

一般社団法人 日本原子力学会「2011年秋の大会」
「原子力安全」調査専門委員会福島第一原子力発電所事故に関する特別シンポジウム

日 時 2011年9月19日(月)〔敬老の日〕10:00-17:00

場 所 北九州国際会議場 メインホール(福岡県北九州市小倉北区浅野 3-9-30)

開催趣旨

東日本大震災発生直後から日本原子力学会では、福島第一原子力発電所の事故を日本の原子力開発史上、最悪のものとして受け止め、学会としての基本スタンスの公表、事象解説チーム(チーム110)による事故・事象の社会に向けての解説、社会からの問い合わせ対応、事故処理に向けての提言等の諸活動を行ってまいりました。完全なる事態収束には至っていないものの、事象収束と今後の教訓に資するために、学術的、技術的見地からの検討も継続しているところです。具体的には、「原子力安全」調査専門委員会を4月5日に立ち上げ、①技術分析分科会、②放射線影響分科会、③クリーンアップ分科会を設置して現状の把握、分析や教訓の抽出および影響低減等の検討を進め、5月21日には緊急シンポジウムを開催して検討結果を報告いたしました。今回は「2011年秋の大会」の一部として特別シンポジウムを開催し、その後の調査・検討の結果を広く公開し、多くの方々からご意見を頂戴して、安全の不断の追求と環境回復に向けて役立てて行きたいと考えております。

講演要旨

10:00-10:10 開会挨拶・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・日本原子力学会会長 田中 知(東京大学)

【現状と見通し】

10:10-10:35 **福島第一原子力発電所の現状と見通し** 技術分析分科会主査 **二ノ方 寿(東京工業大学)**

3月11日午後2時46分の大地震発生から津波来襲に至る約1時間、発電所の各号機の安全設備は予定通り機能し、圧力抑制室(S/C)経由の残留余熱除去系(RHR)の運転によって、崩壊熱の除熱が順調に行われていた。そこに来襲した大津波により、6号機のディーゼル発電機(EDG)1機(空冷)を除く全てのEDGが停止。全電源喪失事象(SBO)が発生し、地震発生時に運転中であった1号機から3号機の3基においては、熱輸送が不能となる除熱源喪失事象に発展した。5、6号機は、EDG電源があったこともあり、9日後の3月20日に冷温停止状態となっている。4号機は全ての燃料が炉心から取り出されていた代わりに、使用済み燃料プール(SFP)中の燃料の本数が他の号機のSFPのそれと比べ多く、また比較的高いレベルの崩壊熱のため燃料の過熱による重大な損傷が疑われた。しかし、後日の写真観察によると、損傷は見られず、現在は他の号機のSFP内の使用済み燃料と同じく、安定した冷却が行われている。

1号機については、津波襲来後も非常用復水器(IC)を作動させて炉圧を制御した形跡があるが、直流電源使用不能のため高圧注水系(HPCI)も不作動。SBO発生から5、6時間後には建屋内の放射線レベルが上昇したため燃料破損、溶融、水素発生が予想されたが、冷却材喪失から炉心溶融、再配置のタイミングなど、IC、逃し安全弁の作動履歴の詳細が明らかにならない限り、現時点では推定の域を出ていない。2号機、3号機では、炉圧で駆動されるタービンでポンプを回す隔離時炉心冷却系(RCIC)が動いている間、炉心の健全性は保たれていたと考えられる。RCICの運転継続時間には差があるが、2号機の場合RCIC停止直後、3号機の場合はRCICに続くHPCI停止直後に急激な炉心水位低下、水素発生、炉心溶融、再配置、水素爆発(爆轟)などの一連の事象が続いて発生した。各号機とも、電源の調達、代替注水手段の確保、ベントライン形成などの努力が行われているが、他号機での水素爆発によって、準備中の冷却系やベント系が損傷、使用不能に陥ったものもあった。結果的には、注水不能の状態が長時間継続したため、炉心溶融、圧力容器の破損に陥っている。また、炉心損傷後のベントの遅れは致命的で、格納容器の破損をもたらした。しかしながら、その後の漏えい量の推定から、漏えい個所の破損規模は大きくないと考えられている。

3基とも、注水しても圧力容器からの漏えいのため、炉心部の水位が上がらない。格納容器も破損しているため、注水量から蒸発量を差し引いた水が格納容器の外に漏えいし、合計10万トン以上の汚染水が建屋地下室に滞留している。現在、滞留水の再利用による循環流で崩壊熱除熱を行っている。循環流量は、この漏えい量と蒸発を補う程度の流量といわれているが、この流量を増加できるようになれば、短時間で冷温停止に至るはずである。なお、この冷温停止は単に数字上でのことであり、格納機能を喪失しているプラントにおいては、少なくとも破損している格納容器の修復が成った時点で初めて本来の冷温停止が達成されたというべきであろう。

