

## 熱流動部会

No. 21-3

### 「熱水力安全評価基盤技術高度化検討」 ワーキンググループ(WG) 第1回

# 熱水力ロードマップについて

平成22年3月16日  
JNES会議室

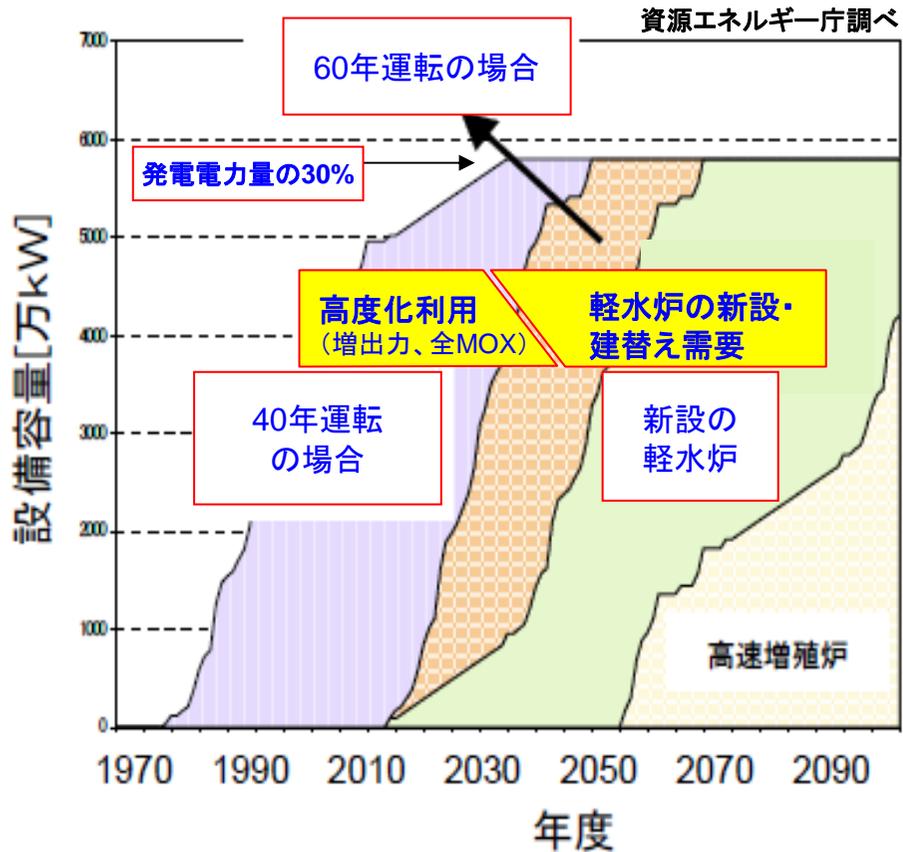
幹事会

# 原子力立国計画における 中長期のニーズ予測と課題

中期：軽水炉の高度利用

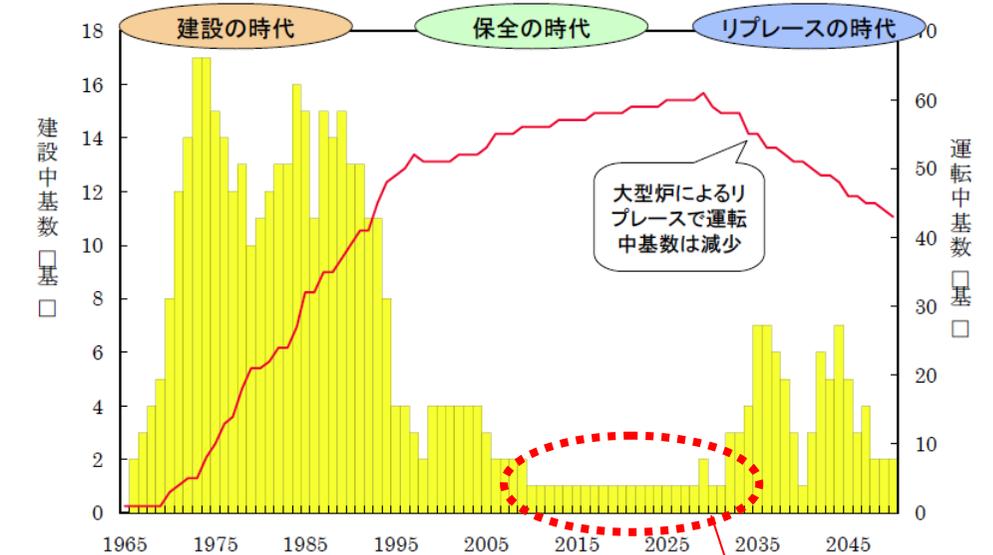
長期：2030年頃～新設・建替え需要

→ 経済性・安全性に優れ、世界標準を獲得し得る新型軽水炉を国プロ開発



## 中長期のプラント数の見通し

電気事業連合会作成  
4回原子力安全基盤小委員会資料



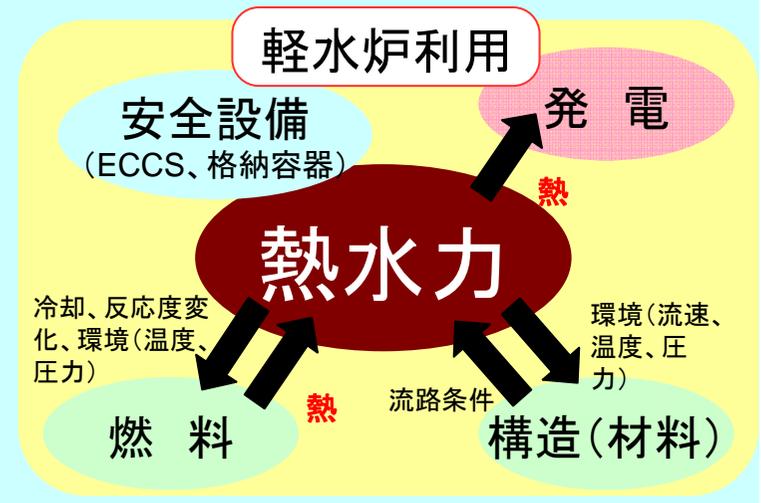
出典：「原子力立国計画」：資源エネルギー庁 平成18年10月 23ページ「(建設中の国内原子力発電所の推移①)」より作成  
 注)①原子炉の寿命は60年、建設期間は2010年以降4年  
 ②2030年までの新增設は単機容量130万kWe、2030年以降のリプレースは単機容量150万kWeクラスの原子炉を導入すると仮定  
 ③2010年から2030年までは、2030年に58GWeとなるよう、4年毎に1基ずつ導入すると仮定した

