24 の 次頁		(記載追加)	(別紙 2-22 の記載を追加)
2-25		(記載変更)	(別紙 2-23 の記載に変更)

注記\*1：平成 30 年 8 月 1 日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

頁*1	行	補正前	補正後
-		(記載の追記)	(別紙2-24~別紙2-26の記載を追加)

注記\*1：平成30年8月1日付 Doc. No. P 営（原）005 の頁を示す。

第 1-1 表 Hitz-B52 型の仕様

項 目		仕 様
全質量 (使用済燃料集合体を含む)		約 118 t
寸 法	全 長	約 5.5 m
	外 径	約 2.4 m
収 納 体 数		52 体
最 大 崩 壊 熱 量		約 12.8 kW
主 要 材 質	キャスク本体	
	胴 (ガンマ線遮蔽材)	炭素鋼
	外筒 (ガンマ線遮蔽材)	炭素鋼
	ト ラ ニ オ ン	析出硬化型ステンレス鋼
	中 性 子 遮 蔽 材	樹脂 (レジン)
	伝 熱 フ ィ ン	銅
	蓋 部 (注1)	
	一 次 蓋	ステンレス鋼
	二 次 蓋	炭素鋼
	蓋 ボ ル ト	合金鋼
バスケット	炭素鋼、ステンレス鋼 (中性子吸収材、伝熱部材を配置)	
内 部 充 填 ガ ス		ヘリウムガス
シ ー ル 材		金属ガスケット
閉 じ 込 め 監 視 方 式		圧力センサによる蓋間圧力監視

(注 1) 使用済燃料貯蔵施設への搬入時、使用済燃料貯蔵施設からの搬出時には、ゴム O リングをシール材とした三次蓋を装着する。

第 1-2 表 使用済燃料の仕様

項 目		仕 様		
使用済燃料の種類		新型 8×8 燃料	新型 8×8 ジルコニウムライナ 燃料	高燃焼度 8×8 燃料
形 状	集 合 体 幅	約 134 mm	約 134 mm	約 134 mm
	全 長	約 4,470 mm 又は 約 4,350 mm	約 4,470 mm	約 4,470 mm 又は 約 4,350 mm
質 量		約 270 kg	約 270 kg	約 270 kg 又は 約 260 kg
使用済燃料 集合体 1 体 の仕様	初期濃縮度	3.00 wt% 以下	3.10 wt% 以下	3.60 wt% 以下
	(注1) 最 高 燃 焼 度	40,000 MWd/t 以下	40,000 MWd/t 以下	50,000 MWd/t 以下
	冷 却 期 間	25 年 以上	18 年 以上	15 年 以上
金属キャスク 1 基 当たりの仕様	収 納 体 数	52 体	52 体	52 体
	(注2) 平 均 燃 焼 度	35,000 MWd/t 以下	38,000 MWd/t 以下	43,000 MWd/t 以下
	崩 壊 熱 量	8.4 kW 以下	10.6kW 以下	12.8 kW 以下

(注 1) 最高燃焼度とは、収納する使用済燃料集合体 1 体の燃焼度の最大値を示す。

(注 2) 平均燃焼度とは、収納する全使用済燃料集合体に対する燃焼度の平均値を示す。

第 1-4 表 臨界解析条件

項 目		解 析 条 件	
燃 料 状 態		乾 燥 状 態	冠 水 状 態
使用済燃料の種類		高燃焼度 8×8 燃料	
濃 縮 度		3.66 wt%	濃縮度の異なる 2 種類の燃料棒を用い、炉心装荷冷温状態での燃料集合体の無限増倍率が 1.3 となる燃料モデル (モデルバンドル)
収 納 体 数		52 体	
燃 料 配 置		金属キャスク中心側に 偏向配置	格子中央に配置
寸 法 条 件	バスケット格子板厚	公差を考慮して最低値を設定	
	バスケット格子内のり	公差を考慮して最低値を設定	
	中性子吸収材板厚	公差を考慮して最低値を設定	
Hitz-B52 型内雰囲気		真 空	水
Hitz-B52 型外雰囲気		真 空	真 空
Hitz-B52 型 配 列		無限配列 (完全反射境界条件)	
中 性 子 吸 収 材		ほう素添加量の最低保証値 <sup>(注 1)</sup> とする。	
チャンネルボックス		な し	最大厚さ
中性子遮蔽材 (樹脂)		真空としてモデル化	

(注 1)  $^{10}\text{B}$  面密度  $0.035\text{g/cm}^2$

第 1-5 表 Hitz-B52 型評価結果

項		目	評 価 結 果	設 計 基 準 値
臨 界 防 止	中 性 子 実 効 増 倍 率	乾 燥 状 態	0.36	0.95
		冠 水 状 態	0.85	
遮 蔽	表 面 最 大 線 量 当 量 率		0.87mSv/h	2mSv/h
	表 面 か ら 1 m 離 れ た 位 置 に お け る 最 大 線 量 当 量 率		78 $\mu$ Sv/h	100 $\mu$ Sv/h
閉 じ 込 め	金 属 ガ ス ケ ッ ト の 漏 え い 率		$9.9 \times 10^{-7} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$	$2.4 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ (注1)
除 熱	燃 料 被 覆 管 最 高 温 度	新 型 8 $\times$ 8 燃 料	176 $^{\circ}\text{C}$	200 $^{\circ}\text{C}$ (1) (2)
		新 型 8 $\times$ 8 ジ ル コ ニ ウ ム ラ イ ナ 燃 料、 高 燃 焼 度 8 $\times$ 8 燃 料	255 $^{\circ}\text{C}$	300 $^{\circ}\text{C}$ (1) (2)
	金 属 キ ャ ス ク 構 成 部 材 最 高 温 度	胴 、 蓋 部	145 $^{\circ}\text{C}$	375 $^{\circ}\text{C}$ (3)
		外 筒	116 $^{\circ}\text{C}$	375 $^{\circ}\text{C}$ (3)
		中 性 子 遮 蔽 材 (樹 脂)	129 $^{\circ}\text{C}$	149 $^{\circ}\text{C}$ (4)
		金 属 ガ ス ケ ッ ト	95 $^{\circ}\text{C}$	130 $^{\circ}\text{C}$ (15)
		バ ス ケ ッ ト 格 子	236 $^{\circ}\text{C}$	350 $^{\circ}\text{C}$ (3)
構 造 強 度	取 扱 時	蓋 部 の 応 力 強 さ	61MPa 以下	162MPa(3)
		一 次 蓋 ボ ル ト の 応 力	406MPa 以下	852MPa(3)
		上 部 ト ラ ニ オ ン の 応 力 強 さ	541MPa 以下	653MPa(3)
	地 震 時	下 部 ト ラ ニ オ ン の 応 力 強 さ	282MPa 以下	591MPa(3)

(注 1) 設計貯蔵期間中に金属キャスク本体内部の負圧が維持できる漏えい率（標準状態）を示す。

第 1-8 表 閉じ込め評価条件

項 目		評 価 条 件
圧 力	金属キャスク内面 (初期)	$7.0 \times 10^4$ Pa [abs]
	蓋 間 空 間 (初期)	$4.1 \times 10^5$ Pa [abs]
	大 気 圧	$9.7 \times 10^4$ Pa [abs] (注1)
空 間 容 積	金属キャスク内部 (注2)	
	蓋 間 空 間	
温 度	金属キャスク内部 (注3)	255 °C
	漏 え い 気 体 (注4)	-22.4 °C
内 部 気 体		ヘリウム
設 計 貯 蔵 期 間		60 年

