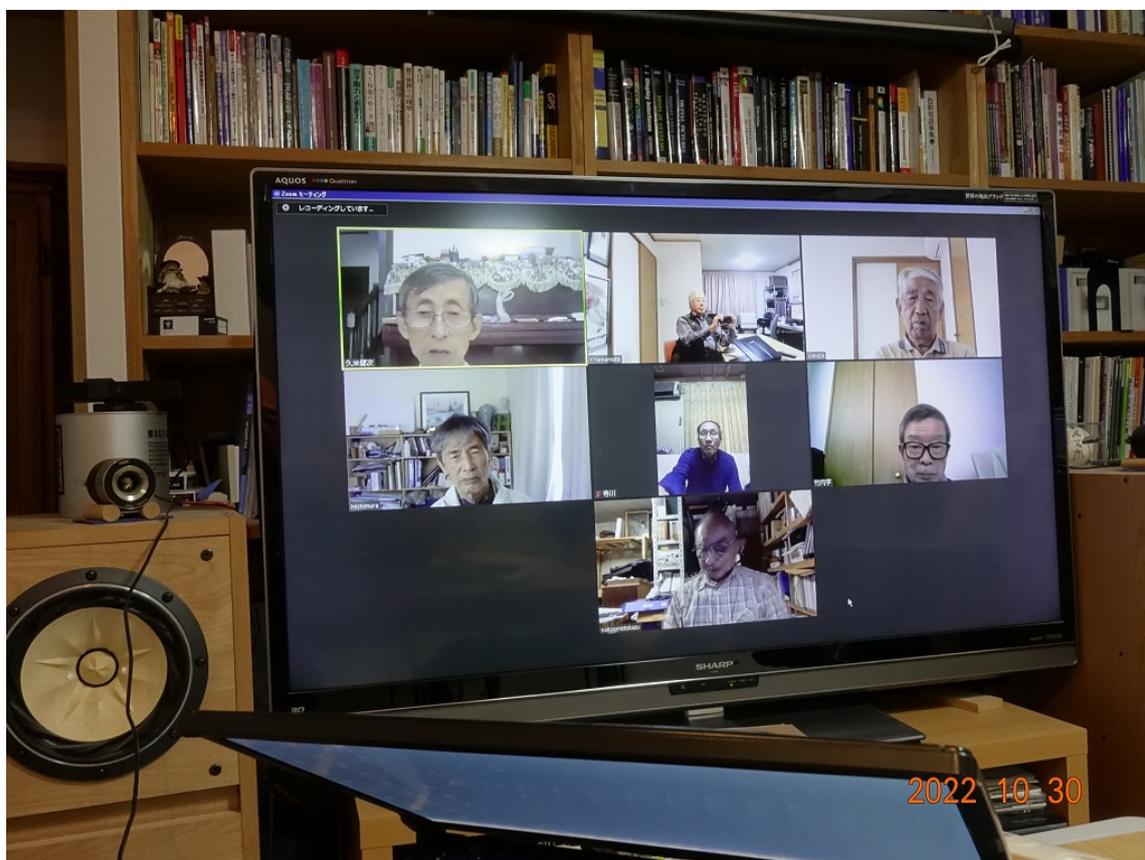


第 126 回 CIS パートナー会議事録(一般様用)

開催日時 2022 年 10 月 30 日(日) 13 時~16 時

講師 久米 健次 様

テーマ 「再生可能エネルギー」



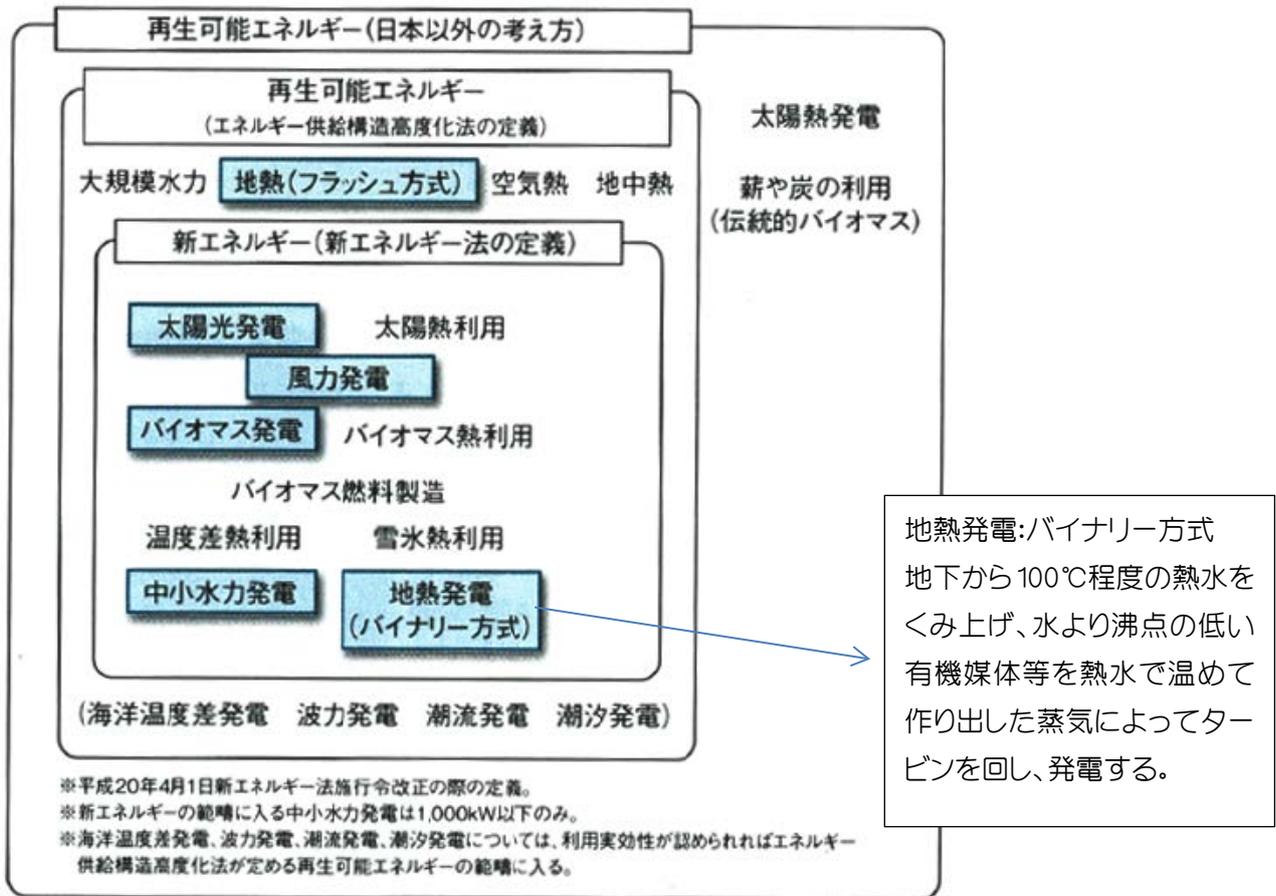
会議風景

1) 再生可能エネルギー

- 技術的なこと 新しい技術はどうなっているか？
- 社会制度的なこと 日本だけでなく海外の様子はどうなっているか？

まず、再生可能エネルギーと一般的に呼ばれているが、自然エネルギーと呼んだ方が良いように思える。東北大震災の後、ドイツは原子力発電をやめ再生可能エネルギーを重視する施策を取った。 実際、うまく回っているのか興味を持つにいたり、調査した。 T=11:49

