

2018年8月20日
原子力安全部会
夏期セミナー

継続的な安全性向上とその基盤

関村 直人

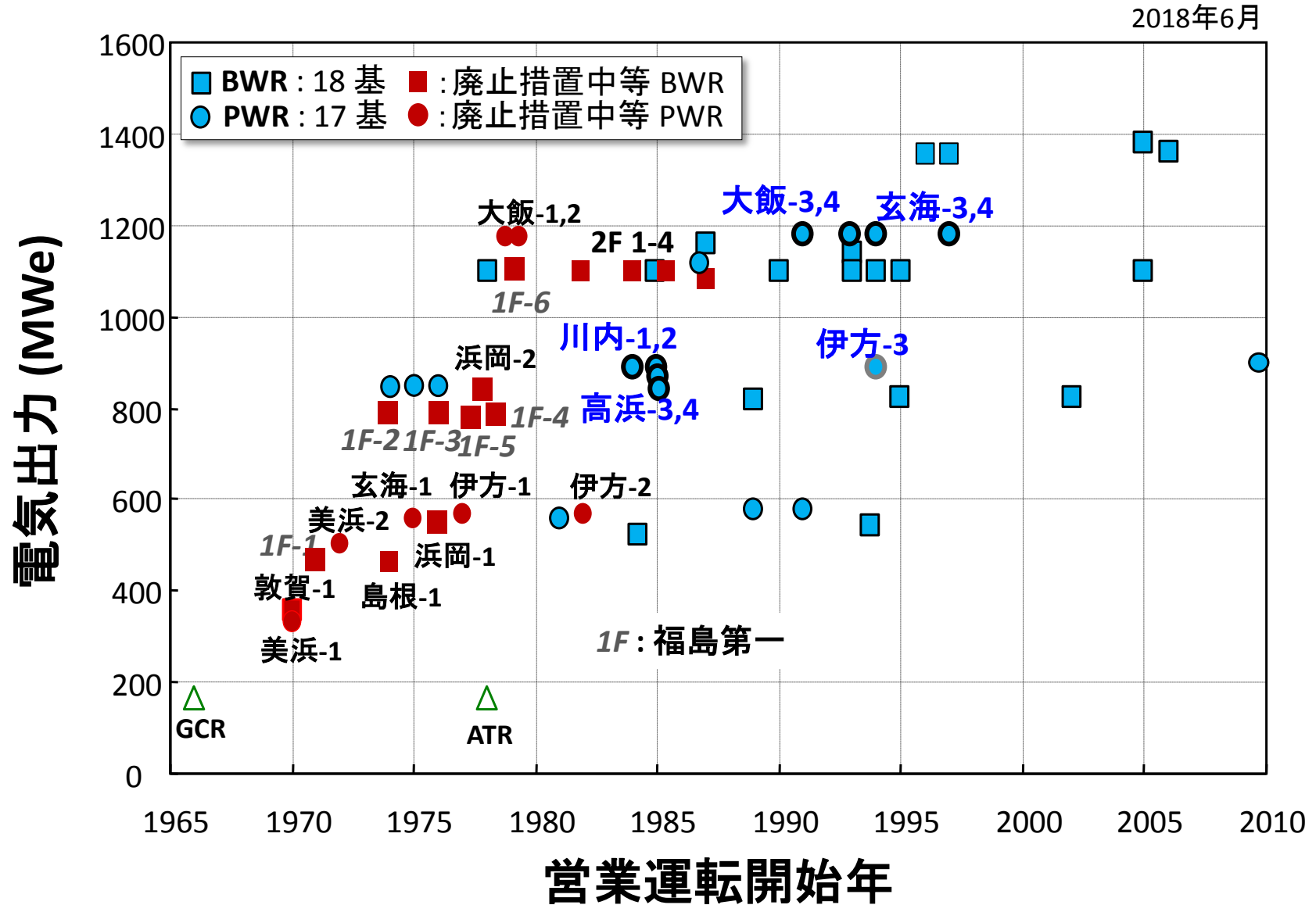
東京大学 副学長、大学院工学系研究科原子力国際専攻 教授

日本原子力学会 原子力安全部会部会長・標準委員会委員長

日本学術会議連携会員 総合工学委員会委員、原子力安全に関する分科会委員

原子力規制委員会 原子炉安全専門審査会会長

わが国における原子力発電プラントの状況



Hyman George Rickover

(Principle of the Naval Nuclear Propulsion Program)

“The Rickover Paradigm”



- 原子力工学は、非常に有能な技術者の領域であって、規制機関、弁護士等の領域ではない。(一義的な責任の真の意味)
- 傾向分析は、深刻問題の想起に欠かせない。
- 我々は問題が起きるかも知れないことを知っているが、その全ての要因を知っている訳ではない。我々は全てのトラブル発生を未然に防止できると保証することはできない。
- 将来の原子力発電プラントでは、現時点で重要でないと考えられている状態が顕在化する可能性がある。
- 軽水炉利用における長年に亘る数多くの技術的知見の蓄えがあったとしても、未だ、学ばなければならない未経験の因果関係が残っている。
- 原子力のように複雑な設計・建設及び運転プログラム開発には、強い中央集権的な技術的集団組織による監督が不可欠である。
- 反対意見の解決を含むコミュニケーション及び意見の一致について、きちんと定義し公式見解として取り纏めておく必要がある。
- 複雑な原子力工学には、強くて独立した品質保証体系が必要である。

