

【公開版】

提出年月日	令和2年2月25日 R 4
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3条：遮蔽等

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. 遮蔽等に係る設計方針

2. 1 放射線遮蔽に関する設計

3. 直接線及びスカイシャイン線による公衆の線量評価結果

3. 1 評価方法の概要

3. 2 評価条件

3. 3 評価結果

3. 4 放射性物質の放出等に伴う公衆の線量評価結果

2 章 補足説明資料

令和2年2月25日 R 3

1章 基準適合性

1. 基本方針

1. 1 要求事項の整理

遮蔽等について、加工施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（以下「事業許可基準規則」という。）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。）の比較により、事業許可基準規則第3条において追加された要求事項を整理する。（第1表）

第1表 事業許可基準規則第3条とMOX指針 比較表（1／5）

事業許可基準規則 第3条（遮蔽等）	MOX指針	備考
<p>安全機能を有する施設は、通常時において加工施設からの直接線及びスカイシャイン線による工場等周辺の線量が十分に低減できるよう、遮蔽その他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項において、線量評価の計算に当たっては、「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」（平成元年3月27日原子力安全委員会了承）を参考とすること。</p>	<p>(指針2)</p> <p>3. MOX燃料加工施設からの放射線による外部被ばく</p> <p>MOX燃料加工施設からのガンマ線及び中性子線については、適切な方法により一般公衆の線量を計算し、合理的に達成できる限り低いものであることを確認すること。</p> <p>(解説)</p> <p>2. MOX燃料加工施設からの放射線による外部被ばくの評価を行う際には、直接線及びスカイシャイン線による影響を考慮すること。</p>	変更無し

第1表 事業許可基準規則第3条とMOX指針 比較表 (2／5)

事業許可基準規則 第3条（遮蔽等）	MOX指針	備考
<p>2 安全機能を有する施設は、工場等内における放射線障害を防止する必要がある場合には、次に掲げるものでなければならない。</p> <p>一 管理区域その他工場等内の人人が立ちに入る場所における線量を低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものとすること。</p> <p>(解釈)</p> <p>2 第2項第1号に規定する「管理区域その他工場等内の人人が立ちに入る場所」には、遮蔽設計の基準となる線量率を適切に設定するとともに、管理区域を線量率に応じて適切に区分すること。また、放射線を遮蔽するための壁等に、開口部又は配管等の貫通部があるものに対しては、壁等の外側の線量率が遮蔽設計の基準となる線量率を満足するよう、必要に応じ、放射線漏えい防止措置が講じられていること。</p>	<p>(指針5)</p> <p>1. MOX燃料加工施設においては、放射線業務従事者の放射線被ばくを低減するという目的のために必要な箇所に放射線遮へいを施すこと。</p> <p>2. 放射線業務従事者が立ちに入る場所については、必要に応じて施設内を区分し、その区分に応じて遮へい設計の基準となる線量率を適切に定めること。</p> <p>(解説)</p> <p>遮へい設計の基準となる線量率は、放射線業務従事者の立入時間等を考慮して適切に定めること。この際、MOX燃料の特徴に鑑み、ガンマ線及び中性子線による線量を考慮すること。</p>	変更無し

第1表 事業許可基準規則第3条とMOX指針 比較表（3／5）

事業許可基準規則 第3条（遮蔽等）	MOX指針	備考
<p>(解釈)</p> <p>3 上記2の「遮蔽設計」とは、遮蔽計算に用いられる線源、遮蔽体の形状及び材質、計算誤差等を考慮し、十分な安全裕度を見込むこと。</p>	<p>(指針5)</p> <p>3. 遮へい設計に当たっては、遮へい計算に用いられる線源、遮へい体の形状及び材質、計算誤差等を考慮し、十分な安全裕度を見込むこと。</p>	前記のとおり

第1表 事業許可基準規則第3条とMOX指針 比較表（4／5）

事業許可基準規則 第3条（遮蔽等）	MOX指針	備考
<p>(解釈)</p> <p>4 第2項第1号に規定する「線量を低減できるよう」とは、As Low As Reasonably Achievable (ALARA) の考え方の下、放射線業務従事者の作業性等を考慮して、遮蔽、機器の配置、遠隔操作、放射性物質の漏えい防止、換気等、所要の放射線防護上の措置を講じた設計をいう。</p>	<p>(指針5)</p> <p>1. MOX燃料加工施設においては、放射線業務従事者の放射線被ばくを低減するという目的のために必要な箇所に放射線遮へいを施すこと。</p> <p>(指針4)</p> <p>MOX燃料加工施設は、以下の対策を講ずることにより、放射性物質を限定された区域に閉じ込める機能を有する設計であること。</p> <p>1. MOXを非密封で取扱う設備・機器は、作業環境中にMOXを飛散又は漏えいすることのないようグローブボックスに収納すること。ただし、当該設備・機器がグローブボックスと同等の閉じ込め機能を有する場合は、この限りではない。</p>	前記のとおり

第1表 事業許可基準規則第3条とMOX指針 比較表（5／5）

事業許可基準規則 第3条（遮蔽等）	MOX指針	備考
	<p>(つづき)</p> <p>2. MOXを取扱う設備・機器を収納するグローブボックス及びグローブボックスと同等の閉じ込め機能を必要とする設備・機器、ウランを非密封で大量に取扱う設備・機器並びにこれらを収納する建物・構築物は、以下の事項を満足する換気設備を設けること。</p>	前記のとおり
二 放射線業務従事者が設計基準事故時において、迅速な対応をするために必要な操作ができるものとすること。	記載なし	追加要求事項

1. 2 要求事項に対する適合性

周辺監視区域外の線量及び従事者の線量が、「核原料物質又は核燃料物質の製鍊の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示（平成 27 年 8 月 31 日原子力規制委員会告示第 8 号）」（以下「線量告示」という。）に定められた線量限度を超えないことはもとより、公衆の線量及び従事者が立ち入る場所における線量を合理的に達成できる限り低くするため、以下の対策を講ずる。

- (1) 平常時の直接線及びスカイシャイン線による周辺監視区域外の線量が十分に低減できるよう、遮蔽を設ける設計とする。
- (2) 従事者の立入時間等を考慮し、遮蔽設計の基準となる線量率を設定するとともに、管理区域を線量率に応じて適切に区分し、区分ごとの基準線量率を満足する設計とする。
- (3) 放射線を遮蔽するための壁、床、天井に開口部又は貫通部があるものに対しては、遮蔽設計の基準となる線量率を満足するよう、必要に応じ、放射線漏えい防止措置を講ずる設計とする。
- (4) 遮蔽設計に当たっては、設備・機器の核燃料物質の取扱量、核燃料物質中のプルトニウム富化度、核分裂生成物の含有率並びに子孫核種の寄与も考慮したプルトニウム及びウランの仕様を遮蔽設計上厳しい条件で設定するとともに、遮蔽体の形状及び材質を考慮して評価を行う。また、遮蔽計算においては、許認可において使用実績があり、信頼性のある計算コードを使用する。
- (5) 管理区域その他MOX燃料加工施設（以下「加工施設」という。）内の人人が立ち入る場所における外部被ばく及び内部被ばくによる線量を低減できるよう、従事者の作業性等を考慮し、適

切に遮蔽及び機器を配置する設計とともに、遠隔操作を可能とし、放射性物質の漏えい防止対策及び換気を行うことにより、所要の放射線防護上の措置を講ずる設計とする。

- (6) 設計基準事故時において、インターロックにより運転員の操作を期待しなくても設計基準事故が進展しない設計とともに、施設状態の監視等に必要な操作を行う中央監視室、制御第1室及び制御第4室は、設計基準事故時に運転員がその場にとどまっても過度の放射線被ばくを受けない設計とする。

【補足説明資料1－1】

1. 3 規則への適合性

(遮蔽等)

第三条 安全機能を有する施設は、通常時において加工施設からの直接線及びスカイシャイン線による工場等周辺の線量が十分に低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものでなければならない。

2 安全機能を有する施設は、工場等内における放射線障害を防止する必要がある場合には、次に掲げるものでなければならぬ。

- 一 管理区域その他工場等内の人々が立ち入る場所における線量を低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講じたものとすること。
- 二 放射線業務従事者が設計基準事故時において、迅速な対応をするために必要な操作ができるものとすること。

適合のための設計方針

第1項について

安全機能を有する施設は、通常時において加工施設からの直接線及びスカイシャイン線による周辺監視区域外の線量が合理的に達成できる限り低減できるよう、遮蔽設計を行う。

第2項について

安全機能を有する施設は、工場等内における放射線障害を防止する必要がある場合には、次の方針に基づき設計を行う。

第一号について

安全機能を有する施設は、工場等内における放射線障害が防止できるように、以下の措置を講ずる。

(1) 遮蔽

管理区域その他加工施設内の人が立ち入る場所については、従事者の立入時間等を考慮し、遮蔽設計の基準となる線量率を適切に設定するとともに、管理区域を線量率に応じて適切に区分し、これを満足するように遮蔽設備を設ける。

(2) 遠隔操作

核燃料物質を取り扱う設備・機器は、制御室から遠隔又は自動で運転を行える設計とする。また、従事者がこれらの設備・機器の保守及び点検を行う際には、核燃料物質を設備・機器から一時保管設備又は貯蔵設備へ搬送できる設計とする。

【補足説明資料 1－1】

(3) 放射性物質の漏えい防止

安全機能を有する施設は、放射性物質を限定された区域に適切に閉じ込めるために、系統、機器又はグローブボックスに放射性物質を閉じ込め、漏えいした場合においても、工程室及び燃料加工建屋内に保持することができる設計とする。

(4) 換気

気体廃棄物の廃棄設備による排気により、建屋、工程室、グローブボックスの順に気圧が低くなるよう維持することにより、放射性物質が漏えいした場合における汚染の拡大を防止する設計とする。

【第4条閉じ込めの機能 整理資料】

第二号について

安全機能を有する施設は、設計基準事故時において、放射線業務従事者が必要な操作ができる遮蔽設計とする。

【補足説明資料 1－1】

2. 遮蔽等に係る設計方針

2. 1 放射線遮蔽に関する設計

(1) 基本的な考え方

加工施設の遮蔽設計は、周辺監視区域外の線量及び従事者の線量が、線量告示で定められた線量限度を超えないようになるとともに、公衆の線量及び従事者の立入場所における線量が、合理的に達成できる限り低くなるようにすることを基本とする。

