

巻頭言

- 1 今、改めて核セキュリティー文化の確立を
伊藤隆彦

時論

- 2 原子力安全の確保に必要な人材の育成を

原子力安全の確保に最も重要なのは、安全の原理・原則をわきまえ、必要な人材を育成し、供給し続けることである。
代谷誠治

- 4 安全規制の最適化とは

今後、原子力を安全に管理していくために必要なことは、「想定外」の想定、マネジメントの充実、リスクを考慮した規制の実現だ。
岡本孝司

- 6 インテグラルファーストリアクター(統合型高速炉, IFR)の物語

IFRとはウラニウム、プルトニウム、ジルコニウムの混合金属燃料を使った高速炉と乾式再処理を組み合わせたサイクル統合施設だ。
田中伸男

解説

- 14 理念を実践につなぐ
—求められるのは具現化への道筋

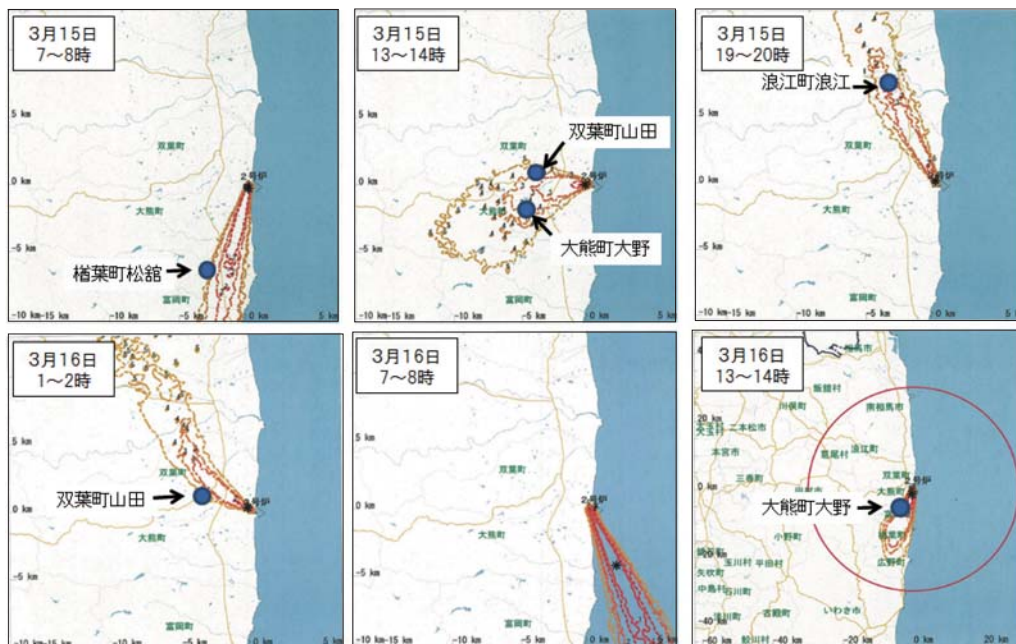
福島事故についての批判と改革への提言は数多く公表されている。しかし、理念的な提言は実装・実践への実現可能な道筋の提示があつてはじめて機能する。そのための方策を考察した。
北村正晴

- 19 原子力安全について思うこと
—東京電力福島第一原子力発電所の事故に関連して

この事故についての反省点を列挙する。なお、米国のNRCは、「働き甲斐のある職場」として最高の評価を得ている。規制機関の技術力向上はきわめて重要だ。
小山田 修

- 22 検証！SPEEDIが福島原発事故で提供した予測情報—その精度と適時性、今後の活用

今回の事故でSPEEDIはどのような予測情報をどのようなタイミングで関係機関に提供したのか、それらの精度はのちに測定されたモニタリングデータと比較してどうであったか。それらを検証し、今後の活用を探る。
茅野政道



SPEEDIによる2011年3月15~16日の空気吸収線量率分布予測

表紙の絵(日本画)「春香山桜(しゅんかやまざくら)」 制作者 山崎 隆夫

【制作者より】春になると、山も街も至るところが桜色に染まる。都会では優しく吹く春風が桜花を美しく散らす頃、山に入ると小振りの花輪で可憐に咲く山桜に出会った。一本の桜木から洩れる柔らかな陽射しが、光とともに春の香を運ぶ様は、まさに春を象徴しているように思えた。(日展アートガイドより)

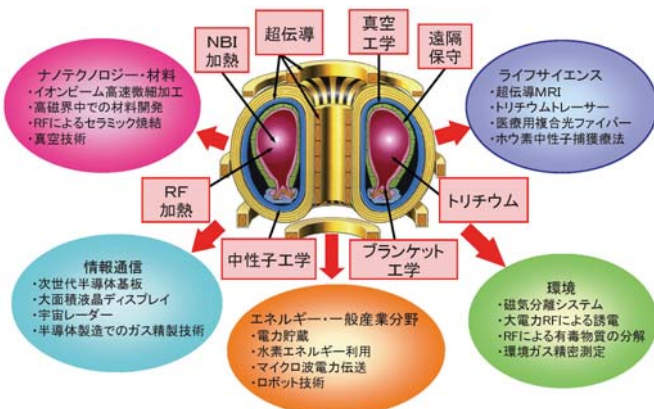
第44回「日展」へ出展された作品を掲載(表紙装丁は鈴木 新氏)

