

# 次世代軽水炉等技術開発

## 開発の計画と現状について

日本原子力学会 熱流動部会  
「熱水力安全評価基盤技術高度化検討」  
サブワーキンググループ

平成22年1月28日  
(財)エネルギー総合工学研究所

# 目 次

---

- 背 景
- 開発計画概要
- 電力要件
- 次世代軽水炉の概要－6つのコアコンセプト
- 6つのコアコンセプトと要素技術開発
- 全体工程
- 開発体制
- これまでの実施内容とホールドポイント評価
- 熱水力関連課題の現状
- まとめ

# 背景

## ■ 世界の動向

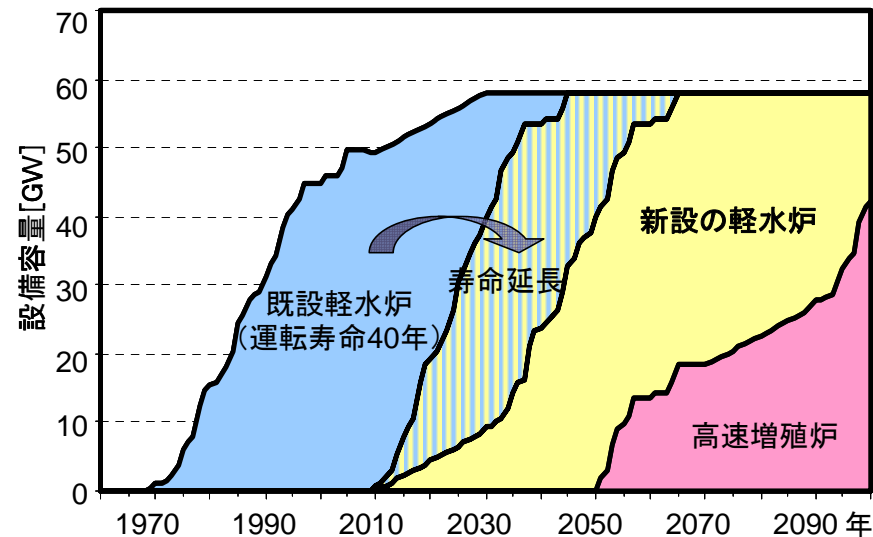
- 先進国(米国,欧州)での原子力の見直しや途上国での新規導入が活発化し、需要の大幅な拡大が見込まれている (Nuclear Renaissance)

## ■ 国内の動向

- 2030年前後から1970~80年代に建設された原子炉の大量の代替炉需要の発生が見込まれている
- 代替炉需要に対応し20年後のエネルギー安定供給に資する、高い安全性・経済性等を有する次世代型軽水炉の開発が不可欠

## ■ 国内政策上の位置付け

- 原子力立国計画(H18/8,METI)で開発を提唱
- Cool Earthエネルギー技術革新計画(H20/3,METI)等にて、2050年の温室効果ガスの現状比半減に向け、特に削減効果の大きい革新技術として位置付け



# 開発計画

## ■ 概要

- 2030年前後に見込まれる国内外での代替炉の建設需要に備え、高い安全性・経済性等を有し[世界標準を獲得しうる次世代軽水炉](#)を開発
- 国内プラントメーカーが主体となり、電気事業者、国が一体となって開発を推進
  - ABWR、APWR開発以来、約20年ぶりの新型軽水炉開発プロジェクト
- 新技術開発にあたり、国際競争力の維持・確保を目指す
  - 安全規制との連携を図り、規制高度化を一体的に推進
  - 積極的に国際標準化の提案を行う

## ■ 開発対象

- 電気出力170～180 万kW級
  - 共通技術を採用し、標準化効果を阻害せずに80～100万kW級も視野
- BWR, PWR各1炉型

## ■ 次世代軽水炉への期待(電気事業者から,H20/3)

- 国際市場でも安全性・信頼性及び経済性に関し優位性を有するものであること
- 社会に受け入れられやすいものであること
- これまでの運転経験を十分に反映し現場に優しいものであること
- 国際標準炉となり運転経験や技術的知見の共有が可能となるものであること

