

環境調和材料工学概論

第2回 カーボンニュートラル 材料に対する社会的要求、水素と材料

Carbon Neutrality, Materials Demands for
Environmental Harmony, and Hydrogen in
Materials

希土類材料研究センター

亀川 厚則

Atsunori Kamegawa



環境調和材料工学概論

講義の内容に関する質問

亀川 (kamegawa@mmm.muroran-it.ac.jp)

講義の実施やmoodleなどについての質問

馬渡 (mawatari@mmm.muroran-it.ac.jp)

亀川担当分の成績評価について

第5回講義内 (7/16) で、
レポート課題、提出方法など
を告知します。



環境調和材料工学概論

講義計画（亀川担当分）

1. エネルギー概論
2. カーボンニュートラルへの取り組み
 - ・カーボンニュートラル
 - ・カーボンニュートラルへむけたイノベーション技術
 - ・2050カーボンニュートラルにむけた施策

環境調和材料工学に対する社会的要求
水素と材料
3. 水素エネルギーとサプライチェーン技術
4. 環境調和材料①：水素吸蔵合金
5. 環境調和材料②：磁石材料、環境調和材料③：誘電体材料
6. 環境調和材料④：未利用熱エネルギー活用材料
エネルギーハーベスティング



環境調和材料学

環境調和材料

再生可能エネルギーを有効活用し、環境調和型の材料

- ・エネルギー変換材料
- ・エネルギー貯蔵材料

再生可能エネルギー

→ 1次エネルギー

「枯渇しない」

「どこにでも存在する」

「CO₂を排出しない(増加させない)」

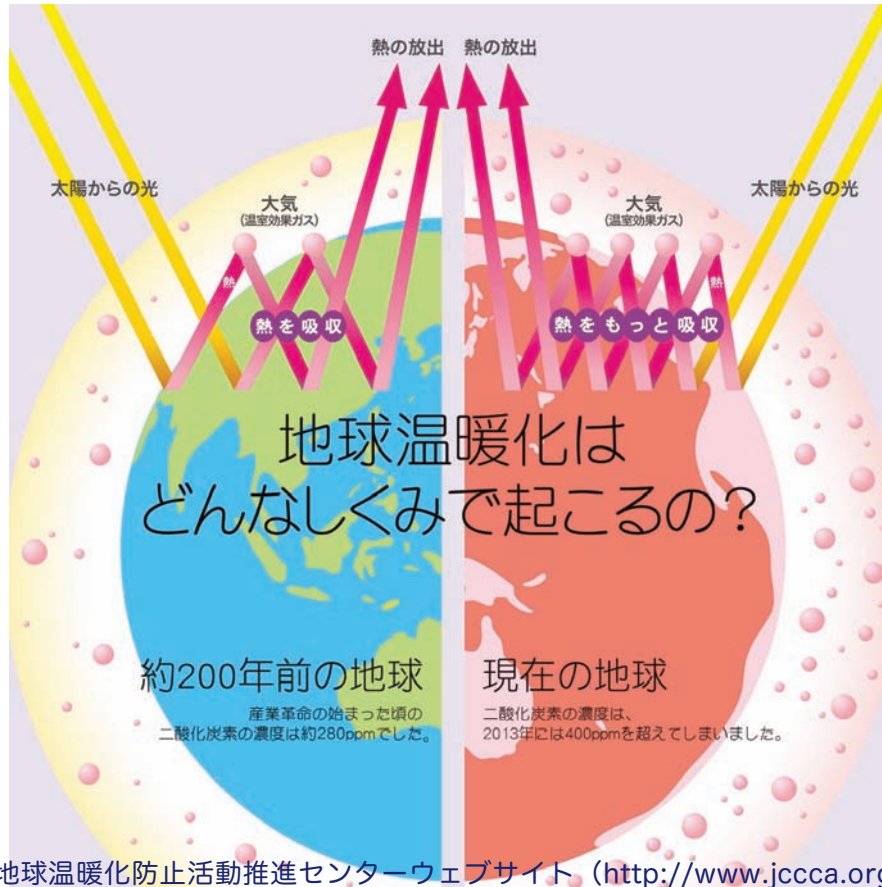


太陽光
風力
水力
バイオマス
地熱

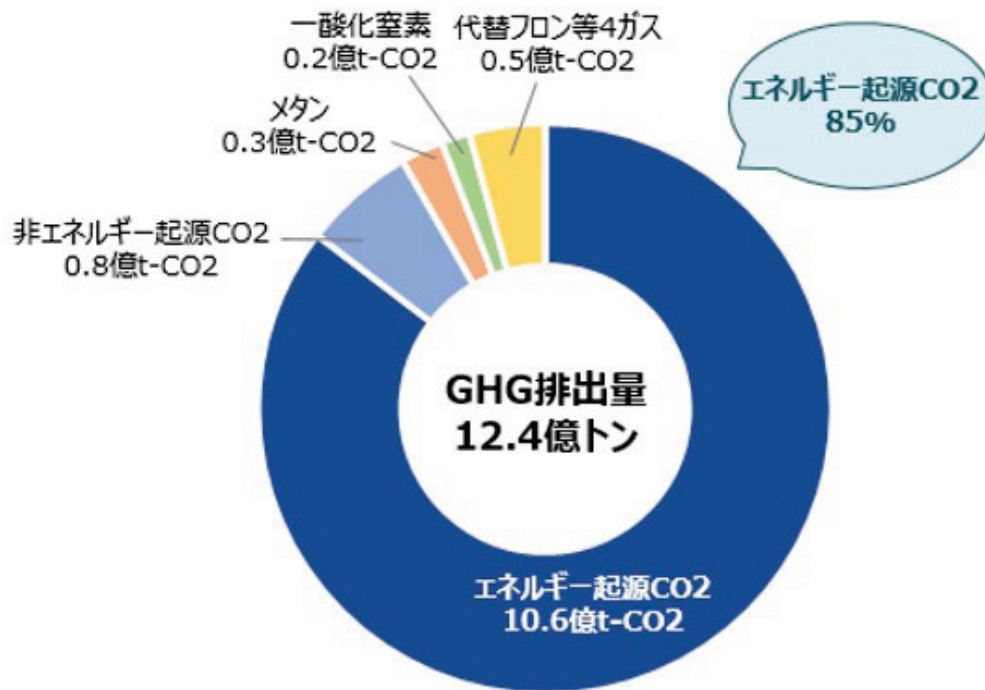
水素エネルギー技術の普及・展開への期待



エネルギーと環境問題



温室効果ガス総排出量に占めるガス別⁶ 排出量の内訳(2018年)

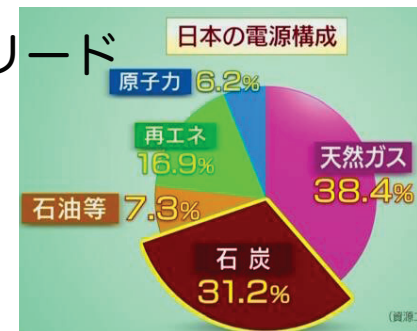


※CO2以外の温室効果ガスはCO2換算した数値



地球温暖化に関する世界的な取り組み

- 1992年 気候変動枠組条約
地球サミット(UNCED)で、採択
- 1997年 COP 3 (第3回気候変動枠組条約締約国会議) 京都
京都議定書 (KYOTO Protocol) が採択
→ 先進国に温室効果ガス排出削減目標を課す、
2012年までに日本は-6%の削減目標
- 2015年 COP 21 フランス・パリ
パリ協定 (Paris Agreement) → 196カ国が締結
- 2019年 COP 25 スペイン・マドリード
日本の石炭大量消費について
世界から非難が集中
- 2020年10月カーボンニュートラル宣言
菅首相所信表明演説



カーボンニュートラル

カーボンニュートラル：

ライフサイクルにおけるカーボン（二酸化炭素CO₂）の排出量を、ニュートラル（中立化）にすることを指す。

$$\left[\begin{array}{l} \text{地球上で生み出される} \\ \text{CO}_2\text{量} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{植物の光合成などによる} \\ \text{CO}_2\text{の吸収量} \end{array} \right]$$

排出を全体としてゼロにする。つまり、
実質的なCO₂排出量の「プラスマイナスゼロ」

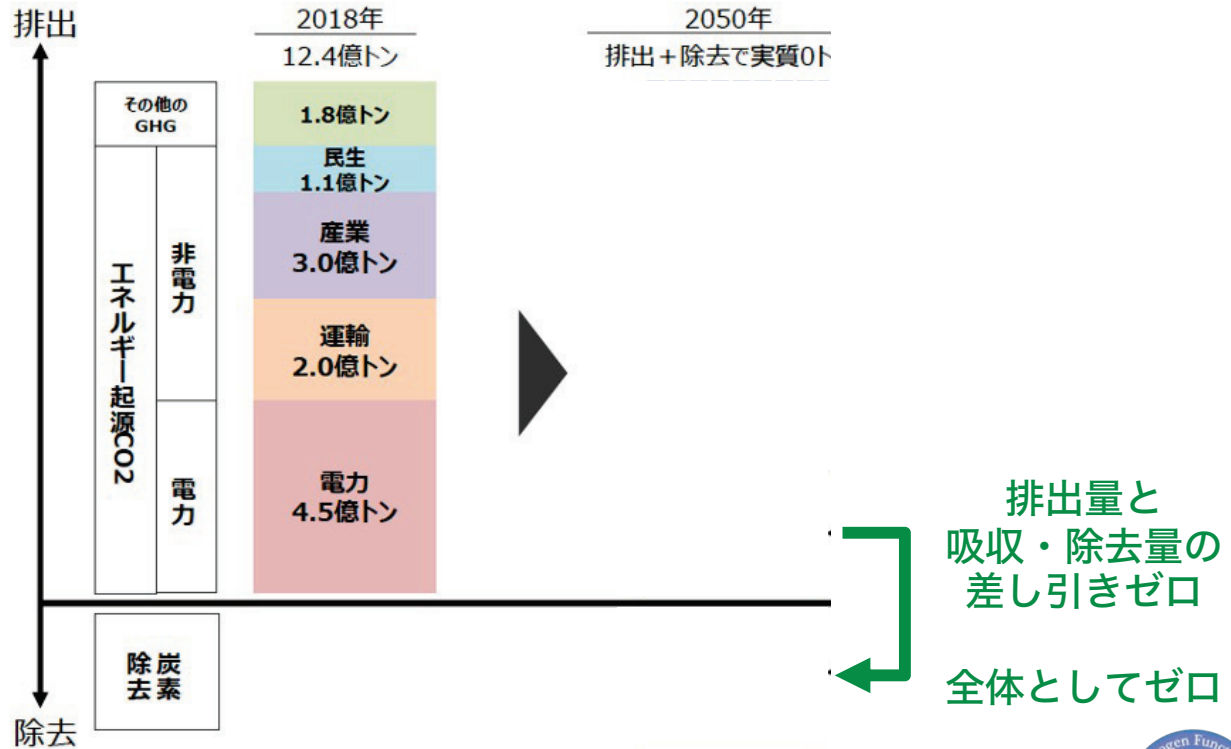
エネルギーの消費
生産・製造活動
畜産 など

植物による光合成→植林
CO₂回収・固定化
CO₂貯留→CCS

菅総理の所信表明演説 (2020/10)

