

2014.9.8-10

日本原子力学会秋の大会(京都大学)
原子力安全部会企画セッション

これからの 原子力安全研究への取組み

東京大学大学院工学系研究科

関村 直人

今後の安全研究について

日本原子力学会原子力安全部会福島第一事故報告書(2013.3発行)

- 研究を実施する者は、自らが得意とする分野を深めようとするものである。一方、安全は多くの分野・領域の隙間から破綻する。
- 俯瞰的な視点を維持して、研究計画を立案し、その成果を生かすことが重要。
 - 原子力安全の目標を達成するためには、あるべき姿を議論し、現在の技術を直視することによって、取り組むべき俯瞰的な技術課題のマップを準備する。これらの課題解決のために短期的視点のみならず中長期的なロードマップを提示してゆく。
 - 国内外の運転経験を分析し、国際的な研究成果を取り込んで、ロードマップを継続的に改訂し、改善を進めるための基盤とする。
 - 異分野の研究者間、産業界と規制当局間、研究者と実務者間、さらに国民との間で様々なコミュニケーションが必要である。

技術マップ、ロードマップ構築の意義

- 原子力安全研究を効果的に計画し、実行するには、技術マップ、ロードマップを策定し、原子力安全研究の目標、目的、ステップなどを共有化することが重要である。
- 安全規制のための安全研究と産業界の自主的安全性向上のための安全研究は、独立に検討されるべきではなく、効果的な役割分担を俯瞰的に検討すべきである。
- 研究計画の立案と実行、評価・改善等を含むローリングのプロセスを透明性を持って進めることが必要である。
- 以上のために、学会が果たすべき役割を本企画セッションとこれに基づいたフォローアップの中で考えたい。

原子力規制委員会における 安全研究の推進について(2013.9.25)

- 原子力規制委員会が、その業務を的確に実施していくためには、原子力安全を継続的に改善していくための課題に対応した安全研究を実施し、科学的知見を蓄積していくことが不可欠である。
- このため、原子力規制委員会が実施すべき安全研究の目的をより明確に意識し、課題の解決につながる成果が得られるようにするとともに、蓄積された科学的知見が原子力安全規制等に的確に反映され、継続的な改善につながるよう、安全研究を実施する。
- この際、原子力規制委員会及び所管する独立行政法人等の行う安全研究が、原子力安全規制等における課題に対応し、また、原子力安全規制等における優先度を踏まえたものとなるよう、関係機関が常にその内容を調整していく必要がある。

原子力規制委員会における 安全研究の推進について(2013.9.25)

- 原子力規制委員会が直接執行する予算並びに所管または共管する独立行政法人原子力安全基盤機構、独立行政法人日本原子力研究開発機構及び独立行政法人放射線医学総合研究所が執行する予算のうち、以下に定義される安全研究を対象とする。
 - ① 規制基準・制度、具体的判断基準等の整備に資する研究
規制基準や制度、審査・検査等に用いる具体的判断基準、技術マニュアル、解析コードの開発・整備・検証等を目的とする研究
 - ② 原子力安全規制等を実施する際の判断に必要な技術的な知見の取得
審査、検査、施設健全性評価、その他の事業者に対する指導等を行う際、その検証の精度を上げるために必要なデータ取得を目的とする研究
 - ③ 技術基盤の維持/構築
将来にわたって原子力規制委員会の業務を的確に実施していくために必要な技術基盤の維持あるいは構築を目指す研究

