

12 条
安全施設

<目 次>

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

1.2 気象等

1.3 設備等

2. 安全施設

(別添資料)

安全施設について（使用済燃料乾式貯蔵施設）

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(i) 本発電用原子炉施設は、(1) 耐震構造、(2) 耐津波構造に加え、以下の基本的方針のもとに安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(g) 安全施設

(g-1) 安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、十分高い信頼性を確保し、かつ維持し得る設計とする。このうち、安全機能の重要度が特に高い安全機能を有する系統は、原則、多重性又は多様性及び独立性を備える設計とするとともに、当該系統を構成する機器に短期間では動的機器の単一故障、又は長期間では動的機器の単一故障若しくは想定される静的機器の単一故障のいずれかが生じた場合であって、外部電源が利用できない場合においても、その系統の安全機能を達成できる設計とする。

重要度が特に高い安全機能を有する系統において、設計基準事故が発生した場合に長期間にわたって機能が要求される静的機器のうち、単一設計とする以下の機器については、想定される最も過酷な条件下においても安全上支障のない期間に単一故障を確実に除去又は修復できる設計とし、その単一故障を仮定しない。設計に当たっては、想定される単一故障の除去又は修復のためのアクセス性及び補修作業性並びに当該作業期間における従事者及び周辺公衆の被ばくを考慮する。

- ・アニュラス空気浄化設備のダクトの一部
 - ・安全補機室空気浄化設備のフィルタユニット及びダクトの一部
- 試料採取設備のうち単一設計とする事故時に1次冷却材をサンプリングする設備については、当該設備に要求される事故時の原子炉の停止状態の把握機能が単一故障により失われる場合であっても、

他の系統を用いて当該機能を代替できる設計とする。

原子炉格納容器スプレイ設備のうちスプレイリングについては単一設計とするが、安全機能に最も影響を与える単一故障を仮定しても、原子炉格納容器の冷却機能を達成できる設計とする。

安全施設の設計条件を設定するに当たっては、材料疲労、劣化等に対しても十分な余裕を持って機能維持が可能となるよう、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に想定される圧力、温度、湿度、放射線量等各種の環境条件を考慮し、十分安全側の条件を与えることにより、これらの条件下においても期待されている安全機能を発揮できる設計とする。

また、安全施設は、その健全性及び能力を確認するために、その安全機能の重要度に応じ、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができる設計とする。

- (g-2) 安全施設は、蒸気タービン等の損壊に伴う飛散物により安全性を損なわない設計とする。

蒸気タービン及び発電機は、破損防止対策を行うことにより、破損事故の発生確率を低くするとともに、ミサイルの発生を仮に想定しても安全機能を有する構築物、系統及び機器への到達確率を低くすることによって、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

- (g-3) 重要安全施設は、発電用原子炉施設間で原則共用又は相互に接続しないものとするが、安全性が向上する場合は、共用又は相互に接続することを考慮する。

重要安全施設に該当する中央制御室は、共用することにより、プラントの状況に応じた運転員の相互融通を図ることや、必要な情報（相互のプラント状況、運転員の対応状況等）を共有しながら、事故処置を含む総合的な運転管理を図ることなどで、安全性が向上するため、居住性に配慮した設計とする。

同じく重要安全施設に該当する中央制御室空調装置は、各号炉に設置し、片系列単独で居住性に係る判断基準を満足する設計とする。

また、共用により更なる多重性を持ち、単一設計とする中央制御室非常用循環フィルタユニットを含め、安全性が向上する設計とする。

安全施設（重要安全施設を除く。）において、共用又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

(2) 安全設計方針

1. 安全設計

1.1 安全設計の方針

1.1.1 安全設計の基本方針

1.1.1.6 共用

重要安全施設は、発電用原子炉施設間で原則共用又は相互に接続しないものとするが、安全性が向上する場合は、共用又は相互に接続することを考慮する。

重要安全施設に該当する中央制御室は、共用することにより、プラントの状況に応じた運転員の相互融通を図ることや、必要な情報（相互のプラント状況、運転員の対応状況等）を共有しながら、事故処置を含む総合的な運転管理を図ることなどで、安全性が向上するため、居住性に配慮した設計とする。

同じく重要安全施設に該当する中央制御室空調装置は、各号炉に設置し、片系列単独で居住性に係る判断基準を満足する設計とする。また、共用により更なる多重性を持ち、単一設計とする中央制御室非常用循環フィルタユニットを含め、安全性が向上する設計とする。

安全施設（重要安全施設を除く。）において、共用又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

火災感知設備の一部は、共用する他号炉設置の火災区域に設け、中央制御室での監視を可能とすることで、共用により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

消火設備の一部は、共用する他号炉設置の火災区域に対し必要な容量の消火水等を供給できるものとし、消火設備の故障警報を中央制御室に発することで、共用により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

浸水防護設備の一部は号炉の区分けなく一体となった津波又は溢水に対する防護対策を実施することで、共用により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

代替緊急時対策所及び緊急時対策所（緊急時対策棟内）は、事故対応において3号炉及び4号炉双方のプラント状況を考慮した指揮命令を行う必要があるため、同一スペースを共用化し、事故収束に必要な機器を設置する。共用により、必要な情報（相互のプラント状況、運転員の対応状況等）を共有・考慮しながら、総合的な管理（事故処置を含む。）を行うことで、発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計とする。

補助蒸気連絡ライン（高圧・低圧）は、3号炉及び4号炉間で相互に接続するものの、接続する設備の設計圧力等と同じとし、連絡時に他号炉の安全性を損なわない設計とする。連絡時以外においては、連絡弁を施錠閉とすることにより物理的に分離し、他号炉に悪影響を及ぼすことのない設計とする。

1.1.1.7 多重性又は多様性及び独立性

安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、十分な信頼性を確保し、かつ維持し得る設計とする。このうち、重要度が特に高い安全機能を有する系統は、原則、多重性又は多様性及び独立性を備える設計とするとともに、当該系統を構成する機器の単一故障が生じた場合であって、外部電源が利用できない場合においても、その系統の安全機能を達成できる設計とする。

1.1.1.9 試験検査

安全施設は、その健全性及び能力を確認するために、その安

全機能の重要度に応じ、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができる設計とする。

1.3 安全機能の重要度分類

発電用原子炉施設の安全機能の相対的重要度を、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に基づき、次のように定め、これらの機能を果たすべき構築物、システム及び機器を適切に設計する。

1.3.1 安全上の機能別重要度分類

安全機能を有する構築物、システム及び機器を、それらが果たす安全機能の性質に応じて、次の2種に分類する。

- (1) その機能の喪失により、発電用原子炉施設を異常状態に陥れ、もって一般公衆ないし放射線業務従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるもの（異常発生防止系で以下「PS」という。）。
- (2) 発電用原子炉施設の異常状態において、この拡大を防止し、又はこれを速やかに収束せしめ、もって一般公衆ないし放射線業務従事者に及ぼすおそれのある過度の放射線被ばくを防止し、又は緩和する機能を有するもの（異常影響緩和系で以下「MS」という。）。

また、PS及びMSのそれぞれに属する構築物、システム及び機器をその有する安全機能の重要度に応じ、それぞれクラス1、クラス2及びクラス3に分類する。それぞれのクラスの呼称は、第1.3.2表に掲げるとおりとする。

上記に基づく発電用原子炉施設の安全上の機能別重要度分類を第1.3.3表に示す。

なお、各クラスに属する構築物、システム及び機器の基本設計ないし基本的設計方針は、確立された設計、建設及び試験の技術並びに運転管理により、安全機能確保の観点から、次の各号に

掲げる基本的目標を達成できるようにする。

a. クラス1：合理的に達成し得る最高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。

b. クラス2：高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。

c. クラス3：一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持すること。

1.3.2 分類の適用の原則

発電用原子炉施設の安全上の機能別重要度分類を具体的に適用するに当たっては、原則として次によることとする。

- (1) 安全機能を直接果たす構築物、系統及び機器（以下「当該系」という。）が、その機能を果たすために直接又は間接に必要な構築物、系統及び機器（以下「関連系」という。）の範囲と分類は、次の各号に掲げるところによるものとする。
 - a. 当該系の機能遂行に直接必要となる関連系（以下「直接関連系」という。）は、当該系と同位の重要度を有するものとみなす。
 - b. 当該系の機能遂行に直接必要はないが、その信頼性を維持し、又は担保するために必要な関連系（以下「間接関連系」という。）は、当該系より下位の重要度を有するものとみなす。ただし、当該系がクラス3であるときは、間接関連系はクラス3とみなす。
- (2) 1つの構築物、系統又は機器が、2つ以上の安全機能を有するときは、果たすべきすべての安全機能に対する設計上の要求を満足させるものとする。
- (3) 安全機能を有する構築物、系統又は機器は、これら2つ以上のものの間において、又は安全機能を有しないものとの間において、その一方の運転又は故障等により、同位ないし上位の重要度を有する他方に期待される安全機能が阻害され、もって発電用原子炉施設の安全が損なわれることのないように、機能的

隔離及び物理的分離を適切に考慮する。

- (4) 重要度の異なる構築物、系統又は機器を接続するときは、下位の重要度のものに上位の重要度のものと同等の設計上の要求を課すか、又は上位の重要度のものと同等の隔離装置等によって、下位の重要度のものの故障等により上位の重要度のものの安全機能が損なわれないように、適切な機能的隔離が行われるよう考慮する。

第1.3.1(1)表 安全上の機能別重要度分類を行う構築物、系統及び機器

(平成 31 年 1 月 22 日 発電用原子炉設置変更許可申請分)

構築物、系統及び機器
使用済燃料乾式貯蔵容器
使用済燃料乾式貯蔵建屋

第1.3.2表 安全上の機能別重要度分類

機能による分類		安全機能を有する構築物、系統及び機器		安全機能を有しない構築物、系統及び機器
		異常の発生防止の機能を有するもの (PS)	異常の影響緩和の機能を有するもの (MS)	
安全に関連する構築物、系統及び機器	クラス 1	PS-1	MS-1	
	クラス 2	PS-2	MS-2	
	クラス 3	PS-3	MS-3	
安全に関連しない構築物、系統及び機器				安全機能以外の機能のみを行うもの

第1.3.3表 本原子炉施設の安全上の機能別重要度分類

(平成31年1月22日発電用原子炉設置変更許可申請分)

分類	異常発生防止系			
	定義	機能	構造物、系統又は機器	(注1) 特記すべき 関連系
PS-2	1) その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構造物、系統及び機器	2) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	(注2) 使用済燃料乾式貯蔵容器	(注3) 使用済燃料乾式貯蔵建屋 〔PS-3〕

(注1) 関連系については、「1.3.2 分類の適用の原則」参照。

(注2) 貯蔵架台及び基礎を含む。

(注3) 間接関連系に相当する。

(3) 適合性説明

(安全施設)

第十二条 安全施設は、その安全機能の重要度に応じて、安全機能が確保されたものでなければならない。

3 安全施設は、設計基準事故時及び設計基準事故に至るまでの間に想定される全ての環境条件において、その機能を発揮することができるものでなければならない。

4 安全施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、発電用原子炉の運転中又は停止中に試験又は検査ができるものでなければならない。

- 5 安全施設は、蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、安全性を損なわないものでなければならない。
- 7 安全施設（重要安全施設を除く。）は、二以上の発電用原子炉施設と共用し、又は相互に接続する場合には、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものでなければならない。

適合のための設計方針

1 について

使用済燃料乾式貯蔵施設は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」に基づき、それが果たす安全機能の性質に応じて分類し、十分高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計とする。

3 について

使用済燃料乾式貯蔵施設の設計条件を設定するに当たっては、劣化等に対しても十分な余裕を持って機能維持が可能となるよう、共用中に想定される圧力、温度、湿度、放射線量等各種の環境条件を考慮し、十分安全側の条件を与えることにより、これらの条件下においても期待されている安全機能を発揮できる設計とする。

4 について

使用済燃料乾式貯蔵施設は、その健全性及び能力を確認するため、その安全機能の重要度に応じ、必要性及びプラントに与える影響を考慮して、供用中に試験又は検査ができる設計とする。

試験又は検査が可能な設計とする対象設備を表に示す。

表 試験又は検査が可能な設計とする対象設備

構築物、系統及び機器	設計上の考慮
燃料の貯蔵設備	安全機能を有する構築物、系統及び機器は、適切な定期的

	試験及び検査ができる設計とする。
--	------------------

5 について

使用済燃料乾式貯蔵施設は、蒸気タービン、ポンプその他の機器又は配管の損壊に伴う飛散物により、安全性を損なわない設計とする。

7 について

使用済燃料乾式貯蔵施設は、2以上の発電用原子炉施設において共用するが、各々の発電用原子炉施設から発生した使用済燃料を貯蔵した場合でも使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を損なわない設計とする。

1.2 気象等

該当なし

1.3 設備等

該当なし

2. 安全避難通路等

(別添資料)

安全避難通路等について (使用済燃料乾式貯蔵施設)

玄海原子力発電所 3 号炉及び 4 号炉
安全施設について
(使用済燃料乾式貯蔵施設)

目 次

12-1 安全機能の重要度分類

12-2 環境条件における安全機能の健全性

12-3 試験・検査性

12-4 飛散物による損傷防止

12-5 安全施設の共用・相互接続

12-1 安全機能の重要度分類

1. 概要

使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を確保するために必要な各種の機能（安全機能）について、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（以下、「重要度分類審査指針」という。）を踏まえ、それらの相対的重要度を定め、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能を有する構築物、系統又は機器を機能別に重要度分類し、その根拠を示す。

2. 安全上の機能別重要度分類

安全機能を有する構築物、系統及び機器を、それらが果たす安全機能の性質に応じて、次の2種に分類する。

- (1) その機能の喪失により、発電用原子炉施設を異常状態に陥れ、もって一般公衆ないし放射線業務従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのあるもの（異常発生防止系で以下「PS」という。）。
- (2) 発電用原子炉施設の異常状態において、この拡大を防止し、又はこれを速やかに収束せしめ、もって一般公衆ないし放射線業務従事者に及ぼすおそれのある過度の放射線被ばくを防止し、又は緩和する機能を有するもの（異常影響緩和系で以下「MS」という。）。

また、PS及びMSのそれぞれに属する構築物、系統及び機器をその有する安全機能の重要度に応じ、それぞれクラス1、クラス2及びクラス3に分類する。それぞれのクラスの呼称は、表1に掲げるとおりとする。

上記に基づく使用済燃料乾式貯蔵施設の安全上の機能別重要度分類を表2に示すとともに、その根拠を表3に示す。

ここで、使用済燃料乾式貯蔵建屋については、使用済燃料乾式貯蔵容器単体で放射性物質を貯蔵する機能を有しており、仮に使用済燃料

乾式貯蔵建屋が損壊した場合でも、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能が担保されている限り、放射性物質の放出には至らないことから、使用済燃料乾式貯蔵容器の閉じ込め機能遂行に直接必要はない建屋として整理している。

また、使用済燃料乾式貯蔵建屋の遮蔽機能は、16条安全審査資料の参考「乾式貯蔵施設に係る原子力規制委員会の審査方針を踏まえた影響評価及び当社の考えについて」において示すように、玄海原子力発電所敷地境界線量の目標値である年間 $50\mu\text{Sv}$ を達成するためには必要であるが、使用済燃料乾式貯蔵建屋の遮蔽機能を期待しない場合（建屋なしの場合）において、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」第29条及び「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」で要求されている線量限度（ 1mSv/y ）を達成できるため、使用済燃料乾式貯蔵建屋を使用済燃料乾式貯蔵容器の間接関連系として整理している。

なお、各クラスに属する構築物、系統及び機器の基本設計ないし基本的設計方針は、確立された設計、建設及び試験の技術並びに運転管理により、安全機能確保の観点から、次の各号に掲げる基本的目標を達成できるようにする。

- a. クラス1：合理的に達成し得る最高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。
- b. クラス2：高度の信頼性を確保し、かつ、維持すること。
- c. クラス3：一般の産業施設と同等以上の信頼性を確保し、かつ、維持すること。

表 1 安全上の機能別重要度分類

機能による分類		安全機能を有する構築物、系統及び機器		安全機能を有しない構築物、系統及び機器
		異常の発生防止の機能を有するもの (PS)	異常の影響緩和の機能を有するもの (MS)	
重要度による分類	安全に関連する構築物、系統及び機器	クラス 1 クラス 2 クラス 3	PS-1 PS-2 PS-3	MS-1 MS-2 MS-3
	安全に関連しない構築物、系統及び機器			安全機能以外の機能のみを行うもの

表 2 使用済燃料乾式貯蔵施設の安全上の機能別重要度分類

分類	異常発生防止系			
	定義	機能	構築物、系統 又は機器	特記すべき 関連系
P S - 2	その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	原子炉冷却材圧力バウナダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	使用済燃料乾式貯蔵容器 ^(注1)	使用済燃料乾式貯蔵建屋 [P S - 3] ^(注2)

(注1) 貯蔵架台及び基礎を含む。

(注2) 間接関連系に相当する。

表 3 使用済燃料乾式貯蔵施設の安全上の機能別重要度分類の根拠

分類	構築物、系統又は機器	分類の根拠
P S - 2	使用済燃料乾式貯蔵容器	使用済燃料乾式貯蔵容器は、原子炉冷却材圧力バウナダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能を有するため、P S - 2 に該当する。
P S - 3	使用済燃料乾式貯蔵建屋	使用済燃料乾式貯蔵建屋(貯蔵機能を有する範囲)は、使用済燃料乾式貯蔵容器(P S - 2)の遮蔽機能を補完する構築物であり、使用済燃料乾式貯蔵容器の間接関連系と考えられることから、P S - 2 の一つ下位の P S - 3 に該当する。

12-2 環境条件における安全機能の健全性

使用済燃料乾式貯蔵施設については、劣化等に対しても十分な余裕を持って機能維持が可能となるよう、供用期間中に想定される圧力、温度、湿度、放射線量等各種の環境条件を考慮し、十分安全側の条件を与えることにより、これらの条件下においても期待されている安全機能を発揮できる設計とする。使用済燃料乾式貯蔵施設の設備について、表4に示す劣化事象を考慮する。

表4 使用済燃料乾式貯蔵施設に考慮すべき劣化事象

	劣化事象
使用済燃料乾式貯蔵容器	熱的劣化、腐食、放射線劣化
使用済燃料乾式貯蔵建屋	コンクリート劣化

使用済燃料乾式貯蔵施設の各設備について、環境条件における健全性を確認するために、各環境条件の設定方法を表5に示す。

また、使用済燃料乾式貯蔵施設について、考慮すべき環境条件を表6に示す。

表5 使用済燃料乾式貯蔵施設に対する各環境条件の設定方法

環境条件における健全性	記載内容
温度	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される環境温度を考慮した温度を記載する。
圧力	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される環境圧力を考慮した圧力を記載する。
湿度	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される環境湿度を考慮した湿度を記載する。
屋外天候	屋外に設置する設備については、屋外の環境条件を考慮し、対象となる機器のうち、屋内に設置するものは、屋内に設置する旨を記載する。
放射線（機器）	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される環境放射線を考慮した放射線条件を記載する。
放射線（人）	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に人が受ける放射線を考慮した放射線条件を記載する。
海水	機器に対する海水通水の有無を記載する。
電磁波	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される電磁波の有無を記載する。ここで、対象となる機器が金属筐体で囲まれている、電子部品を組み込まない等により、電磁波による影響を受けない場合は、その旨を記載する。
荷重	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される自然現象等（地震等）から機器が受ける荷重に対する設計を記載する。
他設備からの影響	使用済燃料乾式貯蔵施設の供用中に想定される自然現象等（地震等）により、使用済燃料乾式貯蔵容器が他設備から受ける波及的影響について記載する。

表 6 使用済燃料乾式貯蔵施設に考慮すべき条件 (1 / 2)

環境条件における健全性	使用済燃料乾式貯蔵施設	
	使用済燃料乾式貯蔵建屋	使用済燃料乾式貯蔵容器
温度	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料乾式貯蔵容器からの放熱を考慮した貯蔵エリアの雰囲気温度 (50℃) を環境温度とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料乾式貯蔵容器からの放熱を考慮した貯蔵エリアの雰囲気温度 (50℃) を環境温度とする。
圧力	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料貯蔵建屋は、屋外と常に通じているため、大気圧を環境圧力とする。 	
湿度	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料貯蔵建屋は、屋外に設置し、屋外と常に通じているため、湿度 100% を環境湿度とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料貯蔵容器を設置する貯蔵エリアは、屋外と常に通じているため、湿度 100% を環境湿度とする。
屋外天候	<ul style="list-style-type: none"> 屋外の環境条件を考慮する。 	<ul style="list-style-type: none"> 屋内に設置する。
放射線 (機器)	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料乾式貯蔵容器からの放射線を考慮した放射線 (1mGy/h) を機器の放射線条件とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料乾式貯蔵容器からの放射線、使用済燃料乾式貯蔵容器の相互影響を考慮した放射線 (3mGy/h) を機器の放射線条件とする。
放射線 (人)	—	<ul style="list-style-type: none"> 表面の放射線 (2mSv/h) 以下及び表面から 1m 離れた位置における放射線 (100 μSv/h) 以下とする。
海水	<ul style="list-style-type: none"> 海水を通水しない。 	
電磁波	<ul style="list-style-type: none"> 電子部品を組み込まないため、電磁波の影響を受けない。 	<ul style="list-style-type: none"> 電子部品を組み込まないため、電磁波の影響を受けない。
荷重	<ul style="list-style-type: none"> 地震、風 (台風)、竜巻、積雪及び火山による荷重及びこれらの荷重の組合せを荷重条件とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 屋内に設置するため、地震による荷重を荷重条件とする。

表 6 使用済燃料乾式貯蔵施設に考慮すべき条件（2 / 2）

環境条件 における 健全性	使用済燃料乾式貯蔵施設	
	使用済燃料乾式貯蔵建屋	使用済燃料乾式貯蔵容器
他設備 からの 影響	<ul style="list-style-type: none"> 地震により、使用済燃料乾式貯蔵容器へ波及的影響を及ぼさないことを条件とする。 地震以外の自然現象及び外部人為事象により、使用済燃料乾式貯蔵容器へ波及的影響を及ぼさないことを条件とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 地震の波及的影響により、安全機能を喪失しないことを条件とする。 地震以外の自然現象及び外部人為事象による波及的影響により、安全機能を喪失しないことを条件とする。

12-3 試験・検査性

1. 概要

使用済燃料乾式貯蔵施設が、供用期間中に安全機能を維持していることを確認するために、試験・検査が可能であることを示す。

2. 検査及び点検・保守

(1) 供用期間中の使用済燃料乾式貯蔵施設の検査

a. 使用済燃料乾式貯蔵容器

使用済燃料乾式貯蔵容器は、内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができていることを監視するために、蓋間圧力を圧力計により監視できる設計とする。

また、使用済燃料乾式貯蔵容器内の使用済燃料の崩壊熱が適切に除去できていることを監視するために、使用済燃料乾式貯蔵容器の外筒外表面の温度を温度計により監視できる設計とする。

b. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料式貯蔵建屋内の雰囲気温度が異常に上昇していないことを監視するために、雰囲気温度を温度計により監視できる設計とする。

(2) 供用期間中の使用済燃料乾式貯蔵施設の点検・保守

a. 使用済燃料乾式貯蔵容器

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵施設の貯蔵エリアにおいて、使用済燃料乾式貯蔵容器の周辺に点検用歩廊を設置し、点検・保守のために寄付きが可能な設計とする。

b. 使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料式貯蔵建屋は、建屋給排気口の閉塞の有無を確認

できる設計とする。

なお、具体的な点検・保守の実施内容については、今後定めることとする。

12-4 飛散物による損傷防止

使用済燃料乾式貯蔵施設においては、貯蔵エリアに内部発生エネルギーの高い流体を内蔵する配管等及び高速回転機器を配置しない設計とすることから、これらの破損による飛散物が生じることはなく、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を損なうことはない。

12-5 安全施設の共用・相互接続

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ 1 及びタイプ 2）及び使用済燃料乾式貯蔵建屋は、2 以上の発電用原子炉施設において共用するが、1 号炉、2 号炉、3 号炉及び 4 号炉の使用済燃料を貯蔵した場合でも使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を損なわない設計とすることを表 7 に示す。

なお、使用済燃料乾式貯蔵容器は、14×14 型燃料（1 号及び 2 号炉用）、17×17 型燃料（3 号及び 4 号炉用）を収納するタイプ 1（14×14 型と 17×17 型の混載はしない）と 17×17 型燃料（3 号及び 4 号炉用）を収納するタイプ 2 の 2 種類がある。

表7 使用済燃料乾式貯蔵建屋の共用に関する基準適合性

共用設備	重要度 分類	共用により安全性を損なわないことの説明
使用済燃料乾式貯蔵容器 (タイプ1) (1号、2号 3号及び4号 炉共用)	P S - 2	使用済燃料乾式貯蔵容器のうち、タイプ1は、臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込めの安全機能を満足するよう1号及び2号炉の燃料である14×14型燃料用及び3号及び4号炉の燃料である17×17型燃料用に設計され、14×14型燃料及び17×17型燃料を混載せず、それぞれの燃料を装荷した状態で安全機能を維持できる設計とするため、1号、2号、3号及び4号炉共用とすることによって、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を損なうことはない。
使用済燃料乾式貯蔵容器 (タイプ2) (3号及び4 号炉共用)	P S - 2	使用済燃料乾式貯蔵容器のうち、タイプ2は、臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込めの安全機能を満足するよう3号及び4号炉の燃料である17×17型燃料用に設計され、3号及び4号炉共用とすることによって、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を損なうことはない。
使用済燃料乾式貯蔵建屋 (1号、2号 3号及び4号 炉共用)	P S - 3	使用済燃料乾式貯蔵建屋は、以下の理由により、1号、2号、3号及び4号炉共用とすることによって、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全性を損なうことはない。 ・1号、2号、3号及び4号炉用の使用済燃料は、臨界防止、遮蔽、除熱、閉じ込めの安全機能を満足するよう、それぞれの使用済燃料専用に設計された使用済燃料乾式

		<p>貯蔵容器（1号、2号、3号及び4号炉用：タイプ1、3号及び4号炉用：タイプ2）に貯蔵できる設計としている。</p> <ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ1及びタイプ2）を貯蔵した場合に、以下に示すように、使用済燃料乾式貯蔵施設に影響を与えない設計としている。 <ul style="list-style-type: none"> (a)除熱機能 <p>発熱量の大きい3号及び4号炉用の使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ2）を40基貯蔵する場合でも、使用済燃料乾式貯蔵建屋の雰囲気温度が、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能を担保する50℃以下となる設計とすることから、使用済燃料乾式貯蔵施設の除熱機能に影響を与えない。</p> (b)遮蔽機能 <p>使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ1及びタイプ2）の線源強度やスペクトルを用い相互遮蔽や周辺環境を考慮した過度な保守性を排除した現実的な線量評価において、敷地境界における年間線量が基準値を満足することから、使用済燃料乾式貯蔵施設の遮蔽機能に影響を与えない。</p>
--	--	---

16 条

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

<目 次>

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

1.2 気象等

1.3 設備等

2. 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

(別添資料)

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設（使用済燃料乾式貯蔵施設）

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

A. 3号炉

(3) その他の主要な構造

(i) 本発電用原子炉施設は、(1) 耐震構造、(2) 耐津波構造に加え、以下の基本的方針のもとに安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(k) 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料（以下「燃料体等」という。）の取扱施設（安全施設に係るものに限る。）は、燃料体等を取り扱う能力を有し、燃料体等が臨界に達するおそれがなく、崩壊熱により燃料体等が熔融せず、使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料からの放射線に対して適切な遮へい能力を有し、燃料体等の取扱中における燃料体等の落下を防止できる設計とする。

燃料体等の貯蔵施設（安全施設に属するものに限る。）は、燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納でき、放射性物質の放出を低減できる設計とする。

また、燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有する²とともに、燃料体等が臨界に達するおそれがない設計とする。

使用済燃料の貯蔵施設は、使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料からの放射線に対して適切な遮へい能力を有し、貯蔵された使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料が崩壊熱により熔融しないものであって、最終ヒートシンクへ熱を輸送できる設備及びその浄化系を有し、使用済燃料ピットから放射性物質を含む水があふれ、又は漏れないものであって、使用済燃料

ピットから水が漏えいした場合において、水の漏えいを検知することができる設計とする。

使用済燃料の貯蔵施設は、燃料体等の取扱中に想定される燃料体等の落下時及び重量物の落下時においてもその機能が損なわれない設計とすることとし、使用済燃料ピットの機能に影響を及ぼす重量物については落下しない設計とする。

使用済燃料ピットの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量の異常を検知し、それを中央制御室に伝えるとともに、外部電源が使用できない場合においても非常用所内電源からの電源供給により、使用済燃料ピットの水位及び水温並びに放射線量を監視することができる設計とする。

使用済燃料貯蔵設備から再処理工場への使用済燃料の搬出には、使用済燃料輸送容器を使用する。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料乾式貯蔵容器に収納した使用済燃料の崩壊熱を自然冷却によって外部に放出できる設計とするとともに、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいすることができる設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、適切に放射性物質を閉じ込めることができ、閉じ込め機能を監視できる設計とするとともに、使用済燃料乾式貯蔵容器内の燃料位置等について想定される最も厳しい状態を仮定しても臨界に達するおそれのない設計とする。

また、1号炉、2号炉、3号炉又は4号炉の使用済燃料貯蔵設備にて貯蔵する使用済燃料のうち、十分に冷却した使用済燃料は、原則として、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持できることを確認のうえ使用済燃料乾式貯蔵容器に収納し、使用済燃料乾式貯蔵施設へ運搬して貯蔵する。その後、使用済燃料乾式貯蔵容器を用いて再処理工場へ搬出する。

B. 4 号 炉

(3) その他の主要な構造

(i) 本発電用原子炉施設は、(1) 耐震構造、(2) 耐津波構造に加え、以下の基本の方針のもとに安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(k) 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

通常運転時に使用する燃料体又は使用済燃料（以下「燃料体等」という。）の取扱施設（安全施設に係るものに限る。）は、燃料体等を取り扱う能力を有し、燃料体等が臨界に達するおそれがなく、崩壊熱により燃料体等が溶融せず、使用済燃料からの放射線に対して適切な遮へい能力を有し、燃料体等の取扱中における燃料体等の落下を防止できる設計とする。

燃料体等の貯蔵施設（安全施設に属するものに限る。）は、燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納でき、放射性物質の放出を低減できる設計とする。

また、燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するとともに、燃料体等が臨界に達するおそれがない設計とする。

使用済燃料の貯蔵施設は、使用済燃料からの放射線に対して適切な遮へい能力を有し、貯蔵された使用済燃料が崩壊熱により溶融しないものであって、最終ヒートシンクへ熱を輸送できる設備及びその浄化系を有し、使用済燃料ピットから放射性物質を含む水があふれ、又は漏れないものであって、使用済燃料ピットから水が漏れ出した場合において、水の漏えいを検知することができる設計とする。

使用済燃料の貯蔵施設は、燃料体等の取扱中に想定される燃料体等の落下時及び重量物の落下時においてもその機能が損なわれない設計とすることとし、使用済燃料ピットの機能に影響を及ぼす重量物については落下しない設計とする。

使用済燃料ピットの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量

の異常を検知し、それを中央制御室に伝えるとともに、外部電源が使用できない場合においても非常用所内電源からの電源供給により、使用済燃料ピットの水位及び水温並びに放射線量を監視することができる設計とする。

使用済燃料貯蔵設備から再処理工場への使用済燃料の搬出には、使用済燃料輸送容器を使用する。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料乾式貯蔵容器に収納した使用済燃料の崩壊熱を自然冷却によって外部に放出できる設計とするとともに、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいすることができる設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、適切に放射性物質を閉じ込めることができ、閉じ込め機能を監視できる設計とするとともに、使用済燃料乾式貯蔵容器内の燃料位置等について想定される最も厳しい状態を仮定しても臨界に達するおそれのない設計とする。

