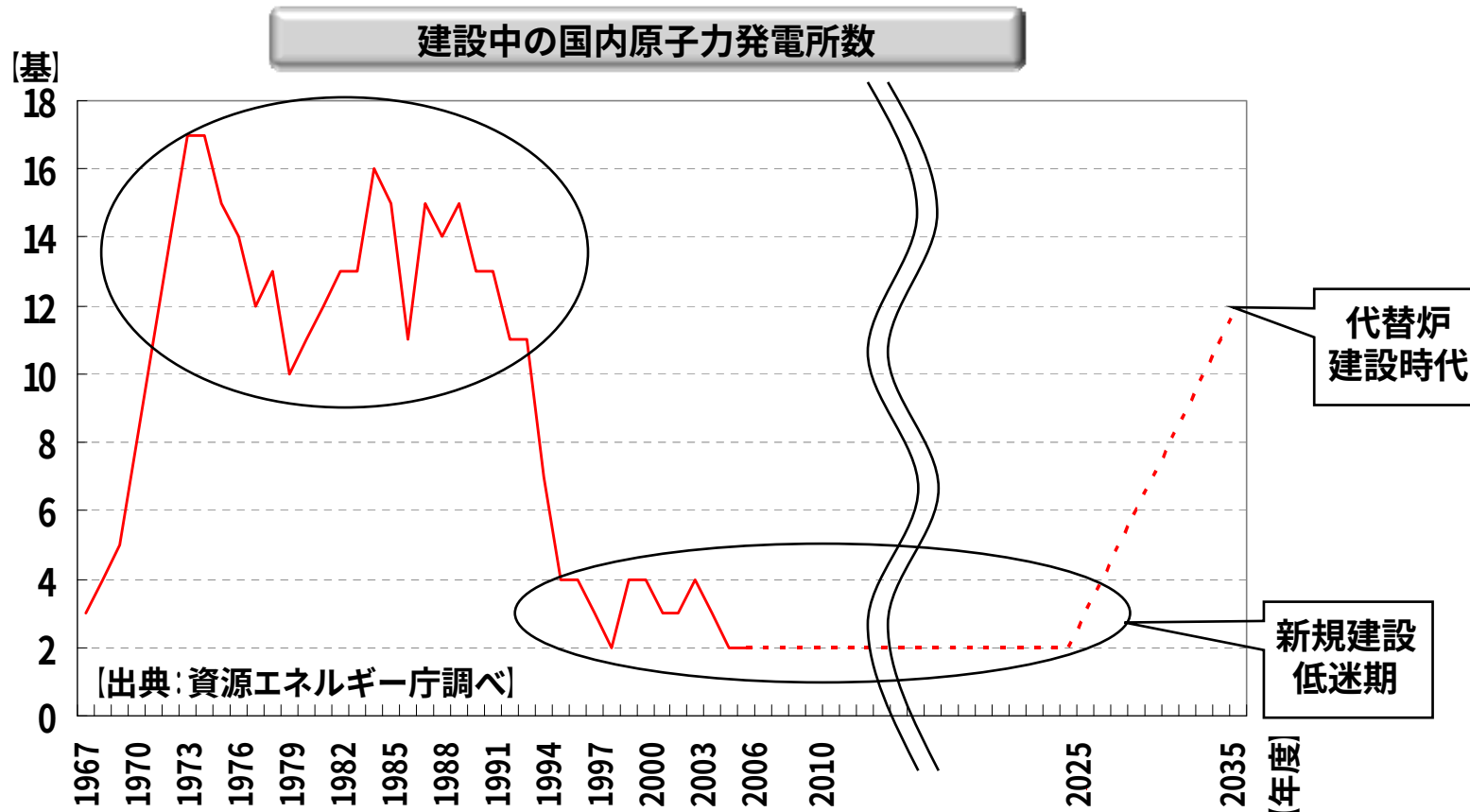


技術・産業・人材の厚みの確保・進展

○2030年前後の代替炉建設時代までの間、我が国原子力産業の技術・人材の厚みを維持できるか、はエネルギー政策上の深刻な課題。

- － 官民一体での次世代軽水炉開発プロジェクトの着手
- － 世界市場で通用する規模と競争力を持った原子力産業の実現
- － 現場技能者の育成・技能継承の支援
- － 大学等の原子力人材育成



世界標準を獲得できる次世代軽水炉の開発

- 2030年頃に見込まれる既設炉のリプレース需要に備え、08年度より、官民一体で、グローバル市場で海外の競合炉に勝てる次世代軽水炉開発を開始。
- 欧米の最新鋭炉に関する設計要件なども踏まえつつ、国内の電気事業者からの共通要求(電力要件)を元に開発目標を設定。

