

次世代軽水炉等技術開発 中間評価について

平成 22年 8月17日

財団法人 エネルギー総合工学研究所

目次

1. はじめに
2. 開発目標
3. 次世代軽水炉の概要
4. 円滑な導入に向けて
5. 安全規制及び規格基準の整備
6. 開発計画とロードマップ
7. 開発推進
8. 評価
9. おわりに

§ 1 はじめに (1/2)

■ プロジェクトの背景

リプレースの円滑化

- 2030年前後から本格化が予想されるリプレースの円滑化¹は、我が国のエネルギーセキュリティを確保する上で重要な課題である
- このため経済性と安全性に優れたプラントを開発し、供給サイドからも導入を促進していく必要がある

国際展開と競争力の確保

- 2030年～2050年の間に運転年数60年を迎える既設の原子力発電プラントは、我が国を始め米国と欧州を合わせ約270基に上り、これらリプレース需要に加えアジアや中近東の原子力新規導入国などの新設需要も増大することが予想される
- これらの世界的な需要に対し、我が国の原子力の国際展開を進めることは、世界のエネルギーの安定供給と地球温暖化問題への貢献と共に、我が国の経済成長の観点からも重要である
- このためには、我が国メーカーが開発するプラントが国際標準炉として海外市場にも広く受け入れられるものとし、国際展開の促進を図る必要がある

技術と人材の維持・強化

- これらの取組を支える原子力分野の技術と人材の維持・強化を図っていく必要がある

【注】

1. 原子力発電推進行動計画, 経済産業省, 2010/6. 「中長期的に原子力発電の利用を拡大するには、2030年前後に本格化が見込まれる既設炉のリプレースを円滑に進めることが重要」

§ 1 はじめに (2/2)

■ ナショナルプロジェクトの発足

- これらの背景の中、次世代軽水炉等技術開発(以下「次世代軽水炉開発」又は「本開発」という。)は、原子力立国計画²での指摘を踏まえ、約2年間の調査研究³(以下「FS」という。)を経て、2008年度から本格着手した
- 本開発は、現行最新の炉を陵駕する高い革新性を有する技術への挑戦であり、ナショナルプロジェクトとして国の支援の下、メーカ、電気事業者が連携し、学識経験者などの協力も得て我が国の総力を挙げた取組により進めている
- また、大型軽水炉をその概念設計段階から開発していくことは約25年ぶりの意欲的な試みであり、ベテランと若手の技術者が一体となり取り組んでいる

■ 中間評価(全体ホールドポイント評価)

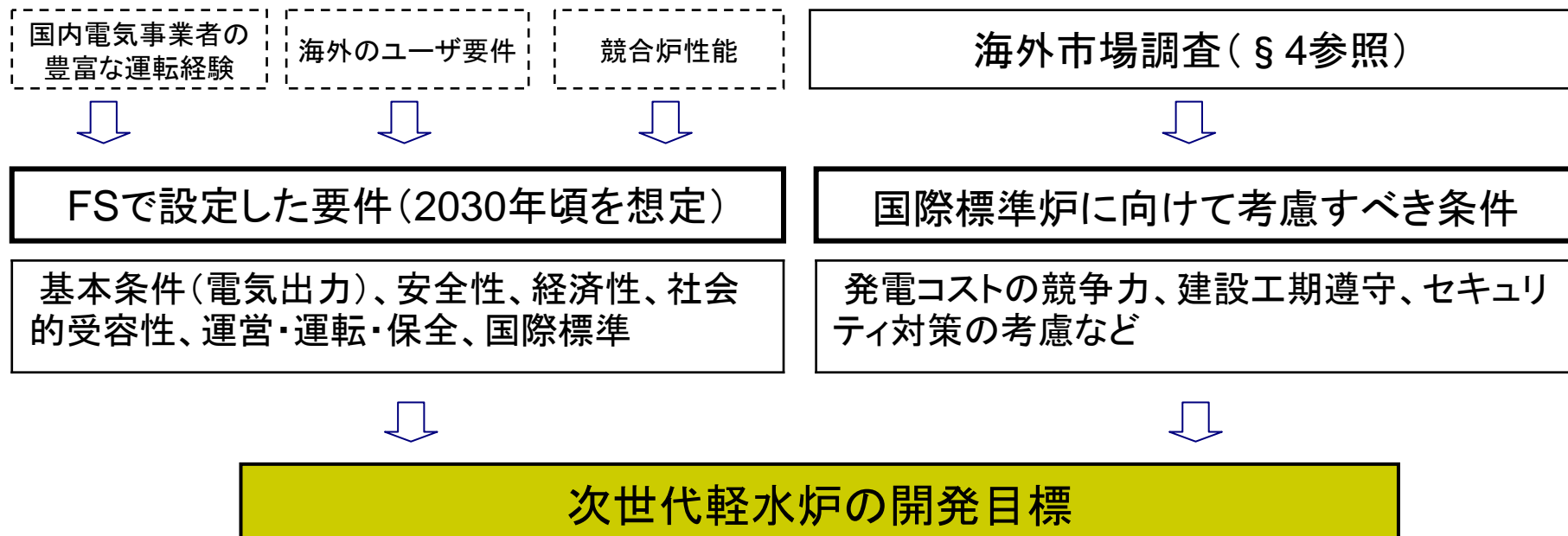
- 大規模かつ長期に亘るプロジェクトであることから、開発にあたっては、2010年度上期までに中間評価のための全体ホールドポイント(以下「HP」と略す。)を設け、当初2年間の成果及び進捗状況等を多面的かつ総合的に評価することとした
- 本評価報告書は、エネルギー総合工学研究所が中核機関として、これまでの約2年間の取組とその成果をとりまとめ、評価を加えたものである

【注】

2. 原子力立国計画,経済産業省,2006/8.「2030年前後からの代替炉建設需要をにらみ、世界市場も視野に入れて、国、電気事業者、メーカが一体となったナショナルプロジェクトとして、日本型次世代軽水炉開発に着手すべきである」
3. 日本型次世代軽水炉開発戦略調査研究,経済産業省委託,2006～2007年度

§ 2 開発目標 (1/3)

- 次世代軽水炉は、2030年頃の導入を目指した国内既設炉のリプレイス炉であると同時に、海外市場にも受け入れられる標準設計のプラント(国際標準炉)として位置付け
- 本開発では、最新の市場調査から国際標準炉として考慮すべき条件を整理し、FSで設定した要件を見直して開発目標(性能目標)とした



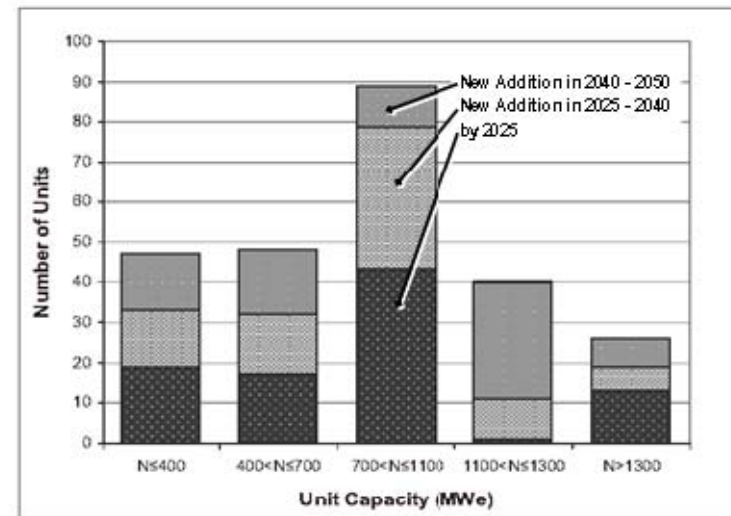
§ 2 開発目標 (2/3)

項 目	主 な 要 件
1. 基本条件	電気出力: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
2. 安全性	国際的に遜色のない水準の炉心損傷頻度及び格納容器機能喪失頻度 シビアアクシデント対策を設計上考慮
3. 経済性	建設単価(成熟機): 約13万円/ kW 建設期間: 30ヶ月以下(岩盤検査~運転開始)かつ工期が遵守できること 時間稼働率: 97%(寿命平均)、24ヶ月運転サイクル プラント設計寿命:80年 発電コストは他電源に対し競争力を有すること
4. 社会的受容性	環境への放射性物質の大規模放出の確率を十分に低くできる設計であること 地震、津波に関する残余のリスクへの裕度を確保 米欧の航空機落下とセキュリティ対策に対応可能 従事者線量: 現行水準を十分に下回るものであること
5. 運営・運転・保全	保守物量: 現行最新プラントの50% 保守性の向上、保守負荷の平準化 炉心設計: 取出平均燃焼度70GWd/t、全炉心MOX対応 新技術はプラント導入時迄に十分な成熟度を有すること
6. 国際標準	米国及び欧州の許認可、規格基準類へ対応可能なこと 立地条件によらない標準設計

§ 2 開発目標 (3/3)