また、1号炉、2号炉、3号炉又は4号炉の使用済燃料貯蔵設備にて貯蔵する使用済燃料のうち、十分に冷却した使用済燃料は、原則として、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持できることを確認のうえ使用済燃料乾式貯蔵容器に収納し、使用済燃料乾式貯蔵施設へ運搬して貯蔵する。その後、使用済燃料乾式貯蔵容器を用いて再処理工場へ搬出する。

ニ．核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備

A．3号炉

(1) 核燃料物質取扱設備の構造

核燃料物質取扱設備（燃料取扱設備）は、燃料取替装置、燃料移送装置（一部3号及び4号炉共用）及び除染装置（3号及び4号炉共用）で構成する。

ウラン新燃料は、燃料取扱棟内の新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵設備から燃料取扱設備により、原子炉格納容器内に搬入する。ウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料は、燃料取扱棟内において、ウラン・プ

ルトニウム混合酸化物新燃料の輸送容器から燃料取扱設備により使用済燃料貯蔵設備に移し、ここから燃料取扱設備により原子炉格納容器内に搬入する。燃料取替えは、原子炉上部の原子炉キャビティに水張りし、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で行う。

使用済燃料は、遮へいに必要な水深を確保した状態で、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で燃料取扱棟内へ移送し、同棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部3号及び4号炉共用）のほう酸水中に貯蔵する。

燃料取扱設備は、燃料取扱時において燃料が臨界に達することのない設計とするとともに、燃料集合体の落下を防止する設計とする。

(2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力

(iii) 使用済燃料乾式貯蔵施設

a. 構造

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料乾式貯蔵容器及び周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋（1号、2号、3号及び4号炉共用）等からなる。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料の収納後にその内部を乾燥させ、使用済燃料を不活性ガスとともに封入する金属製の容器であり、容器本体、蓋部（二重）及びバスケット等で構成する。使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵架台を用いて基礎ボルトで基礎に固定する。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器を貯蔵し、自然冷却のための給排気口を設けた鉄筋コンクリート造の建屋である。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料乾式貯蔵容器に収納した使用済燃料の崩壊熱を自然冷却によって外部に放出できる設計とするとともに、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいすることができる設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、適切に放射性物質を閉じ込めることができ、閉じ込め機能を監視できる設計とするとともに、使用済燃料乾式貯蔵容器内の燃料位置等について想定される最

も厳しい状態を仮定しても臨界に達するおそれのない設計とする。

b. 貯蔵能力

全炉心燃料の約500%相当分（1号、2号、3号及び4号炉共用）とする。

B. 4号炉

(1) 核燃料物質取扱設備の構造

核燃料物質取扱設備（燃料取扱設備）は、燃料取替装置、燃料移送装置（一部4号炉燃料取扱棟内1号、2号及び4号炉共用、並びに一部3号炉燃料取扱棟内3号及び4号炉共用）及び除染装置（4号炉燃料取扱棟内1号、2号及び4号炉共用、並びに3号炉燃料取扱棟内3号及び4号炉共用）で構成する。

新燃料は、燃料取扱棟内の新燃料貯蔵設備及び使用済燃料貯蔵設備から燃料取扱設備により、原子炉格納容器内に搬入する。燃料取替は、原子炉上部の原子炉キャビティに水張りし、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で行う。

使用済燃料（1号炉及び2号炉の燃料集合体最高燃焼度55,000MWd/tのものを含む。）は、遮へいに必要な水深を確保した状態で、燃料取扱設備を用いてほう酸水中で燃料取扱棟内へ移送し、同棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部1号、2号及び4号炉共用）のほう酸水中に貯蔵するとともに、7年以上冷却した4号炉の使用済燃料については、必要に応じて3号炉燃料取扱棟内の使用済燃料貯蔵設備（一部3号及び4号炉共用）のほう酸水中に貯蔵する。

燃料取扱設備は、燃料取扱時において燃料が臨界に達することのない設計とするとともに、燃料集合体の落下を防止する設計とする。

(2) 核燃料物質貯蔵設備の構造及び貯蔵能力

(iii) 使用済燃料乾式貯蔵施設

3号炉に同じ。

(2) 安全設計方針

該当なし

(3) 適合性説明

(3号炉)

(燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)

第十六条

2 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、燃料体等の貯蔵施設（安全施設に属するものに限る。以下この項において同じ。）を設けなければならない。

一 燃料体等の貯蔵施設は、次に掲げるものであること。

イ 燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納するもの及び放射性物質の放出を低減するものとする。

ロ 燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するものとする。

ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。

4 キャスクを設ける場合には、そのキャスクは、第二項第一号に定めるもののほか、次に掲げるものでなければならない。

一 使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする。

二 使用済燃料の崩壊熱を適切に除去することができるものとする。

三 使用済燃料が内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができるものとする。

適合のための設計方針

2 について

一 燃料体等の貯蔵設備は、以下のように設計する。

イ 使用済燃料乾式貯蔵施設内では、使用済燃料乾式貯蔵容器の蓋部を開放することなく、かつ、内包する放射性物質の閉じ込めを使用済燃料乾式貯蔵容器のみで担保する設計とする。

ロ 使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料の貯蔵設備は、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵分も含めて、使用済燃料に加え、全炉心燃料及び1回の燃料取替えに必要な燃料集合体数並びにウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料集合体数に十分余裕を持たせた貯蔵容量を有する設計とする。

ハ 使用済燃料乾式貯蔵容器は、容器内のバスケットにより適切な燃料集合体間隔を保持し、燃料集合体が相互に接近しないようにする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器内の燃料位置等について想定される最も厳しい状態を仮定しても実効増倍率が0.95（解析上の不確定さを含む。）以下となる設計とする。

4 について

一 使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいする設計とする。

二 使用済燃料乾式貯蔵容器は、自然冷却によって収納した使用済燃料の崩壊熱を外部に放出できる設計とする。

三 使用済燃料乾式貯蔵容器は、放射性物質を適切に閉じ込めることができ、閉じ込め機能を適切に監視できる設計とする。

(4号炉)

(燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設)

第十六条

- 2 発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、燃料体等の貯蔵施設（安全施設に属するものに限る。以下この項において同じ。）を設けなければならない。
- 一 燃料体等の貯蔵施設は、次に掲げるものであること。
 - イ 燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納するもの及び放射性物質の放出を低減するものとする。
 - ロ 燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するものとする。
 - ハ 燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。
- 4 キャスクを設ける場合には、そのキャスクは、第二項第一号に定めるもののほか、次に掲げるものでなければならない。
- 一 使用済燃料からの放射線に対して適切な遮蔽能力を有するものとする。
 - 二 使用済燃料の崩壊熱を適切に除去することができるものとする。
 - 三 使用済燃料が内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができるものとする。

適合のための設計方針

2 について

一 燃料体等の貯蔵設備は、以下のように設計する。

イ 使用済燃料乾式貯蔵施設内では、使用済燃料乾式貯蔵容器の蓋部を開放することなく、かつ、内包する放射性物質の閉じ込めを使用済燃料乾式貯蔵容器のみで担保する設計とする。

ロ 使用済燃料の貯蔵設備は、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵分も含めて、使用済燃料に加え、全炉心燃料及び1回の燃料取替えに必要な燃料集合体数に十分余裕を持たせた貯蔵容量を有する設計とする。

ハ 使用済燃料乾式貯蔵容器は、容器内のバスケットにより適切な燃料集合体間隔を保持し、燃料集合体が相互に接近しないようにする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器内の燃料位置等について想定される最も厳しい状態を仮定しても実効増倍率が0.95（解析上の不確定さを含む。）以下となる設計とする。

4 について

- 一 使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいする設計とする。
- 二 使用済燃料乾式貯蔵容器は、自然冷却によって収納した使用済燃料の崩壊熱を外部に放出できる設計とする。
- 三 使用済燃料乾式貯蔵容器は、放射性物質を適切に閉じ込めることができ、閉じ込め機能を適切に監視できる設計とする。

1.2 気象等

該当なし

1.3 設備等

(3号炉)

4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設

4.1 燃料取扱及び貯蔵設備

4.1.1 通常運転時等

4.1.1.1 概要

燃料取扱及び貯蔵設備は、新燃料を発電所内に搬入してから使用済燃料を発電所外に搬出するまでの燃料取扱い及び貯蔵を安全かつ確実に行うものである。

燃料取扱設備の配置を第4.1.1図及び第4.1.2図に示す。

発電所に搬入したウラン新燃料は、受入検査後、燃料取扱棟内の新燃料貯蔵庫又は使用済燃料ピットに貯蔵する。これらのウラン新燃料

は、再装荷燃料等とともに炉心へ装荷するが、新燃料貯蔵庫に貯蔵したウラン新燃料は、炉心へ装荷する前に通常使用済燃料ピットに一時的に保管する。発電所に搬入したウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料は、受入検査後、使用済燃料ピットに貯蔵した後、炉心へ装荷する。

炉心への装荷の手順は、以下に示す燃料の取出しとほぼ逆の手順によって行う。

原子炉停止後、原子炉より取り出す使用済燃料は、燃料取替クレーン、燃料移送装置、使用済燃料ピットクレーン等を使用して、ほう酸水を張った原子炉キャビティ、燃料取替チャンネル及び燃料移送管を通して使用済燃料ピットへ移動する。

これらの使用済燃料の移送は、遮へい及び冷却のため、すべて水中で行う。

使用済燃料は、使用済燃料ピットに貯蔵するが、必要に応じて使用済燃料ピット内で別に用意した容器に入れて貯蔵する。

使用済燃料は、使用済燃料ピット内で通常1年間以上冷却し、冷却を終えた使用済燃料は、使用済燃料ピットクレーン等を使用して水中で使用済燃料輸送容器に入れ再処理工場へ搬出する。

使用済燃料のうち、十分に冷却（15年以上冷却）した使用済燃料は、原則として、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持できることを確認のうえ使用済燃料乾式貯蔵容器に収納し、ヘリウムガスを封入後、使用済燃料乾式貯蔵施設へ運搬する。使用済燃料を使用済燃料乾式貯蔵容器に収納するに当たっては、臨界評価で考慮した因子についての条件又は範囲並びに遮へい機能及び除熱機能に関する評価で考慮した使用済燃料の燃焼度に応じた配置の条件又は範囲を逸脱しないことを、あらかじめ確認する。使用済燃料乾式貯蔵施設では、周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン及び使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車を使用して使用済燃料乾式貯蔵容器を貯蔵する。その後、使用済燃料乾式貯蔵容器を用いて再処理工場へ搬出する。

使用済燃料ピットの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量は中央制御室で監視できるとともに、異常時は中央制御室に警報を発信する。

また、使用済燃料乾式貯蔵容器の一次蓋と二次蓋との間の圧力を監視できるものとする。

4.1.1.2 設計方針

(3) 新燃料貯蔵設備は、1回の燃料取替えに必要なとする燃料集合体数に十分余裕を持たせた貯蔵容量を有し、また、使用済燃料貯蔵設備は、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵分も含めて、使用済燃料に加え、全炉心燃料及び1回の燃料取替えに必要なとする燃料集合体数並びにウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料集合体数に十分余裕を持たせた貯蔵容量を有する設計とする。

(6) 使用済燃料設備は、使用済燃料ピット水浄化冷却設備を有する設計とする。使用済燃料ピット水浄化冷却設備は、使用済燃料ピット水を冷却して使用済燃料ピットに貯蔵した使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料からの崩壊熱を十分除去できるとともに、使用済燃料ピット水を適切な水質に維持できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計上想定される状態において自然冷却によって使用済燃料の崩壊熱を外部に放出し、使用済燃料の温度を、燃料被覆管のクリープ破損及び燃料被覆管の機械的特性の低下を防止する観点から制限される値以下に維持するとともに、使用済燃料乾式貯蔵容器の温度を、基本的安全機能を維持する観点から制限される値以下に維持できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能を阻害しない設計とするとともに、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口は、積雪等により閉塞しない設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度及び使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度は、周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計及

び使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計により適切な頻度で監視する設計とする。

- (7) 使用済燃料ピットは、冷却用の使用済燃料ピット水の保有量が著しく減少することを防止するため、十分な耐震性を有する設計とするとともに、使用済燃料ピットに接続する配管は、使用済燃料ピット水の減少を引き起こさない設計とする。

また、使用済燃料ピットの水位計は、水位の異常な低下及び上昇を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、水位の異常な低下又は上昇時に警報を発信する設計とする。使用済燃料ピットの温度計は、ピット水の過熱状態を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常な温度上昇時に警報を発信する設計とする。

燃料取扱場所の線量当量率計は、管理区域境界における線量当量率限度から設置区域における立入り制限値を包絡する計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常時に警報を発信する設計とする。さらに、使用済燃料ピット内張りからの漏えい検知のための装置を有する設計とする。

外部電源が利用できない場合においても、非常用所内電源からの給電により使用済燃料ピットの水位及び水温並びに放射線量が監視可能な設計とする。

さらに、万一漏えいが生じた場合には、燃料取替用水タンクからほう素濃度 3,100ppm 以上のほう酸水を補給できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、設計上想定される状態において、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいする設計とする。

- (9) 使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵施設内では蓋部を開放することなく、かつ、設計上想定される状態において内包する放射性物質の閉じ込めを使用済燃料乾式貯蔵容器のみで担保する設計とする。また、圧力容器として、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」のクラス 3 容器に適合する設計とし、

閉じ込め機能を周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計により適切に監視することができる設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力を適切な頻度で監視する設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計上想定される状態において、一次蓋及び二次蓋が開放可能であり、使用済燃料の燃料ペレットが燃料被覆管から脱落せず、使用済燃料の過度な変形が生じない設計とする。また、閉じ込め機能の異常に対し、使用済燃料ピットへ移送し、燃料の取出しや詰替えを行うものとする。

- (10) 使用済燃料設備は、ほう素濃度 3,100ppm 以上のほう酸水で満たし、定期的にほう素濃度を分析する。また、設備容量分の燃料収容時に純水で満たされた場合を想定しても実効増倍率は 0.98 以下で十分な未臨界性を確保できる設計とする。

新燃料貯蔵設備は、浸水することのないようにするが、設備容量分の燃料収容時に純水で満たされた場合を想定しても実効増倍率は 0.95 以下で十分な未臨界性を確保できる設計とする。さらに、いかなる密度の水分雰囲気で満たされたと仮定しても未臨界性を確保できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計貯蔵期間（60 年）を通じて、設計上想定される状態において容器内のバスケットにより適切な燃料集合体間隔を保持し、燃料集合体が相互に接近しないようにする。また、使用済燃料の燃焼に伴う反応度低下を考慮せず、使用済燃料乾式貯蔵容器内の燃料位置等について想定される最も厳しい状態を仮定しても実効増倍率が 0.95（解析上の不確定さを含む。）以下で十分な未臨界性を確保できる設計とする。

- (11) 3号炉及び4号炉の使用済燃料を収納する使用済燃料ピット及びラックは、Sクラスの耐震性を有する設計とし、地震時においても、3号炉及び4号炉の使用済燃料の健全性を損なわない設計とする。

- (12) 落下時に使用済燃料ピットの機能に影響を及ぼす重量物につい

ては、使用済燃料ピット周辺の状況、現場における作業実績、図面等にて確認することにより、落下時のエネルギーを評価し、気中落下試験時の燃料集合体の落下エネルギー（39.3kJ）以上となる設備等を抽出する。抽出された設備等については、地震時にも落下しない設計とする。

床面や壁面へ固定する重量物については、使用済燃料ピットからの離隔を確保するため、使用済燃料ピットへ落下するおそれはない。

a. 燃料取扱棟

燃料取扱棟の屋根を支持する鉄骨梁は、基準地震動に対する発生応力が終局耐力を超えず、使用済燃料ピット内に落下しない設計とする。また、屋根は鋼板の上に鉄筋コンクリート造の床を設け、地震による剥落のない構造とする。

また、下層部の鉄筋コンクリート壁は、基準地震動に対して健全性が確保される設計とする。上層部の鉄筋コンクリート壁は、基準地震動に対して使用済燃料ピット内に落下しない設計とする。

b. 使用済燃料ピットクレーン

使用済燃料ピットクレーンは、基準地震動による地震荷重に対し、クレーン本体の健全性評価及び転倒落下防止評価を行い、使用済燃料ピットへの落下物とならないよう、以下を満足する設計とする。

- (a) クレーン本体の健全性評価においては、保守的に吊荷ありの条件で、ホイスト支柱等に発生する地震荷重が許容応力以下であること。
- (b) 転倒落下防止評価においては、走行レール頭部を抱き込む構造をしたクレーンの転倒防止金具爪について、保守的に吊荷なしの条件で、地震時の発生応力が、転倒防止金具爪、取付けボルト等の許容応力以下であること。
- (c) 走行レールの健全性評価においては、走行方向、走行直角方向

及び鉛直方向について、地震時に基礎ボルトに発生する荷重が、許容応力以下であること。

また、使用済燃料ピットクレーンは、二重ワイヤ、フック部外れ止め及び動力電源喪失時保持機能により、落下防止対策を講じた設計とする。

c. 燃料取扱棟クレーン

燃料取扱棟クレーンは、使用済燃料ピットの上部を走行できないように可動範囲を制限し、仮に脱落したとしても、クレーン本体及び吊荷が使用済燃料ピットへの落下物とならない設計とする。また、仮に落下後の移動を想定しても、使用済燃料ピットとの間に燃料取替チャンネルがあるため、クレーン本体及び吊荷が使用済燃料ピットへの落下物となることはない。

4.1.1.4 主要設備

(2) 使用済燃料ピット

使用済燃料ピット（3号及び4号炉共用）は、燃料取扱棟内に設け鉄筋コンクリート造とし、耐震設計Sクラスの構造物で、壁は遮へいを考慮して十分厚くする。使用済燃料ピット内面は、漏水を防ぎ保守を容易にするために、ステンレス鋼板で内張りした構造とする。

使用済燃料ピット水の減少防止のために、使用済燃料ピット水浄化冷却設備の取水のための配管は使用済燃料ピット上部に取り付け、また、注水のための配管にはサイフォンブレーカを取り付ける。さらに、使用済燃料ピット底部には排水口は設けない。

使用済燃料ピットのステンレス鋼板内張りから、万一漏えいが生じた場合に漏えい水の検知ができるように漏えい検知装置を設置し、燃料取替用水タンクから、ほう素濃度3,100ppm以上のほう酸水を補給できる設計とする。また、使用済燃料ピットには水位及び温度警報装置を設けて、水位高、水位低及び温度高の警報を中央制御室に発する。

使用済燃料ピット内には、原子炉容器から取り出した使用済燃料及びウラン・プルトニウム混合酸化物新燃料を鉛直に保持し、ほう酸濃

度3, 100ppm以上のほう酸水中に貯蔵するためのキャン型の使用済燃料ラックを配置する。使用済燃料ラックは、各ラックのセルに1体ずつ燃料集合体を挿入する構造で、耐震設計Sクラスとし、ラック中心間隔は、たとえ設備容量分の新燃料を貯蔵し、純水で満たされた場合を想定しても実効増倍率は0.98以下になるように決定する。⁽¹⁾

使用済燃料ピットには、バーナブルポイズン、使用済制御棒クラスタ等を貯蔵するとともに、ウラン新燃料を一時的に仮置きすることもある。さらに、使用済燃料輸送容器及び使用済燃料乾式貯蔵容器を置くためにキャスクピットを設ける。

使用済燃料ピットの貯蔵容量は、全炉心燃料の約870%相当分（3号及び4号炉共用）とする。

なお、使用済燃料ピットは、通常運転中は全炉心の燃料を貯蔵できる容量を確保する。

(3) 除染場ピット

除染場ピット（3号及び4号炉共用）は、キャスクピットに隣接して設け、使用済燃料輸送容器及び使用済燃料乾式貯蔵容器等の除染を行う。

(7) 燃料取扱棟クレーン

燃料取扱棟クレーン（3号及び4号炉共用）は、新燃料輸送容器、使用済燃料輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器及び新燃料等の移動を安全かつ確実にを行う天井走行形クレーンである。

燃料取扱棟クレーンは、フックを二重ワイヤで保持し新燃料輸送容器、使用済燃料輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器及び新燃料等の落下を防止するとともに、地震時にも落下することがないように設計とし、その移動範囲を重量物の落下により使用済燃料ピットに影響を及ぼすことがないように限定する。

(14) 使用済燃料乾式貯蔵施設

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料を収納する使用済燃料乾式貯蔵容器及び周辺施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋（1号、2号、3号及び4号炉共用）、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計、使用

済燃料乾式貯蔵容器表面温度計、使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計、使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン及び使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車等）で構成する。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵容器本体、蓋、バスケット等で構成され、内部にヘリウムガスを封入し、保持できる構造とし、使用済燃料乾式貯蔵容器と貯蔵架台を固定装置で固定し、貯蔵架台を基礎ボルトで基礎に固定する。

使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を担保する部材は、設計貯蔵期間（60年）の温度、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劣化に対して十分な信頼性のある材料を選定し、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持する設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計貯蔵期間（60年）の温度、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劣化に対して、使用済燃料乾式貯蔵容器に収納する使用済燃料の健全性を確保する設計とするため、使用済燃料乾式貯蔵容器内部にヘリウムガスを封入し、保持できる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、「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」第六条及び十一条を満たすものとし、取扱中の作業員の誤操作を想定しても「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格」の基準を満足することで、安全機能を維持できる設計とする。密封境界部は、設計上想定される衝撃力に対して、おおむね弾性範囲内にとどまる設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器の臨界防止機能をバスケットで担保しており、設計上想定される状態において、バスケットが臨界防止上有意な変形を起さない設計とする。

周辺施設のうち、貯蔵架台、基礎ボルト及び基礎は、使用済燃料乾式貯蔵容器の直接支持構造物及び間接支持構造物として、基準地震動による地震力に対して使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能が損なわれるおそれがないよう設計する。

周辺施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵建屋は、自然現象等に対し

て損壊しない設計とする。また、基準地震動による地震力に対して、貯蔵中の使用済燃料乾式貯蔵容器への波及的影響を防止するよう損壊しない設計とする。なお、自然現象等に対して損壊しない設計とすることにより遮へい機能が著しく低下することはない。

周辺施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計、使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計、使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計、使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン及び使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車は、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持するために、一般産業施設や公衆施設と同等の設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、1号、2号、3号及び4号炉用燃料を収納する容器と3号及び4号炉用燃料を収納する容器を合計40基配置できる容量とする。

a. 使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ1）

（1号、2号、3号及び4号炉共用）

(a) ウラン燃料

燃料集合体中の燃料棒配列 14×14 燃料

（1号及び2号炉用）

ウラン 235 濃縮度 約 4.8wt%以下

燃料集合体最高燃焼度 55,000MWd/t 以下

冷却年数 15 年以上

(b) ウラン燃料

燃料集合体中の燃料棒配列 17×17 燃料

（3号及び4号炉用）

ウラン 235 濃縮度 約 4.1wt%以下

燃料集合体最高燃焼度 48,000MWd/t 以下

冷却年数 15 年以上

b. 使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ2）

（3号及び4号炉共用）

(a) ウラン燃料

燃料集合体中の燃料棒配列 17×17 燃料

(3号及び4号炉用)

ウラン235濃縮度 約4.1wt%以下

燃料集合体最高燃焼度 48,000Mwd/t 以下

冷却年数 15年以上

使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計貯蔵期間において、使用済燃料の崩壊熱を適切に除去し、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を担保する各部位及び使用済燃料が、構造健全性及び性能を維持できる構造とする。また、使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能を阻害しない設計とするとともに、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口は、積雪等により閉塞しない設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、容器表面の線量当量率が2 mSv/h以下及び容器表面から1 m離れた位置における線量当量率が100 μ Sv/h以下となるよう、収納される使用済燃料の放射線源強度を考慮して十分に遮へいできる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵容器本体、二重の蓋及び金属ガasketにより漏えいを防止し、設計貯蔵期間中の貯蔵容器内部圧力を負圧に維持できる構造とする。なお、使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵中については緩衝体を設置しない。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、容器内のバスケットにより、個々の使用済燃料を使用済燃料乾式貯蔵容器内部の所定の位置に収納し、適切な燃料集合体間隔を保持することにより燃料集合体は相互に接近しない構造とする。また、使用済燃料を全容量収納し、乾式貯蔵施設内における使用済燃料貯蔵容器の配置及び相互の中性子干渉、バスケットの形状、バスケット格子内の使用済燃料の配置、中性子吸収材の製造公差及び中性子吸収に伴う原子個数密度の減少、減速材(水)の影響も含め、技術的に想定されるいかなる場合でも、実効増倍率を0.95(解析上の不確定さを含む。)以下に保ち、使用済燃料の臨界を防止できる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器(貯蔵架台を含む)はSクラスに分類したうえで、基準地震動による地震力に対して、安全機能が損なわれ

るおそれがないよう設計する。

使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンは、使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリアにおいて、使用済燃料乾式貯蔵容器の移動を安全かつ確実に行う天井走行形クレーンである。使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンは、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持するため、一般産業施設として、フックを二重ワイヤで保持し使用済燃料乾式貯蔵容器の落下を防止する対策を講じるとともに、浮き上がり防止機能を設け、使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン自身の落下防止対策を講じる。また、その移動範囲を重量物の落下により貯蔵中の使用済燃料乾式貯蔵容器に影響を及ぼすことがないように使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリアのみに限定する。

使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車は、使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリアと使用済燃料乾式貯蔵建屋貯蔵エリアの間において、使用済燃料乾式貯蔵容器の移動を安全かつ確実に行う搬送台車である。使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車は、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持するため、一般産業施設として緊急停止できる機構を設けるとともに、人の誤操作等で逸走した場合でも、使用済燃料乾式貯蔵容器が使用済燃料乾式貯蔵建屋の壁及び他の使用済燃料乾式貯蔵容器等へ衝突しない構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器の蓋間圧力は、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計により監視し、使用済燃料乾式貯蔵容器の表面温度は、使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計により監視し、使用済燃料乾式貯蔵建屋内の雰囲気温度は、使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計で監視する。

4.1.1.6 試験検査

燃料取扱及び貯蔵設備は、機器の使用に先立って機能試験、検査を実施する。また、使用済燃料ピットのほう素濃度は定期的に分析する。

4.1.1.7 手順等

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設は、以下の内容を含む手順等を定める。

- (1) 使用済燃料ピットへの重量物落下防止対策
- a. 使用済燃料ピット周辺に設置する設備や取り扱う吊荷については、予め定めた評価フローに基づき評価を行い、使用済燃料ピットに影響を及ぼす落下物となる可能性が考えられる場合は落下防止措置を実施する。
 - b. 使用済燃料ピット上で作業を行う使用済燃料ピットクレーンについては、クレーン等安全規則に基づき、定期点検及び作業開始前点検を実施するとともに、クレーンの運転、玉掛けは有資格者が実施する。

第 4.1.1 表 燃料取扱及び貯蔵設備の設備仕様

(14)	使用済燃料乾式貯蔵施設
個 数	1
貯 蔵 能 力	全炉心燃料の約500%相当分 (使用済燃料乾式貯蔵容器40基分)
種 類	使用済燃料乾式貯蔵容器
	・タイプ 1 (1号、2号、3号及び4号炉共用)
	最大収納体数 21
	主 要 寸 法 全長 約5.2m
	外径 約2.6m
	・タイプ 2 (3号及び4号炉共用)
	最大収納体数 24
	主 要 寸 法 全長 約5.2m
	外径 約2.6m
	周辺施設
	・使用済燃料乾式貯蔵建屋 (1号、2号、3号 及び4号炉共用)
	・貯蔵架台

・基礎ボルト

・基礎

・使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン

・使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車

・使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計

・使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計

・使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計

((1) ~ (13) は変更前の記載に同じ。)

(4号炉)

4. 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設

4.1 燃料取扱及び貯蔵設備

4.1.1 通常運転時等

4.1.1.1 概 要

燃料取扱及び貯蔵設備は、新燃料を発電所内に搬入してから使用済燃料を発電所外に搬出するまでの燃料取扱い及び貯蔵を安全かつ確実に行うものである。

燃料取扱設備の配置を第4.1.1図及び第4.1.2図に示す。

発電所に搬入した新燃料は、受入検査後、燃料取扱棟内の新燃料貯蔵庫又は使用済燃料ピットに貯蔵する。これらの新燃料は、再装荷燃料等とともに炉心へ装荷するが、新燃料貯蔵庫に貯蔵した新燃料は、炉心へ装荷する前に通常使用済燃料ピットに一時的に保管する。

炉心への装荷の手順は、以下に示す燃料の取出しとほぼ逆の手順によって行う。

原子炉停止後、原子炉より取り出す使用済燃料は、燃料取替クレーン、燃料移送装置、使用済燃料ピットクレーン等を使用して、ほう酸水を張った原子炉キャビティ、燃料取替チャンネル及び燃料移送管を通

して使用済燃料ピットへ移動する。

これらの使用済燃料の移送は、遮へい及び冷却のため、すべて水中で行う。

使用済燃料は、使用済燃料ピットに貯蔵するが、必要に応じて使用済燃料ピット内で別に用意した容器に入れて貯蔵する。

また、使用済燃料は必要に応じて使用済燃料ピットで7年以上冷却し、使用済燃料の再処理工場への輸送に使用する使用済燃料輸送容器に入れて3号炉燃料取扱棟内の使用済燃料ピットに運搬する。

使用済燃料は、使用済燃料ピット内で通常1年間以上冷却し、冷却を終えた使用済燃料は、使用済燃料ピットクレーン等を使用して水中で使用済燃料輸送容器に入れ再処理工場へ搬出する。

使用済燃料のうち、十分に冷却（15年以上冷却）した使用済燃料は、原則として、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持できることを確認のうえ使用済燃料乾式貯蔵容器に収納し、ヘリウムガスを封入後、使用済燃料乾式貯蔵施設へ運搬する。使用済燃料を使用済燃料乾式貯蔵容器に収納するに当たっては、臨界評価で考慮した因子についての条件又は範囲並びに遮へい機能及び除熱機能に関する評価で考慮した使用済燃料の燃焼度に応じた配置の条件又は範囲を逸脱しないことを、あらかじめ確認する。使用済燃料乾式貯蔵施設では、周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン及び使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車を使用して使用済燃料乾式貯蔵容器を貯蔵する。その後、使用済燃料乾式貯蔵容器を用いて再処理工場へ搬出する。

使用済燃料ピットの水位及び水温並びに燃料取扱場所の放射線量は中央制御室で監視できるとともに、異常時は中央制御室に警報を発信する。

また、使用済燃料乾式貯蔵容器の一次蓋と二次蓋との間の圧力を監視できるものとする。

なお、使用済燃料ピット内に貯蔵する使用済燃料には、1号炉及び2号炉で使用した燃料集合体最高燃焼度55,000MWd/tのものを含む。

燃料取扱設備は、3号炉燃料取扱棟内の燃料取扱設備のうち除染場ピット、燃料取扱棟内チャンネル、使用済燃料ピットクレーン及び燃料取扱棟クレーンを共用する。3号炉燃料取扱棟内の燃料取扱設備の概略は、3号炉添付書類八 第4.1.1図及び第4.1.2図に同じ。

さらに、貯蔵設備は3号炉燃料取扱棟内の貯蔵設備のうち使用済燃料ピット及びラックを共用する。

4.1.1.2 設計方針

(3) 新燃料貯蔵設備は、1回の燃料取替えに必要な燃料集合体数に十分余裕を持たせた貯蔵容量を有し、また、使用済燃料貯蔵設備は、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵分も含めて、使用済燃料に加え、全炉心燃料及び1回の燃料取替えに必要な燃料集合体数に十分余裕を持たせた貯蔵容量を有する設計とする。

