電気技術規程
原　子　力　編

# 原子力発電所放射線遮蔽設計規程

JEAC 4615−202X

公衆審査用

一般社団法人
日　本　電　気　協　会
原　子　力　規　格　委　員　会

# 原子力発電所放射線遮蔽設計規程

目　次


1. 序論 …… 1
1.1 目的 …… 1
1.2 適用範囲 …… 1
1.3 関連法規など …… 1
1.3.1 関連法令 …… 1
1.3.2 関連指針類 …… 2
1.3.3 関連規格など …… 3
2. 用語の定義 …… 4
3. 遮蔽設計の方針 …… 5
3.1 通常運転時に関する遮蔽設計の方針 …… 5
3.1.1 通常運転時に関する設計上の線量目標値 …… 5
3.1.2 通常運転時に関する遮蔽設計区分 …… 5
3.1.3 通常運転時に関する遮蔽体の種類 …… 6
3.1.4 通常運転時に関する遮蔽体の設置 …… 9
3.2 事故時に関する遮蔽設計の方針 …… 9
3.2.1 事故時に関する設計上の線量目標値 …… 9
3.2.2 事故時に関する遮蔽体の種類 …… 10
3.2.3 事故時に関する遮蔽体の設置 …… 12
4. 遮蔽設計 …… 24
4.1 通常運転時に関する遮蔽設計 …… 24
4.1.1 通常運転時に関する遮蔽設計の手順 …… 24
4.1.2 通常運転時に関する遮蔽設計の基本条件 …… 24
4.1.3 通常運転時の線源強度の設定 …… 25
4.1.4 通常運転時に関する遮蔽要求厚の設定 …… 26
4.2 事故時に関する遮蔽設計 …… 26
4.2.1 事故時に関する遮蔽設計の手順 …… 26
4.2.2 事故時に関する遮蔽設計の基本条件 …… 27
4.2.3 事故時の線源強度の設定 …… 27
4.2.4 事故時に関する遮蔽要求厚の設定 …… 28
5. 遮蔽計算 …… 35
5.1 遮蔽計算コード …… 35
5.2 遮蔽計算モデル …… 35
5.3 遮蔽計算パラメータ …… 35
参考文献 …… 43


公衆審査用

解説 3-1　管理区域内の設計上の線量目標値 ……14
解説 3-2　管理区域外側の設計上の線量目標値 ……14
解説 3-3　周辺公衆の設計上の線量目標値 ……14
解説 3-4　管理区域の区分及び管理 ……15
解説 3-5　管理区域内の遮蔽設計基準線量率の考え方 ……15
解説 3-6　管理区域の外側の区域における遮蔽設計基準線量率の考え方 ……16
解説 3-7　管理区域の外側の区域における放射線管理について ……17
解説 3-8　遮蔽体の名称について ……17
解説 3-9　開口部などの放射線漏えい防止措置の構造例 ……17
解説 3-10　緊急作業に係る線量限度 ……19
解説 3-11　事故時において制御室等で勤務する従事者の線量評価など ……20
解説 3-12　設計基準事故時及び重大事故等時における敷地境界以遠の直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の線量について ……20
解説 3-13　事故時に関する遮蔽体について ……21
解説 3-14　遮蔽体の安全重要度分類について ……22
解説 3-15　補助遮蔽（BWR） ……22
解説 3-16　補助遮蔽（PWR） ……23
解説 4-1　通常運転時に関する線源と遮蔽体の種類との関係（例） ……30
解説 4-2　使用済燃料について ……31
解説 4-3　直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量評価の例 ……31
解説 4-4　安全評価審査指針及び JEAC 4622 について ……31
解説 4-5　地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による線量評価の例 ……32
解説表 4-1　設計基準事故時に原子炉制御室にとどまる従事者の被ばく評価項目と遮蔽体との関係 ……33
解説表 4-2　重大事故等時に制御室等にとどまる従事者の被ばく評価項目と遮蔽体との関係 ……34
解説 5-1　遮蔽計算コード ……36
解説 5-2　計算コードの概要 ……36
解説 5-3　計算で使用するパラメータの例 ……37
解説表 5-1　遮蔽体の種類と線源の種類及び計算コードとの関係（BWR） ……41
解説表 5-2　遮蔽体の種類と線源の種類及び計算コードとの関係（PWR） ……42

パブコメ審査用

# 1. 序論

## 1.1 目的

原子力発電所における放射線防護の基本方針は，原子力発電所周辺の一般公衆（以下，「周辺公衆」という。）並びに原子力発電所で働く放射線業務従事者及び事故時に事故対策操作等を行う放射線業務従事者が，原子力発電所の運転に起因して受ける線量を合理的に達成できる限り低くするよう必要な対策をとることである。

この規格は，上記の目的のために，通常運転時及び事故時の線量基準値を超えないようにした上で，無用の放射線被ばくを防止するために必要な遮蔽設計の考え方及び方法を規定するものである。

## 1.2 適用範囲

この規格は，設計施工段階及び供用期間中の改造工事計画段階における原子力発電所及びその附属施設の遮蔽設計に適用する。

## 1.3 関連法規など

### 1.3.1 関連法令

1) **核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律**
**（昭和 32 年 6 月 10 日 法律第 166 号，施行 令和 7 年 6 月 6 日 令和 5 年法律第 44 号）**

2) **実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則**
**（昭和 53 年 12 月 28 日 通商産業省令第 77 号，施行 令和 7 年 6 月 6 日 令和 5 年原子力規制委員会規則第 4 号）**

3) **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，最終改正 令和 2 年 3 月 18 日 原子力規制委員会告示第 7 号）**

4) **発電用原子力設備に関する技術基準を定める命令**
**（昭和 40 年 6 月 15 日 通商産業省令第 62 号，施行 令和 3 年 1 月 1 日 令和 2 年経済産業省・原子力規制委員会規則第 2 号）**

5) **発電用原子力設備に関する放射線による線量等の技術基準**
**（平成 13 年 3 月 21 日 経済産業省告示第 188 号，最終改正 令和元年 7 月 1 日 経済産業省令・原子力規制委員会規則第 1 号）**

6) **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**
**（平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第 5 号，施行 令和 4 年 9 月 26 日 令和 4 年原子力規制委員会規則第 4 号）**

7) **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**

公表審査用

（制定 平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 1306193 号 原子力規制委員会決定，
改正 令和 6 年 3 月 13 日 原規技発第 2403133 号 原子力規制委員会決定）

8) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則
（平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第 6 号， 施行 令和 4 年 9 月 26 日
令和 4 年原子力規制委員会規則第 4 号）

9) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈
（制定 平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 1306194 号 原子力規制委員会決定，
改正 令和 5 年 10 月 11 日 原規技発第 2310116 号 原子力規制委員会決定）

10) 電離放射線障害防止規則
（昭和 47 年 9 月 30 日 労働省令第 41 号，施行 令和 5 年 4 月 1 日 令和 4 年
厚生労働省令第 82 号）

### 1.3.2 関連指針類

1) 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針
（平成 2 年 8 月 30 日 原子力安全委員会決定，一部改訂 平成 13 年 3 月 29 日
原子力安全委員会）

2) 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
（昭和 50 年 5 月 13 日 原子力委員会決定，一部改訂 平成 13 年 3 月 29 日
原子力安全委員会）

3) 発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に対する評価指針
（昭和 51 年 9 月 28 日 原子力委員会決定，一部改訂 平成 13 年 3 月 29 日
原子力安全委員会）

4) 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，一部改訂 平成 13 年 3 月 29 日
原子力安全委員会）

5) 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
（平成2年8月30日 原子力安全委員会決定，一部改訂 平成21年3月9日 原子力安全
委員会）

6) 原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について（内規）
（平成 21 年 8 月 12 日 原子力安全・保安院制定 平成 21・07・27 原院第 1 号）

7) 実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る
被ばく評価に関する審査ガイド
（制定 平成25年6月19日 原規技発第13061918号 原子力規制委員会決定，
改正 令和3年6月23日 原規技発第2106233号 原子力規制委員会決定）

8) 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
（制定 平成31年3月13日 原規技発第1903131号 原子力規制委員会決定，
改正 令和2年3月31日 原規規発第20033110号 原子力規制委員会決定）

公衆審査用

9) 実用発電用原子炉に係る炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の有効性評価に関する審査ガイド
（制定 平成25年6月19日 原規技発第13061915号 原子力規制委員会決定，
改正 平成29年11月29日 原規技発第1711294号 原子力規制委員会決定）

10) 実用発電用原子炉に係る新規制基準の考え方について
（平成28年6月29日策定 原子力規制委員会，令和4年12月14日改訂 原子力規制委員会）

11) 発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイド
（制定 平成25年6月19日 原規技発第13061920号 原子力規制委員会決定，
改正 令和元年12月25日 原規規発第1912257号-4 原子力規制委員会決定）

### 1.3.3 関連規格など

1) JEAG 4612-2021「安全機能，重大事故等に対処する機能を有する電気・機械装置の重要度分類指針」

2) JEAC 4622-2025「原子力発電所中央制御室等の事故時居住性に係る被ばく評価に関する規程」

公衆審査用

## 2. 用語の定義

### 2.1 キャスク

使用済燃料輸送・貯蔵兼用乾式キャスク

### 2.2 事故

設計基準事故及び重大事故等

### 2.3 事故対策操作等

事故時において行われる事故対策のための操作，その他事故に対処するための活動

### 2.4 遮蔽設計基準線量率

通常運転時における従事者の被ばく線量が法令で定められた線量限度を満足できるように，管理区域内への立入頻度，滞在時間などを考慮して設定される遮蔽設計区分ごとの線量率の目安（**解説 3-5**）

### 2.5 従事者

通常運転時に原子力発電所で働く放射線業務従事者及び事故時に事故対策操作等の緊急作業に従事する労働者[1)]

注1）原子力発電所では，事故時に放射線業務従事者が緊急作業に従事する。

### 2.6 制御室等

原子炉制御室，緊急時制御室及び緊急時対策所

公衆審査用

## 3. 遮蔽設計の方針

### 3.1　通常運転時に関する遮蔽設計の方針

原子力発電所の通常運転時に関する遮蔽設計では，周辺公衆に対し法令に定める年間の線量限度を満足するように必要な遮蔽体の設計を行う。また，従事者が過度の放射線被ばくを受けないようにするため，必要な箇所に遮蔽体を設置する。遮蔽設計の方針は次のとおりである。

－法令に定める“管理区域”の定義に従い，管理区域と管理区域外に二分する。

－その上で，管理区域に関しては区域内をさらに区分する。

－区域内の区分においては，放射線管理と相まって従事者の年間の実効線量限度を満足できるようにする。

#### 3.1.1　通常運転時に関する設計上の線量目標値

原子力発電所の遮蔽設計に当たっては，「**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**」に定められた線量限度，「**発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針**」（以下，「安全評価審査指針」という。）に定められた線量基準値などを遵守するため，遮蔽設計上の線量目標値を次のとおりとする。

1) 管理区域内の人が立ち入る場所については，必要に応じて従事者の立入制限などの措置を行うことにより，従事者の実効線量限度である“5 年間に 100mSv，かつ，いかなる年度の 1 年間についても 50mSv”を超えないものとする。（**解説 3-1**）

2) 管理区域の外側境界については，管理区域を設定すべき実効線量の基準である 3 月間につき 1.3mSv を超えないものとする。（**解説 3-2**）

3) 周辺公衆については，周辺監視区域外の実効線量限度である 1 年間につき 1mSv を超えないものとする。また，人の居住する可能性のある敷地境界外において原子力発電所からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の線量を空気カーマで年間 50μGy 以下とすることを目標とする。原子力発電所内にキャスクを設置する場合は，原子力発電所内の他の施設からの線量にキャスクからの中性子を含めた線量を合算し，実効線量で年間 50μSv 以下とすることを目標とする。（**解説 3-3**）

#### 3.1.2　通常運転時に関する遮蔽設計区分（解説 3-4 ～ 解説 3-7）

周辺公衆及び従事者に対して法令に定める線量限度を遵守するため，**3.1.1**に基づき遮蔽設計区分を設定し，その遮蔽設計区分に従って原子力発電所の遮蔽設計を行う。

実効線量が 1.3mSv/3 月間を超えるおそれのある区域を管理区域として設定する。管理区域の外側の区域における遮蔽設計基準線量率の設定に当たっては，その区域で作業する従事者の滞在時間を考慮する。滞在時間は労働時間を考慮し 3 月間当たり 500 時間及び年間当たり 2,000 時間を最大とし，可能な限り現実的な値を想定する。さらに，施設及び装置の運転時間を考慮してもよい。

公衆審査用

管理区域内は，従事者の実効線量限度である年間 50mSv 及び 5 年間 100mSv を超えないように，立入頻度，滞在時間などを想定したいくつかの補助的な区分に細分し，それぞれの区分ごとに遮蔽設計基準線量率を定める。

### 3.1.3 通常運転時に関する遮蔽体の種類

原子力発電所の通常運転時において周辺公衆及び従事者の受ける線量を低減することを目的として遮蔽体を設置する。BWR 及び PWR における主要な遮蔽体は以下のとおりである。（**解説 3-8**）

| BWR | PWR |
|---|---|
| 原子炉遮蔽 | 一次遮蔽 |
| 一次遮蔽 | 二次遮蔽 |
| 二次遮蔽 | 外部遮蔽 |
| 補助遮蔽 | 補助遮蔽 |
| 中央制御室遮蔽 | 中央制御室遮蔽 |

通常運転時に関する遮蔽体の種類及び配置の例を**図 3-1** 及び**図 3-2** に示す。上記の遮蔽体の機能は次のとおりとする。

(1) BWR

(a) 原子炉遮蔽（**解説 3-8**）

原子炉遮蔽は，原子炉圧力容器を取り囲み，通常運転時の原子炉からの放射線を減衰させるとともに，原子炉停止時において原子炉格納容器内設備の補修が可能となるよう原子炉からの放射線を減衰させる。

(b) 一次遮蔽（**解説 3-8**）

一次遮蔽は，原子炉格納容器を取り囲み，通常運転時の原子炉などからの放射線を減衰させる。また，二次遮蔽との組合せによって，その外側の区域において遮蔽設計基準線量率以下になるように放射線を減衰させる。

(c) 二次遮蔽（**解説 3-8**）

二次遮蔽は，一次遮蔽を取り囲み，原子炉建屋を構成する遮蔽体で，通常運転時に二次遮蔽の外側の区域における線量率が遮蔽設計基準線量率以下になるように放射線を減衰させる。

(d) 補助遮蔽（**解説 3-8**）

補助遮蔽は，原子炉建屋，タービン建屋，放射性廃棄物処理建屋などに設置される放射性物質を内包する機器，配管などの設備及び燃料取扱・貯蔵設備を取り囲み，通常運転時にその外側の区域における線量率が遮蔽設計基準線量率以下になるように放射線を減衰させる。

