新エネルギーの現状と展望

蟹江　範雄（かにえ　のりお）　　中島　憲之（なかじま　のりゆき）

1　まえがき

エネルギー分野を取り巻く環境が大きく変わろうとしている。1997 年に京都で開催された「気候変動枠組み条約第 3 回締約国会議」（COP3）以降の地球環境保全への取り組み，電力市場の自由化のためである。

第一・二次石油危機以降，石油代替エネルギーの研究・利用が盛んになされた。例えば，石炭液化，太陽光発電，太陽熱利用，地熱発電などである。一般家庭でも，屋根に太陽熱温水器が設置され，風呂の給湯などに利用され，一時は，年間 80 万台が設置されるまでに至り，原油削減に大きく寄与した。しかし，原油が安定的に供給されるようになり，太陽熱温水器は，次第に世の注目を失ってしまった。

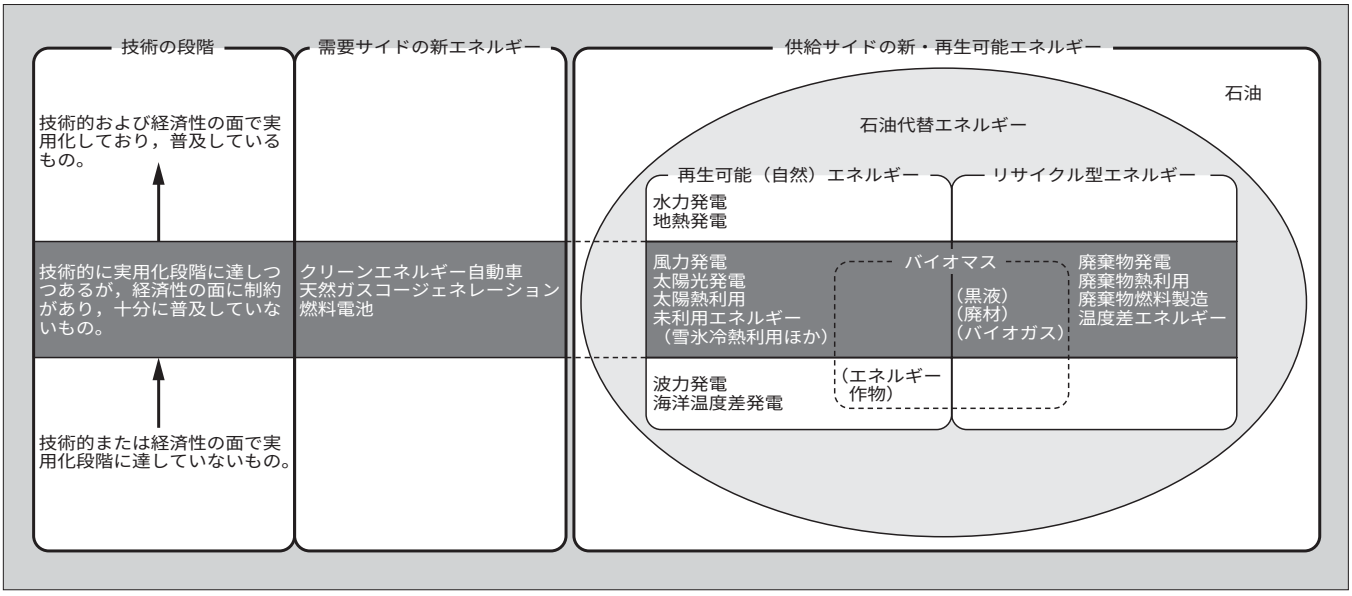
その後，地球温暖化，酸性雨，オゾン層破壊，熱帯林の減少などの地球環境の悪化が国際的にクローズアップされるようになった。硫黄酸化物（SOx），窒素酸化物（NOx）の排出規則，フロンガスの製造中止の法的規制が行われた。地球温暖化防止策としては，地球上の温暖化物質を削減することが必要である。温暖化物質のうち，二酸化炭素（CO_2）は主に化石燃料の燃焼により発生しており，化石燃料の使用を削減することが肝要である。石油代替エネルギーとしての新エネルギーの導入が，CO_2 の削減となる。

