

リスク情報を活用した意思決定

山口 彰

東京大学大学院

yamaguchi@n.t.u-tokyo.ac.jp

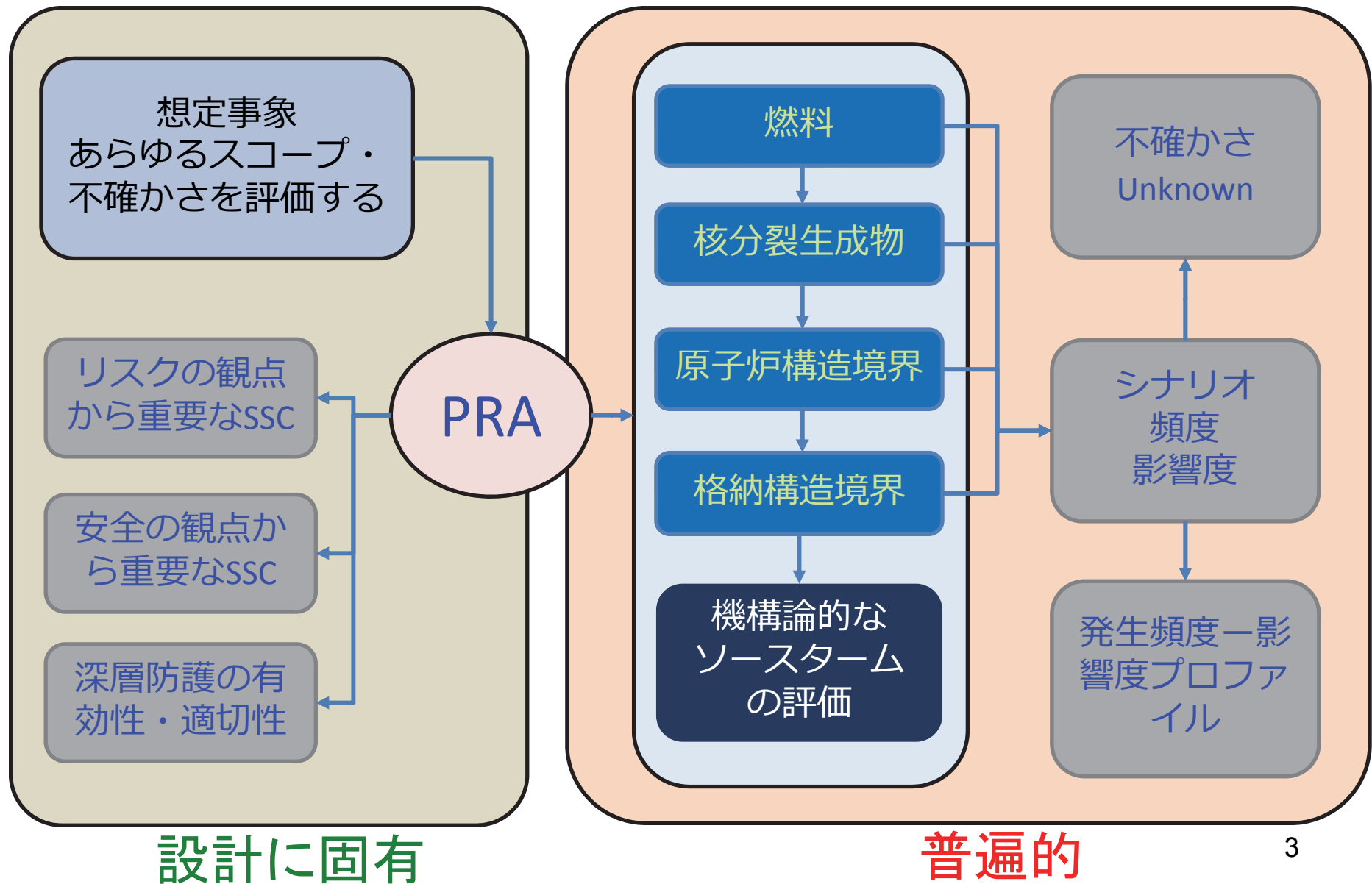
リスク情報活用 (Risk-Informed)

