

新エネルギーの環境効率に関する研究

勝田 悟*

1. はじめに

2011年3月の福島第一原子力発電所事故以来、わが国では、原子力発電から他の発電方法への転換が進んでいる。これまでのエネルギー政策では、原子力発電を国の基幹エネルギーとして拡大路線をとり続けていたため、合理的な方針転換を行うにはさまざまな視点から新たに調査研究すべきことが多い。どのようなエネルギーを導入しても環境負荷を発生させることは明らかであり、可能な限りのLCA（Life Cycle Assessment）に基づいた事前評価をしなければならない。

安定したエネルギー供給を最優先して政策を推し進めると、ハザードが大きいことが明白であっても莫大なエネルギー確保を目的として急激に原子力発電所を増やしていった時と同じ姿勢であり将来の環境被害が懸念される。「環境にやさしい」といった明確な根拠がない抽象的な理由で、太陽光発電設備や風力発電施設、地熱発電設備などを増やしたとしても、環境に大きな負荷を与える要因となるだけである。都会で必要とされるサービスを得るために巨大な電気の調達を行うには、地方の広大な環境が犠牲になる場合があり、十分に事前環境影響評価をしなければならない。再生可能エネルギーは、人口密度が少ない地方で分散型発電として利用の方が合理的であり、都会へ莫大な電気を送電する発電設備としては不適切である。再生エネルギーで発電するには、極めて多くの設備・機器が必要であり、鉱物資源、製造のためのエネルギー資源が大量に消費されることになる。特に、太陽光発電用の太陽電池（ソーラーパネル）の製造には、高温処理が必要なため大きなエネルギーが必要である。また、発電設備の設置場所及び送電線網を確保するために広大な自然が破壊される可能性がある。

ただし、海外で製造した設備・機器を輸入したり、海外に再生可能エネルギーを利用した発電設備を設置しわが国に送電することになれば、国内での「環境負荷」は、見かけ上小さくなる。正確な環境効率を求めるにはLCAは、国内外の過程をすべて含めるべきである。

一方、わが国で新エネルギーがはじめて法律で定義されたのは、「石油代替エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」（以下、石油代替エネルギー法とする）制定時であるが、そ

提出日2012年9月26日 受理日2012年11月28日

*教養学部人間環境学科社会環境課程准教授

の後、「新エネルギーの利用等の促進に関する特別措置法（以下、新エネルギー法とする）」、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（以下、新エネルギー等利用法とする）」（2012年7月廃止）及びフィードインタリフ制度（feed-in tariff law）として、「エネルギー供給事業者による非化石エネルギー源の利用及び化石エネルギー原料の有効な利用の促進に関する法律（2009年8月施行、太陽光発電のみ買い取り対象）（以下、エネルギー供給構造高度化法とする）」、及び「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（2012年7月施行）（再生可能エネルギー特別措置法とする）」で新エネルギーがそれぞれに定められている。したがって、新エネルギーの定義に対して統一性が無く、エネルギーの安定供給と環境政策上の関係を不明確にしている。

本論では、新エネルギーについて、これまでの普及に関する検討の経緯を踏まえ、「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（以下、省エネルギー法とする）、及び環境効率（エネルギーから得られた価値／（LCA で得られた）環境負荷総量）の面から今後のあり方を考察した。

2. 新エネルギー導入

2. 1 わが国のエネルギー供給

エネルギーの消費、電気の生産及び事故では、大きな環境負荷を発生させる可能性が高い。しかし、わが国は、エネルギー資源が極めて乏しく、安全保障にも関わることから供給に関する政策は、環境政策とは切り離して行われてきた。以前は、通商産業省（現 経済産業省）内の「総合エネルギー調査会」で審議され、「エネルギー政策基本法」が制定・施行された2002年6月以降は、国の行政の最高意思決定機関である閣議で決定されるようになった。ただし、「エネルギー政策基本法」（政策法第12条3項）では、経済産業大臣が、関係行政機関の長の意見を聴き、「総合資源エネルギー調査会」の意見を聴き、わが国の「エネルギー基本計画」案を作成し、閣議で決定されることとなっている。実質は、経済産業省内の調査会で定められていたといえる。国内外のエネルギーを取り巻く変化の中、新エネルギーの定義は、安定供給を目的としてたびたび変更されていくこととなる。

特に当初新エネルギーとして普及が図られた原子力発電は、莫大なエネルギーが必要なわが国の基幹電源として、環境政策からは全く乖離され、複雑な行政区分の管理・監督もとで研究開発、商業化が進められた。研究開発部分は文部科学省（以前は、旧 科学技術庁）が行い、商業化に関しては経済産業省（以前は、旧 通商産業省）にバトンタッチされるという非効率なシステムも作られている。また、わが国の重要な原子力政策の策定、及びリスク対策を行う原子力委員会及び原子力安全委員会は、内閣府内に設置されている。この甚だしい縦割り行政は、2011年3月の東京電力第一福島原子力発電所事故の際に、被害拡大を招き致命的な問題を顕著にした。

一方、これまでのわが国の電力供給においては、発電量の調整ができない原子力発電を基幹

電源として、その他のエネルギー供給源はその調整に当てる方法をとっている¹⁾。原子力エネルギーは、使い方を間違ったり、取り扱いを失敗すると、生物や環境、自然を破滅的な影響を及ぼすことがわかっているため、この強大な力をコントロールできなければ悲惨な事態になることは容易に予想できる²⁾。すなわち、リスクを十分に解析し、その対処を検討しなければならない。

しかし、わが国の法律では、原子力の開発・普及関係について環境法から除外されている。放射性物質の環境汚染等については、「環境基本法」第13条で「放射性物質による大気の汚染、水質の汚濁及び土壌汚染防止のための措置については、原子力基本法その他の関係法律で定めるところによる。」と定められている。また、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」第2条1項では「放射性物質及びこれによつて汚染された物を除く。」と規定されている。海洋に関しても「海洋汚染及び海上災害の防止に関する法律」第52条で「この法律の規定は、放射性物質による海洋の汚染及びその防止については、適用しない。」と定められており適用除外となっている。したがって、現状では放射性物質の環境汚染等については環境法の対象にはなっていない。ただし、原子力発電立地等に関する許認可や、使用済み燃料、再処理に関する許認可に対する規制を定めている「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」が環境省の管轄になったことで今後新たな展開となることが期待される。

他方、環境影響評価法では、水力発電所、火力発電所、地熱発電所、原子力発電所などが規制の対象になっており、特に原子力発電所はすべてが第一種事業と定められ、必ず当該法に基づいた環境アセスメントが行われている。ただし、スコーピング（環境影響評価項目を選定）等は、事業者主体で実施されているため選定の妥当性に関して客観性に疑問がある。これは、今後普及が期待されている風力発電（特にウインドファーム）、太陽光発電（特にソーラーファーム）も同様である。十分な環境アセスメントが行われないうまま、エネルギー供給確保のために莫大な再生可能エネルギー施設が建てられていくことが懸念される。

2. 2 エネルギー政策基本法

わが国のエネルギー政策の枠組みとなる前述の「エネルギー政策基本法」は、個別法（石油代替、省エネルギー、新エネルギー普及などの関連法）の基礎をなすこれからの基本方針を定めており、具体的な計画に関しては、「エネルギー基本計画」が策定されている。この計画は、経済産業大臣によって国会へ報告され、その後国民に公開されている（第12条4項）。しかし、発電所立地の是非についてなど、政府と国民の双方向でコミュニケーションを行えるようになっていない。

当該法の目的（第1条）は、「エネルギーの需給に関する施策に関し、基本方針を定め、並びに国及び地方公共団体の責務等を明らかにするとともに、エネルギーの需給に関する施策の基本となる事項を定めることにより、エネルギーの需給に関する施策を長期的、総合的かつ計画的に推進し、もって地域及び地球の環境の保全に寄与するとともに我が国及び世界の経済社会の持続的な発展に貢献すること」となっており、「地域及び地球の環境の保全に寄与」もとりあげられている。一方、基本的な方針では、「安定供給の確保」（第2条）、「環境への適合」

(第3条),「市場原理の活用」(第4条)が示されているが,それぞれの項目の推進は矛盾を生む可能性が高い。たとえば,化石燃料が安価になって安定供給が確保できた場合の環境保全対策(地球温暖化原因物質・大気汚染物質[SO_xなど]が発生する),原子力発電所が短期的に安価に発電できた場合の環境保全対策(長期的には核廃棄物等の環境コストが莫大になる恐れがある),再生可能エネルギーで莫大なエネルギーを確保する場合の自然破壊・環境汚染の対策など事前に十分解析が必要であるが,政府,産業及び国民は,エネルギーの安定供給に注目が偏っているように思われる。