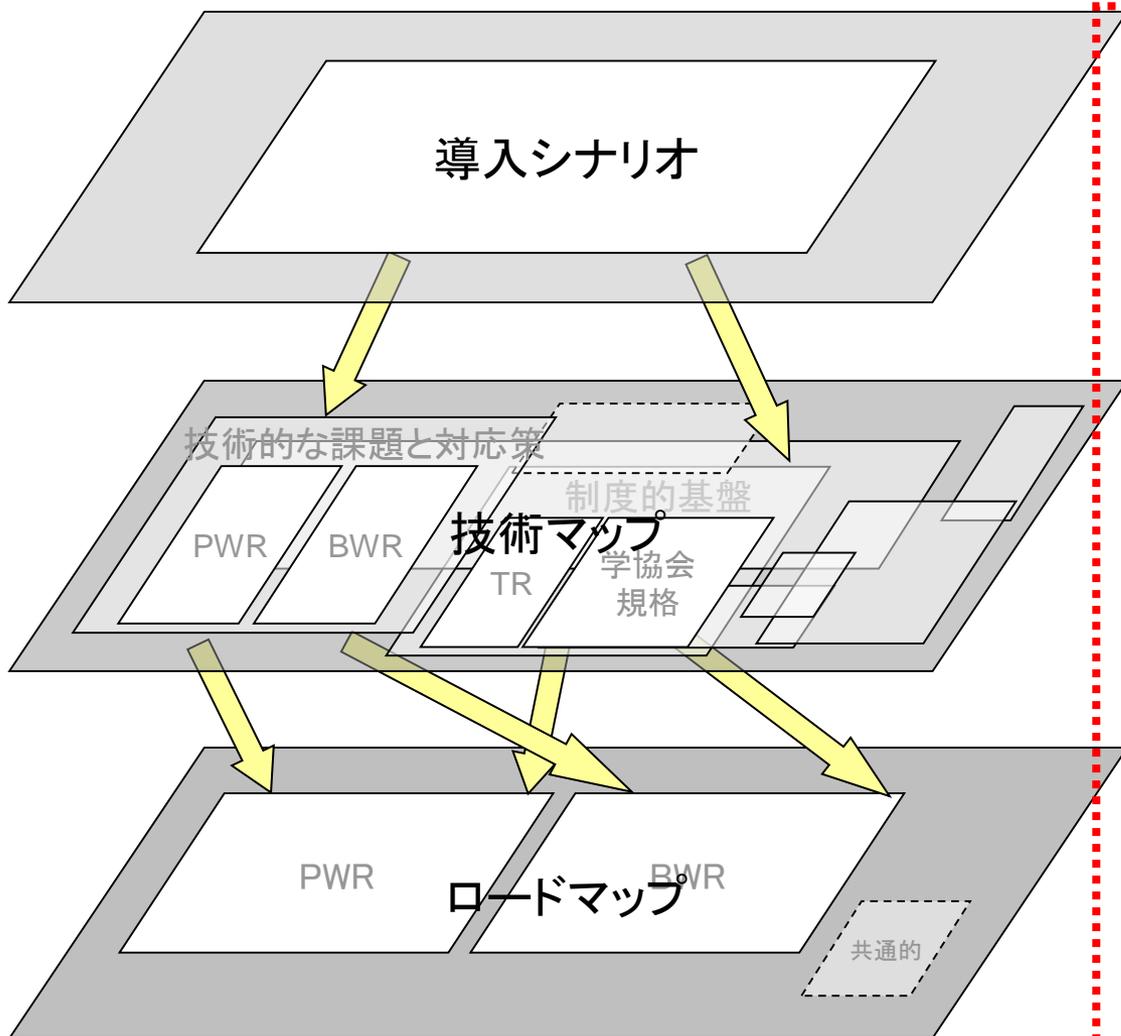
技術マップ、ロードマップ構築の論点

- 今後の安全研究課題設定と産業界、国（規制）、国（推進）、学术界、学協会の役割分担
 - 研究計画策定段階で、研究目的と成果活用（の共有化と差別化）、および共有化すべき研究手法やデータについて議論が必要
- 効果的な安全研究を進めるロードマップの論点
 - 原子力安全の目的共有化と研究課題と道筋の構造化
 - 実施すべき研究と実施できる研究の区別
 - 研究プロジェクトのマネジメントと基盤的サポート
 - 短期的視点と長期的観点の融合：フォアキャストとバックキャスト
 - 成果の活用、研究の評価システム
- わが国のこれからの研究力強化
 - 国際的な協力による安全研究の推進
 - 人材育成、教育プログラムとの連携
- 以上における学会と安全部会が果たすべき役割

