



# データセンター から始まる ITサステナビリティ

ハイブリッドクラウドで  
脱炭素化を実現する

# 著者



---

## Sreejit Roy

IBM Consulting、クラウド・アプリケーション・サービス部門グローバル・アプリケーション・モダナイゼーションおよび開発リーダー  
linkedin.com/in/sreejit-roy  
sreejit.roy@in.ibm.com

製造、ビジネス・コンサルティング、およびITサービスに25年以上の専門的なキャリアを持ち、一流のグローバル企業のビジネス要件を管理し、変革への道をサポートするという重要な役割を経験をしています。現在、IBM Consultingでアプリケーションの構築、移行、モダナイゼーションのグローバル・リーダーを務めています。

---

## Diptiman Dasgupta

IBM、アソシエイト・ディレクター兼エグゼクティブITアーキテクト  
linkedin.com/in/diptimandasgupta  
ddasgupta@in.ibm.com IT

コンサルティングと研究に23年以上の専門的キャリアを持ち、重要なアーキテクチャーと複雑なシステムの実装を経験しています。ブロックチェーンや量子などの新しい技術分野に加え、責任あるコンピューティングとグリーンITの経験が豊富な技術者であり、IBM Consultingのチーフ・アーキテクトとして監督しています。また、複数の特許を所有しており、著名なジャーナルで新興技術に関する複数の論文を発表しています。

---

## Charbak Roy

IBM、クラウド・ソリューション・アーキテクト  
linkedin.com/in/charbak-roy-83b0901a9  
charbak.roy@in.ibm.com

IBM Consultingのシニア・ソリューション・アーキテクトを務めており、16年のIT経験があります。プロのGoogle Cloudアーキテクト、AWSソリューション・アーキテクトであり、Red Hat認定のOpenShift管理者でもあります。グローバルなサステナビリティの実践の分野でグリーンITスペースのリード・アーキテクトとして活動しています。

---

## Nalini Manuru Dixit

IBM、CloudAdvisory、トランスフォーメーション・コンサルタント  
linkedin.com/in/nalini-manuru  
nalini\_manuru@in.ibm.com

お客様がカスタマー・エクスペリエンスを再定義し、革新的な顧客中心の戦略を通じてビジネスに影響を与えるのを支援します。デジタルおよび新興テクノロジー、ハイブリッドクラウド、およびデータに関するあらゆるものを通じて、お客様のビジネス上の問題を解決することを専門としています。ハイブリッドクラウドの変革、エンタープライズ・モビリティ、コネクテッド・アプライアンス、スマートなアセット管理、デジタルツイン、ネットゼロ・ビルディング、スマート・エステート/シティ、HSE、およびサステナビリティにまで広がるデジタル・イノベーションと変革への取り組みを主導してきました。



## 主なポイント

責任あるコンピューティングとグリーンITは、組織がサステナビリティ目標を達成するのに欠かせない重要なツールであり、ハイブリッドクラウドは重要な実現手段です。

### ■ 責任あるコンピューティングとグリーンITは、物理的なデータセンターから始まり、さらに広がっていきます。

世界中のデータセンターの電力容量は、過去3年で43%も増加しました。<sup>1</sup>「グリーンIT」、つまり環境に配慮した持続可能なコンピューティングが重要になってきています。詳細な炭素会計に取り組むことにより、組織はIT運用のあらゆる局面で炭素廃棄物を大幅に削減する方法をより適切に判断できます。

### ■ カギを握るのは持続可能なソフトウェアのコーディングです。

ソフトウェア開発者は責任あるコンピューティングとグリーンITの促進に極めて重要な役割を果たすことができます。環境に配慮したコーディングとデザインという形で現れるサステナブルな考え方を盛り込むよう、開発者をモチベートすべきでしょう。つまり、正しいワークロードで適切な言語を使うことにより、コンピューティング・パワーを削減し、その結果、エネルギー使用量も削減できるのです。例えば、あるプログラミング言語から別のプログラミング言語に切り替えることで、アプリケーションのエネルギー消費量を最大50%削減できます。<sup>2</sup>

### ■ ハイブリッドクラウドは、グリーンITの「カタリスト」です。

ハイブリッドクラウドは、責任あるコンピューティングとグリーンITの重要なイネーブラーです。クラウド資産全体の可視性を向上、および統合と機能の強化を促進することで、組織は二酸化炭素排出量を実質ゼロにするための経路をさらに迅速に進めることができます。これまで導入された仮想マシン（VM）環境ではなく、コンテナ・プラットフォームでワークロードを実行すると、エネルギー効率が向上することも相まって、インフラストラクチャーの年間コストを75%削減できます。<sup>3</sup>

# ハイブリッドクラウドはパフォーマンスを向上させ、責任あるコンピューティングとグリーンITはより良い地球を実現することができます。

最適化、効率性、および変革は、今日のビジネス・リーダーが指針としているコンセプトです。その理由は、これらがビジネスにとって有利だけでなく、環境にも有益だからです。実際に、経営陣はますますサステナビリティをビジネスの中核に取り入れています。企業の86%がすでにサステナビリティ戦略を策定しており、半数以上の企業が今後3年間の最優先課題としてサステナビリティを挙げてみれば、これは明らかです。<sup>4</sup>

組織がサステナビリティのロードマップを作成し、追求するとき、そこにはビジネスと環境の両方により良い結果をもたらすことができる重要な手段、つまりデジタル・テクノロジーが存在します。そして、その手段を実行に移す組織にとって、グリーンITはますます関心の高い分野となっています。

実際、グリーンIT（IT運用において環境に配慮したツールと慣行を取り入れること）は、サステナビリティとデジタル化の融合により、企業の社会的責任を新しく体現するものとなってきています。

これを示す例として、CIOの42%が、組織において、サステナビリティはテクノロジーが今後3年間で最大のインパクトを与える領域である、と述べていることが挙げられます。<sup>5</sup>

テクノロジーがサステナビリティのカタリストとなるにつれて、CIOは、企業によるサステナビリティへの取り組みを成功させるための主軸となるでしょう。「CIO（最高情報責任者）は、企業のサステナビリティ・プログラムに重要な役割を担う存在として浮上しており、電力を大量に消費するコンピューター処理アプリケーションをクラウドへとアンロードし、エネルギーの最適化と廃棄物削減を目的とした技術の提供を開始する取り組みを主導している」と、ウォール・ストリート・ジャーナル紙が今年の初めに報告しています。<sup>6</sup>

