

【公開版】

提出年月日	令和元年 11 月 21 日	R O
日本原燃株式会社		

M O X 燃 料 加 工 施 設 に お け る  
新 規 制 基 準 に 対 す る 適 合 性

安全審査 整理資料

第 2 条：核燃料物質の臨界防止

## 目 次

### 1 章 基準適合性

#### 1. 基本方針

##### 1. 1 要求事項の整理

##### 1. 2 要求事項に対する適合性

##### 1. 3 規則への適合性

#### 2. 核燃料物質の臨界防止に係る設計方針

##### 2. 1 臨界安全設計

### 2 章 補足説明資料

令和元年 11 月 21 日 R O

## 1 章 基準適合性

## 1. 基本方針

### 1. 1 要求事項の整理

核燃料物質の臨界防止に係る記載について、事業許可基準規則とウラン・プルトニウム混合酸化物燃料加工施設安全審査指針（以下、MOX指針という。）の比較並びに当該指針を踏まえた、これまでの許認可実績により、事業許可基準規則第2条において追加された又は明確化された要求事項を整理する。（第1表）

【補足説明資料1－1】

第1表 事業許可基準規則第2条とMOX指針 比較表 (1 / 7)

事業許可基準規則 第2条 (核燃料物質の臨界防止)	MOX指針	備考
<p>(核燃料物質の臨界防止)</p> <p>第二条 安全機能を有する施設は、核燃料物質が臨界に達するおそれがないようにするため、核的に安全な形状寸法にすることその他の適切な措置を講じたものでなければならない。</p> <p>(解釈)</p> <p>1 第1項に規定する「核燃料物質が臨界に達する」とは、通常時に予想される機械若しくは器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作を想定した場合に、核燃料物質が臨界に達することをいう。</p>	<p>(MOX指針)</p> <p>指針10 単一ユニットの臨界安全</p> <p>MOX燃料加工施設は主要な工程が乾式であることを考慮し、核燃料物質を収納する設備・機器及びこれらを収納するグローブボックスを単一ユニットとして扱うものについては、技術的にみて想定されるいかなる場合でも、形状寸法、質量、減速材、同位体組成、プルトニウム富化度等の制限及び中性子吸収材の使用等並びにこれらの組合せによって核的に制限することにより臨界を防止する対策が講じられていること。</p> <p>(MOX指針 解説)</p> <p>指針10. 単一ユニットの臨界安全</p> <p>5. 「起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないものであること」とは、いわゆる二重偶発性の原理を示したものである。すなわち、工程/設備の臨界管理を行う上で、第1の管理項目が何らかの異常で逸脱した場合においても、第2の障壁により臨界となる事態を未然に防止する設計/管理がなされていることである。原子炉施設で言うところの単一故障の考え方に似ているが、単一故障が機器の有する機能の喪失を対象とするのに対し、二重偶発性の原理はそれに限定されず人の誤操作も含めた異常を対象とする点で異なる。但し、単一の異常(事象)で事故には達しないとの要求は同じである。</p>	<p>変更なし</p>

第1表 事業許可基準規則第2条とMOX指針 比較表 (2/7)

事業許可基準規則 第2条 (核燃料物質の臨界防止)	MOX指針	備考
<p>(解釈) 2 第1項に規定する「核的に安全な形状寸法にすることその他の適切な措置」とは、核燃料物質の取扱い上の一つの単位 (以下「単一ユニット」という。) について、以下の各号に掲げる措置又はこれらと同等以上の措置をいう。</p>	<p>(MOX指針) 指針10. 単一ユニットの臨界安全 MOX燃料加工施設は主要な工程が乾式であることを考慮し、核燃料物質を収納する設備・機器及びこれらを収納するグローブボックスを単一ユニットとして扱うものについては、技術的にみて想定されるいかなる場合でも、形状寸法、質量、減速材、同位体組成、プルトニウム富化度等の制限及び中性子吸収材の使用等並びにこれらの組合せによって核的に制限することにより臨界を防止する対策が講じられていること。</p>	<p>前記のとおり</p>
<p>(解釈) 一 核燃料物質を収納する、単一ユニットとしての設備・機器のうち、その形状寸法を制限し得るものについては、その形状寸法について適切な核的制限値 (臨界管理を行う体系の未臨界確保のために設定する値をいう。この値は、具体的な機器の設計及び運転条件の妥当性の判断を容易かつ確実にを行うために設定する計量可能な値であり、この値を超えた機器の製作及び通常時における運転条件の設定は許容されない。) が設けられていること。この場合、溶液状の核燃料物質を取り扱う設備・機器については、全ての濃度において臨界安全を維持できる形状とすることを基本とすること。ただし、少量の溶液の化学分析に用いられる市販の分析機器、ピーカー等のように最小臨界質量以下の核燃料物質を取り扱うものは含まれない。</p>	<p>(MOX指針) 指針10. 単一ユニットの臨界安全 (1) 核燃料物質を収納する、単一ユニットとしての設備・機器のうち、その形状寸法を制限し得るものについては、その形状寸法について核的に安全な制限値が設定されていること。この場合、溶液状の核燃料物質を取り扱う設備・機器については、全濃度安全形状を基本とする。</p> <p>(MOX指針 解説) 指針10. 単一ユニットの臨界安全 1. 「核的制限値」とは、臨界管理を行う体系の未臨界確保のために設定する値である。この値は、具体的な設備・機器の設計及び運転条件の妥当性の判断を容易かつ確実にを行うために設定する計量可能な値であり、この値を超えた設備・機器の製作並びに平常時における運転条件の設定は許容されない。 2. 「単一ユニットとしての設備・機器」とは、主としてグローブボックスに収納されていない設備・機器をいい、そのうち「形状寸法を制限し得るもの」とは、例えば、原料粉末の貯蔵容器をいう。 3. 「溶液状の核燃料物質を取り扱う設備・機器については、全濃度安全形状を基本とする」とは、臨界質量以上の溶液を取り扱う槽類等について全濃度安全形状を求めるものである。少量の溶液の化学分析に用いられる市販の分析機器、ピーカー等のように最小臨界質量以下の核燃料物質を取り扱うものはこの限りではない。</p>	

第1表 事業許可基準規則第2条とMOX指針 比較表 (3/7)

事業許可基準規則 第2条 (核燃料物質の臨界防止)	MOX指針	備考
<p>(解釈) 二 上記一の形状寸法管理が困難な設備・機器及び単一ユニットとしてのグローブボックスについては、取り扱う核燃料物質自体の質量、プルトニウム富化度、溶液中の濃度等について適切な核的制限値が設けられていること。この場合、誤操作等を考慮しても工程内の核燃料物質が上記の制限値を超えないよう臨界安全が確保され、十分な対策が講じられていること。上記の「十分な対策」とは、質量制限管理を徹底するため、信頼性の高いインターロックにより質量制限値以下であることが確認されなければ次の工程に進めないようにする措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を行うことをいう。</p>	<p>(MOX指針) 指針10. 単一ユニットの臨界安全 (2) 上記(1)が困難な設備・機器及び単一ユニットとしてのグローブボックスについては、取扱う核燃料物質自体の質量、プルトニウム富化度等について核的に安全な制限値が設定されていること。この場合、誤操作等を考慮しても臨界安全が確保されるよう、十分な対策が講じられていること。  (MOX指針 解説) 指針10. 単一ユニットの臨界安全 4. 「臨界安全が確保されるよう、十分な対策」とは、例えば、質量制限管理を徹底するため、信頼性の高いインターロックにより質量制限値以下であることが確認されなければ次の単一ユニットや工程に進めないようにすることである。</p>	<p>前記のとおり</p>
<p>(解釈) 三 核燃料物質の収納を考慮していない設備・機器のうち、核燃料物質が入るおそれのある設備・機器についても上記一及び二に規定する条件が満たされていること。</p>	<p>(MOX指針) 指針10. 単一ユニットの臨界安全 (3) 核燃料物質の収納を考慮していない設備・機器のうち、核燃料物質が入るおそれのある設備・機器についても上記(1)(2)に規定する条件が満たされていること。</p>	

第1表 事業許可基準規則第2条とMOX指針 比較表 (4/7)

事業許可基準規則 第2条 (核燃料物質の臨界防止)	MOX指針	備考
<p>(解釈) 四 核的制限値を設定するに当たっては、取り扱われるウランの化学的組成、ウラン酸化物とプルトニウム酸化物を混ぜ合わせた混合酸化物 (以下「MOX」という。) 中のプルトニウム富化度及び同位体組成、密度、幾何学的形状及び減速条件、並びに中性子吸収材等を考慮し、最も厳しい結果を与えるよう、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差、誤操作等を考慮して十分な裕度を見込むこと。</p>	<p>(MOX指針) 指針10. 単一ユニットの臨界安全 (4) 核的制限値を設定するに当たっては、取扱われるMOX中のプルトニウム富化度及び同位体組成、MOXの密度、幾何学的形状及び減速条件、並びに中性子吸収材等を考慮し、特に立証されない限り最も厳しい結果を与えるよう、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差、誤操作等を考慮して十分な裕度を見込むこと。</p>	前記のとおり
<p>(解釈) 五 核的制限値を定めるに当たって、参考とする手引書、文献等は、公表された信頼度の十分高いものであり、また、使用する臨界計算コード等は、実験値等との対比がなされ、信頼度の十分高いことが立証されたものであること。</p>	<p>(MOX指針) 指針10. 単一ユニットの臨界安全 (5) 核的制限値を定めるに当たって、参考とする手引書、文献等は、公表された信頼度の十分高いものであり、また、使用する臨界計算コード等は、実験値等との対比がなされ、信頼度の十分高いことが立証されたものであること。</p>	
<p>(解釈) 六 核的制限値の維持・管理については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないものであること。</p>	<p>(MOX指針) 指針10. 単一ユニットの臨界安全 (6) 核的制限値の維持・管理については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないものであること。</p> <p>(MOX指針 解説) 指針10. 単一ユニットの臨界安全 5. 「起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないものであること」とは、いわゆる二重偶発性の原理を示したものである。すなわち、工程/設備の臨界管理を行う上で、第1の管理項目が何らかの異常で逸脱した場合においても、第2の障壁により臨界となる事態を未然に防止する設計/管理がなされていることである。原子炉施設で言うところの単一故障の考え方に似ているが、単一故障が機器の有する機能の喪失を対象とするのに対し、二重偶発性の原理はそれに限定されず人の誤操作も含めた異常を対象とする点で異なる。但し、単一の異常 (事象) で事故には達しないとの要求は同じである。</p>	



第1表 事業許可基準規則第2条とMOX指針 比較表 (5/7)

事業許可基準規則 第2条 (核燃料物質の臨界防止)	MOX指針	備考
(解釈) 3 第1項に規定する「核的に安全な形状寸法にすることその他の適切な措置」とは、二つ以上の単一ユニットが存在する場合について、以下の各号に掲げる措置又はこれらと同等以上の措置をいう。	(MOX指針) 指針11. 複数ユニットの臨界安全 MOX燃料加工施設における複数ユニットの配列については、技術的にみて想定されるいかなる場合でも、ユニット相互間における間隔の維持又はユニット相互間における中性子遮へい材の使用等により臨界を防止する対策が講じられていること。	前記のとおり
(解釈) 一 単一ユニット相互間は核的に安全な配置であることを確認すること。	(MOX指針) 指針11. 複数ユニットの臨界安全 (1) ユニット相互間は核的に安全な配置であることを確認すること。	
(解釈) 二 核的に安全な配置を定めるに当たっては、最も厳しい結果を与えるよう、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差、誤操作等を考慮して十分な裕度を見込むこと。	(MOX指針) 指針11. 複数ユニットの臨界安全 (2) 核的に安全な配置を定めるに当たっては、特に立証されない限り最も厳しい結果を与えるよう、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差、誤操作等を考慮して十分な裕度を見込むこと。	
(解釈) 三 核的に安全な配置を定めるに当たって、参考とする手引書、文献等は、公表された信頼度の十分高いものであり、また、使用する臨界計算コード等は、実験値等との対比がなされ、信頼度の十分高いことが立証されたものであること。	(MOX指針) 指針11. 複数ユニットの臨界安全 (3) 核的に安全な配置を定めるに当たって、参考となる手引書、文献等は、公表された信頼度の十分高いものであり、また、使用する臨界計算コード等は、実験値等との対比がなされ、信頼度の十分高いことが立証されたものであること。	
(解釈) 四 核的に安全な配置の維持については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないものであること。	(MOX指針) 指針11. 複数ユニットの臨界安全 (4) 核的に安全な配置の維持については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないものであること。	

第1表 事業許可基準規則第2条とMOX指針 比較表 (6 / 7)

事業許可基準規則 第2条 (核燃料物質の臨界防止)	MOX指針	備考
<p>(解釈) 五 上記四の「核的に安全な配置の維持」とは、核燃料物質を収納する設備・機器の設置に当たって、十分な構造強度を持つ構造材を用いて固定することをいう。なお、固定することが困難な設備・機器の場合は、設備・機器の周囲にユニット相互間の間隔を維持するための剛構造物を取り付けるか又は設計上、移動範囲を制限すること。</p>	<p>(MOX指針 解説) 指針11. 複数ユニットの臨界安全 「核的に安全な配置の維持」とは、核燃料物質を収納する設備・機器の設置に当たって、十分な構造強度をもつ構造材を用いて固定することである。なお、固定することが困難な設備・機器の周囲にユニット相互間における間隔を維持するための剛構造物を取り付けるか又は設計上移動範囲を制限することが必要である。</p>	<p>前記のとおり</p>
<p>(解釈) 六 核燃料物質を不連続的に取り扱う（バッチ処理）施設においては、核燃料物質を次の工程に移動させようとしても、核的制限値等を満足する状態にならなければ、移動することができないものであること。</p>	<p>(MOX指針) 指針17. 放射性物質の移動に対する考慮 MOX燃料加工施設においては、核燃料物質の工程間、工程内移動に際し、移動する核燃料物質の形態、形状に応じて漏えい防止、放射線遮へい、臨界防止等適切な対策が講じられていること。特に、核燃料物質を不連続的（バッチ処理）に取扱う施設は、次の工程の核的制限値等が満足されなければ移動できないような設備設計上の対策が講じられていること。</p>	
<p>(解釈) 七 核燃料物質を搬送するための動力の供給が停止した場合に、核燃料物質を安全に保持しているものであること。</p>	<p>記載なし</p>	

第1表 事業許可基準規則第2条とMOX指針 比較表 (7/7)

事業許可基準規則 第2条 (核燃料物質の臨界防止)	加工施設安全審査指針	備考
<p>2 臨界質量以上のウラン（ウラン二三五の量のウランの総量に対する比率が百分の五を超えるものに限る。）又はプルトニウムを取り扱う加工施設には、臨界警報設備その他の臨界事故を防止するために必要な設備を設けなければならない。</p> <p>(解釈)</p> <p>4 第2項に規定する「臨界事故を防止するために必要な設備」とは、以下の各号に掲げる措置又はこれらと同等以上の効果を有する措置を講じた設備をいう。</p>	<p>(MOX指針)</p> <p>指針12. 臨界事故に対する考慮</p> <p>(1) MOX燃料加工施設は、臨界警報装置の設置その他の臨界事故の発生を想定した適切な措置（臨界及びその継続性の検知）が講じられる設計であること。</p>	<p>変更なし</p>
<p>(解釈)</p> <p>一 臨界警報装置により臨界及びその継続性を検知することができる設計であること。</p>	<p>(MOX指針)</p> <p>指針12. 臨界事故に対する考慮</p> <p>(1) MOX燃料加工施設は、臨界警報装置の設置その他の臨界事故の発生を想定した適切な措置（臨界及びその継続性の検知）が講じられる設計であること。</p>	
<p>(解釈)</p> <p>二 臨界事故の発生が想定される場合には、臨界が速やかに終息することが技術的に明らかな場合を除き、臨界事故が発生したとしても、これを未臨界にするための措置が講じられる設計であること</p>	<p>(MOX指針)</p> <p>指針12. 臨界事故に対する考慮</p> <p>(2) 指針3で臨界事故の発生が想定される施設においては、臨界が速やかに終息することが技術的に明らかな場合を除き、臨界事故が発生したとしても、これを未臨界にするための措置が講じられる設計であること。</p>	

## 1. 2 要求事項に対する適合性

### (1) 臨界防止に関する基本的な考え方

本施設は、以下の核燃料物質の臨界防止に係る基本的な設計方針に従い、通常時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作を想定した場合においても、核燃料物質が臨界に達するおそれがない設計とする。

- ① 本施設で取り扱う核燃料物質は、プルトニウム富化度60%以下、プルトニウム中のプルトニウム-240含有率17%以上、ウラン中のウラン-235含有率1.6%以下のMOX, ウラン中のウラン-235含有率5%以下の濃縮ウラン、天然ウラン、劣化ウラン、標準試料及び分析試料であり、このうちMOX, 濃縮ウラン、標準試料及び分析試料を取り扱う設備・機器について臨界管理を行う。
- ② 核燃料物質の取扱い上の一つの単位を単一ユニットとし、これに、取扱制限値を設定することにより臨界を防止する。
- ③ 単一ユニットの設備・機器のうち、形状寸法を制限し得るものについては、その形状寸法について適切な取扱制限値を設け、これが困難な場合にあっては、核燃料物質の質量に適切な取扱制限値を設ける。
- ④ 二つ以上の単一ユニットが存在する複数ユニットについては、核的に安全な配置としたユニット相互間における間隔を維持することにより、最も厳しい状態においても臨界に達しない設計とする。
- ⑤ 取扱制限値の維持及び管理については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないように設計する。
- ⑥ 設計上想定される溢水が発生した場合を想定しても、非密封の核燃料物質をグローブボックス内で取り扱う工程では、核燃料物質を取り

