

エネルギー問題に発言する会座談会
平成25年11月21日(木)16:10-17:50
原子力安全推進協会第B&C会議室

我国の原子力界はなぜ旧態依然 として改革、改善されなかったか

平成25年11月21日

青木孝行

目次

1. はじめに
2. 改革、改善されなかった根源的問題は何か？
3. 我国原子力界の主要組織のあり方
4. 改革・改善に向けた提案
5. まとめ

1. はじめに

① 福島事故の原因と教訓

- ◆ 低頻度高影響事象(津波、電源喪失等)への対応不十分
- ◆ アクシデントマネージメント対策不十分
- ◆ 深層防護対策不十分(3層から5層へ)
- ◆ 使用済燃料プール冷却、複数炉立地の問題
- ◆ 原子力規制体制、規制方針、規制実務の問題
- ◆ 法体系や規格基準の整備不足
- ◆ 諸外国の規格基準、対策実施状況等との比較評価不足
- ◆ その他多数

ハードウェアに事故原因を求める指摘が多い。

② 深層原因は何か？

- ◆ 慢心(これまでの安全対策は十分。事故は想定外)
- ◆ **形骸化した安全重視主義**(「全て安全」)
⇒安全文化(IAEA INSAG-4)/安全文化の醸成
事故あるいはリスクを予測できなかった
- ◆ 電気事業者のコア技術とは？(平時と非常時)
⇒組織、人材、技術能力、対応能力、
外注主義。**他人任せになっていないか？**
- ◆ 原子力安全の支援体制が不十分だ**ら**のではないか？(米国のNEI/INPOのような
専門組織、大学・研究所、設計評価会社、他)

発電所現場、それを取り巻く組織、
社会に問題はないか？

「全ての問題は人間系に由来する」と言っても過言ではない。

安全は機械系だけでは確保できない。**人間系の寄与**もあって始めて確保される。

原子力安全の構造

原子力安全

「原子力安全」は、
機械系システムと
人間系システムの
組合せで支えられ
ている。

機械系の安全機能 (Robustness)

- 多重性/多様性
- 独立性
- フェイルセーフ
- フールプルーフ
- インターロック,等

機械系

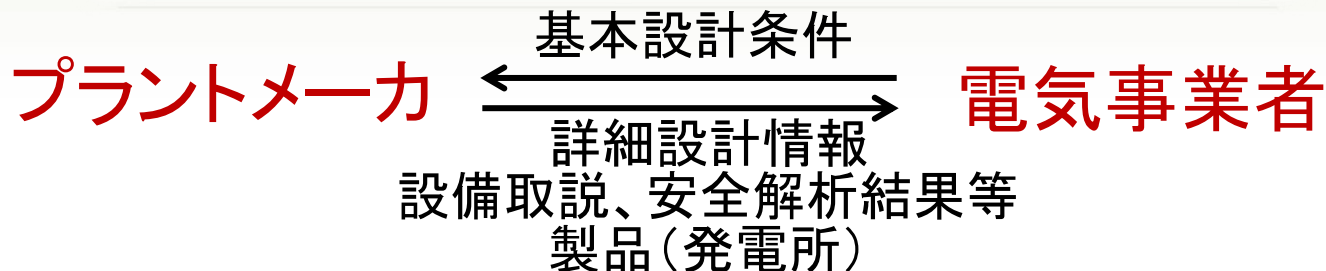
設計
製造
据付
試運転

人間系

組織・陣容
各種管理
現場対応

人間系による マネージメント

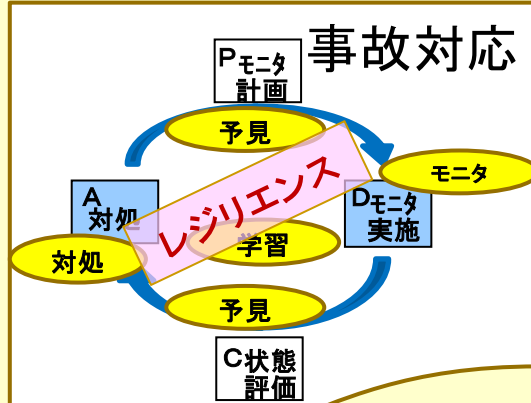
- 平時のプラント運用
(運転、保全等)
- 有事の事故対応
(事故修復活動)



機械系の安全機能を発揮させるための人間系による活動

人間系によるマネジメント
(実行管理、意思決定)

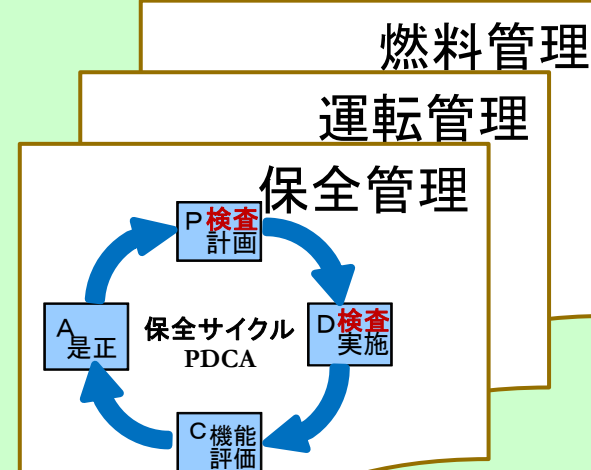
有事



事故対応遂行能力

要領書 (情報) 事故対応要員 資機材仮設備

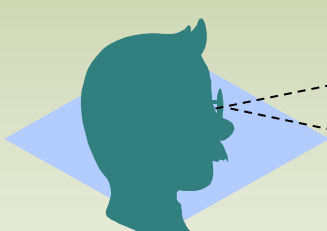
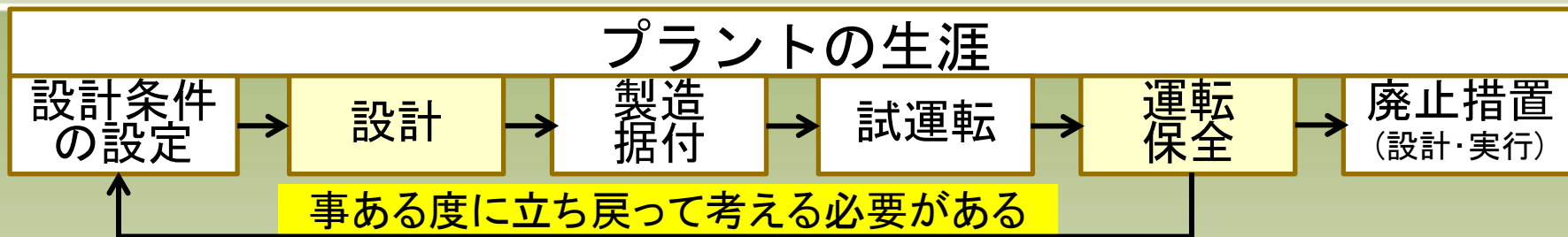
平時



保全遂行能力

要領書 保全要員 資機材

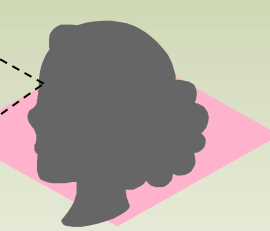
設計の視点と運用の視点



設計の視点

- ① 機械系
- ② 平時運用 (想定)
- ③ 有事検討
 - ・包絡事象で安全評価
 - ・設計条件でPRA
 - ・事故想定に基づき、設備設計

標準化, 規格
基準化が進
んでいる



運用の視点

- ① 機械系と人間
- ② 平時運用 (実)
- ③ 有事対応
 - ・実条件で安全評価
 - ・実条件でPRA+PBS
 - ・事故想定に基づき、設備対策と緊急時対応体制構築

標準化, 規格
基準化が進
んでいない

人間系のポイント

◆ポイント

- 組織体制
- 経営者、管理者の必要条件(知識、能力、人格)
- 経営方針、安全方針
- 指揮命令系
- 業務要領、職位権限
- 実際的条件での分析評価
- 実際的条件での訓練
- 人材確保、人材育成

◆IAEA安全文化 (ISAG-4)

IAEA安全文化(ISAG-4)

第1章 序論

第2章 安全文化の定義と性格

第3章 安全文化の普遍的特性

3.1 方針レベルの必要条件

3.1.1 安全方針の表明

3.1.2 経営構造

3.1.3 資源

3.1.4 自己規制

3.1.5 誓約

3.2 経営者(マネジャー)の必要条件

3.2.1 責任の定義

3.2.2 作業実務の定義と管理

3.2.3 適格性と訓練

3.2.4 報償と制裁

3.2.5 監査、審査および比較

3.2.6 誓約

3.3 個人の対応

第4章目に見える証拠

4.1 政府とその組織体

4.2 運転組織体

4.2.1 法人の方針レベル

4.2.2 発電プラントのレベル

4.2.2.1 労働環境

4.2.2.2 個人の姿勢

4.2.2.3 プラント安全の経験

4.3 支援組織体

第5章むすびのコメント

付録 安全文化の指標

A1 政府とその組織体

A2 運転組織体

A3 研究組織体

A4 設計組織体

2. 改革、改善されなかった 根源的問題は何か？

改革、改善されなかった 根源的問題は何か？(1/6)

