令和７年５月 16 日
新 潟 県 防 災 局
原子力安全対策課

被ばく線量シミュレーションの結果について

１ シミュレーションの目的

○ 新潟県では、国の原子力災害対策指針を踏まえ県地域防災計画（原子力災害対策編）及び県広域避難計画（以下、県避難計画という。）を策定し、原子力災害発生時において全面緊急事態に至った際の防護措置として、発電所からの放射性物質の放出前に、PAZ 内の住民等の避難等を行うとともに、UPZ 内では屋内退避を行うこととしている。

県の PAZ 及び UPZ とその防護措置について　→　参考１

○ 柏崎刈羽原子力発電所において著しい炉心損傷等の重大事故が発生した際の周辺地域の被ばく線量シミュレーションを実施することにより、県避難計画に定めた避難や屋内退避等の防護措置の効果を確認し、県避難計画に対する県民の理解向上を図ることを目的とする。

被ばく線量について　→　参考２

２ 経緯

○ 国は、原子力災害時の屋内退避の運用について検討するため、新規制基準等を踏まえた、発電所周辺地域の被ばく線量を把握するためのシミュレーション（以下「国のシミュレーション」という。）を実施[1]し、報告書を取りまとめた[2]。

新規制基準とは　→　参考３

○ 国のシミュレーションは、仮想の原子炉を用いたものであり、発電所の出力や気象条件等が柏崎刈羽原子力発電所とは異なることから、県では、国のシミュレーションの手法や条件を基に、柏崎刈羽原子力発電所及び周辺地域の実情に合わせたシミュレーション（以下「県のシミュレーション」という。）を実施し、県避難計画の防護措置の考え方を整理した。

３ 国のシミュレーションについて

○ 福島第一原子力発電所事故の教訓等を踏まえて策定された新規制基準では、著しい炉心損傷を防止するための対策に加えて、万一その対策が機能を喪失して重大事故に至った場合でも、原子炉格納容器の破損や放射性物質の環境中への大量放出を防止するための対策（以下「重大事故等対策」という。）を義務付けている。

重大事故等対策とは　→　参考４

○ 重大事故等対策の下での、発電所からの距離別の被ばく線量の概略を把握するため、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（JAEA）が開発した OSCAAR（オスカー、確率論的事故影響評価コード（Off-Site Consequence Analysis code for Atmospheric Release in Reactor Accident））を用いて、仮想の 100 万 kW の原子炉による被ばく線量のシミュレーションを実施した。

OSCAAR とは　→　参考５

---

[1] シミュレーション結果は令和６年９月 30 日公表。
[2] 原子力規制委員会 原子力災害時の屋内退避の運用に関する検討チーム「原子力災害時の屋内退避の運用に関する検討チーム会合報告書」（令和７年３月）

○　被ばく線量としては、外部被ばくと内部被ばくの双方を考慮し、防護措置を何もしない場合と、木造家屋への屋内退避と避難を組み合わせて実施した場合の実効線量[3]と甲状腺等価線量[3]について評価した。

国のシミュレーション結果の概要　→　参考６

○　シミュレーションの結果、以下の点が明らかとなった。

・　国際原子力機関（IAEA）の包括的判断基準[4]である実効線量 100mSv／週、甲状腺等価線量 50mSv／週と比較すると、原子力発電所から数 km の PAZ 内において、厳しい気象条件の際にこれらの基準を上回る可能性があるものの、UPZ においては、仮に屋内退避を実施せず一週間屋外に滞在した場合であっても、全域で IAEA の基準と比較しても十分に低くなると考えられる。

・　一方で、全面緊急事態に至ったと判断する時点で、重大事故等対策が十分に機能していると判断することは難しいため、UPZ 全域で屋内退避を実施する必要がある。

４　県のシミュレーションについて

○　県のシミュレーションでは、柏崎刈羽原子力発電所の施設情報や周辺地域の実際の気象データ等を用い、単独事故（７号機[5]）に加え、６号機の検査が進んでいる[6]ことを踏まえ、６，７号機同時事故の場合を含んだ表１の６ケースについて解析を行った。

表１　県のシミュレーションの解析ケース

事故条件	放射性物質の放出		事故想定の対象施設	
			７号機単独	６、７号機同時
放出量が厳しくなる事故を想定	格納容器からの漏えい		ケース１ （国のケースＢに相当）	ケース４
☞著しい炉心損傷発生とともに、炉心冷却機能及び全交流電源が喪失 ☞重大事故等対策により格納容器は破損しない	格納容器からの漏えい及びフィルタベント使用による放出	24 時間後放出	ケース２ （国のケースＣに相当）	ケース５
		7 日後[7]放出	ケース３	ケース６

[3] 実効線量と等価線量は、どちらも放射線による人体への影響の大きさを表す値で、単位はシーベルト（Sv）。等価線量は組織・臓器が個別に受ける影響を（放射線の種類で重み付けして）表した値であり、実効線量は各組織・臓器の等価線量を加重平均して、全身に換算した影響として表した値。

[4] IAEA 安全基準シリーズ GSR Part7（2015 年）（和訳版が原子力規制委員会のウェブサイトで入手可能）

[5] ７号機と６号機は電気出力や排気筒高さが同じであるが、フィルタベントの高さについて７号機の方がやや低いなど、線量評価としてより厳しい（放射性物質の放出高さが低い方が地表面における被ばく線量が高くなる）条件となる。

[6] 令和７年４月現在、柏崎刈羽原子力発電所では、７号機において新規制基準適合性に係る審査及び原子炉起動前までの検査が完了し、６号機においても、全ての審査が終了し、検査が進んでいる。

[7] 原子力規制委員会の新規制基準適合性審査及び県技術委員会において、東京電力は、事故発生から７日間は代替循環冷却系の使用により格納容器の過圧・過温破損を防止可能と説明している。このことを踏まえ、７日後にフィルタベントを使用するケースについてもシミュレーションを実施した。

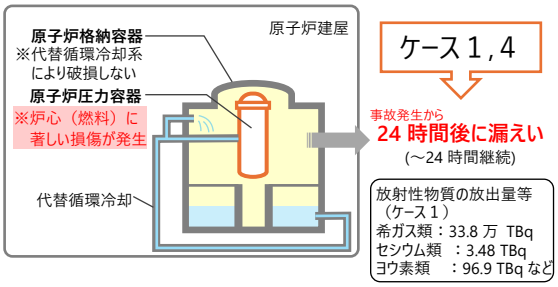
県のシミュレーションで想定する事故及び放射性物質放出の概要

○　国のシミュレーション想定を基に、柏崎刈羽原子力発電所７号機（または６，７号機同時）において、著しい炉心損傷の発生後、重大事故等対策が機能することにより原子炉格納容器は破損しないが、格納容器からの漏えいもしくはフィルタベント使用により放射性物質が放出される、以下のケースを想定する。

○　６，７号機は改良型沸騰水型軽水炉（ABWR）であり、下記のケース１及び２は、それぞれ国のシミュレーションにおけるケースＢとＣに相当する。また、代替循環冷却系により７日間は格納容器の破損防止が可能とされていることを踏まえ、事故発生から７日後にフィルタベントを通じた放出を行うケース３を加えた。さらに、６，７号機が同時発災する場合も想定した（ケース４～６）。

【ケース１】　24 時間後に原子炉格納容器から漏えい

著しい炉心損傷の発生後、代替循環冷却系による格納容器の冷却・除熱が実施される。格納容器は破損しないが、格納容器圧力に応じた放射性物質の漏えいが生じるケース。国のケースＢに相当（６，７号機同時事故は**ケース４**）。

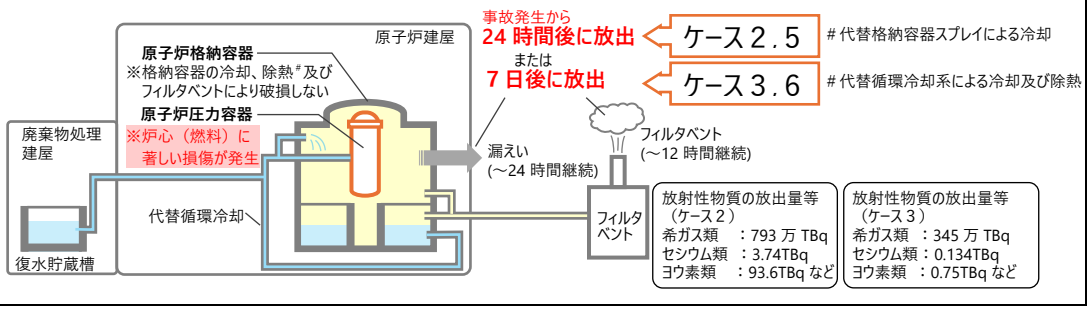


【ケース２】　24 時間後に原子炉格納容器から漏えい＋フィルタベント

著しい炉心損傷の発生後、代替格納容器スプレイによる格納容器の冷却を行い、事故発生から 24 時間後にフィルタベントが使用される。格納容器は破損しないが、格納容器圧力に応じた放射性物質の漏えい及びフィルタベントを通じた放射性物質の放出が生じるケース。国のケースＣに相当。（６，７号機同時事故は**ケース５**）

【ケース３】　７日後に原子炉格納容器から漏えい＋フィルタベント

著しい炉心損傷の発生後、代替循環冷却系による格納容器の冷却及び除熱を行い、事故発生から７日後にフィルタベントが使用される。格納容器は破損しないが、格納容器圧力に応じた放射性物質の漏えい及びフィルタベントを通じた放射性物質の放出が生じるケース。（６，７号機同時事故は**ケース６**）



詳細な放射性物質の放出条件　→　参考７

○　シミュレーション（県、国）の実施条件は表２のとおり。

表２　シミュレーションの条件

項目	県	国
対象施設	柏崎刈羽原子力発電所６、７号機 電気出力：各135.6万kW	仮想の原子炉 電気出力：100万kW
想定する事故	放射性物質の放出量が厳しくなる事故を想定 ・原子炉の配管等の破損により、原子炉冷却材（水）が格納容器内に流出し、炉心溶融のような炉心の損傷が発生（冷却材喪失事故（LOCA）） ・LOCA発生時に自動作動する非常用炉心冷却系（ECCS）による注水機能が喪失 ・全交流電源が喪失 ・原子炉圧力容器から放射性物質が漏えい ・原子炉格納容器の冷却やフィルタベントにより、格納容器は破損しない **詳細な放射性物質の放出条件 → 参考７**	
気象条件	柏崎刈羽地域 発電所の気象データを統計手法により検定し、他の年に比べ異常でないことが確認された最新年である2021年１月１日から12月31日の１時間毎の気象データ（発電所気象データと気象庁のアメダスデータ）8760通りから、柏崎刈羽地域の年間気象条件を概ね再現できるよう500通りをランダムにサンプリング	茨城県東海地区 茨城県東海地区の年間[8]の１時間毎の気象データ8760通りから248通りをサンプリング
放出開始時間	事故発生から24時間後（ケース３，６は７日後） **※ 事故発生からの時間軸（ケース別）→ 参考８**	
放出箇所、 放出継続時間	原子炉格納容器からの漏えい：24時間（ﾌﾞﾛｰｱｳﾄﾊﾟﾈﾙ又は排気筒から排出[9]） フィルタベント：12時間 ※ 放出継続時間は、その放出形態からみて長期間にわたると考えられるが、24時間または12時間で全量放出すると想定	
放出高さ[10]	漏えい：（ブローアウトパネル）31.1m 漏えい：（排気筒）73m フィルタベント：　39.7m	漏えい：　50m フィルタベント：　50m
放出核種・放出量	**放出核種情報 → 参考９**	
被ばく経路[12]	外部被ばく（放射性雲（プルーム）[11]、沈着によるもの）及び内部被ばく（吸入によるもの）	
被ばく線量[12]	事故発生から７日間（ケース３，６は７日経過後の７日間）の積算の実効線量及び甲状腺等価線量	
防護措置の効果	防護措置がない場合と、屋内退避を行う場合の２パターンを評価 ○防護措置がない場合 ・屋内退避せずに常に屋外に滞在すると想定 ・外部被ばく、内部被ばくともに低減効果はないとして評価する。 ○屋内退避を行う場合 ・３日間の屋内退避の後、避難して30km地点で屋外に滞在すると想定 ・屋内退避は木造家屋を想定し、家屋による外部被ばくと内部被ばくの低減効果があるものとして評価する。 **屋内退避による被ばく線量の低減効果 → 参考10**	

[8] 解析対象年の記述なし。
[9] 国のシミュレーションでは、漏えい箇所をブローアウトパネルと排気筒に区別していない。
[10] 県のシミュレーションでは、柏崎刈羽原子力発電所７号機の値を使用した（p2 注釈５を参照）。
[11] 原子力災害時に放出される可能性のある、放射性物質を含む雲や気流のこと。
[12] 放射線被ばくの評価では、外部被ばくと内部被ばくの双方を考慮し、それぞれの被ばく経路や影響に応じた対策が必要となる。原子力災害時では、100mSv 以下の被ばく線量の場合、がんなどの確率的影響を評価する観点から、特に実効線量（空間放射線や体内に取り込んだ放射性物質による全身への影響）及び甲状腺等価線量（体内に取り込んだ放射性ヨウ素による甲状腺への影響）の把握と分析が不可欠であり、避難や屋内退避、安定ヨウ素剤の適時適切な服用などの措置を組み合わせて対処する。→参考２も参照