(注 1) 収納された使用済燃料の破損率 (0.1%) による圧力上昇を別途考慮する。

(注 2) 金属キャスク内部の全空間容積から燃料集合体及びバスケットの容積を除いた空間容積を示す。

(注 3) 燃料被覆管最高温度を保守的に設定した値を示す。

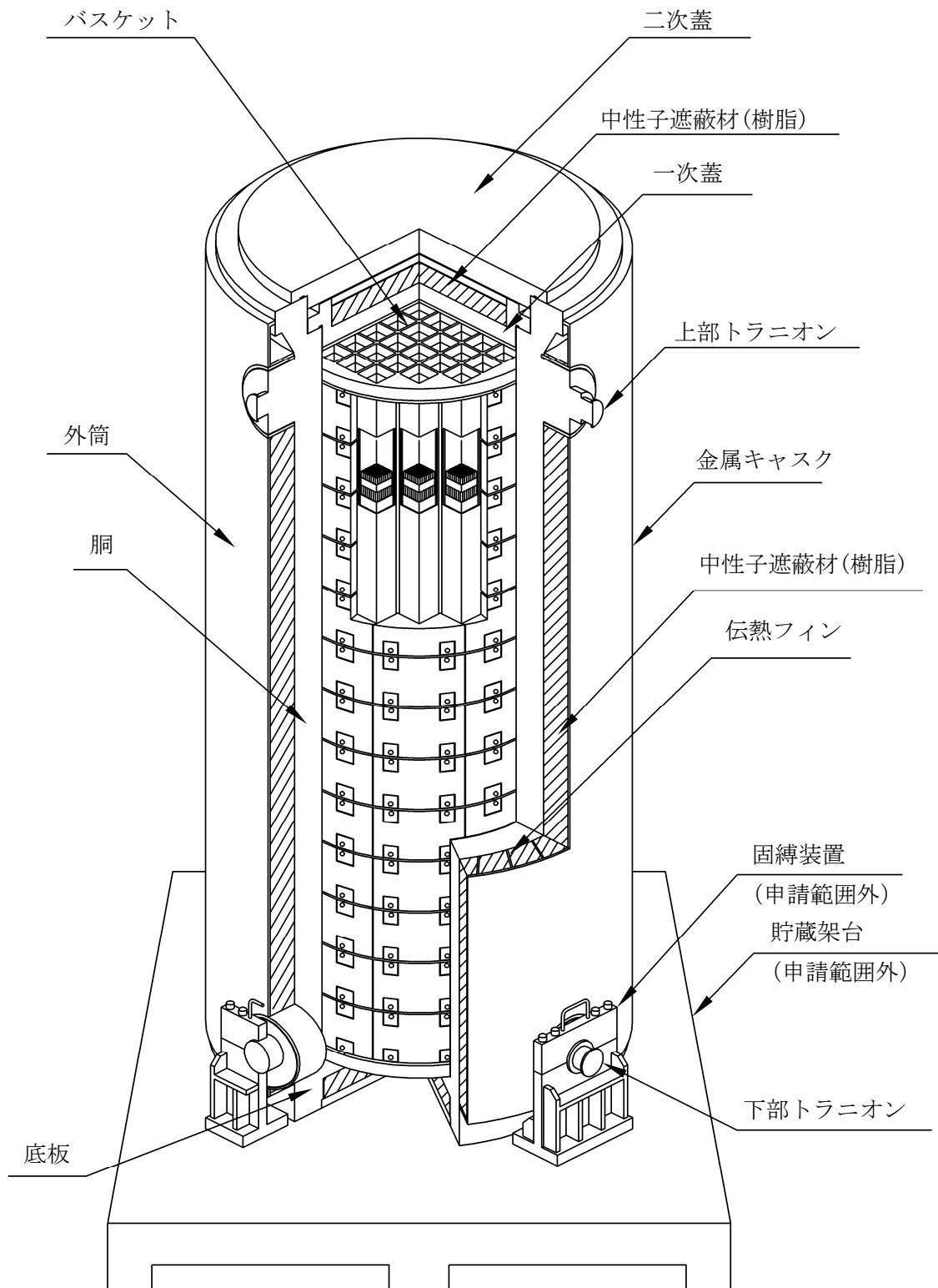
(注 4) 金属キャスク周囲最低温度を示す。



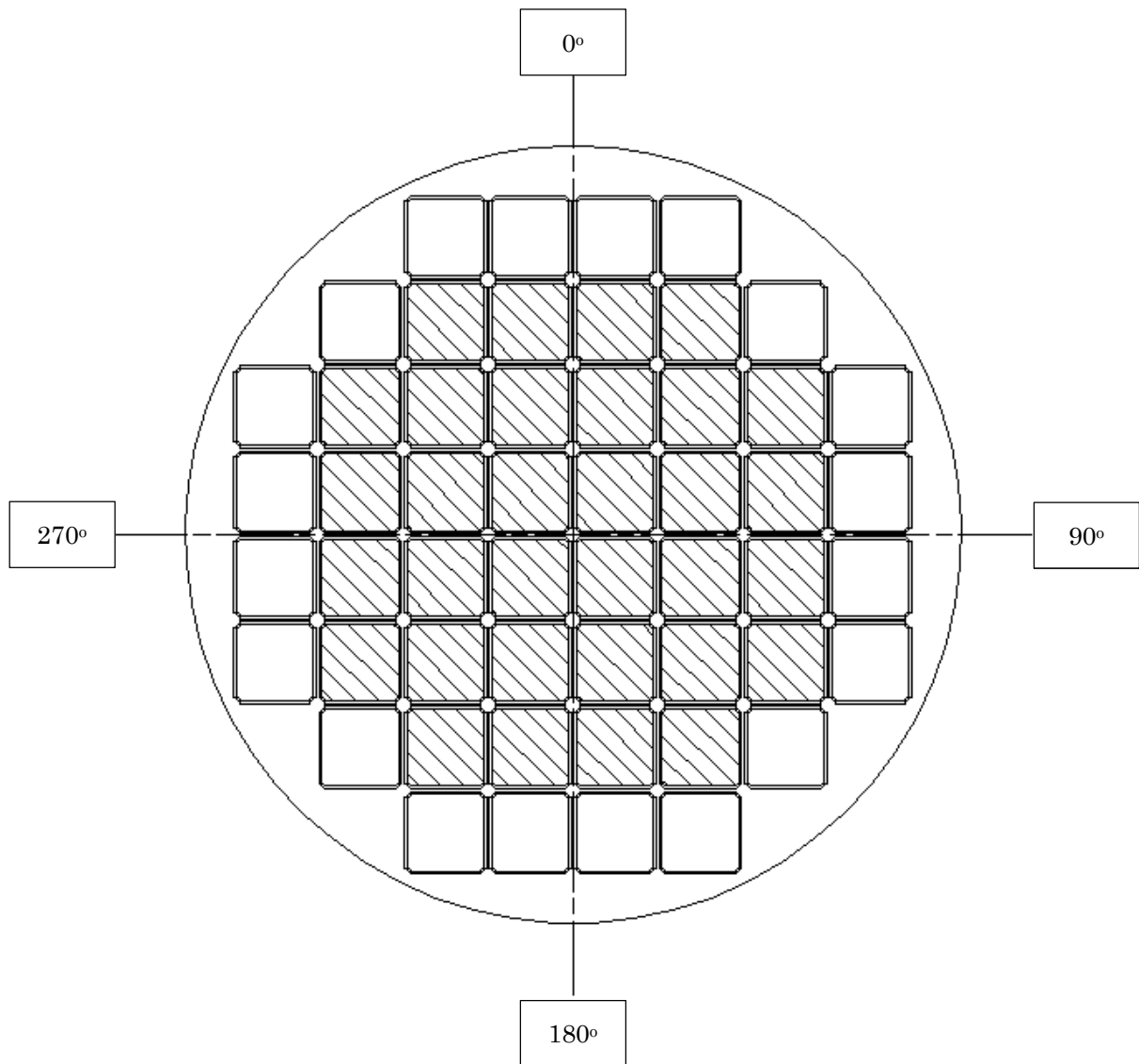
第 1-9 表 除熱解析条件


項 目		解 析 条 件
使用済燃料集合体のピーキングファクタ		第 1-6 表に示すピーキングファクタを考慮
使用済燃料集合体の収納位置		第 1-10 図に示す収納位置ごとの崩壊熱量を設定