# 電力要件

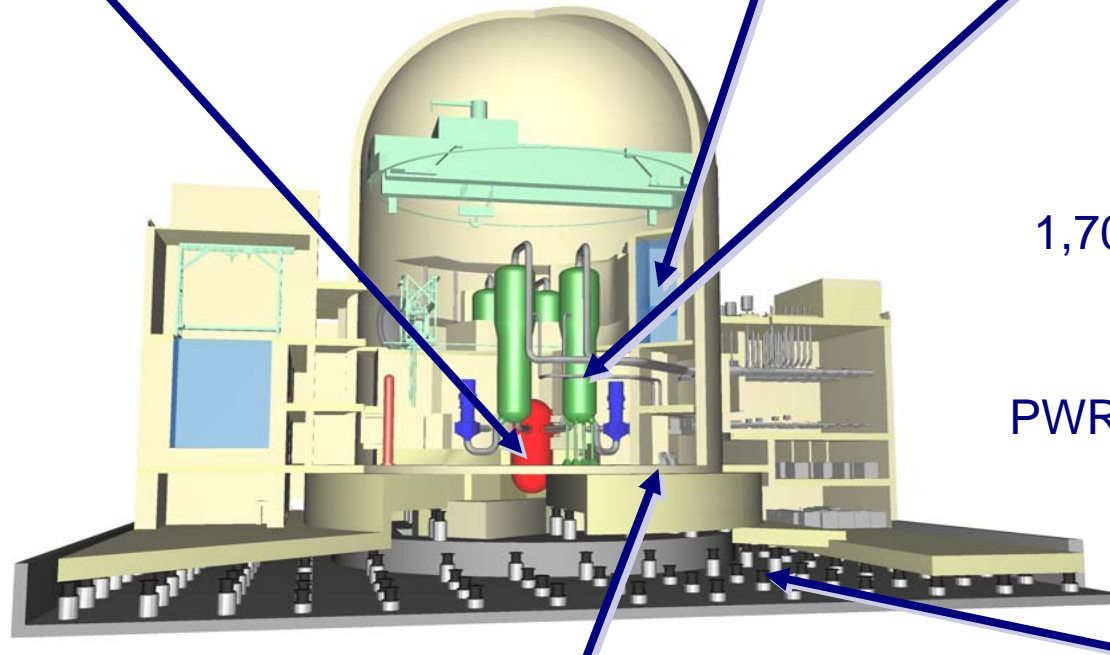
項目	主な電力要件, H20/3
基本条件	① 出力: 170~180万kW (共通技術を採用し、標準化効果を阻害せずに80~100万kWにも対応可能)
安全性	① 炉心損傷頻度: $10^{-5}$ /炉年 ② 格納容器破損頻度: $10^{-6}$ /炉年    ③ シビアアクシデント対策: 考慮
経済性	① 建設単価(成熟期): TBD ② 時間稼働率: 97%(寿命平均)    ③ 運転サイクル: 24ヶ月 ④ プラント設計寿命: 80年 ⑤ 建設期間: 30ヶ月以下(岩盤検査~運転開始)
社会的受容性	① 事故時退避: 短期的避難 $10^{-6}$ /炉年、長期的移住 $10^{-7}$ /炉年 ② 外部事象の考慮(地震、津波、航空機落下対策)
運営・運転・保全性	① 炉心設計: 取出平均燃焼度70GWd/t ② 信頼性が高く合理的なメンテナンスが可能 ③ メンテナンスフリー、信頼性重視保全(RCM)、状態監視保全(CBM)を考慮 ④ 保全物量の低減: 最新プラントの50%
国際標準化	① 国際的な規格基準類へ適合し、諸外国の許認可に対応可能 ② 立地条件によらず標準的な設計が可能

