



「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー」 報告書を振り返る ～我々はどこまで来たか～

名古屋大学 山本章夫

「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー」
報告書

何が悪かったのか、今後何をすべきか

2013年3月

日本原子力学会
原子力安全部会



概要

- 「福島第一原子力発電所事故に関するセミナー」報告書
 - 2013年3月にとりまとめられた本報告書(以下報告書)は、2014年3月に出版された学会事故調報告書のベースとなるとともに、同時期に進んでいた現行規制基準の策定などに影響を与えている
- 報告書の記載を振り返り、安全に関する取り組みがどこまで進捗したか、また、今後の課題が何か検討する
- 対象とするのは、以下の点
 - 第5章(1F事故の概要)の事象進展に関する記載を、現在の知見で振り返る
 - 第7章(事故で明らかになった課題)、第8章(まとめ)の記述を振り返り、課題への取り組み状況と今後の課題を整理する



(セミナー)報告書目次

概要

Summary

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
 - 2.1 「福島第一事故に関するセミナー」の開催経緯
 - 2.2 主要用語の説明
3. 福島第一原子発電所の安全設計の要点
 - 3.1 発電所の安全設計
 - 3.2 耐震設計及び耐津波設計
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
 - 5.1 地震と津波による被害
 - 5.2 福島第一1号機原子炉
 - 5.3 福島第一2号機原子炉
 - 5.4 福島第一3号機原子炉
 - 5.5 使用済み燃料プール
 - 5.6 福島第一5、6号機原子炉
 - 5.7 放射性物質放出量評価
 - 5.8 事故時の資機材物流の状況
 - 5.9 防災対策
 - 5.10 INES 評価
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
 - 6.1 福島第二原子力発電所の状況
 - 6.2 女川原子力発電所の状況
 - 6.3 東海第二発電所の状況
 - 6.4 各発電所で起きた事象の比較分析
7. 事故で明らかになった課題
 - 7.1 深層防護の観点からの課題の整理
 - 7.2 安全設計に関する課題
 - 7.3 安全規制に関する課題
 - 7.4 原子力防災に関する課題
 - 7.5 事故時の協力・連絡に関する課題
 - 7.6 事故情報の更新に係る課題
 - 7.7 PRA、運転経験、安全研究の活用に関する課題
8. まとめ
9. おわりに
 - 付録1 略語集
 - 付録2 報告書作成貢献者



福島第一原子力発電所における 事故の概要(第5章)の振り返り

廃炉検討委員会「福島第一原子力発電所事故：未解明事項の
調査と評価」(2018年1月)も参照してください



5.2 一号機に関する記載

- 「この注水は、炉心損傷の防止には間に合わなかったが、既に格納容器のペDESTAL部に移行していた炉心溶融デブリにも達したと推定されている」
 - 現時点では、当初の消防車による注水は炉心にはほぼ到達せず、大部分がバイパス経路を通過して復水器に流れたものと考えられている。事故発生から一週間程度は炉心への注水がほぼなされなかった可能性が高い。
- 「東京電力が核計装管(ドライチューブ)とSRV管台ガスケットのシール部の損傷を仮定して」
 - RPVの減圧過程については、現在でも詳細は判明していない。廃止措置過程での確認が必要。
- 「ベント操作と水素ガスの原子炉建屋への放出との関係を明らかにする必要」
 - 炉心直上のシールドプラグの汚染状況などから、格納容器フランジ部などからの漏洩が大きく寄与したと考えられている。
 - 規制庁によるSGTSの汚染状況の調査などが進行中
- 炉心損傷の状況
 - ミューオンを用いた測定から炉心部には燃料がほぼないと推定されている。格納容器内部の調査が実施され、格納容器床面に多量の堆積物があることが確認されている



5.3 二号機に関する記載

- 「解析上は圧力容器の損傷には至っていない」
 - 格納容器内部調査が実施され、ペDESTAL内に燃料デブリや構造材などからなると想定される堆積物が確認されている。また、燃料集合体のハンドルが堆積物内に確認されている。
 - 堆積物は1, 3号機に比べると少ない
- 「原子炉水位が下がり始め、RCICの機能が低下していると判断され」
 - RCIC停止の原因はタービン過速度による機械式トリップの可能性がある。今後、現場の調査が必要
- 「ラプチャディスクが開放したかどうかは不明である」
 - SGTSラインの汚染状況などから、動作していないと推定されている。今後の現物確認が必要