- 規制判断におけるリスク情報活用
 - 公衆の防護 (public health and safety) にとっての重要性に見合うような設計と運転の問題に、**許認可者と規制者の関心**を重点化する (better focus licensee and regulatory attention) よう規制要求を定める
 - そのため、リスク情報 (risk insights) をそれ以外のさまざまな要因とともに考慮する考え方をいう

Regulatory Guide 1.200, An Approach for Determining the Technical Adequacy of Probabilistic Risk Assessment Results for Risk-Informed Activities, U.S.NRC, Revision 2, March 2009

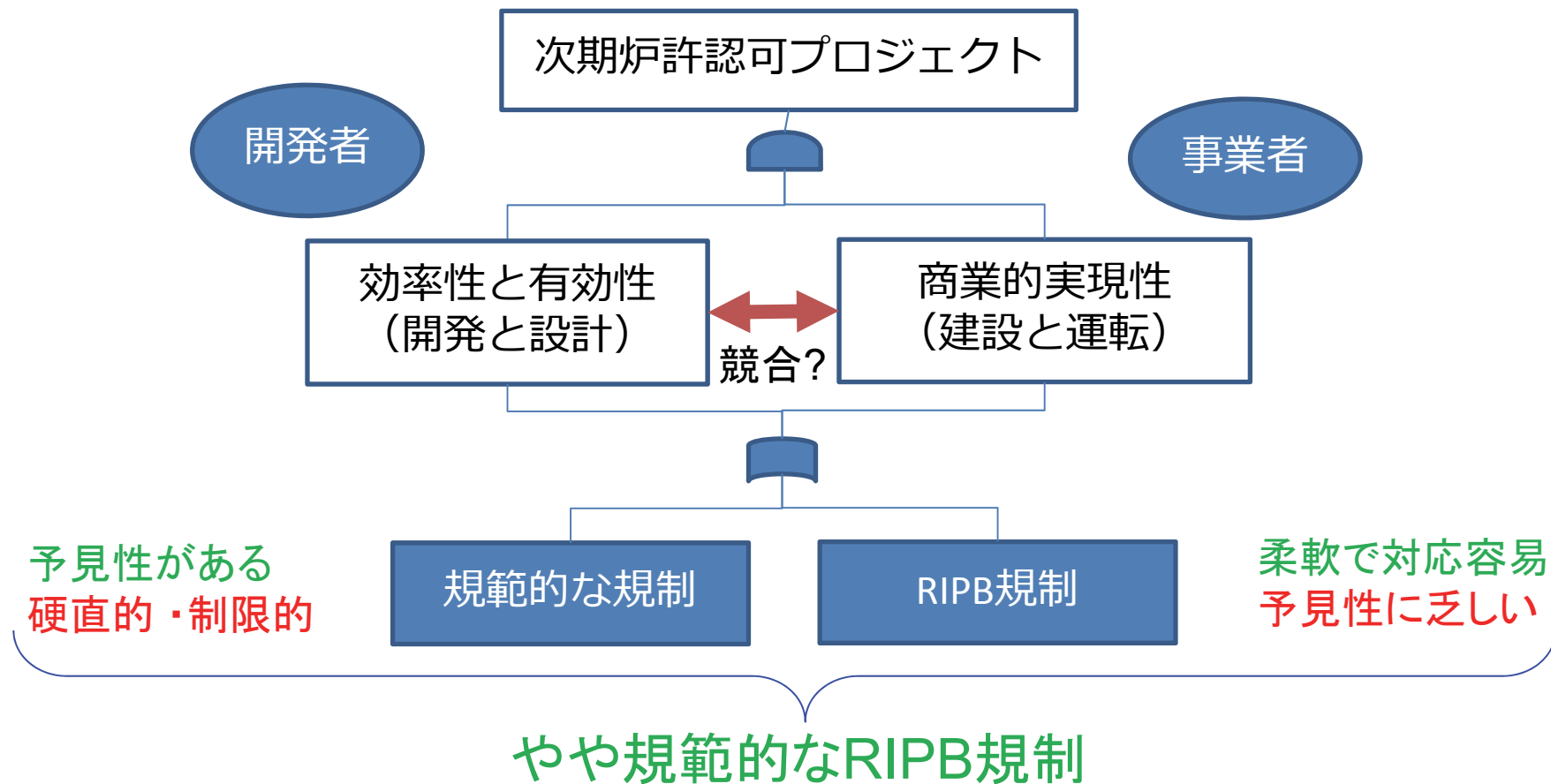
- 我が国の原子力界のチャレンジ
 - 再稼働、次期炉、次世代炉、核燃料サイクル・・・