# 次世代軽水炉の概要－6つのコアコンセプト

世界初の濃縮度5%超燃料を用いた原子炉系の開発による、使用済燃料の大幅削減と世界最高の稼働率実現

パッシブ系、アクティブ系を組合せた先進安全システムによる、世界最高水準の安全性・経済性の同時実現

プラント寿命80年とメンテナンス時の被ばく線量の大幅低減を目指した、新材料と水化学技術の融合



電気出力

1,700–1,800 MWe

炉型

PWR / BWR各1炉型

稼働率と安全性を同時に向上させる、世界最先端のプラントデジタル化技術

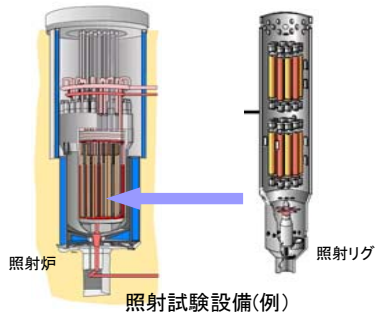
斬新な建設技術の採用による、建設工期の大幅短縮

免震技術の採用による、立地条件によらない標準化プラントの実現

# 6つのコアコンセプトと要素技術開発(共通基盤技術)

## 5%超燃料原子炉系

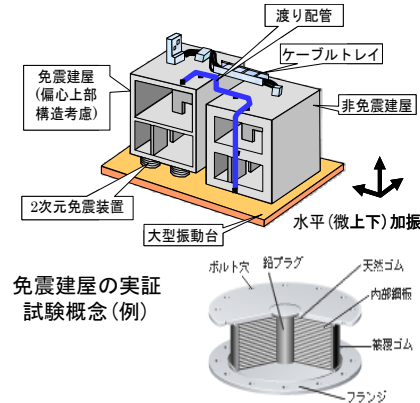
- ✓ 使用済燃料の削減
- ✓ 稼働率の向上



- 濃縮度5%超燃料の開発
- 超高燃焼度燃料被覆管の開発
  - PWR被覆管: SUS系, Zr系
  - BWR被覆管: Zr系

## 免震技術

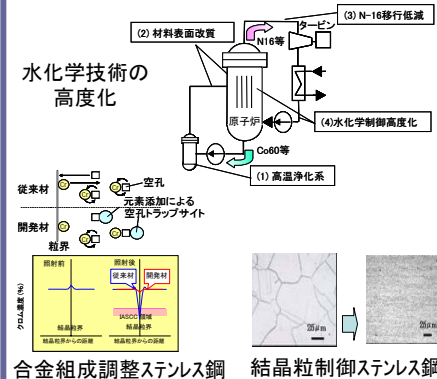
- ✓ 立地によらないプラント標準化
- ✓ 建屋・機器簡素化, 物量低減



- 軽水炉免震設計評価技術の開発
- 免震装置の実証試験

## 新材料・水化学

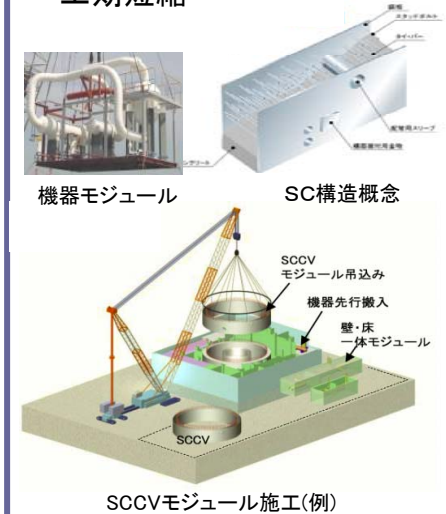
- ✓ 80年プラント寿命
- ✓ 従事者被ばく線量の低減



- 長寿命新材料の開発
  - SG伝熱管材(PWR)
  - 炉内構造部材(BWR)
- 水化学技術の開発(BWR)