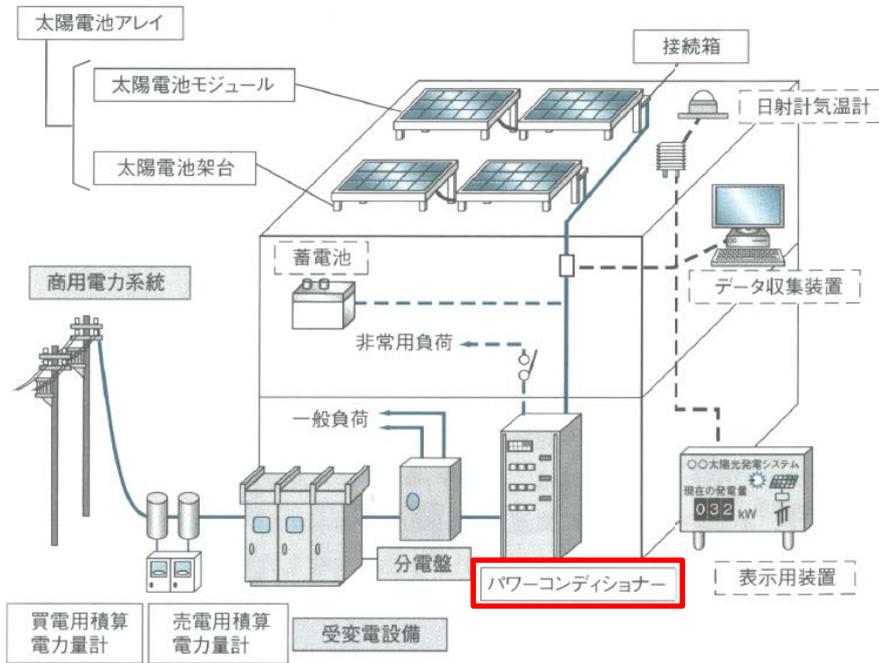
※青枠は再生可能エネルギー固定価格買取制度の対象



出典:経産省「再生可能エネルギー等の概念整理」を基に著者作成

* 現状: 主力は太陽光発電と風力発電

1-1) 太陽光発電



* パワーコンディショナー

発電した直流を交流に変えるとともに、電圧を整えて送電する。

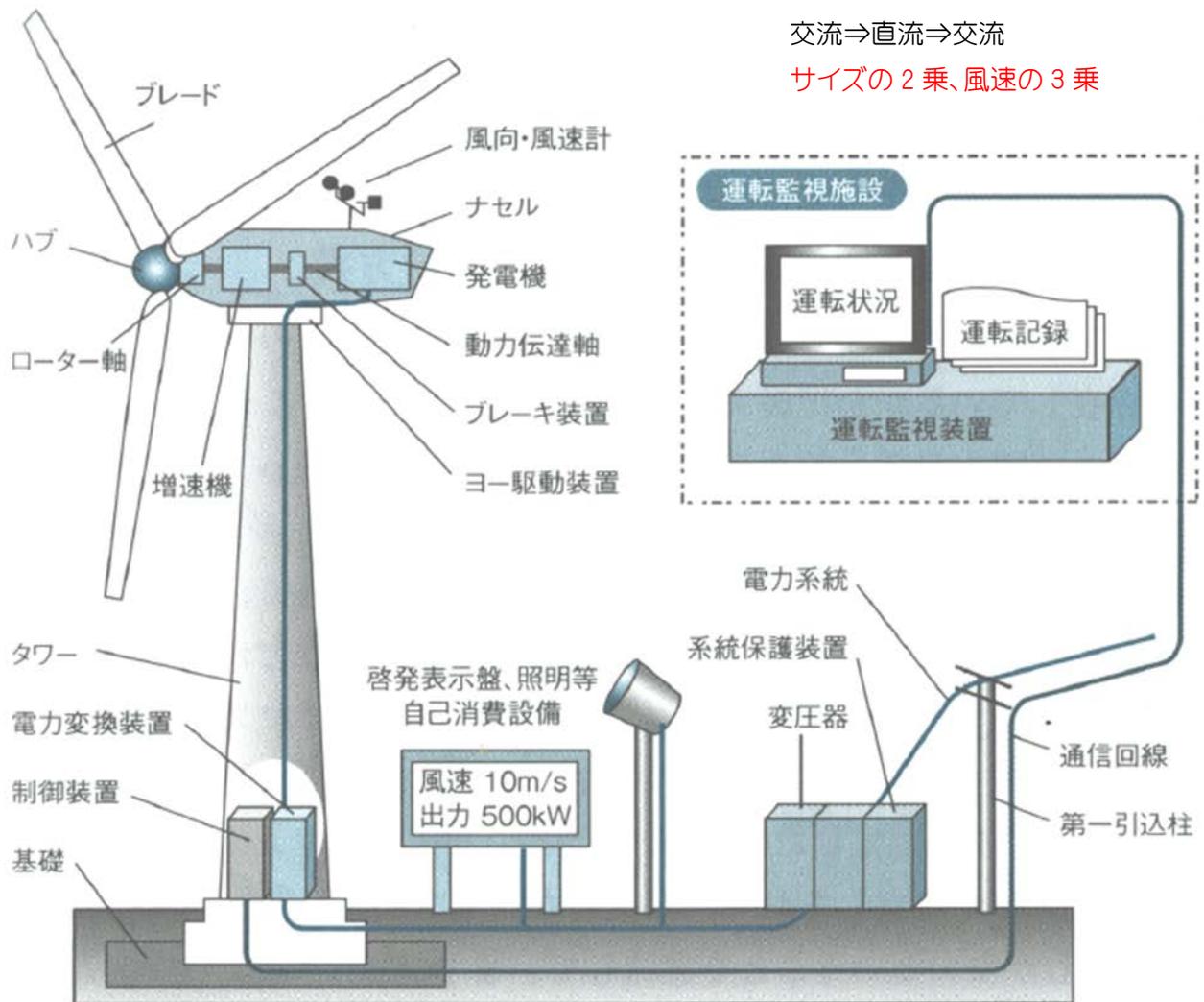


京都府木津市

(2022-10-29日 久米氏撮影)

現状: 採算ベースに乗っているかどうかは不明、将来に期待

1-2) 風力発電(地上風力、洋上風力)



出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

- * 主に山や海辺に設置
- * 交流発電するものの、周波数、出力が一定でないので直流化し交流に変換して送電。
- * 出力はサイズの2乗、風速の3乗なので、風速の大きい場所に設置するのが効果的。

問題点:

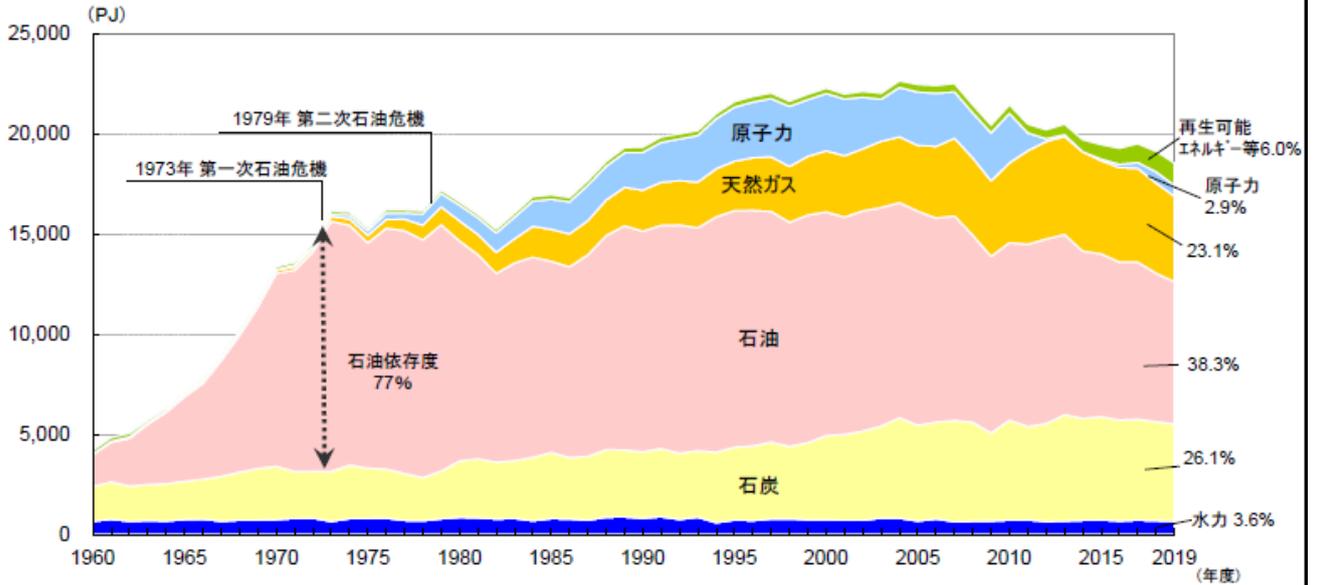
- * 風速が大きすぎると危険のため、ブレード角度を変える。
- * お天気次第なので、大型の蓄電器や火力発電などの制御可能な発電と組み合わせが必要。

