

北海道水素地域づくりプラットフォーム

資料2

平成28年度 第2回会合

～地球温暖化対策と地域活性化を両立し得る

水素社会の可能性～（2016.11.29）

水素エネルギーに関する技術開発動向と 産業技術総合研究所での取組

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

創エネルギー研究部門

エネルギー触媒技術グループ

高木 英行

講演の内容

1. 産業技術総合研究所の紹介
2. 水素エネルギー技術を取り巻く状況
 - 2-1. エネルギー基本計画と水素・燃料電池戦略ロードマップ
 - 2-2. エネルギー・環境イノベーション戦略
3. 経済産業省/新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)
「革新的水素エネルギー貯蔵・輸送等技術開発
/水素利用等先導研究開発」事業および
内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)
「エネルギーキャリア」事業と
産業技術総合研究所での研究開発

1. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

1) 経済産業省所管の国立研究開発法人

2) 日本最大級の公的研究機関

研究者2,255名(うち任期付:329名)、事務職員:674名

役員・招聘研究員・ポスドク、テクニカルスタッフ:1,862名

受入研究員等(企業、大学ほか): 4,669名(2014年度受入延べ数)

3) 全国に研究拠点

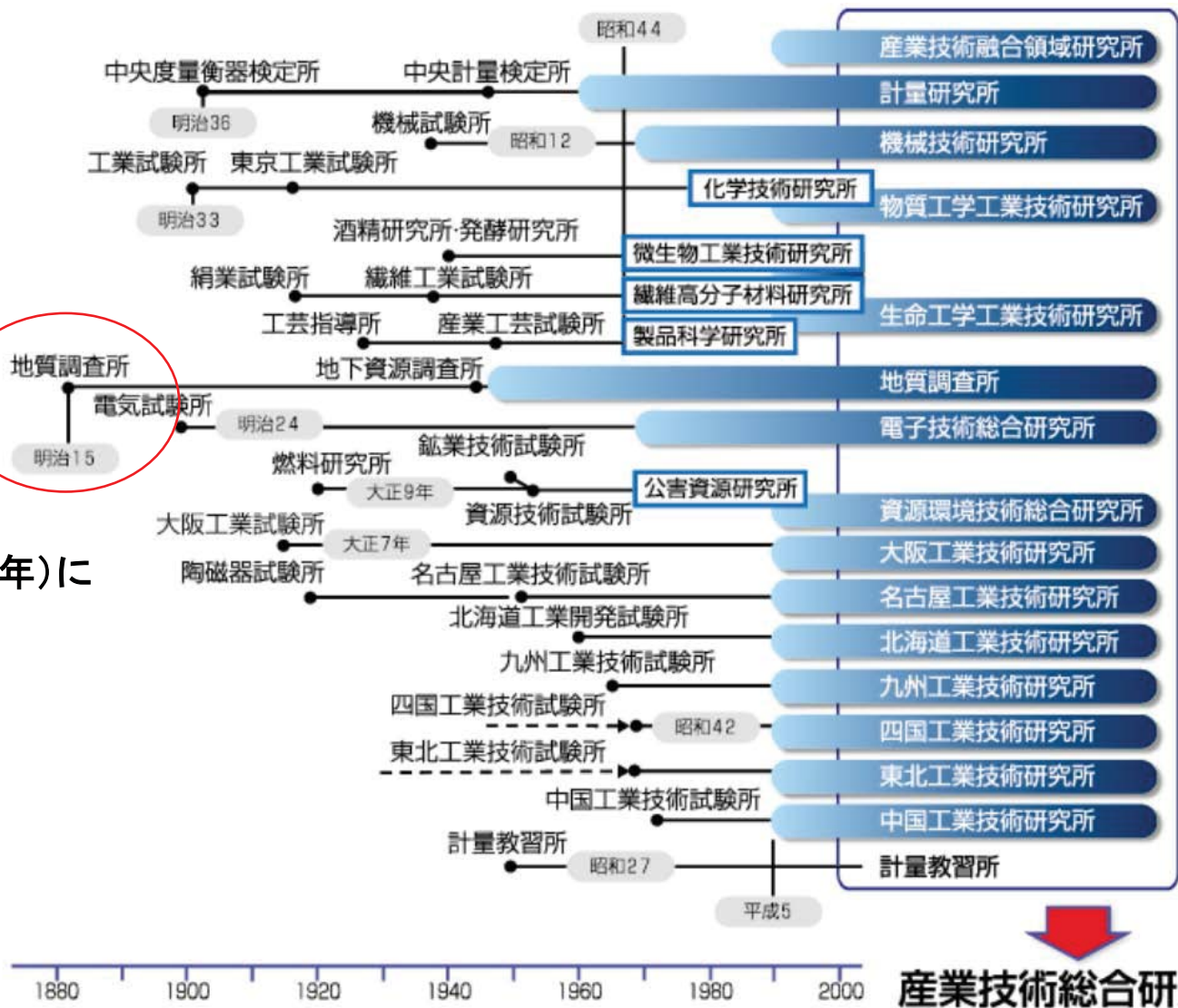
つくば、北海道、東北、福島、臨海(お台場)、
中部、関西、中国、四国、九州

4) 幅広い研究分野

- ① エネルギー・環境領域
- ② 生命工学領域
- ③ 情報・人間工学領域
- ④ 材料・化学領域
- ⑤ エレクトロニクス・製造領域
- ⑥ 地質調査総合センター
- ⑦ 計量標準総合センター