原子力安全の一般的概念



次期炉の規制のあり方

目的：革新的な原子炉の導入の障害（バリア）とならないよう、効率的で有効でかつ適応性がある規制プロセスを構築



柔軟性と適応性があり、かつ予見性を最大化させる

リスク活用 Pros とCons

- モデルは良いか
 - Good PRAモデル
- 不確かでないか
 - 本当に確かか
- データはあるか
 - ないデータがある
- 考慮外はないか
 - 考慮外と考慮

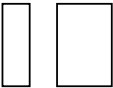
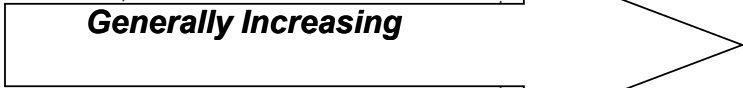
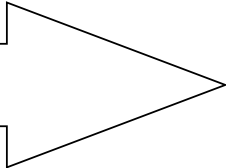


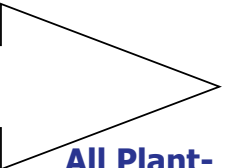


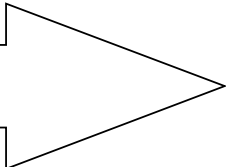
モデルは良いか — Good PRA モデル

- プラント固有で、最新の状態を反映したプラントシステムのモデル
 - ある機器（複数の機器、人間、構造物など多様なものを含む）が故障すればその影響を定量的に表すもの
- Good PRA モデルは、プラントの設計、建設、運転、保守などの実態を忠実に表現するもの
- 伊方モデル、柏崎一刈羽モデル

高位の要求とサポート要求

- 高位の要求
 - スコープと詳細度
 - モデルの忠実性と現実性
 - 定量的評価結果
 - 文書化
- サポート要求
 - CCを満足するための最低限の要求
 - How to do it ではなく、What to doを記載
 - 複数のCCにまたがるサポート要求