扱うグローブボックス内への溢水の流入を防止することにより、臨界に達しない設計とする。また、核燃料物質を燃料棒又は混合酸化物貯蔵容器に密封して取り扱う工程では、核燃料物質が水に直接接しない設計とすることにより臨界の発生を防止する。

## (2) 単一ユニットの臨界安全

### ① 単一ユニットの設定

下記に示す取扱い上の一つの単位を単一ユニットとする。

- a. 粉末及びペレットを取り扱う工程の設備・機器を収納するグローブボックス、焼結炉及び小規模焼結処理装置（以下、「焼結炉等」という。）
- b. 燃料棒、貯蔵マガジン及び組立マガジンを取り扱う工程の設備・機器
- c. 混合酸化物貯蔵容器及び燃料集合体を取り扱う工程の設備・機器
- d. ウラン燃料棒を取り扱う工程の設備・機器
- e. 少量の溶液を取り扱う分析設備の設備・機器を収納するグローブボックス(少量の核燃料物質を含む溶液は分析設備でのみ取り扱う。)

### ② 単一ユニットの取扱制限値の考え方

単一ユニットに設定する取扱制限値の考え方は、以下のとおりとする。

- a. 核燃料物質を収納する単一ユニットとしての設備・機器のうち、その形状寸法を制限し得るものについては、その形状寸法について適切な取扱制限値を設ける。
- b. 上記 a. の形状寸法管理が困難な設備・機器及び単一ユニットとしてのグローブボックスについては、取り扱う核燃料物質自体の  $Pu^*$  質量、プルトニウム富化度及び含水率について適切な取

扱制限値を設ける。この場合、誤操作等を考慮しても工程室内の核燃料物質が上記の取扱制限値を超えないよう、信頼性の高いインターロックにより、取扱制限値以下であることが確認されなければ次の工程に進めない設計とする。

- c. 核燃料物質の収納を考慮していない設備・機器のうち、核燃料物質が入るおそれのある設備・機器についても上記 a. 又は b. を満足するように設計する。

### ③ 取扱制限値の設定

- a. 取扱制限値を設定するに当たっては、取り扱う核燃料物質のプルトニウム富化度、同位体組成、密度、幾何学的形状、減速条件、中性子吸収材を考慮し、最も厳しい結果を与えるよう、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差、誤操作等を考慮して裕度を見込む。
- b. 取扱制限値を定めるに当たって、参考とする文献は、公表された信頼度の高いものであり、また、臨界計算コードは、実験値との対比がなされ、信頼度の十分高いことが立証されたものを使用する。
- c. 取扱制限値は、臨界計算コードにより中性子実効増倍率を計算し、未臨界（統計誤差として標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が0.95以下）となる値を設定する。
- d. バッグイン作業により核燃料物質を搬入する単一ユニットについては、運転員の単一の誤操作による二重装荷の発生を考慮し、中性子実効増倍率0.95以下に対応する質量の2分の1以下となる値を設定する。
- e. 天然ウラン及び劣化ウランを取り扱う設備は、臨界安全に関する制限を要しない。

### (3) 複数ユニットの臨界安全

#### ① 複数ユニットの設定

取扱制限値を設定した単一ユニットが二つ以上存在する場合、次項に掲げる核的に安全な配置とする。ただし、単一ユニット間に、厚さ 30.5cm 以上のコンクリートの層が存在する場合、中性子相互作用を無視し得るため、核的に隔離されているものとする。

#### ② 複数ユニットにおける核的に安全な措置

- a. 核的に安全な配置を定めるに当たっては、最も厳しい結果を与えるよう、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差、誤操作等を考慮して裕度を見込む。
- b. 核的に安全な配置を定めるに当たって、参考とする文献は、公表された信頼度の高いものであり、また、臨界計算コードは、実験値との対比がなされ、信頼度の十分高いことが立証されたものを使用する。
- c. 単一ユニット間は、臨界計算コードによって中性子実効増倍率を計算し、未臨界（統計誤差として標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が0.95以下）となるように配置する。
- d. 核燃料物質を収納する設備・機器の設置に当たっては、通常時に作用している荷重に対して発生する変形が過大とならないように構造強度を持つ構造材を用いて固定する。なお、固定することが困難な設備・機器の場合は、設備・機器の周囲にユニット相互間の間隔を維持するための剛構造物を取り付ける又は設計上、移動範囲を制限する。
- e. 核燃料物質を不連続的に取り扱う（バッチ処理）施設においては、核燃料物質を次の工程に移動させようとしても、核燃料物質を受け

入れる工程が取扱制限値を満足する状態にならない場合は、移動することができない設計とする。

- f. 核燃料物質を搬送するための動力の供給が停止した場合、核燃料物質の落下及び脱落を防止する機構により、搬送中の核燃料物質を安全に保持する設計とする。
- g. 貯蔵設備及び一時保管設備は、設備内の単一ユニット相互間の距離を設定し、必要に応じて中性子吸収材による管理を併用することにより、核的に安全な配置とする。
- h. ウラン輸送容器一時保管エリア、燃料棒受入一時保管エリア及び燃料集合体輸送容器一時保管エリアでは、ウラン粉末缶、ウラン燃料棒及び燃料集合体を「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」に定める技術基準に適合する核燃料輸送物として保管する。
- i. 外部より受け入れるウラン燃料棒をウラン燃料棒用輸送容器の内部に収納して保管する際には、核的に安全な配置とする。

#### (4) 取扱制限値の維持及び管理

形状寸法管理は、核燃料物質を取り扱う設備・機器の構造又は機構により取扱制限値を維持する設計とする。また、核燃料物質を取り扱う容器は、通常の実用条件において容易に変形しない構造材を用いる設計とする。

質量管理は、臨界管理用計算機、運転管理用計算機等を用いて行い、各単一ユニットの核燃料物質の在庫量を常時把握するとともに、核燃料物質を搬送する容器を識別し、それにより搬送する核燃料物質の質量、形態等を把握することにより行う。搬送装置を用いた単一ユニットへの核燃料物質の搬送においては、取扱制限値以下であることが確



認されなければ搬入が許可されないインターロックを有する誤搬入防止機構を設ける設計とする。また、混合機への添加剤の投入については、取扱制限値以下であることが確認されなければ投入が許可されないインターロックを有する誤投入防止機構を設ける設計とする。

#### (5) 臨界及びその継続性の検知

設備の容量、形状及び配置並びに核燃料物質の取扱方法から、本施設で臨界が発生することは想定されないが、万一、臨界が発生した場合にも臨界及びその継続性を検知することができるよう、臨界の発生を検知するための臨界検知用ガスモニタを設置し、中央監視室に警報を発する設計とする。また、臨界の継続性を検知するために放射線サーベイ機器を備える。

#### (6) その他の考慮事項

本施設は、設計上定める条件より厳しい条件の下においても臨界に達するおそれがないようにするため、以下の設計とする。

##### ① 容器の誤搬入防止

一次混合後の工程で平均プルトニウム富化度 18%以下のMOX粉末を取り扱う単一ユニットには、プルトニウム富化度 30%のMOX粉末が収納された容器 (J60) が誤って搬入されないよう、物理的な障害を設けることにより J60 の搬入を防止する設計とする。

##### ② 混合機の容積制限

混合機のうち、添加剤の投入が可能な予備混合機、均一化混合機、添加剤混合機及び回収粉末混合機は、取り扱うMOX粉末及び添加剤の繰り返しの誤投入を想定し、両者のいかなる組合せにおいても臨界に達しない容積で設計する。

## 1. 3 規則への適合性

(核燃料物質の臨界防止)

第二条 安全機能を有する施設は、核燃料物質が臨界に達するおそれがないようにするため、核的に安全な形状寸法にすることその他の適切な措置を講じたものでなければならない。

2 臨界質量以上のウラン（ウラン二三五の量のウランの総量に対する比率は百分の五を超えるものに限る。）又はプルトニウムを取り扱う加工施設には、臨界警報設備その他の臨界事故を防止するために必要な設備を設けなければならない。

適合のための設計方針

第1項について

本施設は、以下の核燃料物質の臨界防止に係る基本的な設計方針に従い、通常時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作を想定した場合においても、核燃料物質が臨界に達するおそれがない設計とする。

(1) 単一ユニットの臨界安全

① 単一ユニットの設定

核燃料物質の取扱い上の一つの単位を単一ユニットとし、これに、取扱制限値（設備・機器で取り扱う値を基に定めた運転管理上の制限値）を設定することにより臨界を防止する。取扱制限値の設定は、核燃料物質の取扱い上の一つの単位である単一ユニットに対して行うことにより、従来の核的制限値としての役割も担う。

② 単一ユニットの取扱制限値の考え方

a. 核燃料物質を収納する単一ユニットとしての設備・機器のうち、

その形状寸法を制限し得るものについては、その形状寸法について適切な取扱制限値を設ける。

- b. 上記 a. の形状寸法管理が困難な設備・機器及び単一ユニットとしてのグローブボックスについては、取り扱う核燃料物質自体の Pu\*質量（プルトニウム-239，プルトニウム-241 及びウラン-235 の合計質量），プルトニウム富化度（ウラン質量とプルトニウム質量に対するプルトニウム質量の割合）及び含水率（MOX質量と水分質量に対する水分質量の割合）について適切な取扱制限値を設ける。この場合，誤操作等を考慮しても工程室内の核燃料物質が上記の取扱制限値を超えないよう，信頼性の高いインターロックにより，取扱制限値以下であることが確認されなければ次の工程に進めない設計とする。
- c. 核燃料物質の収納を考慮していない設備・機器のうち，核燃料物質が入るおそれのある設備・機器についても上記 a. 又は b. を満足するように設計する。

### ③ 取扱制限値の設定

- a. 取扱制限値を設定するに当たっては，取り扱う核燃料物質のプルトニウム富化度，同位体組成，密度，幾何学的形状，減速条件，中性子吸収材を考慮し，最も厳しい結果を与えるよう，中性子の減速，吸収及び反射の各条件を仮定し，かつ，測定又は計算による誤差，誤操作等を考慮して裕度を見込む。
- b. 取扱制限値を定めるに当たって，参考とする文献は，公表された信頼度の高いものであり，また，臨界計算コードは，実験値との対比がなされ，信頼度の十分高いことが立証されたものを使用する。
- c. 取扱制限値は，臨界計算コードにより中性子実効増倍率を計算し，

未臨界（統計誤差として標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が0.95以下）となる値を設定する。

d. 取扱制限値の維持及び管理については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないように設計する。

## (2) 複数ユニットの臨界安全

二つ以上の単一ユニットが存在する複数ユニットについては、核的に安全な配置としたユニット相互間における間隔を維持することにより、最も厳しい状態においても臨界に達しない設計とする。

### ① 複数ユニットにおける核的に安全な措置

a. 核的に安全な配置を定めるに当たっては、最も厳しい結果を与えるよう、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差、誤操作等を考慮して裕度を見込む。

b. 核的に安全な配置を定めるに当たって、参考とする文献は、公表された信頼度の高いものであり、また、臨界計算コードは、実験値との対比がなされ、信頼度の十分高いことが立証されたものを使用する。

c. 単一ユニット間は、臨界計算コードによって中性子実効増倍率を計算し、未臨界（統計誤差として標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が0.95以下）となるように配置する。

d. 核的に安全な配置の維持については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起こらない限り臨界に達しないように設計する。

e. 核燃料物質を収納する設備・機器の設置に当たっては、通常時に

作用している荷重に対して発生する変形が過大とならないように構造強度を持つ構造材を用いて固定する。なお、固定することが困難な設備・機器の場合は、設備・機器の周囲にユニット相互間の間隔を維持するための剛構造物を取り付ける又は設計上、移動範囲を制限する。

- f. 核燃料物質を不連続的に取り扱う（バッチ処理）施設においては、核燃料物質を次の工程に移動させようとしても、核燃料物質を受け入れる工程が取扱制限値を満足する状態にならないければ、移動することができない設計とする。
- g. 核燃料物質を搬送するための動力の供給が停止した場合、核燃料物質の落下及び脱落を防止する機構により、搬送中の核燃料物質を安全に保持する設計とする。

## 第2項について

設備の容量、形状及び配置並びに核燃料物質の取扱方法から、本施設で臨界が発生することは想定されないが、万一、臨界が発生した場合にも臨界及びその継続性を検知することができるよう、臨界の発生を検知するための臨界検知用ガスモニタを設置し、中央監視室に警報を発する設計とする。また、臨界の継続性を検知するために放射線サーベイ機器を備える。

## 2. 核燃料物質の臨界防止に係る設計方針

### 2. 1 臨界安全設計

#### (イ) 基本的な考え方

プルトニウムの臨界質量はウランと比較して小さく、また、水のような減速材があると臨界質量がさらに小さくなることから、本施設は、主要な工程を乾式で構成することにより臨界安全を確保し、以下の核燃料物質の臨界防止に係る基本的な設計方針に基づき、通常時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作を想定した場合においても、核燃料物質が臨界に達するおそれがない設計とする。

- (1) 本施設で取り扱う核燃料物質は、プルトニウム富化度60%以下、プルトニウム中のプルトニウム-240含有率17%以上、ウラン中のウラン-235含有率1.6%以下のMOX、ウラン中のウラン-235含有率5%以下の濃縮ウラン、天然ウラン、劣化ウラン、標準試料及び分析試料であり、このうちMOX、濃縮ウラン、標準試料及び分析試料を取り扱う設備・機器について臨界管理を行う。
- (2) 核燃料物質の取扱い上の一つの単位を単一ユニットとし、これに取扱制限値を設定することにより臨界を防止する。取扱制限値を定めるに当たっては、核燃料物質その他の物質の種類、量、物理的及び化学的形態等を考慮し、安全裕度を見込んだモデルで臨界評価を行う。
- (3) 単一ユニットの設備・機器のうち、形状寸法を制限し得るものについては、その形状寸法について適切な取扱制限値を設け、これが困難な場合にあつては、核燃料物質の質量に適切な取扱制限値を設ける。
- (4) 二つ以上の単一ユニットが存在する複数ユニットについては、ユニット相互間における間隔を維持することにより、最も厳しい状態にお

いても臨界に達しない設計とする。核的に安全な配置を定めるに当たっては、単一ユニット間の距離、減速効果、中性子吸収材の有無等を考慮し、裕度を見込んだモデルで臨界評価を行う。

(5) 取扱制限値の維持及び管理については、起こるとは考えられない独立した二つ以上の異常が同時に起らない限り臨界に達しないように設計する。

(6) 設計上想定される溢水が発生した場合を想定しても、非密封の核燃料物質をグローブボックス内で取り扱う工程では、核燃料物質を取り扱うグローブボックス内への溢水の流入を防止することにより、臨界に達しない設計とする。また、核燃料物質を燃料棒又は混合酸化物貯蔵容器に密封して取り扱う工程では、核燃料物質が水に直接接しない設計とすることにより臨界の発生を防止する。

#### (ロ) 単一ユニットの臨界安全

単一ユニットについては、技術的にみて想定されるいかなる場合でも臨界を防止するために、形状寸法、質量、減速材、同位体組成、プルトニウム富化度等の制限及び中性子吸収材の使用の有無並びにこれらの組合せによって核的に制限することにより臨界を防止する対策を講ずる。

##### (1) 単一ユニットの設定

以下に示す取扱い上の一つの単位を単一ユニットとする。

① 粉末及びペレットを取り扱う工程では、質量管理を基本とし、単一ユニットは設備・機器を収納するグローブボックス、焼結炉等に設定する。

② 燃料棒、貯蔵マガジン及び組立マガジンを取り扱う工程では、形状寸法管理を基本とし、単一ユニットは設備・機器に設定する。

- ③ 混合酸化物貯蔵容器及び燃料集合体を取り扱う工程では、体数管理とし、単一ユニットは設備・機器に設定する。
- ④ ウラン燃料棒を取り扱う工程では、本数管理とし、単一ユニットは設備・機器に設定する。
- ⑤ 少量の溶液を取り扱う分析設備では、質量管理とし、単一ユニットは設備・機器を収納するグローブボックスに設定する。（少量の核燃料物質を含む溶液は分析設備でのみ取り扱う。）

## (2) 単一ユニットの取扱制限値の考え方

単一ユニットに設定する取扱制限値の考え方は、以下のとおりとする。

- ① 核燃料物質を収納する、単一ユニットとしての設備・機器のうち、その形状寸法を制限し得るものについては、その形状寸法について適切な取扱制限値を設ける。
- ② 上記①の形状寸法管理が困難な設備・機器及び単一ユニットとしてのグローブボックスについては、取り扱う核燃料物質自体のPu\*質量、プルトニウム富化度、含水率について適切な取扱制限値を設ける。  
この場合、誤操作等を考慮しても工程室内の核燃料物質が上記の制限値を超えないよう、信頼性の高いインターロックにより、取扱制限値以下であることが確認されなければ次の工程に進めない設計とする。

なお、質量管理を行うグローブボックス間の搬送グローブボックスについては、搬送中に核燃料物質の取扱いによる核燃料物質量の増減及び形態の変化はないため、搬送時に搬送元の単一ユニットに属するユニットとして管理する。

