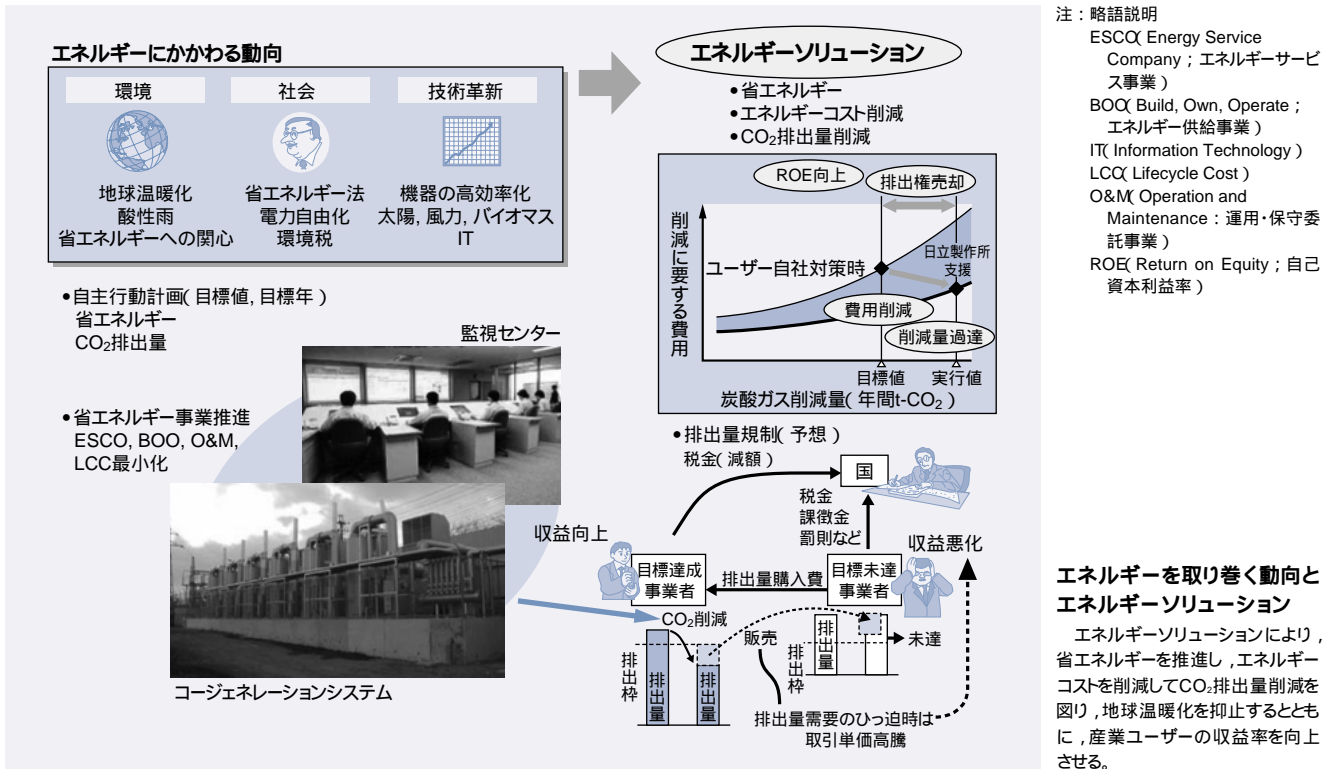


# 地球温暖化防止への施策とエネルギーソリューション

## Trends in Global Warming Prevention Measures and Hitachi's Energy Solutions

坂内 正明 Masaaki Bannai 鈴木 昭二 Shōji Suzuki



注: 略語説明  
 ESCQ( Energy Service Company ; エネルギーサービス事業)  
 BOQ( Build, Own, Operate ; エネルギー供給事業)  
 IT( Information Technology )  
 LCC( Lifecycle Cost )  
 O&M( Operation and Maintenance : 運用・保守委託事業)  
 ROE( Return on Equity ; 自己資本利益率)

**エネルギーを取り巻く動向とエネルギーソリューション**

エネルギーソリューションにより、省エネルギーを推進し、エネルギーコストを削減してCO<sub>2</sub>排出量削減を図り、地球温暖化を抑制するとともに、産業ユーザーの収益率を向上させる。

