

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料	
資料番号	KK67-0074 改57
提出年月日	平成29年5月26日

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

重大事故等対処設備について
(補足説明資料)

平成29年5月

東京電力ホールディングス株式会社

59-11

原子炉制御室の居住性に係る被ばく評価について

1. 中央制御室の居住性(設計基準事故)に係る被ばく評価について.....	26 条-別添 2-1-1
1.1 大気中への放出量の評価.....	26 条-別添 2-1-1
1.2 大気拡散の評価.....	26 条-別添 2-1-1
1.3 建屋内の放射性物質からのガンマ線の評価.....	26 条-別添 2-1-1
1.4 中央制御室の居住性に係る被ばく評価.....	26 条-別添 2-1-1
1.4.1 中央制御室内での被ばく.....	26 条-別添 2-1-2
1.4.1.1 建屋内の放射性物質からのガンマ線による中央制御室内での被ばく(経路①).....	26 条-別添 2-1-2
1.4.1.2 大気中へ放出された放射性物質のガンマ線による中央制御室内での被ばく(経路②).....	26 条-別添 2-1-2
1.4.1.3 室内に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(経路③).....	26 条-別添 2-1-4
1.4.2 入退域時の被ばく.....	26 条-別添 2-1-4
1.4.2.1 建屋内の放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく(経路④).....	26 条-別添 2-1-4
1.4.2.2 大気中へ放出された放射性物質による入退域時の被ばく(経路⑤).....	26 条-別添 2-1-4
1.5 評価結果のまとめ.....	26 条-別添 2-1-5
2. 中央制御室の居住性(重大事故対策)に係る被ばく評価について.....	59-11-2-1
2.1 評価事象.....	59-11-2-1
2.2 大気中への放出量の評価.....	59-11-2-2
2.3 大気拡散の評価.....	59-11-2-2
2.4 中央制御室の居住性(重大事故対策)に係る被ばく評価.....	59-11-2-2
2.4.1 中央制御室内での被ばく.....	59-11-2-3
2.4.1.1 原子炉建屋内等の放射性物質からのガンマ線による被ばく(経路①).....	59-11-2-3
2.4.1.2 放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による被ばく(経路②).....	59-11-2-3
2.4.1.3 地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく(経路③).....	59-11-2-4
2.4.1.4 外気から取り込まれた放射性物質による被ばく(経路④).....	59-11-2-10
2.4.2 入退域時の被ばく.....	59-11-2-10

2.4.2.1 原子炉建屋内等の放射性物質からのガンマ線による被ばく（経路⑤）	59-11-2-10
2.4.2.2 放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による被ばく（経路⑥）	59-11-2-11
2.4.2.3 地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばく（経路⑦）	59-11-2-11
2.4.2.4 放射性雲中の放射性物質の吸入摂取による被ばく（経路⑧）	59-11-2-11
2.5 評価結果まとめ	59-11-2-11
添付資料 1 中央制御室の居住性（設計基準事故）に係る被ばく評価について	26 条-別添 2-添 1-1-1
1-1 中央制御室の居住性（設計基準事故）に係る被ばく評価条件表	26 条-別添 2-添 1-1-1
1-2 居住性評価に用いた気象資料の代表性について	26 条-別添 2-添 1-2-1
1-3 空気流入率試験結果について	26 条-別添 2-添 1-3-1
1-4 運転員の交替について	26 条-別添 2-添 1-4-1
1-5 内規 ^{※1} との整合性について	26 条-別添 2-添 1-5-1
添付資料 2 中央制御室の居住性（重大事故対策）に係る被ばく評価について	
2-1 中央制御室の居住性（重大事故対策）に係る被ばく評価条件	59-11-添 2-1-1
2-2 事象の選定の考え方について	59-11-添 2-2-1
2-3 核分裂生成物の原子炉格納容器外への放出割合の設定について	59-11-添 2-3-1
2-4 放射性物質の大気放出過程について	59-11-添 2-4-1
2-5 原子炉格納容器等への無機よう素の沈着効果について	59-11-添 2-5-1
2-6 6号及び7号炉の原子炉建屋原子炉区域の負圧達成時間について	59-11-添 2-6-1
2-7 被ばく評価に用いた気象資料の代表性について	59-11-添 2-7-1
2-8 被ばく評価に用いる大気拡散評価について	59-11-添 2-8-1
2-9 地表面への沈着速度の設定について	59-11-添 2-9-1
2-10 エアロゾル粒子の乾性沈着速度について	59-11-添 2-10-1
2-11 有機よう素の乾性沈着速度について	59-11-添 2-11-1
2-12 マスクによる防護係数について	59-11-添 2-12-1
2-13 原子炉建屋内等の放射性物質からのガンマ線による被ばくの評価方法について	59-11-添 2-13-1
2-14 放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による被ばくの評価方法について	59-11-添 2-14-1

2-15	地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による被ばくの評価方法について・・・・・・・・・・・・・・・・	59-11-添 2-15-1
2-16	室内に外気から取り込まれた放射性物質による被ばくの評価方法について・・・・・・・・・・・・・・・・	59-11-添 2-16-1
2-17	大気中に放出された放射性物質の入退域時の吸入摂取による被ばくの評価方法について・・・・・・・・・・・・・・・・	59-11-添 2-17-1
2-18	格納容器圧力逃がし装置及びよう素フィルタ内の放射性物質からのガンマ線による被ばくの評価方法について・・・・・・・・	59-11-添 2-18-1
2-19	原子炉格納容器内 pH 制御の効果に期待することによる影響について・・・・・・・・	59-11-添 2-19-1
2-20	6,7 号炉で格納容器ベントを実施した場合の影響について・・・・	59-11-添 2-20-1
2-21	コンクリート厚の施工誤差の影響について・・・・・・・・	59-11-添 2-21-1
2-22	格納容器雰囲気直接加熱発生時の被ばく評価について・・・・・・・・	59-11-添 2-22-1
2-23	審査ガイド ^{※2} への適合状況・・・・・・・・	59-11-添 2-23-1

