

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

「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」について次のように定める。

平成25年6月19日

原子力規制委員会

「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」の制定について

原子力規制委員会は、「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」を別添のとおり定める。

附 則

この規程は、平成25年7月8日より施行する。

实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

平成25年6月
原子力規制委員会

目 次

1 . 目的等	1
2 . 定義	2
3 . 制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価	4
4 . 居住性に係る被ばく評価の標準評価手法	6
4 . 1 居住性に係る被ばく評価の手法及び範囲	6
4 . 2 居住性に係る被ばく評価の共通解析条件	8
4 . 3 原子炉制御室の居住性に係る被ばく評価の主要解析条件等	16
4 . 4 緊急時制御室又は緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価の 主要解析条件等	17
参考文献一覧	26

図 目 次

図 1	原子炉制御室の居住性評価における被ばく経路	21
図 2	緊急時制御室又は緊急時対策所の居住性評価における被ばく経路	21
図 3	原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の居住性に係る 被ばく評価手順	22
図 4	建屋影響を考慮する条件（水平断面での位置関係）	22
図 5	建屋後流での巻き込み影響を受ける場合の考慮すべき方位	23
図 6	建屋の風下側で放射性物質が巻き込まれる風向の方位 m_1 の選定方法（水平断面での位置関係）	23
図 7	建屋の風下側で巻き込まれた大気が評価点に到達する 風向の方位 m_2 の選定方法(水平断面での位置関係)	24
図 8	建屋の影響がある場合の評価対象方位選定手順	24
図 9	評価対象方位の設定	25
図 10	風向に垂直な建屋投影面積の考え方	25

1. 目的等

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（以下「審査ガイド」という。）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の解釈（原規技発第1306194号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定）。以下「解釈」という。）第53条、第74条及び第76条の規定のうち、評価項目を満足することを確認するための手法の妥当性を審査官が判断する際に、参考とするものである。

申請者の用いた手法が本審査ガイドに沿った手法であれば、妥当なものと判断される。申請者が異なる手法を用いた場合は、本審査ガイドを参考に個別に判断する必要がある。

なお、本審査ガイドは、技術的知見及び審査経験等に応じて、適宜見直すこととする。

2. 定義

- a) アニュラス部
PWR 型原子炉施設における原子炉格納容器と外部遮へい壁又は周辺建屋の間の気密性の高い円環状空間。
- b) エアロゾル
固体又は液体の微細粒子が気体の中に分散した状態。
- c) 緊急時制御室
解釈第53条3(b)に規定する緊急時制御室。
- d) 緊急時対策所
解釈第76条に規定する緊急時対策所。
- e) 空気流入量
「発電用原子力設備の原子炉制御室の空気流入率測定試験手法」^(参1)において定められた空気流入率に、原子炉制御室、緊急時制御室又は緊急時対策所(以下「原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所」という。)バウンダリの体積を乗じたもの。
- f) 原子炉格納容器
原子炉、原子炉冷却設備及びその関連設備を格納する容器。
- g) 原子炉制御室
解釈第74条に規定する原子炉制御室。
- h) 原子炉建屋
原子炉格納容器及びその関連施設を収容する建屋。
本審査ガイドでは、BWR 型原子炉施設では二次格納施設、PWR 型原子炉施設では原子炉格納容器及びアニュラス部。
- i) 実効線量
放射線による人体組織ごとの影響の起こりやすさを勘案して、全身が均等に被ばくした場合と同一尺度で被ばくの影響を表す量。
- j) 線源
放射線の発生源。
本審査ガイドでは、想定事故時に原子炉施設内で放射性物質が存在している場所。
- k) 相対線量
方位別の着目地点の単位放出率当たりの線量率。
- l) 相対濃度
単位放出率当たりの方位別の着目地点の放射性物質の空气中濃度。

- m) 想定事故
原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の居住性に係る運転員又は対策要員の被ばくを評価するために設定した事故。
- n) ソースターム
原子炉格納容器又は大気中に放出される放射性物質の種類、性状、放出量、放出時期、放出期間及び放出エネルギー。
- o) (原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所) バウンダリ
想定事故時に、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の換気空調設備によって、給・排気される区域の境界。本審査ガイドでは、この境界によって取り囲まれている空間全体をバウンダリと呼ぶ。
- p) 二次格納施設
BWR 型原子炉施設で、原子炉格納容器から漏えいした放射性物質が直接外部に放出されないように機能する原子炉建屋。
- q) 被ばく経路
原子炉施設から放出される又は滞留する放射性物質によって、人の放射線被ばくをもたらす経路。
- r) 放射性雲(プルーム)
大気中に放出された微細な放射性物質が煙のように流れる状態(煙流)。
- s) 放出源
想定事故時に放射性物質が原子炉施設から大気中へと放出されるとき、放出場所(例えば、格納容器圧力逃がし装置の放出口のような部位)。
- t) 流入(インリーク)
本審査ガイドでは、換気空調設備のフィルタを経由しないで原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所に流入する空気。
なお、本審査ガイドでは「流入」はこの定義ですべて用いている。

3. 制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価

(解釈より抜粋)

第53条(特定重大事故等対処施設)

3 第2号に規定する「原子炉格納容器の破損を防止するために必要な設備」とは、以下に掲げる設備又はこれらと同等以上の効果を有する設備をいう。

(d) 重大事故等対処設備(特定重大事故等対処施設を構成するものを除く。) による格納容器破損防止対策が有効に機能しなかった場合は、原子炉制御室から移動し緊急時制御室で対処することを想定し、緊急時制御室の居住性について、次の要件を満たすものであること。

- ① 想定する放射性物質の放出量等は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とすること。
- ② 運転員はマスクの着用を考慮してもよい。ただしその場合は、実施のための体制を整備すること。
- ③ 交代要員体制を考慮してもよい。ただしその場合は、実施のための体制を整備すること。
- ④ 判断基準は、運転員の実効線量が7日間で100nSvを超えないこと。

第74条(原子炉制御室)

1 第74条に規定する「運転員がとどまるために必要な設備」とは、以下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行うための設備をいう。

b) 炉心の著しい損傷が発生した場合の原子炉制御室の居住性について、次の要件を満たすものであること。

- ① 設置許可基準規則解釈第37条の想定する格納容器破損モードのうち、原子炉制御室の運転員の被ばくの観点から結果が最も厳しくなる事故収束に成功した事故シーケンス(例えば、炉心の著しい損傷の後、格納容器圧力逃がし装置等の格納容器破損防止対策が有効に機能した場合) を想定すること。
- ② 運転員はマスクの着用を考慮してもよい。ただしその場合は、実施のための体制を整備すること。
- ③ 交代要員体制を考慮してもよい。ただしその場合は、実施のための体

制を整備すること。

- ④ 判断基準は、運転員の実効線量が7日間で100mSvを超えないこと。

第76条(緊急時対策所)

