

# 小規模データセンターにおける予備発電機の必要性を判断するための4つのステップ

## ホワイトペーパー#52

改訂1版

ウェンディ・トレル  
ビクター・アヴェレール

### >要約

小規模データセンターやネットワークルームで一般的に導入される無停電電源装置(UPS)は、そのバックアップ時間に大きな開きがあります。このホワイトペーパーは、バックアップ時間の要件を明確化するための合理的な枠組みについて述べたものです。経済性に最も優れたソリューションを見極めるうえでの判断材料として、総所有コスト(TCO)の分析も含め、UPSの補助バッテリーと予備発電機との間のトレードオフを考察しています。この分析によれば、発電機がバッテリーよりも経済的となるバックアップ時間は消費電力(kW)と共に激しく変動し、その範囲はおよび20分から10時間以上と大きな幅があります。

## 目次

セクション名をクリックすると、そのセクションに直接移動します。

はじめに	2
ステップ1: ダウンタイムの結果生じる影響の把握と限定	2
ステップ2: バックアップ時間の要件の特定	3
ステップ3: 冷却の維持	7
ステップ4: 発電機の使用か、補助バッテリーの使用かの選択	8
結論	11
参考資料	12
付録	13

## はじめに

小規模データセンターやネットワークルームはほぼ例外なく UPS で保護されていますが、そのバックアップ時間は実際の設置環境によって大きく異なります。たとえば、ネットワークルームに設置される一般的な UPS の場合で全負荷時のバックアップ時間が 20 分であるのに対し、電話スイッチ用の UPS の場合だとバックアップ時間が 4 時間になることもあります。場合によってはバックアップ時間をより長く確保することが必要になり、そのためにさまざまなアプローチが日々用いられています。こうしたアプローチの一例として：

- 並列冗長 UPS を追加するか、容量が大きめの UPS を使用する。
- 補助 UPS バッテリーを追加する。
- ディーゼルエンジン式またはガスエンジン式の予備発電機を追加する。

などが挙げられます。

用途に合った適切な(あるいは必要な)バックアップ時間と、バックアップ時間をより長くした場合の可用性の向上の程度を見極めることは、多くのユーザーにとって困難です。このホワイトペーパーでは、ダウンタイムのリスクを評価し、必要なバックアップ時間を確実に満たすための合理的なアプローチについて取り上げます。このアプローチは、以下の4つのステップで構成されます。

1. ダウンタイムの結果生じる影響の把握と限定
2. バックアップ時間の要件の特定
3. 冷却の維持
4. 発電機の使用か、補助バッテリーの使用かの選択

## ステップ 1: ダウンタイムの 結果生じる影響 の把握と限定

具体的にどの程度までバックアップ時間を延長すればよいのでしょうか。この点を把握するには、バックアップ時間を使い切ってしまった場合の影響を明らかにすることが極めて重要です。たとえば、次のような影響が考えられます。

- トランザクションが突然終了し、最悪の場合、重要なデータが回復不能になる。
- 保護の対象となる負荷機器が、再起動に余計な時間がかかったり、手動での再起動が必要な状態になる。
- 顧客取引が突然終了した結果、顧客にいらだちが募り商機を逃す。

ただし、データの破損といった影響は、バックアップ時間を長くしなくても回避できる場合があります。公共電力の停電とは異なり、バッテリー駆動のもとでは、バックアップ時間が残り少ないことを UPS が予測できます。バッテリーが消耗する前に必要な措置を講じるよう UPS からアプリケーションまたはユーザーに信号を送ることが可能です。そうすることによって、電力供給の中断に伴う問題は劇的に減らすことができます。たとえば、UPS はアプリケーションやオペレーティングシステムに対し、正規のプロセスに従ってシャットダウンするように命令を出すことができます。これによって再起動の手順は大幅に簡素化、短縮され、システムの状態を想定範囲内に留めることが可能です。加えて、UPS は、いつシステムがシャットダウンされるかについての警告をユーザーに送ることができるため、ユーザー側でデータを保存し、未処理のトランザクションを閉じることができます。この点については、APC ホワイトペーパー#10『長時間の電源障害時のデータ保全について』で詳しく解説しています。ただし、ミッションクリティカルな環境では、このようなシステムシャットダウンは許されません。長時間バックアップが必要となるのは、まさにこのようなケースです。

関連するリソース



APC ホワイトペーパー #10

『長時間の電源障害時のデータ保全について』

## ステップ2: バックアップ時間 の要件の特定

バックアップ時間の明確な要件は、保護対象機器のビジネスユーザーによって提示される場合もあります。要件が一切提示されなかった場合は、システム定義の担当者がユーザーとの協議の上で、期待されるシステムパフォーマンスを明確化する必要があります。協議で取り上げるべき重要なポイントは2つあります。ダウンタイムのコストとサイトのリスクプロファイルです。