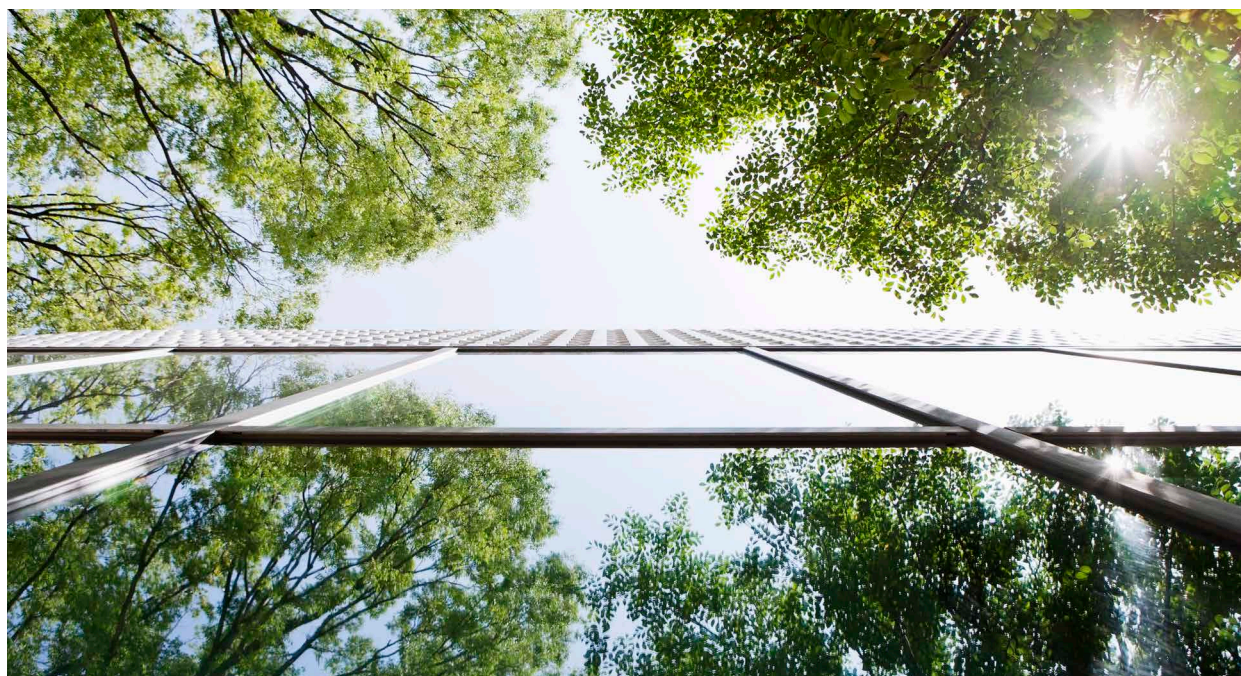


企業の97%がパイロット版、実装済み、または統合されたクラウドを運用に取り込んでいるため、クラウドという言葉に注目すべきかもしれません。<sup>7</sup> さらに具体的に言えば、ハイブリッドクラウドは現在、組織が実施するサステナビリティへの取り組みの大部分をサポートしています。実際、サステナビリティのリーダーの70%は、サステナビリティの目標達成に向けてハイブリッドクラウドを使用しています。<sup>8</sup>

明らかに、クラウド（特にハイブリッドクラウド）は、より幅広い企業に変革とサステナビリティの取り組みを推進しています。それだけでなく、クラウド自体が環境に与えるインパクトも非常に大きい場合があります。クラウドベースのソフトウェアは、コンピューターやモバイル・デバイス上で動作しますが、実際には遠隔地にあるデータセンターのハードウェア上に存在します。ソフトウェア自体はエネルギーを消費しませんが、プロセッサ、メモリー、ストレージ、ネットワークなど、ソフトウェアが依存するハードウェアは、間違いなくエネルギーを消費します。

ハイブリッドクラウドは、ITの「グリーン化」に新たな可能性を切り開きます。そして、CIOは、個々のサーバーやデータセンターのエネルギー効率や排出量に焦点を絞るのではなく、クラウド資産全体とIT運用のサステナビリティ向上に集中できるようになります。CIOが自社の二酸化炭素排出量削減への注力が高める際には、データ、ワークロード、アプリケーションにハイブリッドクラウドを利用でき、このことが企業全体のエネルギー消費量の削減に貢献します。

しかし、地球と企業の共通の利益のためにハイブリッドクラウドを導入することは、スイッチの切り替えのような簡単なことではありません。もっと正確に言うなら、ITが環境に与える影響、グリーンITへの取り組みが直面する基本的な課題、そして、炭素集約型のデータセンター内だけでなく自社のIT運用全体でITをより持続可能なものにするために、組織が講じることのできる重要な手段をよく理解することが必要です。



# ITのカーボン・フットプリントを理解する

ハイブリッドクラウドは、ITの「グリーン化」に新たな可能性を切り開きます。

IT運用をグリーン化するために、ビジネス・リーダーはまず、何がカーボン・フットプリントを生み出しているかを理解する必要があります。通常、相互に関連する4つの主な炭素排出源、つまりデータセンター、ビッグデータと分析、セキュリティーと暗号化、およびインターネット消費（5ページの図1を参照）があります。

国際エネルギー機関（IEA）によると、世界中のデータセンターは合計で200～250テラワット時（TWh）の電力を消費しています。これは、世界の電力需要の約1%に相当し、全世界の二酸化炭素排出量の約0.3%に相当します。<sup>9</sup> データセンターとネットワーク・サービスの需要は今後も増加を続け、さらに多くの電力を消費し、さらに多くの炭素を生成します。データセンター事業者による電力容量の需要は2018年から2021年の間に43%絶対的に増加しており、世界のデータセンター市場は2021年から2027年の間に30%以上拡大すると示唆する推定もあります。<sup>10</sup> そのため、データセンターのさらなる効率化、エネルギー消費の削減、二酸化炭素排出量の削減を助けるための対策が不可欠です。

データセンターの容量およびデータセンターへの供給電力の需要を主にけん引するのは、オンプレミスとクラウドを活用した両方の計算能力へのアクセスと共に、意思決定を支援するデータ主導型の分析に対する旺盛な意欲です。さらに、データがこれまで以上に多くのビジネス・プロセスや意思決定に浸透するにつれて、セキュリティーの必要性もそれに応じて増大します。これにはより多くの計算を必要とするため、暗号化メカニズム、アプリケーション・セキュリティー、ブロックチェーン、およびCPUを集中的に使用するアルゴリズムによって、ソフトウェアのエネルギー需要が増加し、二酸化炭素排出量も増加する可能性があります。

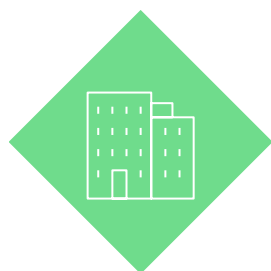
さらに、新型コロナウイルス感染症のパンデミックの間、人々が自宅で過ごしたり仕事をしたりする時間が増えたことで、ストリーミング・エンターテインメント、ビデオ会議、オンライン・ゲーム、ソーシャル・ネットワークの使用が加速しました。その結果として、2020年には世界のインターネット・トラフィックが40%以上急増しました。これがパンデミック前のデジタル・サービスに対する需要の増加と相まって、2010年以降、世界中のインターネット・ユーザーの数は2倍に、世界のインターネット・トラフィックは15倍に拡大しています。<sup>11</sup> たとえば、モノのインターネット（IoT）が拡大すればインターネット・トラフィックも増加し続け、IT炭素排出量も増加します。

