

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-065 改2
提出月日	平成30年3月1日

V-1-7-3 中央制御室の居住性に関する説明書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 中央制御室の居住性を確保するための防護措置	1
3.1 換気設備	1
3.2 生体遮蔽装置	3
3.3 可搬型照明	3
3.4 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計	3
3.5 チェンジングエリア	3
4. 設計基準事故時における中央制御室の居住性に係る被ばく評価	4
4.1 判断基準	4
4.2 想定事象	4
4.3 被ばく形態	4
4.4 解析のための前提条件	8
4.5 大気拡散の評価	17
4.6 運転員の実効線量評価	37
4.7 判断基準への適合性	66
5. 中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価	69
5.1 判断基準	69
5.2 想定事象	69
5.3 被ばく経路	70
5.4 被ばく評価期間	70
5.5 運転員の勤務形態	70
5.6 大気中への放出量評価	73
5.7 大気拡散の評価	82
5.8 実効線量の評価	95
5.9 判断基準への適合性	128
5.10 酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価	131
5.11 中央制御室の居住性評価のまとめ	141
6. 熱除去の検討	142
6.1 中央制御室遮蔽壁入射線量の設定方法	142
6.2 温度上昇の計算方法	142
6.3 温度上昇のまとめ	142
7. 計算機コード概要	143

7.1	QAD-CGGP2R	143
7.2	ANISN	146
7.3	G33-GP2R	148
7.4	ORIGEN2	151

1. 概要

本説明書は、「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」（以下「技術基準規則」という。）第 38 条及び第 74 条並びにそれらの「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」（以下「解釈」という。）に基づく中央制御室の居住性について、居住性を確保するための基本方針、居住性に係る設備の設計方針、放射線防護措置の有効性を示す評価等を含めて説明するものである。

2. 基本方針

中央制御室は、一次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常（以下「一次冷却材喪失事故等」という。）が発生した場合に、発電用原子炉施設の安全性を確保するための措置をとるため、運転員が支障なく原子炉制御室に入り、又は一定期間とどまり、かつ、当該措置をとるための操作ができる設計とする。また、炉心の著しい損傷が発生した場合においても運転員がとどまるために必要な設備を施設する。

3. 中央制御室の居住性を確保するための防護措置

中央制御室の居住性を確保するための設備等の対策を以下のとおり講じる。

3.1 換気設備

中央制御室の換気設備は、通常時、中央制御室換気系空気調和機ファン及び中央制御室換気系排気用ファンにより中央制御室の換気を行う設計とする。事故時は、外気を遮断し、中央制御室換気系フィルタ系ファンによりフィルタを通した閉回路循環運転とし、放射線被ばくから防護する設計とする。

格納容器ベント時の運転員の被ばくを低減する対策として、中央制御室内に中央制御室待避室を設置する。ベント実施時には待避室内に待機可能とし、中央制御室待避室内は中央制御室待避室空気ポンベユニット（空気ポンベ）により 5 時間加圧する設計とする。中央制御室待避室の正圧化された室内と中央制御室との差圧を監視できる計測範囲として 0～60 Pa を有する差圧計を 1 個設置する。

中央制御室換気系設備は、外部電源が喪失した場合、非常用電源設備から給電される。また、炉心の著しい損傷が発生した場合にも、常設代替交流電源設備である常設代替高圧電源装置又は可搬型代替交流電源設備である可搬型代替低圧電源車から給電できる設計とする。その他、設計基準事故対処設備である非常用交流電源設備の 2 C 非常用ディーゼル発電機及び 2 D 非常用ディーゼル発電機を重大事故対処設備として使用する。

(1) 中央制御室換気系高性能粒子フィルタ

中央制御室換気系高性能粒子フィルタのろ材は、ガラス繊維をシート状にしたもので、エアロゾルを含んだ空気がろ材を通過する際に、エアロゾルがガラス繊維に衝突・接触することにより捕集される。

中央制御室換気系高性能粒子フィルタによる微粒子の除去効率は、99.97 %となるよう設計する。この除去効率（設計値）は、線量の評価に用いるため、適切に維持及び管理を行う。

中央制御室換気系高性能粒子フィルタの除去効率が、中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価条件下においても適用できることを以下に確認する。

a. 温度及び湿度条件

中央制御室は、格納容器から離れた位置にあるため、温度や湿度が通常時に比べて大きく変わることはなく、フィルタの性能が低下するような環境にはならない。

b. 保持容量

中央制御室換気系高性能粒子フィルタの保持容量は約 2250 g である。

格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」で想定される事故シーケンス「大破断 L O C A + 高圧炉心冷却失敗 + 低圧炉心冷却失敗」（全交流動力電源喪失の重畳を考慮）シナリオにおいて大気中へ放出され、中央制御室内に流入する微粒子は約 7.5×10^{-4} g である。

これは、安定核種も踏まえて、保守的に格納容器圧力逃がし装置による除去効果を見捨てて評価したものである。また、微粒子は格納容器圧力逃がし装置排気口及び原子炉建屋から放出されるものとして、大気拡散効果を考慮し、中央制御室内に取り込まれた微粒子は、全量がフィルタに捕集されるものとした。

以上のとおり、中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価条件下においても中央制御室換気系高性能粒子フィルタには、微粒子を十分に捕集できる容量があるので、粒子状放射性物質に対するフィルタ除去効率 99 %は確保できる。

(2) 中央制御室換気系チャコールフィルタ

中央制御室換気系チャコールフィルタによるよう素除去効率は 97 %となるよう設計する。この除去効率（設計値）は、線量の評価に用いるため、適切に維持及び管理を行う。

上記の中央制御室換気系チャコールフィルタの除去効率は、中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価条件下においても適用できることを以下に確認する。

a. 温度及び湿度条件

中央制御室は、原子炉格納容器から離れた位置にあるため、温度や湿度が通常時に比べて大きく変わることはなく、フィルタの性能が低下するような環境にはならない。

b. 保持容量

中央制御室換気系チャコールフィルタの保持容量は約 99 g である。

格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」で想定される事故シーケンス「大破断 L O C A + 高圧炉心冷却失敗 + 低圧炉心冷却失敗」（全交流動力電源喪失の重畳を考慮）シナリオにおいて大気中へ放出され、中央制御室内に流入するよう素は約 1.4×10^{-1} g である。これは、「(1) 中央制御室換気系高性能

能粒子フィルタについて」と同様の評価手法で評価したものである。ただし、よう素の化学形態はすべて無機よう素及び有機よう素とし、中央制御室内に取り込まれたよう素は、全量が中央制御室換気系チャコールフィルタに捕集されるものとした。

以上のとおり、中央制御室（炉心の著しい損傷）居住性に係る被ばく評価条件下においても、中央制御室換気系チャコールフィルタには、よう素を十分に捕集できる容量があるので、フィルタ除去効率 95 %は確保できる。

3.2 生体遮蔽装置

中央制御室遮蔽は、設計基準事故が発生した場合においては事故後 30 日間、炉心の著しい損傷が発生した場合においては事故後 7 日間とどまっても、中央制御室の建屋の気密性及び中央制御室換気系の機能とあいまって、居住性に係る判断基準 100 mSv を超えない設計とする。

中央制御室遮蔽の放射線の遮蔽及び熱除去の評価については、「6. 熱除去の検討」に示す。

3.3 可搬型照明

計測制御系統施設の可搬型照明（S A）により、炉心の著しい損傷が発生した場合に常設の照明が使用できなくなった場合においても、中央制御室の制御盤での操作及び中央制御室チェンジングエリアでの身体の汚染検査、防護具の着替え等に必要な照度を確保する。

可搬型照明（S A）の詳細については、添付書類「V-1-1-12 非常用照明に関する説明書」に示す。

3.4 酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計

設計基準事故時及び炉心の著しい損傷が発生した場合の対応として、室内の酸素及び二酸化炭素濃度を確認する乾電池等を電源とした携行式の酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計を配備する。

酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計の詳細については、添付書類「V-1-5-4 中央制御室の機能に関する説明書」に示す。

3.5 チェンジングエリア

炉心の著しい損傷が発生し、中央制御室の外側が放射性物質により汚染した状況下において、中央制御室への汚染の持ち込みを防止することができるよう身体の汚染検査、防護具の着替え等を行うための区画（チェンジングエリア）を設けることができる設計とする。

チェンジングエリアの詳細については添付書類「V-1-7-2 管理区域の出入管理設備及び環境試料分析装置に関する説明書」に示す。

4. 設計基準事故時における中央制御室の居住性に係る被ばく評価

4.1 判断基準

設計基準事故時における中央制御室の放射線業務従事者についての被ばく評価結果が、「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」第7条第1項における緊急時作業に係る線量限度 100 mSv 以下であることを確認する。被ばく評価手法は、「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)」(以下「被ばく評価手法(内規)」という。)に基づき実施する。

4.2 想定事象

原子炉施設の構造、特性及び安全上の諸対策を考慮して、放射性物質の放出の拡大の可能性のある事故の対応として、格納容器内放出と格納容器外放出の2種類を考えるものとし、東海第二発電所 原子炉設置変更許可申請書(原子炉施設の変更)(平成12年10月)添付書類十の「3.4 環境への放射性物質の異常な放出」及び「4. 重大事故及び仮想事故」で考慮されている事故のうち、環境への放射性物質の放出量評価の観点から最も厳しい条件として、格納容器内放出事故として原子炉冷却材喪失(仮想事故)、格納容器外放出として主蒸気管破断(仮想事故)をそれぞれ想定する。

4.3 被ばく形態

原子力発電所で事故が発生した場合、プラントから放射性物質が放出される可能性がある。

このとき、中央制御室内にいる運転員は、中央制御室内にとどまり、事故の状況を的確に把握するとともに、事故の拡大の防止に努める。

このとき、大気中に放出された放射性物質が、中央制御室の換気系を通過して中央制御室内に流入し、中央制御室内に滞在している運転員は被ばくする。

さらに、事故が発生すると、通常時に滞在していた運転員を支援するため、他の運転員が外部から入退域したり、事故が長期にわたると運転員の交替が必要となり中央制御室への入退域が生じ、この入退域時にも運転員は被ばくする。

以上より、次の被ばく経路を考慮する(図4-1)。

(1) 中央制御室内での被ばく

- ① 建屋内の放射性物質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被ばく
- ② 大気中へ放出された放射性物質による被ばく
- ③ 外気から取り込まれた放射性物質による中央制御室内での被ばく

(2) 入退域での被ばく

- ④ 建屋内の放射性物質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被ばく
- ⑤ 大気中へ放出された放射性物質による被ばく

なお、各事故時における運転員の被ばく経路を図4-2及び図4-3に示す。

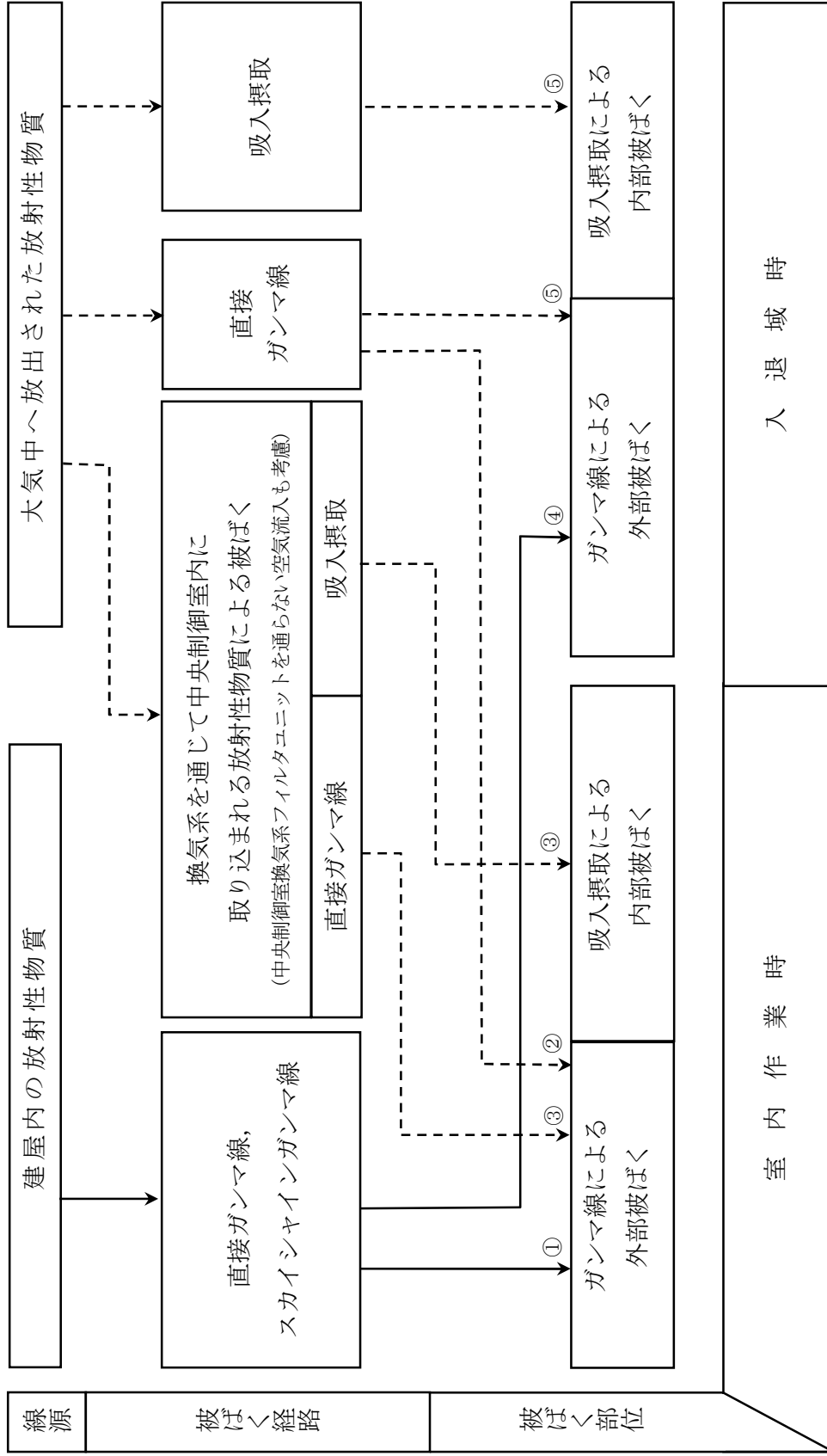


図 4-1 設計基準事故時における中央制御室の運転員の被ばく経路

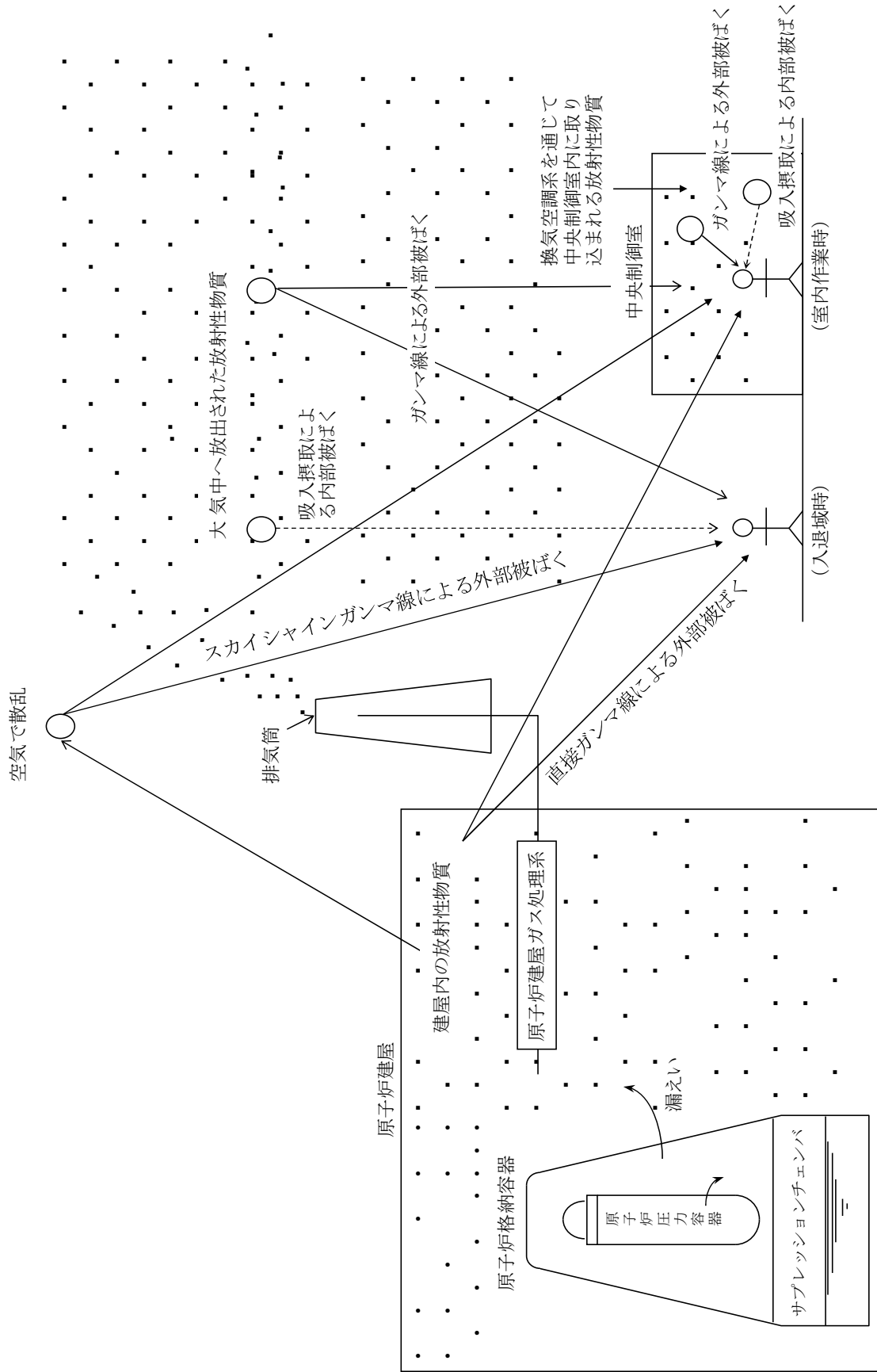


図 4-2 原子炉冷却材喪失時の中央制御室の運転員の被ばく経路

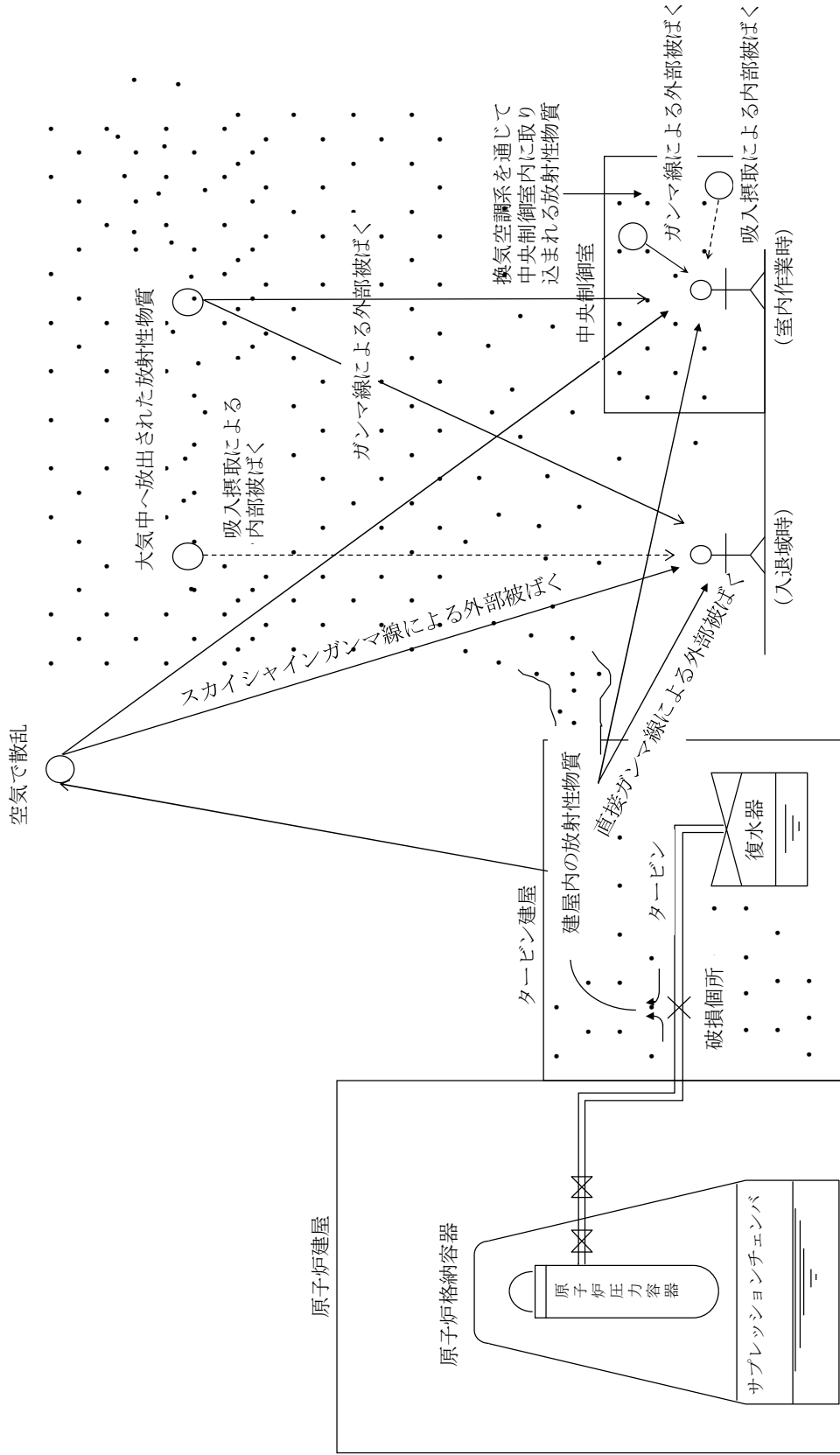


図 4-3 主蒸気管破断時の中央制御室の運転員の被ばく経路

4.4 解析のための前提条件

原子炉冷却材喪失（仮想事故）時及び主蒸気管破断（仮想事故）時の中央制御室の運転員の実効線量の計算は、次の前提条件に基づき行う。

(1) 被ばく評価期間

中央制御室の運転員に係る被ばく評価期間は、事故発生後 30 日間とする。

(2) 事故時の放射性物質の放出量

原子炉冷却材喪失（仮想事故）時及び主蒸気管破断（仮想事故）時の建屋内の放射性物質の存在量及び大気への放出量は、「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）」（以下「安全評価指針」という。）に基づき評価された、東海第二発電所原子炉設置変更許可申請書（原子炉施設の変更）（平成 12 年 10 月）添付書類十の「4. 重大事故及び仮想事故」（以下「申請書添付十」という。）に基づくものとする。

a. 原子炉冷却材喪失（仮想事故）

放射性希ガス（以下「希ガス」という。）及び放射性よう素（以下「よう素」という。）の大気放出過程を図 4-4 及び図 4-5 に示す。放出経路における放射性物質の移行に関する条件を以下に示す。

- (a) 原子炉は事故発生直前まで定格出力の約 105 %（熱出力 3440 MW）で十分長時間（2000 日）運転していたものとする。
- (b) 事故発生後、格納容器内に放出される放射性物質の量は、炉心内蓄積量に対して希ガス 100 %、よう素 50 %の割合とする。
- (c) 格納容器内に放出されたよう素のうち、有機よう素は 10 %とし、残りの 90 %は無機よう素とする。
- (d) 格納容器内に放出されたよう素のうち、無機よう素は、50 %が格納容器内及び同容器内の機器等に沈着し、格納容器から漏えいしないものとする。有機よう素及び希ガスについてはこの効果は無視するものとする。
- (e) 格納容器スプレイによりサプレッション・チェンバのプール水に無機よう素が溶解する効果は、分配係数（気相濃度と液相濃度の比）で 100 とする。有機よう素及び希ガスについてはこの効果は無視するものとする。
- (f) 格納容器内での放射性物質の崩壊を考慮する。
- (g) 通常運転時に作動している原子炉建屋の常用換気系は、原子炉水位低、ドライウェル圧力高又は原子炉建屋放射能高の信号により原子炉建屋ガス処理系に切り替えられる。原子炉建屋内の放射性物質については、床、壁等に沈着することによる除去効果は無視し、崩壊のみを考える。
- (h) 格納容器スプレイ冷却系の作動により、格納容器内圧力が低下するため格納容器から原子炉建屋内への希ガス及びよう素の漏えいは減少するが、評価上の漏えい率は、設計上定められた最大値（0.5 %/d）で一定とする。

なお、非常用炉心冷却系により格納容器外へ導かれたサプレッション・チェンバのプール水の漏えいによる放射性物質の放出量は、格納容器内気相部からの漏えいによる放出量に比べて十分小さく、有意な寄与はないためその評価を省略する。

- (i) 非常用ガス再循環系よう素用チャコールフィルタの設計よう素除去効率は、90 % 以上であるが、ここでは余裕をとり、よう素の除去効率を 80 % とする。
- また、原子炉建屋原子炉棟から、非常用ガス再循環系及び非常用ガス処理系の 2 系統を通り大気中に放出されるよう素の除去効率については、この 2 系統のよう素用チャコールフィルタの設計よう素除去効率はそれぞれ 90 % 以上、97 % 以上であるが、ここでは余裕をとり 90 % とする。
- (j) 非常用ガス再循環系及び非常用ガス処理系の容量は、それぞれ設計で定められた値 (4.8 回/d 及び 1 回 /d) とする。
- (k) 格納容器から原子炉建屋内に漏えいした放射性物質は、原子炉建屋ガス処理系で処理された後、排気筒から大気中へ放出されるものとする。

b. 主蒸気管破断 (仮想事故)

希ガス及び放射性ハロゲン等 (以下「ハロゲン等」という。) の大気放出過程を図 4-6 及び図 4-7 に示す。放出経路における放射性物質の移行に関する条件を以下に示す。

- (a) 主蒸気隔離弁が全閉するまでに破断口を通して流出する蒸気及び水の量は、事故解析により得られた次の値を使用する。

蒸 気	1.3×10^4 kg
水	2.2×10^4 kg

- (b) 液相として放出される冷却材中に含まれるハロゲン等の濃度は、運転上許容される I-131 の最大濃度である 4.6×10^3 Bq/g に相当するものとし、その組成を拡散組成とする。

また、気相として放出される冷却材中に含まれるハロゲンの濃度は、液相中の濃度の 1/50 とする。

- (c) 原子炉圧力の低下に伴う燃料棒からの追加放出量は、I-131 については先行炉等での実測データに基づく値に安全余裕を見込んで 4.44×10^{14} Bq が冷却材中へ放出されるものとする。追加放出されるその他の放射性物質についてはその組成を平衡組成として求め、希ガスについては、よう素の 2 倍の放出があるものとする。
- (d) 主蒸気隔離弁閉止前の燃料棒からの放射性物質の追加放出割合は、主蒸気隔離弁閉止前の原子炉圧力の低下割合に比例するとし、追加放出された放射性物質の 1 % が破断口から放出されるものとする。
- (e) 主蒸気隔離弁閉止後の燃料棒からの放射性物質の追加放出に関しては、主蒸気隔離弁閉止直後にこれらのすべての放射性物質が原子炉冷却材中に放出されるものとする。
- (f) 主蒸気隔離弁閉止後の主蒸気系からの漏えいは、120 %/d の漏えい率で事故評価期間中一定と仮定する。
- (g) 主蒸気隔離弁閉止後、残留熱除去系、逃がし安全弁等を通じて崩壊熱相当の蒸気がサプレッション・チェンバのプール水中に移行するものとし、その蒸気流量は原子炉圧力容器気相体積の 100 倍/d とする。

この蒸気に含まれる放射性物質は被ばくには寄与しないものとする。

- (h) 燃料棒から追加放出される放射性物質のうち、希ガスはすべて瞬時に気相部へ移行するものとする。放出されたよう素のうち、有機よう素の割合は10%とし、残りの90%は無機よう素とする。有機よう素のうち10%は瞬時に気相部へ移行するものとする。有機よう素が分解したよう素、無機よう素及びよう素以外のハロゲンが気相部にキャリアオーバーされる割合は2%とする。
- (i) 主蒸気隔離弁閉止前に破断口から放出された冷却材は、完全蒸発し、同時に放出された放射性物質を均一に含む蒸気雲になるものと仮定する。
主蒸気隔離弁閉止後に主蒸気系から漏えいした放射性物質は、大気中に地上放散されるものとする。

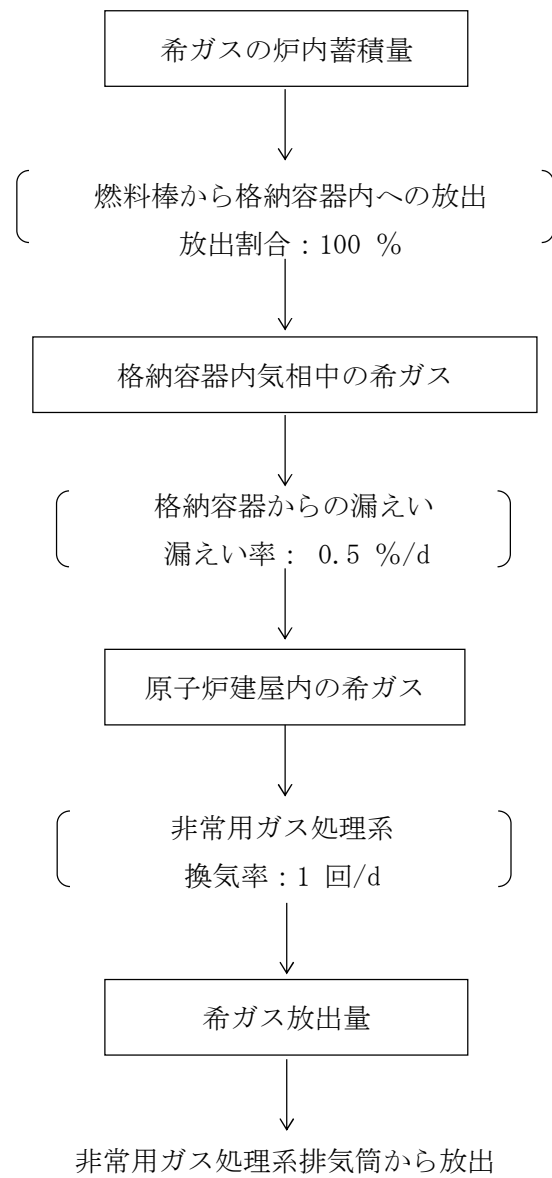


図 4-4 原子炉冷却材喪失（仮想事故）時の希ガスの大気放出過程

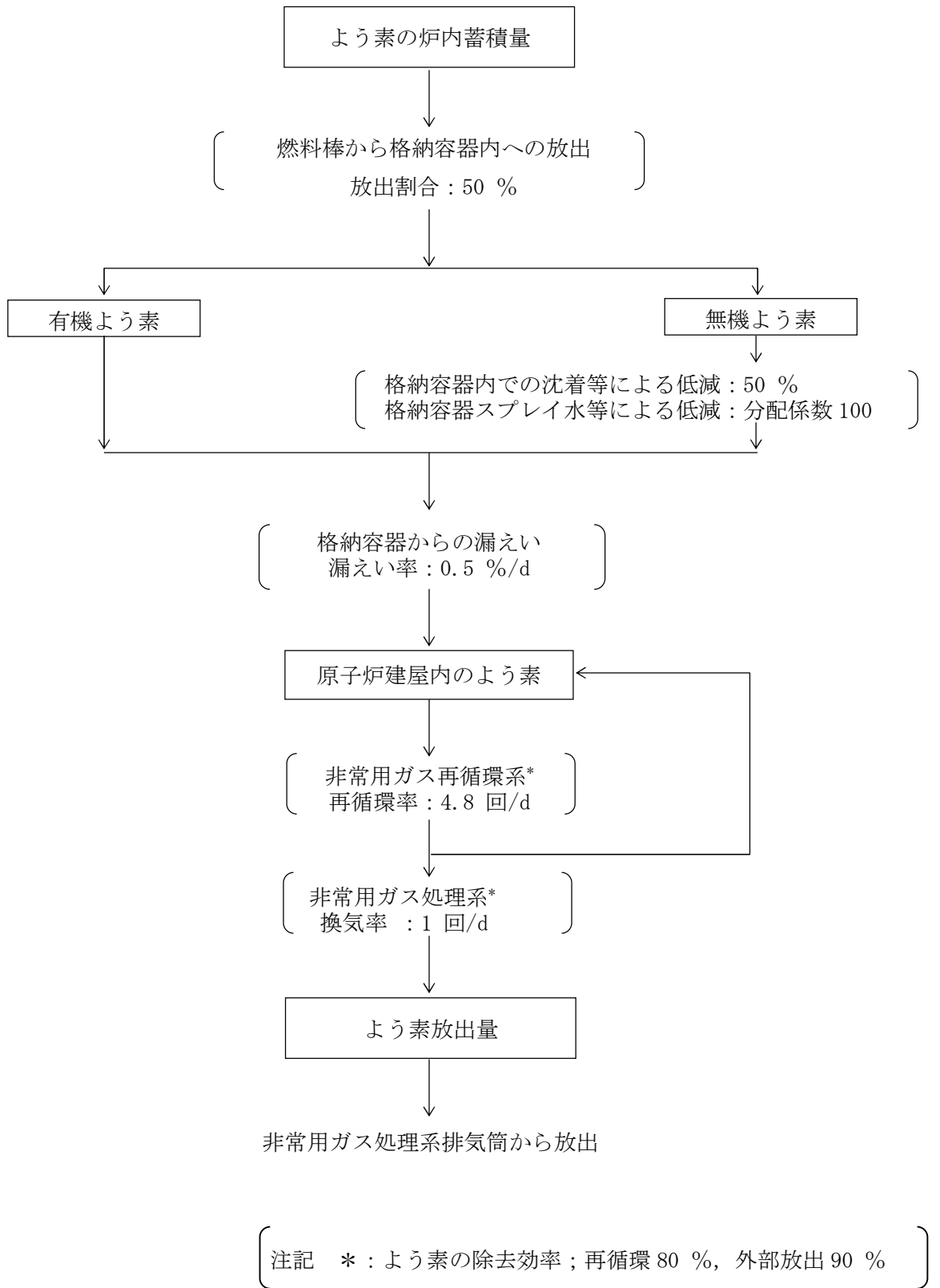


図 4-5 原子炉冷却材喪失（仮想事故）時のよう素の大気放出過程

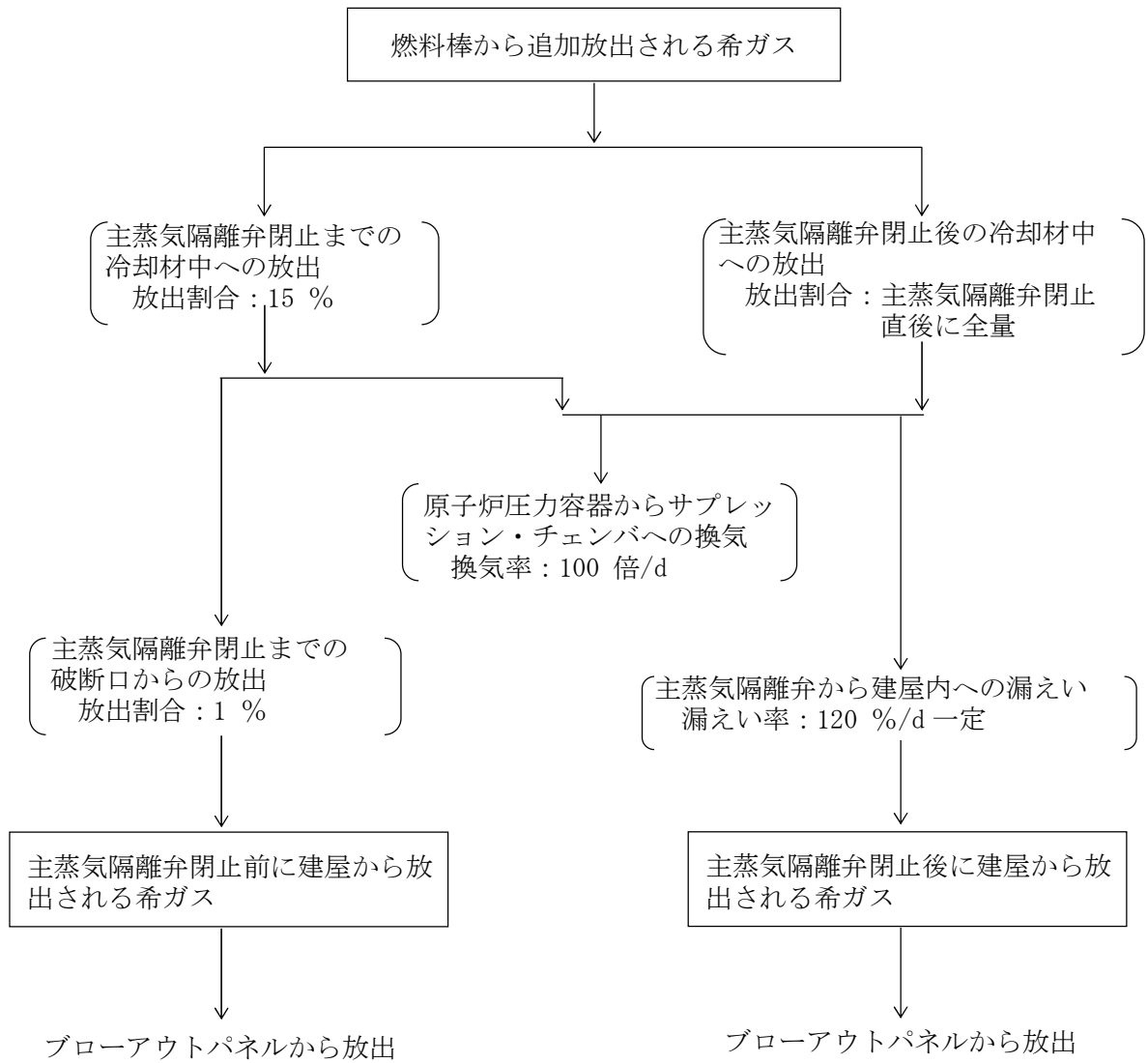


図 4-6 主蒸気管破断（仮想事故）時の希ガスの大気放出過程

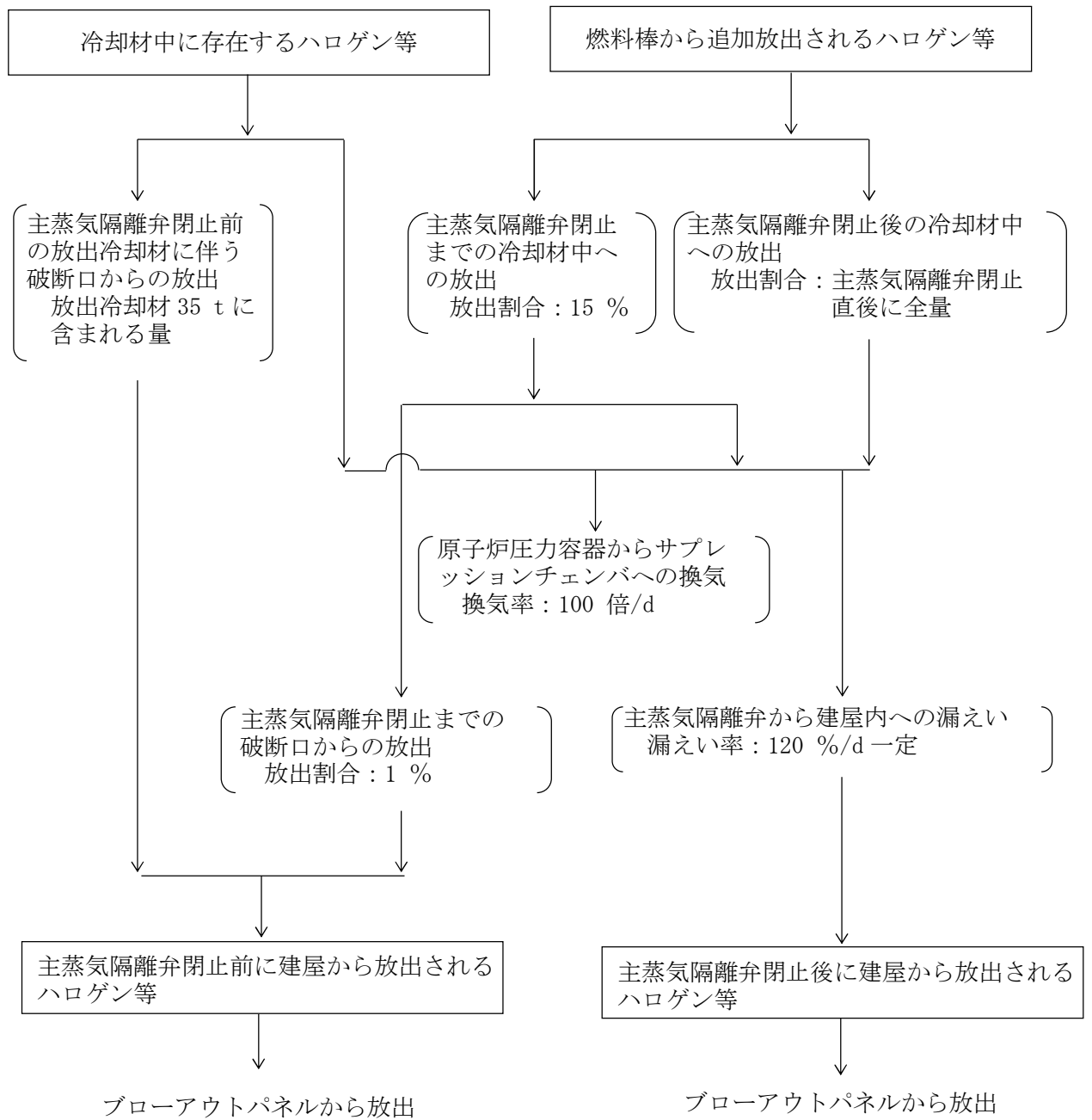


図 4-7 主蒸気管破断（仮想事故）時のハロゲン等の大気放出過程

(3) 運転員の勤務形態

運転員の勤務形態としては5直2交替を仮定し、運転員一人当たりの評価期間中の平均的な実効線量を評価する。

(4) 直交替を考慮した場合の被ばく評価方法

直交替を考慮した場合の線量は、被ばく評価期間中の運転員一人当たりの平均的な線量として評価する。直交替を考慮した場合の具体的な計算方法は、以下による。

入退域に要する時間は、非居住区域境界から中央制御室への建屋出入口までの運転員の移動経路を考慮し、余裕をみて1直あたり片道15分を要するものとする。

なお、入退域時の評価地点は、中央制御室への建屋出入口とし、そこに15分間とどまるものと仮定する。

a. 室内作業時の被ばく評価方法

直交替を考慮した場合の室内作業時の実効線量は、中央制御室内に30日間連続滞在した場合の線量を求め、その値に直交替による滞在時間割合を掛け合わせるにより計算する。

$$30 \text{ 日間の積算線量} \times \text{直交替による滞在時間割合}^{*1}$$

※1 実際の交替勤務（5直2交替）の30日間勤務での最大勤務直の滞在時間割合（約0.27222）を使用する。

b. 入退域での被ばく評価方法

直交替を考慮した場合の入退域時の実効線量は、中央制御室内への建屋出入口に30日間連続滞在した場合の線量を求め、その値に入退域所要時間割合を掛け合わせるにより計算する。

$$30 \text{ 日間の積算線量} \times \text{入退域所要時間割合}^{*2}$$

※2 実際の交替勤務（5直2交替）の30日間勤務での最大勤務直の滞在時間割合（約0.01111）を使用する。

(5) よう素の線量換算係数及び呼吸率

実効線量の算出に用いるよう素の線量換算係数及び呼吸率は表4-1に示す値を用いる。

表 4-1 評価に用いる線量換算係数及び呼吸率

項 目	数 値 等	出 典
線量換算係数	よう素の吸入摂取に対して、 成人実効線量換算係数を使用 I-131 : 2.0×10^{-8} Sv/Bq I-132 : 3.1×10^{-10} Sv/Bq I-133 : 4.0×10^{-9} Sv/Bq I-134 : 1.5×10^{-10} Sv/Bq I-135 : 9.2×10^{-10} Sv/Bq	ICRP Publication 71*
呼 吸 率 (成人活動時の呼吸率)	1.2 m ³ /h	ICRP Publication 71*

