

巻頭言

1 原子力と自動車の安全性

茅 陽一

時論

2 沈み行く日本の新生に向けて

日本の新生には科学技術駆動型イノベーション創出能力の強化が必須である。 柘植 綾夫

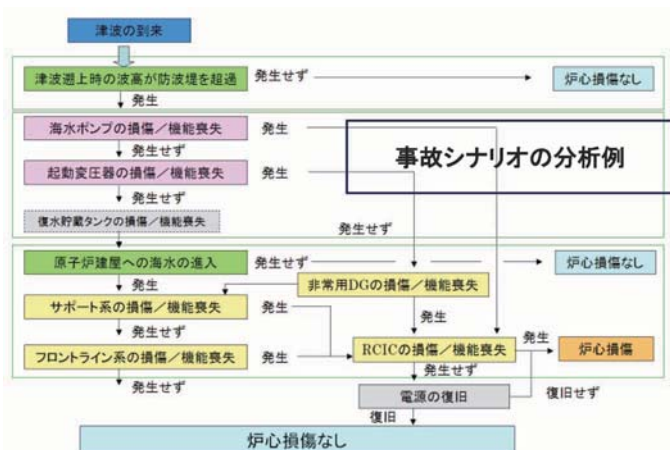
4 原子力の経済性—社会的費用をいかに回避するか

社会的費用論の視点に立てば、原子力の経済性にはさまざまな問題がある。 大島 堅一

解説

12 原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価(第1回) —津波 PRA 評価手法の概要及びシステム解析

原子力学会の標準委員会は津波 PRA 標準を策定した。その内容を3回に分けて解説する。今回は津波PRA評価手法の全体概要とシステム解析に関する評価手順と要求事項について解説する。 桐本 順広



解説

17 原子力災害の再発を防ぐ(その2) —原子力安全論理の再構築に向けて

原子力学会の「地震安全特別専門委員会」は津波の研究の必要性は認識していたが、それは議論の域をでなかった。その反省をふまえた上で、安全の確保の考え方を見直していかなければならない。

宮野 廣, 関村 直人, 中村 隆夫, 成宮 祥介

23 低線量放射線の人体影響 —わからないことがわからない

放射線は「不思議」に満ちている。ヒトへの影響はいまだに、多くのことがわかっていない。何がわかっていて、何がわかっていないのか。

福本 学

29 原子力損害賠償に関する国際的な枠組み—国際条約の必要性と3系統の国際条約の特徴

原子力事故の越境損害を処理するための国際条約に加盟してこなかった日本。国際条約への加盟に向けて、具体的な検討を進める時期に来ている。

富野 克彦

33 福島第一原子力発電所事故の核セキュリティ上の教訓—2012年ソウル核セキュリティシンポジウムにおける発表

シンポジウムのテーマは「全地球的核セキュリティ・ガバナンスの革新」。筆者はこの会合で、福島事故の核セキュリティ上の教訓とこれへの対応措置について発表を行った。

内藤 香

報告

37 全地球的核セキュリティ・ガバナンスの革新—ソウル核セキュリティシンポジウムの議論より

核テロの脅威に備え、核セキュリティをいかに確保していくか。ソウルで開かれた国際会議での議論を紹介する。

千崎 雅生

40 福島県浜通り汚染地域の復興, クリーン化は地元の手で—地元のコアを通して支援の実績と課題

南相馬の復興, クリーン化を地元の手で進め、地域を元に戻したい、その実績を避難地域に広めたい。

天野 治

表紙の絵(日本画)「光(こう)」 製作者 村居正之

【製作者より】 白い建物と、眩しいばかりの紺碧の空と海、私を魅了しつづけるギリシャの島々、強烈な光が白い漆喰にぶつかる時、影はブルーに染まり、美しい色調に変化する。ギリシャの光と影の美しさにひかれて制作をしました。

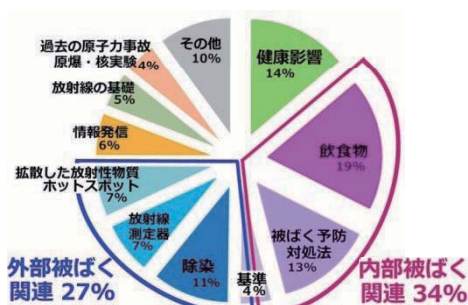
第43回「日展」へ出展された作品を掲載(表紙装丁は鈴木 新氏)

報告

45 核燃料サイクル工学研究所における福島原発事故後のリスクコミュニケーション—市民の心情に寄り添った冷静な判断へのお手伝い

原子力機構では地域住民との双方向対話活動等の経験を積んできた。福島原発事故以降には放射線影響に関する双方向コミュニケーションを実践している。

原子力機構 リスクコミュニケーション室



放射線に関する勉強会での質問・意見の内訳



51 JAEA 図書館が発信する福島原発事故参考文献情報

JAEA 図書館は福島原発事故に関連する参考文献情報を収集しデータベース化して公表している。その総数はおよそ1万件にのぼる。

池田貴儀, 米澤 稔, 中嶋英充



JAEA 図書館 HP アクセス状況(月別)

私の主張

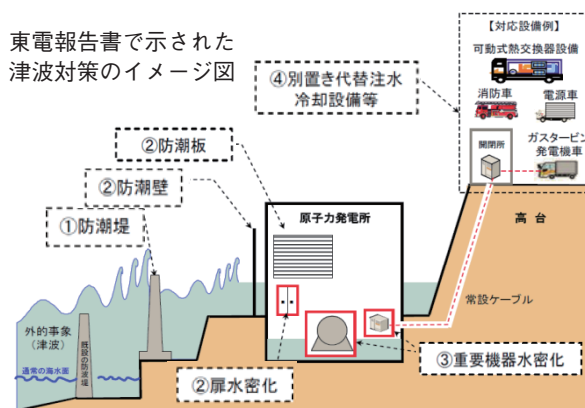
56 原子力規制体制の抜本的な見直しを

充実した専門家組織を構築し、高度で効率的な安全規制を実施し国民の理解を得ることに努力しなければ、原子力の未来はない。古屋廣高

6 NEWS

- 大飯発電所3,4号機が再稼働へ
- 東電社内事故調,「想定外津波が原因」(下図参照)
- 事故による放出放射エネルギーを評価
- 総合エネ調,今後の電源構成で4選択肢
- 核不拡散研,核燃料サイクルを検証
- 全原協が事故の避難状況を調査
- 放医研,緊急被ばく医療車両整備
- 世界で運転中の原子炉は9基減
- 海外ニュース

東電報告書で示された津波対策のイメージ図



談話室

58 「技術の力」と「ぼくらの精神」

昭和23年に行われた小林秀雄と湯川秀樹の対談「人間の進歩について」を読み返した。

飯田式彦

60 福井から東電福島事故とそのグローバルな影響について展望する

春の年会での東電福島事故特別セッションを総括する。

山脇道夫

28 From Editors

50,61 新刊紹介

「核セキュリティの基礎知識」 須田一則

「誰も書かなかった福島事故の真実」 嶋田昭一郎

62 会報 原子力関係会議案内, 人事公募, 平成24年度新役員紹介, 新入会会員一覧, 学会賞受賞候補者募集, 「2012年秋の大会」見学会ご案内, 意見受付公告, 英文論文誌(Vol.49, No. 8)目次, 主要会務, 編集後記, 編集関係者一覧

学会誌ホームページはこちら

<http://www.aesj.or.jp/atomos/>

原子力と自動車の安全性



地球環境産業技術研究機構 理事長

茅 陽一 (かや・よういち)

東京大学大学院博士課程修了。同大工学部教授、慶応義塾大学大学院教授などを経て、2011年より現職。専門はエネルギー環境システム工学。

経産省の基本問題委員会での2030年電力エネルギーミックスの選択肢案がほぼまとまった。それによると、原子力の電力比率は0、15%、20～25%の3つの案が出ているが、細野環境相の発言だと15%案が一番有力な候補らしい。これだと、現在の原発で2030年で40歳未満のものが生き残り80%の稼働率で運転したケースにはほぼ相当する。つまり、新設や更新は一切なし、という選択だから、このままでいくとやがては原発はすべてなくなることになる。野田首相はまだ原発が将来なくなる、とは明言していないが、民主党の空気はそんななしくずしの脱原発にかなり傾いているようである。

たしかに福島第一の事故は大きな事故だった。放出された放射能の量をみてもチェルノブイリに次ぐのだから、原子力の安全性に不安を抱きいっそない方がよい、と思う人が多いのも無理はないかもしれない。しかし、一方において、原子力は長く化石燃料と再生可能エネルギーしかなかった世界に人類がはじめて導入した新たなエネルギー源であり、化石燃料と違って二酸化炭素の放出がないことは温暖化の進行を避ける意味からきわめてありがたい特性である。だから、原子力はその事故の危険性だけでなく、こうしたメリットと2つをはかりにかけてバランスとなる点を選ぶ、というのが一番妥当な選択だろう。

もちろん、事故の危険性が図抜けて大きい、という場合には脱原発という決断は仕方がないかもしれない。しかし、数字で考えると、どうもそうはならないのではないかな。一つの方式として、事故の危険をコストではかってみよう。今回の福島第一の事故の被害は、政府のコスト等検討委員会の報告によると5兆8千億円だという。そして、この委員会はこのような事故は40年に1回程度起こるという前提でこのコストを発電コストに換算している。これは、日本が原発の建設を本格的に始めてからほぼ40年経って今回の事故が起きた、ということ考慮に入れているからだろう。そこで、このコストは日本人一人あたり年あたりどれだけになるかを求めてみると、上の被害を1億人×40年で除して1,500円/人・年という答えが出てくる。そこで、比較のために別な例として自動車事故を取り上げよう。日本では、年間ほぼ5,000人が自動車事故で死ぬ。人ひとりの損失をどうとるか、いろいろ考えはあるだろうが、一人5,000万円とすると年間2,500億円となる。これを人口1億で除すると2,500円/人・年という結果になる。

上記にあげた数字はもちろん幅があっていろいろ変わり得る。だが、原子力の損失が自動車利用の損失とさほど変わらないものであることはたしかだろう。しかし、交通事故で人が死ぬから自動車の使用を止めろ、といった意見はおよそ聞いたことがない。これは人々が自動車を必要だ、と認識し、この程度の損失はその必要性にくらべて仕方がない、と考えているからだろう。それなら、原子力を人々に受け入れてもらうためには、原子力を自動車と同じように重要だ、と理解してもらうことが必要である。私は先に述べたように人類が作り出した唯一の人工エネルギーであり、脱炭素の意義も大きいことを考えると、それだけの重要性はあると思う。そしてそれだけの原子力の重要性を世の中に向け強く主張する方法をぜひ関係者皆で知恵をしぼるべきではないか。

(2012年5月30日 記)



沈み行く日本の新生に向けて



柘植 綾夫(つげ・あやお)

日本工学会会長

前芝浦工業大学学長、前日本学会会議員、前総合科学技術会議議員。工学博士。三菱重工業㈱代表取締役、常務取締役技術本部長などを経て、2011年4月から現職。社会のための科学技術と工学教育のすすめに関する提言を活発に行っている。

日本の危機的状況

21世紀の今、日本は明治維新、戦後復興に次ぐ第三の危機的状況にある。確実に進行する少子高齢化と労働人口の減少、さらには製造業の国際競争力の低下などに伴う経済の弱体化の進行があり、同時に国創りの基盤である科学技術を担う人材の育成面で、初等から高等教育にわたり世界の潮流に取り残されている。さらには、1,000兆円を超える公財政赤字の健全化に向けた社会経済的価値創造、すなわちイノベーションを牽引するエンジン設計の不備と司令塔が不在の状況にある。同時に、東日本大震災と福島第一原子力発電所事故に起因する国力の減退という国難に遭遇し、日本は今、財政、経済、社会保障、教育という国創りの4大要素において“負のスパイラル構造”に陥っており、“沈み行く日本”とも言うべき危機的な状況にある。この危機的な状況にある日本の新生には、第一と第二の危機を乗り越えた重要な要素である“科学技術駆動型イノベーション創出能力の強化”が必須であり、この実現に向けて必要な喫緊の課題と、その持続可能な発展を実現するための中長期的課題を以下に提言する。

提言1 科学技術への信頼回復の唯一の道

福島第一原子力発電所の事故は、“社会のための科学技術が決して犯してはならない過ち”を犯した。市民に対する「科学者・技術者の話は信頼できるか」の問いに、震災前までは「信頼できる・どちらかという信頼できる」との回答が90%近くあったのに対して、震災後には50%近くにまで低下している。さらに「信頼できるか判らない」と答えた人が、震災以前の8%から震災後には30%近くにまで増えている。この事実を、科学技術創造立国を国是とする日本の危機と認識し、国民からの科学者・技術者への信頼の回復を図らねばならない。

科学技術への信頼回復の第一歩は、福島第一原子力発電所事故の真の原因を、技術面と人間・組織面、及び相互の関連性も視野に入れた調査・検証を行い、その結果を判りやすく国民に説明することである。同時に、東北

電力女川等の他の原子力発電所の炉心冷却機能がなぜ巨大地震と津波の襲来の下でも喪失することなく、健全性を保持することが出来たかについても、表層の理由にと止まらず真の原因まで掘り下げて、透明性を持って国民に判りやすく説明することである。

この工学的に精緻かつ社会的に透明性を持った事故調査・検証の確実な実行によってのみ、社会と国民からの科学技術と行政、さらには国を支える産業に対する信頼を復元することが可能になる。ひいては、エネルギー・環境・経済の両立問題等、21世紀の日本と世界の持続可能な発展に向けた様々な選択肢に対する合理的な国民的合意形成が可能になるとの覚悟が必要である。

提言2 日本のエネルギー選択肢に向けた基本的な考え方の提唱

いま日本は、脱原発も含めたエネルギー基本戦略の見直しを迫られている。将来の世代に対して恥じぬ責任ある選択をいかにするかという大命題に直面している。

日本学会会議は、脱原発シナリオから、より安全性を追求した原子力発電を将来における中心的な低炭素エネルギーに位置づけるシナリオまでの6つの選択肢を提唱するとともに、次の重要な考え方を提唱した。「いずれの選択肢も実現に向けた大きな問題点や解決すべき困難が存在し、原子力の安全性と地球温暖化と資源の枯渇、国の安全保障、諸外国の動向等の複合的観点から国民的議論を継続すべきである。」(日本学会会議報告2011.9)

エネルギーの各選択肢と国民が考えるべき複合的観点を前にして、今の日本はいかなる国民的合意を持つべきだろうか。その合意は次の世代に対して責任を持ったものでなければならない。仮に今、誤った選択をした場合、その誤りに気がつき、正しい選択に切り替えても、その間に失った時間と機会をほぼ取り返すことは出来ないことも認識しなければならない。

今我が国が固めるべき国民的合意として、次のことを提唱する。すなわち、「複数の現実的な選択肢を選び、その実現に向けた国策的研究開発と実証活動を、国家安

全保障の検証とともに同時並行的に推進し、絶えずその選択肢の評価を教育の現場も含めて公開性の担保の基で実施すること。そこにはアジアを中心とした全世界的視点と協働を含めることも求められる。

提言3 「イノベーター日本創り運動」の提唱

財政、経済、社会保障、教育という国創りの4大要素において“負のスパイラル構造”に陥っている“沈み行く日本”を、再び浮上させるのに与えられた時間は極めて少ないとの危機感を、国民全員が共有せねばならない。そのために、日本の新生に向けた「イノベーター日本創りの国民運動」を提唱する。

人材以外に資源に貧しい日本が、強い「経済・財政・社会保障」を一体的に築くには、科学技術革新を社会経済的価値創造に具現化する「科学技術駆動型イノベーション創出力」を強化せねばならない。同時に、その創出能力は10年、20年以上にわたり持続可能な能力でなければならない。

ここに科学技術振興とイノベーション振興に加えて次代を担う人材育成のための教育振興とを、三位一体的に推進の司令塔が必須となる。従来の日本は、科学技術政策とイノベーション政策が一体的に推進されていなかったが、第四期科学技術基本計画(平成23年8月閣議決定)では、科学技術政策とイノベーション政策とを一体的に推進することになった。しかしながら、持続可能な科学技術駆動型イノベーション創出能力構築には、高等教育に留まらず、初等・中等教育にまで科学技術・イノベーション政策との連携と協働が必要である。

この視座に立つ国全体を俯瞰した司令塔が現在の日本にはない。その実現に向け、内閣総理大臣を議長とする現行の「総合科学技術会議」を発展的に改組して、「科学技術・イノベーション・教育一体推進会議」とし、内閣総理大臣、関係閣僚に加えて、科学技術界と教育界議員および産業界議員の構成の下で、次の重要視座に立った司令塔機能の発揮を提言する。

重要視座1： 産学官が共有できる「科学技術駆動型イノベーションプロセスの基本設計図」を作り、産学官の連携のあらゆる場面でテンプレート的に共用する。例えば、政府の各省庁にまたがる投資の連関の見える化や、提案された基礎研究、応用研究計画などが受け持つ「科学技術的知の創造から社会経済的価値の創造」までの、イノベーションプロセスの見える化と共有化に常用する。

重要視座2： 日本のイノベーション牽引エンジンの脆弱性を欧米・アジアとの比較で見える化し、日本の特色を活かした「価値創出力強化と人材育成に向けた設計図」を作る。これを産学官が共有化し、日本の教育を国

際基準レベルにまで引き上げること、研究開発型独立行政法人の強化策、ならびに産学官連携強化の制度設計などに活用する。

重要視座3： “負のスパイラル構造”にある「財政、経済、社会保障」を、「産業振興」、「科学技術振興」及び「教育振興」の三位一体推進によって“正のスパイラル構造”に転換する。その際、「教育は科学技術とイノベーションのためにだけにあるのではない」との教育界からの正論も正面から受け止めて、「何を教育界だけに任せるか、何を教育と科学技術とイノベーションの一体的視点で推進すべきか」を内閣総理大臣のリーダーシップの下で議論し、具体的な各府省の施策分担と協業にまで落とし込むことが肝要である。

結び

危機的な状況にある“沈み行く日本”に、追い討ちをかけるかの東日本大震災と福島第一原子力発電所の事故の国難に遭遇した日本は、復興に向けた待たなしの行動とともに、国家100年の計の視座に立った持続可能な発展の原動力である、“教育と科学技術とイノベーションの一体的推進体制と司令塔機能の構築”が極めて重要な命題である。

直面するエネルギーの選択についての命題も、「リスクをとらないリスク(他の選択肢を採用した場合に想定されるリスク)の視点」も堅持して、“沈み行く日本の新生”への最重要課題として国民全員が考えるべき命題である。科学技術創造立国でしか21世紀においても持続可能な発展を遂げることが困難な日本にとって、将来世代に恥じぬエネルギーの選択肢を残して、残る課題に着実に取り組むことが、今いかに重要であるかを国民一人ひとりが自覚せねばならない。同時に、「科学技術革新の成果が広く、深く日々の生活と社会に浸透している現代において、国民が自らの意思で考えて判断し、自らの意思で行動できる能力(科学技術リベラルアーツ)」が、沈み行く日本の新生にとって、極めて重要であることも国民全体が自覚せねばならない。

“沈み行く日本”の新生に向けた「イノベーター日本創り運動」の実行に向けて残された時間は極めて少なくなっているという危機感を、政府も政治も我々国民も自覚して、小異を捨てて大同に就くことが、今の日本にとって緊要である。同時に、教育界・科学技術・学術界も、産業界も“沈み行く日本”を再浮上させ、次代にその成果を誇ることができる「科学技術・イノベーション・教育の三位一体推進」と「イノベーター日本創り運動」に参加・貢献する使命を持つことを改めて自覚せねばならない。

(2012年6月13日 記)



原子力の経済性—社会的費用をいかに回避するか



大島 堅一(おおしま・けんいち)

立命館大学国際関係学部教授，
University of Sussex 客員研究員。
一橋大学大学院経済学研究科博士課程単位
取得。経済学博士。主著に、『再生可能エ
ネルギーの政治経済学』(東洋経済新報
社)，『原発のコスト』(岩波書店)，『原発事
故の被害と補償』(大月書店)がある。

社会的費用論からのアプローチ

原子力推進論の根拠とされてきたものの一つに原発の経済性がある。

筆者は、「社会的費用」を考慮した場合、原発には経済性がないのではないかと、福島事故以前から問題提起してきた。ここでいう社会的費用とは、環境経済学のパイオニアである K. W. カップの提唱した概念である。簡単に言えば、事業者である電力会社が支払っている費用の他に、社会が負担している費用があり、原子力のように、国策によって人為的に進められてきたエネルギーについては、社会的費用を含めた総費用をみなければ、経済性を議論することはできないのではないか、ということである。

本稿では、社会的費用論からみた場合の原子力の経済性と、社会的費用を回避するための方策に関する考え方について筆者の考えを述べたいと思う。

原子力発電の総費用とは何か

原子力発電に関連しては、電力会社が支払っている費用の他に、広く国民負担となっている費用が多くある。

そこで、

原子力の総費用 = 私的費用 + 社会的費用
として、考える必要がある。

このうち、「私的費用」は、電力会社が直接支払っている費用で、建設費、運転維持費、燃料費等からなる。原発に経済性があるという従来からの主張は、電力会社が支払う私的費用部分のうち、現時点でわかっている費用だけをとりだして、行われてきた。これが不十分であることは明らかである。

とはいえ、この私的費用部分に関しても、不確実なものがある。特に、バックエンド対策に関する費用は、将来発生する。バックエンド費用は、国の政策が議論される際に試算されることがあるが、現実に一体いくらかかるのかを現時点で確実には知ることができない。

また、電力会社が現実に負担している私的費用にも、不透明なものが含まれている。例えば、立地自治体や原

子力工学を中心とした学者に支払ってきた寄付金の額は、詳細に公表されたことがない。

他方、「社会的費用」とは、電力会社が支払わず、社会の負担となっている費用である。これには、政策費用(立地対策費用、技術開発費用)と事故費用がある。

政策費用のうち、立地対策費用は、国が立地自治体に支払う交付金である。交付金については、資金が移転するだけであるから、費用ではないとの見方がある。だが、実際には、立地関連交付金の大半は原子力発電に重点的に配分されており、この交付金なくして自治体の受け入れは困難である。したがって、この費用は原子力の社会的費用である。

また、技術開発費用は、本来であれば民間企業が行うべきものである。にもかかわらず、長期にわたって多額の費用を国が支出し続けている。これは、他の産業分野ではみられない、原子力に特有な現象である。これらは、一般財源および電源開発促進税を主財源としており、広く国民の負担となっている。

次に、事故費用である。事故費用には、損害賠償費用と事故収束費用とがある。シビアアクシデントが起きると、この双方が莫大な額となり、一電力会社では負担しきれなくなる。

支援機構法成立後、損害賠償費用は、最終的に電力会社の負担金によってまかなわれ、電力料金の原価に含めることとされた。つまり、損害賠償費用は国民の追加的負担となっている。福島事故の損害賠償費額が、今後いくらになるかは、現時点では不確実である。東京電力に関する経営財務調査委員会(以下、委員会)の試算に基づけば、数兆円規模になると考えられている。

ただし、この損害賠償費用額が、イコール「被害の総体」でないことには留意すべきである。つまり、人が生まれ育った土地には、金銭に換算できない固有の価値がある。また、将来、健康被害が万一発生したとすれば、これらも金銭には換算できない。したがって、「被害の総体」は、金銭価値以上に大きいとみるべきである。

最後に、事故収束費用である。これについては、先の委員会報告で、1兆1,500億円程度と試算されている。ところが、2011年12月の政府と東電による発表によれば、今後30~40年間にわたって事故収束作業が続くという。費用についての言及はないが、1兆1,500億円に収まるとは到底考えられない。現時点で、東京電力はすでに自力で資金を調達できなくなり、国から資本注入をうけている。これも国民負担で行われている。

以上述べたように、社会的費用論の視点に立てば、原子力に経済性がないのは明らかである。どんなに控えめに言っても、原子力の費用には不確実な部分が極めて多く含まれていると結論づけられる。

では、原子力の経済性についての将来見通しはどうか。

これについて、筆者は悲観的に考えている。それは、まず、設備利用率を高く維持できないと考えるからである。福島原発事故以降、全国の原発で再稼働ができなくなるという事態が発生した。大飯原発が再稼働したとしても、国民の原発に対する視線はこれまで以上に厳しく、中小のトラブルであっても反対論が強まるだろう。もはや、従来のような設備利用率は期待できない。

そもそも、歴史的にみて、国内の原子力発電の設備利用率は平均で70%ほどしかなかった。これであっても、他電源に比べて、原子力は経済的優位性をもっていなかった。設備利用率が低めに推移すれば、原子力の経済性はますます悪化すると考えられる。

原子力の社会的費用をいかに回避するか

原子力の社会的費用は、政治経済的構造に根がある。よって、社会的費用を回避するには、これを発生させる政治経済的構造を除去する必要があると、筆者は考える。

福島事故以前の原子力政策の立案・執行は、異論を徹底的に排除して行われてきた。これを行ってきた政治経済的構造は、「原子力村」という、不名誉な言葉で国民に広く知られるようになっていく。

「村」と言われるのは、お互いに気心の知れた者同士でしか通用しない、社会的にみれば非常識な論理が、内部では当然のこととしてまかり通ってきたためである。国および学会によって権威づけられた構造は、村と呼ぶには強固すぎることから、私は、この政治経済的構造を「原子力複合体」と呼んでいる。この「原子力複合体」を解体することが、原子力の社会的費用を回避するために是非とも必要である。

原子力複合体は、国(経済産業省、文部科学省などの開発官庁)、電力会社、原子炉メーカー・ゼネコン・金融機関、各種メディア、学者、一部の政治家、電力関連労働組合等が結びついて、構成されている。

これらの主体は、資金と政治的、行政的権力で結びついている。特に、国と電力会社が果たしてきた役割は大きかった。

国は、財政を通じて、開発推進に金銭的裏付けを与えてきた。電力会社は、電気料金の総括原価方式に守られながら、原発の拡大を進めてきた。ときに、国と電力会社は、共謀し、公開シンポジウムで「やらせ」を行うなどして、世論を意図的に誘導することすらあった。また、各種メディアには、電力会社及び電事連が広告を出したり、番組のスポンサーとなったりした。電力会社のメディアに対する金銭的パワーは圧倒的だった。

さらに、電力会社、その他の原子力産業は、国が設置する、エネルギー政策や原子力政策に関する委員会、審議会に委員として参加し、政策立案に深く関与してきた。政策立案にあたって、利害関係者のみで事を進めるのは、極めて異常である。このプロセスに、原子力政策に慎重な意見をとるものが委員になるのはごく例外的で、仮になった場合も、ごく少数にとどめられてきた。

原子力に輝かしい未来があるかのように言われた旧い時代にあっては、推進一色であっても国民の支持が得られたのかもしれない。だが、福島事故以降は、全く受け入れられないだろう。

原子力複合体を構成する主体の「結びつき」をなくさなければ、福島事故以前と同じく、原子力の社会的費用は、維持・拡大しつづけるだろう。これを回避するには、次のことが行われなければならない。

第1に、国による原子力に関する隠れた補助金(研究開発および立地対策むけ)を廃止することである。

第2に、事故費用を、民間企業(電力会社及び関係企業、金融機関)に全て負わせることである。つまり、原子力発電事業に関与する者は、シビアアクシデントに関わる損害賠償費用および事故収束費用を事前に準備しなければならない、という規制をかけるべきである。具体的には、最低限、福島事故をカバーできる民間保険ないしは関連金融機関との間の取り決め(緊急時には資金供与を行う旨の契約を事前に結ぶなど)が必要となろう。

第3に、政策決定過程において利害関係者の関与を排除する必要がある。多額の国家的資金を要する政策の立案過程に、資金が投入される側の企業・団体ならびに個人が関与してはならないのは、当然のことである。

これらを完全に実施することによって初めて、原子力政策は、透明性と中立性を獲得し、市場と国民の信頼を回復することができる。これらを行った上で、事業者が、それでもなお原子力に経済性を見いだすとすれば、原子力は生き残ることができるだろう。逆に、実施不可能であれば、市場経済においては、原子力発電が成り立たないということを意味する。自立できない発電方式が、今日の市場経済に存在してよいのだろうか。国民的視点に立てば答は明白であろう。

(2012年6月14日 記)



このコーナーは各機関および会員からの情報をもとに編集しています。お近くの編集委員(目次欄掲載)または編集委員会 hensyu@aesj.or.jp まで情報をお寄せ下さい。資料提供元の記載のない記事は、編集委員会がまとめたものです。

大飯発電所3, 4号機が再稼働へ

野田首相は6月16日に首相官邸で、第8回目となる原子力発電所に関する四大臣会合を開催し、関西電力の大飯原子力発電所3, 4号機の再起動を決定した。これを受けて関西電力は、再稼働に向けて作業や点検を開始。3号機は7月1日に原子炉を起動した。また4号機は7月中旬～下旬にかけて原子炉を起動し、発電を開始する

予定。

また野田首相は6月22日、電力需給に関する検討会合・エネルギー・環境会議合同会合に出席。関西電力管内の節電目標について、「今後、3号機・4号機の安定的な稼働が確認できた段階で、順次、節電目標を見直していく」と述べた。(原子力学会編集委員会)

東電社内事故調、「想定外津波が原因」

東京電力は6月20日、福島第一原子力発電所の事故に関する調査報告書を公表した。社内に設けた委員会と社外有識者で構成する検証委員会が取りまとめたもの。事故原因は「史上稀に見る大きな津波」であり、その想定については「結果的に甘さがあったと言わざるを得ず、津波に対する備えが不十分だった」としている。

報告では耐震安全性について、「安全上、重要な設備は地震後も安全機能を維持できる状態にあり、地震による損傷は確認されていない」と指摘した。しかし想定を大きく超えた津波により、1号機では津波来襲後、早い段階ですべての炉心冷却手段を喪失。2, 3号機では1

号機の爆発などにより作業環境が悪化したため、高圧炉心注水から低圧炉心注水に移行できず、最終的にすべての冷却手段を失ったためと分析。「これまで国と一体となって整備してきたアクシデントマネジメント策」では事故の拡大を防止できなかったと説明している。

これを踏まえ、今後は、「今回の事故原因となった津波事象を含む外的事象に対して、事象の規模を想定し、徹底した対応をすることで事故の発生を未然に防止することを基本とするが、さらに発電所の設備がほぼすべての機能を喪失するという事態までを前提とした事故収束の対応力を検討する」としている。(同)

事故による放出放射エネルギーを評価、広域影響は2号機が原因

東京電力は5月24日、昨年3月の福島第一原子力発電所事故で放出された放射性物質の総量や放出時期の新たな評価結果を公表した。

大気への放出量の評価期間は昨年3月12日から31日まで。同4月以降は3月中の放出量の1%未満と評価されたことから除外した。評価結果によれば、ヨウ素131、セシウム137の合計はヨウ素換算して約900ペタ・ベクレルとなった。また、昨年3月26日から同9月30日までを評価期間とした海洋への放出量は、ヨウ素131が約11ペタ・ベクレル、セシウム134が約3.5ペタ・ベクレル、同137が約3.6ペタ・ベクレルと推定した。

これらの放出を時系列にみると、同原子力発電所から約30km離れた飯舘村などへの広範囲な放射性物質の汚染は、3月15日未明の2号機格納容器の内圧が高まって

破損した時に約160ペタ・ベクレルの放出があったことが原因と見ている。その午後には北西の風が吹き、夜には雨が降って土壌汚染が広まった。

最大の放出量は3号機の格納容器の圧力が急減した16日で、放出量は180ペタ・ベクレル。しかし、この後は降雨がなかったために、地表には大きな影響は与えずに大気に拡散したものと推定している。

格納容器内の蒸気を水を通した後に排気筒から放出して減圧するベントや、原子炉建屋の水素爆発時にはそれほど多くの放射性物質は放出されなかった。

1号機から3号機の全体の放出影響の割合は、1号機が2割、2号機、3号機が各4割としている。

(日本原子力産業協会提供、以下も同)

総合エネ調、エネルギーミックスで4つの選択肢

経済産業省の総合資源エネルギー調査会・基本問題委員会(委員長=三村明夫・新日本製鉄会長)は5月28日、2030年を想定したエネルギーミックスの選択肢を4つに絞り込み、エネルギー・環境会議に諮る中間報告を取りまとめた。

4つの選択肢は原子力発電比率の違いを切り口とし、それぞれ0%、約15%、約20~25%、および電源構成に定量的イメージを示さないケースとなっている。たたき台の段階で候補にあがっていた原子力発電比率35%の選択肢は、委員間で議論が紛糾した結果、除外され、参考として記載することとなった。

今後はエネルギー・環境会議で、原子力委員会や中央環境審議会で検討されている原子力政策や地球温暖化対策の選択肢原案ともすり合わせ、「エネルギー・環境戦略に関する選択肢」が統一的に提示され、国民的議論に付することとなる。

基本問題委員会は11年10月のキックオフから、これまで計25回の会合を開催。委員からの意見照会を集約し、今回のエネルギーミックスの選択肢提示に至った。定量的イメージを伴わない選択肢では、「市場メカニズムにより効率的なエネルギーミックスが実現する社会」をビジョンとしているのに対し、電源構成に具体的数値を示した他の選択肢では最終案の段階で、原子力発電比率のあり方に関して「意思を持って」との文言が付け加えられた。

最終的に除外となった原子力発電比率35%の案については、「原子力への依存度をできる限り低減」とする民主党政権のエネルギーミックス議論の基本的方向性(昨年8月の閣議決定)と反することから、「選択肢から外すべき」との意見も多かった一方で、「国民への情報提供のため幅広い選択肢を」との考えから、「選択肢に残すべき」とする意見もあった。

核不拡散研究会、核燃料サイクル「一国主義」脱却を主張

細野豪志・原発事故担当相の私的検討会の「核不拡散研究会」(代表=遠藤哲也・元国際原子力機関(IAEA)理事会議長)は5月25日、「核燃料サイクルの検証と改革——原発事故の教訓とグローバルな視点の導入」と題する中間報告を発表した。

中間報告では、核燃料サイクルを検証する際、視野の狭い短期的な議論に終始してはならないと指摘。また、「一国主義」的な見方を踏襲することは許されないと強調した上で、「政策を総合的に捉え世代を超えた長期的な視点を持つとともに、グローバルな視点から大局的な検討・判断を下すことが必要だ」としている。

国際的な核燃料供給体制の整備については、一定の方向性が示されるようになったと分析。バックエンドについては目立った議論の進展はないが、「今後その重要性は増すことが予想される」と述べている。これらの根本

的な課題に対しては、従来からの「核不拡散」と「奪い得ない権利」の二項対立的な論争を繰り返してはならないと主張している。

新たな安全規制組織の発足にあたっては、3S(安全、不拡散・保障措置、セキュリティ)の取組みを総合的、戦略的、集中的に進める体制へと刷新すべきだとしている。

核燃料サイクル全体の「国際化」の必要性についても強調し、六ヶ所再処理工場を利用した他国の使用済み燃料の処理・返還の可能性をも検討すべきだと、踏み込んだ考え方を提示。その際、グローバルな枠組とするかまたは地域的な枠組とするか、パートナー国をどのように得ていかに協力していくかについても検討を進めるべきだとしている。