5.4 三号機に関する記載

- 「DW 圧力が、解析結果よりも高めに推移し」
 - 現在では、S/C内の成層化のため、S/Cの見かけの熱容量が小さくなったことが原因と推定されている
- 「3 月 12 日 11時 36 分に RCIC が自動停止し」
 - RCICタービン排気圧高トリップの可能性が指摘されている。今後、現物確認が必要
- 「解析では、HPCIが手動停止した時刻に注水が停止したと仮定しており」
 - 現在では、停止前からHPCIの流量は減少し、HPCI手動停止前の流量はほぼゼロであったと推定されている



事故で明らかになった課題(第7章)の振り返り

7.1 深層防護の観点からの課題の整理

課題	これまでの取り組みと今後の課題
深層防護に基づく安全確保が、特に外的ハザードを考慮した場合に徹底されていなかった	<ul style="list-style-type: none">・標準委員会、安全部会を中心に深層防護に関する徹底的な議論が実施され、その本質が広く共有されるとともに理解が深化した・この議論の内容は、学会標準委員会の技術レポート(原子力安全の基本的考え方について 第I編 別冊 深層防護の考え方)としてとりまとめられ、原子力安全確保の基礎として活用されている・現行規制基準は、AM対策、防災対策を考慮した深層防護を前提としつつ策定された・外的ハザードに対する深層防護の議論が行われ、理解が深化した <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none">・外的ハザードに対する深層防護の議論が進められているが、まだ途上である。

7.1 深層防護の観点からの課題の整理

課題	これまでの取り組みと今後の課題
施設外誘因事象、特に、自然現象に対する防護が結果から見れば十分でなかった	<ul style="list-style-type: none">・包括的に外部ハザードに対する対応を規制要求・地震のみならず、津波、火山、火災などに対する防護を要求・DBHを設定するにあたっては、既往最大をカバーするのみならず、評価上の不確かさも十分に考慮・地震PRA/津波PRAの適用が進み、プラント脆弱性の特定に使用されている。・安全施設の設置にあたり、位置的分散を重視するようになった 【課題】 <ul style="list-style-type: none">・外的ハザードに対するPRA手法の整備をさらに進める
シビアアクシデント対策として用意されていた「アクシデントマネジメント(AM)」の信頼性が十分ではなかった。	<ul style="list-style-type: none">・重大事故の発生を前提とし、炉心損傷防止/緩和策、格納容器破損防止/緩和策を規制要求・体制も含めて、実際の環境下でのAM策の実効性を確認・オンサイトの対応に加え、広域支援の枠組みが整備された 【課題】 <ul style="list-style-type: none">・AM機器のメンテナンスのあり方の検討・深層防護全体から見たときのAM策のバランスの検討

7.1 深層防護の観点からの課題の整理

課題	これまでの取り組みと今後の課題
「想定を超える事象」への「柔軟な対応策」が欠如していた	<ul style="list-style-type: none">・現行規制基準では、PRAを用いてCDF/CFFに対する影響が有意な重大事故シーケンスを選定・「シナリオレス」の重大事故対応の観点から可搬型設備を用いた対応を規制要求・可搬型設備のハードウェアに加えて、対応のための体制も確認・事業者は、多くの訓練により対応能力の向上を図っている・プラントのクリフエッジに関する理解が進み、クリフエッジを回避するハード/ソフト的な対策が進んでいる(例えば、耐震多様性の考え方の導入) <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none">・最新知見の継続的取り込みによる想定外領域の縮小

7.2安全設計に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
教訓1: 電源盤など重要設備の配置改善と重要設備の可搬とアクセス手段準備	<ul style="list-style-type: none"> ・重要設備の分散配置、水密化による共通要因機能喪失防止が規制要求されている ・自主的な安全設備を含め、代替電源や電源盤を高台に配置することが行われている ・災害発生時の瓦礫除去用の重機の配備/アクセスルートの確保が規制要求されている 【課題】 <ul style="list-style-type: none"> ・多様な設備の維持・保全、安全重要度の考え方の整理
教訓2: 隔離弁の構成とあり方	<ul style="list-style-type: none"> ・空気/電動駆動の隔離弁を現場で手動操作/遠隔操作できるように予備の圧縮空気供給装置、直流電源装置などが配備されるとともに、運転手順が整備されている。 【課題】 <ul style="list-style-type: none"> ・隔離弁をフェイルクローズにするか、アズイズにするかを含め、事故時の隔離の基本的な考え方について、明示的に議論されていない。
教訓3: 重要機器に対する予備直流電源の常備	<ul style="list-style-type: none"> ・恒設直流電源の容量の要求が24時間に拡大されるとともに、代替直流電源の設置、交流-直流変換を用いた可搬型直流電源の配備などの対応がなされている。
教訓4: 計装の信頼性・信憑性と対応操作	<ul style="list-style-type: none"> ・直流電源の強化(上述) ・高信頼性の原子炉水位計などの開発が実施されている。 ・SA時の過酷な環境における指示値のドリフトなどを考慮して、複数の指示値を参考にすること、指示値の信頼性がない場合を想定したときの訓練が実施されている。 【課題】 <ul style="list-style-type: none"> ・国プロなどで開発した高信頼性計装系の実機への展開