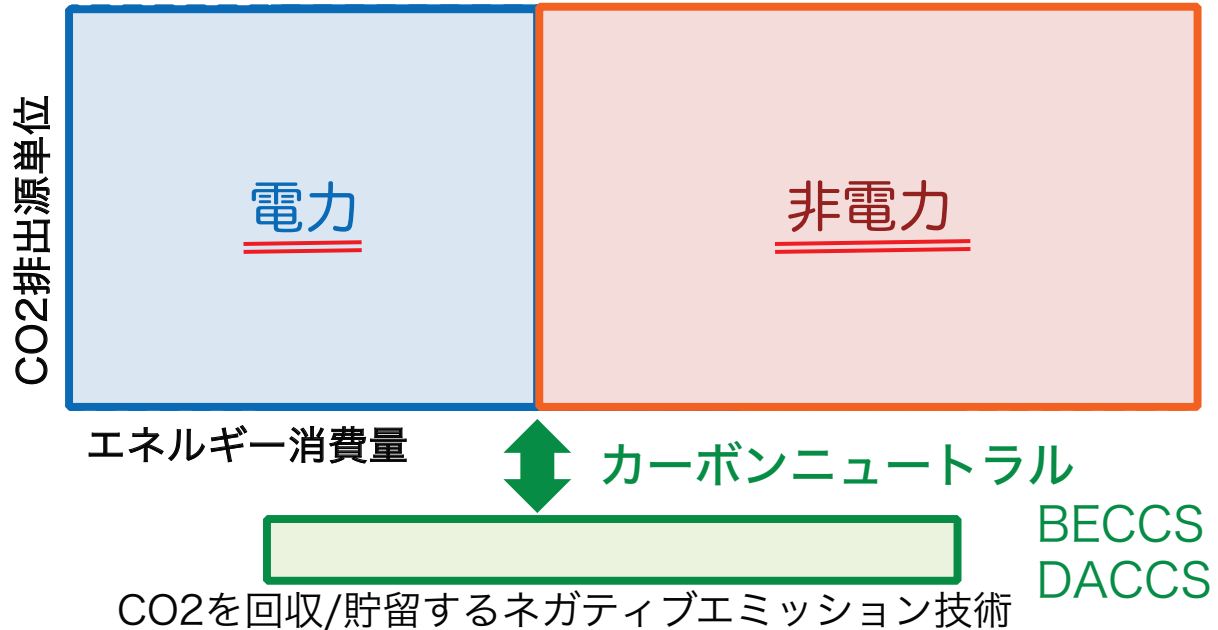
「我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします」

カーボンニュートラル



カーボンニュートラル

エネルギー起源のCO2排出削減のイメージ

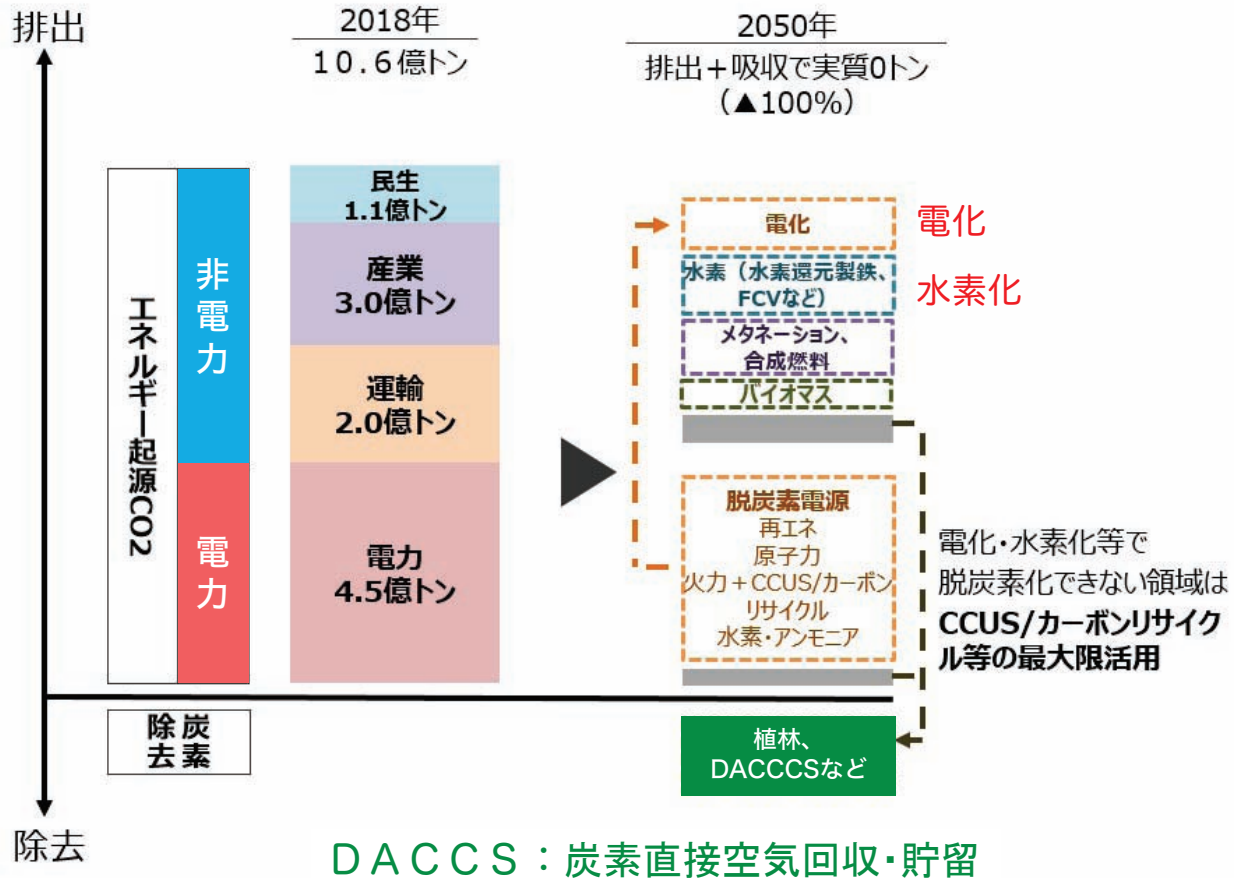


- ① 省エネルギー・エネルギー効率の向上
- ② CO2排出原単位の低減
- ③ 非電力部門の電化
- ④ ネガティブエミッション



- ⑤ CO2排出を全体としてゼロに

どのCO₂を減らすのか？



脱炭素技術（克服すべき主な課題）

電力部門	発電	再エネ	導入拡大に向け、系統制約の克服、コスト低減、周辺環境との調和が課題
		原子力	安全最優先の再稼働、安全性等に優れた炉の追求、継続した信頼回復が課題
		火力+CCUS/ カーボンリサイクル	CO2回収技術の確立、回収CO2の用途拡大、CCSの適地開発、コスト低減が課題
		水素発電	水素専焼火力の技術開発、水素インフラの整備が課題
		アンモニア発電	アンモニア混焼率の向上、アンモニア専焼火力の技術開発が課題
産業部門	熱・燃料	電化	産業用ヒートポンプ等電化設備のコスト低減、技術者の確保、より広い温度帯への対応が課題
		バイオマス活用 (主に紙・板紙業)	黒液/パルプ製造工程で発生する廃液、廃材のボイラ燃料利用の普及拡大に向け、燃料コストの低減が課題
		水素化 (メタネーション)	水素のボイラ燃料利用、水素バーナー技術の普及拡大に向け、設備のコスト低減、技術者の確保、水素インフラの整備が課題 メタネーション設備の大型化のための技術開発が課題
		アンモニア化	火炎温度の高温化のためのアンモニアバーナー等の技術開発が課題
	製造プロセス (鉄鋼・セメント・コンクリート・化学製品)	鉄: 水素還元製鉄	水素による還元を実現するために、水素による吸熱反応の克服、安価・大量の水素供給が課題
		セメント・コンクリート: CO2吸収型コンクリート	製造工程で生じるCO2のセメント原料活用(石灰石代替)の要素技術開発が課題。 防錆性能を持つCO2吸収型コンクリート(骨材としてCO2を利用)の開発・用途拡大、 スケールアップによるコスト低減。
化学品: 人工光合成		変換効率を高める光触媒等の研究開発、大規模化によるコスト低減が課題	

脱炭素技術（克服すべき主な課題）

民生部門	発電	電化	エコキュート、IHコンロやオール電化住宅、ZEH,ZEB等を更に普及させるため、設備コスト低減が課題
		水素化	水素燃料電池の導入拡大に向けて、設備コスト低減、水素インフラの整備が課題
		メタネーション	メタネーション設備の大型化のための技術開発が課題
運輸部門	燃料 (乗用車・トラック・バスなど)	EV	導入拡大に向け、車種の拡充、設備コストの低減、充電インフラの整備、充電時間の削減、次世代蓄電池の技術確立が課題
		FCV	導入拡大に向け、車種の拡充、設備コストの低減、水素インフラの整備が課題
		合成燃料 (e-fuel)	大量生産、コスト削減を実現する燃料製造方法等の技術開発が課題
	燃料 (船・航空機・鉄道)	バイオジェット燃料/ 合成燃料(e-fuel)	大量生産、コスト削減を実現する燃料製造方法等の技術開発が課題
		水素化	燃料電池船、燃料電池電車の製造技術の確立、インフラ整備が課題
		燃料アンモニア	燃料アンモニア船の製造技術の確立
炭素除去	DACCS、BECCS、植林		DACCS:エネルギー消費量、コスト低減が課題 BECCS:バイオマスの量的制約の克服が課題 ※CCSの適地開発、コスト低減は双方共通の課題

DACCS: Direct Air Carbon Capture and Storage
BECCS: Bio-energy with Carbon Capture and Storage

のエリアは技術的なイノベーションが必要なもの



カーボンニュートラルに2050目標達成 に期待されるイノベーション（例）

- CCUS（二酸化炭素回収・利用・貯留）
- メタネーション
- 水素還元製鉄

など

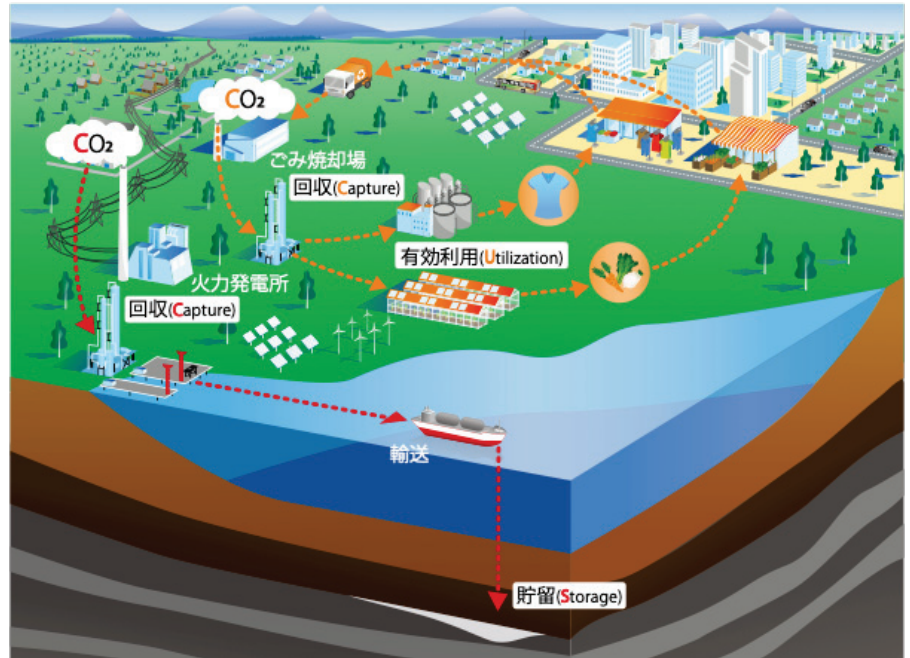


CCUS

Carbon dioxide Capture, Utilization or Storage

二酸化炭素の回収・有効利用・貯留の略語で、火力発電所や工場などからの排気ガスに含まれる CO₂を分離・回収し、資源として作物生産や化学製品の製造に有効利用する、または地下の安定した地層の中に貯留する技術

