


水素によるエネルギー貯蔵への期待

九州大学大学院工学研究院 機械工学部門
水素利用工学講座 水素貯蔵システム研究室
カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所
水素貯蔵材料研究部門長

秋葉 悦男



e.akiba@mech.kyushu-u.ac.jp  九州大学

本日の講演内容

1. 水素エネルギーとは
2. 水素エネルギーと分散エネルギーシステム
3. 再生可能エネルギーの貯蔵
4. 水素貯蔵材料による水素貯蔵
5. ドイツにおける再生可能エネルギーの水素による貯蔵
6. まとめ

水素とは(1)

宇宙に最も多く存在する元素

地球上では水をはじめ多くの化合物の成分として存在
水素単体としては地球上にほとんど存在しない

水素は常温常圧で無色、無臭、無味の気体で毒性は無い
最も軽いガス 1L、0℃の水素は90mg (0.090g)

圧力を上げると比例して圧縮しにくくなる

圧力を急激に下ると温度が上昇する(他のガスと異なる)

液化水素になる温度(沸点) -253℃ と極めて低い

水素とは(2)

わが国の生産量 約170億Nm³(約150万トン)

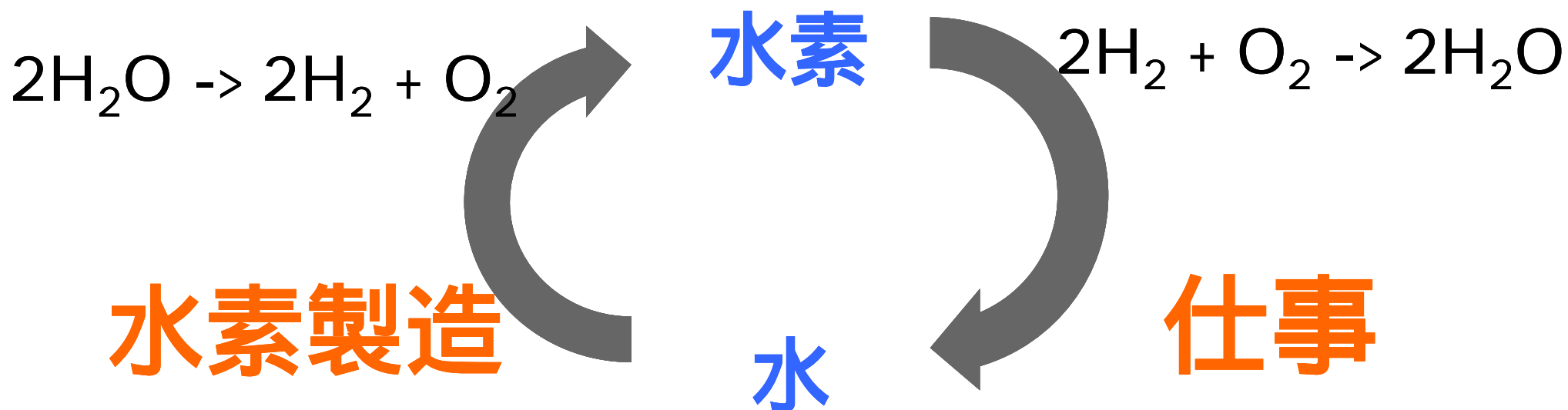
その内の約1%が市販、残りは工業原料として利用

