

レベル3PSA手法による 防護措置の被ばく低減効果の分析

日本原子力研究開発機構
安全研究センター

第2回原子力災害事前対策等に関する検討チーム
平成24年11月30日



報告内容

- ◆ 研究の背景
- ◆ レベル3PSA手法の概要
- ◆ PSA手法を用いた被ばく低減効果の評価
- ◆ まとめ

研究の背景

◆原子力防災の最近の動向

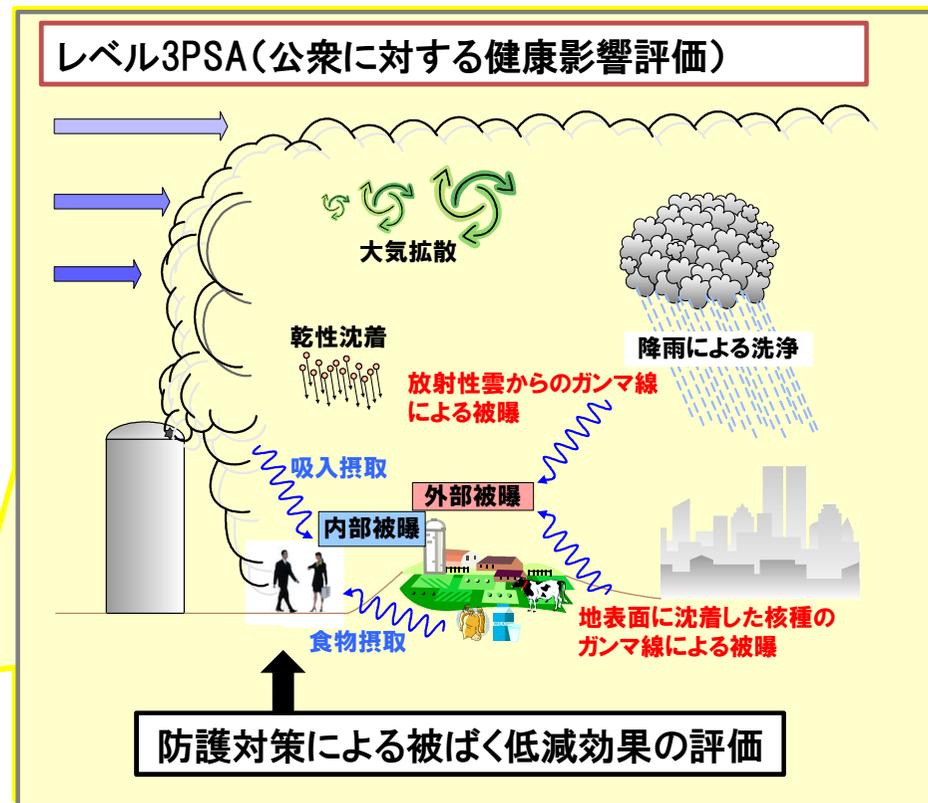
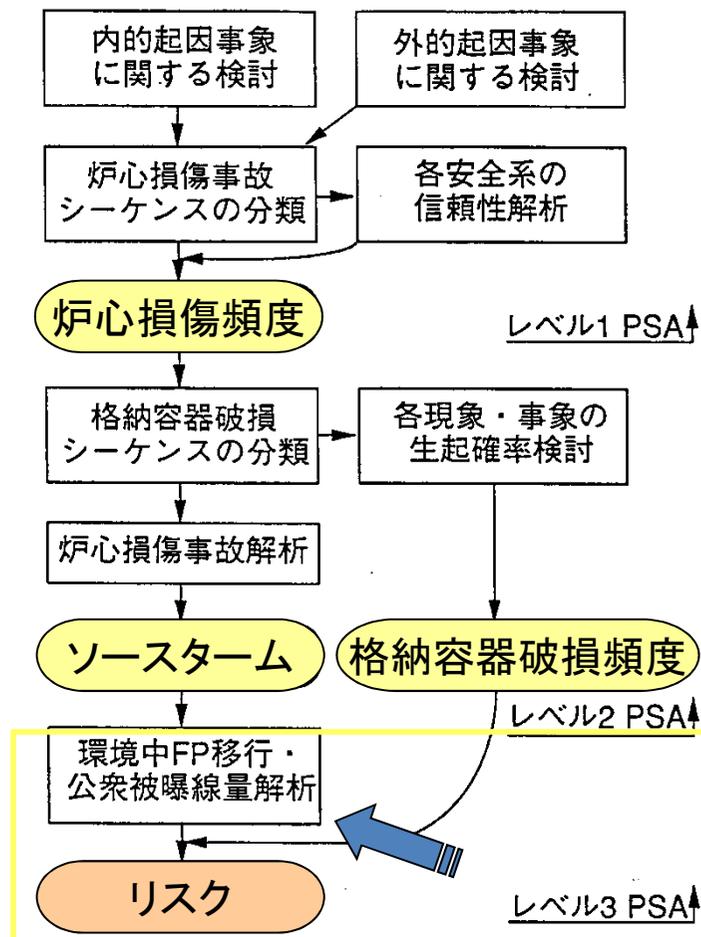
- 国際的には、ICRP (Pub. 109)の複合的な防護対策の最適化やIAEA (GSG-2)の防護措置の判断基準等、緊急事態に対する準備と対応の考え方に大きな変革が進み、具体的な防護目標を効果的に達成するための**事前計画の重要性が強調されている**。
- 具体的な地域防災計画の策定と防護対策の実施に役立つ技術的情報が重要。

◆「原子力の重点安全研究計画」の実施状況について(平成22年10月)