産業界での省エネルギーは、実際に取り組むと理解しやすいものの、一朝一夕に達成できるものではなく、製造現場のエネルギー使用状況に精通した人々が地道に継続していかなければ実行は難しい。わが国の産業界におけるエネルギー使用効率は現在でも世界で最も高い水準にある。しかし、これからも今までと同様にあるいは今まで以上に世界の規範となり続けることが求められている。

日立グループは、数年前からESCOを核として、産業界の省エネルギーを推進してきた。この事業は、

ユーザーとESCO事業者が対等なパートナーとしてそれぞれの役割を分担し、共同で省エネルギーを実践するビジネスモデルである。契約期間が10年と長期であるため、エネルギーコストや事業所の操業度などの変動による不確定要因(リスク)も存在する。日立グループは、基本的な戦略やビジネススキームを通して、省エネルギーを確実に実行し、かつリスクの低減を図るエネルギーソリューションを提供し、ESCO事業者として地球温暖化防止と産業界のコスト競争力の向上に寄与している。

### 1 はじめに

世界経済が長期の低迷から回復基調に入り、BRIC & ブラジル、ロシア、インド、中国 先経済的に大きく飛躍することが見込まれている。世界的に経済が成長するとともにエネル

ギー消費も増え、温暖化が目に見える形で進みつつある中で、温暖化を抑制するためにも省エネルギーの推進が強く望まれている。化石燃料の大半を海外に依存しているわが国にとっては、温暖化防止に寄与し、地球環境の悪化を防ぐ省エネルギーは、今後いっそう重要性を増す技術である。

わが国の製造業を取り巻く状況は、以下の二つに集約さ

れている。

(1) グローバリゼーションが進み、競争が国内だけではなく、世界へと拡大している。一方、資金には限りがあるので、投資を重点化して国際的な競争力を向上しなければ生き残れない。

(2) 企業に対する消費者の視点は厳しい。特に、企業が環境や省エネルギーに配慮した対応をしているか否かは企業イメージにも直結する。

ロシア政府が地球温暖化防止のための京都議定書の批准を閣議決定したため、議定書の発効が視野に入り、環境税の適用も議論されつつある中で、世界で最も省エネルギーが進んでいるわが国の産業界でも、いっそうの省エネルギーの推進が望まれている。

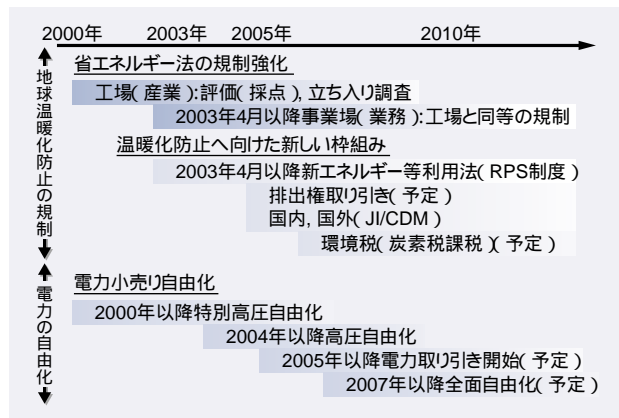
日立グループは、長年にわたって省エネルギー製品を提供してきた。また、数年前から産業ユーザーと協力してユーザーの事業所で使用する電気や熱などを効率よく供給するエネルギーソリューション事業を展開している。しかし、この事業は、契約期間が長期（一般的に10年程度）にわたるため、省エネルギー設備で使用するエネルギーコストや事業所の操業度の変動など、多くの事業リスクが存在する。日立グループは、この課題を解決するために、基本的な戦略やビジネススキームを通して、省エネルギーを確実に実行するためのリスクの低減施策を図るエネルギーソリューションを提供している。

ここでは、産業部門におけるエネルギーサービス事業の観点から、地球温暖化防止への施策動向、および日立グループのエネルギーソリューションについて述べる。

## 2 地球温暖化防止への取り組み

温室効果ガスを長期的・継続的に削減するために、先進国で排出される温室効果ガスの排出削減目標を規定した京都議定書が、1997年12月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）」において採択され、地球温暖化防止に向けた世界規模の取り組みが構築された。わが国では、京都議定書の定める目標達成に向け、国内制度の整備・構築が進められ、2002年3月19日に「地球温暖化対策推進大綱」が策定された。さらに、化石燃料に課税する環境税や、企業間で温室効果ガスの排出枠をやり取りする国内排出量取引引きなどの導入といった、経済的手法による対策も検討されている（図1参照）。

