

電気機器の消費電力の実態と節電対策の提案

Survey of Power Consumption and Proposal of Power Saving Methods for Electrical Appliances

地球環境委員会

1. はじめに

最近の建築分野における地球環境への貢献という観点で、ZEBが一つのキーワードとなっている。省エネ化が進んでいる我が国において、ZEBをどのように実現していくかは大きな課題である。電気設備分野における取組みは、本委員会の前身である地球環境を考慮した電気設備調査研究委員会のIEIEJ-B-0030「地球環境を考慮した電気設備」報告書において、経済性を含めた定量的な検討が入念に為されているが、さらなる削減のためには建築設備の域まで踏み込んだ詳細な検討が不可欠である。

例えば、平均的なオフィスにおけるピーク時の電力消費の内訳は、空調約48%、照明約24%、OA機器約16%¹⁾であり、そのうち空調・照明分野は各種学会等でも調査分析・提案が行われている。一方16%を占めるOA機器は、機器自体の省エネ化が、工業会や製造者により進められているものの使用状態の情報は少なく、OA機器の稼働実態を把握しきれていないのが現状ではないだろうか。また、東日本大震災以降のエネルギー需給状況の変化から、消費電力の積算値を減らす「省エネ」だけでなく、消費電力の最大値(若しくは、瞬時値)を減らすこと目的とした「節電」が新たにクローズアップされている。震災後に実施された節電効果の検討^{2), 3)}では、機器発熱の低減を想定して取り込んだものもあり、OA機器の電力消費の解明は重要かつ喫緊の課題となっている。

本委員会では、地球環境維持に資する電気設備に関する調査研究を継続的に行っており、これまでに計量・計測、グリーン機材、設備設計の余裕と無駄の三つのテーマについてまとめ報告してきた。

今回のテーマでは、まず前半として、国際的な省エネ制度である「国際エネルギースタープログラム(ENERGY

委員会構成

委員長	滝澤 総	(株)日建設計
委員	尾瀬 淳	パナソニック(株)
〃	小野田修二	大成建設(株)
〃	小田島範幸	清水建設(株)
〃	木下信之	東京電力(株)
〃	小林 浩	(株)トーエネック
〃	鈴木俊之	東光電気工事(株)
〃	鷹野一朗	工学院大学
〃	留目真行	(株)関電工
〃	平田哲人	国土交通省
〃	福本剛司	(株)東芝
〃	森 明	(一社)日本照明器具工業会
〃	渡部裕一	鹿島建設(株)
事務局	内野博道	(一社)電気設備学会

STAR)」の基準や内容のスタディ、更に各種の工業会や推進協議会などが行っている最新の省エネへの取組みについての調査を行い、幅広く情報を収集した。その上で後半として、前述の背景を踏まえこれまで実態把握が十分でなかったコンセント負荷のうちのOA機器を中心に、「実測データを得ること」「そのデータを活用し節電対策の具体的検討を行うこと」の2点を目標とした。本稿では後半の実測にかかる概要を紹介する。

2. OA機器消費電力の実測調査

2.1 実測内容

実測対象は、一般的なオフィスで使用しているOA機器である、PC、プリンタ、コピー機等のほかに、冷蔵庫やポットといった生活機器も含めた(表-1)。実測を行ったオフィスは6か所に及ぶが、その代表的な様子を写真-1に示す。測定器には日置電機製クランプオンパワーハイテスタ3168と3169を使用した。各機器の消費電力を、1分間隔で1週間程度測定した。

