

研究内容の要約

背景

- 原子力規制委員会が策定した「原子力災害対策指針」においては、緊急時の防護措置の実施を判断する基準として運用上の介入レベル(OIL)を設定することとしている。現状のOILは、東京電力福島第一原子力発電所事故の際に実施された防護措置の状況や教訓を踏まえて設定されている。
- 今後、OILの導出に係る情報がIAEAから公表され次第、これを考慮して原子力規制委員会がOILの見直しを検討することになっている。

目的および内容

1. OIL計算のためのコード整備

OILの見直しに資するために、IAEAによるOILの評価方法を調査し利用可能となるようにコードの整備を行った。

2. プルーム対策に関するOILの検討

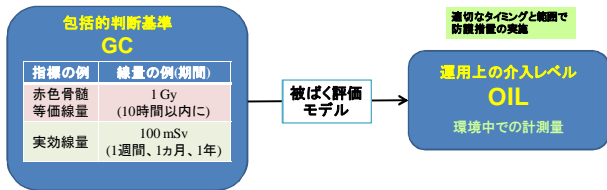
我が国の緊急時計画において、UPZのめやす距離より遠方の地域における防護措置の実施の判断の考え方が未定となっているため、これらの地域で防護措置の実施を判断するための指標の開発を行った。合理的なプルーム対策を実施するために必要となるOILを評価したところ、OILを約10 mSv/hに設定することにより、あらゆる事故シナリオに対して最も保守的に防護措置の実施を判断できることが分かった。

研究成果の概要

1. OIL計算のためのコード整備

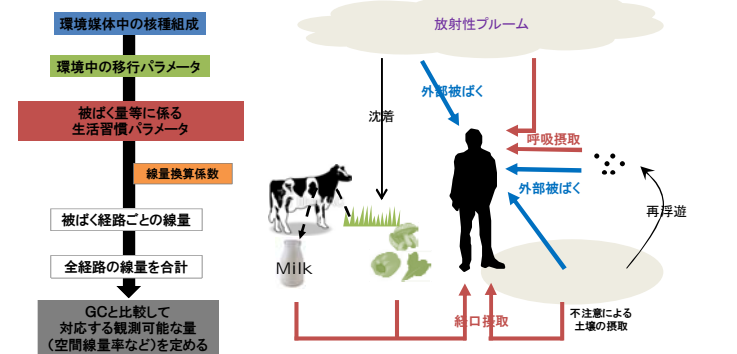
運用上の介入レベル(OIL)とは？

- 原子力緊急事態においては、個人の確定的影響の発生の防止と、集団の確率的影響の発生の低減を目的とし、避難や屋内退避などの防護措置が実施される。
- 緊急時に迅速かつタイミングよく措置を導入するために、運用上の介入レベル(OIL)がIAEAにより提案されている。
- OILは空間線量率や環境媒体中の放射性物質濃度などの測定可能な量として設定されており、被ばく評価モデルを通じて包括的判断基準(GC)から導出される。



計算コードの内容

IAEAによるOILの計算方法^{※1}を参考に、コード整備を進めた。



- OIL1、2、3、4、7を評価の対象とする。
- OIL1、2、3は地表1mにおける空間線量率、OIL4は体表面から10cmにおける線量率、OIL7は食物中のヨウ素131とセシウム137の濃度で表されている。

