

IAEA 技術会合「不測事態のマネジメント」の状況紹介

原子力委員 尾本 彰

委員としての公務ではないが、下記の会合に参加した。今後の日本の安全性向上を図る上で興味深い事項もあると考えて要点を紹介するもの。

Technical Meeting on “Managing the unexpected – from the perspective of the interaction between ITO (Individual, technology and Organization)”
(June 25-29, 2012)

1. 会議の性格

- IAEA は原子炉および使用済燃料プールの安全(2012.3)、コミュニケーション(2012.6)、地震と津波(2012.9)、事故情報のアーカイブ(2012.11)など、福島事故に関した一連の技術会合を開催。今回の技術会合は来年6月開催予定の事故に係る人的組織的要因に関するIAEA国際会議に繋がるものと位置づけている。
- 会議は福島事故に関する IAEA アクションプランの#5（規制組織の安全への取り組みの有効性強化）、#6（運転組織の安全への取り組みの有効性強化）および#9（対応能力強化）の一環として開催。
- IAEA の安全文化関係者は、事故を ITO (Individual, Technology, Organization)の観点で捉えてどのようにして不測事態に対する備えの強化を図るか、設備だけでなく人と組織（更には体制）を含めたシステム安全をどう構築するかを会議の主題に据えていた。
- 行動科学やレジリエンス工学関係者と原子力関係者合計して40名強の参加で5日間開催。レジリエンス工学分野で活躍し著書もある E. Hallnagel、K. Sutcliffe、J. Paries、K. Roberts（テレビ会議参加）が参加して航空、医療、火災、石油分野の事例を踏まえたレジリエンス工学の考え方を紹介していた。
- 既に仏原子力学会は TMI の教訓はマンマシーンインターフェイス、チェルノブイル事故の教訓は安全文化で、福島事故後に考慮されるべき安全のパラダイムシフトは「レジリエンス（国内では一般に復元力と訳されているが、Hallnagel は「組織の即応力・監視力・予見力・学習力を強化して変動する条件での成功する能力を改善すること」と定義）の強化」および「責任ある利用」だとしているが、この見方がある程度普遍化しつつある事を伺わせた。

2. 会議の主要論点

（深層防御強化）

従来の深層防御の何処を改善すべきという点で、以下の様な議論。

- その厚みを増す上で、今後は a) ”practically eliminate” という確率論をベースにしつつも重大な事態に至るシナリオ評価に注意を払う姿勢をどのように変えて行くべきか、b)各層に置ける防御の他の層からの独立性をどのように高めるか、という問題に注力すべき。

- 従来の深層防御は事象連鎖、スイスチーズモデルといった線形性を仮定した議論の上に成り立っているが、複雑システムにおける防御システムは単純な線形理論にだけで描ききれない「人と技術と組織と社会との係わり合い」「組織としての対応能力」を考慮して構築されるべき。
- 従来の深層防御は工学的な防御を論じているが、各層に置ける防御を弱めることになった組織文化、人と技術との係わり合いなどを考える事によって防御の厚みをどのように増すべきかについての優れた見通しを得ることで改善を図る事ができる。

(システム安全をどうやって構築するか)