2) エネルギーの内訳

2-1) 日本の一次エネルギー国内供給の推移(エネルギー資源別) 出典: 九電グループデータブック

2-1 日本の一次エネルギー国内供給の推移(エネルギー資源別)

- 日本は、1960年代から石油危機までの高度成長期において、石油に高く依存するエネルギー供給構造でした(1973年度の石油依存度77%)
- しかしながら、石油危機により、原油価格の高騰や石油の供給途絶を経験した日本は、エネルギー供給の安定化を図るため、原子力・天然ガス等の石油代替エネルギーの導入を推進してきました(2019年度の石油依存度38%)



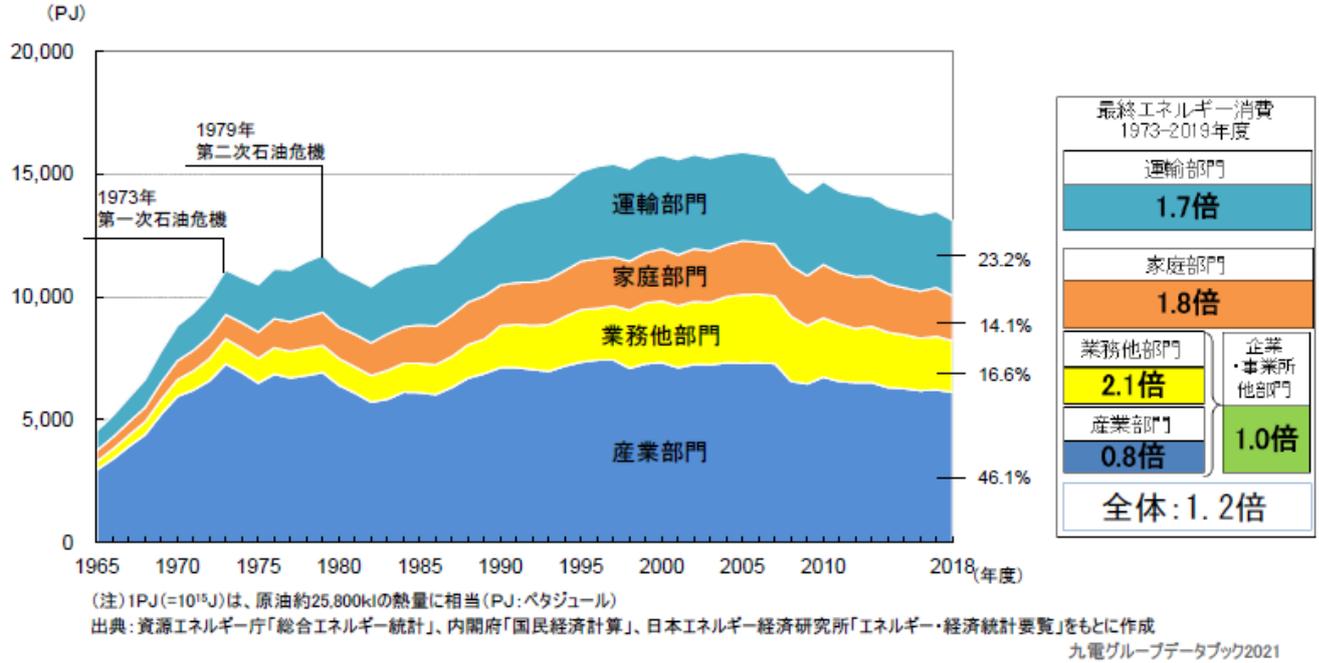
(注1) 1PJ(=10¹⁵J)は、原油約25,800klの熱量に相当(PJ:ペタジュール)
 (注2) 未活用分エネルギーは除く
 出典: 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、(一財)日本原子力文化財団「原子力・エネルギー図面集」をもとに作成

- * 原子力エネルギーは福島事故後急速に減少。
- * 主力の石油高騰で天然ガスが増加傾向にあったが、ロシアの戦争で先行き不透明感が増大中。

2-2) 日本の最終エネルギー消費量の推移(部門別) 出典: 九電グループデータブック

2-2 日本の最終エネルギー消費量の推移(部門別)

• 日本は、1960年代の高度成長期において、産業部門を中心にエネルギー消費量が増加しましたが、1970年代の石油危機を契機に、省エネルギー化が進み、2004年度をピークに消費量が減少傾向にあります



