チューニング手法を用いた省エネルギー

Energy Conservation of Office Building by Applying Tuning Technique

三宅　利幸*　・　十河　知也**　・　宮本　良平***　・　篠原　清敏***
Toshiyuki Miyake　Tomoya Sogo　Ryohei Miyamoto　Kiyotoshi Shinohara

当社のオフィスビルディングの省エネルギー活動において，BEMS（Building Energy Management System）を使ったエネルギーの見える化に加え，分析支援ツール（SatTool）を用いたチューニング手法により，平均で 10 %を超える運用段階での省エネルギーを達成した。とくに当社東京本社ビルディングでは，①設計意図に基づく施設運用の徹底，②初期不具合改善，③運用形態に合せた調整，④専用機器の PID 値の見直しなどにより，3 年で約 18 %の省エネルギーを達成し，大きな成果を上げている。適度で効率的な投資を実施することにより，継続的かつ発展可能な省エネルギーの推進が可能と考えられる。

The energy conservation activities of one of the company's office buildings lead to a greater than 10 % reduction of the average energy consumption in the operation stage from the planned value through the application of visual energy management using BEMS (Building Energy Management System) and a tuning technique based on an analysis support tool (SatTool). In the company's Tokyo Headquarters Building, energy savings of approximately 18 % were achieved over three years through (1) facility operation based on a design concept, (2) improvement of the initial defects, (3) adjustments carried out according to the operation status, and (4) reviewing the PID values of dedicated equipment. Appropriate and efficient investments would enable the promotion of continuous and progressive energy conservation.

1. ま え が き

京都議定書[1]の約定期間が迫るなか，オフィスビルディングにおけるエネルギー使用量の削減は急務の課題となっている。そのような状況下で，設備面における最新の高効率設備の導入や運用面におけるクールビズの徹底など，設備・運用両面での省エネルギー対策が一定の成果を発揮しつつある。一方，既存の多くのオフィスビルディングでは，施設の運用形態の変化に設備の調整が十分に追随できていないため，建物本来の性能を発揮できず，エネルギーの無駄を多く残している。

「省エネチューニング[2]」は，建物の使われ方により変化する実際の使用人員や，OA 機器による室内発熱など現実のビルディングの特性を把握し，これに合わせて自分たちに使いやすいように設備機器・システムを自前調整することにより，建物のもつ性能を最大限に発揮してエネルギーの無駄を削減する省エネルギー手法である。「省エネチューニング」の推進には，まずどのようにエネルギーが使われているかを把握するため，計量・計測により見える化することが重要となる。見える化することにより，新しい省エネルギーの種を発見するとともに，取り組んだ省エネルギーの効果を継続的に確認することができる。この両立こそが継続的発展のできる省エネルギーの実現に必要となる。当社東京本社ビルディングでは，徹底したエネルギー計量・計測設備の導入による見える化の推進と，専門家による効率的にエネルギー分析を実施できる仕組みの構築により，大きな成果が得られている。本稿では，その取組内容と成果について報告する。

2. 建物・設備の概要

2.1 建物概要

当社東京本社ビルディングは，2003 年 2 月に竣工，4 月にオープンしたショウルームを併設するオフィスビルディングで，100 年建築をコンセプトとして当時の最新の

*　環境推進部　Corporate Environmental Management Department
**　新規商品創出技術開発部　New Product Technologies Development Department
***　エンジニアリング事業統括部　Engineering Business Division

省エネルギー技術要素を積極的に導入している。運用段階での継続的な省エネルギー活動を企画・設計段階から配慮し，導入している高度な省エネルギー設備の性能を最大限に発揮するため，エネルギー使用状況を把握するBEMS（Building Energy Management System），およびエネルギーを消費する末端レベルの電力量や熱量を詳細に計量できる設備等を竣工時から設置している。さらに，計測・計量された膨大なエネルギーデータを有効に活用するため，BEMSに加えてエネルギーデータ分析支援ツール（以下，SatToolと記す）を採用し，効率的な分析支援環境を構築している。その対象建物の外観を**図1**に，対象施設の概要を以下に示す。

