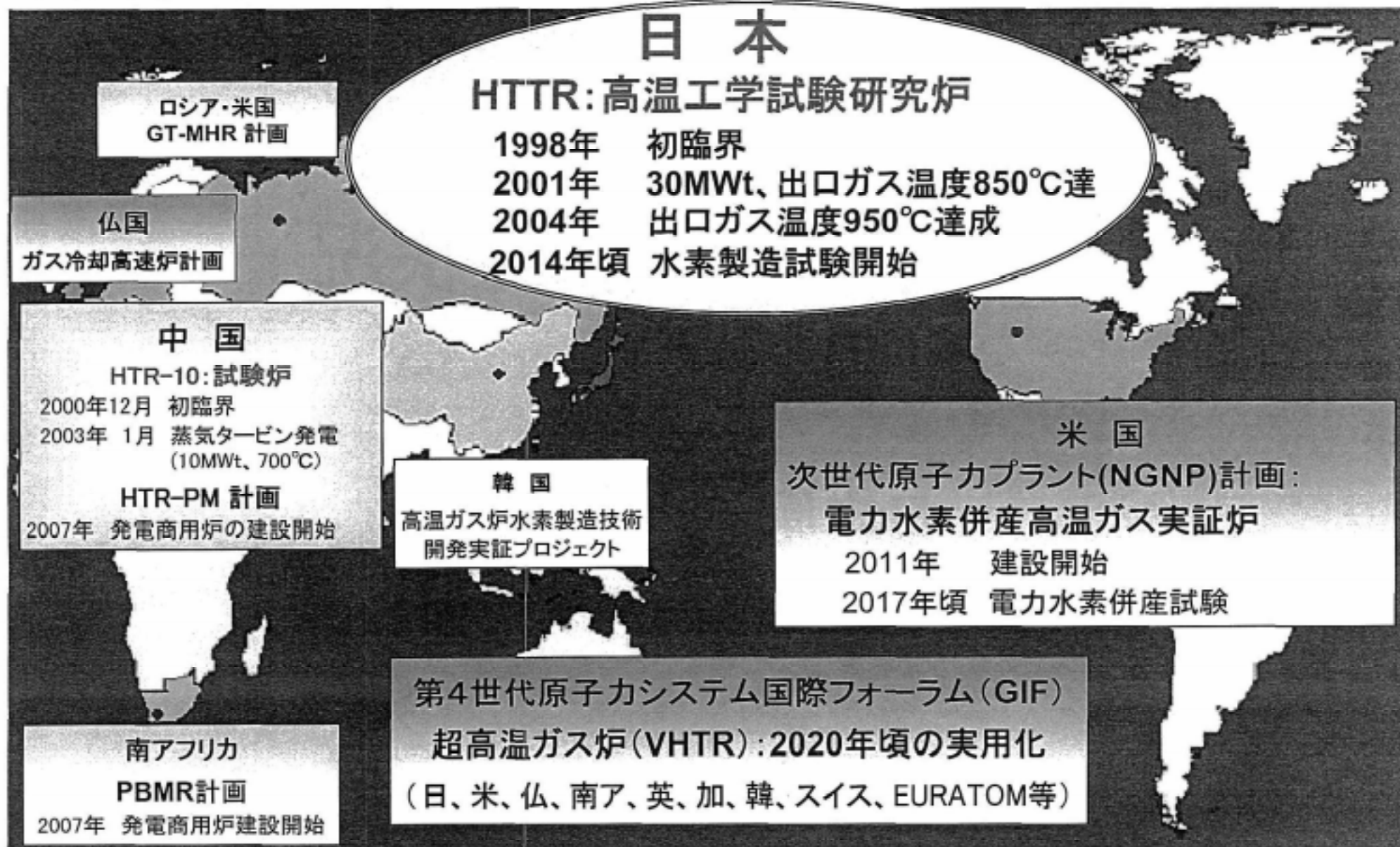


補足資料

高温ガス炉の開発状況

日本原子力研究所

世界の高温ガス炉開発



米国の状況(1)

• 次世代原子力プラント(NGNP)プロジェクト

- 米国エネルギー省(DOE)は、Gen-IVプログラムにおける6つの技術のうち、VHTRシステムに関するものを主導的技術として採択。
- DOEは、エネルギー法案(*)の成否にかかわらず、水素・電力併産用先進的原子炉をNGNP(熱出力600MWt(うち、水素製造熱量50MWt)、出口温度1000°C)と称して、実証炉建設を産業界に持ちかけ、建設に必要な研究開発をアイダホ国立研究所(INL)で進めることとしている。