市場原理の活用については,「エネルギー市場の自由化等のエネルギーの需給に関する経済構造改革について,事業者の自主性及び創造性が十分に発揮され,エネルギー需要者の利益が十分に確保されることを旨として,規制緩和等の施策が推進されなければならない」ことが述べられている。当初はこの方針に従い漸次電力自由化が進められ,電力料金が低下した。現在は,原子力発電所停止によるIPP(Independent Power Producer)やPPS(Power Producer and Supplier)を活性化させる要因となっている。経済的誘導政策による環境負荷低減については,研究開発,新規事業などへの助成金は,活発に議論されるが,炭素税等環境税,課徴金など消費制限を目的とした施策については,消極的である。

3. 環境効率向上によるエネルギーの安定供給

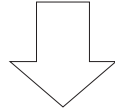
3. 1 非化石エネルギー

わが国の新エネルギー導入に関しては,二度のオイルショック(1973年,1979年)後に1980年に制定された「石油代替エネルギー法」で,政府によるエネルギー種類毎の供給目標量の設定などを定めている。当該法制定時は,石油輸入が困難となることによってエネルギー供給に不安が生じたためその対処することが目的となっていた。しかし,政府は,「世界的なエネルギー需要の急増等により今後は化石燃料の確保が困難になることを理由に,これまでの石油代替施策を見直し,非化石エネルギーの開発及び導入を促進する」ため,「石油代替エネルギー法」を「非化石エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」(以下,非化石エネルギー法とする)に名称を変更し,規定の一部を改正している。この非化石エネルギー法は,2011年7月7日から施行されている(石油代替エネルギー法廃止)。

非化石エネルギー法の目的では,「エネルギーの使用に係る環境への負荷の低減を図る上で重要となっていることにかんがみ」と,環境保全面での視点が加えられている。また,「経済産業大臣は,非化石エネルギーの開発及び導入の促進のための施策の実施に当たり,当該施策の実施が環境の保全に関する施策に関連する場合には,環境大臣と緊密に連絡し,及び協力して行うものとする」ことが当該法第12条に新たに定められた。したがって,エネルギーに関する環境効率の向上の把握が必要となっている。

〈石油代替エネルギー法の目的〉

第一条 この法律は、内外の経済的社会的環境に応じたエネルギーの安定的かつ適切な供給の確保に資するため、石油代替エネルギーの開発及び導入を総合的に進めるために必要な措置を講ずることとし、もって国民経済の健全な発展と国民生活の安定に寄与することを目的とする。



2011年7月より施行

〈非化石エネルギー法の目的〉 第一条 この法律は、非化石エネルギーを利用することが、内外の経済的社会的環境に応じたエネルギーの安定的かつ適切な供給の確保及びエネルギーの使用に係る環境への負荷の低減を図る上で重要となっていることにかんがみ、非化石エネルギーの開発及び導入を総合的に進めるために必要な措置を講ずることとし、もって国民経済の健全な発展と国民生活の安定に寄与することを目的とする。

「非化石エネルギー」の定義（第2条）は、石油代替エネルギー法の「石油」を「化石燃料」に、「に代えて使用される」を「以外の」に改められており、次の4項目が示されている。

- ① 化石燃料以外の物であつて、燃焼の用に供されるもの
- ② 化石燃料を熱源とする熱以外の熱（前号に掲げる物の燃焼によるもの及び電気を変換して得られるものを除く。）
- ③ 化石燃料を熱源とする熱を変換して得られる動力（以下「化石燃料に係る動力」という。）以外の動力（熱又は電気を変換して得られるものを除く。）
- ④ 化石燃料に係る動力を変換して得られる電気以外の電気（動力を変換して得られるものを除く。）

なお、石油代替エネルギー法では、代替エネルギーの種類は、原子力、石炭、天然ガス、水力、地熱、その他の石油代替エネルギーの6つに分類されていたが、非化石エネルギーとなったことで、石炭、天然ガスは対象となくなる。ただし、原子力に関しては、福島第一原子力発電所事故をきっかけに将来の発電量をゼロにする議論が活発に行われていることから、以前は非化石エネルギーの主要エネルギーから現状では外れる可能性が高い。しかし、水力、地熱、及びその他（太陽光発電、風力発電など再生可能エネルギー）で、短期間のうちに化石燃料を代替することは不可能であることから却って化石燃料を増加させてしまう可能性が高い。

したがって、本法では、当面は如何に化石燃料の増加を少なくするかを検討していく必要が高いだろう。原子力発電所事故による放射性物質の環境負荷量は莫大であるため、原子力発電の環境効率は非常に低く評価されているが、化石燃料消費による大気汚染（酸性雨、アレルギーなど）、地球温暖化による環境影響（海面上昇、気候変動など）の環境負荷量は明確に把握できていないため、今後早急に調査検討していかなければならない。天然ガス（シェールガス、メタンハイドレートなども含む）など化石燃料の大量消費によって、長期間をかけて生じる環境負荷を検討すると、環境効率は悪化していくだろう。

また、エネルギー密度が非常に低い再生可能エネルギーを利用するための莫大な施設で破壊された自然の環境負荷をどのように把握するかも重要となる。再生可能エネルギーの環境効率も果たして高くなるかどうかは現状では疑問である。ゆえに、非化石エネルギー法の目的を正確に達していくには、整備すべき情報が不足しており、多くの調査研究に基づいた慎重な検討

が必要である。

このような状況で非化石エネルギーの供給目標を設定するのは、極めて難しいと言える。当該法第3条第3項では、「経済産業大臣は、供給目標のうち原子力に係る部分については、原子力基本法第2条に規定する基本方針に基づいて行われる原子力に関する基本的な政策について十分な配置を払わなければならない。」と原子力政策を優先することが謳われているが、今後原子力発電が減少または全廃となると各エネルギー源に対する供給目標を大幅に変更しなければならない。エネルギー供給システム自体も変更を迫られてくるため、多くの視点から考慮したエネルギー転換のロードマップが必要となってくる。

最も懸念されることは、環境負荷に関する LCA 情報が非常に不足している状態で、新たなエネルギーに関した設備、施設等莫大なインフラストラクチャーが整備された場合の環境影響である。当該法第3条第1項では、「経済産業大臣は、総合的なエネルギーの供給の確保の見地から、非化石エネルギーの供給目標を定め、これを公表しなければならない。」となっており、原子力政策の動向を踏まえ、かつ環境負荷低減ができる合理的な「非化石エネルギーの供給目標」がどのような定量値となるか注目される³⁾。

3. 2 省エネルギー

省エネルギー政策に関しては、第二次石油ショック時の1979年に制定された「省エネルギー法」が、「わが国の工場、建築物及び機械器具について、エネルギーの使用の合理化に関する所要の措置その他エネルギーの使用の合理化を総合的に進めるために必要な措置等を講ずること」を定めている（第1条）。

省エネルギーは、サービスを得るための投入資源が減少する。したがって、資源の生産性が向上することから、国内のエネルギーの安定供給に直接寄与する。エネルギー政策上非常に重要な取り組みである。また、環境保全面からも環境負荷の原因となる消費資源が減少することから環境改善が図られる可能性が高い。ただし、新たな設備・施設を利用し省エネルギーが図られる場合は、新たに環境負荷に関する LCA データを分析しなければ安易に解は出せない。燃費が極めて良いハイブリット車も新たに搭載された発電機器などが効率的にリサイクル、適正処分されなければ環境性能が高いとはいえない。

他方、民間企業では、省エネルギー活動はコスト節減に直接つながることから経営方針に受け入れやすい。工場、オフィス、運搬などで省エネルギー活動は、積極的に進められ、対策が遅れていた家庭の省エネルギーも、スマートグリットの普及でスマートメーターの導入等 IT (Information Technology) によるエネルギー消費の管理システムが普及し始めている。省エネルギーの向上は、エネルギー消費とサービス量向上の部分だけ見れば、環境効率は明らかに向上することとなる。

省エネルギー法では、省エネ商品の開発、普及のためにエネルギー需給の長期見通しや関連技術の水準などをその他の事情を考慮して、製品の性能の向上に関する勧告や命令が行われている（第19条）。また、省エネルギー商品については、第18条、第20条に基づき、機械器具について省エネルギーの目標値と達成目標年度が機種毎に告示され、法第19条で性能向上に関す

