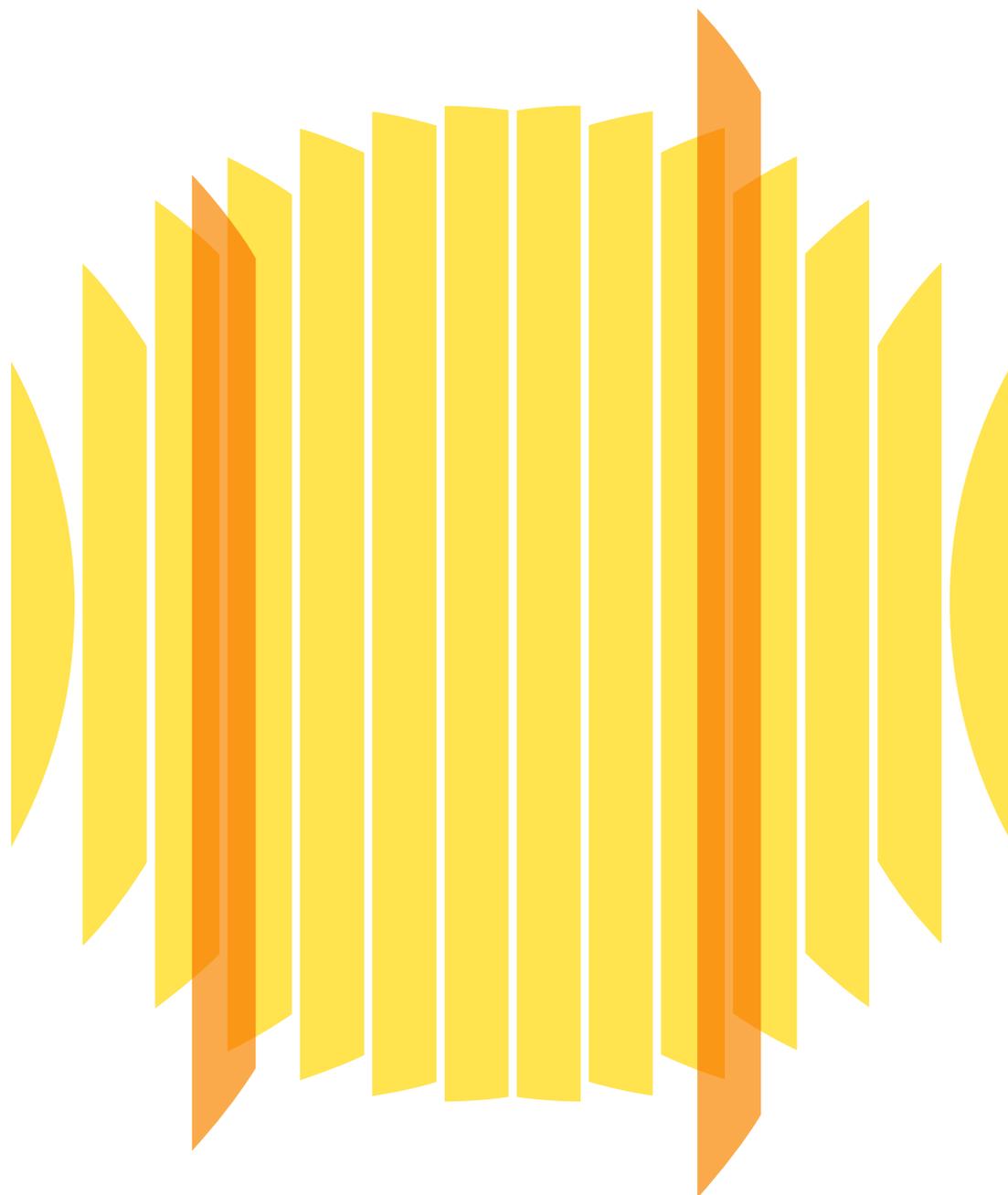


季報 エネルギー—総合工学

Vol. 35 No. 3 2012.10.



財団法人 エネルギー—総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

目 次

【巻頭言】		
エネ総研の8年間，回顧と御礼		
前(財)エネルギー総合工学研究所 専務理事	山 田 英 司	1
【寄稿】		
分散形エネルギーシステムによる		
エネルギー供給維持性能に関する評価		
東京農工大学大学院 工学研究院		
先端機械システム部門 教授	秋 澤 淳	3
【寄稿】		
分散型エネルギー導入に関わる評価指標と試算		
(株)三菱総合研究所 環境・エネルギー研究本部		
チーフコンサルタント	小 西 康 哉	10
【寄稿】		
ネガワットアグリゲータの状況と今後		
(株)NTTファシリティーズ 事業開発部		
スマートビジネス部門長	横 山 健 児	18
【寄稿】		
ISO50001(エネルギーマネジメントシステム国際規格)の		
概要と展望		
(独)産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門		
主任研究員	西 尾 匡 弘	24
【調査研究報告】		
日米欧におけるHEMSの最新開発動向		
前プロジェクト試験研究部 主任研究員	野 口 英 樹	35
【調査研究報告】		
世界の石炭ガス化技術の全容		
～IGCCでの実績と最近のトラブル事例調査～		
プロジェクト試験研究部 主管研究員	入 谷 淳 一	46
【事業案内】		
集光型太陽熱技術研究会 (STE研究会) の発足について		
(財)エネルギー総合工学研究所		54
【研究所のうごき】		56
【編集後記】		58

巻頭言

エネ総研の8年間、回顧と御礼

山田 英司 (前(勸)エネルギー総合工学
研究所 専務理事)



この度、8年間勤務しましたエネルギー総合工学研究所（以下、「エネ総研」）を退任致しました。エネ総研在勤中は、格別のご指導、ご厚情を賜り、あつく御礼申し上げます。

私が着任した2000年代半ばは、世界的なエネルギー資源需給のタイト化を背景に、1990年代以降続いた市場重視のエネルギー政策を見直し、エネルギーセキュリティ重視へと転換する時期に当たりました。2006年には、経産省が「新・国家エネルギー戦略」を作成しており、その前後で、エネ総研は2100年を視野に入れた「超長期エネルギー技術戦略」（2005年）、それを踏まえ、2050年を目途に温室効果ガス排出量半減を可能とする「Cool Earth—エネルギー革新技术計画」（2007年）を作成する役割を担いました。これらの中長期的なエネルギー技術ビジョン作成は、エネ総研が長年に亘り培ってきた、多様なエネルギー技術分野における知見と経験を踏まえて実現できたもので、戦略重視という秋山理事長（当時）のお考えとも相俟って、全所を挙げて、その作成に取り組みました。そのCool Earth計画は、わが国のエネルギー技術分野での構想力を示すものとして、2008年開催の北海道洞爺湖サミットで日本政府の提案として提出されています。

また、上記の新・国家エネルギー戦略の一環を成す「原子力立国計画」の実現に資する観点から、2008年から、原子力発電技術機構（NUPEC）より継承した技術的な知見と資金を活かし、国の支援の下、電気事業者、原子炉プラントメーカーと協力して、次世代軽水炉技術開発プロジェクトを推進してきました。計画が円滑に推進されれば、世界最高水準の安全性、経済性、運転性を有する軽水炉が実現し、安定的な電源として利用できるものと確信しております。

しかしながら、2011年3月の東日本大震災および福島第一原子力発電所事故を契機に、エネルギー政策に係る議論から、エネルギーセキュリティという、わが国のエネルギー政

策の基本となるべき視点が抜け落ち、不毛な二項対立的な議論に終始しているのは残念ながら限りです。流動的な国際情勢下、エネルギー資源に乏しいわが国としては、技術の力をもって、活用できる実用的な選択肢は排除せず利用し、多様な手持ちカードを揃え、いかなる状況にも対応できる強靱なエネルギー供給構造を目指すべきと考えます。

上記事故の後、エネ総研では全所的な調査研究であるポスト3・11プロジェクトを実施しましたが、エネルギー分野全体を俯瞰して、中立的な立場から、現実的な分析を踏まえ、解決策を提案していくのが、エネ総研の重要な役割であり、今後も懸命な努力を続ける必要があると考えています。

私の在任の間は、国や独立行政法人の調達に関する制度の変更など公益法人を巡る環境に大きな変化が生じた時期でもありました。収支改善に努める中、賛助会員企業の皆様から頂いたご支援、ご協力により、民間からの受注を増やすことが出来たことは幸いでした。同時に、エネ総研の調査研究のウイングを拡大出来たものと考えます。エネ総研は、明25年4月を目途に、一般財団法人に移行する計画であり、引き続きのご支援、ご協力をお願いする次第です。

新たなエネルギー基本計画策定に向けた議論が政府内で続けられています。どのような方向に進むにせよ、わが国の今後のエネルギーを巡る状況には困難が予想され、原子力、再生可能エネルギー、化石燃料がそれぞれの役割を確実に果たしていくための課題が数多く出てくると考えられます。エネ総研が多様な切り口で、それら課題の解決に貢献することを期待して止みません。

[寄稿]

分散形エネルギーシステムによる エネルギー供給維持性能に関する評価

秋澤 淳 (東京農工大学大学院 工学研究院
先端機械システム部門 教授)



1. はじめに

3.11東日本大震災によりいくつもの発電所が損害を受けたことから、震災直後より関東地方における大規模な計画停電が不可避となったことは記憶に新しい。一方で、六本木ヒルズでは地区内に独立した発電所を保有しており、震災直後も当該地区では電力供給が維持され、都市活動が継続できたことが報告されている。これまでコージェネレーションを始めとする分散電源は需要地近接型の電源であり、排熱を有効利用できることが訴求されてきた。東日本大震災を契機として、分散電源には災害時のエネルギー確保の役割もあることが大きくクローズアップされたといえる。その点は小型コージェネレーションでBlack Out Start (BOS)、すなわち停電時にも起動できる機種が2011年以降大きく販売を伸ばしていることにも表れている。

本稿では分散電源が電力供給の信頼度に与える効果について、数理的に解析した結果を紹介する。従来は工場や病院など一事業所に導入する場合について議論されていたが、ここでは複数の事業所から構成されるサプライ

チェーンの場合に着目して、分散電源のもたらす効果を分析した。

さらに、分散電源の名前の由来である「空間的な分散配置」が地域の供給信頼度に及ぼす意味を簡易なモデルを用いて考察した。

2. 分散電源による供給信頼度の改善

まず、1事業所に分散形電源が導入される場合について解析し、1台から複数台に拡張されることが供給信頼度に与える影響をみる。本解析は従来から使われている故障確率を用いて複数台が同時に停止する確率を計算する手法である。

(1) 分散電源1台の場合

図1に示すように、ユーザは電力システムから買電すると同時に自分で分散電源を保有している状況を想定する。ここで、分散電源の容量は K (kW)、買電の契約電力を S ($>K$) (kW)とし、分散電源の供給停止確率を P 、電力システムの供給停止確率を P_0 とおく(ただし、 $0 \leq P, P_0 \leq 1$)。

この時、ある電力負荷 X (kW)を賄える確率は、 X について次の場合分けに応じて求められる。

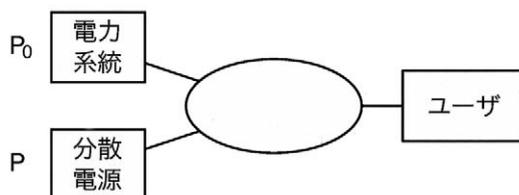


図1 電力システムと分散電源から供給を受けるユーザ

① $0 \leq X \leq K$ のとき

分散電源と電力系統が同時に停止していない場合に供給可能である。

$$\text{供給維持確率} = 1 - P_0 P$$

② $K < X \leq S$ のとき

分散電源が停止していても電力系統が稼働していれば供給可能である。

$$\text{供給維持確率} = 1 - P_0$$

③ $S < X \leq K + S$ のとき

両方とも稼働している場合に供給可能である。

$$\text{供給維持確率} = (1 - P)(1 - P_0)$$

以上の結果を図2に示す。電力系統からの買電のみの場合には供給維持確率は $1 - P_0$ となり、②に一致する。従って、分散電源の容量以内の負荷に対して供給維持確率は向上することがわかる。一方、契約電力を超える負荷に対しては供給維持確率が低下する。自家発補給契約によって分散電源停止時に買電できるならばこの場合にも供給維持確率は $1 - P_0$ が保持される。

(2) 分散電源を2台保有する場合

分散電源の総容量は K のままで、 $K/2$ (kW) の設備が2台ある場合を考える。前述と同様に供給維持確率を算出した結果を図3に示す。電力負荷が分散電源容量を下回る場合について下記の通りとなる。

① $0 \leq X \leq K/2$ のとき

分散電源2台ともに加えて電力系統が同時に停止していなければ賄うことができる。

$$\text{供給維持確率} = 1 - P_0 P^2 = 1 - P_0 + P_0(1 - P^2)$$

② $K/2 < X \leq K$ のとき

電力系統が停止していても分散電源が2台とも稼働していれば供給可能である。

$$\text{供給維持確率} = 1 - P_0 + P_0(1 - P)^2$$

いずれの場合も電力系統のみで賄う場合の確率 $1 - P_0$ よりも向上する。電力負荷が分散電源1台の容量よりも小さい場合にはさらに供給維持確率は改善されることがわかる。

以上を3台、4台、…と台数を拡張すれば、分散電源で供給可能な負荷を賄う確率は一層向上する。言い換えれば、常に稼働を維持し

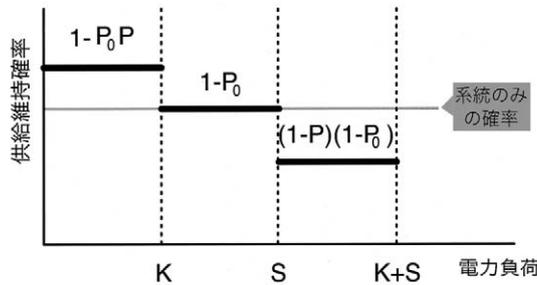


図2 分散電源1台を保有する場合の供給維持確率

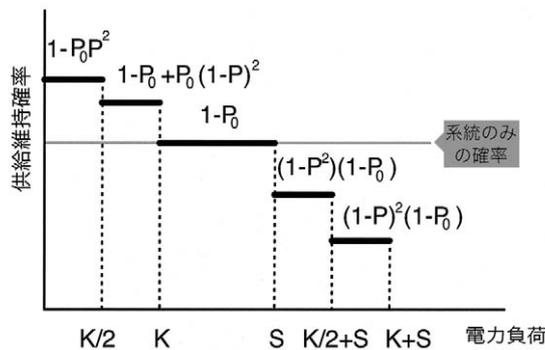


図3 分散電源2台を保有する場合の供給維持確率

たいプロセスに対し、適正な台数の分散電源を保有することによって電力系統のみの場合よりも供給信頼度を高めることができる。

3. 分散電源を導入したサプライチェーンにおける供給信頼度の評価

分散電源による供給信頼度の改善は、一事業所の場合には前述の通り計算される。ただし、実際の産業プロセスをみると一事業所単独で閉じているわけではなく、複数の事業所がサプライチェーンを形成しているのが一般的である。すなわち、単一事業所のみが電力供給を維持できても、上流側が停止すれば材料の調達ができなくなり、下流側が停止すれば最終製品は生産されない。実際に東日本大震災において、サプライチェーンが分断されたことによって物資の供給が滞ることが経験された。さらには日本の工場が被災したことによって海外の生産プロセスにまで影響が及んだ。

この観点から、サプライチェーンを構成する複数の事業所に分散電源が導入される場合について、サプライチェーン全体の供給信頼度に注目する。なお、事業所は日本の各地に分散している場合があることを考慮し、サプライチェーンが同一電力供給エリア内にある場合と複数の電力供給エリアに分かれている場合を区別して解析した。

(1) 同一の電力供給エリアに立地する場合

1つの電力系統内にサプライチェーンを構成するN種の部品工場と1つの組み立て工場が立地する場合を想定する。サプライチェーンと電源との関係を図4に示す。分散電源の供給停止確率をP、電力系統の供給停止確率をP₀と表す。このとき、電力系統だけでサプライチェーンに供給する場合の供給停止確率はP₀となる。

一方、分散電源が各工場に設置されている場合の停止確率P₁を求める。まず、サプライチェーンが維持されるには電力系統が稼働しているか、または電力系統が停止していても

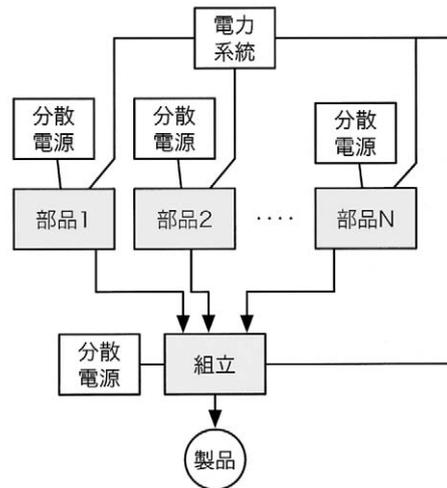


図4 同一電力供給エリアに立地するサプライチェーン

N+1台の分散電源が稼働していればよい。従って、次式で計算される。

$$\text{供給維持確率} = 1 - P_0 + P_0(1-P)^{N+1}$$

供給停止確率はこの裏返しであるので、1から供給維持確率を差し引くことによって次の通り求められる。

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 - [1 - P_0 + P_0(1-P)^{N+1}] \\ &= P_0 [1 - (1-P)^{N+1}] \end{aligned}$$

電力系統のみで賄う場合の供給停止確率P₀に対する比R₁は次式で計算される。

$$R_1 = 1 - (1-P)^{N+1}$$

この式より、R₁は電力系統の供給信頼度に依存しないことが見て取れる。

数値例として電力系統の供給停止確率をP₀=0.1%と仮定する。分散電源(DG)の供給停止確率はそれよりも高いものとして0.1~1.0%とし、上記のR₁を計算した結果を図5に示す。この結果より次の特徴が得られた。

- サプライチェーンに分散電源が導入されることによって全体の停止確率は電力系統のみに比べて大幅に低減される。
- 供給停止確率は事業所数が多くなるほど増加する。

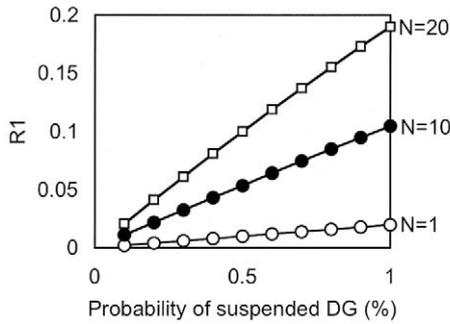


図5 同一電力供給エリアに立地する場合の分散電源による供給停止確率低減効果

●分散電源の供給停止確率に対し、全体の停止確率は線形に増加する傾向を持つ。

分散電源の規模により通常通りの供給ができるとは限らないが、主要な生産プロセスを維持することに貢献することが示された。

(2) 異なる電力供給エリアに立地する場合

サプライチェーンを構成するN+1の工場がそれぞれ異なる電力系統内に立地する場合を考える。サプライチェーンと電源との関係を図6に示す。

N+1地域の電力系統のみで賄うとき、サプライチェーンが稼働する条件はすべての電力系統が稼働していることに他ならない。従って、供給維持確率は次式で表される。

$$\text{供給維持確率} = (1 - P_0)^{N+1}$$

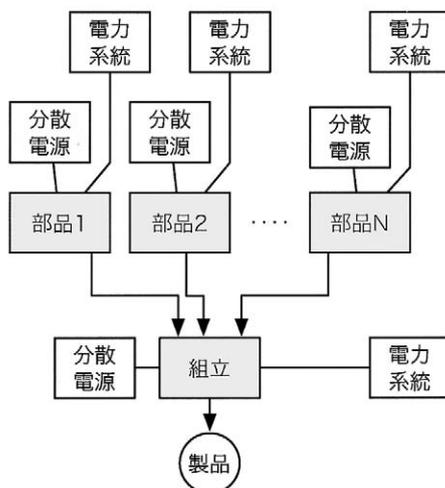


図6 異なる電力供給エリアに立地するサプライチェーン

供給停止確率 P_2 はその裏返しであり、次式で与えられる。

$$P_2 = 1 - (1 - P_0)^{N+1}$$

一方、各工場が分散電源を保有する場合にサプライチェーンが稼働できなくなるのは、どこかの工場で電力系統と分散電源の両方が停止する場合である。すべての工場が稼働する確率は次で求められる。

$$\text{供給維持確率} = (1 - P_0 P)^{N+1}$$

従って、供給停止確率 P_3 は次式で表される。

$$P_3 = 1 - (1 - P_0 P)^{N+1}$$

分散電源の効果をも P_2 に対する P_3 の比である R_2 によって評価する。

$$R_2 = \frac{1 - (1 - P_0 P)^{N+1}}{1 - (1 - P_0)^{N+1}}$$

数値例として先と同じく電力系統の供給停止確率を $P_0=0.1\%$ と仮定する。図7に R_2 を計算した結果を示す。この結果から次のことが言える。

●サプライチェーンに分散電源が導入されることにより全体の供給停止確率は極めて大きく低減される（本数値例では電力系統のみに比べて99%以上の低下）。

●供給停止確率は工場の数にほとんど依存しない。

●分散電源の供給停止確率に対し、全体の停止確率は線形に増加する傾向を持つ。

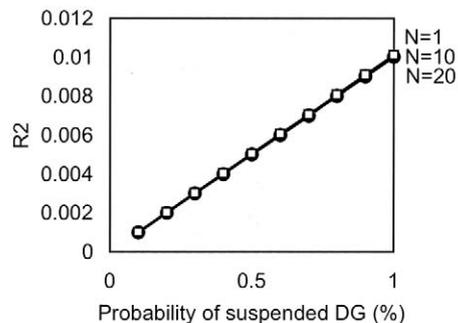


図7 異なる電力供給エリアに立地する場合の分散電源による供給停止確率低減効果

同一電力供給エリアと比較して異なる電力供給エリアに事業所が立地する場合、独立した複数の電力系統が維持される確率が低下する。そのため、 R_2 が R_1 に比べて一層低下することにつながった。

現実のサプライチェーンでは日本各地に事業所が立地すると考えられる。その意味で、それぞれの事業所に分散電源を導入することがサプライチェーンの維持に及ぼす効果は非常に大きいと期待される。

4. 空間的分散による供給信頼度の評価

分散電源はある地域に空間的に分散して配置される。ここでは分散電源がその周囲のエリアに対して電力供給する場合と、地域全体を1エリアとして集中電源が電力供給する場合について考える。集中電源が停止すれば地域全体の電力供給が失われる。一方、分散電源1つが停止しても、当該エリア以外では電力供給は維持される。すなわち、分散電源で構成されるシステムでは障害をローカルに限定することで、地域全体に損害をもたらさない効果が期待される。

そこで、待ち行列理論を用いて空間分割の効果を解析する。

(1) 供給停止確率

地域を分割したエリアを窓口になぞらえる。そこに障害がポアソン分布に従って到着する(障害が発生する)。また、障害が発生してから回復するまでの時間は指数分布に従うと仮定する。関係するパラメータを次の通り表す。

障害の到着率： λ (平均到着間隔の逆数)

障害から回復率： μ (回復に要する平均時間の逆数)

これらの比 (ρ) を次の通り定義する。

$$\rho = \lambda / \mu$$

① 分散電源の場合

N エリア中の m エリアが障害で供給停止する

確率 P_m は待ち行列理論によって次式で表される。

$$P_m = \frac{\frac{\rho^m}{m!}}{1 + \rho + \frac{\rho^2}{2} + \dots + \frac{\rho^N}{N!}}$$

② 集中電源の場合

全体が1エリアであるので、上記式で $N=m=1$ を代入すれば供給停止確率 P_1 として次を得る。

$$P_1 = \frac{\rho}{1 + \rho}$$

(2) 平均被害量

地域全体の人口を1とする。 N 個のエリアはそれぞれ等分とし、各エリアの人口を $1/N$ とする。

① 分散電源の場合

障害を受ける平均エリア数は次式で計算される。

$$E[m] = \sum_{m=1}^N m P_m = \frac{\sum_{m=1}^N \frac{\rho^m}{(m-1)!}}{1 + \rho + \frac{\rho^2}{2} + \dots + \frac{\rho^N}{N!}}$$