- ③ 核燃料物質の収納を考慮していない設備・機器のうち、核燃料物質が入るおそれのある設備・機器についても上記①又は②を満足するよ



うに設計する。

なお、本施設では、核燃料物質の収納を考慮していない設備・機器には核燃料物質が入るおそれはない。

### (3) 取扱制限値の設定

① 取扱制限値を設定するに当たっては、取り扱う核燃料物質中のプルトニウム富化度、同位体組成、密度、幾何学的形状、減速条件、中性子吸収材の有無を考慮し、最も厳しい結果を与えるよう、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差、誤操作等を考慮して裕度を見込む。

a. プルトニウム富化度、核分裂性プルトニウム割合及び核分裂性プルトニウム富化度は、受入条件及び取扱条件を考慮してより厳しい評価となるように設定する。

b. MOX中のウラン-235は、より厳しい評価となるようにプルトニウム-239に置き換えて評価する。

c. 核燃料物質の密度については、文献値<sup>(7)</sup>、理論密度及び粉末の性状に基づき、各単一ユニットで想定し得る密度の最大値を設定条件とする。

d. 核燃料物質の含水率については、文献値<sup>(15)</sup><sup>(16)</sup>、添加剤の投入量等を考慮して設定する。なお、MOX粉末を空気雰囲気下で保管した場合であっても、MOX粉末中の含水率の上昇はほとんどないこと（約3ヶ月で0.1%未満<sup>(63)</sup>）から、MOX粉末の含水率は取扱制限値の設定において見込んだ裕度内に収まる。

e. 混合酸化物貯蔵容器の体数、燃料棒の平板厚さ、燃料棒の本数、貯蔵マガジン及び組立マガジンの段数並びに燃料集合体の体数の評価においては、核燃料物質間の雰囲気中水密度（空間中に含まれる

水分の密度)<sup>(8)</sup>をより厳しい評価となるように考慮して設定する。

- ② 取扱制限値を設定するに当たって、参考とする文献は、公表された信頼度の高いものであり、また、臨界計算コードは、実験値との対比がなされ、信頼度の十分高いことが立証されたものを使用する。
  - a. 評価に当たっては、臨界ベンチマーク実験の解析によりその信頼性が確認され、MOXに対する推定臨界下限中性子実効増倍率（この値以下であれば、臨界に達するおそれがないと判断される中性子実効増倍率）が0.97と検証<sup>(9)(17)</sup>されている計算コードシステムSCALE-4<sup>(10)</sup>のKENO-V. aコード及びENDF/B-IVライブラリを用いて計算する。
  - b. 評価には、中性子の漏れが最も少ない球形状モデルを用いる。また、構造材等からの中性子反射効果をより厳しい評価となるように考慮し、均一な核燃料物質の周囲に厚さ30cmの水反射体を設けたモデルとする。
- ③ 取扱制限値は、臨界計算コードにより中性子実効増倍率を計算し、未臨界（統計誤差として標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が0.95以下）となる値を設定する。
- ④ バッグイン作業により核燃料物質を搬入する単一ユニットについては、運転員の単一の誤操作による二重装荷の発生を考慮し、中性子実効増倍率0.95以下に対応する質量の2分の1以下となる値を設定する。
- ⑤ 設備・機器の特徴を考慮し、設備・機器で取り扱うことを想定したMOX質量から算出したPu\*質量が、中性子実効増倍率0.95以下に対応するPu\*質量を超える場合は、当該単一ユニットに対して中性子実効増倍率が0.95以下に対応するPu\*質量を取扱制限値として設定する。

また、バッグイン作業により核燃料物質を搬入する単一ユニットについて、設備・機器で取り扱うことを想定したMOX質量から算出した $Pu^*$ 質量が、中性子実効増倍率0.95以下に対応する $Pu^*$ 質量の2分の1を超える場合は、当該単一ユニットに対して中性子実効増倍率が0.95以下に対応する $Pu^*$ 質量の2分の1を取扱制限値として設定する。

- ⑥ 天然ウラン及び劣化ウランを取り扱う設備は、臨界安全に関する制限を要しない。

以上の考え方を踏まえ、取扱制限値の核燃料物質量が未臨界であることは、核燃料物質の形態ごとに中性子実効増倍率が0.95以下に対応する $Pu^*$ 質量、平板厚さ、本数、段数又は体数を算定し、その値以下（バッグイン作業により核燃料物質を搬入する単一ユニットはその $Pu^*$ 質量値の2分の1以下）に設定されていることを確認することにより行う。核燃料物質の形態ごとの主要な計算条件を添5第5表に、核燃料物質の形態ごとの計算モデルを添5第6表に、各単一ユニットの取扱制限値を添5第7表から添5第15表に示す。

なお、臨界計算において参照した燃料集合体の諸元は、次のとおりである。

		BWR 8×8 型燃料集合体	BWR 9×9 型燃料集合体	PWR 17×17型 燃料集合体 <sup>(20)</sup>
ペレット	直径(cm)	約1.04 <sup>(18)</sup>	約0.96又は 約0.94 <sup>(18)</sup>	約0.82
燃料棒	内径(cm)	約1.06 <sup>(18)</sup>	約0.98又は 約0.96 <sup>(18)</sup>	約0.84
	スタック長 (m)	約3.71 <sup>(18)</sup>	約3.71 <sup>(18)</sup>	約3.7
	被覆管材料	ジルカロイ－ 2 <sup>(18)</sup>	ジルカロイ－ 2 <sup>(18)</sup>	ジルカロイ－4
燃料 集合体	燃料棒本数 (本)	60 <sup>(18)</sup>	74又は72 <sup>(18)</sup>	264
	燃料棒ピッ チ(cm)	約1.63 <sup>(19)</sup>	約1.43 <sup>(19)</sup>	約1.26

#### (ハ) 複数ユニットの臨界安全

複数ユニットについては、技術的にみて想定されるいかなる場合でも臨界を防止するために、単一ユニット相互の間隔の維持、単一ユニット相互間における中性子吸収材の使用並びにこれらの組合せにより臨界を防止する設計とする。

##### (1) 複数ユニットの設定

取扱制限値を設定した単一ユニットが二つ以上存在する場合、次項に掲げる核的に安全な措置を講ずる。ただし、単一ユニット間に、厚さ 30.5cm 以上のコンクリートの層が存在<sup>(49)</sup>する場合、中性子相互作用を無視し得るため、核的に隔離されているものとする。

##### (2) 複数ユニットにおける核的に安全な措置

- ① 核的に安全な配置を定めるに当たっては、最も厳しい結果を与えるよう、中性子の減速、吸収及び反射の各条件を仮定し、かつ、測定又は計算による誤差、誤操作等を考慮して裕度を見込む。

- ② 核的に安全な配置を定めるに当たって、参考とする文献は、公表された信頼度の高いものであり、また、臨界計算コードは、実験値との対比がなされ、信頼度の十分高いことが立証されたものを使用する。
- a. 評価に当たっては、臨界ベンチマーク実験の解析によりその信頼性が確認され、MOXに対する推定臨界下限中性子実効増倍率が0.97と検証されている計算コードシステムSCALE-4のKENO-V.aコード及びENDF/B-IVライブラリを用いて計算する。
- ③ 単一ユニット間は、臨界計算コードにより中性子実効増倍率を計算し、未臨界（統計誤差として標準偏差の3倍を考慮した中性子実効増倍率が0.95以下。）となるように配置する。
- ④ 核燃料物質を収納する設備・機器の設置に当たっては、通常時に作用している荷重に対して発生する変形が過大とならないように構造強度を持つ構造材を用いて固定することにより、これを維持及び管理する。なお、MOX粉末を取り扱う容器のように固定することが困難な設備・機器の場合は、設備・機器の周囲にユニット相互間の間隔を維持するための剛構造物を取り付ける又は設計上、移動範囲を制限する。
- ⑤ 核燃料物質を不連続的に取り扱う（バッチ処理）施設においては、核燃料物質を次の工程に移動させようとしても、核燃料物質を受け入れる工程が取扱制限値を満足する状態にならないければ、移動することができない設計とする。
- ⑥ 核燃料物質を搬送するための動力の供給が停止した場合、核燃料物質の落下及び脱落を防止する機構により、搬送中の核燃料物質を安全に保持する設計とする。
- ⑦ 貯蔵設備及び一時保管設備は、設備内の単一ユニット相互間の距離

を設定し、必要に応じて中性子吸収材による管理を併用することにより、核的に安全な配置とする。

- ⑧ ウラン輸送容器一時保管エリア、燃料棒受入一時保管エリア及び燃料集合体輸送容器一時保管エリアでは、ウラン粉末缶、ウラン燃料棒及び燃料集合体を「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」に定める技術基準に適合する核燃料輸送物として保管する。
- ⑨ 外部より受け入れるウラン燃料棒をウラン燃料棒用輸送容器の内容容器に収納して保管する際には、核的に安全な配置とする。

以上の考え方を踏まえた貯蔵設備の計算モデルを添5第16表に、一時保管設備の計算モデルを添5第17表に、単一ユニット相互間の計算モデルを添5第18表に示す。

## (二) 取扱制限値の維持及び管理

本施設の臨界管理は、形状寸法管理を基本とし、これが困難な場合にあっては、質量管理を行う。形状寸法管理及び質量管理を行う各単一ユニットにおいて、取扱制限値の維持及び管理は次のとおり行う。

### (1) 形状寸法管理

形状寸法管理は、核燃料物質を取り扱う設備・機器の構造又は機構により取扱制限値を維持する設計とする。また、核燃料物質を取り扱う容器は、通常の利用条件において容易に変形しない構造材を用いる設計とする。

- ① 混合酸化物貯蔵容器及び燃料集合体は、工程内の取扱いにおいて核燃料物質質量に変化がない。このため、混合酸化物貯蔵容器及び燃料集合体を体数で管理する単一ユニットにおいては、構成する設備・機器

が構造的に取扱制限値以下の体数でなければ取り扱えない設計とする。

- ② 燃料棒を取り扱う工程において形状寸法管理を行う単一ユニットは、単一ユニットの入口に取扱制限値以内に制限するためのゲートを設置するとともに、燃料棒を平板厚さに対する取扱制限値以内で取り扱うように設計する。
- ③ 貯蔵マガジン及び組立マガジンを取り扱う工程において形状寸法管理を行う単一ユニットは、貯蔵マガジン及び組立マガジンを積み重ねて取り扱うことのない機構とする。

なお、形状寸法管理を行う各単一ユニットは形状寸法の管理と併せて、ペレットから燃料棒に形態が変化する際にプルトニウム富化度がBWR燃料棒は17%以下、PWR燃料棒は18%以下であることを確認し、燃料棒から燃料集合体に形態が変化する際には、燃料集合体平均でBWR燃料集合体は11%以下、PWR燃料集合体は14%以下であること等を確認する。また、燃料棒及び燃料集合体の解体時においても同様の確認を行う。

## (2) 質量管理

質量管理は、臨界管理用計算機、運転管理用計算機等を用いて行い、各単一ユニットの核燃料物質の在庫量を常時把握するとともに、核燃料物質を搬送する容器を識別し、それにより搬送する核燃料物質の質量、形態等を把握することにより行う。搬送装置を用いた単一ユニットへの核燃料物質の搬送においては、取扱制限値以下であることが確認されなければ搬入が許可されないインターロックを有する誤搬入防止機構を設ける設計とし、誤搬入防止機構は、秤量器、ID番号読取機、運転管理用計算機、臨界管理用計算機、誤搬入防止機構（シャッタ）等から構成する。また、混合機への添加剤の投入については、取

扱制限値以下であることが確認されなければ投入が許可されないインターロックを有する誤投入防止機構を設ける設計とし、誤投入防止機構は、秤量器、ID番号読取機、運転管理用計算機、臨界管理用計算機及び誤投入防止機構（添加剤受入バルブ）又は誤投入防止機構（添加剤投入バルブ）から構成する。誤搬入防止機構の概念図を添5第10図に、誤投入防止機構の概念図を添5第11図に示す。

- ① 質量管理を行う単一ユニットへの、搬送装置を介した核燃料物質の搬入は、以下の方法により行うことで、機器の単一故障若しくはその誤作動又は運転員の単一誤操作では取扱制限値を逸脱しない。
  - a. 核燃料物質は容器に収納して単一ユニット間の搬送を行う。取扱制限値（ $P_u * \text{質量}$ ）と比較するため、秤量されたMOX質量と、容器のID番号に関連付けられたプルトニウム富化度、核分裂性プルトニウム割合及びウラン中のウラン-235含有率の必要な在庫情報を用いて搬送物の $P_u * \text{質量}$ を算出する。このため、原料MOX粉末中のプルトニウム-239、プルトニウム-241、ウラン-235の含有率及び原料ウラン粉末中のウラン-235の含有率を受入時に確認する。
  - b. 搬送する容器の秤量を二つの秤量器により行い、秤量値に有意な差がないことを臨界管理用計算機及び運転管理用計算機により確認するとともに、搬送先の単一ユニット内に存在する $P_u * \text{質量}$ と搬送物の $P_u * \text{質量}$ の合計が、取扱制限値以下であることを確認する。
  - c. 単一ユニットに核燃料物質を搬入するに当たっては、搬送予定に基づく搬送要求により動作を開始する設計とする。
  - d. 運転管理担当者は、運転管理用計算機による $P_u * \text{質量}$ の確認結果と搬送予定に基づき、核燃料物質の単一ユニットへの搬入の可否判断を行うとともに、工程の運転状況を監視する。



e. 臨界管理担当者は、生産に関する情報と臨界管理用計算機の情報に基づき、質量管理の実施状況を監視する。

なお、臨界管理担当者が質量管理の実施状況に異常を確認した場合は、核燃料物質の搬送を行わない設計とする。

f. 核燃料物質の誤搬入を防止するため、核燃料物質中のPu質量が取扱制限値以下であることを確認しなければ、単一ユニットへの核燃料物質の搬入が行えない誤搬入防止機構（シャッタ）等を設ける。ただし、少量の標準試料及び分析試料を搬入する場合は除く。

g. 臨界管理用計算機及び運転管理用計算機は、故障検知機能を有しており、故障を検知した場合は、核燃料物質の搬送を行わない設計とする。

h. 従事者がバッグイン作業により核燃料物質を搬入する単一ユニットについては、二重装荷の発生を考慮して設定した取扱制限値を維持及び管理する。

i. 分析済液処理ユニットから低レベル廃液処理設備へ払い出す廃液中には、臨界管理上有意な量の核燃料物質が含まれないことを確認する。

j. 分析設備への気送装置による分析試料の搬送及び燃料棒解体ユニットへの燃料棒搬送装置による核燃料物質の搬送に当たっては、核的に安全な配置を保持するように定めた搬送路を搬送する設計とする。

k. バッグアウトした核燃料物質の運搬台車による搬送に当たっては、他の核燃料物質と核的に安全な間隔を維持する設計とする。

② 質量管理を行う単一ユニットでは、取扱制限値であるPu質量だけでなく、臨界管理に必要となる取扱制限値（プルトニウム富化度及

び含水率)に加えて、必要に応じて核分裂性プルトニウム富化度についても確認を行う。この確認においては、搬送予定の容器のID番号に関連付けられた在庫情報を用いて、核分裂性プルトニウム富化度が、搬入先単一ユニットの設定条件以下であることを臨界管理用計算機及び運転管理用計算機により行う。

なお、密度については、各形態で想定し得る値に対してより厳しい評価となるように設定するため、確認は行わない。

以下に、取扱制限値(プルトニウム富化度及び含水率)の確認における基本的な考え方を示す。

#### a. プルトニウム富化度

各単一ユニットにおいて取り扱うMOX粉末及びペレットの各形態のプルトニウム富化度については、60%以下、30%以下又は18%以下を取扱制限値とする。プルトニウム富化度は、以下の方法により確認する。

なお、プルトニウム富化度が18%以下の粉末の管理に当たっては、プルトニウム富化度に加え、核分裂性プルトニウム割合との組合せで核分裂性プルトニウム富化度が11.6%以下であることを確認する。

- (a) MOX粉末とウラン粉末を混合する単一ユニットにおける、混合後のプルトニウム富化度は、混合前のMOX粉末及びウラン粉末の取扱質量並びにMOX粉末のプルトニウム富化度から、臨界管理用計算機及び運転管理用計算機で計算することにより確認する。
- (b) 二次混合以降の粉末及びペレットについては、核分裂性プルトニウム富化度についても、プルトニウム富化度及び核分裂性プルトニウム割合に基づいて臨界管理用計算機及び運転管理用計算機

で計算し、核分裂性プルトニウム富化度が設定条件以下であることを確認する。

- (c) 運転管理担当者は、運転管理用計算機によるプルトニウム富化度の確認結果と搬入予定に基づき、搬入の可否判断及び状況の監視を行う。
- (d) 臨界管理担当者は、生産に関する情報及び臨界管理用計算機の情報に基づき、プルトニウム富化度管理の実施状況の監視及び異常時の対応を行う。

#### b. 含水率

添加剤は有機物粉末であることから、MOX粉末中に添加剤を投入するに当たり、中性子の減速効果を考慮して水分質量に換算し、以下の方法により確認することで、機器の単一故障若しくはその誤作動又は運転員の単一誤操作では取扱制限値を逸脱しない。

- (a) 添加剤を投入する単一ユニットにおいては、添加剤の投入後の含水率を取扱制限値とする。

また、添加剤の投入に際しては、1回の混合で使用する添加剤の秤量を二つの秤量器により行い、秤量値に有意な差がないことを確認するとともに、粉末の混合時に添加剤の水分換算質量と投入先のMOX粉末中及びウラン粉末中の水分質量の合計から得られる含水率が取扱制限値以下であることを臨界管理用計算機及び運転管理用計算機により確認する。この混合時の含水率の算出のために、原料MOX粉末及び原料ウラン粉末の含水率を受入れ時に確認する。

