

標準委員会セッション3
(システム安全専門部会, リスク専門部会の合同)

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2)

**1. 総合的, 俯瞰的な安全性向上のための
意思決定の考え方**

平成27年3月22日
東京大学 越塚 誠一
(安全性向上対策採用の考え方に関するタスク主査)

発表内容

1. タスク設立の経緯、目的、背景
2. タスクの経過
3. 意思決定の考え方

1.タスク設立の経緯、目的、背景

● 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。

● 背景

- 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第3項)
 - 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

2. タスクの経過

- 安全性考え方タスクの開催実績

- 第1回 平成26年5月13日(火)10:00～12:00
- 第2回 平成26年6月18日(水)9:30～12:30
- 第3回 平成26年7月29日(火)9:30～12:10
- 第4回 平成26年9月30日(火)9:30～12:30
- 第5回 平成26年11月14日(金)9:30～12:50
- 第6回 平成26年12月25日(木)9:30～12:20
- 第7回 平成27年1月21日(水)9:30～12:00
- 第8回 平成27年3月9日(月)9:30～12:30

- 日本原子力学会2014秋の大会 標準委員会セッション（システム安全専門部会, リスク専門部会合同）2014年9月10日

「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」

座長（東大）関村直人

- (1) 安全性向上対策の意思決定プロセスの課題（関西電力）成宮祥介
- (2) 決定論的評価と確率論的評価の統合の課題（電中研）山下正弘
- (3) 安全性向上対策採用に係る海外事例検討（原安進）鎌田信也
- (4) 総合討論 司会：（東大）関村直人

標準委員会セッション3（システム安全専門部会，リスク専門部会合同） 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

1. 原子力**安全の目的**は、「**人と環境を放射線の有害な影響から護ること**」。その達成のために、**全てのステークホルダーがそれぞれの役割において、継続的な改善を行ない、リスク低減、安全性向上に努める**。
2. それらの努力における様々な意思決定には、**規制と被規制のみならず、全てのステークホルダーが参画しうるようそのプロセスを明らかにして、グレーディッドアプローチと継続的改善が進められる意思決定プロセスが求められる**。
3. ステークホルダーとして**学会**は、この取り組みのための**議論の場や、基となる考え方を含む学会標準を提供**するなどの役割を果たせる。
4. 統合的意思決定の考え方を構築するための課題として、**リスク評価の方法論の課題と、そのプロセスについての課題**を考察する。
5. **米国等での先行例との比較、及び国際機関の検討・基準化のための検討状況**を踏まえて、議論を進める。

標準委員会セッション3（システム安全専門部会，リスク専門部会合同）

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 論点

- 論点1．** 原子力学会も、規制と被規制とともに、ステークホルダーである。では、学会の特質を活かし、安全性向上の取り組みに、何が出来るか？対等の議論が出来る場を提供、基本の考え方を含む学会標準をステークホルダー皆で制定し提供できる。他には？
- 論点2．** 意思決定のプロセスは、JEAC4111-2013を基盤に、有すべき特性を挙げた。これらの特性を実現するプロセスを提示したが、「実効性」を具現化する方法は？
- 論点3．** プロセスを推進するには、新知見の収集・分析・反映は重要と言われるが、網羅性に徹してしまい、有益な分析に届かないのでは？効果的な方法は？「これで新知見は全て」を求める必要があるか？
- 論点4．** 統合的意思決定では決定論と確率論の知見を相互補完的に活用すべき。自主的安全性向上対策を検討する上で、確率論の知見も取り入れた決定論的ターゲットとしてのリファレンスレベルの設定が有効か？その要素はどうあるべきか？

標準委員会セッション3（システム安全専門部会，リスク専門部会合同）

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 論点

- 論点5．自主的安全性向上対策は規制要求を上回る安全性を目指すことから、ALARPのBSOに該当する確率論的ターゲットの設定が有効か？
確率論の知見と他の要素とのバランスはどうあるべきか？
- 論点6．安全性向上対策の策定にグレーディッドアプローチをどう取り入れるべきか？また、特に、外的事象PRAの知見が重要となるが、不確実さの取り扱いを含めて、どうすれば有効活用できるか？
- 論点7．バックフィット要否判断には、手法、基準が要るが、未整備である。まず、ALARPのような基本的考え方となる原則が無いと判断基準が作れない。議論できる場が要るのでは？
- 論点8．我が国でも、今後、PRAからのリスク情報を用いてコストベネフィット解析を行うためには、レベル3 PRAのデータベースの整備が要るが、計画は？

「安全性向上対策採用の考え方に関するタスク報告書」 目次案

1. はじめに

2. 自主的安全性向上と国のバックフィット

越塚誠一

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

山下正弘

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

鈴木雅秀

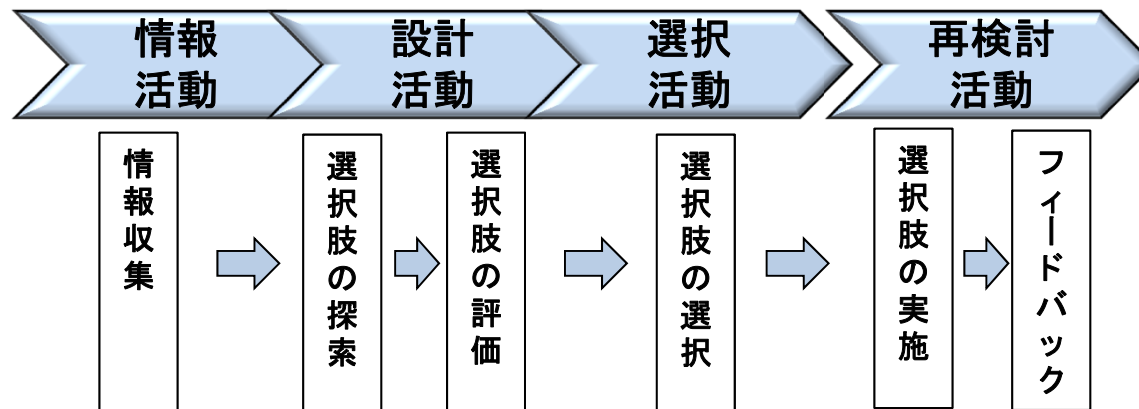
【解説】

3. 意思決定の考え方

「意思決定」，「意思決定プロセス」の意味

- 意思決定＝選択（choice）＆「問題解決行動」
 - 問題の発生（察知）と問題の定式化から，選択肢の探索，選択肢の評価と比較を経て，最終的な「選び出し（選択）」へと至る一連の段階的な過程。
 - 組織行動は組織の意思決定プロセス。
- どのような意思決定でもプロセスは本質的に同じ。

意思決定プロセス (Simon, H.A.)



