

実証分析に基づく研究機関における 省電力型ワークスタイル実現可能性検討： 国立環境研究所における 電力消費構造の分析と省電力対策の実証

芦名 秀一¹・松橋 啓介²・田邊 潔³

¹非会員 国立環境研究所 社会環境システム研究センター（〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2）
E-mail:ashina.shuichi@nies.go.jp

²正会員 国立環境研究所 社会環境システム研究センター（〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2）

³非会員 国立環境研究所 環境計測研究センター（〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2）

東日本大震災の影響により、東京電力管内では夏期平日昼間の時間帯に、昨年度比で15%の節電が求められている。国立環境研究所は、業務を維持しつつ契約電力量比20%削減を掲げている。しかしながら、これまで研究所全体での電力消費構造が不明確であり、種々の対策を実行した場合の削減効果見込みも明らかではなかった。そこで、本研究では毎時の電力計測データをもとに電力消費構造を分析し、恒温・恒湿室に係る空調が電力消費の4割を占め、かつ温度依存的な電力消費量変化の主たる要因であることを明らかにした。また、研究者からのヒアリングも併せ、目標達成のための方策を整理するとともに、7月期～8月期の電力消費データをもとに、対策の効果を実証分析するとともに、今後も持続的に実施可能な省電力型ワークスタイルを検討した。

Key Words : electricity saving, workstyle, empirical study, research institution

1. 序論

東日本大震災の影響により、特に東北電力および東京電力管内においては発電所や変電設備、送電設備にいたる広範な被害が発生し、電力需給に大きなギャップを生じることとなった。大震災直後においては、3月14日から主に東京電力管内において計画停電（輪番停電）を実施し、需給バランスを確保してきた。しかし3月28日以降は、停止していた発電所が稼働を再開できたことと、気温が上昇したことにより暖房需要が低減されることなどにより、電力の需給ギャップが改善されてきたことから、計画停電は原則不実施とされている。

わが国の電力需要は、春秋期に低く、夏期と冬期が高い。図-1に、2010年の月別発電量を示す。春秋期は70TWhに対して、夏期と冬期は平均80TWhと15%ほど高いことがわかる。2011年についても同様に夏期に向けて電力需要の伸びが見込まれることに加え、大震災からの復旧・復興が本格化していくと考えられることから、再び電力の需給ギャップが生じることが懸念されてきた。

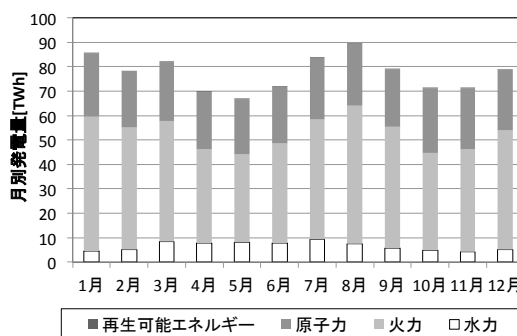


図-1 日本全体の月別発電量の推移（2010年）¹⁾

夏期の需給ギャップ改善に向けて、首相官邸に設置された電力需給緊急対策本部（現・電力需給に関する検討会）では、5月13日に電気事業法第27条に基づく電気の使用制限を発動することが決定された。対象は東北電力および東京電力管内の契約電力が500kW以上の大口事業者であり、期間は7月1日から東京電力管内においては9

月22日、東北電力管内では9月9日までとなる。目標値は、平日9時から20時までの電力消費量について、2010年の同時期最大使用電力から15%の削減である。

国立環境研究所（以下、研究所）は、契約電力5,600kWの大口事業者であり、この使用制限の対象となっているが、「地球温暖化研究をはじめとする国内外の環境研究の中核的機関として、また、政策貢献型機関としての社会的責任及び使命に鑑み」²⁾、目標値を業務を維持しつつ契約電力比20%削減³⁾することとしている。

節電計画においては、消費電力の大きな実験設備の計画停止や空調、特に冷房や照明、OA機器の使用適正化等が示されているが、これまで研究所の電力消費構造が明確ではなく、種々の対策を実施した場合の削減効果見込みも明らかではなかった。