る主務大臣による勧告も定められている。取り上げられている機械器具の種類には次のようなものがある（当該法施行令第7条 特定機器）。

- ① 自動車 ガソリン自動車, ディーゼル自動車
- ② エアコンディショナー
- ③ 蛍光灯のみを主光源とする照明器具
- ④ テレビジョン受信機
- ⑤ 複写機
- ⑥ 電子計算機
- ⑦ 磁気ディスク装置
- ⑧ 貨物自動車
- ⑨ ビデオテープレコーダー
- ⑩ パーソナルコンピュータ

等適宜追加される。

1997年12月に開催された気候変動に関する国際連合枠組み条約第3回締約国会議で採択された「京都議定書」に基づいて、わが国の地球温暖化原因物質削減目標のクリアを目的として、1998年には地球温暖化対策について政府がすべき施策を定めた「地球温暖化対策推進大綱」及び地球温暖化防止に関して国、地方公共団体、事業者、国民の役割を明確化し、国民の取り組みを促す仕組みの設置などを定めた「地球温暖化対策の推進に関する法律」が制定された。省エネルギー法も省エネルギー基準を大幅に強化した改正（1998年）が行われている。この時より、省エネルギーに対してエネルギーの安定化（または安全保障）に加えて、環境負荷の低減が配慮されるようになる。

この法改正では、民間企業の商品開発に関してトップランナー方式が導入され、商品に関するサービスに対するエネルギー資源投入の効率化が一段と進むこととなる。すなわち、エネルギーに関して、環境効率の向上が法政策によって強制的に進められることになった。トップランナー方式とは、電気機器や自動車の燃費の省エネルギー基準を、現在商品化されている個々の製品のうち最も優れている機器の性能以上にするというもので、担保措置として以前（第12条の5）の勧告に加えて、命令（第26条）や罰則〔罰金、懲役〕（第27条～31条）が定められており、厳しい規制と言える。

他方、ESCO（Energy Service Company）事業、スマートシティ（ITで管理された効率的な都市運営）、ITでオフィス等の無駄を省く省エネルギーの推進活動などさまざまなアイデアが生まれ、事業化が進められている。ESCOでは、初期投資に関して省エネルギーによる利益で回収を行うため、新たに投資が大きな負担となる事業者には非常に有効である⁴⁾。ESCO事業を始めた米国では、法規制によらないで省エネルギー対策ができる方法として1990年代前半より市場が拡大し、2000年代よりわが国でも当該事業がはじまったがまだ大きな市場を得るまでには至っていない。

4. 経済的に採算が合わない再生可能エネルギーを支援

4. 1 新エネルギー法

具体的に新エネルギーの普及を目的とした最初の法は、1997年に制定された「新エネルギー法」である。この法律で定義する新エネルギー利用とは、「非化石エネルギー法」の前身である「石油代替エネルギー法」第2条に規定していた「石油代替エネルギーを製造、発生、または利用すること及び電気を変換して得られる動力を利用することで経済性の面における制約から普及が十分でないものであって、その促進を図ることが石油代替エネルギーの導入を図るため特に必要なもの」とされ、わが国の石油エネルギーへの依存を軽減する際に経済的な障害があるものに限定している。

その後、エネルギー供給構造高度化法の施行に伴い、2009年7月8日付けで改正（平成二十一年七月八日法律第七〇号）が行われ、「新エネルギー利用等」の部分が、「非化石エネルギー」と代えられ、新エネルギーの種類も15種類⁵⁾ から次の10種類となり、定義の一部修正も行われた（第2条に基づき政令第1条で定められたもの）。

- ① 動植物に由来する有機物であってエネルギー源として利用することができるもの（原油、石油ガス、可燃性天然ガス及び石炭並びにこれらから製造される製品を除く。次号及び第六号において「バイオマス」という。）を原材料とする燃料を製造すること。
- ② バイオマス又はバイオマスを原材料とする燃料を熱として得ることに利用すること（第六号に掲げるものを除く。）。
- ③ 太陽熱を給湯、暖房、冷房その他の用途に利用すること。
- ④ 冷凍設備を用いて海水、河川水その他の水を熱源とする熱を利用すること。
- ⑤ 雪又は水（冷凍機器を用いて生産したものを除く。）を熱源とする熱を冷蔵、冷房その他の用途に利用すること。
- ⑥ バイオマス又はバイオマスを原材料とする燃料を発電に利用すること。
- ⑦ 地熱を発電（アンモニア水、ペンタンその他の大気圧における沸点が百度未満の液体を利用する発電に限る。）に利用すること。
- ⑧ 風力を発電に利用すること。
- ⑨ 水力を発電（かんがい、利水、砂防その他の発電以外の用途に供される工作物に設置される出力が千キロワット以下である発電設備を利用する発電に限る。）に利用すること。
- ⑩ 太陽電池を利用して電気を発生させること。

これら新エネルギーは、「経済性の面における制約から普及が十分でないもの」と定義されており、既に普及している地熱や水力などは、経済的な制約がある規模等条件が加えられている。環境効率の分子に経済性を考えた価値を設定した場合は、これら新エネルギーは、環境効率が低いと評価されることになる。したがって、これら新エネルギーを企業等で導入する場合は、SR（Social Responsibility：社会的責任）の価値を視点に持たなければ環境効率面からの事業としての妥当な評価は見込めないこととなる。

なお、当該新エネルギーに関する技術開発が進めば、経済性の面も向上する可能性がある。ただし、イニシャルコストを安価にして環境効率式の分子の経済性を上げる方法として、途上国等から輸入する場合は、見かけ上の環境効率の向上に過ぎず、経済性に関する価値を環境効率の比較評価に用いる場合は、国際的な基準設定が必要である。

一方、「非化石エネルギー法」の目的で新たに加えられた「エネルギーの使用に係る環境への負荷の低減」を図ることは、「新エネルギー法」の2009年改正では、考慮されていない。環境効率の分母に当たる環境負荷減少の配慮の検討が不足している。経済性が確保でき、エネルギーの安定供給の目的が達せられると、価値が高まり環境効率は一時的に向上する。しかし、短時間で確認できない環境負荷をしだいに増加させると環境コストが発生し、環境効率が低下する可能性がある。潜在的に莫大な環境リスクをもったまま、サービスによる価値のみ注目し普及した原子力発電と同様に、被害が生じてから環境コストを支払うことになる。特にエネルギー密度が低い自然エネルギーによる発電を普及させ都市へ送電すると、設備設置で自然が失われ取り返しがつかない慢性的影響が発生することが懸念される。「新エネルギー法」が定めている「新エネルギー」は、すべてこの可能性がある。環境負荷に関する正確な解析結果が得られるまでは、当面は分散型発電として、限定した普及のみを検討していく方が妥当である。

4. 2 RPR から FIT へ

2002年には、「内外の経済的社会的環境に応じたエネルギーの安定的かつ適切な供給の確保に資するため、電気事業者による新エネルギー等の利用に関する必要な措置を講ずることとし、もって環境の保全に寄与し、及び国民経済の健全な発展に資することを目的」として「新エネルギー等利用法」が制定されている。この法律は、福島第一原子力発電所事故後に、再生可能エネルギーの普及を早急に進めるために、「再生可能エネルギー特別措置法」が2012年7月に施行され、新たに電力事業者への新エネルギー買い取り義務を定めたため廃止されることとなった。なお、「新エネルギー等利用法」は、RPS (Renewable Portfolio Standard) 法と呼ばれ、再生可能エネルギーの利用割合の基準を定めることで、再生可能エネルギーの利用を拡大させるシステムとなっていた。本法では、環境負荷についての評価は行われておらず、環境効率を検討することはできない。

RPS 制度は、既に1978年に米国で制定した PURPA 法 (Public Utility Regulation Policy Act [of 1978] ; 公益事業規制政策法) で実施されている。オイルショックへの対処のためにエネルギー調達の多様化を目的として、米国では、コジェネレーションなどを実施した電力 (省エネルギー性の向上/発電の効率化)、及び風力、小規模水力、太陽光、バイオマスなどで発電した電力を購入することを電力会社に義務づけている。ただし、電力事業が投資の対象となり、金融の不安定さが電力供給を却って不安定にしてしまう状況も起きている。また、英国でも、1989年に電気法 (Electricity Act [of 1989]) に NFFO (Non Fossil Fuel Obligation : 非化石燃料使用義務) が取り入れられている。非化石燃料は、風力、水力、太陽光、波力、バイオマス、廃棄物などによる発電が対象となっており、入札は政府が告示している。

わが国の「新エネルギー等利用法」では、経済産業大臣が定めた「新エネルギー等電気利用

目標量」⁶⁾に応じて電気事業者に新エネルギーの一定量以上の利用を義務づけ、2003年から施行されていた。一般電気事業者は、毎年度、その販売電力量に応じ一定割合以上の新エネルギー電気の利用をしなければならず（第4条、第5条）、経済性やその他の事業を考慮して、次の項目から最も有利な方法を選択することが出来ることができた。

