

(5) 東京電力福島第一原子力発電所事故から得られた EPZ に関する教訓等

- ・ 東京電力福島第一原子力発電所事故では、地震、津波などの外部事象を原因として、緊急事態が発生し、大量の放射性物質が放出された。
- ・ これまでの防災時に使用する設備は地震、津波における対する備えが不十分であったことを踏まえ、今後の防災対策については、地震、津波との複合災害も考慮した検討、実施が必要である。
- ・ これまでの防災対策においては、原子炉単基に限定した緊急事態が発生することを想定して計画を立てていたが、東京電力福島第一原子力発電所事故では、現実に複数基で短時間にほとんど同時に緊急事態となり、大量の放射性物質が放出された。さらに、複数の原子力発電所で放射性物質放出事故が同時に発生する可能性があった。今後の事故想定においては、複数基、複数発電所において同時に緊急事態が発生することを考慮し防災対策を検討、実施することが必要である。
- ・ 東京電力福島第一原子力発電所の事故は、急速に事故が進展したことから、迅速な対応が求められた。迅速な判断ができるような意思決定手順を構築することが必要である。
- ・ 避難指示は、3 km、10 km、20 kmと順次拡大され、結果的には発電所近傍から段階的に避難が実施された。なお、情報伝達等の問題が指摘されている。
- ・ 屋内退避は、IAEA の GS-R-2 でも 2 日間とされ、防災指針でも「長期にわたることが予想される場合には、(中略) 避難の実施も検討する必要がある」とされていたが、20~30km の地域では、屋内退避の期間が約 1 か月 (3 月 15 日~4 月 10 日) となった。
- ・ 事故の初期段階では、放射性ヨウ素が支配的であったが、ヨウ素 131 の半減期は 8 日と短く、セシウム 134 及びセシウム 137 の半減期は 2 年及び 30 年と長いため、事故の中期段階では、放射性セシウムが支配的な状況となった。放射性ヨウ素と放射性セシウムのそれぞれの特性、健康への影響が異なるため、これらを踏まえた対策を採る必要がある。

解説2 防護措置の実施の考え方

防災対策を重点的に充実すべき地域を定めるに当たっては、周辺住民の健康・財産等を防護するため、緊急事態において迅速に効果的な防護措置が講じられるよう、その実施手順を予め定めておく必要がある。事故の不確実性や急速に進展する事故の可能性等を踏まえると、現行の事故が発生してから事故の規模と被害の範囲を予測し、防護措置の内容を決定する意志決定方式に代えて、危機管理的アプローチ、即ち、事前計画の充実とその実施判断基準の作成等、緊急事態に対する準備とその対応の明確化を図った意志決定方式を適用する（IAEAの安全要件に準拠）。

緊急事態への対応については、図3に示すように事故発生初期の対応、中期の対応、復旧期の対応など、時間経過（タイムライン）毎に整理する必要がある。時間的要素を考慮し緊急防護措置等を決定する仕組み（フロー図；図4参照）を構築する。避難時間を予め見積もっておき、段階的な避難を実施するなど、実効性のある避難を計画する。

緊急事態に際しては、緊急事態の区分と区分決定のための施設における判断基準（緊急時活動レベル（EAL：Emergency Action Level）及び環境における計測可能な判断基準（運用上の介入レベル（OIL：Operational Intervention Level））に基づく意思決定手順を構築し、EALに応じて避難措置等の予防的防護措置を準備する区域（PAZ）、主としてOILに基づき防護措置を行う地域として、緊急時防護措置を準備する区域（UPZ）を予め決定して準備を行う。また、原子力発電所毎の炉特性、地形、気候、人口分布等を踏まえて防護措置を講じることが必要である。