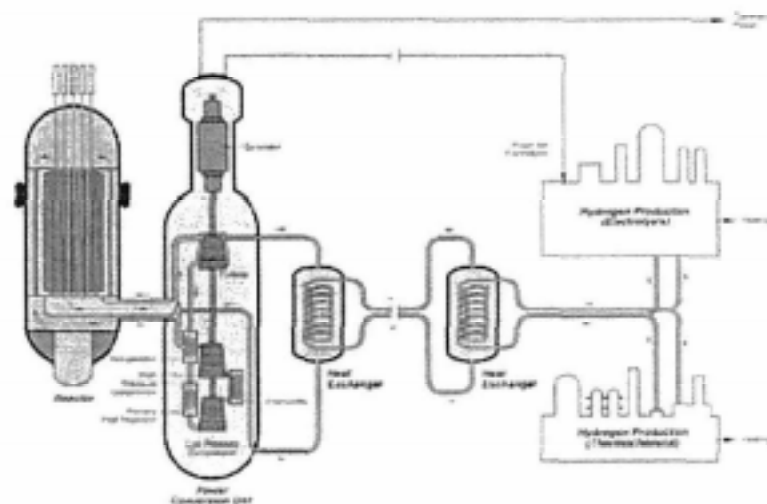
(*)米国大統領選挙後、水素・電力併産用先進的原子炉の研究開発及び建設に関するプロジェクトを含むエネルギー法案は棚上げの状態。

- 2003年11月～2004年4月にITRG(Independent Technical Review Group)と呼ばれるINL外部の機関の専門家によるレビューを実施。主な提言事項は以下の通り。
 - 原子炉出口冷却材温度は、900°Cから950°Cの範囲とすべき。
 - 高温水素製造技術の開発を加速すべき。
 - 設計上の不確実性に関して、中間熱交換器と高温隔離弁は、開発要素が最も大きい機器。
 - 世界的に実績のある燃料を最初に用い、同時に新型燃料の開発を進め、移行するのが妥当。
- INLは、GIFのVHTRシステムにおける各プロジェクトとの協力を検討。
- DOEのFY2005のGen-IV予算は、要求額の3000万ドルに対して、4000万ドル。その内NGNPの研究開発予算は約2500万ドル。
- FY2006の要求額は4500万ドル。

米国の状況(2)

- 原子力水素イニシアティブ(NHI)
 - DOEが進めているNGNPに接続する水素製造技術開発に関する研究開発計画。
 - 主要なR&D課題は、熱化学法、高温水蒸気電解法、その他の水素製造方法、プラント構成と接続技術。
 - 2012年頃NGNPに接続するプロセスを決定し、2017年頃に水素製造開始予定。
 - GIFのVHTRシステムにおける水素製造技術プロジェクトとの協力を検討。
 - FY2005の予算認可額は900万ドル。FY2006の予算要求額は2000万ドル。

新型炉関連の予算規模		
Program	FY2005認可	FY2006要求
Gen-IV Nuclear Energy System Initiative	4000万ドル (NGNPは約2500万ドル)	4500万ドル
Nuclear Hydrogen Initiative	900万ドル	2000万ドル
Advanced Fuel Cycle Initiative	6800万ドル	7000万ドル