図1

## 炭素とコンピューティング

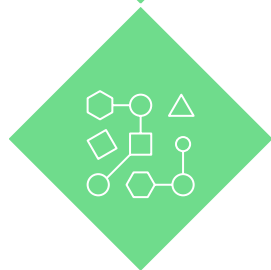
テクノロジーは、最良の条件下において情報、効率、および生産性を生み出しますが、残念なことに、炭素も発生させます。

# 4つの主要な排出源



### データセンター

データセンターは全世界で200~250テラワット時の電力を消費します。\*



### ビッグデータ分析

データ需要の増加によりサーバーの需要も増加し、電力に対する需要も増加しています。



### セキュリティー

ソフトウェアにセキュリティー機能を追加すると、エネルギー需要が増加する場合があります。



### インターネットの利用

2010年以降、世界中のインターネット・ユーザーの数は2倍に、世界のインターネット・トラフィックは15倍に拡大しています。

\*出典: Kamiya, George. "Data Centres and Data Transmission Networks." International Energy Association. 2021年11月。 <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>

# グリーンITの課題

IT組織は、二酸化炭素排出量を正確に測定するためのツールを用意する必要があります。

堅固であると同時に責任ある成長を促すには、今後10年間にエネルギー効率を促進する政府と業界の強力な取り組み、再生可能エネルギー源の調達への奨励に加え、グリーンITの研究、設計、開発を刺激することが必要です。

ただし、グリーンITの拡大は容易ではありません。これに備えるために、ITリーダーは3つの重要な課題に着手しなければなりません。

## 1. 複雑な炭素会計

データセンター、アプリケーション、およびインフラストラクチャーの二酸化炭素排出量を削減するには、IT企業が二酸化炭素排出量を正確に測定するためのツールを備える必要があります。現在のところ、そのようなツールの可用性と能力には限界があるかもしれませんが、これらは開発中であり、今後のITのグリーン化に重要な役割を果たすでしょう。

炭素会計は、クラウド・コンピューティングの台頭によって複雑さを増しています。銀行や金融などの一部のセクターでは、情報セキュリティ、顧客データの機密性、および国境を越えたデータ共有規制に関する懸念から、ほとんどの組織が依然として多くのワークロードを民間のデータセンターで実行しています。これらの民間のデータセンターを利用した場合、炭素会計はデータセンターを使用する会社側の責任です。

多くのセクターで、ほとんどの企業がワークロードの少なくとも一部をパブリッククラウドに移行しており、その場合、外部のハイパースケイラーが炭素会計を行うことが一般的です。しかし、平均的な企業は現在8つ以上のクラウドを利用しており、2023年までにはこの数が10以上に増えることが予想され、大半の企業はオンプレミス、民間のデータセンター、パブリッククラウドを組み合わせた形で資産を保有することになるでしょう。<sup>12</sup>

企業は、資産全体で炭素会計を行う必要があります。運用状況の全体像を知るには、異種データをまとめる方法を考案する必要があります。



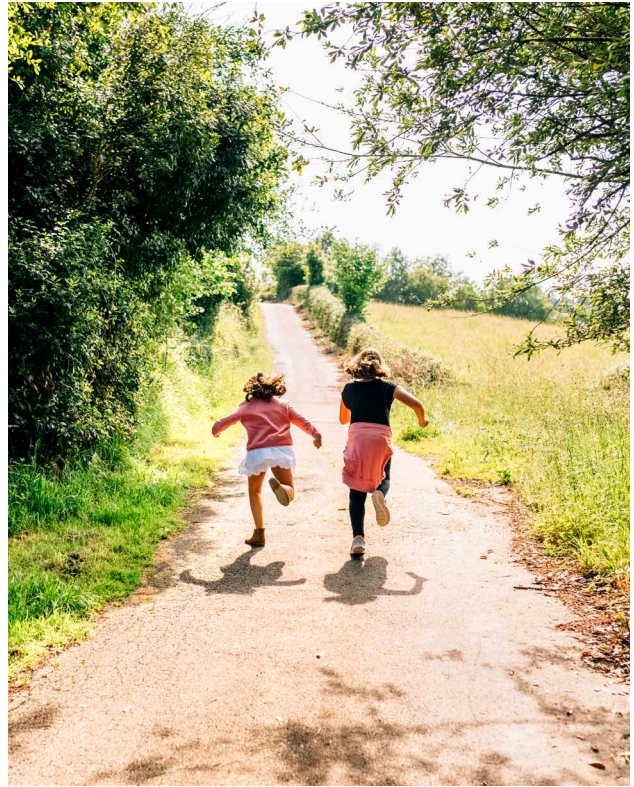
## 2. 不透明なベンチマーク

二酸化炭素排出量を明確かつ正確に説明している場合でも、組織は、パフォーマンスと進捗状況を把握できる内部および外部の主要業績評価指標（KPI）というベンチマークの形による裏付けを必要としています。これには、測定とデータ収集のために適切なパフォーマンス指標と基準を構成している要素を明確にする必要があります。

グリーンITは初期段階にあるため、効果的なベンチマークのための確立された基準や指標はほとんどありません。このような基準がない場合、組織は独自のKPIとパフォーマンスを測定する方法を決定する必要があります。グリーンITへの道を進むには、ベンチマークと基準を確立することが主要なカタリストとなります。

## 3. あいまいな分析

組織が自社のIT資産の二酸化炭素排出量を簡単かつ手頃な価格で正確に測定し、ベンチマークできるようになれば、現在の状況と将来の目標をよりよく理解できるようになります。ただし、ポイントAからポイントBに到達するには、あいまいな分析を決定的な行動に変える必要があります。そのためには、炭素会計データを解釈し、どんな行動を、どの領域で、どの期間に実行するかを特定するのに役立つソリューションと専門知識が必要です。たとえば、ソリューションのスタック全体で二酸化炭素排出量を削減するには、組織は適切なアーキテクチャー、適切なモダナイゼーション・ジャーニー、および適切な移行パスを選択できなければなりません。



グリーンITへの道を進むには、ベンチマークと基準を確立することが主要なカタリストとなります。

# データセンターの枠を超えて

将来を見据えたITリーダーは、データセンターを超えた先の運用とプラットフォームにしっかりと目を向ける必要があります。

直面している課題があっても、ITリーダーは、ハイブリッドクラウドの未来を追求する中で、組織をより持続可能にするための具体的な措置を今すぐ講じることができます。行動の基盤は、グリーンITへの3つの側面からのアプローチです（9ページの図2を参照）。

1つ目の側面はデータセンターです。これはITの二酸化炭素排出量の多くに責任を負っているため、すでに多くの組織が、データセンターをより持続可能にするための取り組みを行っています。データセンターが環境に配慮しているかどうかと、その程度は、電力容量の使用率、物理的なスペースの使用率、クラウド・コンピューティングの導入におけるイノベーション、HVACの効率、廃熱の使用率、再生可能エネルギーの使用率、さらには地理的な場所など、多数の可変要因に依存します。