このため、遮蔽設計として以下の対策を講ずる。

- ① 安全機能を有する施設は、通常時において加工施設からの直接線及びスカイシャイン線による周辺監視区域外の線量が、線量告示で定められた線量限度を超えないようになるとともに、「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について」（平成元年3月27日原子力安全委員会了承）を参考に加工施設周辺の公衆が受ける線量が、実効線量で年間50μSv未満となるように、遮蔽その他適切な措置を講ずる。
- ② 安全機能を有する施設は、加工施設内における放射線障害を防止する必要がある場合には、管理区域その他加工施設内の人々が立ち入る場所における線量を低減できるよう、遮蔽その他適切な措置を講ずる。
- ③ 加工施設において、従事者が立ち入る場所については、従事者の立入時間等を考慮して、遮蔽設計の基準となる線量率を適切に設定するとともに、管理区域を線量率に応じて適切に区分し、これを満足するように遮蔽設備を設ける。
- ④ 建屋壁遮蔽に開口部又は貫通部がある場合で、開口部又は貫通部により遮蔽設計の基準となる線量率を超えるおそれのある

場合には、以下に示すような放射線の漏えいを防止するための措置を講じ、遮蔽設計の基準となる線量率を満足する設計とする。

a . 建屋壁遮蔽を貫通する搬送路、ダクト、配管については、開口部及び貫通部が線源を直接見通さないような場所に設置する。

b . 建屋壁遮蔽の開口部及び貫通部には、遮蔽扉、遮蔽蓋又は補助遮蔽を設置する措置を講ずる。

⑤ 遮蔽設計に用いる線源は、加工施設の特徴を考慮し、遮蔽設計上厳しい結果を与えるように設定する。

⑥ 遮蔽計算においては、信頼性のある計算コードを用いるとともに、遮蔽等のモデルに安全裕度を見込む。

⑦ 設計基準事故時において、インターロックにより運転員の操作を期待しなくても設計基準事故が進展しない設計とともに、施設状態の監視等に必要な操作を行う中央監視室、制御第1室及び制御第4室は、設計基準事故時に運転員がその場にとどまっても過度の被ばくを受けない設計とする。

(2) 遮蔽設計の基準となる線量率

従事者が立ち入る場所に対する遮蔽設計の基準となる線量率は、従事者の立入時間等を考慮して、以下のとおり設定する。

以下に示す立入時間又は作業時間は、毎週必ず立ち入る時間を示すものではなく、立入りに際しては線量当量率、作業に要する時間、個人の線量等を考慮する。遮蔽設計の基準となる線量率の区分を添5第2図に示す。

- ① 管理区域外に対する遮蔽設計の基準となる線量率は、
2.6 μ Sv/h とする。
- ② 管理区域内における遮蔽設計の基準となる線量率は、以下の
とおりとする。
- a . 核燃料物質を取り扱う設備・機器を設置しない部屋は、以
下のとおりとする。
- (a) 制御室、廊下等においては、週 40 時間程度の立入時間を
遮蔽設計上想定し、12.5 μ Sv/h とする。
- (b) 現場監視第 1 室等においては、週 10 時間程度の立入時間
を遮蔽設計上想定し、50 μ Sv/h とする。
- b . 核燃料物質を取り扱う設備・機器を設置する部屋は、以下
のとおりとする。
- (a) 粉末調整第 1 室、ペレット加工第 1 室、燃料棒加工第 1
室等は以下の設計を行う。

核燃料物質を取り扱う設備・機器は、制御室から遠隔又は
自動で運転を行える設計とし、従事者がこれらの設備・機器
の保守及び点検を行う際には、核燃料物質を設備・機器から
一時保管設備又は貯蔵設備へ搬送できる設計とする。

このため、これらの設備・機器を設置する部屋の遮蔽設
計の基準となる線量率は、一時保管設備及び貯蔵設備を線
源とし、週 10 時間程度の作業時間を遮蔽設計上想定し、作
業位置で 50 μ Sv/h とする。
- (b) 分析第 1 室等においては、核燃料物質がグローブボック
ス内に存在した状態で、運転員が当該グローブボックスを
介し、作業を行う。

このため、遮蔽設計の基準となる線量率は、グローブボックス内の核燃料物質を線源とし、週10時間程度の作業時間を遮蔽設計上想定し、作業位置で $50\mu\text{Sv}/\text{h}$ とする。

(c) 粉末一時保管室、燃料集合体貯蔵室等においては、従事者の通常作業を想定しないため、遮蔽設計の基準となる線量率を $50\mu\text{Sv}/\text{h}$ 以上とする。

ただし、これらの部屋で作業する必要がある場合には、線量当量率の測定、線源の移動、作業時間の制限、放射線防護具の着用等の放射線被ばく管理を実施する。

(3) 遮蔽設備

加工施設には、敷地周辺の公衆又は従事者の被ばくを低減するため以下の遮蔽設備を設ける。

加工施設の遮蔽の主要設備の仕様を添5第2表に示す。

① 建屋壁遮蔽

建屋壁遮蔽は、建屋壁及びスラブで構成する構築物であり、工程室内、燃料集合体貯蔵室内等の核燃料物質からの放射線を低減するためのもので、コンクリートの遮蔽体で構成する。

② グローブボックス遮蔽

グローブボックス遮蔽は、グローブボックスに付設するものであり、グローブボックス内で取り扱う核燃料物質からの放射線を低減するためのもので、含鉛メタクリル樹脂の遮蔽体で構成する。

③ 遮蔽扉及び遮蔽蓋

遮蔽扉及び遮蔽蓋は、建屋壁遮蔽の開口部に設置し、工程室内、燃料集合体貯蔵室内等の核燃料物質を取り扱う設備・機器

からの放射線を低減するためのもので、コンクリート、ポリエチレン、ステンレス鋼又は鋼材の遮蔽体で構成する。

④ 補助遮蔽

補助遮蔽は、上記(3)①②③以外の遮蔽であり、核燃料物質を内蔵する設備・機器からの放射線を低減するためのもので、ポリエチレン、鉛、ステンレス鋼又は鋼材の遮蔽体で構成する。

(4) 遮蔽設計に用いる線源

遮蔽設計に用いる線源は、遮蔽設計上厳しい条件となるよう以下とおり設定する。

① 線源の仕様

a. プルトニウム富化度

原料粉末受入工程の設備は 60% とし、粉末調整工程は設備に応じて 60%, 30% 又は 18%, ペレット加工工程の設備は 18%, 燃料棒加工工程の設備は BWR 型の燃料棒 17%, PWR 型の燃料棒 18%, 燃料集合体組立工程以降の設備については燃料集合体平均プルトニウム富化度で BWR 型 11%, PWR 型 14% と設定する。

b. プルトニウム及びウラン

原料МОХ粉末は再処理施設から受け入れるため、プルトニウム及びウランの仕様は、再処理施設で 1 日当たり再処理する使用済燃料の仕様による。使用済燃料の遮蔽設計用の燃料仕様は以下のとおりである⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。

【補足説明資料 2-1】

項目	範囲
照射前燃料濃縮度	最低 3.5% ^(注1)
比出力	最高 BWR型 40MW/t・U _{pr} ^(注2) PWR型 60MW/t・U _{pr} 最低 BWR型 10MW/t・U _{pr} PWR型 10MW/t・U _{pr}
使用済燃料集合体平均燃焼度	最高 45GWd/t・U _{pr}
原子炉停止時から再処理までの期間	最低 4年

注1 質量百分率を示す。以下同じ。

注2 t・U_{pr}は、照射前金属ウラン換算質量を示す。以下同じ。

プルトニウム及びウランの仕様は、子孫核種の寄与も考慮して、ガンマ線又は中性子線について、遮蔽設計用の燃料仕様の範囲のうちそれぞれ最大の線量率又は最大の中性子発生数となる次の燃料仕様⁽⁵⁾から設定する。

	ガンマ線		中性子線
元素	プルトニウム	ウラン	プルトニウム
燃料型式	PWR	PWR	BWR
照射前燃料濃縮度	3.5%	3.5%	3.5%
比出力	60MW/t・U _{pr}	10MW/t・U _{pr}	10MW/t・U _{pr}
使用済燃料集合体 平均燃焼度	45GWd/t・U _{pr}	45GWd/t・U _{pr}	45GWd/t・U _{pr}
原子炉停止時から 再処理までの期間	4年	10年	4年
再処理施設における 精製後の期間	18年	10年	30年

c. 核分裂生成物等

原料MOX粉末中に不純物として含まれる核分裂生成物の含有率は、ウラン1g・HM当たり 1.85×10^4 Bq、プルトニウム1g・HM当たり 4.44×10^5 Bqとし、ルテニウムとロジウムで代表する。

また、ウラン1g・HM当たりプルトニウム及びネプツニウムがそれぞれ 7500 α dpm 含まれるものとする⁽¹⁴⁾。

② 線源強度

a. ガンマ線

ガンマ線の線源強度は、①に基づき ORIGEN-2⁽⁶⁾コードにより設定する。

また、プルトニウム及びウランの子孫核種の寄与も考慮するため、最大の線量率となるように再処理施設での精製後の

期間を設定する。

原料MOX粉末のガンマ線エネルギースペクトルを添5第3表に示す。

b. 中性子線

中性子線の線源強度は、①に基づき ORIGEN-2 コードにより設定する。

また、プルトニウムの子孫核種の寄与も考慮するため、最大の中性子発生数となるように再処理施設での精製後の期間を設定する。

中性子線のエネルギースペクトルは、主要な発生源であるプルトニウム-239の中性子核分裂反応によって発生する中性子線のエネルギースペクトルとする。

(5) 線量率換算係数

ガンマ線線束から実効線量率への換算係数は、ICRP Publication 74⁽⁵¹⁾によるガンマ線フルエンスから空気カーマへの換算係数及び「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件(平成12年科学技術庁告示第5号)」に示された空気カーマから実効線量への換算係数から算出する。中性子線線束から実効線量率への換算係数は、「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件(平成12年科学技術庁告示第5号)」に示された換算係数から算出する。