(出典: Simon, Herbert A. (1997), Administrative Behavior, 4th ed., New York: Free Press.)

意思決定の分類 (Ansoff, H.I.)

意思決定の分類	主な決定事項	意思決定者
戦略的意思決定	組織の方向性を決めるような重要な問題に対する意思決定。非定形的な意思決定。	上位階層の意思決定者（経営者）
管理的意思決定	戦略を実際の戦術に落とし込む意思決定。組織の戦術レベルの意思決定。	主に管理者または中位及び下位階層の意思決定者
業務的意思決定	日々の業務を効率的に行うための意思決定。定例的・定型的な意思決定。	

(出典: Ansoff, H. I., Corporate Strategy, McGraw-Hill, 1965.)

合理的な意思決定プロセスは、組織における「戦略」を選択し、実行するプロセスに他ならない。

リスクマネジメントにおける「意思決定」のプロセス」(1)

● リスクマネジメントと意思決定プロセス

- リスクマネジメントは、以下のプロセスから成る
 - Risk assessment: リスクを特定し、分析し、評価する
 - Risk treatment: リスクアセスメントを受けてリスクを調整する
- この過程が、**意思決定プロセス(戦略的な意思決定プロセス)**

● リスクマネジメントの変遷

- 当初のリスクマネジメントは、局所最適であった。
- その後、全体最適化を考えた全社的リスクマネジメント(ERM)
 - ステークホルダーを考慮したCSR(社会的責任)も考慮。

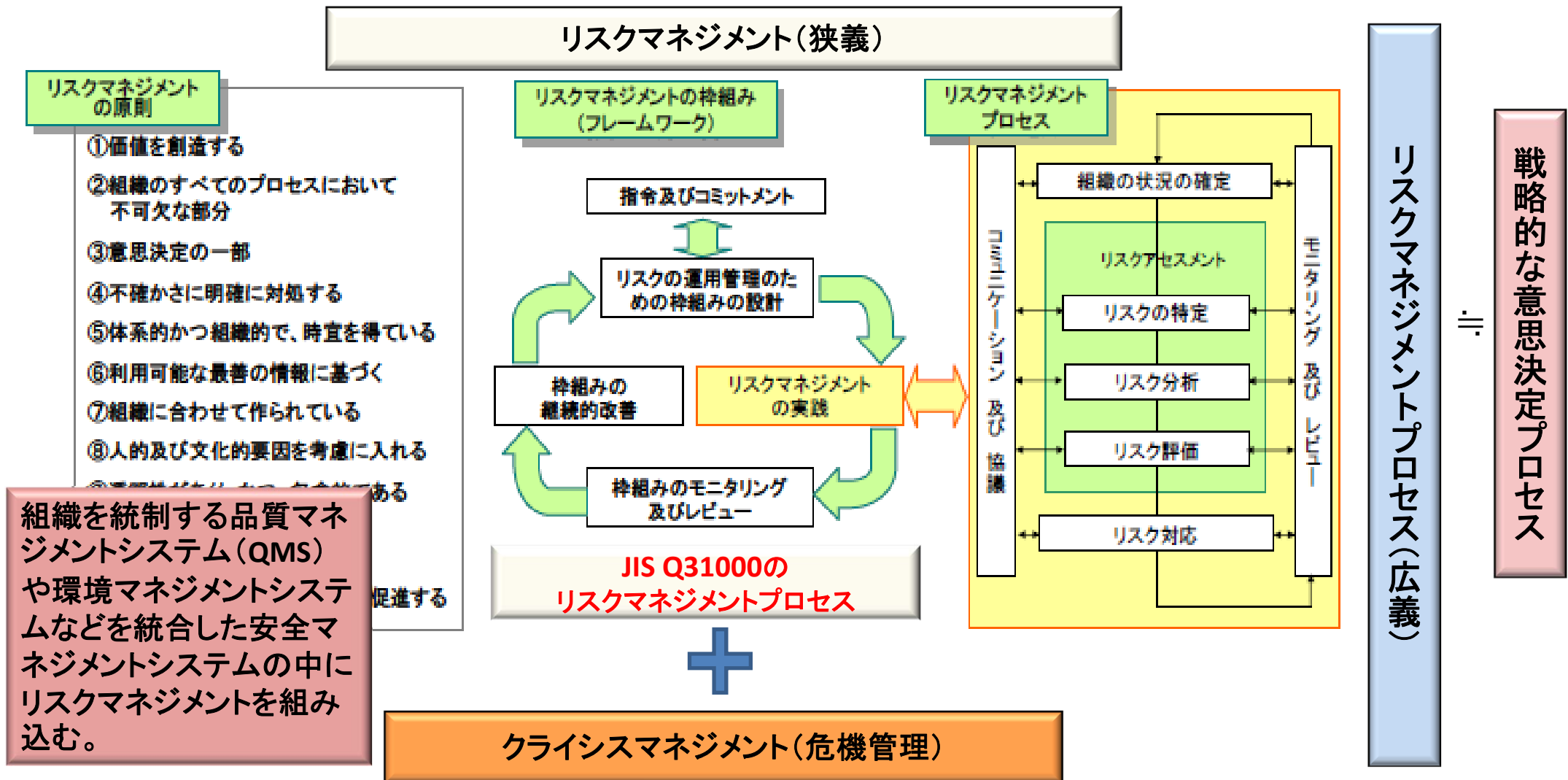
● リスクを考慮した意思決定の変遷

- 定量的なリスク評価に焦点を当て、専門家が主体になる**Risk-base Decision Making (RBDM)**から
- ステークホルダーとの協議、社会との共存、意見を考慮した**Risk-Informed Decision Making (RIDM)**へと発展してきた。
- 更には、**リスクガバナンス**(Risk Governance)へ

リスクマネジメントの本質は戦略的な意思決定。リスク評価手法に社会との係わりを反映。

リスクマネジメントにおける「意思決定」のプロセス」(2)

