

軽水炉安全技術・人材ロードマップ 最終報告(案)

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

2015年3月31日

目次

1. はじめに
2. 日本原子力学会における軽水炉安全技術・人材ロードマップの検討方針
3. 検討結果報告
 - 軽水炉安全技術・人材ロードマップの策定に当たっての基本的考え方
 - 軽水炉安全技術・人材ロードマップの背景、役割・目標
 - 軽水炉安全技術・人材ロードマップにおける課題検討の柱
 - 各マイルストーンでの標語とそれに対応した目指す姿(学会案)
 - 各種ロードマップの検討結果
 - 課題の重要度に基づく優先順位付けの評価方法
 - WGから提示されたRMローリング方針への学会対応案
 - まとめ

1. はじめに

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に関する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. 適切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の実施
2. 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を出発点に実践が求められる取組
 - ① 低頻度の事象を見逃さない網羅的なリスク評価の実施
 - 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及びクリフエッジの特定と、レジリエンスの向上
 - 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

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)

■ 軽水炉安全研究におけるこれまでの反省と課題

- 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ものを含め大幅に縮小。
- 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効果的に実施されなかった。

■ 「軽水炉安全研究ロードマップ」の策定

- 政府が場を設け、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決定し、重畳を廃した効果的な研究開発を推進
- 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として位置づけ

自主的安全性向上・技術・人材WGからの提示事項(1／3)

～ 軽水炉安全技術・人材ロードマップ策定の基本方針 ～

<基本的考え方>

- 「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」は、東京電力福島第一原子力発電所事故の経験で得られた教訓を踏まえ、軽水炉安全への国民の信頼が得られるものでなければならない。
- まず、技術開発項目や、それを支える人材の維持・発展は、軽水炉安全への国民の信頼やその安全な持続的利用に繋げるための課題を掲げ、その解決に資するか否かを基準として従来の技術開発の優先順位やスケジュールの見直しによるロードマップの再構築が必要。
- また、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」は、学会、国、事業者、メーカー、研究機関等関係者間の役割分担を明確化し、我が国全体として重畳を廃して最適な取組を実現するものでなければならない。さらに、研究開発の重複を排除しながら最高レベルの成果を得るため、世界的な研究開発や人材育成の動向を踏まえ、必要な国際共同研究の組成を本ロードマップに積極的に取り込んでいくべきである。
- そのため、「自主的安全性向上・技術・人材WG」（平成26年8月設置）による国民視点からの課題提示と、学会の英知を結集した総合的解決策の提示というキャッチボールを通じて、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」策定を進めていく。
- 「原子力の自主的安全性向上に関するWG」（平成25年7月設置）において、「政府が場を設け、JAEA等、政府系研究機関、学協会、産業界が広く参加する形で「軽水炉安全研究ロードマップ」を策定し、関係者間の役割分担を具体的に決定し、重畳を廃した効率的な研究開発を推進するとともに、そのロードマップを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として位置づけるべきである。」とされているところ、本ロードマップに位置付けられる予算事業の優先順位付けや、成果評価に基づく定期的見直しについては、上記「自主的安全性向上・技術・人材WG」に諮問の上、経済産業省が担っていく。
- なお、客観的成果評価の在り方や規制当局との共同研究や成果共有のあり方についても、「自主的安全性向上・技術・人材WG」において検討を進めていく。

自主的安全性向上・技術・人材WGからの提示事項(2／3)

～ 軽水炉安全技術・人材ロードマップ策定の基本方針 ①～

ロードマップ(RM)対象項目の課題別区分

- ① 既設の軽水炉等のリスク情報の利活用の高度化（確率論的リスク評価、クリフエッジの特定、マネジメントにおけるPerformance Indicatorの活用、他の社会的リスクとの客観的比較に基づく原子力リスクの捉え方、リスク情報の実機への適用、リスク情報を踏まえた適切な優先順位付けに基づく安全対策の強化等）
- ② 既設の軽水炉等の事故発生リスクの低減（設計上の安全性を高める方策および経年劣化対策、事故発生時の制御性を高める設計概念の導入）
- ③ 事故発生時のサイト内の被害拡大防止方策
- ④ 事故発生時のサイト外の被害極小化方策
- ⑤ 既設炉の廃炉の安全な実施
- ⑥ 核不拡散・核セキュリティ対策
- ⑦ 従来の発想を超える、軽水炉に適用可能な革新的技術開発
- ⑧ 軽水炉の安全な持続的利用のために必要な人材の維持・発展（上記①～⑦のRM及び原子力を取り巻く社会情勢等と整合的なものとする）

注1：放射性廃棄物に関する研究開発については、別途「放射性廃棄物WG」があること、また、東京電力福島第一原子力発電所の廃炉に関するものについては、別途RMが策定されていることから、対象外とする。

注2：軽水炉技術の今後の方向性の境界条件となる、核燃料サイクルや次世代炉等に関する社会的、技術的オプション（将来の核燃料サイクル利用の方向性や次世代炉オプションの優先度と燃料開発の方向性など）についても検討の要素に含まれる。

注3：⑧に関しては、原子力人材育成ネットワークで策定された原子力人材育成ネットワーク戦略ロードマップも参考とする。また、検討対象とする人材については、研究開発人材のみならず、事業者の現場人材も含むことや事業者において自主的かつ不断に安全性を向上させる人材が育成されることの重要性を踏まえるとともに、社会科学的視点も盛り込む。

注4：上記①～⑧のいずれの項目についても、ヒューマンファクターやソフト面の要素を踏まえるとともに、基盤となりうる研究炉の活用については、安全性向上の観点から、最も効果的に活用されることを念頭に取まとめる。

注5：上記①～⑧の項目で何を実現していくのか、という観点から、俯瞰した整理も行う。

注6：必要な海外の研究との連携やそれを取り込んだ上での世界的な視野でのプログラム構築を図る観点を含める。

注7：技術の導入主体や人材の育成主体のコミットメントを得た形のロードマップとする。かかる観点から、産業界の現場感覚やコスト等の経営判断を取り込む形で検討を進める。

自主的安全性向上・技術・人材WGからの提示事項(3／3)

～ 軽水炉安全技術・人材ロードマップ策定の基本方針 ②～

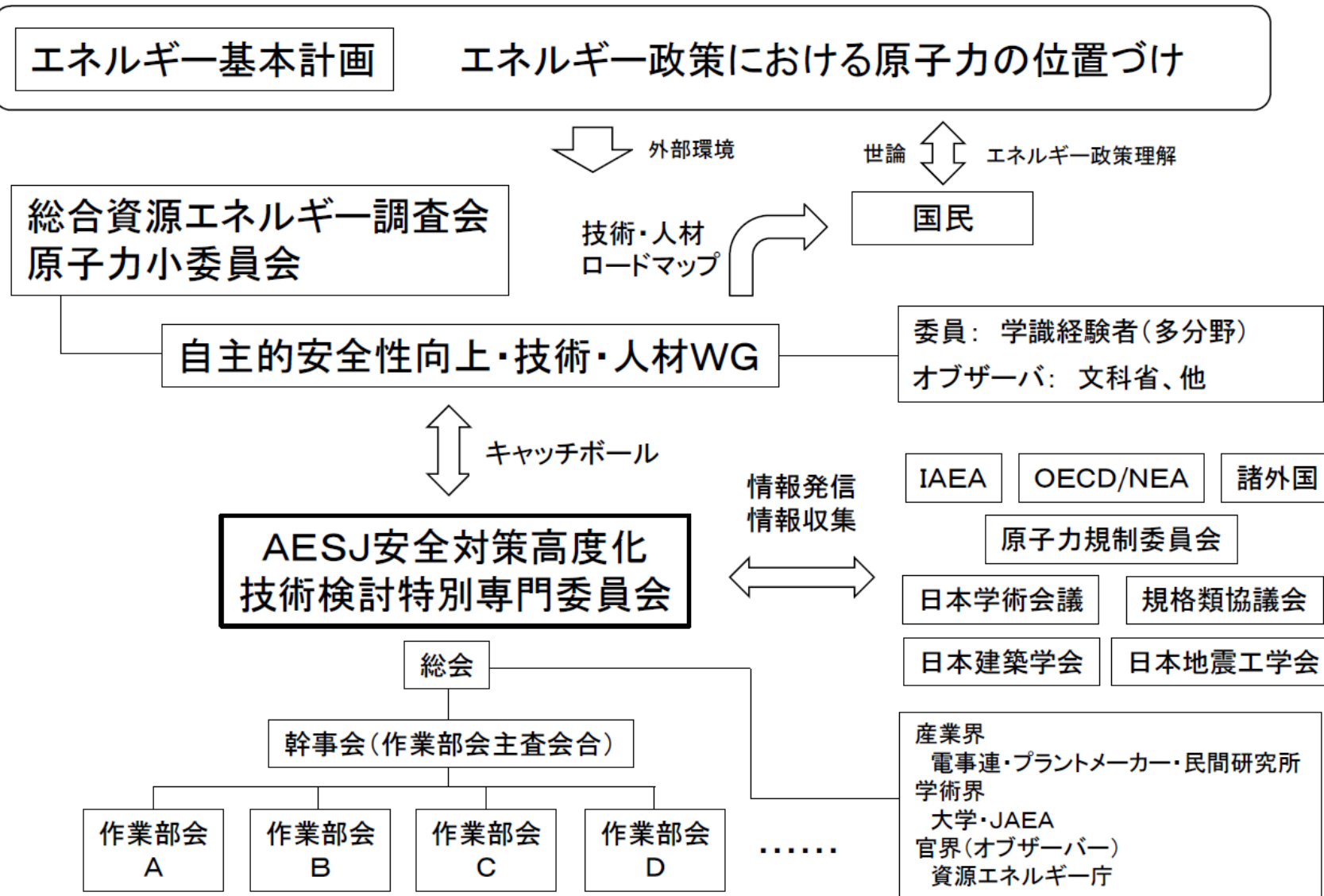
ロードマップ(RM)の時間軸設定方針

- ① エネルギー基本計画におけるエネルギー関係技術開発のRMと整合的なものとする。
 - 2050年を展望(2030年以降の主要課題についても提示)
- ② 原子力小委員会におけるエネルギーミックス策定の議論と整合的なものとする。
 - 2030年をホールドポイントとし、技術細目毎に2030年もしくはそれ以前の達成目標を設定(原子力小委の議論を受け、別のホールドポイントを設ける可能性あり)

注：既存の原子力関連分野のRMは前提として尊重するが、東京電力福島第一原子力発電所事故後の安全性向上対策として求められる優先順位をWGで検討の上、それに基づき、再構築する。

2. 日本原子力学会における軽水炉安全技術・人材ロードマップの検討方針

軽水炉安全技術・人材ロードマップの検討体制



日本原子力学会での検討方針

総合資源エネルギー調査会自主的安全性向上・技術・人材WGとの「キャッチボール」による軽水炉安全技術・人材ロードマップ(RM)策定の基本方針の確認

- 2050年までを見据えたマイルストーンを設定する
- 社会的要請・ニーズを考慮し、国民や国際的な視点からも課題を提示する

有効・効果的な議論を進めるための会議体の設置と議論

- 社会的要請・ニーズに基づき設定する、マイルストーンでの目指す姿を共通理解として、解決すべき課題を検討する
- 専門領域に基づいて設定した作業部会間での検討内容の抜け落ちを回避する

多様な視点、知見を反映したRMの策定

- 日本原子力学会以外の学会(日本建築学会、日本地震工学会等)との連携・協力体制を整える
- 技術・ハードウェアに偏らず、社会科学の立場からの検討が必要な課題やヒューマンファクター領域の課題についても提示する

日本原子力学会での検討方針

学術界、国（推進、規制）、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

- 安全対策高度化技術検討特別専門委員会をRM策定検討の場とする
- 原子力安全部会の企画セッション、フォローアップセミナー等の場を活用して活動状況を公開し、学会内外と意見交換する
- 国（資源エネルギー庁、原子力規制委員会等）との効果的コミュニケーションを図り、それに基づく課題の全体構造の適正化を図る
- 個別の研究成果等を課題解決に結びつけるための評価、実効性の確保に関する活動および、このためのRMの活用方法についても検討する

軽水炉安全技術・人材ロードマップ構築のプロセス手順

- 1) 軽水炉安全技術・人材ロードマップの背景、役割・目標の整理
- 2) わが国の原子力安全に求められる社会的要請・ニーズの整理
- 3) ロードマップにおける課題の整理と課題検討の柱の設定
- 4) 各マイルストーンでの目指す姿(達成要件)の整理と要素の検討・共有
- 5) 課題の重要度、優先度、緊急度等の評価軸の設定
- 6) これらに基づいた技術マップ整備とロードマップへの展開

(ロードマップ策定後)

- 7) 研究の実行と成果評価・活用に基づいたローリング

【参考】一般的な技術戦略マップの階層構造

⇒軽水炉安全技術・人材ロードマップでは、「導入シナリオ」は「社会的要請・ニーズの共通理解に基づくマイルストーンと目指すべき姿」と位置づけて検討

(1) 導入シナリオ

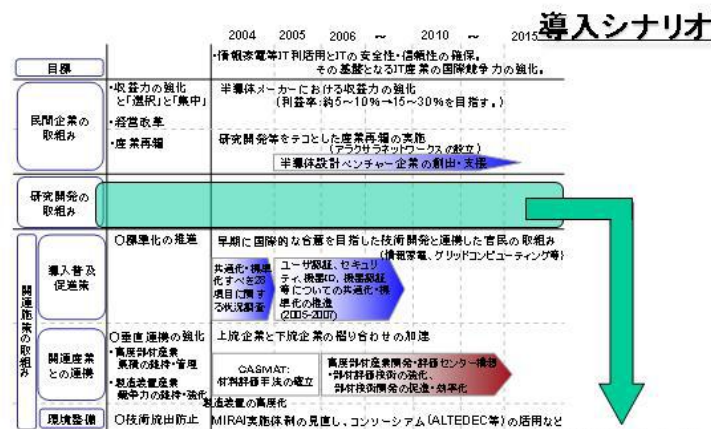
研究開発成果が製品、サービス等として社会、国民に提供されていく道筋と、そのために取り組むべき関連施策を記載したもの。