2030年頃の新設・建替え需要以前の低迷期にも、原子力分野での技術・産業・人材の厚みを維持・発展する点に大きな課題。  
 原子力立国計画

# 軽水炉における熱水力の役割

## 炉設計や安全評価での基幹

- ✓ 炉設計の中核的役割を担い、安全性、経済性を包括
  - 反応度の制御を含む、燃料や構造への境界条件
  - 安全設備の設計・有効性評価
  - 事故時の事象進展解明やAM策の立案・有効性評価
  - リスク評価
- ✓ 技術情報の蓄積と解析技術の進展は目覚ましいが、依然として実規模データに基づく設計実証は不可欠



## 熱水力研究・開発に必要な技術基盤

実験施設	現象の解明、事象進展の把握と実証に使用
解析評価技術	実験等からの知見に基づき、実機事象を評価
技術者・研究者	実験の実施、解析評価技術の開発、規格策定など
国際協力	共通課題を効率的・効果的に解決・共有

## 現状

- 設計・技術実証に必要な実規模試験設備の大幅な減少
- 新設炉の減少に伴う人材確保要請の低下や大学再編等による学生数の減少

## 熱水力への要請

- 軽水炉技術の継続的な改善と発展
- 新型軽水炉の開発と性能確証
- 規制の合理化と国際的標準化への対応

## 具体的な対応

- **技術戦略マップ**による実現への道筋の明示
- 規格基準類の整備に必要な情報の提供
- 基盤研究の実施と技術基盤の確保
  - ✓ 試験設備の確保・整備
  - ✓ 高度な専門技術者・研究者の育成