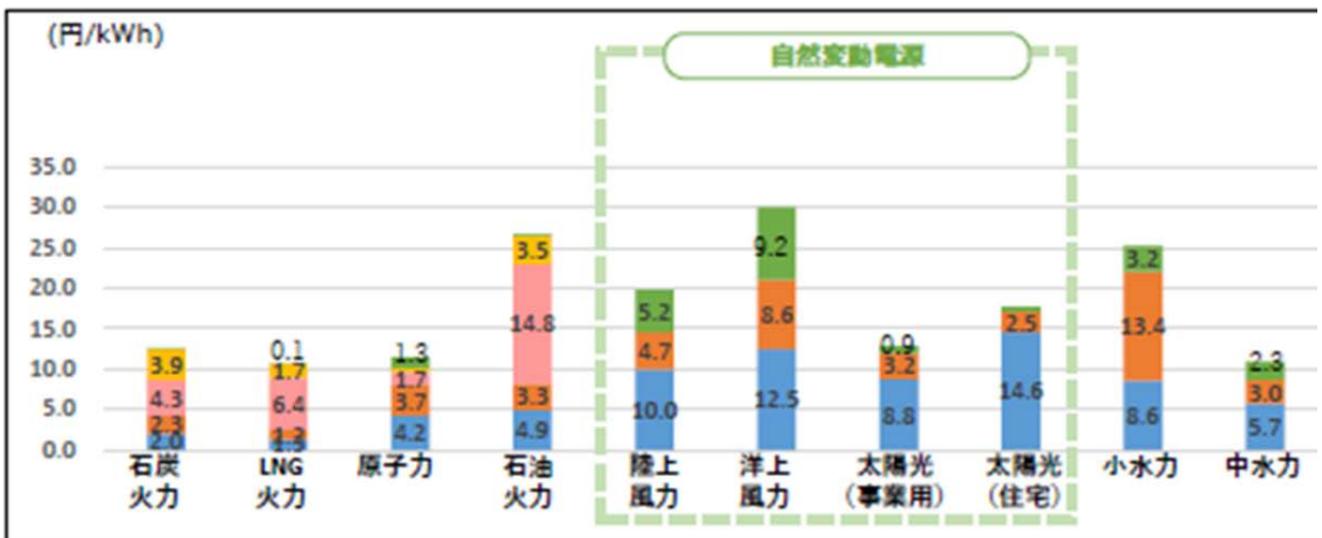
* 電力使用料は、産業部門が約半分。

* 電力不足を全量の14%の家庭部門で節約しても効果は薄い。 → 産業部門の努力が必要。

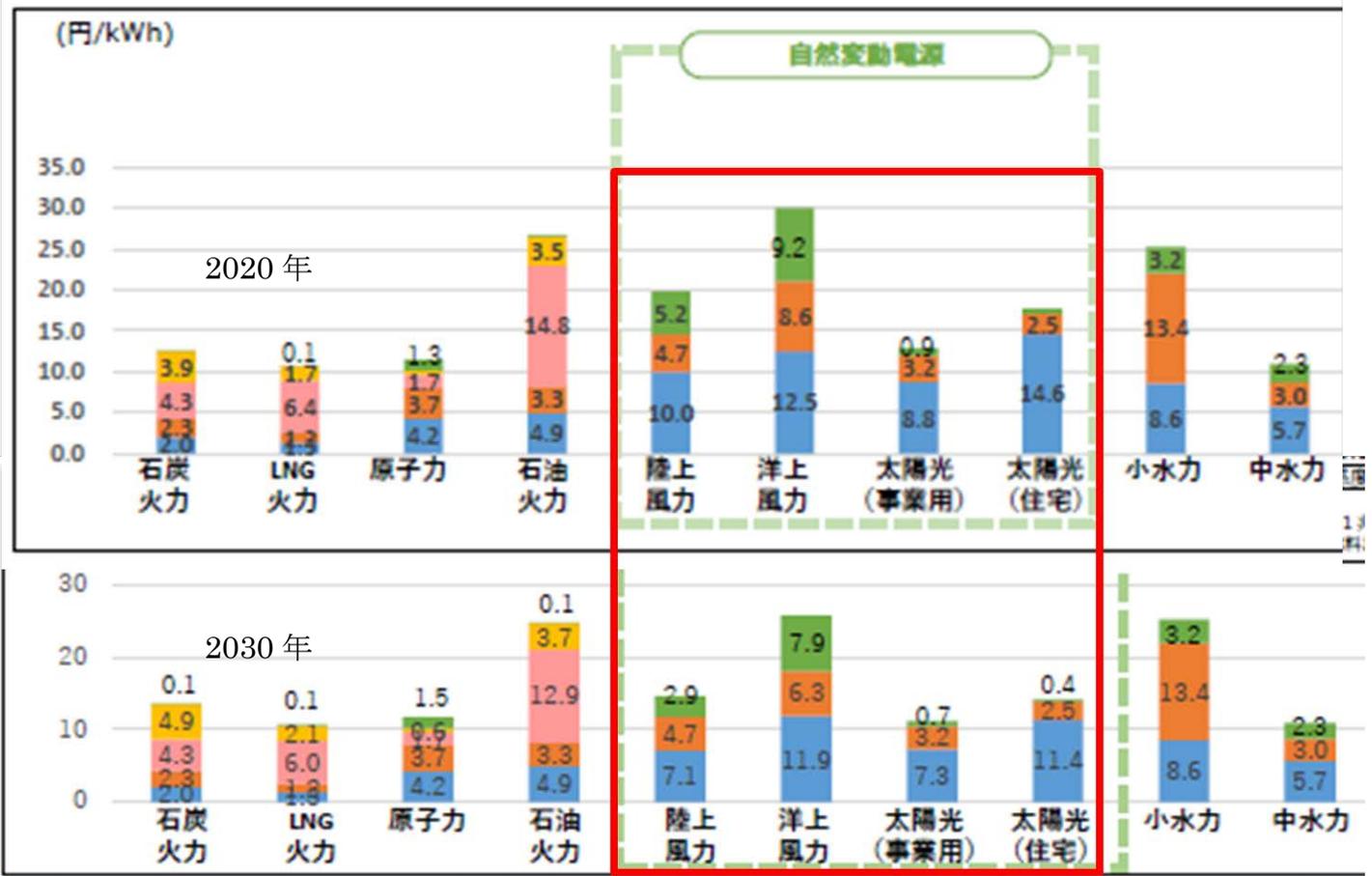
2020年の電源別発電コスト試算の結果概要

均等化発電原価(LCOE)は、標準的な発電所を立地条件等を考慮せずに新規に建設し所定期間満
場合の「総発電コスト」の試算値。政策支援を前提に達成するべき性能や価格目標とも一致し

1. 各電源のコスト面での特徴を踏まえ、どの電源に政策の力点を置くかといった、2030年に向けたエネルギー政策の議論の参考材料とする。
2. 2020年に、新たな発電設備を更地に建設・運転した際のkWh当たりのコストを、一定の前提で機械的に試算。
(既存の発電設備を運転するコストではない)。
3. 事業者が現実に発電設備を建設する際は、ここで示す発電コストだけでなく、立地地点毎に異なる条件を勘案して総合的に判断される。



* 経産省の資料によれば、発電方・電源別発電コスト。
再生エネルギーは割高であることを示している。



2030年の電源別発電コスト試算の結果概要

※数値は全て暫定値。

均等化発電原価(LCOE)は、標準的な発電所を立地条件等を考慮せずに新規に建設し所定期間の「発電コスト」の試算値。政策支援を前提に達成するべき性能や価格目標とも一致しない

1. 各電源のコスト面での特徴を踏まえ、どの電源に政策の力点を置くかといった、**2030年に向けたエネルギー政策の議論の参考材料**とする。
2. **2030年に、新たな発電設備を更地に建設・運転した際のkWh当たりのコストを、一定の前提で機械的に試算。**
(既存の発電設備を運転するコストではない)。
3. 2030年のコストは、燃料費の見通し、設備の稼働年数・設備利用率、太陽光の導入量などの**試算の前提を変えれば、結果は変わる。**

日本は、化石燃料を輸入に頼っているため、ロシアの戦争の為だけでなく今後コストアップが見込まれる。

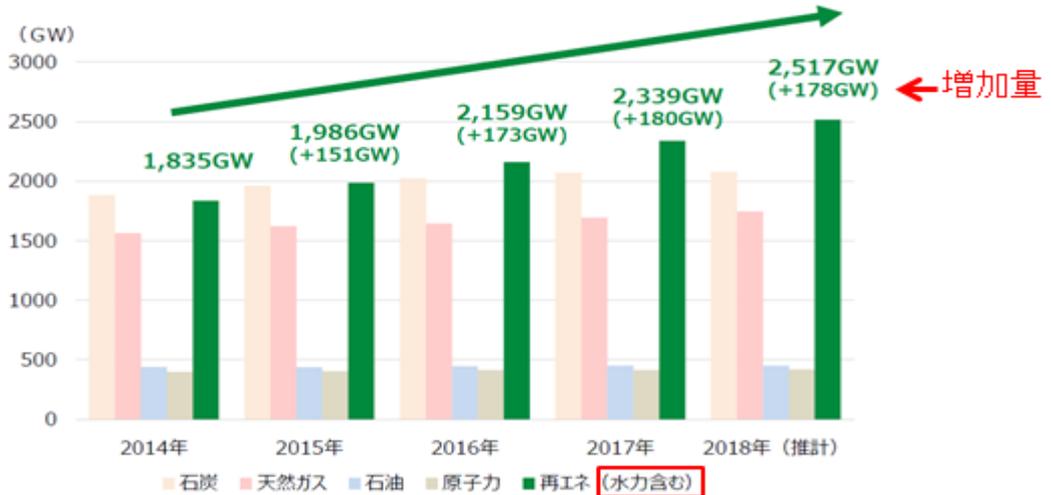
* 2020年と2030年の発電コストの予測を見ると、再生可能方式が化石燃料よりコストダウンできるように見える。

発電設備容量

①世界の動向：再生可能エネルギーの導入状況

- 国際機関の分析によれば、世界の再生可能エネルギー発電設備の容量（ストック）は2015年に約2,000GW程度まで増加し、**最も容量の大きい電源**となった。
- その後も、引き続き再生可能エネルギー発電設備の容量は増加しており、**年間約180GWのペースで増加**している。