- ① 自ら新エネルギーによる発電を実施する（施行規則第17条2項）。
- ② 新エネルギーを利用して発電している他の事業者から電気を購入する（施行規則第17条2項）。
- ③ 他の電気事業者の余剰分を自らの新エネルギー基準利用量に繰り入れる（第6条）。

新たに実施された「再生可能エネルギー特別措置法」は、②の方法について義務づけさせた規制で、買い取りの対象としているエネルギーは、風力、太陽光、地熱、水力、バイオマスと「新エネルギー等利用法」と同じ種類である⁷⁾。新たな法律を制定するのではなく、「新エネルギー等利用法」の改正でも再生可能エネルギーの普及は図れたと考えられる。他方、対象としているエネルギーの名称について、「新エネルギー」と「再生可能エネルギー」が混在して使用されており、統一した明確な定義が必要がある。さらに、「自然エネルギー」、「非化石エネルギー」という言葉とも並行して使用されている。2011年に廃止された「石油代替エネルギー法」では、「新エネルギー」には、原子力、石炭、天然ガスも含まれていたこともあり、一般公衆にとっては極めてわかりにくい状況であると言える。

このような状況の中、資源エネルギー庁から2012年7月27日に発表された「新エネルギー等利用法」に基づく「2011年度の新エネルギー等発電設備から電気事業者に供給された新エネルギー等電気供給量」は、121億770万5,651kWhと前年度（102億4,590万7,844kWh）より2割近く増加している。発電形態別では、風力発電の供給量が最も多く、次いでバイオマス、水力となっており、他の発電に比べ桁違いに多い。ただし、別途「新エネルギー等電気利用目標量」

表1 「新エネルギー等利用法」に基づく発電形態別新エネルギー等電気供給総量（2011年度）
[単位：kWh]

発電形態	新エネルギー等電気供給量
風力発電	4,630,583,557
水力発電	1,039,803,559
太陽光発電	56,003,358
バイオマス発電	4,265,211,910
地熱発電	7,626,312
複合型発電	5,347,788
計	10,004,576,484
特定太陽光発電	2,103,129,167
合 計	12,107,705,651

出典：資源エネルギー庁新エネルギー等電気利用推進室資料「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法の平成23年度の施行状況について」（2012年7月27日発表）

の対象にならない特定太陽光発電は、21億312万9,167kWh と多い。この発電は、「エネルギー供給構造高度化法」による余剰電力買い取り制度（発電事業目的の場合は対象外）で買い取られた（住宅用42円／kWh、非住宅用40円／kWh [2011年度買い取り価格]：買い取り期間10年間）ものであり、後述のわが国最初のフィードインタリフ制度である。

再生可能エネルギーの供給拡大を図っているドイツでは、1991年に「電力買い取り法」を制定し、電力会社に再生可能エネルギーによって発電した電力を買い取らせることを定めている。売電事業は一般公衆も行うことができるため、国内に広く普及した。前述の RPS 制度が成功している。その後、2000年には、「自然エネルギー促進法」を制定し、風力発電設備容量の増加を加速させた。この大きな要因は、自然エネルギーで生産された電気を電力会社が固定価格で長期間買い取りをするフィードインタリフ（Feed-in Tariff）制度を導入し経済的誘導を図ったことである。再生可能エネルギー導入のロードマップを策定し、化石燃料消費の一部を代替し、エネルギー自給率の向上（エネルギーの安定供給）に成功している。化石燃料による環境負荷、または原子力発電の事故による潜在的な環境リスクが減少し、環境効率が向上する評価となる可能性は高い。しかし、この買い取りにより電力会社のコスト負担が増加し、電気料金の値上げを余儀なくされている。環境効率を、環境パフォーマンス／財務パフォーマンスで表現すると、評価結果がどの程度向上できるかは不明である。ただし、エネルギー資源のないわが国の場合、エネルギー自給率が向上し、エネルギーの安定供給に貢献できることは予想できる。

わが国では、2009年より太陽光発電に関し「エネルギー供給構造高度化法」でフィードインタリフ制度が始められていたが、2012年7月から施行された「再生可能エネルギー特別措置法」では、太陽光、風力、中小水力（3万kW未満）、地熱、バイオマスによる発電が対象となった（表2参照）。どちらも長期間固定買い取り制度であるため、2つの法によるフィードインタリフ制度が混在している。

フィードインタリフ制度では、自然エネルギーによる発電を普及拡大することによって、発電価格を低下させることを期待している。わが国の多くの企業が、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」による売電を、新たなビジネスチャンスとして発電事業に取り組もうとしており、再生可能エネルギーの利用が拡大していくと推定される。しかし、電力会社が高価格の電気を買い取ることから、電気代が上昇する可能性が高く、高額固定買い取りが継続的に運営されていくか疑問である。さらに長期間をかけて普及させていくことから環境への慢性的な影響も調査しなければならない。普及までの長期間を見据えた LCC（Life Cycle Costing）評価を行い、環境効率を検討していく必要がある。公的な研究機関においても太陽光発電等の発電効率の向上等環境効率を向上するための研究開発が実施されており今後の進捗が期待される。

また、電気事業者が買い取りに要した費用は、電気料金に上乗せされ消費者が負担することから、経済的な負担が問題となる。スペインは景気悪化により、2009年に買い取り価格を大幅に引き下げ、再生可能エネルギー施設に関する国内市場がほとんど無くなる状況となった。ドイツも欧州の金融不安によって買い取り価格引き下げを決めているため、国内市場の縮小が予

表2 わが国のフィードインタリフ制度における買取価格（2012年7月～2013年3月）
〔経済産業省告示第百三十九号（平成二十四年六月十八日）〕

※ 平成二十四年七月一日から平成二十五年三月三十一日までの間において、法第五条第一項の接続に係る契約の申込みの内容（当該接続に係る再生可能エネルギー発電設備の仕様、設置場所及び接続箇所並びに次の表の第三号から第十五号に掲げるもの）にあっては、当該申込みを撤回した場合にその相手方である電気事業者が当該申込みの内容の検討に要した費用について、当該申込みを行った者が支払うことに同意する旨の内容を含むものに限る。）を記載した書面の当該電気事業者による受領又は法第六条第一項に規定する経済産業大臣の認定のうちいずれか遅い方の行為が行われた場合における当該行為に係る再生可能エネルギー発電設備に係る調達価格等は、次の表の上欄に掲げる再生可能エネルギー発電設備の設備の区分等（電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法施行規則（平成二十四年経済産業省令第四十六号。以下「施行規則」という。）第二条各号に定める設備の区分等をいう。）に応じ、それぞれ同表の中欄及び下欄に掲げるとおりとする。

	再生可能エネルギー発電設備の区分等	調達価格	調達期間
一	太陽光発電設備であって、その出力が十キロワット未満のもの（次号に掲げるものを除く。）	四十二円	十年間
二	太陽光発電設備であって、その出力が十キロワット未満のもの（当該太陽光発電設備の設置場所を含む一の需要場所に電気を供給する自家発電設備等とともに設置され、当該自家発電設備等により供給される電気が電気事業者に対する再生可能エネルギー電気の供給量に影響を与えているものに限る。）	三十四円	十年間
三	太陽光発電設備であって、その出力が十キロワット以上のものを加えて得た額	四十円に消費税及び地方消費税の額に相当する額（四十二・〇〇円）	二十年間
四	風力発電設備であって、その出力が二十キロワット未満のもの	五十五円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（五十七・七五円）	二十年間
五	風力発電設備であって、その出力が二十キロワット以上のもの	二十二円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（二十三・一〇円）	二十年間
六	水力発電設備であって、その出力が二百キロワット未満のもの	三十四円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（三十五・七〇円）	二十年間
七	水力発電設備であって、その出力が二百キロワット以上一千キロワット未満のもの	二十九円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（三十・四五円）	二十年間
八	水力発電設備であって、その出力が一千キロワット以上三万キロワット未満のもの	二十四円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（二十五・二〇円）	二十年間
九	地熱発電設備であって、その出力が一万五千キロワット未満のもの	四十円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（四十二・〇〇円）	十五年間
十	地熱発電設備であって、その出力が一万五千キロワット以上のもの	二十六円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（二十七・三〇円）	十五年間
十一	バイオマスを発酵させることによって得られるメタンを電気に変換する設備	三十九円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（四十・九五円）	二十年間
十二	森林における立木竹の伐採又は間伐により発生する未利用の木質バイオマス（輸入されたものを除く。）を電気に変換する設備（第十一号に掲げる設備及び一般廃棄物発電設備を除く。）	三十二円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（三十三・六〇円）	二十年間
十三	木質バイオマス又は農産物の収穫に伴って生じるバイオマス（当該農産物に由来するものに限る。）を電気に変換する設備（第十一号、第十二号及び第十四号に掲げる設備並びに一般廃棄物発電設備を除く。）	二十四円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（二十五・二〇円）	二十年間
十四	建設資材廃棄物を電気に変換する設備（第十一号に掲げる設備及び一般廃棄物発電設備を除く。）	十三円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（十三・六五円）	二十年間
十五	一般廃棄物発電設備又は一般廃棄物発電設備及び第十一号から第十四号までに掲げる設備以外のバイオマス発電設備	十七円に消費税及び地方消費税の額に相当する額を加えて得た額（十七・八五円）	二十年間