わが国の産業界では、1970年代の二度の石油危機を経て省エネルギー対策を徹底的に推進した結果、エネルギー効率は世界的に見てもきわめて高い水準に到達した。しかし、2010年度までに原油換算で国内で総計5,700万kL削減のうち産業部門で2,100万kL削減の目標を達成するため、経団



注：略語説明 RPS( Renewables Portfolio Standard ), JI( Joint Implementation ), CDM( Clean Development Mechanism )

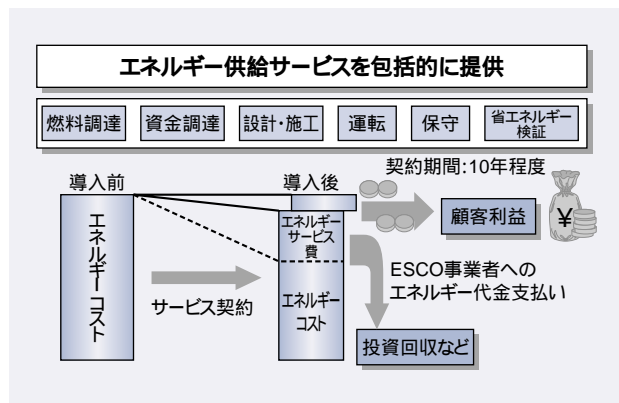
図1 地球温暖化防止の規制とエネルギー自由化への流れ

温暖化防止とエネルギーコスト低減のため、規制強化と自由化推進の両面からの施策が進められている。

連(現社団法人日本経済団体連合)が公表した「経団連環境自主行動計画」および、省エネルギー法に基づく対策・措置により、エネルギーの自主管理の強化が図られてきた。

そのために、高性能な工業炉やボイラなどの高効率機器、IT(Information Technology)などを活用したエネルギー需要管理技術、CO<sub>2</sub>(二酸化炭素)の排出が少なく安定供給できるエネルギーの確保および環境問題に対応する新エネルギーの開発・普及などが期待されている。また、業界ごとにエネルギー消費効率を設定し、各工場でその指標を踏まえた省エネルギー対策を推進していく必要がある。

これらの省エネルギー技術を社会に浸透させるためには、ESCO( Energy Service Company : エネルギーサービス事業)に代表される省エネルギーサービス事業の推進が有効である。従来のように省エネルギー機器を提供するだけでは、設計、工事、設備の運転管理はユーザーの業務となるため、包括的な省エネルギーの実現には限界があった。一方、ESCO事業では、ESCO事業者が産業ユーザーの省エネルギー診断から、省エネルギー実現のための設計・施工、導入



注：略語説明 ESCO( Energy Service Company )

図2 ESCO事業の概要

ESCOは、ユーザーに省エネルギーサービスを提供し、省エネルギーの実績に基づいてサービス代金を受け取る事業である。

表1 産業部門の省エネルギー対策

ESCOや複数事業所間のエネルギー管理、排熱の相互融通などの対策が新しい施策として有望視されている。

現行対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 社団法人日本経済団体連合会の環境自主行動計画などに基づく措置</li> <li>● 中堅工場などにおける省エネルギー対策</li> </ul>
新規対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高性能工業炉、ボイラなど</li> <li>● IT活用エネルギー需要管理</li> <li>● 新エネルギー(太陽、風力、バイオマスなど)</li> <li>● エネルギー消費効率の指標を踏まえた対策</li> <li>● 社会への浸透、認知</li> <li>● ESCO事業や複数事業所のエネルギー一括管理省エネルギーサービス</li> <li>● コンビナート内工場発電、排熱の相互融通、公共施設への供給</li> </ul>

設備の保守・運転管理、事業資金の調達などのエネルギー供給サービスを包括的に提供し、顧客とESCO事業者が一体となって事業を運営することにより、いっそう大きな省エネルギー効果が保証される(図2参照)。

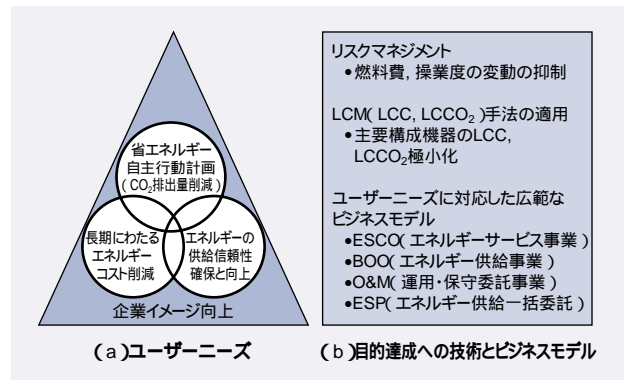
今後は、エネルギー供給サービス業務を顧客からESCO事業者が一括して請け負うことにより、ESCO事業期間全体を通して省エネルギー量の最大化、使用エネルギーコストや保守費など累積コストの最小化を図ることにより、顧客の複数のニーズにこたえることができる。さらに、ESCOを応用した複数事業所でのエネルギーの一括管理や、国・地方公共団体・事業者が協力し、コンビナートなどの産業集積地において、工場排熱を複数施設間で融通する相互連携の推進なども必要になる(表1参照)。

