

脱炭素化に向けた 次世代技術・イノベーションについて

平成30年2月27日
資源エネルギー庁

目次

2050年に向けたイノベーションイメージp.2

(参考) 個別技術についてp.9

2050年に向けたイノベーションイメーヅ

2050年に向けたイノベーションイメージ

2050年に向けた要請

- セキュリティ維持：あらゆる技術・選択肢の追求
- パリ協定実現：GHG大幅削減
- デジタル化への対応：Society5.0へ

需要側イノベーション

- ① 運輸：自動化や設計最適化等で消費抑制
電動化(EV・FCV等)の進展
- ② 産業：ロボット・AI等で効率向上
電化、水素利用、非化石原料拡大
- ③ 民生：IoTによる効率化、ZEB・ZEH普及
電化やメタネーションの開発・進展

供給側イノベーション

- ① 電力：データ活用による効率化、
ゼロエミ電源の革新
- ② 水素：供給源ゼロエミ化、低コスト化、
サプライチェーン構築

国際展開による世界大でのCO2削減

- ① イノベーションを世界に先駆け→国際競争力強化
- ② 中国・欧米等の巨大企業に対抗可能な体制構築

分野別CO2排出量と主な個別技術

主な要素		現状	将来
運輸 (2.1億トン)	車体・システム	内燃機関・手動運転 金属車体	電動化・自動運転 マルチマテリアル
	燃料	化石燃料	電気・水素 バイオ燃料
産業 (3.1億トン)	プロセス	スマート化の進展	CCUS・水素還元 更なるスマート化
	製品	化石エネルギー原料	非化石エネルギー原料
民生 (1.2億トン)	熱源	石油・ガス・電気	電気・水素等
	機器	高効率機器	機器のIoT化 M2M制御
電力 (5.1億トン)	火力	石油・石炭・天然ガス	CCUS・水素発電等
	原子力	第3世代+原子炉	次世代原子炉
	再エネ	導入制約 (導入コスト、調整電源コスト・系統等)	蓄電×系統革新

イノベーション

水素
(サプライチェーン・メタネーション)

※ () 内は2015年度の排出量

(参考) 2050年に向けたイノベーションレビュー

	需要側	供給側
これまでの情勢懇 議論	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 電力調整源としてのEV活用は有効 (スティーブンス) ✓ デジタル化に伴う消費者新サービスが生まれる (EDF) ✓ 消費者ニーズに伴い分散化が促進 (ENGIE) ✓ 都市部ではデータ活用による省エネが進展 (ENGIE) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 液体リチウム以外の蓄電池開発も重要 (シムスキー) ✓ 原子力技術開発により社会受容性が向上 (シェンバーガー) ✓ 余剰電力水素転換など統合型アプローチが重要 (ケンフェルト) ✓ 水素は潜在的に重要なエネルギーキャリア (シエル)
エネルギー・環境イノベーション戦略	<ul style="list-style-type: none"> <エネルギーシステム統合技術> <ul style="list-style-type: none"> ✓ デマンドレスポンス ✓ AI・ビッグデータ・IoT活用 <システムを構成するコア技術> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 革新的センサー ✓ 多目的超電導 <省エネ> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 革新的生産プロセス ✓ 超軽量・耐熱構造材料 	<ul style="list-style-type: none"> <蓄エネ> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 次世代蓄電池 ✓ 水素等製造・貯蔵・利用 <創エネ> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 次世代太陽光 ✓ 次世代地熱 <CO2固定化・有効利用> <ul style="list-style-type: none"> ✓ CCUS
主要国の長期戦略	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 運輸・民生・産業部門での電化 (米・加・仏・英・独) ✓ EV普及推進 (仏・英) ✓ 運輸・産業プロセスでの水素活用 (米・加・英・独) ✓ 多排出産業でのCCUS (加・仏・独) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 再エネ拡大に資する蓄電池・系統安定化 (米・英) ✓ 次世代原子力への投資・開発 (米・英) ✓ CCS火力の活用 (加・仏)

✓ 政府のイノベーション促進環境整備は重要 (シムスキー、スティーブンス)
 ✓ 需給両面で多様性を確保していくべき (シムスキー)
 ✓ 一つの技術に決め打ちしない技術間競争が重要 (スキー)

(参考) 低炭素化のターゲット

2015年 CO2排出量 (単位: 億トン)

	世界	先進国	新興国	(参考) 日本
	合計	323	124	199
電力	127	45	82	5.1
運輸	77	41	36	2.1
自動車 (旅客乗用車、貨物トラック輸送等)	58	31	27	1.9
自動車以外 (航空、船舶等)	19	10	9	0.2
産業	83	23	61	3.1
鉄鋼 (コークス製造等を含まない)	19	3	16	1.3
化学 (石油化学、石油製品等を含む)	9	3	6	0.7
熱 (業務・家庭)	35	14	21	1.2

※先進国はOECD、新興国は非OECDの値

※IEAと総合エネルギー統計の業種別データは定義が完全に一致していない場合がある。

※運輸の国際輸送分は排出量に応じてOECD・非OECDに按分

(出所) IEA CO2 Emissions from Fuel Combustion, 総合エネルギー統計を基に作成

※第4回資料をベースに日本の数字は総合エネルギー統計の改訂を反映

(参考) 主要企業の研究開発投資

		運輸		産業		民生	
		Volkswagen (ドイツ)	トヨタ (日本)	GE (米国)	日立 (日本)	Google※ (米国) <small>※Alphabet</small>	Panasonic (日本)
企業概要	売上高	28.1兆円	28.4兆円	14.2兆円	10.0兆円	9.0兆円	7.6兆円
	海外比率	80%	70%	55%	48%	54%	52%
研究開発	投資額	1.6兆円	1.1兆円	0.6兆円	0.3兆円	1.5兆円	0.4兆円
	開発分野例	2018.1 IT部門拡大と デジタル製品 開発強化	2018.1 電動車用電池 リサイクル事業	2017.10 IoT アプリケーション 開発	2017.12 自己競争学習 AI開発	2017.12 中国にAI開発 拠点を設置	2017.6 個人の興味に 合わせ助言する AI開発

(参考) 主要企業の研究開発投資

		電力		石油		ガス	
		EDF (フランス)	東京電力 (日本)	シェル (オランダ)	INPEX (日本)	Engie (フランス)	東京ガス (日本)
企業概要	売上高	10.1兆円	6.1兆円	25.0兆円	0.9兆円	9.4兆円	1.9兆円
	海外比率	47%	2%	64% <small>※欧州以外を海外と見做した比率</small>	89%	64%	不明
研究開発	投資額	0.09兆円	0.02兆円	0.13兆円	0.001兆円 (10億円)	0.03兆円	0.01兆円
	開発分野例	2013.9 スマートグリッド 研究所を開設	2017.3 電力設備の ドローン自動点検	2017.10 EV充電サービ ス企業を買収	2017.7 東南アジア 最大級の ガス田開発 調査開始	2017.5 大規模 蓄電システム 発注	2017.5 燃料電池の 高効率化 技術開発

(参考)
個別技術の例

①運輸分野のイノベーション

自動化

- 自動走行p.11
- ドローンp.12

設計の最適化

- マルチマテリアル化p.13

電動化

- EV・PHVp.14
- FCVp.16

バイオ燃料

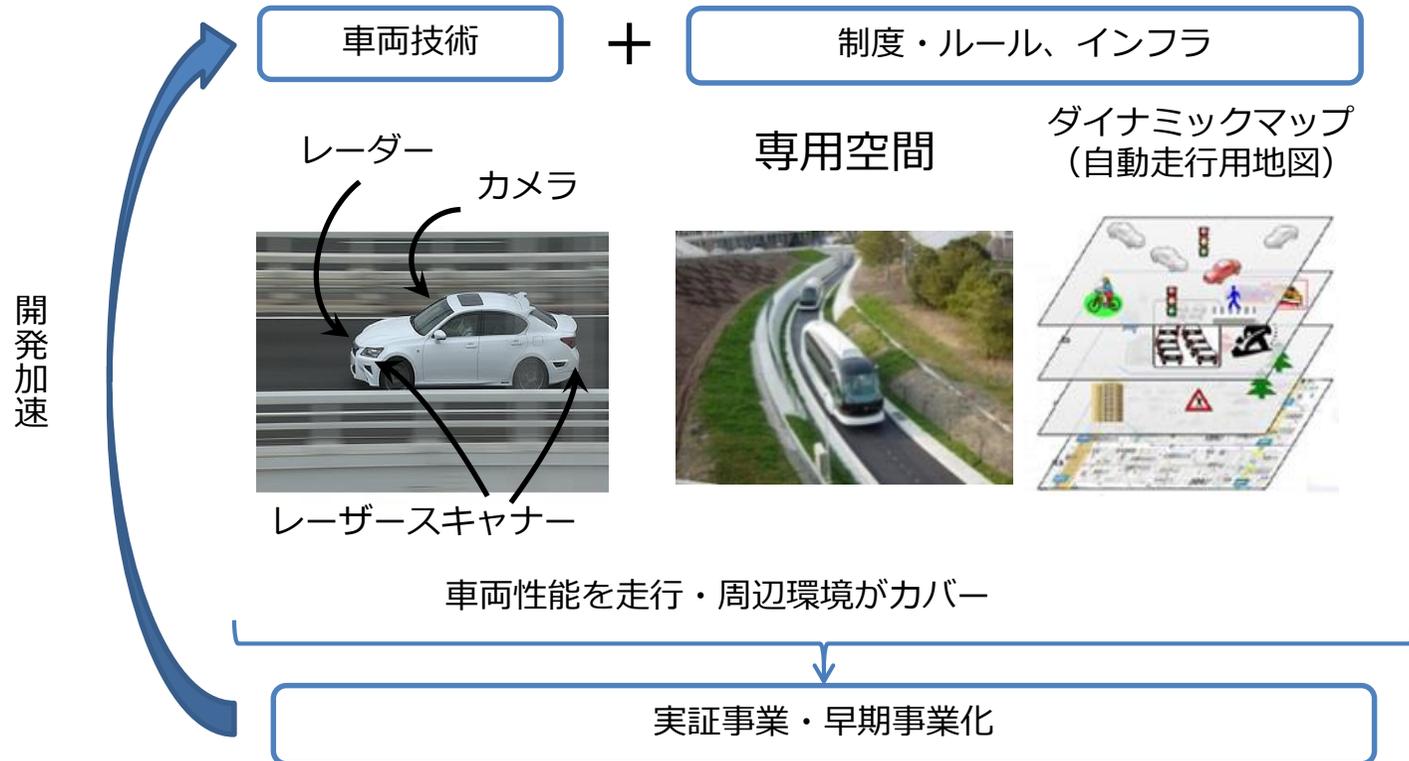
- 次世代バイオ燃料p.18
- バイオジェット燃料p.19

自動走行

- 世界に先駆けた自動走行の社会実装により、日本の強みを活かし、社会課題を解決（交通事故削減、地域の人手不足や移動弱者の解消）

「技術」と「事業化」、両面の世界最先端を目指す

技術の発展を、制度・インフラの整備で支えながら、早期の社会実装を実現



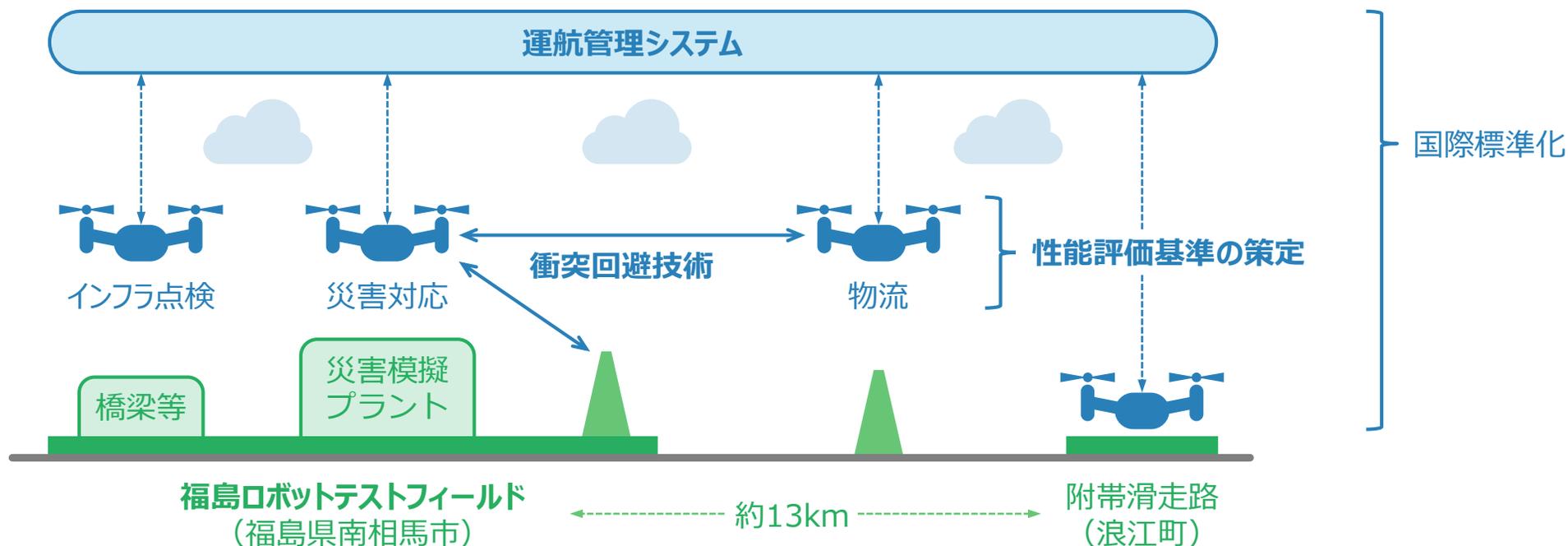
社会課題の解決に向けたニーズの高い場所で、適切に安全を確保しながら、社会受容性を高め、簡単なシーン(専用空間、地方)から複雑なシーン(一般道路、都市部)へ活用を拡大世界の動向もよく見ながら、機動的かつ柔軟に進めていくことも重要

ドローンの活用

- 物流やインフラ点検分野等の省エネルギー化の実現に向けて、例えば、次のようなドローン等の活躍が期待されています。
 - 小口輸送において、積載率の低いトラックに代わり即時配達を行い、再配達率を下げることでエネルギーの無駄を減らすドローン。
 - 既存インフラを長寿命化させ、大量の資源とエネルギーを消費する建替えを減らすための点検作業を支援するドローン等。
- そのため、物流やインフラ点検等の分野で活用できるドローン等の社会実装を世界に先駆けて進めるため、それらの性能を定量的に評価するための基準の策定やシステムの開発を行っています。

ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト

(平成30年度予算案額：32.2億円、平成29年度予算額：33.0億円)

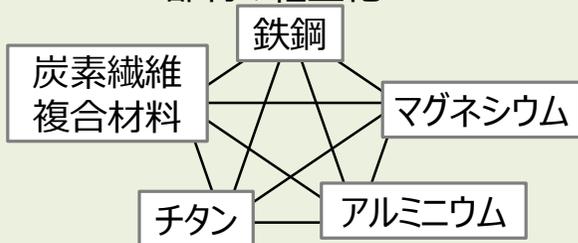


マルチ材料化による輸送機器の軽量化技術

- 強度・加工性等に優れた材料を適材適所に利用するマルチ材料化により、輸送機器の抜本的な軽量化を図り、省エネルギー化を実現する技術。
- ①個別素材の高強度化などの材料開発、②素材の接合・接着技術、及び③設計の最適化を実現する設計技術が連携することで、マルチ材料化を実現。
- 現在、NEDOの革新的新構造材料等研究開発事業（委託先：新構造材料技術研究組合（ISMA））として技術開発中。

材料開発

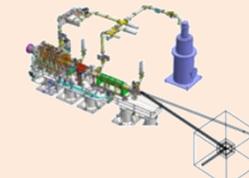
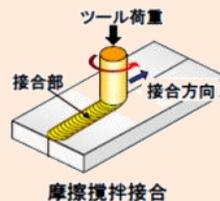
- 素材の高強度化
- 部材の軽量化



接合・接着技術

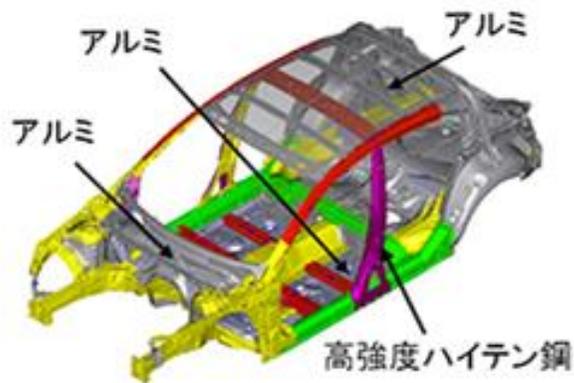
異種材料の
接合・接着技術

- 接着接合部の構造解析
- 信頼性評価技術



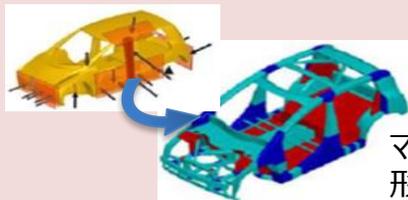
小型中性子源を用いた解析装置

自動車のマルチ材料化例



設計技術

- 最適構造設計
- 信頼性設計



マルチ材料
形状最適化

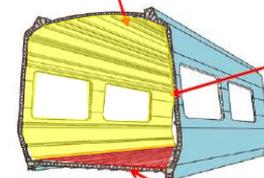
鉄道車両のマルチ材料化例

現状：(新幹線) Al合金(A6N01)
(在来線) ステンレス鋼

屋根・側構体：
(新幹線) Mg合金、CFRP系複合材料
(在来線) Al/Fe(ステンレス)クラッド材

内装品(新幹線)
椅子：Mg合金
荷棚等のサービス品：
Mg合金

現状：Fe-Al合金
樹脂材料、一部難燃性Mg
合金(荷棚)



現状：
(新幹線) Al合金(A6N01)
(在来線) ステンレス鋼、樹脂系材料

床材：
(新幹線) ハニカムパネル(Mg合金/Al合金コア、CFRP/Al合金コア、Ti合金/Mgコア)
(在来線) Al合金/Feクラッド材

マルチ材料化による抜本的軽量化を実現

電気自動車（EV）／プラグインハイブリッド自動車（PHV）

- 世界のEV・PHV年間販売台数の首位は日産のリーフ（2016年）
- トヨタは2030年に電動車（HV含む）の販売550万台以上、EV・FCVで100万台以上を目指すを発表（2017年12月18日）
- マツダ、デンソー、トヨタがEV共同開発の新会社「EV C.A. Spirit 株式会社」を設立。

2016年EV・PHV世界年間販売台数

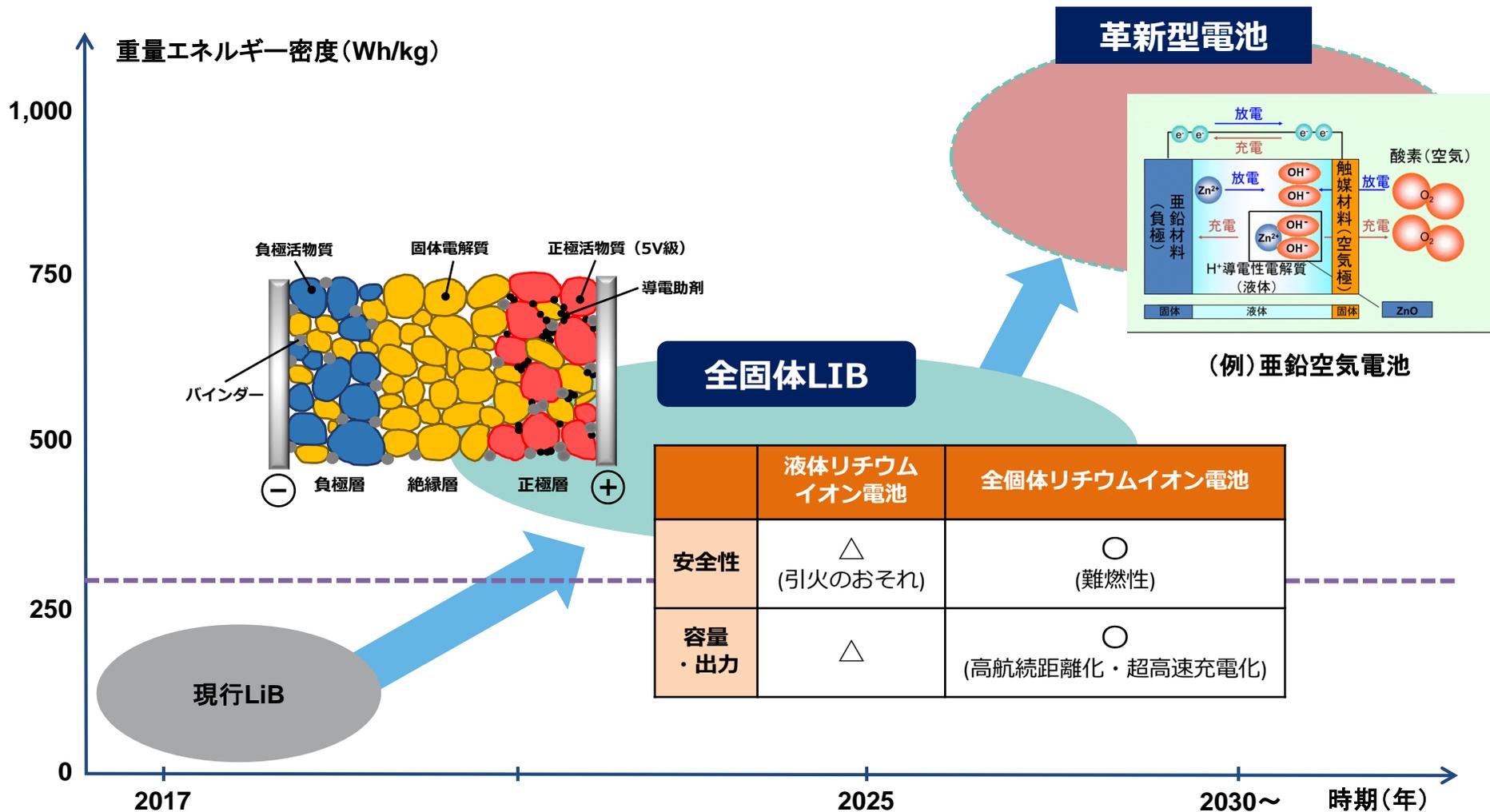
企業ランキング（2016年）	販売台数
1. Nissan Leaf（日本）	51,882
2. Tesla Model S（米国）	50,944
3. BYD Tang（中国）	31,405
4. Chevrolet Volt（米国）	28,296
5. Mitsubishi Outlander PHEV（日本）	27,322
6. BMW i3（ドイツ）	25,934
7. Tesla Model X（米国）	25,299
8. Renault Zoe（フランス）	22,009
9. BYD Qin（中国）	21,868
10. BYD e6（中国）	20,610

トヨタ、マツダ、デンソーがEV C.A. Spirit（株）の設立合意を発表（2017年9月18日）



リチウムイオン電池の“次”に向けた競争

- 全固体電池の早期実用化（2020年代）
- 更に先を目指した開発（2030年以降）



燃料電池自動車 (FCV)

- 日本はFCV開発において世界で先行。世界的にもFCVの開発が活発化。

日本の動向

<政府の動き>

目標年	燃料電池車普及目標	水素ステーション設置目標
2020年	4万台	160カ所
2025年	20万台	320カ所
2030年	80万台	

- 規制の総点検（主な検討項目）

水素ステーションのコスト低減、FCVの量産・コスト低減等

<産業界の動き>

- 水素ステーションの戦略的整備に向けた民間11社による協業に係る覚書を締結



欧米・中国等の動き

<政府の動き>

- 独：水素ステーションを2023年に400カ所整備を目指す。
- 米（加）：官民連携組織が主導し、水素ステーションを2017年に51カ所、2023年頃までに100カ所の整備を目指す。

● 中：

目標年	燃料電池車普及目標	水素ステーション設置目標
2020年	5千台	100カ所
2025年	5万台	300カ所
2030年	100万台	1000カ所

※新エネ・省エネ自動車ロードマップ（2016.10）

<産業界の動き>

- BMW：トヨタとの共同開発に合意（2013.1）
- ダイムラー・フォード：日産との共同開発に合意(2013.1)
2018年中にFCVを発売予定
- GM：FCV技術をホンダと共同開発（2013.7）
- ヒュンダイ：世界初の量産型FCVを発売（2013.2）



現時点でのFCVとEVの特徴

	FCV	EV
新車販売台数 (2016年)	1,055台	1.5万台
累積 (2017年10月末)	2,160台	8.6万台
航続距離	<u>650~750km</u>	~400km
充電／充填時間	<u>3分</u>	急速充電で30分
寿命	電池劣化の問題はほとんど発生しない	8年程度
インフラ数	約100箇所	急速充電：約7,100基 普通充電：約20,800基
インフラ 設置コスト	高価	<u>安価</u>
将来的な 環境性能	<u>高い</u> ※水素の低炭素化が必要	<u>高い</u> ※電源の低炭素化が必要

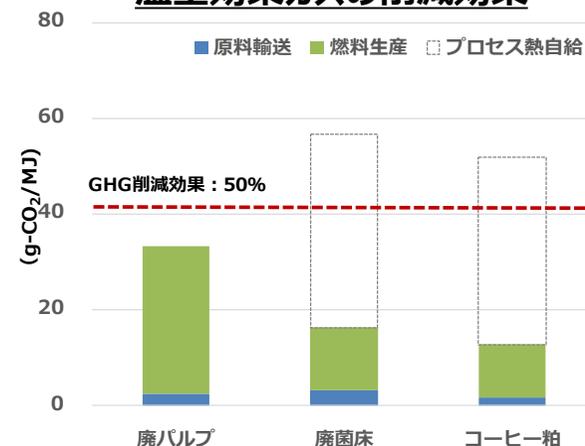
次世代バイオエタノール

- NEDOが実施している研究開発事業において、非可食原料を使用し、環境性能に優れた、**国産の次世代バイオエタノール**の一貫製造システムを実証中。
- 原料の安定確保や設備のスケールアップなどの検討を実施しており、商業生産開始を目指す動きが出てきている状況。

原料の非過食化

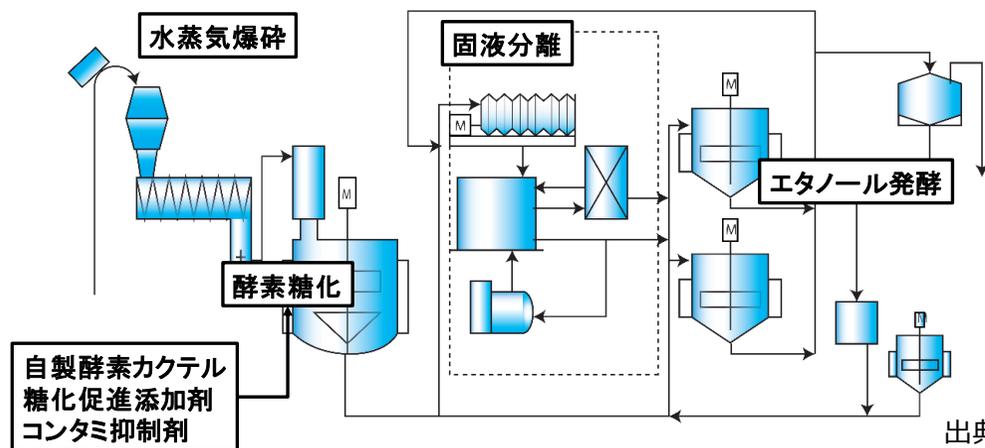


温室効果ガスの削減効果



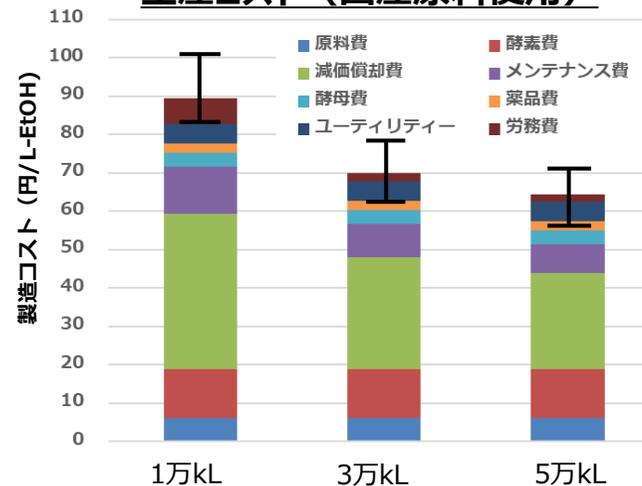
出典：NEDO

生産工程 (イメージ)



出典：NEDO

生産コスト (国産原料使用)



出典：NEDO

バイオジェット燃料

- 国際民間航空機関（ICAO）は、「2020年以降、国際航空からのCO2排出量を増加させない」という目標を公表。2030年頃のバイオジェット燃料の本格導入が期待されている。
- 日本では、2020年に、バイオジェット燃料を搭載した初の商用フライトを実現するため、政府・関係業界等が出席し、各種課題の整理や解決策の検討を行うための、通称「道筋検討委員会」を設置。
- 商用化に向け、民間企業による様々な研究開発等も行われている。

①鹿児島・七ツ島にある藻類培養屋外試験プラント
(IHI株式会社)



②三重県多気町で稼動する微細藻類培養プール
(株式会社ユーグレナ)



①出典：IHIニュースリリース (https://www.ihl.co.jp/ihl/all_news/2015/other/2015-5-21/index.html)

②出典：ユーグレナニュース (<http://www.euglena.jp/news/20170731-2/>)