境 界 条 件	周 囲 温 度	45℃
	貯 蔵 建 屋 壁 面 温 度	65℃
	貯 蔵 建 屋 壁 面 放 射 率	0.8
	金属キャスク表面放射率	0.8
	金属キャスク表面から貯蔵建屋壁面への形態係数	0.237 (注1)

(注 1) 金属キャスク配列ピッチ寸法 3.5m から算出される値を示す。



第 1-1 図 Hitz-B52 型構造図



 : 最高燃焼度以下の使用済燃料収納位置

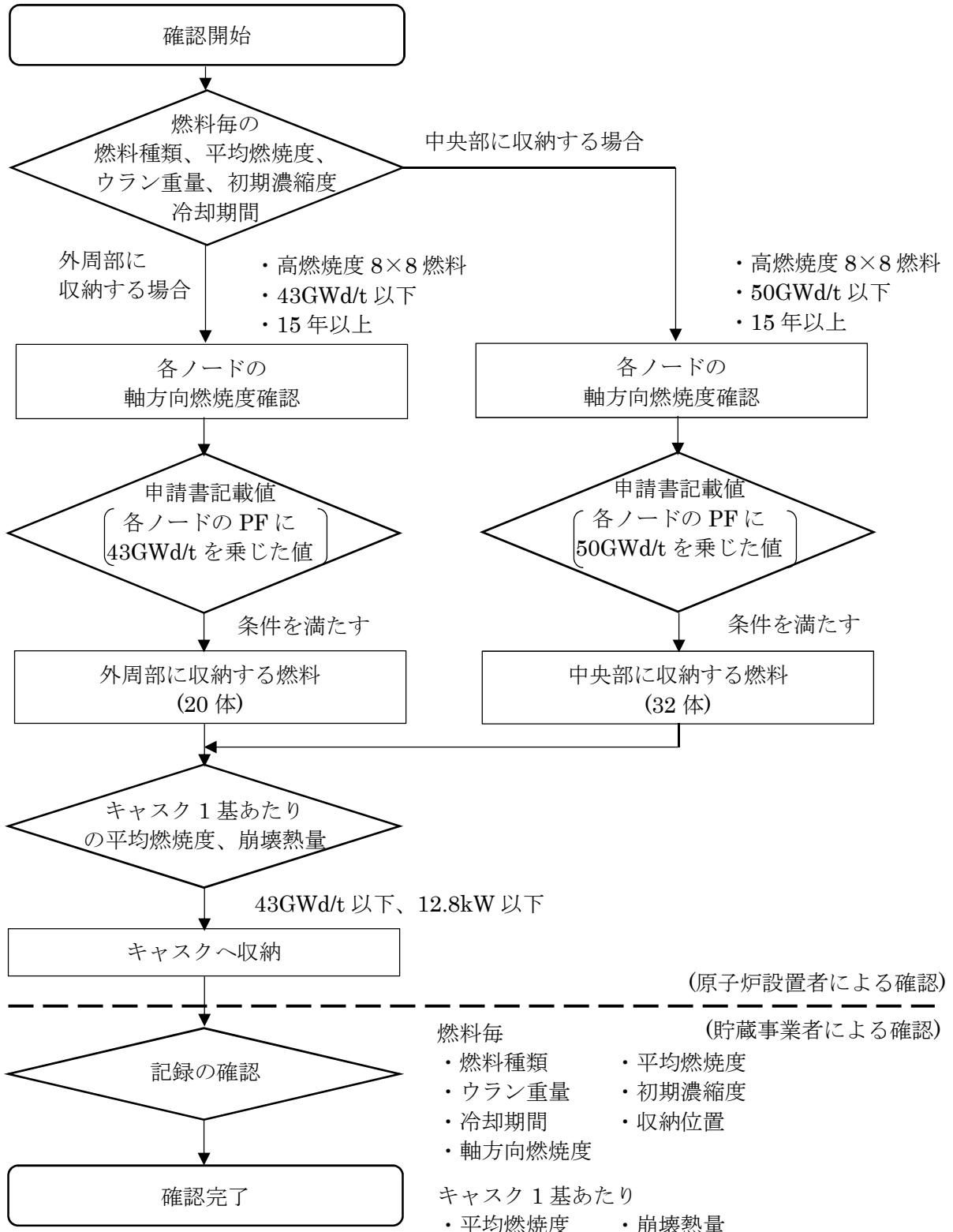
 : 平均燃焼度以下の使用済燃料収納位置

第 1-2-1 図 遮蔽解析における使用済燃料の収納位置条件  
 (高燃焼度 8×8 燃料を収納する場合) (注)  
 (注) 他の使用済燃料は収納条件を指定しない。