添5第2表 加工施設の遮蔽の主要設備の仕様

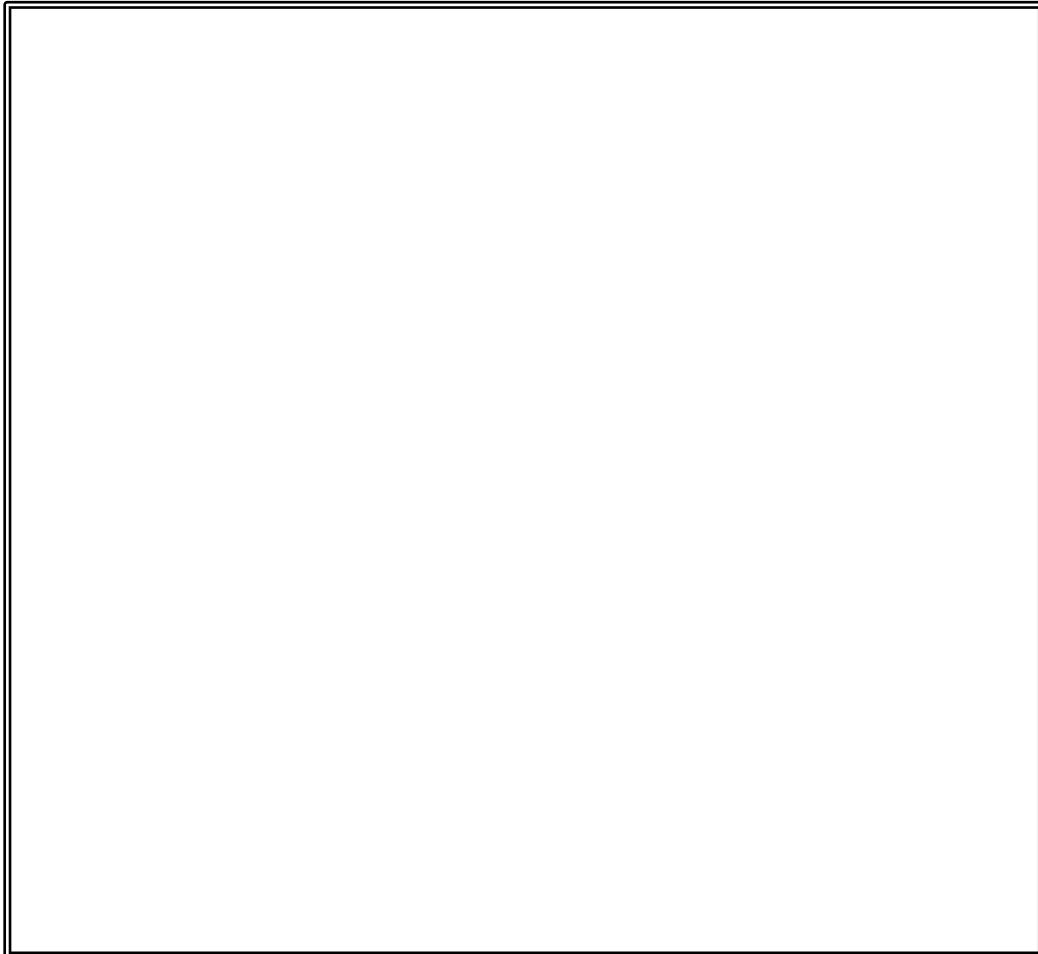
主要設備	仕様	
	材料	厚さ
燃料加工建屋 外壁	コンクリート	約 120cm 以上
工程室（貯蔵施設を囲む範囲）	コンクリート	約 60cm 以上
燃料棒貯蔵室	コンクリート	約 60cm 以上
燃料集合体貯蔵室	コンクリート	約 30cm 以上
貯蔵容器一時保管室	コンクリート	約 60cm 以上

添5 第3表 原料MOX粉末のガンマ線エネルギースペクトル

上限エネルギー (MeV)	スペクトル ^(注1)
2.0×10^{-2}	5.44×10^{-1}
3.0×10^{-2}	2.88×10^{-2}
4.5×10^{-2}	3.06×10^{-3}
7.0×10^{-2}	4.23×10^{-1}
1.0×10^{-1}	5.33×10^{-4}
1.5×10^{-1}	4.81×10^{-4}
3.0×10^{-1}	1.84×10^{-4}
4.5×10^{-1}	3.59×10^{-5}
7.0×10^{-1}	2.04×10^{-5}
1.0×10^0	5.05×10^{-6}
1.5×10^0	8.58×10^{-7}
2.0×10^0	4.01×10^{-7}
2.5×10^0	5.38×10^{-8}
3.0×10^0	2.49×10^{-6}
4.0×10^0	7.51×10^{-9}
6.0×10^0	2.82×10^{-9}
8.0×10^0	3.16×10^{-10}
1.1×10^1	3.59×10^{-11}

注1 全エネルギー群の合計が1となるように規格化した。

- 1 床ドレン回収槽第1室
2 床ドレン回収槽第2室

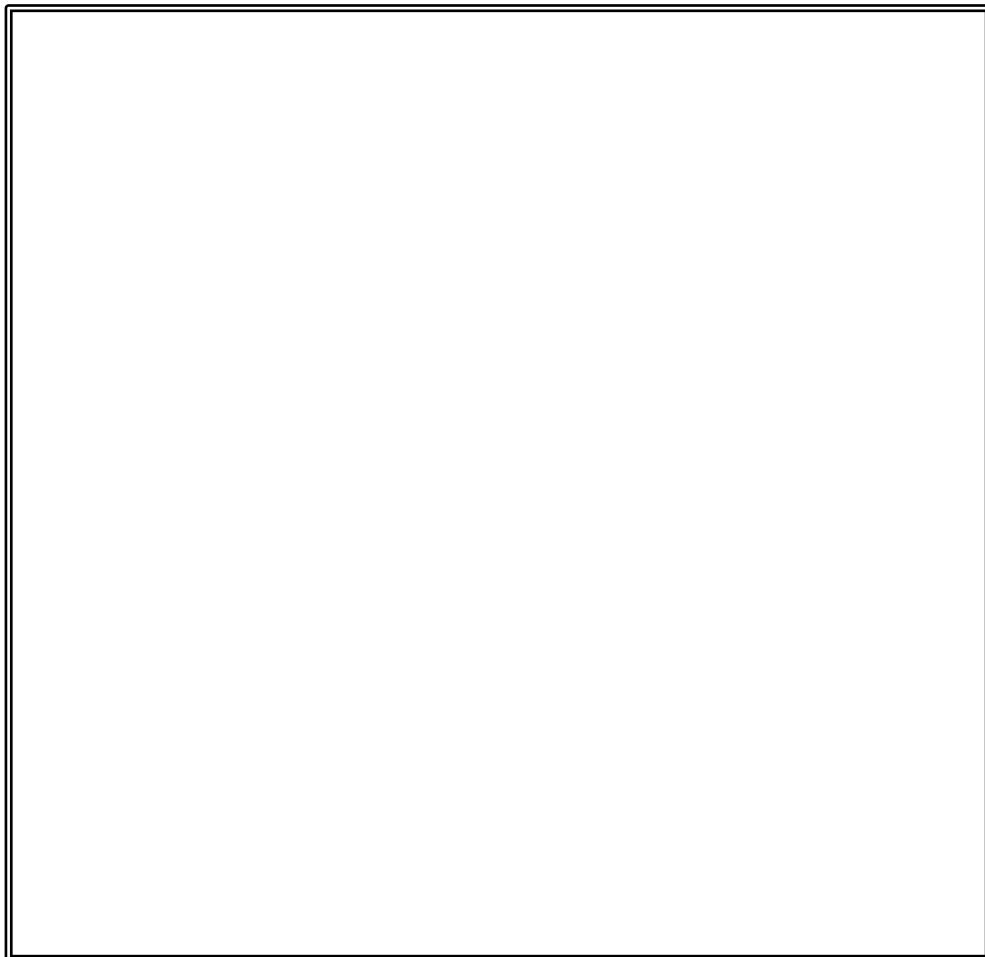


設計対象		遮蔽設計の基準となる線量率	凡例
管理区域外		$\leq 2.6 \mu \text{Sv/h}$	□
管理区域内	核燃料物質を取り扱う設備・機器を設置しない部屋	制御室、廊下等（週40時間程度の立入時間）を想定	≤ $12.5 \mu \text{Sv/h}$ □
		現場監視第1室等（週10時間程度の立入時間）を想定	≤ $50 \mu \text{Sv/h}$ □ ▨
	核燃料物質を取り扱う設備・機器を設置する部屋	粉末調整第1室、ペレット加工第1室、燃料棒加工第1室等（週10時間程度の作業時間）を想定	≤ $50 \mu \text{Sv/h}$ □ ▨
分析第1室等（週10時間程度の作業時間）を想定		≤ $50 \mu \text{Sv/h}$	□
粉末一時保管室等を想定		$>50 \mu \text{Sv/h}$	▨

添5第2図(1) 遮蔽設計区分図 (燃料加工建屋地下ピット階)

□は核不拡散上の観点から公開できません。

1 貯蔵容器一時保管室	11 ベレット加工第1室	21 南第2制御盤室	31 南第1制御盤室
2 原料受払室	12 ベレット加工第2室	22 貯蔵容器受入第2室	32 メンテナンス室
3 粉末調整第1室	13 ベレット加工第3室	23 液体廃棄物処理第1室	33 現場監視第1室
4 粉末調整第2室	14 ベレット加工第4室	24 液体廃棄物処理第2室	34 現場監視第2室
5 粉末調整第3室	15 ベレット一時保管室	25 液体廃棄物処理第3室	
6 粉末調整第4室	16 ベレット・スクラップ貯蔵室	26 常用電気第2室	
7 粉末調整第5室	17 点検第1室	27 北第3制御盤室	
8 粉末調整第6室	18 点検第2室	28 北第2制御盤室	
9 粉末調整第7室	19 点検第3室	29 ダンバ駆動用ポンベ第1室	
10 粉末一時保管室	20 点検第4室	30 ダンバ駆動用ポンベ第2室	