原子力発電プラントにおける現在の課題

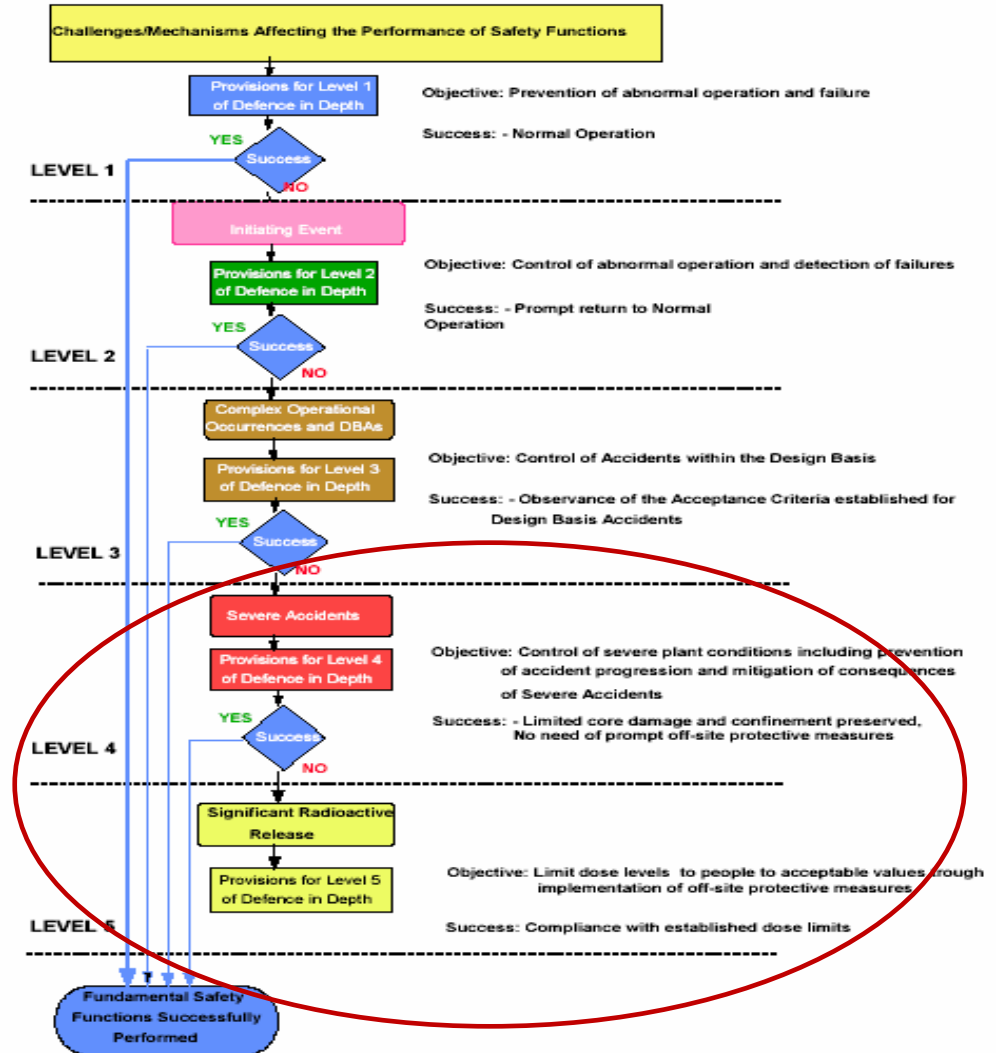
IAEA等での議論に基づいて

0. 「深層防護」は重要かつ有効な安全確保の原理
 1. 原子力安全規制要求の強化
 2. 設計基準事故に関わる考え方の変化
 3. 安全性に係る設備・機器の付加とその重要度
 4. コストと達成時期に関する課題

