

原子力・放射線防災と緊急モニタリング

Radiation Disaster and Emergency Monitoring

放射線 MOOK B03 原子力・放射線災害と緊急モニタリング 目次

- 01 原子力施設の所在と周辺道府県
- 02 原子力災害対策重点区域
- 03 原子力・放射線防災に関する国際的な考え方の流れ
- 04 脅威区分
- 05 緊急防護措置戦略策定の手順
- 06 原子力・放射線災害による重篤な健康影響
- 07 重篤な確定的影響を防ぐための措置を行う基準線量
- 08 確率的影響のリスクを減らすための措置を行う基準線量
- 09 包括的判断基準と運用基準
- 10 緊急事態
- 11 緊急活動レベル（EAL）の例
- 12 運用介入レベル（OIL）と防護措置
- 13 OIL-1：即時の避難を要する基準
- 14 OIL-2：一時移転を要する基準
- 15 OIL-4：体表面の除染を要する基準
- 16 飲食物のスクリーニングを行う基準
- 17 OIL-6：飲食物の摂取制限を要する基準
- 18 原子力災害対策指針における緊急時モニタリング体制
- 19 初期モニタリング
- 20 緊急時モニタリングの実施要員
- 21 緊急時における放射線施設の位置付け
- 22 参考レベル
- 23 関連文書

原子力施設の所在と周辺道府県

原子力・放射線災害における「緊急モニタリング」について紹介する MOOK B03 では、おそらく原子力災害時の対策について多くを語ることになるだろう。というのも、国際的には原子力災害と放射線災害は区別されているものではないのだが、我が国では緊急モニタリングを含む災害対策は原子力災害に対してのみフォーマット化されてきたからである。

2017年8月の時点で、日本国内には原子力事業者による48基の発電用原子炉がある。他に研究用の原子炉や、核燃料の加工・転換のための施設、同位体分離工場、再処理工場、使用済燃料貯蔵施設などを含めた原子力施設の立地道府県数は16となる。さらに、京都府と長崎県は原子力施設から10km圏内の地域を有する隣接府県となる。これらの他に、東京電力福島第一原子力発電所事故以降に原子力規制委員会によって新たに策定された**原子力災害対策指針**では、原子力施設から概ね半径30km圏内が緊急防護措置を準備する区域（UPZ: Urgent Protective Action Planning Zone）として定められた。6つの県が県域内にUPZを有する。図01-1に見るように、これらの道府県の合計面積は、日本の国土の半分以上を占めることになるだろう。これらの地域で原子力災害対策が準備されることになる。

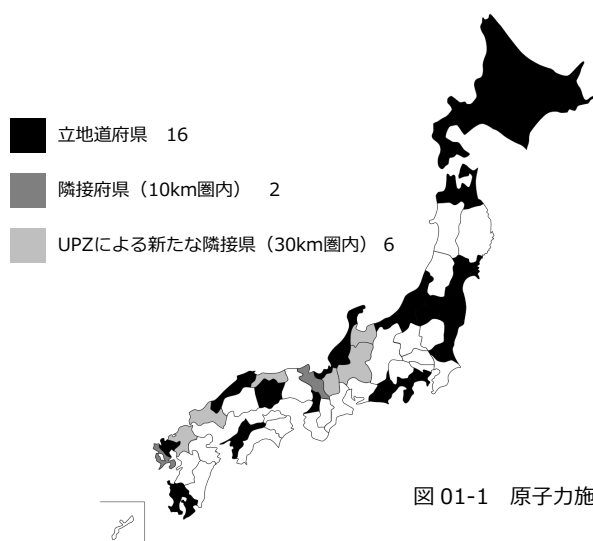


図 01-1 原子力施設の所在と周辺道府県

原子力災害対策重点区域

いざという時の準備を進めておくのは多くの地域で必要だが、特に避難や屋内退避など住民のアクションが必要になるエリアが原子力災害対策重点区域として定められている。これらの場所では、いざという時の情報連絡手段、屋内待避の方法、避難経路、医療機関の場所、緊急用移動手段などの住民への周知が必要とされる。もちろんその前提として、緊急モニタリング体制と資機材の整備が整っていることは言うまでもない。この原子力災害対策重点区域の範囲は原子力施設により異なるが、発電用原子炉施設、いわゆる原子力発電所では、2つの定型的なカテゴリーが定められている。

予防的防護措置を準備する区域

PAZ : Precautionary Action Zone

原子力施設から概ね半径 5km 圏内。放射性物質が放出される前の段階から予防的に避難等を行う。すなわちこのアクションはモニタリング結果に基づくものではなく、原子炉内の異常状況レベルに応じて決定されるものである。まず逃げよう、ということである。

緊急防護措置を準備する区域

UPZ : Urgent Protective Action Planning Zone

PAZ の外側の概ね半径 30km 圏内。放射性物質が放出される前の段階から予防的に屋内退避を行う。まず屋内に留まろう、ということになる。その後どうするかの決定にはモニタリング結果が深く関わることになる。

距離感をつかむために、図 02-1 には福島、福井、佐賀における 5km、30km 圏を示してみた。なお、廃止措置計画の認められた発電用原子炉や、研究用原子炉、ウラン加工施設、再処理施設等では PAZ は定められておらず、UPZ が 500m～5km の範囲にある。

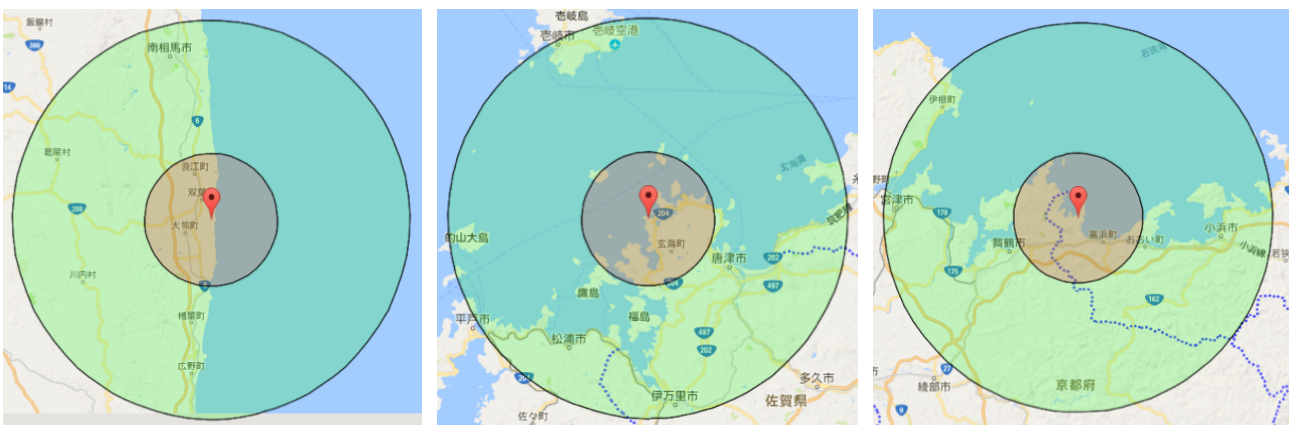


図 02-1 左から福島第一、玄海、高浜原子力発電所を例とした 5km (≒PAZ)、30km (≒UPZ) 圏を示す。福島第一では、帰宅困難区域を有する浪江町、双葉町、大熊町は PAZ、南相馬市、榎葉町、川内村、葛尾村は UPZ に相当していた。玄海では UPZ が佐賀、福岡、長崎の 3 県に及ぶ。高浜では PAZ が舞鶴市を含み、UPZ は京都府の方が福井県よりも広い。