基本条件(電気出力)について

- スケールメリットと電力系統への影響を勘案して電気出力170～180万kWを設定
 - 国内では立地制約と経済性の観点から、また、海外でも米欧など既に170万kW級の導入計画もあるなど大型化の傾向にあり、2030年頃を展望しても妥当と考えた
- 80～100万kW程度に対するニーズもあることを鑑み、当該規模出力への展開は技術的に容易であることから180万kW級設計と共通技術を採用し、その標準化効果を阻害せずに対応可能であることを要件とした
 - 出力規模は現実的には地域需要やインフラ、投資耐力などから決定される
 - 海外市場でも、特に新規原子力導入国など80～100万kW級の需要も存在
 - これらより本要件は2030年頃を展望しても有効と考える



発展途上国におけるプラント出力規模

Common User Considerations (CUC) by Developing Countries
for Future Nuclear Energy Systems: Report of Stage 1,
IAEA NP-T-2.1, 2009

§ 3 次世代軽水炉の概要 — 3.1 特長 (1/2)

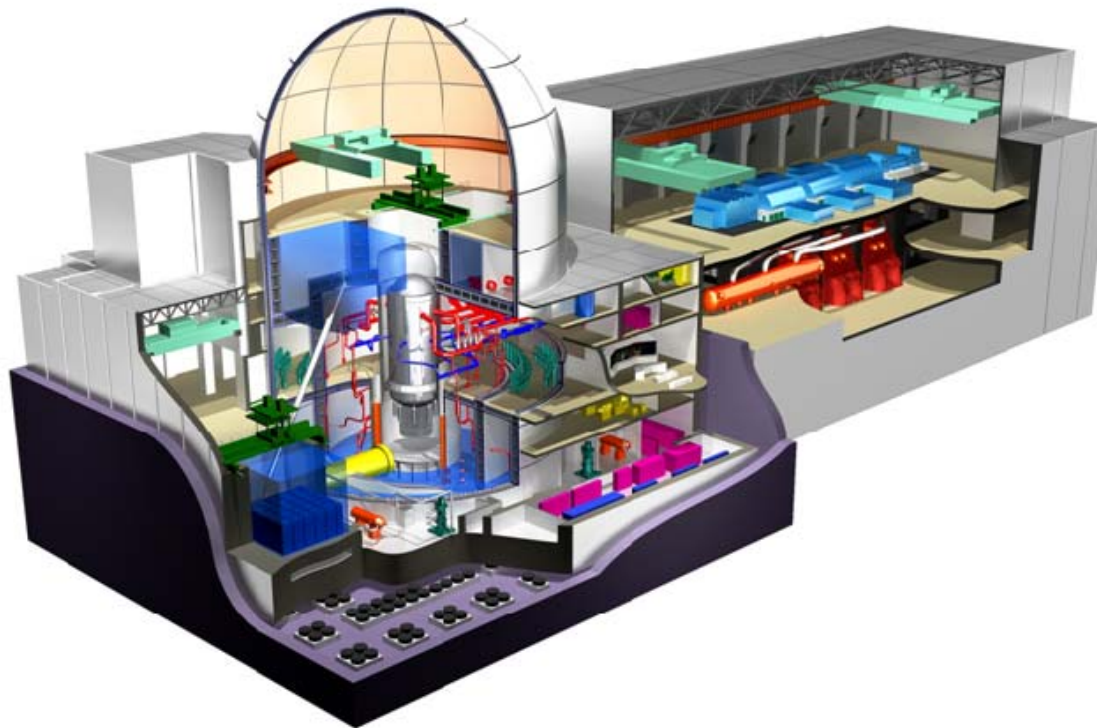
- 2030年頃に世界最高水準の安全性と経済性を有し、社会に受け入れやすく、現場に優しい、国際標準プラント
 - 上記はFSでまとめられた次世代軽水炉に対する国内ユーザからの期待
- これを踏まえ、海外市場の調査を実施し、特に伸ばしていく特長(魅力)を整理

次世代軽水炉の特長(魅力)

- 建設単価・発電コストの低減
 - 経済性に関し、国内外ユーザ共に炉型選定の際、最も着目するのは建設費
 - また、発電コストは、特に海外において他電源に対する競争力の指標として原子力建設の意志決定における重要な因子となっている
- 世界最高水準の安全性
 - これまでに達成してきた安全性を確保しつつ、シビアアクシデント、航空機落下、地震や津波等外的事象やセキュリティに対する裕度を向上したプラントが世界的にも望まれている
 - 開発目標では社会受容性として分類しているこれらの要件は、一般的には安全という概念に含まれるため、「世界最高水準の安全性」を特長の一つとして設定した
- 運転し易く使い易いプラント
 - ユーザの豊富なプラントの運営や運転経験を反映し、保守性をさらに向上させた設計は、国内はもとより海外への円滑な導入にとっても大きな魅力となる

§ 3 次世代軽水炉の概要 — 3.2.1 BWR (1/4)

- 次世代BWRの概念は、豊富な建設経験と運転実績を蓄積してきたABWRをベースに、インターナルポンプ(RIP)、制御棒駆動機構(FMCRD)などの優れた特長を有する技術は踏襲しつつ、新技術の開発により魅力ある炉概念を確立した
- 電気出力 176万kW
 - 中規模出力への対応: インターナルポンプ台数を6台に減らし出力94万kW級へ対応



§ 3 次世代軽水炉の概要 — 3.2.1 BWR (2/4)

経済性 — 建設単価・発電コスト低減の追求 (1)

■ 原子炉システムの高性能化

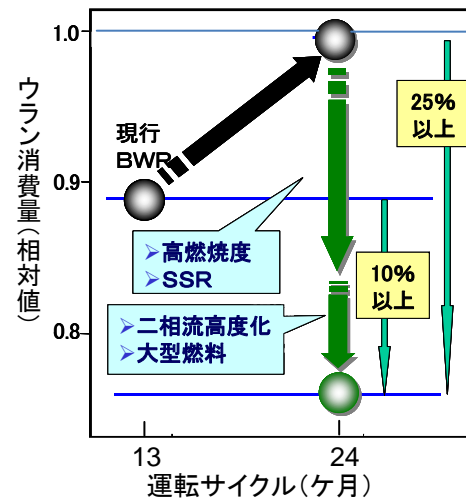
エネルギーの安定供給(ウラン消費量10%以上低減)と燃料サイクルコスト大幅(約10%)低減

環境負荷の低減(使用済燃料の約30%削減、廃棄物量大幅低減)

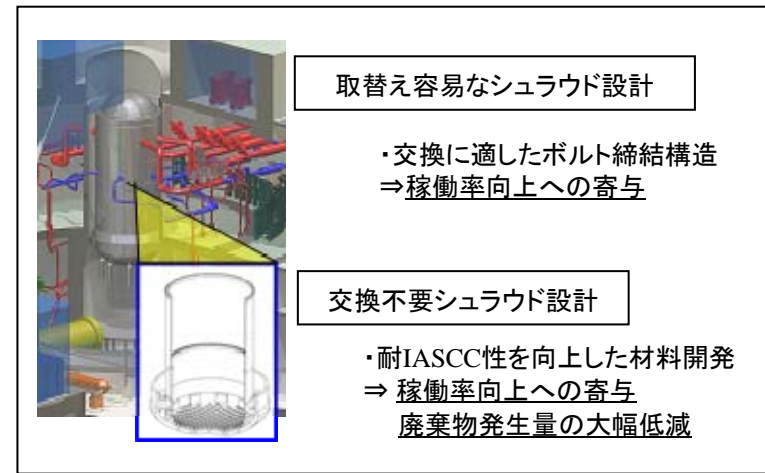
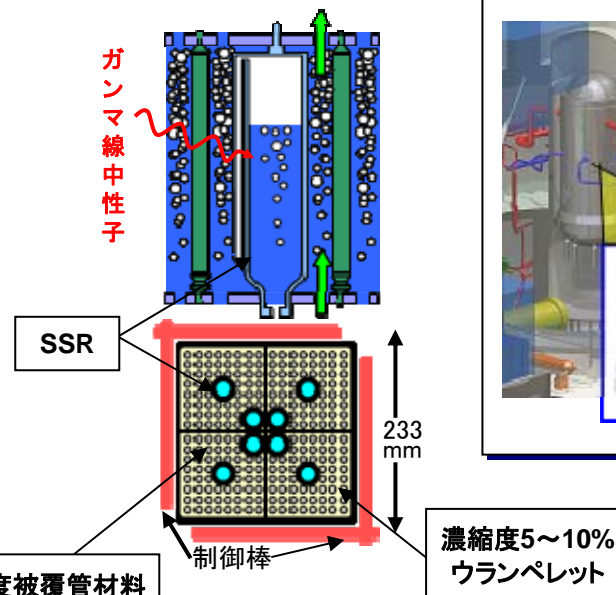
- ・スペクトルシフト炉心
(RIP*による流量制御幅拡大 約40%, SSR)
- ・大型燃料[1.5倍K格子]
(大型制御棒/従来型FMCRD*活用)
- ・燃料内二相流挙動解明技術