原子力学会における これまでのロードマップ策定

- ✓ 燃料高度化
- ✓ 高経年化対応
- ✓ 熱流動
- ✓ 水化学
- ✓ シビアアクシデント
- ✓

技術戦略マップ・ロードマップの階層構造



1階層目（導入シナリオ）

課題解決のニーズや技術的、社会的背景、境界条件や不確実性を明確にし、研究・開発成果の採用の目標を示したもの

2階層目（技術マップ）

どのような課題があるかを俯瞰・整理し、産業界や国、規制、学术界、学協会がどのように取り組んでいくべきかを整理したもの

3階層目（ロードマップ）

2階層目（技術マップ）に挙げられた課題を相互に結びつけながら解決に向けた取り組みやホールドポイントを時間軸上に示したもの

技術戦略マップ・ロードマップ検討の経緯(1)

日本原子力学会による第一次ロードマップ(2004.7～2006.3)

- 研究開発課題の俯瞰的整理学
 - 課題の重点化とともに科学的技術の総合的体系化を意識
 - 短期的課題と長期的視点・課題の融合
- ロードマップ策定目標の共有化
 - 安全研究と開発研究における共有化と差別化の精査
- 技術情報基盤の必要性、重要性
 - ロードマップの構造化
 - 種々のコミュニケーション:コンセンサス、プロセス透明性

軽水炉の運転中安全と高経年化対策分野を例として

技術戦略マップ・ロードマップ検討の経緯(2)

- 技術戦略マップとしての構造化とローリング
 - 導入シナリオ、技術マップ、ロードマップ
 - 導入シナリオ層での分野・領域をつなぐインタラクション定義
 - 技術マップ層での俯瞰性確保
 - ロードマップ層での短中長期整合性
 - 評価システムの組み込み
- 役割分担と責任の定義
 - 産業界、行政・規制、学術界に加え、学協会の役割を明示
 - 学協会は学協会規格策定の場合、産官学が集い議論するオープンな場
 - 規制のための知識基盤と産業界による情報基盤の関係
 - 施設基盤・人材基盤・資金基盤につながる重点化・成果評価
- 規格・基準化、ガイドライン化
 - 研究開発のアウトプットとしての様々なレベルでの標準化
 - 現場での活用のための課題

技術戦略マップ2007

- 日本原子力学会燃料高度化特別専門委員会(2006.4～2008.3)
- 技術情報調整委員会(JNES)安全研究WG等

技術戦略マップ・ロードマップ検討の経緯(3)

- 多様な情報共有とコミュニケーションの場としての活用
- ローリングサイクルと質の確保の課題
 - 課題の細分化と総合化に応じたローリング体制
 - 課題の実践と成果の自己評価
 - 共有目的に基づいた技術戦略マップの第三者的評価
- 安全研究の自律分散協調系
 - 研究遂行組織を横断する総括的マネジメント
- 技術戦略マップの国際化
 - 国際協調、共同作業の取込みと国際競争力確保
- 人材育成と教育システム

技術戦略マップ2008、2009、2010の策定

- 日本原子力学会核燃料部会燃料高度化ロードマップ実行委員会
- 技術情報調整委員会を基軸とし、産業界のPLM研究推進会議と高経年化対策強化基盤整備事業総括検討会を含む体制

