

事業所における節電対策

2011年4月11日

2011年4月27日(改訂)

2011年6月1日(改訂)

東大グリーン ICT プロジェクト(<http://www.gutp.jp/>)

(東京大学 情報理工学系研究科 教授 / WIDE プロジェクト代表 江崎浩)

[本節電対策の適用分野]

基本的に、IT/ICT 技術を用いた、「事業所」および「研究・教育機関」をターゲットとしており、特に、IT/ICT 機器の電力負荷が大きな組織に対して有効性が大きい節電施策を提示している。一方、空調および照明の管理・制御と、電力消費量のリアルタイムモニタリングと見える化は、基本的には、全産業分野に適用可能な節電施策となる。事業所の規模としては、中小企業規模の事業所から、大企業の事業所まで、適用可能である。全電力使用量の約 3 割弱を占めるとされている家庭(注 1 によれば、2008 年度で 26%と報告されている)は、本節電対策を適用可能な主な領域ではなく、全体の約 4 割を占める事業所をターゲットとしている。

オフィスにおける電力使用量の割合は、空調 28%、照明 40%、コンセント 32%とされており(注 2)、照明、コンセント、空調の順に節電を考えるのが効率的である。一方、IT/ICT 機器の電力負荷が大きな IT/ICT 関連企業や、教育・研究組織においては、コンセントに接続された IT/ICT 機器(PC やサーバ)の電力消費量が大きくなっており、本節電対策で提示している IT/ICT 機器の節電対策は、都内の中小企業の事例にもあるように、大きな効果が期待される。

注1 <http://www.metro.tokyo.jp/INET/CHOUSA/2010/07/60k7f200.htm>

注2 http://www.eccj.or.jp/office_bldg/01.html

[節電対策・停電対策の長期的戦略と考え方]

今回の大震災を受け、我々は、緊急対策・停電対策を経て、現在、節電対策の段階を迎えている。節電対策の立案・実施にあたっては、緊急対策および停電対策との整合性と両立も考慮されなければならない。さらに、この一連の、緊急対策・停電対策および節電対策は、社会・産業活動に関する BCP(Business Continuation Plan)の強化と活動基盤と活動そのものの効率化を目指すことになり、結果的に、我が国の社会・産業インフラが、スマート化・効率化し、国際競争力の向上に資するものと考えられるべきである。すなわち、この機会に、世界最高品質・世界最高効率の社会・産業インフラの構築の最高の機会と捉えるべきである。緊急・停電・節電対策は、自組織が持つ資源の状況把握なしには実現不可能である。対策の立案にあたっての第一歩は、状況の把握(資源管理と状況測定)である。対策の実施にあたっては、多くの部分が、現状では、人力に依存することになると思われるが、これを、ICT システムを持ちうて、自動化しなければ、効果の持続性と向上を期待することは難しい。

すなわち、我々は、今回の一連の施策を、『ICT 技術を駆使し、社会・産業活用の質と量の維持(さらに向上)を、より少ないエネルギーで実現しながら、継続的で持続的なイノベーションを創造・創出する『透明性』を持った社会インフラに改造する機会』と捉えるべきである。第 1 ステップは、設定された節電目標の達成にあるが、中長期的には世界最高品質・最高効率の社会・産業インフラを実現し、国際社会への貢献と国際競争力を持った産業構造の創造を目指すべきである。

[短期策]

(1) 電力使用量の オンライン・リアルタイム見える化・表示

通常では、10% 程度の節電効果が期待される。見える化の行われていない事業所は、スピードメータがない状態で車の運転を行っていることに等しい。現状の電力使用の状況が把握できなければ、どの機器を、どのように措置すれば良いのか、具体的な戦略を立てることもできない。系統ごと(照明・空調・計算機・その他など)の使用量の状態を把握することが重要である。さらに、電力使用量の見える化を行い、リアルタイムでの情報提示を事業所内の利用者に行うことで、利用者が自律的に電力使用の制御が実施されることを狙う。すなわち、「見える化」は、(1)節電対策の戦略策定のため、(2)節電活動の誘導のため、(3)節電活動の効果の評価のため、(4) 節電効果の公表のための、4つの目的と効果を持つ。