0. 深層防護は重要で有効な概念

事故影響の緩和や
軽減策への備えは
事故の防止策と
同等に重要である。

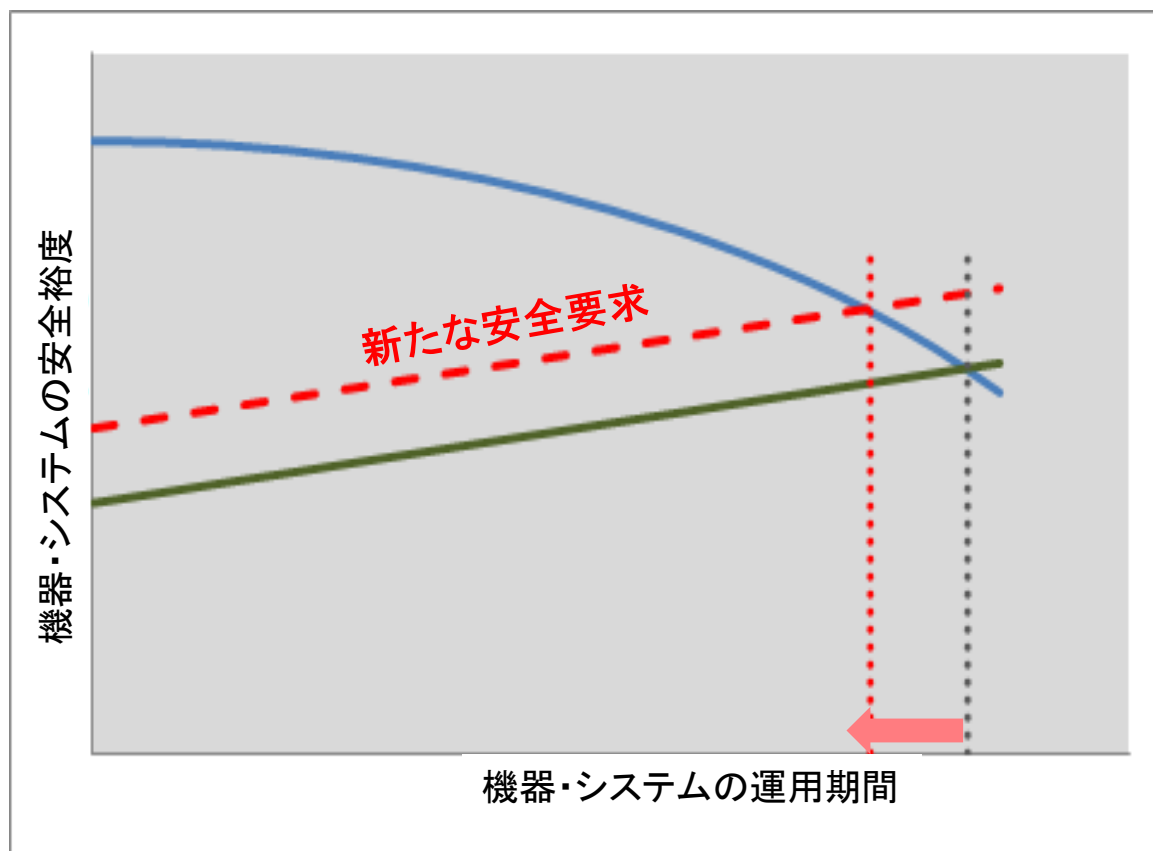
より包括的な安全を考慮する
レジリエンスへ



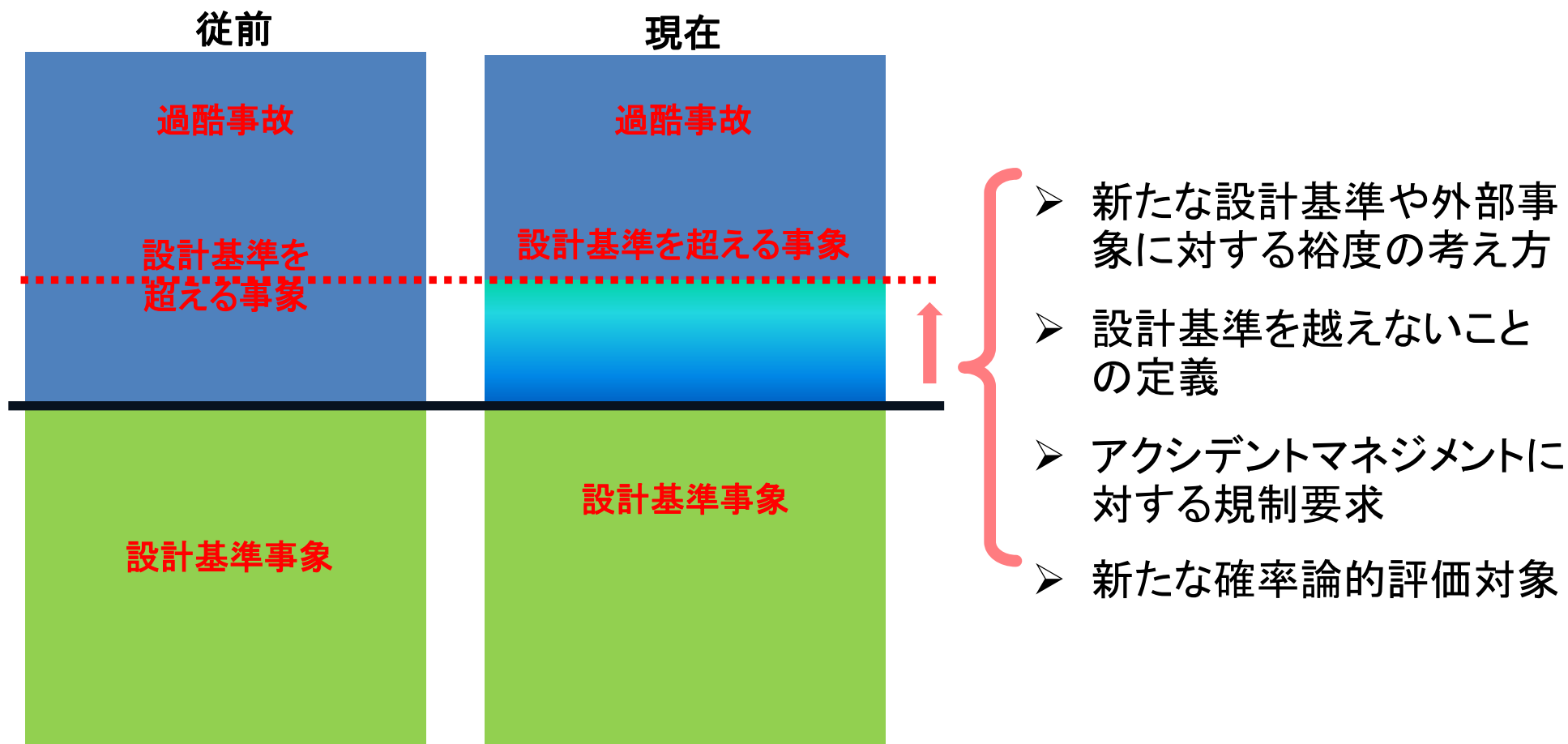
1. 原子力安全規制要求の強化

- 規制基準、受容限度、裕度に対する考え方の変化:

- 従前は許容されていた設計上安全裕度が縮小
- 設計基準事象の再評価 (例: 外部事象)
- 追加的な知見・研究の必要性



2. 設計基準事故に関わる考え方の変化



3. 安全性に係る設備・機器の付加と重要度

- 付加的に設置した設備・機器の重要度、品質保証及び保全:

- 外部事象に対する新たな基準
- 電源喪失対策のための設備
- アクシデントマネジメントへの継続的な対策
- 使用済み燃料プールの冷却等
- 可搬型／備蓄機器
- 恒常的設備



4. コストと達成時期に関する課題



- **当面の福島事故対策のために、世界平均原子炉1基あたり約2億ユーロ**
 - これらには、追加されたタンク、ポンプ、ディーゼル発電機、安全系と非安全系の対策費、水素再結合機器、緊急対策所及びそのチームに係る費用を含む。
 - 恒久的な設計の変更については、含んでいない。

「安全」の考え方(1): OECD/NEA 5年レポート

- 安全とは、運転経験の評価と研究を通じて、我々が学ぶことにつれて発展するプロセスである。
- ✓ スリーマイル島やチェルノブイリの事故の際と同様に、福島第一原子力発電所事故の教訓を生かすことや関連する研究活動を継続していくことは、規制機関や原子力産業界が事故から学ぶにつれて将来においても発展していく長期的な活動である。