全原協が福島事故の地元避難状況を調査

全国原子力発電所所在地市町村協議会(全原協)の嶽勤治事務局長は5月22日の原子力委員会で、福島第一原子力発電所事故による原子力災害被災自治体等調査結果を報告した。全原協は「原子力災害検討ワーキンググループ」を設置し、福島第一発電所事故による災害を検証し、全原協会員の中で被災した福島県内の6市町(双葉町、大熊町、楡葉町、富岡町、南相馬市、浪江町)および原子力災害に至らなかった事業者(女川原子力発電所、東海第二発電所)を調査した。

今回の大規模な複合災害で被災市町村は、想定外の行政機能移転や自治体区域を越える広域避難などの過酷な状況に追い込まれた。調査した6市町のうち、全市町が原子力災害対策特別措置法に基づく地震発生時の第1報を受けた記録はなく、同法の10条通報(全交流電源喪失)は大熊町と楡葉町のみ、15条通報(非常用炉心冷却装置注水不能)は大熊町しか受けていない。発電所の状況連絡も5市町にはなく、唯一受けた大熊町も避難判断に必要な情報がなかったため、事故の深刻さが伝えられなかつ

た。避難先や避難経路の指示はあったとしても不十分で、ヨウ素剤は6市町とも保有していたが服用については16日に文書指示のあった南相馬市以外は指示が出され

ず、服用状況にはばらつきが出た。

今回の調査により抽出された課題・問題点とその検討の方向性については、33の項目に分けてまとめている。

放医研、緊急被ばく医療機器搭載の新鋭車両整備

放射線医学総合研究所は5月17日、緊急被ばく医療体制の強化を図るため「支援車」「大型救急車」「検査測定車」の3台の新車両を整備し、報道関係者に公開した。3台とも衛星電話システム、計測した放射線量・画像データの本部への送信および災害対策本部からの指示をリアルタイムで表示できる空間放射線モニタリングシステム「ラジプロブシステム」を搭載しており、派遣者の安全確保や本部から迅速に指示できる。

支援車は、災害現場で活動する作業者の現場指揮、事態の長期化に備えた仮眠場所等の確保及び被災者の汚染検査や除染をする。給水のない場所でも被災者の除染ができるようにシャワー設備を備えており、屋外でのスクリーニング作業時にはこの車両が中心となる。

大型救急車は、汚染の可能性のある救急患者搬送を行う。寝た状態の被災者を2名、比較的軽傷で椅子に座る

ことが可能な被災者を含めると最大6名まで搬送できる。安定ヨウ素剤や除染用の薬剤も搭載しているほか、通常の救急車としての使用も可能。

検査測定車は、発災初期段階の支援活動で被災者の被ばく線量評価を行う。 γ 線のエネルギーの分布を調べられる遮蔽体付き γ 線スペクトロメータ等を設置。試料を分析して体内に摂取された放射能(放射性核種)を評価したり、採取した細胞の染色体を調べて被ばく線量を評価したりする「バイオアッセイ」を簡易的に行える。また、放医研 REMAT(緊急被ばく医療支援チーム)用の高性能小型計測機材等を搭載し、被災地において汚染状況の確認や被ばく量評価が可能。データは車載の通信システムで転送され、本部や専門家による支援方法の判断に利用できる。

原産協会が世界の開発動向調査、運転中原子炉は9基減

原産協会は5月30日、「世界の原子力発電開発の動向2012年版」を刊行した。世界で運転・建設・計画中の原子炉に関するデータを独自のアンケートで集計したもので、2012年1月1日現在、世界では30か国・地域で427基・3億8,446.6万kWが稼働中。2011年中にアジアで4基が新たに営業運転を開始する一方、主に福島事故を原因とする閉鎖原子炉が13基あったことから、前年調査から9基、773.7万kW分の減少となった。ただし同事故後もアジアを中心とする開発気運は衰えず、中国など5か国で新たに12基分の建設計画が加わったとしている。

調査結果によると、福島事故後もアジアは変わらず開発拡大を目指す中心地域であり、国産化設計で設備を拡大した。新規運開炉のうち中国の1基は嶺澳2期工事の2号機で、フランスの技術を改良したPWR設計。韓国では新古里1号機が昨年2月に営業運転を開始した。インドで昨年1月から営業運転が始まったのは国産加圧重水炉(PHWR)のカイガ4号機だ。このほか、中国の全面的な建設協力により、パキスタンでチャシュマ2号機が昨年5月から営業運転を開始している。

「建設中」は75基

世界で建設中の原子力発電所計画は前回調査と変わらず16か国・地域で75基だが、合計出力は7,602.6万kWと前回から29.2万kWの増加となった。全体の4割を中

国の計画が占めるという特徴に変化はないものの、その中国が支援したパキスタンでチャシュマ2,3号機が着工するなどの動きが見られた。このほか中国とロシアで各1基を新たに建設中の範ちゅうに追加。ロシアのバルチック1号機はサイトがリトアニアとポーランドに囲まれるという特殊な環境だ。中国の防城港2号機は着工の日付が2010年12月。前回調査では未確認だったが、今回の調査で着工済みであったことが明らかになった。

94基が「計画中」

実現の可能性が高いとして新たに計画中の範ちゅうに入ったのは5か国の12基、1,178万kW分。内訳は、中国の4基、ロシアの3基、フィンランドとベラルーシが各2基、米国の1基。その結果、世界の合計は前回調査より3基、526.2万kW増えて94基、1億501.1万kWとなった。今回は新規導入計画国の中にベラルーシの2基、240万kWを加えた。

フィンランドの2基はハンヒキピ1号機とオルキルト4号機で、どちらも出力と炉型が確定していないが、いずれの計画にも日本企業が入札に参加している。計画中の基数が26基と最多の中国では、遼寧省の徐大堡で昨年1月に基礎掘削前の前段階起工式を実施。米国ではテネシー峡谷開発公社が福島事故後の昨年8月にアラバマ州でベルフォンテ1号機を完成させる判断を下した。

海外情報 (情報提供：日本原子力産業協会)

[米国] NRC 委員長の後任にマクファーレン氏

米国のB・オバマ大統領は5月24日、21日に辞意を表明した米原子力規制委員会(NRC)のG・ヤツコ委員長の後任委員長として、ジョージ・メーソン大(GMU)環境科学政策学部のA・マクファーレン准教授を指名した。就任に際しては議会上院の承認を得る必要がある。

マクファーレン准教授は1992年にマサチューセッツ工科大(MIT)で地質学の博士号を取得。原子力関連の環境政策と国際セキュリティ、特に核燃料サイクルのバックエンドが主な研究分野で、2006年にはMITから『地中の不確実性—ユッカマウンテンと米国の高レベル放射性廃棄物』と題する著書を出版した。

同氏はその中で、ユッカマウンテンにおける廃棄物処分が抱える技術的な未解決課題を検証。地震動や火山活動等による脆弱性を指摘したほか、酸素と水分にさらされた廃棄物が周辺環境に悪影響を及ぼすとして同計画に批判的な見解を表明したことが伝えられている。

同氏はまた、ユッカマウンテンに代わる高レベル廃棄物管理方法を探るために米政府が2010年3月から今年1月まで設置した有識者(ブルーリボン)委員会にも委員として参加。このような背景から、同処分場計画に強く反対していたネバダ州選出のH・リード上院院内総務はマクファーレン氏の指名を歓迎するとのコメントを発表している。

一方、米原子力エネルギー協会(NEI)は同氏の指名について、「委員5名がフルメンバーで原子力安全という使命遂行のために機能する重要性に鑑み、産業界としては彼女の承認手続きを速やかに進めるようオバマ政権に促したい」とコメントした。

同様の観点からNEIは、5名のうちK・スピニッキ委員の任期が6月末で切れる点に言及。マクファーレン氏の承認と合わせて、同委員の2期目の就任についても上院が出来るだけ迅速に承認するよう要請している。

WH社と原子力事業者、SMR開発で企業連合

米国のウェスチングハウス(WH)社は5月17日、ミズーリ電力連合とともに進めているウェスチングハウス小型モジュール型炉(SMR)開発計画に米国の原子力事業者を加え、「ネクスタート(NexStart)SMR連合」を形成したと発表した。

財政基盤の強化と経営・運転経験の統合を図るため、国内の原子力発電所所有者や運転業者が団結してWH社のSMR開発に取り組み、米エネルギー省(DOE)が1月に発表した4億5,000万ドルのSMR開発財政支援イニシアチブに今月中にも同設計を申請する予定。米原子力規制委員会(NRC)から関連の許可を得るとともに、2022年までに営業運転にこぎ着けるという計画だ。民間企業から少なくとも50%の出資が前提となる同イニシアチブの総投資額は9億ドルに達する見通しで、DOEは夏の終わり頃までに対象となる2設計の選定結果を公表すると見られている。

アメレン・ミズーリ社が率いるミズーリ電力連合の6社に加え、ネクスタートに参加する了解覚書(MOU)に署名したのは米国の大手原子力発電業者であるエクセロン社、ドミニオン社、ファースト・エナジー社のほか、タンパ電力、アーカンソー電力協同組合と言った公営電力サービス会社、およびサバンナリバー国立研究所で、合計12社にのぼる。

WH社のSMR設計は出力22.5万kWの一体型PWRで、AP600やAP1000で認可済みのモジュール技術や受動的安全性を備えたものになる。政府のSMR開発支援イニシアチブの下、ネクスタートはNRCから設計認証(DC)、および建設・運転一括認可(COL)を取得した後、アメレン・ミズーリ社がミズーリ州で操業するキャラウェイ原子力発電所サイト内での初号機建設を目指している。

なお、同イニシアチブにはバブコック&ウィルコックス(B&W)社もすでに今年2月に申請する方針を発表。発電容量18万kW程度で受動的安全性を持つ地下格納型の「mPower」で政府支援を獲得する考えた。また、出力4.5万kWのSMRを開発中のニュースケール社は21日にDOEに申請書を提出した。同社はサウスカロライナ州サバンナリバーに同SMRの初号機を建設するため、同州を本拠地とするサウスカロライナ・ガス&エレクトリック社、および同州で原子力研究開発実証に関するイニシアチブを推進するニューハブ社と協力体制を構築している。

三菱重工エンジニアリング・センターが完成

三菱重工の米国現地法人の三菱ニュークリア・エナジー・システムズ(MNES)社は5月22日、ノースカロライナ州シャーロット近郊で建設中だったエンジニアリング・センターが完成したと発表した。米国向けAPWRや同国内の既存原発の取替え用大型機器および関連エン

ジニアリングと保守点検サービスの供給で米国市場での事業拡大を目的とするもの。MNESは昨年5月、同センターの建設に約400万ドルを投入する計画を発表していた。

MNESではエンジニアリング機能のほかに、プロジェクト管理や品質保証、マーケティングおよびその他の経営機能をバージニア州アーリントンの本拠地から同センターに移転。今後は同センターを拠点とし、米国でこれから展開される新設計画に対し主要な支援を提供するとしている。

産業界および地元の有力者らを招いた開所レセプションでMNESの山内澄社長は、「新たなオフィスが完成したことで、MNESは地元シャーロットや南北2つのカロライナ州で高まりつつある原子力産業プレゼンスに参加していくことになる」と強調。地元自治体と事業コミュニティらの協力に謝意を表明した。

第3世代プラスで170万kW級の出力を持つUS-APWRは、すでにルミナント社のコマンチピーク3,4号機およびドミニオン社のノースアナ3号機建設計画で採用が決定している。

[チェコ]

テメリン3・4号機計画の建設パートナーを募集

テメリン3,4号機の完成計画を進めているチェコ電力(CEZ)は5月9日、戦略的パートナーを迎える可能性について検討を開始したことを明らかにした。複数企業の連合による原発の建設・操業は欧州では珍しくないと強調する一方で、建設に伴うリスクの分散が可能となる点やプロジェクトが成功した際の利益をその他の魅力的な案件に回せるなどの点を考慮したと説明している。

作業が一時期中断していた3,4号機建設計画では、2009年8月にCEZ社がこれらを完成させるための公開入札を開始。第1段階の適性条件をクリアした(1)ウェスチングハウス(WH)社、(2)仏アレバ社の企業連合、(3)ロシアのアトムストロイエクスポルト(ASE)社とスコダ社の企業連合——に対し、昨年10月末に詳細な入札招請書を手渡した。

第3世代が同プラスのPWRで出力100万kW以上の原子炉2基をターンキー契約で導入する方針で、2013年後半までに原子炉メーカーを選定することになっている。

CEZ社の現在の構想では、メーカーとの契約書調印後に戦略的パートナーと連合を組む段取りで、メーカーの選定結果も潜在的なパートナーを決定する際の基準のひとつ。複数の市場分析結果に基づいて、10社以上のエネルギー企業を招聘する可能性があり、テメリン計画へ

の関心のあるなしにかかわらず、欧州企業を中心に透明性のある入札方式で選択する計画だ。

CEZ社のD・ベネシュ会長は、「最初は当社の財源等で資金を調達する予定だったが、パートナーと企業連合を組めば、原子炉建設に伴う新たなノウハウも獲得可能になる」と指摘。リスク分散や投資機会拡大などの他にも利点があるとしている。

[リトアニア]

ビサギナス計画の事業権付与契約案を承認

リトアニア政府は5月9日、ビサギナス原子力発電所建設計画における戦略的投資家として日立製作所、同国のプロジェクト会社、および同国政府の三者間の取り決め等を定めた事業権付与契約案を内閣が承認したと発表した。また国会は5月17日、ビサギナス原子力発電所建設計画におけるプロジェクト会社、政府、および出資を伴う受注優先交渉権を与えられた日立製作所の三者間の取り決め等を定めた事業権付与契約案に関して第1回目の投票を行い、賛成63、反対11、棄権33でこれを承認した。同国では通常法案の場合、全議員141名の過半数ではなく、出席した議員の過半数の賛成により可決される。国会の関連委員会による結論を待って、6月に再び投票が実施される見通し。政府は同法案が4週間以内に最終投票で承認されれば、国会が休会する直前の6月28日までに日立との事業権付与契約調印にこぎつけると述べたと伝えられている。

同国では10月に国会議員選挙が予定されており、現地報道によると、これにあわせて反対派議員が同建設計画に関する国民投票の実施を要求しているほか、反原子力団体も同様の投票実施を求めて30万人分の署名を法的期限の6月27日をメドに収集中。このため、政府はこの問題を争点とした選挙運動が始まる前に、何としても同法案を確定したい考えた。

ビサギナス原発建設計画では173億リタス(約5,173億円)の投資が必要と見積もられており、6~7割は日本など国外からの直接投資を見込む。事業権付与契約案によると、プロジェクト会社の38%はリトアニアが所有するほか、日立とラトビアが各20%ずつ、エストニアは22%を保有することが明記されている。

[ロシア]

ノボボロネジ2期工事が進展

モスクワの南約500kmに位置するノボボロネジ原子力発電所サイトで、2期工事1号機の格納容器内側にスチール製ドームを組み立てる作業が5月12日に完了し

た。同機は原子炉建屋を二重構造にする部分で、放射能の環境への放出、および地震やハリケーン、航空機衝突などの衝撃から防護する役割を持つ。作業は直径44mのパーツごとに吊り上げて格納容器内に収めるという方式で実施しており、構造物の総重量は400トンに達した。

今後は圧力容器や蒸気発生器、1次系配管などの組立が計画されており、完成は2014年の予定である。

同発電所では1期工事として出力20万～100万kWの旧ソ連製PWR5基が60年代から80年代にかけて建設され、1,2号機は既に閉鎖。比較的新しい3～5号機は現在も稼働中だが、2期工事はロシア政府の「2007年～10年、および15年までの原子力産業開発のための政府目標プログラム」に基づき進められている。

炉型は120万kW級のロシア型PWRであるAES-2006シリーズで、1号機は2008年7月に、後続の2号機でも09年7月に最初のコンクリート打設を実施。両機の総工費は1,300億ルーブルとなる計算である。

31番目の OECD/NEA 加盟国に

ロシアは2013年1月から正式に経済協力開発機構・原子力機関(OECD/NEA)の31番目の加盟国となる。5月23日にパリのNEA事務局でロシアの加盟に関する交換書簡に調印されたもの。実際の調印はNEAのL・エチャバリ事務局長の立ち会いの下、OECDのA・グリア事務局長とロシアのA・デニソフ第一外務副大臣、およびロシアの総合原子力企業であるロスアトム社のN・スパスキー副総裁が行った。

デニソフ第一外務副大臣は記者会見で、「ロシアは近年になるまで長い間、単独で原子力開発利用を進めてきたが、NEA加盟を契機として国際原子力市場の競争に本格的な参加が可能になった」とコメントしている。

[UAE]

運転員養成で基礎訓練を完了

アラブ首長国連邦(UAE)の首長国原子力会社(ENEC)は5月29日、同連邦初の原子力発電所操業に備えて特別に選抜した運転員の基礎訓練プログラムが完了したと発表した。第1期目の有資格運転員を養成するのが目的で、上級原子炉運転員(SRO)として認定されれば、安全運転や保守点検など原子力発電施設の管理・運営において重要な役割を担うことになる。

同プログラムはENECが実施している包括的な運転員訓練プログラムの一部。この分野でENECと提携するウェスチングハウス(WH)社が提供した。国際的に最

も厳しい安全基準を反映した訓練と先進的な技術を組み合わせるなど、UAEによる原子力発電計画モデルの主要な要素となるもので、先進技術教育や諸外国の最新の原子力発電所における実地訓練が盛り込まれている。

訓練期間は17週間に及ぶため、①ネット上での訓練、②教室教育、③シミュレータを使った訓練——の3パートに分けて実施。発電所の様々な理論とシステムをカバーしていることから、ENECでは「原子力の基礎や発電システム、系統的な運転に関する知識が身につくだけでなく、安全文化の醸成という重要な役割を果たす」と強調している。

アブダビ首長国西部のブラカにある建設サイトでは現在、建設許可取得前の準備作業が行われており、今年後半にも初号機のコンクリート打設を実施する計画。営業運転の開始は2017年になる予定である。

[中国]

原子力安全等の5か年計画承認、新設計画の審査再開へ

中国の内閣に相当する國務院は5月31日に温家宝首相を議長とする常務会議を開催し、「原子力の安全性と放射能汚染防護に関する第12次5か年計画、および2020年までの長期目標」を原則的に承認した。福島事故直後の昨年3月16日の常務会議で実施決定した国内の原子力発電所の安全審査結果を受けたもの。その中で国内原子炉が中国および国際原子力機関(IAEA)の安全基準を満たしていることが保証されたとしており、暫定的に停止していた新規計画および建設前準備工事の審査・承認を再開する条件がおおむね整ったことになる。

9か月以上に及んだ包括的な安全審査は、稼働中と建設中の民生用原子炉41基、計画中の3基のほか、研究炉および核燃料サイクル関連施設を対象に行われた。原子力安全、地震や津波等の専門家がこれら外部事象に対する耐性等を中心に検証。今年2月には國務院が提案段階の状況報告書を審査し、さらなる審査と改善措置実行のための調整が行われていた。

全体的な結論としては、国内原発が「中国の安全基準とIAEAの安全基準を全面的に採用しており、国際的にも最新の安全規制・要件を満たしている」と明言。外部事象に対する耐性が十分実証されるとともに、発電所の設計、製造、建設、起動、運転にいたるまで、その品質は効果的に管理されていると断言した。また、過酷事故の発生防止と影響緩和についても、十分なリスク管理が行われるなど安全性が保証されているとしている。

原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的 リスク評価

第1回 津波 PRA 評価手法の概要及びシステム解析

電力中央研究所 桐本 順広

発生頻度が低いが、重大な影響を及ぼす起因事象に対する原子力システムの安全確保には、リスクを総合的かつ定量的に評価する PRA (確率論的リスク評価) 手法が、今後重要な役割を担う。標準委員会では津波 PRA 標準 (AESJ-SC-RK 004:2011) を 2011/12/14 に策定し、2012/2/8 に発行した。この標準について 3 回に分けて解説する。第 1 回では、津波 PRA 評価手法の全体概要及び、システム解析に関する評価手順と要求事項についての解説を行う。「津波ハザード評価」、「建家・機器フラジリティ評価」は、次回以降にそれぞれ別途詳細に解説する。

I. はじめに

2011年3月11日14時46分に東北地方太平洋沖地震が発生、40分後から津波が相次いで襲来し、福島第一原子力発電所では全交流電源喪失と最終ヒートシンクの喪失が発生する事態になり、その後、交流電源が復旧することなく炉心損傷、燃料溶融、放射性物質の放出に至った。

日本原子力学会の標準委員会ならびにリスク専門部会では、津波の確率論的リスク評価 (PRA: Probabilistic Risk Assessment) を実施することが喫緊の課題であるとの判断から津波 PRA 分科会を設置し、津波 PRA 実施基準¹⁾の作成を開始した。それまでの標準委員会では、津波 PRA の実施ならびに活用について必要性は認識されながらも、評価手法の開発・整備及び標準策定活動は地震などの外部事象の次の重要課題とされていたままであった。

今回の事故を受けて、外的事象、特に地震とそれに随伴する事象のリスクに起因する包括的なリスク評価が今後は求められることとなり、より高い安全性を定性的側面だけでなく、定量的評価からも目指していくことが求められることになる。

従来の外的事象の評価手法の整備は、原子力発電所の地震 PRA において、地震に関する研究成果及び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ており、それらの成果を受け、原子力学会で“AESJ-SC-P 006 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)”が制定されている。

また、土木学会原子力土木委員会津波評価部会では、平成15年から確率論に立脚した津波評価法を検討しており、その手法を「確率論的津波ハザード解析の方法 (平成23年9月)²⁾として発行している。断層の評価は日進月歩であるが、その結果を受けて実施される津波評価手法の構造はこの評価手法で整備されている。

上記の先行知見を活かしつつ、さらにプラントの安全評価に有効かつ速やかな標準策定を行うため、津波 PRA 分科会では、土木学会の委員も参加して策定した。また、津波 PRA を含む外部事象 PRA は、検討に際しては以下のような4段階のアプローチで今後の開発を行うものとした。

- ・第1ステップ：外部電源喪失を考慮した津波影響
- ・第2ステップ：地震と津波の相互作用
- ・第3ステップ：火災や溢水等の他の外部事象
- ・第4ステップ：全外部事象の総合リスク

現在は津波と地震の重畳リスクの検討のために地震 PRA の専門の委員を追加し、検討を行っている。

今回策定された第1ステップの津波 PRA 標準の適用範囲は、出力運転中の原子力発電所に対して地震による直接的影響がない状態で、地震起因の津波影響に対する評価を行うこととなる。ただし、外部電源喪失状態はモデルの中に考慮している。また設計情報等を考慮することで、高速増殖炉にも適用可能となるものである

本稿では、津波 PRA 標準に基づき、評価手順の概要、サイト・プラント情報の収集、システム解析について述べる。

The Tsunami Probabilistic Risk Assessment of Nuclear Power Plants(1); Outline of Tsunami PRA and Plant Systems Analysis : Yukihiro KIRIMOTO.

(2012年 5月28日 受理)

II. 津波 PRA 標準

1. 原子力発電所の PRA

(1) 確率論的リスク評価(PRA)

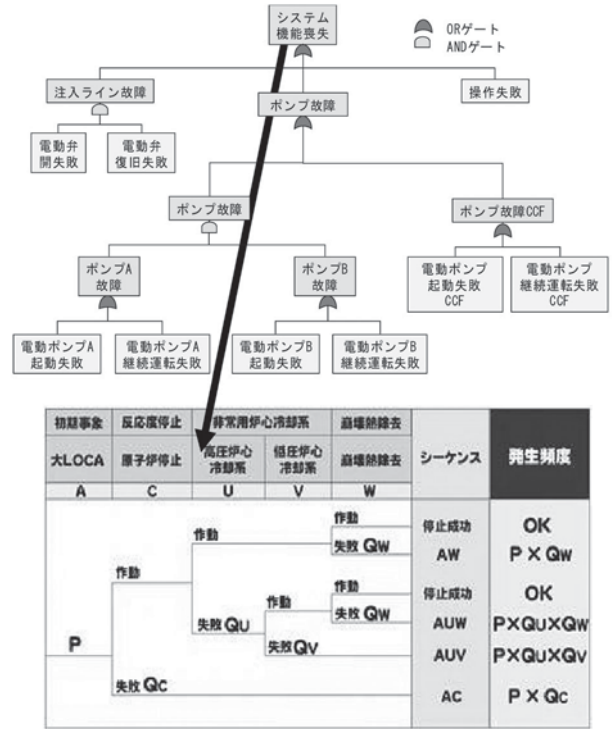
PRAとは、システムの異常をもたらす事象の組み合わせ(事故シーケンス)を理論的に考える全ての事故シナリオを想定することで対象とし、望ましくない事故シナリオの発生頻度、それらの事故シーケンスがもたらす影響の大きさ、あるいはその両方の積を定量的に把握することで、リスクを体系的に評価する手法である。

原子力発電所の PRA では、炉心損傷頻度(CDF: Core Damage Frequency)を評価するレベル1、その後には格納容器が破損して核分裂生成物(FP: Fission Product)の放出に至るレベル2、環境中にFPが移行し公衆被ばくへの影響を評価するレベル3がある(第1図)。通常の運転を妨げることによって、炉心損傷/格納容器破損に至るような事象を起因事象と呼び、起因事象がランダムな機器故障や原子炉運転員の誤操作によって生じる場合を「内的事象」とし、地震や火災、航空機の墜落等の外部からのインパクトによって生じる場合を「外的事象」として扱う。したがって、津波ハザード評価は、レベル1 PRAにおいて、CDFに影響を及ぼす外的起因事象として扱われることになる。

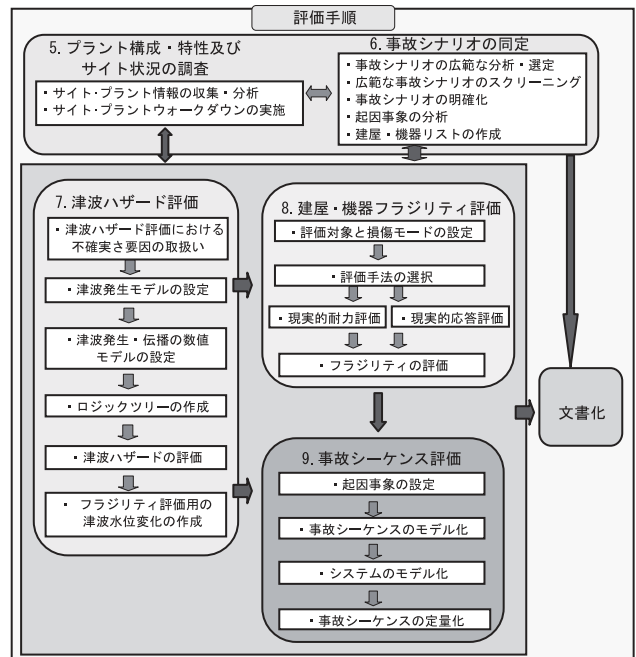
(2) レベル1 PRA モデルのシステム評価

一般的に PRA のシステム評価モデルとしては、イベントツリー(ET: Event Tree)とフォールトツリー(FT: Fault Tree)を組み合わせた評価手法を用いる。ETでは、事故事象の進展をモデル化するための条件(システム、運転性、運転員操作、環境など)をヘディングとして選定し、その成否を分岐で事象の推移を表す(第2図)。

また、それぞれのヘディングごとに対象となるシステムの機能喪失はFTで展開し、各機器の機能喪失事象などに分解することで、複雑なシステムの機能喪失を評価する(第2図)。ただし、津波などの外部事象の場合は、複数の緩和機能に影響を及ぼす建物、構築物、機器が同時に損傷する可能性が高いため、特に影響が大きい設備の場合、独立したヘディングとしてモデル化する必要がある。



第2図 PRA 評価(ET と FT)



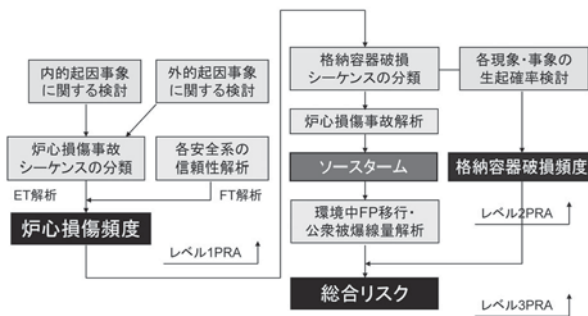
附属書A (規定) 津波PRAの品質を確保するための方策

第3図 津波 PRA 評価の流れ

(3) 津波 PRA の評価手順

津波 PRA の評価手順は第3図に示す評価手順で構成される。ただし、各項目の調査・評価結果はフィードバックして再検討され、各手順は並行で実施する場合がある。結果の活用、PRA 結果のレビューの実施に対応するため、調査及び評価の内容及び結果は文書化される。

また、PRA は偶然的要因と認識論的要因に係わる不確かさを明示的に取り扱う評価手法である。このため、



第1図 PRA 実施手順

品質を確保するために、専門家判断の活用、ピアレビューの実施、品質保証活動についての規定が附属書 A(規定)で定められている。

2. プラント構成・特性及びサイト状況の調査

(1) サイト・プラント情報の収集

原子炉設置許可申請書、プラント機器配置図、活断層の記録や先行 PRA 等から、各評価に必要となる関連情報の収集・分析を行う。以下を対象とし、必要に応じて追加の調査などを実施する。

(a) 津波ハザード評価関連情報の収集・分析

対象サイトに影響を与え得る津波を発生させる地震発生様式(活断層データ及び過去の地震データ等)に関する情報を収集する。津波のモデル化では、専門家の意見の相違をロジックツリーとして表すために、異なる見解を持つ複数の専門家から情報を収集する。

津波ハザード評価に非常に大きな影響を及ぼす可能性のある最新知見などが公開された場合には、情報の再収集の一環として各種調査を実施し最新情報を入手する。

事故シナリオの同定及び津波ハザード評価を行う上で収集した情報の必要十分性を分析する。

(b) フラジリティ評価関連情報の収集・分析

プラント固有の建屋・機器の津波に対する現実的耐力及び現実的応答評価に関連する情報を収集する。特に、サイトの状況、建屋開口部(扉、機器搬入口等)の位置・高さ・大きさ、建屋貫通部の状態、区画の壁・堰の状況、溢水時の機器の没水・被水の状況などを把握する。既往の津波関連試験結果、津波災害事例がある場合には、それらに関する情報を収集する。

事故シナリオの同定及び建屋・機器フラジリティ評価を行う上で収集した情報の必要十分性を分析する。

(c) 事故シーケンス評価関連情報の収集・分析

原子炉設置許可申請書、配管計装線図、電気系統図、プラント機器配置図、保安規定、運転手順書などプラントの設計及び運転管理に関する情報、内的事象 PRA 情報及びそれに関する報告書、既往の津波 PRA 報告書などから、対象プラントへの適用情報として収集し、評価上の留意点として整理する。

事故シナリオの同定及び事故シーケンス評価を行う上で収集した情報の必要十分であるかについて分析する。

各々の評価に必要な情報源については「附属書 F(参考)評価に必要な情報及び主な情報源」で整理して記載されている。

(2) サイト・プラントウォークダウン(現地調査)

品質確保の観点から、収集した対象プラント固有情報では十分ではないと判断した構築物・機器、特に屋外に設置されているエレベーションの低い機器について、専門的知識及び技術を有する複数の専門家からなるチームを編成し、範囲を明確にしてサイト・プラントウォークダウンを行う。

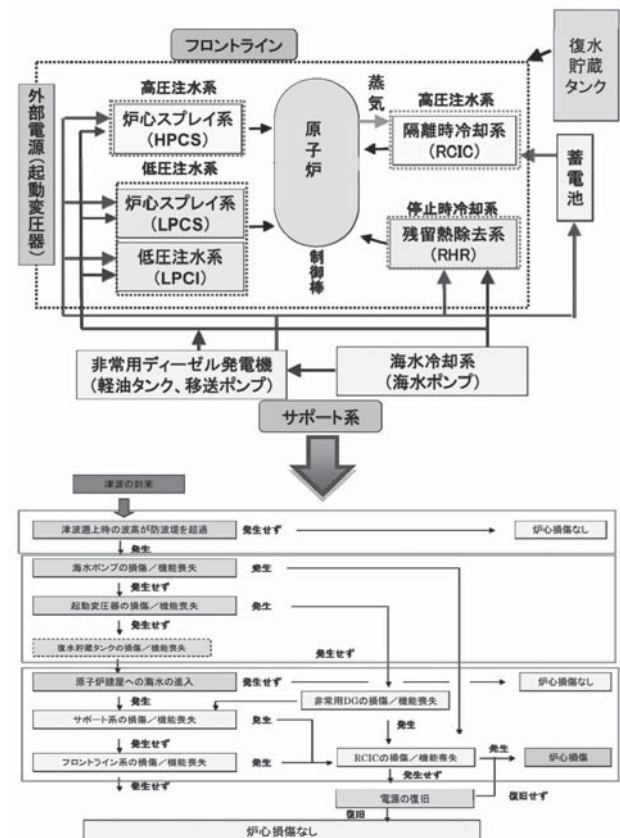
チーム構成員に求められる能力、経験を次に示す。ただし、一人が次の要件全てを満足する必要はない。

- ・対象プラントのシステム、安全設計、運転操作、機器設計、配置設計に関する専門的な知識・技術及び経験。特に事故時のシステム挙動あるいは対応操作等に関するものを含む
 - ・津波の挙動、及び津波災害調査に関する専門的な知識・技術及び経験
 - ・津波 PRA における津波ハザード評価、フラジリティ評価(建物・構築物、機器)、事故シーケンス評価に関する専門的知識・技術及び経験
- また、実施に際する着眼点は以下のものである。
- ・津波影響の確認(建屋開口部、対象設備の高さ等)
 - ・間接的な被害の可能性の確認
 - ・建屋の区画の確認
 - ・津波後のアクセス可能性の確認

3. 事故シナリオの同定

(1) 事故シナリオの分析・選定・明確化

収集した情報を基に、想定される事故シナリオについて可能な限り広範な分析を行い、得られた事故シナリオをスクリーニングし、評価対象とする事故シナリオを明らかにする(第 4 図)。スクリーニングは、炉心損傷に繋がる可能性に対する定量的判断による影響の小ささ及び工学的判断を用いて行う。スクリーニングの際は基準を明確にし、津波による系統損傷・機器損傷の従属性及び



第 4 図 事故シナリオの分析例

第1表 直接的な被災による事故シナリオと影響

津波の影響	建物・構築物、機器・配管系への影響
浸水による設備の没水、被水	設備の動的機能喪失、電気設備の発電/送電機能喪失
津波波力、流体力、浮力	建物・構築物、機器・配管系の構造的損傷
海底砂移動	海水取水設備の機能喪失
引き波による水位低下	海水取水設備の機能喪失

損傷の相関性の情報が失われないように留意する。津波 PRA 標準の附属書 B 等に留意事項が規定されている。

津波起因の直接的な被災による事故シナリオの考慮(第1表)だけでなく、間接的な被災による事故シナリオ(津波によって発電所内の施設から流出した漂流物、あるいは発電所周辺の漁港又は貯木場等から流出した漁船又は木材等の漂流物が発電所施設に衝突する場合など)を、サイト条件に応じて考慮する。

