

# DPPE: Holistic Framework for Data Center Energy

## Efficiency

- KPIs for Infrastructure, IT Equipment,  
Operation (and Renewable Energy) -

2012 年 8 月

Green IT 推進協議会

## 1. はじめに

ICT (Information and communication technology) は経済活動の無駄を省き、輸送の効率化や代替を実現し、エネルギーの有効利用や節減による CO2 排出量削減に大きな貢献をしている。しかし、一方で ICT による電力消費は増加を続けている。特に、大量のサーバを保有するデータセンタは多大なエネルギーを消費し、かつ消費量が年々増加していることから、データセンタのエネルギー効率を高め CO2 排出量を抑制することが急務となっている。

データセンタの効率を高めるためには、まずデータセンタの効率を定量的に評価する必要がある。データセンタのエネルギー効率を表わす指標としては、現在 Power Usage Effectiveness (PUE) が広く認知されている。しかし、PUE はファシリティのエネルギー効率を測る指標である。データセンタのエネルギー効率の改善には、ファシリティの効率化とデータセンタ内の IT 機器の効率化の両方が必要である。

そこで、グリーン IT 推進協議会 (Green IT Promotion Council (GIPC)) では、データセンタ全体のエネルギー効率を表わす一連の新しい指標 (または KPIs) と、それらを用いたデータセンタ効率評価の総合的な体系 (Holistic Framework) として、Data center Performance Per Energy (DPPE) の開発を進めてきた。DPPE は、ファシリティのエネルギー効率を表す PUE に加え、IT 機器の効率化を表す指標を包含しており、データセンタによるコンピューティングサービス全体の効率を表す総合指標となっている。さらに、DPPE は太陽光発電や風力発電などのグリーンエネルギーの利用率も含む。データセンタ事業者およびその利用者は、総合的な評価体系 (Holistic Framework) を用いてデータセンタ全体 (ファシリティおよび IT 機器) の効率性を客観的に評価することができる。その結果、設備や機器の改善、効率的な運用などの努力の経過を可視化し、持続的な取り組みを進めることが可能となる。

GIPC では、現在米国 The Green Grid など国内外の関連団体と調和を図りながら DPPE の具体化を進めている<sup>1</sup>。具体化にあたっては、以下の 2 点を目標としている。

### (1) 実効性のある指標の確立

データセンタの効率性を評価できる実効性のある指標を確立する。

### (2) 現実的な測定方法の提案

データセンタの実態に合わせた現実的な測定方法を提案する。このため、可能な限り、既存設備を活用して測定できる方式を目指す。

---

<sup>1</sup> “Harmonizing Global Metrics for Data Center Energy Efficiency 2011-02-28”

([http://www.greenit-pc.jp/topics/release/pdf/dppe\\_j\\_20110228.pdf](http://www.greenit-pc.jp/topics/release/pdf/dppe_j_20110228.pdf))

本冊子は、これらの背景を踏まえ、

- DPPE の基本的定義を示し、それがどのようにデータセンタのエネルギー効率化と結びついているかを説明する（2 章）
- 2010～2011 年度に実施した開発中の指標の測定実証事業の結果を基に、日本のデータセンタの現状を紹介する。さらに、総合的な評価体系(Holistic Framework)を用いて、どのようにデータセンタのエネルギー特性を把握し省エネの努力を進めることができるかを示す（3 章）

ことを目的としている<sup>2</sup>。実際のデータセンタにおける各指標の測定方法については特徴的な点を 2 章で紹介するにとどめ、詳細は「DPPE 測定ガイドライン<sup>3</sup>」に譲った。

---

<sup>2</sup>指標の定義は 2012 年 7 月現在の提案である。今後の議論をうけ、定義や測定ガイドラインは随時変更される可能性がある。

<sup>3</sup> 「DPPE 測定ガイドライン」（グリーン IT 推進協議会、2011）。以下、DPPE 測定方法の詳細は本ガイドラインを参照。

## 2. エネルギー効率を示す一連の指標と総合的な評価体系 (Holistic Framework)の基本的な定義

### 2.1 データセンターにおけるエネルギー効率向上の考え方

2007年に米国環境保護庁が発表したレポート<sup>4</sup>によると、米国内データセンターのエネルギー消費量は2000年の282億 kWh/年から2006年には614億 kWh/年まで倍以上に増加した。内訳をみると、空調や電源供給のようなファシリティ（データセンターのインフラ）部分のエネルギー消費量、サーバ・ストレージ・ネットワーク機器等のIT機器のエネルギー消費量がそれぞれ約半分の割合を占めたまま、共に増加を続けている（図2-1）。この結果から、データセンターのファシリティ部分とIT機器の両方でエネルギー効率向上の取り組みが必要であることがわかる。

Figure 2-1. Electricity Use by End-Use Component, 2000 to 2006

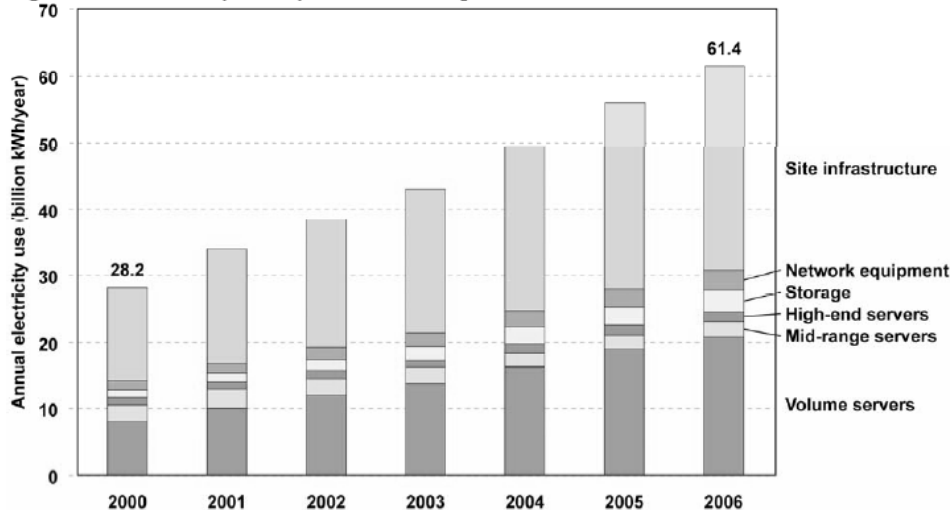


図 2-1：米国内データセンターの年間電力消費

エネルギー調達からIT機器における消費までのデータセンターのエネルギー消費構造を図2-2に示した。データセンターのエネルギーは、まず商用電力、外部からのエネルギー供給、データセンター敷地内でのエネルギー供給等の形で調達される。調達されたエネルギーは、データセンター環境を提供するための空調や電源供給、照明等のファシリティ（インフラ）部分、さらにIT機器によって消費される。

データセンターのエネルギー効率向上の取り組みは、これらの段階それぞれで実施することができる。まずエネルギー調達段階では、グリーンエネルギー導入等によって調達するエネルギーの質を向上させる（CO<sub>2</sub>排出量を削減する）ことができる。次に、ファシリティ

<sup>4</sup> “Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency Public Law 109-431” (US Environmental Protection Agency (EPA), 2007)

ィ（インフラ）部分では、高効率な機器の導入や運用の改善によって効率を高めることができる。さらに、IT 機器部分はハードウェアとソフトウェア、運用に分割することができ、前者は高効率 IT 機器の導入、後者は IT 機器運用の改善によって効率を高めることができる。

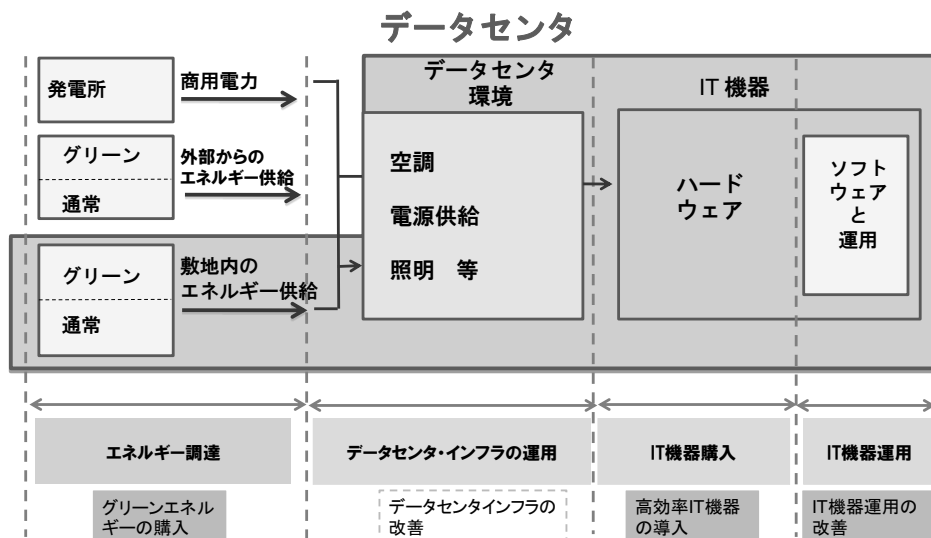


図 2-2：データセンターのエネルギーフロー

データセンター全体のエネルギーフローをこのような形に分割することにより、データセンターの高効率化を抜けもれなく検討することができる。図 2-3 は Chief Information Officer (CIO)がデータセンターの効率化を進める過程の一例を示したものである。図 2-2 の各段階は、データセンターの各部門に対応している。そこで、(1) CIO はデータセンター全体の効率化目標をまず設定し、(2) 次にそれを各部門の目標に配分することができる。(3) 目標をうけた各部門では、それぞれの部署に最適な方法で目標の達成を進めていけばよい。このように、データセンター全体の目標と各部門の目標を関連付けることにより、エネルギー効率向上の取り組みを効率的に進めることができる。

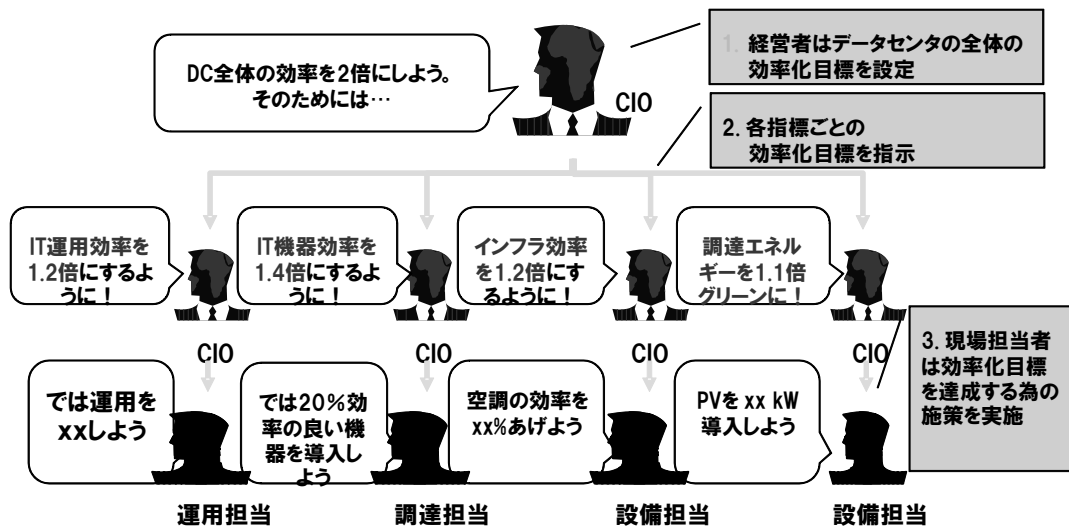


図 2-3 : データセンタのエネルギー効率化努力の落とし込み

## 2.2 データセンタのインフラ、IT 機器、運用の効率を示す指標（DPPE）

データセンタのエネルギー効率は、消費エネルギーあたりの生産性であらわされる。また、エネルギーの調達を考慮すると、全消費エネルギーからグリーンエネルギーを控除することができる。これらを考慮すると、エネルギー効率=(データセンタの生産量)/(非グリーンエネルギーの消費量)となる。

2.1 章で示した通り、データセンタ全体のエネルギー効率を各段階へ分割することにより改善を効率的にすすめることができる。そこで、データセンタの段階ごとに効率改善を評価する 4 つの指標を定義した（表 2-1）。分割にあたっては、IT 機器の選択や施設の改善など、図 2-2 と図 2-3 で示したデータセンタの各段階におけるエネルギー効率化の活動と連動させた。