1 第1項及び第2項の要件を満たす緊急時対策所とは、以下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行うための設備を備えたものをいう。

e) 緊急時対策所の居住性については、次の要件を満たすものであること。

- ① 想定する放射性物質の放出量等は東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等とすること。
- ② プルーム通過時等に特別な防護措置を講じる場合を除き、対策要員は緊急時対策所内でのマスクの着用なしとして評価すること。
- ③ 交代要員体制、安定ヨウ素剤の服用、仮設設備等を考慮してもよい。ただしその場合は、実施のための体制を整備すること。
- ④ 判断基準は、対策要員の実効線量が7日間で100mSvを超えないこと。

4. 居住性に係る被ばく評価の標準評価手法

4.1 居住性に係る被ばく評価の手法及び範囲

- ① 居住性に係る被ばく評価にあたっては最適評価手法を適用し、「4.2 居住性に係る被ばく評価の共通解析条件」を適用する。ただし、保守的な仮定及び条件の適用を否定するものではない。
- ② 実験等を基に検証され、適用範囲が適切なモデルを用いる。
- ③ 不確かさが大きいモデルを使用する場合や検証されたモデルの適用範囲を超える場合には、感度解析結果等を基にその影響を適切に考慮する。

(1) 被ばく経路

原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価では、次の被ばく経路による被ばく線量を評価する。図1に、原子炉制御室の居住性に係る被ばく経路を、図2に、緊急時制御室又は緊急時対策所の居住性に係る被ばく経路をそれぞれ示す。

ただし、合理的な理由がある場合は、この経路によらないことができる。

- ① 原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内での被ばく

原子炉建屋(二次格納施設(BWR型原子炉施設)又は原子炉格納容器及びアニュラス部(PWR型原子炉施設))内の放射性物質から放射されるガンマ線による原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内での被ばく線量を、次の二つの経路を対象に計算する。

- 一 原子炉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 原子炉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

- ② 大気中へ放出された放射性物質による原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内での被ばく

大気中へ放出された放射性物質から放射されるガンマ線による外部被ばく線量を、次の二つの経路を対象に計算する。

- 一 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(クラウドシャイン)
- 二 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(グランドシャイン)

③ 外気から取り込まれた放射性物質による原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内での被ばく

原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内に取り込まれた放射性物質による被ばく線量を、次の二つの被ばく経路を対象にして計算する。

なお、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内に取り込まれた放射性物質は、室内に沈着せずに浮遊しているものと仮定して評価する。

- 一 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内へ外気から取り込まれた放射性物質の吸入摂取による内部被ばく
- 二 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内へ外気から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

④ 原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による入退域での被ばく

原子炉建屋内の放射性物質から放射されるガンマ線による入退域での被ばく線量を、次の二つの経路を対象に計算する。

- 一 原子炉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 原子炉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

⑤ 大気中へ放出された放射性物質による入退域での被ばく

大気中へ放出された放射性物質による被ばく線量を、次の三つの経路を対象に計算する。

- 一 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（クラウドシャイン）
- 二 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（グラウンドシャイン）
- 三 放射性物質の吸入摂取による内部被ばく

（２）評価の手順

原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価の手順を図３に示す。

- a. 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に用いるソースタームを設定する。
 - ・ 原子炉制御室の居住性に係る被ばく評価では、格納容器破損防止対策の有効性評価^(参2)で想定する格納容器破損モードのうち、原子炉制御室の運転員又は対策要員の被ばくの観点から結果が最も厳しくなる事故収束に成功した事故シーケンス（この場合、格納容器破損防止対策が有効に働くため、格納容器は健全である）のソースターム解析を

基に、大気中への放射性物質放出量及び原子炉施設内の放射性物質存在量分布を設定する。

- ・ 緊急時制御室又は緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価では、放射性物質の大気中への放出割合が東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故と同等と仮定した事故に対して、放射性物質の大気中への放出割合及び炉心内蔵量から大気中への放射性物質放出量を計算する。
また、放射性物質の原子炉格納容器内への放出割合及び炉心内蔵量から原子炉施設内の放射性物質存在量分布を設定する。
- b. 原子炉施設敷地内の年間の実気象データを用いて、大気拡散を計算して相対濃度及び相対線量を計算する。
- c. 原子炉施設内の放射性物質存在量分布から原子炉建屋内の線源強度を計算する。
- d. 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内での運転員又は対策要員の被ばく線量を計算する。
 - ・ 上記 c の結果を用いて、原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線（スカイシャインガンマ線、直接ガンマ線）による被ばく線量を計算する。
 - ・ 上記 a 及び b の結果を用いて、大気中へ放出された放射性物質及び地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による外部被ばく線量を計算する。
 - ・ 上記 a 及び b の結果を用いて、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく線量（ガンマ線による外部被ばく及び吸入摂取による内部被ばく）を計算する。
- e. 上記 d で計算した線量の合計値が、判断基準を満たしているかどうかを確認する。

4.2 居住性に係る被ばく評価の共通解析条件

(1) 沈着・除去等

- a. 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の非常用換気空調設備フィルタ効率
ヨウ素類及びエアロゾルのフィルタ効率は、使用条件での設計値を基に設定する。
なお、フィルタ効率の設定に際し、ヨウ素類の性状を適切に考慮する。
- b. 空気流入率
既設の場合では、空気流入率は、空気流入率測定試験結果を基に設定

する。

新設の場合では、空気流入率は、設計値を基に設定する。(なお、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所設置後、設定値の妥当性を空気流入率測定試験によって確認する。)

(2) 大気拡散

a. 放射性物質の大気拡散

- ・ 放射性物質の空气中濃度は、放出源高さ及び気象条件に応じて、空間濃度分布が水平方向及び鉛直方向ともに正規分布になると仮定したガウスプルームモデルを適用して計算する。

なお、三次元拡散シミュレーションモデルを用いてもよい。

- ・ 風向、風速、大気安定度及び降雨の観測項目を、現地において少なくとも1年間観測して得られた気象資料を大気拡散式に用いる。
- ・ ガウスプルームモデルを適用して計算する場合には、水平及び垂直方向の拡散パラメータは、風下距離及び大気安定度に応じて、気象指針(参³)における相関式を用いて計算する。
- ・ 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の居住性評価で特徴的な放出点から近距離の建屋の影響を受ける場合には、建屋による巻き込み現象を考慮した大気拡散による拡散パラメータを用いる。
- ・ 原子炉建屋の建屋後流での巻き込みが生じる場合の条件については、放出点と巻き込みが生じる建屋及び評価点との位置関係について、次に示す条件すべてに該当した場合、放出点から放出された放射性物質は建屋の風下側で巻き込みの影響を受け拡散し、評価点に到達するものとする。
 - 一 放出点の高さが建屋の高さの2.5倍に満たない場合
 - 二 放出点と評価点を結んだ直線と平行で放出点を風下とした風向 n について、放出点の位置が風向 n と建屋の投影形状に応じて定まる一定の範囲(図4の領域 A_n)の中にある場合
 - 三 評価点が、巻き込みを生じる建屋の風下側にある場合上記の三つの条件のうちの一つでも該当しない場合には、建屋の影響はないものとして大気拡散評価を行うものとする(参⁴)。
- ・ 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価では、建屋の風下後流側での広範囲に及ぶ乱流混合域が顕著であることから、放射性物質濃度を計算する当該着目方位としては、放出源と評価点とを結ぶラインが含まれる1方位のみを対象とするのでは