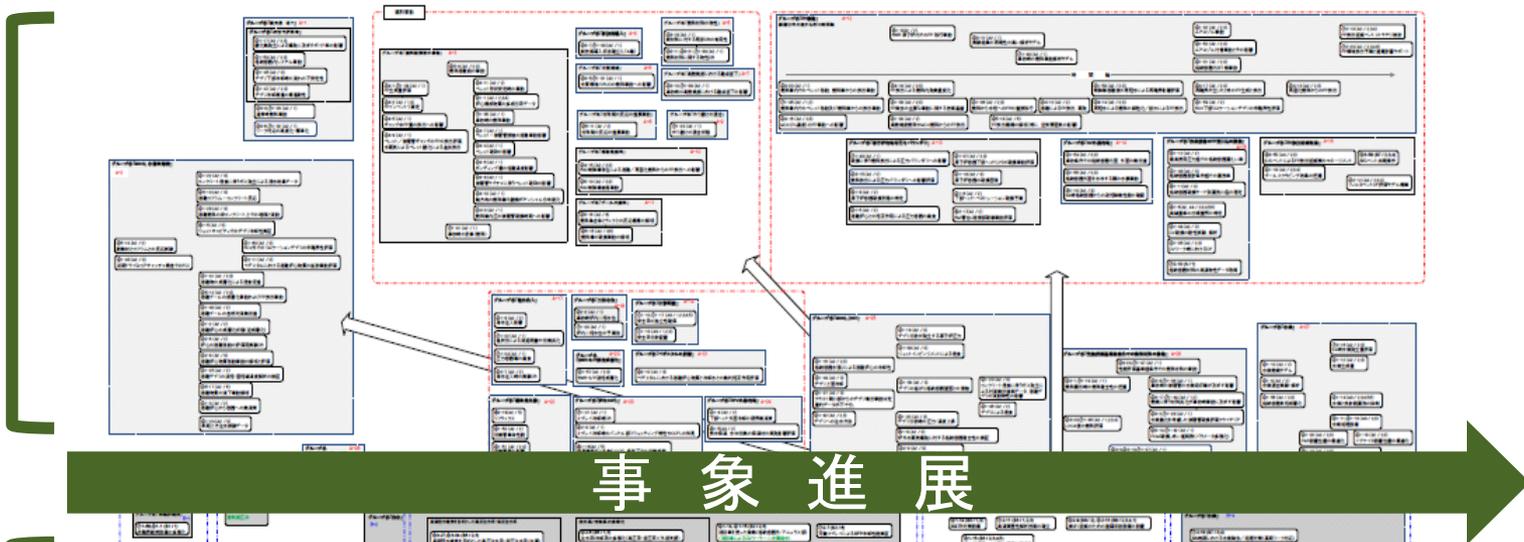
技術戦略マップ・ロードマップ検討の経緯(4)

- 現在の技術マップ、ロードマップ策定のための学会等での検討組織化
 - 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
 - 「安全対策高度化技術基盤整備事業」 技術マップ策定部会
- シビアアクシデント対策に関する技術マップ策定を先行
- 海外の研究開発体制や組織的取組、事故を受けた研究開発課題や体制の変化、人材の育成のポイント
 - 米国(NEI, DOE, NRC等を含む)
 - 仏・イギリス・ドイツ等及びEU
 - IAEA、OECD/NEA
- 国際シンポジウムの開催(2013.3.5 東大)
1st International Symposium on Safety Measure Improvement and Technical Basis Development for Nuclear Power Plants in 2013
 - EU SARNET、DOEプロジェクトやFLEX等、OECDプロジェクト等の講演
 - パネルディスカッション