原子力・放射線防災に関する国際的な考え方の流れ

原子力・放射線防災という言葉には、いざという時の備え (preparedness) と、いざという時の対応 (response) の両方を含む。2002 年に発表された国際原子力機関 (IAEA) による安全基準 (Safety Standards) シリーズ GS-R-2 は、小さな放射線施設の事故や汚染のレベルから、大規模な原子力発電所事故までを 5 つの脅威区分 (Threat category) に分け、それぞれのレベルに応じた備えと対応の考え方を示した。これは現在の原子力・放射線防災の基本となるものであったが、まだこの段階では必要な機能・行為と基盤的設備についての羅列に過ぎず、防護措置を行う decision making に至る被ばく線量基準や、その公衆への説明に十分なものではなかった。

次いで 2005 年に発表された IAEA 技術文書 (TECDOC) 1432 では、緊急時の対応基準となる被ばく線量を、放射線の人体影響に基づき公衆と緊急作業者のそれぞれについて示した。

仕上げが 2011 年の IAEA 安全ガイド (General Safety Guide) GSG-2 で、ここでは、まず包括的判断基準を作り、その後、具体性を持った運用基準を策定するという緊急防護措置戦略が示された。まず緊急時の対応基準となる被ばく線量を策定し、次に、その程度の被ばくが想定される環境放射線量などや原子力施設の状況などについて基準を作りましょうというわけである。ここでようやく放射線モニタリングが具体的に登場する。

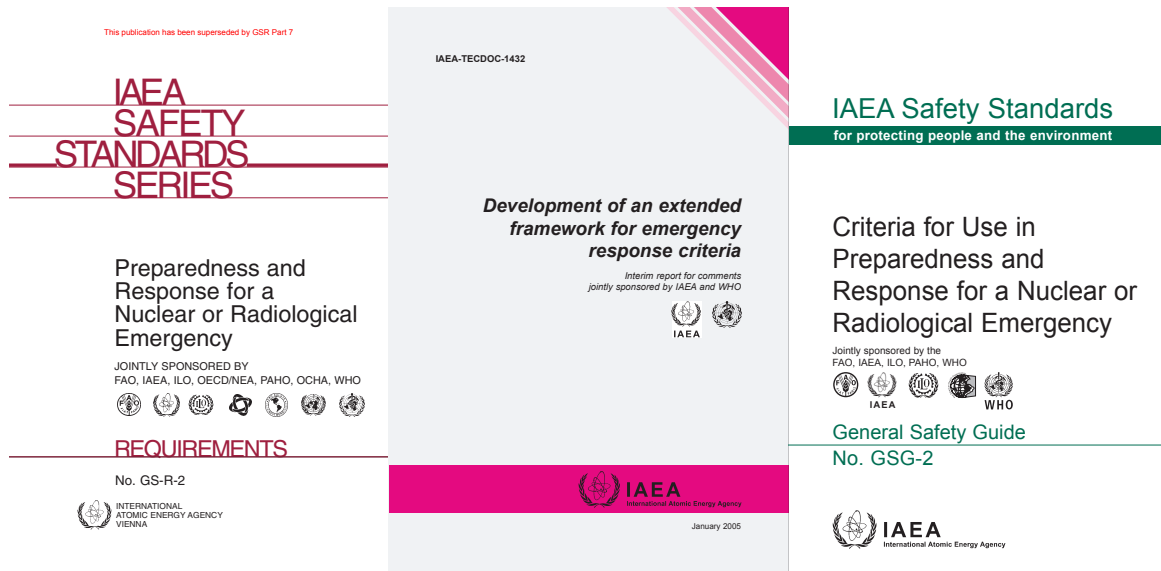


図 03-1 原子力・放射線防災の基本的考え方を示した IAEA による一連の文書。左から GS-R-2 (2002)、TECDOC-1432 (2005)、GSG-2 (2011)。

脅威区分

IAEA GS-R-2 で示された脅威区分（Threat category）という考え方は、すべての想定される原子力・放射線災害をその危険性に応じて整理し、段階的に規制（graded approach）しようというものである。原子力と放射線がそれぞれ原子炉等規制法と放射線障害防止法によって完全に区別され規制される、従来の国内法の法体系から見ると、画期的とも言える。

表 04-1 脅威区分の考え方

区分	対象となる施設	施設の例
I	敷地外において重篤な確定的健康影響を生じ得る敷地内の事象や、大気又は水系への放射性物質の放出、若しくは敷地内のある場所を起源とした外部被ばく（遮蔽の喪失又は臨界事象に起因するような）が想定される施設	原子力発電所
II	緊急防護措置を必要とするような敷地外住民への線量を生じ得る敷地内の事象が想定される施設	研究炉
III	敷地内の緊急防護措置を必要とするような線量又は汚染を生じ得る敷地内の事象が想定される施設	産業用放射線施設
IV	緊急防護措置を必要とするような原子力又は放射線の緊急事態に至る活動（違法に入手した危険線源に関連した活動のような許可されていない活動、産業用の放射線計測用線源、原子力衛星又は放射線熱発電機のような危険な移動線源が含まれた輸送及び許可された活動）	予期されない場所
V	脅威区分 I 又は II の施設における事象の結果、国際基準に従って生産物の迅速な制限が必要となるレベルの汚染を生産物に高い確率生じる活動	

