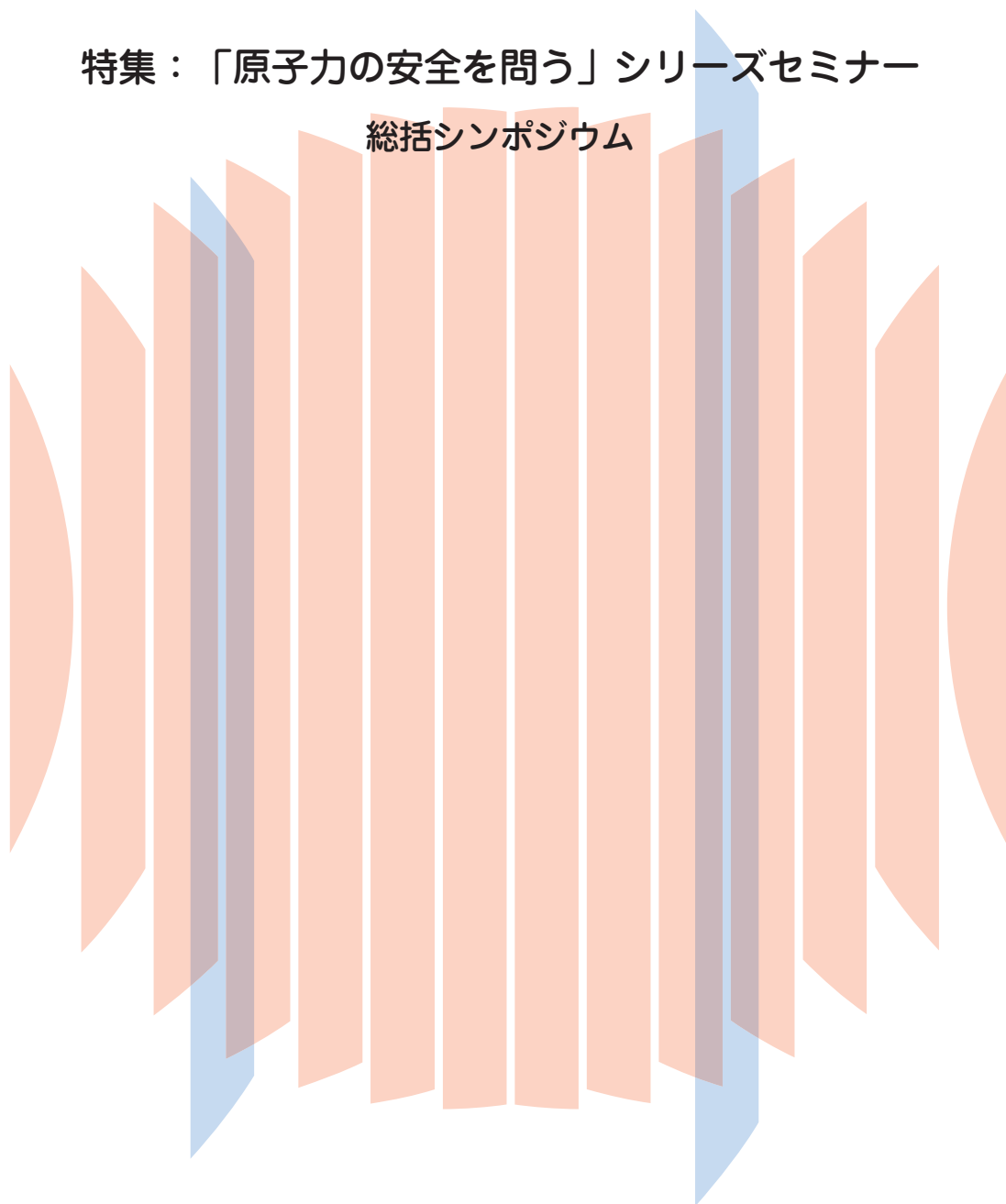


季報 エネルギー総合工学

Vol. 35 No. 1 2012. 4.

特集：「原子力の安全を問う」シリーズセミナー
総括シンポジウム



財団法人 エネルギー総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

目 次

【開会挨拶】	東京大学名誉教授 元安全工学会会長	田 村 昌 三	…… 1
【基調講演】	リスクガバナンスに向けて	東京大学大学院教授 日本原子力学会会長	田 中 知 …… 3
【特別講演】	原子力の安全性をどのように確保できるのか？ — 巨大技術のリスクは制御可能か？	フィンランド放射線・原子力安全庁長官	ユッカ・ラクソネン …… 13
【パネル討論】	テーマ：「原子力の安全を問う」～巨大技術のリスクは制御できるか～ モデレーター：松 井 一 秋 (財)エネルギー総合工学研究所 理事 パネリスト：田 中 知 東京大学大学院教授 日本原子力学会会長 ユッカ・ラクソネン フィンランド放射線・原子力安全庁長官 田 村 昌 三 東京大学名誉教授 元安全工学会会長 谷 口 武 俊 東京大学大学院客員教授 …… 23		
【閉会挨拶】	(財)エネルギー総合工学研究所 専務理事	山 田 英 司	…… 39
【とりまとめ】	「原子力の安全を問う」シリーズセミナーで指摘された原子力安全に係る論点 …… 40		
【事業計画】	平成24年度 事業計画 (財)エネルギー総合工学研究所 …… 48		
【研究所の動き】	…… 55		
【第34巻通巻目次】	…… 57		
【編集後記】	…… 61		

開 会 挨拶



田村 昌三 (東京大学名誉教授
元安全工学会会長)

本日は、原子力安全シリーズセミナーの第2回シンポジウム（総括）を開催致しましたところ、多数の方々にご参加を賜り、誠にありがとうございます。安全は、国民が広く希求する普遍的な価値であり、3月の東日本大震災を契機に、国民生活の向上の観点から、一層重視することが求められております。

本原子力安全シリーズセミナーは、東日本大震災により発生した福島第一原子力発電所事故という原子力災害に直面し、巨大技術の象徴とも言うべき原子力における安全は、今後、成立可能なのかを、問い直すことが求められていることを踏まえ、今後の原子力安全のあり方について、新たな視点や示唆を生み出すことを目的として開催してまいりました。

本原子力安全シリーズセミナーは、エネルギー総合工学研究所の主催、日本原子力学会、日本信頼性学会、そして私が所属しております安全工学会の共催、さらに日本リスク研究学会の協力で開催しております。

本シリーズセミナーの特徴と致しましては、第一に「科学の視点」から議論を行うこと。第二に原子力以外の「多様な分野での安全の専門家」を交え議論を行うこと。第三に「公開」で行うこと。そして第四に、いくつかの論点についてシリーズセミナーとして積み重ねることです。10月8日の第1回シンポジウムを皮切りに、これまで5回の公開討論会を開催し、安全とリスク、機械、化学や食品分野における安全確保、危機管理、地震災害対応、リスクガバナンスなど、多様な論点について議論を行ってまいりました。

本日のシンポジウムは、シリーズセミナーの総括でございまして、まず、本シリーズセミナーを共催されております日本原子力学会会長の田中知東京大学大学院教授に、これまで行われた議論の概要のご紹介も含めて基調講演をいただきます。続きまして、フィンランド放射線・原子力安全庁のラクソネン長官から国際的な視点に立った特別講演を頂戴いたします。そして、休憩を挟んで、私も参加させていただきますけれども、パネル討論を行う予定でございます。

本日のシンポジウムが，ご参集いただきました皆さんにとりまして有意義なものになりますことを祈念いたしまして，簡単ではございますが，開会の挨拶とさせていただきます。どうもありがとうございました。

[基調講演]

リスクガバナンスに向けて

田中 知

(東京大学大学院教授
日本原子力学会会長)



はじめに

基調講演のタイトルについて

基調講演という大変重要な役割を仰せつかって、ずいぶんと悩みました。このセミナーの副題である「巨大技術のリスクは制御できるか」という問いに対して、一定の方向性が答えを出さないといけないのかなと思っていたからです。

そして、講演タイトルを「リスクガバナンスに向けて」といたしました。もしかすると、その辺りが問いについてさらに議論を深める論点の1つになるかも知れないと思います。

私の講演の内容としては、第1回シンポジウム（10月8日）とそれに続く5回の公開討論会（10月15日～12月11日）の概要を話させていただき、その後で3つの論点に整理し、最後に「リスクガバナンス」の重要性について議論ができたと思います。

これまでの講演概要

リスクと安全の考え方

「リスクと安全」という時に、「安全か危険か」の二項対立ではなく、リスクをベースとして、その中間の領域も含めた議論が必要である。また、「絶対安全」や「ゼロリスク」はあり得ない。「受け入れ可能なリスクが安全なんだ」という議論がありました。

さらには、「安心」という日本語に相当する英語がないことから分かる通り、「安心」は日本特有の情緒的スローガンであって、「安全」とは明確に区別すべきだという議論がありました。

確かに「安心」に相当する英語はありません。「安全」には“safety”という英語があります。一方で、英語の“risk”に相当する日本語はありません。これを「危険」と訳すのは誤りです。「安心」、「安全」、「リスク」が正し

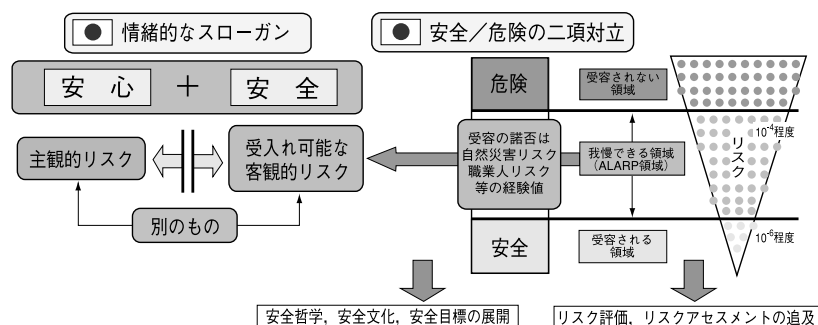


図1 これまでの講演の概要：リスクと安全の考え方

く定義されないまま議論されているのが問題だと思います。総合科学技術会議などでも「安全・安心」という言葉が使われています。よく定義しないまま言葉を使うというのが日本の悪いところかも知れませんが、本来、「安全」と「安心」は別のものではないかと思います。

一方で、「安全か危険か」という、二項対立的な議論が多いのも問題だと思います。この世には、「安全」と「危険」の間に「我慢できる領域」があります。そういうことを分かった上で議論しないと、「原子力反対」か「原子力賛成」というある意味片寄った議論が多くなって問題だと指摘されていました。

安全設計の考え方

安全設計の考え方に関する議論がありました。「絶対安全」はあり得ません。想定外、対応外とした「残余のリスク」が受け入れ可能かどうかということこそ問題なのですから、想定外としたリスク判断基準を情報公開し、安全／リスクを客観的に判断することが必要です。

また、現在の考え方をベースに、もぐら叩きの安全性を高めることで原子力が社会に受容されるかと言うと、私は、多分されないと思います。受動安全（パッシブセーフティ）の発想で、フェールセーフを基本とする設計が必要だと思います。

我々はずっと「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」という考え方で原子力の安全を確保

できるか悩んできましたが、受動的な安全確保の考え方、つまり、「止まる」、「冷える」、「閉じ込まる」があるのではないかという議論があったと思います。

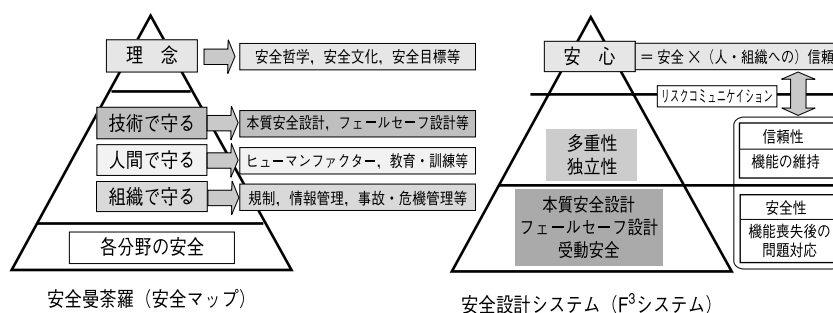
安全設計については、本質安全設計、フェールセーフ、受動安全というふうに、安全性重視の設計にすることに加え、多重性、独立性を持ち、信頼性と機能の維持を計りつつ、リスクコミュニケーションを通して本当の安全につなげて行かないといけないという議論がありました。そこでは、リスクコミュニケーションの重要性が指摘されました。

原子力施設に係る世界標準「5層の深層防護」

原子力施設にかかる世界標準の「5層の深層防護」という議論がありました。国際原子力機関（IAEA）提唱の「5層の深層防護」が世界共通のコンセンサスとなってきたのに、どうして日本はそれを採用しなかったのかということです。

それから、東京電力福島第一原発事故を踏まえ、①目的は「人と環境を守る」、②深層防護の徹底、③継続的な改善の仕組み、④人材の質の確保という新しい考え方を導入すべきであるという話がありました。

現行の原子炉等規制法は、事故の発生防止という観点では、異常発生防止と異常拡大防止、異常影響緩和という3つの考え方で止まっています。IAEA提唱の「5層の深層防護」では、さらに苛酷事故対策と防災が入っています。ところが、日本では、苛酷事故対策を



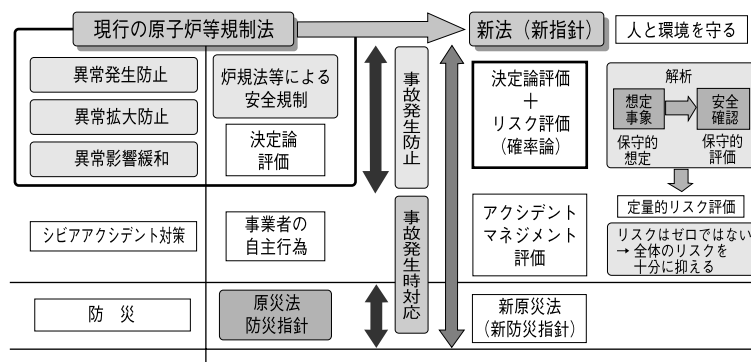


図3 原子力施設に係る世界標準の「5層の深層防護」

事業者の自主行為に任されていることが問題だという指摘がなされました。

第1回公開討論会での岡本先生の講演だったと思いますが、原子炉等規制法改正の方針では、この1～5層を連続的に考えるべきで、事故発生防止については、決定論的評価とリスク論的な評価で対応し、苛酷事故対策も防災も事故発生時対応の一環として考えることが重要であるとの指摘がなされました。

化学施設の安全確保

化学施設の安全確保という議論がありました。危険源（ハザード）の抽出→リスク評価→リスク管理→危機管理という安全のプロセスがあって、安全確保には保安基盤と安全文化からなる「保安力」が重要という考え方がある。これは原子力施設の場合と類似してい

るところがあるということです。

リスクの一層の低減には安全文化が基本となるという話がありました。化学工学会では、IAEAの原子力安全に対する考え方なども勉強されて、そちらに反映されつつあると聴きました。

また、施設内での爆発や火災による人的・物的被害、有害物質の漏洩による長期にわたる健康影響や環境汚染の問題があるため、PACD（Plan-Action-Check-Do）サイクルは非常に重要であるという話でした。

食品に係る安全確保

食品安全の考え方は、放射線防護と類似しています。違うところは、事業者責任と情報提供義務とを食品安全基本法で明記しているところでした。

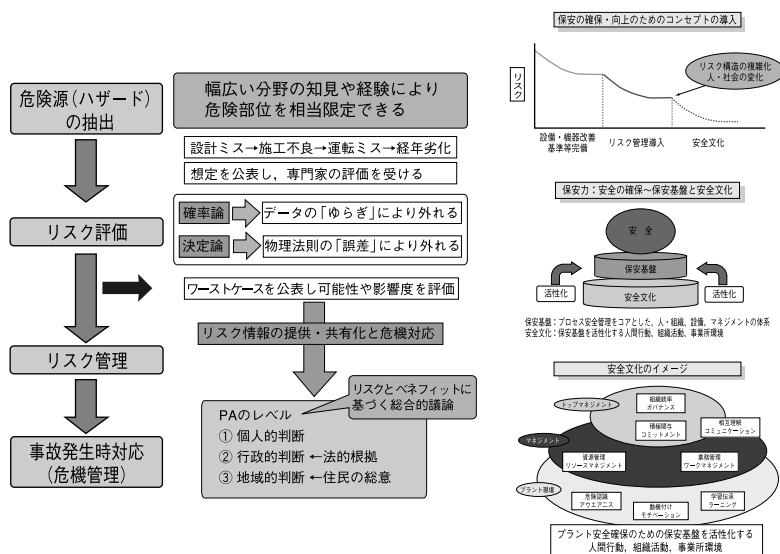
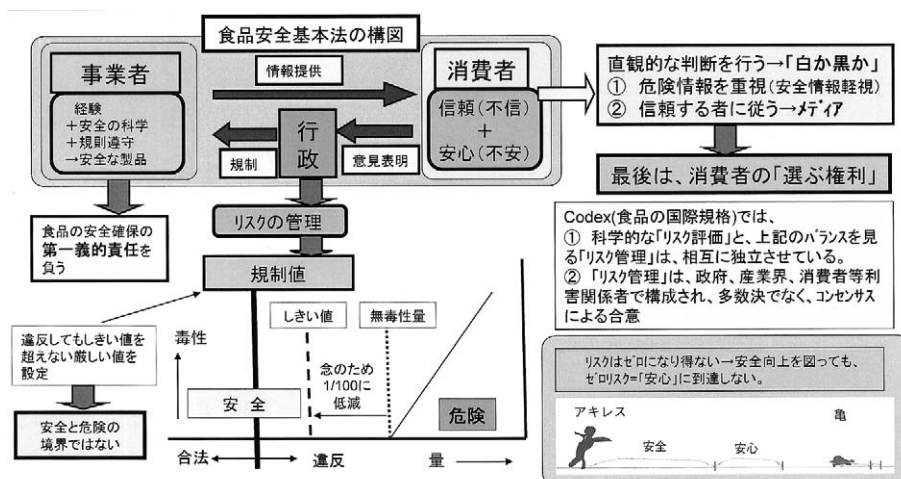


図4 これまでの講演の概要：化学施設の安全確保



リスク評価が科学的である一方、リスク管理の方は利害関係者によるコンセンサス作りである。消費者は「選ぶ権利」を有するが、判断は危険情報重視で、最後は信頼性に従う。「安全＝ゼロリスク」を追求すると、責任回避的で実現不能な措置になるという話でした。

例えば、図5に示した食品安全基本法の構造では、事業者が食品の安全確保の第一義の責任を負います。消費者はそれを信頼し、安心するわけです。

また、消費者は直感的に食品の安全性を判断しますが、事業者と消費者の間に立つ行政は、「合法かどうか」と「毒性があるかないか」という2つの観点から食品安全を考えています。科学的に無毒性を判断し、念のため100分

の1の「しきい値」を決め、さらにその下に安全の「規制値」を考えるという説明がありました。これをそのまま原子力に当てはめるのは難しいですが、その後の議論に結びついていけばいいと思います。

クライシスマネジメントのあり方

危機管理のあり方についてですが、ハード中心の災害発生防止から、災害発生を前提に、ソフトの事前対策と事後対策を統合した「減災」に転換すべきである。すなわち、リスクガバナンスの高度化という話がありました。

また、福島第一原発事故に関しては、格納容器は潰れないという想定で、準備段階での検討

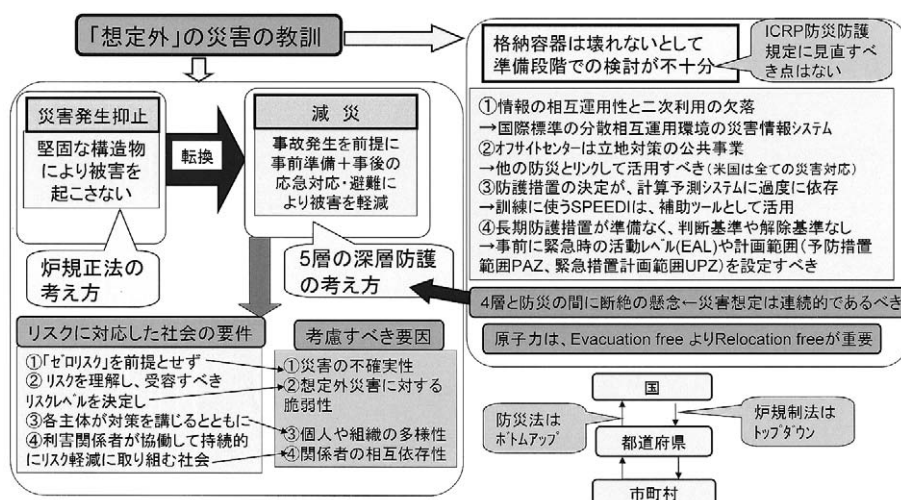


図6 クライシスマネジメントのあり方

うことです。

土木学会の方が多重防護の際、どんな災害に対してどこに防護策を準備するかを考えると同時に、「災害対応は戦争と同じで、国が総力を挙げて戦う必要がある」とおっしゃいました。すなわち、継続的な組織の姿勢が信頼の根源であって、一定の基準をクリアしていればそれでオーケーでないということです。

日本では「戦争」という言葉は、使いにくいところもありますが、アメリカでは軍が入って、国の安全保障に対するしっかりした考え方があります。これから原子力だけでなく、色々な技術の安全を考える時に、日本で考えなくてはいけない重要な点かも知れません。

リスクガバナンス

システムの巨大化に伴い、複雑化、不確実性化、曖昧さが増大し、見えないところでつながりが生じ、局所のトラブルが全体に及び、その基盤を崩すリスクにまで及ぶことがあることが指摘されました。

