

山口県産業技術センター殿
環境・エネルギー研究会、やまぐちR&Dラボ
合同セミナー

水素関連セミナー

水素発電技術の 実用化に向けた取り組み

2021.2.3

三菱パワー株式会社

広報・渉外部 渉外グループ
部長代理、博士(工学)

西岡映二



1. 三菱パワーの概要

2. 取り組むべき課題とその対応

3. 水素ガスタービン技術


4. 燃料電池技術

5. 水素社会実現に向けた課題と取り組み

6. まとめ

1. 三菱パワーの概要

1-1. 会社概要

名称	三菱パワー株式会社
設立	2014年2月
取締役社長	河相 健 
主な事業内容	①GTCCビジネス ②スチームパワービジネス ③環境プラントビジネス ④新事業ビジネス
資本金	1,000億円
従業員数（連結）	約18,000人（2020/4/1現在）

1-2. 三菱重工グループの中の位置づけ

三菱パワーは、発電技術・ソリューションを提供する三菱重工グループの中核会社

MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP

総合研究所・ICTソリューション本部 etc.

エナジードメイン



ジェットエンジン

(三菱重工航空エンジン株式会社)

洋上風力発電設備

(MHI Vestas offshore Wind A/S)

圧縮機

(三菱重工コンプレッサ株式会社)



(三菱パワー株式会社)

プラント・インフラドメイン



製鉄機械

(Primetals Technologies, Ltd)

CO2回収

アンモニア・メタノール設備

(三菱重工エンジニアリング株式会社)

燃料運搬船

(三菱造船株式会社)

民間機セグメント 防衛・宇宙セグメント



航空機

(三菱航空機株式会社)

H-IIAロケット

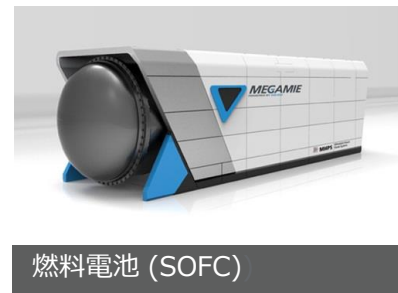
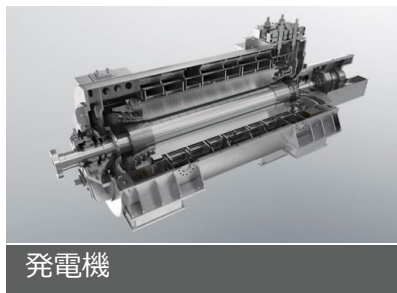
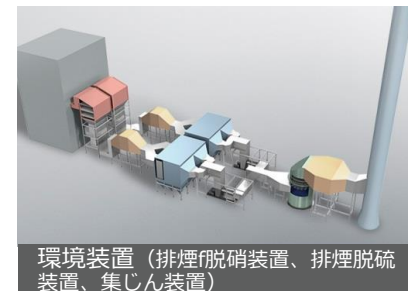
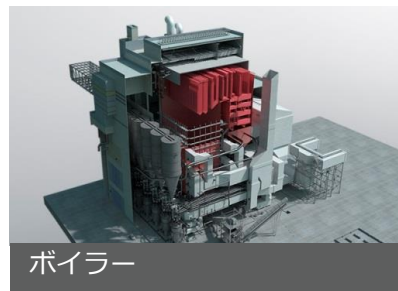
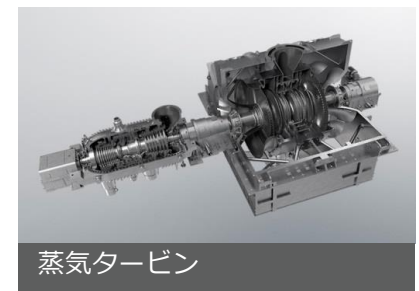
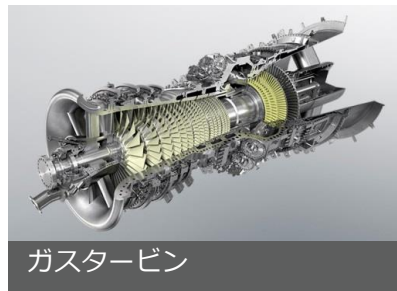
1-3. 三菱パワーの製品ラインアップ

革新的な発電技術とソリューションにより、エネルギーの脱炭素化と電力の安定供給に世界中で貢献し、持続可能な未来の実現に取り組みます。

発電プラント



製品ラインアップ



1-4. 拠点紹介(国内)



1-5. 拠点紹介(海外) ※2021年1月1日現在



- 北米、中国、東南アジア、欧州に各地域運営拠点を設置。
- 権限移譲とKPI管理強化し事業基盤を確立・拡大。
- 各地域における営業、EPC、製造、ASのシナジー発揮。

- 海外グループ会社数 66社
- 本社組織事務所 6拠点

2. 取り組むべき課題とその対応

KEYWORD

地球温暖化

KEYWORD

熱帯林の減少

KEYWORD

オゾン層の破壊

KEYWORD

酸性雨

KEYWORD

砂漠化

地球環境問題

持続可能な社会

2-2. パリ協定の概要

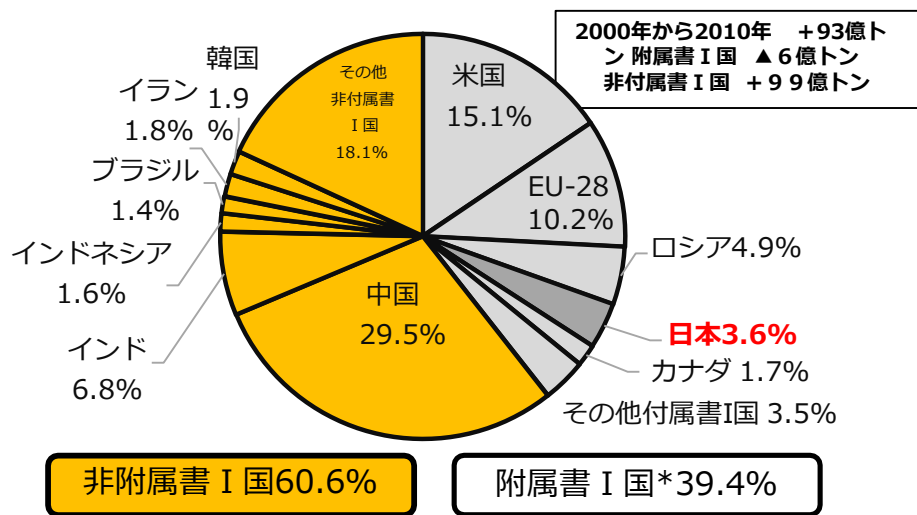
✓ 産業革命前からの気温上昇を2℃未満に抑制。1.5℃未満に収まるように努力。

1. パリ協定

** : 2017年脱退、2021年に復帰予定

- ・ 京都議定書に代わる、温室効果ガス排出削減のための新たな国際枠組み。
- ・ 全ての主要排出国（米国**、中国、インドを含む）が参加する**公平な合意**。

2. 温室効果ガス排出量シェア



* : 温室効果ガス削減や様々な報告の義務を負う国
 (先進国及び市場経済移行国)