- 最適な「意思決定」を行い、リスクの予測やコントロール及びリスクに備える一連の活動がリスクマネジメント

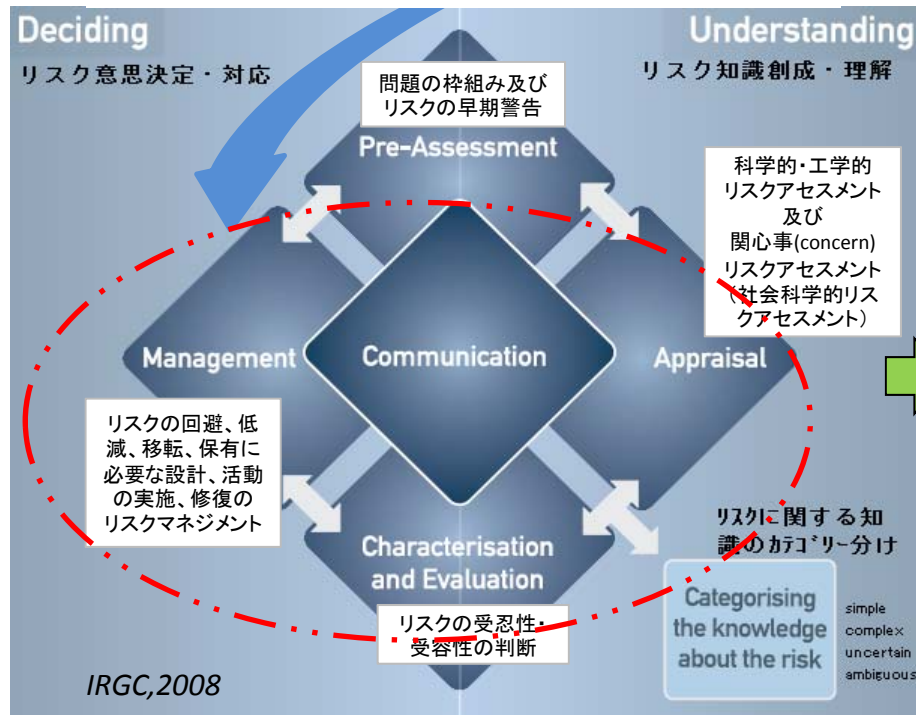


リスクマネジメントの本質は戦略的な意思決定。その時点での状況と意思決定環境を反映。

リスクマネジメントにおける「意思決定」のプロセス」(3)

● リスクガバナンスとリスクマネジメントの枠組み

IRGCのリスクガバナンスの枠組み

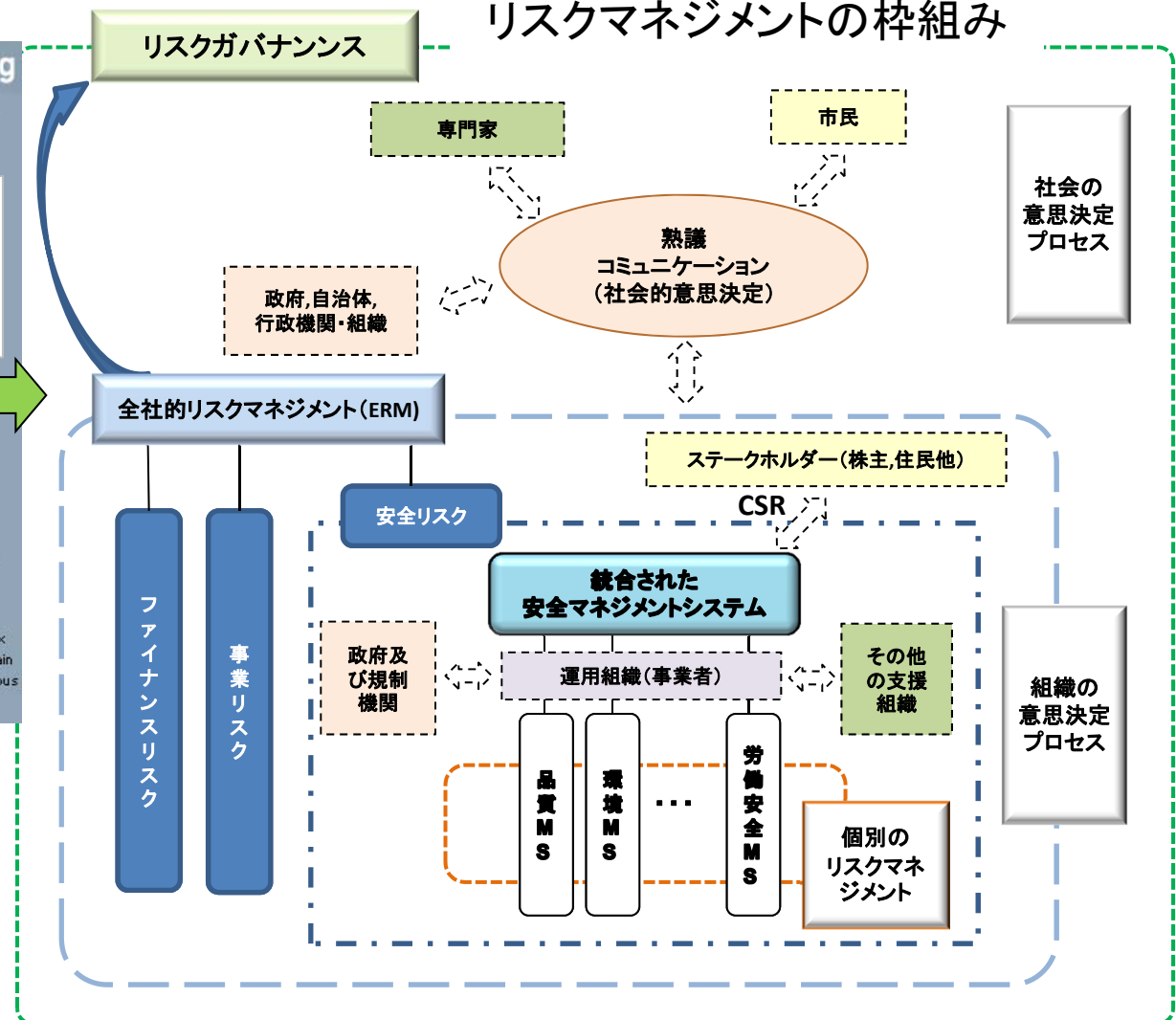


(出典: IRGC (2008), "An introduction to the IRGC Risk Governance Framework")

リスクマネジメントが、リスクガバナンスの中心の役割を果たす。

- リスクアセスメント (Risk assessment: リスク特定、分析、評価)
- リスク対応 (Risk treatment)