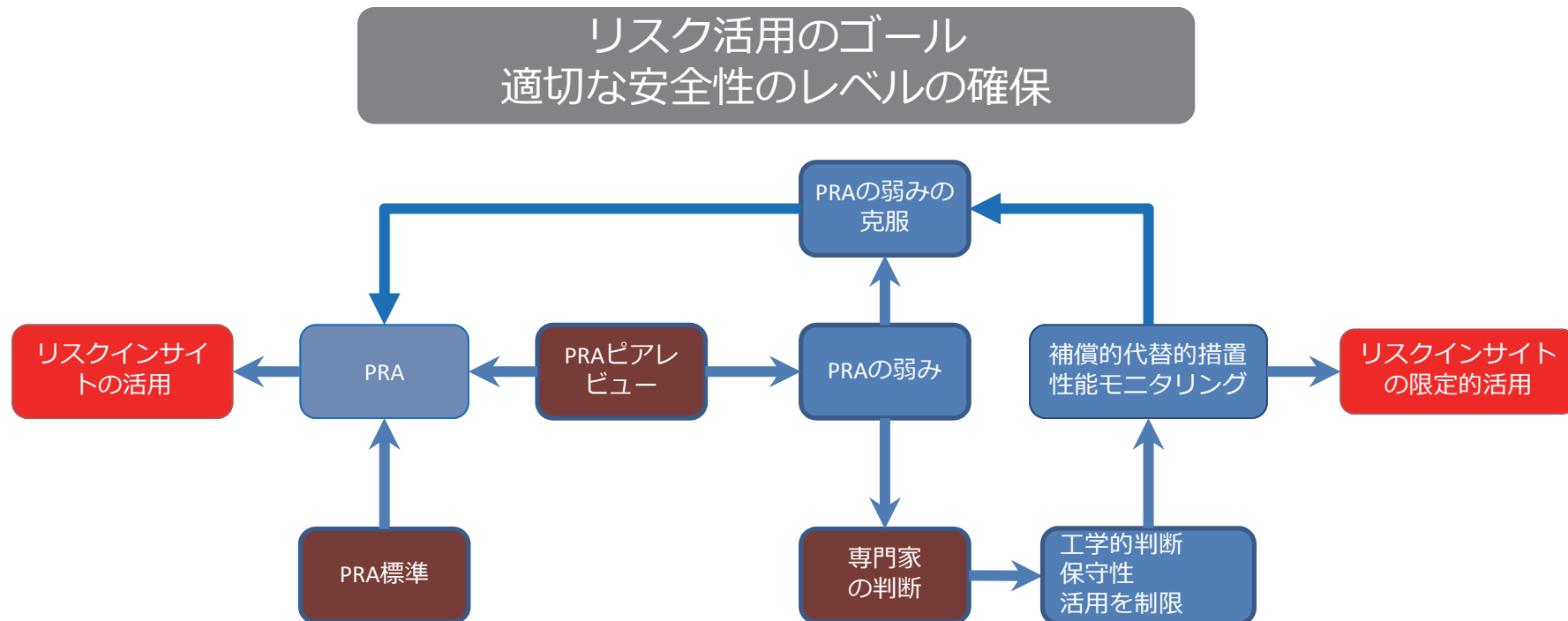
Capability Categories (CC)

| <i>PRA Attribute</i> | Capability Category I | Capability Category II | Capability Category III |
|---|--|--|---|
| Scope and Level of Detail (Level of detail of modeling of plant design, operation, maintenance) |  System/train level importance |  Signif. Contrib. Component Level Importance |  All Component Level Contrib. Importance |
| Plant-Specificity (Degree to which as-built, as-operated plant information is addressed) |  Generic data/models except unique features |  Plant-specific data/models for Signif. Contributors |  All Plant-specific data/models |
| Realism (Degree of realism, impact of <i>departure from realism</i> on insights/conclusions) |  Moderate impact |  Small Impact |  Negligible impact |

リスク活用とCCの決定プロセス

- リスク活用に求められるCCを決定する
 - 変更を定義し、変更とPRAの影響関係を決め、求めるべきCCを決定する
- リスク活用に必要なスコープ、結果、モデルとPRAが合致しているか決定する
 - 不十分であれば改善、補強解析を行う
- 標準のスコープがリスク活用を評価するに十分か決定する
- 標準のサポート要件に適合しているか、PRAの結果を評価する
- 補完的解析や要求を用いて、PRA標準がリスク活用に不適切である対象を明らかにする

