

平成 2 6 年度

廃炉に関する監視体制等についての
海外調査（米国）報告書

平成 2 7 年 3 月

福島県原子力安全対策課

廃炉に関する監視体制等についての海外調査（米国）報告書

目 次

1. 調査概要

(1) 目的	2
(2) 調査者	2
(3) 行程	3
(4) 各機関の調査事項及び調査目的	4

2. 調査結果

2-1. 米国エネルギー省（DOE）	6
2-2. 米国環境保護庁（EPA）	8
2-3. 米国原子力規制委員会（NRC）	11
2-4. スリーマイル島（TMI）原子力発電所	14
2-5. ペンシルバニア州環境保護庁	16
2-6. イリノイ州緊急時対応庁（IEMA）	19
2-7. ハンプフォード核施設	23

おわりに	26
------	----

1 . 調 査 概 要

1. 調査概要

(1) 目的

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震とそれに続く大津波によって東京電力福島第一原子力発電所の1～4号機は全交流電源を喪失し、1～3号機の原子炉は大きく損傷した。

さらに、1、3及び4号機は水素爆発により、原子炉建屋上部が損傷し、発電所から放出された放射性物質により県内の環境は大きく汚染された。

福島第一原子力発電所では、6基すべての廃炉が決定し、国及び東京電力によって廃炉作業が進められているが、依然として汚染水に関するトラブルや事故などが相次いでおり、県としても、職員の専門性の向上を図りながら、廃炉に向けた国及び東京電力の取組を厳しく監視することが求められている。

今回の海外調査は、原子力発電所の事故や高レベル廃棄物の処理において先例、実績のある米国を調査先とし、州独自の監視体制をもつペンシルバニア州やイリノイ州、また、原子力災害を経験しているスリーマイル島原子力発電所やハンフォード核施設等を調査することにより、今後の発電所監視及び環境放射能監視業務の参考とするために実施した。

下記のとおり、原子力事故発生時における行政組織体制などが米国とは異なっているが、調査により得た知見を活かしながら、国及び東京電力の廃炉に向けた取組について、引き続き、専門性の向上を図り、必要な意見を申し入れるなど、廃炉が安全かつ着実に進むよう厳しく監視していく。

<原子力事故発生時の対応に関する日米の比較（例）>

	米国	日本
原子力事故発生時の初動対応	・原子力規制委員会からサイトチームが現場に派遣され、連邦政府の対応を指揮する権限が付与される。 ・事業者の対応を監督するとともに、事業者からの要請に応じて技術支援を行う。	・規制庁職員（保安検査官等）が発電所内の免震重要棟内の緊急時対策所に派遣され、情報収集や事業者の応急措置の対応を監督する。 ・規制庁長官は必要に応じて、現場の規制庁職員を通じて、必要な対策をとるよう事業者に命令を行う。
緊急時の住民防護の対応	・連邦政府の助言を踏まえ、基本的に州が対応を決定。 ・州の指示に基づき対応は地方政府が行う。	・対応を国が決定。 ・国の指示に基づき、対応は基本的に市町村が行う。（県は広域避難等の調整を行う）

(2) 調査者

福島県原子力対策監	角山茂章
福島県原子力安全対策課	課長 渡辺仁
〃	主任主査 小松慶一
〃	主査 水野哲

(3) 行程

<行程表>

	月日	調査先名 (場所)
1	5月12日 (月)	①米国エネルギー省 (ワシントンDC)
2	5月13日 (火)	②米国環境保護庁 (ワシントンDC) ③米国原子力規制委員会 (ロックビル)
3	5月14日 (水)	④スリーマイル島原子力発電所 (ハリスバーグ) ⑤ペンシルバニア州環境保護庁 (")
4	5月15日 (木)	⑥イリノイ州緊急時対応庁 (スプリングフィールド)
5	5月16日 (金)	⑦ハンフォード核施設 (リッチランド)

<経路図>



(4) 各機関の調査事項及び調査目的

調査機関	調査事項	調査目的及び選定理由
米国エネルギー省 (DOE)	除染技術、破損燃料の取扱い、米国のエネルギー政策	米国エネルギー省は、過去に核兵器の開発を行ったオークリッジ国立研究所等、多数の施設を有し、放射性物質に汚染された区域の除染作業を行っている。これらから得られた除染技術や破損した核燃料の取扱いなどを調査する。
米国環境保護庁 (EPA)	放射線防護に関すること、プロテクティブアクションガイド	米国環境保護庁では、放射線防護に関し、放射能に関する基準・指針の策定、モニタリングプログラム、固体廃棄物の管理、除染作業などを担当している。また、緊急時に避難時期や帰還時期、除染時期のそれぞれの判断を行うプロテクティブアクションガイドを作成しており、放射線防護や緊急時の対応等について調査する。
米国原子力規制委員会 (NRC)	体制や業務内容、エマージェンシーオペレーションセンター、福島第一原子力発電所の事故について	米国原子力規制委員会は、独立した安全監視規制機関として、原子炉の許認可等の業務を行っている他、万一、原子力事故が発生した場合、その対応にあたる機関であり、日本の原子力規制委員会に当たるところ。国として、どのような体制で規制を行っているのか、また日本の原子力規制との違いなど、原子力安全に関する業務の調査を行う。
スリーマイル島原子力発電所	事故の経過、除染、燃料取出し、監視体制、広報	スリーマイル島原子力発電所では、事故後、10年をかけて燃料取り出しが行われ、現在燃料はアイダホ州の国立研究所に移送されている。1979年に発生した発電所事故の原因及びメルtdown事故後の対応、取り出し作業の方法及び土壌の除染、また、事故後の監視体制がどのように変わったかを調査する。
ペンシルバニア州環境保護庁	TMI発電所事故、緊急対応策、監視システム、緊急時プログラム	ペンシルバニア州では、州政府職員が発電所を独自に監視している。スリーマイル島原発事故後に確立した原子炉監視システムでは、異常時に州が瞬時に状況を把握することが出来るとされており、州独自の原子力発電所の監視方法について調査を行う。
イリノイ州緊急時対応庁	組織体制、監視方法、広報・訓練等	イリノイ州は米国で最も多い11の原子力発電所があり、発電所のモニタリングを米国原子力規制委員会と連携して実施している。イリノイ州でも州独自の原子力発電所の監視を行っており、その方法について調査を行う。
ハンフォード核施設	廃棄物の長期保管の状況、問題点、ビクターセンター	ハンフォード核施設は、米国最大級の放射性廃棄物管理施設であり、現在も廃棄物移送、建築物及び土壌の除染が行われているが、平成25年2月には、放射性廃液が貯蔵するタンクから漏えいする事故も発生した。このことから、廃棄物の長期保管の現状、管理体制とその問題点について、また、施設内の一般人でも廃棄物処理状況を確認することが出来るビクターセンターの状況について調査を行う。

