

SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)
エネルギーキャリア(新しいエネルギー社会の実現に向けて)
研究開発計画

2014年11月13日

内閣府
政策統括官(科学技術・イノベーション担当)

研究開発計画の概要

1. 意義・目標等

日本にとって化石燃料依存を低減し CO₂ を削減することは重要な課題である。水素はクリーンであることに加え、化石燃料・再生可能エネルギーからの製造が可能で、エネルギー供給源の多様化にも寄与する。

ただし、水素の製造、輸送・貯蔵はコストがかかり、現状の水素製造コストはガソリンの数倍となっている。このため、水素を効率よく低価格で生産する技術の研究、効率よく輸送・貯蔵する液体水素やエネルギーキャリア技術の研究、規模の経済につながる水素の用途拡大に資する研究・実証が必要である。バリューチェーン全体を見据えた研究開発を推進しつつ、水素が広く国民・社会から受け入れられるための運搬・貯蔵・利用等に関する安全基準の検討や、他の燃料との競合や水素の経済評価等、それらを踏まえた導入シナリオの策定が重要となる。

2020年までにガソリン等価のFCV用水素供給コストを、2030年までにLNG発電と同等の水素発電コスト実現を目指して研究開発を行い、東京オリンピック・パラリンピックでのエネルギーキャリアを活用した水素実証等も通じて水素社会の実現に向けた取組を推進する。

2. 研究内容

主な研究開発項目は次のとおり。

- アンモニア、有機ハイドライド、液体水素等のエネルギーキャリアの開発および実現可能性見極め
- 水素利用技術(燃料電池、水素発電等)の低コスト、高効率化等研究開発
- 水素輸送・利用に係る安全基準等の策定・規制緩和の働きかけに資する研究開発

3. 実施体制

村木茂がプログラムディレクター(以下、「PD」という。)として研究開発計画の策定や推進を担う。

同氏を議長、内閣府が事務局を務め、関係省庁や専門家で構成する推進委員会が総合調整を行う。

独立行政法人科学技術振興機構交付金を活用して同法人がマネジメント力を最大限発揮する。

他省庁と連携して水素導入シナリオを策定し、シナリオに基づいて研究開発テーマの最適化を図る。

4. 知財管理

知財委員会を独立行政法人科学技術振興機構に置き、発明者や産業化を進める者のインセンティブを確保し、かつ、国民の利益の増大を図るべく、適切な知財管理を行う。

5. 評価

ガバニングボードによる毎年度末の評価の前に、研究主体による自己点検及びPDによる自己点検を実施し、自律的にも改善可能な体制とする。

6. 出口戦略

社会への水素導入シナリオの策定とそれに基づく研究開発計画立案・推進

特区やオリンピックにおけるエネルギーキャリア、水素技術の実証と技術の峻別

水素製造・輸送・利用のバリューチェーン構築

1. 意義・目標等

(1) 背景・国内外の状況

エネルギーの大半を海外に依存している日本にとって、海外からの化石燃料依存を低減し、CO₂を削減する事で地球温暖化防止に貢献するような社会の構築を日本が模範として行う事は重要である。そこで期待されるのが、化石燃料から水素を取り出し、発生するCO₂を固定化する方法、再生可能エネルギーを水素に転換して利用する方法等、水素エネルギーの利用拡大である。水素はタービン・エンジン等での直接燃焼、または、燃料電池等で電気に変えて利用することもできる。燃料電池は日本が世界に先駆けて実用化・商用化した製品であり、2009年に発売された家庭用燃料電池は2013年度末時点、全国で8.0万台以上¹の普及となっており、さらに2015年頃からは水素燃料電池車(FCV)の販売を予定している。また、将来的には日本国内では量的限界のある再生可能エネルギーを海外で活用し、水素に変えて貯蔵・輸送することも必要になる。国内外での水素製造・貯蔵・輸送に関する経済性評価の検討も開始されている。