2　新エネルギーの現状と課題

2.1　定　義

新エネルギーは，「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」（新エネ法）にて規定されており，“石油代替エネルギーを製造，発生，利用すること等のうち，経済性の面での制約から普及が進展しておらず，かつ，石油代替エネルギーの促進に特に寄与するもの”と述べられている。太陽光発電，風力発電，太陽熱利用，温度差エネルギー，廃棄物発電，廃棄物熱利用，廃棄物燃料製造，電気自動車（ハイブリッドを含む），天然ガス自動車，メタノール自動車，天然ガスコージェネレーション，燃料電池を特定して

図１　新エネルギーの技術段階[1]



蟹江　範雄

新エネルギー，省エネルギーのシステム設計・開発に従事。現在，電機システムカンパニーエネルギーソリューション室副室長。電気学会会員。

中島　憲之

新エネルギー，特に燃料電池のシステム設計に従事。現在，電機システムカンパニーエネルギーソリューション室担当課長。日本化学会会員。

いる。これら新エネルギーの技術段階を**図１**に示す。

2.2　現　状

1999 年 12 月，通商産業省（現経済産業省）の総合エネルギー調査会内に新エネルギー部会が設置され，「今後の新エネルギー対策のあり方について」検討が開始された。計 18 回の部会を経て 2001 年６月に報告書がまとまった。その内容は，現状の新エネルギーの導入量，2010 年までの新エネルギーの導入見通し・目標を掲げている（**表１**）。1999 年度の新エネルギー導入実績は，一次エネルギー総供給の 1.2 %（原油換算 693 万 kL）を，2010 年度には３%（原油換算 1,910 万 kL）を目標とするものである。

新エネルギーの導入普及には，現状，経済性が最大のポイントである。種々の新エネルギーの発電単価の試算例を**表２**に示す。新エネルギー発電の設置される場所，容量，利用形態により，電力コストが異なるが，現状では，廃棄物発電が火力発電単価に比べ大規模設備で約 1.2 ～ 1.5 倍，中規模設備で約 1.5 倍である。次に続くのが風力発電の大規模設備で約 1.4 ～２倍であり，近い将来経済的に自立し得るものと推測できる。太陽光発電（住宅用）は 66 円/kWh と廃棄物発電に比較して６倍の発電単価であるが，家庭に設置された太陽光発電は家庭用電気料金と比較されるものであり，この比較においては３倍程度の差までに圧縮される。燃料電池（りん酸形）は，22 円/kWh と業務

表１　新エネルギーの実績と2010年度見通し・目標[2]

(a) 供給サイドの新エネルギー

		1999 年度実績		2010 年度見通し・目標				2010 年度/1999 年度
				現行対策維持ケース		目標ケース		
		原油換算	設備容量	原油換算	設備容量	原油換算	設備容量	
		(万 kL)	(万 kW)	(万 kL)	(万 kW)	(万 kL)	(万 kW)	
発電分野	太陽光発電	5.3	20.9	62	254	118	482	約 23 倍
	風力発電	3.5	8.3	32	78	134	300	約 38 倍
	廃棄物発電	115	90	208	175	552	417	約 5 倍
	バイオマス発電	5.4	8.0	13	16	34	33	約 6 倍
熱利用分野	太陽熱利用	98	－	72	－	439	－	約 4 倍
	未利用エネルギー（雪氷冷熱を含む）	4.1	－	9.3	－	58	－	約 14 倍
	廃棄物熱利用	4.4	－	4.4	－	14	－	約 3 倍
	バイオマス熱利用	－	－	－	－	67	－	－
	黒液・廃材など（＊1）	457	－	479	－	494	－	約 1.1 倍
新エネルギー供給計（一次エネルギー総供給/構成比）		693（1.2 %）	－	878（1.4 %）	－	1,910（3 %程度）	－	約 3 倍
一次エネルギー総供給		約 5.9 億 kL		約 6.2 億 kL		約 6.0 億 kL 程度		