公衆審査用

(e) 中央制御室遮蔽（**解説 3-8**）

中央制御室遮蔽は，原子炉制御室を取り囲み，通常運転時において，原子炉制御室内を管理区域設定基準以下の線量率にする。

(2) PWR

(a) 一次遮蔽（**解説 3-8**）

一次遮蔽は，原子炉容器を直接取り囲み，通常運転時の原子炉からの放射線を減衰させる。

(b) 二次遮蔽（**解説 3-8**）

二次遮蔽は，一次遮蔽と原子炉冷却系を取り囲み，通常運転時の原子炉及び一次冷却材からの放射線を減衰させる。

(c) 外部遮蔽（**解説 3-8**）

外部遮蔽は，原子炉格納容器を取り囲むか又は原子炉格納容器を構成し，その外側の区域において遮蔽設計基準線量率以下となるように，一次遮蔽及び二次遮蔽を透過してくる放射線を減衰させる。

(d) 補助遮蔽（**解説 3-8**）

補助遮蔽は，原子炉補助建屋などに設置される放射性廃棄物処理設備，化学体積制御設備，試料採取設備などの放射性物質を内包する機器，配管などの設備及び燃料取扱・貯蔵設備を取り囲み，通常運転時にその外側の区域における線量率が遮蔽設計基準線量率以下になるように放射線を減衰させる。

(e) 中央制御室遮蔽（**解説 3-8**）

中央制御室遮蔽は，原子炉制御室を取り囲み，通常運転時において，原子炉制御室内を管理区域設定基準以下の線量率にする。

注記　補助遮蔽のうち管理区域境界に設置される遮蔽体は，管理区域の外側の区域における被ばくを低減するためのものであり，二次遮蔽（BWR），外部遮蔽（PWR）などとともに放射線管理上重要な遮蔽体である。

公衆審査用

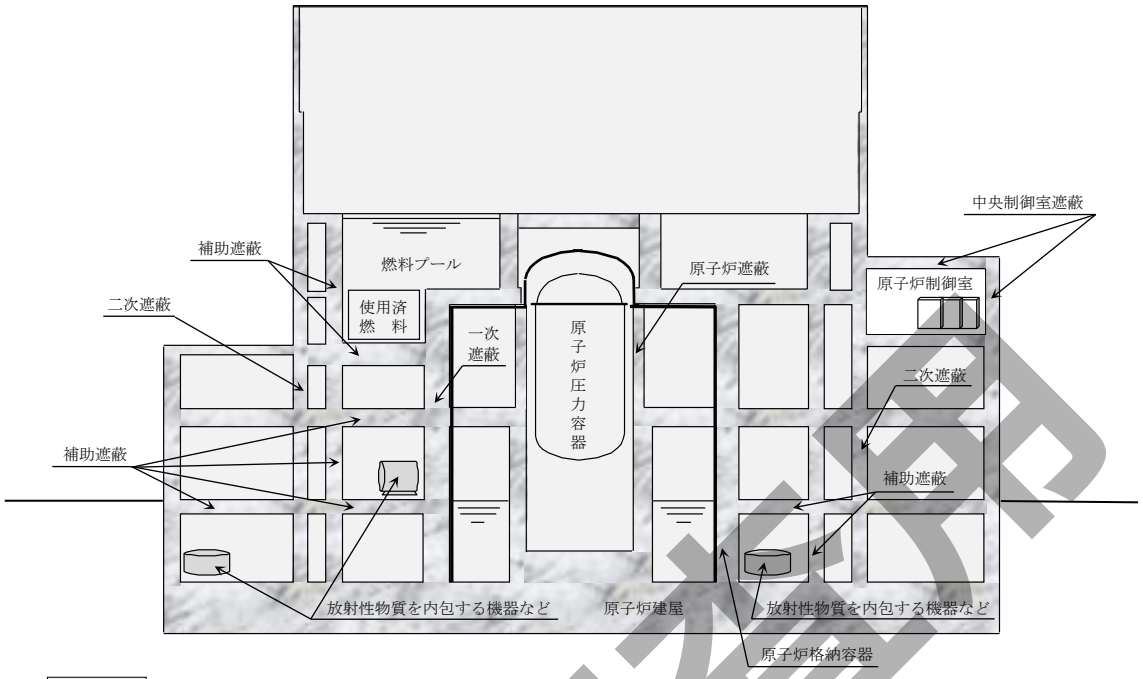



**図 3-1　遮蔽体の種類及び配置の例（BWR）**

注記　上図の他に，補助遮蔽はタービン建屋，固体廃棄物貯蔵施設などにもある。

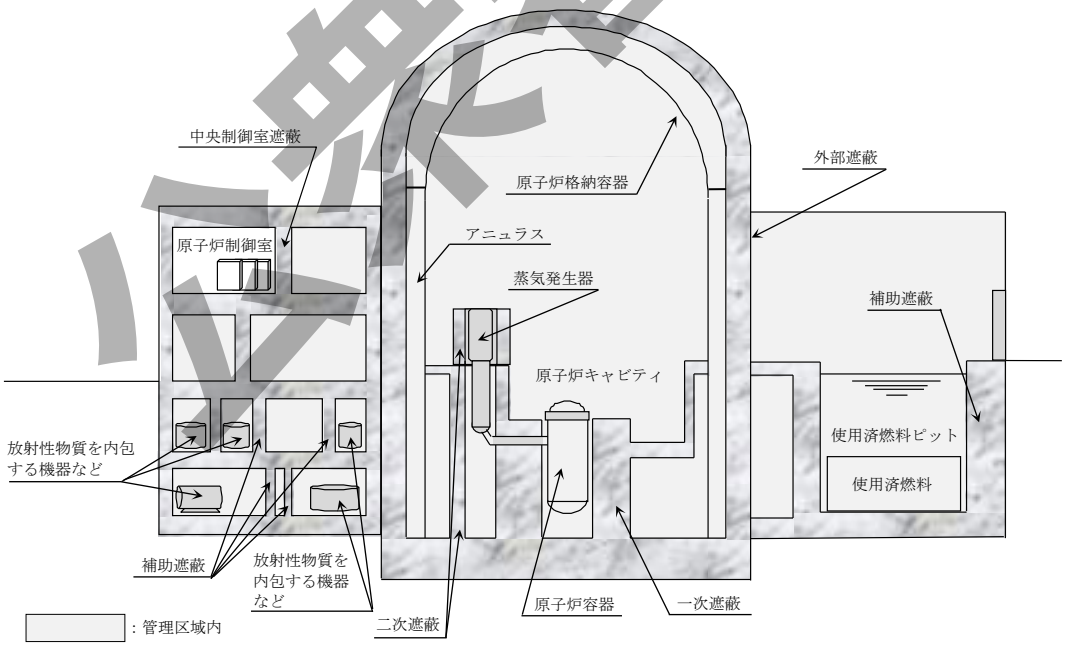



**図 3-2　遮蔽体の種類及び配置の例（PWR）**

注記　上図の他に，補助遮蔽は固体廃棄物貯蔵施設などにもある。

公表資料

### 3.1.4　通常運転時に関する遮蔽体の設置

(1) 通常運転時に関する従事者のための遮蔽体の設置

原子力発電所の通常運転時において，従事者が過度の放射線被ばくを受けないようにするため，管理区域を設定し，次に示すように必要な箇所に遮蔽体を設置し，線量低減対策を講じる。

1) 放射性物質を内包する機器，配管などの設備と一般通路などの線量率を低くすべき場所との間には必要な遮蔽体を設置する。

2) 遮蔽体に配管などの貫通部又は開口部がある場合は，必要に応じて放射線漏えい防止措置を講じる。放射線漏えい防止措置としては次がある。（**解説 3-9**）

a) 高線量率の機器室の出入口は，一般通路などの線量率を低くすべき場所から線源を直接見通せないようにし，出入口には壁からの散乱放射線の漏えいを防止するための迷路などを設置する。

b) 開口部は，人が容易に接近できないような場所（例えば，通路の行き止まり部又は高所）に設置する。

c) 配管などの貫通部については，通路から線源が直視できない位置に設置する。これが困難な箇所については，必要に応じて遮蔽補償材を貫通部内に充てんするなどの処置を講じる。

3) 系統及び系列の異なる機器で，隣接する機器からの放射線によって著しく被ばくする可能性がある場合には，機器間に遮蔽体を設置する。ただし，一時的に設置する遮蔽体などによって放射線を低減できる場合はこの限りではない。

(2) 通常運転時に関する周辺公衆のための遮蔽体の設置

原子力発電所の通常運転時において，周辺公衆に対して年間の線量限度に比べて十分小さな値になるように必要な遮蔽体を設置する。

## 3.2　事故時に関する遮蔽設計の方針

原子力発電所において想定される事故時に対して，従事者が制御室等にとどまって事故対策操作等を行えるようにするとともに，現場において事故対策操作等を行えるようにする必要がある。このため，事故時に関する遮蔽設計では，放射線管理と相まって法令で定める緊急作業に係る実効線量限度である 100mSv を超えないように必要な遮蔽体の設計を行う。

### 3.2.1　事故時に関する設計上の線量目標値

原子力発電所の遮蔽設計に当たっては，「**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**」に定められた線量限度，安全評価審査指針に定められた線量基準値などを遵守するため，遮蔽設計上の線量目標値を次のとおりとする。

1) 事故時に制御室等にとどまり事故対策操作等を行う従事者の線量目標値は，緊急作業に係る実効線量限度である 100mSv とする。（**解説 3-10，解説 3-11**）

公表資料

2) 周辺公衆に対しては，安全評価審査指針に定められた事故時の線量基準値などを下回るようにする。（**解説 3-12**）

### 3.2.2 事故時に関する遮蔽体の種類

原子力発電所の事故時において周辺公衆及び事故時に制御室等にとどまり事故対策操作等を行う従事者の受ける線量を低減することを目的として遮蔽体を設置する。遮蔽体としては，事故時において移動又は発生する線源に対して，通常運転時に関する遮蔽体に加えて新たな遮蔽体を必要とする箇所，又は遮蔽体として新たに定義を行う箇所が該当する。（**解説 3-13**）BWR 及び PWR における主要な遮蔽体は以下のとおりである。（**解説 3-8**）

| BWR | PWR |
|---|---|
| 二次遮蔽 | 外部遮蔽 |
| 補助遮蔽 | 補助遮蔽 |
| 中央制御室遮蔽 | 中央制御室遮蔽 |
| 緊急時制御室遮蔽 | 緊急時制御室遮蔽 |
| 緊急時対策所遮蔽 | 緊急時対策所遮蔽 |
| 中央制御室遮蔽（待避室） | |

上記の遮蔽体の機能は次のとおりとする。

(1) BWR

(a) 二次遮蔽（**解説 3-8**，**解説 3-14**）

二次遮蔽は，一次遮蔽を取り囲み，原子炉建屋を構成する遮蔽体で事故時に二次遮蔽外側における線量率を従事者がアクセス可能な線量率以下に低減させる。また，周辺公衆及び従事者の受ける線量が安全評価審査指針の線量基準値などを下回るようにする。なお，二次遮蔽が原子炉制御室を構成する場合，中央制御室遮蔽の機能を担う場合がある。

(b) 補助遮蔽（**解説 3-8**，**解説 3-15**）

補助遮蔽は，事故時において高線量となる可能性のある設備の周囲に設置し，従事者が支障なく制御室等に入り，又は一定期間とどまり，かつ，事故対策操作等を行うことができるようにするため，中央制御室遮蔽，緊急時制御室遮蔽又は緊急時対策所遮蔽と相まって制御室等内などの線量を低減させる。

なお，通常運転状態では遮蔽機能を期待せず，事故時に限定して制御室等内などの線量を低減するために遮蔽機能を期待する構造物も，補助遮蔽に含む。

(c) 中央制御室遮蔽（**解説 3-8**，**解説 3-14**）

中央制御室遮蔽は，原子炉制御室を取り囲み，事故時において，原子炉制御室にとどまり事故対策操作等を行う従事者が過度の被ばくを受けないようにする

パブコメ審査用

ため，外部からの放射線を減衰させる。なお，中央制御室遮蔽が原子炉建屋を構成する場合，二次遮蔽の機能を担う場合がある。

(d) 緊急時制御室遮蔽（**解説 3-8**）

緊急時制御室遮蔽は，特定重大事故等対処施設である緊急時制御室を取り囲み，緊急時制御室にとどまり事故対策操作等を行う従事者が過度の被ばくを受けないようにするため，外部からの放射線を減衰させる。

(e) 緊急時対策所遮蔽（**解説 3-8**）

緊急時対策所遮蔽は，重大事故等対処施設である緊急時対策所を取り囲み，緊急時対策所にとどまり事故対策操作等を行う従事者が過度の被ばくを受けないようにするため，外部からの放射線を減衰させる。

(f) 中央制御室遮蔽（待避室）

中央制御室遮蔽（待避室）は，原子炉制御室内の待避室を取り囲み，事故時において，原子炉制御室にとどまり事故対策操作等を行う従事者が，過度の被ばくを受けないようにするため，原子炉制御室内に取り込んだ放射性物質からの放射線を減衰させる。

(2) PWR

(a) 外部遮蔽（**解説 3-8**，**解説 3-14**）

外部遮蔽は，原子炉格納容器を取り囲むか又は原子炉格納容器を構成し，周辺公衆及び従事者に対し，事故時に原子炉格納容器内に放出される核分裂生成物による放射線からの線量が安全評価審査指針の線量基準値などを下回るようにする。

(b) 補助遮蔽（**解説 3-8**，**解説 3-16**）

補助遮蔽は，事故時において高線量となる可能性のある設備の周囲に設置し，従事者が支障なく制御室等に入り，又は一定期間とどまり，かつ，事故対策操作等を行うことができるようにするため，中央制御室遮蔽，緊急時制御室遮蔽又は緊急時対策所遮蔽と相まって制御室等内などの線量を低減させる。

なお，通常運転状態では遮蔽機能を期待せず，事故時に限定して制御室等内などの線量を低減するために遮蔽機能を期待する構造物も，補助遮蔽に含む。

(c) 中央制御室遮蔽（**解説 3-8**，**解説 3-14**）

中央制御室遮蔽は，原子炉制御室を取り囲み，事故時において，原子炉制御室にとどまり事故対策操作等を行う従事者が過度の被ばくを受けないようにするため，外部からの放射線を減衰させる。

(d) 緊急時制御室遮蔽（**解説 3-8**）

緊急時制御室遮蔽は，特定重大事故等対処施設である緊急時制御室を取り囲み，緊急時制御室にとどまり事故対策操作等を行う従事者が過度の被ばくを受けないようにするため，外部からの放射線を減衰させる。