所在地　：東京都港区東新橋1丁目5番1号
主要用途：事務所，ショウルーム，駐車場
階　　数：地下4階，地上24階，塔屋2階
敷地面積：19708 m^2
延床面積：47274 m^2
構　　造：S + SRC + RC造

図1　建物外観

2.2　電気設備概要

電気設備概要を以下に示す。

(1) 受変電設備：22 kVスポットネットワーク受電，
特高変圧器22 kW，6.6 kV 1500 kVA × 3台
分散サブ電気室：12箇所（高圧配電）
(2) 発電機設備：非常用ガスタービン1750 kVA × 1台
(3) 照明設備：事務室設定照度750 lx（ルーバ付き），昼光制御，人体センサ減光制御

2.3　空調設備概要

空調設備概要を以下に示す。

(1) 熱源設備：DHCより冷水，蒸気受入（熱交換器容量
冷熱7048 kW，温熱4460 kW）（冷水：送り6.5 ℃，返り16.5 ℃，蒸気：送り0.78 MPa，返り約60 ℃）
(2) 配管方式：冷水，温水　4管式
(3) 空調方式：事務室西面
ペリメータ：エアフローウインドウ＋床吹出空調
インテリア：単一ダクトVAV
事務室その他：単一ダクトVAV
ショウルーム：単一ダクトVAV + FCU

3.　省エネルギーへの取組み

3.1　計測・計量設備の概要

省エネルギーの取組みの第一歩は，見える化にあると考え，本ビルディングでは冷水および温水熱量計を各空調機やファンコイル等の小さな機器についても可能な限り系統分けして設置している。さらに，空調機およびポンプの動力設備や照明およびコンセントの各部位別に電力量計を設置することにより，詳細なエネルギー消費特性を把握できるようにしている。このように可能な限り詳細に細分化された小さな機器やシステムレベルで生じるエネルギー消費量，およびシステム性能を定量的に把握することによって，省エネルギーが可能な要素をより多く，早く，正確につかむことを可能としている。これらのエネルギーデータは，BEMSに集約し，部位別，用途別に整理後グラフ化している。基準階の計量区分図を**図2**に示す。このように，建設時にこれらのシステムを徹底して導入したことが，本ビルディングの継続的省エネルギーを実現する原動力となっている。

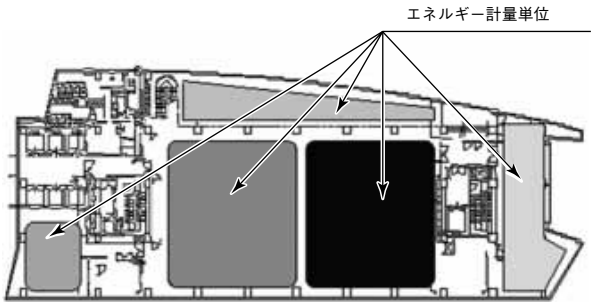

図2　基準階の計量区分

3.2　初期導入省エネルギー設備の評価

継続可能な省エネルギー推進の基礎づくりや新しい省エネルギー技術の取組みによる効果確認の両面から，主要な省エネルギー設備の初期性能について把握を行う。継続使用を目的とする計量・計測システムのエネルギーデータのほか，初期性能把握のみに必要なデータについては，一時的に仮設の計測設備を設置して評価を行う。実験や計算

補正なども加えての調査の結果，初期導入設備の省エネルギー性能について，ほぼ想定どおりの削減成果が得られていることが確認されている。また継続的省エネルギーの実現には，この初期性能の維持とさらに細部にわたる省エネルギーの積上げの必要性も確認されている。