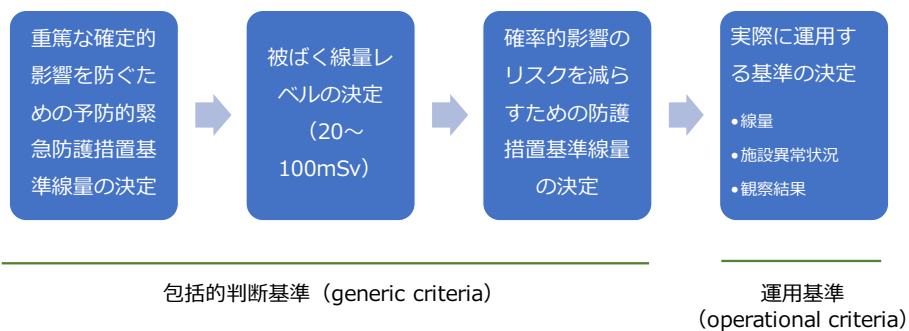
原子力防災は脅威区分 I または II への対応ということになる。一方、放射線施設においても、保管・使用する放射線源の量や、発生させる放射線のエネルギー等によっては脅威区分 III となる事象が発生する可能性のある施設は存在する。平成 29 年の放射線障害防止法およびその関連規則等の見直しにおいて、新たに危険時の措置が取り込まれたのはこのような理由による。

緊急防護措置戦略策定の手順

IAEA GSG-2 では、各国の緊急防護措置戦略を策定するにあたり、重篤な健康影響を特定し、その発現線量に着目した基準線量をまず包括的判断基準として決定し、その線量に基づき現場で使う運用基準を決定することを提唱した。

健康影響として初期は特に急性障害の防止に努めるべきなので、最初のステップとしては**重篤な確定的影響（発現のしきい線量があり、多くは急性障害）が生じる前に、避難等の予防的緊急措置を講じる線量を決定する**。これによって、重篤な影響はすぐには出ないとして、次に、将来のリスク、すなわち確率的影響（発現のしきい値がなく、晩発障害）のリスクを下げることを考える。そのためには、まず、住民をどの程度の被ばく線量レベルで管理するか、その線量範囲を決定する必要がある。ICRP は、その 2007 年勧告において、緊急事故が収束していない、例えば線源のコントロールができない状態では、参考レベルとして年間 20～100mSv をあげており、これが一つの国際標準となろう。その被ばく線量範囲に住民があるとして、**確率的影響のリスクを下げるための防護措置、例えば屋内退避や食物制限など、を行う線量を決定する**。ここまでが包括的判断基準と言われる。あとは、このようにして決めた基準線量を超えるのか超えないのか、どのように予測するのか、ということになる。つまり、現場はどうやって判断すればいいのか、ということである。そのための判断材料が、運用基準である。それぞれのステップについて、次の項目からもう少し詳しく説明する。

表 05-1 包括的判断基準から運用基準への流れ



ちなみに、日本ではまだ包括的判断基準は決定されていないが、運用基準は新たな原子力災害対策指針に組み込まれている。そのカラクリも後述する。

原子力・放射線災害による重篤な健康影響

IAEA GSG-2 で示された、原子力・放射線災害において避けるべき重篤な健康影響は下表のとおりである。

致死性の確定的影響として、しきい線量の低い造血器、消化管、及び胎児に対する影響が並ぶ。急性放射性症候群（ARS）とも重なるところがある。放射性肺炎は放射線の人体影響の教科書では聞きなれないが、日本呼吸器学会の定義によれば、胸部にできたがんに対して行われた放射線治療による肺の障害が原因で起こる肺炎で、傷害を受けた肺組織では主に肺胞の外（間質）に炎症が引き起こされ、最終的には肺の線維化をきたす。非致死性の確定的影響としての皮膚、生殖器、胎児への影響はお馴染みのものだが、甲状腺炎と甲状腺機能低下もここでは含まれている。

一方、確率的影響についての記載はあまり特定のではない。発がんのリスクについては組織加重係数（A01-23 参照）の違いに見られるように各器官で感受性が異なるが、災害時の対応において、器官ごとの将来のリスクの大小までは問わないということである。

表 06-1 重篤な健康影響と標的器官（IAEA Safety Standards GSG-2, Table 7）

分類		影響	標的器官
確定的影響	致死性	造血器障害	赤色骨髄
		胃腸障害	小腸（外部被ばく） 結腸（内部被ばく）
		放射線肺炎	肺
		胎死	胎児（すべての期間）
	非致死性	皮膚障害	皮膚
		壊死	軟組織
		白内障	水晶体
		急性放射線甲状腺炎	甲状腺
		甲状腺機能低下症	
		永久排卵抑制	卵巢
永久精子数減少	精巣		
重篤な精神遅滞 IQ低下	胎児（8-25週齢）		
奇形 成長遅滞	胎児（3-25週齢）		
確率的影響		甲状腺がん	甲状腺
		すべての確率的影響	すべての器官

重篤な確定的影響を防ぐための措置を行う基準線量

確定的影響はしきい線量以下では発現しないので、基準線量も重篤な影響のしきい線量を超えないあたりで決定することになる。

下表に示す緊急事故発生後 10 時間以内の急性外部被ばくの基準線量では、骨髄の 1Gy は白血球の減少 (0.5Gy) と赤血球・血小板の減少 (2~6Gy) の中間レベル、胎児の 0.1Gy は催奇形性のしきい線量に相当する。組織線量の 25Gy は全身の急性被ばくの中では致死性的となるほど高いが、これは体表から深部へ 0.5cm における吸収線量と定義され、例えばポケットに線源を入れたまま長時間局所被ばくするような事故を想定したものである。同様に局所被ばくを想定した皮膚の 10Gy は一時的紅斑 (2Gy) や脱毛 (3Gy) のしきい線量は超えるが、壊死 (18Gy) には至らない。

内部被ばくによる確定的影響の基準線量は、事故後 30 日間の急性摂取のシナリオで、被ばく集団の 5% (これは外部被ばくの場合の考え方と等しい) に標的器官における重篤な確定的影響が生じる線量として定義されている。骨髄線量では原子番号 90 を境に基準線量が異なるが、90 以上は体内動態の異なるウラン、プルトニウム等のアクチノイド系核種を意味する。

防護措置は避難等の予防的緊急措置が中心となるが、内部被ばくの場合は、体内放射能が検出された時点ですでに被ばくは始まっているので、体外排出等の緊急医療処置を速やかに行うことになる。

表 07-1 重篤な確定的影響を防ぐための基準線量と防護措置の例 (IAEA Safety Standards GSG-2, Table 2)

基準線量		防護措置の例
急性外部被ばく (10時間以内)		基準線量を超えることが予想されるとき
骨髄線量	1Gy	予防的緊急措置により基準線量以下に保つ 住民への情報提供と注意喚起 緊急除染の実施
胎児線量	0.1Gy	
組織線量	25Gy at 0.5cm	
皮膚線量	10Gy to 100cm ²	
急性摂取による内部被ばく (30日間)		基準線量を超えてしまったとき
骨髄線量	0.2Gy (原子番号90以上)	緊急医療処置 汚染管理 体内汚染除去 (可能な場合) 長期健康調査 心理カウンセリング
	2Gy (原子番号89以下)	
甲状腺線量	2Gy	
肺線量	30Gy	
結腸線量	20Gy	
胎児線量	0.1Gy	