産業技術総合研究所(産総研)の沿革



1882年
(明治15年)に
設立

2001年に通商
産業省工業技
術院傘下の15
研究所と計量
教習所が統合
再編され、産
総研へ

産業技術総合研究所

産業技術総合研究所の研究成果例



1890年代
300万分の1
地質図の出版



1920年代
国産技術によるアンモニア
合成法 (東工試法) を開発



1950年代
PAN系炭素繊維を開発



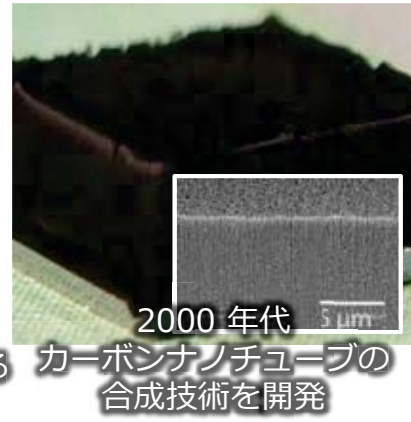
1960年代
甘味料生産のグルコース
イソメラーゼ製造法を開発



1960年代
透明導電膜 (酸化インジウム:ITO)
の製造法を開発



1980年代
ニッケル水素電池の基礎となる
負極用合金を開発



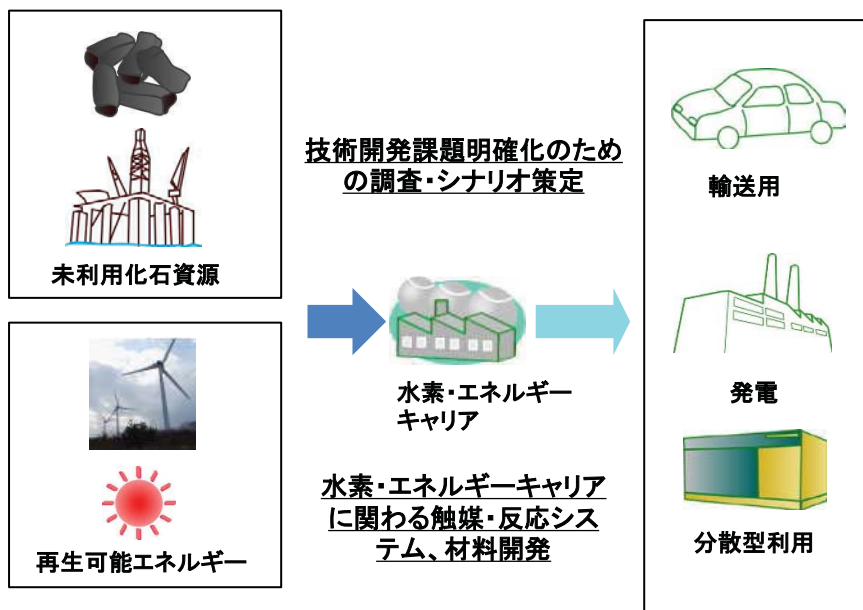
2000年代
カーボンナノチューブの
合成技術を開発



2000年代
高性能 TMR 素子を開発

創エネルギー研究部門 エネルギー触媒技術グループ

未利用エネルギー資源の利用拡大を目的とした技術の開発に向けて、触媒、材料工学および反応工学をベースとした研究開発を実施しています。現在、水素・エネルギーキャリア(アンモニア、有機ヒドライド、ギ酸、メタン等)の高効率製造・利用技術のための新規触媒や材料およびこれらを用いた新しいシステムの開発、バイオマスの輸送用燃料化のための基盤となる触媒技術の開発、水素・エネルギーキャリア利用技術の社会導入に向けた技術開発課題明確化のための調査・シナリオ策定等に取り組んでいます。



新しいエネルギーシステム構築に向けた研究開発

キーワード: 触媒・反応システム、材料、水素、エネルギーキャリア、シナリオ



触媒・材料の開発



構造解析



活性評価

2. 東日本大震災後の日本のエネルギー政策と 水素エネルギー技術

2014年4月 エネルギー基本計画 閣議決定

2014年6月 水素・燃料電池戦略ロードマップ 水素・燃料電池戦略協議会

2015年7月 長期エネルギー需給見通し 経済産業省

2015年7月 日本の約束草案 地球温暖化対策推進本部
(本部長:内閣総理大臣)

2015年12月 パリ協定
国連気候変動枠組条約第12回締約国会議(COP21)

2016年4月 エネルギー革新戦略 経済産業省

2016年4月 エネルギー・環境イノベーション戦略
内閣府総合科学技術・イノベーション会議(議長:内閣総理大臣)

2016年5月 地球温暖化対策計画 閣議決定

地球温暖化対策計画

- 1) 国内の排出削減・吸収量の確保により、2030年度において、2013年度比26.0%減の水準にするとの中期目標の達成に向けて着実に取り組む。
- 2) パリ協定を踏まえ、全ての主要国が参加する公平かつ実効性のある国際枠組みの下、主要排出国がその能力に応じた排出削減に取り組むよう国際社会を主導し、地球温暖化対策と経済成長を両立させながら、長期目標として2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減を目指す。

出典：地球温暖化対策計画 (<https://www.env.go.jp/press/files/jp/102816.pdf>)

2-1. エネルギー基本計画(2014年4月)