②産業・ものづくり分野のイノベーション

デジタル化

- データ共有p.21
- ロボット・AI等の利用p.22
- 3Dプリンタp.29

水素利用の拡大

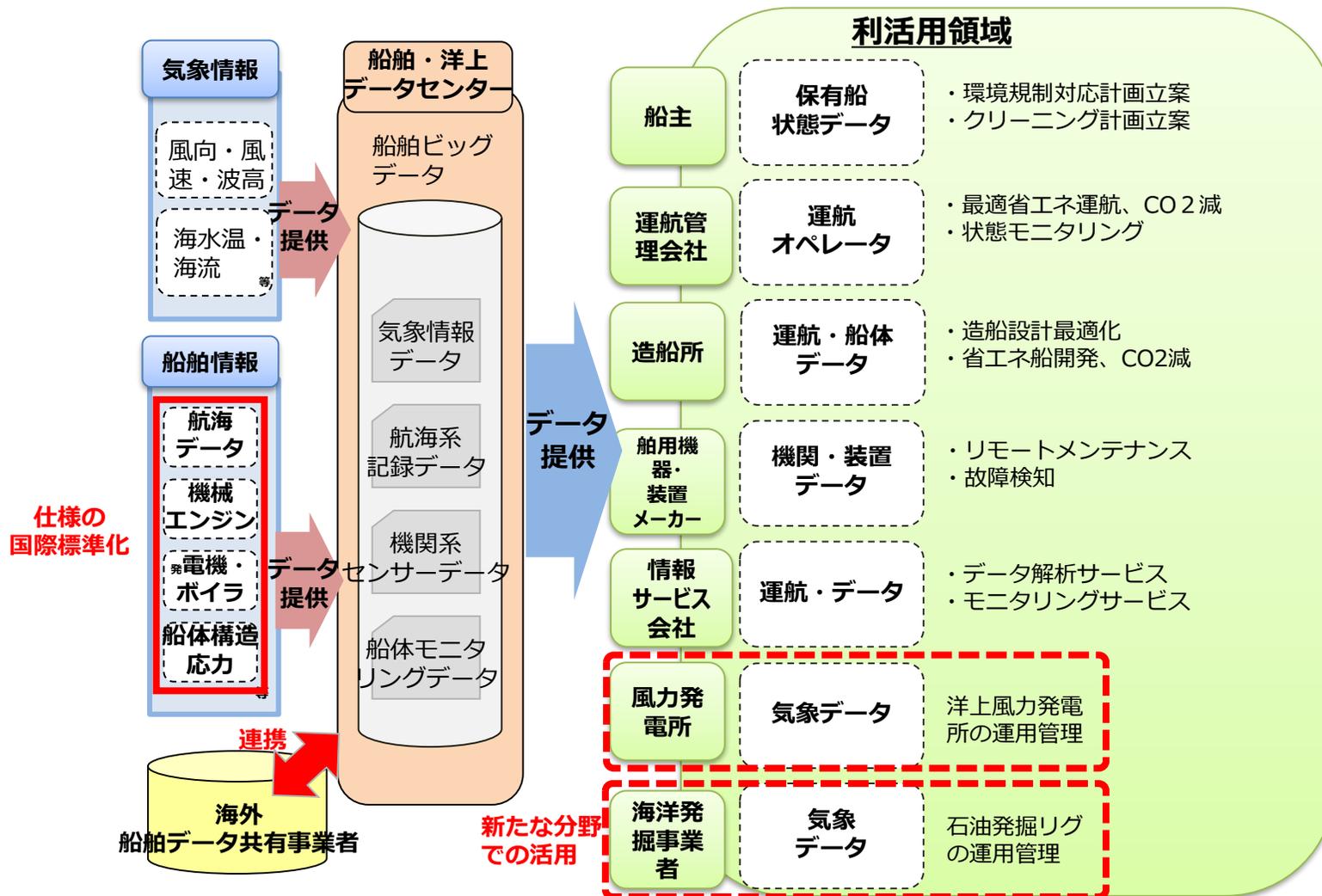
- 水素還元p.31

非化石エネルギー原料

- CO₂の原料利用p.32
- セルロースナノファイバーp.35
- バイオマスの化学品利用p.36

産業データ共有事業のイメージ

船舶・洋上構築物データ



次世代人工知能・ロボット中核技術開発

事業の内容

事業目的・概要

- 少子高齢化の中での人手不足やサービス部門の生産性向上等の課題の解決に向けて、人工知能が、場面や人の行動を理解し柔軟に行動することで、人間を支援する社会の実現が必要です。
- このような社会を実現するためには、人工知能技術そのものの他、ロボットが柔軟に作業するためのセンサ（感覚）やアクチュエーション（動作）の技術など、必要だが未達な技術が存在します。
- 本事業では、こうした未だ実現していない次世代の人工知能・ロボット技術のうち中核的な技術の開発を、産学官連携で実施し、人工知能技術とロボット要素技術の融合を目指します。
- また、人工知能技術の社会実装が特に求められている分野において、人工知能に関するグローバル研究拠点を活用した、産学官連携での大規模研究開発を実施します。
- あわせて、人工知能技術等について、国際競争力強化を図るため、海外の卓越研究者の招へい等を含めた、新たな研究体制を整備し、世界最先端の次世代AI技術に関する共同研究を実施します。

成果目標

- 平成27年度から34年度までの8年間の事業であり、本研究開発を通じて出願された特許等のうち6件以上を活用して、次世代人工知能を実装した6種類のロボットの研究開発を目指します（平成32年度目標）。
- また、人工知能技術戦略をふまえて、「生産性」、「健康、医療・介護」、「空間の移動」分野における人工知能については、次世代人工知能を実装したロボットの2種類以上の実用化を含む3件以上の人工知能社会実装を目指します（平成35年度目標）。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

①中核的な技術開発

場面に合わせて柔軟に対応する 人工知能

- ✓ 場面や人の行動を理解・予測し、適切に行動する賢い知能
- ✓ ロボット同士が高度に連携するための知識・経験共有基盤技術 等

環境の変化に 影響されない

視覚・聴覚等(センシング)

- ✓ 屋外で高速かつ精密に距離を計測するセンサや光沢物等の難識別物を認識するカメラシステム
- ✓ 環境変化を学習し、柔軟に対応する視覚・聴覚・力触覚システム 等

自律的に多様な作業を 実現する

スマートアクチュエーション

- ✓ 教示の省力化を実現するロボット動作の自動計画技術
- ✓ 重いものの持ち上げと精密な動作の両方を実現し、かつ軽量な人工筋肉等の革新的動作技術と制御技術 等

性能評価技術等

【例】



全方位に自律移動する次世代車椅子

②グローバル研究拠点を活用した大規模連携

(研)産業技術総合研究所において整備する、人工知能に関するグローバル研究拠点を活用した、「生産性」、「健康、医療・介護」、「空間の移動」分野における人工知能の社会実装を目指した、産学官連携での大規模研究開発を実施。

③新たな研究体制の整備

人工知能技術等について、海外の卓越研究者の招へい等を含めた、新たな研究体制を整備し、世界最先端の次世代AI技術に関する共同研究を実施。

次世代人工知能・ロボットの中核となるインテグレート技術開発事業

事業の内容

事業目的・概要

- 急激な少子高齢化やAIによる産業構造の変化が進む中、我が国は強みであるロボット技術等とAI技術を融合させ、様々な実社会の課題を解決することが急務となっています。特に「生産性」、「健康、医療・介護」、「空間の移動」分野においてAI技術の社会実装が求められている旨、政府の戦略（人工知能技術戦略 平成29年3月公表）の中でも掲げられています。
- 技術の社会実装においては、具体的メリットの明確化が求められるため、開発段階から生産効率化、省エネ化といった効果を検討の中核に置きながら研究開発を進めることが必要です。
- 本事業では、これまで「次世代人工知能・ロボット中核技術開発」事業などで開発されたAIモジュールやインフラ等を活用し、これらをインテグレートして、従来の人による管理では達成できない更なる省エネ効果を得るための研究開発を進めます。

成果目標

- 平成30年度から34年度までの5年間の事業であり、最終的には、本プロジェクトで開発されたAI技術が、生産性、空間の移動等の各分野で導入され生産性が向上することにより、2030年時点で、CO₂排出量を年間約676万トン削減することを目指します。

● 条件（対象者、対象行為、補助率等）



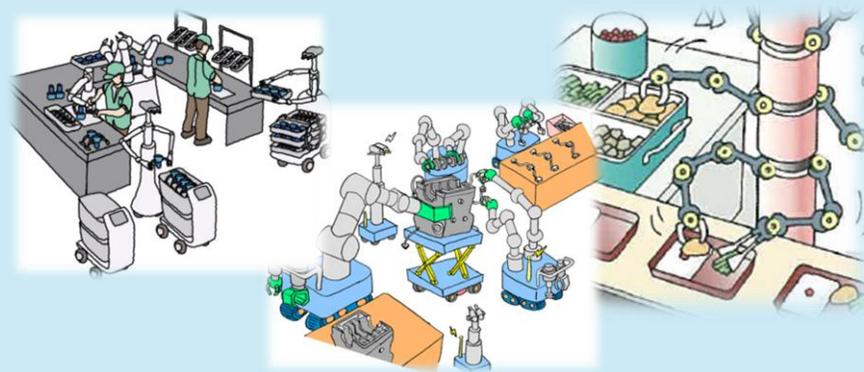
事業イメージ

グローバル研究拠点を活用した次世代AI技術開発

(研)産業技術総合研究所において整備する『人工知能に関するグローバル研究拠点』を活用した、「生産性」、「健康、医療・介護」、「空間の移動」分野における人工知能の社会実装を目指し、産学官連携下で大規模フィールド実証（技術開発）を実施します。

変種変量生産に対応したモデル工場を用いた実証（生産性）

- ・工場の生産ラインのモデル環境で、画像認識や柔軟物の把持等の技術を活用して一連の工程をモデリングしてロボットで再現。あわせて、データの様式統一や評価方法の確立によって、共通的に導入できる技術開発を実施します。
- ・これまで自動化が難しかった変種変量生産や単純でも頻度が少ない作業などの自動化を実現し、先進的省エネモデルを実現します。



AI技術を用いたモデリングによる生産ライン

(参考) 民間投資を喚起するための3つの重点分野

(1) 「生産性」(省エネルギーを含む) 分野

開発されたAI技術(プログラム等)を、応用分野での利用技術・実装技術を開発する企業へと橋渡し

(例) AIによる業務効率化を目指しているサービス業

味覚判定のAI化を待望している食品製造業

AIによる工場全体の効率化・省エネ化に期待する製造業



(2) 「健康・医療／介護」分野

安全性に関する擦り合わせ(評価手法の確立)による市場の「見える化」

(例) 介護ロボットの安全評価



(3) 「空間の移動」分野

好事例を広く周知し、投資に躊躇する事業者・自治体等の投資を促進

(例) AI活用した移動情報把握、周辺環境の予測

→ オリンピック等のイベントにおける大規模モデル導入



AIチップ

事業の内容

事業目的・概要

- IoT社会の進展に伴い膨大な情報を効率的に処理するため、エッジ側でのリアルタイムな情報処理が重要視されています。こうしたニーズに対応するエッジコンピューティング実現のためには、AIを効率的に動作させるAIチップ（半導体）の開発を緊急かつ加速的に進める必要があります。
- 我が国では、ベンチャー企業等を中心に、AIの新たなアルゴリズムや、それを生かしたビジネスを創出させるイノベーションのアイデアが存在しています。しかし競争力のあるAIビジネスを実現するためには、各ビジネスシーンに特化した専用AIチップの開発が重要である一方、AIチップの開発に必要な設計ツール等の調達コストや、試作にかかる費用が高いハードルとなり、開発が進まない状況があります。
- 本事業では、設計したAIチップの性能を検証出来る環境を開発・整備します。民間企業等が設計したAIチップを、実際に試作する前に動作検証することで、試作に係るリスクを低減すると共に、プロトタイプ completion を待たずにビジネス化への取組を加速します。

成果目標

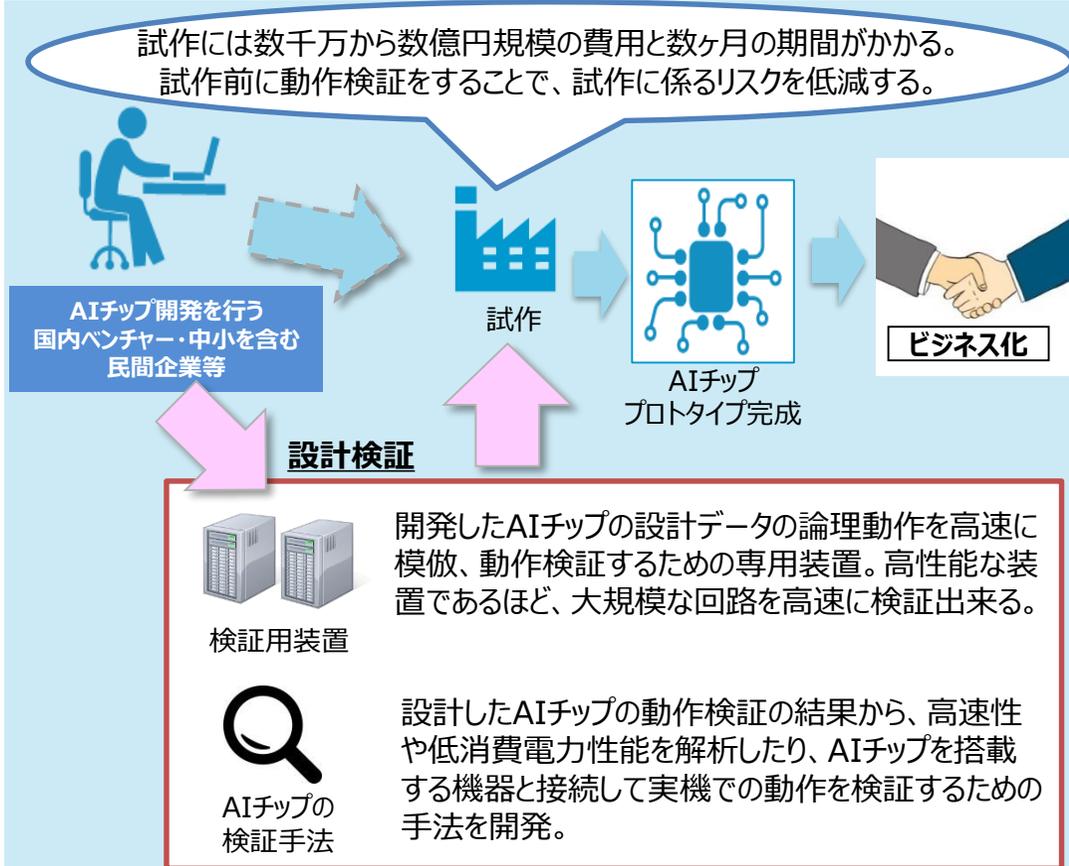
- 平成34年までに本事業の成果を用いて試作前の検証等を実施した開発成果の、実用化率5割以上を目標とします。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



大学・研究機関等

事業イメージ



AIチップ開発を加速する検証環境の整備・開発

- AIチップ開発に必要なチップ回路の検証環境を整備する。
- 検証環境において活用できる、AIチップの性能を正しく評価する検証手法を開発する。
- AIチップ開発を実施する民間企業等に、設備、成果を提供する。

AIシステム

事業の内容

事業目的・概要

- 第四次産業革命下のグローバルビジネスで勝つには、先端的ソリューションを有するAIベンチャーと、「自動走行・モビリティサービス」「ものづくり・ロボティクス」等のConnected Industries重点取組分野における大手・中堅企業とのデータ連携・共同事業が重要です。
- しかし、AIベンチャーと大手・中堅企業との共同事業は「具体的なテーマが絞り込めない」「技術力やビジネスモデルの評価ができない」「過度な作り込みで、労働集約化・下請け化する」「検討に時間がかりすぎる」等の課題があります。
- このため、ベンチャー側に主導権が渡る仕組み等の工夫により、適切な協業関係の構築を支援する必要があります。
- 本事業では、AIベンチャーの潜在力が十分に発揮できる形で、グローバル展開を見据えたデータ連携・共同事業を加速するため、コンセプト検証から本格導入までの共同事業を支援します。

成果目標

- Connected Industries重点取組分野でのベンチャーと大手・中堅企業との連携を本事業で15件創出を目指します。

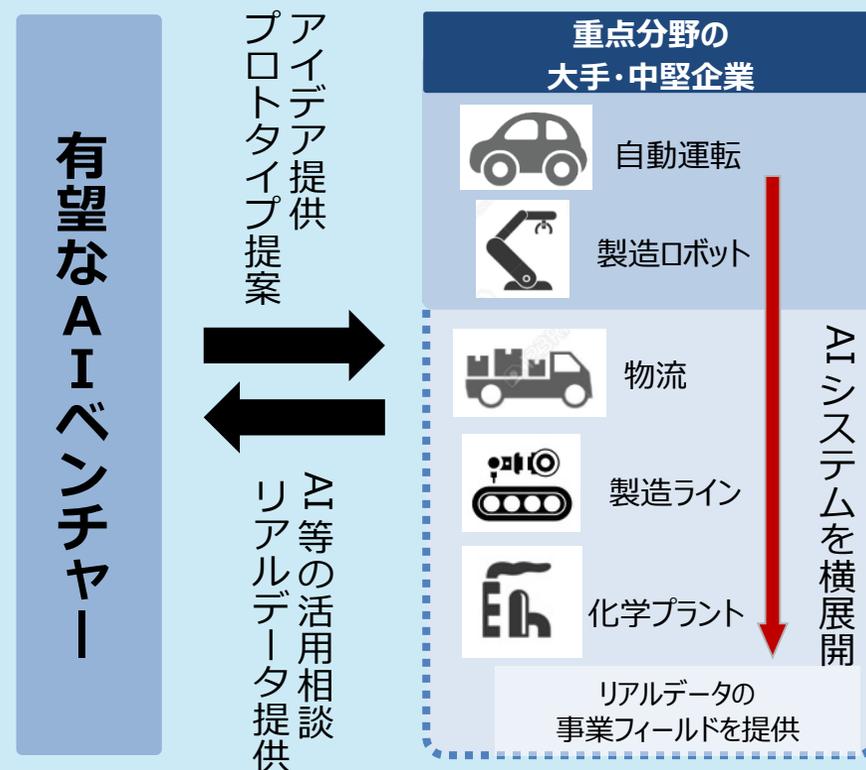
条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

AIシステム共同開発支援事業

- Connected Industries重点取組分野におけるAIベンチャーと大手・中堅企業の共同開発を支援。
- 工場における異常検知、化学製品のプロセス制御、製造ラインの効率化、物流のピッキングなどの支援分野を想定。
- 対象範囲はコンセプト検証、実証導入、本格導入の範囲。



社会インフラのIoT活用

事業の内容

事業目的・概要

- IoT（モノのデジタル化・ネットワーク化）やAI（人工知能）の普及・進展により、社会システム全体の効率化を通じた省エネルギー化、社会コストの低減が期待されています。例えば、産業機械に取り付けたセンサーから稼働状況などの様々なデータを収集・蓄積し、AIで解析することで、これまで人では気付けなかった故障の予兆を捉えたり、発注・設計データ等と組み合わせることで、工場・企業間を超えた生産融通を実現することができます。
- 他方、こうした民間企業の取組や企業間の連携を推進するためには、①IoT等の新たな技術に対応した規制の見直し、②各企業が協調すべき最低限のルール策定（統一的なデータ様式等）等の事業環境を早急に整備することが必要です。
- このため、本事業では、特に省エネ効果が期待される分野を対象として、IoT等を活用した実証を行い、セキュリティ対策や規制・ルールの見直し等の事業環境を整備します。

成果目標

- 平成28年度から30年度までの3年間の事業であり、社会システム全体の効率化を通じた省エネ、社会コスト低減を実現します。（2030年時点で原油換算186万kl/年の省エネを目指します。）

※なお、自主保安の高度化等の一部事業については、成果が出たものから順次必要な規制・制度改革を行います。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

- 社会システムの効率化に向けたIoTを活用した実証を行い、世界に先駆けた事業環境を整備します。

<分野別の実証テーマ例>

インフラ

- 社会インフラの維持管理・運用の最適化を図るため、まずは水道事業において、各施設で異なる運転データ等について、標準的なデータ様式を整理し、データを活用した自治体間での水資源の融通、遠隔監視・制御によるオペレーション、施設メンテナンス等に関する実証を行います。
- こうした取組を通じて、①ベンダロックイン※の解消など、機器・システムベンダのビジネスモデルの変革を促すとともに、②実証成果を他インフラへの展開を図り、インフラ輸出につなげていきます。

※特定の事業者のシステムに依存し、他の事業者のシステムやサービスとの連携や乗り換え等が困難になることです。

産業保安

- 製油所の自主保安の高度化等を図るため、①点検データ等を活用した配管の内面腐食予測モデルの実証や、②点検・運転データを過去データと比較・検証し、異常の早期発見が可能となるシステムの実証を行います。
- こうした仕組みの有効性の確認等を踏まえて、①保安規制の見直しについて検討し、IoTの導入促進を図るとともに、②データを活用した新サービスの創出につなげていきます。

スマートホーム

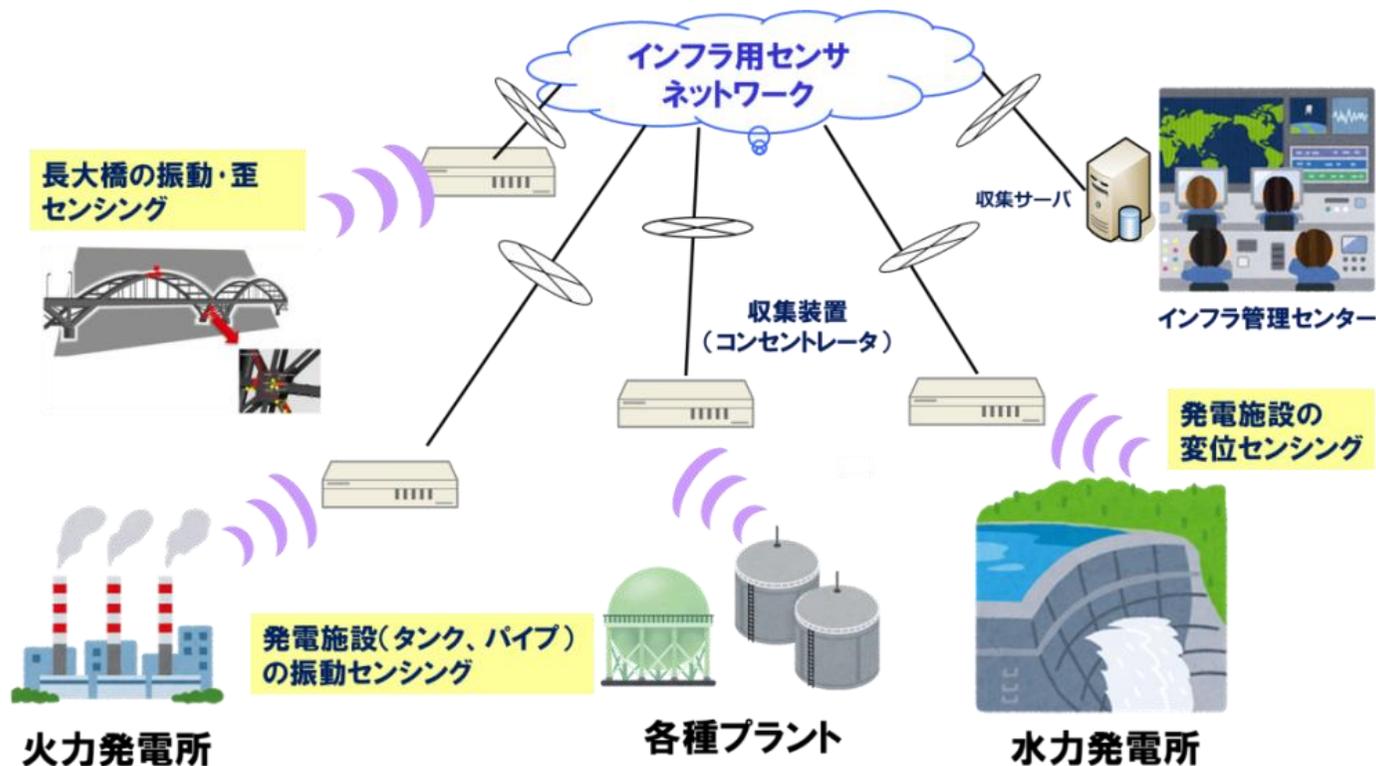
- 買物支援や家電の遠隔操作など、居住者のニーズに合わせた快適な暮らしを実現するため、複数の電化製品から得られる利用データ・Web情報・サービス情報等を事業者間で連携・解析する実証を行います。
- こうした取り組みを通じて、あらゆる機器やサービスがつながる環境として必要な、①データの共通様式、②セキュリティ・製品安全、③プライバシーとデータ利活用に関するルールを整備し、スマートホーム市場の創出につなげていきます。

この他、①火力発電所においてセンサを活用して運転データ等を取得し、ビッグデータ化・AI解析による発電の効率化、②ダムに流入する水量のデータ等をIoTで取得し、ダム運用の高度化を図ることによる水力発電所の発電量の向上につながる実証を実施します。

センサネットワークシステムの概念図

- 長大橋などのインフラ構造物の状態を24時間把握可能なセンサシステムを開発することで、インフラの効率的利用が可能になる。
- 開発する高性能センサーの性能：
多機能検出、自立電源、無線機能、小型、低コスト、屋外における高耐久性

センサネットワークシステム(概念図)



社会実装研究の試験場所 (イメージ)

長大橋



※長大橋：長さ100m以上の橋梁

ダム (水力発電)



3Dプリンタ

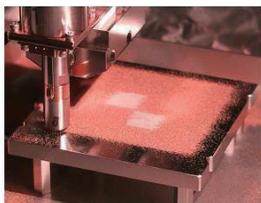
- 三次元積層造形技術は、これまで実現できなかった複雑な形状や究極の少量多品種生産等を実現させ、従来のものづくり工程の大幅短縮 = 製造プロセスの省エネ化を大きく進める可能性を持っている。
- 3Dプリンタの実製品への利用は、現在は樹脂が先行しているが、今後5年で航空、医療分野を中心に金属の実製品への利用が急速に進む見込み。
- 3Dプリンタ開発競争は世界中で激化しており、欧米が先行し、中国等が猛追しているところ。本事業では他国を凌駕する3Dプリンタ装置の開発を目指して、積層造形技術や関連技術の実用化に向けた開発や実証を行う。

電子ビーム方式とレーザービーム方式の3Dプリンタ開発

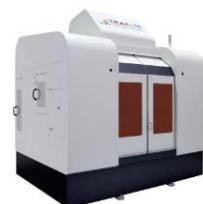
大型、高速化等に対応可能な3Dプリンタの開発を行う。



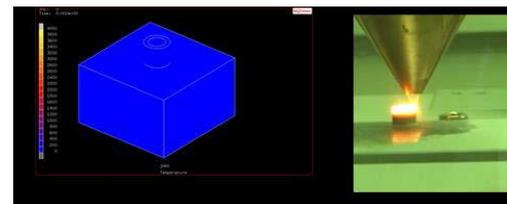
電子ビーム式開発機外観



電子ビーム照射実験



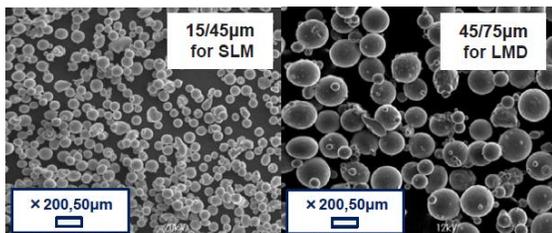
レーザービーム式開発機外観



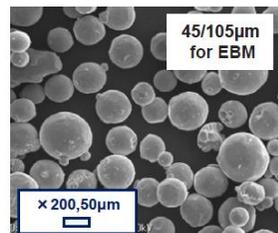
レーザービーム円筒造形実験

金属粉末の開発

3Dプリンタ用の金属粉末製造を目的とした粉末製造技術を構築する。また、造形品質向上のための流動性やリサイクルのための防錆性を考慮して金属粉末の修飾技術の開発も行う。



レーザービーム方式パウダベットタイプ レーザービーム方式デポジションタイプ

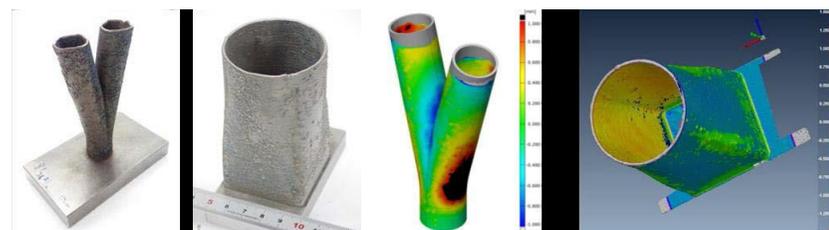


電子ビーム方式パウダベットタイプ

各金属積層方式に適した粉末

造形物の試作評価

電子ビーム、レーザービームの両方式の各ユーザにおいて試作部品を作製し、品質確認を行う。各種測定による検査結果、評価結果を通して改善点を抽出し、造形条件や装置開発にフィードバックする。



レーザービーム方式の造形部品の外観と寸法精度評価結果

高効率・高輝度な次世代レーザー技術の開発事業

事業の内容

事業目的・概要

- レーザーは、金属やガラスなどの切断や表面改質といった加工に用いられ、次世代産業技術の中核として、今後も関連市場の拡大が見込まれています。しかし、様々な加工条件に合わせて効率良く、また付加価値の高い加工等を行うためには、波長や輝度（出力とビーム品質）等において多くの技術的な課題があります。
- 本事業では、これまでにない高効率かつ高輝度（高出力・高ビーム品質）なレーザー技術を開発することにより、燃料消費・温室効果ガス排出の削減を図るとともに、我が国ものづくり産業の競争力強化を図ります。