そこで、本研究では国立環境研究所をフィールドとして、計測データや実証データを用いた定量評価に基づいた研究水準を向上させつつも継続的に実施可能な省電力型ワークスタイルの実現可能性を検討することを目的とする。具体的には、次の3ステップにより実施した。

まず、過去の電力消費量計測データやヒアリングに基づき、研究所ではいつ、どこでどの程度の電力消費がなされているかを定量的に把握し、ヒアリングの結果も勘案して省電力達成のための方策を検討する。

ついで、7月、8月の実証データを参照して使用制限の目標値（以下、省電力目標値）を達成できたかの検証と、対策効果の定量的なフォローアップを実施する。

最後に、これらを通じて得られた知見を総合し、研究水準を向上させつつ電力消費抑制を達成する方策を、実験および研究計画の見直しといった研究活動や施設運用の見直しと効率化も視野に入れた省電力型ワークスタイルを検討する。

2. 研究所の電力消費構造の分析と省電力オプションの検討

(1) 研究所の電力消費の概要

電力使用制限目標を達成できる方策の立案にあたってはまず、研究所がいつ、どこで電力を消費しているかを明らかにすることが必要である。そこで、現在採用しているエネルギーシステムが通年で稼働していた2009年度および2010年度の2ヵ年度を対象に、研究所のエネルギー管理担当部署にて収集している電力計測データをもとに、研究所の電力消費構造を分析した。

図-2に、2009年4月から2011年3月までの研究所全体の月別電力消費量推移を示す。2011年3月が他期間と比較して極端に低下しているのは、東日本大震災による影響である。日本全体の月別発電量推移（図-1）と比較す

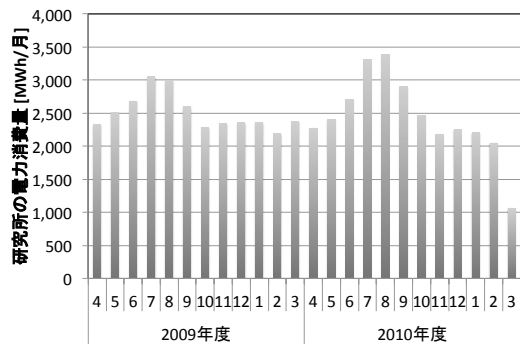


図-2 研究所の月別発電量の推移（2009年度-2010年度）

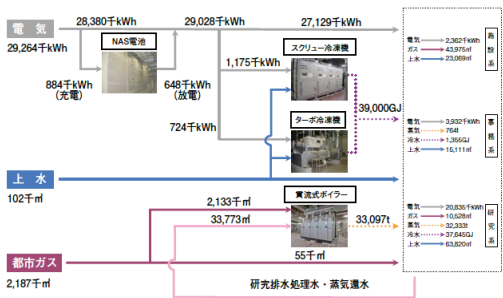


図-3 研究所のエネルギーシステムの概要および2010年度の年間エネルギー消費量³⁾

ると、春秋期と比較して夏期の電力消費量が高い傾向は変わらないが、冬期は日本全体とは異なり春秋期とほぼ変わらない水準で推移することがわかる。これは、図-3に示すように研究所においては集中型冷暖房システムを取っており、冷熱源は電気駆動であるのに対して、温熱源はガス駆動のエネルギーシステムを採用しているためである。

図-4に、2009年度、2010年度それぞれの8月と11月の平日日別日負荷曲線を示す。図は業務が開始される9時からプロットしており、左半分が日中の電力需要を、右半分が夜間の電力需要を示す。年度を問わず、8月と11月

