

データセンタ効率の 標準測定基準の選択

ビクター・アヴェレール

ホワイトペーパー#157

APC[®]
by Schneider Electric

要約

データセンターが及ぼす環境への影響を削減しようとする国際的な取り組みにおいて、データセンターにおける効率の測定方法や、効率の仕様規格の策定は、きわめて重要な作業です。ここでは、データセンターにおける物理インフラの効率を表す際に使用する、一部の測定基準について説明を加え、どの測定基準が最も有効であるかを提言します。

©2008 American Power Conversion. All rights reserved.

本書に記載の内容は、著者に無断で保存、使用、複製、複写、転用することを禁じます。

www.apc.com WP157 改訂版 2007-0

はじめに

今日、企業がデータセンターにおけるエネルギー消費量の制御を検討することは、適切な社会政策であり、適切なビジネスであるといえます。1MW の電力負荷を持つ可用性の高いデータセンターの場合、耐用期間全体を通じて消費する電力は、金額に換算すると 2,000 万ドル(約 20 億円)に上ります。最近の記事によると、IT ハードウェアコストよりも電力コストの方が高い場合もあるようです。多くの企業は現行の業務による炭素の排出量について考慮し始め、企業や業界が与えている環境負荷の大きな部分をデータセンターが占めていることを認識しています。APC-MGE の調査をはじめ、一部の機関の調査によると、設計が類似していても、データセンターの効率はそれぞれ大幅に異なることが明らかになりました。さらに注目すべきことに、実際の設備の効率は実現可能な最大値よりはるかに低い、という事実も判明しました。

データセンターにおける電力効率の改善は、ユーザから製造業者、政策立案担当者に至るまで、奨励や実現を強く望まれています。このホワイトペーパーでは、データセンターの標準的な設備においては電力の過半数を占める、電力や空調などの各種インフラの電力消費量と電力効率に焦点を当てて説明します。インフラによってサポートされる IT 機器の電力消費量と電力効率は、全体的なエネルギー利用にとって非常に重要な課題ではありますが、このホワイトペーパーでは記述しておりません。

効率の測定基準は、採用対象のシナリオを比較する場合、同じような施設を基準にして特定のデータセンターのベンチマーキングを行う場合、そして内部、外部の対象項目の改善状況を評価する場合に必要となります。

総合的な視点から見たデータセンタの効率

システム全体として見ると、データセンタは電力を取り入れて有用な計算を実行する(図 1)のものであると考えることができます。データセンタ内には主要なサブシステムが 2 つあります。それは**インフラ**と**IT機器**です。インフラはIT機器を維持および保護する役割を果たし、IT機器はデータセンタの実際の「仕事」を実行します。