(a) 神奈川県 横浜市 金沢産業団地の例では 最大で 30%~45%の削減(操業率との関係を調査中)。なお、大震災以前では、約 15%の電力使用量削減が実現されていた(解析結果は、26%-40%の削減の可能性のあることを示していた)。

(b) 中島工機の事例(平成 17 年度 資源エネルギー庁長官賞受賞)では、約 60%の電力使用量削減を実現している。

http://www.eccj.or.jp/member/member_area/energy_technology/succase/05/c/kan30.html

(c) 静岡大学： 電力 805 カ所をオンライン・リアルタイムモニタリング(節電効果は未計測)

(d) ユビテック社(IT 系 中小企業, <http://www.ubiteq.co.jp/>)では、IEEE1888 を用いた、照明・空調制御、電力使用量のリアルタイムモニタリング・見える化、さらに、計算機仮想化を実施することにより 46% の節電に成功した。

【東京大での施策】

1. 本郷キャンパス全体の電力使用量のオンライン・リアルタイムモニタリングと、その見える化表示。 Twitter などでの使用量通知も準備中。
2. 本郷キャンパス内にある、各建屋・各棟 ごとの、電力使用量のオンライン・リアルタイムモニタリングと、その見える化表示。
3. 工学部 2 号館での館内設備の詳細オンライン・リアルタイムモニタリングと、その見える化表示。 空調、照明の制御の実施可能性を検討中(制御可能なインフラにしている)。

(* 電力使用量の見える化、そして 見せる化

現在、多くの事業所が、『スピードメータのない車に乗車して、高速道路を 100km/h の速度で走行したいところ、急に、警察から 85km/h で走行するように減速命令をされた状態』にある。どのくらいブレーキを踏みこむ必要があるのか、どのくらいアクセルを踏みこむことができるのか、スピードメータがない状況で暗中模索している状況にある。

比較的対策の進んだ事業所では、『スピードメータが装備された車で、減速命令に対応している状態』にある。どのような、車内の状況になるかは別にして、なんとか走行速度の調整は可能な状況を作り出せる。

先進的な事業所(あるいは今後の事業所)は、『その他の計器類を装備し、場合によっては、燃費月の計器を装備して車を操作可能な状態』にある。このような事業所においては、『他の車よりも 良い燃費で、快適に、しかも、高速に走行可能な状態』になることができる。

最後に、『計器は運転手に見てもらわないとその存在意味がない』。これまでの、『見える化』の多くは、『見える』、すなわち、ユーザ(運転手)が自主的に計器を見に行かないと情報を得られない PULL 型の情報提供システムであった。効果の向上を実現するには、『見せる化』すなわち、PUSH 型での情報提供が実現されなければならない。東京大学 工学部 2 号館における twitter を用いた情報提供システムは、その実例として捉えることができる。

(2) 高効率照明への取り換え

(a) LED 照明化

通常照明だと 80%程度、Hf 管など高性能蛍光灯だと 25%程度

大塚商会 飯田橋本社ビルでの事例： 37.6%削減(照明のみ、多くの高性能照明からさらに削減)

サンワサプライ 倉庫の事例： 25.6%削減 (合計の電気代)

【注意】結果的に、部屋全体としては 照度が下がってしまう可能性があるのですが、部屋の明るさを維持しながら(むしろ向上させ)、大幅な節電の実現も可能である。

(b) 東京大学 TSCP 室では、古い蛍光灯を Hf 管などへの取り換えを行った。

(3) ガス空調 の利用

ガス空調は、通常、電気空調の 1/10 程度の電力使用量。

発電機能を持つガス空調も存在しており、電力使用量は非常に小さい(電気空調の 1/100 程度とされている)。

【注意】 部屋の使用目的ごとに、空調の仕様が異なるので、詳細の確認が必要。

(4) 100V 電源タップでの 電力使用量モニタリング

さまざまな仕様の製品が存在する。特に、オンラインでリアルタイムモニタリングを行うことができるものが、必要。高価になるが、ON/OFF が可能な製品も既に存在する。

(*) 東大グリーン ICT プロジェクトでは、無線型の一般電力量のモニタリングシステムを、見える化目的で導入している。電力使用量の多い機器、あるいは、消し忘れの多い機器などに使用することが考えられる。