表 2-1 : DPPE を構成する一連の指標

サブ指標名	式	対応する 取り組み活動
ITEU (IT Equipment Utilization)	= IT 機器の総消費エネルギー（実測電力量） / IT 機器の総定格消費エネルギー（定格電力量）	IT 機器の効率的運用：コンソリデーション、仮想化等により稼働率向上と稼働機器台数削減に努める。
ITEE (IT Equipment Energy Efficiency)	= IT 機器の総定格能力（定格） / IT 機器の総定格仕事率（定格電力）	より省エネルギー性能の高い IT 機器の導入に努める。
PUE (Power Usage Effectiveness)	= データセンタの総消費エネルギー（実測） / IT 機器の総消費エネルギー（実測）	空調機器の効率化、電源変換設備の効率化、自然環境を利用した様々な工夫などによるファシリティのエネルギー削減に努める。
GEC (Green Energy Coefficient)	= グリーンエネルギー（太陽光・風力など自然エネルギー）によるエネルギーの発生量（実測） / データセンタの総消費エネルギー（実測）	太陽光発電、風力発電、水力発電等のグリーンエネルギーの発生装置の設置と利用に努める。

4 つの指標(ITEU、ITEE、PUE、GEC)は、4 種の独立した省エネ努力を反映したものであり、1 つの種類省エネ努力が、他の指標に影響を及ぼすことがないように設計され

ている。このため、それぞれの要素は指標として独立した使い方も可能である。

ここで、ITEU は、データセンタの IT 機器の効率的運用の指標である。IT 機器が全く稼働していないデータセンタでは ITEU=0 となり、IT 機器が 100%フル稼働しているデータセンタでは、ITEU=1 となる。

ITEE は、データセンタの IT 機器の潜在能力と消費エネルギーの関係を表す指標である。省エネルギーエネタイプの IT 機器を導入すればするほど、大きな値となる。

PUE は、ファシリティのエネルギー効率を表す指標である。ファシリティにおける消費エネルギーの割合を削減するほど 1 に近づき小さい値となる。

GEC は太陽光発電や風力発電等に代表される、データセンタ内で発電された CO2 を発生しないグリーンエネルギーの利用を増やすと大きな値となる。

これらの 4 つの指標（PUE のみ逆数）は、その値が大きくなると、それに見合っエネルギー効率が向上するように定義されている。4 つのサブ指標を用いることで、データセンタ全体のエネルギー効率向上の努力をそれぞれの手段に詳細化することが可能となる（図 2-4）。4 つのサブ指標は、図 2-3 で示した各部門の省エネ努力に対応している。

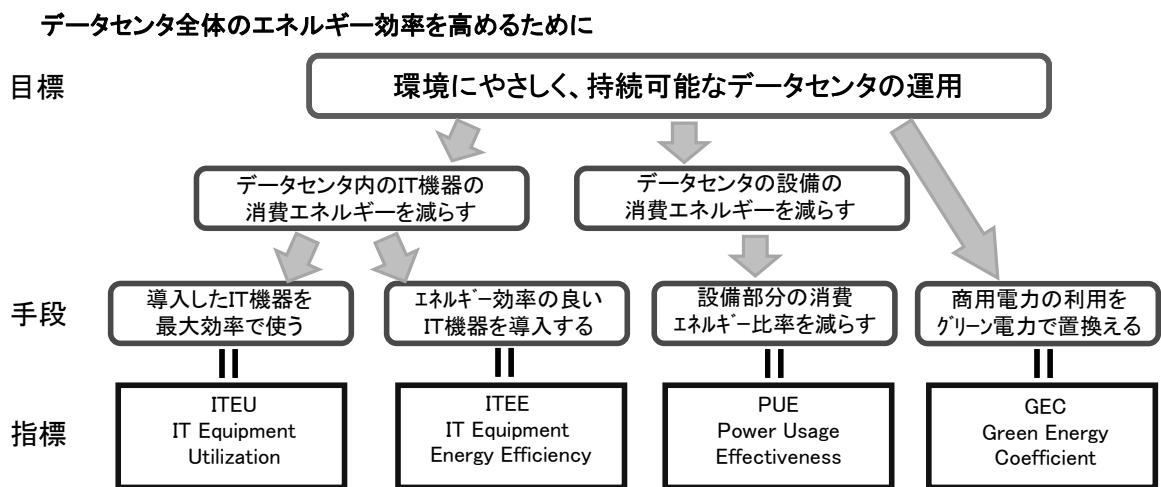


図 2-4：データセンタのエネルギー効率の分解



## 2.3 ITEU (IT Equipment Utilization) の概要

### 2.3.1 指標の定義

ITEU は、IT 機器の性能をどれだけ有効に使っているかを示す指標である。IT 機器の稼働率を高め、アイドル時電力の削減を促す。潜在的な IT 機器の能力を無駄なく利用する仮想化技術、オペレーション技術による省エネの度合いを示す。

ITEU は、IT 機器の稼働率を示す指標であるため、本来は、サーバ稼働率のような実性能と定格性能の比を、サーバ、ストレージ、ネットワーク機器、その他機器など全ての IT 機器について求めて平均することが望ましい。しかし、全ての IT 機器について稼働率を測定することは現時点では困難なデータセンタが多い。そこで、代替指標として「IT 機器の総実測電力量と総定格電力量の比」を使用する。なぜなら、機器の稼働率が高いほど実測電力量は定格電力量に近づくと考えられるからである。

$$\text{ITEU} = \text{IT 機器の総消費エネルギー (実測) [kWh]} / \text{IT 機器の総定格消費エネルギー (定格) [kWh]}$$

ITEU の計算対象は、サーバ、ストレージ、ネットワーク機器、その他機器からなる全ての IT 機器である。常時稼働状態で冗長化されている IT 機器は、ITEU の計算時に全て計上する。一方で、電源停止状態のスタンバイ機器は、アイドル時の電力消費が生じないため、計上しないものとする。実測電力量の測定期間、測定ポイントは、PUE の測定方法に準ずる。

ITEU は個別 IT 機器の定格電力を重みとした電力稼働率の加重平均となっている：

$$\text{ITEU} = 1 / (\text{総定格消費エネルギー}) \times (\sum \text{個別機器の消費エネルギー} \times \text{個別機器の消費エネルギー} / \text{個別機器の定格消費エネルギー})$$

したがって、定格電力が大きい IT 機器ほど全体の ITEU への貢献が大きくなる。

### 2.3.2 ITEU の計算例

IT 機器の実測電力量が、測定期間 (30 日) 中 396,000 kWh、総定格電力量は、1,500 kW × 24 時間 × 30 日 = 1,080,000 kWh の場合、

$$\text{ITEU} = 396,000[\text{kWh}] / 1,080,000[\text{kWh}] = 0.367 = 36.7 [\%]$$

となる。

## 2.4 ITEE (IT Equipment Energy Efficiency) の概要

### 2.4.1 指標の定義

ITEE は、IT 機器の総定格能力を IT 機器の総定格電力で割った値（定格仕事率）と定義する。単位電力あたりの処理能力の高い機器の導入を促すことにより、省エネを推進することを目指している。

$$\text{ITEE} = \text{IT 機器の総定格能力[Work]} \ / \ \text{IT 機器の総定格電力[W]}$$

ただし、

$$\text{IT 機器の総定格能力[Work]} = \alpha \times \Sigma (\text{サーバ能力[GTOPS]}) + \beta \times \Sigma (\text{ストレージ能力[Gbyte]}) + \gamma \times \Sigma (\text{ネットワーク能力[Gbps]})$$

ITEE の計算では、データセンタを構成する IT 機器は、簡単のため、全てサーバ、ストレージ、ネットワーク機器の 3 種類に分類する。サーバ、ストレージ、ネットワーク機器に分類不可能な機器は、総定格能力の計算対象から除く。

ITEE は定格の仕事率であることから、定格能力と定格電力は、カタログ上の省エネ性能のスペック値を用いて単純に計算する方法を採用する。機器によっては、記載義務化前の古い機器である、義務化の対象外である、などの理由でカタログ値が利用できない場合が考えられる。そこで、総定格電力と総定格能力は、両方が算定可能な IT 機器の合計を求める。

サーバ能力、ストレージ能力、ネットワーク能力としては、これまで日本国内で最も利用しやすいと考えられていた省エネ法のエネルギー消費効率を採用する方法と、世界共通での利用しやすさを重視した方法の 2 通りが議論されている。それぞれの具体的な定義を 2.4.2 節と 2.4.3 節に示した。

$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は、サーバ、ストレージ、ネットワーク機器の能力を統合するための係数である。 $\alpha$  は、2005 年の標準的なサーバのエネルギー消費効率の逆数と定義する。 $\beta$ 、 $\gamma$  も同様に、2005 年の標準的なストレージ、ネットワーク機器のエネルギー消費効率の逆数である。したがって、「IT 機器の総定格能力」は、2005 年の平均的なサーバ、ストレージ、ネットワーク機器のエネルギー消費効率の逆数を重みとした能力の加重平均である（これを「Work」と定義する）。サーバのみ、ストレージのみ、ネットワーク機器のみを対象として ITEE を計算した場合、ITEE は 2005 年の標準的なサーバ・ストレージ・ネットワーク機器の「単位エネルギーあたり処理能力」（総定格能力／総定格電力）に対する比となる。 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  の値は、対象データセンタや計算時期が異なっても共通して用いるものとする。

ITEE は ITEU 同様、IT 機器の定格電力を重みとした IT 機器効率の加重平均となっている。このため、定格電力が大きい IT 機器ほど ITEE への貢献は大きくなる。

$$\text{ITEE} = \alpha \times \Sigma (\text{サーバ能力}) + \dots / \text{IT 機器の総定格エネルギー}$$

$$= \Sigma (\text{定格エネルギー} \times \alpha \times \text{サーバ能力} / \text{定格エネルギー}) + \dots / \Sigma (\text{定格エネルギー})$$

$$= \Sigma (\text{定格エネルギー} \times \text{正規化したエネルギー効率}) / \Sigma (\text{定格エネルギー})$$

定義より、2005年の平均的機器を備えるデータセンタのITEE値は1となる。

また、定格の仕事率であるITEEと実際の稼働率を示すITEUの積は、近似的にデータセンタにおけるIT機器のエネルギー効率プロキシと考えることができる。

#### 2.4.2 能力の定義（日本国内向け）

現時点では、IT機器の総定格能力を計算するために必要な、IT機器（サーバ、ストレージ、ネットワーク機器(NW)）の能力またはエネルギー消費効率を比較できる国際的に統一された方法が存在しない。日本では、省エネ法で規定されているエネルギー消費効率の数値が必ずカタログに記載されていることから、日本国内に限定されたITEE計算では、これをサーバの性能として用いている（表2-2）。

表 2-2：省エネ法で用いられている機器能力

	能力	備考
サーバ	複合理論性能	—
ストレージ	記憶容量	—
ネットワーク機器	転送能力（スループット）	現在検討中

なお、2007年版のエネルギー消費効率はW/MTOPSで表示されており、2010年版よりW/GTOPSに改訂されている。このため、2007年版のエネルギー消費効率の数値を用いる場合には、以下の式で換算する必要がある。

$$\begin{aligned} & \text{2010年版のエネルギー消費効率相当 [W/GTOPS]} \\ & = \text{2007年版のエネルギー消費効率 [W/MTOPS]} \times 1,000 \end{aligned}$$

[係数 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の計算]

係数 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ は以下のように求められる。

グリーンIT推進協議会の調査結果<sup>5</sup>によると、サーバ、ストレージ、ネットワーク機器の2005年時点における代表的な能力と消費電力は表2-3のように与えられる。

<sup>5</sup> 2009年度グリーンIT推進協議会 調査分析委員会 報告書  
(<http://www.greenit-pc.jp/activity/reporting/110628/index.html>)

表 2-3 : 2005 年時点の標準的機器想定

	能力 (a)	消費電力 (b)	単位エネルギーあたり 処理能力(a / b)
サーバ	36 GTOPS/台	278 W/台	0.129 GTOPS/W
ストレージ	300 Gbyte/台	28 W/台	10.7 Gbyte/W
ネットワーク機器	4.2 Gbps/port	30 W/port	0.14 Gbps/W