(e) 緊急時対策所遮蔽（**解説 3-8**）

緊急時対策所遮蔽は，重大事故等対処施設である緊急時対策所を取り囲み，緊

パブコメ案審査用

急時対策所にとどまり事故対策操作等を行う従事者が過度の被ばくを受けないようにするため，外部からの放射線を減衰させる。

注記　一つの遮蔽体が複数の機能を担う場合は，遮蔽体の名称と機能が一致しない場合がある。また，事故時の従事者の現場作業の有効性を評価する場合などにおいて，構造物の実質的な遮蔽効果を考慮する場合がある。

### 3.2.3　事故時に関する遮蔽体の設置

(1) 事故時に関する従事者のための遮蔽体の設置

原子力発電所の事故時において，次に示すように必要な箇所に遮蔽体を設置し，放射線管理と相まって従事者に対する緊急時の線量限度を超えないようにする。従事者が過度の放射線被ばくを受けないようにするため，線量低減対策を講じる。

1) 事故時に放射性物質を内包する機器，配管などの設備と事故対策操作等を行う従事者がアクセスする可能性のある場所との間には必要な遮蔽体を設置する。ただし，一時的に設置する遮蔽体などによって放射線を低減できる場合はこの限りではない。

2) 制御室等内にとどまる従事者を直接ガンマ線，スカイシャインガンマ線，放射性雲からのガンマ線及び地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線から防護する必要がある。このため，中央制御室遮蔽，緊急時制御室遮蔽，緊急時対策所遮蔽，二次遮蔽（BWR），外部遮蔽（PWR）及び補助遮蔽は十分な遮蔽厚を有するものとする。また，原子炉制御室内に取り込まれた放射性物質による被ばく影響が大きくなるおそれがあると判断される場合には，中央制御室遮蔽（待避室）を設置する。

3) 遮蔽体に配管などの貫通部又は開口部がある場合は，必要に応じて放射線漏えい防止措置を講じる。放射線漏えい防止措置としては次がある。（**解説 3-9**）

a) 高線量率の機器室の出入口は，従事者がアクセスする可能性のある場所から線源を直接見通せないようにし，散乱放射線を減衰させるための迷路などを設置する。

b) 開口部は，人が容易に接近できないような場所（例えば，通路の行き止まり部又は高所）に設置する。

c) 配管などの貫通部については，従事者がアクセスする可能性のある場所から線源が直視できない位置に設置する。これが困難な箇所については，必要に応じて遮蔽補償材を貫通部内に充てんするなどの処置を講じる。

d) 中央制御室遮蔽，緊急時制御室遮蔽及び緊急時対策所遮蔽の室内換気のための配管などを施設するために必要な貫通部又は開口部については，従事者の居住性を確保することを目的として，放射線の入射を可能な限り防止するなどの適切な線量低減対策を講じる。

パブコメ用

(2) 事故時に関する周辺公衆のための遮蔽体の設置

原子力発電所の事故時において，周辺公衆に対し著しい放射線被ばくのリスクを与えないことが求められており，設計基準事故時に必要な遮蔽体を設置する。安全評価審査指針の解説及び付録において，解析に当たって考慮すべき事項及び参考とすべき具体的な解析条件などが示されており，参考となる。

公衆審査用

**解説 3-1　管理区域内の設計上の線量目標値**

法令では管理区域内に立ち入る従事者の実効線量限度について，“平成 13 年 4 月 1 日以後 5 年ごとに区分した各期間につき 100mSv，4 月 1 日を始期とする 1 年間につき 50mSv”が定められている。遮蔽設計においては，放射線管理と相まって従事者の実効線量限度の年間 50mSv を超えないものとするが，“5 年間で 100mSv”の限度については，個人の線量管理を適切に行い，必要に応じて立入制限などの運用により実効線量限度を満足させることができる。

**解説 3-2　管理区域外側の設計上の線量目標値**

放射線審議会の意見具申「**ICRP1990 年勧告(Pub.60)の国内制度などへの取入れについて**」[1]では，管理区域の設定基準として外部放射線に係る実効線量を 3 月間について 1.3mSv（施設装置などの運転時間及び滞在時間を考慮）とし，法令もこの値を採用している。さらに，意見具申では，これにより“管理区域の外側のいかなる者も年 5mSv を超えて被ばくするおそれはなく、また、実際の被ばく線量は管理区域境界からの距離による線量率の減少及び滞在時間を考慮すれば、特別の管理をすることなしに年 1mSv 以下とすることが多くの場合可能となる。”としている。

加えて，意見具申では，“管理区域の外側で同一の者が常時滞在する場所において 1mSv/年以上の被ばくが予測される場合は、事業者は管理する区域を設定し、滞在時間の制限・遮蔽などによりその区域に滞在する者の被ばく線量が公衆の線量限度以下になるようにする。”との記載がある。

**解説 3-3　周辺公衆の設計上の線量目標値**

法令では周辺公衆の被ばくに関する実効線量限度について年間 1mSv と定められている。しかしながら「**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**」においては，“主要施設に起因する直接線量及びスカイシャイン線量は、施設の位置、遮へい構造、地形条件などによって異なるが、大きい場合でも空気カーマで年間 50μGy 程度と試算されている。”と記載されている。遮蔽設計では，これら直接ガンマ線量及びスカイシャインガンマ線量を人の居住する可能性のある敷地境界外において空気カーマで年間 50μGy 以下とすることを目標とする。原子力発電所内にキャスクを設置する場合は，原子力発電所内の他の施設からの線量にキャスクからの中性子を含めた線量を合算し，実効線量で年間 50μSv 以下とすることを目標とする。これによって，周辺監視区域外の実効線量限度に比べ十分小さな値にすることができる。なお，原子力発電所内にキャスクを設置する場合のキャスク以外の施設からの周辺公衆の実効線量は，以下の方法から選択し評価することができる。

1) 既評価の空気カーマ（Gy/y）を実効線量（Sv/y）へ変換する。換算に当たっては係数を 1 とする。

公衆審査用

2) 新たに実効線量（Sv/y）を評価する。

**解説 3-4　管理区域の区分及び管理**

管理区域は，その場所における外部放射線に係る線量，空気中の放射性物質濃度若しくは放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度が法令の定める値を超えるか又は超えるおそれのある区域をいう。したがって，外部放射線に係る線量が法令値を超えるものではない場所であっても，汚染のおそれのある場所（例えば，出入管理エリア）は，管理区域として設定する。管理区域内では，実際の線量当量率の測定結果，作業時間，個人の被ばく線量などを考慮して法令の線量限度を満足するように放射線管理を行う。

**解説 3-5　管理区域内の遮蔽設計基準線量率の考え方**

遮蔽設計の目的は，通常運転時における従事者の被ばく線量が法令で定められた線量限度を満足できるように，設備，配管の配置計画などを考慮して合理的に達成できる限り低減できるように計画することである。これを具体的に進めるに当たっては，法令に基づく管理区域内外の区分を行うとともに，年間の実効線量限度 50mSv を踏まえ，管理区域内への立入頻度，滞在時間などを考慮した細区分に分類することなどによって，各場所の通常運転時の線量率の目安となる遮蔽設計基準線量率を設定する。“5 年間で 100mSv”の実効線量限度については，個人の線量管理を適切に行い，必要に応じて立入制限などの運用によって実効線量限度を満足するように管理する。

管理区域内の遮蔽設計基準線量率の区分は，必要となる遮蔽体を設定するための設計上の区分として定めたものであり，運転段階における管理区域の運用上の細区分などを考慮して設定する。このため，遮蔽設計区分及び遮蔽設計基準線量率はプラントの特性及び設計方針によって変わりうるものである。遮蔽設計区分及び遮蔽設計基準線量率の例を以下に示す。

なお，供用期間中の原子力発電所においては，定期的に線量当量率を測定し，従事者の実効線量及び等価線量が法令で定める線量限度を満足していることを確認することによって，放射線管理と相まった遮蔽設計の適切性が確認できる。

**《 遮蔽設計区分の例 》**

| 区域 | プラント－1 | | プラント－2 | | プラント－3 | | プラント－4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 区分 | 外部放射線に係る設計基準線量率 | 区分 | 外部放射線に係る設計基準線量率 | 区分 | 外部放射線に係る設計基準線量率 | 区分 | 外部放射線に係る設計基準線量率 |
| 管理区域外 | A | 1.3 mSv/3 月間以下 | A | 1.3 mSv/3 月間以下 | I | 1.3 mSv/3 月間以下 | I | 1.3 mSv/3 月間以下 |
| 管理区域内 | B | 0.01 mSv/h 未満 | A | 0.006 mSv/h 以下 | II | 0.01 mSv/h 以下 | II | 0.01 mSv/h 以下 |
| | C | 0.05 mSv/h 未満 | B | 0.01 mSv/h 以下 | III | 0.02 mSv/h 以下 | III | 0.15 mSv/h 以下 |
| | D | 0.25 mSv/h 未満 | C | 0.06 mSv/h 以下 | IV | 0.15 mSv/h 以下 | IV | 0.15 mSv/h 超え |
| | E | 1 mSv/h 未満 | D | 0.12 mSv/h 以下 | V | 1 mSv/h 以下 | － | － |
| | F | 1 mSv/h 以上 | E | 通常運転時立入不可 | VI | 1 mSv/h 超え | － | － |

注記　実際の管理区域内の区分の管理は，線量当量率の測定結果，作業時間，個人の被ばく線量などを考慮して行われる。

公表資料

**解説 3-6　管理区域の外側の区域における遮蔽設計基準線量率の考え方**

1）管理区域に関する設計基準は，実効線量で 1.3mSv/3 月間である。原子力発電所の管理区域境界で，作業者が常時滞在する区域としては，原子炉制御室，管理区域出入口などが考えられる。これらの場所については作業者の 3 月間の滞在時間を 500 時間と想定し，

1.3（mSv）÷ 500（時間）＝ 0.0026（mSv/h）（2.6μSv/h）

を遮蔽設計基準線量率とする。

2）放射線審議会の**意見具申付属書ＡⅢ**[2]では，“管理区域境界に係る線量評価に際しては、管理区域の外側で作業する者が滞在する時間を考慮するものとし、可能な限り現実的な値（最大 500 時間/3 月間、2,000 時間/年）を想定するものとする。また、施設、装置の運転時間も考慮する。”との記載があり，運用上，設備構造及び設備目的に従い合理的な管理を行い滞在時間に応じた遮蔽設計基準線量率を設定し，設計に反映することができる。したがって，常時滞在以外の場所であって，滞在時間を適切に管理することが可能な場合には，3 月間の滞在時間に基づき遮蔽設計基準線量率を設定する。

**（例１）**運転中に放射線レベルが上昇する管理区域の外側の区域における通路など

事務所と作業場所とを移動の際に通過する通路などの利用時間及び頻度から想定すべき滞在時間が得られる。通路の利用時間を 1 回当たり 0.5 時間，利用頻度を 1 日当たり 4 回と想定する。

0.5（時間/回）× 4（回/日）× 65（日/3 月間）＝ 130（時間/3 月間）

したがって，1.3（mSv）÷ 130（時間）＝ 0.01（mSv/h） を遮蔽設計基準線量率とする。

**（例２）**独立して設置されている放射性物質を含む用水タンク

用水タンクは貯留用タンクとして 1 運転サイクル当たり 1 回，2 週間にわたり使用される。使用期間中の作業時間から滞在時間が得られる。なお，使用されていない期間の周囲の放射線レベルは BG レベルである。

8（時間/日）× 5（日/週）× 2（週/3 月間）＝ 80（時間/3 月間）

したがって，1.3（mSv）÷ 80（時間）≒ 0.016（mSv/h）を遮蔽設計基準線量率とする。

**（例３）**管理区域の外側の区域に設置されている機器の補修

機器の補修頻度と補修に要する時間の実績から想定すべき滞在時間が得られる。

8（時間/日）× 5（日/週）× 5（週/3 月間）＝ 200（時間/3 月間）

公衆審査用

したがって，1.3（mSv）÷200（時間）＝ 0.0065（mSv/h）を遮蔽設計基準線量率とする。

なお，設計で 500 時間/3 月間以内で設計した場合，さらに既設炉にあっては，実測値（500 時間換算）を用いて評価した実効線量が 1.3mSv を超える区域は，滞在時間などの放射線管理を行う。ただし，いずれの場合も人が立ち入るおそれのない場所（施錠管理された建屋屋上など）についてはこの限りでない。

**解説 3-7　管理区域の外側の区域における放射線管理について**

管理区域の外側の区域において実測による場の線量当量率が 2.6μSv/h を超える区域は，放射線管理上必要な立入制限を行う。当該区域で作業を行う場合は，個人に着目した放射線管理又は次に示す管理区域境界の場の線量当量率の監視を行うことにより管理する。

1) 放射線管理部門は，通常の放射線レベル及びその変動を把握するため，適切な箇所を選定し，管理区域境界の場の線量当量率の監視を行い，実測による場の線量当量率が 2.6μSv/h を超える区域の所在を明確にする。
2) 工事実施部門は，実測による場の線量当量率が 2.6μSv/h を超える区域で工事を計画した場合には，作業の計画段階で放射線管理部門に連絡する。
3) 工事実施部門及び放射線管理部門は，実測による場の線量当量率が 2.6μSv/h を超える区域における工事によって作業者の実効線量が 1.3mSv/3 月間を超えると判断される場合には，管理区域を設定して工事を行う。

**解説 3-8　遮蔽体の名称について**

遮蔽体の名称は「**実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則**」の**別表第二**による。

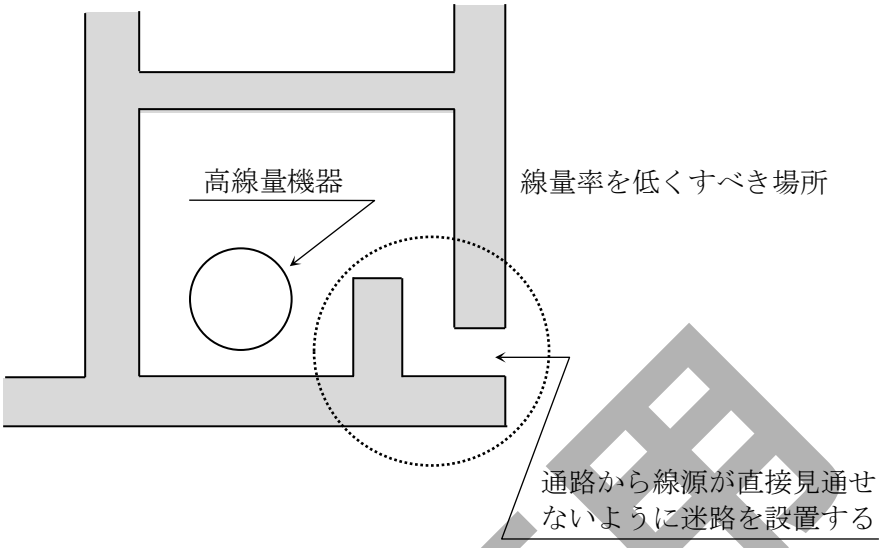
中央制御室遮蔽に関して，施設の名称としては「**実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則**」に従い“原子炉制御室”を用いているが，生体遮蔽装置としての名称は，「**実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則**」**の別表第二**に示す“中央制御室遮蔽”を用いている。