既に崩壊熱のレベルは低くなっているため、周囲に水があれば燃料の温度は水の飽和温度を大きく超えることはなく、安定した冷却がなされている。同様に放射線レベルも低下しているため、放射線分解による水素の発生は大幅に低下しているが、念のため格納容器内に窒素ガス注入を行っている。ゆえに、水蒸気爆発、水素爆発などのような爆発的な事象は発生するとは考えられない。なお、酸化ウラン、構造材と水で構成される体系において、形状と組成の組み合わせによっては、局所的な低出力の臨界が理論的に考えられる。しかしながら、実際には核分裂生成物の存在、吸収材が混在しているため、再臨界になる可能性は極めて低いと考えられる。結局、燃料と水中に閉じ込められている放射性物質が大量に大気環境中に放出されるメカニズムは現状では存在しない。今後、環境への放出口があるとなれば、それは再度の強い地震や津波などの自然災害によって、各号機が抱えている汚染水が地下水脈や海に漏れ出る場合、現在稼働中の総延長 4 km を超える長大な配管と多くのバルブなどからなる循環系が破損すると、その破損箇所から汚染水が漏えいするような場合などである。しかし、これらが環境への大規模な放出に繋がるとは考えにくい。

SBO 発生から数日の間に発生した一連の事故事象は、低出力密度の炉心溶融、炉心物質の移動、再配置の進行などと展開し、固化によって一段落したと考えられる。放射性物質は、水中のコロイドの表面に吸着されて浮遊しているか、大部分は固化した燃料内に固定または構造材表面に沈着していると考えられる。固化した燃料が圧力容器、格納容器の中にどのように再配置・分布しているかは、クリーンアップ作業や将来の燃料取り出し作業に大きな影響を与えるため、詳細な解析を行って評価すべきである。放射性物質が環境に放出されるリスクを下げるには、格納容器の機能を回復させることが必要である。すなわち、過酷な作業環境とともに技術的にも困難を極めることが予想されるが、格納容器破損箇所の修復または周囲をセメントなどの充填材で覆うなどを実施して、密閉性と格納能力を回復させることに優先度を置かなければならない。その上で、格納容器内水位を圧力容器内の炉心燃料頂部より高いレベルに維持して、放射性物質の格納をより確実にすることが喫緊の課題である。

10:35-11:00 福島第一以外の原子力発電所の現状と見通し・・・技術分析分科会 奈良林 直（北海道大学）
11:00-12:00 環境影響、線量評価および放射能計測の現状と見通し・・・・・・・・・・放射線影響分科会

1) 放射能分布の現状

中村 尚司（東北大学）

文部科学省の中に 5 月下旬に設置された、放射線量等分布マップの作成等に係る検討会の主査を引き受けて、これまでに 8 回の会合を開いて検討してきた。大学や研究所の 90 を超える機関から 400 人を超える協力を得て、6 月 6 日から 6 月 13 日に掛けてと、6 月 27 日から 7 月 8 日に掛けての 2 回、以下に述べる測定が行われた。

- 1) 京都大学で開発された KURAMA という自動車による空間線量率の走行サーベイ
- 2) 福島第 1 原子力発電所から 80 km 圏内では 2 km 間隔、80 から 100 km と福島県の残りの全域では 10 km 間隔毎に 1 か所を選んで、その中で 3m x 3m の広さで 5 地点の土壌を深さ 5 cm 採取して、その核種別放射能濃度を Ge 検出器を用いて測定する。
- 3) 土を採取したのと同じ地点で、シンチレーションサーベイメータで空間線量率を測定する。
- 4) 関連する調査として、土壌中の深さ方向の放射性物質分布の測定、土壌表面に蓄積した放射性物質の移行調査、河川や地下水の放射性物質の調査等を行う。

これまでに測定され、分析評価がなされた項目については、順次公開されてきている。

8 月 2 日と 12 日には、まず空間線量率の分布マップとして、航空機サーベイ、走行サーベイ、定点測定の結果が公開された。8 月 29 日には、Cs-134 と Cs-137 の土壌濃度マップと Ge 検出器による in situ 測定の結果が公開され、9 月 13 日には、森林内のセシウムの移行調査結果が公開された。今後、ヨウ素やその他の希少放射性核種の分布マップの結果の公開を予定している。これらの結果について報告する。

2) 作業員および住民の内部被ばく線量評価

百瀬琢磨（日本原子力研究開発機構）

【はじめに】

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故により、環境中に大量の放射性物質が放出された。事故発生から半年が経過した現在も、原子力緊急事態が継続しているが、この間に、住民の長期間にわたる避難や移転、飲料水や農水畜産物などの放射性物質による汚染と風評被害、東日本の広い範囲にわたる放射線状況の変化、健康への不安など、様々な形で事故による影響が顕在化し、対応が実施された。放射線防護の観点から言えば、現在は、緊急時被ばく状況から現存被ばく状況へ移行しつつある段階となっている。内部被ばくの関連では、事故発生直後における住民避難の際の吸入摂取による内部被ばくに加え、現

存被ばく状況における飲食物からの経口摂取による内部被ばくについても社会的に関心が高まっている。ここでは、これまでの住民及び作業者の内部被ばくモニタリングの実施状況について概括する。

【住民の内部被ばくモニタリング】

福島県の健康調査の一環として、福島県民全員に対して震災以降の行動の調査が現在薦められている。今後、この行動調査に基づき、線量率の時間的、空間的な分布や建物等の遮蔽効果などを考慮の上、住民一人ひとりの外部被ばく線量評価が行われる見込みである。

警戒区域や計画的避難区域の住民は、ブルーム中の放射性物質の吸入摂取等により、主として事故発生初期の段階で有意に内部被ばくを受けた可能性がある。¹³⁴Cs、¹³⁷Cs を対象とした内部被ばくの調査は、浪江町、飯館村、川俣町山木屋地区の住民約 3300 名に対して、放医研、JAEA 等によって検査が行われているが、健康に影響のある数値は検出されていない。食物や生活環境中の放射線量のモニタリングが国及び地方自治体などによって継続的に実施され、安全が確認されている一方で、内部被ばくによる健康影響への不安から、内部被ばく検査の実施を要望する住民も少なくない。このような状況の中で、自治体等においては、内部被ばくの検査装置を整備する動きもある。

