

巻頭言

1 国家の責任・人類の責任と原子力発電

細田博之

時論

2 福島事故の衝撃を受け、台湾「核四」の運命は？

福島原発事故は台湾にも大きな影響を与えた。完成間近の核四では、安全論争が再燃している。 謝牧謙

4 上関町の現状、町民の思いー 活力あるまちづくりを上関原電とともに

古泉直紀

解説

17 地震 PRA 実施基準の改定 -3.11 の教訓の反映 (2) 地震ハザード評価改定の要点

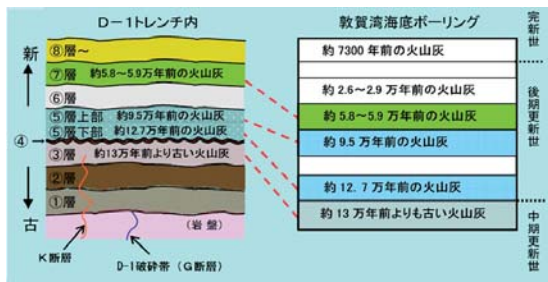
地震ハザード評価作業会は 2007 年以降の国内外の地震をふまえ、評価に断層変位・地殻変動ハザード、地震・津波重畳ハザードを加えた。

蛭沢勝三, 釜江克宏, 安中 正

23 敦賀発電所 D-1 破碎帯調査の現況についてー原子力規制委員会有識者会合との論点

敦賀発電所敷地内の D-1 破碎帯が活断層かどうかで、評価が分かれている。ここでは日本原子力発電と原子力規制委員会の有識者会合との間で食い違いを見せる論点について解説する。

星野知彦



D-1 トレンチ内および敦賀湾海底の堆積状態

解説

12 東電福島第一原発の今ー 巨大負担を続けられるのか

福島原発では 6 千人が働いている。巨大な工事現場となった現地の今を紹介し、そこでの課題を述べる。

石井孝明



福島第一原子力発電所 4号機の建屋内部 (写真提供・Noriyuki Inoue / WEDGE)

28 日米原子力協定の歴史と今後の課題(3) (最終回) 協定交渉の評価と今後の課題

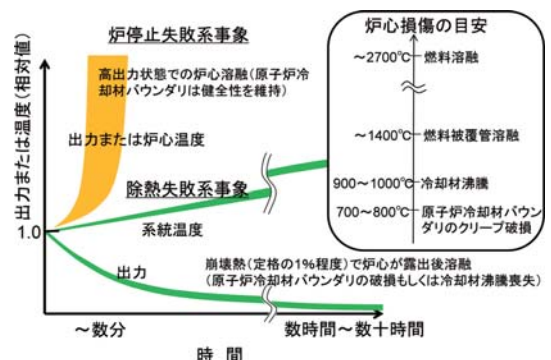
現行の協定は 2018 年 7 月に満期を迎える。引き続き包括事前同意制度を維持していくには日米信頼関係の強化、日本の原子力政策の透明化、核燃料サイクルの必要性についての説明、プルトニウム・バランスの維持が必要になる。

遠藤哲也

34 研究開発段階発電用原子炉に対する規制基準に関する論点ーもんじゅの安全確保のための考え方の提案

「もんじゅ」に適用される新しい規制基準は、安全審査までに見直される。新型炉部会では現行規則を分析し、重大事故対策の考え方及び現行規則とその解釈の見直し案を示した。

日本原子力学会 新型炉部会 研究開発段階発電用原子炉安全設計方針検討会

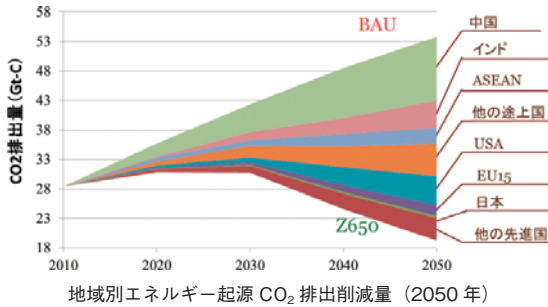


炉停止失敗系事象と除熱失敗系事象の特徴

38 地球温暖化防止のための長期エネルギービジョン (2) 途上国の課題と原子力・炭素回収隔離の役割

世界のエネルギー消費はこれから大幅に増え、長期的には先進国だけでなく、途上国においても省エネだけでなく低炭素化への取組が必要となる。そこでは炭素回収隔離(CCS)と原子力がキーワードとなる。

氏田博士, 段 烽 軍, 湯原哲夫

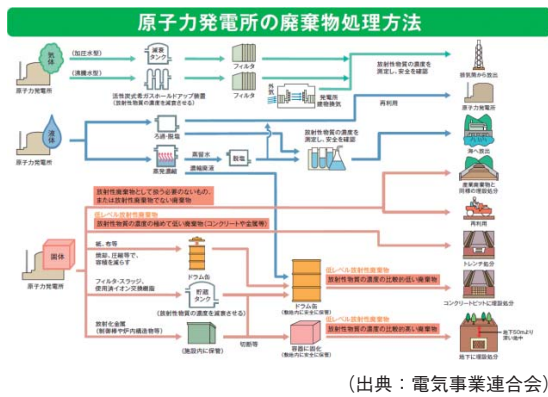


連載 放射性廃棄物概論—施設の運転および廃止措置により発生する放射性廃棄物の対策

42 第2回 放射性廃棄物の管理

今回は放射性廃棄物の主な発生箇所として原子力発電所と再処理工場を取り上げ、低レベル放射性廃棄物と高レベル放射性廃棄物の発生と具体的な管理状況について解説する。

秋山和樹, 高橋正則, 塚本政樹, 宮内善浩, 和田 弘



意見交換の広場

62 大飯原発を差し止めた人々

澤田哲生

6 NEWS

- 学会, 低線量被ばくと健康影響テーマにシンポ
- 福島第一の電源喪失原因は津波
- 事故収束時の作業員被ばく限度見直し
- 2段階の住民避難の有効性判明
- 原子力委, 来年度予算要求で基本方針
- 高レベル廃棄物対策で推進協議会
- 海外ニュース

報告 より実効性の高い原子力防災対策の構築に向けた課題と取組み

47 (1) 緊急事態への備えと対応 —国際基準と福島の教訓—

原子力規制委員会が定めた原子力災害対策指針は、IAEA を中心とした緊急事態への備えと対応に関する国際基準に準拠したものとなっている。

本間俊充

55 (2) 国と地方自治体における取組みと今後への提言

福島事故後、国は防災基本計画や原子力災害対策特別措置法を見直し、原子力災害対策指針を制定した。さらに原子力発電所近隣の自治体は、地域防災計画と避難計画の策定を進めている。

新田隆司

ジャーナリストの視点

61 研究者と一般人の意識差を忘れずに

山本佳代子

理事会便り

63 部会, 連絡会, 専門委員会等で専門的な学術活動を積極的に展開しよう

- 60 From Editors
- 64 日本原子力学会「2015年春の年会」研究発表応募, 聴講者参加事前登録のご案内
- 65 会報 原子力関係会議案内, 人事公募, 新入会一覧, 寄贈本一覧, 編集委員会からのお知らせ, 英文論文誌 (Vol.51, No.10) 目次, 主要会務, 編集後記, 編集関係者一覧

学会誌に関するご意見・ご要望は、学会ホームページの「目安箱」(<http://www.aesj.or.jp/publication/meyasu.html>) にお寄せください。

学会誌ホームページはこちら
<http://www.aesj.or.jp/atomos/>

国家の責任・人類の責任と原子力発電

巻頭言



衆議院議員（電力安定供給推進議員連盟会長）

細田 博之（ほそだ・ひろゆき）

東京大学法学部卒業，通産省入省後，1990年の衆院選で初当選（島根県1区）。内閣府科学技術担当大臣，内閣官房長官，自民党幹事長，自民党総務会長などを経て，2012年12月から自民党幹事長代行。

原子力発電をめぐる議論は，日本の将来を左右する大問題であるにもかかわらず，感覚的，表面的に行われているのみである。

国家あるいは政府は，国民の生活を，より安全に，より豊かにする責任がある。

ときには大災害や大不況に見舞われるが，それをすみやかに克服することが我々の使命である。

1000年に一度の大津波により非常電源を失った福島第一原子力発電所がメルトダウンして今なお解決に至っていないことは残念である。その後すべての電力会社，関連会社の技術陣が総力を挙げて福島以上の事態に備えて万全を期していることは，専門家が等しく認めるところである。

しかしながら規制委員会は想像を絶する地質調査に固執し，何万年にわたって絶対に地層の変位や原子炉の破壊が生じない保証を求めている。

その結果，安全基準が満たされているとの判断は大幅に遅れ，結果的に国民経済の発展という大きな課題を看過し，深刻な事態を招致している。

円安と原油・ガスの高騰により国民経済は電力関係のみで年間4兆円を超える負担を強いられている。

電力料金を本来25～30%上げるべきコスト上昇にもかかわらず料金値上げが10%前後に抑えられているため，電力会社は債務超過に陥って回復不能になってゆく。電力料金が上がることしか予想できない電力多消費産業は廃業または海外投資に追い込まれ，雇用が急速に失われてゆく。

とりあえず株価の上昇と円安による輸出拡大効果（とくに自動車産業）があらわれているものの，金属の精錬，加工，化学，エレクトロニクス産業等は基本的に延命不能に陥っている。

「原子力発電が動かなくても電気が足りている」との論が全般的な外れであることは明らかであるが，国民の大多数はそのことに気付いていない。

タイの洪水のときにこれほど多くの日本の企業が海外進出していたことに驚いた人々も，さらに深刻な事態が進行中であることに気が付いていない。

さらに問題は，世界中の国々が，核分裂エネルギーに依存しなければ経済発展し得ないことに気が付き，遅ればせながら懸命の努力をしている中で，日本のみが化石のように立ち止まって技術革新を怠る道に入ってしまったことである。地下資源は有限であり偏在している。依存すればするほどCO₂排出量は急増する。日本は地球温暖化問題では最も罪の重い国家となっている。同様に世界で最もエネルギーコストの高い国家となっている。

廃棄物の問題についても言われているほど深刻ではない。中間貯蔵の長期化と適切なチェック体制，核燃料サイクルによるウラン資源のリサイクル，リサイクル残さ（ガラス固化体）の長期管理保管，半減期激減の技術開発など，これが人類にとって不可欠の方向であることは自明のことである。

本誌読者にとって自明であっても全国民にとって自明でないことが悲劇の根元であり，私も皆さんとともに説明説得の努力を惜しまないつもりである。ガリレオ・ガリレイが科学的に不当な宗教裁判のあとに言ったとされる言葉を思い出しながら。

「それでも，地球は動く」 “E pur si muove”

（2014年8月25日記）



福島事故の衝撃を受け、台湾「核四」の運命は？

3.11 福島原発事故は国際社会に大きな衝撃を与えたが、なかでも台湾が受けた影響は大きい。台湾では現在3箇所(核一,二,三)に計6基が稼働し、2013年の発電量における原子力の割合は18.8%。現時点においてほぼ完成の核四は福島事故の影響を受け、原発の安全性の論争が再燃し、稼働への道筋は険しい。

1. 核四建設と日本の関わり

核四の概要を第1表に示す。核四の建設は政治闘争など諸般の事情により、紆余曲折を経て、いまだに稼働できない状態である。建設の主契約はGE社であるが、主な設備はほとんど日本製が採用されている。建設の後半に入り、詳細デザイン、機器の据付、テスト運転などは日本からABWRの実務経験者(東京電力、中部電力、東芝、JNESなど)が招かれて現場で指導にあたった。安全規制面においても(財)核能科技協進会(NuSTA)が独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)と協力協定を結んで2004年から毎年、原子力安全情報交換会を交互に開催した。

また、毎年行われる日台原子力安全会議を通じて全般的な技術交流を行っており、特に3.11事故後も多くの専門家が福島事故の実情とその後の安全規制などについて講演を行った。そのお蔭で核四の施工管理、安全規制、検査も含め大変役立ったことはいうまでもなく、関係者に自信を持たせ、我々の原子力技術の向上に大きく貢献した。

第1表 核四(第四原子力発電所)の概要

発電所サイト	新北市貢寮區(元台北縣貢寮鄉)
サイト面積	480ヘクタール(1,186エーカー)
容量	135万W 2基
炉型	ABWR(東電柏崎6,7号と同型)
総予算	1,697億元(62億US\$) 2,839億元(2014年)
NSSS/NF	GE(日立, 東芝, 石川島下請け)
T/G	三菱重工
A&E	Stone & Webster 後でURSに変更
放射性廃棄物処理	日立
土木工事	GE(清水建設下請け)
排水トンネル	栄工処(鹿島, 大豊)
冷却水循環ポンプ	荏原
安全警備	日本原子力防護システム
現状(2014年7月)	1号機 密封管理* 2号機 工事凍結

*メンテナンス維持, 国民投票により運転可否を決定



謝牧謙 (しゃ・ぼくけん)

輔仁大学, 台湾大学兼任教授
中華核学会, 台湾核産業協会(TNA)顧問
東北大学工学博士(1969年), 原子力化学工学,
fuel cycle engineering。
成功大学, 清華大学, 中原大学兼任教授, 核
能研究所組長, 核能協進会執行長を経て現職。

2. 原発論争, 政争の具に

核四は1999年に着工されたが、2000年5月、脱原発を公約に掲げた民進党の陳水扁氏が総統に就任し、10月に工事中止を命令したが、株価暴落、資金流出、海外からの投資も停滞して、社会の不安と混乱を招いた。2001年2月、与野党は将来、脱原発を究極目標にすることで合意し、工事は再開された。その後も陳総統が「核四の存続、廃止」を問う国民投票を示すなど、原発論争は政争の具として取り上げられ、政治問題化している。2003年5月に「非核家園推進法案」が閣議で了承され、6月「全国非核家園大会」を開催し、米国、スウェーデン、日本から反原発リーダーを招いて特別講演を行った。日本からのゲストは伴英幸氏である。2008年に再度政権を取った馬英九政権は核四の建設と早期運転を目指して来たが、3.11福島事故により、反原発運動が再度盛り上がり、原発見直しを求める声が高まった。2012年1月の総統選挙では馬総統の再選勝利に終わったが、2013年、核四の是非を巡る国民投票の実施と予算追加について、国会で与野党の乱闘が繰り広げられ、より激しい抗議デモも相次ぎ、原発問題の対立は台湾政治の宿命である。

3. 3.11事故のインパクト

最新技術を誇る日本が事故を起こしたという事は台湾国民にとって信じがたい事であり、そのインパクトは極めて強い。

(1) 反原発運動激化: 台湾の緑色公民行動連盟は80年代から日本の反核団体ノーニュークスアジアフォーラム(NNAF)などと密に交流、NNAFも幾たびか台湾で反原発集会を催した。福島事故後は一層頻繁に來台し、反核運動に拍車をかけた。また相次いで日本から反原発政治家(元首相, 衆参議員など), 学者, 専門家が台湾を訪れ、「原発ゼロの社会」を訴え、反原発をアピールした。2013年3月9日福島事故二年に合わせ台湾で過去最大と称する反核四デモが全国各地で行われた。

(2) エネルギー政策の大転換： 2010年代、大幅な原油高や、地球温暖化対策をにらみ、台湾電力は原発増設と既存原発の寿命延長を計画していたが、福島事故によりエネルギー政策が大転換、2011年11月、馬総統は新エネルギー政策を発表、その内容は①核一、二、三廠(6基)は延命ナシ、②核四は完成次第運転を行う、③新規原発建設ナシ、④再生可能エネ2030年30%に、⑤原子力比率2020年15%に、2030年5%に、⑥本政策は4年ごとに検討する。その後も国会で原発の是非をめぐり野党の対立、争論が続く。2014年3月、野党の元党首で人格者の林義男氏が核四廃止を求めるハンストを開始し、一層反原発デモが広がった。遂に馬総統は4月27日、核四について、1号機は安全検査が完了次第、密閉管理状態に置いて、将来国民投票により運転するかどうかを決定する、2号機は建設を凍結するとの方針を宣告した。翌28日、馬総統は来訪中の有馬朗人氏を団長とする「有馬代表団」と細田博之氏が率いる「電力安定推進議員連盟」と会見し、日本の原発事情について議論された。

(3) 風評被害の拡大： 風評被害は根拠のない噂により被害を受けることであるが、もっともらしいが間違ったデータにより被害を受けることもある。一つの事例を挙げると、一昨年ある日本の大学の先生が環境放射線調査の名目で放射性廃棄物貯蔵場があるランショ島に赴き、放射線測定を行い、小学校付近で60と103 μ Sv/hの高い“ホットスポット”を発見し、そのことを記者会見で報告された。反原発偏向のマスコミは事実を確認せず言いなりに報道し、国会で大問題となった。直ちに台湾と日本の専門家による調査が行われ、その結果、先の日本の先生が持参した測定器(SamRAE940)に問題があり、島にあるラジオ中継ステーションの99.4998MHzの電磁波の干渉を受けることを証明した。その結果は日本の「原子力報道を考える会」53号に報道されたにも拘わらず、その後も、類似の内容が学会、雑誌で発表され、人々の誤解を引き起こした。マスコミの報道姿勢にも問題があるが、学術研究者としての良心が問われる。

4. 現在直面する課題

台湾は今後原発ゼロ路線を目指すべきか否かに関わらず、「核のゴミ」は今抱えてる最大の課題であり、不可避の現実である。低レベル放射性廃棄物最終処分場はまだまだに決まらず、ランショ島の廃棄物も搬出できなく、地元アミ族の猛反対を受けている。台東県達仁郷、澎湖島などを含む最終処分候補地では早くも反対運動が起きて、後手に回っている。

核一の使用済み燃料(台湾ではワンスルー方式でHLWとみなす)の乾式中間貯蔵施設は完成済みであるが、地方政府の許可が得られず台湾電力は窮地に陥り、燃料プールも満杯で継続運転が危ぶまれている。また核

一、二、三の廃炉処置も目前に迫っている。核一の1号機は2018年運転終了、2015年に廃止計画を提出、その後、核二、三が続く、この分野において、ここ数年間、日本の電力中央研究所(CRIEPI)、デコミ研究会などから多大なる支援を受けた。

5. 結び

台湾に対する原発の危険性は寧ろ台湾海峡を挟んで向かいの中国福建省にある。福建省の福清と寧徳に各6基の原発を建設中、更に漳州と三明には商業用の高温炉(HTR)と高速炉(FBR)を建設する計画がある。万が一事故が起こった場合、台湾、日本も災害を蒙る。

日本再稼働の動きは台湾にも大きな影響を及ぼす。エネルギー政策をめぐる両国でのこのような政治的混迷は政治ポピュリズムに起因している。台湾の原子力論争は、エネルギーの世界だけで語れない、特に政治イデオロギー問題も絡み、一層内容を複雑化している。

元々原子力の賛否は選択の問題であり、是非の問題ではない。しかしながら善悪、正義、道德の問題までエスカレートし、焦点がぼかされる事は無意味であり政治闘争の具としか思えない。問題の解決は、国民の教養と知識を高め、良識の有る人格を養い、人々が自らベストの選択と判断できる事を願い、また政党としての自覚も期待したい。

最後に有馬団長が馬総統会見の際、ご進言のお言葉を拝借して結びとしたい。～日本と台湾は共通する所がある、私たちは一緒に研究し、人類のこの先の繁栄に貢献するべきである～。

(2014年7月20日記)

— 参考資料 —

- 1) 謝牧謙, 台湾第四原子力発電所の建設と日本の関り, ESI-NEWS, Vol.21, No.5, 2003, (財)電子科学研究所.
- 2) 謝牧謙, 竜門建設をめぐる動き(上)(下), 原産新聞, 第2197, 2198号, (2003年8月7日, 8月21日).
- 3) 謝牧謙, 台湾アジア初の脱原子力国家成り立つか?, 原子力国際ワークショップ, 2004年2月28日, 東京大学原子力総合センター.
- 4) Mu-Chang SHIEH, Will Taiwan Become the First Nuclear-Free Homeland in Asia?, 8th Nuclear Energy Symposium, May 15-16, 2004, Tokai University Membership Club, Tokyo, Japan.
- 5) 謝牧謙, 台湾「核四」の運命 ～政治に揺れる原発事情～, 原子力システムニュース, Vol.16, No.4, 2006年3月.
- 6) Mu-Chang SHIEH, The impact of 311 Fukushima nuclear disaster on Taiwan society and the lessons learned in risk communication strategy, 27th Taiwan-Japan Nucl. Safety Seminar, July 24-25, 2012, Taipei.
- 7) 澤田哲生, “民意が揺らす台湾原発事情”, Agora-web.jp/archives/1601344.html. (2014年6月).
- 8) 林 勉, “台湾の原子力動向と日本”, 日本原子力学会誌, 53 [11], 730-731 (2011).



上関町の現状，町民の思い ～活力あるまちづくりを上関原電とともに～



古泉直紀 (こいずみ・なおのり)

上関町まちづくり連絡協議会事務局長
上関町室津生まれ。1980年東海大学政治経済学部卒業。呉服小売、総合繊維卸を経験後、古泉呉服店を継承。室津青壮年会事務局長、上関町青壮年連絡協議会事務局長を経て、現在、上関町まちづくり連絡協議会事務局長。2012年より、上関町商工会副会長就任。

【上関町の概要】

中国電力・上関原子力発電所の建設が計画されている上関町は、山口県南東部にある、室津半島と長島、祝島、八島などの島々からなる町です。都へと向かう朝鮮通信使の来航をはじめ、古来から瀬戸内航路の要衝として隆盛を誇り、近年は漁業や造船、海運業を中心として発展してきました。

しかし、鉄道や新幹線、高速道路といった陸上交通の発達に伴い、それまで上関町を牽引してきた主要産業が徐々に衰退。町の活性化に向け、新たな企業誘致も目指しましたが、交通アクセスが悪い、平坦な土地が少ないといった地理的条件等のため立ち行かず、必然的に町内に働く場所は少なくなりました。その結果、多くの若者が転出せざるを得ない状況となり、現在も加速度的に過疎・高齢化が進んでいます。

こうした状況の中、昭和57年に原子力発電所誘致の話が持ち上がり、町民の大多数が原電立地を起爆剤とした町づくりを決意。昭和63年には、我が上関町が中国電力に対して原電誘致を正式に申し入れました。

私が生まれた昭和30年代前半、上関町の人口は、12,000人を越えていましたが、原電誘致の話が持ち上がった昭和60年頃には半数の6,000人に、今では約3,200人にまで減少しています。また、高齢者率も今では約50%を超えて県内トップ。上関町の過疎・高齢化の進行は、まさに危機的な状況です。これに伴い、町の基幹産業である漁業や農業、さらに、地場産業である鉄工業や海運業などいずれの分野も、担い手の高齢化や後継者不足によって衰退の傾向にあります。

【上関町まちづくり連絡協議会の設立】

私が事務局長を務めさせていただいている「上関町まちづくり連絡協議会」(略称：町連協)は、原子力発電所立地を契機とした町づくりを目指して活動している住民団体です。原電誘致が持ち上がって以来、活動していた2つの団体(「町民のための町長をつくる会」と「上関町の発展を考える会」)が統合し、平成3年に設立しました。

具体的には、町内8つに分かれた地区団体と、町内横

断的な青壮年代の団体という計9つの組織が参画した連合体として構成されています。町連協と各団体は、主に以下のような活動を行っており、日常活動は各団体が行い、会報の発行や関係機関への申入れ等、全町的な活動を町連協が担っています。

＜主な活動内容＞

- ・会報誌「上関未来通信」(隔月程度)の発行
- ・原子力の日(10/26)の取り組み(街宣、幟設置、チラシ配布等)
- ・各地で開催される原子力推進大会等への参加
- ・各種シンポジウム・勉強会への参加
- ・原子力発電所の先進地等の視察

また、町連協の主導により、平成9年11月には、町内有権者の約72%にあたる3,052名の署名を添えて、「上関原電の立地促進を求める陳情書」を県知事および県議会議長に提出しています。

多くの町民が国の政策としての原電立地に協力し、立地を契機とした活力ある町づくりを目指して30年以上の長きにわたって取り組んできました。このまま指をくわえて町の衰退を見ている訳にはいかない。原電建設および運転に伴う就業機会の増加はもちろん、それに従事する人が多数、町内に居住することで過疎・高齢化に歯止めをかけたい。また、原電関連の交付金等を活用して子供から高齢者まで安心して暮らせるような生活基盤を整備し、さらに、豊かな自然、歴史・文化遺産といった資源を生かしながら観光拠点を整備することで、より住みやすく、活力ある町にしたい。との強い思いから、現在も様々な活動を展開しています。

【原子力財源を活かして】

これまでも上関町では、原子力財源を活用して、高齢者保健福祉施設の整備、小学校の整備、医療施設の充実、町営バスの運行等々、様々な事業が行われており、平成23年には温浴施設「鳩子の湯」が整備され、これに

続いて、道の駅「上関海峡」や「総合文化センター」の建設工事が現在進められているところです。いずれも町の発展にとってはなくてはならないものであり、大変助かっています。また、今秋オープンが待たれる道の駅の集客効果によって、さらに賑わいもでてくるものと期待を寄せているところです。これも、町の財政が厳しい中、原電立地を推進し続けてきたからこそ交付金が交付され、実現したものと思っています。

私たちは、決して大きな夢を描いているわけではありません。ただ、この大切な古里をきちんと次の世代へつなぐために何が足りないのか、最低限必要なのは何なのか、それを懸命に考えているのです。町の恒久的な振興を図るためには、まだまだこれから実施しなければならないことが沢山あると感じています。

【伝わらない真実】

町民の大多数は、同じ思いを持って原子力発電所の立地を待ち望んでいますが、とかくマスコミ報道等で取り上げられるのは反対運動ばかりです。上関町における町長選挙、町議会議員選挙は、原電の話が浮上して以降、推進側と反対側に分かれて選挙戦を争う構図となっており、その得票率によって、原電に対する町民の思いを図る物差しともなってきました。過去の選挙結果を見てもわかるように、上関町では、これまで一貫して推進が多数を占めており、特に東日本大震災以降の選挙では、推進側候補の得票率は約7割を占めるようになりました。

一方、立地に反対する町民がいることも事実です。建設予定地から沖合約4キロのところにある祝島を中心とした反対運動は今も続いています。この祝島では、約450人の島民のうち、およそ9割の方が反原子力の組織を形成していると言われていますが、一部には私たちと同じ思いをもち、離島という閉鎖的な生活圏で、筆舌に尽くしがたい精神的苦痛や圧迫に耐えながら、立地を待ち望んでいる方々も少なからずいるのです。

もちろん考えの違いというのは、どのような事象でもあり得ることです。しかし、こと原電を巡っては、親戚同士ばかりか、親兄弟の縁を切ることさえあるのです。ここまで激しく対立するのは、正確な情報が正しく伝わっていないことに起因しているように思えて仕方ありません。こうした対立構図は誰一人として望んではいないのです。少しでも解消するため、国や事業者がこれまで以上に努力するだけでなく、私たち町連協も同じ町民という立場から、しっかり情報発信していく必要があると考えています。

【変わらぬ思い】

上関原子力計画は、平成13年に国の電源開発基本計画に組み入れられました。平成21年には中国電力が建設準備工事に着手し、原電建設を契機とした豊かな町づくりが、いよいよ軌道に乗ると思われました。

しかし、常軌を逸した妨害行為により、工事は遅々と

して進まなかったのです。祝島の反対組織が中心ではありませんでしたが、一番過激な行為をしていたのは、町外から反原子力を標榜して押しかけてきた人々でした。町の将来に何ら責任をもたない町外から来た人によって、上関町は混乱させられたのです。大多数の町民は、町づくりにかけた思いをじゅうりんされ、やりきれない思いでした。

そして、工事が思うように進められない中、平成23年3月に福島第一の事故が発生。中国電力は工事を中断せざるを得なくなりました。

それ以降、国のエネルギー政策は紆余曲折しましたが、今年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画では、原子力は「重要なベースロード電源」として位置づけられ、将来にわたって活用される方向性が示されました。上関のような建設準備中の地点の扱いについては明確にはされていませんが、必ずや必要な電源として位置づけられると信じています。

原子力発電所の安全性については、福島第一の事故を踏まえた新たな規制基準が策定され、世界一の安全対策が講じられるものと考えていますし、私自身、島根原子力発電所を視察し、徹底的な津波対策等が講じられているのを実際に目で見て確認し、「ここまでやるのか」と思ったほどです。

また、会報誌「未来通信」の取材を通じて、専門家の先生から、新規規制基準や国内外のエネルギー事情、新增設の展望等について伺い、さらには先進地の推進団体の方々との意見交換をする中で、改めて原子力の必要性を確認するとともに、沢山の勇気をいただきました。

現実には福島第一の事故があったわけですし、その後のマスコミ報道は一律に恐怖心をあおることから、少なからず原子力に対する不安感があるのは当然です。このことは、推進側も反対側も同じだと思います。

同じという点では、上関町の現状を憂い、将来を思う気持ちもそうです。私たち上関町民は、「自分たちの町の将来は自分たちで決める」という強い意志を持って、自分たちで解決までの道を切り開いていかなければならないのではないのでしょうか。今後、工事が再開された時、以前と同じように町外の人に掻き乱されることは絶対に許せません。

これまでのような不幸な歴史を繰り返すことがないように、同じ町民として推進・反対という垣根を越えて、原子力発電についてもっともっと勉強していきたいと考えていますし、町の将来について建設的な議論をしていきたいと考えています。

個人的な思いではありますが、私は、上関原子力発電所の建設が実現すれば、町は活気を取り戻し、推進も反対もなく、同じ町民として新しい上関町を作っていくことができると信じています。その希望を胸に、これからも活動を続けていきたいと思っています。

(2014年7月22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。

学会，低線量被ばくと健康影響テーマにシンポ

日本原子力学会は8月30日に福島市内で、女性専門家による女性の視点に立った低線量被ばくと健康影響に関するシンポジウムを開いた。およそ70人が参加した。

会合では放射線医学総合研究所の神田玲子氏が「放射線防護における安全」と題して、放射線防護の考え方や食品管理について、一般用語としての『安全』と規制における『安全』に違いがあることなどを説明した。ルイ・パストール医学研究センターの宇野賀津子氏は放射線に

よる遺伝子障害と修復システムについて、放射線に限らず、喫煙、肥満、運動不足などの他要因でも常に発生していること、そして、科学的に見る眼の重要性を指摘した。

福島在住の小児科医の市川陽子氏は、実体験に基づき福島の方々が抱える不安・誤解について説明するとともに、それらの不安を減らし、心身ともにバランスを取ることの重要性を聴衆に力強く語った。

（原子力学会誌編集委員会）

福島第一の電源喪失原因は津波，規制委検討会が中間報告

福島第一原子力発電所事故の分析について原子力規制委員会の事故分析検討会が7月18日、中間報告書(案)を取りまとめた。国会事故調査委員会では、1号機の冷却材喪失事故について地震の可能性を指摘していたが、規制委員会の分析検討会は、現地調査を実施し、機器の

損傷の状況を分析、有識者の参加を得て検討を進めてきた結果、1号機A系非常用交流電源の機能喪失について地震の影響によるとは考えにくいとの見解を中間報告書(案)に盛り込んだ。

（資料提供：日本原子力産業協会、以下同じ）

規制委，事故収束時の作業員緊急時被ばくの限度見直し

原子力規制委員会は7月30日、定例会合で田中俊一委員長からの提案により、原子力発電所事故の緊急時に収束作業にあたる作業員の年間被ばく線量限度を見直す検討を行う方針を決めた。

福島第一の事故の際に特例として250mSvに設定さ

れた経緯がある。今後、現行の100mSvの被ばく限度では対応できない事故も想定し、線量限度の妥当性等、専門的な議論を行うため規制庁で課題を整理、放射線審議会への諮問も検討する。

福井県が4原発対象に試算，2段階避難の有効性判明

福井県は7月29日、原子力災害時における住民避難に要する時間のシミュレーション結果を発表した。

同県に立地する敦賀発電所、美浜発電所、大飯発電所、高浜発電所を、対象とし、5km圏内(PAZ)と30km圏内(UPZ)で、それぞれの90%の住民が30km圏外へ避難完了するまでの時間を、避難行動、自主避難率、自家用車避難率、時間帯、季節ごとに試算。その結果、最長パターンではPAZ圏で9時間10分、UPZ圏で15時間50分かかることが判明した。

避難時間の傾向としては、PAZ圏住民避難完了後にUPZ圏住民が避難する2段階避難を実施する方が、一斉避難よりもPAZ圏住民が短時間で避難でき、最大で5時間20分の短縮、逆に、避難指示を待たず自主避難する率が増えるほど渋滞等が発生しやすくなり、PAZ圏の避難所要時間が長くなった。また、自家用車避難率を少なくすれば全域の避難所要時間が短縮されるが、バスの確保が必要といった課題が明らかとなった。

原子力委、来年度予算要求で基本方針決定

原子力委員会は7月29日の定例会議で、2015年度原子力研究、開発及び利用に関する予算要求の基本方針について決定した。

基本方針は、(1)福島第一原子力発電所周辺地域における取組(オフサイトの取組)、(2)東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置に向けた中長期的取組(オンサイトの取組)、(3)安全文化の確立と原子力発電の活用に必要な取組、(4)高レベル放射性廃棄物の最終処分を含む使用済燃料問題の解決に向けた取組、(5)原子力研究開発の取組、(6)原子力人材の確保・育成の取組、(7)国際社会にお

ける責任ある一員としての取組——を関係府省が目指すべき重要な政策目標としている。

方針の基本認識として、安全確保の第一義的責任を有する事業者が原子力発電のリスクを十分小さく維持するためになすべきことを絶えず自らに問い、そのための取組を実施するとともに対話を通じて国民の信頼を得ていくこと、また関係自治体が拡充・強化された原子力災害対策指針に基づき原子力防災対策を整備・充実すると同時に、国が必要な支援を講じることが必要だとした。

電事連、高レベル廃棄物対策で推進協議会を設置

電気事業連合会は7月18日、高レベル放射性廃棄物最終処分の推進に向け、原子力発電所を有する電力9社と日本原子力発電の社長で構成する「最終処分推進協議会」と、その運営を担う「最終処分推進本部」の設置を発表した。

7月より取組強化に向け新体制をスタートさせた原子力発電環境整備機構(NUMO)との連携を一層強化し、支援するための体制を整備するもの。「最終処分推進協議会」は中核組織として、理解活動、技術面も含め、効果的な支援の実現に向け意思決定や情報提供を行う。「最終処分推進本部」は従来の「地層処分推進本部」を拡充・改組するもので、全国的な広報活動やNUMOが実

施する理解活動の支援に加え、地層処分以外の代替オプションも含めた高レベル放射性廃棄物最終処分全般に関する技術的な情報収集を行う。

電事連は今後の原子力政策の議論で、依存度低減が総合資源エネルギー調査会・小委員会の検討課題となっている点に関して、高いレベルで安全を確保し技術や人材を維持していく観点から、「将来にわたって一定規模を確保することがぜひとも必要」とした。また事業が超長期にわたるため、競争が進展した環境下でも民間が予見性をもって事業を担っていけるような環境整備を検討してほしいとしている。

海外ニュース (情報提供：日本原子力産業協会)

【米国】

大統領が規制委員の空席2名分の候補者指名

米ホワイトハウスは7月23日、B・オバマ大統領が米原子力規制委員会(NRC)の委員候補として、NRCの元法務顧問で現在、経済協力開発機構・原子力機関(OECD/NEA)事務局の法務部門長を務めるステーブン・G・バーンズ氏、および議会下院・エネルギー商業対策委員会のジェフリー・M・バラン民主党エネルギー環境局長を指名したと発表した。

バーンズ氏は、今年6月末に任期が満了したG・アポストラキス委員の後任候補。バラン氏は、NEA事務局局長就任のために8月31日付けでNRCを去ると表明

したW・マグウッド現委員の残余任期2015年6月末までを務める委員候補となる。

上院の承認をもって正式就任となるが、8月4日から約1か月間の休会に入るためマグウッド委員辞職前の審査と承認は難しく、両候補が承認されるまで委員5名中、2名分が空席になるとの見方が有力だ。

【アルゼンチン】

アトーチャ3の入札念頭にロシアと協力協定

アルゼンチンのC・フェルナンデス大統領とロシアのV・プーチン大統領は7月12日、ブエノスアイレスで原子力平和利用分野における政府間の協力協定に調印した。2012年12月に満了した両国間の協力協定に代わ

るもので、アルゼンチンが進めているアトーチャ原子力発電所3号機建設計画にロシアの原子力総合企業ロスアトム社が正式参加する際の法的枠組となる。

両国はこれに先立つ10年4月、同計画にロシア型PWR(VVER)を建設する可能性調査のための技術情報共有で合意。11年5月には協力覚書(MOU)を締結しており、この段階でロスアトム社は同建設計画の潜在的な供給業者となる予備段階の有資格企業に認定されていた。

同国ではエンバルセとアトーチャの両原子力発電所でそれぞれ、カナダ原子力公社(AECL)製、独シーメンス社製の加圧重水炉(PHWR)が1基ずつ稼働中のほか、3基目のアトーチャ2号機(PHWR、74.5万kW)が今年6月に初臨界を達成した。