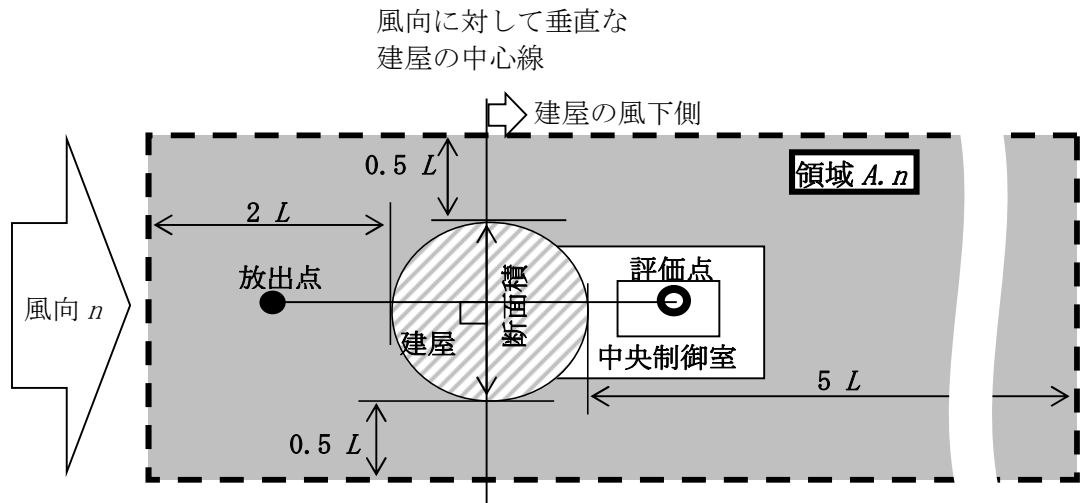
注記 * : Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides : Part 4 Inhalation Dose Coefficients, ICRP Publication 71 (1995)

4.5 大気拡散の評価

設計基準事故時の中央制御室の居住性に係る被ばく評価に使用する相対濃度及び相対線量は、「被ばく評価手法について（内規）」及び「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，一部改訂 平成13年3月29日 原子力安全委員会）」（以下「気象指針」という。）に基づき評価する。

(1) 放射性物質の大気拡散

- a. 放射性物質の空気中の濃度は，放出源高さ及び気象条件に応じて，空間濃度が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。
- b. 風向，風速，大気安定度及び降雨の観測項目は，現地において1年間（2005年4月～2006年3月）観測して得られた気象資料を用いる。
- c. 中央制御室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。
- d. 原子炉建屋の建屋後流での巻き込みが生じる条件としては，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。
 - (a) 放出源の高さが建屋の高さの2.5倍に満たない場合
 - (b) 放出源と評価点を結んだ直線と平行で放出源を風上とした風向 n について，放出源の位置が風向 n と建屋の投影形状に応じて定まる一定の範囲（領域 A_n ）の中にある場合



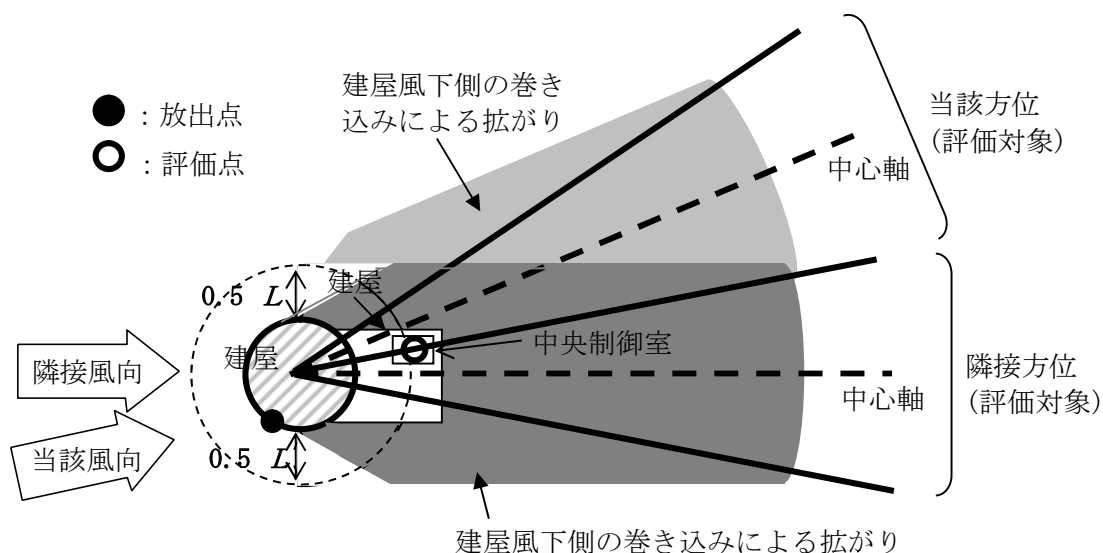
注： L は風向に垂直な建屋又は建屋群の，投影面高さ又は投影幅の小さい方

(c) 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。

中央制御室の居住性に係る被ばく評価においては、放射性物質の放出源として原子炉建屋を仮定することから、建屋の影響があるものとして評価を行う。

e. 中央制御室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、次の図に示すように、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。



(2) 建屋による巻き込みの評価条件

a. 巻き込みを生じる代表建屋

(a) 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るものとする。

(b) 巻き込みを生じる建屋として、原子炉建屋、タービン建屋、サービス建屋及び廃棄物処理建屋等、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。

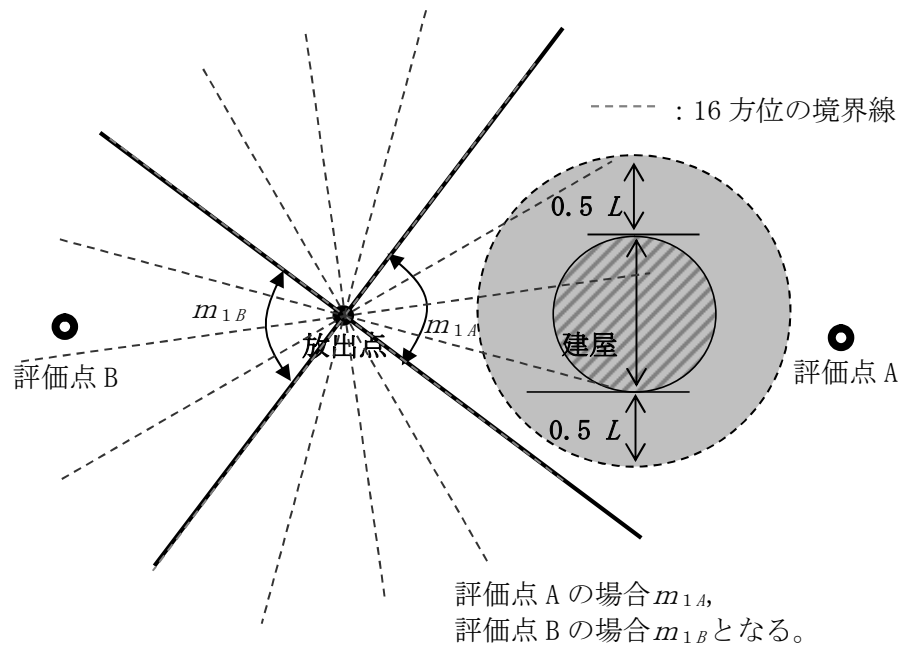
b. 放射性物質濃度の評価点

(a) 中央制御室内には、次のイ又はロによって、中央制御室が属する建屋の表面から放射性物質が侵入するものとする。

- イ. 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
- ロ. 事故時に外気の取入れを遮断する場合は、室内への直接流入
- (b) 建屋による巻き込みの影響が生じる場合、中央制御室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、中央制御室換気系の非常時の運転モードに応じて、次のイ又はロによって、中央制御室が属する建屋の表面の濃度を計算する。
- イ. 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中央制御室が属する建屋の表面とする。
- ロ. 評価期間中は外気を遮断することを前提とする場合は、中央制御室が属する建屋の表面（屋上面又は側面）のうちの代表面（代表評価面）を選定する。
- (c) 代表面における評価点
- イ. 建屋の巻き込みの影響を受ける場合には、中央制御室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、例えば中央制御室の中心点を評価点とするのは妥当である。
- ロ. 代表評価面を、中央制御室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、中央制御室が屋上面から離れている場合は、中央制御室が属する建屋の側面を代表面として、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。
- ハ. 屋上面を代表面とする場合は、評価点として中央制御室の中心点を選定し、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。
- c. 着目方位
- (a) 中央制御室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、(1)e 項の図に示すように、代表建屋の後流側の拡がり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。
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。
- イ. 放出点が評価点の風上にあること。

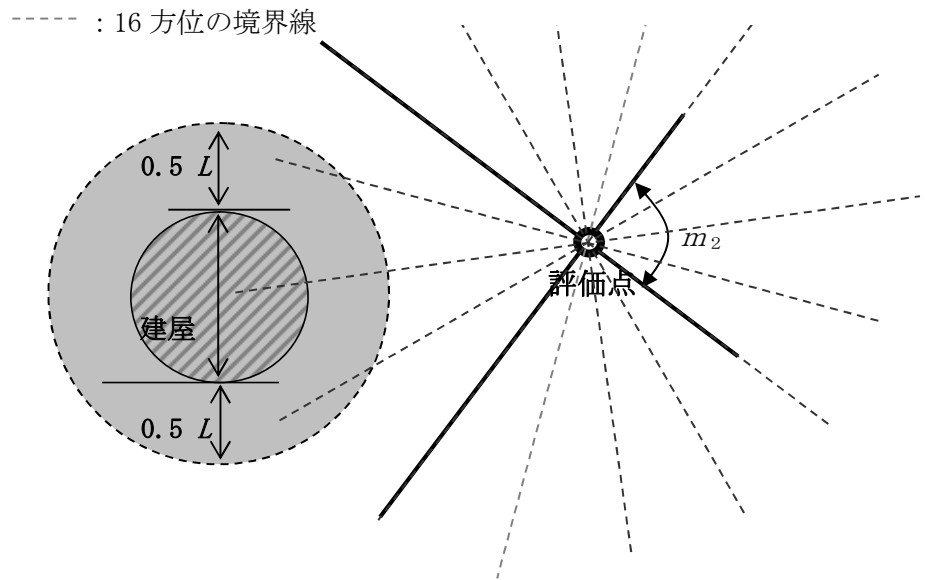
ロ. 放出点から放出された放射性物質が、建屋の風下側に巻き込まれるような範囲に、評価点が存在すること。この条件に該当する風向の方位 m_1 の選定には、次の図のような方位を用いることができる。

本図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（次の図のハッチング部分）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度が対象となる。



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

ハ. 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、次の図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、 $0.5 L$ の拡散領域（次の図のハッチング部分）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度が対象となる。

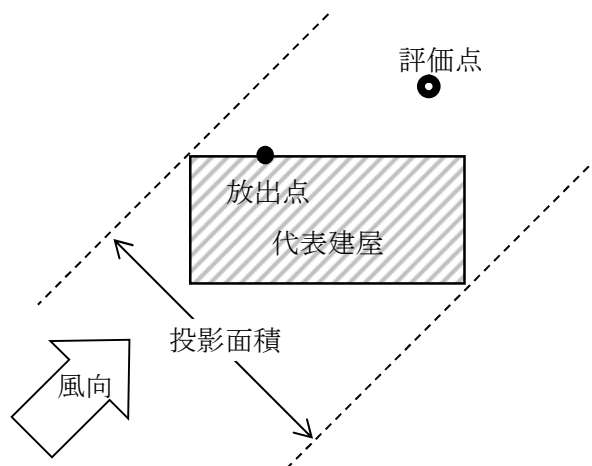


注： L は風向に垂直な建屋の投影面の高さ又は投影面の幅のうちの小さい方

上図は、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。

d. 建屋投影面積

(a) 下図に示すとおり、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。



- (b) 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。
- (c) 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。
- (3) 相対濃度及び相対線量の評価方法
- a. 大気拡散の基本式

放射性物質の大気拡散の計算式は、気象指針に記載の計算式を適用する。

- (a) 建屋の影響がない場合の基本拡散式

放射性物質の空气中濃度(χ)又は放出源における放出率で規格化した相対濃度(χ/Q)は、放出源の高さ、風速、大気安定度に応じて、空間濃度分布が水平方向、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。

$$\chi(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U} \cdot \exp\left(-\lambda \frac{x}{U}\right) \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right\}\right] \quad (4.1)$$

ここで、

- $\chi(x, y, z)$: 点(x, y, z)における放射性物質の空气中濃度 (Bq/m³)
 Q : 放射性物質の放出率 (Bq/s)
 U : 風速 (m/s)
 λ : 放射性物質の崩壊定数 (1/s)
 H : 放出源の高さ (m)
 z : 評価点の高さ (m)
 σ_y : 平地での濃度分布の y 方向の拡がりパラメータ (m)
 σ_z : 平地での濃度分布の z 方向の拡がりパラメータ (m)

拡散式の座標は、放出源直下の地表を原点に、風下方向を x 軸、その直角方向を y 軸、鉛直方向を z 軸とする直角座標である。

ここで通常、放射性物質の放射性崩壊による減衰項は考慮しない。すなわち、(4.1)式で、放射性崩壊による減衰項を次のとおりとする。

$$\exp\left(-\lambda \frac{x}{U}\right) = 1$$

以上より、放射性崩壊による減衰項を 1 とすると、(4.1)式は以下のようにになる。

$$\chi(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right\}\right] \quad \cdot \cdot (4.2)$$

なお、濃度分布の拡がりパラメータ σ_y 及び σ_z は、気象指針のとおりとする。

(b) 建屋の影響がある場合の基本拡散式

建屋の影響がある場合には、放射性物質の空气中濃度 (χ) 又は放出源における放出率で規格化した相対濃度 (χ/Q) は、平地における大気拡散による拡がりパラメータである σ_y 及び σ_z に、建屋の風下側の巻き込みによる初期拡散パラメータ σ_{y0} 及び

σ_{z0} を加えた総合的な拡散パラメータである Σ_y 及び Σ_z を適用して計算する。

$$\chi(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi \cdot \Sigma_y \cdot \Sigma_z \cdot U} \cdot \exp\left(-\lambda \frac{x}{U}\right) \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\Sigma_y^2}\right) \cdot \left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\Sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\Sigma_z^2}\right\}\right] \quad \cdot (4.3)$$

$$\Sigma_y^2 = \sigma_{y0}^2 + \sigma_y^2 \quad , \quad \Sigma_z^2 = \sigma_{z0}^2 + \sigma_z^2$$

$$\sigma_{y0}^2 = \sigma_{z0}^2 = \frac{cA}{\pi}$$

ここで、

Σ_y : 建屋の影響を加えた濃度分布の y 方向の拡がりパラメータ (m)

Σ_z : 建屋の影響を加えた濃度分布の z 方向の拡がりパラメータ (m)

σ_{y0} : 建屋の風下側の巻き込みの影響による y 方向の初期拡散パラメータ (m)

σ_{z0} : 建屋の風下側の巻き込みの影響による z 方向の初期拡散パラメータ (m)

A : 建屋の風向方向の投影面積 (m²)

c : 形状係数 (-)

ここで、(4.1)式の場合と同様に、放射性崩壊による減衰項を 1 とすると、(4.3)式は次のようになる。

- σ_{yi} : 時刻 i における濃度分布の y 方向の拡がりパラメータ (m)
 σ_{zi} : 時刻 i における濃度分布の z 方向の拡がりパラメータ (m)
 U_i : 時刻 i における風速 (m/s)
 H : 放出源の高さ (m)
 z : 評価点の高さ (m)

ロ. 長時間放出の場合

長時間放出の場合、 $(\chi/Q)_i$ の計算にあたっては、放射性物質の全量が一方位内に一様に分布すると仮定して次式により計算する。

$$(\chi/Q)_i = \frac{2.032}{2\sigma_{zi} \cdot U_i \cdot x} \cdot \left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_{zi}^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_{zi}^2}\right\} \right] \quad \cdot (4.8)$$

ここで、

- x : 放出点から着目地点までの距離 (m)

(b) 建屋の影響がある場合の計算式

建屋の影響がある場合には、評価点を含む建屋の風下側では、放射性物質の濃度が建屋の投影面積に応じた拡がりをもって分布するものとして計算する。

イ. 短時間放出の場合

建屋の影響がない場合と同様、短時間放出の計算の場合には保守的に水平濃度分布の中心軸上に評価地点が存在し風向が一定であるものとして、次式によって濃度分布の最大値を計算する。

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{2\pi \cdot \Sigma_{yi} \cdot \Sigma_{zi} \cdot U_i} \cdot \left[\exp\left\{-\frac{(z-H)^2}{2\Sigma_{zi}^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H)^2}{2\Sigma_{zi}^2}\right\} \right] \quad \cdot (4.9)$$

$$\Sigma_{yi} = \sqrt{\sigma_{yi}^2 + \frac{cA}{\pi}}, \quad \Sigma_{zi} = \sqrt{\sigma_{zi}^2 + \frac{cA}{\pi}}$$

ここで、

- Σ_{yi} : 時刻 i における建屋の影響を加えた濃度分布の y 方向の拡がりパラメータ (m)
 Σ_{zi} : 時刻 i における建屋の影響を加えた濃度分布の z 方向の拡がりパラメータ (m)
 A : 建屋の風向方向の投影面積 (m²)
 c : 形状係数 (—)

なお、(4.9)式において、放出源と評価点での高度差による濃度の相違を考慮しないで、保守的に鉛直方向の最大濃度で計算する場合は、次式を用いる。

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{2\pi \cdot \sum_{y_i} \cdot \sum_{z_i} \cdot U_i} \cdot [1 + \exp\{-\frac{(2H)^2}{2\sum_{z_i}^2}\}] \dots\dots\dots (4.10)$$

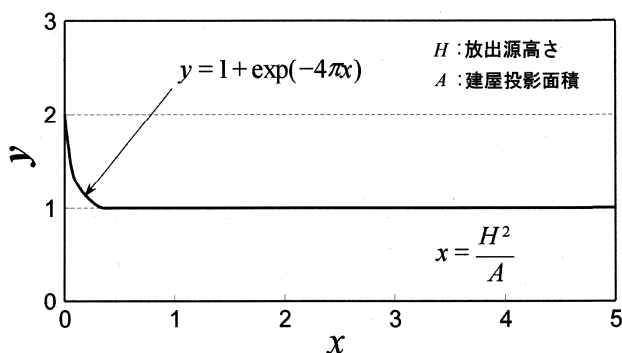
(4.10)式は、(4.9)式で、 $z = H$ とすれば得られる。

さらに、放出源高さが地表面と比較して十分高い場合、地表面からの反射による濃度の寄与は小さくなるため、(4.10)式において地表面の反射効果を示す右辺の指数減衰項を無視することができる。

よって、(4.10)式は、次式に簡素化することができる。

$$(\chi/Q)_i = \frac{1}{2\pi \cdot \sum_{y_i} \cdot \sum_{z_i} \cdot U_i} \dots\dots\dots (4.11)$$

放出源の高さでの濃度を評価する場合には、建屋屋上面での評価を含め、下図によって、具体的に減衰項が無視できることが確認できる。この減衰項は、地上面での反射による影響である。



ロ. 長時間放出の場合

長時間放出の場合には、建屋の影響のない場合と同様に、1方位内で平均化した濃度として求める。

ただし、建屋の影響による拡がりの幅が風向の1方位の幅よりも拡がり隣接の方位にまで及ぶ場合には、建屋の影響がない場合の(4.8)式を用いて放射性物質の拡がりの全量を計算し1方位の幅で平均すると、短時間放出の(4.9)式で得られる最大濃度より大きな値となり不合理な結果となることがある。

この場合、平均化処理を行うかわりに、保守的に長時間でも短時間の計算式による最大濃度として計算を行う。

c. 相対線量の計算方法

大気中に放出された放射性物質に起因する放射性雲からのガンマ線による全身に対する線量を計算するために、空気カーマを用いた相対線量を計算する。

空気カーマから全身に対しての線量への換算係数は、1 Sv/Gy とする。

評価地点(x, y, 0)における空気カーマ率は、次式によって計算する。

$$D=K_1 \cdot E \cdot \mu_{en} \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-\mu r}}{4 \pi r^2} B(\mu r) \chi(x', y', z') dx' dy' dz' \quad \dots \dots \dots (4.12)$$

ここで,

D : 評価地点(x, y, 0)における空気カーマ率 (μ Gy/s)

K_1 : 空気カーマ率への換算係数 $\left(\frac{\text{dis} \cdot \text{m}^3 \cdot \mu \text{ Gy}}{\text{MeV} \cdot \text{Bq} \cdot \text{s}} \right)$

E : ガンマ線の実効エネルギー (MeV/dis)

μ_{en} : 空気に対するガンマ線の線エネルギー吸収係数 (1/m)

μ : 空気に対するガンマ線の線減衰係数 (1/m)

r : (x', y', z')から(x, y, 0)までの距離 (m)

$B(\mu r)$: 空気に対するガンマ線の再生係数 (-)

$$B(\mu r) = 1 + \alpha(\mu r) + \beta(\mu r)^2 + \gamma(\mu r)^3$$

ただし, μ_{en} , μ , α , β , γ については, 0.5 MeVのガンマ線に対する値を用い, 以下のとおりとする。

$$\mu_{en} = 3.84 \times 10^{-3} (\text{m}^{-1}), \quad \mu = 1.05 \times 10^{-2} (\text{m}^{-1})$$

$$\alpha = 1.000, \quad \beta = 0.4492, \quad \gamma = 0.0038$$

$\chi(x', y', z')$: 放射性雲中の点(x', y', z')における濃度 (Bq/m³)

なお, $\chi(x', y', z')$ は, (3)a.項の大気拡散の基本式に示される「(a) 建屋の影響がない場合の基本拡散式」の(4.2)式及び「(b) 建屋の影響がある場合の基本拡散式」の(4.4)式により計算する。

(4) 評価結果

設計基準事故時における中央制御室の居住性に係る被ばく評価に使用する大気拡散評価条件を表4-2に示し, 評価結果を表4-3に示す。

表 4-2 放射性物質の大気拡散評価条件 (1/2)

項目	評価条件	備考
気象条件	東海第二発電所の 2005 年 4 月～ 2006 年 3 月までの 1 年間の気象デ ータ (原子炉冷却材喪失) 排気筒付近の風を代表する標高約 148 m の風向, 風速データを使用 (主蒸気管破断) 地上風を代表する標高 18 m の風 向, 風速データを使用	—
放出源及び放出高さ	(原子炉冷却材喪失) 非常用ガス処理系排気筒 有効高さ: 95 m (主蒸気管破断) ブローアウトパネル 有効高さ: 0 m	—
実効放出継続時間	(原子炉冷却材喪失) 希ガス: 24 時間 よう素: 24 時間 (主蒸気管破断) 希ガス及びハロゲン等: 1 時間 よう素: 20 時間	—
建屋の影響	(原子炉冷却材喪失) 考慮しない (主蒸気管破断) 考慮する	4.5(1)d. 項に基づき, 放 出源が排気筒の場合は, 放出源の高さが建屋の高 さの 2.5 倍以上となるこ とから建屋の影響を受け ないものとして評価す る。 放出源が建屋の場合に は, 建屋の影響を受ける ものとして評価する。
大気拡散評価地点及び 評価距離	(原子炉冷却材喪失) 中央制御室中心 評価距離: 100 m サービス建屋入口 評価距離: 110 m (主蒸気管破断) 中央制御室中心 評価距離: 10 m サービス建屋入口 評価距離: 15 m	図 4-8 参照

表 4-2 放射性物質の大気拡散評価条件 (2/2)

項 目	評価条件	備 考
着目方位	(原子炉冷却材喪失) 中央制御室 W 方位 (1 方位) サービス建屋入口 W 方位 (1 方位) (主蒸気管破断) 中央制御室 S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW, N (9 方位) サービス建屋入口 S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW, N (9 方位)	図 4-9~図 4-12 参照
建屋の投影面積	(原子炉冷却材喪失) - (主蒸気管破断) 3000 m ² (原子炉建屋, 短手方向)	図 4-13 参照
巻き込みを生じる建屋の形状係数	1/2	気象指針より

表 4-3 設計基準事故時における中央制御室の居住性に係る被ばく評価に使用する相対濃度 (χ/Q) 及び相対線量 (D/Q) 評価結果

被ばく経路	評価点	項目		原子炉冷却材喪失 (仮想事故)	主蒸気管破断 (仮想事故)
室内 作業時	中央制御室 中心	D/Q (Gy/Bq)	希ガス*	4.9×10^{-20}	2.9×10^{-18}
		χ/Q (s/m ³)	希ガス*	1.2×10^{-6}	8.3×10^{-4}
			よう素	1.2×10^{-6}	4.9×10^{-4}
入退域時	サービス建屋 入口	D/Q (Gy/Bq)	希ガス*	5.0×10^{-20}	2.9×10^{-18}
		χ/Q (s/m ³)	よう素	1.2×10^{-6}	4.9×10^{-4}

注記 * : 主蒸気管破断においては, 希ガス及びハロゲン等を示す。



図 4-8 放射性物質の放出源と評価点の位置関係

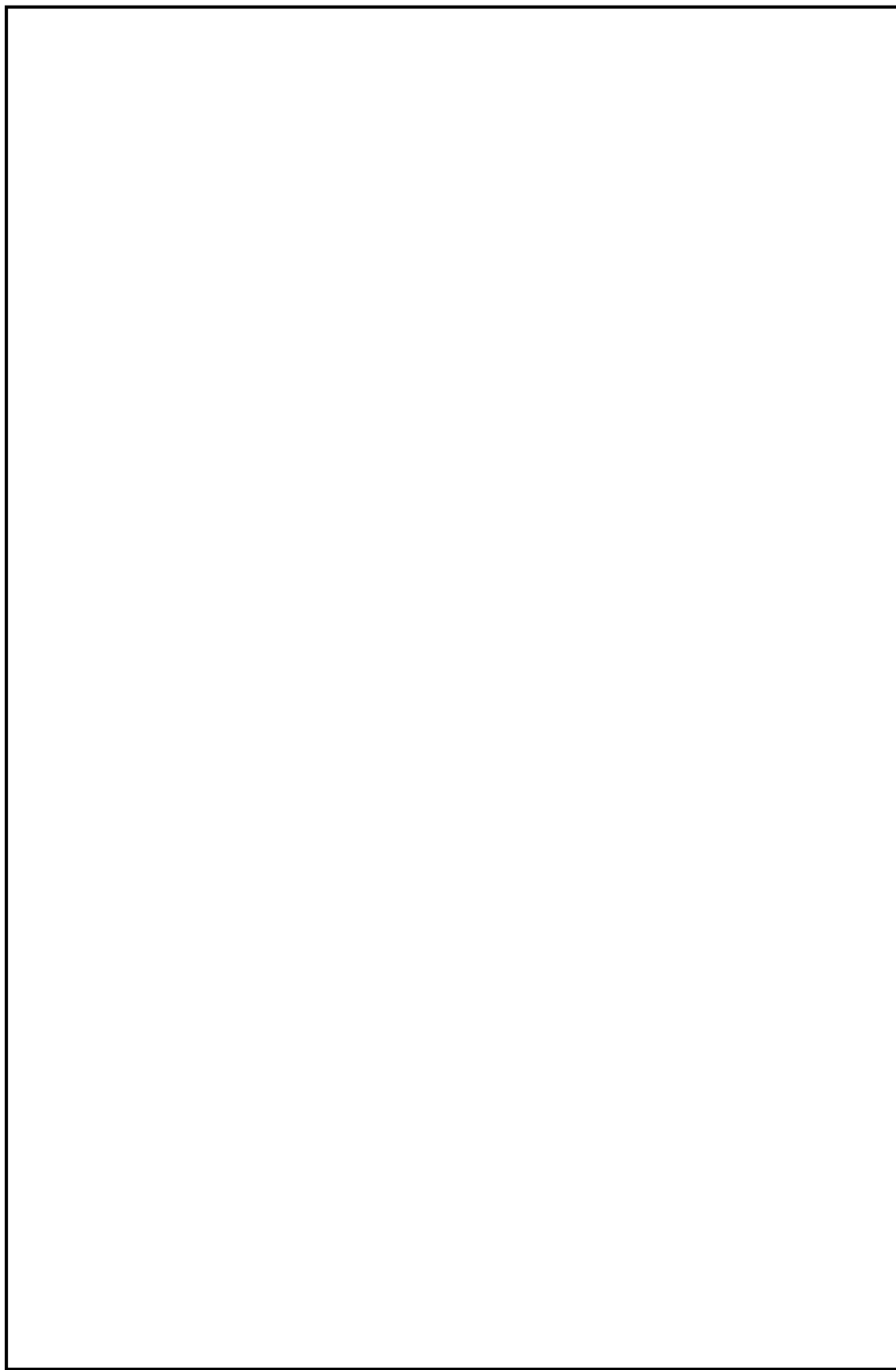


図 4-9 原子炉冷却材喪失時の室内作業時の評価方位（中央制御室中心）

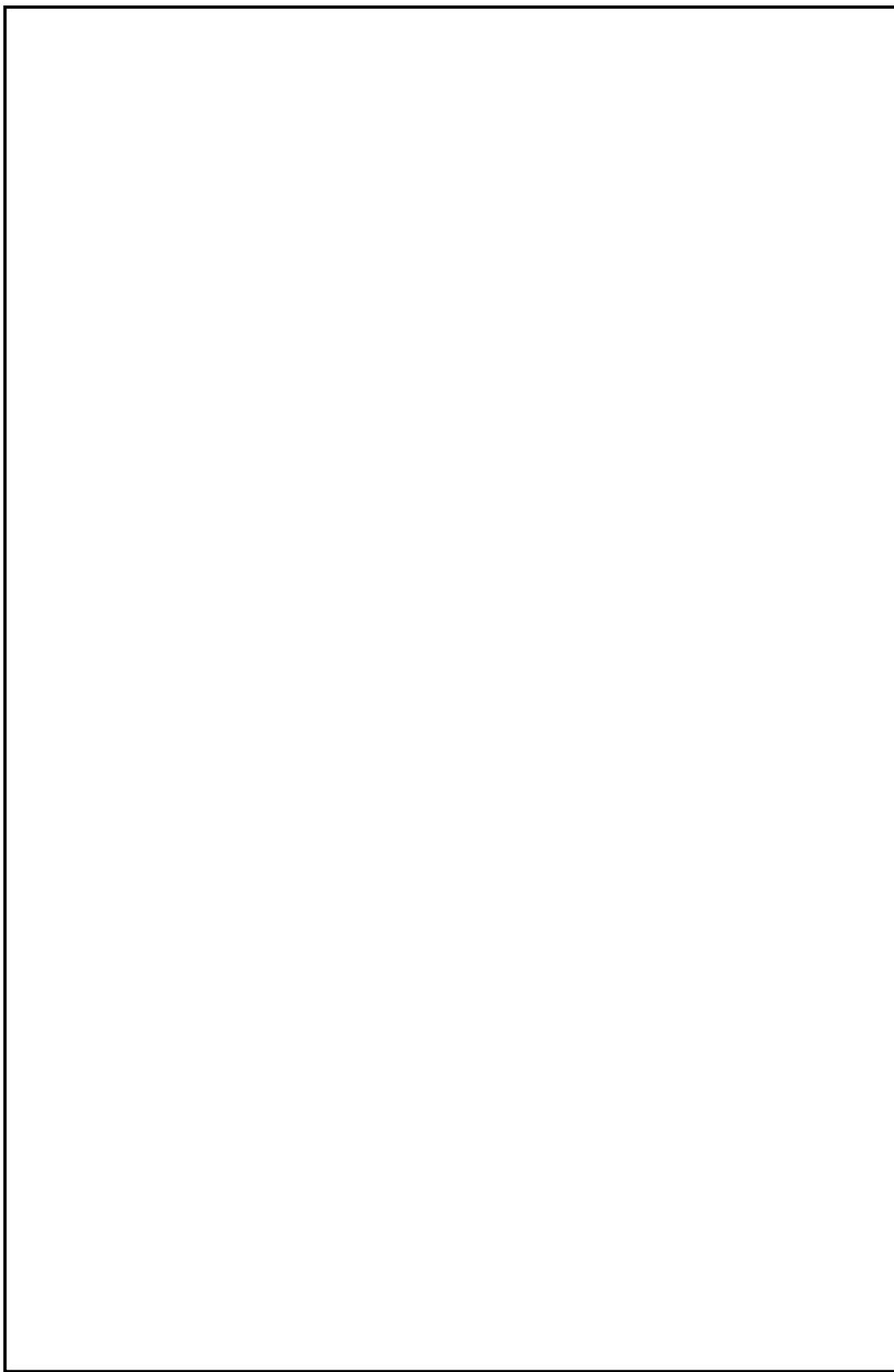


図 4-10 原子炉冷却材喪失時の入退域時の評価方位 (サービス建屋入口)

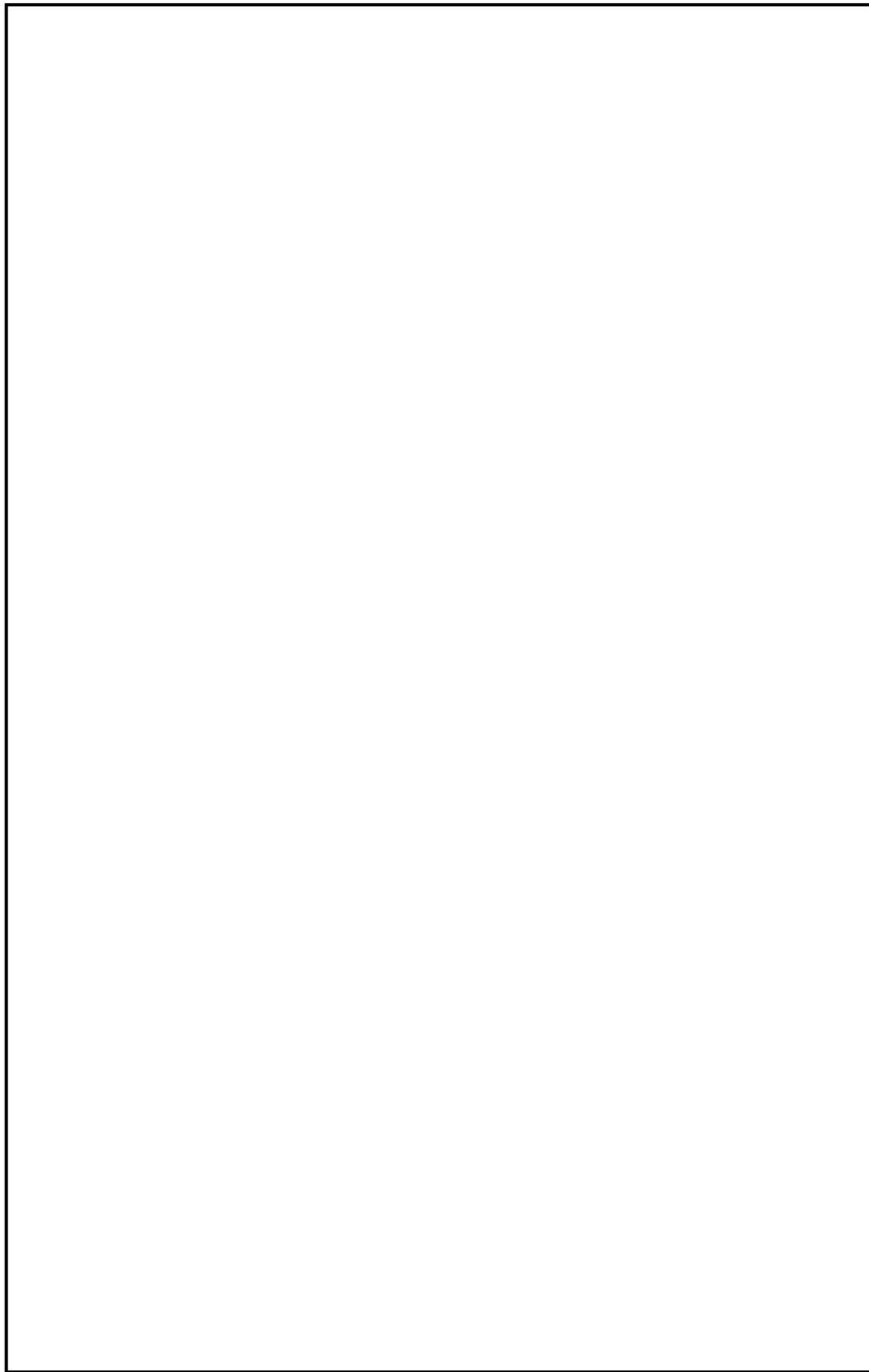


図 4-11 主蒸気管破断時の室内作業時の評価方位（中央制御室中心）

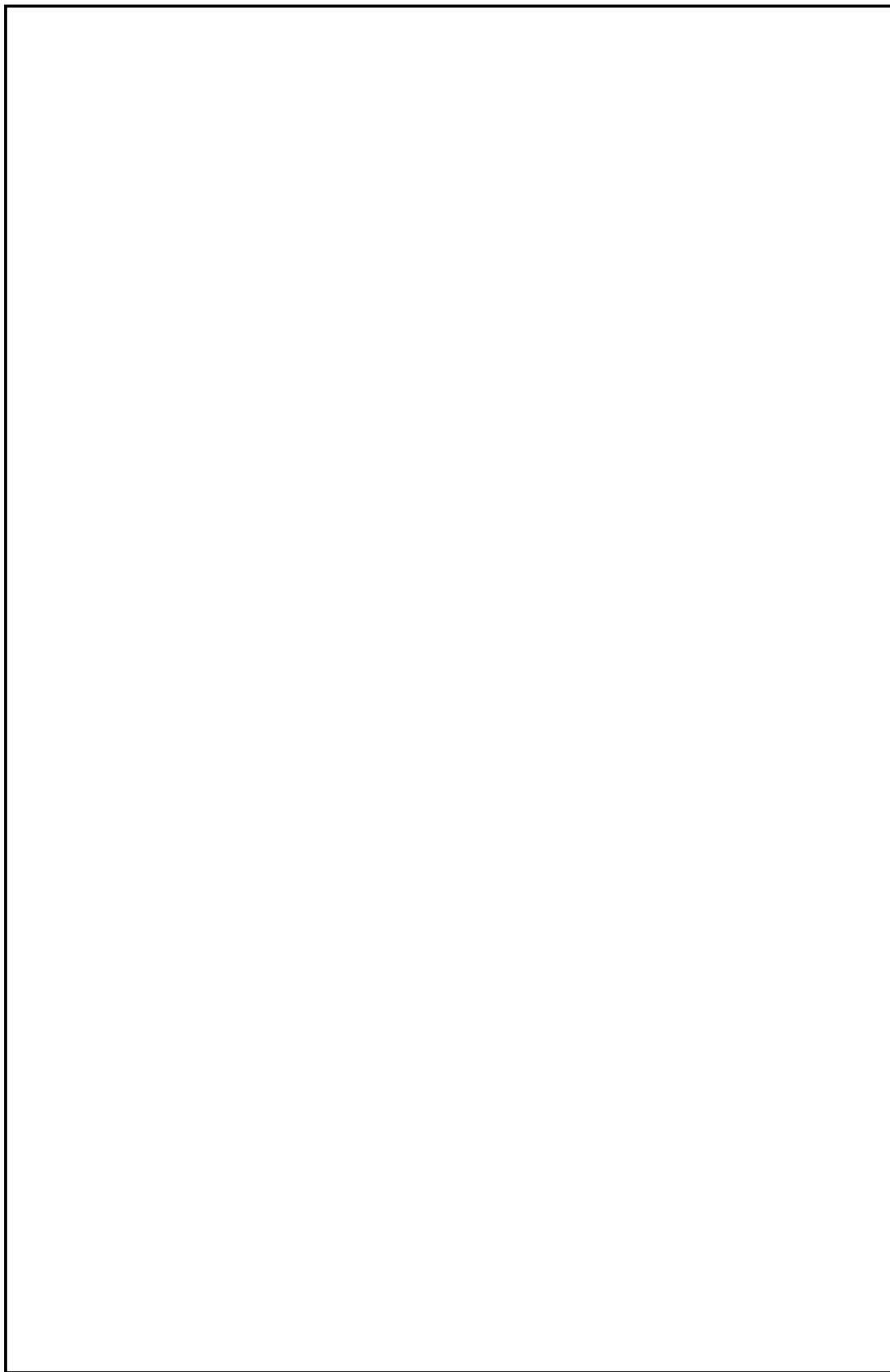


図 4-12 主蒸気破断時の入退域時の評価方位（サービス建屋入口）

注：○は評価方位を示す。

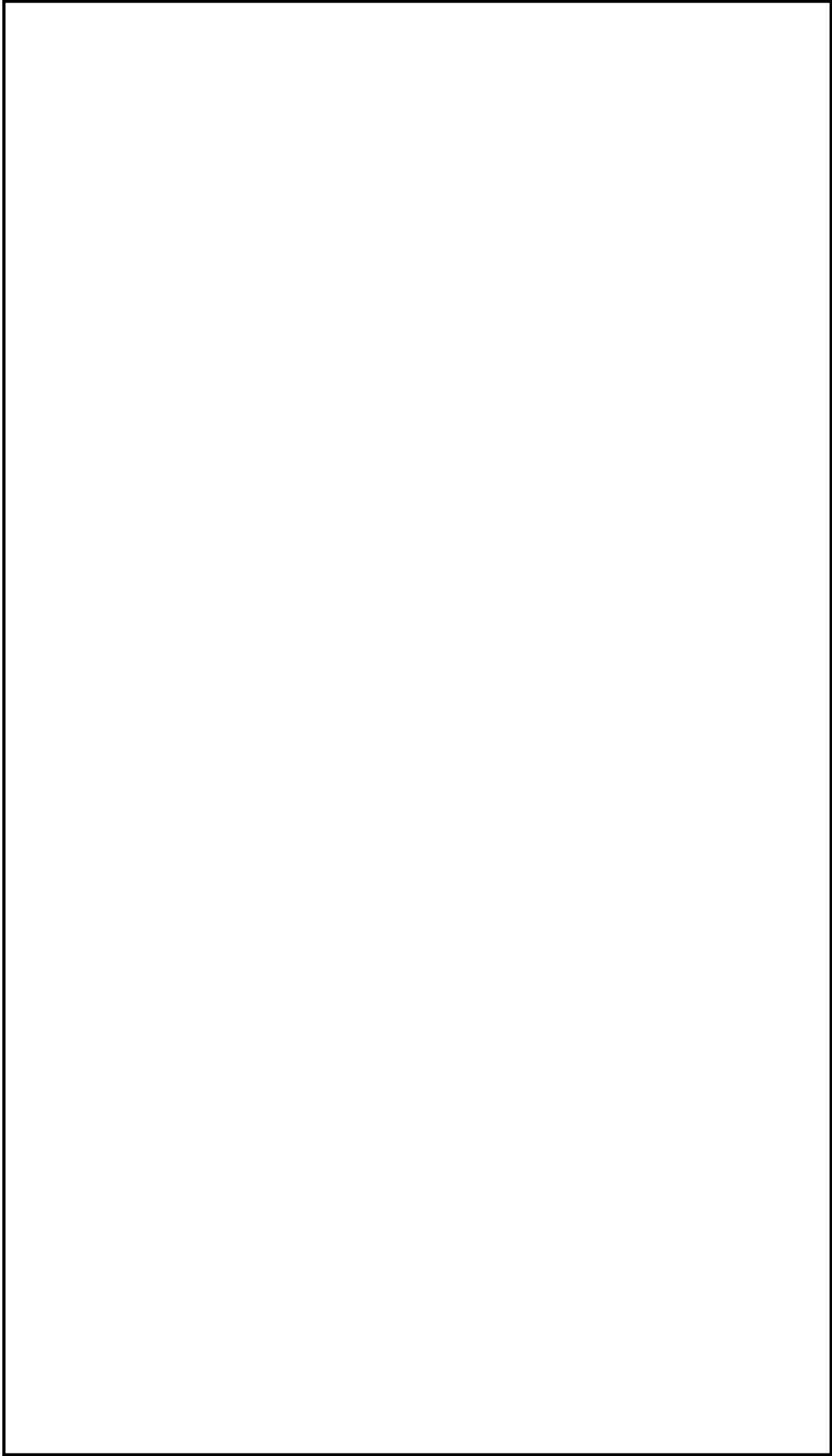


図 4-13 原子炉建屋断面積 (投影面積)