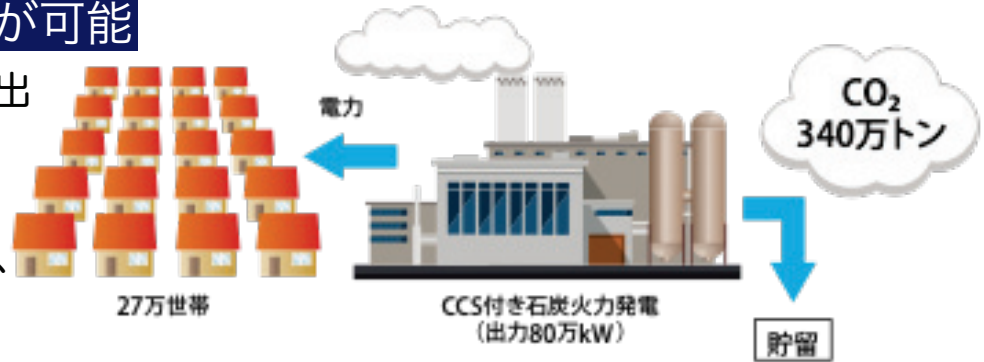
単に、CCUとも



CCUSの意義

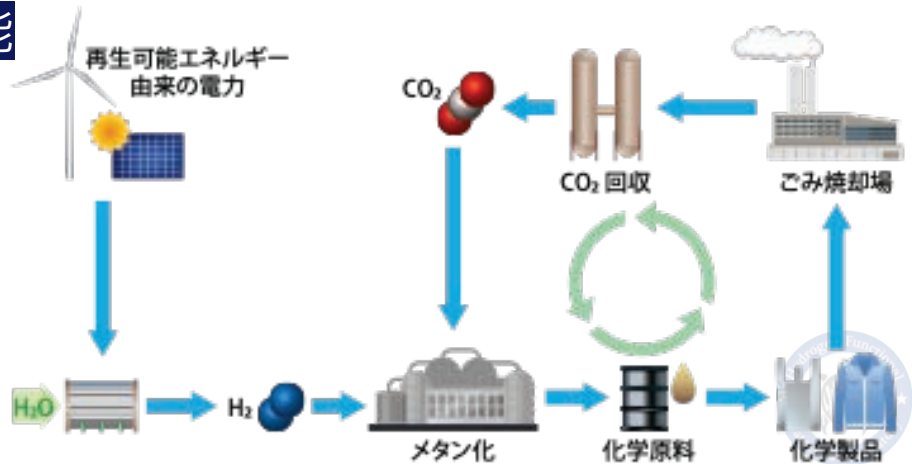
CO₂の大幅な削減が可能

- CO₂の大気中への放出を大幅に削減
- 火力発電のほか、製鉄、セメント生産、ごみ焼却などに導入可能



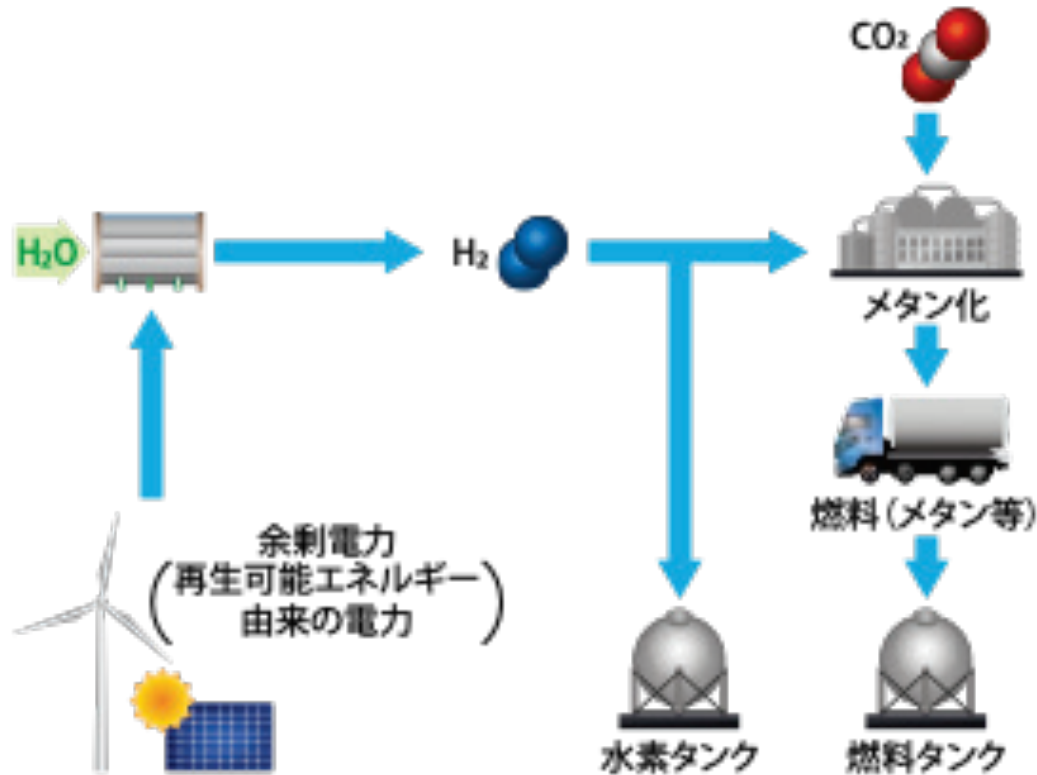
炭素の循環利用が可能

- 化石燃料に頼らない工業生産
- メタネーション (再エネ由来水素とCO₂)
- ごみ焼却 & CCU
→炭素の循環利用



CCUSの意義

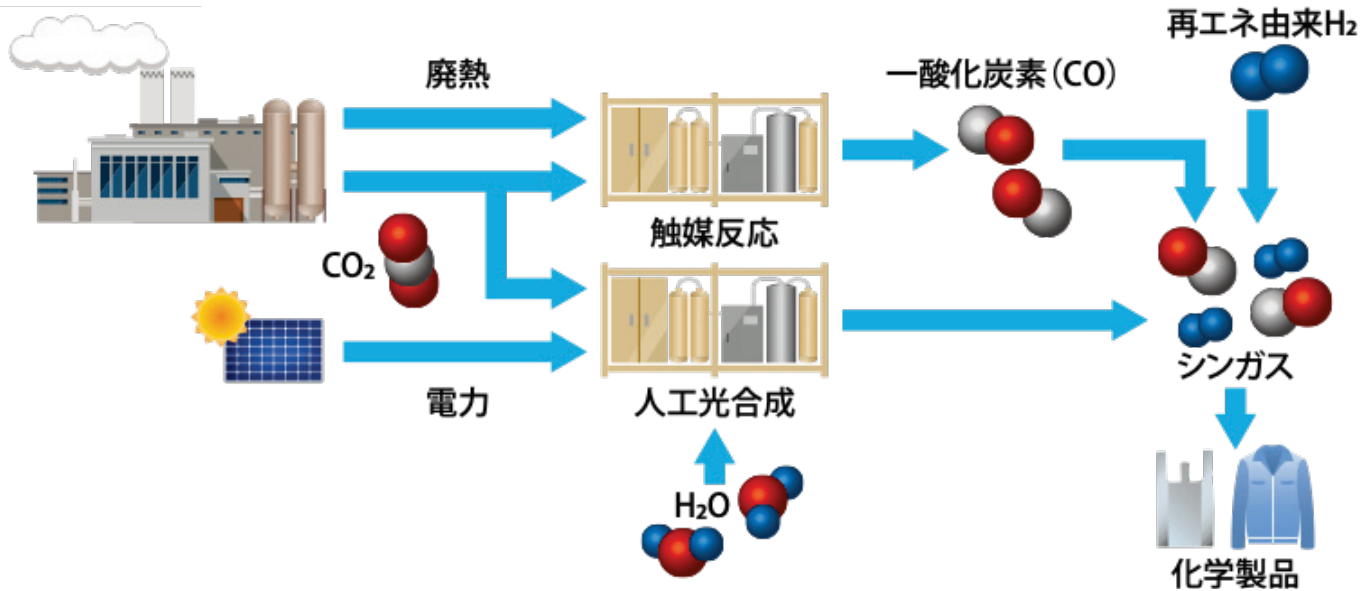
再生可能エネルギー普及加速 (余剰電力の貯蔵が可能)



CCUSに必要な技術

有効利用 (Utilization)

(変換利用の例)



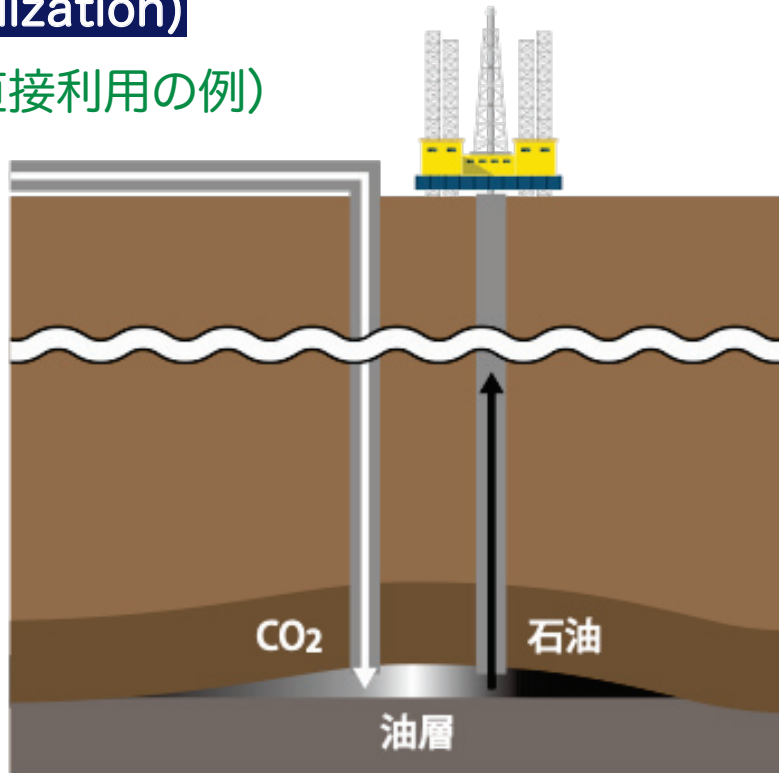
化学製品や燃料の原料となるシンガス (CO+H₂)の精算



CCUSに必要な技術

有効利用 (Utilization)

(直接利用の例)

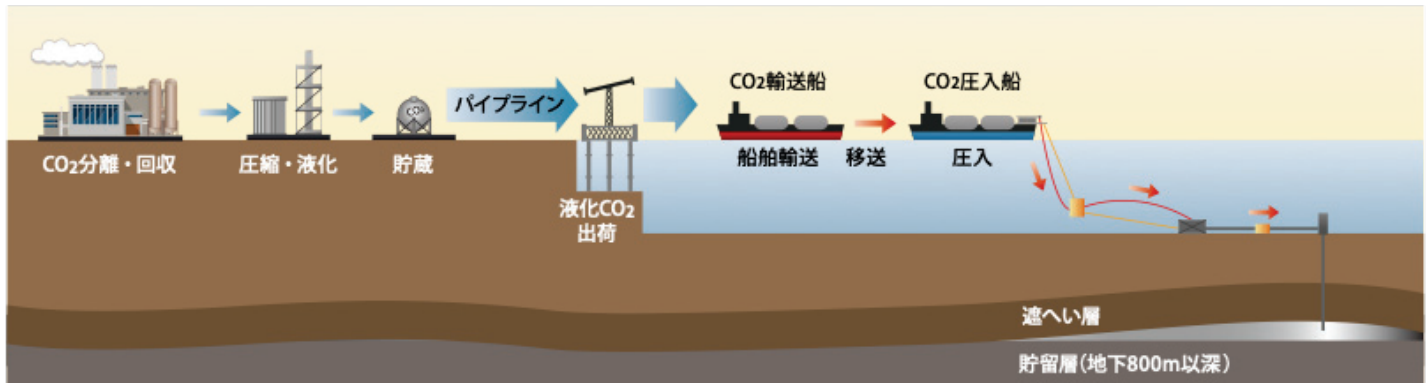


EOR (石油増進回収) Enhanced Oil Recovery



CCUSに必要な技術

貯留 (Storage)