世界全体の**発電設備容量（ストック）**

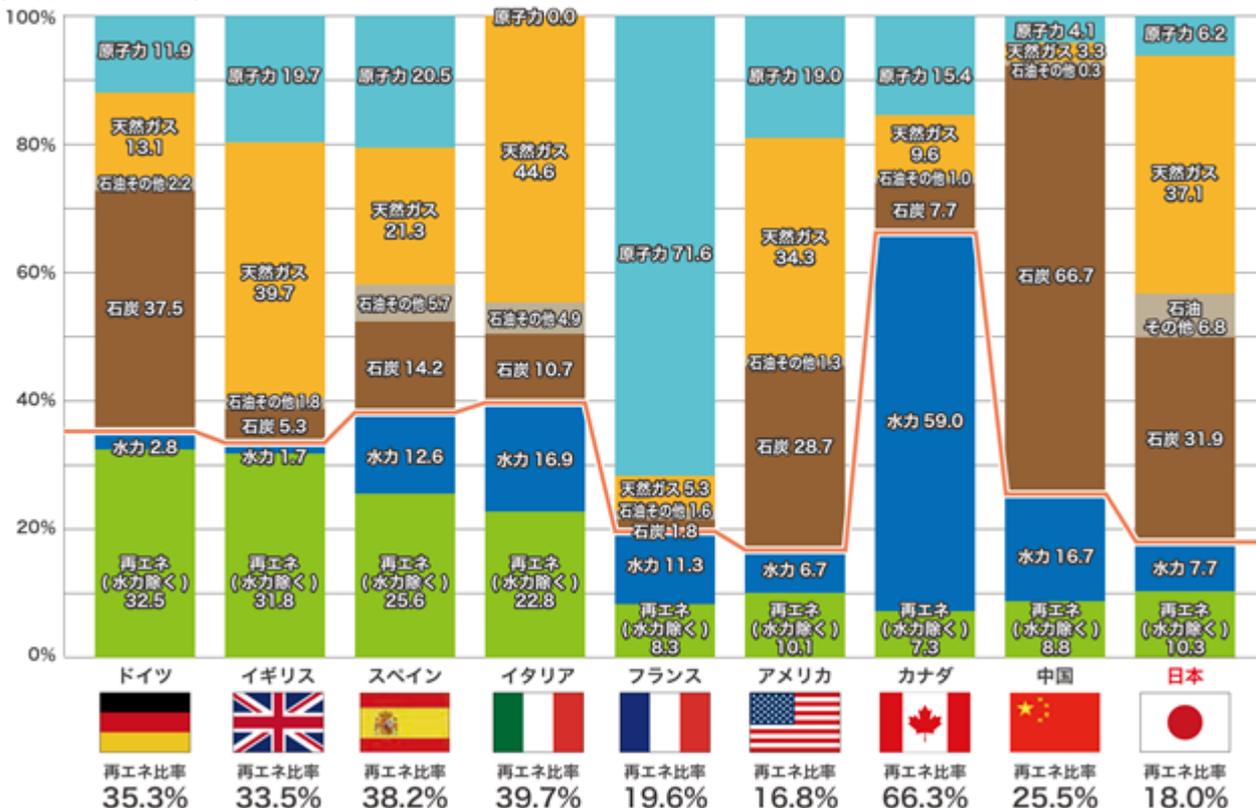


IEA「World Energy Outlook」2016～2019年度版より資源エネルギー庁作成

設備利用率を掛け算しないとイケない

主要国の**発電電力量**に占める再生エネ比率の比較

(発電電力量に占める割合)



出典：IEA「Data Services」、各国公表情報より資源エネルギー庁作成

カナダ・・・水力発電が中心
フランス・・・原子力発電が中心
ドイツ・・・再生エネルギー割合高い

疑問：ドイツで再生エネルギー比率が高い
電力料金は高くないのか
産業界はそれで競争力を維持できるか
再生エネルギーの不安定性をどうクリアしているか
原発停止で、電力を賄えているか

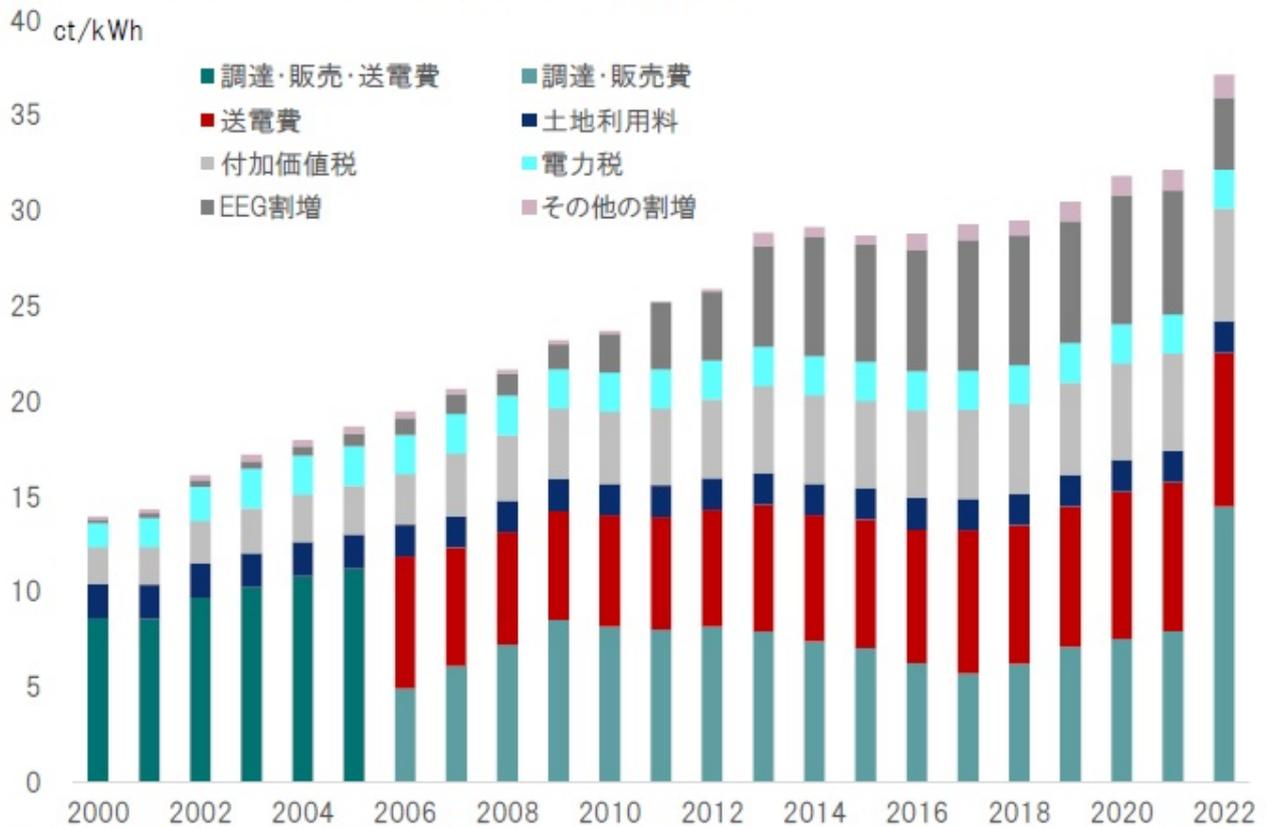
2-3) 結論

ドイツは、再生エネルギー大国となっている(?)が、メルケルが所掌就任時では原子力主体で再生エネルギーはあまり進められていなかった、環境問題への国民的の関心が高く紆余曲折があったが、福島原発事故後メルケルの突然の背策転換により、原発廃止となった。結果的には、現在優等生となっている。

*追加:<https://www.pictet.co.jp/investment-information/market/deep-insight/20220708.html>

ドイツのエネルギー戦略は、再エネ比率を高めると共に、今年中に脱却する原子力、段階的に使用を削減する石炭・褐炭火力の穴を天然ガスで埋めることを軸としてきた。そのため、ロシアとの間で新たなパイプライン、「ノルドストリーム 2」の計画を進めてきたのである。しかしながら、ロシアによるウクライナ侵攻により、この戦略には大きな狂いが生じた。6月23日、ドイツ政府は今冬の燃料不足を回避するため、燃料管理の警戒レベルを3段階の2に引き上げた。緑の党出身のロベルト・ハーベック経済・気候保護大臣は、休眠している石炭火力発電所の再稼働を示唆している。同国にとっては大きな戦略転換と言えるのではないか。