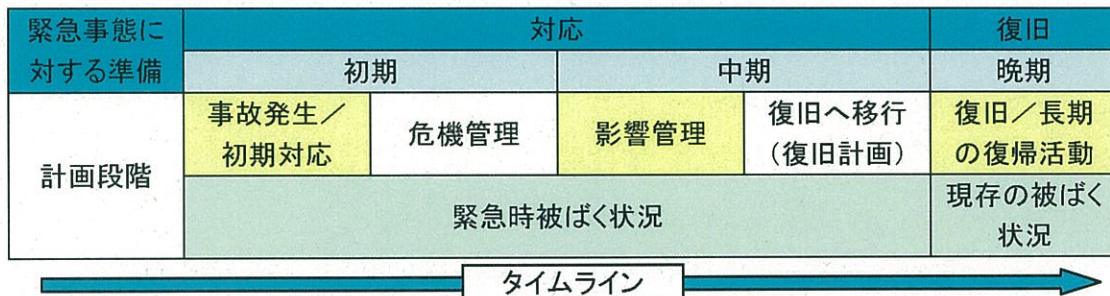


図3 緊急時管理のタイムライン

(出典：防災指針検討ワーキンググループ（第3回会合）配付資料 防WG第3-5-1号)

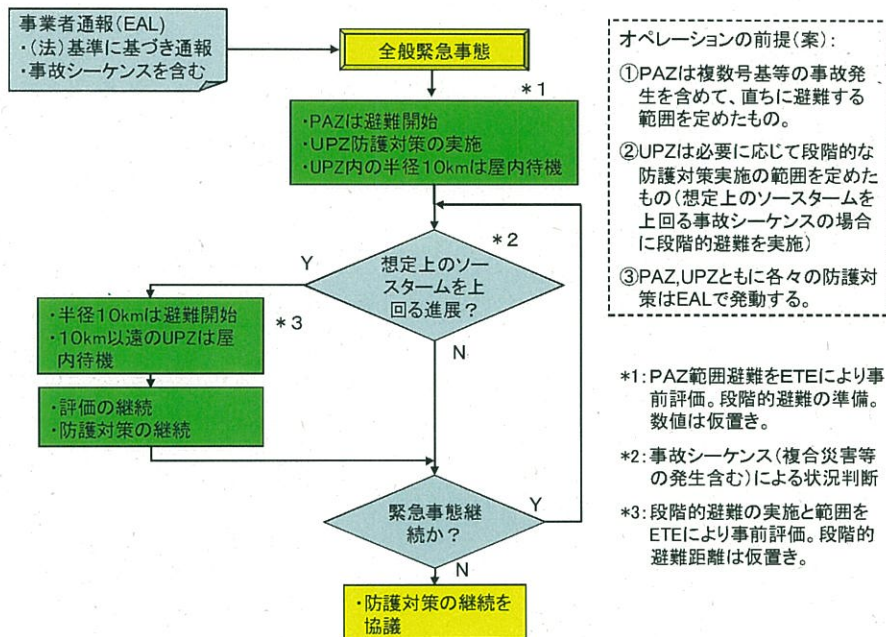


図4 緊急時初期対応意思決定フロー図 (イメージ)

(出典：防災指針検討ワーキンググループ (第5回会合) 配付資料 防WG第5-3号 一部修正)

解説3 範囲のめやす

(1) 確率論的安全評価 (PSA) 手法に基づく PAZ の検討

平成 21 年度「発電用原子炉施設の災害時における予防的措置範囲 (PAZ) の調査 (内閣府受託報告書) (日本原子力研究開発機構, 平成 22 年 3 月) では、BWR 及び PWR の代表プラントの内の事象に関する確率論的安全評価 (PSA) の情報を参考に、原子力機構の確率論的環境影響評価 (レベル 3PSA) コード OSCAAR を用いて PAZ のめやす範囲を検討した。

その結果、図 5 に示すように、様々な事故シーケンスに対し平均的な気象条件を仮定した場合、確定的影響を防止するための防護指標 (線量レベル) を超える線量となる範囲は、概ね 3 km 以内に収まっていることが明らかになった。