海底下へのCO₂貯留

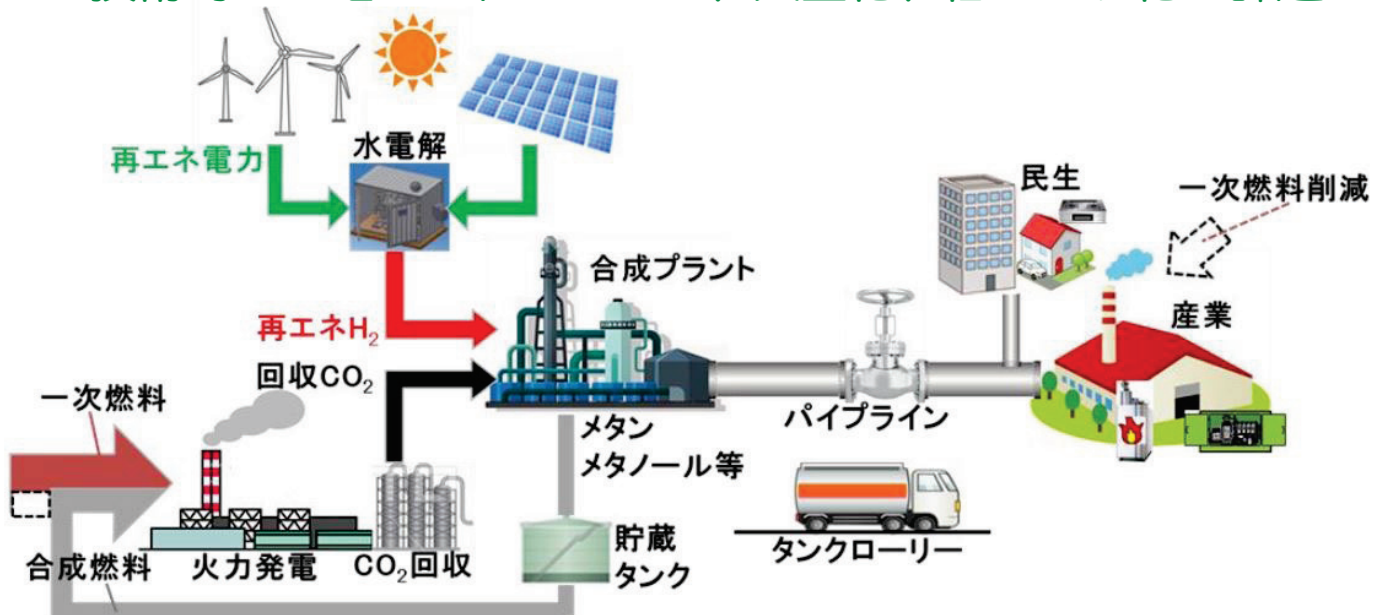
この貯留技術だけを指す、**CCS**もつかわれる。

(**C**arbon dioxide **C**apture and **S**torage : 二酸化炭素貯留)



メタネーション

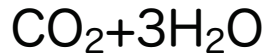
- 水素 H_2 と CO_2 からメタン CH_4 を合成（サバティエ反応）
- 水素利用の一形態
- CO_2 フリー水素で作られるカーボンニュートラルメタン
→ 「供給側の脱炭素化」
- 技術的には確立されているが、大型化、低コスト化に課題



SOEC共電解 (新たなメタネーション)

- 水とCOからメタンを生成する技術 (水素の供給が不要)。
- サバティエ反応よりも理論総合効率が高い。
- 原理検証開始段階 → 解決すべき技術課題が多い。

共電解技術を使ったメタネーション



→ (共に電解して $\text{CO} + 3\text{H}_2 + 2\text{O}_2$)

→ $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{O}_2$

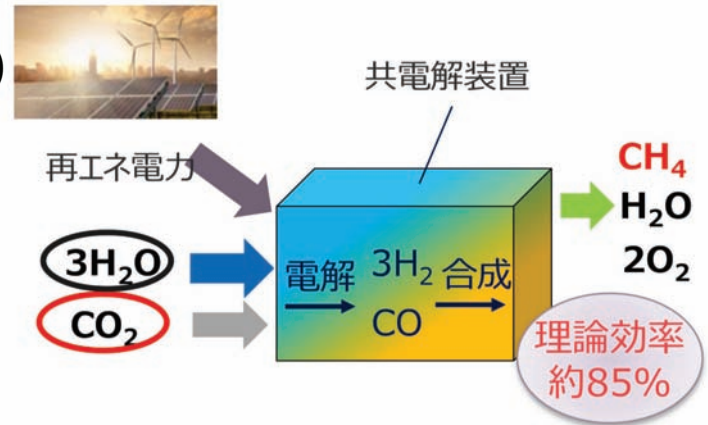
《反応順序》

① 共電解

- CO_2 の電気分解でCOを作る
- H_2O の電気分解で H_2 を作る

② メタン合成

- COと H_2 を反応させて、 CH_4 を作る。

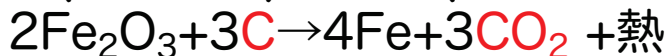


水素還元製鉄

- 炭素(木炭や石炭)を鉄鉱石の還元を用いる技術は古来より不変の製鉄のあり方
- 炭素の代わりに水素を用いる
- 水素による還元反応は吸熱反応 (高炉が冷えてしまう)であるため、連続的に還元するのに必要な熱をどう補填するか?

高炉反応 (鉄鉱石の還元反応)

炭素(コークス)の利用 (発熱反応→自発的に反応が進行)



鉄鉱石 コークス

水素の利用 (吸熱反応→過熱が必要)

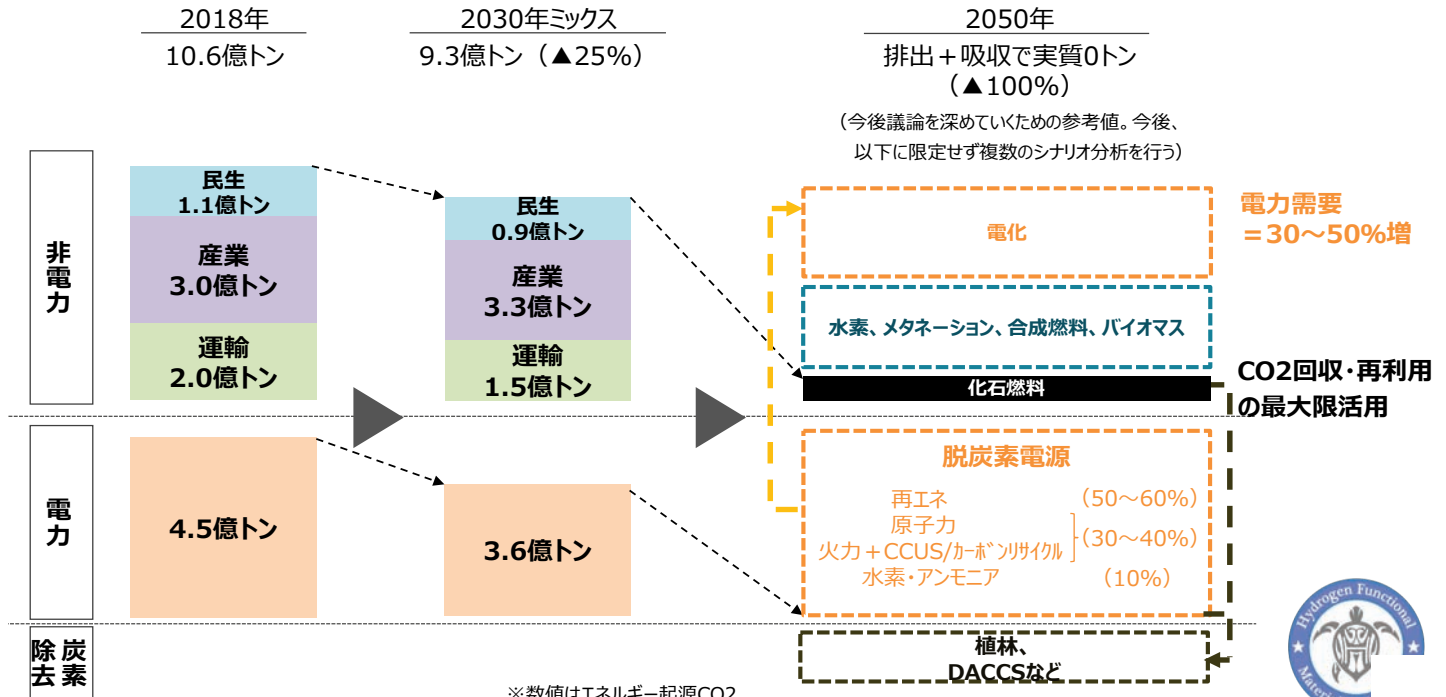


※欧州を拠点とするアルセロール・ミタル社も、一定の前提条件付きで、製造コストは+50%~+80%と試算しつつ、水素還元製鉄等により、2050年までにカーボンニュートラル実現の野心を掲げている。



カーボンニュートラルに向けた実現案

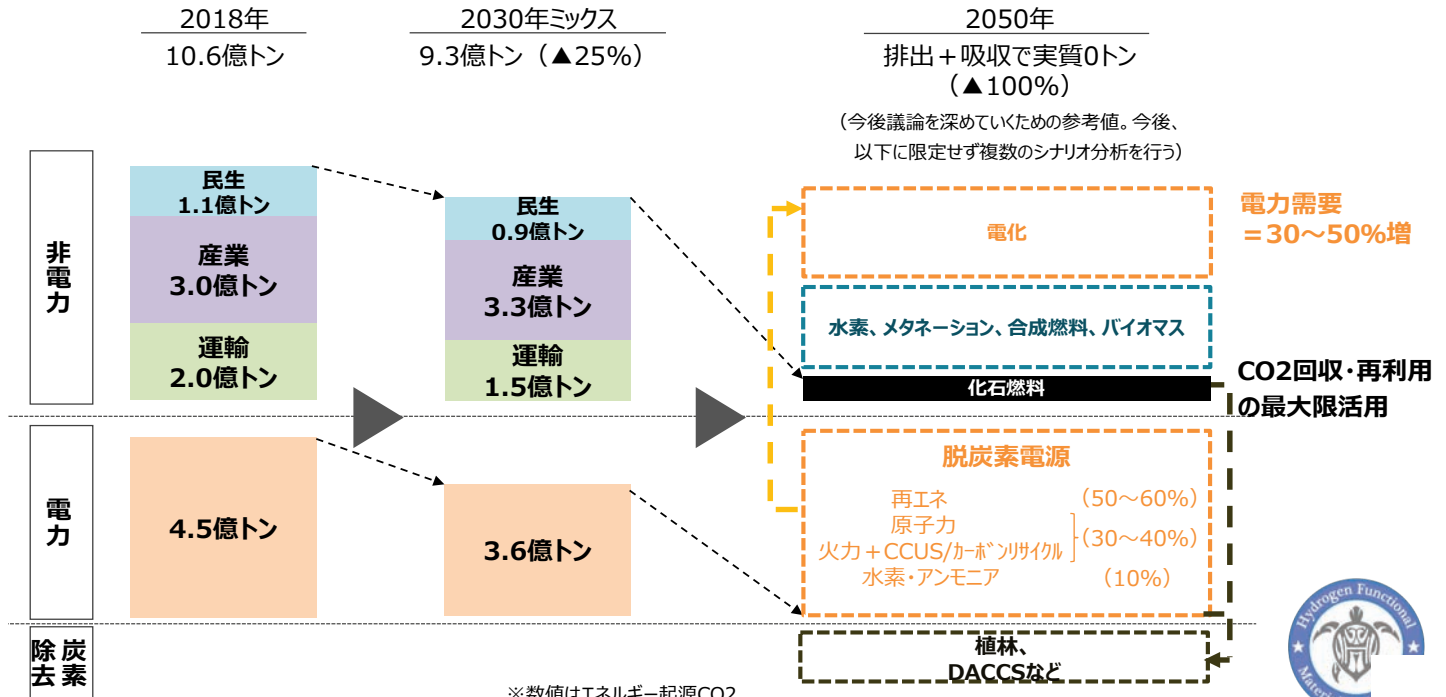
2050年の発電数値 再生可能エネルギー : 50-60%
 原子力とCCS付火力 : 30-40%
 水素+アンモニア : 10%