図表2:ドイツの家庭向け電力料金



期間: 2000年~2022年上半期

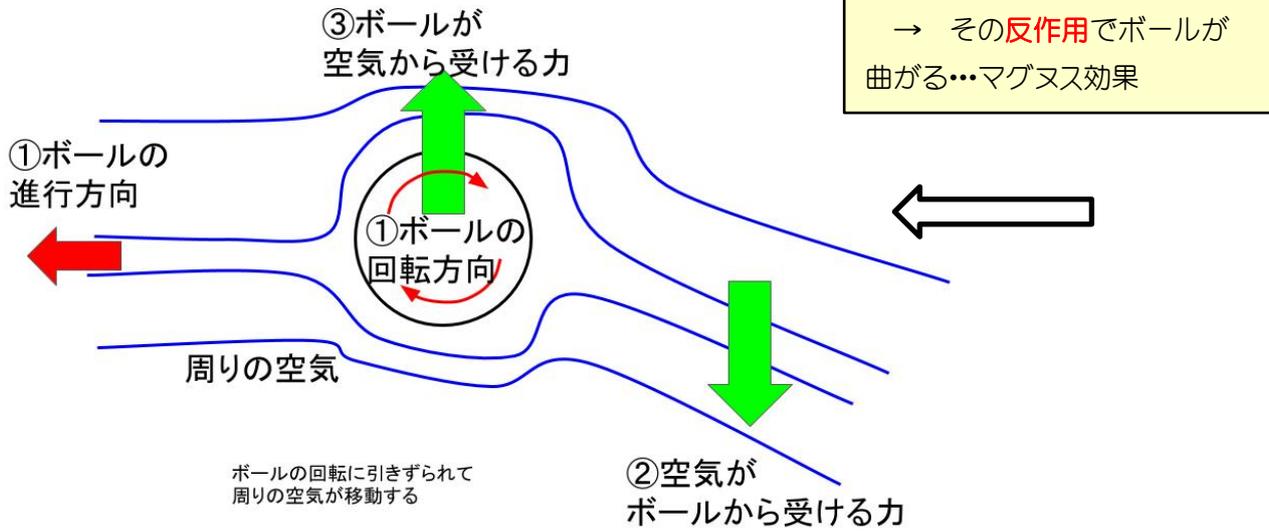
出所: 独経済・エネルギー省のデータよりピクテ・ジャパンが作成

ドイツの直面するエネルギー問題は、日本にとり極めて示唆に富む。再エネ比率の引き上げが重要な課題であると共に、計算できるベースロード電源の確保も併せて行う必要があることを浮き彫りにしたからだ。また、資源大国ロシアによるウクライナ侵攻を通じて、エネルギーは経済問題であるだけでなく、安全保障上の課題であることが再確認された。

3) マグナス効果を使った風力発電 (マグナス型風力発電機の出力 ⇒ 10kW)

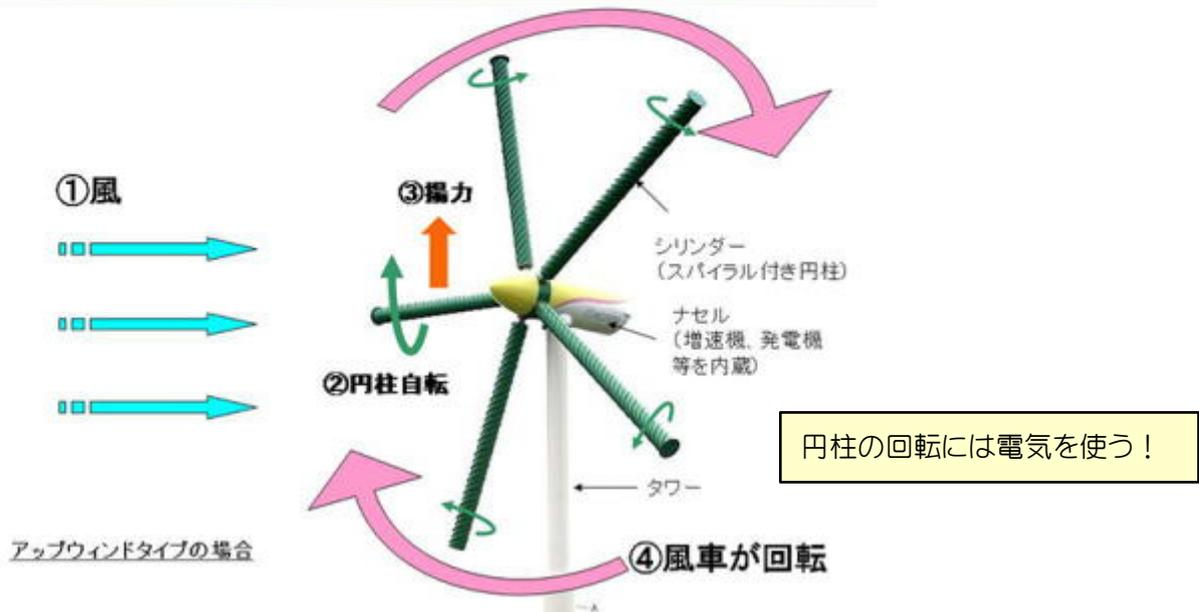
マグナス効果

⇔ 回転するボールが曲がる効果



(マグナス効果で)円柱を回すと、移動方向に「直角の力が働く」を利用した発電機構。 ⇒ ホンマか？

風に対して円柱を自転させると揚力が発生、
風車を回す力になって発電します。



3-1) 株式会社チャレナジー(清水 敦史)

垂直軸型マグナス式風力発電機の開発

•広い風速範囲で使用できる

4-40m/s

(プロペラ式は約 25m/s 以下)

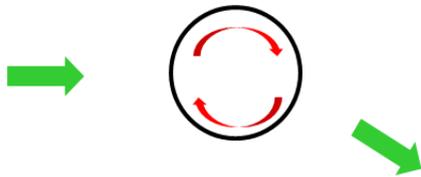
円筒の自転速度を調整できる

- 風向きによらない
- 台風の強風下でも発電可能

○現在は円筒 2 本

3-2) 私の疑問(久米さん)

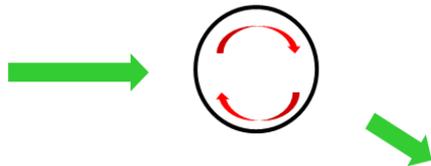
円筒の回転で風の方向を変えている。



*回転させるのにエネルギーが必要。
理由:風を曲げるために

エネルギー収支はどうなっているのか?

風が向きを変えるとともに、減速してそのエネルギーをもらっている?



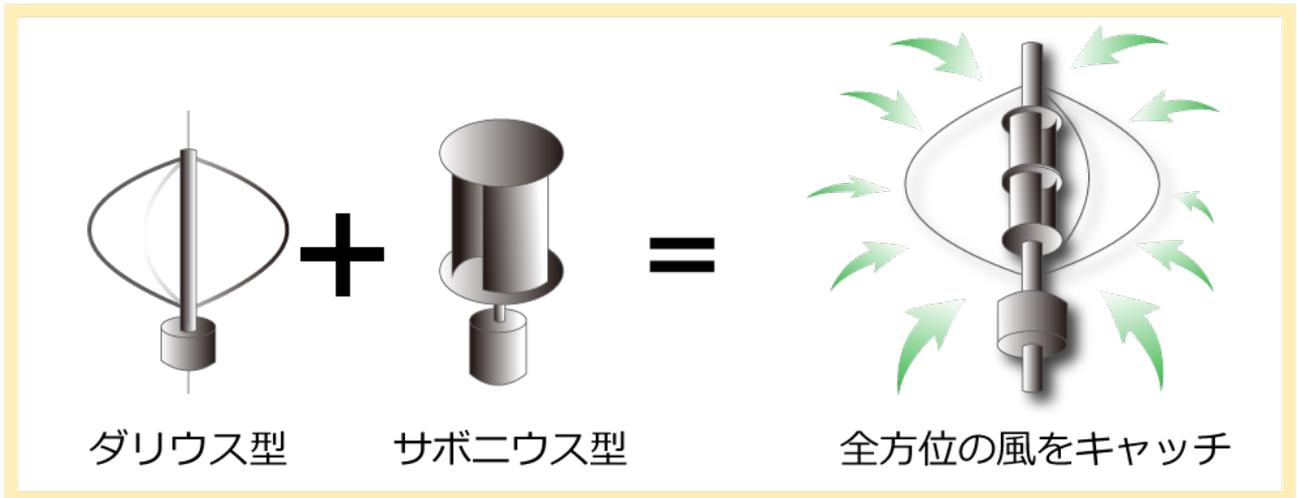
- 回転エネルギーを差し引いていくらの効率になるか?
HP((株)チャレナジー)を見ても出てこない
- 弱風から強風まで発電できるということではあるが
軽量化(弱風)と強度(強風)の trade off
- 生産コスト、発電効率で他の発電方式に対抗できるか?
- 最近、離島で「風力発電+水素生成を」と方向転換

空気を下向きにけとばしているのは、自転の運動。
それを公転運動に変えて風力エネルギーがとり出せる理屈?