また、想像力と創造力を駆使し、最悪シナリオでのリスク対応の実践につながる「ラストワンマイル」（最後の1歩）を埋めるには、利害関係者が共に働き、情報を共有して議論する場と学科学的支援の仕組みを作ることが必要だということでした。すなわち、最悪シナリオでのリスクに取り組むために、想像力と

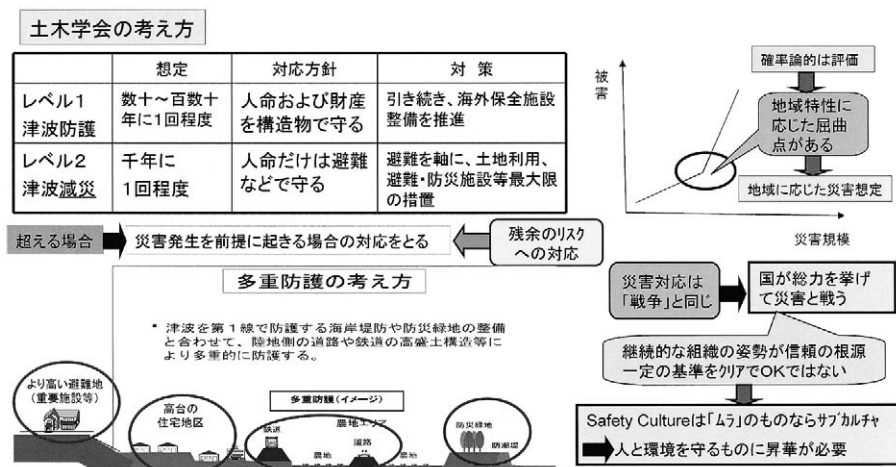


図7 自然災害への対応（土木学会の考え方）

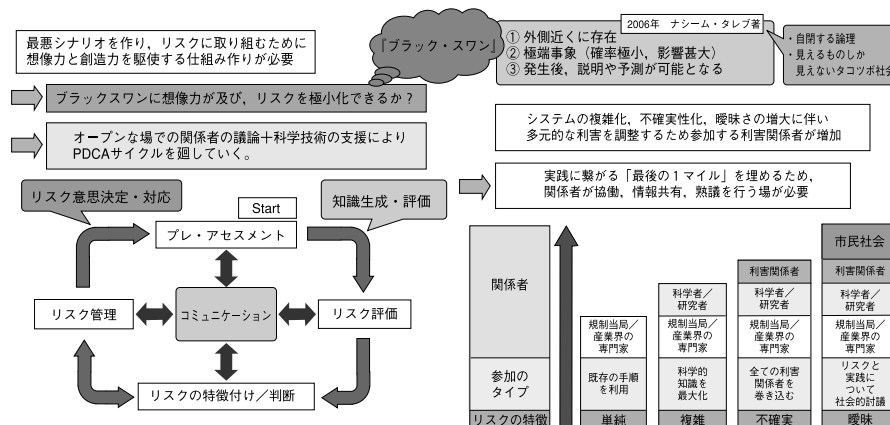


図8 リスクガバナンス

創造力を駆使する仕組みを作るためには、オープンな場での関係者の議論と科学技術の支援によるPACDサイクルを回していくのだからと、リスク評価、リスク管理、それからアセスメント、リスクの特徴づけ判断ということ。また間にコミュニケーションがある。そういう仕組みをうまく作っていく必要があるということでした。これについては、パネル討論で詳しく議論できるかと思います。

一方で、システムの複雑化、不確実化、曖昧さの増大に伴い、多角的な利害を調整するため、参加する利害関係者が増加しています。

そういうことから、実施につながる「最後の1マイル」を埋めるには、関係者が情報共有を行う必要があるということが議論され、理解されたと思いました。

論点の整理

安全とリスク管理の考え方

そういうことから3つに論点を整理してみました。今言ったことと重複いたしますが、1つ目は安全とリスク管理の考え方です。

絶対安全やゼロリスクがあり得ない、安心は日本特有の情緒的なスローガンである。安全対危険の二項対立ではなく、リスクを軸とした安全議論に転換すべきではないか。それからシステムの複雑化、不確実化、曖昧化に伴い、関係者間の最後の1マイルを埋める協働の場が必要ではないかということでした。

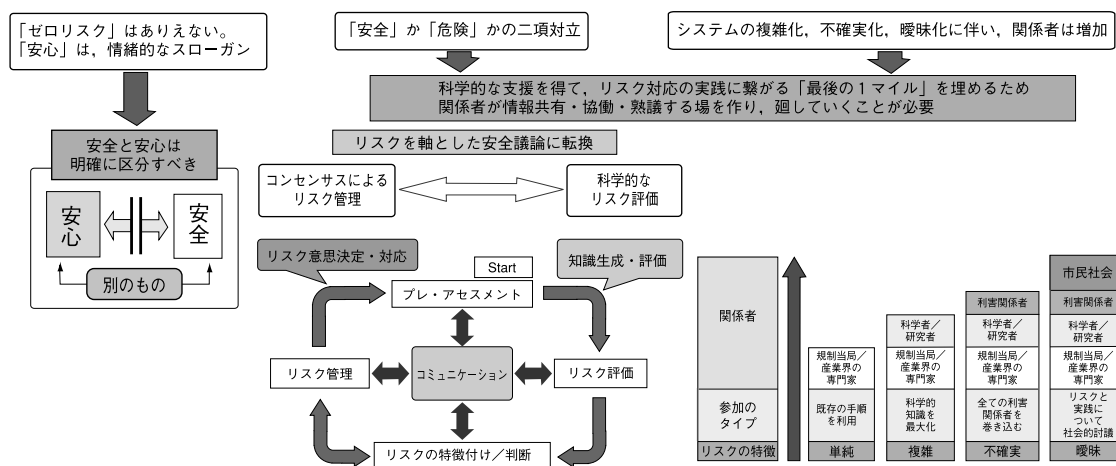


図9 論点1：安全とリスク管理の考え方

原子力施設の安全確保：「5層の深層防護」

2つ目は、原子力施設の安全確保ということで、「5層の深層防護」を挙げたいと思います。すなわち、災害発生防止について、原子炉等規制法では3層目までを考えていましたが、人と環境を守ることを目的とした「5層の深層防護」が必要ではないかということです。

図10では、欧州原子力規制者会議（WENRA: Western Europe Nuclear Regulators' Association）で検討中の概念を示してあります。1層目は「異常の発生防止」、2層目は「異常の拡大防止」、3層目は「放射性物質の放出事故、炉心損傷、熔融事故への拡大防止」、4層目は「早期大規模な放射性物質放出に至る事態の排除」、すなわち、サイト外放出をしないように炉心熔融を伴う事故をコントロールするんだということ、そして、5層目に「緊急時対応」があります。

ここで、大規模な放射性物質の放出がある場合の放射性影響の管理を行います。

「5層の深層防護」の中身については、より詳しい観点で国際レベルでも検討が進んでいるところで、わが国の安全規制にどう組み込んでいくのが重要です。土木学会の津波防護策との対比では、レベル1とレベル2の境は、4層目と5層目の境にあると思われます。

原子力のリスクガバナンスの高度化

「原子力のリスクガバナンスの高度化」については、さらに小さな論点が6つあると思います。

1つ目は、人間社会ではゼロリスクはあり得ず、安全か危険か二項対立からリスク論を軸に確率的発想で議論すべきではないかということ。

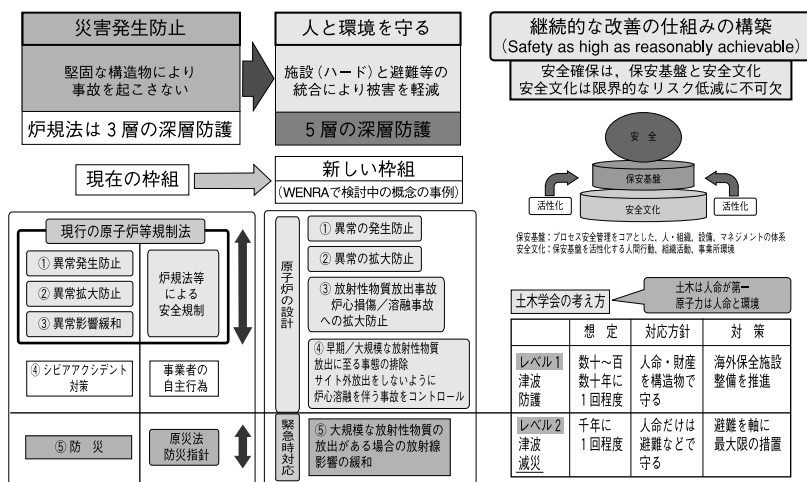


図10 論点2：原子力施設の安全確保（5層の深層防護）

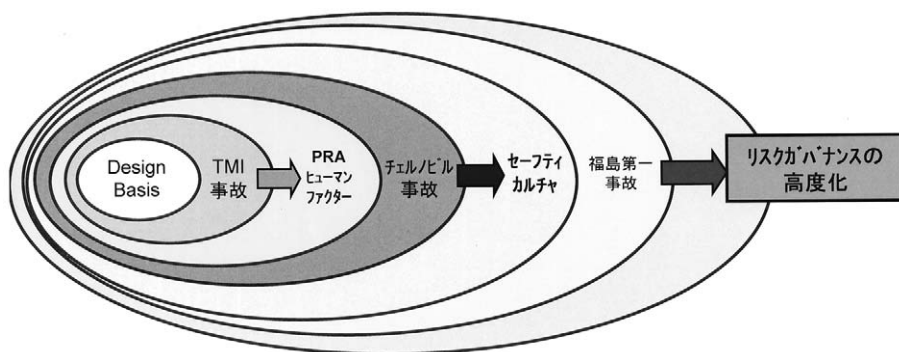


図11 論点3：原子力のリスク管理の高度化（Nuclear Governance after Fukushima）

2つ目は、現在の安全を守る構造、考え方に
基づき、もぐら叩きのシステムを改善してい
くだけでなく、想定論理と技法を再吟味した
上で、最悪のケースを想定し、そのリスクを社
会的に合理的と判断されるレベルまで低減させ
よう取り組むべきではないかということ。

3つ目は、安全確保は保安基盤と安全文化
からなる保安力が基本であり、想像力と創造
力を駆使しつつ、継続的に改善を行う安全文
化が重要ではないか。安全文化の向上には従
事者の努力とともに、リーダーの指導が重要
であるということ。

4つ目は、原子力施設の安全確保のためには
5層の深層防護に基づき、工学的安全施設、
ハードと避難とソフトを総合して、人と環境
を守る全体システムを再構築するべきではな
いかということ。

5つ目は、巨大システムでは複雑化、不確
実化、曖昧さが増大しているため、利害関係
者が協働できる場をつくるとともに、科学的
な支援と専門性と公平性を有する第三者が関
与する仕組みを作って、リスクを低減するこ
とが必要ではないかとということ。

最後に6つ目、これも重要ですが、原子力
安全の考え方やシステムの再構築は、国際的
な視点からされるべきではないかということ
です。

リスクガバナンスの重要性

リスクガバナンスとは何か？

そもそも「リスクガバナンス」とは何かを
議論しなければいけません。ここで「リスク
ガバナンスとは、多様な利害関係者と資源制
約の中で諸リスク問題への対処を最適化する
ことである」と私なりに定義させていただきます。
今日のパネル討論で、この点を巡り議論
が進むことを願っています。

なぜリスクガバナンスが必要なのか？

なぜ必要なのか。理由は2つあります。1
つ目、巨大技術のリスク影響範囲は社会全体
に及ぶからです。すなわち、リスクの顕在化
が及ぼす社会的影響を無視したリスク評価は
もはや意味がないのではないかと思います。
関心アセスメント(concern assessment)の導入
が大事ですし、リスクの工学的、社会的影響
を総合的に判断することが大事です。

2つ目は、リスクは複雑性、不確実性、曖
昧性をもって社会に伝播するからです。リス
ク評価、リスク管理で直面する複雑性、不確
実性、曖昧さの問題と影響について社会との
間で合意しながら進めていかなければならな
いと考えます。従って、リスク影響評価結果
の特徴づけ、判断をリスク管理にフィードバ
ックすること、アセスメント段階でもフィード
バックすることが重要と考えます。

図11は、原子力の安全を巡る歴史的な流れの
イメージです。過去の歴史から学び、今回の事
故の教訓も活かし、リスクガバナンスの高度化
につながっていけばいいなと考えています。

リスクガバナンスの枠組み

「リスクガバナンス」の枠組みを図12に示
しました。これは第5回の公開討論会で谷口
さんが提示されたものです。

原子力の「リスクガバナンス」についてで
すが、深層防護の枠組みに社会との関わりを
適切に組み込めるかがポイントになります。
特に、私は社会との関わりというのが「リス
クガバナンス」で重要だと思って、そこに
なり焦点を絞っています。

「5層の深層防護」に必要な視点

「5層の深層防護」に何かを付け足すとす
れば、リスク評価に社会影響評価を導入する
必要があると思います。

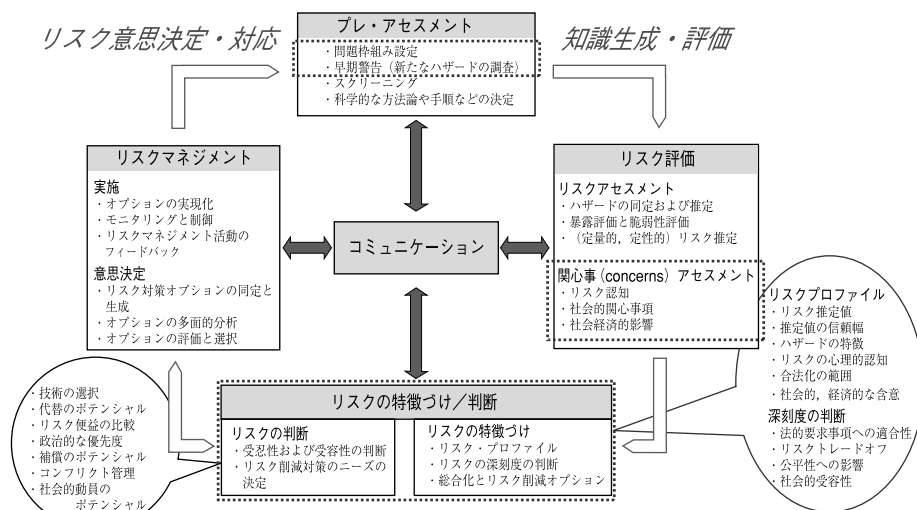


図12 リスクガバナンスの枠組み

次に、リスク評価の結果を工学的、社会的に総合判断し、アクシデントマネジメントに反映させる仕組みが大事だと思います。

また、アクシデントマネジメント評価から得られる知見を基に、新たなハザードの探索問題枠組みの設定を行い、次の「リスクガバナンス」サイクルにフィードバックさせる仕組みが大事だと考えます。

最後に、原子力界以外の方々の協力も必要で、分野、立場を超えた人々の協力をいただくことが大事です。そのためにも、原子力界が率先して情報公開し、他分野との交流を図るべきでし、できるところから「見える化」

をして社会との間で問題を共有する活動を地道に繰り返して「安全文化」の構築に主体的に関わることが大事である。すなわち、継続的な改善が大事だということです。

原子力における「リスクガバナンス」の枠組み例

最後に、図13は食品安全基本法の枠組みを原子力に当てはめた場合の枠組みを自分で考えてみた図です。量があって毒性があって、どこかに科学的な判断から決まる無毒性があって、どこかに規制値がある。この枠組みの

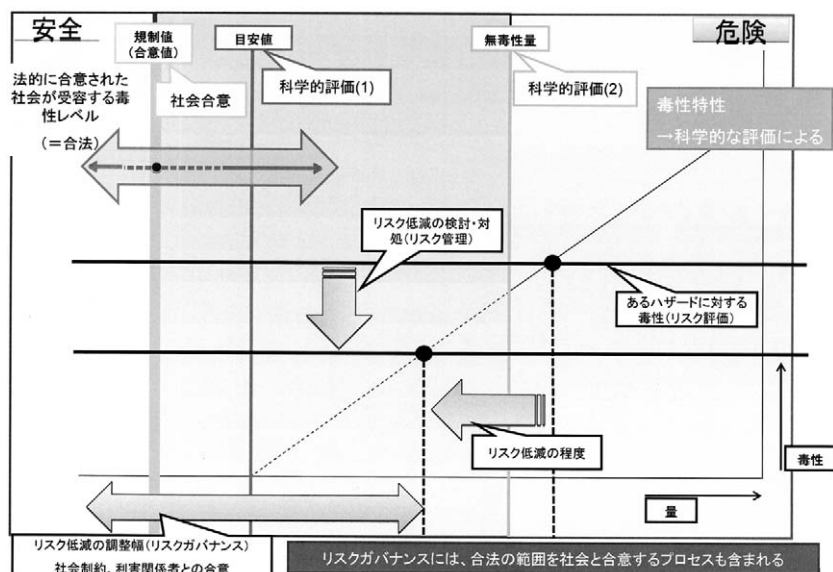


図13 食品安全基本法の枠組みを原子力に当てはめた場合の枠組み

中で、「リスクガバナンス」がどのあたりをカバーすべきなのか描こうとしたのですが、まだ悩んでいます。このことについても、後のパネル討論の時に議論できていればいいと思います。

おわりに

これまでどんな講演があったのか、その概要と3つの論点、そして、後ほどのパネル討論での論点の1つでもある「リスクガバナンス」について、自分の考え方を提示させていただきました。

以上です。ありがとうございました。(拍手)

[特別講演]

原子力の安全性をどのように確保できるのか？*

— 巨大技術のリスクは制御可能か？

ユッカ・ラクソネン (フィンランド放射線・
原子力安全庁長官)



はじめに

世界の原子炉開発の歩み

原子力に関して様々な大きなハザードがあることは、動力炉の開発が始まった時から分かっていました。最初の原子炉を建設する前から、潜在リスクについての実験や理論的な研究がなされ、安全確保の概念が生み出されたわけです。新しい技術の進展にあわせて、安全目標も特定され、安全規制が作られました。

第1世代の原子力発電所の建設が始まったのが1950年代半です。約10年間、30基以上の第1世代原子炉が9カ国で建設され、13基は発電容量が108～277MWeと比較的大規模で、25年ほどの寿命がありました。これまでに40年以上運転した炉もあります。

第1世代原子炉の中で廃炉までの間にシビアアクシデント（苛酷事故）を経験したものはありません。このことは、安全について十分に配慮されて運転されたということを語っています。そして、第1世代原子炉設計と並行して、原子力発電所に関する一般設計基準が開発されてきたわけです。

1965年以降、現在稼働中の第2世代原子炉が導入されてきましたが、建設の際になすべきことについて色々と理解が得られていたもので、それらを設計・建設に反映させてい

きました。色々ないいアイデアはあったのですが、新しい技術を開発する時に全く問題がなかったわけではありません。過去の過ちから学び、是正措置を講じて、過ちを繰り返さないようにすることが必要です。確かに、過去に事故はありましたが、現行の様々な安全原則、安全性のアプローチは、具体的な事故、あるいはニアミスの教訓から生まれたものです。事故、事象から新しい洞察を得て、安全性の向上が図られてきたわけです。

ですので、「巨大技術のリスクは制御可能か」という、このシリーズセミナーの副題の問いに答えるには、まず、現在の安全性原則がどのように作られたのか、どのように進化してきたのかということを事故に絡めて見ていく必要があります。主要事故、直接的な原因、根本的な原因を検討し、十分な教訓を過去から学んできたのか、十分に知識を蓄積していて、考え得る様々なハザードに対して、個人や組織がそれを制御できるところまできているかを検討しなければならないわけです。

原子力の安全確保

3つの基本となる安全機能

原子力の安全確保とは、炉心損傷を防ぎ、外部環境への放射性物質の放出を防ぐという

*ラクソネン氏の講演の日本語訳及び編集については、全て当研究所の責任で行った。

表1 3つの基本となる安全機能

1. Control of reactivity (chain reaction)
2. Removal of decay heat to ultimate heat sink
3. Containment of radioactive materials

ことです。

そのために、3つの基本となる安全機能を確保しなければなりません。1つ目は反応度（reactivity）の制御、2つ目が崩壊熱（decay heat）の除去。最終ヒートシンク（UHS）に熱を移していくということ。そして、3つ目が放射性物質の閉じ込め（containment）です。

この3つの安全機能を確保するために、あらゆる状況の下で原子力発電所の固有の安全機能を確保すると同時に、安全系が機能できるようにしていかなければなりません。機能自体の信頼性を向上させるだけでなく、そういった機能を様々なハザードから防護することが重要です。そういった機能の健全性が脅かされないようにしなければなりません。

土台としての「5層の深層防護」

この3つ安全機能を確保するための根本的な土台が「深層防護」という概念です。これは原子炉開発とともに開発されてきた概念で、国際原子力機関（IAEA）の国際原子力安全諮問グループ（INSAG：International Nuclear Safety Group）の報告書“INSAG-10：Defence

in Depth in Nuclear Safety”（1995年）に詳細に記述されています。

深層防護は5層で定義されています。最初の3層はもともとあった層です。4層目、5層目が経験に基づいて後から加えられました。

1層目：異常運転および故障の防止

異常事象が発生しないようにするということです。十分な品質保証システム、検査、試験を行って、システムが十分に設計どおりに機能することを確保し、運転員がシステムを適切に操作できることを確保します。まず、正常運転時の安全確保まず目指すわけです。

2層目：異常運転の制御および故障の検出

1層目がうまくいかない時もあり、故障などが発生します。それに対しては、監視制御システムが必要です。問題があればその異常をすぐ検知できるようにしておくということです。こういったシステムは自動的に安全対策を起動できるものでなければなりません。

3層目：設計基準内への事故の制御

これまで2層目も失敗した例があります。

表2 5層の深層防護の内容

1. The objective of the first level of protection is the prevention of abnormal operation and system failures.
2. If the first level fails, abnormal operation is controlled or failures are detected by the second level of protection.
3. Should the second level fail, the third level ensures that safety functions are further performed by activating specific safety systems and other safety features.
4. Should the third level fail, the fourth level limits accident progression through accident management, so as to prevent or mitigate severe accident conditions with external releases of radioactive materials.
5. The last objective (fifth level of protection) is the mitigation of the radiological consequences of significant external releases through the off-site emergency response.