係数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は、標準的な機器の、「単位エネルギーあたり処理能力」の逆数であることから、

$$\text{サーバ機器係数} \quad \alpha = 1/0.129 = 7.72 \text{ [W/GTOPS]}$$

$$\text{ストレージ機器係数} \quad \beta = 1/10.7 = 0.0933 \text{ [W/Gbyte]}$$

$$\text{ネットワーク機器係数} \quad \gamma = 1/0.14 = 7.14 \text{ [W/Gbps]}$$

となる。

#### 2.4.3 能力の定義（グローバル向け）

日本国内では IT 機器の能力としてローカルに最も普及しているエネルギー消費効率を用いるのに対し、グローバルに ITEE を計算する場合、世界的に最も普及している指標を IT 機器の能力として用いる必要がある。このような条件を満たす指標としては、現時点では、

サーバ能力 = Adjusted Peak Performance (APP)

ストレージ能力 = ストレージの保存容量

ネットワーク機器 = ネットワーク機器の転送速度

が最も有望と考えられる。

これらの係数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は、日本国内版と同様、表 2-4 のように仮定した 2005 年の代表的機器から導出される。

表 2-4 : 2005 年時点の代表的機器

	能力 (a)	消費電力 (b)	単位エネルギーあたり 処理能力(a / b)
サーバ	$1.8 \times 10^{-3}$ WT/ unit	278 W/unit	$6.5 \times 10^{-5}$ [WT/W]
ストレージ	300 Gbyte/unit	28 W/unit	10.7 [Gbyte/W]
ネットワーク機器	4.2 Gbps/port	30 W/port	0.14 [Gbps/W]

係数  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  は、標準的な機器の「単位エネルギーあたり処理能力」の逆数であることから、

サーバ機器係数	$\alpha = 1.54 \times 10^5$ [W/WT]
ストレージ機器係数	$\beta = 0.0933$ [W/Gbyte]
ネットワーク機器係数	$\gamma = 7.14$ [W/Gbps]

となる。

グローバル版の能力として現時点では APP が最も有力であるが、将来的にエネルギースター2.0 などが普及した場合、サーバの性能としても用いることも考えられる。また、日本国内の使用においても、今後グローバル版に統一していくことが考えられる。

#### 2.4.4 ITEE の計算例

2.4.2 節で示した日本国内版の ITEE について計算例を示す。

省エネ法に基づきカタログに記載されているのは、能力自体ではなくエネルギー消費効率であることから、まず定格電力とエネルギー消費効率を用いてサーバとストレージの能力を求める。

サーバ 420[台]、最大消費電力 209[W]、エネルギー消費効率 0.0016[d 区分]  
 $209[W]/0.0016[W/MTOPS] \times 1000 = 131[GTOPS]/台$

ストレージ 42[台]、最大消費電力 4620[W]、エネルギー消費効率 0.025[AAA]  
 $4,620[W]/0.025[W/Gbyte] = 184,800[Gbyte]/台$

ネットワーク機器の能力は省エネ法で現在定義が検討中である。そこで、ネットワーク機器の能力は、ポート単位での設定可能速度（ワイヤースピードでは無い）で計算をおこなう。

ネットワーク 84[台]、最大消費電力 145[W]、最高通信速度 1[Gbps]、1 台あたりのポート数 24

(うち全ポートは 10/100 [Mbps]設定可能、うち 14 ポートは 1 [Gbps]設定可能)  
 $10 \times 0.1[Gbps] + 14 \times 1[Gbps] = 15[Gbps]/台$

これらの IT 機器の能力に各台数を掛け合わせた合計を用いて ITEE を計算することができる。

$$\begin{aligned}
 \text{ITEE} &= (7.72[W/GTOPS] \times 130[GTOPS] \times 420[台] \\
 &\quad + 0.00933[W/Gbyte] \times 184,800[Gbyte] \times 42[台] \\
 &\quad + 7.14[W/Gbps] \times 15[Gbps] \times 84[台]) \\
 &\quad / (209[W] \times 420[台] + 4,620[W] \times 42[台] + 145[w] \times 84[台]) \\
 &= 3.98
 \end{aligned}$$

## 2.5 PUE（Power Usage Effectiveness）の概要

### 2.5.1 指標の定義

PUEは2007年に米国の団体であるThe Green Grid（TGG）が最初に提案したデータセンターの電力効率性を測る指標である。データセンターのエネルギー効率を容易に測定することができる。

ここでは、PUEの定義は、TGGが定めるホワイトペーパー及び2011年2月開催の国際会議（データセンターのエネルギー効率に関する指標の世界協調）の合意内容<sup>6</sup>に準拠する。さらに、追加的に計測に関する詳細を日本データセンター協会（JDCC）の標準として定めた。

PUEは、データセンター（総施設）の全消費エネルギーをIT機器の消費エネルギー（電力量）で割ったものである（図2-5）。データセンター（総施設）がIT機器の何倍の消費エネルギーで稼動しているかをみる指標である。

$$PUE = \text{データセンターの総消費エネルギー[kWh]} / \text{IT機器の総消費エネルギー[kWh]}$$

PUEは値が小さいほどエネルギー効率が良いことを示す。必ず1.0以上の数値となる。数値が1.0に近いほどデータセンターのエネルギー効率は良い。

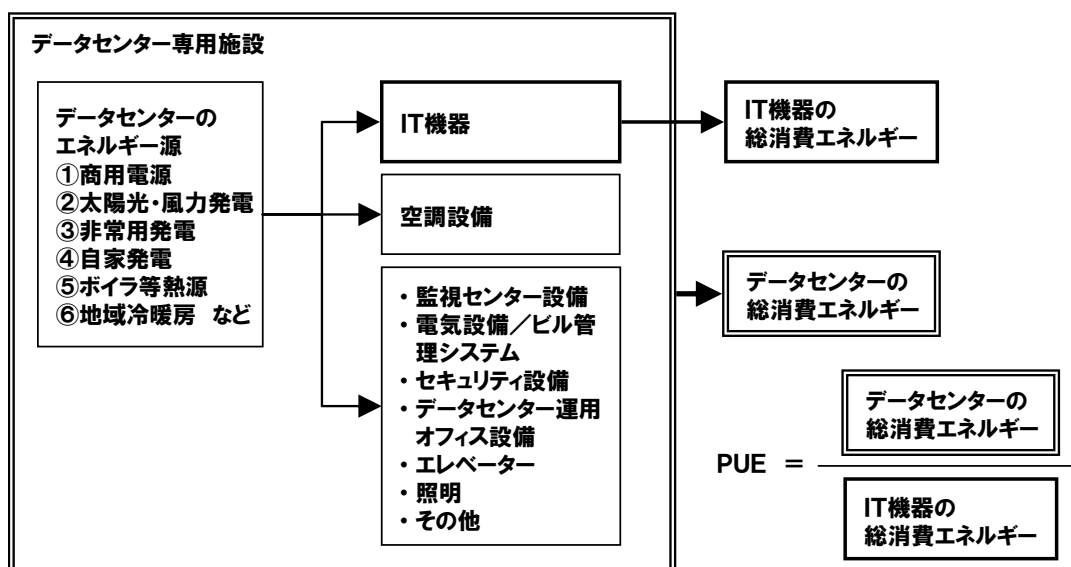


図 2-5：専用施設型データセンターでの PUE のイメージ

<sup>6</sup> “Harmonizing Global Metrics for Data Center Energy Efficiency 2011-02-28”  
([http://www.greenit-pc.jp/topics/release/pdf/dppe\\_j\\_20110228.pdf](http://www.greenit-pc.jp/topics/release/pdf/dppe_j_20110228.pdf))

## 2.5.2 データセンタのエネルギー源の種類と総消費エネルギーの測定ポイント

データセンタ総施設の全消費エネルギーは、IT 機器の消費エネルギーに加え空調や照明、他のインフラの消費エネルギーを基本的に全て含む。

データセンタ総施設における全消費エネルギーは、データセンタ総施設と外部の境界（ユーティリティの責任転換箇所：Utility handoff）部分で計測し、全てのエネルギー源（商用電力、重油、ガス等）を含めて行う（図 2-6）。また、計測エネルギーは、ソースエネルギー量（後述：エネルギーを作る初期エネルギー量：石油量やガス量等）で計測し、電力量換算（kWh）して合算する。

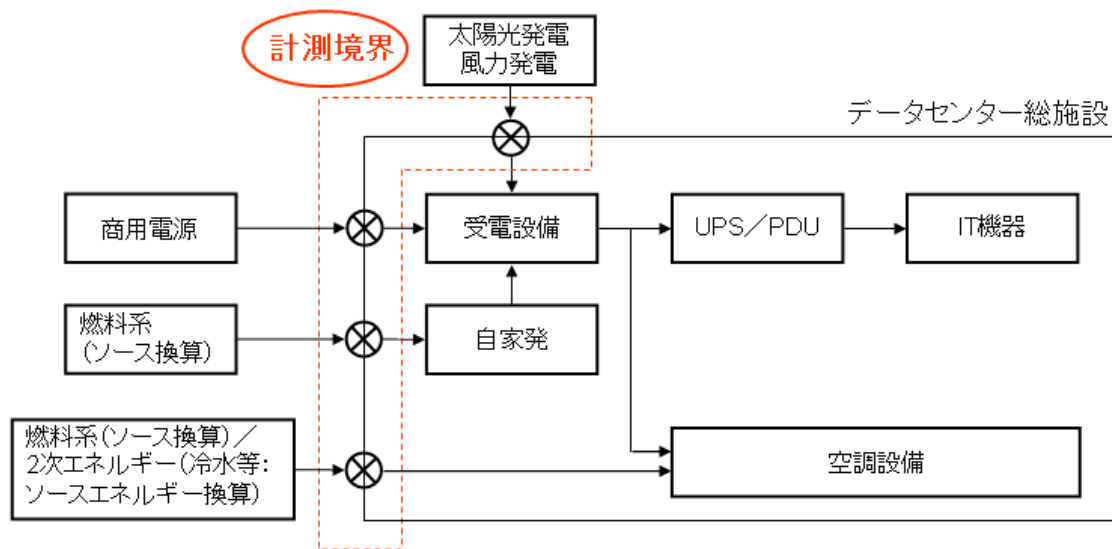


図 2-6 : データセンタ総施設と外部の境界 : Utility handoff

現時点でデータセンタが使用する主なエネルギー源としては、①電気事業者からの受電や②太陽光発電や風力発電、③非常用発電機、④コージェネレーション等の自家発電からの電力量以外に、空調の熱源としての⑤ガス、重油等を燃料としたボイラや、自家発電用のコージェネレーションからの熱供給、⑥地域冷暖房からの熱供給など電力以外のエネルギー利用が挙げられる（図 2-7）。

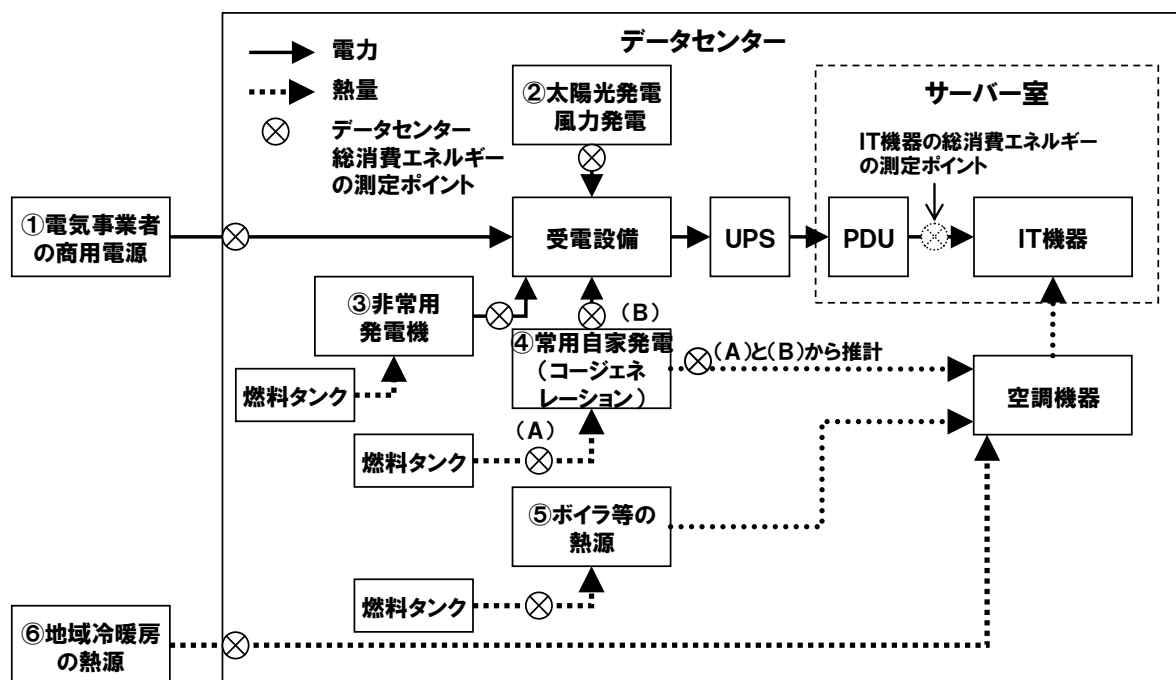


図 2-7：データセンタのエネルギー源の種類

PUE の計算には、これら全てのエネルギーの合計が必要である。電力とそれ以外のエネルギーと単位を統一して合計する必要があるため、エネルギーの原単位は[kWh]を使用する。3 章で示す通り、月別に見た PUE 値は季節変化するので、報告にあたっては年平均値が推奨される。測定期間が異なる PUE 値を公表する場合には、期間を明示することが望ましい。