**代表取締役CEO
清水敦史氏**

東京大学大学院修士課程を修了後、大手電機機器メーカーにてFA機器の研究開発に従事。
東日本大震災をきっかけとして独力で「垂直軸型マグナス式風力発電機」を発明。
2014年10月に株式会社チャレナジー創業。

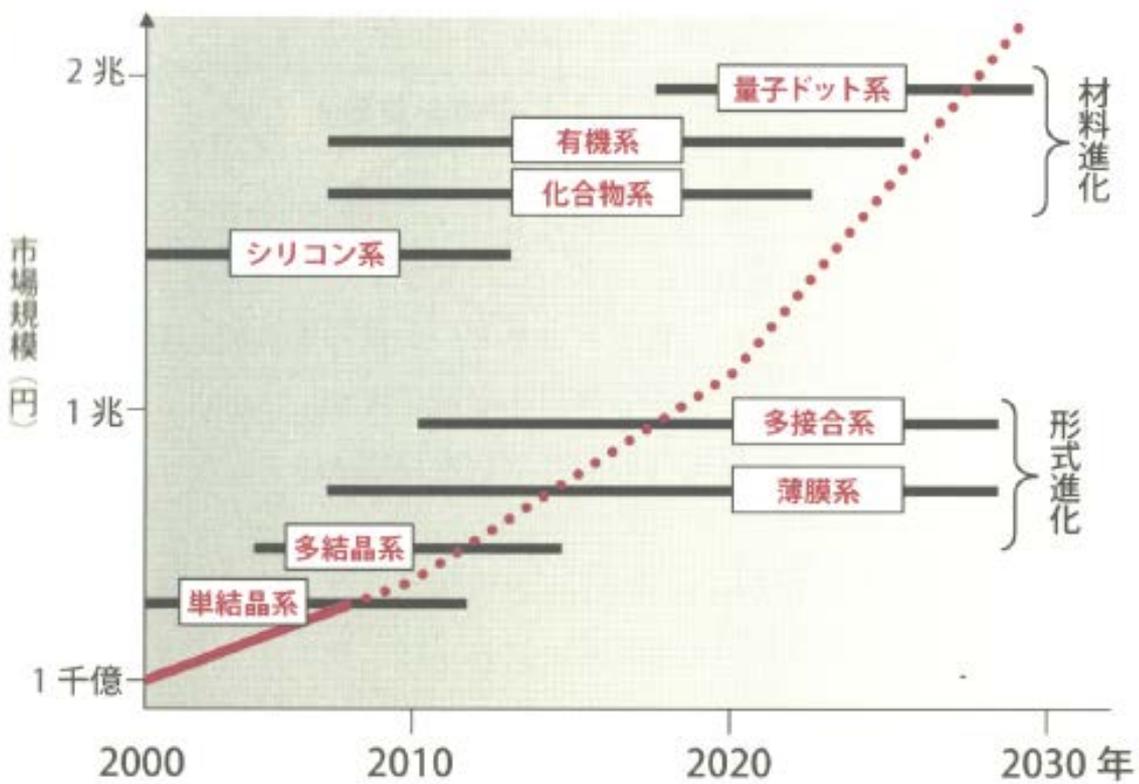


<http://fu-jin-power.jp/product-info/>

* マグナス型風力発電のメカニズム・動作原理について、本会議では理解できなかった。

4) 太陽光発電

図1 日本における太陽電池市場



4-1) 結晶系 (有機系含む)

図2 原材料による発電効率の違い

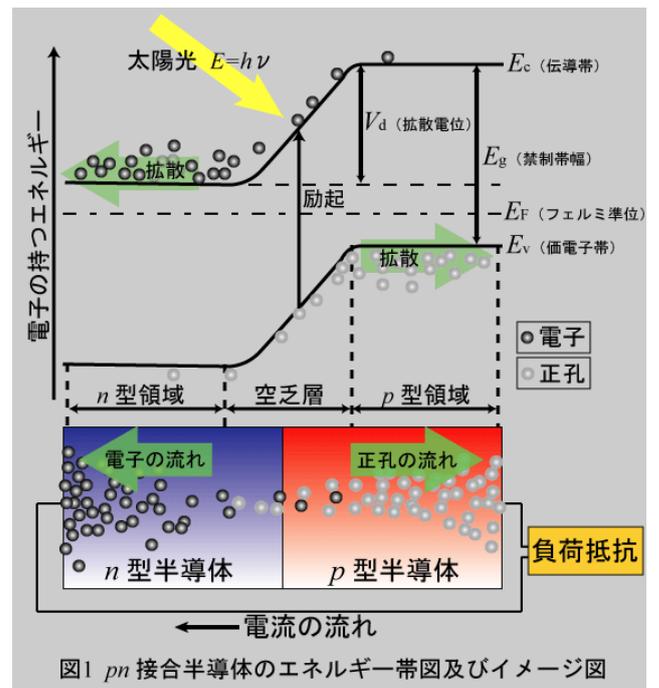
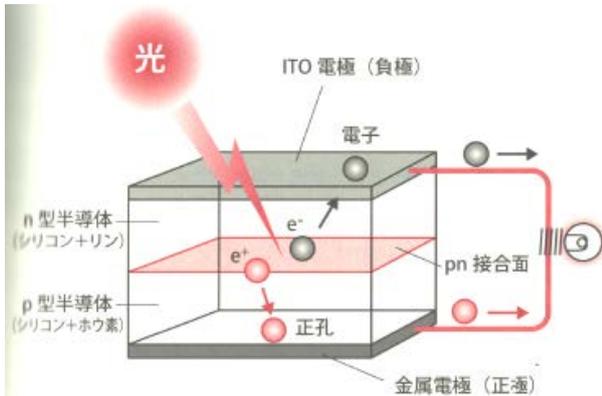
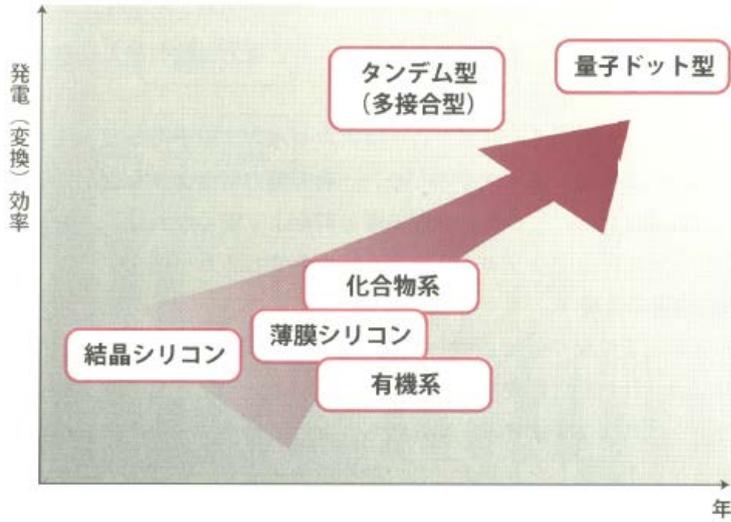


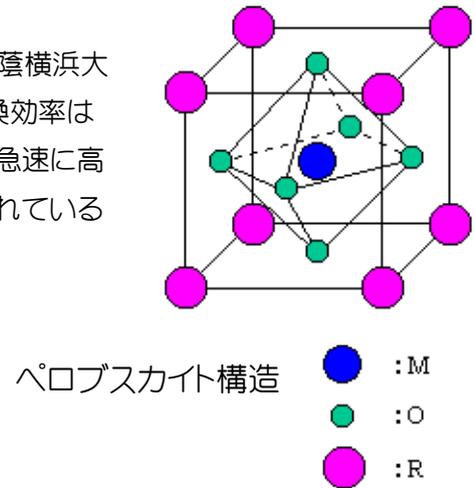
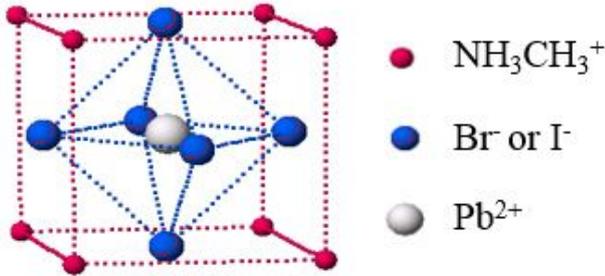
図1 pn 接合半導体のエネルギー帯図及びイメージ図