カーボンニュートラルに向けた実現案

エネルギー産業以外の産業

移動体の電化：ハイブリッド車(HV)、電気自動車 (EV)



カーボンニュートラルに向けた実現案

電化が難しい産業 水素技術の導入など

(例) 鉄鋼産業 → 水素還元製鉄

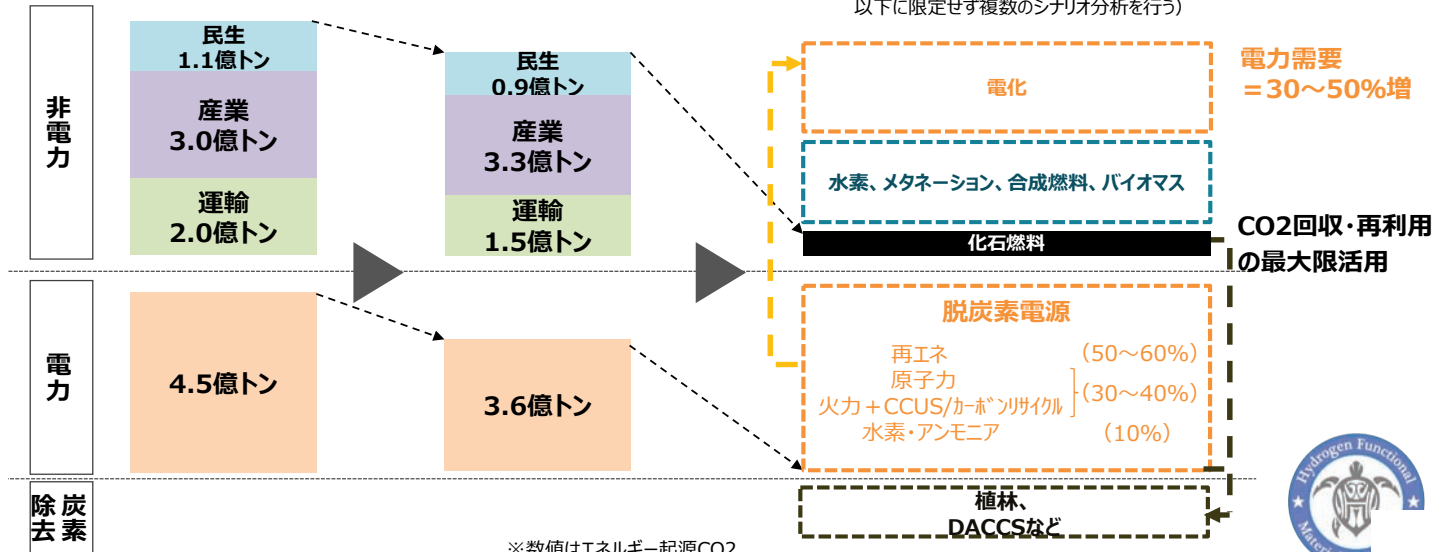
長距離貨物輸送船舶 → 水素燃料

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)



※数値はエネルギー起源CO2



環境調和材料工学に 対する社会的要求



環境調和材料とエネルギーの高效率利用

機能的な材料

酸素イオン伝導体
リチウムイオン伝導体
磁石材料
圧電体

用途デバイス

燃料電池
二次電池
モータ
アクチュエータ

エネルギー変換

水素 → 電力
化学エネ → 電力
電磁力 → 動力
起電力 → 変位

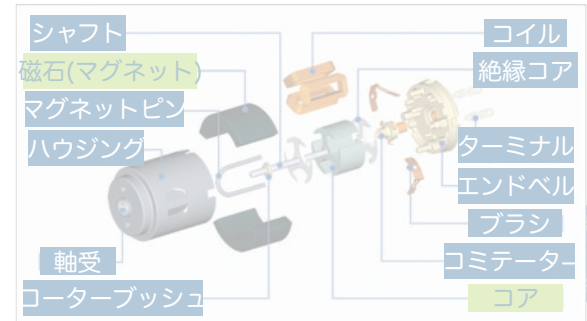
エネルギー貯蔵・変換材料

発電機など機械構造をもったエネルギー変換器と比較して、
直接に、目的のエネルギーに変換できる。

機械駆動による摩擦がない。
(エネルギーロスが少ない)



エネルギー変換効率が良い。



環境調和材料工学における 社会的要求と技術課題

エネルギー問題に対する

社会的要求

技術課題

低炭素社会

- ・ 軽量・安心・安全な移動体設計技術
- ・ 高効率発電・送電技術
- ・ 高耐久・高効率再生可能エネルギー技術
- ・ CO2ガス低発生・分離・回収技術

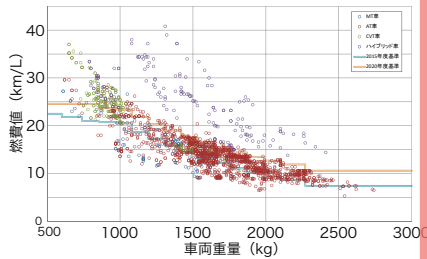
省エネルギー社会 ・ エネルギーの高効率利用技術

省資源・資源循環 ・ 省資源・元素回収技術、新資源開発技術

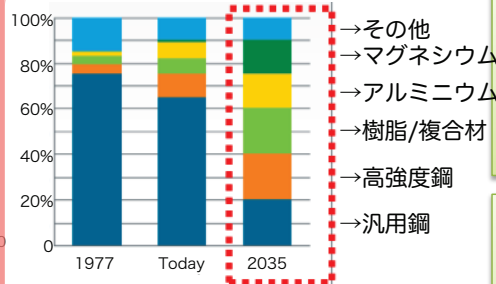
安心・安全な
原子力システム

- ・ 事故処理・廃炉・劣化診断・
- ・ 遠隔モニタリング技術

移動体技術における材料工学の技術的課題



車両重量と燃費の関係
(国土交通省)



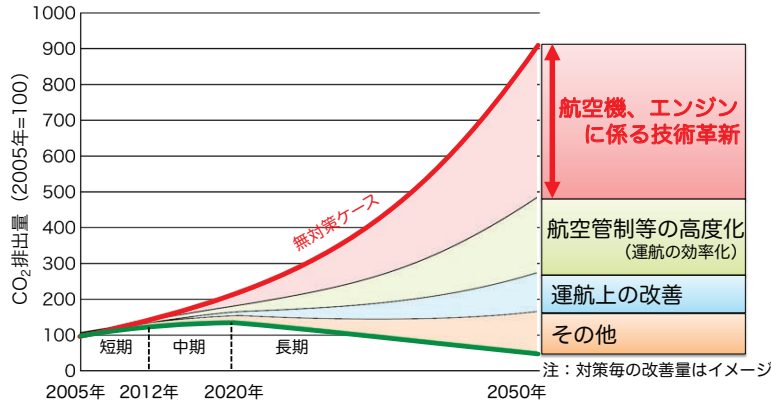
軽量材料の利用
(米国DOE)

自動車の軽量化

- ◆ 軽量・高強度材料
- ◆ 異種接合技術
(高強度・耐熱)

脱ガソリン車:EV, FCV化

- ◆ 高性能二次電池材料
- ◆ 高性能燃料電池材料
- ◆ 耐水素脆化材



航空機分野でのCO2削減(ICAO)

航空機の低燃費化

- ◆ 軽量・高強度材料
- ◆ 易加工材
- ◆ 異種接合技術

航空機エンジンの熱効率向上

- ◆ 耐熱合金
- ◆ 高靱性セラミックス
- ◆ 耐熱皮膜

高効率発電・送電技術における材料工学の技術的課題

発電効率

65%

60%

55%

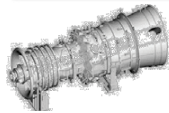
50%

45%

40%

次世代火力発電技術の高効率化、低炭素化の見通し

超高温ガスタービン複合発電



超高温(1700°C以上)ガスタービンを利用したLNG用の複合発電
発電効率: **57%**程度
CO2排出: **310g/kWh**程度
技術確立: **2020**年度頃目標

ガスタービン燃料電池複合発電(GTFC)



GTCCに燃料電池を組み合わせたトリプルコンバインドサイクル方式の発電
発電効率: **63%**程度
CO2排出: **280g/kWh**程度
技術確立: **2025**年度頃目標

LNG火力

石炭火力

1700°C級GTCC

CO₂ 約1割減

CO₂ 約2割減

CO₂ 約3割減

石炭ガス化燃料電池複合発電(IGFC)



IGCCに燃料電池を組み込んだトリプルコンバインドサイクル方式の石炭火力
発電効率: **55%**程度
CO2排出: **590g/kWh**程度
技術確立: **2025**年度頃目標

ガスタービン複合発電 (GTCC)

ガスタービンと蒸気タービンによる複合発電。
発電効率: **52%**程度
CO2排出: **340g/kWh**

高温分空気利用ガスタービン(AHAT)

中小型基向けのシングルサイクルのLNG火力技術。高温分の空気の利用で、大型GTCC並の発電効率を達成。
発電効率: **51%**程度
CO2排出: **350g/kWh**
技術確立: **2017**年度頃目標

1700°C級IGCC

CO₂ 約2割減

石炭ガス化複合発電(IGCC)



石炭をガス化し、ガスタービンと蒸気タービンによるダブルサイクル方式を利用した石炭火力。
発電効率: **46~50%**程度
CO2排出: **650g/kWh**程度 (1700°C級)
技術確立: **2020**年度頃目標

高効率発電

- ◆ 超高温強度材料
- ◆ 超耐酸化性材料
- ◆ 接合技術・複合材料
- ◆ 蓄熱・断熱材

高効率送電

- ◆ 超伝導ケーブル
- ◆ 超伝導接合技術
- ◆ 低損失材料

技術確立: **2010**年度頃目標

総合資源エネルギー調査会資料(資源エネルギー庁)

現在

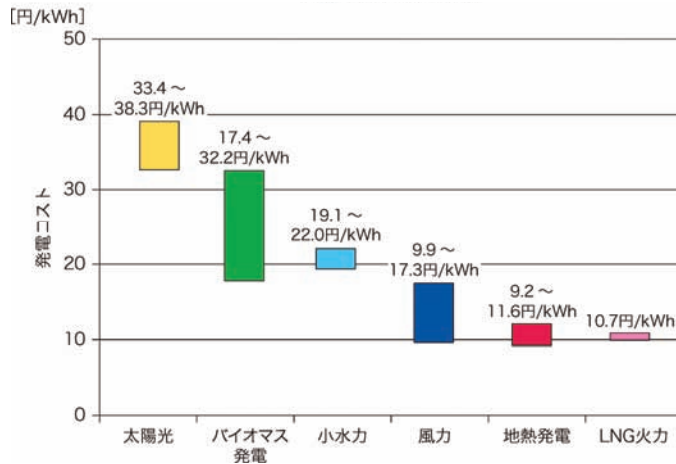
2020年度頃

2030年度

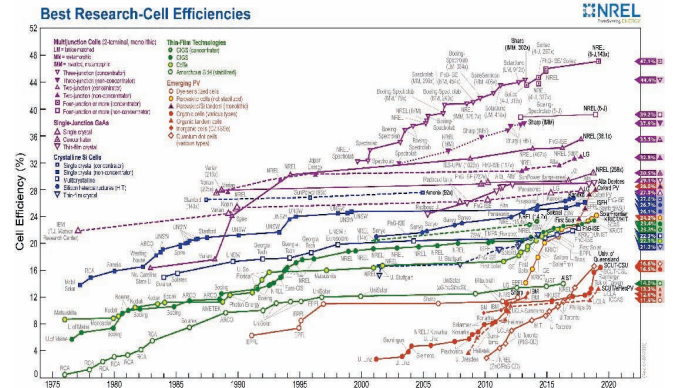
火力発電の高効率化



再生可能エネルギー技術における材料工学の技術的課題



再生可能エネルギーの発電コスト(NEDO)