電力以外のエネルギー源の[kWh]換算には、省エネ法施行規則に示されるエネルギー種別発熱量を kWh に換算したものをを用いる。

データセンタの総消費エネルギーを測定するポイントは、基本的にデータセンタの電源入力（受電設備の入り口、太陽光・風力発電の出力、非常用発電機や常用自家発電（コージェネレーション）の出力）時点での電力量とし、発電や送電によるロスを考慮しない。

ボイラ等、電力以外のエネルギーについては、その燃料消費量等からエネルギーを計算する。

2.5.3 節で異なるエネルギー源が混在する場合の PUE の計算方法、2.5.4～2.5.5 節で PUE の測定ポイントについて概要を示す。

### 2.5.3 消費される対象エネルギーの種別とエネルギー合算の考え方について

消費されるエネルギーは、電力、燃料系(重油、ガス等)及び2次エネルギー系(地域冷暖房の冷水等)等の全てを対象とする。特に冷却設備や発電設備には重油やガス等を活用する設備が存在することに注意が必要である。



### ソースエネルギー量の考え方

エネルギーは全て電力量換算して合算することを基本的な考え方としている。

商用電力(a)の1 kWh を作成するのに、発電所の発電効率や発電所からデータセンタまでの送電ロス等を考慮すると、約3倍(ソース換算係数 $\delta$ )のエネルギー量( $\delta \times a$ )を要している。この約3倍のエネルギー量のことをソースエネルギー量という。これに対して、ロスを考慮しないエネルギー量(a) [kWh]をサイトエネルギー量と呼ぶ。

データセンタのエネルギー量はこのソースエネルギー量で評価することを基本的な考え方として、2011年2月の国際会議で合意されている。

一方、燃料系のエネルギーはデータセンタで消費したものがソースエネルギー量となる。重油等の量を電力量換算した(b) [kWh]が該当する。

また地域冷暖房の冷水等の2次エネルギー(c)はその冷水を作るのに要したエネルギーの量(ソース換算係数 $\varepsilon$ )を電力量換算した( $\varepsilon \times c$ ) [kWh]が該当する。

### ソースエネルギー量での合算方法について

ソースエネルギーで合算するというのは上記の考え方より、以下の計算式で表現される。

$$\text{総ソースエネルギー} = \delta \times (a) + (b) + \varepsilon \times (c)$$

一方、このまま、合算すると、商用電力分が約3倍で表現されるため、商用電力がほとんどを占めるセンターでは、総施設のみかけの電力量が約3倍になり、従前のTGGのPUEよりも値が大きくなる。

そこで従来のPUEとスケールをあわせるために、従来の商用電力の値(電力計の値)によって、全体をサイトエネルギーと同等になるよう正規化した。

$$\text{DCの総消費エネルギー量} = (a) + (1/\delta) \times (b) + (\varepsilon / \delta) \times (c)$$

ソースエネルギー換算係数としては、以下の値をグローバルに共通で用いる。

- \*商用電力のソースエネルギー換算係数：  $\Rightarrow$  1.0
- \*燃料系のソースエネルギー換算係数：  $1/\delta \Rightarrow$  0.35
- \*二次エネルギー系のソースエネルギー換算係数：  $\varepsilon/\delta \Rightarrow$  0.40

表 2-5：エネルギー別ソースエネルギー換算係数

エネルギー種別	ソースエネルギー換算係数
商用電力	1.0
ガス(天然ガス、都市ガス等)	0.35
A集油、軽油等	0.35
その他燃料系	0.35
冷水等(地域冷暖房)	0.40

また、総消費エネルギー量におけるソース換算係数の考慮と対応して、IT 機器の消費エネルギーにおいてはデータセンタで消費した電力の平均的なソースエネルギー換算係数を考慮する。

IT 機器の総消費エネルギー量

=IT 機器のサイトエネルギー×DC 電力の平均的なソースエネルギー換算係数

ここで

DC 電力の平均的なソースエネルギー換算係数

= (DC で消費された全電力の調達・発電に必要なソースエネルギー)  
／ (DC で消費された全電力のサイトエネルギー)

これらを用い、

PUE =DC の総消費エネルギー量/ IT 機器の総消費エネルギー量  
となる<sup>7</sup>

#### 2.5.4 IT 機器の総消費エネルギー量の測定ポイント

IT 機器の消費エネルギー量 (電力量) を計測するポイントは、PDU (分電盤) 出力 (UPS 出力で計測する場合は、UPS と IT 機器の間の電力ロスを考慮) とする (図 2-8)。IT 機器と測定ポイントの間に複数のダウントランスが存在する場合、ダウントランス、ケーブル等のロス分を考慮する。PDU 出力で計測できない場合、下図の代替計測ポイントで計測した結果をガイドラインに定められた方法に従って換算して PDU 出力相当とする。

---

<sup>7</sup> Harmonizing Global Metrics for Data Center Energy Efficiency 2011-02-28”  
([http://www.greenit-pc.jp/topics/release/pdf/dppe\\_j\\_20110228.pdf](http://www.greenit-pc.jp/topics/release/pdf/dppe_j_20110228.pdf))にいくつかの事例について PUE の計算例が示されている。

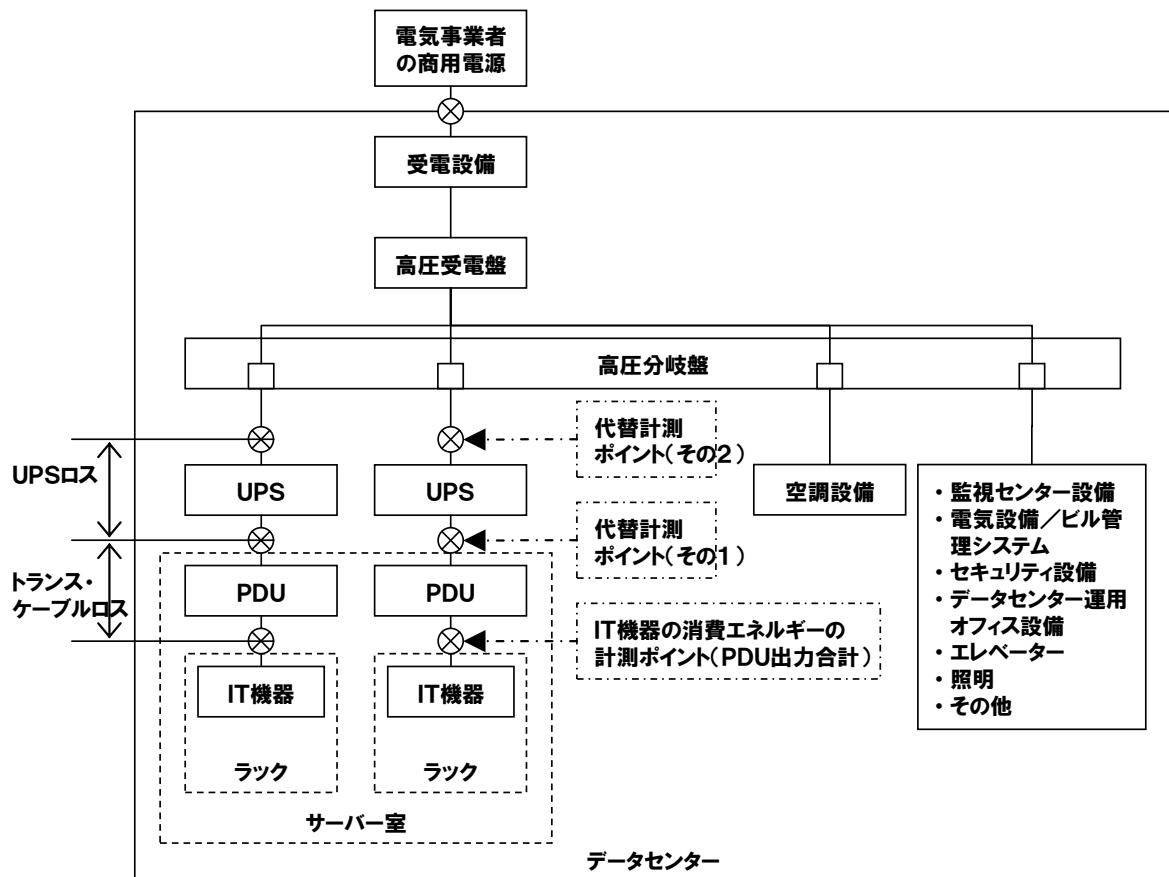


図 2-8 : IT 機器の消費エネルギーのポイント

※力率の測定

IT 機器の実際の総消費電力 (kW) は、電圧 (V) × 電流 (A) × 力率 (%) で算出され、kVA = 電圧 (V) × 電流 (A) とは異なる。したがって、PUE を算出するにあたっては、力率も考慮することが望ましい。

力率を考慮しないで、IT 機器の総消費エネルギー (電力量[kVAh]) を求めた場合、IT 機器の総消費エネルギーが実際より大きくなり、PUE の計算で大きく有利になる可能性がある。

このため、IT 機器の総消費エネルギー (電力量[kWh]) を測定するためには、電流[A] × 電圧[V]から計算するのではなく、力率も考慮した計測が必要である。

力率は PDU 以降の IT 機器のシステム構成によって異なるが、時系列による変化は小さい事がサンプルの実測データで知られている。このため、連続的に電流・電圧によって計測した電力量に、過去にハンディターミナル等で一時的に計測した力率の平均値等を掛け合わせて、IT 機器の総消費エネルギー量を求めても良い。力率が不明・計測不能な場合は、推奨値として 95%を用いることとする。

表 2-6：サンプル実測データによる力率の例

Ave	Var	Max	Min
95.8%	46.6%	100%	64%

### 2.5.5 複合施設型データセンターでのデータセンター総消費エネルギーの求め方

多くのデータセンターは、データセンター機能（フロア）と、データセンターとは無関係な一般オフィス等の非データセンター機能（フロア）が混在する複合施設に入居している。この場合、PUE を算出するためには、建物の総消費エネルギー（非データセンター機能の消費エネルギーも含まれる）から、データセンター機能に使われた総消費エネルギーのみを抽出する必要がある。

複合施設型データセンターでは、建物内の機能（フロア）を、データセンター機能、非データセンター機能と、共用機能の3種類に分類することができる。ここで、共用機能とは、データセンターと非データセンター双方の機能を管理、維持、運営するために使われ、建物内で共用して使われる設備およびフロアである。具体的な設備としては、建物全体のビル管理システム、セキュリティ設備、共用フロアの空調設備、エレベーター、照明などが挙げられる。また、建物内の、ホール、廊下、トイレ、共用の会議室なども該当する。

データセンター機能に使われた総消費エネルギーは、データセンター機能で消費されたエネルギーと、共用機能で消費されたエネルギーを案分したものの合計と定義することができる。共用機能で消費したエネルギーについては、データセンター機能での消費相当分と非データセンター機能（一般オフィス等）での消費相当分に案分して、データセンター機能での消費相当分を測定済みのデータセンター機能専用部分での消費エネルギーに加える。

具体的には、以下のプロセスで計算を行う。

まず、建物全体のエネルギー消費量から、データセンター機能のエネルギー消費量と非データセンター機能のエネルギー消費量を引き、共用部分のエネルギー消費量を計算する。次に、共用部分のエネルギー消費量案分は、空調とそれ以外のエネルギー消費で区別する（図 2-9）。共用機能部分の空調の消費エネルギーは、データセンター部分の IT 機器および関連設備の電力量と、非データセンター機能（オフィス部分の OA 電力量等）の電力量との比率で案分する。一方、照明、昇降機等空調以外の消費エネルギーは、データセンター機能部分と非データセンター機能部分（オフィス部分等（ホール、廊下、トイレ、会議室などの共用部分を除く））の面積比率で案分する。