そうすると3層目に移るわけですが、これは事故対応です。設計基準で想定した事故に関して対処するシステムを導入しておくということです。監視制御システムが異常を検知すると、事故に対処するための安全システムが自動的に起動するようにしておきます。

4層目：苛酷なプラント状況の制御（事故の進展防止および苛酷事故の影響緩和等）

過去に学んだ経験から、それだけでは十分ではないということも分かっています。3層目が失敗する可能性もあります。そうすると、苛酷事故になる、炉心損傷になる確率が高くなります。それでも外部への放射性物質の放出を防止しなければならなりません。このレベルが事故の拡大を防止する第4層になります。アクシデントマネジメントを行っていくところです。信頼性の高い閉じ込め機能を確保し、放射性物質の外部放出を防止します。これはスリーマイル島事故（1979年）の後に導入された考え方です。

5層目：放射性物質の放出による放射線影響の緩和

かなりの量の放射性物質の外部放出があった場合でも、人々の健康被害をもたらさないよう、放射線の影響を緩和するという緊急時の防災対策です。

反応度制御に関連して得られた教訓

2つの異なる急速停止方法

反応度の制御ということが第1世代の原子炉を設計するにあたって重要視されました。連鎖反応を制御することが非常に重要だということは当初から認識されていたわけです。

ここでは2つのことを確保しなければなりません。まず、原子炉は外部に対して安全な

形で、予測可能な形で反応しなければならないということ、そして、急速に原子炉を停止させる確実な方法が必要だということです。

世界初の原子炉は、1942年にシカゴスタジアムで建設されました。原子炉の管理、その他の面でも非常にうまく管理できていましたが、既に急速停止のための2つの異なる方法を備えていました。1つは、カドミウム制御棒を炉心に落とすという仕組みで、非常に信頼性の高いものでした。それが失敗した場合には、もう1つの方法、カドミウム塩溶液を炉心にかけて停止させるという仕組みが用意されていました。この2つの異なる制御方法を有することが、原子力安全の土台となったわけです。

この最初の原子炉を設計した時、設計者たちは反応度に影響を与えるような様々な物理的パラメータをよく理解しており、反応度の上昇を打ち消すような固有のフィードバック特性を原子炉に与えることが必要だということを理解していました。十分に理解されていたわけですが、1つ事故が起き、そこからまた多くの教訓を得ることになりました。

EBR-1事故（1955年）の教訓

世界最初の高速増殖炉EBR-1は、発電容量1.7MWeという非常に小型の高速増殖炉でした。1951年に米国アイダホ州の砂漠の試験場で運転を開始しました。この炉については、冷却剤のボイドに関して正の反応度係数を持つことが知られており、それに対して安全上の予防措置をとっていました。しかし、不幸なことに、1955年、ある試験中に訓練不足のために運転員がミスをしたわけです。そして臨界の制御を失って、部分的な炉心溶融が起きました。ただ、非常に幸運だったことに、事故の規模は非常に小さく、炉の立地も人里離れたところだったので、環境に対する深刻な影響は全くありませんでした。

アメリカの設計者たちがこの事故から学んだ教訓は、原子炉設計では、発電時に負の反

応度の係数が得られるようにしなければなら
ないということでした。この事故の後、全て
の原子炉はその原則に基づいて設計されるよ
うになりました。この原則は、米国原子力委
員会（NRC）が1969年に発行した最初の一般
設計規則“10CFR50 Appendix-A”にも基準11
として盛り込まれました。

アメリカでは、今でも基準11が使われてい
ます。反応度の制御に関しての基本的な考え
方は当時から変わっていません。加圧水型
（PWR）、沸騰水型（BWR）を含む全ての軽水
炉は、この有名な「基準11」に準拠して作ら
れるようになりました。しかし、それ以外の
設計の原子炉に関しては必ずしもこの原則を
満たしていません。ロシアはこの基準の重要
性をチェルノブイリ事故で学ぶことになった
わけです。

チェルノブイリ事故（1986年）の教訓

チェルノブイリ事故の直接的な原因は、反
応度制御を失ったことです。そして、出力の
急激な増大が生じ、爆発が起きました。原子
炉冷却系、原子炉建屋すべてが瞬時に破壊し
てしまいました。

例え、チェルノブイリ原発が世界最強の格
納容器を備えていたとしても、他の発電所で
使われているような格納容器があったとして
も、その爆発を抑さえ込むことはできなかった
であろうと言われています。それほど強い
爆発でした。しかし、これは軽水炉に関して
は直接的な教訓を与える事故とはなりません
でした。というのも、軽水炉では既に反応度
に起因する爆発を回避するための設計が行わ
れていたからです。

しかし、その他の臨界のハザードに関する
再評価は行われました。ホウ素の急激な希釈
がPWRの冷却剤で起きるリスクが認識され、
そのリスクの低減のための措置がとられまし
た。出力が急激に増大するという状況を回避
するために、特に停止している状態の原子炉

でそれを回避するための措置が追加的にとら
れました。

もう1つ、チェルノブイリ事故から学んだこ
とは「安全文化」の重要性です。「安全文化」
の欠如こそがチェルノブイリ事故の根本原因だ
ったと言えます。原子炉の固有安全性に十分な
考慮が及んでいませんでした。設計者は、固有
の安全性が不足していることを認識していなか
ったのです。それを示すような前兆的な事象も
ありましたが、運転員たちは危険だという認識
を持っていませんでした。運転規則も遵守せず、
系統制御センターからの指示を優先させる方法
で運転がなされていたわけです。

チェルノブイリ事故の後、「安全文化」とい
う言葉が世界各国で強調されるようになり、
世界の原子力発電所の安全性の向上に寄与す
るようになりました。

反応度制御に関わる最先端技術

反応度制御に関する最先端の技術水準はど
うなっているかお話しします。今は炉心の固有
特性によって、フィードバックをして制御不
能な急速な出力の増大を避けることができる
ようになっています。そして、全ての原子炉
が信頼性の高い急速停止システムを備えてい
るのです。急速停止システムは、原子炉開発
の初期段階からあり、この基本原則に関して
は大きく変更する必要はないと言えます。

冷却材へのホウ素注入による炉心の急速冷
却システムについて言えば、これは、特に、
PWRで必要です。そして、そのシステムの信
頼性を非常に高く保つ必要があります。ある
状況で冷却に困難が生じても短期的には安全
な状態が維持できます。

ただ、PWRの中には、制御棒のみでは未臨
界状態にできず、炉心停止後数時間はホウ素
を注入し続けなければならないものもありま
す。従って、冷却材へのホウ素注入のための
信頼できるシステムが全てのPWRについて必
要となっています。

BWRでは、制御棒をうまく挿入できなかった時だけ、ホウ素の注入が必要になります。

崩壊熱除去に関連して得られた教訓

難しい崩壊熱除去の問題

崩壊熱の除去は、反応度の制御よりも難しい問題です。なぜかと言うと、こういったシステムは長期間その機能を維持しなければならないからです。従って、苛酷事故が起きる原因としては、除熱系の方が大きなウェートを占めるわけです。スリーマイル島（TMI-2）事故（1979年）でも福島第一原発事故（2011年）でも、除熱のところが問題となっています。

Appendix-A改定で初めて要件化された除熱系

この除熱系の重要性については当初はあまりよく認識されず、理解されてもいませんでした。1969年に出た最初の一般設計基準「基準11」を見ると、崩壊熱の除去に関しては何ら具体的な言及がありません。1971年になって初めて、その欠陥が訂正されたくらいです。1971年の“10CFR50 Appendix-A”の大幅改定では、新たに2つの基準が導入されました。1つは、この残留熱除去系の信頼性に関する基準（基準34）。もう1つは、熱を最終ヒートシンクに移すための冷却系に関する基準（基準44）です。

ロシアの原子炉は、改定前の“10CFR50 Appendix-A”に基づいて作られたので、建設許可を与える際には古い一般設計規則を満たすことだけが求められたということです。その後、冷却系の冗長性が必要になったということです。

もう1つ指摘したいことは、新しい基準が導入される前は、自然現象から安全系を守るための設計基準がなかったことです。新しい

基準では「基準2」として、それが導入されました。そこには想定されるハザードが列挙され、津波も指摘されています。1971年の“10CFR50 Appendix-A”の改定以降、除熱系に関しては十分に対応できる状況になりました。

確率論的リスク評価手法の確立

多くの原子炉が設計された1970年代には、様々な安全研究がなされました。しかし、その時に注力していたのは崩壊熱除去ではありませんでした。軽微な、頻繁に起きる機器の故障が一連の事象を引き起こし、除熱系の喪失に至るリスクはあまり研究されていなかったのです。当時、研究されていたのは、原子炉容器の破断の可能性をなくすということ、あるいは大破断、冷却材喪失事故、大破断LOCA（冷却材喪失事故：Loss of Coolant）に対して工学的な安全機能で管理できることを示すことばかりでした。数多くの研究が行われていたのですが、原子力安全に関してそれほど有益な洞察が得られたわけではありませんでした。

しかし、1975年、NRCのために、マサチューセッツ工科大学のノーマン・ラスムッセン教授のグループが先駆的な研究を行い、報告書“WASH-1400, The Reactor Safety Study”が発表されました。ここに、世界初の原子力発電所に対する確率論的リスク評価（PRA）の手法が確立され、入手可能なデータ、知識、裁量推定を組み合わせ、原子力安全のために、様々な要素に関する新たな洞察が得られました。ラスムッセン教授の研究によって、大破断LOCAが一番重要な事象よりも、除熱系の喪失につながる、様々な小さな故障から引き起こされる想定外の事故の方が危険だということが示されたわけです。

当初、この研究はあまり注目を集めませんでした。その結果、原子炉の設計にもそれほど適用されませんでした。この報告書が認められたのは、TMI-2事故が起こってからのことです。

TMI-2事故（1979年）の教訓

米国ペンシルベニア州で起こったTMI-2事故ですが、比較的頻繁に起きる軽微な事象（通常の給水ポンプの停止）に起因していました。給水ポンプの停止はあらゆる原子力発電所で時々起こることですが、それが事故のきっかけでした。この発電所には特別な機能があり、給水系が止まると、加圧器の逃し弁が開く設計になっていました。実際に給水ポンプが止まり、設計の通りになったわけですが、想定外だったのは、その逃がし弁が固着して閉じなくなってしまったことです。その結果、その加圧器から冷却剤がどんどん洩れ出し、炉心溶融を起こしてしまったのです。従って、直接的な事故の原因は、運転員がこの単純な事象シナリオに十分に対処できなかったという点にあります。最初のPWRの設計から25年たって、その挙動が十分に理解されていなかったということは驚くべきことです。

なぜ、そんなことが起きたのかを考えてみます。私の見解では、それまでの安全研究は大破断LOCAとその防止に集中していて、地味な過渡事象に対してはあまり注意が払われていなかった。より小規模な故障が様々な事故を引き起こすという可能性について十分に検討がなされていなかったわけです。世界中のあらゆるPWRでそういったシナリオに対処するための指示書を備えていたところはありませんでした。

TMI-2事故が転換点となり、原子力安全の強化のために、様々な洞察に基づいて、様々な変更が施されました。まず、新しい領域で安全研究が行われるようになりました。次に、運転員訓練用の発電所固有のフルスコープ制御室シミュレータが導入され訓練が行われるようになりました。

また、PRAを発電所ごとに行うようになり、それまで認識されていなかったリスクを発見し、除去するという対策がとられました。その結果、全ての原子炉のタイプについての緊

急時運転手順書の改定がなされました。それまでは、想定した事象に対してどう対応するかということが書かれていたわけですが、3つの基本安全機能をあらゆる手段でいかに維持するかに焦点が移されたわけです。基本的な安全機能が強調された指示書が導入されたわけです。

さらに、先進的な分析モデルも開発されました。様々な興味深い洞察を反映したわけです。例えば、ギロチン破断が起きると、現在運転中のPWRでは炉内構造物の破壊に対応できないので、“leak before break”というアプローチを導入しました。大破断が起きる前に生じる洩れを検知し、主蒸気管の急速な破断を回避するというアプローチです。

除熱系に関する経験

除熱系に関しての経験も蓄積されてきました。現在運転されている発電所の性能は非常に高まっています。信頼性に関しては問題が見られなくなりました。

除熱系は発電所ごとに違いがあります。非常に先進的な信頼性の高い除熱系をもっているところと、そうでないところがありますが、一番弱いところでも十分な機能が確保されています。除熱系自体がうまく機能しなかったという事故はこれまで発生していません。

炉心損傷、その他の事故を考えますと、TMI-2事故の除熱系の設計は相当信頼性の高いものでしたが、運転員がこのシステムを十分に活用できませんでした。チェルノブイリ事故では、崩壊熱除去系は原因ではありませんでした。福島第一原発の崩壊熱除去系は、しばらくは機能していましたが、津波によって共通原因故障（Common Cause Failure）が発生し、除熱系を喪失しました。

除熱系に関する最先端技術

過去の事故から教訓を学んだ結果、様々な分

析や試験が行われ、多くの知見を得ることができました。それによって崩壊熱除去系の喪失による事故を防止することができました。現在運転中または建設中の第3世代の発電所では、崩壊熱除去系が十分考慮されています。システムの冗長性、多様性がかなり保たれていますし、高度なものになって、あらゆる状況下で崩壊熱除去システムが担保されています。

もう少し注目しなければならないのが、2つ以上の最終ヒートシンクです。フィンランドの新しい発電所においては、2つの最終ヒートシンク（大気、そして大きな水源を活用するもの）に関する要件があります。また、除熱系のAC電源も多様性、多重性が必要になっています。

福島第一原発事故後のフィンランドの対応

現在フィンランドでは、福島第一原発事故の教訓に基づいて、崩壊熱除去系が十分に保護されているのかを考慮し始めています。フィンランドでは、AC電源に関しては多様性が十分に確保されていますが、福島第一原発のような状況を検討した結果、新しい規則では発電所の原子炉および格納容器に関して、少なくとも全ての電源が喪失しても崩壊熱除去系により8時間は除熱できなければならないという要件が盛り込まれています。運転中の発電所、また、今現在建設中の発電所においても適用されるべき要件となっています。

放射性物質の閉じ込めに関連して 得られた教訓

ウィンズケール事故（1957年）の教訓

驚くべきことに、原子炉開発の初期段階では、放射性物質の閉じ込めに注目が集まることはありませんでした。設計者は遠隔地に発

電所を設けるのであれば、一般市民の保護は十分だろうと考えていました。第1世代の原子炉は、直接的に川の水、湖の水で冷却されていました。

ですが、第1世代の原子炉の建設が始まった時、この閉じ込めの問題にもう少し注目しなくてはならない事態が起きました。それは、1957年にイギリスで起こったウィンズケール事故です。ウィンズケールは発電炉ではなく、プルトニウム製造のための原子炉で、原子炉を循環していたガスで冷却されていました。1957年10月、このタイプの原子炉ではよくあることなのですが、ウィグナーエネルギーの放出操作の誤りなどによって発生したエネルギーパルスが被覆管に影響を与え減速材である黒鉛が発火しました。これが炉内構造物に影響を与えたのですが、爆発を恐れた運転員は原子炉に水を注入することを躊躇しました。その結果、破損した燃料からヨウ素、セシウムといった放射性物質が大気中に放出されました。放出量は、チェルノブイリの事故の3000分の1で、その意味では「大事故」ではありませんでした。周辺住民の避難の必要はありませんでしたが、事故発生から1カ月間、近隣で生産された牛乳は廃棄する必要がありました。

ウィンズケール事故の教訓として、原子炉と環境の間にはいくつかのバリアを設ける必要があるという考え方が導入されました。

格納容器の必要性を唱えたWASH-740

1957年、アメリカで（比較的小さな500MW）原子炉の立地基準設定のために「考え得る最悪の事故」の放射線影響に係る研究がなされ、“WASH-740, Theoretical Possibilities and Consequences of Major Accidents in Large Nuclear Power Plants”という報告書が米国原子力委員会（USAEC）から公開されました。この研究では、放射性物質がいかにして放出されるのかに関して、50%の放射性物質が原子

力発電所から放出され、100万人が住む都市に直接風が吹き、その町で3,400人の死者が出る、そして、急性の放射線の影響があって、深刻な土壤汚染があるだろうという前提を使いました。

この研究によって、格納容器が大規模な放射性物質の放出を防ぐために必要であるということがアメリカで要件化されました。現在、多くの国で気密性のある格納容器が使われています。

苛酷事故時の閉じ込め機能確保

TMI-2事故の場合、崩壊熱除去機能は短期間喪失し、部分的な炉心溶融もありましたが、格納容器に対する負荷は少なく、閉じ込めの健全性は保たれ、大規模な放射性物質の放出は防止することができました。

このように、格納容器によって閉じ込め機能はある程度確保されたわけですが、この事故を契機に苛酷事故現象に関する研究が始まりました。研究では、完全な炉心溶融があった場合どのような状況になるのか、格納容器の健全性をそのような状況下でいかにして保つのかを理解することを目的に、様々な考察が行われました。

苛酷事故研究の成果に基づいて、スウェーデン、フィンランドなどでは、1980年代初頭に、新しい発電所の設計に対して、炉心溶融事故時の格納容器の健全性確保や防護措置の要件が決められました。チェルノブイリ事故が発生したのは、その後のことでした。チェルノブイリ事故では、この閉じ込め機能で放射性物質の放出を防止できず、影響は深刻なものとなり、社会的に大きな不安を与えました。

スウェーデン、フィンランドでは、稼働中の発電所でも、溶融した炉心内の放射性物質を閉じ込めることは可能だろうということで、全ての発電所で閉じ込め機能が強化され、炉心溶融事故の後に起こる物理的な現象に対応

できていると思っています。しかし、時間もかかりました。1つの発電所で、実験的な研究から安全解析、設計、設置までに15年かかりました。2003年以降はすべての発電所に、新しく設計された閉じ込め機能強化の専用システムが設置されています。

新しい発電所については、西欧原子力規制機関協会（WENRA: Western Europe Nuclear Regulations' Association）が明確な安全目標を設定しています。炉心溶融事故に関しては、設計段階で対応することで、一般の人々が取るべき防護措置を限定的なものにできるようにしなければならないとしています。

これは、全てのヨーロッパの規制者間で合意したことで、この要件を満たしていない発電所は建設許可が下りないことになっています。また、2011年年9月に承認されたIAEAの新しい安全基準SSR-2.1（NSR-1）（原子力発電所の安全性：設計）でも同等の内容になっています。

気密性の高い格納容器という要件

以上のように、1957年以降、気密性のある格納容器の提供がほとんどの国において要件となっています。十分な強度と気密性のある格納容器構築の要求、大破断LOCA後の高い圧力に対応できる格納容器の強度に関する要求も含まれています。

このような要件に対応した格納容器は、格納容器を物理的な現象から守るための安全システムによって、実際に、炉心溶融事故にも対応できるだけの強い気密性があり、高い圧力や温度に対応できることが確認されています。様々な格納容器の設計がありますが、安全システムとしては、水素の生成、徐々に高圧、高温になっていくことへの対応、また溶融した炉心と炉内構造物の相互作用に対応できるものなどがあります。

ハザードからの安全機能の防護

1971年の一般設計基準改定で対応

1969年の一般設計規則“10CFR50 Appendix-A”では火災防護に関しては僅かしか言及していませんが、1971年に改定され、自然現象からの保護、火災防護、そして環境や事故時の機器等の動的な影響からの防護について設計基準で対応していくことになりました。

この基準には40年以上の歴史がありますが、特に、自然現象に関しては、この基準で言及されているものに対応しなければなりません。地震、津波への言及があります。そして、歴史上報告された最も苛酷な自然現象を考慮し、歴史上のデータに基づき十分なマージンをもたせなくてはならないとなっています。

対応できていた地震

今まで一番注目が集まってきたのが地震です。例えば、日本の場合、プラント設計では、想定される最大の地震に対応しなければならないことになっていましたし、実際になされてきました。2007年7月、東京電力柏崎刈羽原発は中越沖地震（M6.8）を経験しています。健全性を保たなくてはならない部分は地震後も健全性を保っていました。また、2011年3月の東北地方太平洋沖震災（M9.0）でも日本の原発では地震による大きな損傷はありませんでした。

アメリカでは、バージニア州にあるノースアナ発電所の周辺で地震がありましたが、特に問題は起きませんでした。

設計で十分考慮されていなかった津波

残念ながら津波に関しては、地震ほど注目され対応されてはいませんでした。つまり、

“10CFR50 Appendix-A”の基準2を満たしていませんでした。

私は津波の経験はありませんが、インターネットで調べてみますと、20世紀に日本の沿岸を津波が襲っているという情報があります。

火災防護の転換点：

ブラウンスフェリー発電所火災（1975年）

1975年、アラバマ州のブラウンスフェリー1号機で火災がありました。これは原子力発電所にとっては非常にセンシティブなところ、ケーブルで発生しました。全ての工学的安全機能が喪失して、隣のユニットにも影響が及びました。その後、NRCによる調査が行われ、NRCは、防火や消火に関しては必要な基準を設けていなかったことに気づき、反省しました。また、コントロールサーキットや電源ケーブルに関する冗長性の基準がなかったので、火災の後、火災防護に関する基準やガイダンスが開発されました。

ブラウンスフェリー原発火災の教訓から、多くの変更を規制に入れなくてはならないことが明らかになった。火災でも深層防護を適用する必要があるとして、明示的に火災を防護、予防し、火災をすぐに検知、消火し、また発電所は大規模な火災が発生したとしても重要な安全機能に影響が及ばないようにしないといけないという要件がまとめられました。同様の要件は他の国でも導入されています。