(※1) 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)

(※2) 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

本日まで提出資料

2-2 事象の選定の考え方について

柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉においては、両号炉において同時に重大事故が発生したと想定する場合、第一に両号炉において代替循環冷却系を用いて事象を収束することとなる。しかしながら、被ばく評価においては片方の号炉において代替循環冷却に失敗することも考慮し、当該号炉において格納容器圧力逃がし装置を用いてサプレッション・チェンバの排気ラインを使用した格納容器ベントを実施する場合も評価対象とする。

この重大事故時の中央制御室の居住性を確認する上で想定する事故シナリオとして、炉心損傷が発生する大破断 LOCA+全交流動力電源喪失+全 ECCS 機能喪失シナリオを選定する。

(1) 事象の概要（格納容器ベント時）

- a. 大破断 LOCA が発生し、原子炉格納容器内に冷却材が大量に漏えいする。
- b. 更に非常用炉心冷却系（ECCS）喪失、全交流動力電源喪失（SBO）を想定するため、原子炉圧力容器への注水ができず炉心損傷に至る。70 分後に低圧代替注水系（常設）による原子炉圧力容器への注水を開始することで、原子炉圧力容器破損は回避される。
- c. その後、原子炉圧力容器への注水及び原子炉格納容器へのスプレイを実施するが、事象発生から約 38 時間後に格納容器圧力が限界圧力に到達し、格納容器圧力逃がし装置を用いたベントを実施する。

(2) 想定事故シナリオ選定

想定事故シナリオ選定については、事故のきっかけとなる起因事象の選定を行い、起因事象に基づく事故シナリオの抽出及び分類を行う。その後、重大事故等対策の有効性評価及び事故シナリオの選定を行う。

a. 起因事象の選定

プラントに影響を与える事象について、内部で発生する事象と外部で発生する事象（地震、津波、その他自然現象）をそれぞれ分析し、事故のきっかけとなる事象（起因事象）について選定する。

プラント内部で発生する事象については、プラントの外乱となる事象として、従前より許認可解析の対象としてきた事象である運転時の異常な過渡変化（外部電源喪失等）及び設計基準事故（原子炉冷却材喪失等）を選定する。また、原子炉の運転に影響を与える事象として、非常用交流電源母線の故障、原子炉補機冷却系の故障等を選定する。

プラント外部で発生する事象については、地震、津波に加え、地震・津波以外の自然現象の約 42 事象から、地域性等を考慮して 9 事象（風（台風）、竜巻、火山、落雷、積雪、低温（凍結）、降水、生物学的事象、地滑り）を選定する。また、設計基準を大幅に超え

る規模の事象発生を想定した上で、プラントに有意な頻度で影響を与えられ
る場合は、考慮すべき起回事象とする。

b. 起回事象に基づく事故シナリオの抽出及び分類

イベントツリー等により、事故のきっかけとなる事象（起回事象）を出発点に、事象がどのように進展して最終状態に至るかを、安全機能を有する系統の動作の成否を分岐として樹形状に展開し、事故シナリオを漏れなく抽出する。

抽出した事故シナリオを事故進展の特徴によって、表 2-2-1 のとおりグループ別に分類する。

表 2-2-1 運転中の炉心損傷に係る事故シナリオグループ

出力運転中の炉心損傷に係る 事故シナリオグループ	概要
崩壊熱除去機能喪失	崩壊熱の除去に失敗して炉心損傷 に至るグループ
高圧・低圧注水機能喪失	低圧注水に失敗して炉心損傷 に至るグループ
高圧注水・減圧機能喪失	高圧注水に失敗して炉心損傷 に至るグループ
全交流動力電源喪失	電源を失うことにより炉心損傷 に至るグループ
原子炉停止機能喪失	止める機能を喪失して炉心損傷 に至るグループ
LOCA 時注水機能喪失	LOCA 時に注水に失敗して炉心損傷 に至るグループ

c. 重大事故等対策の有効性評価及び事故シナリオの選定

b. で分類した事故シナリオのうち，出力運転中の原子炉における崩壊熱除去機能喪失，高圧・低圧注水機能喪失，高圧注水・減圧機能喪失，全交流動力電源喪失，原子炉停止機能喪失については，炉心損傷に至らない。一方，LOCA 時注水機能喪失については，重大事故等対処施設が機能しても炉心損傷を避けられない。

以上より，炉心損傷が発生する LOCA 時注水機能喪失を想定事故シナリオとして選定した。

なお，前述のとおり，両号炉において同時に想定事故シナリオが発生したと想定する場合，第一に両号炉において代替循環冷却系を用いて事象を収束することとなる。しかしながら，被ばく評価においては片方の号炉において代替循環冷却に失敗することも考慮し，当該号炉において格納容器圧力逃がし装置を用いてサプレッション・チェンバの排気ラインを使用した格納容器ベントを実施する場合も評価対象とした。

2-12 マスクによる防護係数について

重大事故等時の居住性に係る被ばく評価において、以下の検討を踏まえ、全面マスクによる防護係数を 50、電動ファン付き全面マスクによる防護係数を 1000 として使用する。

1. 厚生労働省労働基準局長通知について

「電離放射線障害防止規則の一部を改正する省令の施行等について」（基発 0412 第 1 号 都道府県労働局長あて厚生労働省労働基準局長通知）によると、「200 万ベクレル毎キログラムを超える事故由来廃棄物等を取り扱う作業であって、粉じん濃度が 10 ミリグラム毎立方メートルを超える場所における作業を行う場合、内部被ばく線量を 1 年につき 1 ミリシーベルト以下とするため、漏れを考慮しても、50 以上の防護係数を期待できる捕集効率 99.9%以上の全面型防じんマスクの着用を義務付けたものであること」としている。