◆ TMI事故後における米国の原子力規制の状況

- 検査官のサイト常駐、SALP実施
- NEIがNRC検査を批判、改善提案(次頁)
- NRC監査組織OIGが調査

◆ SALPからROPへ

- 改善の方向

ROP/RIR/PBIは、いずれも
NEIが提案したもの

予測性向上、
規制RIRの導入

- NEIからの提案は、PIのみでパフォーマンスを評価する案
- NRCは検査でないと確認できない面があるとして、基本検査とPIの併用でパフォーマンス評価する(PBI)

◆ RIRとPBI

- RIR: 安全上重要な系統機器や機器
- PBI: 保安活動の結果から問題

- 「予測評価」と「結果」から問題点、焦点を絞り込み、対処。
- 安全上重要なものに有限なりソースを重点投入。
- これが真の安全重視。

SALP: Systematic Assessment of Licensee

NEI: Nuclear Energy Institute

OIG: Office of Inspector General

ROP: Reactor Oversight Process

PI:

RIR: Risk-informed Regulation

PBI: Performance-based Inspection

検査方法、SALP批判

検査に対する問題指摘(OIG)

- ・検査結果の判断が**主観的**、裁量が認められている
- ・**あいまい**な規制要件がある。
- ・検査官が検査で何を見るべきかの**訓練が足りない**。
- ・検査官がパフォーマンスベースの検査を**理解していない**。
- ・検査官が、検査官に**期待される事項を誤解**している(検査においては「何か問題を指摘しなければならない」という思い込み)。
- ・地方局による**ばらつき**
- ・事業者に対する違反等の**説明不足**

出典: JNES2008シンポジウム
 (検査業務部 上林氏)
<http://www.jnes.go.jp/event/symposium08/pdf/theme0102kanbayashi.pdf>

事業者からの批判

- ・違反のリスクを詳細に評価せず、**規制要件の厳密な遵守管理**に集中しがち。
- ・評価方法が**主観的**、評価の意味を事業者及び関係者が理解できないものもある。
- ・電力会社とNRCとの**コミュニケーションは対等**ではなく、NRCの強硬さが目立つ。
- ・**過去のパフォーマンス**に注目し、是正済みでも評価に反映されない。
- ・評点の誤った解釈による**経済的悪影響**

米国における合意形成プロセス

(福島事故後のフィルタベント設置要否に関する議論の例)

NRC委員会は、NRCスタッフの提案に基づいてフィルタベントに関する優先度の検討を承認。(2011/12/15)

【産業界】NEIが、NRCに対し、フィルタベント設置に関するコメントを发出

EPRIは、産業界(NEI)の主張をバックアップする研究報告書を公表

規制側と被規制側が十分な議論を展開。

ACRS(独立した諮問機関)もNRCに対し産業界の主張に賛同するコメントを发出

NRC委員会、NRCスタッフ及び産業界でNRCスタッフのフィルタベント推奨案について、議論(2013/1/9)

連邦議会(上院環境公共委員会下院エネルギー商業委員会)議員らによる産業界の主張に同意する書簡の送付

規制側と被規制側が十分な議論を展開。

NRC委員会と産業界で産業界の主張について、議論(2013/2/4)

【産業界】NEIが、NRCに対し、再度、産業界の主張を发出

BWROGは、産業界の主張をバックアップする評価書を公表

NRC委員会【産業界の主張を反映した内容でフィルタベントに関する規制方針*を承認】(2013/3/19)

改革、改善されなかった 根源的問題は何か？(2/6)

	考えられる問題	その結果として現れている状況
1	(電力会社) 事なかれ主義、及び腰、長いものには巻かれろ主義	<ul style="list-style-type: none"> 責任を持って自ら判断し、社会や国民に対して堂々と発言、行動せず、いざとなると国や規制当局を頼る。 規制当局や社会に対して言い難い真実、現実を説明することから逃避。規制当局に対し卑屈で従順。 外部からの理不尽な要求に反論せず、実態、真実、本音を社会へ説明する努力を怠った。
2	(電力会社) プラント運営能力不足、技術能力不足	<ul style="list-style-type: none"> 電力会社のコア技術は何か？(安価な良質電気の安定供給と事故対応のための技術) 実態は外注主義、メーカ頼みでコア技術無し、事故対応能力無し
3	(プラントメーカ) 社会的責任遂行から逃避	<ul style="list-style-type: none"> 電力会社の陰に隠れて社会への前面に立たず、日本社会に対する責任、説明責任を果たしていない。全て電力会社の責任となっている。電力と健全な対等関係にない。
4	(規制当局) 御上意識	<ul style="list-style-type: none"> 事業者や関係団体等に対し高圧的、強圧的。強権を発動されるのではないかと、事業者/関係団体等から恐れられ、不信感を持たれている。却って事業者のモラル低下を招いている。 事業者の自主性を重んじず、いろいろな事に口出しし、意に沿うように変更させ、承認しているにもかかわらず、事故や問題の責任を取らない。 社会に対して言い難い事実/実態を率直に言わない。科学的合理的判断をすべき所でそのような判断をしてない。

改革、改善されなかった 根源的問題は何か？(3/6)

	考えられる問題	その結果として現れている状況
5	(規制当局) 技術力不足	技術力不足のためエンジニアリングジャッジ等がなく、エビデンス主義になり、 世界的に稀に見る非効率的規制となっている。 (審査/検査の形骸化、網羅的なチェックや完璧主義)
6	上記三者間に法の目的を達成するための責任分担や協力関係、切磋琢磨する関係無し	<ul style="list-style-type: none"> 結果として社会に信用されない原子力界となっている。 原子力の平和利用、活用により社会福祉、国民生活向上に寄与するとした法精神^{注)}を忘れた、各組織の論理、エゴに終始している。
7	電気料金制度(総括原価方式)、電源三法交付金制度	<ul style="list-style-type: none"> 電力会社は規制当局、マスコミ、自治体等からの理不尽な要求を全て呑んでも財政上の問題は生じない。 原子力界全体の利権の温床となり、規制/電力/メーカー間に建設的な切磋琢磨する関係が確立されなかった。
8	原子力発電技術の輸入	自分のものにしていない。自らの技術として消化していなかった？

注)

原子力基本法の目的 : 原子力利用を推進し、将来エネルギー資源確保、学術進歩と産業振興、もって人類社会の福祉と国民生活の水準向上とに寄与すること

原子炉等規制法の目的 : 原子力の平和利用を前提として公共の安全確保等のため規制を行い国民の生命、健康、財産や環境等を守ること 13

改革、改善されなかった 根源的問題は何か？(4/6)

◆ 我国では、なぜ改革、改善がなされなかったか？

◆ 規制の問題、マスコミの問題、自治体の問題、・・・

- 規制の問題：敦賀事故、SR問題、東電問題（維持基準のない技術基準）
⇒なぜ諸問題が起こったか。産業界が、長い間、正論をぶつけなかった。反論しなかった。現在も。（現場にとってリーズナブルでない規制はモラル低下を招く。）
- マスコミの問題：事実と異なる報道、・・・
⇒産業界が、長い間、反論しなかった。対抗手段を取らなかった。
- 自治体の問題：・・・

◆ なぜ、産業界は真の改善提案を提出できなかったか？

- 電力会社は何をしていたか？プラントメーカーは何をしていたか？（電力の陰に隠れ、自分の事として考えて来なかった？）
- 規制、マスコミ等への燻った不満ばかり。（運転再開判断を握っている規制への恐怖と不信？何を言われるかわからないマスコミに対する不信？）
- それでも「日本社会のため」「国民生活向上のため」という観点から、真実や本音を社会に対して表明すべきであったのではないか。
- 日本版NEIが無かったためか？⇒危機感があり、必要があれば、日本版NEIを設立できたはず。

改革、改善されなかった 根源的問題は何か？(5/6)

- ◆ 規制、マスコミ等からの理不尽な要求があっても、それらを全て呑み込んで電力会社は存続できた。その結果としてプラントメーカーも仕事を得られた。
- ◆ それは電気事業法の電気料金制度(総括原価方式)で守られているため。
- ◆ 企業の存続に影響するものであれば、看過できない。
⇒ 活断層問題の原電の例
- ◆ 上記により、**全てが甘くなっていなかったか？**(社会福祉/国民生活向上に向けた経済性の追求、安全性の追求*が希薄)
- ◆ 我国の原子力界が改革改善されなかった理由は数多く考えられる。しかし、全ては上記に関連していると思われる。
⇒ 危機意識/安全文化の未定着、規制/電力/メーカーの関係、電力の技術力不足、規制制度/運用/行政指導の悪弊、マスコミの不当中傷、...