確率的影響のリスクを減らすための措置を行う基準線量

確率的影響のうち最も初期に注意すべきは、放射性ヨウ素の体内取り込みによる甲状腺がんリスクである。その低減のために予防的に行う安定化ヨウ素剤投与の介入線量は、初期1週間で50mSvと示されている。

住民の被ばく線量範囲を20~100mSvと設定した場合、この100mSvを超えることが予想される場合には屋内退避や避難を行うこととなる。ただし、設定した被ばく線量範囲が異なれば、基準線量も異なってくる。ちなみに100mSvという線量は、原爆被爆者の結果では、がんのリスクが統計的に検出される最低線量に等しいので、これを超える基準線量の設定は無理だろう。そして年間で100mSvを超えそうな場合は一時的移動が必要とされる。東京電力福島第一原子力発電所事故後の「帰還困難区域」の線量基準がこれにあたる。

すでに100mSvを超えてしまった場合には、発がんリスクが検出されるレベルには入るので、詳細な臓器ごとの被ばく線量評価やカウンセリング等の医療介入が必要となる。また胎児線量が100mSvを超えた場合には、催奇形性のしきい線量を超えたことにもなるので、被ばく時の週齢によっては出産意思決定のカウンセリングが必要となる場合もある。

表 08-1 確率的影響のリスクを減らすための基準線量と防護措置の例 (IAEA Safety Standards GSG-2, Table 3)

基準線量		防護措置の例
次の基準線量を超えることが予想され緊急防護措置が必要なとき		
甲状腺線量	50mSv/7日	安定化ヨウ素剤の投与
実効線量	100mSv/7日	屋内退避、避難、除染、食物制限、安心確保
胎児線量	100mSv/7日	
次の基準線量を超えることが予想され早期防護措置が必要なとき		
実効線量	100mSv/年	一時的移動、除染、食物置換、安心確保
胎児線量	100mSv/全期間	
次の基準線量を超えてしまったとき		
実効線量	100mSv/月	臓器の被ばく線量評価、心理カウンセリング
胎児線量	100mSv/全期間	意思決定のためのカウンセリング

包括的判断基準と運用基準

ここまで示してきたように、包括的判断基準は予測される被ばく線量、あるいはすでに被ばくした線量として設定される。それに対して、運用基準は現場では測定可能な数値や可視化情報として設定される。

運用介入レベル (OIL: Operational Intervention Levels) は環境放射線の線量率や環境試料の核種分析、あるいは体表面の汚染検査により得られる実測値により構成される。まさしく放射線測定値であり、緊急モニタリングの社会的意味はここにある。

緊急活動レベル (EAL: Emergency Action Levels) は放射性物質の封じ込め状況等の原子力施設の状態に基づく基準であり、各原子炉の特性や立地条件は異なるので、最終的な基準は原子力事業者が設定することとなる。

可視化情報は、例えば煙が出ている、建屋が崩壊している、などの目にする状況である。

図 09-1 包括的判断基準と運用基準の関係 (IAEA Safety Standards GSG-2, Fig.1)



日本では、包括的判断基準については、IAEA からの OIL 導出に係る情報が不足しており、OIL の検討が必要となる環境が整っていないとの理解のもとに、東京電力福島第一原子力発電所事故の際の実測値に基づいて当面運用できるものとしての OIL が設定されている。また EAL についてはその枠組みが示されている。これらはいずれも、平成 24 年 10 月 31 日に新たに制定された原子力災害対策指針 (平成 30 年 2 月時点で最終改正は平成 29 年 7 月 5 日) で公開されている。よってここからはようやく IAEA から離れ、原子力災害対策指針におけるモニタリングを中心に紹介する。

緊急事態

原子力災害対策指針によれば、原子力施設における緊急事態は、表 10-1 に示す 3 つの段階に区分される。

表 10-1 緊急事態の区分

区分	状況	対応
警戒事態	異常事象の発生またはそのおそれがある	情報収集 緊急時モニタリングの準備 要避難者の避難準備
施設敷地緊急事態 (原災法第10条)	公衆に放射線による影響をもたらす可能性がある事象が発生	緊急時モニタリングの実施 PAZ内住民の避難等準備 要避難者の避難実施
全面緊急事態 (原災法第15条)	公衆に放射線による影響をもたらす可能性が高い事象が発生したため、迅速な防護措置を実施する必要がある段階	緊急モニタリングの実施 PAZ内住民の避難実施 安定化ヨウ素剤の服用など予防的防護措置の実施

東京電力福島第一原子力発電所事故以前から定められていた原子力災害対策特別措置法（原災法）第 10 条および第 15 条事象に対応して、施設敷地緊急事態と全面緊急事態が設定され、それ以前に警戒事態区分が初動準備のために追加された。

国はいずれの段階に至っても、地方公共団体および公衆に情報提供を行わなければならない。原子力災害対策指針に基づくオフィシャルな緊急モニタリング、放射線施設による自主的な緊急モニタリング、いずれも警戒事態の段階で準備を開始することになる。

緊急活動レベル（EAL）の例

EAL は原子力施設の特性や立地条件の勘案する必要があるため、その策定は各原子力事業者任せられているが、原子力災害対策指針はその枠組みを示している。緊急モニタリングと関わるものではないが、参考として、発電量の沸騰水型軽水炉における EAL の一部を示す。

表 11-1 沸騰水型軽水炉の EAL の一部

区分	状況
警戒事態	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉の運転中に原子炉へのすべての給水機能が喪失 震度6以上の地震が発生 大津波警報が発令
施設敷地緊急事態	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉の運転中に原子炉へのすべての給水機能が喪失した場合において、すべての非常用炉心冷却装置による注水ができない 原子炉格納容器内の圧力または温度の上昇率が一定時間にわたって想定される上昇率を超える 事業所境界付近などにおいて原子力災害対策特別措置法（原災法）第10条に基づく通報の判断基準となる放射線量または放射性物質を検出（事業所境界で5μSv/h）
全面緊急事態	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉の非常停止が必要な場合において、制御棒の挿入により原子炉を停止することができない 原子炉格納容器内の圧力または温度が設計上の最高使用圧力または最高使用温度に達する 事業所境界付近などにおいて原災法第15条に基づく通報の判断基準となる放射線量または放射性物質を検出（事業所境界で5μSv/hが10分以上継続、または2地点以上で検出）

運用介入レベル（OIL）と防護措置

現在、日本で設定されている 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や実測値、そしてその教訓に基づいて当面運用できる暫定値としての位置付けであり、今後の、包括的判断基準を策定後に見直しが行われることになっている。