成果目標

- 平成28年度から平成32年度までの5年間の事業であり、本事業によって開発するレーザー技術を用いることによって、レーザー加工等における消費エネルギーを大幅に削減し、平成42年度において約655万トン/年のCO2削減を目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



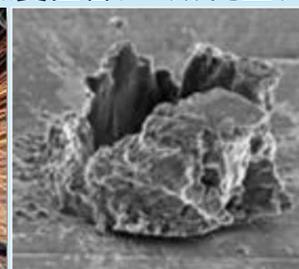
事業イメージ

高効率・高輝度な次世代レーザー技術の開発

- テーマ 1** 【加工品質の追求】
短波長領域の高輝度・高効率レーザーシステムの開発
- テーマ 2** 【パワーの追求】
キロジュール級の高輝度・高効率レーザーシステムの開発
- テーマ 3** 【従来性能を遙かに凌駕する新光源の追及】
次世代の高輝度・高効率なレーザー光源の開発

レーザー加工条件の最適化や加工現象のメカニズム解明など、
効率的な加工を実現するための基盤研究も併せて行う。

従来のレーザー加工の例
(熱による加工のため熱変性層やバリが発生する)



高効率・高輝度レーザーによる非熱加工のイメージ
(高品質な微細加工)



次世代レーザー加工技術

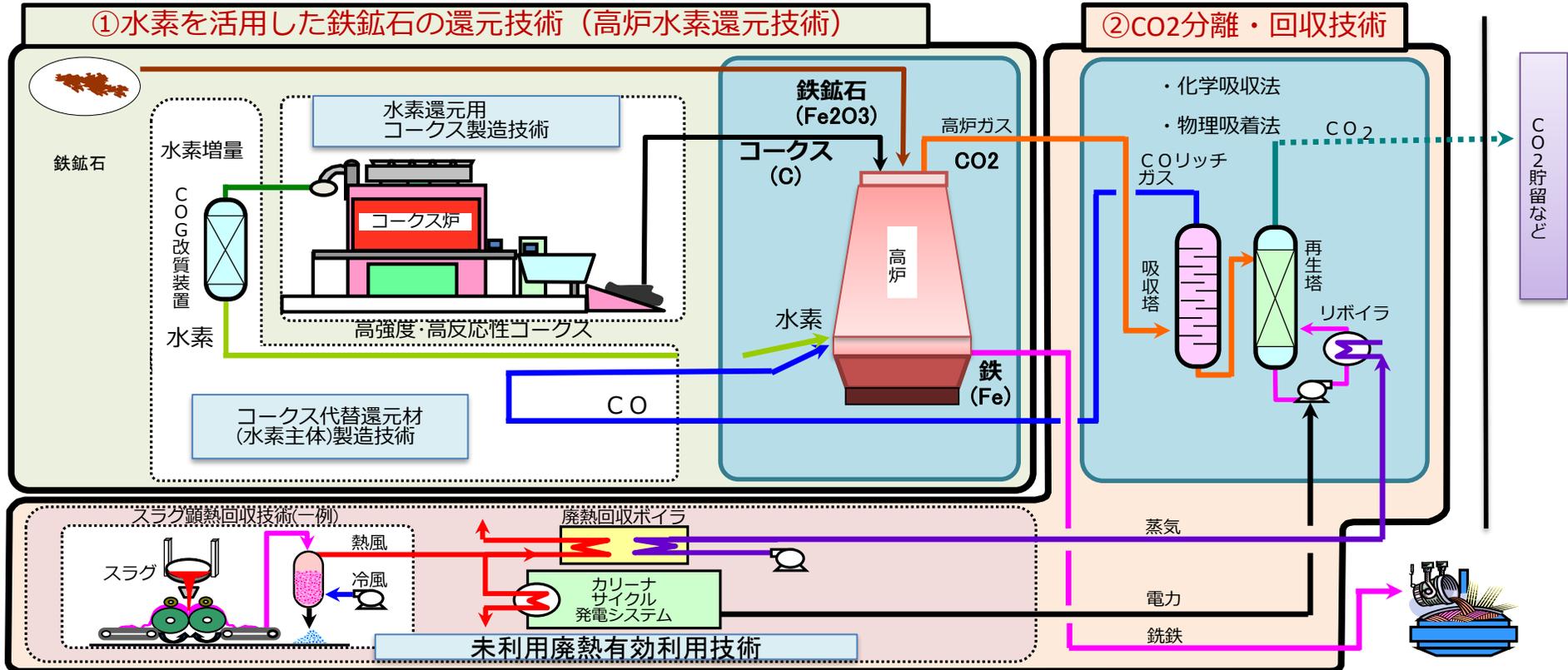
これまでにない高効率・高輝度な次世代レーザー技術ならびに加工技術を開発し、機能性材料等の加工品質の向上や自動車部品等の加工プロセスの効率化など、我が国ものづくり産業の競争力強化に貢献します。

水素還元を用いた低炭素製鉄プロセス技術

- 高炉の製鉄プロセスのCO₂発生量の約8割を占める製鉄の還元プロセス（原料の鉄鉱石から銑鉄を作る工程）において、水素活用とCO₂分離・回収によって約3割の排出削減を可能とする技術。

<技術の概要>

- ①水素を活用した鉄鉱石の還元技術（高炉水素還元技術）
 コークスの一部代替として、高炉一貫製鉄所から発生する副生ガスから得た水素を還元材とする還元プロセス技術
 - ②高炉ガスを対象としたCO₂分離・回収技術
 高炉ガスからCO₂を分離・回収する化学吸収液・物理吸着技術、及び未利用低温排熱有効利用技術
- 現在、NEDOの水素還元活用型製鉄プロセス技術の開発事業（COURSE50）として技術開発中。2030年頃に実機（1基）に本技術を導入予定。

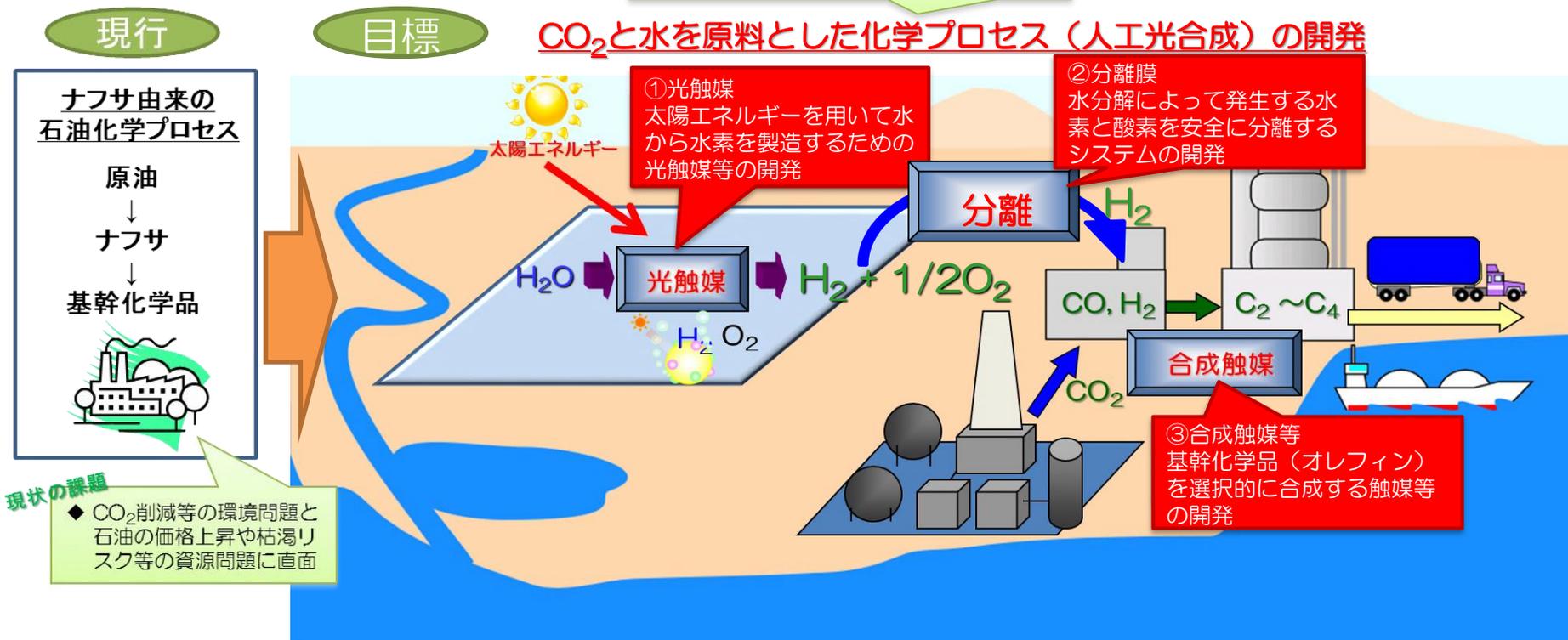


スラグ = 鉄鉱石中の鉄以外の成分を石灰と溶融・結合させて出来る副産物

CO₂の原料利用

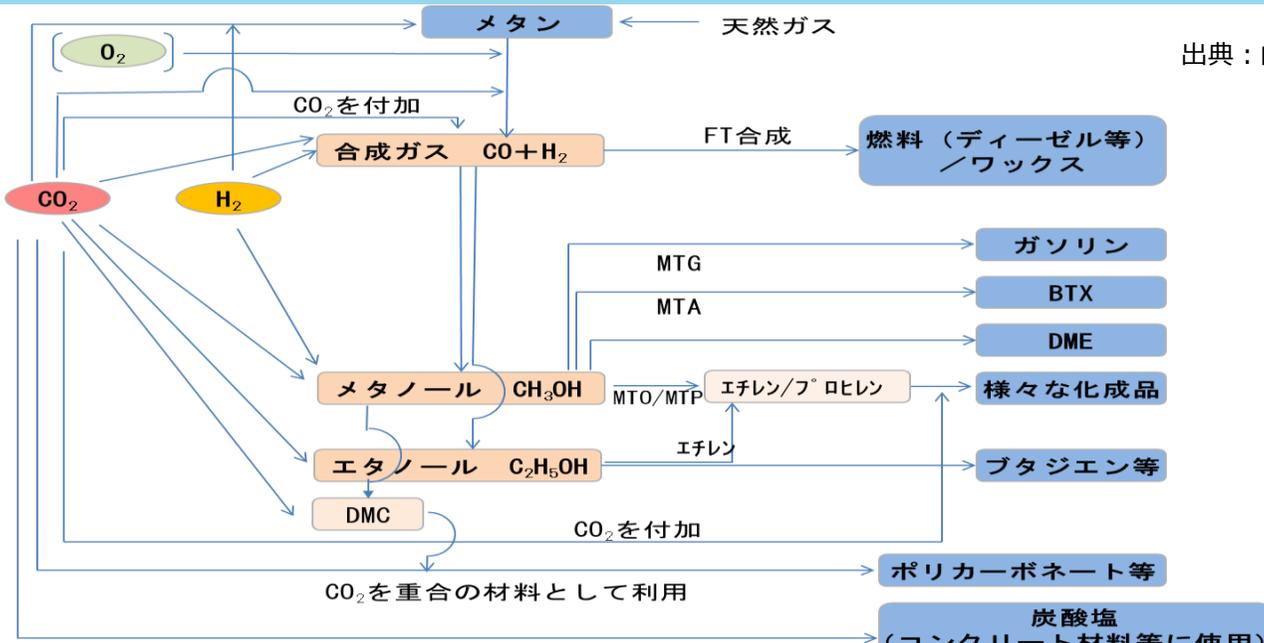
- CO₂と水を原料とし、太陽エネルギーでプラスチック原料等の基幹化学品を製造するプロセス（人工光合成プロセス）を開発。
- 原油のみに依存しない化学産業の実現。
- 太陽エネルギーにより水から水素を取り出す効率（光触媒）10%を目指す。（現行0.3%程度）

効果
◆ 石油のみに依存しない化学産業
◆ 環境問題と資源問題を同時に解決



CO₂を利用した革新的生産プロセス

- CO₂の利用により、石油によらず、化成品・燃料、建築材等の生成することが可能。
- 生産プロセスの中間体として、できるだけエネルギーを使わずに合成ガス（CO+H₂）やメタノール（CH₃OH）等を合成することが重要。
この合成には、製造過程でCO₂を排出せず、かつ安価な「水素」の大量調達が必要。
他プラントでの熱やCO₂等の物質融通により、生産プロセス全体として、できるだけエネルギーを使わないようにすることも必要。
- 究極的には、再エネ由来による水素の大量製造が必要だが、コスト面など課題が多い。その実現までには、生産プロセスが共通であるメタン（シェール革命により安価）を利用したC1化学による化成品生産の基盤の確立で、将来的にCO₂の原料化プロセスにつないでいくことが重要。

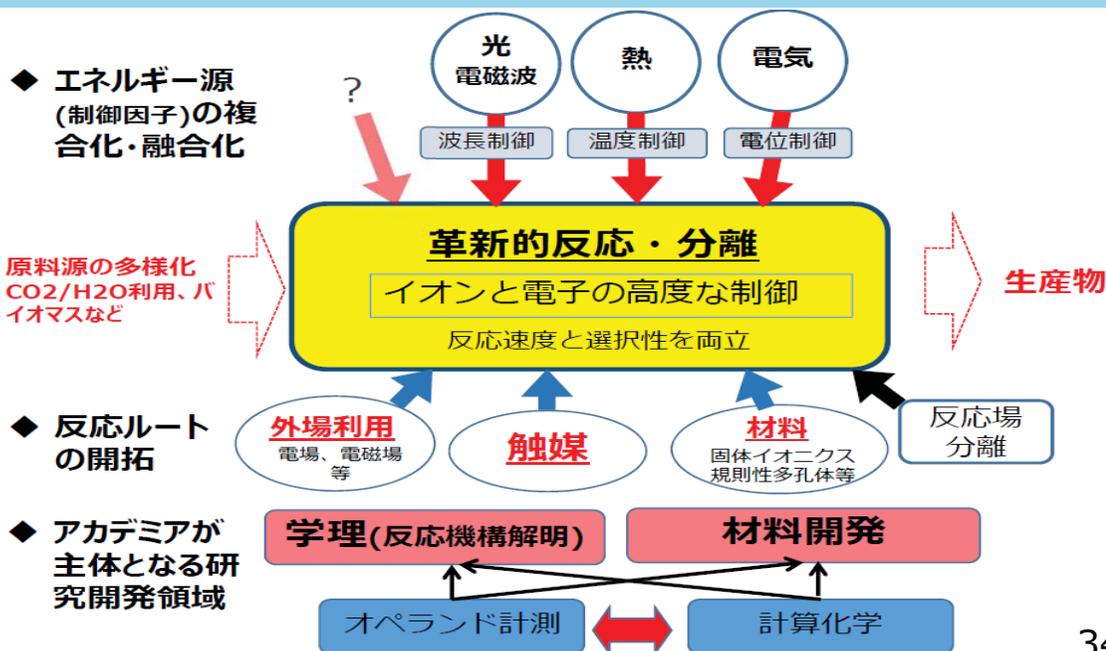
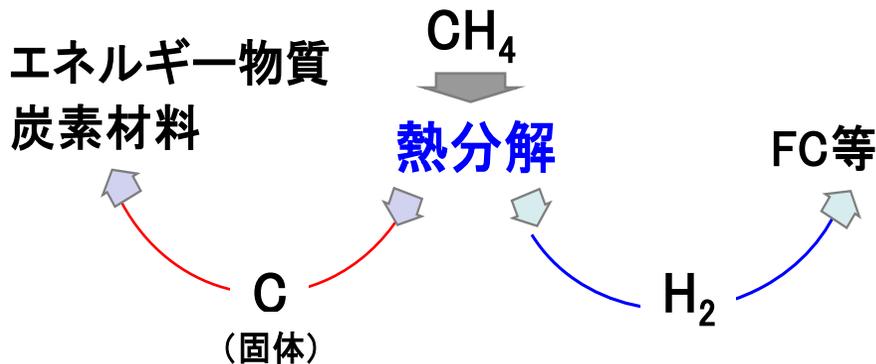
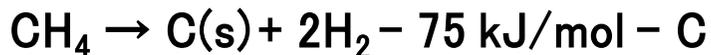


出典：内閣府ボトルネック課題研究会資料

CO2を利用した革新的生産プロセスにおける技術課題

- 反応に必要な投入エネルギーを大幅に低減し、LCAベースでCO₂排出削減を図るため、以下のような技術が必要されている。
 - 既存の再エネ由来水素の低価格化
 - カーボンフリー水素が製造できるメタン熱分解（下左図）やメタン改質の低温化技術確立
 - 発熱反応（メタン部分酸化等の活用）と吸熱反応の熱バランスを考慮したプロセス構築
 - 膜分離技術の革新
 - 電気光化学による反応制御（下右図）等
- 今後、再生可能エネルギーの大量導入に伴い発生する余剰電力を有効に活用する方策（熱化学から電気化学への転換等）も重要な視点。

【炭素を固定可能なメタンの熱分解】



セルロースナノファイバー

- リグニンを被覆することで、**耐熱性(230-250°C)**を向上。
- リグニン由来の官能基を化学修飾することで、**高機能特性**を付与。
- 製造コストは、平成42年度までに**300円/kg**を目指す。

これまでのCNF

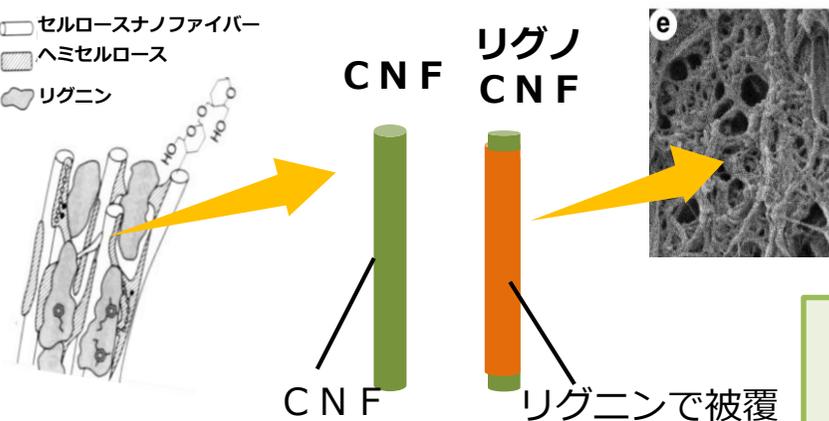
セルロースのみを取り出しナノ状にしたもの

高機能化

リグノCNF

セルロースに加えリグニンも取り出し、ナノ状にしたセルロース(CNF)表面に被覆したもの

- セルロースナノファイバー
- ヘミセルロース
- リグニン



耐熱性が低い

(高温域では熱劣化が生じるため、
高融点の自動車用エンジニアリング
プラスチックなどには使用不可)



自動車



建材

リグノセルロースナノファイバーの開発により、
自動車、家電市場等への参入を目指す

バイオマスの化学品利用

- **非可食バイオマス原料**から機能性及びコストの両面で競争力のある化学品を一気通貫で製造する省エネプロセスを開発。
- **原油のみに依存しない化学産業の実現。**
- 木質バイオマス原料から、セルロース・ヘミセルロース・リグニンの3成分を分離し、これらを活用して低コストで高機能な化学品を製造。

現行プロセス

ナフサ由来の石油化学プロセス

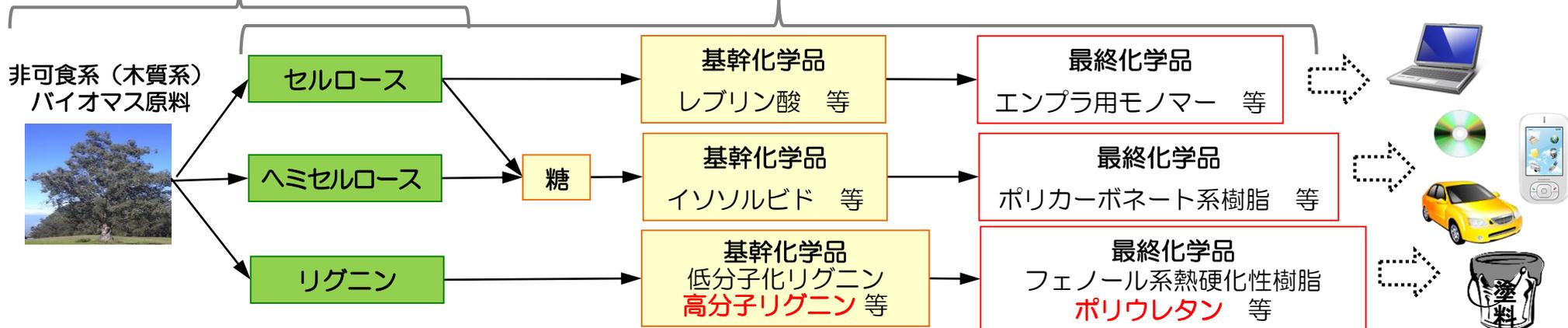


新プロセス

非可食性植物由来化学品の省エネ型製造プロセス

3成分分離技術の開発

各成分利用技術の開発



③ 業務・暮らし分野のイノベーション

省エネ

- I o T 利活用p.38
- 省エネビル・住宅（Z E B ・ Z E H）p.39

再エネ熱利用

- 地中熱p.40
- ヒートポンプp.41

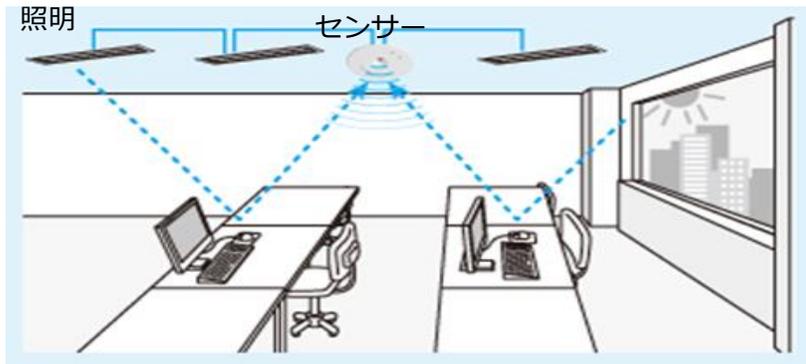
水素利用

- 燃料電池p.42
- メタネーションp.44

I o T 利活用

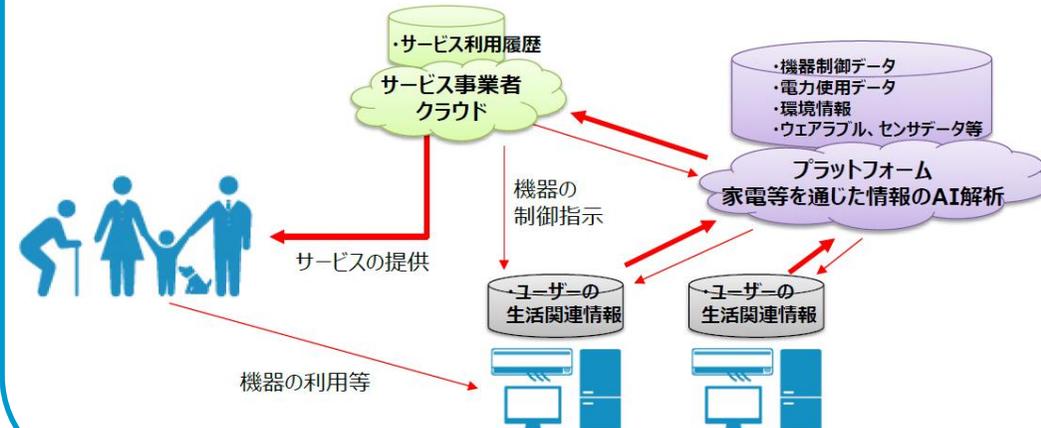
- 機器間の連携等によって、機器の利用情報や環境情報を活用し、機器の使用現場の状況に応じて省エネする技術が進展。
- また、消費者のニーズを踏まえ、複数のサービスにおいてこれらの情報の利活用を推進し、サービスの高度化を図る。

機器間連携の実現



(例) 照明：人感センサーや照度センサー、周囲の照明等との連携による最適制御が期待される

スマートライフの実現



省エネビル・住宅（ZEB/ZEH）

- 省エネ基準の適合義務化と並行して、ビル・住宅の更なる省エネを先導し、**将来の標準**となる**ZEB/ZEHの普及を促進**。
- ZEHについては、今後、系統負荷の軽減を図りつつ、太陽光発電の拡大にも貢献するため、**①外皮性能の更なる強化、②高度エネルギーマネジメントの活用、③電気自動車の導入により自家消費率を高めた「ZEH+」の普及も推進**。

ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）

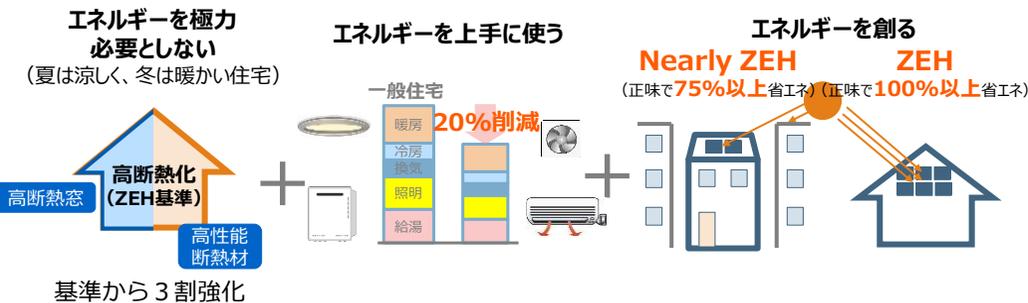


ZEHの例

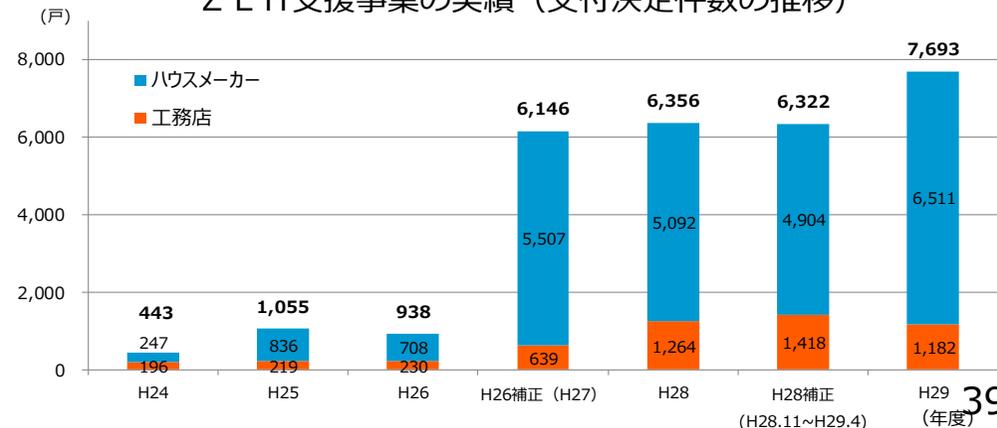


- 太陽熱を暖房や給湯に、太陽光を発電に利用。
- 断熱性能を高めつつ、大開口の窓を採用することで日射を取り入れ、省エネと暮らしの質向上を両立。

ZEH（ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス）

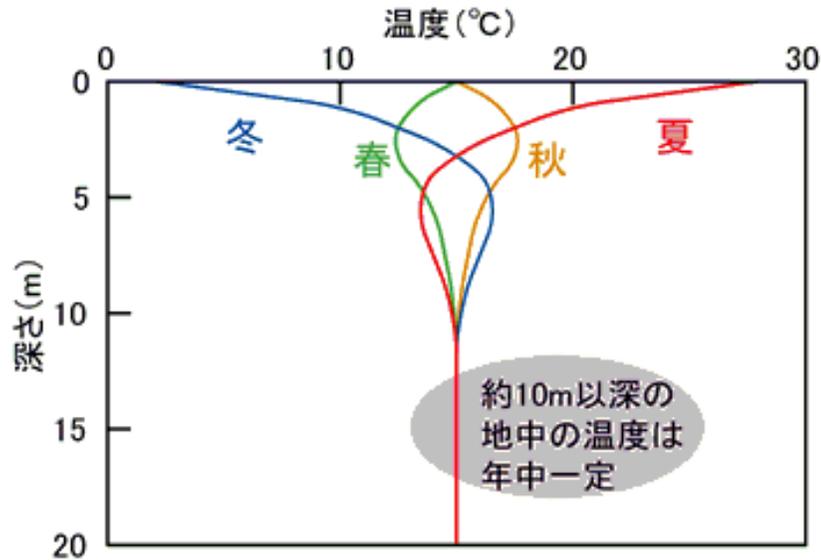


ZEH支援事業の実績（交付決定件数の推移）

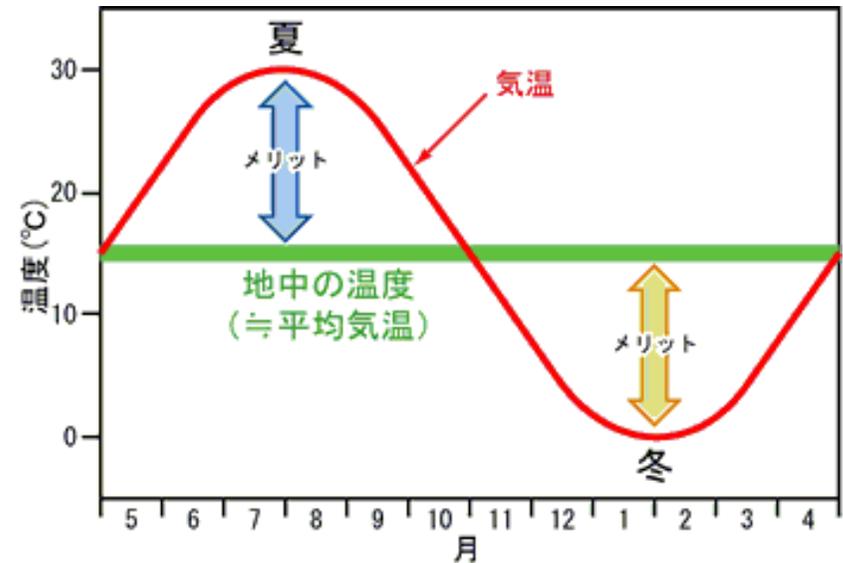


地中熱利用

- 地下の比較的浅い部分（10～100m程度）では、年間を通して温度の変化が見られなくなることが知られている（地域の平均気温とほぼ等しくなる）。このような地下の安定した低温域の熱エネルギーを「地中熱」という。
- 主に太陽からの熱に由来する再生可能エネルギーであり、地下深くの火山活動に由来する高温域の熱エネルギーである「地熱」とは異なる。
- 日本のどこでも、一年中安定した利用が可能。