* 福島事故前は、安全は電力会社の存続に係わる問題、業界全体の存続に係わる問題、との認識が薄かったのではないか？

電気料金制度

たとえば、トラブル対応を例として説明

エネ対策特会
(電源特会)

研究・開発費

国

規制当局

プラントメーカー
大学
研究機関

申請
税金
認可
申請
認可
規制事項

地元
一般国民

電気供給
電気料金

電気事業者

安全協定
説明/理解

地元自治体

追加要求

費用

トラブル対策費用
として追加

総括原価方式

業務全般費用

トラブル総費用

外部要求費用

原因究明費用

対策費用

プラント停止による
生産損失

要求が行き過ぎると社会の負担となる。適切なレベルの安全性確保が必要。

トラブル発生

費用増大

改革、改善されなかった 根源的問題は何か？(6/6)

- ◆ 経済性の追求だけでなく、安全性の追求・確保は電力会社の存続に係わる。業界全体の存続に係わる。
- ◆ 原子力基本法の目的*達成に向かって改革・改善すべき。
- ◆ そのためには、徹底した安全追求、経営者の心構え、管理者の心構え、不当なものに対抗する意志/意識、健全な運営ができる産業界の体制整備などが必要。
 - 組織体制の整備(電力/メーカ/規制当局の使命役割等の再確認、支援組織の確立・改革)
 - 安全文化の定着対策
 - 人材確保・育成
 - 潜在的リスクの分析・評価
 - 低頻度高影響ハザードに対する考え方
- ◆ 他者を変えようとするのではなく、まず、**主体である電力会社/プラントメーカが、そして産業界が変わる必要がある。**

* 原子力利用を推進し、将来エネルギー資源確保、学術進歩と産業振興、もって人類社会の福祉と国民生活の水準向上とに寄与すること。

- 津波による炉心損傷のリスクが高いことは事前に知られていた。
- 低頻度ではあっても高い津波が来襲する可能性があることは知られていた。
- 我国の原子力界は、9.11同時多発テロが発生しても抜本的な対策を取らなかった。
- 米国のB.5.bに対応する検討・対策は我国でも十分できる能力はあったと思われる

しかし、米国のようにはできなかった。なぜか？

我国には多くの阻害要因がある。

それを実施するには組織的、継続的な対応が必要。

規制当局の強権から少し離れた、財源を直接握られていない日本版NEI、日本版INPOが必要。

3. 我国原子力界の主要組織のあり方

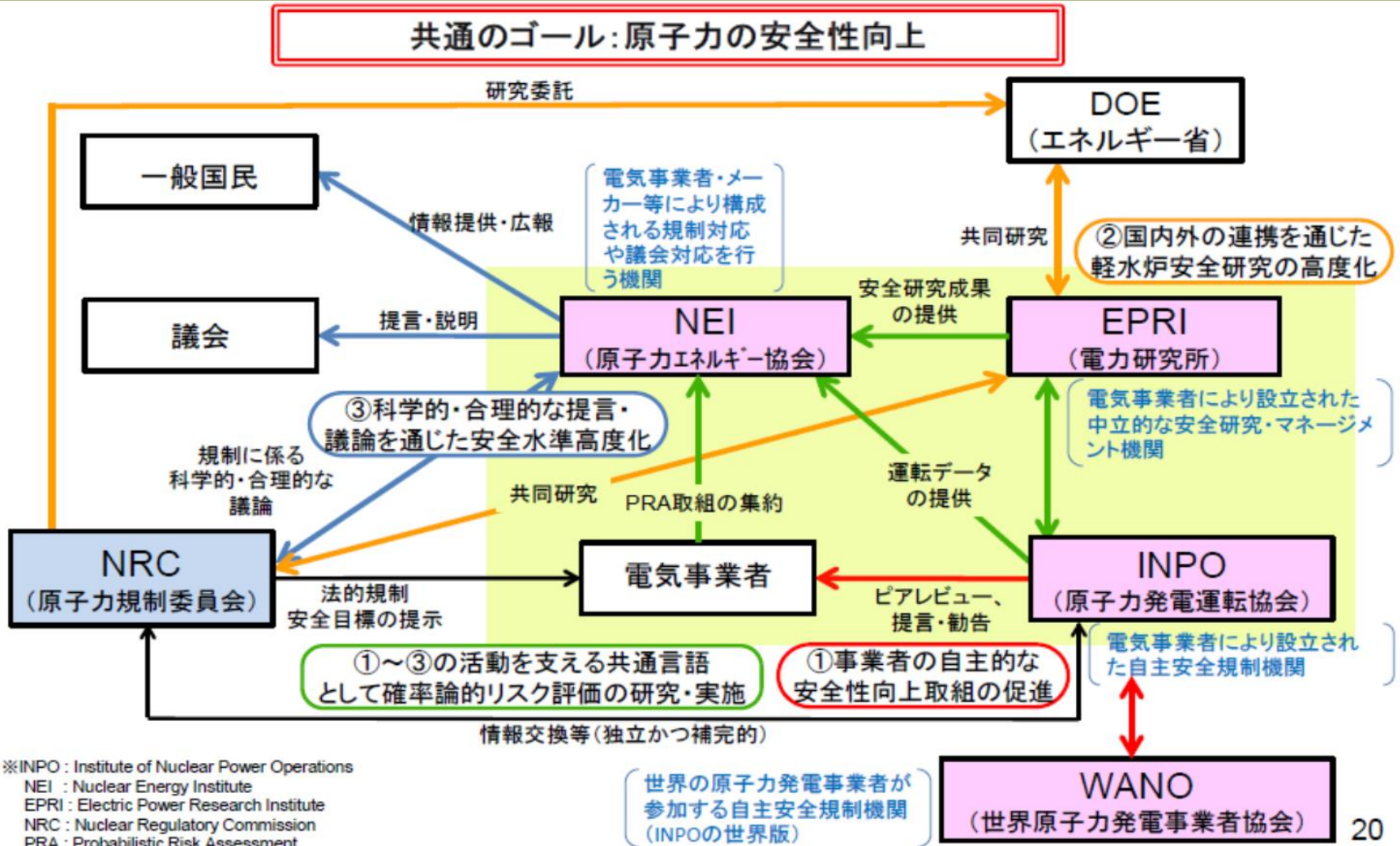
我国原子力界の主要組織

- ◆ 電力会社
- ◆ プラントメーカー
- ◆ 原子力規制当局
- ◆ 支援組織
 - 日本版NEI/INPO*
 - 大学、研究機関
 - 設計・調査会社
 - 工事会社
 - その他

全組織が
「人類社会の福祉と国民
生活の水準向上」に向
かって活動すべき。

* プラント運営に要する技術、能力は幅広
く深い。電力会社への支援が必要。

米国における原子力関連組織の相関図



米国の支援組織

組織名	使命・役割	担当内容	成果例	備考
NEI	<ul style="list-style-type: none"> 原子力エネルギー及び原子力技術の有効利用を促進する政策の策定・推進 原子力産業界の考えを統一的に発信する組織 	<ul style="list-style-type: none"> 産業界共通の技術的、経営的課題に対してINPO, EPRIと連携して解決策を検討 現場適用のガイドライン策定、等 	<ul style="list-style-type: none"> NRC保守規則への対応ガイドライン (NUMRAC 93-01) 9.11テロ対策に関するNRC命令への対応ガイドライン (NEI 06-12) 	<ul style="list-style-type: none"> 原子力産業界のNRC、国会等への産業界の窓口 1990年代中頃、NRCによる規制の改革を求め、NRCのリスク情報活用規制の切っ掛けとなった
INPO	<ul style="list-style-type: none"> 商用原子力発電所の最高レベルの安全性と信頼性の確保 (Excellence) 	<ul style="list-style-type: none"> 各プラントの運転管理状況を評価、改善指導 事故・トラブル等の収集分析と情報共有 パフォーマンス向上の支援 教育訓練、認証 	<ul style="list-style-type: none"> 保全作業計画策定ガイダンス (AP-928) パフォーマンス目標、基準、ガイドライン 	<ul style="list-style-type: none"> 情報非公開(ただし、安全性向上という共通の目的のため、NRCと情報交換、協力) 安全評価の結果を保険料の負担とリンクさせた
EPRI	<ul style="list-style-type: none"> 既設炉の長期運転と改良炉の設置促進のための安全性、経済性の高い技術の開発 研究成果でNEI, INPOの活動を支援 	<ul style="list-style-type: none"> 産業界共通の研究課題を解決するプロジェクトの推進・管理 	<ul style="list-style-type: none"> 炉内構造物点検評価ガイドライン (BWRVIP) NMACの各種予防保全ガイド 	<ul style="list-style-type: none"> 産業界や大学などの科学者、技術者を組織して研究成果をあげるプロジェクトマネージャ的機関