(2) 技術マップ

技術の体系図。技術的課題、要素技術を俯瞰するとともに、その中で重要技術を選定して記載したもの。

(3) 技術ロードマップ

研究開発への取り組みによる要素技術・求められる機能等の向上・進展を時間軸上にマイルストーンとして記載したもの。



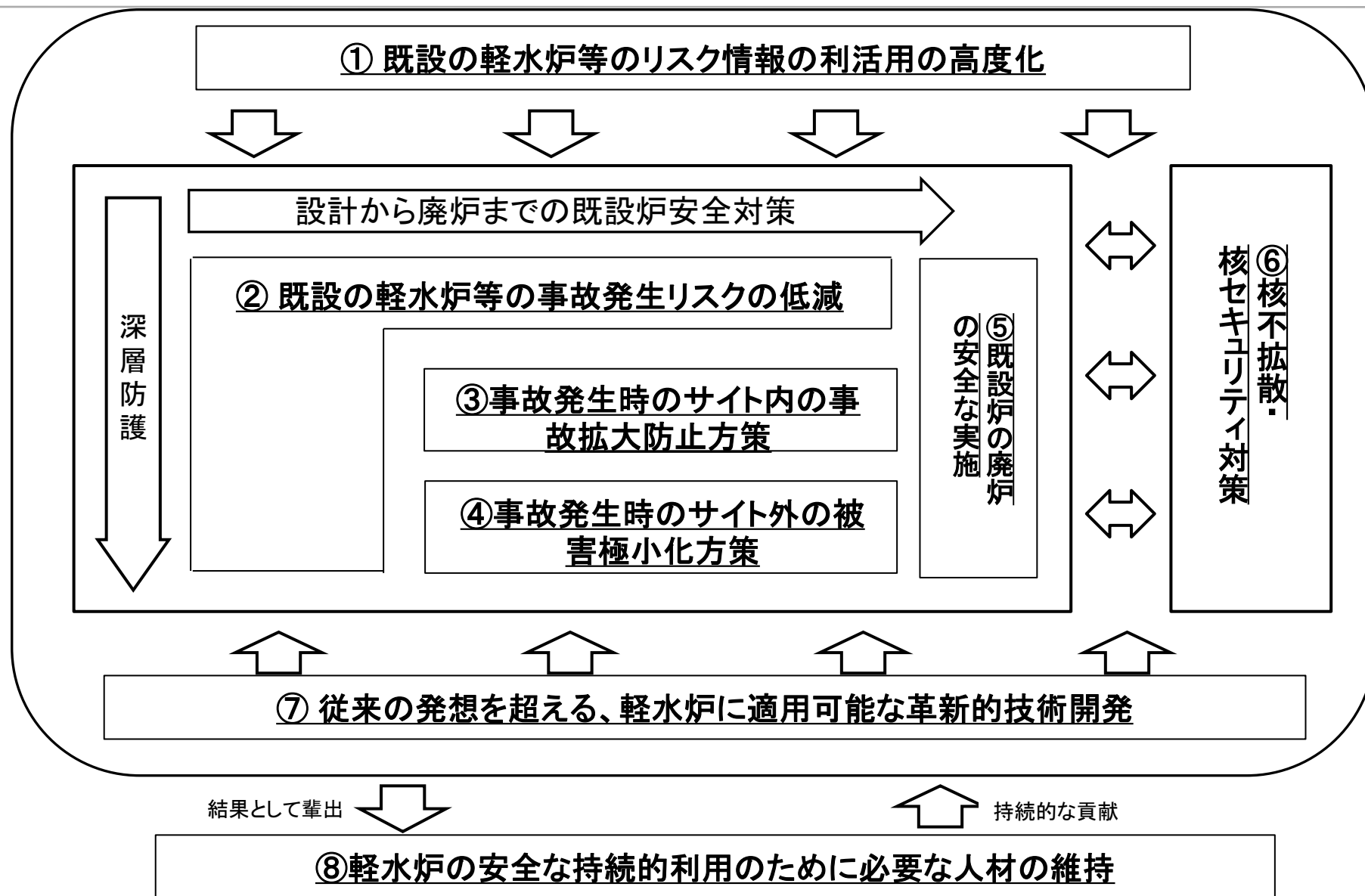
技術ロードマップ

技術分野	大項目	中項目	小項目	重要課題	詳細パラメータ	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
半導体	デバイス・プロセス技術	LSIデバイス技術	LSIデバイス技術	LSIデバイス技術	DRAM/フラッシュメモリ	80	70	65	57	50	45	40	35	32	28
					ゲート電圧 (nm)	35	45	37	32	28	25	23	20	18	16
					チャネル長 (nm)	3.15	2.81	2.50	2.20	2.00	1.80	1.60	1.40	1.30	1.10
					チャネル長・ゲート電圧 (nm)	2.1	1.9	1.8	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1
					チャネル長・ゲート電圧 (nm)	2.8	2.6	2.3	1.9	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
					High-k/ゲート絶縁膜材料	300	300	400/200	400/200	400/200	400/200	400/200	400/200	400/200	400/200
					CD制御 (nm)	4	3.3	2.9	2.5	2.2	2	1.8	1.7	1.4	1.3
					微細ラフネス (nm)	3.8	3.2	2.8	2.6	2.2	2	1.8	1.6	1.4	1.3
					120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET
					120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET	120nm FET

出典:経済産業省 技術戦略マップ2010

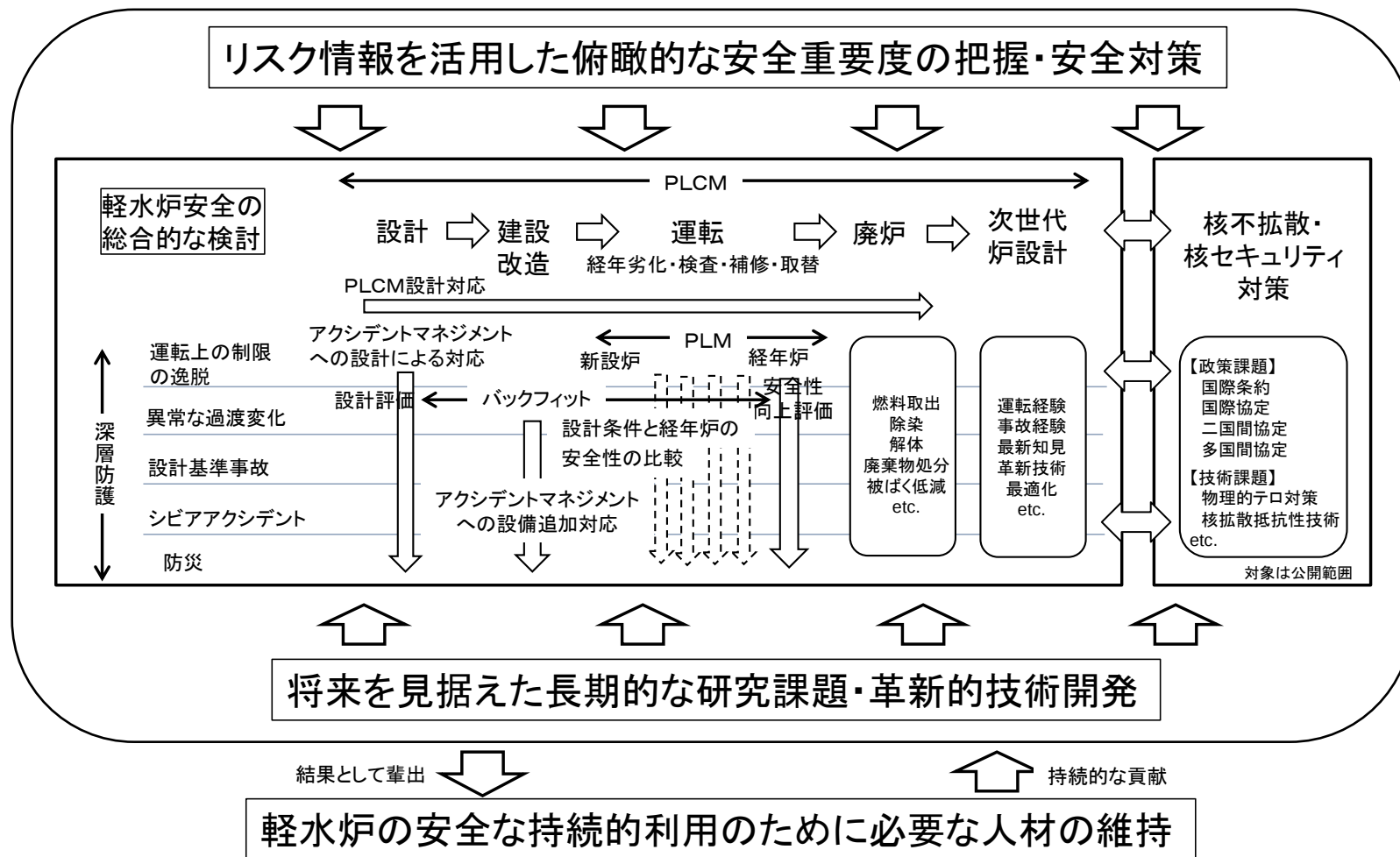
http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2010/Chap.1.pdf

WGから提示された8項目の課題別区分への検討の視点



軽水炉安全技術・人材ロードマップの課題検討の視点

- ・ WGから提示された8項目の課題別区分のうち、②から⑤を相互的な関係で捉え直し、課題検討の視点を設定
- ・ 課題検討上の境界条件は別途設定



PLM (Plant Life Management.): 原子炉の商業運転中の経年劣化管理・保全

PLCM (Plant Life Cycle Management): 原子炉の設計から廃炉までの期間における最適管理および得られた知見の次世代炉への反映

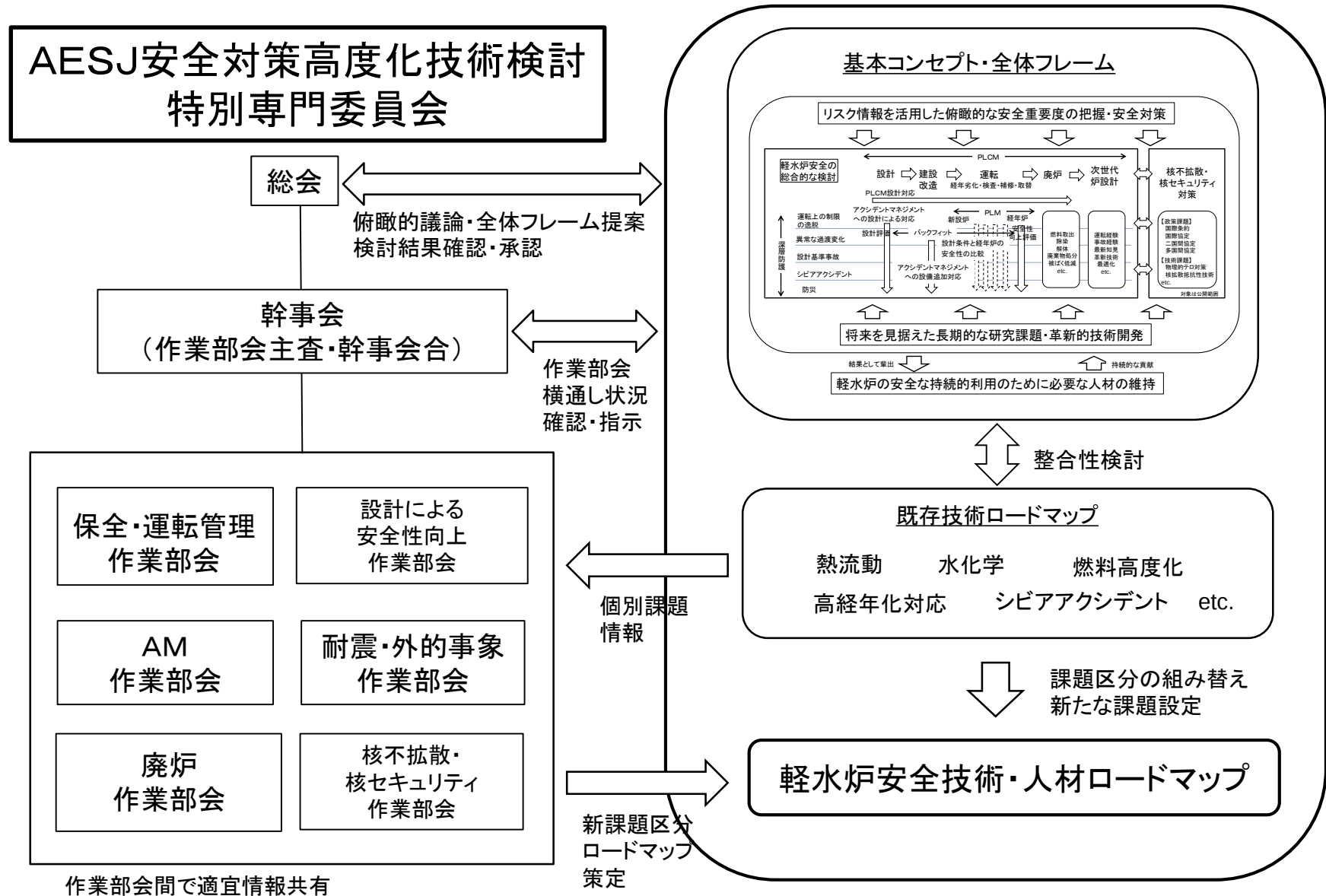
日本原子力学会設置 検討会議体

安全対策高度化技術検討特別専門委員会を検討の場とし、以下の会議体構成で活動

* スライドP7, P15に記載

会議体		位置づけ	WG提示課題 別区分対応*	主査
総会		産官学関係各所のメンバーが集う場における総括的議論、METI-WGへの提言	①⑦⑧	関村直人(東大)
幹事会		策定する技術ロードマップの全体フレームの設計、作業部会間の検討結果の調整	①⑦⑧	
作業部会	保全・運転管理	運転経験やプラント保守による経年劣化対策や安定運転に係る課題の検討	②+ ①⑦⑧	望月正人(阪大)
	設計による安全性向上	設計(燃料、材料、熱流動等)による安全性向上に係る課題の検討	②③+ ①⑦⑧	阿部弘亨(東北大)
	AM	アクシデントマネジメントに係る課題の検討	②③④+ ①⑦⑧	山本章夫(名大)
	耐震・外的事象	地震や津波等の外的事象を考慮した建屋・構造物の長期耐久性等の課題の検討	②③④+ ①⑦⑧	耐震: 楠浩一(東大) 外的: 糸井達哉(東大)
	廃炉	既設炉の廃炉を安全に実施する上でのプロセス上の課題、大型廃棄物の取扱い等に係る課題の検討	⑤+ ①⑦⑧	井口哲夫(名大)
	核不拡散・核セキュリティ	国際社会で原子力利用が進む中での核不拡散・核セキュリティに係る課題の検討	⑥+ ①⑦⑧	出町和之(東大)

日本原子力学会設置 各検討会議体における検討の流れ



3. 検討結果報告

- 軽水炉安全技術・人材ロードマップの策定に当たっての基本的考え方
- 軽水炉安全技術・人材ロードマップの背景と機能
- 軽水炉安全技術・人材ロードマップにおける課題検討の柱
- 各マイルストーンでの標語とそれに対応した目指す姿(学会案)
- ロードマップ策定検討結果
- ロードマップにおける産官学・学協会の役割分担の考え方
- 課題の重要度に基づく優先順位付けの評価方法
- WGから提示されたRMローリング方針への学会対応案
- まとめ

軽水炉安全技術・人材ロードマップの策定に当たっての基本的考え方

①前提条件

- 自主的安全性向上・技術・人材WGから提示を受けた基本的考え方に基づきロードマップを検討・策定する。
- 学会という様々な立場や専門性を有するメンバーが集う場の特性を生かし、多様な視点から検討を行う。
- ロードマップ策定の背景および役割や目標を共有した上で検討を行う。

②課題検討の柱の設定

- 社会的な要請やニーズを的確に捉え、原子力発電システムが複雑な社会システムの一部であることを認識した上で、解決すべき課題の検討を行う。
- 幅広い安全基盤に基づいて長期的展望に基づく目標に向かって広範な課題解決のための道のりを提示し、ロードマップ活用の有効性をわかりやすく表現するために、専門領域に基づいて設置した作業部会間で共有する解決すべき課題に対する検討の柱（以下、課題検討の柱）を提示する。
- そこでは、リスクコミュニケーションや社会学的視点を確実に検討の俎上に乗せるための整理として、WGから示された課題区部の8項目とは異なる5つの柱を別途設定する。
- 個々の課題のテーマは、設定した5つの課題検討の柱により検討し課題調査票として取りまとめる。
- WGが示した8項目との詳細な対応関係については、課題の全体像の整理後に改めて提示する。

③マイルストーンと目指す姿の提示

- 長期的な展望を実現するために、段階を踏んで達成する要件を定めたマイルストーンを設定する。
- マイルストーンにおいてホールドポイントを設け、そこでの達成要件を満たすために必要な解決要素を明確化する。
- 策定するロードマップは、マイルストーンと整合性のとれたものとする。

④評価軸の提示

- 課題に対する評価対象は、解決に向けての着手時期、優先度、プロセス、成果など様々ある。
- ここでは、課題の重要度と着手時期に係る優先度を評価するため、以下の2つの観点を持つ「評価軸」を提示する。
 - 1) 安全性向上の実効性（実効性のある成果が見通せる課題の抽出）
 - 2) 安全性向上に資する技術・人材の維持・発展における重要度（中長期的な安全基盤の維持・将来世代のニーズに資する課題の抽出）

軽水炉安全技術・人材ロードマップの背景と機能

背景

- 東京電力株式会社福島第一原子力発電所(1F)事故からの教訓を踏まえて、わが国の原子力は、1Fでの廃炉・汚染水対策への不断の努力を継続することに加え、原子力利用技術・組織ガバナンスなど原子力全般にわたって失われた信頼の回復、国際社会に対する1F事故の経験や教訓・知見の発信など、様々な社会的要請・ニーズに対して応える責務を負っている。
- エネルギー基本計画(平成26年4月に閣議決定)のとおり、わが国は原子力をベースロード電源として位置付けているが、その大前提としての「安全性の確保」のために、その基盤となる技術・人材・組織・マネジメントの継続的な改善と発展が不可欠である。
- そのためには、原子力安全を取り巻く社会的要請・ニーズに応えるために、関係者全員でのビジョンの設定と共有、重畳を廃した俯瞰的な技術・人材等に関する課題整理に基づいて、継続的な課題解決の取り組み、適正な評価と改善を、開かれたコミュニケーションの下で行う必要があります、その必須のツールとして「ロードマップ」が位置づけられる。