なく、図5に示すように、建屋の後流側の拡がりの影響が評価点に及ぶ可能性のある複数の方位を対象とする。

- ・放射性物質の大気拡散の詳細は、「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)」^(参1)による。

b. 建屋による巻き込みの評価条件

- ・巻き込みを生じる代表建屋

- 1) 原子炉建屋の近辺では、隣接する複数の建屋の風下側で広く巻き込みによる拡散が生じているものとする。
- 2) 巻き込みを生じる建屋として、原子炉格納容器、原子炉建屋、原子炉補助建屋、タービン建屋、コントロール建屋及び燃料取り扱い建屋等、原則として放出源の近隣に存在するすべての建屋が対象となるが、巻き込みの影響が最も大きいと考えられる一つの建屋を代表建屋とすることは、保守的な結果を与える。

- ・放射性物質濃度の評価点

- 1) 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が属する建屋の代表面の選定

原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内には、次の i)又は ii)によって、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が属する建屋の表面から放射性物質が侵入するとする。

- i) 事故時に外気取入を行う場合は、主に給気口を介しての外気取入及び室内への直接流入
- ii) 事故時に外気を取入れを遮断する場合は、室内への直接流入

- 2) 建屋による巻き込みの影響が生じる場合、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が属する建屋の近辺ではほぼ全般にわたり、代表建屋による巻き込みによる拡散の効果が及んでいると考えられる。

このため、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所換気空調設備の非常時の運転モードに応じて、次の i)又は ii)によって、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が属する建屋の表面の濃度を計算する。

- i) 評価期間中も給気口から外気を取入れることを前提とする場合は、給気口が設置されている原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が属する建屋の表面とする。

- ii) 評価期間中は外気を遮断することを前提とする場合は、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が属する建屋の各表面（屋上面又は側面）のうちの代表面（代表評価面）を選定する。

3) 代表面における評価点

- i) 建屋の巻き込みの影響を受ける場合には、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の属する建屋表面での濃度は風下距離の依存性は小さくほぼ一様と考えられるので、評価点は厳密に定める必要はない。

屋上面を代表とする場合、例えば原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の中心点を評価点とするのは妥当である。

- ii) 代表評価面を、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が属する建屋の屋上面とすることは適切な選定である。

また、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が屋上面から離れている場合は、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が属する建屋の側面を代表評価面として、それに対応する高さでの濃度を対で適用することも適切である。

- iii) 屋上面を代表面とする場合は、評価点として原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の中心点を選定し、対応する風下距離から拡散パラメータを算出してもよい。

また $\sigma_y=0$ 及び $\sigma_z=0$ として、 σ_{y0} 、 σ_{z0} の値を適用してもよい。

・ 着目方位

- 1) 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の被ばく評価の計算では、代表建屋の風下後流側での広範囲に及び乱流混合域が顕著であることから、放射性物質濃度を計算する当該着目方位としては、放射源と評価点とを結ぶラインが含まれる1方位のみを対象とするのではなく、図5に示すように、代表建屋の後流側の拡がりの影響が評価点に及び可能性のある複数の方位を対象とする。

評価対象とする方位は、放出された放射性物質が建屋の影響を受けて拡散すること及び建屋の影響を受けて拡散された放射性

物質が評価点に届くことの両方に該当する方位とする。

具体的には、全 16 方位について以下の三つの条件に該当する方位を選定し、すべての条件に該当する方位を評価対象とする。

- i) 放出点が評価点の風上にあること
- ii) 放出点から放出された放射性物質が、建屋の風下側に巻き込まれるような範囲に、評価点が存在すること。この条件に該当する風向の方位 m_1 の選定には、図 6 のような方法を用いることができる。図 6 の対象となる二つの風向の方位の範囲 m_{1A} 、 m_{1B} のうち、放出点が評価点の風上となるどちらか一方の範囲が評価の対象となる。放出点が建屋に接近し、 $0.5L$ の拡散領域(図 6 のハッチング部分)の内部にある場合は、風向の方位 m_1 は放出点が評価点の風上となる 180° が対象となる。
- iii) 建屋の風下側で巻き込まれた大気が評価点に到達すること。この条件に該当する風向の方位 m_2 の選定には、図 7 に示す方法を用いることができる。評価点が建屋に接近し、 $0.5L$ の拡散領域(図 7 のハッチング部分)の内部にある場合は、風向の方位 m_2 は放出点が評価点の風上となる 180° が対象となる。

図 6 及び図 7 は、断面が円筒形状の建屋を例として示しているが、断面形状が矩形の建屋についても、同じ要領で評価対象の方位を決定することができる。

建屋の影響がある場合の評価対象方位選定手順を、図 8 に示す。

- 2) 具体的には、図 9 のとおり、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所が属する建屋表面において定めた評価点から、原子炉施設の代表建屋の水平断面を見込む範囲にあるすべての方位を定める。

幾何学的に建屋群を見込む範囲に対して、気象評価上の方位とのずれによって、評価すべき方位の数が増加することが考えられるが、この場合、幾何学的な見込み範囲に相当する適切な見込み方位の設定を行ってもよい。

・ 建屋投影面積

- 1) 図 10 に示すとおり、風向に垂直な代表建屋の投影面積を求め、放射性物質の濃度を求めるために大気拡散式の入力とする。

- 2) 建屋の影響がある場合の多くは複数の風向を対象に計算する必要があるため、風向の方位ごとに垂直な投影面積を求める。ただし、対象となる複数の方位の投影面積の中で、最小面積を、すべての方位の計算の入力として共通に適用することは、合理的であり保守的である。
- 3) 風下側の地表面から上側の投影面積を求め大気拡散式の入力とする。方位によって風下側の地表面の高さが異なる場合は、方位ごとに地表面高さから上側の面積を求める。また、方位によって、代表建屋とは別の建屋が重なっている場合でも、原則地表面から上側の代表建屋の投影面積を用いる。

c. 相対濃度及び相対線量

- ・ 相対濃度は、短時間放出又は長時間放出に応じて、毎時刻の気象項目と実効的な放出継続時間を基に評価点ごとに計算する。
- ・ 相対線量は、放射性物質の空間濃度分布を算出し、これをガンマ線量計算モデルに適用して評価点ごとに計算する。
- ・ 評価点の相対濃度又は相対線量は、毎時刻の相対濃度又は相対線量を年間について小さい方から累積した場合、その累積出現頻度が 97%に当たる値とする。
- ・ 相対濃度及び相対線量の詳細は、「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)」^(参1)による。

d. 地表面への沈着

放射性物質の地表面への沈着評価では、地表面への乾性沈着及び降雨による湿性沈着を考慮して地表面沈着濃度を計算する。

e. 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内の放射性物質濃度

- ・ 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の建屋の表面空気中から、次の二つの経路で放射性物質が外気から取り込まれることを仮定する。
 - 一 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の非常用換気空調設備によって室内に取り入れること(外気取入)
 - 二 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内に直接流入すること(空気流入)
- ・ 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内の雰囲気中で放射性物質は、一様混合すると仮定する。