2. 調查結果

2-1. 米国エネルギー省（DOE）

（１）組織の概要

米国エネルギー省（DOE）は、１９７７年、エネルギー安全保障と核安全保障を担う省として設置された。

DOEの所有する施設の中には、過去に核兵器の開発を行ったオークリッジ国立研究所やロスアラモス国立研究所、数多くの核実験が行われたネバダ国家安全保障施設が含まれる。

今回訪問した環境管理局は、核兵器生産や原子力発電で汚染されたサイトをクリーンアップし、放射性廃棄物を処理、貯蔵することが使命であり、１９８９年に環境回復廃棄物管理局として設置され、その後現在の名称に改称されている。

現在まで、１０７サイトのうち９０サイトでクリーンアップを完了し、現在でもハンフォードサイトなどのクリーンアップを行っている。

（２）調査内容

- 調査日 平成２６年５月１２日（月）
- 対応者 シンデラー氏、マッカー氏、キンバリー氏、ローザ氏
- 調査事項 ①除染技術、破損燃料（デブリ）の取扱い
 - ・デブリの取り出し
 - ・取り出し後の処理、乾燥
 - ・高レベル廃棄物の貯蔵、最終処分
 - ・最終的な廃炉の技術
- ②米国のエネルギー政策（廃炉に関する技術開発）

（３）調査結果

①除染技術、破損した燃料（デブリ）の取扱い

・デブリの取り出し

取り出しにあたっては、その位置や性質を的確に捉えることが重要であり、取り出す際の危険性をいかに管理・低減して、処理を行えるかが鍵となる。

高線量の中での作業となるので、ロボットの使用が想定されるが、かなり高度な技術が必要になる。また、作業等を進めるために除染技術の他、遮へいする技術の開発も必要である。

なお、デブリ取り出しについて、DOE、日本（経済産業省、東京電力）で話し合いがなされており、DOEとしても協力していきたいとのこと。

・取り出し後の処理、乾燥

取り出した燃料の乾燥方法、そして安定的な保存方法を検討することが重要。

乾燥させる技術について、現在商業的に使われている技術は２つ。１つは、燃料が熱いうちに処理を行うバキューム方式による処理、もう１つはヘリウムガスを使って行う処理がある。

「乾燥させる」ということは、単に水分をなくすだけでなく、薬品との反応で水が出る（バウンドウォーター）も考慮しなければならず、使用する薬品の量をどの程度にするかといった判断が非常に難しい。水溶性のものは流れてしまう可能性があり、判断を間違えると新たな汚染に繋がる。（このことについては、報告書「ASTMC 1553-08」に詳細が記載されている。）

・高レベル廃棄物の貯蔵、最終処分

取り出した燃料の保管について、永久的なものにするか仮置きとするかも含め、どのように貯蔵するかが重要。スリーマイル島原発事故による燃料等は、アイダホ州にある国立研究所に運び貯蔵している。

また、完全に乾燥させないと水素が発生してしまうため、保管庫についても検討すべき課題の1つである。

最終処理については、米国でも非常に大きな問題であり、これまでも長年にわたり議論されてきたが、何も決まっていないのが実情。場所も含め、貯蔵に関する基本的な方針について見直しを求められており、これから何年も先まで決定ができない状況だという。（貯蔵に関する地権者等との交渉過程などについては、「ブルーリボンコミッションレポート」に記載されている。）

・最終的な廃炉の技術

高線量の建屋や施設に「グラウト」というコンクリートのようなものを流し込む技術については、福島第一原発でも使えるのではないかとのこと。固めることで、地下水が入らず汚染水は流れ出ない。また、デブリの取り出しに関しても、完全に除去できない場合にはグラウトを使用し原子炉を固めてしまうということも考えられるという。

②米国のエネルギー政策（廃炉に関する技術開発）

現在日本では、国際廃炉研究開発機構（IRID）、日本原子力研究開発機構（JAEA）、国、東京電力などが連携して技術開発を行おうとしているが、米国では一元的に、DOEが企業と契約して技術開発をしている。

福島での事故を踏まえ、燃料が、精製において高温でも壊れないようにする技術の開発が始まったとのこと。



意見交換の様子

2－2．米国環境保護庁（EPA）

（１）組織の概要

米国環境保護庁（EPA）は放射線防護に関して、2つの役割を担っている。1つは、被ばくを最小限に抑えるための放射能に関する基準・ガイドラインの策定、モニタリングプログラムや緊急対応チームの編成であり、もう1つは、放射性廃棄物の管理、除染作業である。

緊急事態時における対応については、プロテクティブアクションガイドを策定している。これは、事故後数時間から数日後までの避難の適否を判断する早期の段階、数か月後から数年後までの避難した人がいつごろ戻れるかを判断する中間の段階、除染を行う後半の段階という3つの段階に従って判断を行うものである。

また、原発等の事故の際には、EPAが、施設外の環境モニタリングおよび除染を担当することとなっており、普段から連邦緊急事態管理庁（FEMA）や米国原子力規制委員会（NRC）と協力して避難訓練を実施している。