第 1-2-2 図 使用済燃料の軸方向燃焼度



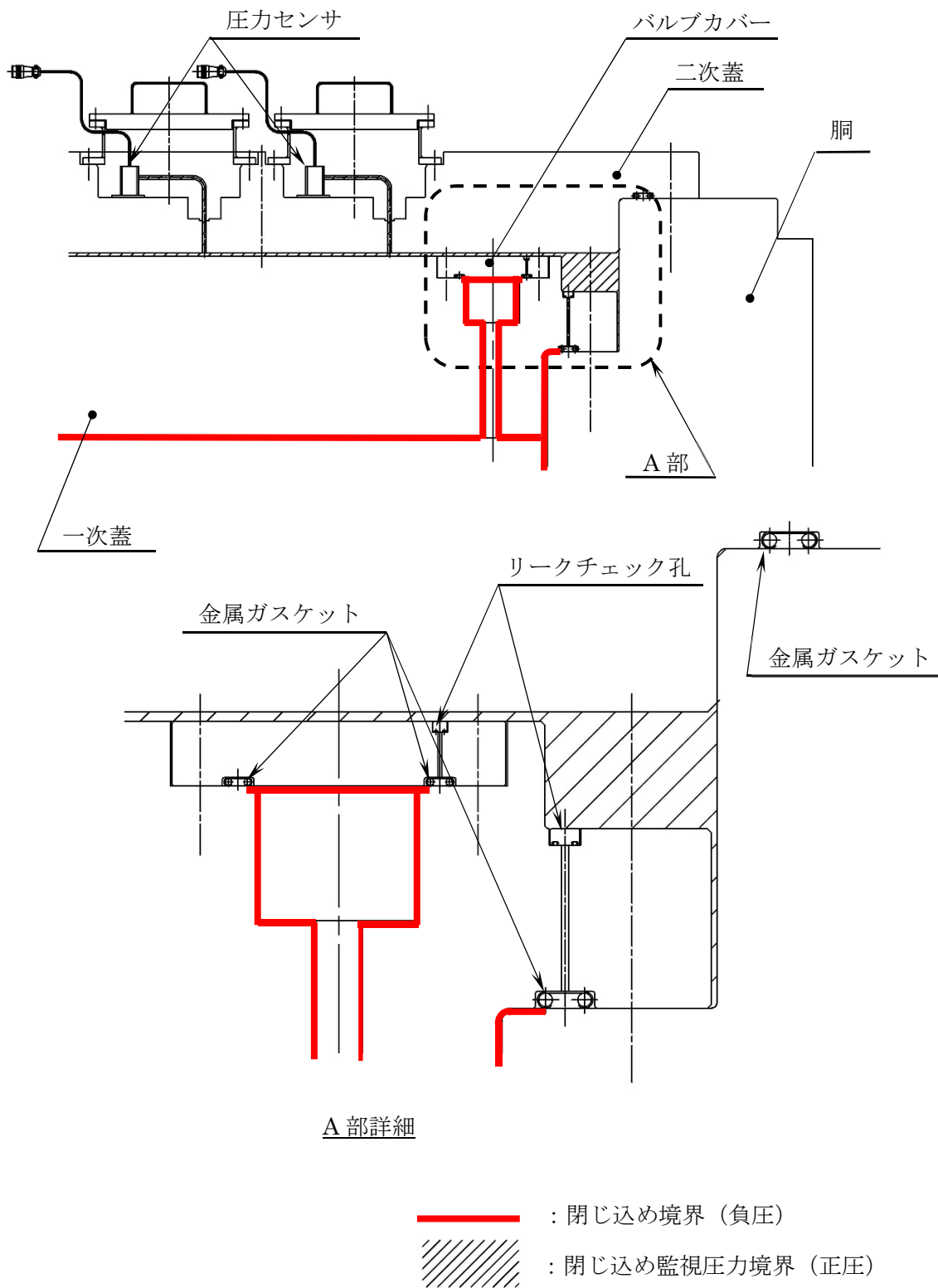


注記※1：上記フローにおいていずれの収納条件も満たせない燃料は収納対象外とする。

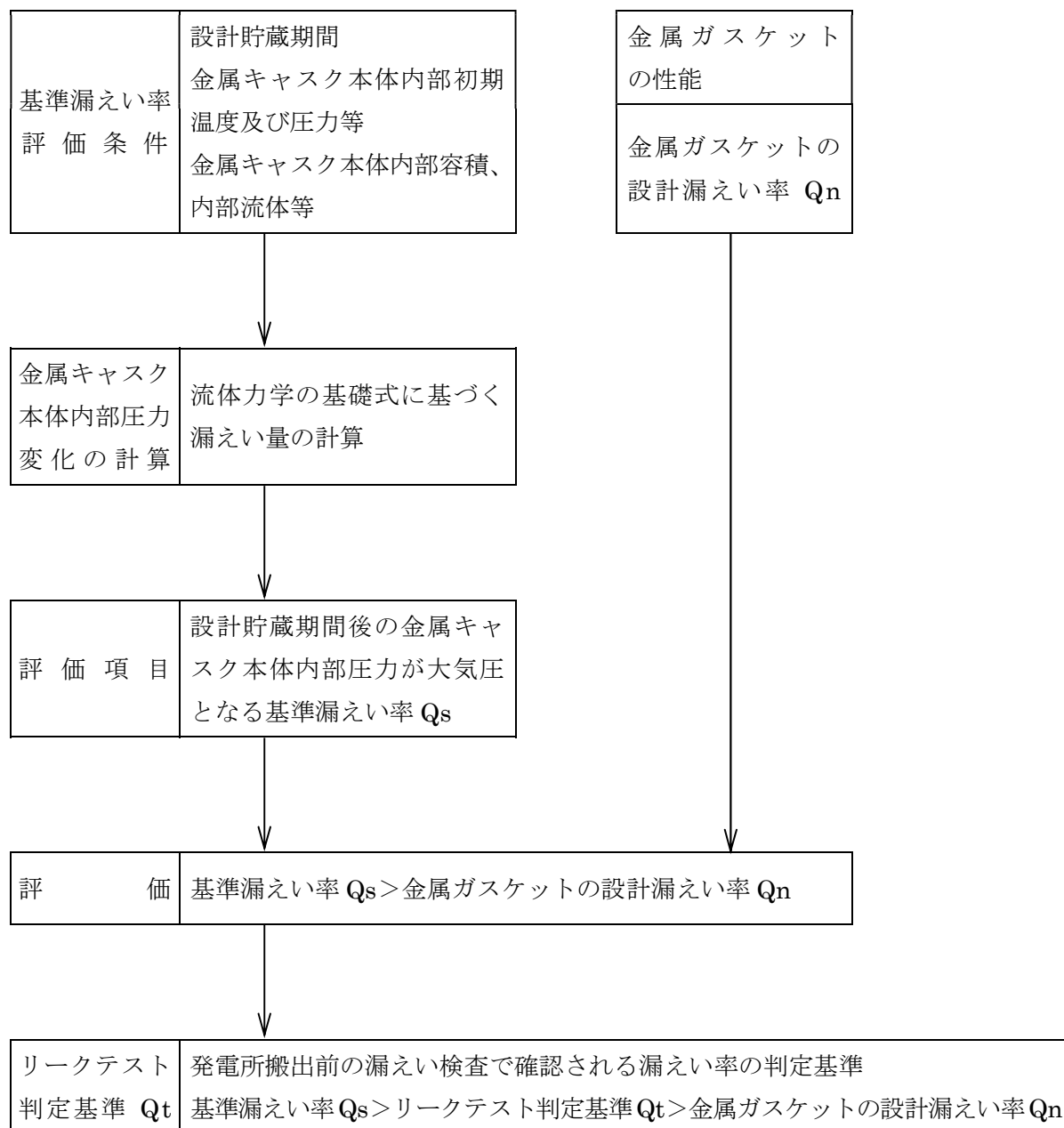
第 1-2-3 図 使用済燃料の軸方向燃焼度確認フローの例

（高燃焼度 8×8 燃料を収納する場合）（注）