(6) 使用済燃料設備は、使用済燃料ピット水浄化冷却設備を有する設計とする。使用済燃料ピット水浄化冷却設備は、使用済燃料ピット水を冷却して使用済燃料ピットに貯蔵した使用済燃料からの崩壊熱を十分除去できるとともに、使用済燃料ピット水を適切な水質に維持できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計上想定される状態において自然冷却によって使用済燃料の崩壊熱を外部に放出し、使用済燃料の温度を、燃料被覆管のクリープ破損及び燃料被覆管の機械的特性の低下を防止する観点から制限される値以下に維持するとともに、使用済燃料乾式貯蔵容器の温度を、基本的安全機能を維持する観点から制限される値以下に維持できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能を阻害しない設計とするとともに、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口は、積雪等により閉塞しない設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度及び使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度は、周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計及び使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計により適切な頻度で監視する設計とす

る。

- (7) 使用済燃料ピットは、冷却用の使用済燃料ピット水の保有量が著しく減少することを防止するため、十分な耐震性を有する設計とするとともに、使用済燃料ピットに接続する配管は、使用済燃料ピット水の減少を引き起こさない設計とする。

また、使用済燃料ピットの水位計は、水位の異常な低下及び上昇を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、水位の異常な低下又は上昇時に警報を発信する設計とする。使用済燃料ピットの温度計は、ピット水の過熱状態を監視できる計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常な温度上昇時に警報を発信する設計とする。

燃料取扱場所の線量当量率計は、管理区域境界における線量当量率限度から設置区域における立入り制限値を包絡する計測範囲を有し、中央制御室で監視できるとともに、異常時に警報を発信する設計とする。さらに、使用済燃料ピット内張りからの漏えい検知のための装置を有する設計とする。

外部電源が利用できない場合においても、非常用所内電源からの給電により使用済燃料ピットの水位及び水温並びに放射線量が監視可能な設計とする。

さらに、万一漏えいが生じた場合には、燃料取替用水ピットからほう素濃度 2,500ppm 以上のほう酸水を補給できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵施設は、設計上想定される状態において、使用済燃料から放出される放射線をガンマ線遮へい材及び中性子遮へい材により十分に遮へいする設計とする。

- (9) 使用済燃料乾式貯蔵容器は、使用済燃料乾式貯蔵施設内では蓋部を開放することなく、かつ、設計上想定される状態において内包する放射性物質の閉じ込めを使用済燃料乾式貯蔵容器のみで担保する設計とする。また、圧力容器として、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」のクラス 3 容器に適合する設計とし、閉じ込め機能を周辺施設である使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計により適切に監視

することができる設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力を適切な頻度で監視する設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計上想定される状態において、一次蓋及び二次蓋が開放可能であり、使用済燃料の燃料ペレットが燃料被覆管から脱落せず、使用済燃料の過度な変形が生じない設計とする。また、閉じ込め機能の異常に対し、使用済燃料ピットへ移送し、燃料の取出しや詰替えを行うものとする。

- (10) 使用済燃料設備は、ほう素濃度 2,500ppm 以上のほう酸水で満たし、定期的にほう素濃度を分析する。また、設備容量分の燃料収容時に純水で満たされた場合を想定しても実効増倍率は 0.98 以下で十分な未臨界性を確保できる設計とする。

新燃料貯蔵設備は、浸水することのないようにするが、設備容量分の燃料収容時に純水で満たされた場合を想定しても実効増倍率は 0.95 以下で十分な未臨界性を確保できる設計とする。さらに、いかなる密度の水分雰囲気で満たされたと仮定しても未臨界性を確保できる設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計貯蔵期間（60 年）を通じて、設計上想定される状態において容器内のバスケットにより適切な燃料集合体間隔を保持し、燃料集合体が相互に接近しないようにする。また、使用済燃料の燃焼に伴う反応度低下を考慮せず、使用済燃料乾式貯蔵容器内の燃料位置等について想定される最も厳しい状態を仮定しても実効増倍率が 0.95（解析上の不確定さを含む。）以下で十分な未臨界性を確保できる設計とする。

- (11) 1号炉、2号炉及び4号炉の使用済燃料を収納する使用済燃料ピット及びラックは、Sクラスの耐震性を有する設計とし、地震時においても、1号炉、2号炉及び4号炉の使用済燃料の健全性を損なわない設計とする。
- (12) 落下時に使用済燃料ピットの機能に影響を及ぼす重量物については、使用済燃料ピット周辺の状況、現場における作業実績、図面等にて確認することにより、落下時のエネルギーを評価し、気中落下試験時

の燃料集合体の落下エネルギー(39.3kJ)以上となる設備等を抽出する。抽出された設備等については、地震時にも落下しない設計とする。

床面や壁面へ固定する重量物については、使用済燃料ピットからの離隔を確保するため、使用済燃料ピットへ落下するおそれはない。

a. 燃料取扱棟

燃料取扱棟の屋根を支持する鉄骨梁は、基準地震動に対する発生応力が終局耐力を超えず、使用済燃料ピット内に落下しない設計とする。また、屋根は鋼板の上に鉄筋コンクリート造の床を設け、地震による剥落のない構造とする。

また、下層部の鉄筋コンクリート壁は、基準地震動に対して健全性が確保される設計とする。上層部の鉄筋コンクリート壁は、基準地震動に対して使用済燃料ピット内に落下しない設計とする。

b. 使用済燃料ピットクレーン

使用済燃料ピットクレーンは、基準地震動による地震荷重に対し、クレーン本体の健全性評価及び転倒落下防止評価を行い、使用済燃料ピットへの落下物とならないよう、以下を満足する設計とする。

- (a) クレーン本体の健全性評価においては、保守的に吊荷ありの条件で、ホイスト支柱等に発生する地震荷重が許容応力以下であること。
- (b) 転倒落下防止評価においては、走行レール頭部を抱き込む構造をしたクレーンの転倒防止金具爪について、保守的に吊荷なしの条件で、地震時の発生応力が、転倒防止金具爪、取付けボルト等の許容応力以下であること。
- (c) 走行レールの健全性評価においては、走行方向、走行直角方向及び鉛直方向について、地震時に基礎ボルトに発生する荷重が、許容応力以下であること。

また、使用済燃料ピットクレーンは、二重ワイヤ、フック部外れ止め及び動力電源喪失時保持機能により、落下防止対策を講じた設計とする。

c. 燃料取扱棟クレーン

燃料取扱棟クレーンは、使用済燃料ピットの上部を走行できないように可動範囲を制限し、仮に脱落したとしても、クレーン本体及び吊荷が使用済燃料ピットへの落下物とならない設計とする。また、仮に落下後の移動を想定しても、使用済燃料ピットとの間に燃料取替チャンネルがあるため、クレーン本体及び吊荷が使用済燃料ピットへの落下物となることはない。

また、3号炉燃料取扱棟内の燃料取扱設備及び使用済燃料貯蔵設備の設計方針は、3号炉添付書類八 4.1.1.2 設計方針に同じとし、耐震設計については3号炉の耐震設計方針に基づく設計とする。

4.1.1.4 主要設備

(2) 使用済燃料ピット

使用済燃料ピット（1号、2号及び4号炉共用）は、燃料取扱棟内に設け鉄筋コンクリート造とし、耐震設計Sクラスの構造物で、壁は遮へいを考慮して十分厚くする。使用済燃料ピット内面は、漏水を防ぎ保守を容易にするために、ステンレス鋼板で内張りした構造とする。

使用済燃料ピット水の減少防止のために、使用済燃料ピット水浄化冷却設備の取水のための配管は使用済燃料ピット上部に取り付け、また、注水のための配管にはサイフォンブレーカを取り付ける。さらに、使用済燃料ピット底部には排水口は設けない。

使用済燃料ピットのステンレス鋼板内張りから、万一漏えいが生じた場合に漏えい水の検知ができるように漏えい検知装置を設置し、燃料取替用水ピットから、ほう素濃度2,500ppm以上のほう酸水を補給できる設計とする。また、使用済燃料ピットには水位及び温度警報装置を設けて、水位高、水位低及び温度高の警報を中央制御室に発する。

使用済燃料ピット内には、原子炉容器から取り出した使用済燃料を鉛直に保持し、ほう酸濃度2,500ppm以上のほう酸水中に貯蔵するためのキャン型の使用済燃料ラックを配置する。使用済燃料ラック

は、各ラックのセルに1体ずつ燃料集合体を挿入する構造で、耐震設計Sクラスとし、ラック中心間隔は、たとえ設備容量分の新燃料を貯蔵し、純水で満たされた場合を想定しても実効増倍率は0.98以下になるように決定する。

使用済燃料ピットには、バーナブルポイズン、使用済制御棒クラスタ等を貯蔵するとともに、新燃料を一時的に仮置きすることもある。さらに、使用済燃料輸送容器及び使用済燃料乾式貯蔵容器を置くためにキャスクピットを設ける。

また、3号炉燃料取扱棟内の使用済燃料ピット（3号及び4号炉共用、一部既設）は、3号炉添付書類八 4.1.1.4(2) 使用済燃料ピットに同じ。

4号炉燃料取扱棟内の使用済燃料ピットの貯蔵容量は、全炉心燃料の約490%相当分並びに全炉心燃料の約290%相当分（1号、2号及び4号炉共用）とし、3号炉燃料取扱棟内の使用済燃料ピットの貯蔵容量は、全炉心燃料の約870%相当分（3号及び4号炉共用、一部既設）とする。

なお、使用済燃料ピットは、通常運転中は全炉心の燃料を貯蔵できる容量を確保する。

(3) 除染場ピット

除染場ピット（1号、2号及び4号炉共用）は、キャスクピットに隣接して設け、使用済燃料輸送容器及び使用済燃料乾式貯蔵容器等の除染を行う。

また、3号炉燃料取扱棟内の除染場ピット（3号及び4号炉共用、既設）は、3号炉添付書類八 4.1.1.4(3) 除染場ピットに同じ。

(7) 燃料取扱棟クレーン

燃料取扱棟クレーン（1号、2号及び4号炉共用）は、新燃料輸送容器、使用済燃料輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器及び新燃料等の移動を安全かつ確実にを行う天井走行形クレーンである。

燃料取扱棟クレーンは、フックを二重ワイヤで保持し新燃料輸送容器、使用済燃料輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器及び新燃料等

の落下を防止するとともに、地震時にも落下することがないように設計とし、その移動範囲を重量物の落下により使用済燃料ピットに影響を及ぼすことがないように限定する。

また、3号炉燃料取扱棟内の燃料取扱棟クレーン（3号及び4号炉共用、既設）は、3号炉添付書類八 4.1.1.4（7）燃料取扱棟クレーンに同じ。

(13) 使用済燃料乾式貯蔵施設

使用済燃料乾式貯蔵施設は、使用済燃料を収納する使用済燃料乾式貯蔵容器及び周辺施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋（1号、2号、3号及び4号炉共用）、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計、使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計、使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計、使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン及び使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車等）で構成する。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵容器本体、蓋、バスケット等で構成され、内部にヘリウムガスを封入し、保持できる構造とし、使用済燃料乾式貯蔵容器と貯蔵架台を固定装置で固定し、貯蔵架台を基礎ボルトで基礎に固定する。

使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を担保する部材は、設計貯蔵期間（60年）の温度、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劣化に対して十分な信頼性のある材料を選定し、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持する設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計貯蔵期間（60年）の温度、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劣化に対して、使用済燃料乾式貯蔵容器に収納する使用済燃料の健全性を確保する設計とするため、使用済燃料乾式貯蔵容器内部にヘリウムガスを封入し、保持できる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、「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」第六条及び十一条を満たすものとし、取扱中の作業員の誤操作を想定しても「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格」の基準を満足することで、安全機能を維持

できる設計とする。密封境界部は、設計上想定される衝撃力に対して、おおむね弾性範囲内にとどまる設計とする。また、使用済燃料乾式貯蔵容器の臨界防止機能をバスケットで担保しており、設計上想定される状態において、バスケットが臨界防止上有意な変形を起こさない設計とする。

周辺施設のうち、貯蔵架台、基礎ボルト及び基礎は、使用済燃料乾式貯蔵容器の直接支持構造物及び間接支持構造物として、基準地震動による地震力に対して使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能が損なわれるおそれがないよう設計する。

周辺施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵建屋は、自然現象等に対して損壊しない設計とする。また、基準地震動による地震力に対して、貯蔵中の使用済燃料乾式貯蔵容器への波及的影響を防止するよう損壊しない設計とする。なお、自然現象等に対して損壊しない設計とすることにより遮へい機能が著しく低下することはない。

周辺施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計、使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計、使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計、使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン及び使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車は、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持するために、一般産業施設や公衆施設と同等の設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、1号、2号、3号及び4号炉用燃料を収納する容器と3号及び4号炉用燃料を収納する容器を合計40基配置できる容量とする。

a. 使用済燃料乾式貯蔵容器（タイプ1）

（1号、2号、3号及び4号炉共用）

(a) ウラン燃料

燃料集合体中の燃料棒配列 14×14 燃料

（1号及び2号炉用）

ウラン 235 濃縮度 約 4.8wt%以下

燃料集合体最高燃焼度 55,000Mwd/t 以下

冷却年数 15年以上

(b) ウラン燃料

燃料集合体中の燃料棒配列 17×17 燃料

(3号及び4号炉用)

ウラン 235 濃縮度 約 4.1wt%以下

燃料集合体最高燃焼度 48,000MWd/t 以下

冷却年数 15 年以上

b. 使用済燃料乾式貯蔵容器 (タイプ2)

(3号及び4号炉共用)

(a) ウラン燃料

燃料集合体中の燃料棒配列 17×17 燃料

(3号及び4号炉用)

ウラン 235 濃縮度 約 4.1wt%以下

燃料集合体最高燃焼度 48,000MWd/t 以下

冷却年数 15 年以上

使用済燃料乾式貯蔵容器は、設計貯蔵期間において、使用済燃料の崩壊熱を適切に除去し、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を担保する各部位及び使用済燃料が、構造健全性及び性能を維持できる構造とする。また、使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能を阻害しない設計とするとともに、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口は、積雪等により閉塞しない設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、容器表面の線量当量率が 2 mSv/h 以下及び容器表面から 1 m 離れた位置における線量当量率が 100 μ Sv/h 以下となるよう、収納される使用済燃料の放射線源強度を考慮して十分に遮へいできる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、貯蔵容器本体、二重の蓋及び金属ガasketにより漏えいを防止し、設計貯蔵期間中の貯蔵容器内部圧力を負圧に維持できる構造とする。なお、使用済燃料乾式貯蔵容器の貯蔵中については緩衝体を設置しない。

使用済燃料乾式貯蔵容器は、容器内のバスケットにより、個々の使用済燃料を使用済燃料乾式貯蔵容器内部の所定の位置に収納し、

適切な燃料集合体間隔を保持することにより燃料集合体は相互に接近しない構造とする。また、使用済燃料を全容量収納し、乾式貯蔵施設内における使用済燃料貯蔵容器の配置及び相互の中性子干渉、バスケットの形状、バスケット格子内の使用済燃料の配置、中性子吸収材の製造公差及び中性子吸収に伴う原子個数密度の減少、減速材（水）の影響も含め、技術的に想定されるいかなる場合でも、実効増倍率を0.95（解析上の不確定さを含む。）以下に保ち、使用済燃料の臨界を防止できる構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器（貯蔵架台を含む）はSクラスに分類したうえて、基準地震動による地震力に対して、安全機能が損なわれるおそれがないよう設計する。

使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンは、使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリアにおいて、使用済燃料乾式貯蔵容器の移動を安全かつ確実に行う天井走行形クレーンである。使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーンは、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持するため、一般産業施設として、フックを二重ワイヤで保持し使用済燃料乾式貯蔵容器の落下を防止する対策を講じるとともに、浮き上がり防止機能を設け、使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン自身の落下防止対策を講じる。また、その移動範囲を重量物の落下により貯蔵中の使用済燃料乾式貯蔵容器に影響を及ぼすことがないように使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリアのみに限定する。

使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車は、使用済燃料乾式貯蔵建屋取扱エリアと使用済燃料乾式貯蔵建屋貯蔵エリアの間において、使用済燃料乾式貯蔵容器の移動を安全かつ確実に行う搬送台車である。使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車は、使用済燃料乾式貯蔵容器の安全機能を維持するため、一般産業施設として緊急停止できる機構を設けるとともに、人の誤操作等で逸走した場合でも、使用済燃料乾式貯蔵容器が使用済燃料乾式貯蔵建屋の壁及び他の使用済燃料乾式貯蔵容器等へ衝突しない構造とする。

使用済燃料乾式貯蔵容器の蓋間圧力は、使用済燃料乾式貯蔵容器

蓋間圧力計により監視し、使用済燃料乾式貯蔵容器の表面温度は、使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計により監視し、使用済燃料乾式貯蔵建屋内の雰囲気温度は、使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計で監視する。

4.1.1.6 試験検査

燃料取扱及び貯蔵設備は、機器の使用に先立って機能試験、検査を実施する。また、使用済燃料ピットのほう素濃度は定期的に分析する。

また、3号炉燃料取扱棟内の燃料取扱設備及び使用済燃料貯蔵設備の試験検査は、3号炉添付書類八 4.1.1.6試験検査に同じ。

4.1.1.7 手順等

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設は、以下の内容を含む手順等を定める。

(1) 使用済燃料ピットへの重量物落下防止対策

- a. 使用済燃料ピット周辺に設置する設備や取り扱う吊荷については、予め定めた評価フローに基づき評価を行い、使用済燃料ピットに影響を及ぼす落下物となる可能性が考えられる場合は落下防止措置を実施する。
- b. 使用済燃料ピット上で作業を行う使用済燃料ピットクレーンについては、クレーン等安全規則に基づき、定期点検及び作業開始前点検を実施するとともに、クレーンの運転、玉掛けは有資格者が実施する。

また、3号炉燃料取扱棟内の燃料取扱設備及び使用済燃料貯蔵設備の手順等は、3号炉添付書類八 4.1.1.7 手順等に同じ。

第 4.1.1 表 燃料取扱及び貯蔵設備の設備仕様

(14) 使用済燃料乾式貯蔵施設

個 数	1
貯 蔵 能 力	全炉心燃料の約500%相当分 (使用済燃料乾式貯蔵容器40基分)
種 類	使用済燃料乾式貯蔵容器 <ul style="list-style-type: none"> ・タイプ1 (1号、2号、3号及び4号炉共用) <p style="margin-left: 40px;">最大収納体数 21</p> <p style="margin-left: 80px;">主 要 寸 法 全長 約5.2m</p> <p style="margin-left: 120px;">外 径 約2.6m</p> <ul style="list-style-type: none"> ・タイプ2 (3号及び4号炉共用) <p style="margin-left: 40px;">最大収納体数 24</p> <p style="margin-left: 80px;">主 要 寸 法 全長 約5.2m</p> <p style="margin-left: 120px;">外 径 約2.6m</p> <p style="margin-left: 40px;">周辺施設</p> <ul style="list-style-type: none"> ・使用済燃料乾式貯蔵建屋 (1号、2号、3号及び4号炉共用) ・貯蔵架台 ・基礎ボルト ・基礎 ・使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン ・使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車 ・使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力計 ・使用済燃料乾式貯蔵容器表面温度計 ・使用済燃料乾式貯蔵建屋内雰囲気温度計

((1) ~ (13) は変更前の記載に同じ。)

2. 燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設

(別紙)

燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設について(使用済燃料乾式貯蔵施設)

玄海原子力発電所 3 号炉及び 4 号炉
燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設について
(使用済燃料乾式貯蔵施設)

目 次

1. 使用済燃料乾式貯蔵施設の貯蔵容量について
2. 使用済燃料乾式貯蔵容器の構造について
3. 使用済燃料乾式貯蔵容器の収納条件について
4. 使用済燃料乾式貯蔵容器の設計貯蔵期間について
5. 使用済燃料乾式貯蔵容器の4つの安全機能について
 5. 1 閉じ込め機能
 5. 2 臨界防止機能
 5. 3 遮へい機能
 5. 4 除熱機能
6. 使用済燃料乾式貯蔵容器の長期健全性について
7. 使用済燃料乾式貯蔵容器を通常に取り扱う場合の設計上想定される事象について
8. 使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力等の監視について
9. 自然現象等に対する使用済燃料乾式貯蔵施設の設計方針
 9. 1 使用済燃料乾式貯蔵施設の設備の分類及び担保すべき機能について
 9. 2 兼用キャスク及び周辺施設の設計

参考資料

- 参考1 使用済燃料乾式貯蔵容器の設計及び評価で引用している文献の記載内容について
- 参考2 玄海原子力発電所 乾式貯蔵施設に係る原子力規制委員会の審査方針を踏まえた影響評価
- 参考3 使用済燃料乾式貯蔵施設の設置変更許可に係る詳細な確認範囲について
- 参考4 貯蔵中の乾式キャスクの転倒防止（エアパレット搬送時含む）について

- 参考 5 解析条件等の比較（核燃料輸送物設計承認申請／設置変更許可申請）
- 参考 6 乾式貯蔵建屋取扱エリアにおける乾式貯蔵建屋天井クレーンによる乾式キャスクに対する波及的影響について
- 参考 7 設置許可基準規則第 16 条第 1 項の取扱いについて
- 参考 8 使用済燃料乾式貯蔵容器蓋間圧力の監視頻度の妥当性について

1. 使用済燃料乾式貯蔵施設の貯蔵容量について

貯蔵容量に関する要求事項は以下のとおりである。

①設置許可基準規則第16条第2項一号ロ

- ・燃料体等を必要に応じて貯蔵することができる容量を有するものとする。

使用済燃料乾式貯蔵施設（以下、「乾式貯蔵施設」という）は、全炉心燃料の最大約500%相当分とする。

使用済燃料の貯蔵設備は、使用済燃料ピット（貯蔵容量1,672体）において全炉心燃料（193体）及び1回の燃料取替え（68体）に必要とする貯蔵容量を確保することとしている。また、使用済燃料ピット及び乾式貯蔵施設（貯蔵容量最大960体）の貯蔵容量は、使用済燃料に加え、全炉心燃料及び1回の燃料取替えに必要とする燃料集合体数に十分余裕を持たせた設計とする。

なお、取扱中の使用済燃料乾式貯蔵容器（以下、「乾式キャスク」という）内の燃料を取り出す容量は貯蔵余裕において確保している。

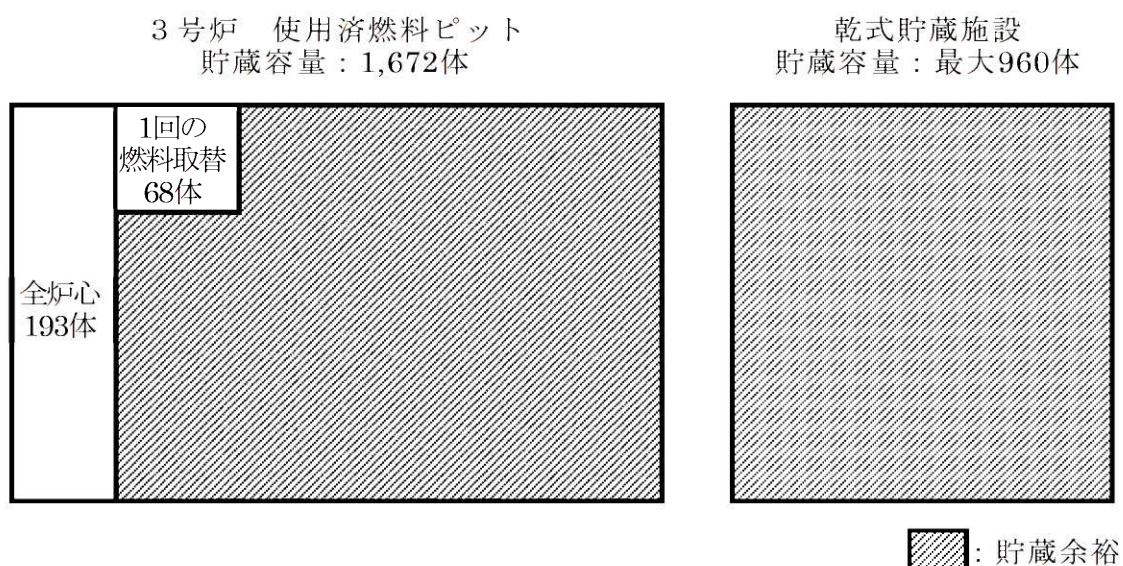


図1 貯蔵容量の考え方（3号炉使用済燃料ピットの例）

2. 使用済燃料乾式貯蔵容器の構造について

2.1 乾式キャスクの概要

乾式キャスクとは、使用済燃料を乾式貯蔵施設へ搬入し、貯蔵終了後、再処理工場にそのまま搬出することが可能な輸送貯蔵兼用容器である。

乾式キャスクは、14×14型燃料（1号及び2号炉用）、17×17型燃料（3号炉及び4号炉用）を収納するタイプ1（MSF-21P型）、及び17×17型燃料（3号炉及び4号炉用）を収納するタイプ2（MSF-24P型）の2タイプである。

乾式キャスクは、乾式キャスク本体、蓋部、バスケット等で構成し、下部トランニオンと貯蔵架台を固定装置で固定するとともに、貯蔵架台を基礎ボルトで乾式貯蔵施設内の基礎に固定する。乾式キャスクの構造を第2-1図～第2-4図、乾式キャスク仕様を第2-1表に示す。

(1) 乾式キャスク本体

乾式キャスク本体は、胴、レジン及び外筒等で構成する。

胴及び外筒は炭素鋼製でガンマ線遮蔽材であり、レジン中性子遮蔽材である。

乾式キャスク本体の取り扱いのために、上部トランニオン及び下部トランニオンを取り付ける。

(2) 蓋部

蓋部は、一次蓋及び二次蓋で構成する。

一次蓋は炭素鋼製であり、ボルトで乾式キャスク本体上面に取り付け、閉じ込め境界を構成する。一次蓋に充填するレジン中性子遮蔽材、一次蓋の炭素鋼はガンマ線遮蔽材である。

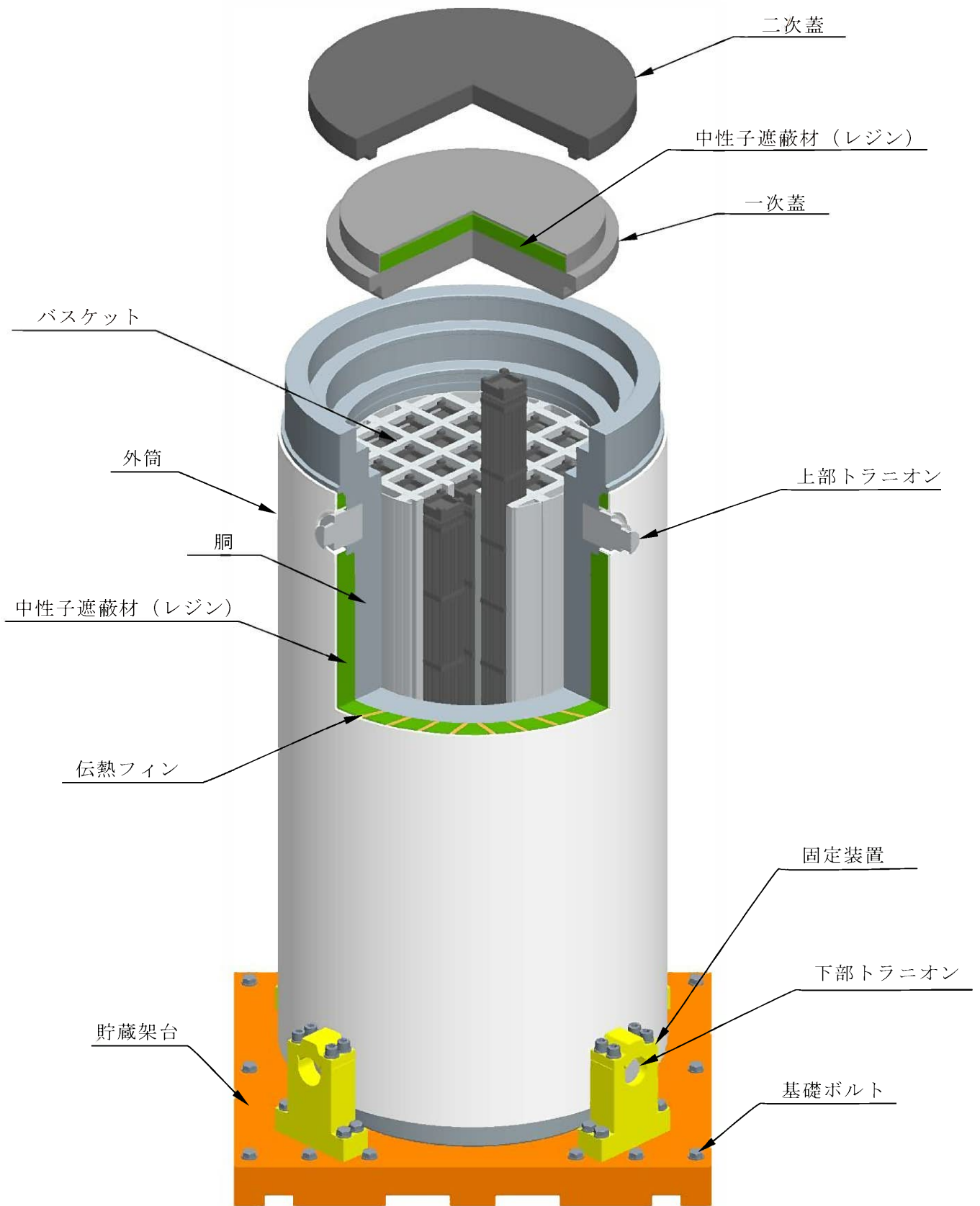
二次蓋は炭素鋼製であり、ボルトで乾式キャスク本体上面に取り付ける。

一次蓋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ため、また、二次蓋のシール部には圧力監視境界を設けて閉じ込め監視境界を形成するために金属ガスケットを取り付ける。