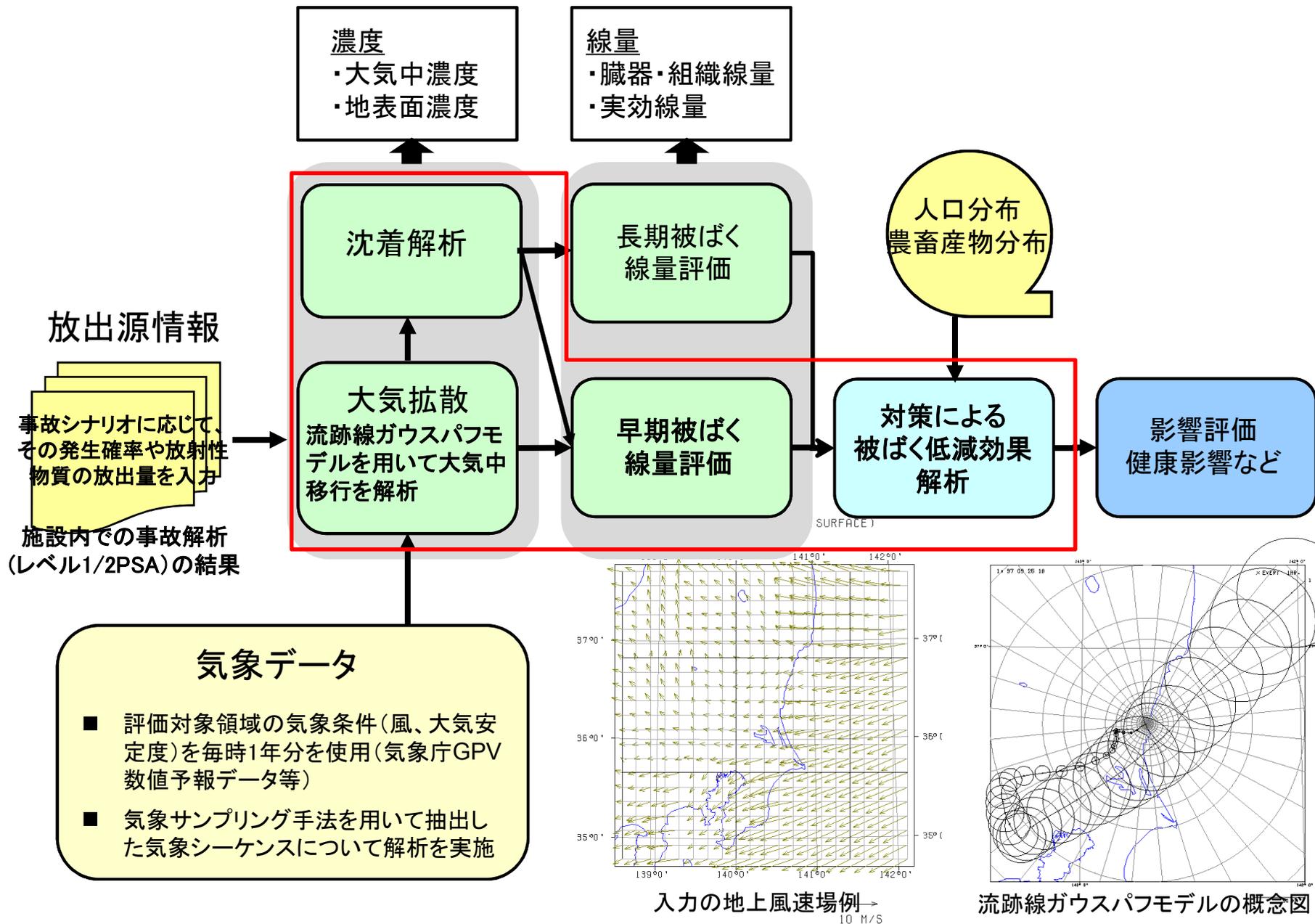
- 原子力防災分野の「②緊急時における判断等を的確に行うための技術的指標の整備」の中で、PSA手法を用い短期防護対策の複合的实施戦略を対象に、最適な防護指標、実施範囲、実施時期等を分析し技術的課題をまとめた。(第1期計画の総合評価)
- 第2期(H22-H26)計画では、
 - 防災指針見直しのための技術的支援研究
 - 実効性向上のための地域防災計画策定の技術的支援研究を通じて**国や地方自治体による防災計画策定に役立てる研究を進める**。

確率論的安全評価(PSA)手法

- ◆ 機器の故障などを発端として被害の発生に至る事象の組み合わせの連鎖である事象シーケンスを体系的に列挙し、その発生確率及びそれがもたらす影響を推定することにより、原子力施設等の安全性を総合的に評価する手法。



レベル3PSAコードOSCAARの構成



早期被ばく線量評価と防護措置

- 各臓器に対する複数の被ばく経路からの合計線量を評価
- 現実的な被ばく線量を評価するためには、防護措置や生活習慣などを評価に反映する必要がある

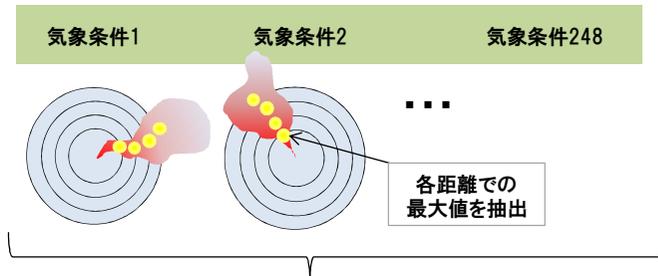
事故後の短期間における被ばく経路と関連する防護措置の例

	被ばく経路	関連する防護措置や生活習慣
外部被ばく	<ul style="list-style-type: none"> - 放射性雲からの外部被ばく - 放射性物質の人体表面付着による外部被ばく - 地表に沈着した放射性物質からの外部被ばく 	<ul style="list-style-type: none"> - 屋内への退避 →建屋の材質、退避期間 - 非汚染地域への避難
内部被ばく	<ul style="list-style-type: none"> - 放射性雲中の放射性物質の吸入による内部被ばく - 汚染された水や農畜産物の経口摂取による内部被ばく 	<ul style="list-style-type: none"> - 屋内への退避 →建屋の密封性、退避期間 - 放射性物質の取込みを制限・低減 →安定ヨウ素剤の服用、汚染飲食物の制限など