（２）調査内容

○調査日 平成26年5月13日（火）

○対応者 ユトロ博士 他

- 調査事項
- ①放射線防護に関すること
 - ・基準やガイドラインの策定
 - ・大気・環境モニタリング
 - ・放射性廃棄物のマネジメント
 - ②プロテクティブアクションガイド

（３）調査結果

①放射線防護に関すること

・基準やガイドラインの策定

EPAは法律に基づいて様々な基準を作成しており、例として、使用済燃料や高レベル廃棄物の取扱いに関するものなどがある。

法律に基づく基準以外にもガイドラインを作成しているが、法的拘束力はない。例として、放射線防護や除染に関するものがある。

EPAが策定したこれらの基準やガイドラインをもとに、事故が発生した場合に州や地元自治体などが避難指示等の判断を行うこととなっている。

また、その他の役割として、被ばくによる癌の発生リスクが高くないように、放射線に関する基準を設定すること、放射線を計測し影響評価を行うことがあり、同時にリスク等の情報を公開する役割を担っている。

・大気・環境モニタリング

環境モニタリングには通常時と緊急時の2つのモードがある。

《通常時》

広範囲に基準放射線量を把握することを目的とした全米モニタリングシステム（Rad Net）による空間線量率の測定（140箇所）や、移動式エアサンプラーによる大気浮遊じん、飲料水、ミルク等の核種分析を行っており、Webサイトにもその結果を掲載している。その他、大気汚染に関わる物質も測定対象としており、火災などの現場に出動してサンプリングを行う部門もある。

EPAには4つの専門チームがあり、その1つが放射線量の測定を行う。主にモニタリングやそれに基づく影響評価、除染の計画策定などを行うが、原子力施設近辺のモニタリングを直接行うことはない。

放射線量の測定にあたっては、EPAのモニタリングのデータの他、例えば福島第一原発の事故のデータについても情報を収集しておくことや、他国とのデータを比較しやすいように集計表のフォーマットを基準化することなど、通常時から作業をしておくことが重要である。

《緊急時》

事故発生時のモニタリングを行う政府機関は、EPAだけでなくDOE、NRC、FEMA、米国海上保安庁なども対応する体制となっている。

EPAと米国海上保安庁がそれぞれ陸上、海岸線の責任を持ち、大統領からの指令を受けた担当者が現地へ行き、その現場のアセスメントを行い、どの連邦政府機関の出動が必要かを決定する。

・放射性廃棄物のマネジメント

低レベルの放射性廃棄物については、浅いところに埋設しているが、場所の確保については連邦政府ではなく州政府の責任である。現在、全米には4箇所ある。許可は州政府が行い、管理は企業が行っている。廃棄物の運搬は、米国運輸省がNRCやDOEとの協力のもと行っている。

一般の住民への情報の公開は重要であるが、反響がかなり大きい。関係者が最新の情報を共有し、情報をコントロールすることが重要である。



意見交換の様子

②プロテクティブアクションガイド

放射線防護に関するガイドラインとしてプロテクティブアクションガイドというものを策定しており、福島を事故を踏まえ現在改訂作業中である。

他の連邦政府の省庁からの協力を受けながら、これまでの経験やデータをもとに作成した基本的なガイドラインであり、実際に事故が発生した場合にはこのガイドラインをもとに状況に応じて対応する。

一般の住民へのガイドラインの周知については、主にソーシャルメディアを活用している。ソーシャルメディアには、多くの情報をそのまま提供するのではなく、分かりやすくかみ砕くなど、情報をコントロールすることが重要とのこと。

《放射線防護・避難の基準》

事故の内容には、核戦争を除く全ての事象を想定しており、事故発生時の現場から復旧まで3段階に分けて基準を設けている。

事故発生後の段階	記載内容
①直後	外部被ばくや内部被ばくを避けるためのシェルター設置、避難方法、安定ヨウ素剤の配布方法等
②中間 (原因特定の上、放射性物質の放出がストップもしくはコントロールされ、その物質の情報が分析されている状況。)	被ばく量の低減を図るため、食品の摂取制限や作業員の被ばく線量の管理などに関すること (この段階で事故時の処理として、汚染物の廃棄をどのように行うのかといった計画を立てておくことが非常に重要)
③後半	事故地域の除染や帰還の検討

《除染の基準》

除染の基準については、米国でも議論されてはいるが、明確なものはないという。事故毎に状況は異なるが、地域住民が満足できるものでなければならない。

チェルノブイリでの除染は完了していないが、帰還したい人がほとんどいないことから、州政府も放置しているという。福島の場合は歴史や人口密度環境などが異っており、事故の大きさやコスト、技術など全ての要素を含めた検討をしていかなければならないのではとの意見であった。



意見交換の様子

2－3．米国原子力規制委員会（NRC）

（１）組織の概要

米国原子力規制委員会（NRC）は、１９７４年の「エネルギー再編法」に基づき設立された連邦の独立機関であり、１９７５年に業務を開始した。原子力安全に関する監督が主な業務である。

NRCのスタッフは約４，０００人。緊急時の対応に備えエマージェンシーオペレーションセンターを設置しており、２４時間体制で常時２名の職員が配置されている。

大きな事故が起きた場合、NRCからは直ちに２０名規模のチームが現地に送られる。この他、エマージェンシー・オペレーションセンターには、委員長以下６０名から７０名の専門家が参集する。

（２）調査内容

- 調査日 平成２６年５月１３日（火）
- 対応者 バーン・ステイブル氏 他
- 調査事項 ①体制及び業務内容
 - ・NRCの役割
 - ・トラブル発生時の対応等
- ②エマージェンシーオペレーションセンター
- ③福島第一原子力発電所の事故

（３）調査結果

①体制及び業務内容

・NRCの役割

政府の独立機関として情報を分析し、避難指示を出す州知事に対し、事故発生時に避難等の決断をする際の根拠を示すことが一番大きな役割である。具体的な指示を出すわけではなく、全体の調整を行う。この点が、国として避難指示を出す日本と大きく異なる点である。