表 12-01 と 12-02 に緊急防護措置実施のための OIL1 と OIL4、早期防護措置実施のための OIL2、および飲食物摂取制限のための OIL6 の初期設定値を示す。欠番の OIL-3 と OIL-5 は、IAEA GSG-2 は広い範囲におけるスクリーニング作業実施地域設定基準と、その測定のためのスクリーニング基準として設定しているが、日本ではその代わりに事故後の実測値に基づいて飲食物スクリーニング基準が設けられている。

表 12-1 緊急防護措置と早期防護措置のための OIL

基準の種類	測定項目	初期設定値		防護措置
緊急防護措置	OIL1 空間線量率	500 μ Sv/h	地上1m	数時間以内に避難または屋内退避
	OIL4 表面汚染密度	40,000cpm 120Bq/cm ²	皮膚表面	簡易除染等
13,000cpm 40Bq/cm ²		1ヶ月後		
早期防護措置	OIL2 空間線量率	20 μ Sv/h	地上1m	1日以内に地域生産物摂取制限 1週間以内に一時移転

表 12-2 飲食物摂取制限のための OIL

基準の種類	測定項目	初期設定値		防護措置
飲食物摂取制限	飲食物スクリーニング	空間線量率	0.5 μ Sv/h 地上1m	数日以内に飲食物の核種分析
	OIL6	核種分析	核種ごとに設定	摂取制限

↓

核種	飲料水 牛乳 乳製品	野菜類 穀類 肉 卵 魚 その他
放射性ヨウ素	300Bq/kg	2,000Bq/kg
放射性セシウム	200Bq/kg	500Bq/kg
プルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種	1Bq/kg	10Bq/kg
ウラン	20Bq/kg	100Bq/kg

OIL1：即時の避難を要する基準


OIL1は、地表面からの放射線、再浮遊した放射性物質の吸入、不注意な経口摂取による被ばく影響を防止するため、住民等を数時間以内に避難や屋内退避させる際の基準である。

その初期値は、地上1mでの空間線量率 $500 \mu\text{Sv/h}$ と設定されている。単純にそこに24時間留まれば 12mSv の累積線量となる。 $10 \mu\text{Sv/h}$ であっても異常事象を疑う放射線管理区域内の現場感覚から見ると、かなりの高線量であるが、これは表13-1に示す2011年3月15日、16日の大熊町大野局（PAZの目安である5km地点に位置）のモニタリングポストの実測値に基づいている。3月15日は未明に2号機、その後4号機が損傷し、大気中に放射性核種が拡散した。その結果、同地点の空間線量率は概ね $500 \mu\text{Sv/h}$ に上昇した。またこの拡散がPAZ圏外に広がった場合も、同水準の空間線量率となる可能性もある。したがって、PAZのみならずUPZの現場における即時避難の客観的基準として、この数値が採られた。

ちなみに、IAEA GSG-2で示されたOIL1の初期値は 1mSv/h である。これは、原子力発電所敷地内でのみ観測されたほどの、とんでもない高線量率である。確かに放射線管理区域内の現場感覚から見ても、一目散に逃げ出したい線量である。住民の避難の基準としては、あまりに高すぎるだろう。

表13-1 大熊町大野局（5km地点）の空間線量率

日	時	$\mu\text{Sv/h}$
3/15	10:00	>100
	10:10	449
	10:20	625
	10:30	616
	10:40	347
3/16	11:30	559
	12:10	567
	12:20	408
	12:30	309

 $500\mu\text{Sv/h}$

原子力規制庁監視情報課による「緊急時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料、平成29年3月22日）によれば、空間線量率測定に用いる機器として固定観測局、可搬型モニタリングポスト、 γ 線サーベイメータ（NaIシンチレーション、電離箱）、電子線量計等が挙げられている。一般の放射線施設でこのOIL1レベルの線量をモニタリングするとなると、まず電離箱サーベイが適しているだろう。

OIL2：一時移転を要する基準

OIL2は、地表面からの放射線、再浮遊した放射性物質の吸入、不注意な経口摂取による被ばく影響を防止するため、地域生産物の摂取を制限するとともに、住民等を一週間程度以内に一時移転させる際の基準である。その初期値は、地上1mでの空間線量率 $20\mu\text{Sv/h}$ と設定されている。

東京電力福島第一原子力発電所事故では、飯舘村や川俣町の山木屋地区などでは事故の初期の段階から高い空間線量率や土壌汚染が観測されていたにもかかわらず、これらの地区が計画的避難区域として避難の対象となったのは4月22日のことであった。従前の原子力防災の枠組みでは、10km、20km圏外はそもそも避難の対象ではなかったからである。表14-1に示すように、3月15日の空間線量率は、いわき市(SSW)、いわき市(SSW)、飯舘村(NW)、の順に $20\mu\text{Sv/h}$ 以上に上昇し、これは放射性プルームの通過した順と時間的に一致するようである。また飯舘村ではその後も空間線量率は上昇しており、これは放射性降下物による地表等への沈着によるものと推察される。そこで、できるだけ早い段階から一時移転が必要となる地域を特定するために、プルーム通過時の $20\mu\text{Sv/h}$ をOIL2の数値根拠としている。

表 14-1 飯舘村 (NW)、いわき市 (SSW)、川内村 (WSW) の空間線量率

日	時	地点	$\mu\text{Sv/h}$
3/15	04:00	SSW 43km	23.7
	12:00	WSW 22km	20.5
	16:00	NW 39km	22.7
	18:20		44.7
3/16	10:00	NW 55km	22.2
	11:35	NW 25km	80.0
3/17	13:10	NW 30km	167.0
	14:00		170.0
	14:17		95.1

 $20\mu\text{Sv/h}$

筆者らのモニタリングでは、約60km地点にある福島県立医科大学のキャンパスの空間線量率は、3月15日16時55分に $8\mu\text{Sv}$ 、16日10時30分に $12\mu\text{Sv}$ を記録した。OIL2以下であり一時移転は必要としないし、健康影響も無視できるレベルに留まるであろうが、無意味な被ばくをしないという観点からは、パニックになることなく、必要時以外に屋外には出ない、核種分析の結果が出るまでは地域生産物の摂取は避ける、といった放射線防護策は必要だろう。このような原子力災害対策法を超えた災害対策は、クライシスコミュニケーションの守備範囲と重なり、放射線施設による緊急モニタリングとも密接に関わる。

OIL4：体表面の除染を要する基準

OIL4 は、不注意な経口摂取、皮膚汚染からの外部被ばくを防止するため、除染を講じる際の基準であり、その初期値は 40,000cpm（ β 線入射窓面積が 20cm^2 の検出器を使用）、1 ヶ月後の値は 13,000cpm と設定されている。対象は、避難基準に基づいて避難したものである。