(*) 例えば、UWmeter, http://www.metaprotocol.com/UWmeter/UWmeter_TOP.html の稼働実績が、東大グリーン ICT プロジェクトではある。

(5) コンピュータ関連の節電対策の概要

以下のような順序で、コンピュータ関係の節電方法を考えることができる。

1. 停止 : 100%の節電効果があるが、作業ができなくなる。
2. 新しいコンピュータに更新 : 通常、1/3(=60%-70%削減)の電力使用量になる。
3. ノート PC 化 : 通常、1/5(=80%削減)の電力使用量になる。
4. 仮想化・集約化 : 通常 1/2-1/10(=50%-90%削減)の電力使用量になる。
5. 外部ホスティング : ほぼ、100%の節電効果があるが、データセンタの電力使用量の増加につな

がる

(6) パソコンの 動作モードの管理・制御

三菱商事の事例では、22%の節電効果があった。

米国 Stanford 大学(<http://pangea.stanford.edu/computing/resources/powermgt/>)では、米国 BigFix 社(現在 IBM 社)25,000 のパソコンへの導入・稼働実績がある。

(*)ただし、今回、短期の対策時期においては、節電モードの設定が、徹底してマニュアルベースで、各個人によって行われる可能性がある。

(7) サーバの仮想化・集約化

計算機の仮想化を行い、集合運用することで、節電効果を産む。複数の計算機(特に常時電源を投入しておく必要があるサーバ)を、仮想化して、物理的に1つの計算機上で動作させる。仮想化・集約化は、電力使用量の削減を実現するばかりではなく、停電対策すなわち BCP(Business Continuation Plan)向上の施策の兼ねることになる。さらに、計算機システムの運用の効率化が実現可能となり、節電以上の効果が期待される。

- HP 社の資料によれば、計算機のみで、47%の節電を実現可能としている。
- 東京大 電気系サーバおよび情報理工学研究科 電子情報学専攻 江崎研究室のサーバ 9 式を、5 式のサーバに冗長構成を維持しながら仮想化・集約化を行い、計算機のみで、57.7%の節電に成功した。継続して、空調を含めた効果、ならびに、さらなるサーバの仮想化と集約化を実施しており、その具体的節電効果を報告する予定である。
- 大塚商会の評価事例では、サーバのみで、114 式のサーバを 1 台に集約化し 86%の節電が可能としている。実例としては、大塚商会 トータル情報システム室で、75 台のサーバを 5 台に集約して、70%の節電に成功しているとしている(サーバの消費電力のみ)。

【注意】両データとも、サーバの電力消費量削減に伴う、空調負荷の削減量は、評価していない。

商用のデータセンタと仮想化を利用した事例としては、NTT グループから、約 40%の電力使用量削減というデータも出されている。

参考として、現在の 東京大 本郷キャンパス 工学部 2 号館内の サーバ室における PUE 値は約 1.4 となっている(実測値)。

商用のデータセンタは、PUE = 1.5-3.0 程度となっている。

貢献度と低く見積もっても、サーバの省エネの 半分の効果が 空調の電力使用量削減に期待できそう。

⇒ 大学での事例での実データに関しては、東京大 電気系サーバにて、現在、鋭意準備中(一部のデータは上述した)。

(*) IT 機器は、社会の総計で、約 7-8%程度の電力消費量とされる(データセンタが 1%程度)。PUE=1.5 とすると、約 10-12%程度が、サーバ・PC による電力消費量となる。東京大における比率が、一般社会の平均値だとすると、上記の施策によって、約 8%の節電効果が期待できる。仮に、東大における サーバ・PC の電力消費率の比率が 15%とすると、サーバ・PC による電力消費量は空調負荷を加算すると、22.5% となる。ノート PC 化で、1/5 の消費量になるとすれば、約 17.5% 程度の節電効果が期待される。

(8) サーバの移設

(a) ガス空調室の利用：空調負荷の削減(90%削減?)