・更なる高燃焼度(70GWd/t)の燃料開発

・長寿命(80年)炉内構造物材料開発



炉心高度化によるウラン消費量の低減



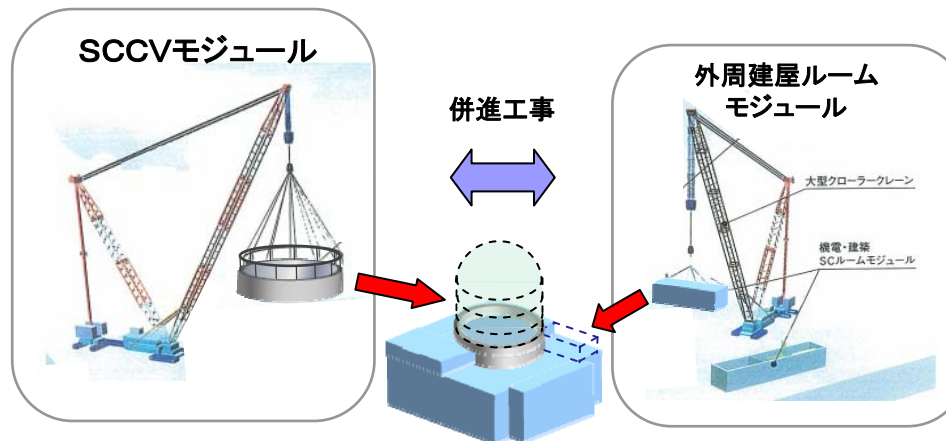
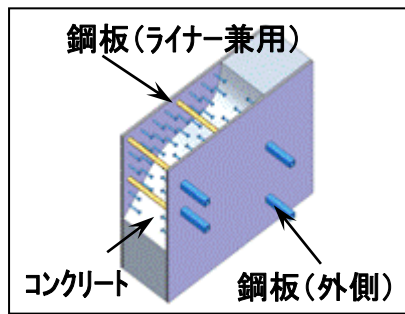
【注】*印はABWR技術を継承するもの
SSR:スペクトルシフトロッド(改良型水ロッド)

§ 3 次世代軽水炉の概要 — 3.2.1 BWR (3/4)

経済性 — 建設単価・発電コスト低減の追求(2)

■ 建設工法の高度化

- 大型モジュールを採用した先進工法 (ABWR技術) の更なる高度化
- インフラ・労働者など建設サイト環境に依存しない高信頼化工法
 - SC構造PCVと建屋の独立併進工事
 - SC構造採用でのモジュール多用化による現場作業の削減
 - PCV-円筒建屋の徹底標準化、周辺建屋の工法自由度拡大 (海外現地施工可)
- 世界最短工程 (30ヶ月) での建設



§ 3 次世代軽水炉の概要 — 3.2.1 BWR (4/4)

安全性 — 世界最高水準の安全性

- 世界的な安全要求に対する合理的な対応
 - 高温・高圧状態からの早期事象収束のための合理的な動的システム (ABWR技術の継承)
 - 長期SBO対応、最終ヒートシンク多様化、地震・津波対策強化のための静的システムの活用
 - 溶融デブリの保持・冷却と静的システムを用いた崩壊熱除去によるPCVノーベント
 - 航空機落下対策ドームと安全系分散配置
 - 免震装置採用による残余のリスクに対する裕度拡大 (1.5倍以上)

	ABWR	次世代BWR
動的システム	HPCF × 2	—
	LPFL × 3	LPFL × 3
	RCIC	RCIC
静的システム	—	IC PCCS

ハイブリッド安全系

航空機落下対策ドーム

安全系分散配置

免震装置

運営・運転・保全性 — 運転し易く使い易いプラント

- 高稼働率 (97%) と保守物量低減 (約30%*)
 - 安全設備の簡素化 (注入ポンプ約4割削減)
 - 機器交換・保守が容易な配置・建屋設計
 - 運転中メンテナンス対応
 - トータルマネジメントシステムを利用した保守性向上
 - 運転・保守時の被ばく低減 (水化学技術等)
- 運転信頼性と操作性向上 (ABWR技術の継承)
 - デジタル技術の採用
 - 監視・操作機能の集約化
 - 自動化範囲の拡大

円筒建屋内への機器の集約設置

メンテナンス確保が容易

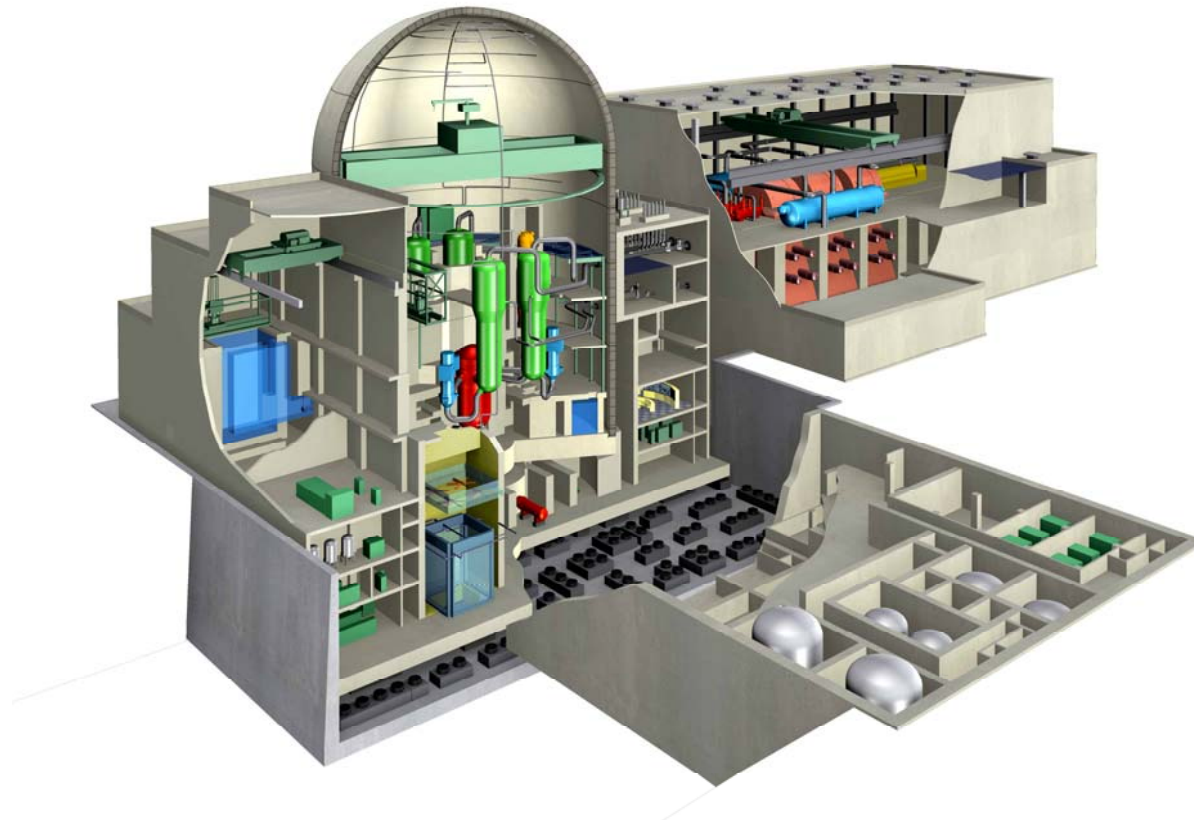
大型機器搬出入確保

最下階安全系区分
アレンジが容易

*) 発電電力量当たりで評価すると対ABWR比で50%低減

§ 3 次世代軽水炉の概要 — 3.2.2 PWR (1/4)

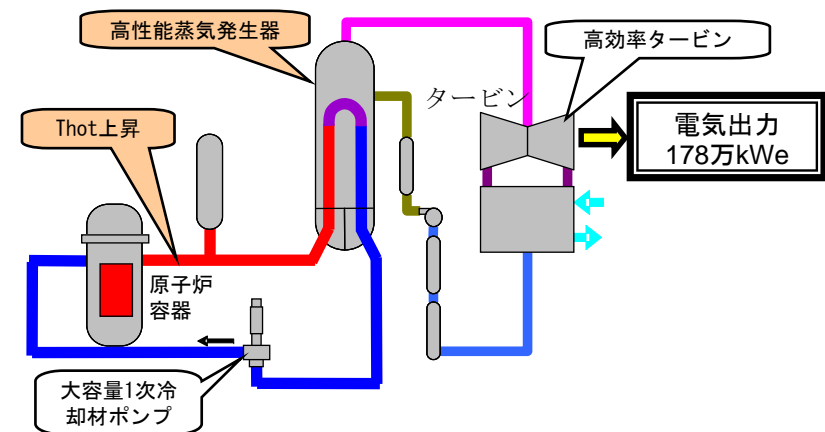
- 次世代PWRの概念は、良好な運転実績と建設実績を蓄積してきたPWRをベースに、APWRで取り入れた炉心や蒸気発生器などの大型化と信頼性向上技術を継承しつつ、新技術の開発により魅力有る炉概念を確立した
- 電気出力 178万kW
 - 中規模出力への対応: 2ループ化し85万kW級に対応



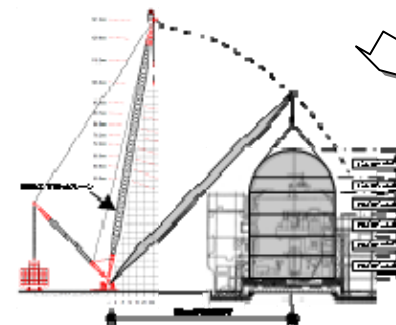
§ 3 次世代軽水炉の概要 — 3.2.2 PWR (2/4)

