

環境大気常時監視局舎に 省エネルギー管理システムを導入する試み(Ⅰ)*

— 地球温暖化抑制徹底時代の環境監視へEpoKisの提案 —

鈴木 一平** ・ 池澤 健** ・ 谷 學**

はじめに

全世界をあげた地球温暖化防止への取り組みでは、CO₂等の温室効果ガスの排出量削減について京都議定書により具体的な数値目標設定がなされ¹⁾、その発効(2005年2月16日)により国家としての国際的責任が明確化するに至っている。日本は2008～2012年において1990年に対して6%の排出削減を求められているが、その目標数値が非常に高いものであることはよく知られており、まさに国民一人ひとりの努力が必要とされている²⁾。

環境省はじめ行政や産業界は、一般市民を地球温暖化抑制への活動へ誘うメディア戦略を次々と打ち出して国をあげた活動を盛り上げている³⁾。今まで顧みられなかったあらゆる活動に対して省エネルギーの観点から見直しを図り、その積重ねとして6%の約束値を達成することが時代の求めるところである。

こうした中、当社は環境行政の伝統的な主要事業の一つである環境大気常時監視事業に対しても、省エネルギー管理徹底の視点が必要不可欠であると考え、環境大気常時監視局舎における電力消費の現状とその改善手法について調査と開発に取り組んできた。

当社ではこれを、当社の提供するデータテレメータシステム「EcoDas」(エコダス)⁴⁾と並

ぶ新システムとして「EpoKis」(エポキス)と名付け、地球温暖化抑制徹底の時代にふさわしい環境監視局舎の省エネルギー管理のあり方として提案することとした。

ここでは、当社の調査結果より得られた、環境大気常時監視局舎の省エネルギー管理手法に関する新しい知見について、2回にわたって述べる。

1. 環境大気常時監視にかかる電力消費の概要

(1) 環境大気常時局舎の多様な規模と形態

いわゆる環境大気常時監視は、大気汚染防止法第22条に基づいて都道府県および同法に係る政令市で実施されており、その測定局は設置の目的別に一般環境大気測定局(以下、一般局)と自動車排ガス測定局(以下、自排局)に大別される。局数は、一般局1,660、自排局441で合計2,101局となっている(2003年度末現在)⁵⁾。

測定局の規模や形態は多様である。規模としては測定項目数(すなわち測定機数)の多少が主要な差異であり、形態としては鉄筋コンクリート造の独立建築物から、コンテナやプレハブといった簡易的な設置方式まで、その構造は多彩である。

* Applying an Energy Management System to Ambient Air Quality Monitoring Stations

** Ipei SUZUKI グリーンブルー(株), Ken IKEZAWA 同, Manabu TANI 同

キーワード ①環境大気常時監視 ②テレメータシステム ③地球温暖化 ④省エネルギー ⑤ESCO事業

(2) 局舎の平均的な電気消費量

局舎で消費される電力の量は規模や形態により大きく異なると考えられる。しかし局舎の平均消費電力量は一般に広く公開されておらず、また定期的に記録していない局や他施設とメーターが独立していない局なども多い。そのため、局舎消費電力量の平均値は正確には知られていない。

当社の情報収集によれば、自排局では10～20kWh/日、一般局では25～90kWh/日程度の平均電力量が典型的には考えられる。一般家庭1世帯の消費電力量は一般に10～15kWh/日とされており、1測定局は一般家庭数世帯分の電力を消費しているといえる。

(3) 事業全体の消費電力量の規模

上に述べたように環境大気常時監視事業では大小約2,000局の局舎が稼動しており、個々の平均消費電力量は多様であるが、仮に平均50kWh/日とした場合、全体で10万kWh/日、年間で3,650万kWhの消費電力量となる。この3,000～4,000万kWh/年という消費電力量の規模は、一般家庭でいえば8,000～1万世帯、また中規模の工場1事業所に相当する。

国内外、法人個人、セクターの別、規模の大小などを問わず、あらゆる主体が地球温暖化防止に取り組み始めている状況の中で、この規模の消費電力量が適切な管理なく放置されていることを見逃すことはできない。