各メーカーが現在、建設・開発中の最新鋭炉

	100～120万kW級		130～170万kW級		
BWR			ABWR サイズ 135～150万kW 主な特徴 インターナルポンプによる再循環系 米国DC 取得済 建設実績 国内4基 建設予定 国内2基、台湾2基建設中。国内7基、米国2基(東芝)建設予定。		ESBWR サイズ 155万kW 主な特徴 自然循環方式のシンプル構造、フルパッシブ化 米国DC 審査中 建設実績 なし 建設予定 米国6基建設予定。
PWR	ATMEA1 サイズ 100～115万kW 主な特徴 ハイブリッド安全系、柔軟な運転性 米国DC なし 建設実績 なし 建設予定 なし	AP1000 サイズ 110～120万kW 主な特徴 安全系のパッシブ化、炉のコンパクト化 米国DC 取得済 建設実績 なし 建設予定 米国14基、中国4基建設予定。	APWR サイズ 150万kW 主な特徴 大型化、炉心改良 米国DC なし 建設実績 なし 建設予定 国内2基建設予定。	EPR サイズ 160万kW 主な特徴 4重安全系、航空機落下対策等、既存技術で最高の安全性追及 米国DC 審査中 建設実績 なし 建設予定 フィンランド1基、仏1基建設中。米国8基、中国2基建設予定。	US-APWR サイズ 170万kW 主な特徴 APWRの大型化 米国DC 審査中 建設実績 なし 建設予定 米国2基建設予定。

次世代軽水炉開発に向けた関係者間での合意内容

開発内容 : ①世界標準を獲得できる次世代軽水炉 (BWR, PWR 各1炉型、170～180万kW級)^{※1}を開発。 ※1:標準化効果を阻害しない範囲で80～100万kW級も視野

②メーカー各社が主体となり、電気事業者・国が一体となって技術開発を推進。
国内市場のみならず、海外市場も睨んだ次世代軽水炉。

総開発費 : 600億円程度 (官民合計) ^{※2}

※2: 1/2国庫補助、特に革新性・基盤性の高い一部の技術開発は全額国庫補助

開発期間 : 平成20～27年度 (8年間) ^{※3} ※3:長期を要する材料試験等、一部の技術開発はその後も継続

開発項目(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**
⇒使用済燃料の発生量を約3～4割削減、稼働率を現行70～80%台から97%に向上
- 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**
⇒国内外の立地自由度の大幅拡大、地震力減少・標準化設計による建設費低減
- 3. 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、新材料開発と水化学の融合**
⇒プラント寿命を80年に延伸、被ばく線量を現状の1割以下に低減
- 4. 斬新な建設技術の採用による、建設工期の大幅短縮**
⇒建設現場での作業を大幅削減、建設工期を現行約50ヶ月から約30ヶ月に短縮
- 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**
⇒安全性は現行最新炉のABWR・APWRと同等以上、建設費・保全作業量を約半減
- 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**

次世代軽水炉技術開発 [戦略重点科学技術]

(1) 次世代軽水炉概念設計検討

21年度予算額 : 0.4億円

6つのコアコンセプトを柱とした世界標準を獲得し得る次世代軽水炉の概念を確立する。

(実施内容) 建屋配置・容積、プラント概念の評価、全体計画の策定及び整合性評価を行う。

21年度予算額: 20.4億円 (12.5)
事業期間: 平成20~27年度 (8年間)

(2) コアコンセプトを実現する共通基盤技術の開発

コアコンセプトを実現する「**共通基盤技術**」の開発を実施する。

濃縮度5%超燃料による使用済み燃料削減と稼働率向上

21年度予算額: 11.8億円

(実施内容)

- ・サイクル施設への影響度評価 (経済性) を実施し、20FYの検討結果と合せて、5%超燃料導入のメリットを判断する。20FYの中間評価試験結果を踏まえ、燃料被覆管候補材の基礎特性把握試験を実施し、候補材を最終選定するための総合評価試験を行う。
- ・規制の高度化実現に向けたロードマップ案の最終策定を行う。



免震技術による立地条件によらない標準化プラント

21年度予算額 : 1.3億円



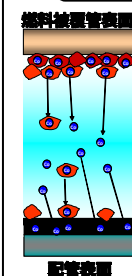
(免震装置の一般建築への適用例)

(実施内容)

- ・FY20の免震装置の条件設定に基づき、基礎特性把握試験とその結果を踏まえた地震応答解析を実施すると共に、実証試験計画策定と試験装置設計、並びに規格標準化に向けたロードマップを策定する。

