

2013年3月

RAHP
ニュースレター
No.12

世界の高温ガス炉開発
～ 現状と将来計画 ～

高温ガス炉プラント研究会
Research Association of
High Temperature Gas Cooled Reactor Plant
(RAHP)
Tokyo, Japan

■ はじめに

本ニュースレターは、日本の産業界(電力、原子力メーカー等)と学識経験者で構成する「高温ガス炉プラント研究会(RAHP)」が、「高温ガス炉(High Temperature Gas Cooled Reactor = HTGR)」プラント開発に関して国内・外(産、官、学、一般)に向けた理解促進活動の一環として、定期的に発行し、世界の高温ガス炉開発の背景、狙い、最新状況、将来計画等の概要を紹介するものである。

■ 高温ガス炉開発の背景、狙い、最近の動向概要

世界は今、人口が増え、人々の生活レベルが向上し、それに伴って、

- エネルギー資源(電力、熱、輸送用燃料等)の持続安定的確保、水、食糧の持続安定的確保、地球環境保護

が共通課題となっている。それらの解決策として、オイルサンド、シェールガス等の「非在来型化石燃料」や原子力、水素等の「低炭素・クリーンエネルギー」の開発が鋭意行われている。中でも、持続性、クリーン性、多様性等の観点から「原子力」が見直され、2011年3月に発生した「福島原発事故」以降も一部の国は脱原発に向かったが、多くの国は、過酷事故時の安全性を強化しつつ、原子炉の開発&導入を進めている。

「高温ガス炉」は、それら原子力共通の特性に加えて、

- 固有(本質的)安全性、高温性(800~1,000℃程度;高効率発電、水素製造、産業用プロセス熱利用)、核不拡散、資源有効活用、産業振興

などの視点から、先進国、需要国、資源国で開発が行われている。

現在、日本と中国では「試験・研究炉」プログラムが、中国、米国、カザフスタンでは2020年前後の運転開始に向けた「原型・実証炉」プログラムが進行中であり、また多くの国で新プラント設計提案等、関連開発が行われている。

なお、開発対象は全て「小型モジュール炉」(モジュール当りの出力が 600MWt /300MWe 以下)プラントであり、想定需要は、市場性や技術成熟度等から、

- ＜当面＞ 850℃程度以下:蒸気サイクル:「発電」&「中～低温熱利用」: 水素製造、石炭改質、オイルサンド回収改質、海水脱塩・・・
- ＜将来＞ 900℃以上:ガスサイクル:「高効率発電」&「高～中～低温熱利用」: 高効率水素製造、肥料製造、燃料電池車、水素還元製鉄・・・

等である。

以下に世界の高温ガス炉の開発状況を国別に概説する。また開発プログラムの段

階別一覧を表 1～3 に、原子炉プラント・プロセス利用概念例を図 1～13 に示す。

■ 国別開発状況

(1) 米国

1993 年以降、米国(エネルギー省(DOE)、ゼネラルアトミックス(GA)、オークリッジ国立研 ORNL が参加)はロシア(原子力省(Minatom)(現 Rosatom)、OKBM が参加)と共同で、核不拡散(核兵器解体 Pu の焼却処理)と発電利用を目的として「ガスタービン・モジュール高温ガス炉(GT-MHR)」を開発し、現在も内容を縮小しているが継続中。

DOE は、エネルギー政策法(EPA-2005)に基づいて 2005 年以降、「次世代原子力プラント(NGNP)」(実質的に高温ガス炉プラント)開発・実証プログラムを推進してきた。途中、需要動向や技術的成熟度の判断から、主目的を「水素製造 & 発電」から「熱利用 & 発電」に、また冷却材出口温度条件も「950℃以上」から「当面 750～800℃程度」に変更した。

「フェーズ 1(2005～2010 年; プラント概念設計、技術絞込み)」の作業はほぼ終了したが、下記の状況により、当初予定していた次の「フェーズ 2(2011～2021 年; プラント詳細設計、建設、実証)」には入らず、現在は、内容を縮小し、被覆粒子燃料や高品質黒鉛材の製造や照射特性評価研究を継続中。

- ◆ 北米の潜在需要は熱電併給、水素製造、オイルサンド回収・改質(輸送用燃料合成)などで膨大だが、プログラム完遂まで今後更に 3～4B\$が必要
- ◆ 官民連携(プラント供給者、所有・運転者、最終顧客の参加)が必要
- ◆ 炉心設計、設置サイト、プラント完成時期等の絞込みや見直しが必要

フェーズ 1 では産業界も参加、協力した。GA は、上記 GT-MHR の進展版として「水素製造炉(H₂-MHR)」、「蒸気サイクル炉(SC-MHR)」、「超高燃焼度炉(DB-MHR)」を、ウェスチングハウス(WH)は、南ア PBMR 設計の進展版を、またアレバ(Areva-USA)はフランス ANTARES 設計の進展版「蒸気サイクル炉(SC-HTGR)」を、それぞれ提案した。日本の三菱重工、東芝、富士電も提案側に参加、協力した。

上記の原子力メーカーや電力(Entergy)、化学会社(Dow...)などが「NGNP 産業連携機構(Industry Alliance)」を形成し、顧客要件提示や北米地区で～800 モジュール程度との潜在市場評価を行った。NGNP 実証プログラムの国家による戦略的推進を要望しつつ、独自に、最適プラント設計として上出 SC-HTGR を選定し、2015 年の許認可申請を目指してサイト選定等の準備を進めている。

なお DOE は、2010 年頃以降、米国の製造業振興、雇用促進等の視点も加えて、高温ガス炉を含む「小型モジュール炉(SMR)」の開発にも力を入れている。

(2) カナダ

StarCore(米国、カナダ)が遠隔地需要(鉱山、戦略基地…)を目的に、「スターコア・ペブルベッド炉(SPB)」プログラムを展開し、2015 年の初期展開を目指して、カナダ原子力安全委員会の許認可申請を準備中。