### ビジネスのダウンタイムコストプロファイル

ダウンタイムのコストを把握すること、とりわけ、障害持続時間の長さに応じてコストがどのように変化するかを把握することは、企業にとって重要です。多くの場合、1時間あたりのダウンタイムコストは一定です(図1a)。つまり、ダウンタイム直後に1時間あたり100ドルの割合で損失が生じる企業は、その後も同じ1時間あたり100ドルの割合で損失が生じることになります。このタイプのプロファイルを示す企業としては、一定の収入源が存在する小売店が挙げられます。システムがダウンした場合の損失率は比較的一定です。

ただし、企業によっては、ダウンタイム発生直後、最初の500ミリ秒で収益の大半が失われ、その後はほとんど損失が生じないというケースもあります(図1b)。たとえば、半導体製造工場では、停電障害の発生直後にほとんどの収益が失われます。工程が中断されると、シリコンウエハーを廃棄処分しなければならないためです。

一方、短時間の停電障害では損失はほとんど発生しない(収益は失われずに単に回収の遅れという形で発生する)が、障害時間が長くなるにつれて、次第に収益の回収が困難になるケースもあります。顧客満足の観点でいうと、短時間ならば許容できるが、長引くにつれて次第に顧客の不満が募っていくと考えられます。停電障害で大きな影響が出ると、その事実が多くの人々の間に広まってブランド力が損なわれ、企業経営にまで疑いの目が向けられる結果となります。こうした人々の行動がすべてダウンタイムコストにつながり、期間が長引くほど、損失は加速度的に大きくなっていきます。このようなダウンタイムコストの特徴を示したのが図1cです。

ほとんどの企業は、この3つの図のいずれかのプロファイルに該当すると思われます。ただし、まれではありますが、これには例外もあり、ここに示したいずれの図とも異なる独特の特徴を示すケースも考えられます。

図1a(左)

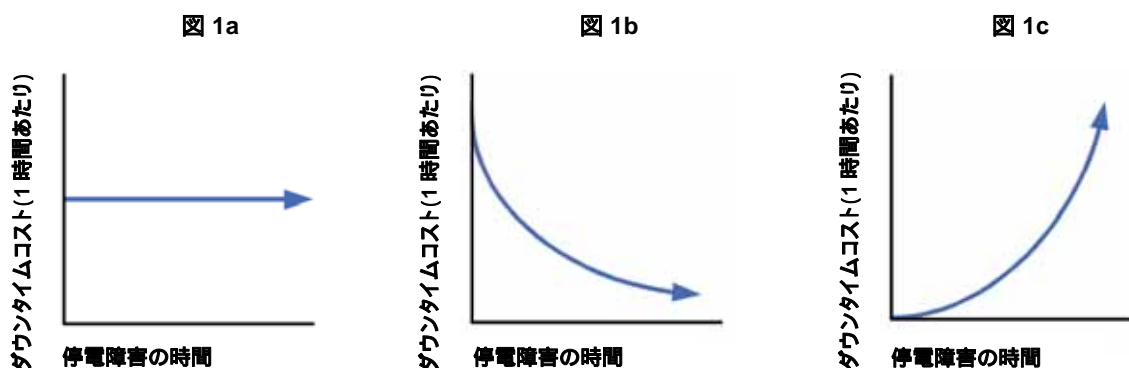
ダウンタイムのコストは一定

図1b(中央)

ダウンタイムのコストは次第に減少

図1c(右)

ダウンタイムのコストは次第に増加



ダウンタイムのコスト予測が極めて困難になる場合も珍しくありません。総コストは、直接コストと間接コストを組み合わせますが、間接コストの見積もりは非常に難しいことが多いためです。

直接コストには次のようなものが含まれます。

- 生産性の失われた従業員の賃金とコスト
- システムがダウンしているために獲得できない収益
- 時間外労働やシステムの点検と修復によって生じる賃金とコストの増加
- 破損した機器の直接コスト

間接コストには次のようなものが含まれます。

- 顧客満足の低下
- システムがダウンしている間に顧客が競合他社に流れてしまう可能性
- ブランド力の低下
- 広報活動に対する負の影響

**表 1** は、企業におけるダウンタイムの一般的なコストを業種別にまとめたものです。1 人の従業員の1 時間あたりのコストをドル単位で表しています。同業または同様の業種におけるビジネスへの財務的影響を評価する際の目安としてご利用ください。単純に、該当する収益額と従業員数とを掛ければ、1 時間あたりの収益リスクの合計を求めることができます。

## サイトの電源リスクプロファイル

ダウンタイムの総コストを見積もったら、サイトのリスクプロファイルを把握することが大切です。リスクプロファイルは、物理的な場所に関して、電源に関するさまざまな事象発生の可能性を、長期間にわたって収集されたデータに基づいて示すものです。リスクプロファイルは、事象の発生頻度と持続時間という2 つ変動要素から成ります。一般に、発生頻度が最も高いのは、持続時間の短い事象です。事象の持続時間が長くなればなるほど、その発生頻度は低くなります。**図 2** は、その関係を示しています。