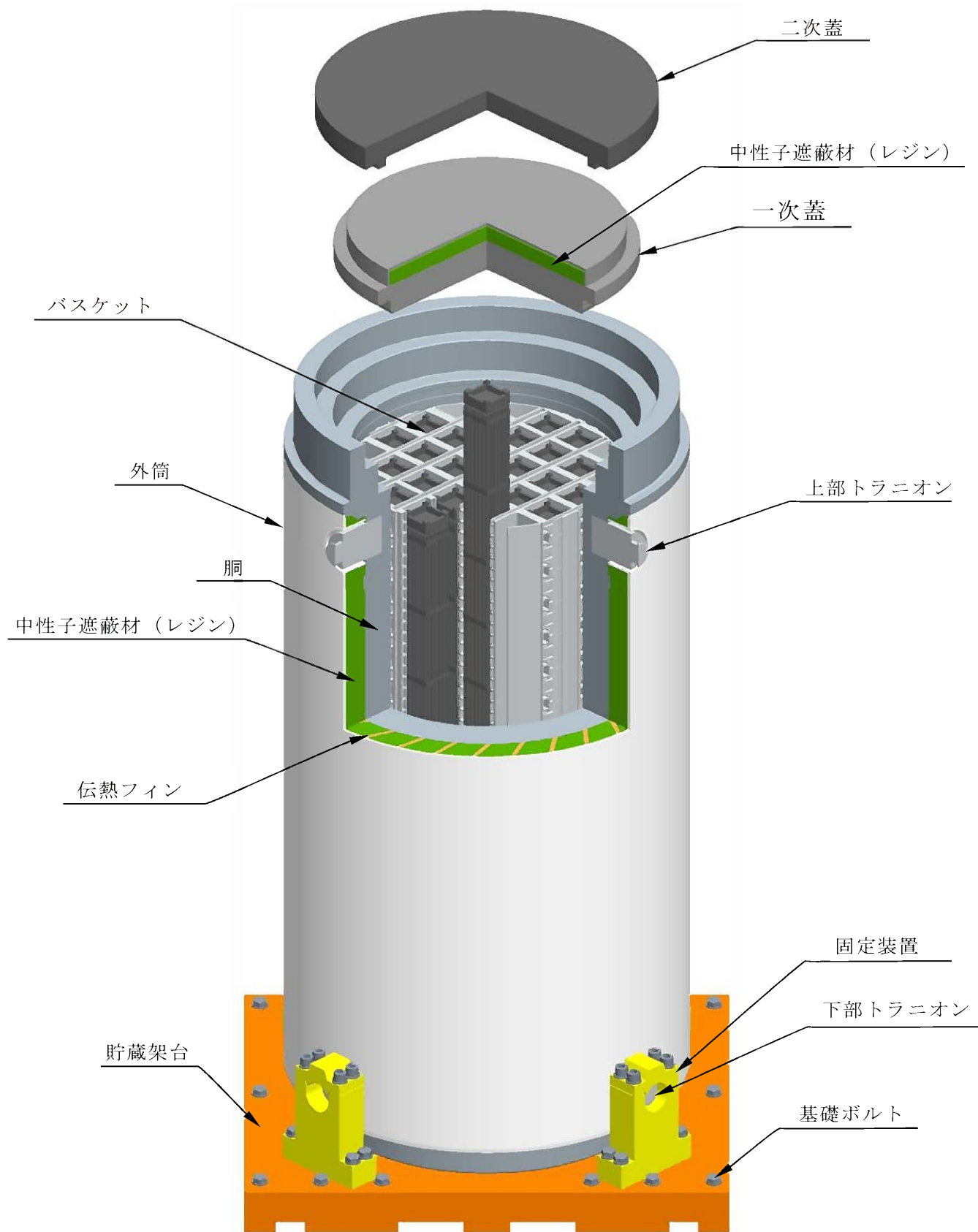
(3) バスケット

バスケットは断面形状が中空状であるアルミニウム合金製のバスケット

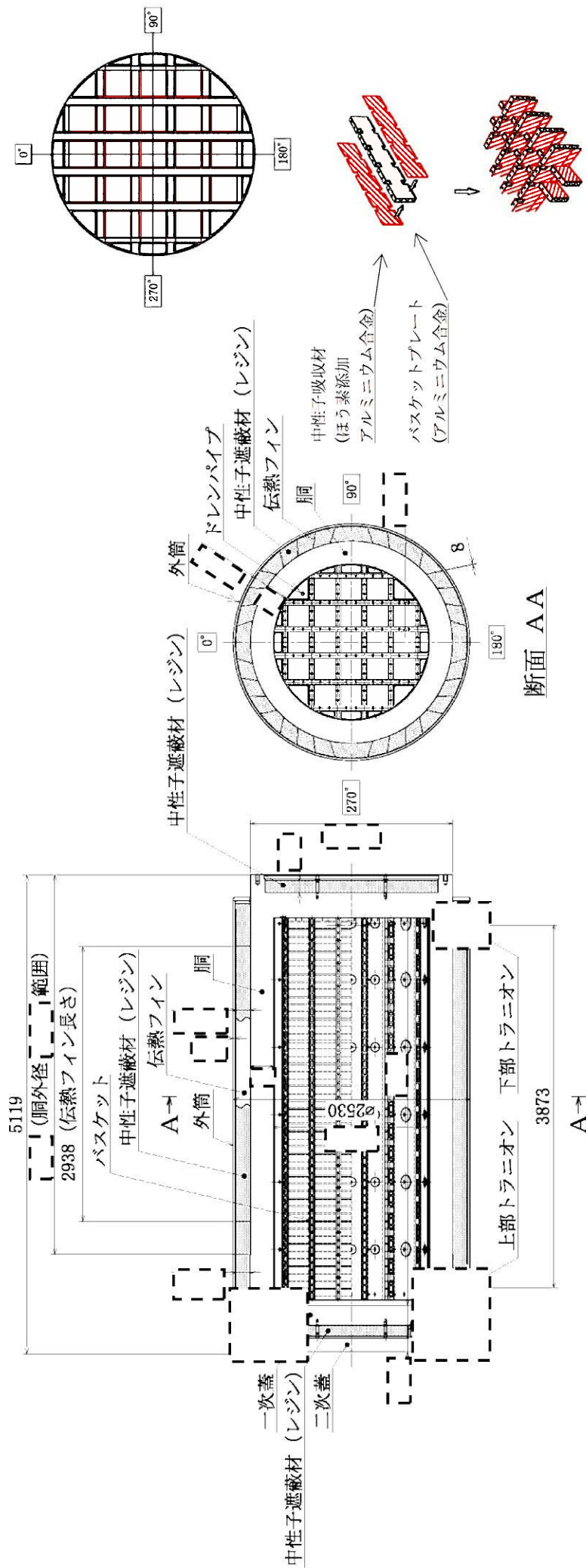
トプレートで構成する格子構造とし、個々の使用済燃料を乾式キャスク本体内部に配置されたバスケットの所定の格子内に収納する。また、使用済燃料の未臨界性を維持するために、中性子吸収材を併せて配置する。



第2-1図 乾式キャスクの構造 (MSF-21P型)



第2-2図 乾式キャスクの構造 (MSF-24P型)

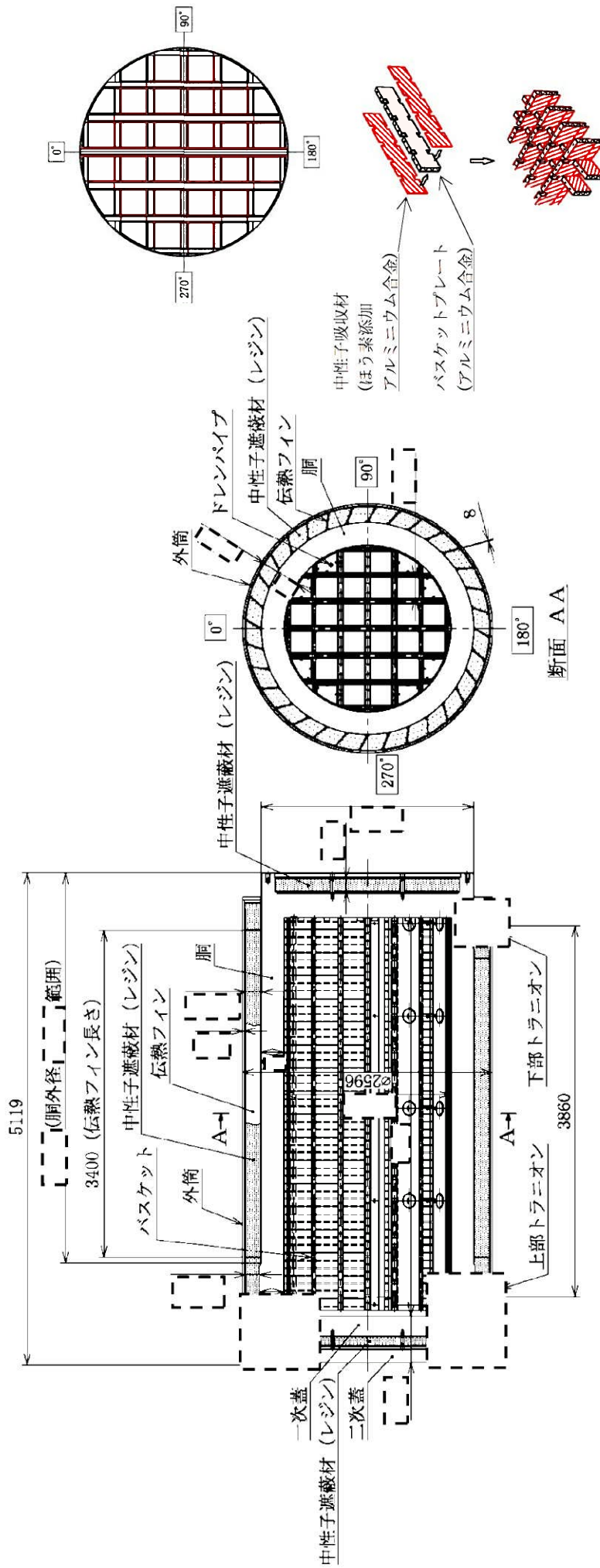


【バスケット構造図】

(単位:mm)

第 2-3 図 乾式キヤスク断面図 (MSF-21P 型)

【 〓 】 : 商業機密に係る事項のため公開できません



【バスケット構造図】

(単位:mm)

第2-4図 乾式キヤスク断面図 (MSF-24P型)

〔 〕 : 商業機密に係る事項のため公開できません

第 2-1 表 乾式キャスク仕様

項 目		仕 様	
乾式キャスク型式		MSF-21P 型	MSF-24P 型
全質量（使用済燃料集合体を含む）		約 114 t	約 117 t
寸 法	全 長	約 5.2 m	約 5.2 m
	外 径	約 2.6 m	約 2.6 m
最 大 収 納 体 数		21 体	24 体
主 要 材 質	乾式キャスク本体		
	胴（ガンマ線遮蔽材）	炭素鋼	炭素鋼
	外筒（ガンマ線遮蔽材）	炭素鋼	炭素鋼
	ト ラ ニ オ ン	ステンレス鋼	ステンレス鋼
	中 性 子 遮 蔽 材	レジン	レジン
	伝 熱 フ ィ ン	銅	銅
	蓋 部		
一 次 蓋	炭素鋼	炭素鋼	
二 次 蓋	炭素鋼	炭素鋼	
蓋 ボ ル ト	ニッケルクロムモリブデン鋼	ニッケルクロムモリブデン鋼	
バ ス ケ ッ ト	アルミニウム合金 (中性子吸収材を配置)	アルミニウム合金 (中性子吸収材を配置)	
内 部 充 填 ガ ス		ヘリウムガス	ヘリウムガス
シ ー ル 材		金属ガスケット	金属ガスケット

3. 使用済燃料乾式貯蔵容器の収納条件について

乾式キャスクへ収納する使用済燃料仕様を第3-1表及び第3-2表に、使用済燃料に挿入して収納することができるバーナブルポイズン集合体仕様を第3-3表に示す。また、使用済燃料の収納配置を第3-1図及び第3-2図に示す。

なお、運転中のデータ、 SHIPPING 検査等により健全であることを確認した使用済燃料を収納する。

乾式キャスクへの使用済燃料の装荷にあたっては、次頁以降に示す収納条件を満足することを確認したうえで装荷する。

第3-1表 使用済燃料仕様 (MSF-21P型及びMSF-24P型)

項目		仕様			
		中央部		外周部	
燃料集合体の種類		17×17燃料			
		A型	B型	A型	B型
形状	集合体幅 (mm)	約214			
	全長 (mm)	約4,100			
質量 (kg以下)		約680			
燃料集合体1体の仕様	初期濃縮度 (wt%以下)	約4.1			
	最高燃焼度 (GWd/t以下) (燃料集合体平均)	48		44	
	冷却期間 (年以上)	15	20* 17*	15	20* 17*
乾式キャスク1基当たりの平均燃焼度 (GWd/t以下)		44			

※上段はMSF-21P型、下段はMSF-24P型の仕様を示す。

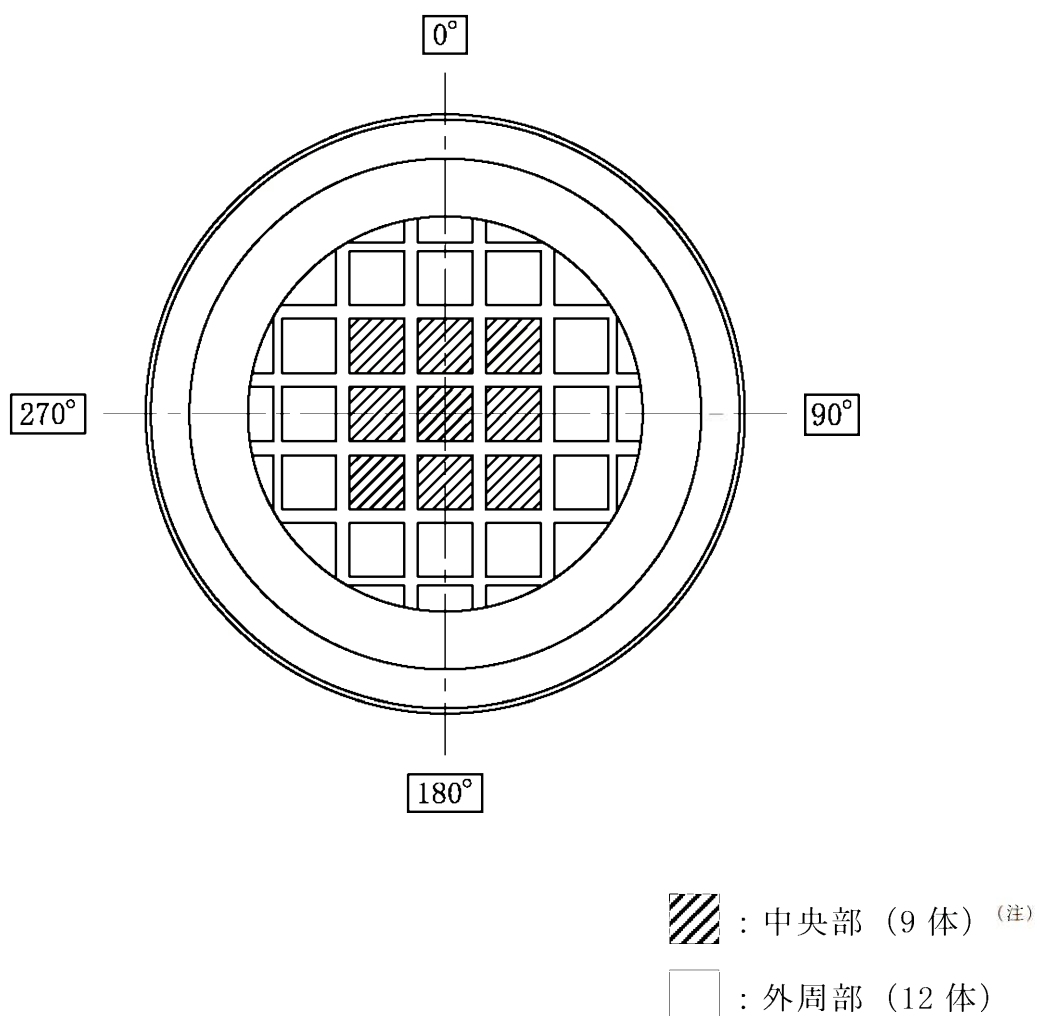
第3-2表 使用済燃料仕様 (MSF-21P型)

項 目		仕 様			
		中 央 部		外 周 部	
燃料集合体の種類		14×14 燃料			
		A型	B型	A型	B型
形 状	集 合 体 幅 (m m)	約 197			
	全 長 (m m)	約 4,100			
質 量 (kg 以下)		約 600			
燃料集合体1体の仕様	初 期 濃 縮 度 (w t % 以下)	約 4.8			
	最 高 燃 焼 度 (GWd/t 以下) (燃料集合体平均)	55		47	
	冷 却 期 間 (年 以 上)	15			
乾 式 キ ャ ス ク 1 基 当 た り の 平 均 燃 焼 度 (G W d / t 以下)		43			

第3-3表 バーナブルポイズン集合体仕様

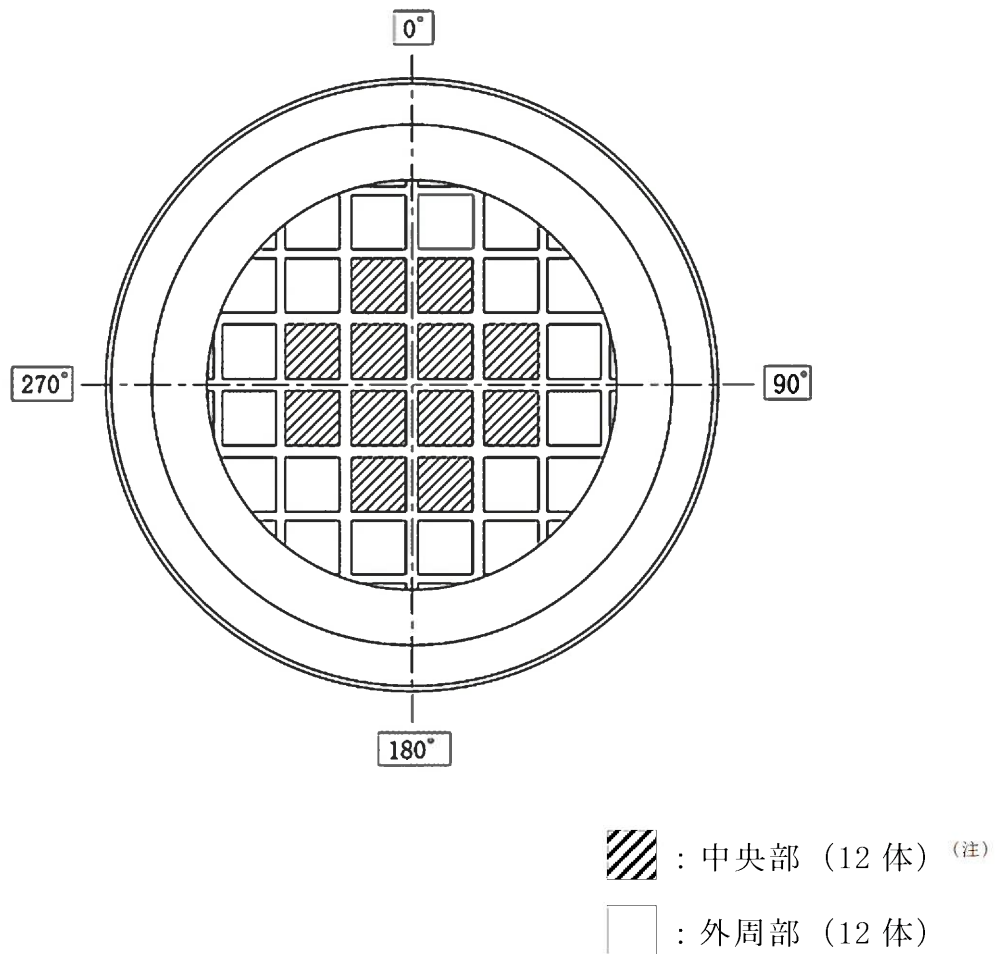
項 目		仕 様			
バーナブルポイズン集合体の種類		17×17 燃料用		14×14 燃料用	
		A型	B型	A型	B型
形 状	集 合 体 幅 (m m)	約 161		約 140	
	全 長 (m m)	約 4,000		約 4,000	
質 量 (kg 以下)		約 29		約 18	
照 射 期 間 (日 以 下)		1,200(約 46GWd/t 相当) ※ 2,344(約 90GWd/t 相当) ※		2,671 (約 90GWd/t 相当)	
冷 却 期 間 (年 以 上)		15	20※ 15※	15	

※上段は MSF-21P 型、下段は MSF-24P 型の仕様を示す。



(注) 中央部には燃料集合体単独あるいは、バーナブルポイズン集合体を挿入した状態で乾式キャスクに収納することができる。

第 3-1 図 使用済燃料集合体の収納配置 (MSF-21P 型)



(注) 中央部には燃料集合体単独あるいは、バーナブルポイズン集合体を挿入した状態で乾式キャスクに収納することができる。

第 3-2 図 使用済燃料集合体の収納配置 (MSF-24P 型)

4. 使用済燃料乾式貯蔵容器の設計貯蔵期間について

4.1 要求事項

乾式キャスクの設計貯蔵期間に関する要求事項は以下のとおりである。

- (1) 原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド確認事項

「4. 自然現象等に対する兼用キャスクの設計 4.6 設計貯蔵期間」には以下のように記載されている。

【審査における確認事項】

『

設計貯蔵期間は、設置（変更）許可申請書で明確にされていること。

』

【確認内容】

『

設計貯蔵期間は、当該設計貯蔵期間中の兼用キャスクの安全機能の評価するに当たり、材料及び構造の経年変化の考慮を行うための前提条件となるため、設置（変更）許可申請書で明確にされていること。

』

4.2 適合性について

乾式キャスクの設計貯蔵期間については、以下のとおり審査ガイドの確認内容に適合している。

乾式キャスクの設計貯蔵期間は60年とし、設置（変更）許可申請書で明確にする。

また、設計貯蔵期間中の乾式キャスクの材料及び構造の健全性については、6. にて説明する。

5. 使用済燃料乾式貯蔵容器の4つの安全機能について

3. の使用済燃料の収納条件を踏まえ、MSF-21P型及びMSF-24P型の各解析条件の概要を第5-1表及び第5-2表に示す。

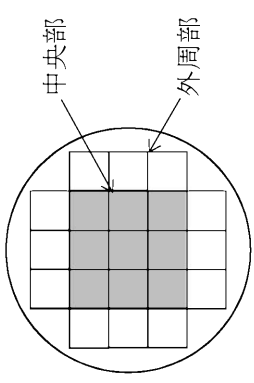
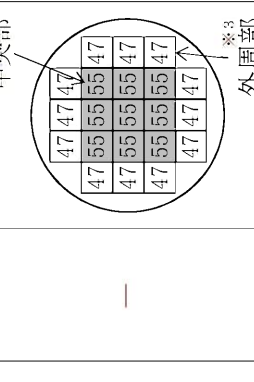
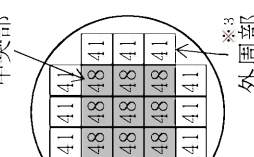
1, 2, 3, 4号炉の使用済燃料を、専用の乾式キャスク（MSF-21P型、MSF-24P型）にて貯蔵することで、4つの安全機能（閉じ込め、臨界防止、遮蔽、除熱）が確保できる設計とする。また、1, 2, 3, 4号炉の使用済燃料を貯蔵した場合でも、使用済燃料乾式貯蔵建屋（以下、「乾式貯蔵建屋」という）が乾式キャスク（MSF-21P型、MSF-24P型）の除熱機能を阻害しない設計とする。

本項では、乾式キャスクの通常貯蔵時[※]のうち、乾式キャスクを静置している状態における4つの安全機能について説明し、通常取り扱い時の評価は7項で説明する。

なお、乾式キャスク収納条件、配置条件に適合する使用済燃料であることを確認のうえ、乾式キャスクへ収納する。

※：発電所敷地内において兼用キャスクを通常に取り扱い、又は静置している状態をいう。

第5-1表 乾式キャスク解析条件の概要 (MSF-21P型)

収 納 物 仕 様	燃料 集合体 1体の 仕様	キャスク収納制限 配置制限				燃料スペック		解析条件				
		17×17型燃料収納時		14×14型燃料収納時		17×17型 (A/B型)	14×14型 (A/B型)	臨界		遮蔽		
		中央部	外周部	中央部	外周部			中央部	外周部	中央部	外周部	
燃料 タイプ	初期ウラン濃縮度 (wt%)	17×17型 (A/B型)	14×14型 (A/B型)	17×17型 (A型)	14×14型 (A/B型)	0	14×14型 (B型)	17×17型 (A型)	14×14型 (B型)	中央部	外周部	
		≤4.2	≤4.9	4.1	4.8	0	—	—	—	—	—	
	ウラン重量 (kg)	≤44	≤55	≤48	≤55	0	55	47 ^{*3}	48	41 ^{*2} 41 ^{*3}	—	—
		最高燃焼度 (GWd/t) (燃料集合体平均)	A型: ≥15 B型: ≥20	≥15	—	—	—	—	—	—	—	—
SFPでの冷却期間 (年)	最高燃焼度 (GWd/t)	≤46	≤90	—	—	—	90	—	—	—	—	
	SFPでの冷却期間 (年)	A型: ≥15 B型: ≥20	≥15	—	—	—	—	15	—	—	—	
キャスク 1基あたり	平均燃焼度 (GWd/t)	≤44	≤43	—	—	0	—	—	—	—	44	
	配置 ^{*4}				—	—	—	—	—	—	—	

※1：臨界解析において14×14型燃料はA型及びB型で仕様が同じとなるため、解析条件としてA型とB型の区別をしない。

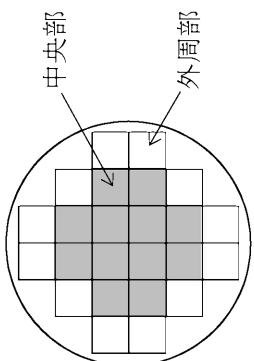
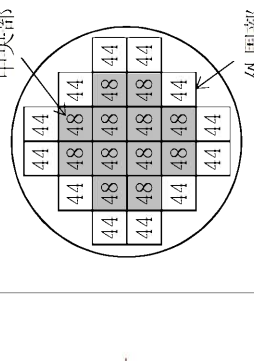
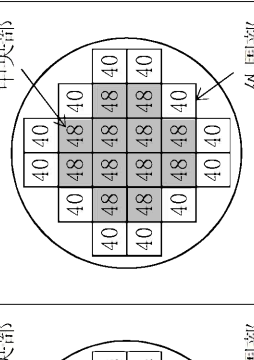
※2：外周部12体は、乾式キャスク全体の発熱量が平均44GWd/tになるよう41GWd/tとしている。

※3：48GWd/t型燃料を収納する条件とする。実燃焼度が同じであれば、55GWd/t型燃料に比べ48GWd/t型燃料のほうが、線源強度及び発熱量が厳しい条件となる。

※4：数値は燃焼度 (GWd/t) を示す。

「」：商業機密に係る事項のため公開できません

第5-2表 乾式キャスク解析条件の概要 (MSF-24P型)

	キャスク収納制限 配置制限		燃料スペースック	解析条件		
	中央部	外周部		臨界	遮蔽	除熱
収 納 物 仕 様	燃料タイプ	17×17型 (A/B型)	17×17型 (A/B型)	17×17型 (A型)	中央部 17×17型 (A型)	外周部 17×17型 (A型)
	初期ウラン濃縮度 (wt%)	≤4.2	4.1			
	ウラン重量 (kg)	≤44	≤48	0	48	48
	最高燃焼度 (GWd/t) (燃料集合体平均)	≤48	≤44	≤48	48	48
	SFPでの冷却期間 (年)	A型: ≥15 B型: ≥17		—	15	15
	最高燃焼度 (GWd/t)	≤90	—	—	90	—
	SFPでの冷却期間 (年)	≥15	—	—	15	—
	平均燃焼度 (GWd/t)	≤44	—	0	—	44
	配置※2					

※1：外周部12体は、乾式キャスク全体の燃焼度が平均44GWd/tになるよう40GWd/tとしている。

※2：数値は燃焼度 (GWd/t) を示す。

「」：商業機密に係る事項のため公開できません

なお、各解析については、第5-3表及び第5-4表のとおり、三菱重工業(株)が型式設計特定容器等の型式指定を受けたMSF-21P型での設計等で使用した解析コード及びライブラリと同等のものを使用しており、特殊性及び新規性はない。

第5-3表 解析コード（ライブラリ含む）比較

評価項目	解析コード	
	型式指定を受けたMSF-21P型	本申請のMSF-21P型及びMSF-24P型
臨界	SCALE 4.4a (KENO-V.a) ／ (燃料領域均質化) (断面積ライブラリ： ENDF/B-V 238群)	SCALE 6.2.1 (KENO-VI) ／ (燃料ピンモデル化) (断面積ライブラリ： ENDF/B-VII 252群)
遮蔽	ORIGEN2 DOT3.5 (断面積ライブラリ：MATXSLIB-J33)	ORIGEN2 (ORIGEN2.2UPJ) DOT3.5 (断面積ライブラリ：MATXSLIB-J33)
除熱	ORIGEN2 ABAQUS	ORIGEN2 (ORIGEN2.2UPJ) ABAQUS

第5-4表 解析における変更箇所

	変更項目	型式指定を受けたMSF-21P型	本申請のMSF-21P型 及びMSF-24P型
臨界	・コード ／モデル化 ・断面積 ライブラリ	SCALE 4.4a (KENO-V.a) ／ (燃料領域均質化) ENDF/B-V 238群	SCALE 6.2.1 (KENO-VI) ／ (燃料ピンモデル化) ENDF/B-VII 252群
遮蔽	・断面積 ライブラリ	MATXSLIB-J33	MATXSLIB-J33
除熱	・解析モデル	2Dモデル (モデル検証に3Dモデルを適用)	3Dモデル

- 5.1 使用済燃料乾式貯蔵容器の閉じ込め機能について
乾式キャスクの閉じ込め機能を別添1に示す。
- 5.2 使用済燃料乾式貯蔵容器の臨界防止機能について
乾式キャスクの臨界防止機能を別添2に示す。
- 5.3 使用済用済燃料乾式貯蔵容器の遮蔽機能について
乾式キャスクの遮蔽機能を別添3に示す。
- 5.4 使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱機能について
乾式キャスクの除熱機能を別添4に示す。

使用済燃料乾式貯蔵容器の
4つの安全機能について
(閉じ込め機能)

<目 次>

1. 要求事項
2. 適合性について
3. 参考文献

1. 要求事項

乾式キャスクの閉じ込め機能に関する要求事項は、以下のとおりである。

(1) 設置許可基準規則要求事項

① 設置許可基準規則第 16 条第 2 項一号イ

- ・燃料体等の落下により燃料体等が破損して放射性物質の放出により公衆に放射線障害を及ぼすおそれがある場合において、放射性物質の放出による公衆への影響を低減するため、燃料貯蔵設備を格納するもの及び放射性物質の放出を低減するものとする。

② 設置許可基準規則第 16 条第 4 項三号

- ・使用済燃料が内包する放射性物質を閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができるものとする。

③ 設置許可基準規則解釈別記 4 第 16 条第 4 項

- ・第 16 条第 4 項第 3 号に規定する「放射性物質を適切に閉じ込めることができ、かつ、その機能を適切に監視することができる」とは、次項に規定するもののほか、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の解釈（以下「貯蔵事業許可基準規則解釈」という）第 5 条第 1 項第 1 号及び第 2 号並びに第 17 条第 1 項第 1 号に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすことをいう。

③-1 貯蔵事業許可基準規則解釈第 5 条第 1 項

第 5 条に規定する「限定された区域に適切に閉じ込めることができるもの」とは、以下の設計をいう。

- 一 金属キャスクは、設計貯蔵期間を通じて、使用済燃料等を内封する空間を負圧に維持できる設計であること。

二 金属キャスクは、多重の閉じ込め構造を有する蓋部により、使用済燃料等を内封する空間を容器外部から隔離できる設計であること。

③-2 貯蔵事業許可基準規則解釈第 17 条第 1 項

第 1 項に規定する「適切に監視することができる」とは、以下の設計をいう。

一 蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。

④ 設置許可基準規則解釈別記 4 第 16 条 5 項

第 16 条第 2 項第 1 号ハ及び同条第 4 項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計とすること。ここで、「兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計」とは、以下を満たす設計をいう。

- ・ 設計貯蔵期間を明確にしていること。
- ・ 設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境条件下での経年変化を考慮した材料及び構造であること。

(2) 原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド確認事項

「2.安全機能の確保 2.4 閉じ込め機能」には、以下のように記載されている。

【審査における確認事項】

『

(1) 設計上想定される状態において、兼用キャスクが内包する放射性物質を適切に閉じ込めることができること。

(2) 密封境界部は、設計上想定される衝撃力に対して、おお

むね弾性範囲内にとどまること。

- (3) 閉じ込め機能の異常に対して、その修復性が考慮されていること。

』

【確認内容】

『

- (1) 長期間にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、耐熱性、耐食性等を有し耐久性の高い金属ガスケット等のシールを採用するとともに、蓋部を一次蓋と二次蓋の二重とし、一次蓋と二次蓋との間の圧力（以下「蓋間圧力」という。）を監視することにより、蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。
- (2) 兼用キャスクの内部の放射性物質が外部へ漏えいしないよう、設計貯蔵期間中、兼用キャスク内部の負圧を維持できること。
- (3) 密封境界部の漏えい率は、(2)を満たすものであること。また、使用する金属ガスケット等のシールの性能は、当該漏えい率以下であること。
- (4) 閉じ込め機能評価では、密封境界部の漏えい率が、設計貯蔵期間、内部初期圧力及び自由空間容積（兼用キャスク内部容積から収納物及びバスケットを減じた容積をいう。）、初期の蓋間圧力及び蓋間の容積、温度等を条件として、適切な評価式を用いて求められていること。
- (5) 兼用キャスクの衝突評価
- 1) 兼用キャスクを床等に固定せず設置するとき
- ① 転倒モードの設定
- 兼用キャスクを縦置き又は横置きにした貯蔵状態で第6項地震力（設置許可基準規則第4条第6項に規定する地震力をいう。以下同じ。）を入力し、兼用キャ