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

市販水素は、半導体産業、金属工業、食品工業(マーガリン製造等)、溶接・溶断等に利用

水素/水の循環

エネルギーキャリアとしての活用



炭素(炭化水素)の循環に比較し、循環量と存在量の比率および循環の速度が優れ、環境への負荷が極めて小さい

水素によるエネルギー貯蔵

水素エネルギーの利用

従来： 燃料電池自動車の燃料

3.11以降： エネルギー貯蔵媒体としての観点が浮上

出力変動の著しい再生可能エネルギーを導入
する場合にエネルギー貯蔵は必須

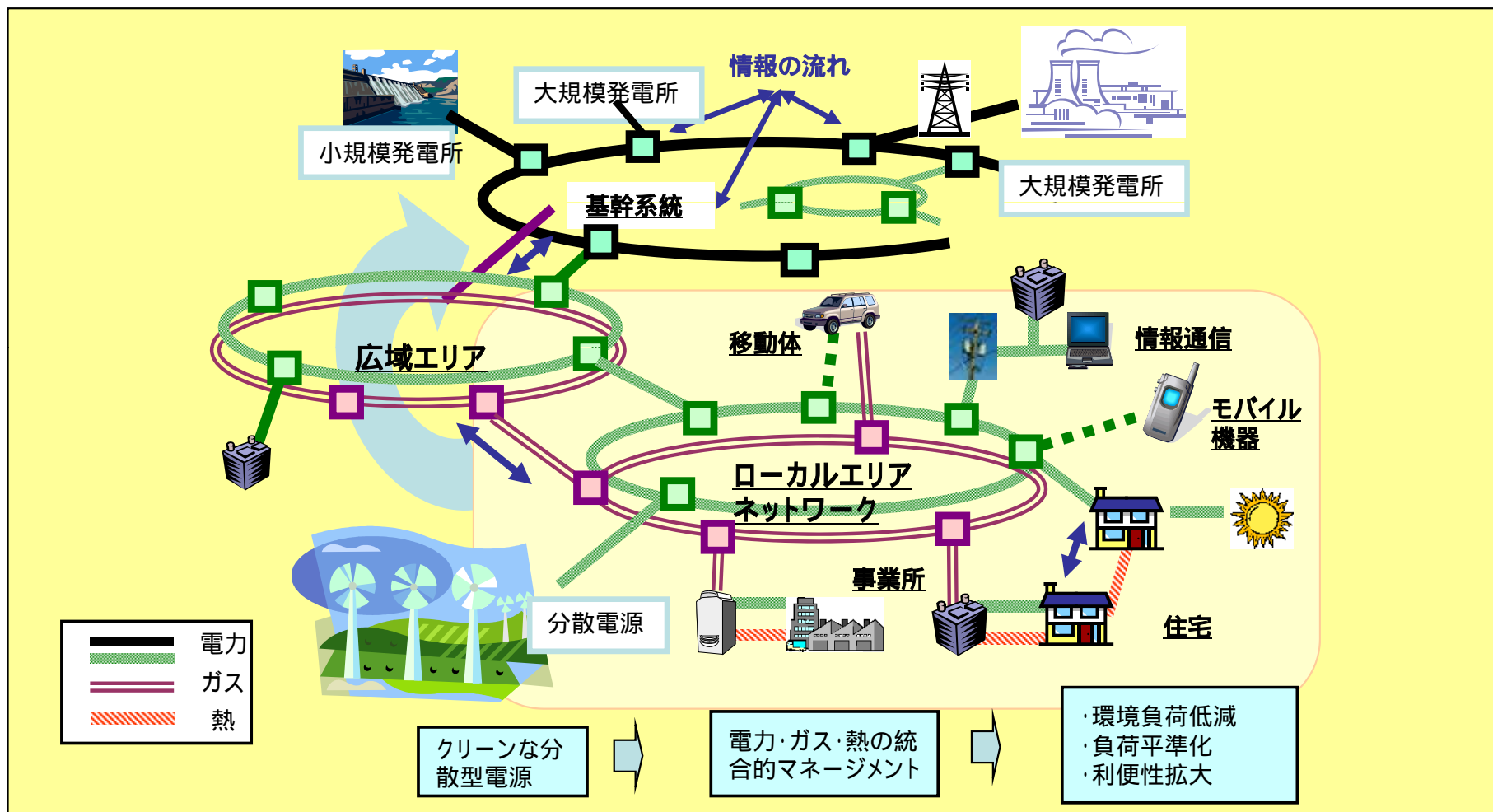
水素は二次エネルギー

水素は電力と既存の技術で相互に変換できる唯一の燃料

水素は気体であるため体積貯蔵密度に課題

エネルギーネットワーク技術の意義

1. エネルギー利用効率の向上
2. 分散型電源、特に再生可能エネルギーの大量導入のための基盤技術
3. 基幹系統との協調による安全・信頼性向上



再生可能エネルギー（Renewable Energy）の定義

自然界に存在し、自然界の営みによって、利用するのと同程度以上の速度で再生されるエネルギー源（またはそこから発生するエネルギーそのもの）を指す。対義語は枯渇性エネルギーで化石燃料やウラン等の埋蔵資源を指す。