三者の関係

福島事故の原因の1つ

プラント設置高さとの関係(例)

- **条件の設定**: 電力会社とプラントメーカーは安全確保の前提であることを認識していたか。
- **条件の見直し**: 電力会社とプラントメーカーは常に見直す努力をしていたか。
- **最新情報の探知**: 電力会社とプラントメーカーはリスクを知っていたか? 規制当局は知っていた。

規制当局

廃止措置
(設計・実行)

電力会社

プラントメーカー

たとえば、「設計条件

プラン
による

- プラントの弱点を熟知している
- 国内外の新設プラント市場を通じて常に最新動向/最新技術/最新情報を知っている

[問題]

- なぜ、津波対策が事前にできなかったか。
- なぜ、3.11同時多発テロ対策ができなかったか。

[原因(弁解)]

- 安全神話/空気で言えなかった? (理由にならない。)
- 安全文化の問題。三者の建設的な切磋琢磨する関係の未確立。甘え。



社会福祉・国民生活向上に向かって三者が緊張感を持って協力するしかない。それを支援組織が支援。²³

電力会社

◆電力会社の使命、役割は何か？

- 安価で良質の電気の安定供給(平時)
- 事故の鎮圧・静定(有事)

◆そのためのコア技術は何か？

- 安価で良質の電気を安定供給するための技術、能力
- リスクを分析、評価、予測し、有事に事故を鎮圧・静定できる技術、能力

◆何が足りないか？

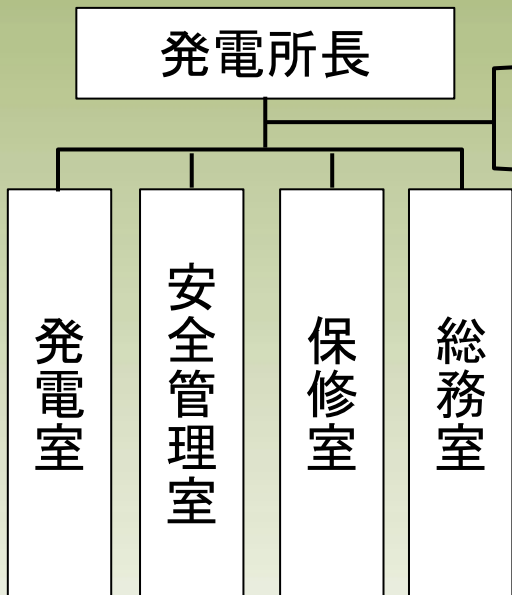
- 良質の電気を安定供給する技術、能力はあると言える。ただし、ほとんどの業務を外注しており、外注先に依存した能力と言える。
- リスクを分析、評価、予測し、有事に備えるための知識、技術が必ずしも十分でない。(リスク分析評価技術は保持しつつある。)
- 事故対応のための知識、技術、実行能力が必ずしも十分でない。
- 常に現場のリスク、弱点を探す活動を推進すること及び事故対応は外注できないので、そのための人材確保と育成が不可欠。

◆どうすればよいか？

平時の発電所運営に必要な体制と技術

発電所

発電所支援組織



プラントメーカー、工事会社、その他

保修部門の業務例

- ① 保全作業(工事)計画に関する業務
 - ア) 運転および設備修繕に関する長期計画、中長期計画、次年度計画、定検計画、大規模工事計画
 - ・ 保全方針の検討、保全目標の設定
 - ・ 機器の検査結果評価、劣化進展評価、健全性評価
 - ・ 検査、是正の必要性検討
 - ・ 実施時期、予算の検討
 - ・ その他
 - イ) 個別工事計画に関する検討
 - ・ 工事目的、機能要求
 - ・ 適用法令、官庁手続
 - ・ 設計条件、適用規格基準
 - ・ 改良設計、修理設計
 - ・ 工事期間、工事予算
 - ・ 製造、輸送、搬入、据付の計画
 - ・ その他
 - ウ) 工事実施計画に関する検討
 - ・ 工事範囲、工事内容
 - ・ 工事工程
 - ・ 工事体制
 - ・ その他
 - エ) 工事実施管理
 - ・ 工事プロセス管理、作業許可
 - ・ 現場工事計画
 - ・ 工事要領、手順
 - ・ 工具、資機材調達
 - ・ 人員配置、有資格者確保
 - ・ 入退域管理
 - ・ 被ばく低減、放射線管理
 - ・ 工事管理、監督、作業指導
 - ・ 試験、検査
 - ・ 竣工管理
 - ・ 工事記録、工事報告
- ② 保安全管理に関する業務
 - ア) 保安に関する検討
 - ・ 原子炉保安の検討
 - ・ 品質保証、品質管理の検討
 - ・ 労働安全対策の検討
 - ・ 放射線下労働安全の検討
 - ・ ヒューマンエラー防止の検討
 - ・ その他
 - イ) 設計検討管理
 - ・ 設計基盤情報
 - ・ 改造設計情報
 - ・ 改造時設計レビュー
 - ・ 保安委員会、品質保証
 - ・ その他
 - ウ) 現場管理
 - ・ プロセス中の工事管理
 - ・ 現場立海確認
 - ・ 放射線環境測定
 - ・ 現場安全確認
 - ・ 品質管理
 - ・ 立海検査、立会試験
 - ・ 特殊検査
 - ・ その他
 - エ) 人材育成に関する検討
 - ・ 教育、訓練
 - ・ 技能研修
- ③ 経済管理に関する業務
 - ア) 工事費用の見積り
 - ・ 工事工程作成
 - ・ 必要人工数の算定
 - ・ 必要技量の算定
 - ・ 工事用資機材の算定
 - ・ 管理/間接費用の算定
 - ・ 費用対効果の評価
 - ・ その他
 - イ) 契約関連手続き
 - ・ 予算確認
 - ・ 社内手続き
 - ・ 請負価格交渉、競争入札のための情報調査・整理
 - ・ 工事/作業請負契約
 - ・ その他
 - ウ) 契約実績評価
 - ・ 契約結果情報の確認、整理
 - ・ 標準人工表の作成
- ④ 対外対応に関する業務
 - ア) 対策工事計画の説明
 - ・ 国
 - ・ 自治体
 - ・ プレス
 - ・ その他
 - イ) 官庁手続
 - ・ 設置変更許可
 - ・ 工事計画認可、届出
 - ・ 定検申請
 - ・ その他
 - ウ) 官庁検査立会
 - ・ 保安検査
 - ・ 定期安全管理審査
 - ・ 国の定期検査
 - ・ 使用前検査
 - ・ 溶接検査
 - ・ その他
 - エ) 設備トラブルの説明(発生)
 - ・ 国
 - ・ 自治体
 - ・ プレス
 - ・ その他

有事の発電所運営に必要な体制と技術

発電所

緊急時対策本部

参謀

情報分析班

技術検討班

復旧班・発電班

資機材班

総務・医療・厚生班

発電所支援組織

プラントメーカー
工事会社、等

緊急支援組織

(緊急対応実行部隊派遣)

民間組織

緊急資機材保管組織

(予備設備、可搬設備等)

民間組織

緊急物資輸送組織

民間組織

自衛隊

緊急時対応要員の確保・育成

- ◆ 平時と全く異なる知識、センス、能力の人材
- ◆ 育成方法(海外での研修、実績的訓練)
- ◆ 緊急時対応組織のあり方の調査検討、構築
- ◆ 緊急時対応手順・要領の確立

プラントメーカー

◆電力会社の使命、役割は何か？

- 安全性および経済性の高いプラントを、安価に、しかも受注後迅速に建設、供給（平時）
- プラント運転開始後、アフターサービスを安価に提供（平時）
- 事故時の電力会社支援。ただし事故対応の主体になれない。なるべきでない。（有事）