3.3 SatToolの概要

3.3.1 開発のねらい

省エネルギーに対する市場ニーズの高まりとともに，「省エネチューニング」といわれる建築設備の調整確認と運用の最適化，および老朽化設備の早期発見といった設備の性能診断が重要視されるようになってきている。建築設備のエネルギー管理にはBEMSが用いられることが多いが，BEMSは中長期的なエネルギー管理を目的としており，詳細なデータの収集・分析が必要なチューニングに使用する機能をつねに備えているとは限らない。そこで，より詳細なデータを収集して分析を支援するためのチューニングツールとしてSatToolを開発した。

BEMSにおいては，ユーザ自身によるグラフ作成が困難なために変更のつどエンジニアに依頼しなければならないという問題点があったが，SatToolでは簡単な操作でユーザ自身がグラフの作成や保存ができるのが大きな特徴である。

3.3.2 ソフトウェア構成

SatToolはデータを収集してデータベースに書き込む収集機能と，データベースからデータを取り出してグラフ化し，分析を支援する分析機能から構成されている。

(1) 収集機能

チューニングには詳細なデータの収集が必要で，SatToolでは最小1分周期のデータまで収集することができる。また，さまざまなタイプの中央監視装置や計測機器からのデータ収集ができるように，二つの方法を用意している。

(a) CSVファイルの読込み

中央監視装置や計測機器から出力されるCSV形式のデータを読み込んでデータベースに書き込む方法である。CSV形式は，表計算ソフトで中身を見たり編集したりできるという利点があること，CSV出力機能をもつ中央監視装置や計測機器が多いことから採用している。

(b) BACnet通信での収集

BA（Building Automation）システムにおいて一般的に使用されているオープンプロトコルBACnet[*1)]（IEIEJ／p[*2)]）で設備機器にデータを要求し，返信されたデータをデータベースに書き込む。

(2) 分析機能

データベースに格納されているデータをグラフ化する機能について記す。SatToolのグラフはBEMSと違ってフリーフォーマットであるため，表示期間の始点と終点を分単位で自由に設定することができる。この機能により，必要な期間だけを表示することができるため詳細な分析が可能となる。

SatToolは専門のエンジニア以外の一般ユーザがグラフを簡単に作成できるユーザインタフェイスとしており，図3に示すように，ポイントリストからポイントを選択してグラフ画面にドラッグ＆ドロップするとグラフが表示される。

図3 簡単な描画操作性

表示されたグラフの種別変更，周期変換，Y軸のスケール変更などを実行する場合には，操作したい対象の上で右クリックしてメニューを選択するという簡単な操作で実現可能としている。

SatToolの主な機能を以下に記す。

(a) グラフ種別変換機能

グラフ種別をトレンドグラフ，棒グラフ，積上棒グラフ，円グラフ，散布図に変換する。

(b) 表示周期変換機能

表示の周期を1分，5分，10分，30分，1時間，1日，1週間，1月，1年に変更する（収集した周期より小さい周期には変更不可）。

(c) フィルタ機能

必要なデータのみ表示するフィルタ条件を設定できる。

(d) 演算機能

収集したポイントに対して四則演算などの計算をして結果をグラフ表示する。

(e) 基準データ表示機能

前年度比較などのために，表示しているデータの過去のデータを表示する。

(f)「お気に入り」保存機能

作成したグラフを「お気に入り」に保存し，メニューから呼び出すことができる。

3.4 「省エネチューニング」

継続可能な省エネルギーの推進には実行している省エネルギーの維持はもとより，新しい省エネルギーの種を発見し続けることが重要であるため，「省エネチューニング」

の手法を適用する。また，膨大なエネルギーデータを効率的に処理し，そして高いレベルで「省エネチューニング」を継続し続けるための仕組みが必要となる。この仕組みを実現するために構築した専門家参画型の省エネルギー推進体制を図４に示す。