PSA手法を用いた被ばく低減効果の評価

■ 事故影響評価

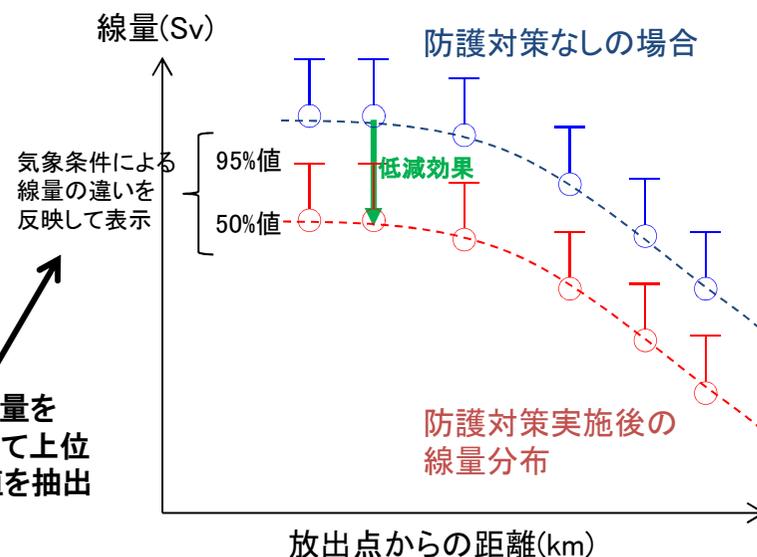
- 評価プラント 1100 MWeモデルプラント
- 評価サイト モデルサイト
- 気象条件 年間における1時間毎の気象データ
8760通りから248通りをサンプリングして解析
- 被ばく経路 外部被ばく(放射性雲、地表沈着)、
吸入による内部被ばく
- 被ばく期間 1週間



各気象条件について距離別の最大値を抽出する

	気象条件1	気象条件2	...	気象条件248
距離1	51 mSv	103 mSv	...	98 mSv
距離2	21 mSv	61 mSv	...	55 mSv
⋮		⋮		
距離n	11 mSv	23 mSv		31 mSv

■ 防護措置の被ばく低減効果の評価



各距離での線量を
大小順に並べて上位
50%値と95%値を抽出

個々の措置による被ばく低減効果は、
事故進展のタイミング
対策導入のタイミング
に応じて様々であり、
適切な範囲
で組み合わせることによって、効果的に被ばくを
低減することが可能である。

被ばく低減効果の高い対策を事前に検討

放出源情報

■ 各核種の放出割合（原子炉停止時の炉内内蔵量に対する割合）

	希ガス	有機ヨウ素	無機ヨウ素	Cs類	Te類	Ba類	Ru類	La類
解析ケース								
大規模放出	9.5E-01	1.6E-03	3.1E-02	2.8E-02	2.8E-04	1.2E-08	2.4E-11	5.2E-12
管理放出	8.7E-01	4.5E-05	8.6E-04	7.5E-04	3.2E-04	2.0E-08	3.4E-11	6.5E-12

福島第一原子力発電所事故 ^{注1)}								
1号機	9.5E-01	—	6.6E-03	2.9E-03	1.1E-02	4.0E-05	9.0E-10	1.2E-07
2号機	9.6E-01	—	6.7E-02	5.8E-02	3.0E-02	2.6E-04	5.4E-10	8.4E-07
3号機	9.9E-01	—	3.0E-03	2.7E-03	2.4E-03	4.3E-04	8.6E-10	1.3E-07

■ 放射性物質の環境中への放出に関わる情報

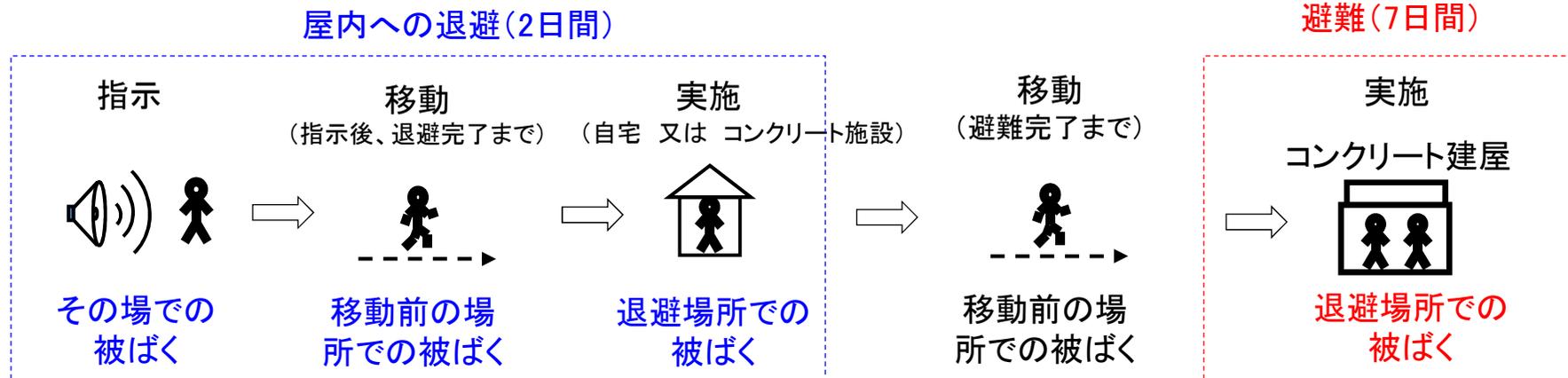
	大規模放出	管理放出	福島第一原子力発電所事故 ^{注1)}		
			1号機	2号機	3号機
主たる放出開始までの時間	27時間	12時間	約20時間	約80時間	約40時間
放出継続時間	7時間	22時間	—	—	—
放出高さ	0 m、40 m ^{注2)}	100 m	—	—	—