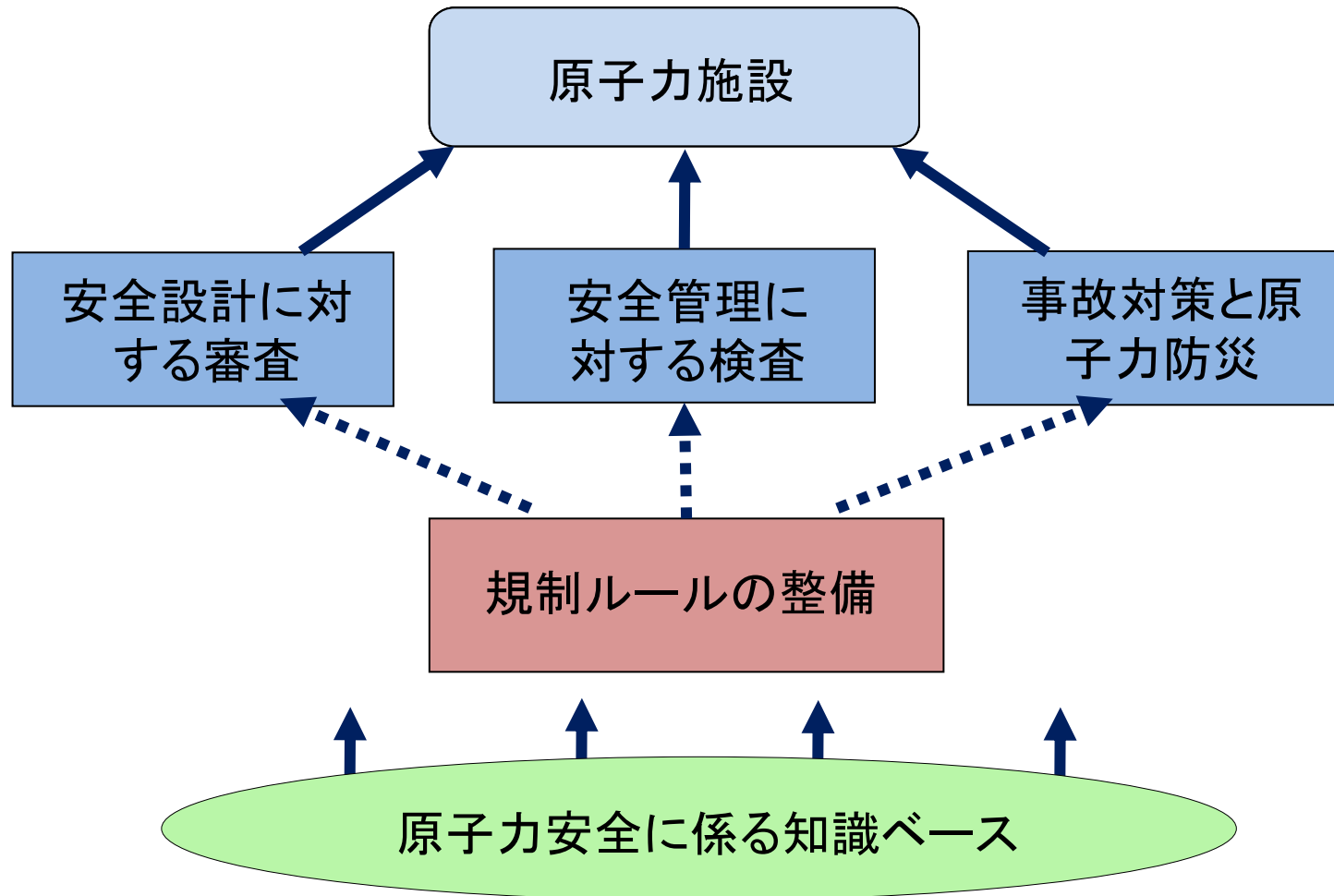


2016

「安全」の考え方(2): 継続的な安全性向上

- リスクを評価できる
- できるところからリスクを低減する
- 重要度に応じて、リスクを低減する
- 運転経験が増す
- 分からないことが減る
- 知っていることが増える
- うまいく経験が積み重なる
- 安全目標に近づいている
- 信頼感が醸成される
- 安心できる

原子力安全規制の構造と検査制度



原子力規制委員会の活動原則(2013年1月)

活動原則 : 原子力規制委員会は、事務局である原子力規制庁とともに、その使命を果たすため、以下の原則に沿って、職務を遂行する。

1. 独立した意思決定

何ものにもとらわれず、科学的・技術的な見地から、独立して意思決定を行う。

2. 実効ある行動

形式主義を排し、現場を重視する姿勢を貫き、真に実効ある規制を追求する。

3. 透明で開かれた組織

意思決定のプロセスを含め、規制にかかわる情報の開示を徹底する。

また、国内外の多様な意見に耳を傾け、孤立と独善を戒める。

4. 向上心と責任感

常に最新の知見に学び、自らを磨くことに努め、倫理観、使命感、誇りを持って職務を遂行する。

5. 緊急時即応

いかなる事態にも、組織的かつ即座に対応する。

また、そのための体制を平時から整える。

IAEAによるIRRS（総合規制評価サービス）

- 2016年1月に原子力規制委員会は、IAEAの総合規制評価サービス（IRRS : Integrated Regulatory Review Services）を受入れ、13の勧告及び13の提言がなされた。

✓ 規制人材の育成に関する方針

- 有能で経験豊富な職員を惹きつけ、かつ教育、訓練、研究、及び国際協力の強化を通じて、原子力及び放射線安全に関する能力を構築させること

✓ 事業者の全ての保安活動の監視・評価制度（検査制度）

- 原子力規制委員会が検査の実効性を向上させることが可能となるように、関連法令を改正すること

✓ 規制行政のマネジメントシステムの改善

- 高いレベルの安全を達成するため、問いかける姿勢を養うなど、安全文化の向上を継続し強化すること。これは原子力規制委員会及び被規制者に対しても等しく適用される。
- 原子力規制委員会が所管業務を実施するために必要となるすべての規制及び支援プロセスについて、統合マネジメントシステムを作成、文書化し、完遂すること

✓ 廃棄物の埋設に関する放射線防護基準及びサイト解放基準の策定

✓ 緊急事態への対応

✓ その他

IAEAによるIRRS（総合規制評価サービス）

- わが国従前の原子力規制機関は、2007年にIRRSを受けたが、それに対して適切なフォローアップができなかったことは、日本の原子力安全規制にとって極めて大きな反省事項
- 規制委員会・規制庁は、今回のIRRSに先立ち自己評価書をしたためている。IRRSの指摘を踏まえ前進するための優れた自己評価であると考えられる。
- IRRSでは、国際的なエクセレンスに対して安全規制の現状とのギャップを指摘し、改善を促したことが、報告書としてとりまとめられていると考えることができる。
- IRRSの指摘事項に対する原子力規制委員会と規制庁における取組状況について、原子炉安全審査会と核燃料安全審査会は、その評価・助言をする役割を負っている。

IAEAによるIRRS（総合規制評価サービス）

- 規制庁は、IRRSの勧告と提言が併せて26項目あったものを、自己評価書を踏まえ31項目にブレークダウンをしている。
- これらの項目は、昨年4月7日に成立した原子炉等規制法の改正につながるべき内容を含むなど、適切にとりまとめられてはいる。
- しかし個別の項目に対する対策を進めれば全体でよしとするべきものではなく、多くは横断的な課題として、総合的な議論が必要になっている。
- 規制委員会は、IRRSフォローアップミッションを2019年夏以降に受け入れることを表明している。

検査制度に関連するIRRS報告書の指摘(1)

(勧告9)

Performance-based

政府は、以下のために、**検査制度を改善、簡素化**すべきである。

✓ 効率的で、パフォーマンスベースの、より規範的でない、リスク情報を活用した原子力安全と放射線安全の規制を行えるよう、原子力規制委員会がより柔軟に対応できる。

Less Prescriptive

✓ 原子力規制委員会の検査官が、いつでもすべての施設と活動にフリーアクセスができる公式の権限を持てる。

✓ 可能な限り最も低いレベルで対応型検査に関する原子力規制委員会としての意思決定が行える。

Graded Approach

変更された検査の枠組みに基づいて、原子力規制委員会は、等級別扱いに沿って、規制検査(予定された検査と事前通告なしの検査を含む)の種類と頻度を特定した、すべての施設及び活動に対する検査プログラムを開発、実施すべきである。

検査制度に関連するIRRS報告書の指摘(2)

(勧告10)

原子力規制委員会は、不適合に対する制裁措置又は罰則について程度を付けて決定するための文書化された執行の方針を基準とプロセスとともに、また、安全上重大な事象のおそれが差し迫っている場合には是正措置を決定する時間を最小にできるような命令を処理するための規定を策定すべきである。

(提言10)

原子力規制委員会は、検査、関連する評価そして意思決定に関わる能力を向上させるため、検査官の訓練及び再訓練の改善について検討すべきである。

新たな検査制度：米国NRC専門家からの助言より

- ✓ 事業者CAPの効果的な運用(活用)
- ✓ 重大検査指摘事項に対する追加検査立案と実施
- ✓ 検査ガイドは基本検査に含まれる手順を先行すべし
- ✓ 規制自らのPRA活用によるSDPの仕組み構築とPI等から得た知見による補完
- ✓ 分野横断的プログラムの価値見極め
- ✓ 客観的な総合評価とPerformanceに応じた規制対応
- ✓ 明確な評価基準策定と自主的評価・改善プログラムの導入
- ✓ 規制検査官の執務室は発電所内
- ✓ 抜き打ち検査の活用による主体的検査(事業者に依存しない)
- ✓ 定例巡視よりも自己研鑽による知識習得と自ら計画する検査活動
- ✓ 検査官相互ミーティングの開催と出席、ニュースレターの発行と経験の共有化
- ✓ 検査官資格と資格更新(能力評価)
- ✓ 実務に精通した検査官
- ✓ リスク情報を活用できる検査官
- ✓ 事業者、報道、地方自治体、原子力関係団体、一般市民等の幅広い関係者との情報共有、対話の積極的な設定