- 技術の利用に付随する事故への見方は、産業革命以来長らく支配して来た「技術自体に問題があった」という見方から脱却して、TMI 事故以降「人的要因に問題あり」という見方がハイライトされた。チェルノブイル事故や NASA コロンビア事故を経て 90 年代には安全マネジメントの問題がハイライトされ「組織に問題あり」とするアプローチに変化して行った。しかし、いずれの手法も「旨く行かなかったことを分析し期待通りに機能させるように変更する」という後追い対策に終始し「変動する条件で成功する能力」を獲得することに主眼が置かれて来ていない。
- 組織要因を PSA における失敗の計算に組み入れる事はできない。「予期されない変動条件でも成功するにはシステムと組織に柔軟で強靱に対応できる能力」(レジリエンス)を作ることが必要。即応力・監視力・予見力・学習力(response, monitor, anticipate, learn)強化がこれに繋がる。
- メキシコ湾を原油で汚染させた BP(British Petroleum)社の Deepwater Horizon 事故(2010.4)を歴史的な経緯を辿って調べると、技術のアウトソース、生産中心主義、費用削減、安全規制の弱さ、事業者の安全に関するオーバーサイト不足が判る。不測事態に対応できるレジリエンス能力を事業者である BP に求めるのは、複雑にアウトソースされ安全に関するオーバーサイトの欠落した組織では既に無理だったと見られる。
- 民間航空分野では、50 年前に比較して死傷に繋がる事故の発生率は 2 桁低下し、一日に一フライトとすれば 9000 年に一回 (3×10^{-7} /飛行) レベルにある。この間の航空安全改善の考えは、機器信頼性を上げ、出来るだけ自動化し、手順書に従う様訓練を積みそれからの逸脱を罪悪視し、結果をモニターし、改善を図ることであった。しかし、予期しない事は常に発生するもの(“Things that have never happened before happen all the time “ S. Sagan) で、最近では 2009.2 に US エアー1549 便が NY 出発後鳥をエンジンに吸い込み滞空能力を失った例がある。人口密集地帯の飛行場近くでの「低高度飛行中」の全エンジン喪失は手順書には書かれていず、パイロットの機転で人口密集地への着陸を避ける為にハドソン川に着水し大災害を免れた。今迄は全ての故障が織り込み済みであるかのように手順書は書かれており、訓練は「予測された緊急事態」の訓練で、真の不測事態への対処訓練がされている訳ではない。実世界で起きる事全てが予測できる訳ではないと考えて、レジリエンスを高めるパラダイムシフトが航空分野でも必要である。

- ジュネーブ大学病院では転出/退職者が集中する一方入院患者の増加という事態に至り、集中治療室 ICU のマネジメントは危機に瀕した。この不測事態に対して取られた措置は、医師を信頼しその自律的なリスク管理を大幅に許容することで、書かれたリスク管理手順を更に複雑化するのではなく目標と価値を共有することで、柔軟に危機に対処できるとの成功例を示している。
- レジリエンスを持った組織の特徴は、組織構成員の高い能力と相互信頼、信頼性と安全が大切という価値の共有、変化を見逃さない注意深さ、予期しない事が起こりうるという心の備えと対応する柔軟性への心がけ、組織の多様な分野の専門家との意味あるコミュニケーション（これが今の事態だ、私はどう考える、何故なら、何に注目すべきか）、不測事態に対処できるストレス対処能力を備え、人生に前向きな姿勢を持ち、レジリエンスによる成功例を知っているなど。

(福島事故)

- 事象連鎖における問題点を洗い出し技術的な対応措置を取るだけでは、歴史的な背景を持って積み重ねられてきた組織文化的な問題、組織間のインターフェイス問題等への対処を欠き、別の原因による別のパターンの重大事故を防げない。事故の背景にありうるこれら問題を、深層防御の劣化、「原子力界は何事故を防げなかった」についての研究、事故調査報告書などをもとに洞察し、安全文化（想定における仮定条件を超える事態の仮定などを通じたレジリエンス強化の不足、世界のベストプラクティスの学習の不足、システム安全より機器安全重視、内因事象重視で外因事象やテロ攻撃などによる機器やチームや通信の損傷という事態に柔軟に対処できるアクシデントマネジメントの不備など）、技術と組織と社会とのインターフェイス（社会的な安全目標の不十分さ、異なる専門領域での不確かさ認識など）、技術的な能力と技術の理解（頻繁な異動、アウトソーシング、クリフアッジの認識など）、安全のオーバーサイトにおける問題を抽出。
- それぞれの国の伝統的にもつ文化的要素が原子力に係る組織の安全文化にどのように影響を及ぼしているか、また、それが顕著な場合にはどのように改善のアプローチを生み出すか、分析が必要。（例えば運転者が安全文化の7つの特性として挙げているが米国規制委員会 NRC の挙げた9つの特性との差異は、非安全な状態の報告と安全に関するコミュニケーションであるが、これが伝統的文化的要素とどの様にリンクしているかの分析）。
- 「改善」という言葉を世界に流布させた日本で継続的な安全性向上と海外の事例に学ぶ事が充分なされて来なかった原因も、運転組織の製造業における伝統的な価値観からの乖離か、改善を阻害する社会的要因 (prisoner's dilemma) の影響か、更には競争の少ない電力においてより良さの追求が停滞した為かなど分析必要。
- 事故に関するヒューマンファクターを分析したところ、非常用復水器(IC)操作、高圧注水系(HPCI)操作、事故対応スタッフの不足（通常の保守作業等を委託している契約者へ非常時対応の依存）の3つの問題点がある。