大気中の放射性物質濃度の連続的なモニタリング結果があれば、測定を行った地域の内部被ばくの状況を計算によって評価することができる。しかしながら、震災に伴う停電等の影響で原子力発電所周辺における内部被ばくの評価に重要な大気中の放射性物質濃度の観測データは少ない。これらの値は、連続的なサンプリングではなく、時間変化も大きいと考えられるため、空气中濃度からの線量評価を行うことは困難である。JAEA 東海の核燃料サイクル工学研究所では 3 月 13 日から連続的なダストサンプリングを開始し、核種別の空气中放射性物質濃度の実測データを得た。この結果から、測定場所における（屋外）3 月 13 日から 5 月 23 日の期間における吸入摂取による内部被ばく線量は、成人の実効線量が 0.57mSv、小児（1 歳）甲状腺等価線量が 15mSv であった。

【作業者の内部被ばくモニタリング】

作業者は、放射線状況の厳しい作業環境で緊急作業に従事した。屋外のみならず中操室内等でもマスクの装着が必要となった。免震棟内においても女性作業者等が放射性ヨウ素による内部被ばくを受けた。発電所のホールボディカウンタは BG の上昇や故障に伴い使用できなくなった。このような状況下で、内部被ばく線量は、小名浜に派遣された JAEA の車載型のホールボディカウンタを用いて測定が行われた。この検査で内部被ばく線量が 20mSv を超えた可能性のある作業者は JAEA 東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所の放射線保健室に設置した鉄遮蔽体内の Ge 半導体検出器を用いた精密型の体外計測装置で測定が行われた。

【おわりに】

震災による複合的かつ甚大な被害によって計画されていた原子力防災のスキームが機能しなかったため、事故発生初期の段階においては、環境モニタリングのデータが欠如し、住民の線量評価は困難なものとなった。今後の住民の長期間にわたる健康調査のためには、過去の例でも見られるような住民等の線量の再構築が必要であり、そのためのデータの収集を急がなければならない。ホールボディカウンタによる検査は、セシウム の体内量など線量再構築のための重要な情報を得るために重要である一方、半減期の短い核種の内部被ばく測定を行うことはできないなど、適用に限界があることも被験者に理解されている必要がある。住民に対してホールボディカウンタによる測定結果をわかりやすく説明する機会が設けられることも重要である。測定方法や装置の維持管理、説明方法などに関しても適切な品質管理が要求される。現存被ばく状況の中で、住民が適切なモニタリングサービスと、被ばくや健康影響に関する科学的でわかりやすい情報を得られる環境を整えていく必要がある。

3) 放射線計測の留意点

井口哲夫(名古屋大学)

福島第一原発の事故により大量の放射性物質が環境中に放出され、広域に拡散したことが明らかになるにつれ、我々の住環境、食品・飲料、物品等、身のまわりの放射線に対する関心や不安が高まっている。現在、文部科学省や環境省等が中心になり、国を挙げて実測に基づく放射能汚染の詳細な状況把握に努めている一方、放射線の測定を専門としない方々による計測値のホームページやブログ等での紹介、また線量率の高い場所を特定し、その情報をお互いに交換して、自分たちでできる範囲の対策を積極的に講じる動きもある。このような身の回りの放射線（事故以前から存在する自然放射線も含む）の状況を正しく知ることは、さまざまな放射線によるリスクに対する理解を深め、それらを低減する工夫にもつながるので、本学会としてこの流れをおおいに推進・サポートしたいと考えている。

しかしながら、放射線の測定、特に人体への被ばく線量や物品の放射能濃度の定量評価は、いろいろな物理量（例えば、時間、長さ、重さ等）の測定の中でも最も難しい技術の一つである。最近、種々雑多な放射線測定器が巷に出回っているが、上記のような一般市民の方々による身の周りの放射線量の測定活動をより有効にしたいただには、測定器固有の特性や表示される測定値の意味、また実際に測る環境や対象物における放射線の特徴などをよく理解していただくことが強く望まれる。

本講演では、多くの方が関心を持っている「空間線量率」、「人体・物品等の表面汚染」、「食品・飲料の放射能濃度」を実測する方法について、①測定器で何を測っているか、②測定データをどのように線量率や放射能濃度に換算しているか、③測定結果がどのくらい変動する可能性があるかの3つの観点から、放射線計測上の留意点を概説する。