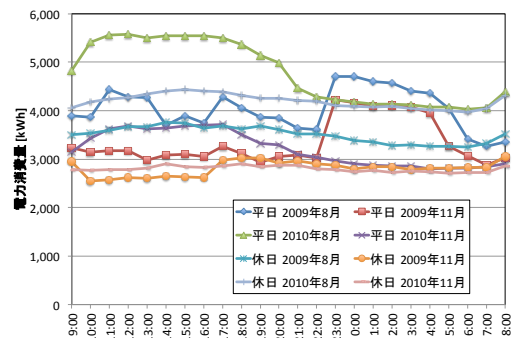


図-4 研究所の日負荷曲線（平日日別、8月、11月）

のいずれでも平日の電力消費量が休日のそれより高いが、休日であっても3,000kWh程度を定常的に消費しており、研究所では24時間365日稼働の実験機器等による電力消費の占める割合が大きいことがわかる。

夜間に着目すると、2009年度の平日は夜間に大きな電力消費の伸び上がりが見られるが、休日や 2010年度の平日には観察されない。また、電2009年度の平日日中後の時間帯にのみ、電力消費量が急激に落ち込むことが分かる。これは、ナトリウム硫黄電池（NAS電池）の運用によるものである。

研究所では、7,200kWの蓄電が可能なNAS電池を設置し、日中のピークカットを実施している。NAS電池の運用は、平日及び土曜日に限られ、日曜日は原則不稼働である。充電は深夜電力の時間帯に行われるため、2009年度の平日23時以降の時間帯に電力需要の急激な上昇がおこることとなる。2010年度の平日にNAS電池の充電による電力消費量の増加が見られない理由は、8月初頭にNAS電池が故障したためであり、東日本大震災の影響もあって2011年5月までNAS電池によるピークカットが実施されることはなかった。

(2) 電力消費の大きい設備の検討

研究所の電力消費構造を分析するにあたり、まず研究棟別の電力消費量を把握することとした。これは、研究所においては、原則研究内容に応じて研究棟が振り分けられており、どの研究棟が電力消費が大きいかを把握できれば、研究所全体の電力消費構造の分析に有用と考えられるためである。

図-5に、2009年度の研究棟別年間電力消費量を大きい順に並べたものを示す。研究所では、前述したように集中型の冷暖房システムを採用しているために、システムが設置されているエネルギーセンターI・IIの電力消費量は研究所全体の中でも大きな方に分類される。

エネルギーセンターを除いて、電力消費の大きな研究棟に共通する特徴は、(1) 恒温・恒湿室を設置していること（環境ホルモン総合研究棟、研究本館I（情報等・電算室）、研究本館IIIなど）、もしくは、(2) 大型実験施設を設置していること（地球温暖化研究棟、ナノ粒子棟など）、の2点である。その一方で、事務作業が中心となる研究棟（研究本館I（管理棟）など）の電力消費量は小さい。

恒温・恒湿室は、温度と湿度を常時一定に保つように設計された実験室である。さまざまな方式があるが、大まかに言って外気を取り入れ冷却・除湿して、所要の温度となるまで再熱し、実験室に導入するシステムとなっており、研究所には全体で215系の恒温・恒湿室が設置されている。

研究所には大型実験施設として、スーパーコンピュー

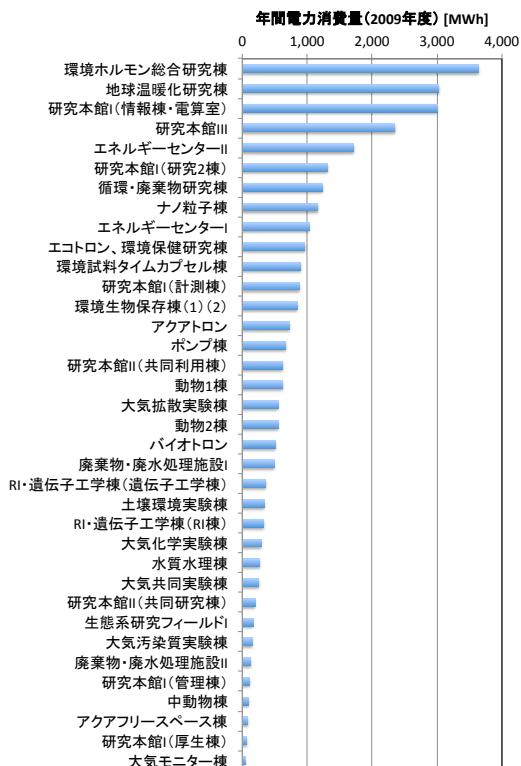


図-5 研究所の研究棟別年間電力消費量の比較（2009年度）

タ（研究本館I（情報棟・電算室））、シャシダイナモ（2台）（地球温暖化棟、ナノ粒子棟）、大気拡散風洞（大気拡散実験棟）、MRI装置（環境ホルモン総合研究棟）などが設置されている。