体表面の汚染は、確かに、当人の皮膚吸収線量、周囲の外部被ばく線量、不注意な体内取り込みによる内部被ばく線量推定につながる。13,000cpm は $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ （I-131、Cs-137）の表面汚染密度に相当するが、仮にこの汚染が皮膚表面に生じていたとしても、当人の皮膚吸収線量率は $50\ \mu\text{Gy}/\text{h}$ に過ぎない。周囲の外部被ばく線量については、東京電力福島第一原子力発電所事故後に引き上げられたスクリーニングレベルが 100,000cpm であっても、線源から 10cm の位置における空間線量率は $1\ \mu\text{Sv}/\text{h}$ である。したがって、いずれも汚染に起因する被ばくによる健康影響を考慮する程度のものではない。

では、なぜ 13,000cpm なのか。この数値は OIL4 設定以前、緊急被ばくスクリーニングレベルとしてすでに設定されていたもので、I-131 の吸入摂取による小児の甲状腺線量を、cpm 単位で得られる GM サーベイによる体表汚染測定値から推定するという離れ業によっている。 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ の表面沈着を引き起こす濃度の I-131 を含んだ空気を小児が一定の呼吸率で吸収した場合、甲状腺の組織線量ががんのリスクが上昇する 100mSv に達する、というシナリオである。したがって、仮に I-131 が存在しない事故の場合はこのシナリオは成り立たない。しかし一方で、 $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ は管理区域内の表面汚染密度限度、その $1/10$ は管理区域外に持ち出すことのできる基準である。放射線安全管理上は、緊急時の一般環境を管理区域とみなして、まずは $40\text{Bq}/\text{cm}^2$ で線を引くのも良いかもしれない。

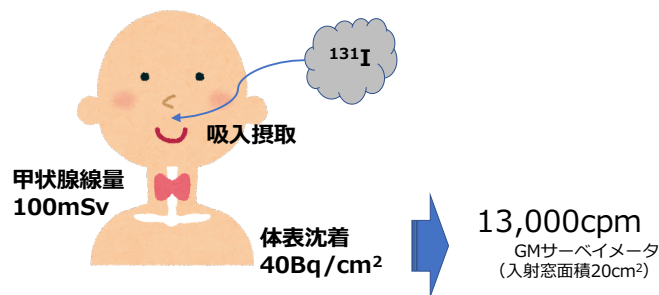


図 15-1 なぜ 13,000cpm なのか

初期の 40,000cpm という値は、測定場所のバックグラウンドの高さを考慮したものである。前項目 14 で述べた福島県立医科大学のキャンパス中庭における初期のバックグラウンドは 5,000cpm を超えていた。バックグラウンドも変動範囲するので、その場所での 13,000cpm の安定な測定は不可能である。このようなバックグラウンドのノイズに信号が埋まらないレベルとして、約 3 倍の 40,000cpm が採られている。もし十分にバックグラウンドの低い場所で測定できるのであれば、初期であってもスクリーニングレベルは 13,000cpm を用いるべきであろう。

飲食物のスクリーニングを行う基準

飲食物のスクリーニングを行う基準は、経口摂取による被ばく影響を早急に防止するため、**飲食物中の放射性核種濃度測定を実施する地域を特定**する際の基準である。

IAEA GSG-2 では、放射線核種濃度のスクリーニングを行う範囲を定めるための基準として OIL3 を設けており、その値を示した地点からの 10 倍の距離においてスクリーニングを行うこととしているが、それではあまりにも大雑把である。そこで、モニタリングポストにより全国的な観測が可能な我が国の状況を生かして、空間線量率により飲食物のスクリーニング実施の地域を決定するという手法が取られることとなっている。**実測値に基づいたより現実的な OIL3** と言えるかもしれないが、それを導く過程はまたまた離れ技的だ。

東京電力福島第一原子力発電所事故後、3 月 16 日から始まった出荷制限の範囲は段階的に拡大し、8 月 4 日からは 17 都県が放射性物質の検査体制を維持するよう求められた。このうち最遠方が静岡県で、同地域の 5 月 31 日の航空機モニタリングによる空間線量率の中間値は $0.15 \mu\text{Sv}$ であった。このときの核種の比率はわからないが、初期の茨城県、栃木県、群馬県の土壌核種分析における I-131 と Cs-137 の比に等しいと仮定し、半減期により初期の空間線量率を逆算すると、 $0.5 \mu\text{Sv/h}$ を超える地点があった。このように、実際に放射能検査を行った最遠の地域の事故後初期の空間線量率にほぼ等しい数値として、 $0.5 \mu\text{Sv/h}$ が設定された。

この基準による区域の特定は、事故後数日以内を目処に行う。次いで、OIL6 に基づく飲食物の核種分析が実施されることになる。

飲食物の放射能検査の対象となった最遠方 = 静岡県



5/31の航空機モニタリングでは $0.1\sim 0.2\mu\text{Sv/h}$



初期値に換算すると $>0.5\mu\text{Sv/h}$



$0.5\mu\text{Sv/h}$

表 16-1 どの範囲まで飲食物のスクリーニングを広げるか

OIL6：飲食物の摂取制限を要する基準

OIL6は、経口摂取による被ばく影響を防止するため、飲食物の摂取を制限する際の基準である。

東京電力福島第一原子力発電所事故以前に、当時の原子力安全委員会によって定められた「飲食物摂取制限に関する指標」は、「食品衛生法の暫定規制値」にも取り入れられ、事故後はこれらに基づき農産物等の出荷制限が行われた。原子力規制委員会は、緊急時の防護措置を講じる基準として適切に機能したと考えており、示されているOIL6では、この飲食物摂取制限に関する指標がそのまま使われている。一方、食品衛生法は新たな基準値を設け、平成24年4月から施行されている。前提とする年間の被ばく線量を5mSvから1mSvに下げたことによって、より厳しい数値となったことは周知のとおりである。したがって、緊急時の防護措置実施判断のためのOIL6と、飲食物の出荷制限に直接関わる現行の食品衛生法における基準値は異なっている。緊急時の防護措置の観点とはいえ実施する核種分析手法は同じであり、同じ測定値を当てる物差しが異なることにより異なる解釈が得られることによる混乱は免れないだろう。現実的には、これらの検査のうち少なくとも放射性ヨウ素と放射性セシウムは地方自治体を実施するものであるため、より厳しい基準に合わせて出荷制限が実施されるものと思われる。

表 17-1 OIL6として設定されている放射能濃度

核種	飲料水	牛乳	野菜類	穀類	肉
		乳製品	卵	魚	その他
放射性ヨウ素	300Bq/kg		2,000Bq/kg		
放射性セシウム	200Bq/kg		500Bq/kg		
プルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種	1Bq/kg		10Bq/kg		
ウラン	20Bq/kg		100Bq/kg		