ロードマップの機能

- 軽水炉安全技術・人材ロードマップの機能は以下の通り。
 - 既存(将来建設する可能性があるものを含む)の軽水炉の安全性向上を我が国として効率的に実現する技術開発及び人材育成の将来に向けた道筋を描くこと
 - 真に関係者(関係省庁、研究機関、産業界等)間で技術開発や人材育成に重畳を廃して取り組む道筋を示すものとして、国民に分かりやすい形で広く共有すること
- 本ロードマップが国民に分かりやすい形で広く共有されるとともに、そのことにより関係者(関係省庁、研究機関、産業界等)が自発的に本ロードマップに従って行動し、その実効性が確保されることを期待。

社会的要請・ニーズの体系化

■ 各種社会調査等から得られている社会的要請・ニーズ等を体系化

社会的要請・ニーズ	体系分類
- リスクの存在を前提とした誠実な対話・情報公開 - 事故発生リスクを可能な限り低減するため、物事の全体を捉え、多様な視点から議論を重ねて、想定外事項を無くしていく継続的な課題検討 - 最新知見を活用できる柔軟な制度・組織の維持と技術伝承	リスクマネジメント力の向上
1F事故対応・廃炉から得られる経験・教訓の共有 - 豊富な運転経験に基づくベストプラクティスの共有・活用 - 継続的な基礎基盤研究や最先端研究による最新知見獲得の長期展望 - 革新的技術導入によりシビアアクシデント発生リスクを極小化した発電炉の実現	安全基盤の継続的強化
1F事故対応の完遂と決して事故を再発させない原子力関係者の強い信念 - 信頼に耐え得る原子力関係者の真摯な姿勢・取り組み - リスクの存在を前提とした誠実な対話・情報公開 - 安全確保を大前提とした運転、ならびに原子力防災の確立と継続的な改善 - エネルギーの安定的な供給への貢献 - 温室効果ガス排出量抑制への貢献	社会からの信頼と共生
1F事故を踏まえての国際標準・規格策定への経験・知見の提供や当該水準を満たした安全対策の国際的な普及への貢献 - 核不拡散・核セキュリティへの貢献 - 温室効果ガス排出量抑制への貢献	国際協力・国際貢献の推進
放射性廃棄物の減容化・有害度低減による将来世代のリスク低減	放射性廃棄物処理処分への技術的・社会的取組

関係者から挙げられた課題意識の体系化

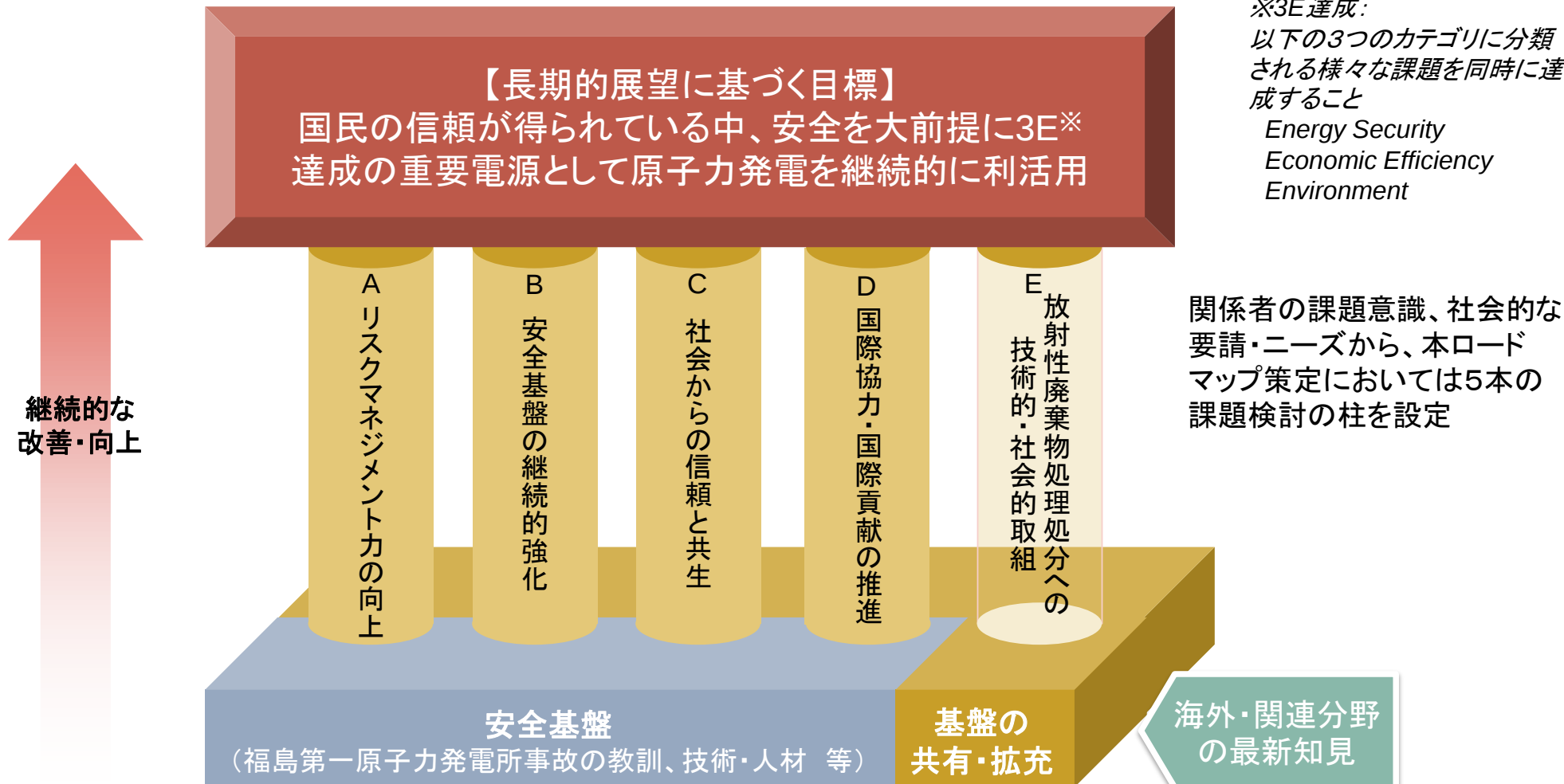
- ロードマップ策定に参加している関係者から挙げられた課題意識を体系化
- 検討過程の発言や課題検討プロセス資料の記載内容等に基づく整理(代表的キーワードを抜粋)

関係者から挙げられた課題意識		体系分類
1F事故の教訓に基づく既設炉への知見反映 - 組織力向上、組織編成・機能分担の最適化 - 安全管理教育手法の高度化	- 保全・運転負荷の軽減(被ばく低減対応含) - 多様な場面でのコミュニケーション力の向上 - 保全・運転・管理のための継続的人材育成	リスクマネジメント力の向上
- 技術基盤の維持(基礎研究・実験施設等) - 運転経験に基づく知識データベース化と継続的な維持・利用の仕組みづくり	- 経年劣化評価手法・対策の高度化による設備信頼性の強化 - 技術開発成果の規制指針・規格基準への反映	安全基盤の継続的強化
1Fの廃炉の完遂 - 地域防災への事業者の関わり・支援	- 高い稼働率の下での安全・安定運転による温室効果ガス排出低減への寄与 - 周辺住民の実質避難が不要なプラントの実現	社会からの信頼と共生
- 新規導入国への技術・マネジメント支援 - 海外ニーズとの共通性を有する課題設定(先端技術開発等)	- 国際的な技術基準の策定への貢献 - 国際機関への資金拠出にとどまらない人材供給・活動による貢献	国際協力・国際貢献の推進
- 放射性廃棄物の発生量を抑制する革新的技術開発 - 放射性廃棄物の核変換による短寿命化や削減技術の開発	最善な処分場選定プロセスの検討と社会的な意識共有・理解への取り組み	放射性廃棄物処理処分への技術的・社会的取組

1F:福島第一原子力発電所

軽水炉安全技術・人材ロードマップにおける課題検討の柱

- 本ロードマップでは、幅広い安全基盤の下、長期的展望に基づく目標に向かって広範な課題解決のための道のりを提示する。ロードマップ活用の有効性をわかりやすく表現するためには、ロードマップにおける「課題検討の柱」を提示することが必要である。



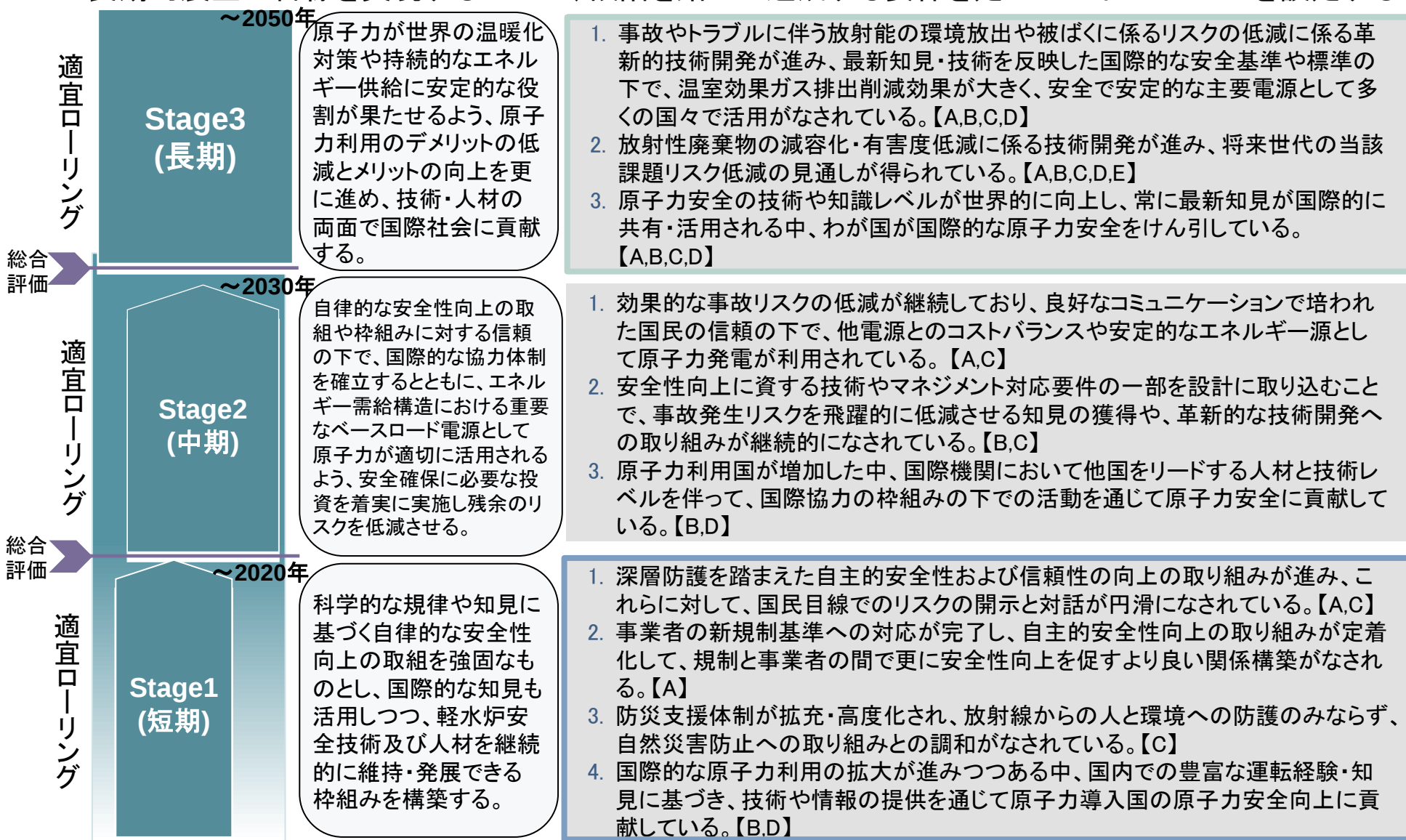
安全基盤：関係者間で強く意識共有している福島第一原子力発電所事故の教訓、ならびに本ロードマップの主目的である技術・人材の将来展開を描く上での現在のスタートラインの状態

軽水炉安全技術・人材ロードマップにおける課題検討の柱

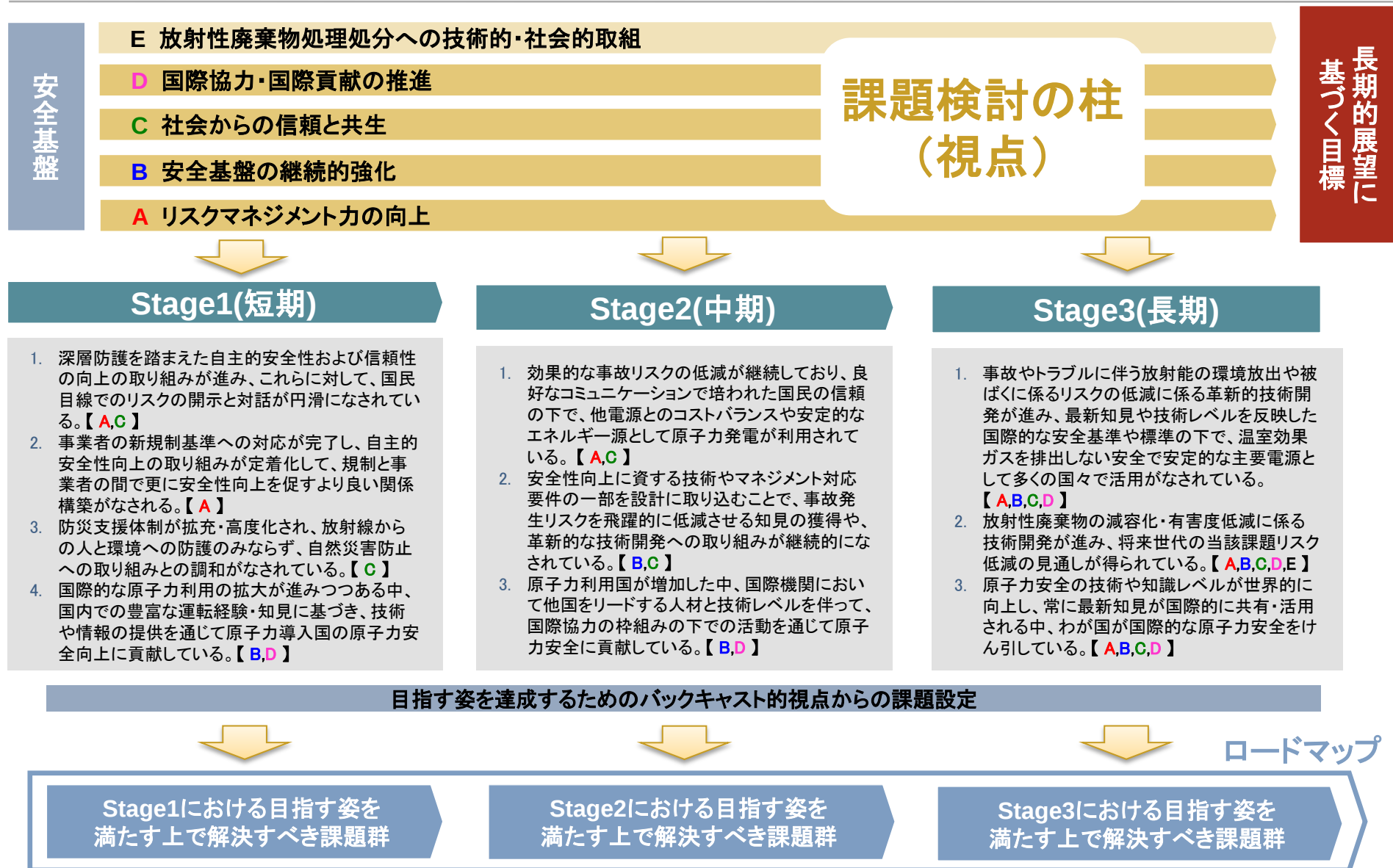
- WGから示された課題区分の8項目は、技術的な観点から、軽水炉の安全管理上の課題を網羅できるものである。加えて、学会内においては、リスクコミュニケーションや社会学的視点を重視する検討プロセスについても議論がなされた。
- この結果、8項目の内容を適切に検討するとともに、これらリスクコミュニケーションや社会学的視点も確実に検討の俎上に乗せるための整理として、あえて、それらを陽に示した5つの柱を設定した。
- ここでの安全基盤は、関係者間で強く意識共有している福島第一原子力発電所事故の教訓、ならびに本ロードマップの主目的である技術・人材の将来展開を描く上での現在のスタートラインの状態を意図する。
- 海外や原子力分野以外も含む関連分野の最新の知見を取り込み共有することで、カバーする課題設定の範囲を広げる。
- この柱により検討された課題を、「概要(内容)」「具体的な項目」「課題として取り上げた根拠(問題点の所在)」「現状分析」「期待される効果(成果の反映先)」「他課題との相関」「実施の流れ」「実施期間/資金担当」という観点から整理した「課題調査票」に対して、WG提示の8項目の区分に基づき再構成を行う。