表 1  
業種別ダウンタイムコスト

業種	1人の従業員の1時間あたりの収益
銀行	\$130.52
化学	\$194.53
建設・エンジニアリング	\$216.18
消費財	\$127.98
エレクトロニクス	\$74.48
エネルギー	\$569.20
金融機関	\$1079.89
食品・飲料加工	\$153.10
ヘルスケア	\$142.58
旅行・サービス	\$38.62
情報技術	\$184.03
保険	\$370.92
製造	\$134.24
メディア	\$119.74
金属・天然資源	\$153.11
医薬	\$167.53
専門サービス	\$99.59
小売り	\$244.37
電気通信	\$186.98
輸送	\$107.78
公益事業	\$380.94
平均	\$205.55

図 2  
停電時間と発生頻度の関係

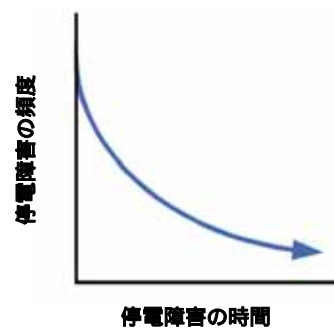


表 2a、表 2b、表 2c は、それぞれ、ニューヨーク、テキサス、シンガポールにおける瞬時停電/電圧低下および停電のサンプル統計データを示しています。これらの統計は、APC が開発した可用性分析カルキュレーターを使用し、電力品質調査と気象統計に基づいて作成しました。

表 2a

サンプルリスクプロファイル(ニューヨーク)

持続時間	瞬時停電/電圧低下 年間発生件数	停電年間発生件数	年間合計
1 秒未満	65.56	9.01	72.57
1 秒 ~ 10 分	0.56	2.26	2.82
10 分 ~ 1.5 時間	0.03	0.23	0.26
1.5 時間超	0.01	0.05	0.06

表 2b

サンプルリスクプロファイル(テキサス)

持続時間	瞬時停電/電圧低下 年間発生件数	停電年間発生件数	年間合計
1 秒未満	115.1	16.94	132.04
1 秒 ~ 10 分	0.6	2.31	2.91
10 分 ~ 1.5 時間	0.02	0.22	0.24
1.5 時間超	0.0	0.05	0.05

表 2c

サンプルリスクプロファイル(シンガポール)

持続時間	瞬時停電/電圧低下 年間発生件数	停電年間発生件数	年間合計
1 秒未満	120	20	140
1 秒 ~ 10 分	1.2	4.8	6.0
10 分 ~ 1.5 時間	0.15	0.54	0.69
1.5 時間超	0.025	0.09	0.115

特定の地域における事象の種類、頻度、持続時間がおおよそ把握できました。ダウンタイムのコストも既に把握してあります。次に重要なことは、システムが電源障害から復旧するまでの一般的な時間を把握することです。たとえば、2 時間の停電障害でデータベースが破損し、その復旧に 4 時間を要する場合、その事象に対する障害持続時間の合計は実質 6 時間です。同様に、500 ミリ秒の停電障害ならば、復旧には 4 時間と 500 ミリ秒かかることとなります。データベースの破損は、システムの復旧に必要な数々の作業の 1 つにすぎないという点に注意してください。

## ビジネスケースの作成

ダウンタイムのコストとダウンタイム発生リスクが、企業に必要なバックアップ時間を特定するうえでの2大要因であることは間違いありません。どの程度のバックアップ時間を想定し、どのような機器を導入すれば現実的な解決策(ソリューション)に結びつくのか、それを特定するためには、ビジネスケース分析と同様、他の変動要素もきちんと考慮する必要があります。その例をいくつか紹介します。

- さまざまなバックアップ時間におけるソリューションのコスト(後述)
- 予算(どの程度の資金を工面できるか)
- 他のビジネスプロジェクトとの比較による相対的な内部収益率(IRR)
- ソリューション導入の間接的利益(競争優位の獲得など)
- 過去に発生したダウンタイムを通じて体験した自分や他人の経験
- 事業継続性の保険コストへの影響