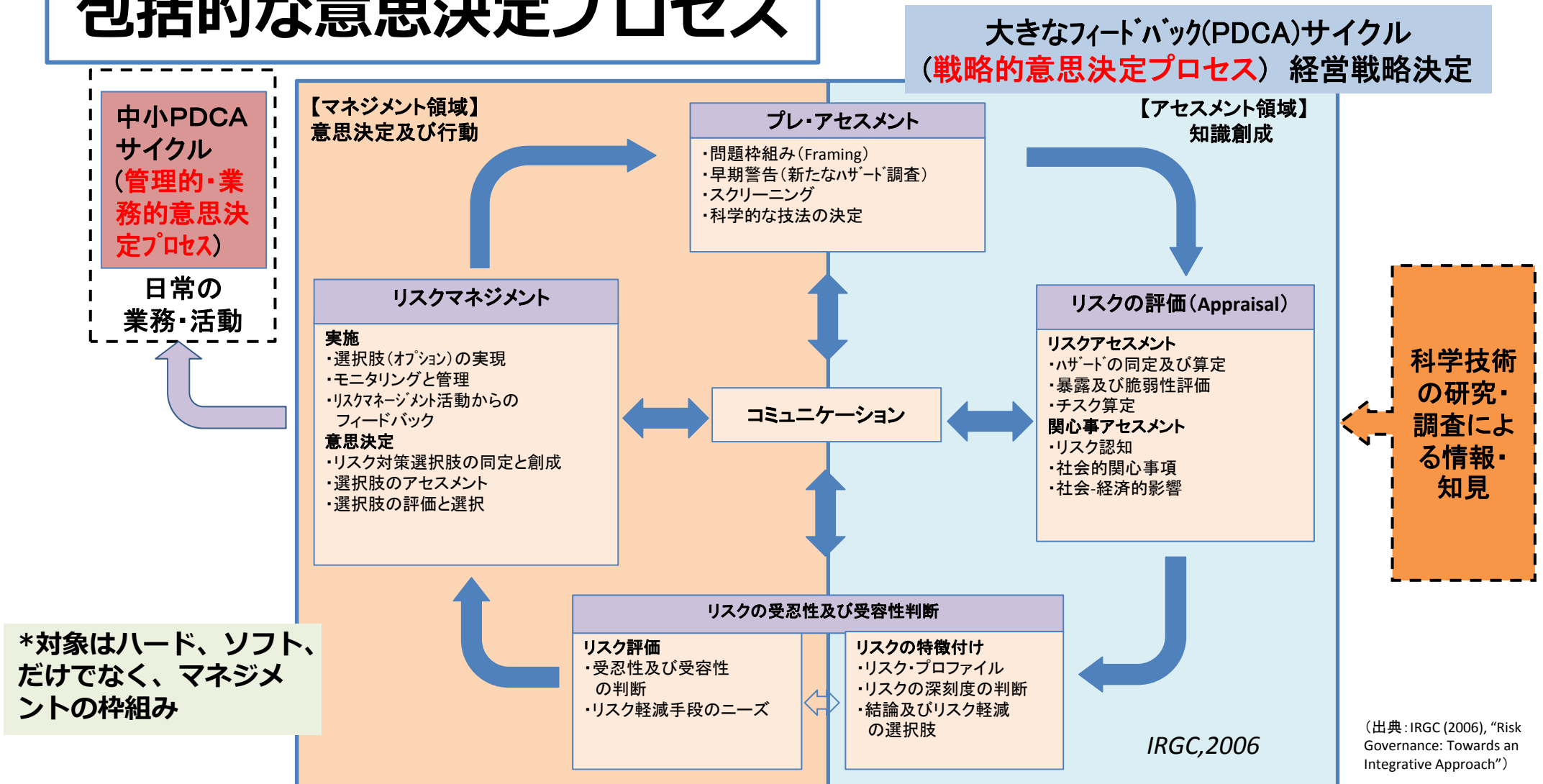
リスクマネジメントの枠組み



効果的なコミュニケーションが、リスクマネジメントにおける“信頼”を創出。

意思決定プロセスの課題（１）：リスクガバナンスの 枠組みのもとでの意思決定プロセス

包括的な意思決定プロセス

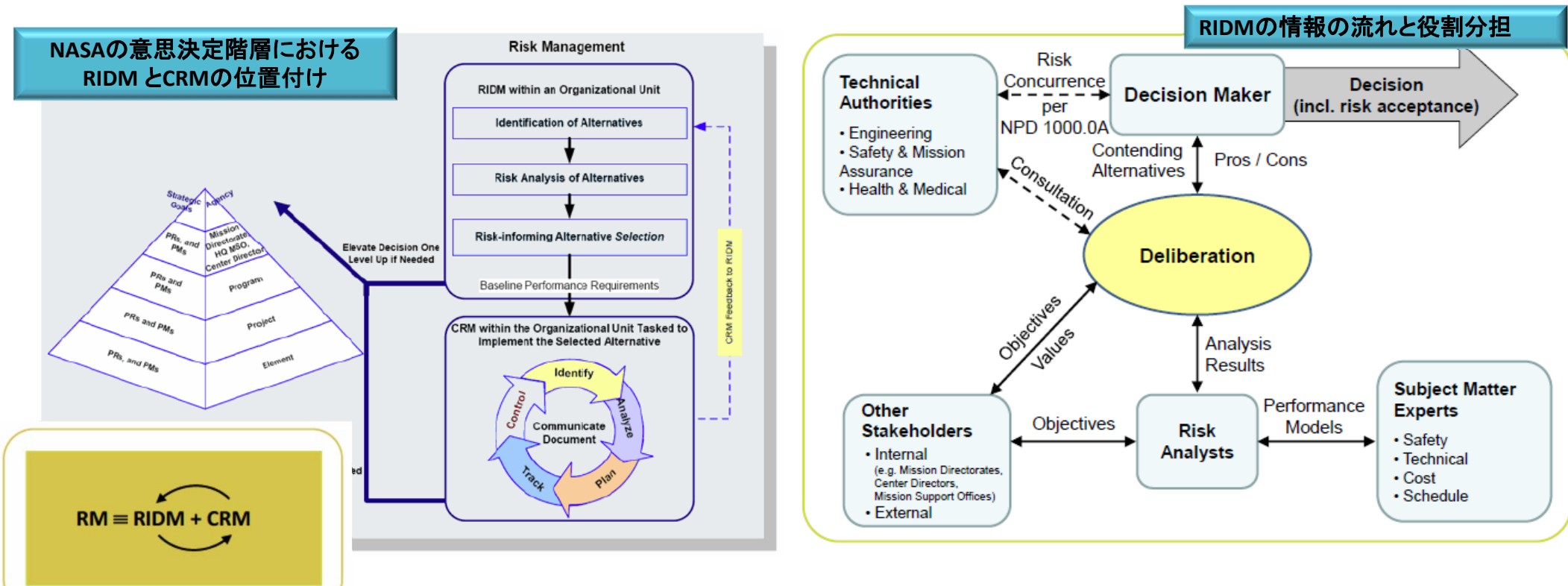


意思決定プロセスにリスクガバナンスを組み込み定期的なレビューによる戦略フィードバック

意思決定プロセスの課題(2): リスク情報を活用した意思決定(RIDM)プロセス

● より厳密な意味での定量的なリスクマネジメントプロセス ～リスク情報を活用した意思決定 (RIDM)プロセス

- ERM (伝統的なリスクマネジメント手法 (CRM) の拡張) による経営プロセスの強化 + RIDM を組み込んだ定量的なRM
- 宇宙、防衛、原子力などの先端技術分野で先行