また、住民に対して、統一した正確な情報を提供することもNRCの役割の一つである。州や自治体によりプラントパラメータの情報の処理方法が異なっているため、国として全米に対する情報提供を統一的に行うことがとても重要となる。ペンシルバニア州のようにプラントパラメータを独自のシステムで監視を行っている州もあり、事故発生時には情報を共有しながら、NRCの委員長と州知事が緊密に連絡をとることとなる。

モニタリングに関しては、NRC、EPA及び州などが様々な場所で行っている。利点としては、事故の際により正確な情報が得られることと、クロスチェックが行えることである。

・トラブル発生時の対応等

事業者はトラブル等が発生した場合、地元の自治体へ１５分以内に、NRCへは１

時間以内に連絡する必要がある。報告すべき事項は次の４段階に分けられ、その報告をもってNRCは対策を検討することとなる。

報告レベル	内容
①自然災害等への対応	地震やハリケーンなど、対応の必要性が低いレベル（年間２０～３０件）
②アラートレベル	機材に支障が生じた場合などの報告（年間１０～２０件）
③サイトエリアエマージェンシーレベル	事故発生により避難が必要なレベル
④ジェネラルエマージェンシーレベル	TMI原発事故など非常に深刻なレベル

また、NRCの体制は、次の４つのモードに分けられている。

モード	体制
第１段階 （通常時）	各発電所施設に最低２人が２４時間体制で勤務
第２段階 （モニタリングモード）	地方オフィスのスタッフが加わり、その責任者と連携のうえ対応
第３段階 （アクティベーションモード）	委員長が実際に総指揮 ６０名のスタッフが対応する
第４段階	現場へ職員を派遣し、情報を把握する

②エマージェンシー・オペレーションセンター

センターのフロアは、「メディア担当」「連邦政府との連絡調整担当」「情報管理担当」「州政府などとの連絡担当」などのセクションに区切られている他、原子炉のリアルタイムのデータを監視するスタッフも常駐している。

広報に関する業務は重要と捉えており、メディア担当は、集まってくる様々な情報を整理、統一化したうえで、委員長の承認を得て発信することとなる。

センターは、複数の発電所事故が同時に発生した場合でも対応できる通信連絡体制になっており、非常時に備え、１週間程度稼働が可能な自家発電機が準備されている。

また、月に１回の全体訓練、週に１～２回の個別訓練を実施している。訓練は連邦政府が企画し、実施している。

③福島第一原子力発電所の事故

福島第一原発の事故の際は、在日米軍など多くのアメリカ人の安全確保のため、情報を把握し、ホワイトハウスと連絡を取りながらNRCとしての判断を行い、メディアや日本の米国大使を通じて米国人への情報提供を行った。

福島第一原発の事故を受けて、安全基準の見直しを行っており、２０１６年に改訂する予定である。電源喪失時や複数事故が同時発生したときの対応などについても、

あわせて検討中とのこと。

福島第一原発ではトラブルが続いているが、アドバイスとしては一般住民とのコミュニケーションが重要であるということ。一度信用を失うと取り戻すためには相当の労力や時間が必要である。情報提供にあたっては地方、州、連邦政府が統一した情報提供を行うようにし、継続的に情報を提供することが重要。

また、インターネットによる情報発信を上手く利用すべきという。情報伝達力は高く、思っている以上に力があるとのことであった。



NRCの外観（※内部での撮影は禁止されていた）

２－４．スリーマイル島（ＴＭＩ）原子力発電所

（１）施設の概要及び事故の経過

ＴＭＩ原発は、ペンシルベニア州に設置されており、１号機は１９７４年９月に、２号機は１９７８年１２月に営業運転を開始した。原子炉はいずれも加圧水型である。１９７９年３月２８日、２号機において炉心溶融を伴う事故が発生した。

事故収束後、除染および燃料取出しの工程は１９７９年８月から行われ、低レベル放射性廃棄物はワシントン州リッチモンドに移送された。

６年間にわたる周到な準備と除染の上、１９８５年から燃料取出しが行われた。燃料とこれを支えていた周辺部材合わせて約１５０トンがアイダホ州の国立研究所に送られた。

燃料取出しにあたっては、原子炉に水深約１２メートルの水を張ったうえで遠隔操作によって行われ、当時の最新のロボット工学が活用された。

（２）調査内容

○調査日 平成２６年５月１４日（水）

○対応者 ロイ・ブローヂー氏 他

○調査事項 ①除染、燃料取出し

・モックアップ施設

・燃料取出し

②監視体制（汚染水）

③広報

（３）調査結果

①除染、燃料取出し

・モックアップ施設

タービン建屋に、ロボットを操作するコントロールルームを作り、燃料取出しの作業を行った。また、モックアップ施設（実寸大の格納容器を模擬した試験施設）も併せて設置し、そこで出た意見を即座に汲み上げて改善に活かすシステムを作り上げた。建屋の近くに設置することで、スタッフの負担を軽減できたという。

なお、モックアップ施設の設置など原子炉の安全に直接関わらないものについては、連邦政府や州に許可を得る必要はなく、事業者単独で行うことができる。例えば、福島第一原発で行っている凍土遮水壁の工事などについては事後的にＮＲＣに報告する必要はあるが、事前に許可を得る必要はないとのこと。

・燃料取出し

燃料を取り出すまでに３年を要した。当初４４フィート（約１３ｍ）の機材を上手に操作できる人材はいなかったが、その３年の間に訓練を重ね、エキスパートが育ったとのこと。

燃料取出しを行った３年間でも、作業員の被ばく線量は規定である年間５０ミリＳ

v を超えなかった。福島第一原発でも当初は緊急対応でやむを得なかったと思うが、今後の廃炉作業においては基準を守るべきであり、様々な計画を立てる上で被ばく線量について考慮すべきという意見。

事故のあった 2 号機内の燃料は 99% 取り除かれているが、廃炉にはなっておらず、運転中の 1 号機と併せて 2050 年に廃炉とする予定となっている。

②監視体制（汚染水）

日本はトリチウムを含む汚染水の処理方法に関して、いつかの時点では判断する必要がある。コンクリートを作るときにその水を使い、津波を防ぐための堤防に利用してはどうかという提案もあった。