第2章 第2節 各エネルギー源の位置付けと政策の時間軸

1. 一次エネルギー構造における各エネルギー源の位置付けと政策の基本的な方向

(1) 再生可能エネルギー

3年間、導入を最大限加速。その後も積極的に推進。

これまでのエネルギー基本計画を踏まえて示した水準※を更に上回る水準の導入を目指し、エネルギーミックスの検討に当たっては、これを踏まえる。

※「長期エネルギー需給見通し(再計算)」(2020年13.5%(1,414億kWh))、
「2030年のエネルギー需給の姿」(2030年約2割(2,140億kWh))

(2) 原子力

エネルギー需給構造の安定性に寄与する重要なベースロード電源。原発依存度については、省エネ・再エネの導入や火力発電所の効率化などにより、可能な限り低減させる。

(3) 石炭

(4) 天然ガス

(5) 石油

(6) LPガス

2. 二次エネルギー構造の在り方

(1) 二次エネルギー構造の中心的役割を担う電気

(2) 熱利用:コジェネレーションや再生可能エネルギー熱等の利用促進

(3) 水素:“水素社会”の実現

3. 政策の時間軸とエネルギーミックスの関係

出典:エネルギー基本計画 (http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf)

エネルギー基本計画(2014年4月)

第3章 エネルギーの需給に関する長期的、総合的かつ計画的に講ずべき施策

第5節 化石燃料の効率的・安定的な利用のための環境の整備

1. 高効率石炭・LNG火力発電の有効活用の促進
2. 石油産業・LPガス産業の事業基盤の再構築
 - (1) 石油産業(精製・元売)の事業再編・構造改革
 - (2) 石油・LPガスの最終供給体制の確保
 - (3) 公正かつ透明な石油製品取引構造の確立

第8節 安定供給と地球温暖化対策に貢献する水素等の新たな二次エネルギー構造への変革

1. 電気をさらに効率的に利用するためのコージェネレーションの推進や蓄電池の導入促進
 - (1) コージェネレーションの推進
 - (2) 蓄電池の導入促進
2. 自動車等の様々な分野において需要家が多様なエネルギー源を選択できる環境整備の促進
3. “水素社会”の実現に向けた取組の加速
 - (1) 定置用燃料電池(エネファーム等)の普及・拡大
 - (2) 燃料電池自動車の導入加速に向けた環境の整備
 - (3) 水素の本格的な利活用に向けた水素発電等の新たな技術の実現
 - (4) 水素の安定的な供給に向けた製造、貯蔵・輸送技術の開発の推進
 - (5) “水素社会”の実現に向けたロードマップの策定

“水素社会”の実現に向けた取組の加速

- 「将来の二次エネルギーでは、電気、熱に加え、水素が中心的役割を担う」という期待が表明
- 水素の製造から貯蔵・輸送、そして利用にいたるサプライチェーン全体を俯瞰した戦略の下、様々な技術的可能性の中から、安全性、利便性、経済性及び環境性能の高い技術が選び抜かれていくような厚みのある多様な技術開発や低コスト化を推進することが重要

(1) 定置用燃料電池(エネファーム等)の普及・拡大

定置用燃料電池は2030年に530万台導入することを目標に、市場自立化に向けた導入支援を行うとともに、低コスト化のための触媒技術などの研究開発や標準化などを引き続き実施。業務・産業用も早期の実用化・普及拡大に向けて、技術開発や実証などを推進。

(2) 燃料電池自動車の導入加速に向けた環境の整備

2015年から商業販売が始まる燃料電池自動車の導入を推進するため、規制見直しや導入支援等の整備支援によって、四大都市圏を中心に100ヶ所程度の水素ステーションを整備するとともに、部素材の低コスト化に向けた技術開発を実施。

(3) 水素の本格的な利活用に向けた水素発電等の新たな技術の実現

水素の利用技術の実用化については、定置用燃料電池や燃料電池自動車にとどまらず、水素発電にまで広がっていくことが期待。技術開発を含めて戦略的な取組を今から着実に推進。

(4) 水素の安定的な供給に向けた製造、貯蔵・輸送技術の開発の推進

水素をより安価で大量に調達するため、先端技術等による水素の大量貯蔵・長距離輸送など、水素の製造から貯蔵・輸送に関わる技術開発等を今から着実に推進。

(5) “水素社会”の実現に向けたロードマップの策定

「水素社会」の実現に向けたロードマップを、本年春を目処に策定し、その実行を担う産学官からなる協議会を早期に立ち上げ。

出典: エネルギー基本計画 (http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf)

水素・燃料電池戦略ロードマップ

- 経済産業省が、水素・燃料電池戦略協議会を立ち上げ、今後の水素エネルギーの利活用のあり方について、産学官で検討を実施、2014年6月23日に水素社会実現に向けた関係者の取組を示した「水素・燃料電池戦略ロードマップ」をとりまとめ
- 2016年3月22日に、新たな目標や取組の具体化を盛り込んだ「改訂版」を取りまとめ

＜水素社会実現の意義＞

1) 省エネルギー:

燃料電池の活用によって高いエネルギー効率を実現することで、大幅な省エネルギーにつながる。

2) エネルギーセキュリティ:

水素は、①製造原料の代替性が高く、副生水素、原油随伴ガス、褐炭といった未利用エネルギーや、再生可能エネルギーを含む多様な一次エネルギー源から様々な方法で製造が可能であること、②今後、こうしたエネルギーを地政学的リスクの低い地域等から安価に調達できる可能性がある(国内では、将来的に再生可能エネルギーから製造された水素を利活用することで、エネルギー自給率向上につながる可能性もある)ことから、こうした利点を活かして利用を拡大することで、エネルギーセキュリティの向上につながる。

3) 環境負荷低減:

水素は、利用段階でCO₂を排出しないことから、水素の製造時にCCS(二酸化炭素回収・貯留技術)を組み合わせ、又は再生可能エネルギー由来水素を活用することで、環境負荷低減、更にはCO₂フリーにつながる。

4) 産業振興・地域活性化

日本の燃料電池分野の特許出願件数は世界一位で、二位以下と比べて5倍以上と、諸外国を引き離しているなど、日本が高い競争力を持つ分野。また、水素製造等については、再生可能エネルギー等の地域資源を活用可能。

出典: 水素・燃料電池戦略ロードマップ (<http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160322009/20160322009-c.pdf>)

水素・燃料電池戦略ロードマップの概要

＜水素社会実現に向けた対応の方向性＞

- 水素の利活用について、技術的課題の克服や経済性の確保に要する期間の長短に着目し、3つのフェーズに分けて取組を進めることを提示
- 改訂版において、家庭用燃料電池の将来的な価格目標や燃料電池自動車の普及目標等を記載



出典：水素・燃料電池戦略ロードマップ (<http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160322009/20160322009-c.pdf>)

2-2. エネルギー・環境イノベーション戦略

●内閣府総合科学技術・イノベーション会議の下に「エネルギー環境イノベーション戦略策定ワーキンググループ」を設置し、議論・検討・取りまとめを実施(平成28年4月19日)

I. 戦略の位置付け

●COP21で言及された「2℃目標」の実現には、世界の温室効果ガス排出量を2050年までに240億トン程度に抑えることが必要。現在、世界全体で500億トン程度排出されている温室効果ガスは、各国の約束草案の積上げをベースに試算すると、2030年に570億トン程度と見込まれており、約300億トン超の追加削減が必要。これには、世界全体で抜本的な排出削減のイノベーションを進めることが不可欠

●「超スマート社会」(Society 5.0)の到来によって、エネルギー・システム全体が最適化されることを前提に、**2050年を見据え**、削減ポテンシャル・インパクトが大きい有望な革新技术を特定。技術課題を抽出し、中長期的に開発を推進

II. 有望分野の特定

- ①これまでの延長線の取組ではなく、非連続的でインパクトの大きい革新的な技術
- ②大規模に導入することが可能で、大きな排出削減ポテンシャルが期待できる技術
- ③実用化まで中長期を要し、且つ産学官の総力を結集すべき技術
- ④日本が先導できる技術、日本が優位性を発揮し得る技術

III. 研究開発体制の強化

- 1.政府一体となった研究開発体制構築
総合科学技術・イノベーション会議が全体を統括し、関係省庁の協力を得て、一体的に本戦略を推進する体制を強化
- 2.新たなシーズの創出と戦略への位置づけ
- 3.産業界の研究開発投資を誘発
- 4.国際連携・国際共同開発の推進

イノベーションで世界をリードし、気候変動対策と経済成長を両立

エネルギー・環境イノベーション戦略 有望分野の特定

エネルギーシステム統合技術

システムを構成するコア技術

○革新技術を個別に開発・導入するだけでなく、ICTによりエネルギーの生産・流通・消費を互いにネットワーク化して、デマンドレスポンスを含めてシステム全体を最適化。AI、ビッグデータ、IoT等を活用。

○次世代パワエレ：電力損失の大幅削減と、新たなシステムの創造

○革新的センサー：高耐環境性、超低電力、高寿命でメンテナンスフリー

○多目的超電導：モーターや送電等への適用で、電力損失を大幅減

分野別革新技術

省エネルギー



1 革新的生産プロセス

○高温高圧プロセスの無い、革新的な素材技術
→分離膜や触媒を使い、20~50%の省エネ

2 超軽量・耐熱構造材料

○材料の軽量化・耐熱化によるエネルギー効率向上
→自動車重量を半減、1800℃以上に安定適用

蓄エネルギー



3 次世代蓄電池

○リチウム電池の限界を超える革新的蓄電池
→電気自動車が、1回の充電で700km以上走行

4 水素等製造・貯蔵・利用

○水素等の効率的なエネルギーキャリアを開発
→CO2を出さずに水素等製造、水素で発電

創エネルギー



5 次世代太陽光発電

○新材料・新構造の、全く新しい太陽光発電
→発電効率2倍、基幹電源並みの価格

6 次世代地熱発電

○現在は利用困難な新しい地熱資源を利用
→地熱発電の導入可能性を数倍以上拡大

7 CO2固定化・有効利用

○排出されるCO2を分離し、CO2利用産業を実現
→分離コスト半減、有効利用する量や効率の飛躍的向上

水素等エネルギーキャリアの製造、輸送・貯蔵、利用

●水素等エネルギーキャリアの大規模なサプライチェーン構築と発電等への本格導入により、水素エネルギー利用が拡大する。その結果、エネルギー供給システムの柔軟性の向上、エネルギーセキュリティの確保、CO₂の大幅削減につながり得る。