航空機衝突事故からの防護

航空機の衝突も当初から検討されていましたが、常に確率論的な検討にとどまっていた。どのような航空機を想定しなければならないかに関して、その衝突、墜落の確率で見えていたわけです。

2001年9月に発生した「米国同時多発テロ」（9.11）は、確率論では語れることのできない事態でした。つまり、「悪意のある行為」だっ

たため、一般設計基準においても新たな要件が作られました。

格納容器は、以前よりも強化しなければならなかったことになりました。安全系の建屋も外部的な強度を持たせて、直接的な衝撃の影響を緩和しなくてはならないということで、例えば航空機の燃料が建屋の中に侵入しない、火災を発生させない、衝撃によって格納容器や内部構造物が震動しないよう適正な設計で対応することになりました。

10年にわたって様々な実験が行われ、解析も行われました。そして、大型航空機の衝撃、墜落にも対応できるようになったと確信をもって言えるようになりました。

ハザードに対する評価

第3世代原子炉の設計においては、地震、火災、航空機の墜落・衝突に対して十分な対応が取られていると確信をもって言えます。

また、その他のハザードとして、現在評価されているものがあります。特に、福島第一原発事故の後、津波というハザードに関して、より注目し、十分な防護をしていくことが必要になりました。

おわりに

考え得る（conceivable）リスクに関しては、原子力発電所を運転していく際に注意していかなければならないという考え方は当初からありました。そして、原子力安全に関して、設計者のための様々な基準や規制、あるいは指針が当初からありました。品質保証、許認可、また規制の枠組みに関しては、公的な制度が構築され、全ての国で原子力発電所の「リスクガバナンス」が行われています。

今までに3つの苛酷事故や不測の事態が原子力発電所であったわけですが、全ての事象

が十分に調査され、そこから教訓が学ばれた結果、原子力安全が向上してきたわけです。しかし、福島第一原発事故の後、さらに様々な研究がなされていますし、ヨーロッパにおいてはストレステストが実施されています。原子力安全というのは、反応度制御、崩壊熱除去、放射性物質の閉じ込め、という3つの基本となる安全機能を担保することによって、そして、そのシステムを保護することによって担保されます。

また、設計だけの対応ではなく、原子力を取り扱う人間が必要な能力を備える必要がありますし、「安全文化」という面では、組織というものの十分な管理も必要になります。

過去の実験から、原子力発電所に対する将来のリスクをそういった形でコントロールできると考えています。私は規制者ですので、原子力発電所、特に、私の責任の下にあるものに関しては、常に十分な安全性があるとは断言できないわけで、常により安全な方法を考えなくてはなりません。たとえ、既に放射性物質の大規模な放出を排除するだけの完璧なレベルまで到達していると確信したとしても、将来の事故に対応していくことが必要です。

以上です。ご静聴ありがとうございました。（拍手）

「原子力の安全を問う」 ～巨大技術のリスクは制御できるか～

モデレーター 松井 一秋

(財)エネルギー総合工学研究所
理事

パネリスト 田中 知

(東京大学大学院教授
日本原子力学会会長)

ユッカ・ラクソネン*

(フィンランド放射線・
原子力安全庁長官)

田村 昌三

(東京大学名誉教授
元安全工学会会長)

谷口 武俊

(東京大学大学院
客員教授)



松井 今日、田中先生からこれまでのシリーズセミナーの概要と先生のお考えが、ヨーロッパを代表する安全規制のオピニオンリーダーであるラクソネン長官から実際のプロセスの中でのお話が伺えました。

「リスクと安全」ということで、社会との関係を考えるとところから、原子力の安全という特定部分まで、非常に幅広い議論になっていると思います。それをまとめていくにあたり、4つの論点から議論を始めさせていただきたいと思います。

その後、フロアからの質問に答える形で議論を深めていきたいと思っています。

〔論点1〕

安全か危険かの二項対立からリスクをベースとした議論への転換は可能か？ その際の課題は何か？

松井 「安全か危険か」という二項対立的な議論から、「リスク」の概念を使って比較する議論へと転換できるのでしょうか。

転換できたとしても、リスクの評価に科学的、定量的な要素と、ひょっとすると心情的

*ラクソネン氏の発言の日本語訳及び編集については、全て当研究所の責任で行った。

な要素が入って、実際の議論は混沌としたものであるかも知れません。

さらに、「リスク」という言葉の定義の問題もあるかも知れません。リスクを定量的な評価と考える方、ただ危険性という意味で考える方もいるのではないかと思います。また、「リスク」を科学的に定義できる絶対的な尺度と見ればよいわけでもないと思います。

「リスク」の概念にこのような短所があるとしても、安全に関する議論を「安全か危険か」という二項対立から、もう少し相対的な価値判断を含んだ議論にするために、「リスク」の概念をどう持ち込んだら良いか、パネリストの皆さんに伺いたいと思います。



田中 知氏

(東京大学大学院教授
日本原子力学会会長)

にも分かりやすい言葉で表わせるようになっていけばよいと思います。

概念の限界を意識しつつ使うことが必要

田中 ある事象がある確率で起こり、その時どんなハザードがあるかを議論するための概念が「リスク」だとしたら、それは絶対的な尺度であるべきです。しかし、実際には相対的に使われていることが多いと思います。

どういう概念でも、それを使って何ができるかより、何ができないのか、何が分からないのかを明らかにしながら使うことが大事だと思います。原子力事故は、起こる確率は非常に小さいが、起こったら被害が大きい事象の場合、普通のリスク概念ではうまく評価できません。

原子力事故については、リスク概念の限界、あるいはリスク概念ではうまく表わせないということを意識しながら、使いやすく、国民

確率と影響度から成る「リスク」概念

松井 化学産業の現場で、安全について指導的な役割を色々と果たされてきた田村先生は、どうお考えでしょうか。

田村 最近、化学産業の分野でも「リスク」という言葉をよく使うようになってきました。我々の理解では、危険な事象が発生する確率と、発生した場合の影響度、被害度という2つの要素で「リスク」を考えています。

原子力事故は、発生確率は極めて低いけれども、起こると非常に大きな影響を及ぼしますし、また、リスクには「ゆらぎ」もあります。後ほどお話ししようと思っていますが、そういう事象に対しては、リスクを小さくしていく上で「安全文化」が重要だと思っています。

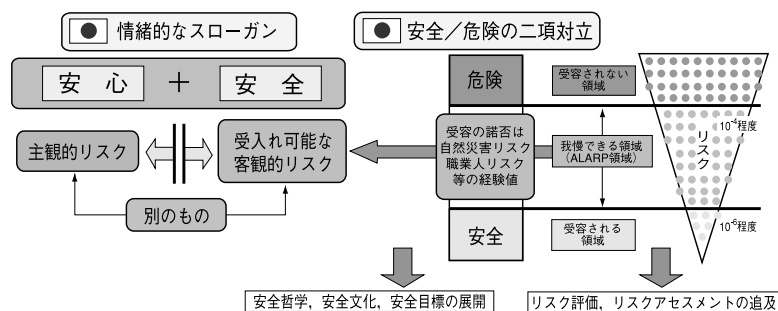


図1 これまでの講演の概要：リスクと安全の考え方

また、「ゼロリスク」はあり得ないということになると、いかにしてリスクを低減できるかが課題となります。特に、原子力発電のような非常に複雑なシステムでのリスク低減には、関係者が情報を共有して十分に議論し、それぞれの関係者が共にリスク低減に貢献していく仕組みを作ることが大事だと思います。

様々に使われる「リスク」という言葉

松井 「リスク」と言うときすぐ確率の話になりがちです。「発生確率は小さいが、起きると被害は大きいというのは本当？」という議論もあると思います。谷口さんは、長いことリスク研究をしてこられていると思いますが。

谷口 学問の世界だけでも「リスク」の定義は様々です。工学系、医学系、社会科学系、それぞれにリスク概念があって、第1回シンポジウム（10月8日）で、木下富雄先生は「標準語はない。それぞれの分野に方言があるだけだ」と言われています。

「リスク」という言葉の使い方について、人々の意識を調査したことがありますが、「リスクが高い」とか、「リスクが大きい」とか、色々な使い方をされています。「高い」と言っている時は因果構造に着目していて、「大きい」と言っている時は効用構造に着目しているのだと思います。

私は、二項対立的な議論からリスクベースの議論への転換は可能だと思っています。10年くらい前に日本リスク研究学会のリスク論は日本に根づくか」という討論会に参加し、昨年文化功労賞を受賞された中西準子さんと、「基本的には根付くだろう」という議論をした覚えがあります。

相手を信頼して対話することで議論の転換を

谷口 リスク概念が根づき、リスクベースの議論に転換していくために何が必要か。私が地域

の人々と一緒にやってきたリスクコミュニケーションの研究や安全文化の研究から言うと、二項対立の両極にいる人々は別にして、その間にいる多くの人々を信頼することが大事だと思います。言っていること、考えていることも含めて、その人々を信頼しパートナーだと思って、同じ土俵で「我々は確定的な世界に生きているわけではない。いつも不確実な世界に生きている」という話ができると思います。原子力のリスクコミュニケーションでは、事業者や規制当局が地域住民をパートナーだと思い同じ土俵に降りて行って話す中で、リスクベースの議論ができるのだと思います。

そういったリスクコミュニケーションのためにも重要なのは、例えば、電気事業者の組織の中でリスクベースの議論ができなければいけないと思います。それができない組織は、外の人々とも議論できません。安全の問題について組織の中で議論していく過程で、ステークホルダーが見えてくると、自然にリスクベースの議論になってくると思います。議論を二項対立からリスクベースへと転換していく際の課題は、組織側にあると思います。

松井 望みはあるということですね。

科学的な議論に基づく説得を

松井 同じことをラクソネンさんに伺います。ラクソネンさんがご講演で話されたフィンランドの規制には「リスク」という言葉はそんなに多くない。約40年前の「ラスムッセン報告（WASH-1400）」で、確率的な安全評価が一世を風靡し、決定論、確率的な議論がকাশくなくなりました。安全の議論の中で「リスク」をどう考えればよいか、お考えをお聞かせ下さい。

ラクソネン フィンランドの規制でも確率論的なアプローチは、明示的に示されています。しかし、数字が小さいからリスクが十分に小さいと国民を説得しようとはしません。

リスクの定義、一般の人々へのリスクの説明が難しいということはフィンランドでも同じです。原子力に関しては、もともと低リスクが非常に強く期待されます。科学的な議論を基に、人々に対して「そのリスクは他の社会のリスクと比べて受容可能である」と説得していかなければなりません。

田中先生がおっしゃったように、人々の安心感が重要です。しかし、必ずしも科学的な議論だけで安心感をもたらすことはできません。ですから、人々と面と向かって議論をし、具体的なリスクを理解できるようにすることが重要です。また、放射線防護に関するリスクと原子力リスクは分けて語らなければいけません。

問題は「生活の一部である放射線」の許容量

ラクソネン 放射線防護に関するフィンランドのアプローチは、地域などによる通常自然放射線のバラツキの程度と、医療や原子力事故などによる追加的な放射線量とを比較することです。原子力事故がなくても常に土壌中のウランやラドンから一定の放射線被曝があり、その量も国の中でかなりバラツキがあります。フィンランド国民には、原子力と関係なく、土壌からの被曝があり、その量も住んでいる地域によってかなり違うということを伝えています。

フィンランド国民の約5%が年間10mSv以上のラドン被曝のある家に住んでいます。これは福島第1原発の近くでの降下物による被曝よりも高い数値です。1986年4月のチェルノブイリ事故の後、かなりの降下物がありましたが、その影響よりも自然放射線の量のほうが大きかったのです。

そういった例を引いて、国民に「放射線というのは我々の生活の一部であり、そこから完全に逃れることはできない。どれくらいの放射線の被曝を許容するかが問題である」と説明でき、被曝が通常の変動の範囲内ならば「それほど心配することはない」と説明できるのです。放射線被曝のリスクに関して、日本



田村 昌三氏

(東京大学名誉教授
元安全工学会会長)

には「事故前の状態に戻す」という期待があるようですが、それは現実的に不可能です。高線量の地域に住むリスクについて具体的に理解しなければなりません。

完全な安全はあり得ない

ラクソネン 原子力のリスクについて人々に明らかにすべきことは、「完全な安全はあり得ない」ということです。確率がいかに小さくても事故の可能性は残ります。事故をどう回避するか。事故はどのように起きるか。その影響はどうか説明することが肝要です。

放射線被曝よりもリスクが高い地震と津波

ラクソネン 多くの人は、実際の事故よりもひどい状態を想像します。しかし、福島第一原発事故では誰も死亡しませんでしたし、大量に被曝した人もいませんでした。その点を、日本の人々もよく理解すべきだと思います。人々の安全、健康に対する直接的なリスクとしては、津波、地震自体の方が原子力事故よりも高いのです。

規制当局に対する信頼感の醸成が大切

ラクソネン また、事故防止には、規制当局に対する信頼感の醸成も重要です。専門家が

安全性をきちんと見てくれていると感じても
らうようにすることが肝要です。

組織の中で議論できる風土

田中 谷口さんがリスクコミュニケーション
のところで、「組織の中での議論が大事だ」と
おっしゃいましたが、その組織というのは小
さな組織のことですか、もっと大きな社会ま
でお考えでしょうか。

谷口 私が言った「組織」とは、例えば、電
力会社や発電所のことです。グループでもよ
いです。発電所の保守部門のチームの中で、
リスクの問題をちゃんと議論できる風土があ
るのかという意味です。それは「安全文化」
の裏返しでもあります。

[論点2]

「5層の深層防護」が世界共通の安全確保コ
ンセプトであるが、現在のシステムをどのよ
うに変革していくのか？ その際の課題は何か？

松井 第4層で苛酷事故を明示的に取り上げ、
第5層で緊急時対応を組み込んだ総合的な防
護システムが、今年9月、国際原子力機関
(IAEA)の安全基準の中で謳われました。

これを実効的なものにするために、先月ま

で西欧原子力規制機関協会（WENRA: Western
European Nuclear Regulator's Association）の議
長でもあられたラクソネンさんに、特に、苛
酷事故、炉心溶融をどう防止するか、どんな
手順をお考えになっているのか。お話しいた
だければと思います。

炉心溶融防止の基本：臨界制御と崩壊熱除去

ラクソネン 炉心溶融の防止のためには、臨
界制御と崩壊熱除去という2つの基本機能の
確保、安全系システムの保護が必要です。

信頼性向上で強調すべきところは、やはり
崩壊熱の除去です。フィンランドでは最近、
安全系の多様性が求められ、1つのやり方で
崩壊熱を除去するのでは不十分だというこ
とで、複数の場所に安全システムを置かなけ
ればならなくなりました。昔からあった原
則ですが、体系的に実施されるようになった
のは最近のことです。規制当局も系統間で
依存性がないようにすることを主眼に検査
するようになっていきます。

フィンランドの新しい炉は、崩壊熱除去の
ために基本的な安全系を4系統持ち、いず
れも1つで十分な安全機能を提供できる形
になっています。さらに、系統はそれぞれ
分離され、プラント内の別々の場所に設
置されるようになっています。

電源に関しては、既に4つのディーゼル
発電機を設置し信頼性を高めています。福
島第一原発事故の後、新しい規制では、2つの

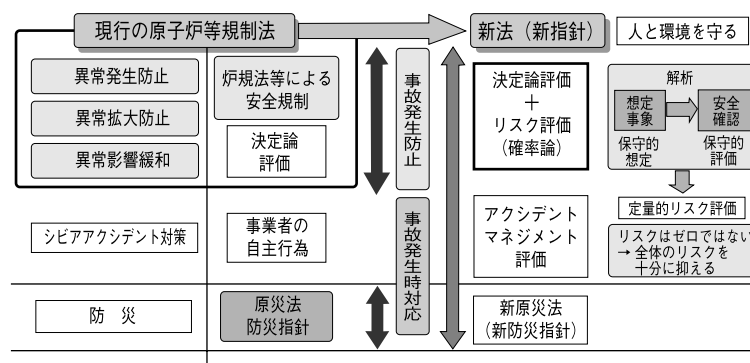


図2 原子力施設に係る世界標準の5層の深層防護

より小型のディーゼル発電機設置，プラント内で事業者がすぐ起動できるガスタービン発電機の設置が要件として追加しました。

さらに，これら非常用電力，外部電源がなくても最低8時間，崩壊熱除去ができるという要件も加えています。

松井 現在，フィンランドでは4基の原子力プラントが稼働中だと思います。沸騰水型炉2基と軽水炉2基ですね。

ラクソネン そうです。今，1基が建設中。間もなくあと2基の建設がスタートします。

化学産業にも共通する「深層防護」の考え方

松井 放射線や崩壊熱の影響があるので，「深層防護」が重要だとしているのは原子力特有のことだと思いますが，他の産業だと「多重防護」ということにはなるのではないかと思います。田村先生，他の産業ではどうお考えですか。

田村 専門外ですが，原子力の「5層の深層防護」の考え方はよく分かります。まず，異常反応が起こらないようにする。異常反応が起こって熱が発生した場合には，その熱がどんどん上がって異常反応が促進されますので熱を除去するということですね。

化学産業ですと，ボパールの化学工場の事故のように毒性物質がプラント外に出ると住民に大きな影響を及ぼしますので，まずは系外に出ないように対策を講じます。大量の水の中に反応物を落として反応を止めるということもよく行われます。万一化学物質が漏洩した場合は，適切な情報を流し化学物質による被曝防止や消防活動を一体となって行っています。

原子力の「深層防護」の5層目で，事業者と公共機関，消防，住民とが協力しながら被害拡大を防ぐということは，化学産業でも対応していることです。



谷口 武俊氏

（東京大学大学院
客員教授）

「深層防護の誤謬」という落とし穴

谷口 深層防護の考え方は，1段目に最善を尽くし完璧にしたとしてもそれが破られると仮定して，2段目にも完璧を期する，というように「前段否定」の繰り返しになっているけれども，福島第一原発事故の場合，それぞれの防護層が最善の努力で可能な限り完璧に近いレベルにあったのか検証しなければいけないと思っています。高経年化問題や安全文化の問題など，様々なことが言われていますから防護層は劣化している，あるいは弱体化しているかも知れません。

「5層の深層防護」自体は，原子力の現場から地域社会までを視野に入れて防護層を用意するという意味で，大変重要なことだと私は思っています。ただ，工学システムとして極めて洗練された「深層防護」という考え方を持っているがゆえに，原子力技術システムのちょっとした1つひとつの不具合が見えなくなってしまう，本質的な弱点が見過ごされてしまう，いわゆる「深層防護の誤謬」もあります。

組織が大きく，高度になればなるほど，防護層の間に相互作用が起き，複雑さが増してきます。だから，予見できないような共通モード故障（Common Mode Failure）が起きる可

能性が高まります。そこに多重化された防護層が入ってくると、一層見えにくくなる、不透明になるので、「深層防護の誤謬」ということもよくよく考えておく必要があります。

最後は人間が果たす役割が極めて大きくなるということなので、深層防護を考えていく上では、「深層防護の誤謬」についても再認識しておく必要があると思っています。

重要な4層目と5層目のインターフェース

谷口 私はこれから日本でも4層目が規制要件化されてくると思いますが、5層目は緊急時対応なので、4層目と5層目は全くモードが違うと思います。しかし、4層目と5層目は連続しています。そこが明確に規制要件化されてくると、制度面でも役割分担の面でもどうつないでいくかが大きな課題だと思うのです。

防災指針や様々なものを見直していく中で、4層目と5層目がどう重なり合い、相互分担しながらいくのか、現場をかかえる地域の人々や自治体を入れて、関係者の間で相当しっかりと議論していく必要があります。4層目と5層目を機能させるには、インターフェースのところが非常に重要になると私は思っています。

松井 私も同感です。確かに4層目と5層目では質的に違うと思います。

4層目は「あらゆる手段での放射性物質の閉じ込め」、5層目は「緊急時対応」

松井 WENRAの安全目標の文書にも「深層防護」の4層目と5層目について記述があったと思います。WENRAは4層目と5層目の関係をどうお考えなのか、ラクソネンさんにお話いただければと思います。

ラクソネン WENRAの安全目標にある4層目と5層目はかなり異なります。4層目はプラ

ント設計に係る部分で、その目的は全ての手段で放射性物質を閉じ込め、放出がないようにしていく、周辺に対する影響がないようにしていく、あったとしても限定的にしていくということです。

WENRAの文書で明確には書いてありませんが、5層目は緊急時対応です。各国が個別に対応していく部分で、まだ細かな基準が設けられていません。現在、作業部会で新しい安全目標をどう実行していくのか、少なくとも8つのポジションペーパーを準備中です。来年11月には細かな規制のポジションに関する冊子を出す予定で、それまで各国の要件と慣行を見ていきます。

5層目に関して、少なくともフィンランドでは明確な要件があります。重要な要件としては、例えば、プラントから半径5kmでは救援隊が4時間以内に住民を避難させるといった時間的な制限、プラント近くに住める住民数の制限、避難経路に関する要件、人にヨウ素剤を投与しなければいけないゾーンに関する要件、半径20kmで取るべき措置、十分な警告を行うなどコミュニケーションシステムに関する要件などがあります。

5層目における事業者の役割は プラントの安全性確保

谷口 5層目の防災とか緊急時対応の中で、電力会社、事業者の果たすべき責任、役割は何なのでしょう。第3回公開討論会（11月12日）で、本間俊充先生が、緊急時対応のフェーズに入るところでの事業者の役割、事業者責任をもう少し明確に議論する必要があるのではないかと言われました。緊急時になったら、国や自治体とかの話に移ってしまうとは思いますが、そこで事業者はどういう役割を果たすべきだと思っておられますか。

