

近い未来のエネルギー

いま変わり行く未来の姿

中部大学大学院客員教授 田中基彦, Ph.D.

http://www1.m4.mediakat.ne.jp/Energy_of_mirai.pdf

はじめに

[目次へ](#)

私たちは豊かな地球上で、ネットの情報を受けとり、チャットを楽しみ、コンピュータにより決済を行う。海外へ仕事や旅行のため、飛行機にのって出かける。EV(電気)自動車、新しいFCV(水素)自動車が国道を走る21世紀である。

しかし、石油・天然ガスなどがなくなり、マーケットから姿を消してゆくのは今から50年(～100年)のことか？それは地下資源である石油、天然ガス、原子力エネルギーが有限資源のためである。石油文明が始まって2世紀目のことであるが、アメリカ、ロシア、アジア、ヨーロッパ、アフリカなど固有の問題ではない。

そのとき独裁者が力をもち統制経済を行う国、それと対照的に、理性により正しい道を選ぶところがある。実際には、未来エネルギーの道標がはっきり記されている。ここでは、近い未来の人たちがどう考え、対処すべきかをよく知り行動しよう。

近い未来のエネルギー

[目次へ](#)

人類の未来エネルギーである「風力, 太陽光, 水力発電」は「再生可能エネルギー」と言われる。これらを軸にして、

1. 未来エネルギーの形, 2. 人類活動のためのエネルギー,
3. 省エネルギーの移動手段, 4. 風力, 太陽発電どうしのリンク,
5. 鉄とレアメタル等の消費の問題。最後に結論を述べる。

<<総まとめ>>

未来エネルギー社会は、自然世界において十分に可能である。

1. 風力発電 -> 電磁誘導で電気に変換, 風力 -> 機械力の利用。
2. 太陽光発電は, 太陽電池により蓄電の上に利用する。
3. 水力発電。その他, バイオマスなどを活用する。

石油, 天然ガス, 原子力は有限。未来のエネルギーを選ぶ。



結論: [総合まとめ](#)にジャンプ

“近い未来のエネルギー社会の形” [目次]

はじめに

総合のまとめ

1. 未来のエネルギーの形

化石資源を越える「再生可能エネルギー」について

*石油はいつまで使えるのか?

2. 人類活動のためのエネルギー

風力, 太陽光, 水力, バイオマス

3. エネルギーの移動手段

水素自動車 OR 電気自動車, 電気鉄道

4. 風力と太陽発電: 2つの自然エネルギーで

5. 鉄とレアメタル等の消費の問題

◆ 近い未来のエネルギー: 100年後にむけて

いまから30年後のとき (いま 20歳 -> 50歳),
“化石燃料に終わりが近づいている...”

天然ガス, 原子力エネルギーが, 世界で消費が
拡大し続けると, その資源はあるのか?

資源寿命の試算

- 化石資源の消費量

“資源は2020年に減少に転じ, 2040年にかけて
石油, 天然ガス, 原子力などは急速に凋落する“

European Renewable Energy Council

- “石油 40年, 天然ガス 60年, 原子力 80年, 石炭 150年“
と言われている 資源エネルギー庁(日本政府) 2008年予測

「未来エネルギーの予想」(第1部)へ続く

現実の姿： 総エネルギー消費 (Mtoe, 1990-2020)

グローバルエネルギー統計イヤーブック 2021

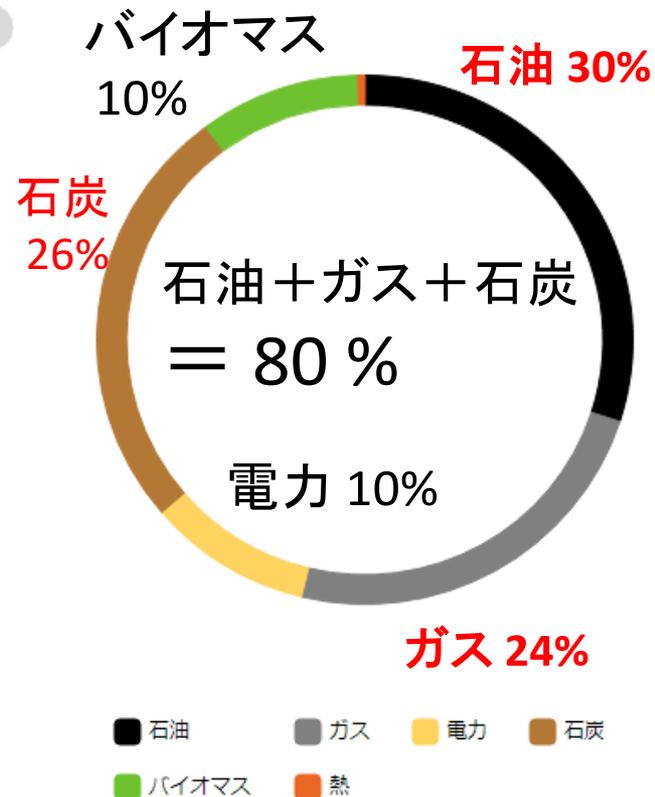
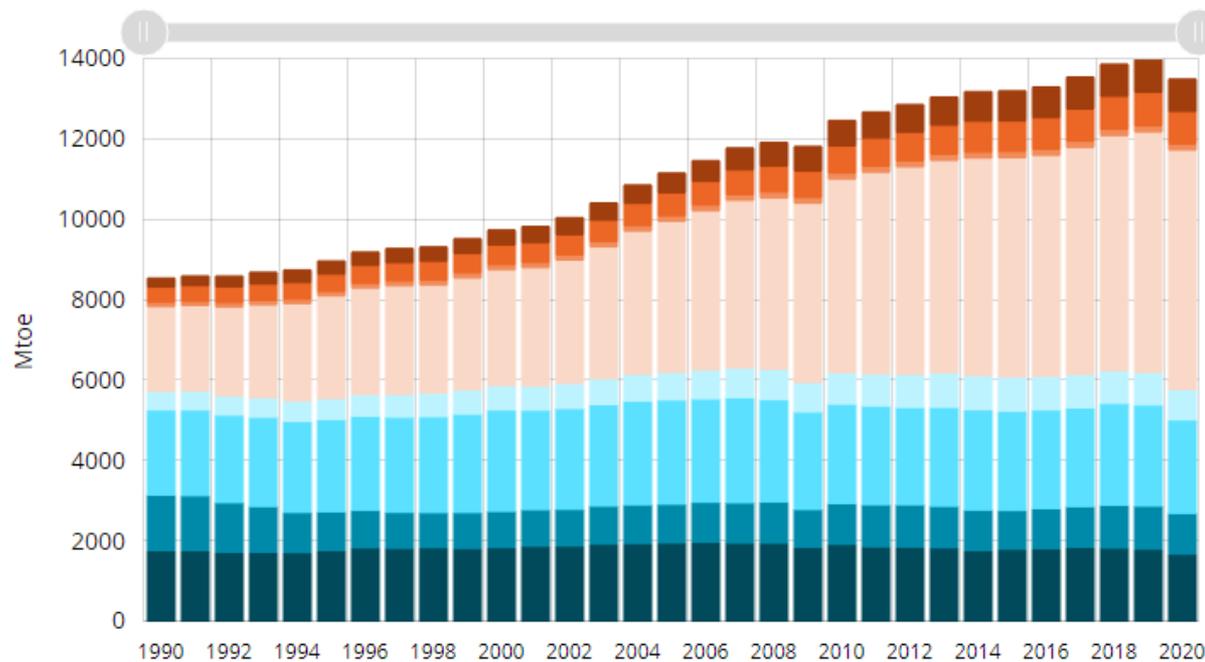
世界