図 1 データセンタの効率分析の基本要素

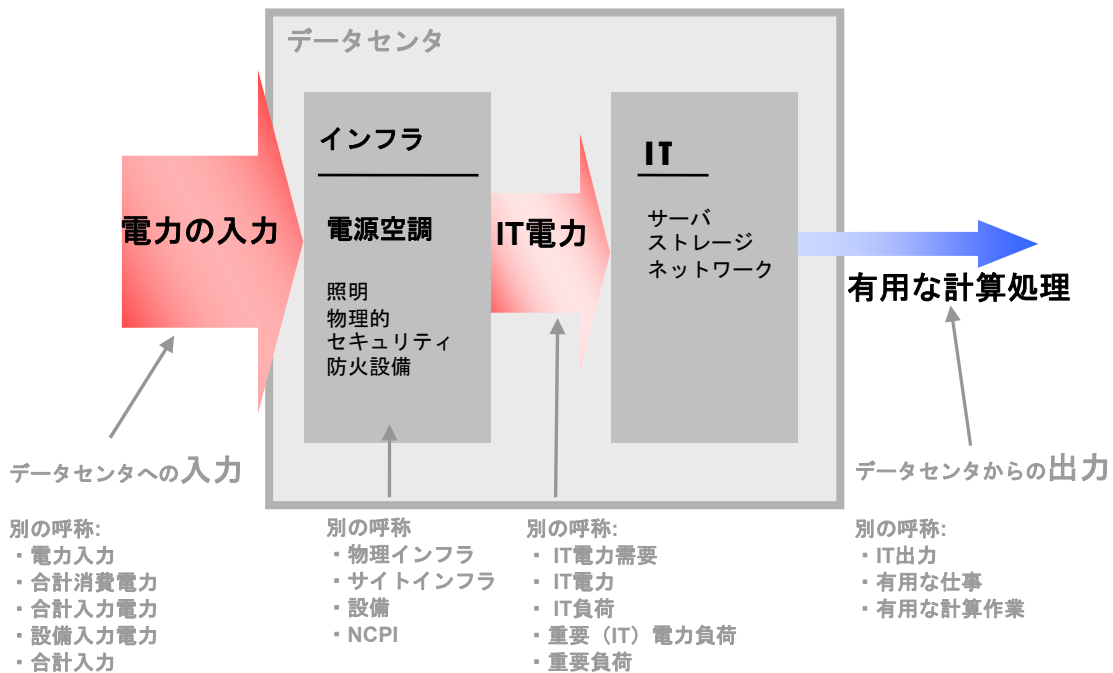


図 1 のモデルを使用した場合、データセンタ全体の効率は以下のような簡単な式で表すことができます。

$$\text{データセンタ全体の効率} = \frac{\text{有用な計算処理}}{\text{電力の入力}}$$

データセンタの効率(図 1に示す 2 つの内部要素から構成)に関するこのような基本的な考え方は、米国EPAおよび欧州委員会の総局におけるデータセンタ効率の検討および分析の基盤となっています。

データセンタの効率を構成する 2 つの要素: インフラ効率と IT 効率

データセンタ全体の効率は、論理的かつ数学的に、インフラ効率と IT 効率に分けることができます。

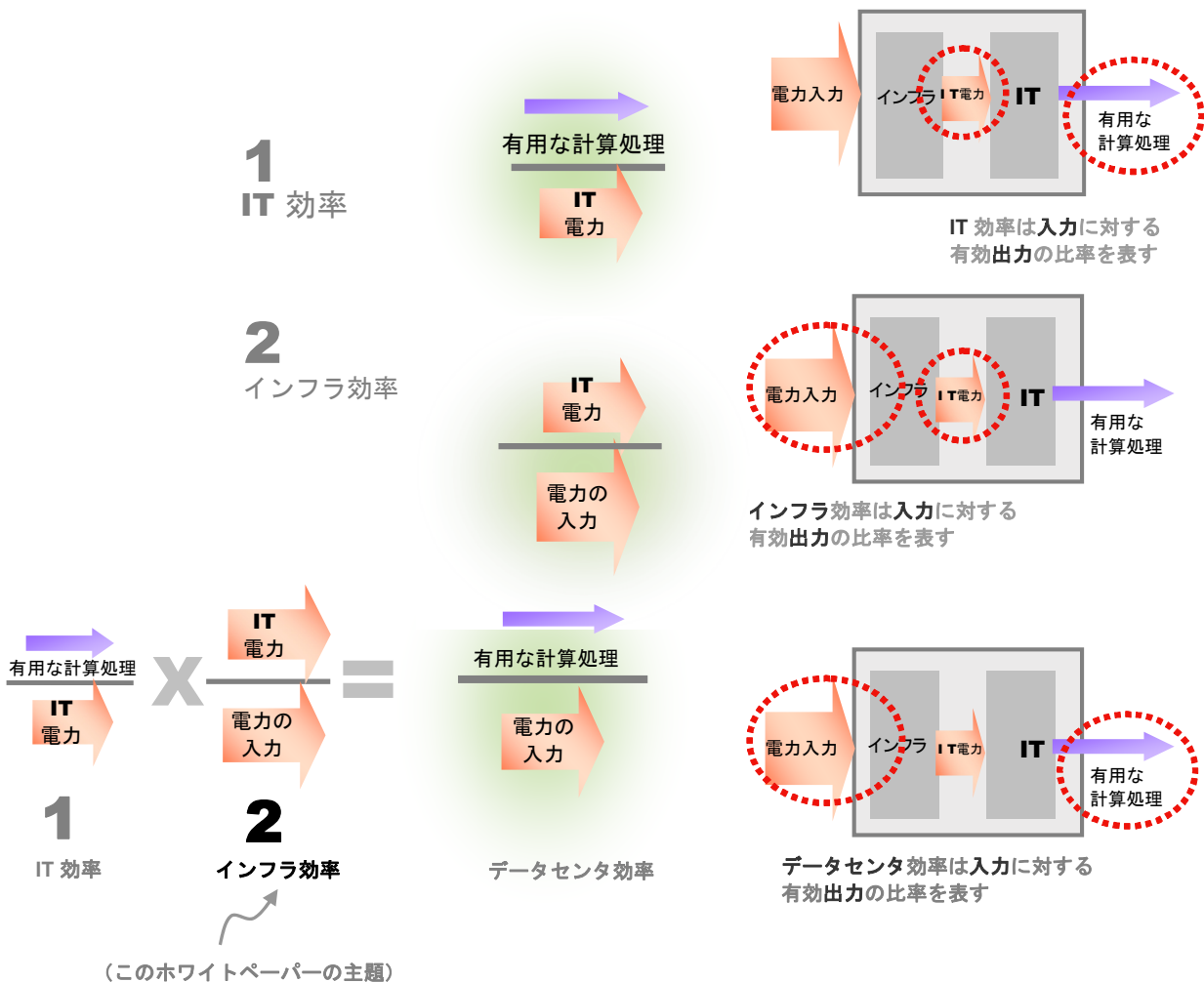
全体効率を構成するこれら2つの要素は、EPAの2007年度議会報告でも言及されています。
EPAの議会報告からの抜粋:¹