備考

- 一 中欄に掲げる調達価格は、一キロワット時当たりの価格とし、第一号及び第二号の中欄に掲げる調達価格は、消費税及び地方消費税の額に相当する額を含むものとする。
- 二 下欄に掲げる調達期間は、特定契約に基づく電気の供給が開始された日を起算日とする。
- 三 自家発電設備等については、リレー装置が設置されている等自家発電設備等から発電又は放電された電気が配電線に逆流しない措置が講じられているものに限る。
- 四 施行規則第八条第一項第六号に規定する複数太陽光発電設備設置事業を営む者が認定を受けた場合については、当該者が用いる認定発電設備は第三号の上欄に掲げる設備とみなす。
- 五 木質バイオマスのうち、林野庁作成の「発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン（平成二十四年六月十八日）」に準拠して分別管理が行われたことが確認されないものについては、建設資材廃棄物とみなす。
- 六 複数の再生可能エネルギー発電設備を併設した場合で、それぞれの設備からの再生可能エネルギー電気の供給量を特定することができない場合に適用される調達価格は、当該複数設備に適用される調達価格のうち、最も調達価格の低いものを適用するものとし、調達期間もこれに従う。

想される。このような状況に反して、わが国では原子力発電代替の有力なエネルギーを得るためにフィードインタリフを進めようとしていることから、市場を失った外国の再生可能エネルギー施設関連メーカーから大量の輸入が予想される。施設が安価となることから財務パフォーマンスが向上し、また、国内で発電設備の生産しないことで国内における環境負荷が小さくなる可能性がある。したがって、見かけ上環境効率が向上し、国内の環境改善が図られると考えられる。しかし、国内外の情報に基づく LCA での環境負荷を評価しなければ、国際的な視野に立った正確な環境効率の向上は望めないだろう。



図 1 産業技術総合研究所研究棟（茨城県つくば市）に設置された太陽光発電設備

5. エネルギーの供給

5. 1 わが国の特徴

わが国で送電される電流の周波数は、静岡県富士川から新潟県糸魚川市を境に東日本の電気周波数は50Hz、西日本は60Hzとなっている。これによりわが国の西と東で作られた電気の連結を難しくしており、西日本の原子力発電所で発電した60Hzの周波数の電気をわざわざ50Hzに変換して首都圏へ送電されているものもある。さらにわが国は他国との送電の連結がないため、自国内だけで電力供給源を確保しなければならない。

また、発電事業と変電・送電・配電事業を一体で行う一般電気事業者（電力会社）が、10社と管轄地域毎に独占的に存在している⁸⁾。電力会社は民間会社であるが、電力供給に関する業務の多くの部分は、「電気事業法」によって定められており、安全保障にも関わる政府のエネルギー政策上極めて重要であることから、国策に強く影響される自由度が低い民間会社と言える。いわゆる、国家に守られた経営で民間会社としては特殊な存在である。少数の電気事業者で、わが国の発電事業を管理していることから、安定した合理的な電力供給ができ、安全保障上のリスク管理も効率的に実施している。この状況から、わが国における電力生産、消費に関しての環境効率の評価は、他国に比べ実施しやすい。石油石炭等化石燃料から発生するSOx対策では、国際的に先端的な技術を開発・導入し、発生源対策で大気汚染防止に大きく貢献している⁹⁾。化石燃料を使用した発電では、高い環境効率を維持していると言える。

また、電源開発株式会社（J-POWER）や日本原子力発電株式会社は、「卸電気事業者」と呼ばれ、「一般電気事業者に電気を供給する事業者で、200万kW超の設備を有する者」と定められ、200万kW以下でも公営、共同火力も「みなし卸電気事業者」とされている。日本原子力発電株式会社の東海発電所は1965年に原子炉が臨界状態に達した日本初の商業用原子力発電所となっている（営業運転は1998年に停止）¹⁰⁾。原子力発電に関しては、この後わが国の基幹電源として全国に急激に発電設備を増加させていくが、潜在的な環境リスクに関しての検討・管理が不足していたことで、福島第一原子力発電所事故が発生し莫大な環境負荷を発生させてしまった。

これにより原子力発電の環境効率を一気に低下させてしまった。これまでわが国は新エネルギーの普及を図り、地球温暖化の原因となる化石燃料による発電を減少させてきたが、現在は地球温暖化防止より、原子力発電事故による環境汚染回避を優先している。一般公衆の生活及び国の経済を維持、すなわちエネルギーから得られた価値を確保するために当面は化石燃料の消費拡大が続けられると考えられる。環境負荷を減少させるために「再生可能エネルギー特別措置法」（フィードインタリフ制度拡大）による再生可能エネルギーの拡大を拙速に図ろうとしているが、政策の方向転換は容易ではなく環境効率の視点をもった将来のロードマップを公開し、国民の理解を得ていく必要がある。

5. 2 電力自由化

国際的にエネルギー需要が拡大しており、エネルギー供給源を多様化するためにわが国では、「電気事業法」を1995年に改正（4月制定，12月施行）し、一般電気事業者への電力の卸販売業者の対象が広げられた。自家発電が備わっている民間の工場の余剰電力が一般の市場でも効率よく使用できるようになった。したがって、エネルギー資源から得られる価値（サービス）が拡大し、日本全体としてのエネルギーの環境効率は向上した。

当該法では、この売電を行う民間企業を、「卸供給事業者」と呼び、「一般電気事業者に電気を供給する卸電気事業者以外の者で、一般電気事業者と10年以上にわたり1,000kW超の供給契約、もしくは、5年以上にわたり10万kW超の供給契約を交わしている者」と定めている。この事業を行っている業種には、鉄鋼、セメント、石油などがあり、福島原発事故以降原子力発電所が停止し全国的に電力不足になっている状況に対処するために、卸供給業者は最大限に活用されている。この一般電気事業者に電力を販売している事業者を、一般には、IPP（Independent Power Producer：独立系発電事業者）といい、電力の卸供給は入札によって行われている。これまで無駄にしていた国内に潜在的に存在する電力供給能力を利用する機会を作ったといえる。

その後、1999年5月に再び電気事業法が改正され、2000年3月から大口需要者への（部分的）電力小売りが始まった。この電力供給者をPPS（Power Producer and Supplier：特定規模電気事業者）といい、IPPなどが法令に定めた大口需用者へ電力を供給する事業に新規に参入することが可能になった¹¹⁾。大口需要者とは、契約電力が50kW以上の需要家をいい、地方公共事業団体、デパート、工場など大量電力消費施設が該当する。

PPSでは、分散型発電の普及も予想され、新たな送電網が必要となる。この売電に関して現在、送電は既存電力会社（一般電気事業者）が行うことが法令で定められているが、送電事業と発電事業が一体となった電力供給の合理性は失われていくと考えられる（電気通信事業のような既得権の一部の温存が懸念される）。ただし、新たな発電事業者の環境配慮及び発電所周辺住民とのリスクコミュニケーションの欠如、及び送電効率の低下が発生しないように電力供給と需要間の管理が合理的に行われるような制度及び技術を整備することが重要である。電力自由化は、電力供給先の選択肢拡大、及び売電を拡大させる可能性があるが、リスクが増加しない安定した電力供給を最優先させなければ持続可能な当該システムの維持は望めない。経済的な面のみの評価ではなく、詳細なリスク分析に基づいたチェックが不可欠である。

また、電力の供給は、原則的として参入規制、供給義務、料金規制を設けていないため、需用者の要望に応じて供給されるものではなく、電気料金も社会状況に応じて変動する可能性がある。さらに、都心など効率的に送電できる場所と僻地など需要が小さくばらつきがある地域では、送電コストが大きく変化するため、電気料金も大きく変化してくる可能性がある。料金の高騰を防止するために環境コストを抑えることになると、自然環境への負荷が高まり、地域によって電力供給に関する環境効率が上下することになると推定される¹²⁾。特に人口が少なく、自然が多い地域の環境破壊が懸念される。