５　県のシミュレーション結果

○　ケース１～６の結果を以下に示す。いずれのケースも、防護対策なしの場合に比べ、屋内退避により被ばく線量が低減されることが示された。

☞**グラフの見方や、「拡散しにくい気象条件」「平均的な気象条件」の用語については、参考５を参照**

【ケース１】　24時間後に原子炉格納容器から漏えい（７号機単独事故）

PAZ、UPZともに実効線量（図１－１）及び甲状腺等価線量（図１－２）は、避難・屋内退避等や安定ヨウ素剤服用に関するIAEAの基準に達しない結果となった。

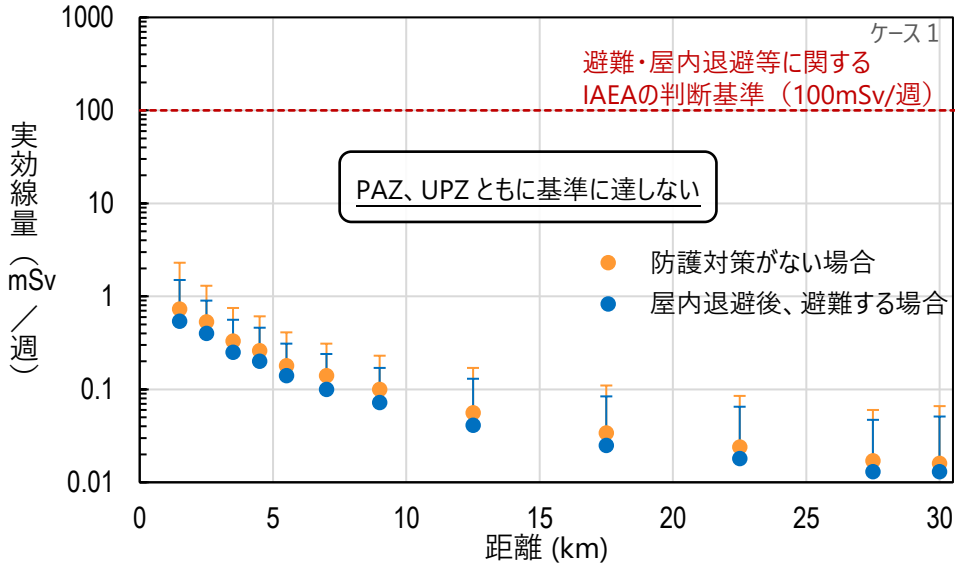


図１－１　実効線量推定結果（ケース１）

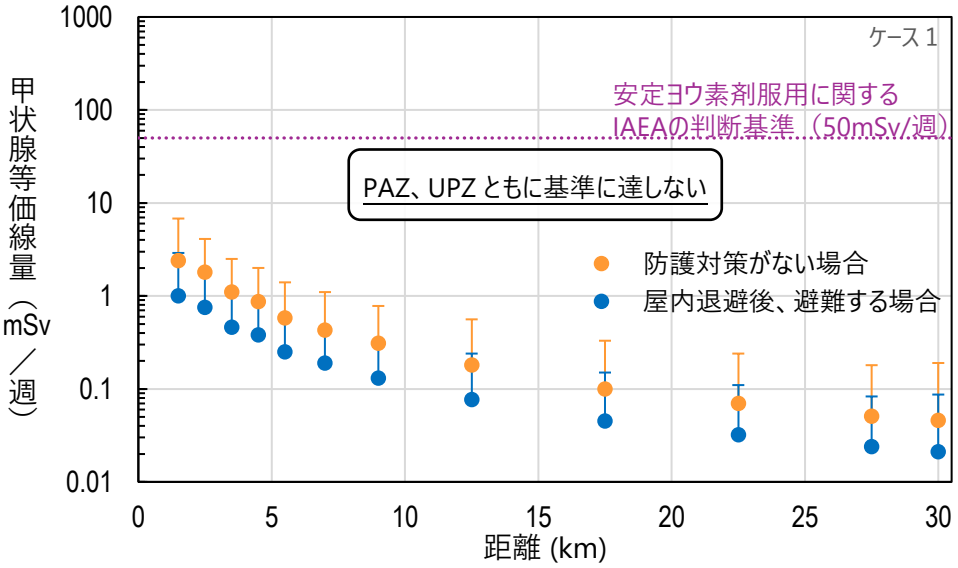


図１－２　甲状腺等価線量推定結果（ケース１）

【ケース１】
★ 実効線量　　PAZ、UPZともに基準に達しない
★ 甲状腺等価線量　PAZ、UPZともに基準に達しない

【ケース２】　24時間後に格納容器から漏えい＋フィルタベント（７号機単独事故）

フィルタベントを使用した場合、ケース１よりも放出量が多くなり、拡散しにくい気象条件では、実効線量が発電所近傍の1.5km地点で避難・屋内退避等に関するIAEAの基準を上回った（図２－１）。

甲状腺等価線量は、拡散しにくい気象条件では2.5kmまでの地点で、また、平均的な気象条件でも防護措置がない場合に、1.5km地点で安定ヨウ素剤服用に関するIAEAの基準を上回った。（図２－２）。

なお、PAZでは放出前に予防的避難を行うが、避難が困難な住民等は放射線防護対策施設（コンクリート建屋かつ陽圧化等措置）への屋内退避により、基準に達する被ばくを避けることができると見込まれる（☞参考10）。

UPZでは、実効線量及び甲状腺等価線量ともに基準に達しない結果となった。

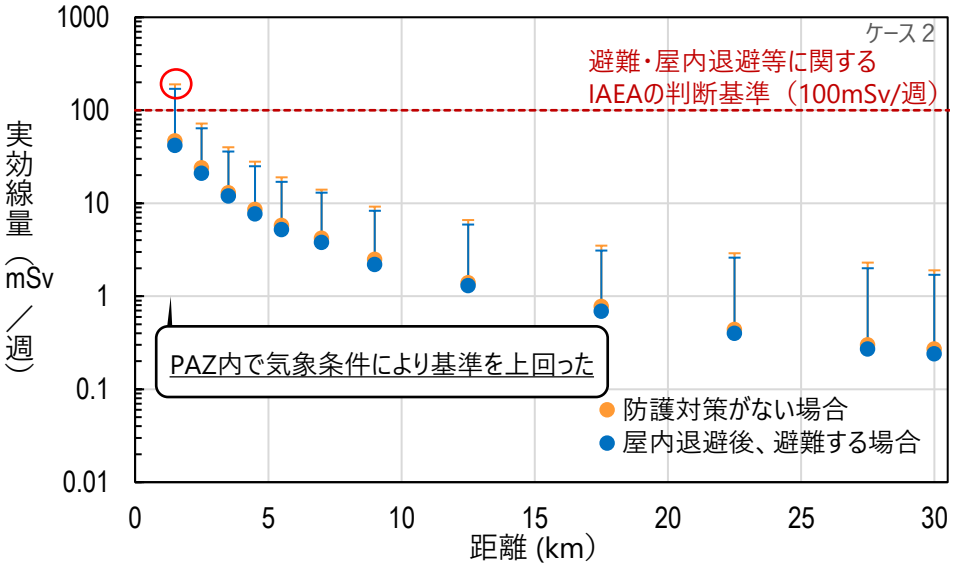


図２－１　実効線量推定結果（ケース２）

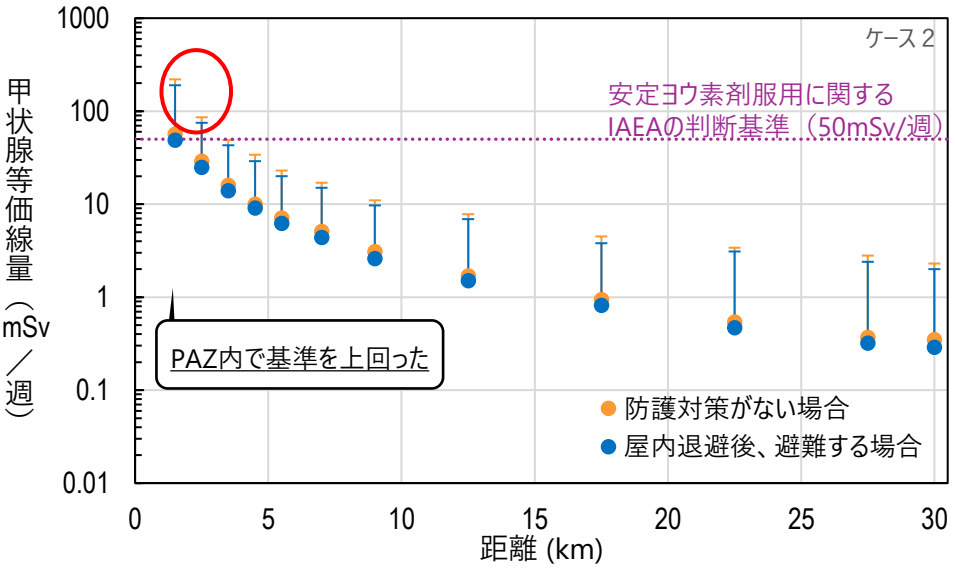


図２－２　甲状腺等価線量推定結果（ケース２）

【ケース２】

★ 実効線量　　PAZ：（1.5kmで）　気象条件により基準を上回った

★ 甲状腺等価線量　PAZ：（2.5kmまで）　気象条件により基準を上回った

〃　（1.5kmで）　基準を上回った（防護措置なしの場合）

【ケース３】　７日後に格納容器から漏えい＋フィルタベント（７号機単独事故）

７日後にフィルタベントを使用した場合、ケース２よりも放出までの時間が長くなり放射能の減衰が進むため、ケース２よりも放出量は少なく、線量も小さくなった。

実効線量はPAZ、UPZともに避難・屋内退避等に関するIAEAの基準に達しなかった（図３－１）。

甲状腺等価線量は、拡散しにくい気象条件では、発電所近傍の1.5km地点で安定ヨウ素剤服用に関するIAEAの基準を上回った（図３－２）。

なお、PAZでは放出前に予防的避難を行うが、避難が困難な住民等は放射線防護対策施設（コンクリート建屋かつ陽圧化等措置）への屋内退避により、基準に達する被ばくを避けることができると見込まれる（☞参考10）。

UPZでは、甲状腺等価線量も基準に達しない結果となった。

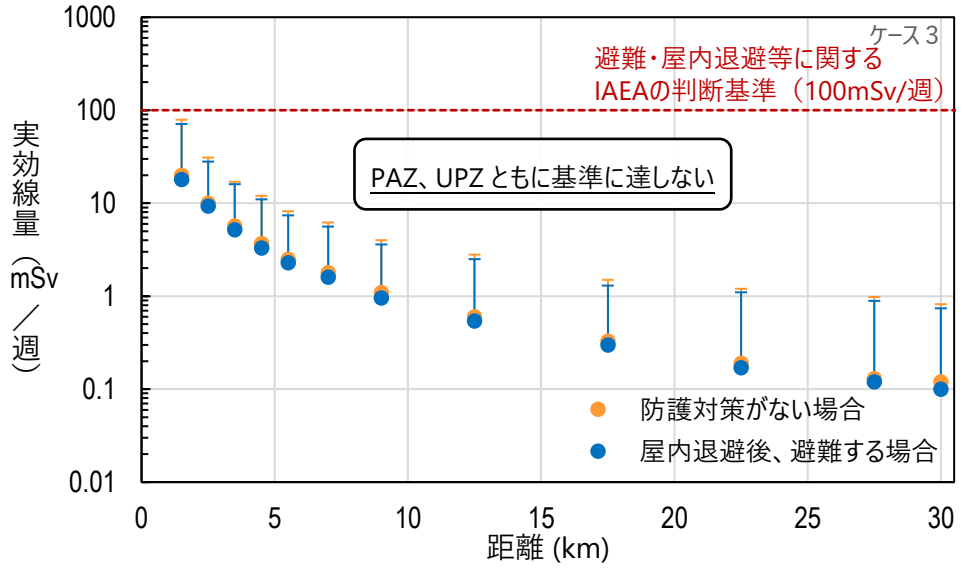


図３－１　実効線量推定結果（ケース３）

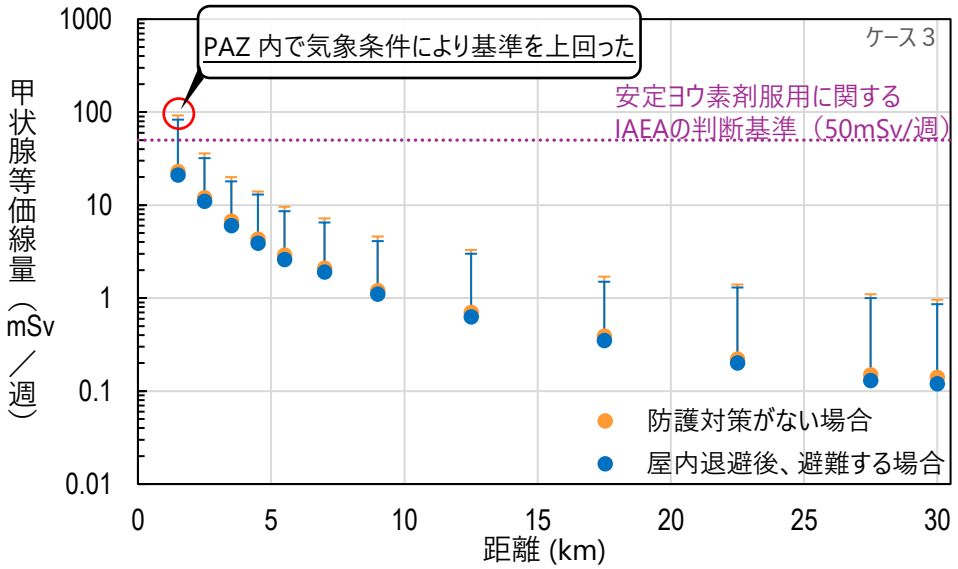


図３－２　甲状腺等価線量推定結果（ケース３）

【ケース３】

★ 実効線量　　PAZ、UPZともに基準に達しない

★ 甲状腺等価線量 PAZ：（1.5kmで）気象条件により基準を上回った

【ケース４】　24時間後に格納容器から漏えい（６，７号機同時事故）

放射性物質の放出量がケース１（７号機単独事故）の２倍になるが、PAZ、UPZ ともに実効線量（図４－１）、甲状腺等価線量（図４－２）は、避難・屋内退避等や安定ヨウ素剤服用に関する IAEA の基準に達しない結果となった。