# ロードマップ

## H16年度のロードマップ

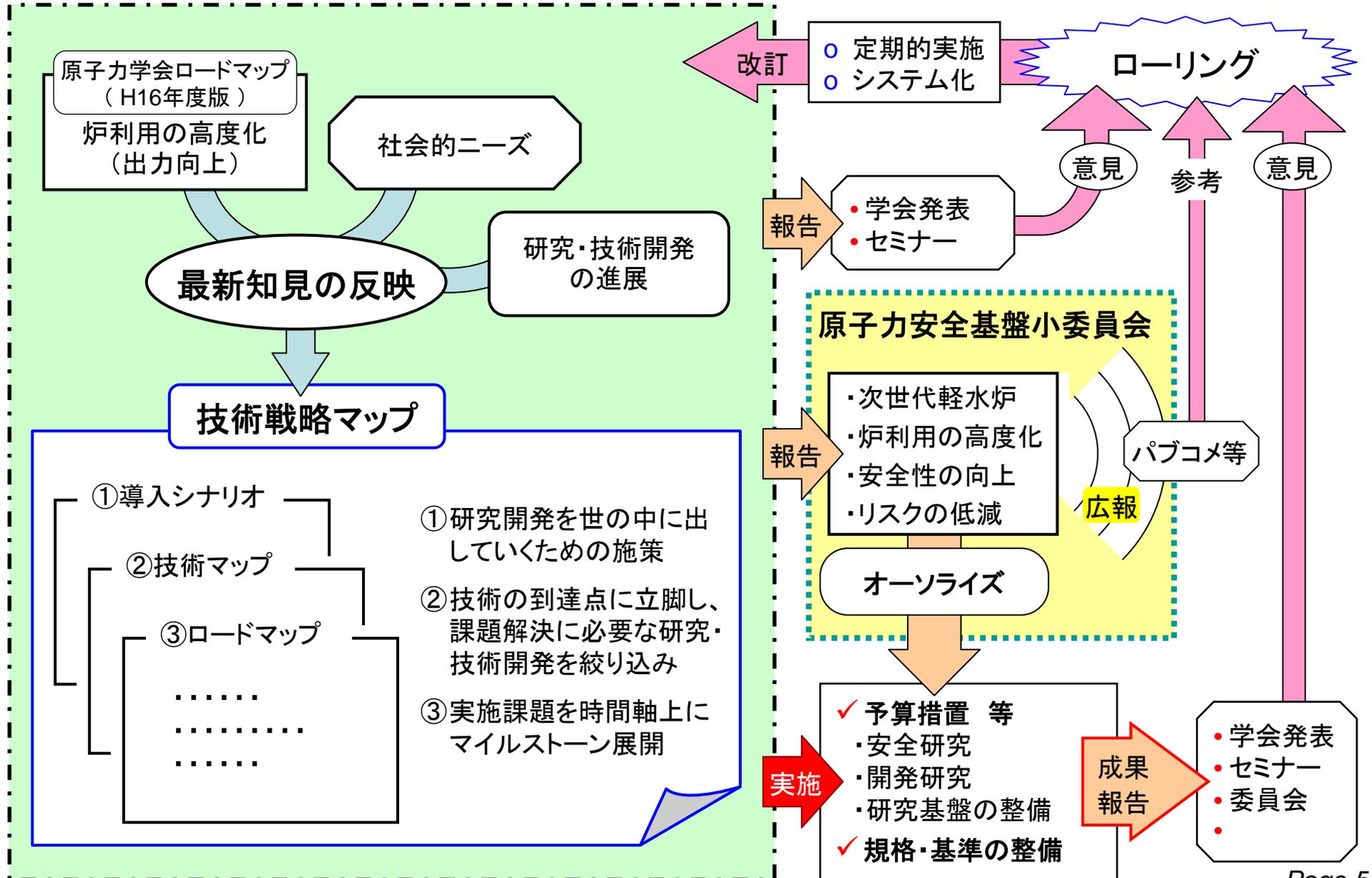
- ✓ 策定：日本原子力学会（JNES委託）
- ✓ 原子力安全・保安部会報告「原子力の安全基盤の確保について（H13）」をベースに、「燃料高度化」、「高経年化対応」、「軽水炉高度利用」、「高レベル放射性廃棄物処分（ニーズ調査）」の4分野を対象
- ✓ **熱水力**「軽水炉高度利用」は対象を**炉の出力向上**に限定

## H18年からの改訂

- ✓ 「燃料高度化」と「高経年化」に対し、新たなロードマップの策定を原子力学会が実施  
(H16版の改訂・ローリング)
- ✓ H18年9月、原子力安全・保安院が、原子力安全基盤小委員会\*で安全研究ニーズ、安全研究事業等の審議を開始し、H18改訂のロードマップを参照
- ✓ **熱水力**はH16年の成果を踏まえつつ、新たなロードマップの策定が必要