また、津波後の運転員による操作(津波による高ストレスを受けた条件下で引き起こされる操作失敗、又は作業環境に係る設備の支障、アクセス性の劣化などに伴う運転員の回復操作の遅延)によって、炉心損傷に間接的に繋がる可能性のあるような事故シナリオを分析・選定する。遡上時の土砂移動は、このような間接的な被災の要因の一つとして考慮する。

また、複数基立地サイトも留意し、電源融通等の共有するアクシデントマネジメント策が津波に影響される可能性などは「事故シーケンス評価」の人的過誤モデル化の対応操作の阻害要因として考慮する。

(2) 起因事象の分析

起因事象に係る建屋・機器及び緩和設備を分析し、事象の進展が類似している複数の起因事象を一つの起因事象として分類する。津波特有の事故シナリオの特性を考慮して、起因事象を分類するとともに、起因事象に係る建屋・機器及び緩和設備を分析する。

「附属書 B.4(規定) 起因事象の分析」では起因事象の分類、起因事象に係る建物・構築物、機器・配管系と緩和設備の分析を実施する際に考慮すべき観点が具体的な例として整理されている。

(3) 建屋・機器リストの作成

炉心損傷の防止達成のために必要な建物・構築物、機器・配管系の選定及び、建物・構築物、機器・配管系間の相対的な重要性の把握を行い、津波 PRA で対象とする建屋・機器リストを作成する。建屋・機器リストは、建屋・機器フラジリティ評価と事故シーケンス評価、サイト・プラントワークダウンで活用し、必要に応じて情報をフィードバックすることで、考慮すべき対象の追加/除外、他の機器との統合/分離などの調整を随時行う。

例えば、建屋・機器フラジリティ評価では、評価対象の設定における機器・配管系のカテゴリー化、又は損傷確率が十分に小さい、あるいは他施設の評価に集約でき

る、などの分析に基づくスクリーニングを行い、これらの情報を上記建屋・機器リストの調整に反映する。

また、事故シーケンス評価では、起因事象/イベントツリー/フォールトツリーの作成範囲、及び選定した考慮すべき建物・構築物、機器・配管系などの情報に基づき、上記建屋・機器リストを調整する。

4. 津波ハザード評価および建屋・機器フラジリティ評価

「津波ハザード評価」及び「建屋・機器フラジリティ評価」については、次号以降の記事にその詳細な内容が解説されるため、本稿では評価作業を以下に簡単に述べるに留める。

(a) 津波ハザード評価

津波ハザード評価における不確実さの要因の分析、津波発生モデルの設定、津波発生・伝播の数値モデルの設定を行う。津波高さをパラメータとして、年超過発生頻度(又は確率)の関係を示す津波ハザードを評価し、津波ハザード曲線として表す。また、フラジリティ評価用の津波水位変化を作成する。

(b) 建屋・機器フラジリティ評価

構造的及び機能的損傷に至る損傷モードに対応した損傷部位における応力、ひずみ、及び津波の浸水高等の損傷指標を確率量とする現実的応答が、津波の被水・没水、波力、洗掘、漂流物衝突及び海底砂移動によって生じた対象部位における構造的及び機能的損傷の限界である現実的耐力を上回る場合についての損傷確率を算定することで、建屋・機器のフラジリティ曲線を求める。

シビアアクシデント対策に基づく浸水対策等は必要に応じて考慮する。津波 PRA 標準の附属書 J に、今回の事故を受けた我が国の浸水対策の例がまとめられている。

5. 事故シーケンス評価

(1) 起因事象の設定

事故シナリオを分析して、津波時に誘発される起因事象、並びに起因事象をもたらす建物、構築物、機器を設定し、緩和設備の状態などを明確にする。

津波の来襲時には、原子炉停止を起因事象として設定し、原子炉停止から津波来襲までの時間を特定できない場合には、津波来襲時に原子炉が停止するものとして事故シナリオにおける時間余裕を設定する。津波 PRA 標準の附属書 O には、電源の復旧に対して用いる、電源車からの受電のための時間余裕の設定例が示されている。

また、津波来襲時の施設の損傷によって、原子炉停止以外に誘発される起因事象が同定されていれば、それを起因事象として設定する。

(2) 事故シーケンス・システムのモデル化

津波に起因して炉心損傷に至る事象の進展を評価するために、起因事象に対し、炉心損傷を防止するために必要な安全機能を選定し、各機能に係る設備の組合せを成功基準として設定する。炉心損傷防止に必要な機能に対応する設備の動作/不動作をモデル化してイベントツリーを作成する(第5図)。

イベントツリーのヘディングに含まれる各システムの津波時における信頼性(損傷確率)の論理モデルをフォールトツリー手法によって構築する。

(3) 事故シーケンスの定量化

(a) 炉心損傷頻度、条件付き炉心損傷確率の評価

イベントツリー及びフォールトツリーを用いて、事故シーケンスの発生頻度及び炉心損傷頻度を評価する。

炉心損傷に至る事故シーケンス i の発生頻度CDF $_i$ は、津波ハザードから求める津波高さ a における発生頻度 $h(a)$ 、及び津波高さ a に対する炉心損傷に至る事故シーケンス i の条件付き発生確率 $Q_i(a)$ を用い、(1)式で求める。

$$CDF_i = \int_{a_{\min}}^{a_{\max}} h(a) \cdot Q_i(a) da \quad (1)$$

(1)式の積分の上限、すなわち考慮する津波高さの上限 a_{\max} は、これ以上大きな津波高さを考慮しても炉心損傷頻度への影響の増加が無視できる程度までとする。また、積分の下限 a_{\min} は内的事象との重複を避ける津波高さ(安全関連機器の津波による損傷の下限等)とする。

津波高さ a の発生頻度($h(a)$)は、津波ハザード曲線 $H(a)$ (津波高さ a を超える津波発生年の超過頻度)に基づき(2)式から求める。

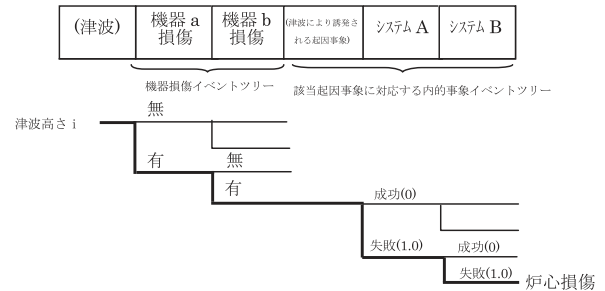
$$h(a) = -\frac{dH(a)}{da} \quad (2)$$

(b) 重要度解析・感度解析・不確実性評価

リスクに重要な影響を与える因子/程度などの情報を得ることを目的に、重要度解析を実施する。代表的な重要度指標は附属書Tにリスク低減価値、リスク増加価値、Fussell-Vesely等が示されており、目的に応じて適切な指標を選択する。

感度解析は、種々の仮定、モデルの選択、データの選択などを対象として、それらとは異なる条件を用いた場合に炉心損傷頻度などへの影響について以下の例などについて実施する。

- ・重要度解析の結果、事故シーケンス発生頻度に影響の大きい機器損傷、故障パラメータ(特に耐力、応答データ)
- ・津波発生後の運転員の操作失敗確率とそのときに考慮する津波による運転員へのストレスレベル



第5図 条件付分岐確率ETによる事故シーケンス

・ 損傷/故障機器の復旧の条件又は確率

不確実性解析は、津波ハザード、建物、構築物、機器などの現実的耐力、現実的応答などに含まれる不確実性要因を対象として不確実性の伝播解析により実施する。

$Q_i(a)$ 等の不確実性は、津波時の機器損傷確率と人的過誤確率、ランダム故障確率の不確実性を、プラント損傷モデルに従い統合した確率分布として表す。津波ハザード曲線の不確実性は、 $H(a)$ から(2)式を用いて求めた $h(a)$ の確率分布で表す。

Ⅲ. おわりに

現在、津波PRAの評価事例は、最新知見に基づいて標準作成と並行して開発されてきている。原子力学会の津波PRA分科会では、各評価ステップの具体的評価例を提供する必要があると考え、適用事例集を本標準の別冊として作成し、2012年6月頃に初版取りまとめを予定している。別冊としたのは、最新知見を反映するために、随時追加、差替えが可能な資料とするためである。また、引き続き地震と津波の相互作用についての第2ステップ版の地震-津波PRA標準の検討も開始した。

津波PRA手法の標準策定により、我が国の原子力発電所における津波リスク評価が進み、安全設計・運転管理・安全規制などの広い分野におけるリスク情報の高度な活用による安全性の向上、意思決定プロセスの支援となることを期待するものである。

— 参考資料 —

- 1) 日本原子力学会標準委員会，原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2011(AESJ-SC-RK 004:2011)，(2011.12)。
- 2) 土木学会原子力土木委員会津波評価部会，確率論的津波ハザードの解析方法，(2011.9)。

著者紹介



桐本順広(きりもと・ゆきひろ)
電力中央研究所 原子力技術研究所
(専門分野/関心分野)リスク評価、PRA用パラメータ(機器故障率、共通原因故障等)推定手法、データベース構築

原子力災害の再発を防ぐ(その2)

原子力安全論理の再構築に向けて

法政大学 宮野 廣, 東京大学 関村 直人,
大阪大学 中村 隆夫, 関西電力(株) 成宮 祥介

2011年3月11日、世界の原子力発電史上初めて自然災害により引き起こされた複数基の原子炉における過酷事故の発生を我が国は経験した。それにより広範囲の国土の汚染と多数の周辺住民が長期避難を余儀なくされる原子力災害となった。日本原子力学会では、中越沖地震以来この事故が発生するまで、想定を超える地震に対する「原子力安全」を検討することにより研究課題を抽出し、今後取り組むべき研究のロードマップを策定した。その取組みの中では、今回の津波への対応も視野には入れていたものの、津波のハザードに対する認識が低く、対策の提言までに至らなかった。その反省に立って、原子力災害の再発を防ぐ取組みとして、想定外のハザードへ対応するための深層防護による原子力安全の確保の考え方を改めて見直し、その実現のためのロードマップを整備していくことを提案する。

I. 東日本大震災と福島第一事故の提起したもの

これまで多くの人は、原子力災害における最大のハザードは地震によりもたらされるものと思っていたが、昨年2011年3月11日、我が国の観測史上最大のM9.0の東北地方太平洋沖地震が発生し、その直後には歴史に残る数少ない巨大な津波が東日本太平洋岸を襲い、大災害をもたらすこととなった。この地方に立地する原子力発電所についてもその多くが被災することになった。特に東京電力の福島第一原子力発電所では、6基ある原子炉のうち、1～3号機で炉心損傷が発生する事態となった。地震に起因するものとはいえ、地震による直接被害とは比べ物にならないほど大きな災害を津波がもたらすということを初めて経験したのである。

1. 事故を振り返る

(1) 外的事象への対応

地震が発生し津波が襲った。原子力発電所は、停止はしたが、炉心の冷却ができなくなり、燃料は損傷し、大量の放射性物質が大気や海洋に放出される事態となってしまった—これが事実である。この事態に至ったのは残念ながら、私たち人間の英知が足りなかったからである

*Prevent Recurrence of Nuclear Disaster(2); Reconstruction of Safety Logic Diagram of Nuclear System.*Hiroshi MIYANO, Naoto SEKIMURA, Takao NAKAMURA, Yoshiyuki NARUMIYA.

(2012年 6月18日 受理)

うか。このような事態に至らなくすることはできた、と今なら言える。しかし、私たち人間は、起こったことは再現もでき、容易に予測もできるが、経験のないことには簡単には「起きる」としての対応はできないものである。事前に、さまざまな発言や警告はあったと思うが、残念ながらそれらは“オオカミ少年”としてしか扱われなかったのではないかと。私たちは、真剣に対策を実行する努力をしてこなかったのではないかと。反対は単なる反対のための反対でしかなく、地元も国も共に発電所の安全を確認し、安心を獲得してきたのではないかと。国民に対して「これで安全、安心です」と一緒になって言ってきたのではないかと。

私たち原子力学会も、「地震安全特別専門委員会」の活動の中で、“津波”の研究が必要であるとか、安全評価の体系を見直さなければならないとか、多重故障を考えなければならないとか、様々に議論はしていた。しかし、残念ながら、議論の域をでることはなかった。なぜなのだろうか？ 私たちはこのことを深く反省しなければならない。知の権威として“学会”という組織は過去にさまざまな過ちを犯してきている。

有名な過ちの一例は、ガリレオ、コペルニクスの説—地動説—を当時の知の権威であった「教皇庁」が否定したことである。固定観念が形成されて、新しい概念を容認することができなかったのである。これにより多くの正しい人が魔女狩りによって処刑されてしまった。津波の予想高さについても、同じことが言える。しかし、今回の問題においては注意を喚起することの難しさを改めて感じるころでもある。私たちは結論を急ぐあまり、あ

るいは判断後の見直しが許されないことから、結果的には重要でなかったことに時間を取られ、本質の議論の時間が取れなかったのではないか。地震の大きさをもっと大きく見積もっていたらとか、津波の予測の高さが足りなかったとか、制御のための電源が全て喪失する事態を想定すべきだった、と言った提案や議論が真摯にできる安全文化を作ることの大切さを、今更ながら切実に思うところである。

今回の事故は、一電力会社の責任の問題ではない。国を始め、地方自治体、学术界、事業者(電力)、メーカーなど全ての原子力発電に関わりを持つ人々がその責任を自覚することが第一に大切なことであると考ええる。

その反省に立って、事故の調査、分析、評価を行い、今後の対応に活かしていくことが、我が国のこれからの発展に結びつくものであると考える。

(2) 事故シーケンスへの対応

原子力安全を確保する上で、深層防護の思想により、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」に対し多層の措置を講じることにより、放射性物質による災害から人間と環境を守る対応が取られている。その上で、自然災害は必ず来ることを考えると、何に注意すれば、今回の福島第一原子力発電所のような事故への展開を避けられるのか、そこに深層防護の持つ役割がある。

原子力災害を防ぐという視点から、今回の発電所の被害状況と対応状況を踏まえ、現時点で考えられる範囲で地震動と津波により事故に至るシーケンスの分析を行って見た。

東日本に立地する原子力発電所15基中、運転中であった13基は自動停止し、炉心冷却過程に入った。その後来襲した津波により3基が冷却機能を喪失して、炉心損傷事故となった。しかし、他の10基は冷温停止状態を達成した。地震及び津波による被害は発電所によって様々に異なる。

発電所の敷地高さや海水ポンプ室壁高さと同達した津波高さの相対的關係は、津波被害の範囲と程度に大きく影響し、津波が到達、冠水した範囲の電気系を中心とした設備(非常用電源、非常用海水冷却系等)機能を喪失させている。特に、同じ太平洋に面し、近接した原子力発電所である東北電力の女川原子力発電所での被害は、東京電力の福島第一原子力発電所の被害と比較すると津波高さが同じ14mを超えるものであったにもかかわらず、発電所設備は機能を確保し、正常に冷温停止に至ったことは特筆に値する。

地震が発生すると、まず交流電源の喪失が懸念される。今回の地震では、強い地震動により外部電源を喪失したプラントが多い。たとえ震源から比較的遠くても、外部電源を喪失しているプラントがある。送電鉄塔の倒壊が主な原因である。外部電源を確保できるか否かは鉄塔および送電系の設置場所における震度と耐震設計に依

存する。外部の交流電源が喪失したことが直接津波被害にどのように影響したのかについては、別途詳細な評価が必要と考える。

地震発生後、津波が来襲すると、まず取水口に設置されている設備が影響を受け、更に建屋内に津波が浸入して電源盤等の電気設備が影響を受ける。今回来襲した津波では、海水ポンプモータ等が津波の影響を受けて非常用電源の機能に支障をきたしているプラントが多い。原子炉が地震の揺れにより自動停止し、格納容器隔離弁が自動閉止すると、その後、原子炉は適切な手順により減圧、冷却され、燃料の冠水が維持されて安定的冷却が継続する停止モードに移行する。

一般論で考えるならば、原子力発電所の更に近傍の海域でM9程度の地震が発生した場合にどのように事故が進展する可能性があるのかを今後分析する必要がある。

耐震重要度分類は指針改訂により見直されたが、機器、設備の重要度の分類は、基本的には直接的な地震動により原子炉の「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の機能の観点から、炉心の損傷を防ぐことを目標としている。

特にSクラスには、下記の機器、系統があり、基準地震動に対し安全機能が保持されることが求められる。

- ・原子炉冷却材圧力バウンダリーを構成する機器・配管系
- ・使用済燃料を貯蔵するための施設
- ・原子炉の緊急停止や停止状態を維持するための設備
- ・原子炉停止後、炉心から崩壊熱を除去するための施設
- ・放射性物質の放散を防ぐための施設
- ・原子炉冷却圧力バウンダリー破損事故後、炉心からの崩壊熱を除去するために必要な施設

これに加え、Bクラスの機器、系統には、BWRのタービン建屋の機器類、配管があり、低いレベルの放射性物質を内包していることから、一般建築物や機器よりも厳しい基準が適用される。

近年、原子力発電所は地震に対する「原子力安全」の確保の観点から、多くの経験を元に実力ベースでの評価、余裕の確認などが進み、加えて「残余のリスク」と呼ばれる、基準地震動を超える地震動によって炉心損傷に至るリスクを評価し、更なるリスク低減の対応を施すことで地震安全が担保される見通しが得られるようになった。

一方、この地震安全評価には、わが国特有とも言える海岸線に沿って原子力発電所が立地されている事情から、海域での地震により発生する津波への配慮もまた必要である。しかし、これまでの原子力発電所の耐震基準においては、揺れに対するきめ細かい評価手順が基準化されているのに比べて、津波に対しての規定は不十分なものであった。

地震動による機器、構造の損傷は、確率論で扱うことが可能であり、機能を失うものも健全なものも、ハザードとフラジリティを重ね合わせることでシステムとしての健全性を評価することができる。一方、今回の津波においては、あるレベルを超えるハザードに対しては、そのハザードが及ぶ範囲の機器、構造などは全てその機能を失うという、いわゆるクリフエッジ効果が生じるため、それに対する対応が重要であることが示された。

2. 再発防止に取り組まなければならない課題

これまで行ってきた安全評価は、内的事象を対象としたランダム故障を念頭においた事故対応であった。しかし、今回の福島第一原子力発電所事故は自然災害の対応の難しさを改めて実感させられるものであった。自然災害による事故を再発させないためには何に取り組まなければならないのであろうか、以下に課題をあげる。

(1) 起因事象

事故の起因はハザードにある。自然災害などの事象は、地震動やそれに伴う津波、また火山活動、台風、異常降雨など様々な事象がある。いずれも発生源としての事象の大きさの推定は可能である。しかし、これらの事象から発電所に対するハザードの大きさを特定することは多くの困難を伴う。我が国では地震が多発することから、これまで地震動に関する数多くのガイドがまとめられてきた。しかし、今なお多くの課題があることが指摘され、「原子力発電所の地震安全に関する検討特別専門委員会」において「地震安全ロードマップ」にまとめられた。津波についてはどうであろうか。上述の委員会でも一部は取り扱われたが、今回の事象を見ても明らかなように、今後に残された多くの課題があることがわかる。

自然災害におけるハザードを明確化し、設備に対する設計基準や、対応策の評価手順の策定を進めることが必要である。さらに、自然災害ではない起因事象には、テロや航空機落下、戦争による被弾などが考えられる。これらについても、ハザードとしてどのような事態が起き得るのかを検討しておかなければならない。

(2) 事故への進展モデル

今回の事故を分析し、地震の発生から津波の来襲、その後の事故の進展に沿って展開して見た。以下に示す例のように、基本的なシーケンスは大きくは変わらない。影響を受ける系統、機器をリストアップし、それぞれの段階で機能がどの程度維持できるかについて評価することが必要である。

- (1) 地震発生(外部電源喪失, EDG 起動)
- (2) 津波来襲(取水口設備の機能喪失, タービン建屋内電源冠水)
- (3) SBO(外部電源喪失, EDG 起動失敗, DC 電源喪失)
- (4) 冷却システム喪失(設備, 駆動源, 水源/ヒートシ

ンクのいずれかの喪失)

- (5) ヒートシンク喪失(サプレッションチェンバ水温上昇, 格納容器ベント失敗)
- (6) 原子炉空炊き/燃料損傷(淡水源枯渇, 海水注入)
- (7) 原子炉空炊き/燃料損傷(海水注入, 水素発生)

これらのシーケンスから事故への進展が評価できる。更に深層防護の視点から、それぞれの機能が喪失した時の対応が準備されれば、安全機能は確保される。例えば、全交流電源喪失の場合を想定して電源車を準備し対抗策を講じると、継続的に冷却が可能となり、炉心損傷は回避される。一方、電源があっても最終のヒートシンクとしての循環型冷却システムが機能喪失すると炉心損傷に至るが、消防車などを用いて淡水や海水の注入ができればそれを回避することが容易に可能となる。

すなわち電源喪失、冷却システムの喪失、ヒートシンクの喪失が重要なクリフエッジとなる基本的要素である。これを発電所における対策と組み合わせることで、自然災害によって原子力発電所の安全が確保されるか、事故に至るかの分岐点を評価できる。

(3) 想定外の想定

(1)(2)では、事故が発生する起因事象の分析、更に事故への進展モデルの検討、事故収束対応についての検討を行うべきとの提案を行った。

今回の事故の経験から得た教訓の最も重要な点は、「想定外」の事象への対応である。今後、様々な事象や事態に対応した対策や訓練がなされるであろう。しかし、重要なことは、想定を超える事態、想定外の事態が発生した時に、どのように対応すべきか、の備えが必要であるという経験である。それが「深層防護」の考え方である。事故シナリオへの対応は多重・多様に確保されるであろう。しかし、これらの防護が全て破られることを想定して、異なる施策、シナリオの変更や考え方の転換を行うことが必要なのである。

II. 原子力安全の論理の再構築

1. 地震安全の論理が提起した課題

中越沖地震を契機として始まった地震安全の論理の検討が提起した課題は、現在行われている基準地震動に対する耐震設計といった決定論的なアプローチと基準地震動を超える残余のリスクの評価という、基準地震動を境にした2つの評価体系の組み合わせではなく、将来は地震動全体に対する地震時の安全性を論理的に説明できるような一貫性を有した概念評価手法の確立が求められるということであった。そして、この検討を進めていく中で、地震安全の論理の検討の際に参考としてきた「原子力安全の論理」自体にも同じ問題を抱えていることが明らかとなってきた。すなわち、現行の安全確保の体系は、異常な過渡変化や事故などといった設計基準事故に対して、安全を確保する決定論的な考え方からなりたってお

り、これに対してシビアアクシデントの解析やそれに対応するためのアクシデントマネジメント抽出に用いる確率論的なアプローチは、あくまで決定論的な体系を補完する位置付けとされてきた。地震安全の確保が決定論と確率論を統合した一貫した体系を目指すのであれば、その根幹となる原子力安全の確保の体系も、設計基準事故とそれを越えたシビアアクシデントという二本立てではなく、それらを統合した一貫性のある安全確保の論理体系が求められることは自明のことである。

設計想定を超える領域を別の世界として扱ってきた問題点とそれに対する対応の必要性は、地震安全論理の活動によって提起された。しかし残念ながら福島第一原子力発電所事故が起きるまでは、それが深刻な事態につながるようになるとは予見できなかった。地震安全において、設計基準地震動を超えるような地震を想定外として考えてこなかったことは、幸いにして深層防護の中の耐震設計の持つ裕度により安全確保がなされたが、設計想定を超える津波により引き起こされた最終的な除熱機能の喪失に対しては、深層防護の思想が全く活かされなかったためにシビアアクシデントへの拡大を食い止めることができなかった。福島第一原子力発電所事故のもうひとつの大きな要因とされる「全交流電源喪失(安全確保のための動力源として必要な発電所内の全ての交流電源が喪失すること)」に対しても、設計想定を超えるような地震や津波などの外部事象(発電所外の災害を起因として起きる故障)では引き起こされないと考えていたため、安全確保上は短期間の電源喪失を考えればよいとされ、これまで十分な対応策が取られてこなかった。これらに共通した原因のひとつに、あらゆる事態に対応するための一貫した原子力安全確保の論理が確立されていないことがある。

2. 深層防護と福島第一原子力発電所事故

本解説シリーズ(その1)の第Ⅱ章で説明した「深層防護」の思想は、国際原子力機関(IAEA)のINSAG-12に示されているもので、厳密な意味では我が国のこれまでの安全確保の体系とは異なる。IAEAが示している深層防護の概念と我が国の大きな違いは防護層の数にある。我が国では、これまで通常運転からの逸脱防止(第1層)、異常状態の制御(第2層)、事故状態の制御による設計基準事象からの逸脱防止(第3層)までを深層防護として位置付け、アクシデントマネジメントと影響の格納(第4層)、サイトの外の緊急対処(第5層)については、なお念のための措置と考えられてきた。その基本にあるのは、想定を超える事態は起こらない、考える必要がないとする思想である。

福島第一原子力発電所事故においては、その第1層から第3層までが、設計想定を大幅に超える津波による最終的な崩壊熱除去機能の喪失と、全交流電源喪失によっ

てもろくも崩壊した後、第4層と第5層に十分な手立てを講じてこなかったために、未曾有の過酷な事態に至る結果となった。今から20年あまり前にアクシデントマネジメントの整備を行い、JCO事故後に防災計画の充実を行ってはいたが、その後、耳目を拡げ、世界の動きを敏感に把握し、確立した策であっても継続的に見直しをするという姿勢がなかった。このことは、国際社会がこれまでの多くの運転と事故の経験から学んで確立してきた安全確保の論理に我が国が大きく後れを取る結果になった。本来は福島第一原子力発電所事故の発生を待つまでもなく、我が国が率先して取り入れるべきことを怠ってきたことがこのような大災害を引き起こした要因であり、原子力に関わる産官学の全ての関係者は国民に対して大きな責任があると考えられる。

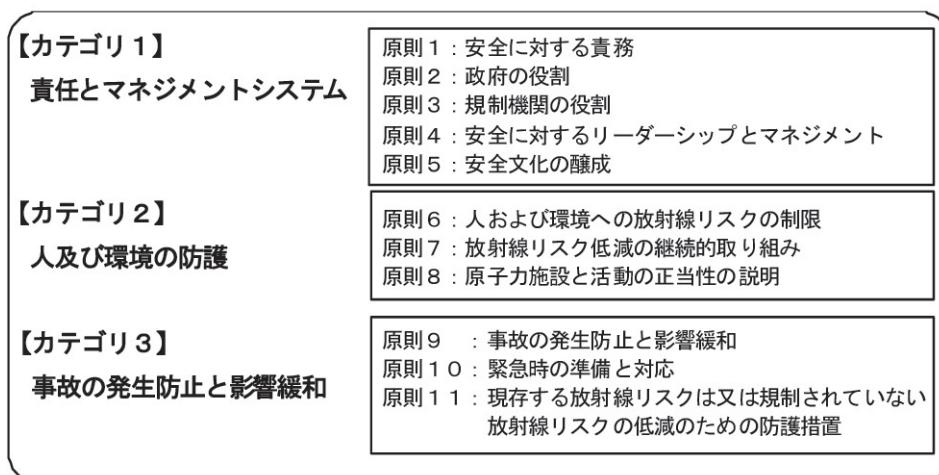
さて、本来、深層防護の各層は等しく重要であり、そのどの一つも疎かにしてはならず、かつ原子力施設の設計から運転、そして廃止に至るライフサイクルの中で常にその安全性の向上に努める活動が欠かせないことはここで改めて述べるまでもない。我が国は、事故の発生防止に重点を置く余りに、些細なトラブルの防止により注視し大きな事故が万一発生した際に取りべき備えを怠ってきた。今後、原子力が国民の信頼されるエネルギーとして位置付けられるためには、もう一度、原子力安全確保の基本を再構築することが緊急の課題である。

3. 原子力安全の論理の再構築に向けて

原子力安全の論理を再構築することの重要性を踏まえ、日本原子力学会では安全部会の協力を得て、原子力安全の基本的考え方を原点に立ち返って検討する「原子力安全検討会」を標準委員会の下に立ち上げて活動を開始した。この活動は、原子力安全の基本的な考え方として、原子力安全の目的、安全原則が今まで明文化されていないこと、それらを受けた技術的要件がないことから、必要で適切な規定内容の標準を標準委員会として策定しやすくすることを狙ったものである。制定した安全原則や技術要件は、日本国内及び国際社会の賛同を得てリーダーシップを取れる世界最高水準の原子力安全を意識して、国際的な視点から議論し、関係者のコンセンサスを形成して社会に発信するものである。

原子力安全の基本原則は、原子力安全の目的を達成するための基本的な原則を記述するものであるが、ここでは、まず原子力安全を達成する主体(責任とマネジメントシステム)と、原子力安全の目的を達成するための基本的な概念(人と環境の防護)、その具体的な手段(事故の発生防止と影響緩和)の3つのカテゴリーに分類し、これらを更に、具体的な11項目の基本原則に分けて、これらの内容と解説を記載することとした(第1図参照)。

まず、原子力安全の目的として「人と環境を、原子力の施設とその活動に起因する放射線の有害な影響から防



第1図 原子力安全の基本原則の構造

護すること」とする。

基本原則案についてはカテゴリーごとの、その概要、主な特徴を以下に示す。

(1) 責任とマネジメントシステム

責任とマネジメントシステムに関する原則の策定では、まず安全に対する「一義的責任」が意味するところを、IAEAの基本安全原則¹⁾に記載されている prime responsibility と照らし合わせることで、原子力安全確保のために原則として果たすべき責任(安全確保のための取り組みを行う義務およびその取り組みに対する結果責任)を明確にし、新たに「安全に対する責務」として定義する。また、原子力安全確保のための役割を明確化するため、政府と規制機関の役割を別々の原則として記載する。

また福島第一原子力発電所事故から得られた教訓の反映として、異常事態発生時における政府や許認可取得者等の各々の安全を確保するための枠組みの確立、維持および継続的改善を明文化するとともに、深層防護の全てのレベルについてマネジメントシステムに組み込む必要があることを明確に記載する。さらに原子力安全の根幹をなす安全文化の醸成について、別途新たに原則を設けることで醸成の充実および強化の必要性を強調する。

(2) 人および環境の防護

放射線リスクの検討にあたっては、原子力施設や廃棄物処理施設のライフサイクルに起因する時間的広がりや放射性物質の放出・拡散に伴う空間的な広がりを持つことを認識しなければならない。また、環境および人以外の生物種の防護に関しては、国内外でまだ議論が継続されていることから、IAEA との比較、他分野の例などに基いて、現時点における考え方を提示するとともに議論の経緯を解説として記載する。

放射線リスクの制限に関して最低限達成すべき基準を明示した上で、さらに原子力安全を高めるための実践として、福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、最新

知見を取り込みつつ放射線リスク抑制の継続的取り組みをはかることが重要であることを述べる。継続的改善は、IAEAの原則では明示的に示されていない事項である。なお、放射線リスク抑制の取り組みが効果的であるためには、その施策が科学的根拠に基づく合理的で効果的なものでなければならないことを示す。

また、原子力施設の正当性を合理的に説明するために、その便益がリスクを上回っている必要があることにも触れている。

(3) 事故の発生防止と影響緩和

福島第一原子力発電所事故への教訓や勧告を踏まえ、深層防護の第3層及び第4層への対策をより有効にするため、また下位の具体的な要件を引き出すため、放射線源としては炉心だけでなく燃料貯蔵施設の制御も重要であることを記載する。また同じ理由により、敷地内の複数ユニットの立地や号機間施設共用の状況を考慮した対策や手段を構築すること及び外的事象や不確かさを考慮することを記載する。

緊急時の準備と対応については、大規模自然災害時においても適切な対応ができるように、その際に社会基盤が活用できなくなることを想定することを記載するとともに、資材の管理、調達、事故状況の把握が重要であることを記す。

この活動の成果は、原子力安全を達成するために必要な次の項目を階層構造で考えていくものであり、大きく分けて、「原子力安全の目的、それを達成するための基本原則」と「その原則を具現化するための技術的要件」の2つから構成される。これらは、平成25年3月の最終報告書発行へ向けて鋭意検討を進める予定である。

Ⅲ. 原子力安全の再構築に向けたロードマップの重要性とその活用

中越沖地震の後、原子力発電所の地震安全の確保のためのロードマップの取り組みを開始するにあたり、原子

力安全分野, 地震工学分野, 機械構造分野からなる地震安全に関する技術検討課題全体を包括したロードマップとするためには, 地震に関する各専門分野を束ねるメカニズムのひとつとして, 横串となる原子力の安全確保に関する基本的考え方が必要とされた。これを「地震安全の論理」と称し, 日本原子力学会が取りまとめを行った。

福島第一原子力発電所事故後の原子力安全の再構築においても, 同様のアプローチが必要である。「原子力安全の基本原則」及び「技術要件」の取りまとめに引き続いて, それらに含まれている考え方を, 地震や津波, さらに他の外的事象の脅威も念頭に置き, プラントのライフサイクル全般において成立する「原子力安全の論理」に昇華させる。ここで完成するのは, 事象あるいはプラント状態に共通する安全の論理であるが, 個々の外的事象特有の影響に対する特記事項も付記されることにより, 全事象および全プラント状態において通用する安全の論理となる。

次に, 地震安全と同様に, それぞれの事象あるいはプラント状態において安全を確保するプロセスが描ける。そこにこの「原子力安全の論理」を反映する。それらの安全確保のプロセスの各構成項目を具現化する上で, 幅広い専門分野における具体的な問題の解決に向けた研究開発と方策の検討整理を行い, 解決のスケジュールや成果目標を取りまとめたロードマップを作成していく必要がある。

ロードマップを作成するためには, まず技術戦略マップが必要となる。これは一般的には, 次の3点から構成される。

- (1) 導入シナリオ(第1階層): 対象とする目標技術のニーズの作成であり, 社会的要請, 経済的要請, 国策を踏まえて, 導入に至るこれらの要素の関係を示す。
- (2) 技術マップ(第2階層): その技術分野の技術レベルを俯瞰的にマッピングし, 適切な達成目標を設定する。
- (3) ロードマップ(第3階層): 実現を確実にするために, 時間軸での①達成のステップ(目標の設定), ②マイルストーンの設定, ③対応の具体的計画(役割分担, 予算化など)を示す。

ここで言うところの「(1)導入シナリオ」は現在取りまとめつつある「原子力安全の基本原則」の中で示される。更に, 今後の活動としては原子力安全の再構築に向けた課

題を専門分野ごとに整理して「(2)技術マップ」に展開し, 更に, これを「(3)ロードマップ」に当たる「原子力安全の再構築のためのロードマップ」として取りまとめしていく活動につなげていく。また, 日本原子力学会から原子力安全に関連する多くの学会に働きかけることにより, 関連する学会間の幅広い協働による活動に展開していく上でこのロードマップを活用していく必要がある。

IV. まとめ

東日本大震災における東京電力の福島第一原子力発電所事故を踏まえ, 事故の経緯を捉えて分析し, そこから得られた教訓を基に, これから原子力安全にどのように取り組んでいくべきかについて検討し, 取りまとめた。私たちは多くの自然災害のリスクにさらされている。地震や台風, 津波, 火山噴火など, 多くのハザードがある。どこまで対応して行かなければならないものか, 判断は難しい。それに加えて, 火災や人為ミス, 航空機落下やテロなど不注意や故意の事故などへの対応も忘れてはならない。原子力の安全確保に向かう取り組みの姿勢を, 「原子力安全の論理」として示すことで, それぞれの技術分野で, 原子力災害再発防止のために, 今後何をしていくべきかをまとめていきたい。

—参考資料—

- 1) SF-1, Fundamental Safety Principles, IAEA, (2006).
- 2) 「原子力発電所の地震安全に関する検討報告書“地震安全ロードマップ”」, 日本原子力学会原子力発電所地震安全特別専門委員会編, 2011年9月末発行。

著者紹介



関村直人(せきむら・なおと)
東京大学
(専門分野/関心分野)システム安全・システム保全, 原子力材料・燃料, 高経年化対策, 国際工学教育

宮野 廣(みやの・ひろし)
本誌, 54〔7〕, 451(2012)参照。

中村隆夫(なかむら・たかお)
本誌, 54〔7〕, 451(2012)参照。

成宮祥介(なるみや・よしゆき)
本誌, 54〔7〕, 451(2012)参照。

解説

低線量放射線の人体影響：わからないことがわからない

東北大学 加齢医学研究所 福本 学

はじめに

電離放射線は、物質に作用して電離する能力のある電磁波(光子線)や粒子線というエネルギーである。物理学的な性質はこんなに単純なのに放射線は「不思議」に満ちている。全身に4 Gyの γ 線を1回被ばくすると60日以内に半数のヒトが死ぬ。これはカップ一杯のコーヒーを沸かすよりも少ないエネルギーである。

一方、レントゲンが1895年にX線を発見し、1902年には皮膚がんを誘発することが報告された¹⁾。以来、放射線に発がん作用があることは自明であるとされている。放射線は、わずかなエネルギーで大きな生物作用、それも細胞死とがん化、すなわち不死化という正反対の事象を引き起こす。しかしその分子機構は解明されていない。

福島第一原子力発電所の事故以降、放射線について多くの人が知りたいことを極論すると、①人工放射線は危険だが自然放射線は安全か、②内部被ばくは外部被ばくよりも危険か、③直ちに影響のない被ばくでも、将来がん罹らないか、子孫へ影響しないか、④少ない被ばくは身体にかえて良いか、とすることになる。

それに対して放射線のヒトへの影響でわかっていることは、急性全身被ばくで、①0.1 Gy以下では影響がわからない、②4 Gy被ばくすると2ヶ月以内に半数が死ぬ、③被ばくして生き残った場合、発がんリスクが上昇する、④被ばく時年齢が低いと高齢よりも発がんリスクが高い、とすることになる。これらの疑問と、それに答えるために必要な科学的知見の間にあるギャップは埋まるか。答えは限りなくノーである。

放射線生物研究のむずかしさ

放射線に関連する単位は観察する性質によって物理単位だけでも、エネルギー量 eV, 吸収線量 Gy, 放射能 Bq がある。今、人々が最も興味を持っている人体影響の単

The Effect of Low Dose Radiation on Humans: Unknown Unknowns: Manabu FUKUMOTO.