このとき、被害量は障害を受けたエリアに居住する人口を指標とする。

$$C_N = \frac{1}{N} E[m] = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N m P_m$$

② 集中電源の場合

$N=m=1$ として障害を受ける平均エリア数を算出する。

$$E[1] = P_1 = \frac{\rho}{1 + \rho}$$

さらに地域全体の人口 (= 1) との積で被害量を求めると次式となる。

$$C_1 = E[1] = \frac{\rho}{1 + \rho}$$

なお、電力供給の障害の場合、回復する時間に比べて障害が発生する時間間隔の方がはるかに長いと考えられる。すなわち ρ はかなり小さい値とみなせる。その場合には ρ^2 等のべき乗の項はほとんどゼロと近似できるため、

分散形と集中形の平均被害量は次の通り表される。

$$E[m] = E[1]$$

$$C_N = \frac{C_I}{N}$$

言い換えれば、分散電源の場合には分割した分だけ供給停止による被害量を抑えることができるという、直感的な結果が導かれた。

(3) 空間分割の経済性評価

以上の解析によって空間分割による需要側の被害コストは $1/N$ に比例すると考えてよい。一方、分割によって電源規模が小型になるため電力コストは増加すると予想される。電源は規模の経済性を有すると仮定し、 N が大きくなるほど増分は低減する形、すなわち、 $N \times (1/N)^\alpha = N^{1-\alpha}$ ($0 \leq \alpha \leq 1$) で表現できるものとする。

このとき、全体のコストは次式で表すことができる。ただし、 β は需要側と供給側コストの相対的な重みを意味するパラメータである。

$$C = C_{\text{damage}} + C_{\text{supply}}$$

$$= \frac{\beta}{N} + N^{1-\alpha}$$

数値例として $\alpha = 0.6$ 、 $\beta = 5$ とした場合のコストのグラフを図8に示した。分割数 N が小さくなると急速にコストが上昇する。他方、

N が大きくなると緩やかにコストは上昇する。従って、そこには総コストを最小化する最適な N が存在する。最適値はパラメータに依存するが、最適値付近の挙動は緩やかであるため、厳密でなくともある程度の範囲であれば許容されるものと予想される。

以上より、障害時のコストを含めれば、ある程度の空間分割は総コストの低減に効果があることが示唆された。

5. おわりに

分散電源と電力供給維持の点からみたセキュリティとの結びつきは東日本大震災以来議論が高まっている。本稿ではセキュリティに関する定量的な議論をするための簡易なモデル解析をいくつか紹介した。サプライチェーンの維持はまさに大震災によって現実的に顕在化した問題点であり、今後具体的な対策が求められると考えられる。解析結果によれば、サプライチェーンに分散電源を導入することで電力供給停止に起因する活動停止を回避する効果は非常に大きいものと期待される。

また、地域の空間分割の効果についても考察した結果、障害発生被害を考慮すれば空間分割することはコスト低減に効果がある。家庭や業務系のように自分で発電設備を持たな

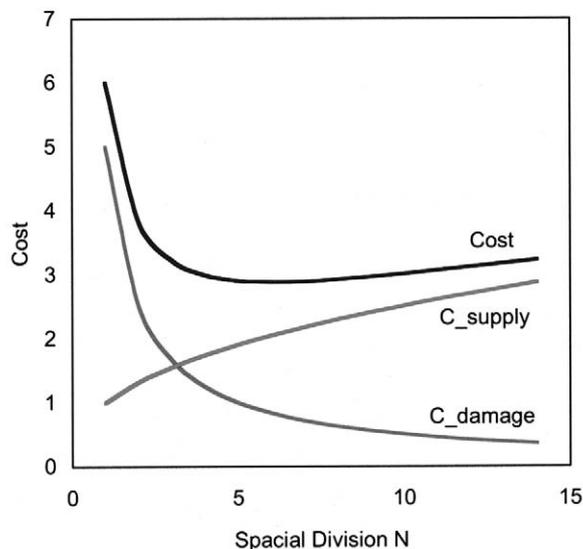


図8 空間分割数がコストに与える影響の数値例 ($\alpha = 0.6$, $\beta = 5$)

い需要家にとっては分散電源化によって社会的にリスク低下を図ることは意味がある。一方、自家発電を持ちうる産業系需要家は集中形電源と接続して電力コストの低下を図る指向性があると考えられる。需要家がどのようなリスクを負担できるかによって分散電源と集中電源の役割分担が発生すると解釈される。

[謝辞]

本稿の元となる研究を行うにあたり、東京工業大学先進エネルギー研究センターの小田拓也・特任准教授に助言をいただいた。記して感謝する次第である。

参考文献

- (1) 秋澤, 小田, 柏木: 分散電源の平時および非常時における評価～分散電源によるサプライチェーンの電力供給維持～, 平成24年電気学会全国大会, 2012

[寄稿]

分散型エネルギー導入に関わる評価指標と試算



小西 康哉 (株)三菱総合研究所 環境・エネルギー
研究本部 チーフコンサルタント

1. 背景

2011年3月に起きた東日本大震災により、わが国における電力システムのあり方に関わる考え方は大きくその方向性を変える必要性が生じた。震災により直接被害を受けた発電および送配電設備は言うに及ばず、震災の影響により供給力の一部を毀損しその機能を発揮することができなくなり、供給支障を回避するために震災の被害の比較的少なかった地域においても計画停電を実施することになった。さらに、その安全性への懸念から稼働を停止した原子力発電は再稼働困難となり、電力供給力の不足は全国に拡大するに至った。

これらの影響から、2011年半ばより電源(=エネルギーミックス)および電力システム、

電気事業制度のあり方に関する継続的な政策議論がなされ、この原稿を執筆する2012年9月現在、将来の日本におけるエネルギー供給のあり方に関わる3つの選択肢について議論がなされている(表1参照)。これらの議論を通じた結果として、今後これらを実現するための具体的な政策が実施される見込みである。

現在、検討されている「エネルギー・環境に関する選択肢」においても、再生可能エネルギーを含めた分散型エネルギーの導入が不可欠との立場が示されている。震災を契機として、従来の経済性と効率性を追求し、大規模集中を図ることで安定供給を追求した電力システムが抱えていた課題が、東日本大震災により顕在化することとなった。しかし、これらの課題の解決として即座に分散型エネルギー

表1 2030年における3つのシナリオ

	2010年	ゼロシナリオ		15シナリオ	20~25シナリオ
		追加対策前	追加対策後		
原子力比率	26%	0% (▲25%)	0% (▲25%)	15% (▲10%)	20~25% (▲5~▲1%)
再生可能エネルギー比率	10%	30% (+20%)	35% (+25%)	30% (+20%)	25~30% (+15~20%)
化石燃料比率	63%	70% (+5%)	65% (現状程度)	55% (▲10%)	50% (▲15%)
非化石電源比率	37%	30% (▲5%)	35% (現状程度)	45% (+10%)	50% (+15%)
発電電力量	1.1兆kWh	約1兆kWh (▲1割)	約1兆kWh (▲1割)	約1兆kWh (▲1割)	約1兆kWh (▲1割)
最終エネルギー消費	3.9億kl	3.1億kl (▲7200万kl)	3.0億kl (▲8500万kl)	3.1億kl (▲7200万kl)	3.1億kl (▲7200万kl)
温室効果ガス排出量 (1990年比)	▲0.3%	▲16%	▲23%	▲23%	▲25%

※比率は発電電力量に占める割合で記載。
括弧内は震災前の2010年からの変化分。

(出所：エネルギー・環境に関する選択肢，平成24年6月29日，エネルギー・環境会議)

ギーシステムが対案となり得るか否かについては、必ずしも十分な議論がなされているとはいえない。発電コストに代表される経済性の視点については、「コスト等検証委員会報告書」(2011年12月19日公表：以下、検証委報告)において詳細な検討がなされたものの、分散型エネルギーシステムの本質的な特性を評価するための指標による定量的な比較はなされてきていない。

そこで本稿では、今後のエネルギー供給のあり方を検討する上で、さまざまな立場のステークホルダーが提案する各種システムを比較する際に、共通基盤となる評価指標が必要であるとの考えから、エネルギーシステムの比較検討を行うために評価指標を提案するとともに、同指標に基づく試算の結果を示しその有用性について検証を行った(図1参照)。

2. エネルギーシステム評価指標の提案と活用イメージ

今後、新たなエネルギー供給システムの検討を行う際の、個々のエネルギーシステムのメリット・デメリットを比較評価する上で定量的に評価を行うための評価指標として、震災で明らかになったエネルギーの供給安定性に注目することとした。具体的には、先の震災時の大規模集中電源の被災に伴う供給支障の影響が小さくなく、直接被災した地域以外の電力供給にも支障が生じたことから、分散型エネルギーシステムの特長の1つである、電源の分散化による供給安定性に確保に関わる可能性を評価する指標を提案し、従来から用いられる評価指標である経済性、環境性と合わせて総合的評価に関わる試算を行った(図2参照)。

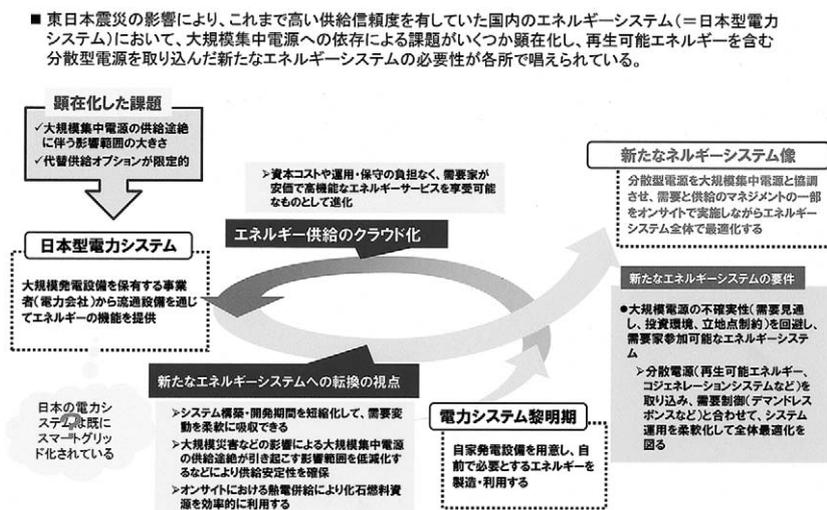


図1 新たなエネルギー供給のあり方の背景

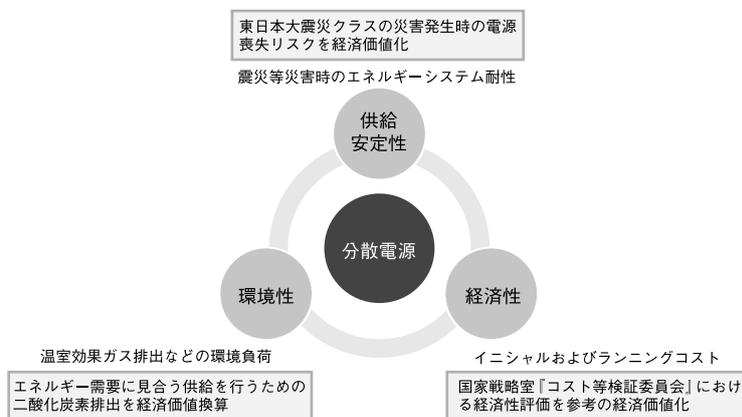


図2 エネルギーシステム評価指標の提案

本稿で対象としたエネルギーシステムを評価する指標として着目した「供給安定性」には、多様な側面がある。この中で、本稿では特に東日本大震災以降、分散型エネルギーシステムが注目された背景の1つである、「事故・災害等の発生時において、電力需給が逼迫することによる経済活動の停滞によってもたらされる損失の回避分」を評価することにより、エネルギーシステムの「供給安定性の価値（プレミアム）」を評価することを試みた（図3参照）。

3. 評価指標に基づく試算

(1) 前提条件と結果

本稿で評価対象とする分散型エネルギーシステムには、図に示すように再生可能エネルギーの活用と、廃熱を有効活用するコージェネレーションシステムという2つの側面を有する。2012年7月から施行されたいわゆるFIT（Feed in tariff）制度により、今後、太陽光発

電および風力発電などの現状普及が見込まれる再生可能エネルギー電源の導入拡大は見込まれるが、これらの電源は気象・天候にその出力が左右される変動電源であることから、原子力発電の先行き不透明な中でその代替電源として期待することは難しい。そこで本稿では、将来のエネルギーシステムのあり方に関わる選択肢の中でも安定的な供給源として期待がよせられている、コージェネレーションシステムを対象として評価指標に基づく試算を行うこととした（図4参照）。

本稿の検討を開始した2011年度半ばの時点では、将来のエネルギー供給のあり方に関わる選択肢も明示されておらず、原子力発電の再稼働を含めた先行きが不透明であった。そこで、本稿の検討では原子力発電の供給力を代替するためには化石燃料によることが不可避であるとの前提のもと、環境性、調達性などの側面から有力な選択肢と考えられる天然ガスにより代替すると仮定した。この際に、天然ガスを利用する

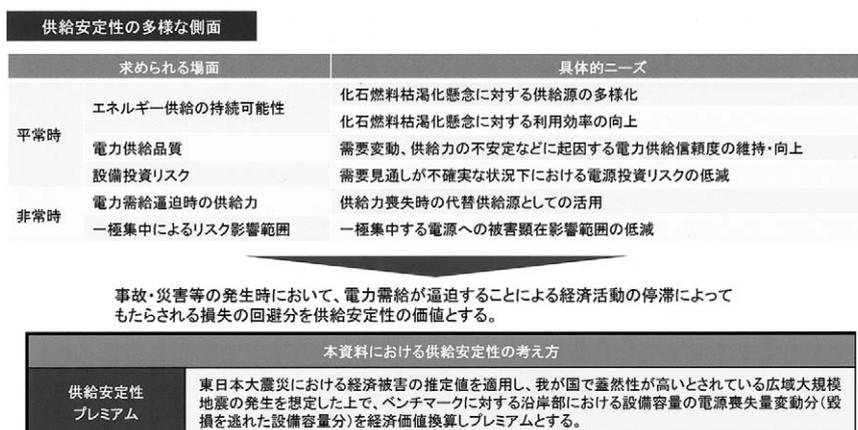


図3 エネルギーシステムの供給安定性



図4 分散型エネルギーシステムとしてコージェネレーションシステムに着目

電源として、大規模集中のガスコンバインドサイクル発電とコージェネレーションを組み合わせる供給力確保を行うシナリオ（図5参照）に基づき試算を行った。

また、評価指標を用いた試算に際しては、「供給安定性」に加えて従来から用いられてい

る指標である「経済性」、「環境性」を含めて総合的な評価を行うことを提案している。従って、「供給安定性」と併せて、「経済性」、「環境性」を評価するうえで、図に示すような評価の考え方に基づいた試算を行うこととした（図6参照）。

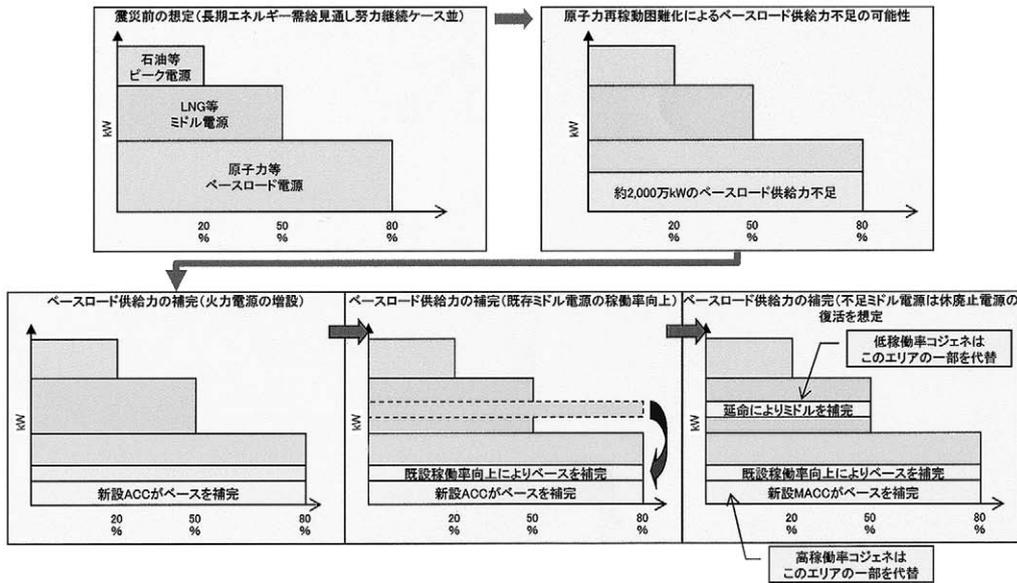


図5 評価指標に基づく試算における前提条件

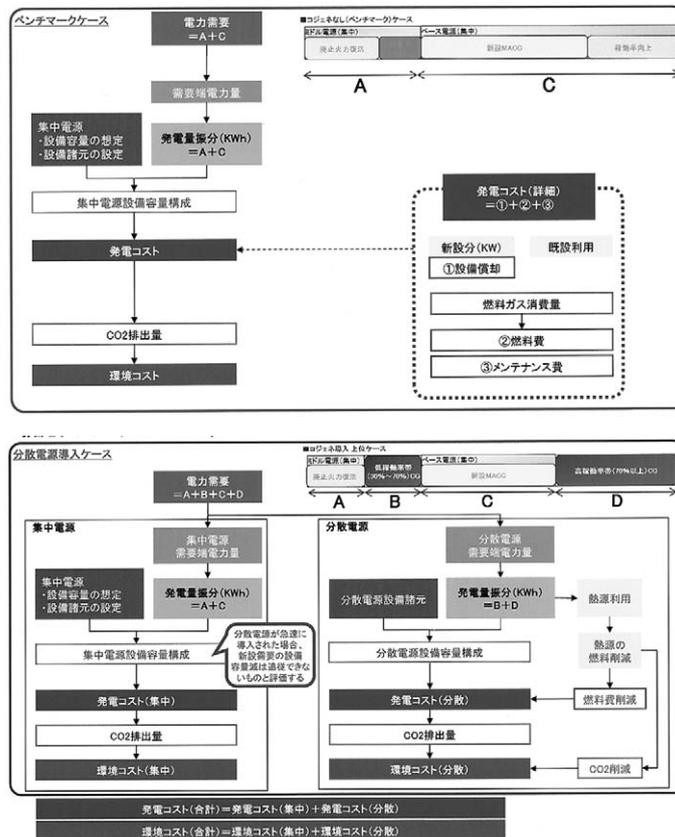


図6 評価指標に基づく試算（経済性・環境性）

他方、供給安定性については、わが国で蓋然性が高いとされている広域大規模地震の発生を想定し、ベンチマークにおける沿岸部における電源喪失に伴う経済影響を、2011年3月の東日本大震災において大規模電源停止に伴って発生した経済被害の推定値をもとに両者の差異を評価する考え方に基づいた仮定と前提に基づき試算を行った（図7参照）。

【試算結果について】（図8、図9参照）

- 「検証委報告」では大規模電源と同等レベルと評価されていた分散電源であるが、供給安定性を加えた総合評価では、総合的にはベンチマークと比較して十分な優位性を有する結果となった。
- 他方、一般的な分散型電源の設備償却年数を法定耐用年数の15年と想定しても、3つ

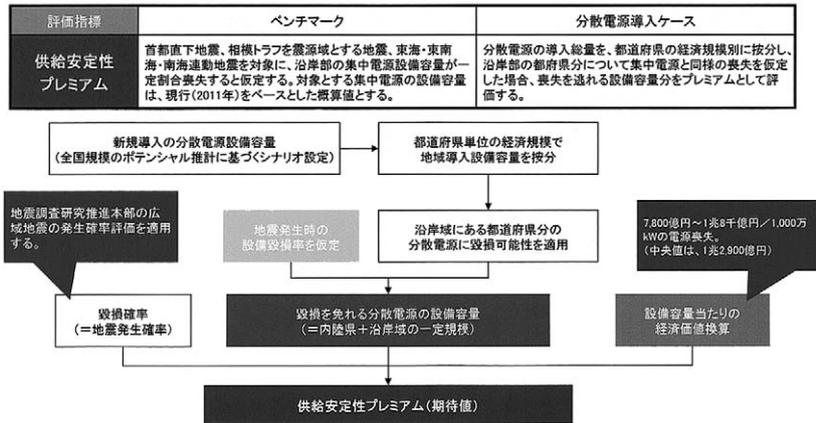


図7 評価指標に基づく試算（供給安定性）

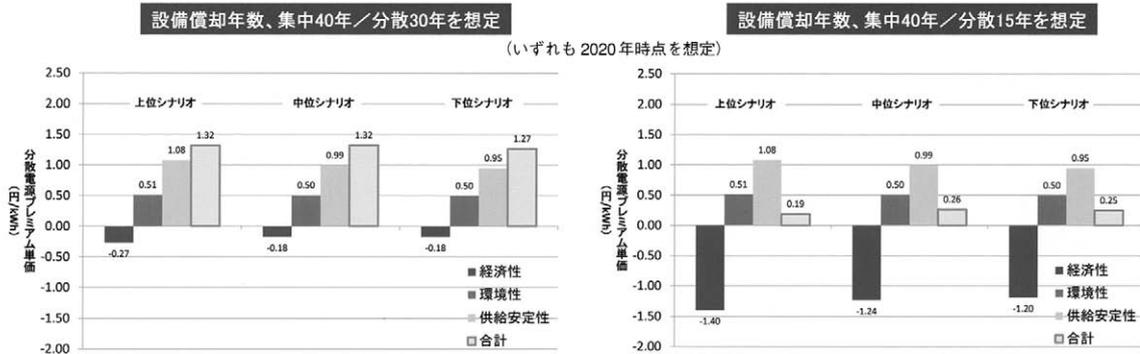


図8 試算結果（指標間の重み付けなし）

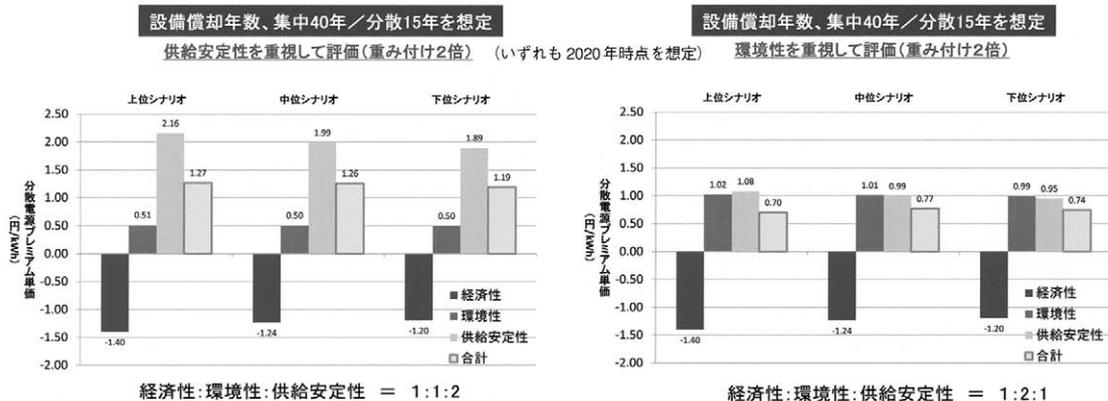


図9 試算結果（指標間の重み付けあり）

の評価指標を考慮すると、ベンチマークと比較してほぼ同等～若干の優位性が出る結果となった。

- さらに、エネルギーシステムの選択においては、重視する評価指標が出てくるケースが想定される。このような場合には、重視する評価指標に重みづけをつけることで、評価対象となるシステムの評価に異なる結果を持たせることができる。例えば、環境性、供給安定性のそれぞれを重視とした場合に、これらの指標に重みづけ（この場合は2倍）をした試算を行ったところ、いずれの場合においても分散型エネルギーシステムが優位性を得られる結果となった。