回収粉末については必要に応じて、粉末の含水率を確認する。

- (b) 運転管理担当者は、運転管理用計算機による含水率の確認結果

及び投入予定に基づき、添加剤のMOX粉末中への投入の可否判断及び状況の監視を行う。

また、運転管理担当者は、運転管理用計算機の情報に基づき、工程の運転状況を把握する。

(c) 臨界管理担当者は、生産に関する情報及び臨界管理用計算機の情報に基づき、含水率管理の実施状況の監視及び異常時の対応を行う。

③ 粉末及びペレットを取り扱う容器に設定した取扱制限値の維持及び管理について、Pu\*質量については上記①b. を、プルトニウム富化度については上記②a. を、含水率については上記②b. に述べた方法により確認する。各容器の取扱制限値を添5第19表に示す。

④ ウラン燃料棒を本数で管理する単一ユニットにおいては、臨界管理用計算機及び運転管理用計算機による本数の確認、運転管理担当者による搬入の可否判断及び状況の監視並びに臨界管理担当者による状況の監視及び異常時の対応を質量管理と同様に行う。

なお、輸送容器の内容物のID番号に関連付けられたウラン燃料棒本数の確認を行う。

### (3) 本施設外からの核燃料物質の受入れ

本施設外から受け入れる核燃料物質は、次のとおり取扱制限値以下であることを受入れ時に確認する。

① 再処理施設から受け入れる原料MOX粉末については、取扱制限値以下であることの確認と併せて、プルトニウム中のプルトニウム-240含有率が17%以上であることを受入れ時に確認する。

② 本施設外から受け入れる原料ウラン粉末及びウラン燃料棒についてはウラン中のウラン-235含有率が、取扱制限値以下であることを受

入れ時に確認する。原料ウラン粉末に係る取扱制限値を添5第19表に示す。

(ホ) 臨界及びその継続性の検知

設備の容量，形状及び配置並びに核燃料物質の取扱方法から，本施設で臨界が発生することは想定されないが，万一，臨界が発生した場合にも臨界及びその継続性を検知することができる設計とする。

本施設の特徴として，通常時は放射性希ガスによる有意なバックグラウンドがないことから，臨界に伴い発生する核分裂生成物からの放射線を検知することで，臨界の発生を検知することができる臨界検知用ガスモニタを設置し，臨界を検知した際には中央監視室に警報を発する設計とする。また，臨界の継続性を検知するために放射線サーベイ機器を備える。

(へ) その他の考慮事項

本施設は，設計上定める条件より厳しい条件の下においても臨界に達するおそれがないようにするため，次の設計とする。

(1) 容器の誤搬入防止

粉末調整工程において，一次混合後のMOX粉末を収納する容器にはJ60及びJ85の2種類がある。J60は主にプルトニウム富化度30%の一次混合粉末を約65kg・MOX収納し搬送する容器であり，J85は平均プルトニウム富化度18%以下に調整した二次混合粉末を約90kg・MOX収納し搬送する容器である。

プルトニウム富化度は，上記(ニ)(2)②a.に述べた方法による確認を行うため，通常時に予想される機械又は器具の単一の故障若し

くはその誤作動又は運転員の単一の誤操作を想定した場合においても、プルトニウム富化度 30%の一次混合粉末が収納された J 60 が、平均プルトニウム富化度 18%以下の MOX 粉末を取り扱う単一ユニットに搬入されることはない。

ただし、設計上定める条件より厳しい条件の下においても臨界が発生することがないように、平均プルトニウム富化度 18%以下の MOX 粉末を取り扱う単一ユニットには、物理的な障害を設けることにより J 60 の搬入を防止する対策を講ずる。この J 60 の搬入防止措置は以下の設備に対して設ける。

- ① 均一化混合ユニット
- ② 造粒ユニット
- ③ 添加剤混合ユニット A
- ④ 添加剤混合ユニット B

## (2) 混合機の容積制限

質量管理を行う設備では、通常時に予想される機械又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は運転員の単一の誤操作を想定した場合においても臨界に至ることはないが、添加剤の投入が可能で、設計上定める条件より厳しい条件の下において含水率の逸脱が想定される混合機（予備混合装置の予備混合機、均一化混合装置の均一化混合機、添加剤混合装置の添加剤混合機及び回収粉末処理・混合装置の回収粉末混合機）については、MOX 粉末及び添加剤のいかなる組合せの過剰投入を想定した場合においても臨界が発生することがないように、混合機で取り扱う MOX 粉末の平均プルトニウム富化度に応じ混合機容積を以下の値以下で設計する。

- ・平均プルトニウム富化度 30%： 120 L 以下（予備混合機）

- ・平均プルトニウム富化度 18%： 370 L以下（均一化混合機，添加剤混合機，回収粉末混合機）

なお，臨界に至ることがないことを確認した計算条件及び評価結果を添5第20表に示す。

添5第5表 核燃料物質の形態ごとの中性子実効増倍率0.95以下に対応する値の計算条件

形態		Pu富化度 (%) <sup>(注1)</sup>	含水率 (%) <sup>(注2)</sup>	密度 (×10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> )	核分裂性Pu割合 (%) <sup>(注3)</sup>	ウラン中のウラン-235含有率 (%)	中性子実効増倍率0.95以下に対応する値
原料MOX粉末		60	0.5	4.0	83	1.6	混合酸化物貯蔵容器 1体
MOX粉末-1		60	1.5	5.0	83	1.6	35.0 kg・Pu*
MOX粉末-2		33	2.5	5.0	83	1.6	45.0 kg・Pu*
MOX粉末-3		14 <sup>(注4)</sup>	3.5	7.9	83	1.6	29.0 kg・Pu*
MOX粉末-4		18 <sup>(注5)</sup>	0.5	6.0	83	1.6	83.0 kg・Pu*
ペレット-1		14 <sup>(注4)</sup>	3.5	7.9	83	1.6	29.0 kg・Pu*
ペレット-2		18 <sup>(注5)</sup>	0.1	11.1	83	1.6	36.0 kg・Pu*
ペレット-3		60	3.5	11.3	83	1.6	7.50 kg・Pu*
燃料棒	BWR燃料棒	12 <sup>(注6)</sup>	0.1	11.1	83	1.6	平板厚さ15.0cm 貯蔵マガジン 1段 組立マガジン 1段
	PWR燃料棒	14 <sup>(注4)</sup>	0.1	11.1	83	1.6	
	ウラン燃料棒	—	0.1	11.0	—	5	ウラン燃料棒 540本 貯蔵マガジン 1段
燃料集合体	BWR燃料集合体	8 <sup>(注7)</sup>	0.1	11.1	83	1.6	燃料集合体 1体
	PWR燃料集合体	11 <sup>(注8)</sup>	0.1	11.1	83	1.6	
MOX溶液		60	— <sup>(注9)</sup>	— <sup>(注9)</sup>	83	1.6	0.50 kg・Pu*

注1 Pu富化度 (%) = (プルトニウム質量 / (プルトニウム質量 + ウラン質量)) × 100

注2 含水率 (%) = (水分質量 / (MOX質量 + 水分質量)) × 100

注3 核分裂性Pu割合 (%) = ((プルトニウム-239質量 + プルトニウム-241質量) / プルトニウム質量) × 100

なお、プルトニウム組成は再処理施設の臨界計算条件と同じ同位体組成<sup>(14)</sup> (プルトニウム-239 : プルトニウム-240 : プルトニウム-241 = 71 : 17 : 12) とする。

注4 中性子実効増倍率0.95以下に対応する値の計算条件は、次の範囲に対して厳しい評価となる条件を設定する。

1) 核分裂性Pu富化度 : 11.6%以下

2) Pu富化度 : 18%以下

臨界評価上は、核分裂性Pu富化度11.6%及び核分裂性Pu割合83%との組合せから、Pu富化度を14%とする。

ただし、

核分裂性Pu富化度 (%) = ((プルトニウム-239質量 + プルトニウム-241質量) / (プルトニウム質量 + U質量)) × 100

注5 二次混合以降の粉末及びペレットについては、核分裂性Pu富化度の管理も行う。このため、貯蔵設備及び一時保管設備内の単一ユニットに適用する場合は、核分裂性Pu富化度を11.6%以下とし、核分裂性Pu割合83%との組合せから、Pu富化度を14%とする。

注6 中性子実効増倍率0.95以下に対応する値の計算条件は、次の範囲に対して厳しい評価となる条件を設定する。

1) 核分裂性Pu富化度 : 9.4%以下

2) Pu富化度 : 17%以下

臨界評価上は、核分裂性Pu富化度9.4%及び核分裂性Pu割合83%との組合せから、Pu富化度を12%とする。

注7 中性子実効増倍率0.95以下に対応する値の計算条件は、次の範囲に対して厳しい評価となる条件を設定する。

1) 燃料集合体平均としての核分裂性Pu富化度 : 6.1%以下

2) 燃料集合体平均としてのPu富化度 : 11%以下

臨界評価上は、核分裂性Pu富化度6.1%及び核分裂性Pu割合83%との組合せから、Pu富化度を8%とする。

注8 中性子実効増倍率0.95以下に対応する値の計算条件は、次の範囲に対して厳しい評価となる条件を設定する。

1) 燃料集合体平均としての核分裂性Pu富化度 : 9.1%以下

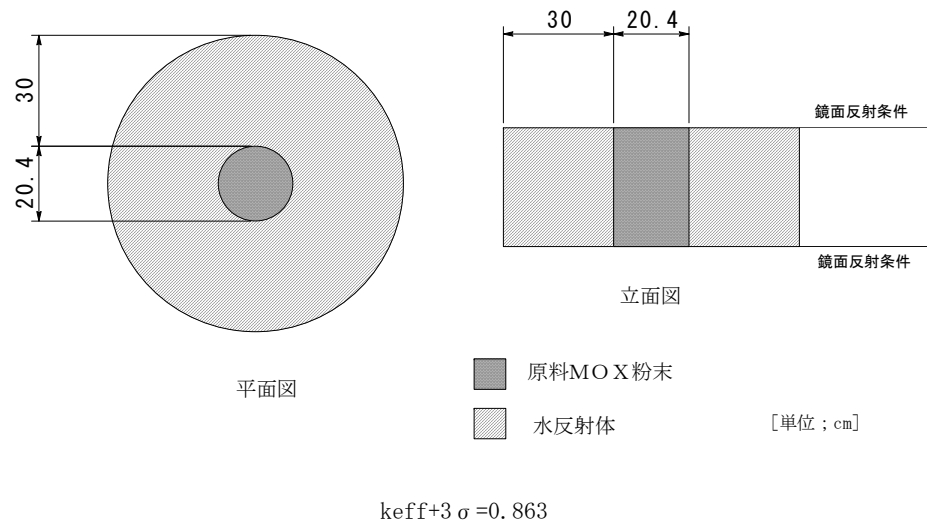
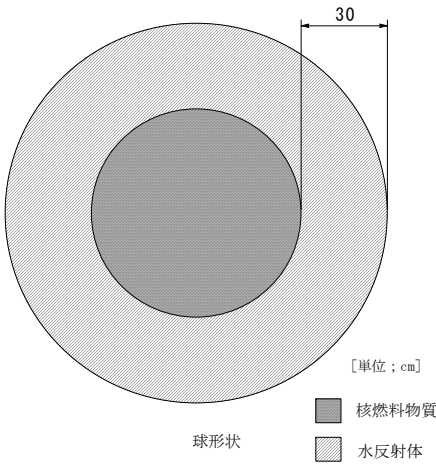
2) 燃料集合体平均としてのPu富化度 : 14%以下

臨界評価上は、核分裂性Pu富化度9.1%及び核分裂性Pu割合83%との組合せから、Pu富化度を11%とする。

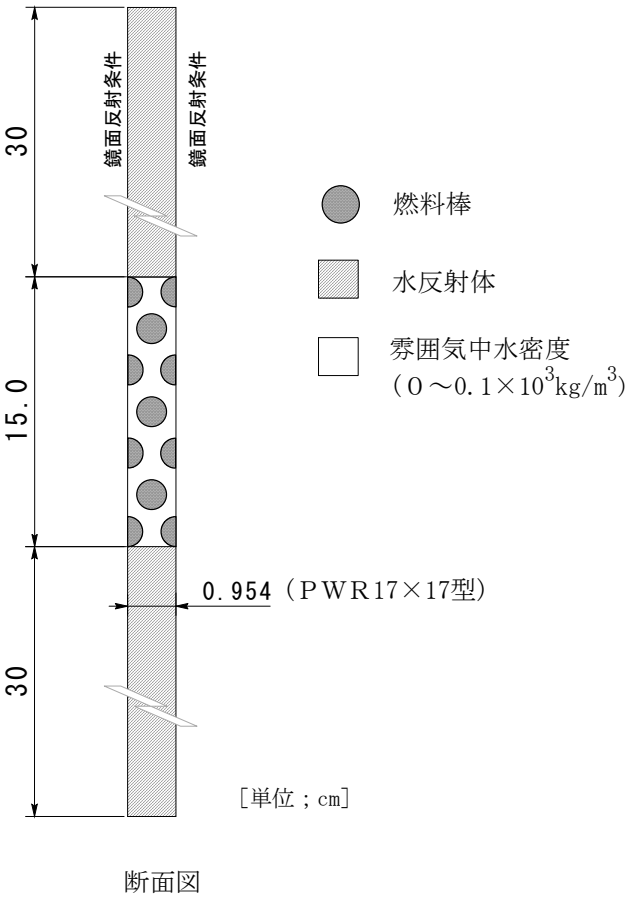
注9 最適減速条件



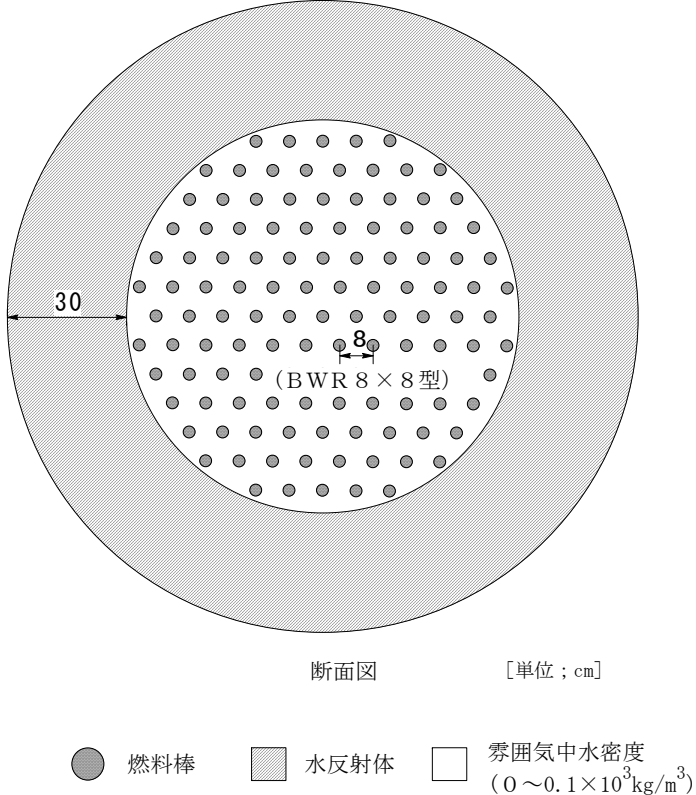
添5第6表 核燃料物質の形態ごとの中性子実効増倍率0.95以下に対応する値の計算モデル（1／7）

取扱単位	形態	計算モデル	中性子実効増倍率0.95以下に対応する値	モデル図	備考													
混合酸化物貯蔵容器	原料MOX粉末	<ul style="list-style-type: none"> <li>核燃料物質の形状 円筒形状 直径 20.4cm<sup>(14)</sup> 高さ 無限長</li> <li>反射条件 水30cm</li> </ul>	1体															
MOX粉末-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>核燃料物質の形状 球形状</li> <li>反射条件 水30cm</li> </ul>	35.0kg・Pu*		<table border="1"> <tr> <td>MOX粉末-1</td> <td>keff+3σ=0.937</td> </tr> <tr> <td>MOX粉末-2</td> <td>keff+3σ=0.940</td> </tr> <tr> <td>MOX粉末-3</td> <td>keff+3σ=0.942</td> </tr> <tr> <td>MOX粉末-4</td> <td>keff+3σ=0.932</td> </tr> <tr> <td>ペレット-1</td> <td>keff+3σ=0.942</td> </tr> <tr> <td>ペレット-2</td> <td>keff+3σ=0.941</td> </tr> <tr> <td>ペレット-3</td> <td>keff+3σ=0.933</td> </tr> </table>	MOX粉末-1	keff+3σ=0.937	MOX粉末-2	keff+3σ=0.940	MOX粉末-3	keff+3σ=0.942	MOX粉末-4	keff+3σ=0.932	ペレット-1	keff+3σ=0.942	ペレット-2	keff+3σ=0.941	ペレット-3	keff+3σ=0.933
MOX粉末-1		keff+3σ=0.937																
MOX粉末-2		keff+3σ=0.940																
MOX粉末-3		keff+3σ=0.942																
MOX粉末-4		keff+3σ=0.932																
ペレット-1		keff+3σ=0.942																
ペレット-2		keff+3σ=0.941																
ペレット-3	keff+3σ=0.933																	
MOX粉末-2	45.0kg・Pu*																	
MOX粉末-3	29.0kg・Pu*																	
MOX粉末-4	83.0kg・Pu*																	
ペレット-1	29.0kg・Pu*																	
ペレット-2	36.0kg・Pu* <sup>(注1)</sup>																	
ペレット-3	7.50kg・Pu* <sup>(注1)</sup>																	