**解説 3-9　開口部などの放射線漏えい防止措置の構造例**

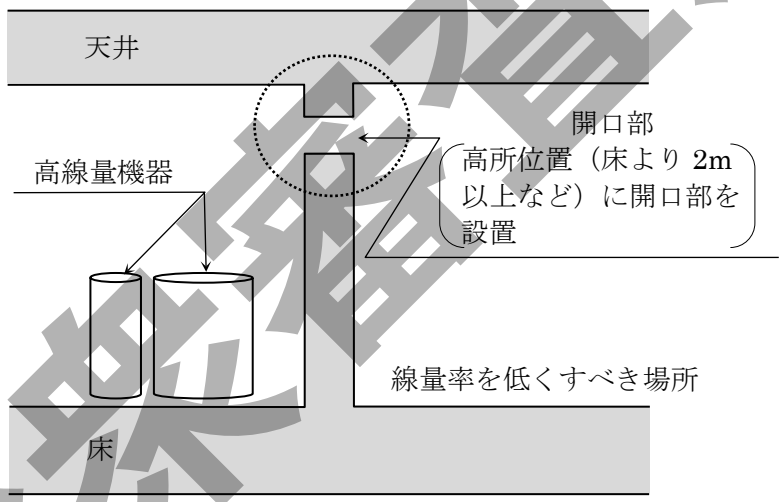
通常運転時における放射性物質を内包する機器，配管などの線源に対して，一般通路などの線量率を低くすべき場所との間の遮蔽体に設置する配管などの貫通部又は開口部については，次に例示する放射線漏えい防止措置などを講じる。

公衆審査用

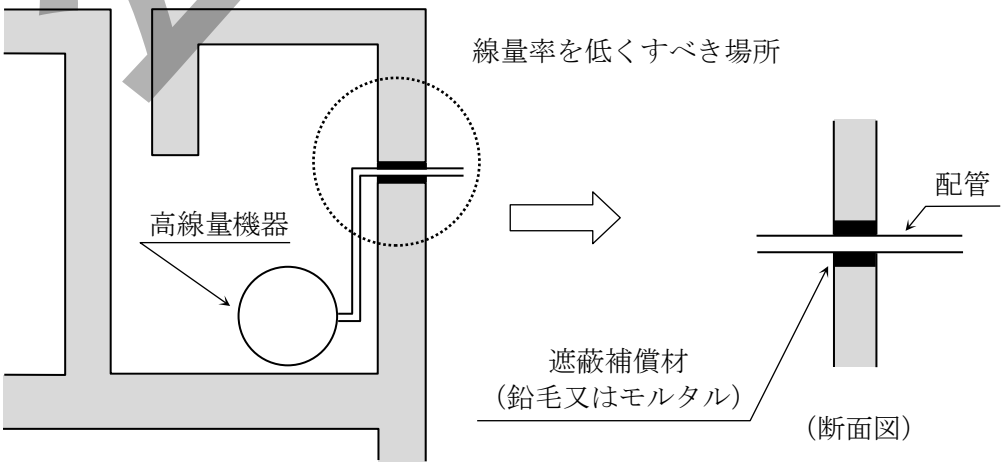
(1) 高線量機器室入口の迷路構造の平面図（例）




(2) 開口部の高所設置の断面図（垂直面）（例）

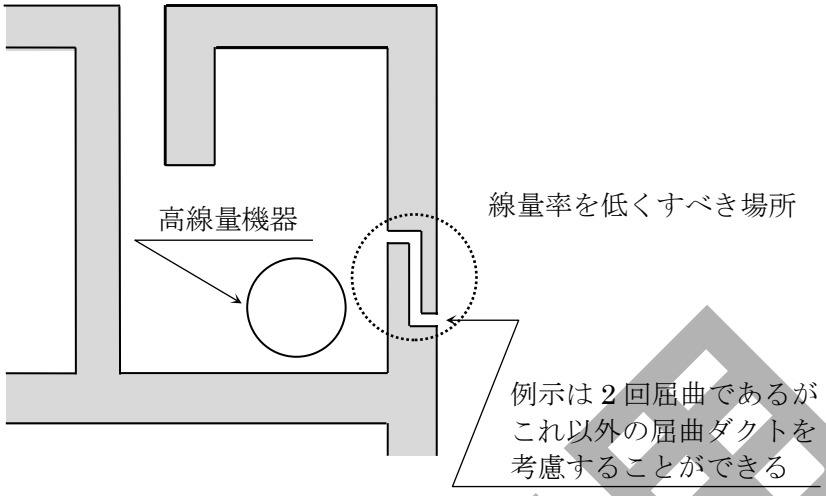



(3) 貫通部の遮蔽補償材の平面図（例）

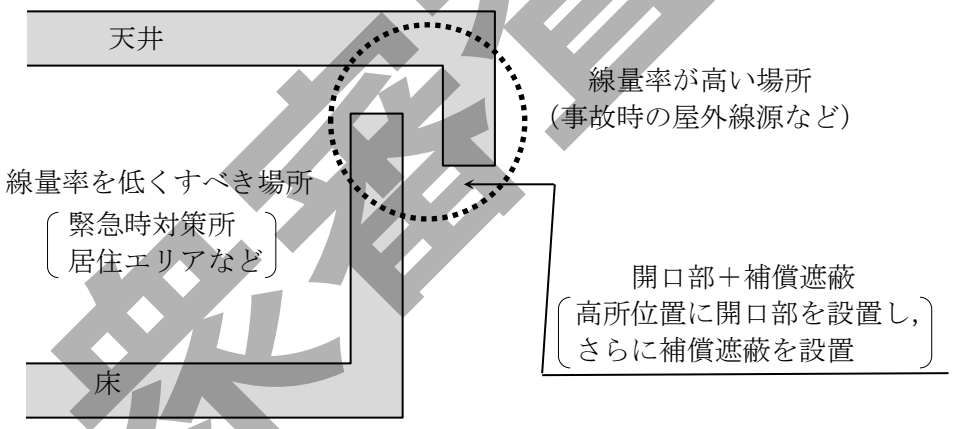



公表資料

(4) オフセットダクトの平面図（例）




(5) 事故時の開口部に対する補償遮蔽の断面図（線源が建屋外の放射性雲などの場合の例）




注記　事故時の直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量評価において，直接的にガンマ線の透過経路とならない貫通部及び開口部については，必ずしも遮蔽対策を要求するものではない。

**解説 3-10　緊急作業に係る線量限度**

法令では，原子炉施設に災害が発生し，又は発生するおそれがある場合，原子炉の運転に重大な支障を及ぼすおそれがある原子炉施設の損傷が生じた場合など緊急やむを得ない場合においては，線量限度を超えない範囲内において緊急作業に従事させることができるとしており，緊急作業に係る従事者（女子については，妊娠不能と診断された者及び妊娠の意思のない旨を原子炉設置者に書面で申し出た者に限る）の実効線量限度については，100mSv と定められている。よって，管理区域の外側に位置する制御室等の遮蔽設計では，通常運転時に管理区域外としての基準を満足することに加えて，事故時に制御

公表資料

室等にとどまり事故対策操作等を行う従事者が，緊急作業に係る実効線量限度である100mSv を超えないこと（判断基準は設計基準事故において実効線量が 30 日間で100mSv を超えないこと及び重大事故等において実効線量が 7 日間で 100mSv を超えないこと）を目標に設計する。また，上記の規定の他に運用の観点において，緊急作業に係る従事者の線量限度は，「**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等に基づく放射線障害の防止に関する技術的基準等の策定について（答申）**」（平成27 年 7 月 30 日放射線審議会原規放発第 15073019 号）で放射線審議会が妥当であると判断した「**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等に基づく放射線障害の防止に関する技術的基準等の策定について（諮問）**」（平成 27 年 7 月 8 日原子力規制委員会原規規発第 1507086 号）に留意する。

**解説 3-11　事故時において制御室等で勤務する従事者の線量評価など**

**JEAC 4622，「原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法について（内規）」**及び「**実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド**」に記載されている事故時における従事者の線量基準値などは，主要施設に起因する直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線に加えて，大気中に放出された放射性物質によるガンマ線（放射性雲中の放射性物質からのガンマ線及び地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線）による線量を対象としている。

また，制御室等で勤務する従事者の評価に際しては，放射線遮蔽設計以外に安全防護施設，換気空調などに関わる設計を考慮する必要がある。

**解説 3-12　設計基準事故時及び重大事故等時における敷地境界以遠の直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の線量について**

安全評価審査指針に記載されている周辺公衆の線量基準値（リスクが小さいとする線量の基準値）は，主要施設に起因する直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量に加えて，大気中に放出された放射性物質によるガンマ線（放射性雲中の放射性物質からのガンマ線）による線量を対象としている。

また，「**原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやすについて**」では，重大事故／仮想事故時 [1)] における周辺公衆に対する判断のめやすが 0.25Sv 以下とされていた。これは重大事故／仮想事故時における放射性物質の放出による線量と施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量の合算値に対するめやす値であった。

注 1)「**原子炉立地審査指針及びその適用に関する判断のめやすについて**」における重大事故／仮想事故は，新規制基準における重大事故等とは定義が異なる。

一方，新規制基準では，重大事故等時における周辺公衆の線量の判断のめやすが示されておらず，「**実用発電用原子炉に係る炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の**

公衆審査用

**有効性評価に関する審査ガイド**」において，重大事故等時における放射性物質の放出に対する制限目標として，$^{137}$Cs の放出量が 100TBq を下回ることが新たに規定された。しかし，重大事故等時における施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による敷地境界以遠の線量に関する制限目標は示されていない。

重大事故等時における施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による敷地境界以遠の線量の制限目標が規定されていないものの，重大事故等時における敷地境界以遠の線量の低減に努める必要がある。なお，設計基準事故時に 5mSv を下回るように遮蔽設計がなされていれば，重大事故等時においても施設からの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量は問題になるものではない。

**解説 3-13　事故時に関する遮蔽体について**

事故時には，通常運転時における線源のうち核分裂により発生する放射線は減少するものの，通常運転中に生成された炉心内の放射性物質が原子炉格納容器内などへ移動することにより，通常運転時と比較して線源が増加する箇所が生じる。これらの線源に対し，周辺公衆及び事故時に制御室等にとどまり事故対策操作等を行う従事者の受ける線量を低減するためには，通常運転時の遮蔽体とは異なる箇所に新たな遮蔽体を設置する必要がある場合，又は同一箇所において通常運転時よりも厚い遮蔽体が必要となる場合がある。

これは 3.2.2 の“新たな遮蔽体を必要とする箇所”に該当し，事故時に通常運転時の遮蔽体とは異なる箇所に新たな遮蔽体が必要となる例としては，事故時に制御室等にとどまり事故対策操作等を行う従事者の受ける線量に関し，事故時に原子炉格納容器外に放出される核分裂生成物によるガンマ線に対し，中央制御室遮蔽（待避室）によって線量を低減する場合などが挙げられる。

一方，事故時に通常運転時の遮蔽体と同一箇所において通常運転時よりも厚い遮蔽体が必要となる例としては，周辺公衆の受ける線量に関し，事故時に原子炉格納容器内に放出される核分裂生成物によるガンマ線に対し，外部遮蔽によって線量を低減する場合などが挙げられる。なお，通常運転時に考慮する遮蔽体である一次遮蔽及び二次遮蔽の外側に大部分の線源が存在することから，これらの線源に対しては，評価上，外部遮蔽のみで周辺公衆に対する線量基準値を下回ることを確認している。

また，これまで遮蔽体と定義していない既構造物について，新たに事故時に限定して遮蔽機能を期待する必要がある場合もある。これは 3.2.2 の“遮蔽体として新たに定義を行う箇所”に該当し，事故時にこれらの遮蔽体が必要となる例としては，補助遮蔽（**解説 3-15** 及び**解説 3-16** 参照）が挙げられる。

BWR 及び PWR における遮蔽体の種類並びに通常運転時及び事故時における線源との関係の詳細は，**解説表 5-1** 及び**解説表 5-2** に記載のとおりである。

公表資料

**解説 3-14　遮蔽体の安全重要度分類について**

**JEAG 4612「安全機能，重大事故等に対処する機能を有する電気・機械装置の重要度分類指針」**では，事故時に“敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物”をMS-1に分類し，原子炉格納容器をその対象としており，BWRについては“原子炉遮蔽”，“一次遮蔽”及び“二次遮蔽”，PWRについては“外部遮蔽”をMS-1としている。また，“安全上必須なその他の構築物”をMS-1に分類しており，中央制御室遮蔽をその対象としている。

**解説 3-15　補助遮蔽（BWR）**

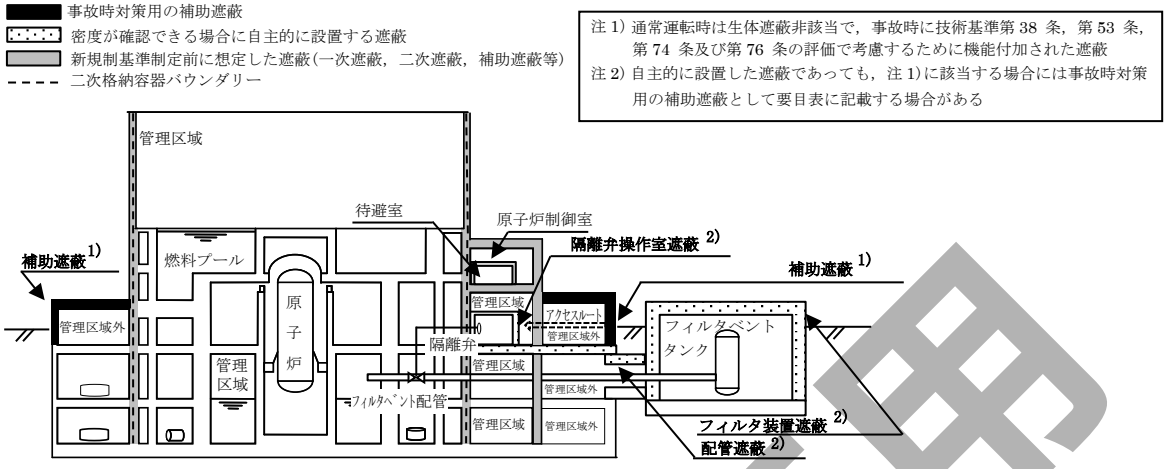
BWR における事故時対策用の補助遮蔽の例としては，格納容器圧力逃がし装置使用後に高線量となるフィルタ装置などの周囲に設置し，系統内に蓄積した線源に対する原子炉制御室内の居住性を確保するための遮蔽体として“フィルタ装置遮蔽”，“配管遮蔽”がある。また，重大事故等時に原子炉制御室に滞在する従事者の被ばくを低減させるための遮蔽体として“補助遮蔽（タービン建屋）”など，原子炉制御室又は緊急時対策所に滞在する従事者の被ばくを低減させるための遮蔽として“補助遮蔽（原子炉建屋）”などがある。これらは「**発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイド**」に従い，技術基準規則第 38 条，第 53 条，第 74 条及び第 76 条における被ばく評価において機能が期待される生体遮蔽装置として設置又は機能付加するものである。ここで，機能付加とは通常運転時又は設計基準事故時に関して遮蔽性能を要求していない壁に対して新たに機能を割り当てることをいう。このため，通常運転時には遮蔽機能を期待しない原子炉建屋，タービン建屋，放射性廃棄物処理建屋，制御室建屋の外壁などの構造物（例えば，管理区域外に設置された壁・床など）は，事故時に限定した補助遮蔽として扱う場合がある。