計算を簡略化するために、共用機能で消費されるエネルギーを全てデータセンター機能の消費エネルギーに含めて算出しても良い。ただし、その場合、PUE は実態より悪い値となる。

また、データセンターの自己改善の目的で PUE を計算する場合は、上記に係わらず共用

部分の消費エネルギーを無視し測定の容易さを優先する立場もありうる<sup>8</sup>。しかし、この場合、共用部分を考慮に入れた PUE とは値が異なることに注意が必要である。

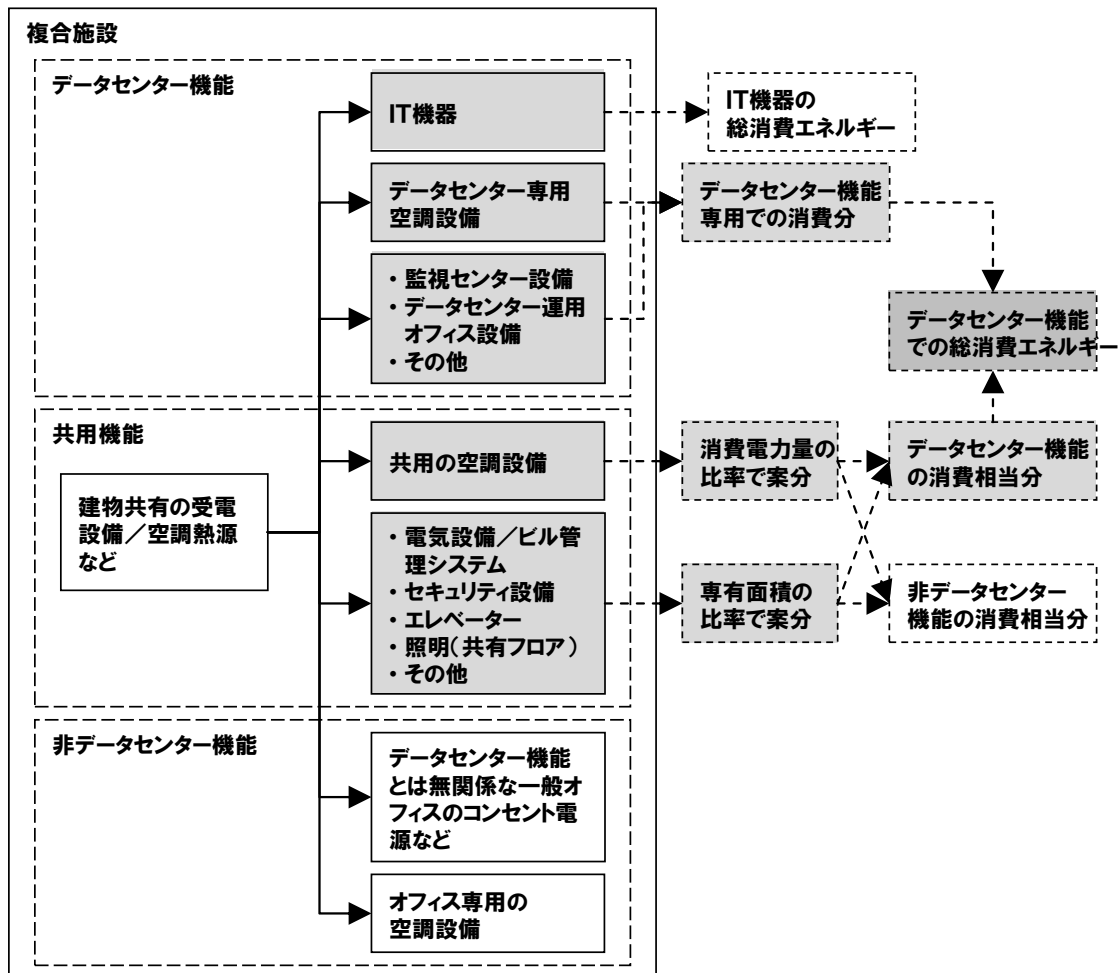


図 2-9：複合施設型データセンタのイメージと総消費エネルギーの求め方

### 2.5.6 PUE の計算例

データセンタの受電電力量 350,000 [kWh]、太陽光発電による発電量 40,000 [kWh]、空調のためのボイラの燃料(A 重油)消費を 20.3 [kl] (キロリットル)、IT 機器の消費電力量を、30,000 [kWh]とする (ただし、ボイラは全て冷水生成に利用)。この時、

$$\begin{aligned} \text{PUE} &= (350,000[\text{kWh}] + 40,000[\text{kWh}] + 20.3[\text{kl}] \times 10,861[\text{kWh/kl}]) \div 30,000[\text{kWh}] \\ &= 2.03 \end{aligned}$$

(IT 電力の平均的なソースエネルギー換算係数 = 1.0。)

<sup>8</sup> “Harmonizing Global Metrics for Data Center Energy Efficiency 2011-02-28”  
([http://www.greenit-pc.jp/topics/release/pdf/dppe\\_j\\_20110228.pdf](http://www.greenit-pc.jp/topics/release/pdf/dppe_j_20110228.pdf))

## 2.6 GEC（Green Energy Coefficient）の概要

### 2.6.1 指標の定義

GEC は、太陽光発電や風力発電などデータセンタで利用するグリーンエネルギーをデータセンタの総消費エネルギーで割った値である。

$$\text{GEC} = \frac{\text{データセンタの敷地内で使用されたグリーンエネルギー[kWh]}{\text{データセンタの総消費エネルギー[kWh]}}$$

ここで、グリーンエネルギーは、太陽光発電や風力発電など自然エネルギー等から生成されたエネルギーを示す。GEC では、そのうちデータセンタが法的な権利を持つグリーンエネルギー（電力量等）範囲を対象とする。すなわち、

- ・ グリーンエネルギーの正確な定義（範囲）は、各国のグリーンエネルギー証書等で採用されている範囲とする。
- ・ グリーンエネルギー証書を購入した場合、購入量も含まれる。
- ・ データセンタ敷地内で生成し、グリーン電力証書として権利を外部に販売していないエネルギーも含まれる。敷地内で生成・消費する場合、証書化する必要は必ずしもない。敷地内で太陽光発電や風力発電による発電を行う場合の測定ポイントを図 2-10 に示した。

データセンタの総消費エネルギーと合わせるため、エネルギーの原単位は[kWh]を使用する。

敷地内であっても他の利用目的（例：製造用のボイラなど）から発生した排熱を利用したものは、ボイラ等熱源や地域冷暖房等と同等とみなしグリーンエネルギーに含めない。

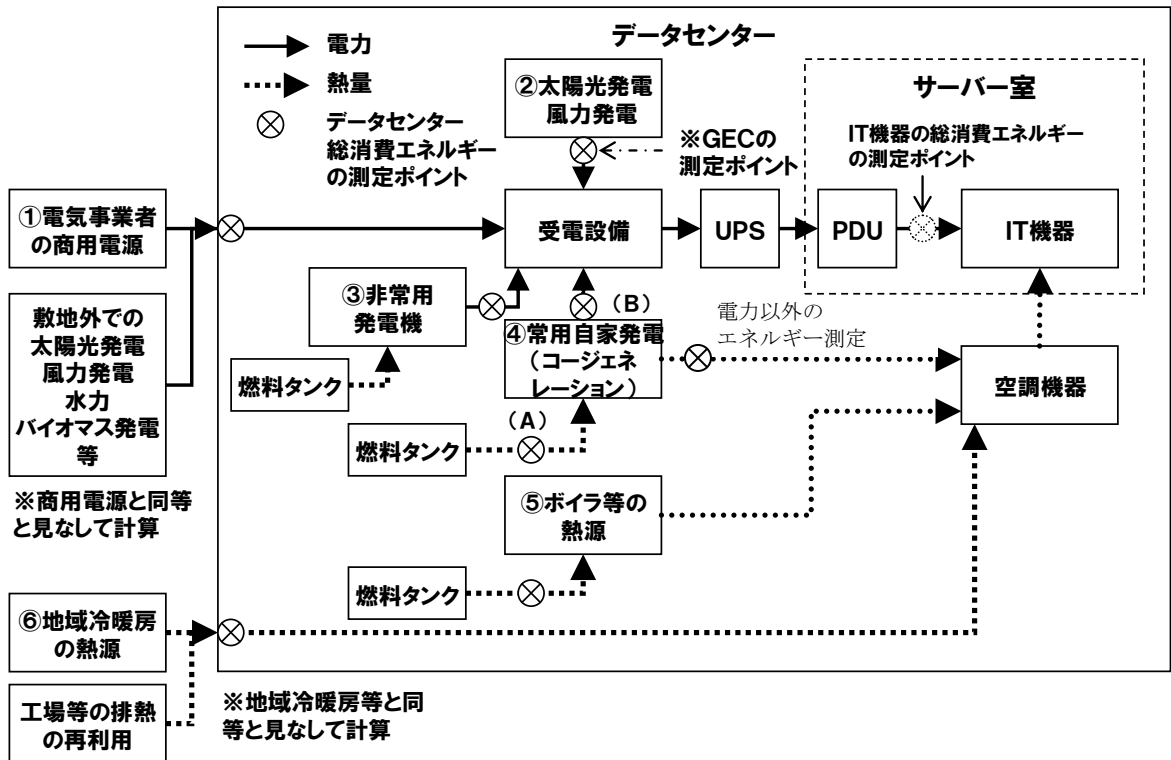


図 2-10 : GEC の測定ポイントとグリーン電力・排熱利用の取り扱い

### 2.6.2 GEC の計算例

データセンターの受電電力量 350,000[kWh]、太陽光発電による発電量 40,000[kWh]、空調のためのボイラの燃料(A 重油)消費を 20.0[kl] (キロリットル) とすると

$$\begin{aligned}
 \text{GEC} &= 40,000[\text{kWh}] / (350,000[\text{kWh}] + 40,000[\text{kWh}] + 20.3[\text{kl}] \times 10,861[\text{kWh/kl}]) \\
 &= 6.6 [\%]
 \end{aligned}$$

## 2.7 4つの指標選択の合理性

2.2章では、データセンタのエネルギー消費フローを定性的に分割することにより、データセンタ全体のエネルギー効率を構成する指標として、ITEU, ITEE, PUE, GECの4つを導出した。

定量的には、データセンタ全体のエネルギー効率は、次のように表すことができる。

$$\begin{aligned} & \text{エネルギー効率} \\ & = (\text{データセンタの生産量}) / (\text{非グリーンエネルギーの消費量}) \\ & = (\text{データセンタの生産量}) / (\text{IT機器の消費エネルギー}) \\ & \quad \times (\text{IT機器の消費エネルギー}) / (\text{データセンタの消費エネルギー}) \\ & \quad \times (\text{データセンタの消費エネルギー}) / (\text{非グリーンエネルギーの消費量}) \\ & = (\text{IT生産性}) \times (\text{ファシリティの効率}) \times (\text{グリーンエネルギーの控除}) \end{aligned}$$

ここで、

IT生産性：生産量(IT機器による情報処理量)/IT機器の消費エネルギー

ファシリティの効率：IT機器の消費エネルギー/DCの消費エネルギー(=1/PUE)

グリーンエネルギーの控除：DCの消費エネルギー/非グリーンエネルギーの消費量  
(=1/(1-GEC))

さらに、近似的に

IT生産性=(IT機器の平均稼働率)

×(IT機器の定格能力)/(IT機器の定格消費エネルギー)

IT機器の平均稼働率=(IT機器の実測消費エネルギー)/(IT機器の定格消費エネルギー)

がなりたつとすると、

エネルギー効率

=(IT機器の実測消費エネルギー)/(IT機器の定格消費エネルギー)

×(IT機器の定格能力)/(IT機器の定格消費エネルギー)

×(IT機器の消費エネルギー)/(データセンタの消費エネルギー)

×(データセンタの消費エネルギー)/(非グリーンエネルギーの消費量)

=ITEU × ITEE × (1/PUE) × (1/(1-GEC))

となる。

The Green GridのIT生産性プロキシ評価実験の一部として実際のデータセンタシステムにおいてITEU×ITEEを評価したところ、ITEU×ITEEは、IT生産性のプロキシとして有用かつ、測定の容易性が優れていた。特に測定の容易性が優れている点が、実際のデータセンタで測定できることを重視しているITEU×ITEEの特徴と考えられる。