4.6 運転員の実効線量評価

4.6.1 室内作業時の実効線量評価

- (1) 建屋内の放射性物質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被ばく
原子炉冷却材喪失（仮想事故）及び主蒸気管破断（仮想事故）を想定した場合の室内作業時における，原子炉建屋内及びタービン建屋内に浮遊する放射性物質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実効線量の評価条件及び結果を以下に示す。

a. 評価条件

(a) 線源強度

イ. 原子炉冷却材喪失（仮想事故）

線源強度は，4.4節の解析のための前提条件の(2)a.項の原子炉冷却材喪失（仮想事故）を基に，次のとおり求める。

- ① 事故時に炉心から格納容器内に放出された放射性物質は，格納容器から原子炉建屋（二次格納施設）内に放出される。この二次格納施設内の放射性物質を直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の線源とする。
- ② 二次格納施設内の放射性物質は自由空間内に均一に分布するものとする。
- ③ 二次格納施設内の放射性物質量の計算にあたっては，放射性物質の崩壊による減衰及び非常用ガス処理系による除去効果を期待する。
- ④ 事故後30日間の積算線源強度は，二次格納施設内の放射性物質によるガンマ線を複数のガンマ線エネルギー範囲（エネルギー群）に区分して計算する。

ロ. 主蒸気管破断（仮想事故）

線源強度は，4.4節の解析のための前提条件の(2)b.項の主蒸気管破断（仮想事故）を基に，次のとおり求める。

- ① 事故時主蒸気隔離弁閉止前に主蒸気管破断口から放出された放射性物質及び主蒸気隔離弁閉止後に主蒸気隔離弁からの漏えいにより放出された放射性物質は，全量がタービン建屋から漏えいすることなく，保守的にタービン建屋（管理区域）内の自由空間内に均一に分布するものとする。このタービン建屋内の放射性物質を直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の線源とする。
- ② タービン建屋内の放射性物質の崩壊による減衰を考慮する。
- ③ タービン建屋内への放射性物質の放出量の計算は，大気中への放出量計算条件（4.4節の解析のための前提条件の(2)b.項の主蒸気管破断（仮想事故）参照）と同じとする。ただし，線源強度の計算にあたっては，保守的に建屋から放出されず，全量が建屋内にとどまるものとする。
- ④ 事故後30日間の積算線源強度は，タービン建屋内の放射性物質によるガンマ線を複数のガンマ線エネルギー範囲（エネルギー群）に区分して計算する。

原子炉冷却材喪失（仮想事故）時及び主蒸気管破断（仮想事故）時の直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の評価に使用する線源強度を表 4-4 及び表 4-5 に示す。

ガンマ線エネルギー群構造は評価済核データライブラリ JENDL-3.3^{*1}から作成した輸送計算用ライブラリ MATXSLIB-J33^{*2}の 42 群とする。

注記 *1: K. Shibata, et al., "Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3 Revision-3: JENDL-3.3", J. Nucl. Sci. Technol., 39, 1125 (2002)

*2: K. Kosako, N. Yamano, T. Fukahori, K. Shibata and A. Hasegawa, "The Libraries FSXLIB and MATXSLIB based on JENDL-3.3", JAERI-Data/Code 2003-011 (2003)

(b) 幾何条件

イ. 原子炉冷却材喪失（仮想事故）

中央制御室内での被ばく評価に係る直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の評価モデルをそれぞれ図 4-14 及び図 4-15 に示す。直接ガンマ線の線源範囲は、原子炉建屋の地下 1 階以上^{*1}とし、保守的に各階の二次格納施設の東西南北最大幅をとることとする。スカイシャインガンマ線の線源範囲は、原子炉建屋運転階のみ^{*2}とする。

原子炉建屋は保守的に二次遮蔽及び中央制御室遮蔽を考慮する。二次遮蔽及び中央制御室遮蔽において、評価で考慮する壁及び天井は、公称値からマイナス側許容差（5 mm）を引いた値とする。

注記 *1: 地下階は外壁厚さが厚く、地面にも遮られるため十分無視できる。

ただし、原子炉建屋に関しては、中央制御室が隣接するため保守的に地下 1 階を考慮する。

*2: 原子炉建屋運転階の床はコンクリート厚さが厚く、下層階からの放射線を十分に遮蔽している。したがって、建屋天井から放射されるガンマ線を線源とするスカイシャインガンマ線の評価では、下層階に存在する放射性物質からの放射線の影響は十分小さいため、線源として無視できる。

ロ. 主蒸気管破断（仮想事故）

主蒸気管破断時における室内作業時の直接ガンマ線評価モデルを図 4-16 に示す。

直接ガンマ線の線源範囲は、タービン建屋の地上 1 階以上^{*}とし、保守的に各階の管理区域の東西・南北最大幅をとることとする。

中央制御室は中央制御室遮蔽を考慮し、タービン建屋は保守的に建屋の躯体を考慮しない。

なお、中央制御室遮蔽は鉄筋コンクリートであるが、評価上コンクリートのみとし、コンクリート密度は 2.0 g/cm^3 とする。また、評価で考慮する壁は、公称値からマイナス側許容差（5 mm）を引いた値とする。

注記 *：地下階は外壁厚さが厚く、地面にも遮られるため十分無視できる。

(c) 評価点

原子炉冷却材喪失時における室内作業時の評価点は、図 4-14 に示すように中央制御室内での線量が最大となる位置とする。

また、主蒸気管破断時における室内作業時の評価点は、図 4-16 に示すように中央制御室内において線量が最大となる位置とする。

(d) 計算コード

直接ガンマ線については、QAD-CGGP2Rコードを用い、スカイシャインガンマ線は、ANISN及びG33-GP2Rコードを用いる。

b. 評価結果

原子炉冷却材喪失（仮想事故）時における室内作業時の原子炉建屋内放射性物質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実効線量評価結果を表 4-6 に示す。

また、主蒸気管破断（仮想事故）時における室内作業時のタービン建屋内放射性物質からの直接ガンマ線による実効線量評価結果を表 4-7 に示す。

表 4-4 原子炉冷却材喪失（仮想事故）時の原子炉建屋内の放射性物質からのエネルギー群別
ガンマ線積算線源強度（30日間積算値）

群	エネルギー (MeV)	ガンマ線積算線源強度 (-)	群	エネルギー (MeV)	ガンマ線積算線源強度 (-)
1	0.01	1.2×10^{17}	22	1.5	1.5×10^{19}
2	0.02	2.3×10^{15}	23	1.66	5.5×10^{18}
3	0.03	7.2×10^{17}	24	2.0	4.5×10^{18}
4	0.045	1.0×10^{15}	25	2.5	2.6×10^{19}
5	0.06	0.0	26	3.0	1.1×10^{18}
6	0.07	0.0	27	3.5	2.9×10^{16}
7	0.075	0.0	28	4.0	0.0
8	0.1	6.2×10^{21}	29	4.5	0.0
9	0.15	4.6×10^{17}	30	5.0	0.0
10	0.2	4.8×10^{19}	31	5.5	0.0
11	0.3	4.9×10^{20}	32	6.0	0.0
12	0.4	1.5×10^{20}	33	6.5	0.0
13	0.45	7.7×10^{18}	34	7.0	0.0
14	0.51	7.8×10^{18}	35	7.5	0.0
15	0.512	7.0×10^{17}	36	8.0	0.0
16	0.6	6.2×10^{19}	37	10.0	0.0
17	0.7	1.8×10^{20}	38	12.0	0.0
18	0.8	1.1×10^{20}	39	14.0	0.0
19	1.0	4.5×10^{19}	40	20.0	0.0
20	1.33	2.2×10^{19}	41	30.0	0.0
21	1.34	4.8×10^{16}	42	50.0	0.0

表 4-5 主蒸気管破断（仮想事故）時のタービン建屋内の放射性物質からのエネルギー群別ガンマ線積算線源強度（30日間積算値）

群	エネルギー (MeV)	ガンマ線積算線源強度 (-)	群	エネルギー (MeV)	ガンマ線積算線源強度 (-)
1	0.01	9.0×10^{14}	22	1.5	1.8×10^{16}
2	0.02	8.0×10^{13}	23	1.66	3.0×10^{16}
3	0.03	3.6×10^{15}	24	2.0	2.8×10^{16}
4	0.045	7.7×10^{16}	25	2.5	1.2×10^{17}
5	0.06	0.0	26	3.0	8.9×10^{15}
6	0.07	0.0	27	3.5	3.7×10^{14}
7	0.075	0.0	28	4.0	8.2×10^{13}
8	0.1	5.6×10^{18}	29	4.5	3.1×10^{12}
9	0.15	6.3×10^{16}	30	5.0	0.0
10	0.2	1.3×10^{18}	31	5.5	0.0
11	0.3	1.1×10^{18}	32	6.0	0.0
12	0.4	2.0×10^{18}	33	6.5	0.0
13	0.45	4.6×10^{16}	34	7.0	0.0
14	0.51	1.2×10^{16}	35	7.5	0.0
15	0.512	5.4×10^{15}	36	8.0	0.0
16	0.6	3.1×10^{17}	37	10.0	0.0
17	0.7	2.4×10^{17}	38	12.0	0.0
18	0.8	2.5×10^{17}	39	14.0	0.0
19	1.0	9.5×10^{16}	40	20.0	0.0
20	1.33	9.3×10^{16}	41	30.0	0.0
21	1.34	4.8×10^{14}	42	50.0	0.0

表 4-6 原子炉冷却材喪失（仮想事故）時における原子炉建屋内の放射性物質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実効線量評価結果（室内作業時）

項目	実効線量（mSv）			備考
	直接ガンマ線	スカイシャインガンマ線	合計	
30日間積算値	5.8×10^0	1.4×10^{-3}	5.8×10^0	—
直交替を考慮した場合	1.6×10^0	3.9×10^{-4}	1.6×10^0	30日間積算値に直交替による滞在時間割合(0.27222)*を掛け合わせた値

注記 *：4.4節の解析のための前提条件の「(4) 直交替を考慮した場合の被ばく評価方法」の a. 項の室内作業時の被ばく評価方法による。

表 4-7 主蒸気管破断（仮想事故）時におけるタービン建屋内の放射性物質からの直接ガンマ線による実効線量評価結果（室内作業時）

項目	実効線量（mSv）		備考
	直接ガンマ線		
30日間積算値	1.6×10^{-2}		—
直交替を考慮した場合	4.3×10^{-3}		30日間積算値に直交替による滞在時間割合(0.27222)*を掛け合わせた値

注記 *：4.4節の解析のための前提条件の「(4) 直交替を考慮した場合の被ばく評価方法」の a. 項の室内作業時の被ばく評価方法による。

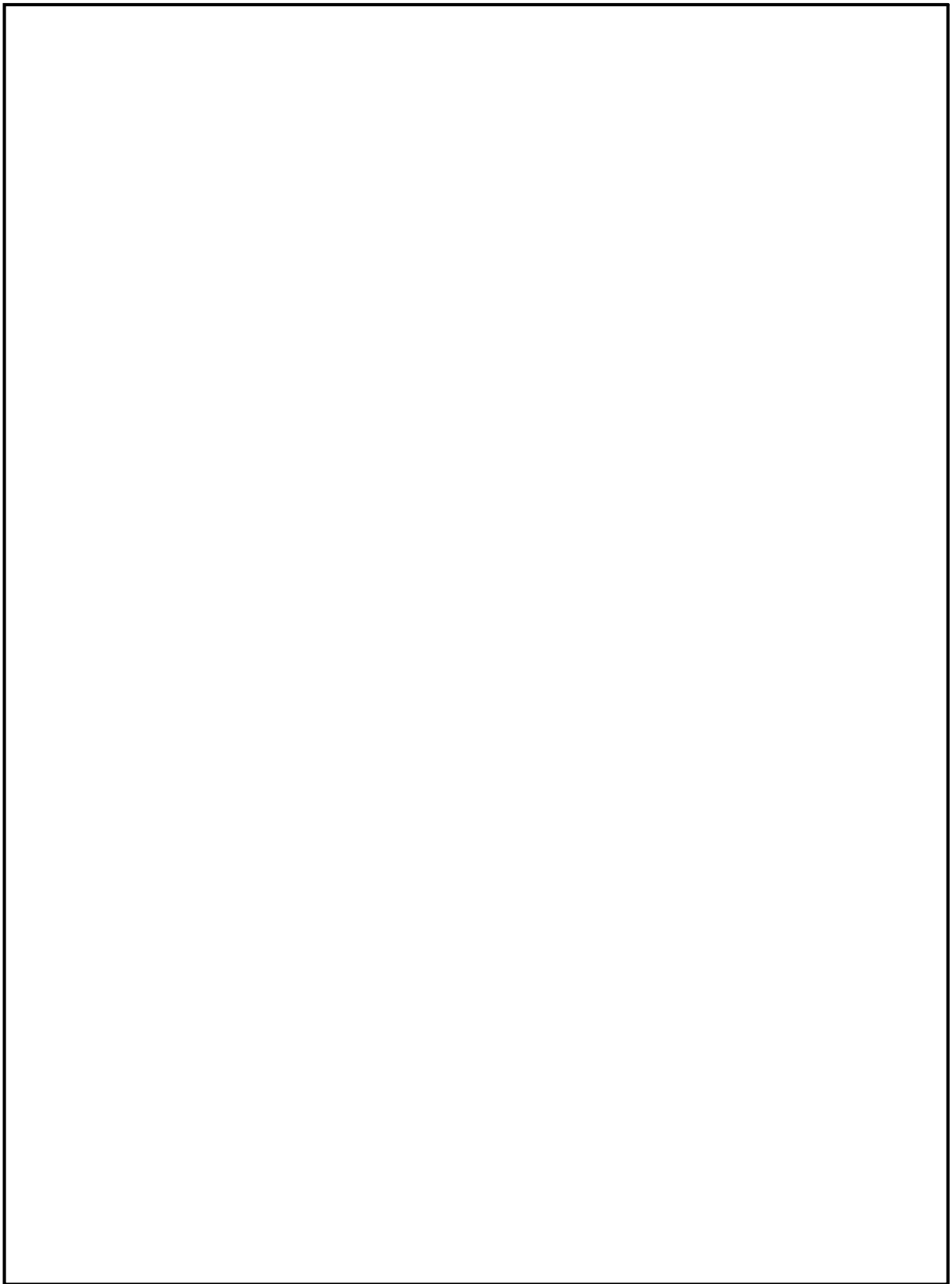


図 4-14 原子炉冷却材喪失時の直接ガンマ線評価モデル(1/2)

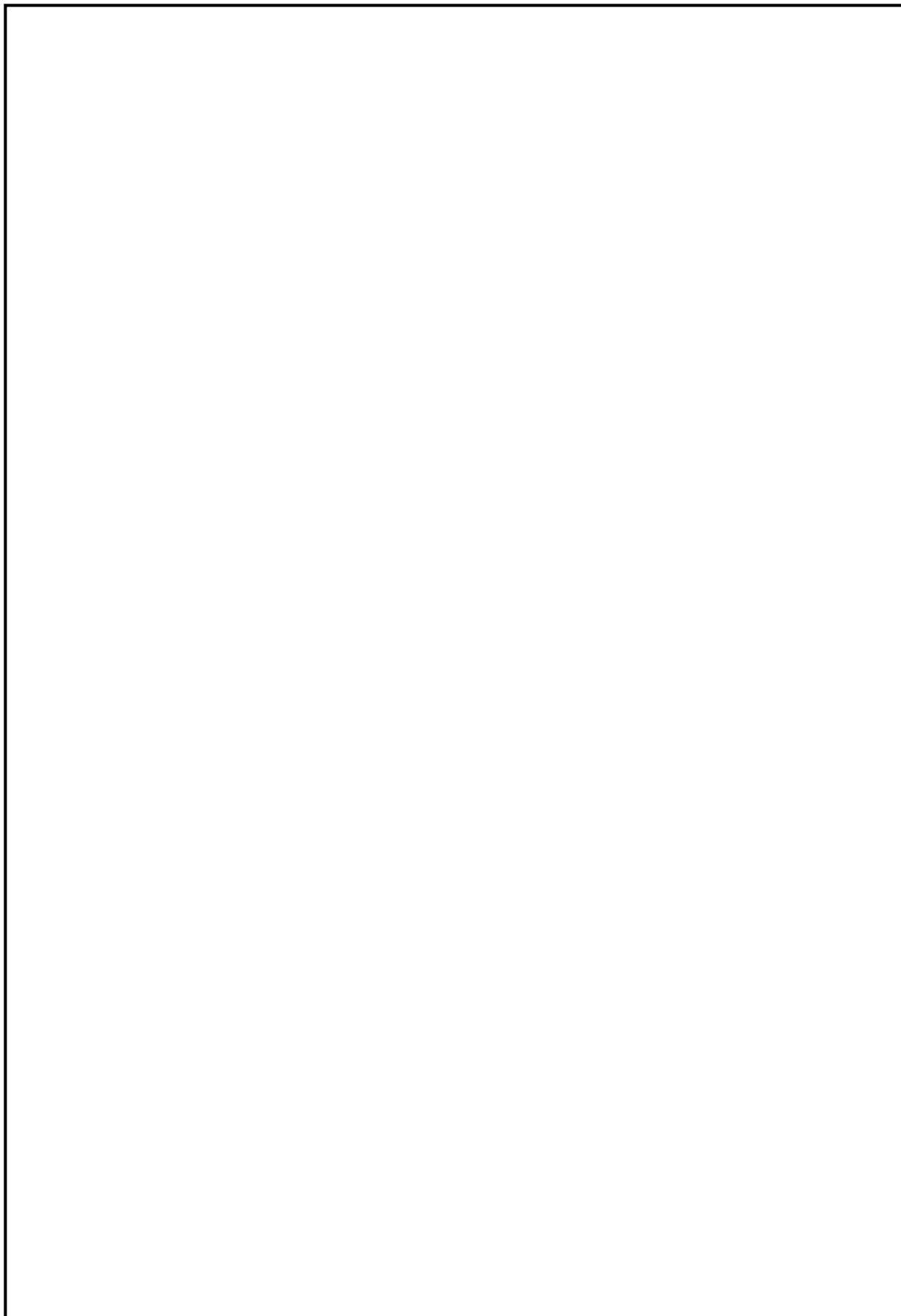


図 4-14 原子炉冷却材喪失時の直接ガンマ線評価モデル(2/2)

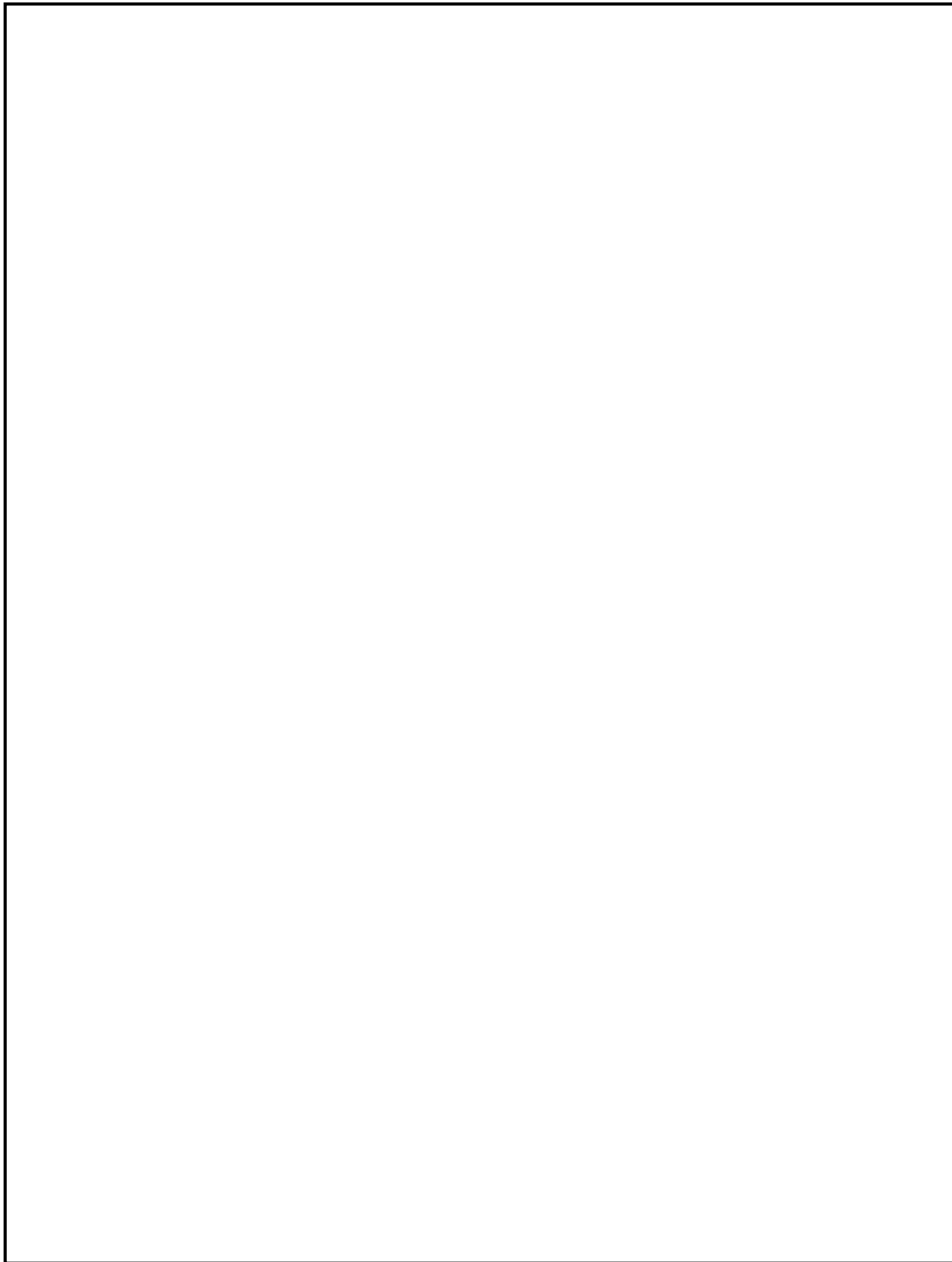


図 4-15 原子炉冷却材喪失時のスカイシャインガンマ線評価モデル

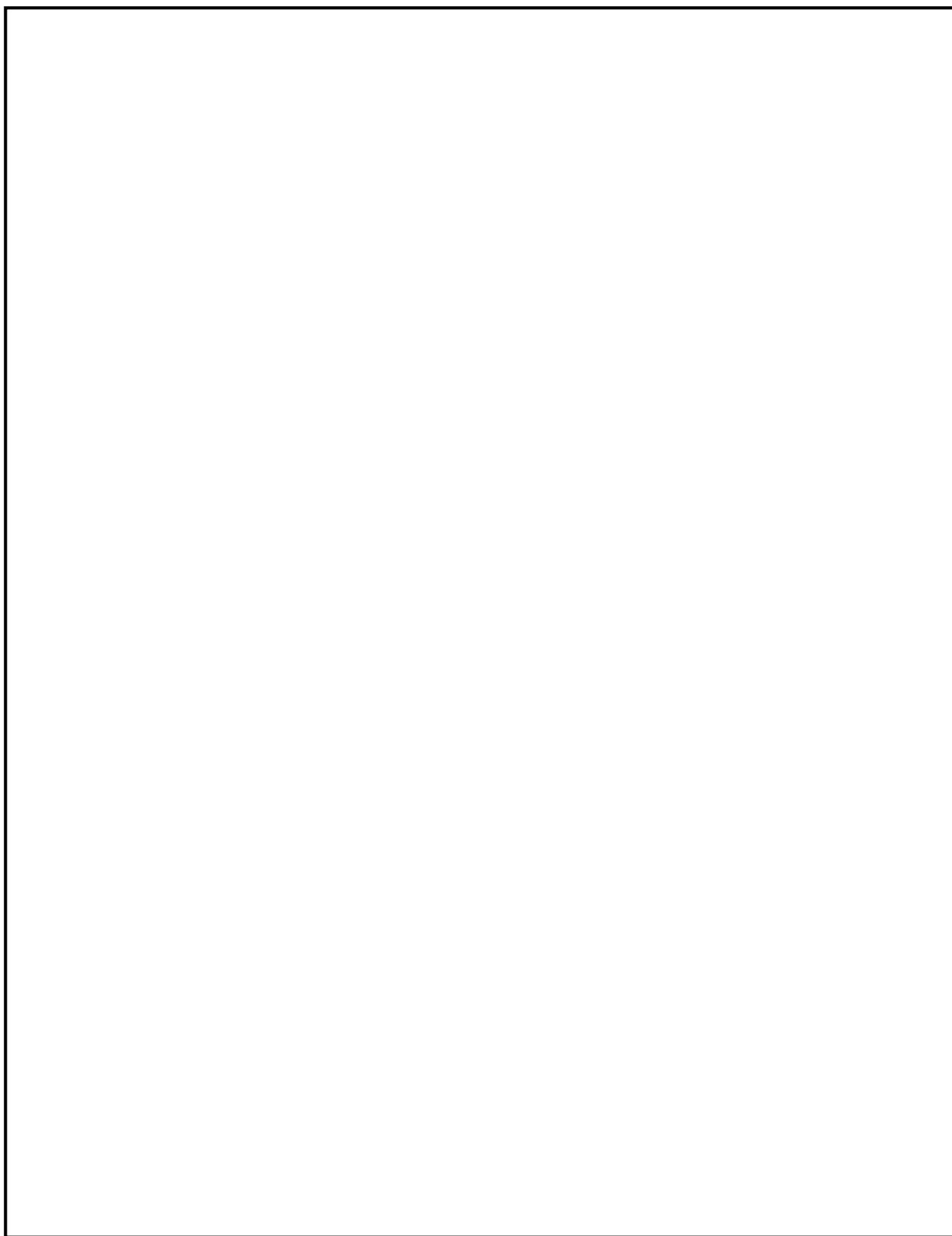


図 4-16 主蒸気管破断時の直接ガンマ線評価モデル(1/2)

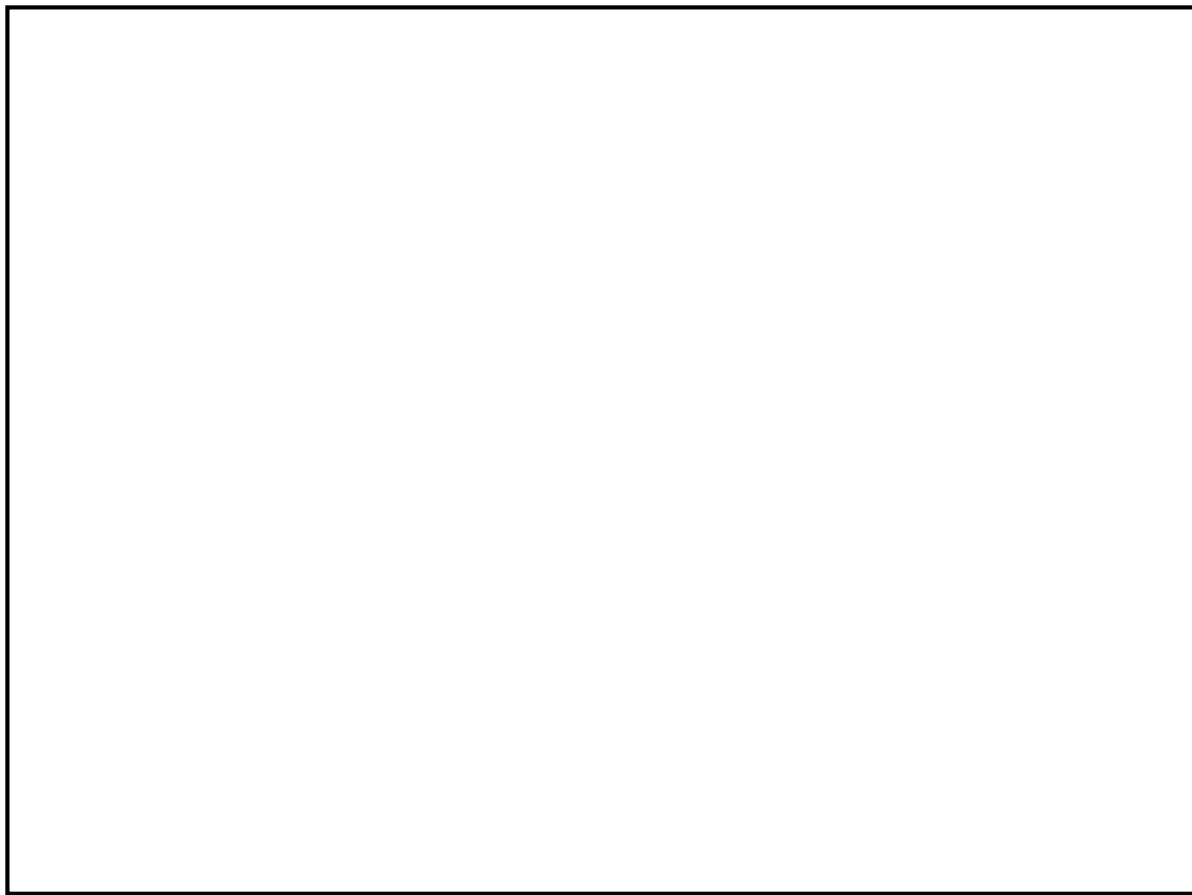


図 4-16 主蒸気管破断時の直接ガンマ線評価モデル(2/2)

(2) 大気中放射性物質による被ばく

建屋より大気中へ放出された放射性物質からの直接ガンマ線による運転員の中央制御室内作業時の実効線量を以下に評価する。

a. 評価条件

評価条件は以下のとおりである。

(a) 放射性物質の放出量

事故時に大気中へ放出される放射性物質の放出量は、4.4節の解析のための前提条件の「(2) 事故時の放射性物質の放出量」に基づくものとする。

原子炉冷却材喪失（仮想事故）時及び主蒸気管破断（仮想事故）時の30日間積算放出量を表4-8及び表4-9に示す。

(b) 大気拡散条件

線量評価に使用する相対線量(D/Q)は、4.5節の線量評価に使用する大気拡散評価の「(4) 評価結果」に示した、室内作業時の評価結果を使用する。

評価対象事象	D/Q (Gy/Bq)
原子炉冷却材喪失 (仮想事故)	4.9×10^{-20}
主蒸気管破断 (仮想事故) (主蒸気隔離弁閉止後)	2.9×10^{-18}

また、主蒸気管破断時の主蒸気隔離弁閉止前の線量評価に使用する大気拡散条件は、申請書添付十の解析と同一条件として、以下とする。

項目	数値
半球状雲の体積	$3.44 \times 10^6 \text{ m}^3$
半球状雲の直径	236 m
半球状雲の移動の評価のための風速	1 m/s

(c) 中央制御室遮蔽での減衰効果

中央制御室遮蔽での減衰効果は、以下の条件により求める。

項目	数値	備考
コンクリート厚さ	40 cm*	図4-14 参照
コンクリート密度	2.0 g/cm ³	
ガンマ線エネルギー	1.5 MeV	—

注記 * : 評価で考慮する壁は、公称値からマイナス側許容差 (5 mm) を引いた値とする。

b. 評価方法

(a) 原子炉冷却材喪失時

原子炉冷却材喪失時の大気中放射性物質からの直接ガンマ線による中央制御室内作業時の実効線量は、以下により評価する。

(30日間連続滞在の場合)

$$H_{\gamma} = \int_0^{30\text{日}} K \cdot D/Q \cdot Q_{\gamma}(t) \cdot F dt$$

ここで、

H_{γ} : 希ガスのガンマ線の外部被ばくによる実効線量 (Sv)

K : 空気カーマから実効線量への換算係数 (1 Sv/Gy)

D/Q : 相対線量 (Gy/Bq)

$Q_{\gamma}(t)$: 時刻 t における大気への放射能放出率 (Bq/s)

(ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)

F : 中央制御室遮蔽厚さ (39.5 cm) における減衰率 (9.3×10^{-2})

(b) 主蒸気管破断時

主蒸気管破断時の大気中放射性物質からの直接ガンマ線による中央制御室内作業時の実効線量は、以下により評価する。

イ. 主蒸気隔離弁閉止前

主蒸気隔離弁閉止前は、破断口から放出された蒸気雲が中央制御室外側を通過する間の被ばくを考慮するものとし、以下により評価する。

$$H_{\gamma 1} = 6.2 \times 10^{-14} \cdot \frac{Q_{\gamma 1}}{V} \cdot E_{\gamma} \cdot \frac{\alpha}{u} \cdot \left\{ 1 - e^{-\mu \cdot \alpha / 2} \right\} \cdot F$$

ここで、

$H_{\gamma 1}$: 希ガス及びハロゲン等のガンマ線の外部被ばくによる実効線量 (Sv) (ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)

$Q_{\gamma 1}$: 主蒸気隔離弁閉止前の半球状雲中の放射性物質質量 (Bq) (ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)

V : 半球状雲の体積 (m^3)

E_{γ} : ガンマ線エネルギー (0.5 MeV)

α : 半球状雲の直径 (m)

u : 半球状雲の移動の評価のための風速 (1 m/s)

- μ : 空気に対するガンマ線のエネルギー吸収係数 ($3.9 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$)
 F : 中央制御室遮蔽厚さ (39.5 cm) における減衰率 (9.3×10^{-2})

ロ. 主蒸気隔離弁閉止後

主蒸気隔離弁閉止後の大気中放射性物質からの直接ガンマ線による中央制御室内作業時の実効線量は、以下により評価する。

(30日間連続滞在の場合)

$$H_{\gamma 2} = \int_0^{30\text{日}} K \cdot D/Q \cdot Q_{\gamma 2}(t) \cdot F dt$$

ここで、

- $H_{\gamma 2}$: 希ガス及びハロゲン等のガンマ線の外部被ばくによる実効線量
 (Sv) (ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)
 K : 空気カーマから実効線量への換算係数 (1 Sv/Gy)
 D/Q : 相対線量 (Gy/Bq)
 $Q_{\gamma 2}(t)$: 時刻 t における大気への放射能放出率 (Bq/s)
 (ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)
 F : 中央制御室遮蔽厚さ (39.5 cm) における減衰率 (9.3×10^{-2})

c. 評価結果

原子炉冷却材喪失 (仮想事故) 時及び主蒸気管破断 (仮想事故) 時の中央制御室内作業時の大気中放射性物質からの直接ガンマ線による運転員の実効線量を評価した結果を表 4-10 及び表 4-11 に示す。

表 4-8 原子炉冷却材喪失（仮想事故）時の放射性物質の大気への放出量（30 日間積算値）

核分裂生成物	放出量 (Bq)	備 考
希ガス (ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)	2.7×10^{16}	時々刻々の大気への 放出率を 30 日間積算 した値

表 4-9 主蒸気管破断（仮想事故）時の放射性物質の大気への放出量（30 日間積算値）

核分裂生成物		放出量 (Bq)	備 考
希ガス (ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)	主蒸気隔離弁 閉止前	6.1×10^{13}	破断口からの放出量
	主蒸気隔離弁 閉止後	1.2×10^{14}	時々刻々の大気への 放出率を 30 日間積 算した値

表 4-10 原子炉冷却材喪失（仮想事故）時の大気中放射性物質による実効線量評価結果（室内作業時）

項 目	実効線量 (mSv)	備 考
30 日間積算値	1.2×10^{-1}	—
直交替を考慮した場合	3.4×10^{-2}	30 日間積算値に直交替による滞在時間割合 (0.27222) * を掛け合わせた値

注記 * : 4.4 節の解析のための前提条件の「(4) 直交替を考慮した場合の被ばく評価方法」の a. 項の室内作業時の被ばく評価方法による。

表 4-11 主蒸気管破断（仮想事故）時の大気中放射性物質による実効線量評価結果（室内作業時）

項 目	実効線量 (mSv)	備 考	
30 日間積算値	主蒸気隔離弁閉止前	4.4×10^{-3}	主蒸気隔離弁閉止前については、蒸気雲が中央制御室外側を 1 m/s の速度で通過する間の値を示す。
	主蒸気隔離弁閉止後	3.2×10^{-2}	
	合 計	3.7×10^{-2}	
直交替を考慮した場合	主蒸気隔離弁閉止前	4.4×10^{-3}	30 日間積算値に直交替による滞在時間割合 (0.27222) * を掛け合わせた値(ただし、主蒸気隔離弁閉止後の値に対して)
	主蒸気隔離弁閉止後	8.8×10^{-3}	
	合 計	1.3×10^{-2}	

注記 * : 4.4 節の解析のための前提条件の「(4) 直交替を考慮した場合の被ばく評価方法」の a. 項の室内作業時の被ばく評価方法による。

(3) 大気中放射性物質の中央制御室内取込みによる被ばく

事故発生により大気中に放出された放射性物質の一部は、中央制御室換気系により中央制御室内に取込まれ、その中央制御室内に取込まれた放射性物質により被ばくする。

a. 評価条件

(a) 中央制御室の換気設備条件

中央制御室換気設備条件を表 4-12 に示す。

中央制御室換気系は、事故検知後、通常運転時の排風機が停止し、中央制御室給気隔離弁、中央制御室排気隔離弁及び排煙装置隔離弁が閉止する。その後、フィルタユニット入口隔離弁が開き、チャコールフィルタを介して中央制御室内の空気を再循環する閉回路循環運転に切り替わる。

(b) 閉回路循環運転作動条件

原子炉冷却材喪失時においては、原子炉建屋放射能高の信号で、中央制御室の換気設備の給気隔離弁、排気隔離弁及び排煙装置隔離弁が閉止され、フィルタユニットを介して室内空気を再循環する中央制御室換気系フィルタ系ファンが起動する設計となっており、事故後運転員による外気取入れモード操作により給気隔離弁及び排気隔離弁が開き、フィルタユニットを介して外気を取り込む設計となっている。

一方、主蒸気管破断時においては、事故後運転員が手動で中央制御室の換気設備の給気隔離弁、排気隔離弁及び排煙装置隔離弁を閉止し、中央制御室換気系フィルタ系ファンを起動する。

以上より、中央制御室は、事故後速やかに隔離が可能であるが、被ばく評価上は、保守的に運転員による手動隔離操作を仮定し、隔離操作に要する時間を十分に見込んだ後に、閉回路循環運転に切り替わるものと仮定する。閉回路循環運転作動開始時間は、運転員が事故を検知してから操作を開始するまでの時間的余裕（10分）を見込んで事故発生後 15分とし、その間は中央制御室換気系空気調和機ファンにより閉回路循環運転に切り替えるものと仮定する。