他方、送電線のメンテナンスや停電防止策は、品質が低下すると国家の安全保障に関する重

要なリスク要因になるため、これまでわが国が築いた高い品質をもつ送電網は維持すべきである。関連法が規制される場合は、多数の人が安価な電気代を得ること（首都圏の人々）に注目しすぎないように、十分に検討されなければならない。米国で国家政策的に行われたスマートグリッド（smart grid）¹³⁾は、送電網をIT（Information Technology）管理による効率的で停電のない信頼性の高い管理を進めているもので、わが国ではすでにほぼ構築されている。ただし、再生可能エネルギーを普及し、エネルギー密度の低い発電施設を莫大に新たに設置し、送電・変電・配電設備も全国各地に新たに設置するとなると、既存システムでは電力供給を維持管理できなくなるため、新たにスマートグリッドを踏まえた全国的な発電送電網が必要となるだろう。このような状況で、効率的に、安定供給が図られる電力供給網を構築するには慎重で詳細な事前検討が必要である。

日本の送電線は、電力会社（一般電気事業者）の地域独占の状態になっており、系統は最小限に作られている。また、米国で問題になっている不安定な送電をなくすために送電網は停電を極力避けるように考えられている。しかし、地方の海岸線に立地している原子力発電所や火力発電所、または山奥に作られている水力発電所から大都市圏へ電気を送るために山岳地域など国立公園も横切り送電線が作られている。遠距離の送電は、空中に放電され非効率になってしまうため、電圧を上げるなどして対応している。再生可能エネルギー（風力〔山岳地域、オフショア<海上>〕、太陽光、太陽熱、地熱発電、波力、潮力、海洋等温度差エネルギー利用など）で大量に発電する場合も僻地に作られることが多いため、新たに送電線を引かなければならない。前述の通り、わが国には最小限しか送電網が作られていないため、過去に炭鉱や鉱山があった場所に引かれた電線を使うことが多い。しかし、発電できる場所には既に限度いっぱいには建設されており、送電効率の低下にも注意しなければならない。

5. 3 不安定な電力供給

わが国では、プラグをコンセントに差し込めば当たり前のように電気が供給されると考えがちであるが、エネルギー資源がないわが国で安定して電力を供給することは極めて難しいといえる。海外からエネルギー資源を継続的に購入できなければ現状維持はできない。一般電気事業者は、これまで火力発電（天然ガス〔これからはシェールガスなども含めて〕、石油、石炭）、原子力発電、水力発電等のベストミックスを進めてきたが、福島第一原子力発電所事故以降、原子力発電の供給が難しくなり、供給のバランスを根本的に見直されている。原子力発電で供給されていた電力量が突然不足する事態となったため、ベストミックスは不可能となった。

現状では電力のほとんどは首都圏で消費されており、地方に建設された発電所では発電に伴うさまざまな環境問題が発生している。火力発電所や原子力発電所の冷却で暖められた温排水、火力発電所の燃焼時に出る有害物質（ばい煙など）、水力発電所では立地による生態系破壊、地熱発電所では地下深くから吹き出す有害物質（ヒ素など）、そして原子力発電所から発生する核廃棄物がある。発電によるサービス（電力）は首都圏で使われ、環境負荷は地方が背負っている。サービスだけを受けている大多数の国民は、電気がクリーンであると思いこんでおり、電気自動車も、電力供給元の地方の環境負荷は理解していない。ガソリンや軽油の自動車に代

わって電気自動車が普及し、首都圏の大気が清浄になっても汚染地域を他に移動させただけである。遠くから送電される電力は、放電によってさらに環境効率（サービス／環境負荷）が減少する。

2011年夏期に原子力発電所の停止によって電力不足が発生した際には、電力会社間において電力の融通が僅かに行われたが、あまり積極的には行われなかった。わが国では各電力会社毎の管轄がほぼ明確に区分けされているため、以前より電力会社間での電力の融通はあまり行われていない。これは世界でもあまり例がなく、以前より OECD から改善が提言されている¹⁴⁾。2011年の夏の電力不足では、政府より大口電力消費者（500kW 以上の契約者）向けにピーク時に15%の節電を要請しなければ電力需要に対応しきれなかった。この要請は、電力事業法第27条に基づいて実施¹⁵⁾されたもので、さまざまな産業にダメージがあった。

原子力発電所での発電ができなくなると、揚水発電¹⁶⁾の水のくみ上げに余剰電力が使用できなくなり、他のエネルギーを使用しなければならなくなる。揚水発電は重力に逆らって位置エネルギーを得るものであるため、エネルギー効率は非常に悪い。しかし、夏期における昼間の電力需要ピークに欠かせないものであるため、効率が低下しても維持する必要がある。

他方、わが国では、群馬県、福島県、新潟県にまたがり山に囲まれた高層にある尾瀬¹⁷⁾の湿原を人工湖にしてダムを建設することが計画されたこともある。この巨大なダムが建設されていれば莫大な電力が得られ、首都圏に送電されたと思われる。この電力供給があれば、原子力発電所（原子炉）は、現在のより少なくでき、原子力による環境リスクも減少できたと考えられるが、尾瀬は日光国立公園の一部となっており、この湿地帯には数百種類の自然植物が自生し、希少な動物の生息地にもなっている。重要な自然生態系を形成していることから文化財保護法に基づく特別天然記念物¹⁸⁾にも指定されている。自然を破壊し巨大な再生可能エネルギーから電力を作りだし、わが国のエネルギー自給率を上げること、すなわちエネルギーの安定供給を図る価値と、自然の動植物の価値を比較衡量することは極めて難しい。発電施設ができる地域の数少ない周辺住民と首都圏で電力のサービスを受ける莫大な数の人々でも考え方は異なる場合が多いと思われる。

また、電力供給には、発電施設が発電を開始してから実際に電気が送電できるようになるまでの時間も安定供給の重要な要因である。水力は、最も早く3～5分と短時間で起動が可能であるため迅速な送電が可能である。火力発電では、発電停止後8時間後に再運転した場合の起動時間は、石油火力発電は約3時間、LNG（liquefied natural gas：液化天然ガス）は約3時間、LNG コンバインドサイクルは約1時間、石炭は約3時間である。また、原子力発電では核反応を用いているため、発電が行える臨界状態になるまで時間がかかり、発電停止8時間後、再運転するまで約5日間を要する。一方、再生可能エネルギーは、気候の状況、自然の変化で発電に制約が生じる。これら問題を解決する方法の一つとして、蓄電池によって電気を貯蔵して需要に合わせて使用するものがある。以前には、超伝導体（電気抵抗がゼロの物質）に電気を貯蔵（電気抵抗ゼロの物質中に電気を流し続ける）する方法が積極的に開発されたが、未だに実用化・普及には至っていない。

この他の電力貯蔵方法として、NaS 電池（sodium-sulfur battery：ナトリウム・イオウ電池）

も開発（一部実用化）されている。この電池は、比較的小型で大量の電力貯蔵が可能であるため、今後の普及が期待されており、風力発電や太陽光発電など自然の状況で電力供給が変化し、需要に合わせた発電ができない自然エネルギーの電力貯蔵用としても注目されている。リチウムイオン電池など二次電池（繰り返し充電できる電池）が既に普及しており、ハイブリット自動車などに利用されているがまだ十分な効率には至っていない。なお、夜間に氷を製造し昼間にエアコン用として使用したり、熱を貯蔵し給湯用に使用することもエネルギーを保存する方法として既に普及している。これら蓄電池の技術開発が進み、実用化・普及が進めばエネルギーの安定供給も図れ、新エネルギーの環境効率の向上にも大きく寄与すると考えられる。

6. まとめ

わが国は、産業が発達し、比較的高い生活レベル（ものとサービスの消費が大きい）も維持しているが、これは安定したエネルギー供給に基づいたものである。エネルギー供給が途絶えれば、現在の経済的な安定は容易に破綻する可能性が高い。

この電力需要の拡大には、大きな問題がある。わが国には、エネルギー資源がほとんどないことである。したがって、狭い国土の中で、人口密度が非常に高く、巨大な経済を支えるために莫大なエネルギーを供給するには、海外より大量にエネルギー資源を輸入しなければならない。安定したエネルギー資源が確保できれば、安全保障、経済的成長が維持できることから、環境政策等からエネルギー政策を分離し推し進めてきた。その中でも原子力発電を基幹電源として位置づけてきた。

しかし、原子力発電所の事故で悲惨な環境汚染が発生したことから、新エネルギーへの転換が急激に図られている。わが国では、これまで新エネルギーに関してあまり積極的に導入を図ってきていないことから、事前評価が未だ不十分な部分が多い。