原子力災害対策指針における緊急時モニタリング体制

緊急時モニタリングの目的は、ここまで紹介してきたよう、OIL に基づく防護措置の実施の判断材料を提供することにあるが、それと同時に、原子力災害による環境放射線の状況に関する情報を収集し、住民や環境への放射線影響の評価材料を提供することにもつながる。

都道府県には平常時の環境モニタリング組織が設置されており、警戒事態におけるモニタリングもこの組織が実施するが、それとともに後述する緊急時モニタリングセンター（EMC）立ち上げが開始される。緊急時モニタリングセンター設置要領（原子力規制庁）の定義によれば、いざ施設敷地緊急事態に突入した際に、この EMC と都道府県の環境モニタリング組織が共同で行う継続的なモニタリングが緊急時モニタリングである。ただ、この共同で行う、という部分がかかなり複雑で、都道府県（内閣府）によるオフサイトセンター（OFC）、国による緊急時対応センター（ERC）、との情報交換のもとに原子力規制庁による EMC が都道府県にモニタリングを指示するという構図である。

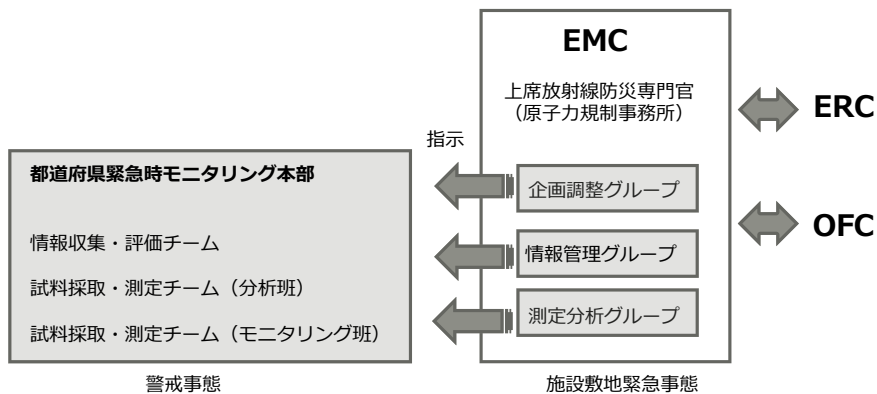


図 18-1 緊急時モニタリングの実施組織。コントロールタワーとなる緊急時モニタリングセンター（EMC）は、現地に常駐する上席放射線防災専門官をヘッドとする、地方自治体、原子力事業者、指定公共機関等からのスタッフによる混成部隊であり、中央の緊急時対応センター（ERC）及び現地のオフサイトセンターとの情報共有のもとに、現場部隊である都道府県のモニタリング組織にモニタリング場所等を指示する。EMC の存在場所としては、OFC に置かれることが前提とされている。

初期モニタリング

緊急時モニタリングの中でも、特に初期のモニタリングは OIL に基づく防護措置の実施の判断材料としての意味合いが大きい。そのため、PAZ、UPZ における空間線量率（OIL1、OIL2、飲食物スクリーニング）、大気中の放射能濃度（希ガス、放射性ヨウ素）、環境試料の核種分析（OIL6：ヨウ素、セシウム、ウラン、プロトニウムなど）のモニタリングが主要項目となる。ただし空間線量率と大気中放射能濃度については、広範な周辺環境のデータも必要である。

緊急時モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料、平成 29 年 3 月 22 日）によれば、初期モニタリング対応の役割分担は、大まかに図 19-1 のように分けられている。施設敷地緊急事態以降、オンサイト以外は EMC として一体運用される。モニタリングポストのような固定観測局や航空機モニタリングのような大規模モニタリングを除いた現場での移動モニタリングは主として自治体職員が足で稼ぐ。PAZ、UPZ 内外にかかわらず、地域の放射線施設による施設周辺のモニタリング結果は、これらの初期モニタリングの貴重な補完データとなる。

	オンサイト	PAZ	UPZ	UPZ外
国			航空機モニタリング	モニタリングポスト 走行サーベイ 航空機モニタリング
自治体		モニタリングポスト	緊急時モニタリング 計画作成 モニタリングポスト 走行サーベイ 大気モニタ ヨウ素サンブラ 核種分析	
事業者	モニタリングポスト 排気口・排水口モニ タ ヨウ素モニタ	モニタリングポスト	モニタリングポスト	

EMCとして一体運用

図 19-1 初期モニタリングの役割分担。原子力災害対策指針補足参考資料、図 1 より改変。

原子力災害対策指針補足参考資料に示されている初期モニタリングのための資機材としては、ガンマ線サーベイメータ、ガンマ線スペクトロメータ、個人線量計、ヨウ素サンブラ、ダストサンブラ、液体シンチレーションカウンタ、GM サーベイなど、放射線管理区域内でおなじみの測定器が並ぶ。

緊急時モニタリングの実施要員

PAZ内は基本的にモニタリングポストと原子力事業者にお任せとして、UPZの存在する道府県では、モニタリングポスト以外に走行サーベイなどの足で稼ぐモニタリングと環境試料の採取が実施される。原子力災害対策指針補足参考資料では、これらの作業の実施要員のモデルケースも示されている。道府県単位で16エリアに分割し、UPZ内については、1エリアごとに線量率測定チームと試料採取チーム、UPZ外では線量率測定チームが割り振られる。その構成員は、国、地方公共団体（市町村を含む）、原子力事業者、及びJAEA等の指定公共機関とされる。図20-1に示すように、合計24チームが必要となり、1チーム2人から3人として、合計人員数は48人から72人となる。これに、総括連絡班と前処理を含む分析を行うための要員として10名程度を加えた体制で活動を行うということだ。果たして、これだけの人数の、モニタリングスキルを有した職員を集めることができるのかと思われるが、例えばJAEAには原子力緊急時支援・研修センターに約50人の専任者、また機構全体から約120名の指名専門家が登録されており、国や地方公共団体の要請を受けて発動することになっている。