海外では、例えばドイツでは2023年までに水素ステーションを400箇所整備する計画が発表された他、デンマークでは風力発電の余剰電力を水素に変換して利活用する実証、イタリアでは水素専焼発電の実証等を行っている。また、北米においても、業務用燃料電池の導入やカリフォルニア州における水素ステーション整備計画が、さらには政府支援を背景に燃料電池フォークリフトの導入が増えつつある。アジアにおいても、韓国で現代自動車が2015年までに燃料電池自動車の販売を計画しており、水素ステーションの整備計画も発表されている。このように、2015年からのFCV市場導入に向けて国際的競争が始まっており、日本として国際競争においてリーディングポジションを取るためにも、今まさに水素利用社会に向けた取組を強化、加速していく必要がある。

(2) 意義・政策的な重要性

水素はクリーンであることに加え、化石燃料だけでなく再生可能エネルギーからも製造が可能で、エネルギー供給源の多様化にも寄与する。ただし、以上のメリットがあるだけでは普及しない。20年ほど前に再生可能エネルギーから水素を製造し、運搬、貯蔵、利用する「WE-NET構想」がスタートしたが、水素利用に飛躍的な進展がないのが現状である。

その原因の一つはコストである。水素の製造、輸送・貯蔵はコストがかかり、現在供給されている水素はガソリンの数倍となっている。このため、水素を効率よく低価格で生産する技術の研究が必要である。また、水素は常温常圧では気体であり、輸送・貯蔵が難しく、効率よく輸送・貯蔵する液体水素やエネルギーキャリア技術の研究も必要である。さらに、水素の利用用途を拡大できれば大量輸送による規模の経済が働き、水素価格の低下につながる。したがって、定置用燃料電池、燃料電池自動車に加えて、タービン、エンジン等での水素や水素キャリアの直接燃焼といった水素エネルギーの利活用拡大に資する研究・実証も重要である。

さらに、水素が広く国民・社会から受け入れられるためには、高圧水素や液体水素、アンモニア、メチルシクロヘキサン等のエネルギーキャリアについて、陸上・海上の運搬・貯蔵等に関する安全性に関する研究と、安全基準の検討、実証試験等が必要である。これらの研究開発、安全性に関する研究、さらには、これらを統合したシナリオ、戦略の策定等は文部科学省、経済産業省、総務省(消防庁)、国土交通省、地方自

¹ エネファームメーカー販売台数 一般財団法人 コージェネレーション・エネルギー高度利用センター
(http://www.ace.or.jp/web/works/works_0090.html)

治体、大学、企業、公的研究機関等の連携や施策の進捗調整が不可欠であり、内閣府を事務局とし SIP が総合調整機能を発揮する必要がある。

我が国の水素エネルギーに関連した材料、触媒あるいは分析・解析技術、ならびに燃料電池を始めとした利用技術等の基本的技術は世界的に優位であり、本領域の発展は関連産業の発達に寄与する。

水素並びに水素キャリアと、その利用技術に対する国民の理解を醸成し、水素エネルギーをエネルギー源の多様化によるエネルギーセキュリティの向上と低炭素社会に向けて中心的役割を担う主要な二次エネルギーと位置づけ、水素利用社会実現に向けた国民的コンセンサスを形成していく。

(3) 目標・狙い

水素の製造、輸送・貯蔵、利用のチェーンの中で、需要側の利用方法に応じた多様なパスを検討することが重要である。移動距離や運搬量によっては、水素に転換するよりも化石燃料のまま輸送・貯蔵するか、電気のまま送電・蓄電するか、あるいは、熱のまま搬送・蓄熱する方が望ましい場合もある。また、需要の種類によっては、例えば定置用燃料電池や燃料電池自動車等は分散型の水素製造が、水素発電には大規模な水素の調達に適している可能性もある。将来の技術革新とエネルギーコストを予測し、どのような場合に水素利用が有利となるかを見極めた上で、新しいエネルギー社会のシナリオを策定し研究開発計画に反映していく。