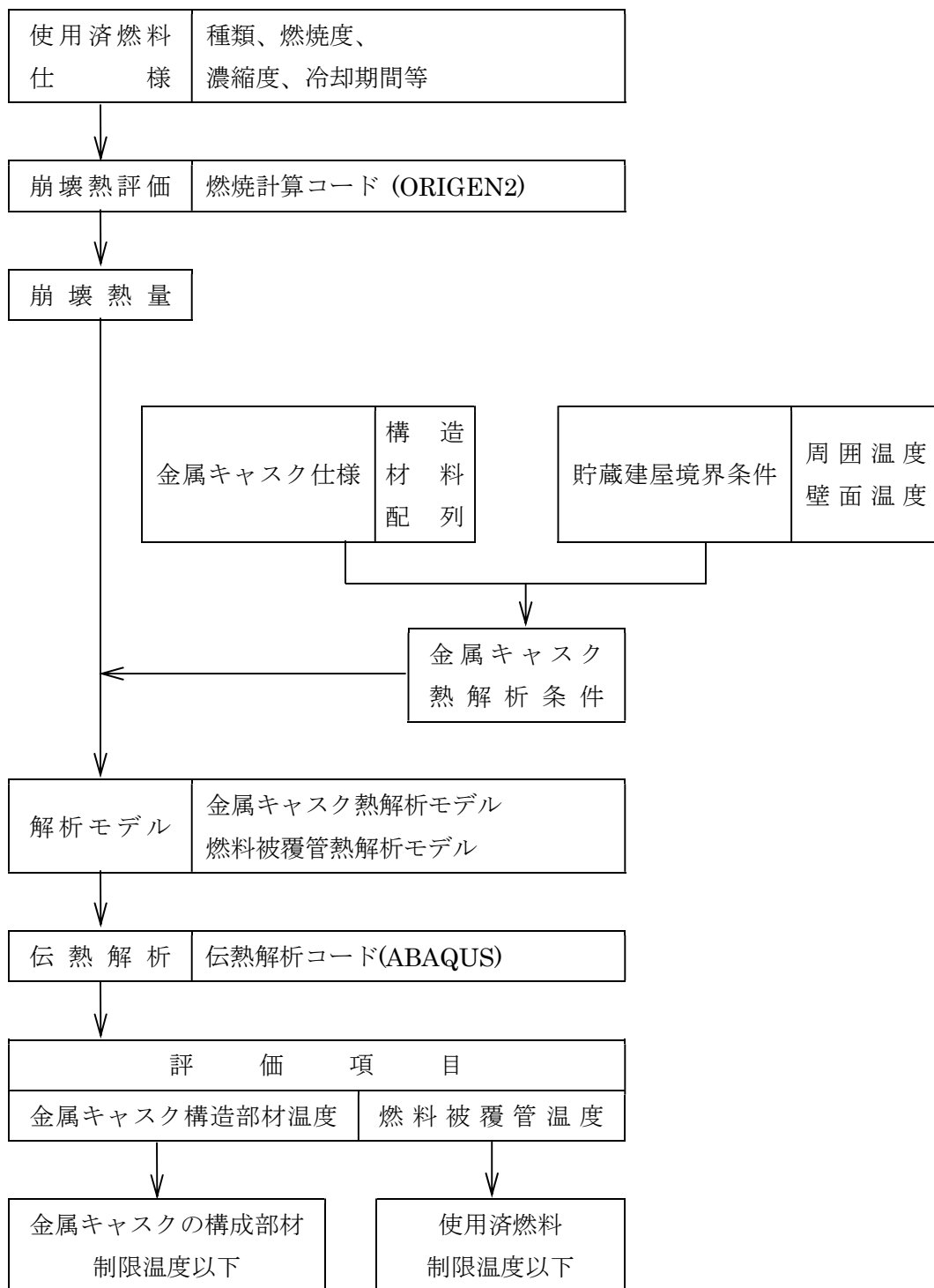
（注）他の使用済燃料は収納条件を指定しない。



第 1-7 図 Hitz-B52 型のシール部詳細

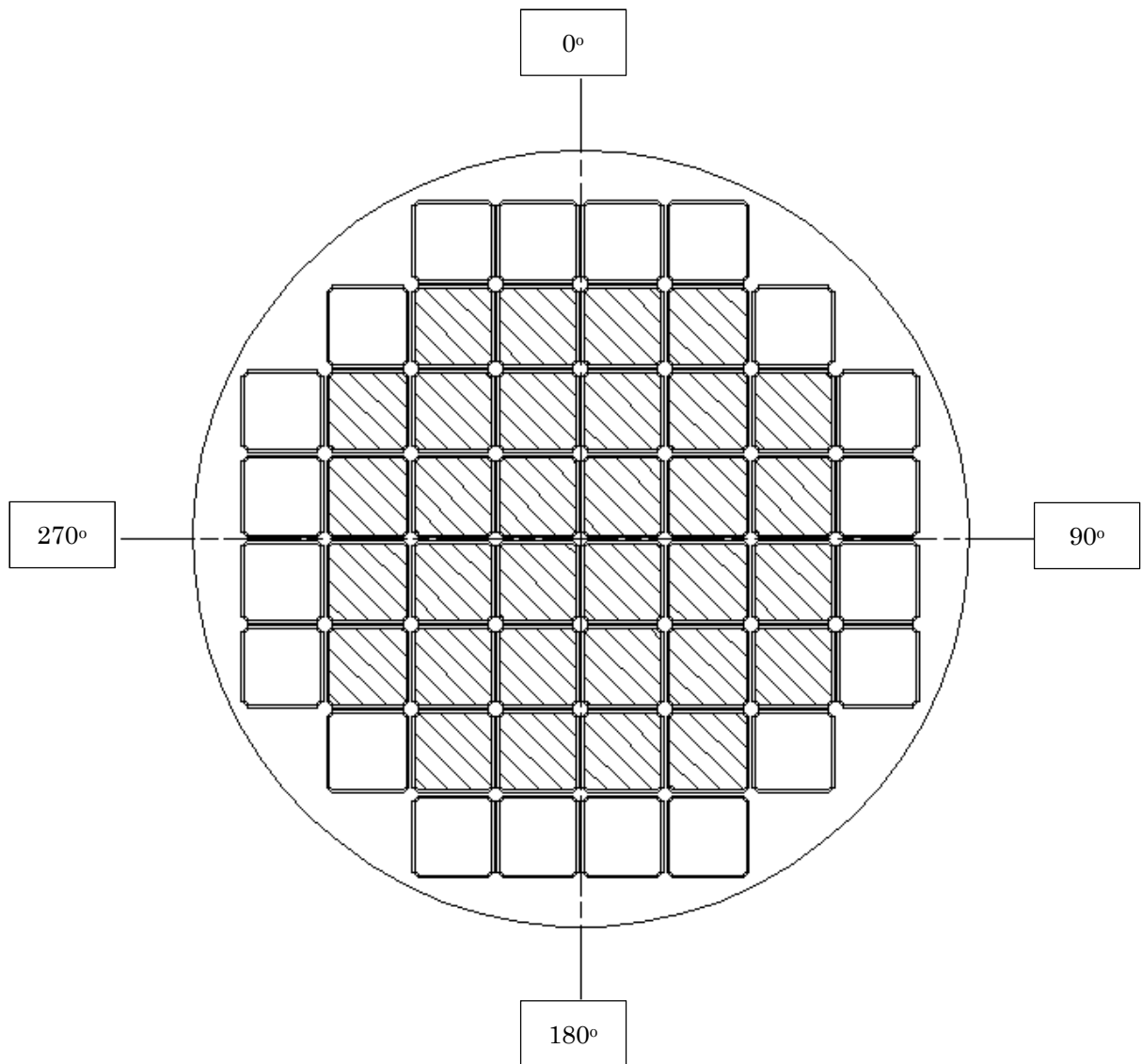




第 1-8 図 閉じ込め評価フロー図



第 1-9 図 除熱解析フロー図