解説

27 核融合研究で開発された最先端技術の波及効果

核融合研究で開発された最先端技術は、どのような機器に技術波及したのか。あるいはどんな可能性があるのか。その現状を俯瞰し、核融合研究開発の新たな魅力を紹介する。

栗原研一、小川雄一



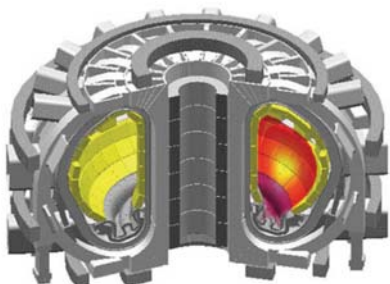
核融合工学技術の波及効果

連載講座 これからの原子力システムを担う新原子力材料(第7回)完

37 材料評価技術

次世代原子力システムの開発に向けて、材料評価技術が注目されている。そのステップの踏み方や経緯及び今後の課題を整理した。いずれのシステムでも、材料の照射影響の評価が共通の課題である。

若井栄一



プラズマを取り囲んで厚さ約50 cmのブランケット壁(黄色の部分)には、SUS 316 LN-IG(低Co)材が用いられている。

談話室

47 本当に人々は「ゼロリスク」を求めているのか—シビアアクシデント対策とゼロリスク志向

人々がゼロリスクを求めているというのは、フィクションでしかなかった。

堀越秀彦

8 NEWS

- 東通の破碎帯で規制委と東北電が見解
- 国会、原子力規制委の人事を承認
- 技術同友会が過酷事故防止で提言
- 衆院、原子力問題調査特別委を新設
- 規制委が新安全設計基準で骨子案
- 海外ニュース

報告

33 放射性セシウムはどう動くのか—原子力機構が福島県で放射性物質の環境動態研究に着手

福島発電所事故で飛散した放射性セシウムは、雨や風の影響を受けて、これからどう動くのか。あるいは動かないのか。原子力機構は、そのプロセスを調査して今後の動きを予測する調査研究を始めた。

日本原子力研究開発機構



地中の土壌をサンプリングし、セシウムの濃度を調べる

ジャーナリストの視点

49 40年後も変わらぬこと

石毛紀行

46 From Editors

- 50 会報 原子力関係会議案内、人事公募、新規フェロー一覧、フェロー賞受賞者一覧、シルバー・永年会員一覧、英文論文誌(Vol.50, No.4)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/>

今、改めて核セキュリティ文化の確立を



核物質管理学会日本支部会長

伊藤 隆彦(いとう・たかひこ)

東京大学工学部卒業，中部電力(株)入社，同社副社長，原子力委員会委員を経て現職。日本原子力文化振興財団理事長を兼ねる。

東京電力福島第一原子力発電所事故は多くの課題と教訓を残しつつあるが，とりわけ安全と核セキュリティの再構築への取り組みは喫緊の課題であろう。

今回の過酷事故は，津波に襲われたことにより，原子炉の冷却に必要な直流電源を含む全ての電源機能の喪失などにより，原子炉の冷却機能を失ったこと，更に代替注水などの非常時への備えもうまく使いこなせなかったことなどに起因するが，同様の機能喪失はテロ行為でも引き起こすことが可能であり，安全と共に核セキュリティにも脆弱性があったのではとの懸念を生んだ。

今回の事故原因の深層には，日本の規制と，事業者における「安全文化」の劣化があったと指摘されている。国際原子力機関(IAEA)の国際原子力安全諮問グループは，「安全文化」を「原子力施設の安全性の問題が，全てに優先するものとして，その重要性にふさわしい注意が払われること」が実現されている組織・個人における姿勢・特性(ありよう)を集約したもの，と定義している。つまり，「安全文化」とは，組織と個人が安全を最優先する風土や気風を指すということだ。

一方この「安全文化」に匹敵する言葉に，IAEAの「核セキュリティ文化」がある。IAEAの核セキュリティシリーズ文書は，「核セキュリティ文化」の根幹は，確実に脅威が存在することを認識すると共に，核セキュリティの維持が重要であり，またそこに係る各層の一人一人の役割が重要であることの認識にあるとしている。「核セキュリティ文化」の未熟や劣化は，原子力利用の前提をなす「安全の確保」を損なうリスクに繋がるということだ。