季節による地中の温度



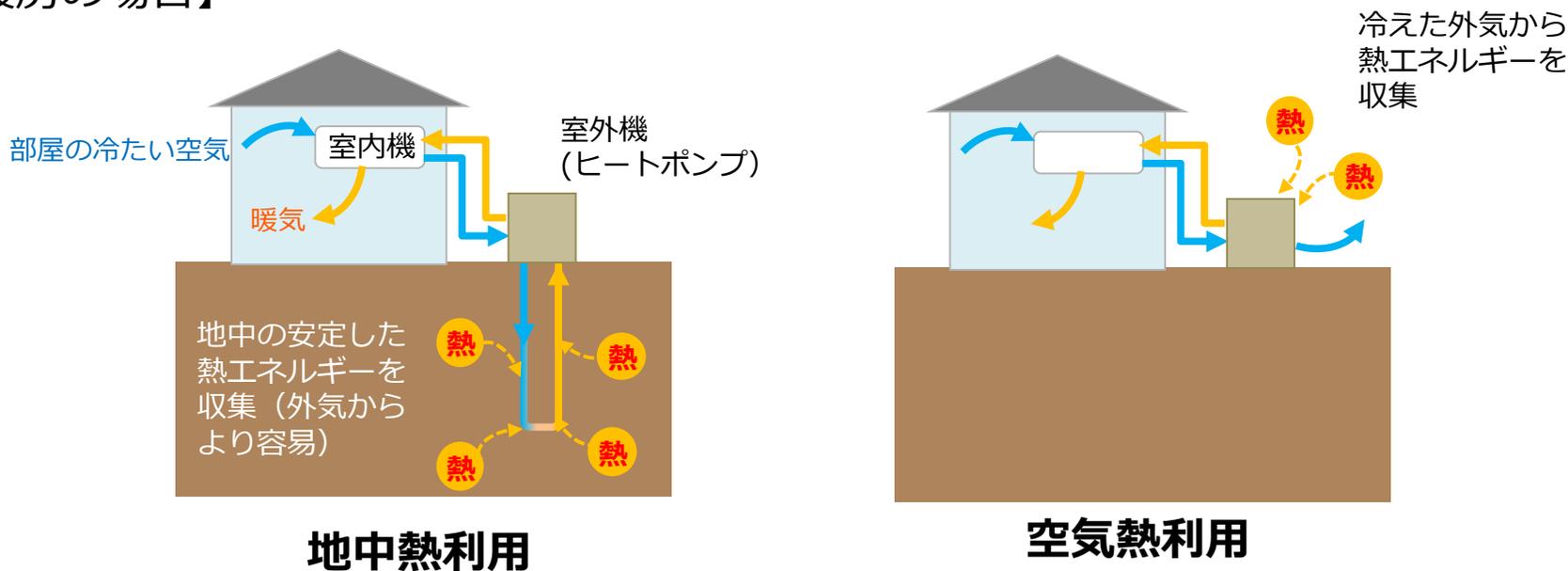
気温と地中熱の関係

(温度差が地中熱利用のメリットとなる)

ヒートポンプ

- 安定した地中熱をヒートポンプと組み合わせることにより、より効率的に空調・給湯等に利用することができる。
- 例えば、冬季における暖房の場合、地中熱は空気熱（外気）に比べて暖かいため、ヒートポンプによる熱の収集が容易となる。したがって、省エネルギー（節電）・CO₂排出の抑制が可能。
- 他方、地中熱利用のためには熱交換パイプの埋設等が必要となるため、空気熱利用（通常のアコン設備）に比べて導入コストが高くなる。今後のコスト低減が課題。

【冬季暖房の場合】



燃料電池（エネファーム）

- エネファームについては、更なる発電効率の向上（SOFC）、熱利用率の向上（PEFC）に向けた技術開発を進めるとともに、**集合住宅や寒冷地など、優位性のある市場を開拓し**、民生部門での低炭素化を促進する。
- また、余剰電力取引を通じて、**高効率発電電力を他の需要家にも融通**する取組を拡大する。

マーケット

	マーケットポテンシャル	エネファーム導入台数	方向性
戸建	ストック 約2,930万件 フロー 約42万件	約4.1万台 (新築+既築)	ZEH推進 逆潮による発電量向上
うち寒冷地	ストック 約530万件 フロー 約7万件	約1,650台	排熱価値向上
集合	フロー約50万件	約0.1万台	小型化の推進

※寒冷地とは、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）における「地域区分1~4」とする。

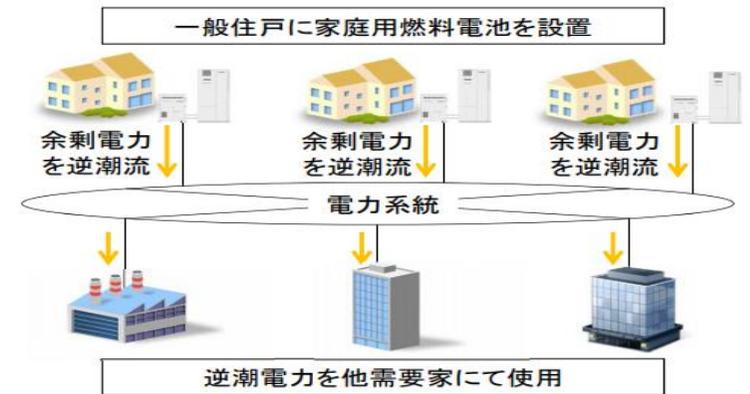
【集合住宅 イメージ図】



[出典]大阪ガスHP

寒冷地市場、集合市場は、**「PV + 蓄電池」が入りづらい市場**

余剰電力取引によるCO2排出削減量比較

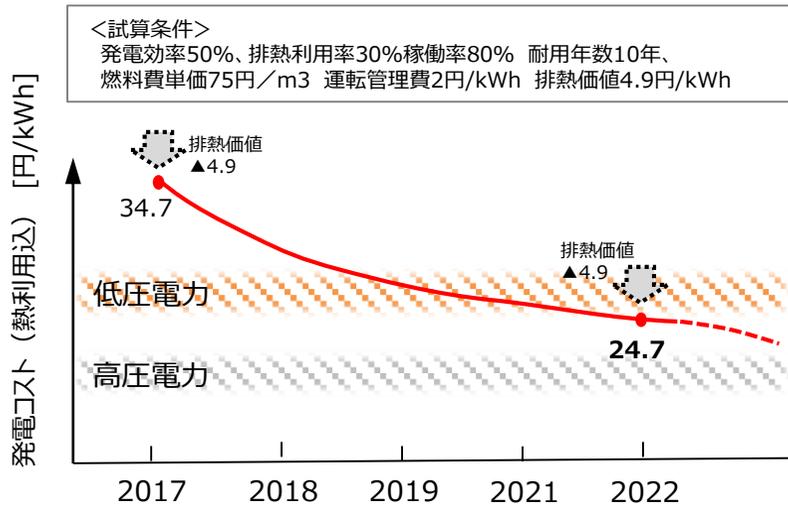


[出典] 日本総研作成資料を基に資源エネルギー庁作成

燃料電池（業務・産業用FC）

- 業務・産業用燃料電池については、低熱電比需要家への導入を進め、グリッドパリティの突破を早期に実現するためイニシャルコストの低減に資する技術開発を進めていく。
- また、**GTCC※を超える発電効率（60%超）の実現**に向けた技術開発を進め、分散型電源による電力供給の可能性を更に切り開く。 ※ガスタービンコンバインドサイクル

発電コスト低減のイメージ



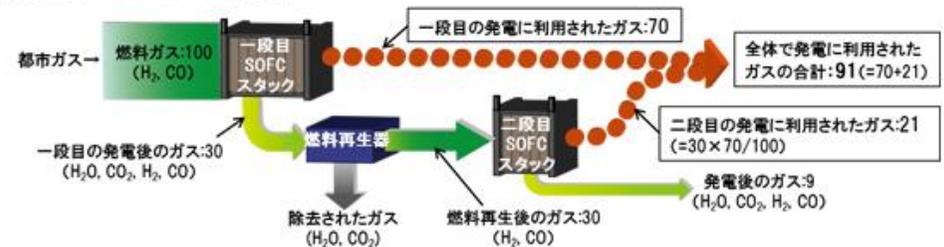
[出典] 業界ヒアリングより資源エネルギー庁作成

超高効率SOFC実現の可能性

一般的なSOFCの場合 ※図中の数値は、発電に利用できる、あるいは、利用された燃料ガスの割合



本技術を活用したSOFCの場合



[出典] 東京ガス発表資料

低熱電比需要家数

契約電力	~50kW	50~300kW	300~500kW	500~1,000kW	1,000~2,000kW	2,000kW~
件数	717,420	172,740	35,145	13,095	5,235	1,670

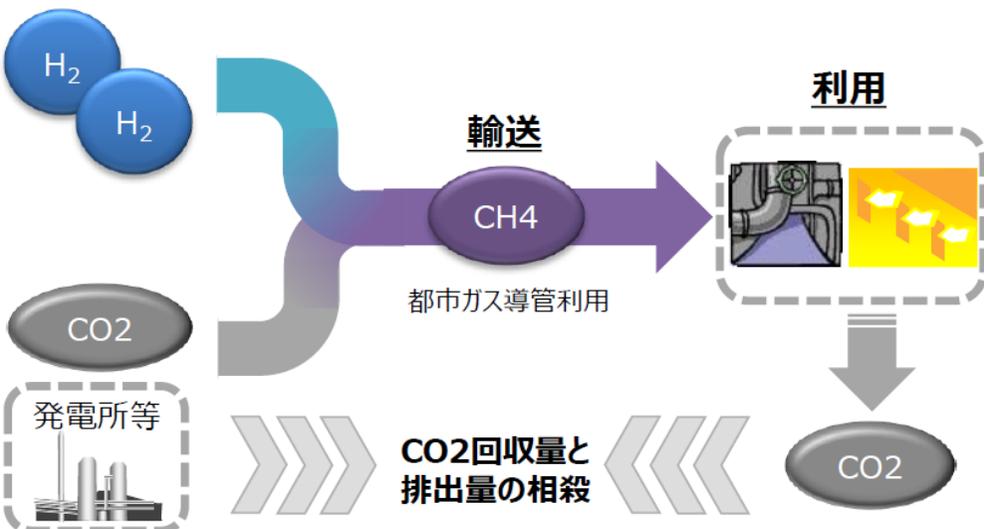
※熱電比0.5以下を低熱電比として抜粋

[出典] 富士経済「～需要別別マーケット調査シリーズ2013～業務施設エネルギー消費実態・関連機器市場調査」

メタネーション

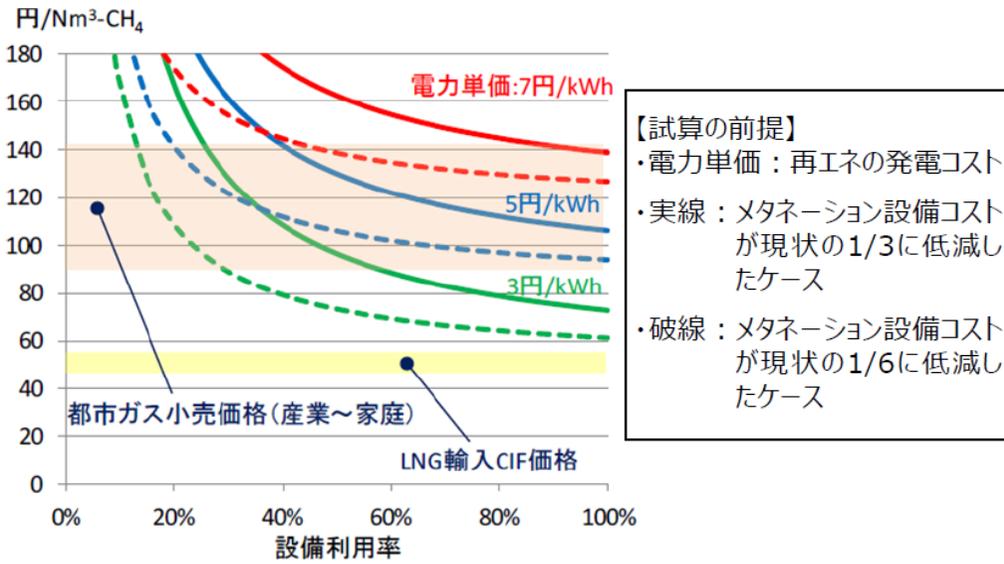
- メタネーションは水素とCO2からメタンを合成する技術。CO2フリー水素と発電所等から排出されるCO2を原料として合成されたメタンでは、利用時のCO2排出量が合成時のCO2回収量と相殺される。
- メタンは天然ガス（都市ガス）の主成分。既存のエネルギー供給インフラの有効活用（都市ガス導管、LNG火力発電所やLNGタンカー等）や、熱利用の低炭素化の観点から、エネルギーキャリアとしてのメタンは大きなポテンシャルを有する。

メタン利用イメージ



[出典] 資源エネルギー庁作成

再エネ由来水素とCO2合成によるメタン製造コスト試算

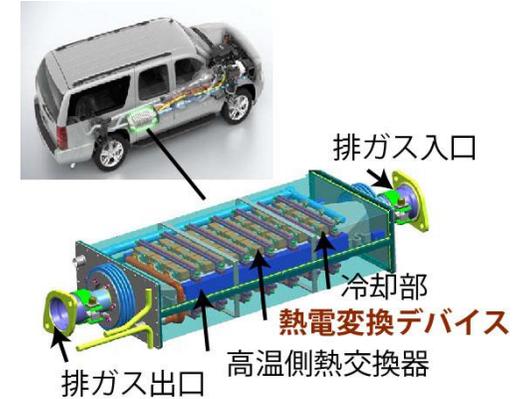
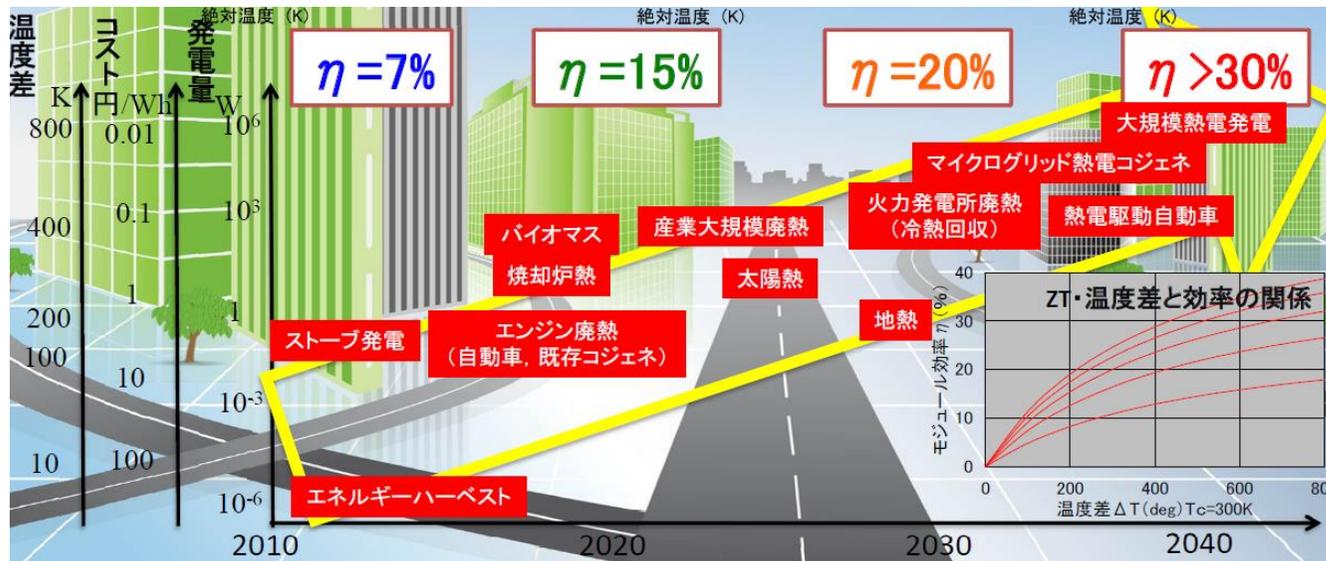
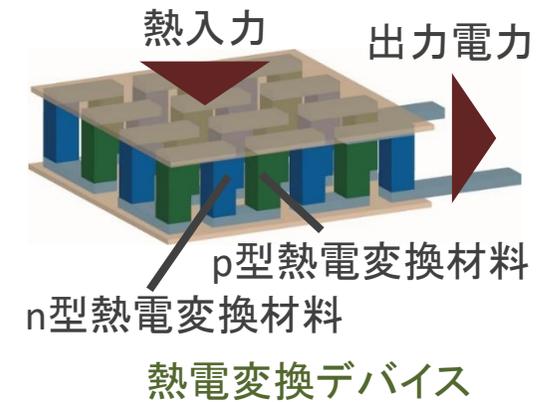


[出典] 「我が国におけるPower to Gasの可能性」(柴田, 2015) を資源エネルギー庁編集

エネルギーハーベスト・排熱利用

背景

- 一次エネルギーの60%以上を未利用熱として捨てている。(例えば、車では、投入エネルギーの75%が廃熱。)
- 未利用熱エネルギーの有効活用法として、熱(温度差)を電気に直接変換できる「**熱電変換**」は有望な技術
- 熱電変換の大きな課題は、既存材料に毒性元素のPbや希少元素のTeなどが含まれること



自動車における廃熱
熱電発電のイメージ

出典：DOE “Automotive Thermoelectric Generators and HVAC” 2013

出典：一般社団法人日本熱電学会 熱電アカデミックロードマップ

④電力分野のイノベーション

再エネ

- 次世代太陽光 p.48
- 宇宙太陽光発電 p.52
- 超臨界地熱 p.54

蓄電・系統

- 蓄電池 p.58
- 洋上直流送電システム p.60
- 無線給電 p.62
- V P P p.63

原子力

- 第3世代+炉 p.65
- 各国動向・施策 p.66
- 第4世代炉 p.68

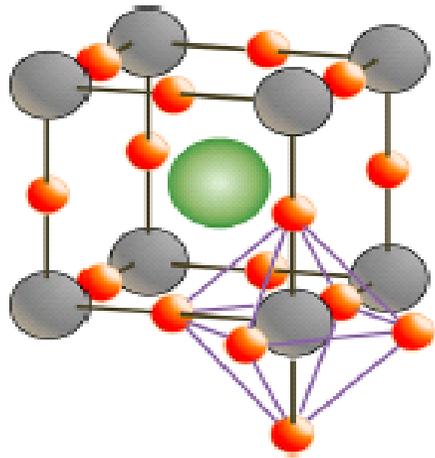
火力

- 高効率化・次世代火力 p.70
- C C S p.74

再工ネ

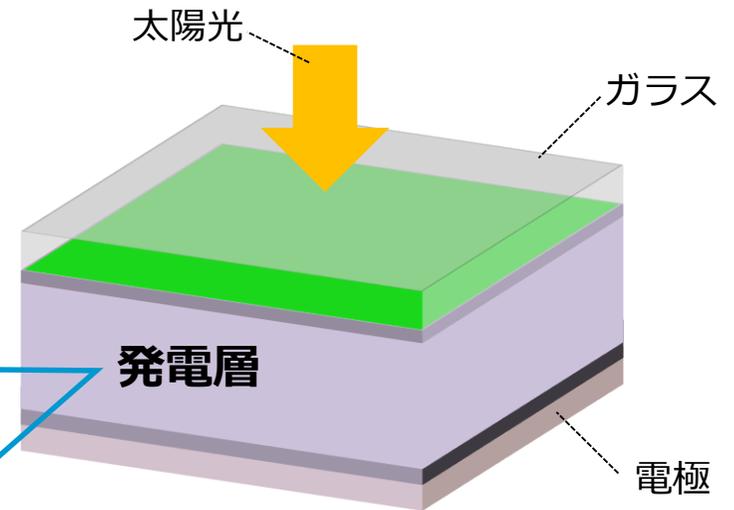
次世代太陽光（ペロブスカイト太陽電池）

- ペロブスカイトと呼ばれる結晶構造を有する材料を発電層として用いた太陽電池の総称。
- 桐蔭横浜大学の宮坂教授が世界で始めて報告（2009年）。当初の発電効率は3.8%であり、注目度はそれほど高くなかった。
- 2012年に宮坂教授が英国の研究者と共同で発電効率10.9%を報告。ペロブスカイト太陽電池の研究に火がついた。
- 2017年9月20日、米科学情報企業がノーベル賞受賞の有力候補として、ペロブスカイト太陽電池の発見と応用に貢献した宮坂教授を予想した。



- A = CH_3NH_3^+ など
- B = Pb^{2+} など
- X = I など

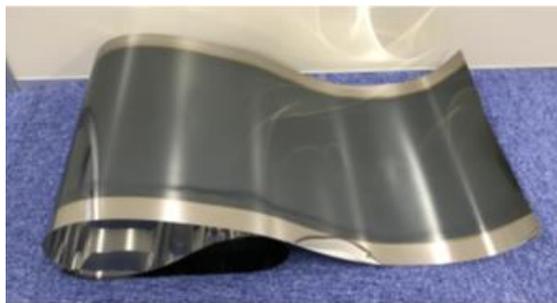
ペロブスカイト結晶構造（一般式： ABX_3 ）



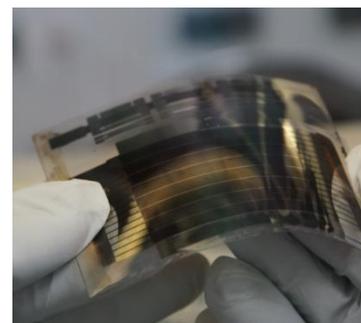
ペロブスカイト太陽電池構造例

(参考) ペロブスカイト太陽電池の特徴

- 小面積ながら発電効率20%以上の報告が相次いでおり、次世代太陽電池の有力候補と考えられている。
- ペロブスカイト原料を含む溶液を塗布・印刷といった製造プロセスにより、他の太陽電池（結晶シリコンなど）に比べて単純化が可能であり、大幅な低コスト化（半分以下の製造コスト）が見込まれる。
- フィルム材料への形成が可能であり、これまで重量物を載せられなかった工場や倉庫屋根、公共施設の他、屋内使用、IoTデバイス電源など、従来にない太陽電池用途開拓の可能性。
- 他方、耐久性の向上・大面積化・鉛フリー化などの課題もある。



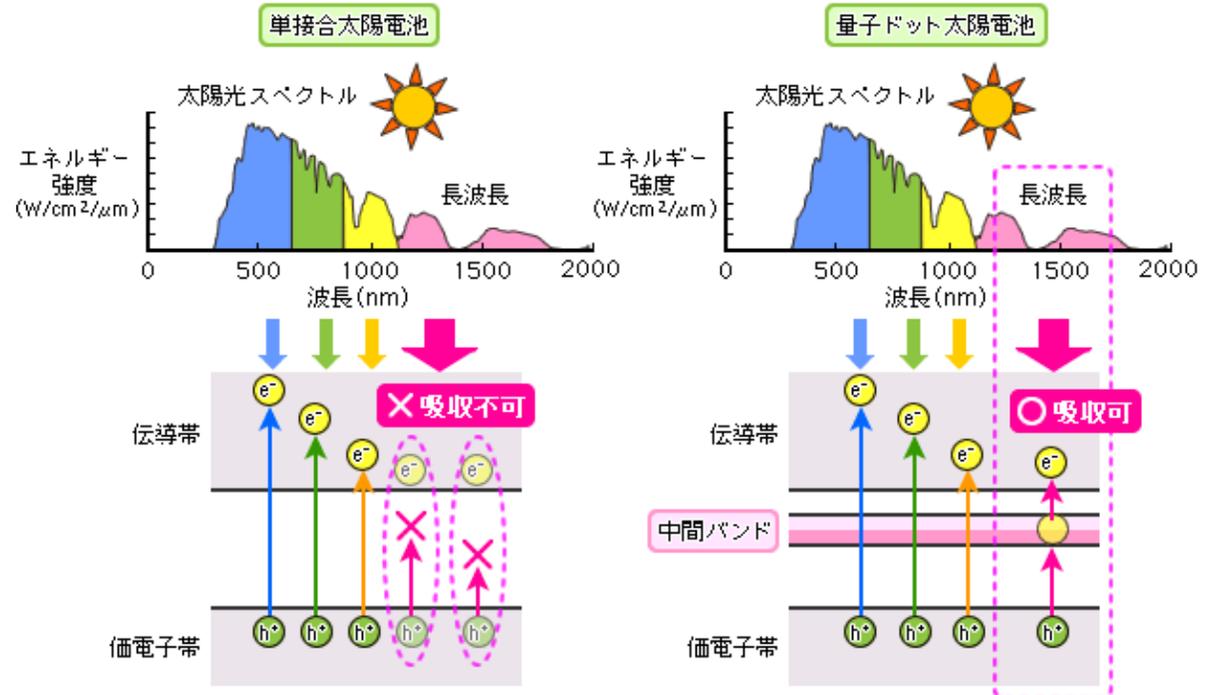
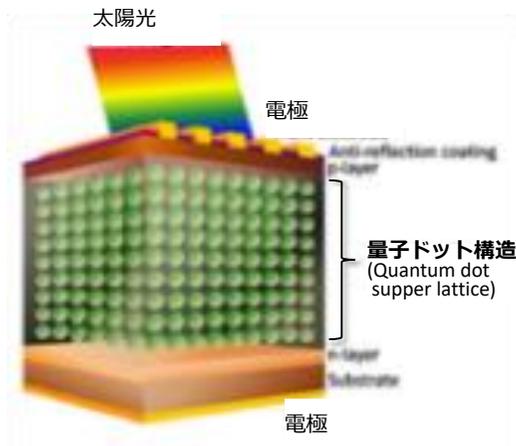
フィルム材料に形成した
ペロブスカイト太陽電池薄膜
(積水化学工業株式会社)



5cm角フィルム型モジュール
(株式会社東芝)
モジュール変換効率10.5%
(自社測定では最大13.7%を確認)

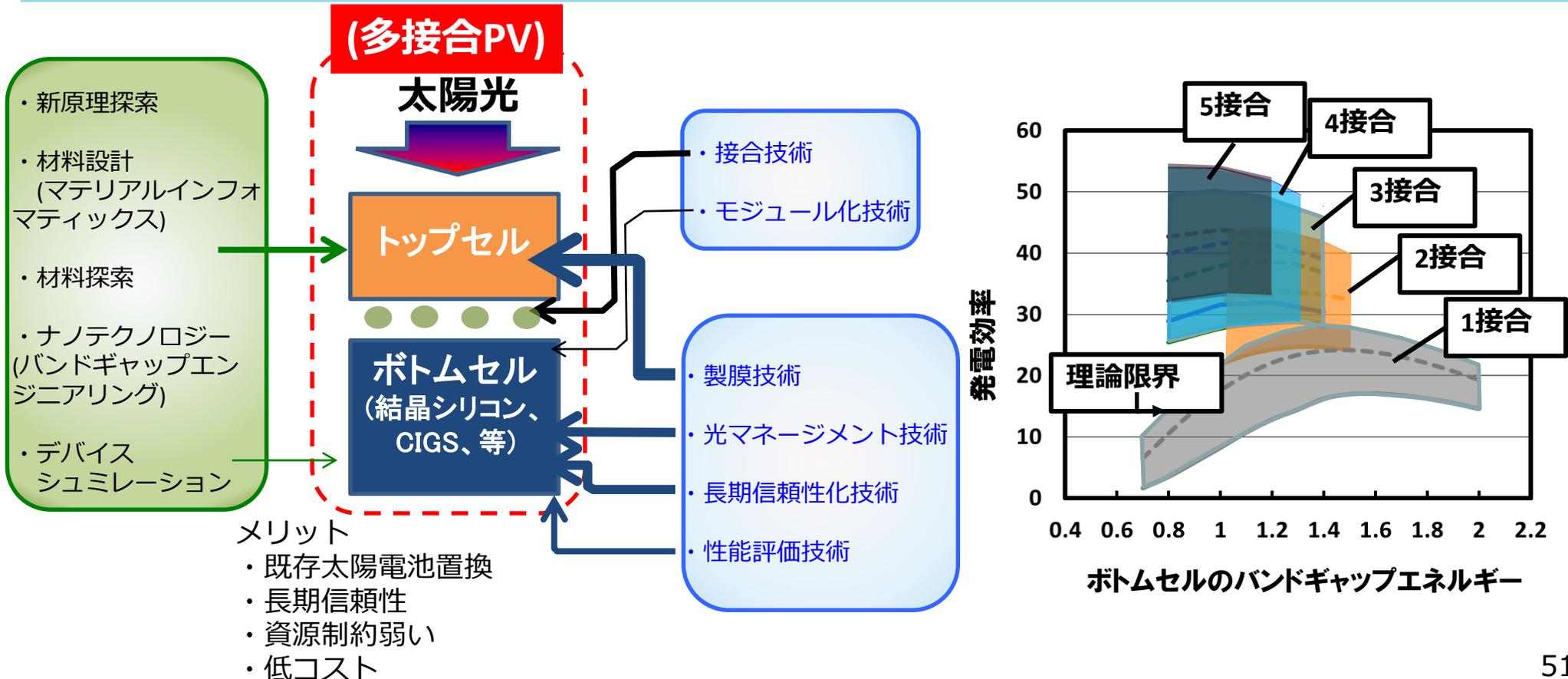
次世代太陽光（量子ドット太陽電池）

- 半導体中に電子を閉じ込めることで、様々なエネルギーの光を吸収することが可能になる量子化と呼ばれる現象を利用した、従来の太陽電池よりも高い変換効率を得られる太陽電池。
- 半導体の大きさをナノレベルまで極小にした「量子ドット」構造を材料に利用する。
- 従来の太陽電池では発電に利用できなかった赤外線などの光も利用可能で、理論上は変換効率60%以上も可能。
- 東京大学の研究チームでは、29.6%の変換効率を発表している。