2000年から2020年の伸び方 = 145 %

トレンド 1990 - 2020 - Mtoe

各国のベンチマーク評価

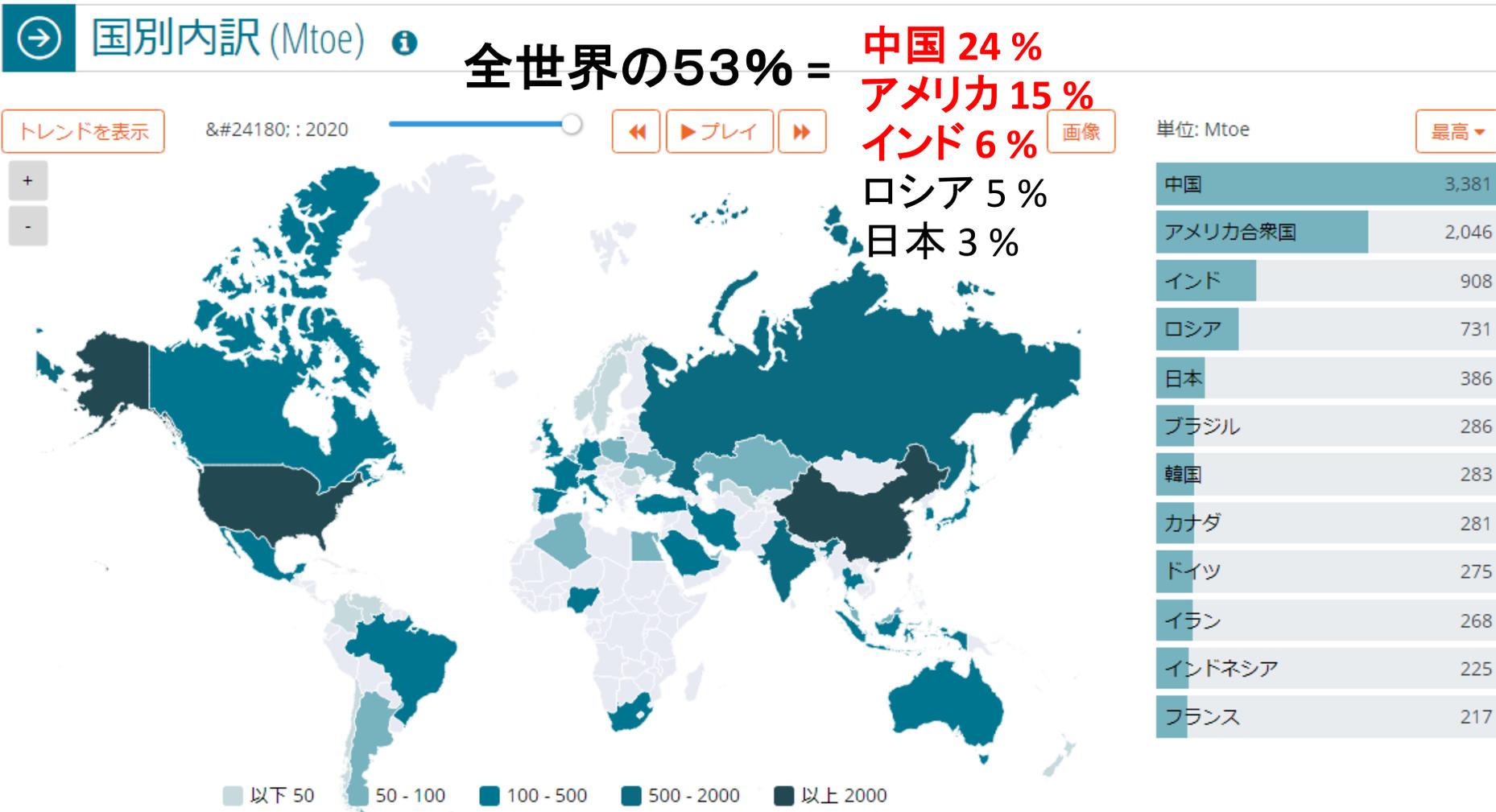
世界の貿易 (2020) - Mtoe



■ 欧州 ■ 独立国家共同体 (CIS) ■ 北アメリカ ■ ラテンアメリカ ■ アジア ■ 太平洋地域 ■ アフリカ ■ 中東

■ 石油 ■ ガス ■ 電力 ■ 石炭 ■ バイオマス ■ 熱

現実には: **総エネルギー消費** 2020年 (Mtoe, 年末)



ある特定の統計を表示するには、その国をクリックしてください！

グローバルエネルギー統計イヤーブック 2020

<https://yearbook.enerdata.jp/total-energy/world-consumption-statistics.html>

第1部

未来のエネルギーの形

◆ 新しい 未来のエネルギー

[目次へ](#)

地下資源(石油, 天然ガス, 原子力など)は僅かな時代が来る。
一方, 「再生可能エネルギー」を十分に持っている。

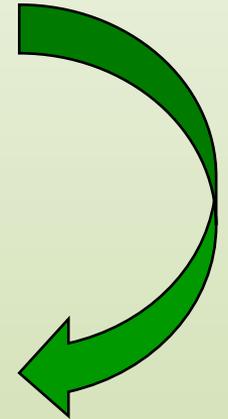
風力, 太陽光, 水力発電をもとに, 電気エネルギーを使う

○ Si(シリコン)の太陽電池セルで発電

○ 電気自動車(風力, 太陽光で)

○ 電気鉄道, 帆船

○ インターネットにより, ネットワークを生かした社会
自転車など体を使う運動(発想の転換が必要!)

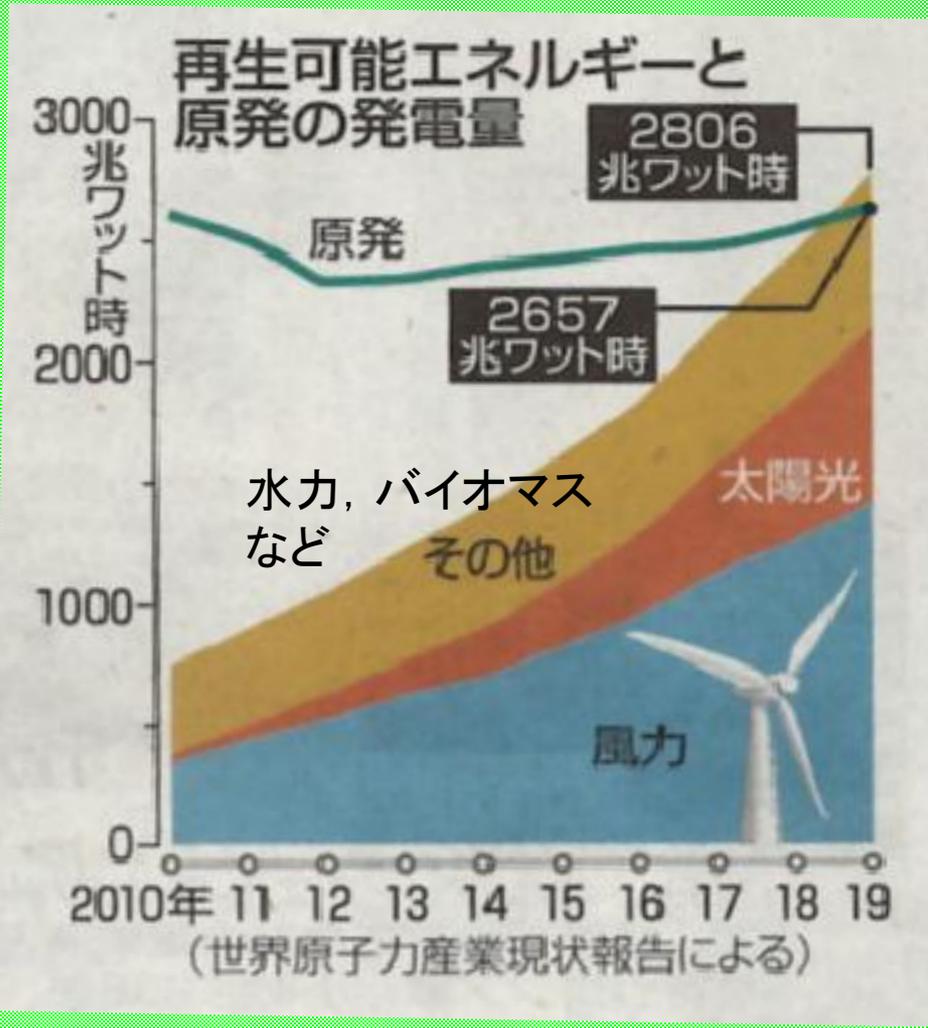


しかし, 地球温暖化を防ぐため, 気をつけて使うべきもの

△ 鉄鋼業(石炭…) → 多い消費による浪費を小さくすべき

× 化学産業・石油薬品 → 節約する(替えがない!)