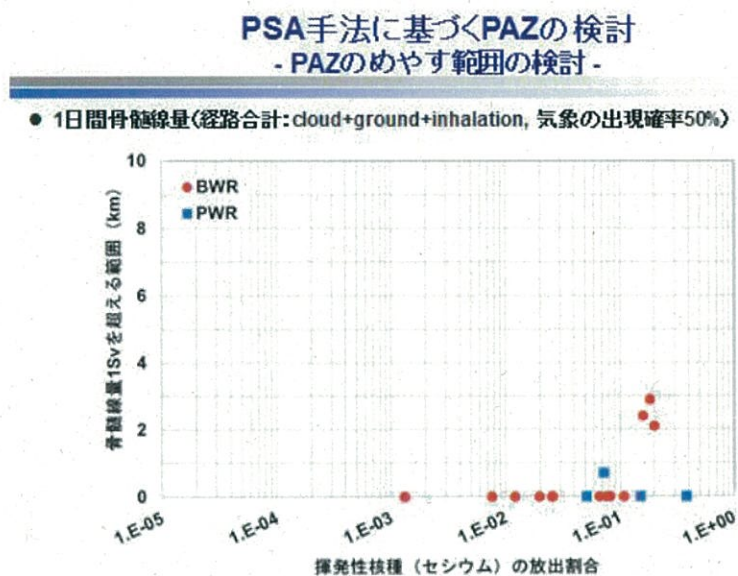


図 5 PAZ のめやす範囲の検討

(出典：防災指針検討ワーキンググループ (第 4 回会合) 配付資料 防 WG 第 4-1 号)

(2) 緊急時防護措置を準備する区域 (UPZ) の検討

1) 気象指針に基づく被ばく線量評価

福島第一原子力発電所のシビアアクシデントを踏まえて、PAZ の検討と同様に、確率論的安全評価 (PSA) で抽出されたシビアアクシデントのソースタームプロファイルから環境への放出が予想される放射性核種の放出量を検討した。ここでは、米国 NRC の更新ソースターム (NUREG-1465) を定めた手法を適用して、シビアアクシデントの解析結果から、図 6 に示すように安全機能を考慮した代表的なソースタームを評価した (出力: 3578MWth, 54 核種を考慮)。

ここで想定したソースタームを仮定し、「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」（気象指針）に示される想定事故時の被ばく計算に用いる大気中相対濃度 X/Q 等を用いて被ばく線量評価を行い、IAEA の安全指針 GSG-2 に示される包括的判断基準に従って、各防護措置の UPZ 範囲を検討した。その結果、図 7 に示すように、屋内退避及び避難については、最大約 10km、安定ヨウ素剤予防配布については、最大約 30km の範囲となった。

まとめ

- 米国 NRC の更新ソースターム (NUREG-1465) を定めた手法を適用して、シビアアクシデントの解析結果から EPZ のソースタームを求めた。また、事故シナリオは、LOCA で代表して良い。

放射性物質	ケースA	概数	安全機能の考慮
Xe	8.7×10^{-1}	1.0	1.0
I	5.7×10^{-2}	6×10^{-2}	6×10^{-3}
Cs	1.5×10^{-2}	2×10^{-2}	2×10^{-3}
Te	2.0×10^{-2}	2×10^{-2}	2×10^{-3}
Ba	1.4×10^{-3}	2×10^{-3}	2×10^{-4}
Ru	5.6×10^{-9}	6×10^{-9}	6×10^{-10}
Ce	1.9×10^{-6}	2×10^{-6}	2×10^{-7}
La	2.2×10^{-6}	3×10^{-6}	3×10^{-7}

図 6 UPZ 検討のためのソースターム

(出典：防災指針検討ワーキンググループ（第 5 回会合）配付資料 防 WG 第 5-2 号)

各防護措置の範囲(2)

