

# 2050年に80%削減を実現するための 「破壊的イノベーションの実現」

安井 至

(一財)持続性推進機構 理事長  
(独)製品評価技術基盤機構名誉顧問  
東京大学名誉教授  
国際連合大学元副学長

<http://www.yasuienv.net/>

# 破壊的イノベーションの前提

- **再生可能エネルギー**がエネルギーの大部分となる
- **原子力**が存在していれば“破壊”の程度は多少楽になる
- **化石燃料**への依存は若干残る(**産業用**=CCS必須と**非常用備蓄**など)
  - CCSなし石炭発電は、2030年以降、反ISO26000??
- **家庭用・民生用**のエネルギーは、ほぼ**電力のみ**となり、一部で水素+天然ガス混合物も可能性(備蓄用?)
- **自動車用**のエネルギーは、ほぼ**電力と水素のみ**になる。一部のPHVが電欠用にバイオエタノールを使うか
- **航空機用**のエネルギーは液体炭化水素燃料だが、ゼロカーボンにするために、バイオマス発電からの排ガス中のCO<sub>2</sub>と水素を用いた**合成燃料**が作られている
- **80%削減から完全ゼロ**へのギャップはさらに大きい

# 再生可能エネルギーの各論

- **イノベーション期待薄の再エネ**
  - 地熱や高温岩体発電は最有力候補だが、国立公園との関係をどう決めるかが困難で不透明
  - 中小水力は量的にそれほど期待できない
  - バイオマス発電は国産材では限界あり
- **準安定再生可能エネルギーは高価**
  - 洋上風力：送電線の容量からは福島。しかし、水深から浮体式になるか ⇒ 高価
  - 海洋エネルギー：津軽海峡の海流発電 ⇒ 高価
- **価格面**から、不安定再エネである太陽光と風力が主力になるのでは

# 太陽光と風力の不安定性対応

- 2つの対応が必須なイノベーション
  - 高性能電力網の構築 北海道・東北のポテンシャル活用
  - あらゆる不安定性への対応する蓄電技術
    - 周波数、短時間の揺らぎ、日変動、週末、連休、季節(夏と冬)
- 送電線網側でのイノベーション
  - 電力網: 直流送電幹線(北海道・東北/四国・九州)
  - 揚水発電の再評価、圧搾空気、フライホイール、超電導マグネット、電池(あらゆる種類とその複合)
  - 季節変動対応: 水素とバイオCO<sub>2</sub>でのメタン合成
- 需要側でのイノベーション
  - ほぼ電池: 特性の異なる電池の複合化
  - 電気自動車の電池と併用する考え方が合理的
  - その他: 給湯用蓄熱デバイス(家庭)、地下への蓄熱エアコン(民生)

# 産業起源CO<sub>2</sub>のCCSとイノベーション

- **鉄鋼業、セメント製造業**からのCO<sub>2</sub>
  - この二業種を根本的ゼロカーボン化するのは至難
- **CCSが唯一**の対応法
  - 最初は数1000トン／年ぐらいか
  - 液化炭酸(CO<sub>2</sub>)での輸送船依存は、高価になる
  - 工場からパイプラインで海底へ、が唯一の方法か
  - 北九州市・山口県日本海側がやはり適地ではないか
- **自家用火力発電**には、CCS実施の義務化を仮定した環境税で対応するのだろう
  - 環境税かCap&Tradeかという議論はありうる
  - しかし、CCSが実現すればカーボンプライスを固定化する効果があることを、充分考慮する必要がある



# 1. 新材料開発によるイノベーション【過去1】

- 酸化物超電導 → ノーベル物理賞 1987年
  - 酸化物超電導体製の電線の応用も重要
- 巨大磁気抵抗 → ノーベル物理賞 2007年
  - ハードディスクの記録密度の大幅向上
- 光ファイバー → ノーベル物理学賞 2009年
- LED用GaN単結晶 → ノーベル物理賞 2014年
  - もしも、大型のGaN単結晶ができれば、電気自動車の非接触充電用などに使える。
  - SiC単結晶のサイリスタ(現在はSi)が、次世代のハイブリッド車には搭載される？
  - 未来の50-60Hzの周波数変換用には、恐らくダイヤモンド半導体(未達成)が最有力？