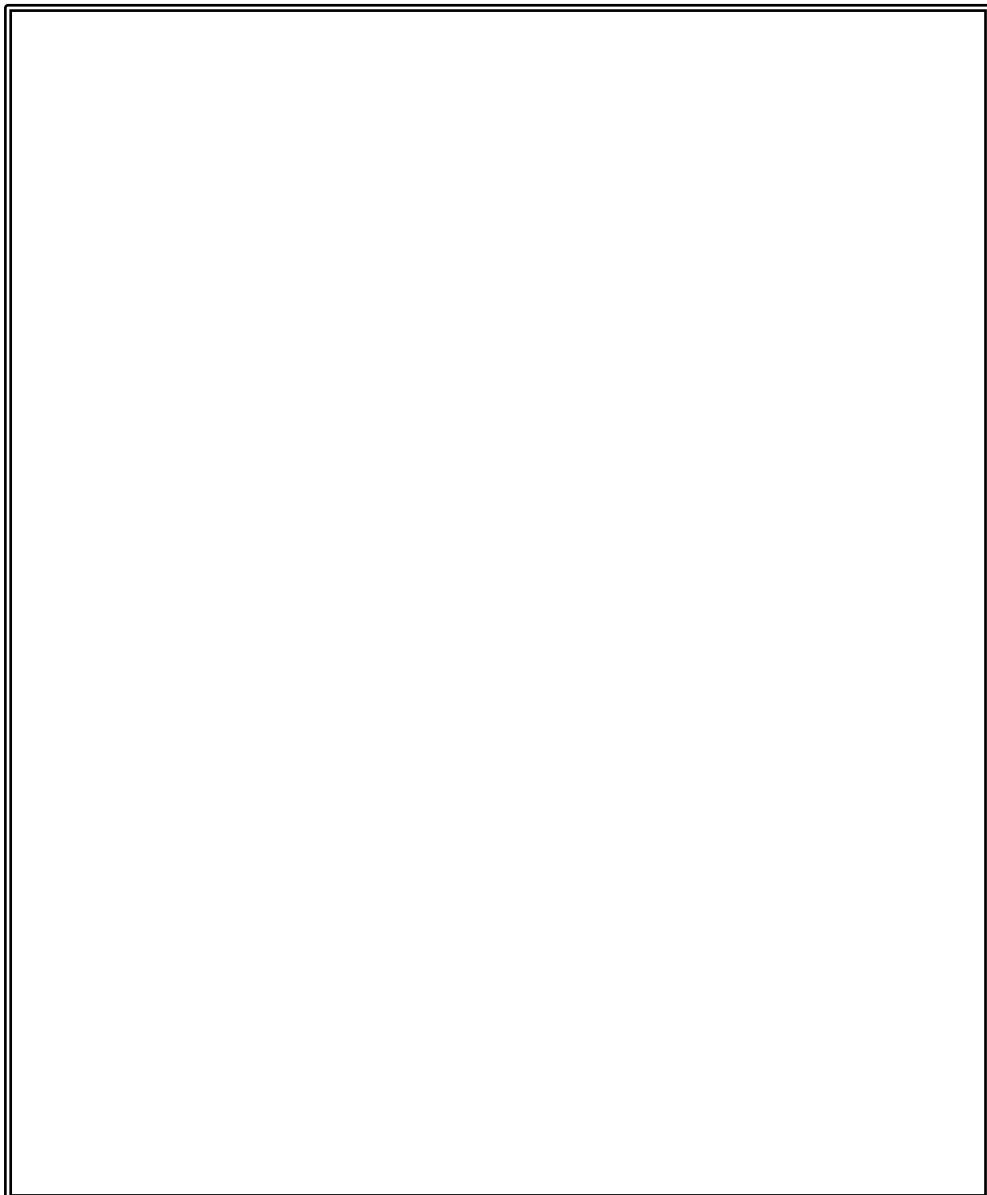


設計対象	遮蔽設計の基準となる線量率	凡例
管理区域外	$\leq 2.6 \mu \text{Sv/h}$	□
管理区域内 核燃料物質を取り扱う設備 ・機器を設置しない部屋	$\leq 12.5 \mu \text{Sv/h}$ $\leq 50 \mu \text{Sv/h}$ ▨
核燃料物質を取り扱う設備 ・機器を設置する部屋	$\leq 50 \mu \text{Sv/h}$ $\leq 50 \mu \text{Sv/h}$ $> 50 \mu \text{Sv/h}$	▨ ▨ ▨

添5第2図(2) 遮蔽設計区分図 (燃料加工建屋地下3階)

□は核不拡散上の観点から公開できません。

- 1 貯蔵容器搬送用洞道
- 2 貯蔵容器受入第1室
- 3 制御第1室

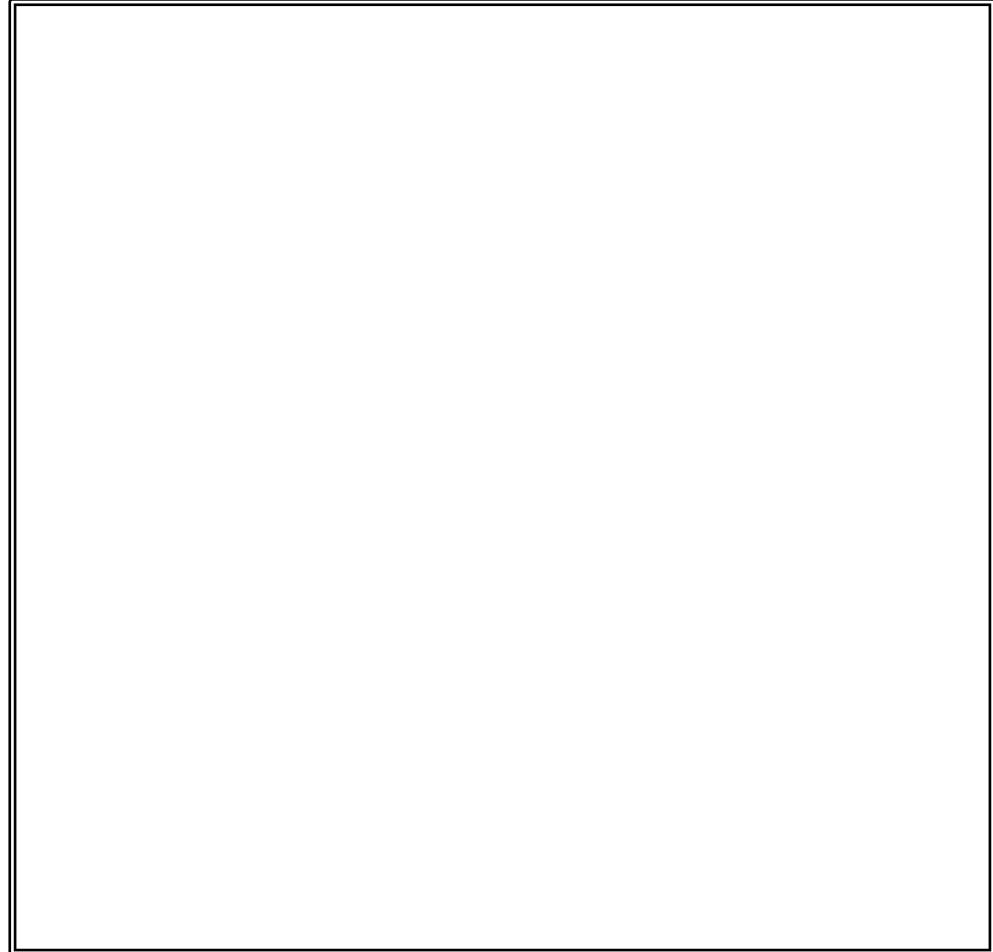


設計対象	遮蔽設計の基準となる線量率	凡例
管理区域外	$\leq 2.6 \mu \text{Sv/h}$	□
管理区域内	$\leq 12.5 \mu \text{Sv/h}$
	$\leq 50 \mu \text{Sv/h}$	▨
	$\leq 50 \mu \text{Sv/h}$	▨
	$\leq 50 \mu \text{Sv/h}$	▨
	$\leq 50 \mu \text{Sv/h}$	▨
	$> 50 \mu \text{Sv/h}$	▨

添5第2図(3) 遮蔽設計区分図 (燃料加工建屋地下3階中2階)

□は核不拡散上の観点から公開できません。

- | | | |
|---------------|---------------|----------|
| 1 ウラン粉末準備室 | 11 燃料集合体組立第2室 | 21 制御第5室 |
| 2 スクラップ処理室 | 12 燃料集合体洗浄検査室 | |
| 3 ベレット立会室 | 13 燃料集合体部材準備室 | |
| 4 燃料棒加工第1室 | 14 分析第1室 | |
| 5 燃料棒加工第2室 | 15 分析第2室 | |
| 6 燃料棒加工第3室 | 16 分析第3室 | |
| 7 燃料棒貯蔵室 | 17 制御第4室 | |
| 8 燃料棒受入室 | 18 北第8制御盤室 | |
| 9 燃料棒解体室 | 19 制御第2室 | |
| 10 燃料集合体組立第1室 | 20 制御第3室 | |

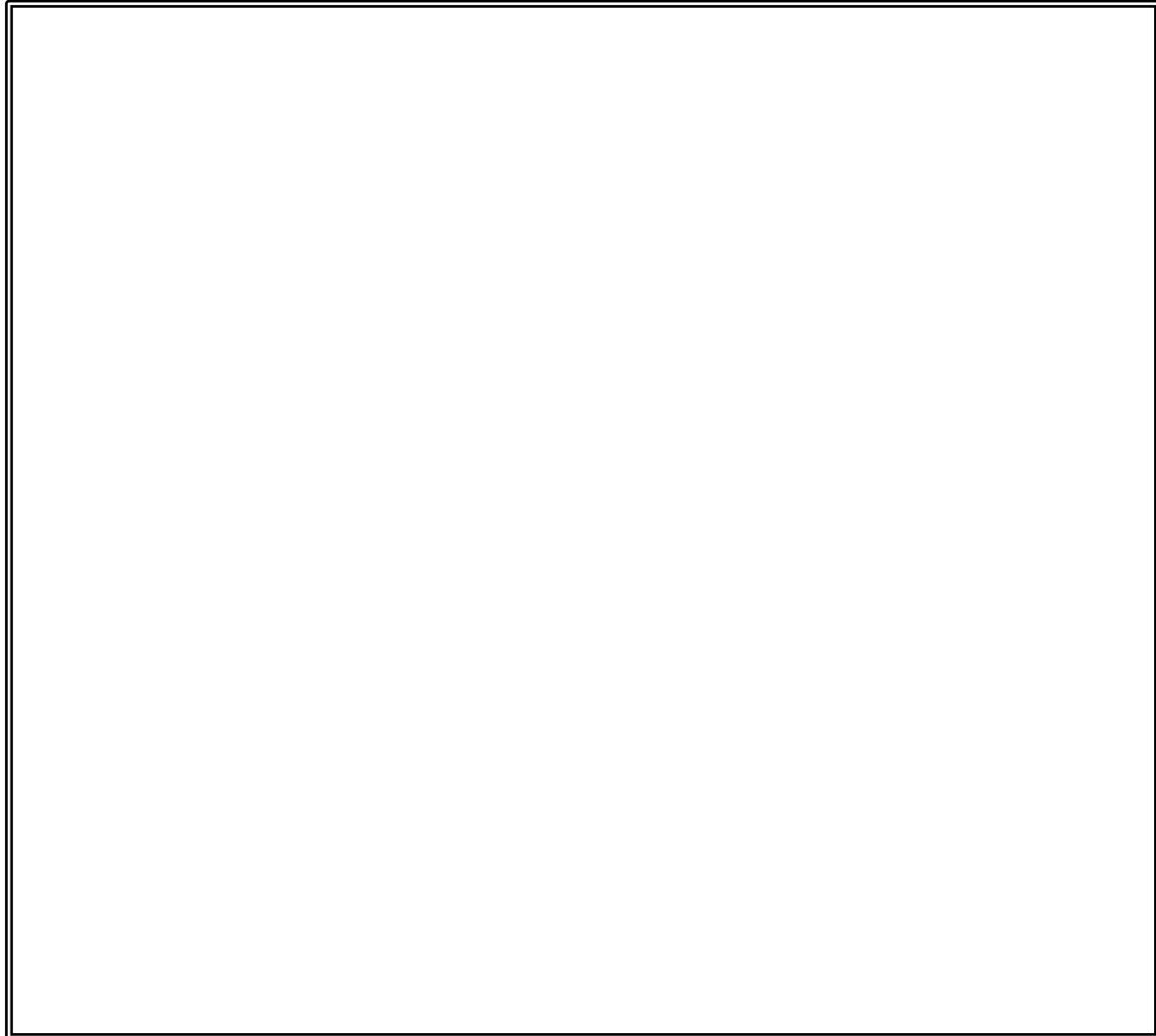


設計対象	遮蔽設計の基準となる線量率	凡例
管理区域外	$\leq 2.6 \mu \text{Sv/h}$	□
管理区域内 核燃料物質を取り扱う設備 ・機器を設置しない部屋	$\leq 12.5 \mu \text{Sv/h}$ 現場監視第1室等（週10時間程度の立入時間）を想定	···
核燃料物質を取り扱う設備 ・機器を設置する部屋	$\leq 50 \mu \text{Sv/h}$ 粉末調整第1室、ベレット加工第1室、燃料棒加工第1室等（週10時間程度の作業時間）を想定	▨
	$\leq 50 \mu \text{Sv/h}$ 分析第1室等（週10時間程度の作業時間）を想定	▨
	$> 50 \mu \text{Sv/h}$ 粉末一時保管室等を想定	▨