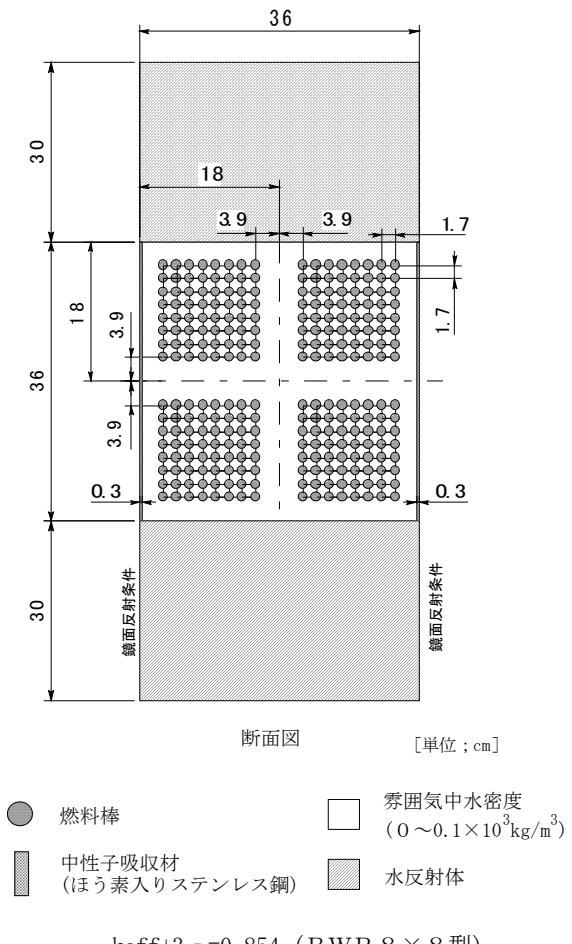
添5第6表 核燃料物質の形態ごとの中性子実効増倍率 0.95 以下に対応する値の計算モデル (2 / 7)

形態	計算モデル	中性子実効増倍率0.95 以下に対応する値	モデル図	備考
燃料棒	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料棒の配置 最適配置 (三角格子) で 無限配列</li> <li>・燃料棒 (ペレット) の直径 BWR 8×8型 1.06cm BWR 9×9型 0.98cm PWR 17×17型 0.84cm</li> <li>・燃料棒の長さ 無限長</li> <li>・反射条件 水30cm</li> <li>・雰囲気中水密度 <math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math></li> </ul>	平板厚さ15.0cm	 <p style="text-align: center;">断面図</p> <p style="text-align: center;"><math>k_{eff}+3\sigma = 0.933</math> (PWR 17×17型)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 燃料棒 (ペレット) は直径を被覆管の内径まで大きくし, 被覆管の材質は無視するが, 厚みを空間として考慮する。</li> <li>2) 燃料棒の型式ごとに三角格子のピッチ及び段数を変化させて最適配置を確認する。</li> <li>3) 燃料棒の型式について比較し実効増倍率の高い方を採用する。</li> <li>4) 雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度<math>0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</li> </ol>

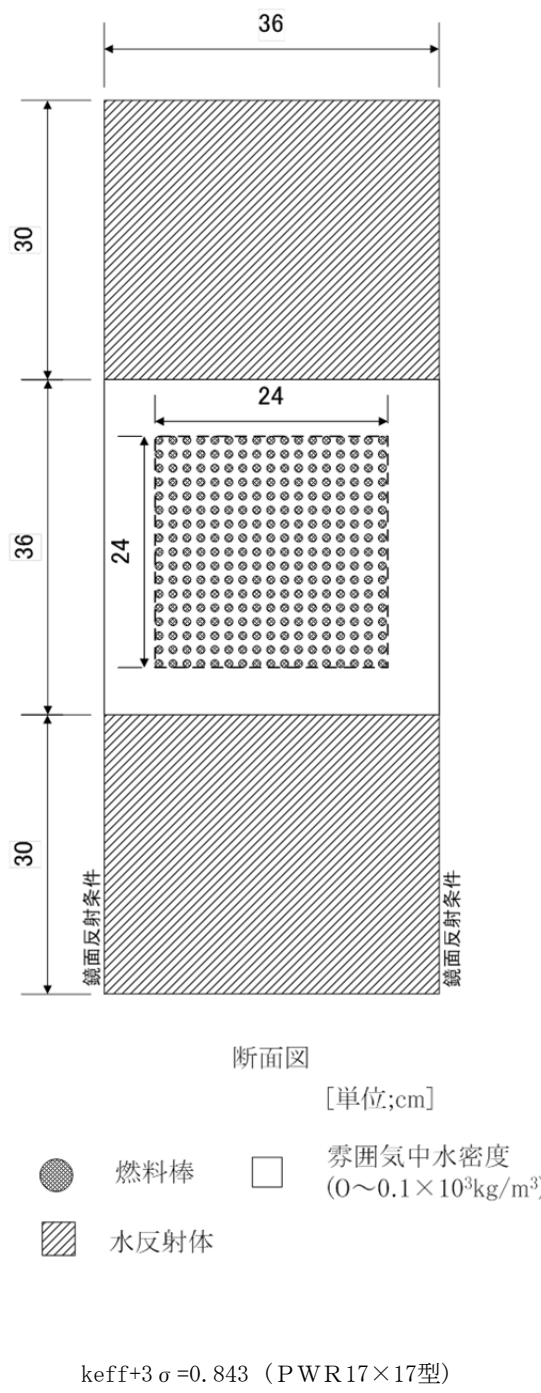
添5第6表 核燃料物質の形態ごとの中性子実効増倍率 0.95 以下に対応する値の計算モデル (3 / 7)

形態	計算モデル	中性子実効増倍率0.95 以下に対応する値	モデル図	備考
ウラン燃料棒	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料棒の配置 最適配置 (三角格子)</li> <li>・燃料棒 (ペレット) の直径 BWR 8 × 8 型 1.06cm BWR 9 × 9 型 0.98cm</li> <li>・燃料棒の長さ 無限長</li> <li>・反射条件 水30cm</li> <li>・雰囲気中水密度 <math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math></li> </ul>	540本	 <p style="text-align: center;">断面図 [単位: cm]</p> <p style="text-align: center;">● 燃料棒    ■ 水反射体    □ 雰囲気中水密度 (<math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</p> <p style="text-align: center;"><math>k_{\text{eff}+3\sigma} = 0.946</math> (BWR 8 × 8 型)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 燃料棒 (ペレット) は直径を被覆管の内径まで大きくし, 被覆管の材質は無視するが, 厚みを空間として考慮する。</li> <li>2) 燃料棒の型式ごとに三角格子のピッチを変化させて最適配置を確認する。</li> <li>3) 燃料棒の型式について比較し実効増倍率の高い方を採用する。</li> <li>4) 雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度<math>0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</li> </ol>

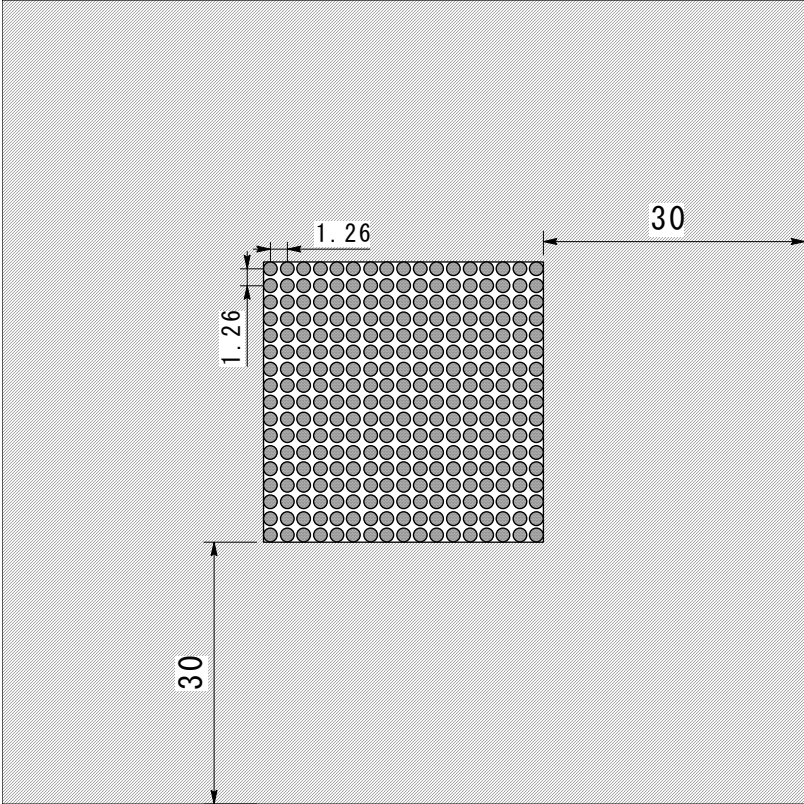
添5第6表 核燃料物質の形態ごとの中性子実効増倍率 0.95 以下に対応する値の計算モデル (4 / 7)

取扱単位	形態	計算モデル	中性子実効増倍率0.95以下に対応する値	モデル図	備考
貯蔵マガジン	燃料棒	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵マガジンの形状 36cm×36cm</li> <li>燃料棒の配置 燃料棒を中心間距離1.7cmの8行×8列正方格子に配列し、これを中心間距離18.0cm×18.0cmの2行×2列格子に配置</li> <li>貯蔵マガジン中心線から最も近い燃料棒中心までの距離 3.9cm</li> <li>燃料棒(ペレット)の直径 BWR 8×8型 1.06cm BWR 9×9型 0.98cm PWR 17×17型 0.84cm</li> <li>燃料棒の長さ 無限長</li> <li>貯蔵マガジンの配置 1段無限配列</li> <li>中性子吸収材の配置 中性子吸収材を両側面に配置</li> <li>中性子吸収材の厚み ほう素(質量百分率で0.8%)入り ステンレス鋼厚さ0.3cm</li> <li>反射条件 水30cm</li> <li>雰囲気中水密度 0~0.1 ×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup></li> </ul>	1段	 <p>断面図 [単位: cm]</p> <p>● 燃料棒 ■ 中性子吸収材 (ほう素入りステンレス鋼) □ 雰囲気中水密度 (0~0.1×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup>) ■ 水反射体</p> <p>keff+3σ=0.854 (BWR 8×8型)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>燃料棒(ペレット)は直径を被覆管内径まで大きくし、被覆管の材質は無視するが、厚みを空間として考慮する。</li> <li>燃料棒の型式について比較し実効増倍率の高い方を採用する。</li> <li>雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度0.1×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup>)</li> </ol>

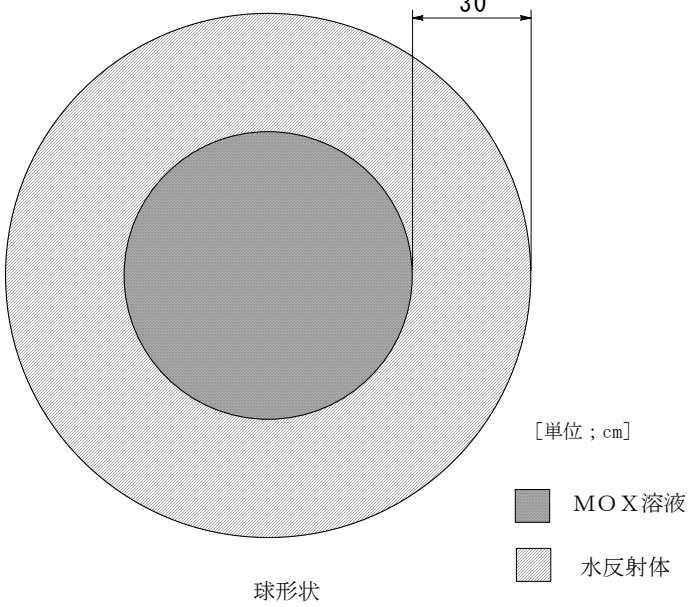
添5第6表 核燃料物質の形態ごとの中性子実効増倍率 0.95 以下に対応する値の計算モデル (5 / 7)

取扱単位	形態	計算モデル	中性子実効増倍率0.95 以下に対応する値	モデル図	備考
組立マガジン	燃料棒	<ul style="list-style-type: none"> <li>・組立マガジンの形状 36cm×36cm</li> <li>・燃料棒の配置 (燃料棒収容領域) 24cm×24cm</li> <li>・燃料棒 (ペレット) の直径 BWR 8×8型 1.06cm BWR 9×9型 0.98cm PWR 17×17型 0.84cm</li> <li>・燃料棒の長さ 無限長</li> <li>・組立マガジンの配置 1段無限配列</li> <li>・反射条件 水30cm</li> <li>・雰囲気中水密度 0～0.1 ×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup></li> </ul>	1段	 <p style="text-align: center;">断面図 [単位;cm]</p> <p>● 燃料棒    □ 雰囲気中水密度 (0～0.1×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup>)      ▨ 水反射体</p> <p style="text-align: center;">keff+3σ = 0.843 (PWR 17×17型)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 燃料棒 (ペレット) は直径を被覆管内径まで大きくし, 被覆管の材質は無視するが, 厚みを空間として考慮する。</li> <li>2) 燃料棒の型式について比較し実効増倍率の高い方を採用する。</li> <li>3) 雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度0.1×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup>)</li> </ol>

添5第6表 核燃料物質の形態ごとの中性子実効増倍率 0.95 以下に対応する値の計算モデル (6 / 7)

形態	計算モデル	中性子実効増倍率0.95 以下に対応する値	モデル図	備考
燃料集合体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料集合体の形状 BWR燃料集合体 PWR燃料集合体</li> <li>・燃料棒（ペレット）の直径 BWR 8×8型 1.06cm BWR 9×9型 0.98cm PWR 17×17型 0.84cm</li> <li>・燃料棒の長さ 無限長</li> <li>・反射条件 水30cm</li> <li>・雰囲気中水密度 <math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math></li> </ul>	1 体	 <p style="text-align: center;">断面図 [単位; cm]</p> <p style="text-align: center;">● 燃料棒    ■ 水反射体    □ 雰囲気中水密度 (<math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</p> <p style="text-align: center;">keff+3σ = 0.651 (PWR 17×17型)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 燃料棒（ペレット）は直径を被覆管内径まで大きくし、被覆管の材質は無視するが、厚みを空間として考慮する。</li> <li>2) 燃料棒の型式について比較し実効増倍率の高い方を採用する。</li> <li>3) PWR燃料集合体の案内管、BWR燃料集合体のウォーターロッド及びウラン燃料棒はすべて燃料棒に置き換える。</li> <li>4) 雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度<math>0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</li> </ol>

添5第6表 核燃料物質の形態ごとの中性子実効増倍率 0.95 以下に対応する値の計算モデル (7 / 7)

形態	計算モデル	中性子実効増倍率0.95 以下に対応する値	モデル図	備考
MOX溶液	<ul style="list-style-type: none"> <li>・核燃料物質の形状 球形状</li> <li>・減速条件 最適</li> <li>・反射条件 水30cm</li> </ul>	0.50kg・Pu * (注1)	 <p style="text-align: center;">球形状</p> <p style="text-align: center;">keff+3σ = 0.945</p>	1) MOX濃度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(最適減速条件0.06×10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> )

注1 二重装荷を考慮する場合は2分の1とする。

添5第7表 成形施設単一ユニットの取扱制限値【形状寸法管理】

設備	ユニット名	取扱制限値	
		取扱単位	
貯蔵容器受入設備	洞道搬送ユニット	混合酸化物貯蔵容器	1体
	受渡天井クレーン ユニット	混合酸化物貯蔵容器	1体
	受渡ユニット	混合酸化物貯蔵容器	1体
	保管室クレーンユニット	混合酸化物貯蔵容器	1体
	貯蔵容器検査ユニット	混合酸化物貯蔵容器	1体
原料粉末受払設備	貯蔵容器受払ユニット	混合酸化物貯蔵容器	1体



添5第8表 成形施設単一ユニットの取扱制限値【質量管理】(1/5)

設備	ユニット名	取扱制限値			
		MOX質量	Pu*質量	Pu富化度	含水率
原料MOX粉末缶 取出設備	原料MOX粉末缶 取出ユニット	50kg・MOX	21.9kg・Pu*	60%	0.5%
一次混合設備	原料MOX粉末秤量・ 分取ユニットA	60kg・MOX	26.7kg・Pu*	60%	0.5%
	原料MOX粉末秤量・ 分取ユニットB	60kg・MOX	26.7kg・Pu*	60%	0.5%
	ウラン粉末・回収粉末 秤量・分取ユニット	258kg・MOX	19.3kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.5%
	予備混合ユニット <sup>※2</sup>	87kg・MOX	24.5kg・Pu*	60%	1.0%
	一次混合ユニットA <sup>※3</sup>	96kg・MOX	22.1kg・Pu*	30%	1.0%
	一次混合ユニットB <sup>※3</sup>	96kg・MOX	22.1kg・Pu*	30%	1.0%

※1 Pu富化度が18%以下の粉末の管理に当たっては、Pu富化度に加え、核分裂性Pu割合との組合せで核分裂性Pu富化度が11.6%以下となるように管理する。

※2 混合後の粉末はJ60に収納することから、粉末混合時の平均Pu富化度はJ60の取扱制限値である30%以下とする。

※3 ウラン合金ボールを使用するユニットであるが、ウラン合金であるためMOX質量には含めない。

添5第8表 成形施設単一ユニットの取扱制限値【質量管理】(2/5)

