

第129回定例研究会 資料I

# 2050年日本低炭素社会シナリオ と水素エネルギー

2009年9月17日  
東京工業大学 蔵前会館

第129回定例研究会  
日本水素エネルギー協会

(株)システム技術研究所  
植屋治紀

1

## 2050年日本低炭素社会シナリオと 水素エネルギー

- ・低炭素社会の研究
- ・2050年低炭素社会の5つの要素
- ・再生可能エネルギーの普及
- ・太陽光発電の経済性
- ・風力発電とスマートグリッド
- ・自動車用エネルギーの重量あたり密度
- ・水素 vs. 電力
- ・2050年低炭素社会シナリオ
- ・水素60万トンの貯蔵に必要な資材量
- ・エネルギー耕作型文明

2

## 低炭素社会の研究 (Low Carbon Society)

- 温室効果ガスの排出を現状の20-30%以下に低減する必要があり、ヨーロッパでは低炭素社会の研究が2000年ころから開始された。
- 国立環境研究所は英国と共同で「脱温暖化2050」の研究を行って、2050年に日本は温室効果ガスを70%削減可能としている(2007年)
- それによると「A. 高度成長技術志向シナリオ」でも「B.分散型循環社会」でも、エネルギー需要を40~45%低下できる。CO2排出量は、産業部門で20~40%、運輸旅客部門(主として自動車)で80%、運輸貨物部門で60~70%、家庭部門で50%、業務部門で40%削減できる。

3

## 2050年低炭素社会の5つの要素

- 1)21世紀なかごろまで地球規模では人口は増大する。地球上には依然として貧しくエネルギー利用の恩恵を受けていない人口は大きい。世界の人々がある程度豊かな生活をもとめることは変わらない。CO2排出を大幅に削減しながら、それを実現する経済は可能である
- 2)石油生産は2010~2030年ごろにピークに達し、価格は高くなってゆく(石油は最も便利なエネルギーである)
- 3)CO2削減には、エネルギー利用効率の向上が経済的で早く効果がでる(エネルギーが高いと効率向上に向かう)
- 4)太陽光発電、風力など再生可能エネルギーのコストが低下してゆき重要な役割をになうようになってゆく
- 5)再生可能エネルギーが大量に導入されると、エネルギー貯蔵に有利な水素が大量に利用されるようになる

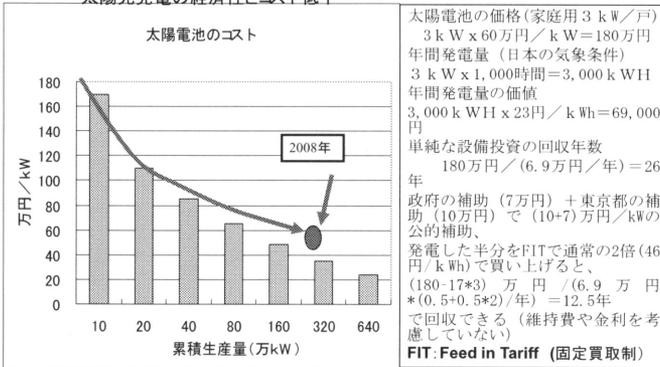
4

## 再生可能エネルギー導入の現状

種類	現状・経済性	政策
太陽光発電	増加してきたが、政府の補助を停止したため停滞。設置費用60万円/kW、既存電力の約2倍の電力価格とまだ高価。	住宅用に補助金(設置費用の一部)、電力会社の余剰電力買上げ。FIT(固定買取制)の導入が決定
太陽熱温水器	ほぼ経済性あり。80年代以降は販売が減少している。外観に問題ありとする声がある。	自治体が住宅用に補助金(設置費用の一部)
ソーラーシステム	業務用・集合住宅用に設置。既存燃料とほぼ同等+の価格	政府の太陽熱高度利用システムの補助。
風力発電	2000kWクラスの大型機に経済性が出ている。急増したが、2008年はやや停滞。	NPO、企業の設置を自治体が後押し。NEDOの補助。
小水力発電	導入ポテンシャルは高いが、既得権益との交渉が難航する	個人の設置例もあるが、自治体を中心に設置を進める例が多い。

5

太陽光発電の経済性とコスト低下



学習曲線による分析: 累積生産量が2倍になるとコストが82%に低下している。この低下傾向を延長すると2015年を過ぎるころには既存電力と競合する。福田首相は2008年、太陽光発電の規模を2020年に10倍(麻生首相により20倍に修正された)、2030年に40倍にすると宣言した。

日本における太陽光発電(2050)