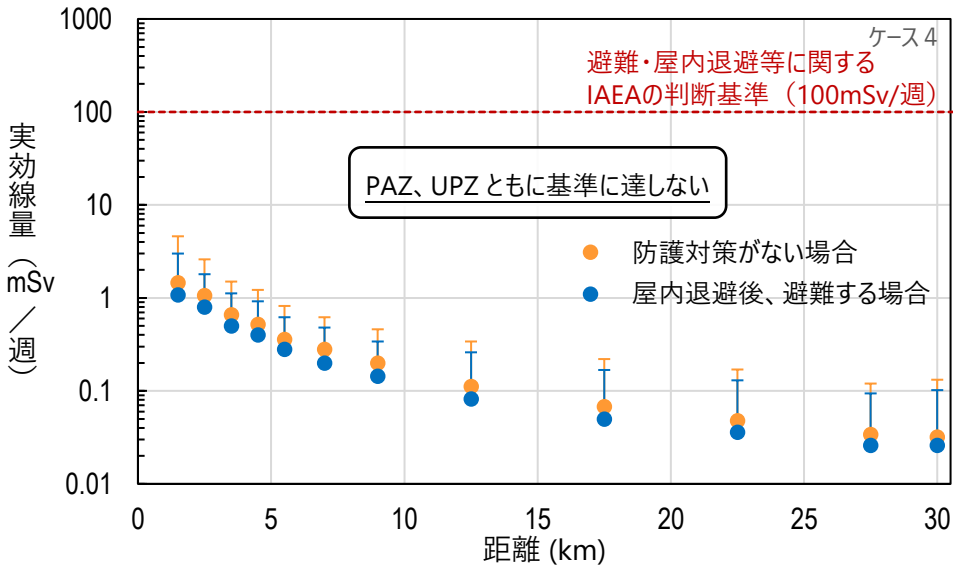


図４－１　実効線量推定結果（ケース４）

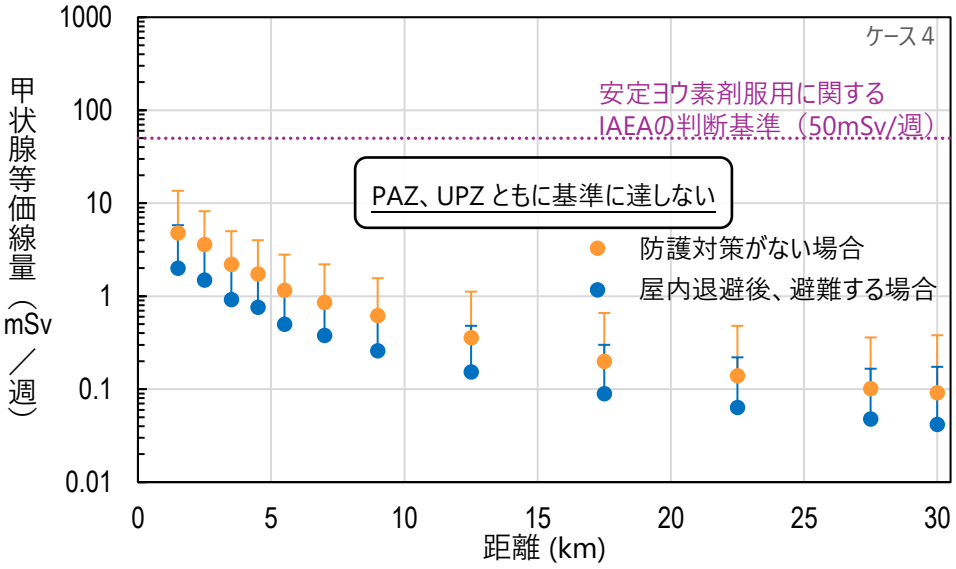


図４－２　甲状腺等価線量推定結果（ケース４）

【ケース４】

★ 実効線量　　PAZ、UPZともに基準に達しない

★ 甲状腺等価線量　PAZ、UPZともに基準に達しない

【ケース５】　24時間後に格納容器から漏えい＋フィルタベント（６，７号機同時事故）

放射性物質の放出量がケース２（７号機単独事故）の２倍になり、拡散しにくい気象条件では、実効線量がPAZ内の2.5kmまでの地点で避難・屋内退避等に関するIAEAの基準を上回った（図５－１）。

甲状腺等価線量は、拡散しにくい気象条件ではPAZ内の4.5kmまでの地点で、また、平均的な気象条件でも2.5kmまでの地点で、安定ヨウ素剤服用に関するIAEAの基準を上回った（図５－２）。

なお、PAZでは放出前に予防的避難を行うが、避難が困難な住民等は放射線防護対策施設（コンクリート建屋かつ陽圧化等措置）への屋内退避により、基準に達する被ばくを避けることができると見込まれる（☞参考10）。

UPZでは、実効線量及び甲状腺等価線量ともに基準に達しない結果となった。

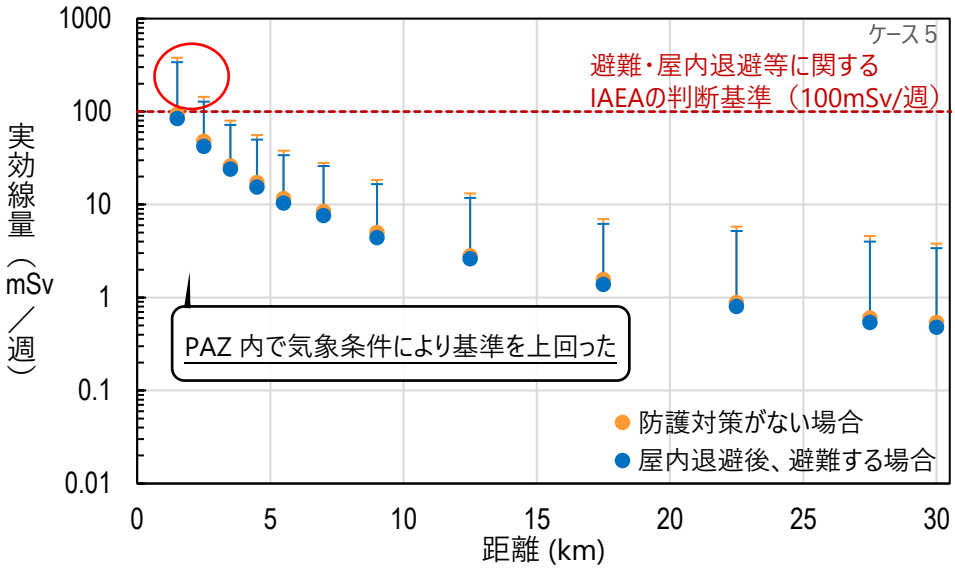


図５－１　実効線量推定結果（ケース５）

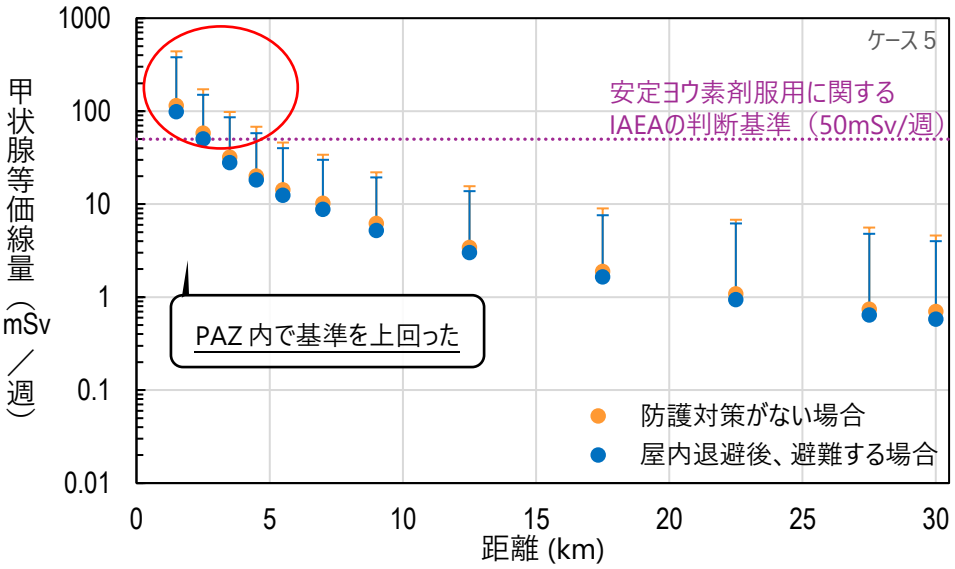


図５－２　甲状腺等価線量推定結果（ケース５）

【ケース５】
★ 実効線量　　PAZ：（2.5kmまで）気象条件により基準を上回った
★ 甲状腺等価線量　PAZ：（4.5kmまで）気象条件により基準を上回った
〃　（2.5kmまで）基準を上回った

【ケース６】　７日後に漏えい＋フィルタベント（６，７号機同時事故）

放射性物質の放出量がケース３（７号機単独事故）の２倍になり、拡散しにくい気象条件では、実効線量が発電所近傍の1.5km地点で避難・屋内退避等に関するIAEAの基準を上回った（図６－１）。

甲状腺等価線量は、拡散しにくい気象条件では、PAZ内の2.5km地点までの地点で安定ヨウ素剤服用に関するIAEAの基準を上回った（図６－２）。

なお、PAZでは放出前に予防的避難を行うが、避難が困難な住民等は放射線防護対策施設（コンクリート建屋かつ陽圧化等措置）への屋内退避により、基準に達する被ばくを避けることができると見込まれる（☞参考10）。

UPZでは、実効線量及び甲状腺等価線量ともに判断基準に達しない結果となった。

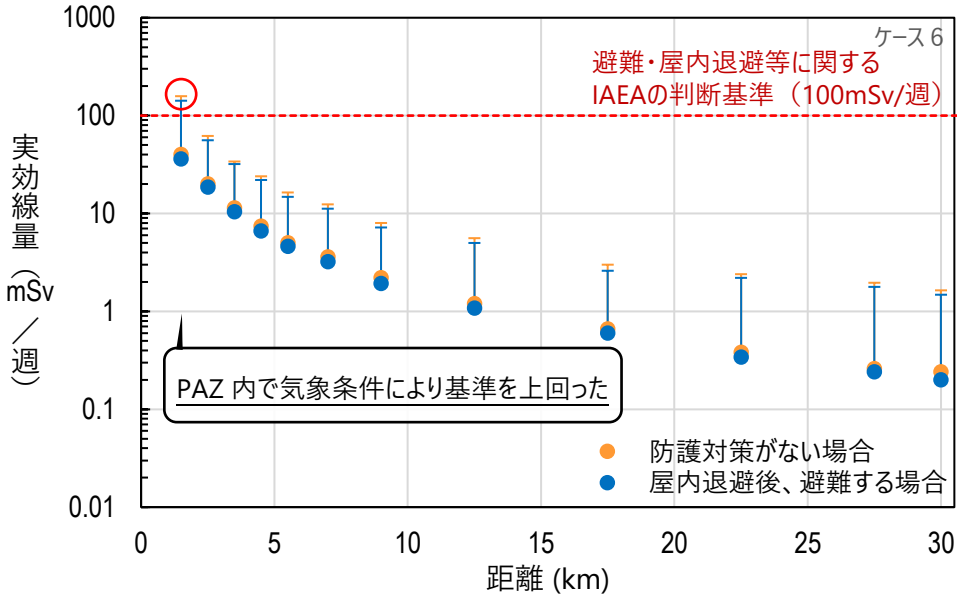


図６－１　実効線量推定結果（ケース６）

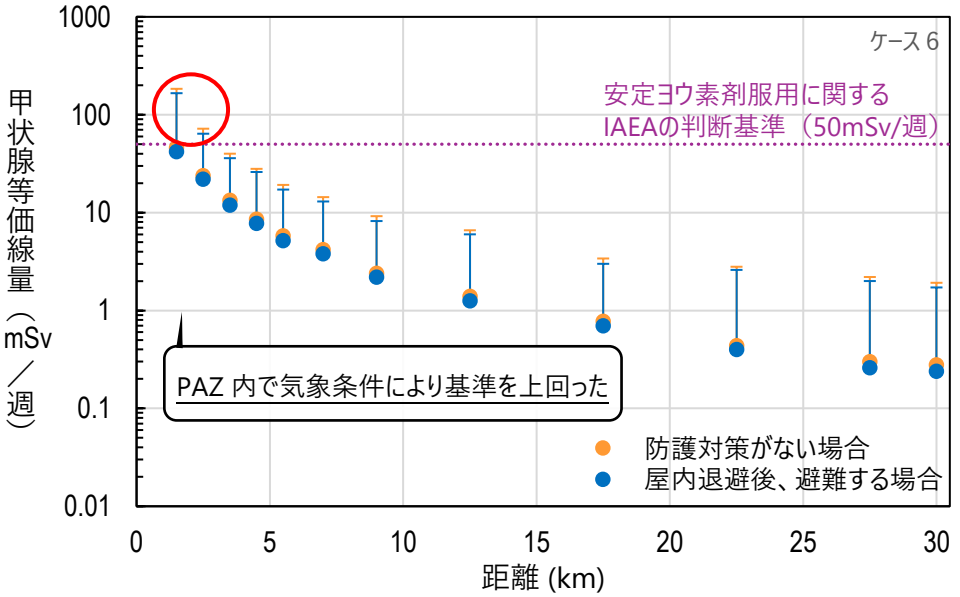


図６－２　甲状腺等価線量推定結果（ケース６）

【ケース６】

★ 実効線量　　PAZ：（1.5kmで）　気象条件により基準を上回った

★ 甲状腺等価線量　PAZ：（2.5kmまで）気象条件により基準を上回った

６　避難計画とシミュレーション結果の比較

○　国の原子力災害対策指針を踏まえ策定した県避難計画の方針と、今回のシミュレーション結果を以下のように整理した。

ＰＡＺ

【県避難計画】	【県のシミュレーション結果】
・放射性物質の放出前に予防的に避難を実施 ・即時に避難が困難な住民等は放射線防護対策施設への屋内退避を実施し、安全な避難の準備が整った後に避難 ・安定ヨウ素剤を服用	・フィルタベントを使用したケース（２，３，５及び６）では、発電所から2.5kmまでの地点で避難・屋内退避等のIAEA基準に、また、4.5kmまでの地点で安定ヨウ素剤服用のIAEA基準に達する場合のあることが示された。

【考察】

シミュレーション結果から、PAZでは、放射性物質放出により被ばく線量がIAEA基準に達する場合のあることが示されたが、県避難計画では、①PAZの住民等は予防的に避難すること、②即時に避難が困難な住民等は、無理な避難を行わず、木造家屋に比べて線量低減効果の高い、コンクリート建屋かつ陽圧化した放射線防護対策施設に屋内退避するとともに、適切に安定ヨウ素剤を服用することとしており、これらの措置により、基準を超える被ばくを避けることができると考えられる。