「核セキュリティ文化」を健全に育成・維持してゆく観点から，この福島事故の教訓を眺めてみればいくつかの課題が出てくるのではないかと。まず，原子力施設を預かる関係者への「核セキュリティ文化」の浸透は十分か，特に経営トップも含めたマネジメント層への浸透はどうか，ということだ。従来，過酷事故対策あるいは核テロ対策などセキュリティの分野は，特別な専門分野あるいは厳しい情報管理下の事項として，特殊な分野との位置づけで，経営トップを始め全体を総括するマネジメント層が常に留意すべき対象とはされていなかったのではないかと。また，原子力施設における核セキュリティに係る訓練は，潜在する核セキュリティ上の不備を洗い出すことのできる実効的なものになっているか，など多くの検証を要する課題があるのではないかと。更に，核物質の盗取と転用の可能性の観点から，核セキュリティと保障措置のシナジーも認識せねばならないだろう。これら3つのS(原子力安全，核セキュリティ，保障措置(核不拡散))のシナジーを考えれば，安全，核セキュリティ，保障措置の専門家には，原子力施設を預かる組織内はもちろん，産業界，学界など組織の枠を超えて場を共有することも求められるのではないかと。そして，この3つのSへの適切な対応を誤った時のリスクの大きさを考えれば，原子力施設を預かる組織の経営トップには，「安全文化」と共に「核セキュリティ文化」の育成・維持の先頭に立つことが今改めて求められよう。

原子力委員会核物質防護専門部会が福島事故後に出した報告書「我が国の核セキュリティ対策の強化について」は，「(福島事故で)テロ行為の対象として原子力施設に対するテロリストの関心が高まった」との懸念を表明している。

この懸念を絶対に顕在化させてはならない。

(2013年1月15日 記)



原子力安全の確保に必要な人材の育成を



代谷 誠治(しろや・せいじ)

京都大学 名誉教授
京都大学大学院工学研究科博士課程単位取得退学、京都大学原子炉実験所所長、原子力安全委員会委員などを歴任。専攻は原子炉物理学。

1. はじめに

東日本大震災に端を発した東京電力(株)福島第一原子力発電所における未曾有の原子力事故が発生してから約2年が過ぎた。過酷事故(シビアアクシデント)が我が国で現実のものとなったことについて、発生時に原子力安全委員会委員の職にあった者として慙愧に堪えない。

大きな潜在的危険性を孕む原子力エネルギーの利用に際しては、今一度、原子力安全の基本に立ち返って安全確保のあり方を見直す必要があると考える。危険性が存在する限り、設備や機器等ハードと組織や体制等ソフトの両面において、安全性を高める不断の努力を怠ってはならない。原子力施設の設備や機器類を増強して安全性向上を図り、施設の安全管理や原子力の規制体制を整備して強化する必要があることは論を俟たない。加えて、これらのハードやソフトは人によって運用されるものであることを忘れてはならない。何よりも原子力安全の確保に必要な人材を育成するとともに、原子力の事業者と規制者は共に絶えず技術の研鑽と能力の向上に励み、不断に原子力安全の向上に努めることが不可欠である。

2. 原子力安全の原理・原則に立ち返って安全確保を

原子力エネルギーの利用には大きな潜在的危険性、リスクが存在していることは否定できない。このリスクの顕在化を防止し、安全の確保を図るために、今一度、原子力安全の原理・原則に立ち返って考える必要がある。

リスクが存在する限り、安全性向上に向けた努力を続ける、すなわち継続的改善の取り組みを不断に行うことが肝要である。リスクが消滅しない限り、安全確保に向けた闘いに終わりはない。確かに安全は安心の素であるが、安心しては安全を確保することができないものである。とりわけ安全確保の取り組みに従事する者は、絶えず心配して原子力施設の現状の詳細な把握に努め、安全性を評価し、安全性向上に努めなければならない。

原子力施設の安全を確保するには、施設の現状と安全余裕を適切に把握しておくことが肝要である。現場を重視し、その詳細な状況を絶えず把握して、常日頃から施

設の現状を反映した図面及び文書を整備しておき、それらを関係者が共有しておくことが望ましい。安全余裕に関しては、ストレステストの方式などを大いに活用して適宜評価し、その結果を継続的改善に利用するとともに、常に適切な余裕を確保しておくことに努める必要がある。なお、安全余裕の評価に関しては、安全研究等を通じて評価に必要なデータを取得するとともに、評価手法の高度化を図ることが求められる。

想定外事象は、その発生の予見や防止が、(1)不可能、(2)可能ではあっても、その方法等が不充分であるために起きるものの2種類に分類できる。少なくとも想定外事象(2)については、たとえ発生しても人と環境に重大な影響を与えないよう、あらかじめその時点で最善と考えられる多重の防護策¹⁾を講じておき、多重防護の有効性についてはストレステストを実施するなどして評価を加え、施設の現状を考慮して、かつ積極的に新知見等を取り入れて、適時・適切に防護策を見直す必要がある。これは想定外事象(1)への対策強化にも役立つと期待できる。

原子力事業は許可事業であり、誰しもが行えるという代物ではない。許可を受けた事業者は、自らの事業を遂行するに当たって一義的責任を負わなければならない。当然のことながら、原子力安全についても一義的責任を負うこととなる。もちろん、事業を許可した規制者についてもその責任を免れることはできず、規制者は事業者の原子力安全の向上に向けた努力を助長する責務がある。定式的な点検や検査を行うだけでは形式安全の追求に止まってしまい、ややもすると「木を見て森を見ず」という状態に陥ってしまう。追求すべきは安全性の向上に資する実質安全であり、それに向けた有効な方策を事業者と規制者が共に模索し、実効的な点検や検査の方法を確立すべく改善の努力を続けることが重要である。