(3) ロシア

米国とロシアが共同開発してきた前出「GT-MHR」のロシア進展版につき、動力変換系の機器や被覆粒子燃料の開発を継続している。

一方、それをベースに水素製造等を狙った熱電併給炉「MHR-T」プログラムも展開中。ロシア圏の潜在市場は数 100 モジュール規模と評価している。

(4) 欧州

フランス、ドイツなど欧州連合(EU)加盟国が、次世代軽水炉、高速炉、高温ガス炉(水素製造、熱利用)を 3 本柱とする原子力開発共同戦略を展開中。これまでに「欧州持続的原子力技術プラットフォーム(SNETP)」、「プロセス熱利用・水素・発電統合プロジェクト(RAPHAEL)」、「原子炉プロセス熱利用顧客要件評価(EUROPAIRS)」等、一連の高温ガス炉プログラムを進め、現在、それらの成果を引継いで「熱電併給産業イニシアティブ(NG21)」等を推進中。

フランスは、上記 EU 活動とは別に、Areva が、GT-MHR のフランス進展版「エネルギー供給用新型ガス冷却炉 Areva 新技術(ANTARES)」を開発し、その改良版設計(SC-HTGR)を米 NGNP プログラムに提案した。

(5) 南アフリカ

国家エネルギー戦略の一環として、1993 年以降、国営電力がドイツのモジュール式高温ガス炉(HTR-M)技術を基にして「PBMR」開発実証プログラムを推進し、世界の「第 4 世代炉」や「小型モジュール炉」開発に大きな影響を与えたが、「リーマンショック」で財政危機に陥り、同開発プログラム自体は 2010 年に中止された。

しかしその直後、トリウム会社(STL)が「トリウム燃料高温ガス炉(TH-100)」プログラムを発足させ、2011 年にプラント概念設計を行い、現在、詳細設計・建設・運転のためのコンソーシアムを設立中。近くトリウム商業生産も予定中。

(6) 中国

高温ガス炉開発は国家エネルギー計画の重要事項の1つとして位置付けられ、その一環で「高温試験炉(HTR-10)」プログラムが進行中。その「フェーズ 1(蒸気タービンサイクル:-ST)」プログラムは継続中。同時に「フェーズ 2(ガスタービンサイクル:-GT)」への移行も準備中。

「高温炉ペブルベッド・モジュール(HTR-PM)」プラント実証プログラムは、国内での圧力容器製造トラブルや一連のサブシステム(燃料製造、蒸気発生器、燃料取扱系等)実証試験実施、並びに「福島原発事故」(2011年3月)後の安全再レビュー等により、当初計画より数年遅延したが、2012年12月に正式着工された。2017年末に運転を予定している。

なお、その実証炉と同一サイトでの計18モジュールの実用炉設置も計画しており、国内で豊富なトリウム燃料の利用等も検討中。

(7) 韓国

国家戦略として「水／水素／電力／原子力(WHEN)」&「原子力水素開発&実証(NuH2&NHD&D)」プログラムを推進中。電力(KEPCO)、重工(Hyundai)、製鉄(POSCO)等が参加中。2026年にプラント実証を予定。

(8) カザフスタン

天然資源(ウラン、鉄鉱石、レアアース、...)を輸出しその対価として外国から有用技術を導入し国内に定着させる、との国家戦略展開の1つとして、「カザフスタン高温ガス炉(KHTR)」実験&実証プログラムを推進中。日本(JAEA、東芝、富士電、原燃工など)が技術、設計、教育等で全面的に協力中。

(9) 日本

「福島原発事故」を受けて、時の民主党政権が「原発ゼロ」の方針を打ち出して以来、原子力開発状況が一変している。2012年末に自&公連立政権に交代したが、原子力は「縮小」するのか、「安全見直し後に再開」なのか、「輸出」、「新規炉」、「安全炉」は開発するのか否か等につき、方針が未確定。

高温ガス炉につき、1970年代以降、原子力製鉄など原子力の多目的利用の観点から、基礎的な研究開発や「高温工学試験研究炉(HTTR)」の設計、建設、運転、安全性実証等を継続して行っている。日本は、被覆粒子燃料製造、高品質黒鉛構造材製造、ヘリウム・ガスタービン設計、水素製造(ヨウ素・硫黄(IS)法)、圧力容器用大型鋼材鍛造等、その枢要技術では世界の最先端にいる。

しかし現在、国としてその実用化展開の計画は持っていない。中国、米国でのプラント実証プログラム等が遅延気味の中、日本による参加・協力や国際的な開発リードが要請されている。国家的な位置付けと具体的推進が急がれる。

原子力研究開発機構(JAEA)がHTTRを用いて一連の安全性実証試験を実施中。現在、「OECD/NEA 炉心冷却材喪失試験国際共研(HTTR-LOFC)」を実施中。また関連機器やIS法を中心とする水素製造技術を開発実証中。

一方、JAEA、三菱重工、東芝等が単独または共同で、世界の多様かつ膨大な熱

電需要、軽水炉使用済燃料のプルトニウムの管理、冷却材喪失や空気＆水侵入など過酷な事故条件下にも対応できる究極的に安全な原子炉の追求等の視点から、「ガスタービン炉(GTHTR300)」「発電用、熱電併給用、水素製造用、乾式プラントなどシリーズ開発)」、「小型蒸気サイクル炉(HTR50S、MHR-50/100is)」、「本質的安全炉(NSHTR)」、「乾式炉(GTHTR300-A)」、「クリーンバーン炉(CBHTR)」等の概念設計、市場評価、耐酸化性黒鉛の開発等を展開中。

なお日本は、エネルギー資源開発＆輸入や高温ガス炉開発展開策の一環として「カザフスタン高温ガス炉」プログラム((8)項参照)に全面的に協力中。

■ 情報源

- (1) 国際会議情報： HTR-2010(プラハ)、ASME 2011 SMR(米国)、ICONE20(2012)(米国)、HTR-2012(東京)等
- (2) web 検索情報： 高温ガス炉、小型モジュール炉(SMR)、第 4 世代炉(Gen.4)、原子力熱利用(水素製造、燃料合成...)等

■ 本ニュースレターに関する問合せ先

(財)エネルギー総合工学研究所(IAE)内：「高温ガス炉プラント研究会(RAHP)」
Tel: 03-3508-8891、Fax: 03-3501-1735、E-mail: rahp@iae.or.jp