再生可能エネルギーの発電量 (2019)



世界の総発電量(2019)で、
再生可能エネルギーが
原子力発電量と肩を並べる

再生可能エネルギー (2019)

風力発電	1410	第1位
太陽発電	740	第2位
水力, バイオマス	650	第3位

◆ 化学工業：地球の賜物

「高分子(化学)」は20世紀に飛躍的に発展して、
石油は、あらゆる応用化学を可能にする

自然のゴム (World War-1 で) は枯渇 -> 合成ラバーの発明
プラスチック, タイヤ, 品質改良剤, バイオ, 医薬品,
< 石油の産物である!

石油製品は無くても済まぬもの
今のところ他の代替品が見当たらない(20世紀から)

原料を温存すべき(燃やすのはNG)!!

「自然世界の高分子」(Grosberg & Khokholov著)
田中基彦, 鶴田昌之 監訳, 吉岡書店(2016)

◆ 石油は将来も存在するのか？

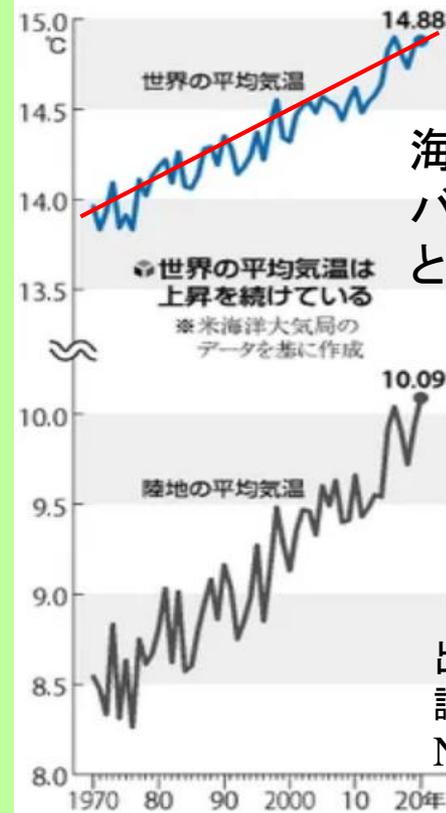
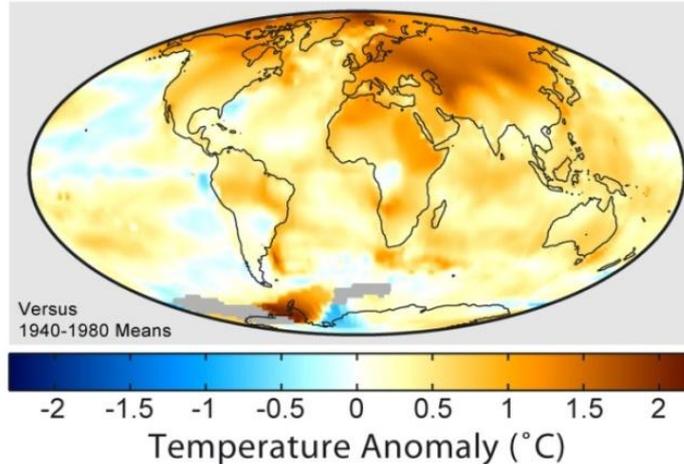
Pros 良いところ

- 石油の寿命は伸びる傾向にはある
新しい油田の発見(石油抽出法が進化)

Cons 悪いところ

- × 化石燃料(石油, 石炭, 天然ガス)は量が有限である。
- × 地球温暖化が世界中で加速している。
産業革命以来, 温暖化が続く →
(11年周期で変動して増加, データが示す)
- × 地球温暖化を加速するメタンハイドレート CO₂より約20倍の温暖化効果。
(化石燃料で海底に。分離してメタンCH₄)

1999-2008 Mean Temperatures



海は+1度
バッファー
となって

陸地では
+1.5度

出典
読売新聞
NOAA, USA

世界のメタン収支 2008-2017年

<http://www.nies.go.jp/whatsnew/20200806/20200806.html>

→ **人工**と**自然**のバランスによる

◆ **メタン総量は10年間で1割以上増えている**

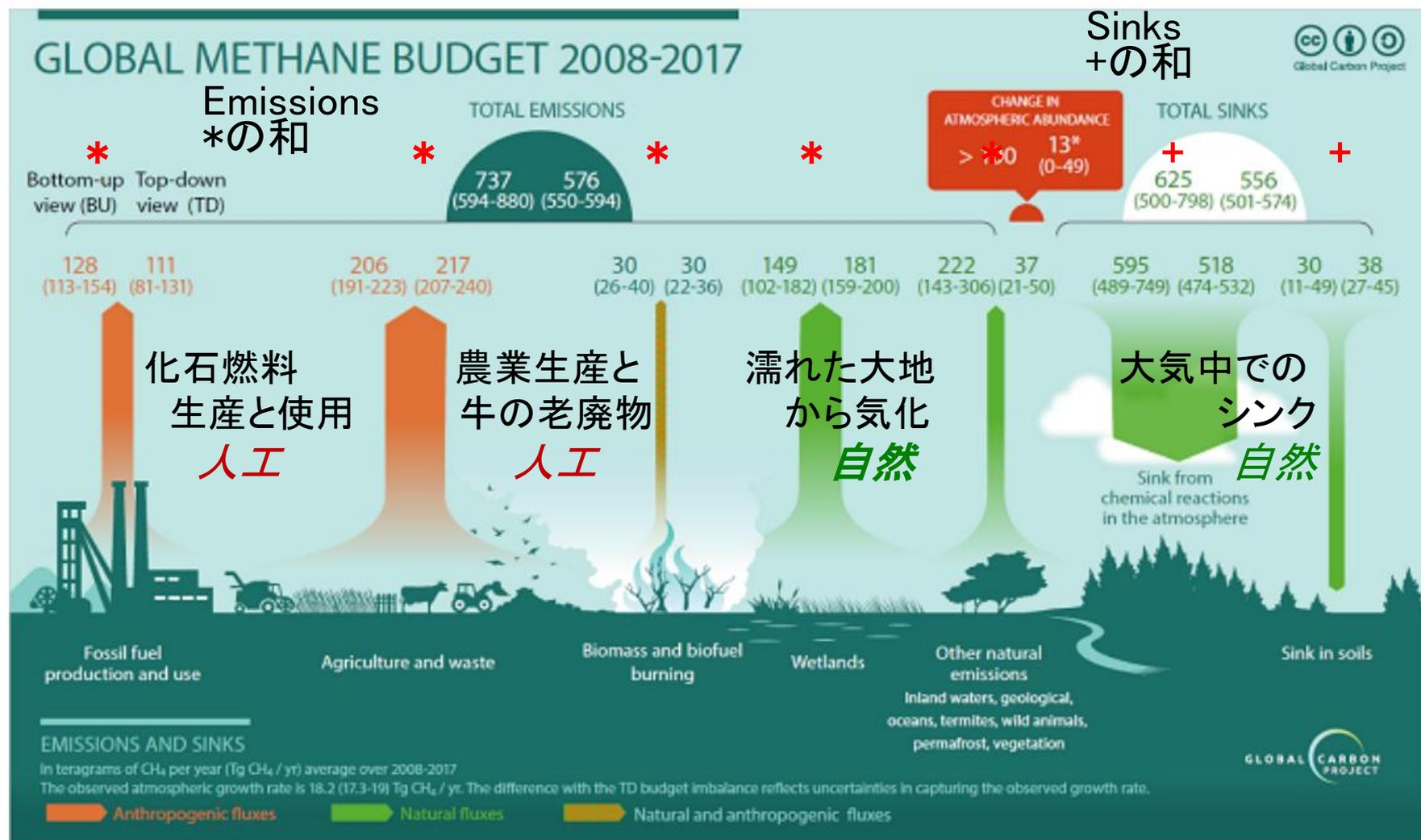


図1：2008-2017年の世界のメタン収支

◆ 石油は将来も存在するのか？(続き)

■ 気候変動が顕著

寒暖の差が激しい

暑い夏/寒い冬, 高・低気圧の停滞現象が起きる
台風・ハリケーン, 豪雨, 洪水 /or 寒波

熱帯のほか温帯でも, 伝染病(パンデミック),
鳥類の病気 ...