## ステップ3: 冷却の維持

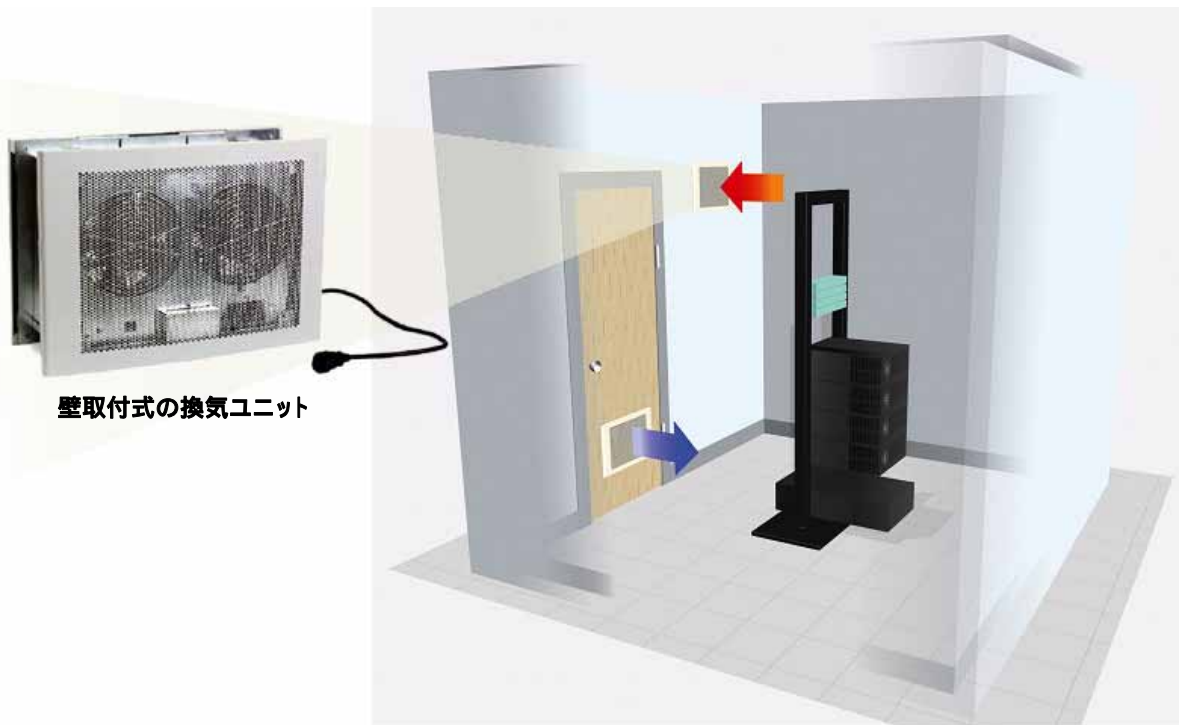
停電が発生した場合、電力を供給するだけでなく、保護対象の負荷機器によって生じた熱を除去する必要があります。電力を供給しただけで冷却が不適切だと、過熱が原因でシャットダウンしたり、最悪の場合、破損につながる恐れもあります。さまざまな要因と、負荷機器やラックの配分によっても異なりますが、データセンターが高温化するまでに、通常20分もかかりません。ブレードサーバーなどの高密度機器がラックに収容されている場合、5分以内に熱によるシャットダウンが起こります。UPSがバッテリー電源で運転している場合、室内とラック、そしてUPS/バッテリー自体も、メーカー指定の使用温度範囲内に保つ必要があります。バッテリーの容量を増やし、停電障害時に2時間のバックアップ時間を確保した場合、メーカーの推奨する温度値を超えて室温が上昇する可能性は極めて高いと言えます。したがって、停電障害時のUPSとIT機器の冷却には最大限の注意を払う必要があります。

狭小の電算室やクロゼットであれば、長時間にわたる停電障害時でも、バッテリー式の換気ファンで間に合わせることができる場合もあります。基本的に、室内の熱を建物内の通気に乗せて排気すれば、電算室またはクロゼット内の温度が、建物内の周囲温度を大幅に超えて上昇することはありません。該当するシステムの例としては、APC by Schneider Electricの「ワイヤリングクロゼット用機械換気(ファン換気)ユニット」があります(図3)。このアプローチの実用性は約2kWまでです。この手法の詳細については、APC ホワイトペーパー#68の『ITワイヤリングクロゼットおよび小スペースにおける冷却戦略』を参照してください。

関連するリソース  
 APC ホワイトペーパー#68

『ITワイヤリングクロゼットおよび小スペースにおける冷却戦略』

図 3  
ワイヤリングクロゼット用  
機械換気(ファン喚起)  
ユニット



壁取付式の換気ユニット

より広い空間で使用する場合や、より大きな電力密度での用途では、適切な室内条件を確保するために精密空調が必要になる場合があります。長時間にわたって停電障害が発生した場合の補助的な冷却手段として、空調システム全体の電力を UPS から供給できるようにしたいというケースもあるでしょう。一見手軽な方法に見えますが、電力システムの完全性という点で深刻な問題をはらんでいます。冷却装置には圧縮機が搭載されていますが、通電の際、圧縮機のピーク電流が、定常状態と比較して6倍以上に達する場合があります。この高い突入電流が発生すると、UPS がバイパス回路に切り替わり、重要な IT 機器を保護するという UPS システムバックアップ本来の目的を果たすことができなくなります。一方、補助発電機ならば、長時間に及ぶ停電障害の間、UPS と冷却機器の両方に電力を供給することができます。

一般に、発電機を使用した場合、停電が発生してから発電機が冷却システムへの電力供給を再開するまでの間、短時間ですが冷却が中断されます。ほとんどの場合、この中断によってデータセンターの重要な負荷機器に支障が生じることはありません。ただし、ラックの電力密度が 10 kW に近づくか、またはそれを超えるような状況では、このようなわずかな冷却の中断でも、個々のラックの過熱につながる可能性があります。このような場合は、空調装置の送風機や空気分散ファンに対し、UPS から電力を供給することをお勧めします。

## ステップ 4: 発電機の使用か、補助バッテリーの使用かの選択

補助バッテリーの設置はいたって簡単です。また、発電機を設置することが困難なケースでは、補助バッテリーを設置することが唯一の選択肢である場合も少なくありません。たとえば、設置スペースに余裕がない場合や、環境規制上、発電機の設置が制限されている場合があります。賃貸スペースの所有者が発電機の設置を認めていない可能性もあります。