●水素(液体水素を含む)、アンモニア、有機ヒドライド等のエネルギーキャリア候補を、化石燃料を本格的に代替するエネルギーキャリアとして位置付けるためには、輸送・貯蔵技術はもとより、社会に大量に供給する、環境負荷の少ない生産技術が不可欠

●有機ヒドライドやアンモニア等から効率的に脱水素し、高純度水素を精製する技術の開発も重要

●水素等のエネルギーキャリアを直接燃焼してエネルギーを取り出す技術(水素専焼発電技術等)や、全く新しい電解質・電極等により構成される革新的な次世代型の燃料電池を開発

<技術課題>

●再生可能エネルギーを用いた水の電気分解、高温熱を用いた水の熱分解または二酸化炭素排出抑制技術を併用した化石燃料源からの水素等のエネルギーキャリアの製造、輸送・貯蔵

●化石燃料と比べて水素の燃焼は高温かつ高速であるため、水素ガスタービン発電の開発にあたっては、水素の性質に対応したサイクルシステム等の燃焼制御技術の確立と共にタービンブレード用の超耐熱・軽量材料の開発等が不可欠

●フューエルNO_xの発生を抑え安定的な燃焼が可能となるアンモニア燃焼制御技術等の確立とアンモニアを安全に利用する技術の実現

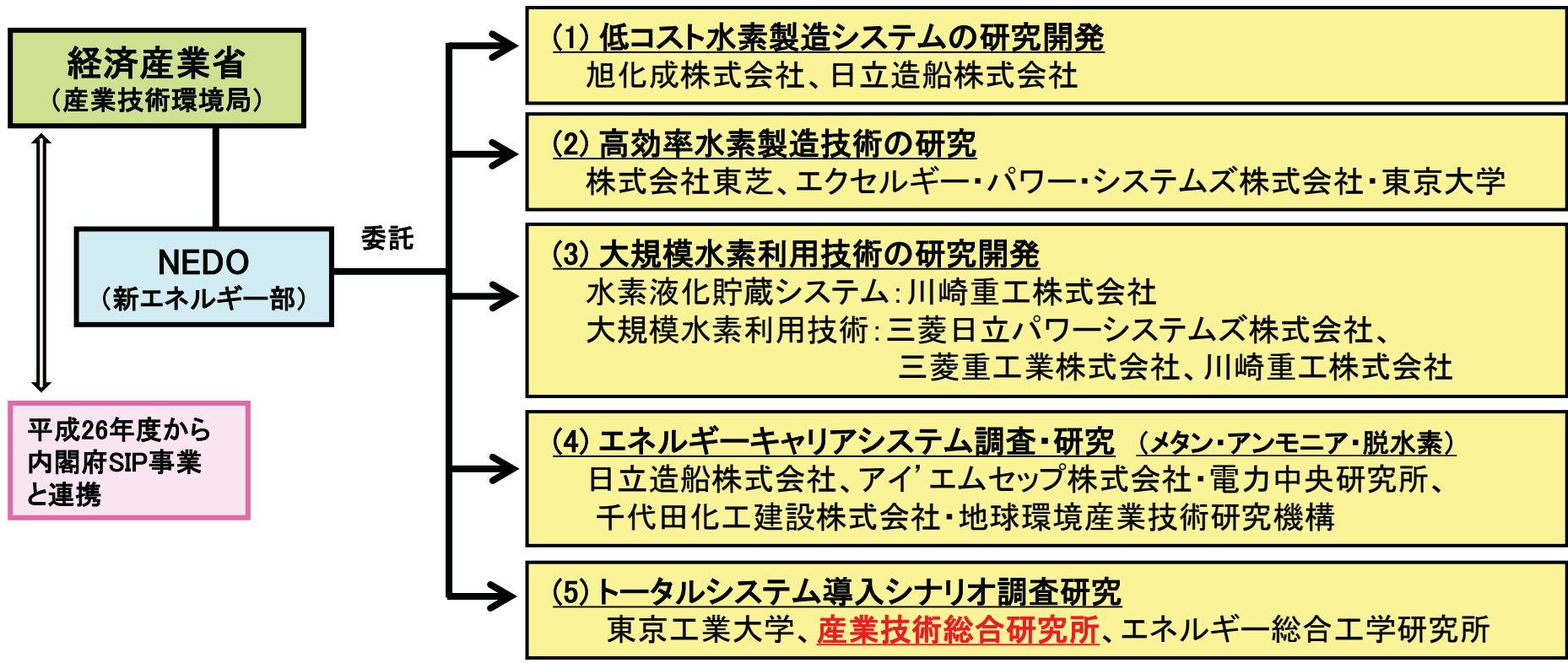
出典:エネルギー・環境イノベーション戦略 (<http://www8.cao.go.jp/cstp/nesti/honbun.pdf>)

3. NEDO「水素利用等先導研究開発事業」

二次エネルギーとしての水素等を最大限に活用するため、2030年、2050年といった長期的視点を睨み、水素等のエネルギーキャリアについて各種化石燃料等と競合できる価格の実現を目指す。このため、再生可能エネルギー等からの高効率低コスト水素製造技術ならびに水素の長距離輸送、長時間貯蔵を容易にするためのエネルギーキャリア技術の先導的な研究開発に取り組む。

実施体制 (H28年度)

プロジェクトリーダー: 栗山信宏(産総研)



トータルシステム導入シナリオ調査事業の背景・目的

(H27年度までの成果)

