

# 環境調和型エネルギーシステムへの課題と展望

安江正治\*・橋本良仁\*\*

Study on the Energy System for the Sustainable Society

Masaharu YASUE and Yoshihito HASHIMOTO

**要旨** : Web 上に公開されているエネルギー関連の資料に言及しつつ、持続可能な社会にふさわしいエネルギーシステムを最近の情報通信網の自律分散・協調型システムの効率的な運用を手がかりにして考察する。

**キーワード** : 環境調和型エネルギーシステム、分散型・広域型電力網の共存

## 1. はじめに

エネルギー問題についての社会的な関心の高まりとともに、昨年(2006年)、「新・国家エネルギー戦略」<sup>1)</sup>が公表され、そこに提示されている2030年までを視野に入れたエネルギービジョンは、人々の関心を集めている。将来を担う若手を育てる責務を負う教育分野においても、この方針は、「エネルギー教育ガイドライン」<sup>2)</sup>の形でエネルギー環境教育情報センターから発表され、この趣旨に沿って、各地域の教育研修センター等で、エネルギー教育関連の研修会が始まっている。このガイドラインで、エネルギー教育において学習すべき内容の一つとして「エネルギー問題解決に向けての行動」が掲げられている。教育現場の教師からは、この大切な学習内容を子どもたちに伝えるには、3R (Reduce, Reuse, Recycle) 的な「ものを大切に作る身近な行動」だけではなく、今後人類は、エネルギー問題をどのように解決してゆけばよいのかの展望も知りたいとの切実な期待が寄せられている。

著者達は、「環境のためのオンライン教育リンク集」<sup>3)</sup>を開発し、5年間余り運用してきた。このリンク集に集められた内容を読み解くことで、教師たちの知りたいと願っている「エネルギー問題解決への道」に応える形で、表題の「環境調和型エネルギーシステムへの課題と展望」をここに概観することにする。

## 2. 「環境のためのオンライン教育リンク集」からみたエネルギー問題

気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書がわが国において2002年に批准されて以来、質の高いエネルギー関連の記事がWeb上に多数発表されるようになり、この前年に運用を始めていた「環境のためのオンライン教育リンク集」<sup>3)</sup>に、エネルギー資源の項目を追加した。このサブ項目として

- ・電気 (46)
- ・化石燃料 / 原子エネルギー (34)
- ・新しいエネルギー (136)
- ・新技術 (204)

を含めた。この各項目のカッコ内の数値は、現在、登録されているリンク数である。この数値から分かるように、既存の化石燃料と違った新しいエネルギー資源やその開発のための新技術に関する情報が多く登録されている。その理由は、企業や研究機関において省エネルギー技術をはじめナノテクノロジーといった先端的な開発研究の成果がさまざまな製品、例えば高温ガスタービンや高性能モータ、リチウムイオン電池、光電変換素子などとなって製品化されているだけでなく、エネルギー問題解決に向けての報告となって発表されているからである。

これら登録データの中で、特に注目された事例を2、

\*宮城教育大学環境教育実践研究センター, \*\*仙台市立南小泉中学校

3 挙げてみる。

・日本の風環境に適した風力発電機（三菱重工）

1000kW クラスの世界最高の発電効率。かつ、日本の風土に固有の落雷や台風、不安定な風、潮風に含まれる塩分といった厳しい環境に対応した丈夫さを備えている。

このような風車を、欧米の企業に比べ後発の開発であったにもかかわらず、青森の竜飛岬に東北電力が導入しテストした。製造元の三菱重工は、東北電力と共同試験を経て、上記高性能機の開発に成功。

MW クラスの風車として、世界のベストセラー機となっている。

・高温複合型ガス発電（東芝）

現在主流の 1300°C クラスのガス発電（発電効率 40%）を超える高温ガス 1700°C クラスの次世代複合型ガスタービン（発電効率 60%）。耐熱性をもたすためのセラミックコーティング。燃料のガスは、バイオマス由来のメタンや天然ガス、さらには石炭ガス化によって生成された水素ガスやメタンガス等も利用でき、多様な燃料に対応した次世代型発電システム。