スクの転倒、兼用キャスク同士の衝突及び兼用キャスクと周辺施設との衝突のうち、設計上想定するものを設定すること。

② 兼用キャスクの衝突評価

①で抽出した転倒等による兼用キャスクへの衝突荷重に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内であること。この際「4.3.1 地震に対する設計方針」を参考にしていること。

2) 貯蔵建屋等を設置するとき

① 貯蔵建屋等の損壊モードの設定

損壊モードに応じた衝突物又は落下物を抽出し、そのうち兼用キャスクの閉じ込め機能に及ぼす影響が最大であるものを設定すること。

② 兼用キャスクの衝突評価

①で抽出した衝突物又は落下物による兼用キャスクへの衝突荷重に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内であること。

3) 使用済燃料の再取出性の評価

- a. 兼用キャスクに収納される使用済燃料を取り出すために、一次蓋及び二次蓋が開放できること。
- b. 使用済燃料の燃料ペレットが燃料被覆管から脱落せず、かつ、使用済燃料集合体の過度な変形を生じないこと。

(6) 閉じ込め機能の異常に対し、適切な期間内で使用済燃料の取出しや詰替え及び使用済燃料貯蔵槽への移送を行うこと、これらの実施に係る体制を適切に整備すること等、閉じ込め機能の修復性に関して考慮がなされていること。

』

2. 適合性について

乾式キャスクの閉じ込め機能については、以下のとおり審査ガイドの確認内容に適合している。

〔確認内容〕

- (1) 長期間にわたって閉じ込め機能を維持する観点から、耐熱性、耐食性等を有し耐久性の高い金属ガスケット等のシールを採用するとともに、蓋部を一次蓋と二次蓋の二重とし、一次蓋と二次蓋との間の圧力（以下「蓋間圧力」という。）を監視することにより、蓋部が有する閉じ込め機能を監視できること。

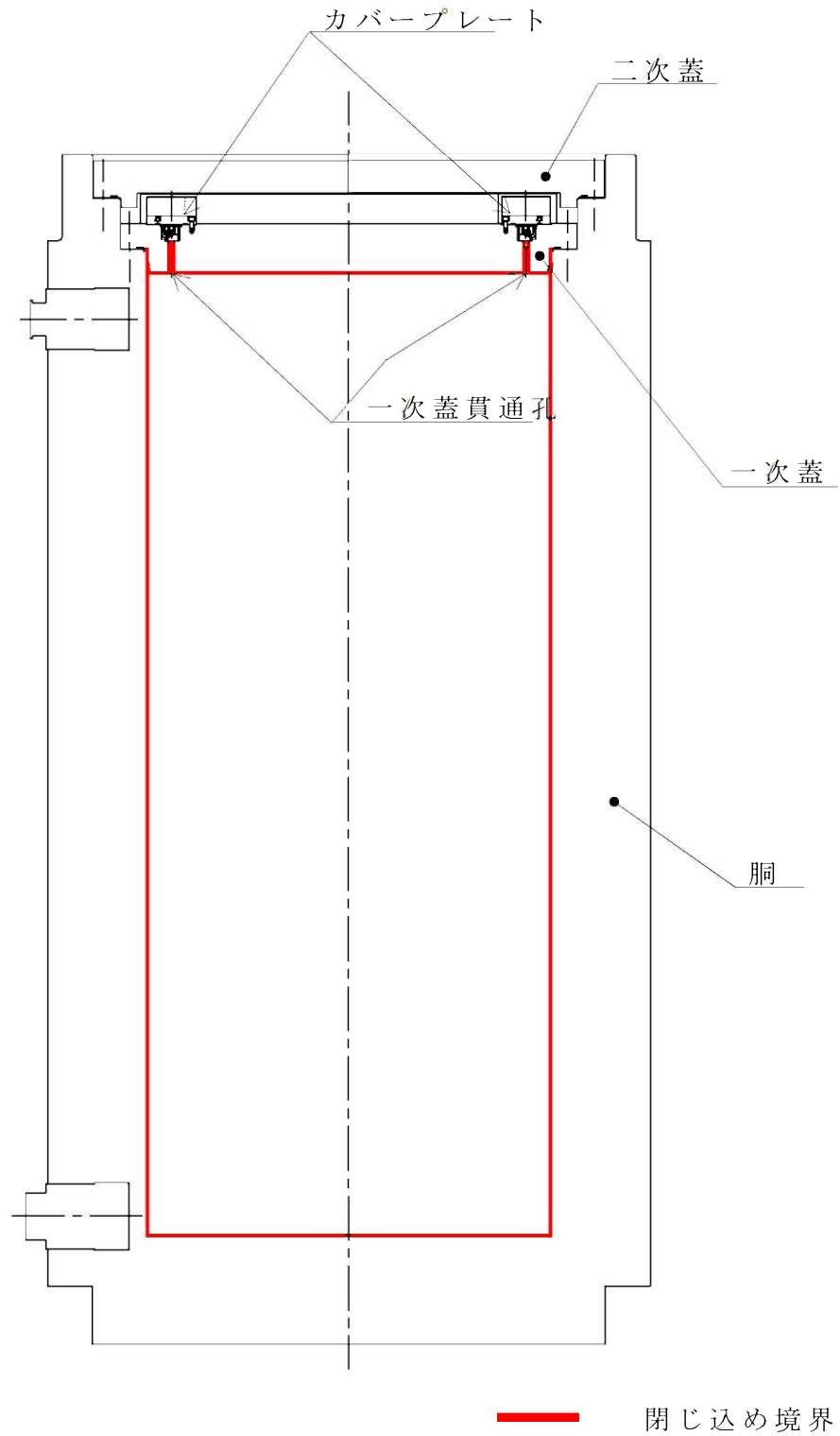
乾式キャスクの閉じ込め構造を第 2-1 図に、シール部詳細を第 2-2 図に示す。

乾式キャスクは、乾式キャスク本体及び一次蓋により使用済燃料を封入する空間を設計貯蔵期間（60 年）を通じて負圧（ 9.7×10^4 Pa）に維持する。乾式キャスクは、一次蓋と二次蓋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、放射性物質を乾式キャスク内部に閉じ込める。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使用し、金属ガスケットは、設計貯蔵期間中に乾式キャスク内部を負圧に維持できる漏えい率（以下、「基準漏えい率」という）を満足するものを使用する。

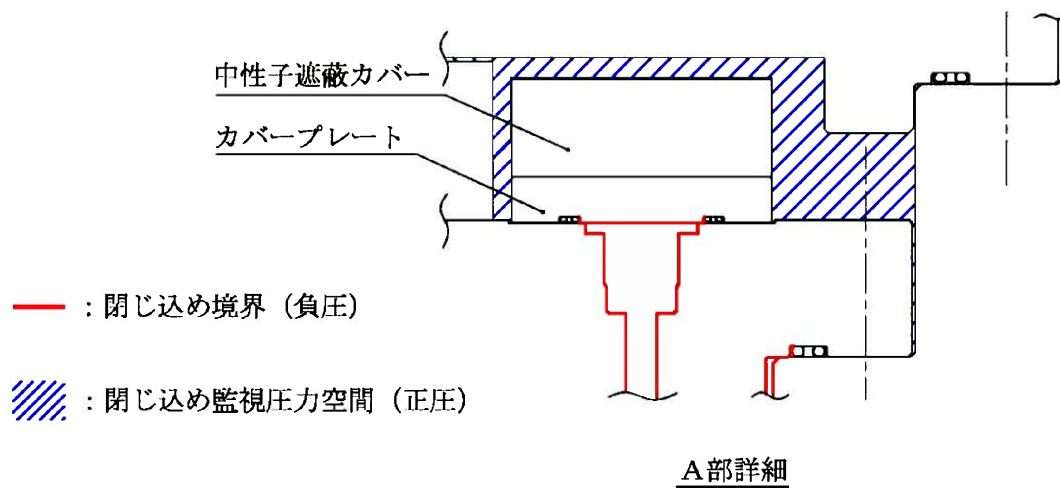
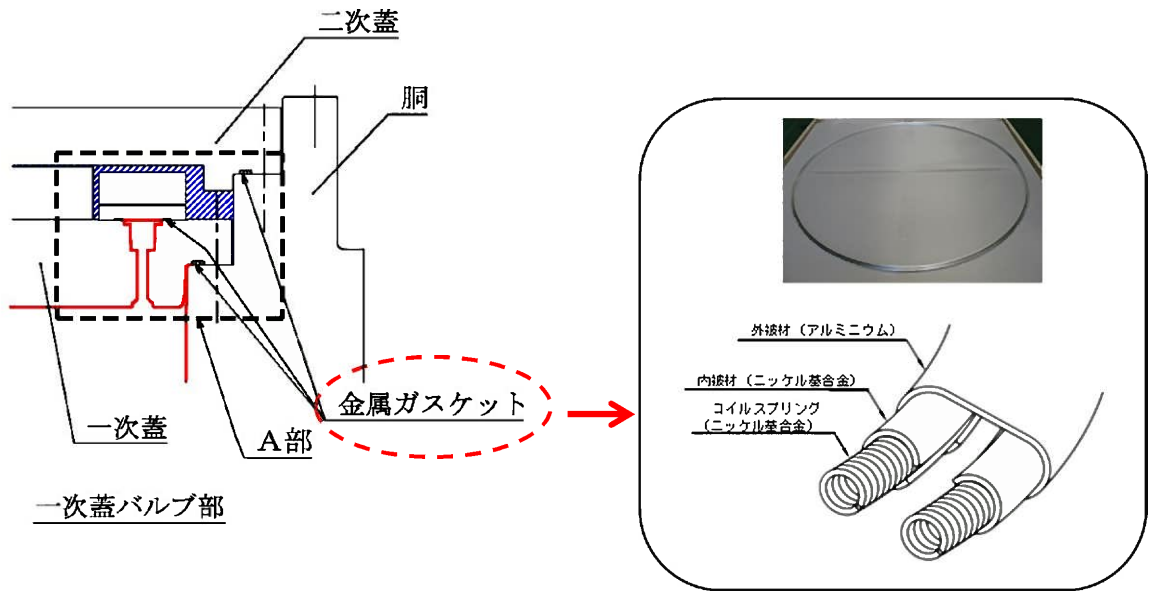
一次蓋と二次蓋との蓋間圧力を監視することにより、蓋部が有する閉じ込め機能を監視できる設計とする。

乾式貯蔵施設内では、乾式キャスクの閉じ込め境界を有する一次蓋は開放せず、内包する放射性物質の閉じ込めを乾式キャスクのみで担保する設計とする。

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封入する空間を負圧（ 9.7×10^4 Pa）に維持する設計とする。



第2-1図 乾式キャスクの閉じ込め構造



第2-2図 乾式キャスクのシール部詳細

〔確認内容〕

- (2) 兼用キャスクの内部の放射性物質が外部へ漏えいしないよう、設計貯蔵期間中、兼用キャスク内部の負圧を維持できること。
- (3) 密封境界部の漏えい率は、設計貯蔵期間中、兼用キャスク内部の負圧を維持できるものであること。また、使用する金属ガスケット等のシールの性能は、当該漏えい率以下であること。
- (4) 閉じ込め機能評価では、密封境界部の漏えい率が、設計貯蔵期間、内部初期圧力及び自由空間容積（兼用キャスク内部容積から収納物及びバスケットを減じた容積をいう。）、初期の蓋間圧力及び蓋間の容積、温度等を条件として、適切な評価式を用いて求められていること。

乾式キャスク漏えい率の考え方を第 2-3 図、閉じ込め評価フローを第 2-4 図、閉じ込め評価に係る構造図を第 2-5 図に示す。

閉じ込め評価では、基準漏えい率を求め、基準漏えい率よりも漏えい率の小さい金属ガスケットを使用することを説明する。

基準漏えい率は、設計貯蔵期間中に乾式キャスク内部を負圧に維持できる漏えい率である。

また、基準漏えい率は、蓋間圧力と乾式キャスク内部圧力の圧力差のもとで、シール部を通して乾式キャスク内部へ流入する気体の漏えい量を積分することによって、乾式キャスク内部圧力が大気圧となるまでの圧力変化を求めた際の漏えい率として計算する。

なお、基準漏えい率を求めるにあたっては、蓋間圧力は保守的に初期圧力で一定とし、蓋間空間のガスは乾式キャスク内部側にのみ漏えいするものとして漏えい計算を行う。また、大気圧は、気象変化による圧力変動を保守的に考慮した値として 9.7×10^4 Pa とする。乾式キャスク本体内部空間の圧力の算定にあたっては、使用済燃料の破損率として、米国の使用済燃料の乾式貯蔵中における漏えい燃料発生率（約 0.01 %）、及び日本の軽水炉における漏えい燃料発生率（約 0.01 % 以下）を考慮し、保守的な値として 0.1 %¹⁾を想定

する。

a. 基準漏えい率の計算

a) 乾式キャスク本体内部圧力の変化は、ボイル・シャルルの法則に基づき、以下のように求める。

$$\frac{dP_d}{dt} = \frac{Q}{V_d} \times \frac{T_d}{T} \dots \dots \dots (3.1)$$

ここで、

P_d : 乾式キャスク本体内部圧力 (Pa)

T_d : 乾式キャスク本体内部温度 (K)

Q : 乾式キャスク本体内部圧力 P_d のときのシール部の漏えい率
(Pa・m³/s)

T : 漏えい気体の温度 (K)

V_d : 乾式キャスク本体内部の空間容積 (m³)
(乾式キャスク内部容積から収納物及びバスケットを減じた容積)

t : 時間 (s)

また、ここで漏えい率 Q は、以下のクヌッセンの式²⁾で求められる。

$$\left. \begin{aligned} Q &= L \cdot P_a \\ L &= (F_c + F_m) \cdot (P_u - P_d) \\ F_c &= \frac{\pi}{128} \times \frac{D_0^4}{a \cdot \mu} \\ F_m &= \frac{\sqrt{2 \pi \cdot R_0}}{6} \times \frac{D_0^3 \sqrt{T}}{a \cdot P_a} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3.2)$$

ここで、

- Q : 漏えい率 ($\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$)
 L : 圧力 P_a における体積漏えい率 (m^3/s)
 F_c : 連続流のコンダクタンス係数 ($\text{m}^3/(\text{Pa} \cdot \text{s})$)
 F_m : 自由分子流のコンダクタンス係数 ($\text{m}^3/(\text{Pa} \cdot \text{s})$)
 P_u : 上流側 (蓋間) の圧力 (Pa)
 P_d : 下流側 (乾式キャスク本体内部) の圧力 (Pa)
 D_0 : 相当漏えい孔径 (m)
 a : 漏えい孔長 (m)
 P_a : 流れの平均圧力 (Pa)

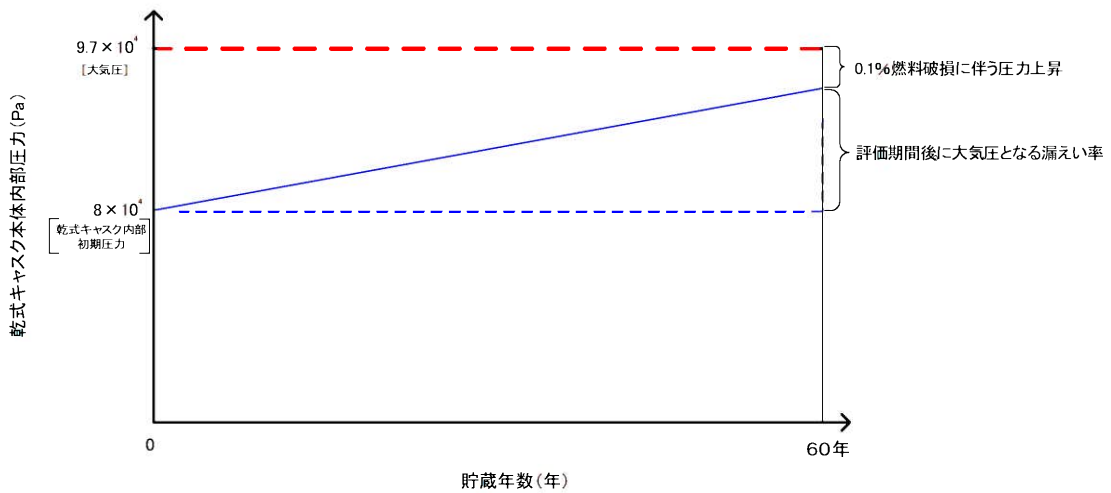
$$P_a = \frac{P_u + P_d}{2}$$

- μ : 漏えい気体の粘性係数 ($\text{Pa} \cdot \text{s}$)
 T : 漏えい気体の温度 (K)
 M : 漏えい気体の分子量 (kg/mol)
 R_0 : ガス定数 ($\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$)

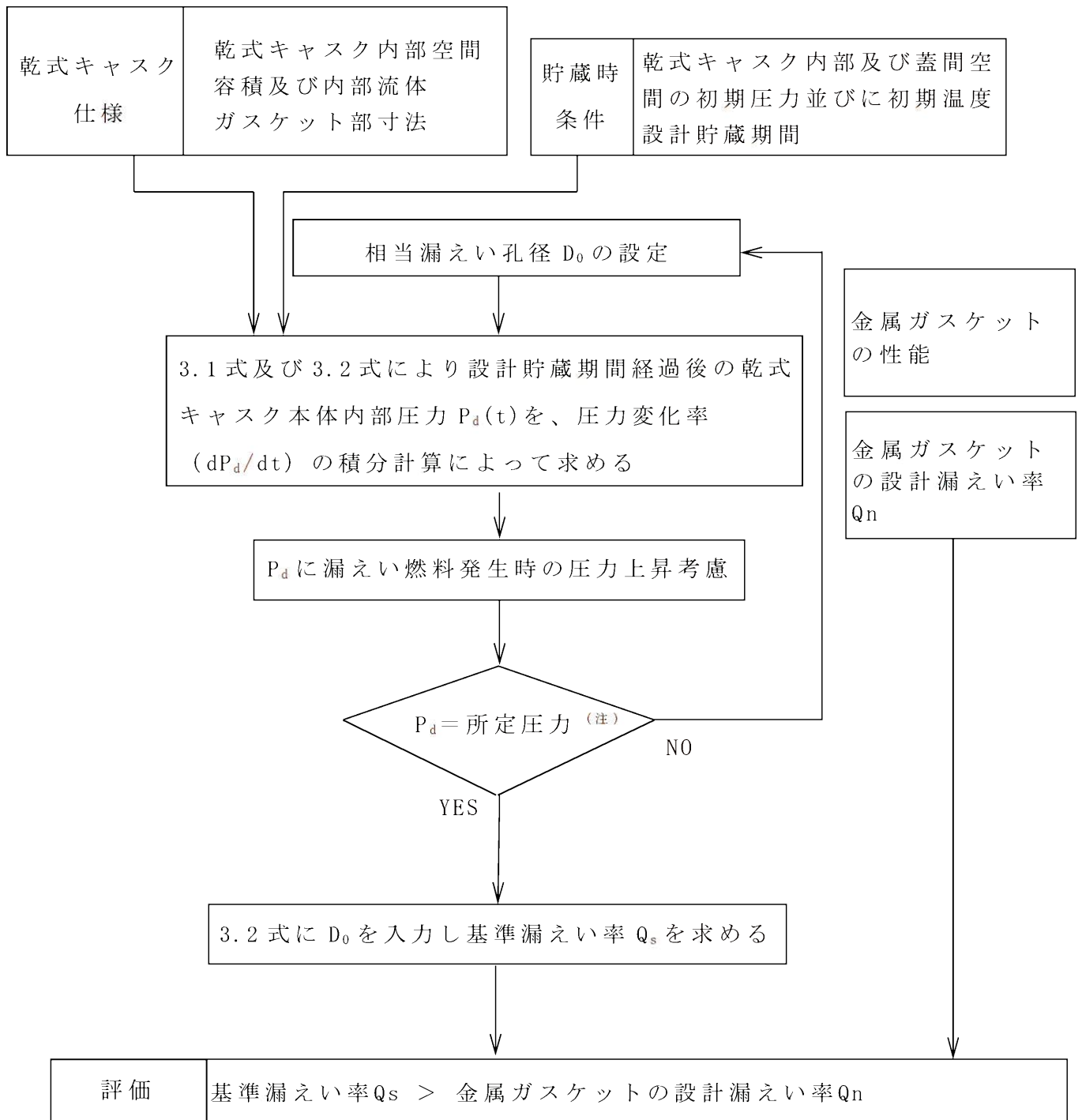
- b) 漏えい孔径 D_0 を設定し (3.2) の式により漏えい率 Q を求める。 Q を (3.1) の式に入力し、時間 t で積分することにより、設計貯蔵期間経過後の乾式キャスク本体内部圧力 P_d を求める。
- c) b) により求めた P_d が正圧の場合はより小さな漏えい孔径 D_0 を、負圧の場合はより大きい漏えい孔径 D_0 を設定して、a) ~ b) を繰り返し、 P_d が大気圧 ($9.7 \times 10^4 \text{ Pa}$) となる漏えい孔径 D_0 を求める。
- d) 判定基準である金属ガスケットの漏えい率と比較するため、c) により求めた D_0 を固定し、(3.2) の式に金属ガスケットの漏えい率を求めた試験条件 ($P_u = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $P_d = 0 \text{ Pa}$ 、 $T = 298.15 \text{ K}$) を入力し、基準漏えい率 Q_s を求める。

なお、本評価においては、以下の点について保守性を有している。

- ・設計貯蔵期間中において使用済燃料の崩壊熱は低下していくが、使用済燃料の崩壊熱低下による乾式キャスク本体内部温度の温度低下を考慮せず、乾式キャスク本体内部温度は初期温度で一定とする。
- ・設計貯蔵期間中において上流側（蓋間）の圧力は漏えいにより低下していくが、漏えいによる圧力低下を考慮せず、初期圧力で一定とする。

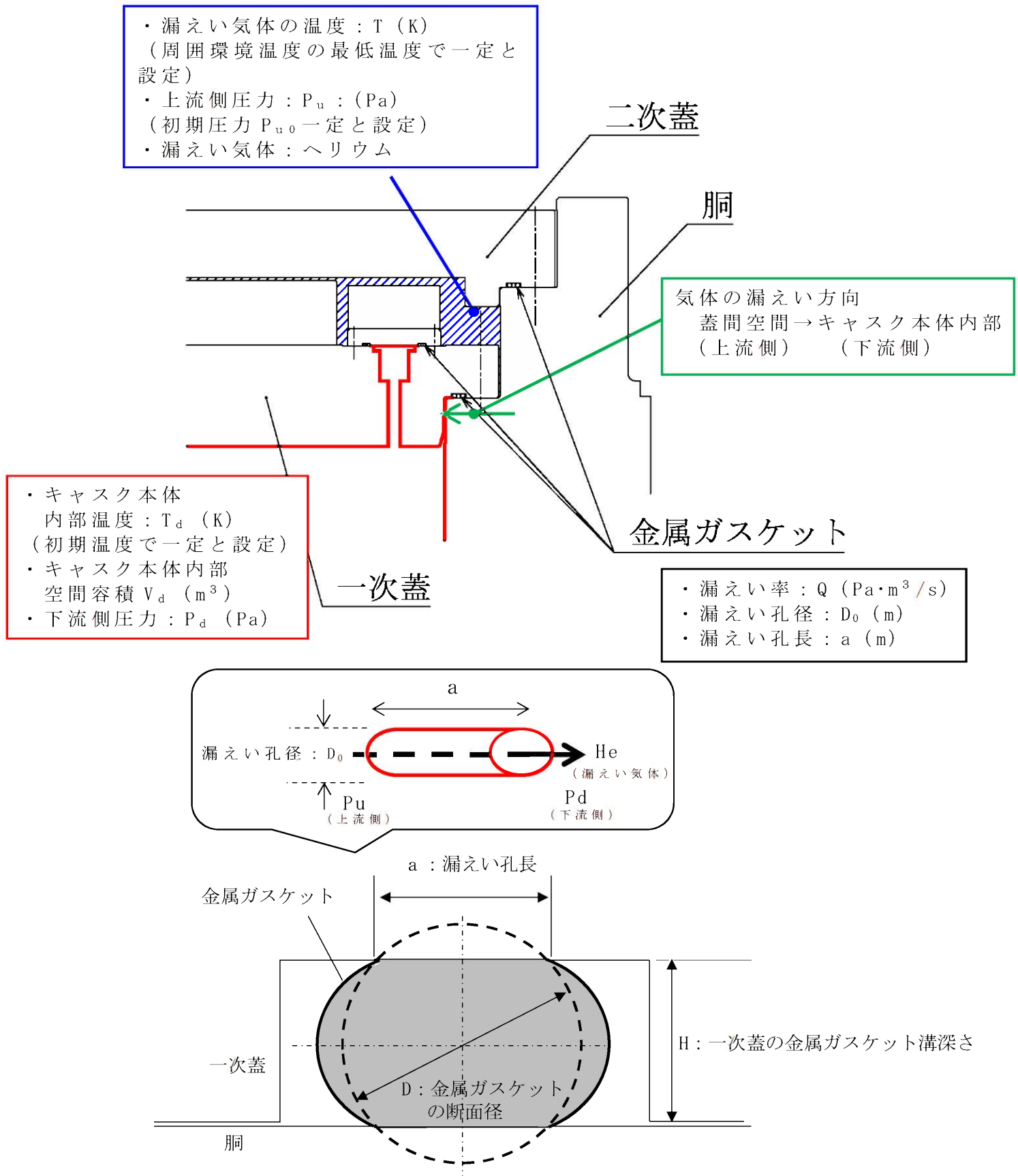


第 2-3 図 乾式キャスク漏えい率の考え方



(注)所定圧力は、大気圧の変動を考慮し、 9.7×10^4 Pa とする。

第 2-4 図 基準漏えい率の計算フロー図



第 2-5 図 閉じ込め評価に係る構造図

閉じ込め設計の評価条件及び評価結果を第 2-1 表に示す。使用する金属ガスケットの漏えい率が基準漏えい率より小さいことを確認した。

第2-1表 閉じ込め評価条件及び評価結果

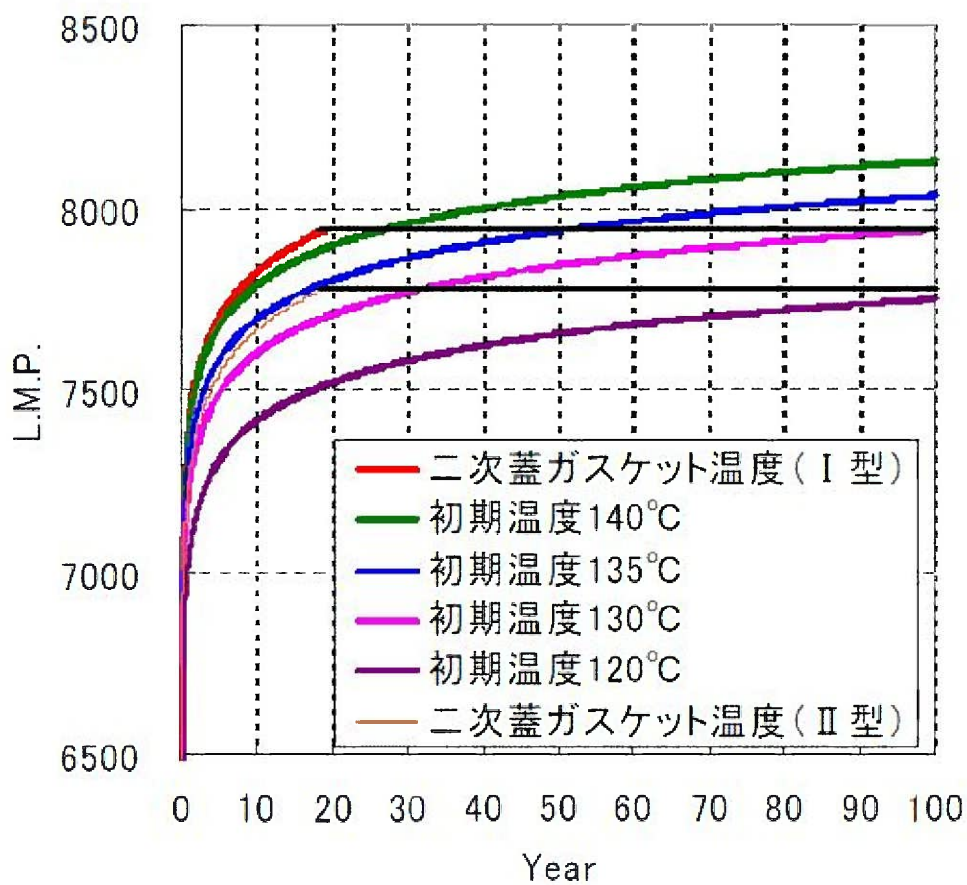
	MSF-21P 型 ^(注)	MSF-24P 型
D_0 : 漏えい孔径 (m)	5.40×10^{-6}	5.51×10^{-6}
a : 漏えい孔長 (m)	4.56×10^{-3}	
μ : 漏えい気体 (ヘリウム) の 粘性係数 (Pa·s)	1.985×10^{-5} (25℃)	
R_0 : ガス定数 (J/(mol·K))	8.3144598	
T : 漏えい気体の温度 (K)	298.15	
M : 漏えい気体 (ヘリウム) の 分子量 (kg/mol)	0.004002602	
P_a : 流れの平均圧力 (Pa)	5.05×10^4	
P_{u0} : 上流側の初期圧力 (Pa)	1.01×10^5 (大気圧)	
P_{d0} : 下流側の初期圧力 (Pa)	0 (真空)	
Q_s : 基準漏えい率 (Pa·m ³ /s)	2.32×10^{-6}	2.49×10^{-6}
金属ガスケットの漏えい率 ^{3), 4)}	1×10^{-8} Pa·m ³ /s 以下	

(注) 基準漏えい率がより低くなる 17×17 燃料の場合を代表して記載する。

平成 21 年度の (一財) 電力中央研究所研究において、金属ガスケットの長期密封機能について試験を実施し、試験と解析で得られた乾式キャスクの温度と時間をラーソン・ミラー・パラメータ (以下「LMP」という。) により長期密封性能について検討を行っている⁴⁾。第 2-6 図は当該試験結果の二次蓋ガスケット温度から得られた LMP を示しており、LMP が 7942 以下であれば密封性は健全であることが

示されている。また、第 2-7 図には、LMP=7942 となる場合の、蓋初期温度と評価年数の関係が示されており、評価年数（貯蔵期間）を 60 年とすると、その期間健全性を担保するためには、初期温度を 134℃以下にすればよいことが示されている⁴⁾。

MSF-21P 型、MSF-24P 型の除熱評価の結果から、金属ガスケット部の温度は約 110℃であるため、金属ガスケットは設計貯蔵期間を通じて初期の漏えい率を維持できると判断される。