PRAの品質確保のアプローチ



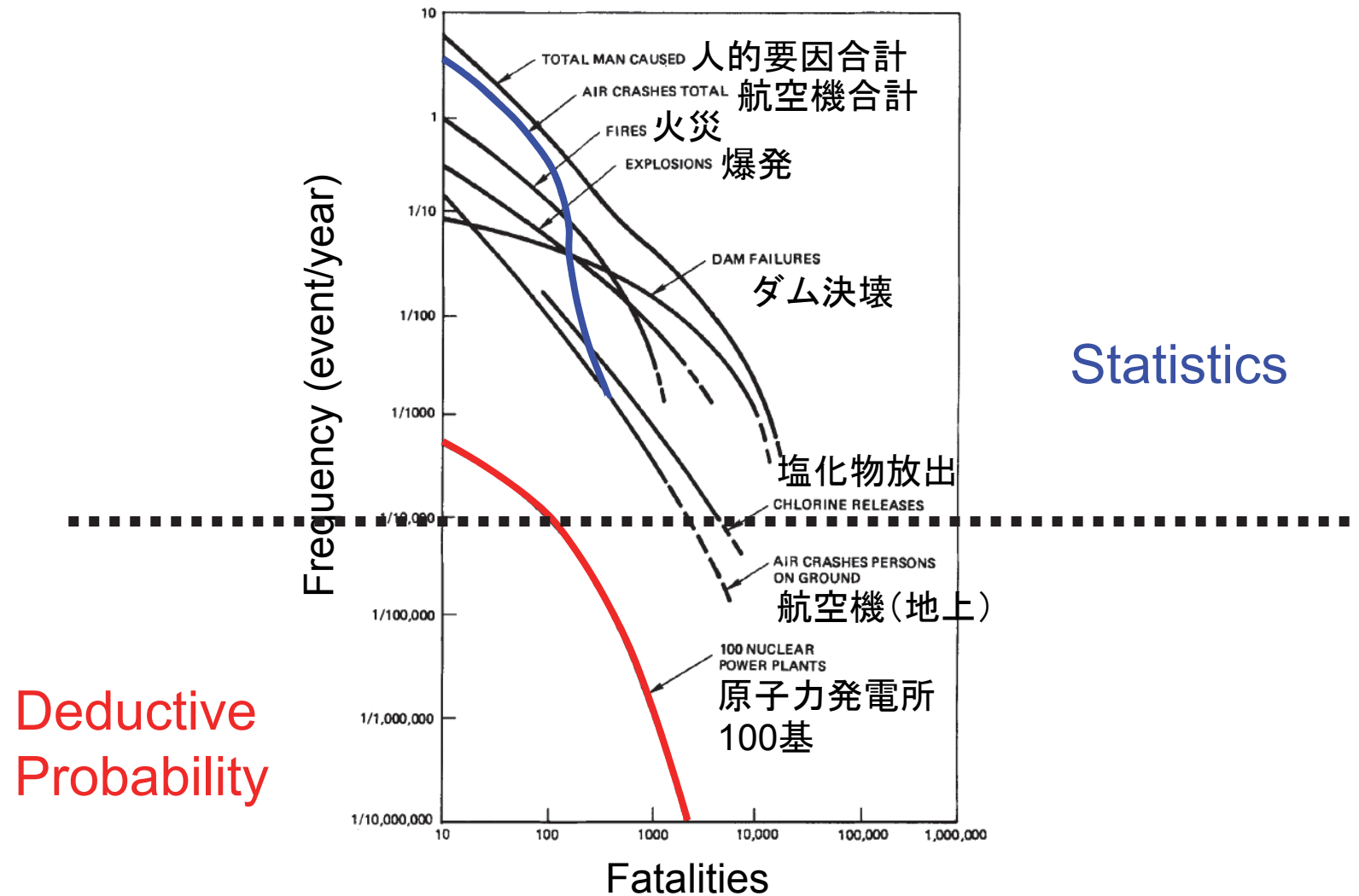
自主的安全向上とリスク活用

- 今の知見でできる安全向上に努めること
- PRAの弱みを認識しその解決に努めること

不確かでないか — 決定論と確率論

- 不確かさがあるとの指摘は当然
- 不確かさを回避する方法 — 決定論
- 不確かさを分析し説明する方法 — 確率論

人工物の事故と発生頻度



Reactor Safety Studyの成果

- WASH-1400の最大の成果はシビアアクシデントに関する先入観の払拭
 - 炉心損傷事故はきわめて起こりにくいが、もし起きれば結果は悲惨なものになる
 - 炉心損傷事故の発生確率は思っているよりも高いが、その結果はそれほど悲惨なものではない
- WASH-1400の二番目に重要な成果は安全に関する判断をするにはデータや定量的結果は必ずしも必要ではないと示したこと
 - 主観的な確率は相当に良い評価をもたらすということを主張したこと
 - ベイズ流の考え方により頻度論偏重ではない評価の枠組みを提案したこと