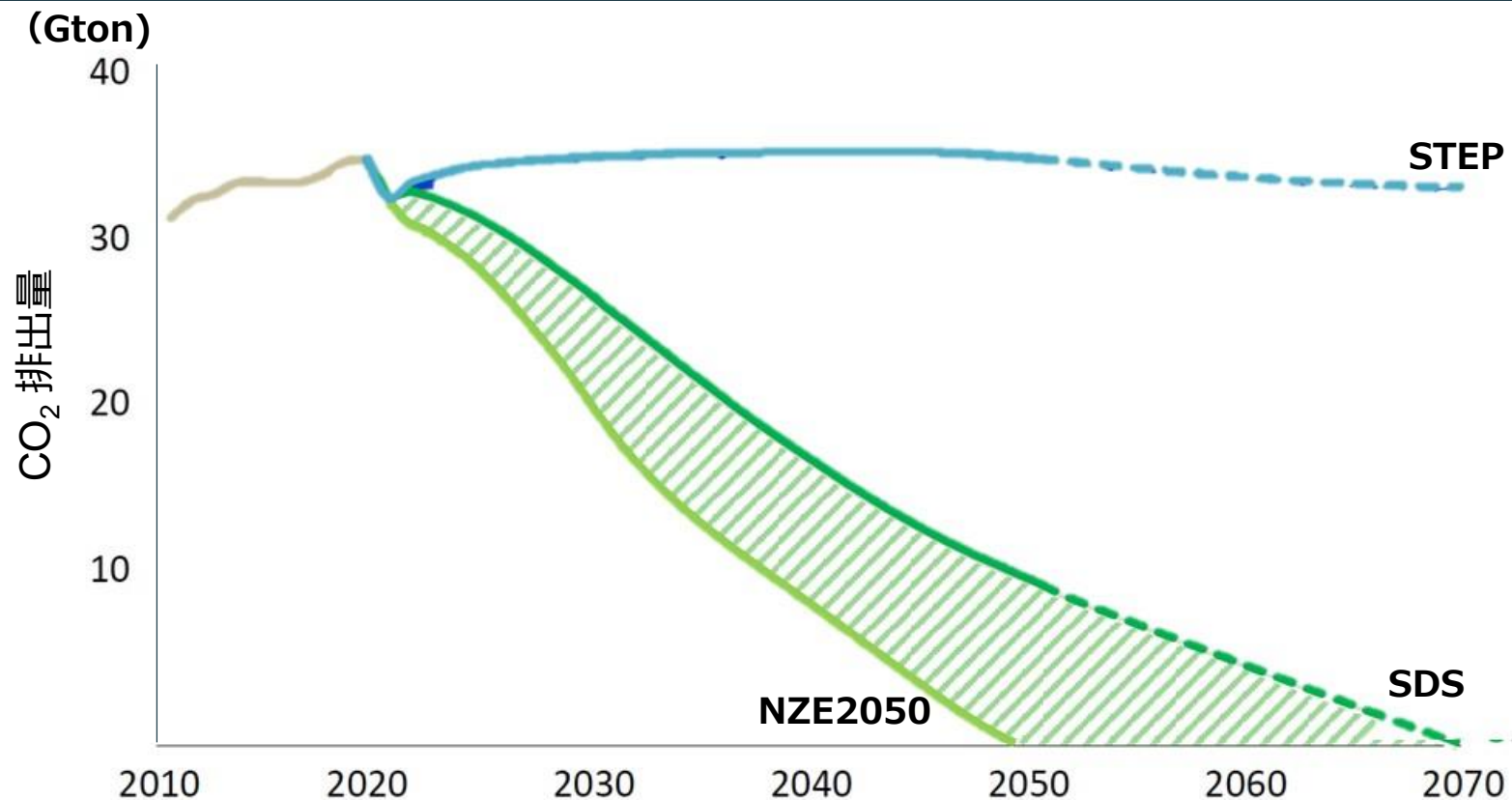
【出典】CO2 EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION 2019 (IEA)

3. 主要国の温室効果ガスの排出削減目標

国名	中期目標	長期目標
日本	温室効果ガスの排出量を2030年度までに26%削減(2013年度比)	温室効果ガスの排出量を80%削減、2050年カーボンニュートラルを宣言(2020/10)
EU	2030年少なくとも▲55%(1990年比) ※2013年比▲44%相当	2050年カーボンニュートラル ※複数の前提を置いた8つのシナリオを分析
英国	2030年までに少なくとも▲68%(1990年比) ※2013年比▲55.2%相当	2050年少なくとも▲100%(1990年比) ※一定の前提を置いた3つのシナリオを提示
米国	パリ協定離脱 →バイデン次期大統領：2050年までのGHG排出ネットゼロを表明	
中国	2030年までに排出量を削減に転じさせる、GDP当たりCO2排出量を2005年比65%超削減	2060年カーボンニュートラル

2-3. 各シナリオにおける世界のCO₂排出量予想

2050年までにゼロエミッションを達成するには、
革新的な脱炭素技術の開発・社会実装が必要不可欠



出典：IEA World Energy Outlook 2020

STEPSシナリオ：New Stated Policies Scenario, 各国の掲げる最新の政策を考慮したシナリオ

SDSシナリオ：Sustainable Development Scenario, パリ協定*を遵守するシナリオ (*産業革命前における地球平均気温からの温度上昇を、2℃より十分低く抑えるとともに、1.5℃以内に抑えるための努力を追求する)

NZE2050シナリオ：Net Zero Emissions by 2050 Scenario, 2050年までに実質ゼロエミッションを達成するシナリオ

2-4. 日本のグリーン成長戦略

- ✓ 2020年10月、日本は「2050年カーボンニュートラル」を宣言
- ✓ 「経済と環境の好循環」を作っていく産業政策=グリーン成長戦略
- ✓ 成長が期待される産業（14分野）において、高い目標を設定

エネルギー関連産業

① 洋上風力産業
風車本体・部品・浮体式風力

② 燃料アンモニア産業
発電用バーナー
(水素社会に向けた移行期の燃料)

③ 水素産業
発電タービン・水素還元製鉄・
運搬船・水電解装置

④ 原子力産業
SMR・水素製造原子力

輸送・製造関連産業

⑤ 自動車・蓄電池産業
EV・FCV・次世代電池

⑥ 半導体・情報通信産業
データセンター・省エネ半導体
(需要サイドの効率化)

⑦ 船舶産業
燃料電池船・EV船・ガス燃料船等
(水素・アンモニア等)

⑧ 物流・人流・
土木インフラ産業
スマート交通・物流用ドローン・FC建機

⑨ 食料・農林水産業
スマート農業・高層建築物木造化・
ブルーカーボン

⑩ 航空機産業
ハイブリット化・水素航空機

⑪ カーボンリサイクル産業
コンクリート・バイオ燃料・
プラスチック原料

家庭・オフィス関連産業

⑫ 住宅・建築物産業/
次世代型太陽光産業
(ペロブスカイト)