同国の計画投資サービス省によると、アルゼンチンはこれに次ぐアトーチャ3号機として同国初のPWRを導入するための入札準備中で、ロスアトム社を含めて日仏の合併事業体であるアトメア社など合計5社が予備的有資格企業として認定済み。ウェスティングハウス社や韓国、中国の企業にも入札参加を打診した模様で、同省のJ・デビド大臣は「重水炉段階を完了した我が国はこれと並行して、技術移転を含めた軽水炉の導入建設に移行する」と明言している。

両国は来年、国交樹立130周年を迎えるのを契機に、今回、様々な分野における戦略的連携の強化で合意。ロシアはアルゼンチンの原発建設計画に十分な財政支援条件を提示したほか、水力発電やシェールガス開発等でも協力を約束した。

4 基目の建設で中国と協力協定

中国核工業集团公司(CNNC)は7月22日、アルゼンチンが入札準備中の4基目の原子炉建設に中国が協力するという協定を両国政府が18日付けで締結したと発表した。アルゼンチンの計画投資省も18日に同様の発表をしており、双方ともに協力の対象は加圧重水炉であるとしている。

アルゼンチンでは稼働中の原子炉2基および試運転中の1基すべてが、カナダ製CANDU炉を含めた加圧重水炉。CNNCも泰山Ⅲ期原子力発電所でカナダ原子力公社から導入したCANDU炉2基を操業中であるなど、双方が加圧重水炉の運転で経験がある。

このため今回の協定により、アルゼンチン国営原子力発電会社(NA-SA)が将来炉の設計者、アーキテクト・エンジニア、建設業者、運転事業者の役割を担う一方、CNNCは建設計画への長期的融資を通じてNA-SAに機器・サービスを提供するなどの支援責任を負うとした。

しかし、計画投資省のデビド大臣は協定調印の前日、

準備状況に関する発表の中で、「CNNCは我が国初のPWR建設で予備的な有資格企業5社のうちのの一つだ」と発言。これまでの重水炉路線と並行して軽水炉の導入を示唆しており、4基目は加圧重水炉、その後の5基目が軽水炉になるとの見方が出ている。

【欧州】 理事会、改定版の欧州安全指令を採択

欧州理事会は7月8日、福島第一原発事故後初めて改定した新たな原子力安全指令案を採択した。EU官報に掲載後20日間で正式発効となり、加盟各国は3年以内に改定版の指令内容を国内法に組み込むことになる。

現行の2009年版・安全指令への改正点として、各国の規制当局に一層の権限と独立性を持たせるとともに、2017年以降、少なくとも6年毎のピアレビュー実施が各国の原子力発電施設に義務付けられる。また、各国は10年毎の定期自己評価と、整合性の取れたサイト内緊急時計画と対策を導入することになるほか、国民への透明性を高め、教育訓練も改善するなど、EU全体で原発事故発生と放射性物質漏洩の防止を目指したハイレベルの原子力安全指令となる。

ECのG・エッティンガー・エネルギー担当委員は「この指令は欧州における原子力発電施設の安全性改善と強力な安全文化促進に大きく貢献する」と強調。原子力はEU域内の発電電力の4分の1、低炭素電力の半分を賄っていることから、原発の安全な操業を保証することは重要事項であり、改定版安全指令によりEUは原子力安全分野で先導的役割を果たすことになるとの展望を明らかにした。

【英国】 外国籍のプルトニウム所有権取得 政策を促進

英エネルギー気候変動省(DECC)のM・ファロン・エネルギー担当閣外相は7月3日、英国内での再処理後に保管している諸外国のプルトニウム(Pu)を英国所有のものと同様に管理するという政策を加速するため、新たに2か国分の所有権を取得する方針だと明言した。議会に対する声明書の中で明らかにしたものの、返還輸送に伴うセキュリティ上の重要対策になるとともに、より多くの民生用Puを国レベルでコントロールすることで、英国での究極的な管理にも大きく影響するなどの利点があるとしている。

英国政府によれば、国内にある外国企業のPuは

元々、英国政府が受入れ可能な通商条件に従い、英国のPuと同様に管理されるはずのものだとしている。放射性廃棄物を管理する原子力デコミッション機構(NDA)は今回、DECCとの合意により、(1)スウェーデン事業者の約800kg、(2)ドイツ研究機関の約140kgの所有権を取得する。

これらの取引は、EU加盟国に核燃料の市場情報や助言を提供するユーラトム供給局も了承済みで、新たなPuが英国内に持ち込まれて総在庫量が膨らむことはない点を保証した。

DECCはまた、これらの取引によりコスト効果の高い有益なアレンジが可能になるとしており、国内で長期的に管理する見積コストを十分相殺できる、未履行になっていたスウェーデン事業者との契約が締結される、などと説明した。

DECCのこうした政策に従い、NDAは今後も英国における再処理契約で発生するPuの所有権の交換について、その他の国々とも交渉を続けていく。実際、昨年4月にNDAは今回と同様の理由により、英国内にあったドイツ、オランダ、フランスの所有Pu、それぞれ750kg、350kg、1,850kgを引き取るとともに、ドイツのPu650kgの所有権を日本に変更。このような取引では英国政府の承認に加えて、関係国の政府と規制当局の同意および、ユーラトム供給局の合意がいかなる契約を履行するにも必要となっている。

政府が新設計画の投資額評価、20年までに最大約2兆円

英エネルギー気候変動省(DECC)は7月17日、同国のエネルギー部門の投資について包括的に評価するとともに、今後数年間から数十年間の投資課題を詳細に調査した初の報告書を発表した。原子力発電分野については、現時点で英国の総発電電力量の約20%を賄う既存原子炉が運転寿命を迎えつつあることから、これらをリプレースする新たな一群の原子炉が必要となる点を強調。政府の電力市場改革計画の下で、2014年から20年までにこの分野に投入される資金は100億～120億ポンド(約1兆7千億～2兆円)にのぼるとの試算結果を明らかにしている。

報告書によると、DECCはあらゆるエネルギー部門と技術について、発展状況や強み、設備容量と雇用者数、および2020年までとそれ以降に投資が供給される機会について検証した。

英国はEU諸国の中でエネルギー供給が最も保証された国だと格付けされる一方、現政権はエネルギー部門全般にわたり将来的なエネルギー供給上、大きな課題を引

き継いでいると指摘。エネルギー・インフラに対する歴史的な過小投資に関しては、原子力を含めた1次エネルギー源から電力インフラに至るまで、状況が好転しつつあるとした。

廃棄物の長期管理政策でサイト選定プロセスを改定

英エネルギー気候変動省(DECC)は7月24日、英国内の高レベル放射性廃棄物(HLW)を深地層で長期的に管理する政策枠組を設定した白書を公表した。深地層処分場(GDF)のサイト選定プロセスについて昨年実施したパブリック・コメントの結果を踏まえ、2008年版白書のサイト選定プロセスを改定したもので、適性のある地層の予備選別など、先行実施するいくつかの活動も設定。処分場の受入に関心を持つ地域社会との正式協議は、これらの結果がまとまる2016年まで行わないなどとしており、国民の意思を十分に尊重しつつ進めていく方針だ。

英国ではカンブリア州のコーブランドとアラデルの2都市が08年と09年にGDF受入への関心を表明していたが、州議会の反対によりサイト選定プロセスは13年1月、振り出しに戻った。政府は低炭素でクリーンな原子力発電設備の新設を支援するには、既存のHLWやこれらから出る使用済み燃料を長期的かつ安全に処分する施設の確保が重要と認識。昨年9月から12月まで新たなサイト選定プロセスに関するパブリック・コメントを実施しており、そこで聴取したメッセージと08年版の既存の選定プロセスから学んだ教訓を改定版白書に反映させたとしている。

白書はまず、潜在的なサイト特定に際し、同プロセスへの参加意志を持つ地域社会との協働アプローチが望ましいと政府が考えている点を強調。GDFの建設と操業により、地域社会には長期的な雇用やインフラ投資、政府からの追加投資といった大きな経済的恩恵がもたらされるとした。

次に、地層処分の将来的な実施に向けた政策枠組として次の点を明記。(1)既知の地層情報に基づいて地層の国家的な予備選別を先行プロセスとして実施する。同プロセスを主導する政府と担当事業者の「放射性廃棄物管理会社(RWM)」が選別ガイダンス案を作成し、実際に適用する前に独立の立場の審査パネルがこれを評価する。(2)イングランド地方でのGDF開発を08年計画法における国家重要インフラ計画の中に法的に定義づける。これにより、パブリック・コメントが意志決定過程で不可欠の適切なプロセスとなる。(3)地域社会と協働していく際の詳細な手続きを策定する。例えば、サイト選定プ

ロセスへの参加や GDF 受入を決めた地域社会への投資時期や投資方法を決める手続きなど、高いレベルの投資情報を提供する。また、サイト選定プロセスにおける重要な技術的課題について、地域社会と政府および RWM が独立の立場の第三者に自由に意見を求められるメカニズムを構築する——などだ。

こうした活動の完了は 16 年頃になる見通しで、最終的な詳細政策もその頃完成。RWM が受入に関心のある地域社会と正式に協議を開始するのはその後になる。このように新しいプロセスでは、地域社会が参加を要請される前の一層早い段階で十分な情報提供を受けられるよう改善するのが主眼。地層や開発影響、地域社会への投資といった課題を一層明確にすることにより、地域社会が自信を持って国の重要インフラ計画のプロセスに参加することが可能になるとしている。

【フランス】

深地層処分場建設で予備調査発注

フランスで放射性廃棄物深地層最終処分場「CIGEO」を建設する予備的研究作業として、放射性廃棄物管理機関(ANDRA)は 7 月 1 日、廃棄物パッケージの輸送・取扱いに関する技術的手順の調査と詳細設計を国内エンジニアリング企業の Assystem 社、Cegel-ec 社、および Spretec 社に発注した。

同処分場の建設許可申請に先立ち、まず最初の 5 か月間で CIGEO のシステムや手順など、建設プロジェクトの産業的な実行可能性を確認するのが目的。Assystem 社はパートナー企業との作業ロードマップ作りも担当するが、3 社として請け負った 4 年契約の総額は 2 千万ユーロになるとしている。

フランスでは東部のムーズ県とオートマルヌ県にまたがるビュール地区に約 135 億～165 億ユーロの予算をかけて高レベル放射性廃棄物(HLW)と長寿期中レベル廃棄物(LLILW)を地下 500m の深地層の粘土層に少なくとも 100 年間、回収可能貯蔵する計画。25 年からの操業開始を目標に、ANDRA は昨年 5 月から 12 月まで CIGEO 建設に関する公開討論を実施した。

そこで聴取した様々な見解を勘案し、ANDRA は同プロジェクトに関するフォローアップ報告を今年 5 月に公表。それによると、次の 4 つの点でプロジェクト内容を変更した。

(1)施設の開業時に 3 期間に区切った「産業試験段階」を設けることとし、最初はダミー・パッケージを、次に少数の実廃棄物パッケージを搬入した後、HLW と LLILW を徐々に処分していく。

(2) CIGEO の操業期間に ANDRA が実施すべき事項

の仕様書となる「マスター・プラン」の策定を提案。これは 10 年毎に国が審査し、改定可能とする。

(3) ANDRA は 15 年に国に対してマスター・プラン案を、規制当局には安全オプションと技術的な回収可能性オプションに関する文書を送る。これらの情報や詳細調査に基づいて 17 年末までに建設許可申請を行い、20 年までに許可を取得。20 年の着工後、25 年に産業試験段階に入る。

(4)同プロジェクトの意思決定プロセスにおける市民社会の関与を明記し、同プロジェクトとその影響、リスク管理や回収可能性などについて理解を深める。

アレバ社、スウェーデンの研究炉解体を受注

仏アレバ社は 7 月 16 日、スウェーデンの閉鎖済み研究炉 2 基の解体契約を同国の SVAFO 社から受注したと発表した。同国で行われる原子炉解体プロジェクトとしては 1980 年代以降初めてとなるが、世界では今後、多くの原子炉が運転寿命を迎えることから、原子炉解体市場における立場を一層強化していきたいとしている。

今回、廃止措置計画の一環として解体が始まるのは、ストックホルムの南西約 100km のニーシェーピンでスタズビック社が保有していた熱出力 0.1 万 kW の「R2-0 炉」と 5 万 kW の「R2 炉」。05 年に閉鎖されていた。

SVAFO 社は主に、同国政府の研究活動に伴う歴史的な放射性廃棄物管理のために設立された非営利企業で、一時期、スタズビック社が子会社化していた。運営資金は、国内で原子炉を操業、あるいは操業していたフォルスマルク社、リングハルス社、OKG 社、パーセベック社が廃棄物基金を通じて提供。2009 年にスタズビック社がこれら 4 社に SVAFO 社を売却した際、2 つの研究炉の廃止措置責任も引き渡されていた。

アレバ社が請け負った主な業務は解体の詳細スケジュール策定および実際の解体作業で、機器の放射線レベル測定と貯蔵キャスクへの封入、顧客への返還が含まれる。来年の前半にも現地での作業を開始する計画だ。

【ルーマニア】

カナダと中国が原発増設計画で協力

カナダの CANDU エナジー社は 7 月 24 日、ルーマニアのチェルナボーク原子力発電所 3、4 号機として納入するカナダ製加重水(CANDU)炉の建設作業について、中国の中広核工程有限公司(CNPEC)と拘束力のある独占協力契約を結んだ。同建設計画には中国広核集団有限公司(CGN)がすでに出資の意向を表明済みである

ことから、子会社の総合エンジニアリング企業である CNPEC の具体的な動きとなって表れたと見られている。

チャウシェスク政権の崩壊に伴い、1991年に中断した3、4号機の建設計画では出力72万kWの「CANDU6」の採用が決まっていた。しかし、経済不況により仏GDFスエズ社など欧州の4社が同計画から撤退。ルーマニア国営原子力発電会社(SNN)によるプロジェクト会社への出資比率が8割を超えたことから、SNNは昨年11月、同計画に出資するというCGNの意向表明書に合意・調印していた。

CANDU エナジー社の親会社のSNCラバリン社は今回の契約について、「当社が原子炉を納入し、CNPECが建設作業を行うという協力になる」と述べたもよう。チェルナボーク原発ではすでに、CANDU6型炉が2基稼働中だが、3、4号機用の設計は福島第一原発事故の教訓を踏まえた安全基準に適合するよう改良する方針を明らかにしたと伝えられている。

【フィンランド】

最終処分場の建設許可審査に遅れ

フィンランド放射線・原子力安全庁(STUK)は6月25日、使用済み燃料の最終地層処分場と地上設備の廃棄物封入施設について、建設許可申請の審査完了までにさらに6か月要するとの見通しを明らかにした。

同国で原子力発電所を操業中のフォータム社とテオリスーデン・ポイマ社(TVO)は使用済み燃料最終処分を実施する合弁事業体としてボンバ社を設立し、2012年12月に処分場の建設許可を申請。同処分場は地下400～450mの地下設備と地上で廃棄物を専用容器に封入する施設で構成されており、両施設はキャニスター専用のリフトで相互接続することになっている。

処分場の許可申請審査は月末までに終わる予定だったが、STUKによるとボンバ社は2012年に要請された技術情報文書の提出が13年から14年にかけて部分的にしか済んでいない状態。昨年12月にSTUKが新たな安全要件を発行したことも遅れの要因になっていると説明した。

STUKは今後、年末を目処に審査を完了し、来年1月に規制当局としての見解を雇用経済省(TEM)に提出する方針。TEMはその後、申請書と関連文書を政府の

審査に回すことになる。

現在、最終処分場の建設予定地では地下特性調査施設(ONKALO)がおおむね完成し、昨年8月には地下水のサンプリングも実施。処分場が22年に完成した後は、ONKALOも同処分場の一部として活用される計画だ。

【スロベニア】

政府が低・中レベル処分場計画への投資プログラムを承認

スロベニア政府は7月9日、隣国クロアチアと50%ずつ所有するクルスコ原子力発電所(PWR、72.7万kW)からの低・中レベル放射性廃棄物(LILW)埋設処分場について、建設計画に対する投資プログラムを承認した。建設許可はプロジェクトの実施主体である放射性廃棄物管理機関(ARAO)が2017年までに取得し、19年まで2年間の建設作業を経て20年には試験操業にこぎ着ける方針。処分場により同原発の長期的な操業に必要な条件を整え、国の発電システムの十分性と信頼性改善を図る考えだ。

これはインフラ・国土計画省のS・オメルゼル大臣が明らかにしたものの。医療用、研究用、および工業用の放射性同位元素利用に伴うLILWのほか、クルスコ原発から出るLILWの半分を埋設する施設の用地取得から建設、操業、廃止措置まで含めて、総コストを1億5,751万ユーロ(約218億円)と計算。残りのLILW処分に責任を有するクロアチアが参加した場合は1億7,800万ユーロとなるが、両国で8,900万ユーロずつ均等負担することになるため、双方にとって最も経済的な選択肢になるとしている。

この投資額はクロアチアの参加意志とは関係なく、全体の80.72%をクルスコ原発の廃止措置基金から賄う方針で、残りの19.28%は政府予算からの拠出。この比率は、全LILWに占める同原発からの排出分割割合に合わせたものだ。

LILW処分場の建設はスロベニアの国土開発戦略で義務付けられているほか、電離放射線防護・原子力安全法にも定められており、建設サイトについては2004年11月に選定プロセスを正式に開始。地元住民を交えた議論を経て、09年の政令によりクルスコ原発サイトに近接するピルピナ地区に決定した。

東電福島第一原発の今 巨大負担を続けられるのか

ジャーナリスト 石井 孝明

東日本大震災で事故を起こした東京電力の福島第一原子力発電所を今年5月24日に取材した。この原発について、危機的な状況にあるとの印象が社会に広がったままだ。ところが現地は「危機対応」という修羅場から、計画を立ててそれを実行する「平常作業」の場に移りつつある。現場は片付けられ、平日は5,000人が粛々と安全に働く巨大な工事現場となっていた。ただし過剰ともいえる安全策を追求した徹底した工事が必要なのか疑問を抱いた。工事を適切に行うために、労力と資金の面でのコスト最小化に配慮をしなければならないだろう。

I. 災害拡大の可能性は減少

散乱したがれき。水素爆発の映像。福島第一原発事故の強烈な印象は、多くの人の脳裏に焼き付いている。各メディアの報道は今でも「危険」や「恐怖」を強調する。ところが現地で、筆者は恐怖を感じなかった。確かに危険は存在するが、それは人々に認知され、対策が立てられ、コントロールのできないものではなくなりつつある。

「東日本大震災クラスの地震や津波があっても、放射性物質が広がり、事故が拡大する可能性は少なくなっています。さまざまな問題があるものの、一歩一歩進んでいる点も知っていただきたいです。」

現地で話を聞いた東電常務執行役で、廃炉・汚染水対策の最高責任者である増田尚宏氏は状況をまとめた。現地を見た筆者も、その現状認識に同意する。

ここで簡単に事故を振り返ってみよう。福島第一原発は6つの原子炉があった。東日本大震災の時点では1～3号機が運転中だった。地震直後に運転中の原子炉はすべて緊急停止したが、直後に押し寄せた津波で同原発の広範な部分が浸水。電源喪失、建屋への浸水で冷却ができなくなった。その結果、運転中の3つの原子炉では核燃料が溶解し、2号機では原子炉が破損。そうして放射性物質を環境に放出した。さらに1, 3, 4号機の原子炉建屋は、漏れた水素が爆発して一部壊れた。

事故から3年が経過し、工事によって状況は大きく改善した。破損した1号機の上部はカバーで覆われ、放射性物質の大気中への大規模な拡散はほぼ止まった。各原

子炉は注水で冷却され、冷温停止状態になっている。

また各原子炉では、建屋内に使用済み核燃料が保管プールの中にあった。事故直後は、そのプールが新しい地震によって破損し核物質が拡散する懸念があった。今では一部プールは補強され、燃料は安全に管理されている。

工事は本格化して、平日は約5,000人の協力企業の作業員が働く。また東電社員は約1,000人が第一原発構内、または15キロメートル(km)離れた第二原発で事故収束のために働く。作業員、そして東電社員の約半分が福島の住人だそうだ。

原発事故の負担は原則として東電の負担だ。事故の収束作業、廃炉、汚染水対策費用を東電は13年度3月期まで9,700億円の特別損失を計上している。まだ全部使い切ったわけではないが、毎年数百億円規模の費用が発生する見込みだ。

国が設立した「原子力損害賠償支援機構」が東電に過半数強の出資をして、東電は事実上国営化されている。同機構はこれまで原発事故の賠償に対し支援をしてきた。今年8月からは新組織の「原子力損害賠償・廃炉等支援機構」に代わり、事故収束と廃炉の作業を資金面で支援することになった。作業完了のめどは、事故から30年から40年先と、大変な長期になる見込みだ。

II. 徹底的な放射線防護対策

訪問で印象に残ったのは、徹底的な放射線の管理体制だ。筆者は次の経験をした。

サッカーのナショナルトレーニングセンター「Jビレッジ」が福島県広野町にある。福島原発から約20km離れているが、今は東電が借り上げて事故収束作業の拠点になっている。ここに設置された内部被ばくを計測するホールボディカウンターで、福島第一原発に行く前と

How do the Present Conditions of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Turn Out?; We cannot Continue a Huge Burden : Takaaki ISHL

(2014年7月13日 受理)

戻った時に、被ばくをチェックする。

その拠点からバスで福島第一原発まで移動した。国道6号線を北上したが、途中の楡葉町、富岡町、大熊町からなる双葉郡の大半はまだ「帰還困難区域」「居住制限区域」に指定され、無人の場所が広がっていた。草が大量に生えて家を飲み込みつつある。地域社会が壊れてしまったことに、深い悲しみを筆者は抱いた。

原発構内への出入りは、1カ所だった。そして構内の写真撮影は制限された。金属探知機や個人認識のチェックを経て原発に入った。その際に個人線量計が渡された。おそらくテロへの警戒のためであろう。

構内の除染は進んで、作業の危険も減少している。放射線量は場所によって違う。事故直後は毎時数百マイクロシーベルト(μSv)の場所が構内ではざらだった。今では毎時数 μSv が大半だ。ちなみに筆者の訪問は1時間半、主にバスを使って移動し、構内を少し歩いた。それで被ばく量は20 μSv だった。レントゲン1回が50 μSv であることを考えればそれほど大きくない。ただし原子炉近くでは、放射線量が高いために、人が近づけない場所が今でもある。

構内では作業員と同じ服装をした。支給されたズボンと、Tシャツに着替えた。その上にタイベックスと呼ばれるつなぎ防護服を着た。防護服の一部は透明なビニールで、構内出入りで係員が個人線量計とIDカードをチェックできるようにしている。以前は忘れてしまう人もいたためだそうだ。防護服に放射線の遮蔽効果はないが、放射性物質が肌につくことを避ける目的がある。

そして頭に紙の帽子をかぶり、ゴム製のマスクをつけた。そしてその上にヘルメットをかぶった。マスクの先端に放射能を除去するフィルタがついていた。汚染物質を吸い込まないようにするため、これは構内の指定地域内では外してはならない。さらに汚染の可能性のある場所を歩く際には、作業靴を履き、さらにその上にビニールの覆いをつけた。そして建物、バスに入るごとに、ビニールの覆いを脱いだ。汚染が靴によって広がるのを避けるためだ。

装備は軽く、普通に動けばつらくない。マスクもしばらく呼吸すると慣れて、息苦しさを感じなくなる。しかし夏場は暑さの問題がある。作業員は冷却剤を体につけるものの、長時間の重労働は厳しいそうだ。ただし、これらの措置は危険だから行うというより、万が一のためという。実際に、放射性物質を見学者が吸引、触れることはなく、作業員でもまれだそうだ。

さらに原発構内の指定地域から出る前に2度、計測器で被ばくをしていないかをチェックした。仮に被ばくが多かったら除染し、医師の診察・治療などを受ける。ちなみに現在まで放射能を大量に浴びて、治療措置になった人はいない。

原発構内の各所では、入場者に注意を呼びかけるため



第1図 使用済み核燃料の保管プール崩壊が懸念された4号機の建屋内部の様子
耐震工事が終わり、プールが補強され、取り出し作業が進む。見学者は防護服、マスクを着けて視察する。(写真提供・Noriyuki Inoue / WEDGE)

に、50カ所程度の放射線量がリアルタイムで表示されていた。構内の計測によって一日の被ばく量は一人ひとり予測できるようになった。それを上回る被ばく量になった時には調査を行い、汚染源を突き止める。

作業員、東電社員は個人被ばく線量をデータ化しており、東電は1カ月に1回、もしくは被ばく線量が想定から大きく上回ったときに、本人と管理者に通知する。毎日数千人の入場者のチェックは大変だが、自動化の工夫をしている。法定の被ばく量は事故前の平時の状況となり、5年で上限100mSv、1年で50mSvと定められている。その放射線量に達すれば、福島第一原発での作業をはじめ、被ばくする可能性のある仕事をできない決まりになっている。これだけの厳重な管理をすれば、原発作業員が健康被害に陥る可能性は少ないだろう。

Ⅲ. 4号機、使用済み燃料破損の危機は去る

次に構内の様子を紹介したい。まず入ったのが免震重要棟だ。ここの中央指揮所は事故の際に東電本店などとテレビ電話回線をつながっていた。報道でよく知られた場所だ。当時の吉田昌郎所長ら東電社員は、この指揮所に水素爆発の後で死を覚悟して残ったという。

しかしここは歴史的遺物ではない。今でも使われており、巨大な部屋の中で100人以上の人が今も働いていた。さらに資源エネルギー庁、原子力規制委員会、福島県の担当官も常駐し、会議も頻繁に行われている。

またこの建物は作業員の休憩所にもなっている。近く構内に休憩所、事務棟が新設されるという。旧事務棟は津波で破壊されたままだ。

「頑張れ」「日本中が応援しています」全国、そして外国から寄せられた寄せ書き、折り鶴、手紙は通路一面にきれいに張り出され、作業員と東電社員が見て士気を高められるようになっていた。ここは工事現場事務所でもあり、安全確認を訴えるポスターが各所にあった。

防護服に着替えた後で、構内をバスで移動した。山寄りの4つの原子炉建屋が一望できる高台に立った。事故当

時に各原子炉の写真はここから撮影されていた。今では各原子炉は片付けられ、破損には覆いがかけられていた。

その後で4号機の原子炉建屋に入った。事故でここは水素爆発で建屋の4、5階部分が吹き飛ばされた。そして、ここに保管された使用済み核燃料から放射性物質が拡散することが懸念された。幸いなことに、燃料の保管プールの水は維持され、冷却は続いた。

東電はこの建屋、そして保管プールの補強工事を進めた。隣接地に巨大な鉄骨の構造物を建て、そこから横に鉄骨を伸ばして、クレーンを置いた。ちょうど、逆L字型を倒した形になっている。

4号炉を補強する鋼材の量は4,200トンと、東京タワーに匹敵する。そして使用済み核燃料の取り出し作業を昨年から行っている。建屋とプールを補強する鋼材は巨大、かつ頑丈で、再び地震が来ても大丈夫そうに見えた。

事故当時、ここにあった1,500体の使用済み核燃料は、約半数が原子力発電所内にある乾式キャスクを使用した貯蔵所に移送された。

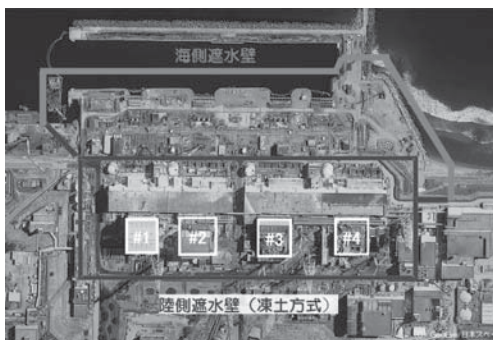
建設現場などにある簡易エレベーターで5階に上がり、そして使用済み核燃料の置かれたプールをのぞき込んだ。燃料棒は青い水の中に沈んでいた。

筆者はこのプールの隣に立ち、多少ほっとした。日本中に恐怖を振りまいた存在が、今では人の力によって管理され、危険が減ったためだ。

IV. 進む汚染水対策

関心を集めた汚染水対策も進んでいる。事故当初は外部からの放水で使用済み核燃料や原子炉を冷却した。そして事故直後で原子炉を冷却した。そこで使った汚染水を取り除き、保管している。また4つの原発は原発構内の中で低地にある。その周囲から地下水が推定1日400トン原子炉近くに流れ込む。また雨水でも増えてしまう。

東電は今、原子炉の山側沿いの地面に井戸を掘って、そこから水をくみ上げている。この水は、汚染されていないかを確認した上で5月から海に流し始めた。雨水を地下に流し込まないための簡易舗装(フェイシング)も原発の周囲で始めた。



第2図 福島原発構内の状況と凍土壁、遮水壁の建設
4つの原子炉を囲って、水が炉の周囲に流れ込まないようにする。(東京電力資料より)

凍土壁という取り組みも東電は行っている。特殊な薬品を地中に流し、地中の水を凍らせ、水の流れを遮断する最先端の工法だ。その実証実験も行われているが成功したという。また海に汚染水が漏れないように遮水壁を海沿いにつくり、それはほぼ完成した。

取材で訪問した5月24日は、一時的に停止した多核種除去装置(ALPS)が稼働を始めた。これは汚染水を原子炉の冷却に使った水、流れ込んで放射性物質を含んで出てしまった水を集め、この装置で62種の核物質を除去する。6月には3系統が稼働している。将来は一日に汚染水を750トン処理する予定だ。

このALPSは化学工場のプラントのような巨大な装置で、上部はテントに覆われていた。地下の汚染水と雨水を区別するためだそう。水を流して特殊なフィルタを通し、核物質を取り除く。

東電は、漁業者や地元住民の了解を得られないとして、汚染水をすべて原発構内のタンクにため込んでいる。その量は現時点で、50万トン程度と膨大だ。巨大タンクが1,000基つくられている。複数の形状があるが、10mほどの高さのタンクが、構内の各所に建設されていた。

放射線量が高く、作業中であるために、見学者は近づけなかったが1号機には巨大な覆いがかぶり、放射性物質の大気中への拡散はおさえられている。建屋の片付けは終わり、破損した原子炉の調査も、ロボットなどを使って少しずつ進んでいる。

V. 静かな海から想像できない津波

海岸部では津波による破壊の跡をみた。東日本大震災当日は波が繰り返し押し寄せ最大約15mになった。海面から数mの高さはあったであろう、堤防のコンクリートが軒並み倒されていた。津波の力の凄まじさを知ることができた。そしてテラポットによる仮堤防が建設されており、再び津波が来た時に備えていた。

工事中であったために近づけなかったが、海辺の残骸は片付けられていた。しかし海からかなり離れた場所まで建物に泥の跡があった。ところどころ壊れたままの残骸が、道脇に積まれていた。

発電所から静かな青い海を見ると、津波があったと想像することは難しかった。事故では津波に対する、東電と当時の規制当局である原子力安全・保安院の想定足りなさが指摘される。しかし日常の海の静けさから、巨大津波が襲うことを、事前に想像することは難しいとも思った。

福島第一原発をめぐる内外のメディアが伝える情報は、恐怖や「対策はうまくいっていない」という否定的なものばかりだ。しかしこうした報道について筆者は現状を正確に伝えていないと思う。確かに危険な場所はある、細かな失敗はあるだろうが、事故が拡大する可能性

は低下している。この膨大であり、そして大変な作業に関わるすべての人に、感謝と敬意を筆者は抱いた。

VI. 取り組みは効果のあるものか

しかし一連の東電の徹底した取り組みは、コストと効果が見合う妥当なものなのか。現地を見ながら筆者は疑問を抱いた。安全性を追求するゆえに、過重な対策が行われているように思える。そして作業の目的が明確ではないのだ。

原発事故の収束作業は日本全体がかかわる問題だ。国費からも支出されている。そこでは「事故による人間の健康への悪影響をなくす」という目標に、誰もが合意するはずだろう。そうであるならば、事故収束作業において、原子炉の放射性物質の安全管理が中心であるべきだ。特に溶融した1～3号機の核燃料の処理に注力すべきであろう。もちろんその対応も進んでいるが、現場では汚染水対策に人的、物的資源が割かれすぎていた。

原発事故の周辺住民への健康への影響は現時点ではほぼない。日本政府、原子放射線の影響に関する国連科学委員会(UNSCEAR)、IAEA(国際原子力機関)、そして内外の専門家は福島原発事故による福島県民と日本人への健康の影響は極小と、一致した評価をしている。それよりも福島県民の健康被害は、原発周辺地域の避難の長期化によって生じている。その現実を考えると、この工事の安全策への過重な配慮は、何を目的にしているのか分からない。安全性を高めるほど、コストが必要になる。

一例として汚染水問題がある。東電はそれをすべて、タンクに溜め込んでいる。構内は広いとはいえ、タンクだらけの状況になりつつあった。

事故直後に海に放射性物質が拡散した。しかし、現時点で海洋に、汚染水が大量に流れ出ているわけではなく、仮に漏れたとしても、海水に希釈されて、海洋生物や海水を通じて健康被害が広がる可能性はほぼない。

内外の専門家は、汚染水について核物質を除去し人体に影響がなければ海に流すべきと、勧告している。今の技術では核物質のトリチウムを水から分離できない。これは人体への有害性も少ない。しかし、それが残るとしても、政府・東電は海への放出に慎重だ。そして東電はタンクを作り続けている。汚染水が海に流失する問題で周辺住民や漁民が警戒することは当然だ。しかし政府は海洋への放出について、そうした関係者への説得と調整を積極的に行っている形跡がない。

東電の廃炉対策の責任者である増田常務に、処理した安全な汚染水を海に流したらどうかと質問すると、「当社だけで決められない」という返事があった。政府が同社を管理しているためだろう。工事では責任の所在があいまいだ。配慮と萎縮のために意思決定が遅れているのかもしれない。そうすると東電の負担だけが増え続ける。

国の支援には、ちぐはぐな面がある。汚染水を止める



第3図 巨大な多核種除去装置「ALPS(アルプス)」
今回の取材で。(写真提供・Noriyuki Inoue / WEDGE)

凍土壁は、国の支援470億円を受けてつくられる。しかしそれは国会の精査の必要のない13年度予算の「予備費」から支出される。13年秋に東京オリンピック招致が行われていた時に汚染水問題が関心を集めた。内外の懸念を払拭するために、IOC(国際オリンピック委員会)総会や国内で安倍晋三首相は「原発事故対策で国が前面に出る」と発言を繰り返した。これを受けて政治主導で、汚染水対策の支出が決まった。

ところが原発事故の収束作業は、民間企業である東電の事業である。民間の土木工事に税金は出せない。そのために予備費は「研究開発支援」という名目が使われ、例外的に財務省が支出を認めた。その中で高度な技術である遮水壁が採用された経緯がある。それなのに、タンクづくり、雨を防ぐ舗装などの必要とされているのに「ローテク」な取り組みに税金は出せない。

福島原発事故の技術研究をまとめる組織、国際廃炉研究開発機構(IRID)が、13年に国の主導で東電等の企業が支援して、つくられた。その中に、さまざまな国の廃炉、原発事故対策の専門家を集めて、事故収束作業に助言する国際アドバイザーチームをつくった。その専門家の一人に取材した。その人は福島原発事故の作業は総じて適切に行われていると高く評価した。

しかし「計画を複数持ち、うまく行かない場合に代替策を使うなど、柔軟に対応すること。そしてコストと効果を慎重に見極めることが必要だ」と指摘した。「東電にそこが足りないのか」と質問したところ、「そうではない」と返事をしてしたが、筆者と同じように、工事の優先順位の付け方に疑問を持ったのかもしれない。

しかし東電だけを責めるのは酷であろう。政府の責任が大きい。東電は国の支援を受けて出資、そして国の支援機構の援助を受けて運営されている。政府は原発事故の処理について、世論に配慮をしすぎて、専門家の提言よりも過剰な安全策を選択し続けてきた。

福島の除染、放射性物質の管理、食品衛生などで、そうした政策が行われ、多くの弊害を産んでいる。事故の収束、廃炉作業についても同じだ。東電の対策については、行政が仲介して、ステークホルダー(利害関係者)の懸念を払拭しながら、取り組みのコストを見極める「線

引き」が必要だ。

コストは無限にかけてはならない。どこかで誰か何を優先すべきか。何をしないで処理コストを最小化するか。決めていく必要がある。東電は電力事業を続けている。東電の負担は関東圏の人々の電力料金に跳ね返り、また東電を税金で支援する国、そして国民全体の負担になる。

VII. 働く人の士気への懸念

地獄の罰として、石を積み上げると鬼に崩され、また積む苦役があるという「賽の河原の石積み」の仏教説話がある。原発事故の収束工事で、目的の明確でない作業を続けることは働く人々の士気にも響いてくるだろう。

一連の工事は東電が関連企業との協力で行っている。東電は、契約を長期にして関連企業の人々が熟練できるようにする工夫や、作業員が働きやすいように休憩所をつくる方針だ。働く内容によって違うが、作業員は日給数万円と、かなり実入りはよい。

しかし当事者の東電社員には厳しい状況が続いていた。福島で東電社員と話すとき誰もが、原子力事故の反省を述べ、そして福島の復興を誓っていた。同社の福島復興本社の代表である石崎芳行副社長は次のように話した。「事故という大変なことをしてしまった。会社としてその責任に向き合うし、私は個人として福島の復興に生涯を捧げる」。廃炉責任者の増田尚宏常務は明言した。「協力会社の皆さんと長い良好な関係が続け、事故を収束させて福島の皆さんを安心させたい。」

こうした責任感に筆者は敬意を持つが、同時に痛々しさを感じた。ある会社が起こした問題の責任を、そこで働く社員一人ひとりが背負い続けられるだろうか。事故から3年目の今なら、責任を感じられる人がいるだろう。しかし、それが何十年も組織全体、そしてそこで働く人が持ち続けられるとは思えない。

国と東電は廃炉の作業工程で「中長期ロードマップ」を示している。その終わりの形を「廃炉」とするだけで、定義をしていない。そして、その完了を事故から30～40年と想定している。そんな先まで、働く人が責任を負い続けられるのだろうか。

福島の人々の東電への感情は複雑だ。東電に対して、当然怒りの感情はあるという。しかし、それよりも、「日々の生活が大変で他人の悪口など言っていない」（地元NPOの女性リーダー）という。

国の指定した地域からの避難者は、精神的苦痛の対価として、東電から毎月1人10万円支払われる。また現地は建設業を中心に、事故前は原発関係、事故後は事故収束関係で、仕事が発生し、東電と取引を持つ人も多い。東電は現地社会の重要なメンバーでもある。

「東電の人たちの住んでいる場所を取材しなさいよ。気の毒だから」。そのNPOの女性に言われた。Jビレッジのサッカーグラウンドだった場所に東電の社員寮があった。ここに工事現場事務所のようなプレハブの建物が並び、さまざまな世代の社員約1,000人が住んでいる。

そこに四畳程度のしきりを設け、人々が寝起きしていた。朝夕は社員食堂、昼は弁当という食事を重ねる人も多いそうだ。事故を起こした企業に対する社会の厳しい視線があるために宿舎を最低限の設備にしたのだろうが、過酷な生活環境だ。このように東電社員は負担とプレッシャーの中で、事故収束作業に取り組んでいる。

VIII. コスト最小化の配慮が必要

福島原発事故の対応について、政府は民主党政権時代に、東電に責任を負わせ、同時に東電を存続させるという矛盾のある決定をした。これは事故直後の東電への強い批判の中で、仕方がない面があったかもしれない。しかし、この処理策のプラスとマイナスの双方を見極めるべき時になっている。

事故処理で今必要なことは、金銭、労力の面からの処理コストの最小化だ。しかし、現場から見ると工事の巨大さが目立ち、その効果の精査が行われているようには見えない。資金、そして作業の負担と責任を、東電と社会が許容可能な範囲に限定しなければ、いずれこの巨大工事は行き詰まる可能性がある。

そして、目標が見つからないことがいつまでも続けば、今存在している原子力をめぐる国民の不信と不安は、そのままになるだろう。それは日本における原子力の未来にも、悪影響を与え続けるはずだ。

原発事故をめぐっては、その直後から恐怖とデマによる混乱が社会に渦巻き、決断の必要なさまざまな問題で、冷静な判断を妨げた。もはや事故から3年が経過した。事故処理においても、私たちは福島原発の現状を知り、合理的な判断をしなければならない。

そしてそれができるのは東電ではない。政府が中心になって、「線引き」をする必要がある。具体的に実行できるのは、安倍晋三首相と自民党政権だ。さらに決断をうながすのは、私たち国民一人ひとりの声だ。

著者紹介



石井孝明 (いしい・たかあき)

1971年生まれ。慶大経卒。時事通信などを経て現在フリーランスとして、エネルギーや経済問題の執筆を続ける。アゴラ研究所のエネルギー問題を分析するサイトGEPR (<http://www.gepr.org/ja/>)の編集を担当。

地震 PRA 実施基準の改定— 3.11 の教訓の反映

第 2 回 地震ハザード評価改定の要点

標準委員会・リスク専門部会・地震 PRA 分科会・地震ハザード作業会

蛸沢 勝三, 釜江 克宏, 安中 正

地震ハザード評価の改定では、2007 年以降の国内外の東北太平洋沖地震、中越沖地震、イタリア・ラクイラ地震等からの教訓・知見を分析・検討し、改定基本方針を作成した。同方針に基づき上記教訓・知見を反映し追加項目の内容を示した。特徴は、従来の地震ハザードを地震動ハザードとした上で、断層変位・地殻変動ハザード、地震・津波重畳ハザード等を加えた。

I. まえがき

日本原子力学会は、2007 年に地震起因の確率論的実施基準(2007 年版)を公開した¹⁾。同基準公開後、国内外において、多くの地震を経験し教訓を得た。特に、2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震(東北地震)による福島第一原子力発電所(F1-NPP)の過酷事故からの新たな教訓及び知見は重要である²⁾。2007 年 7 月 17 日に柏崎刈羽原子力発電所(KK-NPP)近傍で発生した新潟県中越沖地震(中越沖地震)からの教訓も重要である³⁾。

2007 年版地震ハザード評価は、地震動とその超過頻度との関係として定義された。同評価手順は、次の 7 つの節からなる。(1)地震ハザード評価手順、(2)上下動及び不確実さの取り扱い、(3)震源モデルの設定、(4)地震動伝播モデルの設定、(5)ロジックツリーの取り扱い、(6)地震ハザード評価、(7)建屋・機器のフラジリティ評価用地震動の設定

ハザード評価作業会における 2007 年版の 2014 年の改定では、上記国内外の地震からの教訓を分析・検討し、評価手順改定の基本方針を作成すると共に、同方針に基づく追加項目を整理し、次の内容を追加した⁴⁾。地震ハザードの定義を地震動ハザードと定義し直すとともに、断層変位とその超過頻度との関係等も加えた。これらに

Revision of the AESJ Standard for Seismic Probabilistic Risk Assessment (PRA) — Updating requirements based on the lessons learned from the Fukushima Dai-ichi NPP Accidents - (2) : Seismic Hazard Evaluation and Outline of the Updated Points : Katsumi EBISAWA, Katsuhiko KAMAE, Tadashi ANNAKA.