TMI では、トリチウム水を蒸発させたが、周辺住民はかなり神経質になり、丁寧な説明に努めても、理解を得るには相当長い年数を要した。

福島の場合はさらに深刻な状況であり、周辺住民への説明にさらに長い時間がかかる可能性があることから、今からリスク等について説明を始めるべきである。

汚染水の処理方法の決定は、関係者に対し、そのリスクを説明した上で行うべきである。その場合、漁業関係者だけでなく、県民、作業員などトータルのリスクを考慮すべきではないかとのこと。

汚染水は当初 50 万ガロン（0.2 トン）であったが、事故の処理で増え続けたことから、州が汚染水の基準を作り蒸発させる方針を決定した。最終的には 300 万ガロン（1.2 トン）になり、蒸発処理をしたという。

なお、汚染水の総量が判明していたため、タンクの計画を立てることができ、長期使用が可能な規格のよいステンレス製のタンク（溶接型）で汚染水を保管したとのこと。

5～6 年間は未処理のまま保管し、その後は処理を行いトリチウムのみとなった水を保管した。その水は建屋などの除染に再利用したとのことだった。

③広報

事故当時、メディア対応のために「ジョイントインフォメーションセンター」を設置し、信頼性、信憑性を高めるために情報を統一して発信した。現在の使用頻度は、作業におけるトラブルや訓練実施など、年に約 4～6 回である。



意見交換の様子



事故を起こした 2 号機（中央）
左端が運転中の 1 号機

2－5．ペンシルバニア州環境保護庁

(1) 州及び組織の概要

ペンシルバニア州には5つの原発があり、9基の原子炉が運転している。すべて1960年から80年に建設されたものである。

州では、TMI発電所事故の教訓から様々な対策を行っており、その中心となる放射線防護に関する業務を担っているのが環境保護庁である。職員数は、地方の事務所を含め約100名。

被ばくによる影響など、基本的な基準は連邦政府が定めているがそれに基づいて放射線防護や緊急時の対応を行う。

万一、発電所事故が発生した場合、通常は半径10マイル（約16km）圏内の緊急対応を取ることにしているが、重篤な事故の場合は、50マイル（約80km）までの範囲で緊急対策を取るようになっている。

(2) 調査内容

- 調査日 平成26年5月14日（水）
- 対応者 デイビッド・アラード氏 他
- 調査項目
 - ①TMI発電所事故
 - ②緊急対応策、監視システム
 - ・監視体制
 - ・モニタリング
 - ③緊急対応プログラム
 - ・広報
 - ・避難指示
 - ・モニタリング

(3) 調査結果

①TMI発電所事故

TMI発電所事故による発電所周辺の住民の追加被ばくは年間1mSvが最高であった（米国放射線防護審議会のデータによると、米国で自然から受ける線量は年間6.2mSv）。

TMI発電所の事故では、放射性物質の放出という点ではそれ程ではなかったが、精神的な意味ではかなりインパクトのある事故であり、原発反対運動なども起こったという。

事故当時は正確な状況が把握できず、80年代になって原子炉の中を調べてから分かったことが多い。現在、同じような事故が発生した場合には、すぐに避難命令が出ることになる。

②緊急対応策、監視システム

・監視体制

原子力の専門家が、州独自のシステムにより、リアルタイムで各発電所の原子炉のデータを確認することができる。有事の際には、このシステムによる原子炉のデータ確認の他、関係機関からの情報収集により、州知事が避難するかどうかを判断すること。常時監視ではないが、事故が起きた際に、米国連邦緊急事態管理庁（F E M A）からの一報により、モニターを確認して対応することとなる。州のシステムの方がN R Cよりも多くのデータを監視できるという。

情報収集にあたっては、緊急事態に備え、衛星携帯電話や専用回線の電話、無線など、通信機器の多重化をしている。

2001年に発生した同時多発テロを受けて原発においてもテロに対する意識が高まり、上空の警備を行ったこともあった。

・モニタリング

移動式のオペレーションセンターとして7台の車両を所有しており、事故発生時には10マイル（約16km）圏外に配置する。また、可搬式のモニタリングポストを原発近くに設置し、リアルタイムで確認することとなる。

通常時も発電所近くでモニタリングを行っており、チェルノブイリ事故時の数週間後には、周辺地域でも比較的高い線量を検知し、福島第一原発の事故では、3月後半、降雨時にヨウ素が高いことを感知した。



可搬式モニタリングポスト

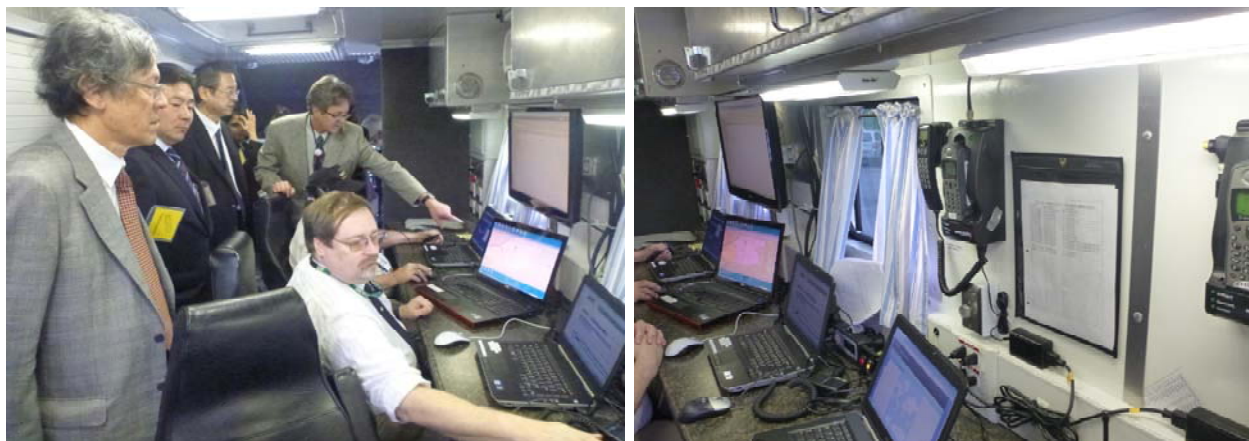
《移動式オペレーションセンター》

連絡用システムとして、州の無線と携帯電話の2種類及びバックアップとして衛星携帯電話を積載し、どこでも連絡をとることが可能である。また、コンピュータを積載し、Eメール送信も可能。