注1) 原子力安全に関するIAEA閣僚会議に対する日本国政府の報告書（平成23年6月）

注2) 大規模放出では複数回にわたる放出が想定されており、放出高さが0 mまたは40 mのいずれかとなる。

OSCAARにおける防護措置モデル(1/2)

- 屋内退避と避難 → 対象範囲、退避場所、実施期間に応じて被ばく低減効果が異なる

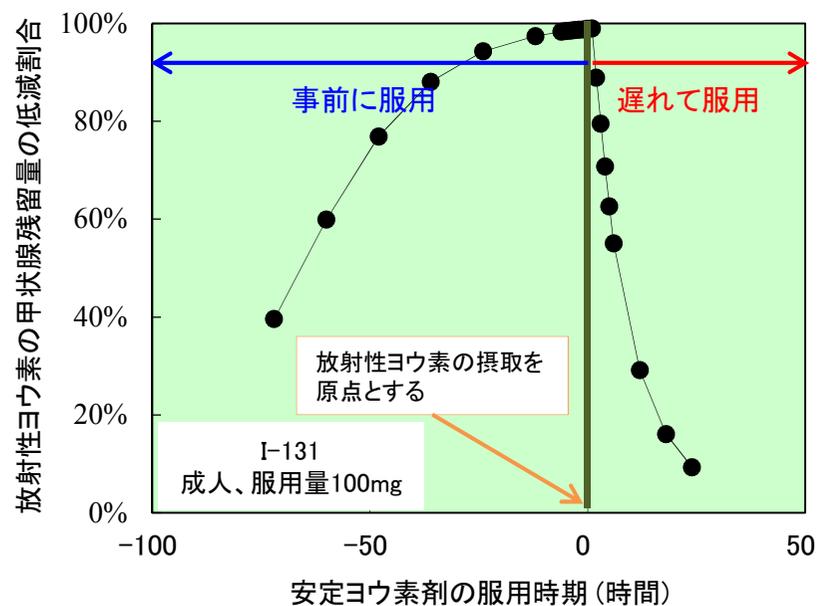
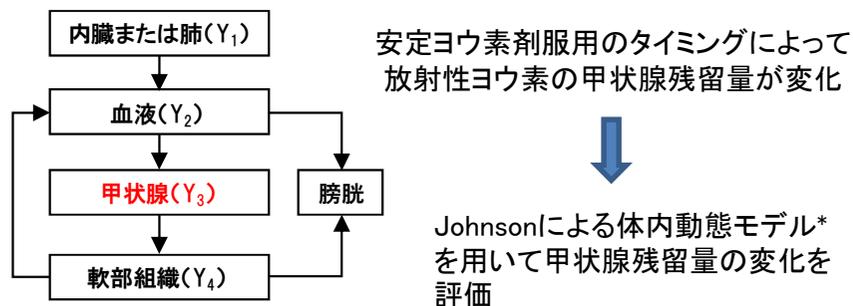


防護措置	遮へい機能 ^{注1)}	密封機能 ^{注1)}	実施位置	実施に要する時間
屋内退避	放射線雲に対して 0.9 沈着核種に対して 0.4	除去効率 0.25	その場	1時間
コンクリート屋内退避	放射線雲に対して 0.6 沈着核種に対して 0.2	除去効率 0.05	その場	1時間
避難	—	—	30 km地点の施設	~5kmからの移動 8時間 5~10 kmからの移動 6時間

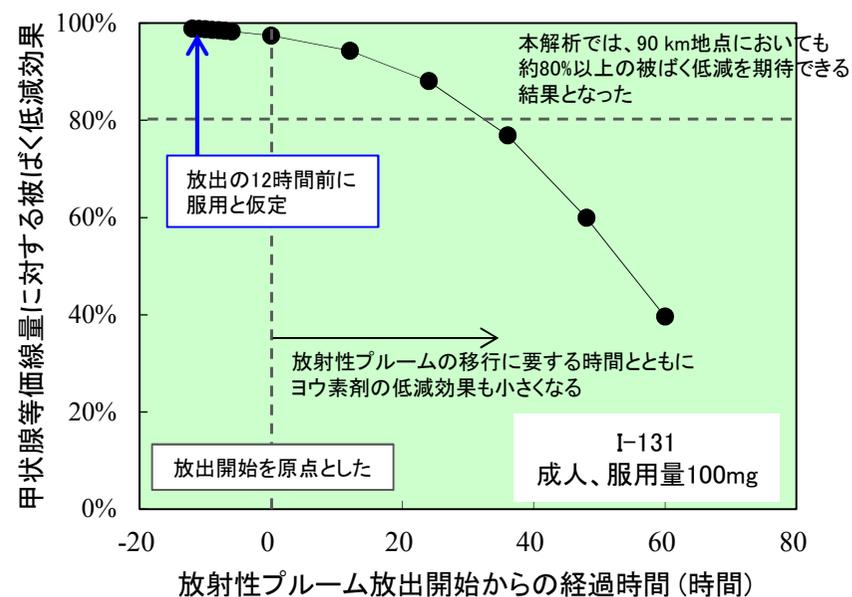
注1) 「原子力施設等の防災対策について」参照

OSCAARにおける防護措置モデル(2/2)