経済性 — 建設単価・発電コスト低減の追求(1)

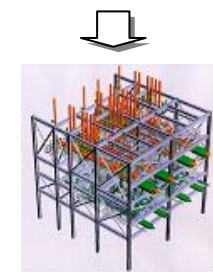
- 世界最高熱効率の達成(約40%)
⇒ 大出力178万kWeのスケールメリット
 - 炉心出口温度(T_{hot}) 330°Cに上昇
 - 耐食性に優れた新材料採用
 - 燃料被覆管材料
 - 蒸気発生器伝熱管材料
 - 高性能蒸気発生器
 - 稠密伝熱管配列(伝熱面積拡大)
 - エコノマイザ(伝熱効率向上)
 - 大容量1次冷却材ポンプ
 - 高効率タービン
- 大モジュール化工法適用による建設期間の大幅短縮と工期遵守
 - 船殻構造適用による原子炉格納容器の大型モジュール化
 - 造船で培った超大型複合モジュール適用
 - PWR建設におけるモジュール化を発展



造船で培った技術の活用



船殻構造大型モジュール型格納容器の建設

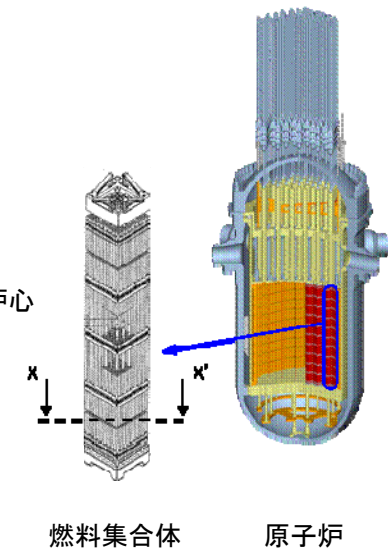
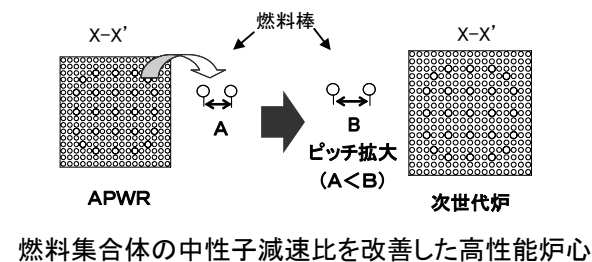
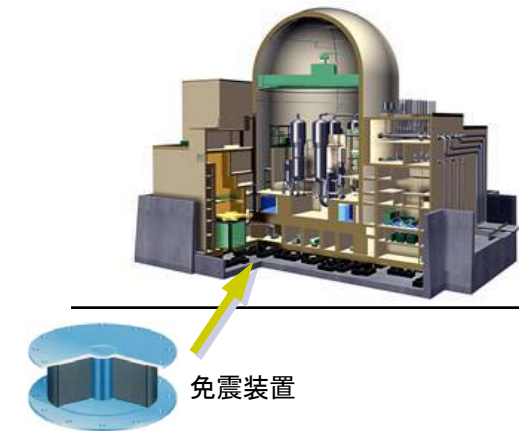


超大型複合モジュール

§ 3 次世代軽水炉の概要 — 3.2.2 PWR (3/4)

経済性 — 建設単価・発電コスト低減の追求(2)

- 免震設計導入によるプラント標準化の推進
 - 免震設計を格納容器を含む原子炉建屋に導入
 - 地震条件の差を免震装置で吸収することにより標準的な構造設計が可能
- 燃料サイクルコストの大幅低減
 - 超高燃焼度化燃料
 - 取出平均燃焼度70~90GWd/t
 - 高度化炉心
 - 燃料集合体構造最適化
 - 燃料棒ピッチ拡大により中性子減速比を最適化
 - 大型高性能制御棒システム
 - 炉心制御能力の強化
 - 新型炉内構造
 - 大型燃料集合体用の新設計炉内構造
 - 上記技術による省ウラン、放射性廃棄物削減効果
 - 残存U濃縮度: 約20%以上低減
 - 使用済燃料体数: 約30%以上低減
 - ほう酸廃棄物及びトリチウム放出量: 大幅低減

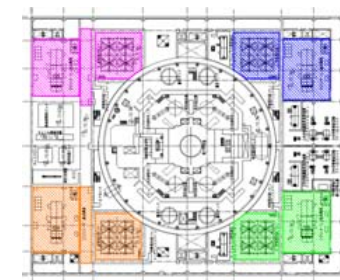
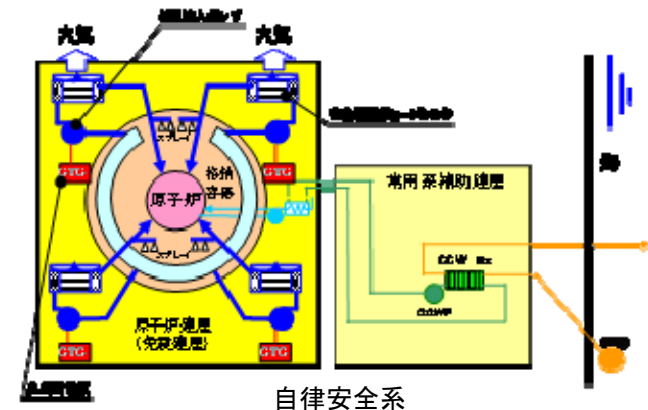


§ 3 次世代軽水炉の概要 — 3.2.2 PWR (4/4)

安全性 — 世界最高水準の安全性

■ シンプルな自律安全系による大地震や航空機落下に対する信頼性と安全性の強化

- ヒートシンクと冷却サイクルの多様化
 - 安全系: 大気をヒートシンクとする直接空冷サイクル
 - 常用系: 海水をヒートシンクとする冷却サイクル
- 免震原子炉建屋内への安全系完全分離配置
 - ヒートシンク、冷却系、非常用電源
- 完全分離4トレン安全系採用
- APWR技術の継承
 - 高性能蓄圧タンク(パッシブ概念による流量制御)
 - 格納容器内燃料取替用水ピット、ほか

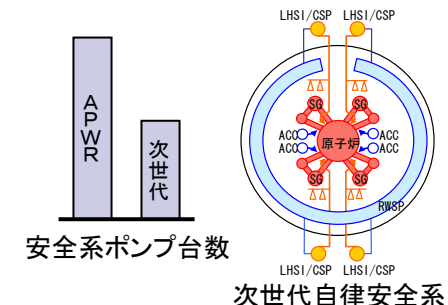
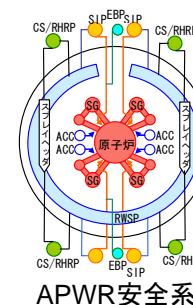


安全系区分の分散配置
(運転中の保守区画との分離を徹底)

運営・運転・保全性 — 運転し易く使い易いプラント

■ 保守物量の削減と保守性の向上

- 自律安全系による安全系ポンプの約6割削減
- 完全分離4トレン安全系採用による運転中保守対応
- 保守性に良い機器の導入(ガスタービン発電機)
- トータルマネジメントシステムによる状態監視を利用した保守頻度最適化



安全系ポンプ台数

§ 3 次世代軽水炉の概要 — 3.3 要素技術開発

- 要素技術開発は、プラントメーカーが主体となり、電気事業者、大学等有識者、関連する燃料や材料メーカー、建築会社等の参画を得て、我が国の総力を挙げた取組みにて実施し、技術成立性や実用化見通しを得ることができた

特長	要素技術		
建設単価・発電コスト低減の追求	共通		次世代軽水炉燃料の実用化研究(ウラン濃縮度5~10wt%)① 免震装置の実証②
	BWR	2010~ 新規	BWR次世代燃料の開発① スペクトルシフト燃料の開発① 高性能炉心燃料内気液二相流挙動解明試験技術開発① 原子炉内流動試験及び解析手法開発 SC構造格納容器の開発④
	PWR	新規 新規 新規	PWR次世代燃料の開発① 高度化炉心の開発 高性能蒸気発生器の開発 蒸気発生器伝熱管材料の開発③ 船殻構造格納容器の開発
世界最高水準の安全性	BWR	新規 新規 新規	静的格納容器冷却系のシステム挙動試験 静的デブリ冷却システムの除熱特性基礎試験 大口徑ベント管動荷重試験
	PWR	新規 新規	自律安全系の開発 溶融デブリ対策(IVR)の研究
運転し易く使い易いプラント	共通	~2010	プラントデジタル化技術の開発(TMS)⑥
	BWR		炉内構造部材開発③ 材料・水化学技術の高度化③
	PWR	新規	二次系水化学技術の開発

FSで設定された開発の6つのコアコンセプト

- ① 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
- ② 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
- ③ プラント設計寿命80年とメンテナンス時の被ばく線量の大幅な低減を目指した、新材料開発と水化学の融合
- ④ 斬新な建設技術の採用による建設工期の大幅短縮
- ⑤ パッシブ系、アクティブ系の最適組合せによる、世界最高水準の安全性・経済性の同時実現
- ⑥ 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