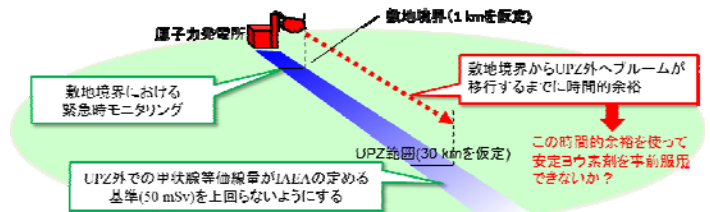
OIL	デフォルト値	線量	期間	対応例	ガラスシアンゲン	クワドシアンゲン	土壌の塵埃	再浮遊物質の呼吸摂取	汚染食品等(菜園産)	汚染食品等(流通産)	体表面汚染
OIL1	1000 μSv/h	実効線量 100 mSv 胎児の等価線量 100 mSv	7日	● 迅速な避難 ● ヨウ素剤服用 ● 地産品の停止 ● スクリーニングなど	●	●	●	●	●	●	●
OIL2	10日以内 100 μSv/h 11日以後 25 μSv/h	実効線量 100 mSv 胎児の等価線量 100 mSv	1年	● 移動 ● 地産品の停止など	●	●	●	●	●	●	●
OIL3	1 μSv/h	実効線量 100 mSv (OILは保守的に10 mSvを超えないように設定)	1年	● 地産品の不必要な出荷の停止など	●	●	●	●	●	●	●
OIL4	1 μSv/h	実効線量 100 mSv 胎児の等価線量 100 mSv	7日	● 体表面の除染 ● ヨウ素剤の服用など	●	●	●	●	●	●	●
OIL7	I-131 1000 Bq/kg Cs-137 200 Bq/kg	実効線量 100 mSv (OILは保守的に10 mSvを超えないように設定)	1年	● 地産品の不必要な摂取の中止 ● 非汚染食品の提供など	●	●	●	●	●	●	●

※1: IAEA, 2013, "Actions to Protect the Public in an Emergency due to Severe Conditions at a Light Water Reactor", Emergency Preparedness and Response, EPR-NPP-PPA
T. McKenna, 2013, "Default operational intervention levels (OILs) for severe nuclear power plant or spent fuel pool emergencies." Health Phys. 104(5) 459

2. プルーム対策に関するOILの検討

合理的なプルーム対策とは？

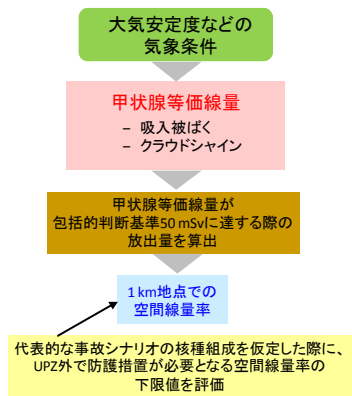
- UPZ外(原子力発電所から30km以遠の地域)ではプルーム通過時に放射性ヨウ素の吸入による甲状腺被ばく等の影響があることが想定されており、この甲状腺被ばくは、プルーム到達前の屋内退避や安定ヨウ素剤の摂取によって効果的に低減することができると考えられる。
- UPZ外(30km地点)での甲状腺等価線量が50 mSvに達するような事故に対して、敷地境界における空間線量率を計算した。



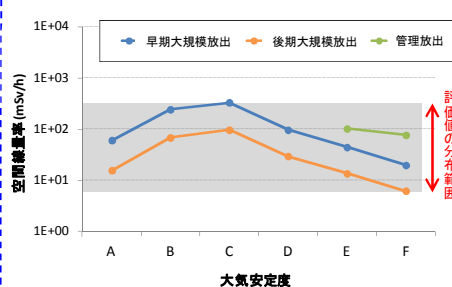
計算方法

- 複数の事故シナリオと気象条件を考慮して敷地境界における空間線量率を計算した。
- UPZ外で防護措置が必要となる状況について、敷地境界付近でもっとも保守的に判断するための空間線量率の下限値を評価した。

代表的な事故シナリオと放出に係る情報				
事故シナリオ	早期大規模放出	後期大規模放出	管理放出	
放出開始時間	3	27	12	
放出高さ(m)	40	40	100	
放出割合(一)	希ガス	9.5E-01	9.5E-01	8.7E-01
	ヨウ素	3.1E-02	3.3E-02	9.1E-04
	セシウム類	2.8E-02	2.8E-02	7.5E-04
	テルル類	6.8E-03	2.9E-04	3.2E-04
	バリウム類	7.0E-05	1.6E-08	2.3E-08
	ルテニウム類	4.8E-07	3.8E-11	4.1E-11
	ランタン類	1.9E-07	6.4E-12	7.1E-12