2. 環境大気常時監視局舎における電力消費の詳細調査

環境大気常時監視にかかる電力消費に省エ

ネルギー管理を適用するには、どのような手法が必要だろうか。当社は「まずモニタリングが必要不可欠」と考えている。環境汚染問題の解決と同様に、対象の状況を定量的に把握、その時間的な変化を観測するモニタリング行為から、要因の特定や対策の適用など問題解決のプロセスが始まるといえる。

当社は典型的な環境大気常時監視局舎における電力消費の構成を整理し、各構成要素としての電気機器の電力消費の詳細についてモニタリング調査を行った。

(1) 局舎における電力消費の構成

局舎における電力消費の構成は、図1のように分類できる。まず大きく分けて、定常的に消費するものと随時的に消費するものである。前者には、各種自動測定機およびブローアなどの付随機械類、そして多くの局ではデータの自動送信に使うテレメータ装置に関するものが含まれる。ほぼ定常に準ずるものとして、運用方法によっては換気扇等も含まれる。後者には、室内空気温度を調える空調装置(以下、エアコン)がもっとも重要なものとしてあげられるほか、入室状況に応じて使用される照明機器、追加的な大気測定などに使用されるエア・サンプラーなども含まれる。

当社は、これらの機器群の電力消費の実態を、モニタリング調査によって初めて詳細に明らかにしている。以下にその概要について述べる。

(2) 詳細モニタリング調査の方法

詳細モニタリング調査は、市販の電力消費測定システムを使用して行った。同システム

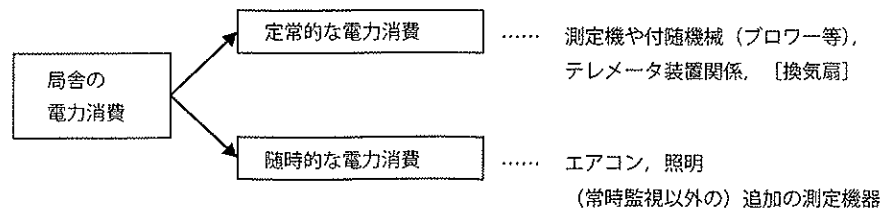


図1 環境大気常時監視局舎における電力消費の分類

は、電流測定用クランプオンセンサーを用いて電流、電圧、有効電力等を1秒以上の任意の間隔で測定記録できるものである。クランプオンセンサーは、電源コードを流れる電気を測定する場合にペアのうち片側のコードのみを挟む必要があるため、コンセントと電源プラグの間にコードを分割させる部品を挿入し、その個所を測定点として電力消費モニタリングを行った。その様子を写真1に示す。

調査で使用した電力測定システムでは、拡張により複数個所の電力消費モニタリングが同時に可能である。またデータはパソコンに保存可能だが、1秒間隔の記録は膨大なデータ量となるため必要に応じて行い、基本的には1分ごとに消費電力量等を記録した。

(3) 定常的に電力を消費する機器の詳細調査

上に述べたように、定常的に電力を消費する機器は、各種自動測定機やテレメータ装置等、測定局の機能である局周囲の環境大気の無人常時監視に、直接的に関わる重要な部分である。

測定機類の消費電力についてこれまで知られていた情報は、ごく限られている。その情報源は、測定機の取扱説明書や筐体背面などに表示されている仕様としての数値のみであった。記載の基準はメーカーによってもまちまちであり、とくに記載のない機種も多い。なお「環境大気常時監視マニュアル」の現行版

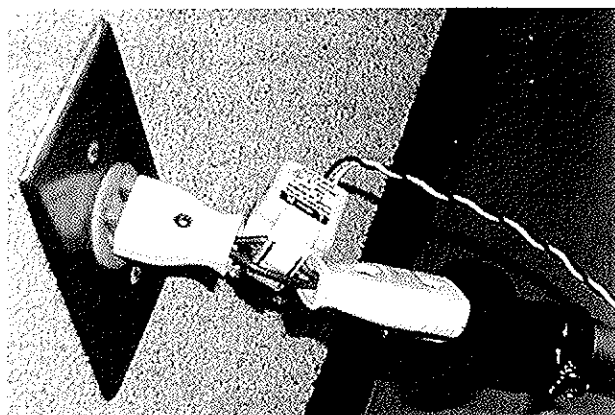


写真1 クランプオンセンサーの取付け例

である第4版には、各種測定機の主要な機種について、これらの仕様値を一覧表に提供している⁹⁾。しかし刊行された1998年当時の情報であり、大半の機種はその後モデルチェンジをしている。