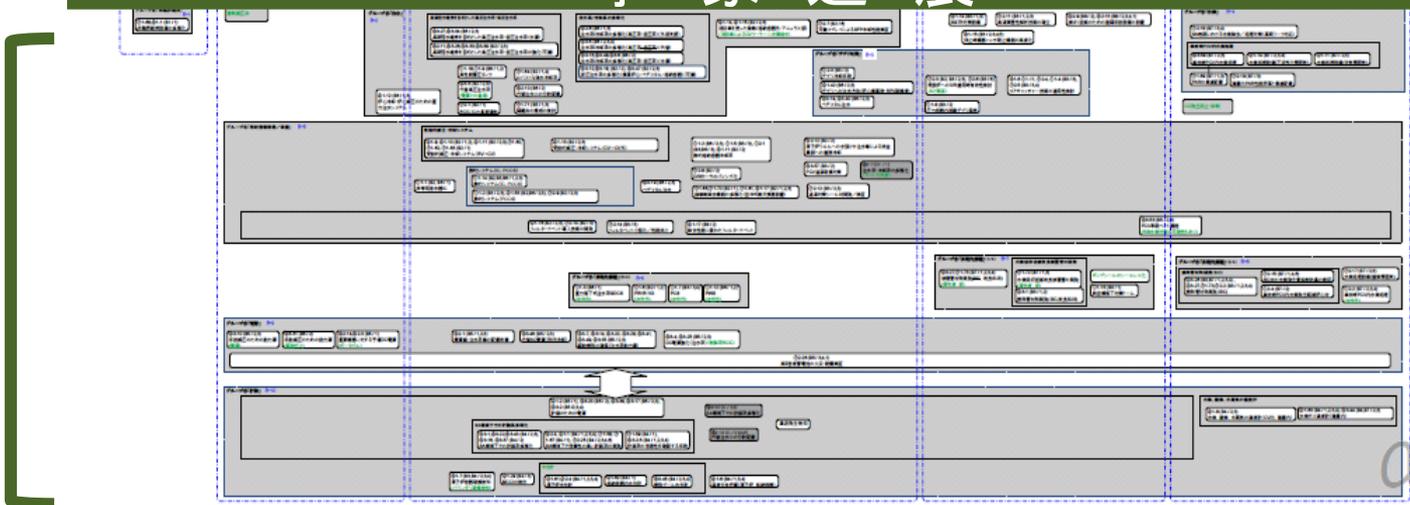
シビアアクシデント関連研究開発課題検討マップの検討例

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

シビアアクシデント
マネジメントに必要な
となる知見



シビアアクシデント
マネジメントに必要な
となる支援機能



外的事象を第3の検討軸として加えて、防災と地域や外部との連携や支援等に必要なとなる課題についても検討

原子力の自主的・継続的な 安全性向上に向けた提言(2014.5.30)

- 総合資源エネルギー調査会原子力の自主的安全性向上WG(2013.7-)の報告書
 - 今後必要とされる取組の在り方とロードマップの骨格について提言
 - 1. 的確なリスクガバナンスの枠組みの下でのリスクマネジメント
 - 2. 東京電力福島第一原子力発電所事故後の教訓に基づき実践すべき課題
 - ① 低頻度の事象を含む網羅的なリスク評価
 - ② 深層防護の充実を通じたリスクの低減
 - ③ 外部事象に着目した事故シーケンスとクリフエッジの特定とレジリエンス向上
 - ④ 軽水炉の安全性向上研究の再構築とコーディネーション機能の強化

