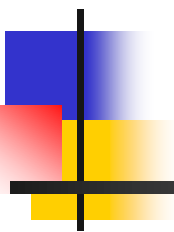
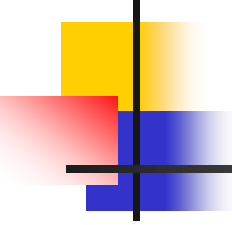


「東電福島第一事故から5年目を経て 原子力学会活動の総括と課題」

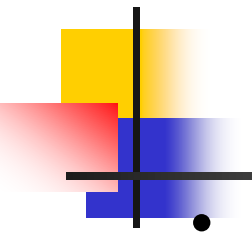
(6) 安全性向上に対する取り組み



平成28年3月26日

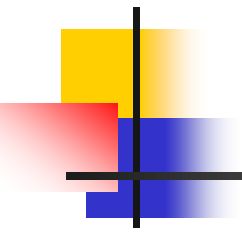


原子力安全部会



福島第一事故後の原子力安全部会の活動

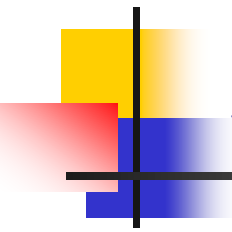
- 2012年「福島第一事故に関するセミナー」(8回)
 - 2013年3月に報告書とりまとめ
 - 2013年春の年会で報告
(以後、セミナー報告書で同定した課題を発展的に議論)
- 2013年秋の大会 「外的事象に対する深層防護」
 - 引き続き、フォローアップセミナー
- 2014年春の年会 「原子力防災の課題と取り組み」
- 2014年秋の大会 「これからの原子力安全研究の取り組み」
 - 引き続き、フォローアップセミナー
- 2015年春の大会 「原子力安全分野におけるリスク情報の活用現状と課題」
 - 引き続き、フォローアップセミナー
- 2015年秋の大会 「外的事象対策の原則と具体化」
 - 引き続き、フォローアップセミナー
- 2016年春の大会 「福島第一原子力発電所における今後のリスク要因とその防護策」



日本原子力学会安全部会

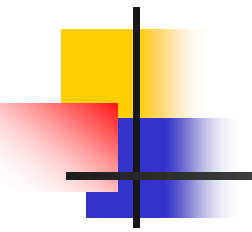
福島事故セミナー報告書(2013年3月刊行)

- 8回の公開セミナーにより、原子力安全の専門家が、公開で議論を進め、反省に基づいて、今後何をなすべきかを具体的に提言
 - 福島事故の当事者であるからこそ、できる深い議論
 - 複雑なシステムにおける安全を確保するために全体俯瞰が必要
 - 専門技術間の抜けがシステムの弱点をもたらし、事故の起点となりうる
- 事実の分析を行い、それに基づいて安全確保のための課題を整理
 - 福島第一1～4号機の事象を各種事故調査報告書も踏まえて、詳細に分析
 - シビアアクシデントに至った福島第一1～3号機と、5・6号機、福島第二、女川、東海第二の各発電所での状況を比較し、事象進展を分けた要因を分析
 - 避難等の緊急防護措置、飲食物等の早期防護措置、長期的防護措置への移行等の、防災対策を分析



日本原子力学会安全部会 福島事故セミナー報告書(2013年3月刊行)

- 副題: 何が悪かったのか、今後何をなすべきか
 1. はじめに
 2. 「福島第一事故に関するセミナー」の開催経緯と主要用語の説明
 3. 福島第一原子力発電所の安全設計の要点
 4. 東北地方太平洋沖地震によって生じた津波と津波想定に関わる経緯
 5. 福島第一原子力発電所における事故の概要
 6. 福島第一原子力発電所以外の発電所で起きた事象の概要
 7. 事故で明らかになった課題
 8. まとめ
 9. おわりに



自然現象に対する防護の課題 深層防護の観点から

福島からの教訓

- 複数の機器等に対する共通原因故障を引き起こしうる
 - 発生頻度は低いが、大きな被害を招くクリフエッジがある
- 自然現象に対する防護レベル設定の困難さ
 - シビアアクシデント対応のシナリオを網羅することは困難
 - 可搬式設備などで柔軟性、融通性をもった対応が効果的
 - 高度な判断力が必要
- シビアアクシデント時のアクシデントマネジメント策
実施上の困難さ
 - 高い放射線レベルでの作業性
 - 制御室の居住性

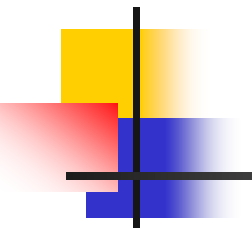
深層防護における設計とマネジメント

- 設計における「相反性」
 - いわゆるフェイルセーフ設計についての再考
 - 非常用復水器(IC)は直流電源喪失で自動閉
 - 格納容器ベント系統は閉じることが優先
- シビアアクシデント時におけるアクシデントマネジメントの実効性
 - AM設備の操作性、アクセス性、実効性に大きな課題
 - WWベント弁の手動開操作
 - 外部からの注水繋ぎこみ先へのアクセス
 - ラプチャディスクがWWベントを阻害
 - オンサイト・オフサイトの多様なアクシデントマネジメント策

外的誘因とアクシデントマネジメントの実効性

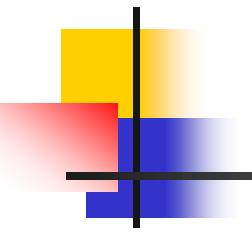
- 外的誘因事象（地震、津波）とシビアアクシデントで起きる事象（水素爆発等）が現場対応を阻害
- 隣接号機に影響されての事象も発生
 - 重大な事故の同時発生による混乱
 - AMで予定していた電源融通が実施できず
 - 隣接号機で起きた水素爆発がAM実施を阻害
 - 3号機炉心で発生した水素が4号機に漏洩して爆発

これらはいずれも、AM整備時に見落とされた、あるいは十分には考慮されなかった問題



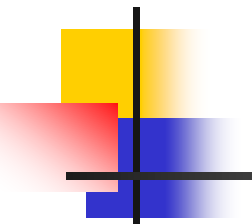
更田委員のご発言より

- 先ず、genericなメッセージという点では、最も、規制委員会として打ち出さなければならないのは、必ずしも数字に意味を持たせることでは決していない。
- やはり、**残存リスク、言い換えれば安全目標ですけど、あらゆる対策を講じてもお残るリスクについての考え方をしっかり持つこと、最後の砦の設計**というのは、おのずとそこから逆算される部分もあるだろうと思う。
- その与えるべきgenericなコンセプトを考えるには、私たちは安全目標の議論をしなければならない。ただ、安全目標の議論、各国のプラクティスを見るとそれぞれの考え方があり、規制委員会も発足して3か月、なかなか議論がまとまっていない。**先ずは、安全目標の議論をしなければならない。それに対し、コンセンサスが生まれなければいけない。**
- ご理解いただけたらと思うが、大変難しい。
- **安全目標、安全文化どちらもそれに対して規制委員会が責務を持っている。**
- **コミュニケーションの問題も含めて、拙速を避けたいと考えている。**



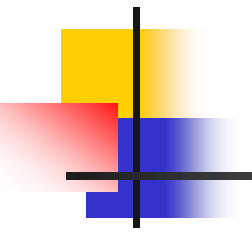
参加者からのご指摘例

- 阿部先生のお話の中に、産学官の協力と規制の独立の話があったが、この辺の微妙さをきちんと書けるのは原子力学会だけではないか。
- 今、規制側と、メーカーや事業者が、全部談合してやっているという具合に、何か非常な純粋さを求められて独立性が問われている所があるが、実際にはポンプの設計、ポンプがいかに運転されるかも分からずに、ポンプの官庁検査などできない。更に、実際に発電所がどのような体制で、運転員がどのようなモチベーションで動いているかということの理解なくして、本当の安全性が担保されるわけではないと思う。例えばノーリターンルールとか、非常に純粋さを保つような形で進められる方向性が今は出ていて、私はこれが本当の意味で安全性を担保することにはならないと思っている。
- その所の微妙さを上手く書き分けて、なあなあではなくやっていこうという形で書けるのが、実は原子力学会の事故調レポート位ではないかと思う。そういった意味で、その辺りの記述を充実させて頂けるとありがたい。



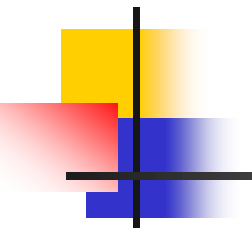
更田委員のご発言より

- 福島閣僚会議が先週末にあり、世界各国の規制機関の方がいらっしゃって、米国、フランスの規制のトップレベルの方に訪問して頂いてお話したときに、私たちの悩みでもあって、と言っていたのが、今ご質問のあった所で、**規制当局というのは独立でなくてはいいけないが、孤立してはいいけない。**
- しかも**安全性が確保されたり向上したりするのは現場であり、規制はそれを監視できるだけであって、実際に安全を守るのは現場で、現場の知識抜きに安全を語るなどということはありません。**従って当然規制当局と産業界はきわめて密接に意見交換であるとか情報交換ができなければいいけない。
- ただ一方で、国会事故調の報告書でも指摘されたが、規制当局は産業界の虜であった。これは数年前当時まだ大統領候補であったオバマ氏が、NRCのコミッショナーはcaptiveだったと言ったのをそのまま日本語にしたことを前の規制当局も指摘されたのだけれども、そういうご指摘がありまた世論が非常に厳しい目で見ている段階では、やはりまだ手探りで仕組みを作ろうとしている段階だと思う。
- **透明性は確保しなければならないが、今の状況ですつといいとは思っていない。**やはり申請者と事業者出の間での良い意味での接点が少なすぎる。これは徐々に回復、改善していかなければいいけない。
- ただその時の透明性の担保の仕方については慎重に考えているので、お時間を下さいという答えにはなってしまう。接点の重要性は産業界も感じているだろうし、我々もあるいはそれ以上に感じている部分がある。