プラント寿命80年と被ばく低減を目指した材料と水化学の融合

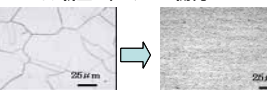
21年度予算額 : 2.0億円



高温浄化系:
炉水中に浮遊する Co-60 の除去



冷却水 (熱水) 中の不純物を制御する、新型フィルターの開発



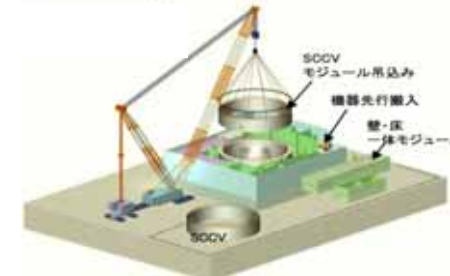
結晶粒を制御した新ステンレス鋼の開発

(実施内容)

- ・FY20の調査、基礎試験結果を踏まえ、2011年以降の長期開発試験に供する新材料 (SG材、炉内構造部材) の選定と水化学技術の選定、および長期開発試験計画を策定する。
- ・SG材は長期開発試験に候補材を選定する。

斬新な建設技術による工期短縮

21年度予算額 : 3.0億円



SCCVモジュール施工 (例)

(実施内容)

- ・FY20の材料基礎試験結果を踏まえ、SC構造の格納容器に要求される高温条件下での耐震・耐圧に係る熱圧縮・座屈試験及びせん断試験並びに円筒部試験を実施し基本性能を確認。

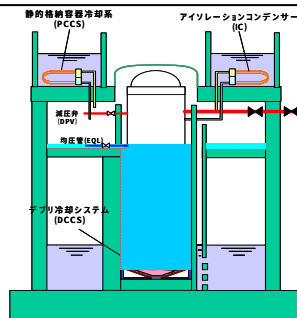
パッシブ/アクティブの最適組合せによる安全性・経済性の同時実現

21年度予算額 : 0.05億円

(実施内容)

- ・FY20検討の安全系レファレンス案に基づき、格納容器破損確率等の定量的安全性評価を行い安全系統設備構成を決定
- ・規制高度化に向けたロードマップを策定し、HP以降の開発項目を選定する。

パッシブ安全系 (BWRの例)

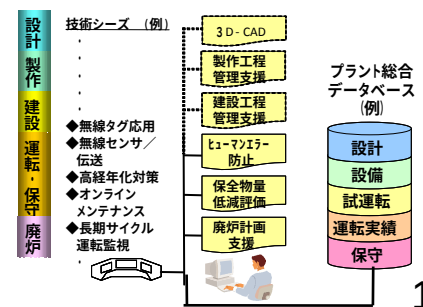


稼働率と安全性を同時に向上させプラントデジタル化技術

21年度予算額 : 0.5億円

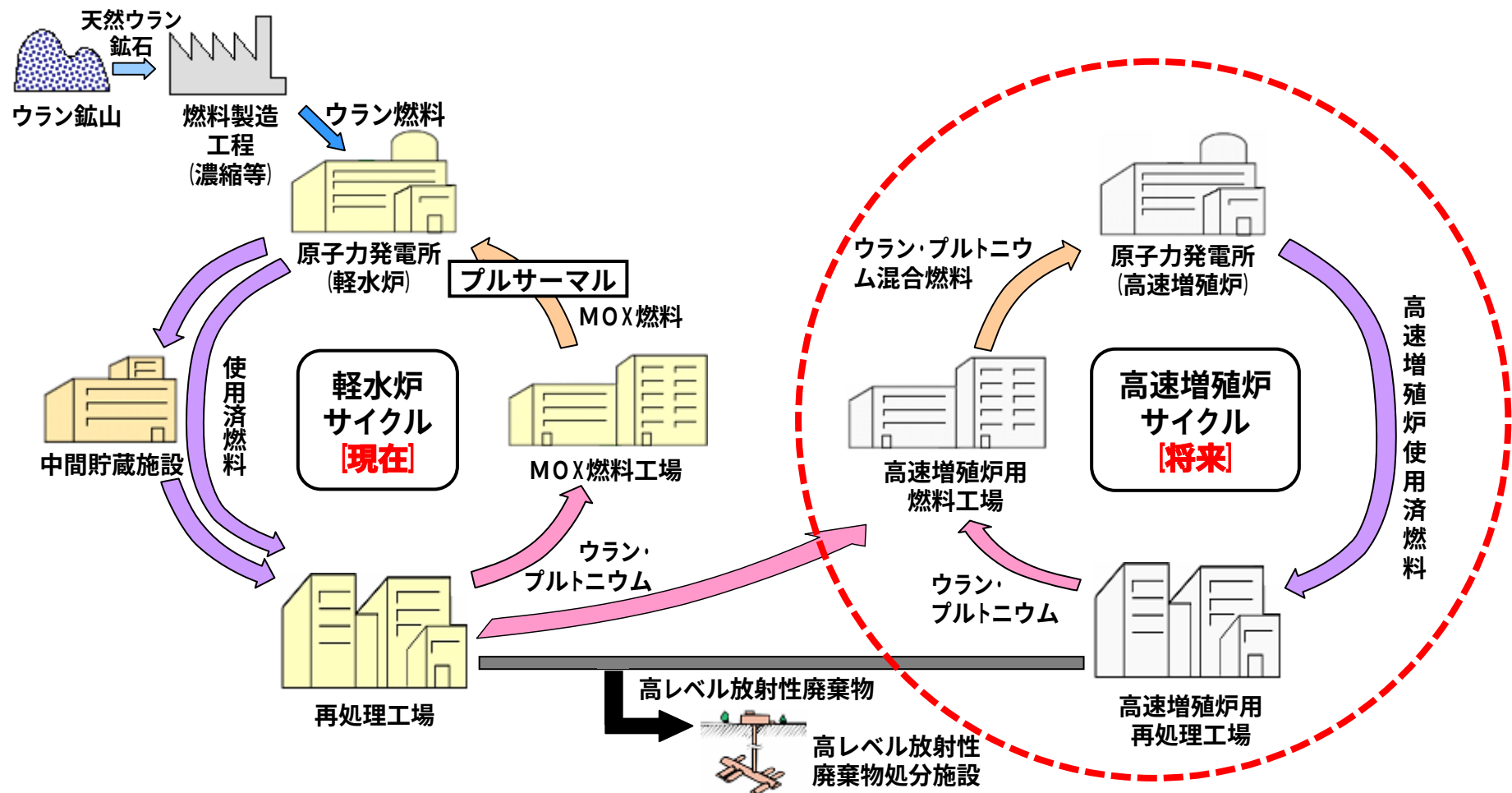
(実施内容)