●以下、電離放射線障害防止規則（最終改正：平成 25 年 7 月 8 日）抜粋

第三十八条 事業者は、第二十八条の規定により明示した区域内の作業又は緊急作業その他の作業で、第三条第三項の厚生労働大臣が定める限度を超えて汚染された空気を吸入するおそれのあるものに労働者を従事させるときは、その汚染の程度に応じて防じんマスク、防毒マスク、ホースマスク、酸素呼吸器等の有効な呼吸用保護具を備え、これらをその作業に従事する労働者に使用させなければならない。

●以下、基発 0412 第 1 号（平成 25 年 4 月 12 日）抜粋

キ 保護衣（第 38 条関係）

- ① 第 1 項の「有効な呼吸用保護具」は、次に掲げる作業の区分及び事故由来廃棄物等の放射能濃度の区分に応じた捕集効率を持つ呼吸用保護具又はこれと同等以上のものをいうこと。

	放射能濃度 200 万 Bq/kg 超	放射能濃度 50 万 Bq/kg 超 200 万 Bq/kg 以下	放射能濃度 50 万 Bq/kg 以下
高濃度粉じん作業 (粉じん濃度 10mg/m ³ 超の場所における作業)	捕集効率 99.9%以上 (全面型)	捕集効率 95%以上	捕集効率 80%以上
高濃度粉じん作業以外の作業 (粉じん濃度 10mg/m ³ 以下の場所における作業)	捕集効率 95%以上	捕集効率 80%以上	捕集効率 80%以上

- ② 防じんマスクの捕集効率については、200万ベクレル毎キログラムを超える事故由来廃棄物等を取り扱う作業であって、粉じん濃度が10ミリグラム毎立方メートルを超える場所における作業を行う場合、内部被ばく線量を1年につき1ミリシーベルト以下とするため、漏れを考慮しても、50以上の防護係数を期待できる捕集効率99.9%以上の全面型防じんマスクの着用を義務付けたものであること。

2. 全面マスクの防護係数50について

空気中の放射性物質の濃度が「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 別表第一 第四欄」の十分の一を超える場合、全面マスクを着用する。

全面マスクを納入しているマスクメーカーにおいて、全面マスク（よう素用吸収缶）についての除染係数を検査している。本検査は、放射性ヨウ化メチルを用い、除染係数を算出したものである。その結果は、 $DF \geq 1.21E+03$ と十分な除染係数を有することを確認した。（フィルタの透過率は0.083%以下）

表 マスクメーカーによる除染係数検査結果
CA-N4RI（吸収缶）放射性ヨウ化メチル通気試験

入口濃度 (Bq/cm ³)	4時間後		10時間後		試験条件
	出口濃度(Bq/cm ³)	DF値	出口濃度(Bq/cm ³)	DF値	
9.45E-02	ND (4.17E-07)	2.27E+05	8.33E-07	1.13E+05	試験流量：20L/min 通気温度：30℃ 相対湿度：95%RH
7.59E-05	ND (6.25E-08)	1.21E+03	ND (2.78E-08)	2.73E+03	

ND：検出限界値未満（括弧内が検出限界値）

また、同じくマスクメーカーにより全面マスクの漏れ率を検査しており、最大でも0.01%であった。

以上のことから、JIS T 8150:2006「呼吸用保護具の選択、使用及び保守管理」の防護係数の求め方に従い、漏れ率と除染係数（フィルタ透過率）から計算される防護係数は約1075であった。

$$\begin{aligned} \text{防護係数(PF)} &= 100 / \{ \text{漏れ率}(\%) + \text{フィルタ透過率}(\%) \} \\ &= 100 / (0.01 + 0.083) \approx 1075 \end{aligned}$$

ただし、全面マスクによる防護係数については、着用者個人の値であり、実作業時の防護係数は、より低下する可能性があるため、講師による指導のもとフィッティングテスト

一を使用した全面マスク着用訓練を行い、漏れ率（フィルタ透過率を含む）2%を担保できるように正しく全面マスクを着用できていることを確認している。

このため、全面マスクによる防護係数は、50とする。

なお、全面マスク着用訓練については、今後とも、さらに教育・訓練を進めていき、マスク着用の熟練度を高めていく。

3. 電動ファン付き全面マスクの防護係数 1000 について

空気中の放射性物質の濃度が特に高い環境で作業を行う場合（例えば、格納容器ベント実施直後の現場作業等）、電動ファン付き全面マスクを着用する。

電動ファン付き全面マスクを納入している 2 つのマスクメーカーにおいて、電動ファン付き全面マスク（よう素吸収缶）についての除染係数を検査している。本検査は、放射性ヨウ化メチルを用い除染係数を算出したものである。その結果は、 $DF \geq 1.71E+03$ と十分な除染係数を有することを確認した。（フィルタの透過率は 0.058%以下）

表 マスクメーカーA による除染係数検査結果
RDG-72HP（吸収缶）放射性ヨウ化メチル通期試験

入口濃度 (Bq/cm ³)	4 時間後		10 時間後		試験条件
	出口濃度 (Bq/cm ³)	DF 値	出口濃度 (Bq/cm ³)	DF 値	
8.83E-02	1.91E-05	4.62E+03	2.64E-05	3.34E+03	試験流量：47L/min 通気温度：30℃ 相対湿度：95%RH
8.08E-05	ND	<u>1.71E+03</u> ※1	4.73E-08	<u>1.71E+03</u>	

ND：検出限界値未満

※1 10 時間試験において最初に検出されたサンプリング時間の DF を示す

表 マスクメーカーB による除染係数検査結果
CA-V3NRI（吸収缶）放射性ヨウ化メチル通期試験

入口濃度 (Bq/cm ³)	4 時間後		10 時間後		試験条件
	出口濃度 (Bq/cm ³)	DF 値	出口濃度 (Bq/cm ³)	DF 値	
8.84E-02	5.04E-07	1.75E+05	3.03E-06	2.92E+04	試験流量：38L/min 通気温度：30℃ 相対湿度：95%RH
9.89E-05	ND (3.3E-08)	3.0E+03※2	ND (2.2E-08)	4.5E+03※2	