ラクソネン 事業者と自治体・政府当局の役割には明確な違いがあります。

事業者は、プラントの安全性に対する責任を十分に果たすことで、放出を最小限化していく、環境に対する影響を最小にしていきます。つまり、事業者は、規制当局からも政治家からも特別な許可を得る必要はありません。

また、通常の運転時の状況とは違う対応を求められる極端なケース、例えば、炉心熔融があった場合、最適な形で閉じ込めを行って漏洩を最小限にしていかなければなりません。このような状況では、事業者しか最良の判断ができないわけです。福島第一原発事故の初期段階もそうだったと思います。運転をしている事業者は、格納容器の状況を見ながら、圧力が設計基準を超えないよう最善の努力を尽くしたと思います。これも事業者の責任のもとで行われたわけです。

5層目における自治体、中央政府の役割は 住民の安全確保

ラクソネン 自治体、あるいは中央政府の役割、責任は、住民の安全を守ることです。例えば、救済措置や避難措置をとる役割は、事業者、電力会社の役割ではありません。ヨウ素剤を事前に配布しておくことは必要でしょうが、住民の安全の確保の責任を負うのは、自治体と中央政府です。

福島第一原発事故の場合、精緻な計画がなかったにも拘わらず、きちんと対応できたと思います。きちんと避難がなされたということは、自治体がきちんとした作業をやったからだと思います。その結果、ヨウ素剤投与が必要となるような暴露はなく、重篤な事態にもなりません。チェルノブイリ事故と比べはるかに良い結果になったことから「今回の対応は良かった」と言えると思います。

谷口 オンサイト・マネジメントという観点からは、私もそう思います。しかし、日本の社会がそういうふうに見たか少し疑問が残るところです。

ラクソネン 少なくともフィンランドでは、社会がそういったことに疑問を呈したことはありません。電力会社が一番そういった責任を負えるんだということは、国民の誰もがはっきり理解しています。その時に何をしなければならぬのかの判断は、現場の人々が一番だということです。

「5層の深層防護」を導入する際のポイント

田中 現在のシステムをどのように変革していくかについてです。

まず、日本にとって、「5層の深層防護」という概念はかなり新しい規制概念ですから、規制システム全体がシステムティックである必要があります。

次に、分かり易い概念、説明になっている必要があります。サイト要件や炉型による違いも踏まえた具体的な分かり易いものでないといけないと思います。

最後に、わが国ではこれからも原発が止まることはないと思います。その時には、規制改革をどれくらいのスピード感でやっていくのかも大事だと思います。

〔論点3〕

原子力のリスクガバナンスを高度化するために具体的には何をしていくべきか？ その際の課題は何か？

松井 「リスクガバナンス」という言葉は、この原子力安全セミナー全体を通じてのテーマと考えてもよいと思います。原子力発電所の運転や建設について、リスクを統治（ガバナンス）する必要があるのは間違いないと思いますが、単に「ガバナンス」と言ってしまうと、何のことか分からないということになると思います。

前回の公開討論会で、谷口さん、岡田憲夫先生が「リスクガバナンス」を取り上げられました。フロアからも「こういうのはいいね」という声と、「何を言っているのかよく分からない」という声とがありました。

「リスクガバナンス」と原子力の安全をどうまとめるのか、ご意見をいただきたいと思っています。化学産業の方でも「ガバナンス」という概念はあると伺いましたので、田村先生、いかがでしょうか。

化学産業での安全確保に重要な「保安力」

田村 ガバナンスについて、化学産業の具体的な話をさせていただきます。

我々は安全確保のためには、最近、「保安力」が大事だと思っています。「保安力」は、「保安基盤」という概念と「安全文化」という概念から成っています。「保安基盤」というのは、安全管理をコアとした、人、組織、設備、技術、マネジメントの体系、つまり保安を確保する仕組みです。「安全文化」というのは、その保安基盤を機能させる、つまり活性化するための人間行動、あるいは組織の活動であり、事業所の環境と考えています。

原子力のリスク低減に期待できる「安全文化」

田村 リスクの低減に「リスクマネジメントシステム」では限界があることを考えると、これから「安全文化」が大事になってくると思っています。リスクに「ゆらぎ」のあることや、原子力の場合、事故の発生確率は低いけれども、一度起こると非常に大きな影響を及ぼすといったリスクを抱えています。原発事故のリスクを低減させるために「安全文化」が機能していくのではないかと期待しています。

「安全文化」の中身は、トップが安全確保のために明確な理念と方針を示し、現場がそれを十分理解して安全確保のために主体的に役割を果たしていくような環境づくりをする



ユッカ・ラクソネン氏

（フィンランド放射線・
原子力安全庁長官）

ということです。そのため「安全文化」は、作業管理、人材や資金の配分、現場の感性や教育に対する意欲、トップと現場あるいは横同士のコミュニケーションも機能してできていくものだと思います。

「安全文化」の全体をリードしていくのが「トップガバナンス」です。リスクを認知・評価し、その特性を明らかにして、安全確保のために、リスクの低減に主体的に幅広く対応していく仕組みをうまく機能させるリーダーシップが「トップガバナンス」だと私は感じています。

「リスクガバナンス」は「社会的なリスク管理」

松井 私は、先週の公開討論会での谷口さんの話が非常に分かり易くて感銘を受けたのですが、「リスクガバナンス」についてももう少し詳しく話していただけないでしょうか。

谷口 前回の公開討論会でお話した通りです。コーポレートガバナンスやグローバルガバナンスの問題は、みんな適正な仕組みを欠いていたから起きた問題だという意識を持っているので、原子力安全の問題にも「ガバナンス」という言葉を使ったのです。

原子力が抱えている多くの問題は、恐らく社会的な仕組みを少し変えると、解決の糸口が見えてくると思います。原子力安全の議論を「二項対立」からリスクベースの議論へ転換させて

いくところでも、仕組みを変えていく努力、ガバナンスについても一度考える必要があると思っています。日本での原子力の一連の事故や不祥事が教えていることは、それらが単に技術的な安全管理の問題ではないということです。

やはり、リスクが顕在化した時の社会的な影響、例えば、社会的な信頼の喪失、技術に対する社会的な抵抗や拒否、政治問題化だとかを少しは意識していくことが重要だと思うし、「ガバナンス」と言う替わりに、「社会的なリスク管理」と言っても良いと思います。

地域主権型でないことが招いた復興の遅れ

谷口 今回の福島第一原発事故の後、復興の問題、除染の問題が起きていますが、そこには中央と地方の依存関係の問題点が顕在化していると思います。結局、中央が動かない限り、地方に専門家たちが出ていき、実際にやらないと復興も除染もできない。復興の色々な動きが遅いのも中央と地方との間に偏った依存関係があるからではないかと思うのです。原子力のような巨大技術を制御できるかという問題は、本当は中央政府と地方自治体の関係までに及ぶ根の深い問題だと私は思います。

技術的には、英知を集めれば巨大技術も制御可能だと思います。しかし、社会的文脈で議論を始めると、日本の「国の姿」みたいなことが色濃く出てきて、日本社会で原子力技術をちゃんと使えるのか、色々考えさせられるのです。

私はもう少し地域主権型の社会に移行していくことが重要だと感じます。原子力のような巨大技術を扱うには、分権化していた方がよいのではないかと思います。フィンランドは相当分権化している社会だと思っていますが、ラクソネンさんは、どう思われますか。

原子力施設の建設・運転における 政治家と専門家の役割分担

ラクソネン 原則として、原子力は必要か、

どういった施設を建設するかという判断は政治家が行います。発電所であれ、廃棄物処分場であれ、原子力の新しい施設については、最も高いレベルでの政治的決定が必要です。「一定のリスクはあるが、新しい施設が社会全体の福祉に資するから社会としてそのリスクを引き受ける」という決定です。フィンランドの場合、政治指導者たちはその意思決定で中心的な役割を果たします。

例えば、建設中の原子力発電所についての原則決定は2002年になされました。決定の前には、非常に包括的な議論が社会の中で行われました。環境影響評価、安全評価が規制当局と地方自治体の長によってなされ、様々な情報が政府に上げられました。政府はそれに基づいて、全体として社会にとって有益かどうか判断したわけです。一旦政府が判断をしますと、今度は議会で検討してもらいます。議会でも4カ月かけ、50ある委員会のうち8つの委員会で、100名ぐらいの専門家から意見を聴取し、このプロジェクトを議論しました。そして委員会決定をしたわけです。

委員会決定がなされると、議論はそこで終了し、後は我々専門家に任せられました。我々規制当局が行った安全評価を政府に提出してから、3週間で建設許可が出ました。

その施設で事故が起きて緊急時対応が必要になれば、施設の運営主体と規制当局とで処理します。政治家はそこからはなるべく距離を置くことになっています。

フィンランドの場合、政治家は原則決定という時に役割を果たし、その後は、実際にそれを運営する能力のある人に任せて関与しないことになっています。一旦、政治的な判断が示されると、安全性に関しては、それぞれの担当機関を信頼して任せているわけです。

「リスクガバナンス」の枠組み

田中 私の基調講演の「リスクガバナンス」に関する部分をどうまとめるか悩みました。

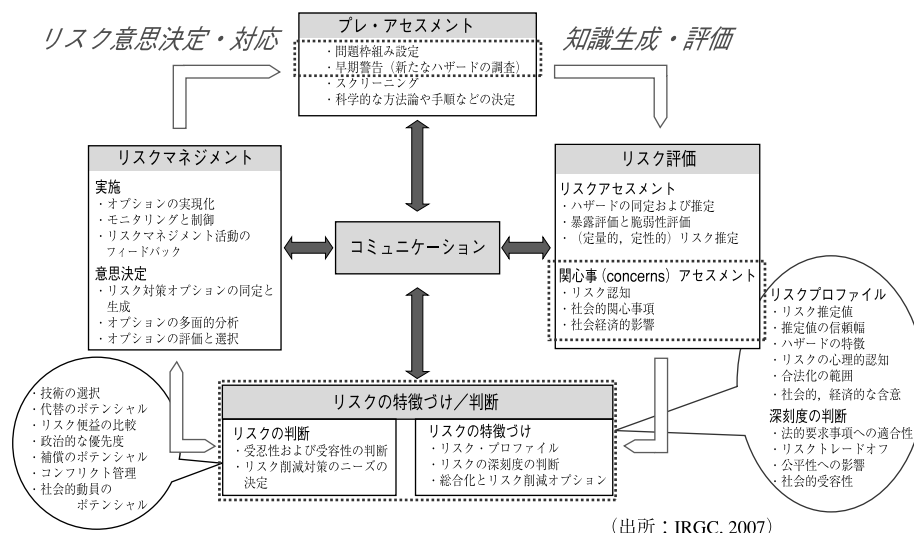


図3 リスクガバナンスの枠組み

谷口さんが前回出された「リスクガバナンスの枠組み」（図3参照）を見て、「リスクマネジメント」には、組織あるいは事業体の中でのリスク管理もあるし、原子力の場合には社会との関係のところもある社会的リスク管理もある。組織のリスク管理と、社会的リスク管理の2つに分けるといいなと思ったのです。

原子力の場合、事業者、国、自治体、住民と様々なリーダーがいます。普通の化学工業とはまた違う観点があるのではないかと思います、無理があるかも知れませんが、基調講演で「リスクガバナンスとは、多様な利害関係者と資源制約の中で、諸リスク問題への対処を最適化していくことである」と定義したわけです。

谷口 図3は国際リスクガバナンス委員会（IRGC：International Risk Governance Council）が提案している枠組みで、広い意味での「リスクガバナンス」の核となる部分です。広い意味では、「社会的なリスク管理」の枠組みと考えるとよいと思います。

図3の「リスク意思決定・対応」、「知識の生成・評価」のような部分は専門家が中心になってやるところ。「リスクマネジメント」の部分は行政や事業者、専門家が中心になってやるところだと思います。

しかし、「プレ・アセスメント」や「リスク

評価」の部分では、若干価値判断が入ってきます。「プレ・アセスメント」のところでは、リスクの問題をどう扱うかという枠組みを作るところです。リスクに対しては多様な見方がありますので、人によって見方が違い、それを反映して枠組みを考えることになります。そこでは、様々なステークホルダーが関与することが大変重要だと考えます。

「プレ・アセスメント」の結果は専門家に行き、その結果をどう読み込むか、どう特徴づけるかというところでは、様々な価値判断が入ってくるので、ここでもまた多くの専門家、行政、ステークホルダーで議論をします。

特に、「リスク評価」の中にある「リスクアセスメント」で「ハザードの同定および推定」では、理工系の議論が中心になると思います。「関心事アセスメント」では、社会科学の専門家が分析をすることになると思います。日本では、「サイエンス」には人文社会科学も含まれますので、ここでは専門家が中心になって頑張るわけです。

様々なプレーヤーが図3の枠組みに関わっている中で常にコミュニケーションを図っていくことになります。これを社会的な仕組みとしてどう作るかということです。だから、私は前の公開討論会で、社会技術の社会影響評価や技術評価、共同事実確認とかを、特に、

「プレ・アセスメント」にうまく仕組んでいくことが重要ではないかと言ったのです。

松井 今の「リスクガバナンス」の議論は、これで今後の方針が決るわけではないにしても、原子力をどう取り扱うか、社会の中でどう考えるか、その取組み方を考える上で極めて示唆に富むものだったと私も思います。

のです。全ての手段を講じて、放射性物質の閉じ込めの健全性が守られて限り、WENRAの安全目標は達成できるということです。

表1の安全目標は、概念的なものであり、一般社会に対して、苛酷事故が起きた時の対応を分かり易く説明した文章です。プラント設計者、運転者あるいは規制当局などに対して、閉じ込めの健全性をできる限り維持することを求めた目標なのです。

フロアからの質問

炉心溶融事故時のWENRA安全目標の基準値は？

松井 WENRAでは、表1にあるように、炉心溶融事故の時でも避難する必要がないことが目標になっていますが、そのためにどのような定量的な基準値を設定しているのか。この質問に対して、ラクソネンさんにお応えいただきたいのですが。

ラクソネン 重要なことは、とにかく放射性物質の閉じ込めの健全性を維持することです。数値的な前提値としては、例えばセシウムトータルで100テラベクレルを限界値として、それ以上の放出がないようにということですが、実際に、閉じ込めがきちんとできるのであれば良い

「最悪シナリオ」とは何か？

松井 ガバナンスのところで、「最悪シナリオ」を想定して、リスクを最小にするように取り組むべきだと言った時に、「最小リスク」とは何なのか、どこまでのことを考えればよいのかというご質問があります。

田中 「最悪シナリオ」とは、例えば軽水炉の場合、今回福島第一原発で起こった事故は最悪に近いです。それよりも悪い事態、さらに大きな爆発が起こったらどうなるかとか、科学的、技術的に想定し得るシナリオが「最悪シナリオ」ではないかと思います。

松井 ラクソネンさんのお話でも「考え得る最悪の事故」(worst conceivable accident)と表現されていたと思うのですが、もう少し詳しくお願いします。

表1 WENRAで検討中の炉心溶融事故時の安全目標

Containing radioactive releases from core meltdown accident
In Europe, the Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA) has agreed on safety objectives for new reactors to be built in Europe, and one of the objectives states:
— "For accidents with core melt, design provisions have to be taken so that only limited protective measures in area and time are needed for the public (no permanent relocation, no need for emergency evacuation outside the immediate vicinity of the plant, limited sheltering, no long term restrictions in food consumption) and that sufficient time is available to implement these measures."
The new IAEA Safety Standard SSR-2, approved in September 2011, <i>Safety on Nuclear Power Plants: Design</i> , provides essentially the same requirement for new plants.

ラクソネン 福島第一原発事故は、特別な事故だったと思います。ある程度の予測はできていたと思いますが、津波が起因事象となって、全ての崩壊熱除去系が失われるということまでは想定していなかったと思います。システムを喪失し、崩壊熱除去系を喪失して格納容器が破損し、被害を最小限にとどめることができませんでした。

WENRAのアプローチとしては、いくつかの防護の層があって、不測の事態に対しては、5層目の緊急時対応で策を講じることが一番になると思います。福島第一原発事故を見ますと、より苛酷な状況になることも想像できたわけですが、そこまでは至らなかったと言えると思います。

人材教育における日頃の取組みは？

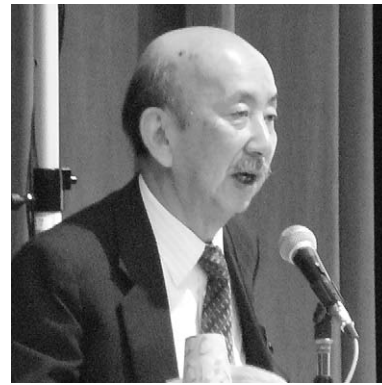
松井 田村先生に伺います。異分野の人を教育することも重要ですが、日頃どういう取り組みが効果的でしょうか。

田村 「5層の深層防護」という概念は非常に立派なものだと思っています。これをいかに実践していくかがこれから大事です。

特に、施設の安全確保のためには、やはり「保安力」という考え方で、「安全文化」をうまく機能させていくことが大事なポイントだと思います。システムだけではカバーしきれない、想定しにくいことにも「安全文化」で対応していけるかも知れません。起こる確率は極めて小さいのに、起こると大きな被害を及ぼすという原子力のリスクや、リスクが保有する「ゆらぎ」に対応できるのは「安全文化」ではないかと思うのです。

保安の仕組み（保安基盤）は、当然しっかりしたものを作っていかなければいけないのですが、その仕組みを十分に機能させ、さらにそれを補って安全確保につなげるような意味で「安全文化」が大事だと思っています。

そして、リスク低減の仕組みについて、「ガ



松井 一秋氏

（財）エネルギー総合工学研究所
理事

バナンス」や「5層の深層防護」がうまく機能していくには、そこに関わっていく人の問題があると思います。そういった意味で人材育成、例えば安全技術者や安全の専門家の育成も非常に大事です。

もう一つ考えておくべきことは、国民に、何かあったときに対応することができる安全に関する基本的な考え方や、知識があるといふん被害の拡大の抑制に機能するのではないかという気がします。

プラントの安全のためには当然安全技術者、安全専門家も非常に重要な役割を果たします。また、リスク情報の共有化とそれを基とする適正なリスク議論のためには事業者、あるいは行政のみならず、国民もある程度安全に対する考え方について理解することがこれから大事になってくるといふ気がします。

そして、リスク低減のためには、当然、安全技術者は大いに活躍しなければいけないわけですし、行政はリスク低減の指導・監督という意味で安全の専門家がそれなりの役割を果たし、また、国民への危機対応の指示という点でも重要な役割を果たすことが必要です。

また、国民も被曝リスク低減のために避難や適切な対応ができるように、安全の基本を理解する必要があると思っています。このようなことを考えると、各段階に応じた適切な安全教育体系を考えていかなければいけないと思っています。

例えば、初等、中等教育では、安全の基本に関する理解や生活を安全に送っていく上で必要な安全の基本的な知識をしっかりと身につける。最近、産業の分野でも危険に対する感性が低下してきているのではないかということが話題になっています。やはり早い時期から危険に対する感性を身につけ、それを適切に回避できる方法を身につけておくことが大事だと思っています。

また、リスクやベネフィットを基に科学的に議論ができるような習慣を早い時期から身につけておくということも大事だと思っています。

高等教育では、各分野の安全の専門的な知識、安全技術を身につけてほしいと思いますし、企業教育では、企業固有の安全知識や安全技術、安全管理をしっかりと勉強していただくことが必要です。

社会人教育では、安全の基本の理解や安全の基本的な知識についてレビューするような場を作る。そういった、体系的な安全教育のプログラムについても考えていくことが、これからの社会における安全文化の醸成に重要な役割を果たしていくのではないかと期待をしています。

炉心溶融事故での再臨界の検証は？

松井 炉心溶融事故では、再臨界という問題があると思います。軽水炉の場合、その問題は検証されているのかという質問がラクソネンさんに対してあるのですが。

ラクソネン 少なくとも福島第一原発事故では、再臨界は起きていません。また、炉心溶融の後、中性子を吸収する他の炉内構造物などと相互作用を起こすことから、再臨界のリスクは軽減されていると思います。

福島第一原発事故で再臨界のことが議論されていることは知っています。フィンランドでも状況に関して計算をしています、再臨界の兆

候はありません。今まで見られたことは、通常の分裂反応であり、これは計算通りです。

パッシブセーフティにおける安全目標は？

松井 このシリーズセミナーでも、原子炉を停める、冷やすなどのところで、「制御不能」な事態に自動的に対応する「静的安全 (Passive Safety)」が取り上げられ、その利点について多少触れられたことがあります。

フィンランドでは、6基目、7基目の原子炉をお考えだと伺っていますが、そういう時にパッシブセーフティにはどの程度の重きを置いているのですか。

ラクソネン プラント設計には、崩壊熱除去をパッシブ（受動的）にやっていくことが盛り込まれています。

計画中の原子炉は、福島第一原発1号機と似た仕組みですが、さらに進化しています。三菱重工、東芝から提案されている設計には非常に良いパッシブセーフティ機能が盛り込まれています。フランスのEPR設計には、その機能は付いていませんが、新しいEPRには盛り込むことが検討されていると思います。

田中 崩壊熱除去については、できるだけパッシブセーフティ機能があればよいと思います。ですが、それだけでは対応できない部分も出てくるかも知れないので、効果的に働くアクティブ（能動的）な仕組みを組み合わせてもいいと思います。

また、パッシブセーフティの部分だけに注力していくと、原子炉の出力の問題も出てきて、それが本当に経済的かという議論も出てくるでしょう。そこもしっかり議論することが大事だと思います。