次世代太陽光（安価な材料を使った多接合太陽電池関連技術）

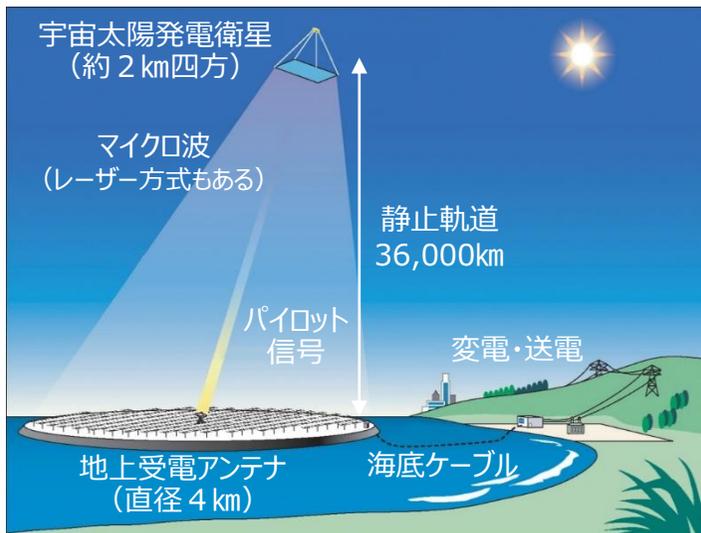
- 光吸収波長の異なる複数の太陽電池を積層した太陽電池で、現状、主流であるが、理論限界に近づいている単接合太陽電池（結晶シリコンセル）と比較し、高い変換効率（30%–40%）を期待できる。
- 世界でも重要性が認識されており、欧州では（Horizen2020）では低資源制約に力点をおき、材料の研究に着手している。



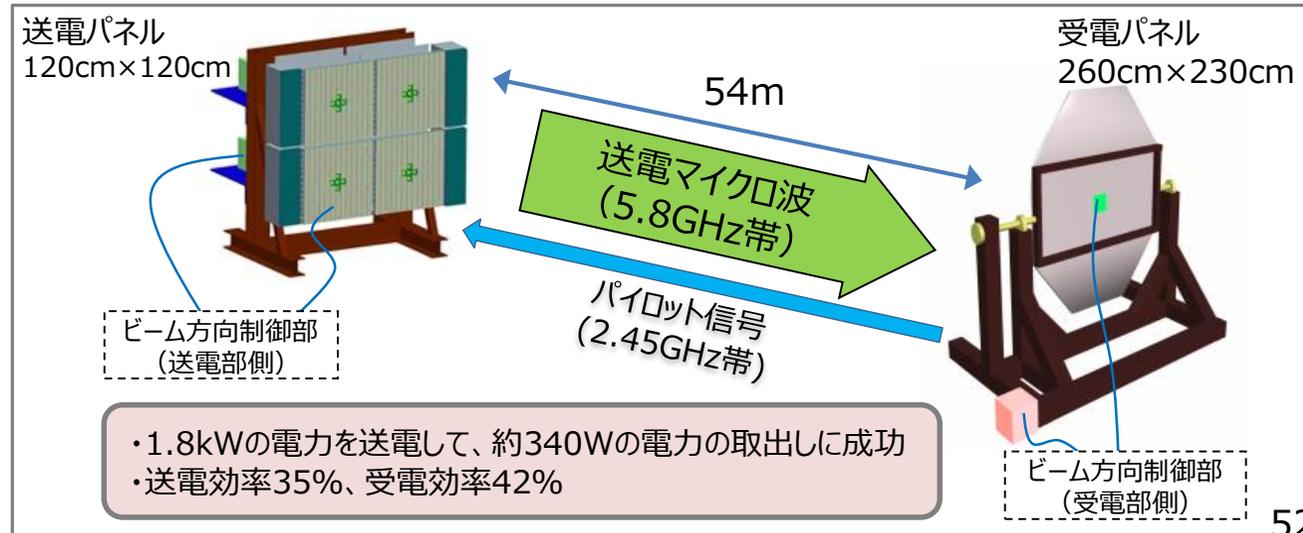
宇宙太陽光発電

- 宇宙太陽光発電システム(SSPS:Space Solar Power System)とは、宇宙空間において太陽エネルギーで発電した電力をマイクロ波などに変換して地上へ伝送し、地上で電力に変換して利用する将来の新エネルギーシステム。
- 地上での太陽光発電に比べ、季節や天候、昼夜などの自然条件に左右されることなく、安定的な発電、電力供給が期待できる（地上に比べて10倍の発電量）。
- 1960～70年代は、アメリカが研究の中心であったが、1980年代以降、京都大学などを中心に、日本が宇宙太陽光発電の研究を牽引。
- 経済産業省では、平成21年度から、宇宙太陽光発電システムの中核技術として、マイクロ波無線送受電技術の研究開発を実施。
- 実用化に向けては、主に、①送電効率と受電効率の向上、②宇宙への輸送が必要となる送電部の小型・軽量化の技術課題などを有する。
- 平成27年には、約50m離れた距離で、マイクロ波ビームを水平方向に正確に指向制御して無線送受電するための実証試験を成功させるなど、成果を着実に蓄積している。

【宇宙太陽光発電システムのイメージ】

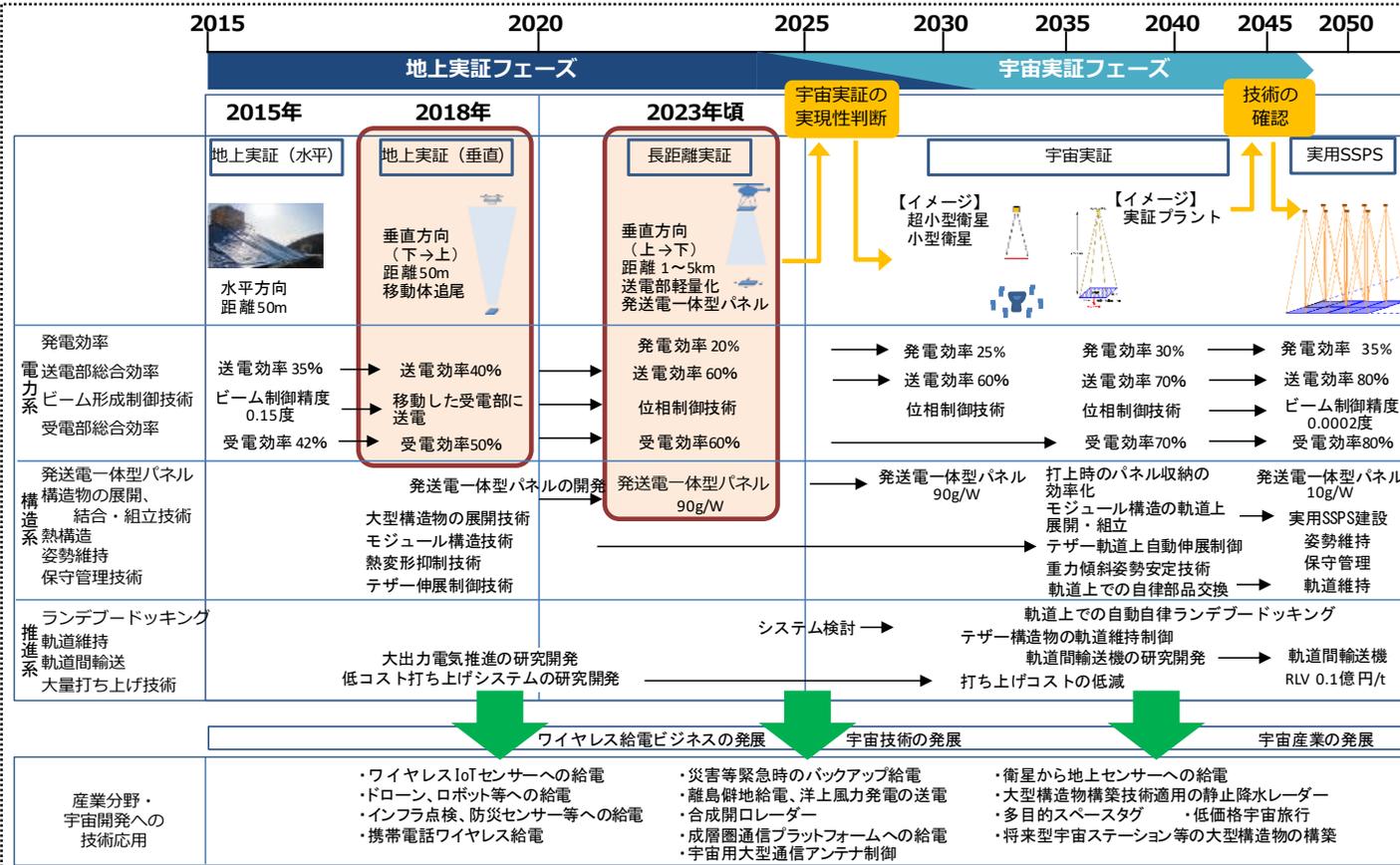


【マイクロ波無線送受電地上実証試験 (H27.3)】

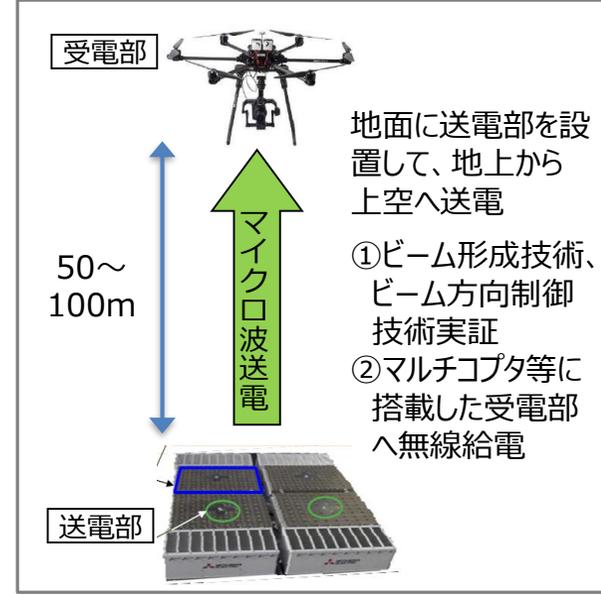


宇宙太陽光発電の研究開発ロードマップ

- 平成28年度にマイクロ波送電方式の宇宙太陽光発電システム研究開発ロードマップを見直し、**将来にわたり着実に技術開発を進めていくため、段階的にマイルストーンとなる実証試験を設定するとともに、開発技術の他産業への応用を盛り込んだ内容に改訂。**



【平成30年度に予定している実証イメージ】



【マイクロ波送電技術の他産業への応用例】

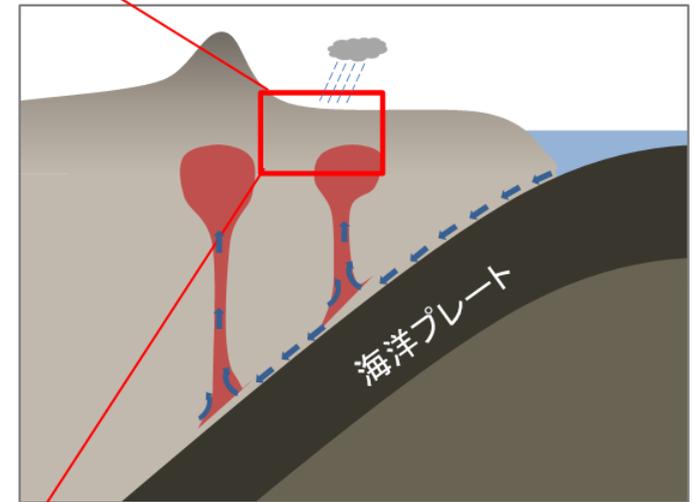
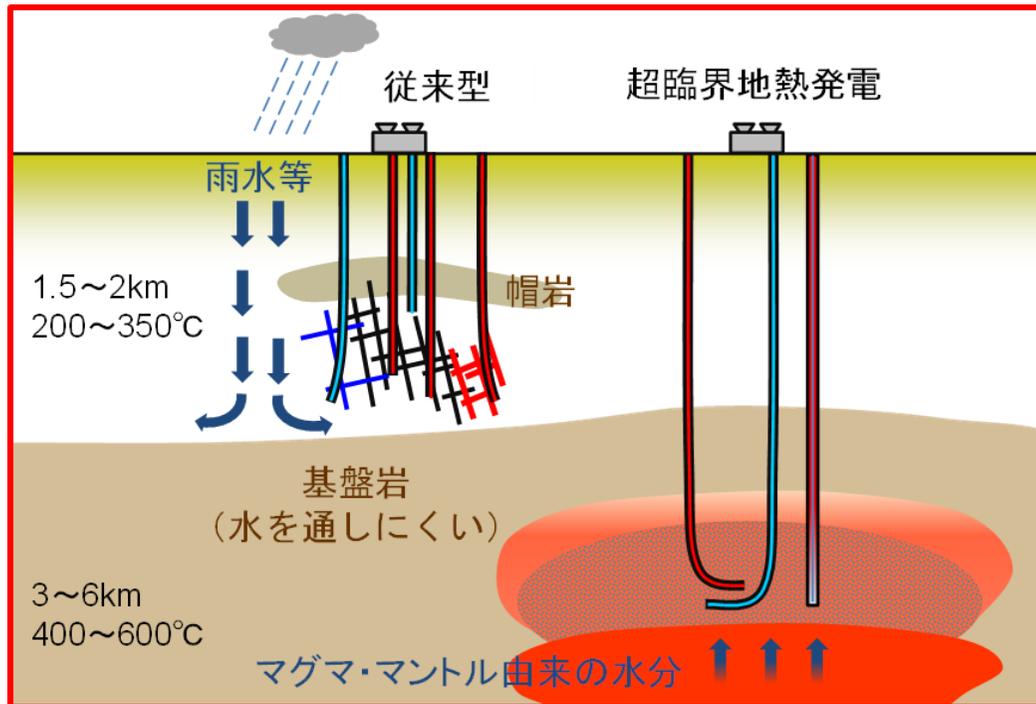


【他産業への応用に向けたマイクロ波無線送電技術のビジネス化を検討する産学官研究会】

年度	研究・取組を紹介した企業や専門家
平成28年度 ・5回、計307名出席	宇部興産、NTTデータ経営研究所、応用地質、オムロン、オリエンタマイクロウェーブ、京都大学、共和電業、翔エンジニアリング、東芝、ドコモECS、パナソニック、古野電気、三菱電機、三菱重工業、三菱総合研究所、リポ
平成29年度 ・4回、計271名出席	京都大学、上智大学、太平洋セメント、テラシート、東京大学、豊橋技術科学大学、UL Japan、早稲田大学、大阪大学、パナソニックシステムネットワークス開発研究所

超臨界地熱発電

- 古火山やカルデラの地下深く（3~6km）では、海洋プレートの沈み込みに伴い海水由来の超高温・高圧水を数%程度含んだ「超臨界岩体」が存在すると言われている。
- この岩体の熱エネルギーを利用するのが「超臨界地熱発電」。従来の地熱発電に比べてより大きなエネルギーを取り出すことが可能。
- パリ協定に基づき、2050年までに温室効果ガスを80%削減するためには、従来の地熱発電に加えて超臨界地熱発電にも取り組むことが重要。



出典：NEDO技術戦略研究センター作成(2017)

超臨界地熱発電の研究開発状況

- 地熱先進国であるアイスランドは、世界に先駆けて超臨界地熱資源の試掘に着手。2017年初頭、地下4659m（427℃、340気圧）において、超臨界水の地熱資源に逢着。
- 我が国においては、本年度は実現可能性調査を実施。超臨界水の状態把握、熱抽出に必要な地下現象把握のためのシミュレーション、超臨界発電に必要となる材料・機器の検討、経済性・環境影響・安全性等の観点から評価を行ったところ。2050年頃の実用化を目指し、引き続き、試掘の可能性を検討していく。



アイスランドでの試掘（IDDP-2プロジェクト）

出典：<https://iddp.is/>

	従来型	超臨界
開発規模 (1基あたり)	3万kW程度	15万kW程度
深さ	1~3km	4~6km
温度	200~300℃	400~600℃
地熱流体	主に雨水起源	海水起源 (HCl, H ₂ S等含む)
地熱貯留層	断層や破碎帯 (亀裂)	流体の存在形態 は未解明

従来型と超臨界地熱発電の比較

(参考) 超臨界地熱発電のロードマップ^o

現在

2030年頃

2050年頃 / 普及

超臨界地熱発電

①超臨界水の状態の把握及び地下物理現象の予測・掘削技術

②耐高温・高圧・高腐食性の材料・機器開発

③発電システムの開発（経済性評価を含む）

④環境影響評価方法及び安全性を確保した開発方法の確立

評価ポイント

実現可能性調査

・抽熱方法・貯留層の造成技術の工学的実現可能性の検討

・材料・機器の工学的実現可能性の検討

・発電システムの経済的実現可能性の検討

・環境影響の最小化、安全性確保に関する検討

・工学的実現可能性
・経済的実現可能性

試掘への詳細事前検討

・試掘に必要な掘削技術、坑内機器技術等の抽出と開発
・試掘規模、試掘場所の選定

・試掘に当たって必要な温度・圧力・腐食性等条件を満たす材料・機器の開発

・環境影響評価方法の検討
・安全に掘削を行うための工程および技術の検討

・試掘に耐え得る性能、安全、社会受容性の確保

試掘

・超臨界水の存在確認、流体流路の存在確認及び資源量の推定

・試掘結果（温度・圧力・腐食性等）に基づく材料等の必要仕様の決定

・実証試験の検討に必要なデータの取得

試掘結果の検証、実証実験への事前検討

・超臨界地熱システム模擬装置の開発と室内試験
・坑内機器技術、モニタリング技術等の開発
・地下3～5kmの岩体における長期間抽熱のためのシステム設計・制御技術の開発

・試掘により明らかとなった温度・圧力・腐食性等条件を満たす材料・機器の開発

・試掘結果を踏まえた発電技術の開発
・実用化規模の発電を実現するためのエンジニアリング技術の検討

・実証試験に耐え得る性能

実証試験

・抽熱技術の実証
・発電コストの検証、低減方法の検討
・商用技術としての確立
・パイロット発電所の建設
・地熱発電設備の寿命推定

・環境影響評価の実施

・商用技術としての確立

社会実装

・従来よりも生産能力が5倍程度の地熱井を活用した次世代地熱発電所の建設

・新たな地熱資源の活用による導入ポテンシャルの飛躍的な増大

・20～30年程度耐え得る材料・機器の実現

その他の次世代地熱発電関連技術

①地熱貯留層の位置の特定

評価ポイント

②耐極限環境対応センサー

評価ポイント

シミュレーション技術

各国が持つ地下貯留層に関するデータの共有、地下の亀裂や地熱流体の挙動を把握するシミュレーション技術

・材料センサーの開発

・300～400℃の耐熱性確立

・シール材の開発

・高温用耐食性耐スケール性

・高信頼性センサーの開発

・小型・軽量・低価格

・導入ポテンシャルが倍増する高温岩体発電の実現

・様々な極限環境に耐えるセンサーの実現

蓄電・系統

定置用蓄電池の概要

家庭用蓄電池システム（～15kWh）



A社家庭用蓄電池システム
2kW/5.6kWh

B社家庭用蓄電池システム
1.5kW/7.4kWh

適用
場所

一般家庭、事務所、小型店舗

用途

- 再生可能エネルギー活用（自家消費）
- ピークシフト（深夜料金利用）
- 非常用電源（停電時、災害時）

価値

充放電できる電気量（蓄電容量）
【kWh価値】

産業用蓄電池システム（15～100kWh）



C社産業用蓄電池システム
20kW/20kWh

D社家庭用蓄電池システム
10kW/15.4kWh

適用
場所

公共施設、中型店舗、工場など

用途

- ピークカット（電気料金削減）
- ピークシフト（深夜料金利用）
- 非常用電源（停電時、災害時）

価値

取り出せる電気量（出力）
【kW価値】

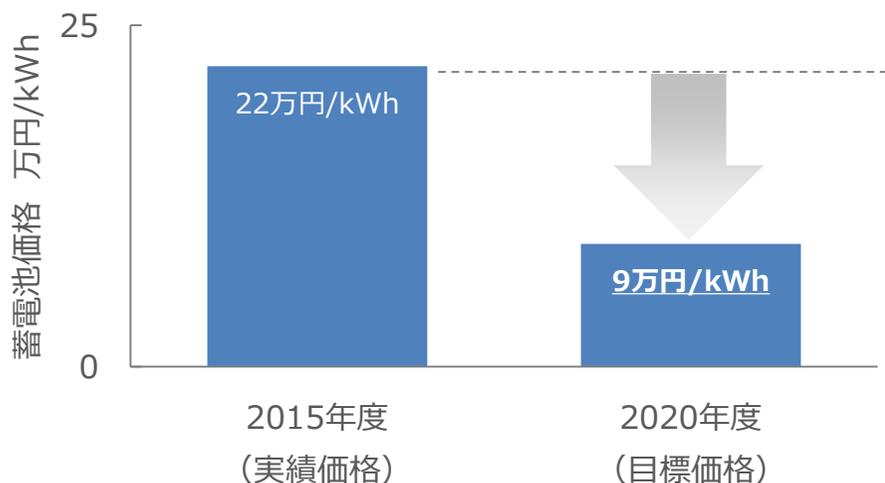
定置用蓄電池の目標価格

- 第4回エネルギー・リソース・アグリゲーション・ビジネス検討会（ERAB検討会）において、2020年のVPP（Virtual Power Plant）の自立化を目指した定置用蓄電池の価格の考え方を提示。

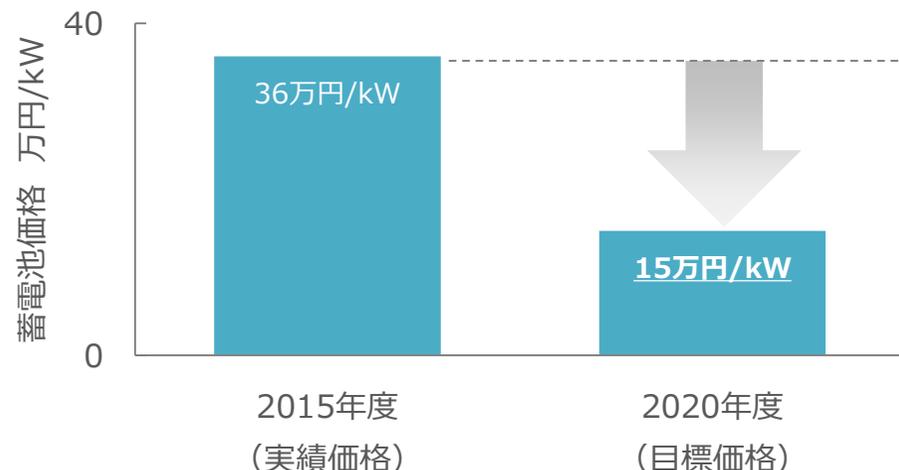
	(2015年度) 実績価格	(2020年度) 目標価格	目標価格の考え方
kWh用蓄電池 (主に家庭用)	約22万円/kWh	9万円/kWh以下	➤ 住宅用太陽光の余剰買取期間を終了した需要家が、太陽光電気の自家消費の拡大により、15年程度で投資回収可能。
kW用蓄電池 (主に産業用)	約36万円/kW	15万円/kW以下	➤ ピークカットによる契約電力削減により、7年程度で投資回収可能。

※ なお、業務用蓄電池をはじめ上記分類に当てはまらないケースについては、蓄電池の用途によっていずれかの価格を目指すこととする。

kWh用蓄電池（主に家庭用）



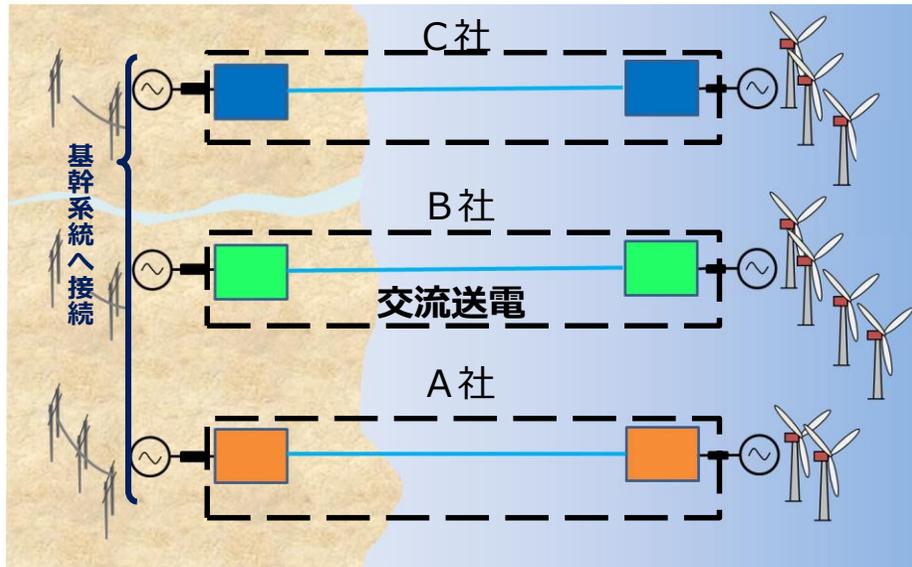
kW用蓄電池（主に産業用）



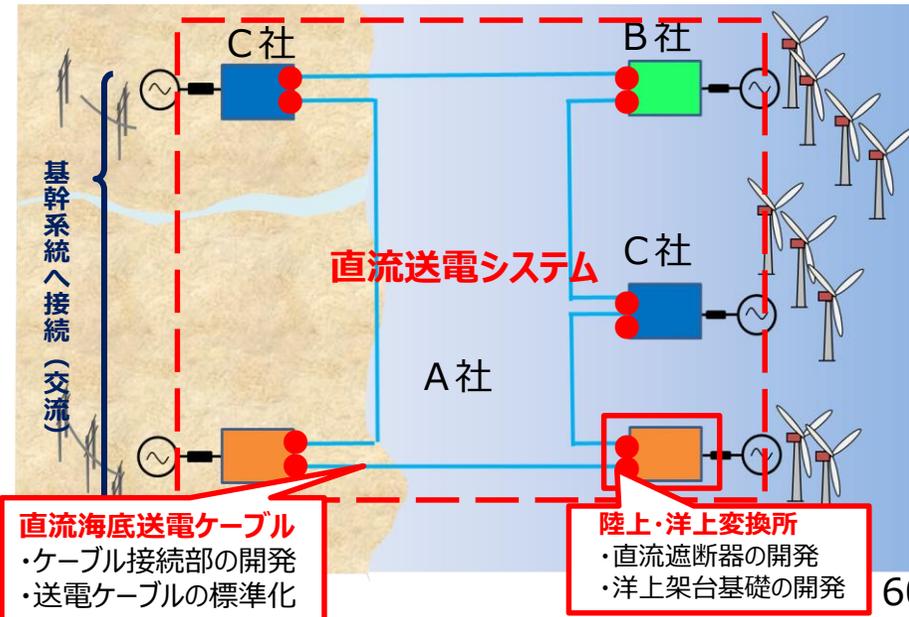
洋上直流送電システム

- 通常、発電した電気を送る場合、交流で送電することが多いが、長距離の送電を行う場合は送電ロスが大きくなる。そのため、例えば**大規模な洋上風力を遠方に多数設置する場合には、送電ロスの少ない直流送電システムの方が、安価で送電できる可能性**がある。
- 現在、直流送電を行っているのは、北海道・本州間連系設備等の限られた陸上同士をつなぐ区間であり、かつ、長距離送電を行う区間である。
- なお、洋上のウィンドファーム同士の複雑な連系等、洋上での活用を前提とする洋上直流送電システムを実際に行うためには、**直流海底送電ケーブルの開発**や**事故時の漏電防止対策（直流遮断器の開発）**等の技術開発と低コスト化が必要。