当社ではさまざまな測定機や周辺の機器類について電力消費の詳細モニタリングを行い、実測値からそれらの平均消費電力を明らかにした。これらの結果は局舎の省エネルギー徹底管理のための基礎的な情報として、非常に重要である。表に、実測により明らかにした各種機器の平均消費電力の例を示す(ここでは機種名は示さない)。仕様として表示されている値の得られたものについてはそれを併記した。実測値とのかい離が見られる機種も少なくないことが分かる。

また、同一の項目の測定機でも平均消費電

表 実測により明らかにした平均消費電力
(定常的に稼動する機器群)

項目	製造年月	仕様の表示	平均消費電力 (w)
NOx(湿式)		90W	80
NOx(乾式)	1994.7 1999.	300VA	160
		200VA	230
		300W	160
SO ₂ (湿式)			30
SO ₂ (乾式)	2004.	150VA	80
		100W	95
O ₃ (乾式)	1998.2 2005. 2003.12	150VA	100
		80VA	80
		70VA	20
SPM	1985.2 1994.7	150VA	150
		(5.5A)	320
HC	2000.	750VA	190
H ₂ 発生機	2000.5	300VA	60
CO			115
気象計(室内装置分)			30
ブロー+ヒーター			30
大規模テレメータ装置			80
EcoDas用テレメータ装置			15
換気扇			50

力には幅がある。このことは、今後機種選定条件の一つとして考慮され得るべきであるとともに、平均消費電力のより少ない新機種開発へのインセンティブとしても期待できる情報である。

(4) 随時的に電力を消費する機器の詳細調査

随時的に電力を消費する機器としてあげられるうち、すべての局に存在するといえるのがエアコンと照明である。エアコンは測定機稼動時の推奨周囲温度範囲を逸脱しないように室内温を管理する目的があり、従来の管理手法では夏季は冷房、冬季は暖房の連続運転をするのが一般的である。照明は室内作業時のみに使用されるのが通常である。

これらについても詳細調査を行った。エアコンの消費電力量は当然ながら気候条件によって変動する。まったく運転されない日がある一方、多い場合には平均で300W以上に達する日があり、その場合には測定機2台分程度にも相当するウェイトを占めることになる。こうした事実が実測より定量的に明らかとなり、省エネルギーの最適化には重要な管理対象であることが示唆された。

照明については入室時間帯のみの使用であるが、使用時にはその装備数に応じて数百Wの電力を常時消費することとなる。その規模を考慮すれば、電力消費状況を常時モニタリングすることで消忘れを防ぐこと自体の十分な有効性も示唆される。

(5) 機種ごとに特有の電力消費パターン

電力消費状況の詳細モニタリングにおいては、最短1秒ごとの連続記録が可能である。そのモニタリング結果をグラフに表示すると、各機器がそれぞれに特有の電力消費パターンを持っていることが明らかとなった。

これは機器内の各部の動作に応じて生じる変動であり、ごく一般的にいうと単純な機器ほど一定か不規則で、試料自動分析の動作を定期的に行う測定機等では周期性を示す明瞭なパターンを観察できるものが多い。

本調査では、実測に基づく平均消費電力と並ぶ重要な基礎的情報として、各機器の電力消費パターンに着目し、記録、分析をしている。図2に示すのは、今までに調査したうちNO_x計5機種の電力消費パターンである。それぞれの図で横軸は時間(区切り線は1時間ごと)、縦軸は消費電力(有効電力)の1秒ごと瞬時値(W)である。

図2のうちもっとも上の図は湿式NO_x計の電力消費パターンを示す。湿式NO_x計の電力消費パターンでは、ポンプのものと考えられる定常的な電力消費が、1時間ごとに電磁弁による液交換などの動作によって中断されるという特徴がある。こうした特徴は湿式の各種測定機にほぼ共通する特徴である。またSPM計もポンプの定常的な動作と定期的な紙送り動作の複合であるため特徴の類似した電力消費パターンを示す。