計算結果



- 3種類の事故シナリオと同様の核種組成を仮定し、30km地点で甲状腺等価線量が50mSvに達する場合に、1km地点での空間線量率を評価した。
- 複数の事故シナリオと気象条件を考慮して、幅広く事故影響を包絡するようにOILを決定すると、UPZ外で防護措置が必要となる状況をもっとも保守的に判断するための下限値はおおよそ10 mSv/h程度となった。

環境モニタリングの結果に基づく運用上の介入レベルの開発

日本原子力研究開発機構 安全研究センター 放射線安全・防災研究グループ

原子力規制委員会の原子力災害対策指針においては、緊急時の防護措置の実施を判断する基準として、運用上の介入レベル（OIL）を設定することになっております。現状の OIL は、東京電力福島第一原子力発電所事故の際に実施された防護措置の状況や教訓を踏まえて設定されていません。今後は、国際原子力機関（IAEA）から OIL の導出に係る情報が公表され次第、これを考慮して原子力規制委員会が OIL の見直しを検討することになっています。本研究においては OIL の見直しに資するために、IAEA による OIL の評価方法を調査し、利用できるようにコードの整備を行いました。また、我が国の緊急時計画において、緊急時防護措置を準備する地域（UPZ）のめやす距離（概ね 30km）より遠方の地域における防護措置の実施の判断の考え方が未定となっているため、これらの地域での防護措置の実施を判断するための OIL の開発を行いました。

1. OIL 計算のためのコード整備

原子力緊急事態には、個人の確定的影響の発生の防止と、集団の確率的影響の発生の低減を目的とし、避難や屋内退避などの防護措置が実施されます。これらの目的を達成するために、現在の IAEA の体系において包括的判断基準（GC）と呼ばれる線量基準を設けています。GC は等価線量や実効線量として表現されています。等価線量および実効線量は計算によって求められる量であるので、緊急時において迅速かつタイミングよく措置を導入するために用いるのは適切ではありません。そのため IAEA は、空間線量率や環境媒体中の放射性物質濃度などの測定可能な量として OIL を設定しています。OIL は、土壌表面から大気中への再浮遊、食物中への移行など、核種の環境中での移行に係るパラメータと被ばくに係る生活習慣パラメータを考慮した被ばく評価モデルを通じて GC から導出されます。当グループにおいては、IAEA による OIL の評価モデルを調査し、これを利用できるように計算コードの開発を行いました。

2. プルーム対策に関する OIL の検討

原子力災害対策指針によると、原子力緊急事態には、施設からの距離に基づいて対象範囲を区切った上で防護措置が行われます。施設の約 5 km 以内の PAZ および 30 km までの UPZ に対しては一連の対応が定められているものの、UPZ の外側の領域に対しては、実践上の防災計画が未定な部分があります。UPZ 外ではプルーム通過時に放射性ヨウ素の吸入による甲状腺被ばく等の影響があることが想定されており、この甲状腺被ばくは、プルーム到達前の屋内退避や安定ヨウ素剤の摂取によって効果的に低減することができると考えられています。本研究では UPZ 外において防護措置を実施するための指標の検討を行いました。

原子力緊急事態において放射性物質が環境中に放出され、敷地内で測定されてから UPZ 外に到達するまでにはある程度の時間的余裕が想定されます。そのため、敷地境界付近での緊急時モニタリングにより測定した空間線量率をもとにして UPZ 外での防護措置の実施を判断できる可能性があります。そこで本研究では、敷地境界付近における空間線量率を OIL として用いる場合にどの程度の値を用いるのが適切か検討を行い、その下限値を評価しました。複数の事故シナリオと気象条件を考慮して、幅広く事故影響を包絡するように OIL を決定すると、UPZ 外で防護措置が必要となる状況をもっとも保守的に判断するための下限値はおよそ 10 mSv/h 程度となりました。

