

リスクインフォームド及びパフォーマンスベーストな検査制度とステークホルダーの関与

原子力総合シンポジウム2024

原子力のリスクをどのように考えるか

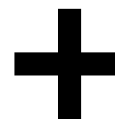
合同会社マトリクスK 近藤寛子

2025.01.20

自己紹介

近藤 寛子 (こんどう ひろこ) …… コンサルタント

- 略歴 大学院修了後，米国素材メーカー，日本IBM，アクセンチュアを経て現職
- 主な兼務 日本原子力学会 原子力安全部会 検査制度新検査制度の効果的な実施に関する検討WG 主査
科学技術振興機構 ムーンショット10 アドバイザー
新潟大学大学院 自然科学研究科 非常勤講師
- 主な著作 「改革の過程から規制の進化を探る」(2019)
- 直近の研究発表 “Transforming Nuclear Safety: Effective Operation of Japan’s New Nuclear Oversight Process”, Phoenix Project, University of Michigan, 2024.11



はじめに

- 検査制度の歴史的背景と意義
- 日米の制度改革をふまえた、日本におけるリスクインフォームドの導入とその課題
- 制度設計・運用におけるステークホルダー関与と実例
- 今後の展望

検査制度の概要と誕生



検査制度の全体像

安全に対する一義的責任をもつ事業者による安全確保活動と原子力規制が相まって成り立つ制度

世界最高水準の原子力安全

原子力規制検査で求められる原子力安全

原子力規制検査
パフォーマンスベースで、
リスク情報を活用し、
事業者の活動を監視



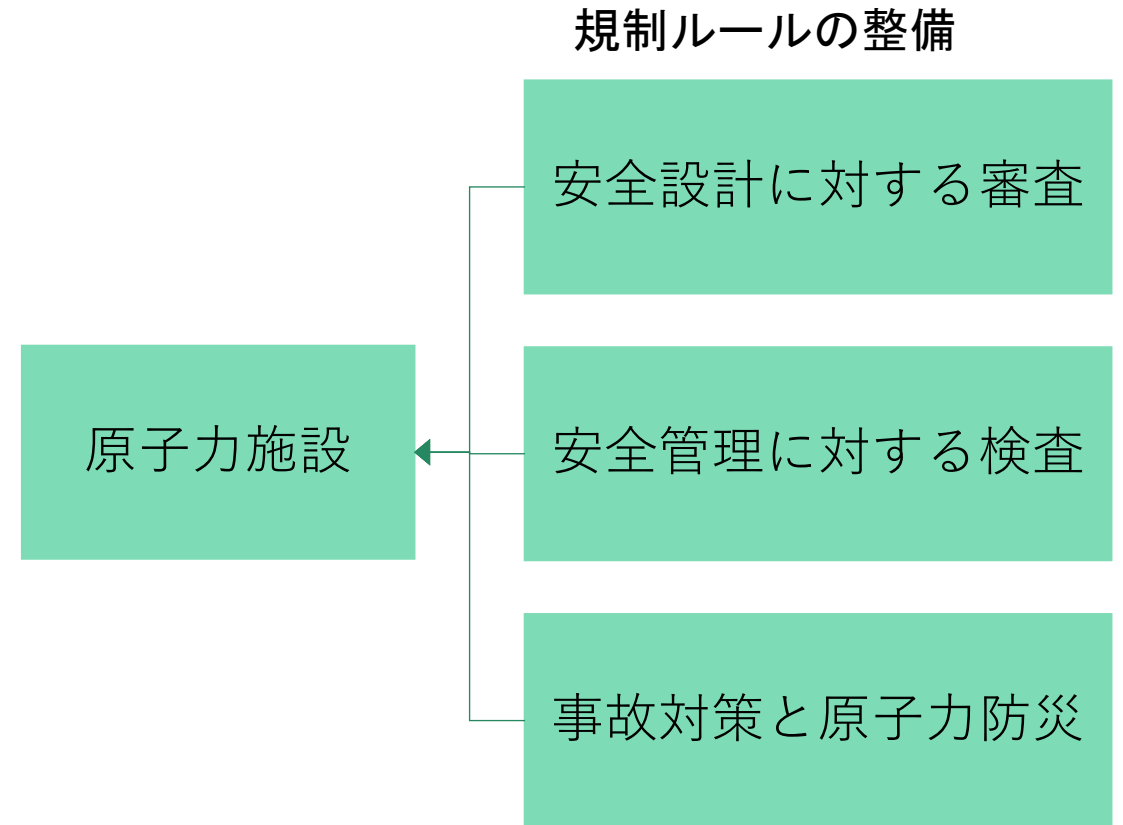
略語

CM: Configuration Management 構成管理、OP: Operaiton 運転、MA: Maintenance 保全、RP: Radiological Protection 放射線防護、MO: Management Observation マネジメントオブザベーション
PI: Performance Improvement パフォーマンス改善、CAP: Corrective Action Program 是正処置プログラム、OE: Operating Experience 運転経験