⑬ 資源循環関連産業
バイオ素材・再生材・廃棄物発電

⑭ ライフスタイル関連産業
地域の脱炭素化ビジネス

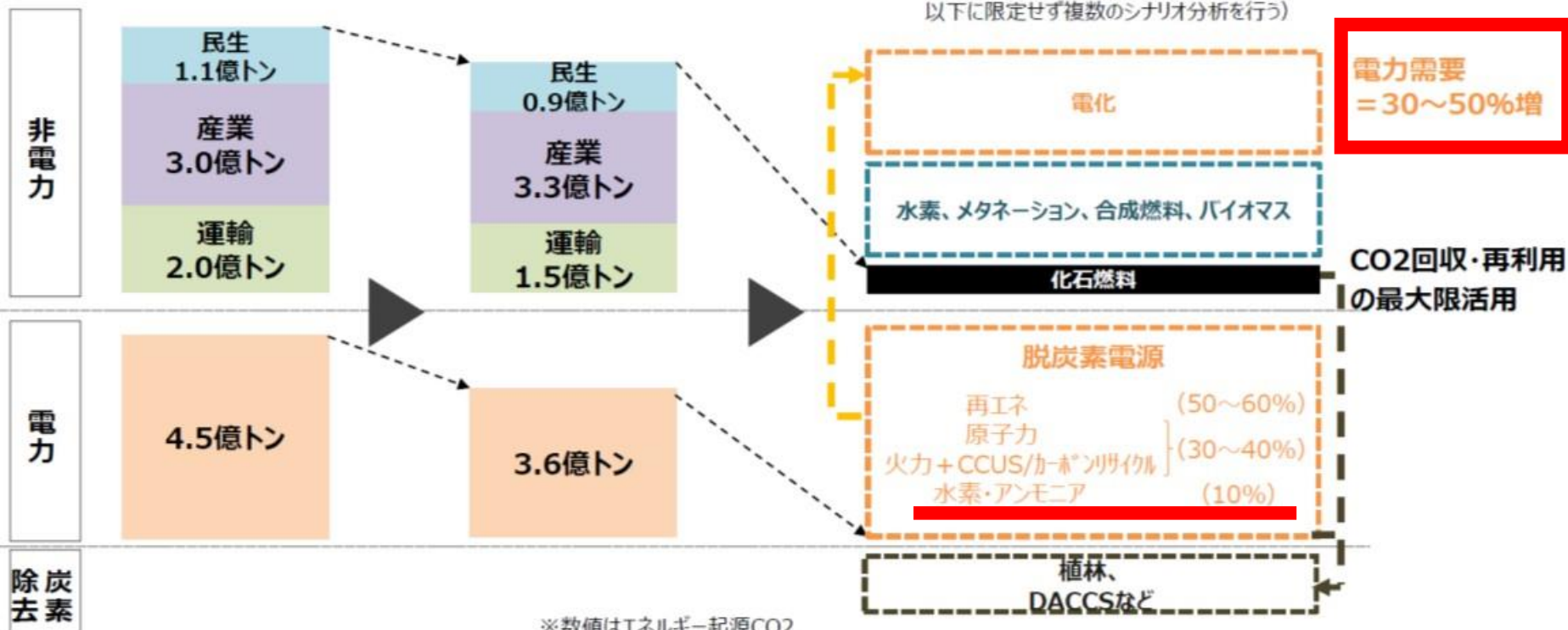
出典：内閣府 成長戦略会議（第6回）配布資料(令和2年12月25日)
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/seicho/seichosenryakukaigi/dai6/index.html>

2-5. 2050年カーボンニュートラルの実現

- ✓ 電力需要は、産業・運輸・家庭部門の電化によって現状より30~50%増加。
- ✓ 再エネ：調整力・送電容量の確保、自然条件や社会制約、コスト低減が課題
⇒水素・アンモニア発電：10%を参考値として、エネ基に向けて議論

2018年 10.6億トン
 2030年ミックス 9.3億トン (▲25%)
 2050年 排出+吸収で実質0トン (▲100%)

(今後議論を深めていくための参考値。今後、以下に限定せず複数のシナリオ分析を行う)



出典：内閣府 成長戦略会議（第6回）配布資料(令和2年12月25日)
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/seicho/seichosenryakukaigi/dai6/index.html>

2050年のカーボンニュートラル社会実現に向け
脱炭素化技術と水素バリューチェーン構築で貢献

ネットゼロカーボンの
達成

水素バリューチェーンの構築

カーボンリサイクルの推進

産業用エネルギーの効率的な活用

火力発電の脱炭素化
原子力によるCO₂削減

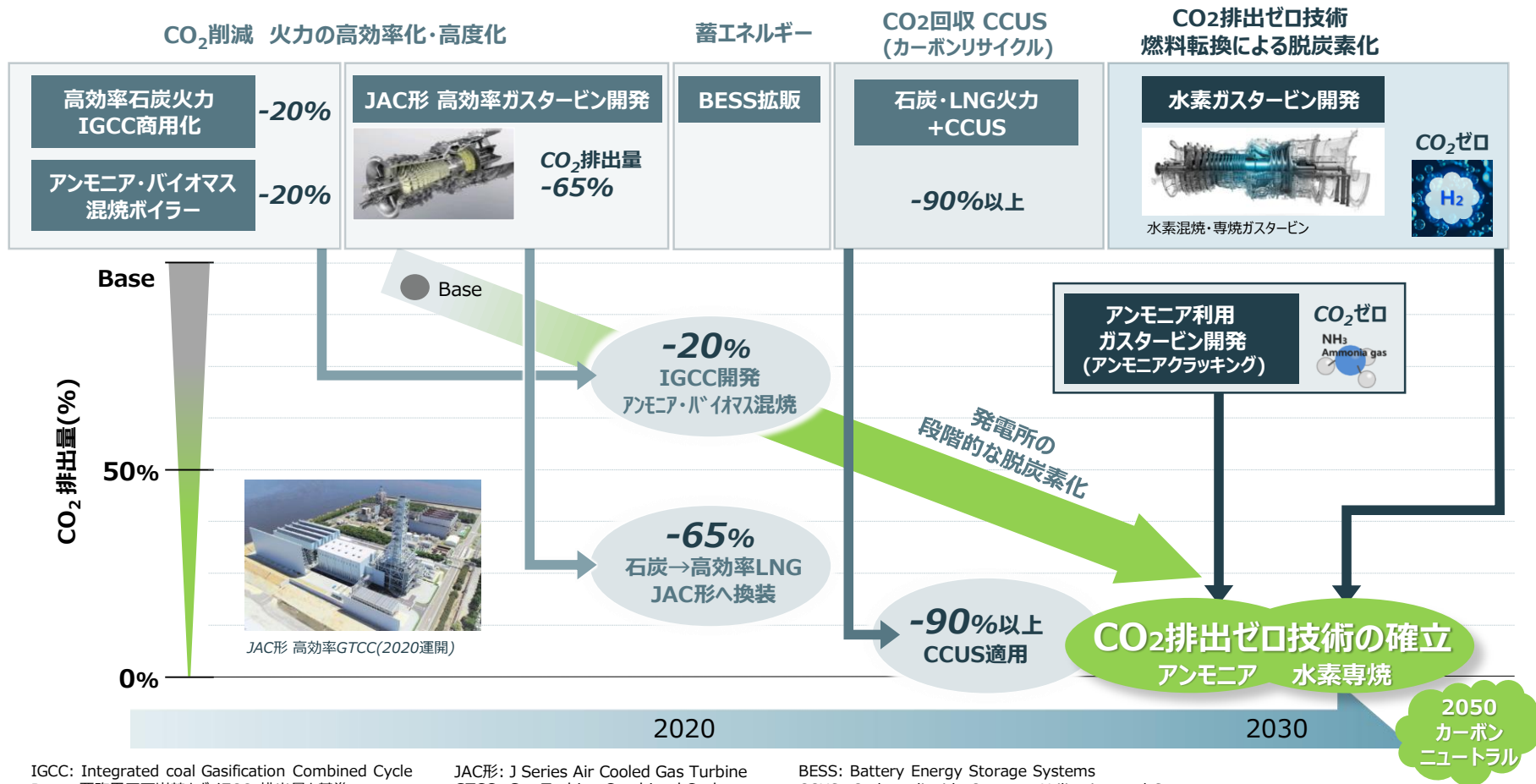


出典：三菱重工業エナジートランジション説明会(2020年11月26日)
https://www.mhi.com/jp/finance/library/business/pdf/et2020_energy.pdf