2018年7月2日
炉安審・燃安審

IRRSミッションから汲み取るべき事項 (2017年9月12日、炉安審・燃安審→規制委)

1. 我が国における原子力の安全文化の醸成

- 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓に学び、事業者、規制組織双方において安全文化を醸成すべく、個人、経営層、管理体制の各レベルでの取組を深めることが必要

2. 規制組織におけるマネジメントとリーダーシップ

- IAEAの安全基準等の国際的な動向も踏まえつつ、多様な業務をマネジメントするとともに、業務形態や業務内容の変化への対応などにおいてリーダーシップを発揮することが必要

3. 規制組織における人材発掘・育成等の統合的マネジメント

- 人材発掘、教育・訓練、知識管理、知識ネットワーク構築を体系的・統合的にマネジメントすることが必要

安全性向上の基盤について

1. 規制機関と事業者・被規制者との関連
2. 規制機関における優先順位と迅速性
3. 規制要求に伴う機器の増設に伴う課題
4. 原子力安全に関連するリスク情報活用
5. 安全評価手法の高度化と判断基準
6. 規制機関と事業者における組織文化、安全文化
7. 人材育成の統合的マネジメント
8. これらのための規制機関と事業者の安全の目標

規制機関と被規制者・事業者の関係(1)

- 原子力安全の使命を共有する規制機関と事業者
- この使命は、規制委員会と事業者が独立して果たすべきもの
- 互いの姿勢や努力を認め合う関係が成熟しているのか
 - 事業者は、現場を持ち安全に対して一義的な責任を持った成熟したプロ集団？
 - では規制機関は？
 - 規制者は、規制の責任範囲を越えた指導をしない事業者を子ども扱いしない

規制機関と被規制者・事業者の関係(2)

- 規制の側からの継続的改善と事業者による「自主的安全性向上」が、互いにスパイラルアップする関係が必要
 - 安全性向上は社会のためであるとともに、事業者が得られるメリットは大きい
 - 事業者からは、「規制に決めてもらわない」というニュアンスが残ってはいないか
- 両者間のコミュニケーションは重要
 - 例) 検査制度において、
「事業者の国際的(WANO)、国内(JANSI)におけるピアレビューに規制庁検査官がアクセスできるように」

原子力安全規制における優先順位と迅速性

Without Unnecessary Delay (米国NRC)

- 安全上の重要な見落としがないか、見つけて補う。
- これらを迅速に行う。できるところから対策をとる。
- その上で、対策が十分であるかどうかの検討を行い、改善する。
- これらのために、リスク評価、リスクの定量化・モデル化を行う。

例)

- ✓ 原子力発電所の(再)稼働を前にして、発電所を停止するようなトラブルが発生した場合
 - 安全上重要なトラブルなのか、それとも事業遂行上のトラブルか
- ✓ 福島事故直前までの原子力安全委員会における「体系化検討」は、迅速性を阻害していた？

安全対策機器の増設に伴う課題

- シビアアクシデント対策を規制上の要求とした
 - 炉心冷却水注入系、格納容器冷却系の増設
 - 特定重大事故対処施設における格納容器スプレー
 - ...
- メリット
 - 増設や多重化による事故リスクの低減
- デメリット
 - 多数機器・システムの故障率や機能喪失確率上昇
 - ヒューマンエラーの発生確率上昇
- デメリット低減の努力が規制と事業者の双方に必要
 - メンテナンス、コンフィグレーションマネジメント
 - 多様なメニューを含む訓練
 - 学協会の規格・基準の活用、機器の安全上重要度の区分等

リスク情報の活用

- 「リスク情報に基づいた意思決定 (RIDM)」には、それ以前の課題が大きい
- 「リスク情報の活用」から得られる知識
 - データの蓄積を進めていく地味な過程が重要
 - 機器の故障率データ、ヒューマンエラーの統計的考察
 - 個別のプラントが置かれる自然条件に基づいた知見
- リスク評価には限界がある
 - 不確かさ
 - リスク評価モデルに入っていない知識は、使えない

安全評価手法と規制判断基準

- 規制判断のための基準と安全評価手法を、ともにバランスよく高度化させることが必要
 - 評価手法の高精度化が進んでも、判断基準が置いてきぼりになっていないか
 - 研究目線だけの評価手法高度化になっていないか
 - 保守的に判断していると言えるか
 - 判断基準の高度化は、規制側の重要な責任