(2) 試算に活用した主なデータ

前掲の考え方に基づいて試算を行うに際し

では、公開された情報に基づき試算を行うことを基本として、大規模火力発電およびコージェネレーションシステムの諸元については、主として「検証委報告」を参考にした。検討対象とした電源システムは、大規模集中電源（新設：ACC，既設：従来火力平均の稼働率向上，休止火力の再稼働），コージェネレーション（5,000kW級ガスタービン/ガスエンジン，1,000kW級ガスエンジン，400kW級ガスエンジン）の諸元を検証委報告および業界ヒアリングによる聴取した情報を活用している。

他方、「供給安定性」の指標に関わる試算については、今後想定される大規模な災害時にエネルギー供給システムの毀損による経済面での影響をシナリオを想定した試算により行った（表2参照）。

表2 供給安定性の試算に関わる前提条件

<p>東日本大震災のデータをもとに、電源地域の被災(1,000万kW超規模の電源喪失)が、需要地へ及ぼす震災後一ヶ月間の経済影響規模を推定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 東京電力管内の経済規模： 210兆円(1都7県合算、全国の37.4%) (内閣府 県民経済計算2008年最新版) ■ 4月の大口需要家の電力使用量減少幅： 平均的に▲15～17%の減少 ただしこれには、サプライチェーン毀損による操業停止等の電力供給制限以外のファクターや、節電対策の効果が含まれており、純粋な経済活動の縮小規模には、比例しない。 ■ 電力使用量減少による生産額減少幅の試算結果： 電力使用量 ▲1% → 生産額 ▲0.9% 与 ▲1% で、ほぼ同等 ただし、産業構造上、電気機械、精密機械等の比重が高い場合、電気使用量の減少が与える生産額減少の影響は、2倍程度(即ち、生産額が▲2%)高くなると推定される。 <p>注：応用一般均衡モデル(CGE)として国際的に普及しているGTAP(Global Trade Analysis Project)モデルを用いて、電力消費量の減少が国内産業に与える影響について試算。</p> <p style="text-align: center;">210兆円/12ヶ月(一ヶ月相当) × [15%～17%] × [1～2]</p> <p><u>上式には、電力供給制限以外のファクターが含まれている。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 経済産業省の緊急調査結果(2011.4.26公表)： 被災地製造拠点は震災一ヶ月後および今後一ヶ月以内で約6～7割の復旧が見込まれている。 (⇒ 3～4割は復旧しておらず、従って、電力が供給されていたとしてもサプライチェーンが機能しない) また、原材料、部品・部材調達が困難となる理由として、加工業では、計画停電を理由としている回答が5割に上っている。 <p style="text-align: center;">210兆円/12ヶ月(一ヶ月相当) × [15%～17%] × [1～2] × [0.6～0.7] × 0.5</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 電源喪失時の経済価値換算係数： 7,800億円～1兆8,000億円/1,000万kW規模の電源喪失 ■ 影響規模の推定において、震災後一ヶ月間の期間としている点： <ul style="list-style-type: none"> ■ 火力発電所の復旧期間は、最も長いもので、広野火力発電所に4ヶ月を要している。また、常陸那珂で2ヶ月を要しているが、大半は1ヶ月以内に稼働を再開している。 ■ 多くの火力発電所の再開が長期間に及ぶ激甚災害も想定しうるが、この影響の推定は、現段階では不確実性が高いと言える。影響期間を一ヶ月間に限定した評価は、過少側の評価であると考える。 <p>【経済価値換算係数に対する補足】</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 2011年度の我が国の実質GDP成長率は、東日本大震災の影響により、▲1.2%の下方修正と予測。(三菱総合研究所予測、3/10発表と6/9発表との差異による。) ■ 下方修正幅は、約6兆5千億円の経済規模となる。 ただし、GDP成長率の不確実性は極めて高く、実質GDPがマイナス成長となる可能性も否定できない。また、本影響には、電力の供給制限以外のファクターも考慮されている。 ■ 換算係数の経済規模(7,800億円～1兆8,000億円)は、GDPの下方修正幅(予測値)の12%～28%に相当する。
--

4. 今後の検討課題

本稿では、今後のエネルギー供給のあり方を検討する上で評価指標が必要不可欠であり、その一案として「供給安定性」に着目した評価指標の考え方とその考え方に基づく試算を行った。各指標の試算は、比較対象となるエネルギーシステムを相対的に比較するために作成した指標であり、個々の数値が絶対的な価値を評価するものではない。従って、評価指標の選定に加えて、エネルギーシステムに求める機能として、どのようなものを重視するかによって指標毎に重み付けをつけ、社会にとって必要とされる機能を最も充足するシステムを選択するための検討材料として活用することで初めて意義があるといえる。従って、今回取り上げた「経済性」「環境性」「供給安定性」の評価指標のほかにも、さまざまな評価指標の可能性が考えられる。

本稿では、震災等の影響による供給設備の毀損の影響が顕著であった時期に検討を開始したこともあり、先んじて「供給安定性」に関わる指標化を試みたが、この他にも現在考えられるだけでも以下に示すような評価指標が必要である。

【追加的に必要とされる評価指標】

- 現在、議論がなされている「エネルギー・環境に関する選択肢」の中でも、再三、論点として挙げられている、化石燃料の調達に関わる地政学的リスクを考慮したエネルギー安全保障
- 化石燃料資源の調達価格の乱高下に伴う供給コストへの影響などを考慮した評価指標
- 再生可能エネルギーについても、導入支援制度の将来的な国民負担や、導入拡大に伴う電力系統安定化の費用などを考慮した評価指標

また、エネルギー供給システムは、これまでエネルギー供給事業者である電力会社がその設備形成の中心的な役割を担ってきた。しかし、今後のエネルギーシステムにおいては、再生可能エネルギー、コージェネレーションなどの需要サイドにおける供給設備の役割が高くなることを見込まれる中で、その設備投資に関わる費用負担のスキームについても、併せて議論を進めていく必要がある。

再生可能エネルギーについては、その設備導入を支援することを目的にFIT制度が既に導入されている。また、熟を有効に活用可能な事業

表3 電力システム改革の基本方針（案）

	制度改革の方向性	詳細制度設計の論点
発電	<ul style="list-style-type: none"> ① 卸規制の撤廃 ② 卸取引所の活性化 ③ ネガワット取引 ④ 供給力・供給予備力の確保 	<ul style="list-style-type: none"> ① 一般電気事業者の長期・大量の供給契約の見直し ② 広域メリットオーダを実現するための発電設備所有者の市場参加/需給直前試乗の創設/取引所活性化までの補完的施策（部分供給ルール/常時バックアップ料金の見直し） ③ 省エネ電力の供給力への取り組み ④ 短期の需給運用に必要な予備力としての容量市場の創設/中長期の供給力確保のための施策
送配電	<ul style="list-style-type: none"> ① 広域系統運用機関の創設 ② 送配電部門の中立性 ③ 地域間連携線の強化 ④ 系統運用ルール 	<ul style="list-style-type: none"> ① 広域の系統計画と系統運用業務の担い手 ② 機能分離もしくは法的分離による送配電部門分離 ③ 東西連系線（FC）/北本連系線/緊急時の連系線運用/再生可能エネルギー導入のための系統整備 ④ 計画同時同量/インバランス料金の透明化/リアルタイム市場の活用/広域的電力取引の容易化
小売	<ul style="list-style-type: none"> ① 小売全面自由化 ② 料金規制の撤廃 ③ 需要家保護策の整備 ④ インフラ整備 	<ul style="list-style-type: none"> ① 地域独占の撤廃 ② 多様な料金とサービスメニュー ③ 最終供給保障/離島電力料金平準化措置 ④ スマートメータ等の全面自由化のためのインフラ整備
共通	<ul style="list-style-type: none"> ① 規制機関のあり方 ✓ エネルギーミックスとの整合性 ✓ 法体系の見直し ✓ 税制措置の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ① 取引行動の監視、託送料金の許認可、行為規制の遵守等の監視

（出所：総合資源エネルギー調査会 総合部会 電力システム改革専門委員会の2012年7月13日資料より三菱総合研究所作成）

所では、既に多くのコージェネレーションシステムが国内でも導入されている。しかし、これらの分散型エネルギーシステムの導入を更に進めるためには、エネルギー供給システムの強靱化という観点からその制度的位置づけを見直す必要がある。具体的には、例えば供給力として考慮することが可能な熱を有効に活用し、エネルギー供給システムの中で供給力として一定の能力を電力システムに提供可能な電源については、エネルギー供給事業者が設備形成を行う際の考え方と同様の制度的なインセンティブを付与することなどが考えられる。

さらに、2012年7月に電力システム改革の基本方針がまとめられ（表3参照）、国内の電気事業制度の詳細制度設計が今後なされることが見込まれる。分散型エネルギーシステムは、国内の電力供給の担い手として期待される中で、電気事業制度の中でどのように位置づけられるかについても、制度面からしっかりと議論する必要がある。

[寄稿]

ネガワットアグリゲータの状況と今後

横山 健児 (株)NTTファシリティーズ 事業開発部
スマートビジネス部門長



1. はじめに

東日本大震災の発生後、原子力に対する安全性への懸念から、エネルギー不足という問題が顕在化した。現在、原子力の比率を中心にエネルギーミックスの問題が議論されているが、「節電」も1つの選択肢であると位置づけられている。節電は、電気の使用を抑制することであるが、電力の需給バランスの観点から発電と同じ効果があることから、「ネガワット」を発電したとみなされる。よって、ネガワット(=節電)は、設備投資の必要がなく、クリーンで、かつ数分で起動できる便利な電力源といえる。しかしながら、単に需要家の節電行動を喚起するだけでは不十分で、安定供給の観点から、多くの需要家の節電行動を確実に実施させ一定のネガワットを確保することが求められる。2011年は計画停電や電力使用制限による強制的な節電でネガワットを確保したが、需要家の快適性や生産性を妨げる結果となった。今後は、需要家側と供給側との情報連携を密にして、供給側の状況に合わせてタイムリーに節電する「賢い節電」が求められる。

本稿では、2012年7月から始まった、ネガワットを集約(=アグリゲート)して電力会社に提供する「ネガワットアグリゲータ」ビジネスの状況と課題について報告すると共に、今後のビジネス性について展望する。

2. ネガワットアグリゲータとしての取組み

ネガワットアグリゲータとは、需要家に節電を要請、もしくは電力使用機器を遠隔で制御することにより創出される節電(=ネガワット)を集約(=アグリゲート)して、電力会社に提供する仲介業者のことである。図1にネガワットアグリゲーションの仕組みを示す。まず電力会社は、電力逼迫時にネガワットアグリゲータに節電要請を行う。要請を受けたネガワットアグリゲータは、一般需要家からネガワットを買取り、電力会社に提供する単純な仕組みである。ネガワットアグリゲータは一般需要家の節電を束ねて、仮想発電所を構築する役割を担う。

今夏、NTTファシリティーズ(以下、NTT-F)が3つの電力会社管内でネガワットアグリゲーションサービスを提供した。そのサービ



図1 ネガワットアグリゲーションの仕組み

ス内容を表1に示す。今回のサービスでは、NTT-Fと電力会社、NTT-Fと一般需要家がそれぞれ契約する仕組みとなっており、電力会社と一般需要家の契約はないため、表1はNTT-Fの需要家向けサービスである。

図2に対象となる一般需要家の分類を示した。主に契約電力が50kW以上500kW未満の高圧小口の需要家である。この領域の需要家はスマートメータやBAS/BEMSが設置されておらず、新たなネガワットの獲得が期待される。一方、大口需要家には、スマートメータがすでに設置されており、電力会社自らが需給調整できる領域となっている。

電力量の計測方法は、いずれの場合も取引用メータのサービスパルスからデマンド値を検出して行い、この値でネガワットの清算を行う必要がある。現状、計測装置のコストは需要家負担となっている。

各電力会社管内でのサービスで大きな違いは、ベースラインの設定方法にある。電力会

社からの節電要請時の使用電力とベースラインとの差が、ネガワット量となる。A電力管内では「月間最大デマンド値」を基準としたが、この方法だと1カ月が終わるまで基準が確定しない問題がある。一方、B電力管内における「前週の同一曜日における同時刻値」の場合、7月から8月に向けて暑くなるため、ネガワットが過小評価される可能性がある。C電力管内の「前日の同時刻値」では、曜日の違いによる変動が考慮されない。いずれの方法も一長一短があり、ベースラインの妥当性を評価するには実際の節電要請による結果を見る必要がある。但し、節電要請が発動される時は、そもそも電力が最も消費される時間帯であることから、いずれのベースラインにおいても相当量の節電が要求される。

ネガワットの単価は15～250円/kWhの範囲であり、いずれのサービスでもペナルティの設定はない。

表1 3つの電力会社管内におけるサービス内容

内容	A電力管内	B電力管内	C電力管内
対象需要家	契約電力 50kW以上	契約電力 50kW以上500kW未満	契約電力 50kW以上500kW未満
対象期間	平成24年7月1日～9月30日	平成24年7月2日～9月7日	平成24年7月10日～9月30日
節電時間帯	平日13時から16時まで	平日13時から16時まで	指定なし
計測単位	取引用メータのサービスパルス 30分デマンド値	取引用メータのサービスパルス 30分デマンド値	取引用メータのサービスパルス 1時間毎の平均電力
ベースライン	月間最大デマンド値	前週同一曜日における調整時間 と同時刻のデマンド値	前日同時刻のデマンド値

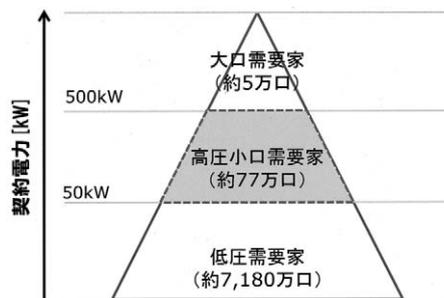


図2 需要家の分類

3. NTTファシリティーズのエネルギー管理支援サービス

ネガワット単価から分かるように、ネガワットの協力金だけではシステムコストを回収することは難しい。このため、NTT-Fでは、ネガワットアグリゲーションサービスの開始にあたり、お客様の節電・省エネを支援する「エネルギー管理支援サービス」を開始した。図3に示すコンセプトは、我慢すべきタイミングを把握しながら、お客様がビジネスに注力できる環境構築を支援する「賢い節電」である。本サービスは、①電力使用量の見える化/見せる化、②ピーク電力・電力使用量の抑制（自動制御）、③節電要請に対するサポートからなる。

図4に需要家に導入いただく典型的なクラウド型BEMSのシステム構成図を示す。電力メータからデマンド制御装置等を通してデマンド値を検出して、ビル全体の使用電力を計測する。空調や照明等の個別機器における電力使用量は子メータを付けて計測する。いずれの計測データもインターネットを通してクラウドサーバーに送信され、NTT-Fのカスタマセンタで24時間、365日の監視を行い、電力使用量の見える化/見せる化サービスを提供している。一方、自動制御を希望するお客様には、制御盤を取り付けて遠隔制御を可能とし、カスタマセンタから遠隔で制御できる体制となっている。電力会社からの節電要請は、このカスタマセンタに、要請システムもしくはメール/電話で伝えられる。

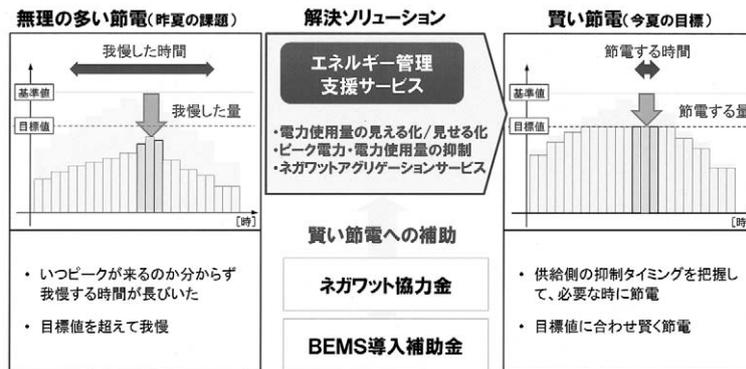


図3 エネルギー管理支援サービスのコンセプト

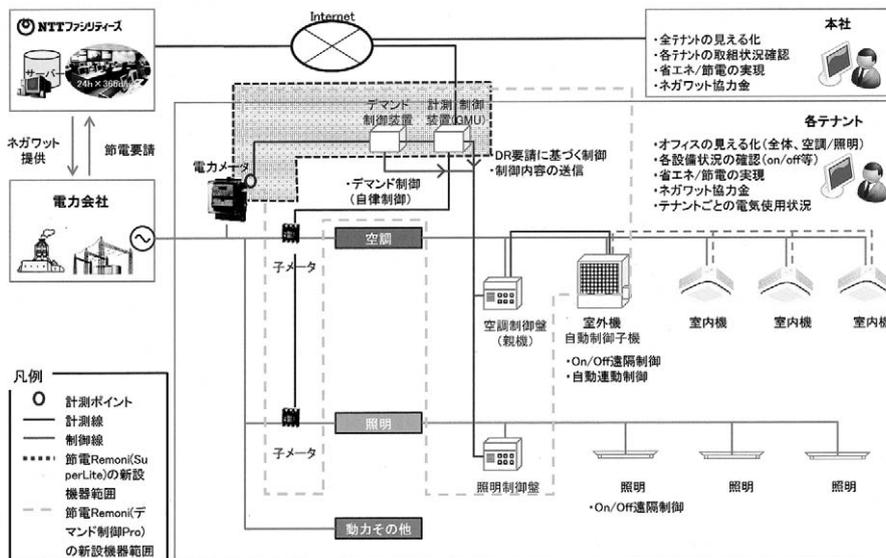


図4 クラウド型BEMSのシステム構成図

表2 クラウド型BEMSのラインナップ

商品名	FITBEMS	節電Remoni (デマンド制御Pro)	節電Remoni (デマンド制御Lite)	節電Remoni (SuperLite)
特長	建物設備・セキュリティ等と連携可能	ピークカットに加え省エネも可能	ピークカットが可能	デマンド監視と利用者への通知に特化
機能	見える化・見える化 / 群管理・自動集計 / レポート・統計			
	空調制御(温度設定・デマンド制御)	空調室外機の間欠運転によるデマンド制御		需要家行動によるデマンド制御
	照明制御(スケジュール制御、調光等)	特定メーカーの照明制御システムとの連携		
	建物設備・セキュリティ等との連動制御	接点・リレー制御		
	保全統計管理機能			

表2には、クラウド型BEMSのラインナップを示す。従来からの大規模ビル向けBEMSである「FITBEMS」と安価で中小ビル向けの「節電Remoni」に大別される。大きな違いは制御方法にあり、需要家の自主的な行動による制御から建物設備・セキュリティ等との連携制御まで幅広く揃えている。FITBEMSはBACnet/IP、節電RemoniはHTTPSで上位システムにデータを集約する。

図5に節電Remoniの見える化画面を示す。使用電力量のトレンドを時間毎もしくは日毎に表示可能で、複数のビルを積み上げて表示する群管理機能も有する。グラフには、基本料金の目安として昨年のピーク値と目標値および過去のトレンドカーブも表示している。また、もし設定値以上の電力量となった場合

は、アラームメールが通知される仕組みになっている。本システムは、2011年夏にNTTグループの約240ビルに導入され、電力使用制限令の中、オフィスビルで約33%の節電に成功した実績を有する。

昨年の結果から、電力使用量の見える化が節電に有効であると実証されたが、情報共有方法について課題が残った。昨年は、アラームメールをビルの施設管理者のみに送付し、施設管理者が従業員等に口頭またはメールで伝達していたが、末端まで十分に情報が届かなかったのが実情である。このため、本システムに、フロア毎に管理できる機能、デジタルサイネージやブラウザのツールバーへの表示機能を付加し、図6に示すように、従来の見える化から見せる化へ発展させた。

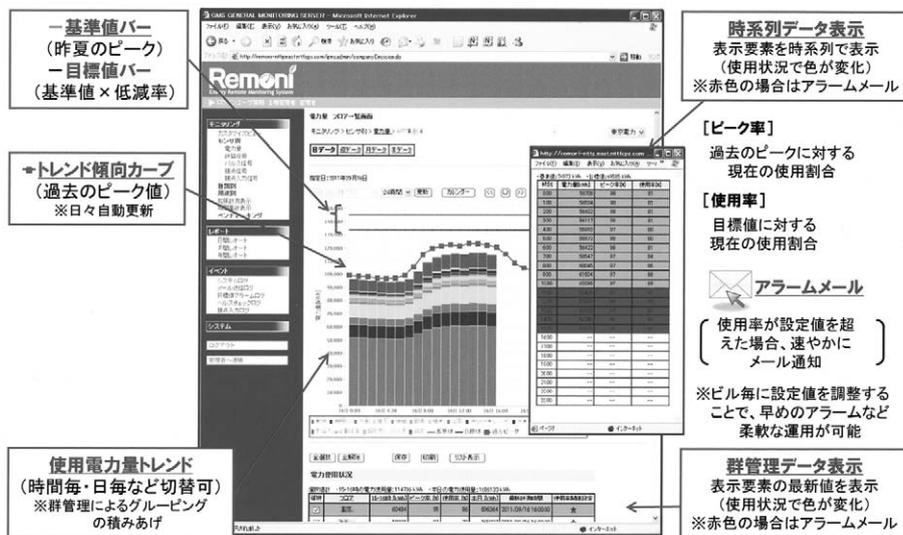


図5 節電Remoniの見える化画面



図6 電力使用量の見える化から見せる化へ

これらクラウド型BEMSを導入する場合において、経済産業省は「平成23年度エネルギー管理システム導入促進事業（BEMS）」として補助金を設定している。一定条件を満たし、節電効果が見込まれる全国の高圧小口需要家が設置するBEMSに係る補助金であり、補助率は2分の1（最大250万円）もしくは3分の1（最大170万円）となっている。NTT-Fの試算では、この補助金を使うことによって、節電効果によりシステム導入費用を2～3年で回収可能である。

4. 今夏の状況とネガワットアグリゲータとしての課題

ネガワットアグリゲーションサービスの提供を開始したが、お客様の反応としては、協

力が安いこともあり、あまり関心が高くない状況である。新規にシステムを導入するお客様には費用対効果の明確化、テナントビルではテナントへの協力金分配方法等の課題がある。それでも約200軒（既設含む）のお客様にご理解をいただき、サービスを開始した。

一方、運用・技術面での課題を表3に示す。大きくは電力会社間の相違による運用面と取引メータにおける技術面である。現状、3つの電力会社との契約は少しずつ違っており、個別に計算して、指定フォーマットに記入する必要がある。また、節電の要請時間・手段も異なっており、オペレーション体制も個別となる。全国規模のお客様も多く、可能な限り共通化すべきである。一方、取引メータに関しては、計測機器のコストを誰が負担するかという問題がある。スマートメータの導入

表3 ネガワットアグリゲータにおける運用・技術面での課題

課題	内容
電力会社間の相違 ・協力金の額 ・ベースラインの設定方法 ・節電要請の発動方法	協力金計算方法やオペレーション体制等を共通化したい。
サービスパルスの計測機器コスト	取引用メータのサービスパルスからデマンド値を検出するため、計測装置が必要家側でのコスト負担となる。
時刻情報の不一致	電力会社の取引用メータとネガワットアグリゲータとの時刻が同期されおらず、データ突合が必須となる。
デマンド値の演算誤差	取引用メータから30分デマンド値を取得できないため、ネガワットアグリゲータは積算値の差分計算により30分デマンドを求める必要がある。このため、四捨五入処理等により、最大2kWの誤差が生じる。

や仕様共通化による価格低減等、需要家、ネガワットアグリゲータ、電力会社のいずれもが納得できる方法を模索する必要がある。また、時刻情報やデータ値の不一致に関しては、サービスパルス（アナログデータ）からではなく、電文形式で時刻、デマンド値等を取得できるよう取引メータを改造すべきである。

今夏の実績としては、7月～8月には電力会社からの節電要請は発出されず、9月5日に2つの電力管内で試験的に実施された。ピーク需要抑制効果の確認と今後の検討に向けたデータ収集を目的としたものであり、事前に実験との報道があったことから、ネガワットアグリゲーションの有効性は依然として不明である。