二酸化炭素排出量を削減するために、組織は資源を大量に消費するデータセンターをより環境に配慮したものにするを目標に、これらの各領域ですでにプロジェクトを完了しています。たとえば、IBMは2010年に、スイスのチューリッヒにあるスイス連邦工科大学のために温水冷却式のスーパーコンピューターを構築しました。「Aquasar」と呼ばれるこのスーパーコンピューターは、同等の空冷マシンよりもエネルギー消費量が40%少ない特殊な水冷サーバーで構成されています。<sup>13</sup>

データセンターの最適化が、持続可能な企業が市場で競争する上での最低必要条件となってきた状況に伴い、将来を見据えるITリーダーは、データセンターの枠を超えた先と、グリーンITに残されている課題に目を向けなければなりません。運用とプラットフォームには、組織による二酸化炭素排出量の大幅な削減と効率の最適化に、まだ十分に活用されていない機会が含まれています。



図2

## よりクリーンでグリーンなITを実現する方法

組織は、グリーンITの3つの主要分野で手段を講じることによって、より持続可能になることができます。

|   | 領域         | 可能性のある手段   |
|---|------------|--|
|    | データセンター    | <ul style="list-style-type: none"><li>- チラー（冷却装置）・プラントとHVACシステムのパフォーマンスを最適化</li><li>- 建物制御を使用してリソース消費を自動化</li></ul>  |
|  | IT運用       | <ul style="list-style-type: none"><li>- リソース使用率を最適化</li><li>- ITワークロードをスケジュールして、グリッド内の再生可能エネルギーが高い期間を利用</li><li>- クラウドの規模の経済を利用してエネルギー・フットプリントを削減</li></ul>  |
|  | ITプラットフォーム | <ul style="list-style-type: none"><li>- アプリケーションをパブリッククラウドに移行</li><li>- 持続可能な設計原則と責任あるコーディングを使用してアプリケーションを構築</li><li>- メインフレームのモダナイゼーションを採用して、より少ないリソースでトランザクション処理を最適化</li><li>- ハイパースケーラー・サービスを備えたハイブリッドクラウド・プラットフォームを活用して、より効率的な測定と修復を実現</li></ul> |

## IT運用：効率化の推進

人が健康で、幸せで、生産的であるためには、身体健康だけでなく、心の健康にも気を配らなければなりません。IT組織も同様です。持続可能であるためには、物理的な施設だけでなく、施設内で行われる操作も強化する必要があります。

ITリーダーが組織の健全性を実現するための重要な機会のひとつは、ソフトウェア定義データセンターの概念を受け入れることです。

IT組織は...物理的な施設の強化だけでなく、施設内で行われる操作も強化する必要があります。

ソフトウェア定義データセンターは、例えるならアプリケーション、仮想マシン（VM）、コンテナなどのエンティティが自己組織化し、ワークロードが適切に機能するために必要なリソースの確保に役立つ配置、サイジング、およびプロビジョニングの決定を可能にするコモディティ・マーケットのようなものです。このモデルでは、サプライチェーンのすべてのエンティティが買い手と売り手であり、すべてのリソース（コンピューティング、メモリ、ネットワーク）には価格があります。リソースの使用率が増加すると、コストも増加します。

この「市場ベース」のアプローチでは、データセンターは、必要なリソースの全体的な最適価格を求めて、自動化された方法でワークロードを個別に購入できます。そうすることで、エコシステム全体のリアルタイムの需要に基づいてローカル・リソースの決定を下すことができます。

ローカル・リソースの決定を行う場合、エネルギー効率に関してデータセンターができる最も好ましい選択の一つは、サーバーの使用率を高めることです。これは、平均的なサーバーが最大電力の30%から60%を消費しているにもかかわらず、全容量のわずか12%から18%で稼働しているためであると、Natural Resources Defense Council (NRDC) は報告しています。さらに、アイドル状態の「ゾンビ」サーバーは毎日24時間、週7日ずっと稼働し続け、エネルギーを消費しながらほとんど価値を提供しません。<sup>14</sup>

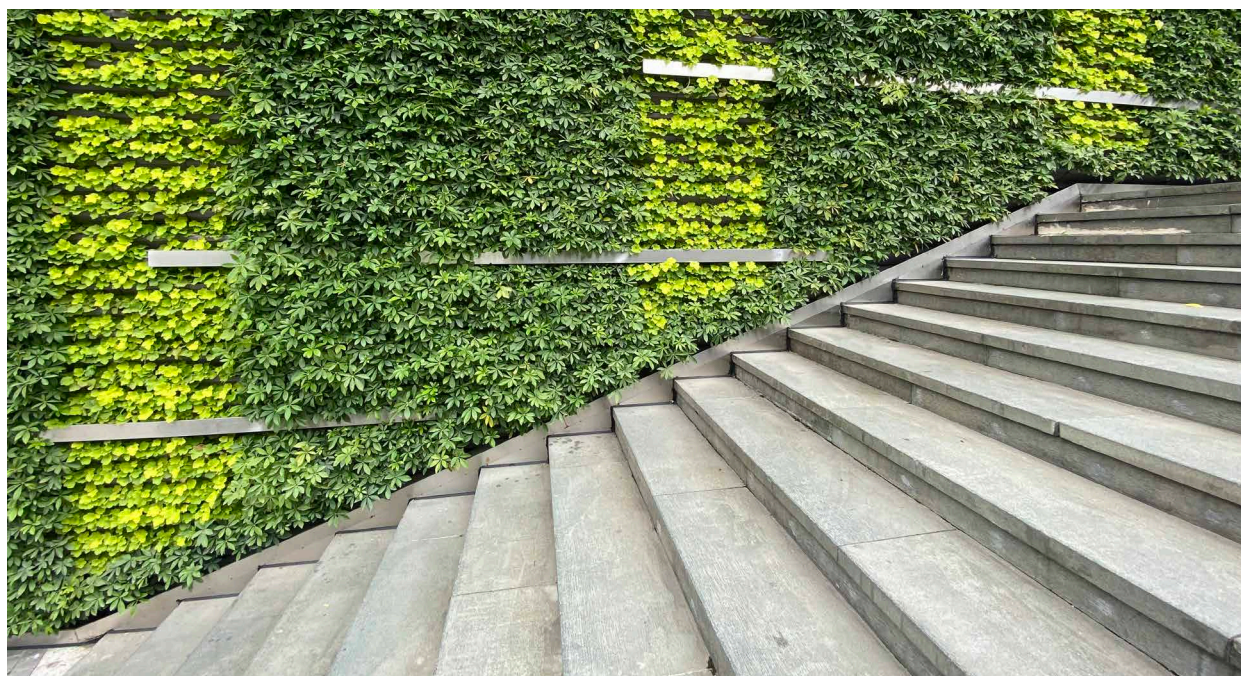
サーバーの使用率が低い理由の一つはパフォーマンスにあります。データセンターはこれまで、パフォーマンスを維持し、停止を回避するために、サーバーの負荷を低く抑える必要がありました。しかし、サーバーの使用率を上げても、パフォーマンスやビジネスの継続性を犠牲にする必要はありません。データセンター管理への新しいアプローチ（高度なデータセンター監視のための分散制御システムの使用など）を用いれば、停止のリスクやアプリケーションのパフォーマンスに影響を与えることなく、サーバーをより高い効率で実行できます。