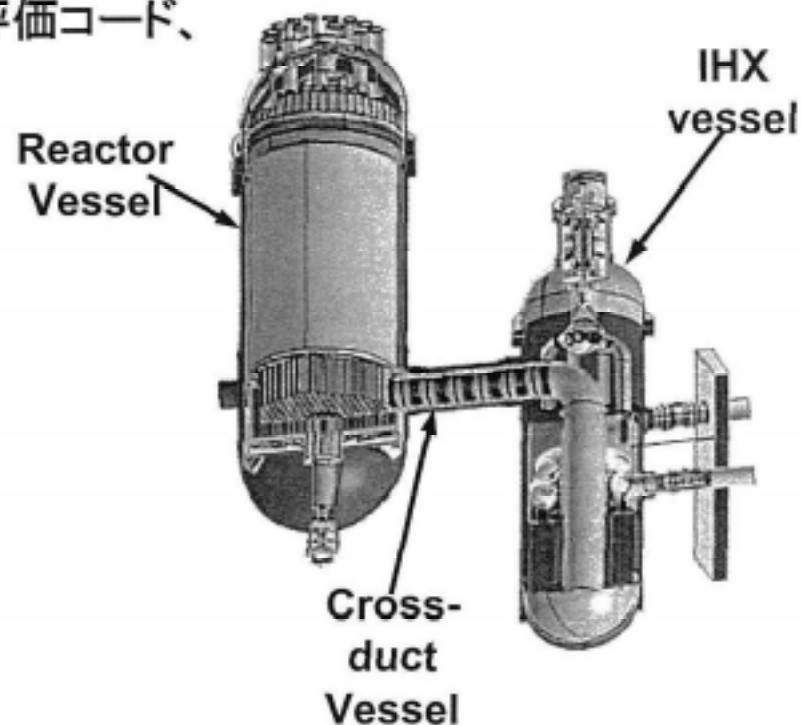


仏国の状況(1)

- フランス原子力庁(CEA)の状況
 - CEAは、ガス冷却高速炉(GFR)を最終目標とし、共通の課題として、高温ガス炉に関するヘリウムガス技術、IHX等の要素技術についてR&Dを実施中。
 - ガス冷却高速炉実験炉であるETDR (Experimental & Technology Demonstration Reactor) の計画は、2008年迄に概念・予備設計を終了し、建設の可否を判断後、詳細設計に移行。
 - 当初予定では、運転開始は2015年頃の予定。
 - ETDRの仕様は、熱出力50MWt以下、出口温度850°C以上の高速中性子炉。
- CEAにおける水素製造技術研究開発
 - FY2003からISプロセス水素製造技術開発に関して、米国のゼネラルアトミックス(GA)社とサンディア国立研究所(SNL)との間で、I-NERIの枠組みを利用して共同研究を開始。
 - I-NERIにおいては、CEAは主として、ブンゼン反応工程やフローシート解析を担当し、GAはHI分解工程を、SNLは硫酸分解工程を担当。
 - FY2006以降、I-NERIで実施した3つの工程に関する試験装置を次のI-NERIにおいて統合する計画があるが、設置場所は未定。
 - I-NERIとは別に、カダラッシュに製作予定の1MWtヘリウムガスループを用いて、ISプロセスシステムの接続実証試験を計画中であり、フェーズ1では、2008年頃からヘリウム技術、再生熱交換器、等の試験、フェーズ2は、2010年頃からISプロセス、IHX、及び接続技術試験を予定。

仏国の状況(2)

- アレバ(AREVA)社(CEAを主要株主とした持株会社でフラマトムANP社、コジェマ社、等を傘下に持つ)の状況
 - ANTARES (AREVA New Technology based on Advanced gas cooled Reactor for Energy Supply) を発表。
 - ANTARESの仕様は、熱出力600MWt、出口温度850°C(後継機は1000°C)、ブロックタイプ環状炉心、間接サイクル、プレートフィン型IHX(チューブ型をBackup)。
 - 2004年から設計開始、2011年サイト選定・建設開始、2015年頃運転開始。
 - 炉物理、過渡状態、黒鉛酸化等の解析評価コード、燃料製造や事故時の燃料挙動、高温材料・黒鉛材料開発、純化設備等のヘリウム技術、及び、IHXや循環機、等のR&DはCEAが担当。
 - ANTARESの後継機をGen-IV VHTRとして、GIFの枠組みで実施する共同研究のR&D課題と共通化



他の国の状況

- 南アフリカ

- 南アフリカPBMR社が実証炉PBMR(熱出力約400MWt(電気出力165~185MWe)、出口温度900~950°C)の建設プロジェクト開始を2004年10月に公式に宣言。
- PBMRの建設スケジュールは、2007年着工、2010年完成予定。
- 三菱重工業が、ヘリウムガスタービン発電機基本設計、等を受注。

- 中国

- 清華大学のHTR-10は、2003年1月、全出力と発電に成功後、出力上昇試験を経て、安全性実証試験、等を実施中。2006年から、蒸気タービン(700°C)をヘリウムガスタービン(900°C)に変更して実験を継続。
- 清華大学は韓国との高温ガス炉水素製造技術分野における2国間協力に関して、原子力水素共同研究センター(JRC-NH)を設立。
- 実証炉HTR-PM(熱出力458MWt、出口温度750°C)に関して、中国華能集团公司、中国核工業建設集团公司、清華大学は昨年12月、「高温ガス冷却炉の原子力発電所モデル事業に関する投資合意」に調印。HTR-PMは2007年着工、2010年運転開始予定。