ND：検出限界値未満（括弧内が検出限界値）

※2 DF 値は、検出限界値より算出した

また、同じくマスクメーカーにより電動ファン付き全面マスクの漏れ率を検査しており、0.01%未満であった。

電動ファン付き全面マスクは、電動ファンを内蔵しており、図のとおり着用者の呼吸を常に監視しながらフィルタを通した十分な量の空気を面体に供給することで、面体内を常に陽圧に保つことができるため、全面マスクに比べ着用者による防護係数の低下の可能性は低い。

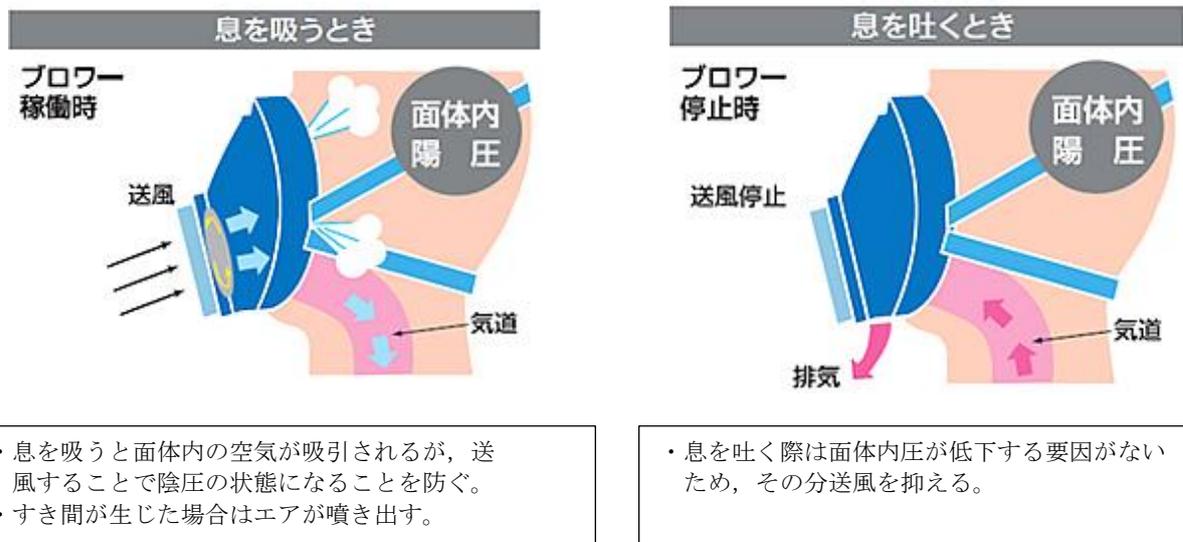


図 陽圧化マスクのイメージ
(興研株式会社 HP より一部抜粋)

以上のことから、JIS T 8150:2006「呼吸用保護具の選択、使用及び保守管理」の防護係数の求め方に従い、漏れ率と除染係数（フィルタ透過率）から計算される防護係数は約1470であった。

$$\begin{aligned} \text{防護係数(PF)} &= 100 / \{ \text{漏れ率} (\%) + \text{フィルタ透過率} (\%) \} \\ &= 100 / (0.01 + 0.058) \approx 1470 \end{aligned}$$

このため、電動ファン付き全面マスクによる防護係数は、保守的に1000とする。

加えて、電動ファン付き全面マスクは、面体内が陽圧化するため、全面マスクに比べ楽に呼吸をすることができる。

電動ファン付き全面マスクのバッテリー稼働時間は、メーカー公称値として5時間以上となっている。なお、電源が切れた状態においても、全面マスク同等の防護係数を有する。

2-22 格納容器雰囲気直接加熱発生時の被ばく評価について

中央制御室の居住性の評価に当たっては、「2-2 事象の選定の考え方について」のとおり、炉心損傷が発生する LOCA 時注水機能喪失を想定事故シナリオとして選定し、両号炉において代替循環冷却系を用いて事象を収束した場合、及び片方の号炉において代替循環冷却ではなく格納容器圧力逃がし装置を用いたサプレッション・チェンバの排気ライン経由の格納容器ベントを実施する場合を評価対象とした。

一方、重大事故等対策の有効性評価においては、格納容器破損モードとして、雰囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）（LOCA 時注水機能喪失）、高圧溶融物放出／格納容器雰囲気直接加熱（DCH）、原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用（FCI）、水素燃焼、溶融炉心・コンクリート相互作用（MCCI）の5つを想定しており、これらのモードにおける原子炉格納容器の破損防止のための対応は、LOCA 時注水機能喪失と DCH に集約されている。なお、DCH は事象発生のために重大事故等対処設備による原子炉注水機能についても使用できないものと仮定したシナリオであり、代替循環冷却系を用いることで PCV ベントに至らず事象収束するものである。

このうち、LOCA 時注水機能喪失については上述のとおり想定事故シナリオとして評価していることから、ここでは DCH 発生時の被ばく影響を評価した。

1. 中央制御室内の環境としての評価結果

（7日間積算値）

設置許可基準規則の解釈 第59条 1 b) ②, 同③において、運用面での対策であるマスクの着用及び運転員の交替について考慮してもよいこととなっているが、設置許可基準規則 第59条の要求事項である「運転員がとどまるために必要な設備」の妥当性を評価するうえでは、運用面での対策に期待しない場合における中央制御室内環境として最も厳しい事象を選定する必要がある。

そこで、重大事故等対策の有効性評価のうち、LOCA 時注水機能喪失と DCH の両シナリオにおいて、運用面での対策に期待せず、7日間中央制御室内にとどまった場合の評価を実施した。評価結果を表 2-22-1 に示す。（以下、LOCA 時注水機能喪失については「大 LOCA(代替循環)」と記載する。）