■ 安定ヨウ素剤の服用 ➡ 対象範囲、服用時期に応じて被ばく低減効果が異なる



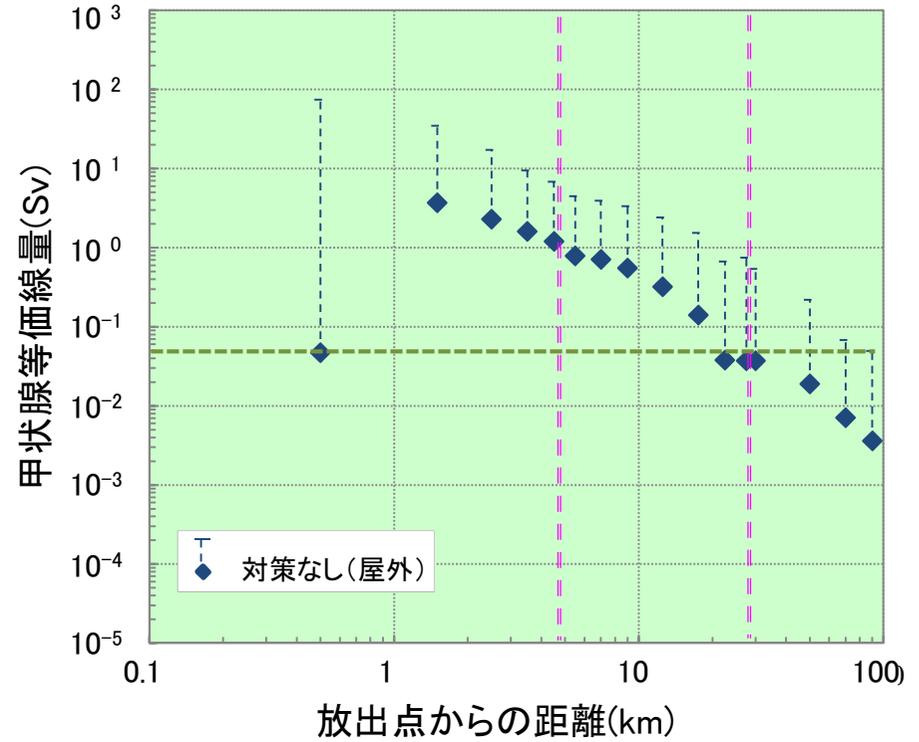
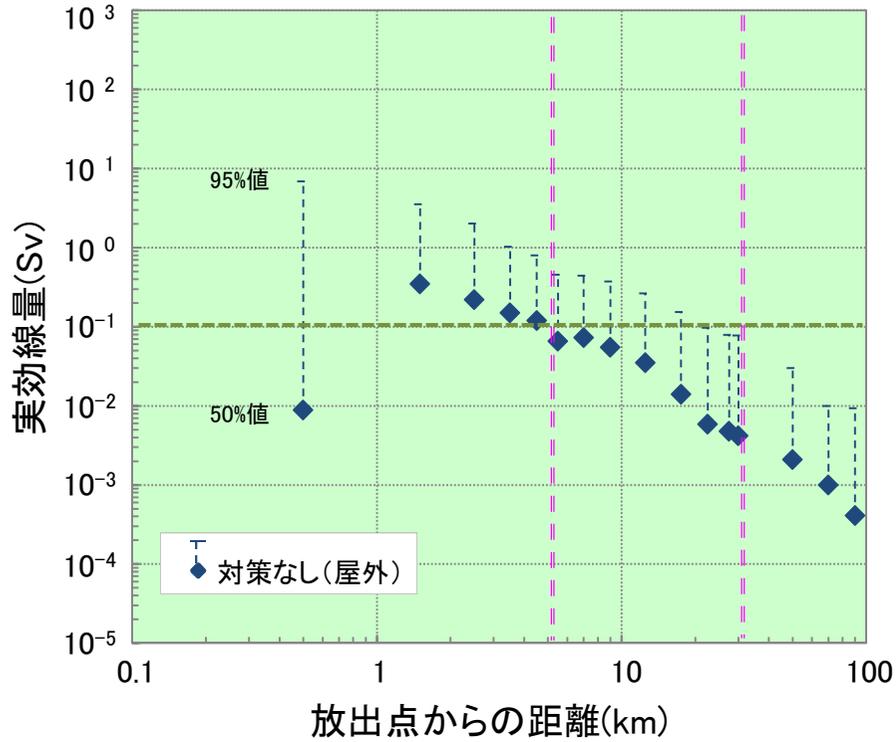
服用時期と被ばく低減効果の関係 (放出開始の12時間前に服用した場合)



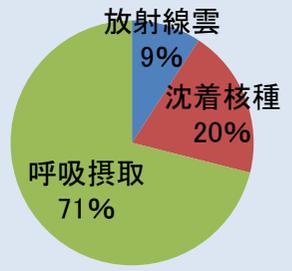
- 本解析では、放出開始の12時間前に全範囲において同時期に服用すると仮定
- そのため、安定ヨウ素剤の服用による被ばく低減効果は、各地点でのプルーム通過までの時間によって異なる(服用後12時間から30時間程度で通過)

*J. R. Johnson (1981). "Radioiodine Dosimetry", Journal of Radioanalytical Chemistry, 65, 223-238.