<従来型の送電システム>

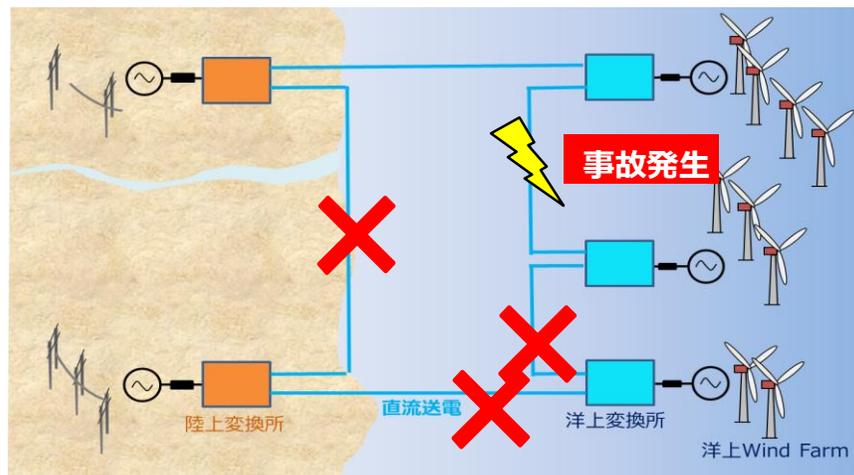


<直流送電システム>

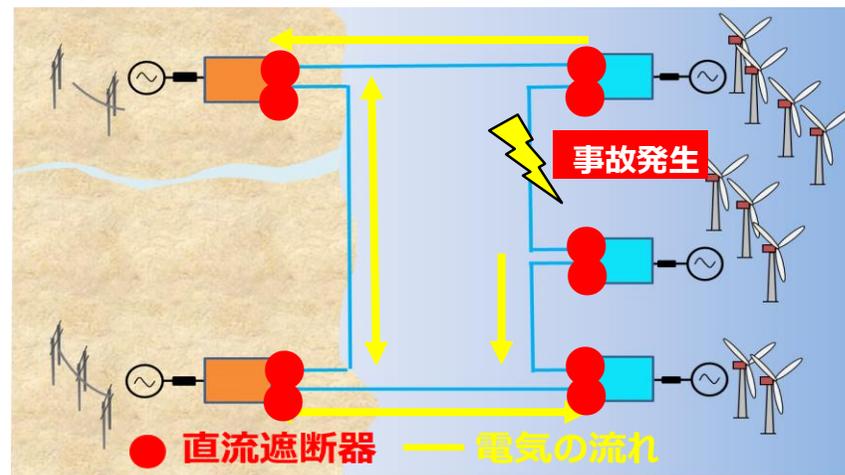


洋上直流送電システム関連技術の開発状況（直流遮断器）

- 下左図のように複数の直流送電線で連系する場合、直流系統に事故が発生すると直流系統の全区間停止が必要となるため、事故区間を速やかに切り離すための直流遮断器が必須不可欠。
- しかし、直流の遮断技術は難易度が高く、大容量・高電圧に対応した直流遮断器は国内外で実用化されていない。
- NEDOでは、世界最高レベルの大容量・高電圧に対応した直流遮断器の要求仕様を定め、特に重要な遮断部の試作と遮断試験を実施している。また、直流遮断器を含めた直流送電システム全体のシミュレーションを実施し、実用化に向けて必要となる基盤技術の開発を行っている。



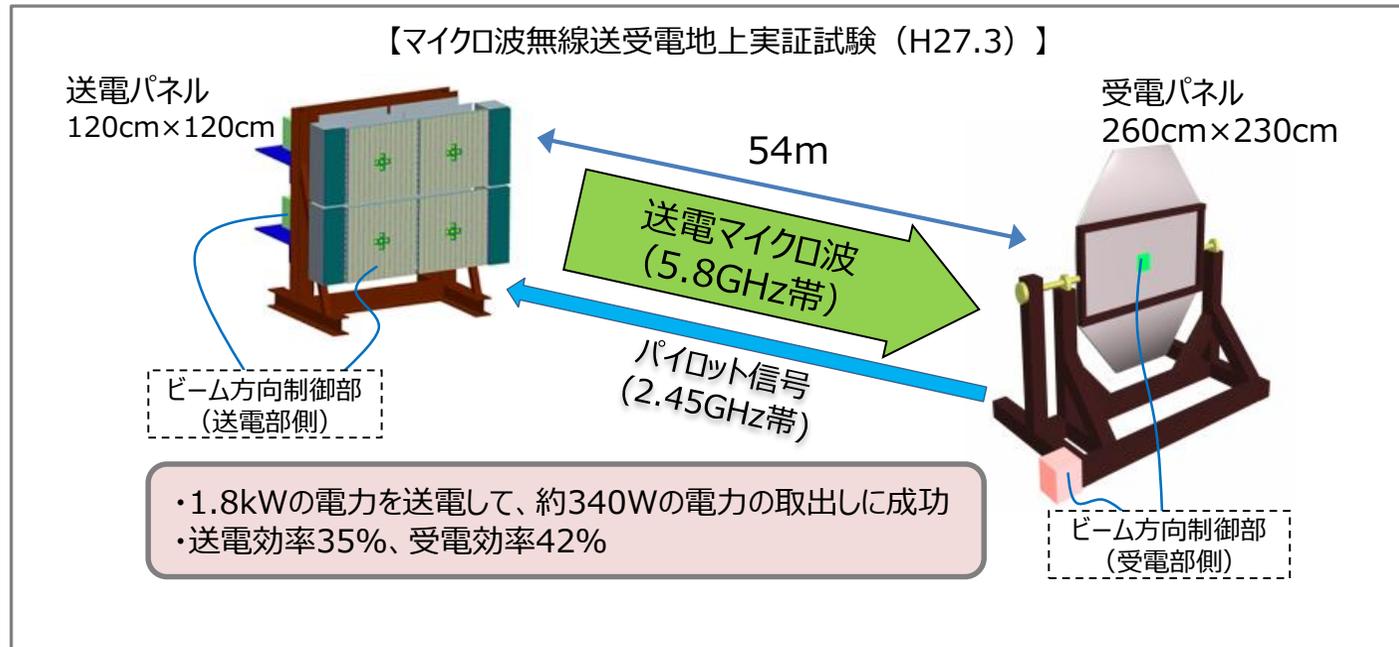
直流遮断器無：直流系統に事故が発生すると直流系統の全区間停止が必要。従って、全ての洋上風車の送電が停止



直流遮断器有：直流系統に事故が発生すると事故区間のみ遮断器で切り離して、健全なシステムを用いて送電を継続可能

無線給電

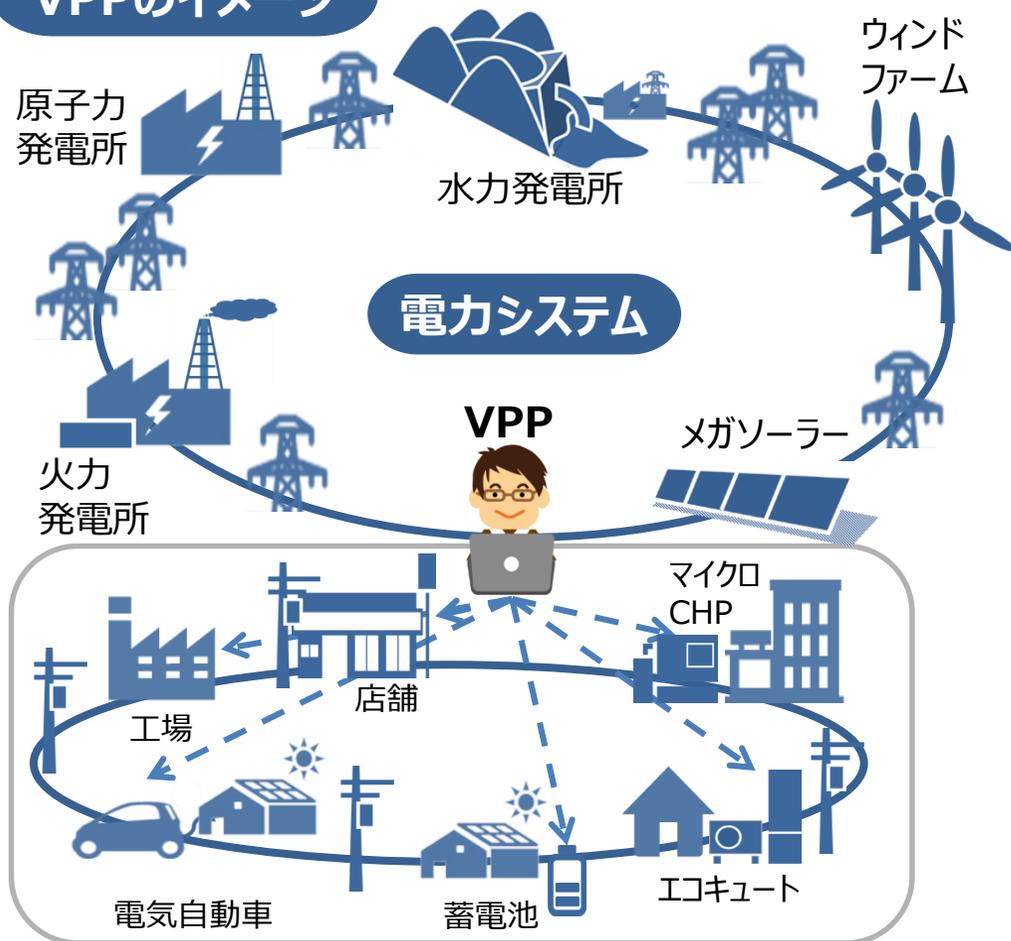
- 経済産業省では、マイクロ波無線送受電技術の研究開発を実施。
- 実用化に向けては、主に、①送電効率と受電効率の向上、②宇宙への輸送が必要となる送電部の小型・軽量化の技術課題などを有する。
- 平成27年には、約50m離れた距離で、マイクロ波ビームを水平方向に正確に指向制御して無線送受電するための実証試験を成功させるなど、成果を着実に蓄積している。



新たな需給調整メカニズムであるVPP

- バーチャルパワープラント（VPP）とは、①太陽光発電等の再生可能エネルギー発電設備や、②蓄電池やエコキュート等のエネルギー機器、③デマンドレスポンス（DR）等の需要家側の取組等、系統上に散在するエネルギーリソースを遠隔に制御することで、**発電所のような電力創出・調整機能を仮想的に構成したもの**をいう。

VPPのイメージ



VPPが調整力となるための主な課題

DRは、送配電事業者の調整力(3時間以内に応動)として、調達実績がある。より早い応動（15分以内、5分以内等）ができる調整力として調達されるためには、主に以下のような課題を克服する必要がある。

- (1) エネルギーリソースが、応動時間内に確実に調整力を提供できることの検証（エネルギーリソースが制御可能であることを、常に把握し、適切に制御するシステムの整備）
- (2) VPPにおけるサイバーセキュリティ対策の確立

⇒ これらは、VPP構築実証事業等にて対応中。

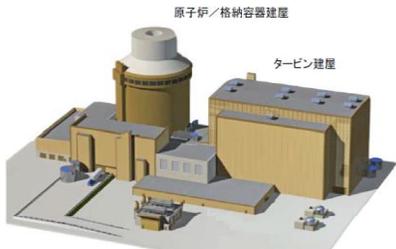
原子力

第3世代+炉の開発状況について

- 現在の最新の商用原子炉は、**先進的な安全対策技術**を導入するとともに、**経済性**を向上した「第3世代+」。
- 各国とも、第3世代+炉を自国で建設した上で海外展開を促進。国内外での建設・運転経験を通じて、戦略的に**技術・人材やサプライチェーン**を維持・強化。

<第3世代+炉の例>

○AP1000 米国



<特徴>

- ・ 系統を簡素化
- ・ 静的手段で安全系構成
⇒ポンプ等の動的機器に依存しない

<建設状況(国内)>

ボークル原発3,4号機
(2021年～順次運転予定)

<建設状況(国外)>

中国：三門原発1,2号機
海陽原発1,2号機
(2018年～順次運転予定)
インド、サウジアラビア等とも交渉中

○ABWR 日本



<特徴>

- ・ 従来型BWRに比べ配管を簡素化、操作性向上
⇒事故リスクを大幅に低減
- ・ 作業者の受ける放射線量低減

<建設状況(国内)>

柏崎刈羽原発6,7号機
浜岡原発5号機
志賀原発2号機
島根原発3号機 等で採用

<建設状況(国外)>

英国：建設計画有

○華龍1号 中国



<特徴>

- ・ 仏型PWRをベースに、中国が自主開発
- ・ 二重格納容器を採用等、安全性向上

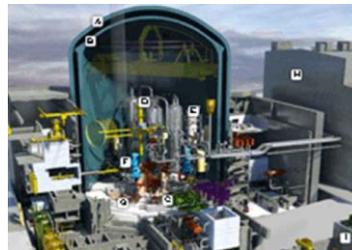
<建設状況(国内)>

福清原発5,6号機
防城港原発3,4号機
(2019年～順次運転開始予定)

<建設状況(国外)>

パキスタン：カラチ原発2号機
(2021年運転予定)
英国、アルゼンチン等とも交渉中

○EPR フランス



<特徴>

- ・ 従来型PWRに比べ、経済性と安全性向上
- ・ 航空機衝突にも耐える格納容器
- ・ コアキャッチャー採用(炉心溶融対策)

<建設状況(国内)>

フラマンヴィル原発3号機(2019年運転予定)

<建設状況(国外)>

フィンランド：オルキオト原発3号機
(2018年運転予定)
中国：台山原発1,2号機(2019年運転予定)
英国：ヒンクリー・ポイントC原発1,2号機
(2026年～順次運転予定)

各国の最新炉型の動向について

軽水炉 (大型)

AP1000
100万kW
WH/東芝



ABWR
155万kW
日立/東芝



ATMEA1
110万kW
AREVA/三菱重工



EPR
160万kW
AREVA



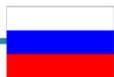
華龍1号
115万kW
CGN&CNNC



CAP1400
140万kW
国家電投



VVER-1200
120万kW
ロスアトム



軽水炉 (中小型)

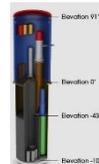
受動的安全性を備えた設計

Nuscale
60万kW
Nuscale社



一体型PWR SMR

SMR-160
16万kW
ホルテック



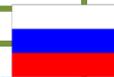
船舶式SMR

ACP100S
10万kW
CNNC



浮揚式原発

KLT-40S
5万kW
OKBM



非軽水炉

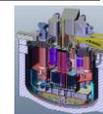
950°Cの超高温熱供給で水素製造

HTTR(VHTR)
3万kWt
JAEA



日仏協カナトリウム高速実証炉

ASTRID(SFR)
60万kW
CEA/JAEA(MFBR)



40年間燃料交換が不要

TWR-P (SFR)
60万kW
ビル・ゲイツと中国の合併会社
Terra Power/CNNC



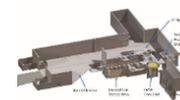
送電線の届かない過疎地での自立運用

U-battery(VHTR)
0.4万kW
高温熱で海水の淡水化
URENCO



液体燃料のため炉心溶融しない

IMSR-400(MSR)
20万kW
Terrestrial社



営業運転中のナトリウム高速実証炉

BN-800(SFR)
88万kW
OKBM



原子力のイノベーションの促進のための海外の施策

- 米国やカナダ、英国では、政府・国立研究所や規制当局が連携して原子力技術における民主導のイノベーションを推進。

 米国	 英国	 カナダ
<ul style="list-style-type: none"> ○2012年 SMRの認可技術支援に係る予算措置プログラムを開始 ○2015年11月 『GAIN』(Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear)プログラムにおいて国立研究所の設備を提供し、研究開発を促進 ○2017年1月 『革新炉開発と導入のビジョンと戦略』を発行 	<ul style="list-style-type: none"> ○2013年3月 『原子力産業戦略』を策定 ○2015年11月 政府がSMR含む原子力研究開発への予算措置を発表 ○2017年12月 第四世代SMR開発の予算措置プログラムを発表 	<ul style="list-style-type: none"> ○2016年 規制当局が許認可前設計審査を開始 ○2017年4月 SMR開発の『10年プラン』を発表 ○2017年11月 テレストリアルの許認可前設計審査フェーズ1を完了

カナダの取組の特徴

政府／国立研究所

- ・ **資金支援**
テレストリアル社に対し約5億円等
- ・ **立地支援**
チョークリバーの研究所を**建設地提供**等

- ・ 技術者等の**人事交流**
- ・ 許認可前設計審査成果（安全性等）の**情報共有**

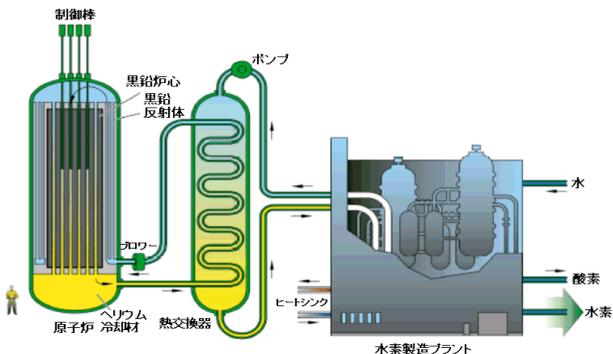
規制当局

- ・ **許認可前設計審査**の実施(4段階)
結果は将来の安全審査を拘束しないが、事務局意見が参考に示されることになり、事業者の**予見性確保に貢献**。

ベンダー	炉型	電気出力(MWe)	レビュー開始時期	状況
テレストリアル社	熔融塩炉	200	2016年4月	フェーズ1完了(17.11) フェーズ2 審査実施契約締結の準備中
ウルトラセーフニュークリア社/グローバルファーストパワー	高温ガス炉	5-10	2016年12月	フェーズ1 審査中
リードコールドニュークリア社	熔融鉛炉	3	2017年1月	ベンダーの要望によりフェーズ1 審査 中断中
アーク/GE日立社	ナトリウム冷却炉	100	2017年秋	フェーズ1 審査中
ウレンコ	高温ガス炉	4	2018年春（暫定）	審査実施契約締結の準備中
モルテックスエナジー	熔融塩炉	300	2017年12月	フェーズ1 審査中
ホルテックインターナショナル社	加圧水炉	160	未定	審査実施契約締結の準備中
スターコアニュークリア	高温ガス炉	10	未定	審査実施契約締結の準備中

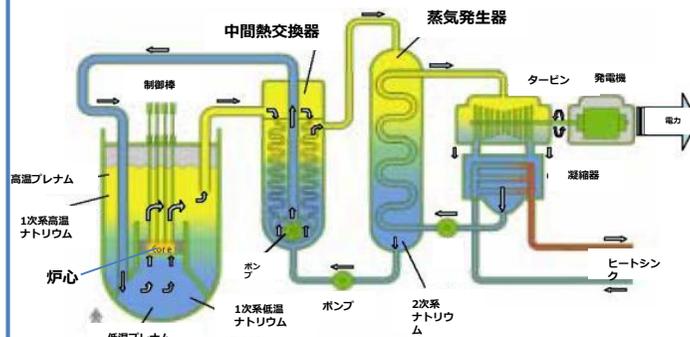
第4世代炉について

- 6つの概念について様々な国が多国間協力を実施。



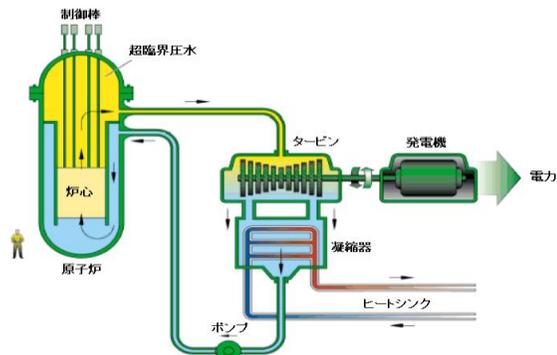
超高温ガス炉

- 高温ガス (950℃~) の産業利用



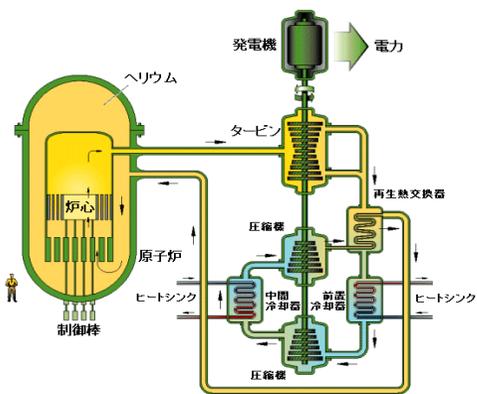
ナトリウム冷却高速炉

- 技術的に最も成熟。革新技術の導入による安全性・経済性等の向上



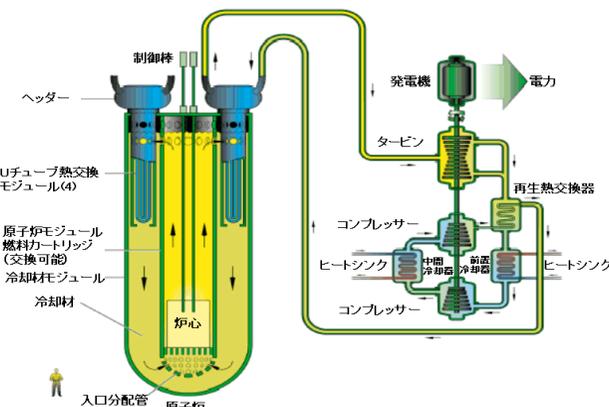
超臨界圧水冷却炉

- 超臨界水 (220気圧、374℃以上) を用いた装置のコンパクト化と熱効率向上



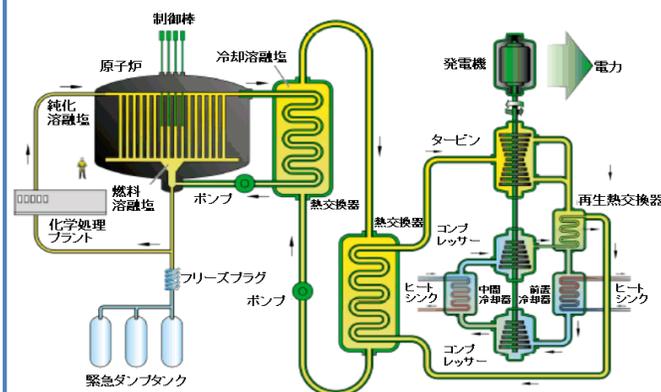
ガス冷却高速炉

- 化学的に活性なナトリウムの代わりにヘリウムガスを採用



鉛冷却高速炉

- 化学的に活性なナトリウムの代わりに鉛を採用



溶融塩炉

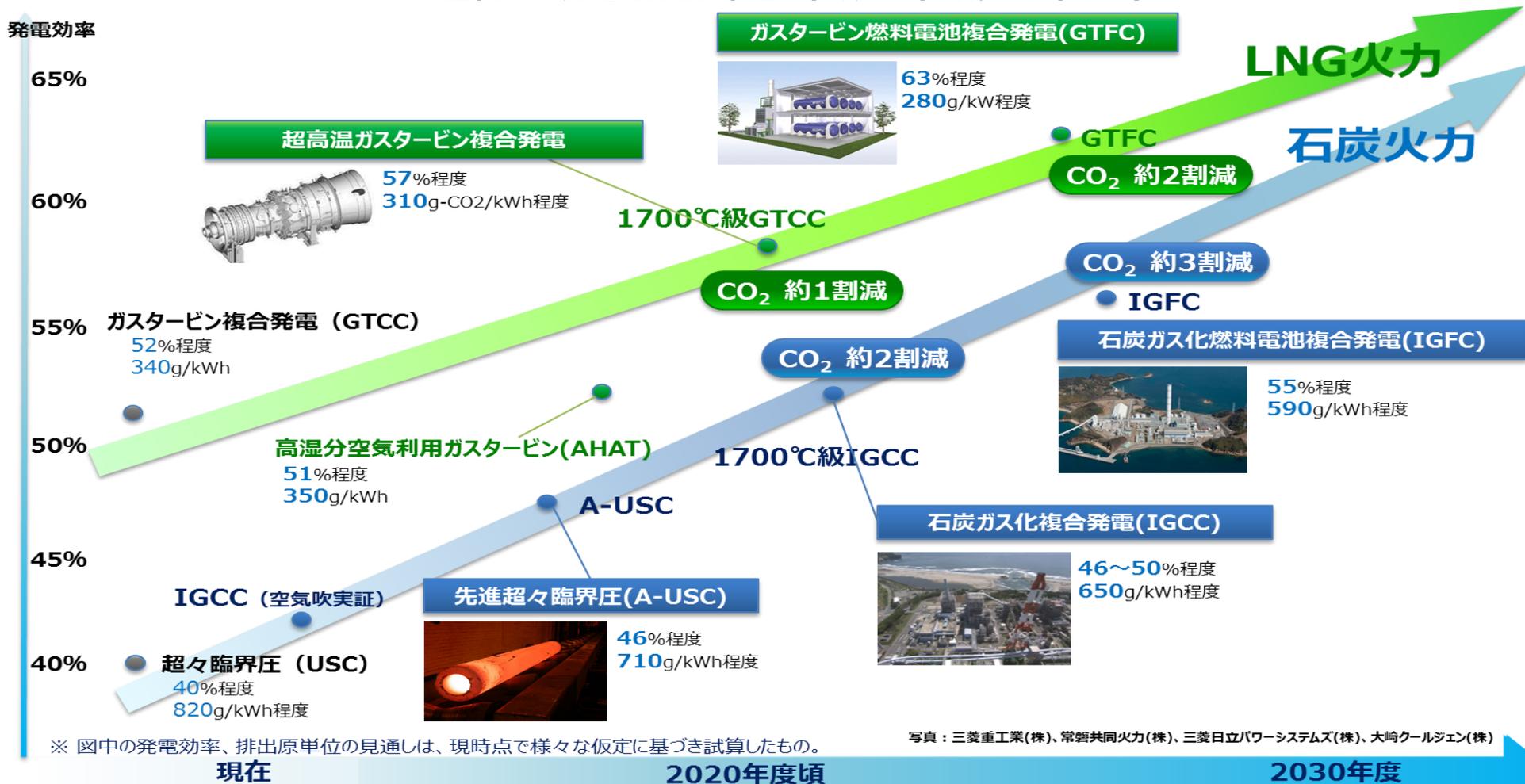
- トリウム燃料 (液体燃料) を使用

火力

火力発電の高効率化及びカーボンフリー化の展開

- 環境負荷の低減という課題と両立した形で利用するためには、高効率な石炭・LNG火力発電技術の開発を引き続き進めていくことが必要。
- そのため、石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）やガスタービン燃料電池複合発電（GTCC）等の我が国最新鋭の技術により火力発電の高効率化を図ることで、火力発電における省エネルギー化・低炭素化を推進することが重要。

次世代火力発電に係る技術ロードマップ（平成28年6月）



火力発電の高効率化及びカーボンフリー化の展開

- 日本に強みのある火力発電の高効率化をさらに進めるとともに、CO₂分離回収技術や、有効利用・貯留（CCUS技術）、水素やアンモニアによる発電技術など、世界の気候変動対策に貢献するための技術開発の在り方について検討していくべきではないか

火力発電のCO₂削減技術（CCUS等技術）

CO₂回収（Carbon dioxide Capture）

- ✓ 火力発電所にCO₂分離回収設備を設置することで、90%超のCO₂を放出せずに回収することが可能。



分離回収設備例

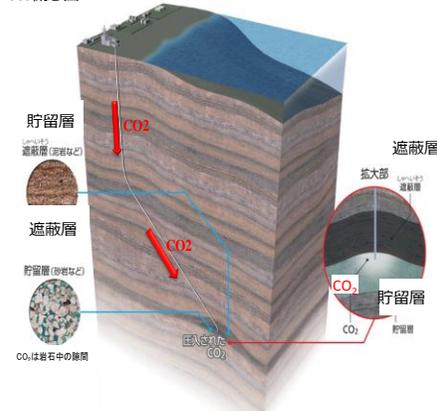


分離回収したCO₂

CO₂貯留（CCS: Carbon dioxide Capture and Storage）

- ✓ 分離回収したCO₂を地中に貯留する技術。

CCS概念図



CO₂利用（CCU: Carbon dioxide Capture and Utilization）

- ✓ CO₂を利用し、石油代替燃料や化学原料などの有価物を生産する技術。



水素ガスタービン

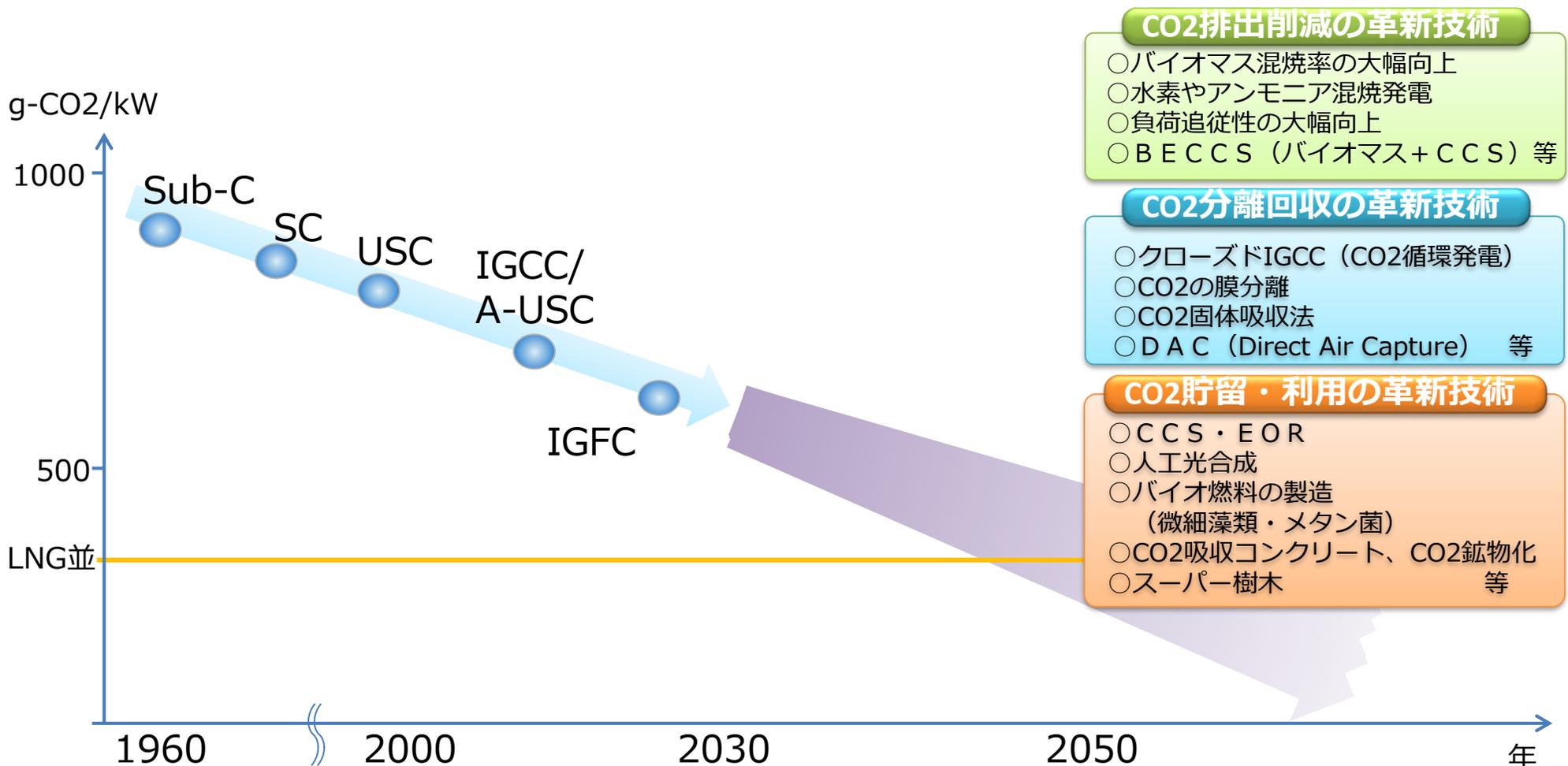
- ✓ CO₂フリーの水素を燃料とするガスタービンを有する発電技術。



出典：MHPS提供資料

2050年に向けた石炭火力等でのCO2削減のイメージ

- 現状 3E+Sを全て満たすエネルギー源はない。石炭は経済性・安定供給性に優れているが、環境適合性に課題があるため、これを革新技術によって克服することを目指す。
- 2030年までは火力発電の高効率化により、2050年に向けてはCO2分離回収・貯留・有効利用技術により、CO2削減を目指す。