自然現象に係るリスク情報

- ✓ 評価の方法論
- ✓ 不確実性の取扱い

理学的
知見

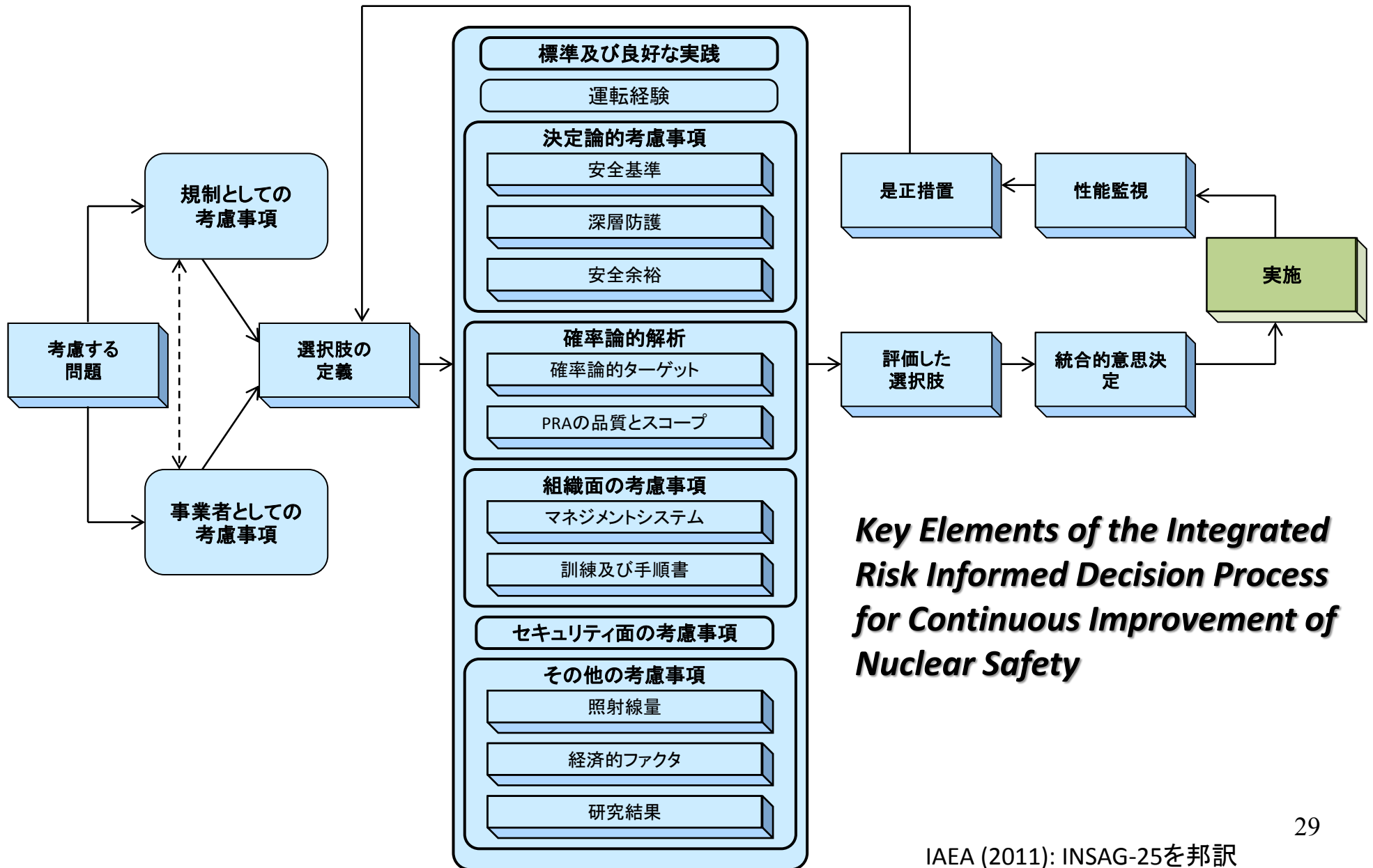
地震(津波)
ハザード
評価

フラジリティ
評価

安全に係る
意思決定

- 
- ✓ 情報の流れと受渡し

リスク情報を活用した意思決定による継続的改善



Key Elements of the Integrated Risk Informed Decision Process for Continuous Improvement of Nuclear Safety

規制機関における安全の目標

平成30年4月5日付、炉安審・燃安審の規制委員会に対する回答より

- 原子力規制委員会が示す安全の目標は、福島第一原子力発電所事故のような重大な事故を再び起こさないとの決意の下、安全神話に陥ることなく、不断に安全性向上を図るとの姿勢に基づくものである。
- また安全の目標は、原子力規制委員会が規制基準の策定などに当たり参照すべきものである。
- 原子力規制委員会が示す安全の目標と、規制基準への適合によって達成される安全の水準を、確率という尺度のみを用いて直接に比較評価し、説明することは現状できないし、行うべきものではない。
- 安全の目標については、以上のような点こそ、国民に説明するべきものである。

組織文化、安全文化

- 不作為や先送りを犯すことは、如何に戒められるべきか
- 安全を損なうかどうかわからないリスク情報に資源を投入する決断をするのか
- 不確実な将来に対して、現状維持ではなく、行動ができるのか
- これらのためのインセンティブや優先順位付けに伴う各種障害を事業者と規制委員会は打破できるのか

毎日、全員が自分のふるまいを振り返る「10の特性」

- **個人の安全に対する取り組みと責任**

- 一人ひとりの責任
- 現状を問いただす姿勢
- 安全に関する効果的なコミュニケーション

(個人レベルの安全へのこだわり)

- **経営層の安全に対する取り組みと責任**

- リーダーの安全に対する価値観と行動
- 意思決定
- お互いを尊重し合う職場環境

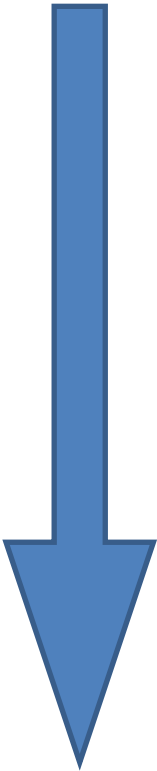
(経営層の安全へのこだわり)

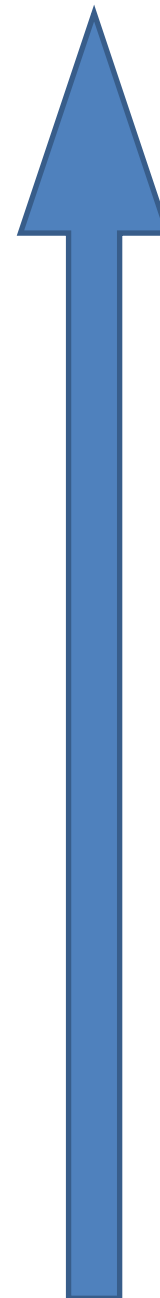
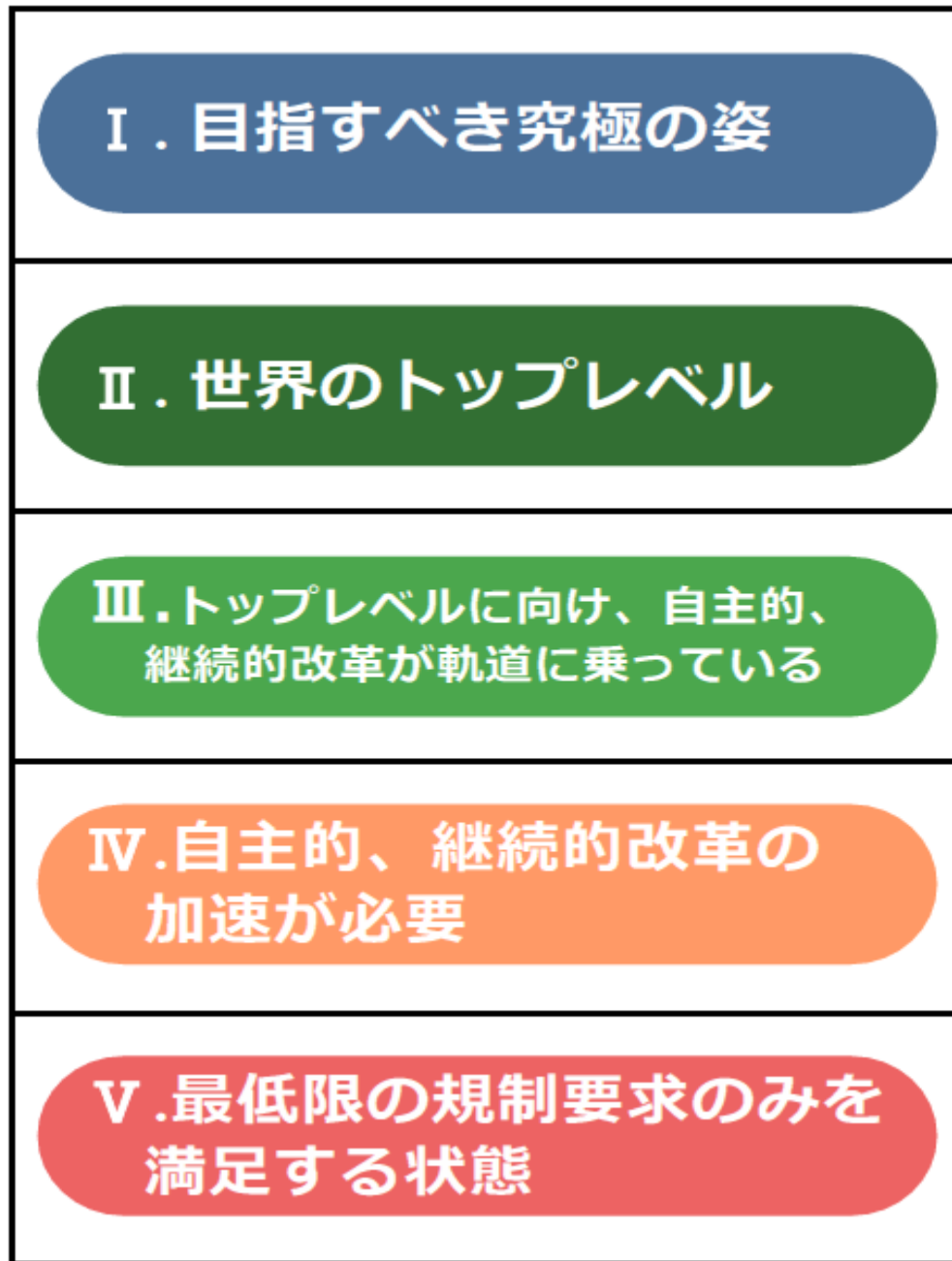
- **マネジメントシステムの構築と役割**