その後、9月18日にも節電要請が発出されたが、詳細な分析は別の機会としたい。

5. ネガワットアグリゲータの今後

経済産業省は「新たなピーク電力対策への今後の取組み」の中で、地域の枠組みを超え、取引市場で多数の主体が参加することで節電のやり取りが行われる仕組みの導入を目指している。しかしながら、ネガワット協力金が安く、システム導入費用が必要なため需要家の関心はあまり高くない。さらに、スマートメータが導入されると電力会社自らがネガワットを集約できるため、ネガワットアグリゲータの立場はさらに悪化するものと考えられる。取引市場で多数の主体が参加できる環境を作るためには、スマートメータの開放や非対称規制の導入を考える必要がある。

残念ながら、今夏は試験的なネガワット取引が行われただけで、その有効性はまだ不明であるが、ネガワットが、設備投資の必要がなく、クリーンで、かつ数分で起動できる便利な電力源であることは明らかである。今後、需要家が参加しやすい環境を作り出し、来年度以降もこの仕組みが引き継がれることを期待したい。

[寄稿]

ISO50001(エネルギーマネジメントシステム国際規格) の概要と展望

西尾 匡弘 (独)産業技術総合研究所
エネルギー技術研究部門 主任研究員



1. はじめに

エネルギーマネジメントシステムの国際規格であるISO50001が2011年6月に発行され、JIS Q50001として同年10月に国内規格としても発行されて約1年が経つ。発行直前にわが国を襲った東日本大震災と津波は、原子力発電所の被災という形で甚大な被害を及ぼし、一時はすべての原子力発電所が停止する事態に陥った。ベース電源を失った電力供給側は、火力発電の再起動や増強等で供給力の確保に尽力し、需要側は操業シフトや節電対策を進めることで、二度の夏を乗り切ることができたが、広く需要と供給のあり方を考慮したエネルギーシステム全体のマネジメントが必要との認識が高まったのは言うまでもない。

もとより、少資源国であり、エネルギー資源の大半を輸入に頼っているわが国では、二度の石油ショックの経験からも省エネルギーに対する考え方に習熟している。すでに省エネルギー法や環境マネジメント、温室効果ガス削減の取り組みの中でエネルギーマネジメントを実践している方々も多く、HEMS、BEMS、スマートメーターによるエネルギー消費の「見える化」等々、省エネルギーの取り組み方も千差万別である。

今般、新たに策定されたエネルギーマネジメントシステム(Energy Management System: 以下「EnMS」)の国際規格ISO50001を直接採用するという機運はまだ後一步という感は否めないが、本報告では国際的にも広まりつつ

ある本国際規格について、その概要を述べるとともに周辺動向や将来展望についても触れることとしたい。

2. ISO50001開発の背景と経緯

21世紀を迎えたところで、国際市場においては原油をはじめとするエネルギー資源価格の乱高下や化石資源の大量消費が一要因とされる地球温暖化問題の深刻化に伴い、世界的にも省エネルギーをはじめとするエネルギー利用の効率化への取り組みが進められてきた。その仕組みとしてEnMSの構築・運用が国や地域、企業等様々なレベルで進められ、各国・地域においてEnMS規格が開発されてきた。その目的は、省エネルギーの推進によるエネルギーコスト削減、マネジメントシステムの確立・実施によるエネルギー関連活動の管理の効率化、およびカーボンマネジメントや、環境報告書など環境関係の法規制や社会的要請への対応の効率化などへの期待があるだろう。

また、エネルギーパフォーマンスの高い設備機器・システムの導入や運用を支援し、エネルギーコスト削減の一部を報酬として受け取るESCO事業など、省エネルギー関連の支援・サービスを提供する事業者にとってもEnMSの普及は市場拡大の機会ととらえられ、歓迎されてきた一面もある。

各国または各企業・組織が独自のEnMSを構築・実践し、規格開発を行ってきたが、それぞれの規格は「ベースとなる規格や各国のエネル

ギー事情の相違を反映して」相互融通が困難であったため、国内および他国との間でのエネルギーマネジメント手法の規格化による効率的な運用や、国内外での省エネルギー関連ビジネスの展開を支援する観点からもEnMSの国際規格化の必要性が認識されてきた。

これらの状況を背景に、2007年には米国およびブラジルが提案国となって、国際標準化機構（ISO：International Organization for Standardization）に、EnMSの国際規格開発が提案された。その開発・策定について各国の投票結果は、2008年2月に賛成多数、反対票なしで可決された。これを受けて、ISO内にPC242が設置された。ISO/PC242はPC242全体の運営方針を議論・管理する審議委員会（Project Committee）、規格開発の実務を行う作業部会（Working Group）、PC242議長への助言機関であるCAG（Chairman’s Advisory Group）から構成された。PC242の議長は米国、副議長は中国から選出され、事務局は米国およびブラジルが担当し、作業部会の事務局は英国および中国が勤め、これら4カ国が幹事国となった。日本も規格策定開始当初から積極的に参画しており、CAGメンバーとしても

中心的な役割を担ってきた。

ISOにおける規格開発は、WD（作業原案）、CD（委員会原案）、DIS（国際規格案）、FDIS（最終国際規格案）、IS（国際規格）の各段階を経て進められる。各段階で規格案に対する投票が行われ、その際にPC242のメンバー国・組織から提出された修正要望の処理および開発方針を審議する国際会議が開催された。図1にISO50001の提案から発行に至るまでの流れについて記した。

日本国内では、日本工業標準調査会（JISC）の下に(財)エネルギー総合工学研究所が国内審議団体として承認され、前述の規格策定に対応して国内の意見を集約しつつ開発に参加してきた。当審議団体の中に規格案の投票および国際会議への対応の方針を審議する国内審議委員会（委員長：東京大学大学院・松橋隆治教授）および規格開発の実務を担当するワーキンググループ（主査：(独)産業総合技術研究所・西尾匡弘）を設置して、各規格案にわが国の主張を反映すべく国際会議での議論や規格修正案の作成活動に積極的に参加してきた。国内委員会での議論では、わが国が、省エネルギー法をはじめとして長年にわたるエ

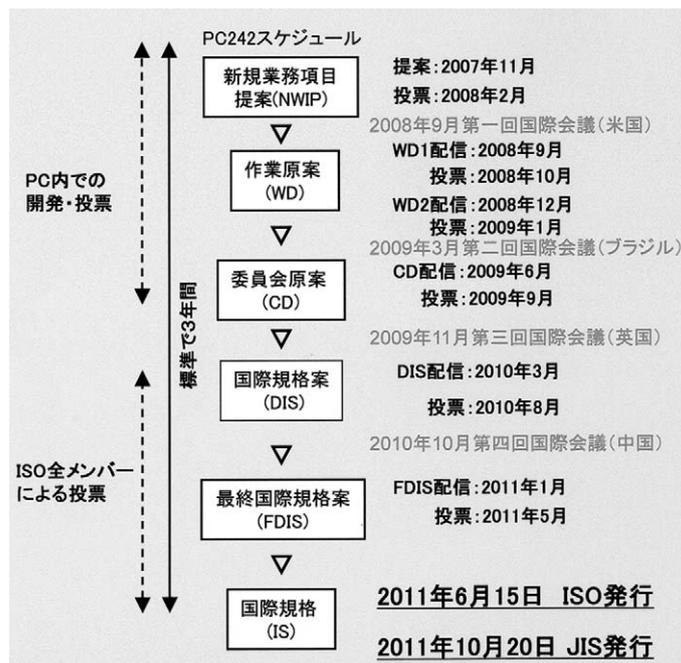


図1 ISO50001発行までのスケジュール

エネルギーマネジメントに関する経験を有すると同時に、多くの成果を着実にあげてきたことを元に、規格策定に貢献することの重要性が共通認識としてあった。また、各国の有する法令や規格、基準との整合性を確保することと同時に、既に運用されている各種のマネジメントシステムや法令との間でダブルスタンダードになったり過度な負担がかからないように配慮することが求められた。結果的に、本規格は上記の点に十分に配慮がなされた規格として発行できたと考えている。

3. ISO50001の概要

ISOは、工業分野の国際的な標準である国際規格を策定するための民間の非営利法人組織である。電気分野の国際標準化については国際電気標準会議（IEC）がある。また、同機構が策定する標準・規格の総称としても用いられている。本部はスイスのジュネーブにある。各国1機関が参加できる。1947年に前身である万国規格統一協会（ISA）が発展して設立されカ国が参加しており、1万8,000を超える規格が策定されている。日本からは1952年にJISCが加盟している。

（1）ISO50001の特徴

ISO 50001の特徴として以下のような事項があげられる。

- ISO9001（品質マネジメントシステム、以下「QMS」）、ISO14001（環境マネジメントシステム、以下「EMS」）と同様にマネジメントシステムに関する要求事項を規定した規格。第三者認証、自己宣言等の組織内部での使用の双方に適応している。
- エネルギーパフォーマンス等のパフォーマンスを継続的に改善することにより、組織のエネルギーの効率的な使用、競争力強化および温暖化対策などに貢献が期待できる。
- 計画（エネルギーレビューによる管理すべきエネルギー使用および消費の特定な

ど）、および運用管理（設備の計画設計、調達など）の要求事項が詳細に示されている。ただし、これらの要求事項はマネジメントの方法に関するものである。

- エネルギーに関する特定のパフォーマンス基準を規定する規格ではない。どんな種類のエネルギーを扱うか、何をエネルギーパフォーマンスとして管理するか、そのパフォーマンスの基準値などは、各国の法規制等も考慮して組織が独自に決めることになる。
- 品質、安全、環境および社会的責任（SR）など他のマネジメントシステムとの併用、統合が可能。
- 組織が監視し、影響を及ぼすことのできるエネルギー使用に関するすべての要素に適用される。また、この規格はすべての組織に適用することが可能である。
- この規格は、エネルギーパフォーマンスのPDCAサイクルと、マネジメントシステム自体のPDCAサイクルの2つをマネジメントする構造をもっている。

参考までに、本規格に掲載されているEnMSモデルに関する概念図を図2に示す。

（2）ISO50001の適用範囲

エネルギーには、一次エネルギー、二次エネルギーとも多くの種類があるが、その中には省エネルギー法等で管理することが義務づけられているエネルギー「電気」「燃料」「熱」に加えて、当該組織が重要と思われるエネルギー、例えば、風力、太陽熱などの再生可能エネルギーや圧縮空気などのようなものがあれば、ISO50001によって組織が構築するEnMSの管理対象とすることができる。

次に、ISO50001が対象とする組織および活動（エネルギー使用の用途）である。組織は複数の構成要素からなり、それぞれが固有の機能を担って活動している。ISO50001では、エネルギーマネジメントを行う権限と能力をもっている

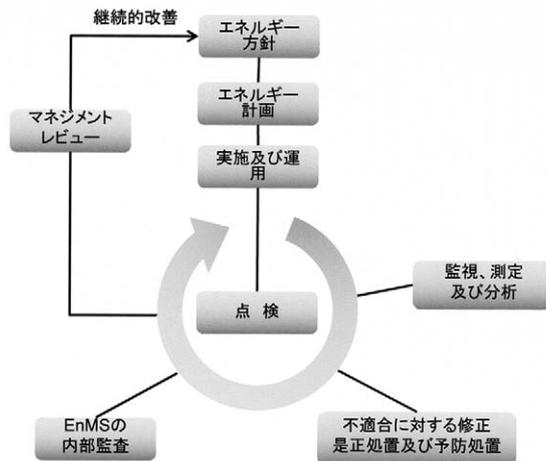


図2 エネルギーマネジメントシステムモデル

限り、組織のどんなレベルの階層、構成単位をも対象とすることが可能である。さらにエネルギーの用途（組織の活動）については、エネルギーレビューによって、当該組織にとってエネルギーマネジメント上重要な用途・活動（ISO50001では「著しいエネルギーの使用」と呼ぶ。）と認められる範囲を対象としている。

(3) ISO50001の全体構成

表1に、ISO50001の章立てを示す。序文と簡条1の適用範囲で、本規格の目的と適用対象が特定される。次いで、簡条3では28個の

エネルギーマネジメントおよびマネジメントシステムの両分野について本規格で使用されている用語の定義が記載されている。表2には、特にエネルギーに関する用語について抜粋したので参照されたい。エネルギーそのものの取り扱いについての定義とEnMSに関連する用語の定義となっている。

簡条4には本規格の中心となる要求事項が規定されているが、4.2の経営層の責任では、トップマネジメントの責務とエネルギー管理責任者の責務が規定され、4.4の計画では、エネルギーレビューによるエネルギー使用実態

表1 ISO50001の章構成

まえがき	4.5 実施及び運用
序文	4.5.1 一般
1 適用範囲	4.5.2 力量、教育訓練及び自覚
2 引用規格	4.5.3 コミュニケーション
3 用語及び定義	4.5.4 文書化
4 エネルギーマネジメントシステム要求事項	4.5.5 運用管理
4.1 一般要求事項	4.5.6 設計
4.2 経営層の責任	4.5.7 エネルギーサービス、製品、設備及びエネルギーの調達
4.2.1 トップマネジメント	4.6 点検
4.2.2 管理責任者	4.6.1 監視、測定及び分析
4.3 エネルギー方針	4.6.2 法的/要求事項及びその他の要求事項に対する順守評価
4.4 エネルギー計画	4.6.3 EnMSの内部監査
4.4.1 一般	4.6.4 不適合に対する修正、是正処置及び予防処置
4.4.2 法的要求事項及びその他の要求事項	4.6.5 記録の管理
4.4.3 エネルギーレビュー	4.7 マネジメントレビュー
4.4.4 エネルギーベースライン	4.7.1 一般
4.4.5 エネルギーパフォーマンス指標	4.7.2 マネジメントレビューへのインプット
4.4.6 エネルギー目的、エネルギー目標及びエネルギーマネジメント行動計画	4.7.3 マネジメントレビューからのアウトプット

表2 エネルギー関連用語の定義（抜粋）

エネルギー：energy
—電力、燃料、蒸気、熱、圧縮空気、及びその他類似の媒体
エネルギーの使用：energy use
—エネルギーの利用の方法または種類
エネルギー使用量：energy consumption
—利用されたエネルギーの量
著しいエネルギーの使用：significant energy use
—多量のエネルギーの使用量とみなせる及び/またはエネルギーパフォーマンスの改善のために、高い可能性を持つエネルギーの使用。
エネルギー効率：energy efficiency
—パフォーマンス、サービス、物品、またはエネルギーのアウトプットとエネルギーのインプットとの比またはその他の定量的な関係
エネルギーパフォーマンス：energy performance
—エネルギー効率、エネルギーの使用及びエネルギー使用量に関する測定可能な結果
エネルギーパフォーマンス指標：energy performance indicator, EnPI
—組織によって定められたエネルギーパフォーマンスの定量的な値または尺度
エネルギーベースライン：energy baseline
—エネルギーパフォーマンスの比較のために設けられた定量的な基準（複数の場合もある）
エネルギーマネジメントシステム：energy management system, EnMS
—エネルギー方針及びエネルギー目的を確立する、相互に関連した、または相互に作用する要素の集合、並びにそれらの目的を達成するためのプロセス及び手順
エネルギー方針：energy policy
—トップマネジメントによって正式に表明されたエネルギーパフォーマンスに関する組織の全体的な意図及び方向付けに関する組織の声明
エネルギー目的：energy objectives
—組織のエネルギー方針に合わせて決定された、エネルギーパフォーマンスの改善に関する特定の成果または到達点
エネルギー目標：energy target
—エネルギー目的から導かれ、その目的を達成するために目的に合わせて設定される詳細、かつ、定量的なエネルギーパフォーマンス要求事項で、組織またはその一部に適用されるもの
エネルギーレビュー：energy review
—データ及びその他の情報に基づいて、組織のエネルギーパフォーマンスを決定し、改善の機会の特定を導くもの
エネルギーサービス：energy services
—エネルギーの提供及び/または使用に関する活動及び結果

の把握や4.3で規定されているエネルギー方針に基づいて目的、目標、および実行計画を策定するための要求事項が定められている。

4.5の実施および運用では、組織の要員の教育訓練、組織内外のコミュニケーション、文書管理、運用管理、エネルギーパフォーマンスに考慮した設計や調達に関する要求事項が記され、4.6の点検では、エネルギーパフォーマンスの測定と分析に関する要求事項が規定

されている。4.7のレビューの項は、他のマネジメントシステム規格と同様にマネジメントシステム自体の継続的な改善を実施するための要求事項が規定されている。

エネルギーマネジメントシステムEnMS全体ではそれぞれ次のようにPDCAへの対応が記述される。

P（計画）：
4.3 エネルギー方針
4.4 エネルギー計画
D（実施）：
4.5 実施及び運用
C（確認）及びA（処置）：
4.6 点検
4.7 マネジメントレビュー

同様に、エネルギーパフォーマンスの管理については、次のような対応となる。

P（計画）：
4.4 エネルギー計画 目的・目標及び行動計画
D（実施）：
4.5 実施及び運用 特に運用管理や調整
C（確認）及びA（処置）：
4.6 点検

なお、4.1および4.2は、PDCAサイクルを適切に回すために必要なベースとなる前提条件を記載したものである。

マネジメントフローに関しては、エネルギーパフォーマンスの改善と、マネジメントシステム自身の改善の二重のPDCAサイクルを形成している。さらに組織の各階層においてこれらPDCAサイクルはブレイクダウンされ階層ごとに回りつつ全体のマネジメントサイクルと連携することとなる。

この中でも重要なのは、いかにしてエネルギーパフォーマンスを高められるかということ特定するためのエネルギー計画であろう。図3にフロー図を示した。左から、計画のためには、過去から現在のエネルギー使用を把握し、関連する因子を特定した情報がインプットされる。レビューでは、それらの情報を分析することで「著しいエネルギーの使用」

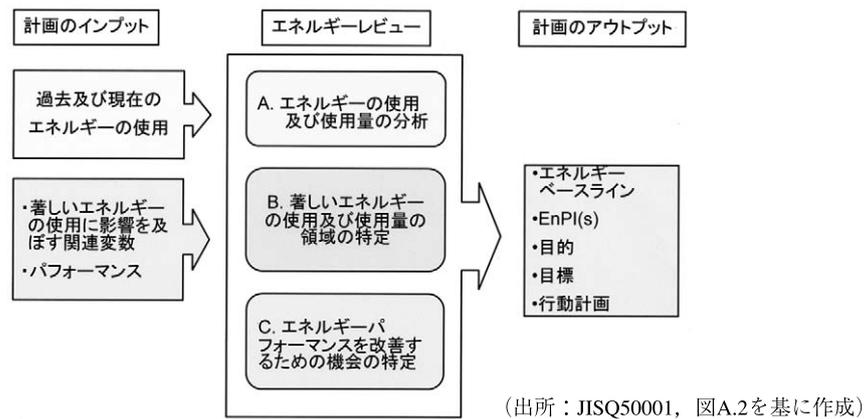


表3 エネルギー計画のフロー

に関する領域が特定される。さらに、パフォーマンスの向上を図る具体的な機会を特定することで、結果的に計画が構成される。

エネルギー計画の構成要素としては、パフォーマンス向上の判断基準ともなるエネルギーベースラインの特定、当該組織がエネルギーパフォーマンスの向上と判断するための指標「エネルギーパフォーマンス指標」を特定することが重要である。

ここでいうエネルギーパフォーマンスには色々な概念が存在しうる。図4に示すように、いわゆる省エネルギー法等で取り上げられるエネルギー原単位、エネルギー効率、絶対的なエネルギーの使用量なども例としてあげられる。広く、多様な指標で取り組むことが可能であることもISO50001の特徴と言えるだろう。

(4) 省エネルギー法との関係

省エネルギー法とISO50001の内容面での相違点、共通点について見てみる。両者とも組織におけるエネルギーマネジメント体系の確立と促進を目的としている点は共通している。またISO50001の規格開発において各国のエネルギー分野の法規制の順守や整合性の確保に配慮してきた結果、PDCAサイクルによる継続的な改善、エネルギー原単位を中心としたエネルギーマネジメントの指標（エネルギーパフォーマンス指標）の設定など、エネルギーマネジメントの手法についても両者は共通しており、運用上の矛盾点はない。また、エネルギーマネジメントの実効を確保するために、トップマネジメントの関与を打ち出している点でも共通していることは注目すべき点である。

両者には、適用対象や法規制と規格の相違

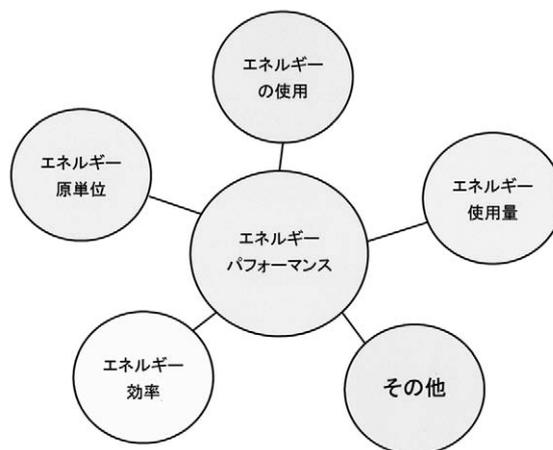


図4 エネルギーパフォーマンスの概念図

点が存在する。それは、省エネルギー法が強制法規であり、ISO50001が自主運用による任意規格であることから派生してくるものが中心となっている。具体的には省エネルギー法が原油換算にして15,000kl/年以上エネルギーを消費する組織を対象とするのに対して、ISO50001は中小企業を含む全てすべての組織に適用できることがあげられる。また、省エネルギー法では、具体的な測定技術・手法や数値基準が設定されているのに対して、ISO50001では、組織が各国の法規制等を順守しながら各自で設定することになっている。

(5) 他のマネジメントシステム規格との関係
ここでは、ISO50001とEMSの国際規格(ISO14001)およびQMSの国際規格(ISO90001)との関係について触れておく。

ISO14001との相違点、共通点としては、マネジメントの対象である環境側面にエネルギーをも含み得るため、ISO14001を用いてエネルギーマネジメントを行っている組織もある。ISO50001の規格開発においてもISO14001との整合性については特に配慮されてきたこともあり、マネジメントシステム規格としての基本体系はほぼ共通している。

ただし、ISO50001はエネルギー分野に特化している分、ISO14001以上にエネルギーパフォーマンスのマネジメントの方法について詳細な規定を設けている。具体的には計画段階でISO14001では環境側面の1項目が設けられているのに対し、50001ではエネルギーレビュー、エネルギーベースライン、エネルギーパフォーマンス指標の3項目を設けて要求事項を規定している。また、実施段階においてもISO14001が運用管理1項であるのに対して、ISO50001では運用管理、計画設計、エネルギーサービス・製品・設備およびエネルギーの調達に3項目を設けて要求事項を規定している。

続いて、ISO50001とISO9001の両者の最も大きな相違点は、ISO9001が組織の事業活動の結果、外部(顧客)に提供する製品・サービ

スの品質の維持・向上による顧客満足の向上を図るのに対して、ISO50001は組織自体の活動に関するエネルギーパフォーマンスの向上を目的としている点である。このため、ISO50001で製品・サービスは主に組織が自分で使用する、エネルギー使用を伴う製品・サービスを指すことが多く、設計においてもISO9001が製品・サービス自体の品質に着目しているのに対し、ISO50001では製品・サービスを製造・販売する過程におけるエネルギー使用に着目している点が特徴となっている。この相違点を反映して、設計については、ISO9001ではより詳細な要件が規定されている。パフォーマンスの評価についても、両者では監視や測定の対象が異なる。また、ISO9001には内部監査後のフォローアップ活動も規定されている。