（＊1）：バイオマスの一つとして整理されるものであり，発電として利用される分を一部含む。

(b) 再生可能エネルギー

〔単位：原油換算（百万 kL）〕

	1999 年度実績	2010 年度見通し・目標		2010 年度/1999 年度
		現行対策維持ケース	目標ケース	
新エネルギー供給計	7	9	19	約 2.7 倍
水　力（一般水力）	21	20	20	約 1 倍
地　熱	1	1	1	約 1 倍
再生可能エネルギー供給計（一次エネルギー総供給/構成比）	29（4.9 %）	30（4.8 %）	40（7 %）	約 1.4 倍
一次エネルギー総供給	593	622	602程度	

(c) 需要サイドの新エネルギー

	1999 年度実績	2010 年度見通し・目標		2010 年度/1999 年度
		現行対策維持ケース	目標ケース	
クリーンエネルギー自動車（＊2）	6.5 万台	89 万台	348 万台	約 53.5 倍
天然ガスコージェネレーション（＊3）	152 万 kW	344 万 kW	464 万 kW	約 3.1 倍
燃料電池	1.2 万 kW	4 万 kW	220 万 kW	約 183 倍

（＊2）：需要サイドの新エネルギーである電気自動車，燃料電池自動車，ハイブリッド自動車，天然ガス自動車，メタノール自動車，さらにディーゼル代替LPガス自動車を含む。
（＊3）：燃料電池によるものを含む。

表２　代表的な新エネルギーの経済性試算例[(2)]（参考値）

新エネルギーの種類		発電/熱利用コスト	新エネルギー/競合エネルギー	前提とした競合エネルギーコスト
太陽光発電	住宅用	平均値　：66 円/kWh （トップ値：46 円/kWh）	約　3.0 倍 約 16.5 倍 約　2.0 倍 約 11.5 倍	家庭用電灯単価：23.3 円/kWh 燃料費相当　：　4.0 円/kWh（＊2） 家庭用電灯単価：23.3 円/kWh 燃料費相当　：　4.0 円/kWh
	非住宅用	平均値：73 円/kWh	約　3.5 倍 約 18.3 倍	業務用電力単価：20.0 円/kWh 燃料費相当　：　4.0 円/kWh
風力発電		大規模　：10～14 円/kWh 中小規模：18～24 円/kWh	約 1.4～2 倍 約 2.5～3.5 倍 約 2.5～3 倍 約 4.5～6 倍	火力発電単価　：　7.3 円/kWh 燃料費相当　：　4.0 円/kWh 火力発電単価　：　7.3 円/kWh 燃料費相当　：　4.0 円/kWh
廃棄物発電		大規模　：9～11 円/kWh 中小規模：11～12 円/kWh	約 1.2～1.5 倍 約 1.5 倍	火力発電単価　：　7.3 円/kWh 火力発電単価　：　7.3 円/kWh
燃料電池（りん酸形）		22 円/kWh（＊1）	約 1.1 倍	業務用電力単価：20.0 円/kWh
ソーラーシステム		28 円/Mcal	約 1～3 倍	9.0～27.3 円/Mcal（＊3）
未利用エネルギー（温度差エネルギーおよび廃棄物熱利用）		10 円/MJ	約 1.1 倍	熱供給コスト（ガスなどを使用した場合）：9.0 円/MJ

（＊1）：廃熱利用メリットを考慮したうえの数値。
（＊2）：燃料費相当（4.0 円/kWh）は，気象条件などにより出力が不安定な太陽光発電，風力発電を導入する際の電力会社の回避可能原価として設定したもの。
（＊3）：ソーラーシステムの競合エネルギーコストは，灯油，都市ガス，LPG などの給湯効率を考慮した熱利用単価。それぞれ，灯油料金（9.0 円/Mcal），都市ガス料金（18.5 円/Mcal），LPG 料金（27.3 円/Mcal）。
〈注〉本試算は，主に1999 年度に導入された事業における設備費の平均値などを用いて一定の前提をおいて試算したもの。