回避できるもの以上に魅力的なのは、そこから得られるものです。NRDCによると、サーバー使用率の向上など、技術的に実現可能な改善の半分を実装するだけで、米国のデータセンターは電力消費を40%も削減できます。<sup>15</sup> サーバーの使用率を高めると、エネルギー消費の削減、二酸化炭素排出量の削減、運用コストの削減など、環境と企業の両方に数多くのメリットがあります。

グリーンIT運用のもう一つの機会は、データセンターのグリッドの構成に基づくワークロードの地理空間移動です。このバッチ・ワークロードの重要な手段には、インテリジェント・コントローラーが必要です。これを使用すると、複数のデータセンターにワークロードをディスパッチし、それらのデータセンターが再生可能エネルギー源から電力を引き出している時期に応じてワークロードを管理できます。このようなコントローラーは、特定のデータセンターの電力網がグリーンであることを認識し、その時点でのみデータセンター内のワークロードを実行できます。

技術的に実現可能な改善の半分を実装するだけで、米国のデータセンターは電力消費を40%も削減できます。





---

## 展望

# 欧州銀行：グリーンITへのロードマップの作成

英国の大手プライベート・バンクのCIOは、組織が持続可能で回復力のあるITに向けたロードマップを作成するのに役立つ「革新的な」テクノロジーの採用を長い間望んでいました。残念なことに、この銀行は民間のデータセンターからの温室効果ガス排出量を長年計算できなかったため、二酸化炭素排出量を削減するための適切な措置を講じることができませんでした。

この銀行は、多数あるプライベート・データセンターの二酸化炭素排出量を計算し、ITリソースの使用を最適化するためのロードマップを作成することで、この課題に取り組みました。また同時に、二酸化炭素排出量の削減と運用コストの削減を目標に、移行とモダナイゼーションも追求しました。

それは、概念実証（PoC）として機能する小さなデータセットから始まりました。これまでの結果は非常に心強いものであり、ソリューションのロードマップを構築する過程でアーキテクチャーに関する激しい議論を戦わせています。PoCでは、十分に活用されていないITリソースとコア数の多いサーバーの存在が明らかになりました。このいずれもが、戦術的・戦略的な手段を取ることで最適化を実現できる大きな機会を呈しています。その結果、銀行は現在、複数のビジネス分野にわたる多様なインフラストラクチャーとプラットフォームを使用して、複数のデータ・センターとより大きなIT資産にわたってソリューションを拡張したいと考えています。そうすることで、全体的な運用コストを削減しながら、二酸化炭素排出量の測定と最適化に関してはるかに大きな利益を実現するのに役立つと信じています。

最近のあるプロジェクトでは、コア数が多いVMがアイドル状態で消費するエネルギーがかなり高い一方で、ビジネス機能と関連するワークロードを提供するための動的電力として消費されるエネルギーはほとんどないことが明らかになりました。これらのホットスポットを特定し、VMを適切にサイジングすることで、銀行は、IT資産全体で二酸化炭素排出量を削減し、使用する計算リソースを減らすことで運用コストを削減し、データセンター・レベルでのエネルギー支出を削減するための確実な証拠が得られました。

## プラットフォーム： 最初から持続可能に

グリーンITは施設から始まり、運用へと続きます。そして、プラットフォームで最高潮に達します。

実際、コンピューティング、ストレージ、およびネットワーク・リソースの消費を削減できるプラットフォーム・レベルのアプリケーションとインフラストラクチャーには、最適化のための手段が多数あります。その中には、アプリケーションの移行とモダナイゼーション、z/OSモダナイゼーション、データ・モダナイゼーション、サーバー統合、およびクラウドネイティブ・ビルドがあります。

サステナビリティを促進する方法でこれらの手段を実行するには、戦術的アプローチと変革的アプローチの両方が必要です。

戦術として効果的なのは、不要なコストと二酸化炭素排出という経済的にも環境的にも無駄をもたらすアイドル状態のクラウド・リソースを削減することです。未使用のリソースによくあるタイプは次のとおりです。

- 未使用のアクティブなクラウド・リソース - たとえば、ワークロードが完了したときにVMセッションを終了しないで開いたままにするなど。
- 過剰にプロビジョニングされたリソース - たとえば、特定のワークロードに必要以上のVMを使用するなど。
- 最適化されていないアーキテクチャーまたはワークフロー - たとえば、クラウドに移行したがクラウド向けに最適化されていないリフト・アンド・シフト・アプリケーションを使用したり、データ処理と分析ワークロード用に分離すべきだが分離されていないストレージおよびコンピューティング・インフラストラクチャーを使用したりするなど。

未使用または過剰にプロビジョニングされたVMリソースに対処することは、コストと二酸化炭素排出量の両方を削減したいと考える組織に大きなインパクトを与える可能性があります。

戦術的イニシアチブは変革戦略で補完することができます。たとえば、ITアーキテクチャーと設計に、環境に配慮した思考、つまり「グリーン思考」を適用することは特に有益です。具体的には、グリーン思考は、ITアーキテクトが最初からサステナビリティを組み込んだソリューションを構築することを奨励します。最適化されていないアーキテクチャーは、クラウド・リソースの非効率的な使用につながります。もちろん、クラウド用にカスタムビルドされたアプリケーションでもアーキテクチャーの問題が発生する可能性はありますが、そのような問題は、パブリッククラウドに移行したモノリシックな「リフト・アンド・シフト」アプリケーションなど、最適化がないか、ほとんどない、それ以外のアプリケーションで最も一般的です。

アーキテクチャーがコーディングの段階に進むと、グリーン・コーディング、または責任あるコーディングという別の機会が生まれます。速度と安定性を最適化するコーディング手法を使用してアプリケーションを構築すると、アプリケーションのより効率的な実行に近づきます。グリーン・コーディングの核心は、コードの効率性です。つまり、最も抵抗の少ないパスを選択するようなアルゴリズムとソフトウェアを作成することです。効率的なアルゴリズムと高速なランタイム実行により、ソフトウェアはより少ないリスクでより多くのメリットを提供できると同時に、消費するリソースも少なくなります。

さらに、Rustプログラミング言語を使用すると、アプリケーションのエネルギー消費を最大50%削減できます。<sup>16</sup> 同様に、Cで記述された関数は、Pythonで記述された関数よりも75倍エネルギー効率が高くなります。<sup>17</sup> また、文字列リテラルの初期化を優先すると、エネルギー消費を92%近く削減できます。<sup>18</sup>

# ハイブリッドクラウドで グリーンITの約束を果たす

ハイブリッドクラウドを使用すると、組織はサステナビリティの成果を推進するために必要な可視性、統合、および機能を実現できます。

10年前、サステナビリティは基幹事業においてあまり重視されていませんでした。それが簡単で、便利で、自社のブランドを補完するものであれば、リーダーは受け入れていたかもしれません。今日、サステナビリティはビジネスに不可欠です。取締役会、投資家、従業員、消費者、政府機関を満足させるために、あらゆる規模と種類の企業の幹部が採用しなければならないものとなっています。