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
- ・ 温度差エネルギー・海洋エネルギー・大気熱



太陽光発電



風力発電



地熱発電



水力発電

再生可能エネルギーの特徴

枯渇しないので永続的利用が可能である。

温室効果ガスや有害物質を排出しない。

小規模分散型エネルギー源としてはエネルギー需要地の近辺で利用できるが、大規模エネルギー源としては、需要地から遠い世界各地に偏在しているため利用が容易でない。

(再生可能エネルギーを水素に変換し輸送、貯蔵することにより消費地での大規模利用が可能になる)

時間や気象条件でエネルギー発生量の変動し、需要に合わせた安定供給ができない。

(水素に転換して貯蔵することにより安定供給が可能になる)

風力発電や太陽光発電は設備が単純で、保守も容易である。

再生可能エネルギーの貯蔵

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、Redoxフロー電池)

などがあるが、水素は極めて有力

水素の用途は多岐にわたる

燃料として発電、自動車燃料

化学品の「原料」としても大量の需要が存在

水素はガス状であるため、貯蔵輸送に課題

水素の特性: 搭載貯蔵

500 km の航続距離に対するエネルギー貯蔵システムの重量と体積

ディーゼル

圧縮水素 700 bar
6 kg H₂ = 200 kWh chemical energy

リチウムイオンバッテリー
100 kWh electrical energy

System
Fuel

System
Fuel

System
Cell



43 kg
33 kg



125 kg
6 kg



830 kg
540 kg



46 ℓ
37 ℓ



260 ℓ
170 ℓ

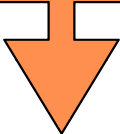


670 ℓ
360 ℓ



1リットル中の水素体積密度

ガソリンの3000分の1の体積エネルギー密度



0.084 g

1気圧、室温の水素

24 g

35 MPa、室温の水素
(理想気体仮定では29 g)

41 g

71 MPa、室温の水素
(理想気体仮定では60 g)

117 g
(172 g)