◆そのためのコア技術は何か？

- プラントおよび主要機器の設計、製造・据付、試運転の技術
- 上記を支える基礎的技術全般

◆何が足りないか？

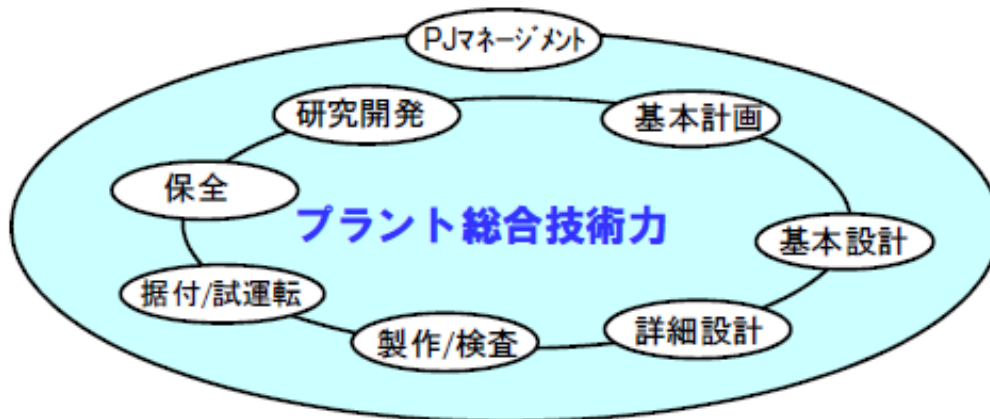
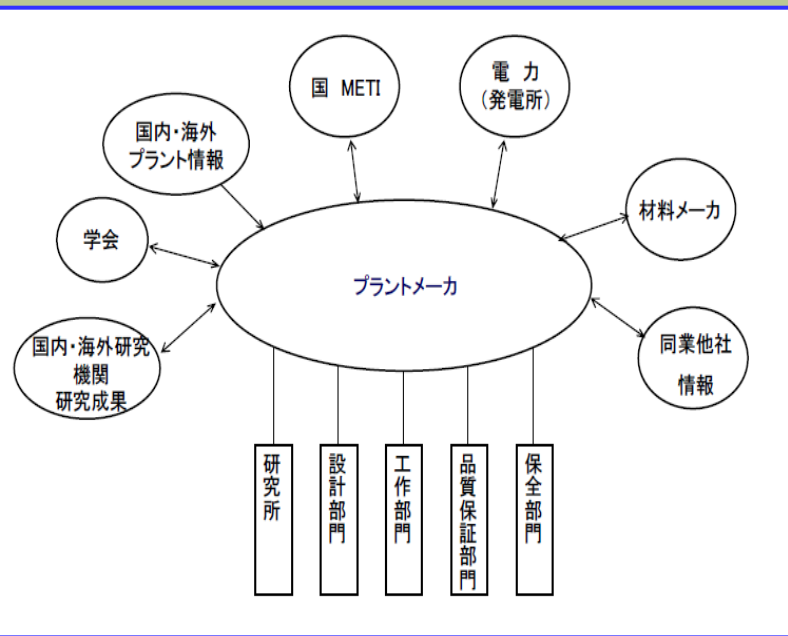
- 世界に誇る技術集団。体制陣容は十分。（次頁）
- 我国原子力界の発展を通じて社会福祉/国民生活向上を達成するため、原子力界の主役として社会的責任を果たすべき。

◆どうすればよいか？

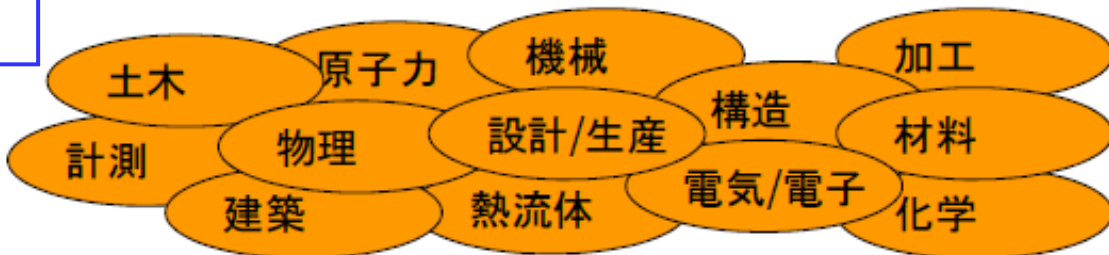
原子カプラントを支える技術体制

運転保守管理は電力会社の技術責任の範囲

原子カプラントの炉心設計、システム設計、安全評価解析、機器設備設計製造はメーカーの技術責任の範囲



3-5-13



ほぼ全ての工学分野の技術者、技術力を保有

3-5-14

原子力規制当局

◆原子力規制当局の使命、役割は何か？

- 原子力災害等から国民の生命、健康、財産や環境等を守ること
- 事業者(電力、メーカ)が規制基準を順守していることを審査及び検査で確認し、健全な事業活動を促すこと

◆そのためのコア技術は何か？

- 必要最低限の規制要求基準を策定する技術、能力(安全確保を前提に要求水準を如何に低く抑えられるか、その限界を追求するのが本分)
- 効率的効果的な規制活動(審査、検査、規制判断)を可能にする技術、能力

◆何が足りないか？

- 規制当局が抑えるべき原子力安全のポイントを重点チェックする姿勢
- 事業者(電力、メーカ)による自主的で前向きな取り組みを促す姿勢。そのための仕組みを構築すべき。
- その他(NRCの良い規制の原則)

◆どうすればよいか？

NRCの良い規制の原則 (5つの原則)

<p>独立性 (Independence)</p>	<p>最高レベルの倫理観と専門性以外の何ものも規制に影響を及ぼすべきではない。ただし、独立性は孤立を意味するものではない。認可取得者および利害関係のある市民から広く事実や意見を求める必要がある。公共の利益は多岐にわたり、互いに矛盾することもあるが、これを考慮しなければならない。全ての情報を客観的かつ公平に評価した上で最終決定を下し、その理由を明確にした上でそれを文書化しなければならない。</p>
<p>開放性 (Openness)</p>	<p>原子力規制は公共の用務であり、公的かつ誠実に取り扱われなければならない。法に定められているように、規制プロセスを市民に伝え、市民が規制プロセスに参加できる機会を設けなければならない。議会、他の政府機関、認可取得者、市民、さらには海外の原子力界と開かれたコミュニケーション・チャンネルを維持しなければならない。</p>
<p>効率性 (Efficiency)</p>	<p>米国の納税者、電気料金を支払っている消費者、認可取得者は皆、規制活動の管理・運営が実現し得る最良のものであることを求める権利がある。最高の技術力、管理能力が求められ、NRCは常にこれをゴールとして目指すものとする。規制能力を評価し、継続的に改善するための手法を確立しなければならない。規制活動は、それにより達成されるリスク低減の度合いに見合ったものであるべきである。有効な選択肢が複数ある場合は、リソースの消費が最少となる選択肢を採用すべきである。規制の判断は不必要な遅れが生じないようにすべきである。</p>
<p>明瞭性 (Clarity)</p>	<p>規制は、一貫性があり、論理的で、現実的であるべきである。規制とNRCの目標・目的との間には、明示的か暗黙裡かに係わらず、明瞭な関連性があるべきである。NRCの見解は、理解しやすく、容易に適用できるものであるべきである。</p>
<p>信頼性 (Reliability)</p>	<p>規制規則は、研究および運転経験から得られるあらゆる知識に基づいて制定されるべきである。リスクを許容可能な低いレベルに抑えるため、システム間の相互作用、技術的な不確かさ、並びに認可取得者と規制活動の多様性を考慮しなければならない。規制規則は、制定後は信頼できるもの、また、弁解できないほど変更されるものではないと受け止められるべきである。規制活動は常に文書化されている規制と完全に一致しているべきであり、原子力の運営及び計画立案プロセスの安定化を促すように、迅速、公正、かつ決然と実施されるべきものである。</p>

原子力発電事業への支援組織

◆ 支援組織の使命、役割は何か？

- 直接の被規制者ではない立場を利用して産業界や現場の問題の解決策を検討し、その成果で現場を改善すること
- 原子力産業界の弱点を補強、補完すること

◆ そのためのコア技術は何か？

◆ 何が足りないか？

- 現状の支援組織は実質的に有効に機能していない。現状では活躍できない環境があるとも言える。(外野の口出しが多い。人材不足。)
- 米国NEIは原子力界を変えるような重要で、実質的な成果を上げている。
 - ✓ NUMARC 93-01, “Industry Guideline for Monitoring the Effectiveness of Maintenance at Nuclear Power Plants” (NRC保全規則の具体的対応)
 - ✓ NEI 06-12, “Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide” (9.11テロ対策、福島事故対応)
- 米国INPOも、運転中保全管理などで実質的な成果を上げている。

◆ どうすればよいか？

- 課題：我国にどう発足・定着させるか
(具体的設置方法、トップ人事、人材集め、資金集め)