これらに加えて、一台あたりの消費電力量は少ないものの、研究所全体で見れば大きな電力消費量となっているものに、冷蔵庫、冷凍冷蔵庫、PC等のOA機器、照明がある。

以上をまとめると、研究所において省電力を検討するに当たっては、主に以下の6つとピークカットとしてのNAS電池が重要となると考えられる。

- 1) エネルギー供給システム（冷水供給システム）
- 2) 恒温・恒湿室
- 3) 大型施設
- 4) 多数の計測機器・中小型実験設備
- 5) OA機器
- 6) 照明

つぎに、この各項についてヒアリングの結果等も交えて電力消費量を定量的に把握することとする。

(3) 施設・機器別電力消費量の定量検討

前節にて述べた6つの電力消費の主要素とNAS電池の

うち、エネルギー供給システムとNAS電池は電力消費量が直接に計測されており、把握は容易である。また、スーパーコンピュータも、設置されている研究棟の電力消費量から間接的に把握可能である。そこで、他の4つの施設・機器に焦点を絞って具体的な電力消費量の把握を試みた。

エネルギー供給システムを除くと、外気温の変化にもっとも敏感なのは恒温・恒湿室である。そこで、まず電力消費の温度依存性から恒温・恒湿室の電力消費量を求めることとした。

図-6に、2009年度と2010年度の研究所全体の電力消費量と外気温との関係を示す。研究所全体の電力消費量は、NAS電池によるピークカット分を補正した値を採用している。また、図中において、ゼロもしくは2,000kWh付近の値は、電気設備点検に伴う全体停電・部分停電の影響である。

2010年度と2009年度を比較すると、2010年度の気温が統計開始以来第一位の高温⁴⁾であったこともあり、2009年度よりも高温側に遷移しているが、平日・休日ともに傾向は2009年度と同様であることが分かる。

平日日別の差に着目すると、休日はほぼひとつの直線に乗っているが、平日は大きく2本の直線から構成され、下方にある直線は休日とはほぼ同じ軌跡を描き、上方の直線は下方の直線をおおむね1,500kWh上方に平行移動させたかたちとなっていることがわかる。ここから、OA機器と照明ならびに勤務時間中のみ稼働させる実験機器の電力消費量は、あわせて1,500kWh程度であることが推察される。

電力消費量の気温依存性に着目すると、外気温が15℃を越えると電力消費量が増加しはじめて約1℃上昇するごとに100kWh増加するが、30℃を越えると伸びが鈍化し、外気温1℃あたりの増分は70kWhまで抑えられる。気温30度以上になると電力消費の伸びが鈍化する理由は、露点温度が影響していると考えられる。露点温度とは、ある気温・湿度の空気を冷却したときに、水蒸気が凝縮