## 斬新な建設技術

- ✓ 建設コスト低減
- ✓ 工期短縮

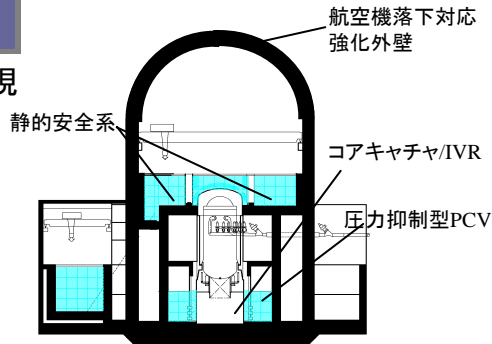


- 格納容器SC工法の開発

## 先進安全システム

- ✓ 安全性と経済性の同時実現 (建設費と保全作業量)

- パッシブ系アクティブ系を最適化した安全システムの開発



## プラントデジタル化技術

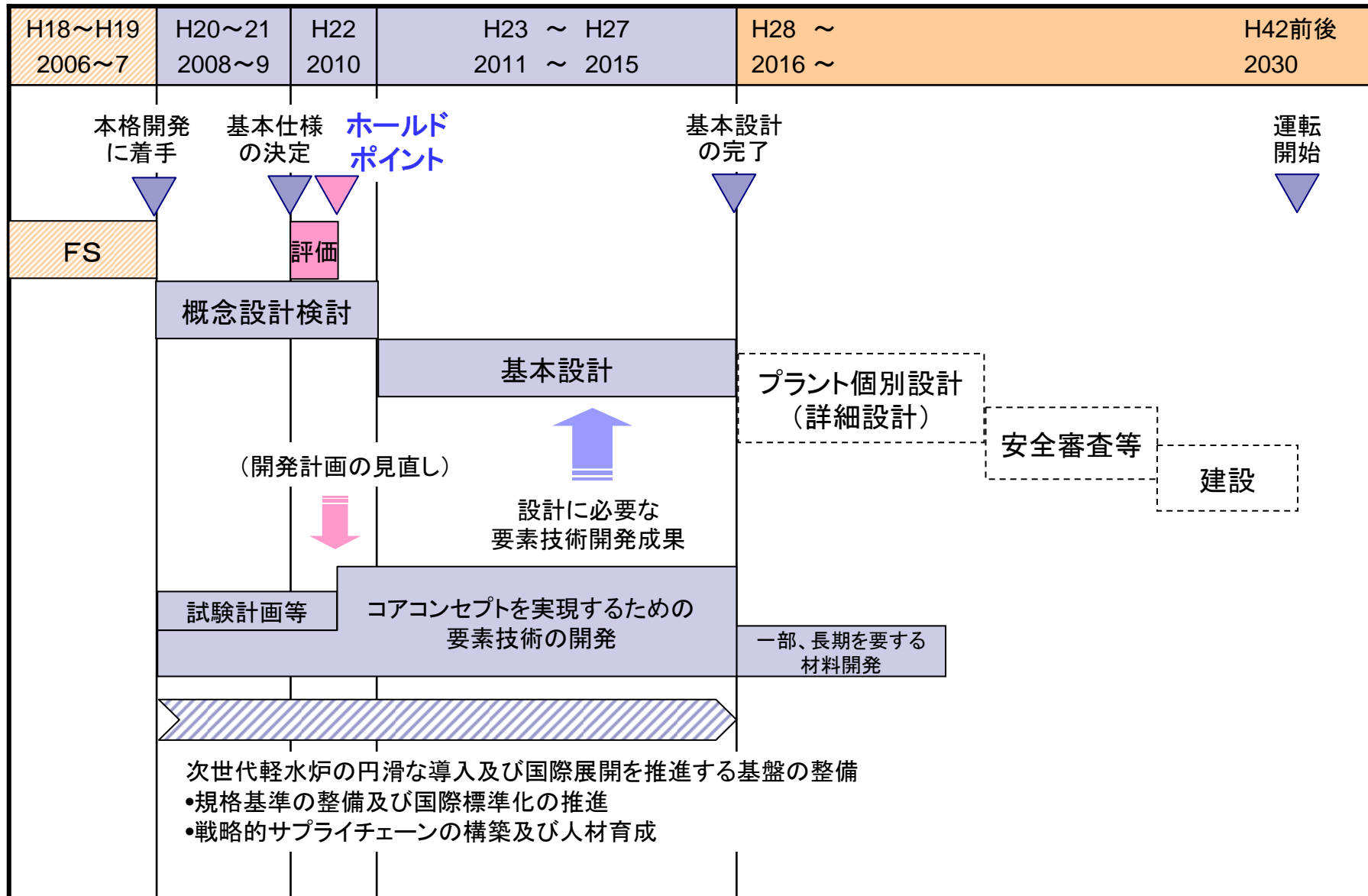
- ✓ 信頼性の向上と稼働率の大幅向上

- トータルマネジメントシステム(TMS)概念の開発



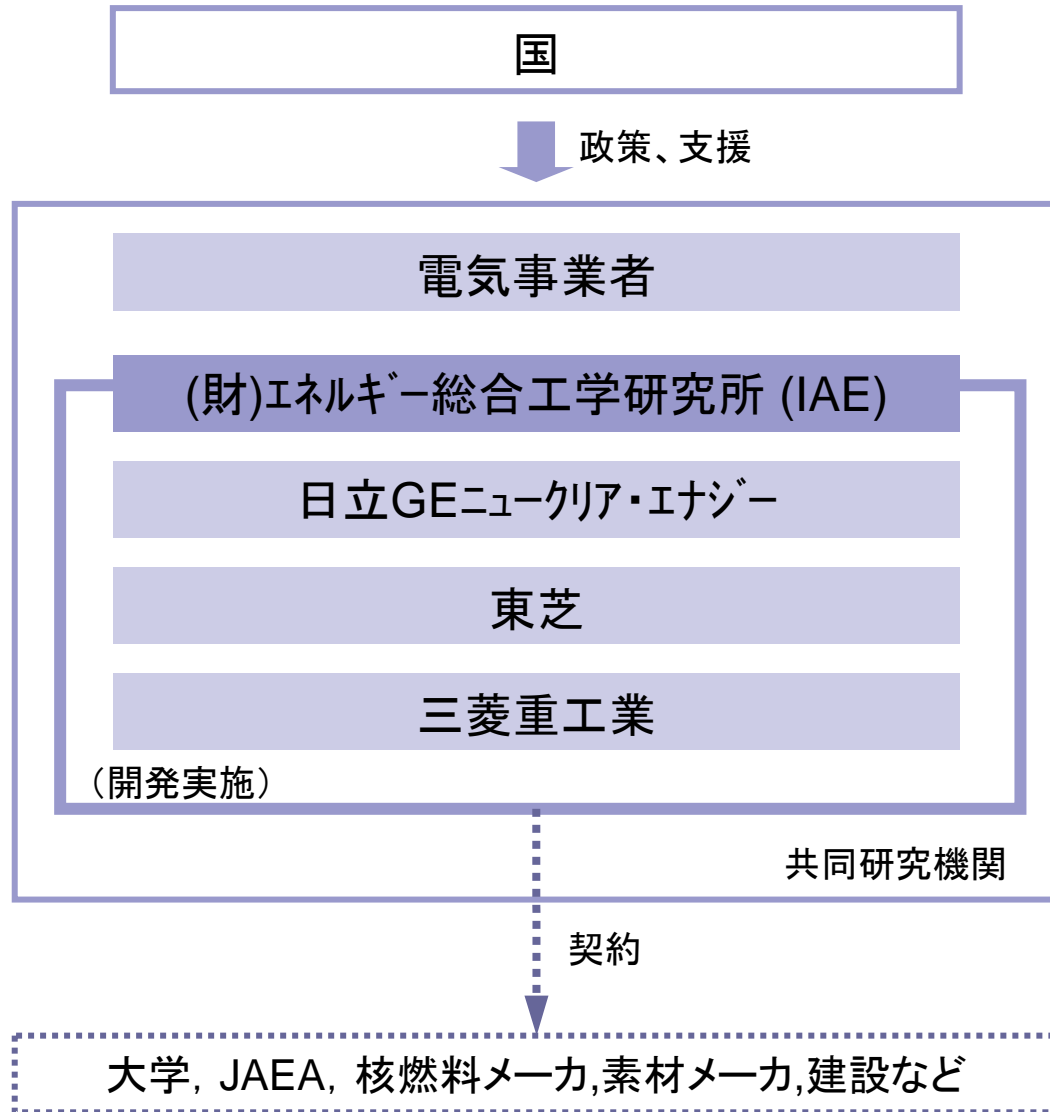
状態監視保全サブシステムによる保全計画イメージ

# 全体工程





# 開発体制



今後、連携検討

- 国際展開,市場ニーズ  
JAIF, ...
- 安全規制  
NSC, NISA, JNES
- 規格基準整備, 国際標準化  
JSME, AESJ, 電気協会, JANTI, ASME, ANSI/ANS...
- 国際動向  
OECD/NEA, IAEA, MDEP...
- 原子力関連研究  
NISA, JNES, JAEA, 電中研...

## これまでの実施内容とホールドポイント評価

- 2008年4月に開発を開始し、これまで主に下記の項目を実施