2.2 実測結果

代表的な機器の1日のロードカーブの例を図-1に示す。細線は1分ごとの平均値、太線は30分ごとの平均



写真-1 実測を行ったオフィスの様子

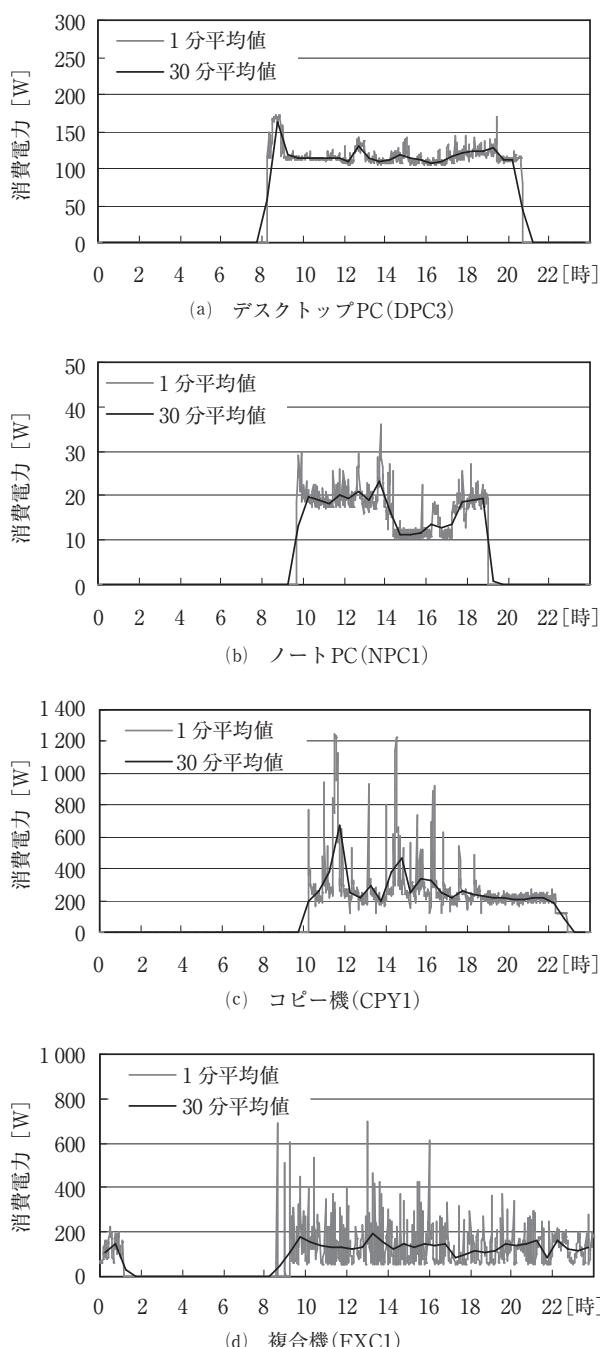


図-1 OA機器の1日のロードカーブ例(実測値)

値である。コピー機や複合機では、1分値と30分値には大きな差があることが分かる。省エネ対策として電力使用量の積算値を評価する場合は30分値で十分であるが、節電対策効果の評価や幹線容量選定など最大値が問題となる場合には、1分値のような比較的短時間単位での実測データを活用すべきである。

表-1に実測結果として、実測期間中の最大電力(1分平均電力の最大値)と1日当たりの平均消費電力量を示す。表中の消費電力とは、各機器本体やカタログなどに表示されている消費電力であって、機器ごとに、「消費電力」、「通常消費電力」、「標準構成時電力」、「最大構成時電力」など表現が異なっており、どのような状態で使用したときの消費電力かは明確に分からぬのが実態である。コピー機、複合機、ポットの最大電力が約1000W程度であり、比較的大きい。また、パソコン類の消費電力は20~200W程度と範囲が広く、特にデスクトップPCは機器ごとに大きな差がある。例えば、DPC1とDPC4は比較的新しい機種のため省エネ型で、それに比べDPC2とDPC3は旧型であり、最大電力値は大きく異なることが分かった。製造年以外にも内蔵機器(HDD、ファン等)の違いも考えられるが、同じ種類

表-1 実測したOA機器種類と実測結果

測定対象機器	記号	製造年	消費電力(表示値)[W]	最大電力(実測値)[W]	平均消費電力量(実測値)[Wh/日]
デスクトップPC	DPC1	2009	58	94	253
	DPC2	2006	102	204	702
	DPC3	2006	84	174	990
	DPC4	2011	240	59	201
液晶ディスプレイ	LCD1	2008	45	23	98
	LCD2	2006	52	43	187
	LCD3	2006	42	33	216
ノートPC	NPC1	2011	11	43	112
	NPC2	2007	25	59	469
プリンタ	PRN	2010	550	491	165
コピー機	CPY1	2008	1 450	1 234	2 209
	CPY2	2009	1 500	1 284	2 277
	FXY1	2009	1 500	1 043	1 578
複合機	FXY2	不明	1 500	1 101	5 003
	VDM1	不明	601	824	8 757
	VDM2	2011	202	2 260	3 776
VDM3	不明	350	562	5 767	
冷蔵庫	RFG	2010	175	118	584
シュレッダ	SRD	2004	180	76	1
洗浄便座	WSH	2008	353	349	325
ポット	POT	2005	なし	984	804