添5第2図(4) 遮蔽設計区分図 (燃料加工建屋地下2階)

□は核不拡散上の観点から公開できません。

1 燃料集合体組立クレーン室	9 排気フィルタ第3室	17 リフタ室
2 框包室	10 廃棄物保管第1室	18 溶接施行試験室
3 框包準備室	11 遷別作業室	19 窒素消火室
4 ウラン貯蔵室	12 冷却機械室	20 ダンバ駆動用ポンベ第3室
5 燃料集合体貯蔵室	13 廉油保管室	
6 排風機室	14 制御第6室	
7 排気フィルタ第1室	15 オイルタンク室	
8 排気フィルタ第2室	16 非常用発電機燃料ポンプ室	

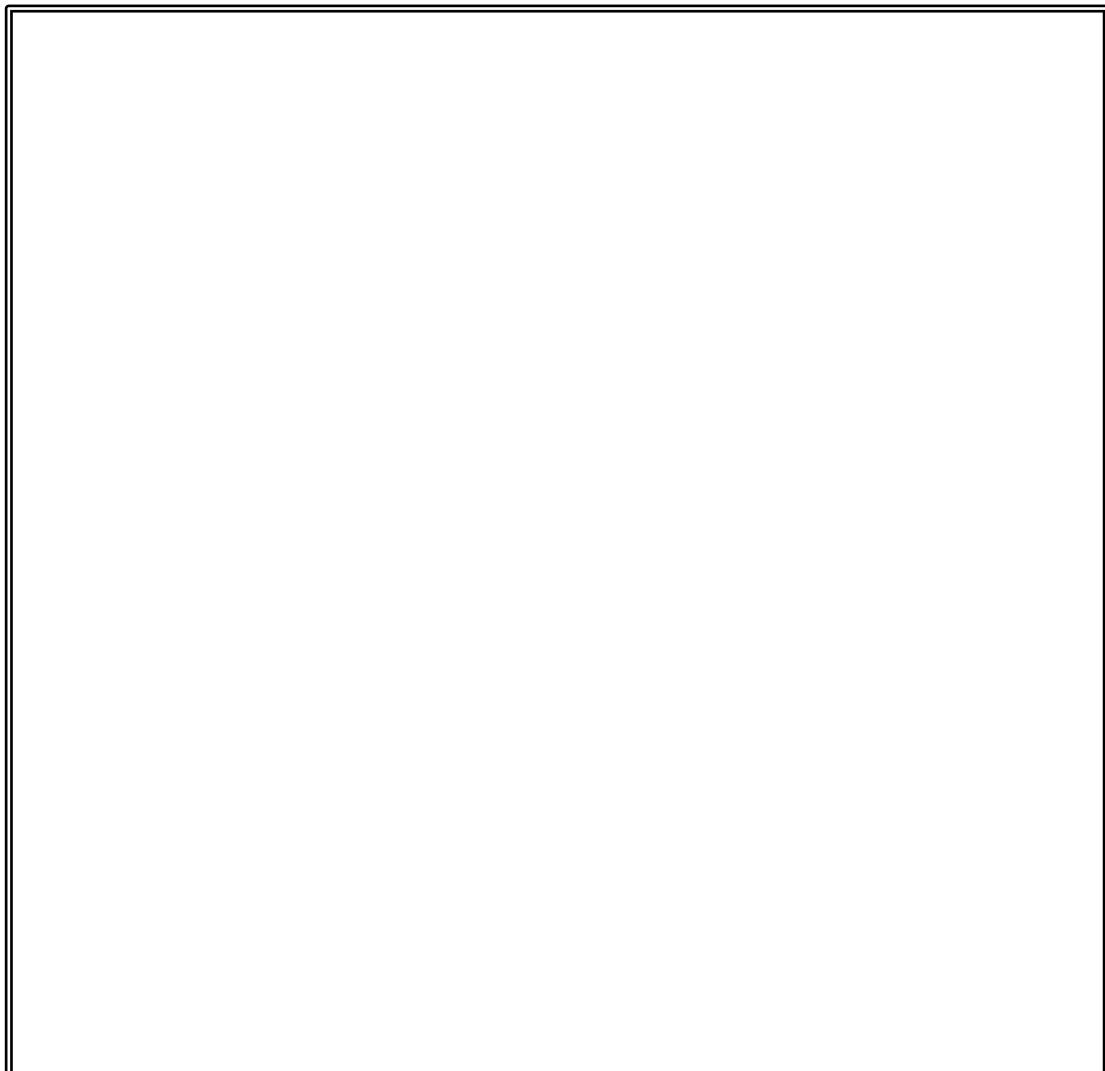


設計対象		遮蔽設計の基準となる線量率	凡例
管理区域外		≤2.6 μSv/h	□
管理区域内	核燃料物質を取り扱う設備 ・機器を設置しない部屋	制御室、廊下等（週40時間程度の立入時間）を想定 現場監視第1室等（週10時間程度の立入時間）を想定	≤12.5 μSv/h ≤50 μSv/h
	核燃料物質を取り扱う設備 ・機器を設置する部屋	粉末調整第1室、ペレット加工第1室、燃料棒加工第1室等（週10時間程度の作業時間）を想定 分析第1室等（週10時間程度の作業時間）を想定 粉末一時保管室等を想定	≤50 μSv/h ≤50 μSv/h ≥50 μSv/h

添5第2図(5) 遮蔽設計区分図（燃料加工建屋地下1階）

□は核不拡散上の観点から公開できません。

1 貯蔵梱包クレーン室	11 除染室	21 非常用電気A室	31 非常用発電機A制御盤室
2 輸送容器保管室	12 放管試料前処理室	22 非常用蓄電池A室	32 非常用発電機B制御盤室
3 輸送容器検査室	13 放射能測定室	23 非常用発電機B室	
4 入出庫室	14 計算機室	24 非常用電気B室	
5 出入管理室	15 中央監視室	25 非常用蓄電池B室	
6 入城室	16 非常用蓄電池E室	26 二酸化炭素消火設備第1室	
7 退城室	17 非常用電気E室	27 二酸化炭素消火設備第2室	
8 汚染検査室	18 非常用制御盤A室	28 混合ガス受槽室	
9 放射線管理室	19 非常用制御盤B室	29 混合ガス計装ラック室	
10 現場放射線管理室	20 非常用発電機A室	30 入出庫室前室	

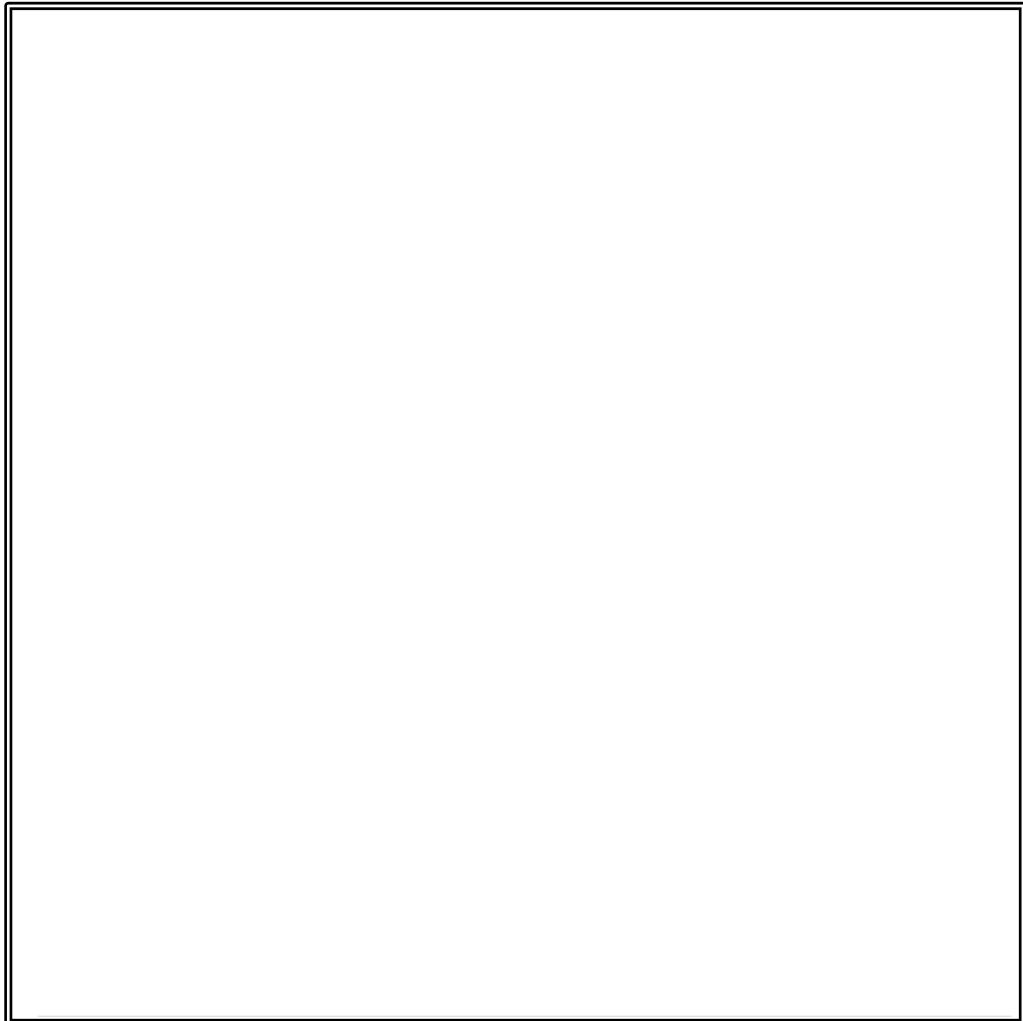


設計対象		遮蔽設計の基準となる線量率	凡例
管理区域外		$\leq 2.6 \mu \text{Sv/h}$	
管理区域内	核燃料物質を取り扱う設備 ・機器を設置しない部屋	制御室、廊下等（週40時間程度の立入時間）を想定	
		現場監視第1室等（週10時間程度の立入時間）を想定	
	核燃料物質を取り扱う設備 ・機器を設置する部屋	粉末調整第1室、ペレット加工第1室、燃料棒加工第1室等（週10時間程度の作業時間）を想定	
		分析第1室等（週10時間程度の作業時間）を想定	
		粉末一時保管室等を想定	$> 50 \mu \text{Sv/h}$