■ 温度の上限を設定する

2020年より平均気温を下げる目標設定を!
今より -2度(°C) 低く

◆ 原子力エネルギーの是非

資源: 547万トン(2007年) -> 約60-80年で資源が尽きる。

核分裂炉: 通常の核分裂炉の寿命は約40年

大きな事故: Chernobyl – 安全注意違反の事故,

福島原発 – 経営を優先して, 津波対策を無視。

次世代の転換炉(プルトニウム使用)は技術的に未解決。

- 炉心で, 重水(溶融ナトリウム)が十分に扱えない

保存期間(無害化まで) 100,000年以内は危険物

静かで安定な保存場所はどこか?

地下の岩塩鉱山が候補(フィンランド)

日本は, 火山, 地震が多く, 長期安全

な保管場所が難しい

旧人(ネアンデルタール人)
は5万年前までは生きていた
日本と大陸は洪積世(10万年前)
はつながっていた

<https://paperzz.com/doc/6669814/>

<- 地震, 火山噴火によらないところ?(原子力発電所は臨時保管!)

第2部

人類活動のためのエネルギー

◆ 未来の人類は、何によるべきなのか？

[目次へ](#)

石油, 天然ガス, 原子力は「地下資源」で、枯渇する

宇宙からエネルギーを地球に伝送する方法は可能か？

-- 研究されており、量的には無理。殺人兵器になる。

近い未来で使える、確実な動力源：

「再生可能エネルギー」

電気自動車 — 太陽光で、太陽電池を充電する

→ 火力(化石燃料)を、太陽発電で置きかえる！

風力・水力による電気, 機械力の動力源を使う

電気鉄道

海外に人, 物を輸送するには：

帆船(風力+電気発電) 日本-USA、1週間？



◆ 自然に湧き出す「未来のエネルギー」

風力発電の優位(kW当りのコスト)は, 世界で変わらない。
主要エネルギー源の大きさ (未来の予測は右側に)

1. 風力発電 *Wind factory* 5割

風力発電は単価kWあたりの設備費, コストが安い。

1日24時間で運転が可能。数百MW規模の風力発電

2. 太陽電池 *Solar power* 3割

潤沢なシリコン太陽発電。2400 H/年の稼働(太平洋側)

→ GaAs, CdTe の太陽電池は, ガリウム(半導体)が枯渇

3. 水力発電 *Hydraulic power* 1割

小さい水力発電(KWからMW程度) を活用する

≫ 水力発電が勝る利点は: 貯蔵できること

風力発電, 太陽光, 水力発電



1) 風力発電

a) 12 MW (2MWx6)

b) 50 MW (3.2MW x16)

瀬棚町, 北海道



2) 太陽光発電

70,000 solar panels, generates 14 MW of solar power, Nevada, United States



海上風力 発電

京都大学など
(カーボンファイバ)

広い海洋を
活用する



3) 水力発電

黒部川第4発電所、富山
小さな水力発電も多く存在する

作東メガソーラー 日本で太陽光発電 第1位

売電先 中国電力 **発電規模 257 MW**

所在地 岡山県美作市 2017



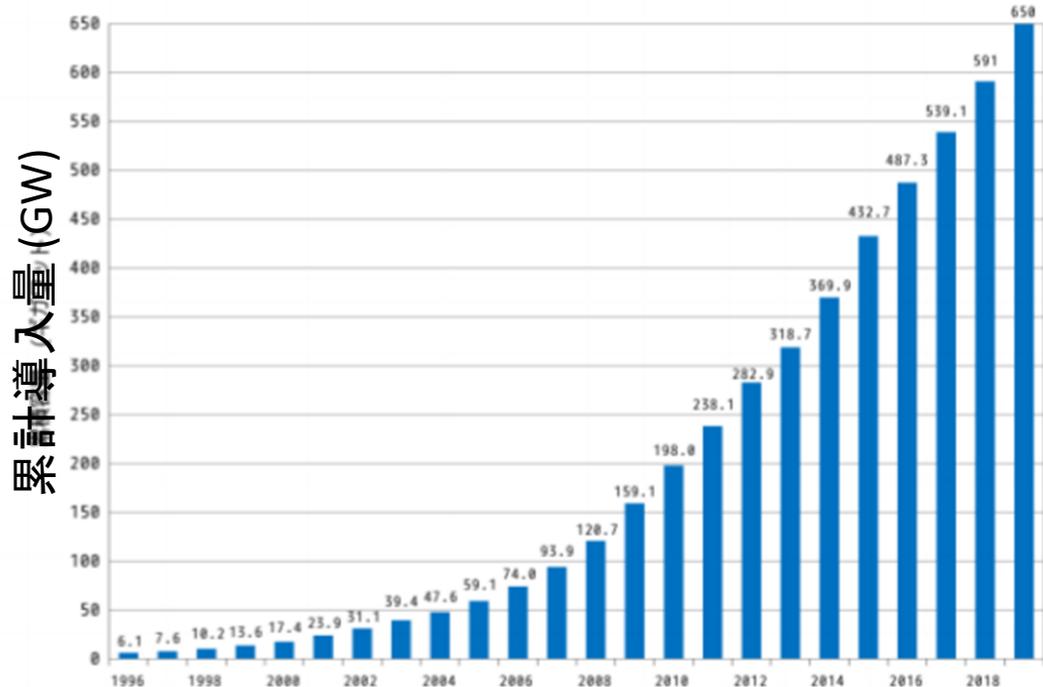
風力発電所

ウィンドファームつがる
3.2 MW x 38 = 121 MW
2020年
日本で風力発電 第1位



発電所名	事業者名	出力(MW)	ランキング
ウィンドファームつがる<38>	グリーンパワーつがる合同会社	121.6	1
新青山高原風力発電所<40>	株式会社青山高原ウインドファーム	80	2
新出雲風力発電所<26>	合同会社新出雲ウインドファーム	78	3
秋田湯上ウインドファーム発電所<22>	秋田湯上ウインドファーム合同会社	65.99	4
郡山布引高原風力発電所<33>	株式会社ジェイウインド	65.98	5
串間風力発電所<23>	串間ウインドヒル株式会社	64.8	6
宗谷岬ウインドファーム<57>	合同会社ユーラスエナジー宗谷	57	7

世界の風力発電の累計導入量 (データ: GWEC)



1996-2019年

世界の風力発電

(1996-2019)

風力発電は太陽電池より
大きい発電量。

風力発電/総電気需要=15%
(2019年末)

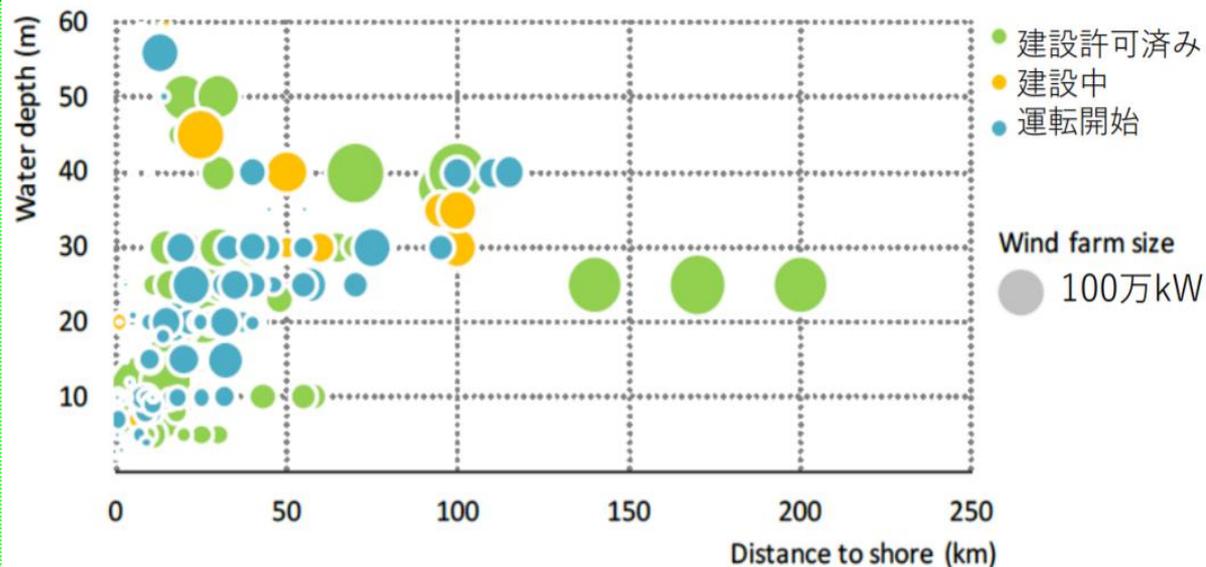
(Global Wind Energy Council)