- ・FY20に設定したスコープと業務プロセスを踏まえて、システム概念の構築。
- ・全体構成とサブシステム群などの階層的構成の概念構築。
- ・デジタルプラントシステムに合致した技術要素の抽出。



高速増殖炉サイクルの早期実用化

- 原型炉「もんじゅ」の早期再開
- 実証施設は2025年頃に実現、2050年前に商業ベースの導入
- 六ヶ所再処理工場の終了時頃に、第二再処理工場の操業開始



計画実現に向けた取組

①実証・実用化に向けた取組の本格化 (2007年度より文部科学省との共同プロジェクト化)

- ・「高速増殖炉サイクル実用化研究開発」を開始。

②実証・実用化に向けた円滑な移行のための協議と実証炉開発に向けたロードマップの策定

- ・FBR実用施設の円滑な導入に向け、一体的に検討を進める五者協議会（経済産業省、文部科学省、電気事業者、メーカー、日本原子力研究開発機構）を設置（2006年7月）、検討を開始。
- ・五者協議会において、実証炉規模の考え方等、実証ステップを進めるにあたっての論点について合意。今後の実証炉開発に向けた開発ロードマップを関係者間で共有（2007年4月）。
- ・同五者協議会において、第二再処理工場に関する2010年頃からの検討への準備に着手する旨合意。高速増殖炉サイクル実施プロセス研究会での検討を進めていく。

③実証炉開発メーカーの責任と権限の一社集中体制の確立 (2007年4月)

- ・これまでの護送船団方式を脱却するため、中核メーカーとして三菱重工を選定。基本設計開始までの段階について、エンジニアリング機能に関する責任と権限を集中する。

④米エネルギー省によるGNEP提案公募 (FOA) に日仏連合で応募 (2007年6月)

- ・GNEP構想の下で検討中の高速炉及びサイクル施設に係るビジネスプランの提案公募 (FOA: Funding Opportunity Announcement) に対し、三菱重工、アレバ (仏)、日本原燃を中心とするチームが応募(2007年6月)。
- ・高速炉は日本、サイクル施設は仏の技術をベースとすることで合意。高速炉の世界標準獲得に向けた第一歩。

⑤日米仏3か国における研究開発主体間で、高速実証炉の協力に関する覚書(MOU)作成 (2008年1月)

- ・国としても、これを歓迎し更なる協力発展に繋げていく旨のプレス・リリースを発表 (2008年1月)。
- ・今後この協力をより一層強化するため、2008年8月に協力の延長のための覚書に同機関が署名。