「Brill (2007) は、データセンターの総合的なエネルギー生産性を以下の2つの項目の積として規定している。

- 1) データセンターからのIT出力（公開されるWebページやある特定の期間に実行される計算などを、データセンター内の計算機器、ストレージ機器、およびネットワーク機器（こういったものを重要IT電力負荷と呼ぶ）に必要な平均電力（W）で割ることによって求められる比率
- 2) データセンターで消費される合計入力電力に対する重要IT電力負荷の比率

この2つの項目を掛けることにより、データセンターの設備の合計入力電力に対する合計IT出力（例：公開されるWebページ）の比率が導き出される。

図2 EPAが規定しているデータセンター効率の構成要素（図1を参照）



¹ 米国環境保護庁（Environmental Protection Agency）、ENERGY STARプログラム『Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency, Public Law 109-431』（2007年8月、p.94）

EPA が規定しているインフラ効率の測定基準

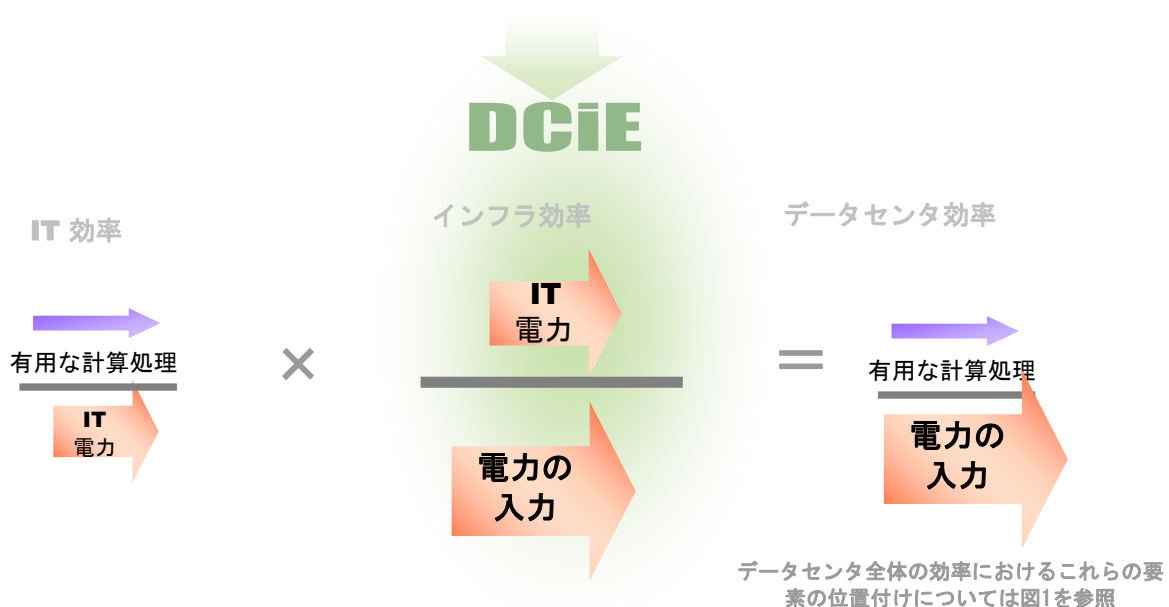
EPAの報告では、以下のように、インフラ効率要素(EPAの報告では「**サイトインフラ効率**」と呼んでいる図 2中の要素 2)を規定するために使用する測定基準の要件をさらに明確に示しています。