水素貯蔵材料
VH₂の中の水素

71 g

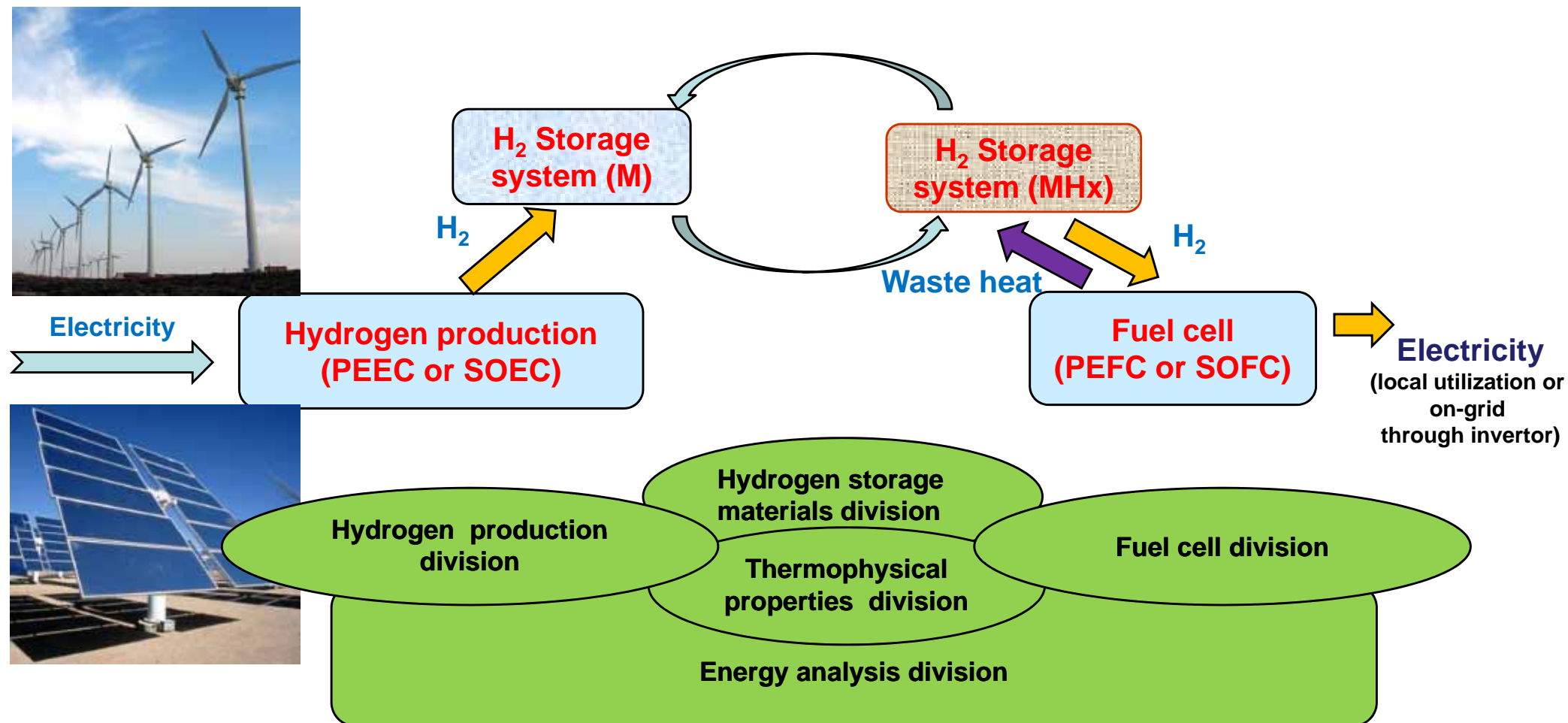
沸点の液化水素

LaNi₅ ~1 MPa
室温
リアルタイム



水素貯蔵材料をエネルギー貯蔵媒体とするシステム

九大カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所で開発を開始



風力/水素の地下貯蔵

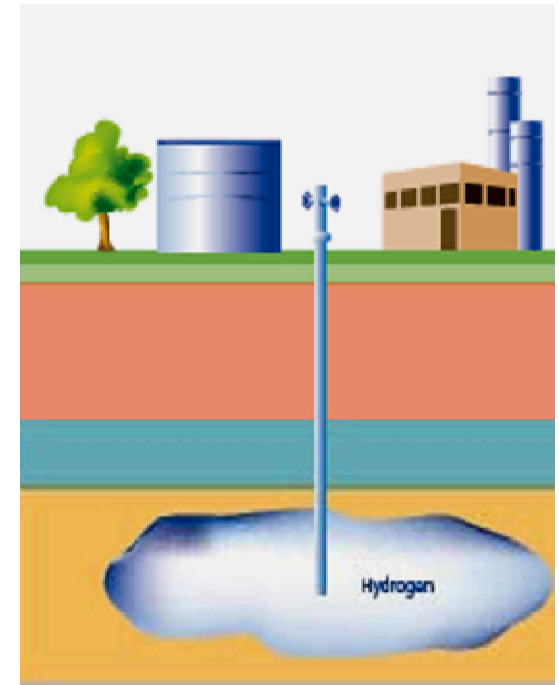
ドイツは風力/水素の大量貯蔵方法として、地下の岩塩層に液体掘削法で作るドーム (Cavern) に圧縮水素を貯蔵することを計画。岩塩層はドイツ全土に広範に分布する。

水素の貯蔵

- 1ヶ所の貯蔵量: 50万 m^3
- 圧力: 210 ~ 70 bar、• 深さ: 300-1300m
- 岩塩層は掘削容易でシール性が良い

高圧ガスの岩塩層貯蔵実績

- 英国ICIは工業用水素を3カ所貯蔵
Teesside、Yorkshire、Manchester
- 米国PraxairもTEXASで天然ガス貯蔵の実績がある。