原子力施設のリスクと規制

原子力という複雑なシステムには、リスクマネジメントの枠組みが必要。
規制は原子力のリスクをあるレベル以下に抑制することが求められる。

原子力安全規制の構造



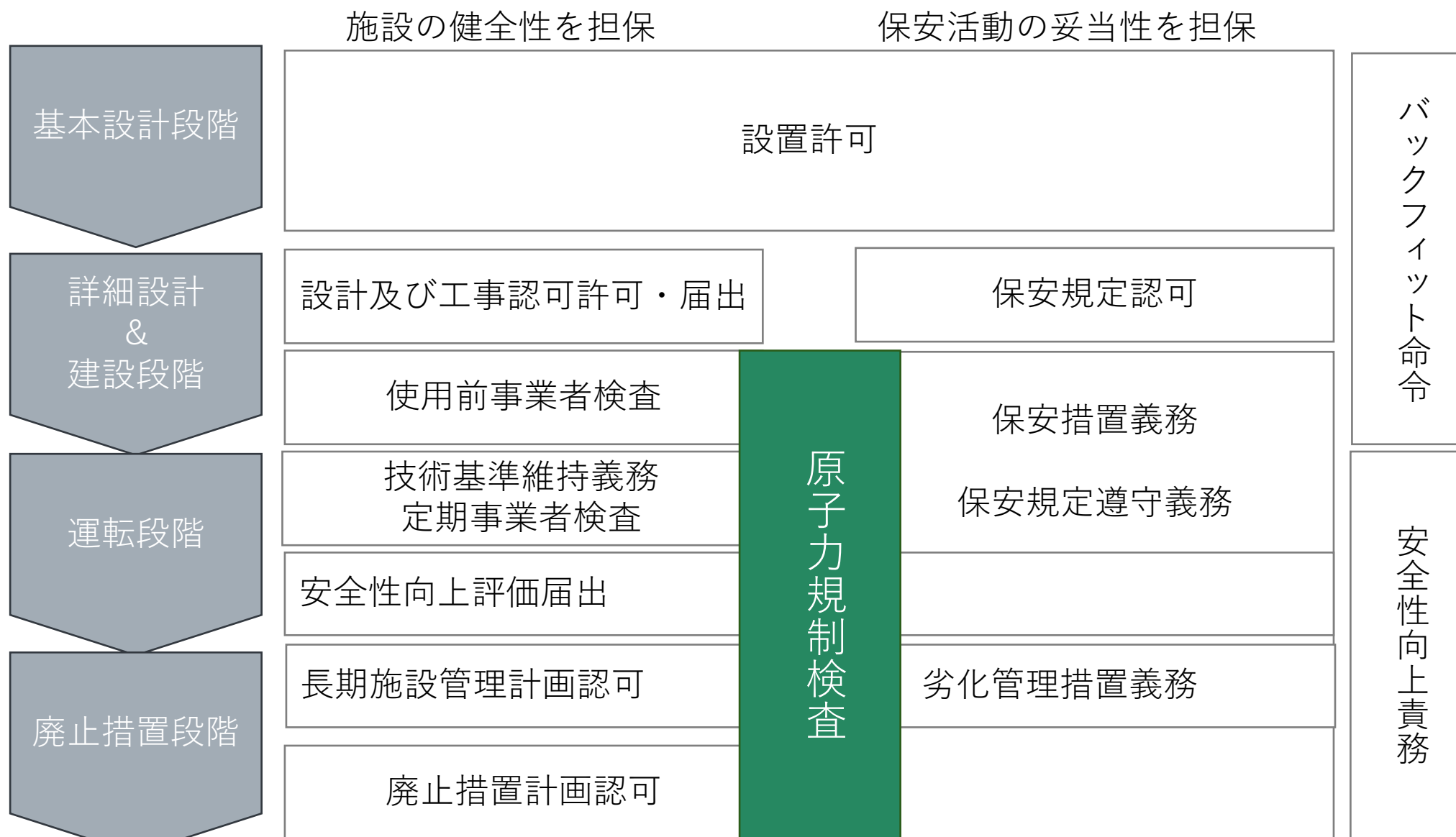
参考資料

阿部清治著「原子力のリスクと安全規制」

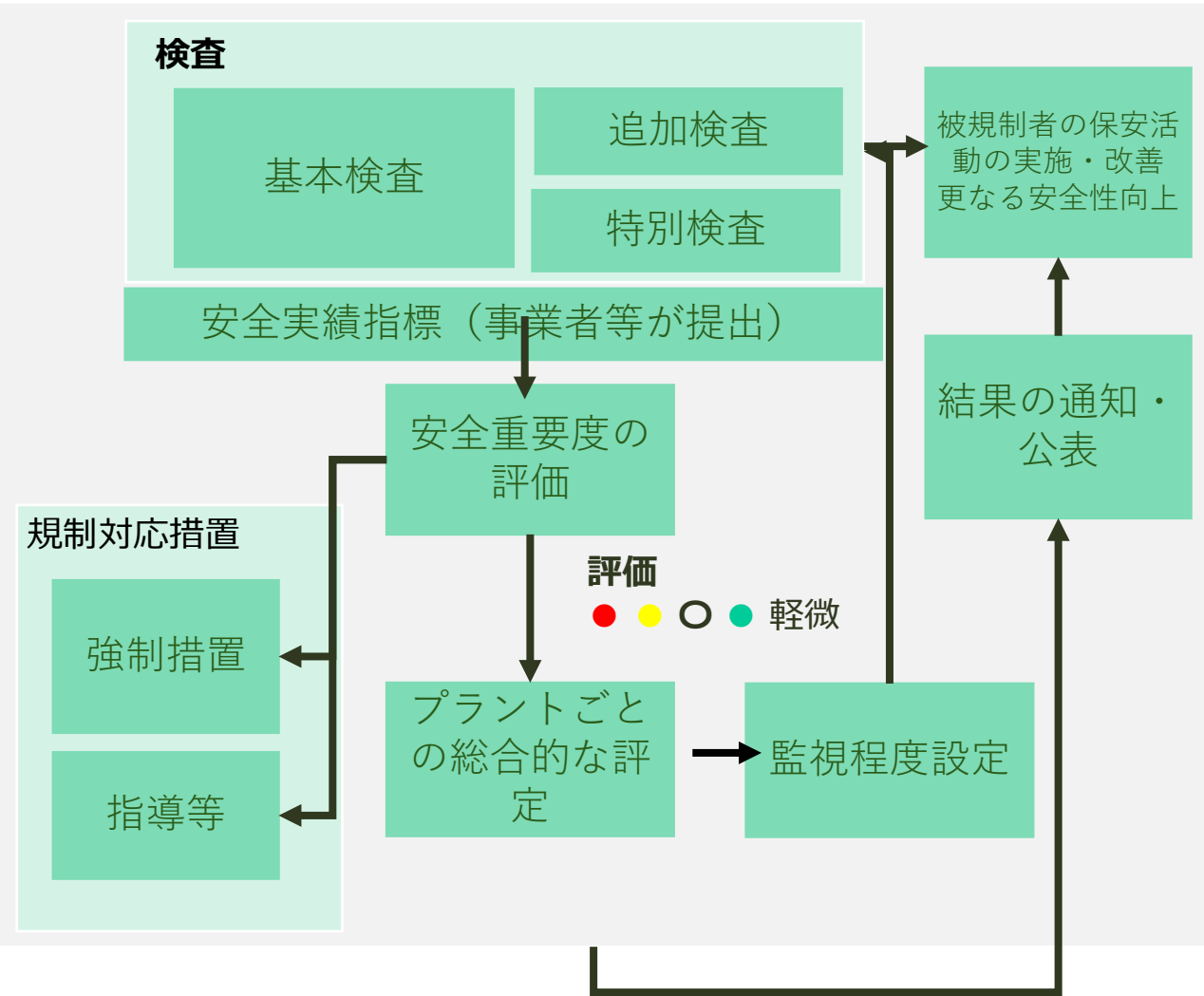
関村直人「グローバルな視点に基づいた原子力安全マネジメント—検査制度を中心に」

山本章夫「原子力の安全はどのように確保するのか」 日本原子力学会原子力安全部会 ウィークリーウェビナーを基に作成

原子力規制検査の位置づけ



検査業務の流れ



検査官による日々のオーバーサイト活動 (フリーアクセス)



原子力規制検査は、
米国の制度を取り入れること
で開始した制度

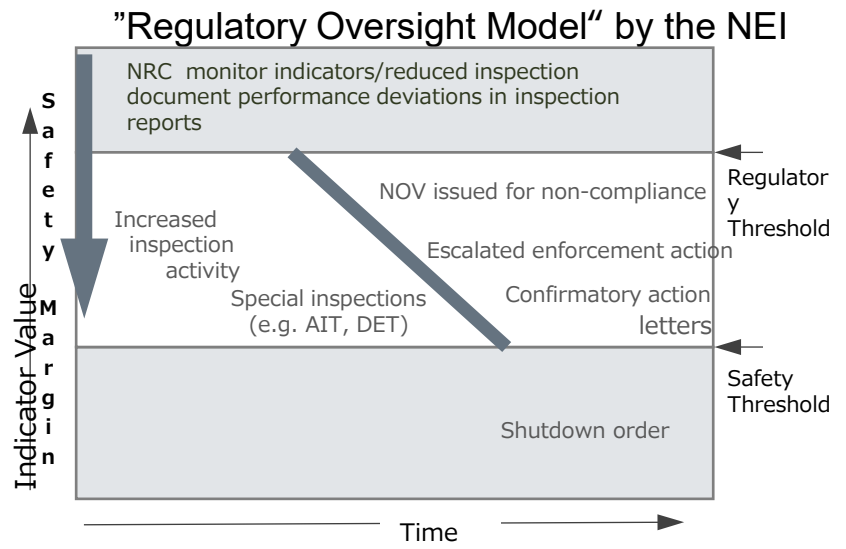
日米検査制度の簡易比較

	日本	米国
名称	原子力規制検査 Nuclear Oversight Program	原子力監督プロセス Reactor Oversight Process (ROP)
開始年	2020年4月（検討開始 2016年）	2000年(検討開始1998年)
前制度	建設・運転・廃止段階ごとの検査区分に応じたハード面の検査と、保安検査、溶接工程、燃料体の加工工程ごとの検査区分	SALP (Systematic Licensee Assessment Performance), SMM, PPR, IRAP
制度運営者	原子力規制委員会（NRA）	原子力規制委員会（NRC）
対象施設	原子力施設	商業用原子力発電所
主な特徴	リスクインフォームド、パフォーマンスベースド、7つのコーナーストーン、フリーアクセス、内外関係者の関与、透明性	

