



# 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

## 水素エネルギーを世界に先駆けて活用し、低炭素・水素社会の早期実現へ

CO<sub>2</sub>排出抑制は地球全体の課題だが、特にエネルギー資源小国の日本にとって、再生可能エネルギーや原子力に匹敵するような、新しい、しかも環境負荷が極めて小さいエネルギー開発が未来の国力を維持・発展させる重要なファクターと考えられている。そこで期待されるのが、燃やしても水を排出するだけで有害な排出物を出さない水素の大規模活用である。これまで未解決だった製造・輸送・貯蔵コスト課題と安全性課題を多様な技術開発で解決し、世界に先駆けた低炭素・水素社会の早期実現を目指した取り組みが、具体的成果を見せはじめた。



プログラムディレクター

### 村木 茂

東京ガス株式会社  
常勤顧問

Profile

1972年東京ガス株式会社入社。2000年原料部長、02年執行役員企画本部原料部長、04年常務執行役員R&D本部長、07年取締役常務執行役員エネルギーソリューション本部長、10年代表取締役副社長執行役員社長補佐エネルギーソリューション本部長、14年取締役副会長、15年常勤顧問。

### 研究開発テーマ

#### 1. エネルギーキャリアの開発および実現可能性の見極め

水素エネルギーの生産や輸送・貯蔵に係るエネルギーキャリアとして、液化水素、有機ハイドライド、アンモニアの活用に関する開発を推進、実用的なコストでの水素エネルギー活用バリューチェーンの基礎を築く。

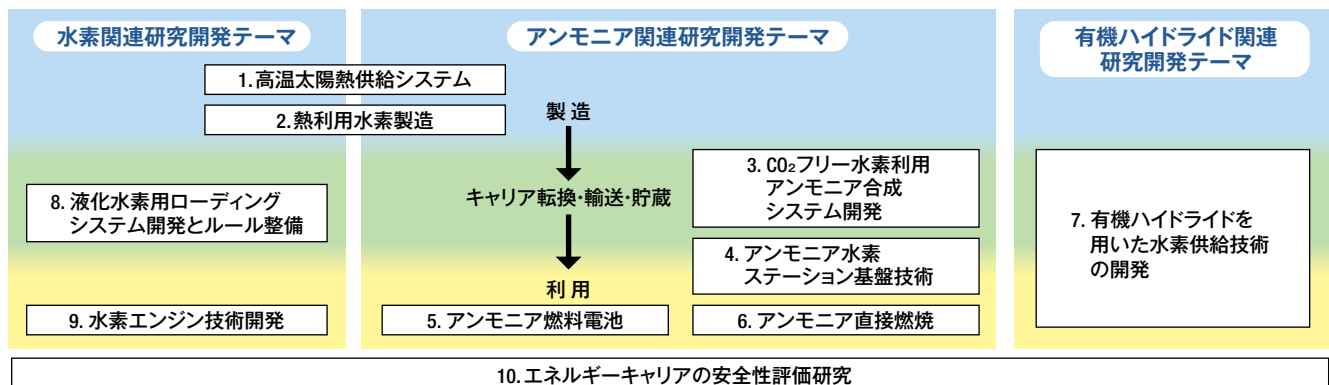
#### 2. 水素バリューチェーン技術の低コスト、高効率化等技術開発

再生可能エネルギーからの高効率水素製造技術、有機ハイドライド、アンモニアの製造と水素分離技術の開発、水素とエネルギーキャリアの燃料電池、タービン、エンジンでの高効率利用技術の開発と実証を行う。

#### 3. 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

エネルギーキャリアの漏洩等の事故シミュレーション解析、大気拡散予想などによるリスク評価を実施、許認可、安全対策、リスクコミュニケーションのための基礎データを構築。各エネルギーキャリアの安全基準を策定し、各キャリアの評価を開発へフィードバックするとともに公表する。

#### ●エネルギーキャリアの研究開発概念図



### ☑ 技術の評価、基準等の整備による成果普及 (2017年～)

各水素キャリアに関する要素技術開発、技術実証をベースに、経済性、安全性を含めた評価を行うとともに、国際規格化も視野に入れた安全基準の整備を行い水素キャリアの利用環境を整える。それらを踏まえて水素導入シナリオを策定し、戦略的な投資配分で技術開発を推進する。