各組織の現状と対策の方向性

組織	使命/役割	行動規範	現状	対策の方向性(案)
電力会社 (設置者、事業者)	<ul style="list-style-type: none"> 安価で良質の電気を安定的に国民に提供すること その前提として安全性を確保すること 	<ul style="list-style-type: none"> 安価で良質の電気を安定供給するための創意工夫と実行(経済性の追求) 有事に即応できる能力と体制を確立 	<ul style="list-style-type: none"> 基本的に全て外注。コア技術無し 有事に対する知識、技術力、対応力とも十分とは言えない 	<ul style="list-style-type: none"> 一部直営化率による効率化を追求 専門部門設置(ソフト、実行部隊)
プラント メーカー	<ul style="list-style-type: none"> 安価で安全性/経済性の高いプラントを提供すること 上記を可能とする技術/ソフト保持、技術開発アフターサービスの提供 	<ul style="list-style-type: none"> 安価で安全性/経済性の高いプラント建設のための創意工夫と実行(経済性の追求) 原子力安全の一方(機械認識)を担っているという認識 	<ul style="list-style-type: none"> 内作による高価格? 電力会社の陰に隠れ従順。社会に貢献する発言が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> コア技術以外は外注も 社会に対して前面に立った行動
原子力 規制当局	<ul style="list-style-type: none"> 原子力災害等から国民の生命、健康、財産や環境等を守ること 事業者(電力、メーカー)が規制基準を順守していることを審査及び検査で確認し、健全な事業活動を促すこと 	<ul style="list-style-type: none"> 安全を確保するための、必要最低限の規制基準を追求、制定 効率的効果的な検査等により、事業者が間違いを犯さないように、また緊張感を以って自主的に安全上努力するように奨励 	<ul style="list-style-type: none"> ハードルを高くすることが使命と認識? 世界的に稀に見る非効率規制となっている 	<ul style="list-style-type: none"> 国際基準に基盤した国際基準の採用 NRC 5つの原則に則った行動
原子力 支援 組織	<ul style="list-style-type: none"> 直接の被規制者ではない立場を利用して産業界現場の問題の解決策を検討、その成果現場を改善すること 原子力産業界の弱点を補強、補完すること 			

全組織が共通の目標である
「人類社会の福祉と国民生活の水準向上」に向かってそれぞれの使命・役割を果たすべき。

4. 改革・改善に向けた提案

改革・改善に向けた提案

- ◆原子力の平和利用の最終目的は、「人類社会の福祉と国民生活水準の向上」
(これに反対する組織はないはず。)
- ◆上記最終目標を確認した後、それを実現するために各組織が何をすればよいか、その使命・役割、実施すべき内容等を明確にする。
- ◆各組織が円卓を囲み、それらを確認した上で、決められたことを各組織が社会に対してコミット(公約)する。
- ◆電力会社、プラントメーカーは、支援組織の独立性を重んじ、円卓会議後は人材と資金を提供するが、口出しはしない。ただし、X年毎に支援組織の評価を行い、改善要求できる仕組みとする。

我国原子力界の改革・改善方法



改革・改善のための環境作り

- ◆ 電力会社は、安全確保の第一義的責任を自覚し、自主的に安全性向上に努めることとし、取締役会が原子力安全に関する監視義務を負う。
- ◆ プラントメーカーは、安全確保の半分の責任を負っていることを自覚し、会社の経営課題(取締役会決議事項)として運転プラント及び新規プラントの安全性向上に努める。
- ◆ 規制当局は、事業者(電力、メーカー)の自主的で前向きな安全向上活動を促進するインセンティブ方策を導入し、奨励する。
自分がしっかりやらなければ、追加規制の対象となり、自主的で前向きに取り組めば、規制を軽減される仕組みを作り、事業者の取組みをモニターし、評価して、結果を公表する。
- ◆ 規制当局の方針、活動実績を評価・採点して、結果を公表する日本版OIGを設置する。
- ◆ 事業者、規制当局、支援組織、マスコミの活動、取組みを評価・採点し、国民に知らせる仕組みを構築する。

5. まとめ

- ◆原子力は諸刃の剣。うまく使えば人類社会の福祉、国民生活の向上に役立つが、一つ間違えれば自らを傷つける。
- ◆これまで人類が放棄したエネルギー、技術はない。如何にうまくコントロールして利用するかを考えるべき。
- ◆そのためにはステークホルダーが協力し、知恵を結集して対応する必要がある。

ご清聴ありがとうございました。

参考資料1

リスク学から見た福島原発事故

リスク学から見た福島原発事故

出典: 木下富雄, "リスク学から見た福島原発事故", 日本原子力学会誌「アトモス」, Vol.53, 2011, pp.465-472

リスク学から見たハード面の問題

1-①. 全電源の喪失

- * 外部からの主電源がもろい。回復が遅い。
- * 非常用と言いながら多重防護となっていない。
- * IC、RCICはなぜ機能しなかったか

1-②. 炉の欠点

- * MARK-I型BWR、弱点。事故発生時に問題が発生しやすい
- * 使用済燃料プールが高所にある管理に不適切
- * 以上の指摘があつたにもかかわらず、対応できていない。

1-③. 災害はシステムの最弱点を襲う

- * システムの機能喪失は、周辺機器の機能障害が原因。
- * 主機をつなぐインターフェース部分で相対的な弱点

1-④. 多重防護は本当に多重であつたか

- * 原子炉の放射線防護は5重の壁。今回簡単に破られた。それは5重の壁が独立でなかったため。
- * 非常用電源や使用済燃料プールはもともと壁が多重になっていなかった。(非常用電源の共通原因故障)
- * 非常用発電機の設置場所によっては、津波の他、火災、爆発などでも主要機器と共倒れになる。

1-⑤. 「想定外」の意味

- * 想定には幾つかのレベルがある
- * 外国は「最悪」の想定から始めるのが基本ルール。日本はなぜかそのような想定をしつづける。
- * ①が本来の想定外。③⑤はあつてはならないが、今回はどうか？④のトレードオフがどのような基準ないし価値観で評価されたか。非常時のコストは頻度が低いので後回しにされやすい。

リスク学から見たソフト面の問題

2-①. 構造物のレイアウトの問題

- * 非常用発電機の設置場所、格納容器内の機器内詰め込み過ぎ、使用済燃料プールの高所設置
- * リスク学や工学の分野で議論される「集中と分散」の問題。

2-②. システム全体を把握しているプロの欠如

- * システムの全体を細部に至るまで把握しているプロの欠如。
- * 大きな設計図をみて弱点を指摘できる人。山勘ではなく、長年の経験に裏打ちされたプロの勘。

2-③. 設計は一流、施工は三流？

- * 現場では原子炉の仕事に従事する作業員から「職人」が少なくなり、素人に近い作業員が増えている。
- * しっかりと専門知識を持ち、客観的な立場から公正に評価することのできる第三者評価機関が必要。

2-④. 書類上の確認と現場の実態とのズレ

- * 安全監査の第一段階は行政側の点検項目に対し事業者側が回答する書類に基づいてなされる。点検項目は膨大な数。書類が実態を表しているか。単なる「員数合せ」になってないか。
- * リスク・マネジメントは書類だけでは済まない。現場に行かないと分からない。リスク・マネージャが現場に配置されているか。

2-⑤. 事故の模擬実験の必要性

- * 日ごろの事故訓練と事故のシミュレーションが必要。
- * コンピュータによる仮想のシミュレーションだけでなく、実機を用いた実験シミュレーションが必要。

2-⑥. 閉じた系としての原子力業界と安全文化

- * 科学技術の安全に関して絶対はないという価値観が少なくとも理念レベルでは原子力業界に存在していた。ところが、今回の事故を見るとその価値観が十分に機能していなかった。

1-③ 災害はシステムの最弱点を襲う

- * システムの機能喪失は、主要機器ではなく、周辺機器の機能障害が原因。
- * 炉本体は極めて頑丈だが、それ以外のマイナーな機器、それらをつなぐインターフェース部分(配管、機器接合部等)で相対的な弱点を抱えている



- * 保全学会「津波対策評価ガイドライン」に則って原子力発電所で採用された津波対策を評価すると、炉心損傷を防止するためのシステムの最弱点が明瞭になる。
- * 現在実施中のストレステストにおいても、最弱点(クリフエッジ)が明確になるものと推測される。
- * 保全学会「津波対策評価ガイドライン」の検討で、BWRの場合、IC、RCICは炉心損傷を回避する上で極めて重要であることが分かった。特に直流電源の確保はその死命を制する。その意味で**米国のように電源喪失時でもマニュアル運転を可能とする改造等**について、またタンクへの水の補給方法等について検討する必要はないか。

1-⑤「想定外」の意味

* 想定には幾つかのレベルがある

- ①発生確率が客観的に極めて低いので想定から外す(隕石直撃)
- ②発生可能性を指摘する者が少数、学問分野全体としての見解が低確率なので想定から外す
- ③発生確率がある程度あるが、主観的に低いと見積もって想定から外す(過信、慢心)
- ④発生確率が存在するが、外部的要因とのトレードオフで想定から外す(コストがかかり過ぎ、政治的配慮)
- ⑤発生確率が存在するが、想像力や情報不足で思いがそこに至らず、想定外になってしまった(無知、不勉強、イマジネーション能力不足)

* 外国は「最悪」の想定から始めるのが基本ルール。日本はなぜかそのような想定をしたがらない。

* ①が本来の想定外。③⑤はあってはならないが、今回はどうか？④のトレードオフがどのような基準ないし価値観で評価されたか。非常時のコストは頻度が低いので後回しにされやすい。

伝えられなかった理由があるはず。それは何か。

* 津波で全交流電源喪失となり、炉心損傷に至るリスクが高いことは既に知られていた。(次頁、次々頁)なぜそれが全体へ伝わらなかったか。←安全の専門家は勿論のこと、他の原子力発電関係者も強く反省する必要がある。