表1. 「試験・研究炉プログラム」一覧(2013 年 3 月現在)
(実際の原子炉を使用した試験研究開発プログラム)

名称＜機関、国＞	背景、目的、諸元	現状、将来計画
HTTR: 高温工学試験研究炉 ＜JAEA＞ ＜日本＞ [図 1]	- 原子力多目的利用（製鉄・・・） - 高温ガス炉試験研究 - 茨城県大洗 30MWt、850℃（短期 950℃）	- OECD/NEA 強制冷却喪失試験（HTTR-LOFC）、機器開発、水素製造（IS 法）試験研究実施中 - 原子炉と連結した水素製造実証試験（HTTR-IS）を計画中
HTR-10: 高温ガス試験炉 ＜清華大＞ ＜中国＞ [図 2]	- 天然資源豊富（石炭、トリウム、・・・） - 原子力多目的利用試験研究 - 北京市郊外 10MWt/2.6MWe、HTR10-ST:700℃、<u>-GT</u>:750/900℃	<u>フェーズ 1</u>（蒸気タービンサイクル：<u>-ST</u>）を継続中 <u>フェーズ 2</u>（ガスタービンサイクル：<u>-GT</u>）への移行も準備（電磁ベアリング開発試験・・・） - 水素製造研究も実施中

表2. 「原型・実証炉プログラム」一覧(2013 年 3 月現在)(Md:モジュール)
(原子炉設置サイトや開発資金など内容が具体化している開発プログラム)

名称<機関、国>	目的、諸元	現状、将来計画
NGNP: 次世代原子力プラント <DOE> <米国> [図 3~5]	- 天然資源豊富(石炭、オイルサンド、オイルシェール…) - エネルギー消費膨大、CO₂ 放出膨大 - エネルギーの独立、クリーンエネルギー(水素…)、原子力熱利用(石炭、オイルサンド等改質:燃料合成) - 第 4 世代炉(Gen.4)開発、小型 Md 炉(SMR)開発 - 高温ガス炉プラント開発実証 - アイダホ州(但し別サイトも調査中) 600MWt ?/ ? MWe/Md、750~800℃ ?	- フェーズ 1(2005~2010 年:概念設計、技術評価)はほぼ終了 - GA、WH(=PBMR-USA)、Areva(-USA)が夫々の炉・プラント概念設計を提案。日本(三菱重工、東芝、富士電)も協力 - 代替サイト(ルイジアナ州、加アルバータ州…)も調査中 - フェーズ 2(2011~2021 年、プラント詳細設計、建設、運転実証)には、官民連携や資金不足等により移行せず、内容を縮小した研究開発プログラムとして継続実施中 - NGNP 産業連携機構(Industry Alliance(炉メーカー、電力、化学、材料…(Areva、WH、Entergy、Dow、東洋炭素…)が参加)が独自にプラント設計選定(SC- HTGR を選定済)、サイト選定等、2015 年許認可に向け準備中
HTR-PM: 高温ガス炉 ペブルベッド Md <華能石島湾原発 (=華能集団/核工業 集団/清華大)> <中国> [図 6]	- 原子力多目的利用(重油改質、石炭改質、燃料合成、地域熱供給、水素製造…) - 高温ガス炉プラント実証&実用化 - 山東省栄成市石島湾 500MWt(=250MWt×2)/210MWe/Md、750℃	<実証炉> - 燃料製造、蒸気発生器、燃料取扱系等のシステムを実証中 - 福島原発事故後、安全性再評価 2012 年 12 月着工、2017 年末運開? <実用炉> - 実証炉と同一サイトに計 18Md 設置を計画中 - Md 出力増加やトリウム利用等検討中
KHTR: カザフスタン高温ガス炉 <国立原子力センター (NNC)> <カザフスタン> [図 7]	- 天然資源(ウラン、石炭、レアアース…)輸出&外国先進技術の導入&国内定着 - 高温ガス炉(発電、地域暖房…)開発 - Kurchatov 市 50MWt/15MWe/Md、900~950℃	- 日本(JAEA、東芝、富士電、原燃工…)が全面協力中(技術、設計、教育…) 2013 年~成立性評価(FS)、2020 年以降に運開予定

表3.「研究開発プログラム」一覧(2013年3月現在)(Md:モジュール)(1/3)
 (「試験・研究炉」、「原型・実証炉」プログラム以外の主要研究開発プログラム)

名称(機関、国)	目的、諸元	現状、将来計画
GT-MHR: ガスタービン Md 炉 <DOE/GA/ORNL/ Rosatom/OKBM> <米国/ロシア>	- 核不拡散(核兵器解体 余剰プルトニウムの焼却 処理)、高効率ガスター ビン発電 600MWt/Md	- 米ロ共研継続中(共同プラント設置 可能性検討…) (米国では H2-MHR、SC-MHR、 DB-MHR 等に、またロシアでは MHR-T 等に夫々発展中)
H2-MHR: 水素製造 Md 炉 <GA> <米国>	- GT-MHR 米国進展版 - 水素製造	米国 NGNP プログラムに向けて設計 提案済み
SC-MHR: 蒸気サイクル Md 炉 <GA> <米国>	- GT-MHR 米国進展版 - 蒸気サイクル(発電、熱 利用)	米国 NGNP プログラムに向けて設計 提案済み
DB-MHR: 超高燃焼度 Md 炉 <DOE/GA> <米国>	- GT-MHR 米国進展版 - 核廃棄物管理(TRU 燃 焼処理)、発電、熱利 用、水素製造	- 概念設計検討済み (当該技術を基に、別途、ガス冷却 高速炉(EM2)設計検討中)
SPB: スターコアペブルベッド 炉 <StarCore> <カナダ/米国>	- 遠隔地需要(鉱山、小都 市、戦略基地…) - 衛星利用遠隔運転 - 炉心 2 基地下設置 10MWe/Md	- カナダ原安委宛の許認可申請を準 備中 2015 年に初期展開を計画中
GT-MHR: <Rosatom/OKBM> <ロシア>	- GT-MHR(米ロ共研)のロ シア進展版 600MWt/Md	- プラント設計検討中 - ロシア圏の市場性評価中 (当該技術を基に、将来はガス冷却 高速炉(GFR)開発に繋ぐ構想)
MHR-T: <Rosatom/OKBM> <ロシア>	- GT-MHR(米/ロ共研) のロシア進展版 - 水素製造/ガスタービン 発電、600MWt/Md	
SNE-TP: 持続的原子力技術 プラットフォーム <EC、EU>	欧州共同戦略展開、原 子力技術共同開発基盤 の整理、構築	欧州共通の原子力開発目標、戦 略、要件、スケジュール等を共研中 (炉型、顧客要件、国際実証炉設置 可能性の検討…)
NC21: 原子力併給産業 イニシアティブ <EC、EU> [図 8]	原子力熱電併給実証に 向けた活動	プロセス熱利用/水素製造/発電 向け原子炉(RAPHAEL)、プロセス 熱利用の最終顧客要件調査評価 (EUROPAIRS)等の成果を引継いで 活動中