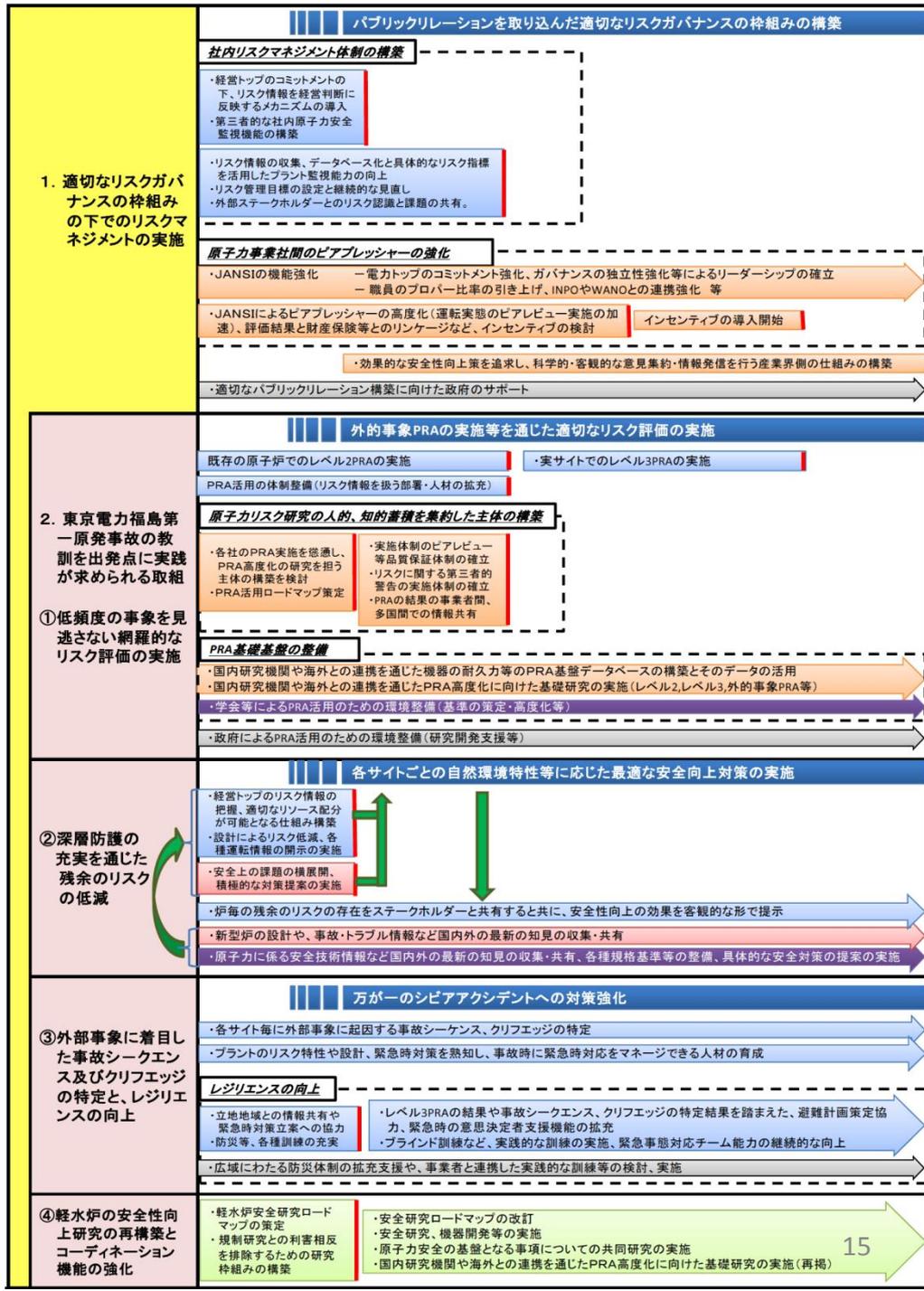
ロードマップの骨格

原子力の自主的・継続的な 安全性向上に向けた提言 (2014.5.30)

- 原子力産業界共通の取組
- メーカーの取組
- 電気事業者個社の取組
- 学会等の取組
- 政府の取組
- 原子力分野の全体の取組

学会の責務

- PRA活用のための環境整備
(基準の策定、高度化等)
- 原子力に係る安全基盤情報など
国内外の最新の知見の収集・共有
- 各種規格基準類の整備
- 具体的な安全対策の提案
- 安全研究ロードマップの策定