なお、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内に取り込まれ

た放射性物質は、室内に沈着せずに浮遊しているものと仮定する。

- ・ 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内への外気取入による放射性物質の取り込みについては、非常用換気空調設備の設計及び運転条件に従って計算する。
- ・ 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内に取り込まれる放射性物質の空気流入量は、空気流入率及び原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所バウンダリ体積（容積）を用いて計算する。

（３）線量評価

- a. 放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内での外部被ばく（クラウドシャイン）
 - ・ 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線量は、空气中時間積分濃度及びクラウドシャインに対する外部被ばく線量換算係数の積で計算する。
 - ・ 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内にいる運転員又は対策要員に対しては、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の建屋によって放射線が遮へいされる低減効果を考慮する。
- b. 地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内での外部被ばく（グランドシャイン）
 - ・ 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線量は、地表面沈着濃度及びグランドシャインに対する外部被ばく線量換算係数の積で計算する。
 - ・ 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内にいる運転員又は対策要員に対しては、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の建屋によって放射線が遮へいされる低減効果を考慮する。
- c. 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内へ外気から取り込まれた放射性物質の吸入摂取による原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内での内部被ばく
 - ・ 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内へ外気から取り込まれた放射性物質の吸入摂取による内部被ばく線量は、室内の空气中時間積分濃度、呼吸率及び吸入による内部被ばく線量換算係数の積で計算する。
 - ・ なお、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内に取り込まれた放射性物質は、室内に沈着せずに浮遊しているものと仮定する。
 - ・ 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内でマスク着用を考慮す

る。その場合は、マスク着用を考慮しない場合の評価結果も提出を求める。

- d. 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内へ外気から取り込まれた放射性物質のガンマ線による外部被ばく
 - ・ 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内へ外気から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線量は、室内の空気中時間積分濃度及びクラウドシャインに対する外部被ばく線量換算係数の積で計算する。
 - ・ なお、原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所内に取り込まれた放射性物質は、c 項の内部被ばく同様、室内に沈着せずに浮遊しているものと仮定する。
- e. 放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による入退域での外部被ばく（クラウドシャイン）
 - ・ 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線量は、空気中時間積分濃度及びクラウドシャインに対する外部被ばく線量換算係数の積で計算する。
- f. 地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による入退域での外部被ばく（グラウンドシャイン）
 - ・ 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線量は、地表面沈着濃度及びグラウンドシャインに対する外部被ばく線量換算係数の積で計算する。
- g. 放射性物質の吸入摂取による入退域での内部被ばく
 - ・ 放射性物質の吸入摂取による内部被ばく線量は、入退域での空気中時間積分濃度、呼吸率及び吸入による内部被ばく線量換算係数の積で計算する。
 - ・ 入退域での放射線防護による被ばく低減効果を考慮してもよい。
- h. 被ばく線量の重ね合わせ
 - ・ 同じ敷地内に複数の原子炉施設が設置されている場合、全原子炉施設について同時に事故が起きたと想定して評価を行うが、各原子炉施設から被ばく経路別に個別に評価を実施して、その結果を合算することは保守的な結果を与える。原子炉施設敷地内の地形や、原子炉施設と評価対象位置の関係等を考慮した、より現実的な被ばく線量の重ね合わせ評価を実施する場合はその妥当性を説明した資料の提出を求める。

4.3 原子炉制御室の居住性に係る被ばく評価の主要解析条件等

(1) ソースターム

a. 原子炉格納容器内への放出割合

- ・ 原子炉格納容器内への放射性物質の放出割合は、4.1(2) a で選定した事故シーケンスのソースターム解析結果を基に設定する。
- ・ 希ガス類、ヨウ素類、Cs 類、Te 類、Ba 類、Ru 類、Ce 類及び La 類を考慮する。
- ・ なお、原子炉格納容器内への放出割合の設定に際し、ヨウ素類の性状を適切に考慮する。

b. 原子炉格納容器内への放出率

- ・ 原子炉格納容器内への放射性物質の放出率は、4.1(2) a で選定した事故シーケンスのソースターム解析結果を基に設定する。

(2) 非常用電源

非常用電源の作動については、4.1(2) a で選定した事故シーケンスの事故進展解析条件を基に設定する。

ただし、代替交流電源からの給電を考慮する場合は、給電までに要する余裕時間を見込むこと。

(3) 沈着・除去等

a. 非常用ガス処理系(BWR)又はアニュラス空気浄化設備(PWR)

非常用ガス処理系(BWR)又はアニュラス空気浄化設備(PWR)の作動については、4.1(2) a で選定した事故シーケンスの事故進展解析条件を基に設定する。

b. 非常用ガス処理系(BWR)又はアニュラス空気浄化設備(PWR)フィルタ効率

ヨウ素類及びエアロゾルのフィルタ効率は、使用条件での設計値を基に設定する。

なお、フィルタ効率の設定に際し、ヨウ素類の性状を適切に考慮する。

c. 原子炉格納容器スプレイ

原子炉格納容器スプレイの作動については、4.1(2) a で選定した事故シーケンスの事故進展解析条件を基に設定する。

d. 原子炉格納容器内の自然沈着

原子炉格納容器内の自然沈着率については、実験等から得られた適切なモデルを基に設定する。

e. 原子炉格納容器漏えい率

原子炉格納容器漏えい率は、4.1(2) a で選定した事故シーケンスの事故進展解析結果を基に設定する。

f. 原子炉制御室の非常用換気空調設備

原子炉制御室の非常用換気空調設備の作動については、非常用電源の作動状態を基に設定する。

(4) 大気拡散

a. 放出開始時刻及び放出継続時間

放射性物質の大気中への放出開始時刻及び放出継続時間は、4.1(2) a で選定した事故シーケンスのソースターム解析結果を基に設定する。

b. 放出源高さ

放出源高さは、4.1(2) a で選定した事故シーケンスに応じた放出口からの放出を仮定する。4.1(2) a で選定した事故シーケンスのソースターム解析結果を基に、放出エネルギーを考慮してもよい。

(5) 線量評価

a. 原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による原子炉制御室内での外部被ばく

- ・ 4.1(2) a で選定した事故シーケンスのソースターム解析結果を基に、想定事故時に原子炉格納容器から原子炉建屋内に放出された放射性物質を設定する。この原子炉建屋内の放射性物質をスカイシャインガンマ線及び直接ガンマ線の線源とする。
- ・ 原子炉建屋内の放射性物質は、自由空間容積に均一に分布するものとして、事故後7日間の積算線源強度を計算する。
- ・ 原子炉建屋内の放射性物質からのスカイシャインガンマ線及び直接ガンマ線による外部被ばく線量は、積算線源強度、施設の位置、遮へい構造及び地形条件から計算する。

b. 原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による入退域での外部被ばく

- ・ スカイシャインガンマ線及び直接ガンマ線の線源は、上記 a と同様に設定する。
- ・ 積算線源強度、原子炉建屋内の放射性物質からのスカイシャインガンマ線及び直接ガンマ線による外部被ばく線量は、上記 a と同様の条件で計算する。