設備	ユニット名	取扱制限値			
		MOX質量	Pu*質量	Pu富化度	含水率
二次混合設備	一次混合粉末秤量・分取ユニット	258kg・MOX	38.6kg・Pu*	30%	1.0%
	均一化混合ユニット <sup>※2</sup>	311kg・MOX	40.4kg・Pu*	30%	1.5%
	造粒ユニット	128kg・MOX	14.7kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	1.5%
	添加剤混合ユニットA	208kg・MOX	23.9kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	2.5%
	添加剤混合ユニットB	208kg・MOX	23.9kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	2.5%
分析試料採取設備	原料MOX分析試料採取ユニット	32kg・MOX	14.0kg・Pu*	60%	0.5%
	分析試料採取・詰替ユニット	213kg・MOX	28.2kg・Pu*	30%	2.5%

※1 Pu富化度が18%以下の粉末の管理に当たっては、Pu富化度に加え、核分裂性Pu割合との組合せで核分裂性Pu富化度が11.6%以下となるように管理する。

※2 J85内は異なる富化度の粉末が積層状態となる場合があることから、容器内の平均Pu富化度である18%以下で管理する。それに伴い、J85内粉末を投入する。

均一化混合機についても、J85の平均Pu富化度の粉末を取り扱うものとする。

添5第8表 成形施設単一ユニットの取扱制限値【質量管理】(3/5)

設備	ユニット名	取扱制限値			
		MOX質量	Pu*質量	Pu富化度	含水率
スクラップ 処理設備	回収粉末処理・詰替 ユニット	247kg・MOX	28.4kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.5%
	回収粉末微粉砕 ユニット <sup>※2</sup>	96kg・MOX	22.1kg・Pu*	30%	1.0%
	回収粉末処理・混合 ユニット <sup>※3</sup>	186kg・MOX	32.4kg・Pu*	30%	2.5%
	再生スクラップ 焙焼処理ユニット	38kg・MOX	7.50kg・Pu*	60%	2.5%
	再生スクラップ 受払ユニット	63kg・MOX	3.75kg・Pu*	60%	2.5%

※1 Pu富化度が18%以下の粉末の管理に当たっては、Pu富化度に加え、核分裂性Pu割合との組合せで核分裂性Pu富化度が11.6%以下となるように管理する。

※2 ウラン合金ボールを使用するユニットであるが、ウラン合金であるためMOX質量には含めない。

※3 混合後の粉末はJ85に収納することから、粉末混合時の平均Pu富化度はJ85の取扱制限値である18%以下とする。

添5第8表 成形施設単一ユニットの取扱制限値【質量管理】(4/5)

設備	ユニット名	取扱制限値			
		MOX質量	Pu*質量	Pu富化度	含水率
圧縮成形設備	プレス・グリーン ペレット積込ユニットA	245kg・MOX	28.1kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	2.5%
	プレス・グリーン ペレット積込ユニットB	245kg・MOX	28.1kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	2.5%
	空焼結ボート取扱 ユニット	36kg・MOX	4.2kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	2.5%
焼結設備	焼結炉ユニットA	411kg・MOX	29.0kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	2.5%
	焼結炉ユニットB	411kg・MOX	29.0kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	2.5%
	焼結炉ユニットC	411kg・MOX	29.0kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	2.5%

※1 Pu富化度が18%以下の粉末の管理に当たっては、Pu富化度に加え、核分裂性Pu割合との組合せで核分裂性Pu富化度が11.6%以下となるように管理する。

添5第8表 成形施設単一ユニットの取扱制限値【質量管理】（5／5）

設備	ユニット名	取扱制限値			
		MOX質量	Pu*質量	Pu富化度	含水率
研削設備 ペレット検査設備	ペレット研削・検査 ユニットA	301kg・MOX	34.4kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.1%
	ペレット研削・検査 ユニットB	301kg・MOX	34.4kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.1%
ペレット検査設備	ペレット立会検査 ユニット	47kg・MOX	5.3kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.1%

※1 Pu富化度が18%以下の粉末の管理に当たっては、Pu富化度に加え、核分裂性Pu割合との組合せで核分裂性Pu富化度が11.6%以下となるように管理する。

添5第9表 被覆施設単一ユニットの取扱制限値【質量管理】

設備	ユニット名	取扱制限値			
		MOX質量	Pu*質量	Pu富化度	含水率
スタック編成設備	スタック編成ユニットA	93kg・MOX	10.6kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.1%
	スタック編成ユニットB	93kg・MOX	10.6kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.1%
	空乾燥ボート取扱 ユニット	184kg・MOX	21.0kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.1%
スタック乾燥設備	スタック乾燥ユニットA	266kg・MOX	30.5kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.1%
	スタック乾燥ユニットB	266kg・MOX	30.5kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.1%
挿入溶接設備	スタック供給・挿入 溶接ユニットA	198kg・MOX	22.6kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.1%
	スタック供給・挿入 溶接ユニットB	198kg・MOX	22.6kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.1%
燃料棒解体設備	燃料棒解体ユニット	79kg・MOX	9.0kg・Pu*	18% <sup>※1</sup>	0.1%

※1 Pu富化度が18%以下の粉末の管理に当たっては、Pu富化度に加え、核分裂性Pu割合との組合せで核分裂性Pu富化度が11.6%以下となるように管理する。

添5第10表 被覆施設単一ユニットの取扱制限値【形状寸法管理】(1/2)

設備	ユニット名	取扱制限値	
		取扱単位	
燃料棒検査設備	燃料棒検査ユニット	BWR燃料棒 PWR燃料棒	平板厚さ 15.0cm (燃料棒 253本)
	燃料棒立会検査ユニット	BWR燃料棒 PWR燃料棒	平板厚さ 15.0cm (燃料棒 43本)

添5第10表 被覆施設単一ユニットの取扱制限値【形状寸法管理】(2/2)

設備	ユニット名	取扱制限値	
		取扱単位	
燃料棒収容設備	燃料棒検査ユニット	BWR燃料棒 PWR燃料棒	平板厚さ 15.0cm (燃料棒 253本)
	燃料棒収容ユニット	貯蔵マガジン	1段 (1基)
	燃料棒立会検査ユニット	BWR燃料棒 PWR燃料棒	平板厚さ 15.0cm (燃料棒 43本)
	燃料棒供給ユニット	貯蔵マガジン	1段 (1基)
	貯蔵マガジン移載 ユニット	貯蔵マガジン	1段 (1基)



添5第11表 組立施設単一ユニットの取扱制限値【形状寸法管理】(1/2)

設備	ユニット名	取扱制限値	
		取扱単位	
燃料集合体組立設備	マガジン編成ユニット	貯蔵マガジン 組立マガジン	1段 (8基)
	燃料集合体組立ユニット	燃料集合体	1体
燃料集合体洗浄設備	燃料集合体洗浄ユニット	燃料集合体	1体
燃料集合体検査設備	燃料集合体 第1検査ユニット	燃料集合体	1体
	燃料集合体 第2検査ユニット	燃料集合体	1体

添5第11表 組立施設単一ユニットの取扱制限値【形状寸法管理】(2/2)

設備	ユニット名	取扱制限値	
		取扱単位	
燃料集合体検査設備	燃料集合体仮置ユニット	燃料集合体	1体
	燃料集合体立会検査ユニット	燃料集合体	1体
燃料集合体組立工程搬送設備	組立クレーンユニット	燃料集合体	1体
	リフタユニット	燃料集合体	1体
梱包・出荷設備	貯蔵梱包クレーンユニット	燃料集合体	1体
	燃料ホルダ取付ユニット	燃料集合体	1体

添5第12表 燃料棒貯蔵設備単一ユニットの取扱制限値【形状寸法管理】

設備	ユニット名	取扱制限値	
		取扱単位	
燃料棒貯蔵設備	貯蔵マガジン入出庫ユニット	貯蔵マガジン	1段 (1基)
	ウラン燃料棒収容ユニット (b)	貯蔵マガジン	1段 (1基)

添5第13表 燃料棒貯蔵設備単一ユニットの取扱制限値【質量管理】

設備	ユニット名	取扱制限値
		燃料棒本数
燃料棒貯蔵設備	ウラン燃料棒収容ユニット (a)	261 本

添5第14表 核燃料物質の検査設備単一ユニットの取扱制限値【質量管理】

設備	ユニット名	取扱制限値			
		MOX質量	Pu*質量	Pu富化度	含水率
分析設備	受払ユニット	5kg・MOX	0.25kg・Pu* <sup>※1</sup>	60%	— <sup>※2</sup>
	分析ユニット (a)	8kg・MOX	0.25kg・Pu* <sup>※1</sup>	60%	— <sup>※2</sup>
	分析ユニット (b)	6kg・MOX	0.50kg・Pu* <sup>※1</sup>	60%	— <sup>※2</sup>
	分析済液処理 ユニット	3kg・MOX	0.25kg・Pu* <sup>※1</sup>	60%	— <sup>※2</sup>

※1 標準試料等は、Pu\*質量で管理を行う。

※2 最適減速条件まで考慮するため、含水率に対する制限は設けない。

添5第15表 実験設備単一ユニットの取扱制限値【質量管理】

設備	ユニット名	取扱制限値			
		MOX質量	Pu*質量	Pu富化度	含水率
小規模試験設備	小規模試験ユニット <sup>※1</sup>	103kg・MOX	3.75kg・Pu*	60%	2.5%

※1 ウラン合金ボールを使用するユニットであるが、ウラン合金であるためMOX質量には含めない。

添5第16表 貯蔵設備の計算モデル (1 / 3)

設備	貯蔵単位			計算モデル	単一ユニット相互間の距離	モデル図	備考
	容器等 (注1)	形態	形状又は量				
スクラップ貯蔵設備	9 缶バスケット	ペレット-2	直径 9 cm ×高さ 25cm × 9 缶	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵単位の量 9 缶バスケット 1 台 ペレット保管容器 1 体</li> <li>貯蔵単位の配置 6 段×1 行 (列方向無限)</li> <li>雰囲気中水密度 貯蔵設備間 0~0.1 <math>\times 10^3 \text{kg/m}^3</math></li> <li>段方向及び行方向の反射条件 コンクリート 100cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵単位の中心間距離 段方向45cm以上 列方向45cm以上</li> <li>製品ペレット貯蔵棚との面間距離 250cm 以上</li> </ul>		<ol style="list-style-type: none"> <li>貯蔵単位の収納質量に対して厳しい評価となるように計算モデルの質量を設定する。  <ul style="list-style-type: none"> <li>ペレット保管容器 81.8kg・MOX (ペレット-2の密度使用)</li> <li>9 缶バスケット 159kg・MOX (ペレット-2の密度使用)</li> </ul> </li> <li>貯蔵単位及び形態を比較して厳しい評価となるように貯蔵単位及び形態を選定する。</li> <li>各貯蔵単位の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるよう水 2.5cm反射とする。</li> <li>雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度 0 kg/m<sup>3</sup>)</li> <li>貯蔵単位のペレット保管容器は、「ペレット保管容器」、「規格外ペレット保管容器」、「ペレット保存試料保管容器」の総称とする。</li> <li>貯蔵設備に貯蔵単位が満載した状態に加えて、搬送装置に 1 単位追加した核燃料物質の移動時を考慮したモデルである。</li> </ol>
		MOX粉末-4					
製品ペレット貯蔵設備	ペレット保管容器	ペレット-2	長さ 27cm ×幅 26cm ×高さ 10.5cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵単位の量 ペレット保管容器 1 体</li> <li>貯蔵単位の配置 10 段×1 行 (列方向無限)</li> <li>雰囲気中水密度 貯蔵設備間 0~0.1 <math>\times 10^3 \text{kg/m}^3</math></li> <li>段方向及び行方向の反射条件 コンクリート 100cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵単位の中心間距離 段方向25cm以上 列方向45cm以上</li> <li>スクラップ貯蔵棚との面間距離 250cm 以上</li> </ul>		

注1 収納する形態の核燃料物質を取り扱う臨界管理ユニットより搬入するため、単一ユニットとして臨界安全は確保される。

添5第16表 貯蔵設備の計算モデル (2 / 3)

設備	貯蔵単位			計算モデル	単一ユニット相互間の距離	モデル図	備考
	容器等 (注1)	形態	形状又は量				
燃料棒貯蔵設備	貯蔵マガジン	燃料棒	添5第6表に示す貯蔵マガジンと同一形状ただし長さ400cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵単位の量 貯蔵マガジン 1体</li> <li>貯蔵単位の配置 4段×1列 (行方向無限)</li> <li>雰囲気中水密度 <math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math></li> <li>段方向及び列方向の反射条件 コンクリート 100cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵単位の中心間距離 段方向70cm以上 行方向75cm以上</li> </ul>	<p>平面図</p> <p>断面図</p> <p>[単位: cm]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵マガジン (BWR 8×8 型)</li> <li>普通コンクリート<sup>(22)</sup></li> <li>雰囲気中水密度 (<math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</li> </ul> <p>keff+3σ = 0.919 (BWR 8×8 型)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度 <math>0.05 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</li> <li>貯蔵設備に貯蔵単位が満載した状態に加えて、搬送装置に1単位追加した核燃料物質の移動時を考慮したモデルである。</li> </ol>

注1 収納する形態の核燃料物質を取り扱う臨界管理ユニットより搬入するため、単一ユニットとして臨界安全は確保される。



添5第16表 貯蔵設備の計算モデル (3 / 3)

設備	貯蔵単位			計算モデル	単一ユニット相互間の距離	モデル図	備考
	容器等 (注1)	形態	形状又は量				
燃料集合体貯蔵設備	燃料集合体	添5第6表に示すBWR燃料集合体又はPWR燃料集合体と同一形状	<ul style="list-style-type: none"> <li>・1チャンネルの貯蔵量 BWR燃料集合体 4体 PWR燃料集合体 1体</li> <li>・燃料集合体貯蔵チャンネルの寸法 外管(内寸) 長さ38.75cm ×幅38.75cm ×高さ380cm BWRガイド管(内寸) 長さ14.97cm ×幅14.97cm ×高さ380cm PWRガイド管(内寸) 長さ22.65cm ×幅22.65cm ×高さ380cm</li> <li>・燃料集合体貯蔵チャンネルの配置 1段×10行(列方向無限)</li> <li>・雰囲気中水密度 0~0.1×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup></li> <li>・上下方向及び行方向の反射条件 コンクリート 100cm</li> <li>・ステンレス鋼の厚み(燃料集合体貯蔵チャンネル) 外管 0.45cm BWRガイド管 0.55cm PWRガイド管 0.45cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貯蔵チャンネルの中心間距離 行方向75cm以上 列方向75cm以上</li> <li>・貯蔵単位の配置 BWRガイド管の中心間距離 19.2~20.4cm</li> </ul>	<p>平面図 断面図</p> <p>keff+3σ=0.888 (BWR 9×9型燃料集合体)</p>	<p>1) 燃料集合体の型式について比較し実効増倍率の高い方を採用する。</p> <p>2) 雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。 (BWR 9×9燃料集合体：雰囲気中水密度0.03×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup>)</p>	

注1 収納する形態の核燃料物質を取り扱う臨界管理ユニットより搬入するため、単一ユニットとして臨界安全は確保される。

添5第17表 一時保管設備の計算モデル（1 / 4）

設備	貯蔵単位			計算モデル	単一ユニット相互間の距離	モデル図	備考
	容器等 (注1)	形態	形状又は量				
貯蔵容器 一時保管 設備	混合酸化物貯蔵容器	原料MOX粉末	・直径20.4cm <sup>(14)</sup> ・質量 40kg・(U+Pu) <sup>(14)</sup>	・1ピットの貯蔵量 混合酸化物貯蔵容器 1体 ・保管ピットの配置 1段×4行 (列方向無限) ・雰囲気中水密度 0～0.1 ×10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> ・段方向及び行方向の反射条件 コンクリート 100cm	・保管ピットの中心間距離 行方向60cm以上 列方向60cm以上	<p>keff+3σ=0.749</p>	1) 各貯蔵単位の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるよう水2.5cm反射とする。 2) 雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度0 kg/m <sup>3</sup> )

注1 収納する形態の核燃料物質を取り扱う臨界管理ユニットより搬入するため、単一ユニットとして臨界安全は確保される。

添5第17表 一時保管設備の計算モデル (2/4)

設備	貯蔵単位			計算モデル	単一ユニット相互間の距離	モデル図	備考
	容器等 (注1)	形態	形状又は量				
原料MOX粉末缶一時保管設備	粉末缶	MOX粉末-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>直径 20.4cm<sup>(14)</sup></li> <li>質量 13.3kg・(U+Pu)<sup>(14)</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵単位の量 粉末缶 1缶</li> <li>貯蔵単位の配置 1段×2行 (列方向無限)</li> <li>雰囲気中水密度 0~0.1 ×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup></li> <li>段方向及び行方向の反射条件 コンクリート 100cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵単位の中心間距離 行方向30cm以上 列方向26cm以上</li> </ul>	<p>平面図</p> <p>側面図</p> <p>keff+3σ=0.790</p> <p>[単位: cm]</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>粉末缶は厳しい評価となるように混合酸化物貯蔵容器の直径と同じ寸法としてモデル化する。</li> <li>収納する質量は粉末缶の質量制限値とし、核燃料物質は粉末缶内に満たされるようにモデル化する。</li> <li>各貯蔵単位の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるよう水2.5cm反射とする。</li> <li>雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度0.1×10<sup>3</sup>kg/m<sup>3</sup>)</li> <li>一時保管設備に貯蔵単位が満載した状態に加えて、搬送装置に1単位追加した核燃料物質の移動時を考慮したモデルである。</li> </ol>