一方、残る4つの図は乾式NO_x計の電力消費パターンであるが、その特徴はそれぞれに異なる。電力消費パターンの周期性は、ほとんど不明瞭か、一定か、あるいは数十秒単位の不定のもの、あるいは10~数十分程度のもの、などがあつた。図2の上から2つ目の図に示す非常に特徴的な電力消費パターンを持つ3時間という周期は、当社の今までの調査結果においてはかなり異例のものである。

いずれにせよ、これらのパターンは各機種の内部的な機構、動作の特性を反映するものであり、機種ごとに複雑で多様な内部機構を持つ乾式測定機では、詳細モニタリング調査を適用するまではその電力消費パターンを予想することはほぼ不可能であるといえる。

また、各機器類の通常時の電力消費パターンを把握していれば、常時モニタリング時にそのパターンに何らかの変調が見られた場合、機器の異状を示唆する現象として検知し、迅速な対応を図ることができると考えられる。

つまり、環境大気常時監視に関する測定値

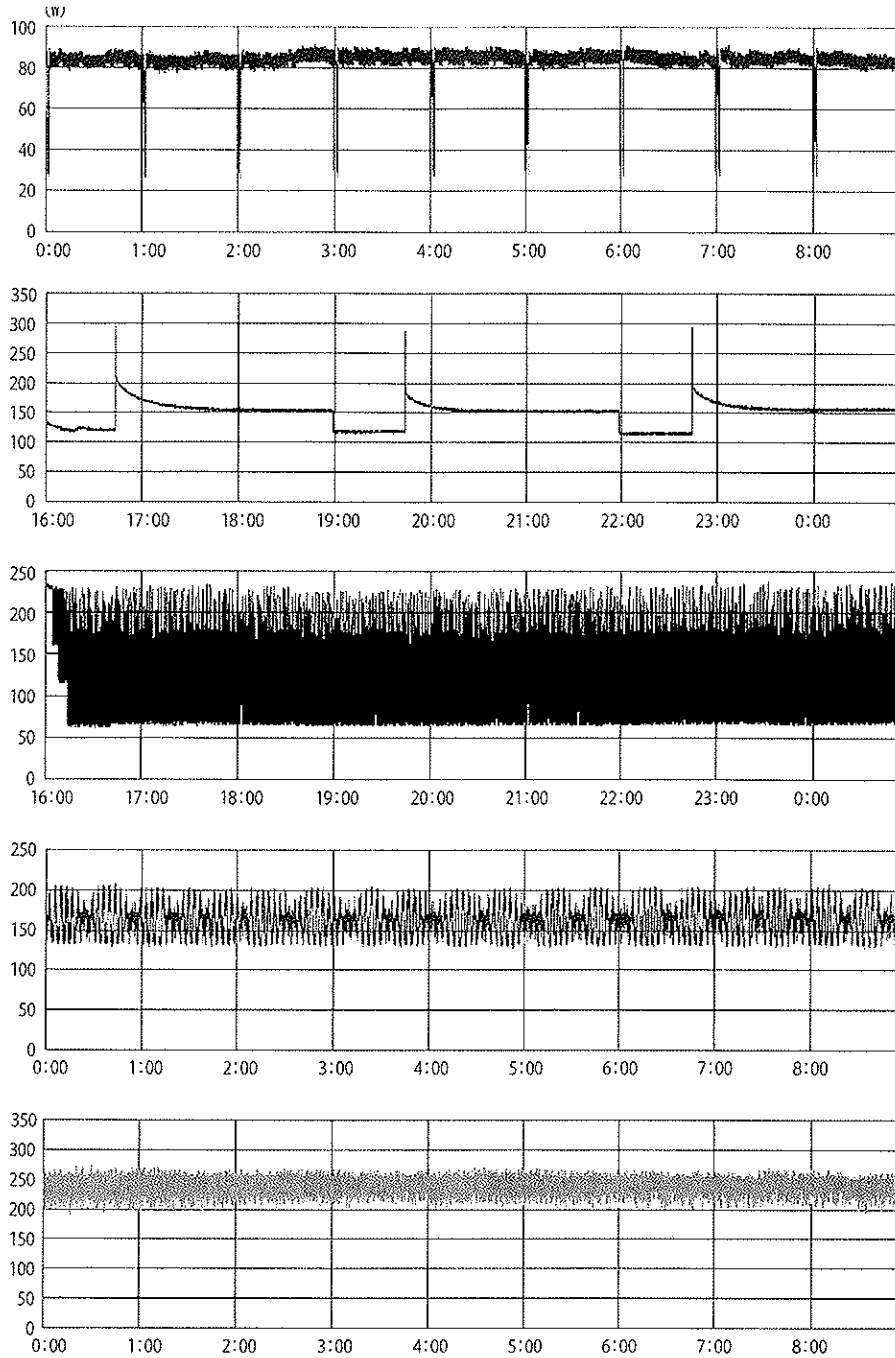


図2 各種NOx計の電力消費パターンの例

の信頼性向上につながるような、測定機類の正常稼動を監視する新しい手段となる可能性が期待される。この点については、次報においてもさらに述べることとする。

3. 各種機器の消費電力と周囲温度との関連

本調査における詳細モニタリングでは、各機器の電力消費と同時に室外や室内などの気

温のモニタリングも行い、両者の関連性について分析した。気温のモニタリングには熱電対センサーとロガーを使用し、1分ごとの瞬時値データを記録した。熱電対の設置の様子を写真2に示す。