産業全体の「安全目標」を見ている国の組織は？

松井 色々な産業分野で、色々な災害が起こ

る可能性があります、どういうレベルにあるのかを全体として見る国の組織はあるのかというご質問が出ています。

谷口 私は、社会全体を見ている組織はないと思います。日本リスク研究学会のパネル討論会「技術リスクの横断的な管理目標は設定可能か」(1998年6月)で、技術リスクの基準を作れないか、私も議論したことはあります。原子力だけが非常に厳しいリスク基準を置かなければいけないのか、他の産業はどうなっているのか議論しましたが、当時はリスク基準を作ったとしても、それを検証する評価手法の熟成度が産業分野によって非常に異なるという事情もあって、「検証が難しい」ということになりました。

また、原子力の安全目標については、原子力安全委員会の議論に私も関わりましたが、『安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ』(2003年12月)が出てから議論が進みませんでした。安全目標は、社会的、政治的、制度的な要素に関わる難しい問題だと思います。中間報告が出てから随分と時間が経ちましたので、安全目標の議論をもう一度しっかりとやる必要があると思います。

閉会にあたって

松井 最後に、言い足りなかった事がありましたらお願いします。

ラクソネン 安全目標について一言申し上げたいと思います。もちろん、どの社会であろうと、事故リスクに関する統計データはあります。例えば、毎年の交通事故による死亡者数とかです。ただ、原子力のリスクはあまりに高過ぎるので、それを参考値として使うことはできないでしょう。

原子力の安全について、WENRAは、数値目

標の設定を目指していませんし、そういう役割を担っていません。原則として、安全というのは達成可能な限り高いものでなくてはなりません。で、決定論的なアプローチではなく、「5層の深層防護」に示されるように、あらゆることをして安全性を担保していきます。さらなる改善の余地はあるという認識はありますが。

数値目標という確率論的な評価はそれほど重視していません。数値はもう絶対的なものではなく、限界のあるものだという目で見なくてはいけないことが分かっているからです。

田中 このシリーズセミナーの副題、「リスクは制御できるか」ということも気になっています。私なりの感想ですが、技術的な観点では制御できるし、制御できなければいけないと思います。しかし、この制御が実効化していくためには、技術と社会の関係というところがあると思います。だから、技術と社会との関係も含めて、どこに問題があるか見極め、それを解決していかないと前進しないと思いますし、そうする時期に来ていると思います。

その中には、谷口さんがおっしゃったように、国と地方の問題、場合によっては地方と地方の問題もあります。どこに本質的な問題があるか見極めつつ、一歩でも二歩でも前に進めていくことが大事だと思いました。

田村 このシリーズセミナーでは2回のシンポジウムと5回の公開討論を行って、色々な分野の方から原子力の安全についてご提案、ご議論があったわけです。私は、ある種の方角性は出て来たと思います。問題はこれから、具体的にどこでどのようにやっていくかです。そこをこのセミナーの答えとして、提案できればよいと思います。

松井 実は、20年以上前に、私どもの研究所で『巨大技術の安全性』という本を出したことがあります。チェルノブイリ事故(1986年)、

インド・ボパールでの化学工場事故（1984年）があった後で、原子力や化学プラント、航空機事故など、いくつかの巨大システムによる災害について検討した本です。それなりにまともっていて、やはりPDSA（Plan-Do-Study-Act）とかの重要性についても書いてあります。それから四半世紀経って、残念なことに今回の原発事故が起きました。

私も7回、皆様とご議論させていただきまして、まだ「これで決まりだ」という答えは見えていませんが、今日、リスクあるいはガバナンスという見方で全体をとらえていくこと、ラクソネンさんのお話から、軽水炉の安全性についてはリスクを非常に小さくしていく努力をしつつ、マネージできるという確信が持てる気がいたしました。もちろん、それは単純ではなく、まだまだ色々な努力が必要ではないかと思っています。

今日ご講演いただいた田中先生、ラクソネンさん、それから最後のパネル討論に加わっていただいた田村先生と谷口さんに感謝いたします。どうもありがとうございました。（拍手）

閉 会 挨拶

山田 英司 (財)エネルギー総合工学研究所
専務理事

本日は長時間にわたりまして、「原子力の安全を問う」第2回シンポジウムを熱心にお聞き戴きまして、誠にありがとうございました。

今回のシンポジウムには、約100名の方々のご参加をいただきました。本日のシンポジウムでは、東京大学大学院教授、日本原子力学会会長の田中先生から基調講演を戴き、続いて、フィンランド放射線・原子力安全庁（STUK）のラクソネン長官から特別講演を戴きました。その後、当研究所の松井をモデレーターとして、講演を戴いた田中先生、ラクソネン長官、さらに、本シリーズセミナーで講演戴いた田村先生、谷口先生にも参加を戴き、パネル討論を行いました。講師の方々の専門的な知見を基に、安全のあり方について大変示唆に富む、有意義なご講演、ご意見を戴きました。講師の方々に厚く御礼申し上げます。

本「原子力の安全を問う」シリーズセミナーは、10月8日（土）以降、2回のシンポジウムと、論点を絞った5回の公開討論会を開催してきました。シリーズセミナーを通して、原子力の安全のあり方について広範なお話を伺うことができました。それらが、皆様が今後の原子力を含む安全のあり方についてお考えになる上で、有益な情報を提供できたとしたら、主催者として望外の幸せです。当研究所にとっても、今後、原子力安全について調査研究活動を実施していく上で、多くの有意義なご示唆を得ることができました。

本日のシンポジウムが予定通り日程を終えることができましたのは、会場の皆様のご協力のお陰と改めて御礼申し上げます。これをもって、閉会とさせていただきます。

本日は誠にありがとうございました。（拍手）

〔とりまとめ〕

「原子力の安全を問う」シリーズセミナーで指摘された 原子力安全に係る論点

本「原子力の安全を問う」シリーズセミナーは、平成23年3月に発生した福島第一原子力発電所事故を踏まえ、今後の原子力安全のあり方について、新たな視点や示唆を生み出すことを目的として、平成23年10月～12月に開催されました。同シリーズセミナーで行われた議論のうち、安全に係る学識経験者で構成されるステアリングボード（構成メンバーは参考1参照）の助言を得て、とりまとめた論点は以下のとおりです。

1. 現在の原子力の安全を守る構造、考え方に基づきモグラたたきのシステムを改善していくのではなく、最悪のケースも想定し、そのリスクを社会的に合理的と判断されるレベルまで低減させるよう取り組むべきではないでしょうか。
2. 原子力施設の安全確保のためには、従来の「異常発生防止、異常拡大防止、異常影響の緩和」という3層に加え、過酷事故対策、防災も含めて一体的に運用する「5層の深層防護」に基づき、工学的安全施設（ハード）と避難等（ソフト）を総合して、「人と土地、水などの環境」を守る全体システムを再構築するべきではないでしょうか。
3. 安全確保は、保安基盤と安全文化が基本であり、想像力と創造力を駆使しつつ継続的に改善していくべきです。安全文化の向上には、従事者の努力とともにトップマネジメントの関与が重要です。
4. 原子力安全の考え方やシステムの再構築は、国際的な視点から、その経験や議論も踏まえ、今後の世界的な平和的利用の発展に貢献するようになされるべきではないでしょうか。
5. 人間社会では絶対の安全や「ゼロリスク」はあり得ないとの認識の下、安全か危険かの二項対立から、原子力安全に関し幅広くリスク論などを参考に議論していくべきではないでしょうか。
6. 巨大システムでは、複雑化、不確実化、曖昧さが増大するので、当事者の努力と説明責任の上に、市民を含む利害関係者が協働できる場を作るとともに、科学的な支援と専門性と公正さを有する第三者が関与する仕組みを作り、リスク低減を図ることが必要ではないでしょうか。このような努力の積み重ねにより、リスク低減を図るリスクガバナンス推進が可能となります。

本シリーズセミナーの結果については、2012年2月28日、原子力委員会の第8回定例会議において報告を行いました。当研究所としても、原子力委員のコメントを踏まえ、また、これまでの知見や経験を生かし、ここでの議論をさらに深めて原子力安全の向上に貢献していく所存です。

各論点の解説

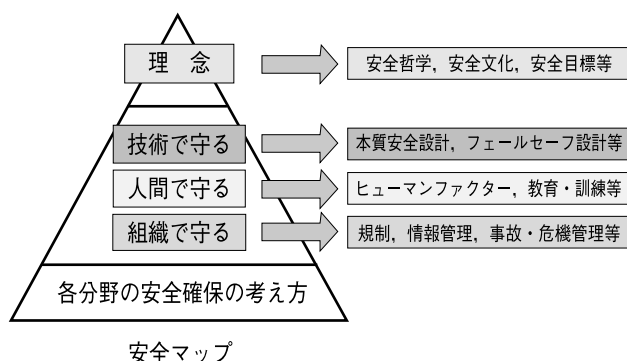
(1) 安全確保の考え方

現在の原子力の安全を守る構造，考え方にに基づきモグラたたきのシステムを改善していくのではなく，最悪のケースも想定し，そのリスクを社会的に合理的と判断されるレベルまで低減させるよう取り組むべきではないでしょうか。

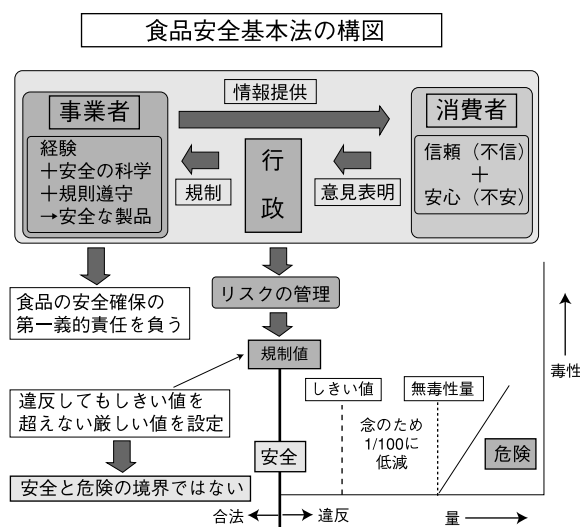
安全に関する大前提は，「絶対安全」は存在しないということです。現在の安全を守る構造や考え方の延長線上でモグラ叩きの対応ではなく，想定論理と技法を再吟味した上で，最悪のケースを想定し対応を考えることが必要です。

許容可能なリスクは社会の価値観に基づいて判断され，残留リスクなど「想定外」の事象は，いかに確率が小さくても発生確率はゼロではないことを認識し，そのリスクを社会的に合理的と判断されるレベルにまで低減させるよう取り組むべきと考えます。

食品安全分野では，事業者に関し第一義的責任を持たせるとともに消費者に対し正確かつ適切な情報提供を行う義務を課しています。国は，事業者と消費者の間でリスク管理を行います，消費者の「安心」には信頼が不可欠ですので，政策決定の過程を透明化し，関係者の意見を聴きながら実施するリスクコミュニケーションが重要です。



(出所：第1回シンポジウムにおける向殿先生の講演を基に作成)



(出所：第1回シンポジウムにおける唐木先生の講演を基に作成)

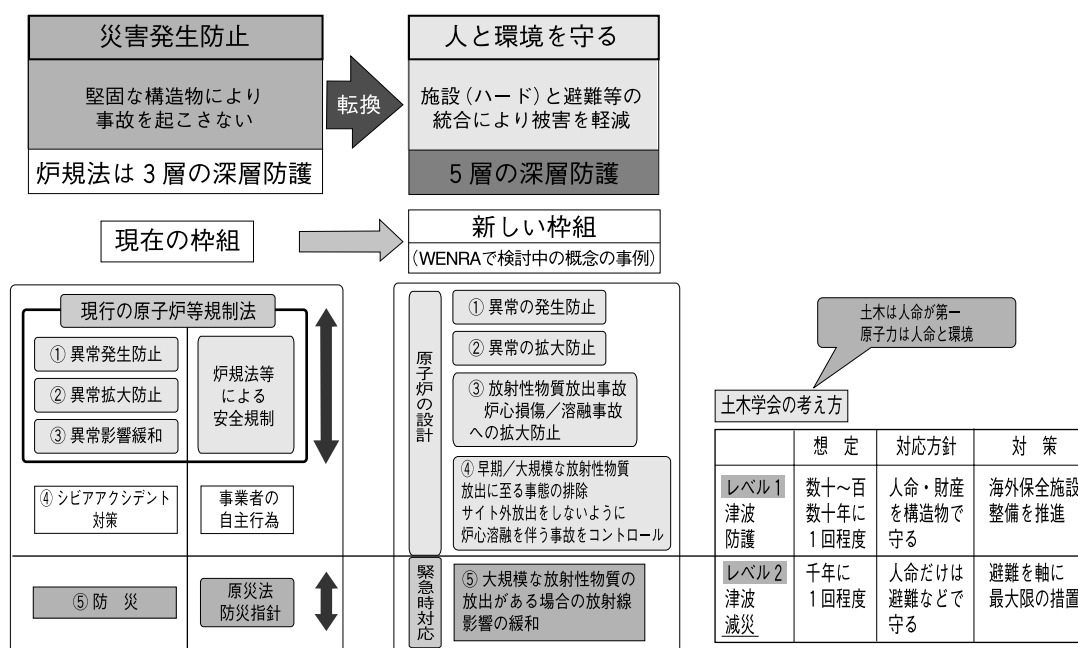
(2) 5層の深層防護

原子力施設の安全確保のためには、従来の「異常発生防止、異常拡大防止、異常影響の緩和」という3層に加え、過酷事故対策、防災も含めて一体的に運用する「5層の深層防護」に基づき、工学的安全施設（ハード）と避難等（ソフト）を総合して「人と土地、水などの環境」を守る全体システムを再構築するべきではないでしょうか。

新しい安全確保の枠組みとしては、リスクはゼロでないという考え方に立ち、① 想定を超えるリスクを含め全体のリスクを十分に低減させること、② 事故が起きても過酷事故（シビアアクシデント）に至らせないこと、③ 苛酷事故を緩和するシビアアクシデント対策を行うことが必要です。

今後は、「5層の深層防護」の考え方にに基づき、工学的安全施設（ハード）と避難等（ソフト）を総合して、「人と土地、水などの環境を守る」全体システムを再構築していくことが要請されます。安全目標として、単に死亡確率だけではなく、放射性物質の放出に伴う避難が実質的に不要なことや土地汚染がないことも含まれるべきと考えられます。

継続的な安全確保努力により安全を担保する仕組みをつくっていくことが重要で、Safety Culture and SAHARA（Safety as high as reasonably achievable）の視点に立ち、合理的に達成可能な安全を目指していく必要があります。



(出所：第1回公開討論会の岡本先生の講演，第4回公開討論会の河田先生の講演等を基に作成)

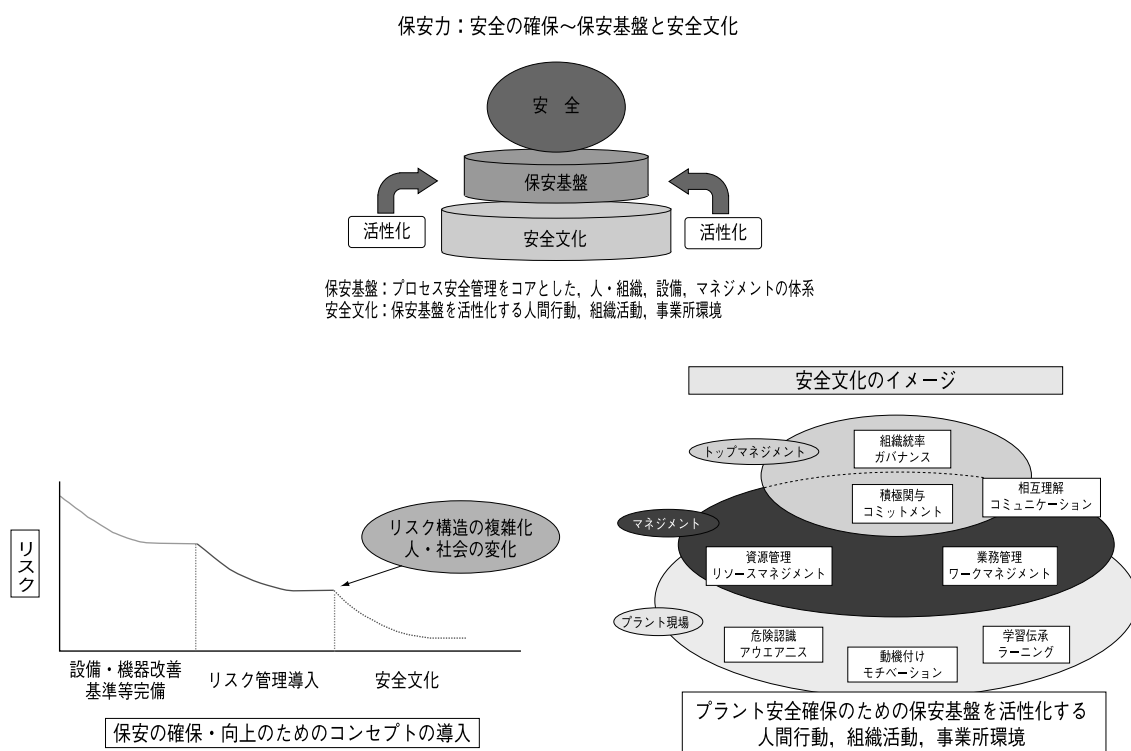
(3) 安全文化による継続的な改善

安全確保は、保安基盤と安全文化が基本であり、想像力と創造力を駆使しつつ継続的に改善していくべきです。安全文化の向上には、従事者の努力とともにトップマネジメントの関与が重要です。

安全の実現のためには、安全理念の確立、安全知識基盤・安全工学手法の整備、それらの活用による人・組織の安全実現システムの整備、そして、適切な安全教育・啓発推進の体系的プログラムの構築が必要です。

安全確保は、保安基盤と安全文化からなる「保安力」が基本であり、想像力と創造力を駆使しつつ継続的に改善を行う安全文化が重要です。

今後、さらにリスクを下げていくためには、安全文化の徹底が必要で、安全文化の向上には、従事者の努力とともにトップマネジメントの関与、さらに広範の教育が重要です。



(出所：第2回公開討論会における田村先生の講演資料から引用)

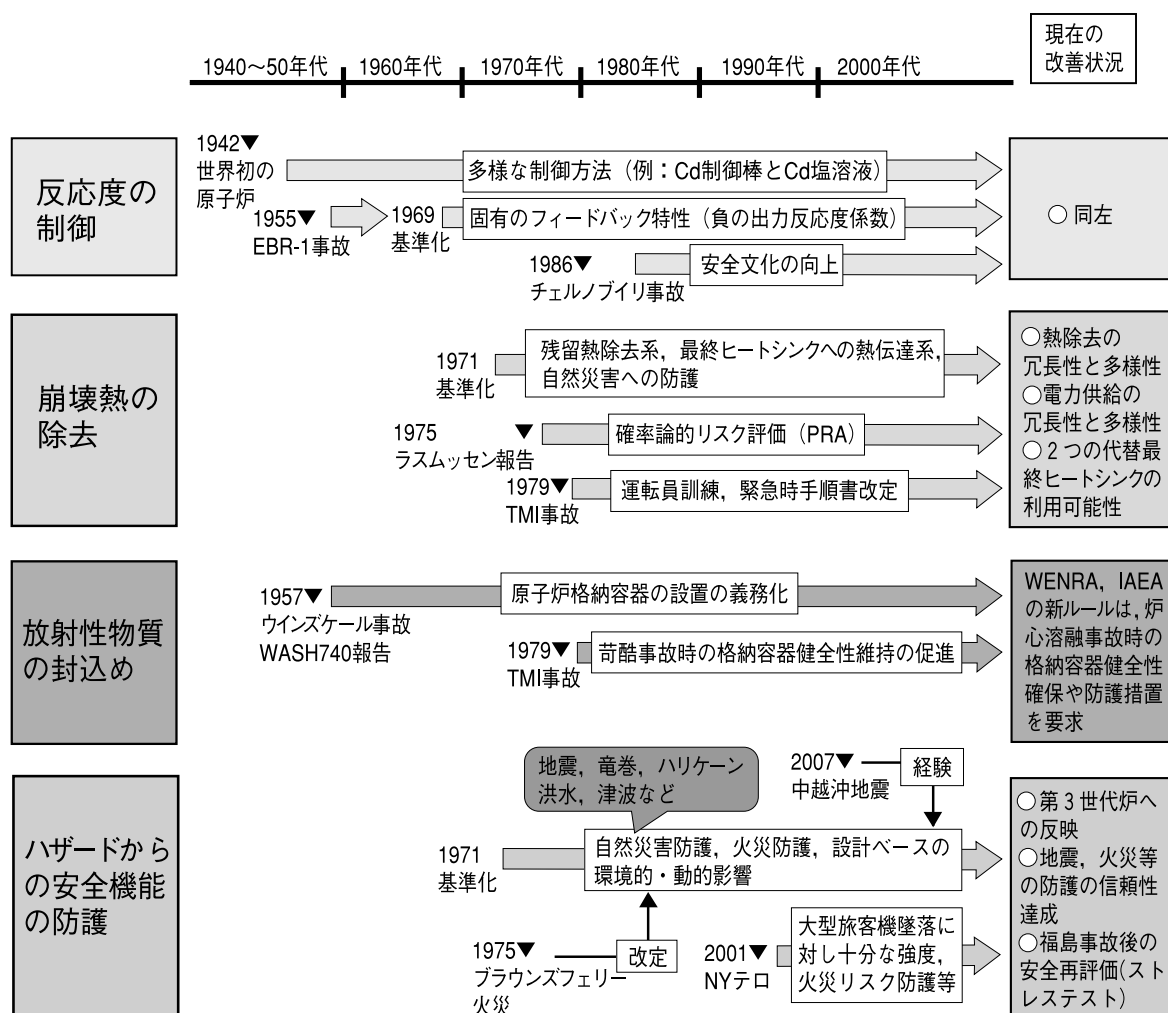
(4) 国際的な視点～事故・事象の教訓に学ぶ姿勢

原子力安全の考え方やシステムの再構築は、国際的な視点から、その経験や議論も踏まえ、今後の世界的な平和的利用の発展に貢献するようになされるべきでないでしょうか。

原子力の歴史の中で発生した苛酷事故や予想外の事象は、学習され、得られた教訓や知見は安全レベル向上に活かされ、全ての想定されるハザード（危険源）に対して、3つの基本的な安全機能（反応度制御、崩壊熱除去、放射性物質の閉じ込め）、また、安全機能システム防護が原子力安全上必要であることが、国際的に確認されてきました。