3. 原子力利用は科学技術の成果に立脚して成立

原子力の利用は科学技術の発展の成果に立脚して成立したものである。当然のことながら、原子力利用の前提となる安全確保についても科学技術の成果が活用され

る。より安全な原子力利用の実現には、科学技術の健全な発展が必要不可欠であることは自明であり、原子力研究の発展に努め、その成果を進んで取り入れて安全性の向上に資する必要がある。また、将来、たとえ原子力の利用を取り止める方向に進む場合においても、原子力利用を安全な形で終焉に導くために原子力研究の実施が不可避となることは明らかである。

さて、原子力の利用に際し、これまで我が国では規制や安全対策に対する誤った「無謬性」への固執があり、極度に保守的となって新知見や国際標準の取り入れなどが遅れ、ともすれば安全神話の蔓延に通ずる状況が生まれてきたように思える。真理の探求に基礎を置く科学技術の発展は、発明・発見に基づき、過去の誤謬を正すことによって成し遂げられるものである。原子力利用に際し、科学技術の発展と相容れないような「無謬性」への固執があってはならない。大いに進取の精神を発揮し、積極的に新知見や国際標準の取り入れなどを行うことにより、さらなる安全性の向上を図ることが肝要である。

原子力は紛れもなく総合科学技術である。総合科学技術の成果に立脚した原子力施設を運用するためには、単に関連する個別専門分野の技術者を糾合するだけでは不十分である。原子力に関する総合的な知識を持ち、かつ個別の専門分野にも習熟した技術者の集団を構成して施設の運用に当たり、あるいは適切な規制を行うことが不可欠である。その際、技術者集団にあっては、従来の縦割り組織の壁を破り、例えば各原子力施設の現状についての認識を共有する仕組みを作り、技術者間で真摯かつ率直な意見交換ができ、必要に応じて緊密な連携が図れるような統合的組織を構築することが重要である。その上で、事業者と規制者との間で、それぞれの立場をわきまえた上で意見交換を積極的に行い、原子力施設の現状に関する認識の差を埋めることが必要である。

4. 原子力安全の確保に必要な人材の育成を

既に述べたとおり、原子力の安全確保には、ハードとソフトの両面における継続的改善が必要となるが、これを実行して運用するのは人である。原子力に関する総合的な知識を持ち、現場を熟知した技術者集団の育成が原子力の安全確保に不可欠であることも既に述べた。これらの帰結として、原子力安全の確保を図るために最も重要なことは、安全確保に必要な人材を育成し、供給し続けることであると筆者は考えている。

原子力安全の確保に必要な人材を育成する上で、大学等における原子力の教育研究を充実させ、日本原子力研究開発機構等における原子力研究、とりわけ安全研究を充実・強化することが重要と考える。原子力の事業者や規制者においても、安全性の向上を目指して新知見や国際標準の取り入れ、あるいは独自の方法の開発に真摯に取り組むことに努め、それに必要な人材を積極的に採用

することになれば、人材育成に弾みがつく。

原子力の教育研究に関しては、特に実験教育、実験研究を充実させることが重要と筆者は考えている。実験に失敗は付き物である。実験では、当初の計画あるいは思惑どおりに順調に事が運ぶこともあるが、往々にして想定外の事象や現象に遭遇するものである。計算機シミュレーションやシミュレータでは、失敗しても簡単にリセットしてやり直すことができるが、実験ではそう簡単には事が運ばない。実験の結末は現実の事象として現れ、必然的に実験者はそれへの対応を行う必要が生じる。

原子力の実験では実際に核燃料物質や放射性同位元素を取り扱うこととなり、各種の安全規制の制約を受ける。設備・機器類が故障すれば修理・修復しなければならず、少しでも放射性物質による汚染が発生すれば汚染の拡大を防止し、除染しなければならないが、これらは安全規制の下で行う必要がある。もちろん、準備や後始末等についても安全規制の下で行う必要があることから、誤った成果主義が横行している現状では敬遠されがちであるが、実験を通じて原子力安全の一端を体験し、実際の現象への対処を経験する貴重な機会ともなる。

5. おわりに

原子炉施設には、原子炉の運転に関して保安の監督を行わせるために原子炉主任技術者免状を持つ者の中から選任された原子炉主任技術者やその代行者が存在するはずである。運転に関して保安の監督を行う者は、当然、施設の現状を熟知しているはずであり、運転時に事故を含めて異常が発生した場合に備えて、常日頃からの確かな指示が出せるように準備をしているはずである。原子炉事故を未然に防ぐためにも、事故影響を最小化するためにも、原子炉主任技術者及び代行者がその能力を存分に発揮できる環境を整備しておくことが重要と考える²⁾。