\*総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会

# 技術戦略マップの策定と展開



# 技術戦略マップ策定のステップ

## 1)課題の同定

産業界の技術導入シナリオや国の要請における新たな技術や設計を把握・整理し、熱水力安全評価に係わる課題を同定する。

- 2030年頃までの中・長期的な課題
- 基礎・基盤を含む継続的な課題

## 2)技術マップの作成(課題毎に)

既存の知見や技術の適用限界(技術の到達点)を整理。さらに、安全審査や評価解析に、新たに必要となる知見や重要度(緊急性、必要性)を検討する。

## 3)技術戦略マップの策定(課題毎に)

課題解決に必要な熱水力安全評価基盤技術ならびに技術基盤(試験設備、人材)を検討し、適切な達成目標と達成への時系列ステップを明示する。

さらに、規格・基準への反映や、規制の合理化や標準化の推進を提案する。

- 燃料や材料のロードマップのスタイルを参考とする
- ローリング(改訂作業)をシステム化する

## 4)産官学の役割分担の明示

課題の解決に必要な人材育成を含む技術基盤を検討すると共に、その開発や検証に対して産・官・学が果たすべき役割と効果的・的確な活用策を検討する。

- 産官学の現状に関する相互理解を図る
- 利用者を明示する

# ロードマップの技術目標と 導入シナリオの作成

## 次世代軽水炉等の新型軽水炉の開発 や炉利用の高度化

- 産業界の技術導入シナリオや国の施策における新たな技術や設計
- 熱水力安全評価に係わる新たな課題の同定

## 安全性・信頼性の確保・向上

- アクシデントマネジメント策の改善などによる、公衆へのリスクの低減など現行炉設計での安全性の向上
- 新型軽水炉設計などへの反映

## 導入シナリオの策定

- 成果利用に対応した研究、技術開発、規格・基準整備での主要課題と実施の手順を整理
- 基盤整備上の課題と実施の手順を整理
- 社会的ニーズに対応

# 技術マップの作成(主要課題毎に作成)

## 1) 技術課題の抽出・同定

### 次世代軽水炉など新型軽水炉開発と炉利用の高度化

産業界の技術導入シナリオおよび国の要請における新たな技術や設計を把握・整理し、熱水力安全評価に係わる課題を同定

### 安全性・信頼性の確保・向上

アクシデントマネジメント策の改善などによる公衆へのリスクの低減など、現行炉設計での安全性の向上に関わる課題を同定すると共に、次世代炉設計に反映

→ 課題毎に、既存の知見や技術の適用限界(技術の到達点)を整理

### 検証

- 検討課題の検討
- 到達点の把握
- 新規課題の明確化

## 2) 研究・技術開発における実施項目・内容の明確化

✓ 課題解決に必要な研究・開発・検証の内容と技術基盤(試験設備、人材)を検討し、適切な達成目標と達成への時系列ステップに展開

✓ 産・官・学が果たすべき役割と効果的・的確な活用策を検討・明確化

### 社会的なニーズ

- 世界標準に必要な性能と規制
- 研究・技術開発・安全評価
- 将来展望に基く技術基盤の整備
- 実施者／役割の明確化

## 3) 合理的な規格・基準の整備内容の明確化

✓ 世界標準を俯瞰した安全審査や評価解析に対し、新たに必要となる知見や重要度(緊急性、必要性)を検討・整理

✓ 規格・基準、規制の合理化や標準化の実施に必要な手法の整理

# ロードマップの作成(主要課題毎に作成)

## 技術戦略マップ

### 導入シナリオ

- ✓実施項目の概略整理
- ✓成果利用の方策を整理
- ✓時系列プラットフォームの提示

### 技術マップ

- ✓PIRTなどを通じた技術課題の抽出・同定
- ✓研究・技術開発・合理的規制の実施内容の明確化
- ✓技術基盤(試験設備・人材)の明確化
- ✓役割分担と大学の参加体制の明確化
- ✓効果的・的確な活用策の明確化

### ロードマップ

- ✓導入シナリオ上に技術マップの各内容を整理・マイルストーン展開

主要課題間での重複等の確認・排除

# 「熱水力安全評価基盤技術高度化検討」 特別専門委員会

## 目的

原子力利用環境の大きな変化や、次世代軽水炉など産業界の導入シナリオを踏まえ、新たに必要となる技術開発を把握・整理する。

対応する熱水力安全評価上の課題を明確化し、その解決に必要な技術的知見および人材や設備を含む技術基盤を同定する。

これらに基づき、規格基準類の高度化など、適切な達成目標と達成への時系列ステップを明示した「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ」を策定する。