2-7. 火力発電の脱炭素化への取り組み

火力発電の 高効率化・高度化

- 高効率化と水素/アンモニア導入でCO₂を大幅削減
 - ・ ガス・石炭との併用（混焼）により既存設備の改造を最小化
 - ・ 将来の燃料転換時に追加投資抑制
- 大型発電設備での調整力強化、BESS等の活用により再エネ拡大をサポート



IGCC: Integrated coal Gasification Combined Cycle
Base: 亜臨界圧石炭焚きボイラCO₂排出量を基準

JAC形: J Series Air Cooled Gas Turbine
GTCC: Gas Turbine Combined Cycle

BESS: Battery Energy Storage Systems
CCUS: Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage

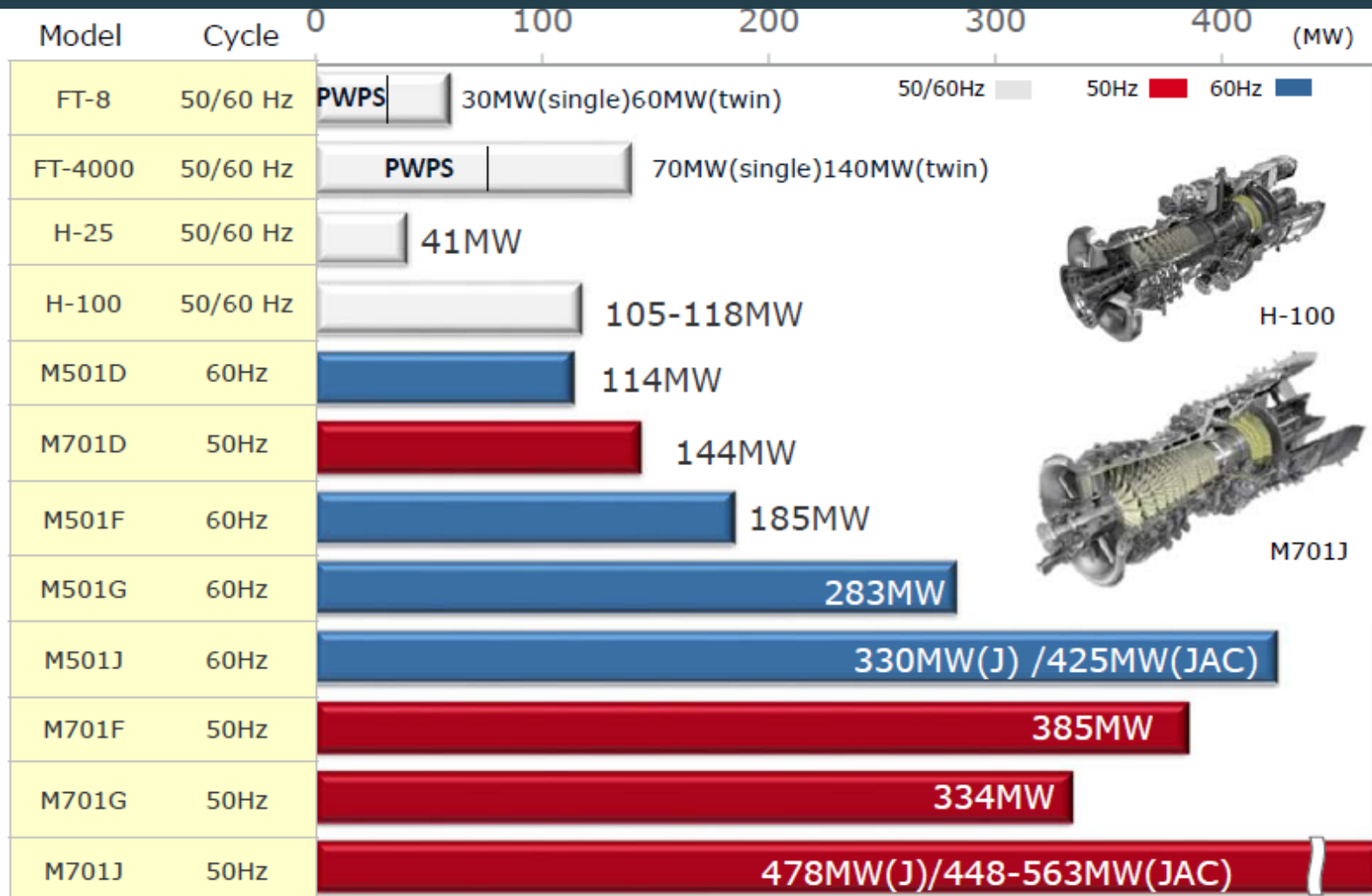
出典: 三菱重工業エナジーソリューション説明会(2020年11月26日)

https://www.mhi.com/jp/finance/library/business/pdf/et2020_energy.pdf

3. 水素ガスタービン技術

3-1. ガスタービン製品のラインアップ

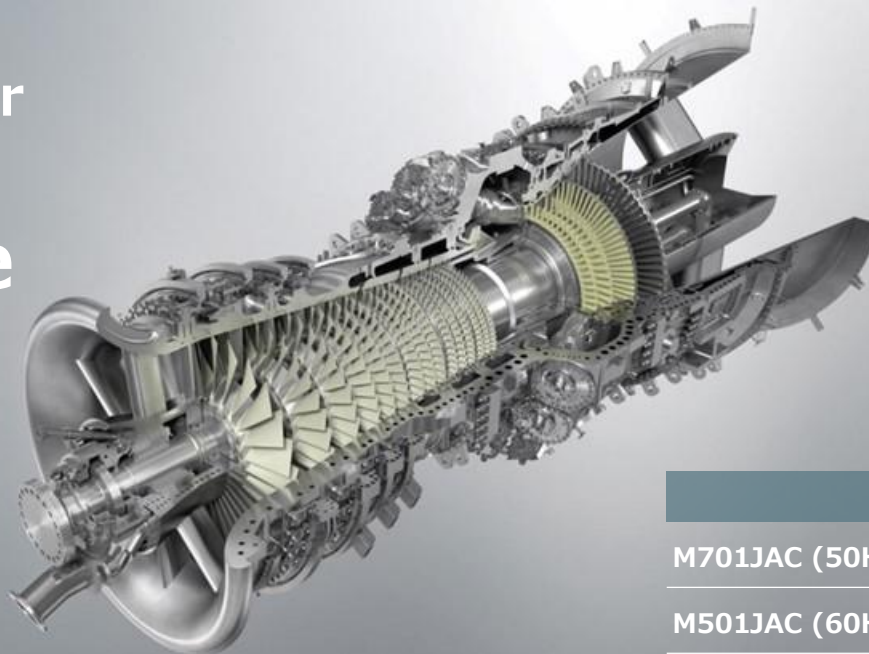
中小容量（航空転用、産業用）ガスタービンから、大容量・高効率ハイエンド機まで
顧客ニーズに対応した製品を提供



*All ratings are at the generator terminals.