なお，技術基準規則第 54 条，第 65 条における重大事故等対処設備の操作及び復旧作業の有効性を確認するための被ばく評価において，機能を期待する構造物は，必ずしも上記に該当しない。

原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備として，格納容器圧力逃がし装置又は格納容器再循環ユニットが設置される。これらは，法令の解釈により，炉心の著しい損傷時においても，現場において，手動で格納容器圧力逃がし装置の隔離弁の操作ができるよう，遮蔽又は離隔などの放射線防護対策がなされていることが求められている。また，使用後に高線量となるフィルタなどからの被ばくを低減するための遮蔽などの放射線防護対策がなされていることが求められている。この場合，通常運転時に機能を期待しないが，事故時に原子炉制御室の居住性を確保する際にだけ機能を期待する構造物，及び原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備の有効性を示す評価において機能を期待する構造物について，必要に応じて補助遮蔽とする。なお，目的をより明確にするため“フィルタ装置遮蔽”，“配管遮蔽”として記載する場合もあるが，分類上は補助遮

公表資料

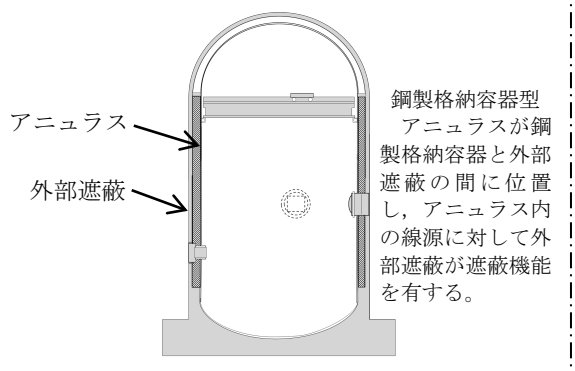
蔽とする。また，運用などで遮蔽以外の放射線防護対策がなされている場合には，遮蔽体を設置しない場合もある。



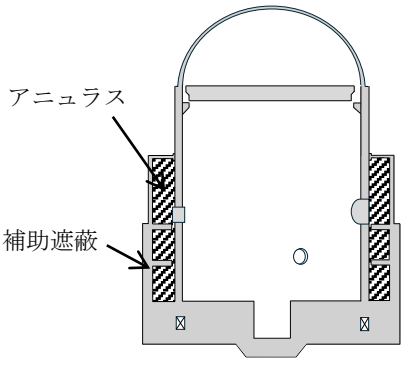

**解説 3-16　補助遮蔽（PWR）**

PWR における事故時対策用の補助遮蔽の例としては，PCCV 型原子炉格納容器を採用しているプラントにおいて，アニュラス区画を取り囲み，原子炉格納容器内線源及び放出された線源からの放射線を遮蔽し，重大事故等時に原子炉制御室に滞在する従事者及び緊急時対策所に滞在する従事者の被ばくを低減させるための遮蔽体などがある。これらは「**発電用原子炉施設の設計及び工事の計画に係る手続ガイド**」に従い，技術基準規則第 38 条，第 53 条，第 74 条及び第 76 条における被ばく評価において機能が期待される生体遮蔽装置として設置又は機能付加するものである。ここで，機能付加とは通常運転時又は設計基準事故時に関して遮蔽性能を要求していない壁に対して新たに機能を割り当てることをいう。このため，通常運転時には遮蔽機能を期待しない原子炉建屋，放射性廃棄物処理建屋，制御建屋の外壁などの構造物（例えば，管理区域外に設置された壁・床など）は，事故時に限定した補助遮蔽として扱う場合がある。

なお，技術基準規則第 54 条，第 65 条における重大事故等対処設備の操作及び復旧作業の有効性を確認するための被ばく評価において，機能を期待する構造物は，必ずしも上記に該当しない。




鋼製格納容器型
アニュラスが鋼製格納容器と外部遮蔽の間に位置し，アニュラス内の線源に対して外部遮蔽が遮蔽機能を有する。




PCCV 型
アニュラスがコンクリート製格納容器の外側にあり，アニュラス内の線源に対して補助遮蔽が遮蔽機能を有する。

公表資料

# 4. 遮蔽設計

## 4.1 通常運転時に関する遮蔽設計

### 4.1.1 通常運転時に関する遮蔽設計の手順

遮蔽設計は，機器が内包する放射性物質からの放射線の減衰計算を行い，遮蔽設計条件を満足する遮蔽厚を算出する。

実際の壁・床厚は，遮蔽上の要求からのみではなく，構造上の要求なども考慮して決定する。

遮蔽設計の概略フローを**図 4-1** に示す。“線源強度の算出”及び“遮蔽計算”に大別する。

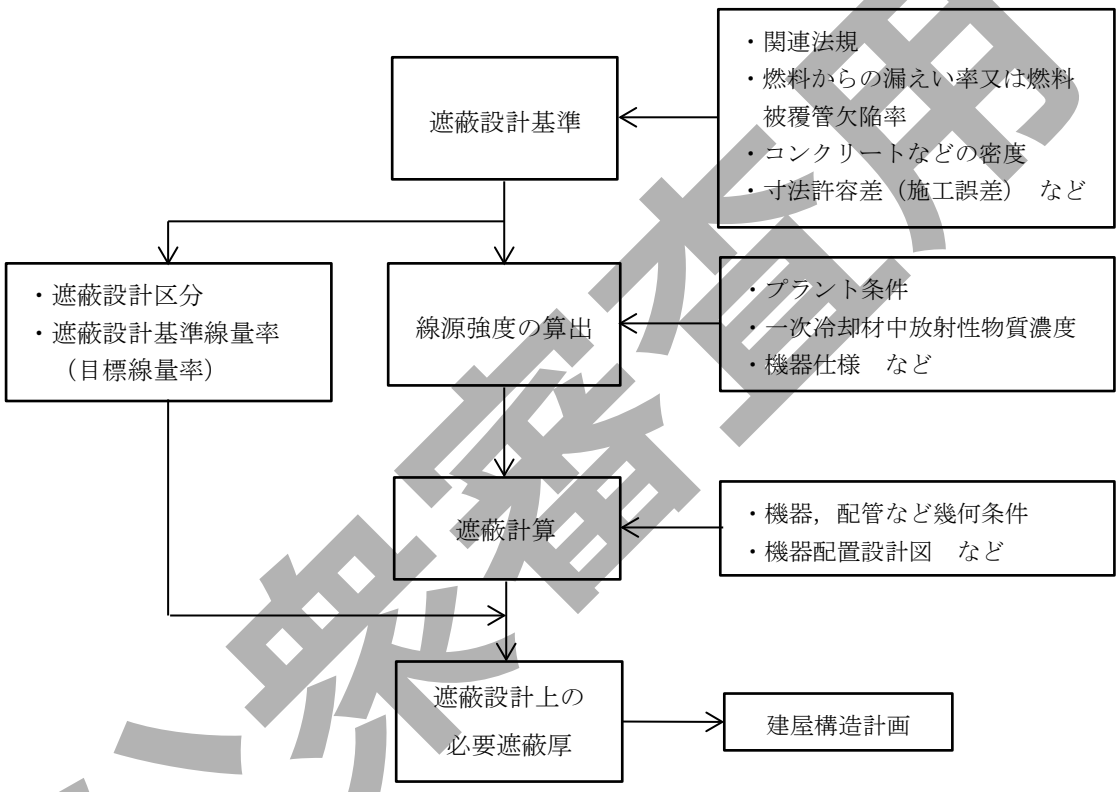



**図 4-1 通常運転時に関する遮蔽設計の概略フロー図**

### 4.1.2 通常運転時に関する遮蔽設計の基本条件

原子力発電所の通常運転時に関する遮蔽設計の基本条件は次による。

1) 遮蔽設計の条件は，**3.1.2** に示す遮蔽設計区分及び遮蔽設計基準線量率が満足できるように設計する。ただし，区域の線量率が遮蔽設計基準線量率を超える場合であっても，その期間が一時的であり放射線管理により従事者などが過度の被ばくを受けないような措置を講ずる場合は，この限りではない。

2) 通常運転時の遮蔽設計は，定格出力運転時を対象とし，設計上想定した燃料からの全希ガス漏えい率又は燃料被覆管欠陥率に基づいて評価した原子炉冷却材又は一次冷却材中の放射性物質濃度をもとに行う。

公衆審査用

### 4.1.3　通常運転時の線源強度の設定（解説 4-1）

原子力発電所の遮蔽設計を行うに当たり，施設内の放射線源を取り囲む遮蔽体などの厚さを決定するために，放射線源から放出される放射線の強度を設定する。その基本条件は次のとおりである。

1) 原子炉出力：100%（定格出力）

2) （BWR）希ガス漏えい率：運転実績に対して余裕を考慮した値
（PWR）燃料被覆管欠陥率：運転実績に対して余裕を考慮した値

遮蔽設計の主な線源は，炉型，原子炉出力，系統プロセスなどプラント固有の条件によって定められ，以下のように分類される。

(1) 原子炉で発生する放射線源

核分裂で発生する放射線（中性子及びガンマ線）及び中性子と物質が反応して生成する二次ガンマ線（捕獲ガンマ線及び非弾性散乱ガンマ線）を考慮する。

これらの核分裂により発生する中性子及びガンマ線の線源強度は，出力密度に比例した核分裂数に基づき，中性子及びガンマ線の核分裂スペクトルを考慮して算出する。

二次ガンマ線（捕獲ガンマ線及び非弾性散乱ガンマ線）の線源強度については，中性子束に基づいて算出するか，あるいは，ANISN コードなどによる輸送計算時に中性子及びガンマ線結合断面積セットを用いて算出する。

(2) 使用済燃料（核分裂生成物）（**解説 4-2**）

使用済燃料から放出されるガンマ線を考慮する。使用済燃料プール周り及び PWR については燃料移送管周りの主な線源となる。

(3) 炉心燃料から漏えいした核分裂生成物及び放射性腐食生成物

燃料棒の損傷によって原子炉冷却材（BWR），一次冷却材（PWR）中に漏えいしてくる核分裂生成物（Kr，Xe，I，Cs など），放射化した炉内構造物などの腐食生成物（Co など）から放出されるガンマ線を考慮する。

これら放射性物質は，原子炉冷却材（BWR），一次冷却材（PWR）からプラントの系統に従って，液体処理系及び気体処理系へ流入し，除去・減衰される。したがって，各系統の機器，配管中にこの放射性物質が内包され線源となる。

また，放射性廃棄物処理設備，それらを通じて固体廃棄物貯蔵施設などに貯蔵される廃棄物は放射性物質が内包され線源となる。

(4) 炉内において中性子照射によって生成される放射化生成物

原子炉冷却材中の $^{16}O$ 及び $^{17}O$ の（n，p）反応によって生成される $^{16}N$ 及び $^{17}N$ がある。このうち，$^{16}N$ はガンマ線エネルギーが約 6MeV と大きいことから主な線源であり，原子炉冷却材（BWR），一次冷却材（PWR）中に存在する。

なお，BWR においては，タービン系へ蒸気とともに持ち込まれ，タービン系の主な線源となる。これらの線源は半減期が非常に短いことから，運転が停止すると考慮不要となる。

公衆審査用

### 4.1.4　通常運転時に関する遮蔽要求厚の設定（解説 4-3）

(1) 通常運転時に関する従事者のための遮蔽要求厚の設定

原子力発電所内で作業する従事者に対して線源から遮蔽体を透過してくる線量を評価し，透過後の線量率が遮蔽設計基準線量率を満足するように遮蔽体を設計する。

(2) 通常運転時に関する周辺公衆のための遮蔽要求厚の設定

周辺公衆に対して次の項目を考慮して線量目標値を満足するように遮蔽設計を行う。

1) 周辺公衆に対して直接的に到達する直接線及び上空で反射・散乱し，地上に到達するスカイシャイン線による線量を評価する。

2) 通常運転時の直接線及びスカイシャイン線による線量の評価は，人の居住の可能性のある敷地境界外での線量を評価する。

3) 通常運転時の人の居住の可能性のある敷地境界外でのガンマ線には以下のものがある。

a) 原子炉格納容器内などの線源による直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線

b) BWR についてはタービン建屋内の線源による直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線

c) 放射性廃棄物処理設備，固体廃棄物貯蔵施設，キャスク保管建屋などに存在する線源による直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線

4) 通常運転時の人の居住の可能性のある敷地境界外での中性子線には以下のものがある。

a) キャスク保管建屋などに存在する線源による中性子線

5) 直接線及びスカイシャイン線による線量の評価は，壁，天井及び床の遮蔽，並びに建屋の遮蔽による低減効果を適切に考慮する。また，評価内容によって線源自身の自己遮蔽を考慮することができる。

## 4.2　事故時に関する遮蔽設計

### 4.2.1　事故時に関する遮蔽設計の手順

事故時に関する遮蔽設計は，次の項目に対して実施し，遮蔽設計条件を満足する遮蔽厚を算出する。遮蔽設計の概略フローを**図 4-2** に示す。事故時は遮蔽体を透過する放射線以外の被ばく経路による線量との合算値を緊急時の線量限度と比較し，それぞれの被ばく経路で線量低減対策を講じて線量限度以下に抑える。