電力単価に比較して１割程度の差であるが，発電とともに同程度発生する熱（温水）を完全に利用した場合の試算である。

技術的に新エネルギーは実用化領域であるが，コストを下げる技術開発が鋭意行われている。また，2010 年の目標値に向かって，種々の施策が検討されている。その施策の一つに電気事業者に一定量以上の新エネルギーの供給義務を課す法案が検討されている。

2.3　導入目標

表１に，新エネルギー部会で取りまとめられた 2010 年の導入目標値を示す。現状対策を継続した場合と，それ以上の施策を講じた目標ケースとがあるが，目標ケースに向けた導入を目指して施策が検討されている。新エネルギーは，供給サイドと需要サイドの二つに分類されている。供給サイドには，太陽光発電，風力発電，廃棄物発電などが含まれ，その目標値が原油換算 1,910 万 kL である。需要サイドには，クリーンエネルギー自動車，天然ガスコージェネレーション，クリーンエネルギー自動車，天然ガスコージェネレーション，燃料電池などが含まれている。

新エネルギーのくくりでなく再生可能エネルギーとしてのくくりでは，新エネルギー，水力（一般水力），地熱を含めて，2010 年度見通し・目標値を**表１**(b)に示すように 40 百万 kL，一次エネルギー総供給量の７％程度とおいている。この目標値は，現行対策維持ケース 30 百万 kL より 10 百万 kL 増加しており，この増加分は，新エネルギーが担っている。

表１の目標値の基となる値は 1998 年の「エネルギー調査会需給部会」の中間報告であるが，それとの大きな相違（2010 年目標ケース値）を以下に記す。

(1)　風力発電が 30 万 kW → 300 万 kW と大幅にアップ
(2)　発電分野にバイオマス発電の追加
(3)　未利用エネルギーをくくりその中に雪氷冷熱の表記を追加
(4)　コージェネレーションの目標容量が，1,002 万 kW → 464 万 kW と半減

新エネルギー全体の導入目標値は，一次エネルギーの約３％と同一レベルである。太陽光発電，廃棄物発電，風力発電，太陽熱利用に施策の重点が置かれている。

2.4　課　題

新エネルギーの導入に際しての課題として，経済性，出力安定性，設備利用率が挙げられる。これらの課題解決が，導入促進を加速させることとなる。

(1)　経済性

現在各新エネルギーに対し，種々の方法により，設備コストを下げるべく技術開発が盛んに行われている。例えば，風力発電は，大型化によるコスト低減を狙っており，単機容量 2,500 kW の風車も開発されている。太陽光発電システムは，６割程度が太陽電池モジュール価格である。
太陽電池モジュールのコスト低減を狙って，モジュール効率の向上，モジュールの大面積化，大規模生産を行っている。しかし，現状でも家庭の電気代の３倍程度の発電コストである。

燃料電池は，廃熱利用を完全に行えば，発電コストが買電価格に近い新エネルギーであるが，電池本体（セル）寿命が５年程度（４万時間）であり，この交換費用の低減が課題となっている。このために，現在セル寿命を延ばす実証研究が進んでおり，６万時間程度が，近い将来達成できるものと考えられている。

(2)　出力安定性

風力発電，太陽光発電は，自然条件に左右され，発電電力が不安定である。北欧では，平均風速も大きく，方角の安定した風により，安定した電力が得られる。ところが日本では，安定した風を得られる所が少なく，得られても電力系統の弱い送電線の地域が多く，そのため接続すると電力品質が悪化，一般需要家に悪影響を及ぼしてしまう。弱い系統へ風力発電を接続するには，風力発電設備側で，発電変動量を補完できる装置（フライホイール方式，蓄電池方式など）を組み込むことで，電力品質を確保していく必要がある。