原子力安全は、原子力を取り扱う高いレベルの個人の技能、良好な組織の管理、安全性文化の重視が必要です。規制当局も含め、決して十分に安全であるとは結論せず、常に“如何にすれば我々のプラントをより安全にできるか”を求めなければなりません。

事故・事象から得られた教訓の推移



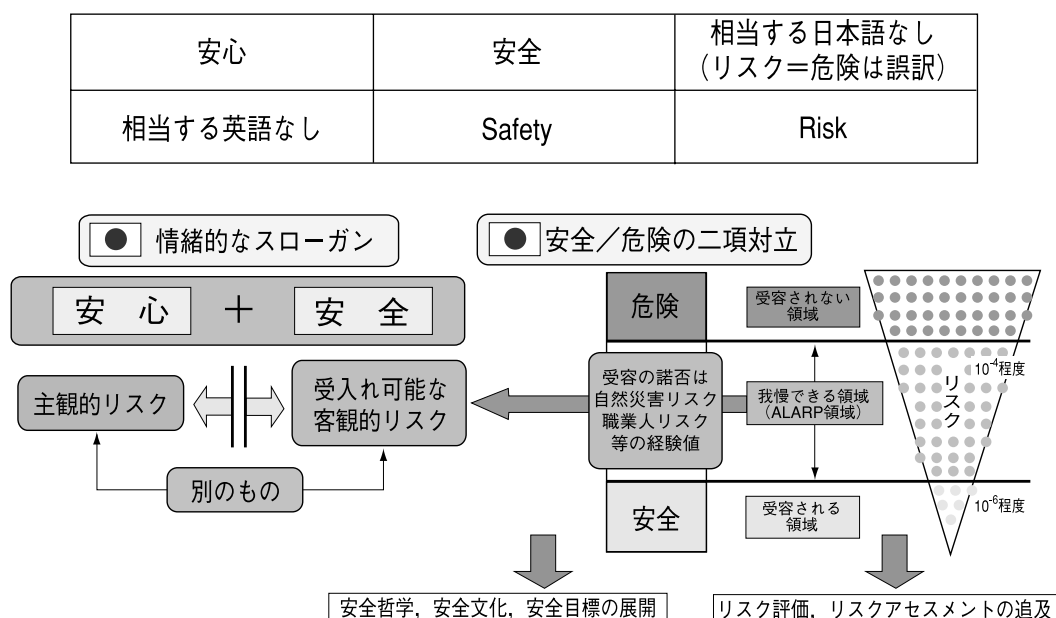
（出所：第2回シンポジウムにおけるラクソネン氏の講演を基に作成）

(5) 安全とリスクの考え方

人間社会では絶対の安全や「ゼロリスク」はあり得ないとの認識の下、安全か危険かの二項対立から、原子力安全に関し幅広くリスク論などを参考に議論していくべきではないでしょうか。

「安全・安心」は日本生まれの情緒的で曖昧な概念で、グローバル・スタンダード的に定義できない。「安全」はリスクが低いことの言換えに過ぎず、「安心」は直接該当する外国語が存在しません。今後は、それに代わり「リスク」の概念の導入が要請されます。

「リスク」の概念は、「リスク＝危険」と誤訳され、日本では、なかなか受け入れません。しかしながら、巨大技術の安全性を考えるには、「安全か危険か」の二項対立の発想ではなく、「リスク」という起こりやすさを加えた発想を導入することが必要です。その上で、人文・社会系も含めた「開いた世界」の中で、安全を議論していくことが重要です。



(出所：第1回シンポジウムにおける木下先生の講演を基に作成)

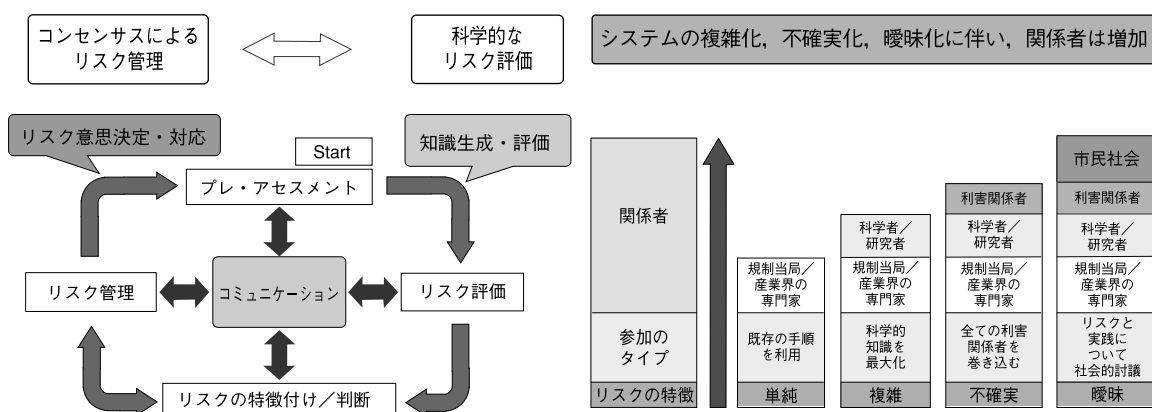
(6) リスクガバナンスの推進

巨大システムでは、複雑化、不確実化、曖昧さが増大するので、当事者の努力と説明責任の上に、市民を含む利害関係者が協働できる場を作るとともに、科学的な支援と専門性と公正さを有する第三者が関与する仕組みを作り、リスク低減を図ることが必要ではないでしょうか。このような努力の積み重ねにより、リスク低減を図るリスクガバナンスの推進が可能となります。

福島第一原子力発電所事故を踏まえると、あらゆるリスクが密接に関連し、システムの中の弱い部分が原因となり、システム構成単位間の相互依存によって事態が深刻化するリスクがあるという認識をもつことが必要です。

原子力に係る問題の多くは、技術というより、むしろ社会的な仕組みを変更することにより解決できる可能性が高く、リスクガバナンスの枠組みで考える必要があります。

巨大技術システムは、複雑性、不確実性、曖昧性が高く、最悪シナリオを作りリスクに取り組むためには、利害関係者が協働できる場を作るとともに、関係者間に存在する、真に実践につながる“最後の1マイル”をいかに埋めるかと意識し、想像力と創造力を駆使して解を見出していく努力を行うことが要請されます。その際、コミュニケーションと熟議のシステムの構築と、科学的な支援と専門性と公正さを有する第三者が関与する仕組みを作ることが必要です。



(出所：第5回公開討論会における岡田先生、谷口先生の講演を基に作成)

(参考)

1. 「原子力の安全を問う」シリーズセミナー ステアリングボード構成メンバー (アイウエオ順)

木下 富雄	京都大学名誉教授	(元日本リスク研究学会会長)
佐藤 一男	原子力安全研究協会研究参与	
田中 知	東京大学大学院工学研究科教授	(日本原子力学会会長)
谷口 武俊	電力中央研究所研究参事	
田村 昌三	東京大学名誉教授	(元安全工学会会長)
向殿 政男	明治大学理工学部教授	(元日本信頼性学会会長)

2. 「原子力の安全を問う」シリーズセミナー 開催経緯

本「原子力の安全を問う」シリーズセミナーは、

- 1) 今後の原子力安全のあり方について、新たな視点や示唆を生み出すことを目的とし、
- 2) ① 賛成・反対と言った立場を超えて、「科学の視点」から議論を行う、
② 原子力以外の「多様な分野での安全」の専門家を交え議論を行う、
③ 全て「公開」で議論を行う、
④ シリーズを通して議論を積み重ねる、

との基本的な考え方に立ち、

3) エネルギー総合工学研究所が主催、日本原子力学会、日本信頼性学会、安全工学会が共催、また、日本リスク研究学会が協力と、安全に係る学会や中立機関等が連携して開催・運営してきました。

本「原子力の安全を問う」シリーズセミナーでは、平成23年10月～12月の間に、下記に示すように、原子力安全全般に係る2回のシンポジウムと個別のテーマに係る5回の公開討論会を開催し、フィンランド放射線・原子力安全庁のラクソネン長官（当時）も含め、20名の専門家の方々に講師として参加戴き、講演および聴衆も含めた討論を行いました。

原子力安全シリーズセミナー 全体プログラム

セミナー	開催日	テーマ
第1回シンポジウム	平成23年10月8日	論点整理
第1回公開討論会	10月15日	多様な安全確保の考え方（1）
第2回公開討論会	10月29日	多様な安全確保の考え方（2）
第3回公開討論会	11月12日	クライシスマネジメント
第4回公開討論会	11月26日	自然災害への対応
第5回公開討論会	12月11日	巨大技術の制御
第2回シンポジウム	12月17日	総括

平成24年度 事業計画

(財) エネルギー総合工学研究所

1. 基本的な考え方

(1) 当研究所は、わが国のエネルギー工学分野の中心的な調査研究機関として、産・学・官の緊密な連携の下、専門的な知見を集め、「総合工学」の視点に立脚して調査、研究、評価、成果の普及等に努めてきた。技術は、わが国が国際社会で優位性を維持向上する上で不可欠な資産であり、将来のリスクに対応し得る強靱なエネルギー戦略の構築・実現に貢献するものである。当研究所は、今後とも「エネルギーの未来を拓くのは技術である」との認識の下、エネルギー技術に係る調査、研究、評価、成果の普及等に取り組んでいく。

(2) 新公益法人法の規定に則り、当研究所は、平成25年4月に一般財団法人へ移行することを目指し、本年夏頃には移行の申請を行うべく諸準備を進めていくこととする。併せて、このような機会に、激動する時代環境に適確に対応すべく、成功体験や優位性に安住することなく、先駆的な調査研究および公正な経営両面で基盤の強化を図っていくこととする。

(3) 昨年3月発生の東日本大震災に伴う大津波により、福島第一原子力発電所では炉心損傷事故が起き、放射性物質が周辺環境に放出される事態となり、現在も事故の収束と環境修復に向けた努力がなされている。わが国のエネルギー政策は今夏を目途に見直しがなされており、エネルギーおよび電力の安定供給を如何にして確保していくかが大きな課題で

ある。昨今、原子力発電の代替として石油や天然ガスの需要が高まる一方、中東情勢は、昨年来、長期政権を崩壊させる中東民主化運動が起こるとともに、最近では、イランを巡る情勢は中東原油や天然ガスの重要な輸送路であるホルムズ海峡の閉鎖が懸念されるなど、流動的となっている。また、地球環境問題については、長期的には実効性のある枠組み作りに向けた国際的な合意はなされたものの、わが国は延長された京都議定書において削減数値目標を明示せず、自主的に温室効果ガス削減努力を継続していくこととなった。

このような状況の下、当研究所の重要な任務は、中立的な立場から、広範なエネルギー技術全分野を俯瞰し、エネルギー技術開発のあり方について調査、研究および評価を行い、今後のエネルギーの安定供給確保や地球環境問題の解決に向けた提言を発信し、国民経済の発展に貢献していくとともに、原子力災害を二度と起こさないための安全対策の再構築と福島復興のための除染・環境修復や事故炉の廃止措置に向けて、これまで蓄積してきた知見を生かし貢献していくことであると考え

(4) 本年度においては、エネルギー技術に係る知見の最新化や東日本大震災を踏まえたエネルギー技術開発のあり方の評価分析、当研究所の地球環境統合評価モデル(GRAPE)を用いたエネルギーシステムに係る分析を行うとともに、将来型原子炉、スマートグリッド、バイオマス利用、太陽熱利用、水素利用、ク

リーンコールテクノロジー（CCT）および二酸化炭素回収・貯留（CCS）等の最新技術に関し調査研究を行っていくこととしている。

（５）東日本大震災を契機に、安全は国民が広く希求する普遍的な価値として国民生活の向上の観点から一層重視されるようになってきている。当研究所は、これまで原子力安全解析モデルの開発・運用を行ってきたが、福島第一原子力発電所事故のような過酷事故発生時の原子炉内の挙動解析を適確に行うSAMPSONコードの解析能力の飛躍的な向上を目指したプロジェクトを実施する。また、次世代軽水炉技術開発事業に関しては、当面は、既設の軽水炉の安全向上に有効な技術課題に絞り取り組んでいくこととしている。

省エネルギーや節電に対する社会的な要請は大きくなってきており、その推進に資する、昨年6月に発行したエネルギーマネージメントシステムに係る国際規格（ISO50001）の普及促進を進める。

（６）最新の技術に係る「情報」と「評価」を、会員企業をはじめとする関係各位に提供しているエネルギー技術情報プラットフォームの更新・改良を進めていくこととする。また、当研究所の評価分析能力向上の観点から、エネルギー技術の評価ツールの充実を図る。

（７）当研究所を巡る経営環境には厳しいものがあり、事業収支の改善に向けて一層の収益の確保と業務運営全般に亘るコストダウン等の経営努力を図っていくことに加え、これまで蓄積してきた知見を生かし、当研究所ならではの質の高い調査研究を行い、当研究所の評価を向上させていくこととする。

（８）当研究所は、次のような点にも留意しつつ事業を実施する。

① 国の政策、市場ニーズ、社会の受容性など、技術と社会との係わりを考慮して、学際的な

調査研究の実施、異分野の調査研究との連携等による総合的なアプローチを進める。

② 調査研究および技術開発の推進にはコンプライアンス体制の強化が不可欠であり、当研究所の事業に係る協力企業や外注先企業も含め、行動規範等の徹底を図る。

③ 調査研究成果等の適切な普及を図り、関係機関の当研究所に対する評価向上に努めることにより、IAEブランドの一層の向上を図る。

２．各エネルギー分野における調査研究等のテーマ

（１）総合的な見地からの調査研究

① 東日本大震災を踏まえたエネルギー技術開発戦略に係る調査研究

昨年度に実施した東日本大震災を踏まえたエネルギー需給構造のあり方に係る調査研究を基に、見直される国のエネルギー基本計画等を踏まえ、エネルギーの安定供給、地球環境問題の解決、国民生活の安定、国内産業の活性化など様々な要因を考慮しつつ、わが国の将来を中長期的な観点から見据えた、当研究所としてのエネルギー技術戦略策定に係る調査研究を行う。

② エネルギー技術情報プラットフォームの運用・整備

上記戦略策定の基盤を成す「情報」については、資源制約および環境制約の克服に資するエネルギー技術に係る情報の収集・分析・評価を行い、関係機関・企業がインターネットを通してアクセスできるエネルギー技術情報プラットフォームの更新・充実を進める。

③ エネルギーシステムに係る評価手法の開発および整備

上記戦略策定の基盤を成す「評価」については、地球的規模で長期的分析を可能とするGRAPEモデルの機能拡張を図るとともに、わが国の将来エネルギー需給構造に関し技術

を含めて分析する評価モデル（TIMES-Japan）を新たに開発導入することにより、供給および需要双方の詳細分析を可能とする体制を整える。

④ エネルギーに関するアンケート調査研究

今後のエネルギー技術開発のあり方に関しては企業や大学に対し、また、エネルギーに係る意識に関しては一般公衆に対して、アンケート調査を実施し、その動向を分析する。

⑤ エネルギーマネジメントシステムの国際標準化に係る調査研究

昨年6月に発行したISO50001については、その普及や実践を促進するためのISO研修やISO50001取得のためのコンサルティングサービス活動に積極的に取り組む。また、同規格に関連する諸規格の策定や、新たに策定が開始された省エネルギー効果の測定や評価に係る国際規格については、関係機関の動向や意見を調査するとともに関連の国際会議や議論に参画していく。

（2）新エネルギー・エネルギーシステム関連

東日本大震災を契機に、太陽、風力、バイオ等の再生可能エネルギー発電の開発利用を一層推進する必要性が指摘されている。しかしながら、再生可能エネルギーを大量に導入するような場合には、日時的な余剰電力の発生、電圧や周波数の不安定化に対応するため蓄電池設備やバックアップ電源の適切な配置および運用が必要となる。スマートグリッドは、分散型電源の導入拡大、電気自動車の普及等に対応して電力を安定的かつ効率的に供給することを可能とするが、わが国のエネルギー・電力事情に適切に対応したシステムとなるように技術開発を推進することが必要である。

平成24年度には、次世代の電力ネットワークやエネルギーネットワークのあり方、スマートハウスの標準化等について調査研究を行

う。また、再生可能エネルギーについては、セルロース系バイオマスからの液体燃料製造に係る最適利用システム、地熱や風力等に関し調査研究を行う。産業部門では、省エネルギーに資する機器の高効率化を実現する技術シーズの調査研究や国際協力を行う。また、運輸部門では、電気自動車および充電方式、燃料電池自動車導入シナリオ等について調査研究を行う。

（ア）次世代の電力系統に関する調査研究

- ① 次世代電力ネットワーク研究会の運営
- ② スマートエネルギーネットワークに係る調査研究
- ③ エネルギーマネジメントシステムに係る調査研究
- ④ スマートハウスの標準化に係る調査研究
- ⑤ 海外におけるスマートグリッド導入に係る調査
- ⑥ 電力貯蔵技術に係る調査研究

（イ）再生可能エネルギーに関する調査研究

- ⑦ バイオマスからの液体燃料製造に係る総合調査研究
- ⑧ 地熱バイナリー発電技術に係る調査研究

（ウ）省エネルギーに関する調査研究

- ⑨ 超臨界CO₂ガスタービンに係る研究開発
- ⑩ 高効率電気機器に係る国際協力に関する調査

（エ）電気自動車およびプラグインハイブリッド自動車に関する調査研究、その他

- ⑪ 改造型電気トラックに係る調査研究
- ⑫ スマート充電コントローラの実証に係る調査研究
- ⑬ 燃料電池自動車の導入シナリオに係る調査研究

（3）水素エネルギーに関する調査研究

水素エネルギーは、将来の重要な二次エネ

ルギーと期待され、家庭用燃料電池の市販、燃料電池自動車および水素供給装置の普及促進等、導入拡大に向けた動きが見られる。また、長期的には、海外からのエネルギー輸送媒体としての活用も期待される。

平成24年度においては、短中期的な課題である水素輸送および貯蔵に関し、水素低温加圧貯蔵技術、水素を用いた電力貯蔵技術等の調査研究を行う。また、中長期的な課題として、風力等の再生可能エネルギーに由来する水素（グリーン水素）に関し技術的成立性、供給チェーンシナリオ等の調査研究、また、製油所や高温ガス炉における水素製造に関し評価研究等、さらに、水素エネルギーシステムの高度化に資する可逆型燃料電池技術、水素技術およびシステムの統合的な評価等に関し調査研究を行う。

（ア）再生可能エネルギー由来の水素（グリーン水素）に関する調査研究

- ① 海外で生産される水素の国内市場導入および供給チェーンシナリオに係る調査研究
- ② 海外における水素製造に関する企業動向に係る調査

（イ）水素を用いた電力貯蔵技術に関する調査研究

- ③ 水素を用いた電力貯蔵と他の電力貯蔵方式との比較評価や実証に係る調査研究

（ウ）水素の製造、輸送および貯蔵に関する調査研究、その他

- ④ 製油所水素の大量貯蔵技術に係る調査研究
- ⑤ 水素エネルギーの供給および最終消費のシナリオ分析に係る調査研究
- ⑥ 水素およびアンモニアの技術および市場に係る調査研究
- ⑦ 水素に係るエネルギー技術予測に係る国際協力に関する調査

（４）化石エネルギー関連

東日本大震災を契機に、化石燃料による電力供給の重要性が改めて認識されているが、化石燃料は、温室効果ガス排出量の削減を図りつつ、その安定供給を図っていくことが重要な課題である。かかる観点から、地球環境保全を前提として、化石燃料の開発から供給、転換、利用、さらにCO₂の回収・貯留までのトータルシステムに関し調査研究を実施する。

平成24年度においては、石炭ガス化複合発電（IGCC）から発生するCO₂を回収し貯留するまでのトータルシステム、石炭ガス化を核として低炭素の合成ガスや液体燃料を経済的に製造するシステム、また、石炭火力発電の利用高度化に資する低品位炭改質、CCS技術等に関し調査研究を行う。今後、再生可能エネルギーの導入が促進される状況で、エネルギーの安定化に寄与する化石燃料のシステム研究を実施する。

近年、再生可能エネルギーの一環として世界的に太陽熱利用が注目されている。これまで蓄積してきた、わが国の太陽熱利用技術に関し、化石燃料や造水と組み合わせたシステムでの利用を含めて、国内外での活用のあり方について調査研究を行う。

また、CO₂分離・回収不要の新燃焼技術に係る調査研究、石油関連プラント設備等の寿命予測に係る調査研究等を実施する。

（ア）化石燃料の高度転換技術（石炭ガス化、CCS等）を核としたエネルギーシステム研究

- ① 革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電に係る調査研究
- ② 低品位炭改質に係る調査研究
- ③ 石炭ガス化技術の多目的利用に係る調査研究
- ④ CCS技術に係る調査研究
- ⑤ 再生可能エネルギー導入増加を踏まえた化石燃料の役割に係る調査研究

(イ) 最新の太陽熱利用技術に関する調査研究、その他

- ⑥ 集光型太陽熱発電（CSP）技術と化石燃料等との複合システムに係る調査研究
- ⑦ CSP技術の開発動向および評価に係る調査研究
- ⑧ 産油国等へのCSP技術の適用に係る調査研究