1) 事故時に使用する機器に対する遮蔽設計

2) 事故対策のために従事者が現場で操作する機器に対する遮蔽設計

3) 事故時における制御室等の居住性確保のための遮蔽設計

公衆審査用

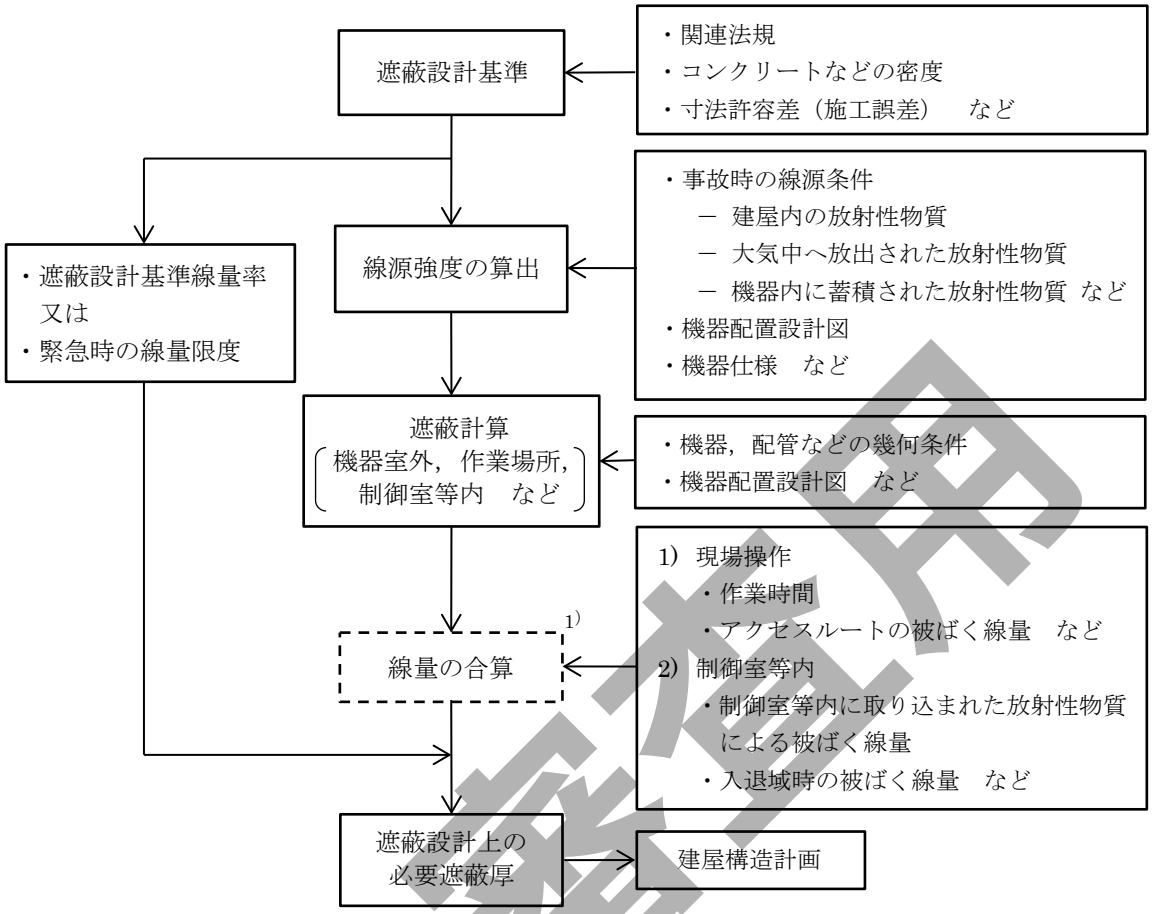



**図 4-2　事故時に関する遮蔽設計の概略フロー図**

注 1) [ ] はその他の被ばく経路の線量と合算し，緊急時の線量限度によって判断する。

### 4.2.2　事故時に関する遮蔽設計の基本条件

原子力発電所の事故時に関する遮蔽設計の基本条件は次による。（**解説 4-4**）

1) 事故時の遮蔽設計は，安全評価審査指針，**JEAC 4622** 及び「**実用発電用原子炉に係る炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の有効性評価に関する審査ガイド**」などを参考とし，居住性評価は，**JEAC 4622** に従って評価する。

### 4.2.3　事故時の線源強度の設定

事故時の線源強度の設定は，安全評価審査指針及び **JEAC 4622** の **Ⅰ.（設計基準事故編）** の **2.（中央制御室運転員の事故時被ばく評価手法）** 及び **Ⅰ.【附属書（規定）】** の **2.（中央制御室運転員の事故時被ばく評価手法）**，並びに，**Ⅱ.（重大事故編）** の **2.（中央制御室運転員等の事故時被ばく評価手法）** 及び **Ⅱ.【附属書（規定）】** の **2.（制御室運転員及び緊急時対策所対策要員の事故時被ばく評価手法）** による。

公衆審査用

### 4.2.4　事故時に関する遮蔽要求厚の設定

(1) 事故時に関する従事者のための遮蔽要求厚の設定

(a) 事故時に使用する機器に対する遮蔽要求厚の設定

事故時に蓄積される放射性物質を内包する機器，配管は,それを取り囲む遮蔽体の外側の設計基準線量率が設定されている場合には，これを満足するように遮蔽厚を設定する。

(b) 事故対策のために従事者が現場で操作する機器に対する遮蔽要求厚の設定

従事者が事故対策操作等を行う場所の設備形状を考慮して当該場所の空間線量率を算出し，作業時間を乗じて線量を求める。これにその他の被ばく経路の線量（操作対象機器以外からの放射線による線量，吸入摂取による線量，当該場所へのアクセスルート上での線量）を合算した線量が緊急時の線量限度を満足できることを確認する。従事者の線量低減の観点からの事故時のアクセスルートの検討は，①線源に近づかないルートを選択する，②線源を遠ざける，③一時的に遮蔽体を設置する　の順に行う。必要と判断する場合には，操作対象機器の遮蔽対策を強化する。なお，炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の有効性評価などにおいて，従事者が建屋内にアクセスする場合の被ばく線量の評価では，建屋内の構造物の実質的な遮蔽効果を考慮してもよい。

注記　“②線源を遠ざける”とは，設計段階において事故時に線源となりうる設備（例えば，事故時に放射性物質を蓄積するフィルタ等）をアクセスルートから遠ざけるなどの対策が該当する。

(c) 事故時における制御室等の居住性確保のための遮蔽要求厚の設定（**解説 4-5**）

従事者が制御室等において事故対策操作等を実施できるようにするため，事故時の施設内の放射性物質からのガンマ線及び施設外に放出された放射性物質からのガンマ線を低減させるための遮蔽体［中央制御室遮蔽，中央制御室遮蔽（待避室），緊急時制御室遮蔽，緊急時対策所遮蔽及び補助遮蔽］の設計を行う。

**JEAC 4622** では，**Ⅰ．（設計基準事故編）**において，**解説表 4-1** に示される被ばく経路を評価対象とすることが規定されており，遮蔽体による線量低減効果を考慮して事故時における従事者の実効線量が法令に定める線量限度（100mSv）を超えないことを確認する。評価対象とする被ばく経路ごとに考慮される可能性のある遮蔽体は**解説表 4-1** の“関連する遮蔽体”の欄にある記載のとおりである。

また，**JEAC 4622** の**Ⅱ．（重大事故編）**において評価対象とされている被ばく経路に関して，線量低減効果が考慮される可能性のある遮蔽体は**解説表 4-2** の“関連する遮蔽体”の欄にある記載のとおりである。

必要と判断する場合には，制御室等の遮蔽体の遮蔽厚を見直す。

公表資料用

＜参照箇所＞

**JEAC 4622 Ⅰ．中央制御室運転員の事故時被ばく評価方法（設計基準事故編）及び空気流入率測定試験手順 2.1，2.2，2.4，2.5**，及び**【附属書（規定）】2.1，2.2，2.4，2.5**

**JEAC 4622 Ⅱ．中央制御室運転員等の事故時被ばく評価方法（重大事故編）2.1～2.5**，及び**【附属書（規定）】2.1～2.5**

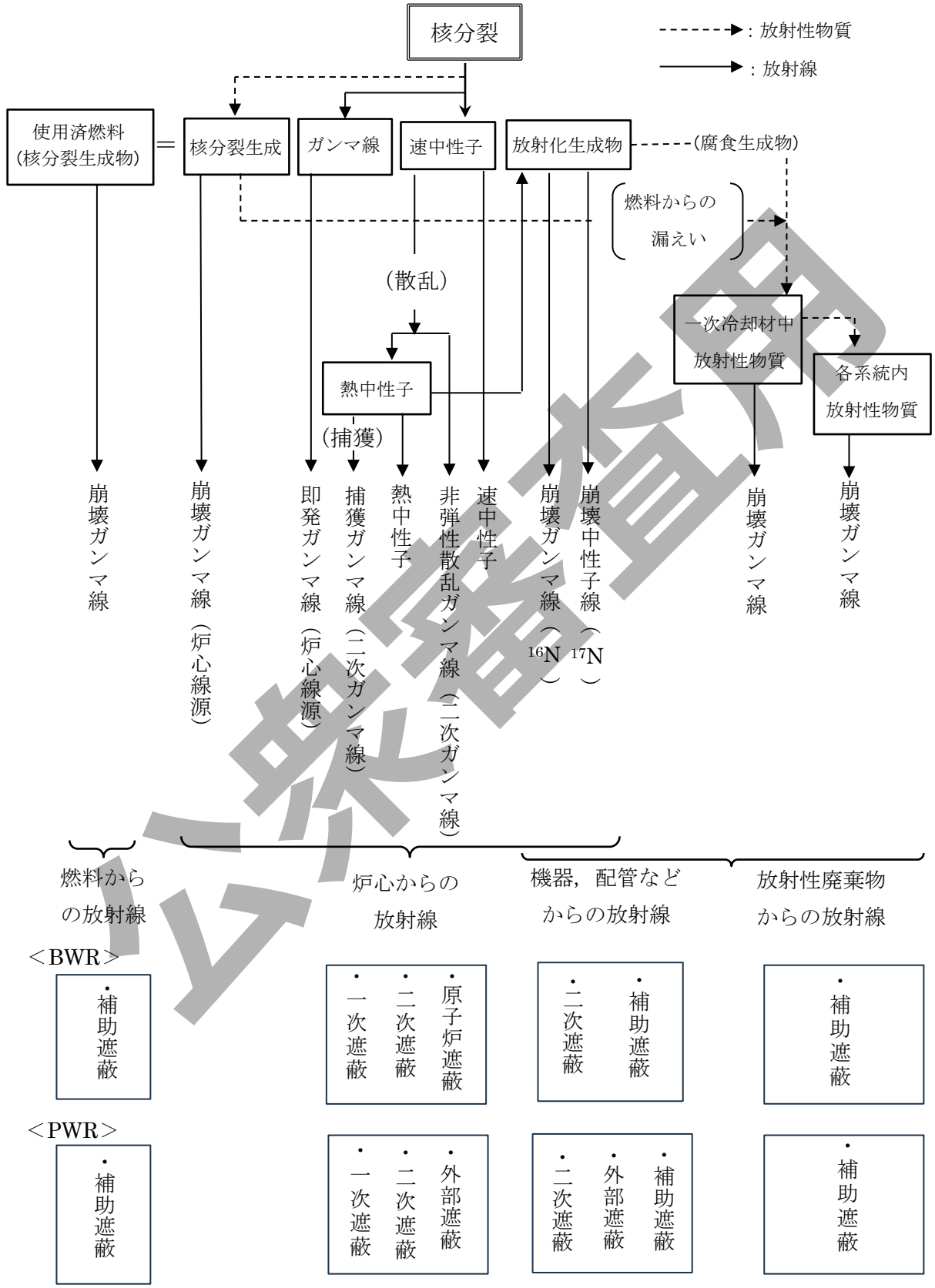
(2) 事故時に関する周辺公衆のための遮蔽要求厚の設定

周辺公衆に対して設計基準事故で放出された核分裂生成物などからの直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線，並びに大気へ放出された放射性物質から放出されるガンマ線による線量を評価し，必要な箇所に遮蔽体を設置する。評価の詳細は安全評価審査指針による。

公衆審査用

**解説 4-1　通常運転時に関する線源と遮蔽体の種類との関係（例）**

通常運転時に関する線源と遮蔽体の種類との関係を下図に示す。



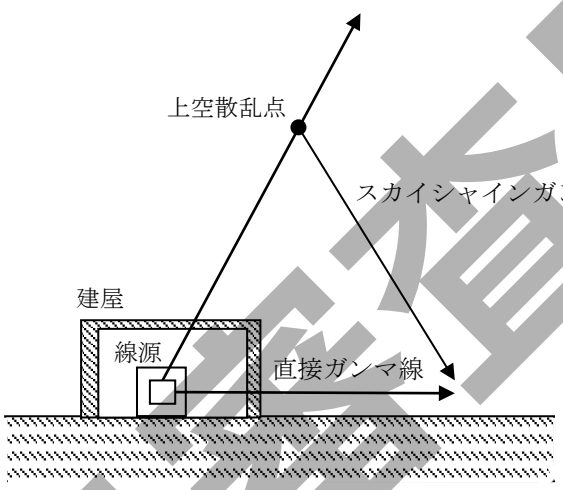

公衆審査用

**解説 4-2　使用済燃料について**

使用済燃料からはガンマ線，中性子が放出されるが，これが使用済燃料プール中に貯蔵されている場合は，この施設が中性子に対し十分な水及びコンクリート遮蔽を有することから，プール外における線量に対する使用済燃料からの中性子の寄与は，ガンマ線に比べて無視できる。

一方，使用済燃料がキャスクに収納されている場合には，キャスクの遮蔽性能にも依存するが，その周辺の線量評価においては，ガンマ線及び中性子を考慮する必要がある。

**解説 4-3　直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による線量評価の例**




**解説 4-4　安全評価審査指針及び JEAC 4622 について**

安全評価審査指針では，設計基準事故時に周辺公衆に対し，著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認するため，評価すべき具体的な事象，解析を行う際に参考とすべき具体的な条件などが定められている。

**JEAC 4622** では，Ⅰに設計基準事故時の中央制御室運転員の被ばく評価方法及び空気流入率測定試験手順，Ⅱに重大事故時の中央制御室運転員等（中央制御室及び緊急時制御室の運転員並びに緊急時対策所対策要員）の被ばく評価方法が記載されている。これは，想定事象が異なることに加え，評価対象が異なることから，ⅠとⅡに分けたものである。

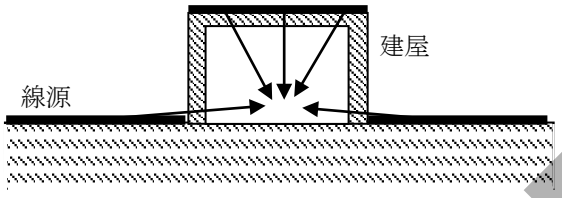
Ⅰでは，原子炉冷却材喪失などの事故時においても中央制御室に運転員が立ち入り，一定期間滞在できるようにするために中央制御室運転員の事故時被ばくに係る放射線防護措置の妥当性の確認方法及びこの被ばく評価に用いる空気流入率を確認するための空気流入率測定試験に関する基本的事項を規定している。