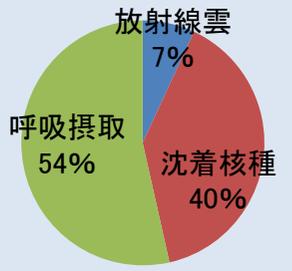
大規模放出の影響



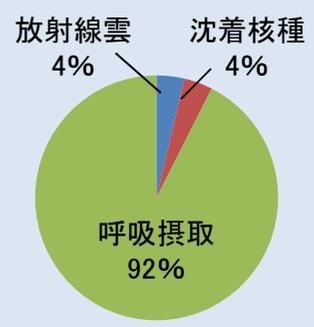
10 km地点での被ばく線量に対する各経路の寄与



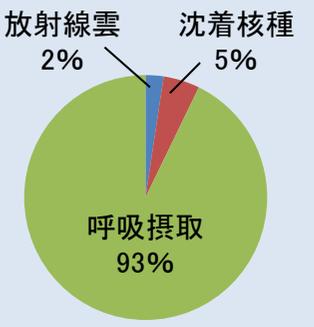
1日間実効線量



7日間実効線量

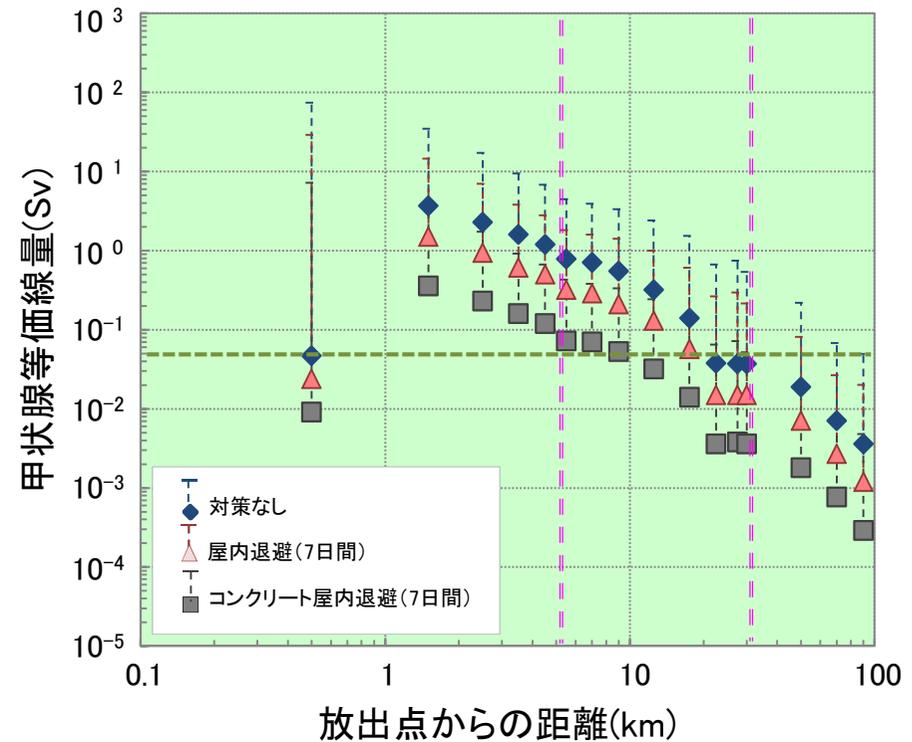
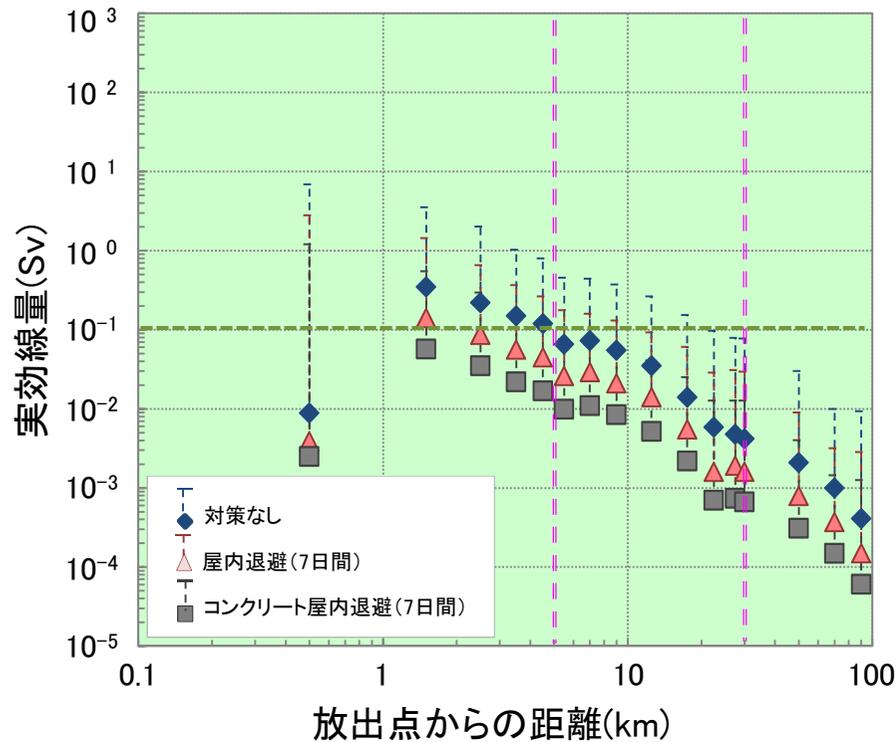