放射線測定器（ガンマ線検出器）を搭載し、測定結果を車中で確認出来るとともに、衛星携帯電話により現場近くのエペレーションセンターに測定結果がリアルタイムで送れるようになっている。その他、事故対応のため、ダストサンプラー等の測定機材も積載している。また、ポータブル計測器（可搬型モニタリングポスト）のデータを収集し、風向きによる放射性物質の拡散予測も可能である。



移動式オペレーションセンターの外観



移動式オペレーションセンター内部の様子

③緊急時対応プログラム

・ 広報

事故が発生した場合の住民等とのコミュニケーションは非常に重要であり、年2～3回は実際の事故を想定した情報伝達等の訓練を実施している。

インターネット上に流れる情報の確認も行っており、これらに対応する専門家も配置されている。プレス対応については、連邦政府と州の担当者が連携して情報を共有し、分かりやすくマスコミに情報を提供する。

・ 避難指示

半径10マイル（16km）の地域では避難ルートやモニタリングの地点があらかじめ決められている。対象となる人口は原発ごとに差があるが、5万人～40万人程度である。半径50マイルの地域は、農産物サンプリングの対応方法などがあらかじめ決められている。

EPAの基準に則り、被ばく量が10mSvを超えるような場合は避難を指示する。また、子どもの甲状腺被ばくが50mSvを超えるような場合には、安定ヨウ素剤を摂取するように決めている。万が一大量の放射性物質が放出された場合、連邦政府では被ばく量が1年目で20mSvを目安に移住させることとしているが、ペンシルバニア州では5mSvをその目安と考えている。

・ モニタリング

事故発生直後の大気、水、食品などのモニタリングは連邦政府と州が共同で行い、公表は州が主導で行うことになる。ある程度落ち着いた段階では、州が単独でモニタリングを行うとのことであった。



モニタリング分析室の様子

2－6．イリノイ州緊急時対応庁（IEMA）

（１）州及び組織の概要

イリノイ州には6つの原発があり、11基の原子炉が運転している（米国内では最多）。原子力発電所の規制はNRCで行うこととなっているが、原子力を含む災害全般への対応は全て州が主導することになっており、イリノイ州において災害対応を所管するのが緊急時対応庁（IEMA）である。

（２）調査内容

- 調査日 平成26年5月15日（木）
- 対応者 ジョセフ・キリンガー氏 他
- 調査事項
 - ①組織体制
 - ②監視方法
 - ・原子力災害に対する監視体制
 - ・モニタリング
 - ③広報・訓練等

（３）調査結果

①組織体制

イリノイ州では以前は原子力発電所に関して規制を行う権限がなかったが、法律を改正して規制を行えるようにした。また、州知事の側近に原子力の専門家を置き、規制・監視を強化している。

各事業者から資金を集めて緊急時対応センターを運営しており、資金は年間約2,300万ドル。（1原子炉あたり170万ドルの計算）

各発電所に州の検査官が常駐しており、検査官はNRCから資格を得ている他、州独自の長期研修を経た経験豊富な人材である。

異常や改善すべき点を発見した場合は、直接事業者に指示するのではなく、NRCの検査官に報告する。

信頼性を高めるため、連邦政府や事業者から独立した組織を構成するとともに、モニタリングに関する情報もいくつかのシステムで独自に入手している。

《緊急時対応センター》

庁内には、緊急時対応センターが設置され、災害（火災、竜巻、洪水や原子力災害等）が発生した際の全てのコントロールセンターとなる。放射線、原子力の対応部門の他、火災等さまざまな災害に対応する部門がある。

建物は頑丈に出来ており、大きな竜巻にも対応出来るだけの強度を持っている。また、停電に備えて自家用発電機を備えており、備蓄している燃料により3日間の活動が可能である。

緊急時対策センターには、各団体、省庁の代表者が集まることになっている。議論された案件に対して、全ての権限を持っている代表者が同じ場所で調整することにより、迅速に緊急災害時の対応が出来る。例として、避難が必要と判断された場合に、米国運輸省の代表が道路の閉鎖等や、米国気象庁が気象条件を判断し、避難が困難な場合に屋内退避の判断について、その場で全て決定するとのこと。

《コミュニケーションセンター》

情報を収集するためにコミュニケーションセンターを設置しており、24時間スタッフを常駐させ、原子力発電所からの情報をはじめ、テレビのニュースや気象庁の発表など様々な情報を監視し、通常と異なる状況、異常な数値が確認された場合など、迅速な対応をとれるようにしている。



緊急時対応センター視察の様子



コミュニケーションセンター視察の様子

②監視方法

・原子力災害に対する監視体制

《平常時》

原子炉の運転等に係るパラメータ（約1,000点：圧力、温度、原子炉出力等）を専用回線により、リアルタイムで取得しており（リアクタデータリンクシステム）、モニターに常時表示している。この情報を常時把握、確認するため、原子力専門のスタッフを配置し、異常があった場合には、現地にいる検査官と連絡を取り、発電所の状況を把握することとなる。また、モニタリングデータをリアルタイムで監視し、健康への被害について迅速に判断を行えるようにしている。専門の職員を含め、20名程度のスタッフが常駐している。

これにより、事業者から事故の報告が入る前に、発電所における異常を感知出来る。

リアクタデータリンクシステムはTMIの事故以降に州知事の強い意向を受け、1986年に設置した。福島第一原発事故以来、システムをリニューアルし、以前よりもデータの転送速度向上、データ蓄積、表示部分などを強化した。