太陽電池変換効率は<50%(NREL)

⇒ 飛躍的高効率電池材料の開発

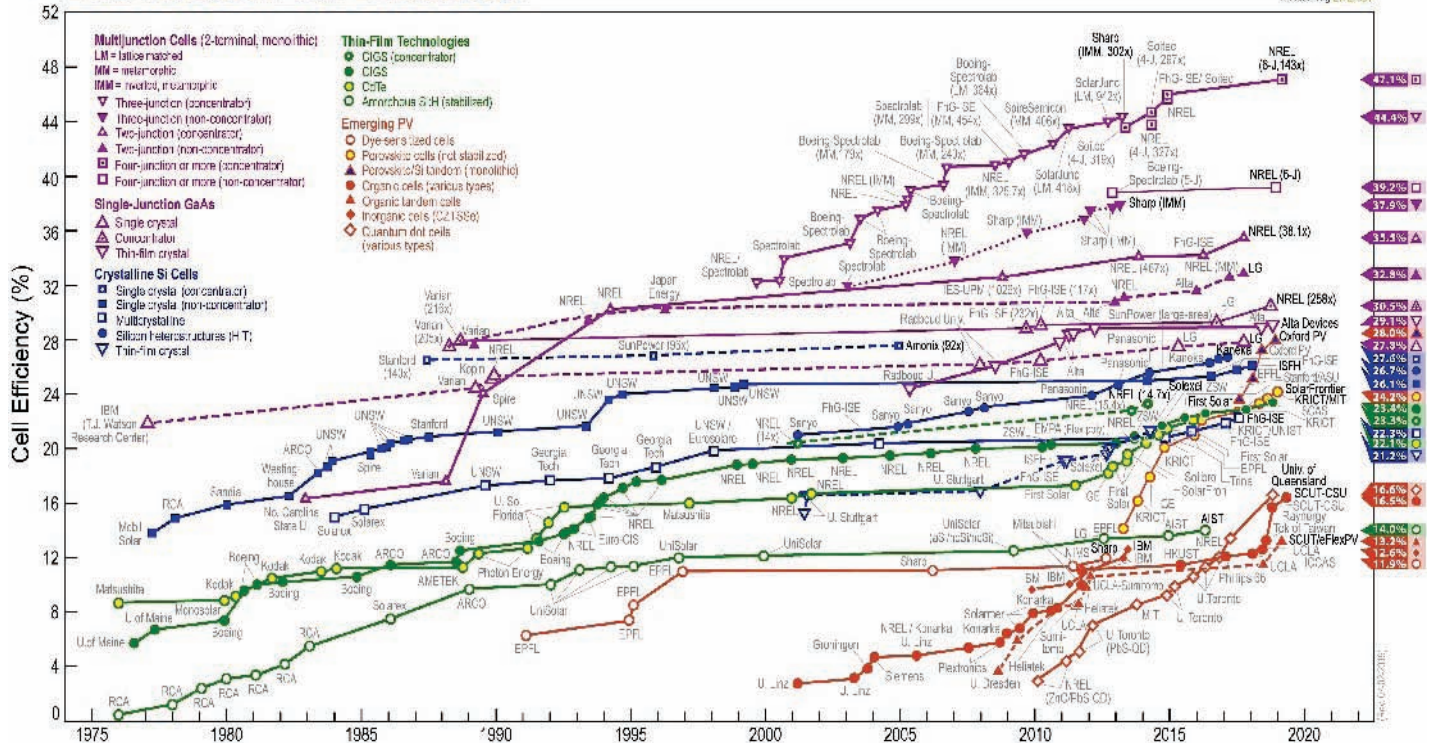
高耐久・高効率再生可能エネルギー技術

- ◆ 高効率太陽電池材料
- ◆ 高効率電力変換・送電材料
- ◆ 風車を大型化する高強度材料
- ◆ 高強度・高耐候性構造材料 (太陽光、風力、地熱など)
- ◆ 高効率機能材料 (発電モータ用高性能磁石など)
- ◆ 人工光合成材料
- ◆ 核融合炉材料
- ◆ 新規蓄熱材料



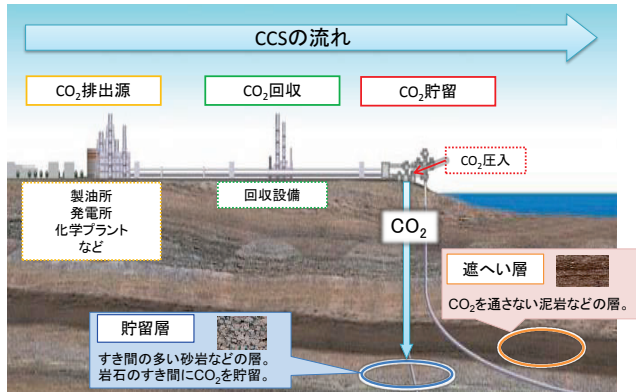
各種太陽電池の変換効率の推移

Best Research-Cell Efficiencies

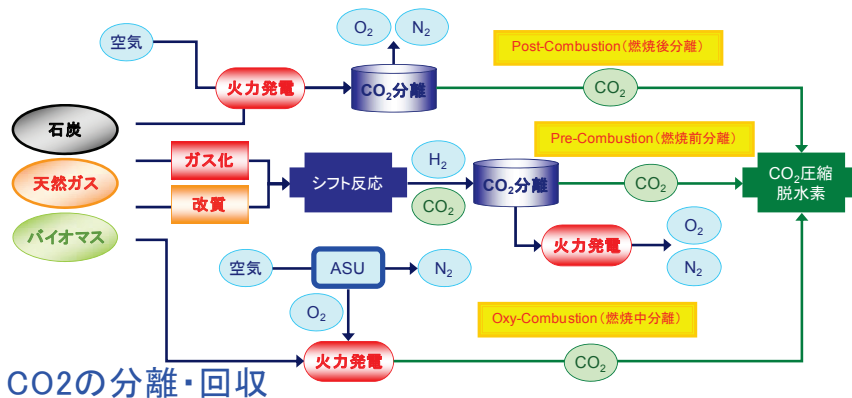


CO₂ガス低発生・分離・回収技術の技術課題

CCS (Carbon dioxide Capture and Storage; 二酸化炭素貯留) 技術



CO₂の分離・回収・輸送・貯蔵システム(経産省)



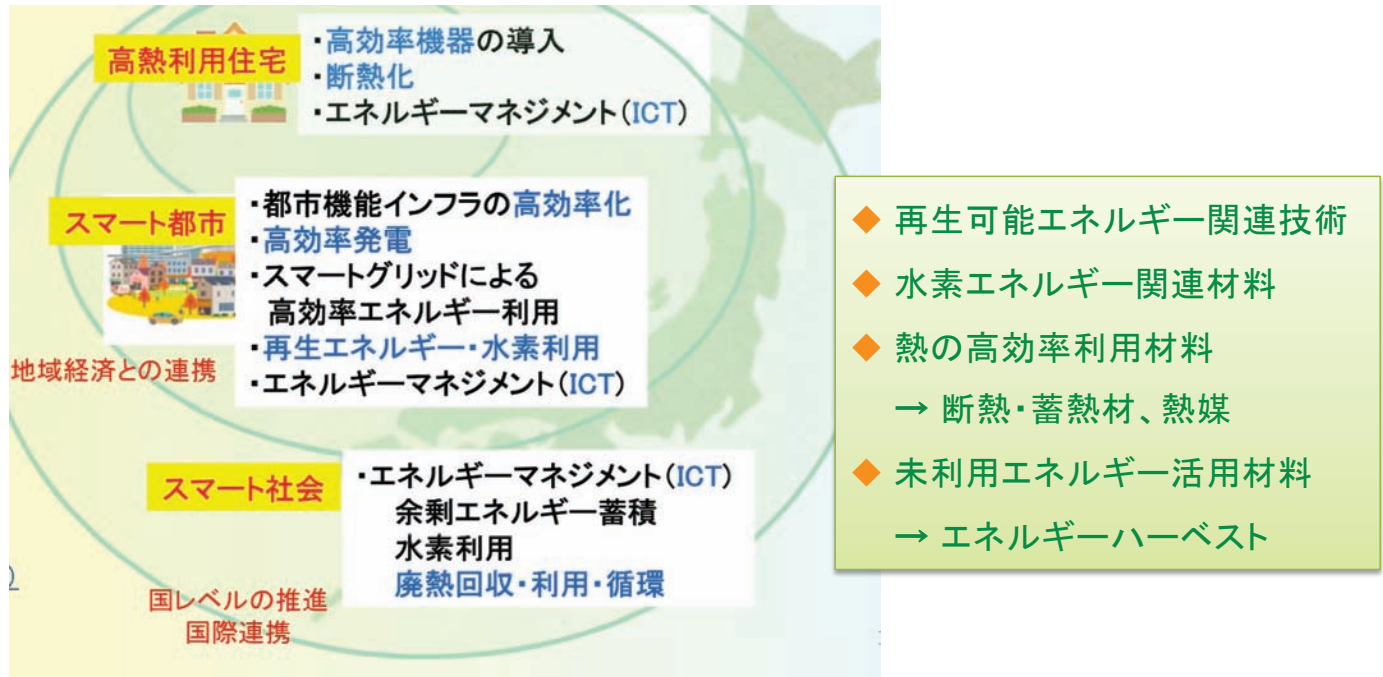
- ◆ CO₂の分離・回収・輸送・貯蔵技術の確立
- ◆ CO₂吸収剤、分離膜の高性能化、開発
- ◆ 貯留技術、貯留量、持続性、コストの評価

CO₂回収技術と材料開発要素

- ◆ 化学吸収法
 - CO₂分離回収エネルギーの小さい (比熱の小さい) 固体吸収剤
- ◆ 膜分離法
 - 高透過係数材料
- ◆ 物理吸着法
 - 高比表面積多孔質材



エネルギーの高効率利用における材料工学の技術的課題



エネルギーの効率利用推進の概念図

再生可能エネルギーと 水素エネルギー



一次エネルギー、二次エネルギー

一次エネルギー (primary energy)

石炭や石油、天然ガス、水力など、自然にあるままの形状で得られるエネルギー

枯渇性エネルギー (non-renewable energy)

- ・化石燃料 (fossil fuels) : 石炭、石油、天然ガス
- ・原子力 : ウラン

再生可能エネルギー (renewable energy)

- ・太陽エネルギー、太陽熱
- ・水力
- ・バイオマス
- ・潮汐力
- ・地熱 など

二次エネルギー (secondary energy)