経営プロセス強化(ERM)とリスクマネジメントを結合したより客観的意思決定プロセス構築

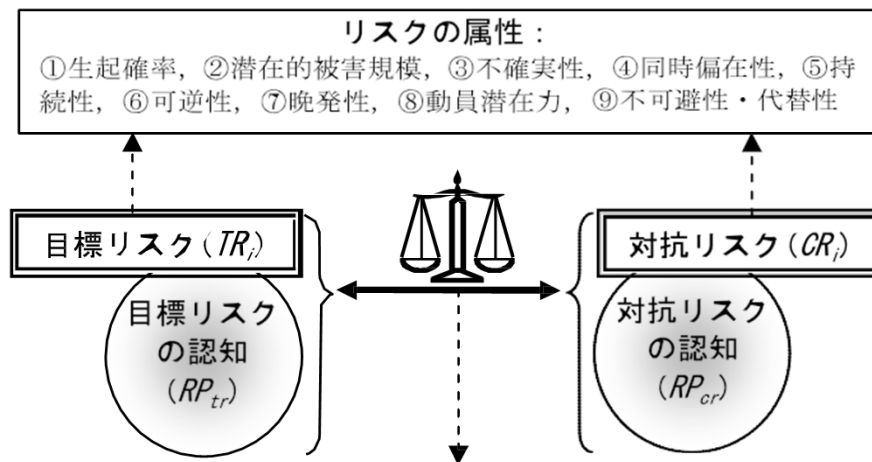
意思決定プロセスの課題(3): リスクトレードオフ

● 目標リスクと対抗リスク：

- あるリスクを削減（目標リスク）する行為は、リスクフリーではないため、必ず別の新たなリスクを発生（対抗リスク）させる。

● リスクトレードオフ（Risk Tradeoff）

- できることは、目標リスクと対抗リスクの間で取引をし、全体としてリスクを望ましい方向に変化させること。



リスク便益分析(RBA)：リスクと便益のトレードオフ関係に対して、受入可能な点を個人、組織、社会がどのように見出しているのか(社会的受容)を分析。

リスクトレードオフ分析(RTA)：リスクの代替(substitution)、相殺(offset)、変換(transformation)、移転(transfer)の4類型。全体としてリスクを減らすための分析方法。

【異なるリスク間のリスクトレードオフとシナジー】

		リスク A Risk A	
		向上 Improved (Positive)	悪化 Deteriorated (Negative)
リスク B Risk B	向上 Improved (Positive)	Win-Win synergies (Co-benefit)	トレードオフ Trade-offs
	悪化 Deteriorated (Negative)	トレードオフ Trade-offs	Lose-Lose synergies

【説明】リスクトレードオフは、インターリンケージのパターンの一つ。インターリンケージには、関連する要素の双方が連動して同時に向上する(悪化する)ような正比例関係や相乗効果だけでなく、片方の要素が向上すると他の要素が悪化するよう反比例関係(トレードオフ関係)がある。

(出典：齊藤修「リスクトレードオフ分析の概念枠組みと分析方法 1: リスクトレードオフ分析の概念枠組み」日本リスク研究学会誌 20(2):97-106(2010)の図4,表1)

様々なリスク群、リスクとリスク(または便益)の関係を腑分けして判断することが必要。

意思決定プロセスの課題(4):レジリエンスの織り込み

- 社会の多様化、複雑化、巨大システムに係る技術により考慮すべきリスクの変化と新たなリスクの認識。

➤ リスクの不確かさと新たなリスク、人と組織と社会に係るリスクに対する対応力を高め、更にシステムの回復力を増す必要性。

➡ 社会システムの脆弱性やリスクに対応し、被害がもたらす影響を考慮して社会と協働してリスクをマネージする：

✓ 「被害の最小化」と「早期の機能回復」の実現を図るレジリエント・ガバナンスの考え方を織り込んだリスクマネジメント。

➡ 社会とのコミュニケーションを重視したRIDMプロセス。

➤ レジリエンス構築のシーケンス

(米国国家インフラ諮問会議NIAC,2008)



レジリエンス構築の4つの構成要素

頑健性 (robustness)	災害(disaster)に直面して運用を継続する(keep operating)又は耐える能力(stay standing)
対処性 (resourcefulness)	災害が展開された場合、災害を巧みに管理(skillfully managing)する能力
迅速回復性 (rapid recovery)	災害後可及的速やかに物事を通常に戻す(get things back to normal)能力
学習 (learning)	大災害(catastrophe)から得られた新たな教訓を吸収する能力

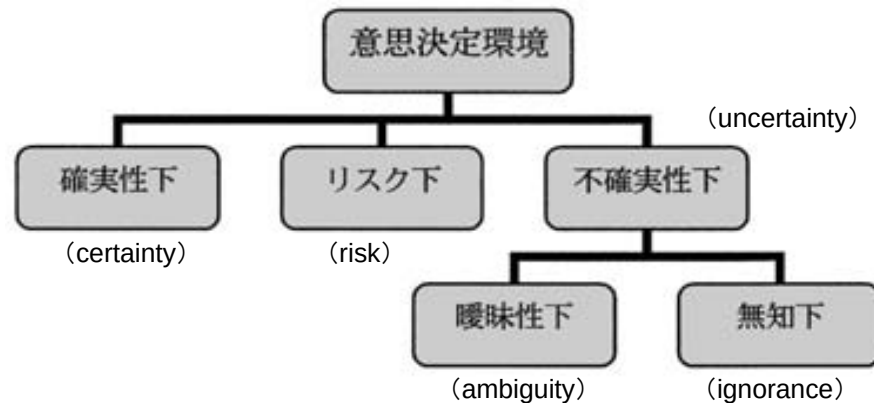
能動的なレジリエンスの戦略(冗長性,多様性,適応性)とレジリエント・ガバナンスの考慮

現代の不確実性下の意思決定のアプローチ(1)

● 共通認識としてのリスクと不確実性の捉え方

- 一般に、科学技術の分野ではFrank Knight(1921)の「リスク／不確実性」の区分に沿った用語の使い方が多い。
 - リスク(risk): 過去のデータなどを用いて将来起こることが予測されている場合(確率分布を予測できるもの)
 - 不確実性(Uncertainty): 何が起こるのかさえ予測できない場合(確率分布を予測できないもの)