(2012年 5月17日 受理)

位は線量 Sv である。分子、細胞、臓器、個体全体のどの段階を対象として、どのような生物反応を観察するかによって影響の質も程度も異なる。物理学的には、放射線の生物影響は転移するエネルギーの量 (Linear Energy Transfer: LET) とその伝わる範囲が重要であり、それは放射線の線質とエネルギーに依存する。この線質とエネルギーを補正して吸収線量 Gy から等価線量 Sv に換算する係数が放射線加重係数である。後述するが Sv は放射線防護を念頭において考えられた単位のため、人体影響を比較するための共通言語としては良いのだが、大いなる曖昧さが入り込んでいる。

以上のように、客観的である物理単位でさえ複数あるのだから、生物影響を一元的に説明することは不可能である。そのため、放射線の人体影響は、原子力災害や放射線治療によって起こった症状を記録することによってのみ解析されてきた。

放射線障害は、被ばくしてから短期間で症状が現れる急性障害と、年単位の無症状の潜伏期間を経てから顕れる晩発障害に分類される。急性障害は比較的高い線量の被ばくによって起こる細胞死が主因である。線量とともに死細胞数が増加し、臓器の機能障害を起こす。これがしきい線量で、しきい線量を超えると線量の増加とともに症状が悪化する。放射線治療など、比較的高線量で問題となる晩発障害は、深部臓器の線維化や潰瘍で、比較的ゆっくり増殖する細胞からなる臓器に多いとされている。これらは照射野内の血管や線維芽細胞の障害によって起こると考えられている。細胞死を招くほどではない、比較的低線量の被ばくによる晩発障害では、遺伝子変異が引き起こされ、異常な細胞が増殖する結果、症状が現れると考えられている。異常細胞がある程度増えるまでが無症候で潜伏期間である。晩発障害として、発がんや遺伝的影響が挙げられるが、すぐには顕れない健康障害なので被ばくとの因果関係がわかりにくい。だからこそ人々は不安を感じ、最も知りたいことになる。

複雑なことに、同一線質でも単位時間あたりの線量である線量率、放射線のエネルギーや連続照射か分割照射かによっても、生物影響は異なる。放射性核種が体内へ

取り込まれると、化学的性質によって集積する臓器や細胞が異なる。例えば、ヨウ素は甲状腺ホルモンの成分であるために、放射性ヨウ素は甲状腺に集積し甲状腺が選択的に被ばくする。

原発事故のように放射性核種が環境中へ飛散した場合に至っては、物理的な拡散と減衰ばかりでなく、食物連鎖による濃縮も起こる。否、その前に厄介な問題がある。原発事故の規模を比較するために、放射性物質が何万テラベクレル(TBq)大気中に飛散したと報道される。放出放射エネルギーは、核燃料の物理化学的状態で飛散する核種が異なる。そのために、国際原子力事象評価尺度(The International Nuclear and Radiological Event Scale: INES)を用いて¹³¹Iの放射エネルギー(テラ・ベクレル)に対する放射線学的等価値によって定義されている²⁾。¹³¹Iが基準として使用される理由は、INESがもともと原子力発電プラントのために作成されたものであり、一般的に¹³¹Iが原発プラントから放出される重要な同位元素の一つであるためである。しかも換算式には人体影響が加味されており、飛散量は純粋な物理量ではないことになる。ここからわかることは、公表された放出放射エネルギーが客観的に比較できる数値ではなく、目安にすぎないということである。

ヒトでは、放射線の遺伝的影響についての明確なデータがないため、本論ではがんについて考えることにする。原爆被爆者では0.1~2 Gy(Sv)という本当に僅かな線量域での被ばくで、がんリスクが線量に伴って高くなる。2 Gyより高線量ではがんになる前に亡くなるので、リスクは頭打ちとなって高くない。

たばこ、アスベストやアフラトキシンのような食物中の毒素など、我々の周囲には無数の発がん物質が存在する。原因が特定できない場合、自然発がんと呼ばれている。今や日本人の二人に一人が何らかのがんに罹り、三人に一人ががんで亡くなる時代である。こんなのがんが一般的な病気であれば、0.1 Gy以下では背景の発がんリスクというノイズにかき消されてしまって、放射線の発がんへの寄与評価は困難である。さらに、原爆被爆者は線量計を携帯していなかったためあくまでも推定量にすぎないという曖昧さが立ちだかっている。単位 Gyにしても物理学では吸収線量であるが、生物学では普通には照射線量と呼ばれ、治療における線量評価もファントムという代替物がどれだけ吸収したか、からの推定量であって個体の本当の吸収線量はわからない。

吸収線量 Gyに放射線加重係数を乗じた等価線量 Svへの換算について上述したが、Svにはもう二つの側面がある。全身に1回急性外部被ばくしたとしよう。臓器ごとに発がんリスクが異なるため、臓器ごとに重みとなる組織加重係数を乗じた総計を実効線量と定義して、この単位も Svとした。臓器ごとの組織加重係数の総和は1となるように配分してある。

放射性物質によって起こる内部被ばくでは、物理的半減期に加えて排泄に伴う減衰があるが体内に存在する限り被ばくする。成人で50年、子供で70年被ばくするとして、なおかつ組織荷重係数を掛けて被ばく線量を積分した値が預託実効線量である。これも単位は Svであり、ICRP(国際放射線防護委員会)は放射能 Bq から換算係数を提唱している。

いわゆる専門家は由来について疑問を差し挟むことなく、これら複数の換算係数を盲目的に掛け算して、「毎日…kg 食べても生涯で100 mSv 以下です、それは人体影響がわからないほど低い線量です」と言い放つのである。ICRPの預託実効線量は、1回だけ口にした場合を想定している。恒常的な摂取については単純に回数を掛け算しているだけである。後述するように、我々は警戒区域内の家畜における臓器別の放射能測定を行っている。放射性セシウムは血液中に検出されるが、物質によっては血液中で不検出でも、細胞による貪食や代謝を受けて特定臓器に濃縮している例が見つかった。放射性物質による内部被ばくの影響を考える上で、セシウムなど、話題にしている放射性物質以外は計算されないこと、減衰よりも濃縮の寄与が大きい物質などについては、今後さらに丁寧な検討が必要である。

1年ごとに、大人で50年間とした預託実効線量を内部被ばく量として、年間の外部被ばく量を合計したものが、ある年1年間における年間被ばく線量である。単位 Svが防護と規制の単位であって、いわゆるリスクを表す単位でないことを知っておく必要がある。

動物実験からヒトへの影響はわかるか

動物実験、特にマウス実験では同じ遺伝背景で照射線量も明確なため、結果が出やすいはずである。環境科学技術研究所で行われた400日間で自然放射線の約10倍のγ線を照射したマウス実験では、有意な寿命短縮や発がん促進は認められていない³⁾。ヒトに比べてマウスは放射線に強く、半数が死ぬ被ばく線量は7 Gyである。もっと大量のマウスで実験すれば、有意な発がん効果が検出できるかも知れないが、放射線被ばくに特異的に観察される腫瘍が見つかっていないため、有意な結果は出ないかも知れない。結果が出たとしても寿命が約2年と極端に短いため、長い潜伏期間を要する腫瘍発生がみえない可能性がある。ネズミはネズミ、ヒトはヒトと一蹴されたら反論は難しい。

リスクの出し方

どれだけの放射線に被ばくしたらどれくらいがんが増加するのか、の疑問に答えるための問題点を一言で表せば、被ばくしてから「いつまで観察するか」である。本論では一般的な疫学と言うよりも放射線発がんの疫学について述べる。日本語で「リスク」という言葉が怪しい。こ

の言葉を使うとなんとなくモダンでキチンとした一元的で、日本語では表現できないような深い意味のある「単位」に思える魔法の言葉である。確かに意味は深いがそれだけに条件を厳格にして話さないといけないので、専門家にとって一般の人に説明する煩わしさがある。そのために何をさしているのか曖昧になりがちである。結果、一般の人がわかっていないことがわからない。

放射線疫学で頻用されるリスクには、絶対リスクと相対リスクがある(第1図)。絶対リスクは、放射線の影響を受けてがんになった人の数を表し、一般に1 Gy 当たり・104人年当りのがん罹患率(1万人の人が全員1 Gy ずつ被ばくしたとして、被ばく後、ある年の1年間に何人ががんを発症したか)で表す。被ばくした人達の絶対リスク($I + I_0$)から放射線に関係なくがんになった人達(対照群)の絶対リスク(I_0)を減じたものが過剰絶対リスク(I)である。相対リスク($I + I_0$)/ I_0 は、被ばく群のがん罹患率($I + I_0$)が対照群(I_0)と比較して何倍になっているかを表すもので、過剰相対リスクは相対リスクから1を減じたもの(I/I_0)である。比較の条件として、一定の時点で、性、年齢(すなわち被ばく時年齢)を一致させる必要がある。

過剰相対リスクの方が、何倍がんになりやすいかというため、わかりやすい。しかし白血病のように、分母にあたる非被ばく対象群の罹患率が極端に少ないとバラつきが大きかったり違和感のある数字となってしまう。そのため、白血病では絶対リスクを、固形がんでは相対リスクを用いることが普通である。歴史に「もし」はないというが、もし原爆が米国に投下されていたらどうだったか? 乳がんが放射線発がんの代表である、ということがわからなかったであろうと言われている。米国では一般に乳がんの発症数が多いため、多少増加してもわからない。当時の日本では乳がんは極めて稀であった。日本に投下されたからこそ、乳がんの発症増加が検出されたのである。

一般に被ばくによる発がんリスクは、30歳の人が被ばくして70歳まで生きたとして過剰相対リスクがどれくらいか、で比較している。原爆被爆者のがん発症数にしても以前は、がん死数で表されていたが、発がん、すなわ

ちがん死ではないので、現在は発症数で表されている。

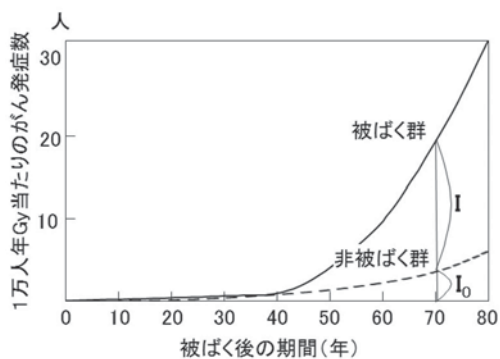
「子供では大人に比べて一体何倍くらい発がんリスクが高いのですか?」と聞かれることがある。原爆被爆者の疫学調査から、被ばく時年齢が若い方が高齢よりも、男性よりも女性の方が発がんリスクが高いとまでは言える。しかし、「何倍リスクが高い」とはそうそう簡単に言えないことがわかると思う。

第2図(<http://www.rist.or.jp/atomica/>から引用)は原爆被爆者の白血病と白血病以外の固形がんの被ばく後の発生パターンを示している。これを見て、なるほど、白血病は被ばく後数年で起こり始めてピークがあり、その後、漸減してリスクはなくなるが、固形がんは年齢とともに増加していつまでもリスクは減らないどころか増える一方だ、と考える。しかし、横軸は被ばく時年齢がないため、被ばくした、というだけの情報しかない。百歩譲って横軸を我慢したとして、縦軸は何を表しているのだろう。絶対リスク? 相対リスク? 途中死亡した人数は計算されているのだろうか? 筆者が個人的に確認したところでは、被ばくしてから白血病や固形がんの出現頻度をみただけということである。こんな絵でリスクが…と言われても、なんとなく理解できる、というだけのことである。内容は極めて重要で、結果は明快でなくてはいけないのに、説明は曖昧なのである。

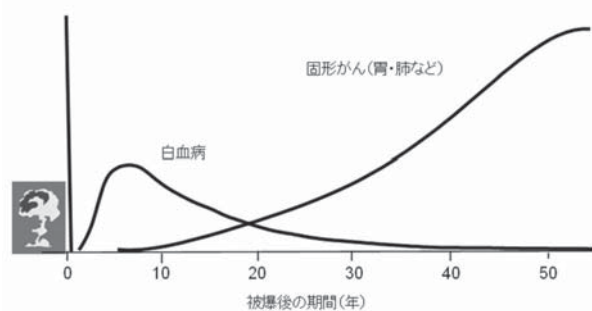
放射線とDNA修復能

ICRPは、放射線の発がんリスクは線量に比例し、しきい線量がない(linear non-threshold, LNT 仮説)としても、今までの放射線発がんの報告と矛盾しない、としている。しかし、ICRPの勧告文を読んでいくと、しきい線量があったとしても極めて低く無視し得るとしている。さらにICRPは、低線量・低線量率の被ばくではリスクが急性被ばくの1/2になるとしている。なぜか。放射線影響の一番の標的はDNAであるが、細胞には突然変異を修復する能力がある。更に、余りにも異常な細胞は静かに死んで排除されるために影響が個体に及ばないような仕組みが備わっている、と考えられている。

低線量率ではリスクが半分になるという考え方と、しきい線量があるという考え方に根本的な差はあるのだろうか。どちらもそう考えても矛盾しない、ということは



第1図



第2図

どちらも真実ではないからなのかも知れない。放射線による生物影響が全て遺伝子配列に関わるとは考えにくい。放射線がストレスのひとつとすれば、細胞内シグナル伝達の変化がDNA配列よりも鋭敏に影響を受けるはずである。実際、低線量の放射線によってDNAの配列は変わらなくても、メチル化の変化によって遺伝子発現が変化することも明らかになって来ている。しきい線量の定義そのものが問題である。全ての個体に起こる線量でなくても、1%の個体に一定の変化が起こる最低線量であれば、しきい線量となる。こんな曖昧な概念なのだから、しきい線量自体を動かせばしきい線量があるなしの議論は無意味である。

さらに困ったことに、放射線従事者の慢性被ばくによる発がんリスクは線量率効果がみられず、原爆被爆者と変わらないという報告もある⁴⁾。細胞には修復能があるから少くらの被ばくは問題にならないとも言いきれないことになる。被ばく時年齢によって発がんリスクが異なることを上述した。最近になって、成人では被ばく時年齢が高いほど、放射線の発がんにおける作用は遺伝子変異を起こすイニシエーションよりも、がんになる異常細胞を選択的に増殖させるプロモーションに関係していると考えられる解析結果も出ている⁵⁾。その上に、原発事故で放射線災害に遭ったこと自体がストレスで放射線そのものよりもその方が人体影響が大きい、と言われたら自然科学から遠くなってしまう。

ゲノム配列を商業化しようとしたクレイグ・ヴェンダー、次いでかのDNA二重らせん構造を解明したワトソンの全DNA配列が発表された⁶⁾。驚くべきことにワトソンのゲノムDNAにはアミノ酸配列、すなわち機能変異を起こし得る345箇所の挿入欠失が見つかった。さらに劣性疾患遺伝子のヘテロ異常が7つ、ホモ異常が4つ見つかった。これらの異常は一般に浸透率が高いものの、ホモ変異でも症状はなかった。これらは何を意味するか。まず、ノーベル賞受賞者でも変異があること、遺伝子配列からの診断では症状が現れてもおかしくないような変異があっても無症状なことがある、ということである。形質異常を指標にすることはおろか、通常の変異頻度がゼロではないのだから、低線量放射線による遺伝子変異を見つけること、そして起こった遺伝子変異が発がんや遺伝性疾患の原因となることを予想することの困難さは容易に理解できる。

放射線生物学、何が問題か

遺伝子変異を起こすことが放射線障害の本質であるということから疑う必要がある。放射線の細胞影響には、①細胞に遺伝子変異が起こりやすくなるゲノム不安定性、②直接被ばくしていなくても、その周囲の細胞が被ばくすれば、被ばくしたと同様な放射線影響を受けるバイスタンダー効果、③あらかじめ低線量の放射線照射に

よって、その後の高線量照射による影響が軽減される適応応答があることが知られてきた。これらの重要なことは、直接被ばくした細胞でなくとも放射線誘発がんが発症する可能性があるということである。さらに内部被ばくがんでは、放射性核種の不均等な臓器内分布と被ばく組織の改変、炎症や代謝など、生体側の反応が重要であり、単純化された培養細胞やDNA変異からのみでは説明できない。

人々は、個人がどれだけ被ばくしたら、いつ、どんながんが何倍増加するのかを知りたがっている。放射線発がん研究の対象は、個体がどんな機構でがんになるかであり、定量性に乏しい。リスク議論の対象は、集団がどれだけ被ばくすれば何人ががんになるかの確率であって現実味がない。どちらも人々の疑問に正確には答えられない。問題にしている対象が個体と人集団、この大きなギャップを埋めるために感情が入り込むことになる。車は1トンの塊が全力疾走のヒトよりも速く走る凶器であるにもかかわらず、危険だからなくそうという議論は起きない。運転者はfail-safeでもないのに自分がコントロールできると錯覚している。一方、人災が大きな因子で起きた原発事故は個人ではコントロールできない。そこにヒトは不安と焦燥を感じる。

人類誕生以前から宇宙と土壌から人類に降り注ぐ自然放射線が、全ての発がんのもととなるイニシエーターであり、人工放射線を含めて環境物質は発がんを促進するプロモーターであると考えても放射線の発がん誘発機構を説明できる。概観しただけでも、放射線の生物影響、微量被ばくによる人体発がんを正確に説明することが難しいことは明らかである。

少し話が逸れるが、後述するように筆者は、福島原発の警戒区域内で作業することがあり、そこは携帯電話を通じない山間部が多い。携帯電話が中継局を探す電波を頻繁に出すために、ポケット線量計の近くに携帯電話を近づけて置くと異常に高い線量を示す。携帯電話からの電磁波に、線量計が反応して誤動作している、と考えるのが常識的である。しかし、携帯電話から大量の放射線が出ている、だから携帯電話は危険である、と言われても妙に説得力を帯びてしまう。

放射線影響科学の立場はどうあるべきか

放射線の人体影響を理解するための唯一の解決策は、異なる一定の条件下で地道に実験を積み重ねてそれらを比較することである。放射能を計測して出た数字は、人体への影響解析を比較するための物差しのひとつに過ぎないのに、影響を数値化したと錯覚に陥る。意外と簡単に数字が出るからかえって怖い、とも感じてしまう。リスクについて灰色で納得せざるを得ないことを説明することも科学の義務である。行政は規制のために、自称正義の味方は一般受けを狙って、灰色部分を白黒に線引き

する。両者とも線引きのために放射線影響科学の一部を借用するだけである。正しい線引きのために晩発障害を急性障害から予想できるようになる研究が必要である。わからないから何もしないでは、科学者ではない。誰でもがわかるようにすること、何かを否定するのであれば創造的対案を示すことが科学者の務めである。

我々の研究室では、線引きできる範囲を小さくしようと努力している。一般的に0.2 Gy 以下の被ばく線量を低線量と呼ぶが、さらに低線量ではホルミシス、すなわち低線量放射線が身体にかえて良いと言う放射線生物学者もいる。我々は培養細胞に0.5 Gy という中線量の X 線を12時間毎に照射し、慢性の被ばくに対する応答が急性の被ばくに対する応答の単なる積み重ねか否か、被ばくに対して抵抗性を獲得するのかについて研究している。低線量を問題にしているのにと考える読者もいると思うが、「われ未だ生を知らず、いづくんぞ死を知らんや」である。6年間毎日 X 線照射を続け、一般的な分割照射線量である 2 Gy/日の X 線照射を続けても増殖し続ける、「臨床的放射線抵抗」細胞の樹立に成功し、現在その分子機構を解析している。

警戒区域にはまだ多くの家畜が取り残されており、安楽死処分が2011年夏から始まった。我々は殺処分された家畜から臓器を摘出し沈着している放射性核種の同定と放射能の計測を行い、そのアーカイブ構築を進めている。今を外したら、日本のような文明国でなければ、後世に残せるような放射性物質による生物影響を知る手がかりになる研究はできない、と強く感じたために行っている。余談になるが、計測時に問題となるのはバックグラウンドの放射能である。周囲を鉛で遮蔽しないと警戒区域内の家畜に存在する核分裂物質の放射能が計測できない。遮蔽用鉛も古いものでないと²¹⁰Pb由来のノイズがある。ゲルマニウム半導体検出器のγ線スペクトラムで核分裂物質由来のピークはこれだ、と注目しているから計測可能なだけである。つくづく放射性トレーサーは鋭敏な道具だということも実感している。ところで、家畜は野生化しており交配による仔も生まれている。動物に警戒区域の境界はないため、農水省はこれらが間違っって食卓に上ることを懸念しており、農家は家畜との衝突による交通事故や、塩分補給のために台所へ押し入られる被害に遭っている。このような背景から安楽死処分が行われていたが、現時点(2012年5月)では動物愛護の意見も強く、殺処分は中断しており、折り合いがつかない。

さいごに

思うことは、どの人の言葉も考えも事実には違いない、事実を知ってから判断する人の心に大差はない、と言うことである。ここに美味しそうなりんごが置いてある。しかし、美味しいか否かは噛ってみなければわから

ない。だが、誰かが噛ったところはもうなくなっている。美味しいかどうかは最早わからない。さらに、噛った部分を裏側に隠していたら美味しいりんごしか見えない。それに加え、大多数が美味しいと感じても、噛った皆が皆美味しいと感じるという保証はない。事実の一面性と真実の多面性を痛感している。

事実も客観的に正しいものでなければ真実に近づくことはできない。科学は単に真実に近づくための過程であり、説明する際にどのような条件か、使っている言葉は厳密に何を表しているかを明確にする必要がある。真実の多面性に際限がないところに無力感も漂うが、それを面白いと思うのが科学者である。放射線の人体影響を語ることは難しい。だからと言って放射線生物学者がサボっている訳ではない、と言うことを少しでも知っていただきたいと思筆を執った。権力の友でもなければ正義の味方でもない良心的科学者とは、事実を粛々と、しかし一般の人達でもわかるような言葉で説明し、判断は個々人に任せると言う人もいる。しかし科学する人間として、世のため人のためよりも地球のためを考えるならば、自分はこう思う、こう考える、を表明すべきである。

人は誰も対象群と比較して何倍、という数字を提示されるとわかりやすく説得力が出てくる。しかし比較するための根拠や単位、ここでは Sv とリスクであるが、両者とも本来、比較できない内容を一括して比較しよう、説得力を持たせようとするために無理をしてあれこれ係数を掛けたり、足し算をしている。そのための理屈がわかりづらくて定義が一筋縄では行かなくなる。その仮定に満ちた過程は、一部の人しか理解していない。ために便利な換算式を適用し、出てきた数字を根拠に安心して議論することになる。心の底にある大きな懸念は、説明している研究者が何気なく使っている用語について、自身がその定義を正確に把握しているのだろうか、ということである。理解すること、理解しようとするのが研究者としての素養の大きな部分であると思う。

編集主幹の先生から本稿執筆に際して、「思ったことを書いていいですよ」というお言葉を頂戴した。正直なところ、これはありがたくも難しいと思った。福島第一原発事故を通して、自分として日ごろ気にはなっていたが曖昧にしてきたことをまとめてみた。本論を書き上げて編集者の先生からコメントをいただいた。それらは物理学を生業とすることがいかに曖昧さを許さないものであるかを知らされ、訂正稿が画期的に格調高い内容となった。ワトソンのゲノム DNA の話は放射線影響研究所の中村典博士にアイデアをいただいた。このような文章を書く機会を与えて下さった各位に深甚の感謝を致します。

—参考文献—

- 1) E. Frieben, Demonstration eines Cancroids des rechten Handrucks, das sich nach langdauernder Einwirkung von Röntgenstrahlen entwickelt hatte, *Forsch Roentgenstr.*, **6**, 106-111 (1902).
- 2) 日本語翻訳版 INES 国際原子力・放射線事象評価尺度 ユーザーマニュアル
http://www.nisa.meti.go.jp/genshiryoku/files/INES_Manual_2008.pdf
- 3) Tanaka IB 3rd, *et al.*, Cause of death and neoplasia in mice continuously exposed to very low dose rates of gamma rays, *Radiat. Res.*, **167**[4], 417-437 (2007).
- 4) P. Jacob, *et al.*, Is cancer risk of radiation workers larger than expected?, *Occup. Environ. Med.*, **66**, 789-796 (2009).
- 5) I. Shuryak, *et al.*, Cancer risks after radiation exposure in middle age, *J. Natl. Cancer Inst.*, **102**[21], 1-6 (2010).
- 6) DA. Wheeler, *et al.*, The complete genome of an individual by massively parallel DNA sequencing, *Nature*, **452**, 872-877 (2008).
- 一本当に微量でも危険なのか? 医療科学社, (2005).
4. 近藤宗平, 人は放射線になぜ弱いのか 第3版, 講談社, (1998).
5. ウェード・アリソン(峯村利哉訳), 放射能と理性, 徳間書店, (2011).
6. K. Ozasa, *et al.*, Studies of the mortality of atomic bomb survivors, Report 14, 1950-2003: an overview of cancer and noncancer diseases, *Radiat. Res.*, **177**[3], 229-243 (2012).
7. DL. Preston, *et al.*, Studies of mortality of atomic bomb survivors. Report 13: Solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-97, *Radiat. Res.*, **160**[4], 381-407 (2003).
8. 要覧, 放射線影響研究所, 平成20年.

著者紹介



福本 学(ふくもと・まなぶ)

東北大学 加齢医学研究所 病態臓器構築研究分野 教授

1976年京都大学医学部卒業, 米国イリノイ大学シカゴ校遺伝学センター留学, 京都大学医学部病理学教室助教授を経て1998年より現職。第二次世界大戦中に血管造影剤として使用され, α 線を放射するトリトラストによる肝悪性腫瘍から放射線内部被ばく発がん機構について研究してきた。成果は, 平成25年の日本病理学会では「放射線病理学」についての宿題報告を行う予定。

(その他の参考文献)

1. 放射線基礎医学 第11版. 監修 菅原 努, 金芳堂, (2008).
2. EJ. Hall, AJ. Giaddia, *Radiobiology for the Radiologist*, Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins, (2012).
3. 佐渡敏彦, 他, 放射線および環境化学物質による発がん



From Editors 編集委員会からのお知らせ

—最近の編集委員会の話題より—
(7月6日第1回編集幹事会)

【論文誌関係】

編集幹事会

- ・新編集委員長および担当理事から挨拶があった。
 - ・新年度の論文誌運営方針について編集長より提案があり, 検討の結果これを承認した。英文誌の Web 投稿・審査の早期開始などが中心。
 - ・英文誌の出版状況, 審査システムの開発状況などが報告された。
 - ・英文誌の創刊50周年記念 Review の依頼を進めることとした。
 - ・PNST を Scopus データベースへ登録申請することとした。
- 新任編集委員説明会
- ・新編集委員長および担当理事および論文誌編集長, 副編集長から挨拶があった。
 - ・2012年度の編集委員分野別一覧とグループ別一覧に基づき, 各委員の役割が説明された。
 - ・新任委員を含め, 出席者の自己紹介があった。
 - ・論文誌編集委員会のこれまでの主な活動実績と新年度の運営方

針について, 編集長より説明があり, 新任編集委員の協力が要請された。

- ・論文審査の流れと, 留意事項が事務局より説明された。
- ・英文誌 Web 投稿・審査のテストサイトが紹介された。

【学会誌関係】

- ・新年度に当たり委員長が挨拶, 理事および編集委員が今後の学会誌の企画案や運営について意見を述べた。
- ・新年度の学会誌編集幹事会の委員編成と運営の説明。前年度までのグループ制が廃止され, 柔軟に記事企画ができる主査制が採用されることになった。
- ・学会誌記事編集工程表に従い報告があり, 今後記事企画各論について意見交換した。
- ・学会のポジションステートメントとしての学会誌の役割について, 倫理委員会と学会誌編集委員会が意見交換の場を設けることになった。
- ・特集「原子力の人材教育」について現状報告があり, 今後の企画について議論した。本特集は二つに分け, 前半は各論, 後半は座談会とすることにした。

編集委員会連絡先 <hensyu@aesj.or.jp>

解説

原子力損害賠償に関する国際的な枠組み 国際条約の必要性と3系統の国際条約の特徴

(社)日本原子力産業協会 富野 克彦

原賠制度を持つ国同士でも、原子力事故の損害が他国に及んだ場合の賠償は複雑な問題に発展する恐れがある。そのような越境損害を適切に処理するために、主に3系統の国際条約がある。我が国はそれらの条約に加盟してこなかったが、周辺アジア地域に原子力損害賠償に関する共通の国際枠組みを構築していくことの重要性や、我が国の原子力産業界がもつ海外とのつながりを考慮すると、我が国も国際的な枠組みに対して具体的な取組みを進めるべき環境にあるといえる。

I. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴って発生した福島原発事故は、不幸にして福島県をはじめ広範囲に多大な被害をもたらした。その損害の賠償は、我が国の原子力損害賠償制度(原賠制度)に基づき東京電力㈱を責任主体として進められている。

今回の事故では深刻な原子力損害が近隣諸国に及ぶことはなかったが、苛酷な事故により広範囲に放射能汚染が広がったことから、国をまたぐ原子力損害賠償問題への意識が以前にも増して高まることとなった。

II. 国をまたぐ原子力損害賠償の問題点

我が国だけでなく、原子力施設を持つほとんどの国には原賠制度があり、その基本的な原則は各国においてはほぼ共通している。原賠制度は次の5つの原則からなる。

- (1) 賠償責任の厳格化
損害賠償請求権の立証が容易となる
 - (2) 運転者への責任集中
請求相手の認識を容易にする
取引関係者の責任を免除する
 - (3) 賠償責任金額の制限(我が国は無限責任制を採用)
賠償負担金額が予測可能となる
 - (4) 損害賠償措置の強制
一定範囲の財務的保証が確保される
 - (5) 国家による救済
運転者の責任範囲を超える場合は国が救済する
- 上記の基本原則を備えた原賠制度は、被害者の保護と

原子力事業の健全な発展に資するものとして、原子力施設を持つ国の「原子力法」や「原子力損害賠償法」のような国内法により規定されている。また、基本的な損害賠償の手続きや、裁判の手続き、判決の執行に関する事項も、当該国の国内法に基づき規定されている。

ところが、国内法に規定されている原賠制度は、基本的に国内の運転者による事故の責任を規定しているため、他国で発生した原子力事故には原賠制度が適用されない。また、その他の国内法も当該国の領域の外では基本的に効力を持たない。そのため、ある国で発生した原子力事故の損害が他の国に及んだ場合の損害賠償は、複雑かつ困難な問題に発展する恐れがある。

国をまたぐ原子力損害賠償では、誰がどのように責任を持つのかという責任の在り方や、どのように賠償を現実のものにするかという損害賠償の手続きは、加害国と被害国の間において基本的に保証されていない。そのため、被害者は損害賠償の請求相手が分からず、また、他国の裁判所の判決が自国で執行されるかどうかは必ずしも保証されない。さらに、複数の国において多数の裁判が行われた場合には、同様の被害に対する判決の不公平、裁判の長期化による救済遅延や争訟費用増大の恐れがあり、適切な救済がなされないばかりか、加害者にとっても過大な負担となる可能性がある。また、賠償責任が運転者のみならず、プラントメーカーやサプライヤーに及ぶことも考えられる。

III. 国際条約の役割

国をまたぐ賠償問題について、法的拘束力を持った形の解決方法をあらかじめ決めておくためには、二国間あるいは多国間の条約を締結する必要がある。我が国はこれまで原子力損害賠償に関する国際条約を締結してこなかった。一方、多数の国が隣接し、国際河川もある欧州

The International Framework on Civil Liability for Nuclear Damage; Needs and Characteristics of the Three Conventions : Katsuhiko TOMINO.