  - 主要な要素技術の成立性に係る検討・基礎試験(5%超燃料、免震、SC、SSRなど)
  - 材料開発における、候補材製作と絞り込み(超高燃焼度燃料被覆管、SG伝熱管、炉内構造物など)
  - 規制高度化シナリオ構築
  - プラント概念設計検討(PWR/BWR)
- 2010年6月に想定されているホールドポイントにおいては、下記の観点からこれまでの開発を評価し、本格的な開発に移行するか判断する。
  - 国内電力要件を満たし、かつ世界標準を獲得し得るプラント概念が構築されていること
  - その基盤となる要素技術の見通しが立っていること
  - 規制対応を含めた実用化の見通しが立っていること

# 熱水力関連課題の現状

- 2009年3月の熱水カロードマップ(AESJ)において抽出された、次世代軽水炉関連の項目
  - 先進安全系(PWR、BWR)
  - シビアアクシデント対策(PWR、BWR)
  - スペクトルシフトロッド(SSR)燃料
  - 大型燃料
- 現行炉の利用高度化に係る項目のうち次世代と共通の課題  
→次世代軽水炉の要件達成に有効な項目であり、高度化達成を期待
  - ソースターム
  - 格納容器健全性(水素挙動)
- 上記項目並びに追加項目は、現在、2010年6月頃のホールドポイントにむけて検討中

# まとめ

---

- 次世代軽水炉は、世界標準を獲得しうるプラントを目指し、戦略的に開発を実施中