表3. 「研究開発プログラム」一覧(2013 年 3 月現在)(Md:モジュール)(2/3)
 (「試験・研究炉」、「原型・実証炉」プログラム以外の主要研究開発プログラム)

名称(機関、国)	目的、諸元	現状、将来計画
<u>ANTARES</u> : エネ供給用新型ガス 冷却炉 Areva 新技術 <Areva> <フランス>	高温ガス炉(発電、水素製造、熱利用)開発	米国 NGNP プログラムに向けて進展版(SC-HTGR)設計を提案済み(NGNP 連携機構により当面の最適設計として選定された)(NGNP の項参照)
<u>TH-100</u> : トリウム燃料高温ガス炉 <STL> <南ア> [図 9]	- PBMR 開発経験 - トリウム(レアアース採掘の副産物)の積極活用 100MWt/35MWe/Md、750℃	2010 年会社設立、2011 年概念設計 2012 年～コンソーシアム設立 2013 年トリウム商業生産開始
<u>WHEN、NuH2&NHDD</u> : 水/水素/電力/ 原子力統合、原子力 水素開発実証 <KAERI> <韓国> [図 10]	- 国家戦略として水素エネ開発 - 原子力による水、水素、電力生産の開発&実証	- 先進科研院(KAIST)、エネ技研院(KIER)が協力中 - 電力(KEPCO)、重工(Hyundai)、製鉄(POSCO)等が参加中
<u>GTHTR300</u> : ガスタービン高温炉 <JAEA> <日本> [図 11]	- ガスタービンサイクル高温ガス炉 <-X>発電用、<-C>熱電併給用、<-H>水素製造用、<-A>乾式プラント 600MWt/Md、850℃	- 一連のプラント設計につき、概念設計、経済性評価等実施中 - HTTR を用いて過酷事故時の安全性につき実証試験中(HTTR の項参照)
<u>HTR50S</u> : 蒸気サイクル小型 高温炉 <JAEA/東芝・・> <日本> [図 12]	- 途上国向け小型高温炉開発(発電用、蒸気供給用) 50MWt/Md、750℃	- 概念設計(基本仕様、系統概念)検討済み - 市場規模調査中
<u>NSHTR</u> : 本質的安全高温ガス 炉 <JAEA> <日本> [図 13]	自然の物理現象のみで人々や環境を防護できる炉の開発	概念設計提案中、関連開発試験実施中

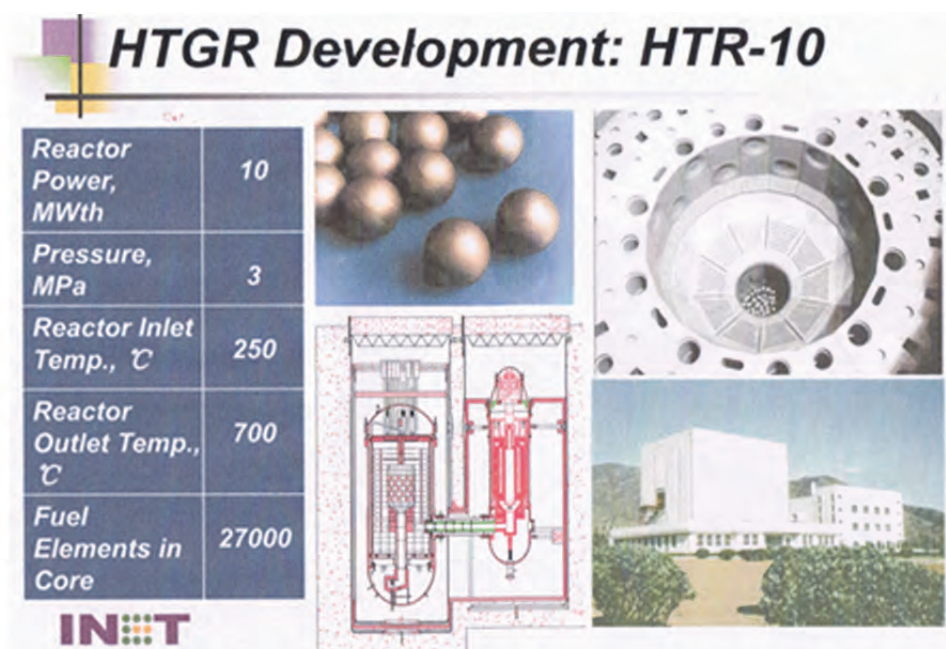
表3. 「研究開発プログラム」一覧(2013 年 3 月現在)(Md:モジュール)(3/3)
 (「試験・研究炉」、「原型・実証炉」プログラム以外の主要研究開発プログラム)

名称(機関、国)	目的、諸元	現状、将来計画
CBHTR: クリーンバーン高温炉 <JAEA> <日本>	◆ 軽水炉使用済燃料の Pu の焼却処理	◆ 概念設計提案中
MHR-50/100: 三菱高温ガス炉 <三菱重工/ JAEA> <日本>	◆ 安全性向上発電用小型高温ガス炉開発 ◆ 初号機: 120MWt/50MWe/Md ◆ 商用機: 250MWt/100MWe/Md、750℃	◆ 概念設計、市場性、経済性検討済み ◆ ビジネスプラン検討中