ＵＰＺ

【県避難計画】	【県のシミュレーション結果】
・放射性物質の放出前に屋内退避を実施 ・必要に応じて安定ヨウ素剤を服用	・IAEAの基準には達しない結果となった。

【考察】

シミュレーション結果から、UPZではIAEAの基準を超える被ばくを避けることができることが示された。また、県避難計画では、UPZの住民等は屋内退避を実施することとしており、シミュレーション結果からは、屋内退避により、防護措置をとらない場合に比べて被ばく線量のさらなる低減が見込まれた。

また、県避難計画では、必要に応じて安定ヨウ素剤を服用することとしている。放射性物質放出量が多い場合のシミュレーション（ケース５）では、PAZとUPZの境界付近で甲状腺等価線量がIAEAの基準に近い値となったため、県安定ヨウ素剤配布計画に基づく安定ヨウ素剤の事前備蓄や、緊急配布体制の整備、希望者への事前配布等の対策が重要と考えられる。

7　まとめと今後の対応

○　国の原子力災害対策指針を踏まえ策定した県避難計画における住民の防護措置（避難や屋内退避等）に関し、県民の理解度向上を目的として、国による「新規制基準等を踏まえた被ばく線量シミュレーション」を基に、柏崎刈羽原子力発電所から 30 km までの被ばく線量シミュレーションを同発電所の実情に合わせて実施し、その結果及び防護措置の考え方を整理した。

○　県のシミュレーションは、国のシミュレーションよりも電気出力の大きい柏崎刈羽原子力発電所７号機や、さらに６，７号機同時事故も対象としたことにより、放射性物質の放出量が多くなったが、IAEA の包括的判断基準（避難・屋内退避等に関して実効線量 100 mSv/週、安定ヨウ素剤服用に関して甲状腺等価線量 50 mSv/週）と比較して、現行の防護措置の考え方（PAZ は放出前に避難、UPZ は屋内退避等）により、判断基準レベルを下回る被ばく線量で対処可能であることが示された。

○　本県で開催された「令和６年能登半島地震を踏まえた防災対策検討会」の報告書において、県に対し「原子力防災に関する理解の促進を図るため、大人からこどもまで、学ぶ機会を作ることができるような取組」の推進を重点的に行うよう要望されたことも踏まえ、今後、市町村や住民と連携しつつ、PAZ 住民には放射性物質放出前にとるべき防護措置の考え方（避難を前提としつつ、要支援者は防護施設へ屋内退避・安定ヨウ素剤服用）の認知向上を図るとともに、訓練などを通してその実効性を高めることが必要である。また、UPZ 住民に関しては、「まずは屋内退避をすること」が重要であり、日ごろから食料や飲料水、医薬品などの必需品を備えておくことや、無理に避難した場合の問題点などについても認知向上を図っていく必要がある。

○　県及び PAZ、UPZ 市町村においては、これら住民への普及啓発に加え、適時適切に指示が住民に届くよう、引き続き訓練などを通じて、自治体職員など関係者の原子力災害時の対応力を向上させていくことが必要である。

参考資料

参考１　新潟県の PAZ 及び UPZ とその防護措置について
参考２　被ばく線量について
参考３　新規制基準とは
参考４　重大事故等対策とは
参考５　OSCAAR とは
参考６　国のシミュレーション結果の概要
参考７　放射性物質の放出条件
参考８　事故発生からの時間軸（ケース別）
参考９　放出核種情報
　付録　セシウム 137 が 100TBq 放出された場合の被ばく線量シミュレーション結果
参考 10 屋内退避による被ばく線量の低減効果

参考１　新潟県のPAZ及びUPZとその防護措置について

○　国の原子力災害対策指針では、原子力災害が発生した場合において、住民等に対する被ばくの防護措置を短期間で効率的に行うために、あらかじめ異常事態の発生を仮定し、放射性物質又は放射線の異常な放出による周辺環境への影響が及ぶ可能性がある区域を定めた上で、重点的に対策を講じておくことが必要とされています。

これを踏まえ、新潟県広域避難計画では下記のようにPAZ及びUPZを定めています。

○　PAZとは、急速に進展する事故においても放射線被ばくによる重篤な確定的影響を回避し又は最小化するため、原子力災害による放射性物質の放出が始まる前の段階から予防的に防護措置（避難等）を実施する区域です。本県では、柏崎刈羽原子力発電所からおおむね半径5km圏となります。

○　UPZとは、がんなどの発生確率が増加する確率的影響のリスクを低減するため、防護措置（屋内退避等）を実施する区域です。本県では、柏崎刈羽原子力発電所からおおむね半径5～30km圏となります。

（確定的影響、確率的影響については、参考２を参照）

○　福島第一原子力発電所事故では、避難行動に伴って多くの災害関連死が発生したという教訓等があり、これを踏まえ、避難行動等の防護措置により被ばく線量は低減する一方で、住民への健康リスクが増大するという側面があることを認識して対応する必要があります。こうした点も踏まえて、国及び県では、全面緊急事態に至った時点で、PAZ内で放射線被ばくによる重篤な確定的影響を回避し又は最小化するための避難を実施するとともに、UPZ内で確率的影響のリスクを低減するための屋内退避を実施し、放射性物質の放出後には空間放射線量率等から判断して避難や一時移転を行うことを基本としています[13]。

区分	範囲	対象市町村
PAZ	・発電所を中心とする半径概ね5km圏 ・主として放射性物質放出の前に避難が実施できるよう準備する区域	柏崎市、刈羽村
UPZ	・発電所を中心とする半径概ね5～30km圏 ・事故の不確実性や急速な進展の可能性などを踏まえ、防災対策を実施する区域	柏崎市、長岡市、燕市、見附市、小千谷市、十日町市、上越市、出雲崎町

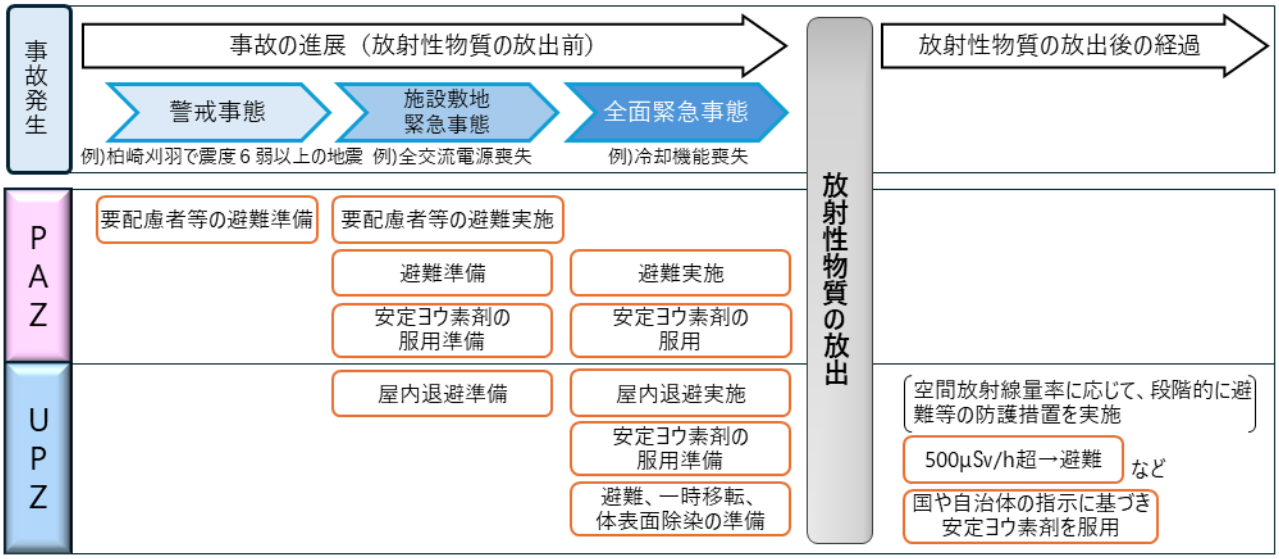
PAZ：Precautionary Action Zone　予防的防護措置を準備する区域

UPZ：Urgent Protective action planning Zone 緊急時防護措置を準備する区域

[13] 原子力規制庁「原子力災害時の屋内退避に関する論点」（令和６年２月）

○　県避難計画における防護措置のフローは以下のとおりです。

（原子力災害対策指針の一部を県がイメージ化）



○　即時に避難が困難な住民等は、適切な避難手段が確保されるまで放射線防護対策施設に屋内退避を行います。

○　県では、県安定ヨウ素剤配布計画に基づき、あらかじめPAZ・UPZ内に安定ヨウ素剤を備蓄し、緊急配布できる体制を整備するとともに、希望者に事前配布を実施しています。

○　なお、県避難計画では、県UPZ外の県内全域を「放射線量監視地域」として、緊急時モニタリングの結果等により、必要に応じて屋内退避や避難及び一時移転、安定ヨウ素剤の服用や飲食物の摂取制限等を実施するとしています。

参考２　被ばく線量について

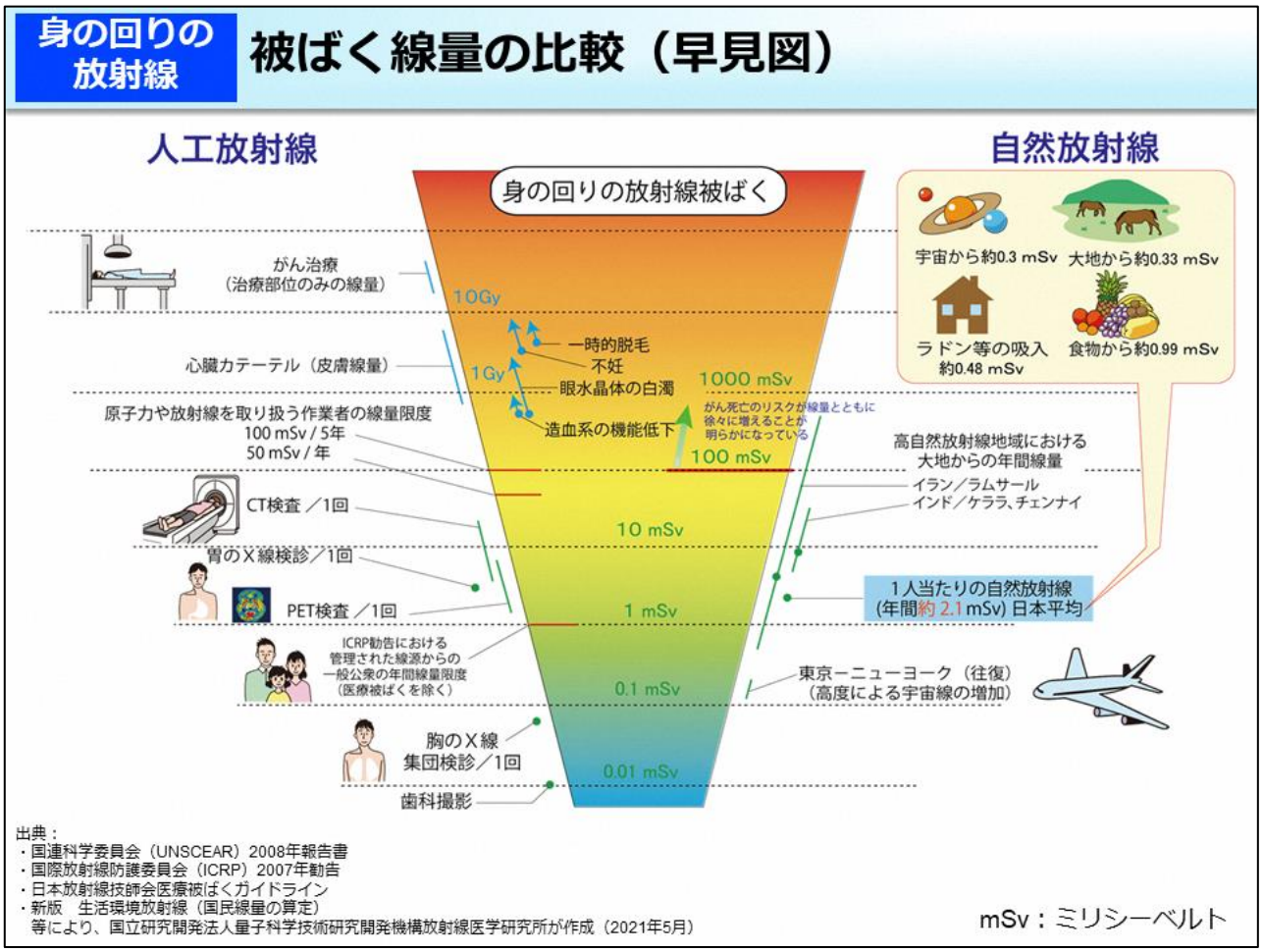
（環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和６年度版）」等をもとに作成）

○　放射線に身体がさらされることを放射線「被ばく」といい、人体の外にある放射性物質からの放射線を受ける「外部被ばく」と、呼吸や食事等で人体内部に取り込まれた放射性物質から放射線を受ける「内部被ばく」があります。

○　人の被ばく線量はSv（シーベルト）という単位で表します。日常生活で受ける放射線量を表す際は、シーベルトの1,000分の1であるmSv（ミリシーベルト）や100万分の1であるμSv（マイクロシーベルト）を使い、数値が大きいほど人体への影響が大きいことを意味します。

○　私たちの身の回りには日常的に放射線が存在し、知らず知らずのうちに放射線を受けており、日常生活において放射線被ばくをゼロにすることはできません。

○　宇宙や大地から受ける自然放射線による外部被ばくや、食物や空気中のラドン等、自然由来の放射性物質から受ける内部被ばくを合計すると、１年間の日本人の平均被ばく線量は2.1mSvになり、さらに放射線検査等で受ける医療被ばくの2.6mSv（日本人の年間平均）を加えると、約4.7mSvと推定されています。



○　放射線の影響には、ある量を超えた（比較的大量の）放射線被ばくにより、臓器や組織を構成する細胞が多数死んだり、変性したりすることにより起こる症状である「確定的影響」と、低線量でも発症する確率があるとされ、がんや白血病など細胞の突然変異により起こる「確率的影響」があります。

（確定的影響のしきい値の例）　＊ 元の単位は Gy（グレイ）であるが、ここでは簡易的に 1Gy＝1Sv として換算した。

影響を受ける臓器／組織	障害	潜伏期	しきい値（mSv）＊
精巣	一時的不妊	３～９週	約100
骨髄	造血能低下	３～７日	約500
皮膚	皮膚熱傷	２～３週	5,000～10,000
皮膚	一時的脱毛	２～３週	約4,000
眼	白内障（視力低下）	20年以上	約500