● IAEA基準

防護措置	包括的判断基準	範囲(km)	備考
屋内退避、避難	実効線量 100mSv	9	放出高100m, 放出開始0h
		4	放出高100m, 放出開始4h
		10	放出高60m, 放出開始0h
		6	放出高60m, 放出開始4h
ヨウ素甲状腺ブロック	甲状腺等価線量 50mSv	29	放出高100m, 放出開始0h
		28	放出高100m, 放出開始4h
		30	放出高60m, 放出開始0h
		29	放出高60m, 放出開始4h

図7 IAEA基準を用いた気象指針に基づく被ばく線量評価の結果

(出典：防災指針検討ワーキンググループ（第6回会合）配付資料 防WG第6-2号)

2) IAEAが定めるOILを用いた検討

環境モニタリングデータから、福島第一原子力発電所事故当初の周辺の空間放射線量率を求め、IAEAが定めるOIL等を用いて検討した。

その結果、IAEAの即時避難又は堅固な建物への屋内退避のOIL(1,000 μ Sv/h)を超えている測定値は1F敷地境界測定点のみである。また、一時的移転のOIL(100 μ Sv/h)を超えている測定値は1F周辺の半径約5kmの範囲と北西方向に延びる帯状の範囲(概ね30km)に限られている。(図8)