次スライド以降で、日本が検査制度導入時にROPを採用した背景を、歴史的背景から明らかにする。

ROPは、NRCが産業界からの提案を取り入れ、関係者の協働を通じデザインされた。長年、改善しながら運用されている。

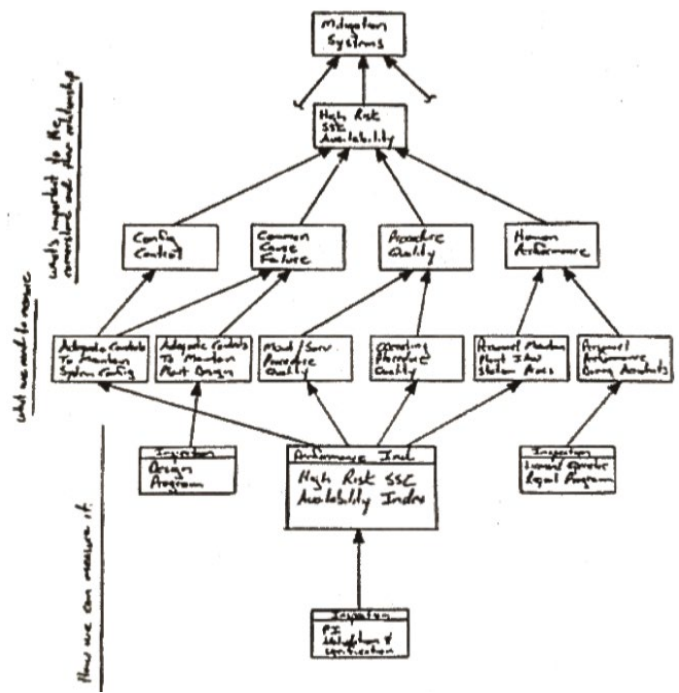
ROPは、NEI（米国原子力産業協会）の提案がきっかけであった



abbreviation
 AIT: Augmented Inspection Team
 DET: Diagnostic Evaluation Team
 NOV: Notice of Violation

出典: NRC, Public meeting on stakeholders' concerns, 1998, 7.17

NRCは、産業界や第三者との検討を重ねながら、ROPを制度設計した



第三者の例：専門家集団、自治体



ROP開発ワーキング準備会合資料（NRC保存文書）

ROPは、導入後から改善を重ね続け、IAEA IRRSのレビューでも高い評価を得た制度に



“リスク情報を活用し、安全のパフォーマンスに基づいている。予見性があり、透明性があるという点で、原子炉監督プロセスは、よい実践(good practice)がなされている”, IRRS 2010

“検査活動は模範的である” フォロアアップミッション, 2014

米国原子力規制改革の原点とTMI事故

事故前のTMI（スリーマイル島原子力発電所）を、B評定にしていたことで、NRCは大統領の諮問委員会から、安全に対する規制の在り方について厳しい指摘を受けた。

SALP以前の検査制度

CALENDAR YEAR - 1976

FACILITY	Z SCORE NONCOMPLIANCE		Z SCORE TOTAL		CATEGORY	
	SIMPLIFIED	DETAILED	SIMPLIFIED	DETAILED	SIMPLIFIED	DETAILED
Yankee Rowe	0.2	0.3	0.5	0.6	B	B
San Onofre	1.2	1.3	2.4	2.4	A	A
Conn. Yankee	0.1	0.1	0.2	0.2	B	B
Genoa	1.7	2.1	1.8	2.1	A	A
Indian Point #2	-5.3	-7.4	-5.0	-6.9	C	C
Turkey Point	-0.2	-0.5	0.3	0.1	B	B
Palisades	-2.2	-2.7	-2.4	-2.8	C	C
H. B. Robinson	1.0	1.0	0.6	0.6	B	B
Point Beach	1.3	1.4	1.4	1.4	A	A
Oconee	0.7	0.5	-0.1	-0.3	B	B
Surry	0.0	-0.5	-0.6	-1.1	B	C
Prairie Island	0.9	0.9	0.3	0.3	B	B
Ft. Calhoun	0.2	0.0	0.3	0.1	B	B
Three Mile Island	0.0	-0.2	-0.2	-0.4	B	B
Zion	-1.7	-3.3	-1.8	-3.4	C	C
Kewaunee	-0.1	-0.2	-0.4	-0.5	B	B
Maine Yankee	0.2	0.5	0.5	0.8	B	B

参考資料 Union Concerned Scientist, "Reactor Oversight Process"を基に作成

米国規制改革の根底にある考え

「規制しさえすれば、原子力発電所の安全が確保されるわけではない。ひとたび、規制が膨れ上がり、複雑になることは、原子力安全に対するネガティブ要因にもなりうる。」

「産業界の関心は、安全を全体的にとらえる注意より、規制を満たすことに向けられている。」 「規制には、電力会社やサプライヤーが安全性向上施策に取り組もうとする際の妨げになっている可能性もある。」



ジョン・ケメニー委員長

検査制度とは

NRA が実施する原子力規制検査に、安全性向上に取り組む事業者の自主的な活動と社会からのフィードバックが協働することで、原子力施設の安全性と信頼性が向上することを目指した制度。

検査制度の 特徴

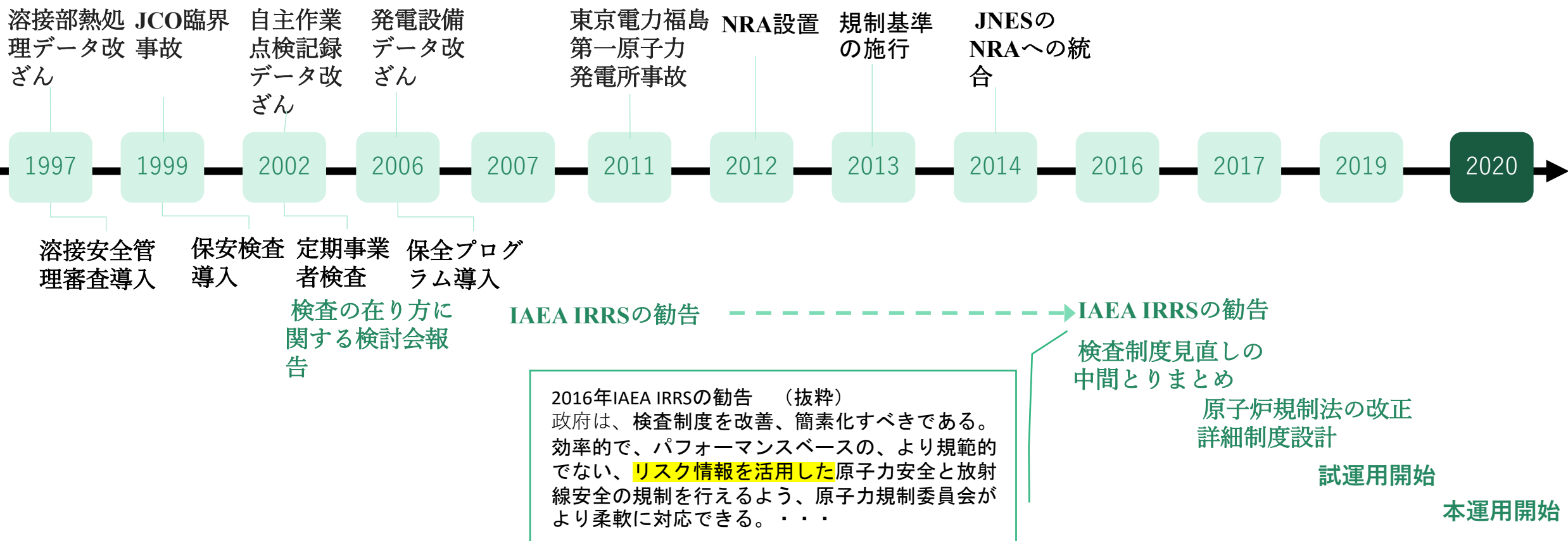
事業者の安全確保に関する一義的責任が果たされ、自らの主体性により継続的に安全性の向上が図られる。