### ☑ 研究開発成果の社会的実証 (2018年～)

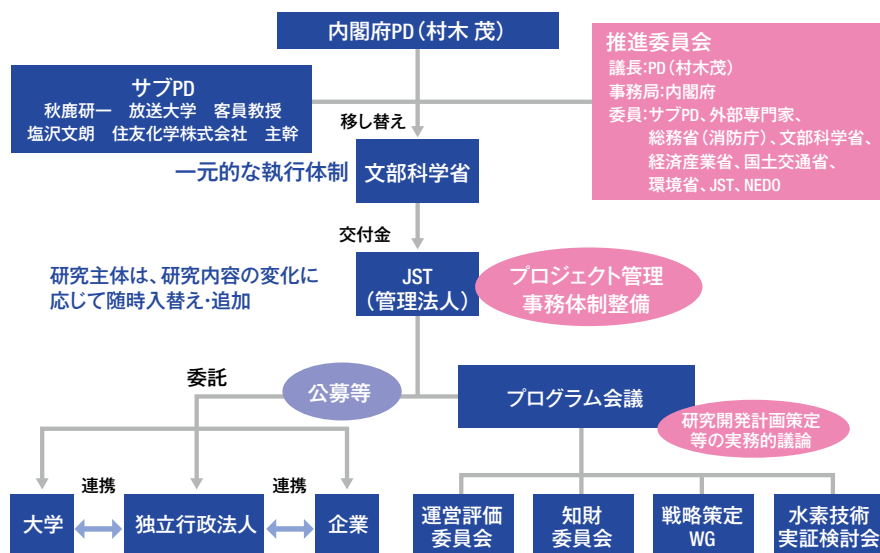
エネルギーキャリアを活用した水素ステーションや燃料電池・タービンなどの技術開発成果を、2020年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会開催エリアでデモンストレーションする。また特定地域での水素製造・輸送・貯蔵・利用技術の導入により、発電、熱利用、自動車等に水素またはエネルギーキャリアを用いる実証を行う。

### ☑ 海外の再生可能エネルギー等活用のための国際共同開発 (2018年～)

海外市場においてCO<sub>2</sub>フリー水素とエネルギーキャリアの製造に関する国際共同開発を実施し、水素エネルギーの製造から利用までのシステムを実証する。

## 実施体制

村木茂がプログラムディレクター (PD) 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。国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) が管理法人として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。



## これまでの成果

### アンモニア利用発電に画期的な進展

水素キャリアの一つであるアンモニアを利用した発電実験に成功し、実用化の可能性が具体的に見えてきた。



- アンモニアを直接燃料とした燃料電池による発電に成功

アンモニアを直接燃料とした固体酸化物形燃料電池 (SOFC) で世界最大規模 (200Wクラス) の発電に成功。小規模発電の実用化に向けたシステム化に着手。



- 50kW級ガスタービンにて世界初のアンモニア専焼/混焼発電に成功

50kW級ガスタービンにて、メタン-アンモニアの混焼発電 (41.8kW) およびアンモニア専焼発電 (41.8kW) に世界で初めて成功し、NO<sub>x</sub>も脱硝装置で処理可能な運転条件を見出した。アンモニアを火力発電用燃料として利用できる可能性を示した。

# 本格的な水素利用に向けて、発電分野での実験にも成功、システム設計が進むエネルギーキャリア開発

CO<sub>2</sub>排出のない水素社会実現のためのエネルギーキャリア研究開発は、要素技術開発を経てシステム設計に向かい、一部は技術実証に漕ぎ着けた。世界初のアンモニア直接発電など具体的な成果が続々生まれている。

地球温暖化対策の推進とエネルギーセキュリティ向上に向けて、水素はエネルギーとして重要な役割を担うことが期待される。本プログラムでは水素の製造・貯蔵・輸送・利用に至るバリューチェーン全域を視野に入れて研究開発を進めている。現在は要素技術開発からシステム設計段階に移行し、実証に向けた取り組みが加速している。

## 世界初のアンモニア直接発電技術実証に成功、実用化の道が見えてきた

「本プログラムでは具体的な成果が次々に上がっており、中でもアンモニアによる発電の研究は予定が前倒しになる成果が出ています。」と、本プロジェクトを統括する村木茂氏は語る。プログラムでは諸外国に先駆け、メタン-アンモニアの混焼およびアンモニアの専焼による発電を、どちらも50kW級ガスタービンで技術実証した。これを受け2MW級ガスタービンの実証試験に向けた設計が始まり、国内電力会社の参画を得て、大型発電の実用化に向けた検討が始まった。

またアンモニア燃料電池研究では、世界最大規模の200W級SOFCスタックでの発電に成功し、1kW級発電システム実証に向けた試作・設計を行っているところだ。「アンモニアは世界で大

量に流通していて日本で輸入するコストが見えている。ガスタービンや燃料電池など利用の技術が進めば、CO<sub>2</sub>フリーのアンモニア製造も徐々に進むことが期待できます。」と村木氏は言う。

CO<sub>2</sub>フリー水素やそれを利用したアンモニア製造に繋がる高温太陽熱供給システム開発も前進した。集光・集熱方式と熱媒体の研究対象を絞り込み、実証案の策定検討に入った。

村木氏は「本プログラムでは650°Cの集熱を目指しているため、サンベルト地帯など太陽光強度が高い場所での実証が望まれます。海外企業との情報交換も始まっています。」と指摘する。CO<sub>2</sub>フリー水素バリューチェーンの構築に向け、SIP終了後の展開も視野に入れ、可能性の追求が続く。