7.2安全設計に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
教訓5:注水系/冷却系の多様化	<ul style="list-style-type: none"> ・注水系と水源の多様性、位置的分散が規制要求されている。 ・プラント外からの支援のための枠組みが整備されている ・AM機器と手順を整備し、これらを使用した訓練が行われている
教訓6:AM設備のアクセス性、操作性、実効性	<ul style="list-style-type: none"> ・SA時の環境を考慮してSA対応設備の操作性や実効性が確認されている。 ・操作時の被ばく低減を考慮した遠隔操作が導入されている ・可搬型設備繋ぎ込み口の位置的分散が図られている <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・AM設備の重要度設定・保守・維持 ・複雑化する機器に起因する新たなトラブルの発生防止
教訓7:格納容器バウンダリ防護の多様化	<ul style="list-style-type: none"> ・格納容器ベントの設置が規制要求となっている。 ・格納容器代替冷却系の設置とバックフィットがなされている ・原子炉ウエルなどへの注水による過温破損の防止がなされている (以上、主としてBWR)
施設外誘因事象、特に自然現象に対して、防護が不十分だった	<ul style="list-style-type: none"> ・位置的分散、安全余裕の増大などにより深層防護の第1層の対策を強化 ・安全系の代替恒設設備、可搬型設備、特重施設などにより、第1層～第3層が突破されたときの備えを手厚くしている。

7.2安全設計に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>自然現象に対する防護レベルを設定することの難しさ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・既往最大のハザードを考慮することに加え、不確かさを十分に考慮してDBHを設定している。 ・DBHを大幅に引き上げることで深層防護の第1層を強化するとともに、建屋の水密化、機器の分散配置、可搬型機器の活用などにより、深層防護の複数のレベルでの対応を強化している。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外的事象に対する深層防護の考え方をさらに深化させ、実際の対策につなげる。
<p>AMの実行上の困難さ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・サイト全体が被災するような大規模損壊を想定し、対応策を計画、そのための訓練を実施している。 ・サイト外からの支援体制を強化している。
<p>クリフエッジに対して発生頻度が工学的に無視できる程度低くても発生した際の被害の甚大さを考えると、合理的なセーフティネットを準備しておくべき</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・同上
<p>必要と見なされた対策については、時間をかけずに速やかに実施されるような制度を合わせて持つことが福島第一事故の教訓の一つ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・自主的安全性向上、総合的な安全性評価届出制度、原子力施設検査制度などの中で取り組みがなされつつある <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・継続的安全性向上をより効果的・確実なものにするための取り組み ・継続的安全性向上を迅速に実施するための制度検討

7.3安全規制に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>安全の確保に関し、従来から大事と言われてきた原則的な考え方は、事故の後でもやはり大事である</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・深層防護について、原子力安全検討会などで徹底的な議論が行われ、理解が深化するとともに、概念が広く共有された。 ・これらの成果は、標準委員会の技術レポートとして出版されている
<p>規制側機関においても「継続的な改善」は必須の要件</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・新知見については、バックフィットなどの形で新たに規制要件として取り込まれてきた。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・より迅速・効果的に安全性向上を実施するための考え方や枠組みの継続検討(規制委員会の継続的安全性向上WG) ・規制基準の性能規定化を進め、学協会で作成された規格・標準を活用することにより、最新知見を迅速に取り込んで規制に反映する仕組みを構築するなど、規制基準の体系的かつ継続的な改善に取り組むべきである(学術会議提言)
<p>「運転経験の反映」も不十分であった</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・運転経験に関する技術情報を分析し、規制に反映させるかどうかの仕組みが整えられている。(技術情報検討会、炉安審、燃安審) <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・技術情報のさらなる活用方法の検討
<p>何が悪かったかを同定し、それに対応した改革を図っていくことが必要</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・1F事故の知見は現行規制基準に取り込まれている <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・継続的安全性向上のあり方についての検討