注1 収納する形態の核燃料物質を取り扱う臨界管理ユニットより搬入するため、単一ユニットとして臨界安全は確保される。

添5第17表 一時保管設備の計算モデル (3 / 4)

設備	貯蔵単位			計算モデル	単一ユニット相互間の距離	モデル図	備考					
	容器等 (注1)	形態	形状又は量									
粉末一時保管設備	J 60	MOX粉末-1	・外径41cm ×内径19cm ・各形態の0.95対応質量に相当する質量	・貯蔵単位の量 J 60 1缶 J 85 1缶 5缶バスケット 1台 ・貯蔵単位の配置 1段×2列 (行方向無限) ・雰囲気中水密度 0~0.1 ×10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> ・段方向及び列方向の反射条件 コンクリート100cm	・貯蔵単位の中心間距離 行方向65cm以上 列方向65cm以上 ・貯蔵単位の搬送時の搬送高さ(底面間距離) 段方向65cm以上		1) 核燃料物質はMOX粉末-2の計算条件とする。 J 60, J 85の計算モデル質量: 180kg・MOX (MOX粉末-2の0.95対応質量に相当する質量) 2) 貯蔵単位及び核燃料物質の形態を比較して最も厳しい貯蔵単位及び形態を選定する。 3) 各貯蔵単位の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるように水2.5cm反射とする。 4) 雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度0.1×10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> ) 5) 貯蔵単位の5缶バスケットは、「5缶バスケット」、「1缶バスケット」の総称とする。 6) 一時保管設備に貯蔵単位が満載した状態に加えて、搬送装置に1単位追加した核燃料物質の移動時を考慮したモデルである。					
		MOX粉末-2										
		MOX粉末-4										
		ペレット-2										
	J 85	MOX粉末-2	・外径47cm ×内径13.5cm ・各形態の0.95対応質量に相当する質量					・貯蔵単位の量 J 60 1缶 J 85 1缶 5缶バスケット 1台	・貯蔵単位の中心間距離 行方向65cm以上 列方向65cm以上	・貯蔵単位の搬送時の搬送高さ(底面間距離) 段方向65cm以上		1) 核燃料物質はMOX粉末-2の計算条件とする。 J 60, J 85の計算モデル質量: 180kg・MOX (MOX粉末-2の0.95対応質量に相当する質量) 2) 貯蔵単位及び核燃料物質の形態を比較して最も厳しい貯蔵単位及び形態を選定する。 3) 各貯蔵単位の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるように水2.5cm反射とする。 4) 雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度0.1×10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> ) 5) 貯蔵単位の5缶バスケットは、「5缶バスケット」、「1缶バスケット」の総称とする。 6) 一時保管設備に貯蔵単位が満載した状態に加えて、搬送装置に1単位追加した核燃料物質の移動時を考慮したモデルである。
		MOX粉末-3										
	5缶バスケット	ペレット-1	直径9cm ×高さ25cm ×5缶					・貯蔵単位の量 J 60 1缶 J 85 1缶 5缶バスケット 1台	・貯蔵単位の中心間距離 行方向65cm以上 列方向65cm以上	・貯蔵単位の搬送時の搬送高さ(底面間距離) 段方向65cm以上		1) 核燃料物質はMOX粉末-2の計算条件とする。 J 60, J 85の計算モデル質量: 180kg・MOX (MOX粉末-2の0.95対応質量に相当する質量) 2) 貯蔵単位及び核燃料物質の形態を比較して最も厳しい貯蔵単位及び形態を選定する。 3) 各貯蔵単位の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるように水2.5cm反射とする。 4) 雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度0.1×10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup> ) 5) 貯蔵単位の5缶バスケットは、「5缶バスケット」、「1缶バスケット」の総称とする。 6) 一時保管設備に貯蔵単位が満載した状態に加えて、搬送装置に1単位追加した核燃料物質の移動時を考慮したモデルである。
		ペレット-2										
		MOX粉末-2										
		MOX粉末-3										
		MOX粉末-4										

注1 収納する形態の核燃料物質を取り扱う臨界管理ユニットより搬入するため、単一ユニットとして臨界安全は確保される。

添5第17表 一時保管設備の計算モデル (4/4)

設備	貯蔵単位			計算モデル	単一ユニット相互間の距離	モデル図	備考
	容器等 (注1)	形態	形状又は量				
ペレット 一時保管 設備	焼結ボート	ペレット-1	長さ 28.5cm × 幅 19cm × 高さ 10.5cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貯蔵単位の量 焼結ボート 1ボート ペレット保管容器 1体</li> <li>・貯蔵単位の配置 8段×1列 (行方向無限)</li> <li>・雰囲気中水密度 <math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math></li> <li>・段方向及び列方 向の反射条件 コンクリート 100cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貯蔵単位の中 心間距離 段方向30cm以上 行方向35cm以上</li> </ul>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 貯蔵単位の収納質量に対して厳しい評価となるように計算モデルの質量を設定する。 ペレット保管容器 81.8kg・MOX (ペレット-2の密度使用)</li> <li>2) 貯蔵単位及び形態を比較して最も厳しい貯蔵単位及び形態を選定する。</li> <li>3) 各貯蔵単位の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるよう水2.5cm反射とする。</li> <li>4) 雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度 <math>0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</li> <li>5) 貯蔵単位の焼結ボートは、「焼結ボート」、「スクラップ焼結ボート」、「先行試験焼結ボート」の総称とする。 貯蔵単位のペレット保管容器は、「ペレット保管容器」、「規格外ペレット保管容器」、「ペレット保存試料保管容器」の総称とする。</li> <li>6) 一時保管設備に貯蔵単位が満載した状態に加えて、搬送装置に1単位追加した核燃料物質の移動時を考慮したモデルである。</li> </ol>
		ペレット保管容器					

注1 収納する形態の核燃料物質を取り扱う臨界管理ユニットより搬入するため、単一ユニットとして臨界安全は確保される。

添5第18表 単一ユニット相互間の計算モデル (1 / 3)

考慮する単一ユニット			計算モデル	単一ユニット相互間の距離	モデル図	備考
取扱単位	形態	形状又は量				
混合酸化物貯蔵容器	原料MOX粉末	<ul style="list-style-type: none"> <li>・内径 20.4cm</li> <li>・質量 40kg・(U+Pu)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・取扱単位の量 混合酸化物貯蔵容器 1体</li> <li>・単一ユニットの配置 1行×2列 (単一ユニット2個)</li> <li>・雰囲気中水密度 <math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math></li> <li>・反射条件 コンクリート100cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・単一ユニット相互間距離 (水平距離) 30cm以上</li> </ul>	<p>平面図</p> <p>断面図 [単位: cm]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 混合酸化物貯蔵容器(原料MOX粉末)</li> <li>■ 普通コンクリート<sup>(22)</sup></li> <li>□ 雰囲気中水密度 (<math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</li> </ul> <p><math>k_{eff} + 3\sigma = 0.683</math></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 混合酸化物貯蔵容器のモデル化及び形態は、添5第17表 一時保管設備の計算モデル (1 / 4) に従う。</li> <li>2) 単一ユニットと周囲のコンクリートまでの距離を30cmとする。ただし、上下方向は、厳しい評価となるように単一ユニットとコンクリートが接するモデルとする。</li> <li>3) 各取扱単位の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるよう水2.5cm反射とする。</li> <li>4) 雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度<math>0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</li> </ol>

添5第18表 単一ユニット相互間の計算モデル (2/3)

考慮する単一ユニット			計算モデル	単一ユニット相互間の距離	モデル図	備考																
取扱単位	形態	形状又は量																				
質量管理するグローブボックス	MOX粉末-1 MOX粉末-2 MOX粉末-3 MOX粉末-4 ペレット-1 ペレット-2 ペレット-3 MOX溶液	各単一ユニットの0.95対応質量に相当する球形状	<ul style="list-style-type: none"> <li>単一ユニットの配置 3行×3列 (単一ユニット9個)</li> <li>雰囲気中水密度 <math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math></li> <li>反射条件 コンクリート100cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>単一ユニット相互間距離 (水平距離) 30cm以上</li> </ul>	<p>平面図</p> <p>断面図</p> <p>[単位: cm]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>核燃料物質</li> <li>普通コンクリート<sup>(22)</sup></li> <li>雰囲気中水密度 (<math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</li> </ul> <table border="1"> <tr><td>MOX粉末-1</td><td><math>k_{eff} + 3\sigma = 0.887</math></td></tr> <tr><td>MOX粉末-2</td><td><math>k_{eff} + 3\sigma = 0.913</math></td></tr> <tr><td>MOX粉末-3</td><td><math>k_{eff} + 3\sigma = 0.923</math></td></tr> <tr><td>MOX粉末-4</td><td><math>k_{eff} + 3\sigma = 0.923</math></td></tr> <tr><td>ペレット-1</td><td><math>k_{eff} + 3\sigma = 0.923</math></td></tr> <tr><td>ペレット-2</td><td><math>k_{eff} + 3\sigma = 0.908</math></td></tr> <tr><td>ペレット-3</td><td><math>k_{eff} + 3\sigma = 0.878</math></td></tr> <tr><td>MOX溶液</td><td><math>k_{eff} + 3\sigma = 0.926</math></td></tr> </table>	MOX粉末-1	$k_{eff} + 3\sigma = 0.887$	MOX粉末-2	$k_{eff} + 3\sigma = 0.913$	MOX粉末-3	$k_{eff} + 3\sigma = 0.923$	MOX粉末-4	$k_{eff} + 3\sigma = 0.923$	ペレット-1	$k_{eff} + 3\sigma = 0.923$	ペレット-2	$k_{eff} + 3\sigma = 0.908$	ペレット-3	$k_{eff} + 3\sigma = 0.878$	MOX溶液	$k_{eff} + 3\sigma = 0.926$	<ol style="list-style-type: none"> <li>核燃料物質の形状は、0.95対応質量に相当する球モデルとする。(添5第6表 核燃料物質の形態ごとの中性子実効増倍率0.95以下に対応する値の計算モデル(1/7), (7/7)を参照)</li> <li>単一ユニットと周囲のコンクリートまでの距離を30cmとする。</li> <li>各取扱単位の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるよう水2.5cm反射とする。</li> <li>雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(なお、中性子実効増倍率の雰囲気中水密度に対する変化は、ほとんどないことを計算により確認している。)</li> </ol>
			MOX粉末-1	$k_{eff} + 3\sigma = 0.887$																		
MOX粉末-2	$k_{eff} + 3\sigma = 0.913$																					
MOX粉末-3	$k_{eff} + 3\sigma = 0.923$																					
MOX粉末-4	$k_{eff} + 3\sigma = 0.923$																					
ペレット-1	$k_{eff} + 3\sigma = 0.923$																					
ペレット-2	$k_{eff} + 3\sigma = 0.908$																					
ペレット-3	$k_{eff} + 3\sigma = 0.878$																					
MOX溶液	$k_{eff} + 3\sigma = 0.926$																					

添5第18表 単一ユニット相互間の計算モデル (3 / 3)

考慮する単一ユニット			計算モデル	単一ユニット相互間の距離	モデル図	備考
取扱単位	形態	形状又は量				
燃料集合体	BWR燃料集合体 PWR燃料集合体	添5第6表に示す BWR燃料集合体 又はPWR燃料集 合体と同一形状	<ul style="list-style-type: none"> <li>取扱単位の量 燃料集合体 1体</li> <li>取扱単位の配置 2行×2列 (単一ユニット4個)</li> <li>雰囲気中水密度 <math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math></li> <li>反射条件 コンクリート100cm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>単一ユニット中心間距離 (水平距離) 50cm以上</li> </ul>	<p>燃料集合体(燃料棒の長さ: 無限長) 普通コンクリート<sup>(22)</sup> 雰囲気中水密度 (<math>0 \sim 0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</p> <p>平面図</p> <p>断面図</p> <p>鏡面反射条件</p> <p>[単位: cm]</p> <p>keff+3σ = 0.729 (PWR17×17型燃料集合体)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>燃料集合体の型式について比較し実効増倍率の高い方を採用する。</li> <li>燃料集合体のモデル化及び形態は、添5第6表 核燃料物質の形態ごとの中性子実効増倍率0.95以下に対応する値の計算モデル(6/7)に従う。</li> <li>単一ユニット中心と周囲のコンクリートまでの距離を100cmとする。ただし、上下方向は、厳しい評価となるように燃料集合体が無限長のモデルとする。</li> <li>各取扱単位の反射条件は反射体なしの場合より厳しい評価となるよう水2.5cm反射とする。</li> <li>雰囲気中水密度を変化させて実効増倍率の最高値を確認する。(雰囲気中水密度 <math>0.1 \times 10^3 \text{kg/m}^3</math>)</li> </ol>



添5第19表 単一ユニット以外に設定する取扱制限値（1／3）

容器	取扱制限値 <sup>※1</sup>			
	MOX質量	Pu*質量	Pu富化度	含水率
粉末缶	16kg・MOX	7.2kg・Pu*	60%	0.5%
J18	20kg・MOX	8.9kg・Pu*	60%	0.5%
J40	45kg・MOX	5.2kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	0.5%
J60	65kg・MOX	15.0kg・Pu*	30%	1.0%
J85 <sup>※4</sup>	90kg・MOX	10.4kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	2.5%
U85	90kg・UO <sub>2</sub>	—	0.72% <sup>※3</sup>	0.5%
原料MOXポット	2kg・MOX	0.7kg・Pu*	60%	2.5%
CS・RS保管ポット（粉末）	3kg・MOX	0.7kg・Pu*	30%	2.5%
		0.4kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	
CS・RS保管ポット（ペレット <sup>※5</sup> ）	7kg・MOX	0.8kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	2.5%
CS・RS回収ポット（粉末）	3kg・MOX	0.7kg・Pu*	30%	2.5%
		0.4kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	
CS・RS回収ポット（ペレット <sup>※5</sup> ）	7kg・MOX	0.8kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	2.5%
先行試験ポット	3kg・MOX	0.7kg・Pu*	30%	2.5%
ウランポット	3kg・UO <sub>2</sub>	—	0.72% <sup>※3</sup>	0.5%

※1 搬送の際には、搬送する容器の取扱制限値に加え、搬送先の単一ユニットの取扱制限値を逸脱していないことを確認する。

※2 Pu富化度が18%以下の粉末及びペレットの管理に当たっては、Pu富化度に加え、核分裂性Pu割合との組合せで核分裂性Pu富化度が11.6%以下となるように管理する。

※3 ウラン-235含有率を示す。

※4 J85内は異なる富化度の粉末が積層状態となる場合があることから、容器内の平均Pu富化度で管理する。

※5 焼結ペレット由来の研削粉を含む。

添5第19表 単一ユニット以外に設定する取扱制限値（2／3）

容器	取扱制限値 <sup>※1</sup>			
	MOX質量	Pu*質量	Pu富化度	含水率
焼結ボート	10kg・MOX	1.2kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	2.5%
スクラップ焼結ボート	9kg・MOX	1.1kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	2.5%
先行試験焼結ボート	3kg・MOX	0.4kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	2.5%
ペレット保管容器	24kg・MOX	2.8kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	0.1%
規格外ペレット保管容器	21kg・MOX	2.5kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	0.1%
ペレット保存試料保管容器	6kg・MOX	0.7kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	0.1%
乾燥ボート	21kg・MOX	2.4kg・Pu*	18% <sup>※2</sup>	0.1%

※1 搬送の際には、搬送する容器の取扱制限値に加え、搬送先の単一ユニットの取扱制限値を逸脱していないことを確認する。

※2 Pu富化度が18%以下の粉末及びペレットの管理に当たっては、Pu富化度に加え、核分裂性Pu割合との組合せで核分裂性Pu富化度が11.6%以下となるように管理する。