先見の明のあるITエグゼクティブは、サステナビリティに注目し、本格的に追求しています。しかし、多くの場合、その取り組みにおいて、デジタル・テクノロジーの活用が著しく立ち遅れていることも事実です。二酸化炭素排出量を削減し、最終的にはカーボン・ニュートラルを実現したいと考えている企業は、もはやサステナビリティ戦略の対象を施設、管理、運用に限定してはいられません。デジタル・トランスフォーメーションと歩調を合わせてサステナビリティの目標の範囲を拡大し、そこにITを含める必要があります。<sup>19</sup>

実際、エネルギー効率の高いオフィス、カーボン・ニュートラルな車両、ペーパーレスの会議、持続可能なサプライチェーン。これらをすでに開拓したリーダーの次のステップは、資源を意識したデータセンター、環境に配慮したITインフラストラクチャー、効率的なソフトウェア・コードなどを特長とする、グリーンITを促進することです。

グリーンITを「目標」とするなら、ハイブリッドクラウドは「達成の手段」です。ハイブリッドクラウドを使用すると、組織は持続可能な成果を推進するために必要な可視性、統合、および機能を実現できます。これは一つのクラウドまたは一つのデータセンター内だけでなく、クラウド資産全体、つまり企業全体に適用されます（15ページの図3を参照）。

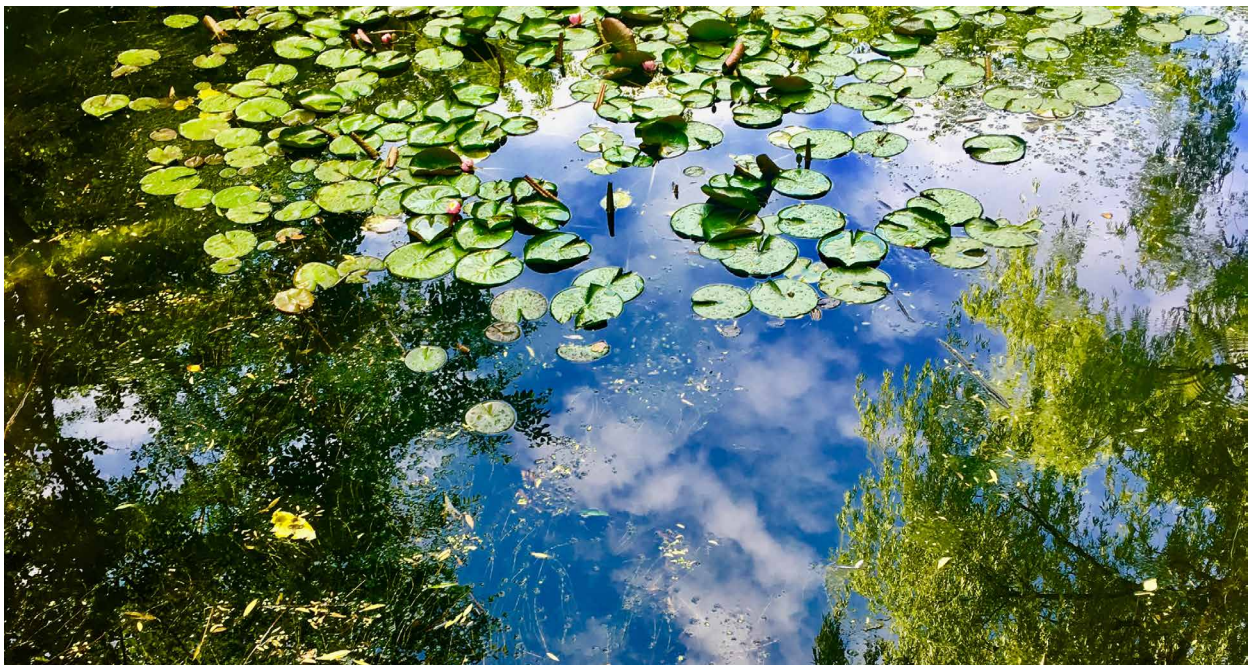


図3

## ハイブリッドクラウドはグリーンITにとってより良い選択です

ハイブリッドクラウドによるサステナビリティ推進の効果は、オンプレミスとクラウドの両方を上回る場合があります。



効率的なアルゴリズムと高速なランタイム実行により、ソフトウェアはより少ないリスクでより多くのメリットを提供できると同時に、消費するリソースも少なくなります。



# アクション・ガイド

サステナビリティを重視する組織にとって、責任あるコンピューティングとグリーンITは極めて重要であるだけでなく、高い実行可能性があります。ITリーダーは、IT戦略、運用、プラットフォームにまたがる環境に配慮した活動を追求することで、これらの目標を達成できます。

## 01

### IT戦略のグリーン化

#### IT戦略と運用にサステナビリティ目標を組み込む。

サステナビリティ自体が機能的なサイロとならないようにすべきです。そのためには、ITエコシステム全体の日常業務にサステナビリティを統合して、テクノロジーへのアプローチ、プロセスの設計方法、人々に可能性を与える方法を含めます。

#### IT環境へのインパクトを可視化する。

炭素会計機能を作成または採用します。二酸化炭素排出量の規模を知ることは、それを削減するための全体的なアプローチを取るのに役立ちます。

#### サステナビリティのためにハイブリッドクラウドを活用する。

ハイブリッドクラウド・プラットフォームの機能を利用すると、クラウド資産全体のサステナビリティを統合、管理、最適化できます。ハイブリッドクラウドを使用して、ビジネスの継続性とアプリケーションのパフォーマンスに影響を与えることなく、二酸化炭素排出量を削減します。

## 02

### IT運用のグリーン化

#### 使用率を最適化し、既存のリソースの容量を統合する。

世界のITワークロードのほぼ半分（44%）は非本番ワークロードであり、組織全体で年間145億ドルのコストがかかります。<sup>20</sup> 非本番ワークロードを最適化することで、運用コストを削減し、データセンターからの世界的な二酸化炭素排出量を削減できます。

#### ハードウェアをリフレッシュする。

最新のチップと最新のテクノロジーを使用してハードウェアを継続的に更新すると、同様の計算リソースを使用してより多くのワークロードを実行できるようになり、全体的なエネルギー消費を削減できます。

#### サーバーの状態を動的に制御する。

Financial Operations (FinOps) ツールまたはAI対応エージェントを使用して、不要なVMとアイドル状態の「ゾンビ」サーバーを特定します。低負荷のホストを検出するためのホスト使用率認識 (HUA) アルゴリズムを展開し、そのVMを動的なクラウド環境内の他のホストに配置します。ネットワーク・トラフィックに基づいてVMまたはサービスを動的にスケールアップすることで、エネルギー消費をさらに削減します。

#### サステナビリティのためにワークロード・スケジュールを最適化する。

再生可能エネルギー源を利用するグリッドへのデータセンターの接続場所と、そのようなグリッドがそれらのエネルギー源から電力を引き出す時間を決定します。AI対応のルール・ベースのシステムを使用して、適切なデータセンターで適切な時間にワークロードを実行するようにスケジューリングし、二酸化炭素排出量を削減します。