(3)　設備利用率

一般に設備利用率は，（実際の年間発電量）/（標準容量 × 8,760 h）で表される。発電装置として，定格（標準）容量で，年間どの程度発電したかを表す数字である。設置場所などによっても異なるが，平均的に廃棄物発電で 65 %，風力発電で 22 %，太陽光発電で 12 %程度である。このように新エネルギー発電装置の設備利用率は，火力発電所の従来の発電設備に比較して極端に悪く，設備利用率が低いことが，新エネルギー発電コストを高める大きな要因となっている。特に太陽光発電は，12 %と低い値である。日当たりの良い晴天日数の多い場所に設置できれば当然設備利用率は上がるが，日本には，中東砂漠地域のように日射量が極端に良い場所はないので，この値を大きく向上させることはできない。また風力発電においては，風況の良い場所に設置することが設備利用率を向上させるうえで有効であるが，ヨーロッパの風況良好地域でも 35 %程度である。

3　富士電機の取組み

富士電機は，各種新エネルギーを個別の発電ととらえるのでなく，ディーゼル，ガスエンジンなどの従来発電，省エネルギーをも含めた，エネルギーソリューションとしてとらえ，お客様に最適なエネルギー供給システムを提案している。トータル的なエネルギー提案を行えるように，エネルギーソリューション室を設置し，エネルギーソリューションビジネスの拡大を図っている。

省エネルギー分野では，早くから高効率な機器を開発するとともに，インバータ，節電装置などの省エネルギー機器，氷蓄熱，コージェネレーションなどの省エネルギーシステムを提供している。また，ESCO（Energy Service Company）事業にも参入，設備診断を行うとともに省エネルギー提案を行っている。省エネルギーの計画立案には，各設備で使用されている電力の詳細データが必要となる。追加計測が必要な場合，据付け配線工事が非常に簡便な無線式計測システム「ECOPASSION」「ECOARROW」などの特色あるツールを提供している。

新エネルギーに関しては，早くから太陽電池，燃料電池の技術開発に取り組むとともに，地熱，小水力，波力，風力発電といった幅広い再生可能エネルギーを活用したシステムの提供を行ってきた。以下に太陽光発電，燃料電池について詳細を述べる。

3.1　太陽光発電

太陽光発電システムとしては，富士電機のコアテクノロジーであるインバータ技術を生かし，パワーコンディショナ（太陽光発電用インバータ）を標準化し，システム販売を行っている。

現在世界で使用されている電力用太陽電池は，大部分が結晶系太陽電池である。富士電機が開発しているのは，アモルファス（非結晶系）太陽電池である。アモルファスは結晶系に比べると効率が劣るが，結晶シリコン材料の不足という不安がなく，大量生産が可能であり，コスト低減が期待できる。さらに富士電機が開発しているアモルファス太陽電池は，従来のガラス基板上に成膜するものとは異なり，プラスチックフィルム上に成膜し，さらに，ロールに巻かれたフィルムを太陽電池成膜後にロールに巻き取る方式（Roll to Roll）を採用しており，よりコスト低減が可能な方式と考えている。現在，信頼性確認，コスト低減に注力中である。富士電機のアモルファス太陽電池の特色を生かせる建材一体型として，事業化を目指して開発を推進している。

3.2　燃料電池

現在，種々タイプの燃料電池が開発されているが，富士電機では，1973 年にりん酸形燃料電池の開発に着手，電力会社，ガス会社との共同研究，フィールドテストを行い信頼性，実績を確保し，1998 年から商用機を出荷している。現在，りん酸形燃料電池の拡販に注力するとともに，固体高分子形燃料電池の開発も行っている。りん酸形燃料電池は，燃料に都市ガス（13A，天然ガス）を使用して発電，給湯予熱などを行うコージェネレーションとしての利用が主であったが，最近では，生ごみ，下水汚泥の消化によるバイオガス（主成分メタンガス）を燃料とした燃料電池により発電，発酵プロセスの加温を行う設備も納入した。今までは，焼却などで利用されていなかったエネルギーを発電などに利用し，環境保全に役立つシステムである。

