

Brad Johns Consulting, LLC

Improving
Information
Technology
Sustainability with
Modern Tape Storage

Brad Johns
brad.johns@bradjohnsconsulting.com
2021 年 7 月

概要

新型コロナウイルスによるパンデミック収束に向けて世界が大きく前進し、世界経済が回復する中、気候変動や環境、社会、ガバナンス（ESG）に関する広範な課題が世界中の企業にとって重要な問題となっています。その規模や世界中の消費者に対する影響力が大きいことから、この問題は情報技術（IT）業界で顕著です。クラウドコンピューティング、人工知能、ビッグデータの発展や 5G ネットワークの拡大に伴い IT 業界は急速に変化しており、膨大な量の情報が生み出されています。業界アナリストは、保存データ量が 2025 年までに 17 ゼタバイト（ZB）にまで達すると予測¹。これらの情報の多くは、最終的にはディスクやテープストレージシステムに保存されます。サステナビリティが重視され、今後も増加の一途を辿るデータを保存する大容量記憶装置の必要性を考えると、企業はアクセス頻度の低いデータ（コールドデータ）をハードディスクドライブ（HDD）ベースのストレージから最新のテープストレージに移行することで、CO₂ 排出量の削減やサステナビリティの向上、費用の削減を実現できるかもしれません。業界アナリストは、HDD に保存されているデータの 60～80% はコールドデータであると考えています。仮想例で考えてみましょう。100PB の情報を 10 年間保存した際のストレージメディアの影響だけを評価します。HDD のみのソリューションと比較した場合、アクティブアーカイブを用いて HDD に保管しているデータの 60% をテープに移行すると、CO₂ 排出量は 57%、電子廃棄物は 48%、総所有コスト（TCO）は 44% 削減されます。さらに、すべてのデータがコールドデータであり、そのデータをテープに移行した場合、CO₂ 排出量は 95%、電子廃棄物は 80%、TCO は 73% 削減されます。世界規模で考えた場合、HDD に保管しているデータの 60% をテープに移行すれば、世界の CO₂ 排出量を 7,200 万トン削減することができ、世界の CO₂ 排出量削減に大きく貢献することができるでしょう。企業は、TCO 削減で得られた資金でデータ移行プロジェクトに投資することができ、同時に、世界の CO₂ 排出量および電子廃棄物の削減にも寄与することができるのです。

気候変動への新たな関心

気候変動やサステナビリティが大きな問題として再び注目を集めています。新型コロナウイルスによるパンデミックや世界的な景気後退、熾烈な争いが繰り広げられたアメリカの大統領選挙が、2020 年の見出しを賑わせました。新型コロナウイルスの世界的なワクチン接種により、パンデミックによる暗いトンネルの先に光が差し、世界経済も回復しつつあります。また、アメリカの政権交代に伴い、気候変動対策の重要性に再び焦点が当てられています。

金融業界も気候変動の潜在的影響に関心を寄せています。米国証券取引委員会（SEC）は、気候情報開示に関するパブリックコメントを募集²。SEC は、気候リスク・機会に関する標準的な情報開示策定のために、全構成員からアイデアを集めようとしています。公開会社はこれまで環境への影響に関する報告を行ってきました。しかし、統一されていないフォーマットや異なる情報に基づいた報告であったため、投資家やアナリストによる企業間・業界間の比較が困難でした。報告要件を標準化することで、ステークホルダーによる特定企業の環境影響評価が容易になるかもしれません。

1. IDC、2021 年シーゲートアナリストデー、
https://s24.q4cdn.com/101481333/files/doc_downloads/2021/2/2021-Seagate-Analyst-Day.pdf

2. 米国証券取引委員会、「Climate for Change: Meeting Investor Demand for Climate and ESG Information at the SEC（変化のための気候：SEC における気候および ESG 情報に対する投資家の需要への対応）」、2021 年 3 月 15 日、
<https://www.sec.gov/news/speech/lee-climate-chang>

アメリカ人は、政府が気候変動に対してより断固たる行動を取ることを支持しています。2020 年にピュー研究所³が行った調査では、成人の 3 分の 2 が連邦政府による気候変動への対応が非常に不十分であると感じていることがわかりました。また、環境保護は政府の最優先事項であるべきだと、52%の人々が思っています。経済界は気候変動問題に対応してきました。米国商工会議所によると、S&P500 に選出されている企業の 90%以上が、サステナビリティレポートを発行しています。これらのレポートを通じて、企業の CO₂ 排出ポリシーや、CO₂ 排出、水使用量、有害物質、サポート終了製品の廃棄といった、環境への影響に関する報告が頻繁に行われています。このような企業努力をサポートするべく、国際標準化機構（ISO）は ISO 14001 シリーズと呼ばれる一連の規格を制定。これにより、企業によるサステナビリティ向上に向けた取り組みの考案、実施、管理を支援しています。管理ツールの一つに製品のライフサイクルアセスメント（LCA）があります。この手法により、製品やサービスが環境に与えるすべての影響を特定可能です。全世界で 30 万件以上の ISO 14001 認証が発行されています⁴。