① 技術的目標

2018 年までに再生可能エネルギー等の利用による安価なエネルギーキャリア製造技術のモデル検証、エネルギーキャリアを利用した発電、水素ステーションへの供給システム等の技術確立を目指す。

② 産業面の目標

i) 産業創出

- ・部材、装置、プラント等含め、水素を中心とした総合エネルギー産業を育成する。
- ・定置用燃料電池、燃料電池自動車を含め、2020 年までに国内 1 兆円産業への到達を目指す。

ii) 世界シェア

- ・国際的基準化・標準化にも積極的に取り組み、日本の水素関連産業の国際競争力向上を進め、2030 年までに世界市場で大きなプレゼンスを持つ産業への発展を目指す。

③ 社会的な目標

- ・2020 年までにガソリン等価の FCV 用水素供給コストを、2030 年までに LNG 発電と同等の水素発電コストを実現する。

※時期、コスト、水素供給量については、シナリオ策定の中で詳細を検討していく。

- ・2020 年東京オリンピック・パラリンピックでエネルギーキャリアを活用した水素社会の実証をする。

2. 研究開発の内容

本プログラムでは、水素の製造、輸送、貯蔵、利用の各技術を俯瞰し、2030 年ごろまでを視野に水素が社会に導入される条件の明確化、および導入シナリオの策定を行う。導入シナリオの策定にあたっては、経済産業省が進めている「水素の製造、輸送・貯蔵、利用に関するロードマップ策定（資源エネルギー庁「水素・燃料電池戦略協議会）」、「トータルシステム導入シナリオ研究（経済産業省事業「再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発）」と連携し、統合的導入シナリオ策定を行う。シナリオについては適宜修正を行いつつ、このシナリオを踏まえて研究開発テーマの改廃、予算配分等柔軟かつ戦略的に変更する。