# 1. 新材料開発によるイノベーション【過去2】

- フラーレン → ノーベル化学賞 1996年
  - 誘導化合物が有機半導体用：有機太陽電池用
  - プラスチックで太陽電池が作れるというメリットが主張された。ところが、最近開発された同じメリットを持つペロブスカイト型太陽電池に敗北が決定的状況。
- 導電性高分子 → ノーベル化学賞 2000年
  - タッチパネル用に実用化
  - エネルギー分野ではまだなし
- グラフェン → ノーベル物理賞 2010年
  - 応用例はまだほとんどない状態だが、研究は盛ん
  - 蓄電デバイス用としても、可能性がある

# 夢の新材料開発の方向性

- 例えば、**未来型自動車の省エネ**を考えると
  - **超高強度材料による超軽量化**
  - **新規電池用の電極材料、電解質**
  - **熱伝導率可変材料による自動車燃費向上**
  - **画期的な温度特性をもつ伝熱材料**
  - **画期的な光反射材料(制御可能)**
  - **路面との摩擦力が制御できるタイヤ材料**
  - **非接触型の電力電送による電気自動車の充電**
  - **導電性ゴムタイヤを使った高速道路の電力供給システム(トラック用)**
    - 本音は、高速道路にはトラック用トロリー架電

# 夢の新材料の実現には、 2. いくつかの構造・組成の組み合わせ という発想も重要

## ■ 組み合わせの例は

- グラフェンを補強材に使う超薄高強度材料
- グラフェンによる高出力キャパシタ
- リチウム、マグネシウムの両方を使う複合型電池
- 超微細構造で、特異的物性を引き出す材料
- 超薄膜の超多層化で、物性を制御可能に
- ミクロからセミマクロ構造までの複合化の設計
- ペロブスカイト型太陽電池(曲面も可能)自動車ボディー
- 透明太陽電池による窓ガラス

### 3. IoT、スマートグリッドなど

- この分野は、まだまだ未開なので、**トンデモナイ発想**が必要か
  - 日本中の太陽電池パネルと、風力発電機と、家庭・オフィス内に設置された蓄電池と、すべての電気自動車が、IoT化されたとしたら、**何が可能になるのか？**
- 例えば、
  - 5分後の天気予報の精度が格段に向上
  - その結果、5分後の発電量が精密に予測できる
  - すべての蓄電池の蓄電量を勘案しベストな対応策が可能
  - どうしても電気が余るとき、その電力を無料で、電気自動車に移す
  - その代わりに、不足が予測されたときには、その電気を貰う
  - このようなシステムに対する最適課金システムは？
- 4. IoTに適合した**新制度開発**

# 米国、Opowerというベンチャー

- Smart Meter (電力消費量がインターネットで分かる) を活用して、人々の行動を変えることで、省電力を実現している会社。
- カリフォルニア州のPG&E (電力・ガス会社) 等と提携
- 方法
  - 気温などから、消費量の増加を予測
  - もし、増加が大と予測された場合には、消費者にメール
  - 「明日、11時から14時までの消費量をXX以下に抑えて貰えたら、ご褒美として、8ドル差し上げます」
  - XXは、その家の実績を用いて、Opowerが適切な値を提案
- cf. : 日本流 : 「明日の11時から14時には消費電力が増大するので、電力単価が2倍になります。。。」
  - そもそもスマートメータ普及に2024年まで掛かる

## 5. 他の必要な制度の新規開発 例：カーボンプライシング

- 政策を作る場合でも、**破壊的イノベーションの想像力と創造力**が不可欠
- 近年では、エコポイントが成功事例かもしれない
- **環境税やCap & Tradeの未来予測が重要**
  - 予測1：2030年以降になると、CCSが必須になる
  - 予測2：2050年以降、CO<sub>2</sub>排出はほぼ不可能になる
  - ということは、CCS以外に買うことができる排出権はないことになるか??
  - となると、カーボンプライスの基準は、CCSの運用コストによってピンポイントで決まるか??
  - ちなみに、CCSを民営する企業のリスクは非常に高いので、国が前面に出た支援体制が必須??

# 6. 人間に働きかけて誘導する行動変容

Bullitt Center  
シアトル、ワシントン州  
世界でもっともグリーンな  
ビジネス用ビルディング



外の景色と  
健康のために  
登りたくなる階段  
= Irresistible  
Staircase



日本の結婚式場の階段