洋上風力発電

水深と沖合距離の関係

遠浅であるヨーロッパでは
陸から100 km離れても設置

(自然エネルギー財団,
IEA Offshore Wind Outlook 2019)



◆ 洋上風力発電 のためには

◎内陸から離れて、風力発電所を設置する。

-> 場所は選べる(航路は外して)。

× 陸地は遠く離れ、送電線による輸送は無理。

とくに日本の場合で。

◆ 海洋風力発電

1) 風 -> 風力発電,

2) 電気に変換 -> 電気分解で水素を製造,

3) 圧縮 -> 陸地(近く)に, 水素を船で輸送。

➤ 船の接岸, 宿泊施設の建設が必要

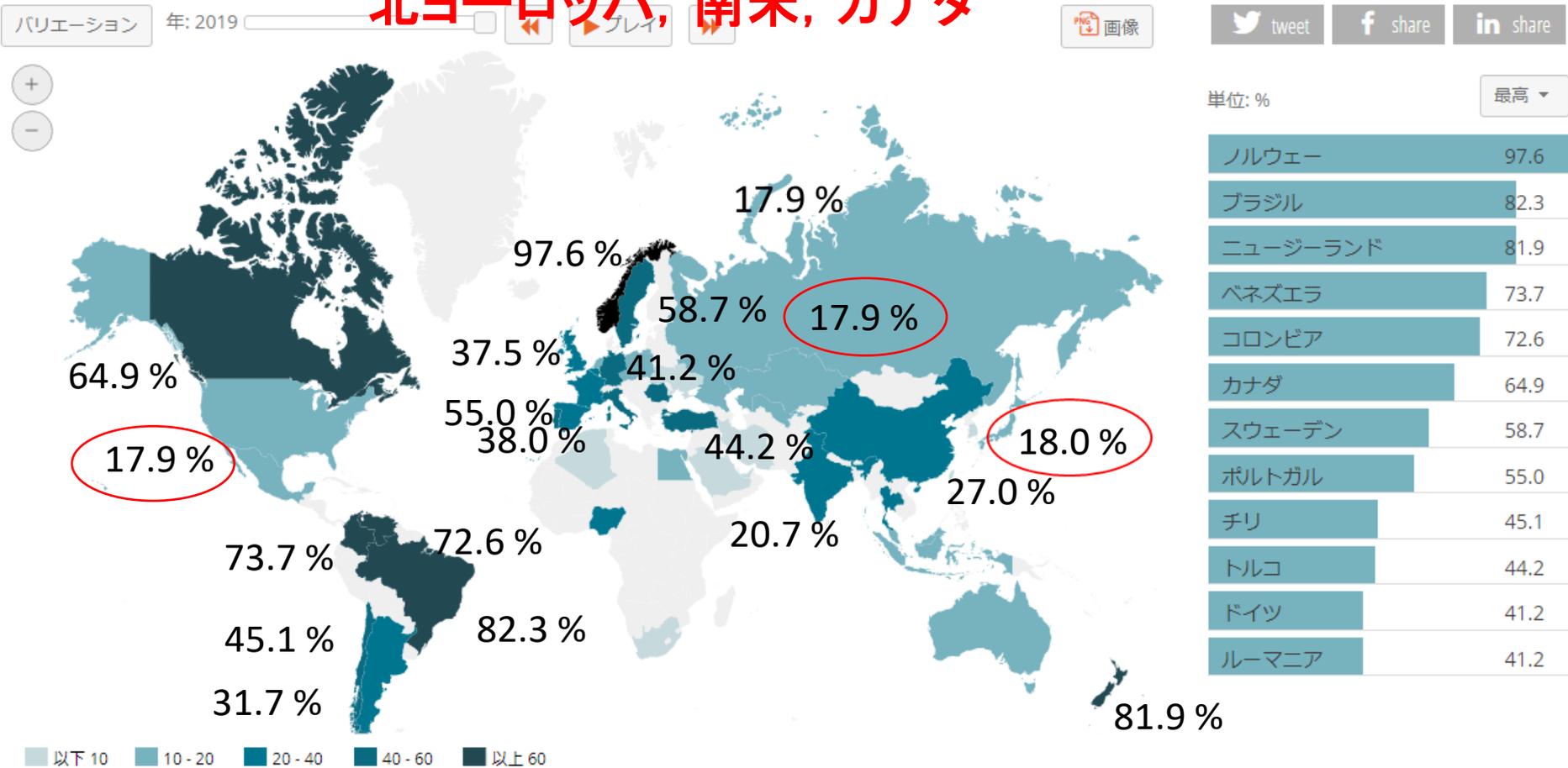
➤ 台風への対策, > 近隣外国との良好な関係

再生可能の割合 (電力生産, 水力発電を含む)

<https://yearbook.enerdata.jp/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html>

国別内訳 (%) **濃い色 多い国, 中間色 USA, ロシア, 日本 (途上国)**

北ヨーロッパ, 南米, カナダ



4. バイオマス, その他

残り: 1割

バイオ燃料、バイオマス

コーン廃油から油脂 -> 自動車に使う メキシコ、南米で
落葉、糞尿、食品廃材を肥料にして使う

生物微生物 -> メタン、CO₂ を発生する

バイオマス・ガス化発電

潮汐発電, 地熱発電所など

発電量は小さいので, その地域で消費される。

北アメリカでは地熱発電所は多くある。

<統計資料> 再生可能エネルギー一量 VS 総発電量

英国 45%, 日本 22% (国際エネルギー機関, 2020年)

太陽光発電の買い取り価格 令和3年度は19円/kWh

(政府が買い取り価格を抑制)

◆ 太陽電池の設備が多い日本...

その理由： エネルギー危機を経験して、太陽発電を始めた。

- 中東戦争(1970年台初めに数回) 「石油がない」
パニック(買占め)になった！

太陽電池設置の「補助金」をもとに、研究と設置が発展。

その特徴：

太陽発電： ハイテク， 運転実績がある， 節約の志向

風力発電は少ない： 場所が少ない， 低周波の騒音被害

しかし， 風力発電は発電コストが安い（簡単な風力発電）

→ 洋上風力発電が鍵になる 先例： 英国の場合

化石燃料に変えて， 太陽発電だけでは足りない！

→ 風力発電とペアで， 効率よく発電する

◆ 動力源として、水素は可能なのか？

石油から、水素社会へ移行するか？ **答え:NO:**

現在: 石油の副産物(地下資源)である水素を使用

← 有限。無くなるまで約40年？

未来: 太陽光を使い、水素を発生する(プラントで生産)

太陽光を利用した**効率的な触媒が必要**…

III-V族セミコンダクタ(IV族のSi以外)は高性能半導体

今世紀末に資源のガリウム(Ga etc.)が尽きる？

→ 第5部に詳細

→ 水素利用は固定利用が本命。動力で電気自動車として。

× 原油, 天然ガス

○ 風力, 水力, 太陽光発電で, 水素資源を得る

貿易統計(2016年1-3月, 中部電力)