【凡例】 新規: 2011年度から開発開始する要素技術

①~⑥: 6つのコアコンセプトに基づく開発

§ 4 円滑な導入に向けて — 4.1 市場調査 (1/2)

- 2050年までの世界全体の原子力発電需要の増加は200～1,000GWe

- 米国、欧州も2030年頃からリプレイス需要が増加

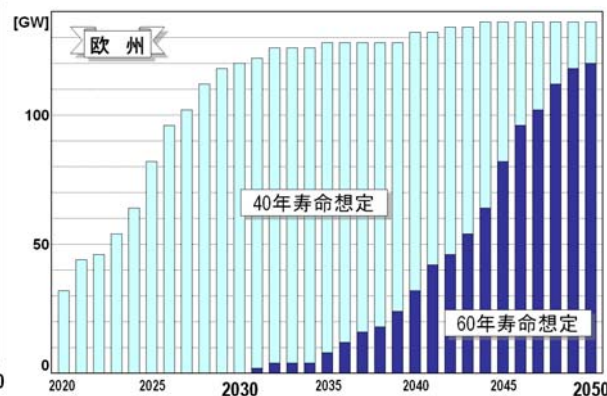
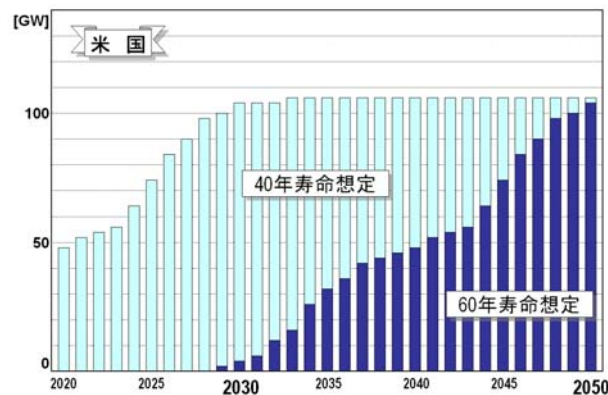
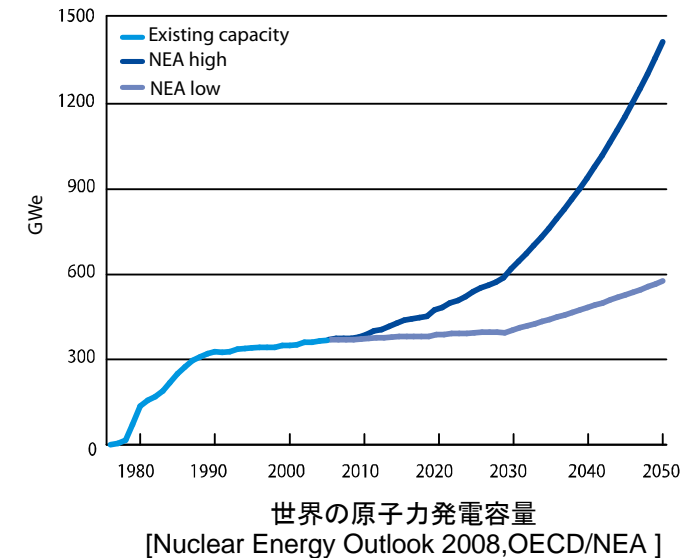
- 米国: 約100GW(約100基)* → 約55基相当**
- 欧州: 約120GW(約130基)* → 約65基相当**
- 日本: 約 30GW(約 40基)* → 約15基相当**

*. 2030～2050年の間に運開60年を迎えるプラント容量と基数

** 次世代軽水炉(180万kW級)でリプレイスした場合の基数

- これらの調査結果から、重要な海外市場として、大きな需要が期待できインフラや規制環境も成熟している米国及び欧州を設定

Figure 3.11: Global nuclear capacity^L in the NEA high and low scenarios



米国、欧州、日本の既存炉寿命の推移
[世界の原子力発電の動向, 原産協会, 2009]

§ 4 円滑な導入に向けて — 4.1 市場調査 (2/2)

- 調査結果は、国際標準炉として考慮すべき条件でもあり、これらを踏まえ開発目標を設定すると共に、プラントの特長を整理(第2章及び第3章参照)

調査結果のまとめ

- 米国、欧州、日本では、運転年数60年を迎える軽水炉発電プラントは2030年前後から多くなり始め、2050年迄に約270基と予想できる(導入シナリオに反映)
- 炉型選定の際には建設単価が最も重要である(開発目標、特長に反映)
- 原子力発電の建設決定の重要な指標として発電コストが挙げられ、他電源に対し競争力が必要である(開発目標、特長に反映)
- 建設期間短縮と共に工期が遵守できることが重要である(開発目標、特長に反映)
- 安全性は現行最新の軽水炉発電プラントが有する水準の確保に加えセキュリティ対策が必要である(開発目標、特長に反映)
- 新技術はプラント導入時迄に十分な成熟度を有する必要がある(開発目標に反映)
- 米欧の許認可、建設、運転に対応できる必要がある(開発目標に反映)

§ 4 円滑な導入に向けて — 4.2導入シナリオ(1/2)

基本的考え方

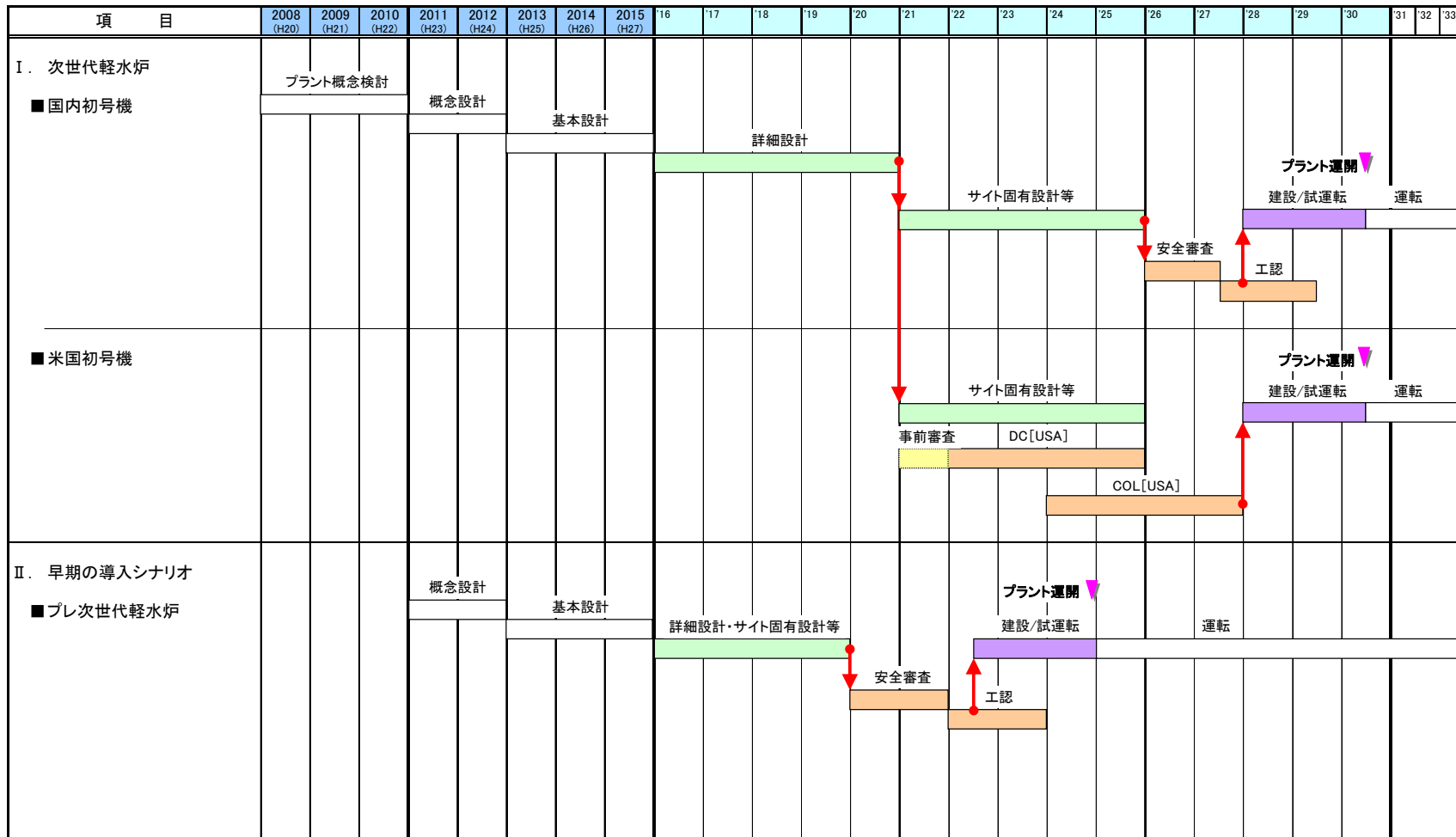
- 初号機のプラント運転開始は2030年頃までを目標とする
- 2号機以降は標準化効果により、許認可、建設及び運転保守に係るコストとリスクを低減し、導入促進を図る
- 適用する新技術は、安全性・信頼性を確保するため確証試験等を実施し、知見や経験を蓄積すると共に、実機への先行適用等により技術の成熟化を図る