7.3安全規制に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>思いつく改善策を闇雲に採り入れればいいというものではない。リスク低減の実効性を考えての合理性のある改善が必要</p>	<p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バックフィットのあり方について、基本的な考え方を整理する必要がある。 ・新たな検査制度などの規制の取り組みにおいて、定量的にあるいは定性的にリスクの大小を表す情報を収集し、統合的評価を実施し、この評価結果に基づいた意志決定の活用と実践を進めるべきである(学術会議提言) ・安全対策機器の増設に伴うメリット(リスク低減効果)とデメリット(人的過誤率の上昇の可能性等)を認識し、これらをシステム全体として定量化することで、リスク評価すべきである(学術会議提言) ・安全の目標について、規制機関の基本的な考え方を文書化し、明確化すべきである(学術会議提言)
<p>設計基準ハザード(Design Basis Hazard:DBH)の設定の問題を含め、現行の設計及び規制は、特に地震動以外の自然現象等の誘因事象への具体的な対応を必ずしも十分には考えてこなかったと言える</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・現行規制基準においては、外部ハザードのリスクを包括的に評価することが求められている。 ・外部ハザードのリスク評価に関する標準が制定され、使用されている。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外的事象PRAの活用
<p>土木学会が、歴史津波に基づいて津波高さの評価式を策定したこと自体はごく普通のことである。しかし、これが、原子力安全の観点からどういう意味を持つのかについては、議論されなかったのではないかとと思われる</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・地震工学会、土木学会と協働で、対津波設計の考え方が議論され、体系立てて整理された。(原子力安全のための耐津波工学の体系化に関する調査委員会)

7.3安全規制に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
③「設計の想定を越すような事態が生じ得ることも考えて、それに対してもあらかじめ準備すること」も必要	<ul style="list-style-type: none"> ・深層防護の考え方に則って安全対策が講じられている ・クリフエッジの概念が広く共有され、安全対策のベースの考え方となっている。
(旧原子力安全委員会)自ら審査基準を策定することはしなかった。指針体系を常時見直す体制は必ずしも十分でなかった	<ul style="list-style-type: none"> ・新知見はバックフィットにより、規制要件として取り込まれる。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・規制要件への反映は、ノーティスから規制基準への反映まで様々なレベルがありえる。安全上の重要度や迅速性を考慮して、フィードバックを行う体系的な考え方や体制を整理する必要がある。
AM設備が現実の事故状況下で本当に有効に機能するのは規制の対象にならなかった。今後、シビアアクシデント対策を早急に規制の対象とすることは必須である	<ul style="list-style-type: none"> ・現行規制基準に、シビアアクシデント対策規制要件として取り込まれた
「科学的合理性をもった規制」は今でも必須のはずであり、そのためには確率論的リスク評価(PRA)の結果である「リスク情報」の規制への活用、「リスクインフォームド規制」が欠かせない	<ul style="list-style-type: none"> ・規制として、リスクインフォームド規制を活用していく方針が示されている。 ・重大事故シーケンスの選定において、PRAが活用されている。 ・原子力検査制度のSDPIにおいて、PRAが活用されつつある。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・IRIDMを含め、リスク情報活用は限定的である。 ・今後さらに活用するための課題を解決する必要がある

7.3安全規制に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>「グレーデッドアプローチ」は当然に採用されるべきである</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・当初、研究炉などに対してグレーデッドアプローチが十分に考慮されていないとの批判を受け、研究炉などに対するグレーデッドアプローチの考え方が整理された。 【課題】 ・より幅広い安全上の課題について、グレーデッドアプローチを活用することが期待される。 ・グレーデッドアプローチは「手抜きのための方便」ではなく、その基本的な考え方が広く共有されることが期待される
<p>規制上の「要求事項」は規制当局が自ら定めるが、それを達成する詳細規定は学協会規格を適切にビューした上で用いるという「基準の性能規定化」も変わるはずのない原則</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・規制委員会として、学協会規格を活用する方向性を打ち出している。 【課題】 ・学協会標準/規格類を規制に活用する方針は打ち出されているが、進捗ははかばかしくない。 ・現行規制基準は仕様規定と性能規定が混在しているが、これらの見直しは進んでいない。
<p>PRA はいわゆる内的事象(正確には、ランダム事象)と地震のみしかなされなかった</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者においては、外的事象PRAの研究・開発・適用が進んでいる。 【課題】 ・外的事象PRAの範囲は広く、標準の作成はまだ途上である。 ・解析手法についても、様々な課題がある
<p>リスクインフォームド規制においては、「安全目標の規制への適用」も遅れていた。安全目標の指標についても再検討が必要かも知れない。安全目標についての議論が再開され、それに沿ってリスクインフォームド規制が促進されることが期待される</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・性能目標相当である「安全の目標」は規制委員会で議論された。 ・「安全の目標」について、炉安審・燃安審が諮問され、答申した。 【課題】 ・性能目標は、定性的安全目標、定量的安全目標からロジカルに導かれるものであることから、より上位の安全目標について議論を進めることが期待される。