安全部会報告書 第8章「まとめ」

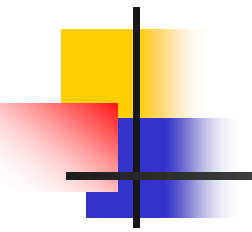
1. 深層防護による安全確保
2. シビアアクシデント対策とその実効性確保
3. 原子力防災
4. 今後の安全研究
5. 原子力安全規制のあり方
6. 原子力安全の多様な局面・場面に共通する
コミュニケーションの課題
7. 学術団体とアカデミアの責務



2014年春の年会

「原子力防災の課題と取り組み」

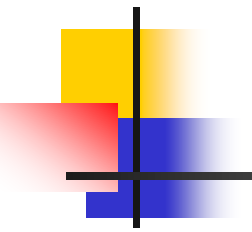
- 福島第一セミナー(2012年)における提言
 - ✓ 国際基準の考え方に沿った緊急防護措置の実施
 - ✓ 緊急時管理における時間軸に応じた責任の明確化
 - ✓ 段階的な指揮命令系統や役割分担の重要性 など
- 2014年春の年会講演内容および解説記事
 - ✓ 国際基準と福島第一事故の教訓
 - ✓ 新しい原子力災害対策指針の背景(IAEA安全要件GS-R-2等)
 - ✓ 国(規制庁)および地方自治体(鳥取県)から、原子力防災の取り組みについて講演



2014年秋の大会

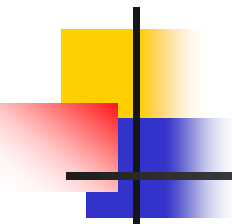
「これからの原子力安全研究の取り組み」

- 潜在的な危険に繋がる現象を探索・特定し、問題提起する研究
- 安全性向上を目指す研究に対するユーザー(国、事業者)によるガバナンス
- 「研究に期待し成果を要求する規制者」と「規制への反映を意識した研究者」との強い相互作用
- 「やりたい研究」から「やるべき研究」へ、そのための評価軸としてのリスク情報の整備
- 産業界と規制の情報共有
- 研究開発に関する基礎的基盤の重要性
- 国際的な協調のもとでの研究開発
- 軽水炉安全技術・人材ロードマップ
 - ✓ 福島第一事故の教訓を踏まえた継続的安全性向上、廃炉や国際貢献のための原子力技術・人材の必要性



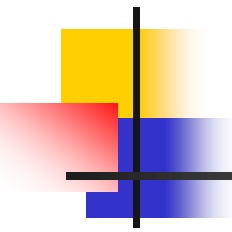
2015年春の年会「原子力安全分野におけるリスク情報の活用現状と課題」

- 規制機関および産業界におけるリスク情報の活用に関する取り組みの現状を改めて概観
- 今後のリスク情報活用に係る論点を整理し、検討
 - ✓ PRAによる規制基準の体系的理解と、あるべき体系の議論
 - ✓ 規制の要求事項と事業者による自主的安全性向上におけるリスク情報の活用
 - ✓ 低頻度高影響事象とPRA
 - ✓ PRA等のリスク情報を活用した意思決定
 - ✓ リスク情報の活用における能力とその育成



規制におけるリスク情報活用の現状と課題

- 「PRAの限界を見極めながら、PRAの結果だけでなく、考え方を反映」という現段階における認識
 - ✓ リスクの大きさと制御可能性に応じたリソースの投入(グレーデッドアプローチ)の方針
- 新規規制基準における炉心損傷、格納容器破損に至る可能性がある事故シーケンスの設定
 - ✓ 過去に実施されたPRAの経験の活用
 - ✓ 個別プラントに対するPRA実施の要求
- 安全性向上評価におけるリスク情報の活用
- 今後の課題
 - 安全重要度分類(e.g.,重大事故対応のための設備、耐震重要度分類との整合性)
 - 継続的な規制改善に必要な手法(費用便益分析など)の開発
 - 重大事故対応のための設備の許容待機除外時間(AOT)設定
 - わが国の実情にあったリスク情報を活用した規制の実現 など

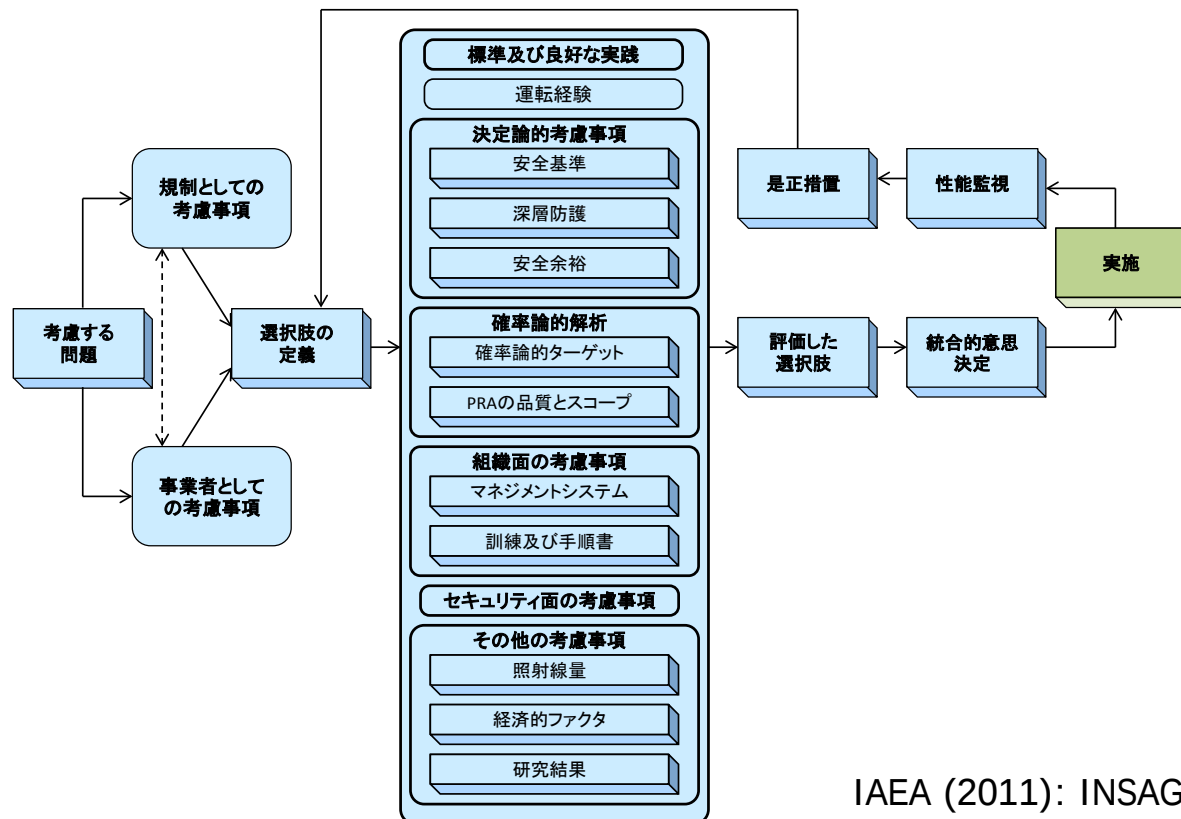


事業者の継続的安全性向上におけるリスク情報の活用

- 新規制基準に対する対応のみならず、自主的・継続的に安全性を向上させる取組みの必要性に対する事業者の認識
 - ✓ 総合資源エネルギー調査会の原子力の自主的安全性向上に関するWG「原子力の自主的・継続的な安全性向上に向けた提言」(2014)
- 各事業者の取組み
 - ✓ リスクガバナンスの枠組みのもとでのリスクマネジメントの実施など
- 電中研 原子力リスク研究センター(NRRC)の取組み
 - ✓ PRA等リスク評価の方法論の確立のための一元的研究開発
 - ✓ PRA手法の高度化(外的事象、重大事故対策、レベル3など)

リスク情報を用いた総合的意思決定プロセスの実現に向けた課題

- 安全性向上、定期検査管理、保全、規制等におけるリスク情報活用
- 外的事象リスク評価の結果の活用
- PDCAによる継続的改善
- 適時性・迅速性とインセンティブ（ディスインセンティブの除去）



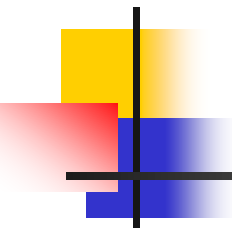
2015年秋の大会

「外的事象対策の原則と具体化」

- 事故の誘因となる事象の分類

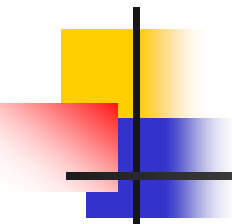
分類		例
外的事象	自然事象	地震（地震動・地盤変状等）、津波、洪水（高潮、河川氾濫等）、火山（火山灰、火砕流等）、強風・飛来物（台風、竜巻）、高温／低温、積雪など
	人為事象	事故的航空機落下／意図的航空機衝突、外的火災（航空機落下、森林*1、工場）、サイバーテロなど
内的事象		施設内溢水（浸水）、施設内火災、タービンミサイルなど

- わが国の原子力施設は、地震などの過酷な自然環境下にあり、一般の構造物と同様、**外的事象が事故の主要な誘因であること**を免れない。



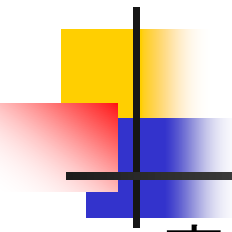
外的事象に対する「深層防護」

- IAEA基本安全原則SF-1における「深層防護」
 - ✓ 多くの連続かつ**独立の複数のレベルの防護**を組み合わせることで実装される
- 外的事象では、深層防護を支える**設備の共通原因故障**により、レベル間の**完全な独立性は成立しない**。
- **耐震設計は、設計基準を超える地震動に対しての深層防護の成立を保証するものではない**
- 設計基準を超えてどこまでのハザードを想定し対策すべきか？
 - ✓ フランスでは、設計基準を上回る外的事象に対処する方策として、“Hardened Safety Core”と呼ばれる対策を追加要求
 - ✓ 一方、IAEA SSG-30では、シビアアクシデントを含むDEC時の影響緩和機器の安全カテゴリはDBA対応のSSCsより重要度が低い