(2014 年 6 月 11 日 受理)

■前回タイトル

第 1 回 地震の PRA の全体概要と改訂の要点

伴い、断層変位、地殻変動、地震・津波のような複合ハザード、複数プラントでのハザード評価等の項目が追加され、後述第 1 図に示すように 10 の節に拡張された。

本報は、評価改定の基本方針、同方針に基づく追加項目の内容について述べる。

II. 地震ハザード評価改定方針と追加項目

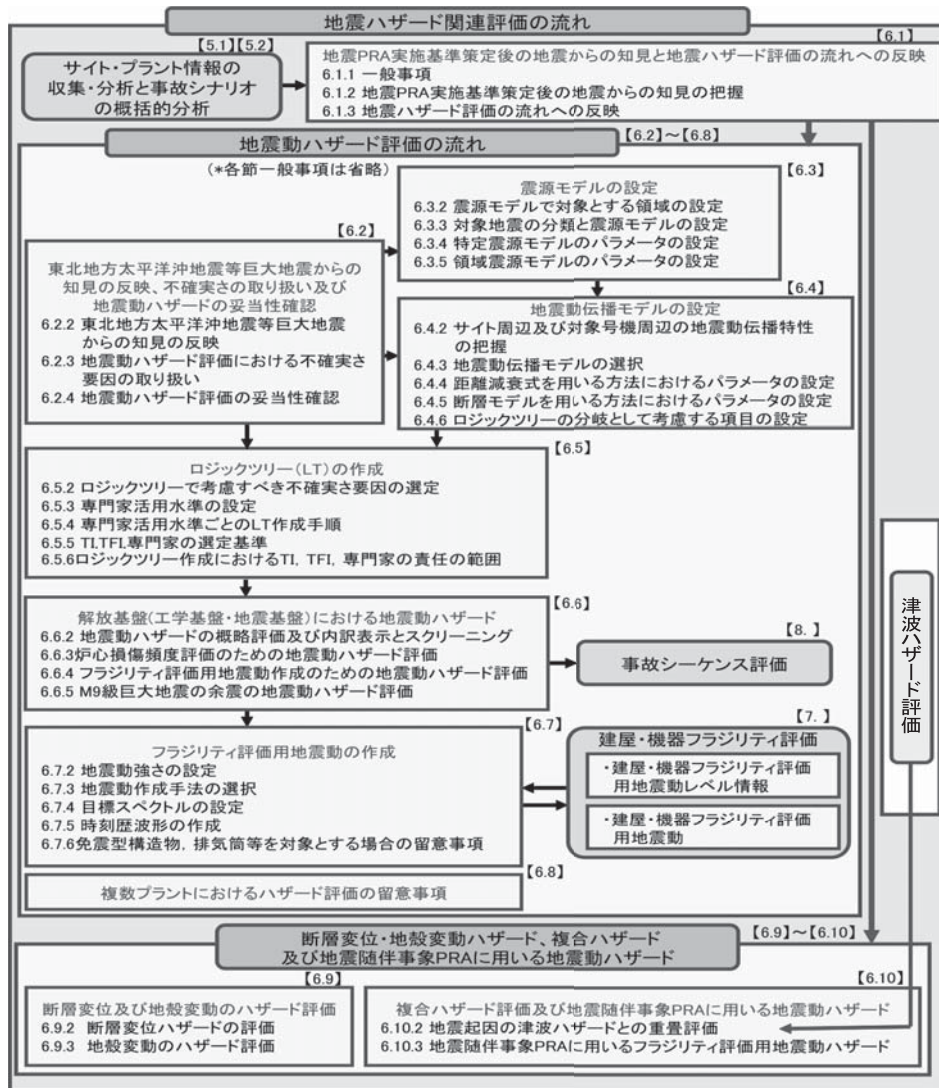
1. 地震ハザード評価改定の基本方針

地震ハザード評価作業会での評価改定の基本方針は、次の通りである。

- (1) 2006 年実施基準以降に発生した国内外の地震からの知見を分析・検討し、重要項目を委員合意の上で整理し、基準に全て取り入れる。
- (2) 中越沖地震、東北地震、イタリア・ラクイラ地震等からの知見については、詳細な分析・検討を行う。
- (3) 東北地震を踏まえた原子力規制からのニーズも考慮する。
- (4) 2006 年実施基準が実運用された事例については、詳細に記述する。
- (5) 津波ハザード評価における技術との整合を図る。

2. 基本方針に基づく分析・検討と追加項目の整理
評価改定の基本方針に基づき、追加項目を分析・検討し、次の通り整理した。

- (1) 2006 年版以降の国内外地震からの知見の把握
 - ①国内：中越沖地震(2007 年)、岩手・宮城内陸地震(2008 年)、駿河湾地震(2009 年)、東北地震(2011 年)
 - ②国外：四川地震(2008 年, 中国)、ラクイラ地震



第1図 地震ハザード評価手順

(2009年, イタリア), クライストチャーチ地震
(2011年, ニュージーランド)

(2) 主な地震からの教訓

①中越沖地震からの教訓

- ・深部地下構造の不規則性による地震動増幅
- ・ひずみ集中帯
- ・複数プラントにおけるハザードの取扱い

②東北地震からの教訓

- ・M9級巨大地震とそれに伴う余震・誘発地震・断層変位・地殻変動
- ・地震と津波の重畳等複合ハザードの取扱い
- ・複数プラントにおけるハザードの取扱い

③イタリア・ラクイラ地震からの教訓

- ・地震専門家の行政上の責任

(3) 東北地震を踏まえた原子力規制からのニーズ

- ・震源極近傍の地震動評価
- ・断層変位と構造物への影響
- ・免震構造等への地震動の長周期成分の影響

(4) 2006年実施基準が実運用された例

- ・柏崎刈羽NPP基準地震動バックチェックにおけるロジックツリーを用いた地震ハザード評価
- ・地震ハザード評価の内訳とスクリーニング
- ・地震ハザードの妥当性
- ・地震随件事象PRAの充実

(5) 津波ハザード評価における技術との整合

- ・震源モデルと波源モデルとの整合

Ⅲ. 地震ハザード評価手順

地震ハザード評価は、本解説第1回で記述の実施基準6章に示されている。

地震ハザード評価手順は、第1図に示すように10節からなる。10節のうち2節以降は、地震動ハザード評価と、断層変位・地殻変動ハザード、複合ハザード及び地震随件事象PRAに用いる地震動ハザード評価に大別される。前者の追加項目の内容についてはIV章で、後者はV章で述べる。

IV. 地震動ハザード評価での追加項目の内容

1. 東北地震等巨大地震からの知見反映, 不確実さの取扱い及び地震動ハザードの妥当性確認

(1) 東北地震等巨大地震からの知見反映

東北地震等巨大地震からの知見の反映は, 前述 II-2. のように整理された。

(2) 地震動ハザード評価の妥当性確認

同確認の仕方が追加された。この仕方としては, 任意の時間を過去に遡って, その時点での地震動ハザードを評価し, 対応する任意期間内に実際に発生した地震による地震動と対応しているか比較する。確認の仕方の留意事項が記述されるとともに, 確認の例も示された⁵⁾。

例の概要は, 次の通りである。全国の地震動ハザードの総量(震度6弱以上に見舞われた面積割合)は, 予測と実績で概ね整合する。沈み込むプレートでの地震(固有地震, 震源不特定併せて)の影響の大きな地域では, 事前の超過確率が高い地点ほど震度6弱以上を経験した割合が多く整合的である。

2. 震源モデルの設定

(1) 特定震源モデルのパラメータの設定

巨大地震に係る内容が追加された。

① 巨大地震の発生領域

既往最大にとらわれず, 物理現象や物理探査等に基づき科学的想像力を働かせる。文部科学省地震調査研究推進本部の知見等も参考とし, 日本列島のプレート構造や形状等を考慮し, 単独で発生する震源域と連動して発生するものの範囲を設定する。

② 巨大地震の地震規模

断層面積や平均応力降下量に基づき地震モーメントを設定する。東北地震の平均応力降下量は3MP程度であり, M8クラス以下の地震と同程度であったことに留意する。

(2) 領域震源モデルのパラメータの設定

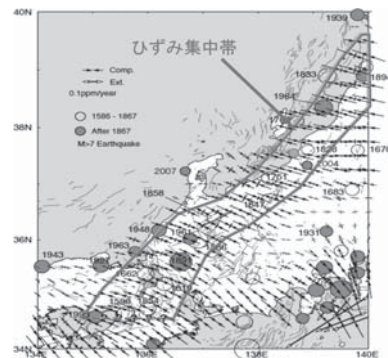
同設定における次の内容が追加された。

① ひずみ集中帯に関する知見

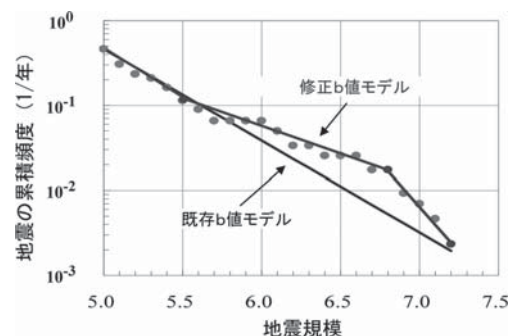
中越沖地震の震源周辺では, 第2図に示すように地震活動の空白域, すなわちひずみ集中帯がみられる³⁾。

ひずみ集中帯に関しては, 第3図に示すようにゲーテンベルグ・リヒター(G-R)式⁶⁾におけるb値を修正する。b値は, 図中に示すように, 地震規模と地震の累積頻度との関係を直線近似した場合の傾きの値であり, 対象領域の地震活動度の程度を表し得る。一般的に, 0.7~1.0の範囲であり, 値が大きいほど活動度が高い領域と見なせる。

図から, 修正b値が地震規模6.8以上において既存値より高いことが示されている³⁾。汎地球測位システムによる地表変位の分布から, その領域を示した文献や, 領



第2図 ひずみ集中帯の例



第3図 ひずみ集中帯における修正b値の例

域震源モデルとして地震動ハザード評価に取り入れた例が示されている。

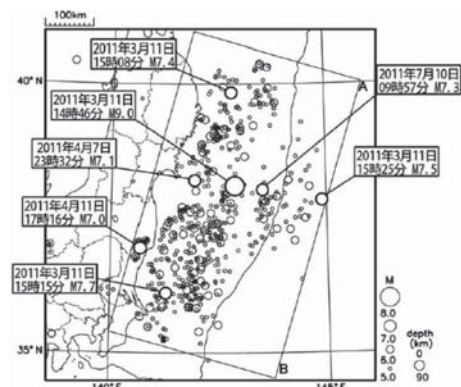
② M9級巨大地震による余震

2007年版ではM8.6程度以下の本震による余震の炉心損傷頻度(CDF: Core Damage Frequency)への影響は小さいとして, 地震動ハザード評価では余震を取り除いていた。

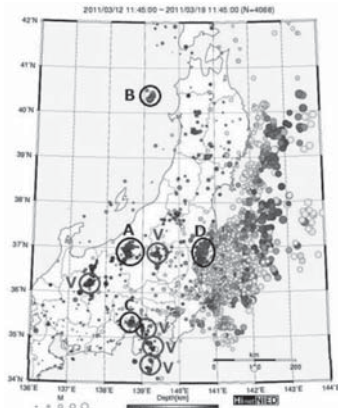
しかしながら, 東北地震(M9.0)に伴う余震規模は, 第4図に示すように過去の歴史地震の記録や観測記録にもなく, 最大余震M7.7が観測された²⁾。余震のモデル化では東北地震での余震のb値を用いる。

③ M9級巨大地震による誘発地震

東北地震に伴う誘発地震は, 第5図に示すように長野, 秋田県等で発生した²⁾。同地震は, 対象サイト周辺の領域震源の活動度をG-R式のb値として高めに設定する。サイト周辺の活断層(特定震源)がクーロン破壊応



第4図 東北地震の余震分布



第5図 誘発地震(図中の○)の分布の例

力等で動きやすくなると想定される場合には、発生確率を高め設定する等により対応する。

3. 地震動伝播モデルの設定

同設定では、サイト極近傍震源の地震動評価の内容が追加された。

同設定では、評価地点近傍の強震動生成領域での応力降下量等の特性に係る最新の科学的・技術的知見を踏まえる。特に、生成強度に関するパラメータ、生成領域内の破壊開始時間のずれ、破壊進行パターンの設定等、破壊シナリオの不確かさを考慮する⁷⁾。

地表変位を伴う地表地震断層から震源断層までの断層全体を考慮した上で、震源モデルの形状及び位置の妥当性、敷地及び評価サイトとの位置関係、震源特性パラメータの設定の妥当性について詳細に検討する。特に、サイト近傍の3次元深部地下構造モデルを用いる⁷⁾。

サイト極近傍の震源モデルによる短周期及び長周期の地震動と、永久変位を説明し得ていることを確認する。

4. ロジックツリー (LT: Logic Tree) の作成

(1) 専門家活用水準毎の LT 作成手順

LT 作成手順の実審査における運用例としては、柏崎刈羽 NPP 基準地震動の審査があるので、例が明示された。

(2) LT 作成における TI, TFI, 専門家の責任の範囲

LT 作成における技術的まとめ役 (TI), 専門家の意見統合の世話役 (TFI), 専門家は、提案した技術的内容については責任を負う。しかしながら、イタリア・ラクイラ地震の教訓から、地震動ハザード評価結果及びその結果に基づく原子力発電所の安全性、ならびにリスク評価結果の活用に関する責任は負わないものとする。

5. 地震動ハザードの評価

同評価では、次の内容が追加された。

(1) 地震動ハザードの概略評価及び内訳表示とスクリーニング

地震動ハザード評価においては、震源モデルの設定に多くの時間を費やし、地震動伝播モデル設定に迅速に進まず、効率良いハザード評価とならない傾向にある。こ

れを改善するために次の取扱いに留意する。

まず、概略のハザード評価を行い、ハザードを特定及び領域の震源に大別し、それぞれに含まれる震源の内訳も明示する。次いで、これらの内訳を用いて、全震源のハザードを支配する震源と、しない震源に大別し、スクリーニングを行う。支配する震源を対象として、震源モデル及び地震動伝播モデルの設定を詳細化する。

上記取扱いでは、理学的観点に基づく震源モデル設定の検討段階において、検討震源が地震動ハザードに影響を及ぼすかどうかの工学的観点を、理学的観点に提供し、効率良いハザード評価とする。

(2) M9 級巨大地震の余震の地震動ハザード評価

M9 級巨大地震による余震ハザード評価に係る次の留意事項が追加された。

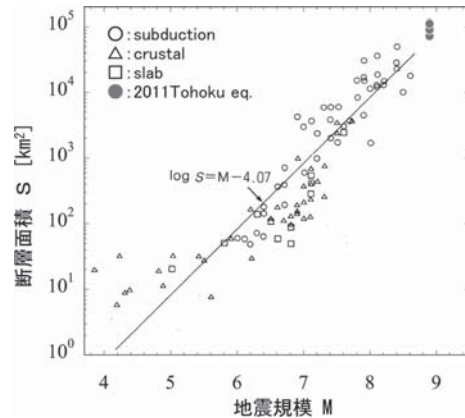
M9 級巨大地震による余震ハザードを評価し、CDF への影響を評価するが、本震の地震動ハザード評価とは独立に行う。余震のハザード評価では、第6図に示す東北地震の M9 が地震規模と断層面積との関係式に従うことを活用する。評価手順の例を第7図に示す²⁾。

6. フラジリティ評価用地震動の作成

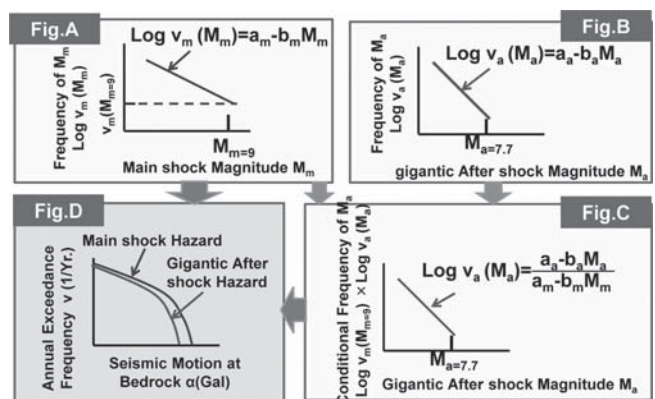
同作成における追加内容は次の通りである。

(1) 機器免震及び排気筒

機器免震では、水平、上下、両用免震が想定される。



第6図 断層面積と地震規模の関係式における東北地震の地震規模との関係



第7図 余震による地震ハザード評価手順

上下免震は、設定周期が約 1 秒前後と範囲が限られている。1 秒以上では加速度低減効果が少なく、それ以下では自重支持が維持できない。従って、上下免震においては、入力動の周期特性の免震効果への影響に留意する。

排気筒は、やや長周期地震動の影響を受けやすい。制振ダンパーを設置する等、応答の低減に留意する。

(2) スロッシング

スロッシングは、長周期地震動により発生しやすい。スロッシングが発生しないよう間仕切りを設ける等に留意する。

(3) M9 級巨大地震の余震の地震動ハザードに基づくフラジリティ評価、事故シーケンス評価及び CDF への影響確認

IV-5(2)で述べた余震の地震動ハザードを用いた CDF への影響評価では、第 7 図 Fig.D 中の余震ハザードの地震動に対応するフラジリティ評価を行う。同評価では、本震で損傷している状態に、余震による損傷を重畳する。

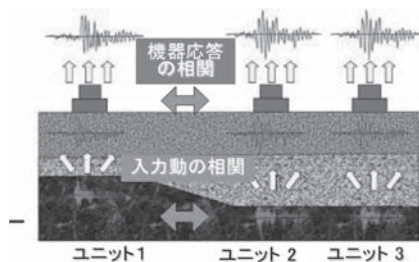
これらのフラジリティ、イベントツリー、フォールトツリー及び余震ハザードを用いて、事故シーケンス評価を行い、余震による CDF を求める。そして、本震による CDF と比較し、余震の CDF への影響をみる。

7. 複数プラントでのハザード評価の留意事項

複数プラントでのハザード評価が追加され、次の留意事項が示された。

複数プラントでのハザード評価では、第 8 図の例に示すように、全ての対象建物・構築物に対して同一の距離減衰式を用いる場合、観測記録から対象建物・構築物の地震動が同程度であることを確認する。観測記録が不十分等の理由から確認できない場合や、地点により揺れが異なる場合には、認識論的不確実さとして考慮する。観測記録により対象地点の地震動に明確な違いが認められる場合には、違いが認められる地点ごとに異なる距離減衰式を用いる。

フラジリティ評価において複数の建物・構築物を評価する場合には、観測記録から揺れの相関性を確認する。地震動の相関は、震源特性、伝播特性、サイト増幅特性それぞれにおける不確実さの分離、地点間距離による相関の定量化などに留意する。



第 8 図 複数プラントにおけるハザード評価

V. 断層変位・地殻変動ハザード、複合ハザードと地震随件事象 PRA に用いる地震動ハザードでの追加項目の内容

1. 断層変位・地殻変動ハザード評価

(1) 断層変位ハザード評価

同評価の次の手順が追加された。断層変位の年超過頻度は、第 9 図に示す地表面での主断層及び副断層それぞれによる断層変位の頻度の和として評価する。手順は、主断層が評価点を通る場合と、とらない場合に分けて表される。第 10 図に評価結果の例を示す⁸⁾。

(2) 地殻変動のハザード評価

同評価の次の基本方針が追加された。地殻変動のハザードの評価方法は、現状で提案されていない。そこで、地殻変動のハザード評価は、基本として、津波ハザード評価における波源モデルを参照として評価する。

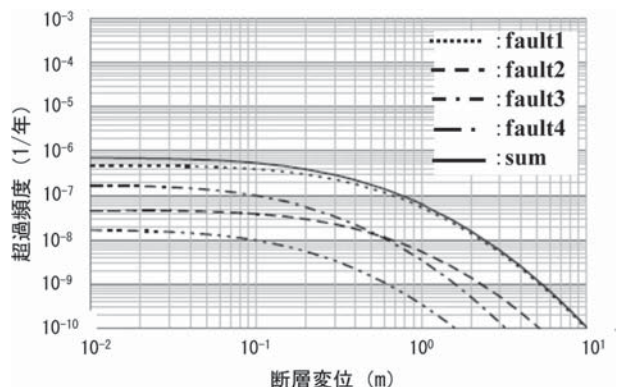
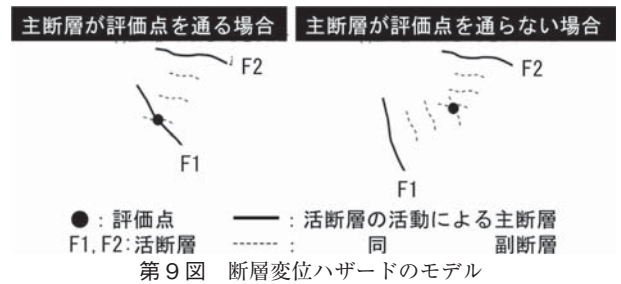
具体的には、海域の震源断層による海底地形面の隆起・沈降に伴う海面の変形が、初期水位分布となるので、断層モデルを設定する。巨大地震による地震動評価と津波評価においては、広域な震源の地殻変動や断層変位との整合性を確保する。

2. 複合ハザード評価及び地震随件事象 PRA に用いる地震動ハザード

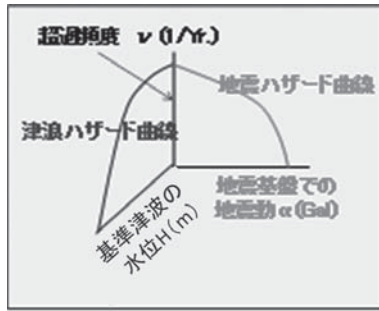
(1) 複合ハザード評価(地震と津波ハザードとの重畳)

同評価での次の手順が追加された。

地震動ハザードは、第 11 図に示す地震基盤での地震動とその超過頻度との関係として、一方、津波ハザードは、海岸地形の影響を受けない地点での津波水位とその



第 10 図 断層変位ハザードの評価例



第 11 図 地震及び津波の重量を考慮したハザードの概念

超過頻度との関係として定義される²⁾。

両ハザードを評価する地震は全て共通とし、地震毎に地震動と津波高さの中央値とばらつきを評価する。地震動と津波のばらつきに相関がないと仮定すれば、地震毎に特定の地震動が生じる場合の津波高さの分布が得られる。そこで、全地震に対して、全頻度を足し合わせ、地震動が生じる場合の津波高さの分布を得る。

(2) 地震随伴事象 PRA に用いるフラジリティ評価用地震動ハザード

① 地震起因の周辺斜面崩壊による建屋・構造物・機器のフラジリティ評価用地震動ハザード

サイト周辺斜面は地震動によって崩壊し、屋外の構造物・機器や建屋の損傷に影響を及ぼす。これらのフラジリティ評価では、IV-6 節での地震動を用いる。

② 地震起因の火災源のフラジリティ評価用地震動ハザード

建屋内外の構造物・機器(電気機器、変圧器内絶縁油、ケーブル等)は、地震動下において火災源となる。火災源の発火確率は、地震動で損傷する確率と、損傷した場合に発火するかどうかの条件付き確率を求め、両者を掛け合わせて求まる。地震動による火災源のフラジリティ評価では、IV-6 節での地震動を用いる。

③ 地震起因の内部溢水による構造物・機器のフラジリティ評価用地震動ハザード

建屋内の構造物・機器(BCクラスの配管、タンク等)は、地震動下において内部溢水源となる。これらのフラジリティ評価では、IV.6 章での地震動を用いる。

— 参考資料 —

- 1) 日本原子力学会：原子力発電所の地震を起因とした確率論的リスク評価実施基準：AESJ-SC-P006, (2007)。
- 2) K. Ebisawa, *et al.*: Current issues on PRA regarding seismic and tsunami events at multi units and sites based on lessons learned from Tohoku earthquake/tsunami, Korean Nuclear Society, *Nucl. Eng. Technol. Korea*, 44 [5] .439-452 (2012)。
- 3) K. Ebisawa: Current status and important issues on seismic hazard evaluation methodology in Japan, Korean Nuclear Society, *Nucl. Eng. Technol. Korea*, 41 [10] 1223-1234 (2009)。
- 4) 日本原子力学会：原子力発電所の地震を起因とした確率論的リスク評価実施基準の改定：AESJ, 2014。
- 5) 石川裕, 他：確率論的地震動予測地図の検証, 日本地震工学会論文集, 11 [4], 68-87 (2011)。
- 6) Gutenberg & Richter: Frequency of earthquakes in California, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 34, 185-188 (1944)。
- 7) 原子力安全基盤機構：基準地震動策定のための地震動評価手引き：震源極近傍の地震動評価, JNES-RE-2013-2044, (2014)。
- 8) 高尾誠, 他：確率論的断層変位ハザード解析手法の日本における適用, 日本地震工学会論文集, 13 [1].17-36 (2013)。

著者紹介



蛭沢勝三 (えびさわ・かつみ)
電力中央研究所/東京都市大学
(専門分野/関心分野) 地震・津波リスク評価, 外的事象原子力防災, 原子力リスクコミュニケーション



釜江克宏 (かまえ・かつひろ)
京都大学
(専門分野/関心分野) 地盤震動, 強震動予測, 断層モデル



安中 正 (あんなか・ただし)
東電設計株
(専門分野/関心分野) 強震動評価, 津波ハザード評価, 断層変位ハザード評価

敦賀発電所 D-1 破砕帯調査の現況

原子力規制委員会有識者会合との論点

日本原子力発電(株) 星野 知彦

2013年5月、原子力規制委員会は日本原子力発電(株)敦賀発電所敷地内のD-1破砕帯が活断層であると取りまとめられた有識者会合の評価書を了承した。同年7月、日本原子力発電は同年6月末までの調査結果を取りまとめ、原子力規制委員会に提出した。原子力規制委員会は評価書を見直すかどうか検討を行うこととし、2014年1月には有識者会合による現地調査が行われた。同年4月14日には評価会合が開かれ、現地調査等を踏まえた有識者会合のコメントが示された。本稿では、現時点における日本原子力発電と有識者会合との論点について解説する。

I. はじめに

2013年5月、原子力規制委員会(以下、NRA)は、日本原子力発電(株)(以下、原電)敦賀発電所2号機原子炉建屋直下を通るD-1破砕帯(第1図)が「耐震設計上考慮する活断層¹である」とする有識者会合の評価書「日本原子力発電株式会社 敦賀発電所の敷地内破砕帯の評価について」¹⁾(以下、NRA評価書)を了承した。これに対し、原電は、同年6月末までの調査結果に基づき「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造 調査報告書」²⁾(以下、原電報告書)を同年7月、NRAに提出した。

NRAは、同年12月、原電報告書等で新たに示されたデータを踏まえNRA評価書見直しの可否を議論することとし、翌2014年1月、有識者会合による現地追加調査を行った。そして同年4月、有識者会合追加調査評価会合(第1回)において現地調査を踏まえた有識者のコメントが示され、同年6月の追加調査評価会合(第2回)で原電はそれらコメントに対する見解を提示した。

次章以降では、まずII章でNRA評価書の論旨およびそれに対する原電報告書における見解について概略を説明する。なお、詳細については、本誌2013年6月号³⁾および12月号⁴⁾を参照されたい。

III章では2013年12月以降2014年6月の追加調査評価会合(第2回)までのNRA評価書見直しに係る議論の主な論点について、原電の調査データに基づき解説する。

Current Status of the Geological Survey of the D-1 Shatter Zone at Tsuruga Power Station : Tomohiko HOSHINO.