事業者及び規制機関の双方の努力により、より高い安全水準が実現される。

これらのために、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「検査制度」

検査制度改革の年表

従来の検査見直しは、事故トラブルを起点にしており、見直しする度に複雑化した。
新検査制度導入はIAEA IRRS勧告を参考に、制度設計に向けた動きが本格化した。



参考資料
 原子力規制庁「原子力規制における現在の検査制度について」（平成28年5月30日）
 大嶋 健志 「原子力発電所等の検査制度の見直しなど原子力関連法の改正案」（2017）
 Hiroko Kondo “Discussion on challenges for new regulatory oversight program for nuclear facilities in Japan “(ANS Winter Meeting, 2019)を
 基に作成

制度の一元化・体系化

重複のある混み入った形態の複数の検査を原子力規制検査として一本化された。制度が目指す状態を具現化させるものとして、7つの監視領域が設けられ、各検査が再整理されている。

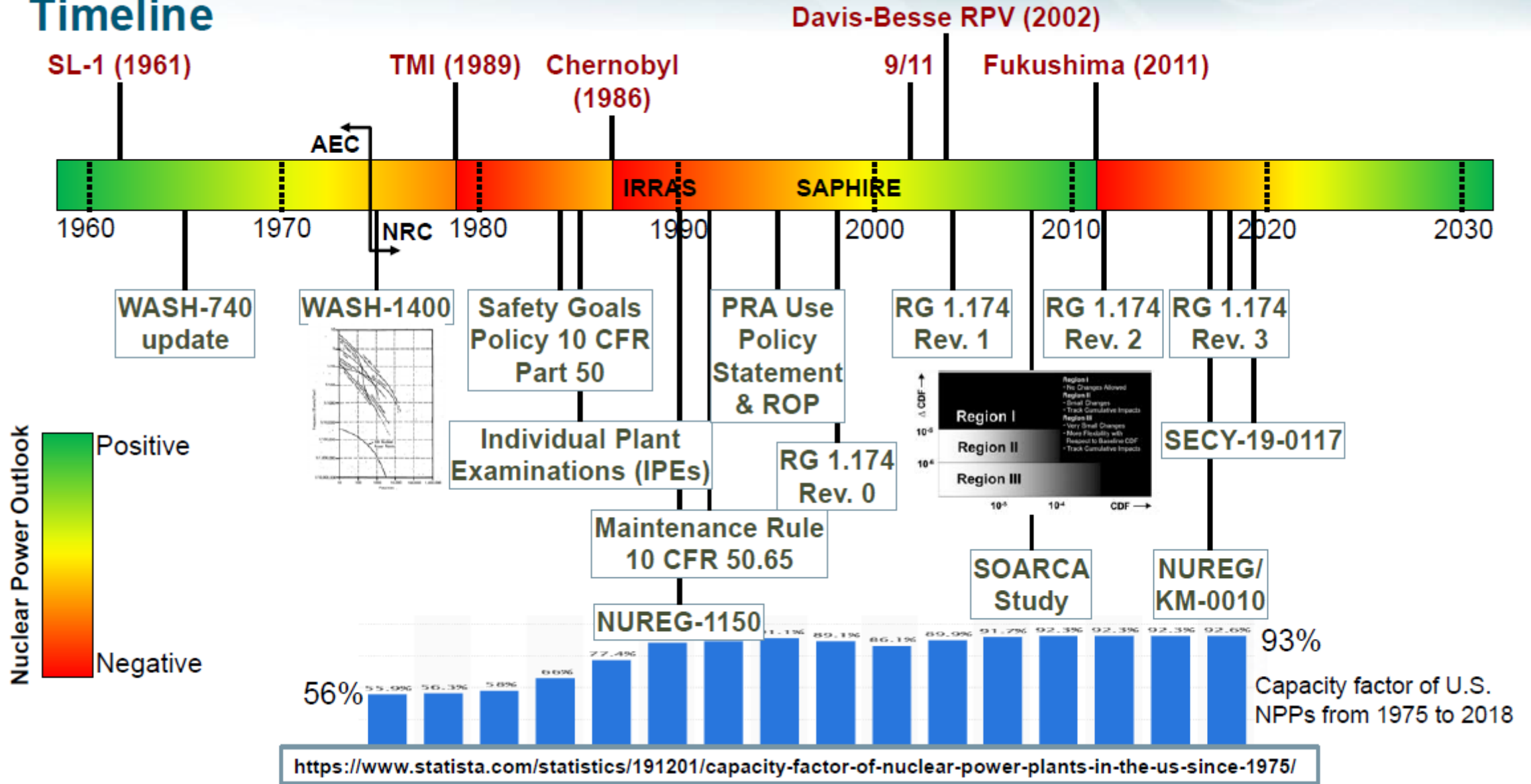
監視領域		目的
原子力施設安全	発生防止	出力運転時及び停止時において、プラントの安定性に支障を及ぼし、重要な安全機能に問題を生じさせる事象の発生を抑制すること。
	拡大防止・影響緩和	望ましくない結果（すなわち、炉心損傷）を防止するために起因事象に対応する系統、設備の動作可能性、信頼性及び機能性を確保すること。
	閉じ込めの維持	物理的設計バリア（燃料被覆管、原子炉冷却系及び格納容器）が公衆を事故又は事象による放射性核種の放出から守ることについて合理的な保証をもたらすこと。
	重大事故等対処及び大規模損壊対処	重大事故等及び大規模な損壊に対処するための事業者の体制及び設備が適切に整備され、使用する設備の動作可能性、信頼性及び機能性を確保すること。
放射線安全	公衆に対する放射線安全	通常の商用原子炉の運転の結果として公衆の区域へ放出される放射性物資の被ばくから公衆の健康と安全を適切に守ることを確保すること。
	従業員に対する放射線安全	通常の商用原子炉の運転における放射性物資による被ばくから従業員の健康と安全を適切に守ることを確保すること。
核物質防護		特定核燃料物質の盗取、特定核燃料物質の取扱いに対する妨害行為又は特定核燃料物質が置かれている施設若しくは防護設備等に対する破壊行為を防止すること。

リスクインフォームド規制の 歴史



米国の例

Timeline



日本の例

アクシデントマネジメントを起点にしたリスク評価の歴史はあるものの、米国と異なり、検査制度の下地となるリスクインフォームド規制を欠いたまま運用を開始した。そのため、検査制度の根幹をなすリスクインフォームドの実践が求められている。