・ナノテクノロジーを応用したクリーンなエネルギー源：

代表例として熱電変換素子および高性能リチウムイオン電池、光電素子等があり、この分野で以下のような画期的な成功がわが国で報告されている。

熱電変換素子：熱電変換部分を 1 原子層の厚さで多層構造的に積み上げることで高性能の熱電変換に名大グループが成功したことが報道されている。自動車の廃熱やガスタービンの廃熱をはじめ、あらゆる温度差のある熱源から発電することが可能になる。

高性能リチウムイオン電池：信州大学の遠藤守信グループがカーボンナノチューブを電極に使うことで、リチウムイオン電池の高性能化に成功。

風力発電等の出力の不安定な発電システムへの平準化用蓄電池としての応用が期待される。

太陽光発電：シリコンタイプの太陽光発電において、高純度シリコン原料の量的不足が太陽光発電パ

ネルの高価格を招いていた。この問題点を解決する、超薄膜型や集光型球状シリコン太陽電池が開発され、発電パネルの低価格化が始まっている。

これら個々の基礎技術だけでなく、持続的な開発技術、今後数十年に渡って開発する長期的技術等について、文献 4 に紹介されている事柄は、エネルギー危機の叫ばれている中であって、若人たちに、自分たちの努力でエネルギー危機を超えることができるのではという励ましを与えてくれる。このような記事を学校関係者が目にすることは少ないが、「環境のためのオンライン教育リンク集」は、この記事を登録しておくことで、彼らがこれを閲覧する機会を用意してくれている。

### 3. 考察とまとめ

50 年後の世界のエネルギー技術の展望について NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）が文献 5 の形で報告している。これは、欧州の世界のエネルギー技術の展望 WETO H2 の概要報告で、欧州のグループが如何にしてクリーンエネルギー技術を進展させ、50 年後の将来のエネルギーと環境問題に取り組むかという技術的挑戦を記している。この計画の特徴は以下の点である。

エネルギー源として、1/3 を原子エネルギーに求め、クリーンエネルギー、石油、天然ガスには各 20%、そして石炭には 6% としている。炭酸ガスを排出する化石燃料を使う装置の半分程度には炭酸ガス隔離を施す。この EU の技術開発の動向で、原子エネルギーの占める割合の多さに驚かされる。

わが国においても、文献 6 にあるように、安全性に配慮した次世代型原子炉が開発されており、今後の原子エネルギーの動向が注目される。また、クリーンエネルギーの占める割合が 20% と、わが国が今後、10% 程度と想定している値の 2 倍も多いのにも注意を払いたい。

前章で指摘したように、わが国において、風力発電ばかりでなく、太陽光発電素子や熱電変換素子の開発研究が進んでおり、今後、バイオマスの利用も地域の農林業の活性化を取り込む形で、いかに進めるかが課題といえる。これらクリーンエネルギーは大規模集中

型のエネルギー源ではなく分散型で、小規模形態を特徴とする。これらのエネルギー源を有効に活用するには、個々の独立した電源装置として使うのではなく広域電力網に組み入れた電力ネットワークを形成するのが望ましい。しかし、風力や太陽光発電は、時間的な変動が多く、広域電力網の出力安定の制御には大きな負担をかけることが問題となり、わが国におけるこれらの電源の開発が遅れている理由になっている。

この問題を解決する一つの手法は、1) 情報ネットワーク網の運用で確かめられた「自律分散・協調型システム」の効率的なよさを取り入れることである。それには、これらクリーンエネルギーの電源をマイクログリッド的に自律的なサブ電力網として構成し、広域網と30分程度の平準化機能を有する制御系を介して緩やかな結合をすることが望まれる。

または、2) 情報通信の仮想私設網にならった、バーチャル電力網を構成するように個々のクリーンエネルギー電源を広域電力網に接続。この場合は、電力平準化の制御は広域電力網側にもたせる。

この1)、2)どちらの方式も技術的には可能であり、運用上の問題点を国内で実証テスト中である。テストの結果、既存の蓄電池は、平準化を行うための蓄電池としては、性能的に不十分で、高価すぎるのが分かり、高性能で実用的な蓄電池の開発が今後の課題として提示された。しかし、平準化の機能を蓄電池のみに持たすのではなく、出力制御のしやすい小型ガスタービン発電機や燃料電池など他の電源との併用によって、出力を制御する手法の方が実現しやすいと思われる。

