

解説 Explanation

自然エネルギー導入の現状と課題

原稿受付 2012年5月9日  
ものつくり大学紀要 第3号 (2012) 74~78

神本武征

ものつくり大学 名誉学長

Current Status and Challenges of Renewable Energy Development

Takeyuki KAMIMOTO

Institute of Technologists

Key Words : solar energy, wind power system, nuclear energy, bio-fuel

1. まえがき

グローバル経済の進展とともに先進国が占有してきたエネルギー多消費型の社会構造が世界の発展途上国に拡大している。これに伴い化石エネルギー、鉱物資源、水・食料資源の不足と大気環境の汚染が深刻な問題として浮上してきた。さらに欧州など先進国の国家財政の危機が重畳して世界経済も極めて不安定な状態となっている。先進諸国の急速な高齢化傾向も多額な国家支出を強いている。このような悪い状況を解決し、次の世代が

持続的に発展できる基礎を固めることは現代の世代に課せられた必須の使命である<sup>1)</sup>。

我々が確立した現在文明は化石エネルギー、特に石油に依存する石油文明といわれる。産業革命以来の100有余年間で既に推定埋蔵量3兆バレルの半分を使い果たし、新しい油田の開発が停滞する現在、石油の生産は図1に示すようにピークを迎えつつある。カナダのオイルサンドやオリノコ河流域の重質油の生産は増加すると見込まれるが、高価格化は免れず21世紀の後半には産油量は現在の数分の一になると予想されている。天然ガス、石炭など他の化石燃料資源も石油の後を追っ

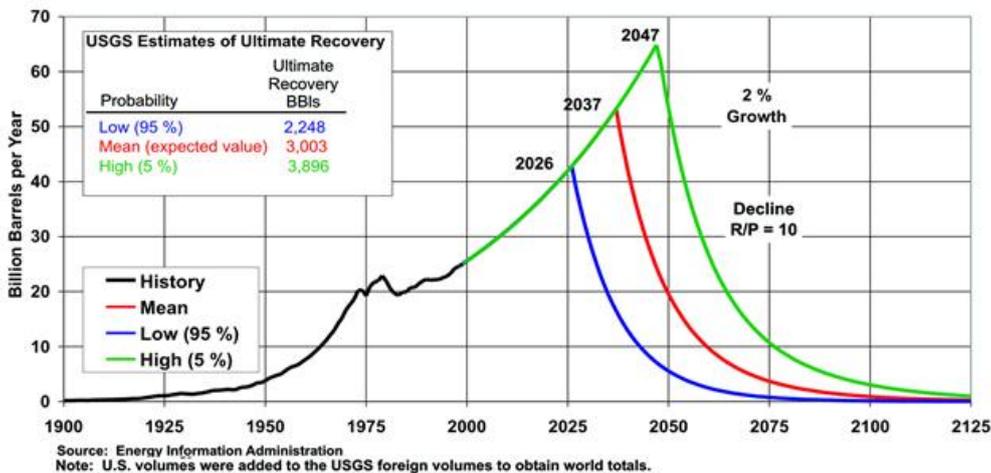


図1 世界の石油生産量の経過と今後の予想 (IPPC データ)

で枯渇すると予想される。多量なエネルギーの消費を前提とする現代社会を持続可能な社会に変換するには低エネルギー消費型の社会を構築するとともに化石燃料に替わる新エネルギーを創生することが必須となる。

将来の化石燃料の供給不足を予見して欧米では風力発電、太陽熱発電、太陽光発電の導入を進めている。図2はドイツの Ludvig Bolkow System Technik が作成した将来のエネルギー供給計画である<sup>2)</sup>。風力発電、太陽熱・光発電、バイオ燃料・発電を次第に増やし、21世紀末には全エネルギー供給量の80%以上を再生エネルギーで賄う計画である。直射日光の強い地域では太陽熱発電がコスト的にも出力的にも適している。アフリカ北部と欧州南部の地中海地方はサンベルト地帯と呼ばれ、この条件に合致する。図3は Euro-Mediterranean grid interconnecting sites のヴィジョンである<sup>3)</sup>。サンベルト地帯の太陽熱発電、大西洋沿岸地域の風力発電、内陸部の水力発電、地熱発電を結ぶ遠大な電力ネットワークの構想である。

