



ROSATOM

STATE ATOMIC ENERGY CORPORATION "ROSATOM"

# 原子力リスク低減に繋げる 社会的・制度的マネージメント

ユッカ ラークソネン

元フィンランド放射線・原子力安全庁(STUK)長官

元WENRA会長

ロスアトムオーバーシーズ副社長

JAIFシンポジウム

2013年2月26日、東京

# 概要

- 原子力安全文化
- 事業者の安全に対する責任
- プラント寿命全体を通しての安全性強化の原則
- 規制者の役割と規制の取り組み
- 専門家と社会の関係
- 緊急事態のマネージメント

# 原子力安全文化 - 1

リスク低減のために高度な安全文化が重要であることは、IAEAのINSAGグループが、1986年8月の特別会合において、チェルノブイリ事故の原因を分析している時に獲得した洞察の1つであった。「安全文化」という表現は、その際に生まれ、INSAGもその新しい表現に定義を与えた。

安全文化は、他の活動と分離して醸成したり評価したりできるものではない。安全文化は、組織において日常的に意識するものであり、日常業務で直面する事例によって地道に普及させるべきものである。

## 原子力安全文化- 2

安全文化は原子力分野のすべての活動に  
根付かせる必要がある

- このプレゼンテーションで述べる原則を考慮に入れることも、望ましい安全文化の一部である

## 事業者の安全に対する責任 - 1

原子力発電所を運転するすべての国が参加する国際原子力安全条約の第9条では、次のように述べられている。

**...「原子力施設の安全のための主要な責任は、  
関係する許可を受けた者にある」**

原子力の安全性を確保することは、投資の保護を成功させるための必要条件でもある。投資は、事故の直接的な影響と、公衆および国家の信頼喪失という間接的な影響の両面から守られる必要がある。

## 事業者の安全に対する責任 - 2

原子力施設の安全を確保し、寿命全体を通して大規模投資を守るために、事業者は以下を行う必要がある

1. 世界中で報告される原子力発電所(NPP)の経験から学ぶ
2. 独自の経験と他の事業者の経験を活かし、特定された新たなリスクを取り除くために、規制要件によって義務的に行う以外にも、自主的に対策を取る
3. 定期安全レビュー(PSR)を定期的 to 実施する

## 事業者の安全に対する責任 – 3

NPPの経験から学ぶために、運転事業者が利用するWANOネットワークと、運転事業者と規制者の両方が自由に利用できるIAEA/IRSネットワークの2つのグローバルネットワークを利用できる。すべての事業者は、これらのシステムを各自の利益のために利用することが期待される。

1. 事業者が独自の経験に基づいて重要な安全強化対策を取るよう決定したときは、必ずWANOとIAEAにレポートを提供する
2. WANOレポートとIAEA/IRSレポートの体系的なレビューを実施し、レポートが安全強化の機会を示唆しているかどうかを評価する
3. それぞれのグローバルネットワークから受信したレポートに影響を受けてある事業者が取り入れることを決定した行動について、WANOとIAEAに報告を返す

## 事業者の安全に対する責任 - 4

欧州の全「原子力施設保有国」で実施された「ストレステスト」とその結果のピアレビューにより、各国で運転されるプラント間で大きな相違があることが示された。

- このような相違はピアレビューアには驚きであった。なぜなら、すべての規制者の一致で合意し、2009年のEUの最初の原子力安全指令でも確認された欧州の一般的な原則が変更を余儀なくされ、NPPの安全性をプラントの寿命全体にわたって体系的に強化し、さらに安全性に対する調和の取れた取り組みを確保する必要があったからである。
- 例えば、一部の事業者はすでに1980年代に、TMIとチェルノブイリの教訓に基づいて、炉心溶融事故の後でもNPPからの大量の放射能放出のリスクを排除できる対策を開始している。一方、他の事業者はこれをほとんど実施していない。
- ピアレビュー後、福島第一事故から得た教訓とそれぞれの安全強化策に関して適切な欧州コンセンサスが存在している。同様の取り組みが様々な国で検討されており、実施の進捗状況は国によって大きく異なる。

## 事業者の安全に対する責任 - 5

- 福島第一事故の教訓に本格的な対応を取った自主的な取り組みの典型的なモデルとして、ロシアのすべてのNPPを所有して運転する電力会社 Rosenergoatomが行った以下の対策を紹介する。
- 早急な実施を決定し、すべてのNPPサイトで1年未満に実施された。
  - 地震に対して構造物と機器の強度を高めるための対策と、地震の場合に原子炉トリップを始動する地震防護システムの設置。
  - 2 MWと0.2 MWの移動式ディーゼル発電機ユニットの支給。これらのディーゼル発電機からの電源供給回路は、プラントの安全停止を維持するために必要なすべての重要なシステムに設置された。発電機は、プラントサイトの保護シェルターに置かれている。
  - 移動式高圧モーター駆動ポンプ、低圧大容量モーター駆動ポンプ、および追加の消防車の支給。これらは、主要な回路、蒸気発生器、および使用済み燃料プールに水を直接供給できる。ポンプは、プラントサイトの保護シェルターに置かれている。