4.4 緊急時制御室又は緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価の主要解析

条件等

(1) ソースターム

a. 大気中への放出割合

- ・ 事故直前の炉心内蔵量に対する放射性物質の大気中への放出割合は、原子炉格納容器が破損したと考えられる福島第一原子力発電所事故並みを想定する^(参 5)。

希ガス類： 97%

ヨウ素類： 2.78%

(CsI: 95%、無機ヨウ素: 4.85%、有機ヨウ素: 0.15%)

(NUREG-1465^(参 6) を参考に設定)

Cs 類： 2.13%

Te 類： 1.47%

Ba 類： 0.0264%

Ru 類： 7.53×10^{-8} %

Ce 類： 1.51×10^{-4} %

La 類： 3.87×10^{-5} %

(2) 非常用電源

緊急時制御室又は緊急時対策所の独自の非常用電源又は代替交流電源からの給電を考慮する。

ただし、代替交流電源からの給電を考慮する場合は、給電までに要する余裕時間を見込むこと。

(3) 沈着・除去等

a. 緊急時制御室又は緊急時対策所の非常用換気空調設備

緊急時制御室又は緊急時対策所の非常用換気空調設備は、上記(2)の非常用電源によって作動すると仮定する。

(4) 大気拡散

a. 放出開始時刻及び放出継続時間

- ・ 放射性物質の大気中への放出開始時刻は、事故(原子炉スクラム)発生 24 時間後と仮定する^(参 5)(福島第一原子力発電所事故で最初に放出した 1 号炉の放出開始時刻を参考に設定)。
- ・ 放射性物質の大気中への放出継続時間は、保守的な結果となるように 10 時間と仮定する^(参 5)(福島第一原子力発電所 2 号炉の放出継続時間を参考に設定)。

b. 放出源高さ

放出源高さは、地上放出を仮定する^(参5)。放出エネルギーは、保守的な結果となるように考慮しないと仮定する^(参5)。

(5) 線量評価

a. 原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による緊急時制御室又は緊急時対策所内での外部被ばく

・ 福島第一原子力発電所事故並みを想定する。例えば、次のような仮定を行うことができる。

➤ NUREG-1465 の炉心内蔵量に対する原子炉格納容器内への放出割合(被覆管破損放出～晩期圧力容器内放出)^(参6)を基に原子炉建屋内に放出された放射性物質を設定する。

	PWR	BWR
希ガス類:	100%	100%
ヨウ素類:	66%	61%
Cs 類:	66%	61%
Te 類:	31%	31%
Ba 類:	12%	12%
Ru 類:	0.5%	0.5%
Ce 類:	0.55%	0.55%
La 類:	0.52%	0.52%

BWR については、MELCOR 解析結果^(参7)から想定して、原子炉格納容器から原子炉建屋へ移行する際の低減率は 0.3 倍と仮定する。

また、希ガス類は、大気中への放出分を考慮してもよい。

➤ 電源喪失を想定した雰囲気圧力・温度による静的負荷の格納容器破損モードのうち、格納容器破損に至る事故シーケンスを選定する。

選定した事故シーケンスのソースターム解析結果を基に、原子炉建屋内に放出された放射性物質を設定する。

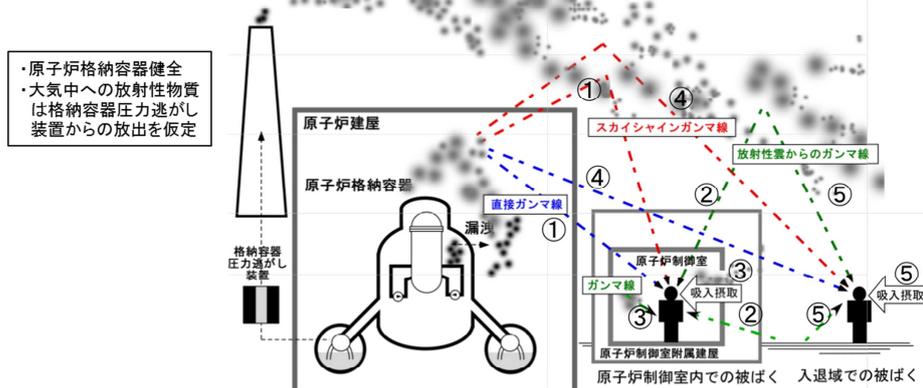
- ・ この原子炉建屋内の放射性物質をスカイシャインガンマ線及び直接ガンマ線の線源とする。
- ・ 原子炉建屋内の放射性物質は、自由空間容積に均一に分布するものとして、事故後 7 日間の積算線源強度を計算する。
- ・ 原子炉建屋内の放射性物質からのスカイシャインガンマ線及び直接ガンマ線による外部被ばく線量は、積算線源強度、施設の位置、遮へい

構造及び地形条件から計算する。

- b. 原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による入退域での外部被ばく
- ・ スカイシャインガンマ線及び直接ガンマ線の線源は、上記 a と同様に設定する。
 - ・ 積算線源強度、原子炉建屋内の放射性物質からのスカイシャインガンマ線及び直接ガンマ線による外部被ばく線量は、上記 a と同様の条件で計算する。

原子炉制御室居住性評価に係る被ばく経路	
原子炉制御室内での被ばく	①原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばく(直接及びスカイシャインガンマ線による外部被ばく)
	②大気中へ放出された放射性物質のガンマ線による被ばく(クラウドシャインによる外部被ばく、グランドシャインによる外部被ばく)
	③外気から原子炉制御室内へ取り込まれた放射性物質による被ばく(吸入摂取による内部被ばく、室内に浮遊している放射性物質による外部被ばく(室内に取り込まれた放射性物質は沈着せずに浮遊しているものとして評価する))
入退域での被ばく	④原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばく(直接及びスカイシャインガンマ線による外部被ばく)
	⑤大気中へ放出された放射性物質による被ばく(クラウドシャインによる外部被ばく、グランドシャインによる外部被ばく、吸入摂取による内部被ばく)