出典：環境省「放射線による健康影響等に関する統一的な基礎資料（令和６年度版）」を一部改変

細胞分裂が盛んな臓器である精巣は、放射線感受性が高く、一時的な精子数の減少は100～150mSvで現れ、一過性の不妊になることがあります。骨髄も感受性が高く、1,000mSv以下の被ばくでも血中のリンパ球が減少することがあります。しかし、こうした影響は自然に治癒します。

2,000mSv以上の放射線を一度に受けた場合、治療を要する臨床症状が起こることがあります。

○　確率的影響については、100～200mSv以下の低線量域では、影響の有無を疫学的に判定することが難しいため、しきい値はないと仮定され、低線量域でも被ばく線量に比例して影響が高まると仮定して放射線防護の基準が定められています。

○　がんについては、国際放射線防護委員会（ICRP）では、大人も子供も含めた集団で100mSv当たり0.5%がん死亡の確率が増えるとして防護を考えることとしています。

（参考）

一般的な発がんリスク要因が、どの程度の被ばく線量に相当するのか、シーベルトに置き換えてみると、例えば、喫煙は1,000～2,000mSv、野菜不足でも100～200mSv相当に換算されます。

（放射線被ばくのリスクを、喫煙等のみずから選択できる他のリスクなどと単純に比較することは必ずしも適切ではありませんが、がんになるリスクのレベルを理解するためには有効であるといえます。）

〈参考〉発がんリスクの要因など

※1　夫が非喫煙者である女性のグループに対し、夫が喫煙者である女性のグループのリスク。
※2　BMI(身長と体重から計算される肥満指数)23.0～24.9のグループに対し、BMI≧30のグループのリスク。
※3　1日当たり420g摂取のグループに対し、1日当たり110g摂取のグループのリスク(中央値)
出典：「低線量被ばくのリスク管理に関するワーキンググループ報告書 平成23年12月 内閣官房」

図の出典：環境省　放射性物質汚染廃棄物処理情報サイトより一部改変

がんのリスク（放射線と生活習慣）

要因		がんになるリスク
被ばく線量	生活習慣因子	
1000～2000 mSv		1.8倍
	喫煙者	1.6倍
	毎日３合以上飲酒	
500～1000 mS		1.4倍
	毎日２合以上飲酒	
	やせすぎ（BMI＜19）	1.29倍
	肥満（BMI≧30）	1.22倍
200～500 mSv		1.19倍
	運動不足	1.15～1.19倍
	塩分の取り過ぎ	1.11～1.15倍
100～200 mSv		1.08倍
	野菜不足	1.06倍
	受動喫煙（非喫煙女性）	1.02～1.03倍
100 mSv未満		検出困難

出典：国立がん研究センター「わかりやすい放射線とがんのリスク」2014年７月改訂版

○　ヨウ素は呼吸や食事等を通じて体内に取り込まれると甲状腺に集まる性質があります。そのため、原子力災害時に放射性ヨウ素が放出され吸引・摂取等した場合、甲状腺被ばくが起き、数年から数十年後に甲状腺がんの発症リスクが増加すると言われています。甲状腺が被ばくした場合、0歳から18歳において、50mSvから発がんリスクが増加しはじめるとの報告[14]があります。

○　安定ヨウ素剤とは、放射性でないヨウ素を内服用に製剤化したものです。放射性ヨウ素が甲状腺に取り込まれる前に安定ヨウ素剤を服用すると、血中のヨウ素濃度が高くなり、血中から甲状腺へのヨウ素の取り込みが抑制される効果があります。

※　放射性ヨウ素による甲状腺被ばくは、放射性ヨウ素を吸入するまでの 24 時間以内に安定ヨウ素剤を服用することにより 90%以上の抑制効果が期待できます

※　安定ヨウ素剤の服用により、甲状腺機能低下、嘔吐や皮膚の発疹などの症状が出る場合があります。また、ヨウ素過敏症の既往歴がある方は服用できないこと、現在の症状や服用している薬剤によっては健康影響が起こる可能性があることにも注意が必要です。（心配な方は服用の可否について医師と相談してください。）

[14] WHO（訳・長崎大学）：安定ヨウ素剤投与による甲状腺ブロック：放射線災害および原子力災害への計画と対応における利用ガイドライン（2017）

○　これらの科学的な知見を踏まえ、次のとおり被ばく線量の基準が定められています。

区分		実効線量限度（全身）	等価線量限度（組織・臓器）	IAEAによる緊急防護措置実施に関する包括的判断基準
放射線業務従事者	平常時	100mSv/5年※1 50mSv/年※2 女子　5mSv/3月間※3 妊娠中の女子　1mSv （出産までの内部被ばく）	眼の水晶体　100mSv/5年※1 及び50mSv/年※2 皮膚　500mSv/年※2 妊娠中の女子　2mSv （出産までの腹部表面）	実効線量： 100mSv/7日間 （屋内退避、避難等の措置） 甲状腺等価線量： 50mSv/7日間 （安定ヨウ素剤服用の措置）
	緊急時	①100mSv ②250mSv	眼の水晶体　300mSv 皮膚　1Sv	
一般公衆	平常時	1mSv/年※2	眼の水晶体　15mSv/年※2 皮膚　50mSv/年※2	

（注）　上記表の数値は、外部被ばくと内部被ばくの合計線量（自然放射線による被ばくと医療行為による被ばくは含まない）

※1 平成13年4月1日以後5年ごとに区分

※2 4月1日を始期とする1年間

※3 4月1日、7月1日、10月1日、1月1日を始期とする各3月間

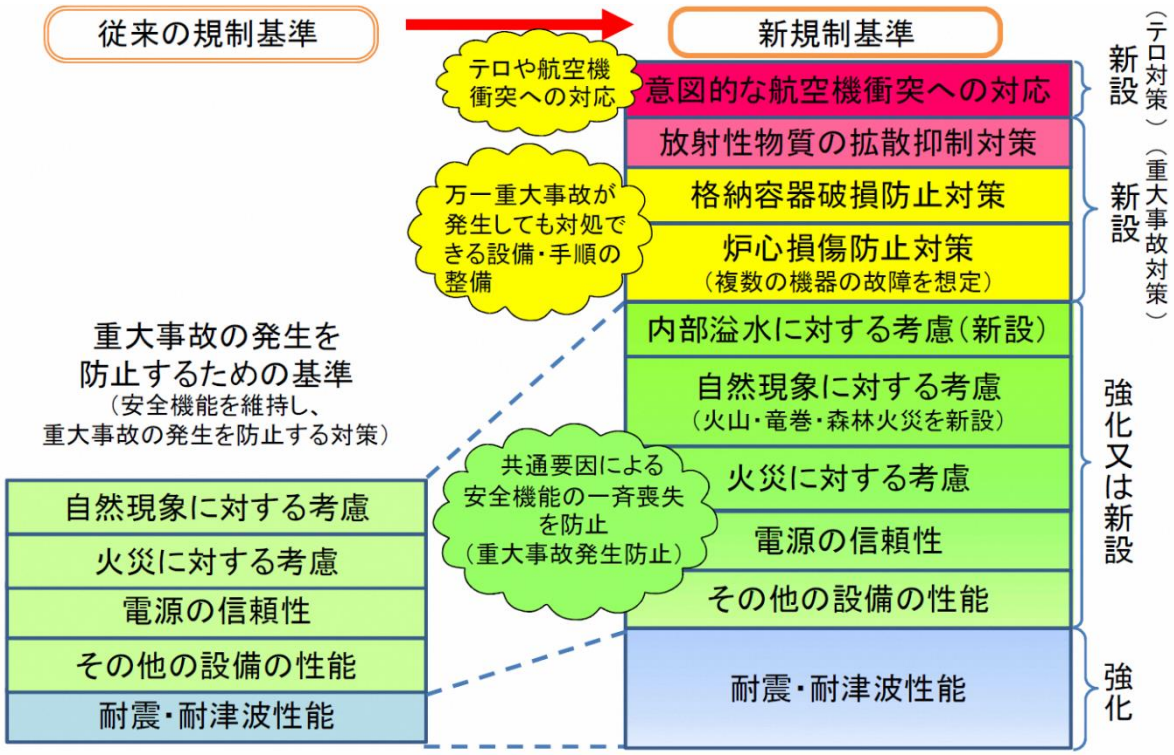
※4 ・原子力災害対策特別措置法の対象施設等における緊急作業への従事は、被ばくに関する情報提供を予め受けた上で、参加の意思を表明し、必要な訓練を受けた放射線業務従事者に限る

・被ばく線量限度は、①従来の実効線量100mSvに加え、②放射性物質の敷地外等への放出の蓋然性が高い場合の実効線量250mSvの2段階

線量限度の出典：日本原子力文化財団ウェブサイト「原子力・エネルギー図面集」より一部改変

参考３　新規制基準とは

○　福島第一原子力発電所の事故の反省や国内外からの指摘を踏まえ、重大事故の発生を防止するための基準を強化するとともに、万一、重大事故やテロが発生した場合に対処するため、原子力規制委員会が策定した基準です。



図の出典：原子力規制庁：柏崎刈羽柏崎刈羽原子力発電所７号炉に関する審査の概要（令和６年柏崎刈羽原子力発電所に係る国の取組みに関する県民説明会資料）

○　新規制基準では、従来の規制基準に加え、重大事故（シビアアクシデント）の発生を防止するための基準を強化するとともに、万一重大事故やテロが発生した場合に対処するための基準が新設されました。

新設または強化された主な規制として、以下のものが挙げられます。

- 津波防護壁や防潮扉の設置による津波対策のほか、地震、火山、竜巻、森林火災に対する想定と対策の強化
- 停電、火災、内部溢水など自然現象以外に対する安全対策の強化
- 重大事故対策としての炉心損傷防止対策及び格納容器破損防止対策の強化
- 屋外放水設備の設置など敷地外への放射性物質の拡散抑制対策の追加
- 意図的な航空機衝突などテロに対する対策の追加

参考４　重大事故等対策とは

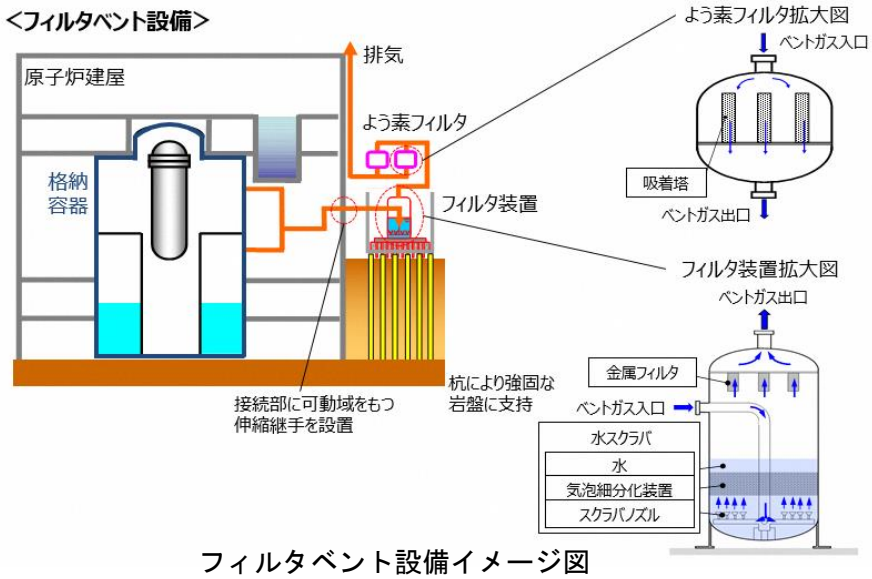
○　新規制基準では、従来からある「設計基準事故対策」（シビアアクシデントを防止するための対策）が強化されるとともに、新たに「重大事故等対策」（シビアアクシデント対策）が盛り込まれました。重大事故等対策は、格納容器破損防止対策や放射性物質の拡散抑制対策などの対策を講じるものです。

○　BWRにおける重大事故等対策として、「フィルタベント」「代替循環冷却系」「代替格納容器スプレイ」があります。

「フィルタベント」は、格納容器内の放射性物質を含む蒸気を、フィルタを介して大気中に放出する装置です。フィルタを通すことにより、放射性セシウムや放射性無機ヨウ素等を約1,000分の１以下、放射性有機ヨウ素を約50分の１以下に軽減します。

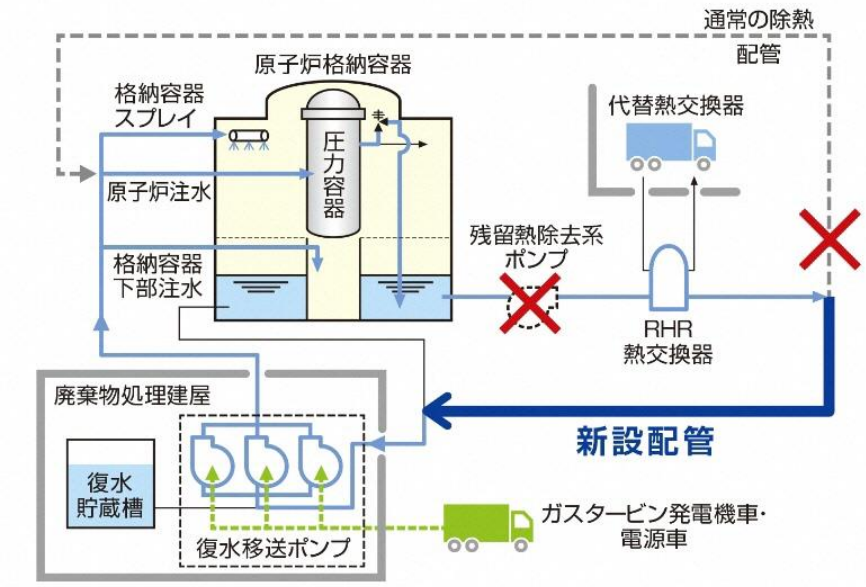
「代替循環冷却系」は、圧力抑制室内の水を使って原子炉内や格納容器内を冷却することで格納容器の破損を防止する装置です。この装置をフィルタベントよりも優先的に使用することで、放射性物質の放出を可能な限り回避することができるとしています。