最後に、大きな潜在的危険性がある限り、「これで十分に安全」という状態はあり得ない。原子力に携わる者は、自らの社会的責任を果たす責務があり、リスクの顕在化を防ぐために不断の努力を惜しんではならない。我が国において世界最高水準の安全性を達成することを目指し、ぜひとも人材の育成に力を注いでいただきたい。

(2013年2月15日 記)

— 参考資料 —

- 1) 発電用軽水型原子炉施設におけるシビアアクシデント対策—多重防護の考え方について。
<http://www.nsr.go.jp/archive/nsc/enzen/shidai/genan2012/genan036/siryu4-1.pdf>
- 2) 木村逸郎, 事故時の原子炉主任技術者の在り方の再検討, 日本原子力学会誌アトモス, 54[11], 755(2012).



安全規制の最適化とは



岡本 孝司(おかもと・こうじ)

東京大学大学院工学系研究科原子力専攻専攻長・教授

2004年より2012年まで旧原子力安全委員会原子炉安全専門審査会委員，旧保安院ストレステスト意見聴取会委員などを歴任。専門は原子炉熱流動・原子力安全工学・可視化情報学。英国物理学会フェローなど。

1. 想定外をマネジメントで対応する

今年2月にロシアに隕石が落ちて、数多くの建屋が損傷した。隕石が落ちることがありえることは、皆知っていたが、それが膨大なエネルギーを放出し、衝撃波として荷重を加えることはある意味、自然は人の知識を超えていることを示したと思っている。

福島第一発電所事故には、いくつもの教訓があるが、今後、原子力を安全に管理していくために、最も重要な教訓は下記3点にまとめられる。

- (1) 「想定外」を想定すること
- (2) マネジメントを充実させること
- (3) リスクを考慮した規制を行うこと

(1) 「想定外」を想定すること

最も重要な教訓は、想定外を想定することである。事故の後、想定外というキーワードが踊った。原子力安全の考え方に想定外はあってはならないし、元々想定外を想定する考え方があった。しかし、対応が不十分であったことから対応を取ることができなかった。このような「想定外」を想定するためには、いくらハードウェアを揃えても仕方がない。ハードウェアで対応する設計を拡張しても、設計の領域であって、想定外には対応できないのである。

IAEAの深層防護思想に取り入れられているDesign Extended Condition (DEC)は設計拡張事象と呼ばれていて、過去、設計を超える状況を考えるとされていた、Beyond Design Basis Accident (BDBA)設計基準超過事象の考え方は明らかに異なる。Beyond DEC (BDEC)を考える必要がある。これが、いわゆる深層防護の第4層に相当する。深層防護では、各層の独立的効果 (independent effectiveness) が必要条件となっている。

いくらハードウェアを準備しても駄目である。そのハードウェアを含めて、人が対応できることが第4層の最も重要な考え方である。これをアクシデントマネジメントと呼ぶ。

今、パブコメになっている規制庁の新基準は、この意味から不合格である。DECにはなっているのかもしれ

ないが、BDECにはなっていない。特にシビアアクシデントを緩和する第4層については、従来の第3層と同じ考え方になってしまっている。シナリオを想定してハードの対策をとるだけでは、アクシデントマネジメントとしては不十分である。第4層を充実させないと、隕石落下を超えるような、想定外の事象が起きたときに、対応ができないことは明らかである。

(2) マネジメントの失敗

事故の、もう一つ重要な教訓は、マネジメントが失敗したことである。緊急時対応として、それなりの教育訓練はなされていた。炉心溶融後の対応マニュアルも用意されていた。しかし、ハードウェア(電源や通信機など)が使えず、また、ソフトウェア(対応力など)も不十分であり、放射性物質の放出を防ぐことができなかった。第4層の準備が不十分で、簡単に破られてしまったと考えることができる。事故の教訓としても、第4層マネジメント能力を拡充することが必須なのである。

新基準では、マネジメント能力については、保安規定で規定し、保安検査で検査するとなっている。つまり、再稼働の条件でもないし、安全審査の対象にもなっていない。なぜであろうか？ 規制委員会に、マネジメント能力を評価する実力がないからではないのかと危惧する。難しいことは先送りして、簡単なことだけを見る基準になっているように思える。

(3) リスクを考慮すること

さて、事故のもう一つの大きな教訓は、規制側のマネジメント能力の欠如である。事故の前の規制は、難しいことを先送りして、簡単なことを見ていた。リスクをともに考慮するのは難しいので先送りをし、リスクにはほとんど関係のない、ハンコの有無や誤字脱字チェックをしていた。この先送りにより、リスクを考えない規制を続けていたため、大きなリスクを見落としていたのである。残念ながら、今の規制委員会は、先祖返りをしており、事故前よりももっと悪くなっている。リスクのほとんど減らない、簡単な員数確認や、書類記載ミスを一生涯実施している。ところが、リスクを大きく減らす、