これらの結果は、ITEU, ITEE, PUE, GECの4つの指標を用いてデータセンタ全体のエネルギー効率を評価できることを示している。同時に、式においてそれぞれの指標は掛け算の各項に分離され、お互いに影響していない(独立している)。

すなわち、ITEU, ITEE, PUE, GECの4つの指標は、重複なくデータセンタ全体のエネルギー効率を評価できる組み合わせであることがわかる。



以上から、GIPCでは、ITEU, ITEE, PUE, GECの4つの指標を用いて、データセンターエネルギー効率の総合的な評価体系、または総合指標を構築することを提案している。GIPCでは、これを Datacenter Performance Per Energy (DPPE)と呼んでいる。

## 2.8 指標を用いた総合的なエネルギー効率評価 - Holistic Framework -

指標を用いてデータセンタのエネルギー効率を評価するひとつの手法として、レーダーチャートに4つの指標を示す方法がある。こうすることで、データセンタにおける省エネルギー活動の状況を、取り組みの対象別に把握することが可能となる。このような手法でエネルギー効率の複数の側面を総合的に把握することを「Holistic Framework」と定義する。

4つの指標は、4つ全てでデータセンタ全体のエネルギー効率を評価するように設計されていることから、レーダーチャートの各軸に割り当てて用いることができる。4つのサブ指標が示す特性は次のとおりである：

- ・ IT 機器の運用効率
- ・ IT 機器のハードウェア効率
- ・ インフラストラクチャの効率
- ・ グリーン電力の使用度

図 2-11 にレーダーチャートの例を示した。

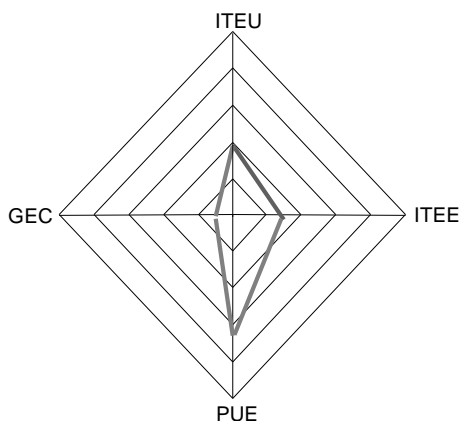


図 2-11 : Holistic Framework のレーダーチャート

図 2-11 のレーダーチャートにおいて、個別データセンタの値を平均的なデータセンタのものと比較することにより、データセンタ運用者は、それぞれのデータセンタの特性を理解し、最も改善余地の大きい側面にエネルギー効率の努力を集中することが可能となる。例えば、IT 機器のハードウェアの効率が平均的なデータセンタと比較して著しく低い場合には、IT 機器の更新がエネルギー効率向上の有力なオプションとなりうる。このような効率向上施策としては、次のようなものが考えられる。

- ・ IT 機器の運用改善
- ・ 高効率 IT 機器の利用
- ・ インフラストラクチャ（空調や電源供給等）の効率改善
- ・ 再生可能エネルギーの導入

### 3. 実測プロジェクトの紹介（国内・海外）

データセンタの省エネ指標の実用性の検証、およびデータセンタにおけるエネルギー消費の実状の把握を目的に、国内のデータセンタ事業者 15 社、および海外のデータセンタ事業者 2 社（シンガポール、ベトナム）にご協力いただき、データセンタのエネルギー効率の実測プロジェクトを実施した。測定期間は、国内は 2011 年 8 月から翌年 1 月までの 6 ヶ月間、海外 2 社は 9 月の 1 日分であった。

以下に、測定プロジェクトの実施概要および結果を取りまとめた。

#### 3.1 測定プロジェクトの実施概要

全国のデータセンタ事業者 15 社が所有または運営する 20 データセンタの参加により、2011 年 8 月から翌年 1 月までの 6 ヶ月間、PUE、GEC、ITEU、ITEE の 4 つの指標に必要なデータ（機器の消費電力量など）の測定を行った。測定にあたっては、昨年度に作成された「DPPE 測定ガイドライン」に準拠することとし、参加データセンタ事業者を対象とした説明会を事前に実施した。

本測定プロジェクトの実施概要を表 3-1 に示す。データセンタによって測定可能なデータが異なること、データセンタ側の運用の都合などにより必ずしもデータを毎月測定できなかったため、指標や月によって測定できたデータ数は異なっている。

表 3-1 : 測定プロジェクトの実施結果の概要

- 参加事業者数： 国内 15 事業者、海外 2 事業者
- 参加データセンタ数： 国内 20 データセンタ、海外 2 データセンタ
- 実施年月日： 2011 年 8 月～2012 年 1 月
- 参加データセンタの概要
  - ・地域別データセンタ数：
    - 北海道・東北・北陸 (3)、関東 (15)、東海・中部・近畿 (0)、
    - 中国・四国・九州・沖縄 (2)、海外 (2)
  - ・データセンタ設置年： 1985～2010 年
  - ・総床面積： 約 800～約 145,000 m<sup>2</sup>
  - ・サーバ室床面積： 約 10～約 16,500 m<sup>2</sup>

○月別収集データ数

	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
PUE	19	19(2)	18	18	17	16
GEC	19	19(2)	18	19	18	16
ITEU	16	16(2)	15	16	15	16
ITEE	11	11(2)	10	11	11	11

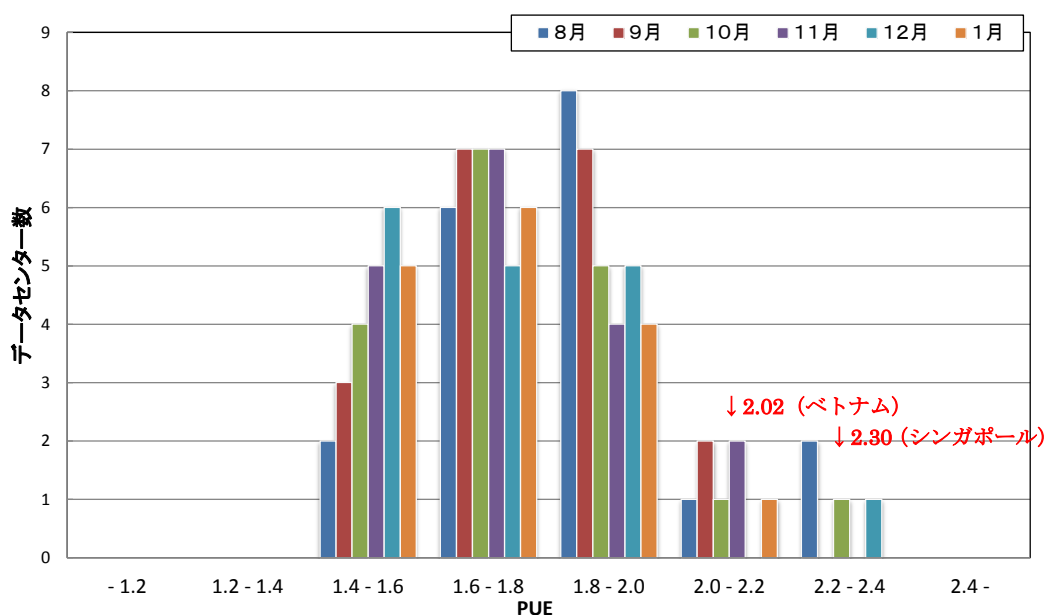
※カッコ内は海外のデータセンタ数

## 3.2 実施結果

### 3.2.1 PUE

本プロジェクトにおける2011年8月から2012年1月までの各月の実測PUE値は、平均で1.70～1.85であった。期間中の最大値は2.34、最小値は1.41であり、適正な測定を実施できたと考えられる（図3-1）。

また、海外におけるPUE測定結果は、シンガポールが2.30、ベトナムが2.02であった。



	8月 (n=19)	9月 (n=19)	10月 (n=18)	11月 (n=18)	12月 (n=17)	1月 (n=16)
平均	1.85	1.79	1.75	1.71	1.70	1.70
最小値	1.43	1.41	1.45	1.44	1.42	1.42
最大値	2.34	2.15	2.28	2.09	2.26	2.05

図3-1：PUEの月別度数分布

月別の平均PUE値の推移を見ると、昨年度の結果と同様に、全国的に平均気温の高い8月のPUE値が最も大きく、9月以降はPUE値が小さくなる傾向が見られた。（図3-2）。

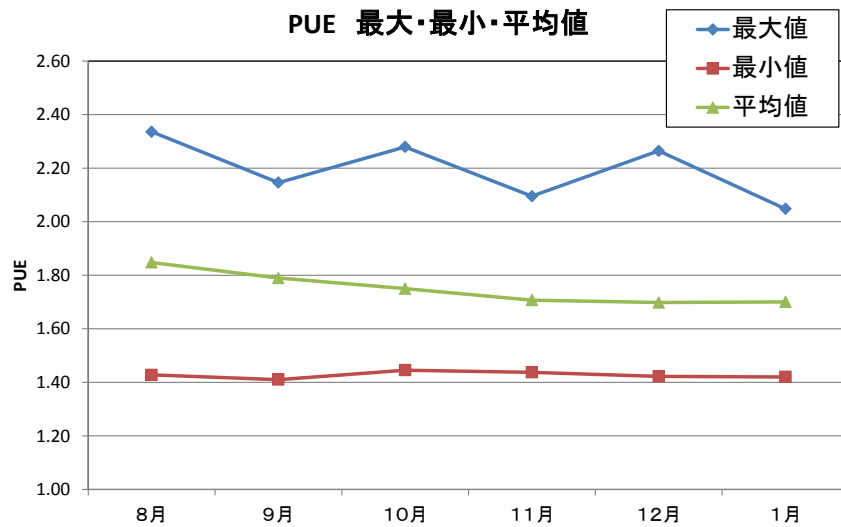


図 3-2 : PUE の月別平均値・最大値・最小値

データセンタ設置年数と PUE 値との関係を見ると、直近 5 年程度に設置されたデータセンタの PUE 値が比較的 low、経年とともに PUE が上昇している。一方、設置してから 20 年以上のデータセンタの PUE も低くなっている。これらは老朽化した空調設備の入れ替え等の影響が考えられ、設備としてのエネルギー効率が改善されているようすが分かる (図 3-3)。

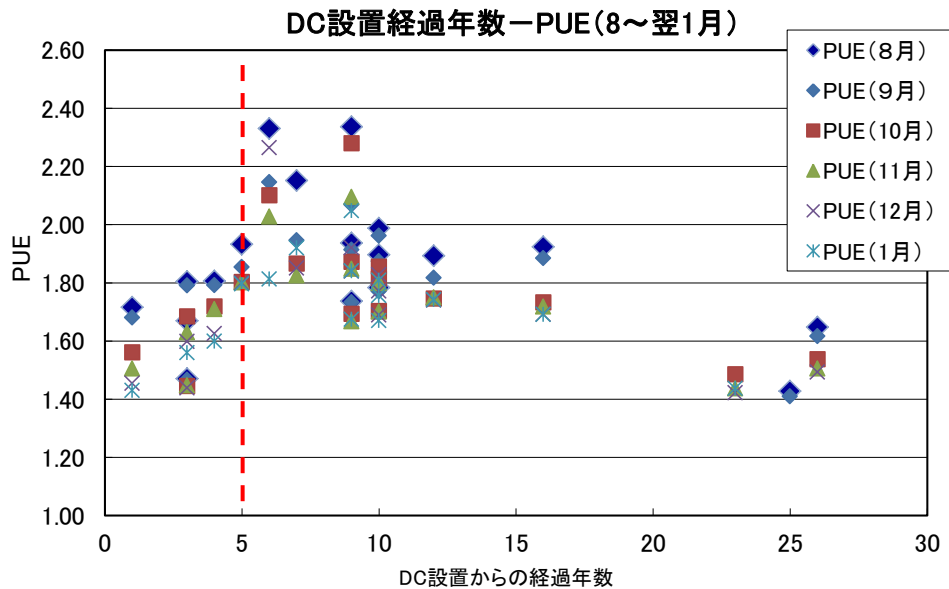


図 3-3 : データセンタ設置年数と PUE 値

さらに、建物の延べ床面積、サーバ室面積と PUE 値との関係についても分析を行ったところ、PUE の高いデータセンタは、比較的小規模なところに多い傾向が見られた。ある程度の規模のあるデータセンタの方が、エネルギー効率が良いという結果が得られた（図 3-4）。