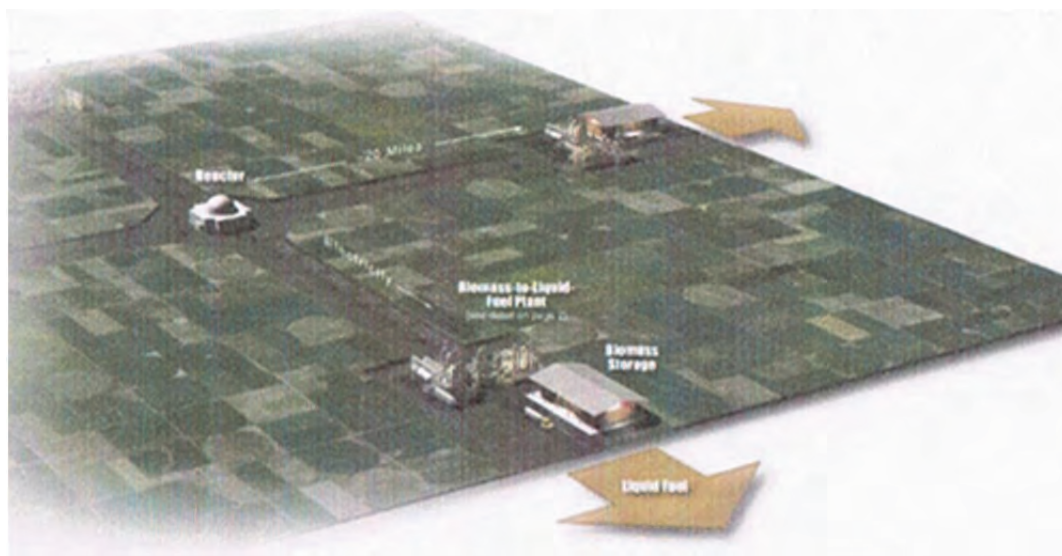
(JAEA HP)

図 1 (日本)高温工学試験研究炉 HTTR



(Sun Yuliang (INET), "Potential Contributions of Modular HTGRs to Energy Supplies in China", IAEA Technical Meeting on Options to enhance Energy Supply Security with NPPs based on SMRs, Oct.3-6, 2011, IAEA, Vienna)

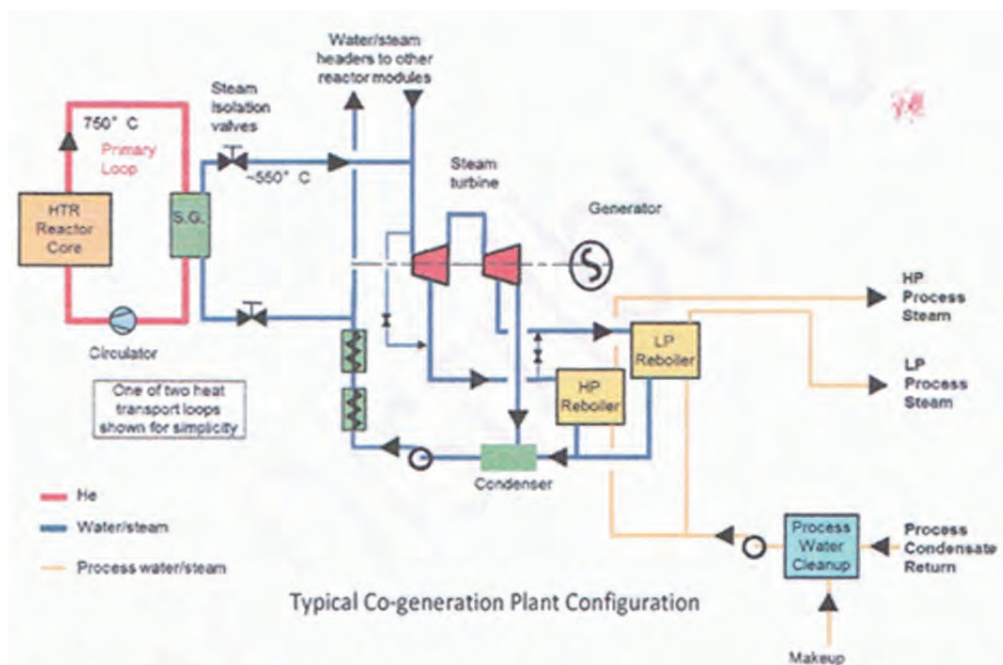
図 2 (中国)高温試験炉 HTR-10(主要仕様、プラント断面)



Distributed concept for biomass-to-liquids with supplemental nuclear hydrogen

(J.O'Brien, INL; VHTR R&D FY12 Tech. Review Mtg, 2012.5.22-24, Salt Lake City)

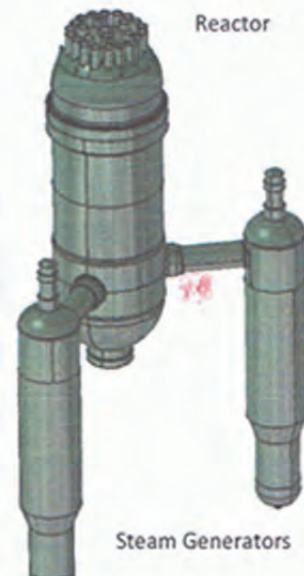
図 3 (米国)(NGNP)原子力水素製造&バイオマス液化燃料供給概念図



(Summary Decision Paper – Reference Modular HTGR Reactor Design Concept and Plant Configuration for Initial Applications, NGNP Industrial Alliance, 2012.2.7)

図 4 (米国)(NGNP)典型的な熱電併給プラント構成

AREVA Design - Nominal Parameters	
Fuel type	TRISO particle
Core geometry	102 column annular 10 block high
Reactor power	625 MWt
Reactor outlet temperature	750°C
Reactor inlet temperature	325°C
Primary coolant pressure	6 MPa
Vessel material	SA 508/533
Number of loops	2
Steam generator power	315 MWt (each)
Main circulator power	4 MWe (each)
Main steam temperature	566°C
Main steam pressure	16.7 Mpa