添5第2図(6) 遮蔽設計区分図（燃料加工建屋地上1階）

□は核不拡散上の観点から公開できません。

- 1 給気機械・フィルタ室
- 2 固体廃棄物拡出準備室
- 3 非常用発電機給気機械A室
- 4 非常用発電機給気機械B室
- 5 荷卸室
- 6 热源機械室
- 7 設備搬入口前室
- 8 常用電気第1室
- 9 廃棄物保管第2室



設計対象		遮蔽設計の基準となる線量率	凡例
管理区域外		$\leq 2.6 \mu \text{Sv/h}$	□
管理区域内	核燃料物質を取り扱う設備 ・機器を設置しない部屋	制御室、廊下等（週40時間程度の立入時間）を想定 現場監視第1室等（週10時間程度の立入時間）を想定	$\leq 12.5 \mu \text{Sv/h}$
	核燃料物質を取り扱う設備 ・機器を設置する部屋	粉末調整第1室、ペレット加工第1室、燃料棒加工第1室等（週10時間程度の作業時間）を想定	$\leq 50 \mu \text{Sv/h}$
		分析第1室等（週10時間程度の作業時間）を想定 粉末一時保管室等を想定	$\leq 50 \mu \text{Sv/h}$ $> 50 \mu \text{Sv/h}$

添5第2図(7) 遮蔽設計区分図 (燃料加工建屋地上2階)

□は核不拡散上の観点から公開できません。

3. 直接線及びスカイシャイン線による公衆の線量評価結果

加工施設における燃料集合体の貯蔵等に起因するガンマ線及び中性子線による公衆の線量を評価する。

3. 1 評価方法の概要

加工施設からの直接線及びスカイシャイン線による公衆の線量の評価に当たっては、周辺監視区域境界において実効線量を計算し、評価する。

ガンマ線及び中性子線線源は、加工施設における放射性物質の最大貯蔵能力から設定し、実効線量は信頼性のある一次元輸送計算コード ANISN⁽⁹⁾を用いて計算する。

3. 2 評価条件

(1) 線源

線量の評価に用いる線源は、貯蔵施設及び廃棄施設のうち、燃料集合体貯蔵設備における燃料集合体の最大貯蔵能力を考慮して、燃料集合体貯蔵設備に貯蔵する燃料集合体貯蔵チャンネル内のBWR 9×9型燃料集合体 880 体とする。

その他の貯蔵設備は、地下3階または地下2階に設置しており、設備を取り囲むコンクリート壁、建屋外壁等により、普通コンクリート 180cm 以上の遮蔽を有している。したがって、燃料集合体貯蔵設備以外の貯蔵施設及び廃棄施設の線源については、その量、建屋内の配置及び床、壁等による減衰により、燃料集合体貯蔵設備からの線量に比べて小さく無視できる。

評価に用いる線源の組成及び線源強度は、「2. 1(4) 遮蔽設計に用いる線源」と同じとする。

(2) 評価地点

線量の評価地点は、周辺監視区域境界上とする。

(3) 評価方法

評価地点における放射線束の計算は、一次元輸送計算コード ANISN 及び JSD120 群ライブラリ⁽¹²⁾を用いて、直接線及びスカイシャイン線を一括して評価する。

評価においては、線源は球形状にモデル化し、また、遮蔽は燃料集合体貯蔵設備を取り囲むコンクリート壁等を考慮し、普通コンクリート（密度 2.15g/cm³）150cm とする。

放射線束から実効線量への換算は、ガンマ線については国際放射線防護委員会の ICRP Publication 74⁽¹⁰⁾によるガンマ線の放射線束から空気カーマへの換算係数及び「放射線を放出する同位元素の数量等を定める件」（以下、「平成 12 年科学技術庁告示第 5 号」という。）に定められた空気カーマから実効線量への換算係数を用い、中性子線については「平成 12 年科学技術庁告示第 5 号」に定められた換算係数を用いる。

3. 3 評価結果

加工施設から周辺監視区域境界までの距離が最短（約 450m）となる南南西方向の周辺監視区域境界上の地点で評価した結果、直接線及びスカイシャイン線による公衆の実効線量は $3 \times 10^{-1} \mu \text{Sv}/\text{y}$ となる。実効線量が最大となる評価地点を添 6 第 1 図に示す。

評価結果は、線量告示に定める周辺監視区域外の線量限度（年間 1 mSv）に比べ小さく、また、「発電用軽水型原子炉施設の安全審査における一般公衆の線量評価について（平成元年 3 月 27 日原子力安全委員会了承）」を参考に設定した目標値（ $50 \mu \text{Sv}/\text{y}$ ）を満足する。

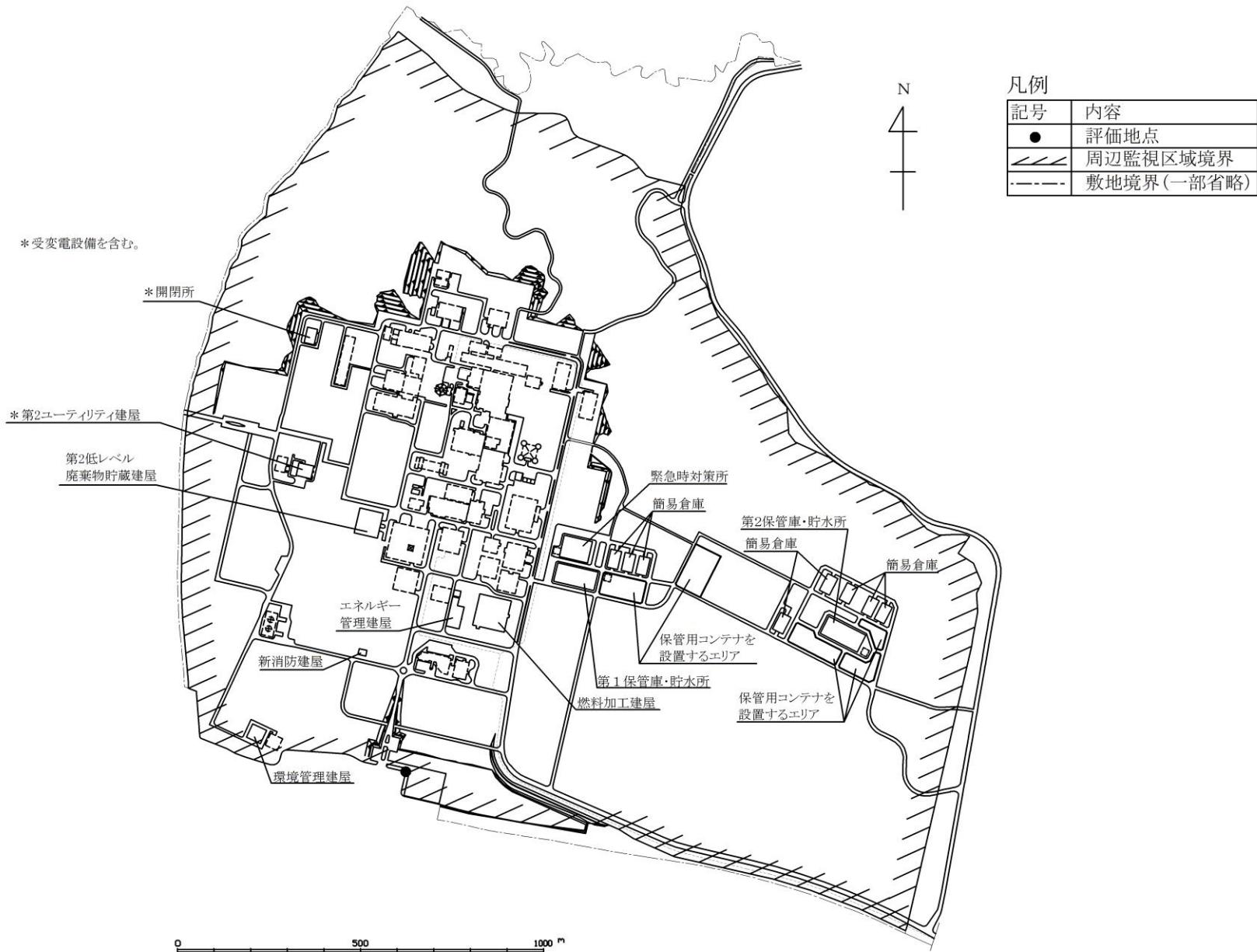
3. 4 放射性物質の放出等に伴う公衆の線量評価結果

加工施設から放出される排気中及び排水中の放射性物質による公衆の線量は約 $3 \times 10^{-3} \mu\text{Sv}/\text{y}$ であり、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」において定められた線量目標値($50 \mu\text{Sv}/\text{y}$)を下回る。

加工施設からの直接線及びスカイシャイン線による周辺監視区域境界における公衆の実効線量は、約 $3 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}/\text{y}$ であり、線量告示に定められた周辺監視区域外の線量限度(実効線量について $1 \text{mSv}/\text{y}$)を下回る。ガンマ線による皮膚及び眼の水晶体の等価線量は、放射線束からの換算係数が実効線量とほぼ等しいため、実効線量と同等となる。また、中性子線による皮膚及び眼の水晶体の等価線量については、実効線量の限度が守られていれば皮膚及び眼の水晶体の限度を超えることはない⁽¹⁰⁾。これらのことより、皮膚及び眼の水晶体の等価線量についても線量告示に定められた周辺監視区域外の線量限度(皮膚の等価線量について $50 \text{mSv}/\text{y}$ 、眼の水晶体の等価線量について $15 \text{mSv}/\text{y}$)を下回る。

以上のように、平常時における加工施設から環境への放射性物質の放出等に伴う公衆の線量は、線量告示に定められた周辺監視区域外の線量限度を下回るとともに、合理的に達成できる限り低い。

なお、再処理施設及び廃棄物管理施設に起因する線量を考慮しても、公衆の線量は、線量告示に定められた周辺監視区域外の線量限度に比べ小さい。



添6第1図 加工施設からの直接線及びスカイシャイン線による公衆の線量評価地点

2章 補足說明資料

令和2年2月25日 R3

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3条:遮蔽等

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	MOX燃料加工施設における遮蔽設計	2/25	2	
補足説明資料2-1	使用済燃料仕様の冷却年数変更に伴う遮蔽設計への影響	2/25	0	