(2012年 5月21日 受理)

においては、原賠制度が創設された原子力発電の黎明期から国際間のルール作りの重要性が認識され、国をまたぐ原子力損害賠償問題を適切に処理するための国際条約が早くから締結されてきた。

原子力損害賠償に関する国際条約には主に、パリ条約/改正パリ条約、ウィーン条約/改正ウィーン条約、原子力損害の補完的補償に関する条約(CSC: Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage)の3系統の条約があり、それらに関連するものとして、パリ条約とウィーン条約を連結して保護を拡大するジョイントプロトコルや、パリ条約の締約国を対象にパリ条約の責任限度額を超える損害に対して資金を提供するブラッセル補足条約がある。

3系統の国際条約には共通して、原子力損害の範囲、原子力事業者の無過失責任及び責任集中、賠償責任限度額の設定、損害賠償措置の強制、といった原賠制度の基本的な内容に関する規定に加えて、締約国間の賠償手続きを確定させるための、以下の規定がある。

- ・専属裁判管轄の設定
事故発生国のみに裁判管轄権がある
- ・判決の承認・執行の義務
裁判管轄権を持つ裁判所の判決は承認・執行される
- ・賠償請求権の時効(除斥期間)
一定期間の経過後は請求権が消滅する

なお、これらの国際条約は基本的に加盟している国の領域内でのみ効力を発揮するため、近隣国と同じ条約に加盟することが重要である。

また、これらの国際条約は原賠制度の国際標準と解することもできるため、国際条約への加盟を促すことにより新規原子力導入国に一定の条件を満たした原賠制度が整備されることも期待される。

IV. 原子力損害賠償に関する国際条約の規定内容と特徴

1. パリ条約/改正パリ条約

原子力損害賠償に関する「パリ条約」とは、1960年に採択され、1968年に発効した「原子力の分野における第三者責任に関する条約」を指す。原子力発電黎明期の1956年より、OECD/NEAの前身であるOEEC(欧州経済協力機構)のENEA(欧州原子力機関)のもとで検討され、各国の原子力損害賠償法制度の基本的原則に関わる事項を統一することを目的として作成された、原子力損害賠償に関する最初の国際条約である。

パリ条約には、用語の定義、無過失責任、責任集中、賠償措置(最低500万SDR(特別引出権):約6.1億円)、責任限度額(最高1,500万SDR:約18.4億円)、免責事項(戦闘行為、敵対行為、内戦、反乱、異常で巨大な自然災害)、消滅時効(事故の日から10年)、裁判管轄権、判決の執行、無差別適用の原則などが規定されている。フランス、ド

イツ、イタリア、英国等のEU加盟国を中心に15カ国が加盟しており、1982年に改正されて現在に至っている。

1986年のチェルノブイリ原発事故をきっかけとして世界の原子力損害賠償制度が見直される中で、2004年にパリ条約の改正議定書、いわゆる「改正パリ条約」が採択された。主な改正点として、運営者の責任額を大幅に引き上げて最低7億ユーロ(約717億円)としたこと、「原子力損害」の定義を拡充したこと(例えば、環境汚染の回復の費用、防止措置の費用など)、適用範囲を非締約国の一部にも拡大したこと、「異常で巨大な自然災害」を免責事由から削除して有責としたこと、除斥期間の延長(死亡又は身体傷害は30年)などが挙げられる。批准国はスイスとノルウェーのみであり、発効の要件である5カ国に満たないため、まだ発効していない。批准が進まない理由として、賠償措置のために7億ユーロの資金的保証を確保することの難しさなどが挙げられている。

2. ブラッセル補足条約

原子力損害賠償に関する「ブラッセル補足条約」とは、「1964年1月28日の追加議定書及び1982年11月16日の議定書により改正された1960年7月29日のパリ条約を補足する1963年1月31日の条約」を指す。この1982年の改正議定書は1991年に発効し、パリ条約の加盟国であるフランス、ドイツ、イタリア、英国等12カ国が批准している。なお、改正パリ条約に合わせて採択された2004年の改正議定書(改正ブラッセル条約)にはスペインとスイスのみが批准しており、いまだ発効していない。

ブラッセル補足条約はパリ条約の制度を補足するもので、最高責任限度額を3億SDR(約368億円)まで引き上げるとともに、パリ条約で義務付けられている最低500万SDR(約6.1億円)の賠償措置に加え、1億7,500万SDR(約214億円)までは運転者の原子力施設が所在する締約国の用意する公的資金から賠償が支払われ、1億7,500万SDRと3億SDRの間は締約国により用意される公的資金から賠償が支払われることが規定されている。未発効の改正ブラッセル条約は同様に最高責任限度額を7億ユーロ(約717億円)まで引き上げたうえで、最低7億ユーロの賠償措置に加え、12億ユーロ(約1,229億円)までは国家補償、12億ユーロから15億ユーロ(約1,536億円)までは各締約国により用意される資金から支払われることが規定される。

3. ウィーン条約/改正ウィーン条約

原子力損害賠償に関する「ウィーン条約」とは、1963年に採択され、1977年に発効した「原子力損害に対する民事責任に関するウィーン条約」を指す。OECD/NEAのもとで西欧の国々を中心として作られたパリ条約に対して、ウィーン条約はIAEAのもとで全世界をカバーする国際的な枠組みとして作られたため、広く各国の条約

加入を求めて責任制限額の最低基準が低く抑えられているが、その点を除けば主な規定はパリ条約と同様であり、両者は類似した条約となっている。

ウィーン条約には中東欧・中南米等のIAEA加盟国を中心に38カ国が加盟しており、我が国近隣のロシアも2005年に加盟している。主な規定内容は、用語の定義、無過失責任、責任集中、賠償措置、責任制限の最低額(1963年4月29日時点の金による500万米ドルの価値：約185億円)、免責事項(戦闘行為、敵対行為、内戦、反乱、及び異常な性質の巨大な天災地変)、消滅時効(事故の日から10年)、裁判管轄権、判決の承認執行、無差別適用の原則などである。

「改正ウィーン条約」とは、チェルノブイリ原発事故をきっかけに被害者救済の実効性の向上を目指して1997年に採択され、2003年に発効したウィーン条約の改正議定書を指す。主な改正点として、最低責任限度額の引き上げ(3億SDR：約368億円)、原子力損害の範囲の具体化、適用範囲の具体化、免責事由の見直し(異常な性質の巨大な天災地変は有責)、除斥期間の延長(死亡又は身体傷害は30年)、無限責任制度採用国に対する配慮規定の創設等が挙げられる。締約国はアルゼンチン、ベラルーシ、モロッコ等9カ国のみとなっている。

4. ジョイントプロトコール

条約の規定は加盟国間のみで有効であるため、パリ条約の締約国とウィーン条約の締約国との間に発生する越境損害においては、両条約とも互いに効力を持たない。そのためチェルノブイリ原発事故を契機として、両条約を連結するジョイントプロトコール(正式名称：ウィーン条約及びパリ条約の適用に関する共同議定書)が1988年に採択され(1992年発効)、実効性の向上が図られた。現在の加盟国は、ウィーン条約に加盟している16カ国とパリ条約に加盟している10カ国との合計26カ国である。

ジョイントプロトコールの加盟国間においては、事故を起こした国と損害を受けた国が異なる条約に加盟していたとしても、事故を起こした締約国が加盟する条約(ウィーン条約又はパリ条約)に従って越境損害に対する賠償処理が実施されることになる。また、一つの事故に対してはウィーン条約又はパリ条約のいずれか一方が他方を排斥して適用される。

5. 原子力損害賠償に関する補完的補償に関する条約(CSC)

CSCは、ウィーン条約又はパリ条約の締約国と、これらの条約と矛盾しない一定の諸原則を満たした国内法を持つ国を対象として、国際的な基金による補償額の拡大等をもって各国の補償制度を補完し、世界的な責任制度を構築することを目的として1997年に採択された協定である。批准国はアルゼンチン、モロッコ、ルーマニア、

米国の4カ国に留まっており、4億kW以上の原子力設備容量と5カ国の批准という発効要件を満たしていないため、いまだ発効に至っていない。我が国と結び付きの強い米国が加盟していることは、この条約の注目すべき点の一つである。仮に日本がCSCに批准すれば、米国と合わせて熱出力4億kWの条件が満たされ、CSCが発効することとなる。

CSCには条約本文と不可分の一部を為すものとして付属書があり、締約国がウィーン条約又はパリ条約の締約国でない場合は、この付属書の規定を直接的に適用するか、国内法を付属書の規定に適合させなければならない。つまり、CSC締約国の国内においてはウィーン条約やパリ条約と矛盾しない諸原則を備えた規定が適用されることとなる。

CSCの主な規定内容は、用語の定義、賠償措置の最低額(3億SDR)、裁判管轄権、準拠法(ウィーン条約、パリ条約、CSC付属書のうちのいずれか一つを適用、準拠法は管轄裁判所の法)、支出及び訴訟手続(資金の支出及び配分は裁判管轄権をもつ締約国の制度による)、補完基金の拠出請求、負担金の計算(原子力設備容量と評価国連分担金割合を元に計算される。例えば、現在の批准国に日本、中国、韓国が加わった場合、日本の分担金は44,343,796SDR：約54億円)、資金の割当(越境損害の場合、補完基金の50%は施設国の領域外で被った原子力損害に利用)などが挙げられる。締約国の国内制度を規定する付属書には、責任範囲、厳格責任、責任集中、責任制限額(最低3億SDR：約368億円)、資金的保証(少額の限度額を設定した場合や、請求額が賠償措置額を超えた場合は、必要な資金を国が提供して3億SDR以上の支払いを確保する)、免責事項(異常に巨大な天災地変を含む)、消滅時効(事故の日から10年)、などが規定されている。

V. 国際枠組みに関する我が国の状況

我が国はこれまで原子力損害賠償に関する国際条約に加盟してこなかった。その理由として、我が国は各条約と比較して遜色ない水準の原子力損害賠償制度を有していること、我が国は島国であり、近隣国と陸続きで接していないので越境損害の可能性が低いこと、近隣の東アジア諸国地域(韓国、中国、台湾など)がいずれの国際条約にも加盟していないこと、などが挙げられる。

しかし福島原発事故の発生を踏まえ、苛酷事故が実際に発生し得るという認識を持って、万一に備えて周辺アジア地域に原子力損害賠償に関する共通の国際枠組みの構築を目指していくことは我が国にとって重要である。また、近年は原子力プラントメーカーの国際的な再編や連携が進んでおり、米国をはじめ海外における原子力事業に対して我が国の原子力産業界が今後も協力していくであろうことを考慮すると、我が国も国際的な枠組みに

対して改めて真摯に取り組むべき環境にあるといえる。

我が国が仮にいずれかの条約に加盟した場合、同じ条約の締約国との間において我が国には以下のような効果がある。

- ・我が国で事故が発生した場合には我が国にのみ裁判管轄権があるため、他の締約国では訴訟を提起されず、共通ルールの下で迅速かつ公平な賠償を実施できる。
- ・アジア周辺諸国が一緒になって加盟すれば、賠償措置額の充実や事故発生国における一元的な司法処理が実現する。(一方で他の締約国が事故発生国となった場合、我が国の被害者には当該国において裁判を行わなければならない負担が発生する。)
- ・国際的な資金措置を備えた国際条約に加盟する場合、運転者は事故の際に他の締約国からの援助を賠償負担の一部に充てることのできるため、被害者保護の充実に資する可能性がある。(一方で他の締約国で事故が発生すれば資金の負担が発生する。)
- ・原子力産業の海外展開の際に導入国や関係国と同じ条約に加盟すれば、賠償責任が運転者に集中されるため、事故を起こしたプラントの建設や機器納入に我が国の産業界が関係していたとしてもリスク低減に資する可能性がある。
- ・締約国で発生した事故の損害が我が国に及んだ場合に、責任限度額以上の賠償を受けられないことが条約により明確になるため、我が国において期待される十分な水準の賠償を受けられない可能性がある。

また、我が国が実際に条約に加盟する際の課題として次のようなものが挙げられる。

- ・原子力損害の定義について、我が国の「原子力損害の賠償に関する法律」(原賠法)との整合が必要。
- ・裁判管轄権や適用法が条約により決まるため、我が国の「法の適用に関する通則法」や「民事訴訟法」との整合性の整理が必要。
- ・CSCなどの拠出金制度を持つ条約に加盟する場合、拠出金の負担又は受け取りに関する国内制度の整備が必要。
- ・改正パリ条約及び改正ウィーン条約の免責事由には「異常に巨大な天災地変」が含まれていないため、原賠法との整合が必要。
- ・我が国の原賠法で規定する少額の賠償措置額と、国際条約が規定する原則的な賠償措置額との差額を埋めるために、公的資金の確保が必要。

なお、文部科学省によれば¹⁾、我が国では国際条約の締結を検討していく際の選択肢として、我が国の原賠法と親和性があること、締約国間の拠出金による賠償措置の強化が望めること、米国が批准したこと、アジア周辺諸国を含めた幅広い国の参加の可能性があること等から、CSCを念頭に置くことが適当とされている。今後、

実施される原賠制度の見直しの際には、上記のような加盟の効果や課題を踏まえて、国際条約への加盟に向けた具体的な検討が進められるであろう。

VI. より進んだ国際枠組みに向けて

福島原発事故を受けて脱原発を打ち出した国もあるが、引き続き原子力発電所の新增設を計画している国は多く、世界の原子力発電規模は今後も拡大していくものと思われる。その一方で、原子力損害賠償に関する国際枠組みは原子力発電の歴史と共に進化してきたものの、最大の資金的措置を規定する改正ブラッセル補足条約においても、その措置額は15億ユーロ(約1,536億円)に過ぎず、また全世界を普遍的にカバーしている条約も現時点では存在しない。

原子力発電所の苛酷事故に伴う大規模な汚染が現実には発生し、賠償措置額をはるかに超える損害の賠償を行うこととなった我が国の経験を踏まえると、同様の事故を二度と起こしてはならないが事故の可能性をしっかりと認識しつつ、全世界的な視点から国際枠組みの実効性を高めていくことが重要である。その際、巨額な賠償資金を各々の国家で準備しておくことは困難なため、資金措置の仕組みは改めて検討されるべき重要な課題と考えられる。

なお、本稿における意見は筆者の個人的な見解であり、日本原子力産業協会の意見を代表するものではない。

—参考資料—

- 1) 文部科学省「原子力損害賠償制度の在り方に関する検討会第1次報告書」, (2009).
- 2) 日本エネルギー法研究所「諸外国の原子力損害賠償制度」, (1993).
- 3) 日本エネルギー法研究所「原子力損害の民事責任に関するウィーン条約改正議定書及び原子力損害の補完的補償に関する条約」, (2001).
- 4) 日本エネルギー法研究所「2004年に改正された原子力の分野における第三者責任に関するパリ条約及び2004年に改正されたブラッセル補足条約」, (2005).
- 5) 日本原子力産業協会政策推進部, 「あなたに知ってほしい原賠制度」, (2011).

著者紹介



富野克彦(とみの・かつひこ)
(社)日本原子力産業協会
(専門分野/関心分野)原子力政策/特に原子力損害賠償制度, 原子力産業の海外展開, 核燃料サイクル, 新型炉

解説

福島第一原子力発電所事故の核セキュリティ上の教訓 2012年ソウル核セキュリティシンポジウムにおける発表

公益財団法人 核物質管理センター 内藤 香

本年3月下旬の「ソウル核セキュリティサミット」に併行して開催された、核セキュリティシンポジウムの組織委員会からの招きにより、また、我が国における核セキュリティ対策の基本方針を審議してきた原子力委員会の事務局からの要請もあって、福島事故によって明らかになった核セキュリティ上の教訓とこれへの対応措置について発表を行ったので、その概要を以下に紹介する。

I. はじめに

2012年ソウル核セキュリティサミットは本年3月26、27日の両日、韓国ソウルにおいて開催され、前回のワシントン会合を上回る53ヶ国、4国際機関の首脳に参加を得た。核テロの脅威は現実のものであるとの共通の認識に立って、それに備えて各国が具体的措置をとる必要性、諸国が連携して対処することの重要性などを確認し合うとともに、新たに放射性物質のセキュリティ対策の必要性、安全とセキュリティの相互補完性の確保などに言及したコミュニケを採択するなど一定の成果を挙げた。

一方、前回ワシントン会合での例に倣って、サミット会合に先立って、学識経験者によるシンポジウムと原子力産業界のリーダーによる産業サミットが併せて開催された。シンポジウムの方は3月23日、韓国ソウル市北西部にあるGrand Hilton Seoul Hotel内の会議場において開催され、「全地球的核セキュリティ・ガバナンスの革新」をテーマに、約50ヶ国から355名の専門家が参加し、開会セッションに続く4つのセッションにおいて、計16編の口頭発表がなされ、会場参加者との間で質疑応答がなされた。なお、本シンポジウムの開催に当たって、李韓国大統領、藩国連事務総長、天野IAEA事務局長などから祝辞が寄せられた(第1図)。

筆者は、原子力委員会原子力防護専門部会の座長を務めていることから、このシンポジウムの直前に原子力委員会に提出した部会報告書において示された福島事故の核セキュリティ上の教訓とこれへの対応措置について発表を行った。以下はその概要であるが、発表後、本稿執筆時点までにおける状況変化も反映させて記述した。

Lessons Learned from Fukushima NPP Accident: Nuclear Security Perspectives: Kaoru NAITO.

(2012年6月15日 受理)

II. 原子力防護専門部会における審議

1. 背景

核セキュリティについては、当初、核物質の不法移転(盗取、盗難)によってテロリストなどが核爆弾を製造するのを防ぐための核物質防護が主体であったところ、旧ソ連邦の崩壊に伴う核関連施設由来の核物質や放射性物質の密輸事例および9.11米国同時多発テロの発生などを受け、放射性物質の発散装置を用いたテロの脅威に対する認識が高まり、核物質ばかりではなくその他の放射性物質の防護も含めるよう、核セキュリティの概念が拡大してきている。

こうした国際的な動向を受け、IAEA(国際原子力機関)は、加盟国の核セキュリティ体制の整備・強化を支援するため、①最上位文書としての基本文書、②3つの分野別の勧告文書、③多数の実施指針および④技術手引きの4層構造で構成される核セキュリティ・シリーズ文書の作成を進めてきている。

ところで、我が国では原子力委員会が2006年12月に原子力防護専門部会を設置し、核セキュリティの確保を巡る国際的状況に対応するための検討を2007年から開始。まず、基本文書に対応して、「核セキュリティ確保に対する基本的考え方」を取りまとめ、2011年9月に原子力委員会に報告し、原子力委員会は、関係機関がこの報告書の内容を尊重して核セキュリティに関する取り組みを着実に推進することを求める委員会決定を行った¹⁾。

ところで、この検討過程の2011年3月11日、東日本大震災に伴う津波によって福島第一原子力発電所事故が起し、甚大な放射能汚染をもたらした。事故そのものは自然災害によって引き起こされたものではあるが、同じことがテロリストの攻撃によっても起こりうるとの認識から、同事故を踏まえた核セキュリティ上の課題への対応の在り方を明らかにする必要があった。このため、技

術検討ワーキング・グループを設置し、基本文書に次ぐ位置づけである3つの勧告文書について我が国の核セキュリティ確保方策への反映方針の検討と併せて、検討がなされた。

その結果、これら2つの事項の検討結果を盛り込んだ報告書を本年3月21日に原子力委員会に提出。原子力委員会は、この報告内容を妥当と判断し、事業者、規制当局および治安当局がこれらの内容を尊重して速やかに対応を進め、適宜に進捗状況を原子力委員会に報告することを期待する旨の委員会決定を行った²⁾。

2. 福島第一原子力発電所事故を踏まえた核セキュリティ上の課題への対応

(1) 事故を踏まえた核セキュリティに対する基本的認識

今回の事故を通じ、原子力災害が国民の生命、身体に対する安全に影響を及ぼすだけでなく、広く人々の生活環境を汚染し、経済社会に甚大な影響を与え、混乱を引き起こすことが改めて明らかとなった。また、同様の災害が原子力施設へのテロ行為により引き起こすことができる可能性も示された。このため、許可事業者、規制当局、治安当局などの関係者は、原子力施設に対するテロ行為が現実であり得るものとして取り組むことは当然である。その際、原子力委員会原子力防護専門部会が取りまとめた「核セキュリティの確保に対する基本的考え方(平成23年9月5日)」に則って、事業者、規制当局、治安当局などが各々の取組を強化するとともに、相互に連携して実効ある対策を講じることが必要である。

(2) 事故を踏まえた原子力施設に対するテロの脅威
福島第一原子力発電所の事故を踏まえ、原子力施設に対するテロ行為として以下の事項に留意すべきである。

(1) 原子力施設に対する関心の増大

今回の事故は、国民のみならず、世界各国の人々の原子力災害に対する関心を高めたが、同時に、テロ行為の対象として原子力施設に対するテロリストの関心が高まったことが懸念される。

(2) テロの対象としての有効性が明らかになった原子力施設の設備

これまでの原子力施設における核セキュリティ対策は、核燃料又は核燃料物質が収容されている原子炉などの設備へのテロ行為を主に想定して、厳重な対策を講じてきたところである。しかしながら、今般の事故を鑑みると、全交流電源喪失、原子炉施設の冷却機能の喪失、使用済み燃料プールの冷却機能の喪失の3つの機能の喪失を防ぐことが重要であり、これらに係る設備の防護の強化が一層求められる。

(3) 想定すべきテロ行為

これら設備の防護の強化に際しては、防護区域の周辺に設置されている設備へのテロ行為が想定し得ること、原子力施設への出入りが許可されている従業員などがテロ行為を行うことも想定し得ることに留意が必要である。

(4) 緊急事態発生時における核セキュリティ活動の継続・強化の必要性

事故などによる緊急事態(高放射線量下、電源喪失など)の発生時においては、これまで以上に、核セキュリティ活動を強化していくことが求められる。

(3) 原子力施設に求められる核セキュリティ上の課題への対応

原子力施設における核セキュリティ対策は、防護対象とすべき設備などを特定し、様々なリスク情報を考慮して防護対象の重要度を評価し、この評価を踏まえ防護対象に対する対策—防護措置—など級別取組(防護対象の



第1図 発表者等集合写真(出典：シンポジウム公式サイト)

重要度に応じて犯罪行為又は故意の違反行為の実現を困難にする措置を講じる取組)および深層防護(Defense in Depth:テロ行為防止のための第一の防護措置が万が一破られても、なお、その行為による有害な影響の発生を阻止するための第二の防護措置および有害な影響を出来る限り小さくするための第三の防護措置があるようにすること)の考え方に則って設計して行われている。

また、原子力施設における防護措置は、検知、通報、遅延および対応の考え方に沿って構成されている。具体的には、防護すべき区域の周辺にセンサーなどを設置して不法侵入者を早期に検知し、必要に応じ不法侵入を事業者が治安当局へ通報し、防護すべき区域の周辺にフェンスなどの障害物を設置して不法侵入者の活動を遅延させ、必要に応じ治安当局が出勤して不法侵入者に対応するとの考え方である。また、これらの防護措置を確実に実施するための訓練および体制整備なども重要である。

事故で明らかになった原子力施設へのテロの脅威に対して早急な対応が迫られていることおよび一層の防護をすべきこれら設備が防護区域の周辺に設置されていることを踏まえ、事業者、規制当局、治安当局などは、これまでの防護措置に加え、以下の防護措置を速やかに講ずることが求められる。

(1) 侵入の早期検知

通報および対応の時間をより確保するため、不法侵入者をより早期に検知することが必要である。このため、センサーなどを用いた侵入検知ラインをこれまで設置してきた位置から敷地境界側へと拡大(新設、強化を含む)することが事業者求められる。規制当局はこうした措置が確実に講じられるよう、法令などに基づく適切な規制措置を講じることが求められる。

また、敷地が狭隘であるとの事情を踏まえ、発電所敷地外の周辺区域(陸上および海上)における不審者の検知可能性を向上させる方策についてさらなる検討が求められる。

(2) テロ行為の遅延

通報および対応の時間をより確保するため、不法侵入者の活動を侵入検知地点近傍で阻害し遅延させることが必要である。このため、これまでの防護すべき区域におけるフェンスなどの障害物に加え、敷地境界などへの障害物の設置・強化が事業者求められる。規制当局はこうした措置が確実に講じられるよう、法令などに基づく適切な規制措置を講じることが求められる。

なお、敷地の狭隘さなど我が国原子力施設の事情を踏まえると、個別施設ごとの状況に応じた遅延対策の内容および役割分担について、治安当局の意見を踏まえ、事業者および規制当局間で検討を行うことが求められる。

(3) 防護すべき設備の耐性向上

防護すべき設備の爆発物などによる攻撃への耐性を高めるため、これらの設備を強固な材料で覆うなどの対

策を施すことが事業者求められる。また、可能な限り、防護すべき設備を防護区域近傍に配置して、当該設備への対策をより厳重にすることが事業者求められる。規制当局はこうした措置が確実に講じられるよう、法令などに基づく適切な規制措置を講じることが求められる。

(4) 防護体制の整備

通報および対応をより迅速に行うとともに、緊急事態の発生時においても、こうした核セキュリティ活動を継続して行えるよう、平素から防護体制の整備に万全を期しておくことが必要である。

このため、防護すべき設備の設置状況などを踏まえ、不法侵入を検知して治安当局への通報などを行う事業者の体制(人員、装備、資機材など)および不法侵入者などに対応する治安当局の体制(人員、装備、資機材など)を整備することが必要である。これらの体制整備に際しては、緊急事態発生時における核セキュリティ活動の継続・強化(出入り管理方策を含め)を考慮することが求められる。

なお、個別施設ごとの状況に応じた防護方法および役割分担について、治安当局の意見を踏まえ、事業者および規制当局の間で検討することが求められる。この際、不法侵入者へ対応する治安当局の活動に必要な施設など(警備拠点など)を、事業者と治安当局との連携協力として整備することも求められる。

(5) 緩和策などの準備

防護すべき設備が破壊された場合に備え、深層防護の考え方に沿ってテロ行為の影響を緩和する対策を準備することが必要である。その際、その対策がテロ行為の発生時において十全に機能することを検証しておくことが重要である。また、整備されている防護体制では対応困難なテロ行為が発生した場合に備え、事業者、規制当局、治安当局などには、追加的に必要な人員、装備などを動員する際の計画ならびに従業員、負傷者および近隣住民などを安全に退避させる際の計画を準備することが求められる。さらに、動員および退避に係る計画に関係する全ての組織の間の情報伝達、意思疎通の在り方などについて検討することが望ましい。

(6) 訓練および評価の実施

これまで、事業者、規制当局、治安当局などが連携して定期的に訓練および評価を行ってきたところである。以上の防護措置の実効性を一層向上するため、より実践的な訓練内容とするとともに、訓練結果の評価および評価結果の防護措置の見直しへの反映について、より緊密に連携して行うことが求められる。

また、前述の動員および退避に係る計画を含め、関係する多くの組織が参加する総合的な訓練を原子力施設において行うことが望ましい。

(7) 内部脅威対策

防護すべき設備のなかには従業員などの近接が容易な

ものがあることから、出入り管理時の本人確認、身体および持ち込み物品の検査などを強化し徹底することが許可事業者に求められる。また、内部脅威対策のひとつとして信頼性確認制度を導入する必要があるが、信頼性確認制度が導入されるまでの間は、2人ルールなど、信頼性確認の暫定的な代替措置の実施を強化・徹底し、内部脅威対策の実効性を高めることが求められる。

(4) 関係者間の緊密な連携など

なお、個別施設ごとの具体的な対策内容については、許可事業者、規制行政機関および治安当局の現場の担当者間で率直かつ緊密な話し合いを行い、速やかに対応を進めることが求められる。

今後は、緩和策などの準備、訓練および評価の実施についても許可事業者および規制行政機関を中心に検討を進め、着実に実施に移していくことが求められる。また、許可事業者および治安当局の体制をはじめとする各防護措置を不断に見直すことが肝要である。

Ⅲ. 規制行政機関などの取組状況

原子力防護専門部会の本報告書および「原子力発電所などに対するテロの未然防止対策の強化について(国際組織犯罪等・国際テロ対策推進本部決定、2011年11月)」などを踏まえ、規制行政機関などにおいて原子力施設に対するテロの未然防止策の更なる強化が図られている。すなわち、規制行政機関においては、原子力安全・保安院および文部科学省にて、福島第一原子力発電所の事故に伴う核セキュリティ上の課題の検討が進められている。例えば、原子力安全・保安院は昨年12月に、福島第一原子力発電所事故を踏まえた強化対策として、省令「実用発電用原子炉の設置、運転などに関する規則」の改正を実施し、立入制限区域の設定、間接的に特定核燃料物質の漏出に繋がる設備の防護、サイバーテロ対策を規定した。さらに、これ以外の原子力防護部会報告書で指摘された要件を同規則に反映すべく、その改正を本年3月下旬に行った。

一方、治安当局は、本年1月末時点における措置として、原子力関連施設に対する警戒警備体制の強化のためにサイトに常駐する警察官の増員や爆弾テロ対処能力の強化に必要な資機材の整備などを図ることとしている。

また、その他の必要な人的体制の充実や装備などの拡充、警戒要領の見直しや訓練の実施などによる連携強化についても実施又は検討中である。

また、許可事業者においては、上述の省令改正に対応した立入制限区域境界における出入管理(立入制限区域に入る車両・人の荷物検査など)の強化や設備整備などに対応すべく準備中である。また、自然災害発生時における核セキュリティ対応力向上および治安当局への警備拠点などの提供について検討を進めている。

Ⅳ. むすび

本年6月、衆参両院において原子力規制委員会設置法案が可決、成立し核セキュリティに関する関係機関の調整業務はこれまでの原子力委員会から新たな組織、原子力規制委員会およびその事務局原子力規制庁が担うことになっている。また、新組織は核物質のみならず放射性物質のセキュリティ確保の規制も一元的に行うことになっている。新組織が福島事故の核セキュリティ上の教訓の着実な実施を含め、その責務を着実に果たすことを期待したい。

—参考資料—

- 1) 原子力委員会決定「核セキュリティ確保に対する基本的考え方について」(平成23年9月13日)および原子力防護専門部会報告書「核セキュリティ確保に対する基本的考え方」(平成23年9月5日)。
- 2) 原子力委員会決定「我が国の核セキュリティ対策の強化について」(平成24年3月21日)および原子力防護専門部会報告書「我が国の核セキュリティ対策の強化について」(平成24年3月9日)。

著者紹介



内藤 香(ないとう・かおる)

核物質管理センター

(専門分野/関心分野) 保障措置、核物質防護、核セキュリティ、核不拡散。AdSec委員



全地球的核セキュリティ・ガバナンスの革新 ソウル核セキュリティシンポジウムの議論より

日本原子力研究開発機構 千崎 雅生

本年3月末に第2回核セキュリティ・サミットがソウルで開催され、3月23日には、政府関係者、専門家、NGO等が参加した核セキュリティシンポジウムが開催された。本シンポジウムには日本から国際問題研究所、核物質管理センター、及び筆者を含め日本原子力研究開発機構から参加した。本稿では、シンポジウムの概要及びその翌日開催された核セキュリティ・ガバナンス専門家グループ会合の議論などについて紹介する。

1. はじめに

2010年4月、非国家主体による核テロのリスクが国際的に懸念されるとして、米国オバマ大統領の提案で第1回核セキュリティ・サミットが開催され、今後の取り組むべき措置に関しコミュニケーション及び作業計画がコンセンサスで採択された¹⁾。ソウルでの第2回核セキュリティ・サミット²⁾(以下ソウルサミットという)の目標は、前回サミットにおける各国のコミットメントに関する成果を確認し、参加国が合意した作業計画の実施状況をレビューし、今後の取組の方向性につき議論することであった。今回のソウルサミットは、東京電力福島第一原子力発電所事故(以下福島原子力事故)から約1年という節目で、原子力安全と核セキュリティに対する国際的な関心が高まっている中で開催された。

核セキュリティシンポジウム³⁾(主催：韓国核不拡散・管理院(KINAC)、外交・国家安全保障研究院(IFANS))は、ソウルサミットのサイドイベントとして「ソウル原子力産業界サミット」⁴⁾とともに開催されたものである。各国の政府関係者、専門家、NGOなど約250名が参加し、「全地球的核セキュリティ・ガバナンスの革新」をテーマに、①核テロの脅威と核セキュリティの現状、②核セキュリティの課題と解決策、③核セキュリティと原子力安全のインターフェイス、④2014年以降の核セキュリティ・ガバナンスなどについて議論が展開された。3月24日には、2010年の第1回核セキュリティ・サミットの時期に結成されたNGOの連携グループである核分裂性物質作業グループ(FMWG)が呼び掛け者になって、2014年のオランダでの第3回核セキュリティ・サミットに向けて、その行動計画を検討し、今後の提言をまとめる核セキュリティ・ガバナンス専門家グループ会合が開催され、筆者はこの会議にも参加した。

2. 核セキュリティシンポジウム

本シンポジウムは、まず開会セッションで、主催者で

あるKINACのChang Sang-Ku理事長の歓迎挨拶として、原子力安全と核セキュリティのインターフェイス、核セキュリティ・ガバナンスの重要性が述べられ、本シンポジウムでは、米国での第1回のサミットにおけるコミットメントの進捗をレビューするとともに、核セキュリティにおける全地球的(グローバル)な活動の方向性で合意を得たいとの指摘があった。次いで、韓国大統領直轄の独立した規制機関として昨年10月に設立された原子力安全・セキュリティ委員会(NSSC)のChang Sun Kang委員長から、同委員会の基本ミッションについて、韓国の原子力安全と核セキュリティの総合的なマネジメント及び核不拡散レジームの強化に貢献することなどであるとした。活動としては、①原子力施設、核物質、活動に係る規制やライセンス、②事故や緊急事態への対応、③不拡散と保障措置、④核テロなどに対する物的防護、⑤機微な物質・技術の輸出入管理であると説明した。そして、本シンポジウムでは、核セキュリティ情勢に関する最近の変化を踏まえて、いかに放射性物質のセキュリティを確保し、原子力安全と核セキュリティのインターフェイスを管理し、セキュリティ・ガバナンスを図るかについて議論されることを期待したいとした。

基調講演として、ハーバード大学のBelfer Center for Science and International AffairsのGraham Allison教授から、核テロの脅威は現実的となっており、仮に韓国で核テロによる核爆発が起こった場合は大変な事態になるとの見解が示された。さらに、核テロを防止する3つのドクトリンとして、①核物質を確実に管理すること、②新たな核物質を生産しないこと、③新たな核兵器国を生み出さないことであるとした。

第1セッション(核テロの脅威と核セキュリティの現状)

米国プリンストン大学のFrank von Hippel教授から、核兵器物質について、高濃縮ウランを使用している研究炉燃料の低濃縮化の現状、また世界の分離プルトニウムのストック状況(その量、国、目的)とその削減の必要性と方法について提言がなされた(同氏は以前から、再処理は核兵器の材料となる分離プルトニウムを生みだ

Innovating Global Nuclear Security Governance; From Seoul Nuclear Security Symposium : Masao SENZAKI
(2012年4月24日 受理)

す、六ヶ所の再処理工場は経済的に問題として、日本の再処理中止を主張)。米国 NGO の James Martin Center の Miles 氏からは、第 1 回サミットのコミュニケと作業計画、各国のコミットメント及び各国の取組状況について報告があった。核セキュリティの重要性については、世界的な認識を高め、全地球的(グローバル)な支援を確保したことなどは大変有益であった一方で、各国のコミットの履行を検証する仕組みが不十分であるとの指摘がされた。また、日本、韓国のトレーニングセンターが活動を始めたとの紹介があった。米国 NGO の核脅威イニシアティブの Page Stoutland 氏からは、各国の核セキュリティ取組をランキングで評価した「核セキュリティ・インデックス(2012年1月に発表)⁹⁾」について報告があった。