1992 2002 2003 2006 2008 2009 2013 2015 2018 2020

通産省から事業者へのPRA実施とAM整備を要請

保安院が事業者のAM整備状況と有効性を確認

原子力安全委員会において安全目標案をとりまとめ

原子力安全委員会において性能目標案を取りまとめ

炉規法改正に伴い、安全性向上評価を導入

原子炉等規制法改正に伴い、安全性向上評価を導入

産業界がリスク情報活用に向けた戦略プラン及びアクションプラン策定

原子力規制検査開始

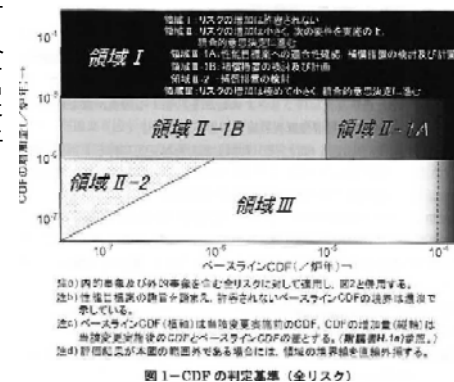
品質保証活動として約10年毎のPSRの実施及び国への結果報告を要請

品質保証活動を保安規定に見直し。PSR実施を法令要求事項として義務付け

保安院が実用発電用原子炉施設における定期安全レビュー実施ガイドラインを発行

日本原子力学会標準原子力発電所の定期安全レビュー実施基準発行

日本原子力学会PSR+



日本原子力学会標準原子力発電所の安全確保活用の変更へのリスク情報活用に関する実施基準:2010

略語

AM：アクシデントマネジメント、PRA：確率論的リスク評価、PSR:定期安全性レビュー

注：Nuclear Power Outlookに関する情報は、情報の入手性により2008年以降のみ記載。

参考資料

原子力文化財団「2023年度原子力に関する世論調査調査結果」

原子力エネルギー協議会「リスク情報活用に係るこれまでの実績および今後の取組みについて」を基に作成

検査制度とリスクインフォームド

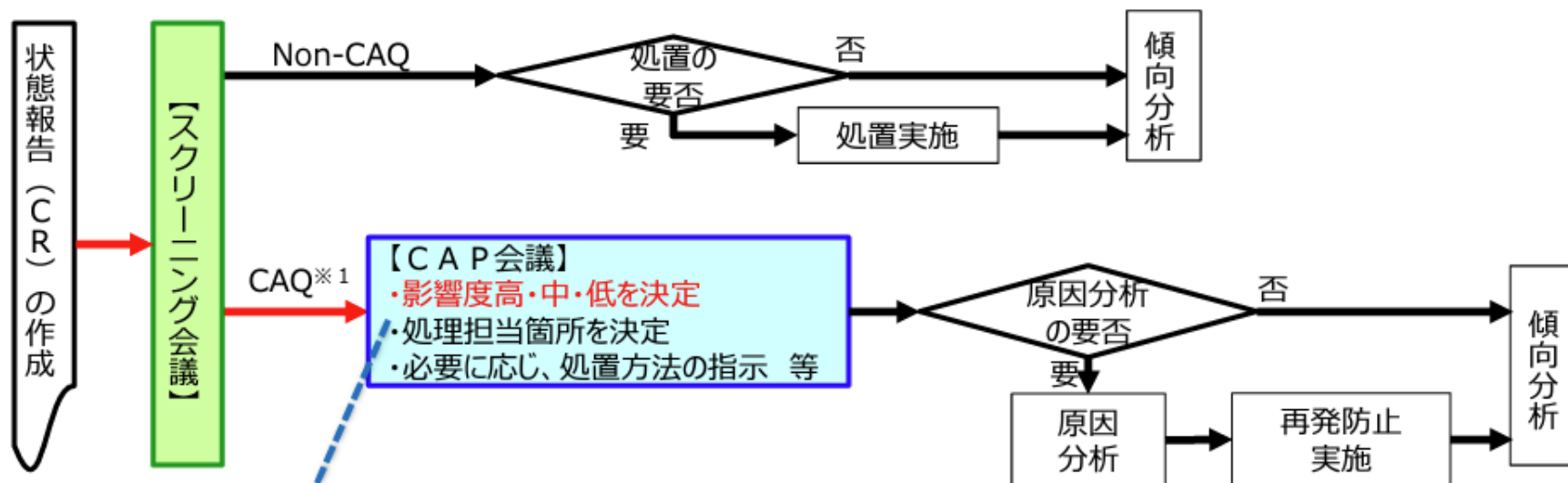


リスクインフォームドの活用方法と効果

事業者の場合

リスク情報を活用すること（リスクインフォームド）で、発電所の脆弱点や運用上の課題、新知見等の検討が可能に。→効果的な安全性向上対策が実施可能に。

<CAPプロセス>



※1 : CAQ (Condition Adverse to Quality) : 原子力安全 (品質) に影響を及ぼす状態

影響度 高	影響度 中	影響度 低
<ul style="list-style-type: none"> ・炉心損傷頻度の増分 (ΔCDF) 1×10^{-6} (/炉年)以上の事象^{※2} ・格納容器機能喪失頻度の増分 (ΔCFF) 1×10^{-7} (/炉年)以上の事象^{※2} ・当社原子力事業に対する社会的信頼を損なう不適切な事象 ・影響度中の事象の繰り返し発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・影響度低の事象の繰り返し発生 ・原子力規制検査の7つの監視領域のパフォーマンス目標を達成せず、安全な状態を維持することに影響を与えているもの ・運転上の制限の逸脱 	<ul style="list-style-type: none"> ・法令等の原子力安全および放射線安全に係る規制要求適合に影響するが、原子力規制検査の7つの監視領域のパフォーマンス目標を達成し、安全な状態を維持しているもの