これに対し、わが国は原子力発電を将来エネルギーの中心に考えてきたので、再生エネルギーの導入は政策、技術、インフラ整備すべての面で欧米に比べて著しく遅れている。総発電量の約3割を占めた原子力発電を全て停止した状態で、来るべき化石エネルギーの逼迫と価格高騰に対応できるどうか極めて不安な状態にある。本稿では日本における自然エネルギーの導入の現状と今後の課題について概観する。

## 2. 太陽光発電

快晴が少なく太陽散乱光が主体となる地域のドイツ、日本では太陽光発電方式が主流である。図4は2009年における世界各国の太陽光発電導入量の比較である。ドイツが格段に多く、次いでスペイン、日本となっている。政府の補助金政策の差がそのまま導入量の差となっている。わが国の太陽光発電供給能力は200万kW程度であり、総電力供給量の1~2%に過ぎない。太陽光発電は日照量の影響を受け、季節ごと、日毎、時間毎に出力が大きく変動する。例えばサンフランシスコの

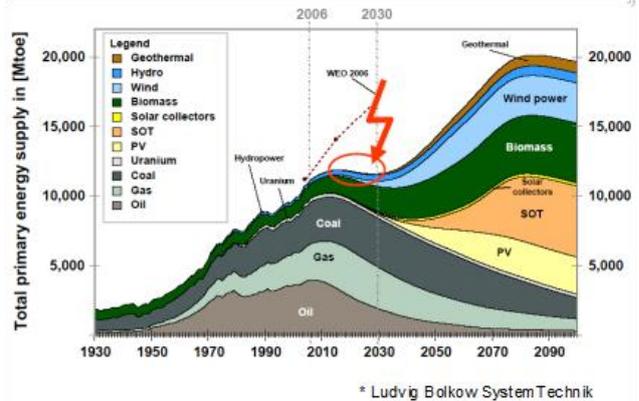


図2 ドイツの将来エネルギー供給のシナリオ例 (Ludvig Bolkow System Technik の Home Page より)

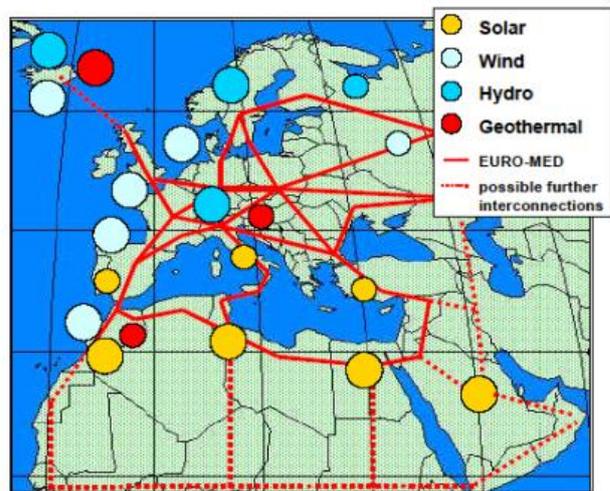


図3 地中海沿岸のサンベルト地帯の太陽熱発電と大西洋沿岸の風力発電、内陸部の地熱、水力発電を結ぶ電力供給ネットワーク

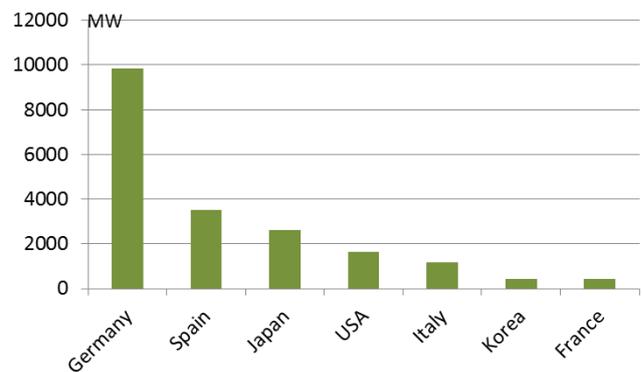


図4 各国の太陽光発電導入量の比較

AT&T Park のデータを見ると 1 月の出力は 6 月の出力の約 1/3 となっている。また東電と川崎市の運営する浮島太陽光発電所 (7MW) の 8 月のある週のデータを見ると、雨天・曇天日の出力は晴天日の約 1/7 しかない。当然ながら夜間は全く発電しない。出力変動が大きいので年平均の稼働率は 10% 程度、また電力会社への送電接続は電力会社の総供給出力の 5% 以下と抑えられている。出力が低い場合のバックアップ電力が必要である。設置価格が一般家庭用で 200 万円/3kW と高いことも普及を遅らせている。