(1) エネルギーの安定供給と温室効果ガス排出削減を図るために、風力、太陽光などの再生可能エネルギーはじめCO₂フリーあるいは低減可能なエネルギー源の導入を進める必要がある。国内の再生可能エネルギーの導入は一定程度進むものの、電力送電網の容量上限等から受け入れが難しくなっており、水素・エネルギーキャリア等を利用した貯蔵・輸送システムへの期待も高まっている。

(2) 2009年に販売が始まった家庭用燃料電池(エネファーム)の普及拡大が進み、2014年には燃料電池自動車の市場導入が開始されるなか、政府では2014年4月にエネルギー基本計画を策定し、この中で水素社会実現に向けた記述が盛り込まれた。また、2014年6月には資源エネルギー庁において水素・燃料電池戦略ロードマップが策定され、さらにNEDOからは2014年7月に「水素エネルギー白書」が発刊されている。

(3) 研究開発では、2013年度から経済産業省未来開拓研究事業として「再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発」、文部科学省ALCA特別重点事業として「エネルギーキャリア」また2014年度からは内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)が進行している。

(4) 以上のように水素エネルギー技術に対する期待と気運が高まる中、これらの技術の社会への導入、普及拡大に向けては、既存技術に対するコスト・環境面等に関する利点の明確化が必要である。

(5) 本調査では、水素・エネルギーキャリア技術が社会に導入されるためのシナリオを検討し、水素利用等先導研究開発事業の成果の具体化に貢献することを目的とする。

シナリオ作成に対する基本的な考え方

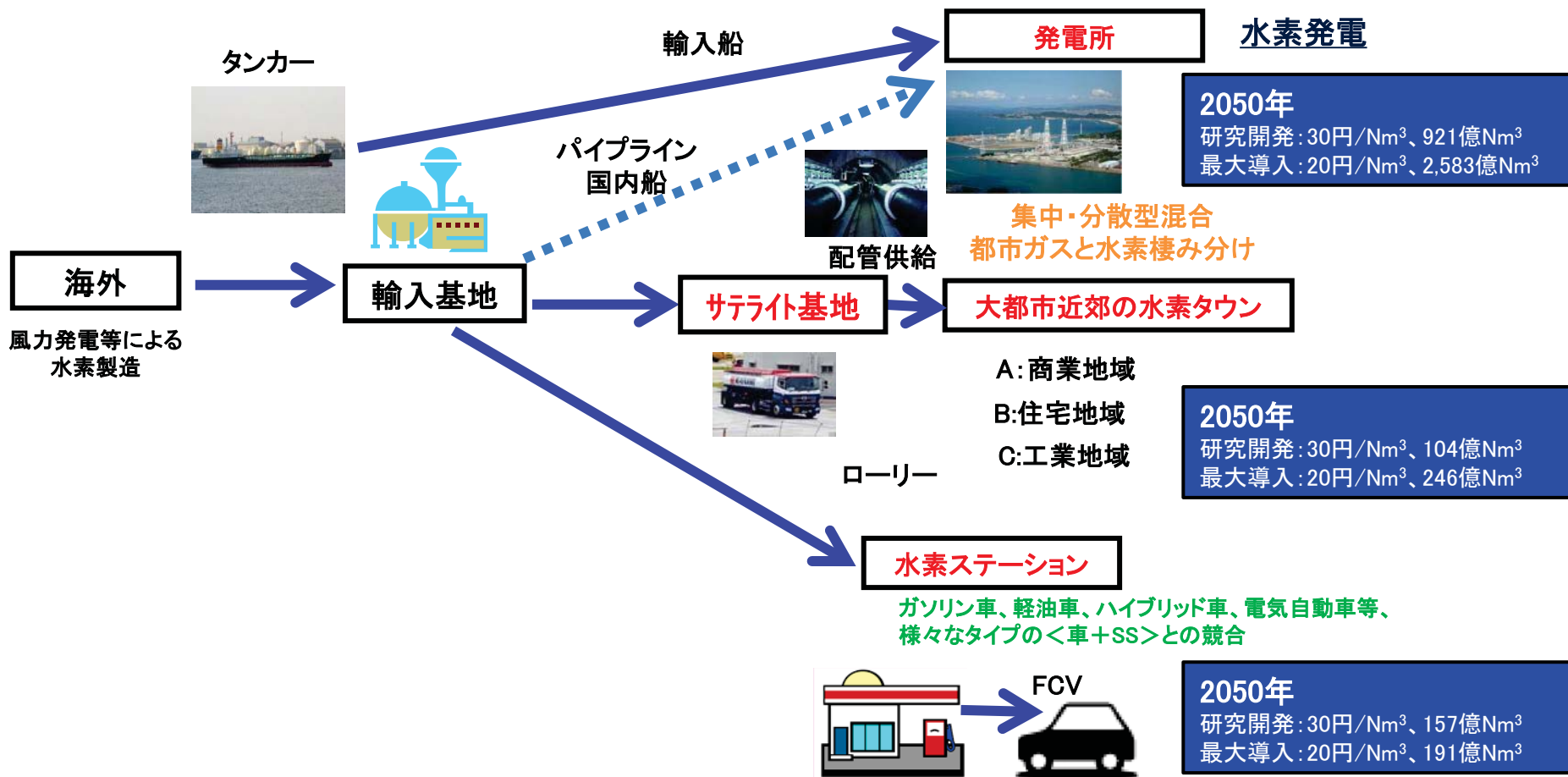
- (1) 時間軸: 現在取り組まれている研究開発が進展し、実証に成功した新しい技術が、2030年に導入され、普及が進むことで、2050年に向けて水素導入量の増加に貢献
- (2) 水素・エネルギーキャリアチェーンの想定: 製造、キャリア変換、輸送、利用
- (3) 前提条件(マクロフレーム)の設定: 「長期エネルギー需給見通し」等のエネルギー政策を反映
- (4) 水素導入量に関し、3ケースを想定: リファレンス(技術進展ケース)、研究開発ケース、最大導入ケース
- (5) 水素導入における制約条件として、二酸化炭素排出制約などを適切に加味
- (6) 産業技術総合研究所(産総研)、エネルギー総合工学研究所(エネ総工研)、エネルギー経済研究所(エネ経研)が保有するモデル・ツールとエネルギー政策を含む種々の知見とを活用し、相互連携により事業を推進