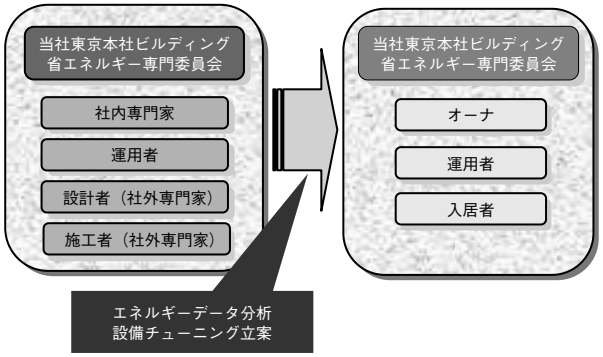

図４　専門家参画型の省エネルギー推進体制

3.4.1　推進体制の構築

見える化されたエネルギーデータから省エネルギーの種を見つけるためには，専門的な知識が必要となる。データ数が多い場合には，膨大なデータから相関関係を考慮してどのデータが省エネルギー方策検討に役立つのかを見いだし，一方データ数が少ない場合には，得られたデータから推定される有効な省エネルギーテーマを見いだすという高度な専門知識が必要となる。さらに，省エネルギー成果の積上げを継続していくためには，重箱の隅をつつくような省エネルギー要素の発見も必要となる。そのためには，設備システムの性能検証，制御パラメータの最適化といった高度な専門性を要する項目の実施を欠かすことはできない。

そこで，社内メンバによる省エネルギー推進委員会をサポートする専門部会として，本ビルディングの設計や施工に関与した外部の専門家も参画した省エネルギー専門委員会を組織する。この委員会では，新たな省エネルギーのテーマを探し出し，設備の性能を最大限に引き出す「省エネチューニング」の技術的な検討を行うとともに，恒久対策を立案するなど，継続活用可能な省エネルギーノウハウを蓄積して先々まで自走的に省エネルギーが進められるスキームの構築を目指している。

3.4.2　分析ツールの活用

膨大なデータから見える化作業（データの結合，整理，グラフ化等）を行うには相当な時間を要し，コスト的にも負担となる。そこで，簡単に見える化ができる分析ツールを活用し，継続的な「省エネチューニング」を推進する仕組みを構築する。

SatTool を利用したシステム構成を図５に示す。これはチューニング実務での活用以外でも，省エネルギー推進委員会などあらゆる省エネルギー活動の局面で，運用の見える化を図るツールとして活用することをねらいとしている。

このツールは BA システムに接続して運転データを収集することが可能である。そして，運転データを PC のインタネットメール機能を使い，添付ファイルとして配信することにより，社外専門家がそれを受信できる環境さえあれば，運転データを分析ツールに取り込み，効率的に分析ができる。SatTool の活用と社外専門家の協力によって，今まで気付いていなかった省エネルギーの種を掘り起こすことができる。

4.　「省エネチューニング」の実施と評価

4.1　目標設定

当ビルディング建設時は，他の省エネルギー機能を含め，設計時に想定した値に対し 1 次エネルギー消費量 20 %削減（100072 GJ／年，2117 MJ／ m^2 年）を目標としていた。一方，「省エネチューニング」の推進にあたりこの目標を見直し，初年度の実績値を基準とした 3 年間で 15 %削減（96137 GJ／年，2033 MJ／ m^2 年）という，より高い目標を設定している（図６）。