「代替格納容器スプレイ」は、復水貯蔵槽内の水を、格納容器内にスプレイすることで、格納容器の破損を防止する装置です。



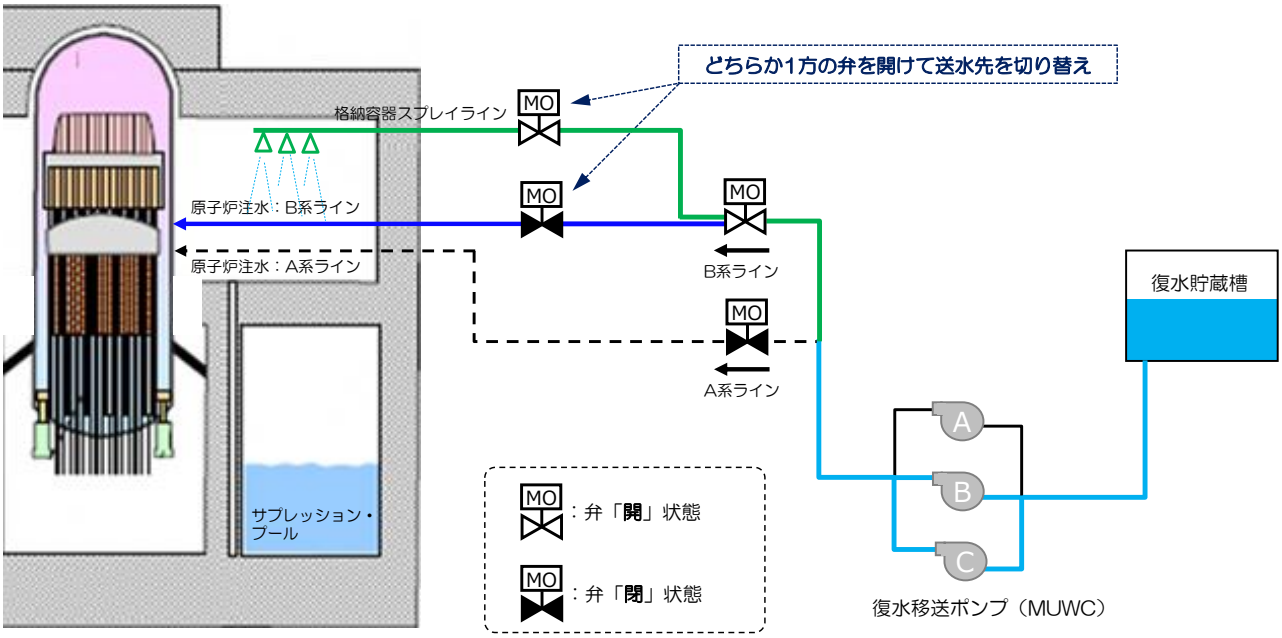
フィルタベント設備イメージ図

図の出典：東京電力 HD ウェブサイト：重大事故を想定した対策より



代替循環冷却系イメージ図

図の出典：東京電力 HD ウェブサイト：重大事故を想定した対策より



代替格納容器スプレイイメージ図（東京電力 HD 提供）

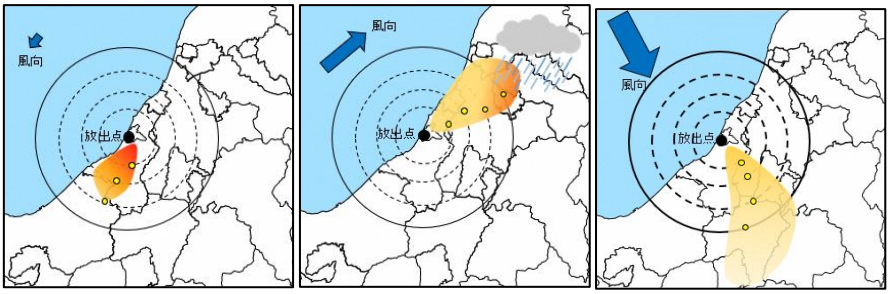
参考５　OSCAARとは

○　OSCAAR（確率論的事故影響評価コード）は、国のシミュレーションで用いられたプログラムであり、原子力災害に伴い環境中に放射性物質が放出される事故シナリオにおいて、様々な気象条件に対する放射性物質の大気拡散及び地表面への沈着挙動を計算し、その際に受ける被ばく線量を求め、防護措置による被ばく低減効果を考慮した上で、放出点からの距離と被ばく線量との関係を示すことができます。

県のシミュレーションでは、国同様に、この OSCAAR を用いて実施しました。

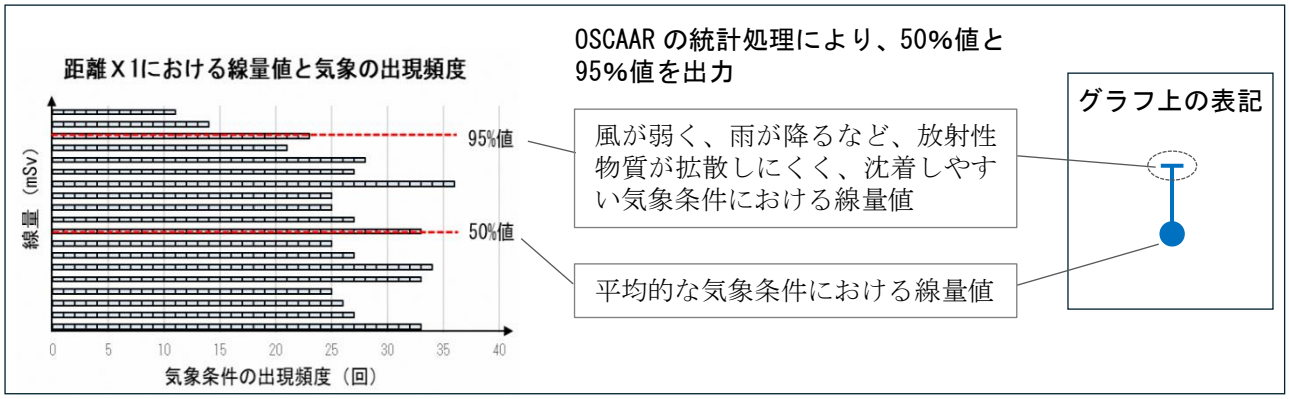
＜OSCAAR による計算手順（イメージ）＞

放出される放射性物質の量、放出高さ等の放出源情報を基に、過去の気象データから様々なケースの気象条件（今回の県の計算では 500 ケース）をランダムに抽出して各々の条件におけるシミュレーションを実施し、１通りの計算ごとに方位を区別せず距離毎の１週間あたりの最大の線量値を抽出する。



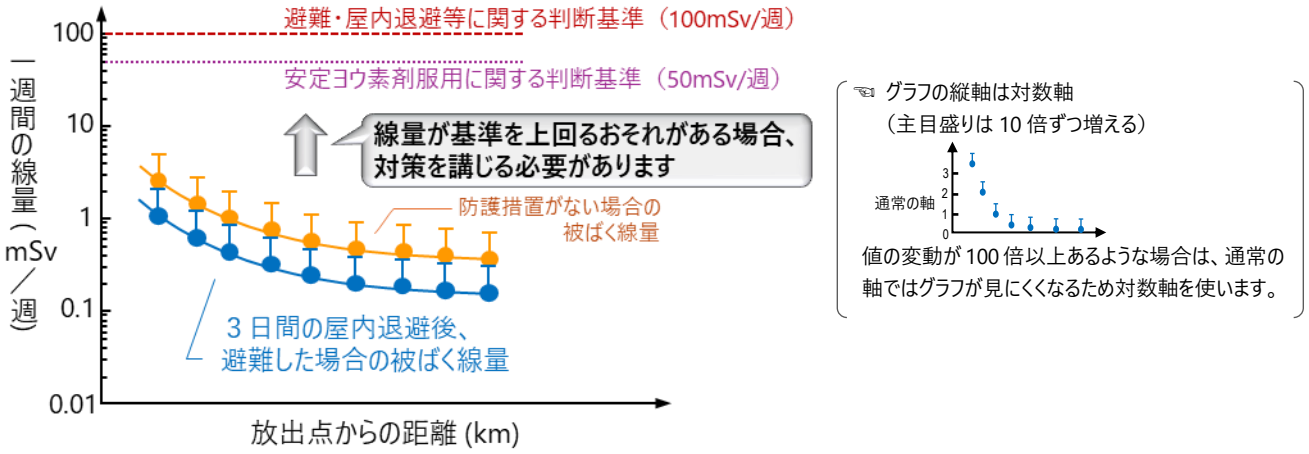
気象条件１　　気象条件２　　・・・気象条件 n

距離毎の最大の線量値を昇順に整理



得られた線量値を距離毎にグラフで示す

＜結果の見方＞



参考６　国のシミュレーション結果の概要

（原子力災害時の屋内退避の運用に関する検討チーム会合報告書をもとに作成）

○　原子力災害時の屋内退避の運用に関する検討チームでは、以下の３ケースのシミュレーションにより、実効線量と甲状腺等価線量の評価を行いました。

事故進展のケース

ケースＡ（PWR 漏えいケース）

PWR（Pressurized Water Reactor；加圧水型軽水炉）において、著しい炉心損傷が生じるものの、格納容器再循環ユニットによる格納容器内の冷却及び除熱を実施することにより、格納容器が破損せず、格納容器圧力に応じた放射性物質の漏えいが生じるケース

ケースＢ（BWR 漏えいケース）

BWR（Boiling Water Reactor；沸騰水型軽水炉）において、著しい炉心損傷が生じるものの、格納容器破損防止対策（格納容器内の冷却及び除熱）を実施することにより、格納容器が破損せず、格納容器圧力に応じた放射性物質の漏えいが生じるケース

ケースＣ（BWR ベントケース）

BWR において、著しい炉心損傷が生じるものの、格納容器破損防止対策（フィルタベント）を、事故発生から 24 時間後に実施することにより、格納容器が破損せず、放射性物質の漏えい及びフィルタベントを通じた放射性物質の放出が生じるケース

被ばく線量の評価

外部被ばく及び内部被ばく双方を考慮し、防護措置を何もしない場合と、木造家屋への屋内退避と避難を組み合わせて実施した場合の実効線量と甲状腺等価線量について評価（木造よりもコンクリート建屋の方が高い被ばく低減効果を見込むことができ、今回の結果よりも線量は低くなることから、コンクリート建屋への屋内退避の場合の解析は実施せず）。

○　シミュレーションの結果をもとに、以下のようにまとめられました。

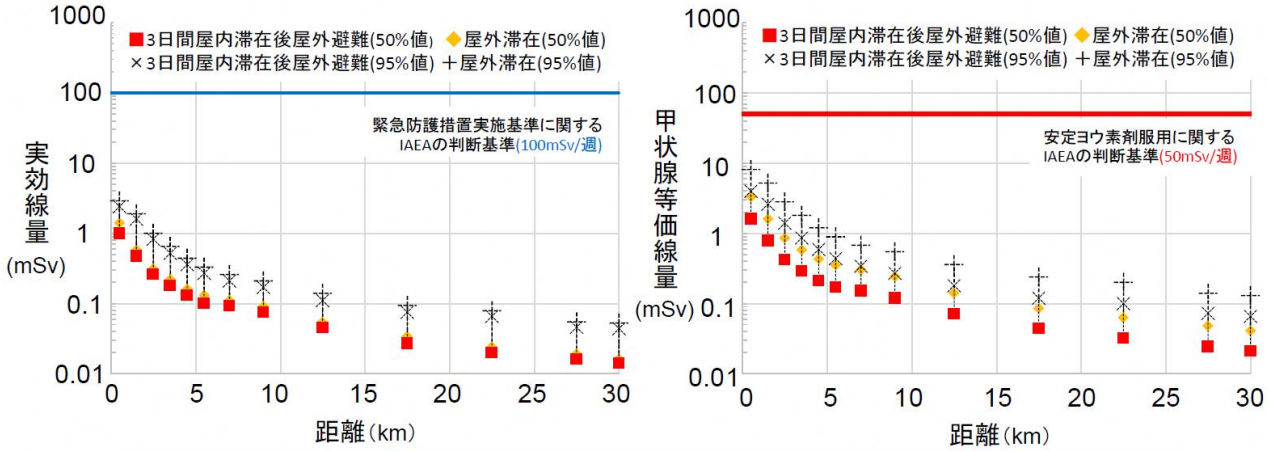
- 仮に屋内退避を実施せず一週間屋外に滞在した場合であっても、UPZ 全域において、その一週間の積算被ばく線量は、緊急防護措置に関するIAEA 基準と比較しても十分に低くなる蓋然性が高い。
- 沈着する放射性核種の量が少ないため、沈着した放射性核種による長期にわたっての追加的な被ばく線量も低くなる蓋然性が高い。
- 重大事故等対策の一部はその実施までに設備の準備を要し、また、原子炉施設の状態が安定化するまでには時間を要する。そのため、全面緊急事態に至ったと判断する時点で、重大事故等対策が奏功していると判断することは現実には困難である。

したがって、屋内退避の開始時期や対象範囲については、従前のとおり、全面緊急事態に至った時点においてUPZ 全域で屋内退避を実施する必要がある。

（国のシミュレーション解析の例）

・　IAEAの判断基準（実効線量100 mSvと甲状腺等価線量50 mSv）と比較すると、原子力発電所から数kmのPAZ内において、厳しい気象条件の際にこれらの基準を上回る可能性がある。一方で、UPZにおいては、全域でIAEAの基準を下回る線量となった。