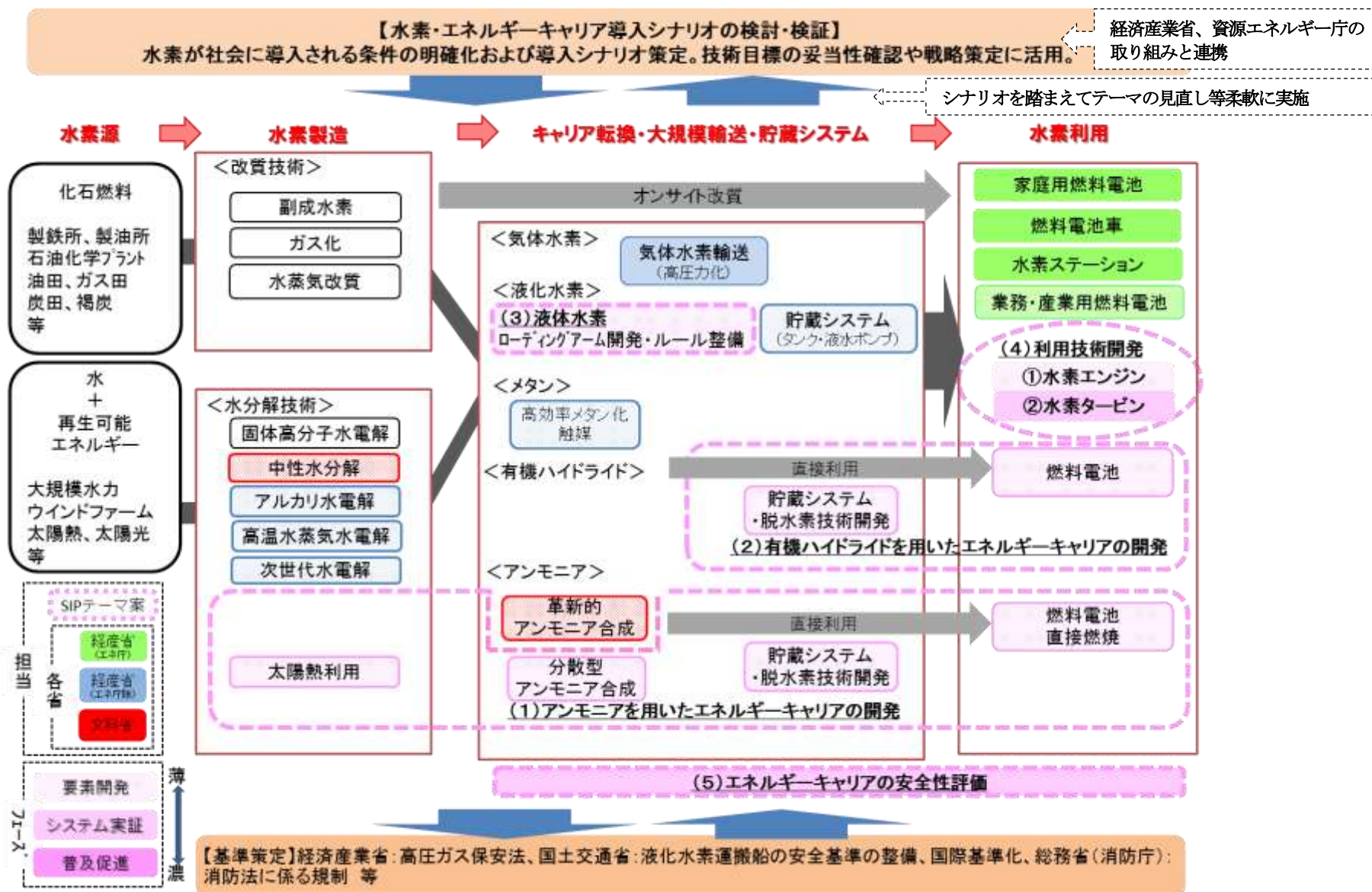
今後必要性が高い研究開発等を製造、輸送、貯蔵、利用の段階についてまとめると図表 2-1 の通りである。研究開発を進めるにあたっては、以下のエリアを対象とし、これまでの研究開発の成果を評価し、必要なものは活かし、2014 年度以降の研究開発計画を策定する。

- 水素製造
 - ・再生可能エネルギーからの水素製造
 - ・化石エネルギーからの低炭素、さらにはゼロエミッション水素製造
- キャリア転換・大規模輸送・貯蔵システム
 - ・液体水素
 - ・有機ハイドライド
 - ・アンモニア
- 水素利用
 - ・燃料電池
 - ・水素エンジン・タービン
 - ・有機ハイドライド、アンモニアの直接利用
- エネルギーキャリアの安全性評価

政府として今後必要性が高い研究開発等をまとめると図表 2-1 の通りであるが、各省庁が連携して行うべきところについて内閣府事業として取り組む。2014 年度については、具体的には、(1)アンモニアキャリアの開発、(2)有機ハイドライドの開発、(3)液体水素の開発、(4)水素利用技術の開発、(5)エネルギーキャリアの安全性評価を優先課題として取り組む。その他の分野については、各省庁が取り組む。

各研究開発テーマについては、5 年間の計画策定とするが、毎年成果のレビューを行い、研究開発テーマの修正、改廃、予算配分の見直しを実施する。また、製造から利用までの各キャリアの実現性について、シナリオを踏まえた評価を行い、研究開発の進め方について必要な修正を進める。

図表 2-1 水素関連研究開発・技術開発全体像



(1) アンモニアを用いた高効率・低コストエネルギーキャリア製造・利用技術

① 水素・アンモニアの製造基盤技術

太陽熱(650°C以下)を利用し、水の熱化学プロセスあるいは高温水蒸気電解により、CO₂フリーの安価な水素(あるいはアンモニア)の製造技術を確立する。

研究責任者:小島 由継

広島大学 先進機能物質研究センター センター長・教授

研究実施機関:千代田化工建設(株)、日揮(株)、東洋エンジニアリング(株)、日立造船(株)、住友化学(株)、(株)日本触媒、(株)豊田自動織機、東ソー(株)、総研テクニクス(株)、広島大学、東京工業大学、京都大学、新潟大学、熊本大学、芝浦工業大学、九州大学、東京農工大学、(独)産業技術総合研究所、(独)日本原子力研究開発機構、(一財)エネルギー総合工学研究所