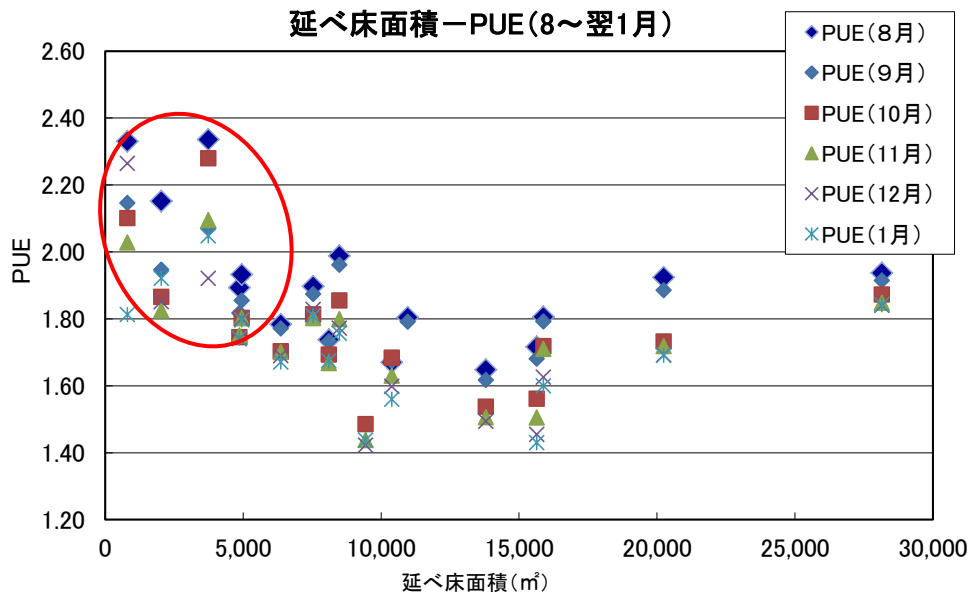


図 3-4 : 建物の延べ床面積と PUE 値

○昨年度の結果との比較

PUE 値について昨年度の3ヶ月間の測定結果との比較を行ったところ、2011年度のPUE 値の分布には全体的に低い傾向がみられる。(表 3-2、図 3-5)。

表 3-2 : PUE の平均・最小値・最大値の年度比較

		2010年	2011年
平均	8月	1.93	1.84
	9月	1.84	1.78
	10月	1.82	1.75
最小値	8月	1.22	1.43
	9月	1.18	1.41
	10月	1.76	1.45
最大値	8月	2.69	2.34
	9月	2.22	2.15
	10月	1.97	2.28

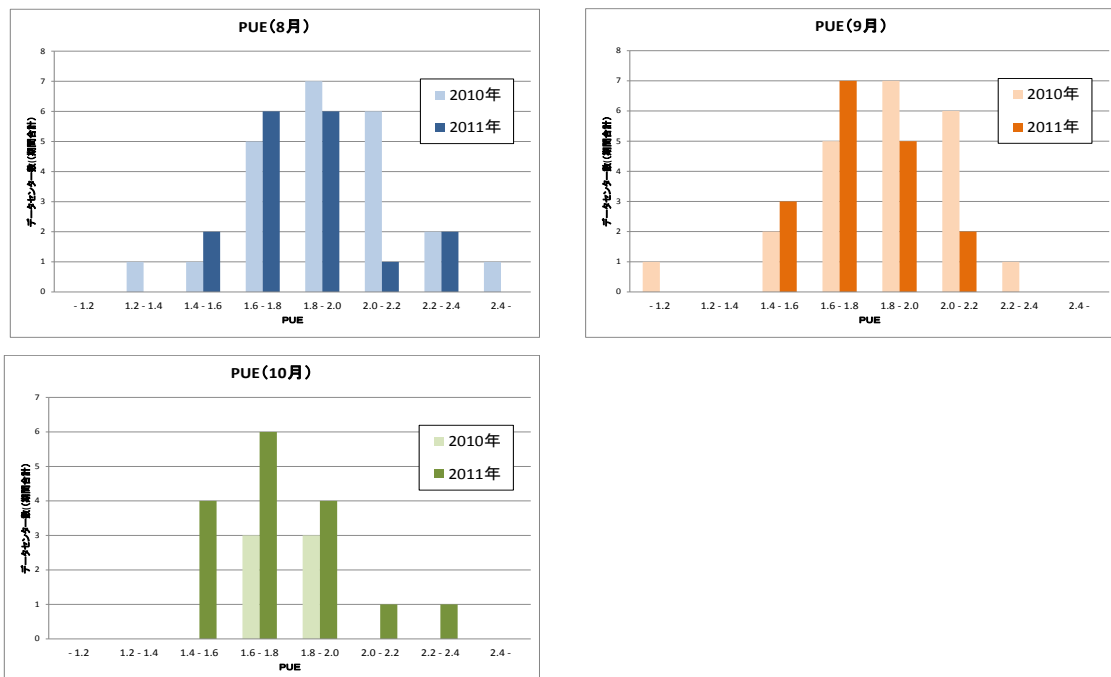


図 3-5 : PUE の年度比較



この傾向を検証するために、昨年度と本年度を比較可能なデータセンタを対象に、昨年度および今年度の気温・PUE 値の比較分析を行った。表 3-3 は気温および PUE 値である。

表 3-3 : データセンタ別の PUE の年度比較 (下段カッコ内は当月の平均気温)

データセンタ名		8月	9月	10月	11月	12月	1月	平均
データセンタ A (アウトソーシング等)	2011 年	1.81 (27.1)	1.79 (24.9)	1.72 (19.2)	1.71 (14.8)	1.63 (7.5)	1.60 (4.8)	1.71
	2010 年	1.93 (28.6)	1.89 (24.7)	1.81 (18.6)	1.73 (13.4)	1.70 (9.9)	1.64 (5.3)	1.78
データセンタ B (DC 専業)	2011 年	1.78 (27.5)	1.77 (25.1)	1.70 (19.5)	1.70 (14.9)	1.69 (7.5)	1.67 (4.8)	1.72
	2010 年	1.89 (29.6)	1.84 (25.1)	1.77 (18.9)	1.69 (13.5)	1.76 (9.9)	1.77 (5.1)	1.79
データセンタ C (アウトソーシング等)	2011 年	1.94 (27.1)	1.91 (24.9)	1.87 (19.2)	1.85 (14.8)	1.84 (7.5)	1.84 (4.8)	1.88
	2010 年	2.06 (28.6)	2.01 (24.7)	1.97 (18.6)	1.90 (13.4)	1.89 (9.9)	1.88 (5.3)	1.95
データセンタ D (SIer)	2011 年	2.15 (26.7)	1.95 (23.0)	1.87 (15.4)	1.83* (10.9)	1.85* (3.2)	—	1.99
	2010 年	1.97 (26.2)	2.00 (28.8)	1.82 (16.7)	—	—	—	1.93

\*2010 年のデータがないため、平均値には含めていない。

これらのデータを気温－PUE 値の XY 軸上にプロットし、それぞれの分布を直線近似したところ、昨年度と比較して今年度の近似直線の方が、傾きが小さくなった。つまり温度の上昇に対して PUE の上昇が小さいことを意味している (図 3-6)。この結果は、今年度は全国的な節電キャンペーンがあった影響も含め、エネルギー管理の高度化が進んだことを示唆している。

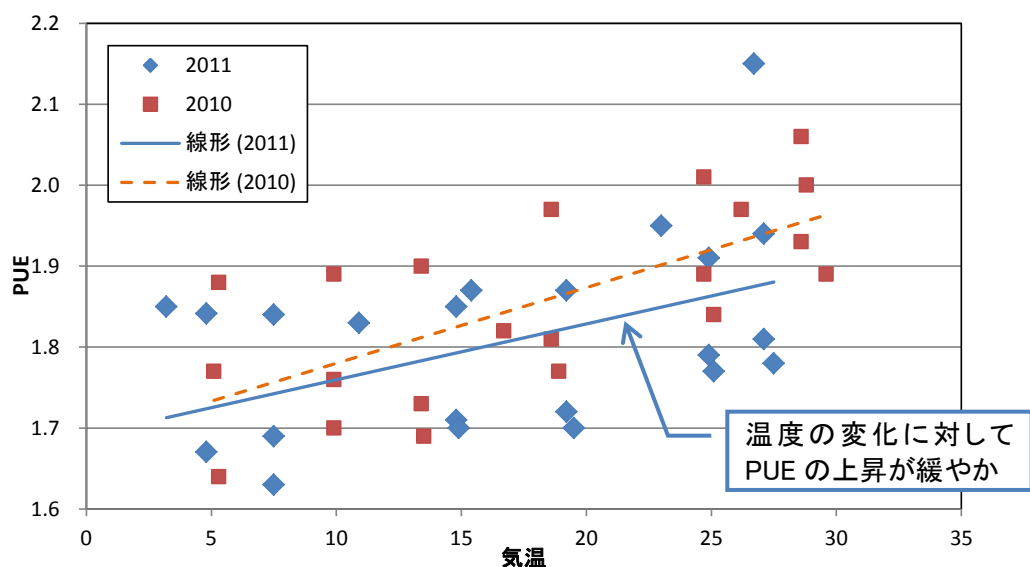


図 3-6 : PUE の年度比較

### 3.2.2 GEC

GEC は、データセンタの総消費エネルギーの内、データセンタ内の敷地内で生成されてデータセンタで消費された自然エネルギーの割合を示す。

今回の測定では、5つのデータセンタ中4つのデータセンタにおいて太陽光による発電が行われていた(1データセンタの発電方式は不明)。各データセンタにおける自然エネルギーの種類、月別の総消費エネルギー、および月別の GEC 値を表 3-4 に示す。

表 3-4 : データセンタ別 GEC 等

	データセンタ A	データセンタ B	データセンタ C	データセンタ D	データセンタ E
建物の用途・目的	データセンタ専用	データセンタ専用	データセンタ専用	データセンタ専用	データセンタ専用
自然エネルギー種別	太陽光	太陽光	太陽光	(不明)	太陽光
GEC (平均)	0.00336	0.000131	0.002057	0.003047	0.001937

いずれのデータセンタにおいても、消費されるエネルギー量と比較して GEC 値は非常に小さく、最も GEC の大きいデータセンタ A においても総消費エネルギーの約 0.34% である。したがって現状においては、データセンタにおける電力源としての実質的な役割は、まだわずかである。

### 3.2.3 ITEE

ITEE は、システムの総定格電力に対するシステムの総定格能力の割合を示し、単位電力あたりの処理能力が高いほど、ITEE 値は大きくなる。ITEE の想定値は概ね 1.00～4.42 である。

今回のプロジェクトで ITEE を測定できたデータセンタは、国内 11 ヶ所、海外 2 ヶ所であった。表 3-5 では、2012 年 1 月の結果を示した。ITEE は、機器の入れ替え等が発生しない限りは変化しない。

測定結果は 0.16～3.95 とかなり幅広い結果となった。3 ヶ所のデータセンタにおいて ITEE 値が 1.0 を下回っていた。また、参考として、各データセンタの IT 機器構成（サーバ、ストレージ、ネットワーク）別の ITEE についても算出した。IT 機器構成別の ITEE は、各データセンタにおける構成別の強み・弱みの参考になると考えられる。

表 3-5：システム別 ITEE 等

システム種類	ITEE (1 月)	ITEE (参考)			DC 開設年*
		サーバ	ストレージ	ネットワ ーク	
証券システム 1	1.53	1.24	2.17	1.55	2005 年以降
証券システム 2 (業務系)	0.74	0.63	1.99	1.21	2005 年以降
ディーリング・システム	2.17	1.38	4.90	2.00	2005 年以降
銀行システム	2.27	2.15	6.09	0.41	2005 年以降
ASP システム	1.42	1.64	3.01	0.10	2000 年以降
クラウドシステム	2.61	3.77	4.02	1.60	不明
IDC 統合監視システム	1.18	2.29	-	0.35	2000 年以降
受発注管理システム	1.41	1.44	1.39	0.95	1980 年以降
ホスティング	3.95	3.93	4.09	3.65	2005 年以降
不明	0.16	0.00	-	1.28	2005 年以降
不明	0.55	0.01	3.46	4.74	1990 年以降
平均	1.64	1.68	3.46	1.62	
シンガポール (9 月)	1.64				
ベトナム (9 月)	1.16				

(\*1) 係数×総定格能力 (サーバ/ストレージ/ネットワーク) ÷ 総定格電力 (サーバ/ストレージ/ネットワーク)