一方、長時間にわたるバックアップ時間が不可欠であると判断でき、なおかつ高密度の負荷が存在する場合、システムを効果的に運用し続けるための現実的な選択肢は発電機です。ステップ 3 で述べたように、冷却がサポートされている必要があるためです。

コストの面では、多くの場合、補助バッテリーの方が発電機と比べて有利です。ただし、要求されるバックアップ時間が長かったり、長時間バックアップを必要とする負荷機器が増え、あるポイントを越える



と、発電機の方がコスト面で有力になってきます。図4は、特定サイズのUPSの総所有コスト(TCO)について、バッテリーバックアップと発電機バックアップを比較したものです。これを見ても、その判断には明確な分岐点(決定点)が存在することがわかります。

図4  
バッテリー対発電機の一般的なTCO分析

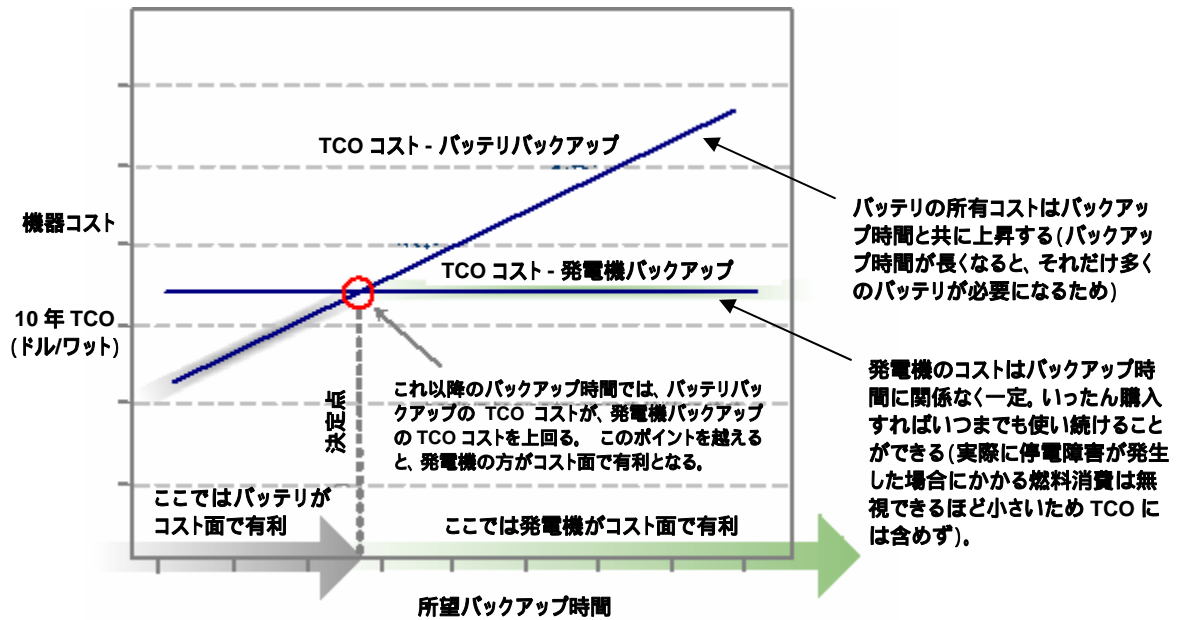
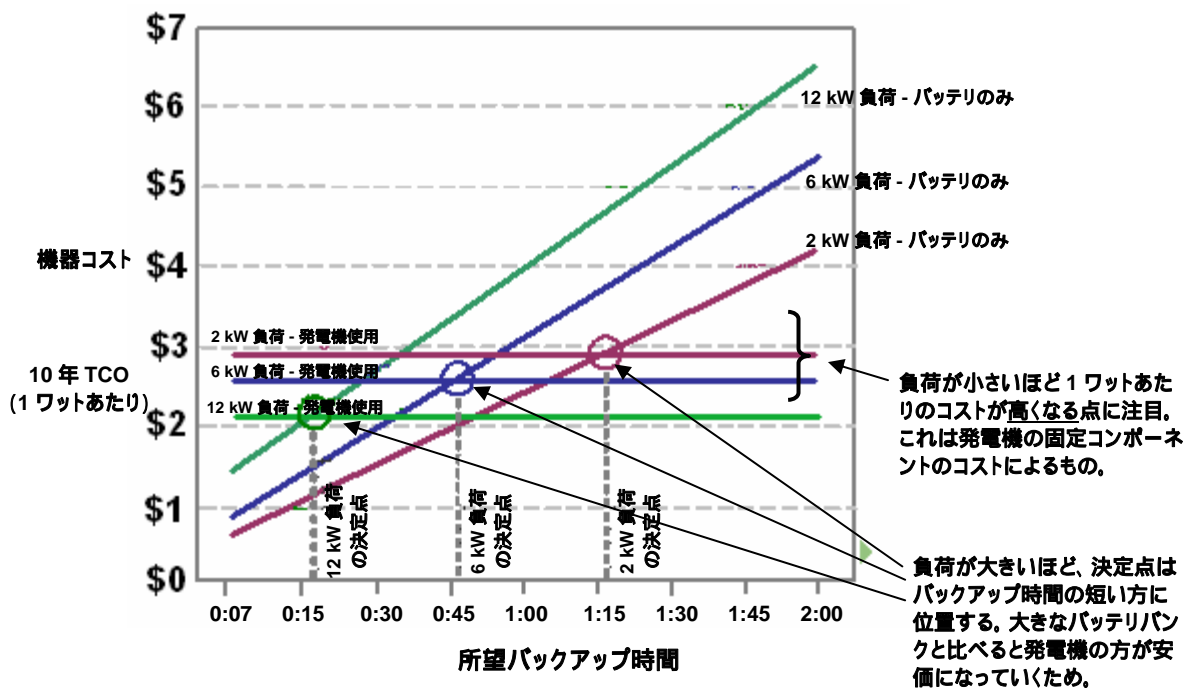