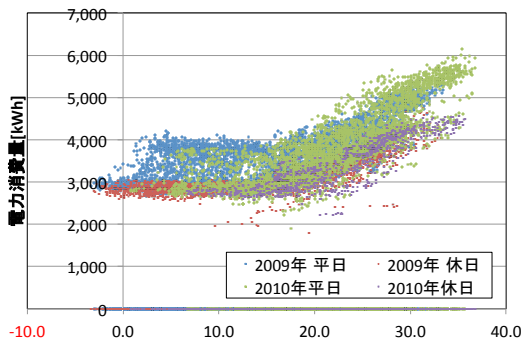


図-6 研究所の電力消費量と外気温の関係

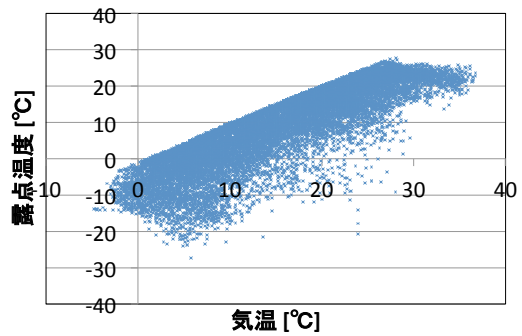


図-7 気温と露点温度の関係（2009年4月～2011年3月、毎時）

し始める温度であり、相対湿度が100%で気温と露点温度は一致し、露点温度が気温を超えることはない。恒温・恒湿室においては、露点温度が気温と近ければ近いほど除湿に要するエネルギーが大きくなる効果を持つ。

図-7に、2009年度と2010年度の全期間にわたる研究所から約1kmの地点にあるアメダス（つくば（館野））の観測データに基づく毎時の気温と露点温度の関係を示す。気温とは異なり、露点温度は26℃を越えることはほとんどないことがわかる。すなわち、気温が26℃を越えると冷却に要するエネルギーは気温に比例して上がっていくが、除湿に要するエネルギーはほぼ一定となるため、結果として電力消費の伸びが鈍化したものと考えられる。

また、施設管理部門へのヒアリングにより春秋期や冬期においても恒温・恒湿室の冷却・除湿に400kWhの電力が消費されていることがわかった。これらより、特に夏期においては恒温・恒湿室で2,400kWhが消費されていると推計された。これは、契約電力（5,600kW）比で42%に相当する。

つぎに、大型施設の電力消費量を推計する。研究所では、ひとつの研究棟に複数の大型施設が設置されていることはまれである。そこで、担当研究者より過去の実験状況をヒアリングし、実際の研究棟別電力消費量の推移と比較して大型施設の電力消費量を推計することとした。

図-8に、大型施設のひとつである低公害車実験設備を擁する地球温暖化研究棟のある3日間の毎時電力消費量の推移を示す。実験状況を参照すると、1日目と2日目に実験を実施し、3日目は実験を実施しておらず、また、2日目の実験は施設をフル稼働させての実験であったことがわかっている。ここから、低公害車実験設備の消費電力は、最大280kWhであると見積もられる。他の大型設備についても同様に推計し、大型施設であわせて550kWhと見積もられた。

中小型実験設備とOA機器、照明は、機器台帳をもとに所内の登録台数を求め、研究者からのヒアリングをもとに実際の利用パターンや頻度を想定して電力消費量を

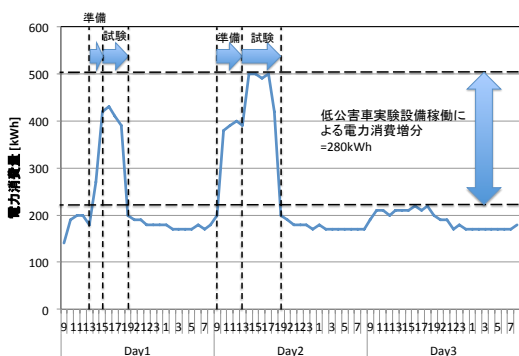


図-8 大型施設電力消費量推計の例（低公害車実験設備）

推計した。

表-1に、研究所の夏期ピーク時の電力消費構造の分析結果をまとめる。研究所の維持管理に不可欠な設備（ポンプ施設、廃棄物処理施設）や空調システムの補機類の電力消費量を加味すると、契約電力5,600kWのうち4,740kW（85%）まで見積もられたが、残る860kWhは不明のままである。

この原因のひとつは、中小型の計測機器やPC等OA機器の電力消費量算定に平均値を用いており、過小評価のおそれがあることが考えられる。また、研究者のヒアリングにおいては、台帳に未登録の実験機器やPC等があることが示唆されており、研究所内の電力を消費する機器が全てカバーできていないこともその原因のひとつと考えられる。