————— 昼 休 (12:00-13:00) —————

【福島に於ける活動】

13:00-13:20 福島事故に対する日本原子力研究開発機構の取り組みと今後の方向

とだにかずお

戸谷一夫（日本原子力研究開発機構）

○事故の発生当初から現在まで継続している活動

・環境モニタリングの実施

モニタリングチームの派遣（20名規模/日）による現地での測定・分析

文部科学省への要員の派遣（30名規模/日）によるデータの取りまとめ・整理

航空機モニタリングの実施（22都府県）

放射線量等分布マップの作成

・健康相談電話窓口の開設

・資器材の提供（移動式全身カウンタ測定車、モニタリング車、サーベーター等）

・政府・東電統合対策室特別プロジェクトチーム、原子力安全委員会等への専門家派遣

○福島支援本部設置以降の活動

・環境修復関係

学校等の校庭・園庭の放射線低減対策の実証

プールの除染対策の取りまとめ、マニュアル化

国、県の除染ガイドライン策定のための支援

国からの受託によるモデル事業の実施（伊達市、南相馬市）

・サイト内の支援関係

プロジェクトチームの活動支援を継続。

原子力委員会によるステップ2以降の中長期的対策の検討に参画

放射線管理要員等の育成・研修

・その他

ホールボディカウンタによる福島県民の内部被ばく調査の実施

幼・保・小・中学校の父兄、教職員を対象とした「放射線に関する質問に答える会」

一時帰宅プロジェクト支援のための安全管理者派遣（20名規模/日）

○今後の方向

・福島環境支援事務所を強化・充実し、「福島国際環境安全センター」（仮称）を設置

環境修復に関する研究拠点化

継続的なモニタリングの実施

国内外へ向けた情報発信の充実

・サイト内支援の研究体制の構築

「放射性廃棄物の処理処分」や「熔融燃料等の処理・処分」に向けた研究体制の充

実・強化（既存の研究体制の再構築）

13:20-13:40 福島事故に関する放射線医学総合研究所の対応状況と今後の取り組み

富永隆子（放射線医学総合研究所）

2011年3月11日14時46分に発生した東日本大地震とそれによる津波は、東京電力福島第一原子力発電所を襲い、これまで経験したことのない大規模かつ長期にわたる原子力事故を発生させた。放射線医学総合研究所（放医研）は国および東日本ブロックの三次被ばく医療機関として、災害発生の翌朝より現地災害対策本部（オフサイトセンター；OFC）や福島県の緊急被ばく医療調整本部、事故対応の前線基地であるJ-villageなどへ専門家を多数派遣し、現地においても千葉の放医研においても様々な方面でこの事故に対応してきた。これらの放医研の事故対応について紹介する。

現地における活動の一つに、OFC医療班における緊急被ばく医療の実施が挙げられる。当初OFCは福島第一原子力発電所から約5kmの距離にあったため、インフラが地震と津波の影響により障害され、これまで原子力防災訓練で培ってきた情報収集と発信方法が全く機能しなかった。さらには、避難区域内初期被ばく医療機関での対応が出来なくなり、OFCにおいて汚染した傷病者対応を実施しなければならなかった。また、福島県内においては、福島県の緊急被ばく医療調整本部が立ち上がり、避難者の汚染検査を避難所や保健所で展開してきたが、この活動にも放医研は3月14日から専門家を多数派遣し、全国各地から集まってくる放射線技師、大学関係者、病院関係者などに対して、サーベイについて支援してきた。J-villageにおいてもメディカルセンターが立ち上がり、緊急被ばく医療対応のために、放射線管理要員を派遣してきた。また、避難者の自宅への一時立入りにおける被ばく医療、放射線防護・管理のため、専門家を現地に派遣し、その事業の支援をしてきた。現在も放医研職員は放射線あるいは緊急被ばく医療の専門家として現地で活動を続けている。

放医研における対応としては、一般電話相談窓口、医療関係者への電話相談窓口、防災関係者の電話相談窓口を開設し、これまで約14,000件に対応した。多くの報道やウェブによる情報提供は、不特定多数を対象としているが、一般電話相談に関しては、専門家と公衆の1対1の対応が可能であるコミュニケーション手段であることから、公衆に対して放射線に関する正しい知識や安心を提供することに大いに役立った。この他、汚染傷病者の受け入れ、作業員の汚染検査、防災関係者のWBC、福島県民の健康調査のパイロットスタディとしてのWBC、バイオアッセイの実施、様々な講演会といった活動を実施してきた。

今後、放医研はこれまでの知見や体制を活用し、緊急被ばく医療体制の再構築、県民や作業員、防災関係者等の健康調査への協力といった事故対応を継続するとともに、緊急被ばく医療に係わる人材育成、内部被ばく線量評価の標準化などの活動も展開していく予定である。

13:40-14:00 NPO 法人放射線安全フォーラム等による飯舘村、伊達市の除染活動について

吉田善行（NPO 法人放射線安全フォーラム）

2011年3月中旬、東京電力福島第一原子力発電所の事故で放出された放射性物質により、周辺環境が汚染された。汚染地域での生活を取り戻すには、同地域を除染する以外に手だてはない。広範囲で長期に及ぶ除染活動が予想されるが、一歩々々進めていくことが肝要である。本講演では、福島県飯舘村の民家や伊達市の小学校などの除染活動（NPO 法人放射線安全フォーラム、日本原子力研究開発機構等による共同活動）について報告する。

飯舘村や伊達市南部は福島第一原発から北西に約30km以上離れて位置する。3月15日に発生した同原発2号機の水素爆発で放出された放射性ヨウ素及び放射性セシウムが南東の風で運ばれ、同日夜の降雪とともに降下してその地域に汚染をもたらした。飯舘村内でも特に長泥地区の空間線量率は最も高く、現時点（本年9月中旬）でも約15 μ Sv/hrである。村全体が、そこに住み続けると年間20mSv（国際放射線防護委員会ICRPによる「緊急避難区域の外側でも汚染環境下で生活する場合、被ばく線量が年間1~20mSvの範囲に収まるようにし、長期的には1mSvを目指すべき」との考え方による）を超えてしまうという理由で計画的避難区域に指定された。