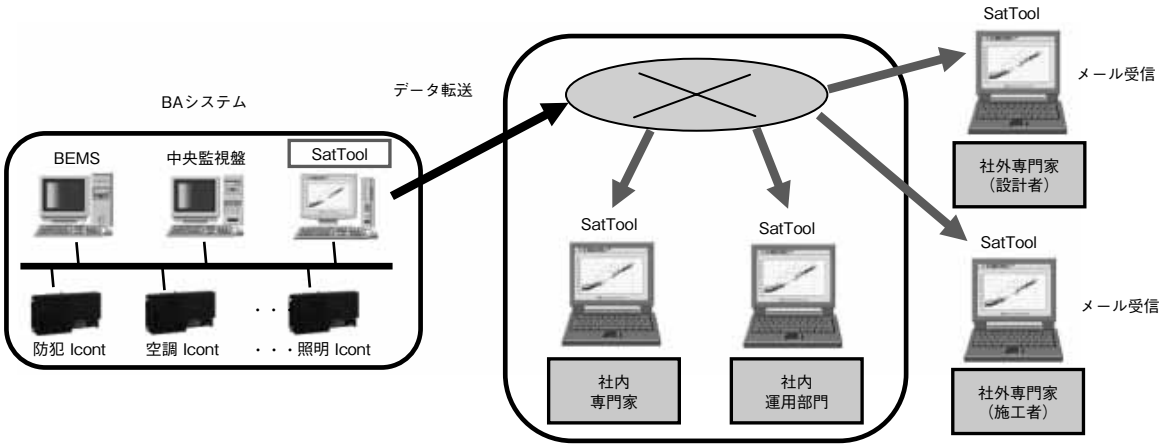

図５　SatToolシステム構成図

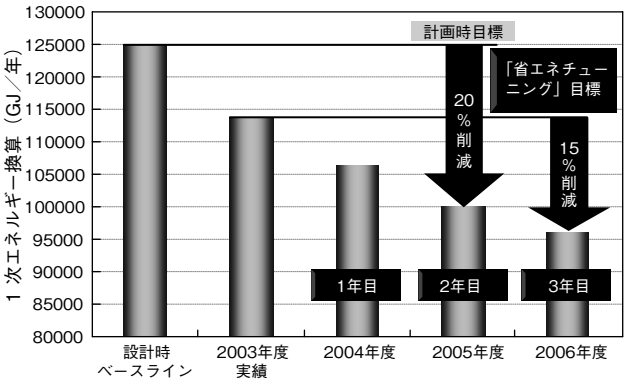

図6　削減目標

4.2　実施内容

「省エネチューニング」の具体的な取組みとしては，主に2年目以降の使用形態の変化に追従できるよう，運用方法の改善やパラメータのチューニングなどを重点に実施している。省エネルギー専門委員会において，分析ツールを活用することにより詳細なエネルギー計測データを効率良く分析できるため，多くの「省エネチューニング」を短期間に行うことが可能となる。結果的に，主要な項目だけでも50以上の「省エネチューニング」を実施している。

3年間の「省エネチューニング」への取組みから，その着眼点として四つの視点があることがわかった。以下にそれらを述べる。

(1) 設計意図に基づく最適運用を実現するチューニング

大規模かつ複雑な設備ほど設計意図を理解した運用がなされていないケースが多い。運用形態に合わせたチューニングの前に，まず意図した省エネルギー機能を活用するチューニングを施す。

(2) 初期不具合改善を目的としたチューニング

新築における初期の不具合はある程度やむを得ないが，この不具合の解消も「省エネチューニング」の一つの機能である。もし，長期間不具合に気が付かなければ，相当量のエネルギーロスとなる。

(3) 運用形態に合わせたチューニング

運用形態が変化した場合，それに合わせたチューニングが必要となる。運用の変化も視野に入れ運用者をサポートし，最適な運用に導くことも「省エネチューニング」の機能である。

(4) 設備の高度チューニング

自動制御のPID値など，普段は運用者の目が届きにくいところにもチューニングの余地がある。最適設定値を見いだすには時間とコストが掛かるが，分析ツールを用いて各種データを比較し，パラメータの最適値等を見つけ，調整・メンテナンス時に実施することで効率的なチューニングが行える。

また，その代表的な実施事例として厨房用外気処理空調機の適正運用について以下に記す。

厨房用外気処理空調機は，調理状況により手動で風量を段階的に制御する機能をもっている。この運転を食堂委託業者に任せていたが，その機能を活用しきれていなかったことをデータから発見した。そこで，この外気処理空調機の風量制御機能の活用を提案し，電力量および冷水使用量を大幅に削減することができた。改善前と改善後のデータ比較を図7に示す。