7.3安全規制に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>福島第一事故後は、規制側が産業界と話し合うのはよくないことのように思い込む風潮がある。しかしながら、産学官が協力することと、規制が独立性を保つことは、両立させなければならないことである。</p>	<p>・CNOとの対話など、産業界とのコミュニケーションの確立に努めている。</p> <p>【課題】</p> <p>・規制機関の原子力安全確保のための継続的改善と事業者の自主的安全性向上への取り組みが、互いにスパイラルアップするよう、両者が対等のコミュニケーションを図れる関係を構築すべきである(学術会議提言)</p>

7.4原子力防災に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>(教訓1) TMI、チェルノブイリ、ゴイアニア(ブラジルにおける放射線源事故)、JCO等これまでの事故と同様、緊急事態対応の失敗は、そのような緊急事態は起こり得ないとして、事業者も規制側も準備段階で十分な整備を怠ってきたことが主たる理由である</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉等規制法が改定され、重大事故の発生を前提とするようになった。
<p>(教訓2) 緊急防護措置の実施に当たっては、ソースタームを含む事象の進展およびそれに基づく敷地外の被ばく線量の予測に基づくのではなく、施設の状態に関して予め決められた判断基準に基づいて、予め決められた範囲の予防的防護措置が放射性物質の環境への放出以前に迅速に実施できるような準備を確立しなければならない</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力災害対策指針において、施設の状態により決定されるEALに基づき防護措置をとる形となった。 ・EALについては、より現実的な運用が出来るよう、原子力災害対策指針の見直しがなされている。
<p>(教訓3) 避難と移転は、安全に実行可能な場合にのみ行うべきである。すなわち、避難実施中に生命に危険を及ぼすようなことがあってはならない。屋内退避は、避難や移転が安全に実施可能となるまでの短期間のみ実施すべきである</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・EALにより、警戒事態の段階から避難に時間を要する対象者の防護措置を先行して実施するなどの対応が取られている。
<p>(教訓4) 初期対応の危機管理段階における飲食物に関する制限には、空間線量率等の迅速に得られるデータを参照する運用上の介入レベル(OIL)を準備すべきである。 (教訓5) 長期的な飲食物に対する防護措置については、被災地の状況とともに国際的な調和も考慮に入れた、現実的な勧告が必要である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力災害対策指針において、OILが設定されている。

7.4原子力防災に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>(教訓6) 緊急防護措置と長期的防護措置の実施、および通常生活への復帰まで含めた対応の考え方と判断基準を、緊急事態への準備段階において確立していなければならない。想定される範囲の緊急事態の状況と対応する防護措置に対して、放射線防護の原則を適用するためのガイダンスを予め確立していなければならない</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力災害対策指針において、中長期対策まで含めた対応が示されている。
<p>(教訓7) 緊急時における意思決定の指針として、運用上の介入レベル(OIL)は非常に重要である。OILについては、より詳細な国際的なガイダンスが必要である</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力災害対策指針において、OILが示されている。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・OILの初期設定値の変更の在り方や放射線以外の人体への影響も踏まえた総合的な判断に基づくOILの設定の在り方(原子力災害対策指針)
<p>(教訓8) 緊急事態への対応は、非常に発生確率が小さいと考えられる事象も含め、すべての範囲の想定事象を考慮し、また、地震等の緊急事態との組み合わせを考慮した準備を整えておかねばならない</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力災害対策指針においては、複合災害を考慮した設備の整備や訓練などを求めている。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・複合災害対応が実効あるものとなっているかどうかの検討と検証 ・透明性を確保し適切な災害対策の計画及び実施を実現するため、住民の理解や信頼を醸成するための情報を定期的に共有する場の設定等(原子力災害対策指針)

7.5 事故時の協力・連絡に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
住民防護策を的確に実施するためのフォローには、実体を共通認識するためのフェイスツーフェイスの場所が必要である	<p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・透明性を確保し適切な災害対策の計画及び実施を実現するため、住民の理解や信頼を醸成するための情報を定期的に共有する場の設定等(原子力災害対策指針)
住民の防護の初期対応は事前計画された行動を発動することで、早期大量放出に備えるスキーム構築が重要。さらには、複合災害、すなわち外部事象を起因とした原子力災害を考慮した危機管理スキームの構築が必要である	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力災害対策指針において、このような観点が反映されている
現地関係者が情報を共有し、指揮の調整を図るためには、役割分担の明確化とリーダーを中心とした指揮命令システムの明確化が必要	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力災害対策指針において、このような観点が反映されている
事故時の情報伝達のあり方。計測系に係る諸問題には本質的に異なるものがある。しかし、計測の専門家以外には問題の区別がつかない。結果として事故時対応や事故後分析における阻害要因となる	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者/規制側の緊急時対応訓練において、このような観点が反映されている。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・訓練内容が、実効性のあるものになっているかどうか、確認や検討が必要