ただし、合理的な理由がある場合は、この経路に限らない。

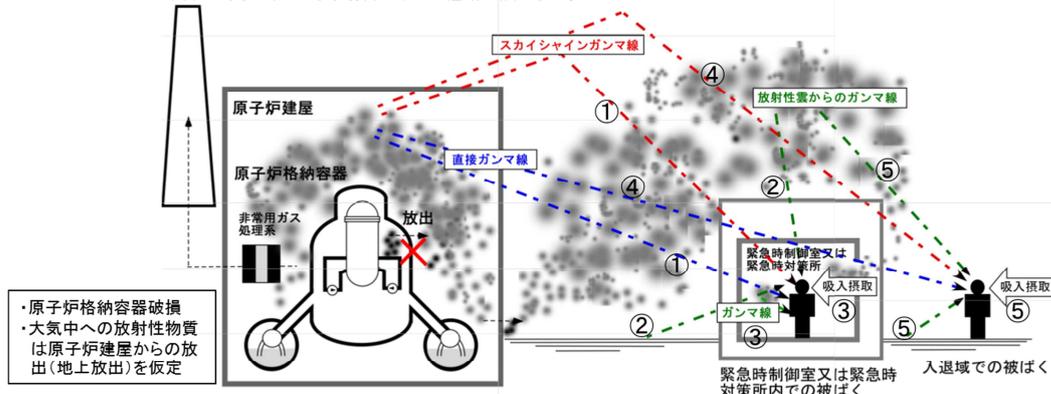


BWR型原子炉施設の例

図1 原子炉制御室の居住性評価における被ばく経路

緊急時制御室又は緊急時対策所居住性評価に係る被ばく経路	
緊急時制御室又は緊急時対策所内での被ばく	①原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばく(直接及びスカイシャインガンマ線による外部被ばく)
	②大気中へ放出された放射性物質のガンマ線による被ばく(クラウドシャインによる外部被ばく、グランドシャインによる外部被ばく)
	③外気から緊急時制御室又は緊急時対策所内へ取り込まれた放射性物質による被ばく(吸入摂取による内部被ばく、室内に浮遊している放射性物質による外部被ばく(室内に取り込まれた放射性物質は沈着せずに浮遊しているものとして評価する))
入退域での被ばく	④原子炉建屋内の放射性物質からのガンマ線による被ばく(直接及びスカイシャインガンマ線による外部被ばく)
	⑤大気中へ放出された放射性物質による被ばく(クラウドシャインによる外部被ばく、グランドシャインによる外部被ばく、吸入摂取による内部被ばく)

ただし、合理的な理由がある場合は、この経路に限らない。



BWR型原子炉施設の例

図2 緊急時制御室又は緊急時対策所の居住性評価における被ばく経路

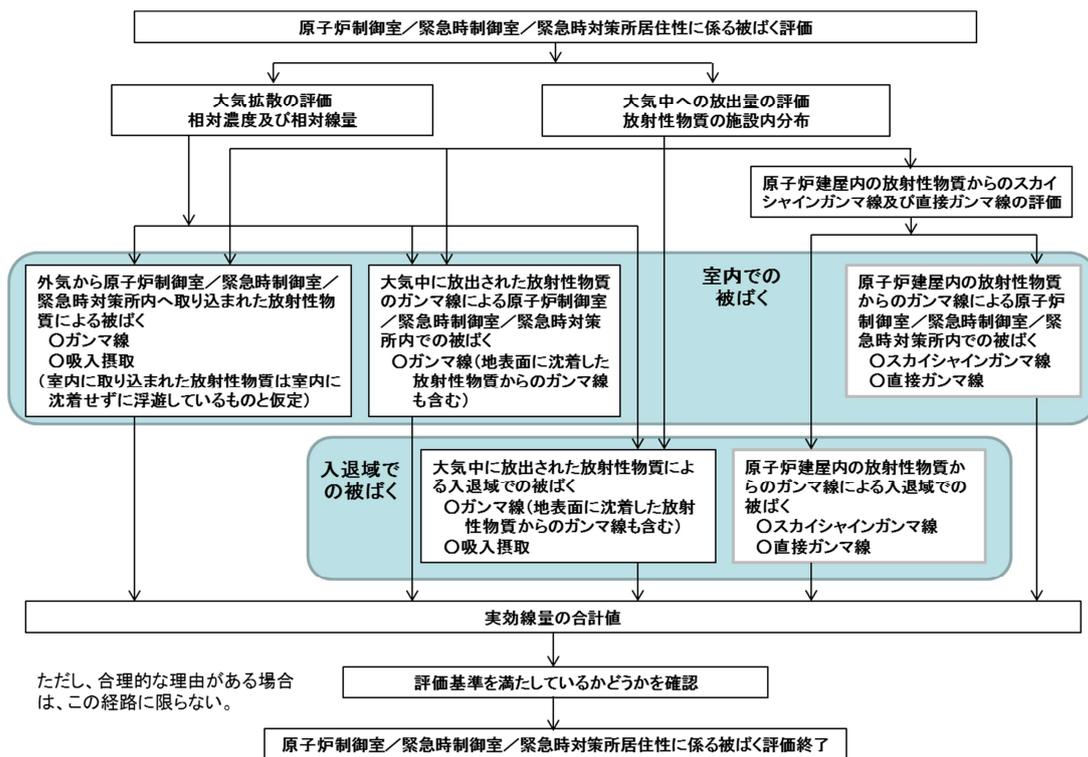
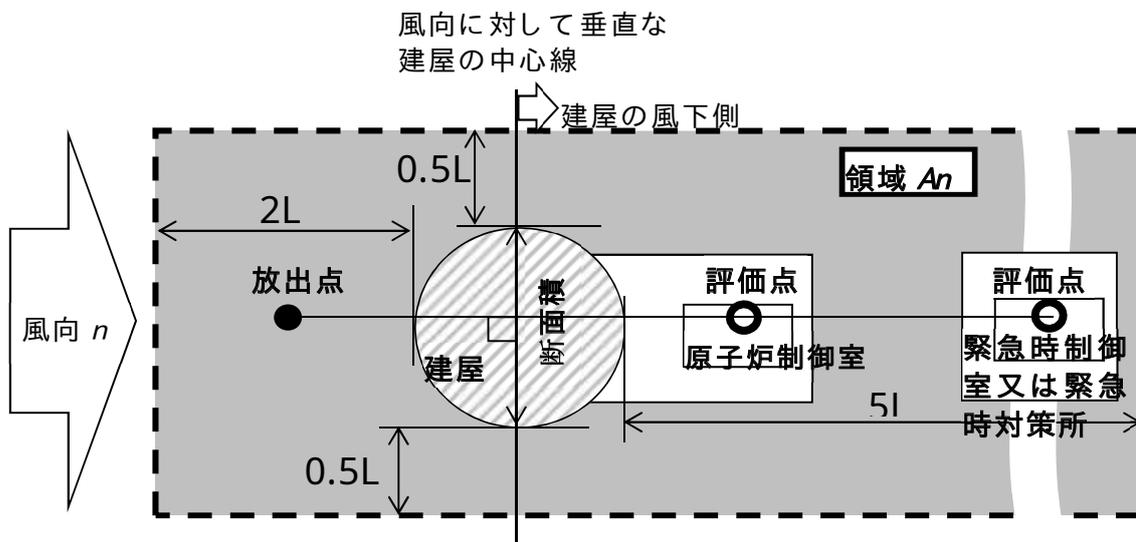


図3 原子炉制御室／緊急時制御室／緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価手順



注:L 建屋又は建屋群の風向に垂直な面での高さ又は幅の小さい方

図4 建屋影響を考慮する条件(水平断面での位置関係)