令和2年2月25日 R 2

補足説明資料1－1(3条)

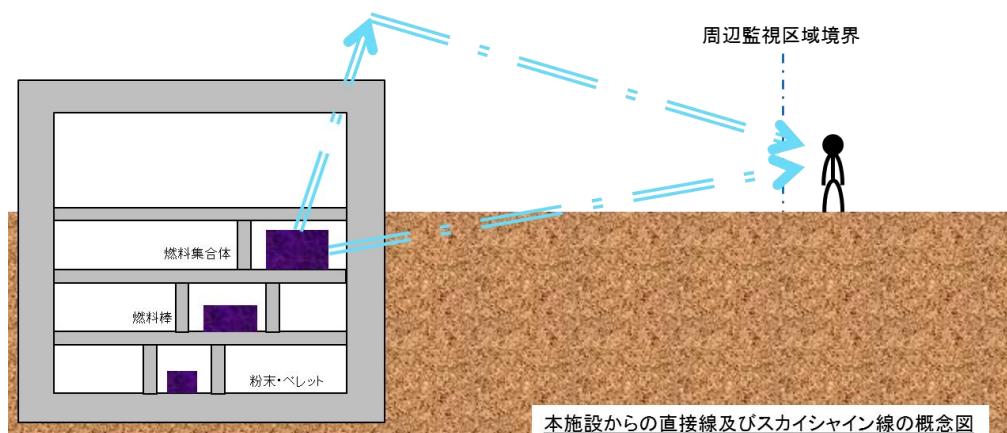
MOX燃料加工施設における遮蔽設計

1. 公衆および従事者に対する遮蔽設計

周辺監視区域外の線量及び従事者の線量が、「核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示（平成27年8月31日原子力規制委員会告示第8号）」に定められた線量限度を超えないことはもとより、公衆の線量及び従事者が立ち入る場所における線量を合理的に達成できる限り低くするため、以下の対策を講ずる。

(1) 公衆に対する遮蔽設計

加工施設からの直接線及びスカイシャイン線の主要な線源となる貯蔵施設を地下1階～地下3階に配置することで、貯蔵施設に対して十分な厚さのコンクリート壁等の遮蔽により、貯蔵施設からの放射線を低減する設計とする。



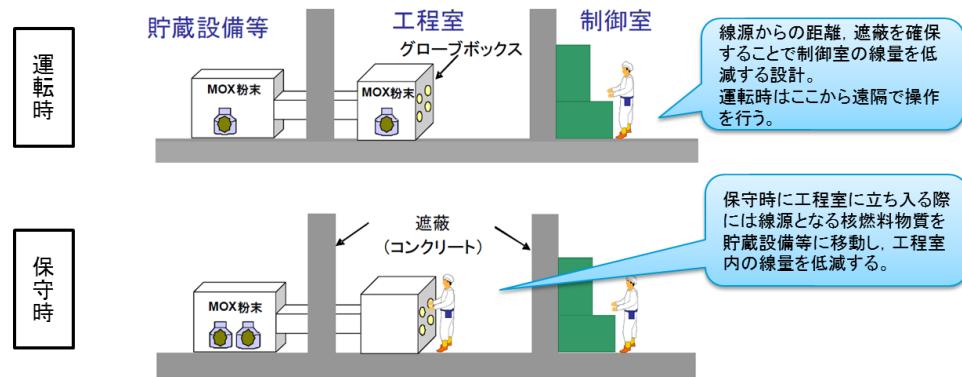
(2) 従事者に対する遮蔽設計

① 加工施設において、従事者が立ちに入る場所については、従事者の立入時間等を考慮して、遮蔽設計の基準となる線量率を適切に設定するとともに、管理区域を線量率に応じて適切に区分し、これを満足するよう遮蔽設備を設ける。

		遮蔽設計の基準となる線量率
管理区域外	中央監視室等	2.6 μ Sv/h
管理区域内	核燃料物質を取り扱う設備・機器を設置しない部屋	制御室、廊下等 (週 40 時間程度の立入時間を想定) 12.5 μ Sv/h
	核燃料物質を取り扱う設備・機器を設置する部屋	現場監視第1室等 (週 10 時間程度の立入時間を想定) 50 μ Sv/h
管理区域内	核燃料物質を取り扱う設備・機器を設置する部屋	粉末調整第1室、ペレット加工第1室、燃料棒加工第1室等 ⇒運転時は遠隔操作のため立ち入らず、保守時に核燃料物質を貯蔵施設に搬送し入室する設計であることから、貯蔵施設を線源として考慮 (週 10 時間程度の立入時間を想定) 50 μ Sv/h
	分析第1室等	⇒核燃料物質がグローブボックス内に存在する状態でグローブボックスを介し、作業を行うため、グローブボックス内の核燃料物質を線源として考慮 (週 10 時間程度の立入時間を想定)
	粉末一時保管室、燃料集合体貯蔵室等 (通常作業を想定しない)	>50 μ Sv/h (*)

(*) 貯蔵室等の通常作業を想定しない部屋で作業する必要がある場合には、線量当量率の測定、線源の移動、作業時間の制限、放射線防護具の着用等の放射線被ばく管理を実施する。

② 核燃料物質を取り扱う設備・機器は、制御室から遠隔又は自動で運転を行える設計とし、従事者がこれらの設備・機器の保守及び点検を行う際には、核燃料物質を設備・機器から一時保管設備又は貯蔵設備へ搬送できる設計とする。

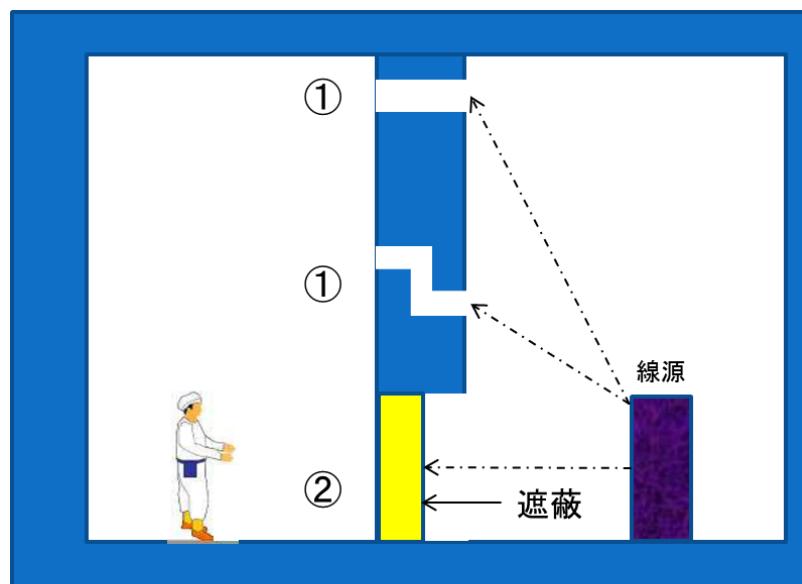


③ 設計基準事故により遮蔽壁等の遮蔽機能は損なわれないことから、通常運転時と同様に運転員が中央監視室、制御室内に留まり、事故対策に必要な操作を行うことができる。

(3) 開口部からの放射線漏えい防止措置

建屋壁遮蔽に開口部又は貫通部がある場合で、開口部又は貫通部により遮蔽設計の基準となる線量率を超えるおそれのある場合には、以下に示すような放射線の漏えいを防止するための措置を講じ、遮蔽設計の基準となる線量率を満足する設計とする。

- ① 建屋壁遮蔽を貫通する搬送路、ダクト、配管については、開口部及び貫通部が線源を直接見通さないような場所に設置する。
- ② 建屋壁遮蔽の開口部及び貫通部には、遮蔽扉、遮蔽蓋又は補助遮蔽を設置する措置を講ずる。



開口部又は配管等の貫通部の設計の概念図

2. 遮蔽設計に用いる線源

遮蔽設計に用いる線源は、遮蔽設計上厳しい条件となるように設定する。

(1) プルトニウム富化度

プルトニウム富化度は、原料粉末受入工程の設備は60%とし、粉末調整工程は設備に応じて60%, 30%又は18%，ペレット加工工程の設備は18%，燃料棒加工工程の設備はBWR型の燃料棒17%，PWR型の燃料棒18%，燃料集合体組立工程以降の設備については燃料集合体平均プルトニウム富化度でBWR型11%，PWR型14%と設定する。

各工程のプルトニウム富化度

工程	プルトニウム富化度	
原料粉末受入工程	60%	
粉末調整工程	設備に応じて 60%, 30%, 18%	
ペレット加工工程	18%	
燃料棒加工工程	BWR	17%
	PWR	18%
集合体組立工程以降	BWR	11%
	PWR	14%

(2) 線源設定に用いる燃料仕様

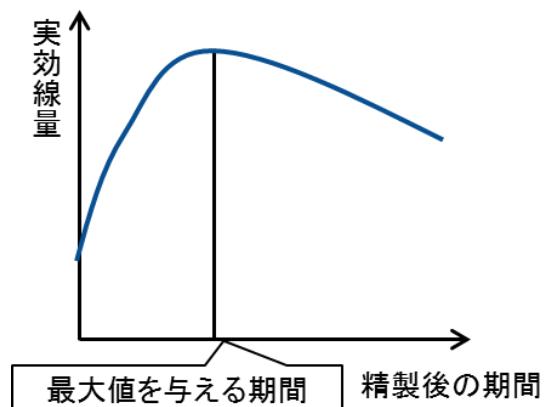
原料MOX粉末は再処理施設から受け入れるため、プルトニウム及びウランの仕様は、再処理施設で1日当たり再処理する使用済燃料の仕様に基づき、子孫核種の寄与も考慮して、ガンマ線又は中性子線について、それぞれ最大の線量率又は最大の中性子発生数となる燃料仕様から設定する。

線源設定に用いる燃料仕様

	ガンマ線		中性子線
元素	プルトニウム	ウラン	プルトニウム
燃料型式	PWR	PWR	BWR
照射前燃料濃縮度	3.5%	3.5%	3.5%
比出力	60MW/t·U _{pr}	10MW/t·U _{pr}	10MW/t·U _{pr}
使用済燃料集合体 平均燃焼度	45GWd/t·U _{pr}	45GWd/t·U _{pr}	45GWd/t·U _{pr}
原子炉停止時から 再処理までの期間	4年	10年	4年
再処理施設における 精製後の期間	18年	10年	30年

※濃縮度は質量百分率

※t·U_{pr} は、照射前金属ウラン換算質量



3. 直接線及びスカイシャイン線による公衆の線量評価について

(1) 線源

線量の評価に用いる線源は、貯蔵施設及び廃棄施設のうち、地下1階に設置する燃料集合体貯蔵設備における燃料集合体の最大貯蔵能力を考慮して、燃料集合体貯蔵設備に貯蔵する燃料集合体貯蔵チャンネル内のBWR 9×9型燃料集合体880体とする。