Ⅱでは，重大事故等においても中央制御室及び緊急時制御室に運転員が立ち入り，一定期間滞在できるようにするため，並びに重大事故等に対処するため必要な指示を行う

公衆審査用

要員が緊急時対策所に一定期間滞在できるようにするため，中央制御室運転員及び緊急時対策所対策要員の事故時被ばくに係る放射線防護措置の妥当性の確認方法に関する基本的事項を規定している。

**解説 4-5　地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による線量評価の例**




公衆審査用

**解説表 4-1　設計基準事故時に原子炉制御室にとどまる従事者の被ばく評価項目と遮蔽体との関係**

| 評価対象とする被ばく経路 | 関連する遮蔽体 | |
|---|---|---|
| | BWR | PWR |
| (1) 原子炉制御室内滞在時の被ばく評価 | | |
| (a) 建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばく | | |
| 1) 建屋内の放射性物質からの直接ガンマ線による外部被ばく | ・二次遮蔽<br>・補助遮蔽（原子炉建物，タービン建物外壁他を含む）<br>・中央制御室遮蔽 | ・外部遮蔽<br>・中央制御室遮蔽 |
| 2) 建屋内の放射性物質からのスカイシャインガンマ線による外部被ばく | ・二次遮蔽<br>・補助遮蔽（原子炉建物，タービン建物外壁他を含む）<br>・中央制御室遮蔽 | ・外部遮蔽<br>・中央制御室遮蔽 |
| (b) 大気中へ放出された放射性物質による被ばく | | |
| 1) 大気中へ放出された放射性物質から放出されるガンマ線による被ばく | ・中央制御室遮蔽 | ・中央制御室遮蔽 |
| (c) 大気中に放出され，原子炉制御室内に取り込まれた放射性物質による被ばく | | |
| 1) 原子炉制御室内へ取り込まれた放射性物質の吸入摂取による内部被ばく | － | － |
| 2) 原子炉制御室内へ取り込まれた放射性物質からのガンマ線による外部被ばく | － | － |
| (2) 入退域時の被ばく評価 | | |
| (a) 建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばく | | |
| 1) 建屋内の放射性物質からの直接ガンマ線による外部被ばく | ・二次遮蔽<br>・補助遮蔽（原子炉建物，タービン建物外壁他を含む） | ・外部遮蔽 |
| 2) 建屋内の放射性物質からのスカイシャインガンマ線による外部被ばく | ・二次遮蔽<br>・補助遮蔽（原子炉建物，タービン建物外壁他を含む） | ・外部遮蔽 |
| (b) 大気中へ放出された放射性物質による被ばく | | |
| 1) 大気中へ放出された放射性物質の吸入摂取による内部被ばく | － | － |
| 2) 大気中へ放出された放射性物質からのガンマ線による外部被ばく | － | － |

公表資料

**解説表 4-2　重大事故等時に制御室等にとどまる従事者の被ばく評価項目と遮蔽体との関係**

| 評価対象とする被ばく経路 | 関連する遮蔽体 | |
|---|---|---|
| | BWR | PWR |
| (1) 室内滞在時の被ばく評価 | | |
| (a) 建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばく | | |
| 1) 建屋内の放射性物質からの直接ガンマ線による外部被ばく | ・二次遮蔽<br>・補助遮蔽（原子炉建物，タービン建物外壁他を含む）<br>・中央制御室遮蔽<br>・緊急時制御室遮蔽<br>・緊急時対策所遮蔽 | ・外部遮蔽<br>・補助遮蔽<br>・中央制御室遮蔽<br>・緊急時制御室遮蔽<br>・緊急時対策所遮蔽 |
| 2) 建屋内の放射性物質からのスカイシャインガンマ線による外部被ばく | ・二次遮蔽<br>・補助遮蔽（原子炉建物，タービン建物外壁他を含む）<br>・中央制御室遮蔽<br>・緊急時制御室遮蔽<br>・緊急時対策所遮蔽 | ・外部遮蔽<br>・補助遮蔽<br>・中央制御室遮蔽<br>・緊急時制御室遮蔽<br>・緊急時対策所遮蔽 |
| (b) 大気中へ放出された放射性物質による被ばく | | |
| 1) 放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく | ・中央制御室遮蔽<br>・緊急時制御室遮蔽<br>・緊急時対策所遮蔽 | ・中央制御室遮蔽<br>・緊急時制御室遮蔽<br>・緊急時対策所遮蔽 |
| 2) 地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく | ・補助遮蔽（原子炉建物，タービン建物外壁他を含む）<br>・中央制御室遮蔽<br>・緊急時制御室遮蔽<br>・緊急時対策所遮蔽 | ・補助遮蔽<br>・中央制御室遮蔽<br>・緊急時制御室遮蔽<br>・緊急時対策所遮蔽 |
| (c) 大気中に放出され，室内に取り込まれた放射性物質による被ばく | | |
| 1) 室内へ取り込まれた放射性物質の吸入摂取による内部被ばく | － | － |
| 2) 室内へ取り込まれた放射性物質からのガンマ線による外部被ばく | ・中央制御室遮蔽（待避室） | － |
| (2) 入退域時の被ばく評価 | | |
| (a) 建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばく | | |
| 1) 建屋内の放射性物質からの直接ガンマ線による外部被ばく | ・二次遮蔽<br>・補助遮蔽（原子炉建物，タービン建物外壁他を含む） | ・外部遮蔽<br>・補助遮蔽 |
| 2) 建屋内の放射性物質からのスカイシャインガンマ線による外部被ばく | ・二次遮蔽<br>・補助遮蔽（原子炉建物，タービン建物外壁他を含む） | ・外部遮蔽<br>・補助遮蔽 |
| (b) 大気中へ放出された放射性物質による被ばく | | |
| 1) 大気中へ放出された放射性物質の吸入摂取による内部被ばく | － | － |
| 2) 放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による外部被ばく | － | － |
| 3) 地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による外部被ばく | － | － |

公表資料

# 5. 遮蔽計算

## 5.1 遮蔽計算コード

原子力発電所で取扱う放射線源から放出される放射線（中性子及びガンマ線）は，広範囲なエネルギー分布を有している。一方，計算コードの多くには，放射線のエネルギー群ごとに核データが収録され，作り込まれていることから，遮蔽計算では，各系統・機器から放出される放射線を適切なエネルギー群に群分けするなどして計算する。

遮蔽設計に用いる計算コードは，評価すべき放射線の種類及び評価対象箇所によって異なるが，軽水炉の遮蔽設計において対象となる放射線の種類は，中性子及びガンマ線であり，これらの放射線の遮蔽計算が可能な検証例及び実績がある計算コードを使用する。**（解説 5-1 ～ 解説 5-3）**

## 5.2 遮蔽計算モデル

遮蔽計算では，遮蔽計算の目的に即した遮蔽計算コードを選定し，実形状を適切にモデル化し，線源強度，線源・遮蔽体の性状（物質，密度など），放射線エネルギー，遮蔽配列などを遮蔽計算コードに入力して，線量率と遮蔽厚との関係を求める。これを基に遮蔽上の必要厚を設定する。

## 5.3 遮蔽計算パラメータ

遮蔽計算では，採用する計算コードの種類ごとに，その特徴を踏まえてパラメータを設定し，評価を実施する。（**解説 5-3**）

公衆審査用

**解説 5-1　遮蔽計算コード**

BWR 及び PWR における遮蔽体の種類と線源及び計算コードとの関係をそれぞれ**解説表 5-1** 及び**解説表 5-2** に示す。

計算コードの適用範囲，使用方法などについては，各コードのマニュアルに記載されているが，一般社団法人日本原子力学会発行の「**ガンマ線遮蔽設計ハンドブック**」1988 年 1 月[3]，「**中性子遮蔽設計ハンドブック**」1993 年 4 月[4]，「**放射線遮蔽ハンドブック　ー基礎編ー**」2015 年 3 月[5]及び「**放射線遮蔽ハンドブック　ー応用編ー**」2020 年 3 月[6]にも詳細が記載されている。なお，「**放射線遮蔽ハンドブック　ー応用編ー**」には遮蔽計算の結果と遮蔽ベンチマーク実験の結果との比較がまとめられており参考となる。また，これらのハンドブックには，原子力発電所で一般的に使用する遮蔽材に関する情報及び関連規格も整理されており参考となる。

**解説 5-2　計算コードの概要**

遮蔽計算の手法は，放射線として主にガンマ線を考慮する点減衰核積分法，ガンマ線及び中性子を考慮する Sn 輸送計算法，モンテカルロ法などがある。各計算手法に使用する計算コード類の例を以下に示す。

ガンマ線に対する遮蔽計算には，微小領域に分割した体積線源に点線源を設定し，それらからの計算結果の積分値として体系の線量率を導出する点減衰核積分法を広く使用するが，ガンマ線のスペクトルデータが得られない，多重層に対するビルドアップ係数を単一物質のビルドアップ係数で近似せざるを得ないといった制約がある。したがって，これらの制約を解消し，かつ，詳細な遮蔽計算を行うため，粒子のエネルギー及び飛行方向のような連続量を離散化し，決定論的手法により評価する Sn 輸送計算法及びエネルギー保存則などの物理法則に従って，多数の粒子の飛行及び原子との衝突を追跡し，放射線の挙動を確率論的に評価するモンテカルロ法がある。

(1) 点減衰核積分法
 1) SPAN
 2) SPAN-SLAB
 3) QAD
 4) SCATTERING

(2) Sn 輸送計算法
 1) ANISN
 2) DORT (DOT)

(3) モンテカルロ法
 1) MCNP
 2) PHITS
 3) EGS

公表審査用

**解説 5-3　計算で使用するパラメータの例**

(1) 線量の種類 [6]

線量には実効線量，等価線量，1cm 線量当量など様々な種類がある。求めたい線量の種類及び計算コードによって得られる線量の種類が一致しているかを確認する。

(2) 線量換算係数

線量換算係数は，線源となる光子及び中性子のエネルギー，照射ジオメトリー及び評価する線量の種類に依存する関数である。したがって，これらの条件とともに評価する量（実効線量，空気カーマなど）に応じて，適切な線量換算係数を設定する。なお，線量換算係数についての代表的な文献の例としては，日本原子力学会標準「**放射線遮へい計算のための線量換算係数：2010 (AESJ-SC-R002:2010)**」[7]が挙げられる。

(3) エネルギー群数

遮蔽計算に使用するエネルギー群は，線源として考慮する核種のガンマ線に応じて，適切なエネルギー帯を設定する。ここで，ガンマ線の代表エネルギーは，主要線源となる放射性核種の組成比と各々の放射性核種からの放出エネルギー及びその放出割合を考慮して設定する。主要系統ごとにこれらのデータを用いて線量率，遮蔽厚などの計算精度に影響を与えないように群数を設定する。BWR 及び PWR の遮蔽計算に適用される群数の例を以下に示す。

**遮蔽計算に適用されるエネルギー群数の例**

＜BWR＞

| 遮蔽体 | 放射線の種類 | 線源エネルギー | 備考 |
|---|---|---|---|
| 原子炉遮蔽<br>一次遮蔽<br>二次遮蔽 | 中性子 | ・通常運転時<br>核分裂中性子（175 群） | エネルギー群数は使用する断面積セットに依存 |
| | ガンマ線 | ・通常運転時<br>1) 炉周りの計算：ガンマ線（42 群）<br>2) 遮蔽要求躯体：代表エネルギー（1 群）の組合せ | 文献に基づき設定 |
| | | ・事故時<br>ガンマ線（42 群） | エネルギー群数は使用する断面積セットに依存 |
| 補助遮蔽 | ガンマ線 | ・通常運転時<br>1) タービンからのスカイシャイン線：ガンマ線（1 群）<br>2) 遮蔽要求躯体：代表エネルギー（1 群）の組合せ | 文献に基づき設定 |
| | | ・使用済燃料評価<br>ガンマ線（4 群又は 18 群） | 文献に基づき設定又は ORIGEN コードに基づく |
| | | ・使用済制御棒評価<br>ガンマ線（18 群） | ORIGEN コードに基づく |
| | | ・事故時<br>ガンマ線（42 群） | エネルギー群数は使用する断面積セットに依存 |

公表資料

| 遮蔽体 | 放射線の種類 | 線源エネルギー | 備考 |
|---|---|---|---|
| 中央制御室遮蔽 | ガンマ線 | ・事故時<br>ガンマ線（18 群又は 42 群） | エネルギー群数は使用する断面積セットに依存又は ORIGEN コードに基づく |
| 中央制御室遮蔽（待避室） | ガンマ線 | ・事故時<br>ガンマ線（18 群又は 42 群） | |
| 緊急時制御室遮蔽 | ガンマ線 | ・事故時<br>ガンマ線（18 群又は 42 群） | |
| 緊急時対策所遮蔽 | ガンマ線 | ・事故時<br>ガンマ線（18 群又は 42 群） | |

＜PWR＞

| 遮蔽体 | 放射線の種類 | 線源エネルギー | 備考 |
|---|---|---|---|
| 一次遮蔽 | 中性子 | ・通常運転時<br>核分裂中性子（22 群） | エネルギー群数は使用する断面積セットに依存 |
| | ガンマ線 | ・通常運転時<br>ガンマ線（18 群） | エネルギー群数は使用する断面積セットに依存 |
| 二次遮蔽 | 中性子 | ・通常運転時<br>$^{17}$N の中性子エネルギー（22 群） | エネルギー群数は使用する断面積セットに依存 |
| | ガンマ線 | ・通常運転時<br>$^{16}$N のガンマ線エネルギー | $^{16}$N のガンマ線エネルギー |
| 外部遮蔽 | ガンマ線 | ・通常運転時<br>$^{16}$N のガンマ線エネルギー | $^{16}$N のガンマ線エネルギー |
| | | ・事故時<br>ガンマ線（5 群又は 14 群） | 文献に基づき設定又は ORIGEN コードに基づく |
| 補助遮蔽 | ガンマ線 | ・通常運転時<br>ガンマ線（7 群） | 文献に基づき設定 |
| | | ・事故時<br>ガンマ線（7 群又は 14 群） | 文献に基づき設定又は ORIGEN コードに基づく |
| 中央制御室遮蔽 | ガンマ線 | ・事故時<br>ガンマ線（5 群又は 14 群） | 文献に基づき設定又は ORIGEN コードに基づく |
| 緊急時制御室遮蔽 | ガンマ線 | ・事故時<br>ガンマ線（14 群） | 文献に基づき設定又は ORIGEN コードに基づく |
| 緊急時対策所遮蔽 | ガンマ線 | ・事故時<br>ガンマ線（14 群） | 文献に基づき設定又は ORIGEN コードに基づく |

(4) 遮蔽物質 [6]

遮蔽材は，調達する地域，工場，時期及び製造方法によって組成及び密度が異なる。計算コードに内蔵されている減弱係数データ，断面積又はそれらを作成する際に，実材料よりも高い密度になっていないことを確認する。

また，計算コードに入力する遮蔽体形状に関して遮蔽材の物質が適切に割り当てられているかを確認する。

(5) 簡易計算及び詳細計算 [6]