インターポールの Anthony J. Thomas 氏からは、インターポールの活動状況の説明があり、放射性物質を利用した悪意ある行為が起こる確率は低い、発生した場合には大きな被害を伴い、特別な対処と捜査が必要な重要事件になることを認識すべきであり、国際連携が不可欠であるとの見解が示された。また、CBRNE(化学・生物・放射性物質・核・爆発物)テロのプログラムとして、インテリジェンス情報を駆使し、脅威発生を防止するアプローチについて紹介があった。

第2セッション(核セキュリティに係る課題と解決策)

ロシアの Center for Energy and Security Studies の Anton Khlopkov 部長から、高濃縮ウランの削減に関するロシア・米国・IAEA の協力によるロシア研究炉燃料返還プログラム(RRRFR)計画は大変成功しており、2012年1月現在、ベトナム、チェコ共和国、ブルガリアなど14カ国のソ連産高濃縮ウラン、約1,600 kg がロシアに返還されたこと(返還された高濃縮ウランは低濃縮ウランに処理され再利用)、そして今後2016年までに2,357 kg の高濃縮ウランの返還を行う計画である旨報告があった。韓国のソウル国立大学の Il Soon Hwang 教授からは、韓国の使用済燃料に対するセキュリティの現状について紹介があり、使用済燃料の蓄積量の増加は韓国に限らない国際的な問題であり、セキュリティを高めるためにもその多国間管理アプローチが必要であるとの提言があった。

第3セッション(核セキュリティと原子力安全のインターフェイス)

日本から核物質管理センターの内藤香氏が、福島原子力事故からの教訓(核セキュリティ課題)として、内閣府原子力委員会・原子力防護専門部会が昨年10月にまとめた報告書「福島第1原子力発電所事故を踏まえた核セキュリティ上の課題への対応について」を説明した。また3月21日に、報告書「我が国の核セキュリティ対策の強化について」を原子力委員会に報告し、決定されたとの紹介があった。

フィンランド放射線・原子力安全センター(STUK)の Jakka Laaksonen 前長官からは、核セキュリティと原子力安全の統合強化からのフィンランドの経験について紹介があった。統合するためのルール(規則の整備など)、組織間の連携(全ての関連する組織間の緊密な連携、プロアクティブなコミュニケーション、指揮命令や役割の明確化など)、安全とセキュリティ・リスクのバランス(原子力施設設計や運転における安全とセキュリティの同等の重要性、安全とセキュリティの両方を考慮した責任者の指名など)、安全とセキュリティのスタッフの訓練(合同訓練、責任の明確化、双方のコミュニケーション、知識の共有など)について言及された。

第4セッション(2014年以降の核セキュリティ・ガバナンス)

米国 NGO の Global Partnership for Security 代表の Kenneth Luongo 氏から、2010年の第1回サミットは成功であったが、核セキュリティ体制に新境地を開くには至っておらず、核セキュリティ・ガバナンスを改善する必要があるとの指摘があった。核物質セキュリティにおいて欠如している点として、①セキュリティの定期的なピア・レビュー、②国境を越えた透明性、③規制側とセキュリティ管理側間の定期的相互交流、④基準と規則の整合性、⑤国際的信頼性、⑥放射線源セキュリティについての認識等を挙げた。また、今回のソウルサミットでは、21世紀の脅威に対応する核セキュリティ課題への取組プロセスを開始すべきとして、そのガバナンス改革や新たな枠組みの必要性、2012~20年の行動計画の提言を行った。韓国国防大学の Yong-Sup 副学長は、全地球的核セキュリティ・ガバナンスと韓国と題して、核セキュリティ・ガバナンスの強化に対する韓国の取組、そして第1回と今回のサミットの相違点として、参加国の増加、原子力安全との連携、放射性物質の防護の追加などについて紹介した。

閉会にあたり

最後に、韓国外交・国家安全保障研究所の Bong-geun Jun 教授と Kenneth Luongo の両氏が、総括として、①核セキュリティの重要性を再確認、②強固な国際的ガバナンスの下で核テロを回避すべき、③2014年までは本サミットプロセスが継続するが、それ以後も核セキュリティに対する認識を高めるためのモメンタムが必要、④核セキュリティへのグローバルな対応として、ガバナンスやリーダーシップが重要であり、そのためにも核セキュリティ文化をいかに醸成していくか、国際レジームをどのように強化していくかなどについて、今後、国際社会が継続的に議論を続けることが重要であるとまとめた。

3. 核セキュリティ・ガバナンス専門家グループ会合

3月24日に、2014年の第3回のサミットまでに、提言をまとめることを目標に専門家会合が開催された。本シ

ンポジウムに参加したNGO、大学、政府の専門家約25名が集い、今回のサミットの成果(日本の国別報告書は文献2)参照)のフォローとして求められることと、次回オランダでのサミットに向けた活動計画について議論した。原子力機構からは、核不拡散・核セキュリティ総合支援センターにおける活動の概況⁹⁾、及び他国のイニシアティブとの連携について発表を行った。今後、当センターもこの会合に参加する旨を表明した。

4. まとめ

今回のサミットは、第1回サミットを受け、テロリスト等から核物質及び施設を防護するための国際的な協力体制の一層の強化・推進を目的として開催されたが、核テロリズムの脅威に対抗する協力方策、核物質と関連施設防護、核物質の不正取引の防止に加え、新たに原子力安全と核セキュリティとの関連性、及び放射性物質のセキュリティなどについて議論された。我が国は、野田総理大臣が核セキュリティと原子力安全の相乗効果について、福島原子力事故から得られた教訓、及び核セキュリティ強化のための国内・国際的取組を表明した¹⁾。

前回サミットの各国コミットの履行については、例えば、(1)高濃縮ウラン(HEU)の削減あるいは非軍事利用への変換として、8ヶ国で約480 kgのHEU(19発分の核兵器製造に十分量)が処置されたこと、(2)改正核物質防護条約については新たに20ヶ国(総数は55ヶ国)、核テロ防止条約については新たに14ヶ国(総数は79ヶ国)が批准したこと、(3)核セキュリティ能力の向上を目的としたCOEの設立については、中国・インド・イタリア・日本・カザフスタン・韓国など、約10ヶ国がCOEを設立あるいは計画するといった成果があったことなど、32ヶ国から70項目の表明²⁾があった。

原子力安全と核セキュリティ

原子力安全と核セキュリティには、多くの共通要素があり、例えば、深層防護の考え方及び核セキュリティ強化が安全にも資する場合があるなど、様々な面で共通点がある。他方、原子力施設への入域や退出に関するセキュリティ上の措置は、安全や緊急時対応を妨げる恐れがある。さらに情報管理や利害関係者の関与など、両者の分野では異なった取扱いが必要な場合がある。

本シンポジウムにおいても原子力安全と核セキュリティの関係について議論され、福島原子力事故の教訓として、一層の原子力安全と核セキュリティの強化、それらのインターフェイスを理解することの重要性が指摘された。サミットのコミュニケの中では、「2011年3月の福島の事故及び核セキュリティと原子力安全の連関に留意しつつ、我々は、安全で安心な原子力の平和的利用を確保する上で助けとなる一貫した方法で原子力安全及び核セキュリティの問題に取り組むため、持続的な努力が必要とされることを考慮する」として、「核セキュリティ及び原子力安全の関連性」の項目の中で、その対応につ

いて具体的に言及している。我が国としては、原子力安全・核セキュリティ上の教訓を国際社会に発信して共有し、既存の原子力施設の安全と核セキュリティ強化に活用していくとともに、新たに建設される施設の設計に役立てていくことは、今後の原子力政策のいかににかかわらず重要な責務と思われる。

放射性物質のセキュリティ確保

放射性物質のセキュリティについては、本シンポジウムのパネリストから、例えば、ダーティボムや放射性物質の不正使用などに対し、具体的事例を示しつつ一層の取組の強化と今回のサミットでの具体策合意が重要であるとの指摘があった。サミットのコミュニケの中では、新たに「放射性物質の効果的なセキュリティを維持することについて、国家が基本的な責任を有していることを認識する」と言及され、具体的には「放射線源は広く利用され、悪意のある行為に対し脆弱であることを考慮し、産業、医療、農業及び研究分野におけるそれらの利用に留意しつつ、我々は、各国がこれらの物質を管理することを求める」と明記された。我が国においても、発電所等の原子力施設のみならず、放射性物質を扱う研究所・病院・工場等の関係者一人ひとりが、核セキュリティの重要性を理解し、法規を順守して放射性物質を厳正に管理していくことが重要であり、また的確な教育・訓練を通じ周知徹底を図っていくことが強く望まれる。

ガバナンス(統治し、管理する作業)

核セキュリティを効果的に達成する上での失敗例の多くは、貧弱なコーポレートガバナンスが要因になっていると言われている。本シンポジウムでは、「強固な国際的なガバナンスの下で、核テロなどを回避していかなければならない」としてまとめている。ソウルサミットのコミュニケなどを十分踏まえ、我が国としても核セキュリティに関連する国際条約などの批准と国内規則などの整備、放射性物質のセキュリティ強化、IAEA活動などへの積極的支援、人材育成、また原子力安全文化とともに核セキュリティ文化の醸成に努め、そして取組体制を一層強固なものにするなど、ガバナンスの革新を進め、国際的にも貢献していく必要がある。

—参考資料—

- 1) http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kaku_secu/201/
- 2) http://www.thenuclearsecuritysummit.org/eng_main/main.jsp
- 3) <http://www.2012snss.org>
- 4) http://www.seoulis.org/eng/sub/sub_0101.asp
- 5) <http://www.ntiindex.org/>
- 6) <http://www.jaea.go.jp/04/isrn/index.html>

著者紹介



千崎雅生(せんざき・まさお)
日本原子力研究開発機構
(関心分野/専門分野)核不拡散,核セキュリティ, 保障措置, 核燃料サイクル, 核軍縮



福島県浜通り汚染地域の復興，クリーン化は 地元の手で

地元のコアを通して支援の実績と課題

南相馬市出身 天野 治

福島県浜通りの南相馬市の大半は避難地域ではなく、若い人を除く多くの住民は現地にとどまって、今後、クリーン化、復興を目指している。その意味で南相馬市は汚染地域復興の最前線である。この地域の皆さんが国、県、市に全て頼ったのでは、クリーン化、復興はおぼつかない。地域の皆さんにやる気を起こさせ、地元の人たちができるところから、効果的にやる方法を一緒に考えることを目的に、筆者の親戚が多くいる南相馬市に定期的に訪問し、東京からのボランティアの協力と地元の協力も得て、支援活動を行った。

実父が現地に在住しており、親戚も多くいる筆者のふるさととして、最初の訪問時の2011年5月から9月までは、行政としての南相馬市、飯館村と連携を模索したが、行政側の対応が迅速でないことからその後は、JAそうまや原町商工会議所青年部の有志からなる南相馬除染組合や太田地区復興会議、榎原地区の区長などと連携した。

この地域の主な産業は農業である。農業の基本は土である。土がどの程度汚染され、どの程度除染が必要かを知るためには、土壌の放射能濃度測定、すなわちベクレル/kgを求めることが必要になる。したがって通常の放射線量測定器(マイクロSv/時)を用いて、土壌の放射能濃度を簡易に測定し、住民の方にお知らせする活動を2012年から父の無料土壌測定所のほか、講演会と土壌測定会など筆者の関係者と地元のコアと連携し、本格的に取り組んでいる。また、除染としてのひまわりの活用とひまわりの満開に寄せて、南相馬の地元住民の声を国、県、市、東電、そしてこの地域を注目している世界に筆者や賛同いただける機関等と連携して発信する予定である。

I. 地域の復興，クリーン化，避難解除は 地元の手で

福島県の浜通りは温暖な太平洋の影響でのどかであ

り、人間ものんびりしている。俗にいう田舎である。自分から動くことが少ない。しかし、毎年7月に催される野馬追祭り(武家の馬さばきの修行が祭りになった)に見られるようにサムライスピリットも残っている。

浜通りは、被害者意識だけでは、この地域は取り残され、だめになっていく。子供を持つ若い親の世代は、すでに避難して戻ってこない。年寄りだけ残って、大家族崩壊が始まっている。

避難していない地域の復興、クリーン化を何とか地元の手で進め、地域を元の姿に戻したい。あるいは、新たな地域作りに取り組んでいきたい。それを良好事例として、現在避難している地域も、可能性のあるところから順に、避難解除そして地域を元の形あるいは新たな地域作りの参考となるようにしたいというのが、筆者が初めて訪問したときからの一貫した思いである。

II. 地元の人たちにやる気とやり方を、 共同作業で支援

地元の人たちに安全ですと、専門家でない行政や外部からの専門家が地元住民に説明しただけでは、地元住民、特に子供を持つ親御さんから逆に反発を招くだけである。筆者は南相馬市などに実父をはじめ親戚がおり、南相馬市出身の専門家としてそれぞれの地域で身内として扱ってもらえる。このため、地元住民や行政の皆様にあまり反発を受けずに放射能の影響や現実的対応などの説明を最後まで聞いてもらえ、筆者と地元住民や行政の方々と一緒に対策を考える質疑応答まで話し合うことができる。筆者の地元住民、行政への説明では、福島事故の原因、放射能放出、汚染・付着のメカニズム、除染・クリーン化の方法、農作物への移行とそれを低減する方法を説明する。南相馬市太田地区(野馬追祭りの太田神社のあるところ)や相馬市玉野地区(霊山町の隣)での地区住民の説明の後、筆者は実際に地元の方と一緒に現地の田畑の測定や表層をはいたり、天地返し(スコップで30cmの深さの土と表土を入れ替える)での線量の低減効果を筆者は地元の方と一緒に確認する(講習、実演、測定のセット)。

ガンマ線は100m四方から飛んでくるし、20m四方は測定値に影響を与える。このため、部分的な低減の調

My Achievement and Future on my Hometown Minamisoma City Affected Fukushima NPP Accident to Cooperate with the Local Core for Reconstruction and Decrease Dose Rate in the Rice Fields : Osamu AMANO.

(2012年 5月22日 受理)

査(例えば3m四方の天地返し)などでは、その部分の効果の確認のための測定には遮蔽が必要である。

昨年8月の南相馬市馬場地区(浪江町寄り)や太田地区での筆者と地元の方々との実演、測定では、筆者は現地では何人かの協力を得て、数個の鉛ブロックで測定器の周囲を覆ったが、天地返しの前後に測定器と遮蔽容器を田んぼに運び込む必要があるが、鉛ブロックは重いので1個、1個持ち運ぶため、足場の悪い田んぼで鉛ブロックは不便である。このため筆者は市販されている測定器のほとんどが入り、かつ土壤測定用のタッパが入る円筒形の遮蔽容器を考案した。筆者はそれを南相馬の地元で作れないかと、原町商工会議所の但野英治さんと相談した。但野さんはその当時は地元で作ってくるところが思い浮かばず、但野さんの付き合いのある大阪の鉄鋼所に製作を依頼した。出来た遮蔽は鉛の円筒型で、外側にはステンレスの持ち運び用の取っ手がついて、使いやすい。関係者が複数個発注し、それが届いてからは現地での遮蔽付きの測定が容易になった。

現在は、後ほど紹介する連携活動をしている南相馬市太田地区の荒輝雄さんの工場できず鉛を原料に安く製作することができ、JA そうま、飯館村、富岡町など多くのところで利用されている。

現地での実演の時は、スコップやミニシャベルなどの大型機器などは地元の人が所有しているものを拠出してもらい、それで表土をはいだり、天地返しをして、その後、遮蔽容器の中に測定器を入れて真下の土壤などの線量を測定する。線量が1/3から1/10などに下がると、現地の人には納得する。

しかし、事故当初の2011年の間は、このような現実的対応よりも、表土をはいで、処理施設に持って行くことが主流の意見のため、高汚染地域では、この天地返しは広がらなかった。しかし処理施設の設置が多くの現地での理解が得られず困難となり、少し時間をおいて環境省の除染マニュアル、福島県のマニュアルの中に筆者の実演した現実的対応が一つの方法として、取り上げられるようになった。

さて、ここまでは、筆者の除染に関わる活動実績を述べてきたが、それらを踏まえながら、今後の構想(作業日誌)について紹介したい。いま汚染地域の皆様に筆者が勧めているのは、汚染地域の人、天地返し、覆土、ひまわりを植えるなどを実施し、その作業に要した労力を補償の対象として、国、電力に請求する方式である。この作業に要した労力、重機などの道具などを一人一人が作業日誌という形で記録し、それをそれぞれの地区の区長が確認し印鑑を押し、まとめて国、電力に請求する。作業日誌方式と名付け、広めているところである。農家は現地の農家の方が実施し、その費用は現地に入る。またプラウなどの天地返しができる重機を有する農家の方は、地域の他の方の田畑の天地返しをすることで、費用

の請求もでき、地域一帯となって農地の除染に取り組むことができる。

Ⅲ. 南相馬檜原地区、飯館村の人たちに親戚を通して接して

(南相馬檜原地区)

南相馬側から県道12号線を進むと山間の八木沢峠に至る。その登り口に筆者の母方の親戚のYお婆さんの家がある。この地区が檜原(じさばら)地区である。南相馬側から八木沢峠を過ぎると飯館村である。飯館村に隣接している檜原地区は今でも外部線量は1.0~1.5マイクロSv/時程度である。昨年11月にこの地区の汚染状況と除染の方法の可能性を、JA そうまと檜原区長にお願いして、地元の公会堂で檜原地区のほぼ全員に集まっていたいて講習会を行い、理解をいただいた。その後、東京からボランティアとして澤田哲生氏(東京工業大学原子炉工学研究所助教授・工学博士)、黒岩温子女史(三菱重工業、WIN-JAPANのリーダーの一人)の皆様に参加いただき、Yお婆さんの宅地で天地返し、覆土、野焼き、庭木の除去などの除染調査を行った。

事故当時放出されたセシウムは活性化しプラスに帯電して、土壌や屋根・壁や道路や木々の幹・枝・葉に付着した。その付着は電気的で強く、安定化しているため、はがすことは困難であるが、セシウムが付着した媒体が動かせるのであれば、例えば土壌なら表層をはぐ、木々ならば伐採するなどの対応で除去可能である。檜原地区では、昨年11月の筆者の説明を受けた後は、区長はじめ地元住民が科学的合理的に対応していただき、檜原地区内の仮置き場も決まり、近々、家屋、庭の除染が南相馬市の手配で始まる。

2012年は、南相馬市は水田の作付けを全面的に取りやめ、2013年からすべての水田で作付けを行う計画である。筆者は土壌の線量の高い檜原地区などの農地の除染として田畑にひまわりを植えるプロジェクト(ひまわりの根や茎に田畑のセシウムを吸収させ、そのひまわりを除去することで田畑の除染を行う計画)を檜原地域全体で進めており、地区の皆さんが田畑6町歩(60個の田畑)以上にひまわりを植え、その種は南相馬市農水課からいただいた。2011年の国のひまわりプロジェクトでは、その当時は放射能が土壌表層にあったために、ひまわりの根が放射能を吸収できなかった。2012年は、参加する農家の方々をお願いして、事前に天地返しなどを行い、放射能を土壌深めに分布させ、根から吸収させる予定であり、檜原地区以外にも、筆者が連携活動している太田地区、相馬市玉野でもひまわりプロジェクトが動き出し、合わせて、300軒以上の多数の農家が参加され、2012年5月中旬より地元の方々がひまわりの種を植え始めている。

天地返しは汚染を拡散させるという意見もあるが、中

汚染地区、例えば10,000から20,000ベクレル/kg程度は、5,000ベクレル/kg以下にして、農作物栽培ができるように、また外部線量を下げることでもできる。その結果、土壌表層のミミズの線量も下がり、ミミズを食べる野鳥などの小動物の線量も下がり、食物連鎖も正常に戻ることから、天地返しは現実的、科学合理的な方法である。さらに、ひまわりで毎年除去することで、幅広い除染が見込める。栽培後、根、莖、花部をサンプリング分析して、除去効果を評価する予定である。

一方、幾つかの田畑では深さが10 cm程度しかないで、表土をはぎ取るにも、天地返しをするにも、深さがたりない。Yお婆さんの田畑も深さが10 cm程度で、その下は小石が埋まった礫層である。スコップで掘り返せないほど小石の層ががっちりしている。このため覆土が必要で、覆土のためには、大量の土の輸送、覆土作業が必要で、環境省のマニュアルに記載されたが、幾つかの地域では試験調査段階でまだ本格化していない。ひまわりによる除染効果が期待できない場合の、残された浅い田畑の対応は覆土である。

(飯館村)

飯館村の菅野村長を支えてきた一人が筆者の母方の親戚のKお婆さんである。飯館村は福島事故後、距離は離れているが外部線量が高いことから事故から少し遅れてそれぞれの地区ごとに避難した。Kお婆さんは福島の松川の仮設住宅に家族と別れて避難した。2011年11月にJA そうまの協力で、松川の仮設住宅の皆様は汚染の状況、クリーン化の現実的方法など、わかりやすく説明し、村の職員、村の議員のほか、村長の奥さんも参加され、天地返しなどの除染が飯館村内で具体的に動きそうになったが、村の意見が分かれていることや村の住民が避難しているため、その後の連携がとれず、それ以降、何も行われていない状況である。

Ⅳ. 南相馬市、飯館村の行政の困惑

筆者は昨年5月19日 田中知原原子力学会長、井上正クリーンアップ分科会委員長を案内して、南相馬市長を訪問したのを初めとして、6月～9月まで毎月南相馬市長や市の幹部を訪問した。ある時は、市のアレンジで、小学校の体育館で住民の皆様への説明もした。

南相馬市の桜井勝延市長は気さくで頭の切れる方である。筆者は市長以下、市の幹部の皆様は大会議室で事故の概要や現実的な対応方法を紹介してきた。現状もよく理解されているが、行政は一人ではできない。除染にはスタッフが必要であるが、もともとこの地区は温暖であり、人間はおっとりして、このような異常時、緊急時、過渡時に対応できる人材は少ない。除染対策室ができたが、そこがリードして市の住民でやる気のある方が中心となって地区ぐるみで除染を行い、その費用(国の

予算)で市の復興もという筆者の願いは、実現しそうにない。支援してきた南相馬除染組合も、現実的な企画、実施能力が育たず、市との連携も取れない状況である。

飯館村では、2011年3月11日の震災前は、菅野典雄村長の下で、「までいライフ」を目指していた。「までい」とは手をかけて、丁寧などの意味である。農業の土作りから手をかけて、農産物は広く近畿や都心部に出荷していた。売り上げも多かった。この土作りのための農機具の購入などでそれぞれの農家は、5,000万円以上の借金をしている。農作物の販売ができなければ、この借金はそれぞれの農家に残る。飯館村として、行政は農家の借金の対応まで考えて科学合理的な対応をしなければいけないが、今は村の意見が割れるような状況である。

V. 南相馬市等の地域のコア、JA そうま、南相馬除染研究組合、太田地区との連携活動

2011年5月から12月まで毎月、南相馬市を訪問した。2012年は3月と6月の2回である。毎回の訪問では、3日間程度かけ、JA そうま、太田地区、榑原地区などを定期的に訪問した。

(JA そうま)

南相馬市の市街地は宅地が大半であるが、中心部から少し離れたところは農地と森林である。すなわち浜通の主な産業は農業、米作りである。

新地村、そうま市、南相馬市、飯館村の農業組合がJA そうまである。鈴木良重組合長はカリスマ性のある指導者であり、米穀部の菊地洋一次長には、筆者のJA そうまとの連携や榑原地区、飯館村の区長との連携のための連絡などの窓口となって、筆者の現地説明会の設定、資料のコピー、配布などの対応していただいた。

「補償金だけで、米作りをやめれば、この地域はだめになる。」鈴木組合長の口癖である。組合長の危機意識に背中を押されるように、わかりやすく、講演、除染の実演、測定を紹介してきた。JA そうまの大会議室に多くの幹部が集まり、レベルアップを図った。その結果、NaIのエネルギースペクトロメータを2台導入して、JA そうまが出荷するお米の全量検査を行うなど、科学合理的な対応ができるまでに至っている。

南相馬市では市長とJA そうまなどの関係者が協議し、2012年の作付けをやめた。これは、2013年以降、本格的に米の作付けを始めるための準備である。すべてが作付けできること、作付けしても、米からの放射能が国の基準値(100ベクレル/kg)以下にすることが狙いである。このため、南相馬市は今年度線量の高いところも含めて、除染をしながら200箇所試験水田を実施する(南相馬市 農林水産課)。

除染は以下の4方式で行う。

- (1) 表土をはぐ
- (2) 反転耕
- (3) 深く反転
- (4) 浅い水田はゼオライト、カリウムを用いる

調査は、

- (1) 事前の土壤の放射能濃度測定
 - (2) 事後の土壤の放射能濃度測定、玄米の放射能測定
- その結果をみて、来年は本格的に作付けを行う。一つの目安は、土壤を5,000ベクレル/kg以下にすることである。

(南相馬除染組合)

除染の基本は測定にあり、除染の前後の測定は必須である。このため、筆者は、第一種放射線取扱主任者の免許を持つことから、その知識、経験を元に、筆者は測定の講習会を地元で2011年10月、12月、2012年3月、6月と繰り返し行った。

南相馬市の工業、商業を束ねる原町商工会議所の青年部に働きかけ、地域の復興とクリーン化と避難解除のために、青年部に一肌脱いでもらうことにした。ここを拠点に講演、実演、測定の講習会を行った。測定は講習だけでは身につかず、繰り返し実施することが重要であるが、青年部には、その習慣が根付かなかった。彼らが南相馬除染組合を福島県知事認可の団体として立ち上げた。しかし、まだ受け皿として、体制的にも能力的にも機能できない状況である。

補足だが、この測定の講習会の2回目以降はJA そうま本店大会議室で行い、本店の関係者のほか、それぞれの地域の支店に当たる4つの営農センター(5箇所あり、飯館村は避難中)に参加いただき、筆者が参加者に繰り返し土壤測定の校正直線(ベクレル/kgとマイクロSv/時の相関)を引かせ、それぞれが持参した調査用土壤を測定することで、参加した各営農センター職員は土壤測定が実施できるようになった。

(太田地区)

南相馬の南に位置する太田地区は野馬追祭りの太田神社のあるところで、サムライスピリットがあり、団結心の強い地区である。幾つかの地区の区長さんと太田地区出身の奥村健郎議員が中心に、津波、放射能汚染の被害から立ち直るための太田地区復興会議(渡部紀佐夫議長)を立ち上げた。ここにも数回足を運び、講演とともに、実際の農地や宅地で天地返し(ミニシャベルで表土を30cm下に入れ替える)や線量の高い庭の砂利の撤去方法や土による遮蔽を紹介し、共同で作業してきた。昨年秋(2011年11月5日)の太田地区の中学校の体育館での文化祭にも、東京からボランティアとして歌手のローズインメニーカラーズさんも参加いただき、連携を深めているところである。今年3月には太田地区復興会議の皆様と

富岡町を支援している方々として、太田地区の取り組みの紹介などの意見交換も行っている。この地区の団結心は富岡町、楢葉町、川内村などの参考になるはずである。

VI. 被害地域に対して

筆者の被害地域に対して、原子力に関わる皆様にお願ひしたいことを述べたい。

一般論として、日本に住んでいる方と米国に住んでいる方の違いは、コミットメント、すなわちものに関わる積極性の違いである。米国人は積極的である。

今回の福島事故は東電、国(保安院)が当事者であるが、原子力界に直接、間接に何らかの形で携わった方々は、福島事故の関係者である。関係者は当事者意識を持ち、被害地域に対して積極的に関わらねばと筆者は考える。関わっている仲間もいるが、大半の関係者は他人事と考えているのではと筆者は思う。

人間は失敗もし、人に迷惑をかける場合もある。迷惑をかけた後の対応で、人間の質が決まる。今回の失敗は、世界的に二番目の炉心溶融で放射能を大量に外部に放出した事故で、汚染地域では家庭崩壊まで引き起こした大きな失敗であり、戦いでいえば、惨敗であり、多くの地区に迷惑をかけてしまった。関係者が当事者意識を持ち、被害地域と痛みを共有し、除染、クリーン化、復興に関わることが望まれ、それが我々の務めと考える。関係者は、汚染地域に足を運び、被害地域の皆様に支援すべきではないだろうか。原子力の今後の利用を考えると、国、東電、そして関係者が被害者の救済をどのように行ったかが問われることになる。

VII. 2年目以降の支援活動の狙いと課題

文科省の道路に沿った車に測定器を積んだモニタリングの調査では、半年で30%の外部線量の減少を示している。セシウム134の半減期が2年であることを考慮した物理的減衰は17%であり、残り13%は自然の浄化作用による減少であり、世界平均の5倍の速度である。土壤の表層が雨風等で川に運ばれ、欧州大陸のドナウ川に比べて滝のような川で海に運ばれ、海底土となるが、台風などの大波でいずれ広い海に拡散していく。

このことを一つの追い風にしながら、被害地域の生産の拠点である土壤のモニタリングを筆者は地域住民と共に定期的に行い、天地返しなどにより、米の作付けの目安となる5,000ベクレル/kg以下にする。野菜等の作付けする農産物の移行係数によっては、さらに土壤の放射能を下げるか、あるいは、逆に作付けする農作物を農家が自分で限定することが必要となる。それらの情報を筆者など関係者が汚染地域の住民の方に伝えることが必要である。南相馬市が用意した公的な測定所(NaIスペクトロメータ)のほかに、私的な簡易測定(Ge半導体検出器で同定した標準試料を用いた相対測定)箇所を設置す

る支援を筆者は行っている。

具体的には、土がどの程度汚染して、どの程度除染が必要かを知るためには、土壌の放射能濃度測定、すなわちベクレル/kgを求めることが必要になる。通常の放射線量測定器(マイクロ Sv/時)を用いて、放射能濃度測定ができる装置を筆者は実父の家や親戚の家2軒に計3個設置し、太田地区の荒輝雄さんは自ら設置した。現地を手軽に測定できるように標準試料の作成、測定手順書の整備や実習など筆者は応援している。これまでに隣近所やその知り合いなどの農家から、その人たちの田畑の土壌を計ってほしいと父の無料測定所に150件以上の土壌の測定依頼があり、父はその都度測定すると共に、換算した土壌のベクレル/kgが高い場合には、土壌を持ってきた方に天地返しなどを勧めたり、どんな野菜が作れるかなどの相談に乗っている。筆者は、測定結果を父からパソコンのメールで受け取り、適宜確認し、低減対策等を父と相談し、その結果を土壌を持ってきた方に父を通してお伝えしている。

6月2日に南相馬市のふれあいセンターで南相馬市鹿島地区の日本赤十字奉仕会主催(高野秀子会長)の「放射線とこれからの暮らし」の講演会と皆様の「土壌を測定します」の催しがあり、筆者の講演の合間に、参加した120名の地元の女性が持参した70個の土壌を父や親戚、荒輝雄さんが手分けして、簡易測定装置で測定し、その結果を持参した土壌の袋に記した。持参した方々の大半は思いの外、土壌のベクレル/kgが低いので安心する人、これから夏野菜を作ろうという人、地場物が安心して食べられることに納得する人が多かった。2年目以降はこの土壌測定を通して、筆者は必要な情報を南相馬や相馬の地域の皆様に提供し、支援する。

VIII. 汚染地域から対応と意見を世界に発信

福島事故の被災地をどう救うのか、世界が注目してい

る。福島県浜通りは、人類の原発利用の被害地域でもあり、世界的に注目されている。原発の被害に対して、地域と一体となって、どのように対応していけばいいのか、筆者と一緒に考え、世界に発信していく。

南相馬市榎原地区、それに接する大原地区や北側の相馬市玉野村は汚染地域だが、地域住民が避難をしていない。榎原地区では地区内の土壌の仮置き場も決まり、まず宅地や家屋の除染が始まる。しかし農地の除染は相当先である。

これらの地域は原発利用の被害地域であり、世界的にも日本がどのように対応するのか着目されている。南相馬市の地区の住民がどのように今回の被害をとらえ(過去)、現在、何を優先すべきなのか、どうして欲しいか(現在)、10年先、20年先に地区と住民がどのような形を目指すか(将来)を明らかにして、日本国、福島県、南相馬市、東電や関心をもつ世界の人々に筆者は住民の皆様と共に発信する。

7月中旬から8月上旬にひまわりが満開を迎えるように、これらの地区で筆者は住民の皆様と共に、ひまわりを栽培する。満開の時までに、地区の思い、個々の住民の思いを筆者は聞き取りなどでまとめ、満開のひまわり前で筆者は発表し、それを毎年継続し、行政の南相馬市、福島県、政府、東電に伝えたい。また、筆者は英語に翻訳して、8月の広島市での世界の医師団で作る核戦争防止の国際会議などで国際的に発信し、世界的な理解を求める予定である。

著者紹介

天野 治(あまの・おさむ)
(専門分野/関心分野)エネルギー収支、
福島事故後の対応



報告

核燃料サイクル工学研究所における 福島原発事故後のリスクコミュニケーション 市民の心情に寄り添った冷静な判断へのお手伝い

日本原子力研究開発機構
リスクコミュニケーション室

日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター核燃料サイクル工学研究所(以下、サイクル研)では、2001年からリスクコミュニケーションに関する調査研究・実践を行い、地域住民との双方向対話活動等の経験を積んできた。原子力機構は、2011年3月の福島原発事故の発生直後から事態収束に向けた様々な活動を実施している。サイクル研ではこれに加えて、前記の経験を生かした放射線影響に関する双方向コミュニケーションを幾つかの手法で実践している。

本稿では、Iにおいて、サイクル研が行っている「放射線に関する勉強会」の活動について紹介する。IIでは、原子力機構が福島県民を対象に実施している内部被ばく検査に付随して実施しているリスクコミュニケーション活動について紹介する。IIIでは、サイクル研の職員と近隣住民が協働で運営しているメッセージ作成WGの活動について紹介する。

I. 双方向性を重視した放射線に関する勉強会

1. 背景

福島原発事故発生直後から、環境中に放出された放射性物質の影響について多くの人々が不安に感じていた。このような中で、茨城県内各市町村の住民からの問合せや講演依頼が相次いだことから、まずはサイクル研の活動として、「放射線に関する勉強会」(以下、勉強会)を開催することとした。

一方、福島県内では、幼稚園・保育園・小中学校の保護者や教師等を対象とした「放射線に関するご質問に答える会」を開催することとし、2011年7月～2012年3月末で169回(うち50回はサイクル研が対応し、他は機構の各拠点が対応)実施した結果、約12,000名の住民の参加を得た。また、福島県以外の住民に対しては、「放射線等に関する講師派遣」を開始し、2011年3月～2012年3月末で297回、延べ約21,700名が参加(うち62回はサイクル研が勉強会として対応し、他は機構の各拠点对応)した。

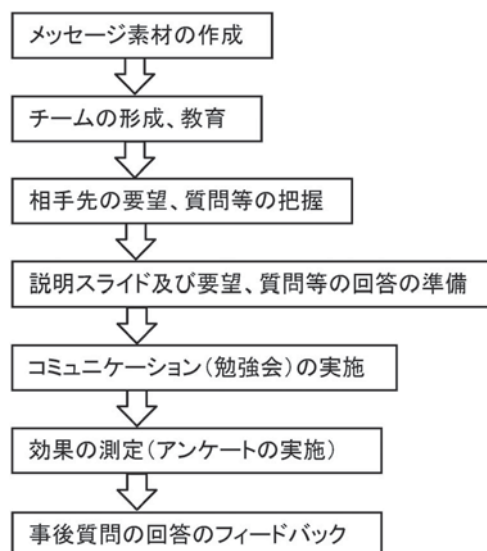
2. 勉強会の実施プロセス

サイクル研では、上記の勉強会を単なる一方的で説得的な理解活動とはせず、これまでのリスクコミュニ

ケーションの経験から得られたノウハウを適用し、双方向性を重視した独自の実施プロセスに沿って対応を行っている(第1図)。

メッセージ素材については、文部科学省が設置した健康相談ホットラインに寄せられた「住民が知りたい情報」をもとに、サイクル研のリスクコミュニケーション室(以下、リスク室)に設置しているメッセージ作成ワーキンググループ(サイクル研周辺在住の30～40歳の女性)の意見を取り入れて、被ばくと人体影響に関することや食品に関することなど、テーマごとに用意した。

勉強会の派遣チームは、事前に依頼者と綿密な連絡を取りながらニーズや質問等を把握し、メッセージ素材を組み合わせ、あるいは必要な修正を加えて、説明スライ



第1図 勉強会の実施プロセス

Risk-Communication Practice with the Public after the Fukushima Power Plant Accident; The Support and Consultation for the Proper Recognition about Radiation and Health: JAPAN ATOMIC ENERGY AGENCY Risk Communication Study Office.