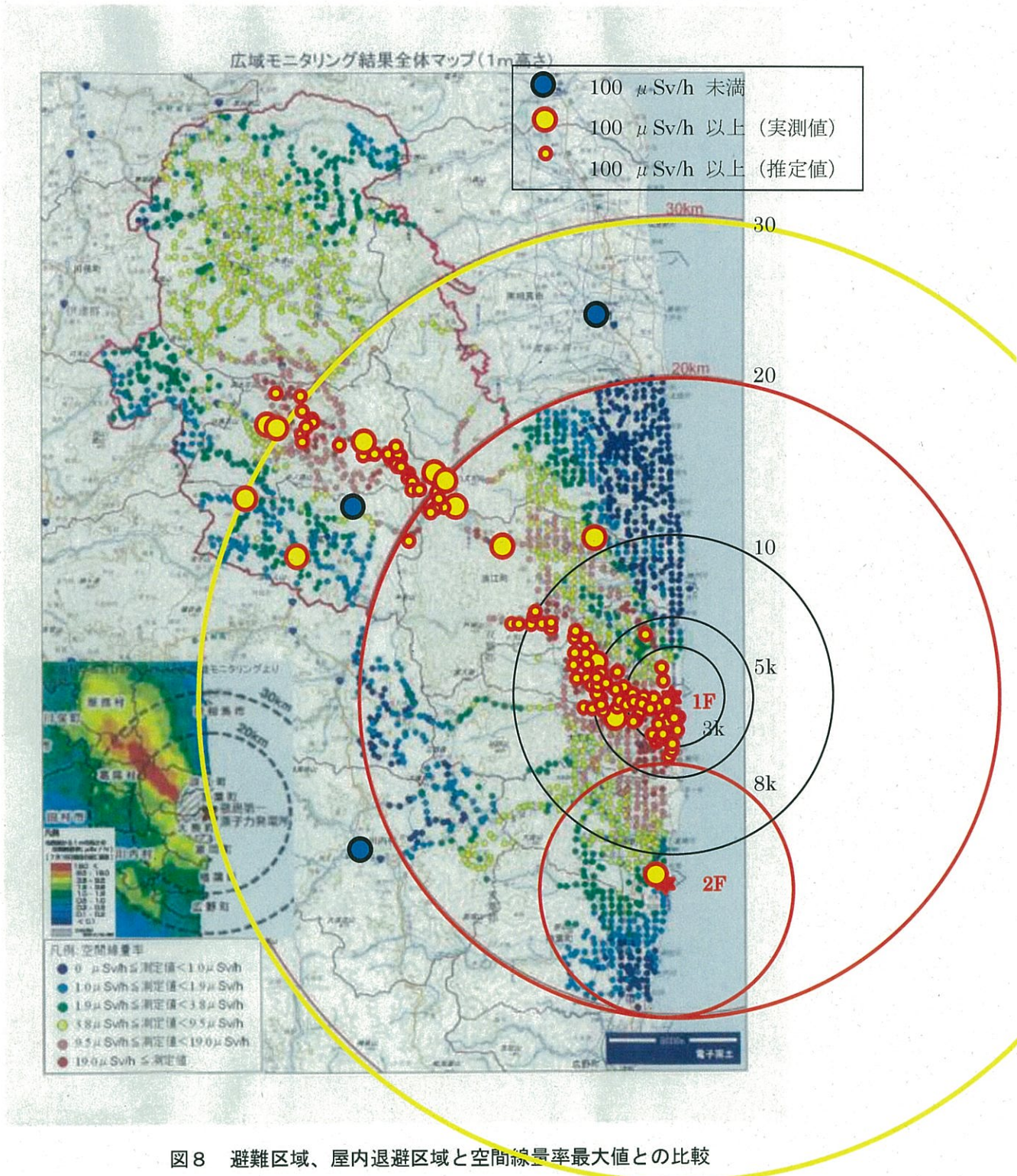


図8 避難区域、屋内退避区域と空間線量率最大値との比較

(出典：防災指針検討ワーキンググループ（第5回会合）配付資料 防WG第5-1号)

(3) 防災対策を重点的に充実すべき地域の考え方のイメージ

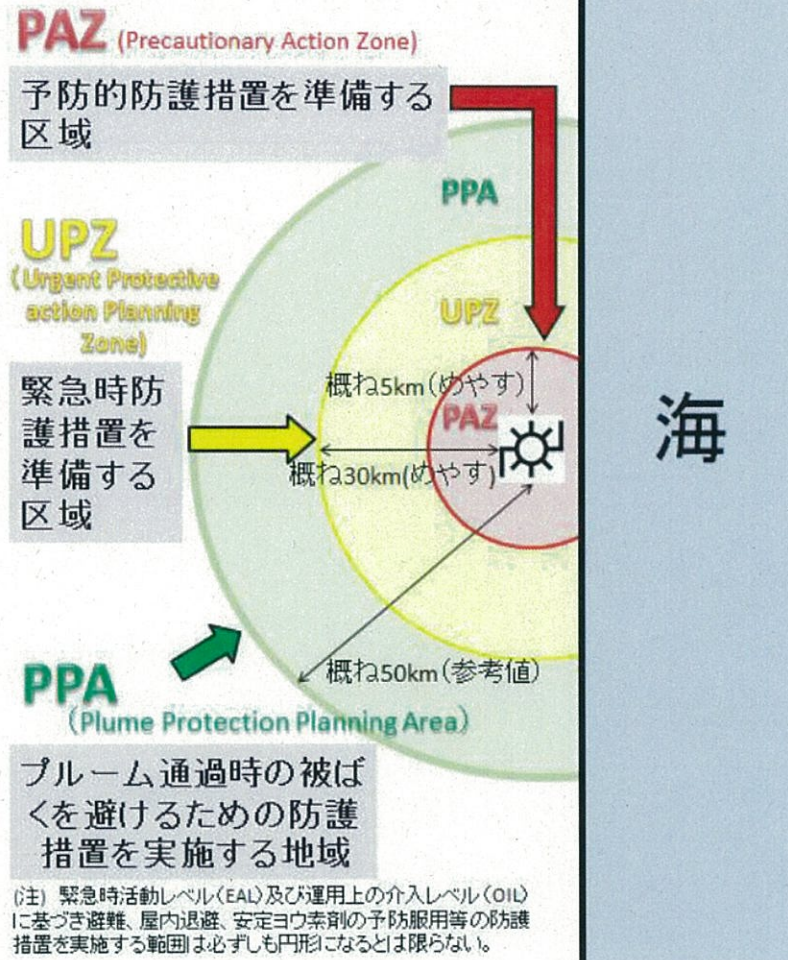


図9 防災対策を重点的に充実すべき地域の考え方のイメージ

(原子力安全委員会事務局作成)