表 2-22-1 のとおり、内部被ばくについては大 LOCA(代替循環)が大きく、外部被ばくについては DCH が大きく、合計では大 LOCA(代替循環)が大きい評価結果となった。すなわち、運用面での対策に期待しない場合における中央制御室内環境としては大 LOCA(代替循環)の方が厳しくなることを確認した。（本評価結果に関する考察は別紙参照）

表 2-22-1 マスク着用なし、運転員交替なしの場合の評価結果^{※1※2}

(mSv/7 日間)	内部被ばく	外部被ばく	合計
6 号炉：大 LOCA(代替循環)	約 1.2×10^2	約 1.2×10^1	約 360
7 号炉：大 LOCA(代替循環)	約 2.1×10^2	約 1.9×10^1	
6 号炉：DCH(代替循環)	約 6.3×10^1	約 1.6×10^1	約 210
7 号炉：DCH(代替循環)	約 1.0×10^2	約 2.6×10^1	

※1 大 LOCA(代替循環)：大破断 LOCA+全交流動力電源喪失+全 ECCS 機能喪失
(代替循環冷却系を用いて事象を収束する場合)

※2 DCH(代替循環)：DCH (代替循環冷却系を用いて事象を収束する)

2. 入退域を考慮した場合の評価結果

(7 日間積算値 (1 班あたりの平均))

1. のとおり、中央制御室内環境としては大 LOCA(代替循環)の方が厳しいことを確認したが、中央制御室の運転員は通常 5 直 2 交替体制であり、重大事故等発生時においても交替することが想定されるため、交替の際の入退域時に屋外を通ることによる被ばくを含め、平均的な被ばく線量を確認した。

1. 同様に、大 LOCA(代替循環)と DCH の両シナリオにおいて、中央制御室内でのマスク着用には期待しないが、運転員の交替を平均的に考慮して評価する。5 直 2 交替体制において、中央制御室内滞在時間及び入退域回数が最大となる班は

中央制御室内滞在時間 49 時間 40 分

入退域回数 8 回 (1 回あたり 15 分)

であるため、

中央制御室内での被ばく線量

= 中央制御室内での被ばく線量 7 日間積算値 × (49 時間 40 分 / 168 時間)

入退域時の被ばく線量

= 入退域評価点での被ばく線量 7 日間積算値 × (8 回 × 15 分 / 168 時間)

として評価する。ただし、入退域においては審査ガイドに基づきマスク (PF1000) を着用するものとして評価する。評価結果を表 2-22-2 に示す。

表 2-22-2 のとおり、内部被ばくについては大 LOCA(代替循環)が大きく、外部被ばくについては DCH が大きく、合計では大 LOCA(代替循環)が大きい評価結果となった。すなわち、入退域時の屋外通過影響を考慮した場合においても、1 班あたりの平均的な環境としては大 LOCA(代替循環)の方が厳しくなることを確認した。

表 2-22-2 中央制御室内マスク着用なしの場合の評価結果 (1 班あたりの平均)

(mSv/7 日間/班)	内部被ばく	外部被ばく	合計
6 号炉 : 大 LOCA(代替循環)	約 3.7×10^1	約 2.5×10^1	約 170
7 号炉 : 大 LOCA(代替循環)	約 6.2×10^1	約 5.2×10^1	
6 号炉 : DCH(代替循環)	約 1.9×10^1	約 3.1×10^1	約 150
7 号炉 : DCH(代替循環)	約 3.2×10^1	約 6.6×10^1	

3. 運用面での対策も考慮した場合の評価結果

1. 及び 2. から、中央制御室内環境としても、平均的な運転員交替を考慮した場合の環境としても、大 LOCA(代替循環)の方が厳しいことを確認した。ただし、いずれの評価結果においても 100mSv/7 日間を上回っていることから、運用面での対策も考慮することで 100mSv/7 日間を下回ることを確認する。

大 LOCA(代替循環)については想定事故シナリオとして評価していることから、ここでは DCH 発生時の運転員の被ばく影響について、運用面での対策であるマスクの着用及び運転員の交替の両方を考慮した場合に 100mSv/7 日間を下回ることを確認する。運用面での対策については、簡易的に大 LOCA(代替循環)において想定していたものと同じ条件とする。

評価結果を表 2-22-3 に示す。また、被ばく線量の合計が最も大きい班 (E 班) の評価結果の内訳を表 2-22-4 に、中央制御室内にてマスク (PF=1000) を用いている班・滞在日のうち代表例として A 班の 1 日目の評価結果を表 2-22-5 に、中央制御室内にてマスク (PF=50) を用いている班・滞在日のうち代表例として A 班の 2 日目の評価結果を表 2-22-6 に示す。

評価の結果、DCH 発生時においても運転員の被ばく線量は 100mSv/7 日間を下回ることを確認した。

表 2-22-3 各勤務サイクルでの被ばく線量（両号炉 DCH(代替循環)）
 (マスクの着用を考慮した場合) (mSv)^{※1※2※3}

	1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	7 日	合計
A 班	約 13 ^{※4} (約 13)	約 26 (約 27)	約 28 (約 29)	-	-	-	-	約 67 (約 69)
B 班	-	-	-	約 28 ^{※5} (約 29)	-	約 27 ^{※5} (約 28)	-	約 55 (約 56)
C 班	-	-	約 29 (約 30)	約 28 (約 29)	約 27 (約 28)	-	-	約 85 (約 87)
D 班	-	-	-	-	約 28 (約 29)	約 27 (約 28)	約 15 (約 15)	約 70 (約 72)
E 班	約 22 ^{※4} (約 22)	約 28 (約 29)	-	-	-	-	約 38 (約 39)	約 88 (約 91)

- ※1 括弧内：遮蔽モデル上のコンクリート厚を許容される施工誤差分だけ薄くした場合の被ばく線量
- ※2 入退域時において、マスク (PF=1000) の着用を考慮
- ※3 中央制御室内滞在時において、マスク (PF=50) の着用を考慮。6 時間当たり 1 時間外すものとして評価
- ※4 中央制御室内滞在時においても、事故後 1 日目のみマスク (PF=1000) の着用を考慮。6 時間当たり 18 分間外すものとして評価
- ※5 特定の班のみが過大な被ばくを受けることのないよう、評価上で班交替を工夫