データはあるか

- データとは、私たちの知識や経験の集大成
 - データベース
 - 運転経験
 - 失敗経験
 - 専門家のコンセンサス
 - 海外の評価・判断
 - 社会通念
 - データがないという事実
- データはあるが、必ずしも適正に使いこなしているとはいえない

統計学と確率論

- 統計は頻度に関する情報を研究する学理である。
すなわちデータを取り扱うための科学である
- 確率は、学理としては、データの欠落を扱う科学
であるといってもよい

- しばしば、データが十分にないから確率を用いる
ことはできないという論を聞くが、これは全くの
誤解である。十分なデータがないときには、確率
を用いる以外の方法は存在しない

On The Quantitative Definition of Risk, Stanley Kaplan and B. John Garrick (1981)

考慮外はないか — 完全性

- ○○のPRAはできていない。かようにPRAは未成熟であるし、評価していないリスクは考慮されない
 - リスクは考慮されていないのか？
- 起回事象の選定プロセス
 - 内的事象
 - マスターロジックダイアグラム
 - 運転経験と評価経験
 - 起回事象の見直し
 - 外的事象
 - 自然災害や産業事故
 - 重要な事象の選定と優先度付け
 - 優先度の見直し

いくつかの工学的方法

- 決定論的方法
 - 証拠があれば安全
 - 証拠がなければ非安全
- 頻度論的方法
 - 確率（頻度）が P 以下であれば安全
 - データがなければ評価できない
- Bayes流の方法
 - （証拠があれば安全？）
 - 証拠やデータがなければ知識を総動員し、新たに得られた情報を逐次取り込みながら評価する