## 燃料電池自動車(FCV)向け技術開発や安全性評価研究も概ね順調に進捗

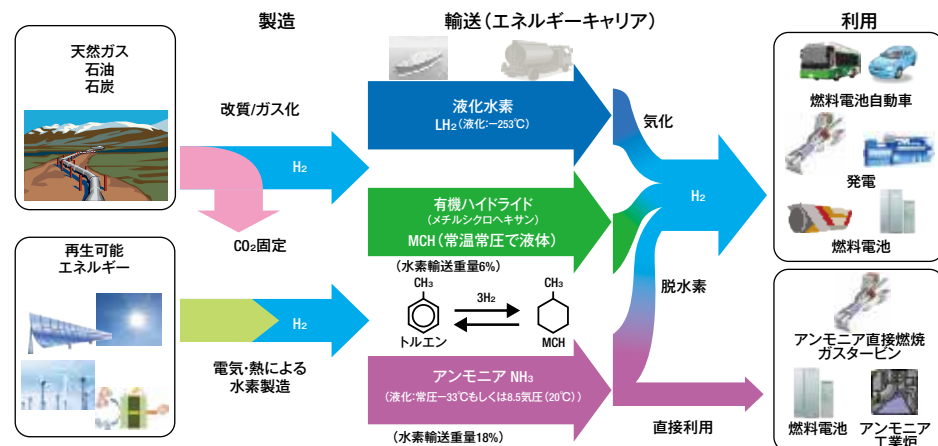
エネルギーキャリアのもう1つの重要な利用分野がFCVへの水素供給だ。本プログラムでは有機ハイドライドとアンモニアを対象として取り組み、いずれも開発の中心は脱水素技術と高純度水素精製技術にある。

有機ハイドライドでは、トルエンを水素化したメチルシクロヘキサンを用いている。10Nm<sup>3</sup>/hの脱水素システムパイロット

機の運転評価を行い、日本の水素ステーションの標準サイズである300Nm<sup>3</sup>/hの脱水素システム設計を開始した。また、低コスト水素精製技術として実用型炭素膜モジュールの開発も行っている。アンモニアでも脱水素・精製に必要な要素技術の検証を終え、10Nm<sup>3</sup>/hの脱水素システムパイロット機の設計を進めている。

これらについて安全性評価研究も並行して進めており、水素ステーション設備の要求性能や社会の

### ●水素の製造・輸送・利用のイメージ





リスク許容基準についての議論が実を結びつつある。「2017年から18年には規制緩和の検討に寄与するデータを提供できる予定。」と村木氏はいう。

## 水素利用でも進展

水素の利用技術でも大きく進展があった。水素ガスタービン発電において、従来不可欠であった水や蒸気を用いずに100%水素でも低NOx燃焼できるガスタービン燃焼器の開発に成功した。2016年度からは、この成果を活かして国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のプロジェクトとして水素専焼タービンの開発が進められている。

また、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概念設計を行う一方、荷役の安全対策、

手順等の策定に向けて関連部局との連携が進んでいる。

## SIP終了後の産学官連携も視野に入れつつ、成果を生むことに集中

村木氏は「本プログラム中に開発が終わるものは1つも無い。柔軟に研究内容を見直しつつ、最適なスキームを作っていきたい。」と語る。

また研究の今後については「水素社会実現は長期的な課題。現在有効に機能している実施体制をベースに、NEDOとの連携も含め、総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)としてもっと大きな枠組みで産学官連携の維持・強化が必要。」とした。プログラム終了後も続く長い道のりを走り切る緊密な協力体制が求められる。

## 今後の予定

各研究開発スケジュールについて以下に示す。

年度	2014	2015	2016	2017	2018
<b>太陽熱を利用した水素製造</b>					
1. 高温太陽熱供給システム	要素技術開発			試作、システム設計	モデル実証
2. 熱利用水素製造	要素技術開発			統合・システム化	実証評価
<b>アンモニアの製造・利用技術</b>					
3. CO <sub>2</sub> フリー水素利用アンモニア合成システム開発	要素技術開発、システム設計			試作、システム化	システム実証
4. アンモニア水素ステーション基盤技術	要素技術開発		統合・システム化		システム実証
5. アンモニア燃料電池	SOFC要素技術開発、スタック試作評価		SOFCモジュール試作・システム化		システム実証
6. アンモニア直接燃焼	要素技術開発		装置設計、試作、改良		システム実証
<b>有機ハイドライドの製造・利用技術</b>					
7. 有機ハイドライドを用いた水素供給技術の開発	要素技術開発			最適化・量産化技術確立	
	脱水素パイロロト小機製作・運転検証		大型試作機製作・運転検証		システム実証
<b>液化水素の利用技術</b>					
8. 液化水素用ローディングシステム開発とルール整備	システム仕様・構造の基本検討、荷役等作業手順等の策定		製作・性能試験、事故シナリオ、リスク評価検討、運用条件策定など		システム実証、国際規格化
9. 水素エンジン技術開発	要素技術開発				モデル実証
<b>エネルギーキャリアの安全性評価</b>					
10. エネルギーキャリアの安全性評価研究	社会リスク評価、各キャリアの安全性評価、データベース構築			安全要件・対策の検討	総合評価

府省並びに産学官の連携、オールジャパンによる取り組みを推進し、国際連携も視野に入れて技術開発を行っていきます。