(c) チャコールフィルタを通らない空気流入量

中央制御室へのチャコールフィルタを通らない空気流入量は、保守的に換気率換算で 1回/h を仮定して評価する。

(d) 大気拡散条件

線量評価に使用する相対濃度 (χ/Q) は、4.5 節の線量評価に使用する大気拡散評価の「(4) 評価結果」に示した、室内作業時の評価結果を使用する。

評価対象事象	項目	χ/Q (s/m ³)
原子炉冷却材喪失 (仮想事故)	よう素	1.2×10^{-6}
	希ガス	1.2×10^{-6}
主蒸気管破断 (仮想事故) (主蒸気隔離弁閉止後)	よう素	4.9×10^{-4}
	希ガス及びハロゲン等	8.3×10^{-4}

また、主蒸気管破断時の主蒸気隔離弁閉止前の線量評価に使用する大気拡散条件は、申請書添付十の解析と同一条件として、以下とする。

項目	数値
半球状雲の体積	$3.44 \times 10^6 \text{ m}^3$
半球状雲の直径	236 m
半球状雲の移動の評価のための風速	1 m/s

b. 評価方法

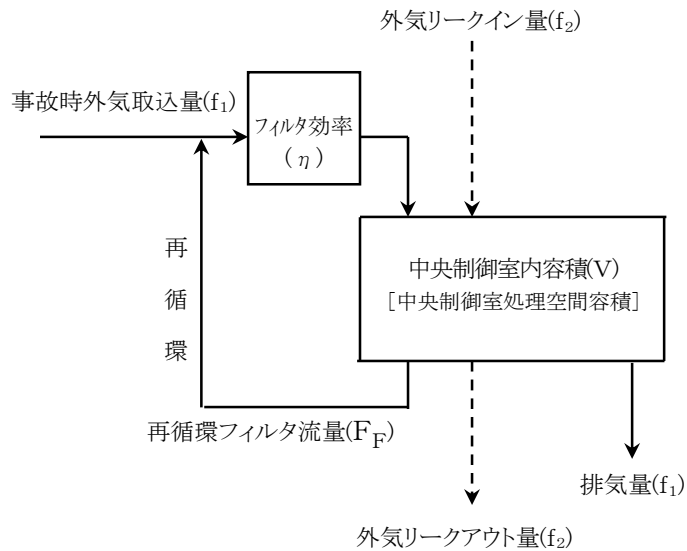
事故発生により大気中に放出された放射性物質は、中央制御室換気系から中央制御室内に取り込まれる。

中央制御室換気系は、事故検知後、通常時換気系の排風機が停止し、給気隔離弁、排気隔離弁及び排煙装置隔離弁が閉止する。その後、フィルタユニット入口隔離弁が開き、チャコールフィルタを介して中央制御室内の空気を再循環する閉回路循環運転に切り替わる。

以下に、これらの中央制御室内放射能濃度及び線量評価方法を示す。

(a) 中央制御室内放射能濃度の評価

評価モデルを以下に示す。



中央制御室内の放射能濃度は、次式により評価する。

$$\frac{d(V \cdot C_i(t))}{dt} = (1 - \eta) \cdot C_i^0(t) \cdot f_1 + C_i^0(t) \cdot f_2 - C_i(t) \cdot (f_1 + f_2 + \eta \cdot F_F) - \lambda_i \cdot V \cdot C_i(t)$$

ここで、

- V : 中央制御室内容積 (m^3)
 $C_i(t)$: 時刻 t における中央制御室内の核種 i の濃度 (Bq/m^3)
 η : チャコールフィルタの除去効率 (—)
 $C_i^0(t)$: 時刻 t における中央制御室換気系給気口での核種 i の濃度
 (Bq/m^3)

$$C_i^0(t) = Q_i(t) \cdot \chi / Q$$

- $Q_i(t)$: 時刻 t における大気への核種 i の放出率 (Bq/s)
 χ / Q : 相対濃度 (s/m^3)
 f_1 : 中央制御室への外気取込量 (m^3/s)
 f_2 : 中央制御室への外気リークイン量 (m^3/s)
 F_F : 再循環フィルタを通る流量 (m^3/s)
 λ_i : 核種 i の崩壊定数 (s^{-1})

(b) 実効線量の評価

中央制御室内に取り込まれた放射性物質による運転員の実効線量は、次に述べるよう素の吸入による内部被ばく及び希ガス等のガンマ線による外部被ばくの和として計算する。

イ. よう素の吸入による内部被ばく

よう素の吸入による内部被ばくは、次式で評価する。

(30 日間連続滞在の場合)

$$H_I = \int_0^{30\text{日}} R \cdot H_\infty \cdot C_I(t) dt$$

ここで、

H_I : よう素の内部被ばくによる実効線量 (Sv)

R : 呼吸率 (m^3/s)

4.4 節の解析のための前提条件の「(5) よう素の線量換算係数及び呼吸率」の表 4-1 に示す成人活動時の呼吸率 $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$ を秒当りに換算して用いる。

H_∞ : よう素 (I-131) を 1 Bq 吸入した場合の成人の実効線量
 ($2.0 \times 10^{-8} \text{ Sv}/\text{Bq}$)

4.4節の解析のための前提条件の「(5) よう素の線量換算係数及び呼吸率」の表4-1によう素の吸入摂取に対する成人実効線量換算係数を示す。

$C_I(t)$: 時刻 t における中央制御室内の放射能濃度 (Bq/m³)
(I-131 等価量-成人実効線量係数換算)

ロ. 希ガス等のガンマ線による外部被ばく

中央制御室は、容積が等価な半球状とし、半球の中心に運転員がいるものとする。中央制御室内に取り込まれた放射性物質のガンマ線による実効線量は、次式で計算する。

(30日間連続滞在の場合)

$$H_\gamma = \int_0^{30\text{日}} 6.2 \times 10^{-14} \cdot E_\gamma \cdot \left\{ 1 - e^{-\mu r} \right\} \cdot C_\gamma(t) dt$$

ここで、

H_γ : 希ガス等のガンマ線による実効線量 (Sv)

6.2×10^{-14} : サブマージョンモデルによる換算係数 ($\frac{\text{dis} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Gy}}{\text{MeV} \cdot \text{Bq} \cdot \text{s}}$)

E_γ : ガンマ線エネルギー (0.5 MeV/dis)

μ : 空気に対するガンマ線のエネルギー吸収係数 ($3.9 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$)

r : 中央制御室内空間と等価な半球の半径 (m)

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{2 \cdot \pi}}$$

$C_\gamma(t)$: 時刻 t における中央制御室内の放射能濃度 (Bq/m³)
(ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)

なお、主蒸気管破断時の主蒸気隔離弁閉止前に破断口から放出された放射性物質による被ばく評価モデルは、蒸気雲が中央制御室換気系給気口付近を風速 1 m/s の速度で通過する間、中央制御室換気系を通して蒸気雲中の放射性物質を直接中央制御室内に取り込むものと仮定し、この取込み空気による被ばくを考慮する。この際、破断口から放出された蒸気雲が中央制御室換気系給気口付近まで移動する際の放射性物質の減衰は保守的に無視するものとする。

c. 評価結果

原子炉冷却材喪失 (仮想事故) 時及び主蒸気管破断 (仮想事故) 時の中央制御室内に取り込まれる放射性物質による運転員の実効線量を評価した結果を表4-13及び表4-14に示す。

表 4-12 中央制御室の換気設備条件

項 目	原子炉冷却材喪失 (仮想事故)	主蒸気管破断 (仮想事故)	設 定 理 由
事故時における外気取り込み方法	外気間欠取込(27 時間隔離, 3 時間取入)		実際の換気設備の系統による。
中央制御室内容積	2800 m ³		中央制御室換気系の処理対象となる区画の容積を保守的に大きめに設定
閉回路循環運転流量	[通常時] 0 m ³ /h [事故時] 5100 m ³ /h		設計値
外気取り込み量	通常時	3400 m ³ /h	設計値
	事故時	3400 m ³ /h	
チャコールフィルタの除去効率	90 %		フィルタ効率の設計値 97 %以上(単体)を保守的に設定
外気リークイン量	2800 m ³ /h		空気流入率測定試験結果の結果である中央制御室内容積の 0.47 回/h に対して保守的に 1 回/h と設定
非常時運転モードへの切替時間	15 分		運転員の運転操作に余裕を見た値

表 4-13 原子炉冷却材喪失（仮想事故）時の大気中放射性物質取り込みによる実効線量
評価結果（室内作業時）

項 目		実効線量 (mSv)	備 考
30 日間 積算値	希ガスのガンマ線による外部被ばく	4.0×10^{-2}	—
	よう素の吸入による内部被ばく	6.9×10^{-1}	
	合 計	7.3×10^{-1}	
直交替を考慮した場合	希ガスのガンマ線による外部被ばく	1.1×10^{-2}	30 日間積算値に直交替による滞在時間割合(0.27222)*を掛け合わせた値
	よう素の吸入による内部被ばく	1.9×10^{-1}	
	合 計	2.0×10^{-1}	

注記 * : 4.4 節の解析のための前提条件の「(4) 直交替を考慮した場合の被ばく
価方法」の a. 項の室内作業時の被ばく評価方法による。

表 4-14 主蒸気管破断（仮想事故）時の大気中放射性物質取り込みによる実効線量
評価結果（室内作業時）

項 目		実効線量 (mSv)	備 考	
30 日間 積算値	希ガス及びハロ ゲン等のガンマ 線による外部被 ばく	主蒸気隔離弁 閉 止 前	4.6×10^{-3}	
		主蒸気隔離弁 閉 止 後	1.3×10^{-1}	
		小 計	1.3×10^{-1}	
	よう素の吸入に よる内部被ばく	主蒸気隔離弁 閉 止 前	5.7×10^{-1}	
		主蒸気隔離弁 閉 止 後	3.2×10^0	
		小 計	3.7×10^0	
	合 計		3.9×10^0	主蒸気隔離弁閉止前 については、蒸気雲 が中央制御室外側を 1 m/s の速度で通過する 間の値を示す。
直交替を考 慮した場合	希ガス及びハロ ゲン等のガンマ 線による外部被 ばく	主蒸気隔離弁 閉 止 前	4.6×10^{-3}	
		主蒸気隔離弁 閉 止 後	3.5×10^{-2}	
		小 計	3.9×10^{-2}	
	よう素の吸入に よる内部被ばく	主蒸気隔離弁 閉 止 前	5.7×10^{-1}	
		主蒸気隔離弁 閉 止 後	8.6×10^{-1}	
		小 計	1.4×10^0	
	合 計		1.5×10^0	30 日間積算値に直交 替による滞在時間割 合(0.27222)*を掛け 合わせた値(ただし、 主蒸気隔離弁閉止後 の値に対して)

注記 * : 4.4 節の解析のための前提条件の「(4) 直交替を考慮した場合の被ばく評価方法」
の a. 項の室内作業時の被ばく評価方法による。

4.6.2 入退域時の実効線量評価

事故が発生した場合、中央制御室内の運転員を支援するために他の運転員が中央制御室に入室したり、あるいは、事故が長期にわたる場合、運転員の交替が考えられる。この場合、運転員は入退域時の移動時に大気中の放射性物質により被ばくすることになる。評価にあたっては、入退域は、1直あたり片道15分間×2を要するものとし、その間の線量は、中央制御室への建屋入口の線量を適用する。

(1) 建屋内の放射性物質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被ばく

原子炉冷却材喪失（仮想事故）及び主蒸気管破断（仮想事故）を想定した場合の入退域時における建屋内の放射性物質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実効線量の評価条件及び結果を以下に示す。

(a) 評価条件

イ. 線源強度

線源強度は4.6.1項の室内作業時の実効線量評価と同一であり、原子炉冷却材喪失（仮想事故）時、主蒸気管破断（仮想事故）時それぞれ表4-4及び表4-5に示す。

ロ. 幾何条件

幾何形状は4.6.1項の室内作業時の実効線量評価と同一であり、図4-14～図4-16に示す。

原子炉建屋の天井及び壁による直接ガンマ線とスカイシャインガンマ線の遮蔽効果を期待し、中央制御室の天井及び壁による遮蔽効果は期待しない。

ハ. 評価点

原子炉冷却材喪失時及び主蒸気管破断時における入退域時の評価点は、図4-16に示すようにサービス建屋出入口において通常人が立ち入る高さの範囲（一般に2m）で線量が最大となる位置とする。

二. 計算コード

直接ガンマ線については、QAD-CGGP2Rコードを用い、スカイシャインガンマ線は、ANISN及びG33-GP2Rコードを用いる。

(b) 評価結果

原子炉冷却材喪失（仮想事故）時及び主蒸気管破断（仮想事故）時における入退域時の建屋内放射性物質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実効線量評価結果を表4-15及び表4-16に示す。

表 4-15 原子炉冷却材喪失（仮想事故）時における原子炉建屋内の放射性物質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実効線量評価結果（入退域時）

項目	実効線量 (mSv)			備考
	直接ガンマ線	スカイシャインガンマ線	合計	
30日間積算値	8.1×10^{-1}	9.1×10^1	9.2×10^1	—
直交替を考慮した場合	9.0×10^{-3}	1.0×10^0	1.0×10^0	30日間積算値に入退域所要時間割合(0.01111)*を掛け合わせた値

注記 * : 4.4節の解析のための前提条件の「(4) 直交替を考慮した場合の被ばく評価方法」のb.項の入退域での被ばく評価方法による。

表 4-16 主蒸気管破断（仮想事故）時におけるタービン建屋内の放射性物質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実効線量評価結果（入退域時）

項目	実効線量 (mSv)	備考
	直接ガンマ線	
30日間積算値	1.5×10^1	—
直交替を考慮した場合	1.6×10^{-1}	30日間積算値に入退域所要時間割合(0.01111)*を掛け合わせた値

注記 * : 4.4節の解析のための前提条件の「(4) 直交替を考慮した場合の被ばく評価方法」のb.項の入退域での被ばく評価方法による。

(2) 大気中放射性物質による被ばく

原子炉冷却材喪失（仮想事故）及び主蒸気管破断（仮想事故）時において、建屋から大気中へ放出された放射性物質による入退域時の運転員の実効線量を以下に評価する。

なお、主蒸気管破断時の主蒸気隔離弁閉止前に放出される放射性物質を含んだ蒸気雲については、風速 1 m/s の速度で発電所敷地内を移動するものと仮定すると、蒸気雲が通過する時間は約 4 分程度（直径 236 m / 風速 1 m/s = 236 s ≒ 約 3.93 分）と短いことから、この間に入退域を行うことは考慮しない。

a. 評価条件

評価条件は以下のとおりである。

(a) 放射性物質の放出量

事故時の大気中へ放出される放射性物質の放出量は、4.4 節の解析のための前提条件の「(2) 事故時の放射性物質の放出量」に基づくものとする。

原子炉冷却材喪失（仮想事故）時及び主蒸気管破断（仮想事故）時の 30 日間積算放出量を表 4-17 及び表 4-18 に示す。

(b) 大気拡散条件

線量評価に使用する相対濃度 (χ/Q) 及び相対線量 (D/Q) は、4.5 節の線量評価に使用する大気拡散評価の「(4) 評価結果」に示した、入退域時の評価結果を使用する。

評価対象事象	項目	χ/Q 又は D/Q
原子炉冷却材喪失 (仮想事故)	χ/Q (s/m ³)	1.2×10^{-6}
	D/Q (Gy/Bq)	5.0×10^{-20}
主蒸気管破断 (仮想事故) (主蒸気隔離弁閉止後)	χ/Q (s/m ³)	4.9×10^{-4}
	D/Q (Gy/Bq)	2.9×10^{-18}

b. 評価方法

入退域時の大気中へ放出された放射性物質による運転員の実効線量は、次に述べるよう素の吸入による内部被ばく及び希ガス等のガンマ線による外部被ばくの和として計算する。

(a) よう素の吸入による内部被ばく

よう素の吸入による内部被ばくは、次式で評価する。

(30 日間連続滞在の場合)

$$H_I = \int_0^{30\text{日}} R \cdot H_{\infty} \cdot \chi/Q \cdot Q_I(t) dt$$

ここで,

H_I : よう素の内部被ばくによる実効線量 (Sv)

R : 呼吸率 (m^3/s)

4.4 節の解析のための前提条件の「(5) よう素の線量換算係数及び呼吸率」の表 4-1 に示す成人活動時の呼吸率 $1.2 m^3/h$ を秒当りに換算して用いる。

H_∞ : よう素 (I-131) を 1 Bq 吸入した場合の成人の実効線量 ($2.0 \times 10^{-8} Sv/Bq$)

4.4 節の解析のための前提条件の「(5) よう素の線量換算係数及び呼吸率」の表 4-1 によよう素の吸入摂取に対する成人実効線量換算係数を示す。

x/Q : 相対濃度 (s/m^3)

$Q_I(t)$: 時刻 t における大気への放射能放出率 (Bq/s)
(I-131 等価量-成人実効線量係数換算)

(b) 希ガス等のガンマ線による外部被ばく

希ガス等のガンマ線による外部被ばくは、次式で評価する。

(30 日間連続滞在の場合)

$$H_\gamma = \int_0^{30\text{日}} K \cdot D/Q \cdot Q_\gamma(t) dt$$

ここで,

H_γ : 希ガス等の外部被ばくによる実効線量 (Sv)

K : 空気カーマから実効線量への換算係数 (1 Sv/Gy)

D/Q : 相対線量 (Gy/Bq)

$Q_\gamma(t)$: 時刻 t における大気への放射能放出率 (Bq/s)
(ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)

c. 評価結果

原子炉冷却材喪失 (仮想事故) 時及び主蒸気管破断 (仮想事故) 時の入退域時の大気中放射性物質による運転員の実効線量を評価した結果を表 4-19 及び表 4-20 に示す。

表 4-17 原子炉冷却材喪失（仮想事故）時の放射性物質の大気への放出量
 (30 日間積算値)

核分裂生成物	放出量 (Bq)	備考
希ガス (ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)	2.7×10^{16}	時々刻々の大気への 放出率を 30 日間積算 した値
よう素 (I-131 等価量-成人実効線 量係数換算)	2.3×10^{14}	

表 4-18 主蒸気管破断（仮想事故）時の放射性物質の大気への放出量
 (30 日間積算値)

(主蒸気隔離弁閉止後)

核分裂生成物	放出量 (Bq)	備考
希ガス及びハロゲン等 (ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)	1.2×10^{14}	時々刻々の大気への 放出率を 30 日間積算 した値
よう素 (I-131 等価量-成人実効線 量係数換算)	2.5×10^{12}	

表 4-19 原子炉冷却材喪失（仮想事故）時の大気中放射性物質による実効線量評価結果
（入退域時）

項 目		実効線量 (mSv)	備 考
30 日間 積算値	希ガスのガンマ線による外部被ばく	1.4×10^0	—
	よう素の吸入による内部被ばく	1.8×10^0	
	合 計	3.2×10^0	
直交替を考慮した場合	希ガスのガンマ線による外部被ばく	1.5×10^{-2}	30 日間積算値に入退域所要時間割合 (0.01111) * を掛け合わせた値
	よう素の吸入による内部被ばく	2.0×10^{-2}	
	合 計	3.5×10^{-2}	

注記 * : 4.4 節の解析のための前提条件の「(4) 直交替を考慮した場合の被ばく評価方法」の b. 項の入退域での被ばく評価方法による。

表 4-20 主蒸気管破断（仮想事故）時の大気中放射性物質による実効線量評価結果
（入退域時）

項 目		実効線量 (mSv)	備 考
30 日間 積算値	希ガス及びハロゲン等のガンマ線による外部被ばく	3.5×10^{-1}	—
	よう素の吸入による内部被ばく	8.1×10^0	
	合 計	8.5×10^0	
直交替を考慮した場合	希ガス及びハロゲン等のガンマ線による外部被ばく	3.8×10^{-3}	30 日間積算値に入退域所要時間割合 (0.01111) * を掛け合わせた値
	よう素の吸入による内部被ばく	9.0×10^{-2}	
	合 計	9.4×10^{-2}	

注記 * : 4.4 節の解析のための前提条件の「(4) 直交替を考慮した場合の被ばく評価方法」の b. 項の入退域での被ばく評価方法による。

4.6.3 実効線量評価結果のまとめ

原子炉冷却材喪失（仮想事故）時及び主蒸気管破断（仮想事故）時における中央制御室の運転員の実効線量の内訳を表 4-21 及び表 4-22 に示す。

4.7 判断基準への適合性

事故時における中央制御室の運転員の被ばく評価結果は、「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」第 7 条第 1 項における緊急時作業に係る線量限度 100 mSv 以下であることを確認した。

事故時における中央制御室の 運転員の実効線量 (mSv)	
原子炉冷却材喪失 (仮想事故)	主蒸気管破断 (仮想事故)
2.9×10^0	1.7×10^0

表 4-21 原子炉冷却材喪失（仮想事故）時における中央制御室の運転員の実効線量の内訳

被ばく経路	被ばく部位	実効線量 (mSv)		備考
		希ガスのガンマ線による外部被ばく	よう素の吸入による内部被ばく	
室内作業時	建屋内放射性物質からの直接ガンマ線及びビスカイシヤインガンマ線による被ばく	1.6×10 ⁰	—	事故後30日まで5直2交替で室内作業を行うものとする。
	大気中へ放出された放射性物質による被ばく	3.4×10 ⁻²	—	
	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	1.1×10 ⁻²	1.9×10 ⁻¹	
	小計	1.6×10 ⁰	1.9×10 ⁻¹	
	合計	1.6×10 ⁰	3.4×10 ⁻²	
入退域時	建屋内放射性物質からの直接ガンマ線及びビスカイシヤインガンマ線による被ばく	1.0×10 ⁰	—	事故後30日まで5直2交替で入退域するものとする。入退域所要時間は、片道15分を仮定する。
	大気中へ放出された放射性物質による被ばく	1.5×10 ⁻²	2.0×10 ⁻²	
	小計	1.0×10 ⁰	2.0×10 ⁻²	
	合計	1.0×10 ⁰	3.5×10 ⁻²	
	合計	2.7×10 ⁰	2.1×10 ⁻¹	

表 4-22 主蒸気管破断（仮想事故）時における中央制御室の運転員の実効線量の内訳

被ばく経路	被ばく部位	実効線量 (mSv)		備考
		希ガスのガンマ線による外部被ばく	よう素の吸入による内部被ばく	
室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく	4.3×10 ⁻³	—	事故後30日まで5直2交替で室内作業を行うものとする。
		1.3×10 ⁻²	—	
	3.9×10 ⁻²	1.4×10 ⁰	1.5×10 ⁰	
	5.7×10 ⁻²	1.4×10 ⁰	1.5×10 ⁰	
	小計			
入退域時	建屋内放射性物質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被ばく	1.6×10 ⁻¹	—	事故後30日まで5直2交替で入退域するものとする。入退域所要時間は、片道15分を仮定する。
		3.8×10 ⁻³	9.0×10 ⁻²	
	1.7×10 ⁻¹	9.0×10 ⁻²	2.6×10 ⁻¹	
	2.2×10 ⁻¹	1.5×10 ⁰	1.7×10 ⁰	
	合計			

5. 中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価

5.1 判断基準

中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価にあたっては、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」（以下「審査ガイド」という。）に基づき、評価を行う。判断基準は、解釈の第 74 条の規定のうち、以下の項目を満足することを確認する。

第 74 条（運転員が原子炉制御室にとどまるための設備）

2 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、実施のための体制を整備すること。
- ③ 交替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 100 mSv を超えないこと。

5.2 想定事象

「想定する格納容器破損モードのうち、中央制御室の運転員の被ばく低減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」として、格納容器破損モード「雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）」に至る可能性のある事故シーケンスである「大破断 L O C A + 高圧炉心冷却失敗 + 低圧炉心冷却失敗」（全交流動力電源喪失の重量を考慮）を想定する。東海第二発電所では、本事故シーケンスにおいても、格納容器ベントの実施を遅延することができるよう、代替循環冷却系を整備する。しかし、被ばく評価においては、中央制御室の居住性評価を厳しくする観点から、代替循環冷却系を使用できず、格納容器ベントを実施した場合を想定する。

5.3 被ばく経路

中央制御室（炉心の著しい損傷）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 5-1 に、中央制御室の居住性に係る被ばく経路を示す。

(1) 中央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直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線による外部被ばく
- 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（クラウドシャイン）
- 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（グランドシャイン）
- ④ 中央制御室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及び放射性物質の吸入摂取による内部被ばく

(2) 入退域時の被ばく

- ⑤ 原子炉建屋内の放射性物質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外部被ばく
- ⑥ 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）及び放射性物質の吸入摂取による内部被ばく
- ⑦ 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）

5.4 被ばく評価期間

中央制御室の運転員に係る被ばく評価期間は、事故発生後 7 日間とする。

5.5 運転員の勤務形態

運転員勤務体系としては、5 直 2 交替とし、被ばく線量が最も厳しくなる運転員の勤務体系を踏まえて中央制御室の滞在期間及び入退域に要する時間を考慮して評価する。想定する勤務体系を表 5-1 に示す。

なお、入退域に要する時間は片道 15 分とする。

表 5-1 想定する勤務体系

	中央制御室の滞在時間
1 直	8:00～21:45
2 直	21:30～8:15

	1 日目	2 日目	3 日目	4 日目	5 日目	6 日目	7 日目
A 班*	1 直						
B 班			1 直	1 直		2 直	2 直
C 班	2 直				1 直	1 直	
D 班		2 直	2 直				1 直
E 班*		1 直		2 直	2 直		

注記 * : 事故直後に中央制御室に滞在している班 (A 班) に代わり, 被ばくの平準化のため 2 日目以降は日勤勤務の班 (E 班) が滞在するものとする。

イベント	▽ 炉心損傷発生	▽ 格納容器ベント		
経過時間 (h)	0	19		
時刻	8:00	21:30	3:00	8:00
1 直	A 班		E 班	
2 直	C 班			

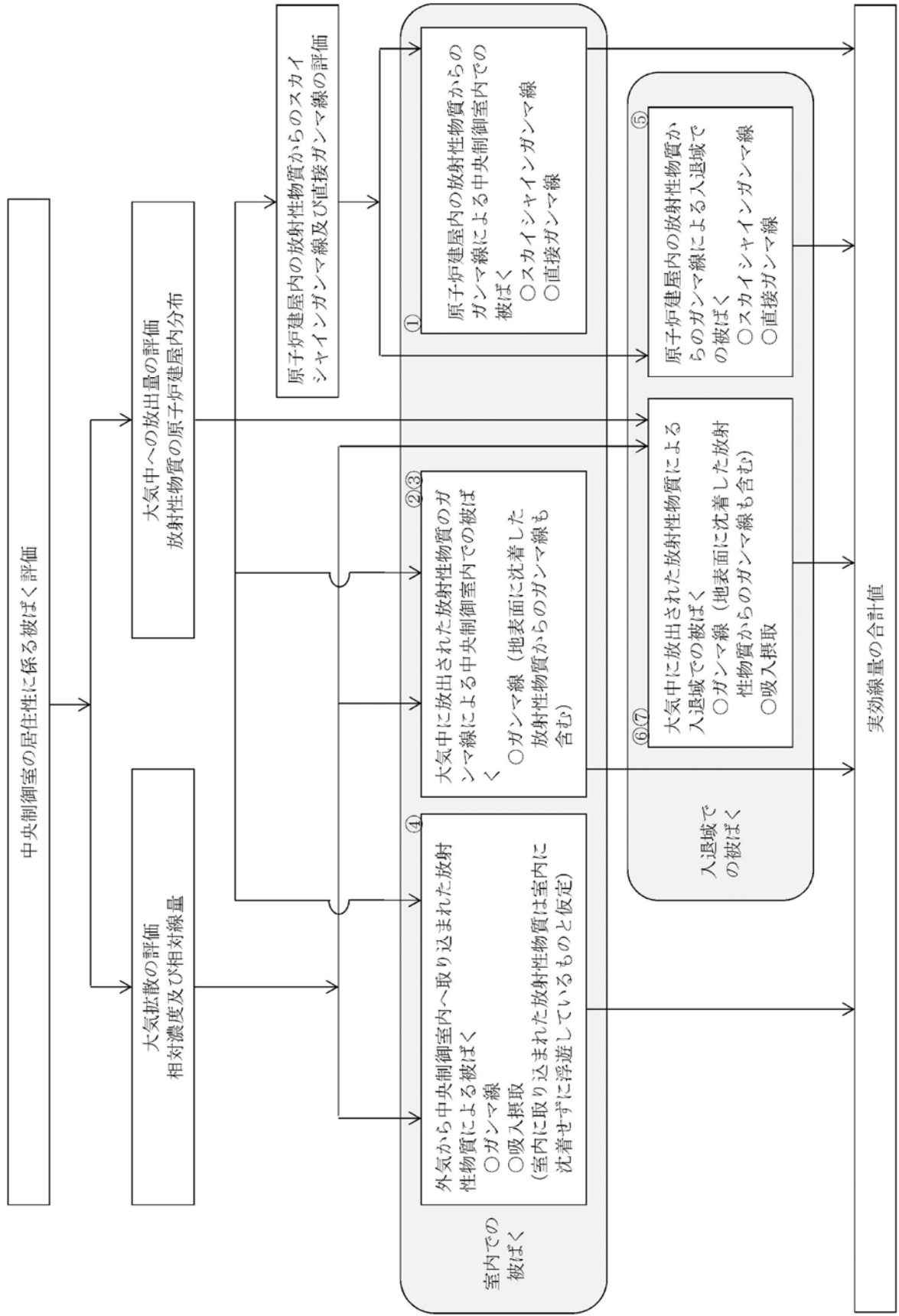


図 5-1 中央制御室（炉心の著しい損傷）の運転員の被ばく経路

5.6 大気中への放出量評価

大気中に放出される放射性物質の量は、審査ガイドに従い設定する。

(1) 事故直前の炉内蓄積量

事故直前の炉内蓄積量を表 5-2 に示す。

炉内蓄積量の計算には、燃焼計算コードORIGEN2コードを使用し、単位熱出力当たりの炉内蓄積量 (Bq/MW) に定格熱出力 (3,293MW) を乗じて算出している。

(2) 大気中への放出量

a. 有効性評価におけるソースターム解析結果

有効性評価におけるソースターム解析結果として、5.2 節の想定事象で示した事故シナケンス「大破断LOCA+高圧炉心冷却失敗+低圧炉心冷却失敗」（全交流動力電源喪失の重量を考慮）を想定し、格納容器から原子炉建屋への漏えい及び原子炉建屋から大気中への放出を考慮して実施したMAAP解析結果を使用する。

有効性評価のMAAP解析結果の格納容器内圧力及び温度の変化を図 5-2 及び図 5-3 に示す。

被ばく評価においては、本評価から得られるMAAP解析結果の、格納容器への放出割合、格納容器から原子炉建屋への漏えい割合及び格納容器圧力逃がし装置への放出割合のトレンドを使用する。

有効性評価におけるMAAP解析結果として、表 5-3 に評価期間中 (7 日間) の格納容器から漏えいして原子炉建屋から大気中へ放出される放射性物質の割合及び格納容器ベント時にサプレッション・チェンバのベントラインから格納容器圧力逃がし装置へ放出される放射性物質の割合を示す。

また、これらの結果を使用した放射性物質の大気放出過程を図 5-4～図 5-7 に示す。

b. よう素の化学形態

よう素の化学形態は、Regulatory Guide 1.195*¹に基づき下記のとおり設定する。

	よう素の化学形態
有機よう素	4 %
無機よう素	91 %
粒子状よう素	5 %

注記 *1: Regulatory Guide 1.195, “Methods and Assumptions for Evaluating Radiological Consequences of Design Basis Accidents at Lighth Water Nuclear Power Reactors”, May 2003

c. 原子炉格納容器内での自然沈着（無機よう素）

原子炉格納容器内の無機よう素の除去効果は、CSE 実験及び Standard Review Plan 6.5.2*²に基づき、原子炉格納容器内での自然沈着率を 9×10^{-4} (1/s)（原子炉格納容器内の最大存在量から 1/200 まで）と設定する。

注記 *2: Standard Review Plan 6.5.2, “Containment Spray as a Fission Product Cleanup System”, March 2007

d. サプレッション・プールのスクラビングによる除去（無機よう素）

サプレッション・プールのスクラビングによる無機よう素の除染効果は、Standard Review Plan 6.5.5*³に基づき DF=10 と設定する。

注記 *3: Standard Review Plan 6.5.5, “Pressure Suppression Pool as a Fission Product Cleanup System”, March 2007

e. 格納容器圧力逃がし装置による除去性能

格納容器圧力逃がし装置による放射性物質の除染係数は、下記のとおり設定する。

	除染係数
エアロゾル	1000
無機よう素	100
有機よう素	50

上記により評価した、原子炉建屋から大気中への放出量及び格納容器圧力逃がし装置を経由した放出量を表 5-4 に示す。

表 5-2 放射性物質の炉内蓄積量

核種グループ	炉内蓄積量(Bq)
希ガス類	約 2.2×10^{19}
よう素類	約 2.8×10^{19}
C s OH類	約 1.1×10^{18}
S b類	約 1.3×10^{18}
T e O ₂ 類	約 6.7×10^{18}
S r O類	約 1.2×10^{19}
B a O類	約 1.2×10^{19}
M o O ₂ 類	約 2.4×10^{19}
C e O ₂ 類	約 7.4×10^{19}
L a ₂ O ₃ 類	約 5.5×10^{19}

表 5-3 有効性評価におけるソースターム解析結果

核種グループ	原子炉建屋への漏えい割合	格納容器圧力逃がし装置への放出割合
希ガス類	約 4.2×10^{-3}	約 9.5×10^{-1}
C s I類	約 6.2×10^{-5}	約 1.0×10^{-6}
C s OH類	約 3.1×10^{-5}	約 4.0×10^{-7}
S b類	約 6.7×10^{-6}	約 8.9×10^{-8}
T e O ₂ 類	約 6.7×10^{-6}	約 8.9×10^{-8}
S r O類	約 2.7×10^{-6}	約 3.6×10^{-8}
B a O類	約 2.7×10^{-6}	約 3.6×10^{-8}
M o O ₂ 類	約 3.4×10^{-7}	約 4.5×10^{-9}
C e O ₂ 類	約 6.7×10^{-8}	約 9.0×10^{-10}
L a ₂ O ₃ 類	約 2.7×10^{-8}	約 3.6×10^{-10}

表 5-4 放射性物質の大気放出量 (7 日積算)

(単位:Bq)

核種グループ	原子炉建屋から 大気中へ放出	格納容器圧力逃がし 装置を経由した放出	合 計
希ガス類	約 3.6×10^{16}	約 8.9×10^{18}	約 9.0×10^{18}
よう素類	約 2.8×10^{15}	約 7.3×10^{15}	約 1.0×10^{16}
CsOH類	約 3.8×10^{13}	約 5.0×10^8	約 3.8×10^{13}
Sb類	約 4.5×10^{12}	約 2.6×10^7	約 4.5×10^{12}
TeO ₂ 類	約 3.7×10^{13}	約 4.4×10^8	約 3.7×10^{13}
SrO類	約 2.0×10^{13}	約 1.7×10^8	約 2.0×10^{13}
BaO類	約 2.0×10^{13}	約 2.1×10^8	約 2.0×10^{13}
MoO ₂ 類	約 6.9×10^{12}	約 8.4×10^7	約 6.9×10^{12}
CeO ₂ 類	約 4.3×10^{12}	約 5.4×10^7	約 4.3×10^{12}
La ₂ O ₃ 類	約 1.2×10^{12}	約 1.2×10^7	約 1.2×10^{12}