7.5 事故時の協力・連絡に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>原子力安全の目標達成のためには、専門家間や事業者と規制当局間の相互の情報交換が必須である。さらに緊急時における国の各省庁、警察や消防、自衛隊を含む防災に関連する機関、地方自治体と住民、さらにマスメディアを含む異なる組織や集団とそこに属する人間の間に、時間スケールに応じた情報伝達や双方向の情報交換の手段をあらかじめ検討し、訓練等で確認することが必要であろう。</p>	<ul style="list-style-type: none">・原子力防災に関する訓練において、このような視点を取り込まれている。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none">・訓練内容が、実効性のあるものになっているかどうか、確認や検討が必要

7.6 事故情報の更新に関わる課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>2 例(4号機SFPにおける燃料損傷、2号機S/Cの損傷)は特に重要かつ顕著な誤りであるが、この他にも憶測でニュースになってしまって、それ以後の分析結果は知られていないものもある。たとえば、1号機では地震動で配管が破断したのではないかと？4号機SFPは耐震性がなくなったのではないかと？といったものである。こうした誤解については、その後に確認された事実をていねいに関係者に通知していく努力が必要である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・東電が未確認・未解明事項の調査に取り組んでおり、これまで5回の進捗レポートを公開している。 ・学会事故調報告書において、確認された事実関係の記載がなされている。 ・未解明点については、「未解明点」として整理され、学会事故調報告書に記載された。この「未解明点」については、その後廃炉検討委員会でフォローが実施され、2018年1月に報告書が公開されている。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・未解明点検省について国際的な情報発信は十分になされているかの検討が必要
<p>国内ではもはやこうした誤認識による推論は少なくなったと思うが、国外に正しく伝えることも事故を起こした国の責務である。今後は、国、特に、規制委・規制庁によって、「福島第一事故で実際に何が起きたか」を国際的に知らしめる努力がなされることを期待する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・規制委員会は「東京電力福島第一原子力発電所における事故の分析に係る検討会」を設置し、H26年に中間報告書を公開。令和元年から検討を再開している <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・未解明点検省について国際的な情報発信は十分になされているかの検討が必要

7.7 PRA、運転経験、安全研究の活用に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>PRA、運転経験、安全研究から得られる知見は、福島第一の事故の前もより適切に活用されるべきであったし、事故のあとでは、事故の反省も踏まえて、より適切かつ広範に活用されるべきである。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・PRAへの取り組み、運転経験の活用、安全返球への取り組みは、いずれも強化された。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・PRAの活用は、まだ途上である
<p>PRAの結果を原子力施設の安全対策や規制に用いるには、このような大きな不確かさがあることを常に意識することが必要である。特に、歴史津波・歴史地震等の経験データを設計基準に反映することは当然必要だが、それを超すハザードがあり得ることを考慮して対策を考えておくことが必要である。</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 外的事象のハザードの不確かさ ② シビアアクシデントの進展の不確かさ ③ 運転員のマインドセット 	<ul style="list-style-type: none"> ・PRAの結果を直接規制に使用するのではなく、重大事故シーケンスの抽出など、結果を間接的に活用している。 ・外的ハザードなどの不確かさについては、PRAの解析において考慮され、点推定値のみならず解析結果の不確かさ(例えば95%信頼区間)が重要な結果として得られることが認識されている。 ・様々な不確かさへの対応として、深層防護による安全確保が重要であることが共有されつつある。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・リスク情報は本質的に不確かさを含むものであるが、不確かさを含む情報の活用については、まだ緒についたところである
<p>次に、わが国におけるPRAの実施と活用の状況であるが、これまでなされてきたPRAは、ランダム事象と地震だけである。原子力発電所のリスクの全体像をとらえるには、津波、火災、テロ等、外的事象を広く対象としてのPRA (Individual Plant Examination of External Events, IPEEE) の実施が必要である。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・外的ハザードに対するPRAの整備が進められている。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外的ハザードPRA解析手法の整備は進められているものの、PRAで直接取り扱える外的ハザードはまだ限定的である。
<p>部事象を誘因とする安全研究へも課題を広げる必要がある。なお、この観点からは、安全研究と並んでセキュリティに関する深く広い研究も重要な課題である。難しいが取り組む必要がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・セキュリティに関しては、まだ少ないものの研究への取り組みがなされている。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・セキュリティに関しては、公開できない情報も多く、学術研究との両立をどのように図るかを議論する必要がある。