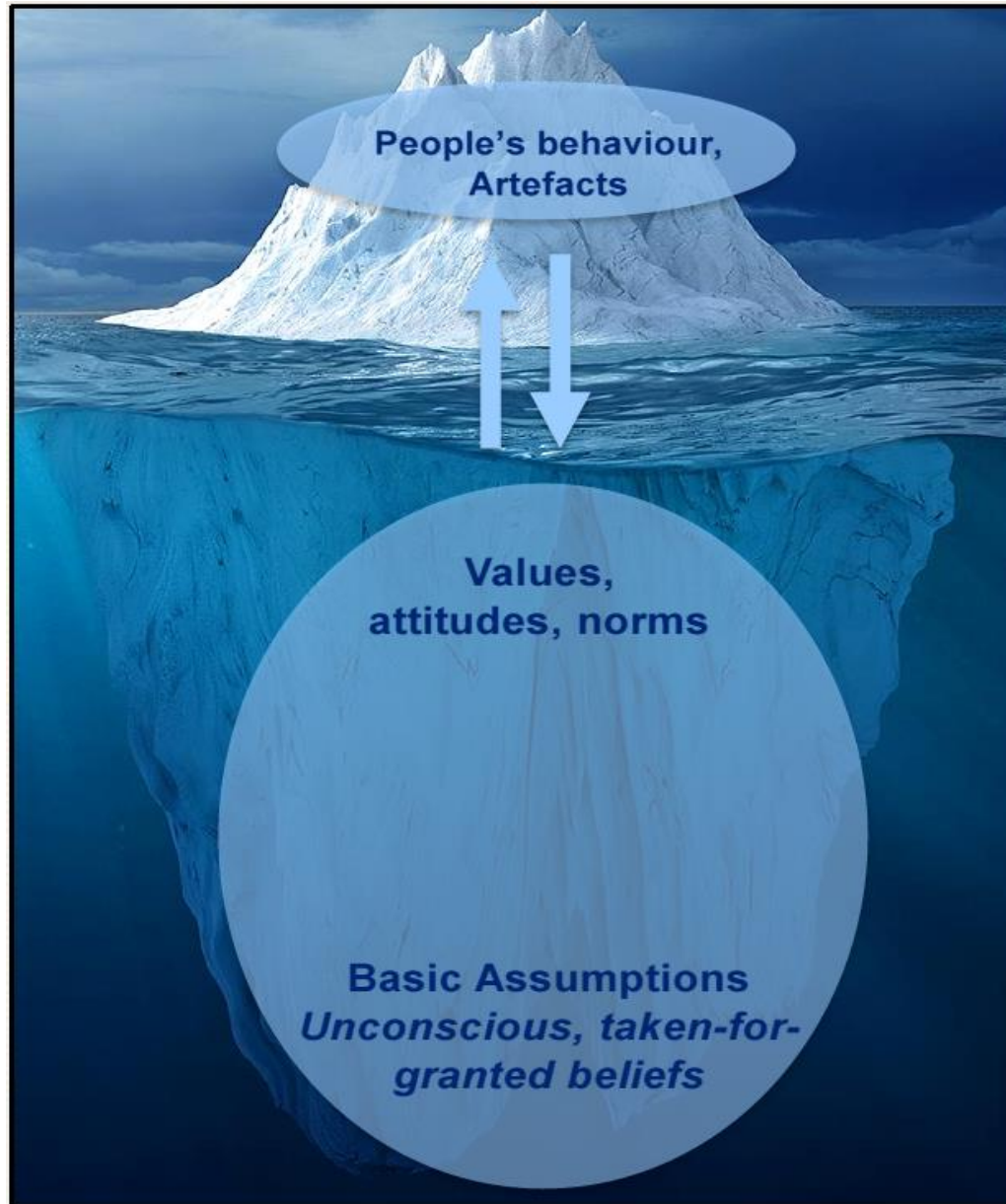
- 継続学習
- 問題の発見と解決
- 懸念を提起できる環境
- 作業プロセス

(管理体制)

安全文化醸成活動の段階

- 
- ✓ 第一段階： 「規則」に基づく段階
安全は規則・規制に基づいている
 - ✓ 第二段階： 「目的」に基づく段階
安全が組織の到達目標とみなされている
 - ✓ 第三段階： 「改善」に基づく段階
安全は常に向上させられる





IAEA GSR Part 2 (2016年6月)

• 安全のためのリーダーシップとマネジメント

従前のGS-R-3を置き換える全般的な安全要件

- ✓ 「安全のためのリーダーシップ」とは、組織の構想、目標、戦略、計画及び目的を定めかつ統合すること、電離放射線の有害な影響から人及び環境を防護することについて、要員がこれを実施約束するよう先導すること。また、基本安全原則を支持し、行動に係る期待事項を確立し、強固な安全文化を醸成すること。
- ✓ 「安全のためのマネジメント」には、効果的なマネジメントシステムを確立し、適用することを含む。安全に対する要件が定められ、人的パフォーマンス、品質及びセキュリティに対する要件を含む他の要件と一貫して適用されるように、また、他の要件及び要求を満たす必要性により安全が損なわれないように、このマネジメントシステムは、マネジメントのすべての要素を統合しなければならない。...