リアクタデータリンクシステム

《緊急時》

イリノイ州には「NARS」という原子力事故報告システムがあり、事業者は事故発生時にこのシステムを使い、事故の状況等を専用回線により緊急時対応センターに報告する。また、避難が必要な場合、イリノイ州においては州ではなく郡が避難を決断するため、郡へ連絡するための専用回線も用意されている。連絡する際に使用するフォーマットを定めており、現場の状況、風向き等を書き込むようになっている。この情報を基に、取るべき対策や、郡へ連絡する必要があるかどうかを検討するという。

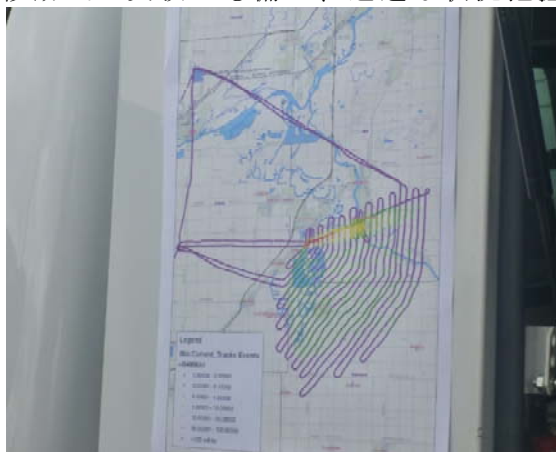
また、情報発信として、IPAWS (Integrated Public Alert & Warning System) という住民への新しい通報システムを最近導入した。このシステムを使用すると、同時にテレビ、ラジオ、ソーシャルネットワーク、携帯電話等を通して情報を一般のコミュニティに対して提供できる。

避難の情報などは、災害時に備えた特別のホームページを設けており、そこに地域ごとの避難経路などを掲載し、また、災害時には専用のラジオ放送があり、住民はそういったところから情報を得られる。

・モニタリング

モニタリングは州の責任で、各ポイントに放射線の測定器（空間線量率）を設置し、衛星回線やGPSを経由して測定結果等の情報を収集している。停電に備え、バックアップ電池のみで一週間程度稼働することが可能。送られてくるデータのリアルタイムでの表示は行っていない。また、保有するヘリコプターによる飛行モニタリングも可能であり、測定結果は同じシステムにより収集している。

測定結果の精度を高めるため、外部の第三者のクロスチェックや米国には精度を認証する団体があり、そういった団体から認証を得ているとのこと。現場に行ってモニタリングなどを行う車両を約100台保有しており、その中には現場で分析ができる移動式の実験室も備え、迅速な状況把握、避難等の判断を行うことが可能である。



飛行モニタリングの測定結果



モニタリング車両

(積み荷がスライドで部に引き出せる。右に空間線量率測定器、左に環境試料採取用機材を収納。)

③ 広報・訓練等

・ 広報

事業者と I E M A が共同で作成、編集したパンフレットを年に 1 回半径 1 0 マイル（1 6 k m 範囲）の住民に送付している。

パンフレットには、避難ルートやラジオ局の周波数などを掲載しているほか、避難にサポートを必要とする方がその申し出を行えるよう返信用のハガキが添付している。この情報を関係機関が共有することにより効率よい救助を行うことができるという。

原発事故が発生した場合は、マスコミ対応や問い合わせの対応を一元的に行うために、事業者、州、N R C が共同でジョイントインフォメーションセンターを開設する。ただし、開設までに時間がかかるため、それまでの間は、緊急時対応センター内に設置されたメディアルームで情報提供を行うこととしている。テレビ局には、緊急対策本部の対応状況などのライブ映像を送ることも可能になっており、メディアを友好的に受け入れることにより、効果的に報道してもらうようにしているとのこと。

また、専用のサイトも用意しており、避難指示の状況や道路の閉鎖状況などが一般の人にも確認出来るようになっている。同時に S N S（フェイスブック、ツイッター）を使い情報を発信する。



メディアルーム視察の様子



メディアルーム後部
(緊急時対策室が見下ろせる。対応者の活動状況を T V 等で配信することが可能。)

・ 訓練

事故発生時に一番初めに対応しなければならないのが、周辺住民の避難となることから、その対応訓練を行っている、原子力発電所が立地する 1 3 の郡は特に重点的に訓練している。

定期的な訓練の他、避難訓練を含めた大がかりな訓練を各原発ごと 2 年に 1 度は実施することになっている。できる限り実際の事故に近い形での訓練を行うようにしている。放射能などに対する教育は重要であると考えるが、なかなか興味を持ってもらえないため、事故発生時に、いかに明確に分かりやすい情報を一般の方に供給できるかが鍵になるとのこと。

２－７．ハンフォード核施設

（１）施設の概要

ワシントン州東南部にあり、原子爆弾作成のマンハッタン計画でプルトニウムの精製が行われ、冷戦期間まで続けられた。

現在はこの作業は行われていないが、米国で最大級の核廃棄物の問題を残しており、その処理が継続されている。

DOEがハンフォードのクリーンアップの責任者であり、情報開示等もDOEの責任である。EPAは基準を作り、許可等を行っている。ワシントン州はEPAとともにチェックを行っている。

以前は周辺に原住民が住んでいたが、施設ができてから70年近く住民はおらず、この点が福島とは大きく異なっている。

現在は、主にコロンビア川周辺の土壌を回収し、汚染廃棄物処理場で処理しており、これまで800万トン以上を処理している。

（２）調査内容

- 調査日 平成26年5月16日（金）
- 対応者 マーク・トリップレット氏 他
- 調査事項 ①廃棄物の長期保管の現状、問題点
 - ・汚染水
 - ・タンク②ビジターセンターでの調査
 - ・アパタイト
 - ・広報・情報提供等

（３）調査結果

①廃棄物の長期保管の現状、問題点

・汚染水

福島と共通しているのは水の問題。コロンビア川は、農業や漁業にとって非常に重要な川であり、この水を守ることが一番の使命となっている。

汚染水を処理した後のトリチウム水については、地下へ浸透する際の放射性物質の自然崩壊を見込み、敷地内に流している。地下水まで到達するのに20年かかり、そこから川まで到達するのに40年から50年かかる。