### 3. 風力発電

最新の風力発電機の定格出力は 2-3MW にも達し、大型の船用ディーゼルの出力に匹敵する。価格も太陽発電に比べて安いことから新エネルギーの本命と見られている。図 5 に見るように世界全体の風力発電の導入量は近年、急速に伸びており、2010 年の時点で総量 200,000MW (=2 億 kW) である。国別の陸上風力発電導入量では中国、米国、ドイツ、スペインの順になっており、我が国は統計に表れない程度に低い。

風力発電の課題は太陽光発電と同様に出力変動であって、NAS 電池による出力平滑化システムや他の蓄電・蓄エネルギー装置との組み合わせが必要である。寿命は 20 年から 30 年程度と見られ、耐久性の向上も課題である。筆者は今年の 4 月上旬、長崎、三菱重工の風力発電装置の生産現場を視察した。現在の主力製品はタービン直径 90m、出力 2.4MW の風車で日産 1.3 台の生産予定である。ブレードの付け根の直径は 2m あり、数 10 本のボルトでボスに固定される。先端には避雷針が付き、当初問題となった落雷事故の対策も十分とられている。三菱重工はこれまで総出力 3,983MW、台数 3,999 台を 10 か国に輸出している。総出力は稼働率 25% と仮定すると原子力発電所 1 基分に相当する。2013 年には出力 7MW、2015 年には出力 10MW の大型機の完成を目指している。

陸上では適地が限られることから、最近では風が安定し、かつ騒音などの環境問題の少ない海上の設置がノルウェー、英国などで増えつつある。立

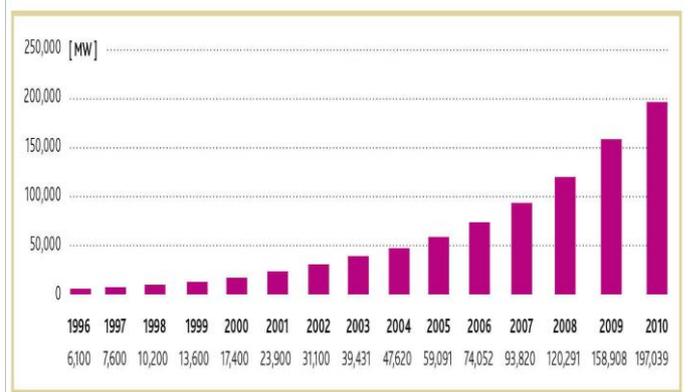


図 5 世界全体の風力発電導入量の年次推移

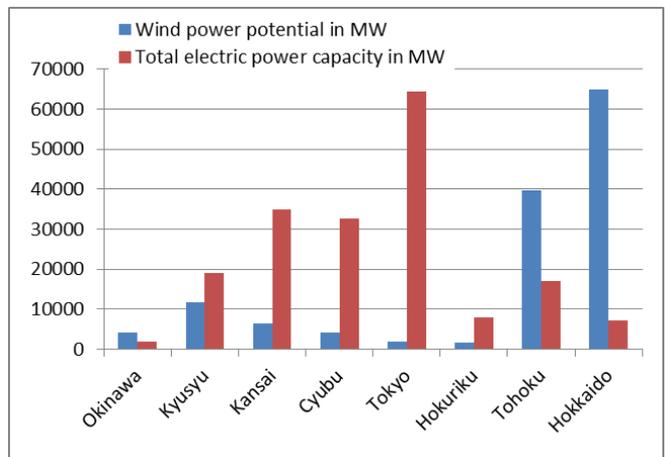


図 6 日本の地域別電力供給量と風力発電ポテンシャル

地条件の限られるわが国でも洋上設備の実証実験がスタートしている。

カリフォルニア大学の Samuelson 教授の話では風の安定したカリフォルニアの風力発電は極めて順調とのことである。一方、英国の知人の話では、2009 年の 11 月に英国上空に大きな低気圧が停滞し、無風状態が数週間続いて風力発電がストップ、緊急にロシアから天然ガスを輸入して電力不足をしのいだそうである。まさに風任せの風力発電なので太陽光発電の場合と同様バックアップ電源が必要である。わが国の総風力発電能力は 14.3 万 kW であり、東電の夏場の供給能力 6000 万 kW の僅か 0.24% に過ぎない。