【注意】 部屋の使用目的ごとに、空調の仕様が異なるので、詳細の確認が必要。

(b) データセンターへの移設(学内 及 商用データセンタ)

ホスティング：15%削減(NTT のデータ)

仮想化：40%削減(NTT のデータ)

(c) 60Hz 帯への移設・移動：WIDE プロジェクトの事例

WIDE プロジェクト(www.wide.ad.jp, ファウンダ 慶應義塾大 村井純教授、代表 東京大 江崎浩)では、関東の4拠点(慶應義塾 湘南藤沢キャンパス・日吉キャンパス、東京大学 本郷キャンパス、大手町データセンタ)と関西の2拠点(奈良先端科学技術大学院大学、北陸先端科学技術大学院大学)を主拠点にして、広域でのクラウド環境を構築・運用している(現在稼働中)。各大学における法定定期停電時に、インターネットを利用した各種のサービスを停止させないために、サーバの仮想化とマイグレーション(仮想マシンの他学キャンパス内物理サーバへの移動)を行っていた。今回の震災に伴い、慶應義塾湘南藤沢キャンパスおよび日吉キャンパスは、計画輪番停電の対象となったため、サーバの仮想化とマイグレーションによる対応を実施している。現在、最低限のサービス機能の移動が可能となり、さらに、高機能なサービスへの対応を加速させている。

【注意】 (b)および(c)に関しては、停電対策にも資する。

(9) デスクトップパソコン 及び サーバの ノート PC 化 (資料提供 東京大学 情報理工 平木敬 教授)

3年前のデスクトップサーバ・パソコンを、最新のノート PC に移設することで、約 1/5 の電力消費量となる(アイドル時、稼働時の両方において)。

(*) 合わせて、電力使用量に関して、高効率ノート PC を利用するということもある。また、本施策は、UPS(無停電用バッテリー設備)や自家発電設備を持つことなく、停電対策の効果を持つ。米国 Google 社では、ノート PC のバッテリーをサーバに接続して、短時間の停電対策としていることが広く知られている。

(*) 本郷キャンパス内に 2,000 台のサーバがあるとして、250W の電力消費量とすると、500kW の電力消費量。これを、ノート PC 化することで、1/5(3年前のサーバ・PC)でも 100kW で、400kW の節電効果が期待される。

(*) IT 機器は、社会の総計で、約 7-8%程度の電力消費量とされる(データセンタが 1%程度)。PUE=1.5 とすると、約 10-12%程度が、サーバ・PC による電力消費量となる。東京大における比率が、一般社会の平均値だとすると、上記の施策によって、約 8%の節電効果が期待できる。仮に、東大におけるサーバ・PC の電力消費率の比率が 15%とすると、サーバ・PC による電力消費量は空調負荷を加算すると、22.5% となる。ノート PC 化で、1/5 の消費量になるとすれば、約 17.5% 程度の節電効果が期待される。

(10) サーバルーム内の工夫

(a) エアフローの調整(仮想化不要)：15% 節電(東大グリーン ICT プロジェクトでの実証実験値)

- (b) サーバの配置換え : このデータどなたか持っておられれば。
Hot Isle と Cold Isle になるように、ビニール幕の利用など。
- (c) 配線の整理(サーバ空冷効率の向上)

(11) ディスプレイの見直し

ディスプレイは、意外と大きな電力消費量となっている。最新の LED 型のディスプレイなどに更新することで、大きな電力使用量の削減が実現する。

[中長期]

- (1) 東京大学 本郷キャンパス工学部 2 号館のような、オンラインでリアルタイムモニタリングシステムの導入
 - (a) 詳細の見える化 と 表示
 - (b) 制御(エアコン、照明、サーバ)
- (2) ガス発電設備
 - (*) 新日鉄エンジニアリング(株) からの情報
(工期 2 年、広さ 20m×36m 、20 億円弱で、15,000kW 程度の能力)
- (3) パソコンの 動作モードの管理・制御
中長期的には、自動での管理・制御が必要になるために導入することが望ましい。
- (4) 照明の効率化
暗くするのではなく、適切なところを適切な明るさにすることを目指すべき。
【注意】我が国の「オフィス」における照明の照度は、国際標準レベルに比べて、約 1.5 倍明るいとされている。 教室は、同じレベル。
<http://www.env.go.jp/council/06earth/y0611-13/mat03-3.pdf>

