

資 料

団体見学会報告（原子力機構大洗研およびJ-PARC）

石本 祐樹

財団法人エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部

〒105-0003 東京都港区西新橋1-14-2

1. はじめに

平成21年9月29日、当協会主催の団体見学会に参加し、日本原子力研究開発機構(JAEA)大洗研究所およびJAEA東海研究所構内に建設されたJAEAと高エネルギー加速器研究機構が協同で建設・運営を行う大強度陽子加速器施設 (J-PARC) を視察したので報告する。JAEA大洗研究所では、HTTR原子炉施設、HTTR燃料構造体模型およびIS法水素製造施設を視察した。J-PARCでは、物質・生命科学実験施設、原子核・素粒子実験施設および50GeVシンクロトロン加速器ビームラインを視察した。

2. 高温工学試験研究炉 (HTTR)

HTTRは、1998年11月に初臨界したヘリウムガスを冷却材とする国内初の高温度ガス炉である。2001年12月に定格熱出力30MWを達成している。また、2004年4月にヘリウムの出口温度950℃を達成した。軽水炉に比べて、小型であること、冷却材の温度が高いため発電効率が高く、多様な熱利用形態が想定できること、固有の安全性を持つこと、など優れた特徴を持っている。

図1にHTTRの原子炉模型を示す。主要な構成機器は、原子炉容器（燃料、制御棒等を含む）、中間熱交換器である。図2にHTTRで使用されている球形の燃料模型を示す。燃料粒子は、二酸化ウランを熱分解黒鉛と炭化ケイ素で被覆したもので、1600℃においても健全性が損なわれない特性、核分裂生成物の良好な閉じ込め性能を持っている。このまま原子炉へ装荷するのではなく、まず、直径0.92mmの燃料粒子を直径26mm長さ39mmの円筒形の燃料コンパクトにまとめる。次に燃料コンパクトから構成される燃料棒を図3(a)に示す六角柱型の燃料体に収め、この燃料体が図1中の原子炉压力容器内（点線部分内）に燃料体が格納されている。図3(b)は、制御棒案内ブロックである。燃料体、制御棒案内ブロックは、減

速材黒鉛として新規に開発された等方性黒鉛IG-110（東洋炭素製）を使用している。

当日、HTTRは停止中であつたため、IAEAの保障措置のための封印、監視カメラが設置された原子炉压力容器の近傍まで近づくことができた。専用の燃料体交換機、制御棒交換機を備え、運転室から遠隔操作によって燃料体等の交換が行えるようになっている。冷却材がヘリウムであることから腐食等が少なく、水を冷却材とする原子炉と比較してフィルター等の運転時に出る放射性廃棄物が桁違いに少ないとのことであつた。

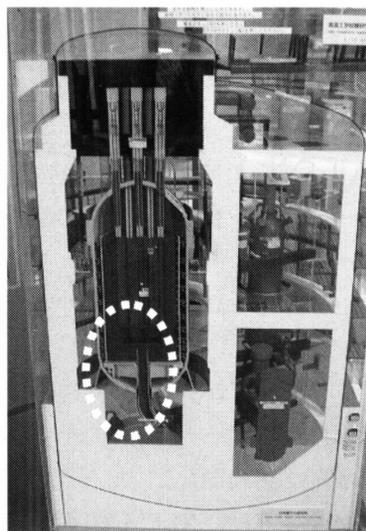


図1. HTTR原子炉模型



図2. 燃料模型

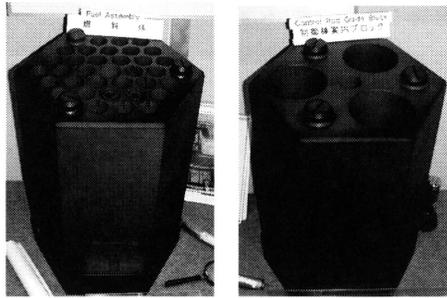


図3 (a)燃料体 (左)
および(b)制御棒案内ブロック (右)

図4に示すIS法水素製造施設は、30L/hの装置であり、自動制御により1週間の連続水素製造が可能となっている。図5にプロセス図を示す。本施設は、小型であるため微調整を行う運転には適しているが、熱損失が大きく制御が困難である。スケールアップすると熱損失が少なくなり、より安定した運転が可能になるとのことである。