(2014年7月4日 受理)

II. 原電とNRAの見解の経緯

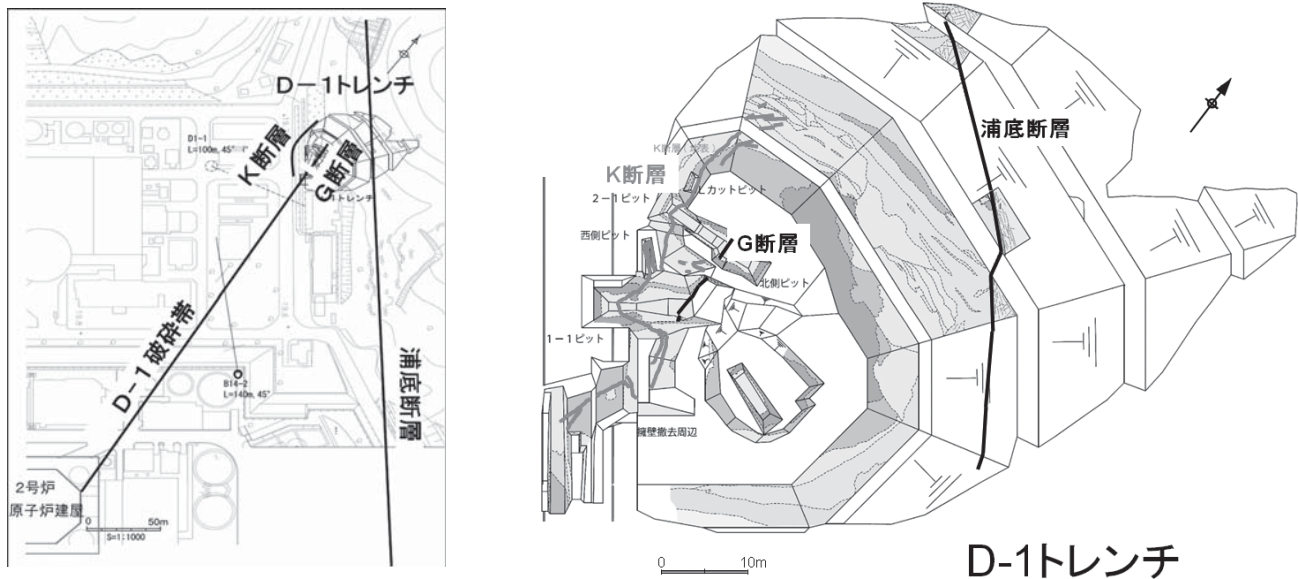
1. NRA評価書(2013年5月)の論旨

D-1破砕帯の評価に関して、NRA評価書は、「現在まで得られたデータ等をもとに敦賀発電所2号機原子炉建屋直下を通るD-1破砕帯については、後期更新世以降(約12万~13万年前以降)の活動が否定できないものであり、したがって耐震指針における耐震設計上考慮する活断層である旨判断できる」とした。

その理由は以下の通りである。

- ・K断層は後期更新世以降の活動が否定できない。
 - ⑤層下部のテフラ(火山灰)は検出頻度が少なく、また、年代特定のための引用論文の信頼性が低いため12万年前のものとは認められない。
 - ⑤層の堆積時期は上部で検出されたテフラからせいぜい9.5万年前である。
 - ③層中の礫は⑤層下部と同様、比較的新鮮であることから、両者の堆積時期に大きな差がない。
 - したがって、K断層が変位・変形を与えている③層も⑤層と同様に、後期更新世以降に堆積した可能性は否定できない。
- ・K断層およびG断層とD-1破砕帯は一連の構造である可能性が高い。
 - K断層はD-1トレンチ南方(2号機原子炉建屋の方向)へ延びる可能性が高い。これらの断層・破砕帯は近接しており、また、一般的に断層は屈曲、分岐、並走したりする。
 - 薄片観察による変位センス(ずれの向き)の認定に

¹「耐震設計上考慮する活断層」は、新規規制基準の「将来活動する可能性のある断層等」の意。



第1図 敦賀発電所敷地内破碎帯調査状況概要図

は限界があること等から最新活動面の変位センスを認定していない可能性があり、K断層、G断層、D-1破碎帯を変位センスで区別することはできない。

- ・K断層が耐震設計上考慮する活断層であること、かつ、K断層/G断層/D-1破碎帯が一連の構造である可能性が高いことから、2号機原子炉建屋直下を通るD-1破碎帯も耐震設計上考慮する活断層である。

2. 原電報告書(2013年7月)の見解

NRA評価書の論拠に対する原電報告書における見解は以下の通りである。

(1) K断層、G断層およびD-1破碎帯の活動時期

NRA評価書で指摘された⑤層下部のテフラの年代の認定および③層の堆積年代について、原電は以下の通りデータを補強し、K断層、G断層およびD-1破碎帯はいずれも後期更新世以降活動していないことを示した。

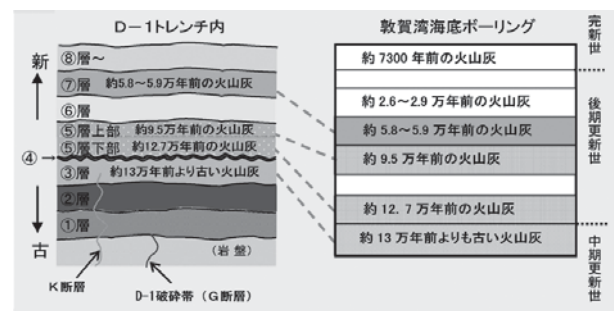
- ・試料採取数を増やして⑤層下部のテフラが広範囲に分布していること、および他の年代が特定できているテフラと年代に矛盾のない順番で堆積していることを確認した。これは⑤層下部のテフラは火山の降灰により堆積したことの証拠である。
- ・琵琶湖湖底など堆積状態が長期間安定して保存されている場所の調査論文なども引用した結果、⑤層下部のテフラは約12.7万年前に降灰した美浜テフラと特定できた。
- ・⑤層下部から産出した花粉を分析した結果、温暖期のものであることがわかり、美浜テフラの降灰時期と整合している。
- ・③層からもテフラが検出され、敦賀湾での海底ボーリングコア中のテフラと対比したところ、後期更新世よりも古い中期更新世以前(約13万年前以前)の地層のテフラであることが確認できた。(第2図)

- ・したがって、⑤層下部は12万～13万年前に堆積した地層で、③層は13万年前以前に堆積した地層である。K断層は⑤層下部に変位・変形を与えていないことから後期更新世以降活動しておらず、耐震設計上考慮すべき活断層ではないことが確認された。
- ・K断層よりも古い時代でしか活動が認められないG断層(D-1破碎帯)も耐震設計上考慮すべき活断層ではない。

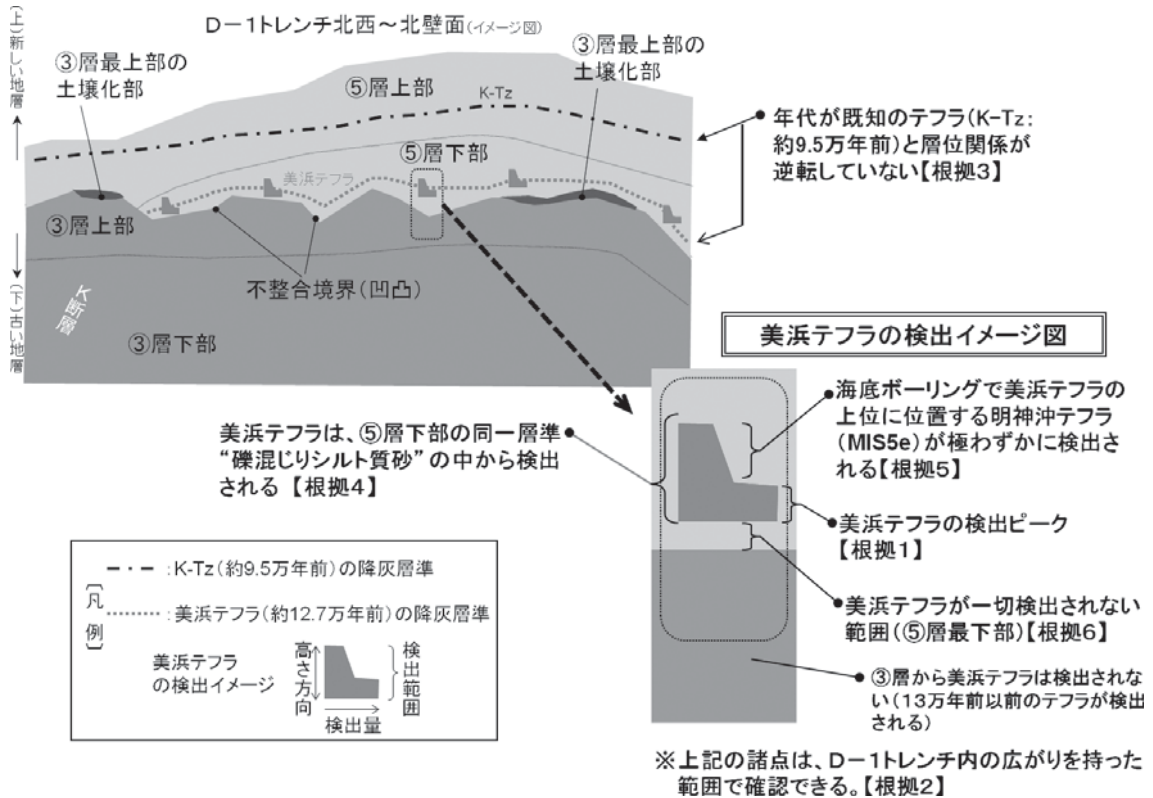
(2) K断層、G断層およびD-1破碎帯の連続性

NRA評価書の「K断層、G断層、D-1破碎帯は一連の構造である可能性が高い」との指摘について、原電は以下の通り「G断層とD-1破碎帯は一連の構造であるが、K断層はこれらとは異なる」ことをデータにより示した。

- ・K断層のD-1トレンチ南方への延長の可能性を確認するため、K断層を南方へ掘削して追跡した。その結果、K断層はD-1トレンチを出たところで消滅し、2号機原子炉建屋の方向に延びていないことが確認できた。
- ・薄片観察による変位センスについて有識者会合の指摘通りの方法で調べるとともに、変位センス、走向・傾斜に加え新たに破碎部の成分、色調、粒子形状などその他の性状についても比較した。その結



第2図 D-1トレンチ内および敦賀湾海底の堆積状態



第3図 ⑤層下部/③層の堆積年代

果、G 断層と D-1 破砕帯は一連の構造であるが、K 断層はこれらとは異なることを確認した。

Ⅲ. 有識者会合現地追加調査以降の論点

2014年6月に開かれた追加調査評価会合(第2回)で、NRA から1月の現地追加調査を踏まえた有識者会合のコメントリスト(以下、コメントリスト)が示された⁵⁾。コメントは大きく3つの論点、すなわち、「地層の堆積年代」、「K断層の活動性」および「K断層の連続性」に区分され整理されている。

本章では、これら3つの論点のうち「地層の堆積年代」および「K断層の活動性」について原電の調査結果に基づく見解を解説する。「K断層の連続性」、すなわち、K断層とD-1破砕帯が一連かどうかについては、NRA 評価書における「活断層であるK断層とD-1破砕帯が一連であるのでD-1破砕帯も活断層である」との論拠の一つである。しかし、既報⁴⁾の通り、両者の性状(走向・傾斜、色調、ガウジⁱⁱ⁾の微細構造、変位センス、X線回析分析など)は明らかに異なっており、D-1破砕帯はK断層とは一連ではないことは明白であることから本稿では説明を割愛する。

なお、根拠となる詳細データは原電ホームページにて公開されている⁶⁾。

1. 地層の堆積年代

(1) ⑤層下部テフラの降灰層準の認定

コメントリストには「⑤層下部テフラの混入率は低く美浜テフラ以外のものが混在している可能性があり、降

灰層準の認定には疑問がある」旨の指摘がある。これに対する原電の⑤層下部テフラの降灰層準を認定した根拠は以下の通りである。(第3図)

【根拠1】 ⑤層下部テフラについて、テフラの通常分析、濃集分析を行った結果、降灰を示すピーク(普通角閃石)が認められる。

【根拠2】 ⑤層下部テフラの降灰のピークは全てのテフラ分析測線で確認されている。D-1 トレンチ全体に広がりをもって分布している。

【根拠3】 ⑤層下部テフラ降灰層準は、年代が既知のテフラと層位関係が逆転していない。

【根拠4】 ⑤層は成層構造を有する地層であり、⑤層下部テフラのピークは同一層準(礫混じりシルト質砂中)に認められる。

【根拠5】 ⑤層下部テフラの降灰のピークより上位には、美浜テフラ以外のものが、ごく僅かに降灰している可能性がある。この降灰しているテフラは、海上ボーリングコアとの対比から美浜テフラの上位に位置する明神沖テフラ(MIS5e)ⁱⁱⁱ⁾であることが確認された。

【根拠6】 全てのテフラ分析測線において、⑤層最下部にはテフラ起源の鉱物が一切含まれない範囲が認められる。すなわち、⑤層最下部は少なくとも美浜テフラが

ⁱⁱ⁾ 断層運動に伴い、岩石が粉碎されて出来る細粒な物質で断層粘土とも呼ばれる。

ⁱⁱⁱ⁾ MIS (Marine Isotope Stage) : 海洋酸素同位体ステージのこと。氷期と間氷期の周期的な繰り返しに数字をつけて整理したもので、新しいものから順に氷期に偶数番号、間氷期に奇数番号を付与している。

降灰以前に堆積したことを示している。

これらの根拠のほとんどは原電報告書にすでに示されているものであるが、【根拠 5, 6】については、原電が継続的に実施してきた分析、考察により得られた新たな知見であり、これまでの原電の見解を補強するものである。

(2) ③層の堆積年代

コメントリストには「堆積物の風化の程度から③層の堆積年代は⑤層と大差はなく、後期更新世の地層である可能性を否定できない」旨の指摘がある。これに対して原電は以下の事実関係に基づき③層の堆積年代を中期更新世以前と判断している。(第3図)

【⑤層と③層の関係】

- ・③層には見掛けおおむね水平方向の層理面が認められるのに対して、⑤層下部には見掛け南東方向に傾斜した層理面が認められることから両者は不整合関係で接している。
- ・③層最上部には、長期間地表に暴露されたことから風化が進み土壌化した地層が認められ、⑤層下部はその一部が削り込まれたところに堆積し、両者は不整合関係で接している。
- ・2つの層が不整合関係で接しているということは、③層が堆積してから⑤層が堆積するまでの間に大きな環境変化(堆積環境から浸食環境に変化し、さらにその後再度堆積環境に変化)があり、大きな時間間隔があったことを示している。

【テフラ分析】

- ・③層には、⑤層下部テフラである美浜テフラ(約12.7万年前)が含まれない。
- ・③層のテフラは、海上ボーリングのMIS6(中期更新世)の地層のテフラに対比される。

【土壌分析】

- ・③層の最上部には土壌化した地層が認められ、当該箇所の遊離酸化鉄の分析結果から、高位段丘堆積物相当と判断できる。

【花粉分析】

- ・③層からは花粉は検出されていないが、⑤層下部および②層から温暖な気候を示す花粉が確認された。

以上より、③層の堆積年代は、⑤層との関係やテフラ分析の結果などに基づき、MIS6以前(中期更新世以前)であると判断される。また、③層最上部の土壌化した地層の遊離酸化鉄の分析結果から、「③層最上部は高位段丘堆積物相当である」と判断できることは、MIS6以前(中期更新世以前)とした評価と矛盾していない。

なお、⑤層下部および②層から比較的温暖な気候を示す花粉が確認されたことは、⑤層下部をMIS5e、③層をMIS6以前とする評価と矛盾していない。

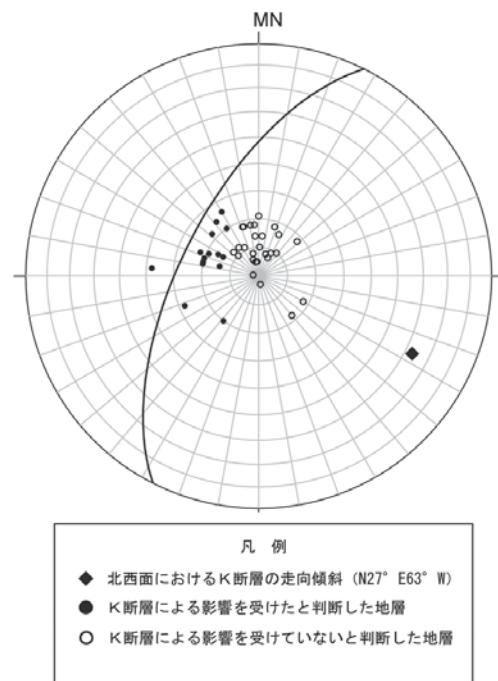
2. K断層の活動性

コメントリストには「D-1 トレンチ北西面のK断層は、

一見すると③層上部に覆われているようであるが、断層変位のせん減等の可能性も否定できない。」旨の指摘がある。これは、K断層は⑤層が堆積した後に活動したが、上方、すなわち③層から⑤層に向かって変位がせん減したため⑤層にその痕跡が残らない可能性を否定できないことから、K断層が⑤層下部に確実に覆われているとは言えないということを意味している。これに対して原電は以下の通り、調査データ等をもとに「K断層による変位・変形は③層上部には及んでいない」ことを示した。

具体的には、D-1 トレンチ北西法面のK断層周辺の地層について、改めて詳細な観察と計測を行った。K断層による鉛直変位量が上方に向かって減少する傾向があるか否かについて定量的・客観的に確認するため、「K断層による影響を受けたと判断した地層」と「K断層による影響を受けていないと判断した地層」の走向・傾斜について計測して比較した。計測は層理面または層相境界を対象とした。その結果は以下の通り。(第4図)

- ・K断層から離れた「K断層による影響を受けていないと判断した地層」は、E-W走向のものが多く、数°~20°未満で南側傾斜である。
- ・一方、K断層に近接した「K断層による影響を受けたと判断した地層」は、当該箇所のK断層の走向と同様NNE-SSW走向のものが多く、10数°~40°程度で東側傾斜である。



第4図 変形した③層と非変形の③層の対比
(シュミットネット下半球法線投影^{iv)})

^{iv}シュミットネット下半球法線投影：地層面のような「面」は東西南北の向きと水平面からの傾きという2つの属性がある。地球儀の中心を通るように対象とする面を置き、中心点から伸ばした面の法線を下半球面に投影することにより、その面の属性を球面上に表すことができる。

- ・すなわち、「K 断層による影響を受けたと判断した地層」は、その周辺の地層の走向・傾斜とは傾向が異なっている。
- ・K 断層による影響範囲(幅)は上方に向かって広がる傾向が認められる。
- ・なお、K 断層が③層上部に変位・変形を与えていないことは、D-1 トレンチ南側の原電道路ピット内でも確認されている。

これらの事実から、明らかに K 断層の近辺の地層は、K 断層の活動に伴う影響を受け、地層が傾斜する撓曲変形を受けていると判断される。

また、K 断層の変位・変形量については、鉛直変位量(ここでは「変位量および変形量を合わせて鉛直面に投影した量」と定義)として統一的に再整理した。その結果、D-1 トレンチ北西法面における K 断層の鉛直変位量は、約 80cm～約 90cm であり、上方に向かって減少する傾向は認められない。下方では変位が主体、上方では変形が主体となっている。

なお、上記の調査結果は、逆断層運動を模擬した断層模型実験⁷⁾に基づく「変位・変形は、上方に向かって断層沿いのずれ変位主体から撓曲などの連続的変形主体に変化する傾向が認められる」との知見とも一致している。

以上のことから、「上方に向かって変位がせん減する状況」は認められず、K 断層は③層上部の地層(k 層)に確実に覆われていることが確認できた。

IV. おわりに

敦賀発電所敷地内破砕帯について、2014 年 6 月時点における原子力規制委員会有識者会合との間の論点に焦点をおき、主要なコメントに対する原電の見解について調査データをもとに解説した。

自然を相手にしているため、調査に係る不確かさは必ず存在する。それを適切に取り扱うためには、一つのデータで判断するのではなく、様々なデータを収集、分析、検討し、総合的に判断することが重要である。また、データは客観的な判断に寄与するため数値化、定量化を図ることも重要である。さらに、これらのデータをもとに幅広い専門家と議論を行うことで、信頼性は向上する。

今回の調査においては、まさにこれらを重視して進めてきた。様々な視点からの膨大なデータが矛盾なく一つの結論に導かれ、筆者はこの結論には科学的に高い信頼性があると考えている。逆に、例えば、「③層が後期更新世の地層である」というようにデータの解釈を一つ変えると途端にデータ相互に矛盾が生じ、合理的に説明しうる仮説の成立が困難になる。

この調査にあたっては、変動地形学、地質学(テフラ年代分析、構造地質学)、岩盤力学など多くの国内外の専門家のご助言をいただいている。ここに感謝を申し上げます。

— 参考資料 —

- 1)「日本原子力発電株式会社 敦賀発電所の敷地内破砕帯の評価について」, 2013 年 5 月 15 日, 原子力規制委員会 敦賀発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合.
- 2)「敦賀発電所 敷地の地質・地質構造 調査報告書」, 2013 年 7 月 11 日, 日本原子力発電(株).
- 3)星野知彦, 安藤将人, 「敦賀発電所の D-1 破砕帯問題の現況について」, 日本原子力学会誌, 55 [6], 332-337 (2013).
- 4)星野知彦, 内田昌人, 「敦賀発電所敷地内破砕帯の調査結果」, 日本原子力学会誌, 55 [12], 696-701 (2013).
- 5)「第 1 回敦賀追加調査評価会合(H26.4.14)で提示されたコメント(案)」, 2014 年 6 月 21 日, 原子力規制委員会 敦賀発電所敷地内破砕帯の調査に関する有識者会合 第 2 回追加調査評価会合配布資料(敦賀・追加 2-1).
http://www.nsr.go.jp/committee/youshikisya/tsuruga_hasaitai/data/tuika-002_01.pdf
- 6)「敦賀発電所敷地の地質・地質構造 D-1 破砕帯の評価 コメントに対する回答」, 平成 26 年 6 月 21 日, 日本原子力発電(株).
http://www.japc.co.jp/tsuruga-chousa/pdf/press/20140621_1.pdf
- 7)「基盤の断層変位に伴う第四紀層及び地表の変形状況の検討(その 2)正断層, 逆断層模型実験」, 電力中央研究所報告, 平成 11 年 5 月.

著者紹介

星野知彦 (ほしの・ともひこ)

日本原子力発電(株)

(専門分野/関心分野)機械工学/

耐震設計, プラント建設, 設備保全



日米原子力協定(1988年)の歴史と今後の課題

第3回(最終回) 協定交渉の評価と今後の課題

元原子力委員会委員長代理 遠藤 哲也

長く厳しい交渉および議会審議の末、やっと発効にこぎつけた日米原子力協定だが、その成功の原因はどの辺にあったのか。一つは、日本が自ら核不拡散体制を遵守したばかりでなく、世界の核不拡散体制の強化に貢献したことで、そしてそれを米国が認めたことがあげられよう。しかし、一番の決め手は日米間の信頼関係でこれによってレーガン大統領が行政内部の異論を押え、議会の強硬派の反対を乗り越えたのであった。

その協定も遠からず満期を迎えるがその後どうなるのか。日本としては、原子力政策の中核である核燃料サイクルのためには、現行協定で認められた包括同意制度を維持することが不可欠だが、何をすべきか。今回の交渉過程からいかなる教訓を“学ぶか”などについて考えてゆきたい。

I. 協定交渉を振り返って

日米原子力協定は、協定交渉開始以降発効まで6年間近くもかかり、本件交渉のそもそもの出発点ともいえるべき東海再処理交渉から数えれば10年にもなる長い交渉であった(文末[付表]参照)。途中、交渉は紆余曲折、二転三転し、しばしば両国の最高首脳をまきこんだ難しい交渉であった。特に、最終段階の米議会の審議では、協定のゆくえに絶望的になったこともあった。

この協定交渉及び協定を如何に評価すべきか、日米原子力協力の将来について如何なる教訓が得られるか。以下に、これまで述べて来た交渉の歴史を振り返っての気付き点を、順不同に書きとめて置きたい。

(1) この協定は、結果的に日米双方にとって満足すべきものであったと思う。その何よりの証拠に、その後、日米双方において何人も協定を問題にしたことがなく、協定は空気の如き存在になっている。これは本協定の下で、日米原子力協力がスムーズに進んでいるからである。

まず、日本にとって、この協定交渉のねらいは二つあった。一つは、英仏からの返還プルトニウムの輸送問題であり、今一つは、日本の核燃料サイクルを長期的に
Historical Analysis of Japan-US Nuclear Cooperation Agreement (1988) and Issues toward Future (3); Assessment of Negotiations and Pending Issues: Tetsuya ENDO.

(2014年6月17日 受理)

■前回タイトル

第2回 交渉の開始と交渉上の主要な論点
—協定の実質合意から発効まで—

安定した基盤にのせること、つまり核燃料サイクルのプロセスについて一定の枠組みの中であれば米側より事前に包括同意を得ることであった。この二点とも、日本側にとっては満足すべき結果を得たといつてよいであろう。他方、米側にとっても満足すべきものではなかったかと思われる。核不拡散体制強化のために施行された核不拡散法(NNPA)による条件を日本側に受け入れさせたこと、カーター政権の原子力政策によって傷つけられた日米原子力関係、ひいては日米関係を修復させたことなどがあげられる。

(2) 波乱万丈の日米交渉であったが、結果的に成功裡にまとまったが、その背景は何であったか。一つには、日本の保障措置遵守を含め世界の核不拡散体制に対する真摯な行動が認められたことによると思われる。それは日本自身が保障措置を厳格に受け入れてきたばかりでなく、世界の保障措置体制、不拡散体制の維持、強化に貢献して来たことが認められたことによると思われる。今一つは、そしてこれがおそらく最も重要な点と思われるが、日米間の信頼関係が基礎になっていたと思われる。1980年代の米ソ冷戦たけなわの頃、日米間には多くの経済摩擦が存在したが、安全保障面では日米間の信頼関係は強固であった。当時の中曽根—レーガンの個人的な関係は、日米関係をいっそう堅固にしたと言ってもよい。

国家安全保障会議(NSC)はレーガン政権時代に、何度か省庁間の意見の食い違いの解決のために招集された由だが、そのうち最も重要だったものの一つは、日米原子力協定を議会に提出することに対して、ワインバーガー国防長官が反対していたが、NSCがこの反対を覆

したことであった。NSCが大統領の意を体していたことは言うまでもない。レーガン大統領は日本の、なかなか中曽根総理の力強い味方であった。

(3) 日本側がオール・ジャパンの体制で交渉に臨んだことも成功の一因としてあげられよう。

日本側の交渉の主要な参加者、いわゆるアクターは、政府側では、外務省、通産省、科学技術庁(傘下の動燃事業団を含む)、原子力委員会であった。それぞれの省庁の交渉に臨む態度には当然のことながら小異は存在したものの、いずれも交渉代表であり、かつまとめ役の外務省をしっかりと支持してくれた。交渉団には、一騎当千の優秀な人を派遣してくれたし、前線の在米日本大使館には超一流のアタッシュェが派遣されていた。

民間側のアクターとしては、電力、原子炉メーカー、それらの連合体としての電気事業連合会(電事連)、原子力産業会議(原産)、電工会等であったが、政府と民間との連携は非常に良く二人三脚で交渉にあたった。電力の役員が政府の交渉団に専門員として出向したり、米議会の有力議員や議会スタッフを日本へ招聘したり、ハイレベルの電力ミッションの米国への派遣なども民間としての活動の一例である。また、米国の関係先の電力やメーカーに対して米議会への働きかけを要請したり、米国コンサルタントを活用して情報収集や説明なども行った。米国のウラン業界との関係強化のため、新規のウラン購入契約の締結なども行った。

(4) 米側にあっては、交渉国の代表にリチャード・ケネディ大使という人物を得たことは、実質的に交渉をまとめ、米議会の荒波を乗り越えた大きな要因のひとつであった。ケネディ大使は、原子力問題に造詣が深く、原子力界はもちろんのこと議会筋にも顔が広く、また関係各省庁にもにらみのきく、又とない得難い人物であった。国防省やNRCの協定反対を押え込んだのもケネディ大使の手腕によるところが少なくない。しかも、協定交渉の全過程を通じて一貫して代表を務め(日本側は三代にわたった)、日本側の手の内まで知り尽くしていたので交渉相手としては甚だ手強かったが、総合すればプラスのほうがはるかに多かったと思う。なお、交渉が実質合意をみてからは、この協定を速やかに議会を通過させ発効成立させることが日米代表団双方にとって共通の目的となり、日本代表団と米国防務省、エネルギー省の関係者との間には一種の「戦友」のような連帯感が生れたような感じがした。一緒になって米議会筋に根回しを行ったことさえあった。

(5) 次に強調しておきたいのは、米国政治における議会の力の強さである。この協定が難産であったのも、結局は議会の力の故であった。ベトナム戦争、ウォーターゲート事件後の議会の行政府に対する不信等から、議会の行政府への監視機能や政策の策定過程への関与が強まり、対外政策についても1970年代後半頃から活動が活

発になってきたことが指摘できる。米議会には核不拡散問題について強硬な意見を持つ議員が少なくなく、共和党にもいないことはないが、伝統的に民主党に多く、しかも有力な議員も少なくない。多くの議員は原子力問題に詳しいわけではなく、その態度は有力な不拡散派の議員の意見に左右されることが多いし、米議会では党議拘束がかかっておらず、したがってcross voting(法案、決議案などに対して、党の方針に関わらず票を投ずること)が行われるのでよけいに事態がややこしくなる。本協定が議会の審議過程で二転三転したのもこのような事情による。ただ、本文中で説明したように、アラスカ州選出のマコウスキー上院議員(共和党)が、プルトニウムの輸送問題が一応解決した後は、協定に対する態度を180度変え賛成にまわったことで、議会の雰囲気が大きく影響し、協定の帰すう決定に貢献した。

なお、本件協定に関する上下両院のそれぞれの審議について一言触れると、上院の核不拡散強硬派がイニシアティブをとり上院の対応が全体の流れを決めていったとみられる。つまり主戦場は上院であった。下院にも核不拡散派議員は結構存在し、活発に反対論を展開したが、下院は何分にも任期が2年であり、この協定のように審議が長丁場に及ぶと継続して対応することが難しくなる。いずれにせよ、本協定では下院は上院をフォローしたという感じがした。

いずれにせよ、この協定の成否は、極言すれば議会の核不拡散派との闘いであったとさえ言えようか。

(6) 米国では、議会及び行政府とハーバード、MITなどの一流大学、外交評議会、ブルキングス研究所CSISなどの有力シンクタンクとの関係が非常に強いことが注目された。大学、シンクタンクと議員スタッフ、行政府との人の交流は茶飯事であるし、大学やシンクタンクの提言が政策の企画、立案に大きな影響を与える。日米原子力協定についてもこの関係が少なからずみられた。

(7) 最後に一点だけ筆者の印象を付け加えると、この協定の是非に対する米側、特に米政府の判断基準が安全保障(核不拡散はその一側面である)であったのに対し、日本側のそれは原子力エネルギー問題であったことである。図式的に言えば、安全保障対エネルギー確保とでも言うか、関心の方向がずれているように感じられた。

II. 協定の満期を控えた今後の問題点(対策)

1. 満期後の選択肢

協定の有効期間は30年である。協定が発効したのは1988年7月17日であるから、2018年7月16日で期限が一旦終了する。その後どうなるかについては、次の4つが考えられる。

① 現行協定第16条(自動延長条項)に従い、自動延長させる。但し、日米はいずれか一方が6か月前に文書に

よって通告することによって、協定を終了させることができる。

② 現行協定をそのまま相当期間（例えば20年から30年位）延長させる条約手続きをとる。これには、日米両国の議会による承認を必要とする。米国については、原子力法（1954年）第123条による協定案上程後、90日議会日以内に不承認決議が行われないことが要件である。

③ 現行協定を大幅に改定し、新協定を締結する。例えば、現行協定の包括事前同意制度を個別同意制度に変える新協定を締結する。この選択肢は上記②と内容を大きく異にするが、法律的、条約的に手続は同じである。

④ 新協定が結ばれないまま無協定状態になる（現行協定第16条；文末の[参考]参照）。

各選択肢のそれぞれについて問題点は、例えば次のとおりである。

① については、これは最も平易な方法かもしれないが、状況次第でいつ協定が終了されるかわからず、日米の原子力協力関係が不安定な状況に置かれるおそれがある。

② については、これは、日本の核燃料サイクルを安定した基盤に置くためには適切なオプションと思われる。しかし、このためには米側について言えば、行政府と議会のポジティブな態度が不可欠である。

③ については、現行協定は、日本にとって満足すべきものなので、日本から根本的な変更を求める必要はないが、日本としても現行協定より有利な点があれば、追加を主張すべきであろう。他方、米側の主張により再処理などに対し個別同意権が再び導入されたりすると、大規模な商用再処理施設の運用は困難となる。

④ については、緊密な原子力協力関係を持つ日米間で、その枠組みである原子力協力協定がなくなり無協定状態になることは望ましいことではない。もっとも、仮に協定が終了しても、現行協定のいくつかの規制は引き続き残るので、日米間の法的関係が全くなくなってしまうわけではない。

2. 2018年以降、如何に包括事前同意制度を維持するか

核燃料サイクル路線は、日本の原子力開発の黎明期から原子力政策の中核であった。核燃料サイクルを順調に進めてゆくには包括事前同意制度は不可欠であった。従って、現行協定のこの制度を2018年以降もぜひとも維持してゆきたいが、そのためには何が必要かを現行協定成立の経緯を参考にしつつ考えてゆきたい。

(1) 日米の信頼関係の強化

現行協定は、米国行政府内の一部の反対、議会の核不拡散強硬派の抵抗にあって、悪戦苦闘の交渉の結果成立したもののだが、その成功の理由はどこにあったのだろうか

か。すでに述べたことであるが、取りまとめると、その一つは、日本が原子力の開発、利用を厳格に平和目的に限り、その証として保障措置を誠実に実施してきたこと、また世界の核不拡散体制の強化に貢献してきたことが認められたからであると思われる。今一つは、一この理由の方がより重要ではなかったかと思われるが一日米間の信頼関係であったのではないか。交渉の行われた1980年代は、日米間で貿易・経済摩擦が激しく燃え上がった時期であったが、米ソ冷戦下で安全保障面での日米関係は極めて良好であった。原子力協定は、日本の目からはエネルギー協定だが、米国の目からは基本的に安全保障（核不拡散はこの一面である）であり、当時はこの点が最も重要であった。レーガン・中曽根関係はこの点を象徴したものであった。

2018年以降も核燃料サイクルに包括事前同意制度を維持していくには、何よりも日米の信頼関係が必要不可欠である。日米関係においては安全保障の面が引き続いて大切だが、グローバル化の進む現在では、それに止まらず広範な面での信頼関係、協力関係が求められよう。

(2) 日本の原子力政策の説明の重要性

日本の原子力政策の透明化、核燃料サイクルの必要性についての対外説明、プルトニウム・バランスの維持について説明を強化することが要点であろう。

日米協定の今後の在り方などについては、協定満期の2018年までまだ時間があることもあって、米国の関係筋で問題になっていないが、日本のプルトニウム・バランス問題は頻繁に取り上げられている。日米協定とプルトニウム・バランスの問題はやがて結び付けられる恐れがある。

日本は、余剰プルトニウム、すなわち利用目的のないプルトニウムは持たないとの方針を内外に表明している（2003年8月原子力委員会決定；文末の[参考]参照）。しかし高速炉の見通しがはっきりしない現在、当面のプルトニウム利用はプルサーマルが本命となっている。当初、2010年頃までに16～18基の軽水炉でプルサーマルを実施する計画であったが、福島事故の影響もあり計画は順調に進んでいない。

保有するプルトニウムを如何に消費するか。遠からず技術的には稼働が可能となる六ヶ所村の再処理工場の操業を如何にするか、プルトニウム・バランスの維持について、実施可能な計画を提案する必要がある。米国は、韓国、イラン等、第三国に対して核燃料サイクルに厳しい態度をとっているため、日本だけをそのままにしておくことは、言い訳がたたなくなってきたからである。

なお、プルトニウム・バランス問題に関して、その背景として日本の原子力政策、とくに核燃料サイクル政策（高速炉の見通し、第二再処理工場の見通し、使用済燃料の中間貯蔵などを含む）について、明らかにしておくことが必要である。

3. 核セキュリティ

米国は、テロリストが核兵器を入手する脅威への措置強化を最重要課題の一つに位置づけ、各国と協力して「核セキュリティサミット」や「核テロリズムに対抗するためのグローバル・イニシアティブ」など様々なメカニズムを推進してきた。我が国については、従来から、安全・核セキュリティに関する規制組織の独立性、内部脅威対策について懸念が示されており、多量の分離プルトニウム、MOX燃料を保有するために、今後さらなる核セキュリティの強化が求められてくるものと思われる。

規制組織の独立性の重要性については、奇しくも福島事故により強く認識され、独立規制組織の設立につながり脆弱性の改善に貢献することになった。

一方、内部脅威対策については、IAEA INFCIRC225 Rev5を取り入れた関連法令改訂により一部改善は見られたものの、特に個人の信頼性確認に関してはいまだに諸外国に後れを取っている。核セキュリティに関するNGOであるNTI(Nuclear Threat Initiative)が2014年1月に発表した核セキュリティ状況の国別ランキングによると、個人の信頼性調査に係る評価項目(Personnel Vetting)において、我が国は25ヶ国(1kg以上の高濃縮ウラン、分離プルトニウム、MOX新燃料保有国)中ウズベキスタンと並び最下位とされている²⁾。

また、我が国は核兵器保有国を除けば世界で唯一、一連の核燃料サイクル施設保有が認められた国であり、多量の分離プルトニウム、MOX燃料を保有している。特に米国の専門家からは、一層の物理的防護、核セキュリティの強化の必要性が指摘されている。すでに述べたように米国では我が国の今後のプルトニウム・バランスについての懸念が高まりつつあり、先の見通しのないままのプルトニウム蓄積量の増加は核セキュリティ上でも一層問題になってくる恐れがある。我が国は核セキュリティの面で、目に見える対策を早急に打ち出していく必要がある。

4. 日米原子力協力の推進

米国は使用済燃料のワンスルー方式の政策を進めつつも、リサイクルシステム(クローズドサイクル)の技術の保持、育成を国際協力を活用しながら研究機関において続けてきた。特に、核燃料サイクル関係では、我が国は「もんじゅ」、「常陽」はじめ燃料関係のホット研究施設も所有しており、これらを利用して米国との研究協力が続けられている。

具体的には、「もんじゅ」を用いた高速炉プラントの保障措置技術に関し米国との共同研究等を進めてきた。今後「もんじゅ」において、日米仏でマイナーアクチニドの燃焼の共同研究も計画されている。更には、これまで原子力産業界間のメーカーベースの技術力連携が図られているが、今後福島事故の溶融燃料処理等の協力も進められ

ていく。溶融燃料処理技術はもとより、保障措置、核セキュリティの研究開発の協力も進展が期待できる。

これらにより未来志向の連携をより一層強め、日米の原子力活動でのパイプを太くして、日米の原子力協力を推進していくことが重要である。

Ⅲ. 米国二国間原子力協定の動向

米国の提供する資機材や核物質を利用するの平和目的の活動に対する包括事前同意が付与されているのは、米国が諸外国と結んでいる原子力協定のうち、NPTの非核兵器国では日本との協定のみである。他方で、アラブ首長国連邦(UAE)との協定では、核不拡散・核セキュリティを重視する立場から、濃縮・再処理の権利の放棄を盛り込んでおり、米国政府はこのUAEとの協定を「ゴールド・スタンダード」として他国との協定のひな形としようともくろんでいた。

実際には、各国との固有の事情が絡み、濃縮・再処理の権利の放棄を123協定に盛り込むことは難しい状況が見られる。サウジアラビアやベトナムとの交渉でもこの点をめぐって米国と両国との間に見解の相違が存在する。また、韓国との関係においてもその点に留意する必要がある。

原子力大国であり、米国と協力関係の深い韓国が核燃料サイクル、再処理について日本と同等の制度を導入すべく、最高首脳レベルまで上げて目下米国と必死の交渉を行っている。現行の米韓協定が有効期限は2014年までであり、自動延長事項がないので、とりあえず2年間単純延長し、2016年3月で満期となる。その間に交渉を取りまとめることが期待されている。

韓国側は、包括同意を認めるように米国側に要求するが、米国は核不拡散、核セキュリティの観点から例外が設けられないとの厳しい態度で終始している。米韓の交渉の早期妥結が望まれるところであるが、韓国の求めるパイロプロセッシング(乾式再処理)について一種の「妥協的」な解決策を模索中のようなのである。

筆者としては、何らかの形で米韓交渉がまとまることを期待するが、同じような時期に協定の満期を迎える可能性があるため、米国としては、日韓両国とも北東アジアの大事な同盟国であるがゆえにデリケートな立場に置かれかねない。それだけに、日本としては自らの核燃料サイクルの存在理由をしっかりと対外発信し、これまでに指摘したような問題に前向きに対処していくことが必要である。

Ⅳ. 中期的課題としての核燃料サイクルに関する多国間管理構想の検討

濃縮、再処理等のバックエンド、高速炉の国際的なシェアリングなど核燃料サイクルについて地域的(例えば東アジア)な多国間管理構想を中期的な視野で検討し

てゆくには、アジアでの第一の原子力先進国である日本がイニシアティブをとることが望ましい。「韓国問題」を解決する一つの方法かもしれないし、また、国際管理問題についても議論を進めてゆくこと自体地域の信頼醸成の観点からも意味がある。

V. 第3回の締めくくり

現行の日米原子力協定満期後(2018年7月)も、引き続き包括事前同意制度を維持してゆくには、日本として何をすべきか。現行協定の交渉からの教訓などを踏まえて次のような施策を提案したい。

(1)日米の信頼関係の強化、(2)日本の原子力政策の透明化、核燃料サイクルの必要性についての説明、プルトニウム・バランスの維持、(3)核セキュリティの強化、(4)日米原子力技術協力の推進

〔参考〕 2003年8月5日の日本原子力委員会の決定

「電気事業者は、プルトニウムの利用者、保有量、及び利用目的を記載した利用計画を毎年度プルトニウムを分離する前に公表することとする。利用目的は、利用量、利用場所、利用開始時期、及び利用に要する時期の見直しを含むものとする。ただし、透明性を確保する観点から、進捗に従って順次利用目的の内容をより詳細なものとして示すものとする。」

〔参考〕 現行協定 第16条

「1 この協定は両当事国政府が、この協定の効力発生のために必要なそれぞれの国内法上の手続きを完了した旨を相互に通告する外交上の公文を交換した日の後三十日目の日に効力を生ずる。この協定は、三十年間効力を有するものとし、その後は、2の規定に従って終了する時まで効力を存続する。

2 いずれの一方の当事国政府も、六箇月前に他方の当事国政府に対して文書による通告を与えることにより、最初の三十年間の期間の終わりに又はその後いつでもこの協定を終了させることができる。

3 いかなる理由によるこの協定又はその下での協力の停止又は終了の後においても、第一条、第二条4、第三条から第九条まで、第十一条、第十二条及び第十四条の規定は、適用可能な限り引き続き効力を有する。

4 両当事国政府は、いずれかの一方の当事国政府の要請に基づき、この協定を改正するかしないか又はこの協定に代わる新たな協定を締結するかしないかについて、相互に協議する。」

－ 参考資料 －

- 1) 本解説の記述は、「日米原子力協定(1988年)の成立経緯と今後の問題点(改訂版)」、平成26年1月、公益財団法人日本国際問題研究所」をもとに手を加えたものである。
- 2) Nuclear Threat Initiative, NTI Nuclear Materials Security Index, January 2014.