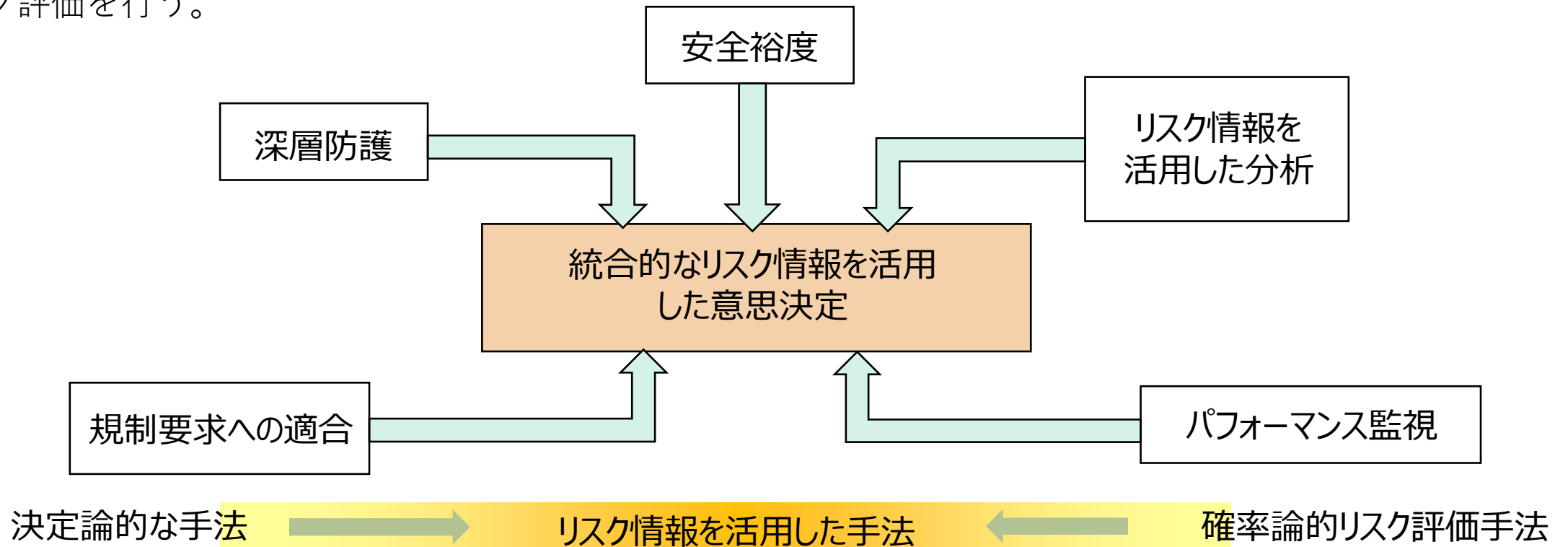
リスクインフォームドの活用方法と効果

規制当局の場合 1

検査制度におけるリスクインフォームドの狙いは、より重要な検査対象を選定し、原子力施設の設備及び活動の安全機能に着眼した検査を行うことにある。

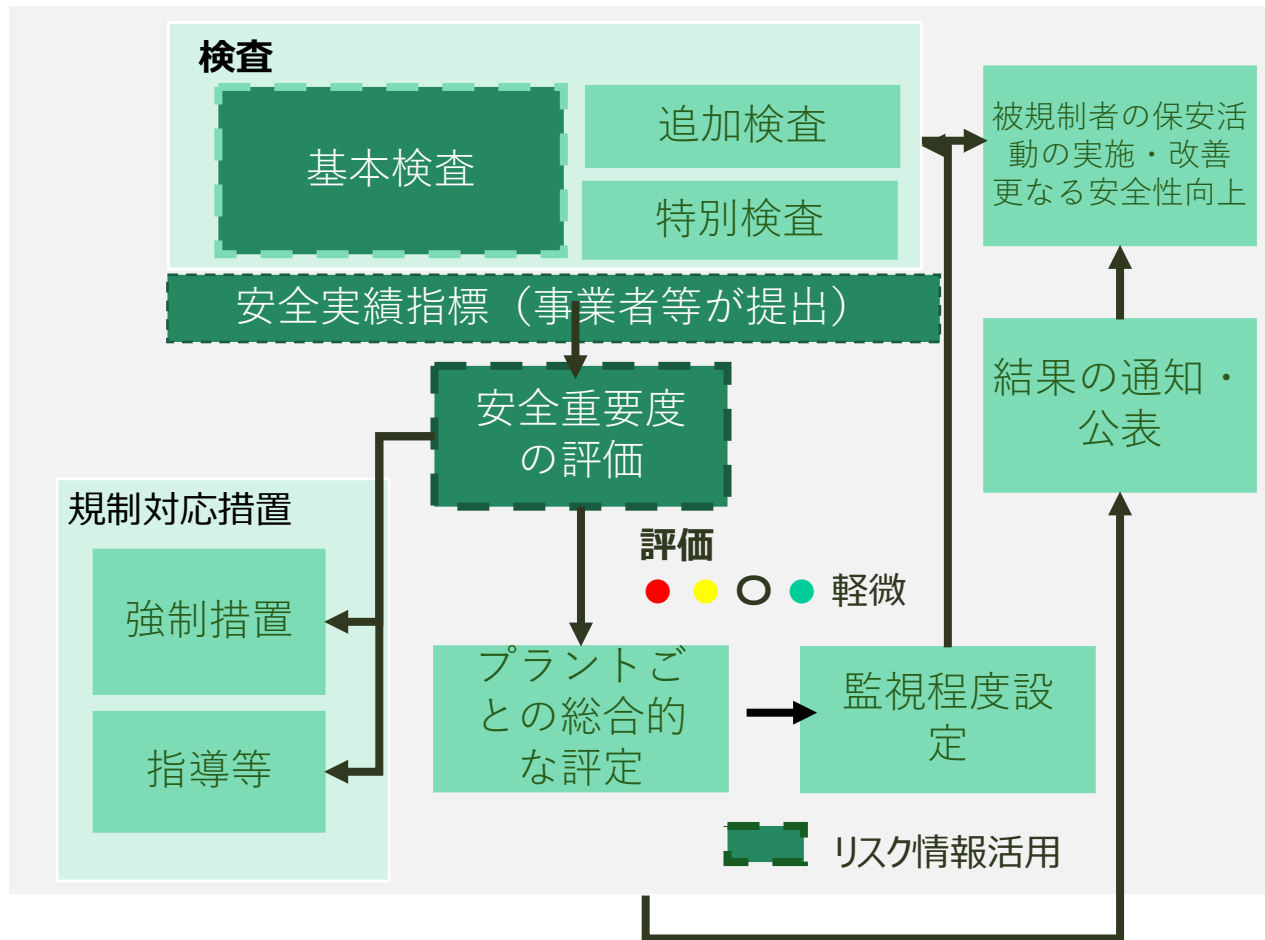
決定論的な考え方、深層防護・安全裕度等の考慮要素、確率論的手法を用いた定量的評価結果などを総合的に活用する。

リスク評価(PRA)が活用できる事象等には、詳細な定量的リスク評価を行い、それ以外に対し定性的なリスク評価を行う。



リスクインフォームドの活用方法と効果

規制当局の場合 2



リスクインフォームドの主な例

- ・ 日常検査でのウォークダウン対象設備の選定
- ・ 緑を超える可能性のある検査指摘事項の定量的な**重要度評価**に活用している。レベル1PRAで得られる各設備のリスク重要度 (FV,RAW)を活用

重要度評価区分の考え方

赤：安全確保の機能又は性能への影響が大きい水準

$$\Delta CDF > 10^{-4} \quad (10^{-4} \text{を越える})$$

$$\Delta CFF > 10^{-5} \quad (10^{-5} \text{を越える})$$

黄：安全確保の機能又は性能への影響があり、安全裕度の低下が大きい水準

$$10^{-5} < \Delta CDF \leq 10^{-4} \quad (10^{-5} \text{から} 10^{-4} \text{までの範囲})$$

$$10^{-6} < \Delta CFF \leq 10^{-5} \quad (10^{-6} \text{から} 10^{-5} \text{までの範囲})$$

白：安全確保の機能又は性能への影響があり、安全裕度の低下は小さいものの、規制関与の下で改善を図るべき水準

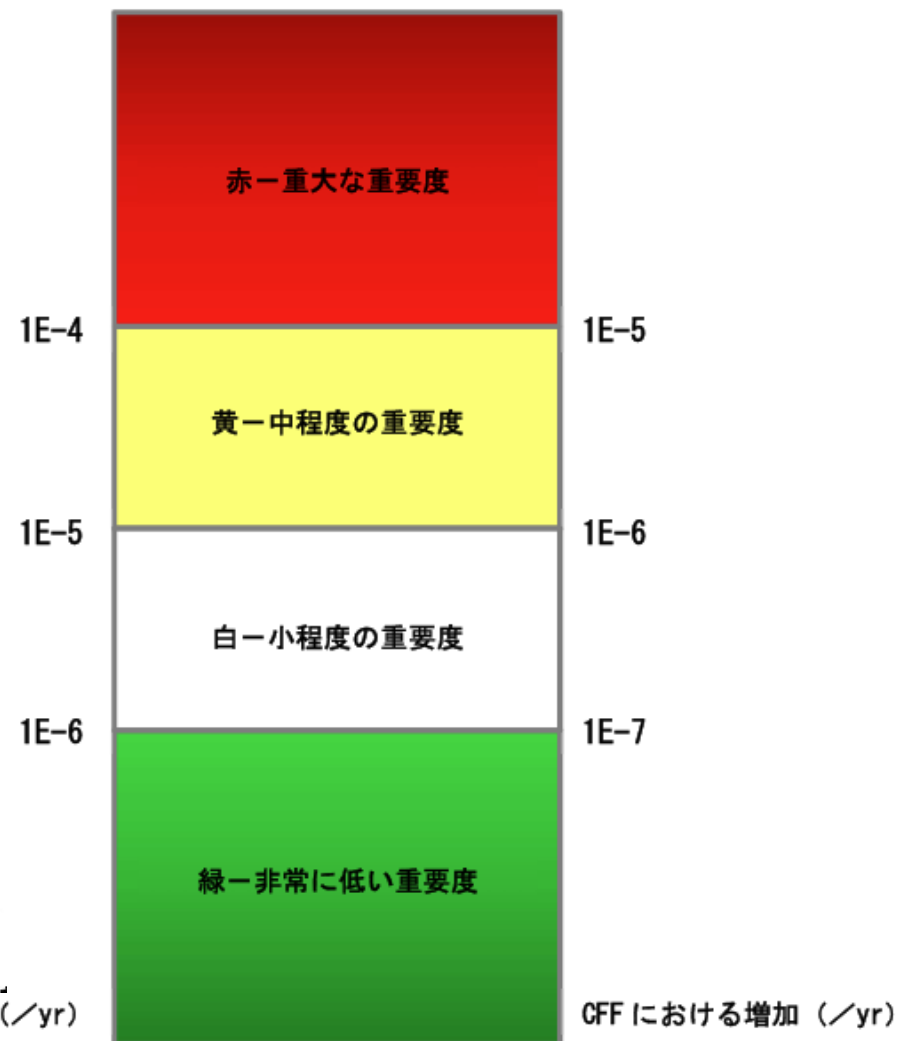
$$10^{-6} < \Delta CDF \leq 10^{-5} \quad (10^{-6} \text{から} 10^{-5} \text{までの範囲})$$

$$10^{-7} < \Delta CFF \leq 10^{-6} \quad (10^{-7} \text{から} 10^{-6} \text{までの範囲})$$