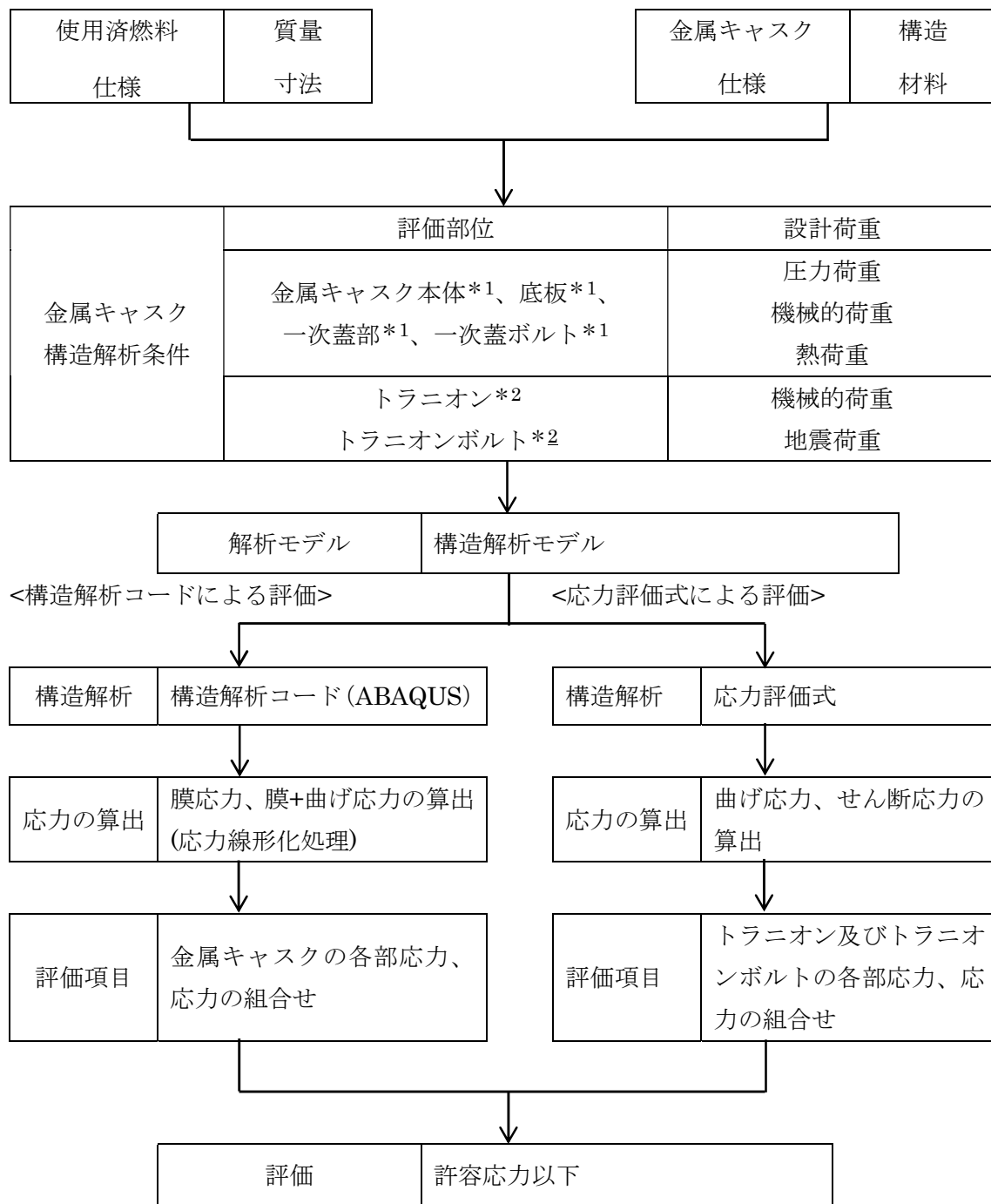




-  : 最高燃焼度 (50,000MWD/t) の PF=1.27 の時の発熱量を設定 (32 体)
-  : 総発熱量 (設計崩壊熱量) を保存するように発熱量を設定 (20 体)

第 1-10 図 除熱解析における使用済燃料の収納位置と崩壊熱量設定条件  
(高燃焼度 8×8 燃料を収納する場合) (注)