(4) 省電力目標達成オプションの検討

表-2に、電力消費構造分析から得られた結果（表-1）に基づき、研究者からのヒアリングも加味して検討した省電力目標達成オプションを一覧で示す。

表-1 研究所の電力消費構造の分析結果（夏期ピーク）

施設・設備・機器	消費電力量
恒温・恒湿室	2,400kWh
スーパーコンピュータ・サーバ等	350kWh
居室空調	320kWh
空調システム補機類	100kWh
大型施設（合計）	650kWh
計測機器・中小型実験設備	250kWh
冷蔵・冷凍庫	250kWh
PC等OA機器	130kWh
照明	170kWh
研究所維持管理	
ポンプ施設	150kWh
廃棄物処理施設	70kWh
小計	4,740kWh
不明分	860kWh

表-2 省電力対策オプション

7月～9月

NAS電池によるピークカット
ターボ冷凍機からガス吸収式冷凍機への変更
低公害車棟試験の停止
棟単位の閉鎖
恒温・恒湿室の運用変更
冷蔵庫・冷凍庫の運用見直し
実験時間のシフト
計測機器・中小型実験設備のピーク時間帯停止
照明の抑制
PC等OA機器の節電

7月のみ

スーパーコンピュータの全面停止

8月のみ

スーパーコンピュータの部分運用

大まかにいって、表-1に示した電力消費の大きい設備の運用変更が主であるが、スーパーコンピュータについては7月は全面停止するものの、8月は部分運用、9月は全面運転（省電力対策を実施しない）としている。これは、スーパーコンピュータは外部研究者も利用していることに加えて、研究所と環境省、宇宙航空研究開発機構が共同で推進している衛星からのCO₂、メタン観測プロジェクト（GOSATプロジェクト）の定常データ処理を担っており、スーパーコンピュータの長期停止は他機関の研究活動への影響が多大と判断されたことから、最小限の停止とした。

3. 目標値達成オプションとフォローアップ

(1) 省電力目標達成の検証

図-9に、2011年の7月および8月各日における9時から20時内の電力消費量の最大値および省電力目標値を示す。電力使用制限が開始された7月1日以降、最大値が省電力目標値を超えたことはなく、また、もともと最大消費電力の高い8月18日（3,7640kWh）であっても、基準値（契約電力量、5,600kW）と比較すると33.2%の削減であり、省電力目標値は達成されていることがわかる。平日のみに着目すると、最大消費電力は7月および8月の平均で3,275kWhであり、基準値比では41.5%の削減となる。

(2) 対策効果のフォローアップ

つぎに、各対策の効果について対策を実施した場合と実施しない場合の研究棟別の電力消費量を比較することにより検討する。

対策を実施しない場合を2009年度の7月期、8月期とし、気温および露点温度がほぼ一致する7月の平日14時時点

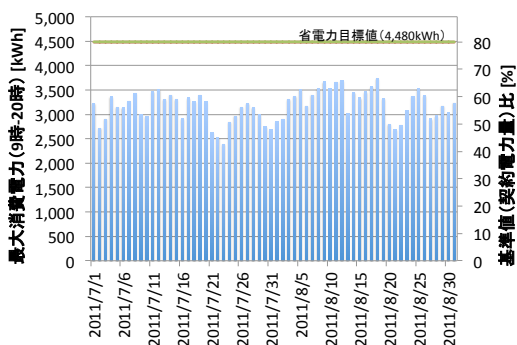


図-9 2011年7月・8月の日中最大電力の推移 (9時-20時)

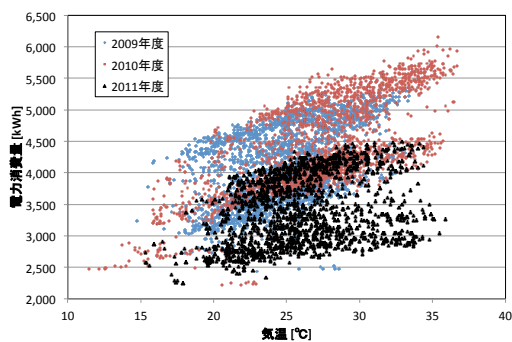


図-11 研究所の電力消費量と外気温の関係 (7月-9月)