(Summary Decision Paper – Reference Modular HTGR Reactor Design Concept and Plant Configuration for Initial Applications, NGNP Industrial Alliance, 2012.2.7)

Nuclear Process Steam Supply System

図 5 (米国)初期 NGNP 向け Areva 参照炉設計&プラント構成

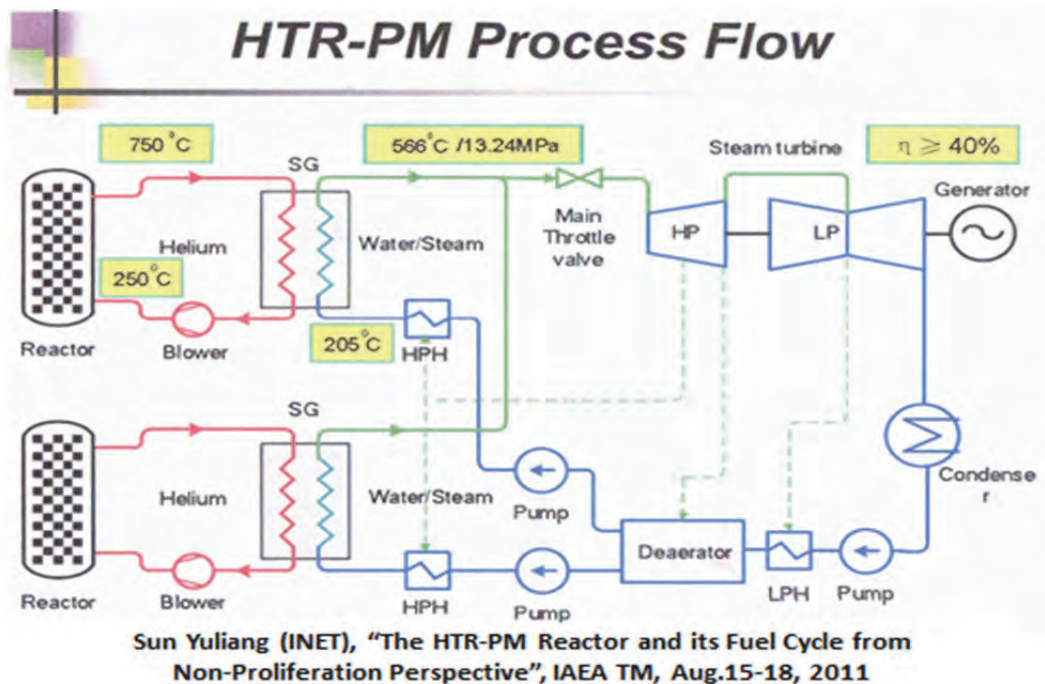
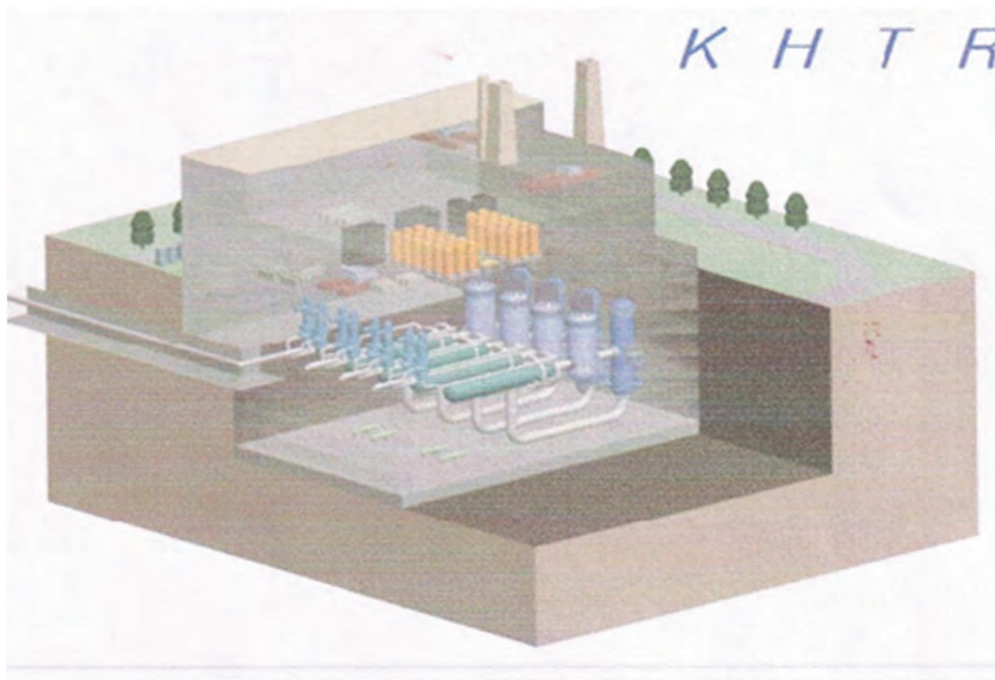
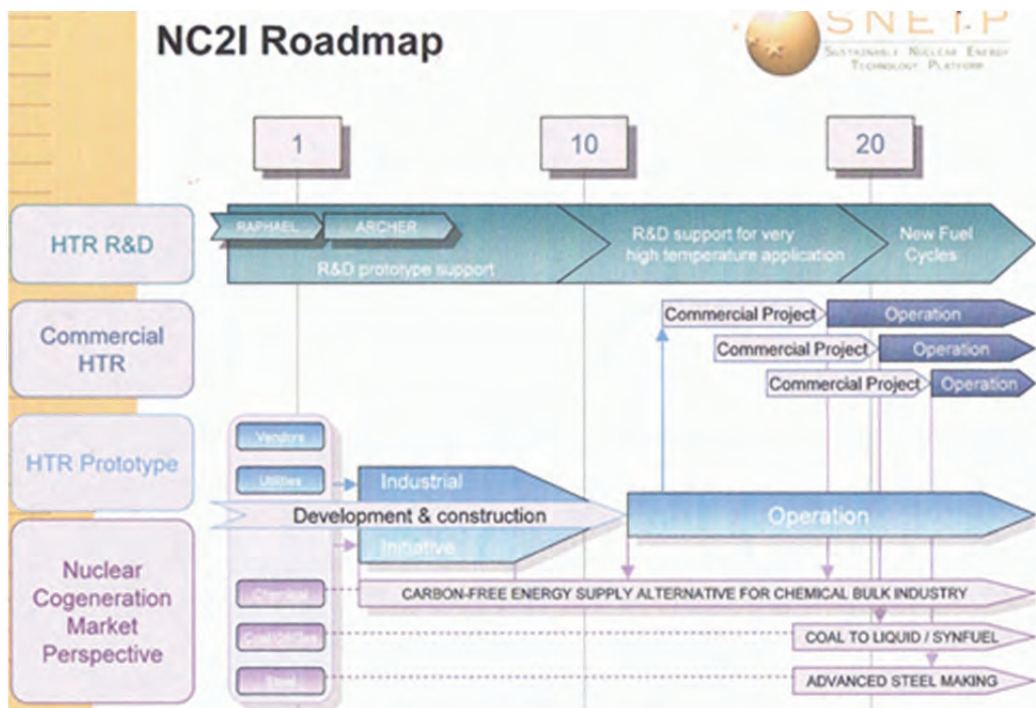