三菱パワーは、世界をリードする発電技術で水素社会の実現に貢献

Mitsubishi Power "JAC" Gas Turbine



	GT/CC
M701JAC (50Hz)	563MW / 818MW
M501JAC (60Hz)	425MW / 614MW

高効率

64%のCC効率

- 高圧力比圧縮機 (25:1)
- 強制空冷燃焼器
- 先進TBCの超厚膜化

信頼性

99.5%の信頼性

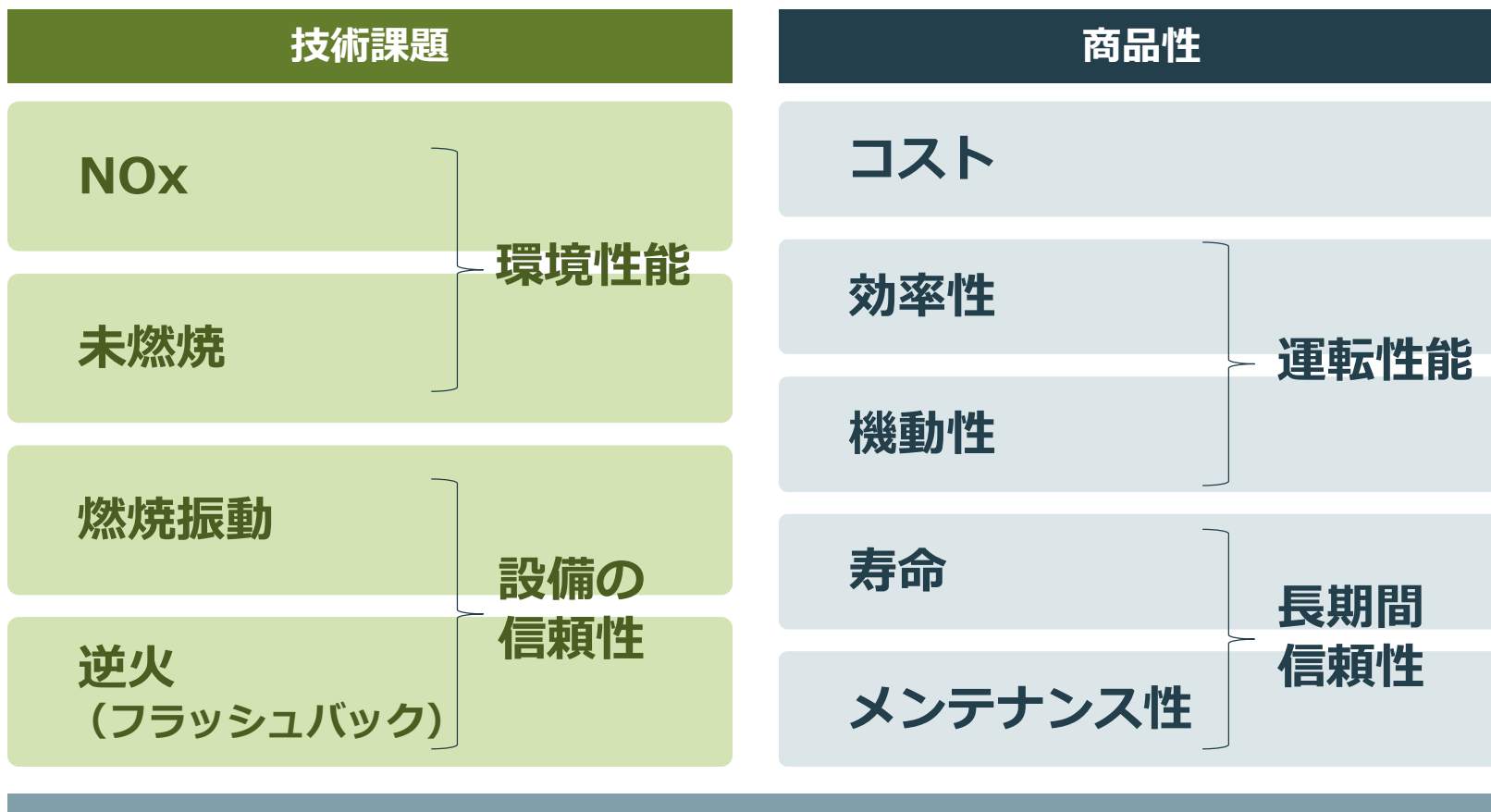
- 累積運転時間：107万時間超
- 受注台数：71台、商用運転中：45台 (Jシリーズ 2020年6月時点)

燃料柔軟性

多様な燃料への対応性

- 化石燃料 (天然ガス・石油)
- クリーン燃料 (水素)

トレードオフの関係にある様々な技術的課題と商品性のバランスを取り、
水素燃焼技術の開発を促進



水素ガスタービンには、複数の環境的・経済的メリットを有する

1

投資コストの抑制

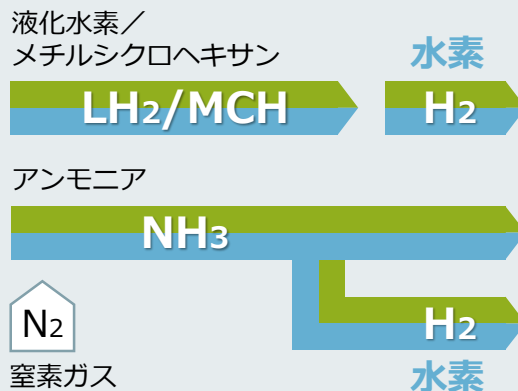


最小限の改造により、既設発電所の低・脱炭素化が可能です。

* 詳細の改造範囲は個別プラントでの評価が必要です。

2

キャリアへの柔軟性



水素ガスタービンは、あらゆるキャリアで輸送される水素を燃料とすることが可能です。

燃料自動車等に比して低純度な水素の利用が可能であり、水素コストの低減にも貢献します。

3

水素需要の喚起



大規模な水素需要を喚起することで水素サプライチェーンの拡大、コスト削減を促進します。

2030年の商用化に向けた大規模実装実現への道筋策定、及び2025年頃の水素利活用商用化実証に関する具体的なスキーム構築を目指して、事業化を推進

<設立時会員>

※事務局／幹事50音・ABC順

岩谷産業株式会社（※）、株式会社大林組、川崎汽船株式会社、川崎重工業株式会社、関西電力株式会社、株式会社神戸製鋼所、シエルジャパン株式会社、電源開発株式会社、丸紅株式会社（※）、**三菱パワー株式会社**、ENEOS株式会社