(6) 第三者認証と自己宣言

ISO50001はマネジメント規格であるので、先行する各種規格と同様、第三者認証や自己宣言についての規定がある。

一般にマネジメントシステムの規格適合性の保証手段は、誰がそのマネジメントシステムが規格に適合しているかを審査・判定しているかによって、以下の3種類に分けられる。
① 組織内部の監査員が、自組織のマネジメントシステムの規格適合性を監査し、適合していることを外部に対して保証するのが第一者監査であり、その結果を第三者に伝える手段が環境報告書への記載などによる自己宣言である。
② 取引先など、そのマネジメントシステムが対象とする内容の直接的な利害関係者によって行われる規格適合性の監査が第二者監査であり、保証する相手と監査を実施する主体が一致している。
③ 第三者機関が、規格適合性の監査を行い、認証するのが第三者監査(認証)であり、最も客観的な保証手段といえる。認定機関は基本的に一国に一機関であるが、日本における認定機関は(公財)日本適合性認定協会(JAB)および(一財)日本情

報経済社会推進協会（JIPDEC）である。これら認定機関は、認証機関（審査登録機関）に対し、対象とするマネジメントシステム規格ごとに、認証審査登録機関のシステム規格であるISO/IEC17021に適合しているか審査を行う。認証審査登録機関は、組織（工場、会社等）のマネジメントシステムが規格要求事項に適合していることを審査し、登録証を発行し、情報を公開する。現在は60を越える認証審査登録機関が国内に存在する。

実際に審査を行うのは審査登録認証機関に所属する審査員であるが、彼らは審査員評価登録機関からマネジメントシステム規格ごとに審査員としての力量について評価を受け、登録されている。この審査員評価登録機関もマネジメントシステム規格ごとに認定機関からISO/IEC17024に基づく認定を受けた機関が担当しており、ISO9001では(一財)日本規格協会・マネジメントシステム審査員評価登録センター(JRCA)、ISO14001では(社)産業環境管理協会・環境マネジメントシステム審査員評価登録センター(CEAR)が業務を行っている。ISO50001については、(一財)省エネルギーセンターが2011年5月にエネルギーマネジメントシステムEnMS審査員評価登録センター(CEMSAR)を開設した。なお、認証審査登録機関の認定については、従来のマネジメントシステム規格に用いられてきたISO17021だけでなく、よりパフォーマンスの検証を重視したISO14065規格の適用も視野に入れる必要があるだろう。

いずれにしても、ISO50001導入のメリットは、組織やその所属する業界などによっても、また、今後の国内外のエネルギー分野の政府・自治体の各レベルでの施策動向によっても大きく影響を受けるので、現時点でこの問いに明確な答えを出すことは難しい。しかし、第三者による自己のEnMSを客観的にチェックする「確認」の意義は大きいだろう。ISO50001は他のマネジメントシステム規格と比較して、より組織内部の活動の効率化に、エネルギーの側面から取り組む規格といえる。エネルギーパフォーマンスの定

義は組織の自由度が高く、例えばQCD（品質、コスト、納期）の向上について、製造ラインの合理化や操業時間短縮による工場の空調、照明等を含む創業エネルギーの低減、短納期化による在庫に関わる管理・エネルギー使用の低減の切り口から取組んだり、経営管理の改革にISO50001のPDCAサイクルを利用するなどが考えられる。このように、活用を工夫することで、組織全体の活動の効率化に適用することも可能である。従って、第三者への保証としての認証制度の利用だけでなく、自組織のEnMSの確立、維持、向上の確認・促進手段としての認証制度の機能に目を向け、認証以外の手段と比較検討して取得の是非を検討することは、他のマネジメントシステム規格以上に意義があるだろう。

次に、客観的な第三者機関による「組織外部への保証」の視点からその目的に応じたメリットを考える。QMS規格のISO9001ではその性質上、市場（取引先）による選択が、認証取得の動機づけとなって普及していった。EMSでは他の利害関係者、特に地域の環境について責任をもつ行政等による社会的評価や規制が動機づけとなり、かつその後の環境意識の社会的な向上に伴い、ISO14001が普及していった面がある。EnMS規格であるISO50001では、保証の対象となる利害関係者の面で、QMS規格よりEMS規格に認証メリットは似ているが、現時点で、ある組織がその活動におけるエネルギーパフォーマンスを向上させることの第三者（組織の活動範囲にある地域、社会）へのメリットは地域環境への影響以上に認識することが難しく、むしろ地球温暖化のような問題に対する意識や施策に近い。

最後に、企業などの組織が、その社会的責任に先進的に取り組んでいることを示す、いわば広報面、マーケティング面での効果も考える必要がある。エネルギーについても、省エネルギー面での先進性を客観的に示す手段としてISO50001取得を利用することも、十分検討の価値があると言えよう。

国際エネルギー機関（IEA）の『世界エネ

ルギー見通し』やわが国のいわゆる3.11以降の節電、省エネルギーの社会的要請の増大に見るように、地球温暖化問題、エネルギーセキュリティ等多くの面で、エネルギー使用の効率化が必要かつ有効な解決手段であることは強く認識されている。しかし、地球環境問題と同様、組織のエネルギーパフォーマンス向上の成果の第三者への影響が間接的である（言い換えれば外部経済化している）ため、認証取得＝第三者への保証の動機づけが弱く、ISO9001、14001の先例と同様に、初期の利害関係者と想定される行政等公的機関のエネルギーパフォーマンスに対する意識の向上によって法規制や取得企業への優遇措置等の動機づけがISO50001普及の1つの鍵となる。

また、組織、特に企業の事業活動におけるエネルギーマネジメント自体身の必要性や、ISO50001のマネジメントシステムとしての優位有効性に対する認知度の向上も、ISO50001が普及する重要な条件になり得る。特に、現在省エネルギー法の対象となっていない中小企業で、エネルギーマネジメントを切り口とした業務改革のツールとしてISO50001が普及することは、わが国の中小企業の競争力強化の面からも非常に有意義であり、この視点からの支援施策の充実が望まれる。

(7) ISO50001発行後の周辺規格動向

元々、ISO50001が単独規格しか策定できないPCで作業が行われてきたが、今後の展開を見据えて提案を行い、2011年6月15日に、ISOのTMBにおいて複数規格を取り扱うことのできるTC242に移行することが決定され、活動が開始された。2012年10月現在で以下のような規格の開発が進められている。

- EnMSの実施、維持、改善のためのガイドライン
- エネルギーベースラインとEnPIを用いたエネルギーパフォーマンス測定的一般原則と指針
- EnMS監査及び監査員の力量
- エネルギー診断
- エネルギーパフォーマンスの監視、測定、分析および検証

また、「EnMSのモジュール的（段階的）実施」に関する規格策定もドイツから提案されているところである。それぞれ、ISO50001の実行を支援する目的の指針もあるが、その枠を超えた利活用を目指したものも見られるようになってきた。

いずれにしても、今後ともISO50001の中で要求されているエネルギーマネジメント、特にエネルギーレビューやエネルギーパフォーマンス向上の確認・評価について実務レベルの詳細なガイダンスや規定などに関する規格が整備されていくものと思われる。

ISO50001自体はその運用上わが国の省エネルギー法等と矛盾する点はないが、今後開発される周辺規格はより技術的に詳細に、かつ幅広い活用を指向したものが増えてくるものと考えられ、省エネルギー法だけでなく、産業界の業界規格などとも比較しながら、より幅広くその開発動向を注視していく必要がある。また、ISOでは多くのマネジメントシステム規格が発行・開発中であるため、その構造や用語の定義の共通化を図って2006年に合同技術調整グループ（JTCG）がISO/TMBの下に設立され、各TC/SCで開発し発行しているマネジメントシステム規格の両立性、整合性向上のための手順などの改訂・作成を含めた作業が行なわれている。

一方で、省エネルギーの計測に関する国際規格を作成しようという動きもあり、中国が中心となって提案されたTC257が設置され、現在規格の策定が進められている。ISO50001がエネルギーマネジメントの手法を記述した横糸であるとする、TC257では、省エネルギーを実施する対象別にとらえた縦糸に相当するアプローチをしているとも言えるだろう。以下に策定中の規格を示す。

- 省エネルギーの計算、報告のための方法論的枠組み
- 国、地域、都市のための一般的計算法
- 省エネプロジェクトの測定、計算、検証のための一般的技術ルール
- 組織のためのエネルギー効率の計算法

提案国である中国では、各地域の省レベルでの省エネルギー推進を念頭に共通のベースを構築したいという狙いがある。さらに、欧州においてもEU指令等の策定の動きと連動して地域レベルでの省エネルギー推進に寄与させたいと見られる節がある。なお、TC242との整合を取る必要性が高く、先に示したTC242で提案された「エネルギーパフォーマンスの監視、測定、分析および検証」については、ジョイントWGを設置しての作業も進行している。

4. ISO50001の国内外での展開と展望

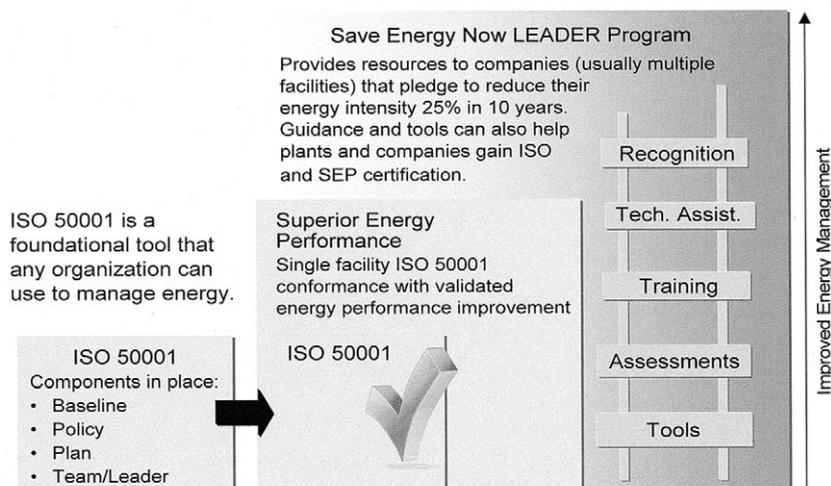
現在、ISO50001の普及・活用に最も積極的なのは、本規格の提案国でもある米国である。米国では、2006年から独自のエネルギーマネジメントシステムEnMS規格(ANSI/EMSE2000-2008)と認証・評価制度を組み合わせた、省エネルギー促進支援のパッケージプログラムSEP(Superior Energy Performance)を構築しており、ISO50001を核としたプログラムの運用を開始している。本プログラムでは、認証の方式を2種類、認証レベルを3段階に設定し、エネルギー原単位の削減を図っている。参考までに、SEPの展開に関してのスキームを図5に示す。

さらに、2010年6月のクリーンエネルギー

大臣会合では、同プログラムの国際版といえるGSEP(Global Superior Energy Performance)を提案し、米国の省エネルギー施策の国際展開を目指している。

欧州に目を向けると、ISO50001に先行して2009年7月に発行した欧州統一のEnMS規格であるEN16001を普及に力を入れてきたが、ISO50001発行を受けて従来推進してきたEN16001からISO50001に切り替えて、EnMSを欧州全体で統一・普及させる動きに転換を見ている。エネルギーパフォーマンスに関するEU指令とあいまって、ますます重要度を上げてくる可能性がある。経済の低迷を受けてか、スペインやフランス等では各国におけるISO50001の普及について、あまり加速されているとはいえない状況ではあるが、更なる進展に向けた布石は着実にうたれていると見ていいだろう。

他には、米国と並ぶエネルギーの大量消費国である中国の動きも目を離すことができない。昨年あたりは、「ISO50001ではないが、似たスキームでの認証を行う」という表明がなされていたが、最近になってISO50001そのものを用いた展開を、半ば強制的に拡大する路線に転向している。中国における普及の規模は大きく、わが国のみならず各国への影響も大きいものとなるだろう。



(出所：米国規格関係者ヒアリング資料，2010年3月)

図5 SEPの展開スキーム

また、伸張著しいインドにおいても省エネルギー法の2010年改正に伴って設置されたエネルギー効率局が中心となってISO50001をベースとしたEnMSの実施が進んできていることも見逃せない。当面の対象は一部の産業セクターに限られているが、効果の大きさは認識されつつあり、今後さらなる対象の拡大やEnMSの効果に関する認知が進むことでの普及に期待が寄せられるところである。

わが国では、ISO50001の普及促進を図って国際規格発行に遅れること4カ月で日本工業規格（JIS）化・発行制定が行われたが、ブラジル、マレーシア、チリ、韓国等をはじめとして、各国でも国内規格としてISO50001を採用した国が広がりつつある。これら各国の動きは、日本国内での本規格普及にも影響を与える可能性が高いと考えられる。

5. おわりに

本稿執筆段階で、筆者の知る限り、14社が認証を取得している。ISO50001によるEnMSの導入・実行は、その企業や組織の形態や規模によらず必ずやプラスになるものと信じている。しかしながら、特に中小規模の組織では、まずどこから着手すれば良いのか、効率向上の方法や機器情報等をどうやって入手するか、さらにはこれらの作業にかかるコストの問題

をどうクリアしていくかといったことが課題となるだろう。この辺りは、ぜひとも行政の側からもサポートしていただければと考える。個人的には、まずは第三者認証や自己認証にこだわることもなく、EnMSのつまみ食いでも構わないので、まずは「エネルギーの使い方」を考えるということを推奨したい。

一方で、すでに省エネルギー対策が進んでいると認識されている大企業にあっても、省エネルギー法の観点だけでなく、多様な見方でパフォーマンス向上の方向性を見いだすこともできるのではないだろうか。閉塞感があるところかもしれないが、意外とアプローチに値する観点があるのではないかと推測する。ぜひとも検討していただきたい。

もう一段階の普及で弾みがつき、今後のエネルギーシステムのベースとなる省エネルギー社会の構築のためにも、ISO50001がわが国をはじめ、各国のエネルギーマネジメントシステムEnMSの確立と向上に資することを心から期待するものである。

参考文献

- (1) ISO 50001:2011
- (2) JIS Q50001:2011
- (3) 西尾匡弘編：『すぐわかるISO50001（エネルギーマネジメントシステム）』日本規格協会，2011年
- (4) 『ISO50001:2011（JIS Q 50001:2011）エネルギーマネジメントシステム 解説と適用ガイド』，日本規格協会，2011年

日米欧におけるHEMSの最新開発動向



野口 英樹 (前プロジェクト試験研究部
主任研究員)

1. はじめに

わが国では、今後予想される再生可能エネルギーの大量導入に向けて、需要家と既存の電力系統とが協調して電力需給の安定化を図るスマートグリッドの導入の必要性が指摘されている。また、2011年3月の東日本大震災以降、電力需給が逼迫しており、従来にも増して需要サイドでの省エネルギーや負荷シフトなどが求められている。

このような背景から、需要サイドのうち住宅のエネルギー制御を行うシステムとしてHEMS (Home Energy Management System) が提案されて来ているが、近年のスマートグリッドに対する関心の高まりと関連要素技術の進歩が相まって、欧米諸国でも新たな実証研究や製品開発の動きが活発化している。

本稿では、今後の普及拡大が見込まれるHEMSの日米欧の最新開発動向について述べる。

2. HEMSの主な機能と果たす役割の分類

HEMSとは、太陽光発電・燃料電池などの「創エネ機器」、家庭用蓄電池などの「蓄エネ機器」、「省エネ家電」や電化設備などの「家庭用機器」を情報通信技術 (ICT) を活用することによって相互に接続し、各機器の使用状況の可視化や自動制御を通じた家庭全体での電力需給最適制御の実現を図るシステムである。

表1にHEMSの主な機能を示す。

次にHEMSが果たす役割を以下のとおり3つに分類する。

① 系統と連携して機能するHEMS

系統からの要請に応じて、需要側が協調して需給バランスを保つ。

② 住宅内で自立して省エネルギー管理を実現するHEMS

住宅内の省エネルギーや再生可能エネルギー利用の最大化などを実現する。

表1 HEMSの主な機能

		HEMSの機能			
		モニタリング	制御		付加サービス
			手動制御	自動制御	
HEMS の 対 策	電力	<ul style="list-style-type: none"> 電力使用量 電気料金 発電量・売電量 (太陽光発電) 蓄電池・電気自動車の充電量 天候・温湿度 	<ul style="list-style-type: none"> 電力使用機器のオン/オフ 運転設定の遠隔制御 (Web・スマートフォン・タブレット端末) 	<ul style="list-style-type: none"> 電力使用機器の出力の自動制御 (外部信号による機器の運転制御) 発電と蓄電の充放電の自動制御 	<ul style="list-style-type: none"> モニタリングデータによる利用状況の分析・比較 (省エネアドバイス、太陽光発電の運転状況監視) 省エネ制御、省コスト制御 アプリケーションサービスプロバイダなどによる各種サービス (ホームセキュリティ、ヘルスケアなど) SNSサービス
	ガス	<ul style="list-style-type: none"> ガス使用量 ガス料金 発電量 (燃料電池、エコウィル) 漏洩 	<ul style="list-style-type: none"> ガス使用機器のオン/オフ 運転設定の遠隔制御 ガス遠隔遮断 	<ul style="list-style-type: none"> ガス使用機器の出力の自動制御 燃料電池の運転の自動制御 	

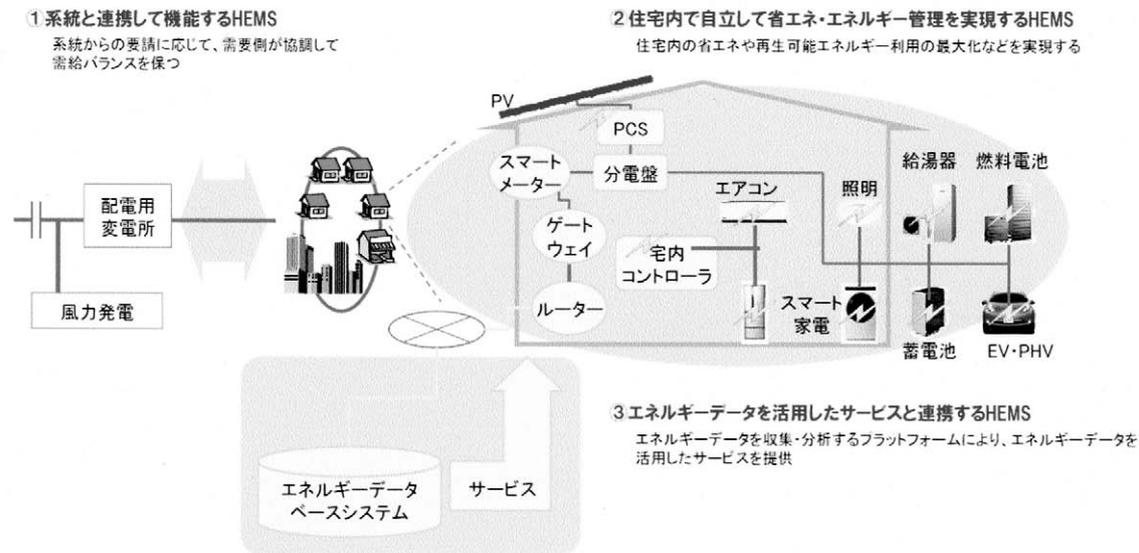


図1 HEMSが果たす役割

③ エネルギーデータを活用したサービスと連携するHEMS

エネルギーデータを収集・分析するプラットフォームにより、エネルギーデータを活用したサービスを提供する。

3. 国内におけるHEMSの現状と動向

(1) 国内におけるHEMS導入の背景と期待

国内におけるHEMS導入の背景としては、「再生可能エネルギーの大量導入」、「電力需給の変化への対応」、「ICTを活用したHEMS導入への期待」が挙げられる。

わが国においては、太陽光や風力などの再生可能エネルギーの導入・普及と効率的な活用を目指しているが、再生可能エネルギーは制御が困難で、かつ、出力が不安定であるため、大量導入された場合は地域的な電圧変動問題や周波数が不安定になるリスクがある。また、電力の需要面では、電気自動車など次世代自動車の普及や家庭内における電化が進展しつつあり、今後多くの電力需要が見込まれる中、震災以降は電力需給も逼迫している。このような電力需給両面での変化に対応するためには、電力利用の効率化実現が必須であるが、ICTを活用して効率的に需給バランスを

とるために家庭の機器、システムのエネルギー使用量、エネルギー余剰量などの情報を収集・管理でき、見える化や需要側の利便性・快適性の維持などの需要サイドのインセンティブ設計を備えたHEMSの導入へ期待が高まっている。

こうした中、HEMSに対して以下のことが期待されている。

- ・ エネルギー使用の見える化
- ・ 家電・給湯機器などの制御
- ・ 蓄電システムの最適設計
- ・ 次世代自動車の家・システムに対する充放電
- ・ 電力課金制度やポイント制度によるデマンドレスポンス
- ・ 相互接続された機器などから取得される利用情報やユーザーの特性に応じた情報などを活用した新しいサービス

(2) 国内におけるHEMS関連の政策支援

国内におけるHEMS関連の政策支援としては、経済産業省の「エネルギー管理システム(BEMS・HEMS)導入促進事業費補助金」(平成23年度3次補正予算・300億円)や「次世代エネルギー・社会システム実証事業(4地域実証)」(平成24年度予算・106億円)などがある。同補助金では異なるメーカーの製品が接続可能な公知のインターフェースが実装されることを要件とし、蓄電池等との接続など拡張性があるものを支援する。また、4地域実

証では、各地でHEMSの実証試験が実施されている。

HEMSに関する検討状況としては、経済産業省の「産業構造審議会情報経済分科会」の中間とりまとめでは、スマートメーター、HEMS、BEMS（Building Energy Management System）、CEMS（Cluster/Community Energy Management System）などの導入加速化や需要家対応の促進が取り上げられ、スマートコミュニティアライアンス国際標準化WGの「スマートハウス標準化検討会」では、HEMSの家庭内機器およびHEMSとスマートメーター間の標準インターフェースとしてECHONET Liteを推奨するとともに、国内市場への普及と海外市場の開拓のための国際標準化の推進を決定事項とした。

（3）国内におけるHEMSの導入状況

国内のHEMSを以下のように5つに類型化した。

① 見える化型HEMS

電力使用量、ガス使用量、料金などをWeb上のポータルサイト、スマートフォン、専用端末などで「見える化」するシステムで、「省エネアドバイス」などの付加サービスが提供されるケースもある。

電力使用量および発電電力量を分電盤のCTまたはスマートタップにより測定し、測定データは、サービス提供者のデータサーバに収集し、Web経由でユーザーへ提供する。なお、データはサービス提供者にて月別・日別・時間別などユーザーが必要とする形態に加工する。

ユーザーは、PCやタブレット端末でデータの閲覧が可能で、「省エネコンサル」などの省エネ支援を受ける。将来的には、家電機器の制御や取得データの活用も視野に入れる。

② ホームオートメーション型HEMS

電力使用量や電気料金の「見える化」と照明や空調の遠隔制御機能を持つシステムで、家電メーカーが自社の製品群をコントロール

するシステムとして販売されており、防犯・防災のメニューもある。

③ 発電・蓄電連携型HEMS

太陽光発電などの発電と蓄電池や電気自動車の蓄電を住宅内で最適に制御するシステムで、太陽光発電の余剰電力売電を最大化する制御や、停電時に自動で蓄電池に切り換える制御などが実用化されている。

④ サービス連携型HEMS

エネルギーマネジメント以外のさまざまなサービスと連携することで、ユーザーの利便性を高めるシステムで、タブレット端末などを通じて、多様なサービスを利用できる。サービスアプリケーションとしては、セキュリティ、ヘルスケア、通信販売などがある。

⑤ トータルエネルギー制御型HEMS

電気だけでなく熱も含めた住宅内全てのエネルギーを最適利用するシステムで、太陽光発電、燃料電池を効率良く運用し、トータルのエネルギー消費を抑制する。

（4）国内におけるHEMSの導入台数

国内におけるHEMSの導入台数は、見える化型HEMSは約1万台、ホームオートメーション型は約3万5,000台、発電・蓄電連携型HEMSは約500台、サービス連携型はトライアルサービス中（一部商用化）、トータルエネルギー制御型は実証試験中と、導入実績はまだ少ない。

（5）国内におけるHEMSの価格水準

国内におけるHEMSの価格水準は、見える化型HEMSは10万～20万円程度、ホームオートメーション型HEMSは約30万円、発電・蓄電連携型HEMSは約25万円、サービス連携型HEMSは約3万円となっている。