1日間甲状腺等価線量



7日間甲状腺等価線量

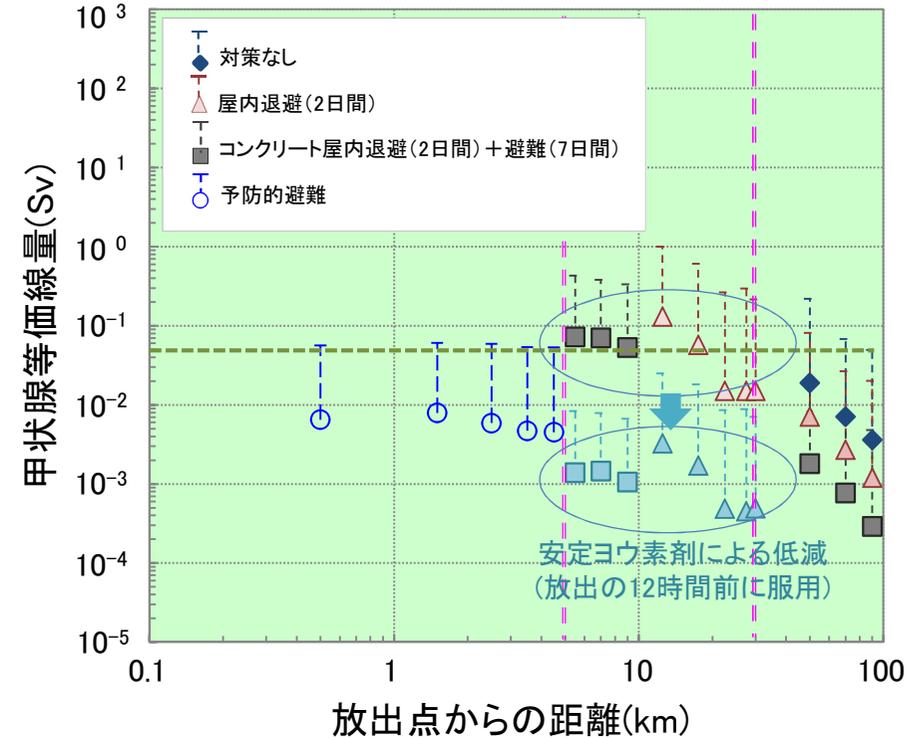
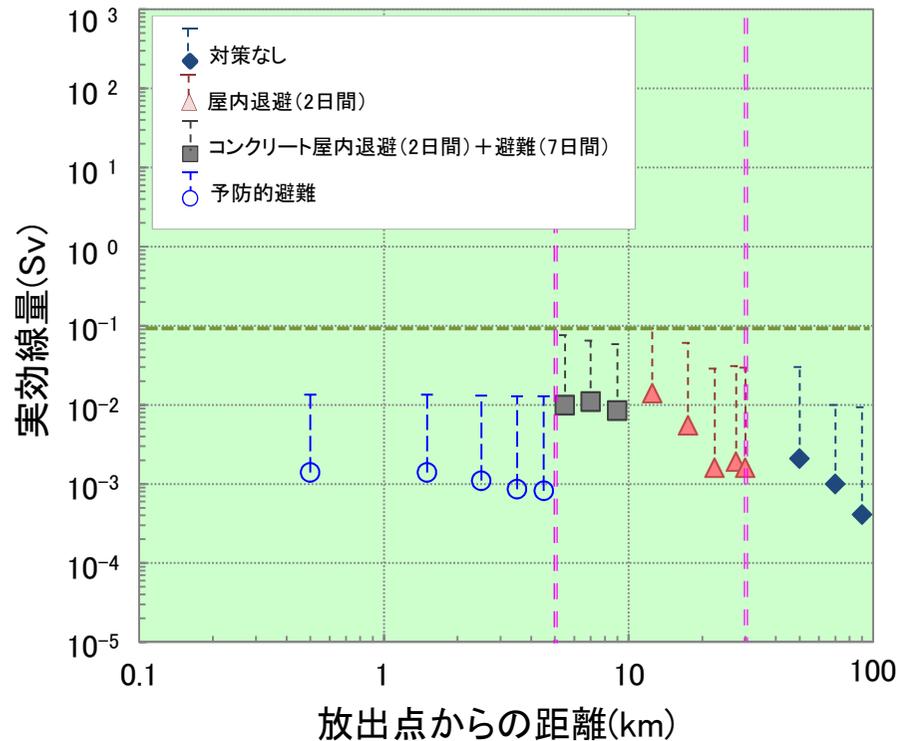
大規模放出と防護対策



- 屋内退避、またはコンクリート屋内退避によって、それぞれ0.4倍および0.2倍程度の線量低減が見込まれる。
- 実効線量および甲状腺等価線量の95%値に着目した場合、これらの措置を単独で実施しても、広い範囲でIAEAの包括的判断基準^{注1)}を上回ることが予想される。

注1) 国際原子力機関 (IAEA) のGeneral Safety Guide (GSG-2)において、甲状腺等価線量の包括的判断基準としては最初の7日間で50mSv、実効線量に対しては最初の7日間で100 mSvという値が採用されている。