# アクション・ガイド

## 03

### ITプラットフォームのグリーン化

**リファクタリングを使用して、アプリケーションをパブリッククラウドに移行する。**

最初にワークロードをクラウド最適化しないままパブリッククラウドに移行すると、運用コストが増加するだけでなく、サステナビリティにも悪影響を及ぼす可能性があります。代わりに、アプリケーションのライフサイクル、更新頻度、およびビジネスの重要性に基づいてアプリケーションをリファクタリングすることで、ワークロードをよりクラウドネイティブにします。

**アイドル状態のVM容量とその他の未使用のクラウド・リソースを最適化する。**

インフラストラクチャー・レベルで可観測性を有効にして、IT資産全体でアイドル状態のVMを特定し、ルールベースの自動化を実装して是正措置を講じます。これには、アイドル状態のVMやビジネス機能を果たさなくなった関連リソースの削除が含まれます。同様に、適切なサイズ設定の推奨事項を定期的に確認してVMのサイズを最適化し、オーバープロビジョニングによる無駄を減らします。最後に、VMが特定の時間にのみ必要な場合は、VMインスタンスを自動的に開始および停止するようにスケジュールすることを検討します。

**必要に応じてリソースを作成する。**

クラウド・リソースは伸縮自在ですが、実際の使用状況に関係なく、継続的に実行される固定リソースにワークロードを展開すると、限られた効率のメリットしか得られません。クラウド・サービス内でVMのスケジューリングやエラスティック機能を使用するなど、必要に応じてリソースをプロビジョニングおよび削除する機会を特定します。

**ワークロードをコンテナ化する。**

これまでに導入された仮想マシン（VM）環境ではなく、コンテナ・プラットフォームでワークロードを実行するとエネルギー効率が向上することも幸いして、インフラストラクチャーの年間コストを75%削減できます。<sup>21</sup> コンテナ・プラットフォームを使用すると、リソース要件に基づいて、VMのクラスター全体でコンテナを効率的にスケジュールできます。リソース要件の許容範囲内であれば、複数のコンテナで単一のVMのリソースを共有することもできます。

**モノリシック・アプリケーションをマイクロサービス・ベースのアーキテクチャーにモダナイズする。**

リソースの使用率を最適化するイベント・ベースおよびアクション・ベースの呼び出しにはリアクティブ・マイクロサービスを選択し、非同期呼び出しにはイベント駆動型マイクロサービスを選択します。また、マイクロサービスとして実装できる単一の機能を必要に応じて実行する場合は、サーバーレス・マイクロサービスを選択します。

# アクション・ガイド

## 計算リソースを顧客の近くに配置して、ネットワークの待機時間と応答時間を共に短縮する。

コンテンツ配信ネットワークを使用して、世界中で待ち時間を確実に短くし、キャッシュを使用して、訪問者がWebサイトにアクセスするたびに世界中から新しいコンテンツを取得する必要がないようにします。エッジ・コンピューティングを導入して、データを移動することなくパブリッククラウド上のリソースを効率的に利用し、Function-as-a-Service (FaaS) (さまざまなハイパースケーラーが提供するイベント駆動型マネージド・サービス) を活用して、エネルギー消費と運用コストを削減します。

## 責任あるコーディング方法を採用する。

アプリケーションの信頼性、速度、パフォーマンスを向上させるために「コード効率」を採用します。たとえば、不要なコードや冗長な処理に使用されるコードを削除し、可能な限り再利用可能なコンポーネントを使用します。さらに、最適なメモリーと不揮発性ストレージを使用し、アルゴリズムを完了するために最適な速度または実行時間を確保するようにします。

## 少ないリソースでトランザクション処理を最適化する。

より高速なデータ処理を実現するには、中央処理装置 (CPU) を拡張するか、システム・グローバル領域 (SGA) のサイズを最適化するのが一般的です。ただし、CPUサイクル時間が長くなり、逆効果となる場合があります。代わりに、最初に最も少ないリソースのパスを試し、必要な場合にのみリソースを増やすことをお勧めします。

## Expert Insights について

Expert Insights は、ニュース価値の高いビジネスや関連テクノロジーのトピックについて、ソート・リーダーの見解を伝えるレポートです。世界中の該当分野の専門家との対話に基づいて作成しています。詳細については、IBM Institute for Business Value (iibv@us.ibm.com) までお問い合わせください。

## IBM Institute for Business Value

IBM Institute for Business Value

IBM Institute for Business Value (IBV) は、20年以上にわたってIBMのソート・リーダーシップ・シンクタンクとしての役割を担い、ビジネス・リーダーの意思決定を支援するため、研究と技術に裏付けられた戦略的洞察を提供しています。

IBVは、ビジネスやテクノロジー、社会が交差する特異な立ち位置にあり、毎年、何千もの経営層、消費者、専門家を対象に調査、インタビューおよび意見交換を行い、そこから信頼性の高い、刺激的で実行可能な知見をまとめています。

IBVが発行するニュースレターは、[ibm.com/ibv](https://ibm.com/ibv)よりお申し込みいただけます。また、Twitter (@IBMIBV) や、LinkedIn ([linkedin.com/showcase/ibm-institute-for-business-value](https://www.linkedin.com/showcase/ibm-institute-for-business-value)) をフォローいただくと、定期的に情報を入手することができます。

## 変化する世界に対応するためのパートナー

IBMはお客様と協力して、業界知識と洞察力、高度な研究成果とテクノロジーの専門知識を組み合わせることにより、急速に変化し続ける今日の環境における卓越した優位性の確立を可能にします。

## 関連レポート

“Own your impact.”

IBM Institute for Business Value. 2022年5月。  
<https://ibm.co/c-suite-study-ceo>

邦訳「CEOの視点：変革を起こす覚悟 - トップ主導のSXが企業価値を向上させる」  
<https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/jp-ja/c-suite-study/ceo>

“Sustainability as a transformation catalyst.”  
IBM Institute for Business Value. 2022年1月。  
<https://ibm.co/sustainability-transformation>

邦訳「サステナビリティは変革を引き起こす『カタリスト』である」  
<https://ibm.biz/SusTransCatJ>

“Mastering hybrid cloud.”  
IBM Institute for Business Value. 2022年5月。  
<https://ibm.co/mastering-hybrid-cloud>

邦訳「ハイブリッドクラウドでビジネスを加速する」  
<https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/jp-ja/report/mastering-hybrid-cloud>