導入シナリオ

- 2015年迄に基本設計完了、詳細設計と個別・製作設計を2025年迄に完了させ、2026年から安全審査、工認、建設・試運転を経て2030年に運転開始
 - 技術開発と同時に、実用化に必要な規制と規格基準の整備を一体的に進める
- 標準プラントに相応しい安全規制制度などの整備を進め、許認可リスクの低減と共に、習熟効果などによるコスト低減をはかりつつ2号機以降の導入を進める
- 新技術は、メーカーが蓄積してきた知見や経験等を踏まえ、実用化に向けた確証試験等を計画的に実施すると共に、導入条件が整った要素技術は、順次、早期の実機適用を図る
- 米国及び欧州を海外展開における重要市場と設定し、これら市場での許認可取得も含め、開発スケジュールを変更することなく2030年に運転開始可能なものとする
- アジア等の新規原子力導入国は、国内や米欧における取組を踏まえ、各国の原子力開発計画等を考慮し柔軟に進める
 - 規制制度や規格基準及びプラント運用技術等を一体として導入される場合は、国、電気事業者、メーカーが一体となり取組む

§ 4 円滑な導入に向けて — 4.2導入シナリオ(2/2)

- 開発要素技術が全て揃う次世代軽水炉の運転開始は2030年頃
- 開発に長期を要する燃料や炉心等一部の技術を除いたものについては、プレ次世代軽水炉の形で5年程度早めた導入が可能



§ 5 安全規制及び規格基準の整備

- 次世代軽水炉の特長や性能が最大限発揮できるよう、また、国内外市場への円滑な導入を図る観点から、安全規制及び規格基準の整備を進める
- 検討が必要な項目を以下の3分類に従って抽出し、規制や規格基準の整備に係る課題とその取組をロードマップにまとめた

分 類	検討対象項目	課題、取組の概要
(A) 新技術の適用にあたって安全規制や規格基準の新規策定や更改が必要となるもの	<ul style="list-style-type: none"> ・次世代軽水炉燃料 ・免震技術 ・新材料(炉構材, 蒸気伝熱管材等) ・SC構造格納容器等 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現行規制の評価条件や解釈の明確化、民間規格基準の新規策定や追加改訂を行う必要がある ■ 民間規格基準等を整備し、規制側のエンドースを得る(開発段階にて規制・規格基準の整備に必要なデータを合理的に取得)
(B) 運営・運転・保全性の改善に関するプラントの特長・性能の発揮のため必要となるもの	<ul style="list-style-type: none"> ・検査制度の合理化 ・機器の保守間隔延長等 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 次世代炉の目標である建設期間、稼働率等を達成するため、現行規制上の取扱の明確化等が必要 ■ 既設炉に対する至近の課題として検討が進められており、開発工程への直接的な影響は小さいため、しかるべき時期に取組を再検討する
(C) 国際標準炉として相応しい合理的な安全規制体系など戦略的な見直しが必要なもの	<ul style="list-style-type: none"> ・設計認証制度 ・国際的な安全規制の調和活動(MDEP, IAEA 等) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設計認証制度は、安全を確保しつつ審査を合理化し、立地計画から運開までの期間短縮など円滑な導入に寄与 ■ 国際的な安全規制の調和は各国規制水準の差が縮まり円滑な海外展開が期待できる ■ 法令の枠組みの変更や、国際的な取り組みが必要となるため、利害得失を整理し方針を策定したうえで進める

§ 6 開発計画とロードマップ (1/4)

開発計画とロードマップ策定

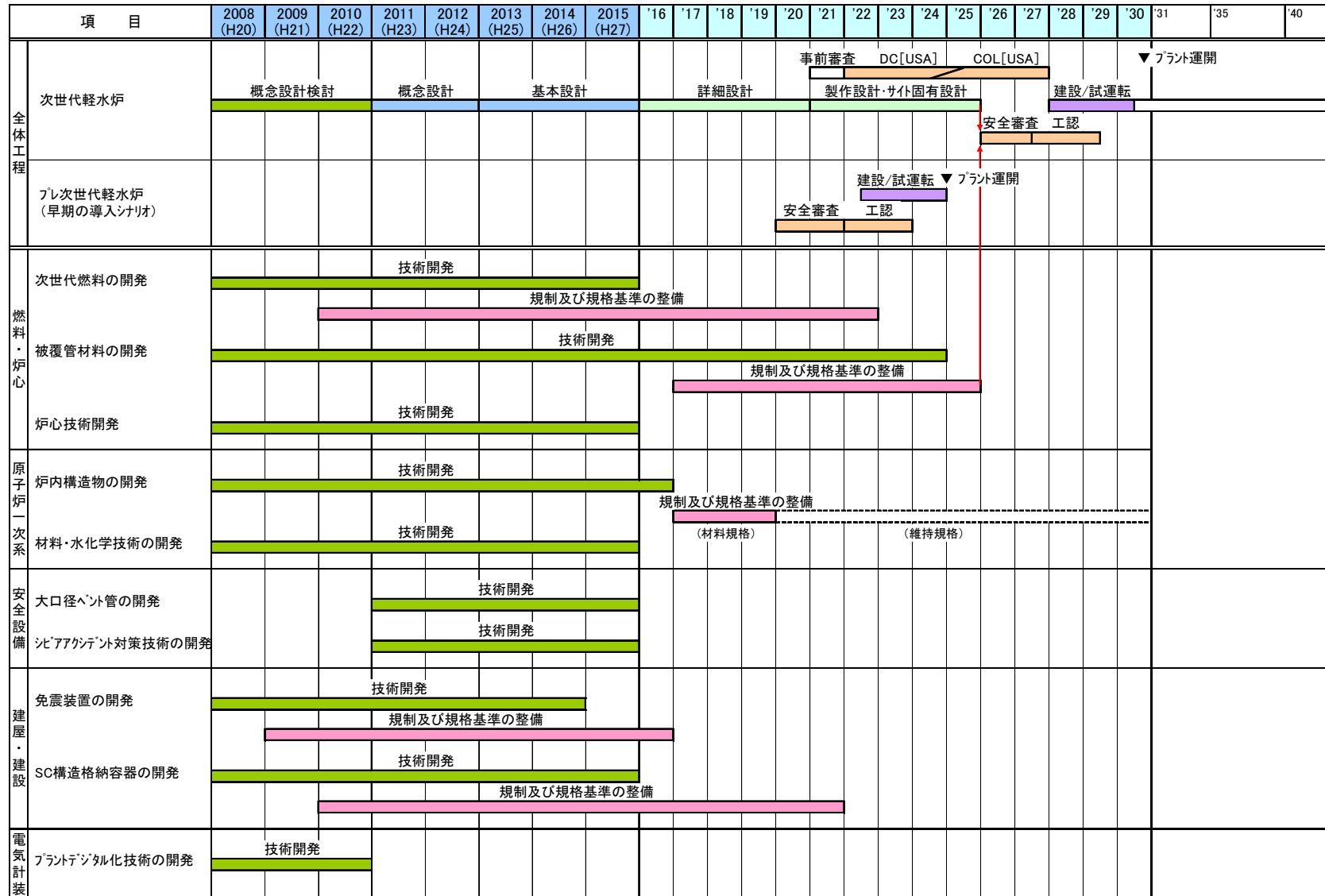
- 導入シナリオに基づき、以下の各取組の整合性をとりロードマップをまとめた
 - プラント全体の開発計画
 - 要素技術の開発計画
 - 安全規制及び規格基準の整備計画

国際展開の促進について

- 国際的な規制や規格基準の整備、並びに国際的な評価の獲得のため、関係する国際機関や国と連携をとり、その活動などの活用の有効性を評価した上で取組を進める
【例】
 - IAEA安全基準
 - OECD/NEAの国際共同研究事業や二国間協カスキーム
 - MDEP特定課題ワーキンググループ
 - IAEA設計レビューサービス
- 国際的な次世代軽水炉への関心を喚起し、国際展開を促進する
 - 国際会議等でのプレゼンテーションや論文・記事の投稿
 - ホームページ上での英文情報提供サービスの充実等
 - メーカー、電気事業者、国が一体となり国際展開を推進していることをそれぞれの活動においてアピールすることも有効
- なお、これらの活動を実施していくことにより、国際的に活躍できる国内原子力技術者の育成にも繋がるものと期待