図5は、バックアップ時間に応じた当該システムのTCOを1ワットあたりのコスト(ドル単位)で示しています。負荷の範囲は2 kW から 12 kW とします。このグラフの基になっているデータと前提条件については、「付録」で説明しています。経済性に最も優れたソリューションを見極めるうえでの判断材料としてこのグラフをご使用ください。

図5  
3種類のUPS負荷に対する代表的なTCO分析

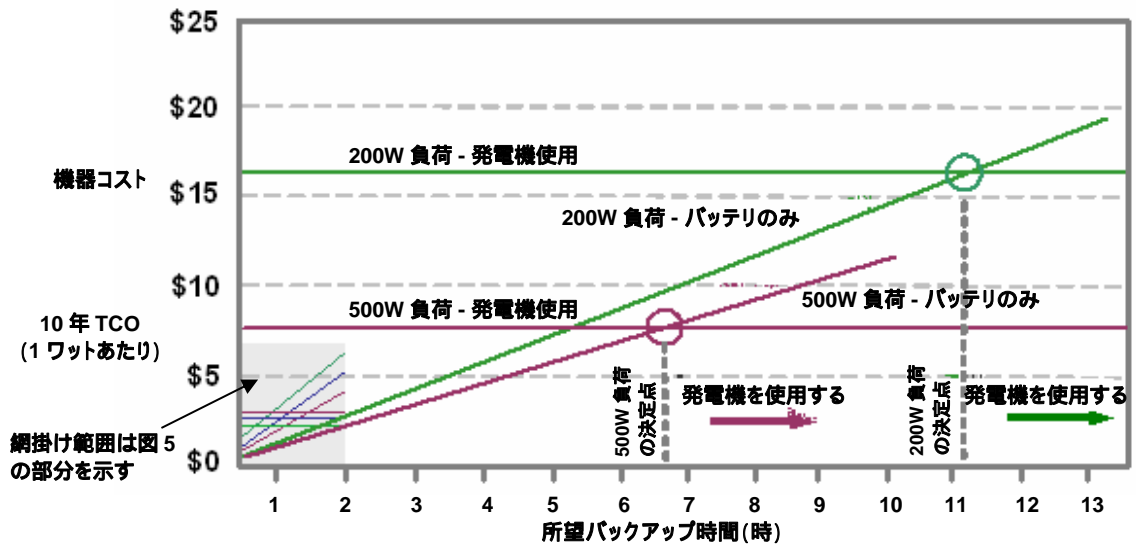


このグラフを見ると、バックアップ時間が短ければ補助バッテリーの方が低コストで済みますが、要求バックアップ時間が長くなるにつれて、発電機の方がコスト面で次第に有利になっていく様子が見えます。たとえば、一般的な2 kW システムでは、バッテリーを追加した場合と比べ、1 時間を過ぎたあたりで、発電機がコストの優位性を示し始めます。一般的な 12 kW システムでは、このポイントは 20 分まで近づきます。

上記に示したケースよりも、さらに軽負荷で考えた場合、発電機の方が低コストとなるポイントは、横軸(バックアップ時間)のずっと右の方にシフトします。図 6 は、想定負荷を 200 ワットと 500 ワットとし、バックアップ時間に応じた当該システムの TCO を 1 ワットあたりのコスト(ドル単位)で示したものです。先ほどと同様、このグラフの基になっているサンプルコストデータおよび前提条件は、「付録」に掲載してあります。

図 6

極少負荷時:かなり長いバックアップ時間を想定しない限り、発電機はコスト的に不利



このグラフが示すように、200 ワットの負荷の場合、発電機の方が低コストと判断できる分岐点は 11 時間を過ぎたあたりとなります。このように、負荷が小さければ UPS の容量を大きめにし、かつ、バッテリーを増設することによって、より長いバックアップを容易に確保できます。たとえば、2 つの増設バッテリーを備えた APC Smart-UPS 750 XL では、発電機よりも TCO を低く抑えつつ、200 ワットの負荷で 9 時間以上のバックアップが可能です。