4　今後の展望

新エネルギーの導入拡大に関しては，新エネルギー部会での 2010 年導入目標量が指標となる。導入設備容量は，太陽光発電，廃棄物発電，風力発電の順であるが，原油換算にすると，廃棄物発電 552 万 kL，風力発電 134 万 kL，太陽光発電 118 万 kL と順位が逆転してしまう。これは先に述べたように設備利用率の違いによるものであり，廃棄物発電がより効率の良い，経済的な発電ということになる。発電コストを新エネルギー導入拡大の最大の要素と考えるのであれば，廃棄物発電の導入に注力すべきと考える。

北欧のように安定した風が吹く場所が少ない日本においては，風力発電は適さないという意見もあるが，比較的安

図２　都市空間における太陽光発電

定な風が得られる海上での発電，洋上風力発電が北欧でも始まっており，日本において導入目標をクリアするには，洋上風力の導入がキーになると考えられる。風力発電では，設備容量が 2,000 kW 未満の小規模発電とウインドファームのような数万 kW 以上の大規模発電の導入が進むものと考えられる。

太陽光発電は，地球上にそそぐ太陽光のエネルギー密度が小さく，設備利用率が小さいのが最大の弱点である。しかし，太陽が当たる所であれば，設置可能なスペースに，規模の大小を問わず設置することができ，個人レベルでも，自分の資金力に合ったクリーン電力発電に寄与できる。これが，他の新エネルギーにない太陽光発電の特長である。**図２**に太陽光発電システムを設置できる都市空間を描いてみた。従来からの屋根設置，架台方式，建材一体型（屋根，壁面，窓）高速道路の防音壁への設置など，取付け場所は数限りなくある。2010 年以前に，ほぼ確実に家庭用の電気代と同程度の価格になるという推測もある。環境問題が切迫する中，飛躍的な導入拡大がなされるものと思う。富士電機の開発しているアモルファス型は，結晶型に比較して，単位容量あたりの年間発電量が約１割程度高い。これは，夏季に太陽光発電モジュールも高温となるが，結晶系に比較してアモルファス太陽電池は，温度による効率低下が少なく，さらに効率も向上するためである。これらの特長を生かし，富士電機は，太陽光発電に大きく貢献していきたい。

燃料電池は，より低価格を目指すと，固体高分子形燃料電池が主体となり，用途として自動車用，家庭用定置型が中心となると考える。自動車への適用が可能になれば，量産化が必須となり，大幅なコスト低減が期待できる。普及のためには燃料供給のインフラストラクチャー整備などと併せて整備することが必要である。一方，排熱利用を行うコージェネレーションには，運転温度の高いりん酸形が適しているが，将来的には固体高分子形とすみ分けがなされるものと考える。

5　あとがき

経済産業省では，新エネルギー部会とは別に，省エネルギー部会を同時期に開催し，「今後の省エネルギー対策のあり方」について検討を行ってきた。その報告書によると，2010 年の省エネルギー目標値は，原油換算 5,700 万 kL となっており，新エネルギーの約３倍の値である。この数字から見ても，CO_2 を削減して地球環境を守るには，既存使用エネルギーの削減を省エネルギーとして行い，さらに新エネルギーをバランスよく組み入れることが重要と思う。

富士電機も，新エネルギー，省エネルギーを含めたエネルギーソリューションで，社会に貢献していく所存である。

参考文献

(1)　新エネルギー財団．What's 新エネ？〈http://www.nef.or.jp/〉.
(2)　経済産業省総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会．新エネルギー部会報告書．2001-6.
(3)　経済産業省総合資源エネルギー調査会省エネルギー部会．省エネルギー部会報告書．2001-6.
(4)　新エネルギー・産業技術総合開発機構．PV 建築デザインガイド．2000-9.

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。