図4. 連続水素製造試験装置(30L/h規模)
(JAEAHP資料より引用)

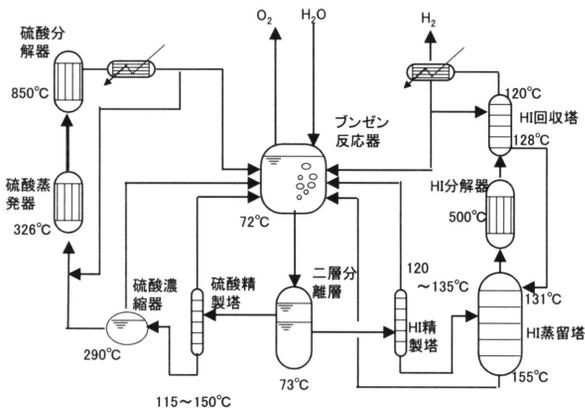


図5. IS法プロセス図 (JAEA資料より作成)

個別の技術開発では、腐食環境下で使用できる材料・機器開発が行われている。金属材料の利用が困難な硫酸分解器は、市販グレード程度の炭化ケイ素が利用できることがわかった。また、市販のガラスライニング配管も375°C程度までの温度領域で利用できる見通しである。また、放射線を用いた溶液密度の非接触測定器や往復式の硫酸ポンプの開発が行われている。

3. 大強度陽子加速器施設 (J-PARC)

J-PARCは、大強度陽子ビームを生成する加速器 (リニアック、3GeVシンクロトロン、50GeVシンクロトロン) と、その大強度陽子ビームを利用する実験施設 (物質・生命科学実験施設、原子核・素粒子実験施設) で構成される研究施設である。図6にJ-PARCの施設レイアウトを示す。当日は、物質・生命科学実験施設の中性子ビームラインおよび付帯施設と50GeVシンクロトロン加速器ビームラインを視察した。

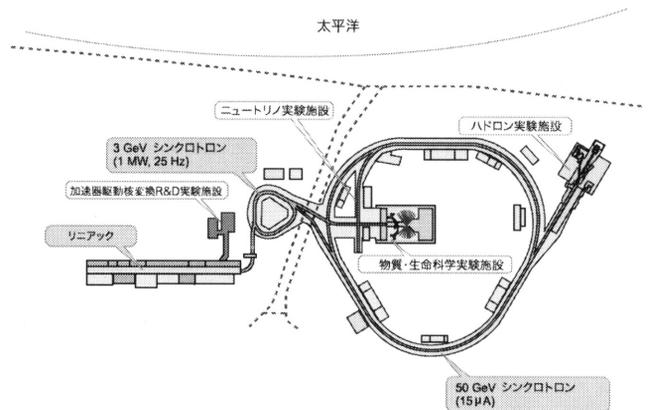


図6. J-PARC施設レイアウト
(J-PARC HPより引用)

物質・生命科学実験施設では、陽子ビームによってターゲット原子を構成する中性子をビームとして取り出し、X線では検出感度が極めて低い水素の分析等に利用している。水素エネルギー分野では、水素吸蔵合金内の水素の挙動の研究への利用がある。

図7に中性子ビームの生成方法を示す。①大強度の陽子ビームを水銀ターゲットに照射する。②陽子が水銀の原子核と衝突し、水銀原子核が破碎され、水銀原子核を構成していた中性子が高速で飛び出す。③飛び出した中性子を反射体で反射し、モデレーターに集める。④中性子はモデレーター内の超臨界状態の水素と衝突を繰り返す。

返し、しだいに速度が下がる。⑤研究に最適な“速度の遅い”中性子となり、実験装置に導き出される。図8に中性子ビームの取り出し部分を示す。中性子ビームの取り出し口は放射状に設置され、その先にそれぞれ目的を持った分析器、計測器群が設置されている。成果は原則公開であり、その場合の利用は無償となっている。一方、経済的な利益を得るなど成果を独占的に利用したい場合は有償となる。