(2012年 6月8日 受理)

ドや質問回答を準備する。勉強会では、参加者が抱く放射線に対する不安や懸念を共有し、軽減していくことが目的であるため、参加者の質問や意見を傾聴し、その言葉に込められた心情も受け止め、共感しながら、公表されたデータに基づく解釈や説明を行っている。また、専門用語の使用を避け、分かりやすい言葉を選ぶと同時に、非言語コミュニケーション^aにも注意しながら説明を進めていく。さらに、双方向性を高めるために、質疑応答の時間をできる限り長く取り、散会後の個別質問にも十分対応することや、放射線測定体験を取り入れて、参加者と接する機会を多く設けるなどの工夫をしている(第2, 3図)。

勉強会の効果は、アンケートにより評価するとともに、当日回答しきれなかった質問や事後に寄せられた質問に対しては、先方の担当者を通じて回答をフィードバックしている。



第2図 放射線に関する勉強会(スライド説明)の様子
対象の年齢や年代に応じて内容や説明方法を変えている。



第3図 放射線に関する勉強会(放射線測定体験)の様子
質疑応答では、発言しにくかった質問や本音を話してくれる大切な場。

^a non-verbal communication: 言葉以外の手段を用いたコミュニケーションのこと。具体的には、声、表情、振る舞い、服装など。特に第一印象を左右することが多いのが、非言語コミュニケーションといわれている。

3. 勉強会に参加した茨城県民の質問・意見

茨城県内で実施した勉強会での質疑応答と放射線測定体験時に寄せられた質問や意見、要望を集計し分類したグラフを示す(第4図)。図から分かるように、その主たるものは、健康影響14%、飲食物に関する内部被ばく関連34%、外部被ばく関連27%であった。

最も気になりそうな放射線による健康影響に関する質問は、前記のように多くはなかった。これは冒頭のスライド説明にて取り上げていることが影響しているものと考えられる。一方で、日常生活で直面している個別の質問(例:家庭菜園を食べても大丈夫か、庭は除染すべきか等)が各々30%弱と比較的多くを占めた。また、放射線量に対する相場観(ある線量を超えると危険か安全かといった極端な捉え方)に個人差があるため、回答に苦慮することもあった。

4. 放射線と健康影響にまつわる誤解

質疑応答での質問や意見から、住民が放射線と健康影響に関して誤解していると思われる例を以下に示す。

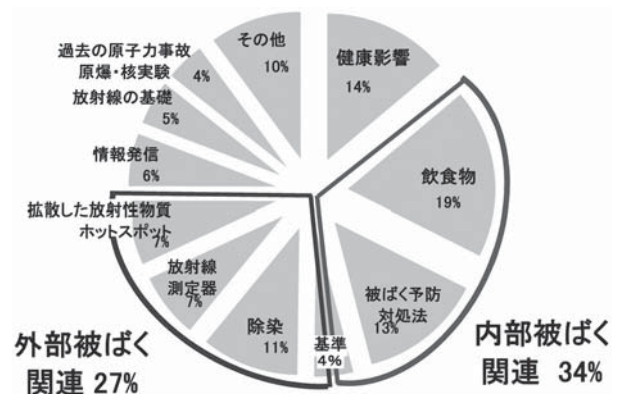
- ・放射線や放射性物質は感染する。
- ・放射性物質を体内に取り込んでしまうと蓄積する。
- ・福島原発事故前は人工的な放射性物質は存在しない。
- ・すべての水道水は安全ではない(子供への飲食に使う水はミネラルウォーターを使用)。
- ・被ばくに関するリスクをゼロにできる(子供を外で遊ばせない、野菜を食べさせない等)。

勉強会では、これらの誤解を解消するため、適宜、説明内容を見直している。

5. 勉強会に参加した茨城県民のアンケート結果

茨城県内で行った勉強会のアンケート集計結果(期間:2011年5月末~2012年2月末,回収率83%)の概要を以下に示す。

勉強会の内容理解度については、「よく理解できた」が53%、「少し理解できた」が43%。不安解消度については



第4図 放射線に関する勉強会の質疑応答時に寄せられた質問・意見

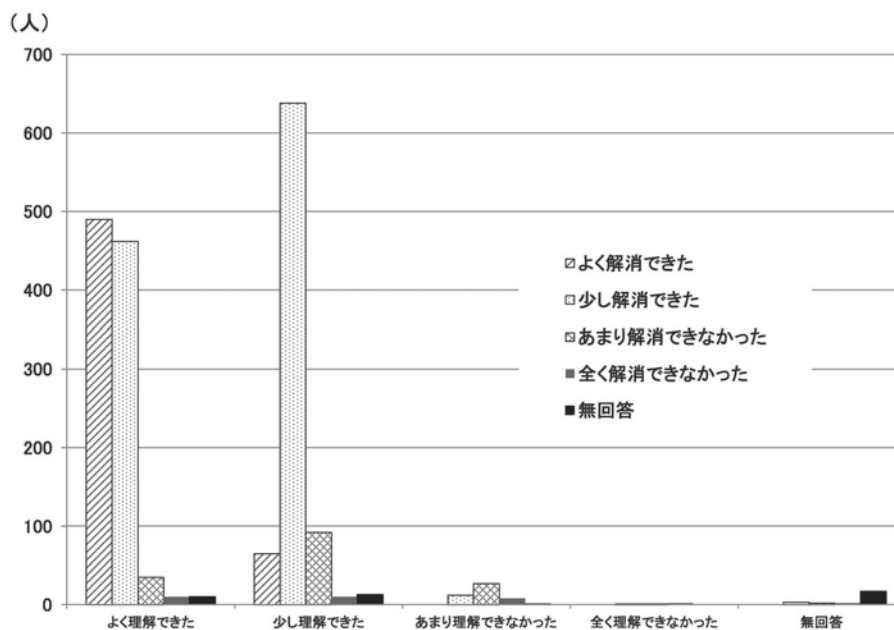
意見総数:657件(2011年5月末~12月末)

「よく解消できた」が29%、「少し解消できた」が59%とおおむね良好な結果が得られている。さらに内容理解度と不安解消度をクロス集計したところ、よく理解できた人の半数は、不安もよく解消できているが、よく理解できても、完全には不安が解消されない人も半数存在していることが分かった。このことは、自由記述欄に「勉強会の内容はよく分かったが、まだ原発事故が完全に収束した訳ではないので、不安は残る」との意見が散見されていることから裏付けられる(第5図)。

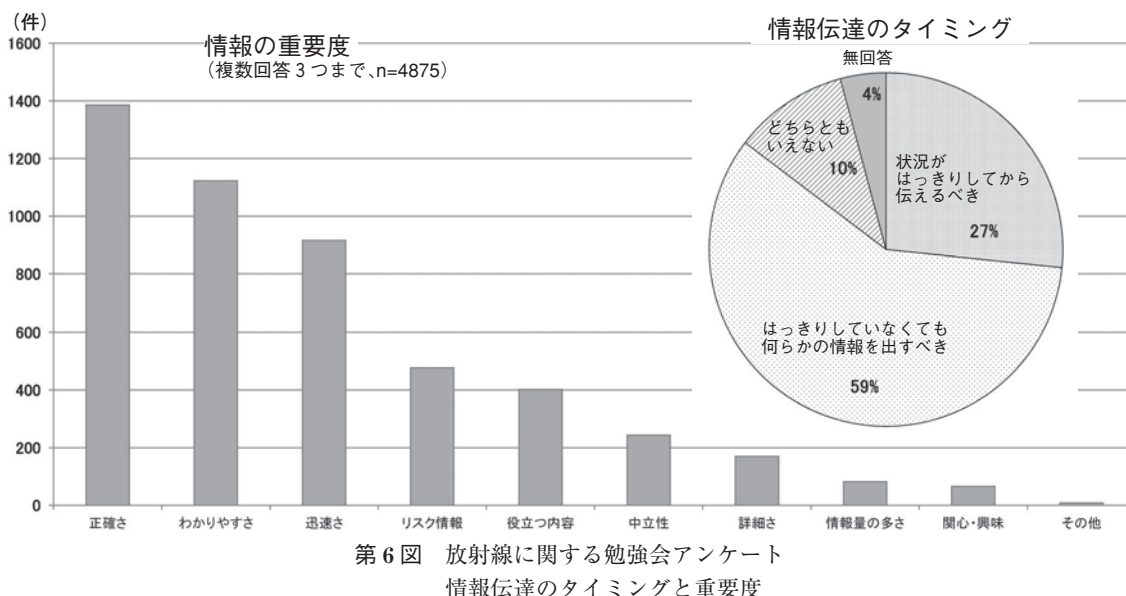
情報伝達のタイミングとしては、「状況がはっきりしていなくても何らかの情報を出すべき」との回答が59%だった。ちなみに、1999年11月(JCO事故後)に東海村

が実施したアンケート調査(n=546)においても、72%が「状況がはっきりしていなくても何らかの情報を出すべき」と回答しており、事故時においては多くの住民が正確さより迅速さを重視していることが分かる。一方、「情報の重要度」について問うと、正確さや分かりやすさ、迅速さの順で支持されている。これは、平常時においては、迅速性より正確さと分かりやすさが重要だが、緊急時の場合は、情報がはっきりしなくても何らかの情報を出してほしいものと理解すべきであろう(第6図)。

アンケートの自由記述では、本勉強会に対する感想や感謝の声が多数寄せられた。また、特に今回は事故直後から数日間において情報が錯綜したことがあったため



第5図 放射線に関する勉強会
アンケート内容理解度と不安解消度
(クロス集計) n=1901



か、正確迅速な情報発信を求める声があった。

本勉強会に参加された茨城県民は、福島原発事故後、様々な情報が流布されたことにより、放射線影響の考え方について混乱が生じていたが、勉強会に参加することにより情報が整理でき、冷静に判断できるようになったものと思われる。

Ⅱ. 福島県民に対する内部被ばく検査時のリスクコミュニケーション

1. 内部被ばく検査の対応

原子力機構東海研究開発センターでは、国の原子力災害現地対策本部及び福島県からの委託により、福島県民を対象としたホールボディカウンター(以下、WBC)を用いた内部被ばく測定を2011年7月から開始しており、2012年3月末までに10,878名の測定を行った。また、WBC検査及び検査結果の説明(家族単位で対応)は、放射線防護の専門家が中心となって実施しているが、検査に訪れた福島県民は、放射線による健康影響への不安のほかに様々な問題を抱えていることから、少しでも不安を軽減するために、リスク室員とサイクル研内で養成してきたリスクコミュニケーターから選抜した職員等により、積極的傾聴を主とした双方向コミュニケーションに取り組んでいる。

2. 活動内容

この活動におけるポイントは、①福島原発事故の影響を被られた方々が抱える様々な問題(放射線による健康不安を始めとする心配事、不満)に対する積極的傾聴、②WBC実施後、検査結果について説明すると共に疑問や懸念に対する相談受付と説明、③福島県民の視点や要望に応じたよりよい情報提供や双方向コミュニケーションについて検討していくための意見聴取(アンケート調査)の実施の3点である。

具体的には、WBC測定の待ち時間を利用した傾聴から始め、試行錯誤しながら、福島県民の不安の軽減につながるよう工夫や改善を繰り返してきた(第7図)。

現在は、家族単位の対応として、個別ブースでの検査結果の説明と放射線に関する不安等の傾聴や相談受付と説明を2人1組で行っている。

3. WBC受検者のアンケート結果から

WBC受検者へのアンケート調査集計結果(期間:2011年7~12月)を以下に示す。

アンケート調査は、検査前と検査結果説明後の2回実施している。質問内容は、検査前のアンケートでは、放射線に対する不安や知りたいこと、放射線などに関する情報源とその接触機会等であり、検査結果説明後のアンケートでは、WBC検査の対応、特に結果の説明について伺っている。

検査前のアンケート集計結果(回収数2,764件)から、特に必要とされる情報は「被ばくと人体影響」「食物(野菜・魚等)」「土壌」「空気・モニタリング」「幼児への影響」の順となっている(第8図)。

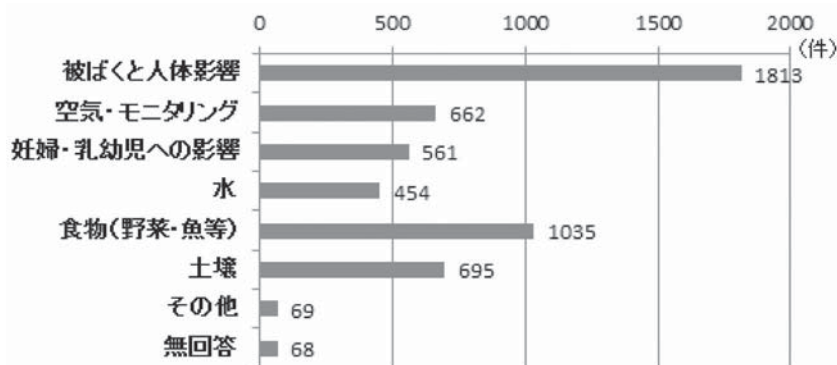
性別や年代層によっても傾向は異なり、20代の男女は「妊婦・乳幼児への影響」、30~40代の女性は「水と食物」、40~50代の男性は「土壌」についての関心が高い。

検査結果説明後のアンケート集計結果(回収数3,565件)、検査後の不安軽減度については、「軽減された」が48%、「まあまあ軽減された」が44%であった。また、検査

ステップ	実施内容
第一段階 (~2011年7月中旬)	・構内入構に係る本人確認 ・控え室での保護者とのコミュニケーション
第二段階 (2011年7月下旬~9月末)	・構内入構に係る本人確認 ・控え室での保護者とのコミュニケーション ・測定結果の見方の説明 ・個別ブースでの専門家による測定結果の説明に同席し、コミュニケーターの視点からフォロー
第三段階 (2011年10月~2012年現在)	・個別ブースでの専門家による測定結果の説明に同席し、コミュニケーターの視点からフォロー ・個別ブースでの測定結果の説明と放射線に関する不安等の傾聴・情報提供

*アンケート調査については、継続して実施。

第7図 WBC検査時の双方向コミュニケーション実施内容の変遷



第8図 WBC検査前アンケート、特に必要とされる情報(複数回答2つまで) n=2764

結果説明の分かりやすさについては、「わかりやすかった」が60%、「まあまあわかりやすかった」が35%と受検者(及び保護者)の大半が不安軽減され、説明が分かりやすかったと評価している。

各アンケートの自由記述欄には様々な意見が寄せられており、主な特徴は以下の通りである。

【WBC 検査前アンケート】

- ・放射線の人体影響に対する不安(食物の安全性、遺伝的影響、子どもへの影響等)
- ・避難生活を余儀なくさせられていることへの不満
- ・国や東電に対する不満

【WBC 検査結果説明後アンケート】

- ・検査や結果の説明による、疑問や不安の軽減
- ・対応に対する感謝
- ・検査の定期的な実施や対象拡大の要望

WBC 検査前アンケートでは、避難生活や生活における制限を感じていることから、放射線の影響や、避難生活、国や東電に対する不安や不満などが多い。それとは対照的に、検査結果説明後のアンケートでは、ホールボディ検査の定期的な実施などに対する要望が挙げられているものの、受検して安心したという意見や、本対応に対する感謝の言葉が多く寄せられており、結果の説明とあわせて、受検者自身が日頃感じている不安や不満などを話せたことや疑問が解消したこと等により、気持ちが変化することが伺える。このことは、対応している機構職員も実感しており、「初めは少しけんか腰だった方が、説明を聞き、疑問を解消していったことで、最後には穏やかな感じになって帰られた」、「不安が緩和されたのが見て取るようにわかった」等の感想が寄せられている。検査結果の説明は個別ブースという匿名性の高い環境において家族単位で行っている。加えて、検査結果説明とともに傾聴に重点を置くことで、心を開いて話しやすい環境(雰囲気)が形成できたと考えている。これらの対応が受検者やその家族の放射線やその影響に対する不安の軽減につながっていることが、アンケート結果から確認できている。

Ⅲ. メッセージ作成ワーキンググループの意識変化と協働

以上のような活動を下支えした組織として2004年8月に設置した、東海村及び周辺市町村在住の原子力関係の就業経験のない住民による「メッセージ作成ワーキンググループ(以下、MWG)」がある。リスク室ではこのMWGを活用し前述の各種活動を実施してきている。

MWGの本来の目的は住民との協働作業によって、住民の視点に立った分かりやすく親しみやすい表現でメッセージを作成、発信していくことである。サイクル研周辺に在住する30~40歳の女性6名で構成された第3期メンバーは、2009年から活動を開始し、福島原発事故前

まで原子力専門用語の言い換えや核燃料サイクル工学研究所の事業紹介に関するメッセージ作成について活動していたところであった。そこに事故が発生し、事故の状況に対する懸念はもちろんのこと、事故後の一連の対応、情報不足や情報内容の問題点(信用性や明瞭さの欠如)、原子力発電所の安全対策、核燃料サイクル、原子力技術全般について、信頼感の喪失、不安、疑問へとMWGメンバーの意識が一変したことから、それらを踏まえた新たな情報の作成や発信を行うための活動へ転換した。

震災による2ヶ月間の活動休止から活動再開にあたり、リスク室が2011年5月末から茨城県において活動を開始することとした勉強会にて使用する説明資料について、MWGメンバーが抱いていた事故後の疑問や懸念事項をもとにチェック&レビューをお願いした。MWGメンバーは市民の方々が理解しやすく受け入れやすい表現内容であるか否かに主眼を置いてチェックし、様々なコメントを提案してくれた。併せて、原子力技術全般や原子力技術者に対する事故前後の意識の変化、事故の現状と今後の対応等に関するMWGメンバーの意識についても確認できた。

MWGメンバーの福島原発事故前のサイクル研従業員に対するイメージは、経験豊富で信頼でき、任せて安心できる「職人気質」と表現していた。しかし、事故後にはそのような意識が一変し、「なぜ水素爆発を回避できなかったのか」、「技術は持っているが活かされていないのではないか」等、技術力に対する失望や信頼性の低下が生じた一方、事故が起きてしまったが、日本の技術力を信じたい、技術力はあるが、それを生かすための体制やシステムの不備を問題視しながら、今後の技術力の発展を期待している声が寄せられた。

このような状況を踏まえて、MWGメンバーが知りたい内容を抽出し、福島事故後のテーマとして「福島原子力発電所事故による放射線量」、「食品の放射能検査方法と結果の公表」の2つを設定した。その後、サイクル研の放射線防護の専門家による勉強会やインターネット等から得られた情報を整理し、メンバーが自ら伝えたいリスク情報をまとめてメッセージを作成した。完成したメッセージについては、メンバーの意向に沿って、友人知人を集めた発表会を行い、意見交換を行った(第9図)。

MWGメンバーからは、震災時に環境モニタリングの情報を分かりやすいグラフとして提供してくれるサイト「環境防災Nネット」の存在が分からず、当時これを利用できていれば、行動が変わっていたのではないかとこの反省から、様々な情報を収集するためのノウハウを取得し、得られた情報について自らが判断し非常時に備えることが重要との認識が示された。



第9図 MWGメンバーによる発表会の様子

Ⅳ. より有効なリスクコミュニケーションへの模索と実践

このように、リスク室では福島原発事故後もリスクコミュニケーションとして完全なものではないが、様々な角度からのアプローチにより双方向コミュニケーションを試行し実践してきた。またこれらの活動を通じて、住民の不安懸念を探ると共に、住民自身による放射線健康

影響に対する冷静な判断への支援を行ってきた。

原子力や放射線におけるリスクコミュニケーションを実践していく中で、「これが正解、これが近道」といった手法はまだ見当たらない。しかし、今後、国民の冷静な判断を支援する手法の一つとしてリスクコミュニケーションが活用されることを願いつつ、これからも実践的な手法を模索していきたい。

—参考資料—

- 1) 佐久間実, “福島事故の収束と環境回復に向けて”, 日本原子力学会誌, 54[2], 101(2012).
- 2) 東海村「防災とまちづくりアンケート」, (1999).
- 3) 米澤理加, 菖蒲順子, “地域住民とのリスクメッセージの協働作成”, 日本原子力学会誌, 47[8], 553(2005).
- 4) 文部科学省原子力安全課 原子力防災ネットワーク「環境防災Nネット」

<http://www.bousai.ne.jp/vis/index.php>

(執筆担当: 菖蒲順子, 米澤理加, 杉山顕寿, 高下浩文, 山本隆一(日本原子力研究開発機構))

新刊紹介

核セキュリティの基礎知識 国際的な核不拡散体制の強化と 日本の取るべき対応

木村直人著, 139 p. (2012.3), 日本電気協会新聞部.

(定価1,400円+税) ISBN 978-4-905217-11-4 C2050

本書は、2010年ワシントンで開催された核セキュリティ・サミットとサミットに向けて国際社会や日本が取り組んできた状況、本年3月に韓国ソウルにて開催された第2回核セキュリティ・サミットに向けた対応、また基礎知識として核不拡散・核セキュリティに係る歴史的な背景等について、例示を踏まえて分かりやすく紹介している。さらに、昨年3月の東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、原子力安全上の課題は核セキュリティにも同様にいえることを指摘している。

アイゼンハワー元米国大統領の「Atoms for Peace」演説により、各国に開放された平和利用を目的とした原子力の技術は、我々に電力や医療等において恩恵をもたらしてきた反面、インド、パキスタンといった国々が核兵器の開発を進めたこ

とから、国際社会は、国家による核兵器の取得、テロリスト等による核物質の盗取等、核兵器の不拡散に向けて戦い続けてきた。さらに、2001年の米国同時多発テロを起点として、核物質の盗取のみならず、爆弾による放射性物質の拡散や原子力施設や輸送船等の妨害破壊行為を含む核セキュリティの強化が喫緊の課題とされた。このような

状況の中、米国オバマ大統領がノーベル平和賞を受賞するきっかけとなった「核兵器のない世界」に関する演説から、核セキュリティの強化に向けた国際的な動きが急速に進展した。

筆者は、文部科学省核不拡散・保障措置室長として、ワシントンでの核セキュリティ・サミットに関与し、米国との間で核不拡散、保障措置、核セキュリティ技術開発、人材育成に係る協力について推進してきたことから、その内容は、正確で過不足なくまとめられるとともに、これからの日本の原子力の平和利用に係る技術開発、人材育成への期待が込められており、核不拡散・核セキュリティ関係者のみならず、これら課題の解決に向けて作業に携わる多くの方々にご一読頂きたい1冊と言える。

(日本原子力研究開発機構・須田一則)





JAEA 図書館が発信する福島原発事故参考文献情報

日本原子力研究開発機構 池田 貴儀, 米澤 稔, 中嶋 英充

日本原子力研究開発機構(JAEA)図書館では、福島第一原子力発電所事故に関連する参考文献情報を収集し、それらを日本語版と英語版とに編集整理し、発信している。参考文献情報は、「JAEAの研究成果」「文献リスト」「リンク情報」「国や国内外機関の報告書」の4種類からなり、発信する情報量は1万件に達している。本稿では、JAEA 図書館が収集整理し、発信する福島原発事故参考文献情報の内容とアクセス実績について紹介する。

I. はじめに

2011年3月に起きた福島第一原子力発電所事故(以下「福島原発事故」という)以降、日本原子力研究開発機構(JAEA)図書館では、同事故に関連するJAEAの研究成果だけでなく、関連する国内外のさまざまな機関の報告書や会議報告等の研究成果、Web上の情報を収集し、発信している。発信情報の総数はおよそ1万件に達する(2012年3月末現在)。

研究成果の情報は、JAEA 研究開発成果検索・閲覧システム(JOPSS)や国際原子力機関(IAEA)が運営する国際原子力情報システム(INIS)等の文献データベースを活用して収集したものであり、米国スリーマイルや旧ソ連チェルノブイリ等の原発事故事例、放射性核種の環境移行など福島原発事故対応に参考となる情報を主題別に整理し提供している。

また、JAEA 図書館では、国や国内外の研究機関等が発表した福島原発事故に関する指針、報告書等を、日々Twitterを活用して紹介しており、このTwitterの情報も主題別、発信元別に整理し、リンク情報として発信している。本稿では、JAEA 図書館が収集整理し、発信している福島事故参考文献情報の内容と課題等について述べる。

II. JAEA 図書館

JAEA 図書館は、Webサイトを通じて、原子力に関わる各種の学術情報を提供している(第1図)¹⁾。JAEA 図書館の業務は主に、「原子力情報の収集と専門図書館」「研究開発成果の記録と普及」「国内の原子力文献の国際

的普及活動」の3つである。

(1) 原子力情報の収集と提供

原子力を中心とする科学技術分野に関する資料の収集と提供を行っている。所蔵資料は、原子力関連の専門図書が約5万冊、専門学術雑誌が約2,000タイトル、国内外の原子力研究機関が刊行した技術資料(レポート)が約110万件ある。

(2) 研究開発成果の記録と普及

JAEAの研究開発部門や全国各地の拠点から創出された研究成果を取りまとめた研究開発報告書類(JAEA-Research等、いわゆるJAEAレポート)の編集・刊行、職員等が学術雑誌及び国際会議に発表した論文等のタイトル、抄録等の書誌情報の取りまとめを行っている。

(3) 国内の原子力文献の国際的普及活動

JAEAはIAEAが運営するINISの日本における実施機関として、国内で刊行された原子力関連文献の書誌データを作成し、IAEAに提供するとともに、INISデー

Introduction of Useful Bibliographies and Resources related to the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station Accident through the JAEA Library: Kiyoshi IKEDA, Minoru YONEZAWA, Hidemitsu NAKAJIMA.

(2012年 5月31日 受理)



第1図 JAEA 図書館ホームページ

データベースの国内利用促進活動を行っている。

INIS データベースは、加盟国127ヶ国が協力して作成した原子力の平和利用に関する文献の書誌情報を約340万蓄積しており、IAEAのWebサイトより無償で利用できる。

Ⅲ. 福島原発事故参考文献情報

1. 発信までの経緯

茨城県東海村に位置する JAEA 中央図書館は、3月11日の東日本大震災により大きな被害を受けた。所蔵資料の多くが書架から落ち、窓ガラスが多数破損するなどしたため、安全上の理由から図書館機能は2週間近く停止した。しかし、JAEA 内外の研究者や技術者から、福島原発事故について参考となる情報として冷却材喪失事故(LOCA)や放射性核種(FP)の放出といった過去の事故対応の文献を求めるニーズが多く寄せられた。これらの情報要求は類似するものがあつたため、JAEA 図書館では早急にサーバを復旧させ、データベース等を活用し、これまで要望のあつた文献情報をリスト化し、2011年4月4日より福島原発事故参考文献情報として Web での発信を開始した。

2. 福島原発事故参考文献情報

JAEA 図書館が発信する福島原発事故参考文献情報は、「JAEA の研究成果」「関連文献リスト」「関連リンク情報」「国や国内外機関の報告書」の4つのカテゴリからなり、参考文献リストと報告書等の全文(著作権上の許諾を得たもの)及び Web 上のリンク情報から構成されている(第2図)。

なお、福島原発事故参考文献情報サイトは、日本語版と英語版で発信している²⁾。

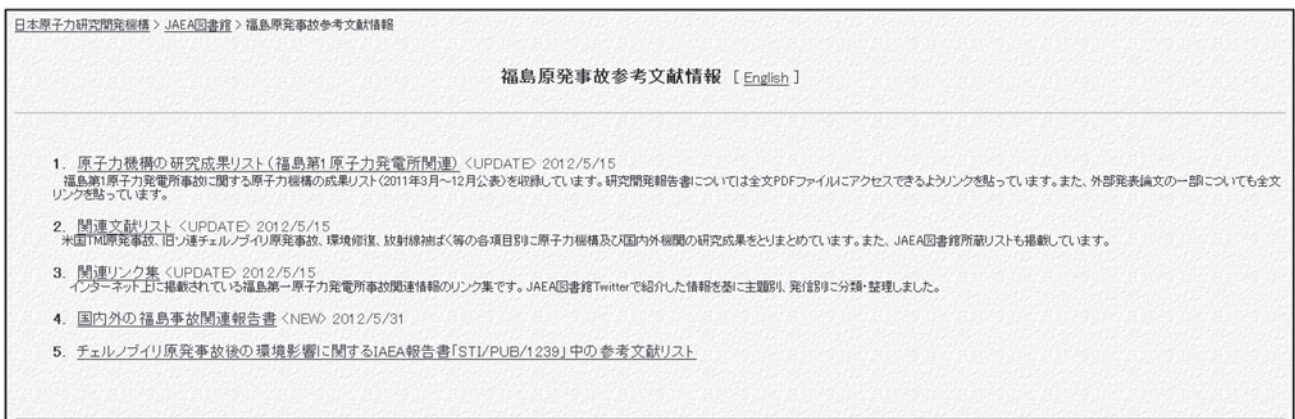
(1) JAEA の研究成果リスト

JAEA の研究成果リストは、福島原発事故に関して JAEA 職員等が JAEA レポートや学術誌に発表した研究成果をリスト化したものである(第3図)。

著者名、標題、掲載資料名/会議名、刊行年、巻号ページを表示するとともに、全文を表示する URL も記載しており、JAEA レポートは全文の利用が可能である。2012年4月末現在で38文献を収録し、この情報は定期的に更新している。

(2) 福島原発事故参考に関連する文献リスト

関連文献リストは、INIS や国立情報学研究所が提供する学術論文情報データベース「CiNii」等のデータベース、JAEA 研究成果や IAEA 報告書等から文献情報を



第2図 福島原発事故参考文献情報サイト(日本語版)

原子力機構の研究成果リスト(福島第1原子力発電所関連)[2012年4月末現在]						*研究開発成果報告書: ■
No.	著者氏名	原標題	掲載資料名/会議名	刊行年月	巻・号・ページ	リンク
1	玉井 秀定 ほか	TRAC-BF1を用いた福島第一原発1号機の事故における非常用復水器の影響に関する検討	日本原子力学会和文論文誌	2012.3	vol.11, no.1, p.8-	http://dx.doi.org/10.3327/taesj.J11.037
2	石田 順一郎	原子力機構の福島における環境修復等対応活動	エネルギーレビュー	2012.3	vol.32,no.3, p.28-31	
3	伊藤 久義 ほか	高分子捕集材等を用いた環境汚染除去技術の開発	放射線化学(インターネット)	2012.3	no.93,p.31-36	
4	鳥居 建明 ほか	航空機モニタリングによる東日本全域の空間線量率と放射性物質の沈着量調査	日本原子力学会誌	2012.3	vol.54,no.3, p.160-165	http://www.aesi.or.jp/atomos/tachiyomi/2012-03mokuji.pdf
5	西原 健司 ほか	福島第一原子力発電所の滞留水への放射性核種放出	日本原子力学会和文論文誌	2012.3	vol.11,no.1, p.13-19	http://dx.doi.org/10.3327/taesj.J11.040
6	川妻 伸二 ほか	日本原子力研究開発機構の原子力災害ロボット: 福島第一原子力発電所事故の緊急対応とその教訓	RANDECニュース	2012.2	no.90,p.11-13	
7	三村 均 ほか	セシウム高除染用吸着剤の物性及び吸着特性	日本イオン交換学会誌	2012.2	vol.23,no.1, p.6-20	http://dx.doi.org/10.5182/jaie.23.6
8	坂本 文徳 ほか	オートラジオグラフィを用いた福島第一原子力発電所起源の放射性降下物の局所的な分布解析	日本原子力学会和文論文誌	2012.1	vol.11,no.1, p.1-7	http://dx.doi.org/10.3327/taesj.J11.027
9	長縄 弘親	ポリイオン/粘土を利用した汚染土壌中の放射性セシウムの除去	粘土科学	2012.1	vol.50,no.2, p.52-57	http://cinii.ac.jp/naid/110008898111

第3図 JAEA の研究成果リスト

抽出し、福島原発事故に参考となる国内外の文献を発信している(第4図)。現在は、「米国スリーマイル島(TMI)原発事故」「旧ソ連チェルノブイリ原発事故」「損傷燃料の取り出し」など13の主題分野で、約9,500件の文献情報を提供している(2012年3月末現在)。情報の追加・更新は1ヶ月に一度の頻度で実施している。

第4図にて矢印で示しているように、各主題分野を選択すると、「JAEAの研究開発成果」、「国内外の研究開

発成果」の文献リストや、JAEA 図書館での所蔵情報を表示することができる。さらに、INIS データベースの検索結果は、INIS データベースに検索式を組み込み、検索出力画面を直接表示する方式でも発信している(第5図)³⁾。これは、INIS データベースは毎週情報更新されているため、各主題の最新情報を紹介できることを狙いとしている。

第4図 関連文献リスト

第5図 INIS データベースの検索結果の出力

(3) 福島原発事故に関連するリンク集

JAEA 図書館では国や国内外研究機関等が Web 上で公開した技術情報等について、JAEA 図書館 Twitter (@JAEA_library) を活用し、リアルタイムでの情報発信を行っている(第6図)。

Twitter は、高い速報性を持ち、コミュニケーションやニュースツールとしても有用であり、2011年3月4日のつぶやき開始以来、現在、ツイート数1,378件、フォロワー数372に達している(2012年6月12日現在)。

Twitter で紹介した情報は、主題別(33分野)、発信元別に整理し、「福島原子力発電所事故のリンク集」として発信している(第7図)。2012年3月末現在、紹介する情報は約550件となっている。情報の追加・更新は毎月1回実施し、リンク情報は3カ月に1度の頻度でリンク切