リスク情報を活用した原子力防災対策の研究

日本原子力研究開発機構 安全研究センター 放射線安全・防災研究グループ

【研究目的】福島第一原子力発電所事故の教訓も踏まえた原子力防災における防護対策戦略の提案と汚染地域における住民の被ばく評価

リスク情報を活用した安全規制への貢献

- ・安全目標、立地評価等に係る技術的基盤の提供
- ・実効的な地域防災計画を策定するための技術的支援

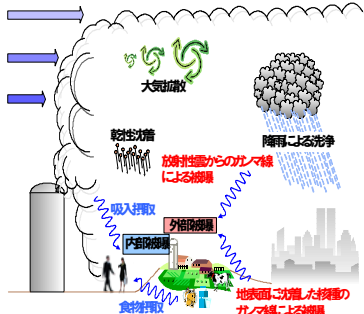
汚染地域における住民の線量評価と管理への貢献

- ・住民の被ばく線量を包括的に評価できる手法の開発
- ・社会的影響を考慮した防護措置の最適化

放射性物質の大気拡散解析と被ばく線量評価により事故影響を解析

【被ばく線量評価】

環境へ放出された放射性核種による被ばく経路を考慮
外部被ばく
 放射性雲からのガンマ線
 地表面沈着した核種からのガンマ線
内部被ばく
 放射性雲の吸入摂取、汚染された食品・水の経口摂取



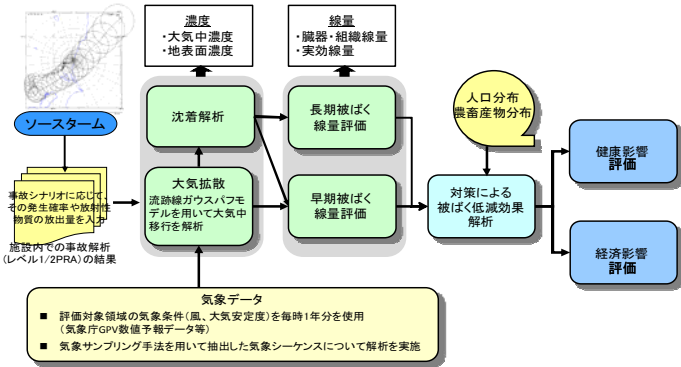
確率論的リスク評価コードOSCAARの開発 —事故前の「計画段階」に係る研究—

【計画段階の研究】

技術的に想定される事故シナリオを網羅し、事故の影響の大きさに応じて防護対策を設定→原子力発電所の潜在的なリスクを包括的に評価するために、**確率論的リスク評価(PRA: Probabilistic Risk Assessment)コードOSCAAR** (the Off-Site Consequence Analysis code for Atmospheric Release in reactor accident)を開発

【OSCAARコード】原子力発電所の事故解析で得られた核種の放出源情報(ソースターム)をもとに、大気拡散・沈着解析、被ばく評価及び防護措置解析に関する一連の評価・解析手法を統合した計算コード
 →多様な事故条件及び気象条件を考慮することで、事故の影響を幅広く網羅的に評価する事が可能