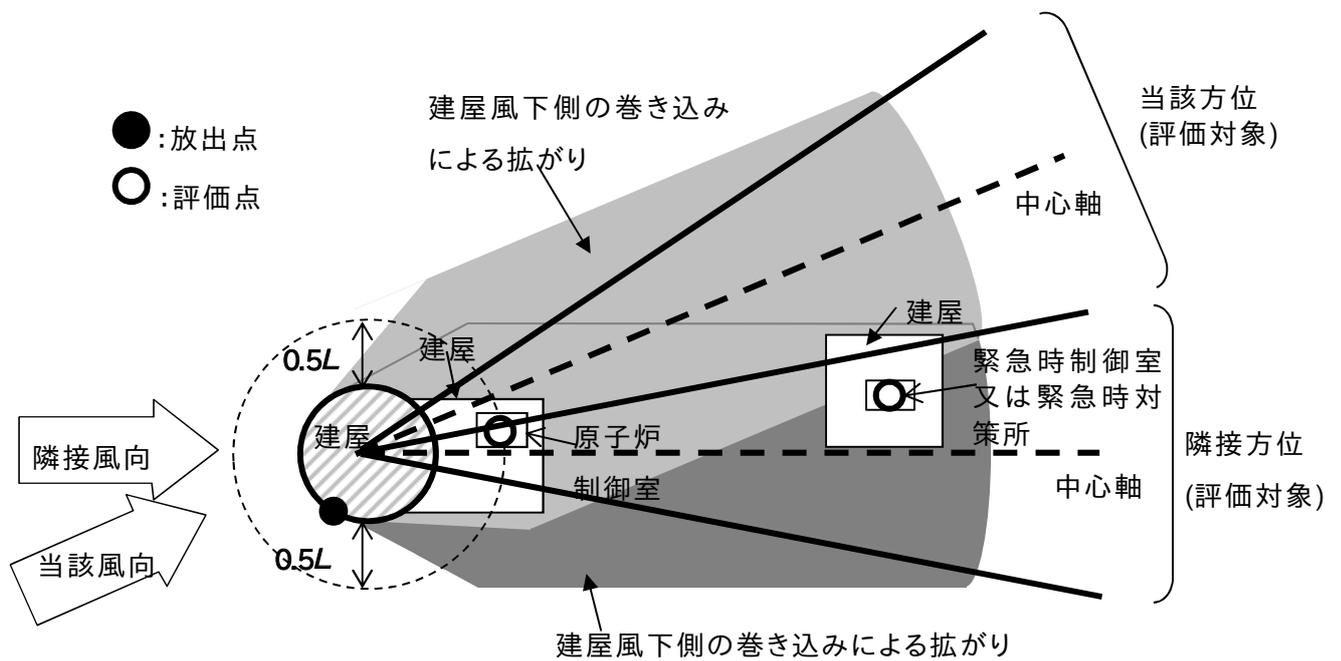
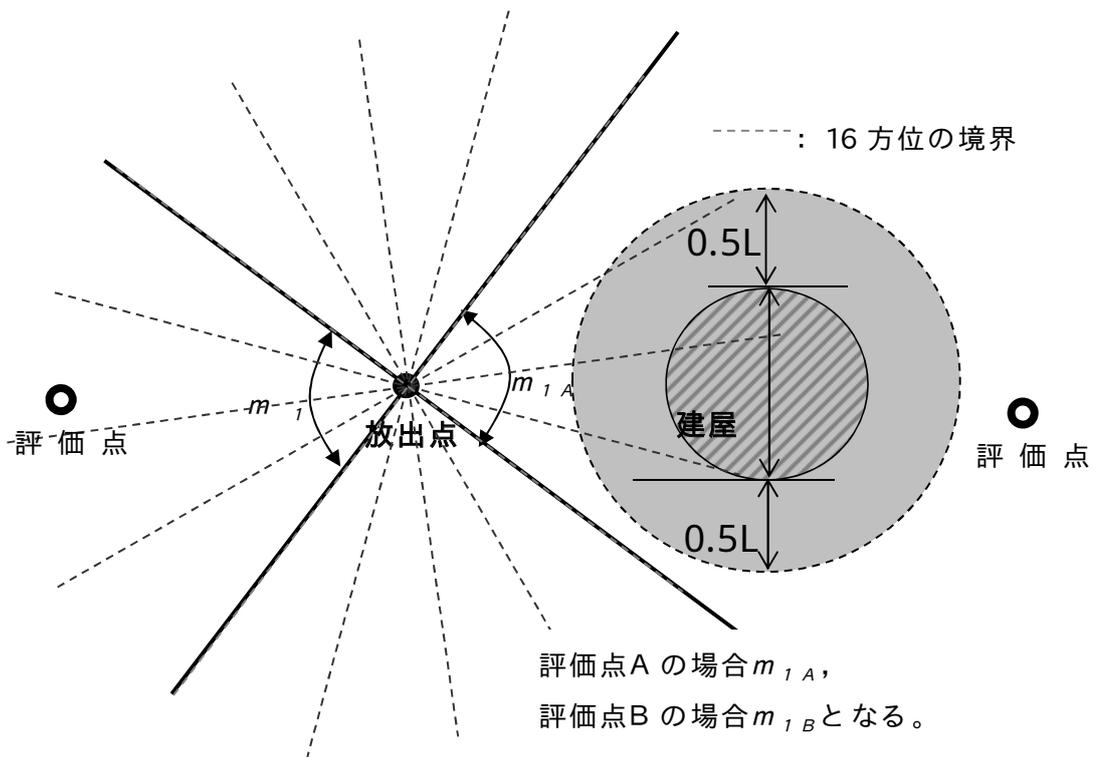
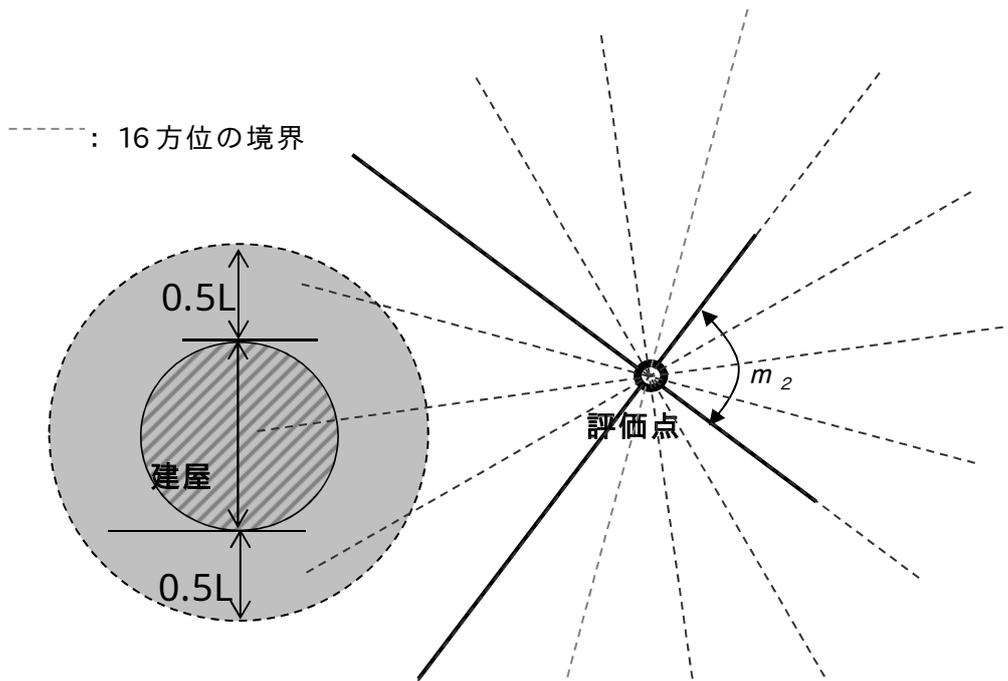