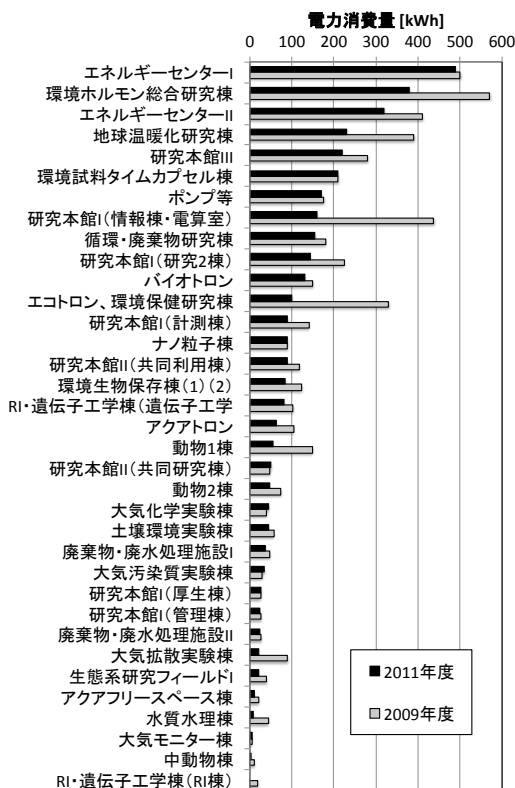


図-10 2009年7月と2011年7月の平日14時の研究棟別電力消費量

での研究棟別電力消費量を比較したものを図-10に示す。NAS電池によるピークカット分を除いた総電力消費量は、2009年度の5,207kWhに対して2011年度は3,610kWhと1,600kWh程度削減されていることがわかる。

研究棟別に比較すると、エネルギーセンターやポンプ棟などの研究所の維持管理に関わる研究棟の電力消費量は2009年度と2011年度でほとんど変化していないが、恒温・恒湿室が設置されている研究棟（環境ホルモン総合研究棟、研究本館Ⅲなど）や、スーパーコンピュータの設置されている研究本館Ⅰ（情報棟・電算室）、大型実

験施設が設置されている地球温暖化研究棟（低公害車実験設備）、研究本館Ⅰ（計測棟）（各種計測機器）などの電力消費量は、2009年度と比較して2011年度は大幅に低下していることがわかる。

恒温・恒湿室の設定変更の影響を定量的に把握するために、2009年度、2010年度の7月から9月と、2011年度の7月、8月の電力消費量と気温との関係を図-11に示す。2009年度や2010年度と比較すると、2011年度は電力消費量が下方に移動するとともに、気温上昇に対する電力消費量増分の程度も緩和されていることがわかる。電力消費量増分については、2009年度や2010年度がおおむね気温が1℃上昇すると100kWh増加しているのに対して、2011年度は約70kWh/℃であり、およそ3割減となっている。ここから、恒温・恒湿室の設定変更により最大600kWhが抑制できていると推察される。

また、平日の差に着目すると、2(3)でも述べたように、2009年度と2010年度では、平日と休日の日中の電力消費量はおよそ1,500kWhの差が生じている。2011年度の7月および8月に限ると、特に休日のサンプル数が十分ではないものの、その差は約1,200kWhと見積もられ、OA機器や日中のみ使用していた実験機器の運用変更などにより、約500kWhの省電力が達成できているものと見積もられる。

スーパーコンピュータの停止による電力消費量の削減分は、約200kWhである。表-1の分析結果とは150kWh差が生じているが、これは研究本館Ⅰ（情報棟・電算室）には、スーパーコンピュータ以外にもサーバや研究者個人使用の計算機などがおかれていることで、その運用にかかる電力消費と空調用電力が依然として消費されているためである。

その他の対策についても同様に省電力量を推計し、表3にまとめた。なお、NAS電池のピークカットとターボ冷凍機からガス吸収式冷凍機への変更は設備運用次第で柔軟に削減量が変わるために、表中には含めない。