各マイルストーンでの標語とそれに対応した目指す姿(学会案)

■ 長期的展望の目標を実現するために、段階を踏んで達成する要件を定めたマイルストーンを設定する



課題検討のプロセス（目指す姿を介した課題検討に基づくロードマップ化）



ロードマップ策定検討結果(次ページ以降)

以下の検討結果を示す。

■ 課題全体をカバーしたロードマップ俯瞰図

- 課題の全体像を把握するために、時間軸に沿って、個別分野を網羅的に書き出したもの。

■ 自主的安全性向上・技術・人材ワーキングから提示された「軽水炉安全技術・人材ロードマップ策定の基本方針」に示された8項目の課題別区分に対応したロードマップ

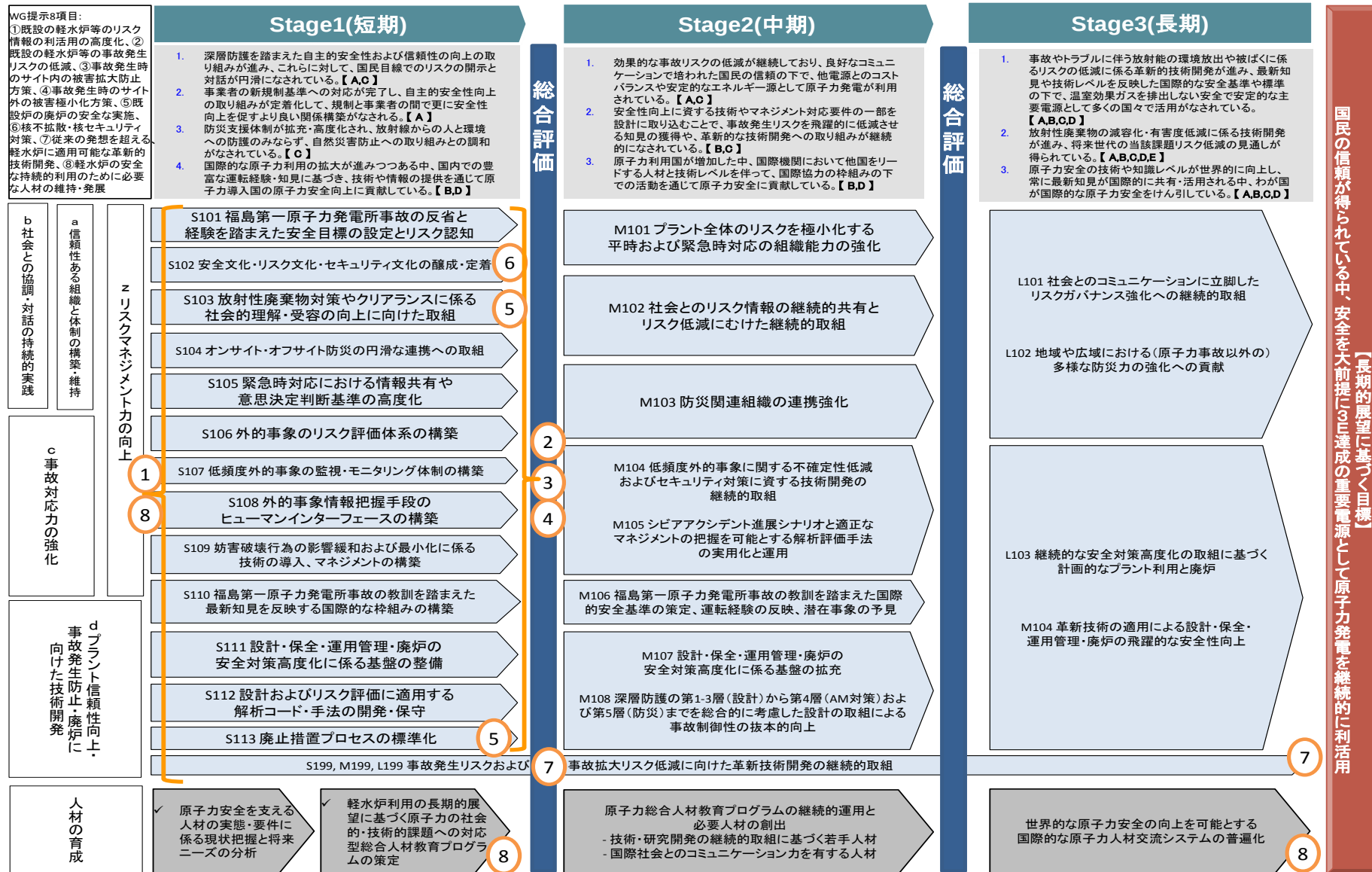
- 各課題テーマ＋人材の構成で作成。
- 「③事故発生時のサイト内の事故拡大防止方策」および「④事故発生時のサイト外の被害極小化方策」は合わせる。
- 8項目別のロードマップに記載する課題項目は、学会において検討した課題調査票(約100項目)から、ワーキンググループから提示された8項目に適合する課題調査票を抽出(約70項目)。
- 「評価軸」を用いた採点結果を基に、各課題項目のロードマップ上における優先順位付けを行う。
- ロードマップ上の課題項目には、その中に含まれる解決されるべき課題が複数ある。また、それぞれの課題の性質の違いにより、成果の一次的な利用主体も複数存在する。そのため、各課題に取り組むべき実施主体を一つに絞り込むことは困難である。したがって、国民に分かりやすい形で作成する観点から、詳細な役割分担については、8項目のロードマップには書き込まず、「課題調査票」に明示的に記載することとした。

■ (参考)個別課題ロードマップ

- 「リスクマネジメント力の向上」に係る以下の2つの課題領域について、ロードマップにおける役割分担と照らして作成。課題調査票とセットで事例として提示。
 - リスクコミュニケーション
 - 防災力の強化

課題全体をカバーしたロードマップ俯瞰図

本ロードマップ俯瞰図は、課題の全体像を把握するために、時間軸に沿って、個別分野を網羅的に書き出したものである。



【長期的展望に基づく目標】
国民の信頼が得られている中、安全を大前提に3E達成の重要電源として原子力発電を継続的に利活用

ロードマップにおける産官学・学協会の役割分担の考え方

- 各関係者にロードマップの中で期待する役割分担の考え方は以下のとおり。
- これらの関係者には、日本原子力学会において実施されるローリング(「評価軸」の見直しや、「評価軸」を用いた優先順位付けや取捨選択による取組項目の見直し)への参画を求める。

■ 産業界(電気事業者、メーカー等)

- 原子力の安全確保は、原子力に携わる全ステークホルダーがその責務を担うが、電気事業者はプラントの所有者として安全確保に関する第一義的な責任を有する。
- プラントの安全確保に必要な設計、運転・保守、廃炉、さらにセキュリティ対策上のニーズを明確にし、ニーズに照らした技術開発課題を設定し、研究主体として取り組んだ成果をプラントの安全性向上に活かしていく。

■ 官界(経済産業省)

- 原子力産業界の安全性向上への取り組みに対して、中長期的な見通しを踏まえて政策的あるいは資金的な支援を通じて効果的な仕組みを作り上げ、原子力産業界の安全基盤の底上げや強化を促進する。

■ 官界(原子力規制委員会)

- 独立性・実効性・透明性を重視し、規制当局として産業界の原子力発電事業に対する安全性確保の取り組みを科学的な見地から評価し、原子力の安全性を確保する。また、科学的見地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安全研究を実施する。

■ 官界(文部科学省)

- 実用化まで期間を要する先端技術の開発や人材育成に係る施策を通じて、原子力関連基礎基盤研究を推進し、その結果を通じて原子力安全にも結び付く技術基盤や人材基盤の維持・発展に導く。

■ 学術界(大学、研究開発機関等)

- 技術開発課題を解決するため、最新知見に照らした研究計画の策定や高度な専門知識を駆使した研究の推進により、技術開発課題を解決する主体的役割を担う。
- 長期に亘る原子力の安全を支える若手人材の輩出に係る教育や人材育成の役割を果たす。

■ 学協会(例:日本原子力学会)

- 産官学の多様な立場の専門家が集う場として、多様な意見の中で適切な議論を重ね、原子力安全の確保に必要な情報や知見を関係者や社会との間で共有すると共に、適宜その活動を国内外に広く情報発信する。
- 開発した技術を実機に適用するための規格を、その検討プロセスの透明性を確保しつつ策定し、原子力安全に繋がる技術の実用化を促す。

課題の重要度に基づく優先順位付けの評価方法

軽水炉安全に係る多種多様な技術開発と人材育成の取組

- 立場や専門性の異なるメンバーによる多様な視点からの議論を通じた、抜け落ちのない技術課題の抽出
- 領域間の専門家連携や異なる立場からの参画、海外の研究との連携等で効果的に解決が可能となる課題の確認
- 目指す姿に対する達成目標の明確化
- 課題解決の道筋の具体的な提示
- 実施主体の適切な設定

解決すべき課題の抽出と整理による「技術マップ(課題調査票)」の策定

課題が適切に定義できていない、あるいはステークホルダーが不明確なものは、ロードマップには掲載しない。

<評価軸>

- 各技術課題項目を(A)と(B)の2つの観点から、それぞれ6点(①～③にそれぞれ2点を配分)で採点。
- 採点結果から得られる技術課題の「重要度」に基づき、課題の優先順位付けを行う。

(A) 軽水炉の安全性向上の実効性
(実効性のある成果が見通せる課題の抽出)

- ① 事故の経験を通じて明らかになった課題の解決への寄与度が高い
- ② 課題解決によるリスク低減効果が相対的に高い
- ③ 費用対効果が相対的に高い

(B) 軽水炉の安全性向上に資する技術・人材の維持・発展における重要度
(中長期的な安全基盤の維持・将来世代のニーズに資する課題の抽出)

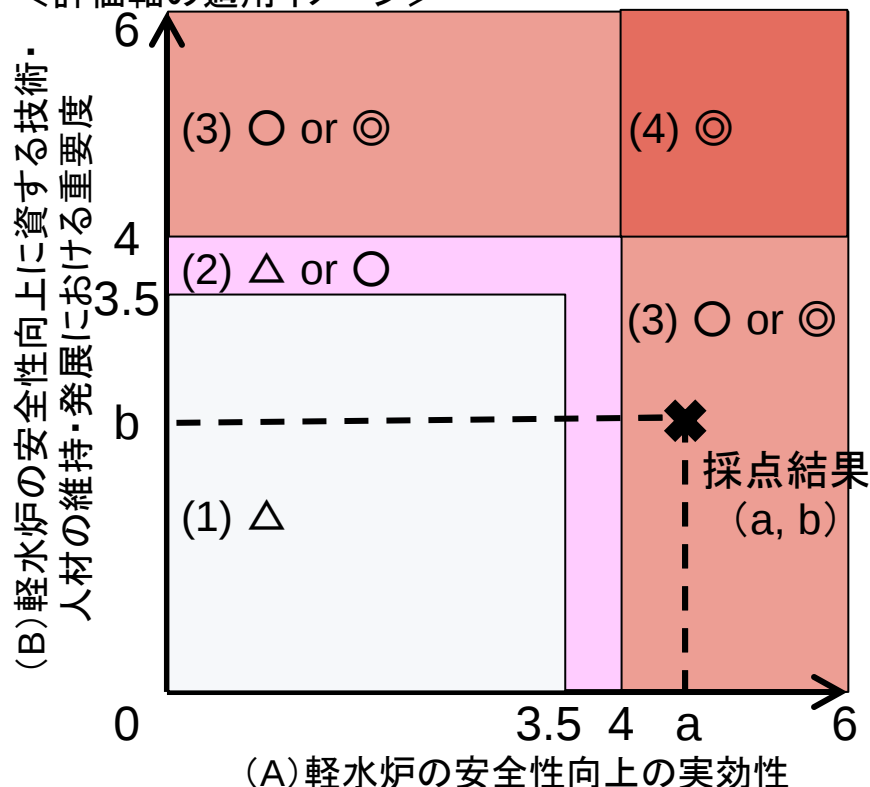
- ① 原子力分野における多くの主体の共通の基礎基盤となり得る
- ② 軽水炉安全分野における世界的なブレークスルーに繋がり得る
- ③ 画期的な課題提示により若手人材の獲得・育成に繋がり得る

課題の優先順位付けがなされた「ロードマップ」の策定

評価軸を用いた技術課題項目の優先順位付け

- (A)と(B)にそれぞれ6点(①～③に2点ずつ)を配分して各技術課題項目を評価。
- 産業界および学术界から選出された8名の評価者(匿名)の(A)と(B)それぞれの平均点を計算。(8項目のロードマップには、技術課題項目ごとに、当該平均点を明記する。)
- 採点結果から得られる技術課題の「重要度」(◎○△の区別)を、以下の適用イメージのとおり分類。