著者紹介

遠藤哲也(えんどう・てつや)

本誌, 56[8].p.32(2014)参照.

〔付表〕 日米原子力協定交渉年表

1953年12月	Atoms for Peace (アイゼンハワー大統領国連演説)
1954年	米国原子力法成立
1955年11月	日米原子力「研究」協定 調印 (研究協定)
1958年6月	日米原子力協定 調印 (一般協定)
1968年2月	日米原子力協定(包括的な最初の協定)
1970年3月	NPT発効
1971年	東海再処理工場建設開始
1973年3月	1968年日米原子力協定の一部改定
1974年5月	インド地下核実験
1974年6月	米国原子力委員会, 供給能力を超えるとの理由でウラン濃縮長期契約を一時停止
1974年8月	米国原子力委員長, 濃縮ウランの供給が追いつかないのでプルトニウムを濃縮ウランの代用に使うことを義務付ける
1976年6月	日本がNPTを批准
1976年10月	フォード大統領声明
1977年3月	フォード・マイターレポート(カーターの核不拡散政策の理論的な裏付け)
1977年4月	カーター大統領新原子力政策を発表
1977年4月～8月	日米再処理交渉(東海再処理問題)
1977年9月	日米原子力協定第八条(C)に基づく共同決定
1977年10月～1980年2月	国際核燃料サイクル評価(INFCE)
1978年1月	ロンドン・ガイドライン発足
1978年3月	米国新核不拡散法(NNPA)成立
1980年9月	日加原子力協定改定
1981年5月	鈴木・レーガン首脳会談 (「日米両国政府は両国間の原子力関係の諸懸案につき, できる限り早期に恒久的解決をはかるための協議を速やかに開始する」との共同声明)
1981年6月	イスラエルによるイラクのオシラク原子力施設爆撃
1981年7月	レーガン大統領新核不拡散政策発表
1981年10月	新日米共同決定調印及び共同声明発表
1982年6月	米国対外原子力協力方針決定(日本とユーラトムに対し包括事前同意を詰める方針)
1982年6月	中川一郎科技庁長官日米原子力協定交渉開始について合意
1982年8月	日豪原子力協定(包括同意方式)
1982年8月～1984年9月	日米原子力協定交渉フェーズI 10回(日本側は行政取極での解決を求める)
1983年4月	日加実施取極により包括事前同意方式導入に合意(協定に追加)
1984年11月	輸送船「晴新丸」が粉末プルトニウムを積んでシェルブルー-パナマ-東京港に到着
1985年5月～1987年1月	日米原子力協定交渉フェーズII 5回(新協定をまとめる交渉)
1987年1月	日米原子力協定実質合意・仮調印
1987年2月	核物質防護条約発効(日本は1988年11月加入)
1987年11月	日米原子力協定正式調印
1988年7月17日	日米原子力協定発効
1988年10月	プルトニウム海上輸送のガイドラインが作られ, 協定付属書五に追加
1992年4月	ロンドン・ガイドラインパート2(汎用品が対象)合意
1993年1月	輸送船「あかつき丸」(護衛船「しぎしま」)が粉末プルトニウムを積んでシェルブルー-南太平洋-東海港へ到着 六ヶ所再処理工場建設着工
1999年	東電, 関電によるMOX燃料の海上輸送開始
2001年	使用済燃料の再処理のための第三国移転終了

研究開発段階発電用原子炉に対する 規制基準に関する論点

もんじゅの安全確保のための考え方の提案

日本原子力学会 新型炉部会
研究開発段階発電用原子炉安全設計方針検討会

高速増殖原型炉「もんじゅ」に適用される新しい規制基準については、今後安全審査を行うまでに見直すこととされている。日本原子力学会新型炉部会では、今後の見直し検討に資することを期待して本検討会を設置して検討を重ね、現行規則を分析して論点を整理するとともに、論点に対する考え方をまとめた¹⁾。この中で、ナトリウム冷却高速炉の特徴を踏まえた重大事故対策の考え方及び現行規則とその解釈の見直し案を示した。本稿では、ナトリウム冷却高速炉の安全設計上の特徴を軽水炉と比較して示すとともに、本検討会での検討結果を解説する。

I. はじめに

2013年7月に施行された「研究開発段階発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(以下、研究開発段階発電用原子炉基準と呼ぶ)²⁾は、高速増殖原型炉「もんじゅ」への適用を念頭に、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(以下、実用発電用軽水炉基準と呼ぶ)をベースとして、旧原子力安全委員会が定めた「高速増殖炉の安全性の評価の考え方」³⁾の要求事項を加える等により策定されたものである。その策定の過程においては、実用発電用軽水炉基準の場合と同様、パブリックコメントが実施されているものの、「高速増殖炉固有の安全性に関する事項については、別途、中長期的に検討を進める」とされ、施行段階においては、「今後、安全審査を行うまでに、パブリックコメントによる意見も含め改めて検討し基準を見直すこととし、今回は修正を行わない。」とされている^{4,5)}。このように、「もんじゅ」を対象とした新基準は、今後、検討・見直しが必要な状況であることから、日本原子力学会新型炉部会では、より適切な基準の検討・見直しに資するため、「研究開発段階発電用原子炉安全設計方針検討会」を設置し、「もんじゅ」への適用を念頭に研究開発段階発電用原子炉に対する安全設計と基準の考え方を整理することとした。

実用発電用軽水炉基準では、東京電力福島第一原子力

The Point at Issue about the Regulatory Standards for Prototype Nuclear Power Plants: Working group on safety design guideline for prototype nuclear power plants.

(2014年6月25日受理)

発電所事故の教訓を踏まえて、共通要因故障をもたらす自然現象等に係る想定的大幅な引き上げとそれに対する防護対策の強化や、深層防護を徹底して設計基準を超えるシビアアクシデント(以下、重大事故)対策を求めている点などが大きな特徴となっている⁶⁾。研究開発段階発電用原子炉基準を実効的かつ合理的なものとして具体化していくためには、ナトリウム冷却高速炉(SFR)である「もんじゅ」が有する、実用発電用軽水炉と異なる設計上の特徴を十分考慮する必要がある。

本検討会では、現状の研究開発段階発電用原子炉基準について、パブリックコメントへの対応状況も含めて分析を行い、今後、具体化を進めるにあたっての論点を、第1表に示すように整理するとともに、論点に対する考え方を示した。この中で、SFRの特徴を踏まえた重大事故対策の考え方及び現行規則とその解釈の見直し案を示した。

第1表 本検討会における論点の整理結果

(1) 発電用原子炉に共通する要件と考え方

- ・研究開発段階炉であることから、特別に考慮すべき要件があるのか否か
- ・重大事故対策に着目した深層防護の考え方
- ・自然現象等への対応

(2) SFRの特徴を踏まえた重大事故対策の考え方

- ・炉心損傷事故の特徴と防止対策
- ・格納機能喪失要因と防止対策
- ・放射性物質の放散抑制対策
- ・自然現象等に対する考慮
- ・意図的な航空機衝突への対応

(3) SFRの重大事故等対処設備に関する基準の要件と留意点

- ・重大事故等対処施設に関してSFRの特徴を適切に考慮した要件とするための考え方

II. ナトリウム冷却高速炉の安全設計上の特徴

1. 原子炉施設の特徴

第2表にSFRの設計上の特徴を軽水炉と比較して示す。SFRの炉心は、核分裂によって発生する中性子の減速を必要としない高速中性子による核分裂反応を主体とした増殖可能な炉心であって、出力密度及び燃焼度が高い。炉心の余剰反応度及び燃焼に伴う反応度変化は小さいが、ナトリウムボイド反応度が炉心中心領域で正となりうることに配慮した設計が必要である。原子炉冷却材として使用されるナトリウムは沸点が高く、そのため低圧で沸点までの温度余裕が大きい冷却系の設計が可能であり、熱伝達特性が優れているが、ナトリウムが化学的に活性であるためナトリウム火災対策が必要である。蒸気発生器伝熱管破損時のナトリウム-水反応が原子炉冷却系に影響を及ぼさないように、原子炉冷却系と蒸気系の間にナトリウムを冷却材とする中間冷却系を有している。また、ナトリウム液面上には不活性化等を考慮したカバーガス系を有している。原子炉冷却系を構成する機器は高温ナトリウム下で使用されることから、これらの設計にあたっては耐震性とともな構造材料のクリープ特性に対する考慮が必要である。また、炉心構成要素は、高速中性子環境にさらされるため、耐照射性を考慮した設計が必要である。

2. 重大事故に関する特徴

新しい規制基準では、新たに重大事故対策に対する基準が追加されており、それらの具体化が重要となっている。このため、ここではSFRの重大事故に関する特徴について解説する。

(1) 炉心反応度特性に関する特徴

軽水炉は、冷却材の沸騰や喪失による反応度フィードバックは負であり、原子炉停止系不作動時の過渡挙動は比較的緩慢である。このため、炉停止失敗事象に対しては、代替制御棒挿入等の炉停止手段を確保することで対応している。

SFRは、負のドップラー反応度を主体とした固有の

第2表 SFRと軽水炉の特徴比較

	軽水炉(PWR)	SFR
炉心の特 性	<ul style="list-style-type: none"> 中性子の減速が必要な熱中性子を主体とした臨界体系 冷却材喪失及び燃料溶融時に大きな正反応度挿入なし 	<ul style="list-style-type: none"> 中性子の減速を必要としない高速中性子を主体とした臨界体系 炉心中心領域でNaボイド反応度正 溶融燃料の集中で大きな正反応度
冷却材の特 性	<ul style="list-style-type: none"> 水 <ul style="list-style-type: none"> 低沸点 <ul style="list-style-type: none"> 100℃(大気圧) 345℃(16MPa) 熱伝導率低 化学的活性小 	<ul style="list-style-type: none"> ナトリウム <ul style="list-style-type: none"> 高沸点 <ul style="list-style-type: none"> 883℃(大気圧) 熱伝導率高 化学的活性大
原子炉冷却系圧力	<ul style="list-style-type: none"> 高圧(70~150気圧) 	<ul style="list-style-type: none"> 大気圧と同程度(数気圧以下)
材料の使用環境	<ul style="list-style-type: none"> 比較的低温(数十~350℃) 熱中性子場 水環境(酸化雰囲気) 	<ul style="list-style-type: none"> 高温(300~600℃) 高速中性子場 ナトリウム環境(還元雰囲気)

反応度抑制効果を有しているものの、第2表に示す炉心の特性から、冷却材が炉心中心領域で沸騰した場合、正のボイド反応度が投入されるため、原子炉停止系不作動時には短時間で炉心損傷に至りうる。このため、急速炉停止機能の強化が重要である。原子炉停止失敗から炉心損傷した場合、冷却材沸騰や溶融した燃料の集中化による反応度投入が着目対象となるが、これまでの「もんじゅ」に対する安全審査における評価では、保守的に即発臨界によるエネルギー発生を評価した上で、損傷炉心の原子炉容器内での保持・冷却が可能との結果を示している。⁷⁾

(2) 原子炉冷却系に関する特徴

高圧系である軽水炉では、冷却材喪失事故が代表的な設計基準事故となっており、原子炉冷却材バウンダリー破損時の減圧沸騰による冷却材喪失、除熱異常に対処するための減圧・注水・熱除去設備を備えている。原子炉格納容器内に流出し、蒸発した冷却材を凝縮・冷却するための原子炉格納容器スプレイ系等を備えており、基本的に原子炉格納容器内で冷却材を保持し、炉心を注水冷却するシステムとなっている。重大事故時には、ジルコニウム-水反応等によって発生する水素の蓄積と燃焼、溶融燃料と水の接触に伴う水蒸気爆発、燃料デブリとコンクリートの相互作用等が問題となるため、これらの発生を防止あるいは影響を緩和するための対策が必要となっている。

低圧系であるSFRでは、原子炉冷却材バウンダリー破損に対しても冷却材の相変化がなく、原子炉容器を覆うガードベッセル等の静的機器で冷却材の液位確保が可能である。除熱異常時にも減圧・冷却材注入は不要であり、炉心を冷却材で覆い、冷却材をヒートシンクとの間で循環させることで炉心冷却が可能である。また、原子炉停止後の主要な冷却設備となる崩壊熱除去系(「もんじゅ」の補助冷却設備に該当)は、大気をヒートシンクとし、動力源を必要としない自然循環による運転ができるように設計される。一方、原子炉冷却材バウンダリー外へナトリウムや溶融燃料が放出される原子炉格納容器内事象を想定すると、ナトリウム燃焼やナトリウム-コンクリート反応、燃料デブリ-コンクリート相互作用ⁱが発生する。これらを防止する観点から、原子炉容器の溶融貫通を防止して原子炉容器内で事象終息させることが重要である。

III. 論点に対する考え方

1. 発電用原子炉に共通する考え方

(1) 研究開発段階炉であることについて

研究開発段階炉であっても安全性に関する基本的要件

ⁱナトリウム-コンクリート反応は、両者の化学反応であるのに対し、燃料デブリ-コンクリート相互作用は、前者の崩壊熱による後者の熱分解である。

は実用炉と同じである。「もんじゅ」のこれまでの安全審査では、運転経験の僅少さから「技術的には起こるとは考えられない事象」として設計基準外事象の評価が行われている⁷⁾。これは新規制基準における重大事故関連基準の考え方を先取りして、研究開発段階炉に対して特段の配慮を求めたものと考えられる。研究開発段階発電用原子炉基準においては、実用発電用軽水炉基準と同様に、重大事故対策が要件として加えられたことから、研究開発段階炉であることを理由に、これらに付加的な要件を加える合理性はなく、要件に対する適合性について、専門家の意見を考慮して十分検討することが妥当である。

実用軽水炉と同様に、確率論的リスク評価の結果を参照して重大事故シーケンス、格納容器破損モードを同定して対策を検討する必要がある。その検討にあたっては「もんじゅ」のSFRとしての特徴を考慮して対象とする事象と対策の有効性を十分吟味する必要がある。これらの評価によって重大事故の防止と影響緩和が的確になされるとともに、十分なリスク抑制がなされていることを確認する必要がある。

(2) 重大事故対策に着目した深層防護の考え方

深層防護は、目的を達成するための概念であり、全体として有効な防護となっていることが重要である。その有効性はリスクによって判断する。

深層防護の考え方はIAEAのものに準拠⁷⁾、設計基準を超えた事象に対する炉心損傷の発生防止と影響の緩和に相当する第4層に配置する対策としては、設備対策と事故管理方策のハードとソフトを適切に組み合わせ、最も信頼性が高いものを指向すべきである。特に、既設炉においては、現有設備も有効に活用して、リスク低減の観点から合理的な方策を見出すことが重要である。

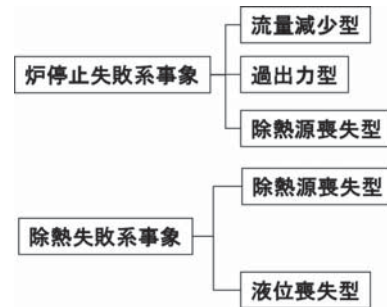
それぞれの事故シーケンスに対して発生可能性や影響、対策の有効性等との関連において現実的で有効な防護対策を講ずることができれば、必ずしも全てのシーケンスで炉心損傷状態を想定した対策を実施する必要はない。また、全てのシーケンスに画一的に炉心損傷状態を想定した対策を用意することは、全体としての有効な防護を達成する観点から必ずしも適切ではない。

2. SFRの特徴を踏まえた重大事故対策の考え方

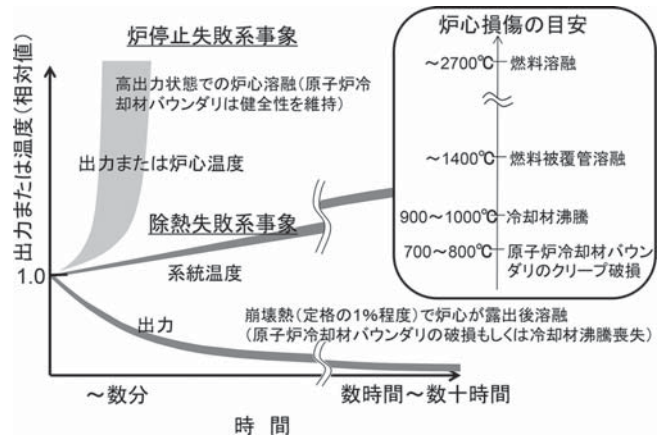
(1) SFRの炉心損傷事故の特徴

第1図にSFRの代表的な炉心損傷に至りうる事象の分類を示す。この分類における炉停止失敗系事象と除熱失敗系事象の特徴を第2図に示す。炉停止失敗系事象では、出力が上昇して短時間で炉心損傷に至る恐れがあるため、炉心損傷の防止と損傷後の炉心の保持冷却対策を十分講じる必要がある。

また、除熱失敗系事象では、事象進展は緩慢で時間的余裕が大きい。そのため、この時間的余裕を活用して多



第1図 炉心損傷事象の分類



第2図 炉停止失敗系事象と除熱失敗系事象の特徴

種・多様な対策を講じて炉心損傷を防止することが重要である。また、冷却材沸騰に至るまでの温度余裕が大きいので、炉心から冷却材が失われる事象は極めて発生しにくい。一方で、液位が失われる場合には炉心溶融は不可避となるが、ガードベッセル等の受動的(静的)対策により炉心を覆うナトリウム液位を確保してナトリウムを循環させることで除熱できる。

(2) SFRの炉心損傷事故の防止対策

原子炉の緊急停止：運転時の異常な過渡変化時に緊急炉停止に失敗すると短時間で炉心損傷に至りうるため、重大事故に至るおそれがある事故の対策として代替の緊急炉停止機能が必要となる。

原子炉液位確保：原子炉冷却材漏えいに対して原子炉液位を確保するため、1次冷却系配管を高所引き回しするとともにガードベッセルを備える。1次冷却系の2か所からの漏えい等で循環に必要な液位が失われる可能性があるが、炉心が露出するわけではなく、流出を抑制するため、サイフォンブレイクⁱⁱ⁾等の方策をとりうる。そのような対策を具体化して、有効性を十分評価する必要がある。

除熱確保：補助冷却設備の強制循環に失敗した場合でも自然循環で除熱可能である。また、強制循環機能を含む補助冷却設備の機能喪失要因を同定し、機能喪失を回

ⁱⁱ⁾ 配管の低所部での漏えいが生じた場合に、サイフォンの原理によって冷却材がくみ出されるのを防止するために、配管高所部にガスを流入させてナトリウムの流れを途絶させる操作。

避するか、または機能回復させるための方策(バルブ切り替え手動操作、ダンパ手動操作等)をとりうる。

(3) SFRの原子炉格納容器破損要因と防止対策

原子炉格納容器破損要因としては、ナトリウム噴出燃焼、ナトリウム-コンクリート反応及びデブリ-コンクリート相互作用による水素発生と蓄積・燃焼、漏えいした高温ナトリウムの燃焼、燃料デブリ発熱による過熱、燃料デブリによる基礎コンクリート浸食貫通等の事象による影響が考えられる。これらが発生しうる事故シナリオにおいて事象発生防止方策と事象発生時の影響緩和方策を組み合わせて対策する。ここで、前述のこれまでの「もんじゅ」に対する安全審査における評価結果によれば、炉停止失敗系事象では、炉心が損傷したとしても原子炉容器内の事象終息が可能であり、これによって格納容器への負荷を軽減できる。また、除熱失敗系事象では、炉心損傷までの時間的余裕があることから、その余裕を活用して、炉心損傷防止のための手段とは独立した手段によって、原子炉容器内で炉心をナトリウムから露出させることなく保持・冷却することが望ましい。

3. SFRの重大事故等対処施設に関する基準の見直し案

SFRの重大事故等対処施設としては、「もんじゅ」の設備を念頭におくものの、具体的な対策は申請者の判断に依存するため、より一般化した構成としておき、申請者側の提案に応じて具体化していく運用とするべきと考え、研究開発段階発電用原子炉基準とその解釈の見直し案を検討した。

第3表に示すとおり、原子炉停止、炉心冷却及び格納に関する第44条～第52条は、軽水炉の設備構成を念

第3表 重大事故等対策設備に関する条文の構成案

条	現状	見直し案
44	緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	発電用原子炉を緊急停止するための設備
45	原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	削除
46	原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備	削除
47	原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備	発電用原子炉を冷却するための設備
48	最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備	
49	原子炉格納容器内の冷却等のための設備	原子炉格納容器の損傷を防止するための設備
50	原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備	
51	原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却するための設備	
52	原子炉格納容器の損傷を防止するための設備	
56	原子炉停止システム失敗時に炉心の著しい損傷及び格納容器破損を防止するための設備	削除

頭においた記述となっているため、その趣旨とSFRの特徴を踏まえて、「発電用原子炉を緊急停止するための設備」、「発電用原子炉を冷却するための設備」、「原子炉格納容器の損傷を防止するための設備」に集約した。また、「第56条：原子炉停止システム失敗時に炉心の著しい損傷及び格納容器破損を防止するための設備」は、研究開発段階炉であることを考慮して、結果が厳しくなると予想される炉心損傷事象に対して、格納機能を確保することを求めていると解釈されるが、全般的にSFRの特徴に応じた基準とその解釈に見直すことにより不要とできると考えた。その趣旨は「第37条：重大事故等の防止等」に含める。

IV. おわりに

本年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画では、核燃料サイクル政策については、中長期的な対応の柔軟性を持たせるとしている。また、プルスーマルの推進等によりプルトニウムの適切な管理と利用を行うとともに、米国やフランス等と国際協力を進めつつ、高速炉等の研究開発に取り組むこととされており、「もんじゅ」については高速炉の研究開発の中核としての活用が期待される。このため「もんじゅ」に適用される新しい安全規制基準の見直し・具体化にあたって、本検討会の検討結果が役立てられれば幸いである。

(執筆担当：日本原子力発電(株)・久保重信)

－ 参考資料 －

- 1)「研究開発段階発電用原子炉安全設計方針検討会」報告書、平成26年4月、日本原子力学会新型炉部会。
- 2)研究開発段階発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈、平成25年6月19日原管P発第1306192号原子力規制委員会決定。
- 3)高速増殖炉の安全性の評価の考え方、昭和55年11月6日、原子力安全委員会決定、一部改訂平成13年3月29日、原子力安全委員会。
- 4)高速増殖炉原型炉もんじゅに係る新安全基準の策定について、平成25年2月27日、原子力規制庁。
- 5)研究開発段階発電用原子炉の関係規則等に係るパブリックコメントで寄せられた意見への対応について、平成25年6月12日、原子力規制庁。
- 6)実用発電用原子炉に係る新規規制基準について―概要―、平成25年9月、原子力規制委員会。
- 7)高速増殖炉研究開発センター 原子炉設置変更許可申請書(高速増殖炉原型炉もんじゅ原子炉施設の変更)本文及び添付書類の一部補正、平成19年5月、日本原子力研究開発機構。
- 8)Defence in Depth in Nuclear Safety, INSAG-10, A report by the International Nuclear Safety Advisory Group, IAEA, 1996.

地球温暖化防止のための長期エネルギービジョン

第2回 途上国の課題と原子力・炭素回収隔離の役割

キャノングローバル戦略研究所 氏田 博士, 段 烽 軍, 湯原 哲夫

途上国, 特に中国, インドとアセアン諸国において, エネルギー構成の低炭素化と多元化プロセスが先進国より数十年遅れるが, 人口と経済の成長に伴いエネルギー消費が大幅に増加するため, 長期的には省エネだけでなく化石燃料への炭素回収隔離 (CCS) や発電技術の燃料転換など, 先進国同等あるいはそれ以上の低炭素化と多元化が必要となることが分かる。

長期のエネルギー構成の中で, 再生可能エネルギーとともに原子力も重要な役割を果たすことを明らかにした。しかし, 福島第一原発事故を受け, 原子力エネルギーに対する懐疑論があるのも事実である。また, 今後のエネルギー需要の伸びを考えれば化石燃料が必要であるので, 地球温暖化を防止するうえで CCS もまた必須の技術となることも示した。これもまた隔離技術の信頼性と隔離ポテンシャルに疑問が呈されている。そこで, 原子力フェーズアウトと CCS なしの世界を考えたパラメータサーベイを実施し, いずれがなくなってもエネルギーシステムコストは4割増加することが分かった。

I. はじめに

先の解説のシミュレーション結果により, 途上国において, 長期的には先進国同等あるいはそれ以上の低炭素化と多元化が必要となることが示された¹⁾。その実現すべき対策と地域を検討する。

長期のエネルギー構成の中で, 再生可能エネルギーとともに原子力も重要な役割を果たすことは, シミュレーションにより明らかである¹⁾。しかし, 福島第一原発事故を受け, 原子力エネルギーに対する懐疑論があるのも事実である。また, 今後のエネルギー需要の伸びを考えれば化石燃料が必要であるので, 地球温暖化を防止するうえで炭素回収隔離 (CCS) もまた必須の技術となる。これもまた隔離技術の信頼性と隔離ポテンシャルに疑問が呈されている。そこで, 本解説では, 原子力フェーズアウトと CCS なしの世界を考えたパラメータサーベイを実施し, 電源構成, CO₂ 排出量, システムコストなどを Z650 排出制約シナリオと比較する²⁾。

II. 先進国と途上国に必要なエネルギー起源 CO₂ 削減

グローバルで衡平性を持つ CO₂ 排出経路の実現方策, すなわち現在のエネルギーと環境の政策を継続する BAU から地球温暖化を抑制できる Z650 を実現するためには, どこでどのようにエネルギー起源の CO₂ 排出を削減しなければならないかを検討する。シナリオ解析の結果をまず地域別で見ると, 第1図に示すように, これから経済が大きく成長していく途上国における貢献が期待されている。特に中国, インドとアセアン諸国における削減量が, 2050年にそれぞれ削減総量の31%, 13%, 8%と半分以上を占める。すなわち, エネルギー消費が大幅に増加していく国の低炭素化が, 温暖化抑制のカギを握っている。先進国では, 米国の削減量が一番多く, 2050年に削減総量の14%を占める一方, 日本における削減量は2050年まで削減総量の1%台で推移している。これは, 先進国間においても, 人口推移と経済成長によるエネルギー消費の伸び率やエネルギー構成とエネルギー効率の相違などにより削減ポテンシャルが異なることを示している。

また, 先の解説の第6図の技術別の削減量から見ると¹⁾, 省エネ効果の割合が一貫して大きく, 2030年と2050年においてそれぞれ削減総量の42%と32%を占める。CCSは, 2030年以後に大きく貢献し, 2050年に削減総量の27%を超え, 省エネに続いて貢献度が二番目とな

Examination of a Globally Sharable Mid- to Long-Term Vision for a New Climate Regime (2) ; Developing Country Problems and Nuclear Role : Hiroshi UJITA, Fengjun DUAN, Tetsuo YUHARA.

(2014年7月4日受理)

■前回タイトル

第1回 長期ビジョンに基づくエネルギーシステム構成

る。次に重要なのは発電技術の燃料転換であり、2030年と2050年においてそれぞれ削減総量の25%と27%を占める。再生可能エネルギーの役割が中心であるが、後半になると、原子力の貢献度も高くなる。運輸部門と産業民生部門における燃料転換による削減は、資源と技術の制約があるため、貢献度が低い。

以上まとめると、2050年までにおいては、Z650を実現するために、途上国の火力発電所効率向上、また産業の高効率化や運輸の燃費向上などの省エネの推進が最も重要であるが、世界全体で、特にエネルギー需要の伸びが著しい途上国を中心に、再生可能エネルギーと原子力の大規模利用と同時にCCSの展開も必要である。

III. 原子力フェーズアウト及びCCSなしのケースの代替技術

2020年から原子力プラントの新設なしで50年寿命とする原子力フェーズアウトNPOと、火力プラントへのCCS設置をなくすNoCCSのケースを、Z650と比較する。

1. 2050年の姿

第2図に2050年の電源構成を、NPO及びNoCCSについて示す。いずれのケースでも、再生可能エネルギーが大幅導入される。

原子力フェーズアウトとなればその電力量は大幅に減少するが、2050年において、先進国では既設炉の寄与が若干残るのに対し、途上国ではほぼなくなる。原子力の代替は、先進国では再生可能エネルギーの中でもバイオマスと太陽光の伸びが大きい。途上国においては、火力と再生可能エネルギーがほぼ同程度であり、その中で太陽光発電の伸びが大きい。

CCSの設置をなくした場合、火力発電の寄与は大幅に低下する。その代替は先進国では、主に原子力、バイオマス、太陽光によって行われる。それに対し途上国では、原子力と太陽光によって代替されている。

内訳の分析により、下記のことが分かる。

- (1) 太陽光は他技術に比べ割高であり、Z650のCO₂制約の条件でさえもほとんど利用されないが、NPOやNoCCSといった厳しい条件に対しては伸び代が最も大きい
- (2) 特に途上国においては、原子力、風力、バイオマスともZ650条件の時点ではほぼ導入量の上限に達しており、太陽光が唯一の選択肢となる。
- (3) 先進国は原子力やバイオマスにやや余裕があるため、比較的バランスよく代替が行われ、コストへの影響は小さい。

第3図に部門別のCO₂排出量を示す。発電部門は、Z650の排出制約のために低炭素化が実現していたが、この2つの脱炭素化技術をなくすケースでは逆にCO₂

排出が増加する。定置(産業と民生の熱利用)はもともと低炭素化が進んでいないが、NPOでは産業CCSの利用促進により、ネット排出は5%減少する。運輸では2ケースとも、電気自動車、燃料電池車の普及、バイオ燃料により、低炭素化が促進され約2割減少する。

第4図に示すように、標準(Z650)に比べて、NPO、NoCCSのエネルギーコストは、1,000B\$～100兆円(総額より1割増加)の増加となっており、主に転換部門(再生可能エネルギー導入の影響など)と車両が寄与している。なお、NPOやNoCCSのコストへの影響は途上国の方がやや大きい。

2. 2100年の姿

第5図に2100年までの電源構成を示す。NPOやNoCCSでは燃料電池(FC)の寄与が有意に増加する。原子力ではウラン資源量の制約、火力ではCCSの貯留ポテンシャルの限界、また再生可能エネルギーでは出力変動対策による上限、のためである。

NPOでは、2050年頃までは主にCCS付きの天然ガス火力で代替するが、2080年以降は火力の寄与が急減し、燃料電池(FC)の大規模導入が進展する。

2100年においては、発電と運輸はほぼゼロエミッションを達成し、定置(=産業、民生の熱源)が主要な排出源となる。定置における主要なCO₂排出削減策は、産業CCS(25%上限)、バイオ燃料(標準の時点ではほぼ上限)、水素直接燃焼、水素燃料電池(FC)の4つである。

第6図に示すように、標準(Z650)と比べたNPO、NoCCSのエネルギーコストの増加分は、2050年の1,000B\$、～100兆円(総額より1割増加)に比べ、10倍の10,000B\$、～1,000兆円(4割増加)である。特に転換部門の影響が大きい(水素関連設備、太陽光など)。

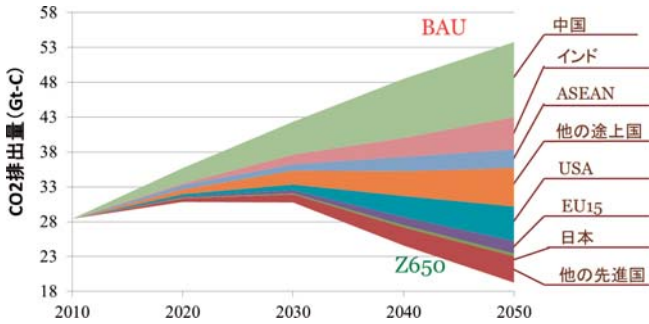
IV. 考察

1. エネルギービジョン

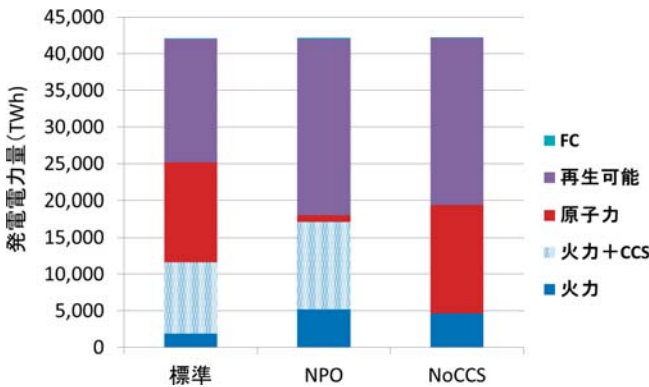
Z650は2030年までのCO₂制約がやや緩やかなシナリオではあるが、それでもその実現に当たっては、原子力とCCSの大規模導入を想定している。これらのいずれかが停滞した場合、解がなくなることはないが、太陽光など寄与が増加することで、経済性は明らかに悪くなる。特にCCSをなくした場合の影響が大きい。また、技術的対策の余地は僅少となり有効な技術の不確実性は増大する。例えば、コスト評価では将来的に太陽光のコストが着実に低減していくことを想定しているが、これが停滞するとコスト負担はさらに大きくなる。

2. 原子力ビジョン

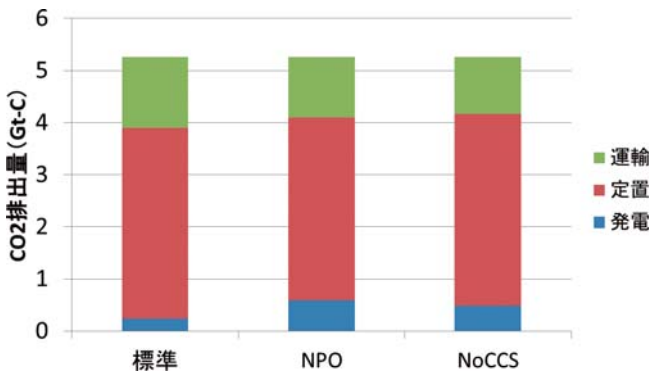
国際エネルギー機関(IEA)は、中国、インド、ロシアなどが将来エネルギー需要の伸びが大きく、各種エネルギープライスは上昇する。福島原発事故では死者はなく



第1図 地域別エネルギー起源 CO₂ 排出削減量(2050年)



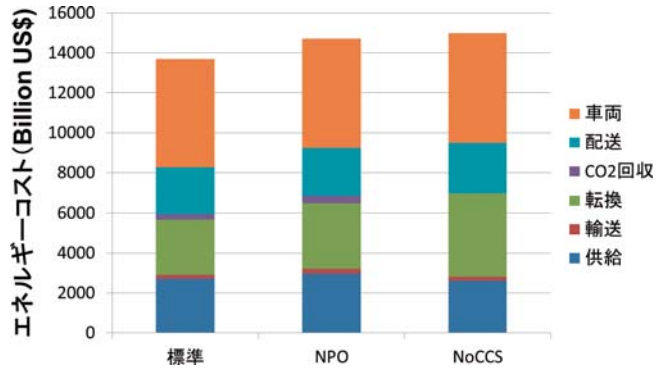
第2図 標準(Z650), 原子力フェーズアウト(NPO), CCSなし(NoCCS)の電源構成(2050年)