のOA機器でも実測することで値の差が明確になった。

平均消費電力量では、自販機が最も大きく、続いてコピー機・複合機が大きいことが分かる。デスクトップPCも、消費電力と同様に機器により大きな差がある。

図-2には、横軸に最大電力、縦軸に平均消費電力量を取り各機器の値をプロットした結果を示す。縦軸の平均消費電力量が大きい機器は省エネに、横軸の最大電力が大きい機器は節電対象として重要である。全機器を同じスケールでプロットすると、パソコン等の個人使用機器は△で示され左下の小さい領域に集中する一方、自販機は最大電力も平均消費電力量も大きく、コピー機や複合機は平均消費電力量と比較して最大電力が大きめであることが分かる。自販機は省エネルギーと節電の両方の

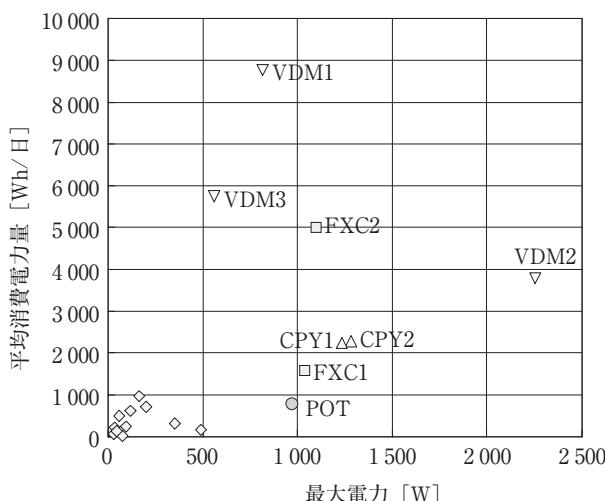


図-2 最大電力と平均消費電力量の関係

観点から着目すべき機器であるといえる。

3. デュレーションカーブによる評価

3.1 デュレーションカーブの例

今回の調査では、実測データのデュレーションカーブによる分析を試みた。デュレーションカーブとは、一定期間の実測データに対し、値が大きい順に並べたものである。表-2の上段に、今回の実測機器のデュレーションカーブの例を示す。一般にデュレーションカーブは、例えば1年間の冷暖房負荷の大きさを評価する場面など、ある値以上(若しくは以下)の積算時間を分かりやすく示す必要がある場合に活用されている。

3.2 デュレーションカーブの分類と考察検討

実測データから各機器のデュレーションカーブを作成したところ、その形状は表-2に示すようなおおむね3種類に分類されることが分かった。その形状の違いに着目し、それぞれの形状に応じた効果的な節電方法を考察してみた。

(1) ピーク型

比較的消費電力は大きいが、最大電力値の頻度は少なく、パルス状の鋭い形状となる機器で、コピー機、複合機が該当する。節電対策としては、電力ピークと本機器のピークが重ならないようシフトすることが有効であり、ピークは短時間なのでコピー使用時間を制限するなどの工夫が考えられる。

表-2 デュレーションカーブの分類

ピーク型		丘型	プロード型
デュレーションカーブ			
形状	<ul style="list-style-type: none"> 比較的消費電力は大きいが、最大電力の頻度は少ない パルス状の鋭いピークがある 	<ul style="list-style-type: none"> おおむね一定の電力であり平坦な形状 ピーク型のような鋭いピークがない 	<ul style="list-style-type: none"> ピークがほとんどない なだらかな傾斜がある
該当機器	<ul style="list-style-type: none"> コピー機 複合機 プリンタ 電気ポット 	<ul style="list-style-type: none"> デスクトップパソコン ノートパソコン 液晶ディスプレイ 	<ul style="list-style-type: none"> 自販機 冷蔵庫
対策	<ul style="list-style-type: none"> 節電対策にはピークシフトが有効 ピークが短時間のため運用工法によるシフトを検討 例：コピー使用時間の制限 	<ul style="list-style-type: none"> 高効率化により全体的な電力の大きさを小さくする デスクトップPCをノートPCに置き換える 	<ul style="list-style-type: none"> 高効率化により全体的な電力の大きさを小さくする 不要な時間帯に停止する