「**サイトインフラ効率の有効な測定基準となるためには、以下の要件を満たさなければならない。**

- 1) 何を意味するものであるかが明確に伝わる、
- 2) 出力測定基準を分子、エネルギー入力を分母として、効率の測定基準が明確に定義されている、
- 3) データセンタのサイトインフラの部分についてのみ適用される」

前述のように、EPAの報告では、データセンタの効率を、2つの主要な要素(インフラとIT)の効率の積として定義しています(図 3)。乗算の2番目の項目がインフラ効率です。インフラ効率は、業界向け文献では**データセンタインフラ効率(DCIE: Data Center Infrastructure Efficiency)**と呼ばれ始めています。DCIEは、上記の引用文で紹介したEPAの定義にまさに合致する測定基準です。インフラ効率の測定基準としてDCIEが最適であるということが、このホワイトペーパーで主張するテーマです。

図 3 インフラ効率の測定基準に関する EPA の要件を満たす DCIE



DCIE は、EPA の報告の要件を満たしているだけでなく、その分子と分母の単位が同じ(W)なので、導き出される比率(DCIE)は、一般的に使用される単位(パーセンテージ: 0~100%)で表すことができるという点で便利です。

データセンタインフラ効率

DCIE =

IT負荷に供給される電力
データセンタへの電力の入力

パーセンテージで
表された比率



「インフラ効率」のその他の測定基準

EPAの「インフラ効率」の概念を表すためのさまざまな異なる測定基準が使用されており、データセンタの分野でもそれ以外の分野でも混乱を招く可能性があります。これらのさまざまな測定基準を表 1 にまとめて示します。

表 1 インフラ効率のさまざまな測定基準

測定基準	意味する内容	値の範囲	使用状況
DCiE データセンタインフラ 効率	設備入力電力に対するIT負荷 電力の比率	0-100%	EPAおよびECの仕様に準拠し、最も普及 している。
DCE データセンタ 効率	DCiEと同じ	0-100%	データセンタのIT部分が含まれるかどうか 明確ではないことから、代わりにDCiEが 使用されるようになってきている。
PUE 電力使用効率	IT負荷電力に対する設備入力 電力の比率 (1/DCiE)	$\infty - 1$	EPAの仕様に準拠していないうえ、値が 小さいほど効率性が高いことを表すの で、わかりづらい。
SI-EER サイトインフラエネ ルギー効率比	PUEと同じ	$\infty - 1$	PUEに代わるものであるが、広くは使用 されていない。
SI-POM サイトインフラ電力 オーバーヘッド係数	PUEと同じ	$\infty - 1$	PUEに代わるものとして最近提唱される ようになった測定基準であり、オーバ ーヘッドが低いほど効率性が高いことを表 すので比較的わかりやすい。

表 1 から、実質的には測定基準は DCiE と PUE の 2 つだけであることがわかります。他の測定基準は、これら 2 つのいずれかを別の形で表しているに過ぎません。