以上

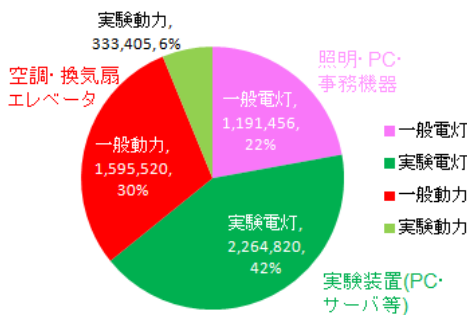
[参考資料]

東京大学 本郷キャンパス 工学部 2 号館の電力使用量実績からの状況分析

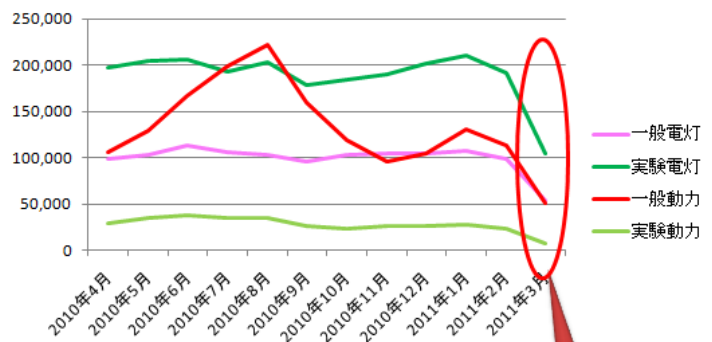
(1) 2010 年度 電力使用量の実績

- 実験電灯(実験装置、PC、サーバ等) : 42%
- 一般動力(空調・換気扇・エレベータ等) : 33%
- 一般電灯(照明、PC、事務機器等) : 22%
- 実験動力(200V 電源等) : 6%

2010年度工2 系統比率



2010年工学部2号館年間電力



	一般電灯 22%	実験電灯 42%	一般動力 30%	実験動力 6%	合計値 kWh
2010年4月	98,297	197,385	105,855	28,725	430,262
2010年5月	102,692	204,570	128,490	35,055	470,807
2010年6月	113,348	206,685	166,695	38,265	524,993
2010年7月	105,851	193,710	198,360	35,235	533,156
2010年8月	103,392	202,560	221,580	35,355	562,887
2010年9月	95,787	178,860	160,335	26,415	461,397
2010年10月	103,634	184,290	118,830	23,370	430,124
2010年11月	104,783	189,645	96,210	25,725	416,363
2010年12月	104,064	201,780	104,400	26,040	436,284
2011年1月	107,957	210,165	130,605	27,945	476,672
2011年2月	98,397	190,905	113,115	23,340	425,757
2011年3月	53,258	104,265	51,045	7,935	216,503
合計値	1,191,456	2,264,820	1,595,520	333,405	5,385,201
最大値	113,348	210,165	221,580	38,265	562,887
最小値	53,258	104,265	51,045	7,935	216,503
平均値	99,288	188,735	132,960	27,784	448,767

(震災後) 節電対策の効果

(2) 2010 年度の 電力使用量が最大となった時間は、2010 年 7 月 21 日 15:00 で、1,161 kWh であった。こ
7 月 21 日で、25%の電力使用量削減を実現するためには、午前 9:00 から 午後 9:00 までの 12 時間、電
力使用量の削減を行う必要がある(平均削減率は 17%)。