緑：安全確保の機能又は性能への影響があるが、限定的かつ極めて小さなものであり、事業者の改善措置活動により改善が見込める水準

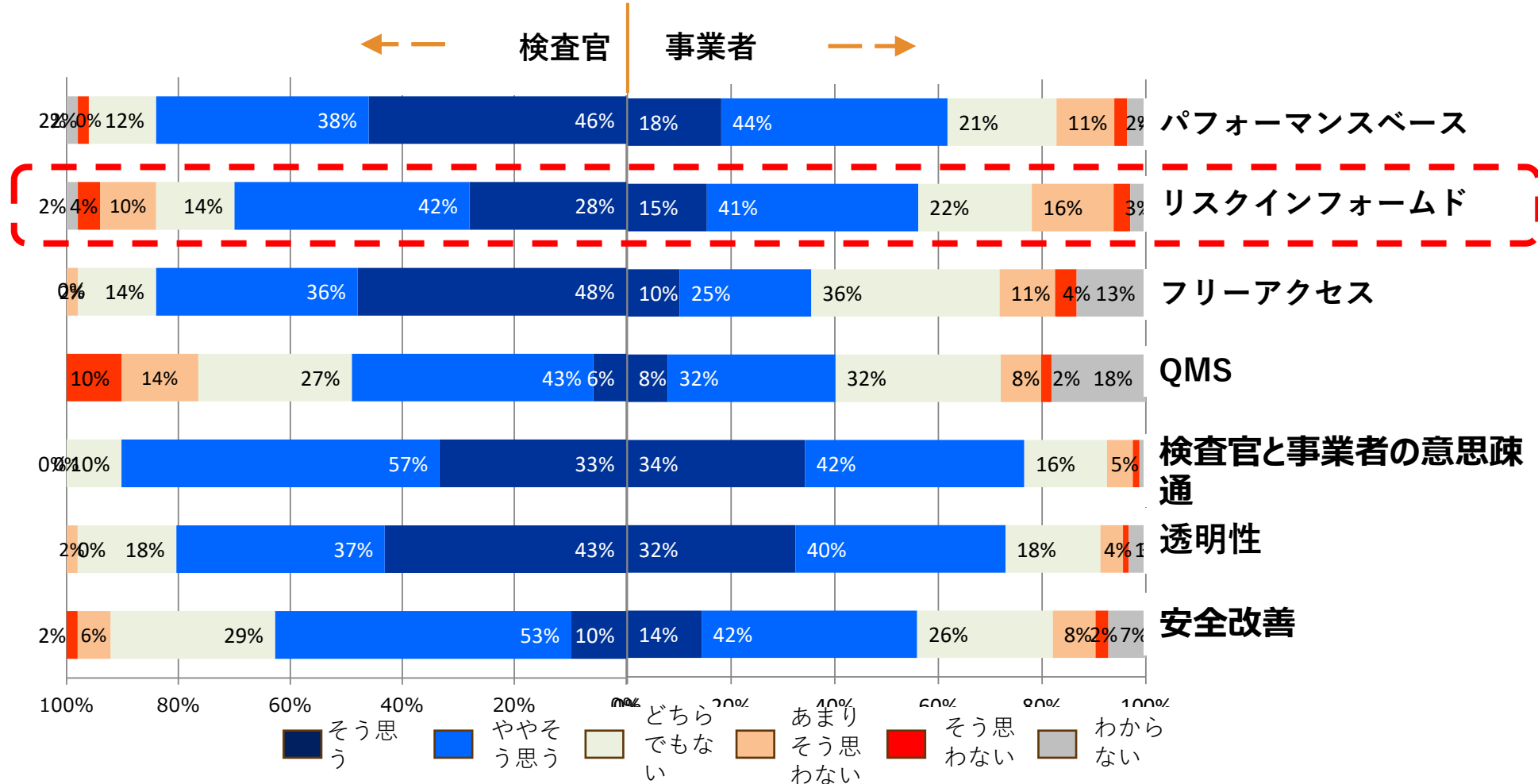
$$\Delta CDF \leq 10^{-6} \quad (10^{-6} \text{以下})$$

$$\Delta CFF \leq 10^{-7} \quad (10^{-7} \text{以下})$$




検査制度におけるリスクインフォームドの進展状況

原子力学会安全部会検査制度WG実施「検査官、事業者の意識調査」結果（抜粋）各項目の受け止め状況



Answer #: 検査官 51 事業者 4,523

出典: 検査制度WG意識調査
2023



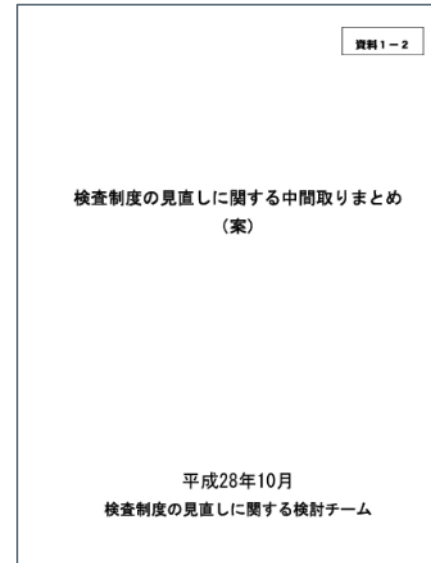
検査制度とステークホルダーの関与



検査制度の制度設計当初より、NRA内外の関係者が参画するチームが設けられ、詳細設計段階においては、作業部会となるグループが発足している。

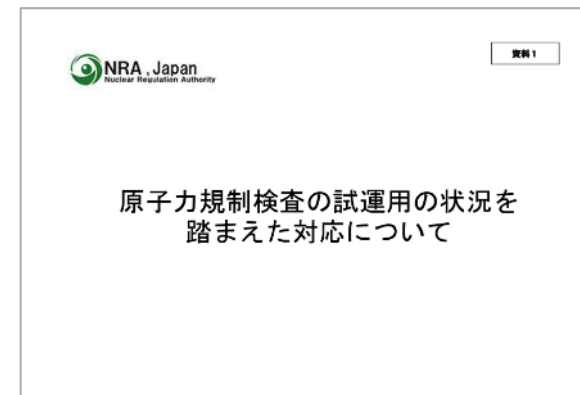
- 検査制度の見直しに関する検討チームの発足

- 従来制度の問題点、新たな制度による解決方法、新たな制度の方向性を検討
- 原子力規制委員、原子力規制庁職員、外部有識者、原子力事業者、産業界団体、学協会等が参画