簡易計算手法としては点減衰核積分法が挙げられ，詳細計算手法としては Sn 輸送計算法及びモンテカルロ手法が挙げられる。簡易計算手法の特徴は，必要とする変数が少

公表資料

なく適用する計算体系のモデルが簡単であること，計算時間が短いことであり，概念設計段階での有用性が高い。一方，さらに合理的な設計を目指す場合，又は簡易計算手法が適用できないような特殊な条件の場合は，詳細計算を実施する。

(6) 点減衰核積分法

(a) ビルドアップ係数

ビルドアップ係数は，散乱線を含めた全線量を非衝突線の線量で割って求められる係数である。ビルドアップ係数は，放射線のエネルギー，遮蔽体の物質及びその厚さに依存する関数である。なお，ビルドアップ係数についての代表的な文献の例としては，日本原子力学会標準「**γ 線ビルドアップ係数：2013(AESJ-SC-A005:2013)**」[8]が挙げられる。

また，ビルドアップ係数は無限媒質に対して作成されているため，後方散乱の効果が有限遮蔽体の場合よりも大きく，保守的な評価となる傾向にある。なお，多重層の薄い遮蔽体で構成される体系においては，他手法との比較などによって妥当性を確認する。

(7) Sn輸送計算法

(a) 断面積

断面積は放射線（粒子）と物質との相互作用の大きさを粒子が当たる標的の大きさとして定量的に表す物理量である。なお，群定数は弾性散乱，非弾性散乱などの放射線と物質との反応の断面積を合計したものであり，あるエネルギー範囲で平均化（離散化）された複数のエネルギー群で表される。この群定数は輸送計算の過程で散乱後の放射線の角度分布も与えており，低い次数でも良好な近似が得られるルジャンドル展開近似が用いられている。群定数は評価済み核データを処理して求められる。

なお，断面積ライブラリは，計算対象とする体系及び放射線のエネルギー特性を考慮して適切な群数のものを選択するとともに，自己遮蔽因子の補正など過小評価とならないよう対策できるものを選択する。[9]

(8) モンテカルロ法

(a) 断面積

断面積は放射線（粒子）と物質の相互作用の大きさを粒子が当たる標的の大きさとして定量的に表す物理量である。なお，使用する反応断面積における粒子エネルギーの取扱い方によって，群の平均化処理の近似に伴う誤差を無くして，計算結果の精度を上げる連続エネルギー法と多群近似法に分けることができ，それに応じた断面積セットを使用する。

(b) 分散低減法

モンテカルロ法は放射線粒子を個々に積算していくため，必然的に統計誤差を持

公表審査用

つ。一般的にモンテカルロ法による遮蔽計算では，計算結果とともに相対誤差（FSD：Fractional Standard Deviation）が表示され，その目安としてはMCNPコードの例では，次のようなものがある。

Range of FSD Quality of the Tally
0.1 to 0.2　Questionable
<0.10　Generally reliable except for point detector
<0.05　Generally reliable for point detector
LA-UR-03-1987 MCNP A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version5 Volume I
より引用

この統計誤差を満足するのに必要な計算時間を短縮する手法として，セル・インポータンス法（Cell Importance），ウェイト・ウィンドウ法（Weight Window）などの分散低減法があり，統計誤差の低減による計算時間効率を向上することができる。

公衆審査用

## 解説表 5-1　遮蔽体の種類と線源の種類及び計算コードとの関係（BWR）

| 遮蔽体の種類 | | 内容 | 主な線源 | | | | | | 計算コードなど（例）[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 炉心 | $^{16}N$ | FP，CP[1] | 使用済燃料 | 事故時線源 | その他 | |
| 原子炉周りの遮蔽 | 原子炉遮蔽 | 原子炉遮蔽は，原子炉圧力容器を囲み，通常運転時の原子炉からの放射線を減衰させるとともに，原子炉停止時においては原子炉格納容器内系統設備の補修が可能となるよう原子炉からの放射線を減衰させる。 | ○ | 炉心以外からの放射線は炉心の核分裂放射線に比べ無視できる。 | | | | | 点減衰核積分コード（SPAN）<br>輸送計算コード〔ANISN，DORT(DOT)〕 |
| | 一次遮蔽 | 一次遮蔽は，原子炉格納容器を囲み，通常運転時の原子炉からの放射線を減衰させる。また，二次遮蔽との組合せにより，通常運転時に二次遮蔽外側での線量率を遮蔽設計基準線量率以下に低減させる。 | ○ | 炉心以外からの放射線は炉心の核分裂放射線に比べ無視できる。 | | | | | 点減衰核積分コード（SPAN,QAD）<br>除去拡散計算コード（MAC）<br>輸送計算コード〔ANISN，DORT(DOT)〕 |
| | 二次遮蔽 | 二次遮蔽は，一次遮蔽を囲み，原子炉建屋を構成する遮蔽で通常運転時に二次遮蔽外側での線量率を遮蔽設計基準線量率以下に低減させる。また，事故時においても周辺公衆及び従事者の受ける線量が安全評価審査指針の線量基準値などを下回るようにする。 | 炉心からの放射線は一次遮蔽壁で十分減衰している。 | － | ○（通常運転時） | － | ○（事故時） | － | 点減衰核積分コード（SPAN，QAD）<br>輸送計算コード〔ANISN，DORT(DOT)〕<br>輸送計算コード，散乱線計算コード（ANISN，G33） |
| 補助遮蔽 | | 原子炉建屋，タービン建屋，放射性廃棄物処理建屋などの建屋内の放射性物質を内包する機器，配管を取り囲み，建屋内の通路などでの線量率を遮蔽設計基準線量率以下に低減させるとともに，通常運転時における周辺公衆への線量を低減させる。また，事故時においては従事者が事故時対策操作等を行えるようにするため，制御室等の居住性を確保する。 | － | ○ | ○ | ○（燃料プール） | ○（事故時） | － | 点減衰核積分コード（SPAN，QAD）<br>散乱計算コード（SKYSHINE）<br>輸送計算コード，散乱線計算コード（ANISN，G33） |
| 中央制御室遮蔽<br>中央制御室遮蔽（待避室） | | 通常運転時，原子炉制御室内を管理区域設定基準以下の線量率にする。また，事故時に従事者が原子炉制御室内にとどまれるように外部からの放射線を減衰させる。 | 通常時は二次遮蔽などにより放射線が十分減衰する。 | | | | ○（事故時） | － | 点減衰核積分コード（QAD）<br>輸送計算コード，散乱線計算コード（ANISN，G33） |
| 緊急時制御室遮蔽 | | 特定重大事故等対処施設である緊急時制御室内に従事者がとどまれるように外部からの放射線を減衰させる。 | － | － | － | － | ○（事故時） | － | 点減衰核積分コード（QAD）<br>輸送計算コード，散乱線計算コード（ANISN，G33） |
| 緊急時対策所遮蔽 | | 重大事故等対処施設である緊急時対策所内に従事者がとどまれるように外部からの放射線を減衰させる。 | － | － | － | － | ○（事故時） | － | 点減衰核積分コード（QAD）<br>輸送計算コード，散乱線計算コード（ANISN，G33） |
| 固体廃棄物貯蔵施設，キャスク保管建屋などの補助遮蔽 | | 固体廃棄物ドラム，使用済燃料キャスクなどを保管する建屋で，建屋外部に対して設定した遮蔽設計基準線量率を満足させる。また，通常運転時における周辺公衆への線量を低減させる。 | － | － | － | － | － | ドラム缶，キャスクの表面線量当量率・スペクトルに基づき遮蔽計算を行う。 | 輸送計算コード〔ANISN，DORT(DOT)〕<br>点減衰核積分コード（QAD）<br>輸送計算コード，散乱線計算コード（ANISN，G33） |

注1）FPは燃料破損により燃料から原子炉冷却材中に漏えいした核分裂生成物である。CPは放射性腐食生成物である。
注2）計算コードの名称は例であり，同様の解法の計算コードも使用する。また，近年は3次元の詳細輸送計算コード及び連続エネルギーモンテカルロ法コードも利用可能である。なお，例示したコードは単体で用いる場合，又は組み合わせて用いる場合がある。

公衆審査用

## 解説表 5-2　遮蔽体の種類と線源の種類及び計算コードとの関係（PWR）

| 遮蔽体の種類 | 内容 | 主な線源 | | | | | | 計算コードなど(例)[2] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 炉心 | 使用済燃料 | $^{16}N$, $^{17}N$ | FP, CP[1] | 事故時線源 | その他 | |
| 一次遮蔽 | 一次遮蔽は，原子炉容器を直接取り囲み，通常運転時の原子炉からの放射線を減衰させるとともに，原子炉停止時において一次冷却系統設備の補修が可能なように原子炉からの放射線を減衰させる。 | ○ | （使用済燃料，$^{16}N$,$^{17}N$ などからの放射線は炉心の核分裂放射線に比べ無視できる。） | | | | | 輸送計算コード〔ANISN, DORT(DOT)〕 |
| 二次遮蔽 | 二次遮蔽は，一次遮蔽と一次冷却系機器，配管を取り囲み，一次冷却材中で発生する放射線を減衰させる。また，一次遮蔽と外部遮蔽との組合せにより，通常運転時に外部遮蔽外側での線量率を遮蔽設計基準線量率以下に低減させる。 | （炉心からの放射線は一次遮蔽で十分減衰している。） | － | ○ | （$^{16}N$,$^{17}N$ に比べ無視できる。） | － | － | 輸送計算コード〔ANISN, DORT(DOT)〕<br>点減衰核積分コード（SPAN，QAD） |
| 外部遮蔽 | 外部遮蔽は，一次遮蔽と二次遮蔽との組合せにより，通常運転時に外部遮蔽外側での線量率を遮蔽設計基準線量率以下に低減させる。また，通常運転時における周辺公衆への線量を低減させる。さらに，事故時においても周辺公衆の受ける線量が安全評価審査指針の線量基準値などを下回るようにする。 | （$^{16}N$,$^{17}N$ に比べ無視できる。） | － | ○<br>通常運転時 | （$^{16}N$,$^{17}N$ に比べ無視できる。） | ○<br>(事故時) | － | 点減衰核積分コード（SPAN，QAD，SCATTERING）<br>散乱線計算コード（SCATTERING，G33） |
| 補助遮蔽 機器遮蔽 | 原子炉補助建屋内などの放射性廃棄物処理設備，化学体積制御設備などの放射性物質を内包する機器，配管を取り囲み，建屋内の通路などでの線量率を遮蔽設計基準線量率以下に低減させる。また，事故時においては従事者が事故時対策操作等を行えるようにするため，制御室等の居住性を確保する。 | － | － | （半減期の短い $^{16}N$,$^{17}N$ は格納容器内で減衰） | ○<br>（FP は燃料被覆管欠陥率に依存） | ○<br>（RHR，アニュラス区画などを考慮） | 液体フィルタは取替基準線量率に基づき，蒸発装置は濃縮限界濃度又はボロン濃縮限度に基づき遮蔽計算を行う。 | 点減衰核積分コード（SPAN，QAD） |
| 補助遮蔽 燃料取扱遮蔽 | 燃料取扱遮蔽は，燃料取替時に原子炉キャビティに張る水及びキャナル壁，使用済燃料ピットに張る水などからなり，燃料取扱時に従事者が安全に作業できるようにする。 | － | ○ | － | － | － | － | 点減衰核積分コード（SPAN-SLAB，QAD） |
| 中央制御室遮蔽 | 通常運転時，原子炉制御室内を管理区域設定基準以下の線量率にする。また，事故時に従事者が原子炉制御室内にとどまれるように外部からの放射線を減衰させる。 | （通常時は，外部遮蔽などにより放射線が十分減衰する。） | | | | ○<br>(事故時) | － | 点減衰核積分コード（SPAN，QAD，SCATTERING）<br>散乱線計算コード（SCATTERING，G33） |
| 緊急時制御室遮蔽 | 特定重大事故等対処施設である緊急時制御室内に従事者がとどまれるように外部からの放射線を減衰させる。 | － | － | － | － | ○<br>(事故時) | － | 点減衰核積分コード（SPAN，QAD，SCATTERING）<br>散乱線計算コード（SCATTERING，G33） |
| 緊急時対策所遮蔽 | 重大事故等対処施設である緊急時対策所内に従事者がとどまれるように外部からの放射線を減衰させる。 | － | － | － | － | ○<br>(事故時) | － | 点減衰核積分コード（SPAN，QAD，SCATTERING）<br>散乱線計算コード（SCATTERING，G33） |
| 固体廃棄物貯蔵施設，キャスク保管建屋などの補助遮蔽 | 固体廃棄物ドラム，使用済燃料キャスクなどを保管する建屋で，建屋外部に対して設定した遮蔽設計基準線量率を満足させる。また，通常運転時における周辺公衆への線量を低減させる。 | － | － | － | － | － | ドラム缶，キャスクの表面線量当量率・スペクトルに基づき遮蔽計算を行う。 | 輸送計算コード〔ANISN, DORT(DOT)〕<br>点減衰核積分コード（SPAN，QAD）<br>散乱線計算コード（SCATTERING，G33） |

注 1）FP は燃料破損により燃料から一次冷却材中に漏えいした核分裂生成物である。この濃度は燃料被覆管欠陥率により計算する。
　　CP は放射性腐食生成物である。
注 2）計算コードの名称は例であり，同様の解法の計算コードも使用する。また，近年は 3 次元の詳細輸送計算コード及び連続エネルギーモンテカルロ法コードも利用可能である。なお，例示したコードは単体で用いる場合，又は組み合わせて用いる場合がある。

パブリックコメント用

**参考文献**

この規格の制定に当たり，参考とした文献のリストを以下に示す。


[1] 放射線審議会意見具申「ICRP1990 年勧告(Pub.60)の国内制度等への取入れについて」

[2] 放射線審議会意見具申「ICRP1990 年勧告(Pub.60)の国内制度等への取入れについて」付属書ＡⅢ

[3] 社団法人日本原子力学会「ガンマ線遮蔽設計ハンドブック 1988 年 1 月」

[4] 社団法人日本原子力学会「中性子遮蔽設計ハンドブック 1993 年 4 月」

[5] 一般社団法人日本原子力学会「放射線遮蔽ハンドブック －基礎編－ 2015 年 3 月」

[6] 一般社団法人日本原子力学会「放射線遮蔽ハンドブック －応用編－ 2020 年 3 月」

[7] 日本原子力学会標準「放射線遮へい計算のための線量換算係数：2010 (AESJ-SC-R002: 2010)」

[8] 日本原子力学会標準「γ 線ビルドアップ係数：2013(AESJ-SC-A005:2013)」

[9] 「断面積ライブラリによる遮蔽評価結果への影響比較」，平成 29 年 12 月 18 日，核燃料廃棄物研究部門（NRA 技術検討会資料）


公衆審査用