(ウ) 化石燃料利用に係る新技術に関する調査研究、その他

- ⑨ CO₂分離・回収不要のCO₂回収型化学燃焼技術に係る調査研究
- ⑩ 石油精製・石油化学設備の寿命予測システムに係る調査研究

(5) 地球環境関連

地球環境問題は、途上国と先進国の利害対立などの国際政治、科学技術、経済、社会等広範な分野に関連し、国際合意形成は容易ではない。最近のCOP会議において、長期的には実効性のある枠組み作りに向けた国際的な合意はなされたものの、わが国は延長された京都議定書において削減数値目標を明示せず、自主的に温室効果ガス削減努力を継続していくこととなった。

平成24年度においては、当研究所が運用する評価ツールで、地球環境システム分析に最適であり、また、原子力、新エネルギー、化石燃料の各分野におけるエネルギーシステム分析にも活用されているGRAPEモデルに、ジオエンジニアリング評価機能等を追加し、利用対象の拡大や利便性の向上を図るとともに、関連するデータベースの作成を行う。また、同モデルを活用して、当研究所が実施する各種の調査研究プロジェクトに関し、地球環境の観点からの評価研究を実施する。

- ① GRAPEモデルの機能強化に係る調査研究
- ② ジオエンジニアリングのデータベース作成に係る調査研究

(6) 原子力関連

東日本大震災を契機として、わが国では、これまでの原子力開発利用の拡大を図る計画は抜本的な見直しが行われている。一方、世界的には、原子力は、エネルギーの安定供給および地球環境問題への対応を図る上で重要な役割を担うと評価され、福島第一原子力発電所事故後においても、開発利用推進の方針を堅持する国が大勢を占めている。

一刻も早い福島復興を図るため、除染・環境修復が求められており、福島の除染・環境修復と事故炉の廃止措置は、わが国が初めて直面する問題であり、世界の知見・技術を結集して対処する必要がある。当研究所は、これまで蓄積してきた知見や国際的なネットワークを生かし、問題解決のため積極的に貢献していくこととする。

平成24年度においては、福島第一原子力発電所事故を踏まえ、原子力の安全のあり方や将来像に係る調査研究を行う。当研究所は、これまで各種の安全解析コードを用いて原子炉内の挙動の解析評価を実施してきたが、過酷事故（シビアアクシデント）の挙動解析を行うSAMPSONコードの活用および改良により、福島第一原子力発電所事故に係る炉内挙動の解析や、炉内および原子炉格納容器内の状況把握を行う。また、同事故に伴って放出された放射性物質により汚染された地域の環境修復に資する調査研究を実施する。

将来型原子炉に関し、次世代軽水炉技術開発事業については、当面、既設炉の安全対策に有効な要素技術に絞り開発を実施するとともに、軽水炉以外の炉型が主となる第4世代原子力システムに関する国際共同研究開発へ引き続き参画する。また、現実化している軽水炉の廃止措置に係る工程評価やさまざまな視点からの廃止措置シナリオの検討、安全確保策に関する民間規格基準整備に係る調査研究と廃止措置に関する調査研究、高レベル放射性廃棄物処分については研究開発や社会科学的発想を織り込んだ処分事業の進め方、地

層処分と代替オプションのリスク比較評価等に関し調査研究を行う。

さらに、国が実施する人材育成に係る公募管理業務を実施する。

1) 研究所本部における事業

(ア) 長期的、グローバルな視点に立った調査研究

- ① 原子力の安全のあり方と将来シナリオに係る調査研究
- ② 持続可能なエネルギー供給システムに対する原子力の寄与に係る調査研究
- ③ 国内外の原子力発電所トラブルに係る人的要因に係る調査研究
- ④ 第4世代原子力システム開発に係る国際研究協力
- ⑤ 超臨界圧水冷却炉（SCWR）開発に係る国際研究協力
- ⑥ 高温ガス炉プラントおよび原子力多目的利用に係る調査研究
- ⑦ 世界の原子力開発利用動向に係る調査

(イ) 高レベル放射性廃棄物処理処分に関する調査研究

- ⑧ 高レベル放射性廃棄物地層処分と社会科学に係る調査研究
- ⑨ 高レベル放射性廃棄物地層処分と代替オプションのリスク比較に係る調査研究
- ⑩ 高レベル放射性廃棄物処分に関する規制動向に係る調査

(ウ) 原子力開発利用基盤の整備や支援に係る調査研究

- ⑪ 原子力人材育成プログラムに係る人材育成ならびに研究環境整備に係る調査研究

2) 原子力工学センターにおける事業

(ア) 次世代軽水炉技術開発

当研究所は、国内既設炉の代替炉および国際標準炉として2030年頃の実用化を目指す次世代軽水炉に関し、国の財政的支援の下、電

力会社の協力を得て原子炉メーカーと一体となった技術開発事業を実施してきており、平成22年度実施の中間評価において開発目標が達成される見通しがあると評価されている。しかしながら、東日本大震災を踏まえ、今後の原子力発電開発利用のあり方に係る政策が決められるまでの間は、既設の軽水炉の安全向上に有効な技術課題に絞り取り組んでいくこととしている。

(イ) 原子力安全解析

- ① 福島第一原子力発電所事故に係る炉内事象の解析
- ② 腐食解析モデルによる軽水炉配管の減肉挙動の評価
- ③ 軽水炉における気液二相流挙動解析モデルの開発

(ウ) 原子炉廃止措置に関する調査研究

- ④ 軽水炉廃止措置技術の最新状況に係る調査研究
- ⑤ 軽水炉廃止措置の安全確保に関する民間規格・基準整備に係る調査研究
- ⑥ 放射性物質により汚染された地域の環境修復に係る調査研究

(エ) 耐震に関する調査研究

- ⑦ 多度津振動台試験結果の有効活用に係る調査

3. 調査研究成果に係る情報発信

(1) 前号の事業で得られた成果のうち、技術情報として有用度の高いものを編集し、情報提供を行う。これらの調査研究に係る活動内容や成果は、寄稿・投稿、講演会、学会発表、ホームページへの掲載等により公表し、広く利用に供することとする。

(2) 当研究所では、下記の手法により、調査研究成果に係る情報発信を行う。

- ① 定期刊行物（季報エネルギー総合工学）の刊行
- ② 月例研究会，エネルギー総合工学シンポジウム，セミナーの開催
- ③ エネルギー技術情報プラットフォームの整備及び運用

4. その他

（１）産・学・官の緊密な協力体制の下，関係各分野の専門家による情報交換と共有を実施する場を提供し，適宜，エネルギー技術開発のあり方について提言を行う。

（２）海外の調査研究機関との交流・連携を深めるとともに，国際プロジェクトへの参画等により，国際協力の一端を担う。

（３）コンプライアンス体制の強化のために，行動規範，規程等の整備・拡充を図ってきているが，引き続き内部監査を実施する等，その実効性を高める。

研究所のうごき

(平成24年1月2日～4月1日)

◇ 第39回評議員会

日 時：3月8日(木) 11:00～12:10

場 所：経団連会館(5階) 501号室

議 題：

- 第一号議案 平成24年度事業計画および収支予算(案)について
- 第二号議案 理事および監事の選任について
- 第三号議案 評議員選定委員について
- 第四号議案 最初の評議員候補者の推薦について
- 第五号議案 新法人移行後の定款(案)について
- 第六号議案 次世代軽水炉技術開発事業について
- 第七号議案 その他

◇ 第82回理事会

日 時：3月15日(木) 11:00～12:00

場 所：経団連会館(5階) 501号室

議 題：

- 第一号議案 平成24年度事業計画および収支予算(案)について
- 第二号議案 理事4役の互選について
- 第三号議案 事務局長の委嘱について
- 第四号議案 評議員選定委員について
- 第五号議案 最初の評議員候補者の推薦について
- 第六号議案 新法人移行後の定款(案)について
- 第七号議案 次世代軽水炉技術開発事業について
- 第八号議案 その他

◇ 月例研究会

第308回月例研究会

日 時：1月27日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館5階501・502会議室

テーマ：

1. 省エネルギー技術のNRDOの戦略と取り組みについて
(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構
省エネルギー部 主幹 榊山 直人 氏)
2. ISO50001の概要と展望について
(独)産業技術総合研究所 エネルギー技術
研究部門 エネルギー社会システムグループ
西尾 匡弘 氏)

第309回月例研究会

日 時：2月24日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館5階501・502会議室

テーマ：

1. 都市における分散型エネルギーシステムの今後の役割～エネルギーセキュリティと省エネのモデル分析～

(東京農工大学 大学院工学研究院 先端機械システム部門 教授 秋澤 淳 氏)
(東京工業大学 ソリューション研究機構
先進エネルギー国際研究センター 特任准教授
小田 拓也 氏)

2. 分散型エネルギー導入に関わる評価指標と試算
(株)三菱総合研究所 環境・エネルギー研究本部 シニアコンサルタント 小西 康哉 氏)

第310回月例研究会

日 時：3月23日(金) 14:00～16:00

場 所：航空会館5階501・502会議室

テーマ：

1. 福島以後のパラダイムシフト ー村から脱却して世界視野の取組みにー
(法政大学大学院 デザイン工学研究科 客員教授 日本原子力学会 標準委員会 委員長 宮野 廣 氏)
2. 「原子力の安全を問う」シリーズセミナー
(財)エネルギー総合工学研究所 理事・主席研究員 松井 一秋)

◇ 外部発表

[講演]

発表者：萩原 直人, 黒沢 厚志

テーマ：東日本大震災後の日本の中長期エネルギーシステム分析

発表先：エネルギー・資源学会「第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス」

日 時：1月30日

発表者：蓮池 宏

テーマ：Vehicle to HomeとVehicle to Gridに関する一考察

発表先：エネルギー・資源学会「第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス」

日 時：1月31日

発表者：黒沢 厚志, 萩原 直人

テーマ：Long term energy system analysis of Japan after March 11

発表先：The 3rd IAEE Asian Conference, International Association of Energy Economics, 京都大学

日 時：2月20日・22日

発表者：石本 祐樹

テーマ：再生可能エネルギーの大陸間輸送技術の経済性評価

発表先：一般財団法人 エンジニアリング協会

日 時：2月17日

発表者：後藤 信之

テーマ：ISO 50001 (エネルギーマネジメントシステム) について

発表先：公益社団法人 日本技術士会 エネルギー
開発センター月例会
日 時：2月17日

発表者：黒沢 厚志

テーマ：震災後に大きく変化した日本の中長期エ
ネルギー需給ならびに環境問題の展望

発表先：大阪科学技術センター エネルギー技術
対策委員会 再生可能エネルギー部会

日 時：2月17日

発表者：内藤 正則、岡田 英俊、内田 俊介

テーマ：予測と監視の融合による配管減肉管理の
高度化

(第2報) 1次元モデルに基づくFAC減肉
発生箇所の摘出方法の概要(内藤 正則)

(第3報) 1次元FAC減肉発生箇所摘出モ
デルDREAM-FAC(岡田 英俊)

(第4報) 1次元FAC減肉発生箇所摘出モ
デルの予測精度評価(内田 俊介)

発表先：日本原子力学会 2012春の年会
(会場：福井大学)

日 時：3月19日～21日

[寄稿]

発表者：吉田 一雄

テーマ：太陽熱発電のしくみ

寄稿先：『配管技術』1月号(日本工業出版(株))

発表者：松井 一秋

テーマ：原子力推進国(アメリカ、フランス、ロ
シア等)の動向

寄稿先：エネルギー・資源学会誌『エネルギー・
資源』Vol.33 No.1(2012)

発表者：石本 祐樹

テーマ：低炭素型水素エネルギーシステム(解説)

寄稿先：日本原子力学会誌『ATOMOΣ』2月号

発表者：小野崎 正樹

テーマ：時論 22世紀に向けたエネルギー技術開発
を!

寄稿先：日本原子力学会誌『ATOMOΣ』3月号

発表者：石本 祐樹、後藤 信之

テーマ：ISO50001(エネルギーマネジメントシス
テム国際規格)発行

寄稿先：(社)日本電気協会電気協会報3月号

発表者：石本 祐樹、都筑 和泰、森山 亮、時松
宏治、萩原 直人

テーマ：(研究紹介)「東日本大震災を踏まえた国
内エネルギー需給構造のあり方」

寄稿先：(社)水素エネルギー協会『水素エネルギー
システム』3月号

発表者：森山 亮、都筑 和泰、石本 祐樹、
時松 宏治、萩原 直人

テーマ：中長期観点からの国内エネルギー需給構
造のあり方と太陽光発電の役割

寄稿先：エネルギー・資源学会誌『エネルギー・
資源』3月号

◇ 人事異動

○1月31日付

(出向解除)

大野一郎 原子力工学センター主管研究員

○2月1日付

(出向採用)

藤井貞夫 プロジェクト試験研究部部長(副主席
研究員)兼原子力工学センター

○2月15日付

(出向採用)

北村隆行 原子力工学センター主任研究員

○3月31日付

(退職)

井上 隆 プロジェクト試験研究部副参事兼
原子力工学センター

(出向解除)

吉田一雄 プロジェクト試験研究部主管研究員

○4月1日付

(出向採用)

溝内秀男 原子力工学センター主管研究員

(昇級)

鈴木洋明 原子力工学センター部長(副主席研究
員)基幹職4級

池田郁子 一般職6級

森山 亮 一般職5級

平川香林 原子力工学センター主任研究員

第 34 卷 通 卷 目 次

VOL.34, NO.1 (2011.4)

【巻頭言】

「エネルギーを基軸とした経済成長」の実現を目指して

経済産業省 資源エネルギー庁長官

細 野 哲 弘 …… 1

【寄稿】

シェール・ガス、シェール・オイル革命がもたらす大きな衝撃

和光大学 経済経営学部 教授

岩 間 剛 一 …… 3

【寄稿】

高温太陽集熱によるソーラー水素製造技術

新潟大学 工学部 化学システム工学科 教授

新潟大学 超域研究機構 准教授

児 玉 竜 也

郷右近 展 之 …… 18

【寄稿】

気候工学（ジオエンジニアリング）の最近の動向

（財）電力中央研究所 社会経済研究所 主任研究員

杉 山 昌 広 …… 31

【調査研究報告】

超臨界CO₂ガスタービン発電システムの開発

（財）エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 参事

プロジェクト試験研究部 主任研究員

プロジェクト試験研究部 部長

東京工業大学 原子炉工学研究所 教授

東京工業大学 原子炉工学研究所 特任教授

小 川 紀一郎

丹 光 義

蓮 池 宏

有 富 正 憲

宇多村 元 昭 …… 40

【調査研究報告】

ウラン資源の持続可能性

プロジェクト試験研究部 参事

楠 野 貞 夫 …… 53

【調査研究報告】

平成22年度 原子力発電に関する公衆の意識の変化

エネルギー技術情報センター 主管研究員

下 岡 浩 …… 64

【事業計画】

平成23年度 事業計画

（財）エネルギー総合工学研究所

…………… 75

【研究所の動き】

…………… 82

【第33巻通巻目次】

…………… 84

【編集後記】

…………… 88

VOL.34, NO. 2 (2011.7)

【巻頭言】

- ロバストなエネルギー戦略の構築に向けて
(財)エネルギー総合工学研究所 専務理事 山 田 英 司 …… 1

【寄稿】

- 中国の原子力発電ビジネスの現状
(株)テクノバ シニアアドバイザー
元東京大学公共政策大学院 特任教授 諸 葛 宗 男 …… 3

【寄稿】

- 欧米諸国における電気事業の現状
(社)海外電力調査会 調査部 副主任研究員 大 西 健 一 …… 11

【調査研究報告】

- 東日本大震災を踏まえた国内エネルギー需給構造のあり方に関する検討 (中間報告)
プロジェクト試験研究部 兼 原子力工学センター 主管研究員 都 筑 和 泰
プロジェクト試験研究部 主任研究員 森 山 亮
プロジェクト試験研究部 主任研究員 石 本 祐 樹
プロジェクト試験研究部 主任研究員 時 松 宏 治
プロジェクト試験研究部 主管研究員 萩 原 直 人 …… 29

【調査研究報告】

- 海外再生可能エネルギーの大陸間輸送技術の経済性評価
プロジェクト試験研究部 主任研究員 石 本 祐 樹 …… 42

【調査研究報告】

- 平成22年度 エネルギー技術に関するアンケート調査
エネルギー技術情報センター 主管研究員 下 岡 浩 …… 53

【活動報告】

- 月例研究会300回の歩み
研究理事 エネルギー技術情報センター長 足 田 知 士 …… 62

【事業報告】

- 平成22年度 事業報告の概要 (財)エネルギー総合工学研究所 …… 79

- 【研究所のうごき】 …… 81

- 【編集後記】 …… 83

VOL.34, NO. 3 (2011.10)

【新任挨拶】

就任のご挨拶 (財)エネルギー総合工学研究所 理事長 白 土 良 一 ……………1

【座談会】

集光型太陽熱発電の海外展開へ向けて

司会 新潟大学 工学部 化学システム工学科 教授	児 玉 竜 也
資源エネルギー庁 省エネルギー新エネルギー部	
政策課 国際室長	小 川 祥 直
三井造船(株) 機械・システム事業本部	
事業開発部 主管	江 澤 一 明
日揮(株) 営業本部 事業開発営業部	
インフラ事業 マネージャー	橋 爪 健
(財)エネルギー総合工学研究所	
プロジェクト試験研究部 主管研究員	吉 田 一 雄 ……… 3

【寄稿】

ジャイロ式波力発電システム

神戸大学名誉教授
(株)ジャイロダイナミクス 副社長 神 吉 博 ……… 21

【寄稿】

廃プラスチックはどのように処理すべきか？

—「プラスチックごみの処理方法を考える研究会」の
中間報告について—
工学院大学 工学部 環境エネルギー化学科 教授 稲 葉 敦 ……… 27

【調査研究報告】

福島原発で起きた原子炉建屋の損傷

—水素爆発に至る経緯を中心として—
原子力工学センター 安全解析グループ 部長 内 藤 正 則 ……… 42

【調査研究報告】

CO₂制約に向けた世界協調のあり方の検討

プロジェクト試験研究部 主任研究員	都 筑 和 泰
プロジェクト試験研究部 部長 副主席研究員	黒 沢 厚 志 ……… 49

【事業案内】 (財)エネルギー総合工学研究所 エネルギー国際標準 (ISO) センター ……… 56

【研究所のうごき】 …………… 59

【編集後記】 …………… 61

VOL.34, NO. 4 (2012.1)

第26回エネルギー総合工学シンポジウム
東日本大震災を踏まえたエネルギー戦略

平成23年10月6日(木) 千代田放送会館
総合司会 プロジェクト試験研究部 部長 坂田 興

【開会挨拶】	(財)エネルギー総合工学研究所 理事長 白 土 良 一 …… 1
【来賓挨拶】	経済産業省大臣官房 技術総括審議官 西 本 淳 哉 …… 3
【講演 1】	東日本大震災後のエネルギー政策のあり方 一橋大学大学院 商学研究科 教授 橘 川 武 郎 …… 5
【講演 2】	東日本大震災を踏まえたエネルギー需給構造のあり方 プロジェクト試験研究部 兼 原子力工学センター 主管研究員 都 筑 和 泰 プロジェクト試験研究部 主任研究員 森 山 亮 …… 17
【講演 3】	東日本大震災とわが国エネルギー需給・政策の課題 (財)日本エネルギー経済研究所 常務理事 小 山 堅 …… 30
【パネル討論】	
テーマ：東日本大震災を踏まえたわが国のエネルギー戦略	
モデレーター：薬師寺 泰 蔵	元科学技術会議議員
パネリスト：小 山 堅	(財)日本エネルギー経済研究所 常務理事
藤 野 純 一	国立環境研究所 主任研究員
松 井 一 秋	(財)エネルギー総合工学研究所 理事 …… 41
【閉会挨拶】	(財)エネルギー総合工学研究所 専務理事 山 田 英 司 …… 54
【研究所の動き】	…………… 55
【編集後記】	…………… 58

編集後記

東日本大震災、そして福島原子力事故から早や一年が経過した。震災復興はようやく緒についたばかり、これから長い道のりを歩まなければならない。

そのような中、新たなエネルギー基本計画の策定作業が進行中であるが、基本問題委員会の議論を仄聞するに、委員の間に共通する価値観が希薄であることを感じざるを得ない。多様な価値観がぶつかり合う議論は必要であろう。しかし、余りにも認識の土台が違いすぎると、議論にもならないことが懸念される。少なくとも、日本と言う国あるいは集合体を意識した議論・検討がなされるべきではないのか。その上で、実用的かつ合理的な議論が求められている。自分の身の回りの価値を基準にする直感のみに頼った主張などが、議論の経過であったとしても、最後は叡智を集めて、実用的かつ合理的な結論にたどり着いて欲しいと願う。

3・11以後、「リスク」と言う言葉が頻出する。言うまでもなく、この世の中は危険に満ちており、危険が現出する

可能性がない、即ちリスクゼロのものはおそらくほとんど無い。となれば、リスクを冒すのは常に、得られるであろうメリット（＝価値）とのバランスを計った上でのこととなる。リスクを冒すことは、湖上に張った氷の上を渡るようなものであると言えるのではないか。個人の行動であれ、一国の経営であれ、対岸のメリットを目指して、氷の厚みを測って、より安全な経路を選択して、場合によっては複数の経路を並行して、リスク／メリットのバランスを計算しながら進む。もちろん氷が割れては困るから、リスク低減にコストを掛け、十分な余裕を見て、安全を確認しつつ。

何事につけ、メリット＝価値について共通の認識の形成なくして有益・有効な合意ができるとは思えない。そのためには、日本人の集合体としての「国」を常に意識する必要があるのではないか。

編集責任者 疋田知士

季報 エネルギー総合工学 第35巻第1号

平成24年4月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105-0003 東京都港区西新橋 1-14-2

新橋SYビル（8F）

電話（03）3508-8894

FAX（03）3501-8021

<http://www.iae.or.jp/>

（印刷）株式会社日新社

※ 無断転載を禁じます。