高速炉開発の国際動向

○各国は、独自に高速炉開発を進める一方で、戦略的に国際協力の枠組みも活用。

主要国の高速炉開発の動向

	仏国 ● 原型炉PHENIX (25万kWe) を運転中 ● 第4世代原子炉のプロトタイプを2020年に運転開始、2040年頃に商用導入 ● 2009年に開発方針の決定、2012年に炉・サイクル仕様の決定
	米国 ● 国際原子力エネルギー・パートナーシップ (GNEP) の下で、以下のような取組を推進 ◆ 既存技術をベースとした先進リサイクル炉と統合核燃料取扱センターを2020年頃に運転開始 (Track1) ◆ 先進サイクル技術 (MAを分離回収して燃料に使用する技術) を用いた研究の実施と、高速炉の使用済み燃料再処理とMAを燃焼するための燃料を製造する先進的燃料サイクル施設 (AFCF) の建設 (Track2)
	ロシア ● 実験炉BOR-60 (1.2万kWe) 運転中 ● 原型炉BN-600 (60万kWe) 運転中 ● 実証炉BN-800 (80万kWe) 建設中 (2012年運転開始予定)
	中国 ● 実験炉CEFR (2.3万KWe) 建設中 (2009年運転開始予定) ● 2020年に原型炉60万kWe、2030年に実証炉・商用炉100～150万kWeを運転開始 ● 2050年頃のFBRの設備容量は2億kWe程度と予測
	インド ● 実験炉FBTR (1.3万KWe) 運転中 ● 原型炉PFBR (50万KWe) 建設中 (2011年運転開始予定)、2020年までに4基のFBRを建設する計画 ● 2050年頃の原子力発電の設備容量は2.7億kWe程度と予測

高速炉開発に関する国際協力

高速炉開発に関する日米仏3ヶ国協力

- 日米仏3カ国の研究開発機関間の高速実証炉の協力に関する覚書 (2008年1月) に基づく国際協力を実施
- 自国の開発計画に沿って、ナトリウム冷却高速炉の実用化に向けた取組を相互に調和させるための検討を実施
- 協力をより一層強化するため、2008年8月に協力の延長のための覚書を作成

第4世代原子力システムに関する国際フォーラム (GIF)

- ナトリウム冷却高速炉 (SFR) を始めとする6つの第4世代原子炉システムの開発等を実施 (2001年～)
- 日米仏を含む12ヶ国1機関が参加 (2008年10月)
- SFRの研究開発に関する具体的な取組が進展しており、我が国も積極的に参加

国際原子力エネルギー・パートナーシップ (GNEP)

- 高い核拡散抵抗性を有する先進サイクル技術や放射性廃棄物を低減するための高速炉の開発等を実施
- 日米仏を含む25カ国が参加 (2008年10月時点)
- 日米間では、設計要件の策定、原子炉の比較研究、研究開発項目の選定、将来計画の策定等を通じた協力を実施
- 米国エネルギー省が実施するGNEP具体化のための調査研究事業に、日仏の企業と研究機関が連携して参加

FBRサイクル技術の実証・実用化に向けた技術開発〔国家基幹技術〕

予算名：発電用新型炉等技術開発委託費

21年度予算額：53.5億円(43.7)

事業期間：平成19～22年度(4年間*)

事業概要

*：H23年度以降については、H22年の革新技術の採否判断等の結果を基に実施計画を検討。

- 高速増殖炉サイクル技術は、**国による大規模かつ長期的な支援が必要な「国家基幹技術」**として選定
(第3期科学技術基本計画 平成18年3月28日：閣議決定)
- 「**高速増殖炉(FBR)サイクル実用化研究開発**」(◆2010年：革新技術の採否判断等、◆2015年：実証施設の概念設計と実用化までのR&D計画の提示)の一環として、文部科学省との連携のもと、FBRサイクル技術の実証・実用化に向けた以下の技術開発を実施。

(1) FBRサイクル実証施設の概念検討

(**抜本的な経済性を追求、第4世代原子炉にも提案された世界最新のループ型炉プラント概念**)

(2) FBR実証炉の設計・建設に必要となる実プラント技術

- ・SC(Steel Plate Reinforced Concrete)造格納容器の開発
- ・耐震性評価技術の開発
- ・高温構造材料の規格基準整備
- ・プラント保守技術の開発
- ・高クロム鋼製大型構造物の機器開発

平成21年度は4年間の研究計画の3年目。**平成22年度(2010年)に行う実証炉の出力規模の選定及び革新技術の採否判断(事前のクライテリアに基づく)**に向けて、技術的知見のより一層の拡充・詳細化を図るとともに、高クロム鋼製の部材・機器の製作性に関する試験等を新たに開始

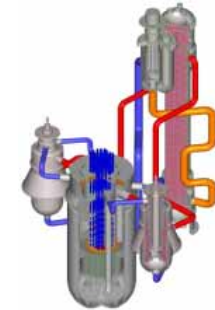
FBRサイクル技術の実証・実用化に向けた技術開発（平成21年度実施内容）

(1) FBRサイクル実証施設の概念検討

21年度予算額：9.0億円(8.0億)