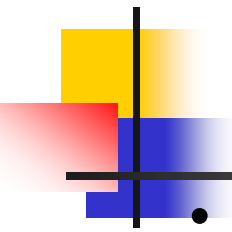
我が国における規制基準における外的事象に対する要求の現状

- 新規規制基準の策定以前
 - ✓ 地震に対する「残余のリスク(＝残存リスク)」の考慮を除いては想定されず
 - ✓ 深層防護の考え方も十分には適用されず
 - ✓ 設計基準を超える地震動発生の可能性への対策
 - 免震重要棟の一部発電所への導入のみ
- 新規規制基準における地震・津波・航空機落下対策
 - ✓ 特定重要事故等対処施設に基準地震動を一定程度超える地震動に対して頑健性を高めることを要求
 - ✓ 既往最大を上回るレベルの津波を「基準津波」として策定するように強化
 - ✓ 地震動・津波とも確率論的ハザード評価の結果を参照することを要求
 - ✓ 航空機落下については、旧保安院策定の「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準」を引き続き適用



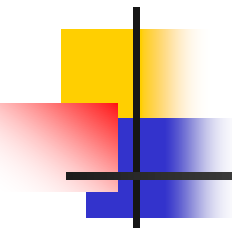
我が国における規制基準における外的事象に対する取り組みの例（浜岡4号炉）

- 事故シーケンス選定
 - ✓ 重大事故対策に期待しないレベル1PRA（内的事象（ランダム故障）、地震、津波）
- 基準津波の策定
 - ✓ 津波発生要因に関する調査（既往津波に関する調査、敷地および敷地周辺の津波堆積物調査、各種最新知見に関する調査）
 - ✓ 震源のパラメータを含めた各種の不確実さを考慮した基準津波高さの設定
- 津波への対策
 - ✓ 防波壁、取水槽周囲の溢水防止柵、防水構造の建屋内の緊急時海水取水ポンプ、防水扉の水密化・二重化、可搬型（モバイル）重大事故等対処設備 など



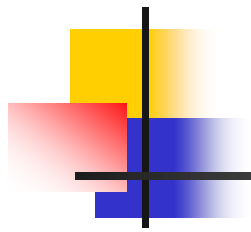
外的事象対策の原則となる考え方

- 外的事象対策の網羅性
- 外的事象に対する深層防護
 - ✓ リスク論と整合した深層防護
 - ✓ 要求性能と設計・設計基準
 - ✓ 設計基準を超える事態への対応
 - ✓ 深層防護概念の拡張
- 外的事象対策における多様性の役割
 - ✓ 個々の設備だけでなく、プラント全体の機能へ着目する必要性
- リスク評価とリスク情報の活用
 - ✓ 複数の誘因事象による荷重の効果の重畳
 - ✓ 予測の不確実さと説明性・透明性
 - ✓ 継続的改善の重要性
- 地域の安全と原子力発電所の安全性
 - ✓ 地震や津波は広域で被害が同時発生
 - ✓ 多くの関係者の取組みとその統合の必要性



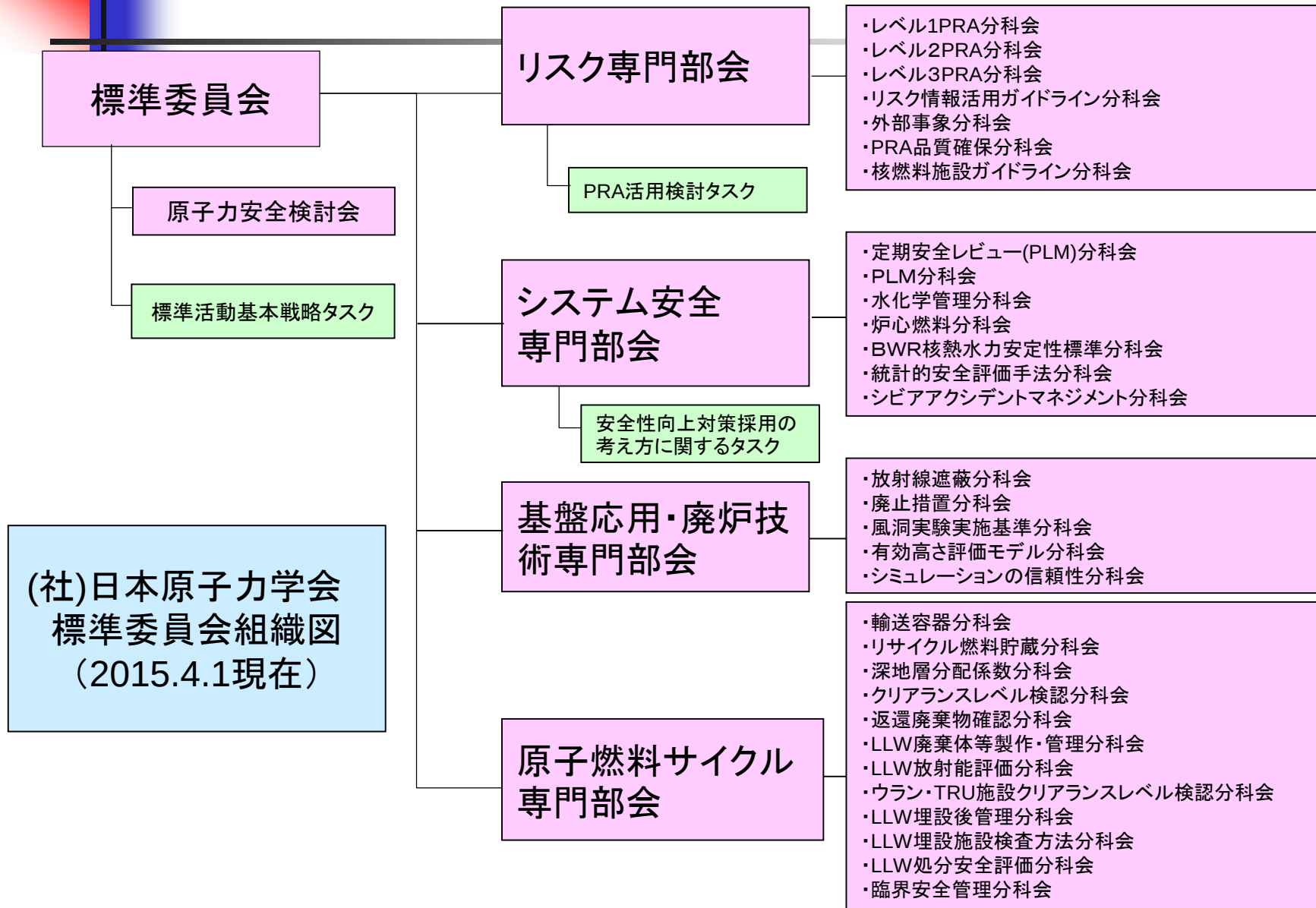
まとめ(原子力安全部会)

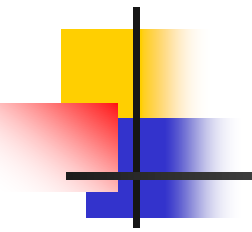
- 2012年に8回にわたって「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー」を開催
- 2013年3月には、議論の結果をまとめたセミナー報告書を発刊し、学会事故調の基盤を形成
 - 外的事象対策、リスク情報活用、安全研究、原子力防災等の検討課題を同定
- その後の春の年会、秋の大会で「原子力安全部会企画セッション」を設けて、これらの論点を提示
 - 後日、これらの論点について「フォローアップセミナー」を開催
- これらの取組みの目的
 - 事業者、メーカー、研究機関、規制行政、推進行政等の様々な立場の考え方の共通点と相違点について現状を認識
 - 学術界の立場から、将来の目指すべき方向性を議論・発信



標準委員会

標準の策定体制





原子力安全検討会

1. 設立趣旨

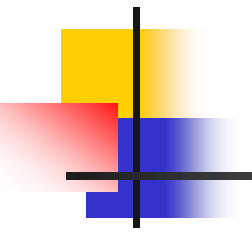
福島第一原子力発電所の事故を教訓を踏まえた標準策定に資するため、原子力安全の基本的な考え方について、もう一度原点に立ち返り検討する。そのために標準委員会の直結タスクとして「原子力安全検討会」を設置する。

2. 活動項目

原子力安全の原点に立ち返り、公正、公平の立場で、今後の標準策定に資するため、原子力安全の基本原則などを検討する。

3. 設立

平成23年9月



標準活動基本戦略検討タスク

1. 設立趣旨

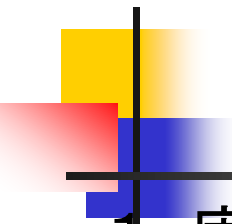
標準委員会運営内規第2条に定める標準委員会の任務が円滑かつ活発に遂行されるように、「標準活動基本戦略タスク」を設置する。

2. 活動項目

標準委員会及び専門部会の活動について、運営の側面から標準委員会事務局と協力して支援する。具体的には、標準策定活動計画案の検討、国内外関係組織との意見交換、運営上の品質向上などについて支援する。

3. 設立

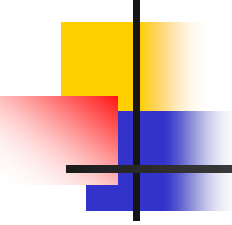
平成26年3月



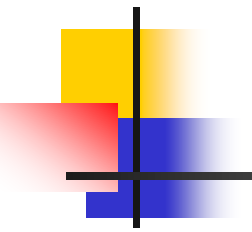
原子力規制委員会との対話

1. 実施日時 平成27年2月12日(木)11:30～12:20
〔 第56回原子力規制委員会 議題4 学協会との今後の
学協会規格策定に関する意見交換について 〕
2. 学協会からの出席者 3学協会委員長
3. 配布資料:学協会規格・基準など標準策定活動の意義と 今後の取り組みについて
4. 議事要旨
配布資料に沿って、学協会規格策定活動の意義、学協会規格と国の規則基準とのあり方について説明した後、学協会規格の品質向上、規制庁職員の参画などについて踏み込んだ意見交換を実施。
5. 今後も継続的に意見交換を行うことで合意