- 韓国

- 2019年までに約10億ドルの予算規模で、韓国原子力研究所が中心となって進める原子力水素開発実証(Nuclear Hydrogen Development and Demonstration, NHDD)プロジェクトを2004年3月に発表。
- 開発スケジュールは、2006年から概念設計、詳細設計と安全審査を2012年頃から、2014年頃から建設開始。
- 2004年の予算は、約300万ドル、2005年は約800万ドル。

GIF(第四世代原子カシステム国際フォーラム)の状況

- GIF政策グループの現状
 - 現在、フレームワーク協定等の調印に向けた最終調整段階。
- GIFVHTRシステム運営委員会の現状
 - 日本、仏国、米国、英国、韓国、スイス、南ア、カナダ、EURATOMが参加。
 - システム運営委員会の共同議長は日本、仏国、米国が担当。
 - 5つのR&Dプロジェクトを設定。①設計・安全性、②燃料・燃料サイクル、③材料・コンポーネント、④水素製造技術、⑤高性能ヘリウムタービン
 - 運営委員会では、VHTRシステムの研究開発プロジェクトに参加する機関から提案されたR&D課題をベースとして、VHTRシステムの開発に必要なすべてのR&D課題を抽出し、VHTR system research plan を策定。
 - 今後は、暫定のプロジェクト管理会議(PMB)が中心となってPMB会合開催、共同研究計画の策定を進めていくことになり、具体的な共同研究課題の抽出を開始。
- 今後の運営委員会活動内容
 - VHTR system research plan の改定を継続して実施。
 - 各プロジェクトにおいて抽出されたR&D課題とVHTR system research plan に記述された内容との整合性の確認、PMBの活動状況の把握と政策グループへの報告、等。
 - フレームワーク協定等の調印後、システム協定、等の署名に関して、協定案や貢献量の評価、等の検討が進められる予定。

GIF VHTR における各プロジェクトの現状(I)

• 水素製造技術プロジェクト

- 2005年1月11日から13日まで、暫定のPMBが大洗研究所で開催。
- 参加機関はINL(米)、CEA(仏)、KAERI(韓)、EURATOM(EU)、AECL(カナダ)、原研(日)
- これまでに、各国から提示されたR&D課題は、仏国7件、米国10件、日本(原研)5件、韓国6件、カナダ3件、EURATOM 2件、スイス1件。
- プロジェクトの取り纏めは原研が担当し、プロジェクトを①ISプロセス、②高温水蒸気電解法、③その他の熱化学サイクル、④接続技術、の4つのタスクに分け、各タスクのリーダーを決定。
- 原研は、①ISプロセス法と④接続技術に関するタスクを担当。②はINL、③はCEAが担当。
- 各タスクに参加予定の機関は、共同研究として提案可能な課題をまとめ、全メンバーに配布。
- 各タスクのリーダーは、各機関から提出された共同研究として提案可能な課題を整理。
- 各機関は、整理された課題から、共同研究可能な課題を抽出。

• 燃料・燃料サイクルプロジェクト

- 暫定のPMBが仏国で開催され、共同研究として提案可能な項目について議論を行い、7つの研究開発分野を選定。
- ①燃料製造に係る新規検査法、②燃料物性・FP挙動データ、③安全性試験と照射後試験、④新型燃料(ZrC被覆粒子)、⑤燃料挙動モデル、⑥廃棄物処理(特に黒鉛の¹⁴C処理)、⑦核変換。
- 各国の計画に基づき、共同研究として提案可能な課題抽出のため、タスクリーダーを決めて議論。
- 原研は、③の安全性実証試験及び④新型燃料(ZrC)を担当予定。
- 今後、各国が共同研究として提案可能なR&D課題の見直しを行い、次回の暫定PMBにおいて、実施可能なR&D課題の抽出に関して議論の予定。

GIF VHTR における各プロジェクトの現状(Ⅱ)

• 材料・コンポーネントプロジェクト

- 2004年9月の第6回VHTRシステム運営委員会会合(英国、BNFL)において、暫定のPMB会合が開催され、黒鉛、C-Cコンポジットに関するR&D項目について議論。
- その後、PMBメンバー間で、メールによる情報交換がなされ、VHTRシステムの開発に必要なR&D課題が検討。
- さらに、耐熱合金製機器の高温設計手法に関するR&D課題が提案され、次回の暫定PMBにおいてメンバー間で議論の予定。
- 次回の暫定PMB会合では、材料に関するプロジェクトを幾つかのタスクに分け、他のPMBと同様に、リーダーを決め、共同研究の実施が可能なR&D課題の抽出に関し議論の予定。