れ等がないか確認している。

(4) 国や国内外機関の報告書

国や国内外機関の報告書では、2011年6月20~24日にIAEA で開催された「原子力安全に関する IAEA 閣僚会議 (IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety)」における天野事務局長の「Opening Address」や「日本政府の報告書」「IAEA 調査団報告書」などの全文情報へのリンクを掲載している。

また、IAEA が2006年に公開した報告書 STI/PUB/1239の参考文献リストを掲載している。このリストには「環境の放射能汚染」「環境対策と環境修復」「人の被ばくレベル」「植物や動物への放射線誘発効果」などの参考文献が紹介されている⁴⁾。



第6図 JAEA_Library Twitter

福島原子力発電所事故のリンク集								2012/5/15 UP
同位体分離	再処理	モニタリング	土地修復	水モニタリング	水修復	大気モニタリング	放射線被ばく	
食品保護	環境影響	放射線防護基準	放射線防護	個人被ばく線量測定	同位体製造	ロケット	原子力関連構造物・機器	
核燃料貯蔵	原子力発電所	原子力安全	福島原子力発電所事故 事故報告	福島原子力発電所事故 事故対応	福島原子力発電所事故 事故分析	高速増殖炉	線量計	
廃棄物処理	廃棄物処分	原子力の経済性	社会的影響	再生可能エネルギーの 経済性	送電	法律	原子力一般	
核反応								

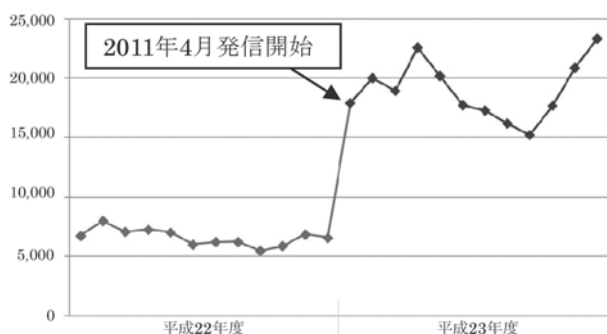
モニタリング		
JAEA	PDF	平成24年3月6日開催の公開ワークショップ「福島第一原子力発電所事故による環境放出と拡散プロセスの再構築」の発表資料を掲載しました。 見玉龍彦, 「半減期17年のセシウム137による土壌汚染へむけ」, アイソトープ総合センターニュースVol.42, No.1(2011), p.1にて参考資料として紹介されていた資料(シンポジウムの報告集)の全文。
大阪大学		【参考情報】福島土壌調査結果をウェブに公開しました。
環境省		放射性物質による局所的汚染面所への対処ガイドラインの取りまとめについて(平成24年3月12日環境省)
経済産業省		東京電力株式会社福島第一原子力発電所第2号機の格納容器からのXe135の検出に係る報告書への評価について 東京電力福島第一原子力発電所第2号機において、新たに設置した格納容器ガス管理システムを用いて11月1日にサンプリング測定をした結果、核分裂で生成される半減期の短いXe135が検出されたことについて

第7図 福島原子力発電所事故のリンク集

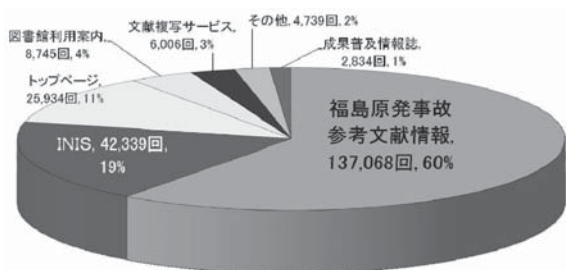
Ⅳ. 福島原発事故参考文献情報の利用状況

福島原発事故参考文献情報を発信した2011年4月からJAEA 図書館ホームページのアクセス数は増加し、平成23年度は、前年度と比較すると約2.5倍に増えている(第8図)。

JAEA 図書館ホームページには国内外から毎月15,000~20,000回のアクセスがあり、平成23年度は227,665回のアクセスがあった。このうち、福島原発事故参考文献情報には137,068回のアクセスがあった。外部からのアクセス数を見ると、全体の約60%以上が「福島原発事故参考文献情報」へのアクセスであった(第9図)。



第8図 JAEA 図書館ホームページアクセス状況(月別)



第9図 外部からのアクセス数(平成23年度)

Ⅴ. 今後の課題

福島原発事故に関して国や研究機関、学会等から膨大な量の情報が発信され、日々、追加・更新が行われている。現在、3ヶ月に1度の頻度で関連リンク集のリンク先情報の確認を行っているが、発信元の都合によるWebサイトの更新等によりリンク切れが散見される。また、各機関がWebサイト上で公開する情報が多種多様であり、かつWebサイトの階層が深く、複雑化しつつあるので、情報が探しにくくなっている。リンク切れの前にWebコンテンツを保存し、掲載されている情報をコピーして発信したいが、著作権上の問題から勝手に他者のWebコンテンツを保存して発信することはできない。

Ⅵ. 福島原発アーカイブの必要性

行方不明となった情報を探すには、Google, Yahoo!等の検索エンジンを使う方法がある。しかし、求める情

報の件名がわからなければ、検索することも難しい。また、情報は時間経過とともに、散逸/消滅するリスクが高まる。事故を起こした原発の廃炉等バックエンド対策や除染に係る研究技術開発は長期展望に立った対応となることが予想され、情報のオリジナルを収集し、恒久的に保存管理するだけでも効果的と考えられる。

そこで、国や研究機関、学会等が保有し発信する福島原発事故関連のコンテンツを一元集約し、主題別、発信元別、時系列に整理し、運用するアーカイブの構築が求められる。オリジナル情報をいかに収集するのか、利用しやすい分類整理方法は何かなど、アーカイブ構築には課題がある。JAEA 図書館は、INIS等の活動を通じて得られた情報整理に関する知見を基に、専門家等の助言をいただきながら、このアーカイブ構築に貢献したいと考える。

—参考資料—

- 1) JAEA 図書館ホームページ
<http://jolisfukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/ird/index.html>
- 2) 福島原発事故参考文献情報
http://jolisfukyu.tokai-sc.jaea.go.jp/ird/sanko/fukushima_sanko-top.html
- 3) INIS Collection Search
<http://inis.iaea.org/search>
- 4) Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experience (STI/PUB/1239), International Atomic Energy Agency, 2006.
- 5) JAEA Library Twitter (@JAEA_library)
https://twitter.com/#!/JAEA_library

著者紹介



池田貴儀(いけだ・きよし)
日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野)図書館情報学, 灰色文献



米澤 稔(よねざわ・みのる)
日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野)図書館情報学



中嶋英充(なかじま・ひでみつ)
日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野)図書館情報学

私の 主張

原子力規制体質の抜本的な見直しを

九州大学名誉教授 古屋 廣高

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所事故により、原子力、特にその規制は国民から厳しい批判を浴びている。このことを受けて、原子力規制庁が近く発足することになり、国会での審議も始まっている。しかし、ただ組織を変えればよいのだろうか。むしろその体質が大きな課題である。振り返れば、1974年の原子力船「むつ」の放射線漏れ事故を機に原子力安全審査が通産省と内閣府・原子力安全委員会(以後、安全委員会)の独立したダブルチェック体制となり、1999年のJCO事故を教訓にオフサイトセンターが設置された。さらに、2001年に発足した原子力安全・保安院が組織され、これらの体制は一層強化された。しかし、本当に安全規制の体質が充実したとは思えない。チェルノブイリ原子炉事故以降、長く続いた逆風の時代での人材育成の弱体化、人材の分散化、安全神話の過信等で、その体質は年々脆弱していったと言っても過言でない。そこで、今後の原子力規制の体質をどのように改善すべきか考えてみる。

2. 現在の体制の課題

現在、わが国の原子力安全審査は、原子力安全・保安院(以後、保安院)と安全委員会のダブルチェック体制で実施している。放射線障害防止の基準作成は放射線審議会が担当している。さらに、運転中の大規模施設には、規制側の検査員が常時滞在し監視するとともに定期検査も実施している。しかし、これらの体制にもいくつかの課題があり、福島原発事故で、国が順調に対応できなかった要因の一部ともなっている。これらの課題を項目別に考えてみる。

(1) 非常勤委員の委員会、審査会による審議、決定
諸外国の安全審査、規制と違い、わが国では、非常勤の専門家が構成する委員会、審議会が、その審議、決定に中心的な役割を果たしている。安全委員会には、原子炉安全専門審査会、核燃料安全専門審査会があり、最終的に安全を審査し、判断する。保安院でも、数多くの委員会を設置し、審査、判断している。これらの非常勤委員による審査体制の大きな課題は、①責任の所在が明確でない、②危機管理が脆弱になる、③審査時間が限られて、判断が保守的になる、④時間的に非効率になる、ことである。

①は、責任が分散し、国民の原子力不信の大きな要因である。②は、福島事故に対する規制側の対応を見れば明らかである。③は、非常勤委員が該当する委員会、審議会以外にも数多くの委員会委員、本業業務を抱えてい

るので、委員会以外の時間に内容を検討できない。さらに、安全審査においても、あらかじめ決められた基準で安全審査を行うので、新たな知見が判明してもなかなか取り込めない。取り込もうとするならば別の専門委員会で半年以上かけて議論しなければならない。④は、安全審査、事故調査に時間がかかり非効率になる。私自身、「もんじゅ」ナトリウム事故調査に参加したが、事故調査に3年間、安全確認に2年以上を費やしている。これでは、大型の原子力開発は困難である。フェニックスでも10回以上のナトリウム漏れを含めて60回以上のトラブル・事故を経験しているが34年間運転しその使命を果たしている。ロシアのBN-600にいたっては、私の訪問時(2004年11月)までの26年間で28回のナトリウム漏れを起こしたが、稼働率75%で運転を続けていた。

(2) 論理(机上)と実践(現場の経験)のバランスの偏り
すべての産業において、机上で考える論理と現場での経験が、緊密に相互理解し、良きバランスを保持することが、その産業の発展、安全確保に非常に重要である。

JCO事故は、論理を無視して現場が暴走した事故であったが、わが国の原子力規制では、逆にこのバランスが余りにも机上に偏りすぎている。

安全審査を担当する原子炉安全専門審査会、核燃料安全専門審査会で、原子炉主任者、核燃料取扱主任者資格を持ち、原子炉を運転したり、グローブボックス、ホットセルでプルトニウム、照射済核燃料を取り扱った経験を持つ委員は20%にも満たないのではないのでしょうか。

匠の世界のように現場には机上では把握できない多種、多様な現象があり、それゆえ現場経験のない人による規制は、非常に保守的になり、現場に過剰な負担を強いるばかりか、大きな経済的損失を生む。

規制官庁による原子力発電所、核燃料サイクル施設監視でも、適切な実務経験が少ない監視員が多く、事務的、形式的な監視となっている。2002年、東電福島でシュラウドひび割れが外国の技術者により告発され、大問題となった。地元の信頼を損ね、プルサーマル実施も延期された。保安院はただちに東電本社に立ち入り検査をし、注意した。しかし、東電福島には、保安院の検査官が常駐していたが発見できなかった。なぜ、発見できなかった理由を追及していれば、一昨年のもみ原発整備不備も見いだせたのではないのでしょうか。

安全審査で中心的な役割を担う大学教官について考えてみる。多くの教官は、原子力の現場で起こる事象には委員会等で論議はするが、自分の研究テーマに取り込む

ことはほとんどしない。私が退官後、高速増殖炉燃料開発で蓄積されたデータを学術誌に投稿してきた過程で経験したことだが、わが国ではある程度論理が確立された基盤に立って行われた研究が学術論文で、現場のデータは掲載拒否されるか、掲載されても実験報告か技術情報にしなさいと軽視される。しかし、海外では逆に、高い評価をしてくれる。その大きな理由は、現場にはこれまでの理論で解釈できないような事象があり、そこから独創性が芽生えるからである。

(3) 人材不足

人材不足は深刻である。チェルノブイリ事故後の原子力学科の不人気で学科名変更が続いた。さらに科技庁、文部省統合前、科技庁は核分裂、文部省は核融合研究と大枠を決められたこと、等により、取扱規制の強化と相まって放射性物質、核燃料を使用し、原子力を研究する教官が激減した。このため、限られた少数の教官に多くの組織の委員会委員が集中するため非常に多忙になり個々の委員会、審議会等で審議、検討、評価が不十分にならざるを得ない。

4月18日、讀賣新聞「論点」に書いたが、人材育成は将来を考えると何よりも重要である。個々の大学で教育、訓練することは人材、経済面でも難しいので集約化して、午前講義、午後実習のようなカリキュラムで、大学院学生も含め、年間50～100人を教育、訓練することが望ましい。

3. どのように改善すべきか

国際競争力の強い企業では、20代後半から50代前半の体力、気力、使命感をもつ継続性のある社員が、良き指導者の下に最前線の現場で活躍し、会社を発展させている。その良き指導者もこうした現場から輩出されている。保安院にも知識、経験豊富な技術者もいるが、その多くは50歳を過ぎて転職した人たちで、権限をもつ課長、部長にはなれない。安全委員会事務局でも同様な人材はいるが、非常勤、日当制では使命感も薄らぐ。

こうした事実を考えると、原子力規制においても、米国NRCと同様に、知識、経験豊富で使命感を持ち、継続性のある20代後半から50代前半世代の専属の専門家が、安全審査、規制、監視の中心的な役割を持つべきである。原子炉安全専門審査会、燃料安全専門審査会もこれらの専門家によって構成されるべきである。原子力は総合工学であることを考えると、この組織では、原子炉主任者資格かまたは核燃料取扱主任者資格を持つ専門家の人数は60%を、さらに現場で運転、操作、訓練を1年以上経験した専門家人数は40%を、超えるべきである。隣国の韓国、台湾においても人数は少ないが若手技術者が原子力規制に活躍している。これまで非常勤委員として安全審査に関与してきた専門家はその分野の第一人者的存在であるので、この専門家組織の担当者が十分に議

論し、知識を吸収することが必要である。必要ならば一定期間(例えば半年)出向してこの専門家組織に参加してもらうことも一案である。いずれにしても、この専門家組織が検討、議論し最終的に判断、決定すべきである。

次に、原子力発電所、核燃料サイクル施設の監視について考えてみる。現在、オフサイトセンター等に規制官庁の駐在員が監視にあっているが、事務的検査が中心で、必ずしも機能していない。監視で必要なことは、現場をよく知り、現場に入ればどこで何がどのように行われているかが説明なくても分かることが肝心である、そこで、原子炉主任資格または核燃料取扱主任資格を持ち、1年以上の現場経験か訓練を受けた専門家を監視統括者に任命し、権限を与える。例えば、トラブル・事故はすべて公表するが、IAEAの決めたレベル1以下の事故の場合、施設再開の是非を判断する権限を与えることが望ましい。また、その技量についてはパイロットと同様に3年ごとに認証すること、高待遇にすることも大切である。

こうした改革を実行することには、人材育成をはじめとしてかなりの予算、時間が必要であるが、国の予算は限られえている。しかし、どうしても必要なことであるので、たとえ電気料金を上げてでも実行すべきである。米国NRCの予算は、審査、監視等で90%が電力から支出されていると聞いている。長期的に考えれば、改革の実行により安全性向上、効率化が進み、必ずや投資した以上の利益を生むことと考えられる。

4. 国民の原子力に対する信頼回復のために

3月下旬、原子力安全委員会が保安院のストレステスト・1次評価を妥当とする記者会見を開催した模様がテレビで放映された。この報道によれば、記者会見時間は約10分で、委員も退席し、反対派の人々は机の上に上がって抗議している画像が映し出された。これでは、国民の理解は得られない。時間を制限せず、記者団、反対派と堂々と説明、議論し、納得させることが必要である。

繰り返し主張するが、非常勤委員による安全審査、事故調査は避けるべきである。高度に教育、訓練を経験した20歳代後半から50歳代前半の使命感のある専属の専門家による安全規制が大切である。国民の信頼を回復するには、どんな組織がどのように審査し、責任を持つか明らかにすることである。必要な時には、この組織が安全性について繰り返し説明し理解を得ることが肝心である。現状では、どんな組織がどのような努力をして規制しているのかがはっきり見えてこない。ここに、原子力に対する国民の大きな不信があるように思える。人材育成等ですぐに改革することは難しいかもしれないが、しっかりした専門家組織を構築することに努力しなければ、原子力の未来はない。

(2012年6月4日記)

談話室

「技術の力」と「ぼくらの精神」

原子力学会会員(元東芝) 飯田 式彦

別の件があり、昭和23年に行われた小林秀雄と湯川秀樹の対談「人間の進歩について」を読み返した。

その中の次の議論が目をついた。二人の対談は原爆投下の問題に移り、小林「人間は自分の発明した技術に対して復讐されない自信があるかどうか」、湯川「(原子力)は大きな目でみたら自然界にないことをしているわけじゃないけれども…うっかりすれば人類の大部分が破滅することになる」、小林「目的いかにかわりない技術自身の力がある。目的を定めるのはぼくらの精神だ。精神とは要するに道義心だ。それ以外に、ぼくらが発明した技術に対抗する力がない」、湯川「そういうことになると、…平和はすべてに優先する問題です。今までとはその点で(原子力)は質的な違いがあると考えなければいけない」、小林「…科学の進歩が問題を質的に変えてしまったというはっきりした思想。あとは平和を保つ技術、政治の問題だ」。

小林秀雄と湯川秀樹の対談には3つの重要な指摘が含まれている。それは現在にも通じる成熟した考え方だ。

技術の力

まず、「技術自身の力」。当然のことではあるが科学技術そのものはどんな倫理性をも含んでいない。自然科学言語による考察であり、実験の対象であり、そしてまた製造物として実現するための工学の対象である。技術とは人間のもつ本能のひとつであるあくなき知的好奇心の結果でもあるが人間性とは無関係である。しかし今、多くの場面でそのことが混同されている。市民との会合では得てして技術自体が批判の対象にされる。逆の場合もある。学会員の多くが苦勞して身につけた技術的素養を行使することをためらったり、反省したりする必要はないのである。それは、別の範疇の問題である。

私は、昨年の7月と今年の5月の2回、共産党を支持母体とするさる組織との会合で合計して7時間にわたり質問攻めにあった。どちらの会合でも、質問の多くが原子力技術を擬人化している、と感じた。「原子力が悪い」と繰り返される言い分に対して、原子力は単なる技術であり、そうやってよければ「悪い」のは成熟していない人間社会のほうだ、と答えた。原子力が悪いと思ひ込んでしまった市民との間で原子力についての会話を続けることは難しくもあるが、次の2つの点については会話の糸口を得たのである。

第1の点はエネルギーの源についての理解を共有することである。彼らが代替として第1に推す、太陽、水力、風力、バイオエネルギーはすべて、太陽の核融合反応に源を発しているということだ。そして彼らが第2に推す地熱エネルギーとは、地中のウランとトリウムの崩壊熱を起源としているということ。いずれも、核反応、核崩壊という原子力エネルギーであり、それらを含めて「原子力が悪い」とはもはや言えず、言葉を失う。そこから会話を始めることができるのである。

第2の点は、資源はすぐに枯渇する、ということである。いわゆる化石燃料はあと400年で使い切るし、ウラン235の利用はわざわざ反対するまでもなく70年程度でなくなる。しかしこの事実は驚くほど知られていない。では、たった400年、その後、世界の全エネルギーを供給するにはどうしたらよいだろうか？それよりも皆さんは人類としてあと何年生きたいのか？3万年という答えが返ってきた。

質的に変わった問題

次に、「問題を質的に変えてしまった」という二人の言葉。原子力発電所をこれまでの発電技術と比べた場合の質的な違いとは、事故の影響が、空間と時間をまたいで大規模に広がることである。

私は昨年6月に南ドイツで「緑の党」を支持する人たちと対話した。チェルノブイリ事故から25年を経過しているにもかかわらず、南ドイツの市街のあちこちに事故後25年を記憶するためのステッカーが多数張られていた。いまでも採取制限を受けているキノコ類を議題にして彼らは事故影響の時空の広がりについて語り続けた。

同じ問題が上述の国内での2回の会合でも中心的な話題になった。「福島については全域、費用など度外視してもいいので除染をすすめ、もとの状態に戻すのが筋ではないか。まさか費用と除染効果とのバランスを考えているわけじゃないだろう、必要なものは意思だ。」。私は同意。また、会合に出席した人たちが多く住む千葉県の実家の状況が次のようにコメントとして伝えられた。参加者の多くはすでに線量計を手に入れて自宅の庭をモニターしている。その上で、比較的有意な線量を検出した土を片隅に集めシートで覆い、子供や孫たちが歩く場所はロープを張って誘導している。その土を、「どこに言っても持ち去ってくれない。セシウム入りのこの土は

どうみても電力会社か国の財産だろう」。過去の原爆実験に起因するフォールアウトの積算線量と比べて圧倒的に小さい今回の積算線量ではある。しかし、将来の発ガンリスクについては積算線量にのみ注目していればよい、と子供への追加被害を嫌う母親たちを前にして、言い切れるデータを私たちは積み上げてきたのだろうか。今度は、私のほうが言葉を失う場面であった。

問題の質的転換は事故による放射性物質の放散にとどまらない。放射性廃棄物の貯蔵についても長期間の時間的管理という質的に新しい問題を持ち込んでいる。ネアンデルタール人が絶滅したのが3万年前、最新の氷河期が終わったのが1万年前である。何もしないならば、この時間スケールと変わらぬ管理を必要とする廃棄物に対しては確かに「はっきりとした思想」を必要とする。

化石燃料を使い切る400年後から後、太陽と地熱のエネルギーだけで世界のエネルギーを供給するにはまだ準備が足りない。資金がかかりすぎるからだ。化石燃料の枯渇後も生活レベルを維持しつつ人類が生存を望むならば、地殻にあるウラン238とトリウム232を利用することにならざるをえない。そうだとすると、その後1600年でウランとトリウムを使い切る。このときに、さらにあと数万年の管理を要する放射性廃棄物を残すことには誰も賛同しえない。「はっきりとした思想」とは原子力発電の残滓は使用期間内に消滅させるべき、という堅固な意思のことである。幸いにも、高速中性子により超長半減期の核種を消滅できることを私たちは知っている。問題は、使用済み燃料の中からこれらの問題となる核種をできるだけ取り除くことにある。使用済み燃料側にこれらの核種が残ってしまったら再び万年オーダーの管理が要請される。1600年以内に超長半減期の核種を消滅させるための分離技術こそが「思想」の核となる。この技術の成熟とともに、使用済み燃料を全量処理していくことが誰もが望む原子力発電の利用の姿であろう。

政治の問題

そして、「あとは平和を保つ技術、政治の問題だ」という小林の先見性。言葉を借りれば、確とした思想と道義心のもとに安全を保つべく取り組む政治の問題だ。政治技術の問題だから普遍的な回答はない。とはいえ、かつて、安全性を優先させるべくみずからの体制を生まれ変わらせた米国の例、とりわけその意思決定の方法は示唆的である。5人のコミッショナーの投票により安全政策を決定する米国原子力規制委員会は、政策決定に関与する責任の所在(人の名前)が透明である。委員長でさえコミッショナーの一人としての投票権しか持たぬ。そのコミッショナーは、大統領が任命する委員長を除き、与党と野党の付託を受けた委員が同名ずつ任命される。これにより、政党政治下での国民参加の形が政治原則上は保証される。事実、現在の二人のコミッショナー(SvinickiとOstendorff)は共和党の推薦だ。

一方、誰もがうらやましがるスタッフ数に裏付けられた組織体制によりコミッショナーに情報がインプットされるが、それは意思決定の透明化と比べると二次的だ。最近の例を引いてみよう。福島事故の教訓を米国BWRプラントに適用すべくスタッフにより提案された指示書(SECY-12-0025)に対して、その賛否をめぐりコミッショナーによる投票が行われた(VTR 2012-0025)。もちろん無条件での賛成、反対はなくいずれからもコメントが付加される。コメントを反映した検討書がスタッフ間で練られ(SRM 2012-0025)、最終的な指示書がプラント保有者に通達された。このようにコミッショナーの投票結果を世界の誰でもが知ることができるのである。国民参加の形を原則反映させ、政策の決定過程を世界に対して透明にすることは政治技術の問題ではありながらも、安全確保のための求めうる最良の方法のひとつであることは確実である、と思うのだが。

検証

この原稿は、今年の3月末に書いた同名の未発表草稿をもとに5月末の市民との会合の結果を加えて書き直したものである。この間に、資源エネルギー庁では、2030年の日本のエネルギー分担についてのケーススタディ、原子力委員会では核燃料再処理の処理量についてのケーススタディの議論を終結させた。また、原子力規制については政府とは独立した米国式の規制委員会を作る方向でまとまりつつある。ここでは、この原稿で述べてきた考え方と上記検討会との違いを検証するためにいくつかの質問を投げかけてみたい。

まず、上記の委員会が採用している2030年という年代である。エネルギー問題を論じるとき最低、資源の有限性の認識とその超克は避けて通れない問題だ。なぜ、2100年ではなく、なぜ2500年ではないのか。将来のことはわからないということは、ことエネルギー問題についてはない。資源を使い切ることは確実だからだ。ウラン235も石油も天然ガスも使い切る(であろう)2100年の世界のエネルギー分担はどうあるべきか。それを出発点とすれば近未来の視界も開ける、と思う。

次に、原子力委員会の提言では、数万年オーダーで使用済み燃料もしくはそこから分離された高レベルの廃棄物を貯蔵、管理するという方針が陰に相変わらず繰り返されている。原子力技術を使う利用期間を超えての管理を後世にゆだねることに対して手を打たないことに利があるとは思えない。健全な原子力利用のためにそうした問題設定こそが必要ではないか。

最後に、規制委員会である。国民参加と世界から見た透明性はこの組織の成否を握ると思う。野党の付託を得た代表者を入れることができるのか。世界レベルで透明性を確保するために英語での委員会運営と推進を考えてはどうだろうか。(2012月6月11日 記)


 談話室

福井から東電福島事故とそのグローバルな影響について展望する

福井大学附属国際原子力工学研究所 山脇 道夫

日本原子力学会「2012年春の年会」が本年3月19～21日に福井市福井大学文京キャンパスで開催された。元々その1年前に開催される予定であったが、3月11日の東日本大地震・津波に誘発された東電福島第一原子力発電所事故により中止され、1年後に復活開催されたものである。初日の10:00～17:00の時間帯で、目玉企画「福島第一原子力発電所事故特別セッション」が催され、地元住民を含め約500名の参加を得て、活発な討議が行われた。その特別セッションの午後の部の司会を務めた立場から、特別セッションの簡単な紹介を行い、総括してみたい。

特別セッション冒頭、IAEA 天野之弥事務局長のビデオメッセージが放映された。IAEA が日本政府に対して行ってきた数々の支援について紹介された後、今後の原子力のグローバルな見通しについて論じている。IAEA の最新の調査によれば、2030年までに少なくとも90基、最多で350基の原発の新設が見込まれている。中国、インドはもとより、多くの開発途上国が原発新規導入を計画しているのは、かつての重大事故、TMI 事故やチェルノブイリ事故の後の状況とは大きく異なっている。その理由として、地球規模で増加するエネルギー需要、気候変動への懸念、流動的な化石燃料価格、エネルギー安全保障、という原発への高い関心の背景となる要素が、東電事故後も変化していないことによると説明している。つまり、東電事故後も原発導入を凶る国の数が圧倒的に多いということである。天野氏は、結言として、日本において今後原発の将来についてどのような決定が下されようとも、日本で従来培われてきた原子力に関する知識、技術、人材が今後も維持されることが重要であり、そのことは原発を導入しようとしている世界各国にとっても重要であると述べた。これは誠に当を得た指摘であり、我が国でも国際的な視点から原子力技術を見ていくことが重要であることは忘れてなるまい。

次に、東京電力から4名の演者が次々と登壇し、東電事故について報告された。まず、原子力・立地本部 原子力品質・安全部長の福田俊彦氏が、事故の概要について説明し、総括を行った。今回の事故での最大課題は、「全交流電源と直流電源の長時間喪失」と「非常用海水系の除熱機能の長時間喪失」であったとし、それらに対する対応の方針を、以下のように整理された：(1)浸水防止

による津波対策、(2)資機材の高所配備などによる電源やヒートシンクの機能回復、(3)水素爆発防止や放射性物質放出低減による炉心損傷後影響緩和策、(4)計測・制御設備の強化、緊急時用資材の配備等によるインフラとサポート体制の強化。続いて、原子力・立地本部の山下和彦氏から、事故の収束に向けた道筋と今後の中長期計画について報告された。事故収束に向けた努力の甲斐あって、現在循環注水により压力容器底部および格納容器内の温度は100℃以下に抑えられ「低温停止状態」が達成されている。中長期ロードマップとしては、2年以内に使用済燃料プールからの燃料取出し開始、10年以内に燃料デブリ取り出し開始、30～40年以内に廃止措置終了を見込んでいるとのことである。引き続いて、設備管理部の土方勝一郎氏から、地震と津波の状況について報告された。福島第一、および第二原発のすべての号機の基礎版(原子炉建屋の基礎部分を構成する鉄筋コンクリート造りの建造物の意)上で地震動の観測記録が残されており、それによると福島第一2号機、3号機、5号機の東西方向で観測された最大加速度値のみが基準振動 S_s に対する最大応答加速度値を上回っているものの、おおむね両者は同程度であった。福島第二原発では、応答スペクトルが第一より全体的に小さく、基準地震動 S_s に対する応答スペクトルを下回っていた。津波は、第一1～4号機主要建屋設置エリアで、敷地高 O.P. +10 m に対し、浸水高は O.P. 約 +11.5～15.5 m、5、6号機主要建屋設置エリアで、敷地高 O.P. +13 m に対し、浸水高は O.P. 約 +13～14.5 m であった。1～4号機の方が浸水を大きく受けたことが示されている。その後、原子力・立地本部の宮田浩一氏から、事故時の対応状況とプラント挙動について報告された。まず、地震により送電鉄塔の倒壊などが起こって外部交流電源が喪失したが、非常用ディーゼル発電機により電源を確保でき、原子炉の冷却が維持できた。しかし、後から来た津波によりほぼ全ての安全機能が喪失し、その結果、1～3号機で炉心損傷が起き、1、3、4号機で水素爆発が生じた。ただし、4号機の水素爆発は3号機からの水素によって生じた。4号機は定期検査中で全燃料が使用済み燃料プールに移されていて、熱的に厳しい状況であったが、燃料が露出することはなかった。1、3号機では、サブプレッションチャンバー(S/C)からのベントに成功し、放射性物質(FP)

の放出は相当抑制できたが、2号機ではS/Cベントによる格納容器減圧に失敗しFP放出量の抑制が十分できなかった。これが広範囲な環境放射能汚染の重要な原因になったと推定している。

東京電力の発表に続いて、関西電力の原子力事業本部吉原健介氏から、東電事故を踏まえた関西電力における安全確保の取組み状況について報告された。電源確保、水源確保、重要機器の浸水防止に着目した安全確保対策が速やかに実施された。さらに、昨年7月に原子力安全・保安院から事業者に対しストレステストが求められたのを受けて、美浜、高浜、大飯各発電所から計5プラントについて実施された1次評価の結果を原子力安全・保安院へ報告した。

事業者以外からの発表として、日本原子力学会から1件と日本原子力研究開発機構(JAEA)から2件、計3件の講演が行われた。前者は、同学会副会長で同学会原子力安全調査専門委員会主査の澤田隆氏から、同専門委員会の活動と提言について紹介され、漏れと偏りのない提言を出すよう努めてきたことが述べられた。また、同学会以外から出された内外の各種事故調査報告書についても紹介されたが、日本原子力学会からの提言に含まれ他の報告書の提言には含まれていなかった項目として、安全研究と情報公開の2つがあるとして、それらの重要性について強調された。

JAEAからは、まずJ-PARCセンターの柴田徳思氏から、大学を中心とする大規模な土壌放射線測定連携協力活動について紹介された。核物理・地球物理学グループからの働きかけ、日本学術会議の「原発事故による環境汚染に関する検討小委員会」設置などの動きに続き、文部科学省主導による「放射性物質の分布状況

に関する調査研究」が実施された。この調査では、全国94の大学・機関および3民間企業より409名の協力を得て空間線量率の測定、土壌資料の採取、さらにガンマ線放出核種の放射能測定が行われ、10 km×10 kmメッシュで広範囲の核種別線量測定マップが作成され公開された。

続いて、JAEA 福島環境安全センターの山下真一氏から、福島での環境修復に関するJAEAの取組みについて報告された。除染モデル実証事業として2つの事業を並行して進めてきており、一つは伊達市の特定避難勧奨区域を含む地域を対象とし、もう一つは警戒区域、計画的避難区域等にあたる12市町村を対象としている。1 μSv/時に満たないサイトから、100 μSv/時を超えるような大熊町のサイトまでを含み幅広い。各サイトの特徴を踏まえた除染方法の検討、除染効果の評価、除染作業時の安全対策など、事業を通じて得られた知見、管理手法等について報告された。

以上、「福島第一原子力発電所事故特別セッション」において、事故の概要、事故収束に向けての対応、廃炉へのロードマップ、地震・津波の影響、各種事故調査報告書の提言、環境放射能汚染の状況と修復に向けての努力について、系統的な解説を聞くことができた。事故原因を解明し、責任を明らかにし、その反省の上に立って、改革を行い、原子力発電所の安全性を格段に向上させることが必要であるが、このセッションで明らかにされた各方面の真摯な努力から判断するに、我が国で原子力発電事業が復活する日の再来するのは速くないことを確信することができた。このことが本特別セッションの最大の意義であったと思われる。

(2012年5月25日 記)

新刊紹介

誰も書かなかった福島原発の真実

澤田哲生著, 270 p. (2012.4.5), ワック株,
(定価1,500円+税)

本書は福島第一原子力発電所事故発生(2011年3月11日)以来、被災地の回復に関心を持ち、種々活動を行ってきた著者による心の籠った力作である。第1章の「福島第一原発事故の366日」にこの本の主要な内容が圧縮されている。内容には同感する部分が多い。第2章は「事故調査・検証委員会の中 間報告書を読み解く」として報告書の説明ばかりではなく豊富なプラントに関する知識から、重要な批判を行っている。第3章「放射能・内部被曝のウソとデタラメ」は長滝重雄氏、松原純子氏と澤田氏との低レベル放射線の影響に関する座談

会が主であるが、現在、被災地の人々の最大の関心事である。

第4章「報じられない被災者と原発立地住民の本音」では、大座談会本音で語る「原発の放射能」との副題で、著者と原発立地在住の佐藤晴美さん、江上博子さん、田中康隆さん、福村敬香さんらとの対話が記されている。第5章「原発復活への4つのカギ」では、原子力規制庁のあるべき姿、ストレステストの真実、核燃料サイクルと放射性廃棄物処理、トリウム原発の真価を見極めるの4つを挙げているが、最後のトリウム原発がキイの一つになるとは思えない。第6章「あとがきに変えて、御用学者とよばれて」は、被災地ばかりでなく日本全体の復興を願う著者の気持ちがよく表れている。原子力関係者に一読を勧める新刊書である。

(嶋田昭一郎)