- 次世代軽水炉のプラント概念や今後の開発課題等は2010年6月に想定されているホールドポイントまでに取りまとめる
- 安全系、炉心・燃料などの開発において、熱水力分野に関連する課題が多くあると予想されるが、詳細はホールドポイント後に議論を始めたい
  
- 次世代軽水炉の性能を十分に発揮させるには、熱水力分野における基礎的な研究開発や規制高度化が必要であり、今後も原子力学会の協力をお願いしたい

# 日本原子力学会への期待

## ■ 国際標準化戦略

(国際標準炉及び我が国の競争力確保に向けて)

- 国際規格(ISO)、海外規格(ANSI/ANS....)、IAEA,MDEP等との戦略的関係の構築検討
- 国際規格化、海外規格化に関する知財戦略の検討

◇関連するAESJ Activity  
✓MDEPとの連携  
✓IAEAとの連携, etc.

## ■ 規格基準ロードマップの策定

### □ 燃料

- ウラン濃縮度5%超燃料
- 超高燃焼度燃料用被覆管材(Zr系、SUS系)

◇関連するAESJ Activity  
✓燃料高度化RM, etc.

### □ 新設計、新評価手法

- 80年寿命
- 被ばく低減、水化学
- 安全評価手法高度化による設備合理化  
(パッシブ安全系の採用)
- 安全確保と合理的コスト低減(保守費)

◇関連するAESJ Activity  
✓熱水力安全評価基盤  
技術高度化, etc.