【防護措置: 避難、屋内退避、安定ヨウ素剤投与、移転、食物摂取制限】

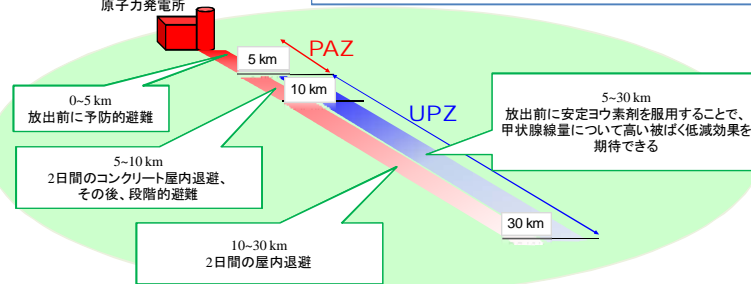


【OSCAARコードの活用】

- 住民の被ばく線量および防護措置の被ばく低減効果の分析**
- ・原子炉施設の立地における公衆の安全確保の考え方の妥当性検討
 - ・規制基準で要請する重大事故対策の防護措置の効果について検討
- リスク情報を活用した安全規制に貢献**
- ・地域防災計画の策定において、住民の安全を確保するために適切な**実施範囲とタイミング**を提案
 - ・現実的で効果的な計画の策定を技術的に支援する研究を実施

OSCAARコードの活用例

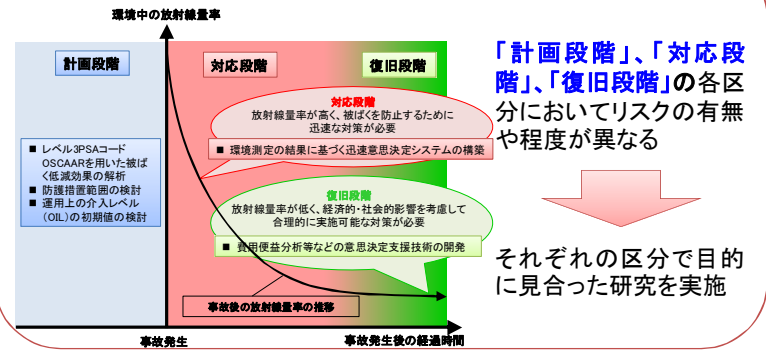
適切な範囲において時宜に適した防護措置を組み合わせることで現実的かつ効果的な防護対策を策定可能



【福島第一原子力発電所事故後の展開】

- OSCAARコードの高度化に着手
- ・放射性物質の環境動態データをもとに線量評価モデル等を改善
 - ・家屋等の除染の被ばく低減効果と必要経費の見直しを実施

原子力災害時の時間推移に応じた研究開発



運用上の介入レベルOILの開発 —事故前の「計画段階」と事故後の「対応段階」に係る研究—

【福島第一原子力発電所事故後の教訓】

- 事故条件や気象条件の不確かさ
- ・事故後の「対応段階」に住民の安全を確実に守るために、**現実**に即した**迅速な対応**が必要
 - ・「計画段階」において**十分な準備**を行っておく必要

環境測定の実測データから防護対策の必要の有無を判断できる**運用上の介入レベル(OIL: Operational Intervention Level)**を開発
【実測データ: 環境中の放射線量率や個人の被ばく線量】

【対応段階の研究】

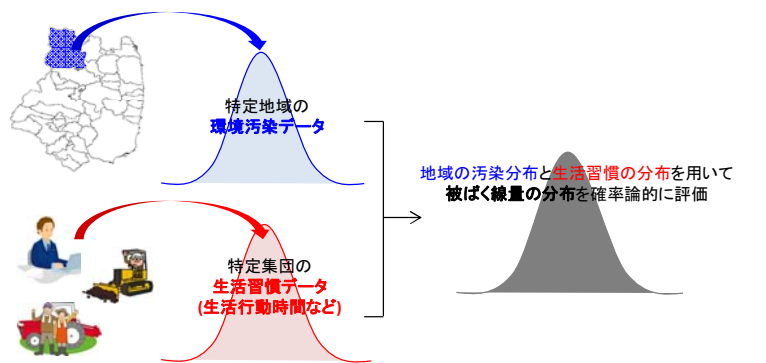
- 実測データを活用した防護対策に係る意思決定システム
- ・汚染に寄与している放射性核種の種類や組成を迅速に特定してより現実的な**修正OIL**を導出
 - ・航空機モニタリング等の環境モニタリングと連動させて、環境測定の結果にもとづく**迅速意思決定システム**の構築を開始