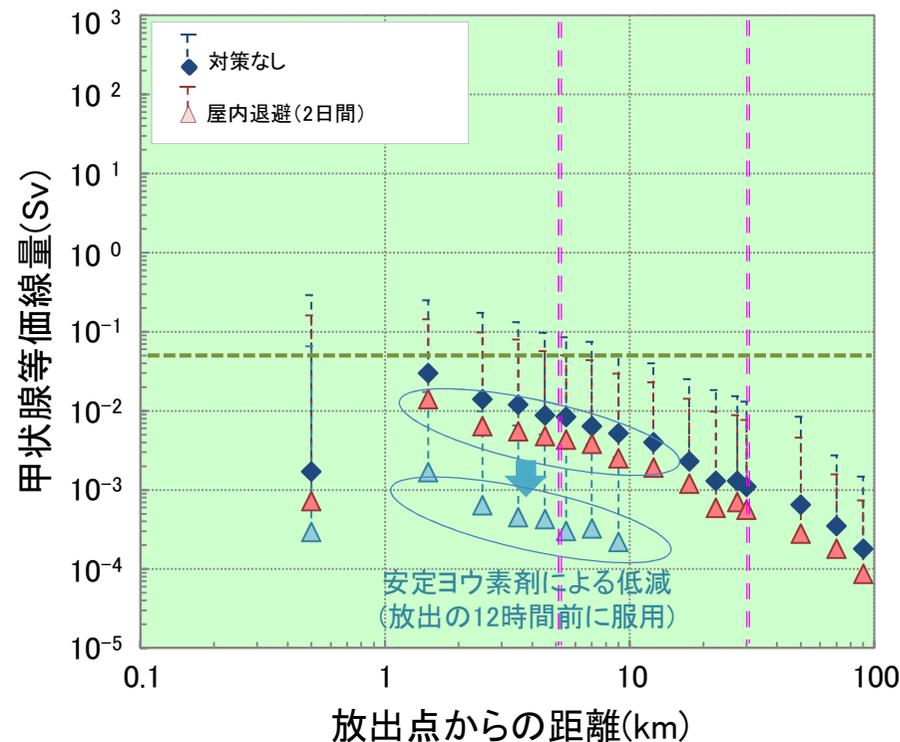
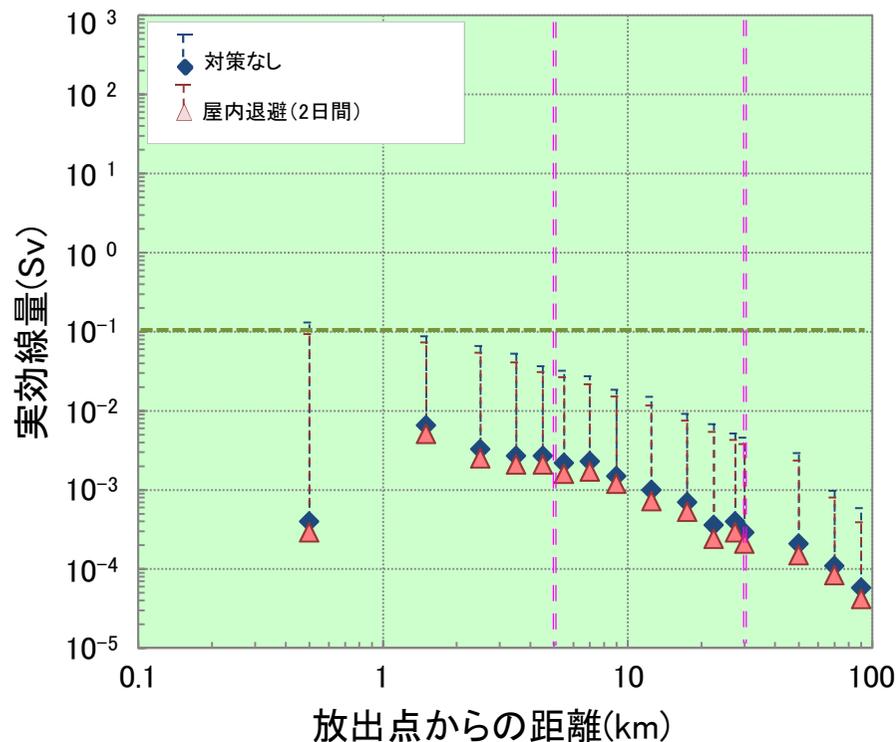
大規模放出と複合的な防護対策



- 適切な範囲で複数の防護対策 ((A)予防的避難(5km以内)、(B)コンクリート屋内退避および避難(5km - 10km)、(C)屋内退避(10km - 30km))を組み合わせることで、実効線量100mSvを下回ることが可能。
- 甲状腺等価線量で比較した場合、5km - 30kmの範囲においては、避難や屋内退避(コンクリート屋内退避含む)のみでは、50 mSvを上回る可能性がある。
- 5km - 30kmの範囲においても、屋内への退避と安定ヨウ素剤の服用(図は放出開始の12時間前に摂取した場合)を組み合わせることで、甲状腺等価線量の50 mSvを下回ることが可能。

管理放出時における複合的な防護対策

14



- 対策を実施しない場合に、気象条件によっては、放出点近傍において実効線量 100 mSvおよび甲状腺等価線量 50 mSvを上回る可能性がある。
- ただし、放出点近傍においても、屋内退避によって実効線量 100 mSvを下回ることが可能であり、さらに、安定ヨウ素剤を組み合わせることで、甲状腺等価線量も 50mSv未満に抑えることが可能。

まとめ

- ◆ 大規模な放出が予想される場合には迅速な対応が必要。本解析ケースでは、
 - 放射性物質が環境中へ放出される前に、PAZ(約5km)範囲は予防的に避難することで高い被ばく低減効果を期待できる。
 - UPZ(約30km)内では、放出点に近い5-10kmは屋内退避と段階的避難、10km以遠は屋内退避によって、実効線量の十分な低減が見込まれる。
 - 放射性ヨウ素の吸入による甲状腺被ばくについては、UPZ内での安定ヨウ素剤の事前摂取により、高い被ばく低減効果が見込まれる。
- ◆ 管理放出の場合、
 - IAEAの包括的判断基準をほとんどの気象条件で満たしているが、屋内退避と安定ヨウ素剤を組み合わせることで十分な被ばく低減効果が見込まれる。