革新技術による火力発電のCO₂削減

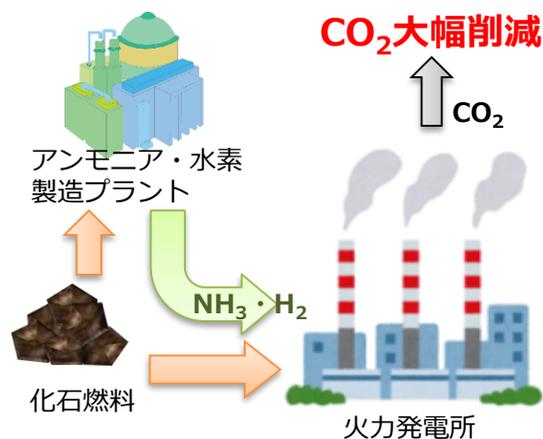
- 火力発電のCO₂削減に向けた革新技術は、CO₂の貯留（固定化）・有効利用技術、アンモニア・水素・バイオマス利用等のCO₂削減技術、再エネ大量導入による火力の負荷変動対応技術等、様々な技術が存在するが、いずれの技術も現時点では技術開発課題、将来の社会・国際情勢等の不確実性がある。
- そのため、現時点では絞り込まず一体的に推進しつつ、自律的な普及を見据えた経済性の見通し、技術開発の進捗、社会・国際情勢動向等を踏まえ、経済的で大量処理が可能である火力発電に最適な有望技術を絞り込んでいく。

火力発電のCO₂削減に向けた革新技術の一例

火力発電のCO₂排出削減技術

アンモニア・水素混焼発電技術

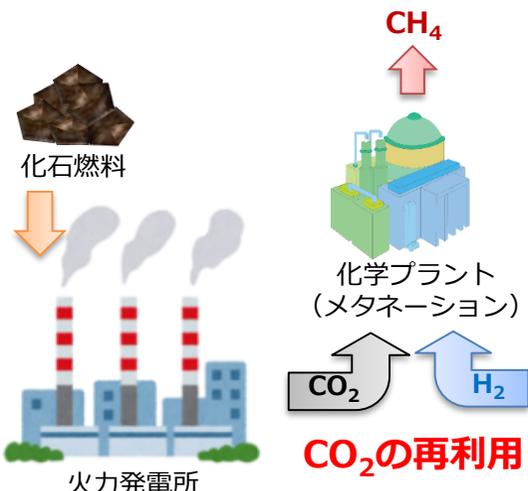
燃焼時にCO₂を発生しないアンモニア及び水素を火力発電の燃料に混焼することでCO₂の排出を大幅に削減する技術。



火力発電のCO₂貯留・有効利用技術

メタネーション技術

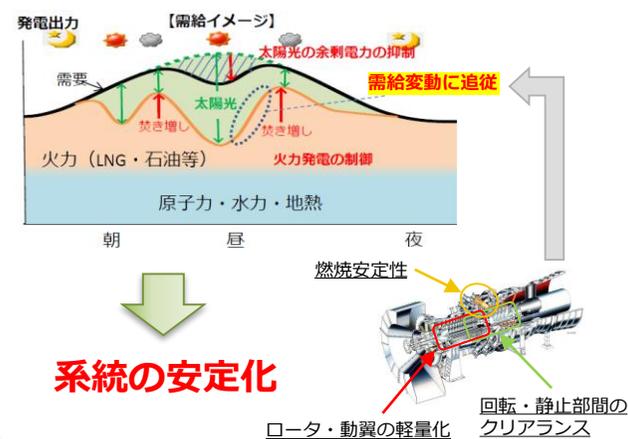
火力発電から排出されたCO₂を水素と反応させてメタンとすることによりCO₂を燃料として再利用が可能となる技術。



火力発電の負荷変動対応技術

機動性に優れたガスタービン技術

再生可能エネルギーの大量導入による火力発電における急速起動、高速負荷変化、低負荷運転が可能となる機動性に優れた高効率ガスタービン技術。



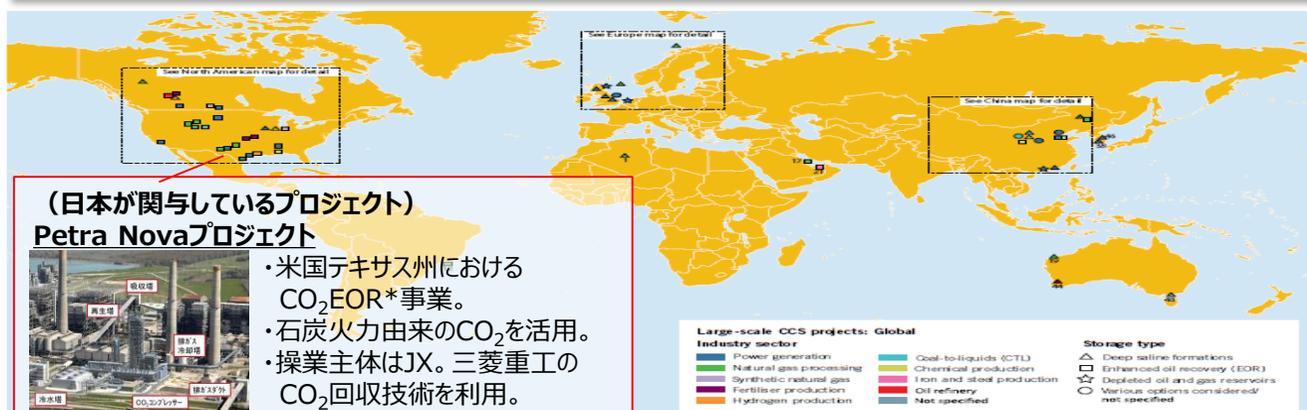
CCSの概要と国際情勢

- CCS(Carbon dioxide Capture & Storage;二酸化炭素回収・貯留)は、発電所や化学プラント等の排出ガスから、CO₂を分離回収し、地下の貯留層へ圧入・貯留する技術。
- 2度目標の経済的な達成に向け、2060年におけるCO₂削減量の16%をCCSで削減することが期待（2017年、IEA）。英・仏・独・加などの長期戦略においても、CCUS*技術の活用について言及。*CCUS（二酸化炭素回収・利用・貯留）
- 世界的には大規模なCCUSプロジェクトが稼働しており、JX、三菱重工などの日本企業が進出。我が国は、世界的にも競争力を有する回収・貯留技術を通じ、世界的なCO₂削減への貢献を目指す。

CCSの概念図

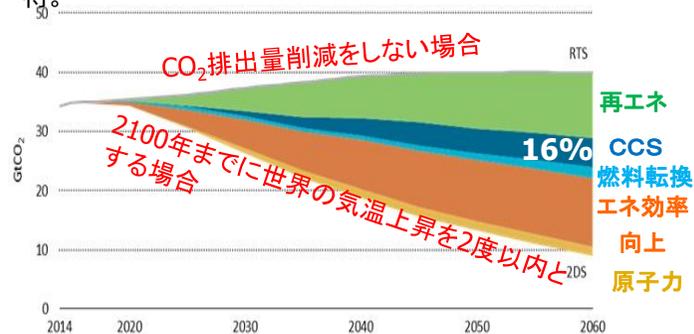


世界の大規模CCSプロジェクト *計画段階を含む



世界のCO₂削減量見通し

2060年においてCO₂削減量の16%をCCSが担うことが期待。



出典：IEA "Energy Technology Perspectives 2017"

我が国のCCS国際協力の一例

■ 米国



- ・METI-DOE間で、CCUSに係るMOCを改定(2017)。
- ・共同研究、ビジネススペースの案件の組成に向けた協力を行う。
- ・CCSの共同実証試験を進行中。

■ インドネシア



- ・二国間クレジット制度(JCM)のパートナー国の一つ。
- ・両政府主催で、日尼企業の合同CCUSワークショップ開催(2018)。
- ・CCS実証試験の支援(JICA)。

■ サウジアラビア



- ・日・サウジ・ビジョン2030(2017)
- ・低炭素エネルギーシステム (CCSや水素など) のマスタープランの作成。
- ・日サ企業の合同ワークショップ開催。

■ CCUS首脳会合 (2017, IEA)



- ・各国閣僚に加えて、Shell, BP, GE等のグローバル企業CEOが参加。(武藤経産副大臣、三菱重工が参加)
- ・CCUS展開に向け、官民連携で一致。
- ・CCUS国際イニシアティブ設立の構想。

CCSに係る国内の取組み

- エネルギー基本計画に基づき、2020年頃のCCS技術の実用化に向けた取り組みを実施中。
 - ① 苫小牧CCS実証試験 ② CO₂分離回収および貯留技術の研究開発 ③ CO₂貯留適地の調査
- CCSの本格展開に向けて、以下の課題に向けた取り組みを行っていく。
 - ① CO₂貯留地点の特定 ② CO₂輸送手段の確立 ③ コストの削減 ④ 事業環境整備

① CO₂貯留適地の特定

日本近海のCO₂貯留可能量は約1460億トンと試算（2005年、RITE）。

貯留地点の特定および貯留量の評価のため、貯留適地の調査を実施中



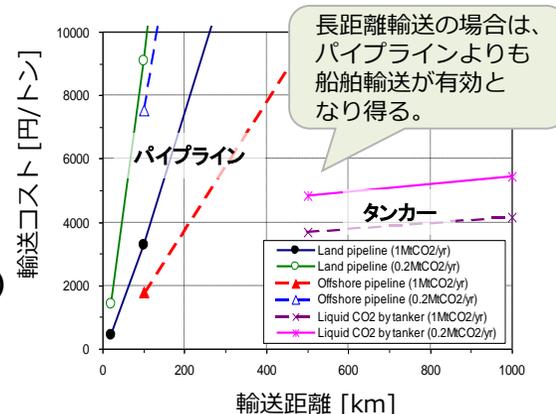
② CO₂輸送手段の確立

CO₂の大規模排出源と貯留候補地は必ずしも近接しない。最適なCO₂の輸送手段を検討し、技術を確立する必要がある。



船舶輸送の検討例(ノルウェー)

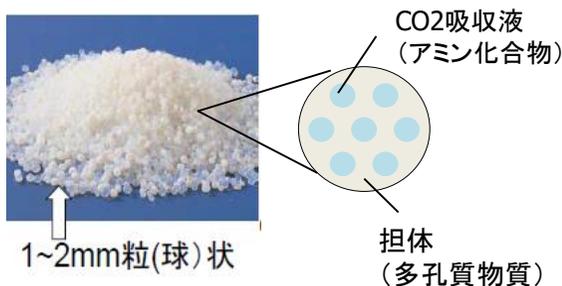
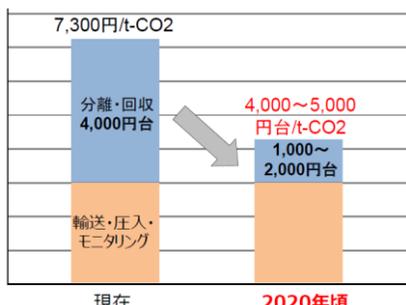
- ・複数の排出源から北海油田への圧入実証試験を計画中。
- ・CO₂船舶輸送のFSを実施。
- ・2019年最終投資決定予定、2022年頃の操業を目指す。



出典：CCSワークショップ2007 (RITE)

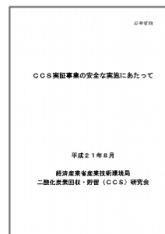
③ コスト削減に向けた研究開発・実証

CCSの導入コストは約7300円/トンと試算（2005年、RITE）。大部分を占める回収コストの低減に向けた開発・実証を実施中。



④ 事業環境整備

CCS技術の本格展開に向けて、適切なインセンティブの設定や、事業を承認・監督するための事業法等の整備が必要。



「CCS実証事業の安全な実施にあたって」(2009) CCSの実証フェーズにおける管理手法のガイドライン



CCS実証試験に向けた専門検討会(2011)

⑤ 全分野にまたがる水素イノベーション

サプライチェーン

- 褐炭水素p.79

運輸

- F C Vp.80

都市ガス

- 燃料電池p.81
- メタネーションp.83

発電

- 水素発電p.84

蓄電

- P t o Gp.86

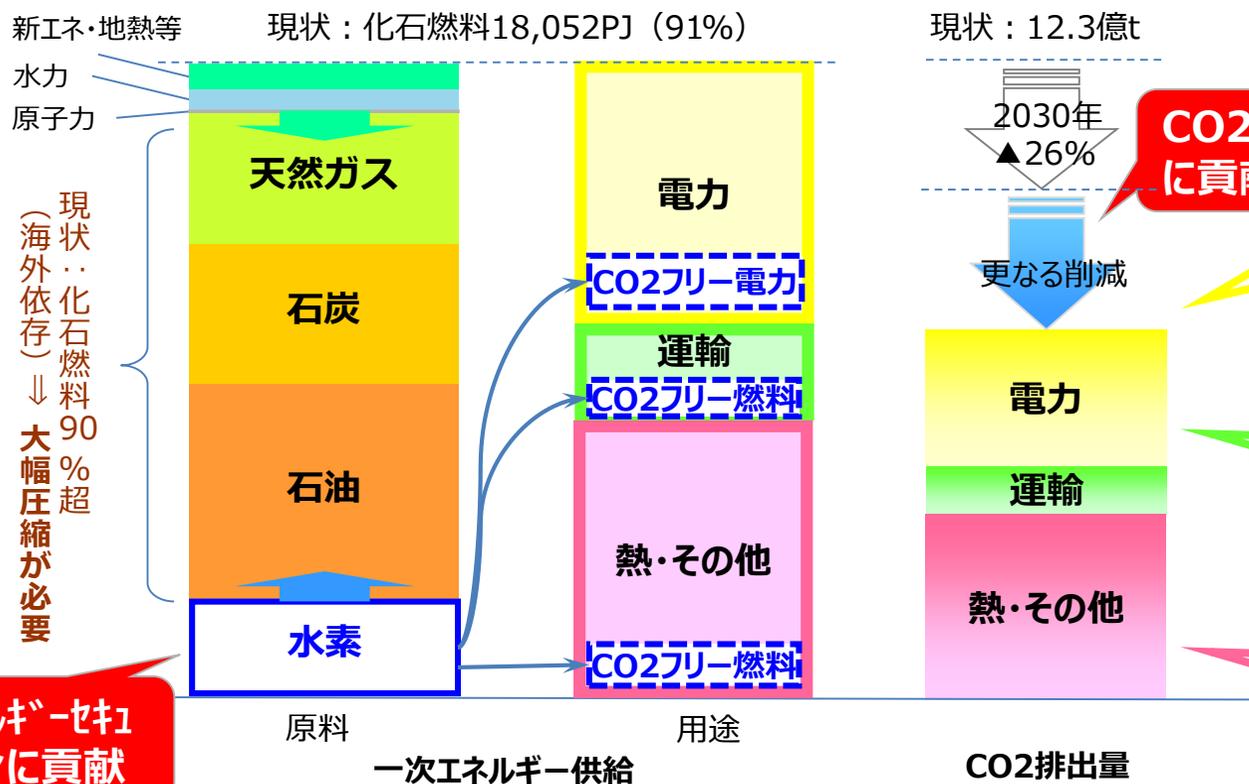
ものづくり

- 水素還元p.87

水素エネルギー利用の意義・エネルギー政策上の位置づけ

- 水素エネルギー利用は、90%以上の一次エネルギーを海外化石燃料に依存する日本のエネルギー供給構造を変革・多様化させ、大幅な低炭素化を実現するポテンシャルを有する手段。
 - ✓ 化石燃料を水素に代替することによるエネルギー源の多様化・エネルギーセキュリティの向上
 - ✓ 水素発電やFCV、産業分野での水素利用（熱、プロセス）によるエネルギー利用の低炭素化

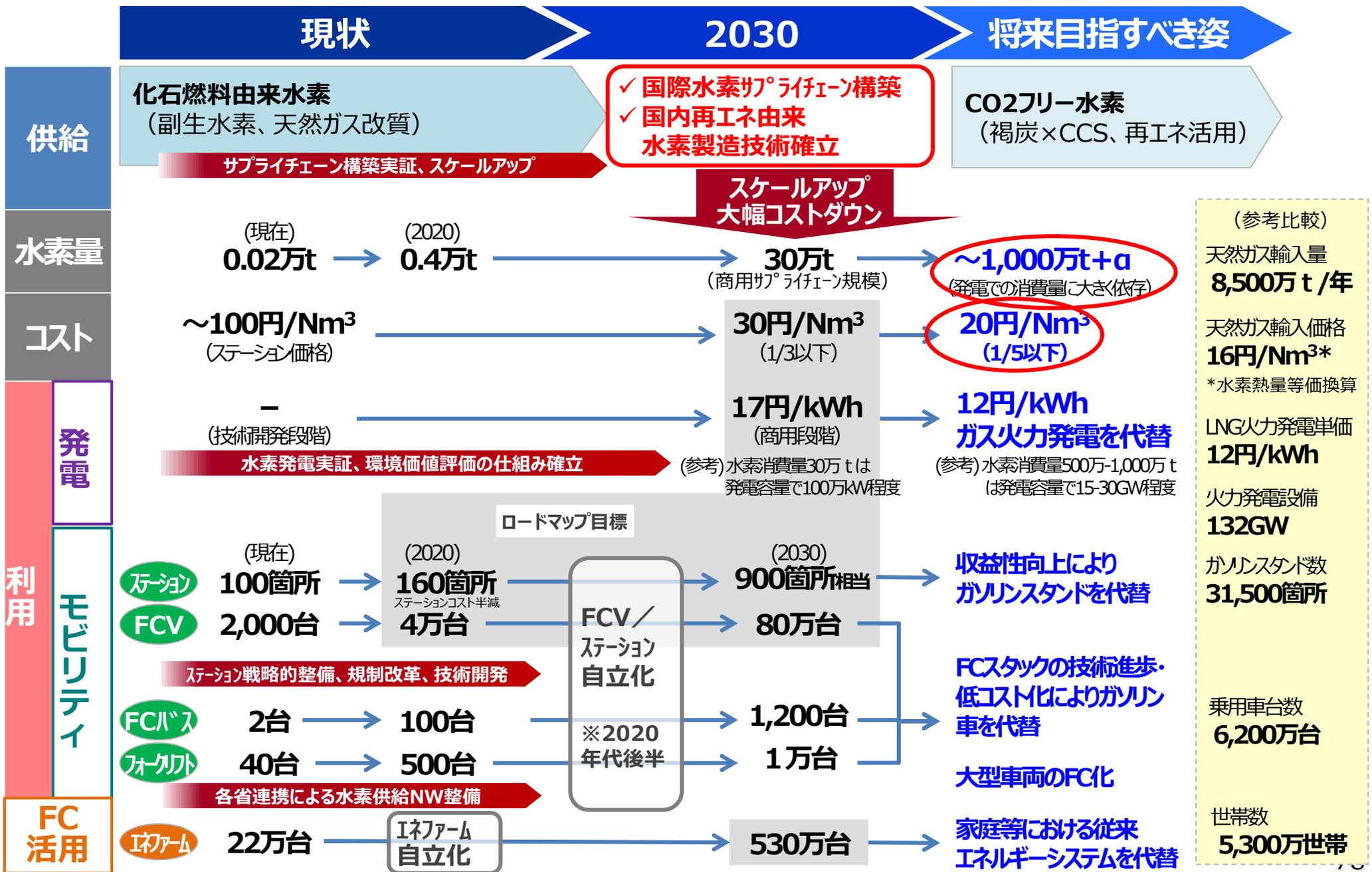
水素による一次エネルギー供給構造変革とCO2排出削減



水素利用の方向性

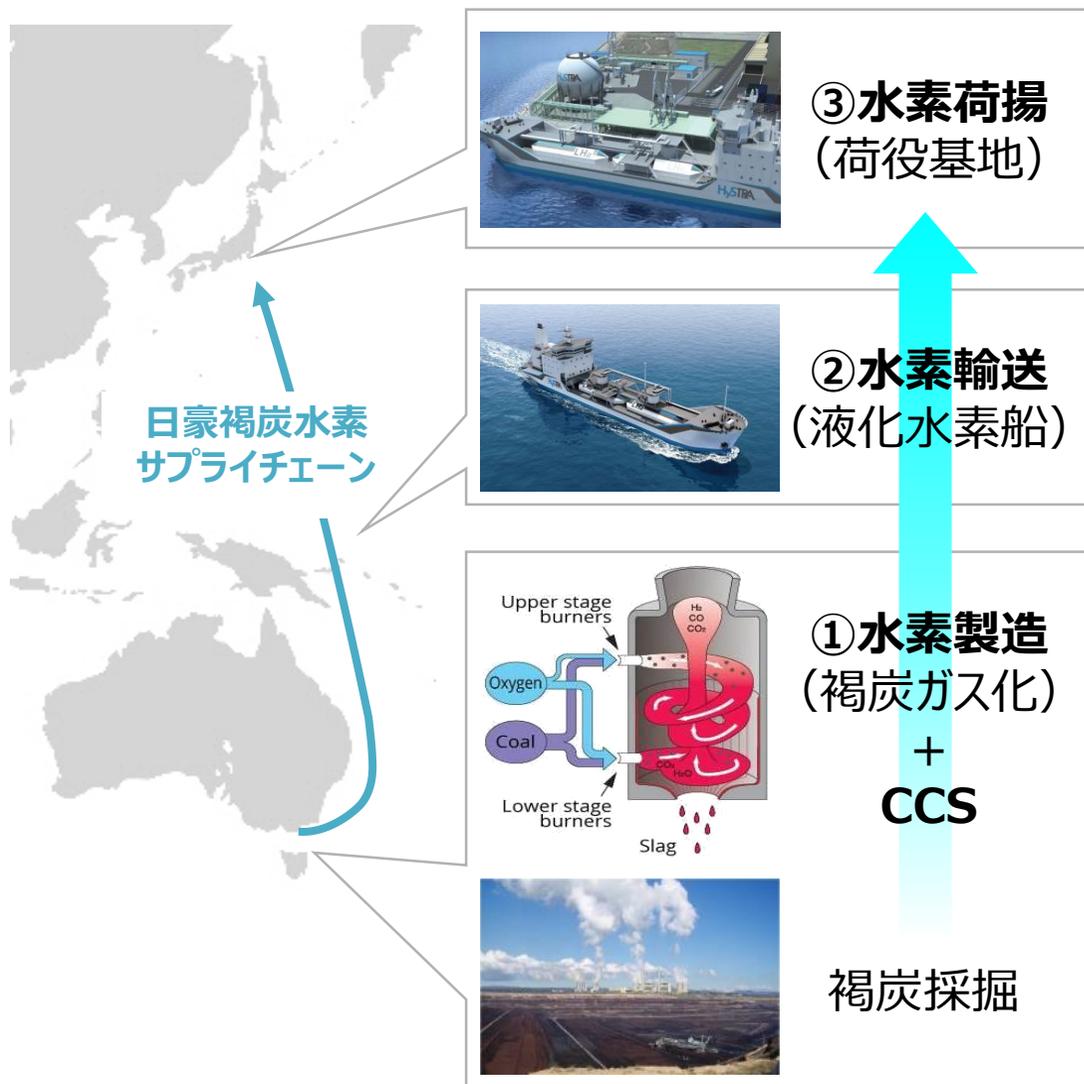
- 水素発電による**火力電源の低炭素化**
- 再エネ大量導入に必要となる**変動吸収・電力貯蔵**
- 運輸部門のCO2排出量の大半(85%)を占める**乗用車・貨物車の低炭素化**
- 産業分野等での**熱利用・プロセスの低炭素化**（鉄鋼、石油精製等）

水素基本戦略のシナリオ



褐炭水素サプライチェーンプロジェクト

- 豪州の未利用エネルギーである褐炭から水素を製造し、日本に輸送するプロジェクトを実施中。



プロジェクト概要

- ✓ 2020年度までの6年間のNEDO実証事業。
- ✓ 本プロジェクトでは、サプライチェーンを構成する技術のうち、①褐炭ガス化技術、②液化水素の長距離大量輸送技術、③液化水素荷役技術を実証。
- ✓ 事業主体：ハイストラ **HySTRA** (川崎重工、電源開発、岩谷産業、シェルによる技術研究組合)

豪州連邦政府・ビクトリア州政府との関係

- ✓ 本プロジェクトについては、連邦・ビクトリア州両政府の協力の下で実施。
- ✓ 日豪の官民のステークホルダーで構成されるステアリングコミッティによりプロジェクトを進捗管理。(座長 = ボルト次官。豪連邦政府、ビクトリア州政府、METI、NEDO、事業者が参加。)
- ✓ CCSについては豪州プロジェクト (CarbonNet) とコラボレーション予定。

燃料電池自動車 (FCV)

- 日本はFCV開発において世界で先行。世界的にもFCVの開発が活発化。

日本の動向

<政府の動き>

目標年	燃料電池車普及目標	水素ステーション設置目標
2020年	4万台	160カ所
2025年	20万台	320カ所
2030年	80万台	

- 規制の総点検（主な検討項目）

水素ステーションのコスト低減、FCVの量産・コスト低減等

<産業界の動き>

- 水素ステーションの戦略的整備に向けた民間11社による協業に係る覚書を締結



水素ステーション整備に向けた民間11社による覚書

各省にまたがる規制改革の貫徹

欧米・中国等の動き

<政府の動き>

- 独：水素ステーションを2023年に400カ所整備を目指す。
- 米（加）：官民連携組織が主導し、水素ステーションを2017年に51カ所、2023年頃までに100カ所の整備を目指す。

● 中：

目標年	燃料電池車普及目標	水素ステーション設置目標
2020年	5千台	100カ所
2025年	5万台	300カ所
2030年	100万台	1000カ所

※新エネ・省エネ自動車ロードマップ（2016.10）

<産業界の動き>

- BMW：トヨタとの共同開発に合意（2013.1）
- ダイムラー・フォード：日産との共同開発に合意(2013.1)
2018年中にFCVを発売予定
- GM：FCV技術をホンダと共同開発（2013.7）
- ヒュンダイ：世界初の量産型FCVを発売（2013.2）



燃料電池（エネファーム）

- エネファームについては、更なる発電効率の向上（SOFC）、熱利用率の向上（PEFC）に向けた技術開発を進めるとともに、**集合住宅や寒冷地など、優位性のある市場を開拓し**、民生部門での低炭素化を促進する。
- また、余剰電力取引を通じて、**高効率発電電力を他の需要家にも融通**する取組を拡大する。

マーケット

	マーケットポテンシャル	エネファーム導入台数	方向性
戸建	ストック 約2,930万件 フロー 約42万件	約4.1万台 (新築+既築)	ZEH推進 逆潮による発電量向上
うち寒冷地	ストック 約530万件 フロー 約7万件	約1,650台	排熱価値向上
集合	フロー約50万件	約0.1万台	小型化の推進

※寒冷地とは、「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」（省エネ法）における「地域区分1~4」とする。