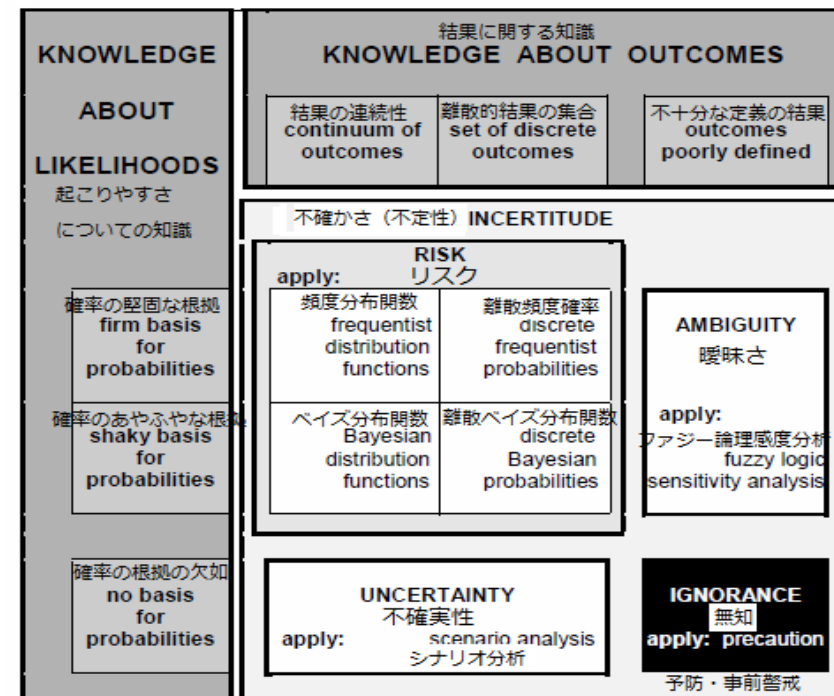
意思決定環境に応じた不確実性の分類
: 知識の性質からの分類(竹村ら, 2004)



PRAが活用できる領域は、確率の概念が適用できるリスク下もしくは不確実性下の一部の意思決定環境における意思決定。

リスク評価における専門知の不確かさ(不定性: incertitude)の4 類型(A.Sterring)

The Concepts of 'Incertitude', 'Risk', 'Uncertainty' and 'Ignorance'



現代の不確実性下の意思決定のアプローチ(2)

● 意思決定のアプローチ

- 経済学的アプローチ: 規範的意思決定モデル(normative theory)
 - ☞ いかなる決定が正しい決定と言えるか
- 心理学的・認知科学的アプローチ: 記述的モデル(descriptive theory)
 - ☞ どのような決定を下しているか
- 経営科学・情報システム論的アプローチ: 処方的モデル(prescriptive theory)
 - ☞ いかなる決定を下すべきか

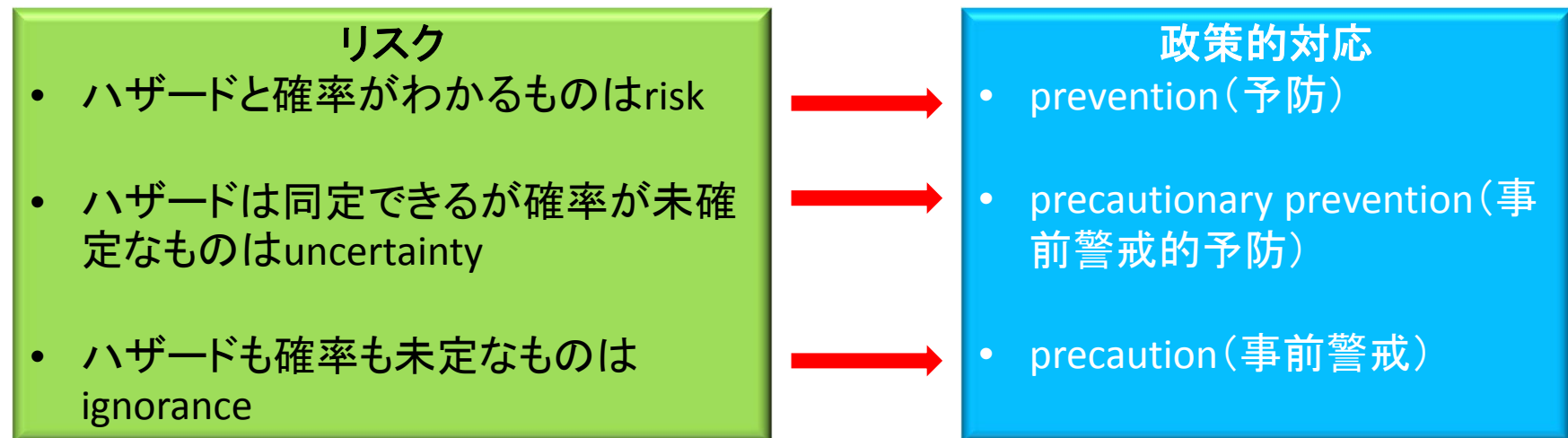
● 不確実性下の意思決定理論

- 不確実性の概念を考慮した意思決定に関するアプローチ
 - 規範理論に反する現象(anomaly)を説明する記述理論
 - 処方的アプローチ(prescriptive approach)
 - 代表的なものは、**プロスペクト理論**(prospect theory)
 - 選択の結果得られる利益もしくは被る損益および、それら確率が既知の状況下において、人がどのような選択をするか記述するモデル。**意思決定は心的構成(フレーミング)のされ方の影響を受ける。**
 - リスクを含む意思決定においては、人間はまず基準点を設定し、その参照点の移動により、同じ意思決定問題でも、利得の領域で選択肢を把握すると**リスク回避的**になり、損失の領域で選択肢を把握すると**リスク志向的**になる。

現代の不確実性下の意思決定のアプローチ (3)