○予防的防護措置を準備する区域 (PAZ : Precautionary Action Zone) : 概ね 5 km

急速に進展する事故を考慮し、重篤な確定的影響等を回避するため、緊急事態区分に基づき、直ちに避難を実施するなど、放射性物質の環境への放出前の予防的防護措置（避難等）を準備する区域

○緊急時防護措置を準備する区域 (UPZ : Urgent Protective action Planning Zone) : 概ね 30 km

国際基準等に従って、確率的影響を実行可能な限り回避するため、環境モニタリング等の結果を踏まえた運用上の介入レベル (OIL)、緊急時活動レベル (EAL) 等に基づき避難、屋内退避、安定ヨウ素剤の予防服用等を準備する区域。

○プルーム通過時の被ばくを避けるための防護措置を実施する地域 (PPA : Plume Protection Planning Area) : 概ね 50 km (参考値)

放射性物質を含んだプルーム（気体状あるいは粒子状の物質を含んだ空気の一団）による被ばくの影響を避けるため、自宅への屋内退避等を中心とした防護措置を実施する地域。

※参考：ドイツにおいては、25～100km の範囲に安定ヨウ素剤が備蓄されており、必要に応じて州当局が配布する体制となっている。

解説4 プルーム被ばくに関する東京電力福島第一原子力発電所事故の例

環境中の放射性物質濃度の測定(ダストサンプリング)結果と発電所から測定点までの SPEEDI による拡散シミュレーションを組み合わせることによって、放出源情報を逆推定し、推定した放出源情報を SPEEDI の入力とすることによって、過去にさかのぼって施設周辺での放射性物質の空气中濃度や地表面沈着量の分布を求め、事故発生時点からの内部被ばく及び外部被ばくの積算線量を試算した。

その結果、図 10 に示すように、プルームの放射性ヨウ素の吸入による甲状腺等価線量は、IAEA の安全指針 GSG-2 の安定ヨウ素剤予防服用の判断基準 (50mSv) を用いると、その範囲が概ね 50 km に及んだ可能性がある。

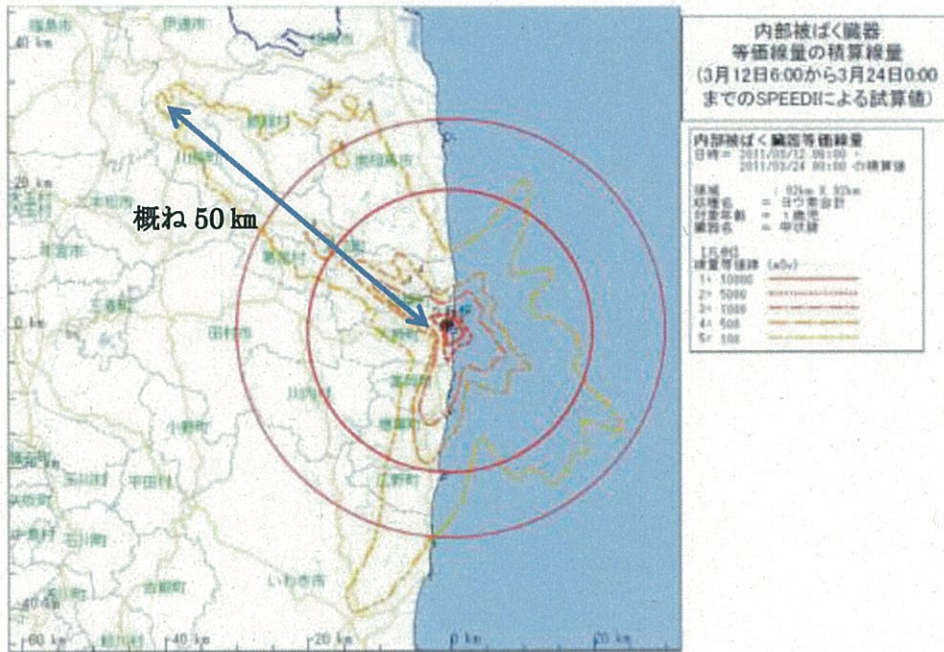


図 10 一歳児甲状腺の内部被ばく等価線量

(出典：文部科学省 緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム (SPEEDI) を活用した試算結果)