（6）国内におけるHEMSの通信方式

国内におけるHEMSの通信方式としては、

スマートメーターとHEMS間では、現在のところ通信不可となっている。HEMSと各機器間では、通信プロトコルはECHONETなど、通信メディアは特定小電力無線・WiFi・Zigbee・Bluetoothなどが採用されている。

(7) 国内におけるHEMSの標準化動向

国内におけるHEMSの標準化動向として、スマートコミュニティアライアンス国際標準化WGの「スマートハウス標準化検討会」において、HEMSの導入と家庭内機器およびHEMSとスマートメーター間の標準インターフェースとしてECHONET Liteが推奨された。

このECHONET Liteの特徴として、通信プロトコルに関しては、設置環境、機能要件、開発環境などにより自由に伝送媒体を選択できること。白物家電、設備系機器、センサー類など小リソースの機器にも搭載可能であること。制御コマンドに関しては、システム構成要素のオブジェクト指向モデル化により、機器開発・相互接続保証が容易であること。通信アダプタに関しては、同じ通信アダプタをさまざまな機器に差替えて利用可能なことが挙げられ、2011年12月21日にECHONET Lite (Version1.00) が一般公開された。

4. 米国におけるHEMSの現状と動向

(1) 米国におけるHEMS導入の背景と期待

米国におけるHEMS導入の背景としては、2000年代初頭のカリフォルニア電力危機を経て、ピーク需要削減のため一般家庭を含めデマンドレスポンスの試行を開始しており、京都議定書は批准していないものの、地球温暖化対策として省エネルギーは必須との認識が定着している。また、2007年エネルギー自立・安全保障法 (EISA2007) で、明確にエネルギー消費削減が謳われており、2010年全米電力消費量の部門別内訳を見ると、一般家庭が39%でトップと一般家庭の消費電力が大きくなっている。

こうした中、HEMSに対して以下のことが期待されている。

- ・住宅のエネルギー消費機器である複数の家電機器や給湯機器をITの活用によりネットワークでつなぎ、自動制御して省エネ・節電を図る
- ・デマンドレスポンス機能を用いたピーク需要削減への貢献
- ・太陽光発電、燃料電池、蓄電池、EVを有効利用したエネルギー利用の最適化

(2) 米国におけるHEMS関連の政策支援

米国におけるHEMS関連の政策支援としては、PG&Eがカリフォルニア州公益事業委員会 (CPUC: California Public Utilities Commission) の承認の下で、一般家庭にスマートメーターおよびデマンドレスポンスを導入し、家庭での電気自動車 (EV) 充電を含めてエネルギー利用の最適化を目指すEngaged Consumers。デマンドレスポンスなどによる負荷平準化、ピーク削減、省エネルギー制御を目指し、複数メーカーのHEMS、または1つのHEMSに対する複数メーカーの家電機器などを接続して相互運用できることを検証するPeacan Street Project などがある。Peacan Street Projectでは、プロジェクト予算2,500万ドルのうち1,040万ドルが米国エネルギー省 (DOE: Department of Energy) のスマートグリッド関連補助金から充当されている。

(3) 米国におけるHEMSの導入状況

米国のHEMSを以下のように5つに類型化した。

① デマンドレスポンス対応型HEMS

電力系統と協調して自動で作動するコントローラを介し、住宅内の負荷機器を制御するシステムで、電力会社の要請に従って一般家庭の家電製品を遠隔制御し、使用する電力量を管理する直接負荷制御や経済的インセンティブを用いた間接負荷制御を行うサービスなどがある。

デマンドレスポンスアグリゲーターは、消費者の電力需要を束ねてデマンドレスポンス

資源とし、電力会社に代わって系統運用の安定化に協力する事業者で、大口需要家を対象とするEnerNOC社、一般家庭も対象とするComverge社が有名である。

② ホームオートメーション型HEMS

電力使用量や電気料金が見える化と照明や空調の遠隔制御機能を持つシステムや省エネルギーと快適生活の両立を目指し、ホームエンターテインメントと融合させたシステムなどがある。

例えば、家庭内のあらゆる家電機器タイプに応じた遠隔制御装置（コンセントタイプ、エアコン用スマートサーモスタット、給湯器やプール用ポンプ制御装置、照明機器制御装置）と、それらをZigBee無線で動作設定・制御するコントローラが製品化されている。

基本的に設置工事が不要で、既築住宅にも安価に導入できるが、エネルギー利用の統計情報やエネルギー利用上のアドバイス表示など、付加情報の表示機能などはない。最近では、見える化に工夫を凝らし、生活の快適性と省エネルギーの両立を目指すホームオートメーション型HEMSの方が一般的である。

③ スマート家電連携型HEMS

スマート家電自体が系統の状況や電力料金などの情報を受信し、ユーザーの好みに適合した運転を行う際にホームゲートウェイとコントローラの役割を担うシステムである。

スマート家電（Smart Appliances）は、スマートグリッドやスマートメーターと連携し、自動的にエネルギー消費を最適化する仕組みを持った家電製品のことである。GE社のスマート家電GE Profile appliancesでは、電力会社の電気料金シグナルに応じて自動で運転モードを変更し、夜間電力を利用して動作したり、系統の電力逼迫時に出力を抑えたりする。従来の家庭向けデマンドレスポンスでは、スマートサーモスタットや遠隔制御可能なスイッチ機能を持つコンセント経由で家電機器を制御していたが、さ

らに多くの種類のスマート家電がスマートグリッドやスマートメーターと連携し、エネルギー消費を最適化する仕組みも考えられている。

④ クラウド型HEMS

電力会社側の直接負荷制御やデマンドレスポンス制御だけではなく、ユーザー側の電力使用量や電気料金が見える化と照明や空調の遠隔制御機能の両方をクラウドサービスとして実現するシステムである。一般家庭の消費者が、自宅のPCあるいはタブレット端末やスマートフォンを用いて、クラウド経由で宅内の家電機器の電力使用状況の監視・制御を行うことができ、ホームオートメーション型で利用するだけでなく、今後は、電力会社がデマンドレスポンスや直接負荷制御を行うための環境も提供するデマンドレスポンス+ホームオートメーション型が中心になると思われる。更には、電気自動車の充電制御など、サードパーティ企業が独自のエネルギー管理サービスを容易に込みこむことができる環境（エネルギーサービス・プラットフォーム型）のものも出てきている。

⑤ サービス連携型HEMS

エネルギーマネジメント以外のさまざまなサービスと連携することで、ユーザーの利便性を高めるシステム、あるいはそのようなシステムを作るためのサービスプラットフォームのことで、iControl社はホームセキュリティサービスの一環としてSecurity & Home Management Systemの中でホームエネルギー管理サービスを提供している。元来、24時間365日対象家屋の監視を行う通信インフラを有しているため、その機能を利用して遠隔での照明機器やその他家電機器のON/OFFサービスを提供している。

また、直接一般家庭の家電機器を制御する訳ではないが、Opower社は電力会社が保有する各家庭の電力消費データを分析し、電力料金の請求書と合わせて家庭内のエネルギー消費に関する分析結果と節電のためのアドバイ

スを提供するサービス、あるいは同様の情報をWEBポータルで提供している。具体的には、近所の同環境にある家庭と比較して、どれだけ電力を無駄に消費しているか、どの様な改善をすればその差を縮められるか、というアドバイスを提供する。消費者は、HEMSやHEMSで制御できる「省エネ家電」機器を導入しても継続して省エネルギー・節電を行うとは限らない。そこで、電力会社が持つ一般家庭世帯のエネルギー利用情報を活用して専門的に分析し、省エネルギー・節電にかかわる有用な情報を提供することで、ホームエネルギーを管理するHEMSと同様な機能を提供する。

(4) 米国におけるHEMSの導入台数

米国におけるHEMSの導入台数は、デマンドレスポンス対応型HEMSは約50万台、ホームオートメーション型は約95万台、スマート家電連携型HEMSは実証試験段階であり、導入実績はあまりないと推測される。クラウド型HEMSは、HEMSプラットフォームの1つであるTendril Connectを利用している全米35電力会社の一般家庭世帯数の4,164万台が潜在数となるが、実際はHEMS対応機器を導入している家庭は少ないと推定される。

(5) 米国におけるHEMSの価格水準

米国におけるHEMSの価格水準は、デマンドレスポンス対応型HEMSは0ドル（電力会社のサービス）、ホームオートメーション型HEMSは300ドルから4,000ドル程度、スマート家電型HEMSは約200ドル、クラウド型HEMSは約400ドルからとなっている。

(6) 米国におけるHEMSの通信方式

米国におけるHEMSの通信方式としては、スマートメーターとHEMS間では、通信プロトコルはZigbee SEP、通信メディアはZigbee・WiFi・LANなどが採用されている。HEMSと各機器間では、通信プロトコルはUnited States

RBDS Standard・Zigbee SEPなど、通信メディアはFM・Zigbee・WiFi・Z-Wave・PLCなどが採用されている。

(7) 米国におけるHEMSの標準化動向

米国ではデマンドレスポンス対応型が多く見受けられるが、当初、ADR（Automated Demand Respose）に関する標準化が進んでいなかったため、ADRの実証実験を行うプロジェクト参加者によってさまざまな技術・プロトコルが用いられてきた。古くは、FM放送で直接負荷制御を行うPagerという技術が採用されたが、この家電機器制御技術は、全米ラジオシステム委員会（NRSC：National Radio Systems Committee）により“UNITED STATES RBDS STANDARD”と規定され、現在でも利用されている。その後、カリフォルニア州で実施されてきたADRパイロットテストの仕組みが電力業界のユーザグループであるUCAIugで“OpenADR1.0”というフォーラム標準にまとめられた。また、ADRの関係者によるOpenADRアライアンスが誕生し、ピーク需要削減のためだけでなく、系統運用上のアンシラリーサービスにも対応する“OpenADR2.0”が規定された。このOpenADRの仕様は、国際的なオープン標準コンソーシアムOASISのエネルギー相互運用技術委員会に取り上げられ、“Energy Interoperation（EI1.0）”という規格の中でOpenADRプロファイルとして位置づけられた。一方、ZigBee無線規格を規定しているZigBeeアライアンスは、ZigBeeスマートメーターを介してADRを実現するためのプロトコル“Smart Energy Profile1.0（SEP1.0）”を規定し、ZigBee準拠のスマートメーターおよび家電機器で構成されたHEMSでのADRを可能とした。しかし、OpenADRおよびIECの国際標準とも非整合なため、“Smart Energy Profile2.0（SEP2.0）”での整合性確保の動きを見せている。現状、デマンドレスポンス対応型HEMSは、“SEP1.0”対応がほとんどだが、今後は“SEP2.0/EI2.0”対応が求められると思われる。

次に、サードパーティサービスプロバイダーへの消費者データ公開に関する標準化動向について述べる。

2009年、カリフォルニア州公益事業委員会は、2010年末までに電力会社が収集している消費者の電力使用に関するデータを、消費者自身および、消費者が承認した第三者（TPSP：Third Party Service Provider）に公開するよう通達を出した。

当時、Google PowerMeterと、Microsoft Hohmが2大TPSPで、どちらが提供するサービスも消費者が承認した場合に電力会社から情報提供を受ける個人情報保護・情報セキュリティを考慮した仕組みを有していたが、技術的な実装方法の構造が異なっていた。つまり、同じ電力会社の需要家であっても、サービス提供を行うTPSPによって顧客データを公開する仕組みが異なっていた。この問題を解決するため、カリフォルニア州の主要電力会社、Google、Microsoftその他の利害関係者が協議した結果、電力会社とTPSPで情報交換を行うオープンな自動データ交換の仕組み“OpenADE（Open Automated Data Exchange）”が考案された。この仕様に関しても、電力業界のユーザグループであるUCAIugで“OpenADE1.0”というフォーラム標準がまとめられた。

“OpenADE1.0”は、電力会社の検針データベースを利用した情報公開の仕組みを規定したもののだが、現在はTPSPからAMI（Advanced Metering Infrastructure）を経由してリアルタイムに各家庭の電力消費量情報にアクセスできるための仕組み“OpenADE2.0”の仕様が検討されている。

“OpenADE”も、そのままでは業界標準の位置づけであったが、北米エネルギー規格委員会（NAESB：North American Energy Standards Board）がこの仕様を引き取り、“OpenADE1.0”の要件を満たす「実装可能な標準インタフェース」（implementable standard interface）の定義を行い、2011年11月、「北米標準ESPI（Energy Services Provider Interface）1.0」を策定した。

5. 欧州におけるHEMSの現状と動向

（1）欧州におけるHEMS導入の背景と期待

まず、欧州大陸におけるHEMS導入の背景として、老朽化した送配電設備の更新に対する投資の抑制が求められていること。EU諸国は、2020年までに「温室効果ガスを1990年比で20%削減」、「最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を20%」、「一次エネルギー消費を20%削減」という3つの目標に合意していること。デンマーク、ドイツ北部、スペインなど風力発電設備が局所的に集中導入されている地域では、夜間などの需要が少ない時間帯に風力発電の供給過剰が発生しており、連系線で接続される近隣諸国の系統不安定化の影響が懸念されていること。ドイツでは、特定の地域に太陽光発電が集中導入されることで、配電系統における逆流対策が検討されており、ドイツの固定価格買取制度では、既に太陽光発電の自家消費に対するインセンティブを付与していることなどが挙げられる。

こうした中、HEMSに対しては、以下のことが期待されている。

- ・省エネルギーの推進と設備投資の抑制のためのピーク需要低減
- ・再生可能エネルギーの大量導入時の電力系統安定化のための電力系統と連携した需要側の制御

次に、英国におけるHEMS導入の背景として、①低炭素社会の実現のため、拘束力のある独自の温室効果ガス削減目標（Climate Change Act 2008）が掲げられており、2020年までに34%削減、2050年までに80%削減といった目標達成に向けた施策が実施されていること。②送配電設備の多くが50年前後の経年設備であり、再生可能エネルギーの導入に対応するため、2020年までに320億ポンドが必要とされる設備更新の抑制が求められているこ

と。③エネルギー供給事業者は、一般家庭における炭素排出削減目標（CERT：CarbonEmissions Reduction Target）を義務化されていること。④電力小売の自由化の下、競争環境が浸透しており、電力会社の切り換えが頻繁に発生するため、電力会社にとって顧客の囲い込み、新規獲得が課題となっていることなどが挙げられる。

こうした中、HEMSとの関連においては、低炭素社会の実現に向けて再生可能エネルギーを導入する際、電力系統の設備投資を抑制するため電力系統と連携した需要側の制御が期待されている。

また、エネルギー供給者は、スマートメーターとエネルギー消費の「見える化」システムを、家庭における炭素排出削減の推進と顧客の離反防止、新規獲得のソリューションと位置づけている。

（2）欧州大陸諸国におけるHEMS関連の政策支援

欧州大陸諸国におけるHEMS関連の政策支援としては、ドイツのE-Energy事業がある。同事業では、エネルギー供給システム全体をオンラインで管理制御して需給バランスの最適化を図る「エナジーインターネット構想」を実現させるため、以下の基準を満たす民間のスマートグリッドプロジェクトへ助成を実施することとし、技術コンペにより6つのモデル地区にて研究開発を行うこととなった。

- ① オンライン電力市場の創出
- ② 電力システムのコンピュータによる管理制御
- ③ ①と②をネットワーク化する

英国におけるHEMS関連の政策支援としては、低炭素ネットワークファンド（Low Carbon Network Fund）がある。同ファンドは、Ofgemが基金を創設し、配電系統運用者による新しい技術・運用・商業利用の実証に対して助成を行うもので、次の2つに分類される。

- ・ 第1分類：配電系統運用者が実施する小規模なプロジェクトへの補助
- ・ 第2分類：年1回、少数のフラグシッププロジェクトが行うコンペに対する年間6,400万ポンドの助成

2011年の第2分類プロジェクトは6つあり、EV・ヒートポンプ・PVマイクロ発電などが系統に導入された場合の運用、分散型電源への効率的な接続方法、デマンドサイドレスポンスと電力貯蔵設備が将来の系統運用において果たす役割について実証を行う。

（3）欧州におけるHEMSの導入状況

欧州のHEMSを以下のように4つに類型化した。

① 簡易型HEMS

インホームディスプレイやPC上で電力消費量を「見える化」するシステムでオプションとしてセンサーやスマートタップを追加すると機器ごとの電力消費量の把握や遠隔で電源のON/OFF制御が可能となる。特に英国において電力小売会社が、顧客サービスとして低価格または無料で提供している簡易な見える化のシステムである。CTで電力消費量の総量を計測し、専用ディスプレイやWeb、スマートフォンなどに表示する。

② デマンドレスポンス対応型HEMS

電力系統のピーク負荷抑制、負荷平準化を目的として、料金シグナルなど電力系統側からの信号に住宅内のコントローラが反応してエネルギー負荷を自動で制御するシステムで、現時点では開発、実証が進められている段階である。

③ スマート家電連携型HEMS

スマート家電が電力料金などの情報を受信し、ユーザーに対する情報提供や最適な機器の運転の提案などを行うシステムでホームゲートウェイが各家電間を連携させる役割を担

う。電力料金の表示や最適な起動時間のプログラムを行うスマート家電とそれらの家電を連携させるコントローラで構成されるシステムとして現時点では開発，実証が進められている段階である。

④ クラウドサービス連携型HEMS

ブロードバンド回線に接続されたホームゲートウェイを介して，住宅内の機器やセンサーをネットワーク化し，サードパーティが提供するさまざまなアプリケーションや機器を利用することで，住宅の快適性や利便性を向上させるシステムである。ブロードバンドに接続されたSmart Connect Boxと呼ばれるゲートウェイを介して，タブレットPCやスマートフォンで住宅内の機器制御やセンサー情報の確認が可能となる。オープンなプラットフォーム上で，さまざまなサービスアプリケーションが利用できる。

(4) 欧州におけるHEMSの導入台数

簡易型HEMSが約200万台，その他は実証試験中またはトライアルサービス中である。簡易型HEMSのほとんどは英国に導入されている。

(5) 欧州におけるHEMSの価格水準

簡易型HEMSの無料で配布されるものから120ポンド程度となっている。

(6) 欧州におけるHEMSの通信方式

スマートメーターとHEMS間では，通信プロトコルはZigbee SEPなど，通信メディアはZigbeeなどが採用されている。HEMSと各機器間では，通信プロトコルはZigbee SEPなど，通信メディアはZigbee・WiFiなどが採用されている。

6. 国内外HEMSの特徴分析

各地域のHEMSを類型ごとに機能や導入状況について比較する。機能については，各地域ともにモニタリングおよび遠隔（手動）制御の機能は有している。蓄電池やEVの充放電自動制御や熱も含めたトータルエネルギー制御は日本が先行しており，家電自動制御やデマンドレスポンスへの対応は欧米が先行している。サービスとの連携は日米が取組んでいる。(表2)

表2 各地域HEMSの機能比較

HEMSの類型		HEMSの機能							
		モニタリング	遠隔(手動)制御	蓄電池/EVの充放電自動制御	家電自動制御	トータルエネルギー制御	DR対応	サービス連携(エネマネ以外)	
国内	J-Type 1	見える化型HEMS	○						
	J-Type 2	ホームオートメーション型HEMS	○	○					
	J-Type 3	発電・蓄電連携型HEMS	○	△	○				
	J-Type 4	サービス連携型HEMS	○	△					○
	J-Type 5	トータルエネルギー制御型HEMS	○	○			○		
米国	A-Type 1	DR対応型HEMS	○	○				○	
	A-Type 2	ホームオートメーション型HEMS	○	○					
	A-Type 3	スマート家電連携型HEMS	○	○		○		○	
	A-Type 4	クラウド型HEMS	○	○				○	△
	A-Type 5	サービス連携型HEMS	○	△					○
欧州	E-Type 1	簡易型HEMS	○	△					
	E-Type 2	DR対応型HEMS	○	○				○	
	E-Type 3	スマート家電連携型HEMS	○	○		○			
	E-Type 4	クラウドサービス連携型HEMS	○	○					○

導入台数については、欧州（主に英国）の簡易型HEMSの約200万台が最も多いが、見える化のみの簡易なHEMSであり、蓄電池・EVの充放電自動制御、家電自動制御などの高性能HEMSの導入は各地域ともにこれからである。（表3）

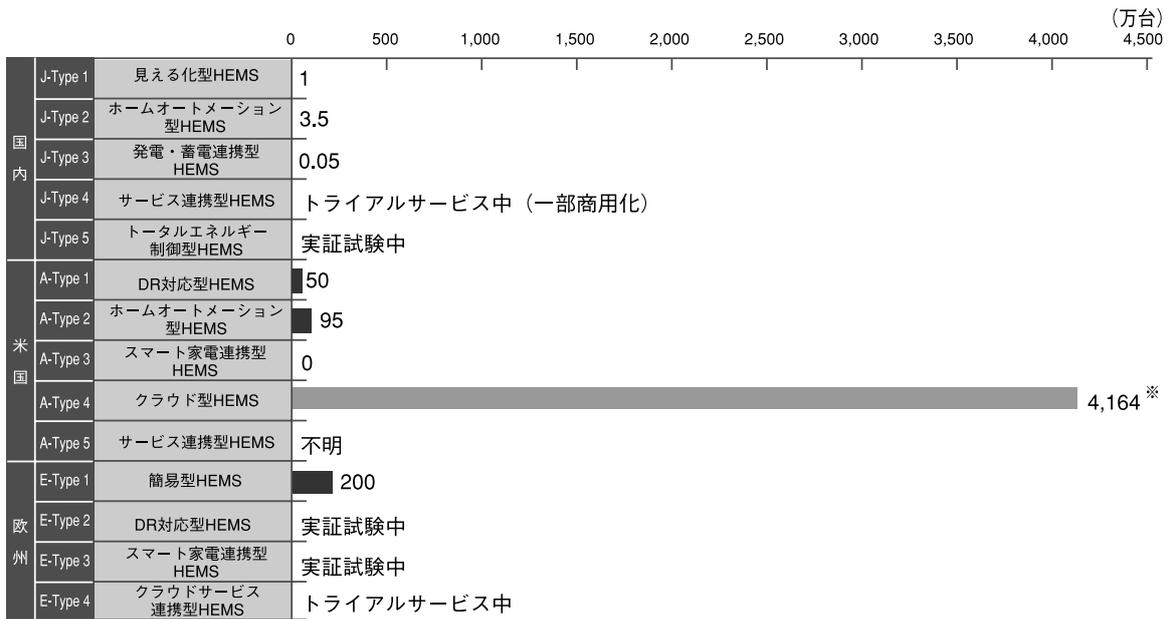
価格帯については、各地域ともに見える化が主体の数万円からホームオートメーション型の30万円程度が一般的のようである。（表4）

7. まとめ

電力需給における需要サイドに対する期待の高まりや、スマートグリッドに対する関心の高まりと関連要素技術の進歩より、国内外でHEMSが注目されている。

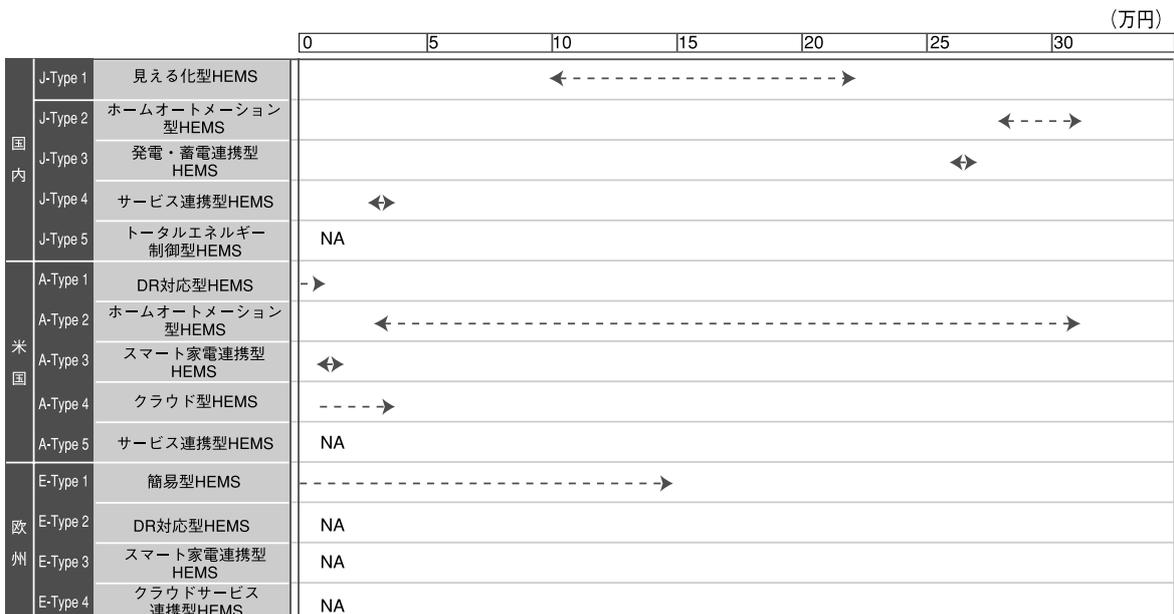
日本の状況としては、住宅内で自立して省エネルギーやエネルギー管理を実現するHEMSが多く、系統と連携して機能するHEMS