(2) 丘型

ほぼ一定の電力消費値となり、ピーク型のような大きい変動がない機器で、パソコン、ディスプレイなどが該当する。節電対策としては、高効率機器を使うなどして丘の高さ全体を低くすることが有効で、具体的には、デスクトップPCのノートPCへの置換え等が考えられる。

(3) ブロード型

ピークがほとんどなく、なだらかな傾斜が長時間持続する。今回の実測では自販機、冷蔵庫などが該当した。節電に対しては丘型と同様な対策が必要である。

4. OA機器消費電力データベースの構築

4.1 実測データの活用方法

今回の実測では、様々な個別機器の実消費電力を取得了。これらの実測値を活用し、その値を複数の異なる機器の電力消費パターンと想定しデータベース化することを試みた。これらの実測値は1分値を基にしているため、短時間の消費電力の変動も実態がきちんと反映されている。よって、例えばあるオフィスを想定した場合、そこで使用する機器種類と台数を決め、このデータベースを活用することで、そのオフィスの仮想ロードカーブを作成することが可能となる。それらのデータを用いることにより幹線容量の検討等、電気設備設計の実務にも幅広く活用することができると考えた。そこで、実測データのデータベース化の方法について具体的に述べる。

4.2 消費電力データベースの構築

今回の実測では、各機器とも1分間隔の実測データを最低1週間以上取得している。そこで、機器の種類ごとにロードカーブを1日単位で切り出し、1分間隔の稼働パターンとして複数種類用意する。例えばノートPC3台を2週間連続で実測したデータは、ノートPCの稼働パターンとして3台×10日分(平日日数)=30の異なる稼働パターンを用意したものとして考えられる。このようにして用意した機器ごとの稼働パターンの種類を表-3に示す。

なお、消費電力表示値の平均とは、データベースに取り入れた機器の消費電力表示値を種類ごとに平均した値である。

4.3 データベースを用いた仮想ロードカーブの構築

検討したいオフィスの規模や用途に合わせ、OA機器の使用台数を設定する。そして、次の方法でデータベースを組み合わせて仮想ロードカーブを作成する。

表-3 データベースの概要

機器種類 (略称)	消費電力表示 値の平均 [W]	用意した パターン
ノートPC(NPC)	15	32
旧型デスクトップ PC(DPC_OLD)	128	13
省エネ型デスクトップ PC(DPC_NEW)	62	18
複合機(FXC)	1 500	18
コピー機(CPY)	1 500	12
冷蔵庫(RFG)	175	5
電気ポット(POT)	1 000	7

表-4 仮想オフィスでの使用機器

機器種類 (略称)	消費電力表示 値の平均 [W]	使用台数
ノートPC(NPC)	15	22
旧型デスクトップ PC(DPC_OLD)	128	3
複合機(FXC)	1 500	1
コピー機(CPY)	1 500	2
冷蔵庫(RFG)	175	1
電気ポット(POT)	1 000	1

機器ごとに、用意した稼働パターンから使用台数分のロードカーブをランダムに選択し、それらをすべて合計し仮想オフィスの1日分のロードカーブとする。複数日分のロードカーブを作成する場合には、この選択作業を日数分繰り返しつなげていく。現実には同一オフィスでも執務状況などにより、異なるロードカーブになる可能性が高い。そのため用意したパターンからランダムに選択することが、現実のロードカーブのランダム性を再現しているといえる。

5. データベースを活用した節電対策の定量的評価

5.1 仮想オフィスの設定

整理したデータベースの活用例として、節電対策によるピーク電力削減効果を定量的に評価した。

仮想オフィスとして、床面積約150m²の小規模オフィスを想定し、使用機器は表-4のように想定した。そして、4章で述べたデータベースを用いてこの仮想オフィスのロードカーブを作成してみた(図-3)。