図 6 に日本の地域別電力供給量と風力発電ポテンシャルを示す。北海道と東北北部の風力発電ポテンシャルが突出して高いのに対して北海道電力

管内の消費電力量は低い。北海道と東北で大規模に発電して関東などの電力消費地へ送電できるよう送電線インフラを早急に整備することが望まれる。送電線が未整備な間は電気分解で水素を製造し、燃料電池自動車の燃料として使用する方式や都市ガスに混入する方策を考えてもよい。

#### 4. コストと固定買い取り価格制度

図7は各種自然エネルギーのコスト比較である。風力発電のコストは従来の火力や水力より若干高い程度であるが、太陽光発電は従来の発電方式の4倍ほどのコストとなっている。図8は経済産業省資料による今後10年の日本の新エネルギー導入見込みである。風力発電の増加はわずか2倍余りであるが、太陽光発電は10倍に拡大する計画となっている。風力は低コストの利点があり、太陽光発電は夏場の電力が必要な季節に活躍するメリットがある。風力と太陽光発電はともに変動が大きいため、ベース電力と成り得ない。原子力を廃止した場合はベース電力が不足するので、地熱発電や潮流発電などの安定した発電方式を推進する必要がある。親潮と黒潮の巨大なエネルギーを利用する技術開発が必要である<sup>4)</sup>。

自然エネルギーのコストは図7に示したように現在の電気料金17~18円/kWhに比べて高いので、導入を促進するには個人や事業主が発電した電力を電力会社が買い取る制度が有効である。ただし買い取り価格が低すぎると事業が進まず、また高すぎると消費者の負担が増える問題がある。表1は2012年7月から実施する固定買い取り価格と固定年数に対する各自然エネルギー関連団体の希望価格である。太陽光発電と小型風力発電のコストの高いことがわかる。自然エネルギーで発電した電力はまず事業主が消費し、余剰電力を電力会社が買い取ることになる。

#### 5. バイオ燃料

バイオ燃料についてはサトウキビからのエタノール製造が最も効率が高い。最大の生産国ブラジルでは、サトウキビ畑に押された大豆栽培がアマ

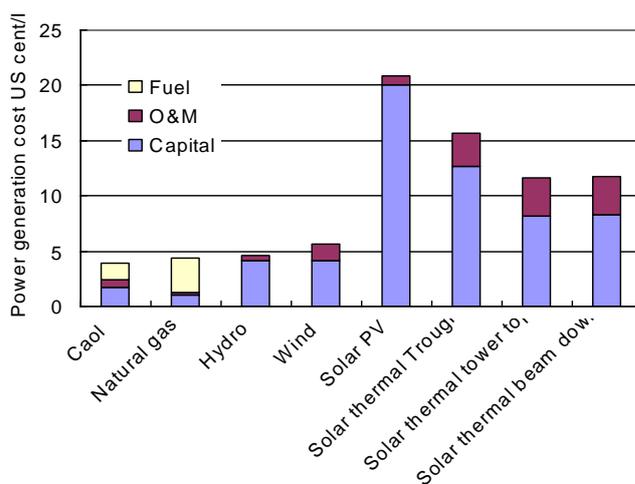


図7 各種エネルギーの発電コストの比較 (O&M: Operation and Maintenance)

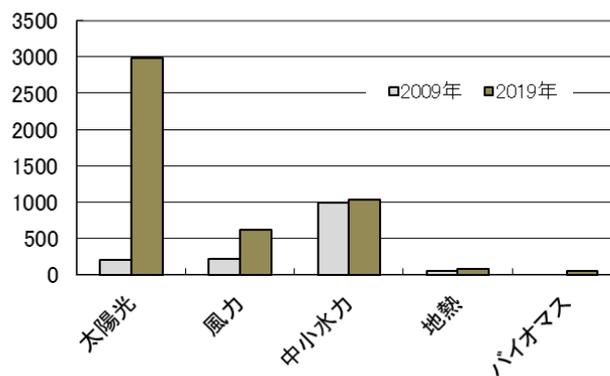


図8 今後10年の我が国における自然エネルギーの導入見込み (経産省資料)

ゾンの森林破壊をもたらすので、炭酸ガスの排出量はキャンセルされるとの意見もある<sup>5)</sup>。サトウキビについてコーンとなるが、糖化のプロセスが加わり、変換効率は低下する。米国ではE10を義務付けた結果、米国のコーン総生産量の約40%に相当する4900万キロリットルのコーンエタノールが製造された。これはコーン価格の高騰を引き

表1 再生可能エネルギー関連団体が示した希望固定買い取り価格と固定年数 (2012年7月実施)