## 構成

主査 班目東京大学教授

委員・幹事・オブザーバ 45名

産業界 東電、関電、原電、日立GEニュークリア・エナジー\*、東芝\*、MHI\*、GNF-J、INSS、TEPSYS、原技協

官界 保安院、エネ庁、安全委員会、エネ総研、JNES\*、JAEA\*

学術会 東大、東工大、京大、阪大、九州大、名大、北大、筑波大、武蔵工大、工学院大、電中研

運営資金 産業界、JNES、JAEAによる共同出資

\*幹事

H19年  
10月  
|  
H21年  
3月

# 特別専門委員会の活動内容

## 「熱水力」に関する産官学の共通理解を醸成

- 産官学における研究・開発の経緯・現状・動向
  - ✓ 原子力立国計画、次世代軽水炉、高度利用、高経年化など
  - ✓ 「学」へのアンケートをはじめ、全日本での現状把握
- 「開発」や「規制」の役割や要請を、世界動向と併せて俯瞰
  - ✓ 次世代軽水炉における国際標準性能
  - ✓ MDEPなど安全規制の国際的調和

## ロードマップの策定と策定後の活動内容の確認

- 先行する他分野ロードマップの手法を参考
  - ✓ 3要素構成（導入シナリオ、技術マップ、ロードマップ）、役割分担の考え方、ローリングの方法など
- 「熱水力」の特徴に基づく内容編成
  - ✓ 技術の成熟や広範な技術連関に立脚
  - ✓ 新型炉（次世代軽水炉）と現行炉
  - ✓ 短期・中期・長期・継続の課題
  - ✓ 新技術などに対応した規制への要請
  - ✓ 課題相互や、燃・材料など他分野との連関

# 特別専門委員会の実績

## H19年度

(19年10月設立)

### 第1回 (平成19年10月22日)

- ◆ 設立趣旨説明
- ◆ 熱水力研究の変遷と今後の展望  
(産業界、JNES、JAEA)

### 第2回 (平成20年1月22日)

- ◆ 次世代軽水炉開発に係る国プロの概要(産業界)
- ◆ 次世代軽水炉(既設計炉中心)に係る熱水力関連の課題(産業界)
- ◆ 新たな熱水力課題への規制の対応(JNES、JAEA)
- ◆ 大学の現状と今後の役割(アンケートに基づく議論)

### 第3回 (平成20年3月11日)

- ◆ 技術戦略マップ策定方針の検討
- ◆ 中間報告書(案)の検討

## H20年度

### (1) 技術課題の同定(第4～7回)

- 産業界の技術導入シナリオや国の要請などにおける新たな技術・設計を把握・整理し、熱水力安全評価に係わる課題を同定



中間報告(2008秋の大会@高知)