確率論的線量評価手法の開発 —「復旧段階」に係る研究—

【復旧段階の研究】原子炉の状態が安定し、放射線量率が低く、住民が日常生活を通じて被ばくを受ける段階

- ・住民の被ばく状況を把握するために線量を評価する必要
 - ・経済的・社会的な観点も取り入れた管理の実施が重要
- 現地の住民が日常生活を通じて受ける被ばく線量を評価するために必要な新しい線量評価手法を開発
- ・日常生活を通じて人々が受ける被ばく線量は、**汚染の程度の地域差**や**生活行動パターンの個人差**によって住民一人ひとり異なる
 - ・線量の評価には大きな不確かさが存在

不確かさを評価に取り入れた**確率論的な線量評価手法**を開発



【今後の展開】

- ・地域人口や経済に関する情報を組合せて**社会的影響の評価**を実施
- ・放射線防護に係る**費用便益分析等の意思決定支援技術**の開発
- ・経済的・社会的観点も考慮した**最適な防護対策のあり方**について提案

リスク情報を活用した原子力防災対策の研究

日本原子力研究開発機構 安全研究センター 放射線安全・防災研究グループ

リスク情報を活用した安全規制を支援するために、福島第一原子力発電所事故での教訓も踏まえ、リスク評価・管理手法を高度化することで、原子力防災における防護対策戦略の提案や汚染地域における住民の被ばく管理に資することを目標に研究を進めています。

原子力防災においては、原子力災害時の緊急時管理に係る時間推移を「計画段階」、「対応段階」、「復旧段階」に区分して研究が進められています

「計画段階」の研究として、原子力発電所の潜在的なリスクを包括的に評価するために、**確率論的リスク評価 (PRA: Probabilistic Risk Assessment) コード OSCAAR (the Off-Site Consequence Analysis code for Atmospheric Release in reactor accident)**を開発しました。OSCAAR コードは、原子力発電所の事故解析で得られた核種の放出源情報 (ソースターム) をもとに、**大気拡散・沈着解析、被ばく評価及び防護措置解析**に関する一連の評価・解析手法を統合した計算コードです。多様な事故条件及び気象条件を考慮することで、事故の影響を幅広く網羅的に評価することができます。この OSCAAR コードを用いて**住民の被ばく線量**および**防護措置の被ばく低減効果**を分析することで、原子炉施設の立地における公衆の安全確保に関する基本的考え方の妥当性や規制基準で要請する重大事故対策を想定した場合の防護措置の効果について検討し、**リスク情報を活用した安全規制**に貢献しています。

「対応段階」の研究として、当研究グループの被ばく線量評価手法を応用して、**環境測定の結果等から防護対策の必要の有無を判断できる運用上の介入レベル (OIL: Operational Intervention Level)**を開発しています。汚染に寄与している放射性核種の種類や組成を迅速に特定してより現実的な**修正 OIL**を導出し、**航空機モニタリング**等の環境モニタリングと連動させて、環境測定の結果にもとづく**迅速意思決定システム**の構築を行います。

「復旧段階」の研究として、現地の住民が日常生活を通じて受ける被ばく線量を評価するために必要な新しい線量評価手法の開発を進めています。日常生活を通じて人々が受ける被ばく線量は、汚染の程度の地域差や生活行動パターンの個人差によって住民一人ひとりに違いが生じ、これらの不確実さを評価に取り入れることのできる**確率論的な線量評価手法**を開発しました。今後は、確率論的評価手法で得られた被ばく線量の分布に関する情報に加えて、地域の人口や経済に関する情報を組み合わせて**社会的影響の評価**を進めながら、放射線防護に係る**費用便益分析**等の**意思決定支援技術**の開発を行い、経済的・社会的観点も考慮した**最適な防護対策**のあり方について分析を進めます。