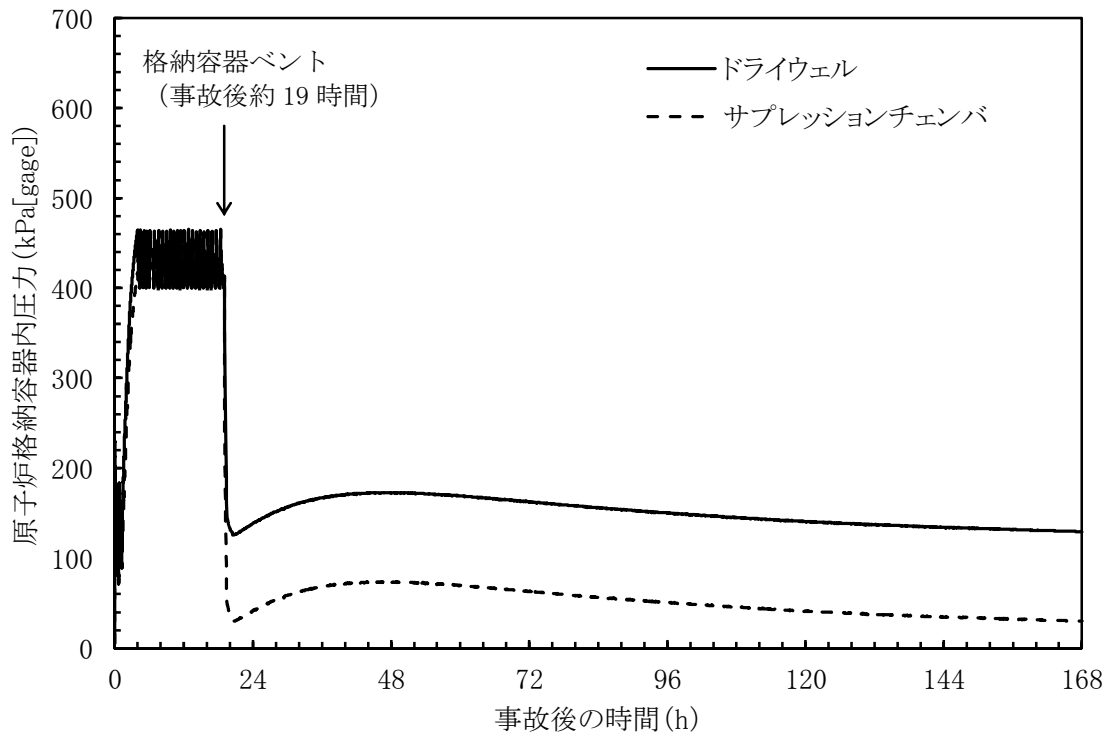


図 5-2 格納容器内圧力の変化

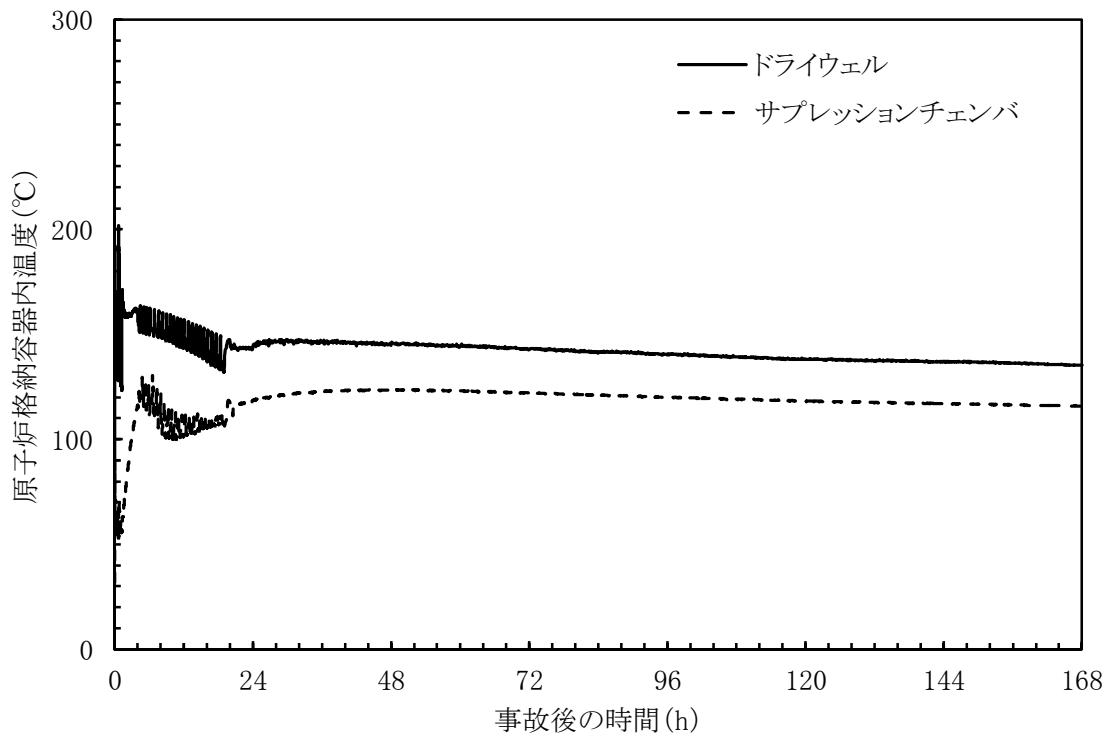


図 5-3 格納容器内温度の変化

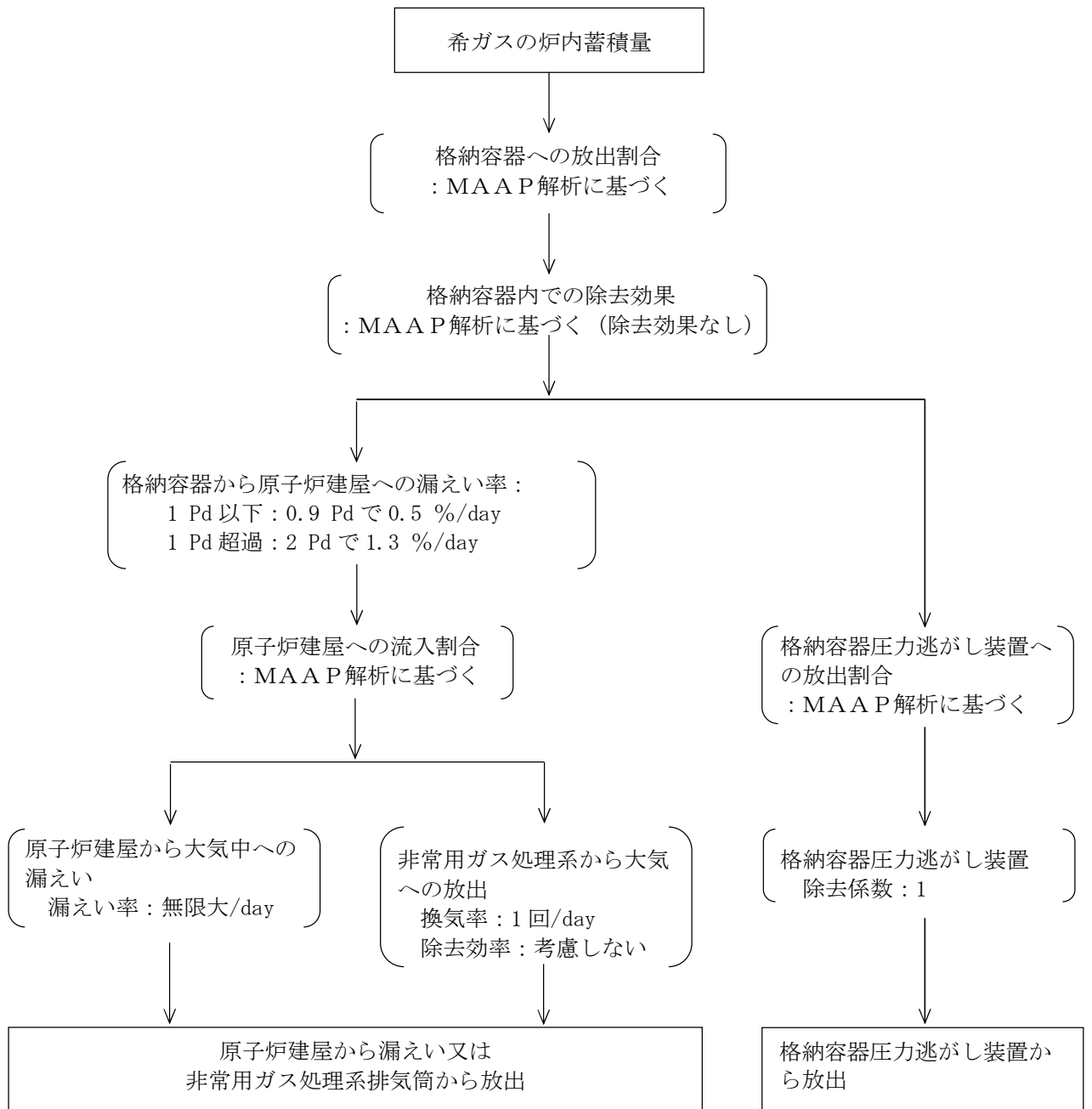


図 5-4 希ガスの大気放出過程

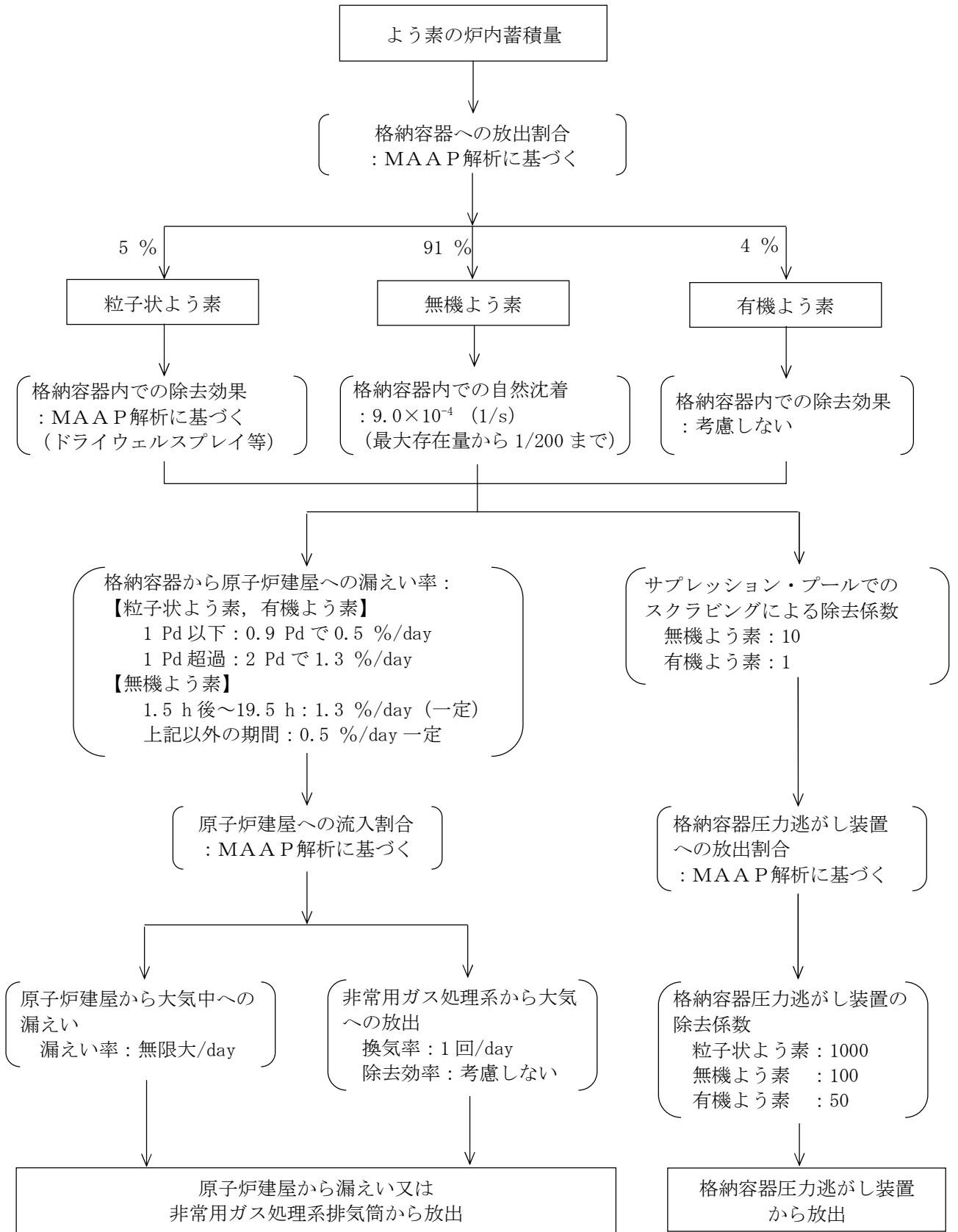


図 5-5 よう素の大気放出過程

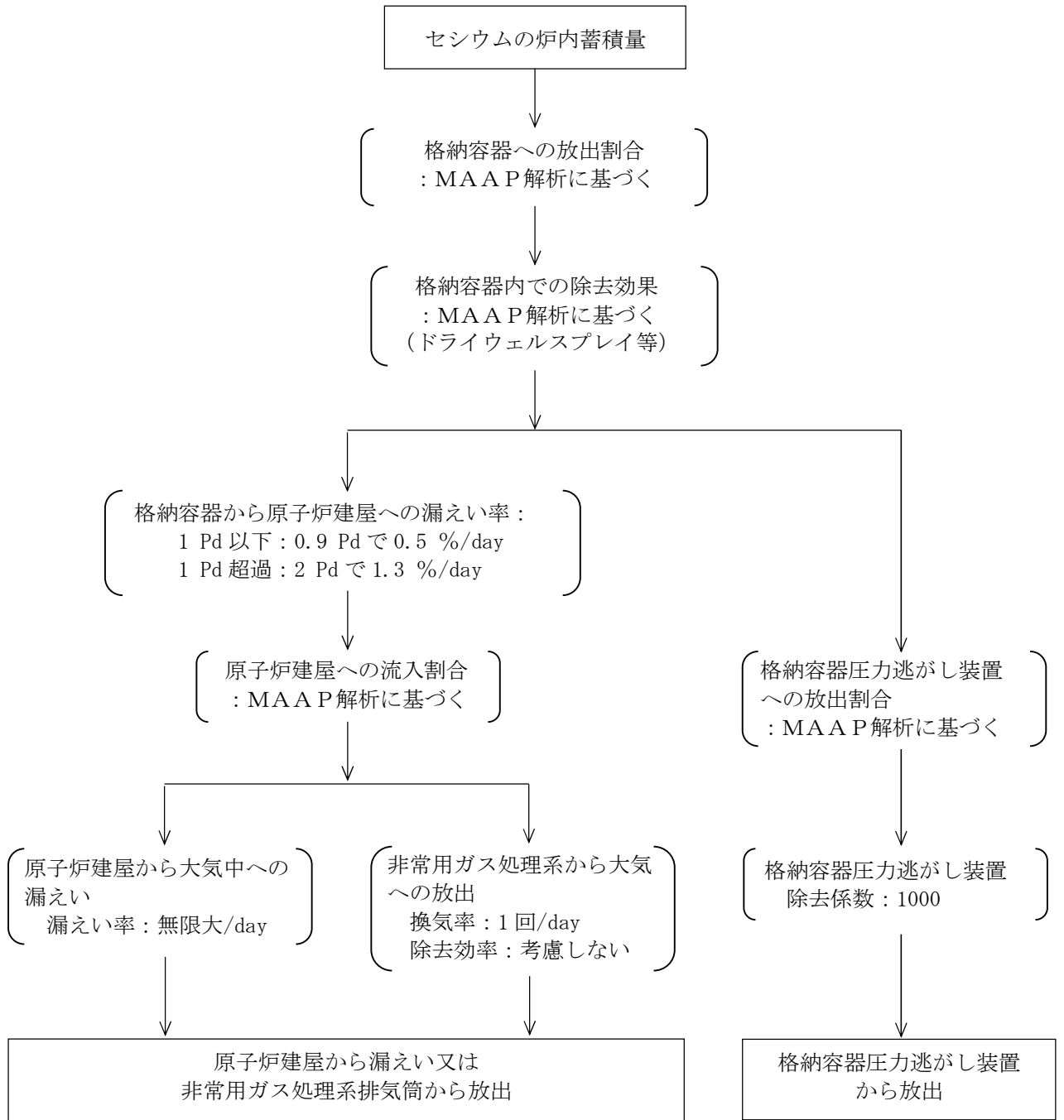


図 5-6 セシウムの大気放出過程

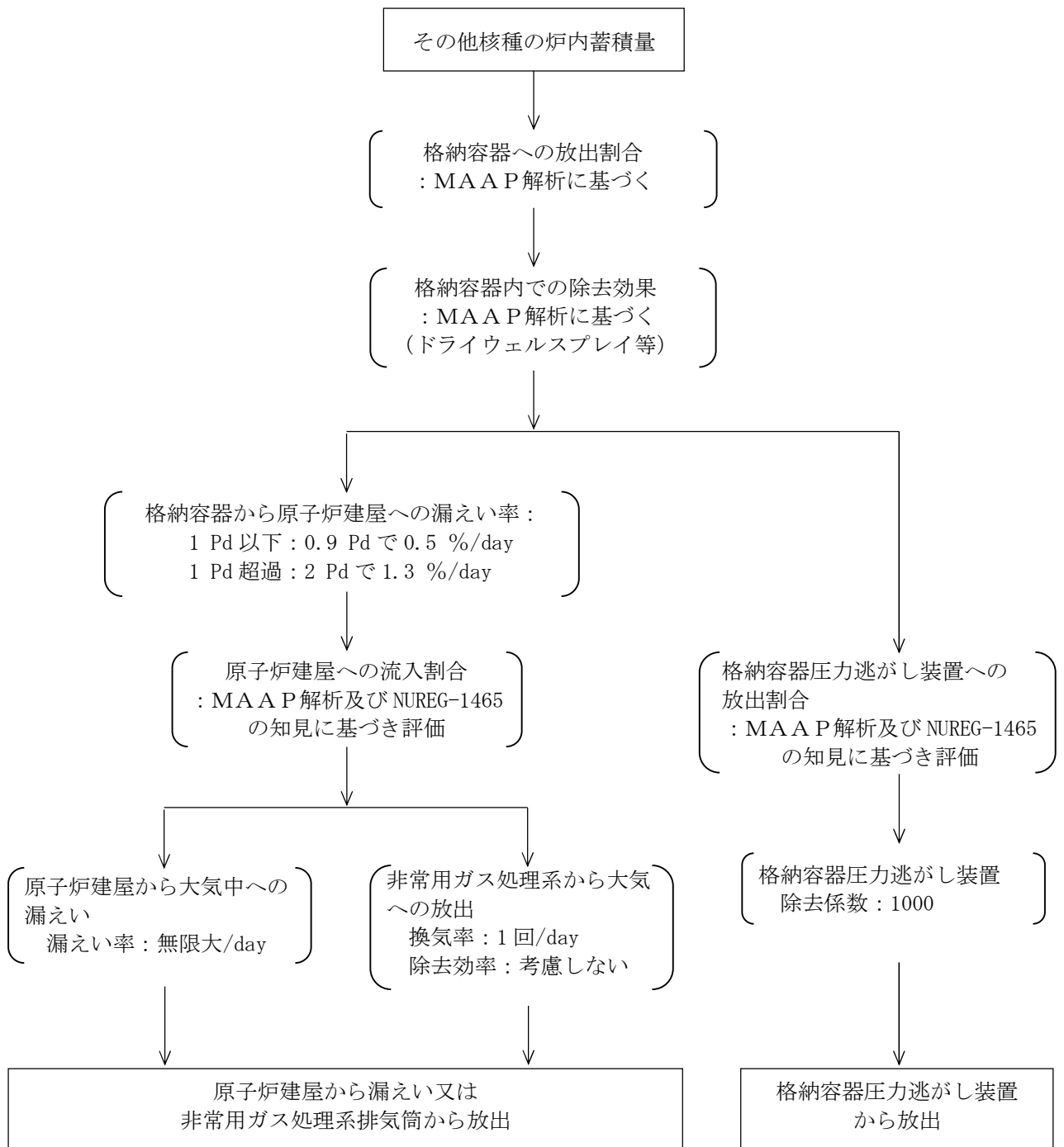


図 5-7 その他核種の大気放出過程

5.7 大気拡散の評価

中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価に使用する相対濃度及び相対線量は、「被ばく評価手法について（内規）」及び「気象指針」に基づき評価する。

(1) 放射性物質の大気拡散

放射性物質の大気拡散は、4.5節の大気拡散の評価の(1)項と同じ。

(2) 建屋による巻き込みの評価条件

建屋による巻き込みの評価条件は、4.5節の大気拡散の評価の(2)項と同じ。

(3) 相対濃度及び相対線量の評価方法

相対濃度及び相対線量の評価方法は、4.5節の大気拡散の評価の(3)項と同じ。

(4) 評価結果

中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価に使用する大気拡散評価条件を表5-5に示す。

中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価に使用する相対濃度（ χ/Q ）及び相対線量（ D/Q ）の評価結果を表5-6に示す。

表 5-5 中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価に使用する大気拡散評価条件（1/2）

項目	評価条件	備考
気象条件	東海第二発電所の 2005 年 4 月～2006 年 3 月までの 1 年間の気象データ (排気筒放出) 排気筒付近の風を代表する標高約 148 m の風向, 風速データを使用 (地上放出) 地上風を代表する標高 18 m の風向, 風速データを使用	—
放出源及び放出原高さ (有効高さ)	原子炉建屋漏えい（地上放出） ：地上 0 m 非常用ガス処理系排気筒からの放出（排気筒放出） ：地上 95 m 格納容器圧力逃がし装置からの放出（原子炉建屋屋上からの放出） ：地上 57 m	—
実効放出継続時間	1 時間	—
建屋の影響	非常用ガス処理系排気筒からの放出 考慮しない 原子炉建屋からの漏えい及び格納容器圧力逃がし装置からの放出 考慮する	放出源が排気筒の場合は、放出源の高さが建屋の高さの 2.5 倍以上となることから建屋の影響を受けないものとして評価する。 放出源が建屋の場合には、建屋の影響を受けるものとして評価する。
大気拡散評価地点及び 評価距離	原子炉建屋漏えい 中央制御室中心 評価距離：10 m 建屋入口 評価距離：15 m 非常用ガス処理系排気筒からの放出 中央制御室中心 評価距離：100 m 建屋入口 評価距離：110 m 格納容器圧力逃がし装置からの放出 中央制御室中心 評価距離：55 m 建屋入口 評価距離：45 m	図 5-8 参照

表 5-5 中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価に使用する大気拡散評価条件（2/2）

項 目	評価条件	備 考
着目方位	原子炉建屋漏えい 中央制御室 S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW, N (9 方位) 建屋入口 S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW, N (9 方位) 非常用ガス処理系排気筒からの放出 中央制御室 W (1 方位) 建屋入口 W (1 方位) 格納容器圧力逃がし装置からの放出 中央制御室 SW, WSW, W, WNW, NW, NNW, N, NNE, NE (9 方位) 建屋入口 SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW, N, NNE (9 方位)	図 5-9～図 5-14 参照
建屋の投影面積	3000 m ² (原子炉建屋, 短手方向)	図 5-15 参照
巻き込みを生じる建屋の形状係数	1/2	気象指針より

表 5-6 中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価に使用する
 相対濃度（ χ/Q ）及び相対線量（ D/Q ）評価結果

放出位置		中央制御室中心	建屋入口
原子炉建屋	χ/Q (s/m ³)	8.3×10^{-4}	8.2×10^{-4}
	D/Q (Gy/Bq)	2.9×10^{-18}	2.9×10^{-18}
非常用ガス処理系 排気筒	χ/Q (s/m ³)	3.0×10^{-6}	3.0×10^{-6}
	D/Q (Gy/Bq)	8.8×10^{-20}	9.0×10^{-20}
格納容器圧力逃がし 装置排気筒	χ/Q (s/m ³)	3.7×10^{-4}	3.7×10^{-4}
	D/Q (Gy/Bq)	8.8×10^{-19}	9.4×10^{-19}

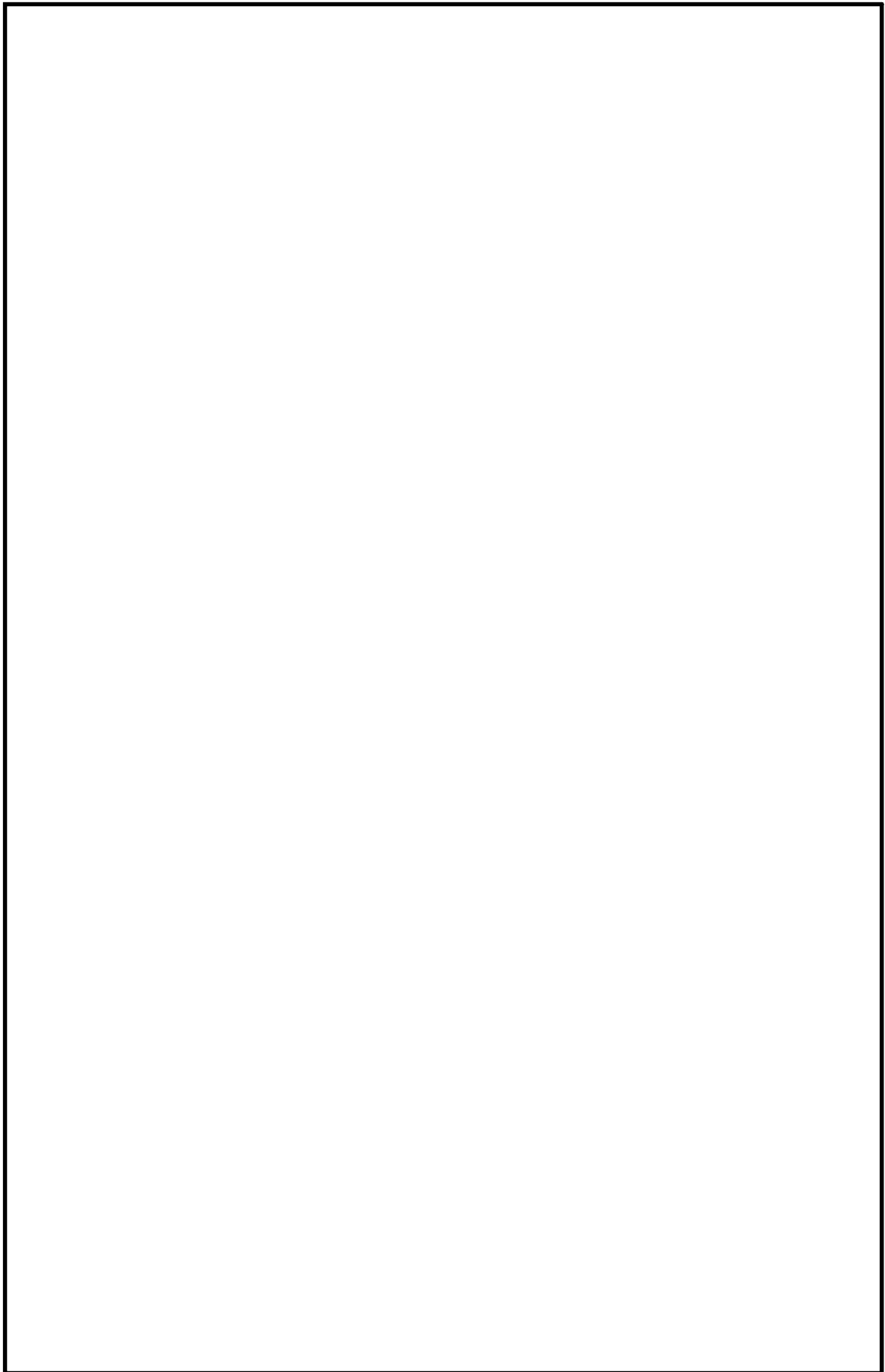


図 5-8 炉心の著しい損傷が発生した場合における放出源と評価地点の位置関係 (1/2)

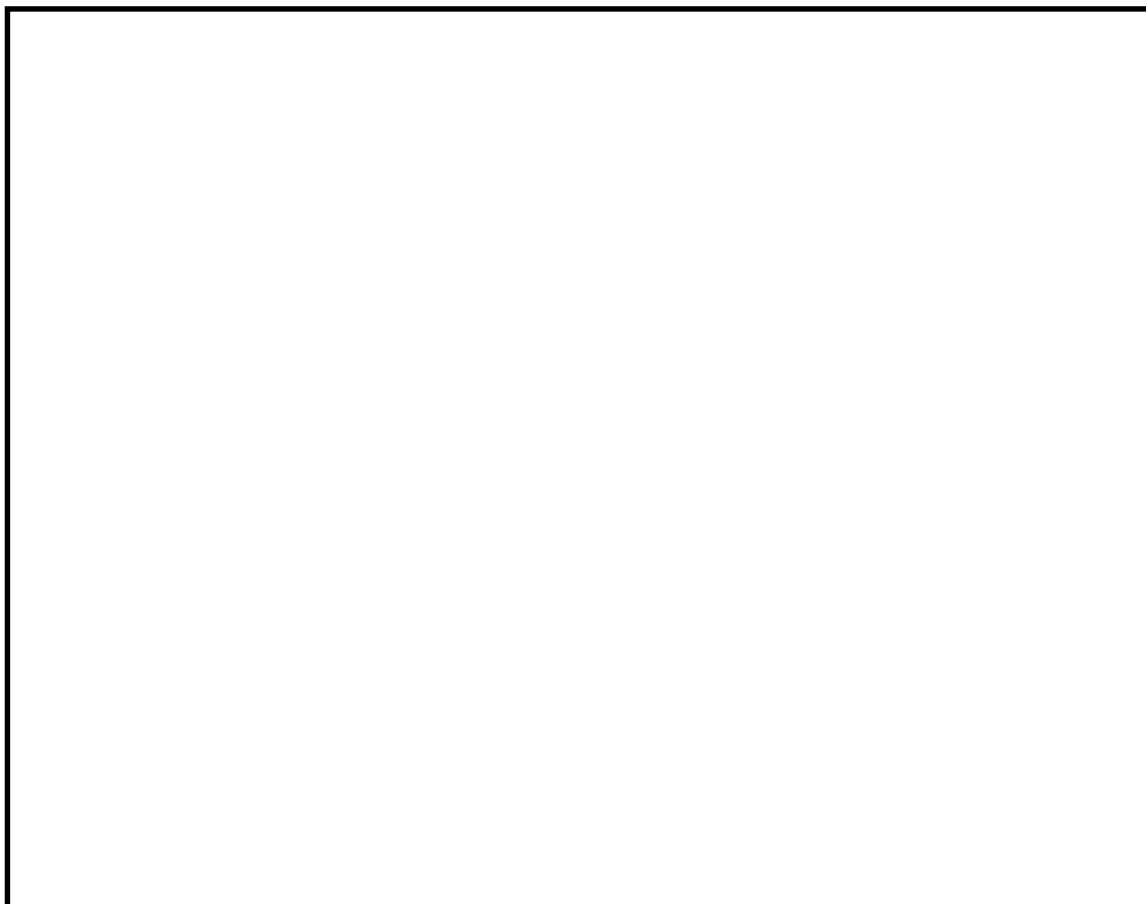


図 5-8 炉心の著しい損傷が発生した場合における放射源と評価地点の位置関係 (2/2)

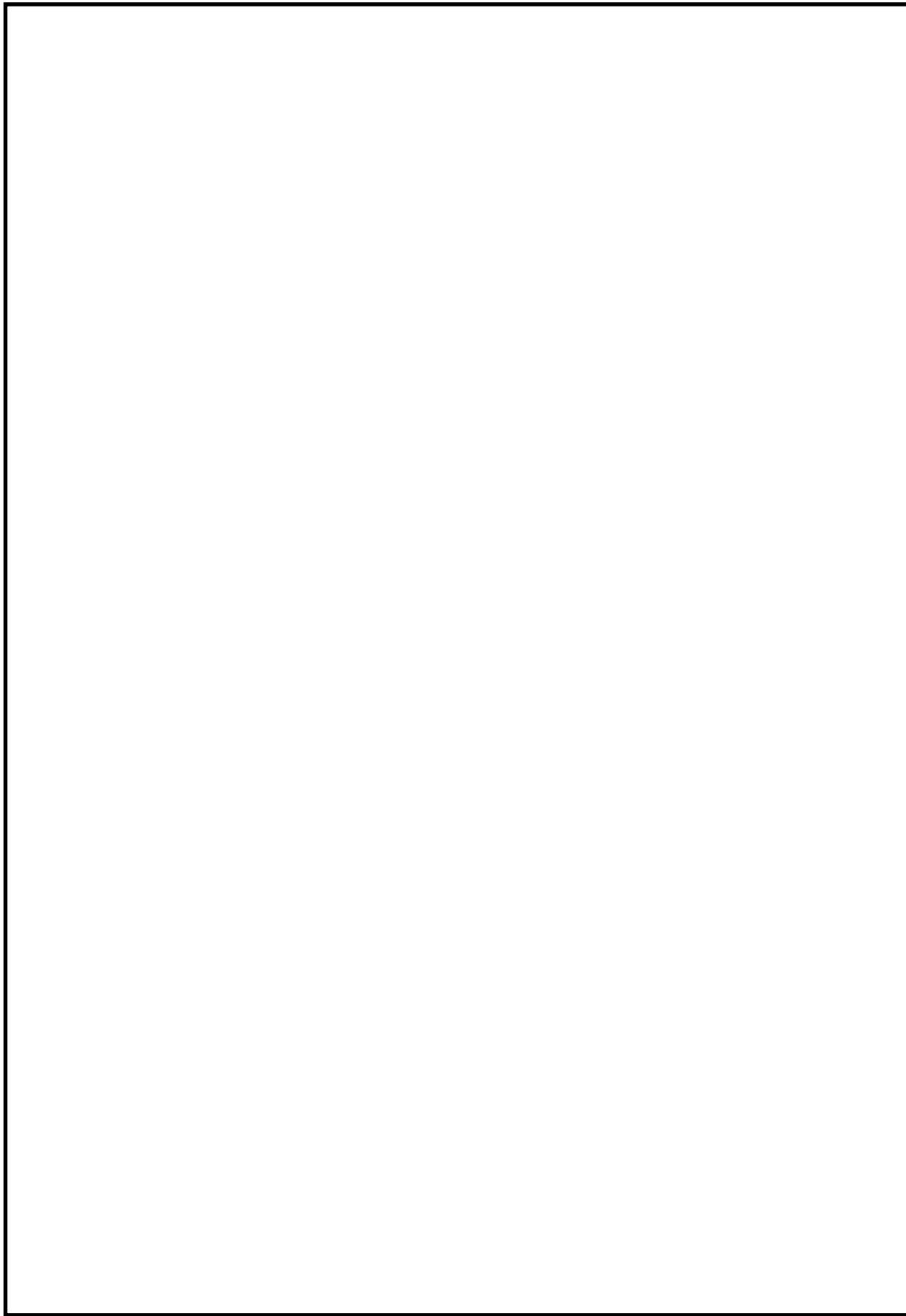


図 5-9 重大事故等時における非常用ガス処理系排気筒放出時の評価方位（評価点：中央制御室中心）



図 5-10 格納容器圧力逃がし装置からの放出時の評価方位 (評価点：中央制御室中心)

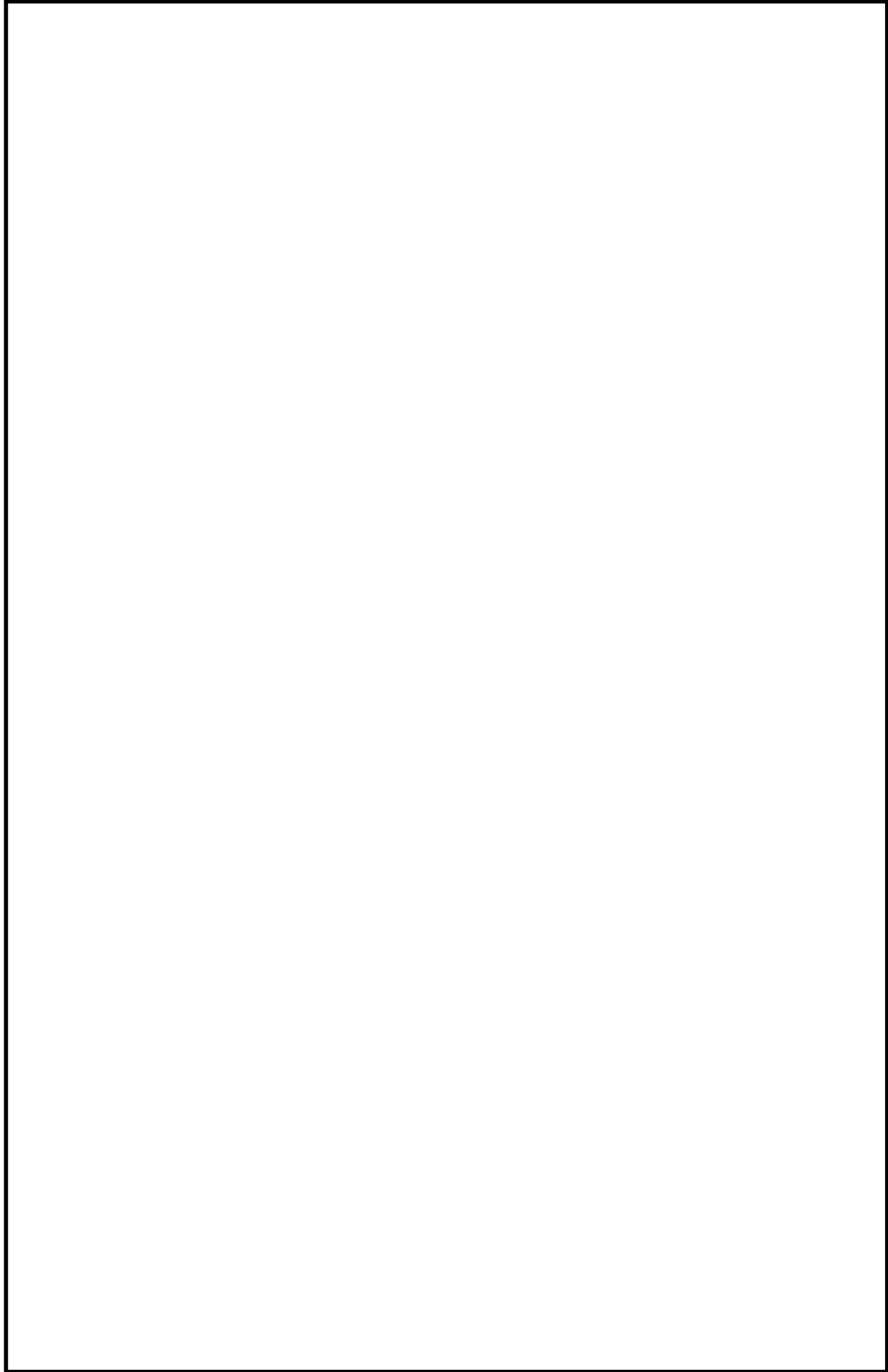


図 5-11 原子炉建屋漏えい時の評価方位 (評価点：中央制御室中心)

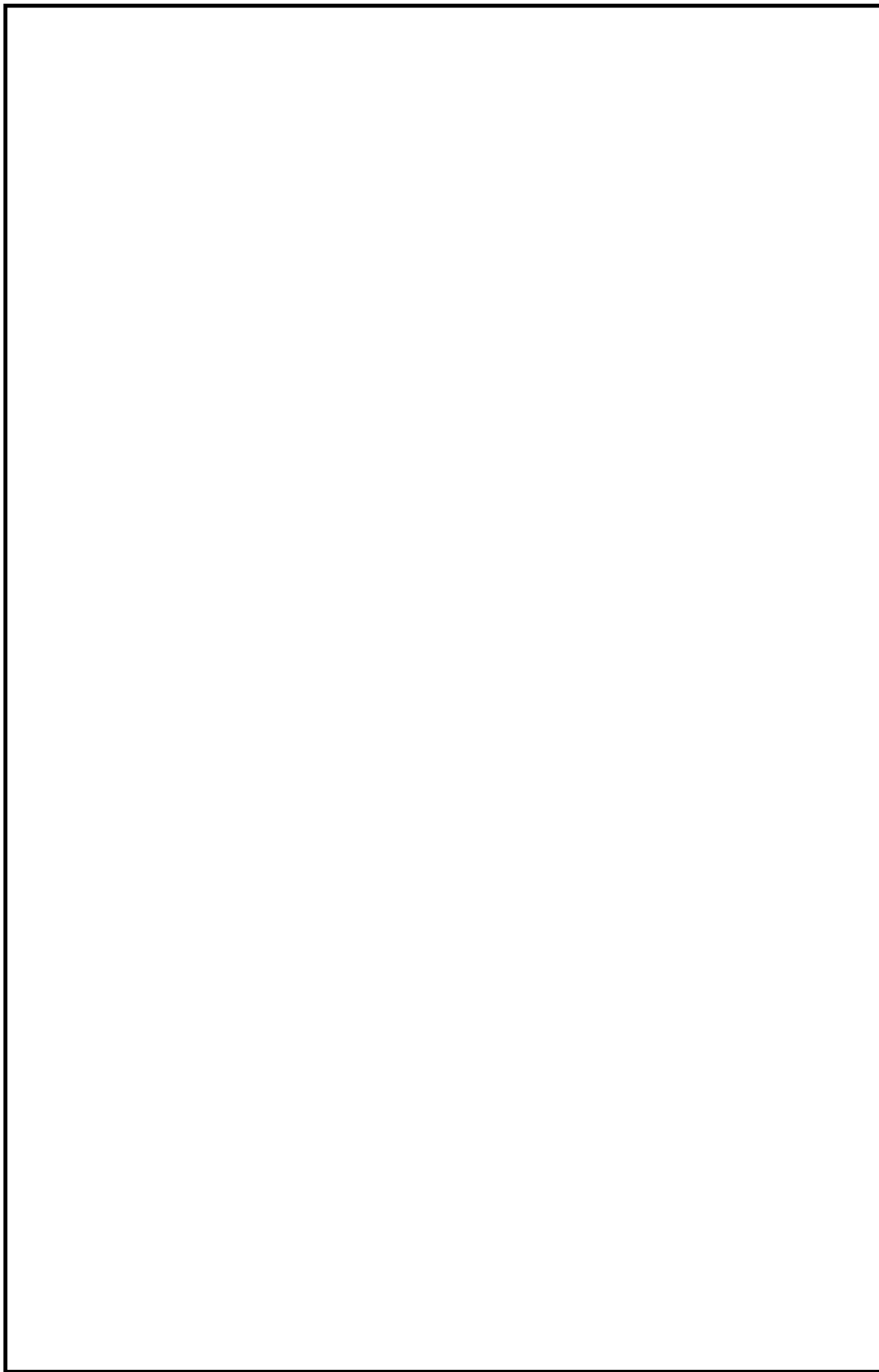


図 5-12 非常用ガス処理系排気筒からの放出時の評価方位 (評価点：建屋入口)

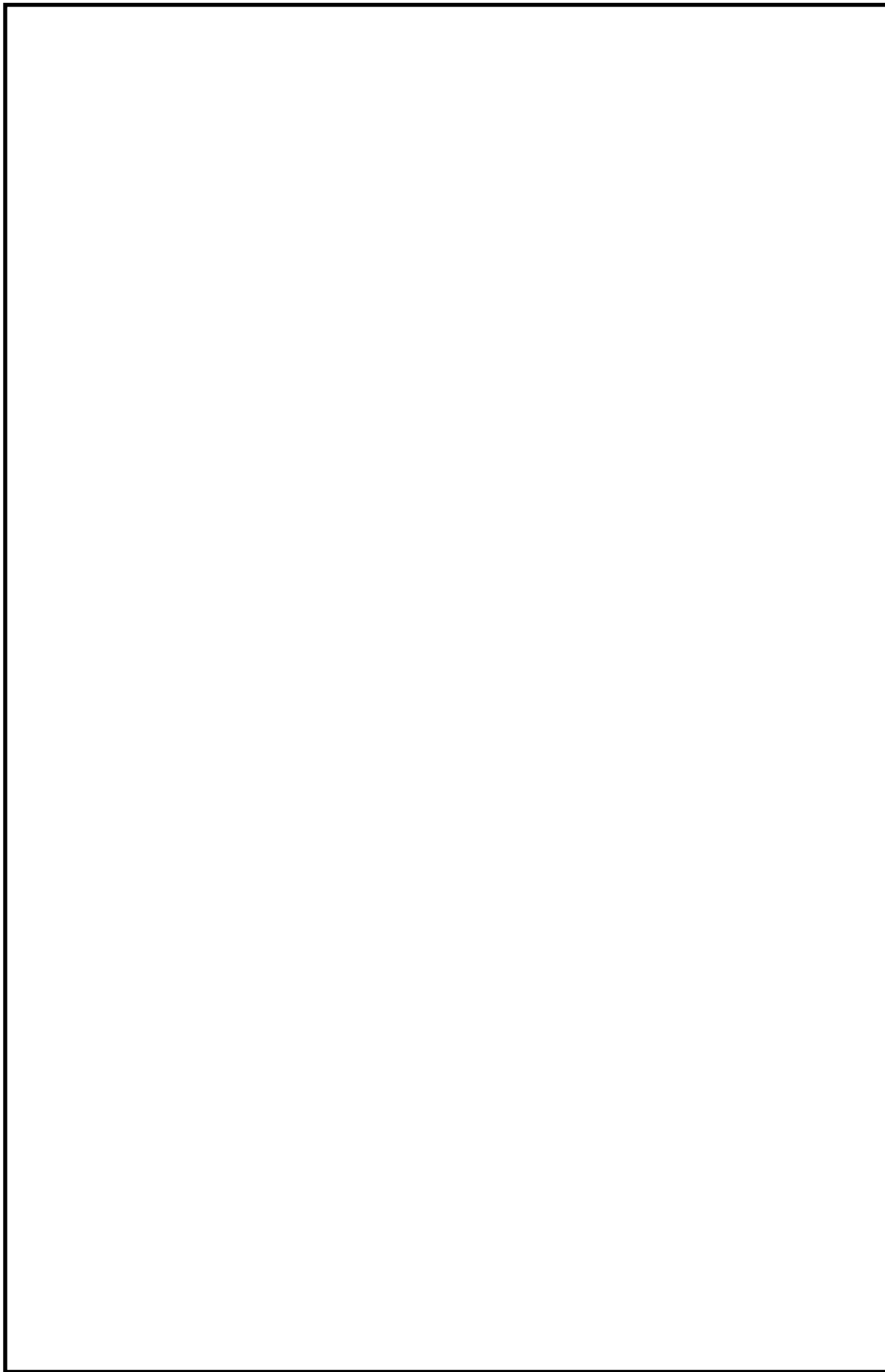


図 5-13 格納容器圧力逃がし装置からの放出時の評価方位 (評価点：建屋入口)

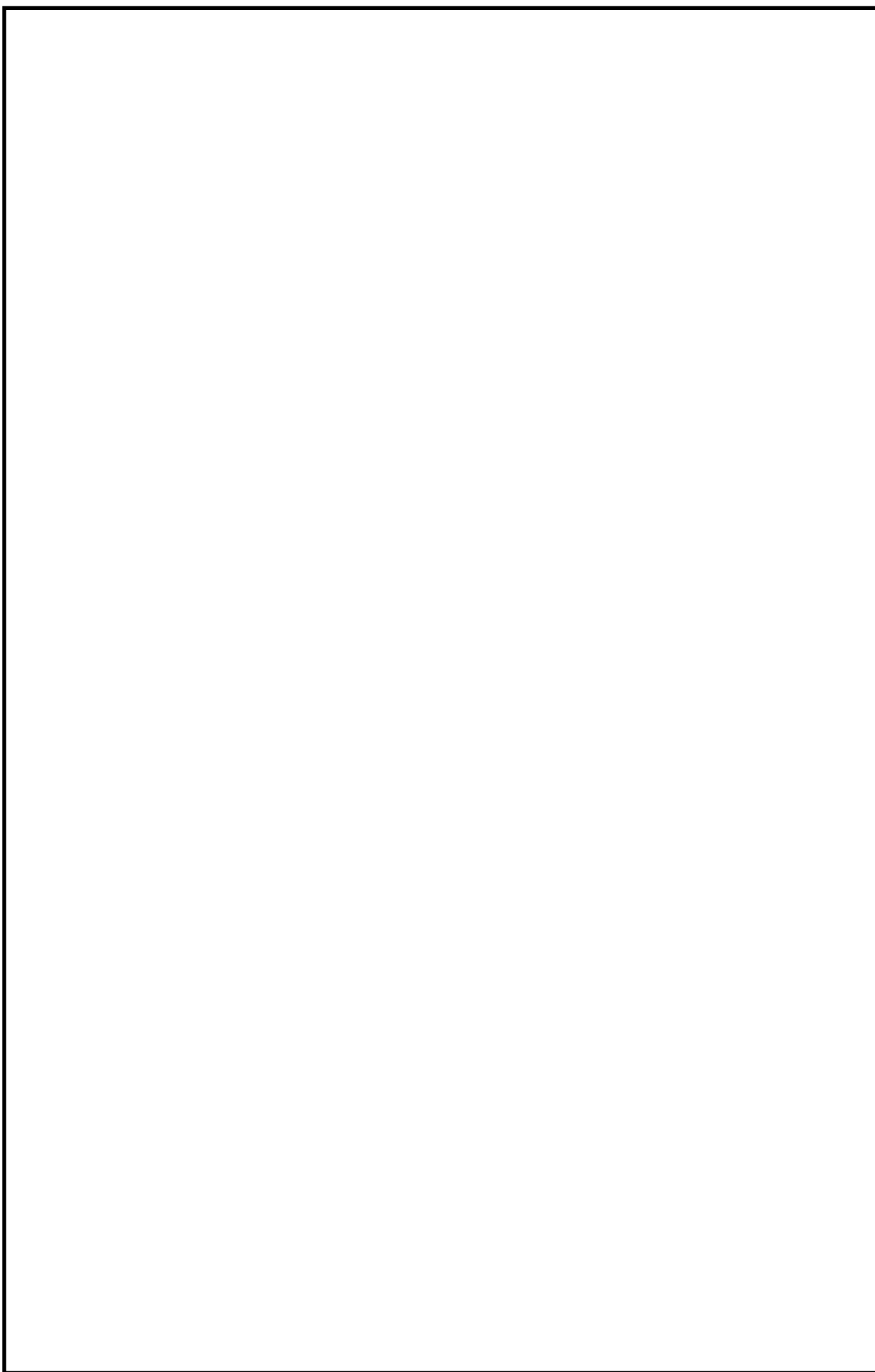


図5-14 重大事故等時における原子炉建屋漏えい時の評価方位 (評価点：建屋入口)