(1) 定常的に稼動しても決して一定ではない各機器の平均消費電力

経験的に、乾式測定機の多くは内部の分析

処理で多くのエネルギーを消費し、周囲より高温になることが知られている。今回の調査の一例として、ある乾式NO_x計の吸気部と排気部で約10℃の温度差が観測された。内部で分析部の温度調整をしている測定機も多く知られており、周囲の空気温度によって平均消費電力が増減することが予想された。

詳細モニタリングを実施したところ、実際に機器周囲温度と平均消費電力の間に有意な相関を示す測定機が多く見出された。本調査ではこのことに注目し、調査対象とした各機器の周囲温度(あるいはその代替として室内

の代表測定点の温度)と平均消費電力の関連性を分析した。分析の際には一定時間範囲の移動平均を用いることにより、短時間の変動の影響を取り除いた。

(2) 相関関係をもとに推定式を設定する

図3にその分析結果の例を示す。図3中の各グラフでは傾向が明瞭に見取れるように、縦軸のスケールを調整してある。このようにプロット図を作成して分析すると、ほとんどの機器では平均消費電力が周囲温度に対して負の相関を示している。そして、室内温度を入力として平均消費電力を推定する式は、直線的に近似することができると判断できる。すなわち室内温をxとして入力とし、平均消費電力の推定値をyとして出力とすれば、

$$y = ax + b$$

と表現できるということである。

近似直線の設定(つまり上式におけるaとbの設定)の方法としては主に、ソフトウェアに回帰式の出力をさせる方法と、視覚的な判断により直線を描画してy切片と傾きを算出する方法が考えられる。本調査の扱うような