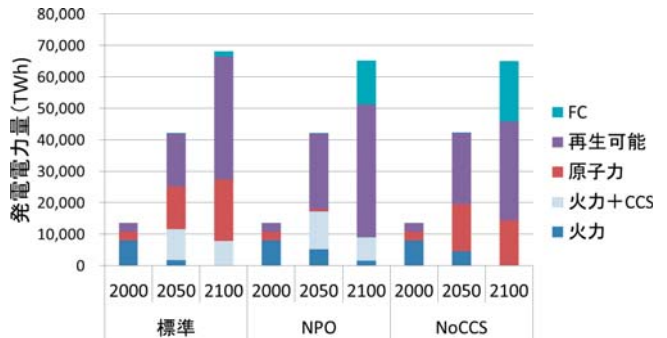
第3図 標準(Z650), 原子力フェーズアウト(NPO), CCSなし(NoCCS)の部門毎CO₂排出(2050年)

事故としては大きくないが、社会的影響は大きい。ドイツなど一部で止める動きはあるが、エネルギーセキュリティ上必要であり、途上国の原子力開発の支援は重要であると述べている³⁾。また世界原子力協会(WNA)は、エネルギー政策は、地球温暖化と政治的・経済的判断とセキュリティの問題とのバランスで決まるが、地球温暖化を考えると、原子力を代替するエネルギーは少なく、原子力なしはコスト高。特に、米国とインドは原子力が必要。結局は、エネルギーミックスとして、再生可能と原子力の開発が並行して行われるだろうと述べている⁴⁾。どちらも我々の予測や考察と同趣旨である。

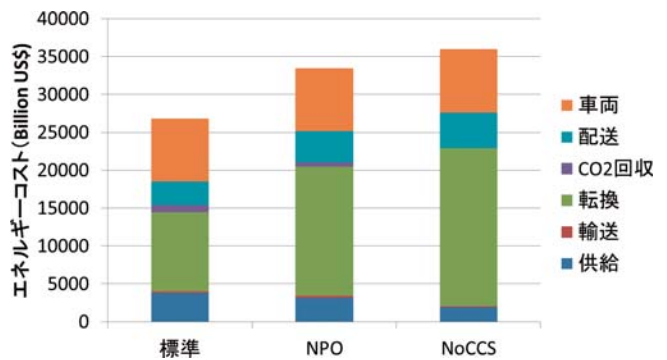
原子力が今後どうあるべきかは、それぞれの国家が判



第4図 標準(Z650), 原子力フェーズアウト(NPO), CCSなし(NoCCS)のエネルギーコスト(2050年)



第5図 標準(Z650), 原子力フェーズアウト(NPO), CCSなし(NoCCS)の電源構成(2100年)



第6図 標準(Z650), 原子力フェーズアウト(NPO), CCSなし(NoCCS)のエネルギーコスト(2100年)

断すべきことではあるが、少なくとも福島原発事故を起こした当事国としての日本がどうするかは、明確に説明すべきであろう、特に原子力発電を止める場合はなぜ止めるのかをはっきりと宣言しなければならないと考える。もしどこかで事故が起これば世界的なフェーズアウトになるのは必然であり、統一的で合理的な安全基準(体制・規制・設計・運用)を世界的に作っていくべきである。国際原子力機関(IAEA)主導で様々な議論がされているが、その中で日本はこの事故の分析と検証を精力的に実施し、安全問題に対するリーダーシップを取るべきではないか。

原子力は、持続的発展のために、また将来の世代が豊

かな生活を楽しめるために、なくてはならないものである。原子力は、エネルギーポテンシャルが大きい分、ポテンシャルハザードも大きい。この影響の大きさを十分に抑え込み、そしてそのポテンシャルを有効活用するのが、我々技術者の使命であると考えている。今回の事故のように大地震と巨大津波の連成のような事態も想定し、その問題点を世界の専門家ですら十分に分析し、安全思想を再構築すべきである。

V. まとめ

途上国、特に中国、インドとアセアン諸国において、エネルギー構成の低炭素化と多元化プロセスが先進国より数十年遅れるが、人口と経済の成長に伴いエネルギー消費が大幅に増加するため、長期的には省エネだけでなく化石燃料への炭素回収隔離(CCS)や発電技術の燃料転換など、先進国同等あるいはそれ以上の低炭素化と多元化が必要となること分かる。

エネルギーシステムコスト最適化のシミュレーション結果によれば、BAUからZ650までCO₂排出量を削減するためには、省エネルギー、それと発電における再生可能と原子力、それから化石に対する炭素の回収隔離、この4つの技術が重要になる。さらに、原子力フェーズアウトとCCSなしの世界を考えたパラメータサーベイを実施し、いずれがなくなってもシステムコストは4割増加する。CO₂排出量を削減するためには、全ての技術を総動員する必要がある、そのうちの一つに原子力があるという位置付けである。

原子力システムはもともと安全性を十分に考慮したシステムであり、また今は安全思想の再構築についてIAEAを中心に各国で考えられて安全性向上が図られつつある。それに加え、安全性向上、利便性向上など新たな

原子炉概念、また核変換技術などの革新的な研究開発が進められている。これももちろんさらなる安全性向上に寄与してゆくものと考えられる。地球温暖化とエネルギーセキュリティを考えれば、やはり原子力は必須なエネルギー源である。CO₂削減するという事は、2100年、2200年、2300年と将来の世代のためにあるわけで、そのためには省エネルギー、原子力、再生可能エネルギー、化石エネルギーの炭素回収隔離、全ての技術開発を今から同時に精力的に進めなければならない。

— 参考資料 —

- 1) 氏田博士, 段烽軍, 湯原哲夫, 地球温暖化防止のための長期エネルギービジョン, 第1回 長期ビジョンに基づくエネルギーシステム構成, 日本原子力学会誌, 56 [9], p.44, (2014).
- 2) 都築, 氏田, 新たな気候変動レジームの確立に向けて(その四) 福島事故の後のエネルギー事情, 第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 2011, 東京.
- 3) L. Fulton, G. Eads, IEA/SMP Model Documentation and Reference Case Projection. 2004.
- 4) H. Ujita, "Energy Perspective and Nuclear Role after Fukushima Daiichi Accident", "Nuclear energy: is Fukushima the end of a paradigm?", The MEDays Forum, Tangier, Morocco, November 17, 2011.

著者紹介

氏田博士 (うじた・ひろし)

本誌, 56 [9]. p.48 (2014) 参照.

段烽軍 (だん・ほうぐん)

本誌, 56 [9]. p.48 (2014) 参照.

湯原哲夫 (ゆはら・てつお)

本誌, 56 [9]. p.48 (2014) 参照.

連載
講座

放射性廃棄物概論

施設の運転および廃止措置により
発生する放射性廃棄物の対策

第2回 放射性廃棄物の管理

日本原子力研究開発機構 秋山 和樹, 他

I. はじめに

本連載講座第2回では、放射性廃棄物の主な発生箇所として原子力発電所と再処理工場(六ヶ所および東海再処理工場, ならびに英仏の再処理工場)を取り上げ、低レベル放射性廃棄物と高レベル放射性廃棄物の発生と具体的な管理状況について解説する。

一般に、「放射性廃棄物管理」という用語は、国際会議名などによく見られる“Waste Management”の意味で用いられることが多く、放射性廃棄物の発生から処分までが含まれる。本稿でいう「管理」とは、本連載講座第1回¹⁾で概説した「処分前管理」(以下、「管理」という)に相当する。放射性廃棄物の管理段階では本連載講座第1回¹⁾で概説されているように、貯蔵や輸送段階での放射性廃棄物の取り扱いを容易にし、かつ作業員および公衆の被ばくを最小化することを目的とした減容、固化、表面除染処理など、処分に至るまでの各段階で適切な管理が行われる、または計画されている。そのうち、廃棄物の減容や固化などの処理の詳細については、本連載講座第4回に預け、本稿では、放射性廃棄物の主要な発生箇所、ならびに、それらの貯蔵施設における管理状況、輸送の際の検査などの状況を中心に述べる。また、「核原料物質、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律」(以下、「炉規法」という)、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」(以下、「障防法」という)ほかに基づく施設などから発生する放射性廃棄物の管理についても簡単に触れる。

Introduction to Radioactive Waste—Management of Radioactive Waste from Operation and Decommissioning of Nuclear and Other Facilities (2) ; Perspective of Radioactive Waste Management : Kazuki AKIYAMA, Masanori TAKAHASHI, Masaki TSUKAMOTO, Yoshihiro MIYAUCHI, Hiroshi WADA.

(2014年4月30日 受理)

■前回タイトル

第1回 放射性廃棄物対策の概要

II. 原子力発電所で発生する放射性廃棄物

原子力発電所の運転に伴って、核分裂生成物や原子炉内で中性子の照射により放射化された腐食生成物による放射能を含む廃棄物(以下、「放射性廃棄物」という)が発生し、それらには、気体状のもの、液体状のもの、紙・布・金属などの固体状のものがある。それらの放射性廃棄物は、気体・液体・固体の性状に応じて処理される(第1図²⁾)。

1. 気体状の放射性廃棄物

実用発電用の沸騰水型および加圧水型原子力発電所(以下、それぞれ「BWR」、「PWR」という)の運転に伴って発生する気体状の放射性廃棄物(以下、気体廃棄物という)の主な発生源は次のとおりである。

- ・復水器空気抽出器排ガス(BWR)
- ・体積制御タンクのパージガスおよびベントガス(PWR)
- ・各建屋の換気空調系からの排気

気体廃棄物は、活性炭式希ガスホールドアップ装置や減衰タンクにより含まれる放射性物質を減衰させ、フィルタで放射性物質をできるだけ取り除いた後、放射性物質の濃度が安全であることを監視しながら大気中に放出している。

排気筒から大気中に放出される気体廃棄物中の希ガスの放射能濃度は、排気筒モニタにより連続的に測定し、あらかじめ設定した警報値を超えると現場および中央操作室にて警報音が発せられ、当直長は運転手順書に基づき必要な措置をとる。ヨウ素については連続的に測定用のヨウ素フィルタに捕集し、定期的にフィルタを交換・測定し、放出放射エネルギー、放出放射能濃度を測定している。

2. 液体状の放射性廃棄物

原子炉の冷却に水を使用しているため、原子力発電所の運転に伴って、液体状の放射性廃棄物(以下、「液体廃棄物」という)が発生する。液体廃棄物の主な発生源は次

のとおりである。

- ・機器ドレン廃液 (BWR, PWR) : 原子炉水や復水などを取り扱うポンプ, バルブなどの機器からの微小な漏洩水
- ・1次冷却抽出水 (PWR) : PWRの1次系冷却水のホウ素濃度, pHなどの水質調整のためのサンプリング水
- ・床ドレン廃液 (BWR, PWR) : 設備の検査, 保守工事などで機器などを洗浄した廃液, 建屋内の汚染拡大を防止するため床・壁の水洗い清掃で発生した洗浄廃液, 換気設備(冷房機器)の運転に伴い発生する凝縮水など
- ・洗濯廃液 (BWR, PWR) : 汚染管理区域内で装着する衣服などの専用洗濯設備から発生する廃液, 身体除染時のシャワー・手洗い水など

これらの液体廃棄物は, ろ過装置, 脱塩装置, 蒸発濃縮装置などで処理された後, 原則として循環再使用されるが, 放射能の含有量が十分に低いことが確認されたものについては, 一部を直接放流している。

廃液を蒸発濃縮処理した後に残る放射能が濃縮された液体はセメントなどによる固化処理後, 固体状の放射性廃棄物として, 放射性廃棄物貯蔵庫で保管している。

なお, 炉規制法に基づき, 原子力発電所も含めた原子力施設ごとの放射線管理状況に関する報告書³⁾が規制機関に提出されている。本報告書に, 原子力発電所から放出された放射性気体廃棄物および液体廃棄物の年度ごとの総放出量と原子炉基数の年度別推移がまとめられている。

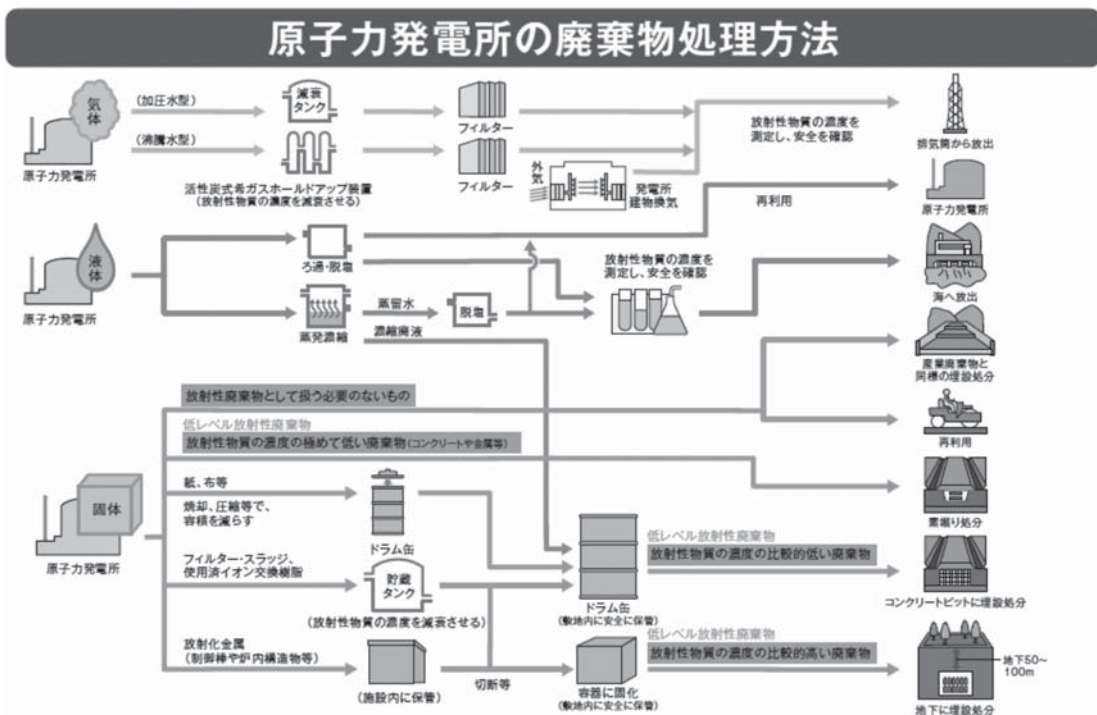
3. 固体状の放射性廃棄物

発電所で使用した水などの浄化に使用されたフィルタ, 金属, プラスチック, 保温材などが相当する。また, 定期検査などでの機器の取替工事や修繕工事に伴い発生する, 可燃性のウェスなども含まれる。これらの固体状の放射性廃棄物(以下, 「固体廃棄物」という)のうち, 可燃性の紙や布は焼却や圧縮, 不燃性・難燃性のガラスや金属などは, 必要に応じて切断・圧縮・熔融処理などを行い, 容積を減らしてから専用の容器(ドラム缶など)に封入し, セメント系充てん材で, ドラム缶と一体となるように固型化する。封入や固型化により安定な状態にある廃棄物(以下, 「廃棄体」という)は, 放射性廃棄物貯蔵庫にて保管した後, 発電所内で放射能濃度, 重量, 表面汚染密度, 線量率などの検査に合格したのについて, 青森県六ヶ所村にある日本原燃の「低レベル放射性廃棄物埋設センター」(以下, 「埋設センター」という)へ輸送される。

なお, 固体廃棄物については先述の放射線管理状況に関する報告書に廃棄物発生量と累積保管量の年度推移がまとめられている³⁾。

4. 廃棄体確認

埋設事業者である日本原燃によって埋設される廃棄体は, 技術上の基準を満足する形で, 原子力発電所で製作され, 日本原燃は, 電気事業者が原子力発電所で行う検査と検査記録と製作記録の確認を行っている。さらに, 原子力規制委員会が, 原子力発電所と埋設センターそれぞれで検査を実施し, 技術上の基準(第2図⁴⁾)に適合することを確認している。



第1図 原子力発電所の廃棄物処理方法²⁾

・電気事業者による検査

電気事業者は、埋設しようとする廃棄体が技術基準を満足していることを確認するために廃棄体の発生元である原子力発電所で検査を行う。この検査に合格した廃棄体が廃棄確認申請の対象廃棄体となる。

なお、電気事業者が適切な検査を行えるよう、日本原燃が指導・助言するとともに、廃棄体が技術基準などに適合していることを日本原燃も自主的に確認している。

・廃棄確認申請

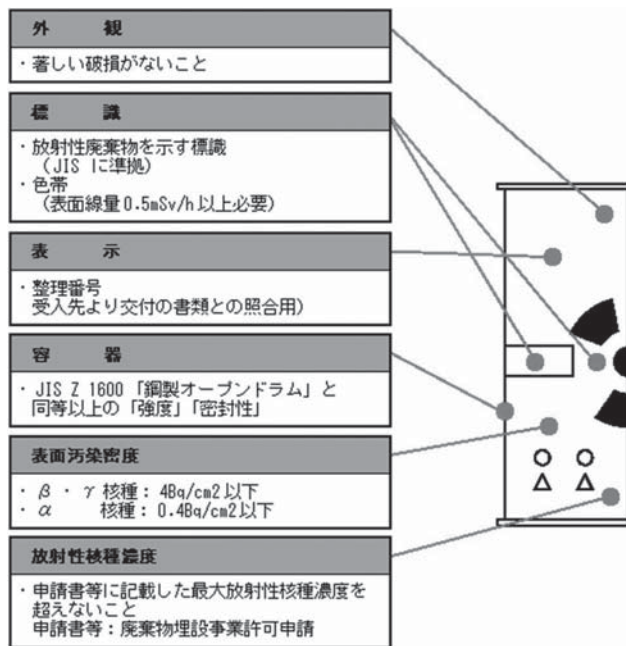
電気事業者による検査において、測定された廃棄体のデータが法令上および事業許可申請書上における廃棄体の技術基準などを満足していることを確認を行った後、日本原燃は法令に従い指定廃棄確認機関に対し当該廃棄体データに基づき廃棄確認申請を行う。

・指定廃棄確認機関による確認

指定廃棄確認機関は、廃棄確認申請書に記載されている内容について、埋設しようとする廃棄体が法令、技術基準および事業許可申請書上の要求事項を満足していること、ならびに申請書のデータが正しいものであることを、廃棄体の発生元である原子力発電所にて確認する。

廃棄体は原子力発電所での検査を受けた後、専用運搬船により日本原燃の原子燃料サイクル施設に隣接する「むつ小川原港」まで海上輸送され、専用道路を通過して埋設センターの低レベル廃棄物管理建屋へ搬入される。埋設センターでは受け入れた廃棄体に対して以下のような最終検査が行われる。

- ①外観検査(輸送中の破損の有無の確認)
- ②整理番号の確認(原子力発電所から送られてきた廃



棄体と受け入れた廃棄体が同一であることの確認)

- ③ RI マークの確認 (RI マークが貼付されていること
の確認)

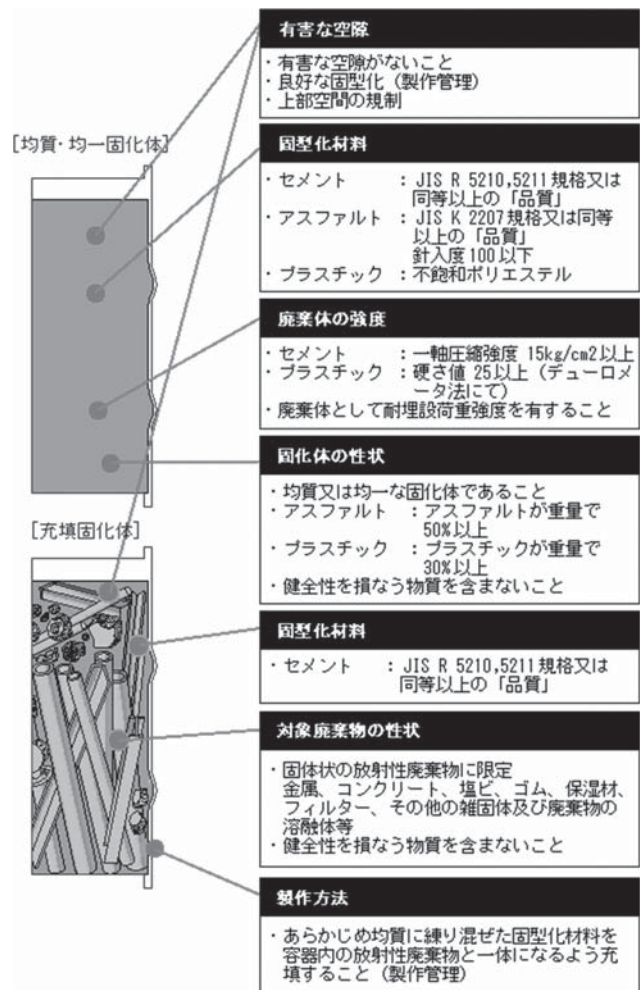
検査の後には、専用のトラックで埋設施設に運ばれ、次の手順で埋設される。

- ① 定置: 埋設設備に廃棄体を定置する。
- ② 充てん: 廃棄体と廃棄体の間にセメント系充てん材 (モルタル) を注入する。
- ③ 覆い: 埋設設備の上部を鉄筋コンクリートで覆い、一つの岩石のように仕上げる。
- ④ 覆土: 埋設設備に点検路を取り付け、上面及び側面は水を通しにくいベントナイト (粘土の一種) 混合土で覆い、その上部に土砂などを被せ、植生を施す。

Ⅲ. 再処理工場で発生する放射性廃棄物

1. 東海再処理工場の放射性廃棄物管理

再処理に伴い発生する放射性廃棄物は、原子力発電所から発生する廃棄物と同様、性状により、気体廃棄物、液体廃棄物、固体廃棄物に大別され、液体廃棄物及び固体廃棄物は、さらに高放射性廃棄物と低放射性廃棄物にそれぞれ分類される。「核種組成」、「放射能濃度」、「物



第 2 図 低レベル放射性廃棄物の廃棄体に係る技術基準⁴⁾
(左図: 廃棄体外部の特徴, 右図: 廃棄体内部の特徴。参考資料 4) をもとに作成)

理的性状」,「化学的性状」などの観点から多種多様の特性を有していることが特徴である。

日本原子力研究開発機構(以下、JAEA という)東海再処理工場では、使用済燃料の溶解槽や廃液貯槽などの槽類換気系および建屋などの換気系から排気される気体廃棄物は、高性能フィルタやヨウ素フィルタにより放射性物質を除去したのち、排気筒から排出している。

液体廃棄物のうち、高放射性液体廃棄物は、ガラス固化技術開発施設(TVF)にてガラス固化し、製作したガラス固化体(120ℓ容器)は施設内で保管している。低放射性液体廃棄物は、主に蒸発濃縮し、放射性物質が取り除かれた凝縮液は、中和処理、油分除去処理を行ったのち、海洋に放出している。濃縮液は、アスファルト固化処理施設(ASP)での火災・爆発事故(1997年)が発生するまでは、アスファルトで固化し、このアスファルト固化体(200ℓ容器)は、アスファルト固化体貯蔵施設(AS1, AS2)で保管している。事故後は、濃縮液は処理されることなく、貯槽に液体の状態でも保管している。現在、アスファルト固化の代替方法として、セメントを用いた固化技術の開発を進めており、低放射性廃棄物処理技術開発施設(LWTF)での処理を計画している。

また、抽出分離工程からの使用済抽出溶媒(廃溶媒)は、廃溶媒処理技術開発施設(ST)にてプラスチック固化体(100ℓ容器)にし、さらにドラム缶(200ℓ容器)に封入してアスファルト固化体貯蔵施設(AS1, AS2)で保管している。

一方、使用済燃料の溶解時に発生する燃料被覆管のせん断片(ハルと称する)などの高放射性固体廃棄物は、ハル缶(350ℓ容器)に封入し、高放射性固体廃棄物貯蔵施設(HASWS, 2HASWS)で保管している。

低放射性固体廃棄物のうち、 $\beta(\gamma)$ 系の可燃性の固体廃棄物は、焼却減容し、その他の不燃性などの固体廃棄物は、ドラム缶(200ℓ容器)などに封入し、低放射性固体廃棄物貯蔵場(1LASWS, 2LASWS)で保管している。

2. 六ヶ所再処理工場の放射性廃棄物管理

青森県六ヶ所村に建設中である再処理工場は、2014年10月にしゅん工を予定しており、再処理工場の操業以降は、各工程から運転に伴う放射性廃棄物が発生する予定である。既に、放射性物質を用いたアクティブ試験が実施され、放射性廃棄物としては試験的に製造されたガラス固化体が発生している。想定される放射性廃棄物は東海再処理工場からのものと一部異なるが、高レベル放射性廃棄物以外は「TRU廃棄物」として、その種類や量、放射能に関して再処理工場の設計・建設段階から検討されており、発生箇所や主成分とともにまとめられている⁵⁾。

なお、原子燃料サイクルの円滑な推進のためには、再処理工場から発生する放射性廃棄物を「処理」、「貯蔵管理」し、合理的に「最終処分」に結び付けていくことが重

要な課題である。そのため、六ヶ所再処理工場では将来の最終処分を念頭に「処理」および「貯蔵管理」においては以下を基本方針としている。

- 再処理工場で使用する化学薬品(硝酸、リン酸トリブチル(TBP)など)は可能な限りの再利用
- 放射性核種(発生場所)、放射エネルギー、物理的性状、化学的性状などによる放射性廃棄物の「分別」管理
- 「分別」管理に基づく、合理的な処理方式を組み合わせた廃棄物処理の実施
- 将来の処分に柔軟に対応するための中間貯蔵体の「貯蔵管理」

3. 返還廃棄物の管理

電気事業者(9電力会社および日本原子力発電)は、原子力発電所から発生する使用済燃料の一部を、フランスおよび英国の再処理工場に委託して再処理している。分離されたウランやプルトニウムは、原子燃料として再利用するため電気事業者に戻され、同時に再処理に伴い発生した放射性廃棄物も返還される。このうち高レベル放射性廃液中の放射性物質は、溶融ガラスと混ぜ合わせて容器に封入・固化され、高レベル放射性ガラス固化体(以下、返還ガラス固化体という。うち、フランスで製造されたものはCSD-Vと称する)として輸送容器(キャスク)に収納され、海上輸送により返還される。

六ヶ所村にある日本原燃の高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターは、両国からの返還ガラス固化体を最終処分するまでの間、冷却のために貯蔵する施設である。返還ガラス固化体は、同センター内で安全な貯蔵管理が可能であることを確認するための検査・測定が行われ、最終的な処分に向けて搬出されるまでの30～50年間、冷却・貯蔵される。検査室や貯蔵区域は、放射線遮へいの目的で、約1.5～2m厚の鉄筋コンクリート壁で囲まれている。

なお、返還ガラス固化体の輸送は、1995年4月から開始され、2007年3月末までに1,310本がフランスより返還され、2010年3月からは英国からの返還が開始されている。また、フランスからはハルや、燃料集合体内の燃料棒を支えるエンドピースなどを圧縮してキャニスタ内に封入した廃棄体(CSD-Cと称する)、および再処理施設(UP2-400)の廃止措置に伴い発生する洗浄廃液をホウケイ酸ガラス固化した低レベル放射性ガラス固化体(CSD-Bと称する)が返還される予定である。

IV. その他の放射性廃棄物

炉規法、障防法、他関係法令に基づく施設、医療関連機関などからも種々の放射性廃棄物が発生している。その放射性核種は多種多様にわたるが、基本的には前述の施設と同様に、気体廃棄物と液体廃棄物は法律に基づく排出基準に適合していることを確認後、環境に排出され

ている。一方、固体廃棄物は埋設処分場が整備されるまで、保管管理されている。

1. 炉規法に基づく施設から発生する放射性廃棄物

ウランを取り扱う濃縮施設や燃料加工施設、核燃料物質の使用施設、核燃料を装荷する試験研究炉などから発生する放射性廃棄物がある。

作業時に発生する気体廃棄物はフィルタなどにより、液体廃棄物は凝集沈殿や蒸発濃縮などにより放射性物質を除去し、法律に基づく排出基準に適合していることを確認後、環境に排出している⁶⁾。機材や廃液処理および排気処理などに伴う放射性廃棄物は各発生事業者により安全に保管管理されている。廃液を凝集沈殿した残渣物、イオン交換などの処理により発生するスラッジや可燃性固体廃棄物の焼却灰はドラム缶などに封入され、各事業所内の貯蔵庫に貯蔵されている⁷⁾。また、施設解体時に発生する廃棄物の物量低減化を図るために金属を対象としたクリアランス化が進められている。

ウランを含むフィルタやスラッジ、焼却灰や種々の固体廃棄物はウラン廃棄物に分類され、その処理処分については、平成12年に原子力委員会から「ウラン廃棄物処理処分の基本的考え方について」⁸⁾が示されている。

2. その他の低レベル放射性廃棄物

上記以外にも JAEA やその他の研究機関、大学などの原子力施設、放射性同位元素の使用施設(放射線発生施設を含む)、さらには医療関連機関から低レベル放射性廃棄物が発生している。これらの低レベル放射性廃棄物は、主にこれらの施設の作業や試験に伴い発生するゴム手袋や紙ウェス、実験器具、放射性廃液などに加えて、施設の解体から発生する廃棄物である。そのうち、液体廃棄物は蒸発などによる濃縮ののち、安定に固化される。また、固体廃棄物は不燃物と可燃物に分別され、焼却や除染、圧縮、溶融による減容処理ののちドラム缶に封入され、貯蔵される。これらの廃棄物は、各発生事業所で貯蔵されているが、放射性同位元素の使用施設や医療関連機関から発生する廃棄物については、日本アイソトープ協会が集荷・処理、貯蔵を集中的に実施している^{9~11)}。なお、平成20年の原子力機構法の改正により、研究施設等廃棄物の埋設事業の実施主体は、JAEA と位置づけられており、このような低レベル放射性廃棄物も対象とした埋設事業の展開が図られようとしている。

V. おわりに

本稿では、原子力発電所、六ヶ所および東海再処理工場、高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センター、低レベル放射性廃棄物埋設センターを中心に、各施設における放射性廃棄物の管理についてわかりやすく解説した。放射性廃棄物に馴染みの薄い読者に対して、いくらかでも現

場での具体的な放射性廃棄物管理の状況が伝われば幸いである。詳細なデータや情報は参考文献などを参照されたい。

— 参考資料 —

- 1) 長尾誠也, 山本正史, 連載講座「放射性廃棄物概論第1回」, 日本原子力学会誌 56 (9), pp.593-597 (2014).
- 2) 電気事業連合会, 「原子力・エネルギー図面集」, p. 8-1-3. http://fepec-dp.jp/pdf/07_zumenshu_j.pdf
- 3) 原子力規制庁, 「原子力施設に係る平成24年度放射線管理等報告について」, 別添1, 平成25年10月9日.
- 4) 原子力環境整備促進・資金管理センター「低レベル放射性廃棄物の廃棄体に要求される技術基準」, 原環センターライブラリ ポケットブック. http://www.rwmc.or.jp/library/pocket/post_2.html5
- 5) 電気事業連合会・核燃料サイクル開発機構, 「TRU 廃棄物処分技術検討書—第2次 TRU 廃棄物処分研究開発取りまとめ—」, 第2章, 平成17年9月.
- 6) 日本原子力研究開発機構, 「低レベル放射性廃棄物管理計画書」, 平成23年11月.
- 7) 日本原燃, 他, 「ウラン廃棄物の処分及びクリアランスに関する検討書」, 平成18年3月, pp. 2-27 ~ 2-36.
- 8) 原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会, 「ウラン廃棄物処理処分の基本的考え方について」, 平成12年12月14日.
- 9) 原子力安全基盤機構, 「平成21年度 放射性廃棄物処分に関する調査(研究施設等廃棄物に関する調査)報告書」, 平成22年9月, pp. 9 ~ 13.
- 10) 「研究施設等廃棄物の埋設事業について」, 参考資料, 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会原子力科学技術委員会 研究施設等廃棄物作業部会(第11回)平成26年2月17日.
- 11) 古川修, 「研究施設等廃棄物の処理処分」, 日本原子力学会水化学部会, 水化学と放射性廃棄物に関する研究会, 平成21年7月16日.