### (2) 技術マップ作成(第5～7回)

- 既存の知見や技術の<sup>L</sup>適用限界(技術の到達点)を整理
- 安全審査や安全評価解析に新たに必要となる知見や重要度を検討

### (3) 技術戦略マップ策定(6～7回)

- 課題解決に必要な人材育成を含む技術基盤を検討
- 適切な達成目標と達成への時系列ステップを明示

### (4) 産官学の役割分担の明示

- 課題の解決に向けて産・官・学が果たすべき役割と活用策を検討

短・中・長期的な課題、  
基礎・基盤を含む継続的な課題

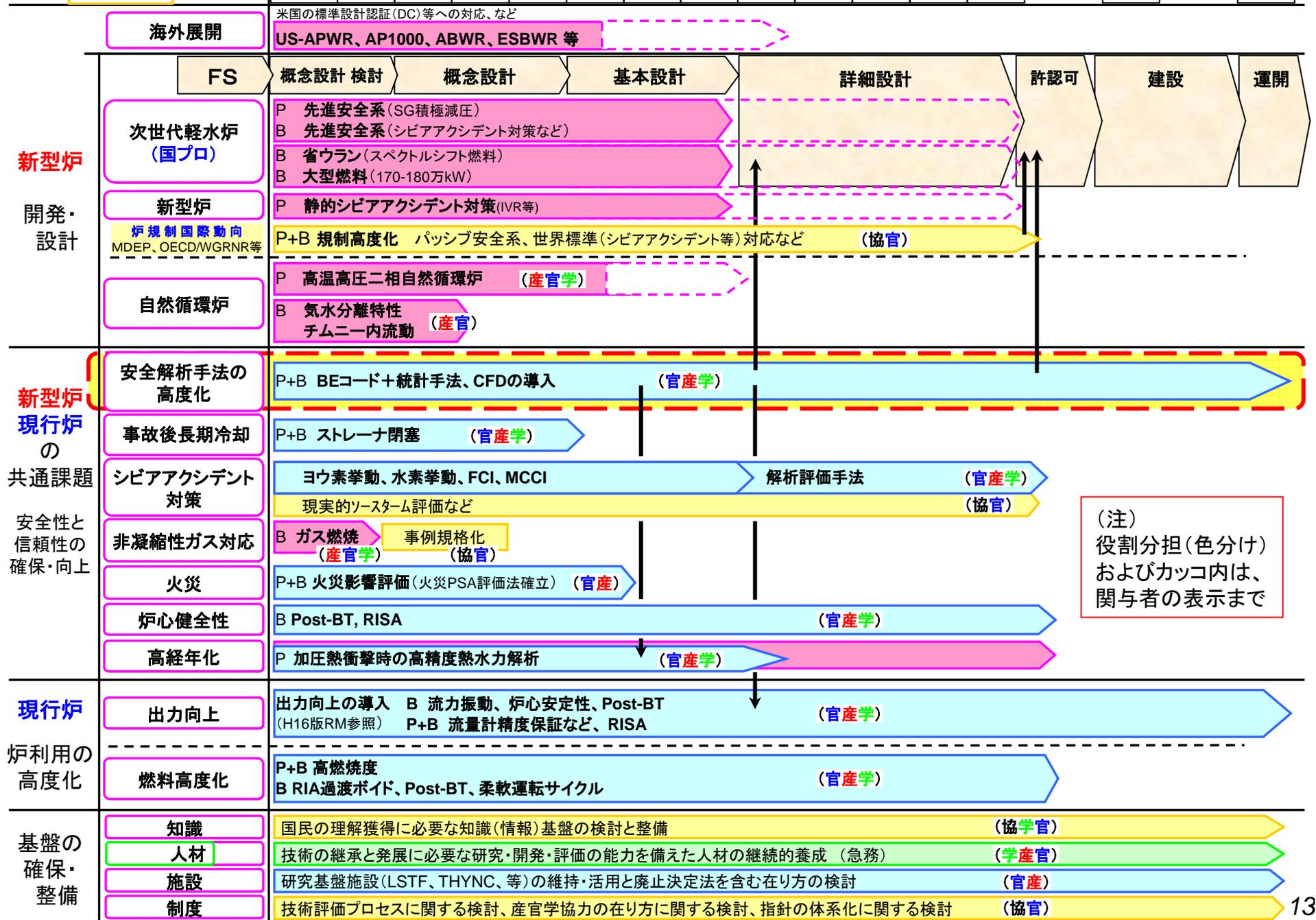
燃料・材料のスタイルを参考とする

ローリング・改定体制を確立する

相互理解を図り、  
利用者を明示

成果

技術戦略マップを策定



# 技術マップ(例)

## 安全解析(BE)手法の高度化

熱水力ロードマップ 技術マップ(最終版)

全15ページ

大分類	個別項目	対応すべき技術テーマ	技術課題	類似技術の主な検討結果 残存課題 ないし 現象	データや知識ベース	実施する内容	役割分担 (実施/資金)	期待される成果 (反映先)
新型炉と現行炉	安全解析(BE)手法の高度化	最適評価手法 +統計不確かさ評価	BE手法の精度確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>TRACEコードの整備及びLOCA解析モデル開発中(JNES)</li> <li>OECD/BEMUSE タスクに参加し、検証ベンチマーク解析実施中(JNES)</li> <li>原子力学会標準策定作業</li> <li>OECD/ROSA(JAEA 主催、JNES 参加)でLSTF実験実施(PWRでの事故を主対象に12実験)、BEやCFDの精度評価・向上</li> <li>許認可適用規準の整備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>OECD/BEMUSE タスク報告書(Phase 1~3)</li> <li>CSAU 手法 報告書 (NUREG5249)</li> <li>CSNI/UMS(BE2000報告)</li> <li>EMDAP(RG.1.203)</li> <li>原子力学会標準(予約中)</li> <li>「OECD/NEA ROSA プロジェクト」(原学会 2008 年会、K05~09)など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>OECD/BEMUSE タスクの完了(2009 予定)</li> <li>OECD/ROSA 第2期計画でのLSTF実験の継続実施—PWR 中口径破断 LOCA、SGTR、主蒸気管破断等</li> <li>LOCA 以外の事象への適用拡張(JNES)</li> <li>トピカルレポートレビュー (TRACG 等)</li> <li>安全審査指針への最適評価手法 + 統計不確かさ評価適用規準の明確化</li> </ul>	官/官産/産学協会	<ul style="list-style-type: none"> <li>最適評価手法の精度向上と安全評価への適用</li> <li>安全余裕の評価と評価精度の向上</li> <li>次世代軽水炉の安全評価(世界標準への対応)</li> <li>指針の策定</li> </ul>
			主要パラメータ選定法の策定	<ul style="list-style-type: none"> <li>OECD/BEMUSE タスク</li> <li>原子力学会標準策定作業</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力学会標準(予約中)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不確かさパラメータの定量化と精度向上</li> </ul>		