原油24,242円/kl, 液化天然ガス46,038円/t, 石炭8,135円/t; 平均燃料価格 26,200円/kl

国あげた水素戦略



ドイツは脱原発と並行して二〇三八年までに脱石炭を推し進め、マイナスが予想された。脱石炭は、われわれの戦略に沿ったものだ。発電所を運営するスウェーデンのエネルギー大手「パシフィック・エナジー」の広報担当者は説明する。

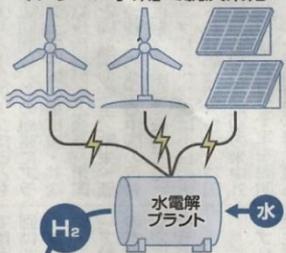
「収支は少なくとも今後三年間、マイナスが予想された。脱石炭は、われわれの戦略に沿ったものだ。発電所を運営するスウェーデンのエネルギー大手「パシフィック・エナジー」の広報担当者は説明する。

脱原発の行方 ドイツの選択

4

脱炭素も達成へ切り札

「グリーン水素」で脱炭素化



- 貯蔵して電力・ガスに
- 運輸 交通・物流の燃料に
- 工業 鉄鋼・化学工業の原料に

を進め、五〇年に温室効果ガスの排出を実質ゼロにする目標を掲げる。石炭火力は二酸化炭素(CO₂)の排出価格が上昇し、発電コストが増大。大手電力は再生可能エネルギーへの転換を迫られているのだ。その発電所跡地に今年一月下旬、再生エネを利用して水素を製造する欧州最大級のプラント建設計画が発表された。パッテンフォー、英蘭石油大手ロイヤル・ダッチ・シェル、日本の三菱重工などが参画。百

「グリーン水素」で脱炭素化を進め、五〇年に温室効果ガスの排出を実質ゼロにする目標を掲げる。石炭火力は二酸化炭素(CO₂)の排出価格が上昇し、発電コストが増大。大手電力は再生可能エネルギーへの転換を迫られているのだ。その発電所跡地に今年一月下旬、再生エネを利用して水素を製造する欧州最大級のプラント建設計画が発表された。パッテンフォー、英蘭石油大手ロイヤル・ダッチ・シェル、日本の三菱重工などが参画。百



ドイツでは二〇一八年から「FCHV」燃料電池列車が営業運転を始めていて、独北西部「ライプツィヒ」州で、近藤島撮影

た「国家水素戦略」だ。水素を脱炭素化の力となる技術と位置付け、総額九十億円(約一兆一千七百亿円)の予算を確保した。ドイツの温室効果ガス排出量は日本に次いで世界第六位。発電などのエネルギー、運輸、工業の三部門が排出量全体の75%を占める。水素戦略では、温室効果ガスを排出しない再生エネを利用して、と指摘。戦略には水素技術を輸出産業に育て、経済成長につながる狙いもある。予算九十億円のうち二十億を国外投資に振り向け、中東・アフリカなどからの水素輸入も視野に入れる。

アルトマイヤー「経済・エネルギー」相は水素戦略を発表した記者会見で、「この強調した。ドイツが水素技術で世界のリーダーになる道を開く」

(ヘルリン、近藤島) おわり

「国あげた水素戦略」

中日新聞(朝刊)から

ドイツは水電解(化学反応)で水素を生成, エネルギーを蓄え燃料や工業などで使用。

電気はクリーンな太陽発電, 風力発電により得ている。

日本は, 地下資源の水素を海底から採掘, 輸入する -> しかし, 地球の温暖化



第3部 省エネルギーの移動手段

◆自動車発展の様子を概観

◆高分子・燃料電池車は？

◆電気自動車の未来は...

◆電気鉄道など

◆ 未来の自動車 *A la carte*

[目次へ](#)

◆ エタノール(C_2H_5OH) 自動車

穀類を原料 — 食糧危機になる。

現在は、サトウキビ廃油や廃棄物を利用（中，南アメリカで）

-> 再生可能なサトウキビを使用している

パワーはやや不足か？ 触媒(ミドリ虫)は？

◆ PHV (Plug-in Hybrid Vehicle) <- トヨタが開発

「ガソリン＋電気」で走る自動車で，燃費を改良した
電気は補助（低速の時，非常バックアップ用に）

-> しかし，ガソリンが尽きると，PHVの存在が消える。

（太古の昔，軽い水素は宇宙へ消えた，もう無い！）

◆ 水素自動車 <- ドイツ, 日本など

水素で, 長距離運転が可能 1000 - 1500km

高圧に圧縮して使用。希少資源Pt, Dy が必要

地下資源の水素(石油と産出)を使用している !!

<< コラム >>

今から30年後の未来は, どの自動車か?

ガソリン車 -> ハイブリッド車 (Plug in Hybrid) が現在。

-> 電気自動車 (10年後) 大変遷の途上にある

ガソリン車, PHV車は, じきに消えていく。

-- 燃費の良さ, 燃料の枯渇, 大気汚染, を考えると,
電気自動車が唯一である。

◆ 電気自動車

太陽光エネルギーをもとに走る自動車！

➤ 風力, 水力, 太陽発電で, 「電池」に蓄電して
原理: モーターで発電(電磁誘導) → 蓄電 → 使用

➤ 太陽電池では, 蓄電池のエネルギーを使う。
(そのときに発電する電気量では少ない)

シリコン(Si) で発電は十分か？ 触媒は？

- 現在は, 火力電力, 夜間電力(原子力)
を使用している.....

Honda ソーラーカー
飛行機に似ている？



各自動車を見ると

◆ 固体高分子・燃料電池車

(PEFC)



水素で動く自動車

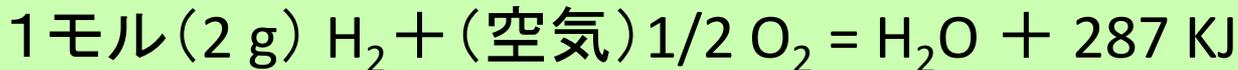
実際は、ガソリンと同時に産出する水素を使う

高炉で水素を燃やす(不要物)でなく、それを利用している！ TOYOTA FCV

cf. 据え置き型: 固体酸化物(SOFC)で使うーエネファーム™
(効率52%, 750°C) – 高温なので、固定した環境が必要

よいところ: 水素自動車では、

- CO₂などは**ゼロ・エミッション** **水ができる**



- **航続距離が長い** > EV(電気自動車)より長い利点

1000-1500 km

悪いところ： 水素自動車では問題が多い：

● 高压タンクに貯蔵して、(気体の)水素を使用

(気体で) 700気圧に圧縮, 1/700の体積にして運搬する
 H_2 1モル:NTP (常温常圧)で22.4リットル(非実用的) !
-> 超圧縮は, 液体水素(ロケット燃料)で使っている

(圧縮水素は) 3割の圧縮エネルギー分は, 使えない!
燃焼エネルギー(287kJ 中の81kJ)は無駄に。

<- 圧縮のため, 石油・天然ガスなどで余分なエネルギーを使う (コンビナートで燃やすよりはよい, という発想)

- 圧縮・燃焼のときに、**レアメタル** を使用
固体高分子(高分子イオン交換膜), を使用
Pt(白金)電極の触媒層に、**各車で約50gは必要**。
-> 200トン/年で、残りは1万トンの残存 = 50年?
- 地下資源の「**有限な資源**」を浪費
軽い元素の水素は、「単体」では存在しない。
地球は冷却して、宇宙へと蒸発した(原始地球の時代)

複合体としては、地球に存在する 海水 H₂O

-> 結論: FCV自動車に未来はあるか?

答えはNO!

電気自動車が主要である。



■ Ptの産出量(2004, kg)

白金族元素

白金 $_{78}\text{Pt}$, パラジウム $_{46}\text{Pd}$, イリジウム $_{77}\text{Ir}$

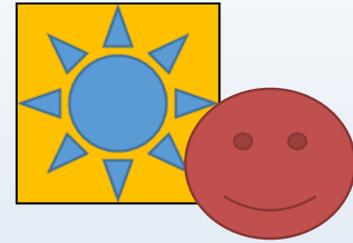
1 kgあたり5.2万ドル(2010)

- 南アフリカ共和国 160,013 (74.8 %) 北東部に鉱山ある
- ロシア 36,000 (16.8 %) 中央北部に鉱山
- カナダ 7,000 (3.3 %)
- ジンバブエ 4,438(2.1%)
- アメリカ 4,040 (1.9%)

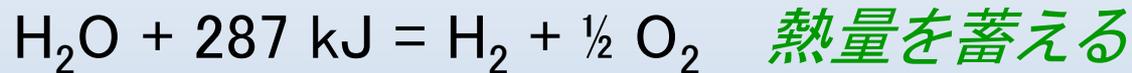
水素自動車は約200トン/年 使用

-> 残りは, 約1万トン/1年消費200トン= 約50年?