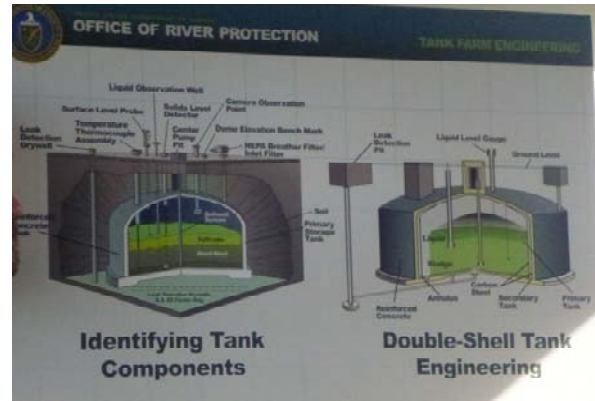
地下水のサンプリング場所は5,000箇所以上あるが、その中から1,000箇所ずつをサンプリングしている。これは、州政府とEPAから求められているもののこと。

・タンク

当初はシングルタンクに汚染物質を保管していたが、漏えいの恐れがあるため2重化したタンクを建設し、現在は移送作業を行っている。モックアップ施設で実験をし

ながら進めており、移送作業には何年もかかるという。

2重化したタンクとは、スチールが2層あり、その外側をコンクリートで覆っているタンクのこと。タンクは地下に埋設している。また、地上を通っている配管についても2重化している。



2重化タンク模型を確認している様子



モックアップ施設外観



モックアップ施設内観
(上部のクレーンによる遠隔操作の模擬試験等を行った。)

② ビジターセンターでの調査

・ アパタイト

河川敷沿いでは、アパタイトという白い固形物により、地下に浸透した放射性ストロンチウムが河川に流出するのを防いでいる。アパタイトはカルシウムの部分が鉛やウラン、カドミウム、ストロンチウムと置換するため、地下水が川に流出する前に、それに含まれるストロンチウムを約90%吸収する。ストロンチウムは半減期が約29年のため、100年位経過すると90%以上なくなるとのこと。吸収する量も含めた検討を行い、300年分（地下水が出てきてもそれを全て吸収出来るだけの量）のアパタイトを埋めている。コロンビア川の周辺にはモニタリング用の井戸が掘ってある。測定結果はホームページに公表しており、一般の人も確認することが出来る。



河川敷に埋め込まれたアパタイト



実施状況確認する様子

・ 広報・情報提供等

環境学関係の専門家、一般住民、原住民の部族長などの32名が構成員である「ハンフォードアドバイドリボード」において、毎月、状況を確認している。

この組織では、特に若い世代をターゲットに、インターネット情報媒体を使った情報の提供を行っているとのこと。

広報としては、「スピーカービューロー」というものがあり、担当者が施設の状況を説明したり、また、大学生を対象にした見学ツアーを年に4回程度行っている。

お わ り に

今回の米国調査は、短期間で移動距離が長く限られた時間ではあったが、多くの機関、施設の協力を得て、全行程の調査を完了することが出来た。

米国環境保護庁やペンシルバニア州環境保護庁等においては、環境モニタリング体制について調査を行った。米国環境保護庁では、通常時と緊急時のモニタリング体制を調査し、ペンシルバニア州では、事故発生時に設置する移動式のオペレーションセンターやモニタリングの分析施設についても調査を行った。米国規制委員会では、州や事業者と連携して、統一した情報提供を行うなどの情報発信体制について調査を行った。

また、ペンシルバニア州及びイリノイ州においては、発電所の監視体制について調査を行った。2州ともに、常時監視をしているかどうかの差はあるものの、リアルタイムでの原子炉パラメータ監視システムを導入し、緊急時に備えている。建物についても、イリノイ州の緊急時対応センターは、竜巻やテロがあっても機能を喪失しないよう強固な造りとなっているほか、モニターを数多く設置しテレビ報道などから情報収集を行うコミュニケーションルームや緊急時対策室が見下ろせるようにメディアルームが設置されている。

さらに、米国エネルギー省、スリーマイル島原子力発電所及びハンフォード核施設等においては、汚染水処理や除染技術、デブリ取出し技術等について現場を見ながら、意見交換を行い、多くの先進的な知識を得ることが出来た。

米国ではステークホルダーの理解を得ることを重視し、何らかのトラブルが発生した際（特に非常時）に住民に対して行う広報の体制整備に力を入れており、広報専門職の配置や、専用の広報センターを配置し、定期的に広報訓練も行っている。

また、平常時においても住民との対話を数多く行うことによって信頼を得ており、新しく行う事業等についても、住民説明会を丁寧に実施することにより比較的スムーズに理解が得られているとのことである。加えて、ツイッターやフェイスブックといったソーシャルメディアの有効性に関しても多数の機関が言及していた。

原子力事故発生時における行政組織体制などが米国とは異なっているが、国及び東京電力の廃炉の取組の安全確保を図るため、今回の調査結果を踏まえて必要な意見を申し入れ、対策が確実に実施されるよう求めていく。

終わりに、廃炉に向けた取組が安全かつ着実に進められることが本県復興の大前提である。県としては、これまで、原子力対策監や原子力専門員、現地駐在職員の配置を始め、専門家などを構成員とする廃炉安全監視協議会や住民や各種団体の代表などを構成員とする廃炉安全確保県民会議の設置、モニタリングポストの増設等によるモニタリングの強化、ホームページや電子掲示板の設置による情報発信などに取り組んできたところである。

今回の調査により得られた知識、経験を活かしながら、専門性の一層の向上など監視体制の強化を行い、引き続き、廃炉が安全かつ着実に進むよう、国及び東京電力の取組を更にしっかりと監視していく考えである。

発行 平成 2 7 年 3 月
福島県生活環境部原子力安全対策課

〒 9 6 0 - 8 6 7 0
福島県福島市杉妻町 2 番 1 6 号
電話 (0 2 4) 5 2 1 - 7 2 5 5