その他の貯蔵設備は、地下3階または地下2階に設置しており、設備を取り囲むコンクリート壁、建屋外壁等により、普通コンクリート180cm以上の遮蔽を有している。したがって、燃料集合体貯蔵設備以外の貯蔵施設及び廃棄施設の線源については、その量、建屋内の配置及び床、壁等による減衰により、燃料集合体貯蔵設備からの線量に比べて小さく無視できる。

(2) 公衆の線量評価モデルの考え方と保守性について

① 線源の仕様

ガンマ線の線量率及び中性子発生数が最大となる燃料仕様を用いて設する。

② 線源量

集合体貯蔵設備の最大貯蔵能力（BWR燃料集合体880体）を考慮して設定する。

③ 配置

燃料集合体貯蔵設備を地下階に配置することによる土の遮蔽効果を無視する。

④ 集合体貯蔵設備のモデル化

線源は、自己遮蔽効果が小さくなるように燃料集合体貯蔵設備の体

積と同等の球に設定する。

⑤ 遮蔽体

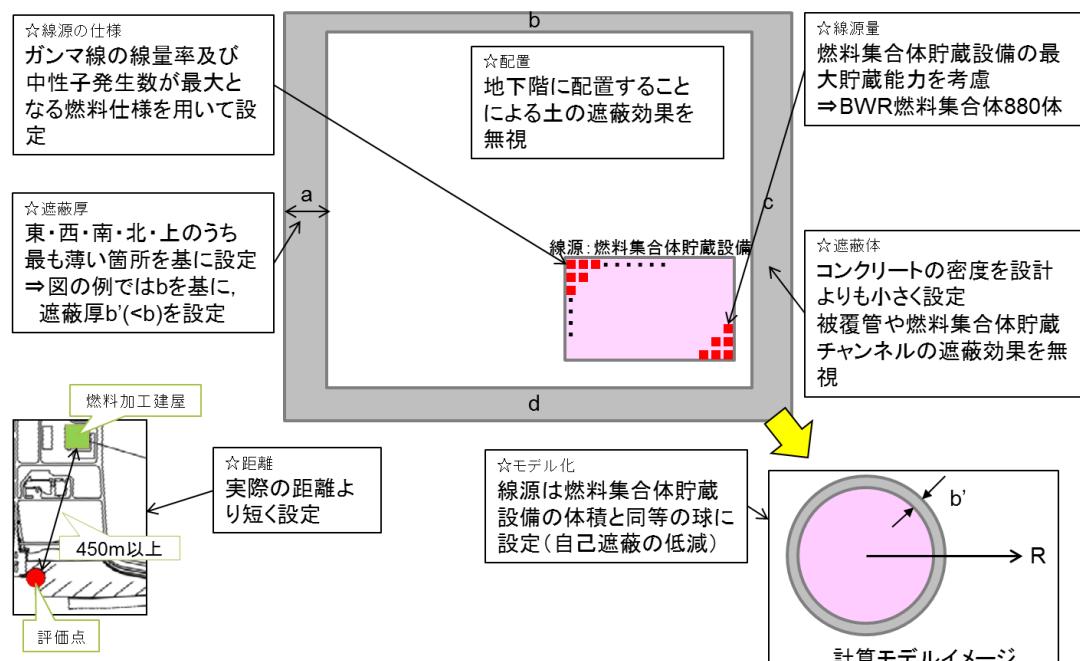
コンクリートの密度を設計よりも小さく設定する。また、被覆管や燃料集合体貯蔵チャンネルの遮蔽効果を無視する。

⑥ 遮蔽厚

東・西・南・北・上のうち最も薄いコンクリート箇所を基に設定する。

⑦ 評価点までの距離

実際の距離より短く設定する。



線量の評価モデル化の考え方と保守性について

(3) 燃料集合体貯蔵設備以外の貯蔵施設の寄与について

① 評価方法

公衆の線量への各貯蔵設備の寄与を次の手順により確認した。

a. プルトニウム貯蔵量

線量評価においてはプルトニウムの量が重要であるため、最大貯蔵能力からプルトニウムの貯蔵量を算出した。

b. 床・天井による減衰率

燃料集合体貯蔵設備を設置する地下1階に到達するまでに通過するコンクリート厚さを保守的に30cmとした。また、実効線量はコンクリート30cmで1桁減衰するとした。

c. 燃料集合体貯蔵設備の寄与との比

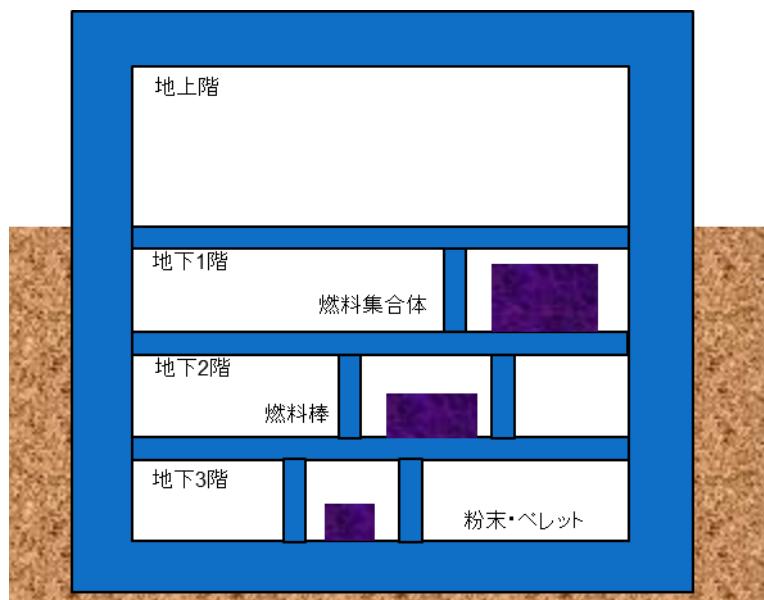
各貯蔵設備の貯蔵量比及び床・天井による減衰率を掛け合わせることにより、公衆の線量に対する燃料集合体貯蔵設備の寄与との比を算出した。

② 評価結果

燃料集合体貯蔵設備以外の貯蔵設備からの寄与は合計しても、燃料集合体貯蔵設備の寄与の約9%であり、燃料集合体貯蔵設備からの放射線による周辺監視区域境界の実効線量が $3 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}/\text{年}$ であることを考慮すれば、その他の貯蔵施設からの線量を足し合わせても目標とする $50 \mu\text{Sv}/\text{年}$ を十分下回ることは明らかである。

公衆の線量への各貯蔵設備の寄与に対する評価結果

貯蔵設備	設置階	最大貯蔵能力 [t・HM]	プルトニウム 貯蔵量 [t・Pu]	貯蔵量比	コンクリート床(天井) 厚[cm]	床・天井に による減衰率	燃料集合 体貯蔵設 備の寄与 との比 [%]
燃料集合体貯蔵設備	地下1階	170	19	1	—	1	100
燃料棒貯蔵設備	地下2階	60	11	0.58	30	0.1	5.8
貯蔵容器一時保管設備	地下3階	1.2	0.72	0.038	30	0.1	0.38
原料MOX粉末缶一時保管設備	地下3階	0.3	0.18	0.0095	30	0.1	0.095
粉末一時保管設備	地下3階	6.1	1.9	0.10	30	0.1	1.0
ペレット一時保管設備	地下3階	1.7	0.31	0.016	30	0.1	0.16
製品ペレット貯蔵設備	地下3階	6.3	1.2	0.063	30	0.1	0.63
スクラップ貯蔵設備	地下3階	10	1.8	0.095	30	0.1	0.95



令和2年2月25日 R 0

補足説明資料2－1(3条)

使用済燃料仕様の冷却年数変更に伴う遮蔽設計への影響

1. はじめに

再処理施設では、現実的な使用済燃料の冷却期間として、再処理施設に受け入れるまでの冷却期間を1年から概ね12年、せん断処理するまでの冷却期間を、4年から15年に変更している。

加工施設においては、使用済燃料の遮蔽設計用の燃料仕様のうち、原子炉停止時から再処理までの期間を最低4年としているが、この期間が厳しい評価となる条件であることから、加工施設の遮蔽設計には影響ない。

(1) 遮蔽設計に用いる線源

プルトニウム及びウランの仕様は、子孫核種の寄与も考慮して、ガンマ線又は中性子線について、遮蔽設計用の燃料仕様の範囲のうちそれぞれ最大の線量率又は最大の中性子発生数となる次の燃料仕様から設定する。

	ガンマ線		中性子線
元素	プルトニウム	ウラン	プルトニウム
燃料型式	PWR	PWR	BWR
照射前燃料濃縮度	3.5%	3.5%	3.5%
比出力	60MW/t・U _{pr}	10MW/t・U _{pr}	10MW/t・U _{pr}
使用済燃料集合体平均燃焼度	45GWd/t・U _{pr}	45GWd/t・U _{pr}	45GWd/t・U _{pr}
原子炉停止時から再処理までの期間	4年	10年	4年
再処理施設における精製後の期間	18年	10年	30年

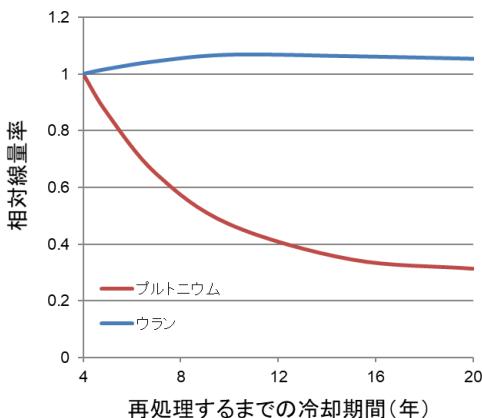


図 ガンマ線線量率の冷却期間依存性

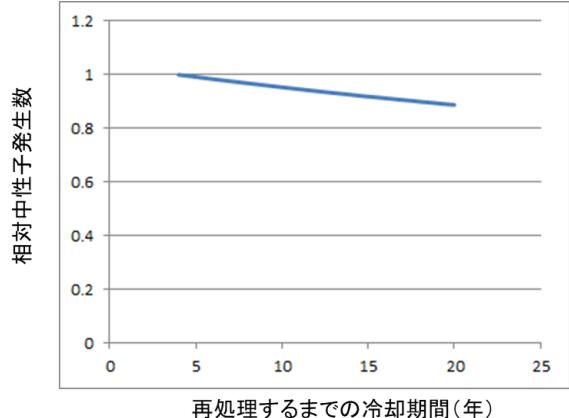


図 中性子発生数の冷却期間依存性

使用済燃料仕様の冷却年数変更に伴う冷却期間の最低年数が増加した場合においても加工施設の遮蔽設計には影響がない。