値は現在の最新値

表 2-22-4 評価結果の内訳（被ばく線量が最大となる班（E班）の合計）
（両号炉 DCH(代替循環)）（マスクの着用を考慮する場合）（単位：mSv）

被ばく経路		6号炉 からの寄与 ^{※1}	7号炉 からの寄与 ^{※1}	合計 ^{※1}
室内作業時	①原子炉建屋内等の放射性物質からのガンマ線による中央制御室内での被ばく	約 1.2×10^{-1} (約 1.5×10^{-1})	0.1 以下 (0.1 以下)	約 1.2×10^{-1} (約 1.5×10^{-1})
	②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被ばく	約 6.1×10^{-1} (約 6.5×10^{-1})	約 1.0×10^0 (約 1.1×10^0)	約 1.6×10^0 (約 1.7×10^0)
	③地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による中央制御室内での被ばく	約 5.8×10^{-1} (約 6.6×10^{-1})	約 9.6×10^{-1} (約 1.1×10^0)	約 1.5×10^0 (約 1.7×10^0)
	④室内に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	約 3.4×10^0 (約 3.4×10^0)	約 5.6×10^0 (約 5.6×10^0)	約 8.9×10^0 (約 8.9×10^0)
	(内訳) 内部被ばく	約 1.2×10^0 (約 1.2×10^0)	約 2.0×10^0 (約 2.0×10^0)	約 3.2×10^0 (約 3.2×10^0)
	外部被ばく	約 2.2×10^0 (約 2.2×10^0)	約 3.6×10^0 (約 3.6×10^0)	約 5.8×10^0 (約 5.8×10^0)
小計 (①+②+③+④)		約 4.7×10^0 (約 4.8×10^0)	約 7.6×10^0 (約 7.7×10^0)	約 1.2×10^1 (約 1.3×10^1)
入退域時	⑤原子炉建屋内等の放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 4.5×10^0 (約 5.1×10^0)	約 1.3×10^1 (約 1.5×10^1)	約 1.8×10^1 (約 2.0×10^1)
	⑥放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 4.0×10^0 (約 4.0×10^0)	約 7.9×10^0 (約 7.9×10^0)	約 1.2×10^1 (約 1.2×10^1)
	⑦地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 1.5×10^1 (約 1.5×10^1)	約 3.0×10^1 (約 3.0×10^1)	約 4.5×10^1 (約 4.5×10^1)
	⑧大気中へ放出された放射性物質の吸入摂取による入退域時の被ばく	約 3.5×10^{-1} (約 3.5×10^{-1})	約 7.0×10^{-1} (約 7.0×10^{-1})	約 1.0×10^0 (約 1.0×10^0)
	小計 (⑤+⑥+⑦+⑧)		約 2.4×10^1 (約 2.4×10^1)	約 5.2×10^1 (約 5.4×10^1)
合計(①+②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧)		約 2.8×10^1 (約 2.9×10^1)	約 5.9×10^1 (約 6.2×10^1)	約 88 (約 91)

※1 括弧内：遮蔽モデル上のコンクリート厚を施工誤差分だけ薄くした場合の被ばく線量

表 2-22-5 評価結果の内訳 (A 班の 1 日目)
(両号炉 DCH(代替循環)) (マスクの着用を考慮する場合) (単位: mSv)

被ばく経路		6号炉 からの寄与 ^{※1}	7号炉 からの寄与 ^{※1}	合計 ^{※1}
室内作業時	①原子炉建屋内等の放射性物質からのガンマ線による中央制御室内での被ばく	0.1 以下 (約 1.2×10^{-1})	0.1 以下 (0.1 以下)	0.1 以下 (約 1.2×10^{-1})
	②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被ばく	約 1.7×10^{-1} (約 1.8×10^{-1})	約 2.8×10^{-1} (約 3.0×10^{-1})	約 4.5×10^{-1} (約 4.8×10^{-1})
	③地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による中央制御室内での被ばく	約 2.5×10^{-1} (約 2.8×10^{-1})	約 4.2×10^{-1} (約 4.7×10^{-1})	約 6.7×10^{-1} (約 7.5×10^{-1})
	④室内に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	約 1.4×10^0 (約 1.4×10^0)	約 2.3×10^0 (約 2.3×10^0)	約 3.7×10^0 (約 3.7×10^0)
	(内訳) 内部被ばく	約 1.3×10^0 (約 1.3×10^0)	約 2.1×10^0 (約 2.1×10^0)	約 3.3×10^0 (約 3.3×10^0)
	外部被ばく	約 1.2×10^{-1} (約 1.2×10^{-1})	約 1.9×10^{-1} (約 1.9×10^{-1})	約 3.1×10^{-1} (約 3.1×10^{-1})
小計 (①+②+③+④)		約 1.9×10^0 (約 2.0×10^0)	約 3.0×10^0 (約 3.0×10^0)	約 4.9×10^0 (約 5.0×10^0)
入退域時	⑤原子炉建屋内等の放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 3.9×10^{-1} (約 4.5×10^{-1})	約 8.9×10^{-1} (約 1.0×10^0)	約 1.3×10^0 (約 1.5×10^0)
	⑥放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 3.7×10^{-1} (約 3.7×10^{-1})	約 7.3×10^{-1} (約 7.3×10^{-1})	約 1.1×10^0 (約 1.1×10^0)
	⑦地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 1.7×10^0 (約 1.7×10^0)	約 3.6×10^0 (約 3.6×10^0)	約 5.3×10^0 (約 5.3×10^0)
	⑧大気中へ放出された放射性物質の吸入摂取による入退域時の被ばく	0.1 以下 (0.1 以下)	0.1 以下 (0.1 以下)	0.1 以下 (0.1 以下)
	小計 (⑤+⑥+⑦+⑧)		約 2.5×10^0 (約 2.6×10^0)	約 5.2×10^0 (約 5.4×10^0)
合計(①+②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧)		約 4.4×10^0 (約 4.5×10^0)	約 8.2×10^0 (約 8.4×10^0)	約 13 (約 13)