● 意思決定の処方的アプローチの例

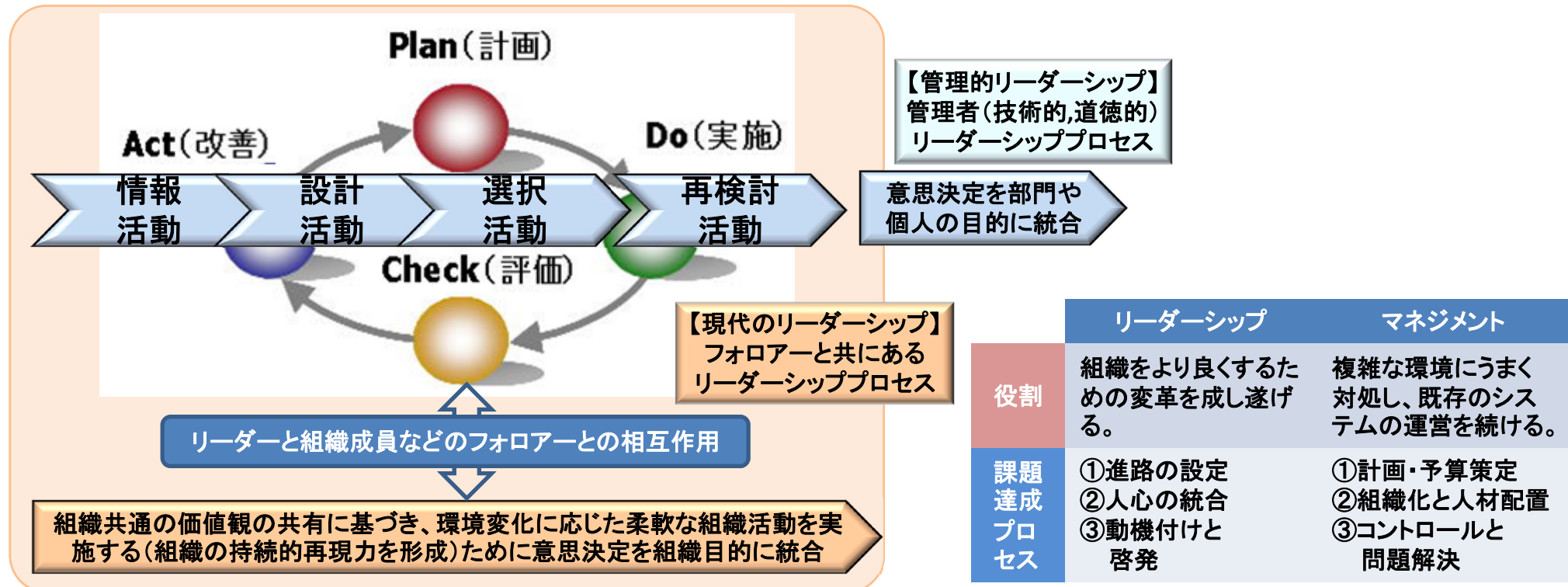
- 処方的アプローチは、現実問題の意思決定支援を考えて、より実際的な問題解決を目指す。
 - 例えば、ハザードや被害の程度、生起確率が未定であり、定量的に表現できないものであっても、それを、狭義の「リスク」とは区別しつつ、広義ではリスクとして捉える見方（ヨーロッパ環境庁（EEA,2002）の立場）



- リスク環境がより不確実になる中では、具体的な問題に対処するため様々な数理モデルの枠組み等を援用しつつ、そのための処方箋を一つずつ検討していく、という処方的アプローチが有効。

意思決定に影響を与える諸要因（１）～意思決定におけるリーダーシップの役割

- 新たなリスク社会、情報化時代に入った現代においては、様々な変化に敏速に対応するため、組織も環境に応じて変化。
 - 従来の権威付けにより個人に頼るリーダーシップの意味は低下。組織成員全てが組織共通の価値観の共有にもとづき、環境変化に対応した柔軟な組織活動を実施するための新たなリーダーシップのあり方が不可欠。



組織成員の各階層において個々人がリーダーシップを発揮し、価値観を共有するための組織文化が醸成されているというようなリーダーシップのあり方が重要。

意思決定に影響を与える諸要因（２）～意思決定者の判断に作用する諸要因

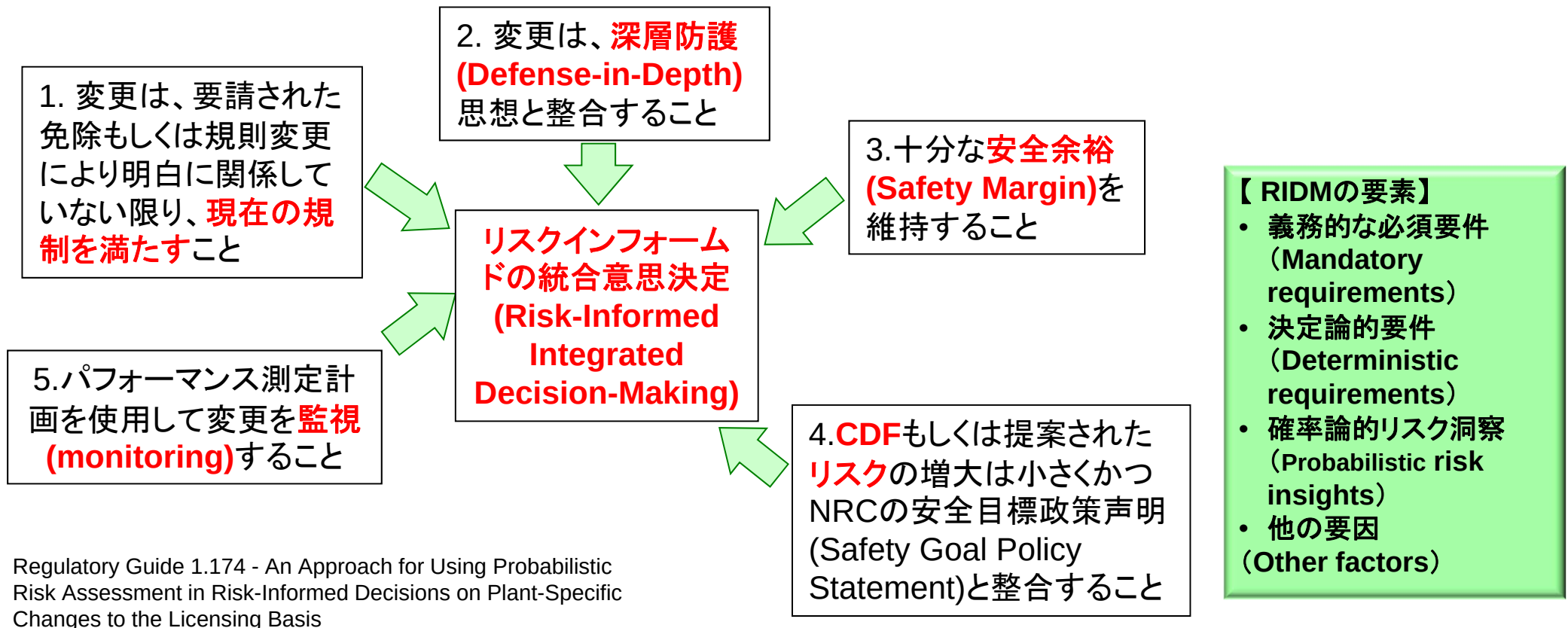
グループシンク（集団的浅慮）	意思決定者の心理的バイアス
● 組織の意思決定で、コンセンサス形成圧力が異論や他の選択肢の検討を抑制。 ➡ 構造的コンフリクト及び第三者的な監視機関・評価の利用 ➤ 構造的コンフリクトの導入による意思決定の質の向上 ■ DA（devil's advocacy：提案作成と批判） ■ DI（dialectical inquiry：前提のディベート） ■ コンセンサス法（議論でのコンフリクトとコンセンサス） ■ トップが直観・ミドルが客観的データで分析の戦略意思決定プロセス：相互の意識面での信頼関係が条件 ➤ 意思決定を監視、支援する第三者的な機関を配する強力なガバナンス体制 ■ リスクマネジメント責任者やリスクマネジメント組織 ■ 組織の自己アセス、第三者的な機関の評価 ■ 環境変化に伴い意思決定の質を維持する仕組み、ガバナンス（定期的なアセス）	● 不確実性下の状況では意思決定者が、客観的なデータのみによって意思決定することは極めて困難。 ➡ 客観的及び直観的判断方法を併用。 ➤ 属人的な心理的(認知)バイアスの回避 ■ <u>ヒューリスティックスによる認知バイアス</u> ◆ 代表性（representativeness） ◆ 利用可能性（availability） ◆ 係留と調整（anchoring and adjustment：係留効果） ◆ 自信過剰（過信）（overconfidence）など ■ <u>バイアス認知の罠（cognitive trap）</u> 1) 可能性のある結果を捉え損ねる 2) 企業を取り巻くステークホルダーの要求を制限 3) 将来への断絶 4) 不確実性の高い状態のリスク判断 5) 低い確率の事象から生じるリスクを無視する傾向 6) リスク・フレーミング（risk framing） 7) 原因の認識