本年5月、飯舘村長泥地区の一民家を対象に、除染試験を実施した（除染対象は放射性セシウム）。屋敷、納屋、牛小屋等の屋根、及び特に高濃度の放射性セシウムが蓄積した雨樋部を高圧放水で洗浄し除染した。庭などの土壌の除染には、高分子を用いて土壌表層を固めて剥ぎ取るポリイオンコンプレックス法¹⁾が効果的であった。これらの屋敷周辺の除染によって、同室内の線量率は除染前の25~80%にまで低減することができたがまだ不十分であった。放射線源を調査した結果、屋敷を覆っている杉、モミなどの常緑針葉樹に高濃度の放射性セシウムが付着しており、これが強力な線源であることが判った。室内の線量率をさらに下げるには、屋敷周辺の杉等の伐採が必要である。ビニールハウス用農地、水田、牧草地の土壌のコアサンプル分析の結果、いずれの土地でも表面から数cm~5cmの深さの表層部に95%以上のセシウムが滞留していることが分かった。このような農業用地の除染にポリイオンコンプレックス法を適用し、85~95%の放射性セシウムを取り除くことができた。

本年7月、伊達市（市内の436所帯が特定避難勧奨地点に指定されている）の小学校、幼稚園の除染試験を実施した。校舎、付属施設建屋の屋上や排水路などの除染には高圧放水を、また通学路などのコンクリート、アス

ファルト部の除染には、表層部（数mm厚さ）の機械的剥離が効果的であった。プール水の浄化には、ゼオライト微粉末を加えてセシウムイオンを吸着させたのち、ゼオライト、アオコ及び汚泥をポリ塩化アルミニウム凝集剤（PAC）を用いて凝集沈殿させる方法を用い、高い除染効率を得た。

本年8月末には、今回の事故により放出された放射性物質による環境の汚染への対処に関する特別措置法が制定され（2012年1月1日に施行）、国、地方公共団体、原子力事業者等が役割分担しつつ講ずるべき措置が定められ、本格的な除染活動が開始されることとなった。早期に除染活動が具体化し、一日でも早く避難住民の方々の帰還が果たせることが必要である。これに伴い、除染活動を進めるのに不可欠な、除染廃棄物の処分場の確保が急務である。さらに、広域除染を達成するには多くのマンパワーが必要であり、地域住民や、全国からのボランティアの参加が望まれる。なお、福島生協（<http://www.fukushima.coop>）では、現在、除染ボランティアを募集中である。

¹⁾長縄ら、日本原子力学会和文論文誌、Vol.10, No.4（印刷中）

【今後に向けて】

14:00-14:20 汚染水処理処分の課題・・・バックエンド部会〔有志代表〕山岸 功（日本原子力研究開発機構）

14:20-14:40 **土壌・家屋等の除染方法カタログ** クリーンアップ分科会 井上 正（電力中央研究所）

1. はじめに

日本原子力学会「原子力安全」調査専門委員会の「クリーンアップ分科会」では避難されている住民の方々が少しでも早く自宅に戻れるように、以下のような目的で立ち上げた。

- 福島第一原子力発電所敷地内外の放射性物質による汚染の除去や、環境修復について分析し、課題の検討と解決に向けての提言を行う
- 関係機関が作成する修復計画について分析し、必要に応じて新たな課題や改良点について提言を行う
- TMI やチェルノブイリ原子力発電所事故の事例と比較して、今回の事故の修復に関する課題を抽出する

2. 実際の活動

実際には次のような活動を行っている。

- 福島第一原子力発電所の事故に起因する環境回復に関する提言（6月8日）
- 「環境修復センターの設置」および除染モデル事業によるすみやかな実証に関する提言（7月29日）
- 「EURANOS 除染技術データシートのご紹介、翻訳版」をHPにアップ（8月12日）
- 「環境修復技術説明資料」（カタログ）の公表（9月9日）
- 「現地における荒搔き試験の実施」（8月8-9日、9月16日）

実際に福島県に出向き、福島県庁やJA訪問を訪問し、地元自治体や組織の意見の拝聴し（5月19日、5月27日、6月11日、7月12日、9月6日、9月13日）、除染活動に統一的な専門的な見解を示すべく情報を入手した。

また、福島県南相馬市において荒搔きの現地試験を行い（8月8,9日、9月16日）、海外の知見の乏しい水田の除染技術に対する正しい情報を入手することにより提案されている環境修復技術や除染技術に公正な評価を行えるようにすると共に、現地の方々とのコミュニケーションの向上を図っている。さらに、農研機構が実施した試験に立会い（8月19日、24日、30日）、正確な実態情報の把握に努めている。

3. 今後の活動

今後は地元自治体からの意見や荒搔きの現地試験で入手した情報と作成した除染技術カタログを用いて、市町村が作成する除染計画に対して雛型となる「除染計画書」を例示する。また、実際に市町村に出向き、具体的な除染計画を作成する。特に、除染技術、除染計画についての信頼される専門家集団として、除染により発生する二次廃棄物管理までを見据えた総合的考察を加えていくことが重要であると考え、実践していく予定である。