注) 上記の積算線量は、24 時間屋外にいた場合を仮定している。日常的な生活のパターンとして、屋外 8 時間、屋内 16 時間を仮定すると、現実的な積算線量は、24 時間屋外の場合の半分 (8 時間+16 時間×1/4=12 時間) となる。したがって、上図の 100mSv のラインが現実的な積算線量 50mSv のものに相当すると考える。

(参考) 現行防災指針における EPZ 記載内容

第3章 防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲

3-1 地域の範囲の考え方

原子力施設において、放射性物質又は放射線の異常な放出が発生した場合、緊急に講ずべき応急対策は、周辺住民等の被ばくを低減するための防護措置である。

原子力施設からの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の大きさ、影響を与えるまでの時間は、異常事態の態様、施設の特性、気象条件、周辺の地形、住民の居住状況等により異なり、発生した具体的事態に応じて臨機応変に対処する必要がある。その際、限られた時間を有効に活用し、周辺住民等の被ばくを低減するための防護措置を短期間に効率良く行うためには、あらかじめ異常事態の発生を仮定し、施設の特性等を踏まえて、その影響の及ぶ可能性のある範囲を技術的見地から十分な余裕を持たせつつ「防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲」（以下「EPZ:Emergency Planning Zone」という。）を定めておき、そこに重点を置いて原子力防災に特有な対策を講じておくことが重要である。この範囲で実施しておくべき対策としては、例えば、周辺住民等への迅速な情報連絡手段の確保、緊急時モニタリング体制の整備、原子力防災に特有の資機材等の整備、屋内退避・避難等の方法の周知、避難経路及び場所の明示等が挙げられる。

原子力施設からの放射性物質又は放射線の影響は、放出源からの距離が増大するにつれ著しく減少することから、EPZをさらに拡大したとしても、それによって得られる効果は僅かなものとなる。また、EPZ内においても、施設からの距離に応じて、施設に近い区域に重点を置いて対策を講じておくことが重要である。

なお、放射性物質によって汚染された飲食物の摂取による内部被ばくの影響については、飲食物の流通形態によってはかなりの広範囲に及ぶ可能性も考えられるが、飲食物の摂取制限等の措置は、原子力施設からの放射線や放射性プルームによる被ばくへの対応措置とは異なって、かなりの時間的余裕を持って講ずることができるものと考えられる。

3-2 地域の範囲の選定

EPZのめやすは、原子力施設において十分な安全対策がなされているにもかかわらず、あえて技術的に起こり得ないような事態までを仮定し、十分な余裕を持って原子力施設からの距離を定めたものである。具体的には、施設の安全審査において現実には起こり得ないとされる仮想事故等の際の放出量を相当程度上回る放射性物質の量が放出されても、この範囲の外側では屋内退避や避難等の防護措置は必要がないこと等を確認し、また過去の重大な事故、例えば我が国のJCO事故や米国のTMI原子力発電所事故との関係も検討を行った。この結果、EPZのめやすとして、表1に示す各原子力事業所の種類に応じた距離を用いることを提案する。EPZのめやすについての技術的側面からの検討内容を、付属資料4に示す。

なお、このめやすは、原子力施設の特性を踏まえて類型化し、余裕を持って設定したものであるが、特徴ある施設条件等を有するものについては、必要に応じ、当委員会において個別に評価し、提案することとする。