意思決定の質を高め、誤った決定を防止するための意思決定プロセスの工夫、組織的な枠組み、様々な判断のバイアスを排除する工夫が必要。

海外における意思決定プロセスの事例 (RIDMプロセス)(1) 米国NRC

● 米国規制当局NRCの規制ガイドにおけるRIDM

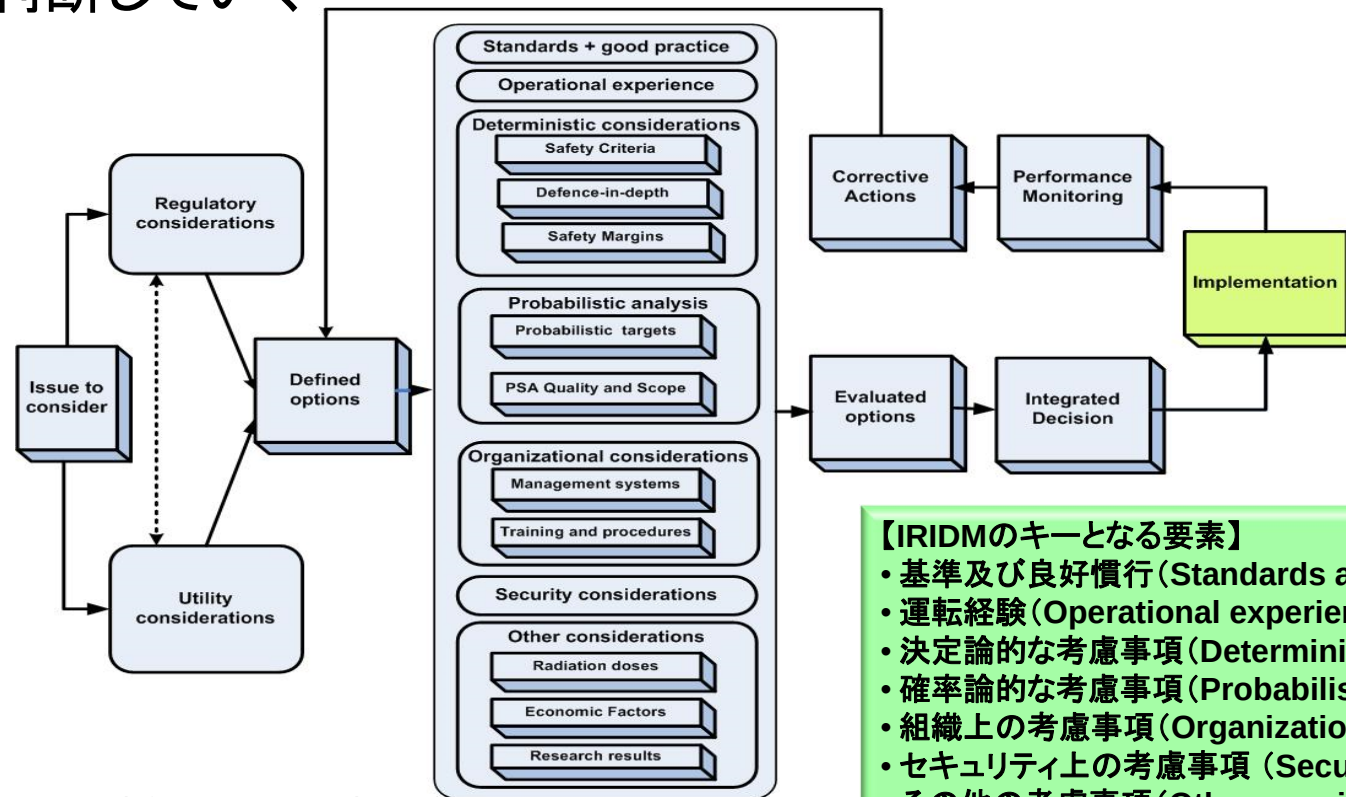
- “Risk-informed”は、5つの視点で決定する
 - 確率論的リスク評価(PRA)や決定論も踏まえて意思決定する



海外における意思決定プロセスの事例 (RIDMプロセス)(2) IAEA

● IAEAの提案するIntegrated RIDMプロセス(IRIDM)

- 課題(イシュー)に対して, 規制側／事業者側の考え、標準、運転経験、決定論的アプローチ、確率論的アプローチ等を踏まえ、総合的に評価、判断していく



【IRIDMのキーとなる要素】

- 基準及び良好慣行 (Standards and good practices)
- 運転経験 (Operational experience)
- 決定論的な考慮事項 (Deterministic considerations)
- 確率論的な考慮事項 (Probabilistic considerations)
- 組織上の考慮事項 (Organizational considerations)
- セキュリティ上の考慮事項 (Security considerations)
- その他の考慮事項 (Other considerations) (例えば、
予期される放射線量、研究及び経済的要因からの洞察)。

INSAG-25, IAEA(2011), "A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process." A report by the International Nuclear Safety Group, IAEA, Vienna.