(注)3学協会:日本機械学会、日本原子力学会及び日本電気協会²⁹

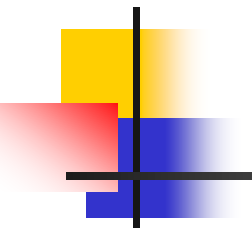


2-1-(2)新たに策定した標準等について



新たに策定した標準等について

- 原子力学会標準委員会は、1999年の設置以来、17年間で62を数える標準を発行してきている。
- しかし、2011年3月の福島第一原子力発電所の過酷事故を未然に防げなかったことを深く反省し、震災後は福島第一事故を踏まえた安全性向上に資する標準策定に注力してきた。
- 4専門部会において震災後の標準策定活動の方向性と実績、そして将来の計画について述べる。



リスク専門部会

- 福島第一事故の要因であった津波については、震災直後に分科会を組織し、2011年12月には津波PRA実施基準2011を制定した。加えて評価例をまとめた技術レポートを別冊で発行し将来の評価例の充実に備えた。
- 続いて地震起因の事象のPRAを重点的に標準化することとし、地震PRA標準改定、津波PRA標準の地震重畳への拡張に取り組んだ。数多くある外的事象をプラントへの影響に着目し相応しいリスク評価手法を選定する標準も策定した。
- さらに、放射性物質放出を評価する「レベル2PRA標準」、環境影響リスクを評価する「レベル3PRA標準」も最新知見の反映を行い改定。PRAピアレビューなどのPRAの品質確保に重要な実施事項を規定した「PRA品質確保標準」を新たに制定。
- そして地震に起因する様々な複合事象、さらにマルチユニットリスク、使用済み燃料プールリスク評価などへ、PRA(確率論的リスク評価)手法の拡張を図っていく。

リスク専門部会

2013-2014

2015

2016

2017-2018

将来

内的
事象

L1 PRA

定例改訂

L2PRA

定例改訂

既存PRA標準の充実

L3PRA

定例改訂

停止時PRA

定例改訂

停止時L2

外的
事象

地震 PRA

停止時 L1 地震へ

外的事象 L2,L3
PRAへの拡張

運転中 L2,L3 地震へ

国際的に通用
する PRA 標
準へ

津波PRA

運転中 L2,L3 津波へ

運転中 L1地震考慮の津波へ

停止時 L1 津波

内部溢水 PRA

運転中 L1 地震起因内部溢水

複合事象への拡張

停止時 L1内部溢水

内部火災 PRA

運転中 L1 地震起因内部火災

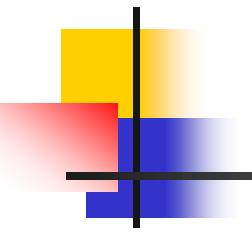
停止時 L1内部火災

外的事象リスク評価
選定

Phase 1

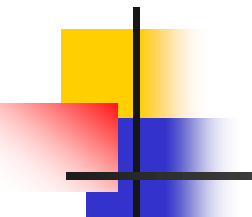
Phase 2

Phase 3



システム安全専門部会

- マネジメント、システム全体、材料、燃料、水化学の視点から多面的に原子力発電所の安全性向上を捉えた標準の策定を行ってきた。福島第一事故を踏まえて、次の展開を行っている。
- 定期安全レビュー(PSR)が実効的に機能していなかったとの反省から、将来の継続的な安全確保・向上を実現するための「PSR(プロアクティブセーフティレビュー)プラス指針」を新規に策定した。
- 高経年化対策実施にかかる「PLM標準」の追補を毎年発行し最新知見の反映を的確に行い高経年化対策の向上に貢献している。
- シビアアクシデントマネジメント(SAM)の整備と維持向上のための、設備改造、手順書作成、組織整備、教育訓練に至る幅広い要件を規定した「SAM標準」を策定した。
- 炉心及び燃料が果たすべき安全上の役割について改めて確認し、技術レポート「炉心及び燃料の安全設計の考え方」を発行した。
- 今後は、炉心・燃料の安全評価にかかる標準の取り扱いを検討する。



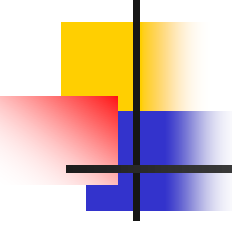
基盤応用・廃炉技術専門部会 原子燃料サイクル専門部会

基盤応用・廃炉技術専門部会

- 従来からの共通基盤技術(測定, 解析, 評価)と廃止措置の標準策定を行っている。専門部会名も合わせて、基盤・応用技術専門部会から改定した。
- 特に福島第一事故後に複数の原子力発電所が廃炉を決めたことも踏まえて、「廃止措置の実施」の標準を2014年に、「廃止措置時の耐震安全の考え方」を2013年に発行したことは原子力発電所の包絡的な安全を確保することから重要である。
- 解析コードのV&V(検証及び妥当性確認)の標準「シミュレーションの信頼性確保に関するガイドライン」も制定している。

原子燃料サイクル専門部会

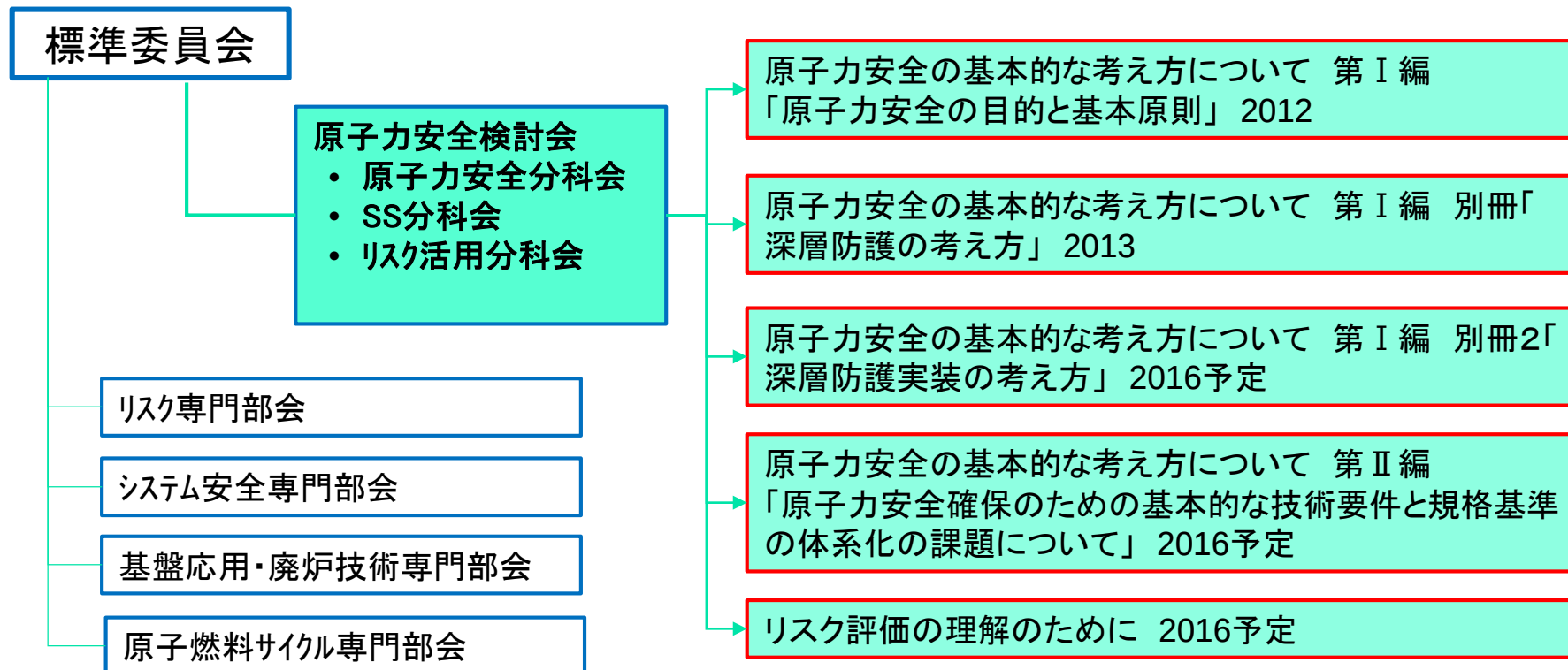
- 原子燃料施設, 廃棄物施設, および核物質輸送にかかる標準を今まで策定してきており, 原子力施設全体の安全確保に大きな寄与をしている。
- 対象としては、輸送・貯蔵容器、埋設施設、再処理施設などであり、内容としては、検査、安全設計、安全評価、製作方法、管理、と広範な活動となっている。

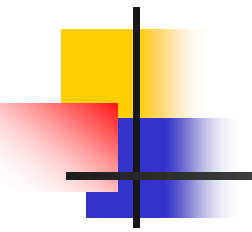


2-2 標準委員会安全検討会における活動

原子力安全検討会における活動

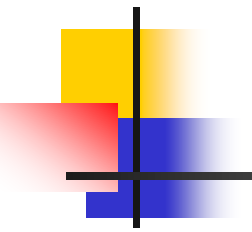
原子力安全検討会は、2011年に標準委員会の傘下に設置した。原子力安全にかかる基本的な考え方を体系的に分析整理し、成果を技術レポートとして発行することで、将来の学会標準、ひいては他学協会の規格の開発・策定に供する活動を行っている。