著者紹介

秋山和樹 (あきやま・かずき)

日本原子力研究開発機構

(専門分野/関心分野)放射性廃棄物の処理/廃止措置技術

高橋正則 (たかはし・まさのり)

日本原子力研究開発機構

(専門分野/関心分野)廃止措置技術/放射性廃棄物処理処分技術

塚本政樹 (つかもと・まさき)

電力中央研究所

(専門分野/関心分野)放射化学/放射性廃棄物の処分

宮内善浩 (みやうち・よしひろ)

電気事業連合会

(専門分野/関心分野)放射性廃棄物処分/放射性廃棄物埋設施設の性能評価

和田 弘 (わだ・ひろし)

電気事業連合会

(専門分野/関心分野)放射性廃棄物処分/廃止措置技術

解説

より実効性の高い原子力防災対策の構築に向けて

(1) 緊急事態への備えと対応—国際基準と福島の実例—

日本原子力研究開発機構 本間 俊充

原子力規制委員会が新たに定めた原子力災害対策指針は、福島第一原子力発電所事故（以下、「福島第一事故」）の教訓を踏まえ、国際原子力機関（IAEA）を中心とした緊急事態への備えと対応に関する国際基準に準拠したものとなっている。本稿では、IAEAの安全要件とその基礎となっている緊急時対応における防護戦略の基本的な考え方について解説する。

I. はじめに

原子力安全部会では、2012年に開催した8回にわたる「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー」での議論に基づいて、2013年3月に報告書（副題：何が悪かったのか、今後何をなすべきか）を発刊した¹⁾。議論の継続として、日本原子力学会「2014年春の年会」では、深層防護の適用における重要な手段の一つである原子力防災の課題を企画セッションでとり上げた。原子力防災の目的は、人と環境を放射線から防護するために原子力施設や放射線源の制御が失われた際に、その影響を最大限に緩和することにある。この具体的な実施について、諸機関の専門家による講演と総合討論で議論を深めることとした。

企画セッションでは、「原子力防災の課題と取り組み—より実効性の高い原子力防災対策の構築に向けて—」と題して、(1)緊急事態への備えと対応—国際基準と福島の実例—：本間俊充（筆者）、(2)今後の原子力防災体制について：原子力規制庁原子力防災政策課・森下泰課長、(3)避難計画の現状と課題：島根県防災部原子力安全対策課避難対策室・島田範明室長の3件の講演と日本原電・新田隆司氏の司会による総合討論が行われた。(1)報では、(1)の講演内容を解説する。また、(2)報では、(2)及び(3)の講演内容を紹介する。

Toward Enhancing Preparedness and Response Arrangements and Capabilities for a Nuclear Emergency, (1) ; Emergency preparedness and response—Concepts in international standards and Fukushima experience— : Toshimitsu HOMMA. (2014年6月16日受理)

II. 福島第一事故の教訓と原子力災害対策指針

原子力安全部会の上記報告書については、シリーズ解説で既にその要点を紹介している。その第5報「原子力防災等に関する課題」²⁾では、福島第一事故の経験から緊急防護措置および長期防護措置の課題、並びに緊急事態管理と運営の課題に関する以下の7つの教訓を導いた。

教訓1 緊急防護措置の実施： 施設の状態に関しあらかじめ決められた判断基準に基づいて、あらかじめ決められた範囲の予防的防護措置が放射性物質の環境への放出以前に迅速に実施できるような準備を確立しなければならない。

教訓2 避難と屋内退避： 病院等における要支援者の安全な避難のための事前準備が必要である。屋内退避は、避難や移転が安全に実施可能となるまでの短期間のみ実施すべきである。

教訓3 迅速な飲食物に関する制限： 初期対応の危機管理段階における飲食物に関する制限には、空間線量率等の迅速に得られるデータを参照する運用上の介入レベル(OIL)を準備すべきである。

教訓4 長期的な飲食物に関する制限： 長期的な飲食物に対する防護措置については、被災地の状況とともに国際的な調和も考慮に入れた、現実的な勧告が必要である。

教訓5 時間推移に応じた防護措置： 緊急防護措置と長期的防護措置の実施、および通常生活への復帰まで含めた対応の考え方と判断基準を、緊急事態への準備段階において確立していなければならない。想定される範囲の緊急事態の状況と対応する防護措置に対して、放射線防護の原則を適用するためのガイダンスをあらかじめ確立していなければならない。

教訓6 運用上の介入レベル： 緊急時における意思決定の指針として、運用上の介入レベル(OIL)は非常に重要である。OILについては、より詳細な国際的なガイダンスが必要である。

教訓7 複合的緊急事態への対応整備： 緊急事態への対応は、非常に発生確率が小さいと考えられる事象も含め、すべての範囲の想定事象を考慮し、また、地震等の緊急事態との組み合わせを考慮した準備を整えておかねばならない。

これらを踏まえ、さらに以下に示すようないくつかの実務上の課題を検討すべきと考えられる：

- ・福島第一の事故では関係機関間、特に、事故の現場と地方自治体、規制機関あるいは国の間で、重要な情報が共有されなかった。情報の共有と指揮の調整のためには、役割分担と指揮命令系統の明確化が必要である。
- ・国と地方自治体は敷地外、事業者は敷地内という役割分担は基本としても、迅速で効果的な対応には、事業者と地方自治体、事業者と国の連携が重要であり、相互に境界領域に踏み込んだ検討が必要である。
- ・危機管理のフェーズでは、あらかじめ決められた手段でまず対処し、その枠を外れた場合も柔軟に対応できるように、意思決定者を支援する本当の専門家を育て常時配置する必要がある。
- ・避難等の現場の防護措置は、消防、警察、自衛隊等、災害対応のプロの舞台となる。原子力災害を特殊化せず、地方自治体による運営は他の一般災害と共通の枠組みの中で準備することが効果的であろう。
- ・原子力緊急事態にだけ関係者が集まる施設が真に機能するかは疑問である。一般災害対応の運営拠点と統合した対応を検討すべきであろう。

さて、福島第一事故から学ぶべき大きな教訓の一つは、“シビアアクシデントは起り得ない”として、事業者も国も自治体もその備えが十分でなかった点にある。原子力安全委員会の「原子力施設等の防災対策について(以下、防災指針)」には、「防災対策を重点的に充実すべき地域の範囲(EPZ)」、緊急防護措置実施の判断のための「防護対策指標(線量の判断基準)」といった技術指標は示されていたが、防護措置実施の明確な運営の考え方(Concept of Operation)や具体的な実施手順は十分示されていなかった。そのため、JCO事故以降、頻繁に行われることになった防災訓練においては、ERSSとSPEEDIという緊急時計算予測システムによる線量予測結果を線量の判断基準と比較し、避難や屋内退避の実施範囲を決定するというスキームが定着していた。このような考え方が、国際社会が共有する防護措置実施の基本的考え方とは大きく異なっていたにもかかわらず、見直

しを怠ってきてしまっていた。

原子力安全委員会は、事故後直ちに原子力施設等防災専門部会の下に防災指針検討ワーキンググループを設置し、防災指針に反映すべき事項について検討を行い、防災指針見直しに関する考え方をまとめた。見直しに当たっては、最新の国際動向を踏まえ緊急事態における防護の基本的考え方を尊重し、かつ福島第一事故から得られる教訓も踏まえて、国民の生命や健康、財産、生活および環境を守るために、極めて発生確率の低い事象も含め合理的に予測可能なあらゆる事象を考慮に入れて講じられるべき防護対策の実施に関する基本的考え方について検討し、2012年3月に「中間とりまとめ」³⁾とした。

2012年9月に新たに設置された原子力規制委員会は、防災指針および中間とりまとめの内容を精査し、さらに福島第一事故後の各事故調査委員会からの報告等を考慮した上で、2012年10月に原子力災害対策指針⁴⁾を定めた。本解説では、原子力災害対策指針の策定で考慮された国際基準、特に国際原子力機関(IAEA)および国際放射線防護委員会(ICRP)における緊急事態への備えと対応の基本的考え方を解説する。

III. 福島第一事故前後の国際基準の動向

福島第一事故が起こった2011年には、原子力防災に関連して、IAEAから2つの重要な文書が刊行されている。放射線防護に関する安全要件であるBSS(基本安全基準、1996)の改訂版(GSR Part3 Interim, 2011)⁵⁾と安全指針「原子力又は放射線の緊急事態への準備と対応に用いる判断基準」(GSG-2, 2011)⁶⁾である。これらは、2007年にICRPが示した新勧告(ICRP Pub.103)⁷⁾の考え方を反映したものである。放射線防護の考え方が、行為と介入というプロセスに基づくアプローチから、計画被ばく・緊急時被ばく・現存被ばくという3つの被ばく状況の特性に基づくアプローチへと発展し、特に、緊急時被ばくと現存被ばくについては、それぞれ対応のためのガイダンス(ICRP Pub.109⁸⁾及びICRP Pub.111⁹⁾)が2009年に示されている。2011年はこうした放射線防護上の新しい考え方への移行時期であり、福島第一事故の時点では国内はおろか国際的にも緊急時計画の中に、ICRPの緊急時や事故後の被ばく状況に対する防護の考え方を取り入れているところはなかったといつてよい。

しかし、福島第一事故以前にIAEAでは、米国スリーマイル島(TMI)や旧ソ連チェルノブイリにおける原子炉事故、ブラジル・ゴイアニアにおける放射線源事故¹⁰⁾、JCOの臨界事故等の過去の経験を踏まえ、安全要件「原子力または放射線緊急事態の準備と対応」(GS-R-2, 2002)¹¹⁾が策定されており、緊急時対応の基本的考え方として多くの国で尊重されてきていた。現在、IAEAではGS-R-2の改訂作業が進んでおり、遠からずGSR Part7として刊行される予定である。福島第一事故の経

験と新しい放射線防護の考え方が反映されているが、これまでの議論で緊急時対応の基本的考え方の骨子に大きな変更はない。

IV. 国際基準における緊急時対応の基本的考え方

1. 緊急事態管理の時間的推移

緊急事態においては、住民の健康、生活基盤および環境への影響を適宜、効果的な方法で緩和し、影響を受けた地域ができる限り通常の社会的・経済的な活動に復帰できるようにするため、事業者、地方自治体および国に様々な活動が要求される。緊急事態への対応では、関係機関が緊急事態の時間的推移に対して一貫した共通の意思決定のスキームを確立しておくことが重要である。緊急事態の時間的推移に従った各段階における緊急事態管理の考え方を第1図に示す¹²⁾。第1図の中で、実線は情報量またはステークホルダーの関与、点線は不確かさを示す。緊急事態は、準備、対応および復旧の3つの段階に大別でき、対応段階はさらに初期における初期対応と危機管理、中期における影響管理と復旧への移行に区分できる。

初期の対応段階では、緊急事態発生を検知とともに対応が開始され、事故進展への緩和策、放出源の制御とともに、危機管理の観点から緊急防護措置が講じられる。危機管理の段階では得られる情報も少なく不確かさが大きいので、重篤な確定的影響を回避し、確率的影響を合理的に達成可能な限り低く保つ放射線防護の目標を達成するためには、事態の確実な情報が得られる前に極めて迅速な対応が必要となる。そのため、準備段階で検討されたシナリオに応じて計画された手順に従って、緊急防護措置を講じることになる。ステークホルダーとの調整は事前の準備段階に済ませておく必要がある。時間の経過とともに情報量も増してくるが、影響管理や復旧への移行期ではステークホルダーとの調整がより重要な要素となる。

中期対応の段階は、線源の一定の制御が回復し主要な放出は終了し、すでに環境中に生じてしまった汚染の影響管理の段階である。この段階では、環境モニタリング

や解析による放射線状況の十分な把握に基づいて、初期段階で実施された防護措置の変更、解除、農業関連対策や除染対策などの新たな長期防護措置の検討などが、ステークホルダーとの十分な対話の中で実施される必要がある。さらに、復旧への移行段階では、被災した地域の長期的な復旧策を開始するための特定の計画が策定され、また通常の社会的・経済的活動への復帰が支援される。

ICRP2007年勧告で示された緊急時被ばく状況の考え方は初期および中期の対応段階に適用し、現存被ばく状況の考え方は晩期に当たる復旧段階に適用できる。ICRPの考え方については、以下のIV-5節で触れる。

2. 緊急時対応の目標

IAEAの安全要件(GS-R-2)では、緊急時対応における実質的な目標を確実に達成できるよう、最も効率的かつ効果的な方法による防災システムを作成するという管理的アプローチが採用されている。このアプローチでは、以下に示す目標をまず定める：

- (1) 事態の制御を回復すること
- (2) 現場での影響を防止または緩和すること
- (3) 作業員及び公衆の確定的影響の発生を防止すること
- (4) 応急処置を施し、放射線障害の処置を行うこと
- (5) 集団における確率的影響の発生を出来る限り防止すること
- (6) 個人及び集団における放射線以外の影響の発生を出来る限り防止すること
- (7) 財産及び環境を出来る限り保護すること
- (8) 通常の世界経済活動の再開に出来る限り備えること

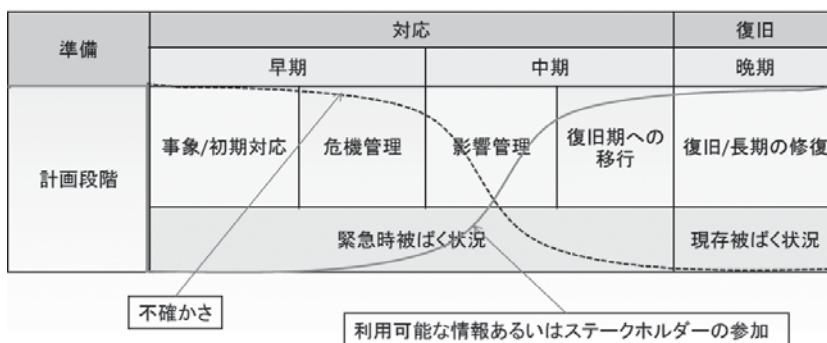
次に、対策の正当化・最適化の原則と同時に、過去の緊急事態や防災訓練の経験、緊急事態の詳細な分析や理解、そして国際法から導かれた原則に基づく対応の戦略を検討し、そこから備えと対応(preparednessとresponse)の詳細な要件を導く。

ここでは緊急事態への“単なる対応”ではなく、目標を達成するために効果的な対応を行う“備え”の重要性が強調されている。緊急時には様々な不確かさが存在するが、その不確かさが大きく低減される前に、事態の分析に基づいて防護措置を決定せざるを得ない状況になる。

そのため、害より益が大きい防護措置の決定が効果的な時期に実施できるように“不確かさを考慮した防護措置戦略”の重要性が指摘されている。

3. 早期防護措置戦略

TMIやチェルノブイリでの事故等の過去の経験や、シビアアクシデントやPSAに係わる研究の結果は、緊急事態の最中に事故の現状把握及び進展予測を行うことがきわめて困難であること



第1図 緊急事態の時間的推移に対応した管理

を示している。放射性物質の施設内での放出・移行挙動やその結果としての環境への放出源情報（ソースターム）、環境中での拡散及び沈着とそれに基づく線量の推定はさらに不確かさが大きくなるので、緊急防護措置に関する決定を行う根拠として用いられるほどに、迅速かつ高精度でソースタームを予測することはほとんど不可能である。このような観点からIAEAは、緊急時における不確かさを考慮すると、重篤な確定的影響を防止するためには、施設の過酷な状態が検知された時に、事前に設定された距離の全方位に対して予防的な緊急防護措置を実施することは、たとえ被ばくが起こる状況にならなかったとしても正当とされ得るとしている。IAEAのこのような早期防護戦略の考え方は、主に米国原子力規制委員会（NRC）の考え方に基づいている。事故の第一責任は事業者であり、事故の詳細を最も知り得る事業者が敷地外の防護措置に関する勧告（PAR: Protective Action Recommendation）を行うことが義務づけられている米国の考え方がベースにある。もちろん、防護措置の判断、決定の責任は地方政府である州にあり、NRCは事業者の勧告をレビューし適切な助言を行うという役割がある。以下では、IAEAの早期防護戦略の考え方について、国際シンポジウムで発表された「早期段階における緊急事態管理」¹³⁾と題する論文に沿って、その概要を示す。

(1) 原子力発電所におけるシビアアクシデントの様相 ① 炉心損傷による放出量・放出時間の不確かさ

原子炉施設でトラブルが発生した際、運転員は事故の影響を緩和するため、原子炉を停止して核分裂反応を停止させることや炉心を冷却して崩壊熱を除去することなど、炉心を保護する措置を取る。しかし、炉心を保護するための安全系が故障していれば、燃料が過熱して燃料被覆管は数分～数時間で損傷する（この時、燃料の温度は一様でないこと、また、温度上昇率は、利用可能な冷却系や、蒸気-ジルカロイ反応のレベルに依存する）。さらに、炉心が露出する時間は大雑把にしか分からないであろうから、炉心から放出される放射性核種の時間変化や放出停止時間は精度をもって予測することは、ほぼ不可能といってよい。

運転員は、燃料被覆管の損傷が迫っていることを示す直接の指標（例えば、炉水レベルの低下や温度の上昇）、さらに、被覆管の損傷に伴う放射線レベルの上昇により、燃料のいっそう深刻な損傷を予測、あるいは少なくとも検知することは可能であるが、原子炉から格納容器への放射性物質の放出量を推定することは極めて不確かである。

② 格納容器破損に伴う環境への放出の不確かさ

シビアアクシデント時には、原子炉冷却系内で様々なシーケンスで事故進展し得、また、様々なモードで格納

容器が破損し得る。どのような事故シーケンス、格納容器破損モードがどれほどの確率で起きそうかは、PSAによって評価される。例えば、NRCによる米国プラントの広範な研究で、全交流電源喪失や冷却材喪失等の早期格納容器破損の確率が推定されている（NRC, 1990）¹⁴⁾。格納容器の破損モードについては、高圧もしくは高温による破損をはじめ、原子炉圧力が高圧のまま溶融炉心が原子炉容器底部鏡板を溶融貫通するときに起こり得る格納容器直接過熱による破損、初めから格納容器内を隔離するための弁の閉め忘れなどが取り扱われている。

ただ、PSAではこのような取り扱いがなされているものの、実際には、運転員は、格納容器が破損するかどうか、いつ破損するか、そして、破損した場合にどれほどの放射性物質が漏えいするかについて精度よく予測することはほとんどできない。また、格納容器からの放射性核種の放出を低減させるため、通常、スプレイ、フィルタ、プール、アイスコンデンサーのような安全系が存在するが、不確かで極端な状況下では、低減される規模を予測することも困難である。さらに、これらのシステム自体の失敗や放出の格納容器バイパスも考えられる。

NRCによるリスク研究では、炉心損傷があり、早期の格納容器破損があった場合、ヨウ素の放出量は炉心蓄積量の1～20%と推定されており、他の主要な核種に関しては、その幅はもっと大きい。この不確かさは非常に重要である。なぜなら、ヨウ素の1%放出以下では敷地外で重篤な確定的影響には至らないかもしれないが、その20%が短期間に放出され、仮に防護措置がとられないとしたら、死亡に至る可能性があることになるからである。

大放出に至る典型的な事故シーケンスは、1) システムの失敗または操作員の過誤、2) 燃料保護のために設計された安全系の失敗、3) 炉心の露出、4) 燃料の過熱と損傷、5) 燃料から格納容器や他の領域への放出、6) 格納容器破損またはバイパスによる大気中への放出、7) 事故緩和措置の実施と放出の抑制、停止、プラントの制御、が考えられる。制御室の計器では、このシーケンスの第5段階までの事象の検知が可能であるが、放出のタイミングと大きさに対して大きな影響を与える第6段階の事象を正確に予測することはできない。大放出は、格納容器破損のように、ほとんどの場合、検知されない場所で起こり、そして、いつ、どの程度の放出が起こるかは、制御室では多分測定できないからである。

③ 環境への放出による影響の不確かさ

近年、広域の大気拡散予測の精度は、かなり改善されているが、狭域または中領域の予測は、その領域の大気パラメータに関する知識の限界のため、依然として不確かなものである。また、放出率、放出位置が不確かで、気象パラメータも連続的に変化し、放出物の初期の輸送はその地域の局所的な地形及び気象条件に左右されるこ

とを考慮すると、環境測定が行われていない状況下で放射核種濃度を予測することは極めて困難と言わざるを得ない。モニタリングで放出が一旦起こったと分かれば、近傍の地域住民への到達時間を推定することは可能かもしれないが、それが致命的な放出で大量被ばくをもたらすならば、重篤な確定的影響を避けるために取らなければならない防護措置を放出後に決定しては遅すぎる。

シビアアクシデントのほとんどの事故シーケンスで重篤な確定的影響に寄与する被ばく経路は、地表沈着からの外部被ばくである。従って、降雨の生起とその規模に大きく依存することになる。さらに、チェルノブイリ事故の評価によれば、放射性物質の沈着パターンは極端に非一様で距離が数百 m 違っただけで、1 桁以上違うこともある。このような変動を予測することは不可能である。欧州委員会 (EC) と NRC の支援で実施された研究¹⁵⁾では、事故時の線量推定に関連する主要な因子の不確かさ推定が行われた。仮にソースタームが正確に分かっていたとしても、環境におけるこれらの不確かさを考慮すると、事故初期の予測線量は最善でも正確な値のファクター 10 ~ 100 の範囲となる。

(2) 確定的影響の防止

シビアアクシデント解析¹⁴⁾によれば、敷地外で重篤な確定的影響が生じるような放出条件は、重大な燃料損傷と早期の格納容器破損の場合である。早期の防護措置が実効的であるためには、被ばくがもたらされる前に対策を迅速に行う必要がある。実際、対策の実施には、緊急支援部隊の立ち上げと組織化が必要なため、いつでもいくらかの遅延があり、プラント状態に基づく警告が非常に重要であることは明らかである。運転員は炉心を保護するために必要な系統の失敗を検知した時に通報を行えば、放出される何時間か前に敷地外の関係機関に警告することが可能である。

前述したように、炉心損傷は観察可能な条件によってある程度予測できるが、格納容器破損ははるかに予測困難である。放出量や敷地外の線量も意思決定が必要な時に正確に予測することは、不確かさが非常に大きいため、ほとんど不可能である。炉心損傷後、環境測定によって放出の規模が示されるまでは、不確かさの大きさに変化はない。そのため、意思決定の遅れや意思決定の質を改善することにならない情報を待つことは、貴重な時間の浪費となる。住民防護のための迅速な対応には、炉心損傷の予測あるいはその事実に基づいて活動を開始するキーとなる明確な基準が必要である。

この考え方は、多くの国で用いられている緊急事態区分スキームの基礎を与えており、GS-R-2 にも反映されている。GS-R-2 の緊急事態区分は、IV-4 節に示すように 4 つに分かれている。区分に分ける判断基準は、あら

かじめ決められた緊急時活動レベル (EAL: Emergency Action Level) であり、施設の異常な状態、保安関連事項、放射性物質の放出、環境測定、その他の観測可能な指標に関連する。このスキームは、通報要件の基礎を与えると共に、緊急事態の異なる区分に対して、対応機関の権限と責務を規定するので、宣言された区分に基づいて、全ての対応機関が迅速に活動を開始することが可能となる。

(3) 確率的影響及び放射線以外の影響の最小化

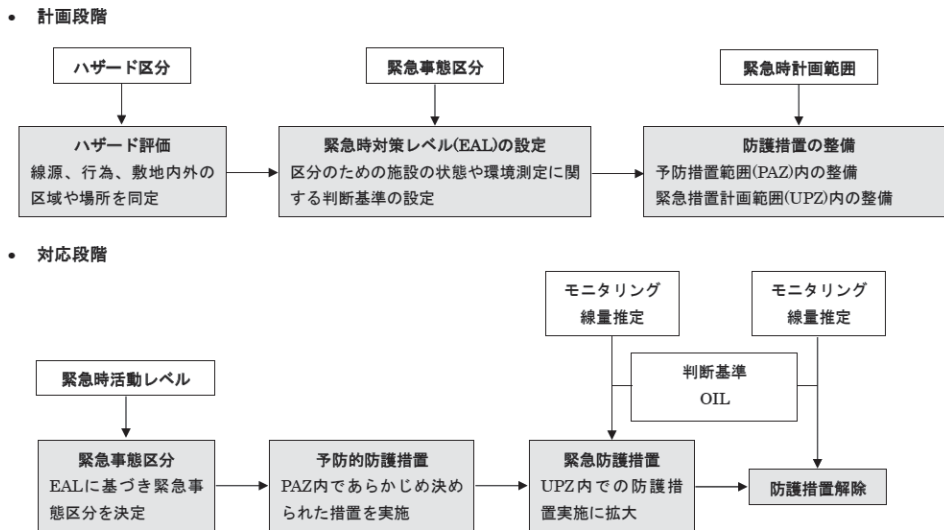
緊急時対応における放射線防護のもう一つの目標は確率的影響の低減である。確率的影響を低減するための防護措置を実施することによって、逆に財政的、社会経済的、心理的影響などの相反した影響が生じる事態もある。放射線及び放射線以外の双方の影響をもたらす重大事故の損害は長期にわたり、事故後の復旧の速度は様々な要因に依存する。その中には、公衆の信頼の回復と維持、確定的影響の発生及び確率的影響の増加の兆候、健康サーベイランスを受ける人の数、緊急時における政府の活動に対する認識や国際基準との整合等の問題が関係する。

IAEA では、チェルノブイリ事故等の経験から、①食物摂取制限、②安定ヨウ素剤の配布、③健康サーベイランス、④防護活動の計画作成、⑤運用上の介入レベル、⑥住民への助言、について提言を行っている。紙面の都合で詳細には触れないが、興味のある方は文献¹³⁾を参照願いたい。

(4) 防護措置の戦略

以上の検討から、IAEA ではシビアアクシデントによる健康影響を実質的に低減させるために、以下のアプローチを提言した。

- (a) 発電所近傍の住民 (3 ~ 5km) は、主要な放出の前または直後に避難するか、屋内退避すべきである。さらに、サイト近傍で屋内退避した住民に対して、主要な放出の前または直後に安定ヨウ素剤を与えるべきである。これらの決定は、施設の状態に基づき実施されるべきで、放出を待つてはならない。
- (b) 300 km あるいはそれを超える範囲内では、汚染された可能性のある食物を摂取することを回避するための警告が、主要な放出の前または直後に発せられるべきである。
- (c) 沈着による高線量率 (ホットスポット) を回避するため、直ちに避難を実施した地域の周辺に対して、放出後、迅速なモニタリングを実施すべきである。モニタリングに基づく防護措置の決定は、あらかじめ決められた OIL を用いて、迅速に実施されるべきである。



第2図 IAEA 安全要件における緊急事態への備えと対応の基本的考え方

4. GS-R-2 における基本的要件

早期防護措置戦略をベースに、IAEA では GS-R-2 の中で緊急事態への備えと対応の基本要件を定めている。緊急事態の計画段階及び対応段階の手順は、第2図のように整理できる。これは、米国における緊急事態への備えと対応の基本的な考え方を踏襲していると言える。これによれば、計画段階においては以下の緊急事態への準備を行う。

(1) ハザード評価

事業者は、ハザード区分に従って放射線源や施設の種類、規模に応じたハザード評価を行う。ハザードの潜在的な大きさと性質に対応した段階的アプローチ (graded approach) で備えと対応の適切な整備・維持を行うために、ハザード区分が用いられる。区分の詳細はここで述べないが、最もハザードの大きな原子力発電所から、様々な危険線源まで5つの分類を設けている。

ハザード評価では、施設の設計段階で行う安全解析の知見を利用して緊急事態に至る事故シーケンスを検討できるが、合理的に予想可能なすべての仮想事象を考慮する必要がある。また、ハザード評価では、緊急事態によって以下の措置が必要となる施設や線源、その範囲を確認しなければならない：

- どんな状況でも線量を一定以下に保つことにより重篤な確定的影響を避けるための予防的緊急防護措置。
- 国際的な基準に従って、線量を回避することにより確率的影響を防止するための緊急防護措置。
- 国際基準に従った食物摂取対策、農業関連対策や長期防護措置。
- 国際基準に従った作業員の防護。

(2) 緊急事態区分に対する判断基準の設定

事業者は、緊急事態の区分を判断するための基準を整備する。IAEA は緊急事態区分として、敷地外で緊急防護措置を必要とする「全面緊急事態」、敷地内での措置及び必要であれば敷地近傍で準備を必要とする「敷地内緊急事態」、敷地内の人の防護のための「施設緊急事態」、防護のレベルが非常に低いか不確かで、防護措置の準備を行う「警報」の4区分を採用している。各区分に対して権限と責務を規定することで、すべての対応機関が宣言された区分に従って、迅速に活動を開始することが可能となる。区分を決定する判断基準は、EAL である。

(3) 緊急時計画範囲の整備

原子力発電所のようなハザード区分の高い施設に対しては、敷地外の迅速な措置を効果的に実施するために事前の整備を行う計画範囲を定めておく。

- 予防措置範囲 (PAZ)： 重篤な確定的影響のリスクを実質的に低減するため、施設の状態に基づいて放射性物質の放出前か直後に予防的緊急防護措置を講ずることを目標とした整備を行う。
- 緊急措置計画範囲 (UPZ)： 国際基準に従って線量を回避するために、迅速に緊急防護措置を講ずることを目標とした整備を行う。

このように計画段階で整備された緊急事態への準備に対し、実際の事故時には第2図に示すように、以下の対応がなされる。

- ・EAL に基づき、緊急事態区分を決定する。
- ・全面緊急事態に分類された場合、PAZ に対しあらかじめ準備された緊急防護措置を実施する。
- ・UPZ に対しては、OIL を基に、モニタリングから得られる測定結果から適切な緊急防護措置を実施する。
- ・防護措置の解除についても同様に、モニタリングか

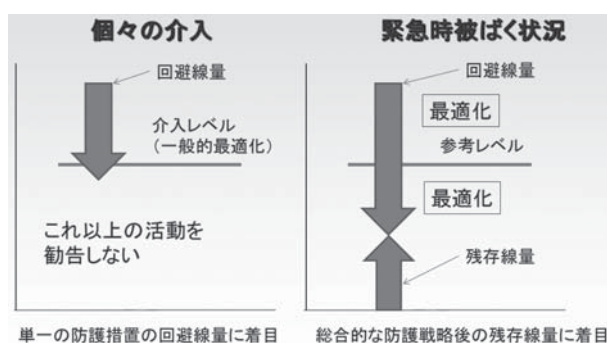
ら得られる測定結果と判断基準との比較から解除措置の判断を行う。

5. 緊急事態における放射線防護の考え方

ここで、ICRP 2007年勧告における緊急時被ばく状況における放射線防護の基本的考え方に触れておく。詳しくは、連載講座「ICRP 新勧告—放射線防護の考え方と基準」第6回緊急時被ばく状況¹⁶⁾を参照願いたい。ICRP2007年勧告では、緊急時被ばく状況における防護戦略の正当化と最適化の重要性が強調されている。防護措置を計画し、最適な防護レベルを確立するために、参考レベルを用いた最適化プロセスが適用されている。参考レベルを用いた最適化では、すべての被ばく経路とすべての関連する防護選択肢を同時に考慮することによって、これまでより包括的な防護が可能になり、より柔軟な対応が可能になる。また、計画段階では、個々の防護措置が互いにどう影響するかの考察の助けとなる枠組みを提供し、資源の効果的配分にも通じると考えられる。

参考レベルを用いた最適化では、防護戦略が実施された後に結果として生じる残存線量のレベルに着目する。そこが、これまでのICRP1990年勧告における回避線量に基づく単一の防護措置の最適化と大きく異なる。第3図に示すように、これまでの単一の防護措置の最適化では、例えば、何も措置を講じないと避難の介入レベル（回避実効線量で50mSv）を上回るような予測線量（project dose）が予想される場合に避難を計画する。参考レベルを用いた最適化では、すべての被ばく経路とすべての関連する防護選択肢を検討し、計画段階では残存線量が参考レベルを下回る防護選択肢を選択する。緊急時被ばく状況がいったん発生した場合の対応段階では、予想残存線量が評価され、防護戦略の効果及び防護措置の修正あるいは追加の措置の必要性が参考レベルを基準として検討されることになる。このアプローチは、実務上多少複雑になるが、緊急時被ばく状況に取り組むための最適な防護を計画する際には、単一の防護措置よりむしろ、防護対策に含まれるすべての防護措置を複合させた効果に重点を置くことによって、柔軟性が增大する。

防護戦略による残存線量に対する参考レベルとして、



単一の防護措置の回避線量に着目 総合的な防護戦略後の残存線量に着目
第3図 介入と緊急時被ばく状況における最適化

ICRP2007年勧告では緊急時被ばく状況では実効線量で20～100mSvの間に設定すべきと勧告している。100mSvよりも高い線量では、確定的影響とがんの有意なリスクの可能性が高くなるので、参考レベルの最大値は急性または年間で受ける100mSvとしている。また、重篤な確定的影響のしきい値を超える可能性がある状況では、あらゆる実行可能な防護措置が講じられるべきと勧告している。計画段階では、参考レベルは防護戦略の適否を判断するために用いることができ、対応段階では、防護戦略の効果及び個々の防護措置の修正あるいは追加措置の必要性は参考レベルを基準として検討される。

6. 防護措置実施の判断基準

IV章で述べたように、GS-R-2では重篤な確定的影響を回避するために、施設の状態、すなわちEALと緊急事態区分によって予防的防護措置が講じられ、一方、放射性物質の環境放出後には主に確率的影響の発生を低減するために、これまで線量で表されてきた判断基準に代え、線量率や環境媒体中の放射性物質の濃度など、環境において計測可能な判断基準であるOILに基づき緊急防護措置を講じる意思決定手順が示されている。これら緊急時対応に用いる判断基準については、安全指針GSG-2に決定のスキームと具体例が示されている⁶⁾。

GSG-2の主要な目的は、運用上の判断基準であるEALあるいはOILを策定するための根拠を構成する整合のとれた一連の包括的判断基準(GC: Generic Criteria)を示すことにある。重篤な確定的影響を防止する目的で予防的な緊急防護措置を実施するためのGCをまず定めること。残存線量としてICRPが表した参考レベルを用いた防護の最適化の方針に基づいて、20～100 mSvの範囲内での参考レベルと矛盾しない防護方針で使用されるGCを定めること。一連のGCが策定されたら、防護措置開始のトリガーとしてEALやOILの初期設定値を定めること。緊急時被ばく状況下において、その時々の変化する条件を考慮して初期設定値を改訂する手順をあらかじめ考えておくことを推奨した。

具体的には、BSSの改訂版であるGSR Part 3⁵⁾において、重篤な確定的影響を防止するあるいは最小化するため状況のいかんによらず防護措置およびその他の対応措置が取られることが期待される急性被ばく線量についての包括的判断基準がSchedule IVのTABLE IV-1として、また、確率的影響のリスクを低減するための防護措置およびその他の対応措置に対する包括的判断基準がAnnex TABLE A-1に示された。それぞれ確定的影響防止のためのGCを第1表に、確率的影響の低減のためのGCを第2表に示す。これらは、参照すべき臓器線量あるいは実効線量で示されている。

また、「EALの策定と軽水炉でのEALの事例」及び

第1表 確定的影響防止のための包括的判断基準

一般的基準	防護措置あるいは他の措置の例
急性外部被ばく (10時間未満) 赤色骨髄 ^{注1} : 1 Gy 胎児: 0.1 Gy 体組織 ^{注2} : 25 Gy (深部 0.5cm) 皮膚 ^{注3} : 10 Gy (100cm ²)	線量が予測されたら、(困難な状況下においても) - 一般的基準以下に線量を保つための予防的緊急防護措置 - 公衆への情報提供及び警告 - 早期除染等の防護活動を予防的に行う。
急性摂取による内部被ばく ($\Delta=30$ 日間 ^{注4}) 赤色骨髄: 0.2 Gy (原子番号 90 以上の核種 ^{注5}) 2 Gy (原子番号 89 以下の核種 ^{注5}) 甲状腺: 2 Gy 肺 ^{注7} : 30 Gy 結腸: 20 Gy 胎児 ^{注8} : 0.1 Gy	もし被ばくを受けたら、以下を実施: - 迅速な医療診断、問診及び所要の処置 - 汚染管理 - 直ちに体内除染 ^{注6} (適用可能な場合) - 長期医療追跡調査の登録 - 包括的な心理カウンセリング

注1 均一な放射場での強い透過性放射線の照射によって生じる赤色骨髄、肺、小腸、生殖腺、甲状腺、水晶体に対する外部被ばく。

注2 (手やポケットに入れて携帯される放射源などの) 接触により、組織の深さ 0.5cm で 100cm² にもたらされる線量。

注3 線量は、表皮から 40mg/cm² の深度 (すなわち 0.5mm) で 100cm² の皮膚組織に対するものである。

注4 AD (Δ) は、被ばくした人の 5% に健康影響を生じようとする摂取量 (I_{50}) によって期間 Δ の間にもたらされる吸収線量を指す。

注5 放射性核種の摂取量閾値の違いを考慮するため異なる基準を使用。

注6 体内除染に対する一般的基準は、体内除染なしの予測線量に基づく。

注7 本文書の目的上、「肺」とは、気道の肺胞一貫領域 (AI) を意味する。

注8 子宮内での成長期間における吸収線量。

第2表 確率的影響低減のための包括的判断基準

一般的基準	防護措置あるいは他の措置の例
以下の一般的基準を超える予測線量: 緊急防護措置と他の対応措置を実施する	
甲状腺等価線量 50mSv (最初の7日間)	安定ヨウ素剤予防服用
実効線量 100mSv (最初の7日間)	屋内退避、避難、除染、食物やミルク、水の摂取制限、
胎児等価線量 100mSv (最初の7日間)	汚染管理、公衆への安心
以下の一般的基準を超える予測線量: 緊急時の早い段階で防護措置と他の対応措置を実施する。	
実効線量 100mSv (年間)	一時的避難、除染、食物、ミルク及び水の代替、公衆への安心
胎児等価線量 100mSv (子宮内発育全期間)	
以下の一般的基準を超えて受けた線量: 放射線に起因する健康影響を検出し効率よく対処するため、長期医療対策を実施する。	
実効線量 100mSv (月間)	(医療追跡調査の基礎としての) 特定の放射線感受性の高い臓器の等価線量に基づくスクリーニング、カウンセリング
胎児等価線量 100mSv (子宮内発育期間)	個々の状況で告知に基づく決定を実施するためのカウンセリング

「沈着、個人汚染、並びに食物、ミルク及び水の汚染に対する初期設定の OIL の事例」が GSG-2 の付属書となっているので、興味のある方は参照願いたい。

V. おわりに

本稿では、原子力緊急事態への備えと対応について福島第一事故の教訓を振り返るとともに、原子力規制委員会の原子力災害対策指針が参考とした国際基準、主に IAEA の安全要件 (GS-R-2) とその基礎となっている緊急時対応における防護戦略の基本的な考え方について解説した。緊急時対応には多くの組織が関与するので、それが実効的であるためには十分な調整が必要である。その前提となるのは、ここで示した放射線防護と安全に係わる確立された原則、基本的考え方に基づいた計画の策定である。その上で、すべての組織間で明確な責任分

担、十分に明確にされた合意と統合化された対応を調整するための取り決めがなされ、それが実効的に機能するように訓練によって絶えず見直しを行っていかねばならない。

— 参考資料 —

- 1) 原子力安全部会, 「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー」報告書, 平成 25 年 3 月.
- 2) 本間俊充, 他, 原子力安全部会「福島第一事故に関するセミナー」報告書から: (第 5 報/最終報) 原子力防災等に関する課題, 日本原子力学会誌 55 [10], 568 (2013).
- 3) 原子力安全委員会, 「原子力施設等の防災対策について」の見直しに関する考え方について, 中間とりまとめ, 平成 24 年 3 月 22 日.
- 4) 原子力規制委員会, 原子力災害対策指針, 平成 25 年 9 月 5 日全部改正.
- 5) IAEA Safety Standards, GSR Part 3 (Interim), IAEA, (2011).
- 6) IAEA Safety Standards, GSG-2, IAEA, (2011). 日本語翻訳版は以下:
<http://www.nsr.go.jp/archive/jnes/content/000120491.pdf>
- 7) ICRP Publication 103, 国際放射線防護委員会の 2007 年勧告, 日本アイソトープ協会, (2009).
- 8) ICRP Publication 109, 緊急時被ばく状況における人々の防護のための委員会勧告の適用, 日本アイソトープ協会, (2013).
- 9) ICRP Publication 111, 原子力事故または放射線緊急事態後の長期汚染地域に居住する人々の防護に対する委員会勧告の適用, 日本アイソトープ協会, (2012).
- 10) IAEA, The Radiological Accident in Goiânia. (1988).
- 11) IAEA Safety Standards, GS-R-2, IAEA, (2002).
- 12) OECD/NEA, Strategic Aspects of Nuclear and Radiological Emergency Management, Radiation Protection 2010, OECD, (2010).
- 13) M. Crick, *et al.*, Emergency management in the early phase, *Radiat. Prot. Dosim.*, 109 (1-2), 7-17 (2004).
- 14) NRC, Severe Accident Risks: An Assessment for Five US Nuclear Power Plants, Final Summary Report, NUREG-1150, Vol. 1, (1990).
- 15) L.H.J. Goossens, F.T. Harper, Joint EC/USNRC expert judgement driven radiological protection uncertainty analysis, *J. Radiol. Prot.*, 18 (4), 249-264 (1998).
- 16) 本間俊充, ICRP 新勧告—新しい放射線防護の考え方と基準 (第 6 回); 緊急時被ばく, 日本原子力学会誌, 52 (9), 578 (2010).