リスク・ガバナンスの枠組みの下での リスクマネジメント

リスク意思決定・対応

プレ・アセスメント

知識生成・評価

- ・ 問題枠組み設定
- ・ 早期警告(新たなハザードの調査)
- ・ スクリーニング
- ・ 科学的な方法論や手順などの決定

リスクマネジメント

実施

- ・ オプションの実現化
- ・ モニタリングと制御
- ・ リスクマネジメント活動のフィードバック

意思決定

- ・ 対策オプションの同定と生成
- ・ オプションの多面的分析
- ・ オプションの評価と選択

- ・ 技術の選択
- ・ 代替のポテンシャル
- ・ リスク便益の比較
- ・ 政治的な優先度
- ・ 補償のポテンシャル
- ・ コンフリクト管理
- ・ 社会的動員のポテンシャル

(IRGC, 2007に基づく)

コミュニケーション

リスク評価

リスクアセスメント

- ・ ハザードの同定および推定
- ・ 暴露評価と脆弱性評価
- ・ 定量的・定性的リスク推定

関心事アセスメント

- ・ リスク認知
- ・ 社会的関心事項
- ・ 社会経済的影響

リスクプロファイル

- ・ リスク推定値
- ・ 推定値の信頼幅
- ・ ハザードの特徴
- ・ リスクの心理的認知
- ・ 合法化の範囲
- ・ 社会的、経済的な含意

深刻度の判断

- ・ 法的要求事項への適合性
- ・ リスクトレードオフ
- ・ 公平性への影響
- ・ 社会的受容性

リスクの特徴づけ/判断

リスクの判断

- ・ 受忍性及び受容性の判断
- ・ リスク削減対策のニーズの決定

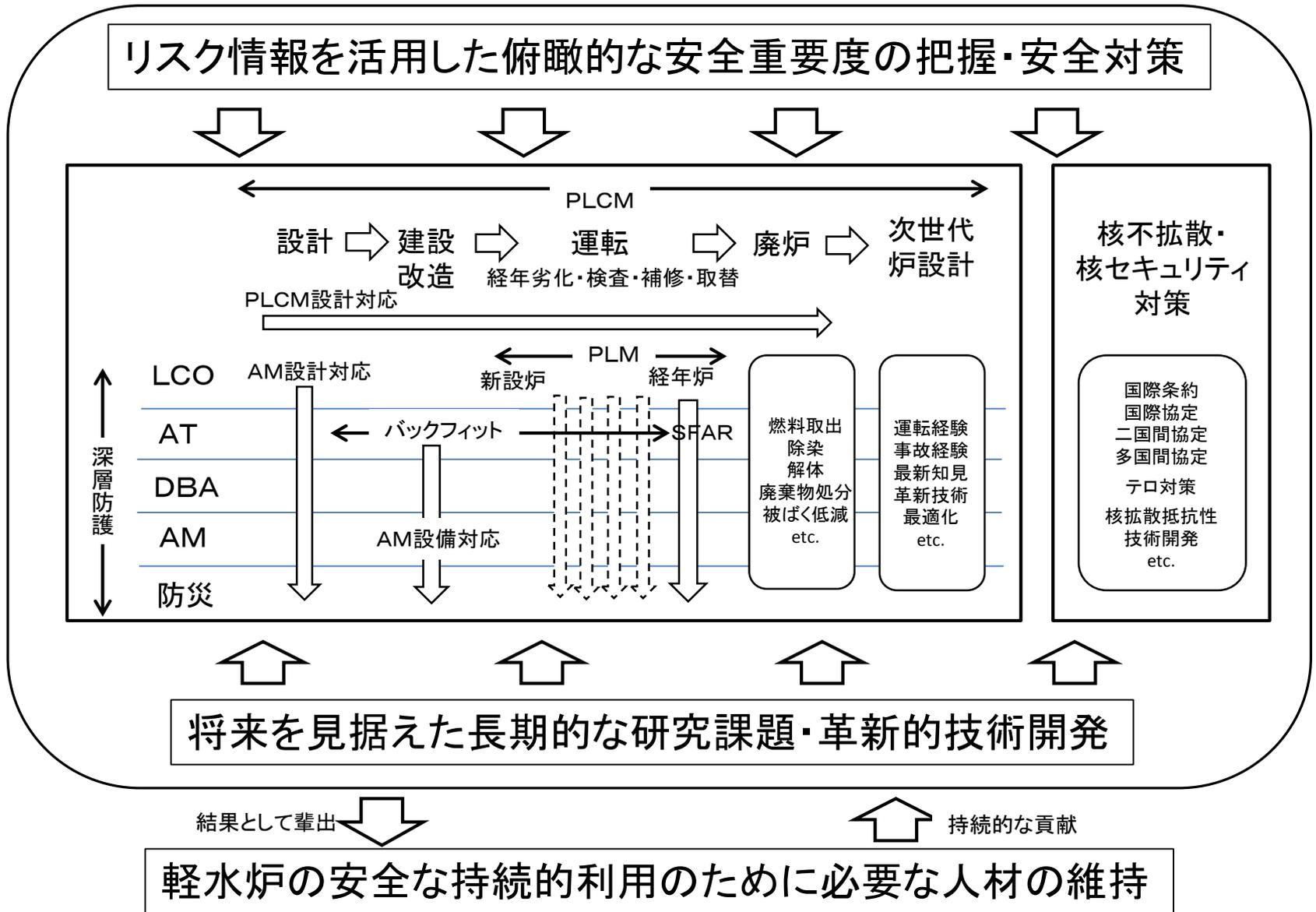
リスクの特徴付け

- ・ リスク・プロファイル
- ・ リスクの深刻度の判断
- ・ 総合化とリスク削減オプション

原子力の自主的・継続的な 安全性向上に向けた提言(2014.5.30)

- 軽水炉の安全性向上研究の再構築とコーディネーション機能の強化