5.2 節電の具体的手法

オフィスにおける節電対策として、2章と3章の知見を踏まえ、次の三つの手法を考えた。

S1) 丘型であるノートPCでは、一定時間商用電源

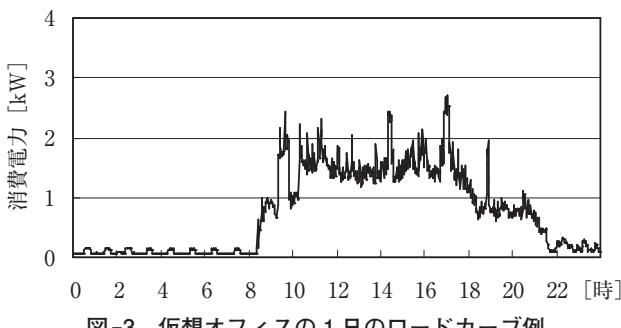


図-3 仮想オフィスの1日のロードカーブ例

から切り離しバッテリーを活用する。

- S2) ピーク型のコピー機と複合機は、最大電力も大きいため、電力ピーク時間帯には使用を制限する。
- S3) パソコンを省エネ型又はノートPCに置き換える。

上記の3手法をベースとして、具体的な節電想定条件を表-5のように定めた。節電実施時間帯については、夏季電力需要のピーク時間帯である13～16時⁴⁾と、冬季の住宅での暖房や照明需要の影響による17～20時⁴⁾のピーク時間帯を想定した。また、評価の簡略化のため、次の条件を仮定した。

- ①節電実施時間帯には、節電対象OA機器の消費電力はゼロとなる。
- ②節電実施時間帯以外での節電対象OA機器の消費電力は、節電前と変わらない。

上記の②に関しては、例えばノートPCでは、バッテリーのみでの使用状態から商用電源に再接続した際に、バッテリー充電のため通常の使用状態よりも消費電力が大きくなることがある(本体の設定によって異なる)。

その実測を行った結果を図-4に示す。このため、商用電源へ再接続した後も、節電実施時間帯にはバッテリー充電を行わないように設定しないと消費電力値を増やしてしまうことになる。ほかにも現実とは異なる要素はあるが、本検討では節電実施時間帯における電力削減度合いの評価を目的とするため問題ないと考えた。

5.3 評価結果

図-3で一例を示した節電実施前のロードカーブに対し、表-5の節電対策を実施することを想定したロードカーブを計算し、両者を比較することでその効果を評価した。図-5に仮想オフィス全体のロードカーブを節電手法の実施前後で比較した結果を示す。節電時間帯に電力が削減されていることが分かる。

これらの節電効果を、節電実施時間帯のピーク電力(最大電力)削減分として次式で定義した値を求め評価する。

表-5 想定した節電手法

記号	節電手法
S1	ノートPC22台を3グループ(7台,7台,8台)に分け、1グループずつ順番に1時間ずつ電源から切り離し、バッテリーで駆動させる
S2	合計3台ある複合機とコピー機を、1台ずつ順番に1時間ずつ停止する
S12	S1とS2を同時に実施する
S3	3台ある旧型デスクトップPCを、省エネが進んだ新型デスクトップPCに更新する
S123	上記S1, S2, S3をすべて同時に実施する

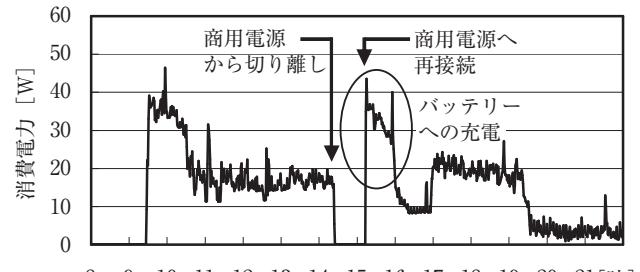


図-4 商用電源再接続時のノートPCの消費電力

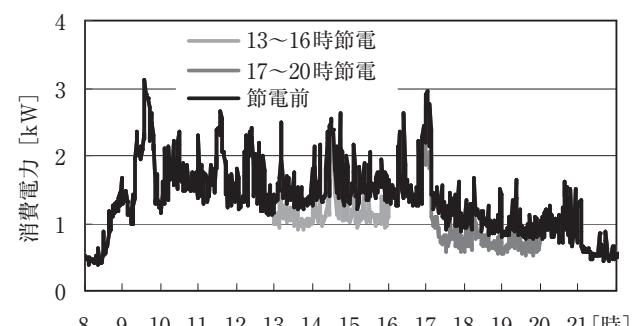


図-5 節電手法実施前後の仮想オフィス全体のロードカーブの比較例

- ・削減電力 [kW] = 節電実施前の最大電力 [kW] - 節電実施後の最大電力 [kW] (1)
- ・削減率 [%] = 削減電力 [kW] / 期待節電電力 [kW] (2)
- ・期待節電電力 [kW] = 節電前の使用機器の表示消費電力 [kW] - 節電後の使用機器の表示消費電力 [kW]