### 3 ユーザーニーズと日立グループが提供する技術とビジネスモデル

わが国の産業界のエネルギーへの取り組みは、省エネルギー、CO<sub>2</sub>排出量の削減、エネルギーコストの削減、エネルギーの供給信頼性の向上を同時に達成し、環境報告書としてまとめ、この情報を広く外部に発信して、企業イメージを向上させることである。

一般に省エネルギーやCO<sub>2</sub>排出量削減と、エネルギーコストの削減は相反する事象である。省エネルギー化を推進するためには、投資コストの増加が避けられない。特に、国際市場で海外の企業とも競っている産業界は、限られた人材や資金などの資源を製品競争力の向上に重点的に投資していることから、省エネルギーなどへの投資に余裕がなくなっている側面もある。

事業所へのエネルギー供給をESCO事業者が長期間請け負うと、長い契約期間の間には燃料や電気代などの変動、操業度の変動リスクが存在する。このリスクをユーザーと事業者が協力して少しでも低減することがエネルギーソリューション事業の安定化につながる。



注：略語説明 LCM(Lifecycle Management), LCCO<sub>2</sub>(Lifecycle CO<sub>2</sub>), BOO(Build, Own, Operate), O&M(Operation and Maintenance), ESP(Energy Service Provider)

図3 エネルギーソリューションサービスのユーザーニーズ(a)と、目的達成への技術とビジネスモデル(b)

リスクマネジメント、LCM手法の適用、ユーザーニーズに合致したビジネスモデルにより、省エネルギー、エネルギーコスト削減の長期安定化、エネルギー供給の信頼性のそれぞれを向上させる。

日立グループは、ユーザーの多様なニーズに対応できる広範なビジネスモデルを提供している(図3参照)。

#### 3.1 日立グループが提供するビジネスモデル

省エネルギーのビジネスモデルについて、以下に述べる(表2参照)。

##### 3.1.1 省エネルギーの計画書作成コンサルティング

産業界では、省エネルギーを推進するため、目標年度と目標値を定めて自主行動計画を策定している企業が多い。日立グループは、これらの目標を達成するための具体的施策、必要な設備と投資額やスケジュールなどをユーザーの要望に応じて策定している。計画書作成のための目安として、事業所での省エネルギー10%以上を目標としている。

##### 3.1.2 ESCOとBOO

ESCOは国が普及を強力に支援していることもあり、ここ数年急速に伸長している。シェアドセービング型ESCOの概念を表2に示す。この方式は、ESCO事業者が省エネルギー資産を10年間保有し、この設備が生み出すエネルギーコスト削減効果とCO<sub>2</sub>削減効果を産業ユーザーとESCO事業者が分与(シェア)する事業である。ユーザーとしては初期投資の必要がないので、ROE(自己資本利益率)向上にも寄与する。2004年8月末現在、わが国では8ユーザーに日立グループが提案したESCO方式を採用してもらい、設備が稼働中である。

また、BOO(Build, Own, Operate: エネルギー供給事業)の形態も増えている。BOOがESCOと異なるのは、省エネルギー設備で使用する燃料調達もBOO事業者が行う点である。わが国はエネルギーの大半を海外に依存しているため、電気・燃料などのエネルギーコストは輸入原油価格に直接影響される。過去10年間の原油輸入価格の変遷を図4に示す。2004年における原油価格は今まで経験したことがないほど高騰している。コージェネレーション設備など燃料を用いて省工