電気は、便利でクリーンなエネルギーであるが、使い方を考えなければ、環境負荷は増加する。したがって、電気がどこでどのようにして作られているのかをよく検討し、環境負荷量を正確に把握する必要がある。例えば、石油や石炭（スラリー状にした物も含めて）を使った火力発電では、イオウ酸化物や二酸化炭素を放出し、環境負荷を増加させ、環境効率を低下させる。環境リスクには、原子力発電所事故のように短時間で深刻な汚染をしてしまうような破滅的なものもある。また原子力発電所事故は、今後数十年以上にわたる汚染のリスクも秘めている。自然エネルギーも例外ではない。太陽光発電、風力発電、バイオマス発電、地熱発電なども大量に立地すると自然を破壊するため、長いレンジで循環している自然のシステムを破壊してしまう可能性がある。この破壊による環境負荷も取り返しがつかないものになる可能性がある。

新エネルギーの導入に関しても LCA 分析を行い、環境リスクを十分に把握しなければ、正確な環境効率の検討はできない。自然を破壊しない程度の規模でのエネルギー供給が行われることが望まれる。十分に環境アセスメントを実施し、将来の環境影響を最小限にできる方法を検討し、環境効率が向上する方法を常に選択できるシステムを維持していくことが必要である。

注

- 1) 原子力発電では、核分裂反応によって得られた熱エネルギーを利用し発電を行うため、1日の電力消費の変化に合わせて発電を開始・停止を早急に行うことができず、予想される消費電力の増加に関しては、火力発電、夏期における昼間のピーク電源などには水力発電（数分で発電可能）が利用されている。原子力発電のエネルギーが夜に余剰になると、そのまま捨てられることとなるが、その対処として夜間電力を安価にして経済的誘導が図られ、夜間の冷熱または温熱蓄熱、揚水発電、電気自動車の夜間充電など技術開発、インフラストラクチャー整備も行われている。
- 2) 福井県敦賀市につくられた高速増殖炉の名前の「もんじゅ」は、獅子を知恵によって乗り越えたこととされる文殊菩薩（智慧を象徴する菩薩）からとられたものである。しかし、リスク対処に関しては未だに技術的対処が十分に整備されていない。
- 3) 「非化石エネルギーの開発及び導入の促進に関する法律」第3条第2項では、「供給目標は、開発及び導入を行うべき非化石エネルギーの種類及びその種類ごとの供給数量の目標その他非化石エネルギーの供給に関する事項について、エネルギーの需要及び化石燃料の供給の長期見通し、非化石エネルギーの開発の状況その他の事情を勘案し、環境の保全に留意しつつ定めるものとする。」と定めている。
- 4) ESCO では、次のような事業を行っている。
 - ①省エネルギー方策発掘のための診断・コンサルティング
 - ②方策導入のための計画立案・設計施工・施工管理
 - ③導入後の省エネルギー効果の計測・検証
 - ④導入した設備やシステムの保守・運転管理
 - ⑤事業資金の調達・ファイナンス

ESCO 事業は、建物の事業者が省エネルギー用の設備や技術、資金を提供し、改装後に省エネルギーで削減されたエネルギーコスト分から代金、収益を回収するシステムとなっている。
- 5) 「新エネルギーの利用等の促進に関する特別措置法」における「新エネルギー利用等」の定義を「石油代替エネルギー法（旧 非化石エネルギー法）」に基づき定めていた際の新エネルギーの種類（第2条に基づき政令第1条で定められたもの）は、次の15項目となっている（2008年2月に最終改正されたもの）である。
 - ①再生資源を原材料とする燃料を製造すること（次に掲げるものを除く。）。
 - ②動植物に由来する有機物であってエネルギー源として利用することができるもの（原油、石油ガス、可燃性天然ガス及び石炭並びにこれらから製造される製品を除く。④及び⑪において「バイオマス」という。）を原材料とする燃料を製造すること。
 - ③一度使用され、若しくは使用されずに収集され、若しくは廃棄された物品若しくは副産物のうち有用なものであって燃焼の用に供することができるもの若しくはその可能性のあるもの（放射性物質及びこれによって汚染された物を除く。⑩において同じ。）又は再生資源を原材料とする燃料を熱として得ることに利用すること（⑨、⑩及び⑪に掲げるものを除く。）。
 - ④バイオマス又はバイオマスを原材料とする燃料を熱として得ることに利用すること（⑪に掲げるものを除く。）。
 - ⑤太陽熱を給湯、暖房、冷房その他の用途に利用すること。
 - ⑥冷凍設備を用いて海水、河川水その他の水を熱源とする熱を利用すること。
 - ⑦雪又は水（冷凍機器を用いて生産したものを除く。）を熱源とする熱を冷蔵、冷房その他の用途に利用すること。
 - ⑧天然ガス又はメタノールを自動車の動力を得ることに利用すること。
 - ⑨電気を変換して得られる動力を自動車の動力として利用すること。
 - ⑩一度使用され、若しくは使用されずに収集され、若しくは廃棄された物品若しくは副産物のうち有用なものであって燃焼の用に供することができるもの若しくはその可能性のあるもの又は

再生資源を原材料とする燃料を発電に利用すること。

- ⑪ バイオマス又はバイオマスを原材料とする燃料を発電に利用すること。
 - ⑫ 天然ガスを発電に利用し同時に得られる熱を給湯、暖房、冷房その他の用途に利用すること。
 - ⑬ 風力を発電に利用すること。
 - ⑭ 太陽電池を利用して電気を発生させること。
 - ⑮ 燃料電池を利用して電気を発生させること。
- 6) この目標は、4年ごとに、総合資源エネルギー調査会の意見を聴いて、当該年度以降の8年間についての電気事業者による新エネルギー等電気利用の目標を定めなければならないと規定されていた(第3条)。
- 7) 「新エネルギー等利用法」における小水力は、経済性の面における制約があり普及が今案とされる発電容量 1,000 kW 未満に限られている。
- 8) 一般家庭等に電気を供給している電力会社は、電気事業法では、「一般電気事業者」とよばれ、「(不特定多数) 一般の需要に応じて電気を供給する者」とされ、北海道電力株式会社、東北電力株式会社、東京電力株式会社、中部電力株式会社、北陸電力株式会社、関西電力株式会社、中国電力株式会社、四国電力株式会社、九州電力株式会社、沖縄電力株式会社の 10 社が該当している。なお、一般への電気供給は、一般電気事業者(当該電力会社)以外に行うことはできないことになっている。
- 9) わが国の火力発電所は、イオウ酸化物(SOx)など有害物質の排出抑制、発電効率について高い技術を有している。しかし、原子力発電所の代替りの発電量を賄おうとすると膨大に地球温暖化ガス(二酸化炭素)を排出する。古い発電所には、絶縁物質である六フッ化イオウ(二酸化炭素の 23,900 倍の温室効果)も使用されているのでその漏れも注意する必要がある。原料の中心は、天然ガス、石油、石炭である。最近では、石油と天然ガスの両方が使える炉も開発され、燃料量(カロリー)あたり安価な燃料を選択することも可能となった。バイオマス発電も普及しているが、原料となる廃材などの量は限られており、北欧、インドなどで行われているバイオガス(糞尿の発酵によるメタンの発生)も地域への供給を目的とする分散型発電が主流である。
- 10) 茨城県那珂郡東海村では、わが国で初めて原子力研究施設が作られた。日本原子力研究所(現日本原子力研究開発機構)が 1956 年に設置され、翌 1957 年にわが国で初めて作られた原子炉が運転を開始した。その後、1965 年に日本原子力発電東海発電所の原子炉が臨界状態に達し、わが国で最初の商業用原子力発電が行われた(当該炉の営業運転は 1998 年に停止)。
- 11) 電気事業法ではその他下記の電気供給事業者も定めている(2012 年 9 月現在)。
- ・ 特定電気事業者：限定された区域に対し、自らの発電設備や電線路を用いて、電力供給を行う事業者。
 - ・ 特定供給：供給者・需要者間の関係で、需要家保護の必要性の低い密接な関係(生産工程、資本関係、人的関係)を有する者の間での電力供給(本社工場と子会社工場間での電力供給等)。
- 12) 再生可能エネルギーによる発電は量が少ないため、発電している地域近郊で使用する分散型発電いわゆる電気の地産地消が期待されているが、電力自由化が進めば、少しでも高額で電気が売れる地域に販売される可能性が高くなる。例えば、有機農業で作られた有機農作物は、栽培・生産が高価なため、高く購入する人が多い都心等遠い地域に大きなフードマイレージ(食品が生産地から消費地まで運ばれるときに生じるエネルギー)で運ばれている。有機農作物は、人が農作物を食する際に有害な物質(農薬、化学肥料等)を摂取する可能性を低くすることができるが、地球温暖化原因物質である二酸化炭素や輸送時に燃料から発生する大気等の汚染物質もたくさん排出する。再生可能エネルギーも発電単価は高くなりため、発電者は少しでも高額で売れる場所に送電されると考えられる。原子力発電所と同じように地方で発電した電気は、都心へ送電されることになると思われる。
- 13) スマートグリッドとは、電力供給について停電などを極力防ぎ信頼性が高く、効率的な送電を