 - 軽水炉技術の成熟化により、1990年代以降、研究機関の軽水炉の基礎研究、安全研究は減少。
 - 2000年代初期に事業者による自主的なシビアアクシデントに係る対策実施が進められるのに伴い、規制対象ではなかった軽水炉のシビアアクシデントに係る研究開発は事業者による者を含め大幅に縮小。
 - 安全に関する技術戦略ロードマップを掲げた産学官、規制側と推進側との連携が不十分であった。
 - 諸外国では実施されている推進側と規制側による共同研究は実施されず。
- 「軽水炉安全研究ロードマップ」を策定すべき
 - JAEA等政府系研究機関、学協会、産業界が広く参加
 - 関係者間の役割分担を具体的に提示
 - 重畳を廃した効率的な研究開発・共同研究を推進
 - 規制当局との間での利害相反を廃した効果的なコミュニケーションツール
 - ロードマップの共有とローリングを通じた全体最適の継続的追求

軽水炉に関する技術・人材ロードマップの検討構想



軽水炉に関する技術マップ、 ロードマップの策定

- 学術界、国（規制、推進）、事業者、メーカー、研究機関等が集う学会の場を最大限活用
 - 安全部会の企画セッション、フォローアップセミナー
 - 安全対策高度化研究専門委員会
 - 国（規制委員会、資源エネルギー庁、文部科学省等）との効果的コミュニケーションを図る

まとめ

- 原子力安全研究を効果的に実行するには、技術マップ・ロードマップを策定し、原子力安全研究の目標、目的、ステップなどを共有化することが重要である。
- 安全規制のための研究と産業界の自主的安全向上のための研究における役割分担と協調、成果活用、総合的・多面的な評価等が必要であり、ステークホルダー間のコミュニケーションツールとしても技術マップ・ロードマップの策定と継続的なローリングが望まれる。
- 多様な人材の確保と育成についても併せて議論を進めるべきである。国際的な協調による研究開発を実施し、我が国全体の研究力を強化することが望まれる。
- これらの場として、学会が果たすべき役割は重要である。