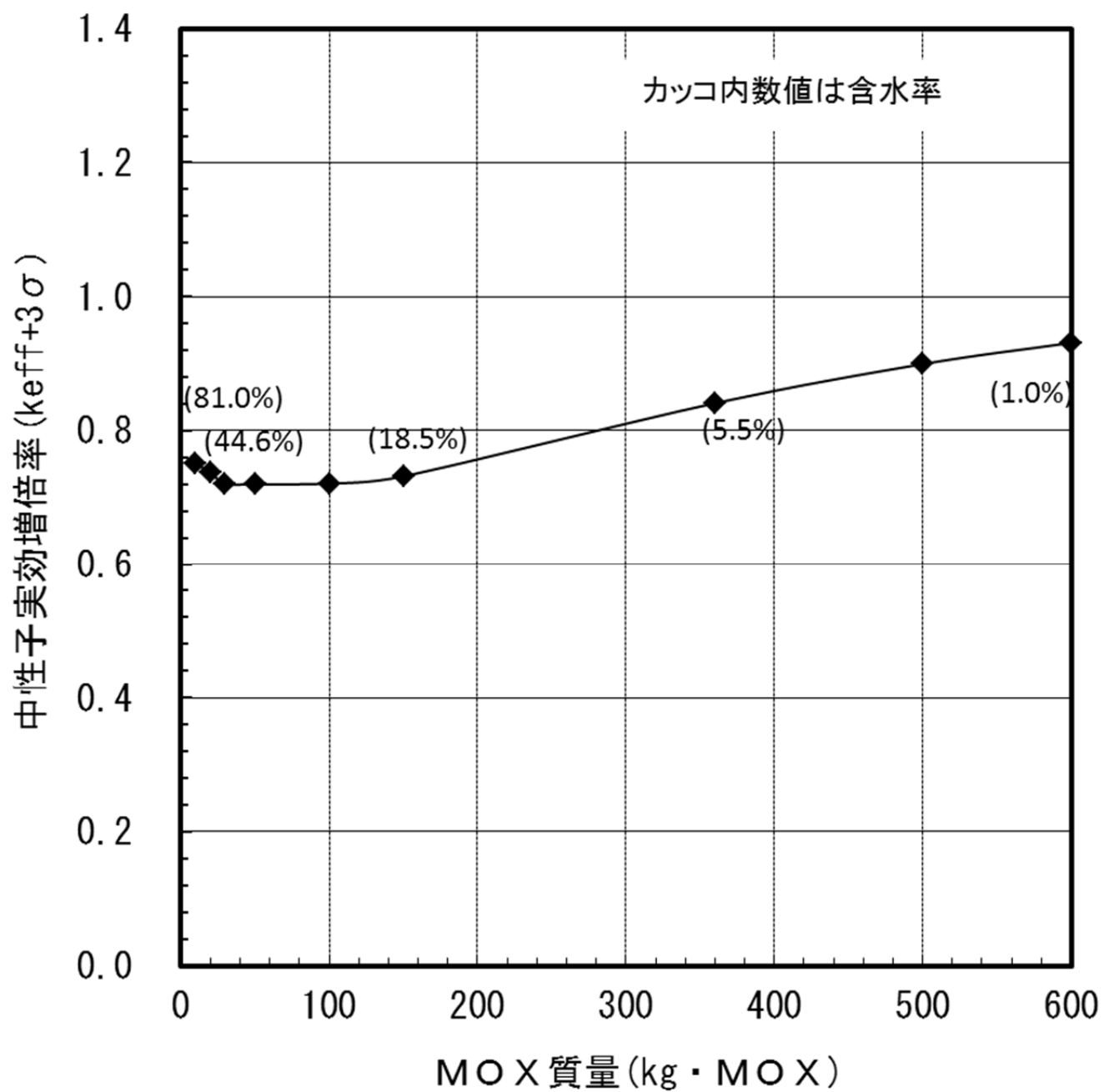
添5第19表 単一ユニット以外に設定する取扱制限値（3 / 3）

設備	取扱制限値		
	ウラン酸化物質質量	ウラン-235含有率	含水率
ウラン粉末払出装置オープンポートボックス	1550kg	0.72%	0.5%
ウラン粉末払出装置			
ウラン粉末秤量・分取装置グローブボックス			
ウラン粉末缶受払移載装置	1520kg	0.72%	0.5%
ウラン粉末缶受払搬送装置			

添5第20表 混合機容積制限に対する計算条件及び評価結果 (1 / 2)

項目	計算条件
使用計算コード及び核データライブラリ	SCALE-4 の KENO-V. a コード及び ENDF/B-IV ライブラリ
核燃料物質の形状	球形状
混合機容積	120 L
Pu 富化度	30%
核分裂性Pu割合	83%
ウラン中のウラン-235含有率	1.6%
核燃料物質量	10~600kg・MOX (混合機内の残りの空間は添加剤充满)
含水率	81.0~1.0%
密度	0.09~5.0×10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>
反射条件	水 2.5cm
中性子実効増倍率 (Keff+3σ)	0.932 (核燃料物質量: 600kg・MOX)
評価結果	中性子実効増倍率は、推定臨界下限増倍率 0.97 未満であるため未臨界

\*120L以下に容積を制限する対象混合機は、予備混合機である。



添5第20表 混合機容積制限に対する計算条件及び評価結果 (2/2)

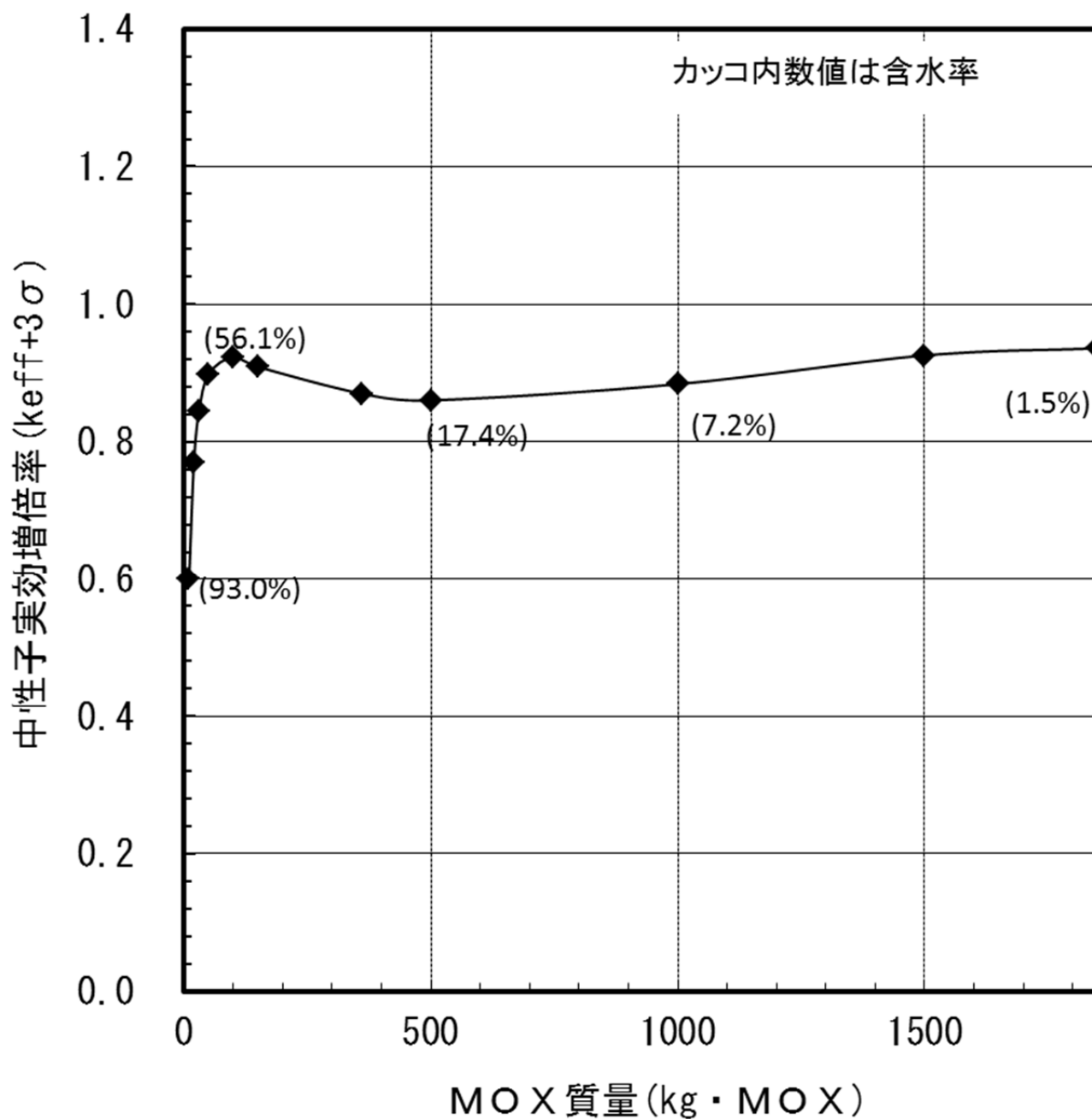
項目	計算条件
使用計算コード及び核データライブラリ	SCALE-4 の KENO-V. a コード及び ENDF/B-IV ライブラリ
核燃料物質の形状	球形状
混合機容積	370 L
Pu 富化度	14%*
核分裂性Pu 割合	83%
ウラン中のウラン-235 含有率	1.6%
核燃料物質量	10~1850kg・MOX (混合機内の残りの空間は添加剤充填)
含水率	93.0~1.5%
密度	0.03~5.0×10 <sup>3</sup> kg/m <sup>3</sup>
反射条件	水 2.5cm
中性子実効増倍率 (Keff+3σ)	0.937 (核燃料物質量: 1850kg・MOX)
評価結果	中性子実効増倍率は、推定臨界下限増倍率 0.97 未満であるため未臨界

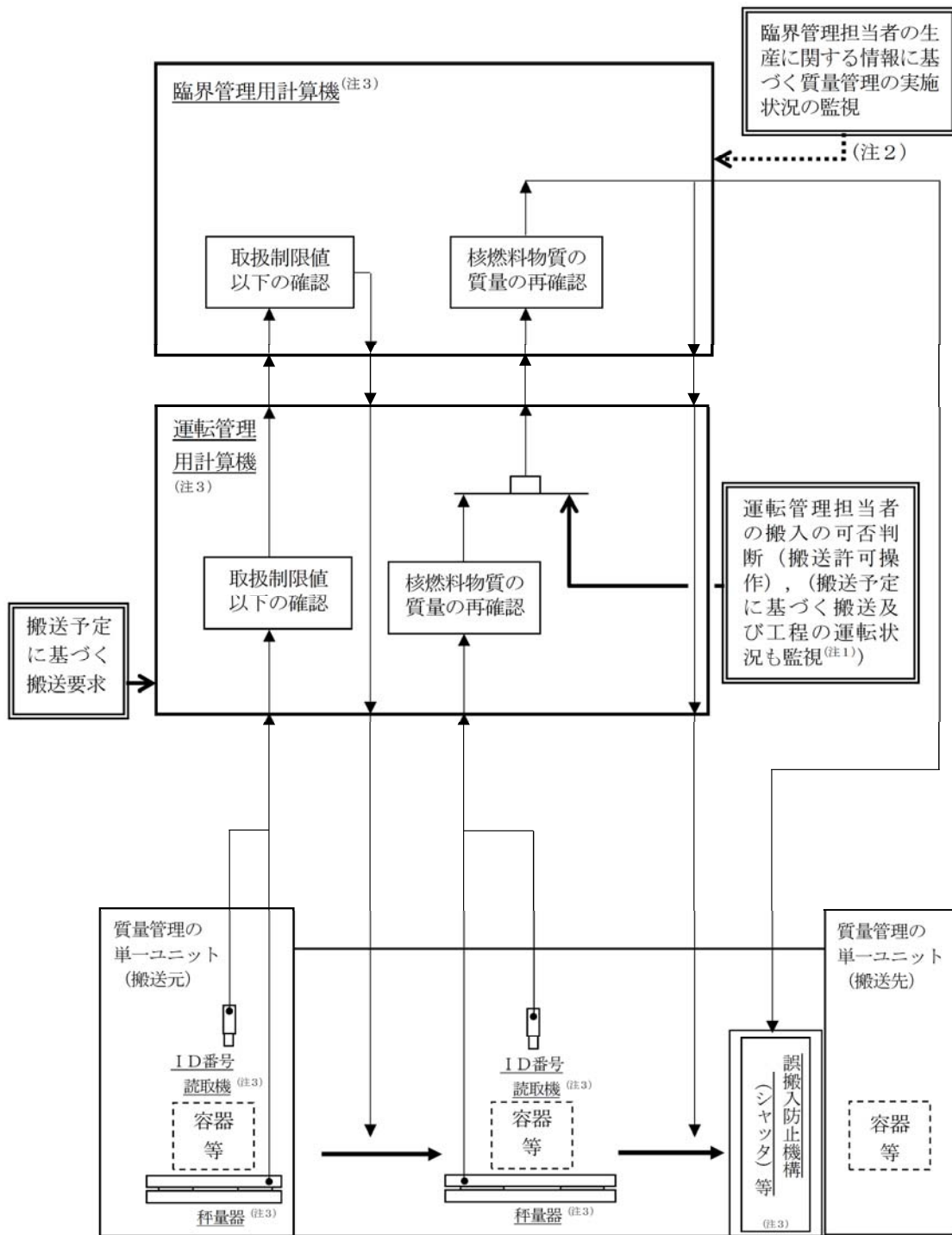
※次の範囲に対して厳しい評価となる条件を設定する。

- 1) 核分裂性Pu 富化度: 11.6%以下
- 2) Pu 富化度: 18%以下

臨界評価上は、核分裂性Pu 富化度 11.6%及び核分裂性Pu 割合 83%との組合せから、Pu 富化度を 14%とする。

\*370L 以下に容積を制限する対象混合機は、均一化混合機、添加剤混合機及び回収粉末混合機である。





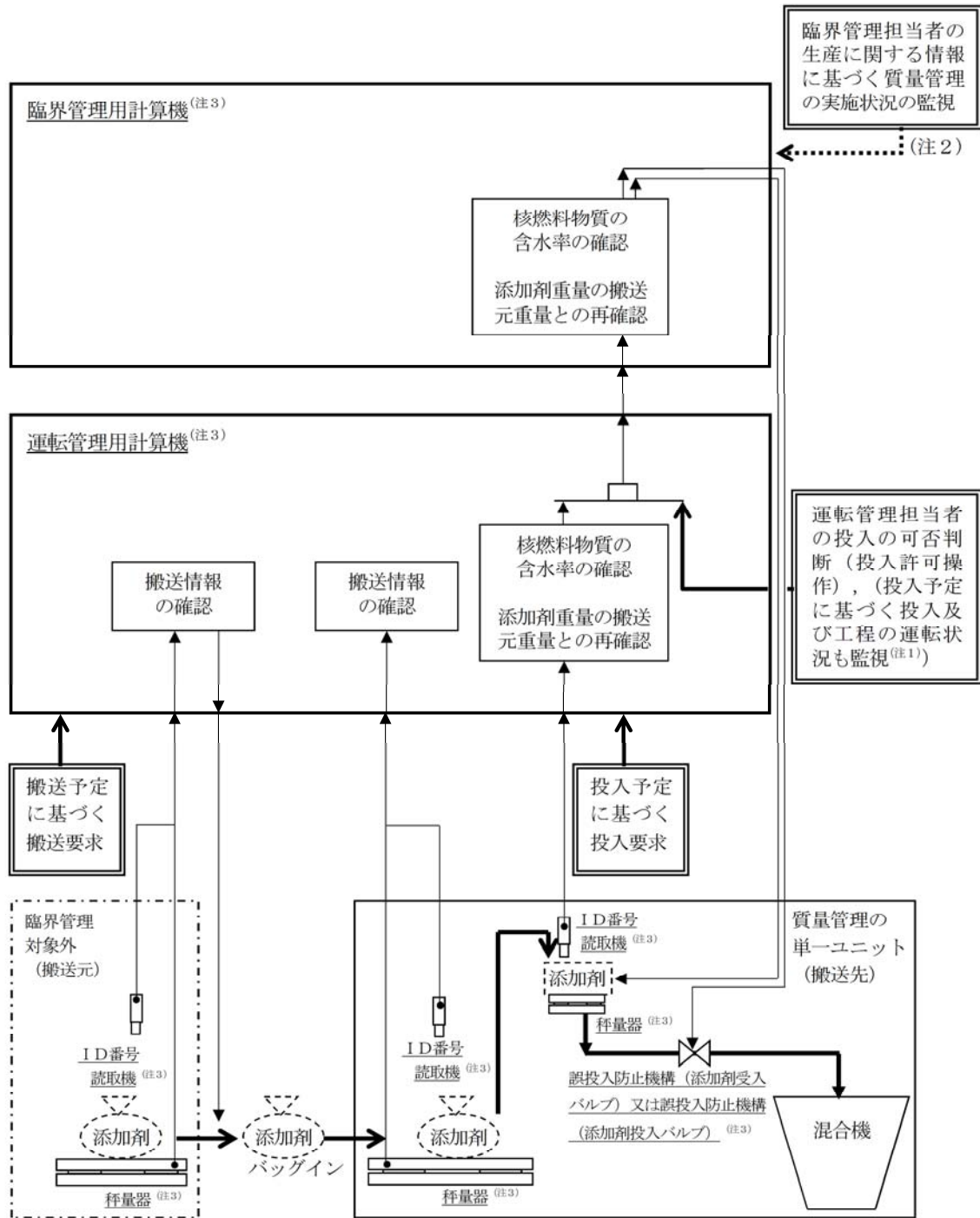
→: 容器等の流れ      →: 信号の流れ      → または ⇨: 人の操作

注1 容器番号, MOX質量, Pu富化度, 核分裂性Pu富化度, 含水率等の確認を行う。

注2 異常を確認した場合, 核燃料物質の搬送を行わない。

注3 誤搬入防止機構は, 秤量器, ID番号読取機, 運転管理用計算機, 臨界管理用計算機, 誤搬入防止機構(シャッター)等から構成する。

添5第10図 誤搬入防止機構の概念図



→: 添加剤の流れ      →: 信号の流れ      →又は...→: 人の操作

注1 添加剤のID番号及び核燃料物質の含水率の確認を行う。

注2 異常を確認した場合、添加剤の搬送及び投入を行わない。

注3 誤投入防止機構は、秤量器、ID番号読取機、運転管理用計算機、臨界管理用計算機、誤投入防止機構（添加剤受入バルブ）又は誤投入防止機構（添加剤投入バルブ）から構成する。

添5第11図 誤投入防止機構の概念図

## 2 章 補足説明資料



MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料リスト  
 第2条:核燃料物質の臨界防止

MOX燃料加工施設 安全審査 整理資料 補足説明資料				備考
資料No.	名称	提出日	Rev	
補足説明資料1-1	事業許可基準規則第2条と許認可実績・適合方針との比較表			