## 事業者の安全に対する責任 - 6

- 緊急時運転の組織的な準備を強化するために、Rosenergoatomは、さらに集中危機管理センターとテクニカルサポートセンターを開設し、これらのセンターとNPP間に導入されていた高度なテレビ会議システムを最新のものに入れ替えた。また、緊急時の手順とスタッフのトレーニングを改善した。
- すべてのVVER-1000プラントで実施中の短期の対策は、以下の設置である。
  - フィルターが取り付けられた格納容器のベントシステム
  - 格納容器内の受動的水素再結合装置
- 長期的には、Rosenergoatomは以下を提供する予定である。
  - NPP近くに追加されるオフサイト電源供給ライン
  - NPP内全交流電源喪失の事象時に、長期安全状態維持を強化するために恒久に設置される各種のオンサイト電力システム
- すべての運転中のVVERプラントで実施される別の長期的な対策の準備として、受動的崩壊熱除去システムの基本設計が完了している。

## 免許取得事業者の安全性に対する責任 - 7

定期安全レビュー(PSR)が、約10年に一度、欧州全国で実施され、レビューの主要な責任は事業者にある。PSRの目的は以下のとおりである。

- 外部環境の変化と社会の安全への期待の変化を考慮する
- 最新のテクノロジーにより考える安全性便益を考慮する
- 最新の安全評価方法を適用することで、従来の安全レビューの質を高める
- 安全評価を行う際に新世代の事業者のスタッフを教育し、また、日常の運転では通常発生しない安全問題への理解を深めてもらう

# プラント寿命全体を通しての安全性強化の原則 - 1

1. 操業開始時と同じレベルで安全性を維持することは、外部の状況が変化し続ける場合、プラントの変革なしには不可能である
  - 自然と人為の両方で新しい環境ハザードが現われる可能性がある – 現在のハザードを評価し、次にやって来るハザードを予測する必要がある
2. 社会の安全への期待は変化し続けている
  - 社会に対する知覚リスクが低下すると、低下したリスクが受け入れられる
  - 事故と関連する公衆への放射線量の設計限度は、数年にわたり大幅に減少している
3. 安全テクノロジーは進化を続けている
4. リスクへの理解が進むと、従来の考えは疑わしくなる

## プラント寿命全体を通しての安全性強化の原則 - 2

考慮すべき新しい環境ハザードは以下のとおりである

- 気候変動に関係する現象: 海の水位の上昇(推定値の大きなばらつき)、以前より巨大化する嵐、増大する川の洪水、増える雪荷重、極端な干ばつや温度など
- テロリストの行動: テロリストは、世界の関心を引くために、自らの命を失うことに躊躇しない
- 最終ヒートシンク(UHS)として使用される水源の利用に影響を及ぼす人為事故。(例:タンカー事故のオイル漏れによる海洋汚染など)

## プラント寿命全体を通しての安全性強化の原則 - 3

社会に対する知覚リスクが低下していくと（新たなリスクが認識されていない可能性があるとしても）、低いリスクが受け入れられる

- 例えば、空や道路の交通事故のリスクは1970年代から劇的に低下している
  - 航空機や車は新世代の輸送手段に置き換わっている
- NPPの寿命は60年を超える可能性がある – この期間に社会で大きな変化が起こり、NPPにいくつかの近代化がもたらされる可能性がある

## プラント寿命全体を通しての安全性強化の原則 - 4

事故と関連する公衆への放射線量の設計限度は、数年にわたり大幅に減少している

- 1970年代の前半に、米国の規制で250 mSvの限度が設計基準事故に適用され、他のほとんどの国でも採用された(保守的分析)
- 1980年代に、5 mSvの限度が欧州の一部の国で設計基準事故に適用された(最良推定値分析)
- ICRP推奨値: 避難地域に戻ってから公衆が最初の1年間に浴びる放射線量が20mSvになるよう除染目標値として設定
- 福島後に提示された日本での除染目標値は、一般に1~10 mSvのばらつきがある
- 新規原子炉の炉心溶融事故のWENRA設計目標:  
想定される炉心溶融事故における可能性のある放射性物質の放出によって、原子炉から3キロ圏外における緊急避難や、5キロ圏外におけるシェルターへの避難やヨウ素剤の予防投与の必要性が発生しない設計であること