本施設で利用される水銀は20トンであり、その水銀を最大約1m/sの流速で流すことができる設備を備えている。20トンの水銀は、日本の1年間の水銀の総需要量に相当するが、J-PARCの設備寿命にわたって利用でき、補充・交換は必要ないとのことである。

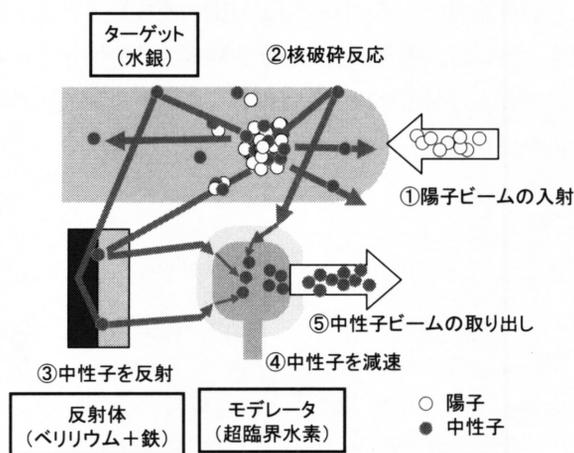


図7. 中性子ビーム生成の概略図 (J-PARC HPの図より作成)

ゲットと衝突した際に生成される粒子を用いた素粒子物理の研究が実施される。深さ約15メートルにコンクリートのトンネルを建設し、運転時に発生する放射線を遮蔽しているとのことである。今回は加速器が停止していたため、ビームラインが格納されているトンネル内に入ることができた。ビームの加速部分は一箇所だが、陽子ビームは互いの電荷により発散していくため、偏向と収束の機能を持つそれぞれの電磁石を繰り返し通過させ、ビームを安定に加速・保持する。加速器内は、 10^8Pa 程度まで真空引きされている。

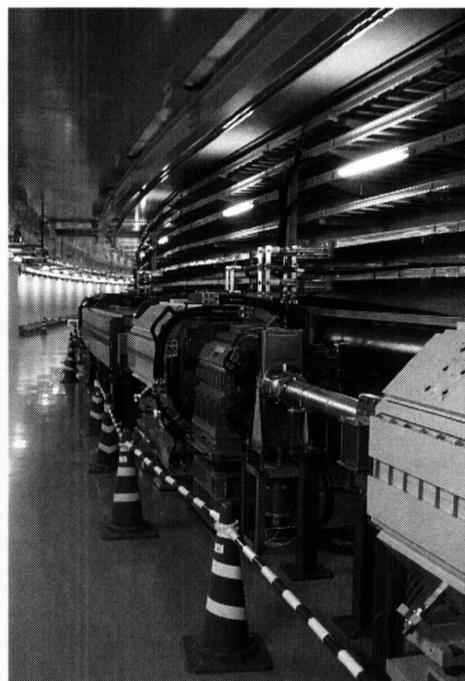


図9. 50GeVシンクロトロン加速器ビームライン

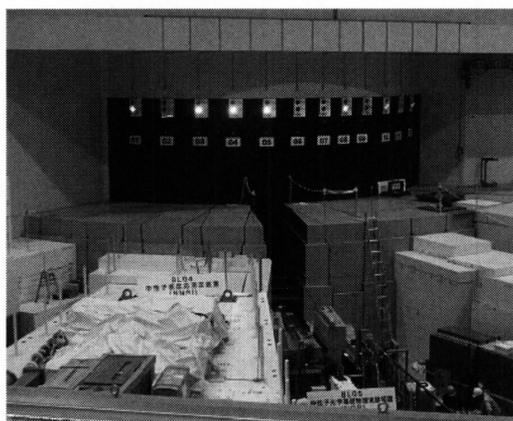


図8. 物質・生命科学実験施設 中性子ビームライン

図9に50GeVシンクロトロン加速器のビームラインを示す。ここでは、高速の99.98%まで陽子を加速し、ター

4. おわりに

視察当日は、時折小雨の混じる曇り空であったが、当協会およびJAEAの皆様のご尽力により、普段は見ることができないHTTR原子炉本体およびシンクロトロン加速器ビームラインといった施設の心臓部にまで立ち入ることができ、極めて有意義な見学会であった。関係各位に改めて厚く感謝を申し上げる次第である。