* 今回の事故は、③の「想定外」ではなかったか？④も考えられる。

* 原子力安全は関係者全員で向上させていくもの。安全の専門家だけに責任を押し付けるべきでない。⇒自分の専門分野に拘ることなく、広い目を持つ必要がある。Global Standardsや最新知見に常に注視する必要がある。⁴²

安全情報の分析・評価に関する報告書*

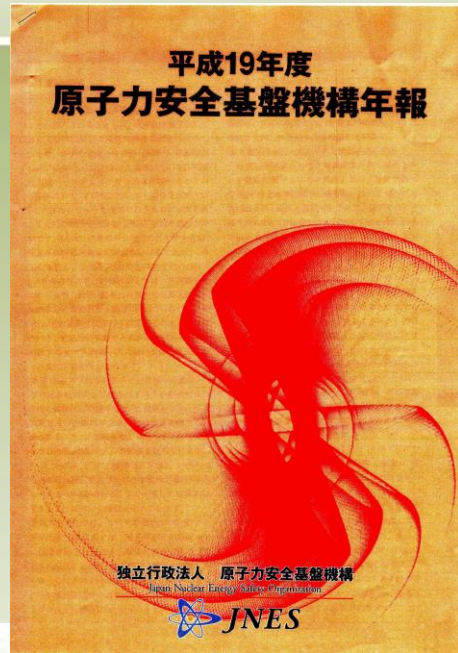
(pp.3-7~3-9)

国内外の事故・故障例のASP**評価

- * フランス ルブレイエ原発での外部溢水(洪水)1999年12月発生
 - 近くを流れるジロンド川の水位上昇で洪水発生
 - 原子炉補機冷却系ポンプモータ浸水、低圧注入系等の機能喪失、
 - 電気検討の機能喪失など
- * 上記事故から国内BWRの浸水を想定したASP評価を実施
 - 外部電源喪失、原子炉建屋最地下階の浸水、その他を仮定
 - 解析結果: **条件付き炉心損傷確率 2.4×10^{-2}**
 - 事故シナリオは、外部電源喪失、SRV開閉成功、事象発生後30分以内の外部電源復旧に失敗でSBO、HPCS-DG機能喪失、RCIC起動成功、事象発生後8時間以内の外部電源復旧に失敗で炉心損傷

平成19年度 原子力安全基盤機構年報

(page 232)



“津波遡上による全交流電源喪失が発生する
場合の炉心損傷に至るまでの事故シーケンス
を検討した例では30分から1時間程度以内の
速やかな電源復旧が行われなければ炉心損
傷に至る可能性があることが予想されまし
た。”

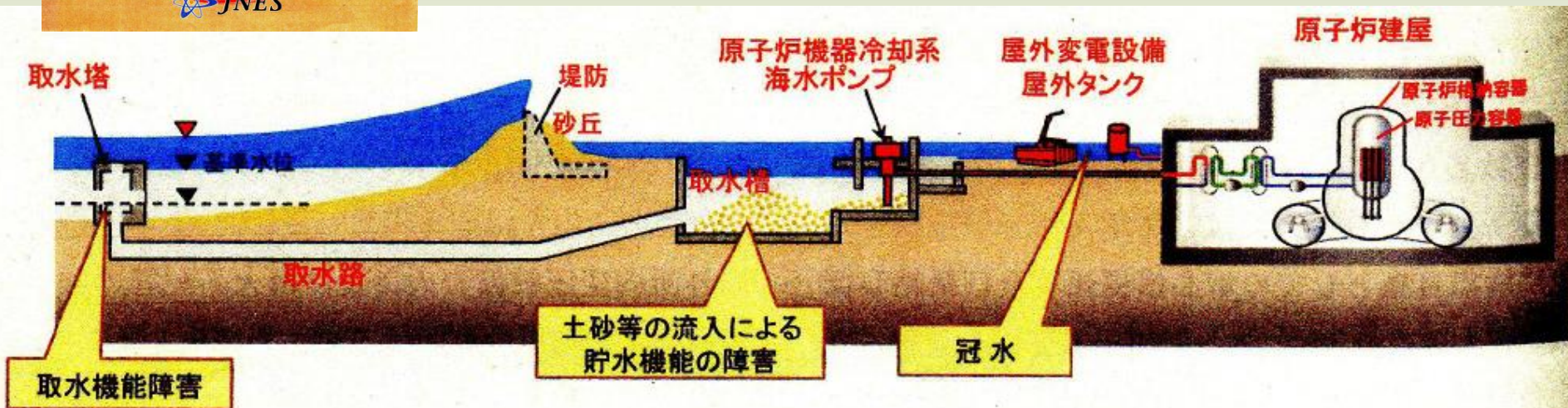


図1 津波遡上が原子炉施設へ与える影響を表す概念図

2-② システム全体を把握している プロの欠如

- * システムの全体を細部に至るまで把握しているプロの欠如。システムの各構成要素についてのプロは沢山いる。
- * 大きな設計図をみて弱点を指摘できる人。山勘ではなく、長年の経験に裏打ちされたプロの勘。「部分」の単なる集合が「全体」ではない。
- * 今回の事故は、1つの対応がどのような連鎖的結果を生むか、十分判断されていなかったのでは？ 殊に事故発生初期段階。
- * 人材養成には長期を要する。



- * 今回のような緊急事態の対応には、System Engineerが不可欠である。
- * 以前は、原子力発電所の設計、建設、試運転、運転・保守の経験を幅広く持ち、System Engineerとしての素養を持つ技術者が電力会社及びプラントメーカーに数多くいたが、近年、そのような経験がしにくい状況となっている。
- * 欧米の原子力発電所では、Component EngineerとSystem Engineerが明確に分けられ、組織内に位置付けられている。日本の原子力発電所では、System Engineerという職種が明確にされていない。敢えて言えば、運転員及び保守課員(制御)がSystem Engineerとしての素養を一部持っている。
- * 今後は、電力会社、プラントメーカー及び大学でSystem Engineerを育成することを真剣に考える必要がある。並行して、System Engineerが持つべき素養、経験とは何かを明確にし、育成計画を立案して行く必要がある。

2-④ 書類上の確認と 現場の実態とのズレ

- * 安全の監査の第一段階は、行政側の点検項目に対し、事業者側が回答する書類に基づいてなされる。点検項目は膨大な数。書類が実態を表しているか。単なる「員数合わせ」になってないか。
- * たとえば、非常用の発電車が「生きた」状態で、いつでも稼働可能かが問題。以下のような阻害要因に配慮する必要がある。
 - ①車が常に安全な場所に保管されているか
 - ②日々点検されているか
 - ③燃料は確保されているか
 - ④連続運転はどこまで可能か
 - ⑤車検や修理の時の代替車はあるか
 - ⑥運転手の確保はどうなっているか
 - ⑦道路が障害物で通行不能になった時の対策はどうなっているか
- * リスク・マネジメントは書類だけでは済まない。現場に行かないと分からない。このような点に目配りできるリスク・マネージャが現場にいるか。



- * 従来の規制は「安全確保」「安全重視」という名の下に網羅的総花的チェックを実施。これは返って真に重要な事項を不明瞭にする。
 - QMSの導入による膨大な数のチェックとエビデンス作り
 - ハインリッヒの法則を盾に軽微な不適合をも含めた網羅的撲滅対策、等
- * NRCのように、事業者とともに安全性を向上させようとするマインド、事業者の保安活動をエンカレッジする規制手法が必要。
- * 御上意識の無い、高圧的でない規制とするための具体的方法が必要。等₄₆

参考資料2

過酷事故対策について

米国の9.11同時多発テロ対策 (経緯)

- ◆ 米国NRCは、2001年9.11同時多発テロを受けて、直ちに大型の商用航空機による故意の原子力施設への攻撃の可能性とその際の物理的衝撃、環境への放射性物質の放出の可能性を解析評価。その結果、原子炉が損傷し公衆の健康と安全に影響する放射性物質放出をもたらす可能性は低いことを確認。しかし、リスクをさらに低減するための対策が必要とした。
- ◆ NRCは2002年2月25日付でEA-02-026「暫定的な防衛及びセキュリティ補償対策に関する命令」(ICM命令:非公開)を発行。本命令のB.5.b項で以下を要求。

“設計基準を超える航空機衝突の影響も含めた様々な原因による大規模火災及び爆発で施設の大部分が機能を喪失した状態でも、容易に利用可能なリソースを使用して原子炉冷却、格納容器及び使用済燃料プールの冷却機能を維持または復旧するための緩和方策を採用すること。”
- ◆ これに対し、NEIが2006年12月にNEI 06-12, “B.5.b Phase 2&3 Submittal Guideline”として作成
- ◆ B.5.bの要求事項は、2009年3月27日にNRCの規則10CFR50.54(hh)項として成文化。