◆ ほかの利用法



「太陽光」で、電気分解が水素を発生 ←ドイツで既に利用



太陽光 + 水素発生：水素をボンベに備蓄する。

集光型：3つの波長域を利用：0.7-1.3, 1.3-1.5, 1.5-3 eV

赤外線(1) 赤外線(2) 赤一紫

1780nm, 0.7eV 960nm, 1.3eV 830nm, 1.5eV 410nm, 3eV

エネルギー効率 (太陽光 + 水素発生) 24.4%

* 触媒: Pt → 貴金属でない物は？

Ta_3N_5 UV, 可視光で (東京大 堂免教授)

→ 太陽光の「水素プラント」に向いている (洋上生産と輸送)



図2 富崎大学に設置した実験装置 出典：東京大学、富崎大学

◆ 電気自動車 Electric Vehicle



日産, リーフ

「未来」の乗り物

現在は, 火力, 原子力などの電気 ->
未来は, 太陽光の電気をもとに。

(電磁誘導で)蓄電, 使用する

- 簡単な機構
クラッチが不要 -> 静か, よいレスポンス
- 効率がよい
試算: ガソリン車7%, 燃料電池車15%, 電気自動車27%
- 停電のとき, 緊急に使える
-> 蓄電すれば, 電気に戻せる。

- 航続距離は中距離

テスラ モデルS 90kWh, 500km <- 価格が高い！

日産リーフ 450km 60KWh 60分急速充電

リチウムイオン電池 (2024年)

- 急速充電(80%のレベル) 60分(日産)

-「2,3時間に1回の休憩」にあわせて充電！

高速道路で, 320km 程度

EVの充填箇所 日本:18,000か所(2020年)

-> しかし, **賢い乗り方を知ること!**

(自然の太陽光, 太陽電池ではランコストが高くなる)

◆ 電気鉄道



デンマーク

電車は、「陸上で」近距離・遠距離の乗り物

網の目に発達: デンマーク, メルボルン, パリ, 日本, ...

毎日には, 自転車を活用--デンマーク



メルボルン

◆ 高速鉄道は, 多くの電気を消費。

例) 超伝導リニアは, **新幹線の3倍の電力を使う!!**

リニアのため原子力発電の増設が必要。

◆ 電気自動車は便利, しかし, **コストは高い。**

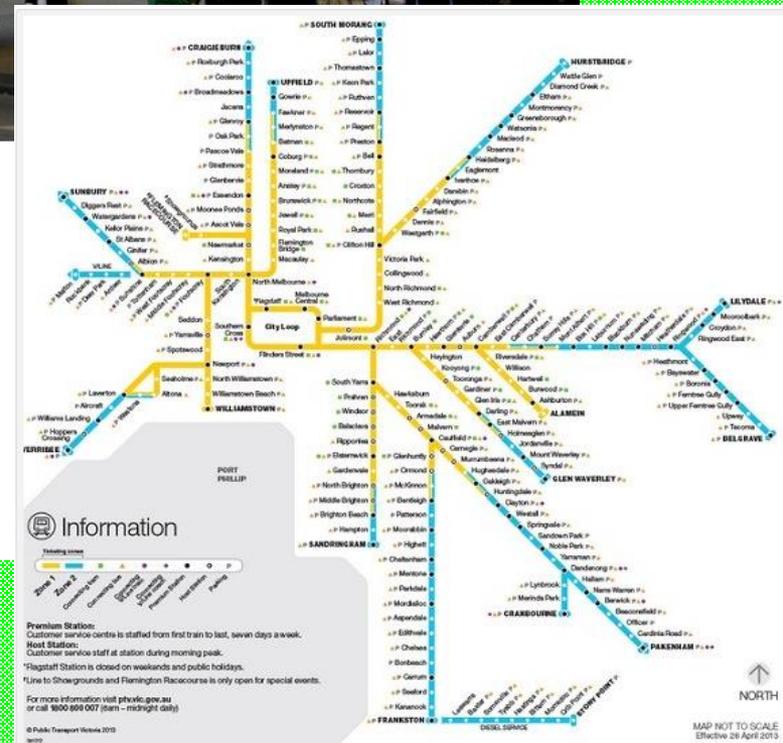
シェアリングで, 必要なときに運転する (借りる)



概説 公共交通機関 -メルボルンの交通

ビクトリア州の道路網は、よく整備されており、州の主要都市から町、州を越えた移動が簡単です。だから、車やバイク、自転車などでの目的地への移動が楽チン！

また、いくつかの列車やバス会社が、州内および州をまたいだ目的地とメルボルンの間を結んでおり、空の定期便フライトにおいても地方の中心都市となっています。



◆ 航空機の未来は？

外国への旅, 留学, 商談... 夢は膨らむ



<http://www.airbusjapan.com>

- 人・貨物の大量輸送として, 燃料(軽油)が
続けば, 確かに航空機は使える
- しかし, **成層圏(下部)をジェット機が汚染している!**
(NOAA-アメリカ海洋大気庁-のデータを見ると, 1970年から
急速に進んでいる。**地球温暖化を加速化している**)

-> ガソリン車と同じ未来構図をたどる？

では, 何により海上を輸送できるか？

... 海を帆船で行く。未来の帆船で!

第4部 風力と太陽発電

自然のエネルギーを賢く使う

◆ 風力発電, 太陽発電: 長所および短所

● 風力発電

[目次へ](#)

1日24時間, 運転できる可能性がある (A)

一部だけを休止して, システムを交換ができる

— 風がよわいと休止 <- 地域連携で風力を確保する

— 騒音被害の問題 -> 沖合風力発電を活用する

● 太陽発電

1日 8-12時間程度で, 運転時間は決まる

緯度, 季節により決まる (B)

— 夜は休止, 昼間でも曇り/雨では休止

— 熱い機器のため, 効率が下がる

太陽電池の特性 -- 太陽熱で, 30%はダウン

◆ (A), (B)の良いところを使い発電する

その他に、国を越えた長距離送電による利用は？

●南北方向へのエネルギーの輸送

比較的容易：山を越えるケーブルライン >1000km

実証がある(中継地点, 信頼性/バイパス, 海峡...)

ときに, 南北2国間の政治問題, 治安(テロリスト)

●東西方向へのエネルギーの輸送

大きな海が存在：必然に, ブロックごとに分ける？

国のあいだで, 東(give)ー西(take)で, 力関係に？

大容量の海底ケーブルが必然

例) アメリカ(本土)ーハワイー日本, 韓国,

一時(朝まで), 開始を遅らす(どこかで蓄電)ことが必要

第5部 残った問題

鉄とレアメタルの消費の増加

◆ 鉄, レアメタル等の大量消費がある

[目次へ](#)

青銅器そして鉄器への発達は、歴史が示してきた。

ヨーロッパ、中東、インド、中国などは段階的に出現。

ヒッタイト: BC 15C

秦: 青銅器, 春秋時代 (BC 8C): 鉄器

日本: 青銅器と鉄器が一緒に出現 (AD 1C-7C 外から輸入)

鉄: 戦争武器, 農工具, いまは, 橋・建物・機械・自動車など

しかし, **紀元2050年までに, 資源が掘り尽くされる !!!**

生活が向上, 自由な消費行動が活性化

消費5か国: 中国, アメリカ, インド, ロシア, 日本

全体の55%

必要な元素 (次のページ):