2050年における水素エネルギー導入・普及状況を想定し、**バックカスティング型**のシナリオ検討を実施

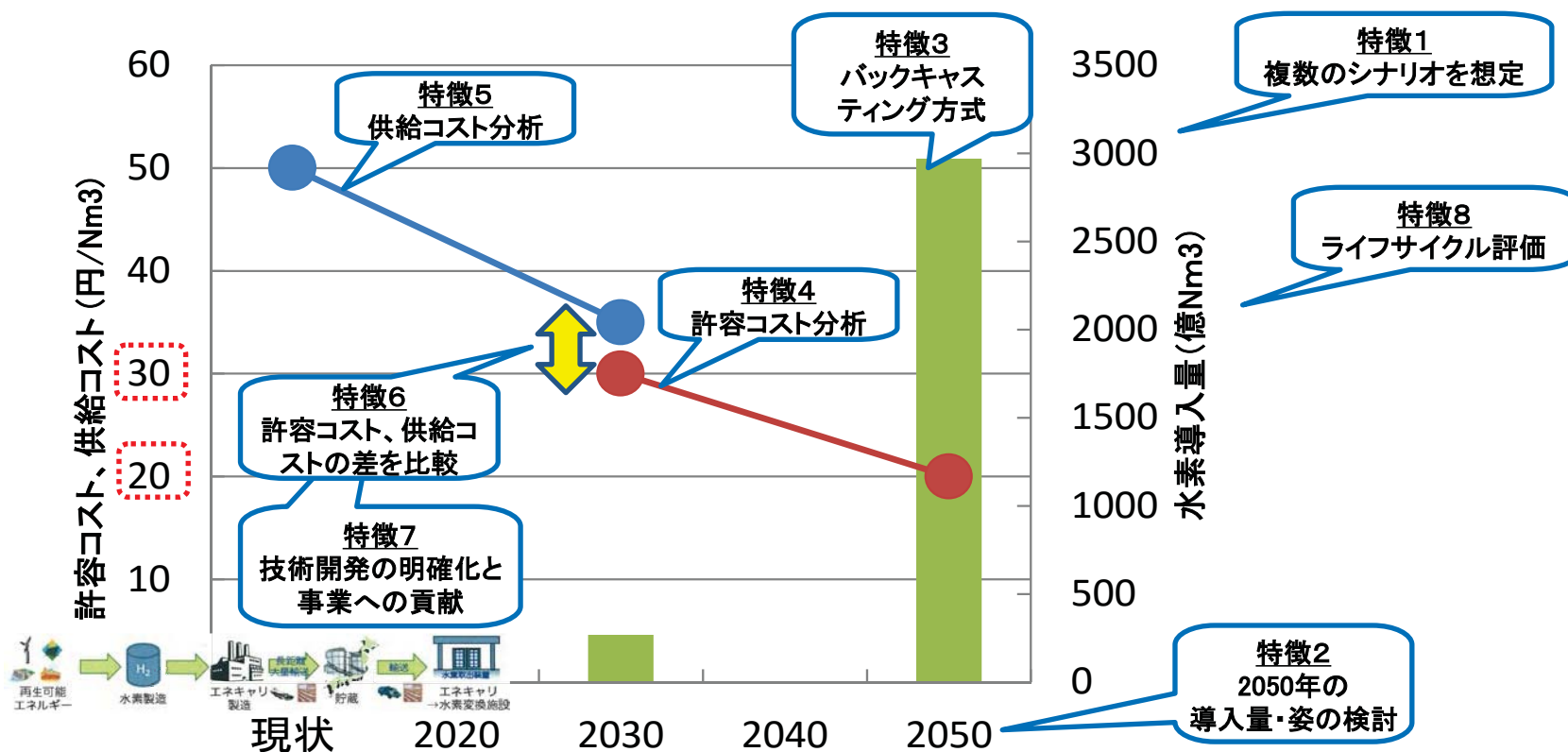
エネルギー・経済シナリオ検討分析例

研究開発・最大導入ケースのイメージ:水素・エネルギーキャリア技術が普及した社会
(CO₂制約:2013年比70%削減)



本シナリオ検討の特徴と成果 (H27年度まで)

- シナリオ検討の枠組みを完成させ、想定されうる前提条件を適用することによって技術開発シナリオを作成、主にマクロ的な観点から概要・規模感等を把握
- 目標導入量に対する許容コストと供給コストの差を明らかにし、製造・貯蔵・輸送技術としての課題・開発の方向性を検討 → 供給コストを許容コストまで低減させるために必要な技術開発戦略の検討
- 水素製造・キャリア製造・輸送に関わる評価・分析に加え、ライフサイクル評価も実施