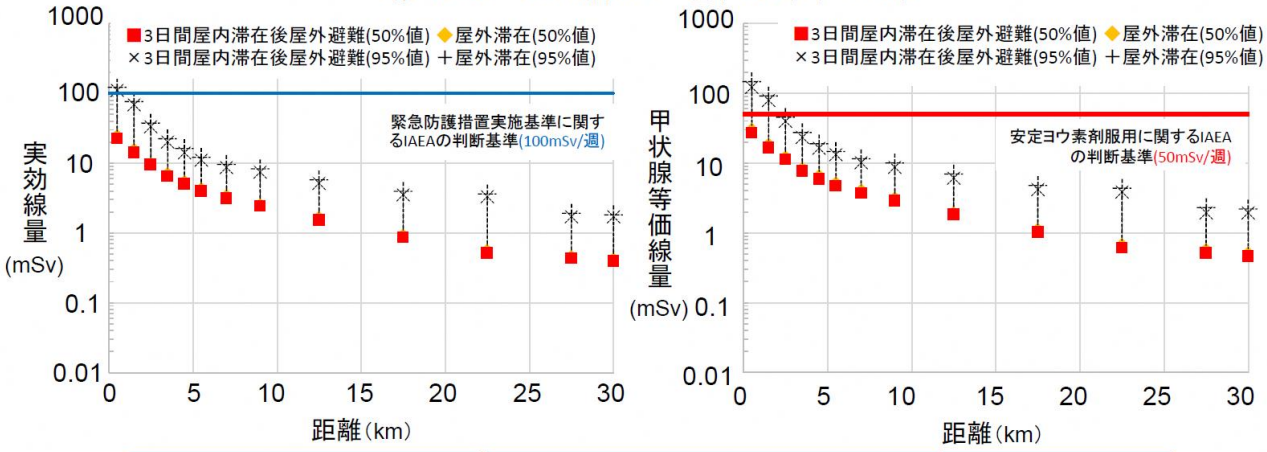
ケースB（BWR漏えいケース）
代替循環冷却系による格納容器除熱を実施するケース（BWR）



4.5km地点(1)の50%値における経路別の寄与割合	外部被ばく		内部被ばく
	プルーム	沈着核種	吸入摂取
実効線量	88%	2%	10%
甲状腺等価線量	38%	1%	61%

(1) 経路別の寄与割合については距離に対する依存性がないため、代表して4.5 kmのものを記載

ケースC（ベントケース）
格納容器過圧破損防止のためフィルタベントを実施するケース
（建屋からの漏えいを含む）（BWR）



4.5km地点(1)の50%値における経路別の寄与割合	外部被ばく		内部被ばく
	プルーム	沈着核種	吸入摂取
実効線量	99%	1%未満	1%未満
甲状腺等価線量	96%	1%未満	4%

(1) 経路別の寄与割合については距離に対する依存性がないため、代表して4.5 kmのものを記載

参考７　放射性物質の放出条件

（令和２年度第１回新潟県原子力発電所の安全管理に関する技術委員会資料をもとに作成）

県のシミュレーションでは、以下の２つの放出経路を想定して計算を行いました。

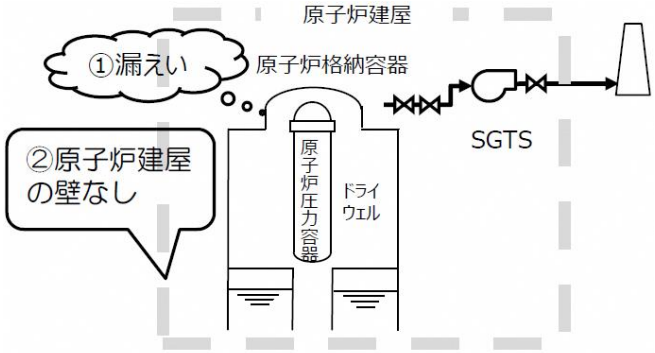
(1) 原子炉格納容器からの漏えいによる放出

(2) フィルタベント使用による放出

放出量計算の詳細は以下のとおりです。

(1) 原子炉格納容器からの漏えいによる放出

＜事故発生から40分間（SGTS起動までの間）＞



※原子炉格納容器の漏えい率

原子炉格納容器は完全密封ではなく、原子炉等規制法に基づく保安規定で、通常の運転中等では下記の漏えい率以下となるよう管理されている。

漏えい率：0.4%／日以下

（常温、圧力 0.9Pd（空気））

①格納容器からの漏えい

・事故発生と同時に、格納容器から原子炉建屋内に漏えいすると仮定

漏えい率：原子炉内圧力が1Pd以下の時、0.4%／日

原子炉内圧力が1～2Pdの時、 1.3%／日　　※1Pd＝0.31MPa

・格納容器貫通孔での放射性物質除去効果を考慮

※希ガス、有機よう素、無機よう素以外の放射性物質が1/10に減少

②原子炉建屋からの漏えい

・原子炉建屋内に漏えいした放射性物質は、事故発生から非常用ガス処理系（SGTS）が起動するまでの40分間は、建屋の壁がなく、格納容器から放出した放射性物質がそのまま大気中へ放出されると仮定

・計算上、漏えいの放出場所をブローアウトパネル（BOP）に設定

※放射性物質は、建屋内での時間減衰や沈着効果によりほとんど放出されないものと想定されるが、こうした効果はないものと仮定

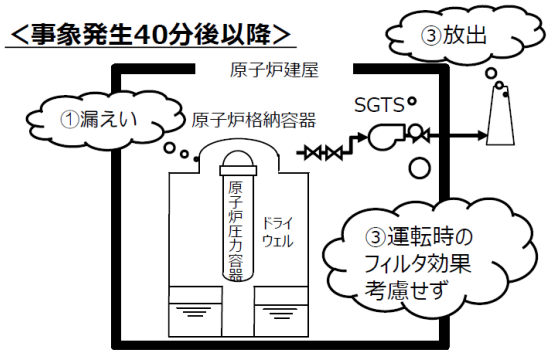
※ブローアウトパネル（BOP）

・主蒸気管の損傷等により原子炉建物内で急激な圧力上昇が生じた際や建物内の水素濃度が上昇した場合に開放する板。原子炉建屋外壁に設置している。

・新規制基準では、事故後の運転員被ばくリスクを低減するため、圧力や温度が下がりしだい再閉止する装置の設置を義務づけている。

柏崎刈羽３号機のブローアウトパネル
（中越沖地震時。地震の揺れで開放）

＜事故発生から40分以降　（SGTS起動以降）＞



③非常用ガス処理系（SGTS）からの放出

・非常用ガス処理系（SGTS）の起動後は、建屋があるという条件で計算

・漏えいした放射性物質は、SGTSから放出されるものと設定。ただし、SGTSのフィルタによる除去は考慮しない。また、SGTS稼働時は、原子炉建屋からの漏えいは無いと仮定（SGTSにより負圧が維持されるため）。

非常用ガス処理系（SGTS）

・原子炉建屋内で放射性物質漏洩事故が発生した際、原子炉建屋を負圧に保ちながら建屋内の放射性ヨウ素や粒子状物質の外部への放出を低減する装置

・処理したガスは、排気筒内側に設けられた排気ラインから放出される

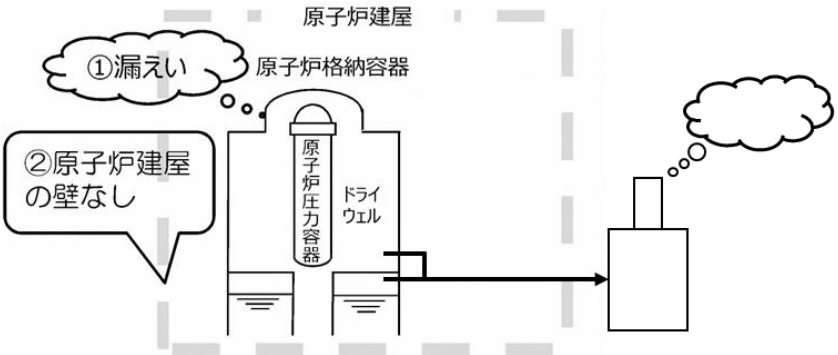
・除去効率　ヨウ素　99.99%、粒子状物質　99.97%

(2) フィルタベント使用による放出

・フィルタベントを使用する１時間前（ケース３，６）または７時間前（ケース２，５）に非常用ガス処理系（SGTS）を停止させるという条件で計算

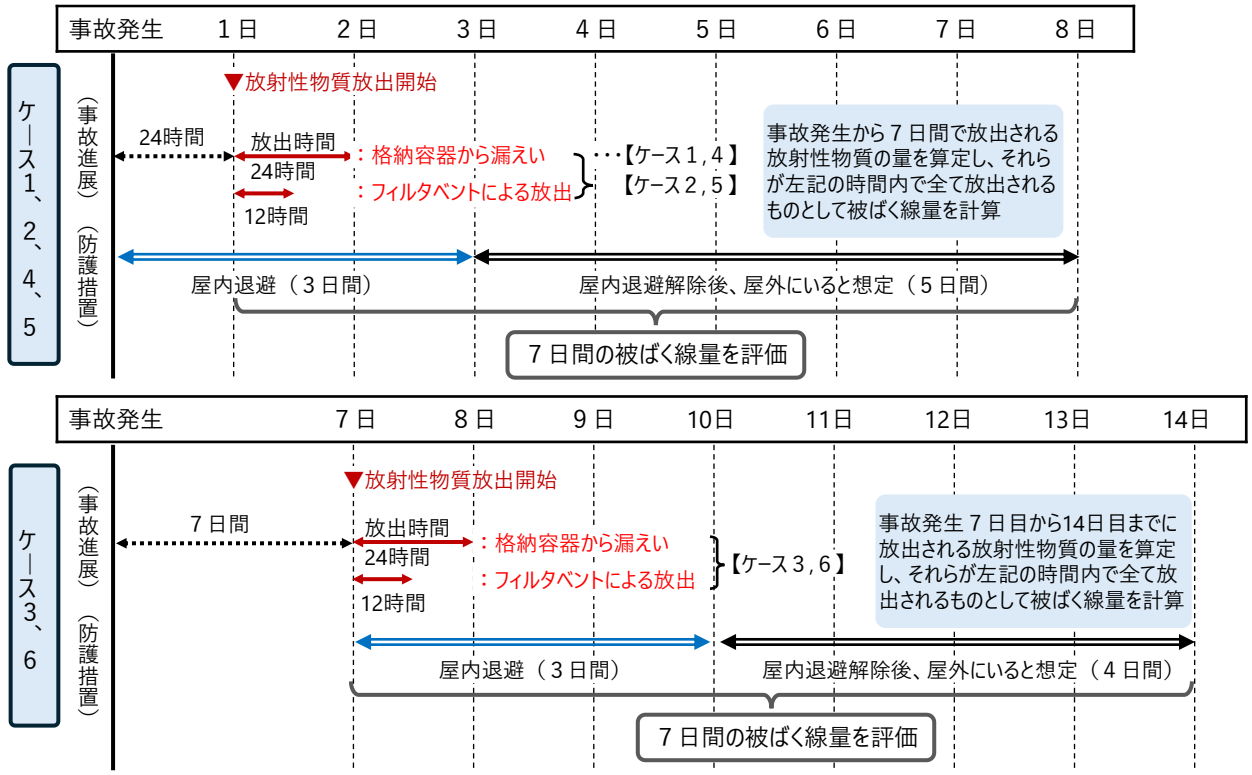
・SGTS停止の間は、(1)①及び②と同じ条件で放射性物質を放出するものと仮定

・放出高さは、フィルタベントの配管出口に設定



参考８　事故発生からの時間軸（ケース別）

○　シミュレーションで想定した事故発生からの時間軸を模式的に表すと次のとおりとなります。



参考９　放出核種情報

○　ケース１及び２の放出量は、原子力規制委員会が原子力災害時の屋内退避の運用を検討する上で、東京電力ＨＤ株式会社が原子力規制庁へ提出したデータを用いています。また、ケース３は、ケース１及び２の条件を参考に算出しました。

○　放出量は、原子力規制委員会におけるシミュレーションと同様に事故発生から７日間(ケース３、６は７日後以降７日間)の積算値とし、初期炉内内蔵量に対して、放出開始時点まで減衰させた核種組成を利用しています。

【ケース１】　24時間後に原子炉格納容器から漏えい（７号機単独事故）　（単位　TBq(=10^{12}Bq)）

放出経路	希ガス	有機ヨウ素	無機ヨウ素	セシウム類	テルル類	バリウム類	ルテニウム類	セリウム類	ランタン類
BOP	0.590	0.0000197	0.00189	0.0000597	0.0000800	0.0000912	0.0000123	0.00000781	0.00000221
排気筒	338,000	1.00	95.9	3.48	2.53	2.52	0.404	0.310	0.0722

【ケース２】　24時間後に格納容器から漏えい＋フィルタベント（７号機単独事故）　（単位　TBq(=10^{12}Bq)）

放出経路	希ガス	有機ヨウ素	無機ヨウ素	セシウム類	テルル類	バリウム類	ルテニウム類	セリウム類	ランタン類
BOP	90,500	0.383	36.6	2.06	1.27	1.33	0.205	0.159	0.0374
排気筒	16,300	0.585	56.0	1.68	1.57	1.39	0.238	0.189	0.0411
ﾌｨﾙﾀﾍﾞﾝﾄ	7,820,000	0.0338	0.0113	0.00342	0.00242	0.00230	0.000371	0.000304	0.0000662

【ケース３】[15]　７日後に格納容器から漏えい＋フィルタベント（７号機単独事故）　（単位　TBq(=10^{12}Bq)）

放出経路	希ガス	有機ヨウ素	無機ヨウ素	セシウム類	テルル類	バリウム類	ルテニウム類	セリウム類	ランタン類
BOP	127,000	0.00773	0.739	0.133	0.0253	0.0711	0.00854	0.00375	0.00188
ﾌｨﾙﾀﾍﾞﾝﾄ	3,320,000	0.00254	0.000705	0.000865	0.000275	0.00073	0.0000879	0.0000397	0.0000192

[15] フィルタベント実施１時間前に、非常用ガス処理系を停止させるため、対象期間である７日後以降において、排気筒からの放出はないものとした。詳細は参考７を参照のこと。

○　ケース４～６は６，７号機同時事故とし、両号機の出力が同じであることから、放出量はケース１～３それぞれの２倍としました。

【ケース４】　24時間後に格納容器から漏えい（６，７号機同時事故）　（単位　TBq(=10^{12}Bq)）

放出経路	希ガス	有機ヨウ素	無機ヨウ素	セシウム類	テルル類	バリウム類	ルテニウム類	セリウム類	ランタン類
BOP	1.18	0.0000394	0.00378	0.000119	0.000160	0.000182	0.0000246	0.0000156	0.00000442
排気筒	676,000	2.00	192	6.96	5.06	5.04	0.808	0.620	0.144