マネジメントとリーダーシップ

- その違いはどう考えるべきか(1/2)

マネジメント	リーダーシップ
機能	関連性
<ul style="list-style-type: none">• 計画／経費• 組織／人員• 業務割当／フォローアップ• 管理／問題解決	<ul style="list-style-type: none">• 共通的な理解を醸成する• 方針と方向性を確立する• 要員を連携させる• 動機づけして、やる気を喚起する

- ✓ マネジメントは業務を完遂し、やるべきことをマスターさせる。
- ✓ これに対してリードすることは、他者に影響を与え、変化のための原動力としての共通的な理解をもたらす。
- ✓ マネージャーは、リーダーになりうる。

マネジメントとリーダーシップ

- その違いはどう考えるべきか(2/2)

	Management Coping with complexity	Leadership Coping with change
What are we setting out to do?	1. Plan and Budget Develop detailed steps and timetables and allocate resources	1. Set Direction Develop a vision and strategies to achieve that vision; setting high but reasonable standards
How do we deliver results?	2. Organise and Staffing Establish a structure to achieve the plan; delegate authority and provide policies and procedures	2. Align People Communicating direction to influence creation of teams and coalitions that understand vision and strategy
What do we make it happen?	3. Control and Problem Solving Monitor and organize	3. Motivate, Mentor, Inspire Energizing people to develop and overcome barriers to change
What are the outcomes?	4. Produce Predictability and Order Consistently achieve budgets and targets	4. Produce Change Often to a dramatic degree, such as cultivating new services and new approaches

MacKay (2008) based on materials in Kotter (2001)

Greg Rzentkowski, IAEA の講演より(東京大学、2017)



Human Capacity Building の理念例 (フランスの原子力人材育成に基づく)

(参考)

AIEA (Association of International Education Administrators)による人材育成(HCB)の定義:
原子力の人材育成とは、安全かつ安心で持続可能な原子力計画を達成するために必要な行政、組織、及び個人の力量と能力を継続的に向上させるための体系的かつ統合的なマネジメントである

人材発掘

各国の将来ニーズに合致した人材育成ロードマップの構築

教育・訓練

適切な時期・場所での個々人への構造化された知識とスキルの提供

知識管理

知識獲得、知識構造化及び知識伝承

知識ネットワーク構築

ネットワークを通じた知識獲得と推奨される運転経験のシェア

国際標準プロアクティブエキスパート育成

東京大学の
教育基盤

専門職大学院及び
工学教程シリーズ

基礎 1

福島事故の基礎的知識と教訓に学ぶ

基礎 2

IAEA等の国際標準化活動の理解

応用

国際基準を対象とするProject Based Learning

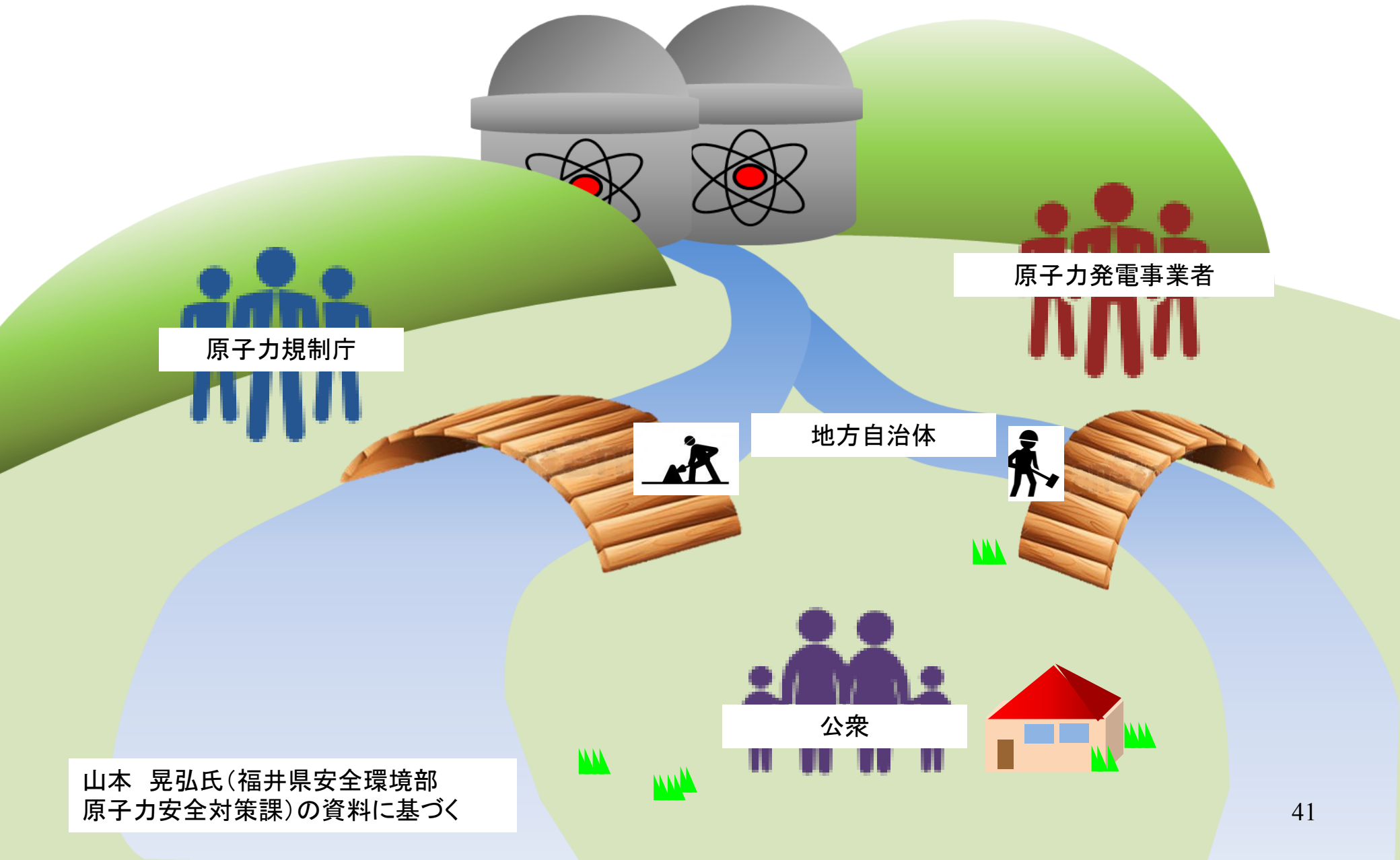
展開

IAEA他へのインターンシップ派遣

目標とする人材像

1. IAEA、OECD/NEA等の国際的な場に参画し、国際標準策定活動、安全研究等に積極的に関与
2. 国際的な最新知見や知識を我が国の規制に反映
3. グレーデッドアプローチを含む総合的リスクマネジメントを先見性を持って意思決定過程に適用
4. 被規制者や利害相反者とも積極的に対話し、相手の立場を尊重しつつ自らの確固たる視座をもち判断

まとめに代えて：地方自治体における努力と役割の例



山本 晃弘氏(福井県安全環境部
原子力安全対策課)の資料に基づく