形態 項目	省エネルギー 計画作成	シェアードセービング型 エネルギーサービス事業 (シェアードESCO)	エネルギー供給事業 (BOO:省エネルギー設備の 建設・所有・運用の委託事業)	運用・保守委託事業 (O&M)	エネルギー供給 一括委託事業 (ESP)
モデルの形態	ユーザーの エネルギーデータ に基づく 省エネルギー計画	日立グループ エネルギー 設備 省エネルギー 保証 燃料調達 省エネルギー サービス 設備運用 保守業務 省エネルギー サービス 対価支払い	日立グループ エネルギー 設備 エネルギー 供給 燃料調達 省エネルギー サービス 設備運用 保守業務 エネルギー 代金支払い	日立グループ 運用保守 一括請負 省エネルギー 設備 燃料調達 省エネルギー サービス 設備運用 保守業務 運用保守 サービスの 支払い	日立グループ 省エネルギー 保証 運用保守 一括請負 燃料調達 省エネルギー サービス 設備運用 保守業務 省エネルギー サービスの 対価支払い
省エネルギーの保証	オプション	保証	保証	なし	保証
契約期間	-	10年	10年	4~5年 (定期的に見直し)	10年
燃料調達	-	産業ユーザー	日立グループ	産業ユーザー	日立グループ
サービス費用	-	成果報酬 (電力、燃料代変動加味)	成果報酬 (基本的に一定)	長期的に低減	成果報酬
操業度の保証	-	産業ユーザー			
今後のモデル	-	上記の契約と電力小売りの融合システム			

表2 日立グループが提供するエネルギーサービスのビジネスモデル  
産業ユーザーの省エネルギー、コスト削減、エネルギー供給信頼性の確保を同時に達成するために提供しているビジネスモデルの概要を示す。

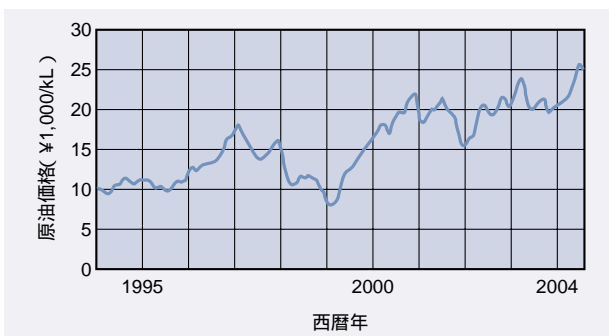


図4 過去10年間の原油輸入価格の変遷

過去10年間の原油輸入価格は、最高値が最安値の3倍程度になっている。2004年における価格は今まで経験したことがない程のレベルにまで高騰している。

エネルギーを図る場合、燃料高騰時にはコスト削減額が目減りし、省エネルギー設備を運用すると逆ざやになることも起こりうる。日立グループは、燃料調達において、燃料費を10年間固定化する手法(燃料デリバティブ)を用いることにより、省エネルギーのコストに対する事業リスクの低減を図っている。

### 3.1.3 O&M

O&M(Operation and Maintenance: 運用・保守委託事業)は、産業ユーザーが所有するエネルギー設備の運用と保守業務を、日立グループが一括して請け負う事業形態である。設備にかかわる日常業務(運用・保守)のわずらわしさをユーザーから解放し、各設備におけるLCC(Lifecycle Cost: 生涯コスト)が最小となるように日立グループが運用管理する事業形態である。

今後、電力自由化が進展し、産業ユーザーのエネルギー設備の外部委託の考えが一般化してくるのに伴い、新しいビジネスモデルが登場してくると推測される。エネルギー供給を計画から運用保守まで一括して請け負うESP(Energy Service Provider: エネルギー供給一括委託事業)がその一つである。また、工場に設置する発電設備の容量を自己消費分より大きくし、差分を自社内の他工場に託送することや、他社へ電力小売りを実施する企業間連携のエネルギー相互融通などの新しいビジネスモデルの登場が考えられる。

## 3.2 事業リスクとマネジメント

サービス事業の契約期間は、わが国のエネルギーコストや省エネルギー設備費用から事業収支を試算すると、事業を成り立たせるためには10年を必要とする。この間、省エネルギーを安定して継続しなければならない。しかし、さまざまな事業リスクが存在する(表3参照)。

これらのリスクを三つに大別し、それぞれのリスク内容と対応策について以下に述べる。

### (1) 省エネルギー設備の長期安定運転

一般に機械は運転時間が長くなるとともに故障確率が増加し、性能も低下する。機器の性能低下、不具合による省エネルギーの未達成はサービス事業者の責任であるため、故障発生を未然に防ぎ、性能劣化を少しでも軽減するために、機械の保守を行う必要がある。日立グループは、設備の運用状態の常時監視、性能劣化評価を行い、LCC、LCCO<sub>2</sub>(Lifecycle CO<sub>2</sub>: 生涯炭酸ガス排出量)の最小化を実現する手法を開発し、適用している。この手法では機械のオンラインコンディショニングを用いているので、保守は機械の運用状況に応じて最適な時期に実施する。これによって10年間でのLCC、LCCO<sub>2</sub>排出量を最小化することができる。設備の運転監視システムとLCC最小化のモデルを図5、図6にそれぞれ示す。