一方、市町村が実情にあった除染計画を作成するための勉強会や情報交換会についても現地に出向き実施する。

14:40-15:00 「原子力発電所が受けた震災一事故の遠因とこれからの取組み」

標準委員会委員長 宮野 廣（法政大学）

はじめに

膨大なエネルギーを持つ核反応は、爆弾ではなく人類にもたらされた豊かなエネルギー源として、私たちは「原子力の平和利用」に用いることを決め、原子力発電として発展させてきたのである。何事にもリスクはつきものである。原子力発電のリスクというのはなにか。いろいろあるが、最も身近に考えなければならないのは、「放射能リスク」である。今回のように、放射能を周辺に放出し、何らかの影響を与えることがそのリスクであり、その大きさは与える影響の程度で決まる。今回の事故を反省して、私達が考えなければならないことは、このリスクをどのように受け入れ、どのようにヘッジしていくべきか、について、技術者として、国民として、また世界とともに考えることであろう。

責任とその対応

誰がどのように責任を持っていたのだろうか、まずそこが重要と考える。すなわち役割としての責任である。誰が国の電源のあり方を決め、原子力発電の安全のあり方を主導してきたのだろうか。国民が支持し、エネルギーセキュリティーの一環、国策として推進してきたのではないだろうか。安全確保は事業者の責任だけだろうか。一義的にはその責任は当然事業にある。事業者は規則を守り、安全確保のための最大限の努力を払わなければならないのは言うまでもない。しかし、技術的に国の規制基準に従い、設計し、運用の手順を定め、安全審査を受け、更に原子力発電所の安全確保のための仕組み、規則に従って施工し、運用してきたのである。襲ってくる最大の津波の大きさの想定についても、すべての規制に携わってきた人、学識経験者や技術者の合意で定め、評価してきたものであった。だが、実際のそれは想定したよりはるかに大きなものであったのである。この巨大な津波をもたらした地震動の規模が、想定をはるかに超える地殻変動だったということである。その結果として原子力発電所が被災し、事故に至ったのである。

今回の事故は、一電力会社の問題ではない。まず国を筆頭として、地方自治体、学术界、事業者（電力）、メーカーなど全てのステークホルダーにおいて、原子力発電にかかわりを持つ人々が、その役割においてその責任を自覚することが第一であり、大切なことである。

その反省に立って、事態の調査、分析、評価をおこない、これからの対応へ活かしていかなければならない。その上で、原子力発電への取り組み方を定める規制基準や様々な規則を見直して、適切に運用する体制や仕組みを作ることが必要である。それこそが、これからの日本の復興、発展に結びつくものであると考える。

一私たちがこの経験を生かすことが、まだまだ人類が必要とする原子力発電の、原子力安全を確保するために、またこの経験を役立たせるために、必要なことである。これは日本だけの経験ではない。世界がこの経験を共有し、生かして行かなければならないのである。わが国は世界に対して責任を持っているのである。一

事故の遠因

わが国での原子力安全の確保のための仕組みとその歴史を踏まえ、今回の事故の要因として、考えなければならない遠因を以下に要約する。

1) 構造強度（ハード）偏重論：

米国からの原子力の平和利用としての原子力発電を導入以来、安全への取り組みにおいても、品質問題においても、物の品質、ハード重点の対応が取られてきた。

2) 原子力安全の確保に向けた省庁間の連携不足：

規制、研究などの総合行政において、省庁間の連携が進まず、商業用軽水炉における安全規制の本質論、「原子炉安全（原子力安全）」の確保という最も重要な命題に、国として真摯に取り組んでこなかったのではないか。

3) 品質問題にこだわり、大局を見失う結果：

軽微と思われる事故、トラブルにこだわり、社会問題化することで、マスコミも地方自治体もトラブルを政治問題化してしまい、本質的な原子力安全への取り組みを避けてきた。一社会が包容力を失ってしまったことも重要な要因。

4) 規制と事業者の対峙したことで共通の目標を喪失：

原子力安全の確保は、規制も事業者も変わりなく、目標とするところは同じであるにもかかわらず、対峙してしまい結果として安全確保からは遠ざかってしまった。

5) 一面から見た安全尺度の採用と過信：

わが国の原子力発電所では計画外スクラム（停止）の頻度が極めて低く、「絶対安全」の神話が形成されてしまい、可能性は低いが重要な対応への取り組みが遅れてしまった。

6) 改定の困難は新技術を拒絶：

わが国では、一旦決まったことは金科玉条のごとく、変えられないという意識、文化が支配している。多くのものが改定への取り組みが遅れている。改定を許さない環境がある。

7) 権利のみの責任不在：

決定は委員会、審議会での議論で決まったとすることが多く、規制を含めて全ての決定において、それぞれの役割における責任や責任者が見えないことである。

8) 専門家不在の規制：

先進世界では安全規制に人材を集約して、原子力安全の確保を最優先している。わが国では、継続性のある規制を継続する専門家の育成、確保が進んでいない。仕組みがない。

わが国の原子力発電のハード、設備製造、設計建設の技術は世界一であることは、世界が認めるところである。しかし、ソフト面での、また国民の理解を得ると言うコンセンサスやコミュニケーションという点を含めて、「原子力安全」に対する考え方の、世界からの遅れは甚だしいものがある。上述のように真剣に、本質的な「原子力安全」の確保に取り組んでこなかったことが、今回の事故の最大の要因と言えるのではないだろうか。

これからの取り組み

産業が必要とする大量の電気エネルギーは、化石燃料への依存から今や原子力発電が担わなければならない時代になった。世界の人口の増加と共に、膨大なエネルギー消費に答えなければならない。一方、わが国は世界で唯一、核爆弾を持たず、核濃縮（ウラン濃縮）が認められている国である。原子力発電用の燃料を自前で作ることができる唯一の平和国家であるとも言える。私たちには、原子力発電を、原子力の平和利用を、安全に進めていく義務を負っているとも言える。