図 6 (中国)HTR-PM プラントプロセスフロー



(jaea.go.jp/04/o-arai/nhc/jp/intro/international/)

図7 (カザフスタン)高温ガス炉 KHTR 概念図



(SNETP HP, 2012.11.16)

図8 (欧州)原子力熱電併給原子力産業イニシアティブ(NC2I)ロードマップ

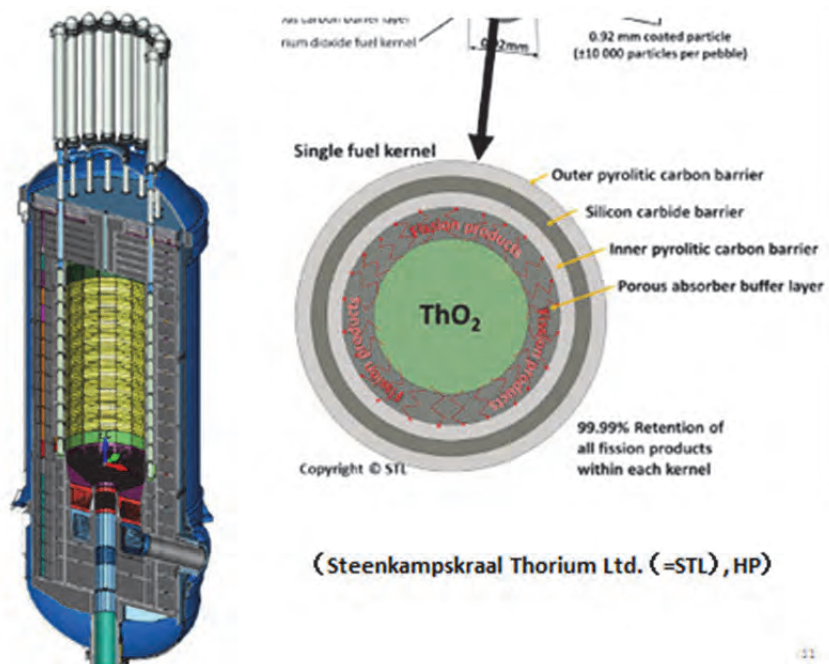


図9 (南アフリカ)トリウム燃料高温ガス炉(TH-100)

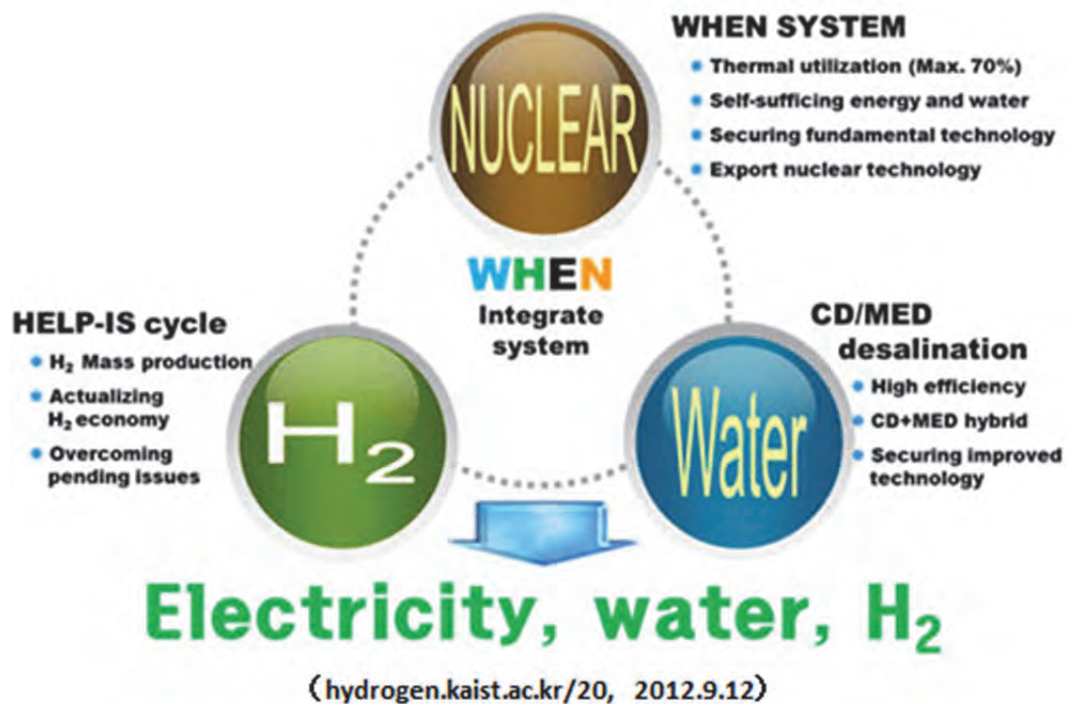
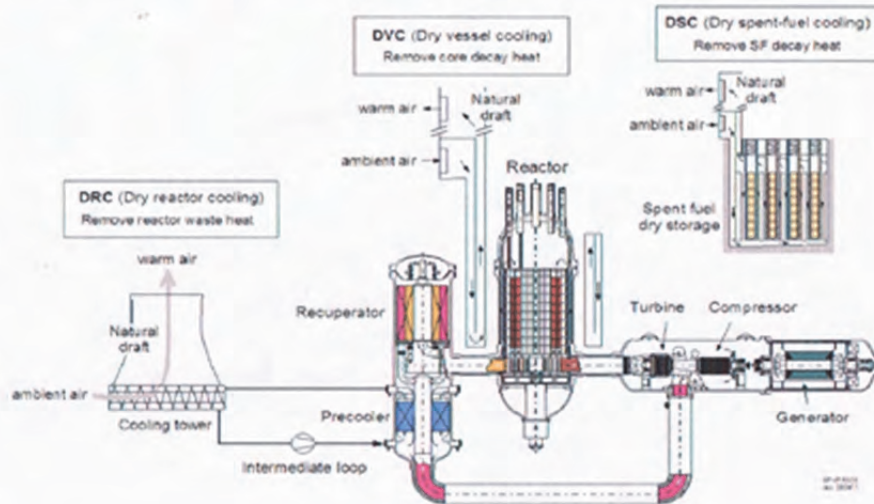