最後に、将来のエネルギーシステムとして検討しておかなければならないのは水素エネルギーの評価である。結論から言うと、水素は、燃料電池用のガスとして使う場合はエネルギー効率の悪い資源。その理由を以下に記す。

水素分子の結合力が少ないため、水素ガスを生成するときにメタンガス等の他のガスに比べて、より多くのエネルギーを投入することになる。燃料電池で水素ガスを使うとき、この投入したエネルギーの一部しか利用できないため、燃料電池の発電効率が見かけ上良くても、燃料製造時のエネルギーを含めると総合的な

効率は、悪い。現在、水素を使った燃料電池の開発が遅れている理由の一つは、水素生成時に投入したエネルギーを電気エネルギーの形で取り出そうとすると、利用できずに熱エネルギーとして捨てている割合が多いという熱効率の悪さにある。

水素燃料のこの欠点を解決する手法の一つは、動作温度が700～1000℃程度で発電効率40%の固体酸化物形燃料電池(SOFC)の活用である。この燃料電池を高温ガスタービンの導入部に使うと、タービンの発電効率を大幅に改善できる。例えば、タービン単体の発電効率が60%の場合は、システム全体の効率は70%程度に改善できると期待できる。

文献7によると、「固体酸化物形燃料電池は、白金などの触媒が不要で、改質器もいらぬ上に、水素以外に天然ガスや石炭ガスなども燃料として使えるメリットがある。一般家庭・業務用の1～10kW級の電源として既に市販されており、火力発電所の代替などの用途が期待されている。」と紹介されている。燃料電池は、様々なタイプが知られているが、固体酸化物形燃料電池が最も有望である。この電池は、1000℃近くの高温で動作するため、高温に耐える電極材料がいる。耐熱セラミックスの開発技術を有するわが国のグループがこの電池の開発に貢献しているのも頼もしく思われる。

最後に、表題に掲げた、「環境調和型エネルギーシステムへの課題と展望」は、以下のようにまとめることができる。

化石燃料も、本来、太陽エネルギーの閉じ込められたものであり、資源として今後100年間は利用可能。<sup>5)</sup> それ以降の時代のエネルギー源をどうすべきかという問題を、この21世紀中に解決しておくことが、現代に生きる我々の責務。有限な地下資源に代わるエネルギー源として、人類は、太陽エネルギーの有効活用に向かうべく、バイオマスや風力、太陽光、水力などを使った分散型電源を適切に利用するとともに、核エネルギーの安心できる利用法の確立が今後の課題として挙げられる。また、必要なときに必要なだけのエネルギーを供給できるエネルギーネットワークの構築に向けて、企業と利用者が互いに協力あうシステム作りが大切と言える。

それには、学校教育におけるエネルギー教育の果たす役割は、大きく、かつ、社会から期待されている。

### 参考文献

- 1) 経済産業省「新・国家エネルギー戦略」  
<http://www.meti.go.jp/press/20060531004/20060531004.html>
- 2) エネルギー環境教育情報センター、  
「エネルギー教育ガイドライン」  
<http://www.icee.gr.jp/060526/press.pdf>
- 3) 橋本良仁、安江正治、  
「環境教育のオンラインリンク集」 [http://www.curri.](http://www.curri.miyakyo-u.ac.jp/PUB/env/sub/p3.html)

<http://www.curri.miyakyo-u.ac.jp/PUB/env/sub/p3.html>

- 4) 茅陽一、21世紀の環境とエネルギー：その展望  
<http://www.sfc.keio.ac.jp/sfc-forum/forumnews/news53/forumnews53-1.html>
- 5) NEDO,  
世界エネルギー技術の展望 WETO H2 報告書概要  
<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/993/993-03.pdf>
- 6) 東芝グループ、  
新安全設計概念による次世代原子炉の開発  
<http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/993/993-03.pdf>
- 7) フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』  
の項目「燃料電池」