著者紹介



本間俊充 (ほんま・としみつ)

日本原子力研究開発機構
(専門分野/関心分野) 環境影響・リスク評価/原子力防災

解説

より実効性の高い原子力防災対策の構築に向けて

(2) 国と地方自治体における取組みと今後への提言

日本原子力発電(株) 新田 隆司

東京電力福島第一原子力発電所事故の経験と教訓を踏まえ、国は原子力防災体制の見直しを進めてきた。具体的には、原子力規制委員会の設置、「災害対策基本法」に基づく「防災基本計画」の見直し、「災害対策基本法」の特別法である「原子力災害対策特別措置法」の見直し、「原子力災害対策特別措置法」に基づく「原子力災害対策指針」の制定など、新たな原子力防災対策の枠組みが構築された。またこれらを踏まえ、原子力発電所からおおむね30km圏内の地方自治体は、「地域防災計画(原子力災害対策編)」と「避難計画」の策定を進めている。

本稿では、これら国及び地方自治体の取り組みについて、日本原子力学会「2014年春の年会」原子力安全部会セッションで行われた講演の内容について紹介する。

I. 国における取組み

まず国における取組みについて、原子力規制庁原子力防災政策課長の森下泰氏から、「今後の原子力防災対策について」¹⁾と題して講演を頂いた。その概要は以下のとおりである。

福島第一原子力発電所事故時の国の対応に対して、政府・国会各事故調査委員会は、緊急時の危機管理体制やオンサイト対応(敷地内における事故収束対応)及びオフサイト対応(敷地外における住民の放射線防護措置や被災者支援)など様々な問題点を指摘した。これら指摘を踏まえ、国は、原子力災害対策の制度枠組みや危機管理組織の見直しを含む原子力防災体制の見直しを進めてきた。具体的には、原子力規制委員会(以下「原規委」という。)の設置²⁾、「災害対策基本法」に基づく「防災基本計画」の原子力災害対策編の見直し³⁾、「災害対策基本法」の特別法である「原子力災害対策特別措置法」(以下「原災法」という。)の見直し⁴⁾、「原災法」に基づく「原子力災害対策指針」の制定・改定⁵⁾など、新たな原子力災害対策の枠組みを構築してきた。また、順次改定した指針を踏まえ、立地自治体が行う原子力防災対策の支援など原子力防災対策の更なる充実・強化を図っている。

1. 東京電力福島第一原子力発電所事故の対応への指摘

福島第一原子力発電所事故時の国の対応に対し、政府・国会各事故調査委員会は以下のような問題^{6,7)}を指摘している。

(1) 緊急時の危機管理体制

中央(官邸・保安院)の情報伝達・意思決定の系統が錯綜し、現地の指揮・調整機能に混乱が生じた。また、関係機関間の情報共有不足やERSS・SPEEDI・オフサイトセンターの機能不全といった問題があった。

(2) オンサイト対応(敷地内における事故収束対応)

オフサイトセンターの機能不全もあってコミュニケーションのチャンネルが活用できなかったなど、事故対応体制の不足や緊急事態において対応にあたる責任者や関係機関に対して専門知識に基づく助言・指導ができる専門能力の不足などの問題が挙げられている。また、シビアアクシデントを想定した訓練が不足していたとの指摘もある。

(3) オフサイト対応(敷地外における住民の放射線防護や被災者支援)

避難区域が何度も変更され、多くの住民が複数回の避難を強いられ、被災地が広域化していったという問題があった。また、病院や老人介護施設などでは、避難手段や避難先の確保に時間がかかったという住民防護・被災者支援の準備不足という問題があった。さらに、環境汚染や放射線影響についての住民の不安に対応する事後対策の長期化という問題も指摘されている。

Toward Enhancing Preparedness and Response Arrangement and Capabilities for a Nuclear Emergency (2) ; - National and local government activities and proposal to the future :
Takashi NITTA.

(2014年5月30日 受理)

2. 指摘を踏まえた原子力防災体制の見直し

前項の指摘を踏まえ、国は以下のような原子力防災体制の見直しを行ってきた。

(1) 原子力災害対策の制度枠組み

国は「災害対策基本法」に基づく「防災基本計画」の原子力災害対策編を改定し、この中で国の危機管理体制を強化し、住民防護や被災者支援の整備を行うと共に防災インフラの充実を図ることとした。また、「原災法」では「原規委」は「原子力災害対策指針」を策定することとしており、本指針の中で原子力防災対策に係る専門的・技術的内容を定めている。これら「防災基本計画」の原子力災害対策編の改定や「原子力災害対策指針」の制定・改定を受け、原子力災害時の各主体の行動計画を定めた、国による原子力災害対策マニュアルや防災業務計画、地方自治体による地域防災計画、事業者による原子力事業者防災業務計画も改定されている。

(2) 危機管理組織の見直し

内閣に内閣総理大臣を議長とする「原子力防災会議」を常時設置し、「原子力災害対策指針」に基づく対策の実施の推進の役割を担うなど、緊急時に備えて平時から政府全体で原子力防災対策を推進する体制を整備した。緊急時には、内閣総理大臣を本部長とする原子力災害対策本部を設置し、原子力緊急事態に係る緊急事態応急対策と原子力災害事後対策の総合調整の役割を担うこととしている。「原規委」は、平時には原子力の安全規制と原子力災害対策指針の策定・改定などを行い、緊急時には原子力施設における事業者への事故収束活動の指導・監督を行うこととしている。

(3) 「防災基本計画」の原子力災害対策編の修正

・政府の原子力災害への対応強化

官邸の意思決定及び情報発信機能の強化、オンサイト・オフサイト対応の役割の明確化、複合災害やシビアアクシデントなどを想定した実践的な訓練の実施、複合災害が発生し対策本部が複数設置された場合の相互連携を図ることとした。

・オンサイト対応（敷地内における事故収束対応）

緊急時対策所、後方支援拠点、原子力レスキュー部隊（高線量下での応急対策に必要な防災資機材を集中管理し、これを運用する常設の部隊）の整備などの原子力事業者の防災体制を強化することとした。また、平時からの訓練などを通じ、実動組織も含めた連携と体制を強化することとした。

・オフサイト対応（敷地外における住民の放射線防護や被災者支援）

区域ごとにあらかじめ避難手順を定めておく計画の準備の導入、SPEEDIの予測結果の公表手順の明確化を含む緊急時モニタリングの体制整備などによる住民防護措置の強化、原子力被災者生活支援チームの設置により、避難住民の受け入れ先確保、一時立ち入りなど緊密な支

援を行う体制を構築することとした。

・防災インフラ・防災資機材の充実

官邸、原子力規制庁、原子力事業者、自治体を繋ぐTV会議などの通信網の整備、複合災害時にも途絶しない通信網を確保するための衛星回線等による経路の多重化、非常用電源の確保、オフサイトセンターの設備基盤の強化など防災インフラ・防災資機材の充実を図ることとした。

・事後対策

緊急事態解除宣言後も、政府が健康相談や除染等に責任を持つ体制を明記した。

(4) 「原子力災害対策指針」の制定・改定

・緊急事態の区分

緊急事態を原子力施設の状況に応じて警戒事態、施設敷地緊急事態、全面緊急事態と3つに区分し、この区分に応じて、住民防護措置や緊急モニタリングなど実施すべき措置を規定した。

・緊急時活動レベル（Emergency Action Level：EAL）の導入

上記緊急事態の区分を判断するための基準として、原子力施設における深層防護を構成する各層設備の状態や放射性物質の閉じ込め機能の状態などに基づくEALを設定し、EALに応じて避難や屋内退避を行うこととした。

・運用上の介入レベル（Operational Intervention Level：OIL）の導入

空間線量率などに基づくOILを設定し、OILに応じて避難計画、一時移転、食物・飲料水の摂取制限などの緊急事態応急対策を実施することとした。

・新しい防災対策の重点区域

避難の反省に基づき、予防的防護措置を準備する区域（Precautionary Action Zone：PAZ）や緊急防護措置を準備する区域（Urgent Protection Action Planning Zone：UPZ）をあらかじめ設定しておき、EALやOILに応じて、避難準備、屋内退避、避難、一時移転などの防護措置を実施することとした。

・緊急時モニタリング体制の見直し

国、地方公共団体、原子力事業者などが連携した緊急時モニタリングセンターを立ち上げ、国が緊急時モニタリングを指揮すると共に、緊急時においても組織が円滑に機能するように、関係機関は平時から連絡会や訓練を通じ意思疎通を深めることとした。

・安定ヨウ素剤の予防服用体制の整備

安定ヨウ素剤の緊急時の服用に係る体制や事前配布等の必要な措置を整備した。

(5) 地域防災計画の見直し

地域防災計画は、地方自治体にとって原子力災害対応の基本的対応文書であり、避難所、被ばく医療機関、避難道路、モニタリング地点、人口分布、防災資機材、安

定ヨウ素剤等の配備状況など、防災対策に重要な各種データなどを整理し記載した。

(6) 事業者防災業務計画の見直し

事業者防災業務計画には、事業者の原子力防災の組織編制や原子力防災資機材、訓練、応急対応などが記載されている。今回、その内容は以下のとおり大幅に拡充されている。また、本防災業務計画を作成又は修正しようとする時の協議先が、原子力発電所から30kmの区域の全部または一部をその区域に含み、地域防災計画(原子力災害対策編)を定めている都道府県の知事まで拡大された。

- ・原子力事業所の緊急時対策所、災害対策支援拠点、原子力施設事態即応センター、原子力事業所内情報など伝送設備の整備運用
- ・各拠点における非常用通信機器及びテレビ会議システムの整備運用
- ・原子力レスキュー部隊(遠隔操作が可能な装置その他の資機材及びこれらを管理するための組織)の整備運用
- ・各拠点、センター、システムの非常用電源の整備、自然災害が発生した時の機能維持
- ・原子力事業者の訓練の評価に関すること
- ・総理大臣官邸、原子力規制庁などを接続する情報通信ネットワークと緊急時対策所におけるテレビ会議システム等との接続の確保

4. 政府の初動対応

政府の初動対応を要する事象と状況の進展に応じた政府の対応は以下のとおりである。

(1) まず政府が初動対応を要する事象は次の3事象である。

① 警戒事象

- ・立地道府県における震度6弱以上の地震の発生
- ・立地道府県における津波警報発令
- ・原子炉施設の重大な故障など(例:原子炉冷却水の漏えい、配管の破断による蒸気の漏えい)

② 原災法10条事象(施設敷地緊急事態)

- ・原子炉冷却材の漏えい
- ・全ての交流電源喪失(5分以上継続)
- ・原子炉停止中に全ての原子炉冷却機能喪失など

③ 原災法15条事象(全面緊急事態)

- ・全ての非常用直流電源喪失(5分以上継続)
- ・非常停止の必要時に全ての原子炉停止機能喪失
- ・敷地境界の空間線量率が $5\mu\text{Sv/h}$ (10分以上継続)など

(2) 次に原規委が事業者から原災法10条事象の通報を受けた場合、原子力災害対策本部が設置されるまでの動きは以下のとおりである。

① 環境大臣、原子力規制委員長、原子力規制庁長官

は内閣総理大臣に状況報告する。

② 原災法15条事象に至った場合、原子力規制委員長は、環境大臣、原子力規制庁長官とともに緊急事態宣言案及び避難指示案について内閣総理大臣へ上申する。

③ 内閣総理大臣より原子力緊急事態宣言を发出、その後、原子力災害対策本部設置の閣議決定がなされ、内閣総理大臣が原子力災害対策本部長となる。

(3) 緊急事態が宣言され、原子力災害対策本部が設置された後の動きは以下のとおりである。

① 原子力災害対策本部が開催され、避難区域の設定や安定ヨウ素剤の配布等応急対策の対処方針が決定される。

② 原子力災害対策本部長より関係省庁・自治体等へ住民避難・屋内退避や安定ヨウ素剤の予防服用、飲食物の摂取制限など、住民の放射線防護措置(オフサイト対策)の指示がなされる。

③ 原子力災害対策本部長より関係省庁・関係機関へ、事業者のニーズに応じたプラントの事故収束に必要な応急措置(オンサイト対策)の指示がなされる。

講演の後、以下のような質疑応答があった。

Q 原子力施設に対してPAZおよびUPZを設定することのだが、福島第一及び福島第二に対してはどのように設定するのか?

A 福島第一は他の施設と同じ、福島第二も5、6号機があるため他の施設と同じくPAZは5km、UPZは30kmを設定しているが、福島第一については現在見直しを行っている。

Q 現在進行している再稼働へ向けての審査において、「防災計画」に関する審査は、米国NRCの審査とは異なるようだが、どのようになっているのか?

A 米国では避難計画がNRCでの設置許可時の対象となっている。日本は米国と異なり、法律上、各自治体が防災計画・避難計画の策定を行うこととなっている。国としては、発電所のある各エリアでの自治体の計画策定を支援し、進捗状況を確認している。なお、フランスは日本と同様である。

Q 福島事故を受けて、原子力防災体制の見直しなどのご報告があったが、事故前と何が変わったのかよくわからない。体制の整理が進んでいるようだが、リンクのどこかが切れた場合への対応は大丈夫なのか?

A 基本的には事故前と変わらないと認識しているが、「オンサイト対応」は一義的に事業者の責任、官邸は現場の支援等、規制委員会は総理への技術的な助言を行うなど、責務と役割を明確にした。訓練が重要と考えており、訓練を行って今後も改善していきたい。

II. 地方自治体における取組み

次に、地方自治体における取組みについて、島根県防災部原子力安全対策課避難対策室長の島田範明氏から「島根県における避難対策の取組と課題」⁸⁾と題して、講演をいただいた。その概要は以下のとおりである。

島根県では、福島第一原子力発電所事故後、原子力業務に係る組織の充実と地域防災業務に関する取組みを強化してきた。具体的な島根県広域避難計画の策定においては、避難車両の確保、要援護者を支援する医療、介護従事者の確保、避難時および避難先での必要な物資、資機材の確保、避難が長期化した場合の2次避難先の確保、大量の避難者に対応できるスクリーニング体制の整備、緊急モニタリング結果に基づく避難範囲の決定方法の具体化など、さまざまな実務上の課題のほか、福島第一原子力発電所事故で課題となった安定ヨウ素剤の配布方法などの課題解決にも取り組んでいる。

1. 福島第一原子力発電所事故後の島根県の組織体制と取組み

島根原子力発電所は、全国で唯一県庁所在地の松江市に立地する原子力発電所で、30km圏内の市町村は6市(松江市、出雲市、安来市、雲南市、米子市、境港市)、このうち島根県内の4市(松江市、出雲市、安来市、雲南市)の人口は平成24年12月現在、約39万8千人である。

(1) 島根県の組織体制

福島第一原子力発電所事故以前、島根県では総務部消防防災課原子力安全対策室が原子力に関する業務を担当していたが、事故後、組織を充実強化してきた。平成23年8月に原子力安全対策課を設置し、翌年4月には課内に原子力防災対策グループ、原子力安全対策グループ、避難対策室、原子力環境センターを設置、平成25年4月には防災部となり、次長(原子力安全担当)を配置した。

(2) これまでの取組み

このような組織の充実強化を図るとともに、以下のような取組みを行ってきた。

・平成23年5月

鳥取、島根両県及び30km圏内の6市とともに「原子力防災連絡会議」を設置し、『福島の原子力災害を踏まえた課題整理とその対応の方向性を取りまとめること』を決定した。

・平成23年9月

喫緊に取り組む課題を中間報告として取りまとめた。その概要は以下のとおりである。

- ① 連絡体制の確立や通信機器の多重化など、初動体制の整備
- ② 住民避難体制(一般)の整備

③ 災害時要援護者の避難体制の整備

④ 測定機器の増設など緊急時モニタリング体制の拡充整備

・平成23年10月

中国地方知事会で広域避難受入れの協力要請をした。

・平成24年11月

「島根県広域避難計画」を策定した。本広域避難計画策定に当たっての基本的な方針は以下のとおりである。

- ① 住民や防災関係者などへの情報伝達が確実に行えるよう体制を整えるとともに、避難先及び避難ルートをあらかじめ明示すること。
- ② 段階的避難指示などがなされるものと想定し、大量の放射性物質放出前の避難完了を目指すこと。
- ③ 災害時要援護者(在宅要援護者、社会福祉施設入所者、病院入院患者など)の安全かつ迅速な避難を図ること。

2. 島根県広域避難計画の概要と避難などに関する課題

島根県の4市の避難先地域は、島根県内、広島県、岡山県に放射状に分散させ、これら避難先への避難ルートが交叉しないよう工夫した。また、鳥取県内にも予備の避難所を確保した。一般住民の避難にあたっては、自宅から徒歩で一時集結所に移動し、そこからバスで一旦避難経由所に集まり(または自宅から自家用車で直接一旦避難経由所に集まり)そこから徒歩、又はバスなどで避難所に移動することとしている。災害時要援護者避難の考え方については、社会福祉施設入所者及び在宅要援護者は、広域福祉避難所へ避難を行い、病院など入院患者は、直接病院へ避難を行うこととしている。ここで、広域福祉避難所とは災害時要援護者が1次的に避難する施設で、一般住民の避難先と基本的に同じ地域内にあらかじめ定める要援護者用の避難所であるが、介護などを要する者が避難するため、一般の避難所と比較して、冷暖房設備や多目的トイレなど生活環境が整った避難所である。災害時要援護者の避難については、避難に伴うリスクを軽減するため十分な準備が必要であり、早い段階から避難準備を行い、迅速な避難を実施する。なお、避難準備が整うまでは屋内退避を行う。

(1) 住民避難に係る課題

一般住民の避難については、①避難手段、運転手の確保、②避難所で必要となる物資の確保が課題である。バス会社などとも協議中である。

要援護者の避難については、①社会福祉施設の2次避難先の確保、②受け入れ予定先で受け入れ困難な患者の受け入れ病院の確保、③搬送時や避難先で必要となる医療・介護従事者の確保、④要援護者の状態に応じた搬送手段や資機材の確保が課題である。

(2) 汚染スクリーニングに係る課題

汚染スクリーニングに係る課題は、①スクリーニング実施場所の考え方、②大量の避難者、避難車両に対応したスクリーニングの実施方法などである。

(3) 避難指示に係る課題

① 放射性物質の放出前

施設敷地緊急事態となれば、施設敷地緊急事態要避難者の避難を行い、全面緊急事態となれば、PAZ内の住民の避難とUPZ内の住民の屋内退避を行い、その後、プラントの状況悪化に応じてUPZ内の段階的避難に移ることとなるが、この時の「避難指示時期の考え方」及び「避難指示を発令する範囲の考え方」を明確にすることが課題である。

② 放射性物質放出後の避難

緊急モニタリングの結果により、OIL 1 (500 μ Sv/h)で「数時間内に区域を特定し、避難を実施」、OIL 2 (20 μ Sv/h)で「1日内を目処に区域を特定し、1週間程度内に一時移転を実施」することとしているが、避難範囲の具体的な決定方法が課題である。

(4) 緊急時モニタリング体制の課題

平常時のモニタリングポストによる観測地点は、35地点であり、緊急時には初動対応として18地点に追加配置し、さらに事故の状況に応じて35地点で追加観測が可能な体制としているが、避難範囲を特定するための放射線量率の測定密度の考え方が課題である。

(5) 緊急被ばく医療体制に関する課題

緊急被ばく医療機関の数を、初期被ばく医療機関については、福島事故前の2病院から14病院に、2次被ばく医療機関については、1病院から2病院に増やしてきた。病院側の取組みとしては①被ばく医療を担当する医療従事者の人材育成、②院内マニュアルの作成などがあるが、課題は①の研修機会が限られており、人材の育成が進まないことである。

(6) 安定ヨウ素剤の配布に関する課題

PAZ内では、安定ヨウ素剤を事前に各戸配布し、PAZ外では避難に合わせて服用ができる体制を整備し、特定の地域等において地方公共団体が事前配布を必要とする場合は、事前配布も可能とされている。

課題は ①事前配布の範囲、対象者の決定、②配布に関与する医師や薬剤師の確保、③医療機関での配布方法、④配布後の管理である。なお、島根県の対応としては、「安定ヨウ素剤の配布・服用に関する検討委員会」を設置し、具体的な対応方針を検討する予定である。

講演の後、以下のような質疑応答があった。

Q 避難計画・対策に対して平成24年10月に当時の保安院から公表された「放射能放出分布」のデータは参考になっているのか？

A 参考にしていない。計画段階の対策としては、最

大を考えるようにし30km圏全員に対して準備するようにしている。

III. まとめ

原子力安全部会は、2012年に8回にわたって開催した「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー」において、原子力防災について、国際基準の考え方に沿った緊急防護措置の実施や緊急時管理における時間軸に応じた責任の明確化の必要性、段階的な指揮命令系統や役割分担の重要性、公衆への指示と警報発令のためには、情報を集めて専門家が判断し公衆への情報提供を行うことが重要など多くの提言⁹⁾を行ってきた。

また、原子力学会 東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会(以下「学会事故調」という。)は、最終報告書¹⁰⁾の8章「事故の根本原因と提言」の(3)「緊急事態への準備と対応体制の強化」の中で、原子力防災対策の充実に向けた今後への提言を行っている。

その内容を「付録」に紹介する。

原子力防災は、深層防護の第5層にあたり、公衆に放射線による健康障害が生じることを回避する最後の対応手段である。より実効性の高い原子力防災対策とするためには、地方自治体の避難計画策定などの取組みに対する国の更なる支援が必要と思われる。当部会としては、セミナーにおける提言への対応状況を把握するため、今後とも原子力防災に関する関係機関の取組みを確認していきたい。

—付録—

緊急事態への準備と対応体制の強化
(学会事故調最終報告書の抜粋)

福島第一事故の緊急時対応では、初期対応の混乱、関係機関の連携不足、不明確な意思決定スキームなど、さまざまな問題が生じたが、そういったツールの活用や結果の公表ばかりに議論が集中した。本調査委員会では、IAEAの第5層の防災計画は5層からなる深層防護の最後の砦であり、住民を放射線影響から如何に防護するかという緊急時対応目標達成の視点から、緊急防護措置実施の課題、事業者、地方公共団体、国の責務・役割の明確化を含む緊急時管理と運営の課題を分析し教訓と提言を導いた。

緊急事態への準備と対応の整備では、最悪の事態も視野に入れ、合理的に予想可能な事態に対して確実に放射線のリスクを軽微なものとするため、事業者が施設の対象事象評価で考え得る範囲の緊急事態を検討し、地震のような通常の緊急事態との組み合わせを含む複合災害を考慮しなければならない。危機管理段階の対応では、あらかじめ決められた手段でまず対処し、その枠を外れた場合に柔軟に対応できるように平時から能力を養ってお

かねばならない。

そのために、以下のことを提言する。これを基にして現場、地域、国、国際間の各レベルでの関係機関の責務と役割および緊急事態におけるこれらの各機関の間の調整のあり方をもう一度見直す必要がある。そして、それが実効的に機能するように訓練によって絶えず見直しを行っていかなければならない。

- ・情報が少なく不確かさが大きい初期の危機管理段階では、事業者と地方公共団体が連携し、施設の状態に関してあらかじめ決められた判断基準に基づいて、決められた手順で放射性物質の環境放出前に迅速に緊急防護措置を実行していくスキームを確立するべきである。
- ・国、地方公共団体、事業者などの関係者は、あらかじめ緊急時におけるオンサイト、オフサイトの役割と責任の分担を協議・決定のうえ明文化すべきである。その際、オンサイトは事業者、オフサイトは地方公共団体が責任を持って対応し、国はそれらを支援することを原則とすべきと考える。
- ・危機管理に関しては、事前にさまざまな手順や緊急措置など詳細にわたる対応方針を、演習などを通して検討し、明確にしておくべきである。
- ・SPEEDI などによる放射性物質拡散解析情報については、事故初期の避難などには活用できないなどの限界を理解したうえで、その取扱い方法を明確化するべきである。
- ・防護措置実施の運営を担う地方公共団体、住民防護の最前線に立つ警察、消防および自衛隊、国の活動は、他の一般災害における防災対策とほぼ同等であること

を踏まえ、海外の事例も参考として共通の基盤で統合するべきである。

- ・原子力防災に特有の放射能対策に関しては、すべての事故対応にあたる者が放射線防護の原理と被ばく影響に対する知識を十分に持つようにするとともに対処能力を高めるべきである。

－ 参考資料 －

- 1) 講演資料「今後の原子力防災対策について」、森下泰，平成26年3月28日。
- 2) 原子力規制委員会設置法，公布，平成24年6月27日。
- 3) 中央防災会議，「防災基本計画」修正，平成24年9月6日。
- 4) 原子力災害対策特別措置法，改正，平成24年6月27日。
- 5) 原子力規制委員会，原子力災害対策指針，平成25年9月5日全部改正。
- 6) 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（政府事故調）最終報告書，平成24年7月23日。
- 7) 東京電力福島事故調査委員会（国会事故調）報告書，平成24年7月5日。
- 8) 講演資料「島根県における避難対策の取組と課題」，島田範明，平成26年3月28日。
- 9) 福島第一原子力発電所事故に関するセミナー報告書，日本原子力学会 原子力安全部会，平成25年3月。
- 10) 日本原子力学会 東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会（学会事故調）最終報告書，平成26年3月。

著者紹介

新田隆司 (にった・たかし)

日本原子力発電(株)

(専門分野/関心分野) 原子力安全設計・安全評価



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－
(9月1日第3回編集幹事会)

【論文誌関係】

- ・8月期に英文誌は33論文、和文誌は5論文が投稿された。11-12月号 HTTR 特集入稿中。3月号入稿済み。
- ・第7分野の編集委員を2名追加することとした。
- ・論文の印刷ページ数削減案を検討した。
- ・福島事故関連論文12編を無料公開プロモーション中。1週間で1000以上のダウンロードがあった。
- ・英文誌キーワード一覧を見直した。
- ・原子力学会賞論文賞の編集委員会からの推薦論文を決定した。
- ・論文審査・査読要領(英文誌・和文誌)の改訂案を承認した。

【学会誌関係】

- ・理事から、理事会関連の報告があった。
- ・「2014年秋の大会」企画セッションからの記事候補について、進捗状況の確認があった。
- ・来年3月号に掲載予定の「他学会における震災および福島事故の取組み」記事の打診状況の報告があった。現状、42学会から執筆承諾の回答があり、うち2学会から原稿の寄稿があった。ページ数が80ページ近くあるので、掲載方法については今後検討していく。
- ・「匠たちの足跡Ⅱ」の記事企画の進捗状況について報告があった。
- ・巻頭言、時論について、記事企画の検討を行った。複数案提出され、各担当者から打診することとした。

編集委員会連絡先 < hensyu@aesj.or.jp >

研究者と一般人の意識差を忘れずに

日刊工業新聞社 山本 佳世子

2014年の科学技術において、最大級の話題が理化学研究所のSTAP細胞論文問題だろう。問題の中心は研究不正だが、科学技術コミュニケーションの点でも原発関連と同様、研究者と一般人の意識の差を実感するトピックスといえる。

理研の小保方晴子ユニットリーダーらがSTAP細胞のネイチャー論文を取り下げたことに対し、研究者と一般人の反応の違いが興味深い。研究と論文執筆の作法に疑義が多く、取り下げになったこと自体は双方とも納得しているがその後、どう対応するべきかというとらえ方が異なるものだった。

一般に研究者の間では、論文取り下げは研究〔出直し〕の公表であり、その研究成果はなかったことにされる。つまり、STAP細胞研究は、小保方リーダーの中に何年も前にアイデアが芽生えたのと大差ない段階に戻ったことになる。STAP細胞の存在を主張するには、だれもが納得する手順を重ね、論文再掲載に持ち込む必要があると研究者は皆、理解している。しかし一般人は違う。「STAP細胞が本当にあるとしたら、途中の小さな不正は許されるほどの大成果なのでしょう？」という期待から、研究の費用や人手をさらにかけてでも再現実験を急ぐべきだと多くが考えているのだ。

これに対して私はこう解釈している。論文取り下げ後の研究やり直しは、研究者個人で取り組むのが本来だが、社会的事件となってしまった以上、それでは事態が収まらない。STAP細胞の存在を誰もが納得するデータで証明するか、小保方リーダー自身が無理だと諦めるか。どちらかでないと終息しない、と。

これと同様に〔研究者〕と〔一般人〕の意識の差がもっとも大きく出たのが、2011年の東日本大震災とそれに続く原発の問題だ。まず、研究者は核燃料、熱反応、プラント設計など専門を狭くとらえるが、一般人は〔原子力の専門家〕が何でも知っていると考えた。そのため、テレビでコメントする研究者が「いえ、これは私の専門ではないので」と口をつぐむことは、他の研究者からすれば他分野に口出しをしない好ましい研究者であるのに、一般人は不誠実な研究者だととらえてしまった。

また、研究者にとって研究成果は、〔ある一定条件下

で再現できる科学的現象〕だ。けれども一般人は、条件が大幅に変わる現実社会でも適用できるのが研究の成果だと考える。科学技術を過剰に信頼・期待していたために、研究者の説明を聞いて「そうではなかったのか」と裏切られた印象を持ってしまった。さらに研究者は、リスク・ベネフィットのバランスの計算やデータなど論理的な正しさを重視する。一方、一般人は専門的な手法にも羅列されたデータにも興味を示さない。「この状況は安心で安全だと考えてよいのか」という問いかけをしており、それに対する明確な答は研究者から発せられなかった。それどころか研究者の厳密な表現は、間違った理解で一般人に伝わることとなってしまった。原子力は総合科学であること、メリットもデメリットも極端であること、利害関係者が多いことなどが重なり、ありとあらゆるコミュニケーションギャップが噴出することになった。

STAP細胞論文と原発の二つの例を通じていいたいのは、「一般人は研究者の予想とまったく違う解釈をすることがしばしばある。研究者は専門性が高くなればなるほど、この危険性を忘れてはいけない」ということだ。研究者は一般人の無理解を嘆くことに終始しがちだが、そうではなく、自ら目線を下げて一般人に近づいていく存在になってほしいと思っている。

私は以前に科学技術コミュニケーションを主題とした書籍「研究費が増やせるメディア活用術」(丸善出版)を記しており、この一助になることを期待してもいる。価値観も文化も異なる世界の人々との交わりは簡単ではない。しかし科学技術は、専門家も専門家でない人も注目せずにいられない社会に不可欠の分野だ。トラブルにめげず投げ出すのではなく、失敗してもまた、取り組んでもらいたい。健全な社会は専門家と非専門家、一人ひとりによってつくられていくものなのだから。

著者紹介

山本佳世子 (やまもと・かよこ)

日刊工業新聞社論説委員兼編集委員

90年東京工業大修士修了。11年博士(学術)取得、産学連携学会業績賞。東工大ほかで非常勤講師。科学技術・学術政策研究所顧問。



東京工業大学 澤田 哲生

2014年7月26日午後2時、福井県小浜市。うだるような猛暑の中、町外れの公民館で、中野哲演氏の講話を聞いた。中野氏は大飯原発3・4号の運転差し止め訴訟の原告団の代表格である。この講話の会は、福井地裁での判決内容を改めて仔細に見て、勉強しようという趣旨で開かれた。当地で長年反原発運動を行って来た方々が10数名集まった。私もさるご縁があってそこに混ぜていただいた。

哲演さんは、贅肉のないすらっとした出で立ちで、眼光鋭い中にも優しい眼差しを見せながら、よく通る穏やかな声で話し始めた。哲演さんが、強調していたことは3点ある。

- (1) 判決文の中に“人格権”が盛り込まれたこと。大飯の3・4号の運転は、憲法で保証された周辺住民の人格権を損なうということ、裁判所がようやく認めてくれた。画期的なことである。
- (2) 今回の判決に至る根拠、科学的データのひとつに“原発から250km圏まで影響が及びうる”ということがある。しかも、「そのデータは3・11事故当時原子力委員会の委員長であった近藤駿介氏が出したデータです」¹⁾と。
- (3) そして、今回の判決は、高裁そして最高裁でもなかなか覆らないのではないかということである。この点は、今回の原告団の弁護士ともその後も情報交換し、そのような感触を得ているという。

実は、福島第一原子力発電所事故直後の2011年3月15日、これは近藤氏が官邸を恐怖に陥れたシナリオを素描する10日前、当時の英国首席科学顧問J・ベディントン卿は英国政府の合同会議で、「日本政府の示す30キロの退避圏の外では、放射線による健康被害を心配す

る必要はない」と断じた。翌日、同卿はネットTVを通じて、国内在住の欧米人の動揺を解消するに努めた²⁾。

哲演さんが、講話の中で何度も強調していたのは、原子力推進派の本丸、つまり原子力委員長の近藤駿介さんが今回の判決の後押しをしてくれんたんですよということだった。また、今回の判決は重いですよ。推進派の人たちは高裁あるいは最高裁で判決が覆ることを期待しているでしょう。しかし、今回ばかりはそうやすやすとはいかないでしょうと、判決文の詳細を朗読しながら補足した。そこには、それぞれ過去40年以上の歴史の中で、反対運動が徐々に先細ってきたことへの沈痛な思いが窺えた。ようやく一条の希望の光が見えてきたという感慨に満ちていたと思う。

中野哲演さんを囲んだ人々は皆、人間味の深い人々だった。講話の終わりに、哲演さんは、2つのことを指摘した。

- (1) 長年にわたる粘り強い訴えが“人格権”との関連で判決に盛り込まれたという事実。
- (2) この判決を原子力推進の頂点である原子力委員長が示した分析が後押ししたという事実。

これらのことを、私たちはもう少し真摯に受け止めた方が良いのではないだろうか。潮目が変わってしまった後では手遅れになる。

－ 参考資料 －

- 1) 近藤駿介、「福島第一原子力発電所の不測事態シナリオの素描」(2011年3月25日、福島原発事故独立検証委員会調査・検証報告書に収蔵)。
- 2) 小出重幸、「原子力の信頼回復とは オンサイトからオフサイトへ」, 日本原子力学会誌, 56 [3], 152 (2014)。

(2014年8月11日記)

理事会だより



部会，連絡会，専門委員会等で 専門的な学術活動を積極的に展開しよう

日本原子力学会には専門的な学術活動を行う拠点として、部会、連絡会、支部等が組織されています。学会員の皆さんは、「春の年会」「秋の大会」での発表、情報交換だけでなく、これらの専門的な学術活動にも積極的に参加してみたいかがでしょうか。

今年度の部会、連絡会、支部の活動を紹介します。

1. 部会活動

現在、18の部会が活動しています。部会活動に参加するためには別途部会費を頂きますが(学生会員は無料)、原子力技術の進展に伴い、新たな部会活動の創出を引き続き模索していきます。学会員からの積極的な提案、参画を理事会としても期待しています。

- 1) 炉物理部会 (部会長 中島 健(京大))
- 2) 核融合工学部会 (部会長 橋爪 秀利(東北大))
- 3) 核燃料部会 (部会長 湊 和生(JAEA))
- 4) バックエンド部会 (部会長 塚本 政樹(電中研))
- 5) 熱流動部会 (部会長 杉本 純(京大))
- 6) 放射線工学部会 (部会長 井口 哲夫(名大))
- 7) ヒューマン・マシン・システム研究部会 (部会長 五福 明夫(岡山大))
- 8) 加速器・ビーム科学部会 (部会長 石井 慶造(東北大))
- 9) 社会・環境部会 (部会長 諸葛 宗男(東大))
- 10) 保健物理・環境科学部会 (部会長 高橋 千太郎(京大))
- 11) 核データ部会 (部会長 千葉 敏(東工大))
- 12) 材料部会 (部会長 長谷川 晃(東北大))
- 13) 原子力発電部会 (部会長 涌永 隆夫(中部電力))
- 14) 再処理・リサイクル部会 (部会長 井上 正(電中研))
- 15) 計算科学技術部会 (部会長 山本 章夫(名大))
- 16) 水化学部会 (部会長 勝村 庸介(東大))
- 17) 原子力安全部会 (部会長 関村 直人(東大))
- 18) 新型炉部会 (部会長 柳澤 務(JAEA))

2. 連絡会活動

現在、5つの連絡会が活動しています。連絡会活動に参加いただくためには学生連絡会と原子力青年ネットワーク連絡会を除き、別途連絡会費を頂きますが(学生会員は無料)、理事会としても横断的な学会活動として今後も活性化に取り組みます。学会員の皆さんの積極的な参加を期待しています。

- 1) 海外情報連絡会 (連絡会長 藤井 康正(東大))
海外の原子力関連学会会員相互の融和を目指すことを目的として活動しています。
- 2) 学生連絡会 (連絡会長 渡辺 凜(東大))

学生会員相互の情報交換、研究交流を通して、学生の研究活動を支援することを目的として活動しています。

- 3) 原子力青年ネットワーク連絡会(YGN)
(連絡会長 西山 潤(東工大))

原子力ムラの風通しを良くするとともに、次世代への技術継承をスムーズに行うため、今後の原子力を担う世代や若手を育てる世代が中心になって活動しています。

- 4) シニア・ネットワーク連絡会(SNW)
(連絡会長 小川 博巳)

エネルギー問題を正しく社会に発信し、学生との対話を通して、学生のキャリア支援を行っています。

- 5) 核不拡散・保障措置・核セキュリティ連絡会
(連絡会長 中込 良廣)

核不拡散・保障措置・核セキュリティについての情報交換促進および原子力関係者の核不拡散等に対する認識を高め、今後の人材育成に資することを目的として活動しています。

3. 支部活動

地域毎にオープンスクール等の特色のある学会活動を行うことを目指し、支部活動にも取り組んでいます。

- 1) 北海道支部 (支部長 大沼 正人(北大))
- 2) 東北支部 (支部長 若林 利男(東北大))
- 3) 北関東支部 (支部長 藤森 治男(日立GE))
- 4) 関東・甲越支部 (支部長 井頭 政之(東工大))
- 5) 中部支部 (支部長 曾田 一雄(名大))
- 6) 関西支部 (支部長 中島 健(京大))
- 7) 中国・四国支部 (支部長 占部 逸正(福山大))
- 8) 九州支部 (支部長 出光 一哉(九大))

4. 研究会活動

- 1) 特別専門委員会：主に外部機関の委託等を受け、所定の題目について資料収集・情報交換・調査・研究・その他を行います。
- 2) 研究専門委員会：本会が選定した題目について、研究の進歩・推進を図るため、文献紹介・研究発表・情報交換・その他を行います。
- 3) 調査専門委員会：本会から依頼された特定の題目について状況・実態等を把握するため、調査・資料収集・検討・その他を行います。

副会長 柴田 洋二

理事会だよりへのご意見ご提案の送り先
rijikaidayori@aesj.or.jp