※1 括弧内: 遮蔽モデル上のコンクリート厚を施工誤差分だけ薄くした場合の被ばく線量

値は現在の最新値

表 2-22-6 評価結果の内訳 (A 班の 2 日目)
(両号炉 DCH(代替循環)) (マスクの着用を考慮する場合) (単位: mSv)

被ばく経路		6号炉 からの寄与 ^{※1}	7号炉 からの寄与 ^{※1}	合計 ^{※1}
室内作業時	①原子炉建屋内等の放射性物質からのガンマ線による中央制御室内での被ばく	0.1 以下 (0.1 以下)	0.1 以下 (0.1 以下)	0.1 以下 (0.1 以下)
	②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被ばく	約 2.5×10^{-1} (約 2.7×10^{-1})	約 4.2×10^{-1} (約 4.5×10^{-1})	約 6.7×10^{-1} (約 7.1×10^{-1})
	③地表面に沈着した放射性物質のガンマ線による中央制御室内での被ばく	約 2.6×10^{-1} (約 2.9×10^{-1})	約 4.3×10^{-1} (約 4.8×10^{-1})	約 6.8×10^{-1} (約 7.7×10^{-1})
	④室内に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	約 1.3×10^0 (約 1.3×10^0)	約 2.2×10^0 (約 2.2×10^0)	約 3.5×10^0 (約 3.5×10^0)
	(内訳) 内部被ばく	約 4.2×10^{-1} (約 4.2×10^{-1})	約 6.9×10^{-1} (約 6.9×10^{-1})	約 1.1×10^0 (約 1.1×10^0)
	外部被ばく	約 8.9×10^{-1} (約 9.0×10^{-1})	約 1.5×10^0 (約 1.5×10^0)	約 2.4×10^0 (約 2.4×10^0)
小計 (①+②+③+④)		約 1.9×10^0 (約 1.9×10^0)	約 3.0×10^0 (約 3.1×10^0)	約 4.9×10^0 (約 5.0×10^0)
入退域時	⑤原子炉建屋内等の放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 1.1×10^0 (約 1.2×10^0)	約 2.8×10^0 (約 3.2×10^0)	約 3.9×10^0 (約 4.4×10^0)
	⑥放射性雲中の放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 1.4×10^0 (約 1.4×10^0)	約 2.8×10^0 (約 2.8×10^0)	約 4.2×10^0 (約 4.2×10^0)
	⑦地表面に沈着した放射性物質からのガンマ線による入退域時の被ばく	約 4.3×10^0 (約 4.3×10^0)	約 8.7×10^0 (約 8.7×10^0)	約 1.3×10^1 (約 1.3×10^1)
	⑧大気中へ放出された放射性物質の吸入摂取による入退域時の被ばく	0.1 以下 (0.1 以下)	約 1.9×10^{-1} (約 1.9×10^{-1})	約 2.8×10^{-1} (約 2.8×10^{-1})
	小計 (⑤+⑥+⑦+⑧)		約 6.8×10^0 (約 7.0×10^0)	約 1.4×10^1 (約 1.5×10^1)
合計 (①+②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧)		約 8.7×10^0 (約 8.9×10^0)	約 1.7×10^1 (約 1.8×10^1)	約 26 (約 27)

※1 括弧内: 遮蔽モデル上のコンクリート厚を施工誤差分だけ薄くした場合の被ばく線量

4. 結論

DCH 発生時の被ばく影響を評価した結果、1. 及び2. のとおり、運用面での対策に期待しない場合における中央制御室内環境としても、平均的な運転員交替を考慮した場合の環境としても、DCH よりも大 LOCA(代替循環)の方が厳しいことを確認した。このことから、中央制御室の居住性評価に当たって、DCH ではなく大 LOCA(代替循環)を想定事故シナリオとして選定することは妥当であることを確認した。理由は以下のとおり。

- 居住性評価においては運用面での対策も考慮してよいこととなっているが、運用面での対策は事象進展等に応じて決定するものであり、判断基準（100mSv/7 日間）を満足する範囲においては、同一事象であっても異なる対策をとることができること
- 「運転員がとどまるために必要な設備」の妥当性評価に用いる事象を選定するために最も厳しい事象を確認する場合においては、同一事象であっても変動しうるパラメータは除外して、運転員をとりまく環境としての厳しさを確認する必要があること

また、上述の環境としての厳しさを確認した結果においては、DCH 発生時に 100mSv/7 日間に上回っていることから、運用面での対策も考慮することで運転員の被ばく線量が 100mSv/7 日間を下回ることを確認した。

(別紙)

大 LOCA(代替循環)シナリオ及び DCH シナリオの被ばく線量の違いについての考察

運転員がマスクを着用せずに 7 日間中央制御室内にとどまった場合、大 LOCA(代替循環)の方が被ばく線量が大きくなる。これは、表 1 に示すとおり大 LOCA(代替循環)の内部被ばくの影響が大きいことが原因である。

大 LOCA(代替循環)の内部被ばくの影響が大きいことは、各シナリオの放射性物質の放出開始時刻、非常用ガス処理系の起動時刻及び中央制御室可搬型陽圧化空調機の起動時刻のタイムチャートによって説明することができ、以下に要因について示す。(図 2-22-1 参照)