マネジメント能力の評価については、ほとんど無視している。これは、リスクを考えていない規制であるためである。

逆に、自分たちの組織リスクには非常に敏感で、組織を守ることに一生懸命に見える。規制委員会にマネジメント能力がないことは、放射性物質拡散計算のドタバタを見ても明らかである。下請けである JNES に責任を押し付けたようであるが、マネジメント能力の欠如は隠せない。ここを充実させるためには、謙虚に学び、経験を積むことが必要なのだが、自らコミュニケーションをとらずに、孤立している現状では無理かもしれない。

2. 規制とリスク

国会事故調は、その英訳報告書で、事故の原因を“Japanese Culture”に起因するとし、“Made in Japan”であるとしている。これは、大きなミスリーディングである。某国の方と話したときに、国会が福島第一事故は日本特有の原因であると言っているのだから、うちとは関係ないと言われていた。国会事故調が間違っているのだと言って、改善を進めていただくようお願いしたが、ちゃんと進めていただけるかどうか。

さて、規制としては、規制をやっていることをアピールしなくてはならない。最もやりやすいのは、とにかく何でも厳しくして、厳しいことをやっていると見せることになる。しかし、それは、リスクとは関係ない。このやり方では、規制が事故を誘発するリスクが高くなる。JCO 事故の後、変な規制を行ったことによって、福島が起きたと言っても過言ではない。また、変な規制をすると事故が起きる。

今の規制委員会の考え方は、とにかくハードウェア偏重である。リスクの高いものは、対策をしてリスクを下げねばならない。これは必須である。リスクの低いものに対策することも一瞬よいように思える。しかし、対策というのは、状態を変更させるので、必ず別の場所にリスクを導入する。対策によって、ある部分のリスクは下がったかもしれないが、別の部分のリスクが増え、結果的にリスクを増やすことも良くある。有名な話として、2001年同時多発テロの後、移動手段として車の利用が増え、結果的に交通事故で亡くなる人の数が増えた。飛行機を止めて車にする対策をとったことで、テロにあう確率は減ったが、事故に合う確率が増えてしまったわけである。とにかく何でも対策をとればよいというのは間違いなのだ。総合的なリスクを低減することが必須であり、単純ではないのである。そこを考えられるには現場を良く知ることが必要であり、東京の机の前に座っているのは、全く駄目である。

リスクに正面から取り組まないと、また事故が起きる。想定外を想定すること、マネジメント能力を評価することを、リスクをベースに考えることが必須で、その

規制を行わねばならない。

3. 科学的にリスクを考えること

今、外部事象としては、活断層の危険がクローズアップされている。しかし、ここでの議論は、活断層かどうかという無意味な議論に終始している。一言で活断層といっても、その中身は数多くあり、地震を起こす、もしくは地震活動に伴って変位を起こすものが重要だ。また、その変位にもピンからキリまであり、本当に重要なことは、原子力安全が脅かされるかどうかである。リスクを科学的に正面からとらえなくてはならない。

風が吹けば桶屋が儲かるという言い回しがある。論理的に繋がっているように見えて、実は、ありえないという例え話である。前提と結論の間に、非論理的な飛躍があるのだが、そこを論理的に見せかけているのである。今の活断層の議論は、まさに風が吹いて桶屋が儲かるのがけしからんから、子供は常に家の中に居させようと言っている状態である。神戸での地震の後、地震や耐震に関する科学は大きく進歩した。今、活断層だ何だと呼ばれているものについても、様々な知見が得られて来ている。ところが、今の規制委員会は、過去の研究をすっ飛ばして、感覚で議論をしているようにしか思えない。風と桶屋の間を結ぶ、数多くの関係について、十分な研究があるのに、それらの研究を無視して、風が吹いたら桶屋が儲かるかもしれないと言っているにすぎない。おそらく、それらの一流の先生方の意見を聞かないのは、間違いを指摘されるのが怖いからなのであろう。

一つの重要な問題は、規制委員会にコミュニケーション能力がないことにある。米国では、規制と事業者が、独立な立場で、同じ目標に向かって議論を続け、その議論の中から、より安全を確保するための成果が生まれてきている。一方、日本の規制委員会は、事業者と議論することさえ悪であるかのような風潮を規制委員会自体が作りだしている。規制委員会と事業者は原子力安全に対して対等なのだ。決して規制委員会は偉くない。原子力安全について、事業者に教えてもらわねばならないことも多々あるであろうし、逆に事業者に教えることも多々あるのである。お互いが努力を続けて、議論をすることによって初めて原子力安全は達成される。形だけ、2時間程度意見を聞き置くという形式をとっても、議論ではない。

議論がないと、一方的に、風が吹けば桶屋が儲かる視点からの規制が行われる。事業者は、リスクが高くなることが分かっているのに、言われたとおりに対策をする。結果として、日本の原子力発電所のリスクは高まり、また事故が起きる。これは、火を見るよりも明らかなので、万一、事業者が言われたとおりの対策をするのであれば、日本では原子力を止めるべきである。Japanese Culture なのだとあきらめるしかない。

(2013年2月18日 記)



インテグラルファーストリアクター (統合型高速炉, IFR)の物語



田中 伸男(たなか・のぶお)