団体名	価格 (円/kWh)	期間(年)
太陽光発電協会	42	20
日本風力発電協会	22 - 25	20
日本小型風力発電協会	61 - 62	20
日本地熱開発企業協議会	22 - 37	15

起こし、さらにコーン畑から流出した大量の肥料がミシシッピ川を経てメキシコ湾を汚染したと報告されている<sup>5)</sup>。莫大な政府補助金によってコーンエタノールの商用化が進められたが、発酵した水と酵母の混合物からエタノールを蒸留するため膨大なエネルギーが必要であり、カーボンニュートラルの実現は困難とみられている。

米国では政府の助成と融資を受けて 2007 年ころからコーンの茎や木材などのセルロースからエタノールを製造するバイオ燃料企業が設立された。しかしいずれも技術的な困難さと費用がかかりすぎるとの理由で撤退している<sup>6)</sup>。堆肥となるべきコーンの茎などを取り去ると土地がやせて化学肥料の使用量が増える難点も指摘されている。わが国でも各種のバイオ燃料製造方式が実験的に検討されているが、まだ混戦状態であり、世界的にも効率の高い方式が確立していない<sup>7)</sup>。

わが国の国土の 7 割は森林に占められており、間伐材を全て利用すれば全ガソリン消費量の 10% に相当する 600 万キロリットルのエタノールが生産できると試算されている。しかしセルロース系エタノールが商用的に成立しないとすれば、バイオチップとして小規模発電と地域熱源としての活用の方が現実的かも知れない。わが国でも E10 ガソリンが目標とされているが、自前の生産がないのでブラジルからの輸入に頼っている。

## 6. 原子力発電について

原子力発電は炭酸ガス低減に有効であることとエネルギー保障の面から推進されてきたが、福島第一原子力発電所の事故災害によりは世界的に反原子力の運動が高まっている。原子力発電は 1954 年にソビエト連邦で始めて実用化され、わが国では東海村の実験炉が 1963 年に点火したので、導入からまだ 48 年しか経ってない。しかも日本の 54 基の発電所のうち、初期のものは米国の技術で建設されたので、独自に設計、施工したのはその半分に過ぎない。工学技術として未成熟といわざる

を得ない。原子力発電で使用するウランは将来 100-200 年で消費し尽くすと推定されている。高速増殖炉が出来ればウランの利用効率が一桁上がり、1000-2000 年はウランが供給可能と期待されていたが、今回の事故で技術的に危険度の高い高速増殖炉の研究予算は凍結された。停止中 54 基の原子力発電所の解体と後処理には数兆円規模の費用がかかると算されており、この費用を現世代で負担するには大幅な電気料金の値上げが必要である。

## 7. まとめ

これまで述べたように再生エネルギーの普及には出力変動の問題とコストの壁があり、しかも量的に化石燃料と原子力をあわせた供給量には遠く及ばない。まずは低エネルギー消費を基本とする生活習慣に移行しつつ再生エネルギーの供給体制を着実に整える必要がある。福島の惨状を見るにつけ長期的に原子力は順次廃止してゆくとしても、自然エネルギーへの移行が化石燃料の逼迫に間に合わない可能性がある。このような事態に備えて安全度を格段に高めた原子力発電技術を維持することが国家のエネルギー保障政策ではなかるうか。

## 文 献

- 1) 吉田文和 「グリーンエコノミー 脱原発と温暖化対策の経済学」中公新書 2115
- 2) Matthias Altmann et al., Sustainability of Transport Fuels, WHEC18/Essen/Germany/16-21 May 2010: [www.lbst.de/resources/docs2011/WHEC2010\\_Altmann-Sc himidt-Wein...](http://www.lbst.de/resources/docs2011/WHEC2010_Altmann-Sc himidt-Wein...)
- 3) Euro-Mediterranean Super-grid. Brussels, June 2009, [www.medemip.eu/Calc/FM/MED-EMIP/Other...](http://www.medemip.eu/Calc/FM/MED-EMIP/Other...)
- 4) 山口裕史, 日本はエネルギー大国だー海流発電・実験成功ー, ダイナミックセラーズ出版
- 5) 坂内久, 大江徹男, 燃料か食料か, 日本経済評論社
- 6) D. ピエツロ, The false Promise of Biofuels, Scientific American. 日経サイエンス 2011 年 11 月号
- 7) Technical Workshop TWS-5 on Development of Bio-fuels in Asia, SAE Power-train, Fuels and Lubricants Meeting, Kyoto August 30 – September 2, 2011/09/30