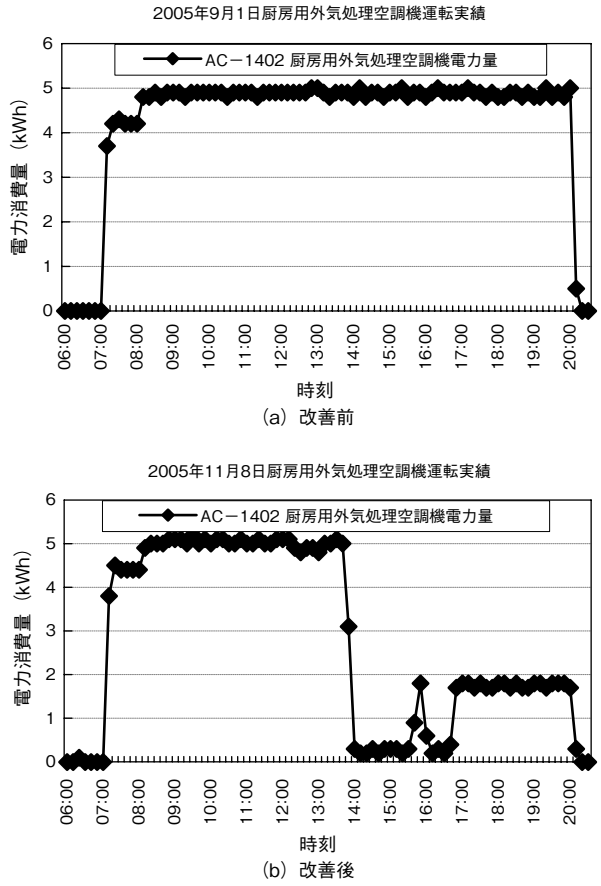

図7　厨房用外気処理空調機の運用改善事例

食堂委託業者が変り，一定期間経過後に再度調査してみると，同様の現象が発生していたのであらためて改善を指導した。この事例は，運用の徹底と，継続的なチェックの必要性を示している。

4.3　効果

4.3.1　1次エネルギー削減状況

1次エネルギーおよび原単位推移を表1に示す。また，月ごとのエネルギー使用量の推移を図8に示す。毎年確実に省エネルギー化が進み，取組開始から3年を経過して，92310 GJ／年，1953 MJ／m^2 年と初年度（2003年度）を基準とした省エネルギー効果も18.4 %となり，当初目標の15 %削減を超える高い成果を得ている。今回の取組みでは，冷暖房のピーク時のみならず，中間期にも大きく

削減できていることが特徴である。単なる設定温度の管理や運転時間の短縮などの効果以外に，部分負荷時のファン動力削減やミキシングロスの解消など，「省エネチューニング」実施の成果が認められる。

表1　エネルギー使用実績･原単位の推移

年度	使用量（GJ／年）	設計値比削減率（%）	2003年度比削減率(%)	原単位（MJ／㎡）
設計値	125093	−	−	
2003 年度	113103	9.58	−	2392
2004 年度	105989	15.27	6.28	2242
2005 年度	97665	21.92	13.65	2066
2006 年度	92310	26.20	18.38	1953