設置場所	規模	単位	必要面積 (km <sup>2</sup> )	出力 (億kW)	年間発電量 (TWh)
独立住宅	2000万户	12kW/戸	1,200	2.40	240
集合住宅	20万棟	100kW/棟	100	0.20	20
工場	34万箇所	400kW/箇所	680	1.36	136
業務用ビル	オフィス、学校など		500	1.00	100
空き地	高速道路、JR路線地など		800	1.60	160
自動車ルーフ	6000万台	600W/台	180	0.36	36
合計			3,460	6.92	692

(効率20%、1kWあたり5m<sup>2</sup>、年間定格稼働時間=1000時間)  
 (日本における既存の発電量は、980TWh(2003年))

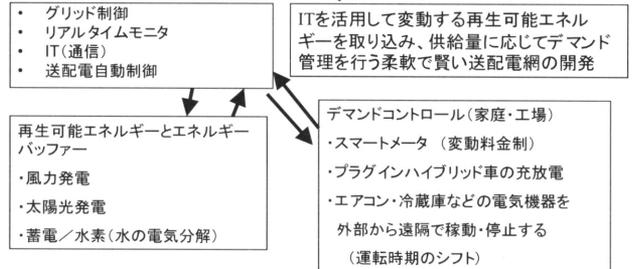
日本各地に設置すれば、2050年ころまでに7億kW規模の設置が可能であり、現在の供給電力量の約70%を供給可能<sup>7</sup>

日本の風力発電の中長期開発目標

年	現状目標	提案されている目標
2010	300万kW(RPS法)	~
2020	490万kW	1000万kW(*)
2030	660万kW	2000万kW(*)
2050	~	2500~5000万kW

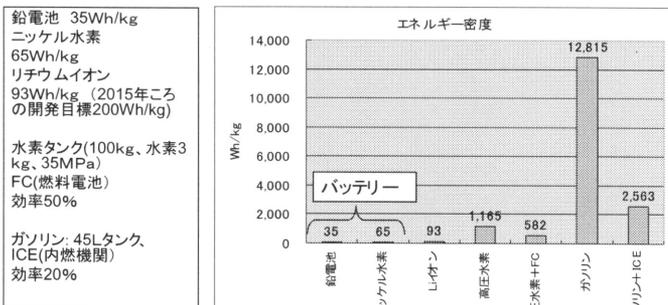
最大合計容量**8100万kW(高さ60m)**(風速を示す)  
 陸上**2500万kW(6 m/s+)**、洋上(着床)**1800万kW(7m/s+)**  
 洋上(浮体)**3800万kW(7m/s+)**  
 (\*): NEDOロードマップ、JWPA(日本風力発電協会)

スマートグリッド(賢い送電網)



スペインの風力発電の設置規模は世界第3位。2008年11月24日には短時間だが風力発電の電力が全供給電力の43%に達した。2008年に1674万kWの設備で、31.4TWhを発電した。2010年には2000万kWに達する計画である。風力発電や太陽光発電が送電量の多くを占めた場合の問題が議論されているが、スペインでは再生可能エネルギー制御センターがこの問題を処理した

自動車用エネルギーの貯蔵密度(単位Wh/kg)



バッテリー、水素、ガソリンではそれぞれ10倍(効率を考慮すると5倍)づつ密度が異なる。政府の2015年ころのリチウムイオン・バッテリーの開発目標は200Wh/kgであり、これでも、まだバッテリーが重く、充電時間が長い。電気自動車は長距離走行は不向きであり、都市内走行に限定される。

水素 vs. 電力

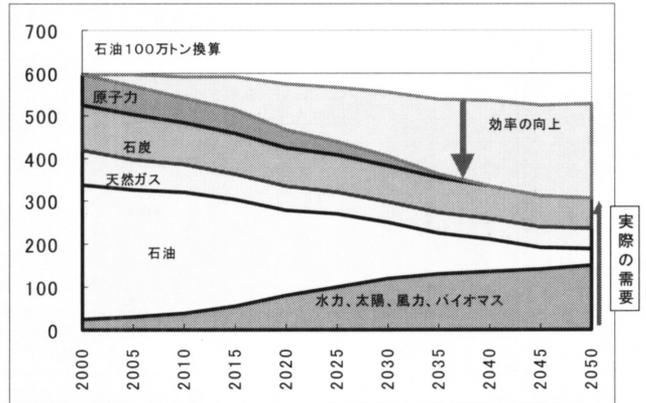
- あるエネルギー用途では水素と電力は競合する
- 水素は化石燃料改質、または再生可能電力を利用して水の電気分解からつく
- 電気自動車のバッテリーは重量あたりエネルギー密度が水素の10分の1、効率を考慮しても5分の1であり、電気自動車は、都市内利用など短距離用途に限定される(ただし、コンパクトシティ+公共交通機関の充実という計画もありうる)
- リチウムイオン・バッテリーの技術開発が進んでいるが、200Wh/kgが当面の目標であり、水素と競合しそうにない。
- FCコジェネでは、電力から水素を生産した場合、その多くを電力と熱として回収できる。
- 電力貯蔵と水素貯蔵を比較すると、資源必要量は水素の方が約1/5程度(これはコストに影響する)、しかし、エネルギー利用効率では、FCコジェネで同等、自動車用の場合で電力が約2倍効率が高い。ただし自動車の場合には、排熱の暖房利用や航続距離の問題があり、単純には比較できない
- 水素の利用には、再生可能エネルギー(PVと風力など)の大量普及が必要であり、石炭+CSSは長期的にはつなぎの技術になる