<評価軸の適用イメージ>

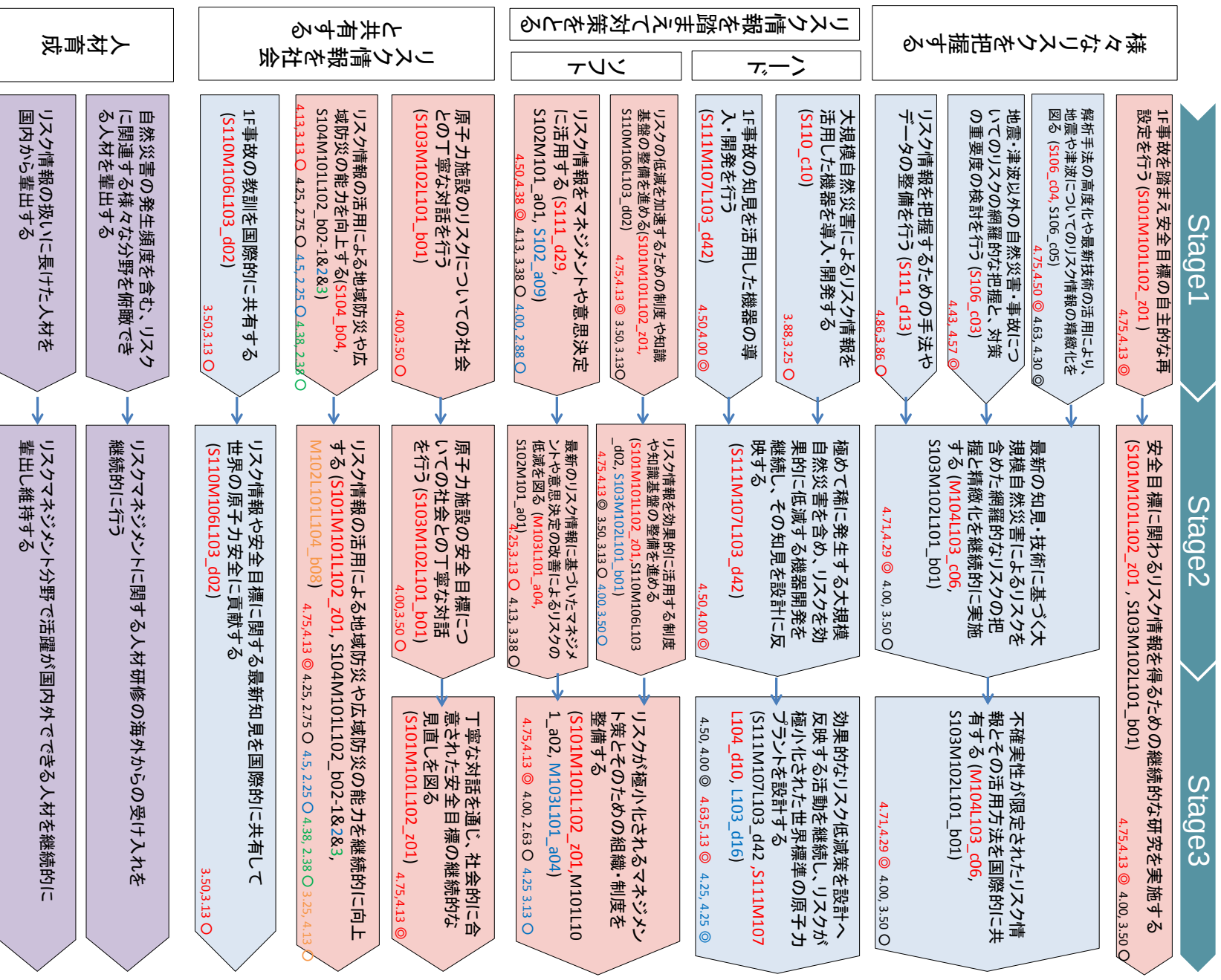


<評価軸の適用方法>

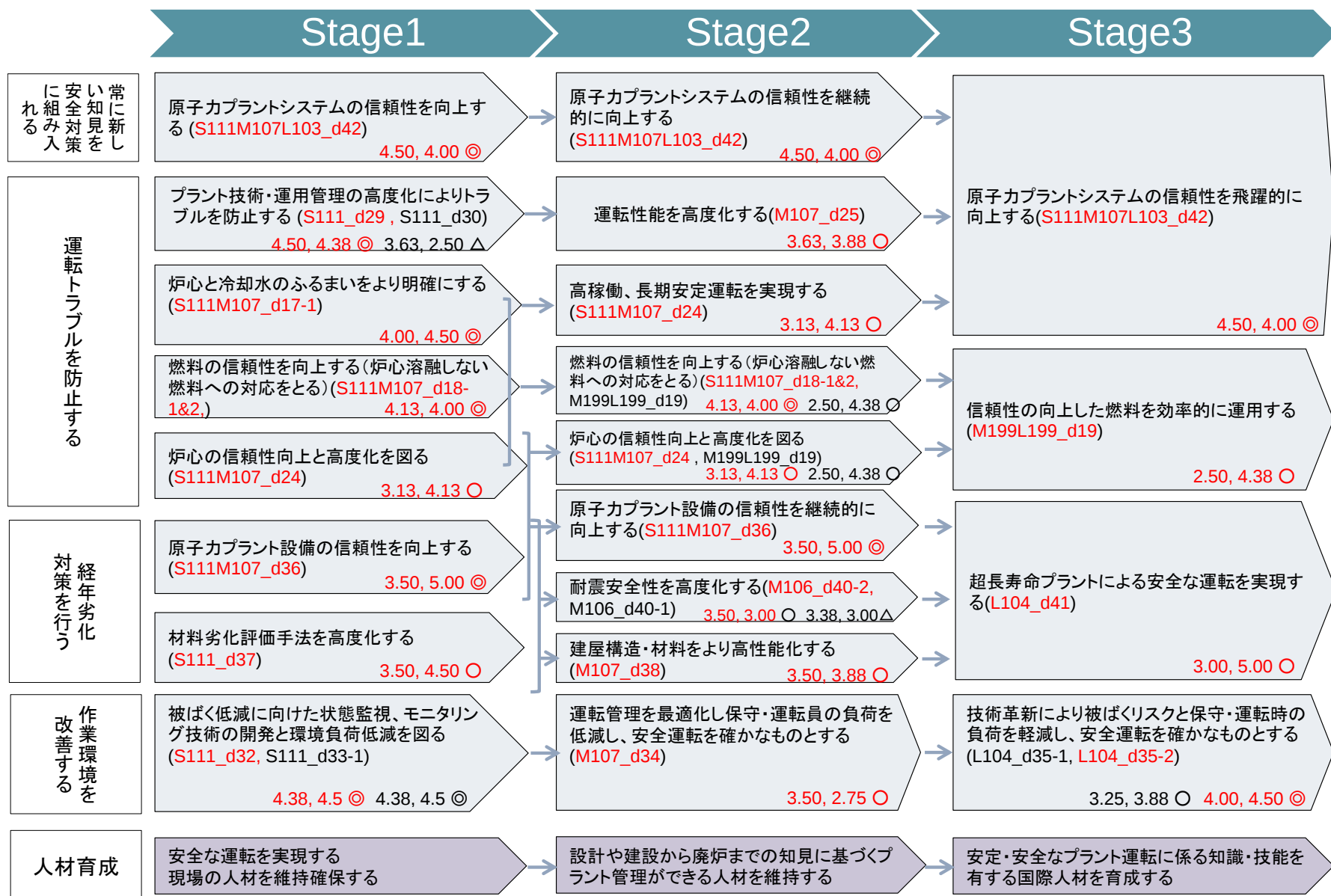
- ある技術課題項目について、評価者8名の(A)と(B)の点数の平均をa、bとする。
- 以下のようにaとbの点数に応じて、三段階評価を総合的に決定。
 - (1) $\max(a, b) < 3.5$:「△」
 - (2) $3.5 \leq \max(a, b) < 4$:「△または○」
 - (3) $4 \leq \max(a, b)$
かつ $0 \leq \min(a, b) < 4$:「○または◎」
 - (4) $4 \leq \min(a, b)$:「◎」
- 上記(2)については、短期的課題と中期的課題の区別、研究開発の進捗状況を踏まえた全体システムの中での位置付け等を勘案し、主査が△または○のいずれとするか判断。(3)も同様。

「①既設の軽水炉等のリスク情報の利活用的高度化」ロードマップ

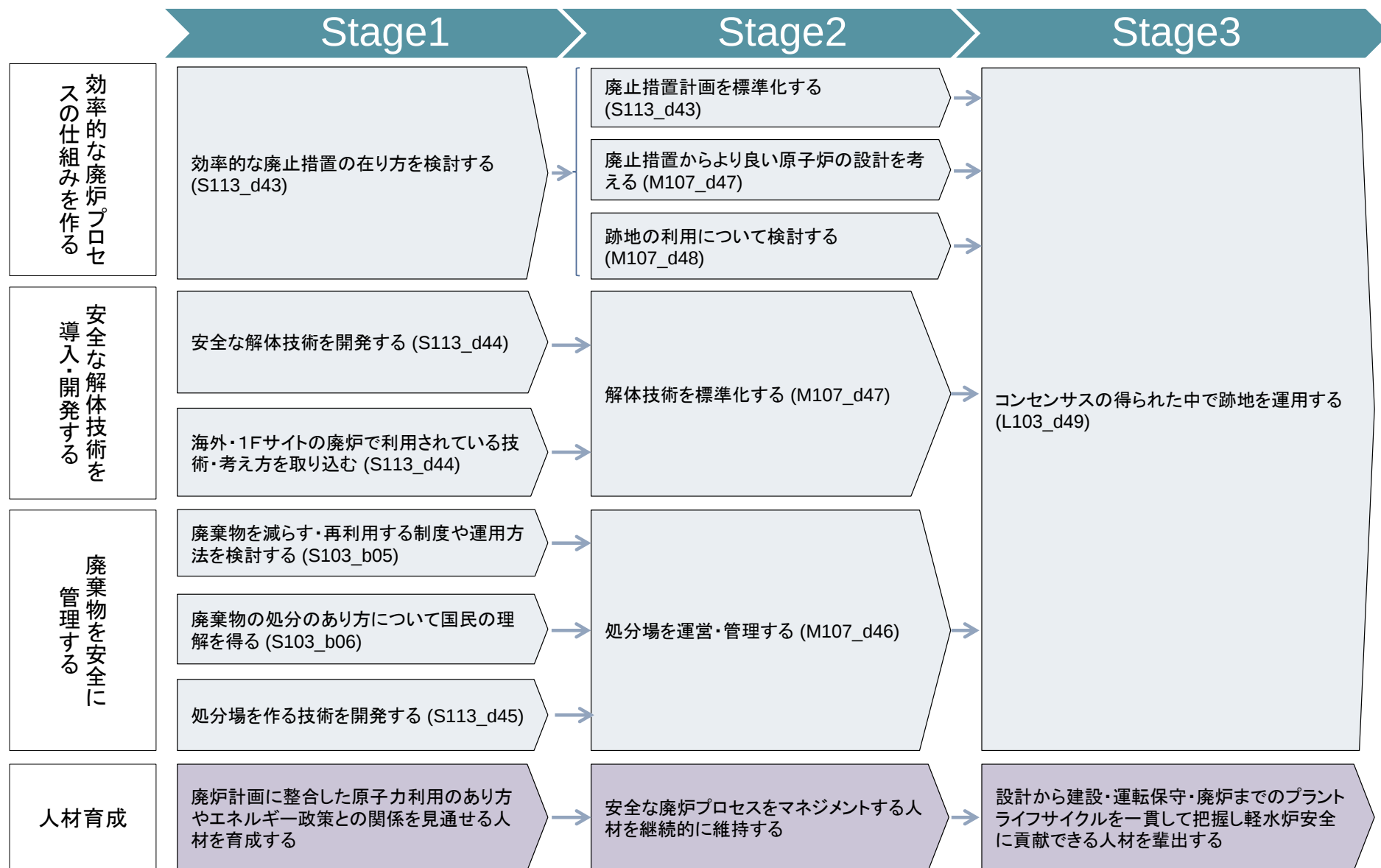
凡例：((A)の採点結果、(B)の採点結果、重要度(◎○△の区別))