原子力発電の持つリスクが明確になった今、私たちはこのリスクへの対応をしっかり持ち、リスクヘッジをして、リスクを受け入れなければならない。その上で、どのようにリスクヘッジをするかの議論が必要なのではないだろうか。世界はその解を期待して待っている。人類の長い歴史は、リスクを取ってきた上での勝利の歴史なのである。そのことを忘れてはならない。今必要なのは、どのようにしてリスクヘッジをするか、その方策を考えることであり、リスクをどのように取っていくべきかのコンセンサスを形成することであると考える。

————— 休 憩 (15:00-15:20) —————

【パネルディスカッション】

15:20-16:50 福島事故に対して原子力学会は何ができるか、何をすべきか

コーディネーター 田中 知（東京大学）

パネリスト

戸谷一夫（日本原子力研究開発機構）

クリーンアップ分科会 井上 正（電力中央研究所）

出光一哉（九州大学）

事故の教訓と原子力安全

岡本孝司（東京大学）

福島第一原子力発電所事故について、日本原子力学会は5月9日に教訓を取りまとめた。また、IAEAは現地調査を踏まえた報告書の中で16項目の教訓を取りまとめた。これらの教訓の中でも、安全文化に対する取り組みが強調されており、特に規制の仕組みが不十分であったことが認識されている。原子力安全に関する規制の仕組みも、改善を継続することによってその安全が担保されることは言うまでもない。しかしながら、2007年のIAEAからの指摘事項に対して4年経っても、全くフィードバックを行っていないという事実がある。また、新知見を取り入れることが難しい、もしくは取り入れられない状況にあり、50年近く改定されていない原子力安全委員会の指針も存在する事など、改善がほとんどなされて来なかった事実は枚挙に暇が無い。よって、規制の仕組みを改善することが必須であり、その改善は、世界的にみても合理的で、より安全を高めるものでなくてはならない。この様な規制の仕組みの改善に加えて、深層防護の概念を深化させ、新しい原子力安全の考え方の例として提示する。

1. 人と環境を放射線の有害な影響から守ることを目的とする
2. 原子力ライフサイクルの全体について、1項の目的を合理的に達成する

3. 2 項を達成するために、放射性物質インベントリ等を参照し、リスクに応じた深層防護の徹底を図る。
具体的には下記手法を単独もしくは適切に組み合わせて用いること
 - 3-1. 決定論的手法
技術的見地から見て最悪の場合には起こるかもしれないと考えられる設計基準事故の発生を仮定しても、周辺の公衆および環境に放射線障害を与えないこと
 - 3-2. 確率論的手法
設計基準事故を超える事故を含め、炉心損傷もしくは放射性物質放出に至るリスクが実質上無いこと
 - 3-3. シビアアクシデント評価
炉心損傷もしくは放射性物質放出に至る可能性のある事故が発生した場合でも、その事故を収束、もしくは事故の影響を緩和するための措置があらかじめ取られていること
 - 3-4. 防災の確立
原子力施設、及びその周辺地域においては、必要に応じて公衆に対して適切な措置を講じうる環境にあり、その措置が確立していること
4. 原子力安全のための一義的な責任は、事業者にある。このために、原子力安全に関するマネージメントを確立するとともに、維持し、継続的な改善を行わなくてはならない
5. 国は、原子力安全を確保するため、独立した規制機関により、1 項の目的が達成されていることを、継続的に監督する。このために、国は法律を制定するとともに、行政上の枠組みを定め、これを維持するとともに、継続的に改善すること。
6. 技術者倫理と安全文化
原子力技術にかかる個人は、誠実を旨とし、技術者倫理を理解していること。また、組織は安全文化を重視する姿勢が必須である。組織には規制機関も含む

上記の新しい原子力安全の考え方は、人と環境を守ることを目的として明示し、かつ、原子力ライフサイクルの全ての段階において、この目的を達成することを課している。このために、5 層の深層防護思想に基づいた安全評価を実施する。さらには、安全に対する第一義的責任が事業者にあり、規制機関はその活動を監査する事で安全を担保する。また、事業者、規制機関ともに定期的なレビューを行い、改善につなげることを要求している。これらのソフト的な対応に加え、原子力に関わる人の高い倫理観を要求する事で、安全を確保できることを示している。鍵は、「人」「改善」「ソフトウェア」である。

非常時外部電源、事故緩和ベントと福島第一国際協力研究所（仮称）開設

杉山憲一郎（北海道大学）

欧州の原子力発電所では、早い時期から周辺住民の信頼を得る非常時用外部電源の設置を済ませていた。例えば、原子力地域熱供給を行うスイスの原子力発電所では水力発電所とガスタービン発電所が隣接して設けられている。3/11以前に、福島第 1 発電所の陸側高台に同様の外部電源が耐震設計で設置されていれば、今回の事故推移は異なっていた。3/11以降の国の緊急対策により、安全性向上策として外部電源等が追加設置されたが、事故後では国民の信頼を得ることが難しい。