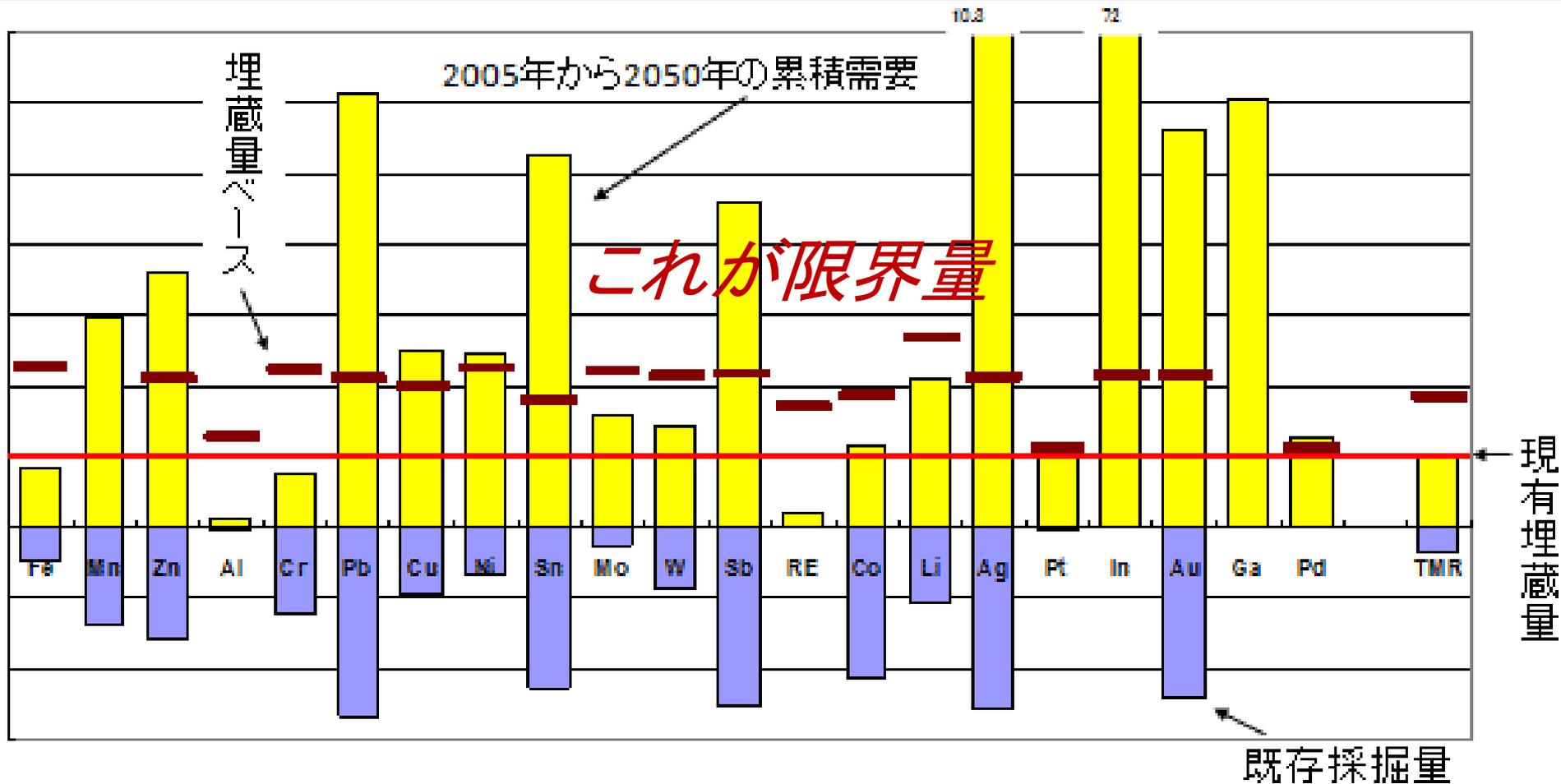
埋蔵量の2倍以上必要: **Mn, Zn, Pb, Cu, Ni, Sn, Sb, Ag, In, Au, Ga**

埋蔵量の1~2倍必要: **Fe, Al, Cr, Mo, W, Co, Li, Pt, Pd**

(2005-2050年, 日本NIMS予想)

現有の埋蔵量を各1（規格化）として表示（横軸は一切無関係）

1. 以上（図中で赤線）は、2050年までに埋蔵量を超える...



既存採掘量 ●, 2005年から2050年の累積需要
(出典:物質・材料研究機構 (NIMS))

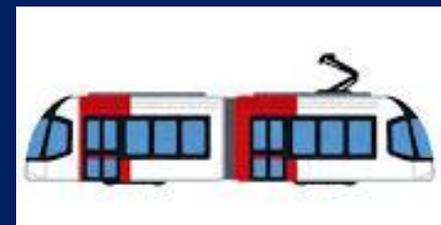
結論：未来のエネルギーの姿

近い未来のエネルギー：50年後

[目次へ](#)

- ◆ 風力発電, 太陽電池, 水力発電, そしてバイオマス
あらゆるものを利用する。
- ✖ 石油, 天然ガス, 原子力, 石炭, ...は必ず枯渇する。
地球の急速な温暖化が進行, 異常気象が普通になる!

- ◆ 近いところ: 電気自動車 (シェアリングを活用)
人間が動かずに, 電子ネットワークを活用
自転車: ヨーロッパ (中北欧) は先進国!



- ◆ 遠いところ: 電気鉄道 損失の少ない移動手段として
高速移動手段は, 資源が尽きて使えない!
帆船 (風力 + 電気) 国内, 外国に使える
水力, 電解水素の 1), 2) への利点: 貯蔵できる



近い未来のエネルギー

[目次へ](#)

人類の未来エネルギーである「風力, 太陽光, 水力発電」は「再生可能エネルギー」と言われる。これらを軸に,

1. 未来エネルギーの形, 2. 人類活動のためのエネルギー,
3. 省エネルギーの移動手段, 4. 風力, 太陽発電どうしのリンク,
5. 鉄とレアメタル等の消費量の問題。そして結論。

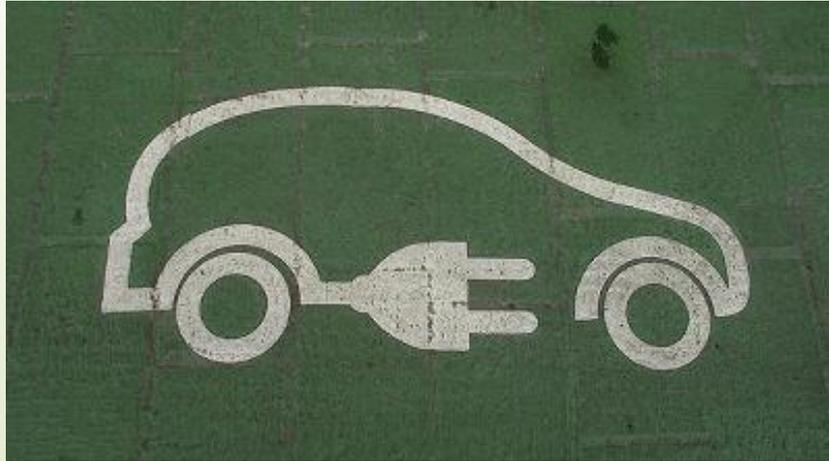
<<総まとめ>>

未来エネルギー社会は, 自然世界では十分に可能である。

1. 風力発電は, 電磁誘導で電気に変換, 風力 -> 機械力の利用。
2. 太陽光発電は, 太陽電池により蓄電の上に利用する。
3. 水力発電。その他, バイオマスなどを活用する。

石油, 天然ガス, 原子力は有限。未来のエネルギーを選ぶ。





オランダ

電気自動車以外は, 10年で
禁止する! (by 2025)

Below-0 m island...

(多くが水面よりも低い国)

The Netherlands is making moves to ban all non-electric vehicles **by 2025** –
ScienceAlert <http://www.sciencealert.com/the-netherlands-is-making-moves-to-ban-all-non-electric-vehicles-by-2025>

世界の国々が, 温暖化防止のため取り組んでいる。
これは環境を守り, 伝染病・貧困などへ取り組む
第一歩である。



Photo: M. Tanaka, Mt. Tsurugi (Nagano)