一般的な太陽光発電原理の説明図

省略

4-2) ペロブスカイト型太陽光発電

2009 年にハロゲン化鉛系ペロブスカイトを利用した太陽電池が桐蔭横浜大学の宮坂力教授らによって開発された。2009 年のエネルギー変換効率は $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ を用いたものでは 3.9%であったが、近年変換効率が急速に高まり、低コスト製造できるため将来的な商用太陽電池として注目されている



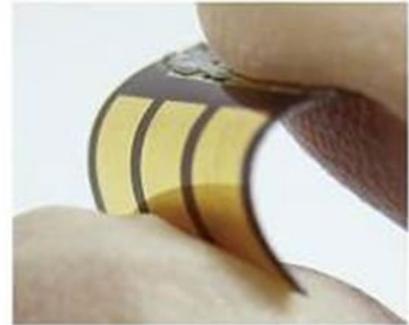
4-3) ペロブスカイト型構造の太陽電池:

製造温度を低くできて、プラスチックを痛めない。

プラスチックフィルムタイプの太陽電池の製造を可能にする。

シリコン系太陽電池は薄くすると太陽光のエネルギーが吸収できなくなるため、変換効率が大きく低下する。しかし、ペロブスカイト太陽電池では太陽光の吸収係数が大きいため、高い変換効率を維持したフィルムタイプ太陽電池の実現が可能である。

室内、曇天など太陽光弱くても発電可



News: 2021年9月、東芝はフィルム型のペロブスカイト太陽電池で独自の成膜技術を開発し、フィルム型では世界最高のエネルギー変換効率 15.1%を達成した。広く普及しているシリコン型太陽電池並みの変換効率を実現している。東芝は 2025 年までに、変換効率が 20%以上、受光部の面積 9 平方メートルの実用化に向けて開発を進めており、発電コストは 1kwh20 円以下を目指す

量子ドット太陽光発電

量子ドットは直径 10nm 程度の微細な結晶

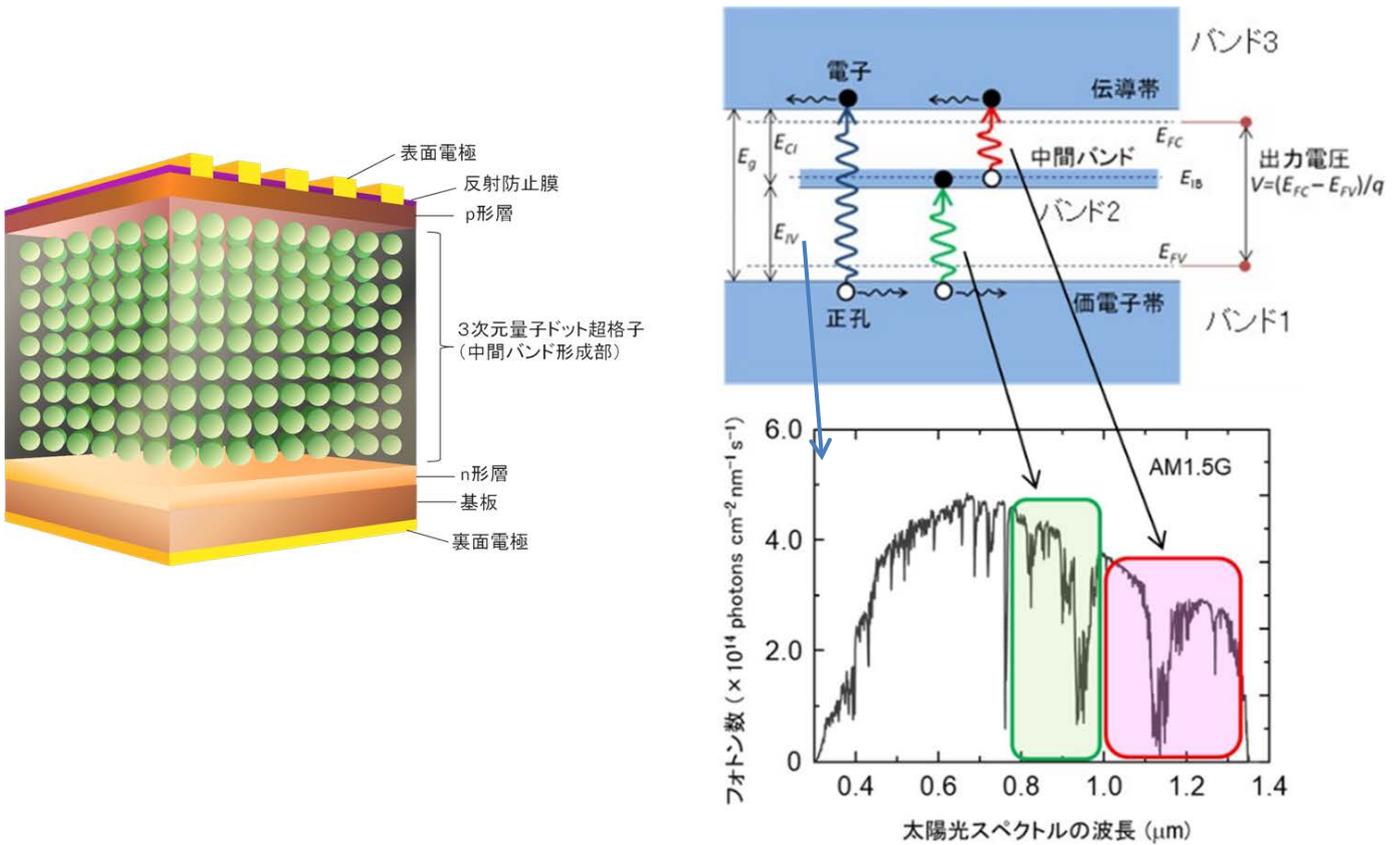
(原子サイズはおおよそ 0.1nm = 1Å 程度)

周囲をポテンシャル障壁で囲まれた構造。

量子ドット型太陽電池では、量子ドット中に電子を

閉じ込めることで生じる量子効果を活用して、これまでの太陽電池では吸収することのできなかった波長の光や、高エネルギーの光を有効に利用することで変換効率を高める

光を無駄なく使う 量子ドット型太陽電池



* 結晶系太陽発電で利用できなかった、赤外～遠赤外領域の光を(上図の緑と赤の領域)発電に使えるので太陽光を余すところなく利用するメリットがある、30%と大幅な改善が見込める。

* 応用物理学会 太陽電池部会の HP より転載 <https://www.jsap.or.jp/columns/gx/e1-6>

太陽電池のエネルギー変換効率は、現在主流の結晶シリコン太陽電池の場合、理論最大値 [1] の約 29%にほぼ到達している。一方、従来の延長線上にない新しい概念や材料を用いて、単接合太陽電池の効率を上回り、かつ低コスト化が展望できる次世代型太陽電池の研究開発が加速している [2]。

量子ドットを用いる利点は、①大きさを变えるだけで光吸収の波長範囲を紫外光から近赤外光にわたって広くチューニングできること(量子サイズ効果)、②従来型の太陽電池では熱損失として失われてしまうエネルギーを有効利用することが期待できること(ホットキャリア効果, マルチエキシトン生成効果)、③高密度の量子ドットを配列させた超格子構造を用いて、赤外光を吸収できること、④コロイド量子ドットを用いた低コストの太陽電池に適用できること、などが挙げられる。特に③において、量子ドットを高密度に配列させた構造では、量子ドット間の電子的結合が起り、個々の量子ドット中に形成される離散化されたエネルギー準位が束となってエネルギーバンドが形成される。この中間バンドを介した光吸収を利用して、赤外域の太陽光を有効に吸収し太陽電池の高効率化を図る。