## プラント寿命全体を通しての安全性強化の原則 - 5

安全テクノロジーは進歩を続けており、実際に実現可能なことについての当初の理解は変更となる可能性がある。

安全性の研究と新たな洞察によって、初期の設計時に考慮されなかった安全ソリューションが実際には可能であることが示されている。

- 「炉心溶融事故による放射能放出の封じ込めは実現可能ではない」  
– 1970年代末からの研究とTMI事故が逆のことを証明している
- 「閉じた熱伝導ループ内の炉心から大気までの受動的熱伝導と受動的緊急時炉心冷却は実現可能ではない」  
– AES-2006という新しいVVERプラントや、AP-1000という新しいPWRプラントの受動的システムなど、受動機能が付いた新しい設計が試験され、認可されている

## プラント寿命全体を通しての安全性強化の原則 - 6

NPP設計の基準に使用された基本的な信念の誤りがリスクに関する知識の進歩とともに明らかになっている。以下の例はこのことを示している。

- 「原子炉の過酷事故は起こり得ない」- TMI、チェルノブイリ、福島第一事故
- 「大量冷却材流出事故や他の設計基準事故に備えた設計が、他の事故から防護する十分な安全域を与えている」- 1974年からのPRA研究とTMI事故
- 「運転員の行動は事故状況ではあまり重要ではない。なぜなら、事故発生時にNPPを安全な状態に持っていくように安全システムが設計されているからである」- TMI事故
- 「炉心の反応度は適用された手段によって十分に制御されるため、炉心反応事故は重大な懸念ではない」  
- チェルノブイリ事故
- 「極端なハザードは起こらない」- 福島第一事故
- 「大きなダメージを伴うテロリストの攻撃は不可能である」- 2001年9月11日のニューヨーク
- 「十分な多様性と冗長性を備えた交流電源は絶対に信頼できる」- 福島第一事故
- 「経験したことのある最高のマグニチュードの範囲の地震はNPPの近くでは起こらない」- 柏崎刈羽、東日本大地震
- 「歴史上経験した規模と同等の津波はNPPの近くでは起こらない」- 福島第一事故

# プラント寿命全体を通しての安全性強化の原則 - 7

NPPの設計基準に使用された基本的な信念の誤りが、リスクに関する知識の進歩とともに明らかになっている。以下の信念は、原子炉立地と設計の際に、現在でも信じられている。

- 「大きな火山噴火はNPPサイトの近くでは起こらない」- ?
- 「深刻な炉心損傷で発生する水素の最大量は現在の最適なシステムで処理できる」(強力な格納容器内での水素燃焼の発火、受動的な自己触媒による再結合など)- ?
- 「深刻な炉心損傷後に起こる可能性がある最悪の蒸気爆発は、格納容器の健全性には脅威ではない」- ?
- 「原子炉圧力容器の突然の故障はあり得ない」- ?
- 「高圧での炉心溶融は現在のアプローチで除去できる」(自動または運転員始動による高度なバルブシステムの圧力除去、運転員始動によるシンプルで堅牢なバルブシステムの圧力除去など)- ?

# 規制者の役割と規制の取り組み - 1

規制者は、必要と見なす安全対策を実施するために、安全性の決定と法的権限において独立性を必要とする。

- 規制の決定は、事業者が使える専門家と少なくとも同等の能力レベルを持つ規制専門家による安全評価に基づいている必要がある。
- 事業者と規制専門家の相互の信頼関係は、安全性の観点から最適な決定を行うために必要である。

## 規制者の役割と規制の取り組み - 2

規制の取り組みは、社会に深刻な影響を及ぼす事故を回避するために、規制者と事業者が共通の目標を持つという認識に基づく必要がある。

- 最適なソリューションは、両者が合理的に実現可能なことに関するコンセンサスを得るために協力し、および努力することによって見出すことができる。
- 両者間のコミュニケーションは、コスト(事業者はコスト重視を期待する)と安全(規制者は安全重視を期待する)の間に、取引の精神を持ち込んではいけない。また、両者は、社会的検討事項など関連するすべての側面を検討する必要もある。

## 規制者の役割と規制の取り組み - 3

規制者は、「新プラント」すなわち、設計状態にあるプラントに対して、安全要件を見直す必要性を定期的に検討する必要がある。検討に際して規制者は以下のことを考慮する必要がある。

- 環境ハザードの変化
- 社会的な期待
- 運転経験
- 安全研究の成果
- テクノロジーの開発段階

## 規制者の役割と規制の取り組み - 4

新しい安全要件が発行されると、事業者は、建設または運転のために許可を取得した既存のプラントを、新要件に照らして再評価する必要がある。目標は、既存のプラントでも合理的に実現可能な範囲で新要件を満たすことにある。技術的解決は必然的に各プラントの設計機能に大きく依存し、設計、試験、導入に多くの時間をかけて、いくつかの目標を達成する必要がある。特に以下の難題を解決する必要がある