図5 建屋後流での巻き込み影響を受ける場合の考慮すべき方位



注:Lは、風向に垂直な建屋の投影面の高さ又は投影面の幅のうちの小さい方

図6 建屋の風下側で放射性物質が巻き込まれる風向の方位 m_1 の選定方法
(水平断面での位置関係)



注:Lは、風向に垂直な建屋の投影面の高さ又は投影面の幅のうちの小さい方
 図7 建屋の風下側で巻き込まれた大気が評価点に到達する
 風向の方位 m_2 の選定方法(水平断面での位置関係)

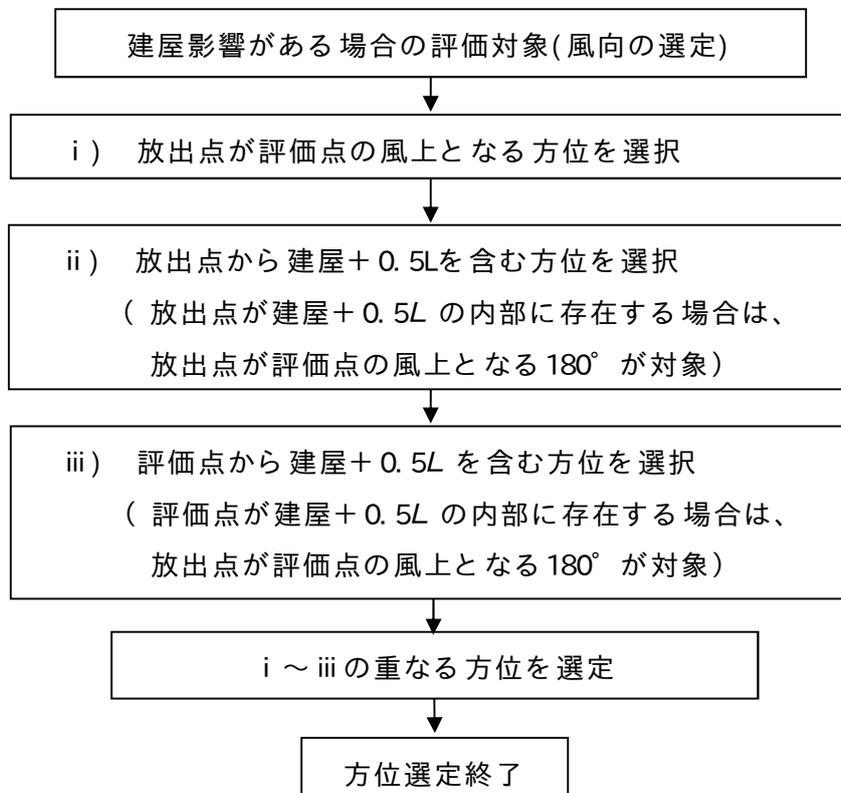


図8 建屋の影響がある場合の評価対象方位選定手順

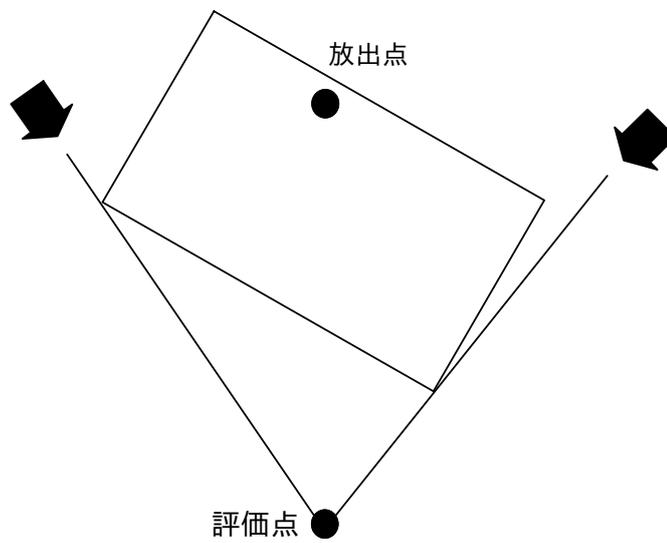


図9 評価対象方位の設定

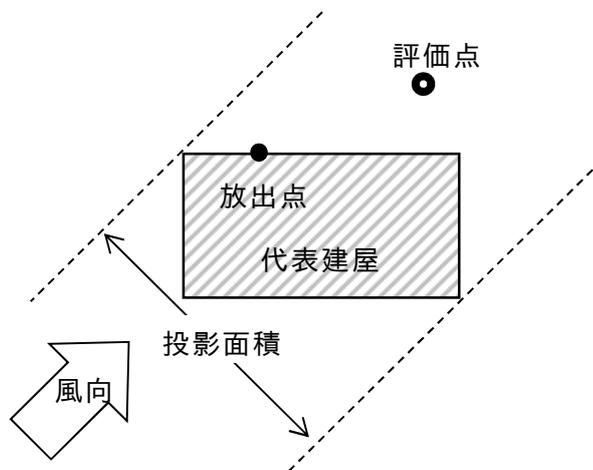


図10 風向に垂直な建屋投影面積の考え方

参考文献一覧

- 参 1: 旧原子力・安全保安院、平成 21・07・27 原院第1 号「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
- 参 2: 原子力規制委員会、「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」(原規技発第 13061915 号(平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定))
- 参 3: 旧原子力安全委員会、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」(昭和 57 年 1 月 28 日原子力安全委員会決定、平成 13 年 3 月 29 日一部改訂)
- 参 4: U.S.ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, EPA-450/4-80-023R, “Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document for the Stack Height Regulations)”, June 1985
- 参 5: 原子力規制庁、「拡散シミュレーションの試算結果(総点検版)」、平成 24 年 12 月
- 参 6: U.S.NRC, NUREG-1465, “Accident Source Terms for Light-Water Nuclear Power Plants”, February 1995
- 参 7: 原子力災害対策本部、「原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本国政府の報告書- 東京電力福島原子力発電所の事故について- 」、平成 23 年 6 月