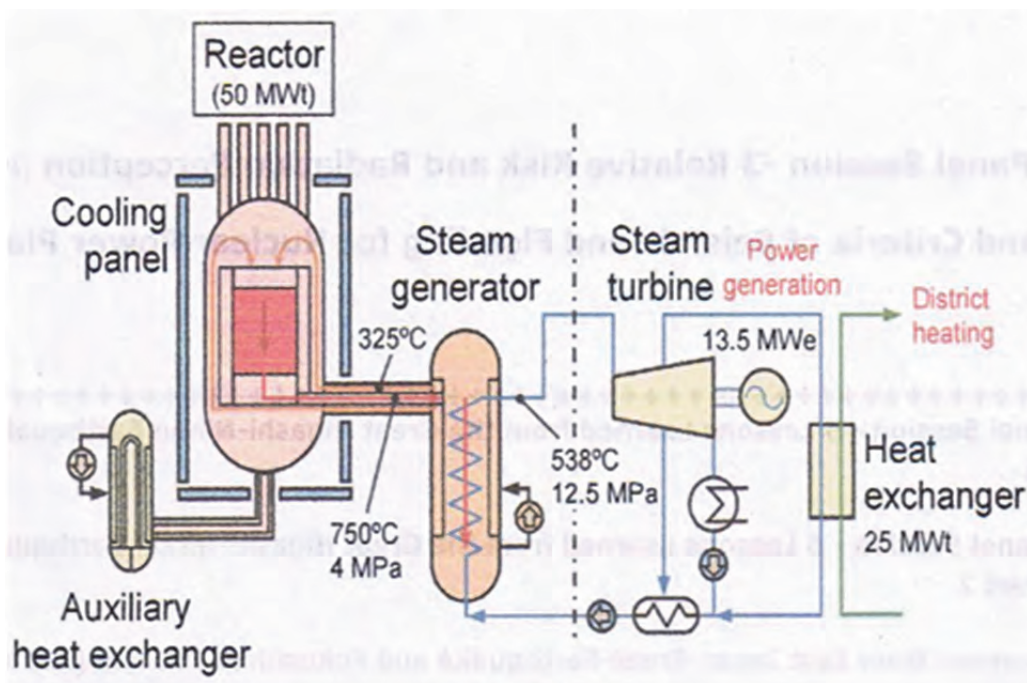
図10 (韓国)水／水素／電力／原子力統合システム(WHEN)概念

Water free system



(K.Kunitomi, JAEA, VHTR R&D Tech. Review Meeting, 2012.5.22-24, Salt Lake City, Utah, USA)

図 11 (日本)乾式高温ガス炉プラント(GTHTR300-A)概念



HTR-50S

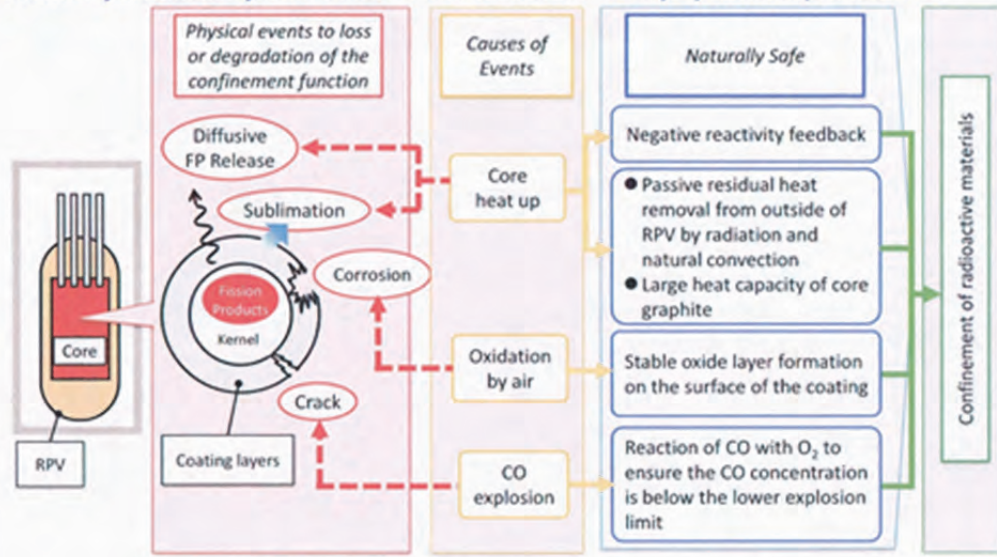
(Y.Inaba, et al (JAEA), JAEA-Technology 2012-019)

図 12 (日本)電力&地域熱供給併給用 HTR50S フローダイアグラム

Safety concept of Naturally Safe HTGR



No harmful release of radioactive material is assured only by natural phenomena



(K.Kunitomi, IAEA, VHTR R&D Tech. Review Meeting, 2012.5.22-24, Salt Lake City, Utah, USA)

図 13 (日本)本質的安全高温ガス炉(NSHTR)概念