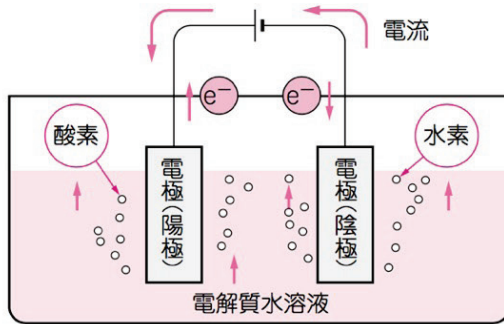
電気や都市ガスなどのように使いやすく加工されたエネルギー

ex) 電気、都市ガス、熱供給、石油製品、**水素**



水の電気分解と燃料電池

水の電気分解

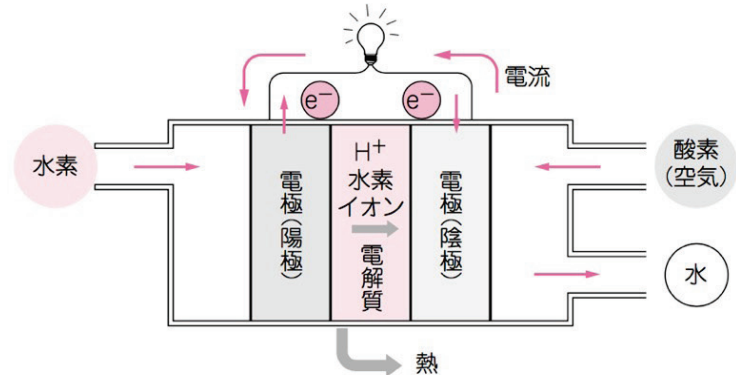


電気



水素

燃料電池 (Fuel Cell)



→ H₂O + 電気、熱エネルギー

水素



電気

水素と電力：相互に変換

再生可能エネルギーの貯蔵

再生可能エネルギーの種類

太陽エネルギー、風力、地熱、水力、バイオマス、海洋エネルギー、温度差エネルギー、大気熱など

再生可能エネルギーは一般に電力として得られる。

電力貯蔵の方法として

- ・揚水発電
- ・大規模電力貯蔵用電池（NaS電池など）

などあるが、水素は有力なエネルギー貯蔵媒体の候補

水素は気体（ガス）であるため、貯蔵・輸送に課題



再生可能（1次）エネルギーの貯蔵



再生可能エネルギー → 電力 → 消費

再生可能エネルギーは一般に
電力として得られる。



どの様に貯蔵するのか？

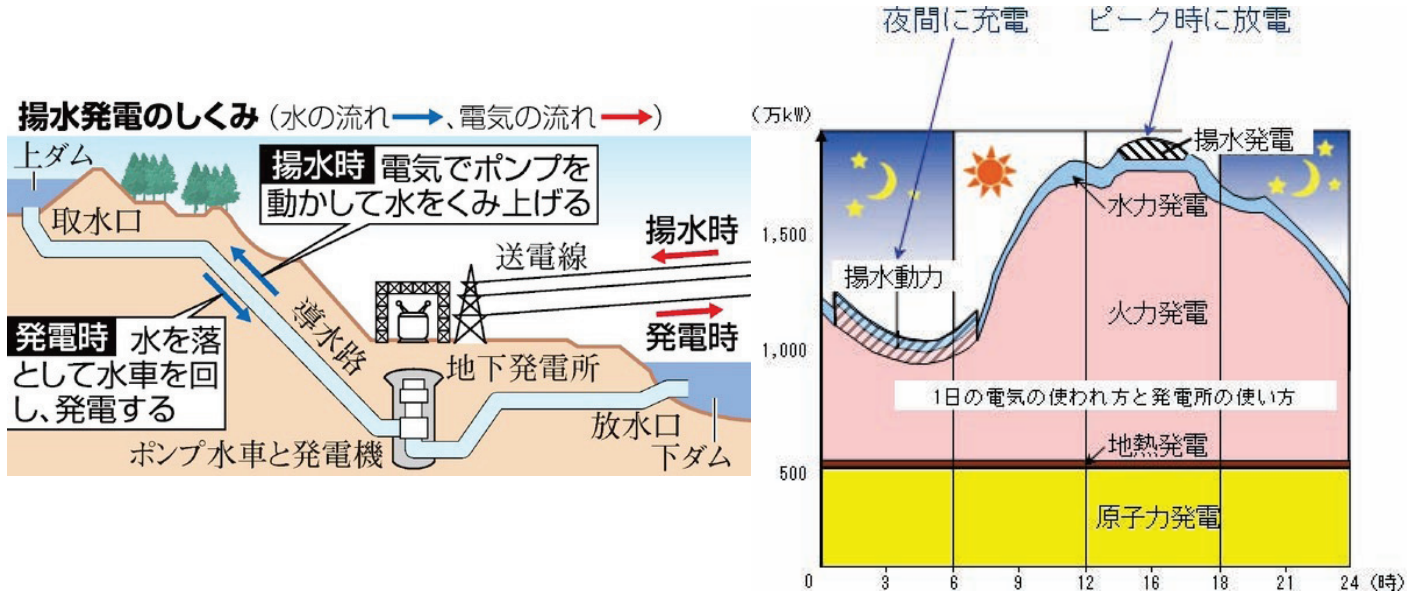
電力貯蔵の方法として

- ・ 揚水発電
- ・ 大規模電力貯蔵用電池（NaS電池など）

などあるが、**水素**は有力なエネルギー貯蔵媒体の候補
水素は電力と既存技術によって相互に変換できる唯一の燃料

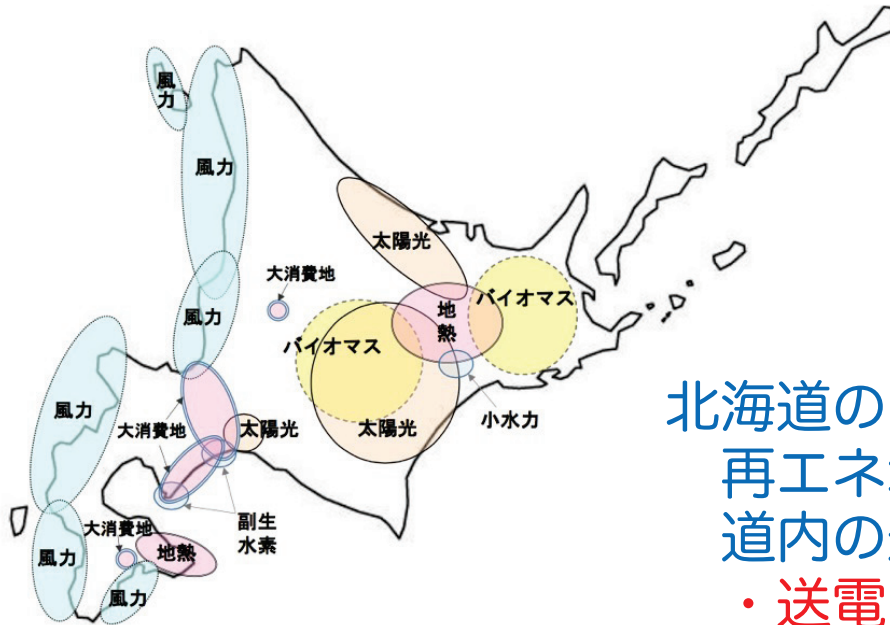


揚水発電



揚水・発電の1サイクルで約30%のエネルギーロス

再生可能エネルギーとエネルギー消費地



北海道の問題点：

再エネ地と消費地の距離
道内の送電系統が弱い

- ・送電ロス
- ・大電力を輸送できない

✓ 再生可能エネルギーで作られた電力を送電することが難しい場合、ほかのエネルギー輸送方法が必要。



再生可能エネルギーの輸送・貯蔵問題

再生可能エネルギー発電地と大消費地は離れている。

輸送問題 → 送電ロスや送電システムの制約があり、電力の大量・長距離輸送は難しい。

再生可能エネルギーは、ほぼ定常的に発電する。

貯蔵問題 → 電力は消費の平滑化するのは難しく、貯蔵するのは難しい。

再生可能エネルギーで得た電力を

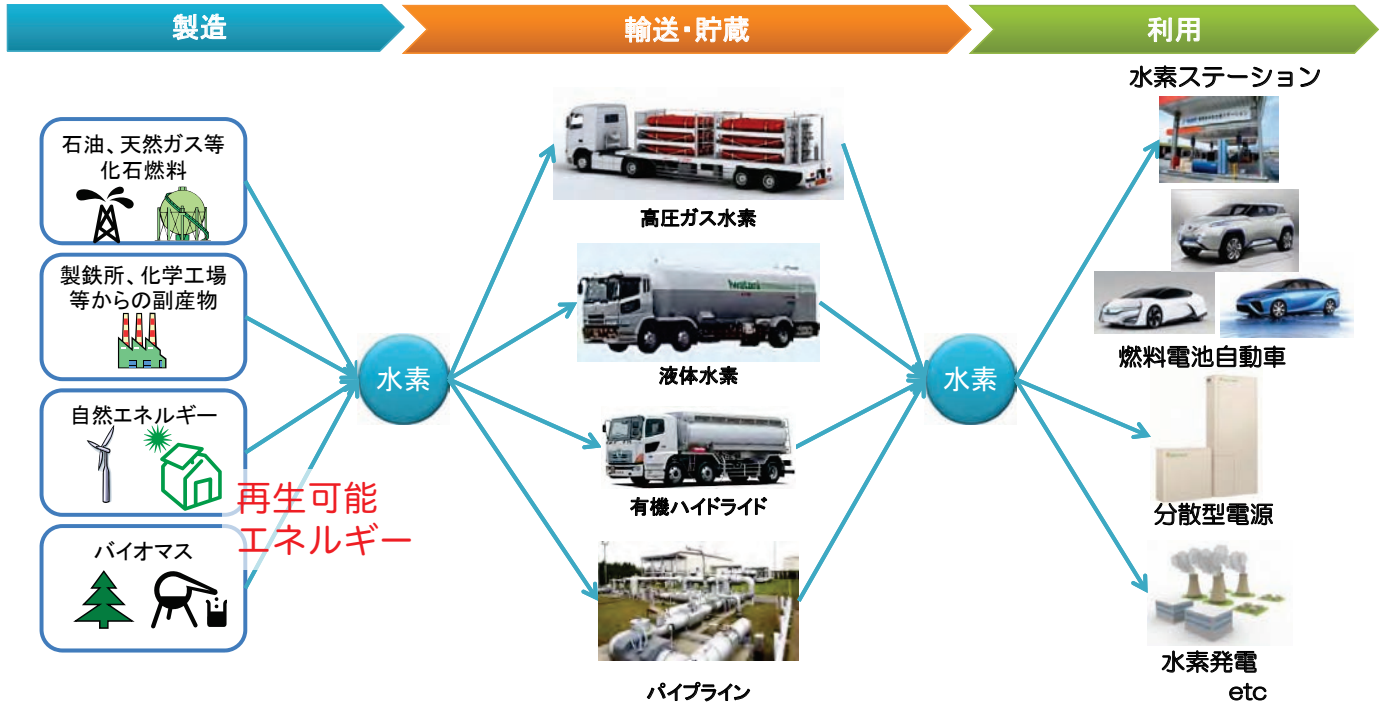
- ◆ 大量に持ち運びでき、
- ◆ 長期間保存しても目減りしない状態に保存できないか？



再生可能エネルギーを水素で、輸送・貯蔵

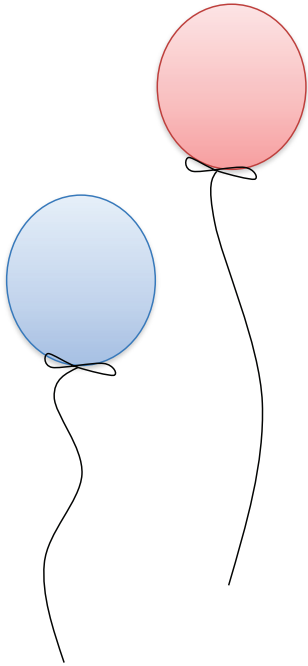


水素サプライチェーン (Hydrogen Energy Supply Chain)