岩塩層の貯蔵ドーム

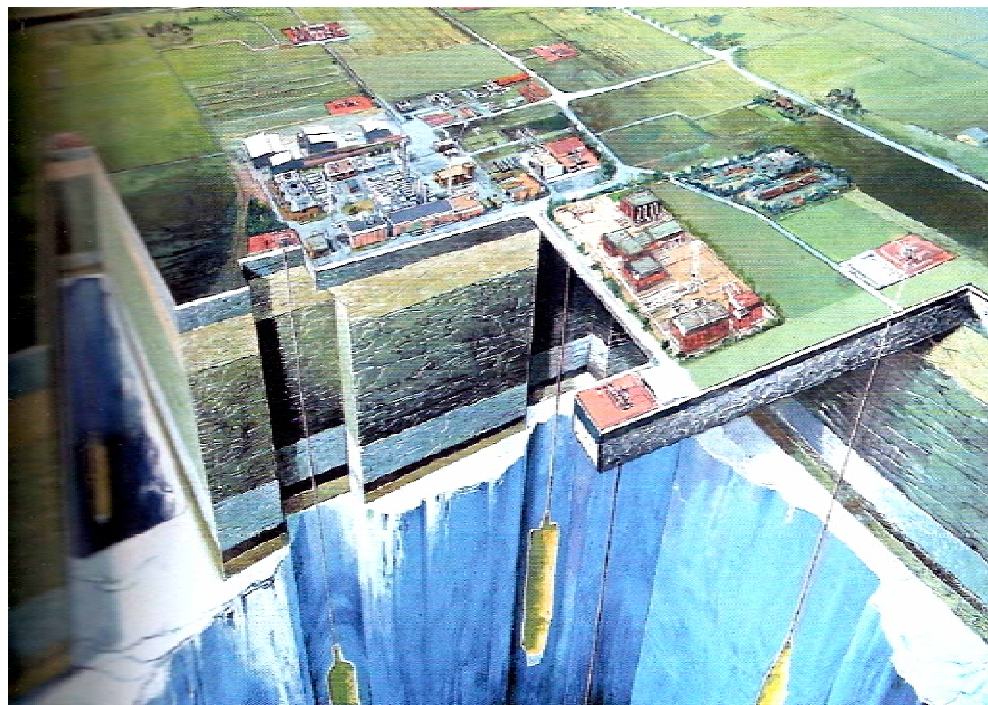


貯蔵ドームのヘッド

ドイツの岩塩層ドームへの水素貯蔵

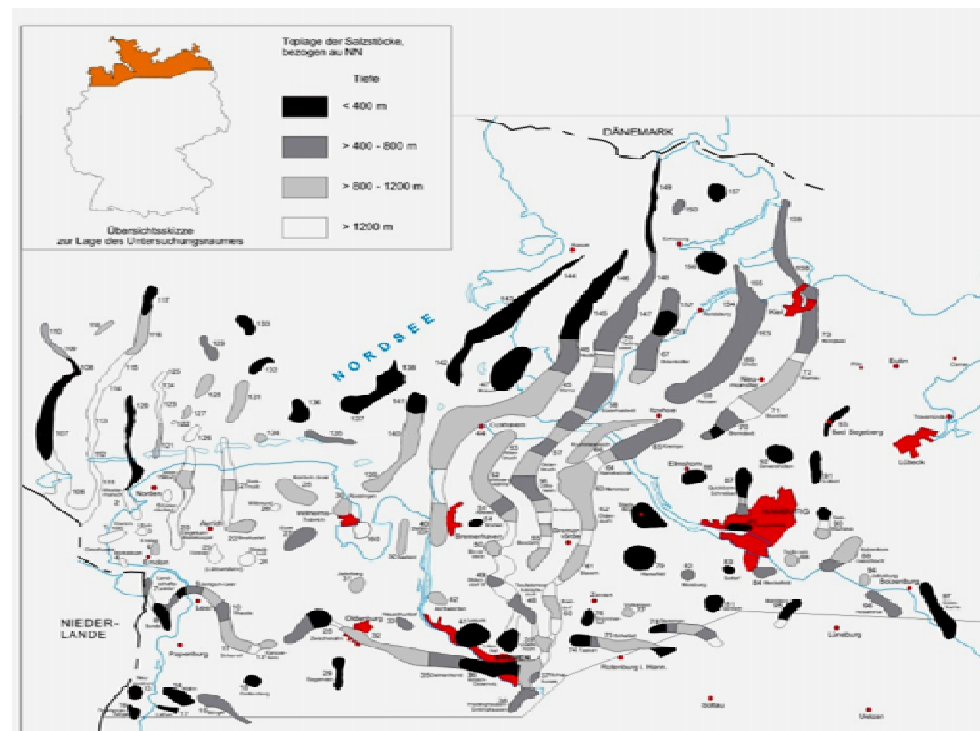
岩塩ドームの寸法、容積

- 深さ：300～2,000m
- 直径：60～100m
- 高さ：>300m
- 容積：50～80万m³



岩塩層ドーム想像図

出典：WHEC Germany Trade & Invest



ドイツ北部の岩塩層分布

出典：LBST発表資料より