• 設計・安全性プロジェクト

- これまで、暫定PMB会合の開催が遅れていたが、設計・安全性PMBに積極的に参加する意思のある日本、米国、仏国が中心となって、プロジェクトを進めるべく情報交換を実施中。
- 今後、開催される暫定PMB会合では、プロジェクトを幾つかのタスクに分け、共同研究の実施が可能なR&D課題の抽出、及び、リファレンスVHTRシステムに関する議論がなされる予定。

• 高性能ヘリウムタービンプロジェクト

- 設計・安全性プロジェクトと関係の深い本プロジェクトについては、特段の議論がなされておらず、暫定PMB会合は開催されていない。
- 運営委員会では、ヘリウムタービン等のR&D課題については、材料・コンポーネントプロジェクトにおけるコンポーネントに関するR&D課題と重複することが予想されるとしており、今後は、設計・安全性PMBにおけるR&D課題の検討状況も見ながら、材料・コンポーネントプロジェクトも含めて、プロジェクトの再編を検討中。

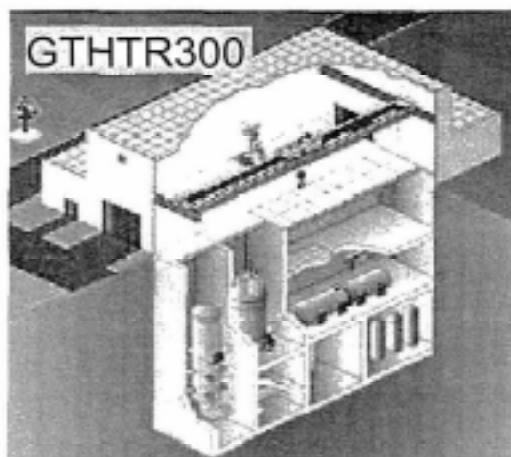
I-NERI、原研との二機関協力の状況

- 国際版原子力エネルギー研究イニシアチブ(I-NERI)の現状
 - 2005年2月8日、文部科学省とDOEとの間でI-NERI実施取極めに関する署名がなされ、正式に発効。
 - 原研は、高温ガス炉及び水素製造技術研究開発分野において、既に承認された課題も含め、4-5件の共同研究課題について調整中。
- 原研との二機関協力の現状
 - 原研/DOEの原子力の研究開発分野における包括取極めの下で、合同調整委員会において、協力研究活動の報告、協力研究の提案、などを実施。研究協力分野ごとに設置されている合同作業グループでは、HTTR安全性実証試験、ISパイロット試験、等を含む、HTTRプロジェクトに関する情報交換を実施中。
 - 原研/CEAにおいては、2002年9月に「原子力研究の分野における協力実施取極め」として先進的原子力エネルギーシステムの高温度ガス炉システム分野に関する協力研究を開始。高温ガス炉システム分野として、以下の特定研究課題を設置。
 - ①概念及びシステム研究、②燃料粒子・先進的燃料技術及び燃料サイクル、③高温材料、④高温ガス冷却システム技術、⑤水素製造技術
 - 原研/清華大学INETの覚書は2005年6月まで延長し、高温ガス炉分野の情報交換及び人員派遣を実施中。
 - 原研/韓国原子力研究所については、協定書が2004年8月に改訂され、高温ガス炉と原子力水素技術開発に関する分野を追加し、情報交換を実施中。
 - 原研/NRCにおいては、GTHTR300の過酷事故評価、等の情報交換を実施中。

HTTRプロジェクトの現状

■ 先進高温ガス炉 研究開発

- 発電商用炉
GTHTR300の設計研究、
コジェネ(発電+水素製造)
商用炉 GTHTR300C の
設計研究、圧縮機、
磁気ベアリング、総合試験
等の要素技術開発試験
; 実施中



■ 原子炉技術開発

- 950°C (30MWt)の達成
; 2004年4月
- 安全性実証試験
; 実施中
- 高温ガス炉運転経験の
蓄積 ; 実施中
- 高性能燃・材料の
照射試験 ; 実施中



■ 水素製造技術開発

システムインテグレーション

- 模擬試験、高温隔離弁技術開発、等
→ 実施中

IS プロセス

- ベンチ試験 → 連続水素製造達成
- パイロット試験 → 2005年度～