B.5.bの要求概要

- ◆ NEIによるB.5.b要求事項に対する対策策定の基本的な考え方
 - 設計基準を超えたテロの脅威の潜在的な範囲は本質的に限りがない。そのため、限界シナリオを定義するのは現実的ではなく、実際的なアプローチが求められる。
 - 被害状況によっては簡単に無効にされてしまうので、新しく高価な設備を設置しても、その有用性は保証できない。
- ◆ つまり、求められるのは、新たな設備などハードの強化というより、既設または容易に利用可能なリソース(可搬式の設備や人材)を使った柔軟で現実的なアプローチである。
- ◆ 以上を踏まえ、下記の戦略が規定された。
 - ① 指揮制御・コミュニケーションの強化、緊急時対応組織の召集、初動対応
 - ② 使用済み燃料プール(SFP)への戦略(内部・外部からの補給水、スプレー)
 - ③ 原子炉と格納容器への戦略(PWRとBWR向け)

NEI 06-12の 使用済燃料プール(SFP)の戦略

- 1.多様なSFP 補給水源(内部戦略)
- 2.独立電源の柔軟な補給水源(外部戦略)
 - 1) SFP 補給能力
 - 2) SFPスプレイ機能
- 3.追加的なサイト固有のSFP補給水注入戦略
- 4.漏洩抑制の戦略

通常の冷却と補給水システムの損害を仮定。
これらの緩和方策は、損害を受ける場所の外側からの手動の操作と可搬式設備(ポンプ、ホース、直流電源供給など)の利用を想定。

NEI 06-12の 原子炉と格納容器の戦略

- PWR-1: 燃料取替え用水タンク(RWST)への給水
- PWR-2: インベントリ・ロス低減のための手動によるSG減圧
- PWR-3: タービン(またはディーゼル)駆動補助給水(AFW)ポンプの手動操作
- PWR-4: SGの手動減圧と可搬式ポンプの使用
- PWR-5: 復水貯蔵タンク(CST)／補助給水貯蔵タンク(AFWST)への給水
- PWR-6: 可搬式ポンプによる格納容器冠水
- PWR-7: 可搬式スプレイ

- BWR-1: 原子炉隔離時冷却系(RCIC)または非常用復水器(IC)の手動運転
- BWR-2: 原子炉圧力容器(RPV)の減圧及び可搬式ポンプによる注水のための直流電源
- BWR-3: 補給水注入用水および復水の利用
- BWR-4: ホットウェルへの給水
- BWR-5: 復水貯蔵タンク(CST)への給水
- BWR-6: 制御棒駆動機構(CRD)流量の最大化
- BWR-7: 原子炉冷却材浄化系(RWCU)の隔離手順
- BWR-8: 格納容器ベント配管の手動開放
- BWR-9: ドライウェルへの注水
- BWR-10: 可搬式スプレイ

通常システムと内部電源の喪失を想定。
そのような場合でも原子炉に注水し、タンクに補給し、手動で減圧し、熱除去を行い、格納容器を満水にし、外部スプレイを施す。
手動の操作と可搬式設備を利用。

日本保全学会 科学的な安全評価分科会の活動

◆活動期間：2011年6月～2012年12月

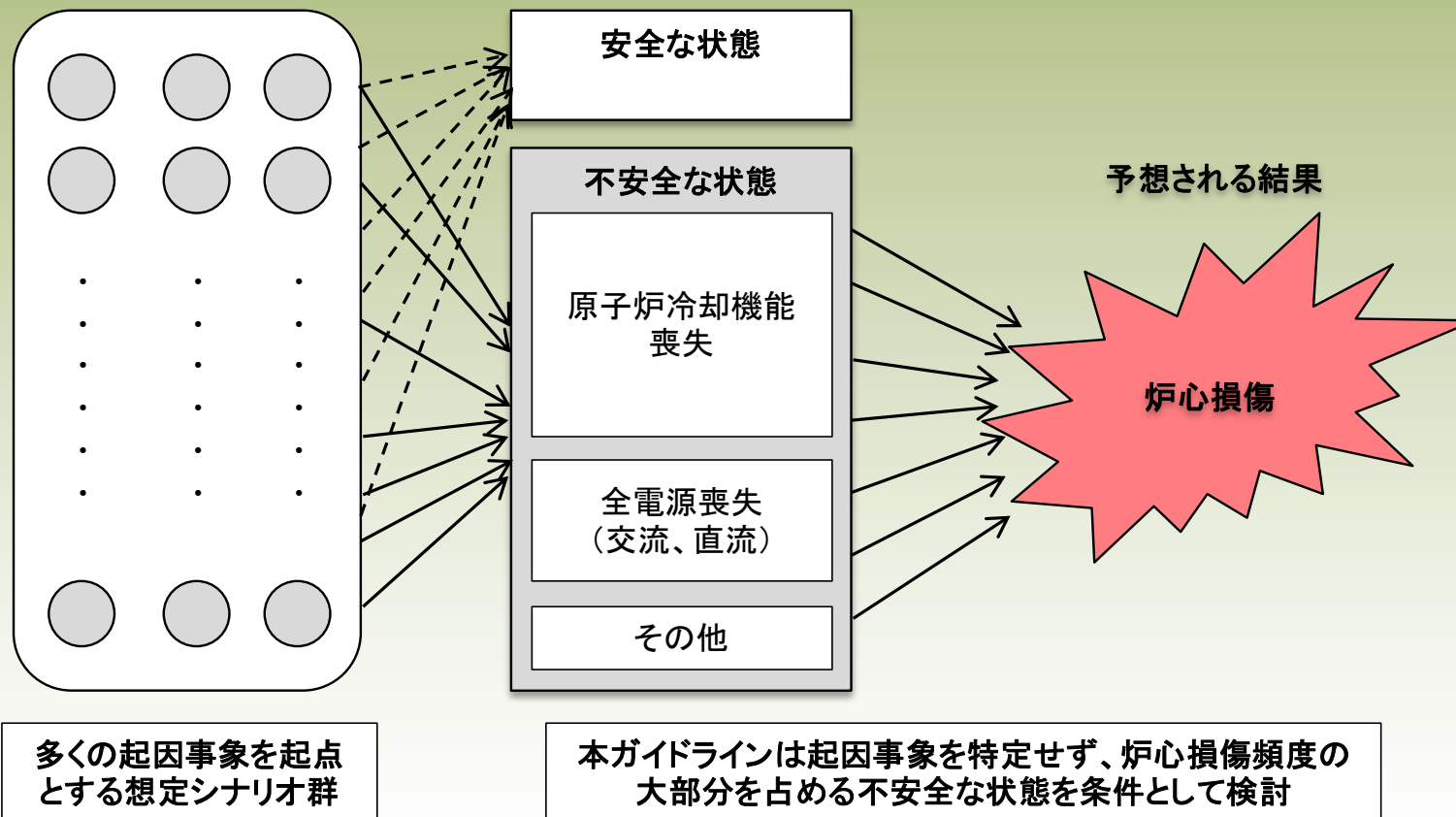
◆委員長：橋爪教授（東北大）

◆成果：津波対策評価ガイドライン
過酷事故対策評価ガイドライン

◆過酷事故対策評価ガイドラインの策定経緯

- 津波対策評価ガイドライン検討会の議論の中で津波の高さを予め設定し、それに耐えられるように備えた対策では、その設定高さを超える津波が来襲した時に対応できないとの指摘あり。
- また、航空機等によるテロはどこにどのような打撃が与えられるかを特定できず、それまでのシナリオベースの事故対策とは全く異なる対策が米国で実施された。我国においてもこのような対策が必要との指摘あり。
- 以上を考慮し、従来の起因事象を特定したシナリオベースの検討では想定外事象に対応できないと考え、これを解決する方法として起因事象を特定しないアプローチを採用することとした。

起因事象を特定しない検討アプローチ



過酷事故対策評価ガイドラインの特徴

- ① 起因事象を特定せず、内部事象(たとえば、火災、溢水など)および外部事象(たとえば、地震、津波、台風など)によって発生する**原子炉冷却機能喪失**および**全電源喪失**を想定して準備された対策の有効性、ロバスト性を評価できる。
- ② 事故発生後の時間軸に沿って変化する原子炉状態の基本的流れにタイムリーに対応し、原子炉状態の回復と冷温停止状態への移行を確保できる対策となっているかを評価できる。
- ③ 本設設備だけでなく、**可搬設備を活用**して大幅に安全性を向上させることを意図した対策の有効性、ロバスト性を評価できる。
- ④ **車の両輪である設備対策ともう一方の人間系による対策**(事故に対応する事故時対応組織の体制、構成員の能力と経験、事故時対応訓練の熟練度など)の有効性、ロバスト性を評価できる。
- ⑤ 原子炉状態やその変化の速さ、気象・環境等の悪条件なども考慮してそれに対応できる組織、対応手順となっているか、その結果として抜き打ち訓練等により事故に対応できるパフォーマンスが確認できるようになっているかを評価できる。

参考資料3 その他

米国NRCの監視システム