原子力安全の基本的な考え方について 第Ⅰ編「原子力安全の目的と基本原則」 2012

- 原子力安全の基本的な目的は、人と環境を、原子力の施設と活動に起因する放射線の有害な影響から防護することである
- 原子力安全の目的を達成するための安全基本原則は何か？
 - 安全を守る組織・システム、そして責任
 - 原子力利用に価値があるがゆえ、リスク受容
 - あらゆる方策をもって人と環境を防護
- 原子力に携わる者を始めとする、原子力の施設とそれに係る活動に携わる人々が理解すべき、施設と活動をつかさどる基本的考え方
- 「原子力安全の目的と基本原則」は、原子力安全を確保するための行動の規範ともなりうるものである。システムや設備の設計・運転につながる原則だけでなく、安全を最優先とする組織文化、すなわち原子力に携わる全ての者の行動、思考、意思決定などの基礎となる「安全文化」の浸透において重要な役割を担うものとなることを期待している。
- 国際的な考え方であるIAEAの基本安全原則 (Fundamental Safety Principles) SF-1の内容と調和し、福島第一原子力発電所事故を経験した我が国が、その教訓を反映し、今後の原子力安全の確保のために基本となる原則であることを目指した



原子力安全の目的を確実に達成する10原則

原則 1 安全に対する責務

放射線リスクを生じる施設と活動, あるいは放射線被ばくを低減させる活動に係わる個人又は組織は, 安全に対する全ての責務を果たさなければならない。

原則 2 政府の役割

政府は, 独立した規制機関を含む安全のための実効的な法令上及び行政上の枠組みを定め, 維持しなければならない。

原則 3 規制機関の役割

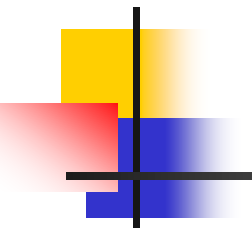
国民の負託を受けた規制機関は, 放射線リスクから人の健康と環境を保護するため, 施設と活動に関して合理的な規制の戦略並びにそれに基づく枠組みを定め, 実行しなければならない。

原則 4 安全に対するリーダーシップとマネジメント

放射線リスクに関係する組織並びに放射線リスクを生じる施設と活動においては, 安全に対する効果的なリーダーシップとマネジメントを確立し, 維持しなければならない。

原則 5 安全文化の醸成

放射線リスクを生じる施設に係る活動に責任を負う全ての組織及び個人は, 安全を最優先とする行動とその相互の連携した働きができるよう, 強固で浸透した安全文化を醸成させなければならない。



原子力安全の目的を確実に達成する10原則

原則6: 原子力の施設と活動の正当性の説明

原子力の施設とそれに係る活動に伴うリスクは、その活動が生み出す便益を下回っていないなければならない。

原則7: 人及び環境へのリスク抑制とその継続的取り組み

原子力の施設と活動に起因するリスクを社会から受容される範囲に制限するとともに、リスク抑制の取り組みが継続的になされなければならない。

原則8: 事故の発生防止と影響緩和

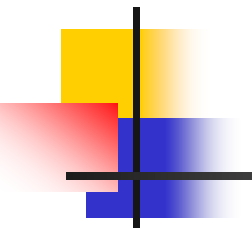
原子力事故、放射線事故の発生防止及び影響緩和のために、実行可能なあらゆる努力を払わなければならない。

原則9: 緊急時の準備と対応

原子力又は放射線の異常事象に係わる緊急事態に備えて、社会基盤や公的機関が被る複合的な影響も考慮した緊急時の計画と対応の取り決めを行い、それらが確実に機能するように準備しなければならない。

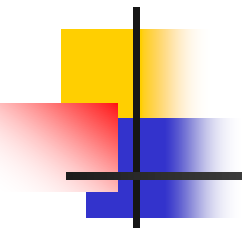
原則10: 現存する放射線リスク又は規制されていない放射線リスクの低減のための防護措置

現存する放射線リスク又は規制されていない放射線リスクの低減のための防護措置は、その措置が理に適っていることかつ最も効率よく実行可能であることを示す必要がある。



原子力安全の基本的な考え方について 第Ⅰ編 別冊「 深層防護の考え方」 2013

- 福島第一原子力発電所事故の最大の背景要因として、深層防護の実践に不足があったこと。新規規制基準の根幹にリスクと深層防護の概念が導入されている。
- しかし、深層防護の概念は論理的で簡明である一方、その適用性が広く多様であるが故に、多重に層を設けることだけに注目してしまうなど、深層防護の正しい理解が不足している。また、深層防護は基本概念であり、それだけでは安全性向上には効かない。
- そこで深層防護に関する理解と洞察をもち、安全確保対策に取り組めるように深層防護の共通的认识と論点をまとめた。
- 深層防護の具体化に重要な点は、何が防護の対象で、防ぐべきハザードは何か、望ましくない状態は何か、を明らかにすること。そして、深層防護を用いて安全向上を図る際にリスク評価、リスクマネジメントを徹底すること。

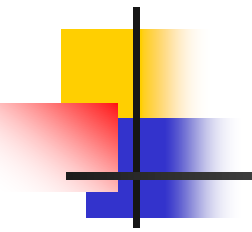


原子力安全の基本的な考え方について 第Ⅰ編 別冊「 深層防護の考え方」 2013

原子力安全のための深層防護とは？

- 人と環境に影響を与えるまでの諸現象や対策やその対策の効果には不確かさが存在するため、**一つの対策のみでは完璧な対策とはなり得ない**。
- 事前には充分と思われた対策でも思いがけない理由で失敗するかもしれないという不確かさの影響を考慮して、別の対策、次の防護レベルの対策と繰り返すことにより、人と環境に対する一連の防護策全体の実効性を高めることが必要。
- 一つの対策では防げないという**不確かさを考慮**して、放射線リスクから人と環境を護るための**防護策全体の実効性(成功確率)を高める**ために適用

- 深層防護の概念に基づく方策は必ずしも設備や機器などのハードウェアに留まらず、組織や人の力量に係るマネジメントなどのソフトウェアや安全文化に基づいた行動規範など多様なものが含まれる
- 深層防護の概念は必ずしも固定されたものではなく、時代とともに深化させている。



原子力安全の基本的な考え方について 第Ⅰ編 別冊「 深層防護の考え方」 2013

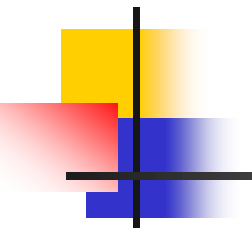
防護レベル設定の考え方

- 各防護レベルの**信頼性**: 可能な限りの知見を駆使して対策をとっておくことにより、各防護レベルの防護策の信頼性を高める。それには、確保たる安全文化、適切な保守性、品質保証、立地、製造、建設、運転、さらには体制も含めた総合的な対応が前提。
- 各防護レベルの**独立性**: 異なる防護レベルが、各々独立して有効に機能すること。ある防護レベルが他の防護レベルの機能失敗によって従属的に機能失敗することがないことを含め、各防護レベルが**独立な効果**を発揮するように設計を行うことが必要。これには想定外があることを考慮して、ハードウェア設計だけに頼らずマネジメントによる対策も有効。しかし、これは**相互に無関係に考えられるべきということ、ではない**。
- 防護レベルの**バランス**: 防護策全体の性能を高めるために各レベルの防護策がバランスよく講じられ、ある**レベルの防護策に負担が集中しない**ことが重要。

原子力安全の基本的な考え方について 第 I 編 別冊 「深層防護の考え方」 2013

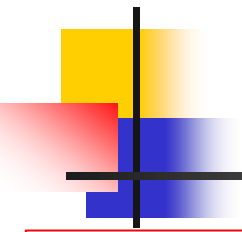
IAEAの深層防護の防護レベル(INSAG-10)

	防護レベル	目的	目的達成に不可欠な手段
プラントの 当初設計	レベル 1	異常運転や故障の防止	保守的設計及び建設・運転における高い品質
	レベル 2	異常運転の制御及び故障の検知	制御, 制限及び防護系, 並びにその他のサーベランス特性
	レベル 3	設計基準内への事故の制御	工学的安全施設及び事故時手順
設計基準外	レベル 4	事故の進展防止及びシビアアクシデントの影響緩和を含む, 過酷なプラント状態の制御	補完的手段及び格納容器の防護を含めたアクシデントマネジメント
緊急時 計画	レベル 5	放射性物質の大規模な放出による放射線影響の緩和	サイト外の緊急時対応



原子力安全の基本的な考え方について 第 I 編 別冊2「深層防護実装の考え方」 2016予定

- 第 I 編別冊「深層防護の考え方」に続き、深層防護の適切な実装についての考える投げ方と論点をまとめた。
- さまざまな実地的な問題に答えるべく、2回のWS、3回のTMを開催して議論と考察を深めた。
- 本書が対象とする人々は、原子力安全に関心を持つ全ての人々である。特に、設計、運転、規制に携わる人々を対象としている。
- 2回のワークショップ及び3回のトピカルミーティングを経て、得られた、深層防護の適切な実装に関する考え方、論点、その解決の方向性などを述べた。
- 深層防護の「実装」に関して、統一的な形を求めることは、本質的な議論にはつながらない。深層防護が原子力プラントの安全性向上に実質的に寄与するために、「深層防護のどのような実装が原子力安全を達成するために有効であるか」に答える必要がある。



原子力安全の基本的な考え方について 第Ⅰ編

別冊2「深層防護実装の考え方」 2016予定

実装の方針

- 複数の防護の目的(防護レベル、守るべきもの)を設定
- 防護の目的を達成するため(防護レベルを突破されないため)の防止策と緩和策を設定
- 異なった防護レベル間の防止策・緩和策は独立性を有するように設定

総体としての有効性評価 (抜粋)

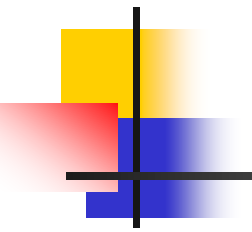
- PRAを実施し、全ての事故シーケンスについて、深層防護により安全目的が達成されていることを確認する
- あるシーケンスに着目したとき、深層防護レベルの数が少なくても、それぞれのサブ目的(安全目標を達成するための防護策、例:CV内閉じ込め)を達成する策の信頼度が十分に高ければ、同様にそのシーケンスに対する深層防護の有効性は高くなる。

防護レベルの適切さの評価 (抜粋)

- 各防護レベルの独立性:まったく異なる取り組みが有効

バックキャストの視点から考えること (抜粋)