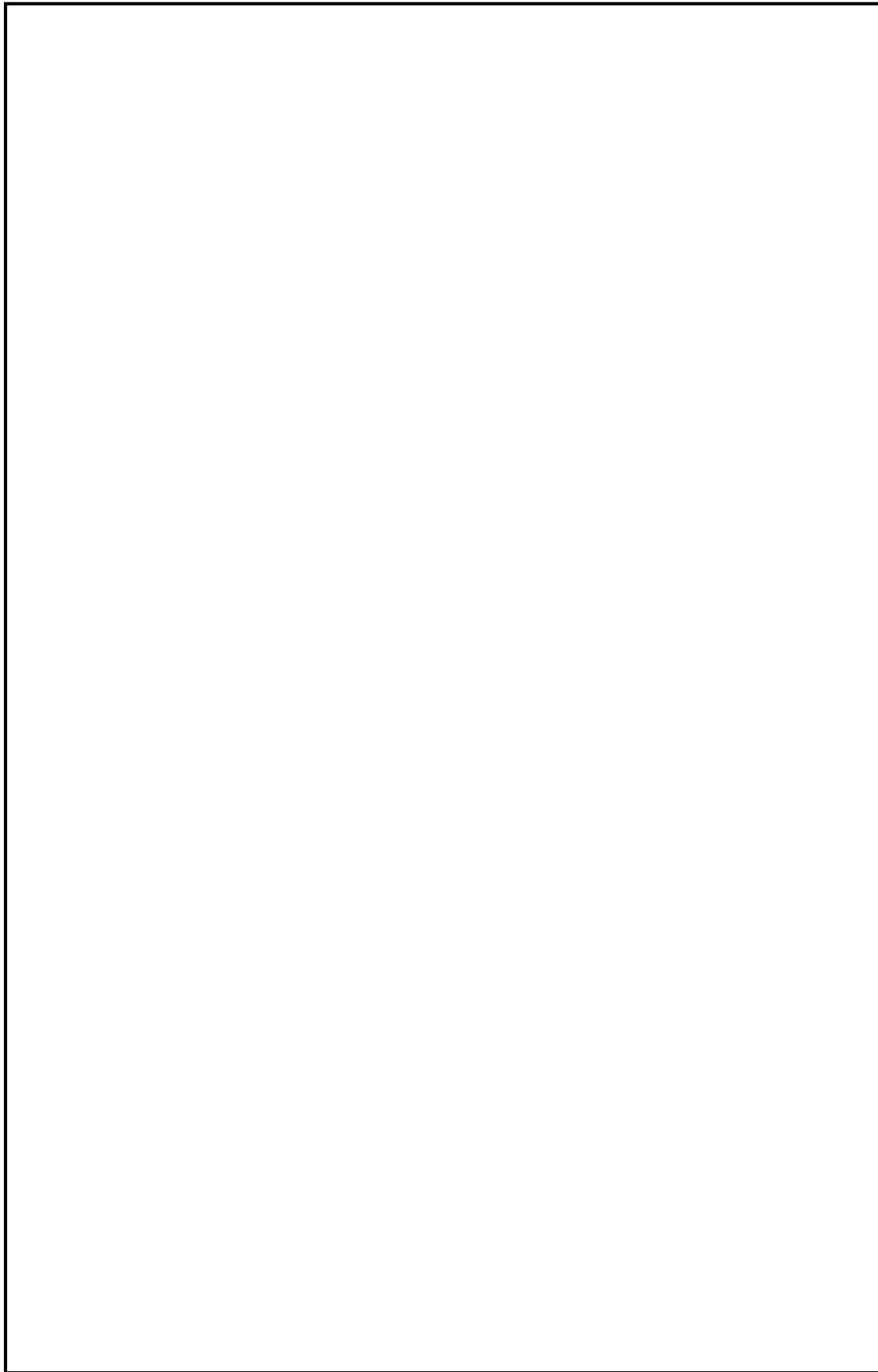


图 5-15 原子炉建屋断面積 (投影面積)

5.8 実効線量の評価

5.8.1 室内作業時の被ばく

- (1) 建屋内の放射性物質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被ばく
炉心の著しい損傷が発生した場合に原子炉建屋内に浮遊する放射性物質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運転員の実効線量は、施設の位置、建屋の配置及び形状等から評価する。

以下、評価条件及び評価結果を示す。

a. 評価条件

(a) 線源強度

線源強度は、5.6節の大気中への放出量評価により評価した原子炉建屋内の存在量に基づき、次のとおり求める。

- ① 炉心の著しい損傷が発生した場合に炉心から格納容器内に放出された放射性物質は、格納容器から原子炉建屋（二次格納施設）内に放出される。この二次格納施設内の放射性物質を直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の線源とする。

- ② 二次格納施設内の放射性物質は自由空間内に均一に分布するものとする。

なお、評価に使用する積算線源強度は表5-7に示すように、5.5節の運転員の勤務形態に基づき、7日間の各班の中央制御室内の滞在期間ごとに求める。

(b) 幾何条件

中央制御室内での被ばく評価に係る直接ガンマ線及びスカイシャインガンマ線の評価モデルは図4-14及び図4-15と同一である。

(c) 評価点

評価点は図4-14と同一である。

(d) 計算機コード

直接ガンマ線については、QAD-CGGP2Rコードを用い、スカイシャインガンマ線は、ANISN及びG33-GP2Rコードを用いる。

b. 評価結果

以上の条件に基づき評価した原子炉建屋内の放射性物質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実効線量の結果を表5-8に示す。

表 5-7 直接ガンマ線及びブスカイシヤインガンマ線評価用線源強度 (室内作業時)

群	ガンマ線積算線源強度 (一)													
	1日		2日		3日		4日		5日		6日		7日	
代表エネルギー (MeV)	A班	C班	E班	D班	B班	D班	B班	E班	C班	E班	C班	B班	D班	B班
1	0.01	13.75 h	24.25 h	37.75 h	48.25 h	61.75 h	72.25 h	85.75 h	96 h	109.75 h	133.75 h	144.25 h	157.75 h	168 h
2	0.02	3.6×10 ¹⁸	1.2×10 ¹⁹	1.1×10 ¹⁹	4.5×10 ¹⁸	3.2×10 ¹⁸	1.4×10 ¹⁸	4.5×10 ¹⁷	3.3×10 ¹⁷	1.5×10 ¹⁷	1.1×10 ¹⁷	4.7×10 ¹⁶	3.5×10 ¹⁶	1.5×10 ¹⁶
3	0.03	4.0×10 ¹⁸	1.4×10 ¹⁹	1.2×10 ¹⁹	5.0×10 ¹⁸	3.6×10 ¹⁸	1.6×10 ¹⁸	5.0×10 ¹⁷	3.7×10 ¹⁷	1.6×10 ¹⁷	1.2×10 ¹⁷	5.3×10 ¹⁶	3.9×10 ¹⁶	1.7×10 ¹⁶
4	0.045	4.9×10 ¹⁸	1.6×10 ¹⁹	1.4×10 ¹⁹	5.7×10 ¹⁸	4.0×10 ¹⁸	1.7×10 ¹⁸	5.1×10 ¹⁷	3.5×10 ¹⁷	1.5×10 ¹⁷	1.1×10 ¹⁷	4.6×10 ¹⁶	3.3×10 ¹⁶	1.4×10 ¹⁶
5	0.06	2.7×10 ¹⁷	7.4×10 ¹⁷	5.2×10 ¹⁷	1.8×10 ¹⁷	1.1×10 ¹⁷	4.3×10 ¹⁶	3.0×10 ¹⁶	9.3×10 ¹⁵	4.1×10 ¹⁵	3.0×10 ¹⁵	1.3×10 ¹⁵	9.5×10 ¹⁴	4.1×10 ¹⁴
6	0.07	1.8×10 ¹⁷	4.9×10 ¹⁷	3.5×10 ¹⁷	1.2×10 ¹⁷	7.3×10 ¹⁶	2.9×10 ¹⁶	8.6×10 ¹⁵	6.2×10 ¹⁵	2.8×10 ¹⁵	2.0×10 ¹⁵	8.6×10 ¹⁴	6.4×10 ¹⁴	2.8×10 ¹⁴
7	0.075	8.0×10 ¹⁸	3.7×10 ¹⁹	3.6×10 ¹⁹	1.6×10 ¹⁹	1.2×10 ¹⁹	4.0×10 ¹⁸	1.8×10 ¹⁸	1.3×10 ¹⁸	5.8×10 ¹⁷	4.2×10 ¹⁷	1.9×10 ¹⁷	6.8×10 ¹⁶	5.9×10 ¹⁶
8	0.1	4.0×10 ¹⁹	1.8×10 ²⁰	1.8×10 ²⁰	8.1×10 ¹⁹	6.1×10 ¹⁹	2.7×10 ¹⁹	8.8×10 ¹⁸	6.5×10 ¹⁸	2.9×10 ¹⁸	2.1×10 ¹⁸	9.3×10 ¹⁷	6.8×10 ¹⁷	2.9×10 ¹⁷
9	0.15	2.7×10 ¹⁷	4.9×10 ¹⁷	3.3×10 ¹⁷	1.1×10 ¹⁷	6.8×10 ¹⁶	2.7×10 ¹⁶	7.7×10 ¹⁵	5.4×10 ¹⁵	2.4×10 ¹⁵	1.6×10 ¹⁵	6.9×10 ¹⁴	5.0×10 ¹⁴	2.2×10 ¹⁴
10	0.2	2.5×10 ¹⁹	8.5×10 ¹⁹	4.9×10 ¹⁹	1.1×10 ¹⁹	4.1×10 ¹⁸	9.0×10 ¹⁷	9.8×10 ¹⁶	5.2×10 ¹⁶	1.9×10 ¹⁶	1.2×10 ¹⁶	4.5×10 ¹⁵	3.3×10 ¹⁵	1.4×10 ¹⁵
11	0.3	4.9×10 ¹⁹	1.7×10 ²⁰	9.8×10 ¹⁹	2.2×10 ¹⁹	8.2×10 ¹⁸	1.8×10 ¹⁸	2.0×10 ¹⁷	1.0×10 ¹⁷	3.8×10 ¹⁶	2.4×10 ¹⁶	9.0×10 ¹⁵	6.5×10 ¹⁵	2.8×10 ¹⁵
12	0.4	3.5×10 ¹⁸	8.8×10 ¹⁸	7.4×10 ¹⁸	3.2×10 ¹⁸	2.3×10 ¹⁸	1.0×10 ¹⁸	7.6×10 ¹⁷	2.5×10 ¹⁷	1.2×10 ¹⁷	8.2×10 ¹⁶	3.1×10 ¹⁶	2.3×10 ¹⁶	1.0×10 ¹⁶
13	0.45	1.8×10 ¹⁸	4.4×10 ¹⁸	3.7×10 ¹⁸	1.6×10 ¹⁸	1.1×10 ¹⁸	5.1×10 ¹⁷	1.7×10 ¹⁷	1.3×10 ¹⁷	7.8×10 ¹⁶	4.1×10 ¹⁶	1.6×10 ¹⁶	1.2×10 ¹⁶	5.2×10 ¹⁵
14	0.51	5.8×10 ¹⁸	1.4×10 ¹⁹	1.0×10 ¹⁹	3.6×10 ¹⁸	2.3×10 ¹⁸	9.1×10 ¹⁷	2.6×10 ¹⁷	1.7×10 ¹⁷	8.8×10 ¹⁶	4.7×10 ¹⁶	1.8×10 ¹⁶	1.3×10 ¹⁶	5.4×10 ¹⁵
15	0.512	1.9×10 ¹⁷	4.7×10 ¹⁷	3.4×10 ¹⁷	1.2×10 ¹⁷	7.7×10 ¹⁶	3.0×10 ¹⁶	8.5×10 ¹⁵	5.8×10 ¹⁵	2.6×10 ¹⁵	1.6×10 ¹⁵	6.0×10 ¹⁴	4.3×10 ¹⁴	1.8×10 ¹⁴
16	0.6	8.4×10 ¹⁸	2.1×10 ¹⁹	1.5×10 ¹⁹	5.3×10 ¹⁸	3.4×10 ¹⁸	1.3×10 ¹⁸	9.0×10 ¹⁷	2.6×10 ¹⁷	1.1×10 ¹⁷	6.8×10 ¹⁶	2.6×10 ¹⁶	1.9×10 ¹⁶	7.9×10 ¹⁵
17	0.7	9.6×10 ¹⁸	2.4×10 ¹⁹	1.7×10 ¹⁹	6.0×10 ¹⁸	3.8×10 ¹⁸	1.5×10 ¹⁸	4.3×10 ¹⁷	2.9×10 ¹⁷	1.3×10 ¹⁷	7.8×10 ¹⁶	3.0×10 ¹⁶	2.1×10 ¹⁶	8.9×10 ¹⁵
18	0.8	2.9×10 ¹⁸	6.9×10 ¹⁸	5.8×10 ¹⁸	2.4×10 ¹⁸	1.7×10 ¹⁸	7.0×10 ¹⁷	2.1×10 ¹⁷	1.4×10 ¹⁷	6.5×10 ¹⁶	3.9×10 ¹⁶	1.5×10 ¹⁶	1.1×10 ¹⁶	4.4×10 ¹⁵
19	1.0	5.9×10 ¹⁸	1.4×10 ¹⁹	1.2×10 ¹⁹	4.8×10 ¹⁸	3.3×10 ¹⁸	1.4×10 ¹⁸	4.1×10 ¹⁷	2.9×10 ¹⁷	1.3×10 ¹⁷	7.7×10 ¹⁶	3.0×10 ¹⁶	2.1×10 ¹⁶	8.8×10 ¹⁵
20	1.33	3.1×10 ¹⁸	4.9×10 ¹⁸	3.2×10 ¹⁸	1.1×10 ¹⁸	7.4×10 ¹⁷	3.0×10 ¹⁷	8.8×10 ¹⁶	6.1×10 ¹⁶	2.7×10 ¹⁶	1.6×10 ¹⁶	6.2×10 ¹⁵	4.4×10 ¹⁵	1.8×10 ¹⁵
21	1.34	9.2×10 ¹⁶	1.5×10 ¹⁷	9.6×10 ¹⁶	3.4×10 ¹⁶	2.3×10 ¹⁶	9.2×10 ¹⁵	2.7×10 ¹⁵	1.8×10 ¹⁵	8.3×10 ¹⁴	4.9×10 ¹⁴	1.9×10 ¹⁴	1.3×10 ¹⁴	5.6×10 ¹³
22	1.5	1.5×10 ¹⁸	2.4×10 ¹⁸	1.5×10 ¹⁸	5.5×10 ¹⁷	3.6×10 ¹⁷	1.5×10 ¹⁷	4.3×10 ¹⁶	2.9×10 ¹⁶	1.3×10 ¹⁶	7.8×10 ¹⁵	3.0×10 ¹⁵	2.1×10 ¹⁵	8.9×10 ¹⁴
23	1.66	5.2×10 ¹⁷	5.0×10 ¹⁷	2.0×10 ¹⁷	5.4×10 ¹⁶	3.3×10 ¹⁶	1.3×10 ¹⁶	3.8×10 ¹⁵	2.6×10 ¹⁵	1.2×10 ¹⁵	7.0×10 ¹⁴	2.7×10 ¹⁴	1.9×10 ¹⁴	7.8×10 ¹³
24	2.0	1.1×10 ¹⁸	1.1×10 ¹⁸	4.2×10 ¹⁷	1.1×10 ¹⁷	6.9×10 ¹⁶	2.8×10 ¹⁶	8.0×10 ¹⁵	5.6×10 ¹⁵	2.5×10 ¹⁵	1.5×10 ¹⁵	5.7×10 ¹⁴	4.0×10 ¹⁴	1.7×10 ¹⁴
25	2.5	3.5×10 ¹⁸	2.1×10 ¹⁸	4.2×10 ¹⁷	1.1×10 ¹⁷	7.6×10 ¹⁶	3.2×10 ¹⁶	9.3×10 ¹⁵	6.5×10 ¹⁵	3.0×10 ¹⁵	1.7×10 ¹⁵	6.6×10 ¹⁴	4.6×10 ¹⁴	1.9×10 ¹⁴
26	3.0	1.2×10 ¹⁷	2.9×10 ¹⁶	7.9×10 ¹⁵	2.6×10 ¹⁵	1.8×10 ¹⁵	7.7×10 ¹⁴	2.3×10 ¹⁴	1.6×10 ¹⁴	7.3×10 ¹³	4.3×10 ¹³	1.6×10 ¹³	1.2×10 ¹³	4.8×10 ¹²
27	3.5	1.4×10 ¹⁵	3.4×10 ¹³	3.4×10 ¹¹	9.2×10 ¹⁰	7.1×10 ¹⁰	3.3×10 ¹⁰	1.2×10 ¹⁰	9.5×10 ⁹	4.5×10 ⁹	3.7×10 ⁹	1.9×10 ⁹	1.6×10 ⁹	7.9×10 ⁸
28	4.0	1.4×10 ¹⁵	3.4×10 ¹³	3.4×10 ¹¹	9.2×10 ¹⁰	7.1×10 ¹⁰	3.3×10 ¹⁰	1.2×10 ¹⁰	9.5×10 ⁹	4.5×10 ⁹	3.7×10 ⁹	1.9×10 ⁹	1.6×10 ⁹	7.9×10 ⁸
29	4.5	3.9×10 ⁵	2.5×10 ⁵	1.9×10 ⁵	9.3×10 ⁴	7.3×10 ⁴	3.5×10 ⁴	1.3×10 ⁴	1.1×10 ⁴	5.3×10 ³	4.4×10 ³	2.3×10 ³	2.0×10 ³	1.0×10 ³
30	5.0	3.9×10 ⁵	2.5×10 ⁵	1.9×10 ⁵	9.3×10 ⁴	7.3×10 ⁴	3.5×10 ⁴	1.3×10 ⁴	1.1×10 ⁴	5.3×10 ³	4.4×10 ³	2.3×10 ³	2.0×10 ³	1.0×10 ³
31	5.5	3.9×10 ⁵	2.5×10 ⁵	1.9×10 ⁵	9.3×10 ⁴	7.3×10 ⁴	3.5×10 ⁴	1.3×10 ⁴	1.1×10 ⁴	5.3×10 ³	4.4×10 ³	2.3×10 ³	2.0×10 ³	1.0×10 ³
32	6.0	3.9×10 ⁵	2.5×10 ⁵	1.9×10 ⁵	9.3×10 ⁴	7.3×10 ⁴	3.5×10 ⁴	1.3×10 ⁴	1.1×10 ⁴	5.3×10 ³	4.4×10 ³	2.3×10 ³	2.0×10 ³	1.0×10 ³
33	6.5	4.5×10 ⁴	2.8×10 ⁴	2.2×10 ⁴	1.1×10 ⁴	8.4×10 ³	4.0×10 ³	1.5×10 ³	1.2×10 ³	6.0×10 ²	5.0×10 ²	2.6×10 ²	2.3×10 ²	1.2×10 ²
34	7.0	4.5×10 ⁴	2.8×10 ⁴	2.2×10 ⁴	1.1×10 ⁴	8.4×10 ³	4.0×10 ³	1.5×10 ³	1.2×10 ³	6.0×10 ²	5.0×10 ²	2.6×10 ²	2.3×10 ²	1.2×10 ²
35	7.5	4.5×10 ⁴	2.8×10 ⁴	2.2×10 ⁴	1.1×10 ⁴	8.4×10 ³	4.0×10 ³	1.5×10 ³	1.2×10 ³	6.0×10 ²	5.0×10 ²	2.6×10 ²	2.3×10 ²	1.2×10 ²
36	8.0	4.5×10 ⁴	2.8×10 ⁴	2.2×10 ⁴	1.1×10 ⁴	8.4×10 ³	4.0×10 ³	1.5×10 ³	1.2×10 ³	6.0×10 ²	5.0×10 ²	2.6×10 ²	2.3×10 ²	1.2×10 ²
37	10.0	1.4×10 ⁴	8.7×10 ³	6.9×10 ³	3.3×10 ³	2.6×10 ³	1.2×10 ³	4.7×10 ²	3.8×10 ²	1.9×10 ²	1.5×10 ²	8.0×10 ¹	6.9×10 ¹	3.6×10 ¹
38	12.0	6.9×10 ³	4.4×10 ³	3.4×10 ³	1.6×10 ³	1.3×10 ³	6.2×10 ²	2.4×10 ²	1.9×10 ²	9.3×10 ¹	7.7×10 ¹	4.0×10 ¹	3.5×10 ¹	1.8×10 ¹
39	14.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
41	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
42	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表5-8 原子炉建屋内の放射性物質からの直接ガンマ線及びスカイシヤインガンマ線による実効線量 (室内作業時)

		実効線量 (mSv)							合計
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	
A班	直接ガンマ線	7.8×10^{-1}							7.8×10^{-1}
	スカイシヤインガンマ線	1.4×10^{-4}							1.4×10^{-4}
	合計	7.8×10^{-1}							7.8×10^{-1}
B班	直接ガンマ線			4.9×10^{-2}	1.4×10^{-2}		4.2×10^{-4}	1.2×10^{-4}	6.3×10^{-2}
	スカイシヤインガンマ線			3.9×10^{-5}	1.1×10^{-5}		3.3×10^{-7}	9.8×10^{-8}	5.0×10^{-5}
	合計			4.9×10^{-2}	1.4×10^{-2}		4.2×10^{-4}	1.2×10^{-4}	6.3×10^{-2}
C班	直接ガンマ線	6.0×10^{-1}					4.1×10^{-3}		6.0×10^{-1}
	スカイシヤインガンマ線	2.5×10^{-4}					3.1×10^{-6}		2.5×10^{-4}
	合計	6.0×10^{-1}					4.1×10^{-3}		6.0×10^{-1}
D班	直接ガンマ線		7.4×10^{-2}	2.0×10^{-2}				2.9×10^{-4}	9.4×10^{-2}
	スカイシヤインガンマ線		6.0×10^{-5}	1.6×10^{-5}				2.3×10^{-7}	7.6×10^{-5}
	合計		7.4×10^{-2}	2.0×10^{-2}				3.0×10^{-4}	9.4×10^{-2}
E班	直接ガンマ線		2.3×10^{-1}		5.9×10^{-3}				2.3×10^{-1}
	スカイシヤインガンマ線		1.7×10^{-4}		4.5×10^{-6}				1.7×10^{-4}
	合計		2.3×10^{-1}		5.9×10^{-3}				2.3×10^{-1}

(2) 放射性雲中の放射性物質のガンマ線による被ばく

大気中に放出された放射性物質からのガンマ線による中央制御室内での運転員の外部被ばく線量を以下に評価する。

a. 評価条件

(a) 放射性物質の放出量

放射性物質の大気中への放出量は、5.6節の大気中への放出量評価に基づくものとする。

(b) 大気拡散条件

線量評価に使用する相対線量 (D/Q) は、5.7節の大気拡散の評価の「(4) 評価結果」に示した中央制御室中心における評価結果を使用する。

放出箇所		D/Q (Gy/Bq)
原子炉建屋からの 放出	原子炉建屋漏えい (地上放出)	2.9×10^{-18}
	非常用ガス処理系排 気筒 (排気筒放出)	8.8×10^{-20}
格納容器圧力逃がし装置排気口 (建屋屋上放出)		8.8×10^{-19}

b. 評価方法

大気中に放出された放射性物質からのガンマ線による室内作業時の外部被ばく線量は、大気中への放出量に相対線量を乗じて計算した値に、中央制御室遮蔽による減衰効果を考慮して計算する。

(7日間連続滞在の場合)

$$H_{\gamma}^i = \int_0^{7\text{日}} K \cdot D/Q \cdot Q_i(t) \cdot F(x) dt$$

ここで、

H_{γ}^i : 核種 i のガンマ線による外部被ばく線量 (Sv)

K : 空気カーマから実効線量への換算係数 (1 Sv/Gy)

D/Q : 相対線量 (Gy/Bq)

$Q_i(t)$: 時刻 t における核種 i の大気中への放出率 (Bq/s)

(ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)

F(x) : 中央制御室遮蔽厚さ x における減衰率 (-)

ここで、中央制御室遮蔽厚さ (コンクリート 39.5 cm) における減衰率は、大気中への放出量を線源として、QAD-CGGP2Rコードにより計算する。

	対象核種	原子炉建屋からの放出	格納容器圧力逃がし装置からの放出
コンクリートの減衰率	希ガス	4×10^{-2}	8×10^{-3}
	希ガス以外	5×10^{-2}	4×10^{-2}

c. 評価結果

放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による中央制御室内での実効線量を表 5-9 に示す。

表 5-9 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 (室内作業時)

	実効線量 (mSv)							合計
	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	
A班	9.6×10^{-1}							9.6×10^{-1}
B班			2.3×10^{-3}	6.3×10^{-4}		2.6×10^{-5}	7.9×10^{-6}	3.0×10^{-3}
C班	1.4×10^1				1.9×10^{-4}			1.4×10^1
D班		3.7×10^{-3}	9.2×10^{-4}				1.9×10^{-5}	4.6×10^{-3}
E班		1.0×10^{-2}		2.7×10^{-4}				1.1×10^{-2}

(3) 室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく

評価期間中に大気中へ放出された放射性物質の一部は外気から中央制御室内へ取り込まれる。中央制御室内に取り込まれた放射性物質の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の合計値として実効線量を評価する。

a. 評価条件

(a) 放射性物質の放出量

放射性物質の大気中への放出量は、5.6節大気中への放出量評価に基づくものとする。

(b) 大気拡散条件

線量評価に使用する相対濃度(χ/Q)は、5.7節の大気拡散の評価の「(4) 評価結果」に示した中央制御室中心における評価結果を使用する。

放出箇所		χ/Q (s/m ³)
原子炉建屋からの放出	原子炉建屋漏えい (地上放出)	8.3×10^{-4}
	非常用ガス処理系排気筒 (排気筒放出)	3.0×10^{-6}
格納容器圧力逃がし装置排気口 (建屋屋上放出)		3.7×10^{-4}

(c) 中央制御室換気系条件

中央制御室換気系条件を表5-10に示す。

(d) 中央制御室待避室の効果

格納容器ベント時の運転員の被ばくを低減する対策として、中央制御室内に中央制御室待避室（以下「待避室」という。）を設置する。ベント実施時には待避室内に待避する。また、待避室内は空気ポンベにより5時間加圧する。

被ばく評価に使用する待避室による減衰率は、事故時の中央制御室バウンダリ内の最大放射能濃度を線源として、QAD-CGGP2Rコードにより計算する。

	対象核種	待避室 (コンクリート 39.5 cm)
減衰率	希ガス	6×10^{-3}
	希ガス以外	4×10^{-2}

(e) マスク着用の効果

中央制御室内ではマスク着用を考慮する。マスクの除染係数は50とし、着用期間は事故直後から3時間とする。

b. 評価方法

事故発生により大気中に放出された放射性物質は、中央制御室換気系により室内に取り込まれる。

以下に、これらの中央制御室内放射能濃度及び線量評価方法を示す。

(a) 室内放射能濃度の評価

室内の放射能濃度は、次式により評価する。

$$\frac{d(V \cdot C_i(t))}{dt} = (1 - \eta) \cdot C_i^0(t) \cdot f_1 + C_i^0(t) \cdot f_2 - C_i(t) \cdot (f_1 + f_2 + \eta \cdot F_R) - \lambda_i \cdot V \cdot C_i(t)$$

ここで、

$C_i(t)$: 時刻 t における中央制御室内の核種 i の濃度 (Bq/m³)

V : 中央制御室換気系処理空間容積 (m³)

η : 非常用フィルタの除去効率 (-)

$C_i^0(t)$: 時刻 t における外気取入れ口での核種 i の濃度 (Bq/m³)

$$C_i^0(t) = Q_i(t) \cdot \chi / Q$$

f_1 : 外気取り込み量 (m³/s)

f_2 : 外気リークイン量 (m³/s)

F_R : 閉回路循環運転流量 (m³/s)

λ_i : 核種 i の崩壊定数 (s⁻¹)

$Q_i(t)$: 時刻 t における大気中への核種 i の放出率 (Bq/s)

χ / Q : 相対濃度 (s/m³)

(b) 実効線量の評価

室内に取り込まれた放射性物質による実効線量は、次に述べる吸入摂取による内部被ばく及びガンマ線による外部被ばくの和として計算する。

イ. 放射性物質の吸入摂取による内部被ばく

放射性物質の吸入摂取による内部被ばくは、次式で評価する。

(7日間連続滞在の場合)

$$H_I^i = \int_0^{7\text{日}} R \cdot H_\infty^i \cdot C_i(t) dt$$

ここで、

H_I^i : 核種 i の内部被ばくによる実効線量 (Sv)

R : 呼吸率 (m³/s)

(成人活動時の呼吸率 1.2 m³/h を秒当たりに換算して用いる。)

H_{∞}^i : 核種 i の吸入摂取に対する成人実効線量換算係数 (Sv/Bq)

$C_i(t)$: 時刻 t における核種 i の室内放射能濃度 (Bq/m³)

ロ. 放射性物質のガンマ線による外部被ばく

室内容積を等価な半球状とし、半球の中心に運転員がいるものとする。室内に取り込まれた放射性物質のガンマ線による実効線量は、次式で計算する。

(7日間連続滞在の場合)

$$H_{\gamma}^i = \int_0^{7\text{日}} 6.2 \times 10^{-14} \cdot E_{\gamma} \cdot \{1 - e^{-\mu r}\} \cdot C_{\gamma}^i(t) dt$$

ここで、

H_{γ}^i : 核種 i のガンマ線外部被ばくによる実効線量 (Sv)

6.2×10^{-14} : サブマージョンモデルによる換算係数 ($\frac{\text{dis} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{Gy}}{\text{MeV} \cdot \text{Bq} \cdot \text{s}}$)

E_{γ} : ガンマ線エネルギー (0.5 MeV/dis)

μ : 空気に対するガンマ線の線エネルギー吸収係数 ($3.9 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$)

r : 室内空間と等価な半球の半径 (m)

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{2 \cdot \pi}}$$

V : 中央制御室内容積 (m³)

$C_{\gamma}^i(t)$: 時刻 t における核種 i の室内放射能濃度 (Bq/m³)

(ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)

c. 評価結果

外気から中央制御室内に取り込まれた放射性物質による実効線量を表 5-11 (マスク着用あり) 及び表 5-12 (マスク着用なし) に示す。

表 5-10 中央制御室換気系条件

項目	条件	備考
外気取り込み方法	間欠取り込み (27時間隔離, 3時間取入)	閉回路循環運転が27時間継続した後に3時間の外気取り込みを仮定。
中央制御室内容積	2800 m ³	中央制御室換気系の処理対象となる区画の容積を保守的に大きめに設定
閉回路循環運転流量	5100 m ³ /h	設計値
外気取り込み量	3400 m ³ /h	設計値
フィルタ効率	95 %	フィルタユニットの設計値 (チャコールフィルタ効率: 97 %以上, 高性能粒子フィルタ: 99.97 %以上) から保守的に設定。
	99 %	
中央制御室バウンダリへの外気の直接流入率	非常用換気系作動前: 2800 m ³ /h (1.0回/h) 非常用換気系作動後: 2800 m ³ /h (1.0回/h)	空気流入率測定試験結果である0.47回/hから保守的に1回/hと設定。
事故時の非常用換気系作動開始時間	事故後2時間	全交流動力電源喪失を考慮し, 代替電源からの電源供給開始時間から保守的に設定。

表 5-11 中央制御室内へ外気から取り込まれた放射性物質による被ばく（マスク着用あり）

	被ばく形態	実効線量 (mSv)							合 計	
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日		
A班	外部被ばく	5.3×10^0								5.3×10^0
	内部被ばく	4.0×10^1								4.0×10^1
	合 計	4.6×10^1								4.6×10^1
B班	外部被ばく			1.9×10^{-3}	4.3×10^{-4}		3.2×10^{-6}	1.1×10^{-6}		2.3×10^{-3}
	内部被ばく			6.6×10^{-1}	1.3×10^{-1}		6.7×10^{-3}	2.3×10^{-3}		8.0×10^{-1}
	合 計			6.6×10^{-1}	1.3×10^{-1}		6.7×10^{-3}	2.3×10^{-3}		8.0×10^{-1}
C班	外部被ばく	6.1×10^0					8.5×10^{-6}			6.1×10^0
	内部被ばく	7.1×10^{-1}					1.5×10^{-2}			7.7×10^{-1}
	合 計	6.8×10^0					1.5×10^{-2}			6.8×10^0
D班	外部被ばく		3.1×10^{-3}	6.0×10^{-4}					3.2×10^{-6}	3.7×10^{-3}
	内部被ばく		1.0×10^0	2.0×10^{-1}					5.2×10^{-3}	1.2×10^0
	合 計		1.0×10^0	2.0×10^{-1}					5.2×10^{-3}	1.3×10^0
E班	外部被ばく		5.2×10^0		1.5×10^{-4}			1.2×10^{-4}		5.2×10^0
	内部被ばく		2.8×10^0		5.9×10^{-2}			2.0×10^{-2}		2.9×10^0
	合 計		8.0×10^0		5.9×10^{-2}			2.0×10^{-2}		8.1×10^0

表 5-12 中央制御室内へ外気から取り込まれた放射性物質による被ばく（マスク着用なし）

	被ばく形態	実効線量 (mSv)							合計	
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日		
A班	外部被ばく	5.3×10^0								5.3×10^0
	内部被ばく	1.0×10^3								1.0×10^3
	合計	1.0×10^3								1.0×10^3
B班	外部被ばく			1.9×10^{-3}	4.3×10^{-4}		3.2×10^{-6}	1.1×10^{-6}		2.3×10^{-3}
	内部被ばく			6.6×10^{-1}	1.3×10^{-1}		6.7×10^{-3}	2.3×10^{-3}		8.0×10^{-1}
	合計			6.6×10^{-1}	1.3×10^{-1}		6.7×10^{-3}	2.3×10^{-3}		8.1×10^{-1}
C班	外部被ばく	6.1×10^0					1.3×10^{-4}			6.1×10^0
	内部被ばく	7.1×10^{-1}					4.4×10^{-2}			7.7×10^{-1}
	合計	6.8×10^0					4.4×10^{-2}			6.8×10^0
D班	外部被ばく		3.1×10^{-3}	6.0×10^{-4}					3.2×10^{-6}	3.7×10^{-3}
	内部被ばく		1.0×10^0	2.0×10^{-1}					5.2×10^{-3}	1.2×10^0
	合計		1.0×10^0	2.0×10^{-1}					5.2×10^{-3}	1.3×10^0
E班	外部被ばく		5.2×10^0		1.5×10^{-4}			1.2×10^{-4}		5.2×10^0
	内部被ばく		2.8×10^0		5.9×10^{-2}			2.0×10^{-2}		2.9×10^0
	合計		8.0×10^0		5.9×10^{-2}			2.0×10^{-2}		8.1×10^0

(4) 地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による被ばく

大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線（グランドシャイン）による，中央制御室内での運転員の実効線量は，評価期間中の大気中への放射性物質の放出量を基に大気拡散効果，地表沈着効果及び中央制御室遮蔽による減衰効果を考慮して評価する。

a. 放射性物質の地表沈着量

大気中へ放出された放射性物質の地表面への沈着量評価では，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。

(a) 放射性物質の放出量

放射性物質の大気中への放出量は，5.6節の大気中への放出量評価に基づくものとする。

(b) 大気拡散条件

線量評価に使用する相対濃度（ χ/Q ）は，5.7節の大気拡散の評価の「(4) 評価結果」に示した中央制御室中心における評価結果を使用する。

放出箇所		χ/Q (s/m ³)
原子炉建屋からの 放出	原子炉建屋漏えい (地上放出)	8.3×10^{-4}
	非常用ガス処理系排 気筒 (排気筒放出)	3.0×10^{-6}
格納容器圧力逃がし装置排気口 (建屋屋上放出)		3.7×10^{-4}

(c) 地表面への沈着速度

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。

沈着速度は，有機よう素は NRPB-R322*¹を参考として 0.001 cm/s，有機よう素以外は NUREG/CR-4551*²を参考として 0.3 cm/s と設定し，湿性沈着を考慮した沈着速度は，線量目標値評価指針の記載（降水時における沈着率は乾燥時の 2～3 倍大きい値となる。）を参考に，保守的に乾性沈着速度の 4 倍として，有機よう素は 0.004 cm/s，有機よう素以外は 1.2 cm/s を設定する。

注記 *1: NRPB-R322-Atmospheric Dispersion Modelling Liaison Committee Annual Report, 1998-99

*2: J.L. Sprung 等: Evaluation of severe accident risks: quantification of major input parameters, NUREG/CR-4551 Vol.2 Rev.1 Part 7, 1990

(d) 地表面沈着濃度の評価

評価期間中の地表面沈着濃度は、以下により計算する。

$$S_o^i(t) = \frac{V_G \cdot \chi / Q \cdot f \cdot Q_i(t)}{\lambda_i} \cdot (1 - e^{-\lambda_i \cdot t})$$

$$G C_T^i = \int_0^T S_o^i(t) \cdot dt$$

ここで、

$S_o^i(t)$: 事故後 t 時間における核種 i の地表面沈着濃度 (Bq/m²)

$G C_T^i$: 事故後 T 時間までの核種 i の地表面沈着濃度 (Bq/m²)

V_G : 沈着速度 (m/s)

χ / Q : 相対濃度 (s/m³)

f : 沈着した放射性物質のうち残存する割合 (1.0)

$Q_i(t)$: 時刻 t における核種 i の大気中への放出率 (Bq/s)

λ_i : 核種 i の崩壊定数 (s⁻¹)

t : 事故後の時間 (s)

b. 実効線量評価条件

(a) 線源強度

炉心の著しい損傷が発生した場合に、大気中へ放出され地表面及び建屋屋上に沈着した放射性物質を線源とし、線源は地表面及び建屋屋上に均一分布しているものとする。

なお、評価に使用する積算線源強度は表 5-13 に示すように、5.5 節の運転員の勤務形態に基づき、7 日間の各班の中央制御室内の滞在期間ごとに求める。

(b) 幾何条件

グランドシャイン評価モデルを図 5-16 に示す。グランドシャインの線源は、中央制御室と隣接建屋の屋上及び地表面に沈着した放射性物質である。この線源の大きさは 800 m×800 m*とする。なお、地表面の線源は、**図 5-16 に示す各建屋の屋上に線源が存在するものとして取り扱う。**

中央制御室遮蔽で考慮する天井及び壁は、公称値からマイナス側許容差 (5 mm) を引いた値とする。

注記 * : JAEA-Technology 2011-026 「汚染土壌の除染領域と線量低減効果の検討」において、評価点から 400 m 離れた位置の線源が及ぼす影響度は 1 % 以下である。これより、評価点から片側 400 m まで線源領域とし、全体の線源領域として 800 m×800 m を設定した。

(c) 評価点

評価点は、中央制御室内での線量が最大となる位置とする。

(d) 計算機コード

グラントシャインは、QAD-CGGP2Rコードを用い評価する。

c. 評価結果

以上の条件に基づき評価したグラントシャインによる実効線量を表5-14に示す。

表 5-14 大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく (室内作業時)

	実効線量 (mSv)							合 計
	1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日	
A 班	4.7×10^0							4.7×10^0
B 班			1.9×10^0	1.5×10^0		7.1×10^{-1}	5.8×10^{-1}	4.7×10^0
C 班	2.6×10^0				1.2×10^0	1.0×10^0		4.8×10^0
D 班		1.7×10^0	1.3×10^0				8.3×10^{-1}	3.8×10^0
E 班		2.6×10^0		1.1×10^0	8.6×10^{-1}			4.5×10^0