行うための賢い（smart）総配電網（grid）のことをいい、IT技術及びネットワーク技術を駆使して個々の家庭の電力消費状況をスマートメーターで管理し、関連のインフラストラクチャーの整備等を行っている。米国オバマ大統領が景気刺激策として制定した「米国再生再投資法（American Recovery and Reinvestment Act：ARRA）」の中で2009年2月に当該分野に110億ドルを拠出することを表明し、世界的に注目を集めた。雇用創出を目的として、エネルギー密度が低い再生可能な太陽光発電、風力発電などの拡大と、ESCO（Energy Service Company）など省エネ事業の活性化が図られた。

- 14) OECD, IEA “COMPETITION IN ELECTRICITY MARKETS Energy Market Reform” (2001)
- 15) 電気事業法 第27条では、「経済産業大臣は、電気の需給の調整を行わなければ電気の供給の不足が国民経済及び国民生活に悪影響を及ぼし、公共の利益を阻害するおそれがあると認められるときは、その事態を克服するため必要な限度において、政令で定めるところにより、使用電力量の限度、使用最大電力の限度、用途若しくは使用を停止すべき日時を定めて、一般電気事業者、特定電気事業者若しくは特定規模電気事業者の供給する電気の使用を制限し、又は受電電力の容量の限度を定めて、一般電気事業者、特定電気事業者若しくは特定規模電気事業者からの受電を制限することができる。」となっている。施行令第二条では、「使用電力量の限度又は使用最大電力の限度を定めてする一般電気事業者、特定電気事業者又は特定規模電気事業者の供給する電気の使用の制限は、五百キロワット以上の受電電力の容量をもつて一般電気事業者、特定電気事業者又は特定規模電気事業者の供給する電気を使用する者について行うものでなければならない。（第1項）」ことや「受電電力の容量の限度を定めてする一般電気事業者、特定電気事業者又は特定規模電気事業者からの受電の制限は、三千キロワット以上の受電電力の容量をもつて一般電気事業者、特定電気事業者又は特定規模電気事業者から電気の供給を受けようとする者について行うものでなければならない。」ことなどが定められている。
- 16) 通常の水力発電は、自然の水の循環システムを利用してダムに水を溜めている再生可能エネルギーだが、揚水発電では上流と下流に建設した2つのダムの間で人工的に作ったエネルギーで高い位置のダムに水を汲み上げ、必要に応じて水を流し発電を行う
- 17) 群馬、福島、新潟の3県境にまたがる尾瀬は、尾瀬ヶ原、尾瀬沼を中心に植物群生や重要な動植物が多く生息している湿地帯である。尾瀬ヶ原は、東西6km、南北4kmの日本最大の高層湿原（平均標高1400m。面積8.6km²）で、燧ヶ岳と至仏山などの標高2000m級の山がとり囲んでいる。湿原の土地は、水苔類やスゲ類の遺体から生成した泥炭（部分的に分離炭化した土塊状の質が悪い石炭）が8000年をへて堆積したものとされている。1956年に国（文化財保護法指定）の天然記念物になり、1960年に特別天然記念物になった。土地所有者の東京電力は、CSR活動として自然環境保護に協力している。
- 18) 「記念物」とは、「貝づか、古墳、都城跡、城跡、旧宅その他の遺跡で我が国にとつて歴史上又は学術上価値の高いもの、庭園、橋梁、峡谷、海浜、山岳その他の名勝地で我が国にとつて芸術上又は観賞上価値の高いもの並びに動物（生息地、繁殖地及び渡来地を含む。）、植物（自生地を含む。）及び地質鉱物（特異な自然の現象の生じている土地を含む。）で我が国にとつて学術上価値の高いもの」（文化財保護法 第2条第4項）とされ、「文部科学大臣は、記念物のうち重要なものを史跡、名勝又は天然記念物（これらは史跡名勝天然記念物と総称されています）に指定することができる。」（当該法第109条）と定められている。また、「文部科学大臣は、指定された史跡名勝天然記念物のうち特に重要なものを特別史跡、特別名勝又は特別天然記念物（これらは特別史跡名勝天然記念物と総称されます。）に指定することができる。」（当該法第109条第2項）と規定されている。他方、都道府県や市町村が指定した天然記念物もあり、広義にはこれらも含めて天然記念物とされている。

参考文献

- (1) ステファン・シュミットハイニー, 持続可能な開発のための産業界会議 (BCSD) 『チェンジング・コース』 (ダイヤモンド社, 1992 年)
- (2) ステファン・シュミットハイニー, フェデリコ・J・L・ゾラキン, 世界環境経済人協議会 『金融市場と地球環境－持続可能な発展のためのファイナンス革命－』 (ダイヤモンド社, 1997 年)
- (3) F. シュミット・ブレーク 『ファクター 10』 (シュプリンガー・フェアラーク東京, 1997 年)
- (4) エルンスト・U・フォン・ワイツゼッカー, エイモリー・B・ロビンス, L・ハンター・ロビンス 『ファクター 4』 (省エネルギーセンター, 1998 年)
- (5) 勝田 悟 『環境政策』 (中央経済社, 2010 年)
- (6) 勝田 悟 『環境学の基本』 (産業能率大学, 2008 年)
- (7) 経済産業省資源エネルギー庁・ガス事業部 『平成 22 年度 電源開発の現状 2010』 (2011 年)
- (8) OECD, IEA “COMPETITION IN ELECTRICITY MARKETS Energy Market Reform” (2001)
- (9) OECD, IEA “ENERGY POLICIES OF IEA COUNTRIES Japan 1999 Review” (1999)
- (10) 東京電力 『揚水式水力発電所』 (2006 年)

〈インターネットホームページ〉 (参照 2012 年 4 月～9 月)

- (1) 環境省ホームページ アドレス <http://www.env.go.jp/>
- (2) 経済産業省ホームページ アドレス <http://www.meti.go.jp/index.html>
- (3) 経済産業省資源エネルギー庁ホームページ アドレス <http://www.enecho.meti.go.jp/>
- (4) 経済産業省資源エネルギー庁 RPS 法ホームページ
アドレス <http://www.rps.go.jp/RPS/new-contents/top/main.html>
- (5) UNEP (United Nations Environment Programme) ホームページ
アドレス <http://www.unep.org/>
- (6) UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) ホームページ
アドレス <http://unfccc.int/2860.php>
- (7) U.S. Environmental Protection Agency ホームページ アドレス <http://www.epa.gov/>

Abstract**Research on the Environment Efficiency about the New Energy****Satoru KATSUDA**

It came to this with a Japanese energy policy as a nucleus energy (the atomic power generation). We should often research (it investigates newly to introduce new energy rationally). Even if what kind of energy is introduced, it is clear to make an environment load occur. New energy must do evaluation in advance based on LCA (Life Cycle Assessment) as far as it is possible.

Environment loads increase if it doesn't think about a method to use though for electricity to be useful and it is the energy which isn't dirty. Therefore, it considers where electricity is being made how well, and you must grasp the amount of environment load precisely. For example, sulfur oxide and carbon dioxide are released, and it increases environment loads, and environment efficiency is made to decrease by the thermal power generation which petroleum and coal were used for.

There is a thing concerning the ruin which has a serious pollution like an atomic power plant accident in a short time in the environment risk, too. An atomic power plant accident keeps the risk of the pollution which will last for more than several years again from now on secret, too.

Natural energy is not an exception, either. Solar optical generation of electricity, a wind-power generation, biomass generation of electricity, geothermal electric power generation, and so on have the possibility to destroy the natural system to circulate by the long range to destroy nature for location when to do in large quantities, too. An environment load by this destruction has the possibility to become the thing for recovery which not to be settled in, too.

Accurate environment efficiency can't be examined if a LCA analysis is done and environment risk isn't grasped fully even if the introduction of the new energy is concerned.

It hopes that energy supply in the scale that nature isn't destroyed is done.

An assessment of the environment is fully carried out, and you must examine the method made to a minimum (the future environmental impact). It is necessary to maintain the system which can always choose the way that environment efficiency improves.