- 護るものにより異なる各防護レベルの役割
- 被害を与える工学システムには関心があるが、被害を受ける社会に関心がない。



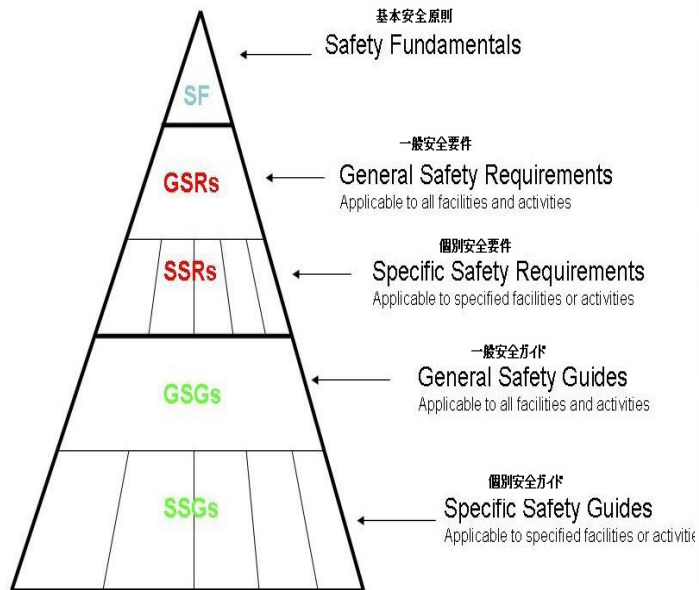
原子力安全の基本的な考え方について 第Ⅱ編

「原子力安全確保のための基本的な技術要件と規格基準の体系化の課題について」 2016予定

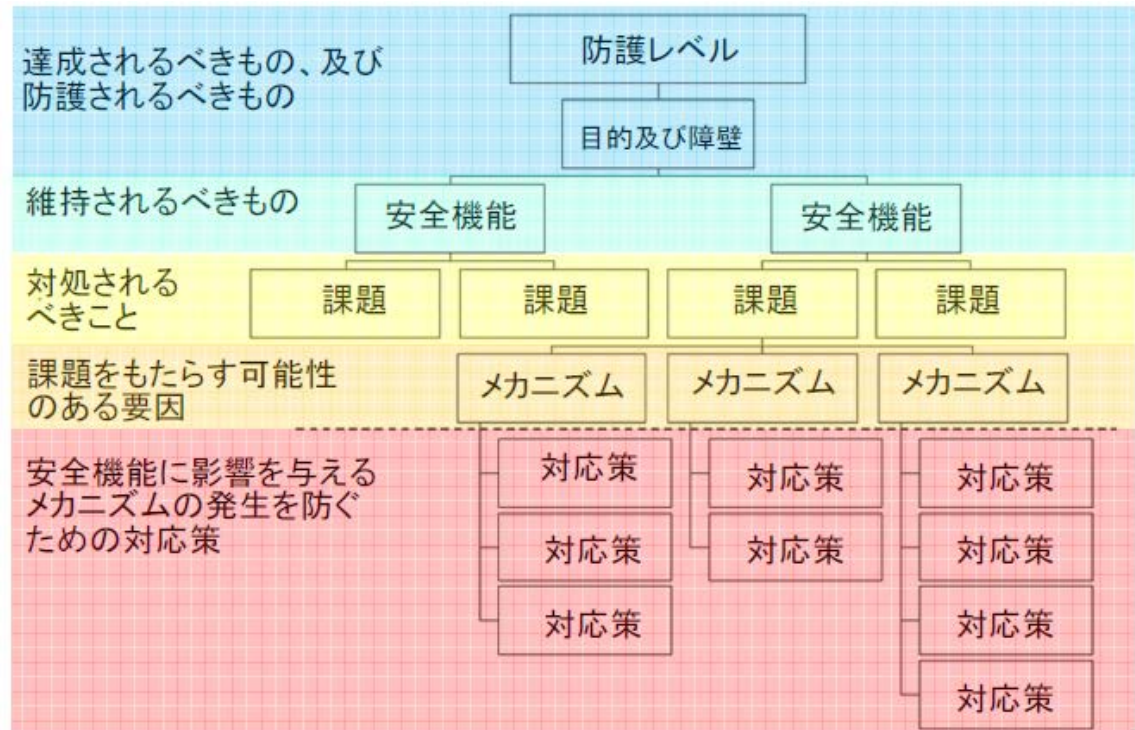
- 第Ⅰ編の原子力安全の基本原則を原子力発電プラントの安全性向上に役立てるためには、基本原則を具現化するための技術要件を検討することが必要。そこで基本原則から具体的な対応策までを展開し、この検討の成果を活かし、原子力学会として今後、策定・整備していくべき「規格基準の体系化」について検討した。
- IAEA SRS No.46におけるオブジェクティブ・ツリーを用いた。これで得た「対応策（provisions）」をプラントに対する技術的な要求、すなわち、技術要件のエッセンスだと捉え、IAEA SSR-2/1及び2/2の要件と対応させた。
- 福島第一事故の教訓を反映し、オブジェクティブ・ツリーに追記し、SSR-2/1及び2/2への反映事項とした。SSR-2/1へは、設備対策関係で最終ヒートシンク喪失、建屋水素爆発の対策、長時間の全電源喪失を考慮したパラメータ監視方策や制御室の居住環境条件を確保した制御能力の維持、緊急時コントロールセンター（緊急時対策所）の自然災害／原子力緊急事態が発生した場合の機能維持の方策や外部電源系統の耐震性向上など。SSR-2/2へは、想定を超える事象に対する備え、テロ攻撃、複数のユニット事象、長時間に及ぶ事故対応体制などの対応策、放射線防護面を含めAMの対応力、適用べき手順書の柔軟性の確保など。

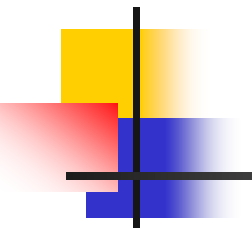
原子力安全の基本的な考え方について 第Ⅱ編 「原子力安全確保のための基本的な技術要件と規格基準の体系化の課題について」 2016予定

IAEAにおける安全基準体系



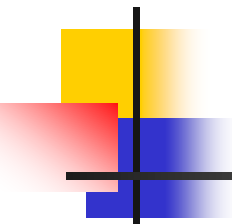
オブジェクトツリーの概念





リスク評価の理解のために 2016予定

- 従来からAM策検討や安全目標制定、リスク情報活用への試みなどリスク評価は検討されてきたが、福島第一原子力発電所事故後、リスクの重要性、あるいはリスク活用の意義と必要性は高まっている。リスク活用の実践には関わる広い分野の人々がリスクへの理解を容易に深められる入門書が要る、と考えた。
- 原子力安全検討会リスク活用分科会において、2年かけて判り易い入門書を作成。
- 本報告書は、原子力施設の安全確保に係わり、PRAの利用に関心があるが、これまではなじみがなかったという技術者を主たる対象として、PRAの方法と予想される活用の可能性について基本的事項を解説。ベテランにもその知識を確認する上で役立つ。また、PRAの有用性については懐疑的な意見もあるので、最後の章にはPRAに対する一般的な疑問・批判について説明。



リスク評価の理解のために 2016予定

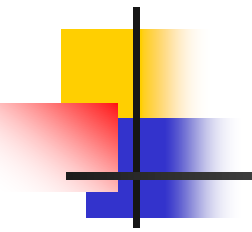
構成

第2章：安全を確保するための方法としてのリスクマネジメントの考え方。リスクの定義。

第3章：原子力発電所に対するリスク評価の基本的な方法。特に地震リスク評価方法。

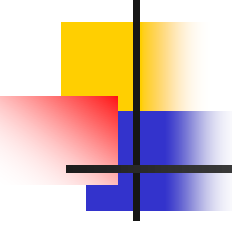
第4章：安全確保のために発生しうる事故シナリオを把握し強化すべき対策を検討するというリスク情報活用方法と、施設の通常的安全確保活動を合理的に計画するためのツールとしての多様な利用方法についても説明。

第5章：リスク情報の活用を進める上での課題として、特に重要である深層防護や安全目標との関係について検討する。さらにリスク評価についての疑問や批判の中から、不確実さの問題、考慮されていない事項の問題などについて基本的な考え方を説明。



今後の原子力安全検討会の取り組み

- 震災後、数多くの技術レポートを発行し、原子力安全の基本的な考え方や具体的な取り組みへの展開、さらに規格基準体系にまで含めた議論が出来る基礎資料を提供してきた。
- 規格基準体系化が、原子力学会のみならず機械学会、電気協会などの規格策定時の優先順位や位置づけ、目的などに重要な情報や考え方を提供。
- 再処理施設の原子力安全の基本的考え方の整理を行う。
- 地震安全の基本原則の検討を、開始することを計画中。
- 技術レポートの発行だけでなく、講習会やシンポジウムなどの実施により、数多くの関係者との意見交換を活発化したい。



2-3 標準委員会・システム安全専門部会・安全性向上対策採用の考え方に関するタスク



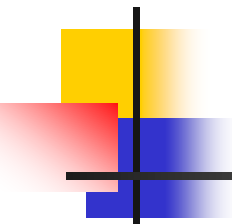
安全性向上対策採用の考え方に関するタスク設立の経緯、目的、背景(1/2)

■ 経緯

- 3学協会及び標準タスクの活動により、システム安全専門部会が制定すべき標準として提示された。
- 学会規格化の方向性を議論するためのタスクを設置することとなった。
- 自主的安全性向上およびバックフィットにおける意思決定の考え方を整理する。
- 確率論的評価(Cost/Benefit計算)と決定論的評価(深層防護や安全余裕など)を総合的に考慮することになると考えられる。
- 具体的な事例(米国のSBO、FV、英国のALARP 指針のEPRやAP-1000への適用事例)を調査する。

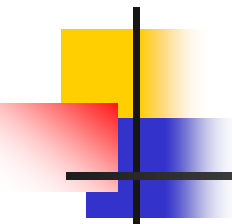
■ 目的

- 安全性向上対策採用の考え方に関する国内外の具体論を勉強しつつ、安全性向上対策採用の考え方に係る学協会規格化の方向性を取り纏める。
- 定義Definition、目的Objective、原則Principleなどの基本的考え方にとどまらず、可能な限り実施手順Implementation Guideを目指す。