EPA の議会報告を始めとするさまざまな報告書で、測定基準をめぐる混乱が取り上げられ、単一の測定基準（およびそれを表す単一の用語）についての合意を確立する必要性が述べられています。綿密な検討に基づき、我々は DCiE がデータセンタインフラ効率を表す上で最も優秀かつ有効な測定基準として認められるようになると考えています。PUE は、数学的には同じ情報を伝えるものですが、わかりづらく効果的に伝えづらいという点で劣ります。

DCiE と PUE の比較

これら2つの測定基準を比較および評価し、いずれか良い方を選択する理由を判断する方法は数多くあります。

効率データのグラフ表示

どのデータセンタの効率も、IT負荷の関数として、特有の効率曲線で表されます。効率曲線は、データセンタの性能を示す上で最も重要です。将来、効率曲線は、現在UPSなどのさまざまなコンポーネントの性能を示すために使用しているのと同様に、データセンタ設計の一環として提供されるようになると思われます。図4に、データセンタインフラ効率(DCiE)を測定基準として使用した場合の標準的なデータセンタの効率曲線を示します。

図4 DCiE を測定基準として使用した場合の典型的なインフラ効率曲線

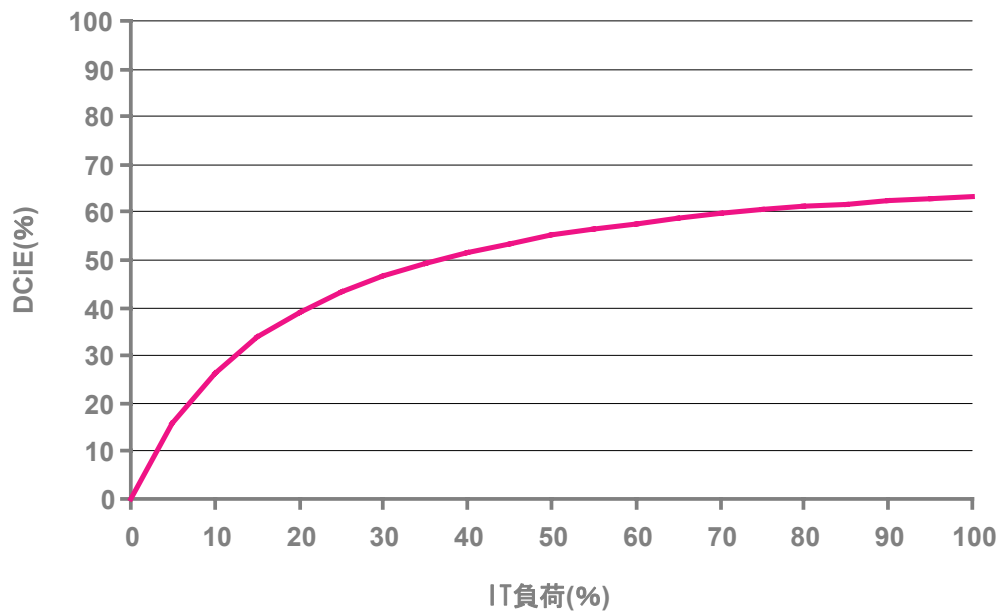
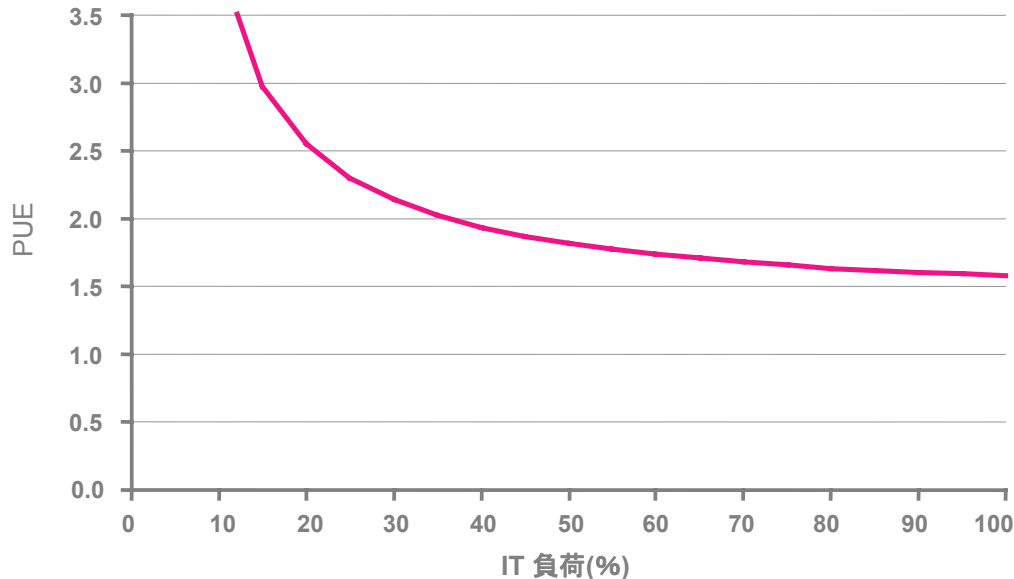