(\*2) PUE のプロフィールより推定

### 3.2.4 ITEU

ITEU は、システムの総定格電力に対するシステムの総消費エネルギーの割合（仕事率）を示す。ITEU の想定値は概ね 0.2～0.8 である。

今回の事業で ITEU を測定できたデータセンタは国内 16 ヶ所、海外 2 ヶ所であった。2010 年 7 月～2011 年 1 月の期間における ITEU 値は、平均で 0.41～0.48、最大値が 0.58、最小値が 0.26 であり、すべてについて ITEU 値の想定値内に収まった。

ITEU 値は、データセンタ内の機器の活用度合いを指標化したものであり、データセンタ間の比較で多少の差異はあったが、月別の比較では、ほとんどのデータセンタにおいて大きな変化はなかった（表 3-6）。

表 3-6：システム種類別月別の ITEU 値

システム種類	平均	DC 開設年*
証券システム 1	0.50	2005 年以降
証券システム 2（業務系）	0.47	2005 年以降
ディーリング・システム	0.41	2005 年以降
銀行システム	0.51	2005 年以降
ASP システム	0.48	2000 年以降
クラウドシステム	0.42	不明
IDC 統合監視システム	0.37	2000 年以降
受発注管理システム	0.31	1980 年以降
IT アウトソーシング業務システム 1	0.46	2010 年以降
IT アウトソーシング業務システム 2	0.44	2000 年以降
ハウジング	0.38	2000 年以降
ホスティング	0.43	2005 年以降
ITEU 測定用実験 1	0.41	1995 年以降
ITEU 測定用実験 2	0.47	2005 年以降
不明 1	0.46	2005 年以降
不明 2	0.60	1990 年以降
平均	0.44	
シンガポール	0.74	
ベトナム	0.25	

\*PUE のプロフィールより推定

各データセンタのシステム種類及び平均 ITEU 値等を表 3-9 に整理した。サーバ等の機器の定格電力量は、実際の最大値よりも余裕を見た設計となっているため、ITEU の値をそのまま稼働率とみなすことはできない。これまでの測定結果から見ると、概ね ITEU=0.45 程度が平均、ITEU=0.6 程度が高稼働率の目安となりそうである。

なお、海外の 2 データについては測定条件が異なるため、参考として示した。

### 3.3 Examples of “Holistic Framework” Expression

3.2 節では個別（サブ）指標の分布に注目して結果を示した。次に、4つのサブ指標を総合的な評価体系(Holistic Framework) を用いて同時に示し、データセンタごとにエネルギー効率の特性を把握する方法について、事例を用いて示す。

#### (1) ハードウェア更新による効率化が可能なデータセンタ例

図 3-7 は、あるデータセンタについて4つの指標をスパイダーチャートで示したものである。濃い実線がデータセンタの値、破線が実証プロジェクト全体の平均値を示す。

図のデータセンタでは、ITEU と PUE の値が平均と比べて高いのに対し、ITEE の値は平均より低い。このことは、このデータセンタが運用面では高い効率であるのに対し、IT 機器が若干古くなっている可能性を示唆している。そこで、このデータセンタでは IT 機器の入れ替えが効率化の有望な手段と考えられる。

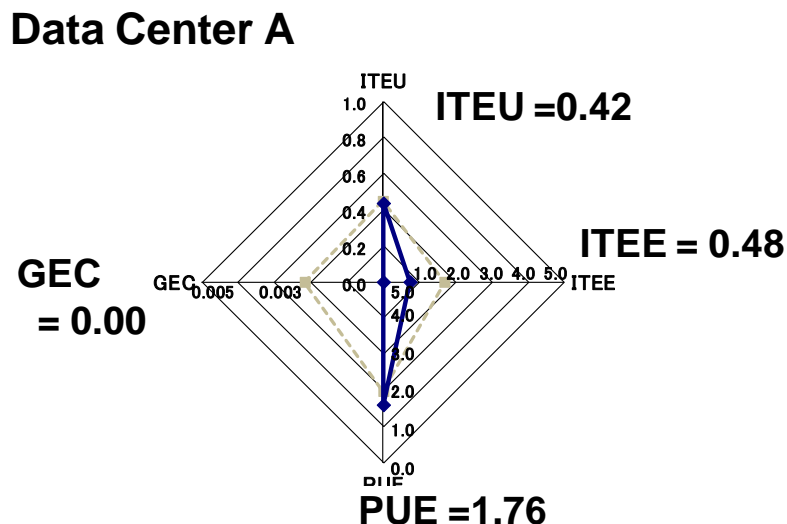


図 3-7 : Holistic Framework のスパイダーチャート表示 (データセンタ A)

#### (2) 今後の運用効率化が可能なデータセンタ例

次に、図 3-8 に示したデータセンタ B は、データセンタ A とは逆に、ITEE と PUE の値がよいのに対し ITEU の値が低い。ITEU の値はデータセンタの用途が密接に関連するため即断はできないものの、オープンしたてのデータセンタで IT 機器が余裕のある構成になっている可能性が考えられる。そのような場合には、データセンタの稼働率が上昇するとともに ITEU 値も増加していくと考えられる。

## Data Center B

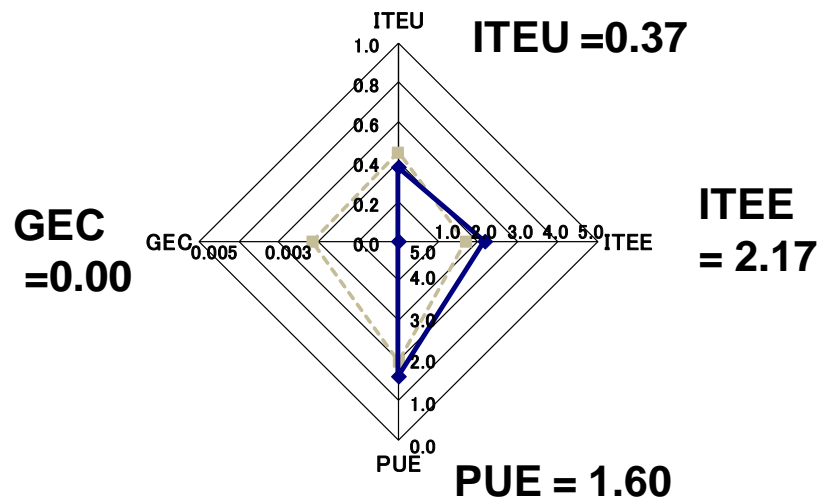


図 3-8 : Holistic Framework のスパイダーチャート表示 (データセンタ B)

(3)ハード、運用共に効率化されたデータセンタ

さらに、図 3-9 には、ITEU、ITEE、PUE 全てが良好な値を示すデータセンタを示した。このデータセンタは既に IT 機器のハード面、運用面、インフラ面の全てでよい効率を示している。唯一グリーンエネルギーが未導入であることから、さらなる高効率化としてグリーンエネルギーの導入が考えられる。

## Data Center C

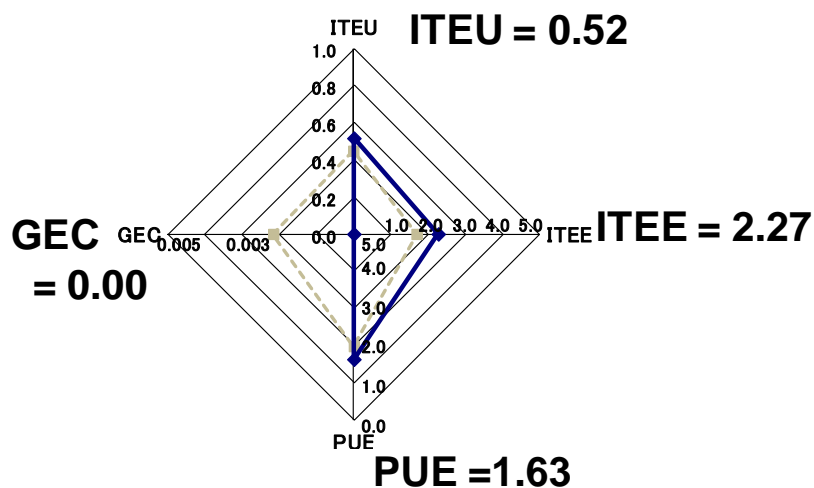


図 3-9 : Holistic Framework のスパイダーチャート表示 (データセンタ C)

#### (4)エネルギー効率の経年比較

最後に、2年間の経年変化を調べた例を図3-10に示した。

2010年と2011年を比較すると、ITEEの値が大きく変わらないのに対して、ITEUの値とPUEの値が向上している。この結果は、IT機器のハードウェアの効率が維持されているのに加え、ファシリティ、IT機器の運用面でさらに効率の改善が進んでいることを示唆している。

このように、Holistic Framework を利用することで、データセンタの効率化努力がどのように結果として表れているかを追跡することが可能となる。

### Data Center D - Comparison between FY2011 and FY2010 -

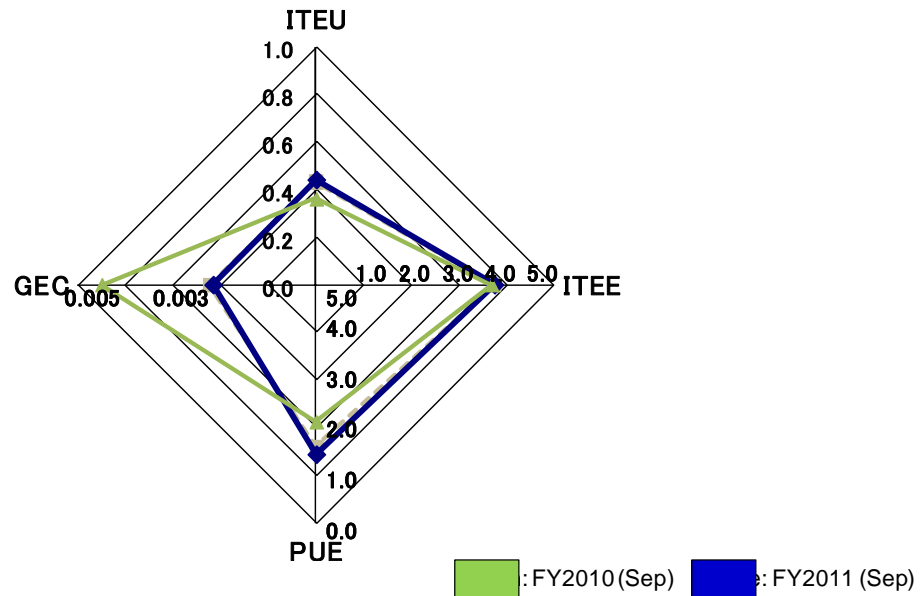


図3-10 : Holistic Framework のスパイダーチャート表示 (データセンタ D)



## 4. Summary

昨今のデータセンタにおけるエネルギー消費量増加を受け、データセンタ全体のエネルギー効率を評価する指標と評価の枠組み DPPE の開発を進めた。開発においては、データセンタのインフラ部分だけではなく IT 部分の効率改善やグリーン電力の導入も評価することができる指標を目指した。データセンタ全体の効率化目標を構成する 4 つの指標それぞれにブレークダウンすることで、それぞれの段階での効率を調べ、効果的なエネルギー効率の改善に結びつけることができる。

さらに、GIPC では、指標の開発を進めるとともに、国内外の 20 以上のデータセンタにおいてデータセンタのエネルギー効率実測をおこない、指標の有用性を調べた。

その結果、日本のデータセンタの現状を明らかにした。また、4 つの指標を用いた総合的な評価体系(Holistic Framework)により、データセンタのエネルギー効率の特徴を把握することができ、さらに効率改善の努力をどの部分に集中すればよいか分析できることを示した。これらを用いることで、インフラ部分に限らないデータセンタ全体のエネルギー効率改善を進めていくことができると考えられる。

GIPC では、今後さらに指標改善の努力を進めていきたいと考えている。

## Acknowledgement

データセンタエネルギー効率指標の開発、特に世界での利用可能性検討にあたって、国際協調活動を構成する The Green Grid, US EPA, US DOE, EU, BCS のメンバーからは詳細なご意見をいただきました。また、PUE の測定ガイドライン詳細化にあたっては、日本データセンター協会に尽力いただきました。2010 年度及び 2011 年度の計測事業では、20 を超えるデータセンタ事業者の皆様に計測に参加いただきました。指標の開発、グローバルハーモナイゼーション、国際標準化の活動全般に対し、経済産業省商務情報政策局情報通信機器課の多大なるご支援をいただきました。これらの皆様のご支援に深く感謝いたします。