② 太陽熱を利用した水素製造に関する基幹部材開発

太陽熱利用による水素製造の実用化を実現するため、集熱管、熱媒等高性能低コストの基幹部材を開発・試作し、システム評価を実施する。

研究責任者:西牟田 武史

(株)豊田自動織機 技術・開発本部 開発第一部 部長

研究実施機関:(株)豊田自動織機、(一財)ファインセラミクスセンター

③ 分散型エネルギー利用のための合成システム開発

再生可能エネルギー利用(国内余剰風力からの電力の平準化、活用)や海外の安価な中小ガス田からの水素利用を推進するため、小規模、コンパクトで低コストのアンモニア合成・装置(～20トン/日)を開発するとともに分散型エネルギーシステムとのインテグレーションを検証する。(通常アンモニア製造は2,000トン/日)

研究責任者:藤村 靖

日揮(株) プロセス技術本部 技術開発センター 部長代行

研究実施機関:日揮(株)、千代田化工建設(株)、(株)豊田自動織機、日揮触媒化成(株)、広島大学、(独)産業技術総合研究所

④ アンモニア利用基盤技術

アンモニアからの高効率な水素の製造と分離による精製、アンモニアを直接または間接的に燃料として利用する燃料電池、アンモニア直接燃焼によるCO₂フリーな熱エネルギーへの変換等の基盤技術を開発する。

研究責任者:江口 浩一

京都大学 工学研究科 教授

研究実施機関：三井化学(株)、(株)トクヤマ、(株)豊田自動織機、(株)日本触媒、(株)豊田中央研究所、(株)IHI、宇部興産(株)、大陽日酸(株)、京都大学、東北大学、大阪大学、広島大学、東京工業大学、(独)産業技術総合研究所

⑤ アンモニア発電

アンモニア燃料電池、タービン等による発電実証を行う。例えば、アンモニア固体酸化物型燃料電池において、直接型、間接型、アンモニア分解オートサーマル反応器(ATR)を利用した1kW級のアンモニアSOFCを設計、試作し、運転実証を行うとともに、システムの最適化を行う。順次、タービン、エンジンに展開する。

研究責任者：高橋 洋祐

(株)ノリタケカンパニーリミテッド 研究開発センター 機能材料グループ グループリーダー

研究実施機関：(株)ノリタケカンパニーリミテッド、三井化学(株)、(株)トクヤマ、(株)日本触媒、(株)豊田自動織機、京都大学



(2) 有機ハイドライドを用いた高効率・低コストエネルギーキャリア製造・利用技術

① 有機ハイドライドの製造・利用基盤技術

有機ハイドライドを媒体とした新規コンセプトの高効率エネルギー輸送・貯蔵システムの基盤技術を開発する。具体的には、風力や太陽光で発電した電気でトルエンを電解水素化しメチルシクロヘキサン(MCH)に変換する技術や、MCHを燃料とした直接型水素燃料電池による電気変換技術(MCHはトルエンに戻り再利用)を開発する。MCH等水素キャリアからの水素の反応分離・精製のための高性能

水素分離膜や、それらを利用した膜分離器や反応分離同時操作が可能な膜反応器の開発を行う。

研究責任者: 光島 重徳 (電解水素化、燃料電池)