<目的>

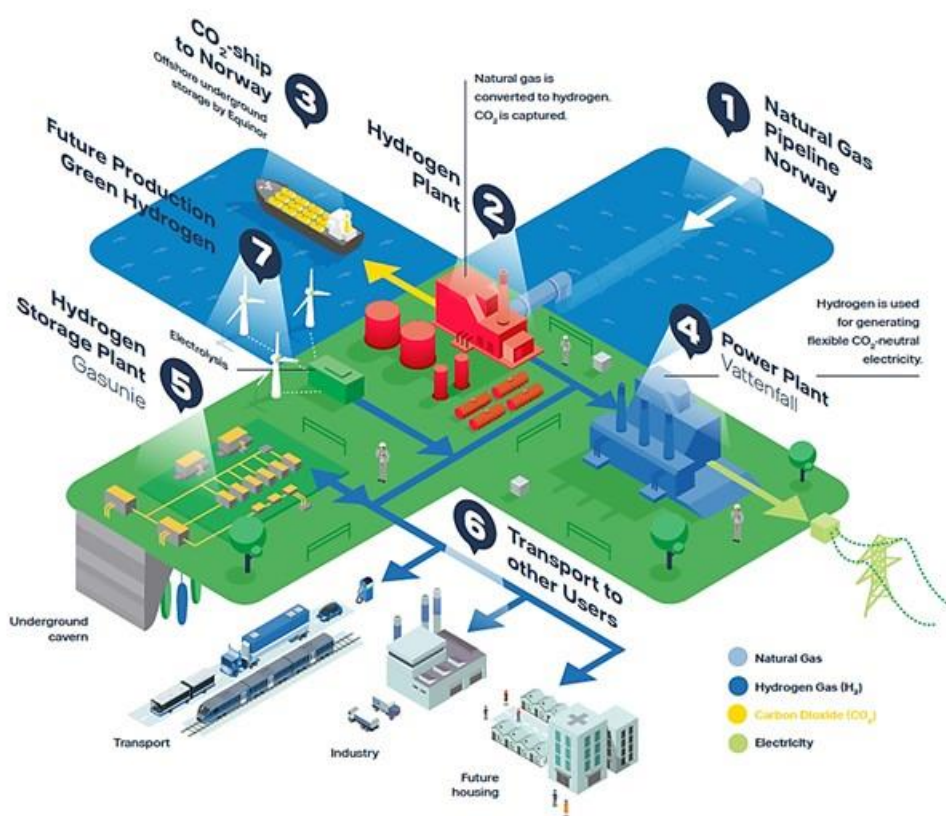
社会実装に向けたそれらの取り組みを一層加速させ、国の示す『水素基本戦略』、『水素・燃料電池戦略ロードマップ』の実現を目指すため、関西圏で水素関連事業に取り組む事業者が集まり、本協議会を設立。

<活動内容>

本協議会では、2030年の商用化に向けた**大規模実装実現への道筋策定**、及び2025年頃の水素利活用**商用化実証に関する具体的なスキーム構築**を目指して、以下の活動に取り組む。

- ① 大規模水素サプライチェーン構築の為に需給一体となって、関西圏における水素利活用の事業モデル検討を実施する。
- ② 関西圏における水素利活用モデルの社会実装に向けたロードマップを作成する。
- ③ 社会実装における課題を明確にし、国や自治体へ政策提言を行う。

オランダ北部にあるMagnum発電所（オーナー：Vattenfall）の3系列中1系列を、2027年末に天然ガスから水素焼きに転換することを目指すプロジェクトに参画



ガスタービン機種	M701F
出力 (CC)	440 MW
CO ₂ 削減量	約130万トン/年
所在地	オランダ (Eemshaven)
運転時期	2027年



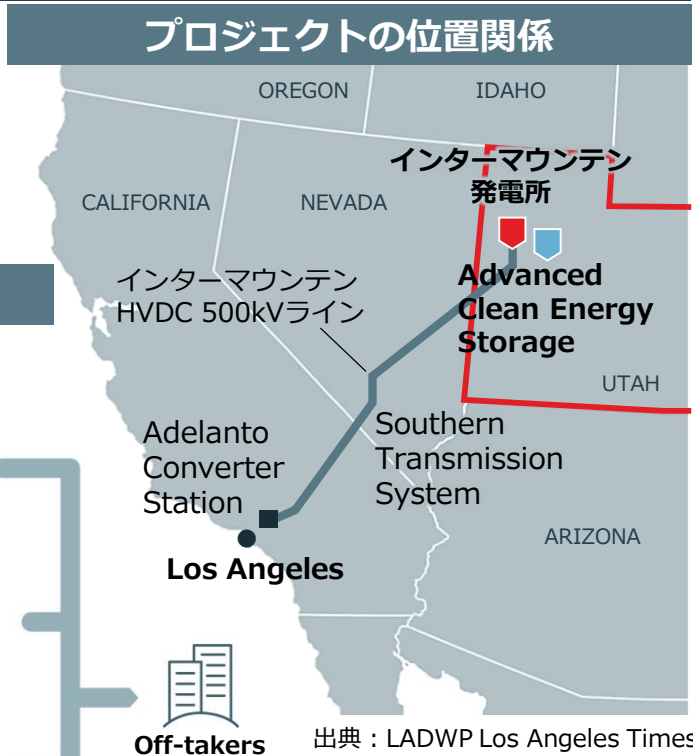
Vattenfall's gas power plant Magnum. (Photo: Koos Boertjens / Vattenfall)

④発電 および ⑥交通・産業・一般 合計で200万トン/年のCO₂削減

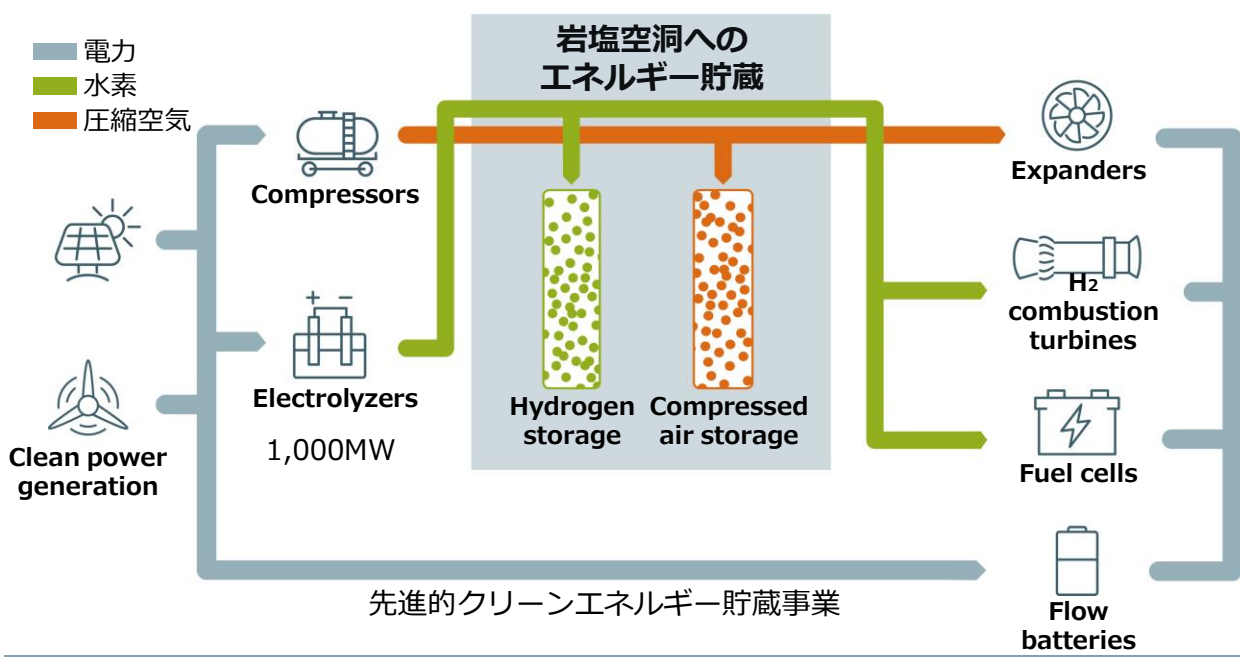
3-7. 米国/Advanced Clean Energy Storageプロジェクト