7.7 PRA、運転経験、安全研究の活用に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>「運転経験の反映が重要なのは誰も認識しているが、実際には情報の分析・共有はしても対策の実施（Implementation）はしていない」。運転経験は学習するだけで終わっている傾向があるのではないかとされる。学習するだけでなく、教訓を実際の規制に反映することまでしなければならないということを、もう一度思い返すことが大事である。</p>	<ul style="list-style-type: none">・技術情報検討会、炉安審・燃安審において、運転経験を検討、スクリーニングし、規制要件に反映する取り組みが体系的に行われている。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none">・原子力検査制度なども含め、運転経験に基づく技術基盤を構築し、継続的な安全性向上に役立てていく必要がある。（学術会議提言）
<p>狭い専門に閉じこもることなく、研究者が他の分野の専門家との交流を深めて、より大事な研究テーマに取り組んで欲しい。そして、そういうプロセスを通じて、安全研究者が、潜在的問題を見つけて警鐘を鳴らすことを期待したい。</p>	<ul style="list-style-type: none">・原子力学会では、1F事故後、「知の統合」を主眼とした取り組みを行ってきている。たとえば、学会横断型の検討「耐津波工学」の取り組みはその一例。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none">・大学を含め、研究者のマインドセットは容易には変化しない。例えば、学会などにおいても、他分野のセッションを聴講するなどのことは少なく、他分野の専門家との交流はまだ限定的である。・規制側で安全研究を実施している研究者が学会で発表/参加することはまだ少ない。

7.7 PRA、運転経験、安全研究の活用に関する課題

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>安全を担保するのは、最後は人である。安全研究が、適切なテーマについて適切な規模で継続的に実施され、結果として高い技術能力を有する人が常にいる。それが、今後原子力利用を続ける上での条件である。</p>	<ul style="list-style-type: none">・文科省、経産省、原子力規制庁などで原子力人材育成事業が継続的に実施されている。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none">・1F事故後、安全関係の研究への取り組みは強化されてきている。しかしながら、一度失われた基盤を再構築するためには時間を要する・危機管理能力を有し、総合的な意思決定に必要となる安全研究や運転経験に基づく技術情報基盤を継続的に収集、評価する能力を有した人材の育成に注力するとともに、原子力安全に資する研究計画を立案・遂行し、その結果を活用する体制を確立すべき(学術会議提言)



まとめ(第8章)の振り返り

8 まとめ

課題	これまでの取り組みと今後の課題
<p>学会は、広く意見を集め、最新の知見を集約する場であって、規制者と被規制者(事業者)を含む多様性をもった産学官からの構成員の参画を得ている。産学官とこれをとりまくさらに多彩な関係者とのコミュニケーションを通じ、相互の信頼関係を構築してゆくべきである。</p>	<ul style="list-style-type: none">・安全部会では、企画セッション、フォローアップセミナー、夏期セミナー、アドホックWGなどにおいて、重要な課題を取り上げ、議論を重ねてきた・この議論には、学のみならず規制側、事業者側、立地地域関係者など多くのステークホルダーが参加している。 <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none">・これまでの取り組みを継続させ、議論をさらに深化させる。
<p>原子力安全部会は、リスクにどう対処するか of 行動基準を論じ、本質を見極め、必要なものを取り出すことによって原子力安全の目的を達成し、これに係る様々な活動を実効的とするため、原子力の広い分野に横串を指す責務を果たしてゆく。</p>	<ul style="list-style-type: none">・全体としては、適切な方向に進んでいると考えられる <p>【課題】</p> <ul style="list-style-type: none">・積み残しの課題を精査するとともに、新たな課題を認識し、検討していくことが必要



まとめ



まとめ

- 安全部会セミナー報告書記載事項への取り組み状況を整理した。
- 全体として、報告書に記載されている事項についての取り組みが進んでおり、安全部会の寄与は大きいと考えている。
- 特に、原子力発電プラントの安全性向上策については、その多くが規制基準に取り込まれ、またあるいは事業者の自主的安全性向上により現実のものとなっている。
- 一方、リスク情報の活用、規制に関する課題など今後さらに取り組みを進める必要がある項目も多い。これらの多くは、考え方の変革が必要なもの、考え方そのものを確立する必要があるもの、ステークホルダーが多岐にわたるものなどが多いと見受けられる。
- また、報告書をまとめた当時には認識されていなかった課題としてどのようなものがあるかにも留意する必要がある



(参考)課題一覽

(参考)課題一覧

【深層防護関係】

- ・外的ハザードに対する深層防護の議論が進められているが、まだ途上である
- ・外的事象に対する深層防護の考え方をさらに深化させ、実際の対策につなげる
- ・深層防護全体から見たときのAM策のバランスの検討