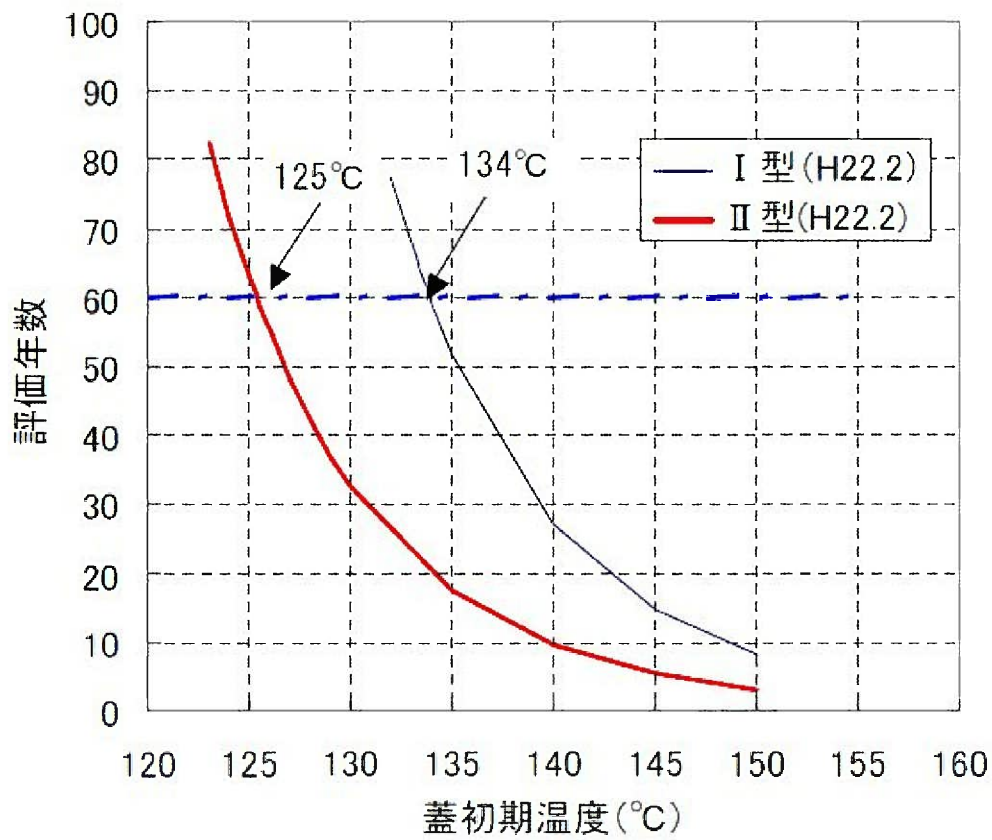


$$LMP = T \cdot (14 + \log t)$$

T: 温度 (K)

t: 時間 (h)

第 2-6 図 蓋部温度をもとに計算した LMP⁴⁾



第 2-7 図 蓋初期温度と評価年数の関係 ⁴⁾

〔確認内容〕

(5) 兼用キャスクの衝突評価

1) 兼用キャスクを床等に固定せず設置するとき

① 転倒モードの設定

兼用キャスクを縦置き又は横置きにした貯蔵状態で第6項地震力（設置許可基準規則第4条第6項に規定する地震力をいう。以下同じ。）を入力し、兼用キャスクの転倒、兼用キャスク同士の衝突及び兼用キャスクと周辺施設との衝突のうち、設計上想定するものを設定すること。

② 兼用キャスクの衝突評価

①で抽出した転倒等による兼用キャスクへの衝突荷重に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内であること。この際「4.3.1 地震に対する設計方針」を参考にしていること。

2) 貯蔵建屋等を設置するとき

① 貯蔵建屋等の損壊モードの設定

損壊モードに応じた衝突物又は落下物を抽出し、そのうち兼用キャスクの閉じ込め機能に及ぼす影響が最大であるものを設定すること。

② 兼用キャスクの衝突評価

①で抽出した衝突物又は落下物による兼用キャスクへの衝突荷重に対して、密封境界部がおおむね弾性範囲内であること。

3) 使用済燃料の再取出性の評価

a. 兼用キャスクに収納される使用済燃料を取り出すために、一次蓋及び二次蓋が開放できること。

b. 使用済燃料の燃料ペレットが燃料被覆管から脱落せず、かつ、使用済燃料集合体の過度な変形を生じないこと。

乾式キャスクは床等に固定して設置する設計とする。

貯蔵建屋等（貯蔵建屋（兼用キャスク、兼用キャスク取扱設備等を収納する建物）又は遮蔽壁）は、地震（4条）、津波（5条）、外部

からの衝撃（6条）による損傷の防止が図られ、損壊しない設計とする。詳細は、4条、5条、6条まとめ資料で説明する。

また、地盤（3条）及び周辺斜面（4条）も基準地震動に対して、安定性が確保されることから、貯蔵建屋等は損壊しない。なお、地盤及び周辺斜面の安定性に関しては地盤審査において確認されている。

〔確認内容〕

(6) 閉じ込め機能の異常に対し、適切な期間内で使用済燃料の取出しや詰替え及び使用済燃料貯蔵槽への移送を行うこと、これらの実施に係る体制を適切に整備すること等、閉じ込め機能の修復性に関して考慮がなされていること。

閉じ込め機能の異常に対し、適切な期間内で使用済燃料の取出しや詰替え及び使用済燃料ピットへの移送を行うこと、これらの実施に係る体制を適切に整備すること等、閉じ込め機能の修復性に関して考慮する設計とする。

なお、貯蔵中の乾式キャスク閉じ込め機能異常時は、体制を整備の上、第2-8図のフローにより対応する。

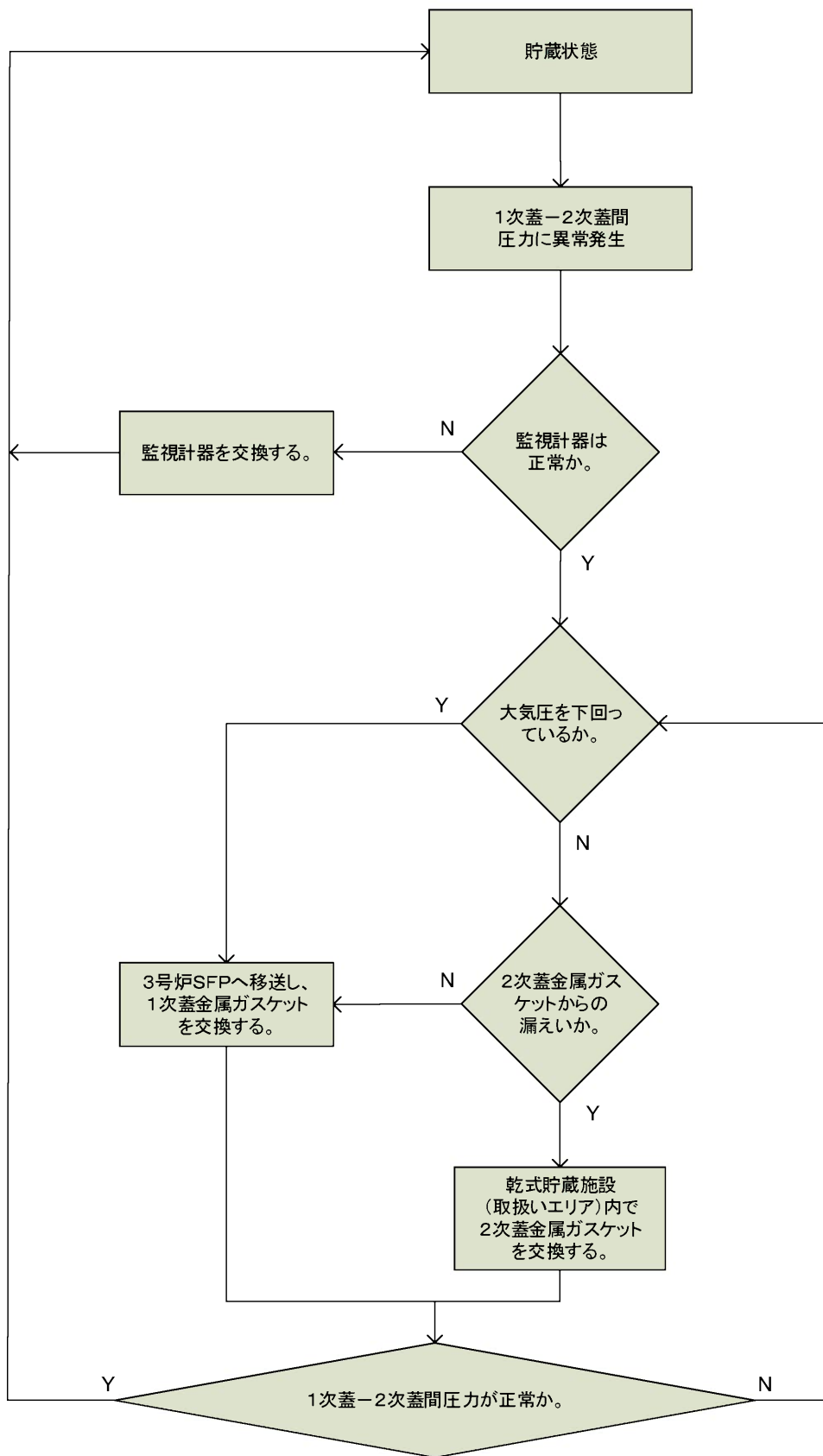
蓋間圧力が管理値を下回っている場合、まず、監視計器の確認を行い、監視計器異常の場合には監視計器を交換し、貯蔵を再開する。

監視計器異常ではない場合、一次蓋金属ガスケットの漏えいの場合、乾式キャスク内部を負圧管理しているため、蓋間圧力は負圧まで低下する。二次蓋金属ガスケットの漏えいの場合、蓋間のヘリウムガスが大気へ放出され、大気圧までしか低下しない。このため、蓋間圧力が大気圧を下回っている場合は、乾式キャスクを使用済燃料ピットエリアのキャスクローディングピットへ移送し、一次蓋を開放して一次蓋金属ガスケットを交換し、蓋間圧力に異常がないことを確認したうえで、乾式貯蔵建屋へ移送し、貯蔵を再開する。

蓋間圧力が大気圧を下回っていない場合は、二次蓋金属ガスケットの漏えい確認を行い、二次蓋金属ガスケットからの漏えいが認められた場合は、取扱エリアにて二次蓋を開放して二次蓋金属ガスケットを交換し、蓋間圧力に異常がないことを確認したうえで貯蔵を再開する。このとき、仮に一次蓋金属ガスケットが漏えいしていた場合でも、乾式キャスク内部を負圧管理していることから、乾式キャスク内部へインリークするため、放射性物質が外部へ漏えいする

恐れはない。二次蓋金属ガスケットからの漏えいが認められない場合は、乾式キャスクを使用済燃料ピットエリアのキャスクローディングピットへ移送し、一次蓋を開放して一次蓋金属ガスケットを交換し、蓋間圧力に異常がないことを確認したうえで、乾式貯蔵建屋へ移送し、貯蔵を再開する。

なお、使用済燃料ピットにおける乾式キャスクの取扱い時には、既存の設備を使用して乾式キャスクを取扱う。



第 2-8 図 乾式キャスク閉じ込め機能異常時の対応フロー

3. 参考文献

- 1) (一社)日本原子力学会, 「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」, (2014).
- 2) International Organization for Standardization, “Safe Transport of Radioactive Materials - Leakage Testing on Packages”, ISO 12807, (1996).
- 3) “METAL SEALS TECHNICAL CATALOG”, Technetics Group. , (2017).
- 4) (一財)電力中央研究所, 平成 21 年度 リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等 報告書 , (2010) .

使用済燃料乾式貯蔵容器の
4つの安全機能について
(臨界防止機能)

<目 次>

1. 要求事項
2. 適合性について
3. 使用する解析コード
4. 参考文献

1. 要求事項

乾式キャスクの臨界防止機能に関する要求事項は、以下のとおりである。

(1) 設置許可基準規則要求事項

① 設置許可基準規則第 16 条第 2 項一号ハ

- ・燃料体等が臨界に達するおそれがないものとする。

② 設置許可基準規則解釈別記 4 第 16 条 1 項

- ・第 16 条第 2 項第 1 号ハに規定する「臨界に達するおそれがない」とは、第 5 項に規定するもののほか、貯蔵事業許可基準規則解釈第 3 条に規定する金属キャスクの設計に関する基準を満たすことをいう。

・貯蔵事業許可基準規則解釈第 3 条第 1 項四号

臨界評価において、以下の事項を含め、未臨界性に有意な影響を与える因子が考慮されていること。

④ 燃焼度クレジット

燃焼度クレジット（臨界評価において、使用済燃料の燃焼に伴う反応度低下を考慮することをいう。）を採用する場合には、以下の事項を含め、適切な安全裕度を有する設計であることが確認されていること。

a) 燃料集合体の燃焼度及び同位体組成並びにそれらの分布の計算精度

b) 貯蔵する燃料集合体の燃焼度等の管理

・貯蔵事業許可基準規則解釈第 3 条第 1 項五号

使用済燃料を金属キャスクに収納するに当たっては、臨界評価で考慮した因子についての条件又は範囲を逸脱しないよう必要な措置が講じられること。

③ 設置許可基準規則解釈別記 4 第 16 条 5 項

- ・ 第 16 条第 2 項第 1 号ハ及び同条第 4 項各号を満たすため、兼用キャスクは、当該兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計とすること。ここで、「兼用キャスクを構成する部材及び使用済燃料の経年変化を考慮した上で、使用済燃料の健全性を確保する設計」とは、以下を満たす設計をいう。
 - ・ 設計貯蔵期間を明確にしていること。
 - ・ 設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境条件下での経年変化を考慮した材料及び構造であること。

(2) 原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド確認事項

「2.安全機能の確保 2.1 臨界防止機能」には、以下のように記載されている。

【審査における確認事項】

『

- (1) 設計上想定される状態において、使用済燃料が臨界に達するおそれがないこと。
- (2) 兼用キャスクの臨界防止機能をバスケットで担保している場合は、設計上想定される状態において、バスケットが臨界防止上有意な変形を起こさないこと。

』

【確認内容】

『

以下を踏まえ臨界防止設計が妥当であること。

1) 配置・形状

兼用キャスクの配置、バスケットの形状、バスケット格子内の使用済燃料集合体の配置等において、適切な安全裕度を

考慮するとともに、設計貯蔵期間を通じてバスケットの構造健全性が維持されること。

兼用キャスクが滑動する可能性がある場合は、滑動等による兼用キャスクの配置の変化に伴う中性子実効増倍率の増加についても適切に考慮すること。

2) 中性子吸収材の効果

中性子吸収材の効果に関して、以下について適切な安全裕度を考慮すること。

- a. 製造公差（濃度、非均質性、寸法等）
- b. 中性子吸収に伴う原子個数密度の減少

3) 減速材（水）の影響

使用済燃料を兼用キャスクに収納する際、当該使用済燃料が冠水することを、設計上適切に考慮すること。

4) 検証され適用性が確認された臨界解析コード及びデータライブラリを使用すること。

5) 設計上、バスケットの塑性変形が想定される場合は、塑性変形したバスケットの形状及び使用済燃料の状態を考慮しても未臨界が維持されること。

』

2. 適合性について

乾式キャスクの臨界防止機能については、以下のとおり審査ガイドの確認内容に適合している。

[確認内容]

1) 配置・形状

兼用キャスクの配置、バスケットの形状、バスケット格子内の使用済燃料集合体の配置等において、適切な安全裕度を考慮するとともに、設計貯蔵期間を通じてバスケットの構造健全性が維持されること。

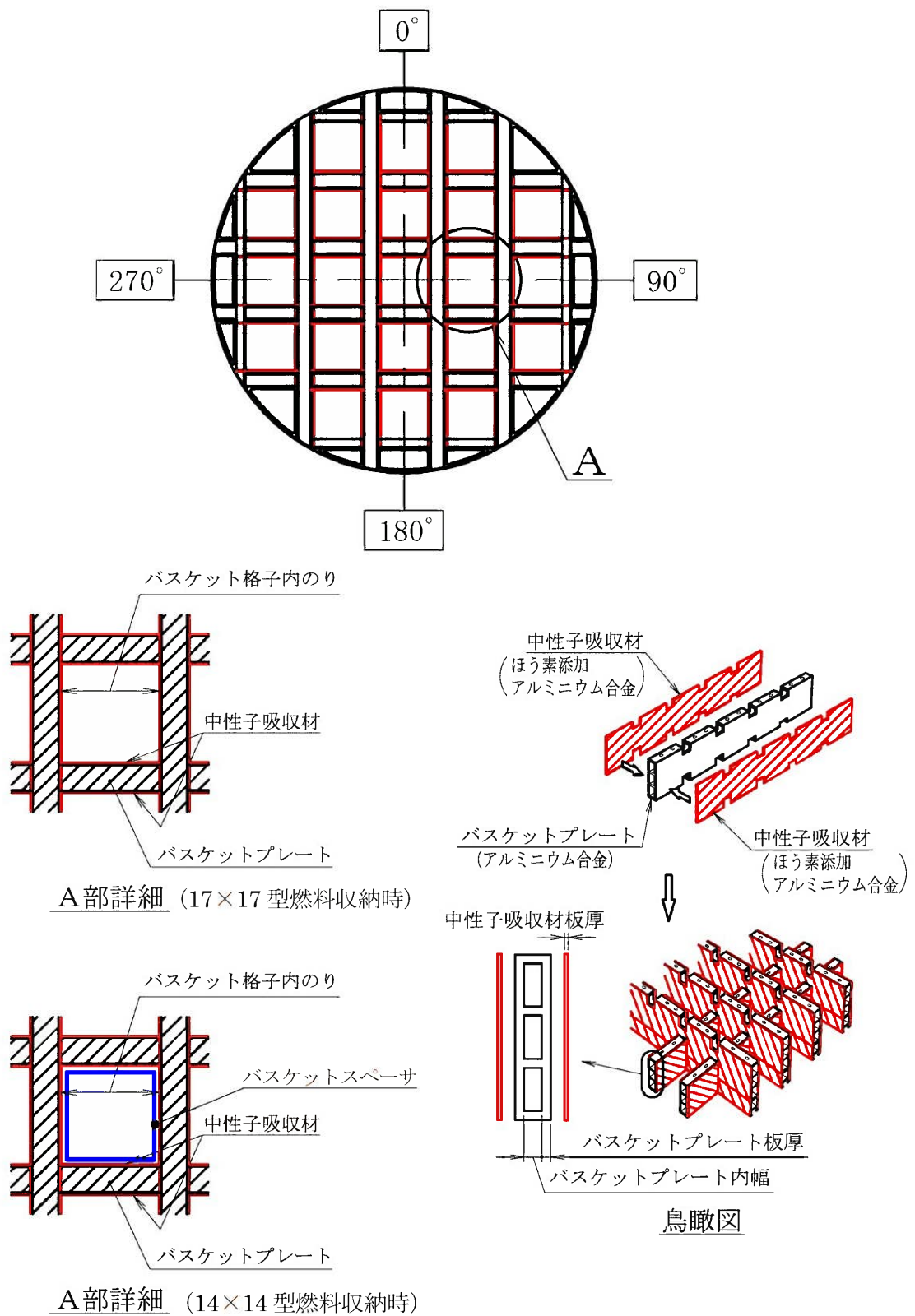
兼用キャスクが滑動する可能性がある場合は、滑動等による兼用キャスクの配置の変化に伴う中性子実効増倍率の増加についても適切に考慮すること。

乾式キャスクの乾式貯蔵施設への搬入から搬出までの乾燥状態、及び乾式キャスク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、臨界を防止する設計とする。

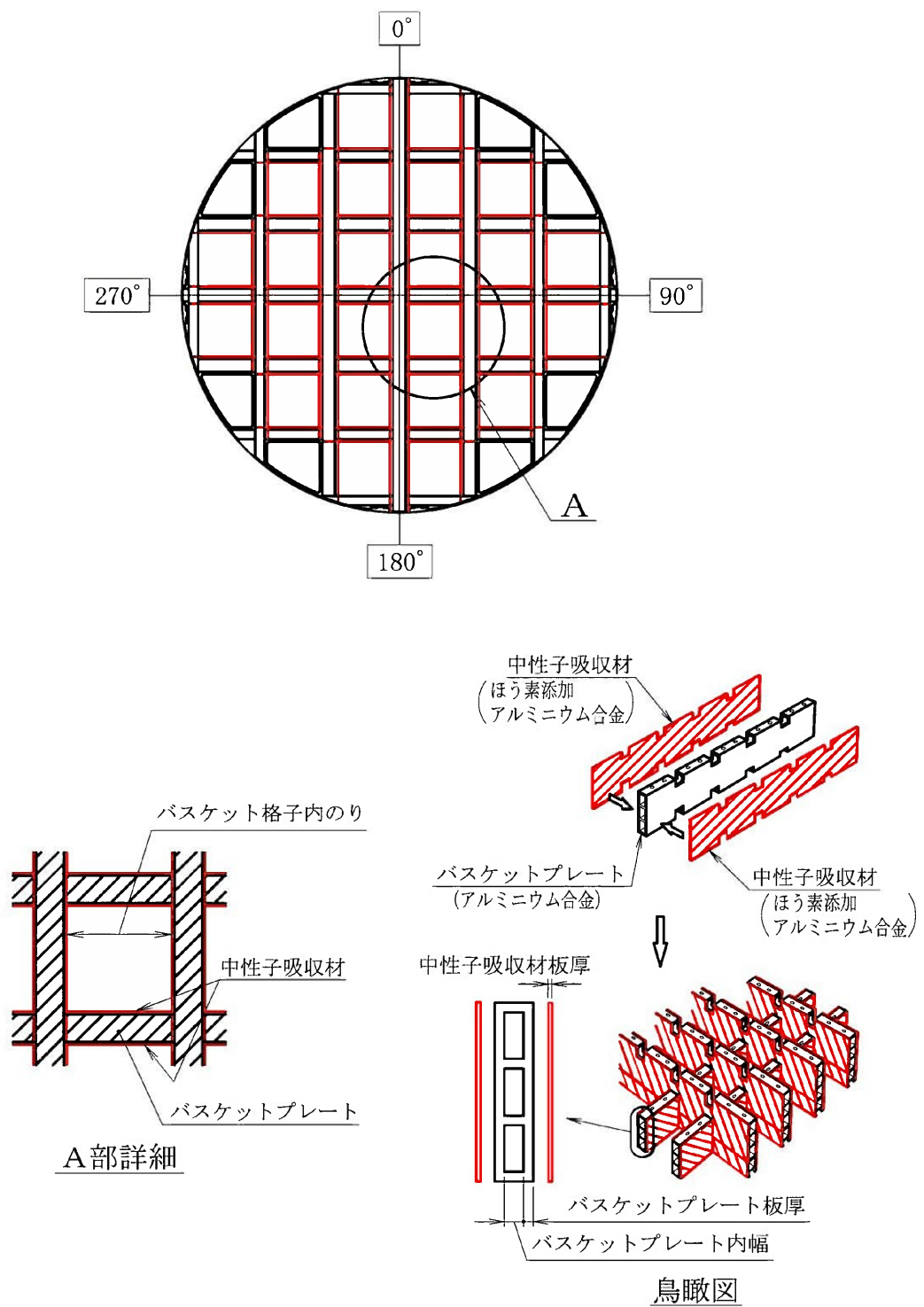
乾式キャスクのバスケットは、断面形状が中空状であるアルミニウム合金製のバスケットプレートで構成された格子構造であり、個々の使用済燃料を乾式キャスク本体内部の所定の位置に収納する。また、バスケットプレートと中性子吸収材を併せて配置することで臨界を防止する構造とする。(第2-1図, 第2-2図参照)

また、設計貯蔵期間を通じてバスケットの構造健全性を維持する設計とする。詳細は6. に示す。

なお、乾式キャスクは床等に固定するため、滑動等しない設計としており、乾式キャスクの配置の変化はない。



第 2-1 図 MSF-21P 型のバスケット構造図



第 2-2 図 MSF-24P 型のバスケット構造図

〔確認内容〕

2) 中性子吸収材の効果

中性子吸収材の効果に関して、以下について適切な安全裕度を考慮すること。

- a. 製造公差（濃度、非均質性、寸法等）
- b. 中性子吸収に伴う原子個数密度の減少

3) 減速材（水）の影響

使用済燃料を兼用キャスクに収納する際、当該使用済燃料が冠水することを、設計上適切に考慮すること。

4) 検証され適用性が確認された臨界解析コード及びデータライブラリを使用すること。

解析条件は第 2-1 表及び第 2-2 表のとおりとする。

乾式キャスクの臨界解析フローを第 2-3 図に示す。

臨界解析では、乾式キャスク及び燃料集合体の実形状を三次元でモデル化し（第 2-4 図～第 2-21 図参照）、解析コードとして SCALE コードシステムを用いる。

なお、乾燥状態での臨界解析に加え、乾式キャスク内は使用済燃料を収納する際の冠水状態を考慮し、水密度範囲 $0.0 \sim 1.0 \text{ g/cm}^3$ で解析した結果（第 2-22 図～第 2-24 図）、実効増倍率は水密度 1.0 g/cm^3 で最も大きくなる。

また、3. の使用済燃料乾式貯蔵容器の収納条件に記載しているとおり、臨界評価では、収納する使用済燃料は濃縮度 $[\]_{\text{wt}\%}$ 及び $[\]_{\text{wt}\%}$ の燃料の濃縮度上限値を用いて臨界評価を実施しており、燃焼度クレジットは採用しない。

本評価においては、以下の点について保守性を有している。

・ 収納制限に対する解析条件の保守性

－ 乾式キャスクに収納する使用済燃料のウラン濃縮度は照射により減損しているが、燃焼度 0GWd/t の減損していない新燃料のウラン濃縮度 $4.1 \pm [\]_{\text{wt}\%}$ 及び $4.8 \pm [\]_{\text{wt}\%}$ を保

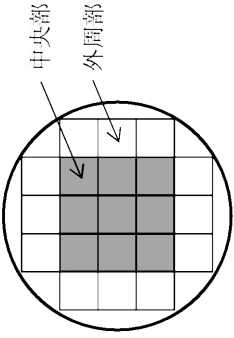
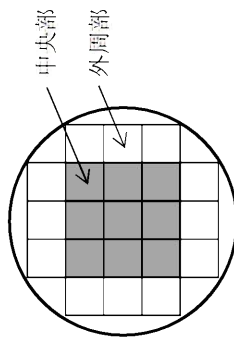
〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません

守的に〔 〕wt%及び〔 〕wt%とする。

- － 収納する使用済燃料には可燃性毒物としてガドリニウムを添加した燃料棒が含まれる場合があるが、中性子吸収効果のあるガドリニウムの存在を無視し、すべて通常のウラン新燃料とする。
- － 使用済燃料とともにバーナブルポイズン集合体を収納する場合もあるが、中性子吸収効果のあるバーナブルポイズン集合体を無視する。
- ・ モデル化の保守性
 - － 乾式キャスクが無限に配列した体系（完全反射）とする。これにより、建屋内の乾式キャスクの配置制限は必要なく、乾式キャスク相互の中性子干渉も包絡する評価となる。
 - － バスケット格子内で使用済燃料が偏ることにより実効増倍率が変化するため、バスケット内の使用済燃料の配置は実効増倍率が最も大きくなる配置とする。
具体的には、乾燥状態では、外周部及び中心部の使用済燃料ともに、中心偏向配置とし、冠水状態で、外周部の使用済燃料は外周、中央部の使用済燃料は中心偏向配置とする。
 - － バスケットプレート、中性子吸収材及びバスケットスペーサは第2.5.2-3表に示す通り、製作公差を考慮し、実効増倍率が最も大きくなる寸法とする。
 - － 中性子吸収材中のほう素の均質性は製造管理により担保し、ほう素添加量は仕様上の下限値とする。
 - － 中性子遮蔽材は無視する。
 - － バスケットプレート及び中性子吸収材は、中性子の吸収が小さくなるように、燃料有効部に相当する部分のみモデル化することとし、それ以外の部分は水または真空に置換する。

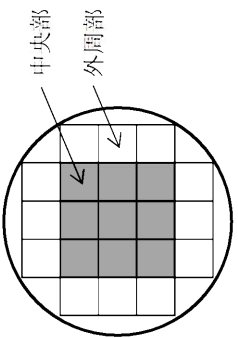
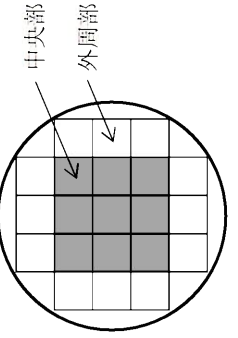
〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません

第2-1表 (1/2) MSF-21P型 乾式キャスク解析条件の概要 (17×17型燃料収納時)

収納物仕様	キャスク収納制限 配置制限		燃料スペック	解析条件	
	中央部	外周部		中央部	外周部
燃料 集合体 1体の 仕様	燃料タイプ	17×17型(A/B型)	17×17型(A/B型)	17×17型(A型)	
	初期ウラン濃縮度 (wt%)	≤4.2	4.1		
	ウラン重量 (kg)				
	最高燃焼度 (GWd/t) (燃料集合体平均)	≤48 ≤44	≤48	0	
	SFPでの冷却期間 (年)	A型: ≥15 B型: ≥20		—	
バーナブル ポイズン	最高燃焼度 (GWd/t)	≤46	—	—	
	SFPでの冷却期間 (年)	A型: ≥15 B型: ≥20	—	—	
キャスク 1基あたり	平均燃焼度 (GWd/t)	≤44	—	0	
配置					

【注】：商業機密に係る事項のため公開できません

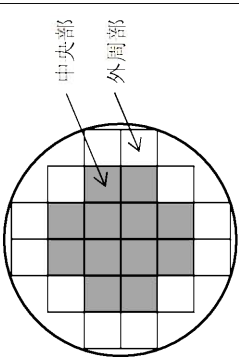

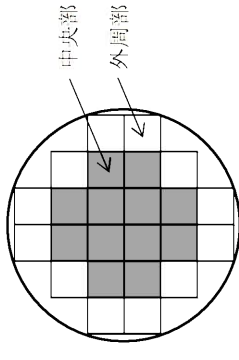
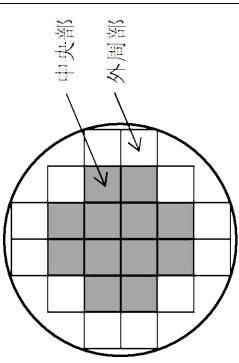
第2-1表 (2/2) MSF-21P型 乾式キャスク解析条件の概要 (14×14型燃料収納時)

収納物仕様	燃料タイプ	キャスク収納制限 配置制限		燃料スペック	解析条件	
		中央部	外周部		中央部	外周部
燃料 集合体 1体の 仕様	燃料濃縮度 (wt%)	14×14型(A/B型) ≤4.9		14×14型(A/B型)	14×14型※1	
	ウラン重量 (kg)	—		4.8	—	
	最高燃焼度 (GWd/t) (燃料集合体平均)	≤55	≤47	—	0	
	SFPでの冷却期間 (年)	≥15		—	—	
	最高燃焼度 (GWd/t)	≤90	—	—	—	
バーナブル ポイズン	SFPでの冷却期間 (年)	≥15	—	—	—	
キャスク 1基あたり	平均燃焼度 (GWd/t)	≤43		—	0	
	配置			—		