NAS電池によりピークカット分（最大800kWh）を含

表-3 省電力対策オプションの省電力効果まとめ

	省電力量
恒温・恒湿室の運用変更	最大600kWh
スーパーコンピュータの全面停止	200kWh
低公害車棟試験の停止	280kWh
棟単位の閉鎖	60kWh
冷蔵庫・冷凍庫の運用見直し	100kWh
実験時間のシフト	20kWh
計測機器・中小型実験設備のピーク時 間帯停止	合計300kWh
照明の抑制	
PC等OA機器の節電	
合計	最大1,560kWh

めると省電力対策による電力消費削減量は約2,300kWhと見積もられる。NAS電池により契約電力を越えないように調整されているが、研究所の正味の電力消費量は最大で6,000kWhである。ここから最大限省電力対策を実施したとしても、電力消費量は3,700kWhまでしか抑制できない。しかし、2011年7月と8月の日最大電力消費量（図-8）を見ると、気象条件の違いを勘案したとしても300kWh～500kWhの電力削減がどのような対策により達成されているかが明らかではなく、今後ヒアリング等を通じてさらに検討を進める必要がある。

4. まとめ：省電力型ワークスタイルの検討

本研究では、国立環境研究所をフィールドに、研究所特有の電力消費構造を明らかにするとともに、省電力目標を達成する対策の整理して実証データに基づき効果を定量評価した。その結果、国立環境研究所においては、人間の作業に関わる電力消費は高々1/4であり、ほとんどが実験施設由来の電力消費である。特に、恒温・恒湿

室の占める割合は高く、また温度湿度への依存性が高いことから、特に夏期の省電力においては恒温・恒湿条件の見直しが大きな効果を発揮することが明らかとなった。

このことから、研究所において持続可能かつ電力消費量の低いワークスタイルとは、PC等のOA機器や照明の適正利用は当然として、なにより実験条件について適切な水準のもとで研究することであり、特に他の対策と比較して電力消費量、省電力量ともに大きい恒温・恒湿室を利用する研究について、実験精度は維持しつつ可能な範囲で設定を緩和して実験することである。

謝辞：本研究は、（独）国立環境研究所総務部施設課ならびに（株）裕生の協力のもとに実施されたものである。また研究遂行に当たっては、所内震災対応研究資金「国立環境研究所における省エネルギー対策シミュレーションと事後分析」に基づく持続可能なワークスタイルの実証研究」の支援を受けた。関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 経済産業省：電力調査統計 2-(1)発電実績（総括），<http://www.enecho.meti.go.jp/info/statistics/denryoku/result-2.htm>, 2011.
- 2) （独）国立環境研究所：独立行政法人国立環境研究所節電計画，<http://www.nies.go.jp/setsuden/setsuden.pdf>, 2011.
- 3) （独）国立環境研究所：環境報告書 2011，<http://www.nies.go.jp/ereport/2011/index.html>, 2011.
- 4) 気象庁：報道発表「平成 22（2010）年夏の日本の平均気温について ～今夏の日本の気温は統計開始以来、第 1 位の高温～」，2010.

(2011.8.8 受付)

FEASIBILITY STUDY OF ELECTRICITY-SAVING WORKSTYLE IN RESEARCH INSTITUTIONS: EMPIRICAL ANALYSIS OF ELECTRICITY-SAVING WORKSTYLE IN THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

Shuichi ASHINA, Keisuke MATSUHASHI and Kiyoshi TANABE

The aim of this study is to analyze feasibility of electricity-saving workstyle in research institutions. For this purpose, empirical study was conducted at the National Institute for Environmental Studies as a example of research institutions. This study started from the analysis of composition of electricity consumption based on actual data, and found that temperature-/humidity-controlled room consumed around 40% of electricity. Next, possible options to achieve electricity saving target, 20% reduction from electricity contract, has been collected, and analyzed its effects quantitatively based on the empirical demonstration from July to August 2011. Then, we discussed sustainable electricity saving workstyle in research institutions.