図 5 のように、電力使用効率 (PUE) を測定基準としてこのデータセンタの効率曲線を表すこともできます。

図 5 PUE を測定基準として使用した場合の典型的なインフラ効率曲線



これらの曲線を比較すると、PUE の場合、IT 負荷が 12% のところで曲線が途切れていることがすぐにわかります。これは、PUE は IT 負荷がゼロに近づくにつれて無限大に近づくためです。縦の目盛りの値を大きくして負荷が低い部分の曲線が表示されるようにすると、IT 負荷が高い部分の目盛りの幅が小さくなりすぎて、IT 負荷が高い部分の曲線の PUE の値が読み取りづらくなります。一方、DCiE の場合、曲線は常に 0~100% の範囲に抑えられるので曲線全体が一定の目盛り内に収まり、データの一部が表示されなくなることはありません。

この問題は、計器の目盛り表示にも影響します。表示される目盛りの範囲が限られていると、PUE の場合はデータの一部が表示されない可能性があります。一方、DCiE の場合、目盛りの範囲が 0~100% であれば、必ずすべてのデータを表示できます。

以上の比較から、データセンタの設計に関する効率データをグラフで表す場合、PUE はどちらかというとな向きであることが明らかです。

わかりやすさ

「効率」という言葉はデータセンタの電力消費量に関するほとんどすべての文献で使用されていると言えます。ほとんどの人にとって、この言葉の意味は明白です。つまり、効率は高い方が望ましいということです。PUEを「効率」の測定基準として使用した場合、数値が**下がる**ほど効率が増すことを示しますが、そのような考え方は言葉の原義にそぐいません。PUEに関する議論の中で、「PUEを増やしたい」といった発言がなされることがよくあります。これは、誤解または言い間違いであり、実際には、PUEを減らすという意味であると思われます。

データセンタの効率とその改善の必要性についての議論は、おそらく今後も続くと思われます。効率の測定基準は、DCiEのように「値が高いほど優れている」といった直感的な概念を反映すべきですが、PUEの場合は反対です。データセンタユーザおよび記者団に対する我々の聞き取り調査から判断すれば、DCiEの方がPUEよりも直感的な測定基準であると言えます。

計器

DCiEもPUEも、計器で測定された値に基づいて計算されます。DCiEとPUEのいずれも、基本的な計器から直接値を読み取ることはできません。つまり、計装の簡易化という観点からは、これらのうち一方が他方よりも優れているとする理由はありません。ただし、目盛り表示について考えると、PUEは無限大になるというデメリットがありますが、DCiEは常に0~100%の範囲内で表示することができます。

分析に関する DCiE と PUE の比較

効率分析では、非効率性の要因を切り分け、データセンタ内のさまざまなサブシステムと関連付ける必要があります。そのようなタイプの計算に関して、PUEには面白い特徴があります。その特徴とは、**PUEの値から 1 を引くと**、すべての電力装置、空調装置、および照明装置の規格化されたパーユニット(pu)損失の合計と等しくなることです。「パーユニット(pu)」の値の計算は、電力システムエンジニアの間ではよく使用される手法であり、そのことは当初、PUEが測定基準として使用されるきっかけとなりました。