【ケース５】　24時間後に格納容器から漏えい＋フィルタベント（６，７号機同時事故）　（単位　TBq(=10^{12}Bq)）

放出経路	希ガス	有機ヨウ素	無機ヨウ素	セシウム類	テルル類	バリウム類	ルテニウム類	セリウム類	ランタン類
BOP	181,000	0.766	73.2	4.12	2.54	2.66	0.410	0.318	0.0748
排気筒	32,600	1.17	112	3.36	3.14	2.78	0.476	0.378	0.0822
ﾌｨﾙﾀﾍﾞﾝﾄ	15,640,000	0.0676	0.0226	0.00684	0.00484	0.00460	0.000742	0.000608	0.000132

【ケース６】　７日後に格納容器から漏えい＋フィルタベント（６，７号機同時事故）　（単位　TBq(=10^{12}Bq)）

放出経路	希ガス	有機ヨウ素	無機ヨウ素	セシウム類	テルル類	バリウム類	ルテニウム類	セリウム類	ランタン類
BOP	254,000	0.0155	1.48	0.266	0.0506	0.142	0.0171	0.00750	0.00376
ﾌｨﾙﾀﾍﾞﾝﾄ	6,640,000	0.00508	0.00141	0.00173	0.000550	0.00146	0.000176	0.0000794	0.0000384

（代表的な核種の半減期）　公益社団法人日本アイソトープ協会「アイソトープ手帳 12版」より

	核種名	半減期
希ガス	クリプトン85（^{85}Kr）	10.7　年
	キセノン133（^{133}Xe）	5.24　日
	キセノン135（^{135}Xe）	9.14　時間

	核種名	半減期
ヨウ素	ヨウ素131（^{131}I）	8.02　日
	ヨウ素133（^{133}I）	20.8　時間
	ヨウ素135（^{135}I）	6.58　時間

	核種名	半減期
セシウム類	ルビジウム86（^{86}Rb）	18.6　日
	セシウム134（^{134}Cs）	2.07　年
	セシウム137（^{137}Cs）	30.1　年

	核種名	半減期
テルル類	テルル129m（^{129m}Te）	33.6　日
	テルル129（^{129}Te）	69.6　分
	テルル132（^{132}Te）	3.20　日

	核種名	半減期
バリウム類	ストロンチウム89（^{89}Sr）	50.7　日
	ストロンチウム90（^{90}Sr）	28.8　年
	バリウム140（^{140}Ba）	12.8　年

	核種名	半減期
ルテニウム類	ルテニウム103（^{103}Ru）	39.2　日
セリウム類	セリウム141（^{141}Ce）	32.5　日
ランタン類	ランタン140（^{140}La）	40.3　時間

付録　セシウム137が100TBq放出された場合の被ばく線量シミュレーション結果

○　原子力規制委員会は、「事前対策において備えておくことが合理的と考えられる事故は、深層防護における各層間の独立性にも留意し、適合性審査において評価された重大事故シナリオを超えるセシウム137の放出が100TBqに相当するもの（ただし、希ガスは全量放出）とする」[16]としている。

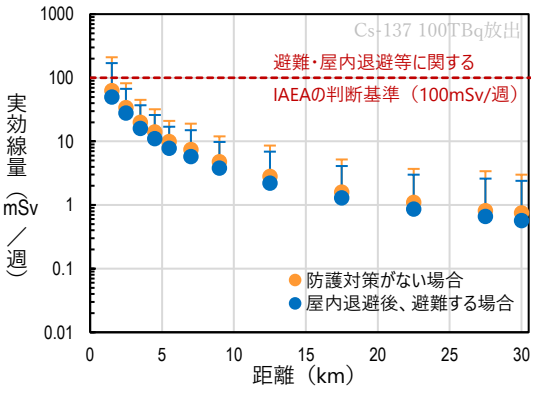
○　このことを踏まえ、以下の条件で、柏崎刈羽原子力発電所においてセシウム137が100TBq放出された場合の被ばく線量シミュレーションも参考として実施した。

- 原子力規制委員会[16]と同様に、具体的な事故シナリオは設定せず、セシウム 137 の放出量を 100TBq とし、その他の核種は炉データを基に核種グループ毎の格納容器への放出割合に応じて比例計算により算出（炉データは柏崎刈羽原子力発電所７号機を参考とした）。ただし、希ガス類については、全量が放出されると仮定。
- 事故発生から 24 時間後に放出し、24 時間継続。気象条件は県のシミュレーションと同じ。

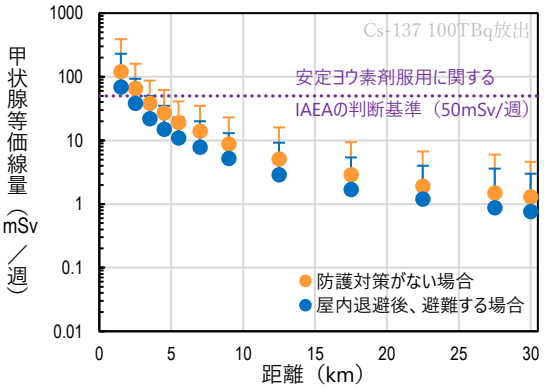
○　シミュレーションの結果、PAZ内で実効線量や甲状腺等価線量がIAEAの基準を超える地点が生じたが、UPZでは、基準に達しない結果となった。

なお、PAZでは放出前に予防的避難を行うが、避難が困難な住民等は放射線防護対策施設（コンクリート建屋かつ陽圧化等措置）への屋内退避により、基準に達する被ばくを避けることができると見込まれる。　☞屋内退避による被ばく線量の低減（参考10）

・実効線量



・甲状腺等価線量



【セシウム137が100TBq放出された場合】

★ 実効線量　　PAZ：（1.5kmで）気象条件により基準を上回った

★ 甲状腺等価線量　PAZ：（4.5kmまで）気象条件により基準を上回った（防護措置なしの場合）

〃　（2.5kmまで）基準を上回った（防護措置なしの場合）

放射性物質放出量　　（単位　TBq（=10^{12}Bq））

希ガス	有機ヨウ素	無機ヨウ素	セシウム類	テルル類	バリウム類	ルテニウム類	セリウム類	ランタン類
9,460,000	112	2,130	257	510	443	24.8	115	55.1

※ 原子力規制庁は100TBqを「事故全体の放出量として示したもの」としており、希ガスの全量放出の仮定もあって、放射性物質放出量は県のシミュレーションにおけるケース２を上回った。一方で、６，７号機同時事故を想定した県のケース５の放出量を下回る結果となった。

[16] 原子力規制委員会「原子力災害事前対策の策定において参照すべき線量のめやすについて」（平成 30 年 10 月）

（国によるセシウム100TBq放出時の試算結果）

○　原子力規制員会が、OSCAARにより、セシウム137の放出量が100TBq、その他核種はセシウム137と同じ割合で換算された量（ただし希ガス類は全量）で環境中に放出された仮想的な事故について試算した結果は、以下のとおり。

・実効線量	PAZ：防護措置なしでは放出源に近い地点で基準を上回る。 屋内退避は、木造建屋（概ね25％低減）より、コンクリート構造物（概ね50％低減）の方が低減効果が高い。 UPZ：防護措置なしでも全地点で基準を下回る。
・甲状腺等価線量	PAZ：防護措置なしでは全地点で基準を上回る。 コンクリート構造物に屋内退避し、安定ヨウ素剤を服用する場合、放出源に近い地点以外は基準を下回る。 UPZ：防護措置なしでは遠方の地域で基準を下回る。 木造家屋への屋内退避により、全地点で基準を回る。

出典：原子力規制委員会「緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について」（平成26年5月）

○　原子力規制委員会の試算における、セシウム137（100TBq）を含む放射性物質の放出量は以下のとおり。

放射性物質放出量　（単位　TBq(=10^{12}Bq)）

希ガス	放射性ヨウ素	セシウム類	テルル類	バリウム類	ルテニウム類	セリウム類	ランタン類
6,100,000	2,240	309	538	433	26.6	124	56.7

原子力規制委員会ウェブサイト「(参考) Cs-137 100TBq放出時の各核種放出量」を基に作成

参考10　屋内退避による被ばく線量の低減効果

○　今回のシミュレーションでは、国のシミュレーションと同様、防護措置がない場合と、屋内退避を行う場合の２パターンで計算を行いました。

表３　シミュレーションにおける防護措置の想定（表２より抜粋、再掲）

防護措置	県及び国のシミュレーションにおける想定
防護措置がない場合	・屋内退避せずに常に屋外に滞在すると想定 ・外部被ばく、内部被ばくともに低減効果はないとして評価する。
屋内退避を行う場合	・３日間の屋内退避の後、避難して30km地点で屋外に滞在すると想定 ・屋内退避は木造家屋を想定し、家屋による外部被ばくと内部被ばくの低減効果があるものとして評価する。

○　今回のシミュレーション結果での、屋内退避による被ばく線量の低減効果（表４）及び各ケースの被ばく線量内訳（表５）を以下に示します。

表４　県のシミュレーションにおける屋内退避の線量低減効果

	ケース１，４	ケース２，５	ケース３，６
屋内退避による低減率	23%低減	10%低減	11%低減

※4.5km地点、実効線量（平均的な気象要件での値）を比較

表５　県のシミュレーションにおける被ばく線量の内訳

被ばくの経路	ケース１，４	ケース２，５	ケース３，６
上空の放射性雲（プルーム）からの放射線の影響	62%	99.9%以上	99.9%以上
沈着した放射性物質の影響	28%	0.009%	0.00003%
吸入による内部被ばく	10%	0.033%	0.00010%

※4.5km地点、実効線量（平均的な気象要件での値）の内訳

・表４でケース１，４に比べ、ケース２，３，５，６の低減効果が小さくなったのは、ケース１，４（格納容器からの漏えいによる放出）ではセシウム類等の沈着しやすい放射性物質の割合が高いのに対し、その他のケース（フィルタベント使用による放出）では、希ガスの割合が圧倒的に高くなるためです（参考９参照）。希ガスが多い場合は、表５に示したとおり、被ばくの経路として上空の放射性雲（プルーム）からの放射線によるものが主となり、木造家屋の場合、放射性雲（プルーム）からの放射線の影響に対する線量の低減効果は10%程度と報告されています（表６）。

表６　屋内退避による被ばく線量の低減効果

防護措置	外部被ばく	内部被ばく
木造家屋への退避	・放射性雲（プルーム）からのガンマ線等（クラウドシャイン）の影響に対して10%低減 ・周辺環境中の沈着核種からのガンマ線等（グラウンドシャイン）の影響に対して60%低減	・プルーム中の放射性物質を呼吸により摂取する影響に対して75%低減
石造りの建物への退避	・クラウドシャインの影響に対して40%削減 ・グラウンドシャインの影響に対して80%低減	・プルーム中の放射性物質を呼吸により摂取する影響に対して95%削減

表の出典：原子力規制委員会「緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について」（平成26年５月）より一部改変

○　事故の想定にもよりますが、木造家屋について、放射性雲（プルーム）からの放射線だけでなく、地表に沈着した放射線等の影響を加味した場合の総合的な低減効果は25%※1～55%※2との報告があります。

※１　原子力規制委員会「緊急時の被ばく線量及び防護措置の効果の試算について」（平成26年５月）における実効線量の値

※２　内閣府ほか「原子力災害発生時の防護措置－放射線防護対策が講じられた施設等への屋内退避－」（令和４年10月）における外部被ばくの値（非RC造の場合）

○　今回のシミュレーションでも、ケースによって効果に差はありますが、屋内退避により被ばくの低減が見込まれることが示されました。

○　鉄筋コンクリート造（RC造）の施設では、さらに被ばくの低減が見込まれます。また、RC造の建物を陽圧化（屋内の気圧を屋外よりも高く保つこと）することにより、内部被ばくも低減され、全体として９割以上低減されることが報告されています。

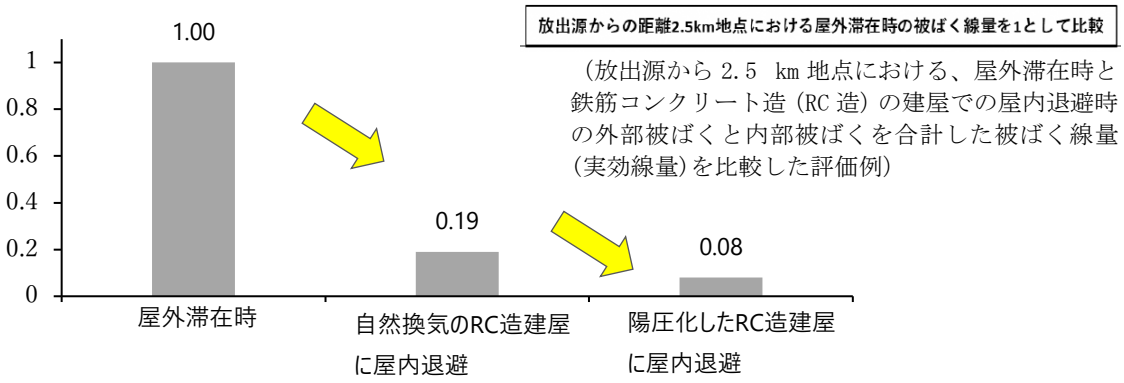


図 放射線防護対策が講じられた建屋への屋内退避による被ばく線量低減効果

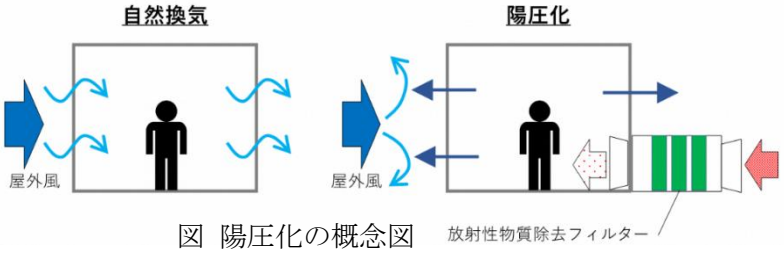


図 陽圧化の概念図

図の出典（２つとも）：内閣府 ほか「原子力災害発生時の防護措置 -放射線防護対策が講じられた施設等への屋内退避-」（令和４年10月）より一部改変

○　県避難計画では、PAZでは放射性物質放出前に予防的に避難を行うこと、即時に避難が困難な住民等はコンクリート建屋かつ陽圧化等の設備を備えた放射線防護対策施設に屋内退避することとしています。また、自治体の指示等に応じて安定ヨウ素剤を服用します。これらにより、PAZ内であっても、IAEAの基準に達する線量の被ばくを避けることができるものと見込まれます。