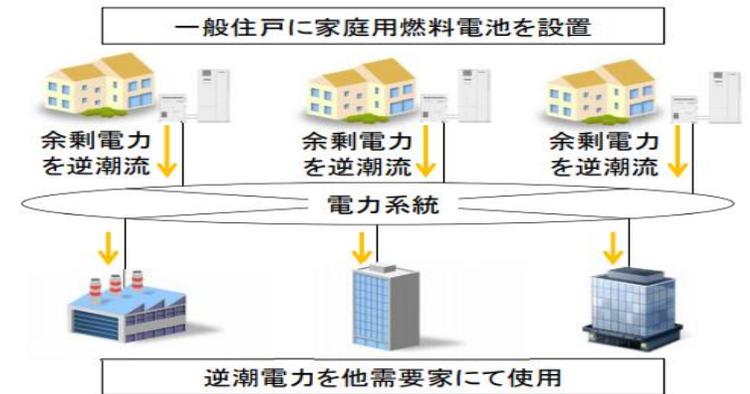
【集合住宅 イメージ図】



[出典]大阪ガスHP

寒冷地市場、集合市場は、**「PV + 蓄電池」が入りづらい市場**

余剰電力取引によるCO2排出削減量比較

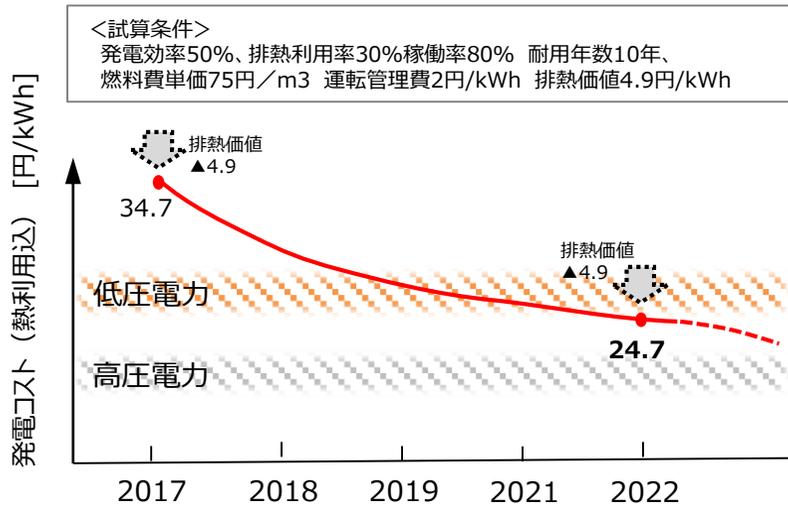


[出典] 日本総研作成資料を基に資源エネルギー庁作成81

燃料電池（業務・産業用FC）

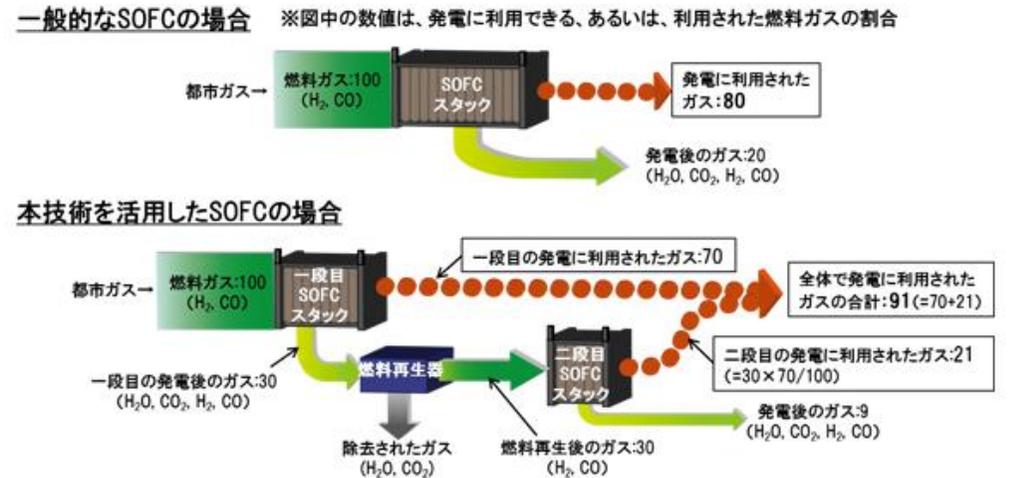
- 業務・産業用燃料電池については、低熱電比需要家への導入を進め、グリッドパリティの突破を早期に実現するためイニシャルコストの低減に資する技術開発を進めていく。
- また、**GTCC※を超える発電効率（60%超）の実現**に向けた技術開発を進め、分散型電源による電力供給の可能性を更に切り開く。 ※ガスタービンコンバインドサイクル

発電コスト低減のイメージ



[出典] 業界ヒアリングより資源エネルギー庁作成

超高効率SOFC実現の可能性



[出典] 東京ガス発表資料

低熱電比需要家数

契約電力	~50kW	50~300kW	300~500kW	500~1,000kW	1,000~2,000kW	2,000kW~
件数	717,420	172,740	35,145	13,095	5,235	1,670

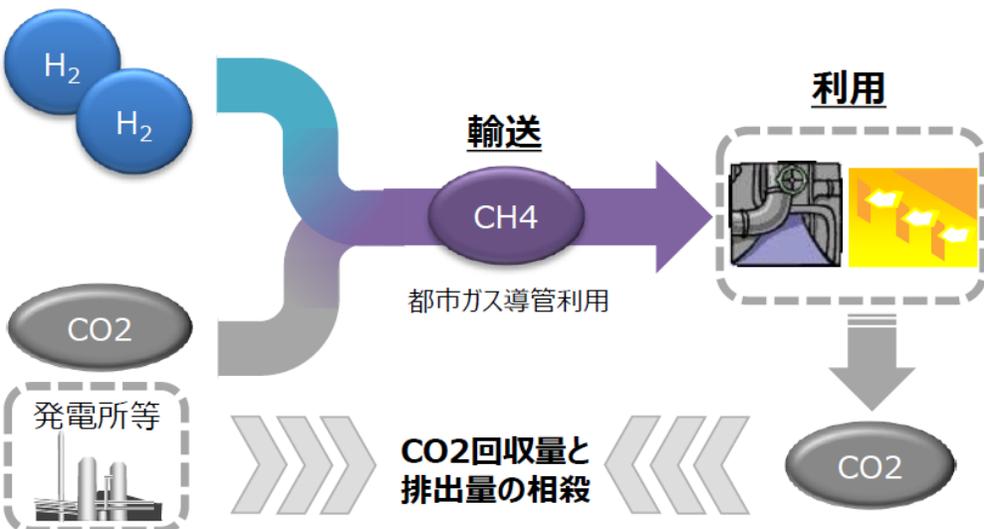
※熱電比0.5以下を低熱電比として抜粋

[出典] 富士経済「～需要別別マーケット調査シリーズ2013～業務施設エネルギー消費実態・関連機器市場調査」

メタネーション

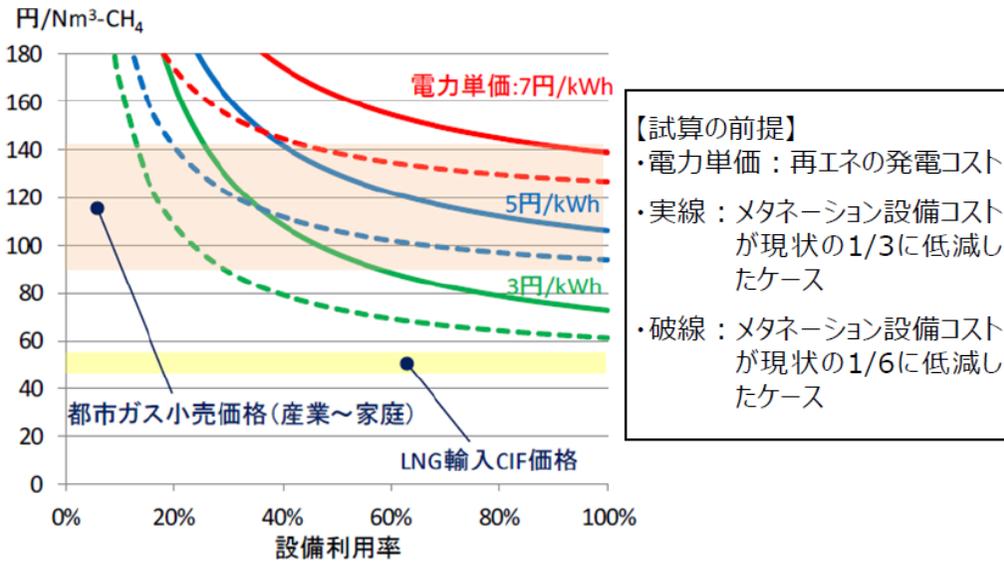
- メタネーションは水素とCO2からメタンを合成する技術。CO2フリー水素と発電所等から排出されるCO2を原料として合成されたメタンでは、利用時のCO2排出量が合成時のCO2回収量と相殺される。
- メタンは天然ガス（都市ガス）の主成分。既存のエネルギー供給インフラの有効活用（都市ガス導管、LNG火力発電所やLNGタンカー等）や、熱利用の低炭素化の観点から、エネルギーキャリアとしてのメタンは大きなポテンシャルを有する。

メタン利用イメージ



[出典] 資源エネルギー庁作成

再エネ由来水素とCO2合成によるメタン製造コスト試算



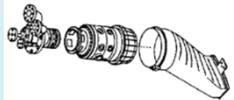
【試算の前提】
 ・電力単価：再エネの発電コスト
 ・実線：メタネーション設備コストが現状の1/3に低減したケース
 ・破線：メタネーション設備コストが現状の1/6に低減したケース

[出典] 「我が国におけるPower to Gasの可能性」(柴田, 2015) を資源エネルギー庁編集

水素発電に向けた技術開発

- 水素発電技術の社会実装に向けては、特に水素の燃焼特性に応じた燃焼器の開発が不可欠。
- 拡散燃焼方式や予混合燃焼方式など、従来の火力発電で実績のある燃焼器を水素混焼発電に転用するための研究開発や技術実証については、すでに一定の取組が進められている一方、NOxの低減や発電効率の向上といった技術課題に対応していくことが求められる。
- また、将来的に水素専焼発電を実現するためには、NOx値の低減、高い発電効率、高濃度な水素混焼などを同時に達成可能とする新たな燃焼技術を早期に実用化することが重要。

各燃焼方式の特徴・課題

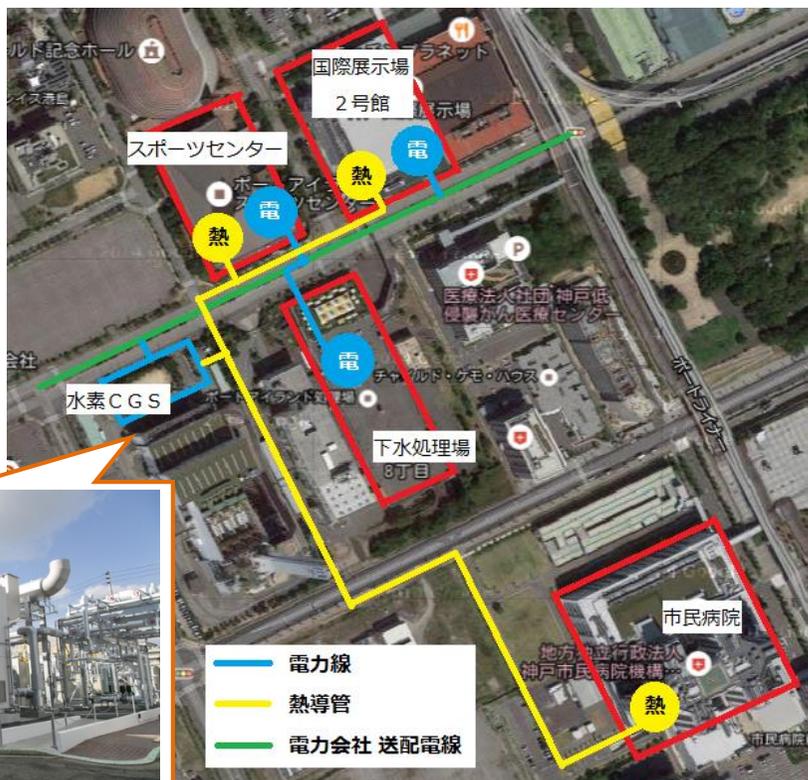
	特徴	課題	開発フェーズ	将来目標
拡散燃焼方式 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料と空気を別々に噴射 幅広い混焼率に対応 	<ul style="list-style-type: none"> 高温スポットの発生によりNOx値が高くなる傾向 蒸気・水噴射による性能低下 	実証・実用化段階	～2020年頃： 1MW級水素CGS 混焼/専焼実証運転実施
予混合燃焼方式 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料と空気を混合して噴射 高効率と低NOxを同時に実現 	<ul style="list-style-type: none"> 逆火現象が発生しやすい 上記の課題に伴う水素混焼率の制限 	技術開発段階	～2020年頃： 混焼発電プラント基本設計実施 ～2025年頃： 500MW級GT 混焼実機検証実施
新燃焼方式 	<ul style="list-style-type: none"> NOx値を低減しつつ、高い発電効率を実現 逆火現象の発生リスクを低減 水素専焼発電に対応 		基盤研究段階	～2025年頃： 30MW級GT 専焼実機検証実施 ～2030年頃： 500MW級GT 専焼実機検証実施

水素混焼発電に向けた取組としては、①NOx値の低減、②逆火現象への対応、③発電効率の向上が必要。また、さらに先を見据えた水素専焼発電に向けた取組としては、これらに加え、④水素混焼率の向上が必要。

水素発電に向けた技術開発

- 将来の発電分野での水素利用を見据え、現在、2つ実証プロジェクトを実施中。
- ✓ 神戸実証については、2018年1月に実証運転を開始し、電力供給を行う（世界初）。
- ✓ 既存の大規模火力発電所での水素混焼を可能とするための技術開発を推進。

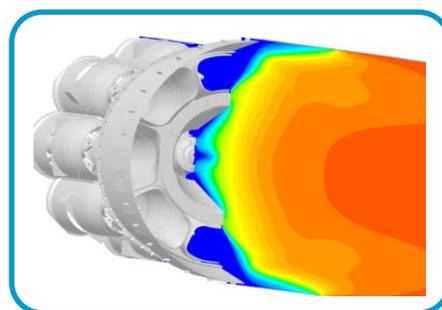
水素コジェネによる電熱供給実証（神戸ポートアイランド）



水素コジェネ



既存LGN火力での大規模水素混焼実証



設計・シミュレーション



要素燃焼試験



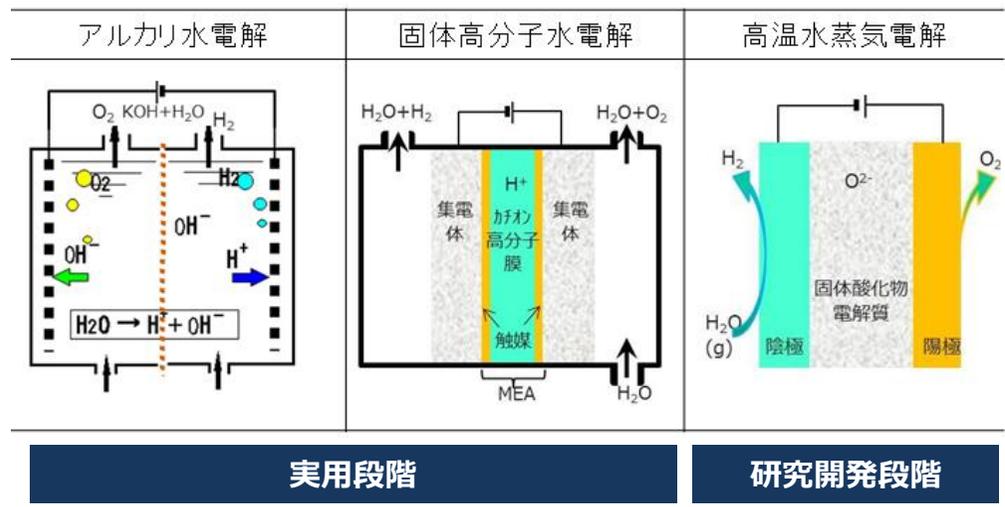
発電設備詳細設計(500MW級)

※そのほか、内閣府SIPにおいてアンモニア燃料発電技術について開発中

Power-to-gas

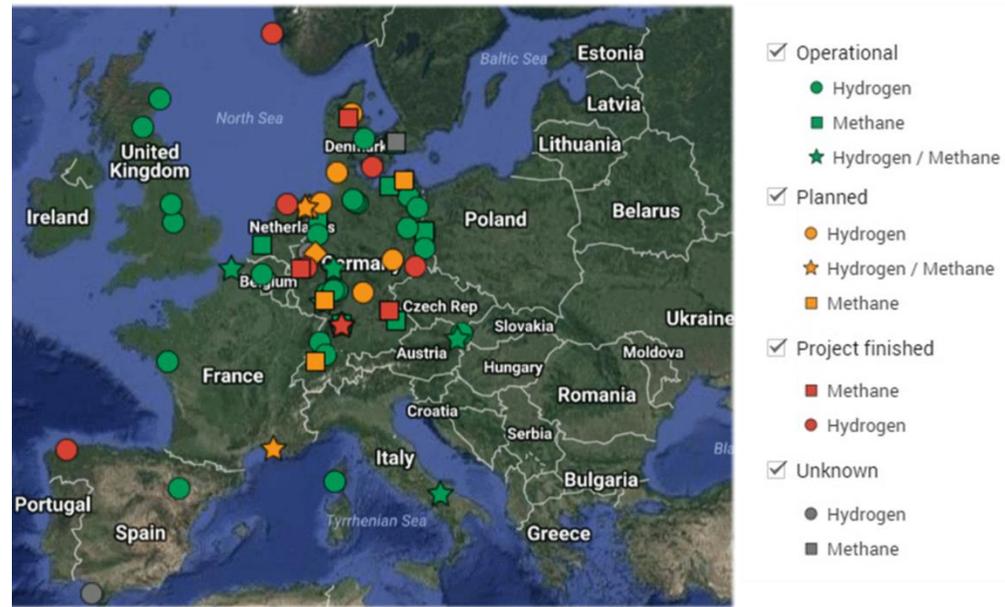
- Power-to-gas技術における心臓部である水電解装置にはいくつかの方式があり、現時点で実用段階にあるものとして、アルカリ水電解と固体高分子形水電解（PEM水電解）が、研究開発段階の高温水蒸気電解（SOEC）が存在する。
- このPower-to-gas技術は、マクロでの調整力やローカルでのシステムの容量不足への対応に活用されることが期待されており、欧州では既に数多くのPower-to-gas関連の実証が行われている。
- なお、ドイツでの実証事例が圧倒的に多く、現在オペレーション中のものだけでも約20のプロジェクトが確認されている。

方式ごとの水電解装置模式図



[出典] 旭化成(株)

欧州におけるPower-to-gas実証



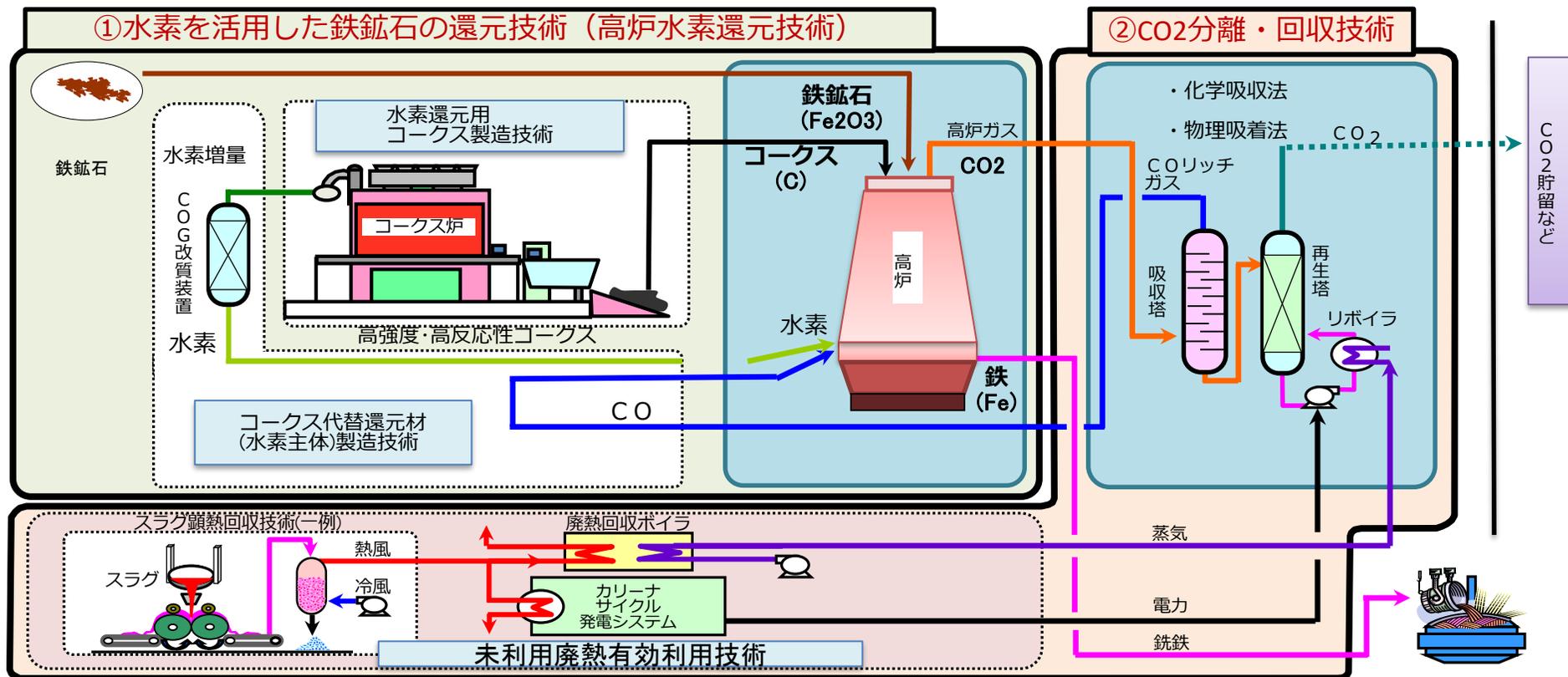
[出典] The European Power to Gas Platform Webサイト 86

水素還元を用いた低炭素製鉄プロセス技術

- 高炉の製鉄プロセスのCO₂発生量の約8割を占める製鉄の還元プロセス（原料の鉄鉱石から銑鉄を作る工程）において、水素活用とCO₂分離・回収によって約3割の排出削減を可能とする技術。

<技術の概要>

- ①水素を活用した鉄鉱石の還元技術（高炉水素還元技術）
 コークスの一部代替として、高炉一貫製鉄所から発生する副生ガスから得た水素を還元材とする還元プロセス技術
 - ②高炉ガスを対象としたCO₂分離・回収技術
 高炉ガスからCO₂を分離・回収する化学吸収液・物理吸着技術、及び未利用低温排熱有効利用技術
- 現在、NEDOの水素還元活用型製鉄プロセス技術の開発事業（COURSE50）として技術開発中。2030年頃に実機（1基）に本技術を導入予定。



スラグ = 鉄鉱石中の鉄以外の成分を石灰と溶融・結合させて出来る副産物

Next-generation Technologies and Innovation for Decarbonization

February 27, 2018

Agency for Natural Resources and Energy
Ministry of Economy, Trade and Industry

Table of Contents

Images of innovation toward 2050p.2
(Reference) Investments by major companies in research and developmentp.7

Images of innovation toward 2050

Images of innovation toward 2050

Requirements toward 2050

- **Energy Security: Pursuit of all technologies and options**
- **Paris Agreement: Significant reduction of GHG emissions**
- **Adapting to digitization: Toward Society 5.0**

Demand-side innovation

- 1. Transport: Consumption reduced through automatization and design optimization**
Electrification (EVs, FCVs, etc.)
- 2. Industry: Efficiency improved through robotization, AI, etc.**
Electrification, use of hydrogen, and increased use of non-fossil materials
- 3. Buildings: Increased efficiency through IoT and popularized ZEBs and ZEHs**
Electrification and methanation

Supply-side innovation

- 1. Electricity: Increased efficiency through data utilization**
Innovation in the technology of zero emission power
- 2. Hydrogen: Zero emission sources of supply, cost reduction, and establishing supply chains**

Innovation to be globally extended to reduce CO₂ emissions at a global level

- 1. Leading the world in innovation ⇒ Enhanced international competitiveness**
- 2. Establishing a system that can compete with conglomerates in China, US, and Europe etc.**

CO₂ Emissions by sector and corresponding mitigation technologies

Main factors		Present	Future
Transport (210 Mt)	Vehicle Body/System	Internal-combustion engine, manual driving Metal car body	Electrification, automated driving Multi materials
	Fuel	Fossil fuel	Electricity/Hydrogen Biofuel
Industry (310 Mt)	Process	Development in smart technologies	CCUS/Hydrogen reduction Further development of smart technologies
	Product	Fossil energy materials	Non-fossil energy materials
Buildings (120 Mt)	Heat source	Oil, gas, and electricity	Electricity, hydrogen, etc.
	Device	High-efficiency devices	Devices supporting the IoT M2M control
Power generation (510 Mt)	Thermal	Oil, coal, and natural gas	CCUS and hydrogen power generation etc.
	Nuclear	Generation III+ reactor	Next-generation reactor
	Renewable energy	Challenges of installation (Costs for installation flexibility, grid systems, etc.)	Power storage x Innovation in grid system

Innovation

Hydrogen (Supply Chain and Methanation)

* The figures inside () are the amounts of CO₂ emissions in FY 2015.

(Reference) Review of the Innovation toward 2050

	Demand side	Supply side
Statements from previous sessions	<ul style="list-style-type: none"> ✓ The government's support for promoting innovation is important (Mr. Sieminski and Dr. Stevens) ✓ Diversity should be ensured in both of demand and supply. (Mr. Sieminski). ✓ We should not target a specific technology. Competition among technologies is important. (Prof. Skea). <ul style="list-style-type: none"> ✓ EVs can be effectively used as a flexible source of power system. (Dr. Stevens) ✓ Digitalization creates new services for consumers. (EDF) ✓ Consumer needs promotes decentralization. (ENGIE) ✓ In urban areas, energy saving advances based on the use of data. (ENGIE) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ It is also important to develop new types of storage batteries that are not only based on liquid lithium. (Mr. Sieminski) ✓ The development of nuclear technology increases social acceptability. (Mr. Shellenberger) ✓ It is important to use integrated approaches including conversion of surplus power into hydrogen (Dr. Kemfert). ✓ Hydrogen is potentially an important energy carrier. (Shell)
NESTI 2050 National Energy & Environment Strategy for Technological Innovation towards 2050	<p><Energy system integration technology></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Demand response ✓ Utilization of AI, big data, and IoT <p><Core technologies that consist systems></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Innovative sensor ✓ Multi-purpose superconductor <p><Energy saving></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Innovative production process ✓ Ultralight and heat-resistant structure material 	<p><Energy storage></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Next-generation storage battery ✓ Production, storage, and use of hydrogen, etc. <p><Energy creation></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Next-generation solar power generation ✓ Next-generation geothermal power generation <p><Fixing and effective utilization of CO₂></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ CCUS
Long-term strategies of major countries	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Electrification in the transport, buildings, and industrial sectors (U.S.A., Canada, France, U.K., and Germany) ✓ Popularization and promotion of EVs (France and U.K.) ✓ Utilization of hydrogen in transport and industrial processes (U.S.A., Canada, U.K., and Germany) ✓ CCUS in heavy industries (Canada, France, and Germany) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Battery storage and grid system stabilization that promote installation of renewables (U.S.A. and U.K.) ✓ Investment in and development of next-generation nuclear power plant (U.S.A. and U.K.) ✓ Utilization of thermal power generation with CCS (Canada and France)

(Reference) Carbon Reduction Targets

		CO ₂ emission in 2015 (100 million tons)			
		World	Developed countries	Emerging countries	Japan
Total		323	124	199	11.5
	Electricity	127	45	82	5.1
	Transport	77	41	36	2.1
	Automobiles (Passenger vehicle, freight automobile, ect)	58	31	27	1.9
	Others (Aircraft, ships, etc)	19	10	9	0.2
	Industry	83	23	61	3.1
	Steal and Iron (Not includes cokes production)	19	3	16	1.3
	Petrochemicals (Includes petroleum products)	9	3	6	0.7
	Heat (commercial & residential sectors)	35	14	21	1.2

* Developed countries: OECD, Emerging countries: Non-OECD

* Definitions in IEA and METI data may be different.

* CO₂ emissions from international marine/aviation bunkers are allocated to OECD and non-OECD

(Reference) Investments by major companies in research and development

(Reference) Investments by major companies in research and development

		Transport		Industry		Residential/Commercial	
		Volkswagen (Germany)	Toyota (Japan)	GE (U.S.A.)	Hitachi (Japan)	Google* (U.S.A.)	Panasonic (Japan)
Company overview	Sales amount	28.1 trillion yen	28.4 trillion yen	14.2 trillion yen	10.0 trillion yen	9.0 trillion yen	7.6 trillion yen
	Overseas Ratio	80%	70%	55%	48%	54%	52%
Research and development	Investment amount	1.6 trillion yen	1.1 trillion yen	0.6 trillion yen	0.3 trillion yen	1.5 trillion yen	0.4 trillion yen
	Examples of development fields	Jan. 2018 Expansion in the IT segment and enhancement of development of digital products	Jan. 2018 Automotive battery recycling business	Oct. 2017 Development of IoT applications	Dec. 2017 Development of self-competition learning AI	2017.12 Setup of an AI development base in China	Jun. 2017 Development of AI giving advice according to interests of individuals

(Reference) Investments by major companies in research and development

		Power		Oil		Gas	
		EDF (France)	TEPCO (Japan)	Shell (Netherlands)	INPEX (Japan)	Engie (France)	Tokyo Gas (Japan)
Company overview	Sales amount	10.1 trillion yen	6.1 trillion yen	25 trillion yen	0.9 trillion yen	9.4 trillion yen	1.9 trillion yen
	Overseas Ratio	47%	2%	64%	89%	64%	NA
				* The countries outside Europe are regarded as overseas countries.			
Research and development	Investment amount	0.09 trillion yen	0.02 trillion yen	0.13 trillion yen	0.001 trillion yen	0.03 trillion yen	0.01 trillion yen
	Examples of development fields	Sep. 2013 Setup of a smart grid research lab.	Mar. 2017 Drone-based automated inspection of power facilities	Oct. 2017 Buyout of an EV recharging service company	Jul. 2017 Survey of the largest gas field in the SE-Asia started	May 2017 Order for a large electricity storage system	May 2017 Development of technology for increasing the efficiency of fuel cells