# 熱水力開発・安全関連技術 ロードマップ (例)

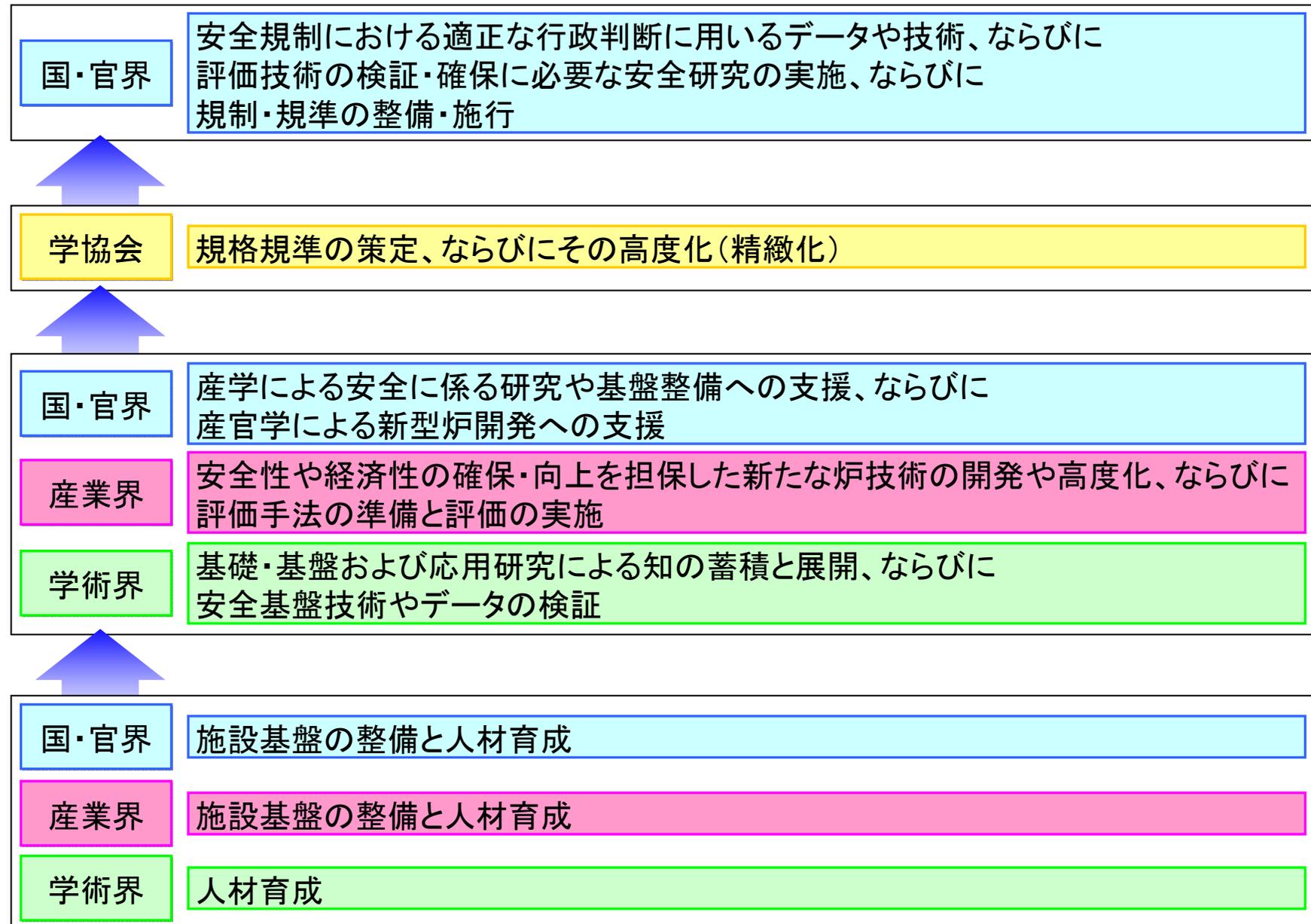
全20ページ

役割分担  
 産 官 学  
 学協会

大分類	新型炉、現行炉の共通課題
個別項目	安全解析手法の高度化
対応すべき技術テーマ	最適評価手法+統計不確かさ評価



# 熱水力RMにおける 産官学の役割分担(参考)



# 熱水力ロードマップ まとめ

## 技術戦略マップの特徴（「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ」）

- 導入シナリオ： 課題の同定 → H21、3月策定  
次世代軽水炉などの主幹課題や産官学での協力課題を網羅
- 技術マップ： 到達点、残存課題、実施課題、役割分担、反映先を明示  
熱水力の現状をデータベース付きで整理し、実施内容や実施方法を明示
- ロードマップ： 実施時期、課題間の連関  
主要な骨組みを完成・明示