さらに、25%の電力削減目標を設定した場合に、その対象となる日は、年間で合計 97 日となった。

- 5 月 : 5 日間
- 6 月 : 22 日間
- 7 月 : 22 日間
- 8 月 : 21 日間
- 9 月 : 11 日間

10月： 5日間

1月： 10日間

2月： 1日間

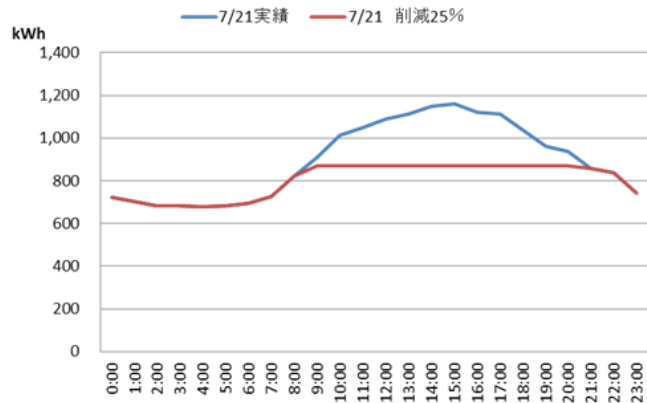
	7/21実績	7/21削減25%	7/21削減25%率
0:00	723	723	0%
1:00	704	704	0%
2:00	684	684	0%
3:00	681	681	0%
4:00	680	680	0%
5:00	683	683	0%
6:00	695	695	0%
7:00	725	725	0%
8:00	822	822	0%
9:00	909	871	-4%
10:00	1,011	871	-14%
11:00	1,050	871	-17%
12:00	1,088	871	-20%
13:00	1,112	871	-22%
14:00	1,149	871	-24%
15:00	1,161	871	-25%
16:00	1,119	871	-22%
17:00	1,113	871	-22%
18:00	1,038	871	-16%
19:00	960	871	-9%
20:00	939	871	-7%
21:00	857	857	0%
22:00	839	839	0%
23:00	743	743	0%
合計	21,480	19,284	-10%
		-2,196	

↑
12時間
↓

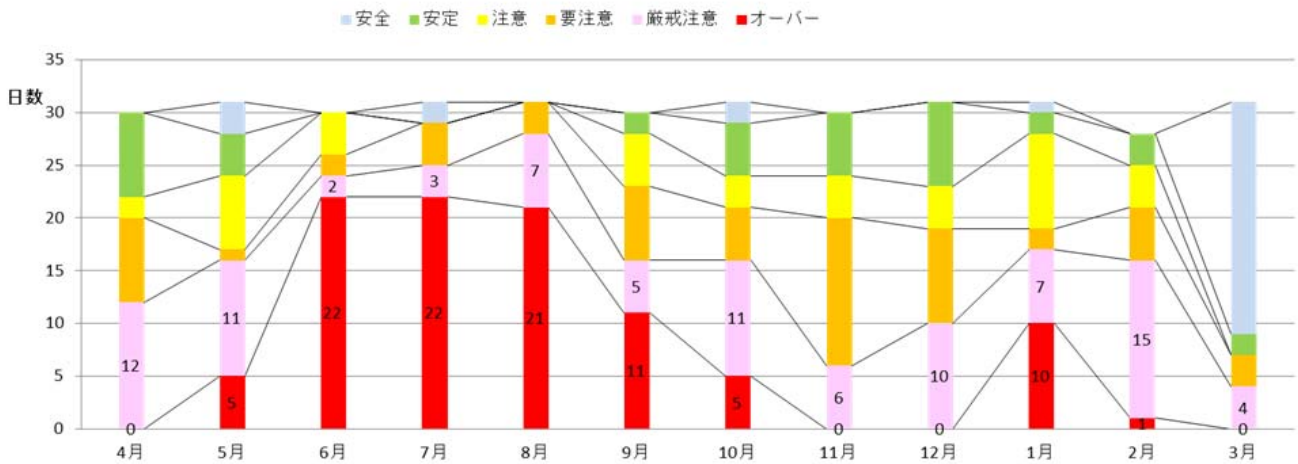
↑
平均削減率
17%
↓

条件 目標値を越えた時刻の電力を目標値と同じにした場合

削減シュミレーション



2010年実績 削減目標値シュミレーション



		2010年					2011年					合計		
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
オーバー	100%以上	0	5	22	22	21	11	5	0	0	10	1	0	97
厳戒注意	80%以上100%未満	12	11	2	3	7	5	11	6	10	7	15	4	93
要注意	60%以上80%未満	8	1	2	4	3	7	5	14	9	2	5	3	63
注意	70%以上80%未満	2	7	4	0	0	5	3	4	4	9	4	0	42
安定	80%以上70%未満	8	4	0	0	0	2	5	6	8	2	3	2	40
安全	60%未満	0	3	0	2	0	0	2	0	0	1	0	22	30

(3) 30%削減の場合のデータ

<< 工2号館 >>
2010年度ピーク電力の推移(実績) および
2011年度 30%削減の目標値との比較