評価に当たっては、仮想ロードカーブを15日分作成し、図-5のような節電前後の比較計算を行うことを複数回繰り返した。その計算により、S1～S123の各節電手法での削減電力値と削減率を求めることができた。その結果を図-6に示す。30分値とは、1分値で計算したロードカーブを30分単位で平均した上で求めた値である。図-6中の数値は(2式)で求めた削減率である。

節電手法S1による削減量は、節電時間帯や時間間隔によらず約0.1kWである。これはノートPCの平均表

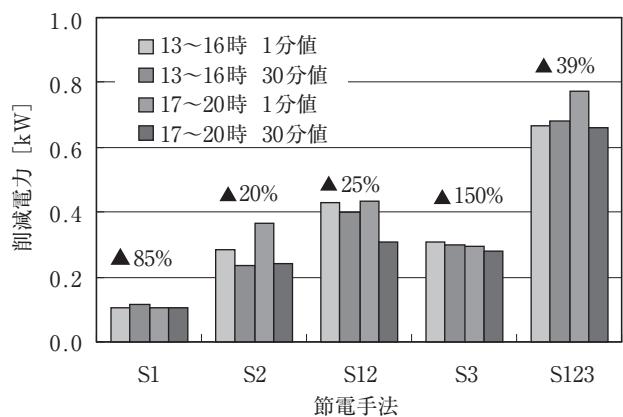


図-6 節電手法ごとの平均削減電力

示消費電力(15 W)に換算すると約 6~7 台分であり、節電手法 S1 では 7~8 台を商用電源から切り離していることを考えると、平均消費電力合計値(およそ 0.11 kW)の 85 %程度の電力削減が期待できることを示している。

節電手法 S2 は、節電時間帯や時間間隔により差が大きく、平均削減量は約 0.3 kW である。これは停止するコピー機 1 台の平均表示消費電力 1.5 kW に対して、削減率としては約 20 %程度である。

なお、節電手法 S3 では削減率が 150 %であるが、これは旧型デスクトップ PC の実際のロードカーブのピーク電力が表示消費電力値よりも大きいためである。

これらの評価結果を踏まえ、オフィスの OA 機器に対する節電効果を考察すると、次のとおりである。

①ノート PC の商用電源切り離し(バッテリー駆動)や旧型デスクトップ PC の新型 PC への置換えの手法については、対象台数が多いため稼働のランダム性により機器全体の合計電力値は比較的一定となり安定した節電効果が見込まれる。

②コピー機や複合機の停止や使用シフトの手法は、これらの機器の平均消費電力と最大消費電力の差が大

きいため、対象台数が少ないとその差が顕著に表され、節電効果にも変動が出る可能性がある。

③以上から、効果的な節電のためには、多くの OA 機器を対象に一齊に対策を実施したほうが安定した効果が期待できる。

本検討では、具体的な節電手法を考案し、ミクロ的な観点からそれらの効果を定量的に把握することができた。本委員会で取得し整理した実測データは、コンセント回路の幹線容量選定などの設備設計実務にも活用できると考えている。

6. おわりに

本検討を通して、今まで節電対策の効果に関する情報が不足していた OA 機器に目を向け、消費電力の実態値把握とデュレーションカーブでの負荷特性の分類など具体的な知見を得た。また、データベースを活用した節電対策の定量評価から、日頃の使い方を僅かに変えることにより、節電効果を得られることが検証できたと考える。

OA 機器の消費電力低減は、総じて空調負荷を低減させ、建物全体の消費エネルギー削減に寄与する。また、OA 機器まで踏み込んだ取組みが増えることで、ZEB やスマートグリッドなど、これからの中の建物の設計に関する検討の一助となれば幸いである。

参考文献

- 事業者向け節電アクション(資源エネルギー庁)
<http://www.meti.go.jp/setsuden/pdf/east02.pdf>
- 日本サステナブル建築協会：DECC データに基づく夏季節電方策にかかる緊急提言。
<http://www.jsbc.or.jp/decc/saveelec/index.html>
- 丹羽英治：業務用建築における節電対策の定量評価。
http://www.shasej.org/bosyu/1105/setsuden/2011.5.26shimpo_niwa.pdf
- 電力需給に関する検討会合(METI/経済産業省)
http://www.meti.go.jp/earthquake/electricity_supply/0325_electricity_supply.html