表1 各原子力施設の種類ごとのEPZのめやす

施設の種類		EPZのめやすの距離（半径）
原子力発電所、研究開発段階にある原子炉施設及び50MWより大きい試験研究の用に供する原子炉施設		約8～10km
再処理施設		約5km
試験研究の用に供する原子炉施設（50MW以下）	熱出力 $\leq 1\text{kW}$	約50m
	$1\text{kW} < \text{熱出力} \leq 100\text{kW}$	約100m
	$100\text{kW} < \text{熱出力} \leq 10\text{MW}$	約500m
	$10\text{MW} < \text{熱出力} \leq 50\text{MW}$	約1500m
	特殊な施設条件等を有する施設	個別に決定（※1）
加工施設及び臨界量以上の核燃料物質を使用する施設	核燃料物質（質量管理、形状管理、幾何学的安全配置等による厳格な臨界防止策が講じられている状態で、静的に貯蔵されているものを除く。）を臨界量（※2）以上使用する施設であって、以下のいずれかの状況に該当するもの ・不定形状（溶液状、粉末状、気体状）、不定性状（物理的・化学的）で取り扱う施設 ・濃縮度5%以上のウランを取り扱う施設 ・プルトニウムを取り扱う施設	約500m
	それ以外の施設	約50m
廃棄物埋設施設及び廃棄物管理施設		約50m
使用済燃料中間貯蔵施設（※3）		約50m（※4）

※1：特殊な施設条件等を有する施設及びそのEPZのめやすの距離

日本原子力研究開発機構JRR-4 約1000m

日本原子力研究開発機構HTTR 約200m

日本原子力研究開発機構FCA 約150m

東芝NCA 約100m

※2：臨界量は、水反射体付き均一 UO_2F_2 又は $\text{Pu}(\text{NO}_3)_4$ 水溶液の最小推定臨界下限値から導出された量を用いる。

ウラン（濃縮度5%以上） 700g- ^{235}U

ウラン（濃縮度5%未満） 1200g- ^{235}U

プルトニウム 450g- ^{239}Pu

※3：事業所外運搬用の輸送容器である金属製乾式キャスクを貯蔵容器として用いた施設に限る。

※4：EPZのめやすの距離を約50メートルとする場合の施設からの距離の考え方については、金属キャスクを貯蔵する区域からの距離とする。

3-3 具体的な地域防災計画の策定等に当たっての留意点

地域防災計画（原子力災害対策編）を作成する範囲については、対象とする各原子力施設ごとにEPZのめやすを踏まえ、行政区画、地勢等地域に固有の自然的、社会的周辺状況等を勘案し、ある程度の増減を考慮しながら、具体的な地域を定める必要がある。

事故の形態によっては、EPZの外側であってもなんらかの対応が求められる場合も全くなじとはいえないものの、その場合にもEPZ内における防災対策を充実しておくことによって、十分に対応できるものと考えられる。

EPZのめやすは、十分に安全対策が講じられている原子力施設を対象に、あえて技術的に起こり得ないような事態までを仮定して、さらに、十分な余裕を持って示しているものであり、万一の緊急時の対応においても、その事態の影響の規模に応じEPZ内の一部の範囲において、あらかじめ準備された対策を重点的に講じることになると考えられる。したがって、平常時において安全であることはもちろん、日常生活になんら支障を及ぼすものではない。この点について原子力関係者が、周辺住民等の正しい理解が得られるよう適切な情報提供等に努めることが重要である。

また、原災法において、原子力事業者は防災業務計画を都道府県、立地市町村と協議し、都道府県は、関係周辺市町村の意見を聴くこととされているが、この場合、EPZ内の市町村の意見を聴くことがまず基本となると考えられる。

なお、施設のEPZが原子力事業所の敷地に包含される場合、事業所外の対応としては、発生した事故の情報連絡、住民広報等の体制と周辺環境への影響の確認という観点も含めた、ある程度のモニタリング体制を講じておけば十分であると考えられる。