写真2 熱電対センサーの取付け例

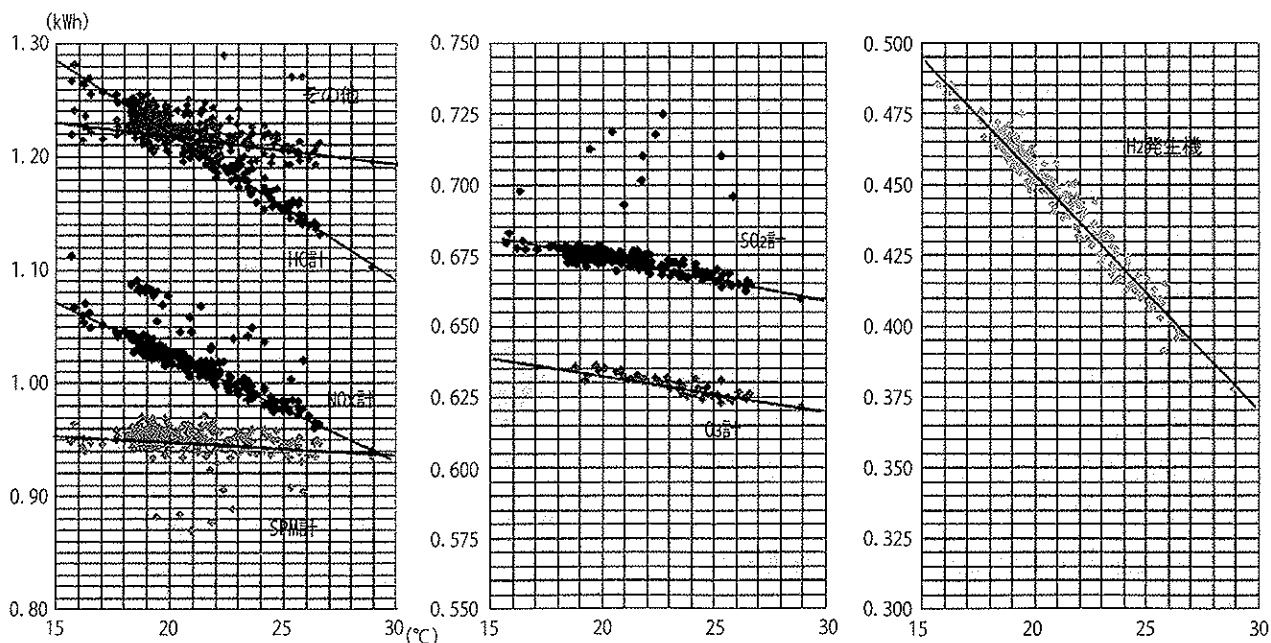


図3 各種機器の周囲温度と平均消費電力量の関係(6時間値による)

省エネルギー目的の消費電力量データの分析においては、後者の方が実用的に妥当でありかつはるかに簡便なので、後者の方法を採用することとしている。

(3) 室内温の高低による消費電力の変動の幅

本調査で得られた結果によれば、周囲温度に対する変動の大きい機器においては、平均室内温が15～30℃の範囲において、約15%も変動があることが初めて明らかとなった。直線近似を仮定すれば、実測値の得られなかった室内温の範囲に対しても平均消費電力量を推定することができる。たとえば図3に示したNOx計の実測値に基づく直線推定式では、室内温0～40℃の範囲内で約30%の変動が推定された。

常時的に稼働しているということは、その消費電力量も常に一定であるという先入観に陥りがちであるが、以上に示したように、常時稼働している測定機類においても周囲温度に応じてその平均消費電力量が相当程度変動する機種が存在することを、本調査で初めて明らかにした。省エネルギー最適化のためのモニタリングの有効性を示唆する知見である。

4. エアコンの消費電力量と外気温との関連

エアコンの消費電力は主に、その運転設定と外気の温度に支配されて変動する。上に述べた各機器の消費電力の変動が室内の温度に支配されているのとは根本的に異なる。

外気温とエアコンの消費電力量の関係をプロット図に表示したところ、予想どおり確かに相関関係が観察できた。エアコンの消費電力量は外気温のみでなく、室内温にも影響を受けて増減するため、ここでも一定時間範囲の移動平均に基づいて相関を検討した。

(1) 温度設定によって異なる平均消費電力

図4に、当社内に設置した実験用局舎において、外気温とエアコンの消費電力量を詳細モニタリングし、関連を分析した例を示す。

外気温が高いほど消費電力量が増加しているのが冷房運転時、逆に外気温が低いほど消費電力量が増加しているのが暖房運転時の消費電力量である。エアコンの温度設定は、冷房時については30℃および18℃、暖房時については20℃および16℃の設定で運転し、調査した。

1分ごとに記録されたデータから6時間の平均値を算出して、その結果をプロット図に作成したのが図4である。この図から観察されるように、有意な相関が実測値から明らかにされた。エアコンの消費電力量についても、実測値の蓄積により近似推定式の設定が可能であると考えられる。

(2) 局舎の省エネルギー徹底管理の鍵となる重要な基礎情報

すでに述べたように、エアコンの連続自動運転の目的は、室内における自動測定機群の正常稼働の確保であるため、省エネルギーの徹底管理のためには、機器の正常稼働を確保できる範囲で、過剰なエアコンの運転を可能な限り解消することが重要になると予想できる。