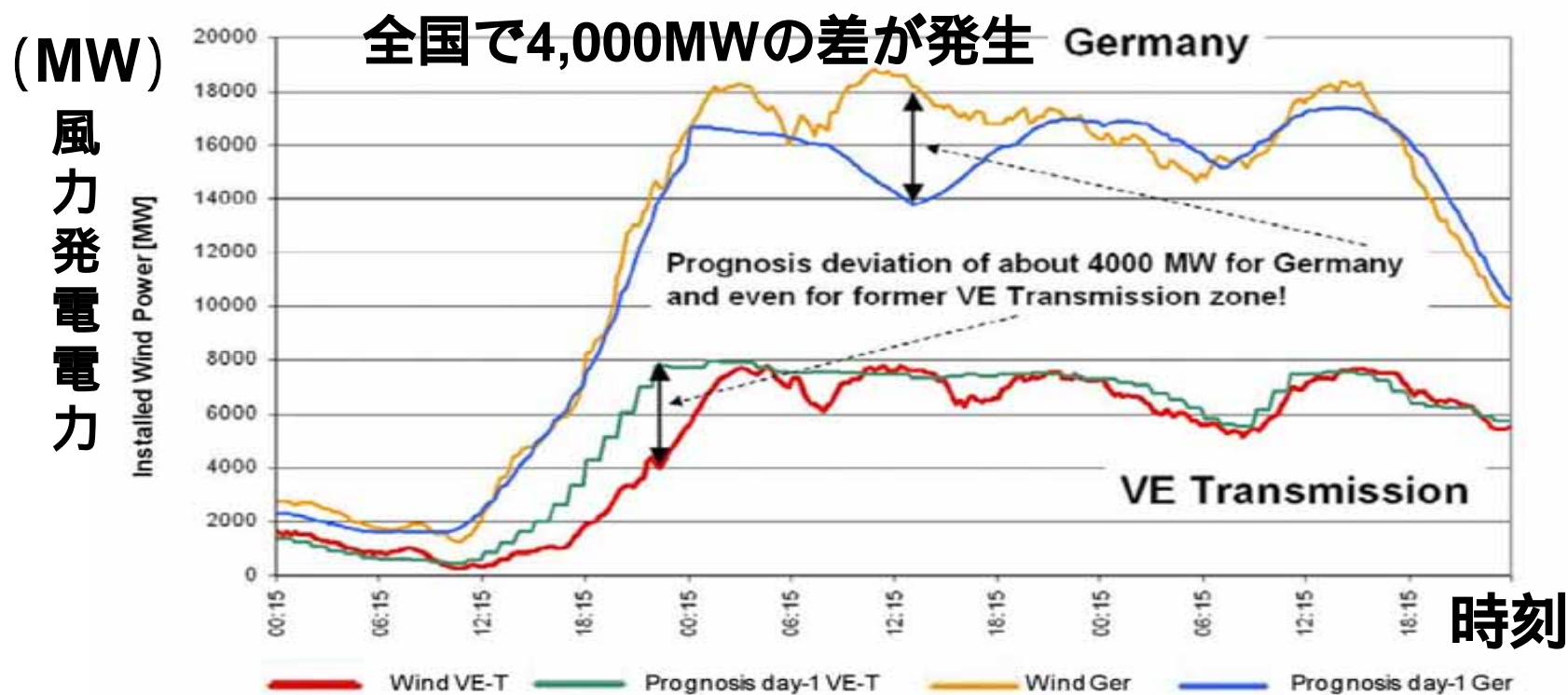
課題

- コスト, エネルギー効率

電力消費と風力発電電力の変動

欧州北部へ電力を供給する Vattenfall社の水素に対する見解

風力発電に対する古い思想による課題：周波数と電圧の安定化
 新しい課題：エネルギーの貯蔵と適時利用、電力と熱利用。
 電力会社の新ビジネス：電力の水素への変換はそれらの課題を
 解決し、水素の製造・貯蔵は電力会社の新ビジネスになる。



水素社会構築はもはや「夢」ではなく「責務」である



WE-NET ホームページより

ご静聴ありがとうございました