- 検査制度の見直しに関するワーキンググループの発足

- 新たな制度の詳細設計に関する議論
- 原子力規制庁職員、原子力事業者が参画



出典 第6回会合検査制度の見直しに関する検討チーム
第33回WG検査制度の見直しに関するWG

原子力学会等の学会で検査制度の効果的な運用を検討する動きが起こり、幅広い関係者を招いた議論が活発化した。

原発新検査課題探る

原子力学会WG 関係者パネル討論

敦賀

原発検査体制の充実に向けた日本原子力学会原子力安全部会のワーキンググループ(WG)が6日、敦賀市の福井大敦賀キャンパスで開かれた。原子力規制庁や関西電力、県の担当者らによるパネル討論があり、検査の課題や効果について意見を出し合った。

WGは大学教授や電力事業者の担当者ら12人で構成。原発立地地域でWGを開くのは初めて。オンラインを含め電力事業者や県内の学生ら約120人が参加した。

パネル討論のテーマは、2020年4月に本格運用が始まった原発の新検査制度。事業者が自ら安全性向上の取り組みを促進するよ

う、規制庁の検査官が自由に立ち入りし設備やデータを随時チェックする。四半期ごとに検査報告書を公表している。

コーディネーター役のWGメンバーを含め、計9人で討論した。トラブルや不具合が起きた場合について、関電原子力事業本部の菅陽介・発電グループマネジャーは「誰が問題を発見したか、事業者が自主的な改善をしているかが(安全性向上への)一つの物差しになる」と述べ、検査報告書にその点が書かれるようになったことを評価した。規制庁の西村正美・地域原子力規制総括調整官は「検査官は検査に注力してほしい思いがある。作成

原発の効果的な検査制度などについて議論したパネルディスカッション=6日、敦賀市の福井大敦賀キャンパス



に手間がかからず、より分かりやすい検査報告書になる方法を検討したい」と語った。

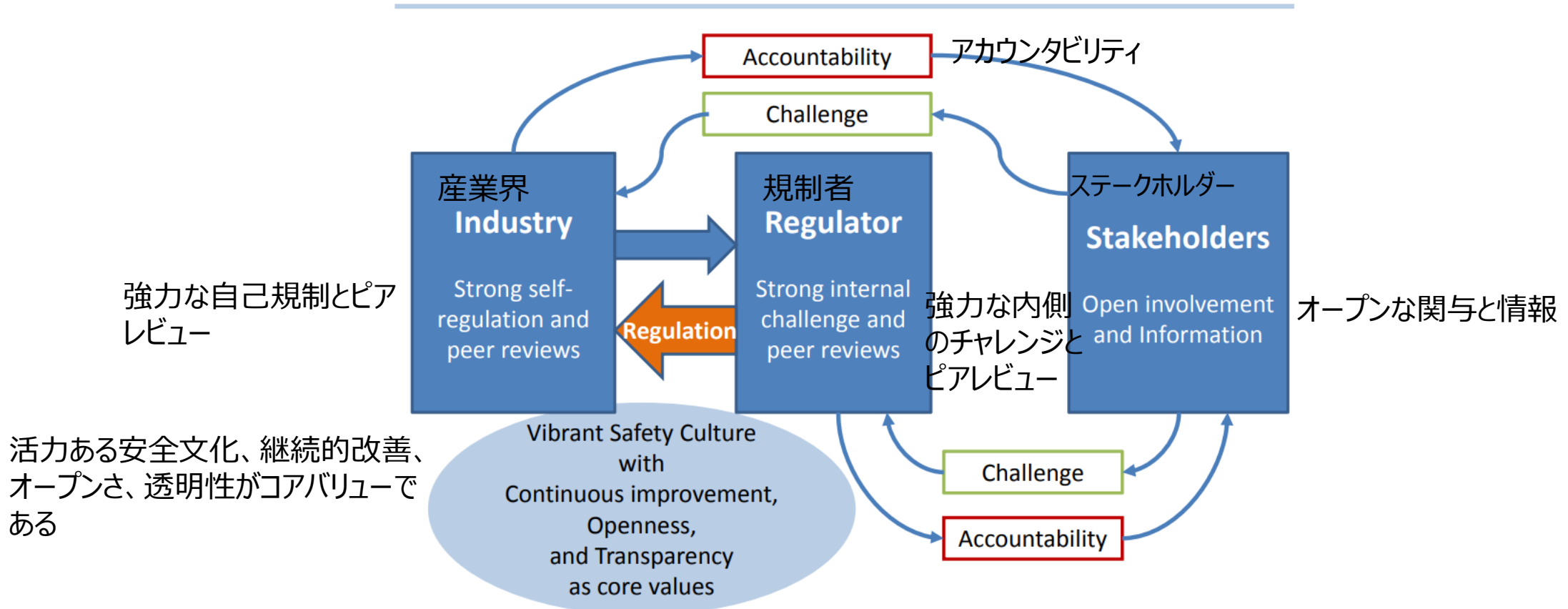
規制当局や事業者の取り組みに対する県民理解を広げるための方策も議論し

た。WGメンバーの高橋信・東北大学教授は「(地域や県民に)情報を出すだけでなく、何を知らたいか、何を疑問に思っているかをまず聞くことが大切だ」と助言した。(岩瀬善郎)

(地域や県民に) 情報を出すだけでなく、何を知らたいか、何を疑問に思っているかをまず聞くことが大切

透明性と社会との関わり

Elements of Strength in Depth 深層的強さの要素



After Dr. Richard A. Meserve (Feb., 2017) and IAEA INSAG-27 (2017)

出典 関村直人 「この5年間の原子力規制を踏まえて - 原子力安全部会の認識 - (1) 規制全般に対する課題と今後の展望」(2018年2月)

日本語は発表者の仮訳



まとめ

リスクインフォームドが切り開く検査制度の新たな地平



原子力リスク管理の枠組み

- 原子力という複雑なシステムのリスクを管理するためには、**審査、検査、継続的な安全性向上**が一体となった枠組みが不可欠である。
 - **審査**: 設計段階での安全性確認。
 - **検査**: 運用段階でのリスク監視と安全確保。
 - **安全性向上届出**: 継続的改善とフィードバック。
- ステークホルダー全体がこの枠組みに積極的に関与することで、透明性の向上と信頼の構築が可能になる。

米国と日本のリスクマネジメントの進展

- 米国では、TMI事故を契機に、リスクインフォームド規制に向けた規制改革が進められた。
- 日本では、IAEA IRRSの勧告を受け、リスクインフォームドに関する、以下の検査制度改革が進めた。
 - **統合的なリスクインフォームドの枠組み**
 - **リスクインフォームドを取り入れた重要度評価**
 - **検査対象の選定**
- 事業者、規制当局、専門家など多様なステークホルダーが関与し、新しい検査制度が形作られた。

日本におけるリスクインフォームドの課題

•課題1: 「パフォーマンス」概念の整合性

- 規制当局と事業者間で「パフォーマンス」に対する解釈が異なり、リスクインフォームドについて共通認識が不足している。
→ 共通のリスク認識を形成するためには、どのような対話の場や仕組みが必要か？

•課題2: 意思決定プロセスの透明性

- 日本特有の高コンテクスト文化により、議論や意思決定の透明性が課題となる。リスク情報を基盤にした意思決定の仕組みが十分に機能していない。
→ リスク情報を活用した透明な意思決定プロセスを日本の文化的背景に適応させるにはどうすべきか？

•課題3: 実践の加速

- 規制当局、事業者、地域社会を含むステークホルダーが、リスク情報活用を具体的行動へと結びつける取り組みを加速させる必要がある。
→ どのような教育・トレーニングや協力体制が有効か？

結論

- リスクインフォームドは、検査制度の核として制度全体を進化させる鍵である。
- 今後の課題克服に向けては、ステークホルダー全体が協働し、取り組む必要がある。
- 持続可能で社会的信頼を獲得した検査制度の確立を目指すことができる。

ご清聴ありがとうございました