- ✓ Magnum Development社およびユタ州政府と共に、岩塩空洞へのエネルギー貯蔵事業プロジェクトに取り組み中
- ✓ インターマウンテン電力は、弊社水素焚きJAC型ガスタービン2台を導入予定

エネルギー貯蔵容量	150GWh	ガスタービン機種	M501JAC
所在地	米国 (ユタ州)	出力 (CC)	840 MW (2 GTCC)
		運転時期	2025年(30%水素混焼) 2045年まで(水素専焼)



Advanced Clean Energy Storageの内容



4. 燃料電池技術

4-1. 固体酸化物形燃料電池システムの概要

固体酸化物形燃料電池システム*“MEGAMIE”は、多様な燃料により
高効率で発電・熱供給できる大容量コージェネシステム

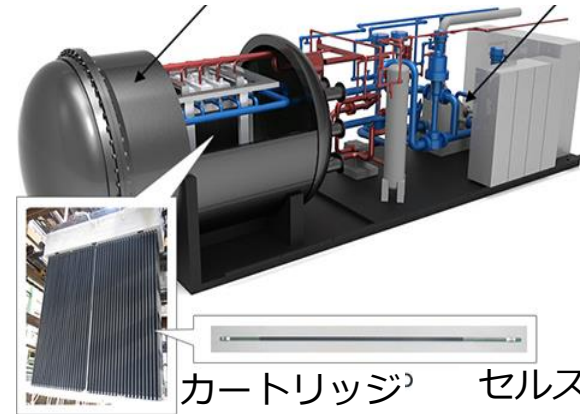
*Solid oxide fuel cell

外観



内部構造

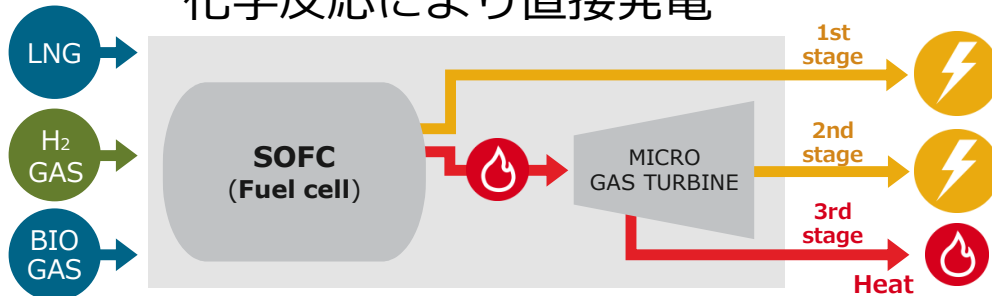
SOFC モジュール マイクロガスタービン



カートリッジ³ セルスタック

発電メカニズム

燃料を燃焼することなく、
化学反応により直接発電



主な仕様と特徴

✓ 総合効率 65%(蒸気) 73%(温水)

✓ 出力: 200kW



✓ CO₂ 削減量:
600ton/年



4-2. SOFCシステムの位置づけ

低炭素・脱炭素化や自由化のニーズ・トレンドを踏襲

① 再生可能エネルギー導入拡大

SOFCでは水素混合運転が可能

② CO₂排出規制の世界的潮流
業界目標0.37kg-CO₂/kWh

SOFC:<0.32kg-CO₂/kWh



③ 未利用エネルギーの有効活用

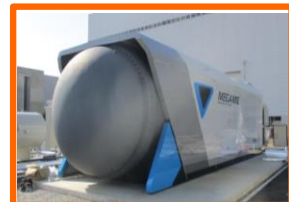
バイオメタンガス発電、
アンモニア発電が可能

④ 電力自由化による競争激化

分散型電源としての活用

4-3. SOFCに広がる水素燃料の適用

- ✓ 全国10か所にて実証・商用導入実績、2件の水素活用事例
- ✓ 20年10月に、欧州で初受注



安藤ハザマ技術研究所

- 商用2号機
 ○2020年2月引渡済
 ○温水回収、屋外設置
 ○水素活用試験



ドイツのガス・熱研究所

2022年3月までに稼働開始予定



九州大学

- <仕様> 屋外設置
 ○連続耐久性試験
 ○プロトタイプ実証初号機



東京ガス

- <仕様> 温水回収、屋内設置
 ○起動停止試験 (1回/週)
 ○部分負荷・負荷変動追従試験



大成建設

- <仕様> 温水回収、屋外設置
 コンパクト化
 ○ユーティリティ削減試験
 ○自立運転検証試験



アサヒビール 茨城工場

- 商用3号機
 ○2020年11月引渡済
 ○蒸気回収、屋外設置
 ○ビール工場排水由来バイオガス活用



J-Power 若松

- <仕様> 屋外設置
 ○水素リッチガス発電

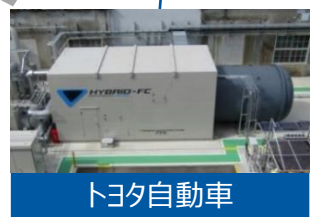


1MW+MGT実証機
 (ハフボエール)長崎工場



日本特殊陶業

- <仕様> 蒸気回収、屋外設置
 ○連続耐久試験



トヨタ自動車

- <仕様> 蒸気回収、屋外設置
 モジュールと補機ユニットを分割
 ○起動停止試験 (1回/月)



三菱地所
 丸の内ビルディング

- 商用初号機
 ○2019年2月引渡済
 ○蒸気回収、屋内地下設置

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) の成果を含みます。

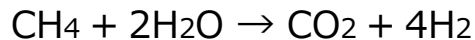
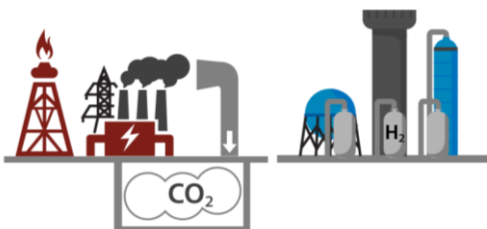
5. 水素社会実現に向けた課題と取り組み

5-1. 水素サプライチェーンの概要

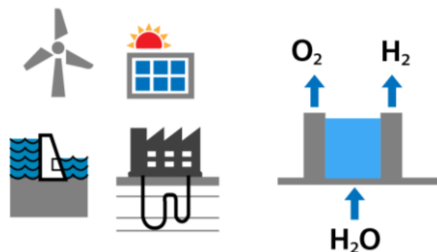
水素社会の構築には、水素製造・輸送・利用のサプライチェーンが必要

製造

CO₂回収・貯留を伴う
化石由来水素



再エネ由来水素



Green H₂

Blue H₂

輸送

水素の輸送

液化水素/
メチルシクロヘキサン

水素

LH₂/MCH

H₂

アンモニア

NH₃

N₂

窒素ガス

H₂

水素

CO₂回収・利用

合成燃料/工業原料

CH₃OH / CH₄

水素

H₂

CO₂

利用



発電



輸送



その他産業
(製鉄/製油等)