日本エネルギー経済研究所 特別顧問
前国際エネルギー機関(IEA)事務局長。東京大学経済学部卒業後、1973年通商産業省入省。国際原子力企画官、産業資金課長、通商機構部長などを歴任。在米日本国大使館書記官、同公使、OECD 科学技術産業局長など、多年に渡る海外勤務経験。(62歳)

去年の10月、米国は加州バークレイで開かれた統合型高速炉 Integral Fast Reactor に関する国際会議に出席した。本誌の読者であればご存知だろうが IFR とは1988年に米国アルゴンヌ国立研究所が提案したウラン、プルトニウム、ジルコニウムの混合金属燃料を使った高速炉と電解精製による乾式再処理(パイロプロセッシング)を組み合わせたサイクル統合施設である。1960年代以来、アイダホで EBR 2 実験炉として運転されてきた実績がある。日本やフランスが進めてきた酸化燃料と湿式化学法再処理とは違う路線だが、既に米国では GE が PRISM 炉として実用化に途をつけ、中国、インドにおいても研究されている。英国が近い将来、プルトニウムバーナーとして採用する可能性が高い。実は日本の電力中央研究所もアルゴンヌ国立研究所と共同研究を行っていたが、クリントン政権の高速炉研究凍結で中断した。最近では特に韓国が国をあげて進めている。私は経済産業省に勤務し原子力関係のポストにもついでながらこの IFR についてほんの半年前まで知らなかった。不明を恥じるばかりだが、驚くべきことに私が話したほとんどの方もそうであった。もっと早く知っていたら日本は核燃料サイクルについて違う選択をしたかもしれないという人もいた。

アルゴンヌ国立研究所で開発に当たったチャン教授が解説してくれた。IFR はプルトニウムの効率的な利用という高速炉ならではの経済性(軽水炉では燃料の1%しか燃やせないが、IFR は99%燃やし尽くせるためほぼ無尽蔵のエネルギー源を手に入れることができる)に加え、金属燃料と減速材ナトリウムの熱伝導率特性から全電源喪失の場合でも炉が自然に停止する固有安全性が実証されており、かつプルトニウムが施設外部に出ないという閉鎖型サイクル技術であって核不拡散保障措置にも優れている。さらにプルトニウム以外の放射性物質マイナーアクチニド(MA)が炉内で一緒に燃えるため最後に残る高レベル廃棄物の放射能が天然ウラン並みに落ちるのに必要な年数が軽水炉の10万年に対しわずか300年という夢の原子炉だ。実はクリントン政権による撤退決定

後もアルゴンヌで廃棄物処理技術として細々ながら研究が続けられてきたが、それはパイロプロセッシングが TMI 事故で溶けた燃料の再処理にも使われるなど、有効な使用済み核燃料処理技術であるからだ。福島第一原発事故でいろいろなものが混ざりこんでメルトダウンした燃料の処理にも使えるはずである。また常圧のタンク式炉は小型でも効率が高くモジュラー炉として途上国での展開も期待できる。東芝が開発している小型炉も基本的には同じものと言える。なぜこれほど結構なものが世界で採用されなかったのでしょうかとチャン博士に聞くと、「馬に乗って川を渡っているときに川の真ん中で馬を乗り換えることは難しいといつも言われてきました」と寂しそうに笑われた。一度確立した技術パラダイムを変更するのは大変だ。

なぜ韓国が推進しているかといえば国内で使用済み核燃料の再処理をする必要があるからだ。韓国は日本と違い商業再処理が認められていない。しかし早い原発では2016年に原子力発電所の燃料プールでの使用済核燃料中間貯蔵が限界にくる。原子炉の新設があればその冷却プールをやりくりして2020年過ぎまで持ちこたえられる。根本的解決策として2014年の米韓原子力協定(123協定)改定をにらみ米国に韓国での再処理導入を認めさせるのが最大の関心事。六ヶ所村再処理工場で採用されている Purex 法はもともと兵器用の純粋プルトニウムを作るための技術であるのに対して、パイロプロセッシングからは純粋プルトニウムはできない上にそれが施設外に出ることもないという核の拡散性が低い技術。韓国は日本に認められているのになぜダメなのかと米国をつついている。もともと米国のアルゴンヌ国立研究所で開発に参加した韓国人チャン教授らの協力も得て韓国政府がデザイン認証の準備予算を去年3月につけ、韓流の核燃料サイクル構想が始まっている。ただし朝鮮半島でプルトニウム生産が行われれば核拡散のリスクが大幅に高まると考える米国政府がそう簡単にOKを出すとは思えない。(商業再処理は認めずとも研究用の再処理は認められる可能性はある。)しかし他方で日本が原子力を辞める

という決断をすると話は変わってくる。去年の八月に知日派の論客ジョセフ・ナイとリチャード・アーミテージはCSISの日米関係に関する論文の中で、民主党のエネルギー安全保障、なかんずく原子力技術の放棄に疑問を呈し、日本は一流国であることを辞めるのかと問いかけた。その場合、米国は核不拡散のパートナーとして止むを得ず日本に代わって韓国を選択せざるを得ないことになる。