実証施設に対する概念検討として、**実証炉のプラント全体像**に関する選択肢を構築する。

- (主な内容)
- ・75万kWeプラントの概念検討
 - ・50万kWe規模とした場合の影響



実証施設例

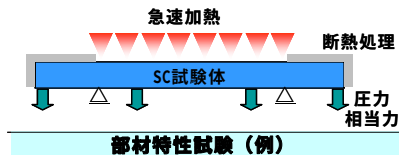
(2) FBR実証炉の設計・建設に必要となる実プラント技術の開発

実証炉の設計・建設に必要となる「**実プラント技術**」の技術開発を実施する。

格納容器SC造^{*1}化

21年度予算額：3.1億円(3.5億)

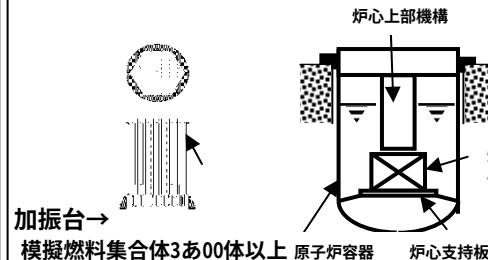
*1 SC造：銅板(S)によるブロックを組み、銅板間にコンクリート(C)を流し込んだ構造。



- (主な内容)
- ・部材特性把握試験
 - ・設計解析手法整備解析

耐震性評価に関する技術

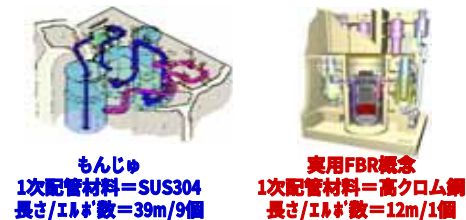
21年度予算額：1.4億円(5.8億)



- (主な内容)
- ・群振動試験
 - ・群振動試験解析評価

配管短縮のための高クロム鋼の材料強度基準整備

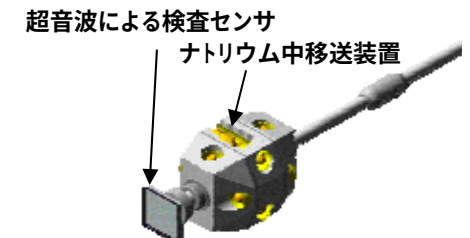
21年度予算額：19.9億円(16.4億)



- (主な内容)
- ・材料強度基準整備
 - ・高温構造設計指針整備

保守性の向上に関する技術

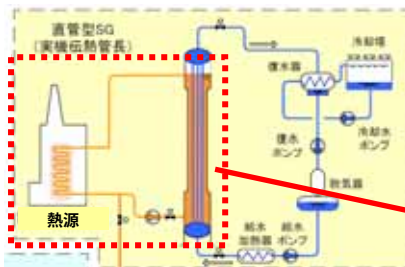
21年度予算額：4.6億円(6.6億)



- (主な内容)
- ・検査装置試験
 - ・伝熱管検査技術開発

高クロム鋼製大型構造物試験

21年度予算額：15.4億円(3.4億)