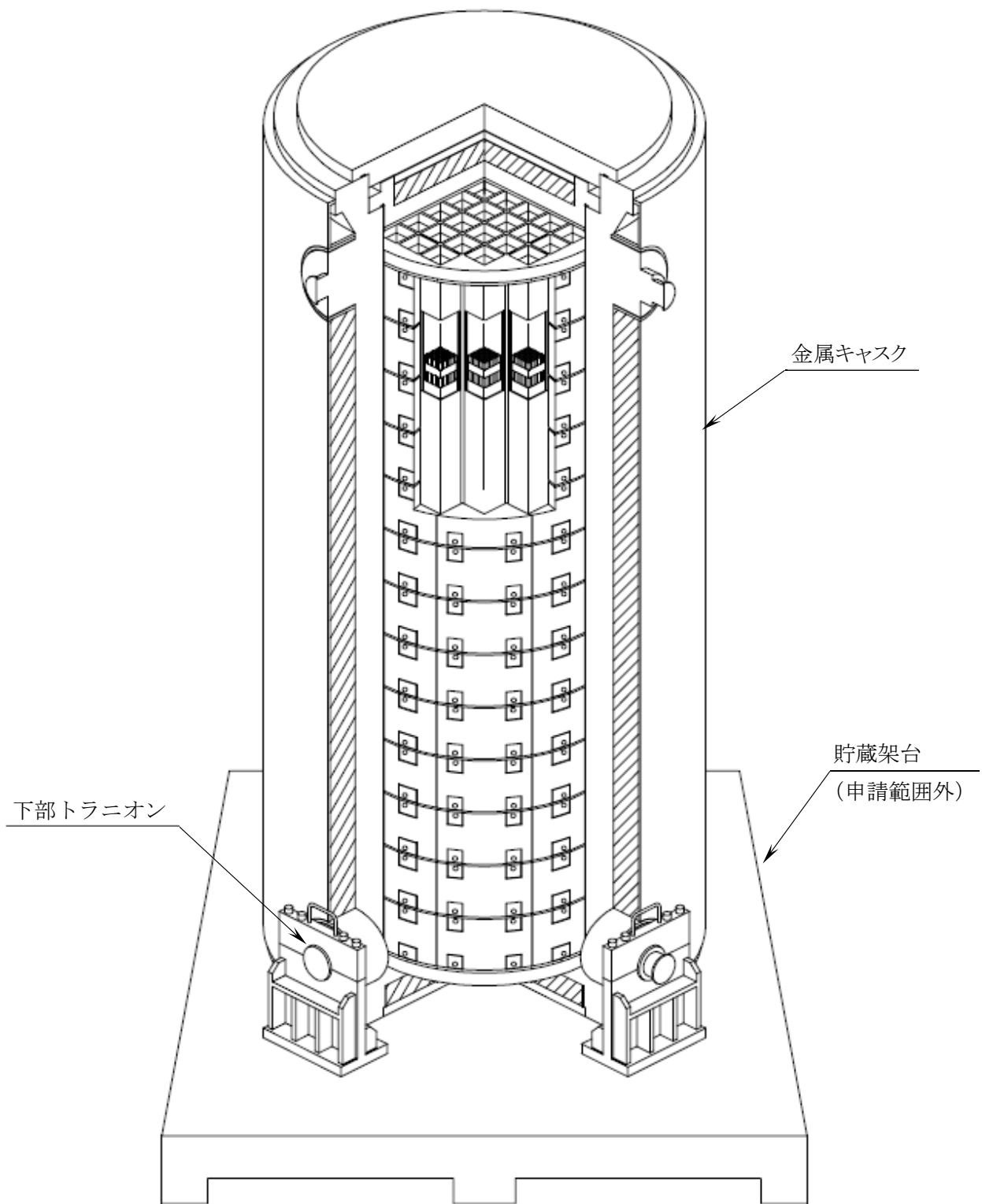
(注) 他の使用済燃料は収納条件を指定しない。



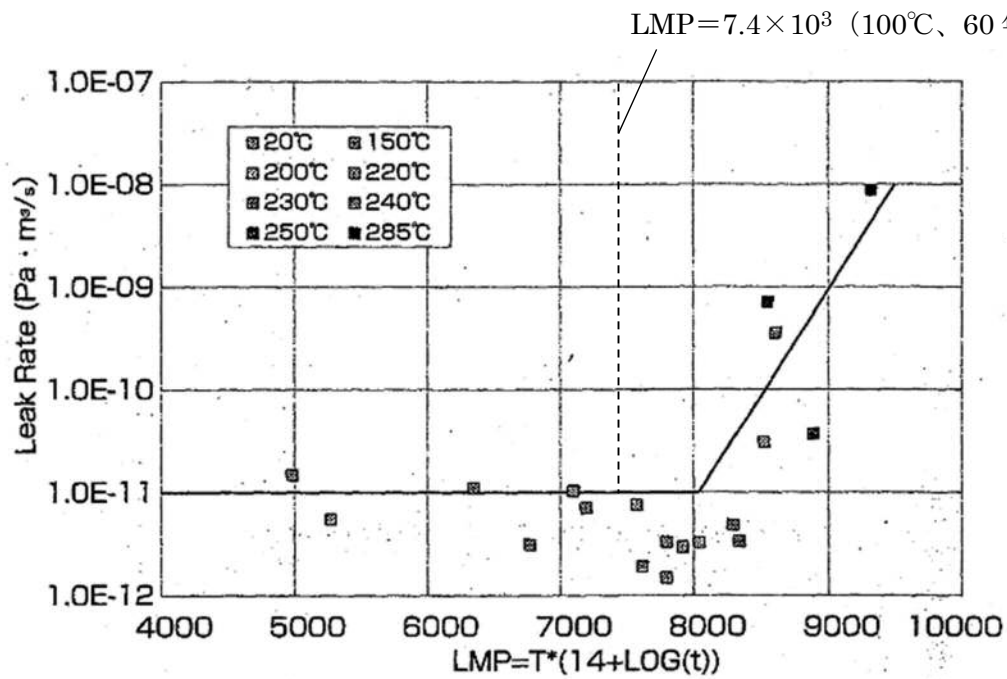
注記\*1：構造解析コードによる評価

\*2：応力評価式による評価

第 1-11 図 構造強度解析フロー図



第 1-12 図 下部トラニオン固縛図



$$LMP = T \cdot (C + \log t)$$

T : 温度 (K)

t : 時間 (h)

C : 定数 (-) (C=14)

第 1-17 図 LMP の定数 C=14 における漏えい率と LMP の関係 (15)

## 4. 参考文献

- (1) (独) 原子力安全基盤機構、「平成 18 年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等（貯蔵燃料長期健全性等確証試験に関する試験最終成果報告書）」、(独) 原子力安全基盤機構、(平成 19 年 3 月)
- (2) (独) 原子力安全基盤機構、「平成 19 年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等（貯蔵燃料長期健全性等確証試験に関する試験最終成果報告書）」、(独) 原子力安全基盤機構、(平成 20 年 3 月)
- (3) 「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格（2007 年版）(JSME S FA1-2007)」、(一社) 日本機械学会、(2007 年 12 月)
- (4) “NS-4-FR Fire Resistant Neutron and/or Gamma Shielding Material”, BISCO PRODUCTS, INC, 6/23/86
- (5) 日本原子力学会標準「使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全設計及び検査基準:2010 (AESJ-SC-F02:2010)」、(一社) 日本原子力学会、(2010 年 7 月)
- (6) 日立造船 (株)、「使用済燃料乾式貯蔵設備の安全設計で使用する解析コード」、HZTR-02 改 1、(平成 23 年 8 月)
- (7) (独) 原子力安全基盤機構、「平成 14 年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等（金属キャスク貯蔵技術確証試験）報告書」、(独) 原子力安全基盤機構、(平成 16 年 6 月)
- (8) 小崎明朗、「使用済燃料貯蔵中の耐久性に関する海外動向他」、(株) 日本原子力情報センター主催セミナー、「使用済燃料貯蔵技術の現状と課題」、(1998 年 1 月 13 日)
- (9) ステンレス協会、「ステンレス鋼便覧（第 3 版）」、日刊工業新聞社、(1995)
- (10) (一社) 日本金属学会、「金属便覧（改訂 6 版）」、丸善(株)、(2000)
- (11) M. J. Mills, “Deformation and Fracture Characteristics for Irradiate Inconel X-750”, Nuclear Technology, American Nuclear Society, Vol.73, (1986)
- (12) K. Farrell, A. E. Richt, “Microstructure and Tensile Properties of heavy irradiated 1100-O aluminum”, Effects of Radiation on Structural Materials, ASTM STP 683, (1979)
- (13) H. Yoshida, et al., “Reactor irradiation effects on Al1100”, Proc. Jpn. Congr. Mater. Res., Vol.24, (1981)
- (14) 加藤治、伊藤千浩、三枝利有、「使用済燃料貯蔵キャスクの長期密封性能評価手法の開発」、日本原子力学会誌、Vol.38、No.6、(1996)
- (15) (一財) 電力中央研究所、「使用済核燃料貯蔵の基礎」、ERC 出版、(2014)
- (16) K. Farrell, et al., “An evaluation of low temperature radiation embrittlement mechanisms in ferritic alloys”, Journal of Nuclear Materials, Vol. 210, (1994)
- (17) 土肥謙次ら、「304 ステンレス鋼の SCC 特性に及ぼす中性子照射効果（その 2）－熱鋭敏化材の SCC 感受性に及ぼす照射影響－」、(一財) 電力中央研究所 (平成 9 年 6 月)

- (18) S. J. Zinkle, G. L. Kulcinski, “Low-Load Microhardness Changes in 14-MeV Neutron Irradiated Copper Alloys”, The use of small scale specimens for testing irradiated material, ASTM STP888 (1986)
- (19) 腐食防食協会、「腐食・防食ハンドブック」、丸善(株)、(2000)
- (20) 東京電力(株)、「福島第一原子力発電所 既設乾式貯蔵キャスクの点検報告」、(平成 25 年 5 月 31 日)
- (21) 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2012 年版) (JSME S NC1-2012)」、(一社) 日本機械学会、(2012 年 12 月)

## 目 次

1. 「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に対する適合性	2-1
1.1 概要	2-1
1.2 適用範囲	2-2
1.3 使用済燃料の臨界防止	2-3
1.4 遮蔽等	2-5
1.5 閉じ込めの機能	2-6
1.6 除熱	2-7
1.7 火災等による損傷の防止	2-8
1.8 使用済燃料貯蔵施設の地盤	2-9
1.9 地震による損傷の防止	2-10
1.10 津波による損傷の防止	2-11
1.11 外部からの衝撃による損傷の防止	2-12
1.12 使用済燃料貯蔵施設への人の不法な侵入等の防止	2-13
1.13 安全機能を有する施設	2-14
1.14 設計最大評価事故時の放射線障害の防止	2-15
1.15 金属キャスク	2-16
1.16 使用済燃料の受入れ施設	2-17
1.17 計測制御系統施設	2-18
1.18 廃棄施設	2-19
1.19 放射線管理施設	2-20
1.20 予備電源	2-21
1.21 通信連絡設備等	2-22
2. 特定容器等を使用済燃料貯蔵施設において使用する場合の想定事象に対する安全評価	2-23
2.1 概要	2-23
2.2 Hitz-B52 型の取扱いに起因する事象に対する評価条件及び評価結果	2-24
2.3 事故の評価	2-24