## 注釈と出典

- 1 “The Global Data Center Market Size to Reach \$288.30 Billion by 2027.” Arizton. 2022年2月。  
<https://www.globenewswire.com/news-release/2022/02/23/2390642/0/en/The-Global-Data-Center-Market-Size-to-Reach-288-30-Billion-by-2027-Arizton.html>
- 2 Miller, Shane, and Carl Lerche. “Sustainability with Rust.” AWS Open Source Blog. 2022年2月。  
<https://aws.amazon.com/blogs/opensource/sustainability-with-rust>
- 3 “Virtual machines versus containers.” IBM. 2021年2月。  
<https://www.ibm.com/jp-ja/downloads/cas/POANK8YE>
- 4 Balta, Wayne, Manish Chawla, Jacob Dencik, and Spencer Lin. “Sustainability as a transformation catalyst.” IBM Institute for Business Value. 2022年1月。  
<https://www.ibm.com/jp-ja/thought-leadership/institute-business-value/report/sustainabilitytransformation>; 邦訳「サステナビリティは変革を引き起こす『カタリスト』である」 <https://ibm.biz/SusTransCatJ>  
“Find your essential.” IBM Institute for Business Value. 2021年2月。  
<https://www.ibm.com/jp-ja/thought-leadership/institute-business-value/c-suite-study/ceo> 邦訳「本質を見極める - ポストコロナ時代における価値の再定義」 <https://www.ibm.com/downloads/cas/6EYBO3DN>
- 5 “The CIO Revolution.” IBM Institute for Business Value. 2021年11月。  
<https://www.ibm.com/thoughtleadership/institute-business-value/c-suite-study/cio> 邦訳「CIO 革命 - 障壁を打ち破り、価値を生み出す」 <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/jp-ja/c-suite-study/cio>
- 6 Bousquette, Isabelle. “Sustainability Efforts Run Through Information Technology.” The Wall Street Journal. 2022年1月5日。  
<https://www.wsj.com/articles/sustainability-efforts-run-through-information-technology-11641384001>
- 7 Payraudeau, Jean-Stéphane, Anthony Marshall, and Jacob Dencik. “Unlock the business value of hybrid cloud: How the Virtual Enterprise drives revenue growth and innovation.” IBM Institute for Business Value. 2021年7月。  
<https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/report/hybrid-cloud-business-value> 邦訳「バーチャル・エンタープライズ - オープンでセキュアなハイブリッドクラウドとネットワークが鍵に」 <https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/jp-ja/report/virtual-enterprise-hybrid-cloud>
- 8 Balta, Wayne, Manish Chawla, Jacob Dencik, and Spencer Lin. “Sustainability as a transformation catalyst.” IBM Institute for Business Value. 2022年1月。  
<https://www.ibm.com/jp-ja/thought-leadership/institute-business-value/report/sustainability-transformation> 邦訳「サステナビリティは変革を引き起こす『カタリスト』である」 <https://ibm.biz/SusTransCatJ>
- 9 Kamiya, George. “Data Centres and Data Transmission Networks.” International Energy Association. 2021年11月。  
<https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>
- 10 “The Global Data Center Market Size to Reach \$288.30 Billion by 2027.” Arizton. 2022年2月。  
<https://www.globenewswire.com/news-release/2022/02/23/2390642/0/en/The-Global-Data-Center-Market-Size-to-Reach-288-30-Billion-by-2027-Arizton.html>
- 11 Kamiya, George. “Data Centres and Data Transmission Networks.” International Energy Association. 2021年11月。  
<https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>
- 12 Comfort, Jim, Blaine Dolph, Steve Robinson, Lynn Kesterson-Townes, and Anthony Marshall. “The hybrid cloud platform advantage.” IBM Institute for Business Value. 2020年6月。  
<https://www.ibm.com/jp-ja/thought-leadership/institute-business-value/report/hybrid-cloud-platform>
- 13 Michel, Bruno. “Energy efficiency and green technology.” IBM. 2022年4月20日にアクセス。  
[https://www.zurich.ibm.com/jp-ja/st/energy\\_efficiency/zeroemission.html](https://www.zurich.ibm.com/jp-ja/st/energy_efficiency/zeroemission.html)

- 14 Whitney, Josh, and Pierre Delforge. "Data Center Efficiency Assessment." Natural Resources Defense Council. 2014年8月。 <https://www.nrdc.org/sites/default/files/data-center-efficiency-assessment-IP.pdf>
- 15 同上。
- 16 Miller, Shane, and Carl Lerche. "Sustainability with Rust." AWS Open Source Blog. 2022年2月。 <https://aws.amazon.com/blogs/opensource/sustainability-with-rust>
- 17 Pereira, Rui, Marco Couto, Francisco Ribeiro, et al. "Energy Efficiency across Programming Languages." Proceedings of SLE'17, 2017年10月23日～24日。 <https://greenlab.di.uminho.pt/wp-content/uploads/2017/09/paperSLE.pdf>
- 18 Rocheteau, Jérôme, Virginie Gaillard, and Lamya Belhaj. "How Green Are Java Best Coding Practices?" Proceedings of the 3rd International Conference on Smart Grids and Green IT Systems. 2014年。 [https://www.researchgate.net/publication/276411279\\_How\\_Green\\_Are\\_Java\\_Best\\_Coding\\_Practices](https://www.researchgate.net/publication/276411279_How_Green_Are_Java_Best_Coding_Practices)
- 19 Balta, Wayne, Manish Chawla, Jacob Dencik, and Spencer Lin. "Sustainability as a transformation catalyst." IBM Institute for Business Value. 2022年1月。 <https://www.ibm.com/jp-ja/thought-leadership/institute-business-value/report/sustainability-transformation>
- 20 Chapel, Jay. "Cloud Waste To Hit Over \$14 Billion in 2019." DevOps.com. 2019年2月。 <https://devops.com/cloud-waste-to-hit-over-14-billion-in-2019>
- 21 "Virtual machines versus containers." IBM. 2021年2月。 <https://www.ibm.com/jp-ja/downloads/cas/POANK8YE>

© Copyright IBM Corporation 2022

IBM Corporation  
New Orchard Road  
Armonk, NY 10504  
Produced in the United States of America | May 2022

IBM、IBMロゴ、ibm.comは、世界の多くの国で登録された International Business Machines Corporationの商標です。他の製品名およびサービス名等は、それぞれIBMまたは各社の商標である場合があります。現時点でのIBMの商標リストについては [www.ibm.com/legal/copytrade.shtml](http://www.ibm.com/legal/copytrade.shtml) (US)をご覧ください。本書の情報は最初の発行日の時点で得られるものであり、予告なしに変更される場合があります。すべての製品が、IBMが営業を行っているすべての国において利用可能なわけではありません。

本書に掲載されている情報は特定物として現存するままの状態を提供され、第三者の権利の不侵害の保証、商品性の保証、特定目的適合性の保証および法律上の瑕疵担保責任を含むすべての明示もしくは黙示の保証責任なしで提供されています。IBM製品は、IBM所定の契約書の条項に基づき保証されます。

本レポートは、一般的なガイダンスの提供のみを目的としており、詳細な調査や専門的な判断の実行の代用とされることを意図したものではありません。IBMは、本書を信頼した結果として組織または個人が被ったいかなる損失についても、一切責任を負わないものとします。

本レポートの中で使用されているデータは、第三者のソースから得られている場合があります。IBMはかかるデータに対する独自の検証、妥当性確認、または監査は行っていません。かかるデータを使用して得られた結果は「そのままの状態」で提供されており、IBMは明示的にも黙示的にも、それを明言したり保証したりするものではありません。

本書は英語版「IT sustainability beyond the data center - Decarbonizing with hybrid cloud」の日本語訳として提供されるものです。





**IBM**