- 要素技術の機能実証を段階的に行うため、高クロム鋼製の大型構造物を構成してナトリウム条件下にて運転し、高温構造設計成立性に関するデータ等を取得する。

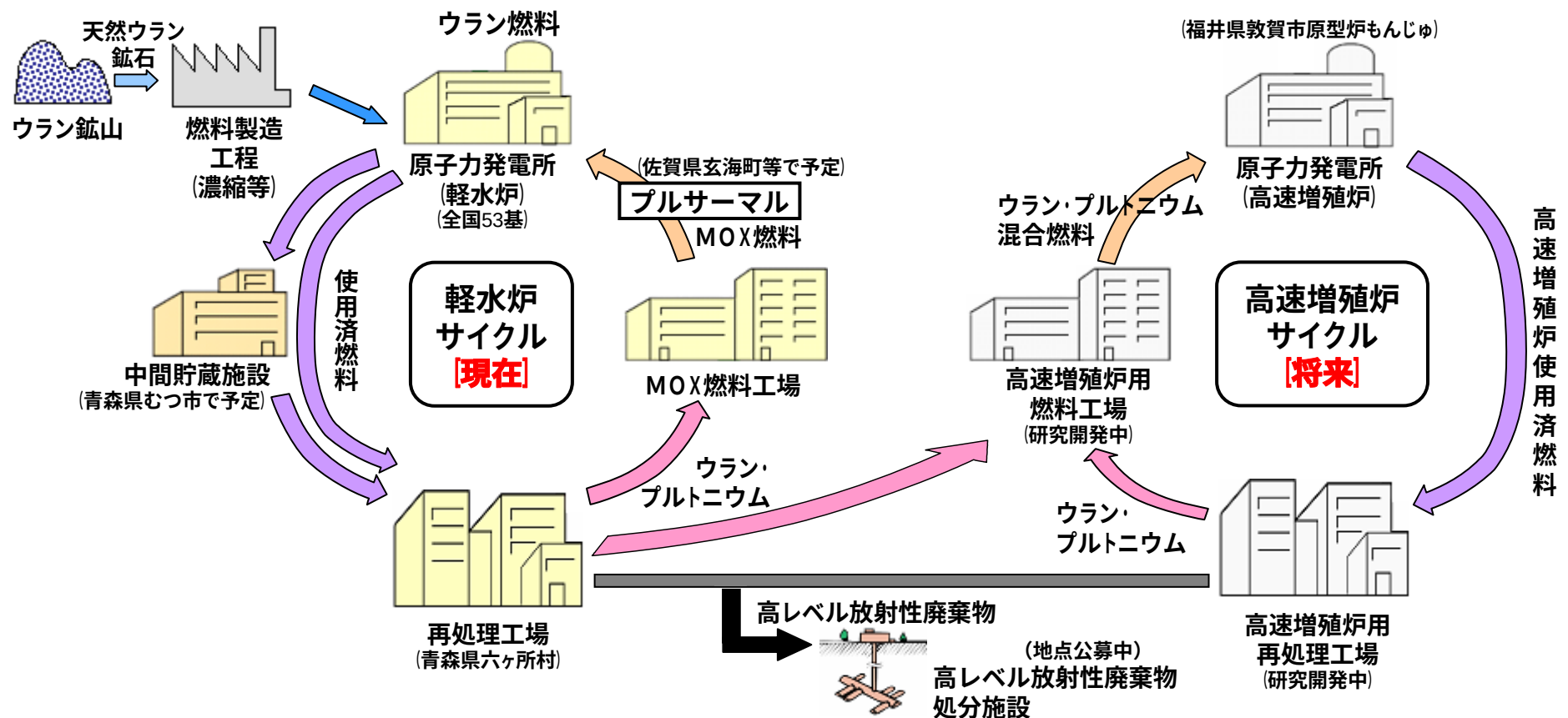
高クロム鋼製大型構造物試験機器

- (主な内容)
- ・試験機器の製作設計
 - ・試験機器製作、製作性試験

核燃料サイクルについて

- 「核燃料サイクル」とは、原子力発電所の使用済燃料を再処理することにより取り出したウランとプルトニウムを再利用すること。
- 限りあるウラン資源を有効利用し、エネルギーの安定確保に貢献。
- 高レベル放射性廃棄物の量を減らすことができる。

核燃料サイクルの仕組み



核燃料サイクルをめぐる最近の動き

六ヶ所再処理工場	2006年3月から実際の使用済燃料を用いた最終的な試験（アクティブ試験）の大詰め。2009年8月竣工予定。
MOX燃料工場	2005年4月に青森県及び六ヶ所村は日本原燃（株）との間で立地基本協定を締結。現在、事業許可の安全審査中。2012年竣工予定。
プルサーマル	九州電力玄海発電所、四国電力伊方発電所及び中部電力浜岡発電所では、地元了解が得られMOX燃料加工を実施中。関西電力高浜発電所では、MOX燃料加工を準備中。このほか08年4月に北海道電力泊発電所、11月に東北電力女川発電所でも地元に対して申し入れが行われ、また5月に電源開発大間原子力発電所（フルMOX）が着工、中国電力島根発電所においても10月末に安全審査が終了するなど着実な動きがみられる。
中間貯蔵施設	東京電力（株）及び日本原子力発電（株）により設立されたりサイクル燃料貯蔵（株）が青森県むつ市に建設を計画。2005年10月、青森県及びむつ市が立地を受け入れ。現在、事業許可の安全審査中。2010年までに操業開始予定
ウラン濃縮工場	六ヶ所ウラン濃縮工場は、2010年度末からの新型遠心分離機による生産開始を目指しているところ。
もんじゅ （高速増殖炉の原型炉）	改造工事着手について2005年2月に福井県及び敦賀市が了解。2006年5月に最高裁判決で国側勝訴が確定。現在、再稼働に向けてプラント確認試験等を実施中。
高レベル放射性廃棄物等 処分事業	平成40年代後半を目途に処分を開始（閣議決定）。処分事業を推進するための取組の強化策に基づき、都道府県説明会やNPOと連携したワークショップ等、国民全般への相互理解促進活動を国が前面に立って、原子力発電環境整備機構（NUMO）や電気事業者等と連携しながら推進。

六カ所再処理工場の状況

- 原子力発電所の使用済燃料を再処理し、プルトニウム・ウランを抽出するとともに、高レベル放射性廃液をガラス固化体にする施設。我が国核燃料サイクル政策のかなめ。
- 工事進捗率(平成21年2月1日現在):約99%