第 2-1 表 金属キャスクの転倒及び落下事象時に発生する加速度、  
又は金属キャスクへの重量物落下事象時の荷重条件

No.	想定事象	加速度又は荷重条件
(1)	仮置架台への水平落下	22G 以下
(2)	衝撃吸収材への垂直落下	12G 以下
(3)	貯蔵架台への垂直落下	48G 以下
(4)	たて起こし架台への転倒衝突	33G 以下
(5)	衝撃吸収材への転倒衝突	36G 以下 (蓋部近傍)
(6)	三次蓋の二次蓋への落下	$4.10 \times 10^6$ N 以下

第 2-2 表 仮置架台への水平落下時の評価結果

項 目	評価結果	設計基準値	備 考
一次蓋閉じ込め境界部の 応力強さ	68MPa 以下	162MPa	第 2-1 表に基づき、金属キャ スクに生じる加速度条件を 22G に設定し評価。 発生応力は降伏応力以下であ り、閉じ込め境界部は健全性 を維持する。
一次蓋ボルトの応力	418MPa 以下	853MPa	



第 2-3 表 貯蔵架台への垂直落下時の評価結果

項 目	評価結果	設計基準値	備 考
一次蓋閉じ込め境界部の 応力強さ	61MPa 以下	162MPa	第 2-1 表に基づき、金属キャ スクに生じる加速度条件を 48G に設定し評価。 発生応力は降伏応力以下であ り、閉じ込め境界部は健全性 を維持する。
一次蓋ボルトの応力	355MPa 以下	853MPa	

第 2-4 表 たて起こし架台への転倒衝突時の評価結果

項 目	評価結果	設計基準値	備 考
一次蓋閉じ込め境界部の 応力強さ	69MPa 以下	162MPa	第 2-1 表に基づき、金属キャ スクに生じる加速度条件を 33G に設定し評価。 発生応力は降伏応力以下であ り、閉じ込め境界部は健全性 を維持する。
一次蓋ボルトの応力	438MPa 以下	853MPa	

第 2-5 表 衝撃吸収材への転倒衝突時の評価結果

項 目	評価結果	設計基準値	備 考
一次蓋閉じ込め境界部の 応力強さ	71MPa 以下	162MPa	第 2-1 表に基づき、金属キャ スクに生じる加速度条件を 36G に設定し評価。 発生応力は降伏応力以下であ り、閉じ込め境界部は健全性 を維持する。
一次蓋ボルトの応力	444MPa 以下	853MPa	

第 2-6 表 三次蓋の二次蓋への落下時の評価結果

項 目	評価結果	設計基準値	備 考
一次蓋閉じ込め境界部の 応力強さ	60MPa 以下	162MPa	第 2-1 表に基づき、二次蓋中 央に生じる荷重条件を $4.1 \times 10^6 \text{ N}$ に設定し評価。 発生応力は降伏応力以下であ り、閉じ込め境界部は健全性 を維持する。
一次蓋ボルトの応力	350MPa 以下	853MPa	

DLC-23/CASK ライブラリを使用した妥当性とライブラリ変更による  
遮蔽解析結果への影響

Hitz-B52 型の遮蔽解析は、二次元輸送計算コード DOT3.5 を用いて実施しており、断面積ライブラリは DLC-23/CASK ライブラリを用いている。

DLC-23/CASK ライブラリは、輸送容器等の許認可申請において多くの使用実績があるが、鉄の単層透過時に中性子線量当量率を過小評価することが報告されていることから、自己共鳴遮蔽因子が用意されている断面積ライブラリとして、JENDL-3.3 に基づく MATXSLIB-J33 ライブラリを使用して遮蔽解析を実施し、ライブラリの違いによる影響評価をおこなった。

1. 遮蔽解析条件

DLC-23/CASK ライブラリを使用した場合の評価（以下「評価 A」という。）条件と MATXSLIB-J33 ライブラリを使用した場合の評価（以下「評価 B」という。）条件の比較を別紙 1-1 表に示す。ライブラリ以外の計算条件は同一とした。

2. 遮蔽解析結果

両ライブラリをそれぞれ用いた場合の線量当量率評価結果を別紙 1-2 表に示す。

以上により、MATXSLIB-J33 ライブラリによる影響評価を考慮しても、金属キャスク表面及び表面から 1m 離れた位置における線量当量率が基準値以内に収まっていることを確認できたことから、Hitz-B52 型の遮蔽解析は妥当であると考えられる。

別紙 1-1 表 ライブラリの評価条件比較

断面積ライブラリ		DLC-23/CASK	MATXSLIB-J33
エネルギー	中性子	22 群	175 群
群構造	ガンマ線	18 群	42 群
中性子スペクトル		$^{239}\text{Pu}$ の核分裂スペクトルを DLC-23/CASK の 22 群構造に振り分けたものを使用。	$^{239}\text{Pu}$ の核分裂スペクトルを VITAMIN-J 形式の 175 群構造に振り分けたものを使用。
ガンマ線線源強度		ORIGEN2 のエネルギースペクトルを DLC-23/CASK の 18 群構造に振り分けたものを使用。	ORIGEN2 のエネルギースペクトルを VITAMIN-J 形式の 42 群構造に振り分けたものを使用。
1cm 線量当量率への換算係数		AESJ-SC-F006:2013*に記載する値を使用。	ICRP Pub.74 の換算係数を中性子 175 群構造、ガンマ線 42 群構造に振り分けて使用。

注記※：「使用済燃料・混合酸化物新燃料・高レベル放射性廃棄物輸送容器の安全設計及び検査基準：2013」

(単位：μSv/h)

別紙 1-2 表 線量当量率評価結果の比較

評価点	頭部						側部						底部					
	軸方向		径方向		径方向 (トランニオン部)		軸方向		径方向		径方向 (トランニオン部)		軸方向		径方向		径方向 (トランニオン部)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
表面	ガンマ線	燃料有効部	<0.1	<0.1	6.4	4.4	5.3	3.7	7.9	5.5	7.9	5.5	<0.1	<0.1	0.3	0.3	4.0	2.8
		構造材放射化	0.3	0.2	241.2	184.6	116.5	88.6	242.4	185.9	0.6	0.4	2.0	1.4	2.0	1.4	2.9	2.0
	二次ガンマ線	0.3	0.4	5.9	9.1	4.6	7.1	6.3	9.7	0.9	1.6	6.5	13.6	6.2	10.5			
	中性子	71.2	117.2	2.0	2.1	49.0	118.3	2.3	2.4	139.5	437.9	853.7	1742.4	346.5	692.8			
表面から 1m	ガンマ線	燃料有効部	<0.1	<0.1	10.7	7.7	12.7	9.3	44.4	32.9	0.1	0.1	20.2	14.9	18.1	16.1		
		構造材放射化	2.1	1.4	29.7	22.2	8.6	20.3	2.4	1.7	13.0	9.3	0.5	0.4	2.1	3.1		
	二次ガンマ線	<0.1	0.1	4.7	6.6	5.2	7.4	16.6	22.3	1.3	2.1	6.9	9.5	7.0	10.0			
	中性子	14.5	26.1	8.5	11.6	9.5	9.9	14.0	16.2	22.5	54.9	14.4	19.2	11.6	8.7			
合計	16.8	27.7	53.6	48.1	36.0	46.9	77.4	73.1	36.9	66.4	42.0	40.0	38.8	37.9				

注記：“&lt;0.1”の値は、“=0.1”として合計値に含めた。