表3 エネルギーサービス事業の代表的リスクと責任の分担

サービス事業でのリスク項目と、それぞれの項目ごとの責任分担を示す。産業ユーザーとサービス事業者は対等なパートナーである。

責任元 リスク項目	産業 ユーザー	サービス事業者 (日立グループ)	備考
省エネルギー量の未達			
工場の操業度低下			
不可抗力による障害			
日立グループの設備 故障による障害			操業への影響による 工場での損害は免責
燃料代、電気代変動に よるコスト以外の増減			

注: (リスクの責任元)

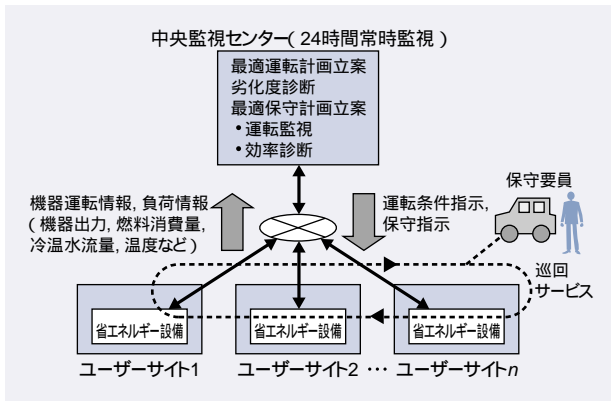
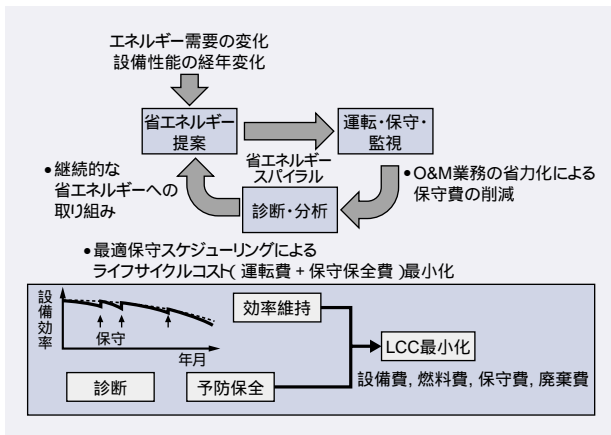


図5 設備運転監視システムの概要

中央監視センターでは、各顧客サイトの省エネルギー設備の機器運転情報や負荷情報を24時間常時取り込む。取り込んだデータから機器の性能や劣化度を診断し、各サイトの最適運転計画、保守計画にフィードバックする。



注：略語説明 LCQ(Lifecycle Cost)

図6 LCC最小化モデル

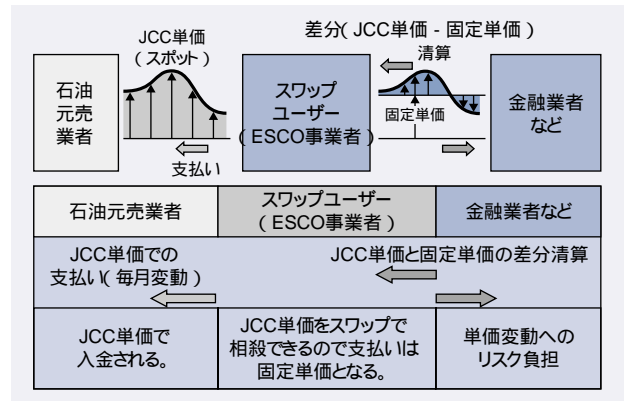
機器の運転情報・負荷情報を常時監視し、機器の保守スケジュールを最適化することで、機器性能の低下の割合を極力小さくする。これにより、契約期間中の使用エネルギーコストと保守費の累積コストを最小化する。

(2) 事業所の操業

サービス契約を10年間で締結したと仮定した場合、産業製品の市場の10年間を見ると、必ず浮沈がある。生産量が減ると事業所で必要なエネルギー量も減るため、年によっては年間の省エネルギー量を達成できないこともある。操業リスクは産業ユーザーの責任である。毎年の変動があっても10年間で計画総量の総和が確保できれば、事業収支は計画どおりとなる。総量が計画値を下回った場合には、ユーザーと協議しながら、サービス契約期間の延長で対応する。