ここで明らかにした外気温とエアコンの消

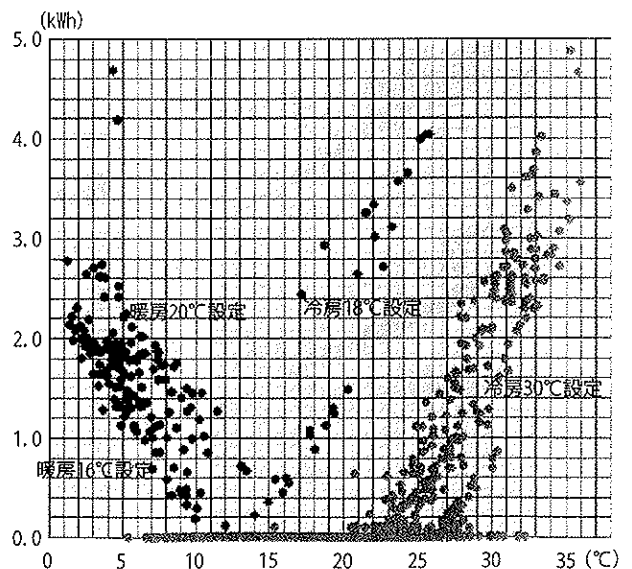


図4 エアコン消費電力量の外気温との関係の分析結果の例(6時間値による)

費電力量との関連性は、そのための基礎情報として重要な役割を果たし得るものである。ただし、前章に述べた測定機類の平均消費電力と機器周囲温度との関連性とは異なり、エアコンの平均消費電力と外気温との関連性は局舎の構造等形態の影響を受けるため、局舎ごとに固有の関係式を持つといえる。

したがって近似推定式を求める場合は、必ず局舎ごとに実測値から導き出す必要があるといえる。

ま と め

以上のように、環境大気常時監視局舎における電力消費の徹底管理によって地球温暖化抑制への確実な貢献をめざすEpoKisの開発に向けて、当社は環境大気常時監視にかかる電力消費を初めて詳細モニタリングする調査を実施している。測定機やエアコンをはじめとした各種電気機器の基本的な消費電力に関する情報を、実測値に基づき詳細に把握することによって、本報に述べた数々の新しい知見が得られた。

「問題解決はまずモニタリングから始まる」という事実のとおり、環境大気常時監視にかかる省エネルギー徹底を実現するための基礎となる、重要な情報であると考えている。

EpoKisのコンセプトはいわゆるESCO事業の応用である。一般的なESCO事業はエネルギー消費規模の大きい事業所等に適用され、基本的には改善効果によるコスト削減分のうちからESCO企業にその対価が支払われる。

大気汚染常時監視事業への適用においてはその電力消費の規模が大きくないため、一般のESCO事業が成立する上述のような構図をそのまま当てはめることはできないが、電力

消費の詳細モニタリングによる省エネルギーの徹底という取り組み手法自体の意義の大きさは、まったくもって異なるものではないと考えられる。

地方公共団体におけるESCO事業の導入事例は、庁舎などの大規模施設を対象に年々増加してきている⁷⁾。今後、個々の行政事業、とりわけEpoKisの対象とする環境大気常時監視などの環境部局所掌の諸事業に、ESCO事業のコンセプトを導入する方向性が強まることが期待される。

今回は、本稿で述べた基礎的な新しい知見を応用展開し、環境大気常時監視局舎に対する省エネルギー特性の現状診断や、改善によって期待される削減効果の試算例を含む、今後の展望について述べる予定である。

—参考文献—

- 1) 「気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書」http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mechanism/kpeng_j.pdf
- 2) 環境省「京都議定書目標達成計画」<http://www.env.go.jp/houdou/gazou/5937/6699/2278.pdf>, 2005
- 3) たとえば、「チーム・マイナス6%」<http://www.team-6.jp/>、「クール/ウォーム・ビズ」<http://www.env.go.jp/earth/info/coolbiz/>など
- 4) EcoDas(エコダス)についてはhttp://www.greenblue.co.jp/services/mon_taiki_01.html
- 5) 大気環境モニタリングの在り方に関する検討会、「大気環境モニタリングの在り方について—報告書—」<http://www.env.go.jp/ait/report/h17-01.pdf>, 2005
- 6) 環境庁大気常時監視研究会監修、環境大気常時監視マニュアル 第4版, 1998
- 7) 高橋久光;ESCO事業の現状と動向, 資源環境対策, Vol.42, No.2, p.58~61, 2006