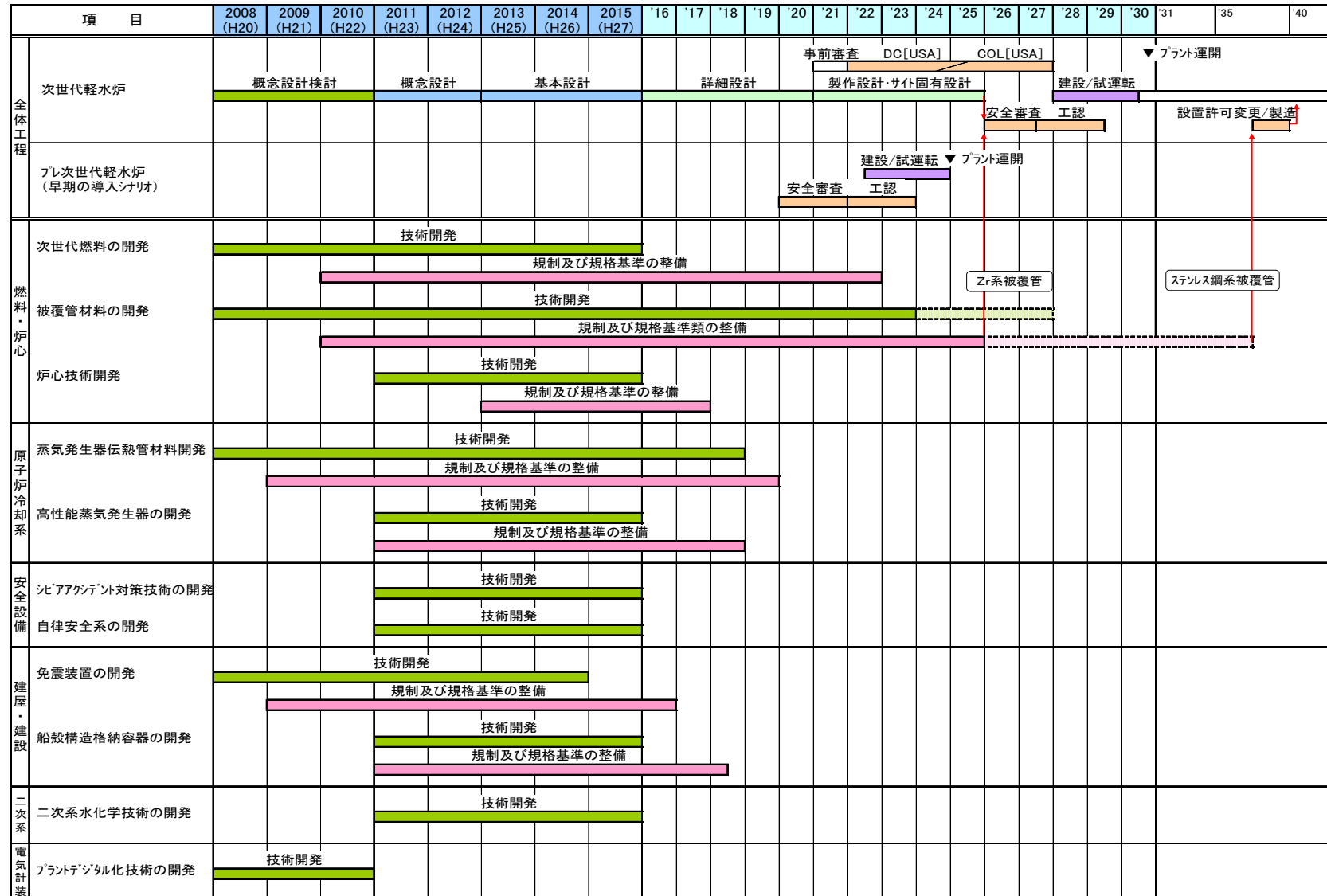
§ 6 開発計画とロードマップ (2/4)

BWR開発全体ロードマップ



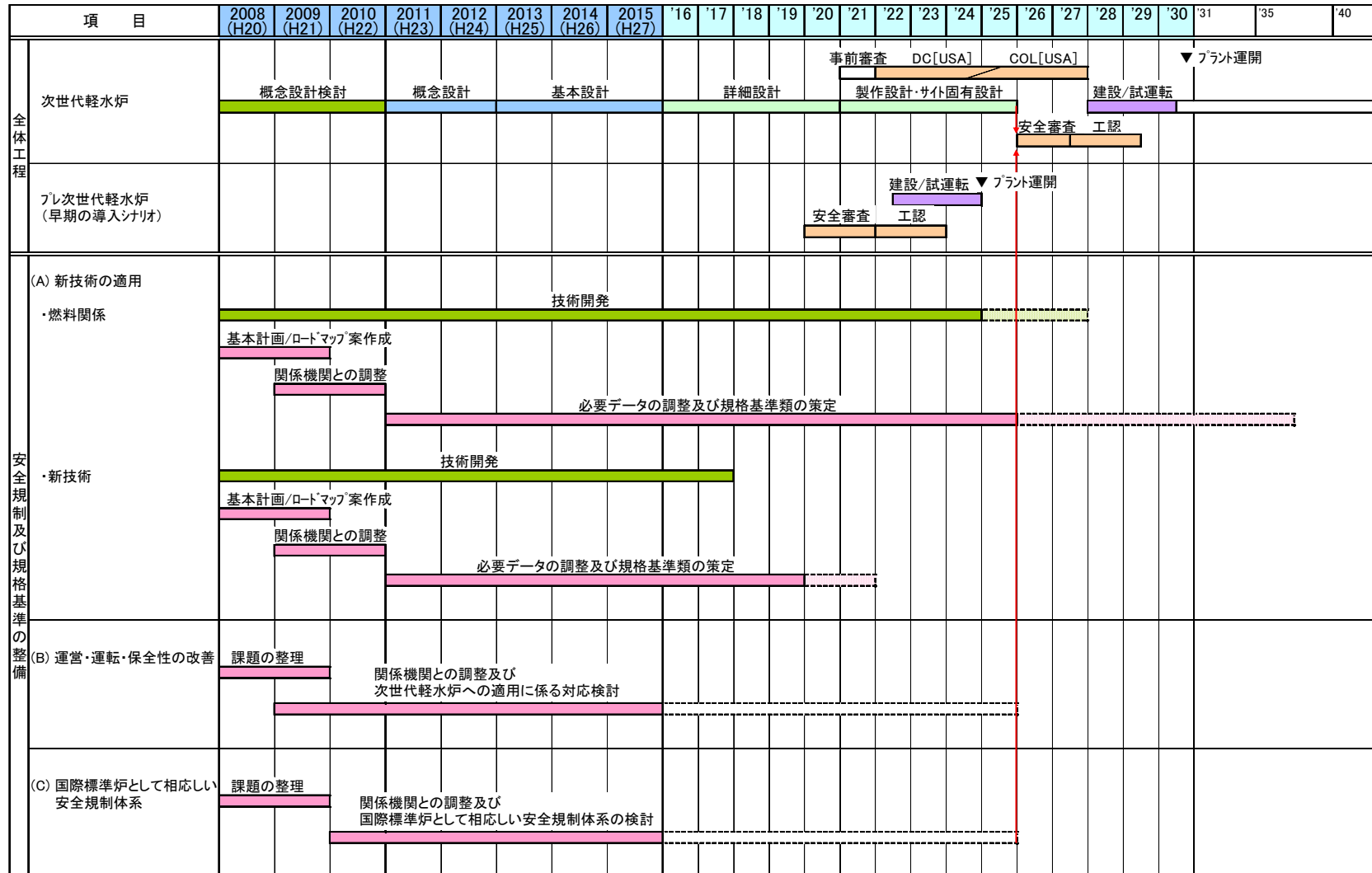
§ 6 開発計画とロードマップ (3/4)

PWR開発全体ロードマップ



§ 6 開発計画とロードマップ (4/4)

安全規制及び規格基準の整備ロードマップ



§ 7 開発推進

- 開発にあたっては、国、電気事業者、メーカーが互いに連携しつつ全体の最適化に向けて応分の役割を担う必要があり、エネルギー総合工学研究所を中核機関とする協働体制を確立すると共に、実効性のあるPDCAプロセスを進める体制を確立し、開発推進
- HP以降、本格的な開発段階に移行することを踏まえ、さらに開発の効率化を進める
 - 中核機関は、本プロジェクトの事務局的功能を果たすと共に、調査研究機関としての中立的な立場とノウハウを活かした安全規制及び規格基準の整備や国際展開等の対外調整に係る活動に取り組む
 - メーカーは、プロジェクトの進捗を踏まえ、要素技術、プラント概念等の研究開発及びそのマネジメント、安全規制及び規格基準の整備や国際展開等の検討について主体的に取り組む
 - 電気事業者は、要素技術、プラント概念等の研究開発及びそのマネジメント、安全規制及び規格基準の整備や国際展開等の検討について、ユーザの立場から積極的に協力を行う
 - 国においては、次世代軽水炉開発の政策上の重要性に鑑み、引き続き必要な予算確保に向けた取組を進めると共に、国際展開に向けた環境整備を進めることが期待される

【参考】

■ 総開発費について

- 総開発費は、現時点では550億円程度の見込み
- 開発費については、国と民間でおおよそ半分ずつ負担

(注1) 総開発費については、当初600億円程度を見込んでいたが、2年間の成果に基づく詳細な開発計画の明確化や合理化などにより、現時点では550億円程度と見込んでいる

(注2) 上記総開発費に含まれていないメーカ自主開発テーマについて、その開発費は200億円程度の見込み

§ 8 評価 — 8.1 目標達成度評価 (1/3)