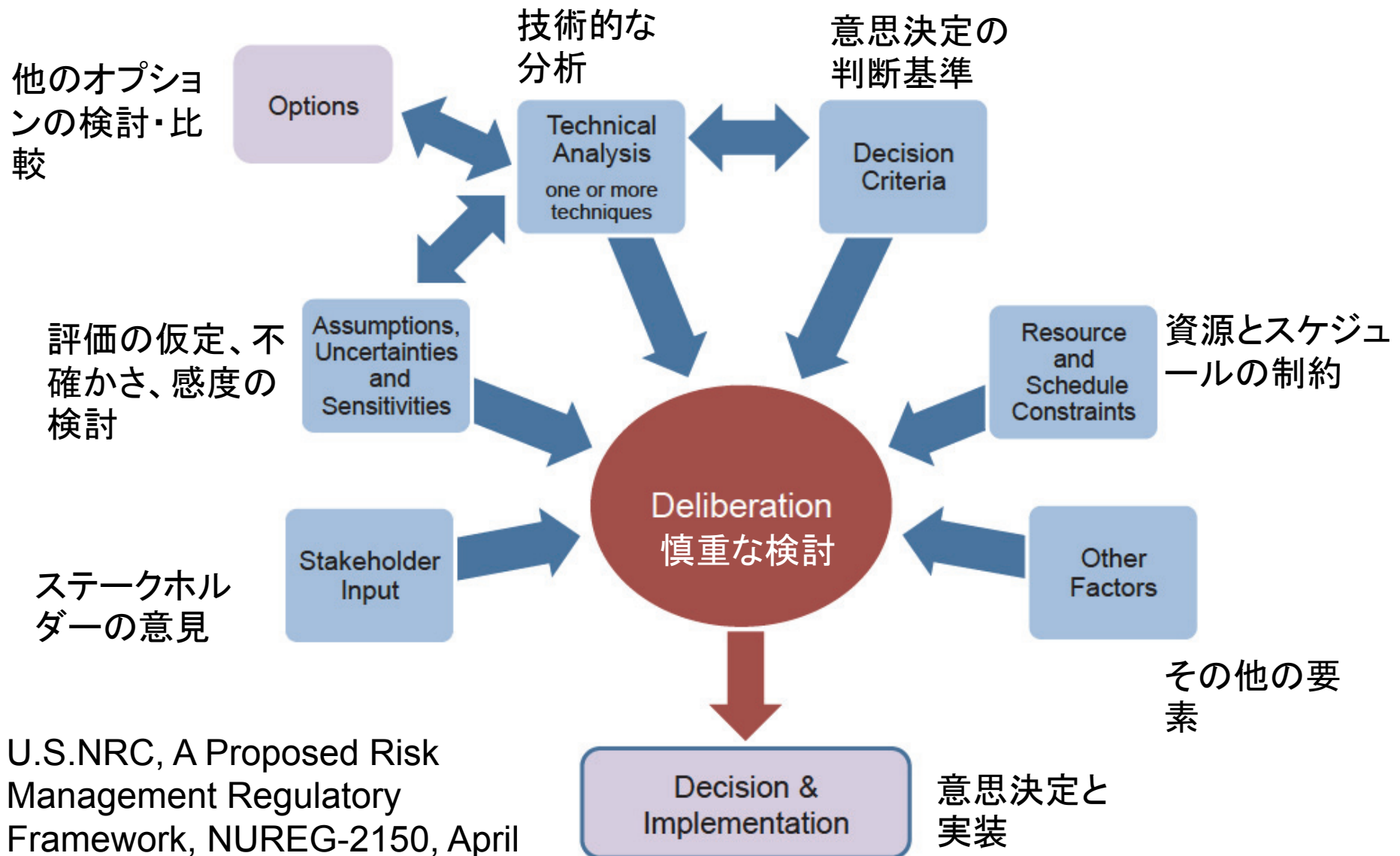
リスク情報活用の原則

- 技術的に抗弁性・説明性ある情報に基づいて安全に関する“健全な決定”を行うこと
 - 規制に関する意思決定は、適正な技術基盤に依拠すること
 - 技術基盤は、信頼できるPRAの結果にもとづくリスクインサイトに依拠すること
- PRAに求められること
 - PRAの範囲が適切であること
 - PRAの技術的特性が適正であること

リスク評価のコンセンサス標準

- PRA標準は、PRAの強みと弱みを判断するための明確な基準を定める。この基準により意思決定者がPRAの結果にどの程度の信頼を置くかを決定する。
- PRA標準は、利用可能な公開文書に反映されているグッドプラクティスに基づく。標準は安全に関する決定の支援に用いられるのであるから利用可能な公開文書によらなければならない
- 広範な問題にPRA標準を容易に使用できるように、様々なタイプの活用に対するPRAの適用性を判断するために幾つかのカテゴリを定義する
- PRA標準は、技術的要求を完全かつ完璧に定義する。方法を示すことが適切な場合には、1つ以上の許容可能な方法を同定する

意思決定で考慮すべき要素



U.S.NRC, A Proposed Risk Management Regulatory Framework, NUREG-2150, April 2012

リスク活用に求められること

- 規制者の関心と、事業者の関心が共有され、適切なアプローチを求め、制約条件を相互に理解し配慮すること
- 原子力安全・利用にとってチャレンジであるリスク活用や将来炉開発に応えられる枠組みの構築に取り組むこと
- 原子力の価値の実現と原子力のリスクの管理を両立させるための高位の概念や具体的な方法論を確立する努力を開始すること
- リスク評価の技術的抗弁性をかため、リスク活用に応じてスコープを明確にし、品質を確保するための適正な手順と技術基盤の確立に着手すること