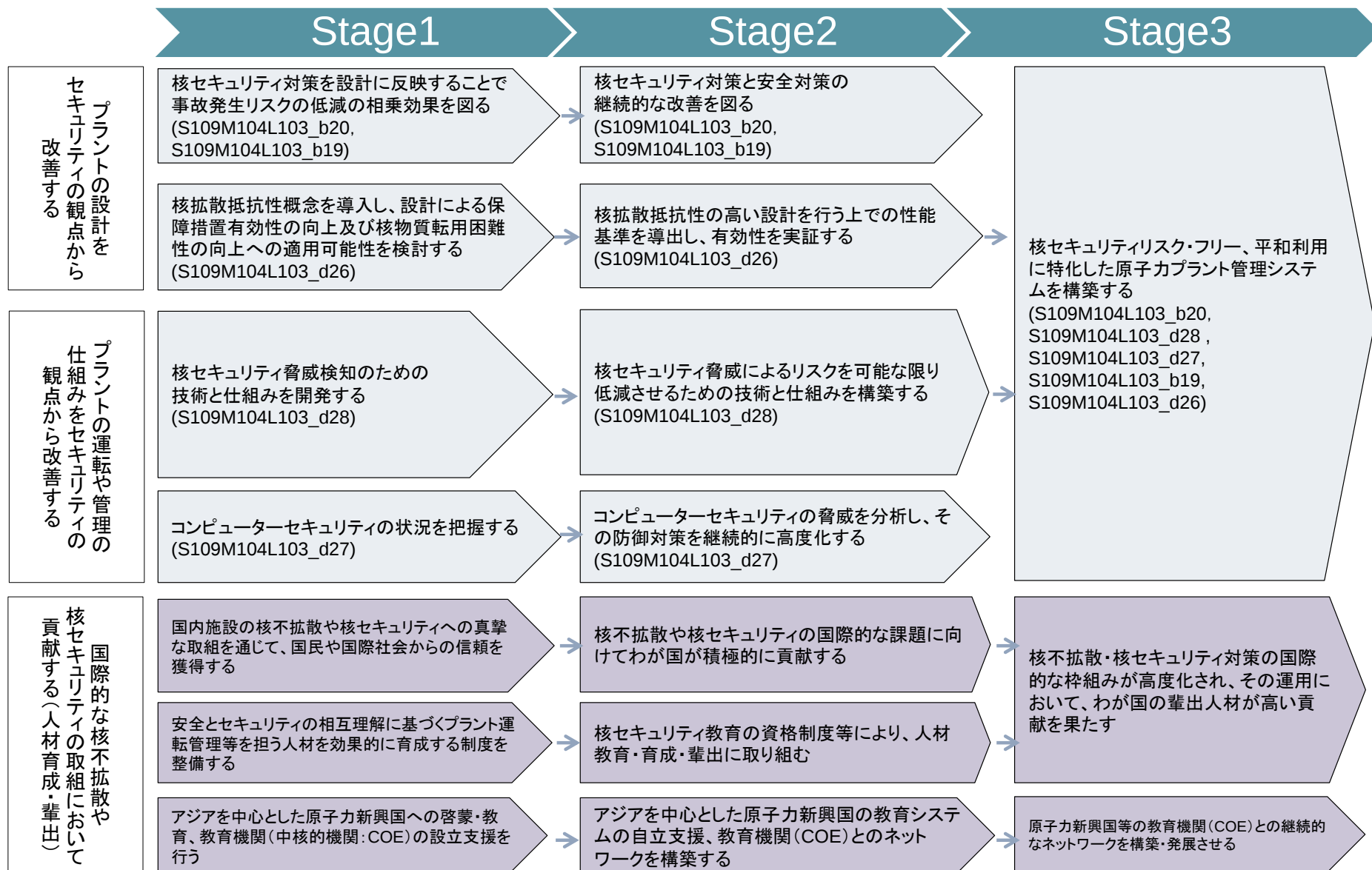
「②既設の軽水炉の事故発生リスクの低減」 ロードマップ



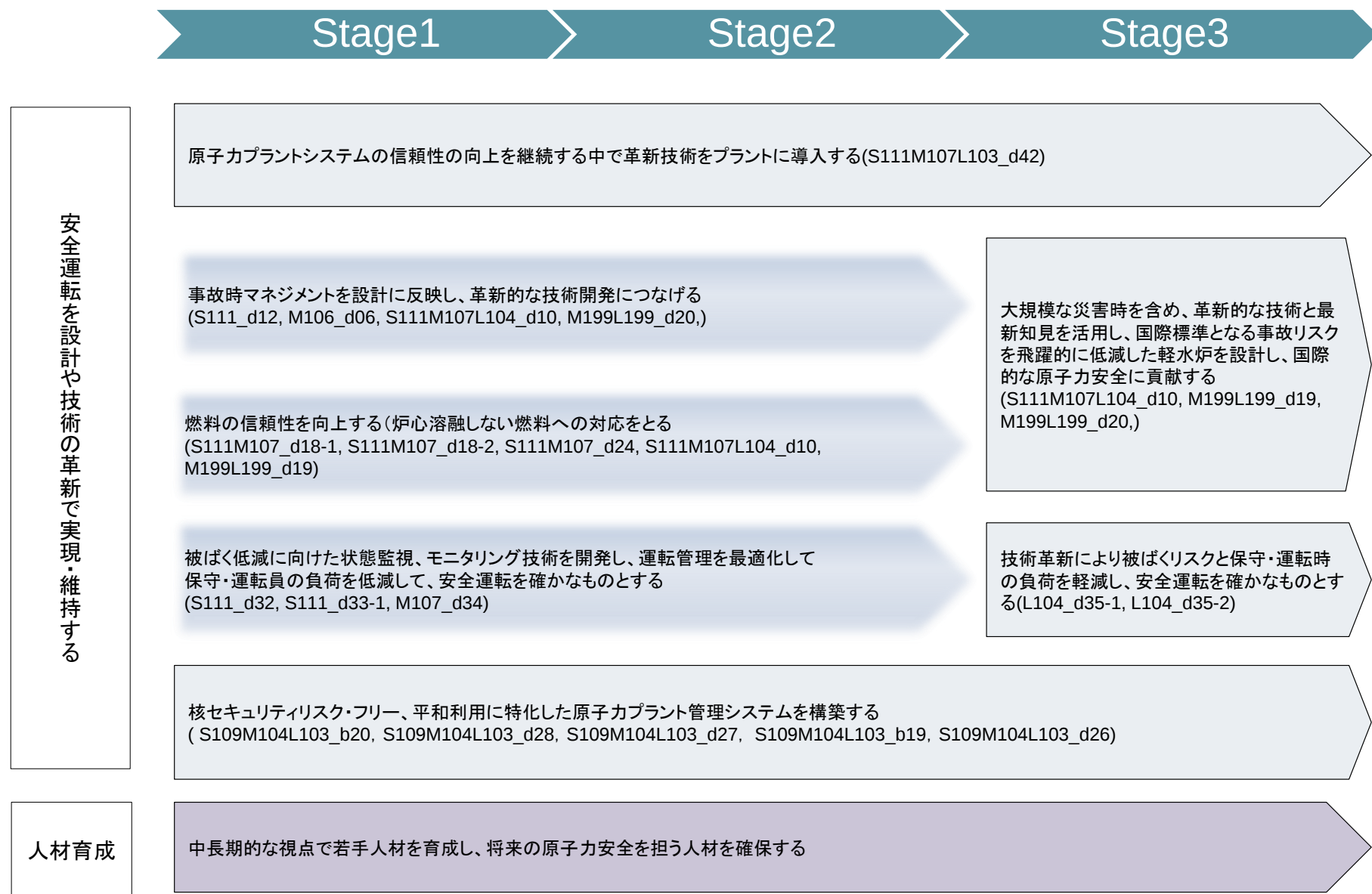
「⑤既設炉の廃炉の安全な実施」 ロードマップ



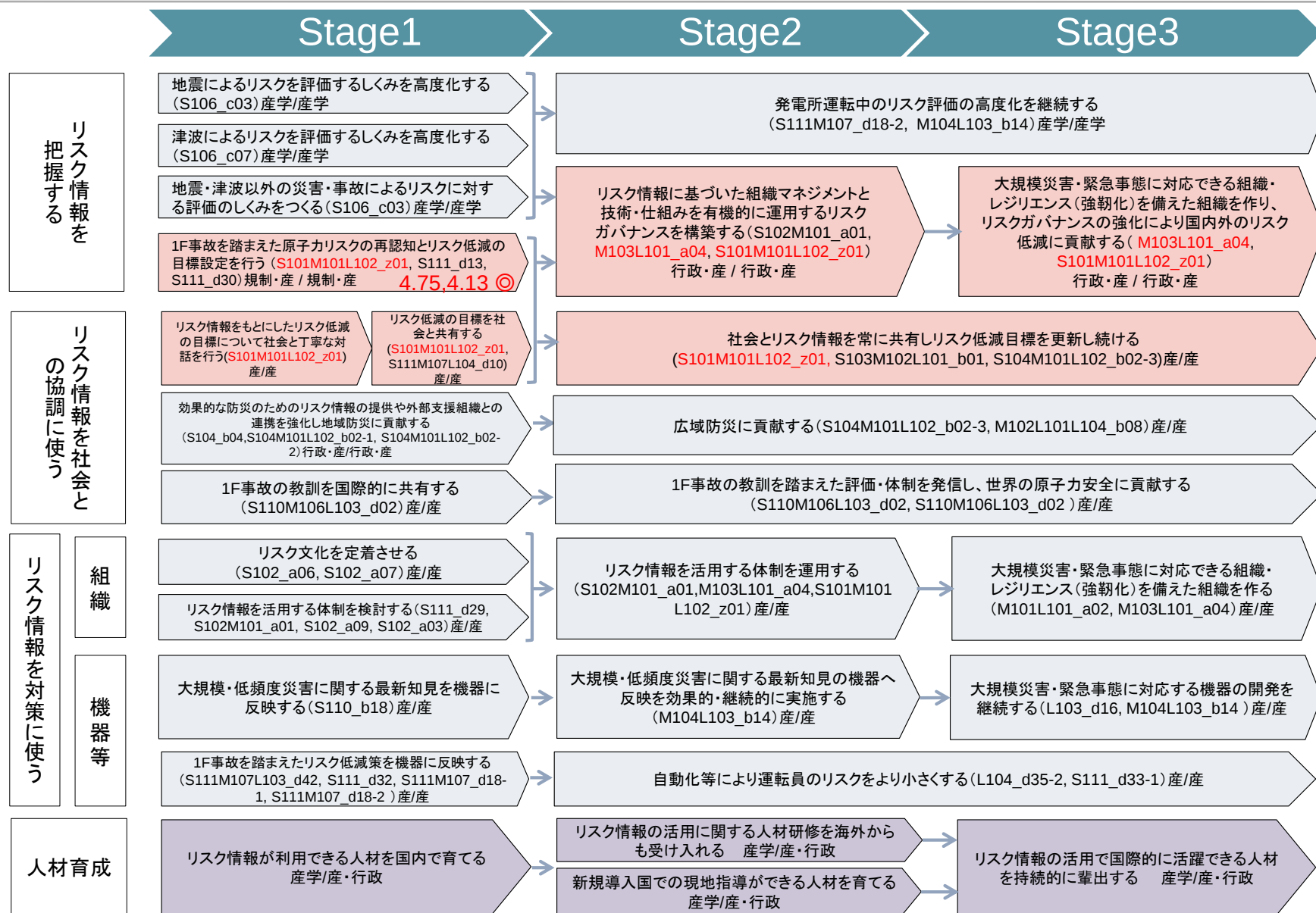
「⑥核不拡散・核セキュリティ」 ロードマップ



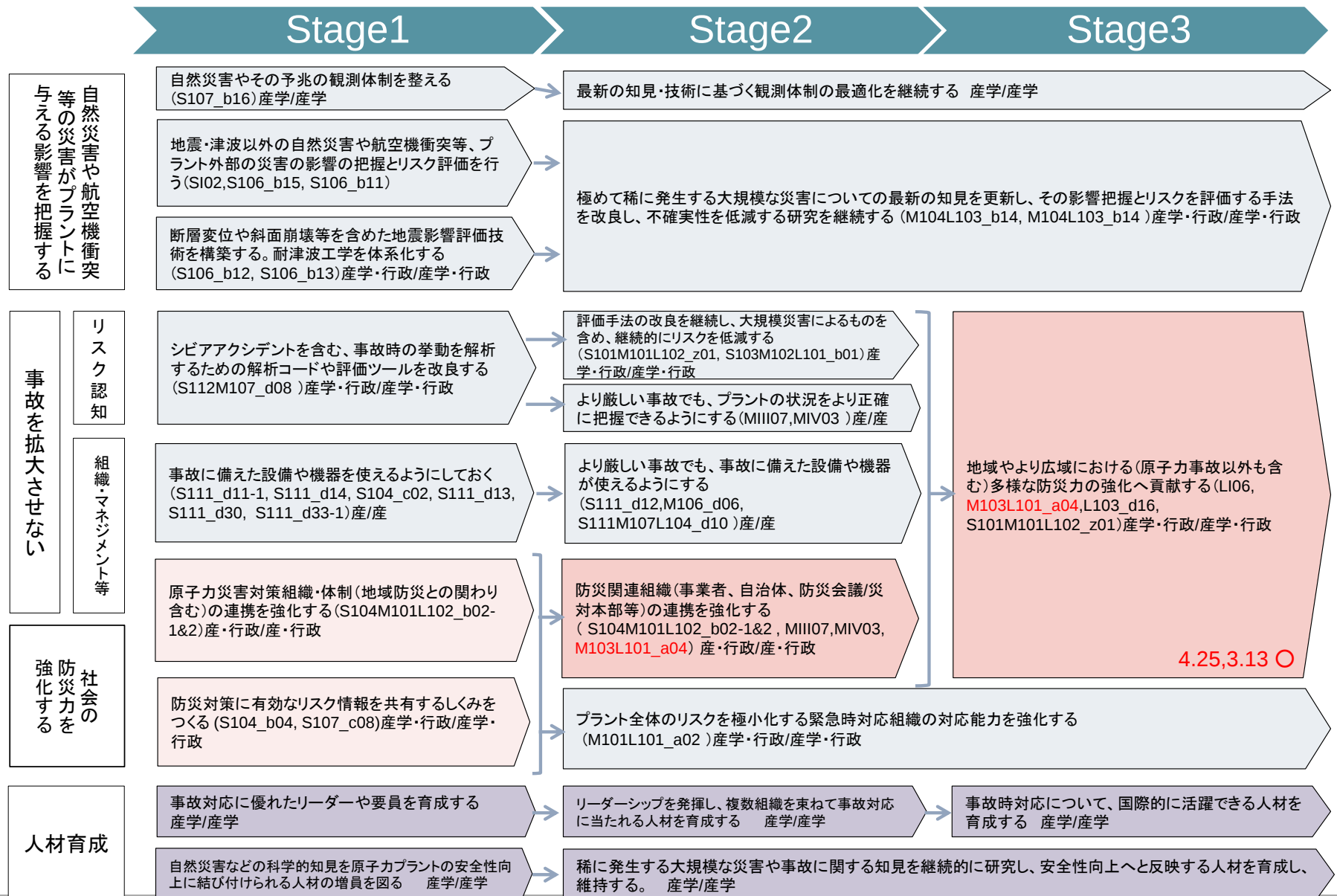
「⑦従来の発想を超える、軽水炉に適用可能な革新的技術開発」 ロードマップ



参考:「リスクマネジメント力の向上(リスクコミュニケーション)」ロードマップ



参考:「リスクマネジメント力の向上(防災力の強化)」 ロードマップ



WGから提示されたRMローリング方針

■ ローリングの位置づけ

■ ローリング実施意義

- 最新知見の反映（課題設定、研究プロセス等に対して）
- 課題解決への取り組み状況に係る（ステークホルダー間の）コミュニケーション
- 世代間の知識伝承およびそのためのコミュニケーション

■ ローリングで実施する作業

- ローリングの作業を、以下の4つに大別する。
 - ① 原子力を取り巻く情勢変化を受けたロードマップの大枠の見直し
 - ② ①の見直しや技術開発及び人材育成の達成度評価を踏まえた「評価軸」の見直し
 - ③ ②で見直された「評価軸」を用いた優先順位付けや取捨選択による取組項目の見直し
 - ④ ①～③を通じて見直されたロードマップへの改善案等の提示

■ ローリングの実施方法

- 実施時期と実施方法が異なる以下の2種類のローリングを実施する。

(a) 政策方針の決定・変更等があった場合のローリング

①を自主的安全性向上・技術・人材WGが、②と③を日本原子力学会が担い、今回のロードマップ作成と同様に、WGと日本原子力学会とのキャッチボールを通じて全体のローリングを実施する。

(b) 1年に1度の定期的なローリング

②と③を日本原子力学会が、④を自主的安全性向上・技術・人材WGが担い、今回のロードマップ作成と同様に、WGと日本原子力学会とのキャッチボールを通じて全体のローリングを実施する。

WGから提示されたRMローリング方針への学会対応案

■ 日本原子力学会が主体で実施するローリング(*)の実施方法

■ 関係する全てのステークホルダーの関与

- 原子力安全の課題解決に向けた研究開発、制度改革に参画・関与する機関や多様な国際協力を実施する政府（規制当局も含む）、研究開発機関及び産業界
- 特に、我が国の原子力関連研究開発を主導する立場にあり、文部科学省所管法人として研究施設基盤を維持し基礎基盤研究を行い、原子力規制庁所管の安全研究センターを有する日本原子力研究開発機構
- ローリングの実施に必要な資金や人員を提供する主体

■ ローリング実施体制

- 会議体設置場所
 - 日本原子力学会（他学会とも連携）
- 事務局
 - 参画するステークホルダーに対する公正な調整機能
- 主査・幹事
 - 組織構成に応じた選出
- 第三者評価機関（となり得る候補）
 - 政府設置の審議会、原子力委員会、学術会議、国際機関、他学会 etc.

■ 効果的な議論・検討・活動を可能にする組織構成

- 研究領域ごとの検討会合
- 研究領域の横串を通した議論を行う会合
- 総括的な取りまとめや方向性の議論を行う会合
- 活動状況や成果の对外発表や発信機能を有する組織体（国際発信を含む）

(*)「評価軸」の見直し、見直された「評価軸」を用いた優先順位付けや取捨選択による取組項目の見直し

まとめ

- 日本原子力学会に設置した「安全対策高度化技術検討特別専門委員会」を検討の場として、軽水炉安全技術・人材ロードマップの学会案(初版)を策定した。
- できるだけ効果的かつ実効性のある検討が実施できる様、役割やカバーする専門領域に応じて作業部会等を設け、階層構造を持たせた会議体構成で検討を行った。
- 学会という特性を生かし、規制側も含む多様な分野や立場のメンバーが集う場で議論を実施した。
- 社会的要請・ニーズの分析、解決すべき課題の抽出、課題検討の柱の設定と、マイルストンの設定と各マイルストーンで目指す姿(達成要件)を明確化した。
- 参画した産学の多数の関係者にて、明確化した各マイルストーンでの目指す姿と照らした課題を出し合い、解決に向けた道筋を課題調査票に取りまとめた。
- 課題調査票の形で抽出された各課題の重要度を、「評価軸」を用いて採点し、取捨選択と優先順位付けがなされたロードマップを策定した。
- 今後も学会は、WGによるロードマップの大枠の見直しや技術開発・人材育成の達成度評価を踏まえた「評価軸」の見直しや、見直された「評価軸」を用いた課題項目の見直しによる、継続的なローリングを実施する。

別紙資料1 課題調査票に対する課題重要度評価結果(課題別区分①から④の結果)