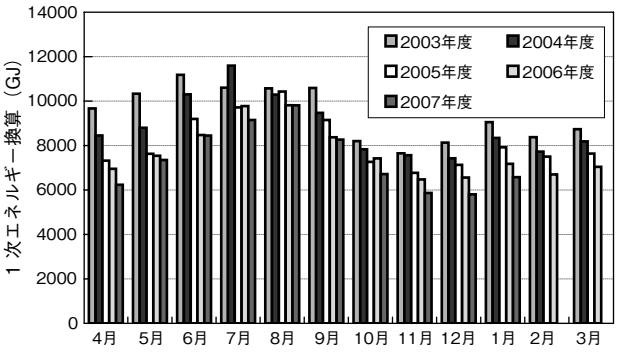

図8　エネルギー使用量の推移

4.3.2　費用対効果

費用対効果について，2003 年度を基準として 2004 年度と 2005 年度の 2 年間で評価した。要した費用は専門家の人件費，分析ツール費，追加計測費，チューニング調整費の合計約 3700 万円／年である。これに対し，エネルギー費の削減分は約 4500 万円／年である。したがって，チューニング効果による単純投資回収年数は 0.83 年となり，良好な結果が得られている。3 年間トータルの費用対効果検証はこれからであるが，3 年目は大きな調整，計測投資を実施していないため，費用対効果はより良化するものと推定される。

4.4　チューニングノウハウの水平展開

2004 年度から 2006 年度の評価期間において，当初設定した以上の成果を得ることができたが，今後とも現システムでの省エネルギー取組みの継続と，新しい省エネルギーの種の発見による積上げをすることが重要である。省エネルギー専門委員会では，当初より，継続的省エネルギーの実現には，施設のオーナや運営者の自走的推進への移行が重要と考え，この点を十分に視野に入れて活動している。ビルディング管理者に対して，チューニング実施段階から積極的な協力が得られたこともあり，当委員会からビルディング管理者への運営の移行は比較的スムーズに進み，その活動は現在も順調に継続している。

これらの取組みを水平展開するためには，蓄積されたチューニングノウハウを共有化する仕組みづくりが重要となる[3)]。そこで，本施設および，同時期に BEMS を導入した中・小型ビルディングでのチューニング推進により得たノウハウをデータ化し，それらを検索・閲覧可能にするノウハウ共有サイトの構築を進めている。現在のノウハウ共有サイトのトップページを図 9 に示す。

図9　省エネルギーノウハウ共有サイト

このサイトでは，チューニングノウハウの集約のほか，省エネルギーに関連する情報発信や利用者がコンテンツを拡充する仕組み（Consumer Generated Media）を導入し，省エネルギー実務者の手助けとなるよう，徐々にコンテンツの充実を図っている。現在，当社イントラネット内で，公開ノウハウ数や利用者数を限定したテスト運用段階であるが，今後有用なコンテンツの内容を充実させ，省エネルギー推進の有力な支援ツールとすることを目指している。

5. あ と が き

当社のオフィスビルディングの省エネルギー活動において，BEMS（Building Energy Management System）を使ったエネルギーの見える化に加え，分析支援ツール（SatTool）を用いたチューニング手法により，平均で 10 %を超える運用段階での省エネルギーを達成した。

とくに当社東京本社ビルディングでは，①設計意図に基づく施設運用の徹底，②初期不具合改善，③運用形態に合せた調整，④専用機器の PID 値の見直しなどにより，3 年

で約 18 %の省エネルギーを達成し，大きな成果を上げている。適度で効率的な投資を実施することにより，継続的かつ発展可能な省エネルギーの推進が可能と考えられる。

本研究は新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）との共同研究事業「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」（平成 15 ～ 17 年度）において実施したものである。また，財団法人省エネルギーセンター主催の平成 18 年度省エネルギー優秀事例全国大会において経済産業大臣賞を受賞し，高い評価を得ている。

●注

＊ 1）BACnet：米国 ASHRAE（米国冷暖房空調工業会）の商標

＊ 2）IEIEJ ／ p：電気設備学会規格

＊参 考 文 献

1）UNITED NATIONS：KYOTO PROTOCOL TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE（1998）

2）財団法人／省エネルギーセンター技術部ビル調査グループ：省エネチューニングガイドブック（2007）

3）財団法人／省エネルギーセンター技術部：平成 17 年度　省エネルギー技術普及促進事業報告書，p. 6（2006）

◆執 筆 者 紹 介

三宅　利幸
環境推進部

十河　知也
新規商品創出技術開発部

宮本　良平
エンジニアリング事業統括部

篠原　清敏
エンジニアリング事業統括部