被ばく評価では、運転員の被ばく低減設備である非常用ガス処理系(以下「SGTS」という)及び中央制御室可搬型陽圧化空調機(以下「MCR 可搬空調」という)の効果を考慮しており、各設備の効果は事象発生から 40 分後(SGTS)及び 3 時間後(MCR 可搬空調)から期待している^{※1}。これに対して、大 LOCA(代替循環)及び DCH の原子炉格納容器から原子炉建屋への放射性物質の放出開始時刻は、MAAP 解析から、事象発生から約 17 分後(大 LOCA(代替循環))及び約 58 分後(DCH)となっており、大 LOCA(代替循環)の方が早い。

SGTS の起動時刻と各シナリオの放出開始時刻に着目すると、DCH では SGTS 起動後に放出が開始しているのに対して、大 LOCA(代替循環)では SGTS 起動前に放出が開始し、SGTS の効果に期待できない時間から放出が開始している。(図 2-22-1 要因①)

また、MCR 可搬空調の起動時刻と各シナリオの放出開始時刻に着目すると、各シナリオともに MCR 可搬空調起動前に放出が開始している点では同じであるものの、大 LOCA(代替循環)の方がより早く放出が開始するため、MCR 可搬空調の効果に期待できない時間が長い。

(図 2-22-1 要因②)

以上の要因により、大 LOCA(代替循環)の方が、事象初期における中央制御室内への空調フィルタを経由しない放射性物質の取り込み量が多く、内部被ばくが大きくなり、結果として、運転員がマスクを着用せずに 7 日間中央制御室内にとどまった場合における合計被ばく線量についても大きい結果となる^{※2}。

※1 SGTS により原子炉建屋原子炉区域の負圧を維持していない期間は、原子炉建屋原子炉区域の換気率は無限大[回/日]と設定している。また、MCR 可搬空調を運転していない期間は、中央制御室の換気率は 0.5[回/h]と仮定し、外気が直接流入するものと想定している。

※2 外部被ばくについては希ガスの影響が支配的であり、空調フィルタを経由したか否かの影響は小さい。したがって、7 日間の被ばく線量の評価においては、希ガスの放出量が大きい DCH の方が外部被ばくが大きくなる。ただし、内部被ばくと比較し、その影響は小さいことから、合計被ばく線量は大 LOCA(代替循環)の方が大きい結果となる。

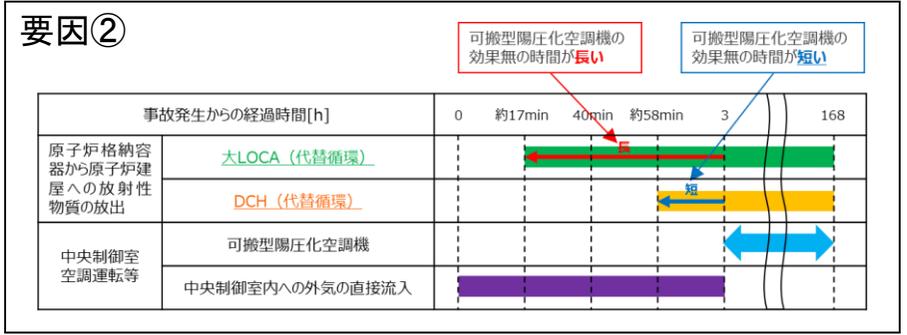
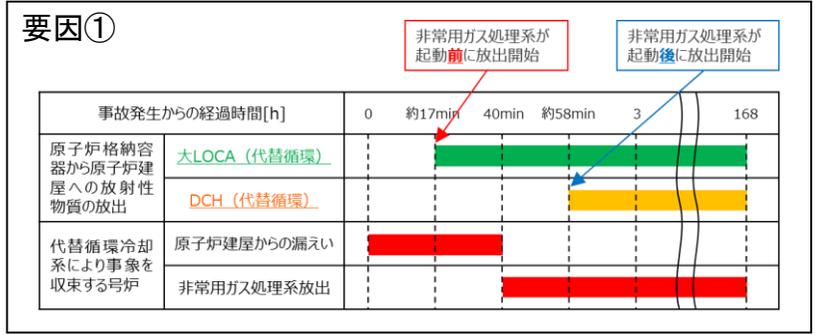
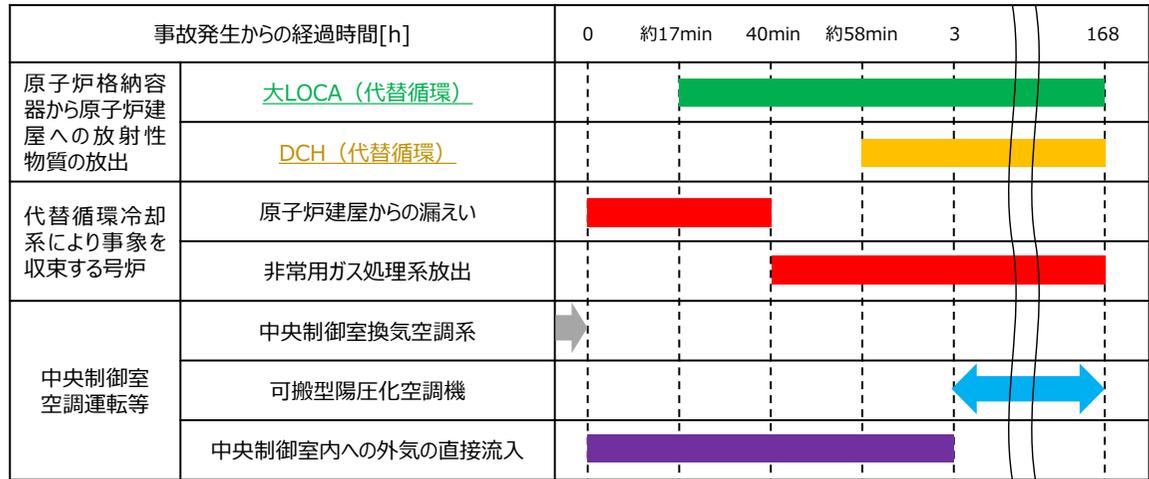


図 2-22-1 被ばく評価で想定する空調運用等タイムチャートと各シナリオにおける放射性物質の放出開始時刻