(3) エネルギーコストの変動

わが国は、原油や天然ガスなどのエネルギーの大半を海外に依存している。このため、電気や都市ガス、石油などのエネルギーコストは産業ユーザー、ESCO事業者のいずれもコントロールすることができない。省エネルギーをコージェネレーション(排熱発電)で実現する場合には、燃料費がサービス費用の60%前後を占めることから、2004年春から秋における燃料価格高騰時には、コージェネレーションを停止せざるをえないケースもある。エネルギーコストのリスクを低減できれば、事業収益の安定性を確保できる。



注：略語説明 JCC(Japanese Crude Cocktail)

図7 燃料スワップによる燃料費変動リスクヘッジの仕組み

金融業者とスワップユーザー間で、事前に取り決めた固定単価と変動するJCC単価の差を毎月清算する。これにより、燃料価格は固定単価で支払うことと実質的には同じになる。

近年、燃料単価を長期間固定化する、燃料デリバティブ<sup>1)2)</sup>がようやくわが国の金融市場に導入されてきた。

日立グループはこの仕組みをサービス事業に取り入れ、燃料価格変動のリスクをヘッジすることを可能にした。固定化手法を取り入れ、省エネルギー機器が生み出す省エネルギーのコストメリットの毎年の変動を極小化することにより、事業収益を安定化することができる。

燃料デリバティブの仕組みを、原油を例にとって述べる。原油は原油輸入単価の月ごとのJCC JCC : Japanese Crude Cocktail : 通関統計値を指標として、その変動を固定化するJCCスワップが取り引きされている(図7参照)。

JCCスワップでは、金融業者とスワップユーザー(ESCO事業者など)の間で、スワップの契約期間中は契約した数量分だけ、事前に取り決めた固定単価と変動するJCC単価の差を毎月清算する。すなわち、JCC単価が固定単価より先高値の場合には、その差に固定化数量を乗じた金額を金融業者がスワップユーザーであるESCO事業者などに支払い、逆に安値の場合は、差額をESCO事業者が金融業者に支払う取り引きである。

その結果、ESCO事業者は、燃料業者への支払いを金融業者と清算するので、固定化数量分を固定単価で調達していることになる。

3.3 ソリューション事例

(1) エネルギー設備の運用・保守費用を最小化するソリューションの事例

該当する産業ユーザーは、一次エネルギー(原油換算)を年間3万kL使用する大規模工場である。省エネルギーを達成するために、ガスタービンコージェネレーション、蓄熱式脱臭炉、コージェネレーションからの排熱回収蒸気で駆動する吸収冷凍機などの省エネルギー設備を導入した。また、システムの運用・保守を日立グループに外部委託した。目的は、システムのLCCやLCCO<sub>2</sub>を評価し、10年間の運用・保守費

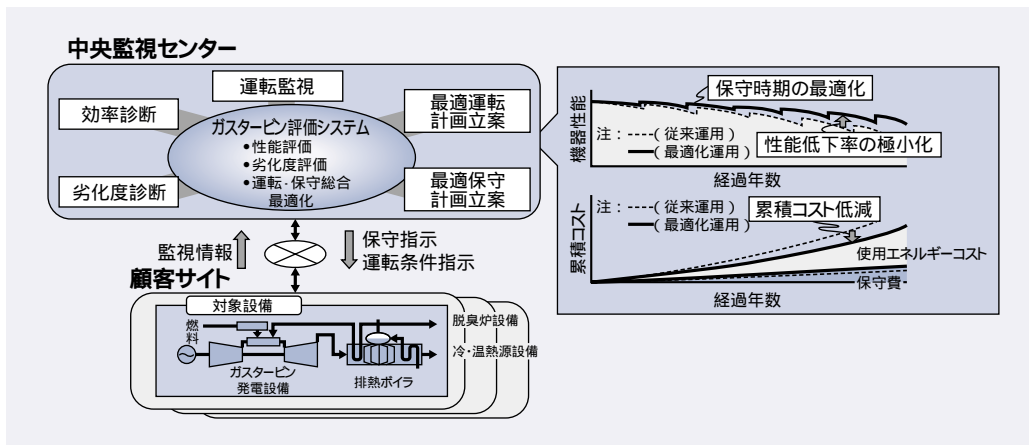


図8 エネルギー設備(ガスタービンコージェネレーション)の運用・保守費用の最小化事例

遠隔診断に基づいて、機器効率の経年変化と劣化度に応じた適切な保守、部品交換を実施し、運用期間中のトータルの運転・保守費用(ライフサイクルコスト)とCO<sub>2</sub>排出量を削減する。