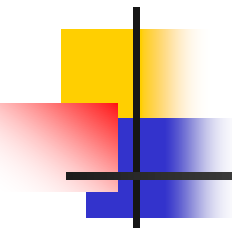
安全性向上対策採用の考え方に関するタスク設立の経緯、目的、背景(2/2)

- バックフィット制度の導入(原子炉等規制法第43条の3の23)
 - 規制当局の強制力を伴う
- 安全性の向上のための評価(原子炉等規制法第43条の3の29)
 - 事業者の自主的な安全性向上、規制当局には届出
- 経済産業省資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会 自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ(2014.9)
- 日本原子力学会 安全対策高度化技術検討特別専門委員会
 - 軽水炉安全技術・人材ロードマップ



「安全性向上対策採用の考え方に関する タスク報告書」の目次

1. はじめに
2. 自主的安全性向上と国のバックフィット
3. 総合的、俯瞰的な安全性向上のための意思決定の考え方
4. 海外の原子力発電所における安全性向上対策採用の考え方の事例
5. 安全性向上対策の採用に係る意思決定プロセスの在り方と課題
6. 安全性向上の対応策を講じる際の意思決定の実施手順の提案(例示)
7. まとめ



統合的な安全性向上対策の検討手法の概要

- 決定論的評価、確率論的評価、並びに優れた工学的慣行、運転実績や管理措置を考慮に入れて、一貫性がありバランスの取れた選択をする。
- 具体的な手順として、課題の明確化、判断基準の明確化、リスク重要度の評価、続いて詳細評価、有効性評価、関係者間の合意、安全性向上対策の優先度決定を行う必要がある。
- ただし、リスク重要度の詳細評価等をするまでもなく決定論的考察のみで判断できる場合もある。

2016年春の大会 標準委員会セッション3
(システム安全専門部会とリスク専門部会の合同セッション)

原子力プラントの継続的な安全性向上対策採用の考え方(その3)

2016年3月28日(月)13:00～14:30 P会場 東北大学 川内キャンパス

座長: 東京大学 関村 直人

(1)継続的な安全性向上のあり方について

東京大学 越塚 誠一

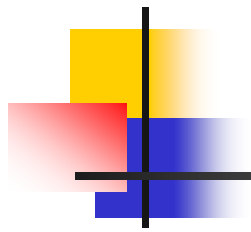
(2)継続的な安全性向上対策採用の考え方の報告書の概要

原安進 河井 忠比古

(3)総合討論

東京大学 関村 直人

パネラー:(東大)越塚 誠一、(JAEA)中村 武彦、
(関西電力)成宮 祥介、(長岡技術科学大学)鈴木 雅秀



HMS研究部会

主な活動

◇部会夏期セミナー

2日間程度

毎年7月あるいは8月に開催

◇「安全・安心のための管理技術と社会環境」ワークショップ

社会・環境部会，日本品質管理学会，等と共催

H19年から

◇東京電力福島第一原子力発電所事故に対するHMS研究部会事故調査検討小委員会

2012.9 設置，委員会16回開催

最終報告書をH27.9にまとめる

ヒューマンファクターの観点からの福島第一原子力発電所
事故の調査，検討

部会Webページにて公開

<http://www.aesj.or.jp/~hms/report/fukushima.html>

2015秋の大会での企画セッションで概要報告

部会 夏期セミナー

近年のセミナーテーマ

- H23年度： 高信頼化組織とその実践
- H24年度： 危機管理とインタフェース
- H25年度： HMS工学者と組織・社会学者のコラボレーション
- H26年度： 意思決定プロセスとしてのリスクコミュニケーション
—原子力の未来に向けて—
- H27年度： 原子力施設の廃炉・廃止とヒューマン・マシン・システム

「安全・安心のための管理技術と社会環境」 ワークショップ

- 第 1回 : H19.3.8 品質マネジメント, ヒューマンファクター,
社会技術 (総論)
- :
- 第 9回 : H23.3.8 手順書・マニュアル
- 第10回 : H23.9.14 ヒヤリ・ハットと危険予知
- 第11回 : H24.3.12 安全の確保と信頼・理解の醸成 (総論)
- 第12回 : H24.10.13 エネルギー問題に関する国民的議論
- 第13回 : H25.3.16 レジリエントな組織はQMSで作れるのか
- 第14回 : H25.10.12 柳田邦男氏とともに「福島事故」を考える
- 第15回 : H26.12.23 行政による規制と事業者による自律的マネジメント
- 第16回 : H27.12.25 事故調査の社会的役割と進め方

東京電力(株)福島第一原子力発電所事故 調査検討小委員会

1. 目的, 検討方法

各種報告書で指摘されている事項を含めた問題点をHFの視点から検討

- HF：安全性を確保するための人間側からの要因

方法：公開の文書，報告書，データを参照

対象とした項目

- 1, 2号機の運転員のプラント状態把握状況とCRMの観点からの検討
 - 1号機水素爆発発生まで
- 発電所所員の行動
 - 1号機非常用復水器（IC）の動作状態の認識
 - 3号機代替注水
- 教育・訓練での課題
- 情報伝達・情報共有における問題と対策
- 組織の事故対応能力
- 原子炉運転操作および現場作業面からみた円滑な事故対応を阻害した要因および改善案

2. 1, 2号機の運転員のプラント状態把握状況とCRMの観点からの検討

CRMの視点からの事故対応の考察（1/2）

- CRM訓練：利用可能なあらゆるリソースを有効活用して最適な意思決定を行い，チームの能力を最大限発揮することを目指す。
- CRMの視点からの考察結果
 - ✓ 地震発生直後の火災警報の鳴動に際してのリセット操作や，原子炉温度降下率を考慮して手順に従った操作：状況認識スキルと意志決定スキルの発揮
 - ✓ SBOの原因が直ちには認識できなかった：状況認識支援設備の必要性を示唆
 - ✓ 当直長は冷温停止に向けての不明点や不具合点を所長に報告：CRMで強調されている必要なタイミングでの必要な情報の報告を実践
 - ✓ 所長は3.11夕方に代替注水の検討を指示：レジリエントに最善の方策を模索，チームワークスキルにより作業の準備を展開

CRMの視点からの事故対応の考察（2/2）

- ✓ 18:25のIC 3A弁閉止操作が対策本部に適切に伝わらなかった：情報が錯綜する中での優先順位付け（ワークロード・マネジメント・スキル）の問題（本部ではIC作動状況に関心が向きつつあった）
- ✓ バッテリーによる1, 2号機の監視機能の一部復活：利用可能なすべてのリソースを有効利用するCRMの発想に合致
- ✓ ベントと注水作業の必要性の認識：意志決定スキル, ワークロード・マネジメント・スキルの発揮（無電源で炉内圧力を得る仕組みの必要性を示唆）
- ✓ 放射線量上昇の中でのPCVベントのための要員人選と具体的手順の確認：ワークロード・マネジメント・スキルとチームワーク・スキルの発揮
- ✓ 3.11朝に内閣総理大臣が1Fに到着：CRMの視点では望ましくない出来事
- ✓ 海水注入準備作業：リーダーシップとフォロワーシップの発揮が認められる

3. 発電所所員の行動のHFの視点からの検討（1/2）

『1号機IC作動状態誤認』とされる問題について

- IC動作状態を確認する手段を失った中央制御室では、16時44分ICベント管からの蒸気量に関する情報からIC作動状態に疑問を持ち、18時過ぎ“正常に機能していない”と判断した。
- 津波直後、ICが作動していないことを仮定して対応をすすめた発電所対策本部は、18時21分「ICラインナップを完了し注入開始」以降、ICの作動を思わせる情報が重なったことから、ICは機能回復したと思い込む。

3. 発電所所員の行動のHFの視点からの検討（2/2）

『3号機代替注水不手際』とされる問題について

- 原子炉水位不明となった12日20時36分以降も、以下のような理由により、HPCIによる注水を継続した。単に手順書に従うのではなく、手順書に記載された内容の実現性を吟味しながら、可能な限り原子炉への注水を継続するべく行動した。
 - ✓ 消火系の水源となるろ過水タンクからタービン建屋までの配管で亀裂・漏水
 - ✓ D/DFPへの燃料移送系が電源断で使えず、人力での燃料運搬（頻回）が必要
 - ✓ 一方、HPCIは耐震設計クラスAで、安定して作動している
- 13日2時40分前後の行動については、通信手段がない中、HPCI破損による放射性物質漏出を回避するためのやむを得ない行動と言える。
 -

4. 教育・訓練（1/2）

1F事故前の教育・訓練への規制の要求：シミュレータを用いた事故時対応の教育・訓練が必須。民間指針には全交流電源喪失、炉心損傷事故の必要性も記載。

従来の教育・訓練の問題点

- 1Fで発生した事象に対する基本的な教育・訓練は実施していたが、長時間SBOや炉心溶融に至る過酷事象を想定したシミュレータ訓練は実施していなかった。
- 政府事故調では縦割り組織の問題点が指摘され、委員長所感として『自分の目でみて自分の頭で考え、判断・行動する』能力の涵養の重要性が指摘された。
- メンバーやチーム間のコミュニケーションの拙さも指摘されている。
- これほど過酷な状況を想定した教育・訓練は行われていなかった。
- 事故時運転手順書では、シビアアクシデント時でも長時間の電源喪失を想定しておらず、実効性に欠けていた。

4. 教育・訓練（2/2）

事故後の教育・訓練の改善の取組

- BTC, NTCでは1F事故を踏まえた教育・訓練の改善に取り組んでいる。

例：BTCでの「福島第一事故振り返り・対策実践訓練」

- 電力会社でも，長時間SBO訓練が可能なシミュレータ設備の改修や教育・訓練プログラムの改善が行われており，CRM訓練の導入や長期SBOに対応した手順書の見直しが実施されている。