## 結論

UPS のバックアップ時間を拡張することは、ネットワークルールの可用性を高める費用効果に優れた方法です。とはいえものの、バックアップ時間要件は UPS システムコストの第一要因となる場合があります。このホワイトペーパーで示したガイドラインに従うことによって、ダウンタイムのコストを予測し、サイトのリスクプロファイルを把握して、最終的にはバックアップの要件を見極めることができます。長時間にわたるバックアップが不可欠である場合、予備発電機を使用するか、補助 UPS バッテリーを使用するかの適切な判断を下すことができます。

### 著者について

**ウェンディ トレル**は、APC by Schneider Electric(ロードアイランド州ウェストキングストン)の戦略リサーチアナリストです。可用性の科学的アプローチについてクライアントに意見を求め、データセンター環境の可用性を最適化する方法を検証しています。ニューヨーク州スケネクタディのユニオンカレッジで機械工学を専攻し、学士号を取得しているほか、ロードアイランド大学ではMBAを取得しました。ASQ(米国品質協会)の信頼性技術管理士の資格を有しています。

**ビクター アヴェレール**は、APC by Schneider Electricの上級リサーチアナリストです。データセンターの設計とオペレーションリサーチを担当し、リスク評価と設計手法についてクライアントに意見を求め、データセンター環境の可用性と効率性を最適化する方法を検証しています。レンセラー工科大学で機械工学を専攻し、学士号を取得しているほか、バブソン・カレッジではMBAを取得しました。彼はAFCOMと米国品質協会の会員です。



## 参考資料

アイコンをクリックすると、直接リソースに移動します。



『長時間の電源障害時のデータ保全について』  
APC ホワイトペーパー#10



『IT ワイヤリングクロゼットおよび小スペースにおける冷却戦略』  
APC ホワイトペーパー#68



APC ホワイトペーパーライブラリ  
[whitepapers.apc.com](http://whitepapers.apc.com)



APC TradeOff Tools™  
[tools.apc.com](http://tools.apc.com)



## お問い合わせ先

このホワイトペーパーの内容についてのご意見やご感想、お問い合わせは以下にお寄せください:

シュナイダーエレクトリックグループ APC  
[Japan.Marketing@apcc.com](mailto:Japan.Marketing@apcc.com)

製品やサービスに関するお問い合わせは、お近くの APC 販売代理店、または下記にお問い合わせください。:

[jinfo@apcc.com](mailto:jinfo@apcc.com)  
TEL:03-5931-7500 FAX:03-3455-2030

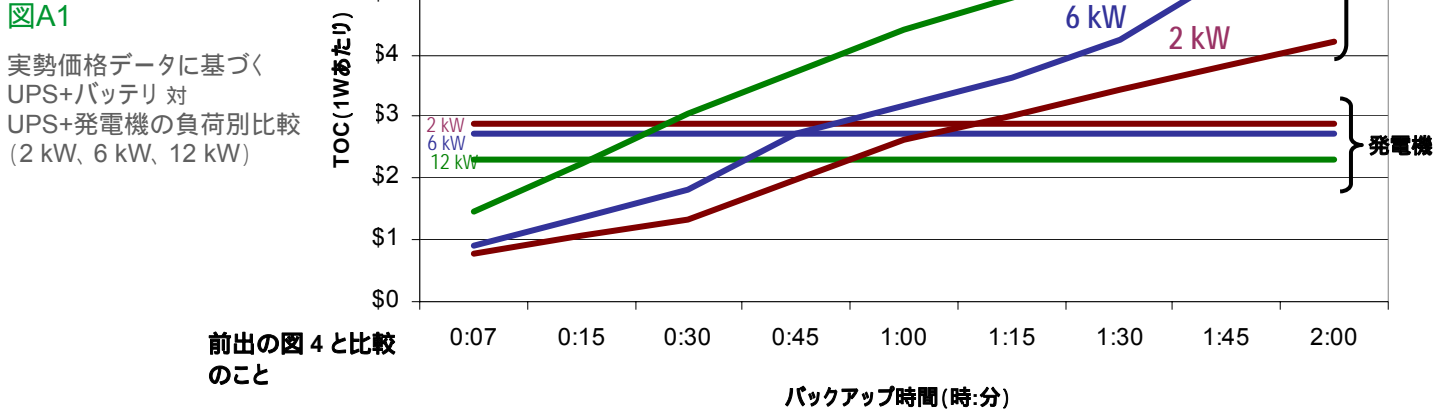
## 付録: UPS+補助バッテ リ対UPS+予備 発電機のTCO 分析

図5および図6のTCO分析では、その対象期間を10年とし、5種類の負荷(200W、500W、2kW、6kW、12kW)を想定しています。そのいずれも、一般的なUPSモデルとそのUPSに応じた容量の発電機を選定しています。システムのコストには概算再販価格を適用し、人件費には業界の平均値を適用しました。UPSに関連したすべてのコストは、APCが提供している概算再販価格に基づいて算出されています。発電機に関連したすべてのコストは、業界内のさまざまなソースから提供されている概算再販価格に基づいて算出しました。なお、発電機ソリューションに関しては、商用電源との切り替え時間中はバックアップを必要とすることに注意してください。燃料タンクは常に満タンになっていることを想定しており、また、所望のバックアップ時間に関係なく発電機の点検に要する毎月のコストは定額であることから、各システムのTCO(1ワットあたりのコスト)は一定とします。TCO分析には電気料金を加えるのが通例ですが、その差は無視できるほど小さいので、この比較の目的上、電気料金は除外しました。UPSバッテリーの耐用年数は通常3~5年なので、TCO分析の対象期間である10年の間に、バッテリーを4年目と8年目に交換することを前提とします。表A1は、バックアップ時間7分のUPSと予備発電機を使用した場合の各システムとそのTCOの分析結果を表したものです。