用を最小化することである(図8参照)。運用開始後1年余が経過し、コスト削減が順調に進みつつある。

## (2) 電気の供給信頼性向上、省エネルギーを同時に達成するソリューションの事例

このユーザーの工場周辺は毎年落雷が多発し、電力システムの瞬時電圧低下が発生するたびに工場の製造ラインが停止し、その不具合によって製品を廃棄しなければならない状態が恒常化していた。このような事態に対応し、かつ省エネルギーも実現するために、コージェネレーション設備(容量2,500 kW)を導入し、系統に瞬時電圧低下が発生したときは高速遮断を行い、重要負荷の電力をコージェネレーション単独で賄うシステムとすることにより、電力供給の安定性を向上させた(図9参照)。この工場の電気負荷は年間を通して時間を問わずほぼフラットな特性を持つので、コージェネレーションは通常は系統と切り離して単独運用する。

このシステムによって従来比で8%の省エネルギーを達成し、電気の供給信頼性を確立し、工場の生産性を年間で1%向上させた。

## 4 おわりに

ここでは、産業部門における省エネルギーの施策と動向、長期的な省エネルギーへの取り組みの方針、エネルギー消費低減のビジネスモデルと事業実行のためのリスクとその低減施策、およびソリューションサービスの事例について述べた。

世界的に温暖化防止が叫ばれる中で、わが国の産業部門は諸外国と比べて省エネルギーが最も進んでいる<sup>3)</sup>が、さらなる省エネルギー施策を実施し、環境立国を目指している。エネルギーソリューションに実績がある日立グループは、この目標を支援するために、産業ユーザーと対等なビジネスパートナーとして、共同で省エネルギーを推進するソリューションモデルを提供している。

日立グループは、今後も、省エネルギーを事業として成立させるために、産業部門の多様なユーザーのさまざまなニ

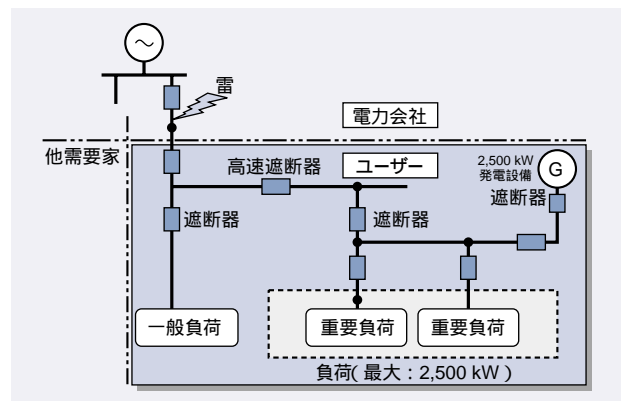


図9 電気の供給信頼性向上と省エネルギーの達成事例

コージェネレーション設備(容量2,500 kW)の導入により、電力システムの瞬時電圧低下発生時においても電力供給を安定化させ、同時に省エネルギーも達成する。

ズに合致したビジネスモデルを提案していくことにより、わが国における産業界の省エネルギーが世界の範となるよう努力していく考えである。

## 参考文献

- 1) ジョン・ハル：フィナンシャルエンジニアリング、金融財政事情研究会(2001)
- 2) レス・クルーロー、外：エネルギーデリバティブ、シグマベイスキャピタル(2004)
- 3) 日本エネルギー経済研究所編：エネルギー・経済統計要覧(2003)

## 執筆者紹介



坂内 正明

1975年日立製作所入社、電機グループ エネルギーソリューションサービス推進本部 所属  
現在、産業ユーザー向け省エネルギーシステムのエンジニアリングに従事  
技術士(機械、総合技術管理部門)  
日本機械学会会員、空気調和・衛生工学会会員、日本冷凍空調学会会員  
E-mail: masaaki\_bannai @ pis. hitachi. co. jp  
鈴木 昭二



1989年日立製作所入社、日立研究所 都市開発プロジェクト所属  
現在、都市開発に関する研究開発に従事  
電子情報通信学会会員、情報処理学会会員  
E-mail: suzukish @ gm. hrl. hitachi. co. jp