水素の性質

水素 H₂



分子量 2.016 (空気より軽い 29)

融点 -259.1°C (14.1 K)

沸点 -252.9°C (20.3 K)

可燃性

燃焼範囲(空气中) 4~75%(体積)

(CH₄: 5~15%、C₃H₈: 2.1~9.5%、C₂H₂: 2.5~100%)

着火エネルギー 0.2mJ

発熱量 (LHV) <軽いがかさばる燃料>

1kg → 121 MJ (ガソリン 44 MJ)

1m³ → 8.6 GJ (ガソリン 29.8 GJ)

(液体水素)

金属材料への作用

鉄鋼等に溶解・拡散して脆化を引き起こす。

種々の金属と反応して水素化物を生成



ガソリンよりも拡散性が高い



2001 DOE report (University of Miami)

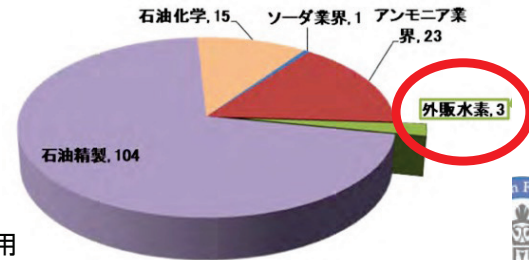


水素の工業的価値

我が国の生産量： 約170億Nm³（約150万トン）
その内の約1%が市販、残りは工業原料として消費

水素の用途の大半は石油精製、化学品合成（メタノール、アンモニア）などの工業原料

市販水素は、半導体産業、金属工業、溶接・溶断、食品産業（マーガリン製造など）などに利用

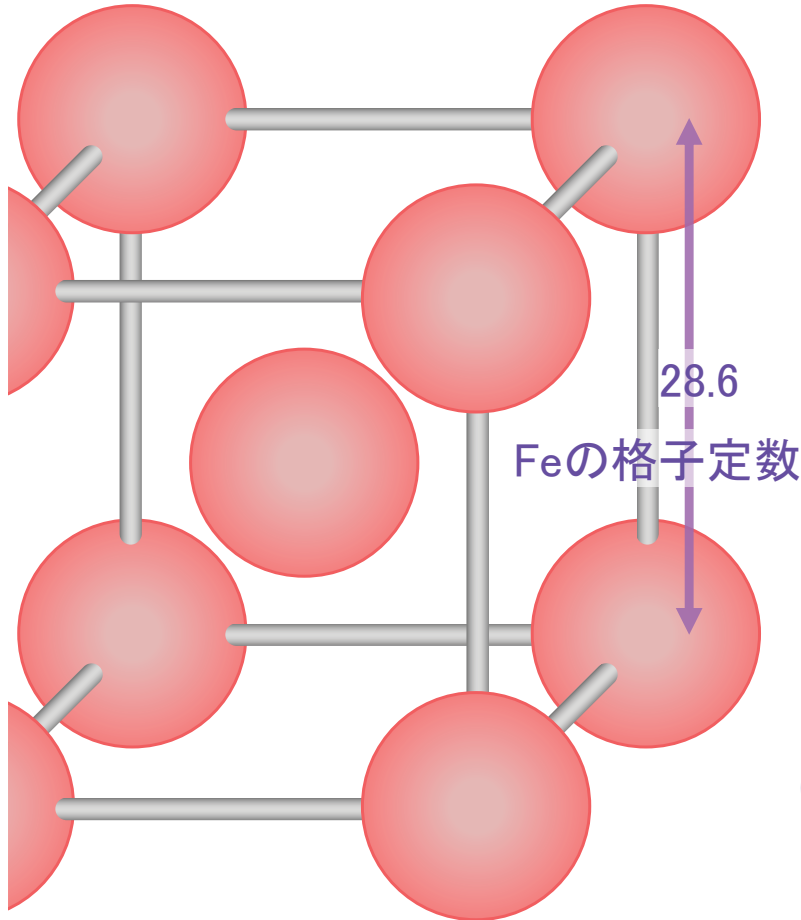


資源エネルギー庁資料(2015)国内における工業用水素利用
各種資料により日本エネルギー経済研究所推計

単位：億Nm³/年



水素の大きさ



数字の単位はpm($=10^{-12}\text{m}$)

●
 10^{-4}

H⁺の半径
(水素イオン)

●
5.3

HのBohr半径
(水素原子)

●
14.6

H⁻のイオン半径
(水素化物イオン)



金属材料と水素（水素脆化）

1) 内部可逆水素脆化 (IRE)

- ・製鉄、精錬、溶接などにおける環境中の水素固溶
- ・遅れ破壊などの原因

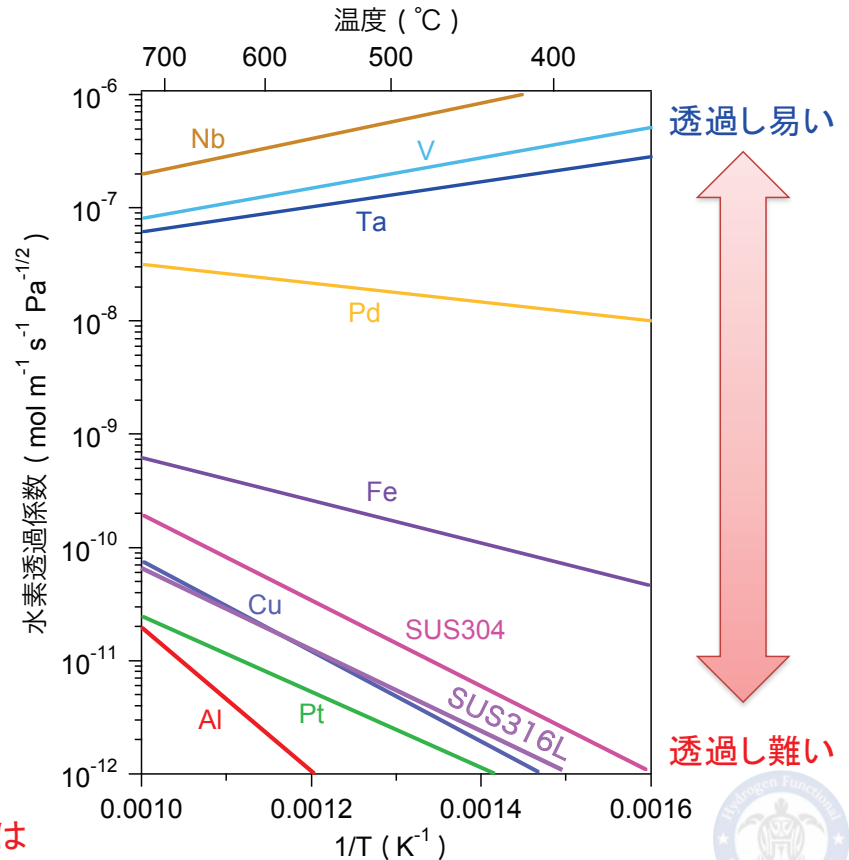
2) 水素環境脆化 (HEE)

- ・水素ガス環境下での応力
- ・変形により水素吸収・固溶
- ・オーステナイト系SUS(特にJJ1)や6000系Al合金などは影響小

3) 水素反応脆化 (HRE)

- ・高温による水素脆化
- ・銅中の脱酸、鉄鋼中の脱炭
- ・(水素吸蔵合金の微粉化)

アルミニウム (Al) の水素透過度は著しく小さい。



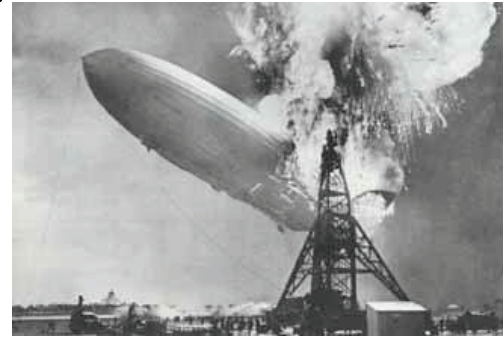
水素の性質を利用して安全利用

利用したい特徴

- 重量当たりのエネルギーが大きい
- 炭素を含まない
- 水素は軽量で拡散しやすい

解決すべき課題

- かさばる
- 無臭
- 金属中を拡散する？
- 安全な運用
- 安全性の正確な理解



飛行船ヒンデンブルグ号の炎上事故
1937.5.6

ヒンデンブルグ号の事故は、静電気火花が飛行船の塗料に引火したのが原因
(水素ガスでなく**不燃性のヘリウム**を使っても**同じ事故は起きた**。)



水素エネルギー利活用の意義

- ✓ 水素の利活用を抜本的に拡大することで、**大幅な省エネルギー、エネルギーセキュリティの向上、環境負荷低減**に大きく貢献できる可能性がある。
- ✓ さらに、「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ことが期待**され」ており、「**“水素社会”の実現に向けた取組の加速**」が必要である。

【水素エネルギー利活用の意義】

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が可能

② エネルギーセキュリティ

水素は、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り、地政学的リスクの低い地域からの調達や再生可能エネルギー活用によるエネルギー自給率向上につながる可能性

③ 環境負荷低減

水素は利用段階でCO₂を排出しない。さらに、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を活用することで、トータルでのCO₂フリー化が可能 → **カーボンニュートラル**



水素エネルギー社会導入の意義



水素社会導入のために

水素を安全に、

つくる、

ためる、

つかう

技術を確立・普及することが重要



将来の技術者、開発者、研究者に重要な
政治・世界情勢のニュースで良く見かける
エネルギー、環境問題に関する略語



将来の技術者、開発者、研究者に重要な
政治・世界情勢のニュースで良く見かける
エネルギー、環境問題に関する略語

IEA: International Energy Agency
国際エネルギー機関

OECD（経済協力開発機構：加盟34カ国）のうち、29の加盟国が、その国民に信頼できる、安価でクリーンなエネルギーを提供する為の諮問機関。4Eを目標に掲げる。

”**World Energy Outlook**”, 中・長期にわたるエネルギー市場の予測に関する、IEAが発行する報告書。

→ 政治経済の関係者、エネルギー関係のみならず、製造業の技術者、理工学の研究者が参考にする、重要報告書。

4E: Energy Security (エネルギー安全保障の確保),
Economic Development (経済成長),
Environmental Awareness (環境保護),
Engagement Worldwide (世界的なエンゲージメント)



将来の技術者、開発者、研究者に重要な 政治・世界情勢のニュースで良く見かける エネルギー、環境問題に関する略語

DOE: United States Department of Energy アメリカ合衆国エネルギー省

アメリカ合衆国のエネルギー保障と核安全保障を担当する官庁である。その役割は核兵器の製造と管理、原子力技術の開発、エネルギー源（再生可能エネルギー含む）の安定確保、及びこれらに関連した先端技術の開発と多岐にわたる。

(代表的な内部組織)

- 国家核安全保障局
- エネルギー・環境担当
- エネルギー情報局
- 連邦エネルギー規制委員会
- 科学部

原子力規制委員会は、
エネルギー省から
独立した組織

アルゴンヌ研究所, エイムズ研究所, サンディア研究所,
フェルミ加速器研究所, ロスアラモス国立研究所, など



本日のまとめ

カーボンニュートラル：

ライフサイクルにおけるカーボン（二酸化炭素CO₂）の排出量を、ニュートラル（中立化）にすることを指す。

エネルギー起源のCO₂… 電 力 高効率化、省エネ
再エネなど脱炭素化
非電力 電化
非炭素エネの活用（水素など）

生産・産業起源のCO₂… 脱炭素プロセスの導入（水素還元製鉄など）

運輸起源のCO₂ … … … EV, HV, FCVなど電化車両
脱炭素燃料（水素、アンモニア）

CO₂の回収・利用・貯留

水素エネルギー：

再生可能エネルギーを有効に活用する二次エネルギー