横浜国立大学 工学研究院 教授

研究実施機関: JX 日鉱日石エネルギー(株)、ペルメレック電極(株)、横浜国立大学、大阪府立大学、東京工業大学、静岡大学、早稲田大学、京都大学

研究責任者: 伊藤 直次 (水素分離膜・膜反応器*) *(1)④アンモニア利用基盤技術でも成果活用
(公財)地球環境産業技術研究機構 主席研究員

研究実施機関: (公財)地球環境産業技術研究機構、工学院大学、宇都宮大学、山口大学、広島大学、(独)産業技術総合研究所

② 脱水素システムの開発および実用化(水素ステーション)

有機ハイドライドを水素ステーションにて脱水素化し、燃料電池車へ直接供給するシステム確立のため、触媒高性能化・水素精製技術を構築し、水素ステーション導入への基準整備・安全性検証を実施することで円滑な普及を目指す。

研究責任者: 前田 征児

JX 日鉱日石エネルギー(株) 中央技術研究所 先端領域研究所 水素グループ グループマネージャー

研究実施機関: JX 日鉱日石エネルギー(株)、NOK(株)、(独)産業技術総合研究所



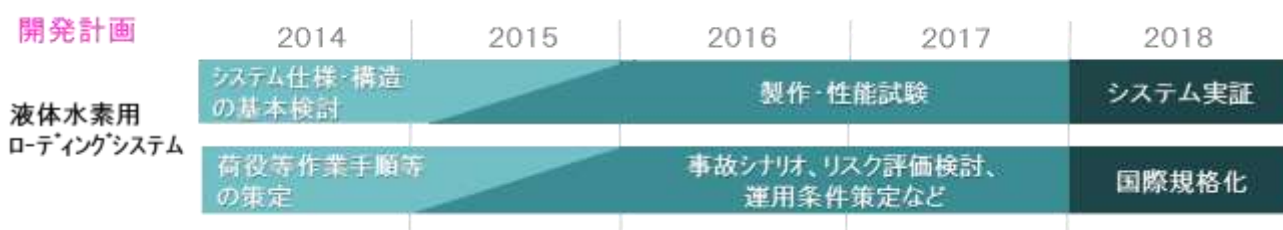
(3) 液化水素用ローディングシステム開発とルール整備

液化水素の荷役を行うために必要となるローディングシステムについて、-253℃の超低温、爆発性等の特性に対応した要素技術(液化水素配管のジョイント、緊急離脱機構等)の研究開発により実用化を図る。さらに液化水素の基礎科学を推進することで高度利用を目指すとともに、荷役の運用の前提となる安全対策、手順等のルールを関係府省の連携のもと整備し、国際規格化を図る。

研究責任者: 松尾 真治

(一財)日本船舶技術研究協会 研究開発グループ 研究開発ユニット長

研究実施機関：(一財)日本船舶技術研究協会、川崎重工業(株)、ニイガタ・ローディング・システムズ(株)、(株)日本海洋科学、(公財)日本海難防止協会



(4) 水素燃焼(利用)技術

2009年に家庭用燃料電池が市場投入され、2015年に燃料電池自動車市場投入される予定となっており水素エネルギー利活用に向けた入口が見え始めているが、水素価格は化石燃料と比較して高いのが現状である。水素利用の拡大を目指し、水素利用量を増大させることで水素価格の低下を図る。

研究責任者： 飴 雅英

川崎重工業(株) 技術研究所 熱システム研究部 副部長

研究実施機関：川崎重工業(株)、(株)前川製作所、東京都市大学、岡山大学、(独)産業技術総合研究所、(独)海上技術安全研究所

① 水素ガスタービン技術開発

燃焼温度が高く、燃焼速度が速い水素を低 NO_x で燃焼し、蒸気や水を噴射することなしに高温燃焼を抑制するガスタービン用ドライ型低 NO_x 水素燃焼器開発を実施する。

② 水素エンジン技術開発

発電、輸送船への大型水素エンジン利用普及を目指し、直接噴射式エンジンの大出力化・高効率化を目標とし、大幅な熱効率向上が達成可能な高圧水素直接噴射エンジン基盤技術開発を実施する。



(5) エネルギーキャリアの安全性評価研究