- 設定した開発目標に対する達成度を評価し、概ね満足する見通しを得た

項 目	主 な 要 件	達成度評価
1. 基本条件	電気出力:170～180万kW	BWR: 176万kW級 ・炉心熱出力増、機器容量増加と高性能化
		PWR: 178万kW級 ・炉心熱出力はAPWRと同等ながら、熱効率向上、機器容量増加と高性能化
	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	BWR: 主機の基数や容量削減(RIP6台構成等)により標準化効果を阻害せず94万kW級に対応
		PWR: 2ループ化による主機基数削減により標準化効果を阻害せず85万kW級に対応
2. 安全性	国際的に遜色のない水準の炉心損傷頻度及び格納容器機能喪失頻度	外的事象を含め、最終ヒートシンク多様化など現行最新プラントより信頼性が向上されており、左記水準を達成見通し
	シビアアクシデント対策を設計上考慮	以下の対策を設計上考慮 BWR: デブリ冷却設備、静的格納容器冷却系 PWR: IVR、1次系減圧、最終ヒートシンク多様化

§ 8 評価 — 8.1 目標達成度評価 (2/3)

項 目	主 な 要 件	達成度評価
3. 経済性	建設単価(成熟機): 約13万円/ kW	目標まで達成していないが海外の最新炉に比べ十分に低く競争力がある
	建設期間: 30ヶ月以下(岩盤検査～運転開始)かつ工期が遵守できること	30ヶ月かつ工期遵守可能 ・モジュール化工法採用(BWR:SC構造格納容器、PWR:船殻構造格納容器)により建設現場環境や労働者資質の影響の排除が可能
	時間稼働率: 97%(寿命平均)、24ヶ月運転サイクル	約97%, 24ヶ月運転サイクル ・定検期間を燃料交換中心や機器保守を中心とする短期/中期/長期に最適化しプラントライフ中に振り分け実施
	プラント設計寿命: 80年	80年(原子炉容器、格納容器及び原子炉建屋コンクリート構造物)
	発電コストは他電源に対し競争力を有すること	現行の原子力発電コストは、OECDによると、石炭火力や天然ガス燃焼複合サイクルプラント等の他電源に比較し、割引率5%で競争力を有し、割引率10%では北米や欧州で拮抗するが、建設単価、保守物量大幅削減、燃料サイクルコスト削減効果により、競争力を確保できる見通し

§ 8 評価 — 8.1 目標達成度評価 (3/3)

項 目	主 な 要 件	達成度評価
4. 社会的受容性	環境への放射性物質の大規模放出の確率を十分に低くできる設計であること	シビアアクシデント対策を設計上考慮しており、かつ、安全系トレン分離等の設計強化により要件を達成可能
	地震、津波に関する残余のリスクへの裕度を確保	免震により基準地震動の2倍以上の裕度を確保、並びにヒートシンク多様化(大気)により海水冷却系使用不可時でも安全に停止可能
	米欧の航空機落下とセキュリティ対策に対応可能	格納容器及び原子炉建屋壁にて航空機衝突を防護、並びに安全設備の物理的分離配置による対策強化により達成可能
	従事者線量: 現行水準を十分に下回るものであること	保守物量の削減、保守性の向上、保守作業の合理化により達成可能
5. 運営・運転・保全	保守物量: 現行最新プラントの50%	50%程度削減(単位発電電力量あたり)
	保守性の向上、保守負荷の平準化	メンテナンスフリーや保守性の良い機器採用、信頼性重視保全(RCM)やオンライン保守による平準化等
	炉心設計: 取出平均燃焼度70GWd/t、全炉心MOX対応	BWR: 70GWd/t, 全炉心MOX対応可能
		PWR: 70~90GWd/t, 全炉心MOX対応可能
	新技術はプラント導入時迄に十分な成熟度を有すること	開発段階における確証試験等の実施、早期技術導入により成熟度を高める
6. 国際標準	米欧の許認可・規格基準類へ対応可能	米欧のユーザ要件並びに安全規制に適合可能
	立地条件によらずに標準的な設計が可能	免震設計導入により標準化した設計

§ 8 評価 — 8.2 総合評価 (1/3)

【プラント概念】 ユーザにとって魅力的で国際標準炉となり得るプラント概念(BWR、PWR各1炉型)が構築できているか

- BWR及びPWR各1炉型のプラント概念は、ABWR/APWRで実績のある技術や経験を継承しつつ開発目標を概ね達成し、国内外ユーザにとって魅力的で、国際標準炉となり得る見通しがあるものと評価
 - BWR:176万kW／PWR:178万kWの大出力化によるスケールメリット
 - 国際的にも現行水準の建設単価に対する十分な優位性が確保されている
 - 大モジュール化工法等による建設期間30ヶ月への短縮、建設費削減及び工期遵守
 - 免震技術や安全システムの強化による外的事象やシビアアクシデントへの対応
 - 発電コストの他電源に対する競争力確保
 - 米国及び欧州の許認可、規格基準への対応
 - 新技術の成熟化に対する取組
- また、次世代軽水炉は、21世紀を越えて長期にエネルギー供給を担って行くことを考慮すると国内ユーザのみならず広く社会に訴える魅力が求められるが、プラント概念は、環境や資源の保護といった持続可能性の観点や、モジュール化や免震など我が国の優れた技術力を活かす観点からも、優れた特長を有するものと評価

§ 8 評価 — 8.2 総合評価 (2/3)

【実用化】 必要な規制及び規格基準の整備を含め、プラントの実用化を踏まえた開発ロードマップが描かれ、関係機関と共有されているか、また、早期の実用化見通しが得られているか

- 要素技術開発について、これまで約2年間の技術検討や試験等により実用化の見通しを得たと評価
- また、今後必要な要素技術開発についても、安全規制及び規格基準の整備も含め実用化を踏まえたロードマップが策定され、関係機関と共有されていると評価
 - 2012年度末まで概念設計を継続し、2013年度以降は要素技術開発の進捗、成果を取り込みつつ2015年までに基本設計を完了
 - 2016年度以降は、一部時間を要する照射試験等の技術開発を継続するとともに、規格・基準化活動等を行い、許認可対応を経て、2030年頃に運転開始
 - また、実用化に必要な安全指針・規格基準類の策定・改善等についても、課題やスケジュール等を整理したロードマップを策定し規制機関や学協会との調整を開始
 - 規制機関と意見交換を進めてきた結果、基本政策小委員会報告書において、次世代軽水炉への規制上の対応や設計認証制度の効果や必要性等の検討について明示的に記載され、規制側においても検討課題として認識
- 燃料及び一部の炉心等の技術を除いた技術は、必要な規格基準の整備とエンドースを含め、2024年度末頃にはプラントとしても実用化可能なロードマップが策定されており、早期の実用化の見通しが得られていると評価

§ 8 評価 — 8.2 総合評価 (3/3)

【開発体制】 我が国の総力を挙げた開発体制が実効的かつ効率的に機能していると共に、開発リソースについても有効利用が図られているか

- 開発推進に係る意思決定機関(推進委員会)及びステアリング機関(連絡調整会議及び幹事会)、並びに活動を外部から評価する評価機関(評価委員会)からなる体制を整備し、プロジェクトの進捗管理についてPDCAサイクルを廻しながら進めており、開発体制は実効的、効率的に機能していると評価
 - 評価委員会や技術的検討を行う分科会において、産業界や学協会等の有識者からの助言を得ることにより開発を進めるなど、我が国の総力を挙げた開発体制が実効的に機能している
 - また、中核機関が開催する分科会において、プラントメーカーを始め、関連する燃料メーカー、素材メーカー、建築会社等が最先端の知見を、また、電気事業者はプラント運用技術等の知見を出し検討を進めており、我が国の総力を挙げた開発が行われている
 - プラント概念検討においても、メーカー各社がアイデアを出し合うことにより魅力的なプラント概念の構築に到った
- 開発計画策定にあたり、大学、日本原子力研究開発機構、電力中央研究所、海外の研究機関等の原子力開発に係るノウハウを有する機関と連携を図り、既存設備の有効利用や蓄積された経験・知見などの開発リソースを有効に活用した計画となっていると評価

§ 9 おわりに

- 次世代軽水炉開発は、我が国既設炉のリプレースの円滑化、原子力産業の国際展開と競争力の確保、それらを支える技術と人材の維持・強化に資するものとして着手
- これまでの約2年間の取組により、期待のとおり成果を得ることができた
 - BWR及びPWRそれぞれ1炉型のプラント概念が構築され、その概念の成立性や要素技術の実用化の見通しを得た
 - プラントの実用化と特長を活かす観点から安全規制及び規格基準の整備に係る検討を進め、今後必要となる取り組みに関しロードマップを策定し、関係者と協議を開始した
 - 中核機関、メーカ及び電気事業者の協働体制を確立し、規制機関、大学や研究機関の有識者等の参画を得た我が国の総力を挙げた取組により開発を実施してきた
- これまでに確立した次世代軽水炉のプラント概念は、国内外のユーザにとって魅力的な経済性、安全性等の特長を有するものと評価している
 - 競争力のある建設単価、発電コスト、短期の建設期間、設計標準化などは、国内リプレースの円滑化と共に国際展開の促進に資するものである
 - 大出力化により電力需要増への対応も可能なこと、また、設計標準化等により建設リードタイムの短縮が期待できることは、その経済性や安全性、社会受容性と相まって、リプレースを促進するものと考えられる
- 開発の成功のために、今後も引き続き、中核機関、メーカ、電気事業者、国が連携して応分の役割を担い、さらに規制機関や大学、研究機関などの関係者も含め、我が国の総力を挙げた体制にて取り組んでいくこととしたい