状況

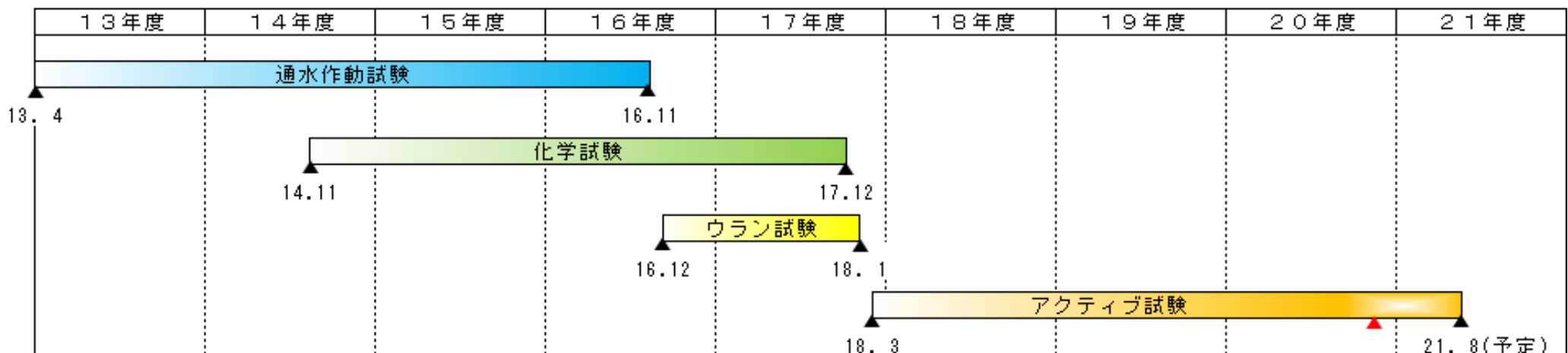
18年 3月：アクティブ試験（実際の使用済燃料を用いた試験）開始

20年 2月：アクティブ試験第5ステップ（最終段階）開始

現在：放射性廃液とガラスを混ぜ、ガラス固化体を製造する試験を実施中

溶融ガラスの流下に関して、運転方法の調整等、試験に時間を要しているところ。日本原燃、メーカー、JAEA等の関係者が、協力して解決に向け取り組んでいるところ

21年 8月：竣工（予定）



プルサーマルの進捗状況

プルサーマルの進捗

- ・九州電力、四国電力、中部電力：MOX燃料製造完了。
- ・関西電力：MOX燃料を製造中。
- ・電源開発：2008年4月の原子炉設置許可を受け、5月に着工。

◎青字：地元了解済み（上記、6基）

○赤字：地元申し入り済み（3基）



※東京電力は、立地地域の信頼回復に努めることを基本に、保有する原子力発電所の3~4基で実施の意向。

全炉心混合酸化物燃料原子炉 (フルMOX炉) 施設技術開発

予算名: 全炉心混合酸化物燃料原子炉施設技術開発費補助金

21年度予算額: 30.0億円 (30.0)

事業期間: 平成8～23年度

事業概要

- ✓ 既存の軽水炉に比べ約3倍のプルトニウムを利用することができる世界初の全炉心混合酸化物燃料原子炉 (フルMOX炉) 施設の開発に必要な技術開発を行うとともに、実機プラントで特性確認を行い、技術の確立を図る。

<20年度及び21年度の実施内容>

20年度は、原子炉系、原子炉冷却系、燃料取扱系等に係る技術開発項目について、特性確認試験に必要な機器の設計や材料発注を行うとともに、機器の製作を進める。

21年度では、20年度に引き続き、原子炉系、原子炉冷却系、燃料取扱系等の機器の設計や材料発注を行うとともに、機器の製作を本格化させる。

背景・必要性

- ✓ 我が国がウラン資源の有効利用及び一層の安定供給を図るためには、使用済燃料を再処理し、プルトニウムを回収して再び燃料として利用する、核燃料サイクルの推進が重要。この当面の中軸として、MOX燃料として加工し軽水炉で燃焼するプルサーマルによるプルトニウムの活用を推進。
- ✓ 既存の軽水炉に比べ約3倍のMOX燃料を装荷できるフルMOX炉の開発・実用化は、我が国のプルトニウム利用計画の柔軟性を広げることに資し、我が国の核燃料サイクル政策推進上、極めて大きな意義を持つ。
- ✓ 世界初の試みであり、開発リスクが高く、国の適切な支援が必要。

政策の位置づけ

- ✓ 本事業は「新型転換炉実証炉建設計画の見直しについて」(平成7年8月原子力委員会決定)に基づき実施。

(抜粋) フルMOX-ABWRの建設については、電源開発(株)が地元の理解を得つつ実施主体として責任を持って取り組んでいくべきものであるが、国及び電気事業者の適切な支援の下、当該計画が円滑かつ確実に実施されることを期待。

- ✓ 本技術開発は、科学技術基本計画 (平成18年3月閣議決定)において、「重要な研究開発課題」と位置付けられており、着実に推進していくべきもの。