表3 各地域HEMSの導入台数比較



* Tendril Connectを利用している全米35電力会社の一般家庭用世帯数合計値で、すべての家庭でHEMS対応機器を設置し家電制御しているわけではない。

表4 各地域HEMSの価格帯比較



(デマンドレスポンスなど)は、4地域実証などにおいて実証が計画されている。蓄電池・EVの充放電自動制御や熱も含めたトータルエネルギー制御への取り組みが先行している。家庭内機器の自動制御やデマンドレスポンス対応などは今後付加されると思われる。

米国の状況としては、系統と連携して機能するデマンドレスポンス対応型や住宅内で自立して省エネルギーおよびエネルギー管理を実現するホームオートメーション型が多い。ホームセキュリティサービスの一環としてエネルギー管理サービスを提供するところもある。電力会社の料金シグナルに応じて自動的に運転モードを変更するスマート家電も存在し、電力会社にデマンドレスポンスや負荷制御などを行うための環境を提供するクラウド型もある。

欧州の状況としては、顧客の囲い込みのために、低価格または無料で提供する簡易な見える化システムが英国で特に多い。系統と連携して機能するHEMS（デマンドレスポンスなど）、スマート家電などは開発・実証中である。

今後の展望・課題としては、HEMSは萌芽期にあり、今後世界でさまざまな開発・実証・サービス展開が図られ、標準化に関する活動が活発化すると予想されるため、ECHONET Liteの国際標準化の促進や標準インターフェイスを用いた機器接続検証システムの確立が求められる。また、消費者メリットの拡充（省エネルギー効果の向上・省エネルギー以外の付加価値提供・ポイントバックなどの経済メリット）、消費者負担の軽減（コスト低減）、HEMSの認知度向上（HEMSの効果や利便性・HEMS設置に対する助成）も必要である。

世界の石炭ガス化技術の全容 ～IGCCでの実績と最近のトラブル事例調査～



入谷 淳一 (プロジェクト試験研究部
主管研究員)

1. はじめに

東日本大震災以降日本におけるエネルギー政策は大きく転換を迫られ、あらためてエネルギーベストミックスの在り方が重要視されている。石炭は安定供給、経済性において優れたエネルギー源である。石炭ガス化複合サイクル発電 (IGCC) および石油に替わる化学原料として石炭のガス化技術が注目されている。

本稿では、石炭ガス化技術の全体概要を述べるとともに、IGCCについて米国および欧州を主体に、最近の現地での調査結果を含めてガス化炉仕様、稼働率、トラブル内容および対応等の現地の運転状況について報告する。

2. IGCCの概要

図1に一般的なIGCCを示す。ガス化原料と

しては、石油精製から発生する重質油やペトコークのほか、石炭やバイオマスが対象となり、①のガス化炉内で部分酸化 (不完全燃焼) することで、一酸化炭素 (CO) や水素 (H₂) の可燃ガスが生成される。生成されたガスを一般的に「シンガス (Synthesis Gas: 合成ガス)」と称している。シンガスはガス化炉内や外部に設置されたシンガスクーラーで冷却 (熱交換) され、②のダストフィルターでシンガス中に含まれるチャー (Char) と呼ばれる未燃炭素分が取除かれる。次に、シンガス中に含まれる硫黄化合物は③のガス精製で除去される。ガス化原料中に含まれる硫黄分は部分酸化によって大半が硫化水素 (H₂S) になり、ガス精製装置で処理される。不純物を除去されたシンガスは、④のガスタービンで高温燃焼・発電され、燃焼排ガスの熱量を⑤の熱回収ボイラーで水蒸気として回収し、⑥の蒸気

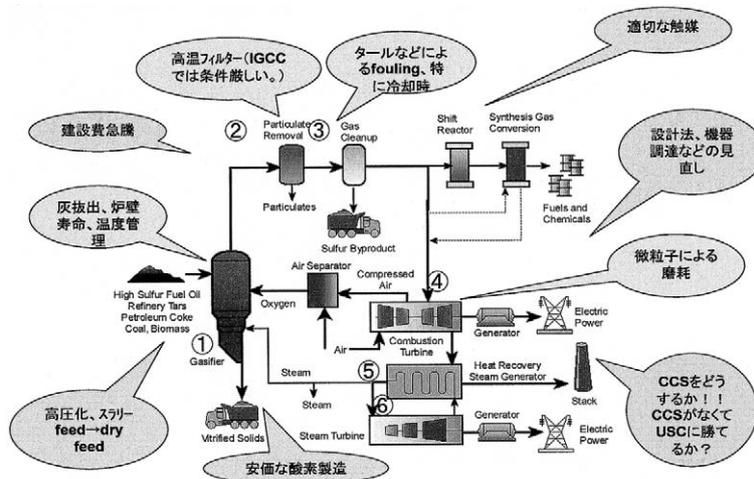


図1 一般的な石炭ガス化プロセス

タービンで発電する。以下にガス化プロセスに顕在化するトラブルを機器別に整理する。

- ① ガス化炉：ガス化炉内で溶融した灰分（スラグと呼ぶ）の詰りや閉塞。ガス化炉炉壁耐火材の損耗・寿命。酸素部分燃焼に起因する燃焼温度制御・管理など。
- ② シンガスクーラー：シンガス中のタール分やチャーの付着・閉塞。これに起因する冷却不良による後流機器の高温トラブル。
- ③ ダストフィルター：チャーの詰りや下流側へのリーク。セラミックフィルターの割れ。
- ④ ガス精製：タール分の付着・汚れによる性能低下や吸収液の劣化など。
- ⑤ ガスタービン：シンガス中の微粒子によるタービン翼の損耗や異常振動など。
- ⑥ 空気分離装置（ASU）：極低温に起因するコンプレッサーの損傷など。

3. IGCCプロジェクト

(1) 世界のIGCCプロジェクト

図2に世界で稼働中のIGCCプロジェクトを示す。米国では、エネルギー省のクリーンコールテクノロジー・ラウンドⅢに採択された、タンパ（Tampa）とワバシュリバー（Wabash River）の2つのプロジェクトがある。ヨーロッパではチェコに、ルルギ炉26基からなるブレソバ（Vresova）プロジェクトと、オランダのブゲナム（Buggenum）およびスペインのプエルトヤーノ（Puertollano）の3つのプロジェクトがある。各プロジェクトの概要について以下に紹介する。

(2) Tampa IGCC プロジェクト

表1にTampa IGCC プロジェクトの概要を、図3にガス化炉断面を示す。図4にTampa

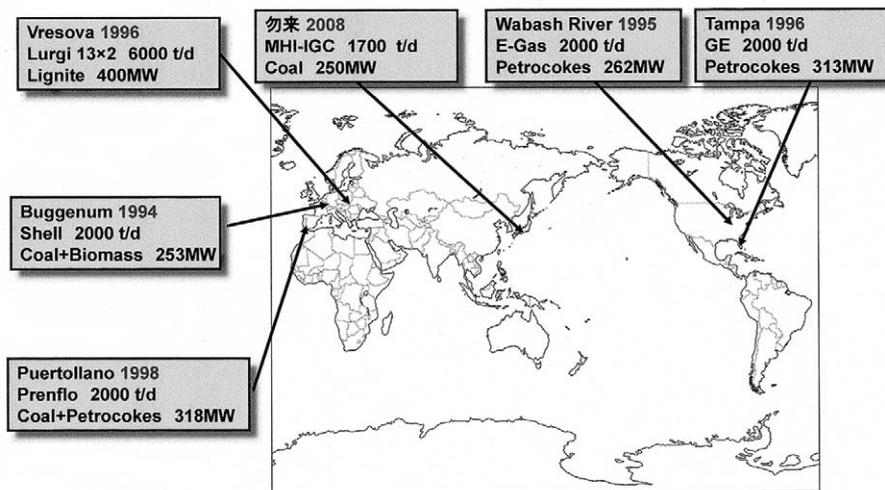


図2 世界で稼働中のIGCCプロジェクト

表1 Tampa IGCCの概要

プロジェクト名	Tampa
運転開始年	1996年～ DOE/CCT round III
発電出力	発電端 313MW(GT 192MW ST 121MW) 送電端 250MW
ガス化性能	発電効率 設計 98% 実績 92%
ガス化原料	ペトロコークスのスラリーフィード
ガス化炉技術	GT(Texaco) 噴流床酸素吹き
特記事項	・ダイレクトクエンチとラジアントクーラーの2タイプがある ・効率より設備利用率を重視 ・天然ガスのバックアップあり

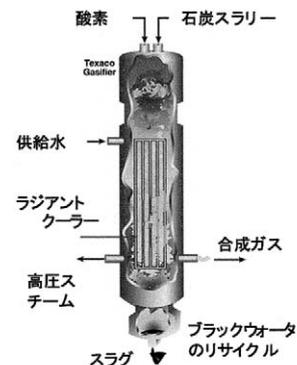


図3 Tampa プラントのガス化炉断面図⁽¹⁾

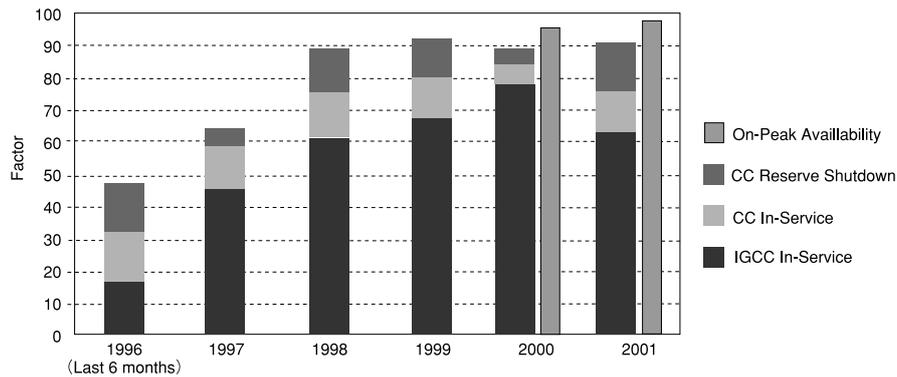


図4 Tampa IGCC 設備利用率の推移⁽²⁾

IGCCの信頼性を表す、年次別の設備利用率を示す。図中棒グラフの下段がIGCCの設備利用率で、中段が天然ガスによるバックアップによるコンバインドサイクル (CC) の利用率を、上段が計画停止率を示している。1996年9月からIGCC運転を開始したが、シンガスクーラーでのリーク・閉塞、ガスタービンの燃焼器やブレードに初期トラブルが発生し、初年度の利用率は低い。1997～1998年は、シンガスクーラーのリーク・閉塞が改善されないのに加えて、ASUコンプレッサーの損傷、ダストフィルターの詰り、ガス精製装置からのリークなどが発生し、IGCCの利用率は45～60%に留まっている。1999年には30日間のガス化炉耐火材の張替えや、ダストフィルターの改造による詰り・閉塞の軽減、低S分炭への切替による効果で、IGCC利用率は70%を達成した。2000～2001年には、夏季ピーク対応として利用率95%も達成している。2001年ではASU主コンプレッサーインペラー損傷やガス化炉スーパードライリークなどのため、年間のIGCC

利用率は70%を下回ったが、天然ガスバックアップや計画停止を加味すれば、90%前後の利用率が達成されている。

(3) Wabash River IGCCプロジェクト

表2にWabash River IGCC プロジェクトの概要を、図5にガス化炉断面を示す。図6に2005年4月～2008年4月のガス化関連設備の信頼性 (Reliability) と設備利用率 (Availability) の推移を示す。Wabash River IGCC は、2000年にDOE実証試験を完了し、ガス化原料をペトロコークに替えて2005年より商用機として再稼動している。図中の折線グラフ上側 (◆印) が、ガス化関連設備の信頼性で、2006年には85%を越え2008年には90%に達成している。折線グラフ下側 (■印) は、計画停止や需給上の停止を加味した設備の利用率 (Availability) である。図7は、年度毎のASUを含めたガス化系統 (棒グラフ左) と発電系統 (棒グラフ中央) の設備利用

表2 Wabash River IGCCの概要

プロジェクト名	Wabash River
運転開始年	1995～2000年 石炭 (Illinois No.6) 2000年～ ペトロコークス
発電出力	発電端 262MW(GT 192MW ST 70MW) 送電端 229MW
ガス化性能	炭素転換率 99.5%
ガス化原料	ペトロコークスのスラリーフィード
ガス化炉技術	E-Gas (Conoco) 噴流床酸素吹き
特記事項	・ガス化炉のスベア1基あり ・石炭2段供給 ・チャーリサイクルで高効率化

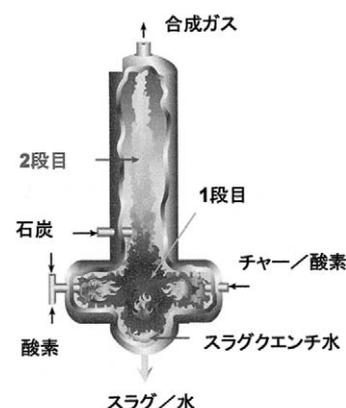


図5 Wabash Riverプラントのガス化炉断面図⁽³⁾

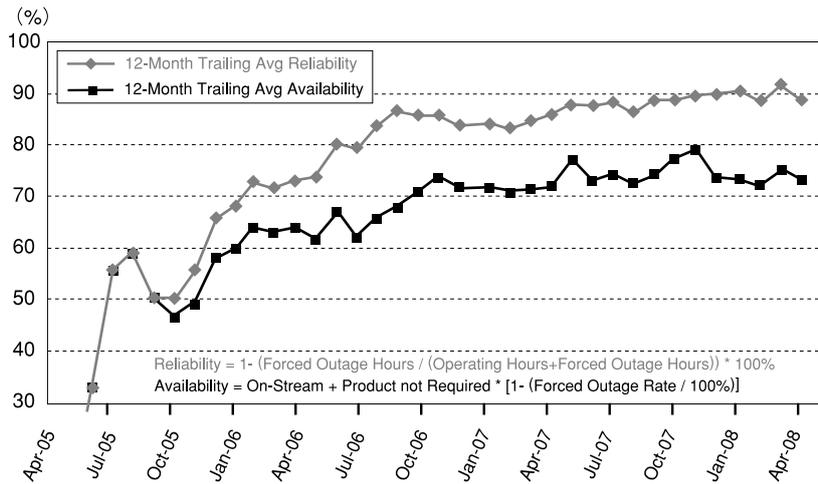


図6 Wabash River IGCC ガス化関連設備の信頼性と設備利用率推移⁽⁴⁾

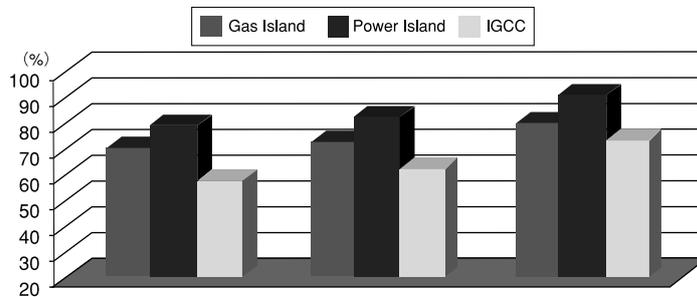


図7 Wabash River IGCC ガス化設備の系統別設備利用率⁽⁴⁾

率と、IGCC全体の設備利用率を示したもので、ASUを含むガス化系統がIGCC全体の設備利用率（棒グラフ右）を支配しているのが分かる。

図8に設備別の信頼性を示す。棒グラフ左端のBoiler（シンガスクーラー）がリーク・閉塞のトラブルで95%と低く、次にGasifier（ガス

化炉）がスラグ閉塞等で97%と低い。IGCC全体ではASUが92%と低く、酸素ホルダー容量の少ないWabash River IGCCでは、ASUトラブル時にプラントを停止する必要があるため、全体の信頼性を低下させていることが分かる。

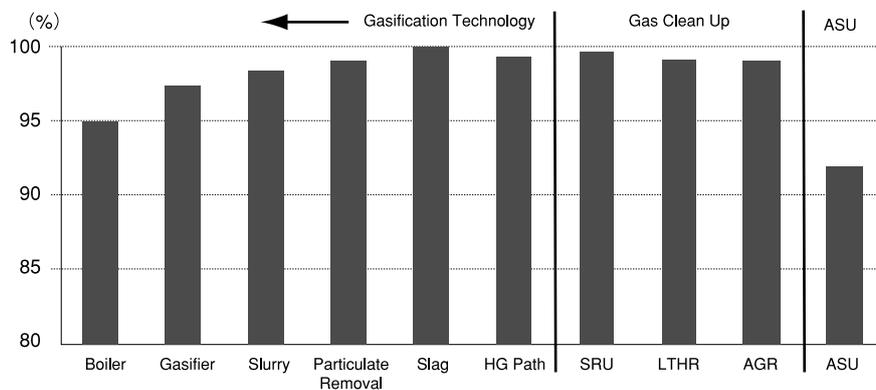


図8 Wabash River IGCC 設備別の信頼性⁽⁴⁾

(4) NUON (Buggenum) IGCCプロジェクト

表3にBuggenum IGCC プロジェクトの概要を、図9にガス化炉断面、ガス化炉・シンガスクーラーの据付鳥瞰図を示す。図10に1993～2006年の設備利用率(Availability)を示す。図中の折線グラフ上側(◆印)が天然ガスのバックアップありの利用率で、折線グラフ下側(■印)は石炭ガス化ガス(Syngas)による利用率を示す。運転開始後5年間は費用を投入して改良を行い、ガス化炉の利用率を向上させ、運転員の運転技術の向上にも寄与した。2006年までの14年間の運転経験で、20件以上のトラブルに

よるプロセス改造を実施し、プラントデザインの変更は5,000件以上にのぼる。

(5) Vresova IGCCプロジェクト

表4にVresova IGCC プロジェクトの概要を示す。Vresovaは1968年に都市ガス供給を目的として、ルルギ炉26基を導入した。ルルギ炉は固定床でガス化温度が400～1,100℃と低いため、高温ガス化炉に比べてメタン(CH₄)濃度が10%程度と高く都市ガス用途に適している。Vresovaは1990年代にロシアから天然ガ

表3 Buggenum IGCCの概要

プロジェクト名	Buggenum
運転開始年	1994年～
発電出力	発電端 253MW
ガス化性能	発電効率 Net 43%
ガス化原料	石炭とバイオマスのドライフィード
ガス化炉技術	Shell 噴流床酸素吹き
特記事項	・バイオマスは重量比30% 熱量比12%まで ・天然ガスのバックアップあり

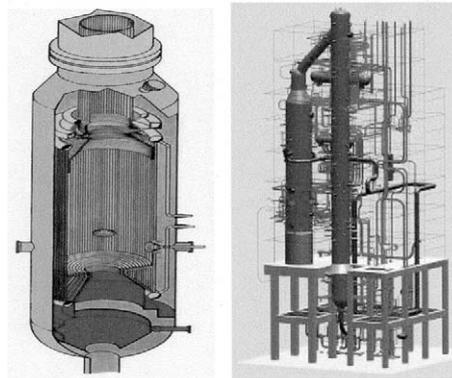


図9 Buggenumプラントのガス化炉断面図⁽⁵⁾

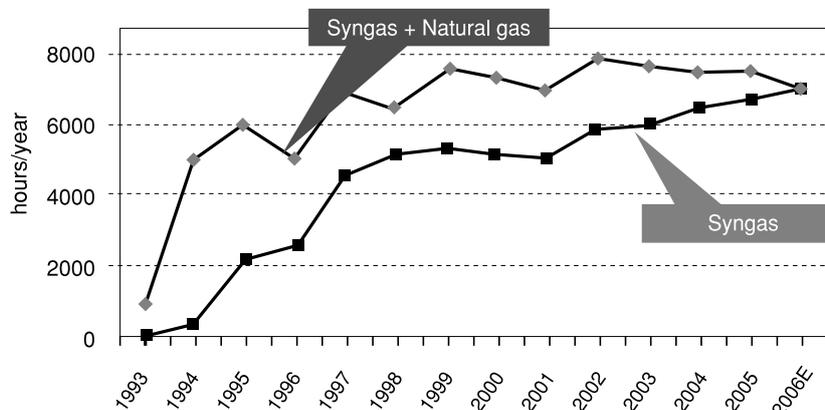


図10 Buggenum IGCC 設備利用率の推移

表4 Vresova IGCCの概要

プロジェクト名	Vresova
運転開始年	1996年～
発電出力	発電端 400 MW (GT 309MW ST 114MW) ガスタービンはGE 9E×2
ガス化原料	褐炭 (Lignite)
ガス化炉技術	Lurgi 13基×2系列 固定床酸素吹き
特記事項	・1968年から都市ガス用に使用。ロシアから天然ガスが入った1996年にGT追設してIGCC運転。 メタノール、アンモニアも製造

スが供給されるようになり、GEのガスタービンを追設して1996年よりIGCCの電力供給に切替えた。現在は褐炭を乾燥してガス化原料としており、IGCCに加えメタノールやアンモニアの化学原料も製造している。

表5 ELCOGAS IGCCの概要

プロジェクト名	ELCOGAS(Puertollano)
運転開始年	1998年～EU Thermie プログラム
発電出力	発電端 317.7 MW(GT 182.3 MW ST 135.4 MW) 送電端 282.7 MW
ガス化性能	発電効率 Net 42.2% Gross 47.1%
ガス化原料	石炭とペトロコークスのドライフィード
ガス化炉技術	Prenflo (Uhde)噴流床酸素吹き
特記事項	・天然ガスのバックアップで高い設備利用率を達成 ・空気分離装置にGTの圧縮空気を流用し所内動力を軽減

(6) ELCOGAS (Puertollano) IGCCプロジェクト

表5にPuertollano IGCC プロジェクトの概要を、図11にガス化炉・シンガスクーラー断面を示す。図12に1998～2011年の送電電力量(GWh)を示す。図中棒グラフ下部(濃部)がIGCCによる発電、棒グラフ上部(淡部)が天然ガスによるバックアップを示す。運転開始当初は天然ガスによるバックアップの比率が高く、年々IGCCによる発電の割合が増え、2001～2003年は年間の送電電力量の80%以上がIGCCによるもので、機器の信頼性が向上してきたことが判る。2007～2008年は、ASUのN₂コンプレッサーカップリングの損傷補修の