表A1

分析に使用したシステムと  
TCO分析結果(バックアップ時間7分)

TCO変動要素(概算再販価格に基づく)	200 W UPS & 1 kW 発電機	500 W UPS & 1 kW 発電機	2 kW UPS & 4.5 kW 発電機	6 kW UPS & 12 kW 発電機	12 W UPS & 20 kW 発電機
APC UPSモデル	Smart-UPS SC 420 VA	Smart-UPS SC 1000 VA	Smart-UPS 3000 VA	Smart-UPS RT 7500 VA	Symmetra LX 16 kVA
APCバッテリーモデル	RBC2	RBC33	RBC55	RBC44 x 2	SYBT5 x 4
UPS容量(W)	200	500	2400	6000	12000
発電機の設置コスト	\$1,000	\$1,000	\$2,000	\$2,000	\$2,000
UPSの設置コスト	\$0	\$0	\$0	\$500	\$500
発電機の保守	\$800	\$800	\$1,500	\$3,200	\$4,000
UPSの保守	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
発電機システムコスト	\$300	\$400	\$750	\$2,750	\$4,000
ATSシステムコスト	\$600	\$600	\$600	\$750	\$1,000
燃料(10年分)	\$360	\$360	\$500	\$801	\$1,188
UPSシステムコスト	\$120	\$330	\$1,100	\$4,225	\$11,800
バッテリー更新コスト(4年目)	\$30	\$70	\$240	\$1,078	\$1,520
バッテリー更新コスト(8年目)	\$30	\$70	\$240	\$1,078	\$1,520
システムTCO合計	\$3,240	\$3,630	\$6,930	\$16,382	\$27,528
TCO(1Wあたりのコスト)	\$16.20	\$7.26	\$2.89	\$2.73	\$2.29



このデータによれば、決定点(発電機の方がコスト面で有利となるポイント)は、20分から1時間10分の間が存在します(表A2)。

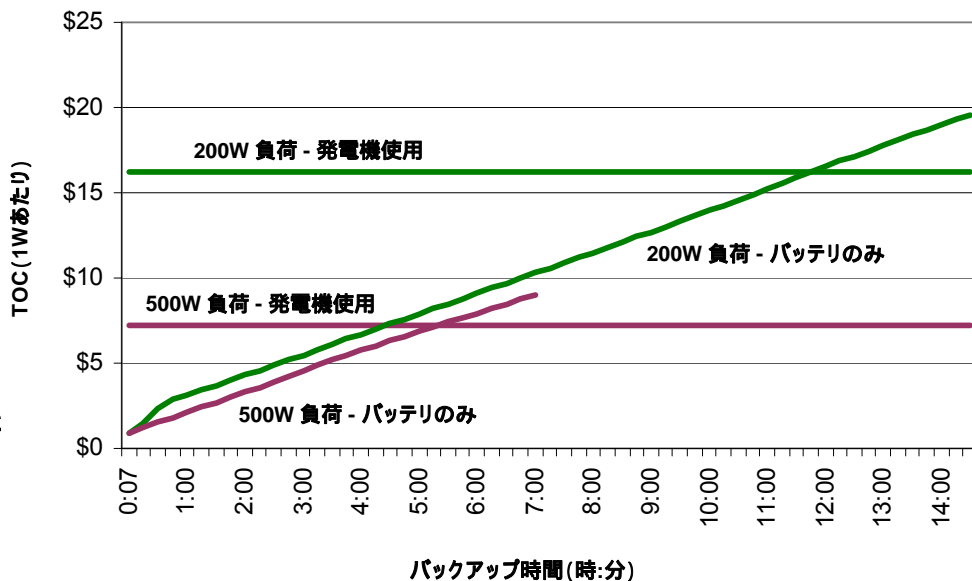
**表A2**  
 負荷が2 kW、6 kW、12 kW  
 の場合の決定点

負荷	およその決定点
2 kW	1時間10分
6 kW	45分
12 kW	20分

図A2

実勢価格データに基づく  
UPS+バッテリー対UPS+発電機  
の負荷別比較  
(200W および 500W)

前出の図5と  
比較のこと



このデータを見ると、前出の3つのケースと比べ、決定点(発電機の方がコスト面で有利となるポイント)が、バックアップ時間を示した横軸のかなり右の方に存在しています(表A3)。

表A3

負荷が200Wと500Wの場合の決定点

負荷	およその決定点
200 W	11 時間 45 分
500 W	5 時間 30 分