(今後の安全強化をどのように図るか)

発表に関する議論と 10 のグループに分かれての議論（発電所の対応、規制対応などのテーマなど）で様々な意見があるなか参考にする価値のありそうな幾つかを列記。

- 「改善」の背景には信頼性への強い意思と価値観さらには情緒的な思い入れすら見受けられる。原子力の安全を向上させるには、原子力が他とは際立って異なる安全について「非安全状態に対する憎悪」とでもいうべき情緒的な思い入れをもつ組織文化を作る事も重要ではないか。
- レジリエンスの議論では、予測されなかった事態への対応という側面がハイライトされがちだが、重要なのは事前の予測に基づいた柔軟な備えて、レジリエンスには「予測」がキーワードとして入っている。
- チェルノブイル事故も福島事故も全く予測できない **black swan** と位置づけることはおかしい。正のボイド係数の危険性は世界で十分認知され対応が取られて来た、津波についても 1983 年以降従来の考え方への疑問が提示されていた。2005 年の **Kalpakkam** の津波ワークショップでは 23 に及ぶ原子力発電所の溢水事例が報告されている。TMI 事故も **Davis-Besse** という前兆事例がある。15,000 炉年に及ぶ商業炉の運転経験のある中、全くの **black swan** は考えにくい。過去の事例と各国で取られてきた改善策を注意深く見てゆくことでかなりの安全性向上は可能。
- **WANO** は安全に関する事象に関する報告(SOER)を加盟メンバーに出しているが、福島事故で今回初めてメンバーからの報告に勧告事項への対処状況の報告を求める措置を取り事業者のオーバーサイト能力の強化を図った。
- 組織と組織文化の持つ脆弱性は外部からの観察を含め出来るだけ客観的な手法で抽出してこれへの対策を施す仕組みが必要。
- 欧州で環境分野では法律化されている予防原則 (**precautionary principle(s)**)に照らして、「不測事態への対処」が充分考えられていない事があるとすれば問題ある状態を示しているのではないか。
- 組織間のインターフェイスをも含んでレジリエンス向上に向けた社会的な仕組みをどう構築すべきかは、2008 年のリーマンショックに照らして経済界はどのようにレジリエンスを構築しようとしているか（国内では経済産業研究所 **RIETI** のレジリエンス検討会の成果が公開されている）、航空法におけるイベント報告義務などを参考にして検討すべき。
- 非技術的な背景要因全てを **ITO** だけで説明するのには無理がある。組織は社会とのインターフェイスの中でその組織文化が醸成され、リーダーの持つ思想だけが決定要因ではない。組織も様々の異なった専門家によって構成されて組織を超えて帰属する専門家集団の持つ文化の影響の下にある。**ITO** を巡る社会環境を考慮にいれて **ITO** 思想の幅を広げる必要。
- 工学分野でのレジリエンス向上は **Normal accident Theory (NAT)** というカップリングが弱く相互インターフェイスの少ないシステムを目指すという点で、深層防御の層間の独立性を高める方策とも通ずる点がある。

以上