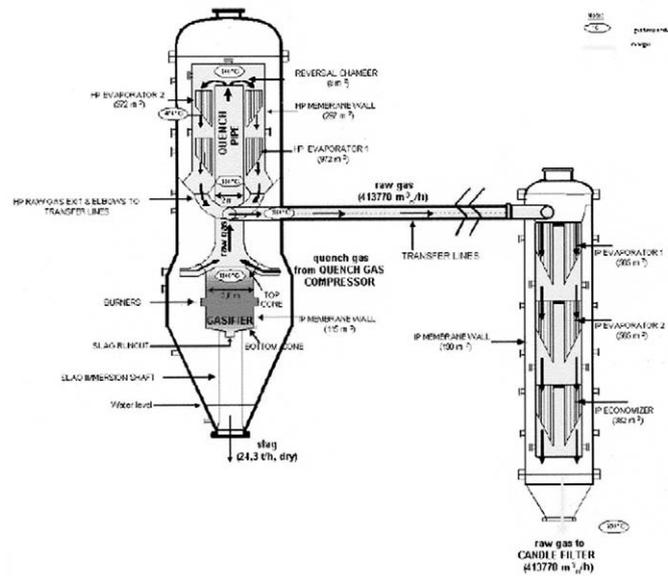


図11 ELCOGASプラントのガス化炉⁽⁶⁾

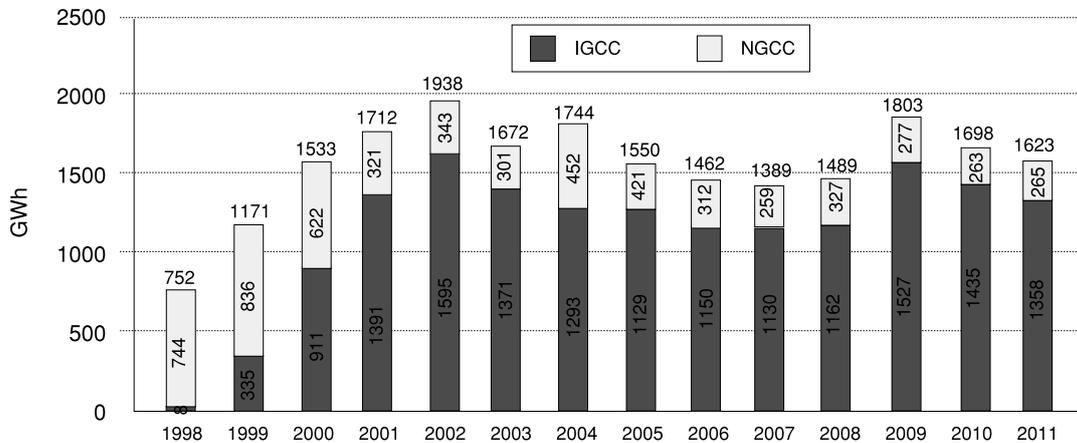


図12 ELCOGAS IGCC 送電電力量の推移⁽⁶⁾

ため発電量が低下しており、2010年は売電単価調整が折り合わず、35日の発電停止期間があった。また、2011年はプラント10万時間経過後の細密点検を実施したため、年間発電量は減少している。

図13に2011年におけるIGCC設備別の設備利用率（Availability）を示す。図中棒グラフの

下段が設備別の設備利用率で、中段が計画停止率，上段が計画外停止率でいわゆる事故停止率である。IGCC全体の設備利用率は、Gasifier（ガス化炉）の計画外停止の9.1%に支配されている。

図14は2011年の機器別のトラブルで、プラントの運転に支障が出た要因分析である。図

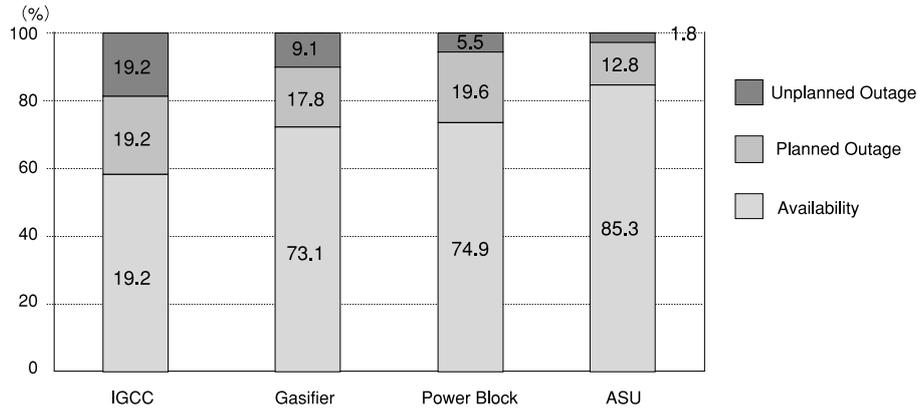
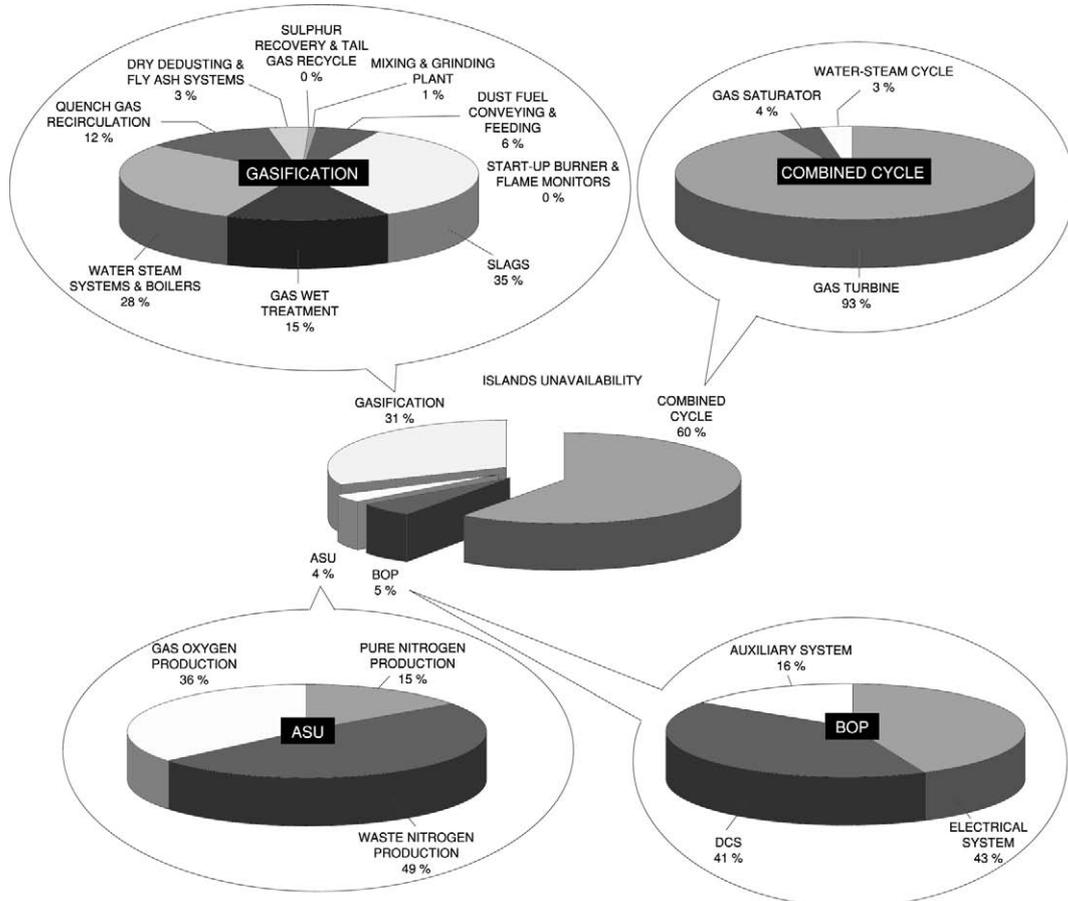


図13 ELCOGAS IGCC 設備別の設備利用率⁽⁶⁾



(出所：参考文献6を基に作成)

図14 ELCOGAS IGCCの機器別トラブル分析⁽⁶⁾

が小さいというエラーでないため大変見難いが、図の中心の円グラフがIGCCプラント全体のトラブル分析で、Combined Cycle（複合発電）60%、Gasification（ガス化炉）31%、BOP（補機）5%、ASU 4%の内訳となっている。Combined Cycle（複合発電）60%の詳細内訳が右上の円グラフで、GAS TURBIN（ガスタービン）93%、WATER STEAM CYCLE 3%他となっている。左上がGasification（ガス化炉）31%の詳細内訳で、スラグトラブル35%、シンガスクーラーとその水・蒸気システムのトラブルが28%、湿式ガス精製設備15%、クエンチガスの再循環系統12%、その他乾式脱じん設備などが数%オーダーのトラブルを経験している。同様に右下の円グラフがBOP（補機）の、また左下がASUの詳細内訳を示しており、構成機器の多いIGCCプラントにおけるトラブルを視覚的・統計的に分析している。

4. まとめ

世界の石炭ガス化の歴史は古く、チェコのVresovaは1968年に都市ガス供給用として石炭ガス化の操業を始め、1996年からIGCCプラントに転用している。1970年代に世界を震撼させた二度に亘るオイルショックを契機として、海外のオイルメジャーを中心に噴流床石炭ガス化炉が相次いで開発され、1990年代にオランダNUONのShell炉を始めとする、石炭処理量2,000 t/d（発電出力250MWクラス）の4つのIGCCプラントが運転を開始した。

IGCCは微分炭焚石炭火力に比べ、シンガスクーラーやガス精製設備、ガスタービン、ASUなどの構成機器が多くなるため、世界のIGCCプラントはガス化炉におけるスラグ閉塞、シンガスクーラーでのチャーの付着・閉塞、ダストフィルターからのリーク、ASUコンプレッサートラブルなど共通の課題に直面した。Tampa, NUON, ELCOGASでは、天然ガスのバックアップで稼働率を向上させながらトラブルを克服し、現在では商用機として成熟期を迎えている。

一方わが国では、2008年に勿来IGCC250MW（石炭処理量1,700 t/d級）の実証試験を開始し、5,000時間の連続運転実証試験で商用化の見通しを得て、2012年度まで検証試験を継続する。また酸素吹石炭ガス化技術として、石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）のパイロットプラント（石炭処理量150 t/d級）が2013年度まで試験運転される予定で、2016年から石炭処理量1,100 t/d級の実証プラントが運転を開始する計画であり、石油代替燃料として石炭ガス化技術開発が着実に進められている。

参考文献

- (1) Tampa パンフレット
- (2) Tampa Electric Polk Power Station Integrated Gasification Combined Cycle Plant Final Technical Report August 2002
- (3) Wabash River パンフレット
- (4) Wabash River Gasification Plant Tour for Japan Clean Coal Delegation July 2009
- (5) NUON パンフレット
- (6) ELCOGAS Presentation, February 2012

集光型太陽熱技術研究会（STE研究会）の発足について

（財）エネルギー総合工学研究所

財団法人エネルギー総合工学研究所は2012年6月、集光型太陽熱技術研究会（STE研究会）を立ち上げた。本研究会は、太陽熱発電に関心を持つ多くの企業の連携を実現し、世界へのインフラ輸出や国内外への太陽熱利用、さらには太陽熱による燃料製造などを行なおうとするものである。これにより国内産業の発展とともに、二酸化炭素の削減による地球温暖化の抑制、国のエネルギー安全保障を実現するものである。

集光型太陽熱利用において、太陽光の集光・集熱技術は下図に示すようにさまざまであり、また、新たなエネルギー転換技術や用途も今後開拓されていくと見込まれる。日本企業は集

光・集熱技術部分ではドイツやスペインなどの太陽熱の先進国に後れを取っているものの、エネルギー転換技術やその応用部分については世界の最先端にある国の1つである。したがって、これら各技術部門を総合的に考え、組み合わせ、また、新たな応用先を見つけることにより、日本の太陽熱技術を世界の最先端技術にもっていくことはさほど困難ではないと考えている。これを早期に実現していくには、大学での研究・開発に連携しながら、設置者、大学などの関係研究機関、一般需要家など関係者が情報交換を行い、考え方を共有するとともに、必要な技術開発についての提言や、技術開発を行うことが重要である。

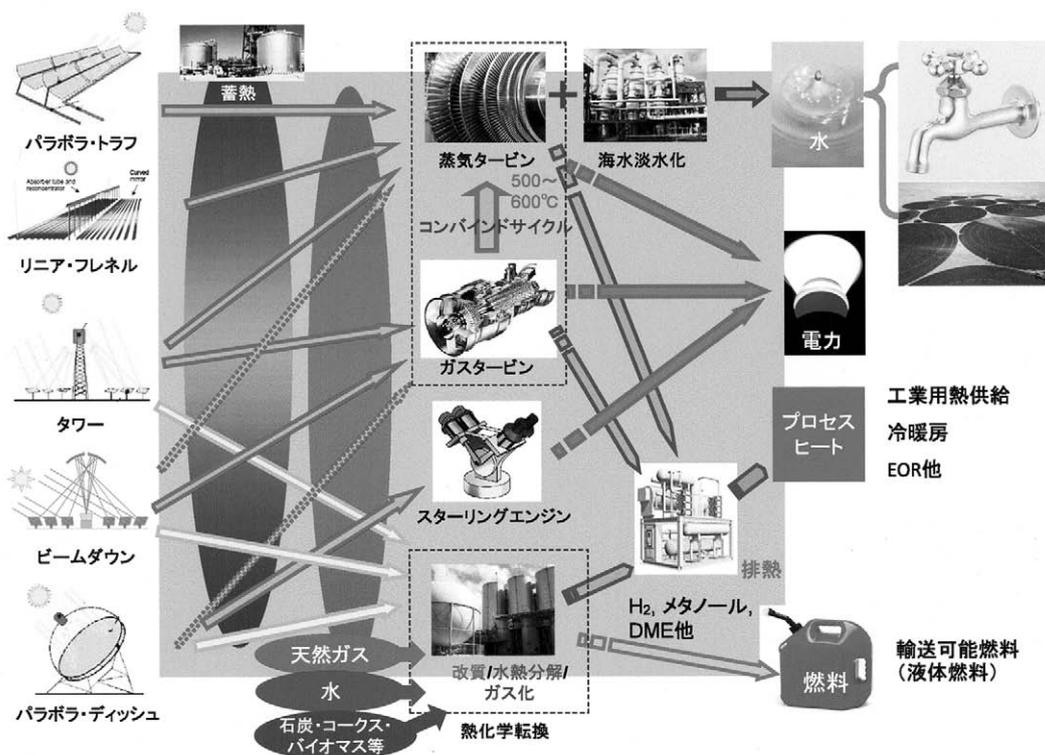


図 集光型太陽熱利用の集光・集熱技術，エネルギー転換技術とその応用

STE研究会はこのような背景のもと設立され、現在システムやコンポーネント開発関連、エンジニアリング、ユーザ等の26社が加盟している。本研究会では隔月に研究会を行い、それに加えてタワー型、線集光型、蓄熱の各分科会の会合を行っている。

現在、各国・地域はそれぞれ業界団体を立ち上げ、情報交換の促進や技術開発の早期実用化を図っている。さらには、世界の業界団体がネットワークを組み、より広範囲の情報交換を行うという動きも始まっている。このSTE研究会が、日本の太陽熱発電をより速やかに世界に伍して戦える技術に育てることができるよう、経済産業省およびNEDOとも連携を取りながら努力していきたい。

[連絡先]

(財)エネルギー総合工学研究所
プロジェクト試験研究部
吉田一雄，金子裕子
電話：03 - 3508 - 8894

研究所のうごき

(平成24年7月2日～10月1日)

◇ 第40回評議員会

日時：7月19日(木) 11:00～12:10

場所：経団連会館(5階) 501号室

議題：

- 第一号議案 役員の一部改選について
- 第二号議案 評議員の一部交替について
- 第三号議案 平成23年度事業報告書および
決算報告書について
- 第四号議案 定款変更案について
- 第五号議案 一般財団法人への移行認可申請に
ついて
- 第六号議案 その他

◇ 第84回理事会

日時：7月20日(金) 11:00～12:00

場所：経団連会館(5階) 504号室

議題：

- 第一号議案 役員人事について
- 第二号議案 評議員の一部交替について
- 第三号議案 定款変更案について
- 第四号議案 一般財団法人への移行認可申請に
ついて
- 第五号議案 役員報酬規程の改定について

◇ 月例研究会

第314回月例研究会

日時：7月27日(金) 14:00～16:00

場所：航空会館5階501・502会議室

テーマ：

1. 「CO₂フリー水素チェーン実現に向けた構想
研究会」の活動概要
(財エネルギー総合工学研究所 主管研究員
笹倉 正晴)
2. 光触媒を用いる水素製造
(東京大学大学院 工学系研究科 化学システム
工学専攻 准教授 久保田 純 氏)

第315回月例研究会

日時：8月31日(金) 14:00～16:00

場所：航空会館5階501・502会議室

テーマ：

1. 地熱エネルギーの有効利用に向けて
(独)産業技術総合研究所 地圏資源環境研究
部門 地熱資源研究グループ長 阪口 圭一 氏)
2. 革新的波力発電システムの開発
(東京大学 生産技術研究所 エネルギー工学
連携研究センター 特任教授 橋本 彰 氏)

◇ 外部発表

[講演]

発表者：松井 一秋

テーマ：Fukushima Status and Lessons

発表先：LAS/ANS Symposium on Fukushima Out-
comes: The impact on Latin American Nuclear
Power Programs

日時：7月3日

発表者：村田 謙二

テーマ：キャリアを用いた地球規模でのエネルギー
の輸送・貯蔵のフィージビリティ

発表先：(独)科学技術振興機構 研究開発戦略セン
ター主催「再生可能エネルギーの輸送・
貯蔵・利用に向けたエネルギーキャリア
の基盤技術」ワークショップ

日時：7月28日

発表者：内藤 正則, 岡田 英俊, 鈴木 洋明

テーマ：Function of Isolation Condenser of Fukushima
Unit-1 Nuclear Power Plant

発表先：米国機械学会(ASME)主催 20th Inter-
national Conference on Nuclear Engineering
(ICONE20)

日時：8月3日

発表者：坂田 興

テーマ：CO₂フリー水素エネルギーシステム

発表先：一般社団法人電気倶楽部

日時：8月28日

発表者：小野崎 正樹

テーマ：R&D activities in Japan for Coal Conversion
Technology

発表先：Expert meeting for clean coal and CCS tech-
nology (at Korea Institute of Energy Research)
International Workshop on Advanced Energy
Technologies (at Seoul National University of
Science and Technology)

日時：8月28日, 29日

発表者：蓮池 宏

テーマ：超臨界CO₂ガスタービン発電システムの研
究開発

発表先：技術セミナー「外部加熱式発電システムの
開発動向」

日時：8月29日

発表者：内藤 正則, Marco Pellegrini, 平川 香林,
高橋 淳郎

テーマ：● Overview of Severe Accident Analysis Code
SAMPSON and Its Improvement Plan
(内藤正則)

● Analysis by SAMPSON Code of High Pressure Injection Systems: Operation and Availability at Fukushima Dai-ichi Unit 3 (Marco Pellegrini)

● Analysis of Accident Progression of Fukushima Dai-ichi Unit 1 with SAMPSON Severe Accident Code (平川香林)

● Analysis of Accident at Fukushima Dai-ichi Unit 2 by SAMPSON Severe Accident Code (高橋淳郎)

発表先: International Workshop on Nuclear Safety and Severe Accidents (NUSSA), Beijing, China
日 時: 9月8日

発表者: 小碓 創司, 吉田 一雄

テーマ: Development and Preliminary Evaluation of CUDA Code for Concentrating Solar Power System of Tower Reflector Type

発表先: SolarPACES 2012, the international symposium on concentrating solar power and chemical energy systems, Marrakesh, Morocco
日 時: 9月12日

発表者: 杉山 昌広 (財電力中央研究所), 黒沢 厚志, 増田 耕一 (独) 科学技術振興機構), 都筑 和泰, 森山 亮, 石本 祐樹

テーマ: 気候工学と気候政策: レビュー
発表先: 環境経済政策学会 2012年大会 (於, 東北大学)
日 時: 9月15日, 16日

発表者: 楠野 貞夫

テーマ: 東日本大震災後の核燃料サイクルへの影響評価
発表先: 日本原子力学会 2012年秋の大会 (於, 広島大学)
日 時: 9月19日~21日

発表者: 内藤 正則, 岡田 英俊, 内田 俊介

テーマ: FACによる減肉予測の高度化とシステム安全評価への適用
[第1報] 1次元モデルに基づくFAC減肉発生リスクの抽出 (内藤正則)
[第2報] 1次元FAC減肉モデルの予測精度および妥当性検証 (岡田英俊)
[第3報] FACによる配管破断の原子力プラントのシステム安全への影響 (内田俊介)
発表先: 日本原子力学会 2012秋の大会 (於, 広島大学)
日 時: 9月20日

発表者: 笹倉 正晴

テーマ: CO₂フリー水素チェーン実現に向けた構想研究
発表先: 一般社団法人水素エネルギー協会
発表日: 10月1日

発表者: 笹倉 正晴

テーマ: Perspective of CO₂ Free Hydrogen Global Supply Chain
発表先: IEA/HIA Task 28 (大規模水素インフラと日本の水素インフラ関連団体とのオープンセッション ((一財)エンジニアリング協会)
発表日: 10月1日

[寄稿]

発表者: 坂田 興

テーマ: 水素エネルギー
寄稿先: 日本機械学会誌 8月号

発表者: 坂田 興

テーマ: 「二次エネルギー」水素
寄稿先: 日本エネルギー学会誌 8月号

発表者: 松井 一秋, 楠野 貞夫, 笠井 滋, 藤井 貞夫, 蛭沢 重信

テーマ: Annual Energy Reviews-2011 4 原子力
寄稿先: 日本エネルギー学会誌 8月号

◇ 人事異動

○ 7月20日付 (解嘱)

並木 徹 副理事長

(就任)

三代真彰 副理事長兼プロジェクト試験研究部長 (主席研究員)

○ 9月30日付 (出向解除)

山本元彦 経理部長

北村隆行 原子力工学センター 主任研究員

○ 10月1日付 (出向採用)

斎藤 博 経理部長

編集後記

近頃、新聞等で「シェールガス」の文字を頻繁に目にするようになった。当研究所の月例研究会がシェールガスをテーマとして取り上げたのは2年半前の平成22年3月、既に「シェールガス革命」と呼ばれていたが、「？」が付いていた時期でもあった。以来、徐々に「？」は小さくなり最近「！」に変わったようである。米国で、水平掘りおよび水圧破碎技術の導入によるシェールガスの商業生産がスタートしたのは2003年頃。立ち上がりは鈍かったものの、その後新規参入も含めて急速に生産が拡大した。米DOEエネルギー情報局は、2035年にシェールガスが米国内の天然ガス消費の46%を占めると予測している（EIA, Annual Energy Outlook 2011）。このことは、米国内のエネルギー事情が劇的に変化したことを示している。

先ずパイプラインによる天然ガス輸入が減少し始め、同時にLNGによる輸入計画が中止された。対米輸出が減ったカナダは日本・アジアへの輸出を計画中である。米国向けを想定していたカタールのLNGは輸出先を欧州や日本に振り向けた。その影響はガスにとどまらず、米国内で効率の悪い旧式石炭火力に変わって天然ガス火力発電所が新設された結果、余剰石炭の日本への輸出が開始され

た。生産過剰気味のガスの価格低落に伴い、より高価値のシェールオイル（タイトオイルとも呼ばれる）の生産も始まっている。また、ガス中のエタンを原料にして、エチレン製造などの化学産業再興が進んでいる。

シェールガス・オイルは、南北アメリカ、欧州、豪州、中国、インド、アフリカなど地球上の多くの地域に存在すると見積もられていて、今後の世界の化石エネルギー需給に大きな影響を与える可能性がある。ただし、依然として「？」は残っていて、破碎用の水に含まれる化学物質による地下水の汚染が懸念されており、また欧州においては社会受容性の観点から米国のようにスムーズには開発が進まないだろうとも言われている。

原子力の不在を埋めるエネルギーとして、化石燃料を従来に増して必要としているわが国にとって、需給緩和の効果が期待されるシェールガスの開発がいかなるスピードで展開していくのかは重大な関心事である。カナダ西海岸のKitimat LNG輸出プロジェクトが、2016年のスタートを予定しているという。それらの動向を、期待を持って見守っていきたい。

編集責任者 正田知士

季報 エネルギー総合工学 第35巻第3号

平成24年10月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105-0003 東京都港区西新橋 1-14-2

新橋SYビル (8F)

電話 (03) 3 5 0 8-8 8 9 4

FAX (03) 3 5 0 1-8 0 2 1

<http://www.iae.or.jp/>

(印刷) 株式会社日新社

※ 無断転載を禁じます。