欧州の原子力発電所では全電源喪失事故対応として手動操作可能なベント設備が用意されている。例えば、スウェーデン初のベント設備は、事故時に放射性ヨウ素・セシウム等を99.9%保持し、発電所近傍でバックグラウンドの2倍以下の性能を保証すると評価されている。万が一、全電源喪失事故が発生した場合でも、この種の設備が耐震構造で設けられていれば周辺住民は避難しないで済む。3/11以降の国民の原子力発電に対する信頼回復を目標に、この分野に関連する会員が真剣に検討しコンセンサスが得られれば、事故緩和対策として学会から提案ができると思う。

米国が主導したTMI-2号炉国際協力研究 Vessel Investigation Project で、炉内から損傷燃料集合体、熔融炉心凝固物、下部ヘッダの損傷ノズル等を取り出す遠隔除染技術が開発され、シビアアクシデント事象の理解が進んだ。この度は日本が主導し情報発信する立場にある。適切な時期に福島第一サイトと周辺を活用した国際協力研究所(仮称)を開設し、原子力発電導入を進める国のリーダーにも参加して頂き、事故緩和、除染技術、低レベル放射線影響等の研究を進めるべきである。福島第一サイトとその周辺地域に世界から人が集まり、原子力技術の信頼回復に結びつく有用で価値ある情報を長期に発信できる。会員の英知を集めて、“災い転じて福となす”を目標としてコンセンサスが得られれば、原子力学会から提案が出来ると思う。

福島電子力発電所事故に関わるバックエンドの役割

バックエンド部会部会長 川上 泰

東日本大震災とこれにより発生した福島第一原子力発電所の事故から半年が経過した。事故発生直後は事態に対応するための応急的な対応が取られてきたが、今後は長期的、継続的な対応が求められるものと思われる。

バックエンドに関連する課題として汚染瓦礫の処理処分を含む放射性廃棄物の処理処分が大きな課題となろう。従来の規制の枠組みを超えた規模の放射性廃棄物に対応する必要がある。このためには従来の概念を超えた研究開発が必要であり、これを効率的に実施する必要がある。放射性物質によって汚染された瓦礫の安全な処分には適切な安全評価が重要となる。安全評価に必要なパラメータ、大規模処分施設の安全評価が行える体制の確立が必要である。

事故を起こした原子炉の廃止措置も大きな課題である。現在までに、4基の原子炉が同時に事故を起こした例は無い、また、不安定な状態で廃止措置に移行する例も無い。燃料プールからの燃料の取り出し、破損燃料の炉内からの取出しなど、課題は多い。

事故収束に向けた多くの課題については、学際的な取り組みが必要であり、有機的な連携を構築しなければならない。

放射線影響分科会主査 占部逸正（福山大学）

津波 PRA 学会標準について 標準委員会 リスク専門部会 津波 PRA 分科会主査 山口 彰（大阪大学）

日本原子力学会は標準委員会・リスク専門部会の下に津波 PRA 分科会を設けて「原子力発電所の津波を起因とした確率論的リスク評価実施基準」の制定に向けて検討しています。これは、原子力発電所の出力運転状態における津波を起因として発生する事故に関する確率論的リスク評価(PRA)の有すべき要件及びそれを満たす具体的方法を、PRA 実施の手順を踏まえて実施基準として規定したものです。

原子力事故に伴うリスク評価の実施基準策定を使命とする日本原子力学会標準委員会ならびにリスク専門部会にとって、2011年3月11日は銘記すべき日となりました。深刻な福島第一原子力発電所事故を踏まえ、津波 PRA 分科会を設置して津波 PRA 実施基準を作成する声明を発表しました。標準委員会ならびにリスク専門部会の、津波リスクを評価することが重要かつ喫緊の課題であるとの判断を示すものです。日本の原子力施設では外的事象、特に地震とそれに随伴する事象のリスクが支配的であること、それに起因する包括的なリスク評価を求めるべきであることを改めて認識するところです。

原子力発電所の PRA は、確率論を用いて原子力発電所のリスクを総合的かつ定量的に評価する手法で、事故の発端となる事象の特性に応じて、発電所の内部で起きる機器故障及び人的過誤など内的事象に起因する PRA と、地震や火災などの外的事象に起因する PRA に大別されます。炉心又は燃料が損傷に至る事象に着目して、事故シナリオ及び損傷後の事象進展を同定し、その発生頻度及び影響を分析することにより、安全設計・運転管理・安全規制などの広い分野における意思決定プロセスを支援する効果的な手段と認識されています。

我が国は世界でも有数の地震国であることから、地震に関する研究が早期から精力的に行われてきました。関連して、津波の発生や被害に関しても研究成果が積み重ねられてきました。原子力発電所の地震 PRA においては、地震に関する研究成果や耐震技術開発の実態を踏まえて、研究機関及び産業界において評価手法の整備検討が進められ、原子力学会では“AESJ-SC-P006 原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準（2007年3月）”が制定されています。2006年9月には“発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針”が改定され、残余のリスクの評価が記載されました。津波については、土木学会の津波評価に関する報告書が刊行され、原子力発電所の想定津波高さが見直されるなどされました。一方で、津波 PRA の実施ならびに活用は、その必要性は認識されながらも評価手法の開発・整備や標準策定活動は次の重要課題とされていました。

ここに述べた状況を踏まえ、津波 PRA を実施する場合の考え方、満足すべき要件及び具体的な方法について調査検討を行い、関連する分野の専門家の意見を踏まえ、段階的アプローチにより津波 PRA の実施基準を規定することにしました。

16:50-17:00 閉会挨拶・・・・・・・・・・・・・・・・・・「原子力安全」調査専門委員会主査 澤田 隆（東京大学）