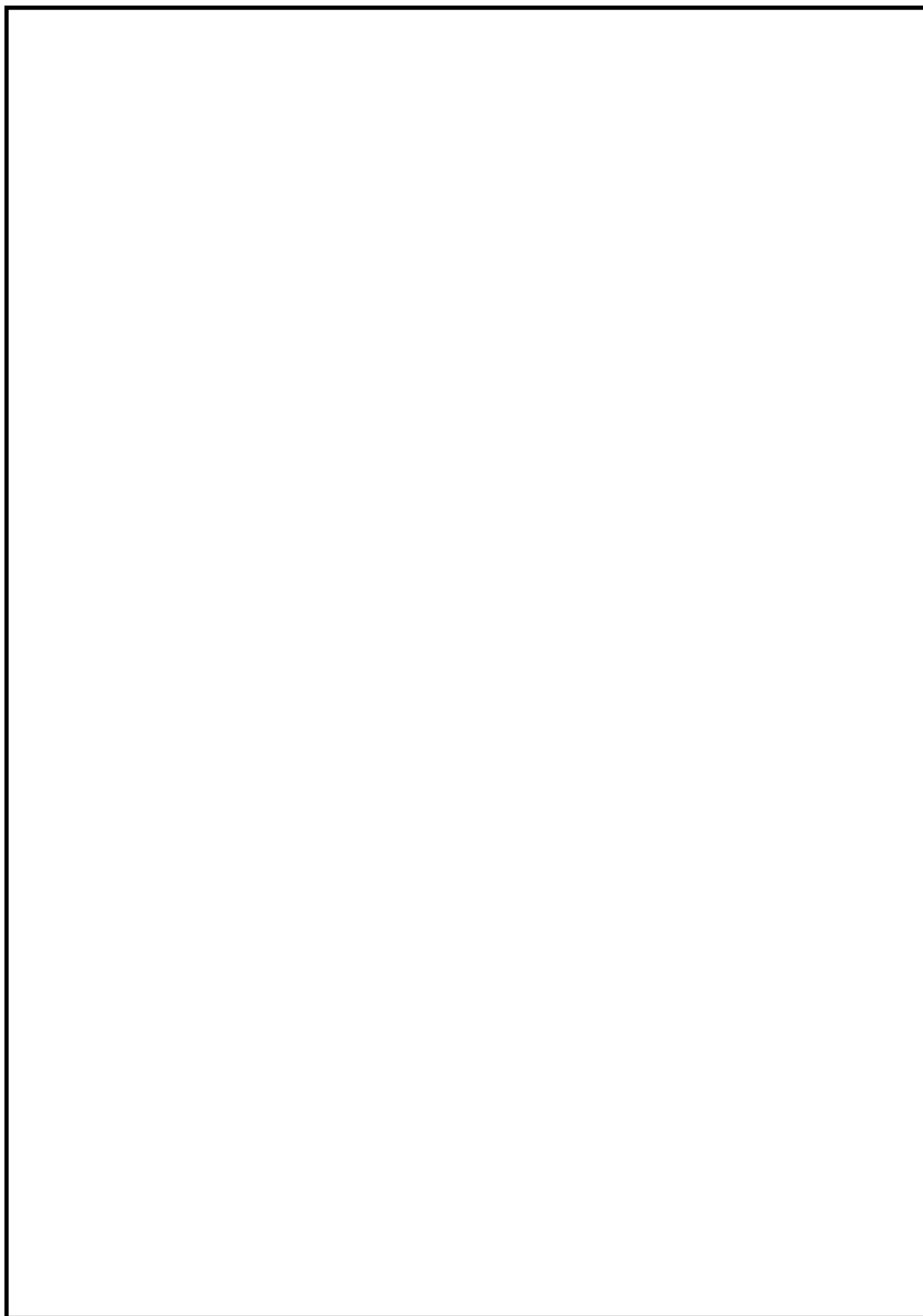


図 5-16 中央制御室内被ばく評価時のグランドシャイン評価モデル(1/2)

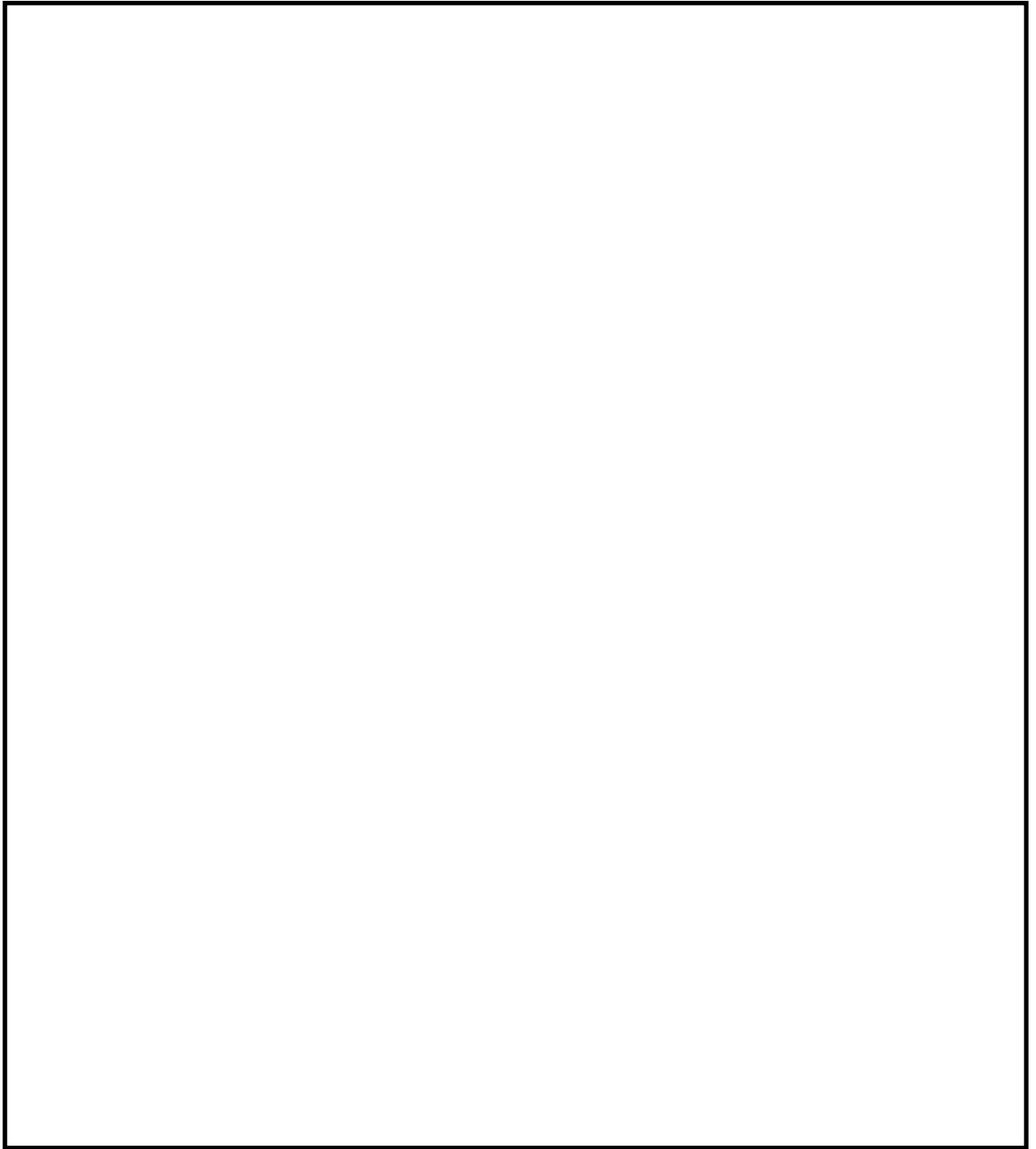


図 5-16 中央制御室内被ばく評価時のグランドシャイン評価モデル(2/2)

5.8.2 入退域時の被ばく

- (1) 建屋内の放射性物質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被ばく
炉心の著しい損傷が発生した場合に原子炉建屋内に浮遊する放射性物質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入退域時の運転員の外部被ばくは、5.8.1節(1)項の建屋内の放射性物質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被ばくと同様な手法で実効線量を評価する。異なる評価条件を以下に示す。

- ① 評価に使用する積算線源強度は表5-15に示すように、5.5節の運転員の勤務形態に基づき、7日間の各班の入退域期間ごとに求める。
- ② 原子炉建屋の天井及び壁による直接ガンマ線とスカイシャインガンマ線の遮蔽効果を期待し、中央制御室の天井及び壁による遮蔽効果は期待しない。
- ③ 入退域時の実効線量評価は、非居住区域境界から中央制御室出入口までの運転員の移動経路を対象とし、代表評価点は図4-14に示す建屋出入口とする。

以上の条件に基づき評価した入退域時の原子炉建屋内の放射性物質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実効線量を表5-16に示す。

表 5-16 原子炉建屋内の放射性物質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実効線量 (入退域時)

		実効線量 (mSv)							合 計	
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日		
A班	直接ガンマ線	2.4×10^{-3}								2.4×10^{-3}
	スカイシャインガンマ線	2.6×10^{-1}								2.6×10^{-1}
	合 計	2.6×10^{-1}								2.6×10^{-1}
B班	直接ガンマ線			2.7×10^{-4}	7.4×10^{-5}		2.8×10^{-6}	4.8×10^{-7}		3.4×10^{-4}
	スカイシャインガンマ線			7.3×10^{-2}	1.8×10^{-2}		7.5×10^{-4}	1.4×10^{-4}		9.2×10^{-2}
	合 計			7.3×10^{-2}	1.8×10^{-2}		7.5×10^{-4}	1.4×10^{-4}		9.2×10^{-2}
C班	直接ガンマ線	3.5×10^{-3}					2.2×10^{-5}	6.8×10^{-6}		3.5×10^{-3}
	スカイシャインガンマ線	5.3×10^{-1}					5.3×10^{-3}	1.6×10^{-3}		5.4×10^{-1}
	合 計	5.4×10^{-1}					5.3×10^{-3}	1.6×10^{-3}		5.5×10^{-1}
D班	直接ガンマ線		5.1×10^{-4}	1.4×10^{-4}					1.4×10^{-6}	6.5×10^{-4}
	スカイシャインガンマ線		1.6×10^{-1}	3.4×10^{-2}					4.3×10^{-4}	1.9×10^{-1}
	合 計		1.6×10^{-1}	3.4×10^{-2}					4.3×10^{-4}	1.9×10^{-1}
E班	直接ガンマ線		1.4×10^{-3}		4.0×10^{-5}		1.2×10^{-5}			1.5×10^{-3}
	スカイシャインガンマ線		4.1×10^{-1}		9.4×10^{-3}		2.9×10^{-3}			4.2×10^{-1}
	合 計		4.1×10^{-1}		9.4×10^{-3}		2.9×10^{-3}			4.3×10^{-1}

(2) 大気中に放出された放射性物質による被ばく

大気中に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線量及び吸入摂取による内部被ばく線量を以下に評価する。

a. 評価条件

(a) 放射性物質の放出量

放射性物質の大気中への放出量は、5.6節の大気中への放出量評価に基づくものとする。

(b) 大気拡散条件

線量評価に使用する相対濃度 (χ/Q) 及び相対線量 (D/Q) は、5.7節の大気拡散の評価の「(4) 評価結果」に示した建屋入口における評価結果を使用する。

放出箇所		χ/Q (s/m ³)	D/Q (Gy/Bq)
原子炉建屋からの放出	原子炉建屋漏えい (地上放出)	8.2×10^{-4}	2.9×10^{-18}
	非常用ガス処理系排 気筒 (排気筒放出)	3.0×10^{-6}	9.0×10^{-20}
格納容器圧力逃がし装置排気口 (建屋屋上放出)		3.7×10^{-4}	9.4×10^{-19}

b. 評価方法

大気中へ放出された放射性物質による入退域時の運転員の実効線量は、次に述べる吸入摂取による内部被ばく及びガンマ線による外部被ばくの和として計算する。

(a) 放射性物質の吸入摂取による内部被ばく

放射性物質の吸入摂取による内部被ばくは、次式で評価する。

(7日間連続滞在の場合)

$$H_I^i = \int_0^{7日} R \cdot H_\infty^i \cdot \chi/Q \cdot Q_i(t) dt$$

ここで、

H_I^i : 核種 i の内部被ばくによる実効線量 (Sv)

R : 呼吸率 (m³/s)

(成人活動時の呼吸率 1.2 m³/h を秒当たりに換算して用いる。)

H_∞^i : 核種 i の吸入摂取に対する成人実効線量換算係数 (Sv/Bq)

χ/Q : 相対濃度 (s/m³)

$Q_i(t)$: 時刻 t における核種 i の大気中への放出率 (Bq/s)

なお、入退域時においてはマスク着用の防護措置を講じるものとし、内部被ばくの低減を考慮する。この場合のマスクの除染係数は 50 を使用する。

(b) 放射性物質のガンマ線による外部被ばく

放射性物質のガンマ線による外部被ばくは、次式で評価する。

(7 日間連続滞在の場合)

$$H_{\gamma}^i = \int_0^{7\text{日}} K \cdot D / Q \cdot Q_i(t) dt$$

ここで、

H_{γ}^i : 核種 i のガンマ線外部被ばくによる実効線量 (Sv)

K : 空気カーマから実効線量への換算係数 (1 Sv/Gy)

D / Q : 相対線量 (Gy/Bq)

$Q_i(t)$: 時刻 t における核種 i の大気中への放出率 (Bq/s)

(ガンマ線実効エネルギー 0.5 MeV 換算値)

c. 評価結果

大気中へ放出された放射性物質による入退域時の運転員の実効線量を表 5-17 (マスク着用あり) 及び表 5-18 (マスク着用なし) に示す。

表 5-17 大気中へ放出された放射性物質による実効線量 (入退域時) (マスク着用あり)

	被ばく形態	実効線量 (mSv)							合計	
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日		
A班	外部被ばく	5.6×10^{-3}								5.6×10^{-3}
	内部被ばく	1.3×10^{-3}								1.3×10^{-3}
	合計	6.9×10^{-3}								6.9×10^{-3}
B班	外部被ばく			2.0×10^{-3}	5.5×10^{-4}		2.8×10^{-5}	5.5×10^{-6}		2.6×10^{-3}
	内部被ばく			1.4×10^{-3}	2.7×10^{-4}		1.8×10^{-5}	4.1×10^{-6}		1.7×10^{-3}
	合計			3.4×10^{-3}	8.1×10^{-4}		4.6×10^{-5}	9.5×10^{-6}		4.3×10^{-3}
C班	外部被ばく	1.2×10^{-2}					1.7×10^{-4}			1.2×10^{-2}
	内部被ばく	5.6×10^{-3}					8.8×10^{-5}	3.1×10^{-5}		5.7×10^{-3}
	合計	1.8×10^{-2}					2.6×10^{-4}	8.4×10^{-5}		1.8×10^{-2}
D班	外部被ばく		4.1×10^{-3}	1.0×10^{-3}					1.7×10^{-5}	5.1×10^{-3}
	内部被ばく		2.5×10^{-3}	5.4×10^{-4}					1.1×10^{-5}	3.0×10^{-3}
	合計		6.5×10^{-3}	1.5×10^{-3}					2.8×10^{-5}	8.1×10^{-3}
E班	外部被ばく		9.7×10^{-3}		2.9×10^{-4}			8.8×10^{-5}		1.0×10^{-2}
	内部被ばく		6.1×10^{-3}		1.5×10^{-4}			5.1×10^{-5}		6.3×10^{-3}
	合計		1.6×10^{-2}		4.4×10^{-4}			1.4×10^{-4}		1.6×10^{-2}

表 5-18 大気中へ放出された放射性物質による実効線量 (入退域時) (マスク着用なし)

	被ばく形態	実効線量 (mSv)							合計	
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日		
A班	外部被ばく	5.6×10^{-3}								5.6×10^{-3}
	内部被ばく	6.3×10^{-2}								6.3×10^{-2}
	合計	6.8×10^{-2}								6.8×10^{-2}
B班	外部被ばく			2.0×10^{-3}	5.5×10^{-4}		2.8×10^{-5}	5.5×10^{-6}		2.6×10^{-3}
	内部被ばく			6.8×10^{-2}	1.3×10^{-2}		8.8×10^{-4}	2.0×10^{-4}		8.3×10^{-2}
	合計			7.0×10^{-2}	1.4×10^{-2}		9.1×10^{-4}	2.1×10^{-4}		8.5×10^{-2}
C班	外部被ばく	1.2×10^{-2}						1.7×10^{-4}	5.3×10^{-5}	1.2×10^{-2}
	内部被ばく	2.8×10^{-1}						4.4×10^{-3}	1.5×10^{-3}	2.8×10^{-1}
	合計	2.9×10^{-1}						4.6×10^{-3}	1.6×10^{-3}	3.0×10^{-1}
D班	外部被ばく		4.1×10^{-3}	1.0×10^{-3}						5.1×10^{-3}
	内部被ばく		1.2×10^{-1}	2.7×10^{-2}					5.4×10^{-4}	1.5×10^{-1}
	合計		1.3×10^{-1}	2.8×10^{-2}					5.5×10^{-4}	1.6×10^{-1}
E班	外部被ばく		9.7×10^{-3}		2.9×10^{-4}			8.8×10^{-5}		1.0×10^{-2}
	内部被ばく		3.1×10^{-1}		7.5×10^{-3}			2.5×10^{-3}		3.2×10^{-1}
	合計		3.2×10^{-1}		7.8×10^{-3}			2.6×10^{-3}		3.3×10^{-1}

(3) 地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による被ばく

大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線（グランドシャイン）による入退域時の外部被ばくを以下に評価する。

a. 放射性物質の地表沈着量

地表面に沈着した放射性物質からの直接ガンマ線による入退域時の外部被ばくの評価に使用する地表面への放射性物質の沈着量評価条件及び評価方法は、下記の条件を除き、5.8.1節(4)項の地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による被ばくと同じである。

(a) 大気拡散条件

線量評価に使用する相対濃度 (χ/Q) は、5.7節の大気拡散の評価の「(4) 評価結果」に示した建屋入口における評価結果を使用する。

放出箇所		χ/Q (s/m ³)
原子炉建屋からの放出	原子炉建屋漏えい (地上放出)	8.3×10^{-4}
	非常用ガス処理系排気筒 (排気筒放出)	3.0×10^{-6}
格納容器圧力逃がし装置排気口 (建屋屋上放出)		3.7×10^{-4}

b. 実効線量評価条件

大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線（グランドシャイン）による入退域時の外部被ばくは、下記評価条件を除き5.8.1節(4)項の地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による被ばくと同様とする。

① 大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質を線源とし、線源は地表面に均一分布しているものとする。

なお、評価に使用する積算線源強度は表5-19に示すように、5.5節の運転員の勤務形態に基づき、7日間の各班の入退域期間ごとに求める。

② 各建屋によるグランドシャインの遮蔽効果を期待しない。

③ 評価点は図5-17に示す線源領域の中心上とする。

c. 評価結果

以上の条件に基づき評価した、入退域時のグランドシャインによる実効線量を表5-20に示す。

表 5-20 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（入域時）

	実効線量 (mSv)							合 計
	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	
A班	8.0×10^0							8.0×10^0
B班			9.6×10^0	7.7×10^0		4.8×10^0	2.1×10^0	2.4×10^1
C班	1.5×10^1				6.3×10^0	5.2×10^0		2.6×10^1
D班		1.1×10^1	8.5×10^0				4.4×10^0	2.4×10^1
E班		1.3×10^1		6.9×10^0	5.7×10^0			2.5×10^1

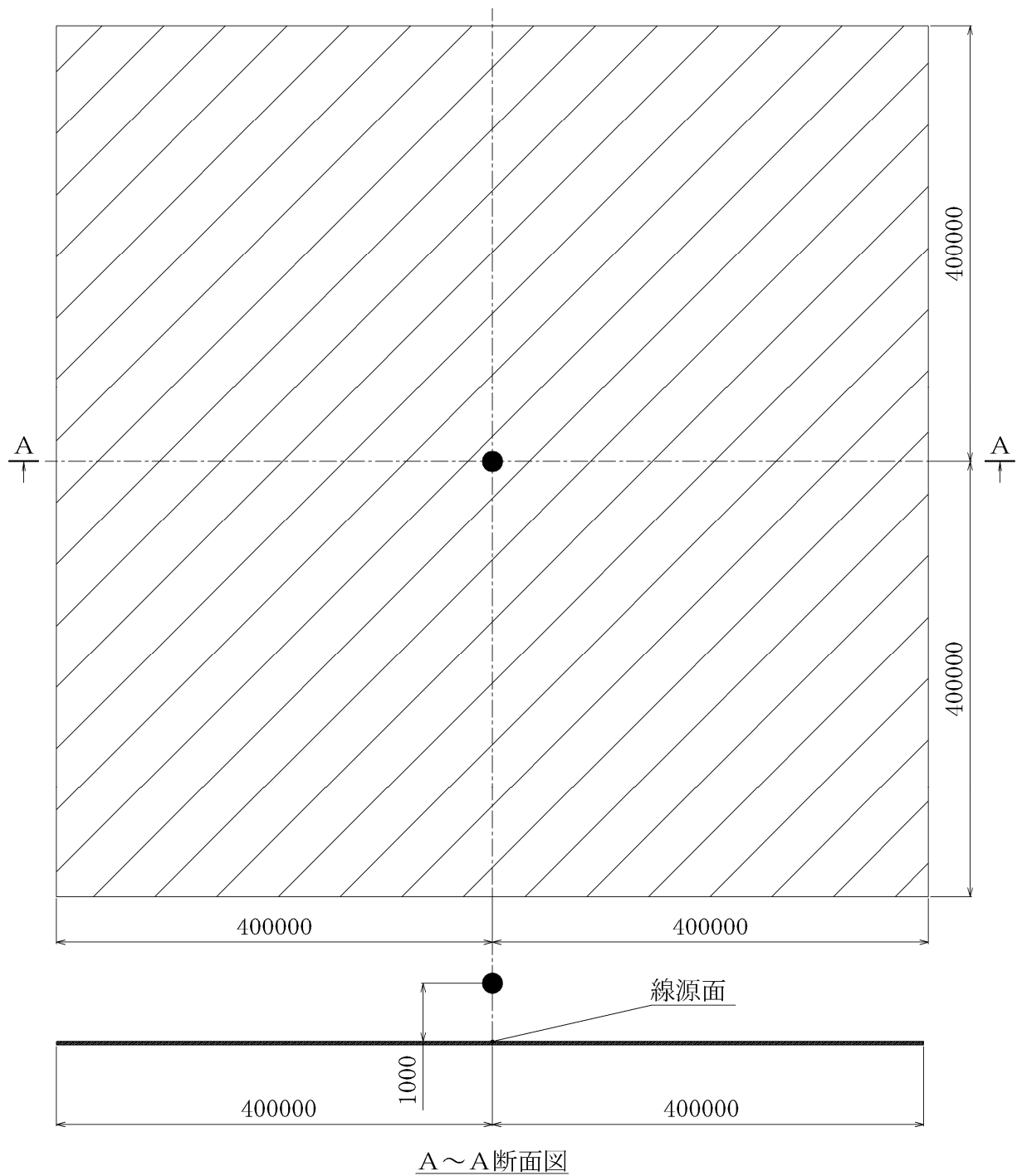


図 5-17 入退域被ばく評価時のグランドシャイン評価モデル

5.8.3 評価結果のまとめ

各班の7日間の中央制御室の居住性（炉心の著しい損傷）に係る被ばく評価結果を表5-21（マスク着用あり）及び表5-22（マスク着用なし）に示す。

表 5-21 各班の 7 日間の 中央制御室の居住性 (重大事故等時) に係る被ばく評価結果の内訳 (マスク着用あり)

		実効線量 (mSv)							合計	
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日		
A班	室内作業時	建屋内放射線物質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被ばく	7.8×10 ⁻¹							7.8×10 ⁻¹
		大気中へ放出された放射線物質による被ばく	9.6×10 ⁻¹							9.6×10 ⁻¹
	入退域時	室内へ外気から取り込まれた放射線物質による被ばく	4.6×10 ¹							4.6×10 ¹
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射線物質による被ばく	4.7×10 ⁰							4.7×10 ⁰
小計		5.2×10 ¹							5.2×10 ¹	
合計		2.6×10 ⁻¹							2.6×10 ⁻¹	
B班	室内作業時	建屋内放射線物質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被ばく	6.9×10 ⁻³							6.9×10 ⁻³
		大気中へ放出された放射線物質による被ばく	8.0×10 ⁰							8.0×10 ⁰
	入退域時	室内へ外気から取り込まれた放射線物質による被ばく	8.3×10 ⁰							8.3×10 ⁰
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射線物質による被ばく	8.3×10 ⁰							8.3×10 ⁰
小計		6.0×10 ¹							6.0×10 ¹	
合計		4.9×10 ⁻²							4.9×10 ⁻²	
C班	室内作業時	建屋内放射線物質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被ばく	2.3×10 ⁻³							2.3×10 ⁻³
		大気中へ放出された放射線物質による被ばく	6.6×10 ⁻¹							6.6×10 ⁻¹
	入退域時	室内へ外気から取り込まれた放射線物質による被ばく	1.9×10 ⁰							1.9×10 ⁰
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射線物質による被ばく	2.6×10 ⁰							2.6×10 ⁰
小計		1.8×10 ⁻²							1.8×10 ⁻²	
合計		3.4×10 ⁻³							3.4×10 ⁻³	
D班	室内作業時	建屋内放射線物質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被ばく	9.6×10 ⁰							9.6×10 ⁰
		大気中へ放出された放射線物質による被ばく	9.6×10 ⁰							9.6×10 ⁰
	入退域時	室内へ外気から取り込まれた放射線物質による被ばく	9.6×10 ⁰							9.6×10 ⁰
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射線物質による被ばく	9.6×10 ⁰							9.6×10 ⁰
小計		1.2×10 ¹							1.2×10 ¹	
合計		4.1×10 ⁻³							4.1×10 ⁻³	
E班	室内作業時	建屋内放射線物質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被ばく	1.4×10 ¹							1.4×10 ¹
		大気中へ放出された放射線物質による被ばく	6.8×10 ⁰							6.8×10 ⁰
	入退域時	室内へ外気から取り込まれた放射線物質による被ばく	2.6×10 ⁰							2.6×10 ⁰
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射線物質による被ばく	2.4×10 ¹							2.4×10 ¹
小計		5.4×10 ⁻¹							5.4×10 ⁻¹	
合計		1.8×10 ⁻²							1.8×10 ⁻²	

表 5-22 各班の 7 日間の 中央制御室の居住性（重大事故等時）に係る被ばく評価結果の内訳（マスク着用なし）

		実効線量 (mSv)							合計	
		1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日		
A班	室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく	7.8×10 ⁻¹							7.8×10 ⁻¹
		大気中へ放出された放射性物質による被ばく	9.6×10 ⁻¹							9.6×10 ⁻¹
	入退城時	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	1.0×10 ³							1.0×10 ³
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	4.7×10 ⁰							4.7×10 ⁰
		小計	1.0×10 ³						1.0×10 ³	
		合計	2.6×10 ⁻¹						2.6×10 ⁻¹	
B班	室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく	6.8×10 ⁻²							6.8×10 ⁻²
		大気中へ放出された放射性物質による被ばく	8.0×10 ⁰							8.0×10 ⁰
	入退城時	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	8.3×10 ⁰							8.3×10 ⁰
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	1.0×10 ³							1.0×10 ³
		小計	1.0×10 ³						1.0×10 ³	
		合計	4.9×10 ⁻²						4.9×10 ⁻²	
C班	室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく	2.3×10 ⁻³							2.3×10 ⁻³
		大気中へ放出された放射性物質による被ばく	6.6×10 ⁻¹							6.6×10 ⁻¹
	入退城時	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	1.9×10 ⁰							1.9×10 ⁰
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	2.6×10 ⁰							2.6×10 ⁰
		小計	7.3×10 ⁻²						7.3×10 ⁻²	
		合計	1.4×10 ⁻²						1.4×10 ⁻²	
D班	室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく	6.0×10 ⁻¹							6.0×10 ⁻¹
		大気中へ放出された放射性物質による被ばく	1.4×10 ¹							1.4×10 ¹
	入退城時	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	6.8×10 ⁰							6.8×10 ⁰
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	2.4×10 ¹							2.4×10 ¹
		小計	5.4×10 ⁻¹						5.4×10 ⁻¹	
		合計	2.9×10 ⁻¹						2.9×10 ⁻¹	
E班	室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく	1.5×10 ¹							1.5×10 ¹
		大気中へ放出された放射性物質による被ばく	1.6×10 ¹							1.6×10 ¹
	入退城時	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	4.0×10 ¹							4.0×10 ¹
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	7.4×10 ⁻²							7.4×10 ⁻²
		小計	3.7×10 ⁻³						3.7×10 ⁻³	
		合計	1.0×10 ⁰						1.0×10 ⁰	
A班	室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく	1.7×10 ⁰							1.7×10 ⁰
		大気中へ放出された放射性物質による被ばく	2.8×10 ⁰							2.8×10 ⁰
	入退城時	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	1.6×10 ⁻¹							1.6×10 ⁻¹
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	1.3×10 ⁰							1.3×10 ⁰
		小計	1.5×10 ⁰						1.5×10 ⁰	
		合計	3.4×10 ⁻²						3.4×10 ⁻²	
B班	室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく	1.0×10 ⁰							1.0×10 ⁰
		大気中へ放出された放射性物質による被ばく	1.0×10 ⁰							1.0×10 ⁰
	入退城時	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	1.1×10 ¹							1.1×10 ¹
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	1.1×10 ¹							1.1×10 ¹
		小計	8.6×10 ⁰						8.6×10 ⁰	
		合計	1.0×10 ¹						1.0×10 ¹	
C班	室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく	2.9×10 ⁻³							2.9×10 ⁻³
		大気中へ放出された放射性物質による被ばく	5.9×10 ⁻³							5.9×10 ⁻³
	入退城時	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	2.7×10 ⁻⁴							2.7×10 ⁻⁴
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	8.3×10 ⁻³							8.3×10 ⁻³
		小計	1.8×10 ⁻³						1.8×10 ⁻³	
		合計	8.3×10 ⁻³						8.3×10 ⁻³	
D班	室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく	8.3×10 ⁻³							8.3×10 ⁻³
		大気中へ放出された放射性物質による被ばく	2.0×10 ⁻²							2.0×10 ⁻²
	入退城時	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	2.6×10 ⁰							2.6×10 ⁰
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	1.1×10 ⁰							1.1×10 ⁰
		小計	1.3×10 ⁰						1.3×10 ⁰	
		合計	5.9×10 ⁻³						5.9×10 ⁻³	
E班	室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく	1.0×10 ⁰							1.0×10 ⁰
		大気中へ放出された放射性物質による被ばく	2.6×10 ⁰							2.6×10 ⁰
	入退城時	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	1.3×10 ⁰							1.3×10 ⁰
		大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	5.7×10 ⁰							5.7×10 ⁰
		小計	6.9×10 ⁰						6.9×10 ⁰	
		合計	8.0×10 ⁰						8.0×10 ⁰	

5.9 判断基準への適合性

中央制御室（炉心の著しい損傷）の居住性に係る被ばく評価結果のまとめを下表に、内訳を表5-23（マスク着用あり）及び表5-24（マスク着用なし）に示す。

これに示すように、重大事故等時の中央制御室の運転員に及ぼす実効線量は、マスク着用の防護措置を講じる場合で約60 mSvである。

したがって、評価結果は判断基準の「運転員の実効線量が7日間で100 mSvを超えないこと」を満足している。

（マスク着用あり）

	実効線量 (mSv)							
	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	合計
A班	6.0×10^1							6.0×10^1
B班			1.2×10^1	9.3×10^0		5.5×10^0	2.7×10^0	3.0×10^1
C班	4.0×10^1				7.5×10^0	6.2×10^0		5.4×10^1
D班		1.4×10^1	1.0×10^1				5.2×10^0	2.9×10^1
E班		2.4×10^1		8.0×10^0	6.6×10^0			3.9×10^1

（マスク着用なし）

	実効線量 (mSv)							
	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	合計
A班	1.0×10^3							1.0×10^3
B班			1.2×10^1	9.3×10^0		5.5×10^0	2.7×10^0	3.0×10^1
C班	4.0×10^1				7.6×10^0	6.2×10^0		5.4×10^1
D班		1.4×10^1	1.0×10^1				5.2×10^0	2.9×10^1
E班		2.4×10^1		8.0×10^0	6.6×10^0			3.9×10^1

表 5-23 中央制御室（炉心の著しい損傷）の運転員に及ぼす実効線量の内訳（マスク着用あり）

被ばく経路		実効線量 (mSv/7日間)					
		A班	B班	C班	D班	E班	
室内作業時	建屋内放射性物質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被ばく 大気中へ放出された放射性物質による被ばく	7.8×10 ⁻¹	6.3×10 ⁻²	6.0×10 ⁻¹	9.4×10 ⁻²	2.3×10 ⁻¹	
		9.6×10 ⁻¹	3.0×10 ⁻³	1.4×10 ¹	4.6×10 ⁻³	1.1×10 ⁻²	
		5.3×10 ⁰	2.3×10 ⁻³	6.1×10 ⁰	3.7×10 ⁻³	5.2×10 ⁰	
	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	(外部被ばく)	4.0×10 ¹	8.0×10 ⁻¹	7.7×10 ⁻¹	1.2×10 ⁰	2.9×10 ⁰
		(内部被ばく)	4.6×10 ¹	8.0×10 ⁻¹	6.8×10 ⁰	1.3×10 ⁰	8.1×10 ⁰
合計		4.7×10 ⁰	4.7×10 ⁰	4.8×10 ⁰	3.8×10 ⁰	4.5×10 ⁰	
	小計	5.2×10 ¹	5.5×10 ⁰	2.7×10 ¹	5.2×10 ⁰	1.3×10 ¹	
入退域時	建屋内放射性物質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被ばく 大気中へ放出された放射性物質による被ばく	2.6×10 ⁻¹	9.2×10 ⁻²	5.5×10 ⁻¹	1.9×10 ⁻¹	4.3×10 ⁻¹	
		5.6×10 ⁻³	2.6×10 ⁻³	1.2×10 ⁻²	5.1×10 ⁻³	1.0×10 ⁻²	
		1.3×10 ⁻³	1.7×10 ⁻³	5.7×10 ⁻³	3.0×10 ⁻³	6.3×10 ⁻³	
	大気中へ放出された放射性物質による被ばく	(外部被ばく)	6.9×10 ⁻³	4.3×10 ⁻³	1.8×10 ⁻²	8.1×10 ⁻³	1.6×10 ⁻²
		(内部被ばく)	8.0×10 ⁰	2.4×10 ¹	2.6×10 ¹	2.4×10 ¹	2.5×10 ¹
合計		8.3×10 ⁰	2.4×10 ¹	2.7×10 ¹	2.4×10 ¹	2.6×10 ¹	
	小計	6.0×10 ¹	3.0×10 ¹	5.4×10 ¹	2.9×10 ¹	3.9×10 ¹	
	合計						

表 5-24 中央制御室（炉心の著しい損傷）の運転員に及ぼす実効線量の内訳（マスク着用なし）

被ばく経路		実効線量 (mSv/7日間)					
		A班	B班	C班	D班	E班	
室内作業時	建屋内放射性物質からの直接ガンマ線及びスカイガンマ線による被ばく	7.8×10 ⁻¹	6.3×10 ⁻²	6.0×10 ⁻¹	9.4×10 ⁻²	2.3×10 ⁻¹	
	大気中へ放出された放射性物質による被ばく	9.6×10 ⁻¹	3.0×10 ⁻³	1.4×10 ¹	4.6×10 ⁻³	1.1×10 ⁻²	
	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばく	(外部被ばく)	5.3×10 ⁰	2.3×10 ⁻³	6.1×10 ⁰	3.7×10 ⁻³	5.2×10 ⁰
		(内部被ばく)	1.0×10 ³	8.0×10 ⁻¹	7.7×10 ⁻¹	1.2×10 ⁰	2.9×10 ⁰
		合計	1.0×10 ³	8.0×10 ⁻¹	6.8×10 ⁰	1.3×10 ⁰	8.1×10 ⁰
大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	4.7×10 ⁰	4.7×10 ⁰	4.8×10 ⁰	3.8×10 ⁰	4.5×10 ⁰		
入退域時	小計	1.0×10 ³	5.5×10 ⁰	2.7×10 ¹	5.2×10 ⁰	1.3×10 ¹	
	建屋内放射性物質からの直接ガンマ線及びスカイガンマ線による被ばく	2.6×10 ⁻¹	9.2×10 ⁻²	5.5×10 ⁻¹	1.9×10 ⁻¹	4.3×10 ⁻¹	
	大気中へ放出された放射性物質による被ばく	(外部被ばく)	5.6×10 ⁻³	2.6×10 ⁻³	1.2×10 ⁻²	5.1×10 ⁻³	1.0×10 ⁻²
		(内部被ばく)	6.3×10 ⁻²	8.3×10 ⁻²	2.8×10 ⁻¹	1.5×10 ⁻¹	3.2×10 ⁻¹
		合計	6.8×10 ⁻²	8.5×10 ⁻²	3.0×10 ⁻¹	1.6×10 ⁻¹	3.3×10 ⁻¹
大気中へ放出され地表面に沈着した放射性物質による被ばく	8.0×10 ⁰	2.4×10 ¹	2.6×10 ¹	2.4×10 ¹	2.5×10 ¹		
小計	8.3×10 ⁰	2.4×10 ¹	2.7×10 ¹	2.4×10 ¹	2.6×10 ¹		
合計	1.0×10 ³	3.0×10 ¹	5.4×10 ¹	2.9×10 ¹	3.9×10 ¹		

5.10 酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価

5.10.1 炉心の著しい損傷が発生した場合の中央制御室内酸素及び二酸化炭素濃度評価方針

(1) 評価の概要

技術基準規則第 74 条の解釈に規定する「運転員がとどまるために必要な設備」として、中央制御室換気系は、外気から遮断する閉回路循環運転とすることができる。図 5-18 に中央制御室換気系系統図を示す。

閉回路循環運転により、中央制御室への空気の取り込みを一時的に停止した場合の室内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が、事故対策のための活動に支障がない濃度であることを評価する。

本評価における滞在人数、容積、評価期間等は、被ばく評価条件を基に、保守的な結果となるよう設定する。また、酸素消費量及び二酸化炭素吐出し量等は、換気系の使用時における中央制御室内にとどまる要員の活動状況等を想定し、設定する。

(2) 酸素及び二酸化炭素許容濃度の設定

酸素及び二酸化炭素許容濃度は、表 5-25 に示すとおり、中央制御室内で想定される労働環境における酸素濃度及び二酸化炭素濃度の許容基準に準拠する。

中央制御室は、高い気密性を持った室内という限られた環境であるため、同様に限られた環境下における労働環境を規定している「鉱山保安法施行規則」に定める酸素濃度 19% 以上及び原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（J E A C 4 6 2 2—2009）（日本電気協会 原子力規格委員会 平成 21 年 6 月）が準拠することとしている事務所衛生規則に定める二酸化炭素濃度 0.5% 以下を設計値とする。

表 5-25 中央制御室内酸素及び二酸化炭素許容濃度
(炉心の著しい損傷が発生した場合)

項目	許容濃度	備考
酸素濃度	19% 以上	「鉱山保安法施行規則」を準拠 (鉱山労働者が作業し、又は通行する坑内は、当該濃度以上とする通気の確保を要求)
二酸化炭素濃度	0.5% 以下	「事務所衛生規則」を準拠 (事務作業に従事する労働者が主として使用する室内は当該濃度以下とする換気設備の性能を要求)

(3) 酸素及び二酸化炭素許容濃度の計算

中央制御室内の事故時の滞在人数及び酸素消費量及び二酸化炭素吐出し量等は、中央制御室内にとどまる運転員の活動状況等を想定し、呼吸率等を踏まえ、中央制御室換気系隔離時の酸素及び二酸化炭素濃度の評価を以下の原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（J E A C 4 6 2 2—2009）（日本電気協会 原子力規格委員

会（平成 21 年 6 月）の中央制御室の平衡状態における二酸化炭素濃度の計算式を基に、中央制御室内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度を計算する。中央制御室内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度の評価条件を表 5-26 に示す。評価式を以下に示す。

$$C_{\infty} = C + \frac{M}{N \cdot V}$$

M	: 室内二酸化炭素発生量	(m ³ /h)
V	: 中央制御室内容積	(m ³)
C _∞	: 平衡状態における二酸化炭素濃度	(—)
C	: 2 時間後の二酸化炭素濃度	(—)
N	: 空気流入率	(回/h)

M, C_∞, C については、酸素のとき、二酸化炭素を酸素に置き換える。

また、M は酸素の場合、負の値となり、酸素消費量と置き換える。

ただし、炉心の著しい損傷が発生した場合における評価においては、事故後 2 時間のファンの停止を想定し、空気流入率ゼロにおける 2 時間後の中央制御室内の濃度バランスを基に計算する。

中央制御室内の 2 時間後の酸素及び二酸化炭素濃度については、以下の計算式を基に算出する。

$$C = C_0 + \frac{2M}{V}$$

C	: 2 時間後の二酸化炭素濃度	(—)
M	: 室内二酸化炭素発生量	(m ³ /h)
V	: 中央制御室内容積	(m ³)
C ₀	: 外気の二酸化炭素濃度	(—)

C, M, C₀ については、酸素のとき、二酸化炭素を酸素に置き換える。

また、M は酸素の場合、負の値となり、酸素消費量と置き換える。

表 5-26 中央制御室内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度計算条件
(炉心の著しい損傷が発生した場合)

項目	評価条件		設定理由	備考
人数	11 人		事故等時に中央制御室にとどまる要員数	—
容積	2700 m ³		中央制御室換気系の処理対象となる区画の容積を保守的に小さめに設定	図 5-19 参照
評価期間	7 日		炉心の著しい損傷が発生した場合の被ばく評価期間	—
空気流入	~2 h	0 回/h	全交流動力電源喪失によるファン停止を想定	—
	2 h~	0.4 回/h	空気流入率試験結果(約 0.435 回/h)を基に設定	—
初期酸素濃度	20.95 %		「空気調和・衛生工学便覧」の乾き空気の主な成分組成により引用	—
初期二酸化炭素濃度	0.0336 %		「空気調和・衛生工学便覧」の乾き空気の主な成分組成により引用	—
酸素消費量	65.52 l/h		「空気調和・衛生工学便覧」より現場作業に係る対応が考えられるため「歩行」より引用	1 人当たりの消費量
二酸化炭素吐出し量	46 l/h		「空気調和・衛生工学便覧」より現場作業に係る対応が考えられるため「中等作業」より引用	1 人当たりの吐出し量

5.10.2 炉心の著しい損傷が発生した場合の中央制御室内酸素及び二酸化炭素濃度評価結果

(1) 酸素濃度

a. 事故後 2 時間

計算の結果、2 時間後の酸素濃度は、20.8 %となる。

b. 2 時間~7 日間

計算の結果、中央制御室換気系閉回路循環運転時の被ばく評価上の使用期間における平衡状態の酸素濃度は 20.8 %となり、限られた労働環境における許容基準濃度である 19 %以上を満足しているため中央制御室での作業環境に影響を与えないと評価する。