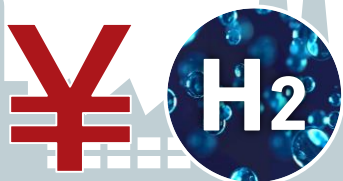


家庭利用

CO₂回収

コスト削減、製造・輸送・貯蔵インフラの確立、安定需要の創出が課題

1. コスト低減



- 水素は自然界に存在せず、製造には大量の一次エネルギーを消費
- エネルギー密度が低く、輸送・貯蔵の負担大

2. 製造・輸送・貯蔵インフラの確立



- 大量・長距離輸送には新たなインフラが必要
- 極低温/キャリア転換による輸送・貯蔵が必須

地下タンク

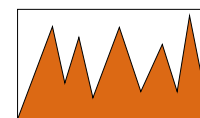
海上輸送

3. 安定需要の創出

- 水素コスト低減には安定需要が必須
- 水素発電や産業エネルギーの脱炭素化により安定需要を創出



水素焚プラント



出典：三菱重工業エネルギーtransition説明会(2020年11月26日)

https://www.mhi.com/jp/finance/library/business/pdf/et2020_energy.pdf

三菱重工および三菱パワーとして水素に関連する国内外複数の団体へ加盟

Global

Hydrogen Council

三菱重工名義で2018年9月に
Support memberとして加盟



三菱重工名義で2019年3月に加盟

Japan



三菱重工および三菱パワー名義で
2017年7月に加盟

CCR研究会

三菱パワー名義で2019年に加盟



三菱重工および三菱パワー名義で
一部技術検討に貢献



三菱パワーの石炭ガス化設備を供給



三菱重工および
三菱パワー名義で
2020年6月に加盟

神戸・関西圏水素利活用協議会

三菱パワー他で2020年9月に設立

Europe



三菱パワー ヨーロッパ (ドイツ) 名義で
DME (ジメチルエーテル) 合成技術
の研究グループに参加

5-4. 水素発電に関する広報活動

水素社会に貢献する水素GT及びSOFCの模型とパネルを出展し、説明員よりPR

WFES('19/1 : アブダビ)



世耕前経産大臣

COP25('19/12 : スペイン・マドリッド)



小泉環境大臣

G20イノベーション展('19/5 : 軽井沢)




水素閣僚会議2020('20/10 : 東京)

Technology for hydrogen power generation


- Our Advanced Class Gas Turbines are designed for deep decarbonization.
- Existing Gas Turbine can run with hydrogen by minimal modifications.

Mitsubishi Power "JAC" Gas Turbine



GTCC	
Mitsubishi JAC (50MW)	583 MW / 818 MW
Mitsubishi JAC (30MW)	425 MW / 614 MW

High Efficiency	High Reliability	Fuel Flexibility
Achieved 64% CC efficiency with - High pressure compressor (25-1) - Enhanced air-cooled combustor - Advanced TBC/Aerodynamics	Achieved 99.5% reliability by - Over 1370k operation hours - Ordered: 71 GT units - Commercial operation: 45 GT units (J Series as of June 2020)	Gas Turbine can be fueled by - Fossil fuel (Natural Gas, Oil) - Clean fuel (Hydrogen)



六山CTO

水素社会への取組をPRするため、様々な広報活動を実施

ハンドブック



<https://power.mhi.com/jp/catalogue>

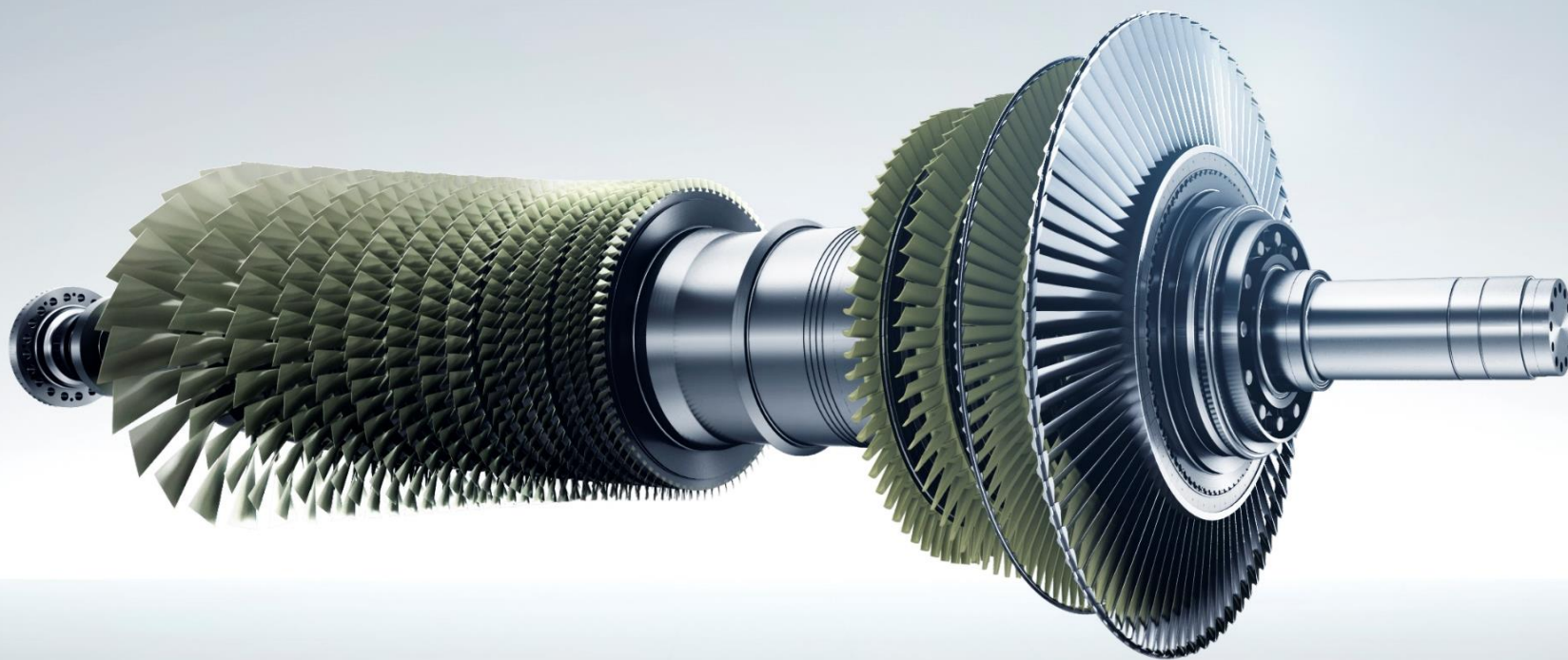
スペシャルサイト



<https://power.mhi.com/jp/stories/20200210>

6. まとめ

革新的な発電技術とソリューションにより、
エネルギーの脱炭素化と電力の安定供給に世界中で貢献し、
持続可能な未来の実現に取り組みます。



パリ協定を遵守するには、革新的な脱炭素技術の開発・導入が必要不可欠

水素発電は、カーボンニュートラル社会の実現に重要な役割を担う

三菱重工グループの総力、及びパートナーとの連携で、カーボンニュートラル社会の実現に貢献



MOVE THE WORLD FORWARD

**MITSUBISHI
HEAVY
INDUSTRIES
GROUP**