- 炉心溶融事故による大量の放射能放出の食い止め – 健全性に対して特定されたそれぞれの物理的脅威から格納容器の健全性を防護する
- 大規模な航空機墜落事故からの防護 – 主要な回路の重要部分の保護、強化された物理的分離、崩壊熱冷却システムの多様性

## 規制者の役割と規制の取り組み - 5

NPPでの作業における継続的な進捗に対して検査が必要な場合、規制者は、1日24時間、365日働く覚悟をしておく必要がある

- 規制者は、不必要な経済的損失を避けるために社会に対する責任を認識する必要がある
- オンラインでの規制検査の利用によって、手抜きや改ざんの誘惑が減っている（公衆の厳しい反応を受け、マイナスの結果を伴った日本での事件は、少なくとも適切なときに規制検査者が足りなかったために発生したと考えられる）

## 専門家と社会の関係 - 1

全ての社会において、自分達が経験や正しい理解を持たない領域で働く専門家の正直さと賢明さに対して、一般公衆がある種の疑いを持つことは経験から示されている。

多くの人々を驚かす技術領域で、社会による信頼の欠如が、専門家が社会全体の安全に最も合理的な判断を下す意思決定を妨害している可能性さえある。

例えば、公衆は不必要に放射線量の低減を望むため、結果的に有害な社会的混乱によって、社会の一般的な健康問題に逆効果を及ぼす可能性がある。信頼の欠如によって、真の原因を究明することなく、一部の原子力施設の永久閉鎖につながる可能性さえある。

## 専門家と社会の関係 - 2

最適な方法で社会に奉仕する能力を維持するために、原子力専門家、特に規制者と事業者は、業務において公衆の信頼を構築する努力を続ける必要がある。これには、事業者の活動、規制決定、および異常事象(発生してすぐに)について、積極的な情報や定期的な情報が必要である。

- 社会の全メンバーは、NPPの性能が常に完全であるとは限らないことを知らされる必要がある。異常事象や小さな事故は発生を繰り返すが、深刻な事故に拡大しないうちにそれらを停止させる必要がある。
- 定期的な情報は、NPPの正確な運転状況を提供し、および公衆に「盲目的信頼」を与えないために必要である。「盲目的信頼」は一夜で失うことを、我々は福島第一事故後に確認済みである。

## 専門家と社会の関係 - 3

以下のような素晴らしい経験が欧州で達成されている。

- 事業者对社会の期待に関する情報を伝達するため、およびこれらの期待に対する事業者の対応をフィードバックとして説明するために、地元レベルと地域レベルの両方において、事業者と信頼できる社会の代表者の連絡グループがある
- 国のレベルで、同様の規制者と信頼できる社会の代表者（国会議員やオピニオンリーダー）の連絡グループがある
- 放射線と原子力安全に関連するトピックについて規制者がジャーナリストにトレーニングコースを提供している  
（数日間のレクチャーと、関連サイトの訪問など）

## 緊急事態のマネジメント - 1

緊急事態のマネジメントを成功させる必要条件是、設計基準を超える稀にしか起こらない事象も発生する可能性があることを認識し、前もって準備しておくことが必要である。

これは、原子力安全の確保に用いられる第5レベルの深層防護の原則に従っている。

## 緊急事態のマネージメント - 2

福島第一事故における教訓の1つは、複雑な構造と組織が、緊急時の意思決定を遅らせる結果をもたらすことである。

稀にしか起こらない事象の発生時には、明確で毅然とした意思決定が、有効な緊急時マネージメントとリスク緩和に重要である。

- 目標は、入手可能な最適情報に基づいて知識豊富な人々が意思決定を行い、スキルを発揮し、タイムリーに行動を起こすことが出来るようにすることである。
- 原子力の事故時およびそれ以降に行われる、人々の避難や土地使用制限など、いくつかの決定は、社会政治的および社会経済的に重要である。
- 他の決定は、更なる損傷へのプラント対応力を高めるための意図的な環境への放射能の放出など、プラントの安全性に関係する。

## 緊急事態のマネージメント - 3

- 緊急時の急性期に最適で事実に基づいた意思決定を行うには、決定の潜在的な影響を最適に理解する人物、および同様の状況で意思決定を行う訓練を受けた人物が決定を行うことが重要である。
- サイトでの決定は、プラント要員の安全を確保し、事故のすべての過程で総放射能放出量を最小限に抑えるために、運転スタッフと原子力安全専門家のアドバイスに基づいて、責任あるプラントマネージャーが行う必要がある。
- 急性期に一般公衆を防護するために行われる避難やその他の対策の決定は、地元の状態や防護対策に利用できるリソースについて十分把握している公的な救助機関のトップが行う必要がある。

ご清聴ありがとうございました