(2) 二酸化炭素濃度

a. 事故後 2 時間

計算の結果、2時間後の二酸化炭素濃度は、0.08 %となる。

b. 2時間～7日間

計算の結果、中央制御室換気系隔離時の被ばく評価上の使用期間における平衡状態の二酸化炭素濃度は0.09 %となり、事務所衛生規則に定める二酸化炭素濃度の許容濃度である0.5 %以下を満足しているため中央制御室での作業環境に影響を与えないと評価する。

5.10.3 炉心の著しい損傷が発生した場合の中央制御室待避室内酸素及び二酸化炭素濃度評価方針

(1) 評価の概要

中央制御室待避室空気ポンベユニット（空気ボンベ）による加圧を実施した場合において、中央制御室待避室内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度が活動に支障がない濃度であることを評価する。図 5-20 に中央制御室待避室空気ポンベユニットの系統図を示す。

本評価における滞在人数、容積、評価期間等は、被ばく評価条件を基に、保守的な結果となるよう設定する。また、酸素消費量及び二酸化炭素吐出し量等は、加圧設備の使用時における待避室内にとどまる要員の活動状況等を想定し、設定する。

(2) 酸素及び二酸化炭素濃度許容濃度の設定

酸素及び二酸化炭素許容濃度は、表 5-27 に示すとおり、中央制御室待避室空気ポンベユニット（空気ボンベ）使用時の環境に応じた、適切な労働環境における酸素濃度及び二酸化炭素濃度の許容基準に準拠する。

中央制御室待避室空気ポンベユニット（空気ボンベ）による加圧は、希ガス等の放射性物質を含む外気が待避室内に侵入しないように実施する防護措置であり、加圧時は、中央制御室待避室内を密閉するという限られた環境である。このため、同様に限られた環境下における労働環境を規定している「鉱山保安法施行規則」に定める酸素濃度 19% 以上及び原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（J E A C 4 6 2 2—2009）（日本電気協会 原子力規格委員会 平成 21 年 6 月）が準拠することとしている事務所衛生規則に定める二酸化炭素濃度 0.5% 以下を設計値とする。

表 5-27 待避室内 酸素及び二酸化炭素許容濃度

(炉心の著しい損傷が発生した場合)

項目	許容濃度	備考
酸素濃度	19 %以上	「鉱山保安法施行規則」を準拠 (鉱山労働者が作業し、又は通行する坑内 は、当該濃度以上とする通気の確保を要求)
二酸化炭素濃度	0.5 %以下	「事務所衛生規則」を準拠 (事務作業に従事する労働者が主として使用 する室内は当該濃度以下とする換気設備の性 能を要求)

(3) 酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制に必要な流量の計算

中央制御室待避室内を加圧し、その圧力を維持するために必要な流量並びに中央制御室待避室内の酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制に必要な流量を計算し、その結果から酸素濃度及び二酸化炭素濃度の評価を行う。待避室内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度計算条件を表 5-28 に示す。

なお、被ばく評価にて、格納容器フィルタベント使用開始から 5 時間までポンベにて加圧した中央制御室待避室内に滞在することとしているため、加圧時間は 5 時間とする。

5 時間連続で空気ポンベを加圧する場合において、中央制御室待避室内の圧力維持並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度を維持・抑制するための条件を満足する必要がある。

表 5-28 中央制御室待避室内の酸素濃度及び二酸化炭素濃度計算条件
(炉心の著しい損傷が発生した場合)

項目	評価条件	設定理由	備考
人数	3人	待避室内にとどまる要員数	—
容積	13 m ³	処理対象となる区画の容積を保守的に小さめ(小数点以下切り下げ)に設定	—
評価期間	5 時間	被ばく評価上, 中央制御室待避室内にとどまる期間	—
初期酸素濃度	20.95 %	「空気調和・衛生工学便覧」の乾き空気の主な成分組成により引用	—
初期二酸化炭素濃度	0.0336 %	「空気調和・衛生工学便覧」の乾き空気の主な成分組成により引用	—
酸素消費量 (空気ポンベ使用時)	21.84 l/h	「空気調和・衛生工学便覧」より準備を含む現場作業対応がないため「静座」より引用	1人当たりの消費量
二酸化炭素吐出し量 (空気ポンベ使用時)	22 l/h	「空気調和・衛生工学便覧」より準備を含む現場作業対応がないため「極軽作業」より引用	1人当たりの吐出し量

- a. 中央制御室待避室内の正圧維持
(a) 目標圧力の設定

中央制御室待避室は、配置上、風の影響を受けない中央制御室換気系の換気対象エリア内に設置されているため、待避室内へのインリークは、隣接区画との温度差によるものが考えられる。

炉心の著しい損傷が発生した場合の室内の温度を中央制御室の設計最高温度 48.9 °C、隣接区画を外気の設計最低温度-12.7 °Cと仮定すると、中央制御室待避室の天井高さは最大 2.75 m であることから、温度の影響を無視できる圧力差を下式により計算する。

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= \{(-12.7 \text{ °Cの乾き空気の密度}) - (+48.9 \text{ °Cの乾き空気の密度})\} \times (\text{高低差}) \\
 &= (1.3555 - 1.0963) \times 2.75 \\
 &= 0.7128 \text{ (kg/m}^2\text{)} \\
 &\rightarrow 0.7128 \times 9.8 \\
 &\approx 7.0 \text{ (Pa)}
 \end{aligned}$$

計算の結果、温度の影響を無視できる圧力差は約 7.0 Pa であるが、余裕を見込み、目標圧力は 10 Pa[gage]に設定する。

(b) 必要最低換気量

中央制御室待避室内を正圧（隣接区画+10 Pa）に維持するために必要な最低換気流量は、加圧設備（空気ポンペ）からの実供給試験により設定する。

実供給試験の結果より、必要な最低換気流量は 14.2 m³/h に設定するとともに、14.2 m³/h の流量を流した場合、目標圧力に達し、正圧維持を可能とする設計とする。

b. 中央制御室待避室内酸素濃度維持

酸素濃度を維持するために必要な最低換気流量を下式により計算する。

$$Q = \frac{k}{P_1 - P_0}$$

Q	: 必要換気流量	(m ³ /h)
k	: 酸素消費量	(m ³ /h)
P ₁	: 初期酸素濃度	(—)
P ₀	: 許容酸素濃度	(—)

計算の結果、必要な最低換気流量は 3.4 m³/h となる。

c. 中央制御室待避室内二酸化炭素濃度抑制

二酸化炭素濃度の抑制に必要な最低換気流量を下式により計算する。

$$L = \frac{M}{C - C_0}$$

L	: 必要換気流量	(m ³ /h)
M	: 二酸化炭素発生量	(m ³ /h)
C	: 許容二酸化炭素濃度	(—)
C ₀	: 初期二酸化炭素濃度	(—)

計算の結果、必要な最低換気流量は 14.2 m³/h となる。

(4) 中央制御室待避室内酸素濃度及び二酸化炭素濃度

中央制御室待避室内空気の空気ポンベ使用時における酸素濃度及び二酸化炭素濃度は、原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（J E A C 4 6 2 2—2009）（日本電気協会 原子力規格委員会 平成 21 年 6 月）の中央制御室の二酸化炭素濃度計算式①を展開した式②により計算する。

$$V \frac{dC}{dt} = C_0 \cdot N \cdot V + M - C \cdot N \cdot V \dots\dots\dots ①$$

$$= (C_0 - C) \cdot N \cdot V + M$$

$$= (C_0 - C) \cdot L + M$$

$$C = -\left(C_0 - C' + \frac{M}{L}\right) \cdot e^{\left(-\frac{L}{V}t'\right)} + C_0 + \frac{M}{L} \dots\dots\dots ②$$

M	: 室内酸素消費量	(m ³ /h)
V	: 室内体積	(m ³)
C	: 室内空気酸素濃度	(—)
C ₀	: 外気又は空気ポンベの酸素濃度	(—)
C'	: 空気ポンベに切り替えた際の酸素濃度	(—)
N	: 空気流入率	(回/h)
L	: 換気量(=N×V)	(m ³ /h)
t	: 時間	(h)

M, C, C₀, C' については、二酸化炭素のとき、酸素を二酸化炭素に置き換える。また、Mは酸素の場合、負の値となり、二酸化炭素の場合は、二酸化炭素発生量と置き換える。

5.10.4 評価結果

(1) 酸素濃度維持及び二酸化炭素濃度抑制に必要な流量

空気ポンベからの流量を 14.2 m³/h とすれば、空気ポンベによる加圧 5 時間後の酸素濃度は 20.4 %、二酸化炭素濃度は 0.50 % となり、中央制御室待避室内の正圧維持並びに限られた労働環境における酸素濃度及び事務所衛生規則に定める二酸化炭素濃度の許容濃度である 19 % 以上及び 0.5 % 以下をそれぞれ満足することができる。

(2) 必要空気ポンベ本数

5.10.3 節の炉心の著しい損傷が発生した場合の中央制御室待避室内酸素及び二酸化炭素濃度評価方針より、必要な空気ポンベ本数は、1 本当たりの空気容量が 7 Nm³ のもので、

使用量を $5.5 \text{ m}^3/\text{本}$ とした場合、約 13 本程度となる。なお、中央制御室待避室内を加圧するために必要な容量を確保するだけでなく、故障時及び保守点検による待機除外を考慮した予備を確保す故障時及び保守点検による待機除外を考慮した予備を確保す故障時及び保守点検による待機除外を考慮した予備を確保す故障時及び保守点検による待機除外を考慮した予備を確保する。

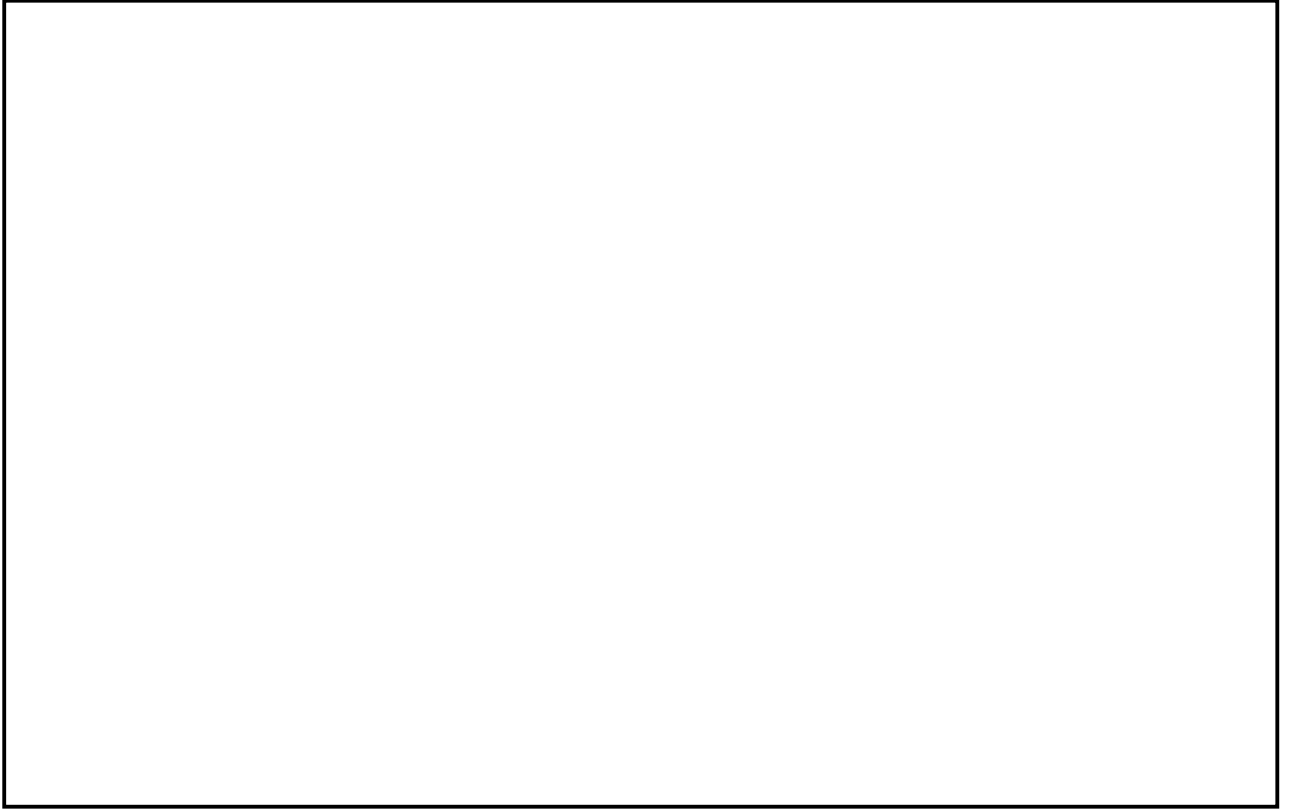


図 5-18 中央制御室換気系系統図

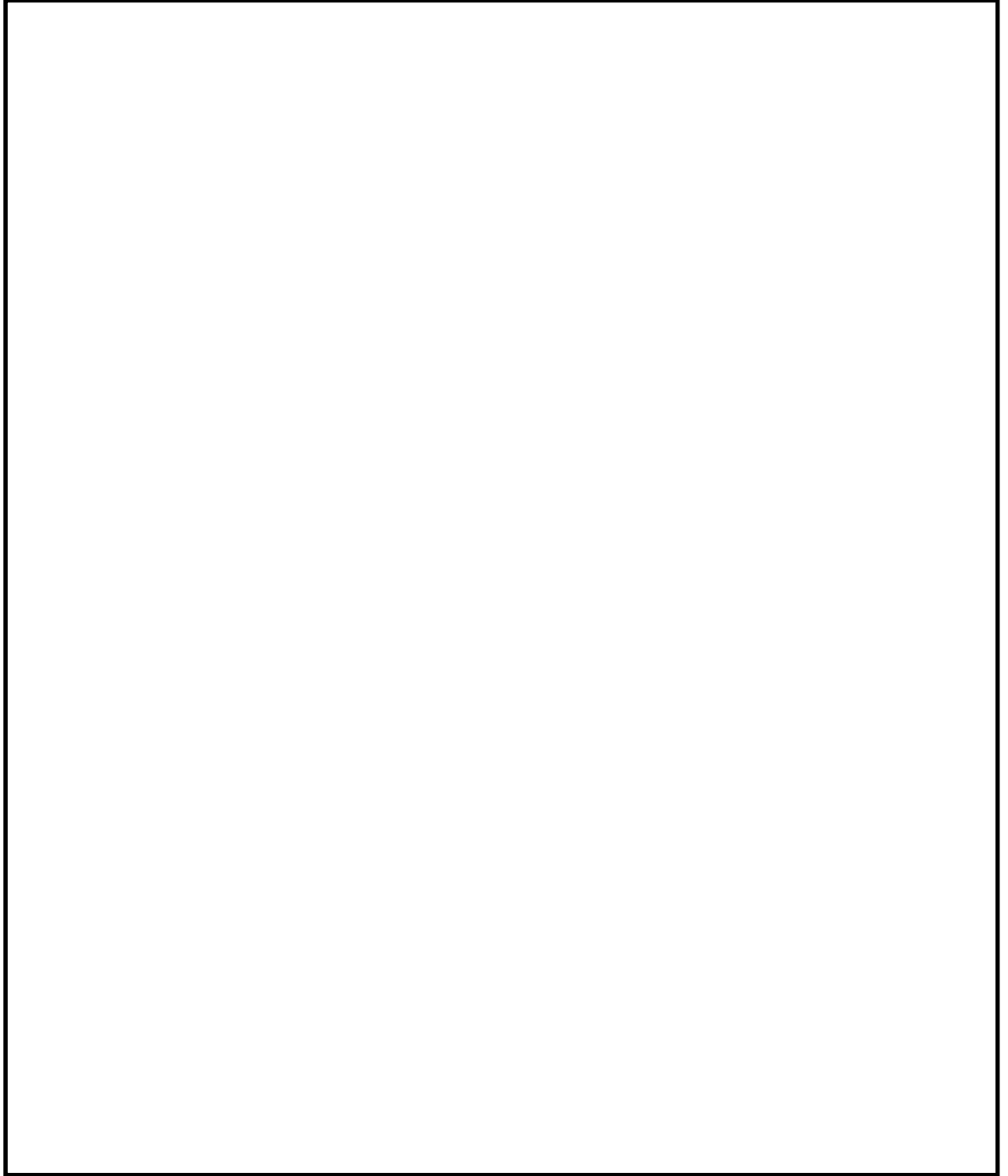


図 5-19 中央制御室及び中央制御室待避室容積

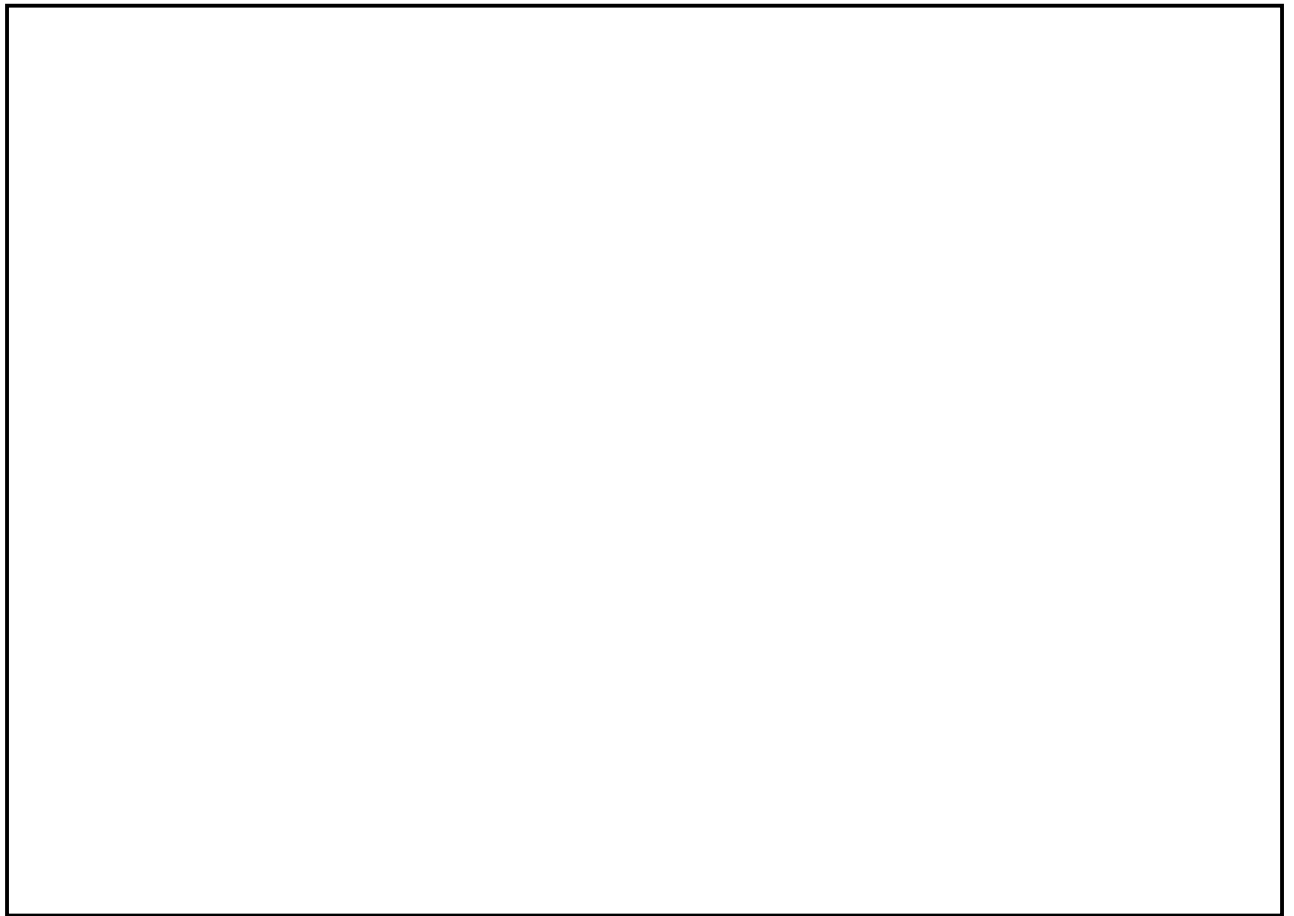


図 5-20 中央制御室待避室空気ボンベユニット 系統図

5.11 中央制御室の居住性評価のまとめ

中央制御室の居住性を確保するための設備を考慮して被ばく評価並びに酸素濃度及び二酸化炭素濃度評価を行い、その結果、それぞれ判断基準を満足していることから、中央制御室の居住性を確保できると評価する。

6. 熱除去の検討

熱除去の検討では、伝熱理論に基づいた解析手法により遮蔽体中の温度上昇が最も厳しい箇所において評価する。

6.1 中央制御室遮蔽壁の入射線量の設定方法

中央制御室遮蔽の表面に入射するガンマ線は、直接ガンマ線、スカイシャインガンマ線、クラウドシャイン及びグランドシャインがある。中央制御室遮蔽を透過するガンマ線はグランドシャインが支配的であることから、遮蔽体表面に入射するガンマ線としてグランドシャインの入射線量を設定する。

評価点は入射線量が最大となる中央制御室中心の天井上面とすることで中央制御室及び中央制御室待避室遮蔽を代表させる。

6.2 温度上昇の計算方法

遮蔽体は主にコンクリートで構成されており、評価上、コンクリートのみとして評価する。

炉心の著しい損傷が発生した場合における7日間積算のグランドシャイン線源に基づく、中央制御室遮蔽壁への入射線量は約3.0 Gyであり、当該入射線量から中央制御室遮蔽壁表面の7日間積算のガンマ発熱量を求めると、約 6.0×10^{-6} kJ/cm³となる。これによる温度上昇は、次式で算出する。

$$\Delta T = Q \times 1000 / (c \cdot \rho)$$

ΔT : 温度上昇(°C)

Q : 7日間積算のガンマ発熱量(約 6.0×10^{-6} (kJ/cm³))

c : コンクリートの比熱 (1.05 (kJ/(kg・°C)) *)

ρ : コンクリートの密度 (2.0 (g/cm³))

これにより、中央制御室遮蔽の外側及び内側表面の熱伝達を保守的に断熱状態としても、遮蔽体(コンクリート)の温度上昇は0.01 °C以下となる。

注記 * : 2007年制定 コンクリート標準示方書 構造性能照査編, 土木学会

6.3 温度上昇のまとめ

中央制御室のコンクリート遮蔽体表面でのガンマ線による温度上昇は0.01 °C以下となり、コンクリートのガンマ線に対する温度制限値以下であることを確認した。

7. 計算機コード概要

7.1 QAD-CGGP2R

このコード*は、点減衰核積分法に基づく高速中性子及びガンマ線に対する遮蔽計算用コードである。図 7-1 に QAD-CGGP2R コードの計算体系を示す。

一般に点減衰核積分法では、線源領域を細かく分割し、細分化された各線源領域を点線源で近似する。そして各点線源から計算点までの媒質の通過距離を計算して非散乱ガンマ線束を求める。次に個々の点線源について求められた非散乱ガンマ線束にビルドアップ係数を掛け、これを線源領域全空間について積分した後、線量率換算係数を掛けて計算点での線量率を求める。エネルギー E のガンマ線を等方に放出する強度 S の線源による線量率は次式のとおりである。

$$D(r) = F \cdot \int_V \frac{S(r', E) \cdot B(\mu \cdot |r - r'|, E) \cdot e^{-\mu|r-r'|}}{4 \cdot \pi \cdot |r - r'|^2} dv \quad \dots \dots \dots (6.1)$$

ここで、

- r : 線量率を計算する位置
- r' : 個々の点線源の位置
- D(r) : r 点での線量率
- S(r', E) : r' 点におけるエネルギー E のガンマ線源強度
- μ : エネルギー E のガンマ線の線吸収係数
- B(μ · |r - r'|, E) : エネルギー E の線量ビルドアップ係数
- V : 線源領域全空間
- F : エネルギー E の線量率換算係数

注記 * : R I S T NEWS No. 33 「実効線量評価のための遮蔽計算の現状」 2002. 3. 31,
(財) 高度情報科学技術研究機構

ビルドアップ係数は無限均質媒質中でのガンマ線の輸送に対する Eisenhauer の随伴モーメント法計算結果を基礎としており、このデータを GP 法でフィットした近似式を使って計算している。

多項式近似式では、ビルドアップ係数として、水、コンクリート、鉄及び鉛に対するデータを準備しており、これらのもので近似的にいろいろな物質を代表させている。

GP 法による近似式は、以下のとおりである。

$$B(x, E) = 1 + (B - 1) \cdot \frac{K^x - 1}{K - 1} \quad : K \neq 1 \text{ のとき}$$

$$= 1 + (B - 1) \quad : K = 1 \text{ のとき}$$

ここで、E はガンマ線エネルギーであり、B 及び K は減衰係数 x (平均自由行程 (mfp)) で決まる値であり、このとき K は、次式で与えられる。

$$\begin{aligned}
 K &= c \cdot x^a + d \cdot \frac{\tanh(x/X_k - 2) - \tanh(-2)}{1 - \tanh(-2)} && ; x \leq 40 \\
 &= 1 + (K_{35} - 1) \cdot \left| \frac{K_{40} - 1}{K_{35} - 1} \right|^{\zeta(x)} && ; x > 40 \text{ かつ } 0 < \left| \frac{K_{40} - 1}{K_{35} - 1} \right| < 1 \\
 &= 1 + K_{35} \cdot \left| \frac{K_{40}}{K_{35}} \right|^{\zeta(x)^{0.8}} && ; x > 40 \text{ かつ} \\
 &&& \left| \frac{K_{40} - 1}{K_{35} - 1} \right| \leq 0 \text{ 又は } \left| \frac{K_{40} - 1}{K_{35} - 1} \right| \geq 1
 \end{aligned}$$

ここで,

- K_{35}, K_{40} : 減衰係数 x が 35 mfp 又は 40 mfp のときのパラメータ K の値
- B : 物質及びガンマ線エネルギー依存のビルドアップ係数を近似するパラメータ
- c : 物質及びガンマ線エネルギー依存のビルドアップ係数を近似するパラメータ
- a : 物質及びガンマ線エネルギー依存のビルドアップ係数を近似するパラメータ
- X_k : 物質及びガンマ線エネルギー依存のビルドアップ係数を近似するパラメータ
- d : 物質及びガンマ線エネルギー依存のビルドアップ係数を近似するパラメータ

また, $\zeta(x)$ は次式で与えられる。

$$\zeta(x) = \frac{\left(\frac{X}{35}\right)^{0.1} - 1}{\left(\frac{X}{40}\right)^{0.1} - 1}$$

QAD-CGGP2Rコードでは, エネルギー第 j 群の線量率を求めるのに(6.1)式を近似的に次式で計算する。

$$D_j = \sum_i F_j \cdot \frac{S_{ij}}{4 \cdot \pi \cdot R_i^2} \cdot e^{\left(-\sum_k \mu_{jk} \cdot t_k\right)} \cdot B_{ij}$$

ここで,

- j : エネルギー群番号
- i : 線源点番号
- k : 領域番号
- F_j : 線量率換算係数
- S_{ij} : i 番目の線源点で代表される領域の体積で重みづけされたエネルギー j 群の点線源強度
- R_i : i 番目の線源点と計算点の距離
- B_{ij} : ビルドアップ係数
- μ_{jk} : 領域 k における, エネルギー j 群のガンマ線に対する線吸収係数
- t_k : 領域 k をガンマ線が透過する距離

このようにして求められた線量率 D_j から、すべての線源エネルギー群について加えることにより全線量率が計算される。

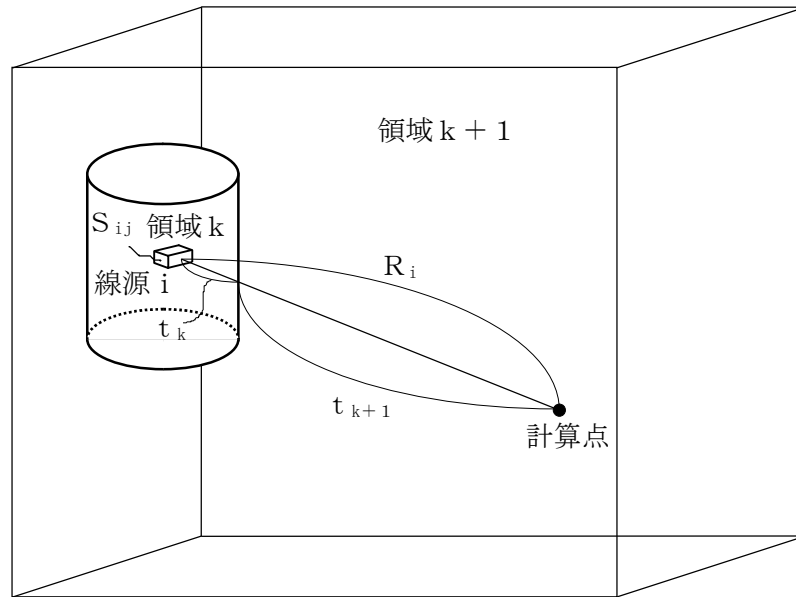


図7-1 QAD-CGGP2Rコードの計算体系

7.2 ANISN

ANISNコード⁽¹⁾は、米国オークリッジ国立研究所で開発された線型ボルツマン輸送方程式を、 S_n 法を用いて解く計算プログラムである。本コードの計算形状は、一次元形状（無限平板，球，無限円柱）であり，中性子，ガンマ線の輸送問題等を解くことができる。計算には次のデータの入力が必要である。

① 線源データ

体積分布線源，境界線源，初回衝突線源の3つの形式で入力が可能。体積分布線源では，各空間メッシュにおける中性子発生数を与える。方法としては，各メッシュ各エネルギー群ごとに発生個数を与える方法と，空間分布とエネルギースペクトルを分離して入力する方法がある。

② 体系データ

空間メッシュ分割のデータであり，座標とともに領域番号の指定を通じて，各メッシュ点での媒質が指定される。

③ 断面積データ（群定数）

断面積データは，評価済み核データより作成した群定数を用いる。

④ 角度分点

⑤ 計算条件

繰り返し計算の収束条件，境界条件等を指定する。

7.2.1 計算方法

中性子，ガンマ線の放射線束分布は，基本式であるボルツマンの輸送方程式を解くことにより求められる。

$$\begin{aligned} & \Omega \cdot \nabla \phi(r, E, \Omega) + \Sigma_t(r, E) \cdot \phi(r, E, \Omega) \\ & = \iint \Sigma_s(r, E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) \cdot \phi(r, E', \Omega') dE' d\Omega' + S(r, E, \Omega) \end{aligned}$$

$$\phi(r, E) = \int \phi(r, E, \Omega) d\Omega$$

ここで，

E : エネルギー (MeV)

Ω : 進行方向の単位ベクトル

$\phi(r, E, \Omega)$: 中性子及びガンマ線の角度分布束（位置 r で単位ベクトル Ω 方向の単位立体角あたりに進む Ω に垂直な面を単位時間に通過する粒子の数）
($\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

$\Sigma_t(r, E)$: マクロ全断面積 (cm^{-1})

$$\Sigma_t(r, E) = \sum_i N_i(r) \cdot \sigma_{ti}(E)$$

ここで,

$N_i(r)$: 核種 i の原子数密度 (10^{24} cm^{-3})

$\sigma_{ti}(E)$: 核種 i の全断面積 (10^{-24} cm^2)

$$\begin{aligned} \Sigma_s(r, E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) &: \Sigma_s(r, E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) \\ &= \sum_i N_i(r) \cdot \sigma_{si}(E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega) \end{aligned}$$

ここで,

$N_i(r)$: 核種 i の原子数密度 (10^{24} cm^{-3})

$\sigma_{si}(E' \rightarrow E, \Omega' \rightarrow \Omega)$: 核種 i のエネルギーが E' から E , 進行方向ベクトルが Ω' から Ω に変化する散乱断面積, あるいは中性子による捕獲ガンマ線及び非弾性散乱ガンマ線の生成断面積 (10^{-24} cm^2)

$S(r, E, \Omega)$: 中性子及びガンマ線の発生量 ($\text{cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$)

$\phi(r, E)$: 中性子及びガンマ線の線束 ($\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

7.2.2 主要な出力

出力する主要なデータは, ①線束及び角度依存線束, ②領域ごとのバランス表である。

①で出力された各メッシュ点での線束に線量率換算係数を乗じることで, 各メッシュ点での中性子, ガンマ線の線量率を算出することができる。

7.2.3 引用文献

- (1) W. W. Engle, Jr., A USERS MANUAL FOR ANISN: A One Dimensional Discrete Ordinates Transport Code with Anisotropic Scattering, K-1693 (1967)

7.3 G33-GP2R

G33-GP2Rコード⁽¹⁾は、Los Alamos Scientific Laboratory で開発されたガンマ線多群散乱計算プログラムである。本コードは、点等方線源からの一回散乱を計算する。散乱は、クライン-仁科の式に基づき計算する。散乱が起こる領域は直角、球、円筒座標により指定し、遮蔽体は平板、球、円筒又は二次曲面により入力することができる。このコードには質量減衰係数のライブラリが入っている。

出力として、評価点でのエネルギー別の直接ガンマ線及び散乱線による線量率が得られる。

7.3.1 計算方法

図7-2に、線源、散乱点、評価点により形成される三角形を示す。

(1) 直接ガンマ線

エネルギーEのガンマ線を等方に放出する強度Sの線源による直接ガンマ線の線量率は次式で与えられる。

$$D_1(E) = \frac{S(E)}{4\pi\rho_d^2} \cdot K(E) \cdot B(x, E) \cdot e^{-x}$$

ここで、

$D_1(E)$: 評価点での直接ガンマ線による線量率
$S(E)$: 線源強度
ρ_d	: 線源から評価点までの距離
$K(E)$: 線量率換算係数
$B(x, E)$: ビルドアップファクタ
x	: 実効透過距離 (平均自由行程)

$$x = \sum_m \mu_m \cdot \rho_m$$

μ_m : 物質 m の線減衰係数

ρ_m : 物質 m の透過距離

(2) 散乱線

散乱点でのガンマ線束は、次式で与えられる。

$$\phi(E) = \frac{S(E)}{4\pi\rho^2} \cdot e^{-x}$$

ここで、

$\phi(E)$: 散乱位置でのガンマ線束

ρ : 線源から散乱点までの距離

散乱後、評価点に到達するガンマ線の線量率は次式で与えられる。

$$D_2(E) = \frac{\phi(E)}{\rho_s^2} \cdot K(E') \cdot B(x, E') \cdot N \cdot \frac{d\sigma}{d\Omega}(E, \theta) \cdot e^{-x}$$

ここで、

- $D_2(E)$: 評価点での散乱線による線量率
- ρ_s : 散乱点から評価点までの距離
- $K(E')$: 散乱後のエネルギー E' のガンマ線線量率換算係数
- $B(x, E')$: ビルドアップファクタ
- N : 散乱体の原子数密度
- $\frac{d\sigma}{d\Omega}(E, \theta)$: 微分散乱断面積 (クライナー-仁科の式)

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(E, \theta) = \frac{r_0^2}{2} \cdot \frac{(1 + \cos^2 \theta)}{[1 + \alpha(1 - \cos \theta)]^2} \left\{ 1 + \frac{\alpha^2(1 - \cos \theta)^2}{(1 + \cos^2 \theta)[1 + \alpha(1 - \cos \theta)]} \right\}$$

- r_0 : 古典的電子半径
- θ : 散乱角度
- α : コンプトン波長の逆数

7.3.2 引用文献

- (1) R I S T NEWS No. 33 「実効線量評価のための遮蔽計算の現状」2002. 3. 31,
(財)高度情報科学技術研究機構

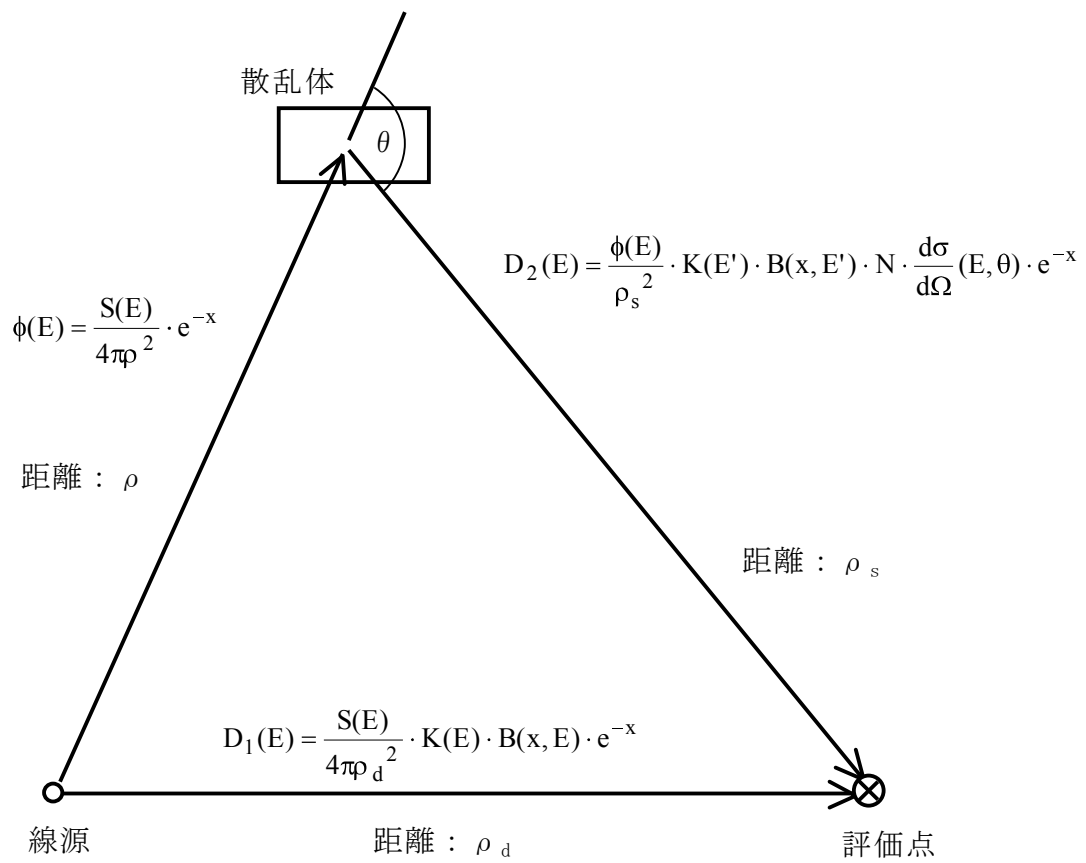


図7-2 G33-GP2Rの計算方法

7.4 ORIGEN2

7.4.1 概要

ORIGEN2 コードは、米国のオークリッジ国立研究所（ORNL）で開発された汎用計算プログラムで、多数の同位元素の崩壊チェーンを考慮した生成及び壊変量を計算できる。ORIGEN2 コードでは、同位元素の核特性データライブラリを用いて、中性子スペクトル（1群近似）と断面積データから、当該核種の放射化及び核壊変による生成量を計算する。このライブラリには、放射化生成物の崩壊データ、放出ベータ線、 γ 線エネルギーと放出割合等が格納されており、被照射材の放射線源強度、発熱量の計算に用いることができる。

7.4.2 機能

ORIGEN2 コードは、燃焼計算に際し以下の機能を有している。

- a. 燃料の炉内での燃焼計算、炉取り出し後の減衰計算により、冷却期間に対応した崩壊熱、放射線の強度、各核種の初期蓄積量等が求められる。
- b. 原子炉の炉型と燃料の組合せに対し、中性子エネルギースペクトルの違いにより重みをつけた断面積ライブラリデータが内蔵されており、任意に選択できる。
- c. 計算結果は、放射化生成物、アクチニド、核分裂生成物に分類して出力される。
- d. 燃焼計算に必要な放射性核種のデータ（崩壊熱、ガンマ線のエネルギー分布、自発核分裂と (α, n) 反応により発生する中性子線源強度等）は、ライブラリデータとしてコードに内蔵されている。

7.4.3 計算フロー

ORIGEN2 コードの計算フローを図7-3に示す。

7.4.4 引用文献

A.G.Croff, "A User's Manual for the ORIGEN2 Computer code", ORNL/TM-7175, Oak Ridge National Laboratory, (1980)

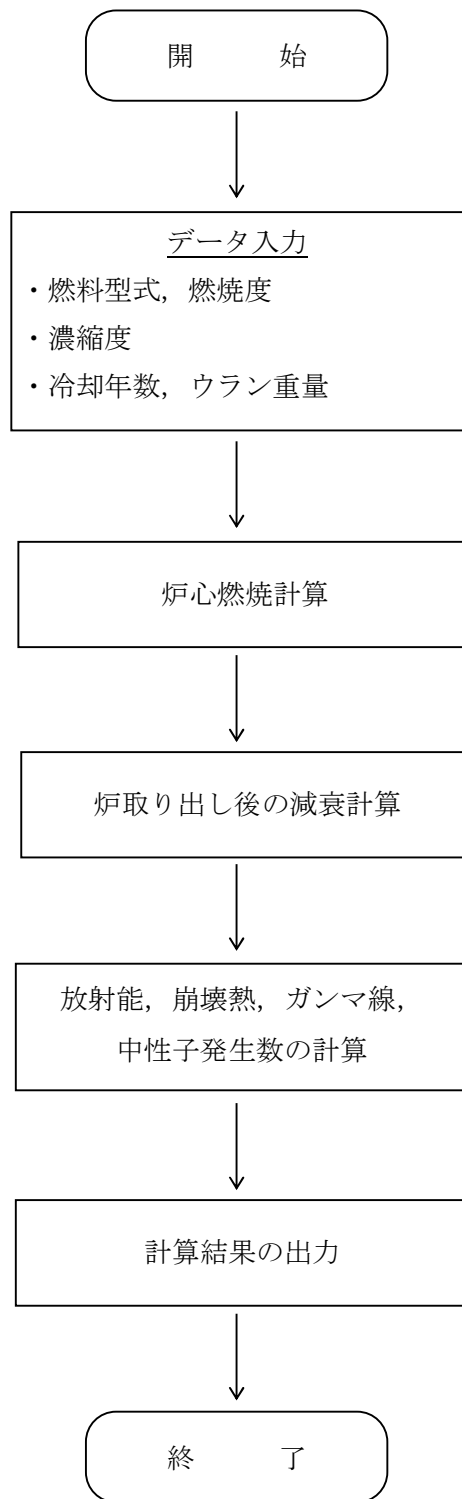


図 7-3 ORIGEN2 コードの計算フロー図