内閣府SIP「エネルギーキャリア」事業 テーマ一覧

SIP: 戦略的イノベーション創造プログラム

(H28年度)

水素関連研究開発テーマ

液化水素用ローディング
システム開発とルール整備

研究責任者
千田 哲也

(日本船舶技術研究協会)

水素エンジン技術開発

研究責任者
飴 雅英 (川崎重工業)

高温太陽熱供給システム

研究責任者
加藤 之貴 (東京工業大学)

熱利用水素製造

研究責任者
坂場 成昭
(日本原子力研究開発機構)

アンモニア関連 研究開発テーマ

CO₂フリー水素利用
アンモニア合成
システム開発

研究責任者
藤村 靖 (日揮)

アンモニア水素
ステーション基盤技術

研究責任者
小島 由継 (広島大学)

アンモニア燃料電池

研究責任者
江口 浩一 (京都大学)

アンモニア直接燃焼

研究責任者
小林 秀昭 (東北大学)

有機ハイドライド関連 研究開発テーマ

有機ハイドライドを用いた
水素供給技術の開発

研究責任者
壺岐 英
(JXエネルギー)

エネルギーキャリアの安全性評価研究

研究責任者
三宅 淳巳 (横浜国立大学)

※赤字は産総研が参画している事業

出典: エネルギーキャリア事業パンフレット (http://www.jst.go.jp/sip/pdf/SIP_energycarriers2016.pdf) より作成

CO₂フリー水素利用アンモニア合成システム開発

日揮(株)(研究責任者)、千代田化工建設(株)、(国研)産業技術総合研究所
 日揮触媒化成(株)、沼津工業高等専門学校、(一財)エネルギー総合工学研究所

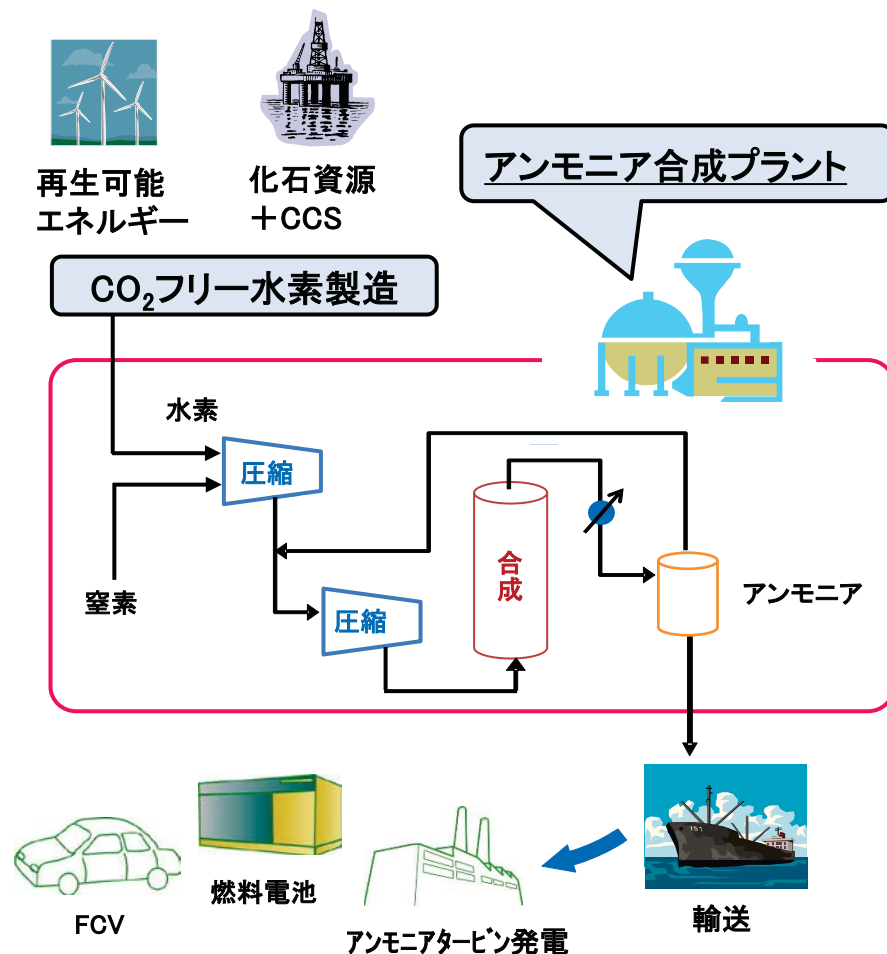
目的

再生可能エネルギーや化石燃料由来のCO₂フリー水素を原料とした、高効率・低コストのアンモニア合成プロセスを開発する。

概要

主な開発課題

- 低温で高活性なアンモニア合成触媒の開発
- アンモニア合成プロセスの最適化
- アンモニア合成の実証試験
- アンモニアを中心としたエネルギーキャリアの実用化調査



ご清聴ありがとうございました。

**謝辞: 本講演の一部には、NEDO「水素利用等先導研究
開発事業/トータルシステム導入シナリオ調査研究」および
内閣府(総合科学技術・イノベーション会議)の
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」事業の内容が含まれます。**