ID	該当する課題調査票題目	(A)軽水炉の安全性向上の実効性	(B)軽水炉の安全性向上に資する技術・人材の維持・発展における重要度	重要度総合評価
S101M101L102_z01	福島第一事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知	4.714	4.429	◎
S102_a03	(通常運転時)組織編制・機能分担の最適化	3.500	2.750	△
S102_a09	リスク情報活用に向けた組織マネジメントの高度化	4.000	2.875	○
S102_a12	リスク情報(不確実さを含む)に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成	3.125	3.250	○
S102M101_a01	・リスク情報を活用する体制の検討着手(部分的な取り込み:関連する人材育成も含む) ・リスク情報を活用する体制の構築(高度化されたリスク評価技術の規格化:関連する人材育成も含む)	4.429	3.429	○
S103M102L101_b01	リスク情報を活用したコミュニケーションの実施	3.857	3.714	○
S104_b03	オンサイトSA対策とオフサイト防災の円滑な連携への取組	4.125	2.125	○
S104_b04	効果的な防災対策に有効な外的事象情報の提供	4.125	3.125	○
S104_c02	事故時手順書の高度化や対応要員の教育訓練(事故時対応力強化等)の高度化	5.000	3.375	○
S104M101L102_b02-1	原子力災害対策組織・体制(地域防災との関わり含む)の連携強化	4.250	2.750	○
S104M101L102_b02-2	オンサイトーオフサイト防災の円滑な情報連携への取組	4.500	2.250	○
S104M101L102_b02-3	・広域防災を意識した原子力防災への備え(オンサイト・オフサイト連携推進) ・広域防災への事業者の関わり・支援	4.375	2.375	○
S105_a05	緊急時対応における情報共有や意思決定判断基準の高度化(環境影響評価ノ事象進展予測技術の高度化)及び意思決定の教育訓練	4.500	4.000	◎
S106_c03	地震、津波以外の外的事象が及ぼすリスク早期把握と継続検討項目の抽出	4.429	4.571	◎
S106_c04	原子力プラントを対象とした津波に対する安全性評価・安全性確保技術の構築(耐津波工学の体系化)	4.750	4.500	◎
S106_c05	リスク評価に用いる地震影響評価技術の構築(断層変位、斜面崩壊等のリスク評価も含む)	4.625	4.250	◎
S106_c07	外部事象を考慮した運用管理(発生予測技術、影響評価技術等)	3.750	3.375	○
S107_c08	低頻度外的事象の監視モニタリング体制の構築	3.000	2.625	△
S110_c10	外的事象(自然現象など)に関する新知見の継続的取り組みの枠組み実現	3.875	3.250	○
S110M106L103_d02	・福島第一事故を踏まえた外的事象に関連するIAEA基準等策定への参画 ・外的事象に関連するIAEA基準等策定への貢献 ・外的事象に関連するIAEA基準等策定の主導	3.500	3.125	○
S111_d11-1	最終ヒートシンクの多様化と高機能化	4.625	3.750	○
S111_d11-2	SA時計装、SA対応設備の多様化と高度化及び設備の設計技術	4.750	4.125	◎
S111_d12	深層防護の第1-3層(設計)から第4層(AM対策)および第5層(防災)まで総合的に考えた設計への取り組みによる事故制御性の抜本的向上	4.625	4.000	◎
S111_d13	リスク評価手法の改良とSA対策への適用	4.857	3.857	○
S111_d14	SA対策機器の運用管理の最適化・高度化	4.250	2.875	○
S111_d29	リスク情報活用による保全・運用管理の高度化	4.500	4.375	◎
S111_d30	SA対策機器の保全管理の確立	3.625	2.500	△
S111_d32	状態監視・モニタリング技術(予兆監視・診断、遠隔監視・診断等)の高度化	4.375	4.500	◎
S111_d33-1	被ばく低減技術の高度化(水質管理技術、遠隔操作・ロボット技術、放射線防護技術)	4.375	4.500	◎
S111_d37	構造材料の高信頼化	3.500	4.500	○
S111M107_d17-1	炉心・熱水力設計評価技術の高度化	4.000	4.500	◎
S111M107_d18-1	燃料の信頼性向上と高度化	4.125	4.000	◎
S111M107_d18-2	燃料の信頼性向上(燃料の基準等整備と安全裕度評価手法の明確化)	4.125	4.000	◎
S111M107_d24	プラント運用技術、炉心設計管理の高度化	3.125	4.125	○
S111M107_d36	高齢年化評価手法・対策技術の高度化	3.500	5.000	◎
S111M107L103_d42	システム・構造・機器(SSC)の信頼性向上と高度化	4.500	4.000	◎
S111M107L104_d10	レジリエンスを強化した世界標準の軽水炉設計の構築	4.625	5.125	◎
S112M107_d08	安全解析手法の高度化	5.000	4.875	◎
M101L101_a02	プラント全体のリスクを極小化する緊急時対応組織の対応能力強化(外部支援の強化等)	4.000	2.625	○
M102L101L104_b08	廃棄物やTRU低減を実現する革新的技術及び軽水炉システムの構築	3.250	4.125	○
M103L101_a04	大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築	4.250	3.125	○
M104L103_c06	・低頻度外的事象の知見に関する不確定性低減への継続的寄与 ・低頻度外的事象の知見に関する不確定性低減研究継続	4.714	4.286	◎
M106_d06	安全性の向上に応じた深層防護の深化と実装	3.125	2.875	△
M106_d07	地震等外的事象後の具体的な再稼働可否判断基準の開発とその高度化	3.375	2.625	△
M106_d40-1	耐震安全性の評価と結び付けた維持管理(建屋)	3.375	3.000	△
M106_d40-2	耐震安全性の評価と結び付けた維持管理(機器)	3.500	3.000	○
M107_d25	運転性能の高度化(事象進展抑制、停止機能、L/F等)	3.625	3.875	○
M107_d34	保守・運転管理の合理化・省力化による保守・運転員負荷低減	3.500	2.750	△
M107_d38	建屋構造・材料の高度化	3.500	3.875	○
M199L199_d19	革新的技術開発(材料開発等)と燃料濃縮度の見直しによる燃料長寿命化の追究	2.500	4.375	○
M199L199_d20	事故時耐性燃料・制御棒の開発	3.875	4.375	○
L103_d16	外的事象によるプラント全体リスクを極小化する設計技術・維持管理法開発	4.250	4.250	○
L104_d35-1	保守の効果を高め運転をサポートする革新的技術(保守・運転の自動化等)の適用	3.250	3.875	○
L104_d35-2	被ばくリスクを極小化する革新的技術(遠隔操作・ロボット技術)の適用	4.000	4.500	◎
L104_d41	超長寿命プラント運転(60年超運転)に向けた革新的技術の開発(材料開発等)	3.000	5.000	○

課題名（レ点項目レベル）	【S101M101L102_z01】 福島第一原子力発電所事故を踏まえた安全目標の設定とリスク認知
マイルストーン及び 目指す姿との関連	短Ⅲ. リスク情報に基づく対話力の向上 ⇒リスク情報に基づき、リスク低減への取組み等について、国民目線での丁寧な対話が行われる必要がある。 ⇒安全性向上を共通目的として規制機関と産業界との緊張感のある協調関係が確立される必要がある。 ⇒防災体制の拡充・高度化がなされる必要がある。 中Ⅰ. 包括的リスク情報活用の向上 ⇒原子力に係るリスクを効果的・継続的に低減するとともに、リスク情報に基づく意思決定サイクルの考え方が定着・改善されている必要がある。 中Ⅳ. リスク情報共有による対話力・マネジメント力の向上 ⇒良好なコミュニケーションに培われた国民との信頼関係が構築されるために必要。 ⇒リスク情報の開示から共有に至るよう対話力・マネジメント力の継続的向上が必要となる。 長Ⅲ. リスク情報を共有した対話力・マネジメント力の維持・発展 ⇒全てのステークホルダー間でリスク情報が共有され、継続的安全性向上が図られている等の対話ができるよう対話力やマネジメント力の発展を目指す取り組み必要がある。
概要（内容）	日本の原子力事業者は、福島第一事故以降、新規規制基準への対応も含め安全性向上の取り組みを進めている。 「どこまで安全なら十分安全といえるのか（How safe is safe enough?）」の原子力安全に向う姿勢が示すように、絶対的な安全はないとの前提で、国民や立地自治体の理解を得て、目指す「リスク低減目標」に向かって継続的な安全性向上に取り組んでいかなければならない。 この「リスク低減目標（以下「安全目標」という。）は、規制側の提示ではなく、事業者自らが技術的視点に加え、社会科学的な視点も含む、安全性向上活動やリスクマネジメントの指標として整理していくべきものである。 と同時に、産業界はこれを学术界および規制、さらに国民と共にその妥当性を吟味し、定めていかなければならない。 事業者は、リスク評価及びリスク低減策の高度化を通じて、安全目標及びその考え方を継続的に見直していくことにより、自主的・継続的に安全性向上に取り組んでいく。 国は学术界と協働し、社会と一体となり安全目標のコンセンサスを形成し、設定する。 学協会は、必要に応じて安全目標の考え方に関する規格策定を行う。
具体的な項目	（課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き） <短期>

	・福島第一原子力発電所事故から得られた知見の整理・データベース化 ・従来の規制要求の整理 ・国際的知見の導入 ・社会的ニーズの継続的把握 ・リスク情報の整理（ハザード、シーケンス、影響を再整理することで、何ができていて何ができていないかの現状分析を行う） ・安全目標の考え方の整理 ・安全目標の考え方に関する規格策定 ・規制当局の安全目標の設定 ・事業者の安全目標の設定 ・社会との対話の場の設定 ・低線量被ばくの影響評価 <中期> ・安全目標に対する安全対策の達成度評価 ・自主的安全性向上活動の改善、規制当局との議論の継続 ・社会との対話の仕組みの改善 ・安全目標の再評価、規制への反映 ・より効果的な安全対策の検討（プラント設計の改善、アクシデントマネジメントや外部支援の改善（減災）、地域防災の高度化） ・新技術導入のための社会システムの整備 <長期> ・広域防災への発展 ・海外への貢献
課題として取り上げた根拠 （問題点の所在）	・現時点において、ステークホルダー間のリスクコミュニケーションに利用可能な安全目標が明確ではない。 ・また、安全目標に基づく安全性向上の仕組みが存在しない。 ・電気事業者・産業界・学協会・学術界・研究機関・国・自治体が国民と共に安全目標を設定することは、その目標を意識した事業者の自主的な安全性向上への取り組みを進めていくために重要である。
現状分析	現状分析は以下のとおりである。 ・事業者としては、安全目標の考え方を整理したものはない。 ・規制当局の安全目標については、旧原子力安全委員会及び原子力規制委員会において議論がなされ、平成 25 年 4 月 10 日の原子力規制委員会において、決定されている。安全目標に関する議論は、原子力規制委員会として、今後も引き続き検討を進めていく、とされた。 【原子力安全委員会】 原子力安全委員会の専門部会において、平成 15 年に安全目標案、平成 18 年に安全目標案に対応する性能目標が取り纏められているが、原子力安全委員会決定とはなっていない。

- ・「安全目標に関する調査審議状況の中間とりまとめ」（平成 15 年 12 月原子力安全委員会安全目標専門部会）（抜粋）
 - （１）定性的目標案

原子力利用活動に伴って放射線の放射や放射性物質の放散により公衆の健康被害が発生する可能性は、公衆の日常生活に伴う健康リスクを有意には増加させない水準に抑制されるべきである。
 - （２）定量的目標案

原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによる、施設の敷地境界付近の公衆の個人の平均急性死亡リスクは、年あたり百万分の 1 程度を超えないように抑制されるべきである。

また、原子力施設の事故に起因する放射線被ばくによって生じ得るがんによる、施設からある範囲の距離にある公衆の個人の平均死亡リスクは、年あたり百万分の 1 程度を超えないように抑制されるべきである。
- ・「発電用軽水型原子炉施設の性能目標について－安全目標案に対応する性能目標について－」（平成 18 年 3 月 28 日原子力安全委員会安全目標専門部会）（抜粋）

発電炉の性能目標の定量的な指標値として、

指標値 1. CDF : 10^{-4} /年程度

指標値 2. CFF : 10^{-5} /年程度

※：CDF（Core Damage Frequency）炉心損傷頻度

CFF（Containment Failure Frequency）格納容器機能喪失頻度

を定義し、両方が同時に満足されることを発電炉に関する性能目標の適用の条件とする。

【原子力規制委員会】

平成 25 年 4 月 10 日の定例委員会において、安全目標について以下のとおり決定されている。

 - ①旧原子力安全委員会安全目標専門部会検討結果は、原子力規制委員会が安全目標を議論する上で十分に議論の基礎となるものと考えられる。
 - ②ただし、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえ、放射性物質による環境への汚染の視点も安全目標の中に取り込み、万一の事故の場合でも環境への影響をできるだけ小さくとどめる必要がある。

具体的には、世界各国の例も参考に、発電用原子炉については、

 - ・事故時の Cs137 の放出量が 100TBq を超えるような事故の発生頻度は、100 万炉年に 1 回程度を超えないように抑制されるべきである（テロ等によるものを除く）

ことを、追加する。

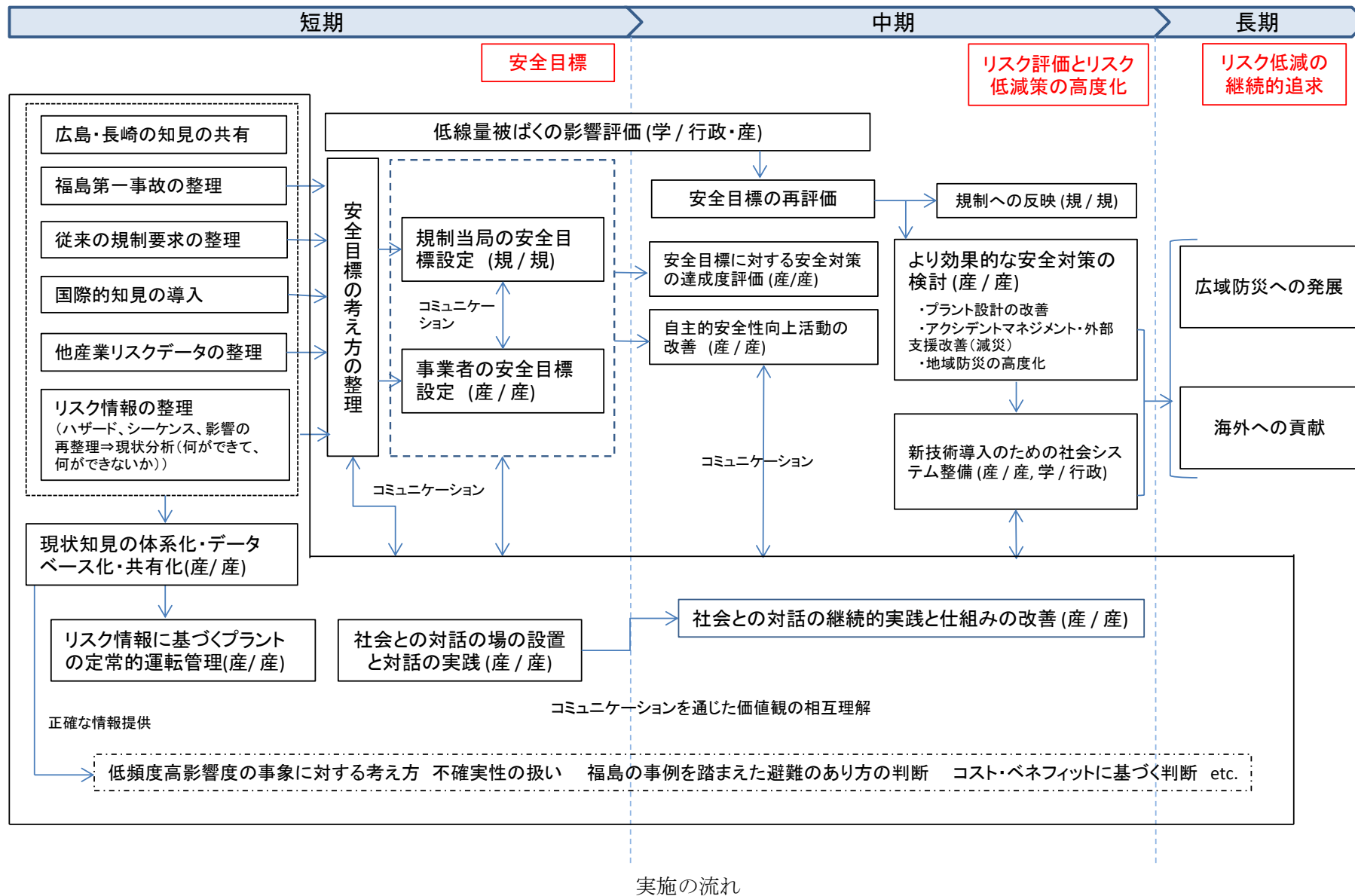
 - ③バックフィット規制の導入の趣旨に鑑み、現状では安全目標は全ての発電用原子炉に区別無く適用する。
 - ④安全目標は、原子力規制委員会が原子力施設の規制を進めていく上で達成を目指す目標である。
 - ⑤安全目標に関する議論は、原子力規制委員会として、今後も引き続き検討を進め

	ていく。 ※：Cs137 放出量 100TBq については、平成 25 年 4 月 3 日の定例委員会において、更田委員より、以下のとおり発言されている。 ・東京電力福島第一原子力発電所事故の際に、環境に放出された放射性物質の凡そ 100 分の 1 に相当 ・発電所近傍において、短期間の避難等で、帰還困難になる領域を作らないという意味の数字 ・規制当局と事業者が社会と共通認識とできる安全目標の考え方の整理が必要 ・社会的に許容される安全目標の考え方の整理（何を、どこまで実施するのか）が必要 ・多数基立地サイト、地域における個別プラントの安全目標の考え方整理が必要 人材基盤に関する現状分析は以下のとおりである。 ・事故時の影響評価（健康影響、社会的・経済的影響等）を踏まえて、考え方を整理できる人材がいない
期待される効果 （成果の反映先）	・原子力利用を進める上での安全目標の考え方を整理し、PRA 評価と合せて活用することにより、事業者が安全性向上活動を効果的に立案・実施することが可能となる。 ・また、この安全目標について、社会と事業者や規制当局が共通認識とすることにより、事業者の安全性向上活動に対する社会の理解や規制当局の評価が促進され、科学的・合理的な規制の導入が可能となる。 ・事業者・規制当局の取組みを見える化することにより、社会はこれらを監視可能となり、原子力利用の安全性に対する判断材料が得られる。
他課題との相関	・ S103M102L101_b01：リスク情報を活用したコミュニケーションの実施 ・ S104M101L102_b02-3：広域防災を意識した原子力防災への備え（オンサイト・オフサイト連携推進）・広域防災への事業者の関わり・支援 など
実施の流れ	※拡大図を後段に示す。