## 2050年日本低炭素社会シナリオ

1. 人口の減少、高齢化があるが、経済の規模は2000年比で1.5倍程度。効率向上を行わない場合のエネルギー需要は現状よりすこし低下する程度
2. 日本は知的なソフトパワーと先端技術を持つ緑豊かな国、アジアのスウェーデンを目指す。国際化が進展する
3. 石油生産の減少が起こり、エネルギー価格は上昇する
4. エネルギー効率を約2倍にして、エネルギー需要をほぼ50~60%に低減する
5. 低減したエネルギー需要の半分を太陽、風力、バイオマスなど再生可能エネルギーで供給する
6. 産業分野では、鉄鋼業はリサイクルが進展するが高炉には石炭が利用され、化学工業はガスと石油を利用する。余剰の水素があれば産業用に利用される
7. CO2排出量は現状の1/4程度に削減可能  
(システム技術研究所)

12

## 2050年日本低炭素社会シナリオ



効率の向上+再生可能エネルギーの導入により化石燃料の消費を削減

13

## 水素貯蔵

- 将来は太陽光発電、風力発電が豊富になるので電力の余剰分で水素を製造・貯蔵して利用する
- 現状でも石油備蓄量は、国家備蓄+民間備蓄で163日分、合計約9000万KL。日本の一次エネルギー供給量の約15%にあたる。将来の水素の貯蔵量を検討するための参考だが、これほどは不要。
- タンクに貯蔵した水素の用途は主として自動車用、民生コージェネ用、産業用、予備電力用となる
- 年間の需給の変動に対処するため、約1000万toeの水素の20%を貯蔵すると推定(200万toe)
- 200万toeの水素=60万トンH2を貯蔵する技術が重要。貯蔵方法によっては必要資材量が大きい

14

## 水素60万トンの貯蔵方法と必要な資材

貯蔵方式	技術	必要資材量
圧縮タンク	タンクの質量比5% (圧力は10~20MPa)	鉄鋼1200万トン CRPで600万トン
液化水素	装置の質量比13%、 液化エネルギー損失30%	鉄鋼など460万トン
ケミカルハイドライト	タンクの質量比100%、 化学物質の質量比8倍	タンク鋼材 60万トン 化学物質480万トン
水素吸蔵合金	合金の質量比2%	ニッケル合金など 3000万トン

現在の化石燃料(石油・石炭・天然ガス)の輸送・貯蔵に必要な資源量と比較した場合の検討が必要である

15

## エネルギー耕作型文明の転換

太古の時代に食料に関しては狩猟から農耕への転換が行われた

### エネルギー狩猟型文明

地下から化石燃料(石油、石炭、天然ガス)を掘り出す。二酸化炭素を排出し、いつの日か枯渇する。



### エネルギー耕作型文明

地上で太陽のエネルギーを受けとめ、農業のように太陽光発電、太陽熱、バイオマス、風力などのエネルギーを利用する。エネルギー利用効率を高めてエネルギー需要を減少する。

16

## 参考文献

- 1) トム・コベル著、酒井訳、「燃料電池で世界を変える」、翔泳社、2001
- 2) 西岡秀三編著「日本低炭素社会のシナリオ」日刊工業新聞社、2008
- 3) 榎屋「燃料電池」ちくま新書、筑摩書房、2003
- 4) 榎屋「学習曲線による新エネルギーのコスト分析」日本太陽エネルギー学会誌、1999年11月
- 5) 榎屋、小林「学習曲線による燃料電池コストの分析」、エネルギー資源、2003年7月
- 6) 榎屋、「エネルギーのいま・未来」、岩波ジュニア新書、2003
- 7) J. ラミニエ著、榎屋訳、「解説 燃料電池システム」オーム社、2004
- 8) 榎屋、ソーラーアシスト・ビークルの設計、日本太陽エネルギー学会誌、2006年5月
- 9) 山地憲治編著「水素エネルギー社会」、エネルギー資源学会、2008
- 10) ホーケン、ロビンズ著、佐和隆光監訳「自然資本の経済」日本経済新聞社、2001

17