DCiEには、「パーユニット(pu)」の値に変換するためには1段階余分な計算(1/X、つまり、逆数を求める)が必要であるというデメリットがあります。しかし、今後この計算は、データセンタの効率監視機器によって自動的に行われるようになると思われます。したがって、このような計算方法の違いはデータセンタユーザおよび政策立案者にとって問題にはならないでしょう。

ベンチマークの比較

業界で効率への関心が急速に高まっているため、効率のベンチマークの比較もごく一般的に行われるようになって考えられます。次のような2つのデータセンタの比較を考えてみましょう。

- データセンタ A の DCiE は 50% であり、データセンタ B の DCiE は 60%
- データセンタ A の PUE は 2.0 であり、データセンタ B の PUE は 1.6

これら 2 つの文を慎重に検討し、A, B どちらのデータセンタがより、あるいはどれだけ効率に優れているかを明確に説明しているのはどちらの文か、また誤解を招きやすいのはどちらの文か考えてみてください。

DCiE と PUE の比較のまとめ

表 2 に、データセンタインフラ効率の測定基準としての DCiE と PUE の違いをまとめます。

表 2 データセンタインフラ効率の測定基準としての DCiE と PUE の比較

	DCiE	PUE
最低値	0%	無限大
最高値	100%	1
数値の意味	高いほど良い	低いほど良い
他の測定基準との関係	1 / PUE	1 / DCiE
EPA の報告に基づく測定基準の要件を満たしているか?	O	X

効率測定基準の使用方法

どのような効率測定基準であっても平均化の期間およびデータセンタの運用条件に関するデータが不可欠であるということを認識することがきわめて重要です。データセンタの効率は、自動車の燃費と同じように、負荷などの条件によって変わります。効率の測定方法、ベンチマーキングの方法、およびその解釈方法についてさらに詳しく知りたい場合は、APCホワイトペーパー#154『[データセンタにおける電力効率の測定](#)』を参照してください。

結論

業界では、データセンタインフラの効率を表す多くの測定基準について、さまざまな議論がなされています。文献で使用されている測定基準は、すべて同じ基本情報を伝えるものですが、さまざまな略称で表され、2種類の数値表現のいずれか(一方が他方の逆数)が使用されています。データセンタの効率に関する議論が広まり、激しさを増している今こそ、業界標準としての単一の測定基準の確立へ向けて、さまざまな測定基準について十分に検討する必要があります。

このホワイトペーパーでは、現在、効率に関する議論で取り上げられている測定基準の中でも、**データセンタインフラ効率 (DCiE)** が最も優れたものであると主張してきました。名称と概念がわかりやすく、標準尺度で簡単に表示することができます。また、「数値が高いほど優れ、最大値は 100%」という一般的な認識にもかなった効率測定基準が使用されています。さらに、EPAの 2007 年度の議会報告で定められている効率測定基準の要件にも合致しています。

もう 1 つ最もよく使われる測定基準である PUE は、数学的にはあいまいな(かつグラフ表示で難しい)1から無限大の値を持ち、また、効率性が優れているほど値が低くなるというように、測定基準としてはわかりづらい性質を持っており、不必要な誤解と、誤った比較を据えかねません。さらに、PUE は、EPA が議会に提示したデータセンタ効率の測定基準のガイドラインで定められている要件を満たしていません。

著者について

ニール・ラスムセンはAPC-MGEのCTO(最高技術責任者)です。世界最大規模のR&D予算を注ぎ込んだ、クリティカルネットワーク向けの電力、冷却、ラックインフラのプロジェクトにおける技術面での指揮をとっています。現在は、高可用性と拡張性を備えたモジュール式のデータセンタソリューションの開発を指揮し、InfraStruXureシステムの主任設計者でもあります。

1981年にAPCを設立するまでは、MIT(マサチューセッツ工科大学)で電子電気工学を専攻し、1979～1981年には、MITのリンカーン研究所でフライホイールエネルギー貯蔵システムと太陽光発電システムの研究に携わりました。