米韓原子力協定改定に当たって米国は韓国に商業再処理を認めるよりも米国に使用済核燃料を引き取る方がましと考えている可能性もある。去年8月に米国ニューメキシコ州で開かれた日米韓の原子力対話に参加したが、話題は使用済核燃料をどう処理するかだった。近くのカルスバッドにある連邦エネルギー省の廃棄物処理施設(WIPP)も見学した。地下700mの岩塩層に掘ったトンネルに核兵器生産に伴う低中レベル廃棄物が整然と並び岩塩層に溶け込む日を待っていた。米国ではネバダ州のユッカマウンテンに代わる処理方法がエネルギー長官に提言されたところである。現在、使用済燃料は乾式容器で発電所内に保管されているが、将来これを集中的に暫定貯蔵する施設を作るのか、カルスバッド施設を拡張して直接処分するのか等議論が始まったところだ。ユッカマウンテンでの処分の特徴は使用済核燃料を新型高速炉の燃料として将来再利用する可能性を残す点(リトリーブビリティ)である。ウラン資源に限界がある以上、プルトニウムを含む使用済核燃料は単なるゴミではなく有用な資源だ。シェールガスやシェールオイルが大量に見つかっている米国はすぐにプルトニウムを燃やす必要はない。いずれ技術が確立し再使用できる日までとっておけばよい。

しかし資源が十分にはない国にとっては重要である。中国が高速炉に熱心なのもそのためだ。インドは国内で豊富なトリウムを燃やす新型炉の研究に熱心である。日本でも高速増殖炉「もんじゅ」は自前のエネルギー源を確保するために開発されてきた。しかし福島第一原発事故以来、核燃料サイクルが見直されている。高速増殖炉技術の遅れと高レベル放射性廃棄物の地層処分地の確保の困難性がその背景にある。全量再処理路線に代わり、一部を乾式容器で暫定貯蔵したり、直接処分することが検討されている。とりあえず貯蔵するにせよ、将来どのような使い方ができるのかをはっきりさせない限り国民は納得しないだろう。IFR実現に今欠けているのは軽水炉の使用済み核燃料を処理するパイロプロセッシングプラント

を建設して金属燃料を作り、規模の大きいIFR実証炉を建設しその運転実験することだ。これを目標にすれば「もんじゅ」も金属燃料を燃やしIFR実証実験に貢献できる。日本では六ヶ所村の再処理施設を増設することが難しいのだとすれば、むしろ軽水炉の使用済み核燃料をパイロプロセッシングによってIFRの燃料として使う新核燃料サイクルも補完的に採用すべきではないか。IFRは濃縮ウランを軽水炉で燃やし、使用済み核燃料をPurex法で再処理して高速増殖炉で使うという軍事技術を応用した技術体系とは違う本来的に原子力平和利用の技術体系である。ウラン濃縮は広島型原爆につながるし、プルトニウムは長崎型原爆に使われた。軽水炉は原潜の推進機構であり、地上に置けば冷却水が無くなるリスクがついて回る。しかしナトリウムを減速材とする高速炉は本来的に原潜にはなじまない。この研究は平和利用に徹してきた日本が世界をリードすべきである。また日米韓など同じ核不拡散体制を信奉する国が共同で進めるべきだろう。米国や韓国の友人達との対話は希望を持たせるものであった。日韓がケンカをしている暇はない。

福島事故以来、原子力技術は大きなリスクがあるという認識が確立したが、人類に必要な技術でもある。パークレーでの会議に参加した藤家洋一元原子力委員会委員長の発言に会場が静まり返った。彼は長崎に原爆が投下された直後から医療隊隊長として救護に当たった永井隆博士の次の言葉を引いた。

「スベテハ終ツタ。祖国ハ敗レタ。吾ガ大学ハ潰滅シ吾ガ教室ハ烏有二婦シタ。余等亦人々傷ツキ倒レタ。住ムベキ家ハ焼ケ、着ル物モ失ハレ、家族ハ死傷シタ。今更何ヲ云ハンヤデアル。唯願フ処ハカカル悲劇ヲ再ビ人類ガ演ジタクナイ。原子爆弾ノ原理ヲ利用シ、コレヲ動力源トシテ文化ニ貢献出来ル如ク更ニ一層ノ研究ヲ進メタイ。転禍為福。世界ノ文明形態ハ原子エネルギーノ利用ニヨリ一変スルニキマツテキル。サウシテ新シイ幸福ナ世界ガ作ラレルナラバ、多数犠牲者ノ霊モ亦慰メラレルデアラウ。」

人間は悲劇からどう立ち直れば良いかを知っている。福島県についても同じことが言えないだろうか。廃炉や放射能除染には時間とお金がかかる。廃炉、除染など福島事故の後始末に関する国際研究に加え、前向きに世界のための原子力技術開発を進める拠点としても福島の将来はある。IFRに関する世界の英智を福島に集める。それこそ災い転じて福と為す方法ではないか。

(2013年2月7日 記)