実施機関／資金担当 ＜考え方＞	<u>産業界 / 産業界</u> （福島第一原子力発電所事故から得られた知見の整理・データベース化、国際的知見の導入、社会的ニーズの継続的把握、リスク情報の整理、安全目標の考え方の整理、事業者の安全目標の設定、社会との対話の場の設定、安全目標に対する安全対策の達成度評価、自主的安全性向上活動の改善、規制当局との議論の継続、社会との対話の仕組みの改善、等） <u>学術界・産業界 / 産業界</u> （低線量被ばくの影響評価、より効果的な安全対策の検討、意思決定プロセスに必要な情報の観点からの確率論的リスク評価手法の高度化、低頻度高影響度事象のリスク認知評価手法の高度化、等） <u>学術界・原子力規制委員会 / 原子力規制委員会</u> （従来の規制要求の整理、安全目標の考え方の整理、規制当局の安全目標の設定、安全目標の再評価・規制への反映、科学的根拠に基づく規制基準の高度化、等） <u>産業界 / 産業界</u> <u>自治体・学術界・産業界 / 行政</u> （広域防災への発展、海外への貢献、等） <u>学協会 / 産業界</u> （安全目標の考え方に関する規格策定、各種 PRA 評価手法の規格策定・改訂等） # 行政は、内閣府、文部科学省、経済産業省、厚生労働省、国土交通省、防衛省、原子力規制委員会等を含む ＜考え方＞ ・行政は学術界と協働し、社会（自治体）と一体となり安全目標のコンセンサスを形成し、設定する。 ・電気事業者を中心とした産業界は実施主体として、学術界とも連携して、電中研リスク研究センター・原子力安全推進協会での研究活動と連携・協力して、安全目標への取組方を整理する。 ・学協会は、必要に応じて安全目標の考え方に関する規格策定を行う。 ・実施主体と資金担当の組合せはロードマップ全体に亘る検討事項。
自由記述欄	

【改訂履歴】

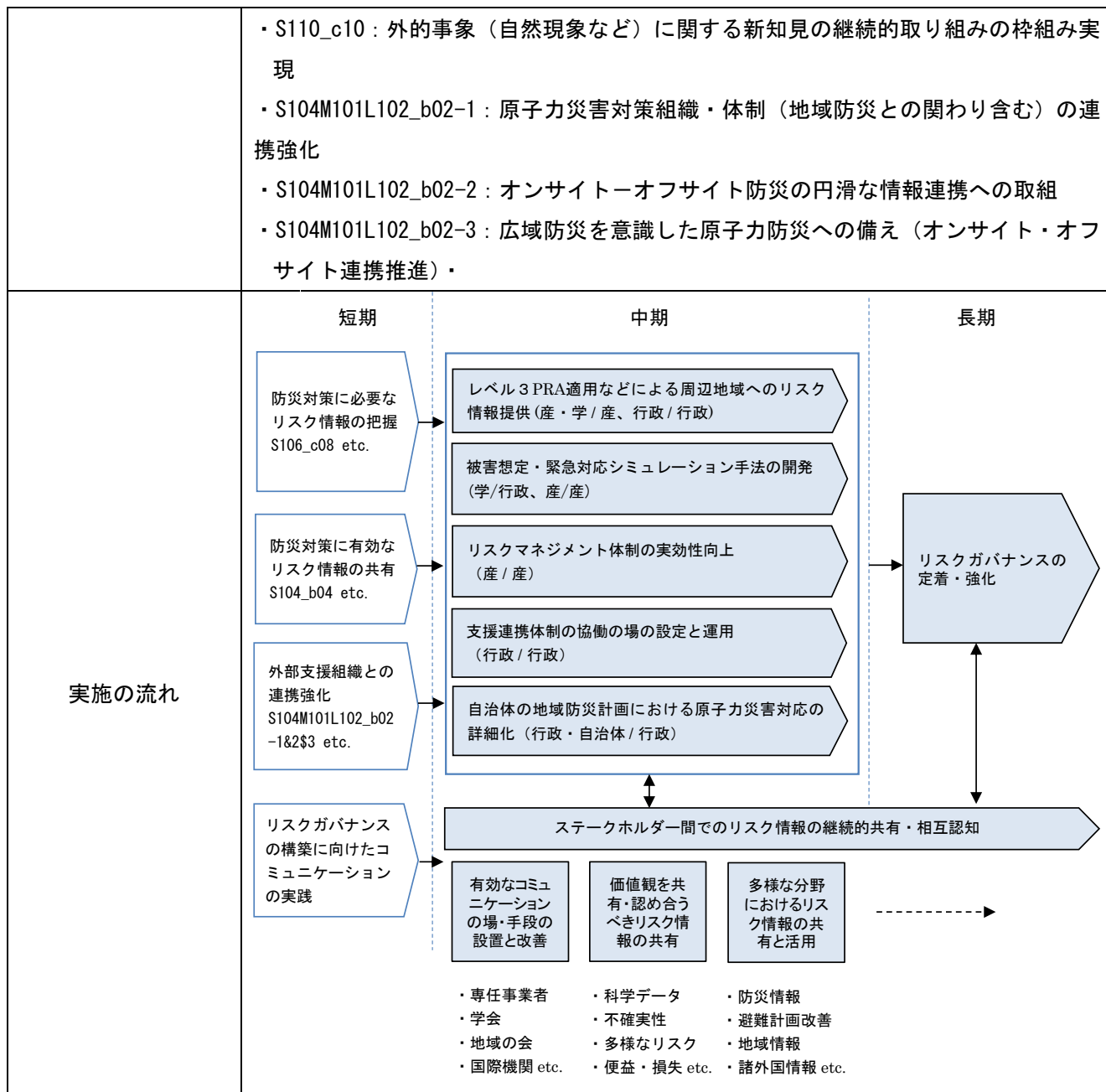
改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015 年 3 月 31 日	初版



課題名（レ点項目レベル）	【M103L101_a04】 大規模自然災害対応へのリスクガバナンス構築
マイルストーン及び 目指す姿との関連	短Ⅱ. 信頼性のある組織・体制の構築・維持（防災支援体制含む） ⇒効果的・継続的なリスク低減活動・自主的安全性向上活動が進められるためには、信頼性のある組織・体制が構築・維持される必要がある。 ⇒事故発生リスクの低減のみならず、リスクが顕在化した際のリスク拡大防止のための組織マネジメント力（人材基盤の強化含む）の向上がなされる必要がある。 短Ⅲ. リスク情報に基づく対話力の向上 ⇒リスク情報に基づき、リスク低減への取組み等について、国民目線での丁寧な対話が行なわれる必要がある。 ⇒防災体制の拡充・高度化がなされる必要がある。 中Ⅰ. 包括的リスク情報活用の向上 ⇒原子力に係るリスクを効果的・継続的に低減するとともに、リスク情報に基づく意思決定サイクルの考え方が定着・改善されている必要がある。 中Ⅳ. リスク情報共有による対話力・マネジメント力の向上 ⇒良好なコミュニケーションに培われた国民との信頼関係が構築されるために必要。 ⇒リスク情報の開示から共有に至るよう対話力・マネジメント力の継続的向上が必要となる。 中Ⅴ. 国際貢献 ⇒国内技術・人材基盤に基づき、原子力導入国への最新知見が反映された技術が展開され、世界の原子力安全への貢献がなされる必要がある。 長Ⅲ. リスク情報を共有した対話力・マネジメント力の維持・発展 ⇒全てのステイクホルダー間でリスク情報が共有され、継続的安全性向上が図られている等の対話ができるよう対話力やマネジメント力の発展を目指す取り組みが必要である。 長Ⅳ. 国際貢献 ⇒世界の中で原子力安全・利用を主導できることを目指す取り組みが必要である。
概要（内容）	南海トラフ地震、首都圏直下地震、富士山噴火などの大規模自然災害時における原子力発電所ならびに周辺地域の災害リスクを最小化する減災を確実にするため、リスクガバナンス※を構築する。適切なリスクガバナンスにより、低頻度巨大災害のリスク情報提供、被害想定・緊急対応シミュレーション、リスクマネジメント、災害発生時の協働・連携・支援体制、自治体の地域防災計画充実など、減災を確実にするための技術・仕組み・組織体制を、リスクコミュニケーションを軸にして有機的に運用する。 リスクガバナンスの要素のうち、短期的には外部支援組織との連携や防災対策に有効なリスク情報の共有などが先行的に着手される。それらを受けて、防災関連組織の連携強化やより広域における多様な防災力の強化につなげていく。

	※リスクガバナンス：リスクシナリオ生成，リスク評価，リスク判定とリスクの規制・マネジメントならびにリスクコミュニケーションに至る各プロセスにステイクホルダーが参画することにより，柔軟なリスク対応の意思決定を行う仕組み（リスク学事典・改訂増補版，2006）
<u>具体的な項目</u>	（課題にぶら下がる細項目の課題を箇条書き） ・レベル3 PRA 適用などによる周辺地域へのリスク情報提供 ・被害想定・緊急対応シミュレーション手法の開発 ・リスクコミュニケーションの実践と継続的改善 ・リスクマネジメント体制の実効性向上 ・支援・連携体制（内閣府／自治体／原子力事業者／原子力規制委員会）の構築，協働の場の設定及び運用 ・自治体の地域防災計画における原子力災害対応の詳細化 ・リスクガバナンスの定着，強化
課題として取り上げた根拠 （問題点の所在）	・南海トラフ地震，首都圏直下地震，富士山噴火などの切迫性が高まっているという意見もある。これらの災害時における原子力発電所の安全を確保するためには，東日本大震災以前では欠如していたと指摘されているリスクガバナンスの構築に必要な課題解決に早期に取り組むべきである。 ・大規模自然災害時には，複合災害や原子力発電所サイト内にとどまらない広域災害を認識し，その対応策についてステイクホルダーとの間でコンセンサスを得る必要があるが，これらについては原子力事業者だけでは対応できない。
現状分析	【技術動向に関する現状分析】 ・低頻度巨大災害への対応を進めることで，巨大災害発生時におけるわが国産業の事業継続性や災害レジリエントな社会の構築に貢献できる。低頻度巨大災害への対応について周辺自治体と連携することは，社会からの信頼醸成，並びに地元とプラントの共生に資することから，重要な課題である。 ・日本においてはリスクが高いと考えられる低頻度巨大災害に対してリスク対応の行動計画を策定することで，リスク評価の信頼性向上につながる。 ・国の国土強靱化推進本部は「国土強靱化アクションプラン 2014（案）」をとりまとめているが，原子力発電所の災害については扱われていない。 ・レベル3 PRA 手法は災害時の周辺地域への影響および既存地域防災計画などの有効性評価に関する有力なツールとなり得るが，評価手法は未整備であり，特定のサイトへの適用事例は見られない。 ・ハイパフォーマンスコンピューティング（HPC）の活用により，地震・津波複合災害シミュレーション，都市全体の被害想定シミュレーションが可能となっており，周辺地域全体の広域被害シミュレーション・避難シミュレーションへの応用が期待される。 ・原子力災害は広範囲に影響することから，原子力事業者はステイクホルダーとリスク認識，リスク低減目標および課題を共有し，継続的にリスクコミュニケーションする必要があるが，効果的な方法論や説明技法が確立されていないことから，現状のリスクコミュニケーションは不十分である。

	・リスクガバナンス，技術ガバナンス，減災のためのクライシスマネジメントなど，低頻度巨大災害対応についてのマネジメント面からの方策が，学会レベルで提言されているが，組織内でのリスクマネジメントに基づく意思決定プロセスや原子力事業者，国，自治体などの役割分担が具体化されていない。 ・自治体と原子力事業者との安全協定は存在するが，大規模自然災害発生時における近隣・広域間連携を強化する必要がある。 ・巨大災害，特に巨大津波，大規模火山噴火の影響は国外プラントにも及ぶ可能性があるが，その対応策について，原子力発電所はもとよりわが国の防災施策にも触れていない。 【人材基盤に関する現状分析】 ・大規模自然災害の発生履歴調査，大規模被害シミュレーションなどの計算科学技術に通ずる研究者については，絶対数が不足しており，大学・独立行政法人系機関におけるポストも不足している。このため，これら機関において適切な研究課題設定を通じて育成の場を確保する必要がある。 ・リスクコミュニケーション技法を習得している実務系技術者が不足している。自然災害リスク情報から社会影響までを俯瞰でき，リスクコミュニケーションを実践できる人材を継続的に育成する必要がある。 ・自然災害に関する専門知識を兼ね備え，災害マネジメント分野への応用面まで掌握できる実務系技術者の育成の場を確保する必要がある。 ・原子力安全のみならず，地域，社会全体に対する広域防災を推進でき，防災行政にも通じる人材の育成の場を確保する必要がある。
期待される効果 (成果の反映先)	・災害レジリエントな社会の構築に貢献 ・全国大での低頻度巨大災害発生履歴の提供，巨大災害による被害想定シミュレーション手法開発などによる大規模自然災害対応に係る安全基盤の継続的強化に寄与 ・発電所周辺地域の防災リテラシー向上によるリスクマネジメント力の強化に寄与 ・原子力災害対応におけるステイクホルダーへの説明性向上と関係者の参画の実現による社会からの信頼の醸成に寄与 ・巨大災害発生時におけるわが国産業の事業継続性に寄与 ・東アジア諸国などを含めた国際社会からの防災面に関する信頼向上に寄与
・ 他課題との相関	・ S102_a09：リスク情報活用に向けた組織マネジメントの高度化 ・ S104_c02：組織対応力強化（専任化，事故時手順書の高度化）や対応要員の教育訓練（事故時対応力強化等）の高度化 ・ S105_a05：緊急時対応における情報共有や意思決定判断技術の高度化（環境影響評価／事象進展予測技術の高度化）及び意思決定の教育訓練 ・ S104_b03：オンサイト SA 対策とオフサイト防災の円滑な連携への取組 ・ S104_b04：効果的な防災対策に有効な外的事象情報の提供 ・ S102_a12：リスク情報（不確実さを含む）に基づく総合的意思決定に向けた枠組み構築と人材育成 ・ S106_c08：低頻度外的事象の監視モニタリング体制の構築



産業界 / 産業界 自治体・行政・産業界 / 行政

リスクマネジメント体制の実効性向上、リスクコミュニケーションの実践と継続的改善、リスクガバナンスの定着・強化、等

産業界・学術界 / 産業界 学術界 / 行政

レベル3 PRA 適用などによる周辺地域へのリスク情報提供、被害想定・緊急対応シミュレーション手法の開発、自然災害レジリエンス向上への取組、減災マネジメント手法の実用化、等

自治体・行政 / 行政

支援連携体制の協働の場の設定と運用、自治体の地域防災対策における原子力防災対応の詳細化、災害対応の支援連携体制の構築、等

#

行政は、内閣府、文部科学省、原子力規制委員会等を含む

<考え方>

- ・行政（内閣府、文部科学省）および学術界（研究機関や大学等を含む）は、大規模自然災害対策に関わる施策策定、低頻度外的事象に関わる観測継続・発展、被害想定・緊急対応シミュレーション手法の開発、広域防災に関わる研究開発などを実施するとともに、国際連携の構築を検討する。特に文部科学省傘下の研究機関は、自然災害による被害の軽減を目指した研究開発の推進を担当する。また、自然災害レジリエンスに関わる事業・調査・研究などについて資金担当する。
- ・内閣府については、原子力災害対応の支援連携体制の構築に向けて、関係省庁（規制）、自治体、原子力事業者それぞれの役割についての総合調整などを担当する。また、原子力災害対応の支援連携体制の構築に関わる資金についても担当する。
- ・学術界、自治体は、それぞれ災害マネジメント方法論の構築・提言、地域防災計画等への取込みとそれを踏まえた原子力事業者との連携体制や災害対策策定を担当する。
- ・原子力規制委員会は、事業者、国、自治体等が原子力災害対策を計画・実施する際の専門的・技術的事項を定める。また、原子力災害対策指針の継続的改善、緊急時モニタリングの充実などに関する資金を担当する。
- ・原子力規制委員会傘下の研究機関は、原子力安全規制への技術支援の他、原子力災害対策に係る国や自治体への技術支援などを担当する。
- ・自治体は、リスクガバナンスの地域防災計画などへの取込みと、それを踏まえた原子力事業者などとの連携体制や災害対策策定を担当する。また、災害マネジメント論を踏まえた計画・対策策定について資金担当する。
- ・電気事業者を主体とする産業界は、リスク情報に基づいて意思決定を行う体制を確立し、レベル3 PRA、リスクコミュニケーション、リスクマネジメントなどの実施主体として、リスク情報把握、ステイクホルダーとのリスク情報共有、課題認識する仕組みの構築などを担当する。また、レベル3 PRA、リスクコミュニケーション、リスクマネジメントなどの実施と継続的改善について資金担当する。

実施機関／資金担当 ＜考え方＞	
自由記述欄	

【改訂履歴】

改訂 番号	制定・改訂 年月日	主な改訂内容
一	2015 年 3 月 31 日	初版