今後の教育・訓練に関する方向性

- 1F事故の教訓に対応した提言を取り入れた改善。

5. 情報伝達・情報共有における問題と対策（1/2）

中央制御室と発電所対策本部間の情報共有（2グループ間の情報共有）

- 1号機ICについて、中操運転員の状況理解が対策本部と十分には共有されていなかった。
- 東京電力による対策：a. 状態の視覚的で容易な把握， b. 対策本部と中操に同一のテンプレートの準備， c. 情報変更毎の連絡， d. 習熟訓練
- 追加対策：情報更新時の連絡忘れへの対策や重要性を考慮した項目の絞り込みが必要。

中央制御室における情報共有（作業グループ内の情報共有）

- 1号機中操内で、SBO直前の操作状況が共有できていなかった。
← 操作盤のような外部記憶が利用できない場合には記憶の失敗が起こりえる。
- 対策：系統図やテンプレートの利用。

5. 情報伝達・情報共有における問題と対策（2/2）

発電所対策本部における指示命令（命令者と被命令者の情報共有）

- 役割細分化のために、所長の消防車による注水の検討の指示が、各機能班・グループにて自らの所掌とすぐには認識されなかった。
- 対策：タスクの内容，配分，実施の状況をホワイトボード等の上に視覚化する。

対応策の検討における留意点

- 現場における有効性や実行可能性の具体的な検討と評価が不可欠。
- 現場のタスク実施を妨げないことが重要。
→ 情報共有に関わるタスクは可能な限り対策本部側に配分する。

6. 組織の事故対応能力の分析

分析方法：成功事例と失敗事例を，対応能力の個人レベル，組織レベル，外部対応に関連つけて分析し課題を抽出した。

分析に用いた手法：1. レジリエンスエンジニアリング（RE），2. 高信頼性組織（HRO），3. リスクリテラシー（RL）

分析結果例（RLの観点）： **緑ゴチック：** 良好事例， **赤イタリック：** 失敗事例

事故対応能力の考察

- 平時：組織としての学習（フィードバック）システムの確立
- 有事：現場判断を優先する（命令違反を許容する）システムの確立
- リスク認識の誤謬をなくすためには，想定外対応を統合した安全思想の再構築が望まれる。

リスク リテラシー	平時			有事			
	解析力			伝達力		実践力	
	収集力	理解力	予測力	ネットワーク 力(情報発信)	コミュニケーション 力(影響力)	対応力(今ある 危機対応)	応用力 (抜本対策)
個人	・津波被害事例	・津波被害のリスク認識	・電源喪失のリスク認識	—	—	・海水注入継続判断	・緊急時訓練
組織	現場 ・事故例収集： 貞観津波	・地震・津波 PSA実施による 影響範囲評価	・事故の大きさ の認識	・現場の情報 共有	・指揮系統(現場) ・免震棟での一元化 ・中操-緊対室 連絡	・免震棟を緊対 室として活用 ・消防車有効活用 ・淡水・海水注入 ・ベント操作	・指揮系統 ・津波対策 ・AM対策 ・被害の拡大防止
	管理 部門 ・事故例収集： 貞観津波、 JNES津波PSA、 ルプレイエ・マド ラス炉浸水	・津波被害のリスク 誤認識	・電源喪失の リスク誤認識	・本店/現場 の情報共有	・TV会議システム (2Fも) ・本店-現場の 指揮系統の乱れ		・免震棟設置 ・消防車配備 ・教育/訓練システム 見直し
外部対応 (官邸、等)	・海外テロ対策 事例収集：米 国 ・9.11テロ- B.5b重要性 誤認識	・事故の重要性 分類 ・地震・津波 リスク誤認識	・外部事象の 重要性 ・インフラ被害 リスク誤認識		・メディア、地方 自治体、海外広 報 ・官邸/本店/現 場の指揮系統の 乱れ	・初期対応の遅 れ ・政府指揮系統	・メーカ・協力企業・ 外部の支援 ・抜本対策：組織改 革(規制/電力) ・保険制度見直し

7. 原子炉運転操作および現場作業面からみた 円滑な事故対応を阻害した要因および改善案

分析範囲

- 1Fの1～3号機：SBO後の原子炉冷却操作，格納容器ベント操作，代替注水作業。

円滑な事故対応を阻害した要因

- 全電源喪失による中操の照明，監視システム，免震重要棟のSPDSの機能喪失。
- 放射線防護性能の限界。
- 建屋外道路等の瓦礫。

運転操作や現場作業に関する改善策

- 異常時や自然災害時にも機能を長時間維持する電源および電力供給システム。
- 過酷状況時でのプラント状態確認機能や冷却操作支援機能の充実。
- 遠隔操作に過度に頼らない現場での手動操作も可能なシステム設計。
- 中央制御室，緊急対策室や作業員退避場所の居住性や放射線防護性能の向上。
- 建屋外道路の瓦礫の迅速な排除のための放射線防護を考慮した重機類の配置。

事故調査体制の確立の必要性

1. 事故調査の重要性と目的

巨大技術システムにおいて発生する事故（組織事故）に共通の特徴

- 事故の背景に一群の組織レベル因子の関与が存在
- 潜在的リスク事象が長期にわたって無視されるか未発見
- 事故が社会へ様々な面で甚大な影響を及ぼす

対策方針：

- 組織における作業慣行を常に点検，分析
- 不幸にして発生した事故を分析して教訓を学ぶ

組織事故の調査目的：

- 事故に直接関連した当事者の責任を問うことではない
- 事故を誘発した要因の分析を行い，同様な事故が発生しないための教訓を得ることや防止策を含む安全対策を確立すること

当事者の立場からの発生事象とその推移の再現の重要性

事故の調査や分析では、当事者の立場で発生した事象やそれらの推移を再現することが重要

事故のプロセスの特質：

- ・ 必ずしも必然的，論理的，合理的なものでない
- ・ 事故後の常識的観点からの推察にははるかに遠いものである場合が多い
- ・ 論理的推論が当てはまらない

[デッカー，2010]

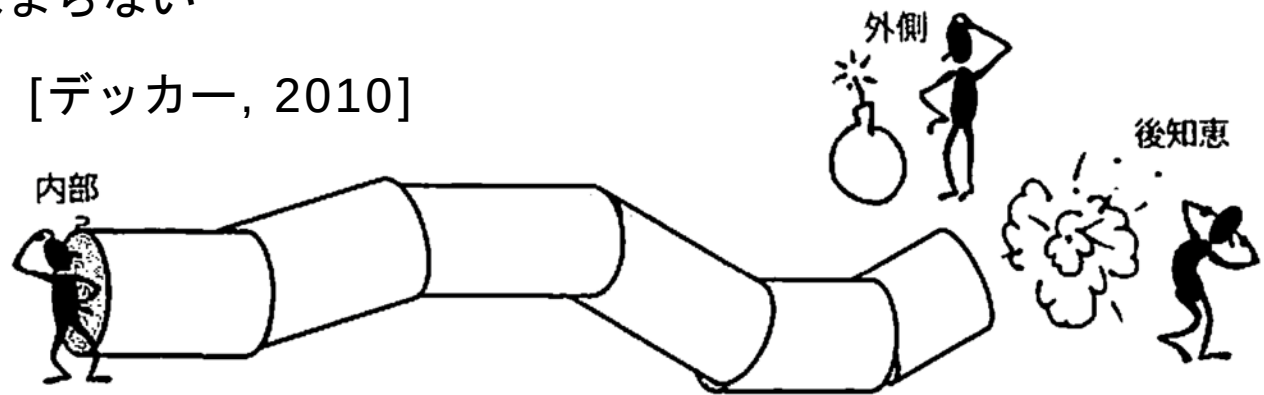


図 3.2 事象発生経過についての異なる見方：外部から後知恵で見ると、生じた結果と関与した危険事象がわかっている。トンネルの中からでは、どちらもわからない。

事後の調査では客観的な妥当性が求められる

→ 調査結果に一つの論理的一貫性を持たせようとして、調査者の論理が入り込んで、実際とは異なる結果を導く可能性がある

ヒューマンファクターの観点からの事故調査

捜査当事者がどのような状況認識や判断に基づいて行動したかに関する情報をどれだけ収集できるかが重要

- インタビューによる収集が最も効率的と考えられる
- 条件1：事故が発生してから期日があまり経っていない
- 条件2：当事者が偽ることなくありのままに証言する
 - インタビューする側が公的な組織であって権限の持っている
 - 証言内容が公開されない
 - 内容によって本人が覚悟している以上に非難されない

事故には主観に基づいた行動をする人間が関係

→ 因果性，斉一性が成り立たない

- 「仮説生成とその実証のループ」に従って思考
- 事象の因果関係の実験的あるいは理論的な解明・説明が重要

事故の真実に迫るためには

- 事情聴取結果の非公開
- 科学的な調査方法
- 非合理的・非論理的な原因連鎖も受入れて調査結果をまとめる

プラント事故調査委員会

我が国における事故調査委員会

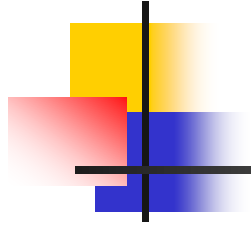
- 航空機：事故調査専門機関
- 鉄道：事故発生後に組織される事故調査委員会
- 2001.10：鉄道事故調査委員会と航空機事故調査委員会とが統合
- 2008.10：運輸安全委員会（JTSCB）が発足
 - 航空事故・鉄道事故・船舶事故および重大なインシデント
 - 原因究明調査
 - 調査結果に基づいて国土交通大臣または原因関係者に対して必要な施策・措置の実施を求める
 - 事故の防止及び被害の軽減を図る

プラント事故調査委員会の提案

- 発電プラントや化学プラント
- 事故のレベルに応じて、法的な裏付けを持つ事故調査委員会を立ち上げるような制度設計が必要
 - 例えば、原子力プラントでは、INESのレベル5（広い影響のある事故）以上

謝辞

精力的な調査と検討をいただきました
HMS研究部会の事故調査検討小委員会委員各氏に
感謝致します。



Any Questions ?