※1: 臨界解析において14×14型燃料はA型及びB型で仕様が同じとなるため、解析条件としてA型とB型の区別をしない。

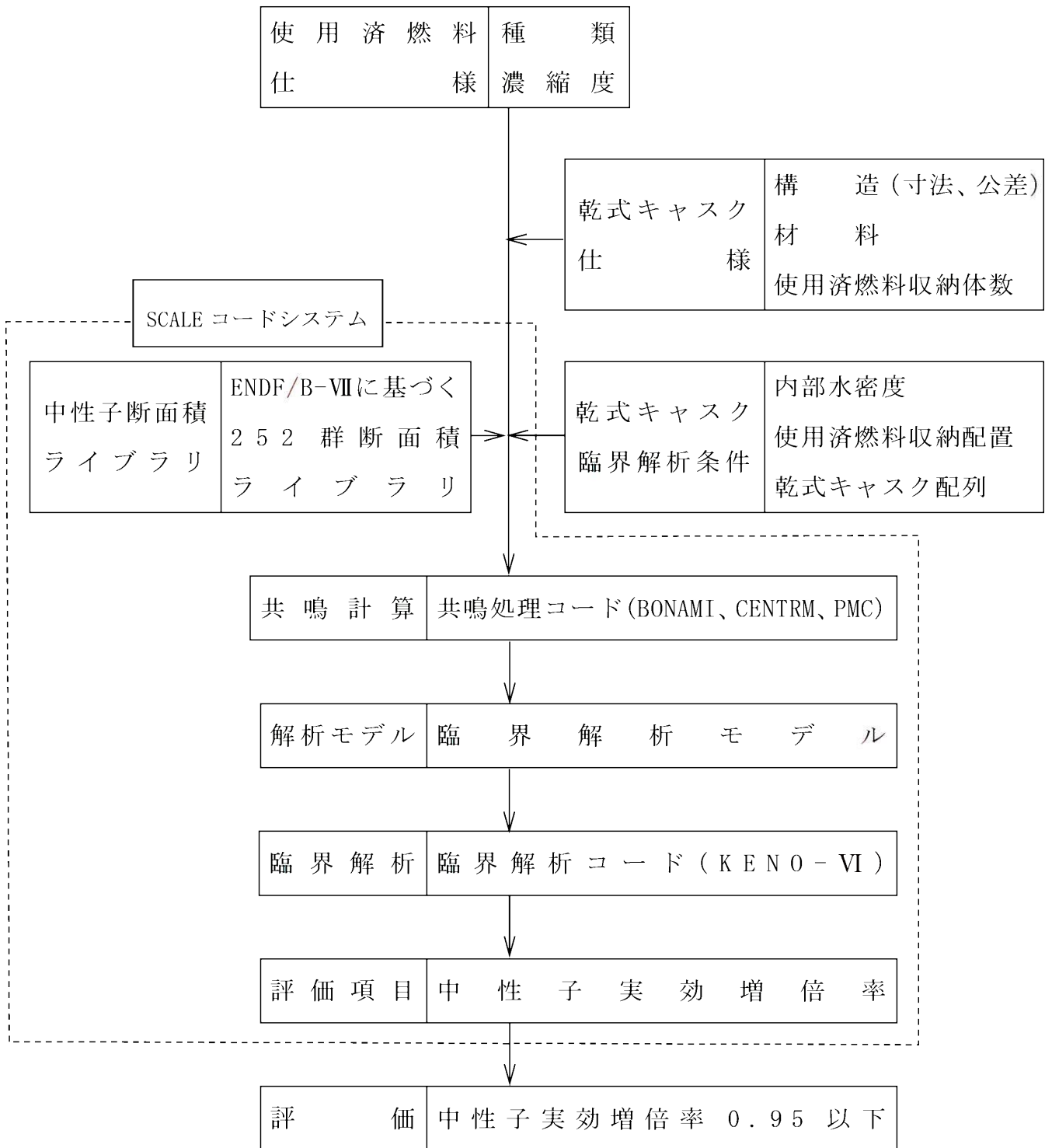
【 】: 商業機密に係る事項のため公開できません

第2-2表 MSF-24P型 乾式キャスタク解析条件の概要

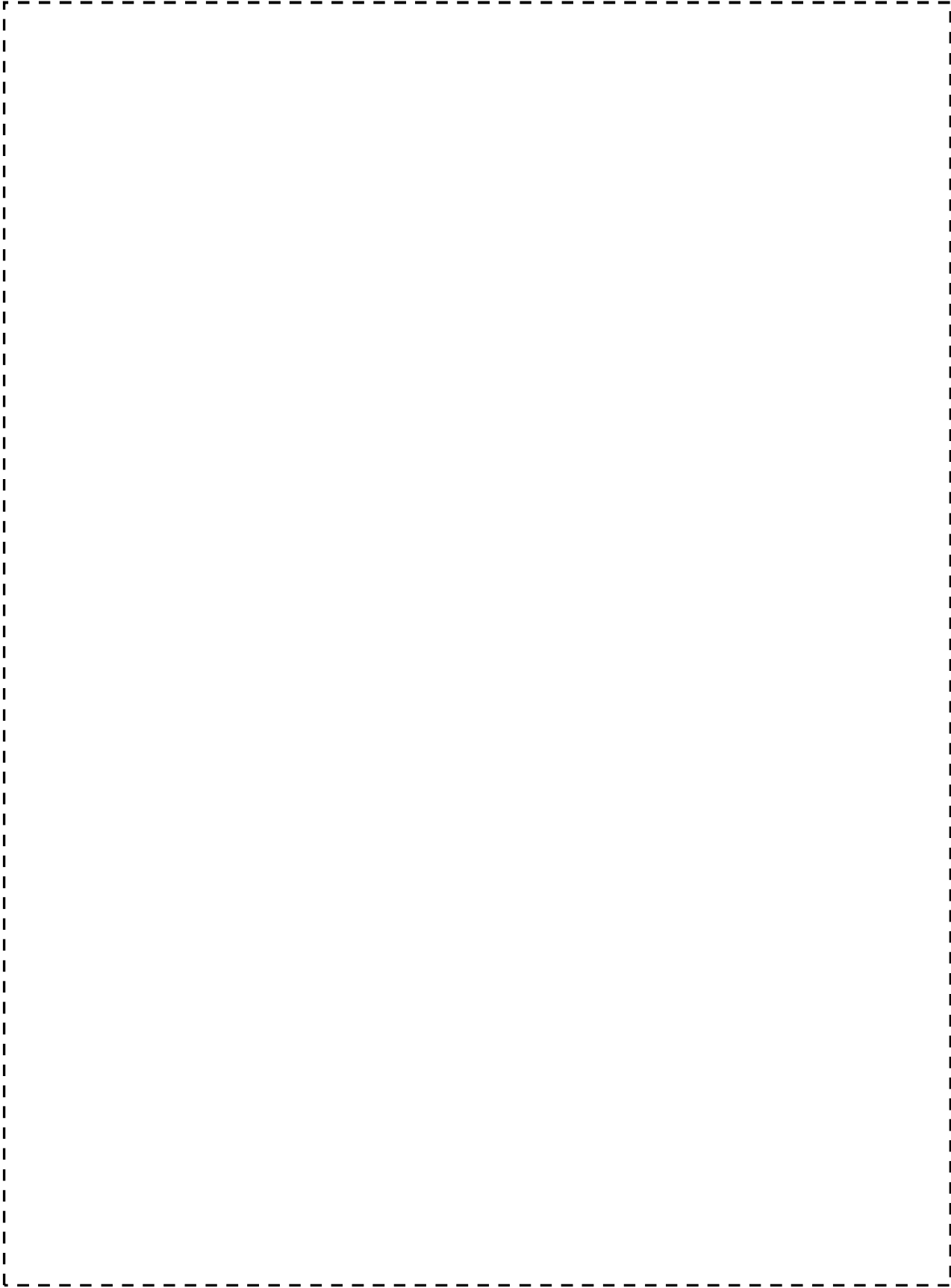
燃料 集合体 1体の 仕様	キャスタク収納制限 配置制限		燃料スペック	解析条件	
	中央部	外周部		中央部	外周部
燃料 集合体 1体の 仕様	燃料タイプ	17×17型(A/B型)	17×17型(A/B型)	17×17型(A型)	
	初期ウラン濃縮度 (wt%)	≤4.2	4.1		
	ウラン重量 (kg)				
	最高燃焼度 (GWd/t) (燃料集合体平均)	≤48	≤44	≤48	
バーナブル ポイズン	SFPでの冷却期間 (年)	A型: ≥15 B型: ≥17	—	—	—
	最高燃焼度 (GWd/t)	≤90	—	—	—
	SFPでの冷却期間 (年)	≥15	—	—	—
キャスタク 1基あたり	平均燃焼度 (GWd/t)	≤44	—	—	0
	配置		—		—

第 2-3 表 乾式キャスク臨界解析モデル寸法条件

	寸法条件		条件設定根拠
	乾燥状態	冠水状態	
バスケットプレート幅 (アルミニウム合金)	最小	最小	・隣接する燃料との距離が短くなるように乾燥状態、冠水状態共に最小としている。
バスケットプレート内幅 (アルミニウム合金)	最大	最小	・乾燥状態ではバスケットプレートでの中性子吸収効果が小さくなるように最大としている(バスケットプレート幅を固定して内幅を最大とすることでバスケットプレート板厚が最小となる)。 ・冠水状態ではバスケットプレート内幅領域での中性子の減速効果を小さくし、中性子吸収材での中性子吸収効果が小さくなるように、バスケットプレート内幅を最小としている。
バスケット格子内のり	最小	最大	・乾燥状態では隣接燃料との距離が短くなるように最小としている。 ・冠水状態では燃料領域での熱中性子が増加するように最大としている。
中性子吸収材板厚 (ほう素添加 アルミニウム合金)	最小	最小	・隣接する燃料との距離が短くなるように乾燥状態、冠水状態共に中性子吸収材板厚を最小としている。なお、中性子吸収材のほう素添加量は板厚に係わらず仕様上の下限值で一定としている。
バスケットスペーサ外寸 (アルミニウム合金)	最小	最大	・乾燥状態では隣接する燃料との距離が短くなるように外寸、板厚ともに最小としている。
バスケットスペーサ板厚 (アルミニウム合金)	最小	最小	・冠水状態では燃料周囲の水の量が多くなるように外寸は最大、板厚は最小としている。



第2-3図 乾式キャスクの臨界解析フロー図



第 2-4 図 臨界解析モデル（縦断面図）
（MSF-21P 型 17×17 型燃料収納時）（冠水状態）

【 〇 】：商業機密に係る事項のため公開できません



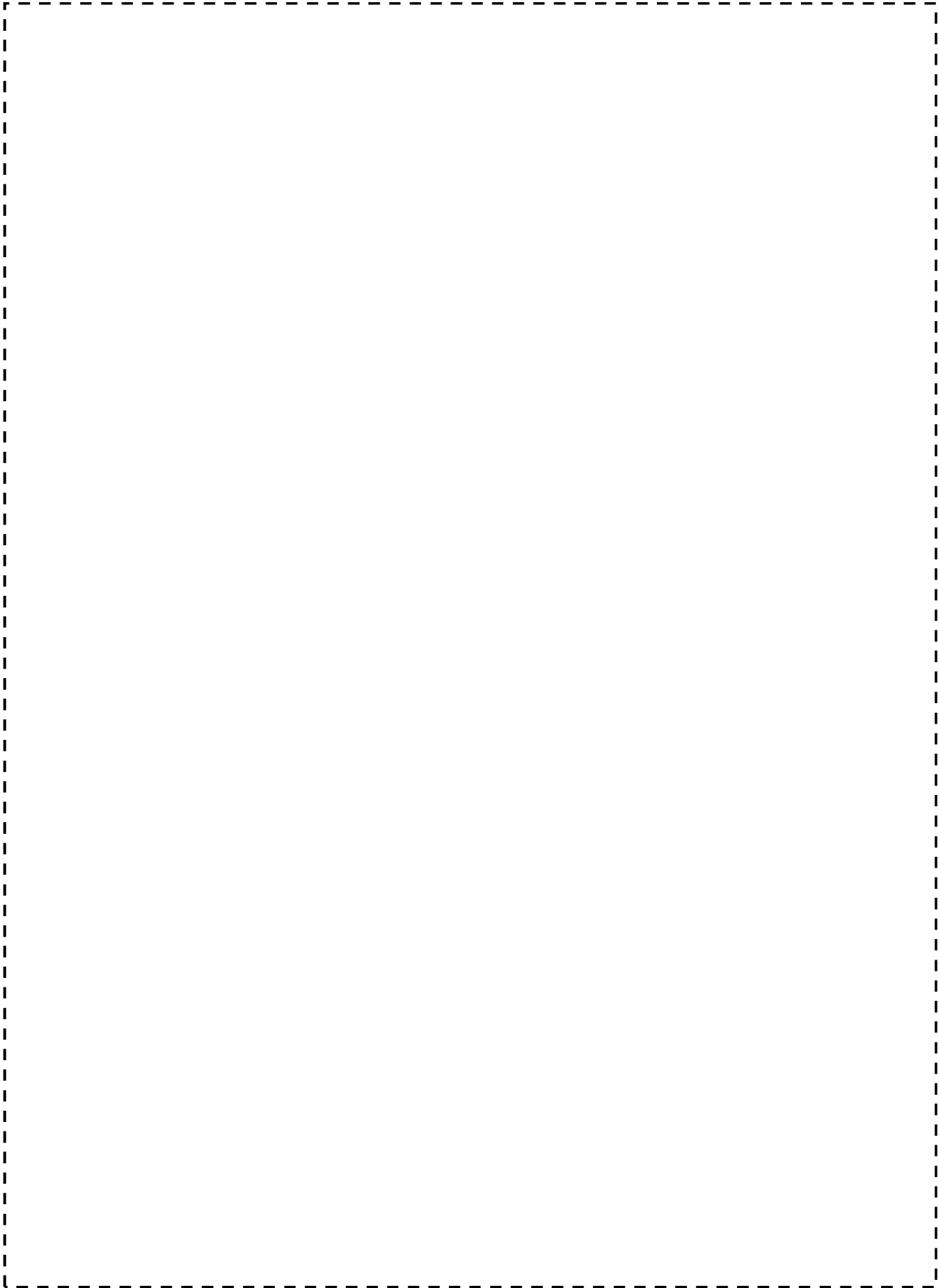
第 2-5 図 臨界解析モデル（燃料領域横断面図）
（MSF-21P 型 17×17 型燃料収納時）（冠水状態）

〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません



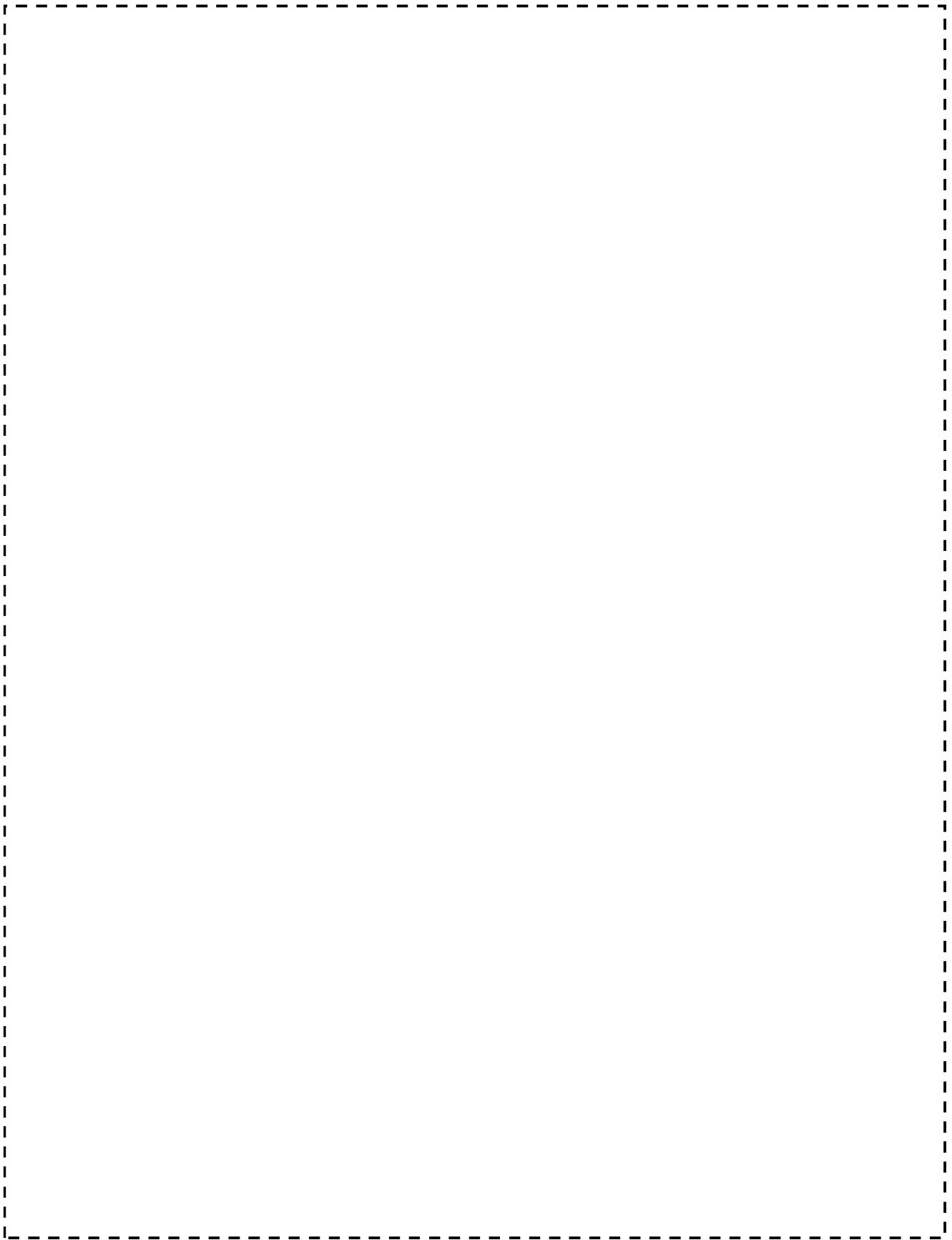
第 2-6 図 臨界解析モデル（燃料領域拡大図）
（MSF-21P 型 17×17 型燃料収納時）（冠水状態）

【 〇 】：商業機密に係る事項のため公開できません



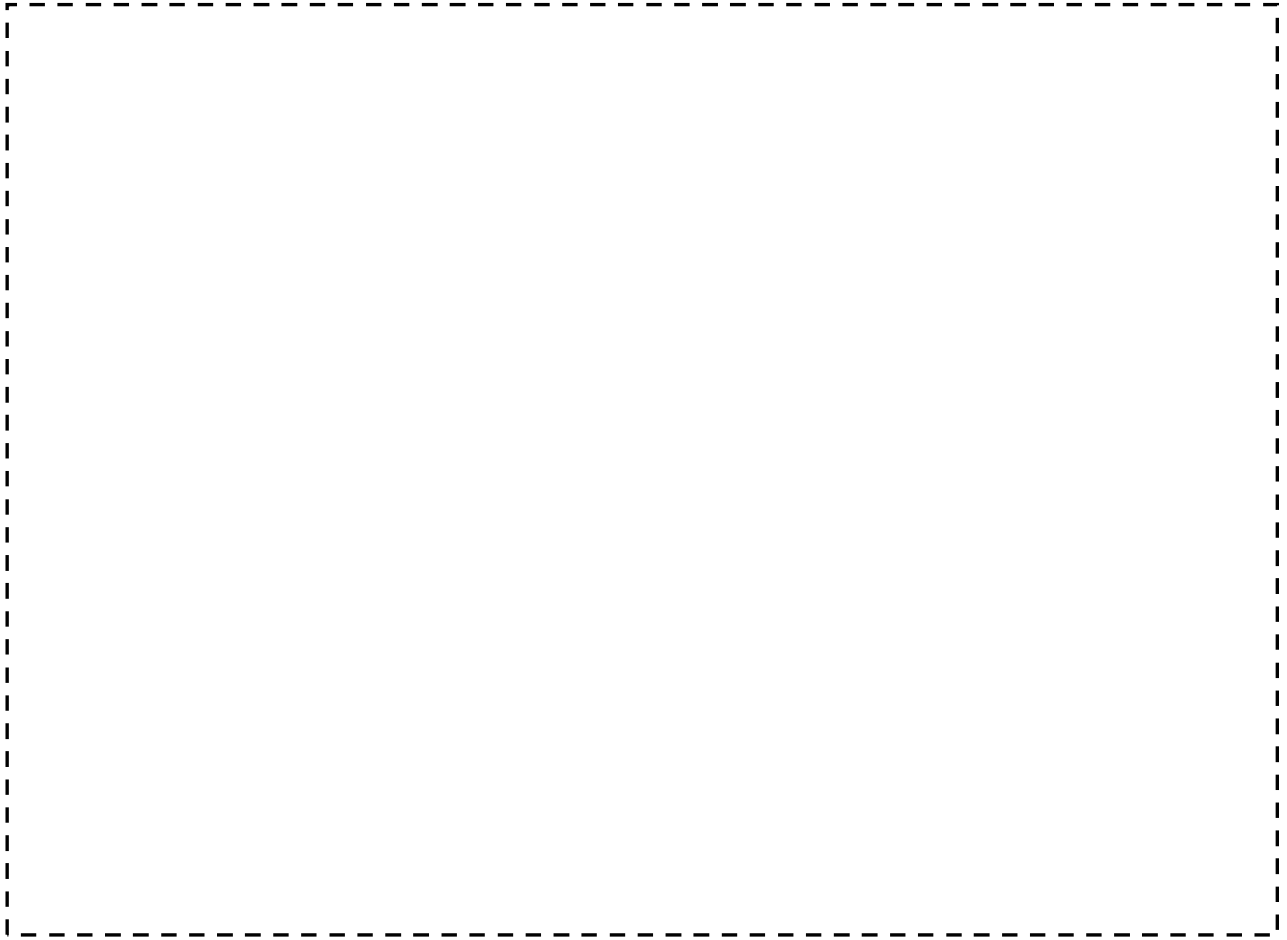
第 2-7 図 臨界解析モデル（縦断面図）
（MSF-21P 型 14×14 型燃料収納時）（冠水状態）

【 〇 】：商業機密に係る事項のため公開できません



第 2-8 図 臨界解析モデル（燃料領域横断面図）
（MSF-21P 型 14×14 型燃料収納時）（冠水状態）

〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません



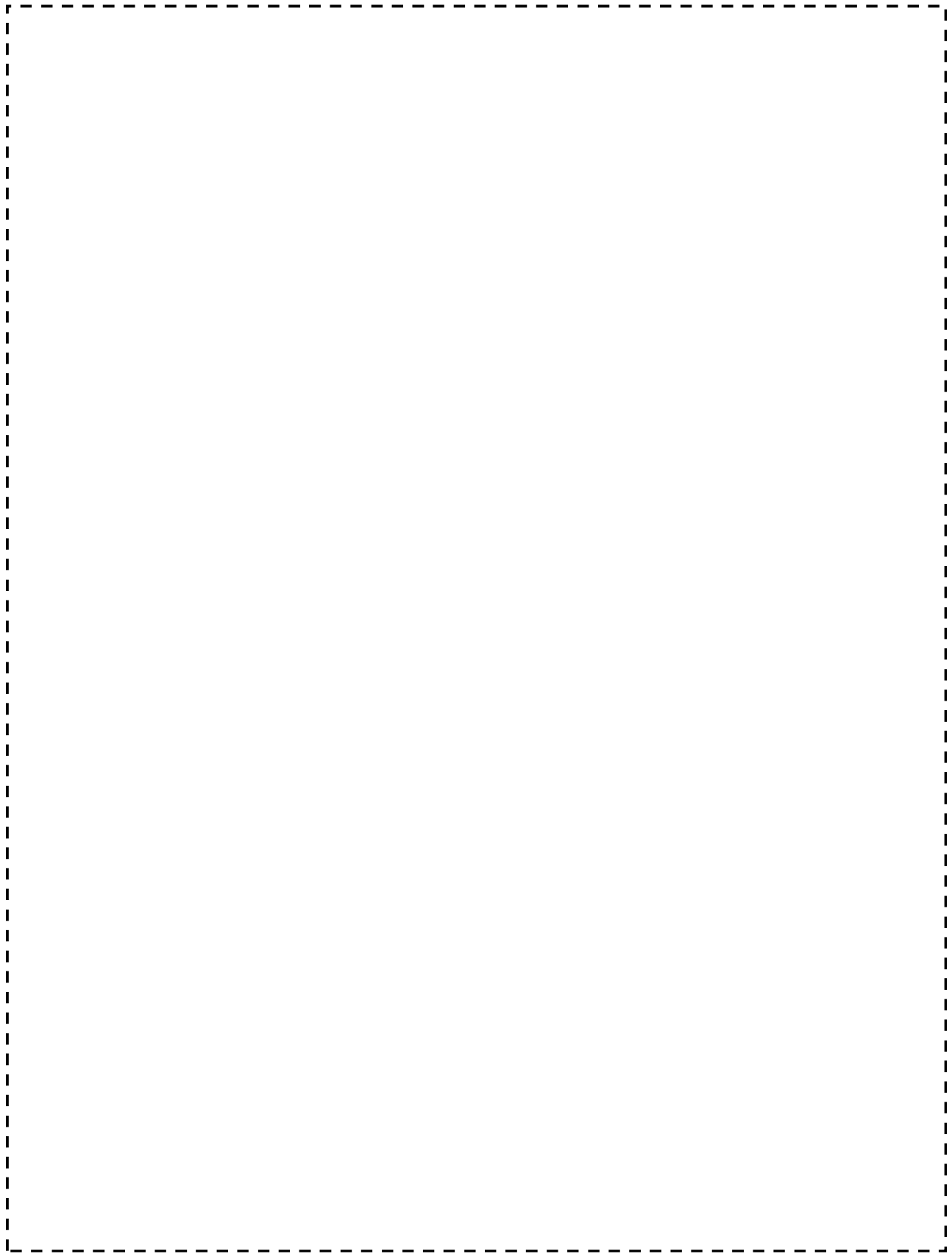
第 2-9 図 臨界解析モデル（燃料領域拡大図）
（MSF-21P 型 14×14 型燃料収納時）（冠水状態）

〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません



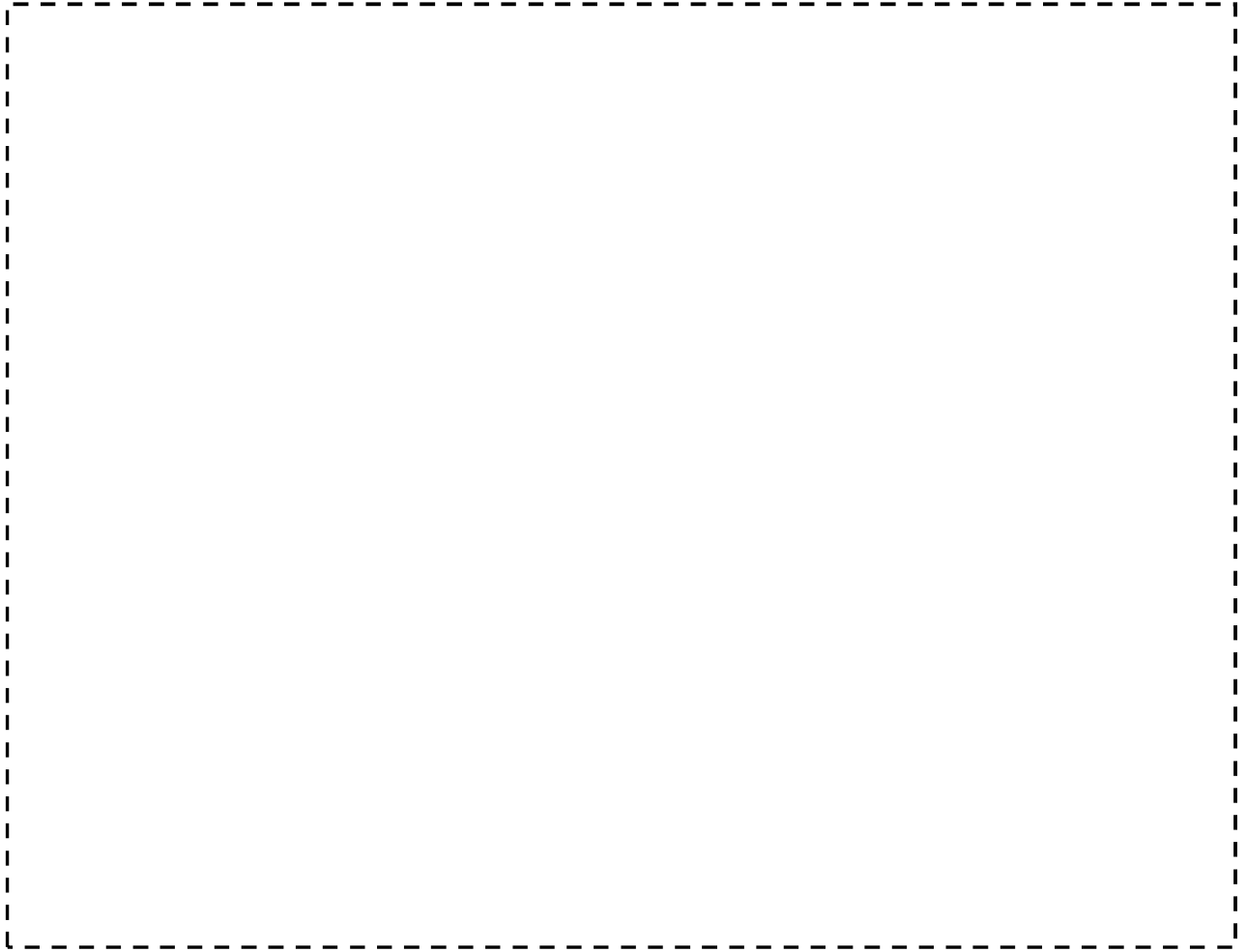
第 2-10 図 臨界解析モデル（縦断面図）（MSF-24P 型）（冠水状態）

【 〇 】：商業機密に係る事項のため公開できません



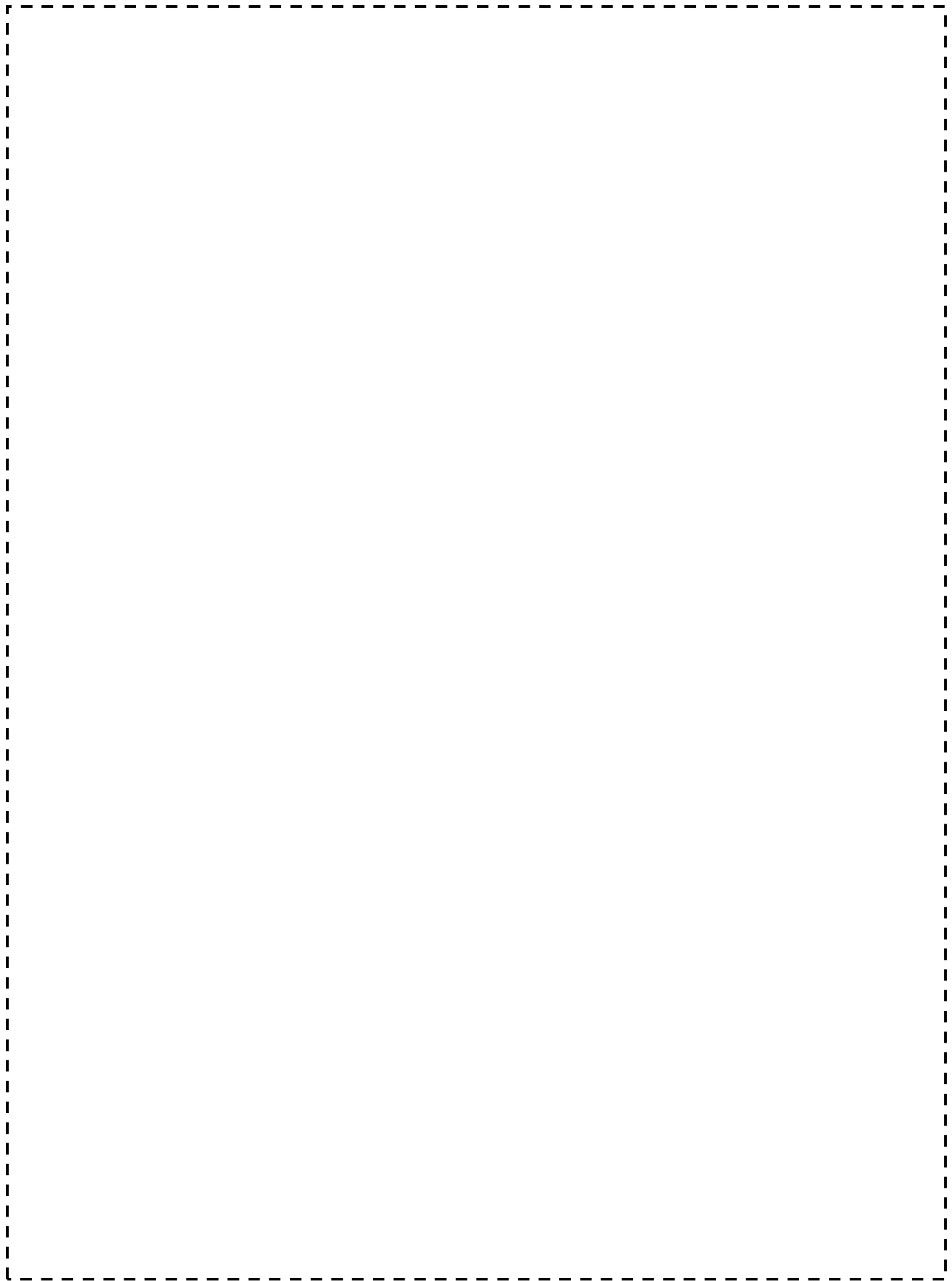
第 2-11 図 臨界解析モデル（燃料領域横断面図）（MSF-24P 型）（冠水状態）

〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません



第 2-12 図 臨界解析モデル（燃料領域拡大図）（MSF-24P 型）（冠水状態）

〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません



第 2-13 図 臨界解析モデル（縦断面図）
（MSF-21P 型 17×17 型燃料収納時）（乾燥状態）

〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません



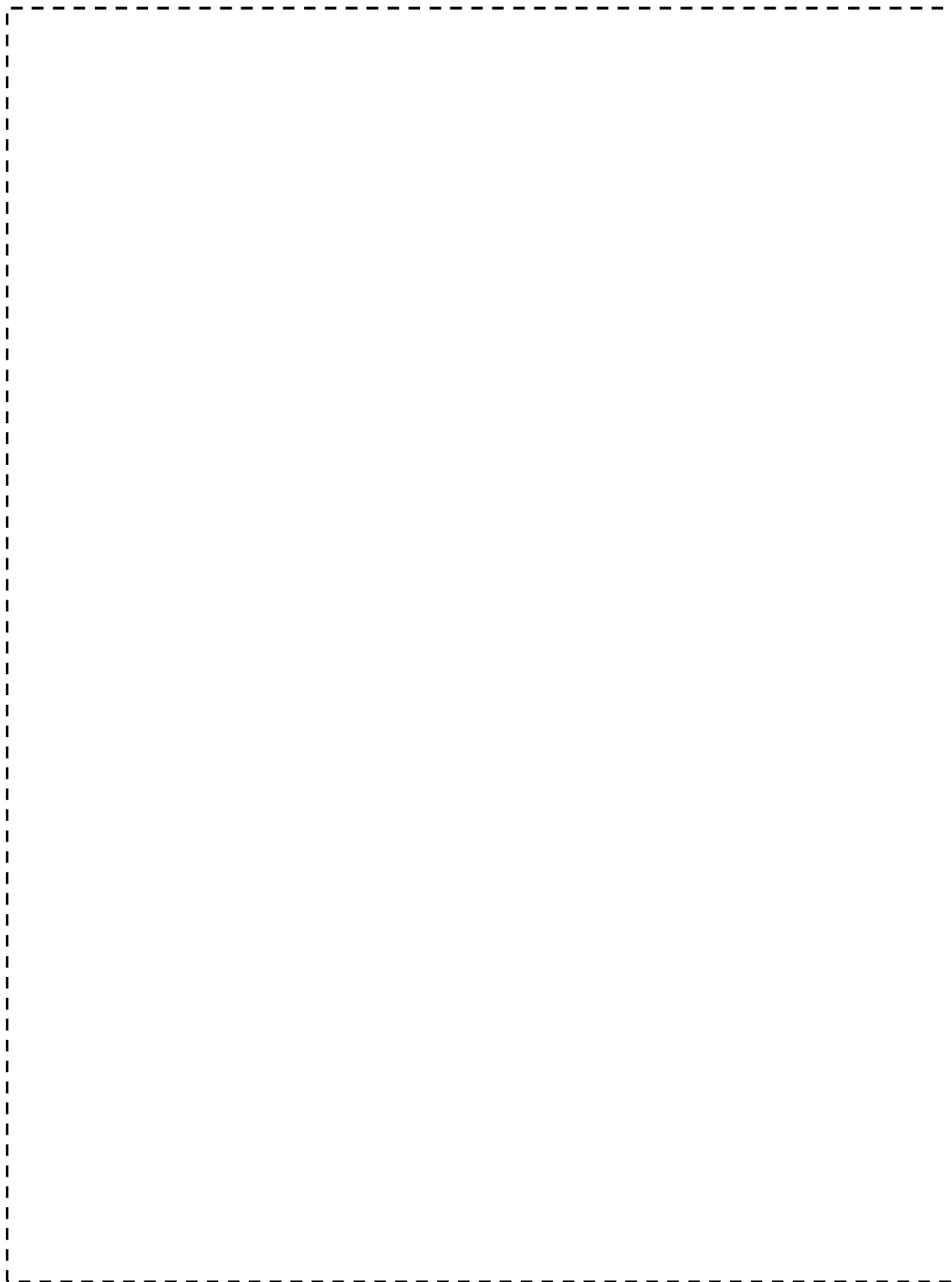
第 2-14 図 臨界解析モデル（燃料領域横断面図）
（MSF-21P 型 17×17 型燃料収納時）（乾燥状態）

〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません



第 2-15 図 臨界解析モデル (燃料領域拡大図)
(MSF-21P 型 17×17 型燃料収納時) (乾燥状態)

〔 〕 : 商業機密に係る事項のため公開できません



第 2-16 図 臨界解析モデル（縦断面図）
（MSF-21P 型 14×14 型燃料収納時）（乾燥状態）

【 〇 】：商業機密に係る事項のため公開できません



第 2-17 図 臨界解析モデル（燃料領域横断面図）
（MSF-21P 型 14×14 型燃料収納時）（乾燥状態）

〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません



第 2-18 図 臨界解析モデル（燃料領域拡大図）
（MSF-21P 型 14×14 型料収納時）（乾燥状態）

〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません



第 2-19 図 臨界解析モデル（縦断面図）（MSF-24P 型）（乾燥状態）

〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません



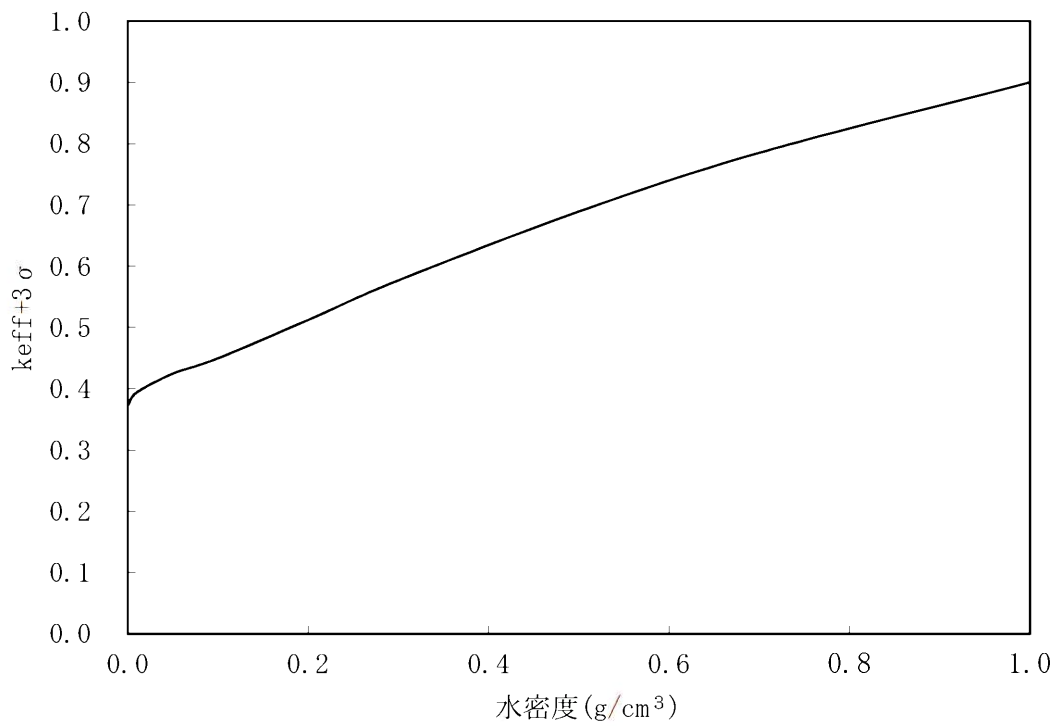
第 2-20 図 臨界解析モデル（燃料領域横断面図）（MSF-24P 型）（乾燥状態）

〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません

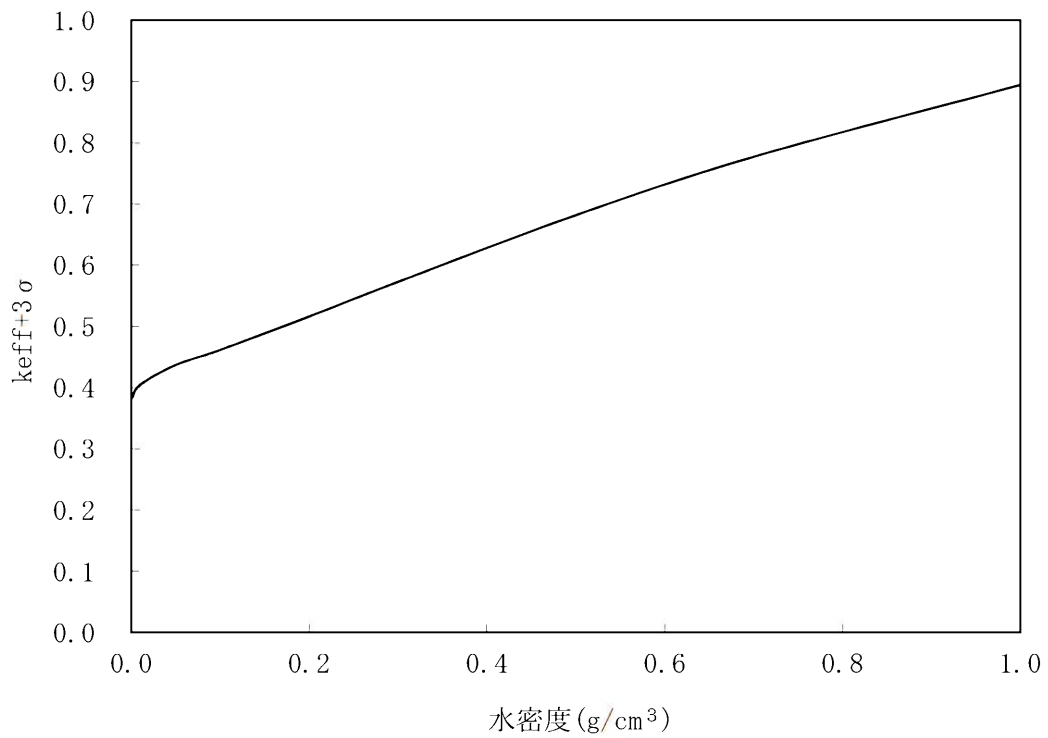


第 2-21 図 臨界解析モデル（燃料領域拡大図）（MSF-24P 型）（乾燥状態）

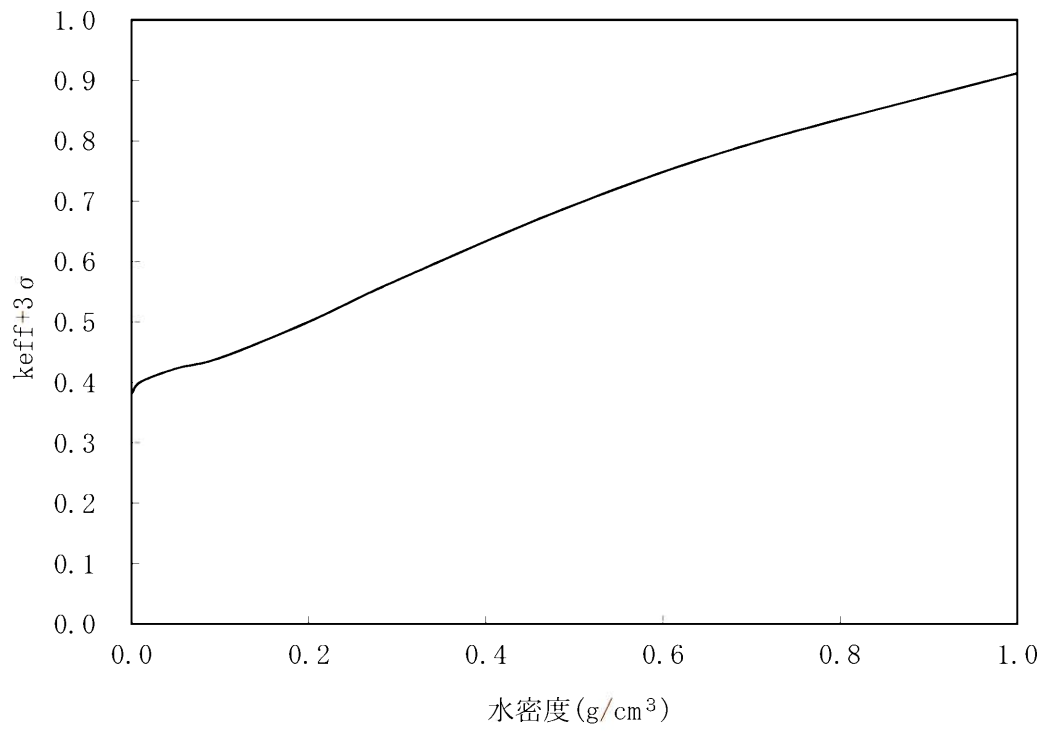
〔 〕：商業機密に係る事項のため公開できません



第 2-22 図 MSF-21P 型内雰囲気による臨界解析結果 (17×17 型燃料収納時)



第 2-23 図 MSF-21P 型内雰囲気による臨界解析結果 (14×14 型燃料収納時)



第 2-24 図 MSF-24P 型内雰囲気による臨界解析結果

技術的に想定されるいかなる場合においても、第 2-4 表に示すとおり、評価基準を満たしている。

評価結果は、MSF-21P 型と MSF-24P 型の乾式キャスクそれぞれを無限に配列した体系（完全反射）で解析した結果であり、MSF-21P 型と MSF-24P 型の乾式キャスクが乾式貯蔵建屋内で混在した場合でも、MSF-24P 型の評価結果に包絡されるため、乾式貯蔵建屋内での乾式キャスクの配置制限は不要である。

第 2-4 表 評価結果

項目	評価結果			評価基準	備考
	MSF-21P 型		MSF-24P 型		
	17×17 型燃料 収納時	14×14 型燃料 収納時			
中性子実効増倍率	冠水状態 0.91 (3σ : 0.00156)	0.89 (3σ : 0.00120)	0.92 (3σ : 0.00135)	0.95 以下 ¹⁾	なお、SCALE コードシステムはモンテカルロ法であり統計誤差を伴うため、本評価結果は解析コードの精度等を考慮して、統計誤差(σ)の3倍(3σ)を加味した値である。
	乾燥状態 0.38 (3σ : 0.00039)	0.39 (3σ : 0.00039)	0.39 (3σ : 0.00039)		

〔確認内容〕

- 5) 設計上、バスケットの塑性変形が想定される場合は、塑性変形したバスケットの形状及び使用済燃料の状態を考慮しても未臨界が維持されること。

7. に示すとおり、乾式キャスク通常貯蔵時において、バスケットの塑性変形が想定されない設計とする。

また、設計上考慮すべき自然現象において、乾式貯蔵建屋等の損壊及び兼用キャスクの転倒が生じない設計とし、バスケットの塑性変形が想定されない設計とする。詳細は設置許可基準第 4 条及び 6 条まとめ資料で説明する。

3. 使用する解析コード

a. 解析コード

乾式キャスクの臨界防止設計に用いる解析コードについて、その機能、計算方法、使用実績及び検証結果について説明する。

(a) SCALE コードシステム

i 概要

臨界解析には、米国のオークリッジ国立研究所（ORNL）で開発された公開の SCALE コードシステム²⁾を用い、実効増倍率の計算には同コードシステムに含まれる KENO-VI コードを用いる。

SCALE コードシステムは、米国 NRC により認証された標準解析コードであり、国内外の臨界解析の分野で幅広く使用されている。

ii 機能

SCALE コードシステムは、臨界解析に際して以下の特徴を有している。

- a) 燃料及び構造材の材質組成と幾何形状を与えることにより、断面積作成から実効増倍率評価まで一連の解析を実行できる。
- b) 三次元輸送計算コードであり、複雑な幾何形状における臨界計算が可能である。

iii 解析フロー

SCALE コードシステムの解析フローを第 2.5.2-25 図に示す。

iv 使用実績及び検証

臨界解析で使用した SCALE コードシステムに対しては、乾式キャスクを模擬した多数の臨界実験のベンチマーク試験解析が実施され、その妥当性が示されている。

文献 3) に示す実験について、収納物である使用済燃料の仕様並びに下記①～⑥の条件を考慮し、ベンチマーク試験解析を実施する臨界実験を選定した。第 2-5 表に示すとおりベン

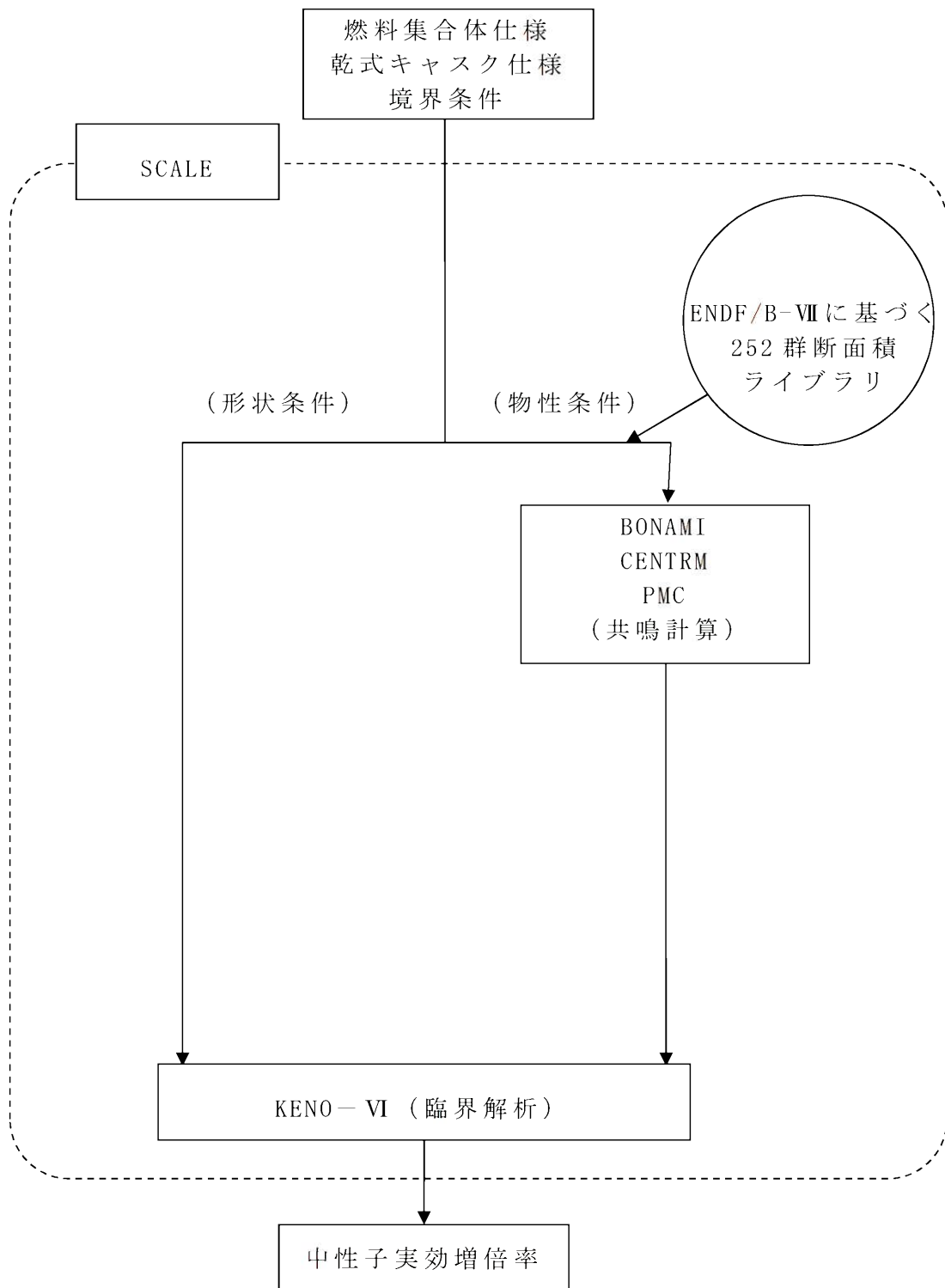
チマーク試験解析は実験を良く再現しており、妥当な結果が得られている。

- ①燃料棒を配列した集合体が水中に単独で存在する場合
- ②複数の集合体が近接して配列する場合
- ③この集合体の配列の間に鋼板、中性子吸収材（ほう素）を含む板が存在する場合
- ④集合体に近接して反射体（鋼板、鉛）を配置した場合
- ⑤水中に中性子吸収材（ほう素）が溶解している場合
- ⑥乾式貯蔵の条件を模擬し、減速材を用いない場合

第 2.5.2-5 表 ベンチマーク試験解析結果

	ケース数	平均値	標準偏差	最大値	最小値
臨界実験 (1)		0.99961	0.00304	1.01172	0.99651
臨界実験 (2)		0.99776	0.00264	1.00055	0.99363
臨界実験 (3)		1.00279	0.00259	1.00452	0.99981
臨界実験 (4)		0.99514	0.00219	0.99895	0.99202
合計		0.99880	0.00332	1.01172	0.99202

□□ : 商業機密に係る事項のため公開できません



第 2.5.2-25 図 SCALE コードシステムの解析フロー図

4. 参考文献

- 1) 日本原子力研究所, 「臨界安全ハンドブック第2版」, JAERI 1340, (1999).
- 2) B. T. Rearden and M. A. Jessee, Eds., “SCALE Code System”, ORNL/TM-2005/39, Version 6.2.1, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee (2016).
- 3) Organisation for Economic Co-operation and Development Nuclear Energy Agency, “International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments”, NEA/NSC/DOC(95)03, (2006).

使用済燃料乾式貯蔵容器の
設計及び評価で引用している
文献の記載内容について
(閉じ込め機能)
(臨界防止機能)

閉じ込め機能

番号	安全審査資料		参考文献		参考文献としての妥当性 (以下の観点から、適用することが妥当であると考えている。)
	記載箇所	記載内容	文献名 (国際規格/研究機関論文等)	文献概要	
1	別添 1 2.適合性について	<16条-別添1(閉じ込め)-8ページ> 乾式キャスク本体内部空間の圧力の算定にあたっては、使用済燃料の破損率として、米国の使用済燃料の乾式貯蔵中における漏えい燃料発生率(約0.01%)、及び日本の軽水炉における漏えい燃料発生率(約0.01%以下)を考慮し、保守的な値として0.1% ¹⁾ を想定する。	(一社)日本原子力学会, 「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」, (2014).	米国の使用済燃料乾式貯蔵中における漏えい燃料発生率(約0.01%)と国内の軽水炉における漏えい燃料発生率(約0.01%)を考慮し、漏えい率を0.1%と想定する。	本文献に示される米国の漏えい燃料発生率は、乾式キャスクと同じ乾式貯蔵での実績、及び乾式貯蔵に比べ厳しい条件下にある軽水炉(国内)における漏えい燃料発生率を考慮した上で保守的に設定しており、参考文献として妥当である。
2	別添 1 2.適合性について a. 基準漏えい率の計算	<16条-別添1(閉じ込め)-9ページ> また、ここで漏えい率 Q は、以下のクヌッセンの式 ²⁾ で求められる。	International Organaization for Standardization, “Safe Transport of Radioactive Materials - Leakage Testing on Packages” , ISO 12807, (1996).	本文献は放射性物質輸送容器の密封機能評価方法(気体の漏えい率から放射性物質の放出率を評価)を示すISO規格である。気体の漏えい率は、リーク孔として円管を仮定し、流路モデルとして粘性流(漏えい率 Q の式の第1項)と分子流(漏えい率 Q の式の第2項)が適用される。	乾式キャスクの蓋間空間にはヘリウムが充填される。本文献に示されるクヌッセンの式は、乾式キャスクの蓋シール部の気体の漏えい状態として想定される流れの状態(粘性流、分子流)が考慮されている。また、クヌッセンの式を用いた漏えい評価は乾式キャスクの閉じ込め機能評価に多くの実績を有しており、妥当である。
3	別添 1 2.適合性について 第2-1表 閉じ込め評価条件及び評価結果	<16条-別添1(閉じ込め)-14ページ> 金属ガスケットの漏えい率 ^{3),4)} 1×10 ⁻⁸ Pa・m ³ /s以下	“METAL SEALS TECHNICAL CATALOG”, Technetics Group. , (2017).	金属ガスケットのシール性能(カタログ値)は、ヘリウムガスを用いた場合、1×10 ⁻¹² Pa・m ³ /s程度を達成可能である。	本文献は、MSF-24P型及びMSF-32P型に用いる金属ガスケットのメーカーカタログであり、参考文献として妥当である。 なお、参考文献4の電中研報告を考慮し、メーカーカタログ値(1×10 ⁻¹² Pa・m ³ /s)から保守的に金属ガスケットの性能を1×10 ⁻⁸ Pa・m ³ /sと設定している。
4	別添 1 2.適合性について 第2-1表 閉じ込め評価条件及び評価結果	<16条-別添1(閉じ込め)-14,15ページ> ・金属ガスケットの漏えい率 ^{3),4)} 1×10 ⁻⁸ Pa・m ³ /s以下 ・平成21年度の(一財)電力中央研究所研究において、金属ガスケットの長期密封機能について試験を実施し、試験と解析で得られた乾式キャスクの温度と時間をラーソン・ミラー・パラメータ(以下「LMP」という。)により長期密封性能について検討を行っている ⁴⁾ 。第2-6図は当該試験結果の二次蓋ガスケット温度から得られたLMPを示しており、LMPが7942以下であれば密封性は健全であることが示されている。また、第2-7図には、LMP=7942となる場合の、蓋初期温度と評価年数の関係が示されており、評価年数(貯蔵期間)を60年とすると、その期間健全性を担保するためには、初期温度を134℃以下にすればよいことが示されている ⁴⁾ 。	(一財)電力中央研究所, 平成21年度リサイクル燃料資源貯蔵技術調査等報告書, (2010)	・金属ガスケット(外被材:アルミニウム、内被材及びコイルスプリング:ニッケル基合金)の性能について、ガスケット部の温度を約130℃から140℃の範囲で一定とし、定期的に密封性能を測定した結果、試験開始から19年以上が経過(ラーソン・ミラー・パラメータ(LMP)=7942)しても密封部の漏えい率の変化はなく、良好な密封性能を保持していることが確認された。 ・本試験結果ではLMP=7942まで健全性が示されており、貯蔵期間を60年とした場合にLMP=7942となる金属ガスケットの初期温度は134℃となり、この温度以下にすれば密封性能が維持される。	本文献での試験は、乾式キャスクで使用する金属ガスケットと同じ材料で行われている。また、金属ガスケット断面外径(φ6.1mm)は、乾式キャスクの一次蓋及び二次蓋のガスケット断面外径(φ10mm)よりも小さい。さらに、試験におけるガスケット部の温度(約130℃~140℃)は、乾式キャスクの貯蔵時の熱解析結果で得られた金属ガスケット部温度(約110℃)より高い。したがって、一次蓋及び二次蓋用金属ガスケットにおいて、乾式キャスク貯蔵時の環境に比べて、一次蓋及び二次蓋用金属ガスケットに対してより厳しい条件下で得られた結果である。以上より、参考文献として妥当である。 なお、電中研試験結果を踏まえ、金属ガスケットの性能としては、参考文献3のカタログ値より保守的な1×10 ⁻⁸ Pa・m ³ /sと設定している。

臨界防止機能

番号	安全審査資料		参考文献		参考文献としての妥当性 (以下の観点から、適用することが妥当である と考えている。)
	記載箇所	記載内容	文献名 (国際規格/研究機関論文等)	文献概要	
1	別添 2 2.適合性について 第 2-4 表 評価結果	<16 条 - 別添 2(臨界防止) - 34 ページ> 評価基準 0.95 以下 ¹⁾	「臨界安全ハンドブック第 2 版」,日本原子力研究所 JAERI 1340, (1999)	十分に検証されたコードシステムを用いる場合には、そのコードシステムによって算出された中性子増倍率 k_{eff} が次式を満足することにより未臨界であると判定できると記載されている。 $k_{eff} \leq 0.95$	臨界防止設計における未臨界判定基準の考え方及びその判定基準が記載されており、参考文献として妥当である。
2	別添 2 3.使用する解析コード a.解析コード (a)SCALE コードシステム	<16 条 - 別添 2(臨界防止) - 35 ページ> i 概要 臨界解析には、米国のオークリッジ国立研究所 (ORNL) で開発された公開の SCALE コードシステム ⁱⁱ を用い、実効増倍率の計算には同コードシステムに含まれる KENO-VIコードを用いる。	SCALE Code System, ORNL/TM-2005/39 Version 6.2.1 , (2016).	－ (使用マニュアルのため、省略)	－ (使用マニュアルのため、省略)
3	別添 2 3.使用する解析コード a.解析コード (a)SCALE コードシステム	<16 条 - 別添 2(臨界防止) - 35 ページ> iv 使用実績及び検証 臨界解析で使用した SCALE コードシステムに対しては、乾式キャスクを模擬した多数の臨界実験のベンチマーク試験解析が実施され、その妥当性が示されている。 文献 2)に示す実験について、収納物である使用済燃料の仕様並びに下記①～⑥の条件を考慮し、ベンチマーク試験解析を実施する臨界実験を選定した。第 2-5 表に示すとおりベンチマーク試験解析は実験を良く再現しており、妥当な結果が得られている。 ①燃料棒を配列した集合体が水中に単独で存在する場合 ②複数の集合体が近接して配列する場合 ③この集合体の配列の間に鋼板、中性子吸収材 (ほう素) を含む板が存在する場合 ④集合体に近接して反射体 (鋼板、鉛) を配置した場合 ⑤水中に中性子吸収材 (ほう素) が溶解している場合 ⑥乾式貯蔵の条件を模擬し、減速材を用いない場合	International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments, NEA/NSC/DOC(95)03, (2006)	OECD/NEA にて評価・収集された臨界実験に関わる国際ベンチマークデータベース (International Handbook of Evaluated Criticality Safety Benchmark Experiments, NEA/NSC/DOC(95)03 (2006)) は、下記①～⑥の条件を満たす臨界実験が記載されている。 ①燃料棒を配列した集合体が水中に単独で存在する場合 ②複数の集合体が近接して配列する場合 ③この集合体の配列の間に鋼板、中性子吸収材 (ほう素) を含む板が存在する場合 ④集合体に近接して反射体 (鋼板、鉛) を配置した場合 ⑤水中に中性子吸収材 (ほう素) が溶解している場合 ⑥乾式貯蔵の条件を模擬し、減速材を用いない場合	本解析に使用する SCALE コードシステム (KENO-VIを含む) が妥当な結果を与えることを確認するためのベンチマーク試験解析に適した臨界実験が記載されており、参考文献として妥当である。