【最新知見取り込み・継続的安全性向上関係】

- ・最新知見の継続的取り込みによる想定外領域の縮小
- ・より迅速・効果的に安全性向上を実施するための考え方や枠組みの継続検討
- ・技術情報のさらなる活用方法の検討
- ・バックフィットのあり方について、基本的な考え方を整理する必要がある
- ・規制要件への反映は、ノータイスから規制基準への反映まで様々なレベルがありえる。安全上の重要度や迅速性を考慮して、フィードバックを行う体系的な考え方や体制を整理する必要がある。
- ・規制機関の原子力安全確保のための継続的改善と事業者の自主的安全性向上への取り組みが、互いにスパイラルアップするよう、両者が対等のコミュニケーションを図れる関係を構築すべきである(学術会議提言)
- ・原子力検査制度なども含め、運転経験に基づく技術基盤を構築し、継続的な安全性向上に役立てていく必要がある(学術会議提言)
- ・セキュリティに関しては、公開できない情報も多く、学術研究との両立をどのように図るかを議論する必要がある

【設備・メンテナンス関係】

- ・AM機器のメンテナンスのあり方の検討
- ・多様な設備の維持・保全、安全重要度の考え方の整理
- ・国プロなどで開発した高信頼性計装系の実機への展開
- ・安全対策機器の増設に伴うメリット(リスク低減効果)とデメリット(人的過誤率の上昇の可能性等)を認識し、これらをシステム全体として定量化することで、リスク評価すべきである(学術会議提言)
- ・隔離弁をフェイルクローズにするか、アズイズにするかを含め、事故時の隔離の基本的な考え方について、明示的に議論されていない

(参考)課題一覧

【PRA・リスク情報関係】

- ・外的ハザードPRA解析手法の整備は進められているものの、PRAで直接取り扱える外的ハザードはまだ限定的である
- ・外的事象PRAの活用
- ・外的事象PRAのスコープは広く、標準の作成はまだ途上である
- ・PRAの活用は、まだ途上である
- ・リスク情報は本質的に不確かさを含むものであるが、不確かさを含む情報の活用については、まだ緒についたところである
- ・新たな検査制度などの規制の取り組みにおいて、量的にあるいは定性的にリスクの大小を表す情報を収集し、統合的評価を実施し、この評価結果に基づいた意志決定の活用と実践を進めるべきである(学術会議提言)
- ・安全の目標について、規制機関の基本的な考え方を文書化し、明確化すべきである(学術会議提言)
- ・性能目標は、定性的安全目標、定量的安全目標からロジカルに導かれるものであることから、より上位の安全目標について議論を進めることが期待される
- ・IRIDMを含め、リスク情報活用は限定的である
- ・より幅広い安全上の課題について、グレーデッドアプローチを活用することが期待される
- ・グレーデッドアプローチは「手抜きのための方便」ではなく、その基本的な考え方が広く共有されることが期待される

【規制基準関連】

- ・規制基準の性能規定化を進め、学協会で作成された規格・標準を活用することにより、最新知見を迅速に取り込んで規制に反映する仕組みを構築するなど、規制基準の体系的かつ継続的な改善に取り組むべきである(学術会議提言)
- ・学協会標準/規格類を規制に活用する方針は打ち出されているが、進捗ははかばかしくない
- ・現行規制基準は仕様規定と性能規定が混在しているが、これらの見直しは進んでいない

(参考)課題一覧

【原子力防災関係】

- ・OILの初期設定値の変更の在り方や放射線以外の人体への影響も踏まえた総合的な判断に基づくOILの設定の在り方(原子力災害対策指針)
- ・複合災害対応が実効あるものとなっているかどうかの検討と検証
- ・透明性を確保し適切な災害対策の計画及び実施を実現するため、住民の理解や信頼を醸成するための情報を定期的に共有する場の設定等(原子力災害対策指針)
- ・訓練内容が、実効性のあるものになっているかどうか、確認や検討が必要

【未解明点関連】

- ・未解明点検省について国際的な情報発信は十分になされているかの検討が必要

【安全研究関連】

- ・大学を含め、研究者のマインドセットは容易には変化しない。例えば、学会などにおいても、他分野のセッションを聴講することなどは少なく、他分野の専門家との交流はまだ限定的である。
- ・規制側で安全研究を実施している研究者が学会で発表/参加することはまだ少ない
- ・1F事故後、安全関係の研究への取り組みは強化されてきている。しかしながら、一度失われた基盤を再構築するためには時間を要する
- ・危機管理能力を有し、総合的な意思決定に必要となる安全研究や運転経験に基づく技術情報基盤を継続的に収集、評価する能力を有した人材の育成に注力するとともに、原子力安全に資する研究計画を立案・遂行し、その結果を活用する体制を確立すべき(学術会議提言)