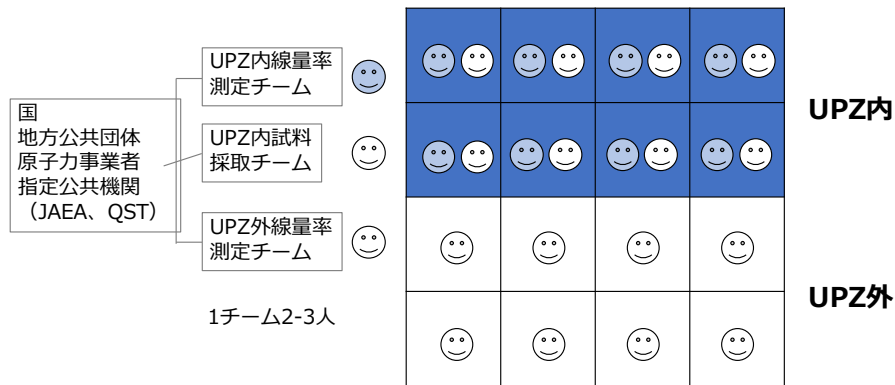


図 20-1 緊急時モニタリング実施要員のモデルケース。原子力災害対策指針補足参考資料より作成。

簡単に道府県を16分割と言っても、各チームの担当エリアは十分に広いはずである。さて、そのような体制の中で、放射線施設の位置付けはどうかだろう。

緊急時における放射線施設の位置付け

そこで、緊急モニタリングと言っても、何も発災現場に行かなくても良いという話である。B03-01 で示したように、原子力施設の立地道府県 16、隣接府県 2、UPZ による新たな隣接県 6 に放射線施設があるとする。その放射線施設が UPZ 内であろうが、外であろうが、その場所で測定した環境データは、すべて緊急モニタリングデータとなる。緊急時モニタリングの実施要員が測定し、緊急時モニタリングセンター（EMC）により一括管理、発信される公式国家情報の枠内に入らないものではないが、良質なモニタリングデータであれば、科学的に何ら変わるものではない。また、B03-16 で示した飲食物のスクリーニングを行う基準は、全国的な観測を前提としており、すべての放射線施設が緊急モニタリングデータを測定できるわけである。場合によっては、体表面の除染を要する基準（OIL-4）を物差しとしたモニタリングに関わることもあるかもしれない。このように、一定の基準を満たした全国の放射線施設は、緊急時のモニタリングステーションとしてのポテンシャルを秘めていることになる。

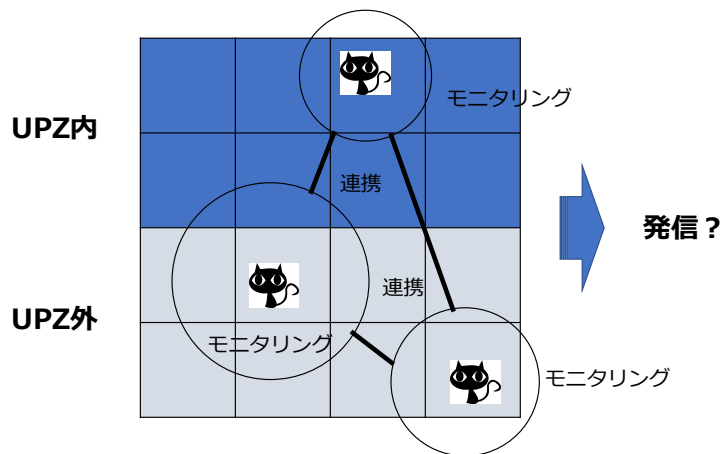


図 21-1 初期モニタリングの役割分担。原子力災害対策指針補足資料、図 1 より改変。

しかしながら、ポテンシャルがあっても機能するには多くの課題がある。その一つは、同じ道府県内における連携体制だ。ローカルネットワーク、とでも言うておこう。放射線施設と EMC、自治体との関係はもとより、そもそも隣の大学の放射線施設に何があってどんなスキルをお持ちで何を測定できるのかわからない。さらに重大なことは、データを取ってもそれを発信する先がないことだ。これは、放射線施設による緊急モニタリングプラットフォーム、とでも言うておこう。緊急モニタリングに特化したこの放射線 Mook シリーズ B は、これらの課題に正面から取り組むための教育活動の一環として作成している。

参考レベル

この Mook B03 では我が国の緊急モニタリング体制を、その国際的な考え方から読み明かしていった。B03-05 では包括的判断基準から運用基準 (OIL 等) への流れを語ったが、そこで述べた参考レベル (20-100mSv/年) の意味するところについて最後に加えておきたい。

線量限度というのはよく聞かすが、**線量拘束値**についてはあまり耳慣れないかもしれない。おそらく、日本の法体系で使われていないからだろう。線量限度は規制上の一律の限度であり、それを超過することは違反と見なされる。線量拘束値とは、限度の遵守にとどまらず継続的な安全向上を促すための自主基準値として用い、それを超過することは計画・運用に改善が必要であることを意味する。**参考レベル**とは、この線量拘束値のことである。

通常、参考レベルが線量限度より低く設定されることは明らかであるが、緊急時被ばく状況の参考レベルについては、線量限度よりも高い値を用いることがある。これは、そもそも線量限度が安全と危険の境界を定めるものではなく、基本的には平常時の計画被ばくに対して当てはめるものであり、事故時にその遵守を求めても現実的ではないからである。そこで ICRP は、原子力災害発災時において線源が制御されていない状況では、一般住民の参考レベルを 20-100mSv/年、線源が制御された状態 (under control) では、1-20mSv とし、長期的には 1mSv/年を目指すよう勧告している。福島原発事故後、我が国においてもこれが適用されたが、この参考レベルとしての考え方がよく理解されていないため、上限として設定されている 20mSv があたかも線量限度のように使用されているのが現状である。

もし緊急モニタリングを実際に行った場合、その測定値を当てるモノサシはまずは OIL であるが、次に考えなければならないのは、**得られた測定値から評価される被ばく線量が参考レベルのどのあたりに位置するのか**ということである。そのためには、被ばく線量評価の手法の習得が必要だ。それはこの Mook シリーズ B の次巻で詳しく解説する。

関連文書

IAEA GS-R-2

https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1133_scr.pdf

IAEA TECDOC1432

https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TE_1432_web.pdf

IAEA GSG-2

https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1467_web.pdf

ICRP2007 年勧告

http://www.icrp.org/docs/P103_Japanese.pdf

原子力災害対策指針（平成 29 年 7 月 5 日全部改正）

<http://www.nsr.go.jp/data/000024441.pdf>

緊急モニタリングについて（原子力災害対策指針補足参考資料）

<http://www.nsr.go.jp/data/000027739.pdf>

緊急時モニタリングに係る動員計画

<http://www.nsr.go.jp/data/000088502.pdf>

緊急時モニタリングセンター設置要領（第 2 版）

<http://www.nsr.go.jp/data/000027742.pdf>

ウェブサイトはいずれも平成 30 年 2 月 15 日時点のものです。

放射線 MOOK B03 原子力・放射線災害と緊急モニタリング

発行日：平成 30 年 3 月 31 日

発行所：〒852-8523

長崎市坂本 1-12-4

長崎大学原爆後障害医療研究所 放射線生物・防護学分野

発行者：松田 尚樹

印刷：株式会社インテックス