## 21年度以降の活動 → ローリング

「熱流動部会」によるWG/SubWGを設置し、継続実施

- ロードマップの報告（安全基盤小委員会など）と広報  
「熱流動部会」のホームページにロードマップを掲示 → 外部へ開示（H21、7月）
- 役割分担、具体的実施計画に基づいた実施  
研究・開発の個別課題の具体化 }  
ニーズとシーズのマッチング }  
人材育成や基盤情報・技術の継承・発展を担う「学」の関与 }  
国際競争力ある新型軽水炉（次世代軽水炉など）の開発・安全確証 }  
実現に必要な  
仕組みの構築
- 実施に伴うフィードバック、社会ニーズの確認等に基づいたロードマップの改訂

# 熱水力ロードマップの課題（1/2）

（サブワーキンググループでの検討内容）

## 1) 基幹テーマ課題の提示／整理

- 例：高経年化（材料）、高燃焼度（燃料）など
- 安全上の重要性・必要性
- 解決されるべき共通的課題
- 産官学による課題の実施

## 2) ロードマップに基づいた個別実施課題の整理

- 基幹テーマ課題に付随する具体的実施課題
  - ✓ 課題の提案
  - ✓ 課題毎にタスクグループで実施など
- ニーズとシーズのマッチング
  - ✓ 開発条件と研究サイクルの整合など
- 予算獲得の筋道の明確化
  - ✓ 安全基盤研究WGなど

# 熱水力ロードマップの課題 (2/2)

## (考慮されるべき内容の例)

### 1) シビアアクシデント

- 新型軽水炉(次世代軽水炉等)の炉設計に考慮
  - ✓ 世界標準を獲得する性能
- 我が国での規制における考慮
  - ✓ 原子力安全基準・指針専門部会等で議論を実施

### 2) スケーリング

- 大型設備の安全評価
  - ✓ Reference Data乏しい
- 統計的安全評価手法の規制への導入の検討
  - ✓ BEコード／熱水力モデル(スケールアップ)の検証

#### 2. 新增設・リプレースの円滑化

「原子力発電推進強化策」 2009年6月 経済産業省

#### <次世代軽水炉開発の推進>

- 次世代軽水炉に適用される新技術について、リプレースの本格化に間に合う時期までに、安全性・信頼性を確保するために必要な確証試験等を実施し、知見や経験の蓄積を計画的に進める。また、その成果を評価した上で、実機への先行的な適用に取り組む。
- このため、国・電気事業者・メーカーが連携し、次世代軽水炉の本格導入に向けた見通しを2010年度までに明らかにする。

# サブワーキンググループでの主な議論

- ✓ 現状のロードマップ(RM)は網羅的であり重要度の高いものが見えない。今後、重要度の明確化が必要である。
- ✓ 熱水カロードマップの課題案として示されているシビアアクシデントとスケーリングの分野は重要である。スケーリングについては色々なデータもあり、日本がイニシアチブを取れるのではないか。
- ✓ 水化学分野で水素制御のRMがサクセスストーリーを描き、良いRMとなっている。学会での評判も良かった。ポイントを絞り具体的ものを作成して行きたい。
- ✓ 熱水力の研究は多分野とも関わりが深く、幅が広い。他分野のRMとも情報交換を図るべき。また、次世代炉開発をみても分かるように、熱水力分野に留まらずプラントの設計の全体にも関わってくるので、議論する段階で配慮が必要である。
- ✓ 特に、燃料と材料のRMとは密接に関わっている。

# ワーキンググループでの議論

## 1) サブワーキンググループ(1/28, 2/12)の報告

- ロードマップに係る事業の進捗
  - ✓ 軽水炉開発など メーカー3社の進捗、次世代軽水炉、中小型炉
- ロードマップに係る諸課題や情勢の進展
  - ✓ 規制の高度化など 我が国の動き、海外の動き
  - ✓ 基礎研究開発など 解析: ASME V&V紹介と予測の問題  
境界領域研究: RISA研究

## 2) 今後のローリングについて

- 他のロードマップの例
- 熱水力RMの方法
  - ✓ 実効的なロードマップの活用  
大学の役割と人材という観点から
  - ✓ 他の熱流動部会の活動との連携(アカデミックRM?)
  - ✓ 主要テーマの選定とWG/SWGの構成
  - ✓ 熱流動部会以外の委員会との連携?