大手 IT 企業は、CO₂ 排出量削減やサステナビリティ向上に向けたプログラムに着手。例えば、マイクロソフトは 2030 年までにカーボンニュートラルを達成することを公約に掲げました。アマゾンでは 2040 年までに CO₂ 排出量を 50%削減すること、また、当初の計画より 5 年早い 2025 年までに再生可能エネルギーの使用率を 100%にすることを目標に掲げています。IBM は 2030 年までに温室効果ガスの排出量を実質ゼロにし、2025 年までに 2010 年比で 65%削減する計画を発表。Google は 2030 年までに世界中にあるすべてのデータセンターならびにキャンパスを、無炭素エネルギーで 24 時間 365 日稼働することを公約に掲げています。小売、航空、電気通信といった他の業界でも、同様の取り組みが行われています。例えば、ウォルマートによるプロジェクト・ギガトンでは、2030 年までに温室効果ガスを 10 億メートルトン（1 ギガトン）削減することを目標に掲げています。サウスウエスト航空は、米国エネルギー省管轄の国立再生可能エネルギー研究所（NREL）が取り組む、商用利用可能でスケラブルかつサステナブルな航空燃料の開発支援を発表。AT&T は 2035 年までに全世界の事業においてカーボンニュートラルを達成する公約を掲げています。



3. ピュー研究所、「7 つのチャートで見る気候変動と環境に対するアメリカ人の考え方」、2020 年 4 月 21 日、
<https://www.pewresearch.org/fact-tank/2020/04/21/how-americans-see-climate-change-and-the-environment-in-7-charts/>

4. ISO、「ISO—サステナブルな開発を促進するライフサイクルアセスメントのための ISO 規格」、2006 年 7 月 7 日、
<https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>

デジタルデータの急増

気候変動に対する社会の関心が高まると共に、ある大きな出来事が起きています。デジタル情報の劇的な増加です。動画、医療画像、監視カメラ、自動運転、IoT、AI、アナリティクス、科学研究、インターネット利用の拡大、5G ネットワークなどが増加の要因となっています。2018 年に 33 ゼタバイト (ZB) だった情報量が、2025 年には 175 ZB にまで増加すると IDC は予測⁵。しかし、生み出された情報は、その一部しか保存されません。2025 年にはデータの約 10% の情報 (約 17 ZB) が保存されると、IDC は予測しています。予測されている情報量は膨大ですが、他の技術進歩によりデータ量がさらに増加する可能性があります。例えば、オートモーティブ・エッジ・コンピューティング・コンソーシアムは、2025 年までに全世界で接続されている自動運転車が、毎月最大 10 エクサバイトのデータを送信する可能性があるかと予測⁶。また、2025 年までに IoT によって毎年 73.1 ZB ものデータが生成されるとも言われています⁷。

1 ゼタバイトは膨大な量の情報です。わかりやすく言えば、1 ZB のストレージには、LTO 8 の 12TB テープカートリッジが 8,300 万巻以上、または 16TB の HDD が 6,250 万台以上必要です。LTO 8 カートリッジ 1 巻分のテープの長さは 960 メートルですから、もし、1 ZB 分の LTO テープのテープメディアをすべて取り出し、端と端をつなげると、火星にまで届く長さになるのです (地球から火星までの最短距離は 5,460 万キロメートル)。

すべての保存データは、何らかのメディアを使い保管しなければなりません。2021 年には 8.3 ZB のデータが保存され、そのうち 62% は HDD、9% は SSD、15% はテープストレージ、残りは NVM と光学メディアに保存されると IDC は予測。ストレージの種類が異なれば、技術的・経済的寿命も異なります。例えば、HDD には一般的に 5 年保証が付いており、その期間中に交換されることがほとんどです。テープストレージはそうではありません。最新のテープメディアの寿命は 30 年を超えますが、新たに開発されるメディアやドライブの経済的、技術的、運用上のメリットにより、通常は当初の製品寿命を待つことなく 10 年以内に交換されます。



5. IDC、2021 年シーゲートアナリストデー、7 ページ

6. AECC、「自動車へのエッジコンピューティング導入における障壁の排除」、白書、2021 年 6 月 2 日

7. DataProt、「2021 年のモノのインターネットの統計—モノの分析」、2021 年 3 月 24 日、<https://dataprot.net/statistics/iot-statistics>

ストレージ業界のサステナビリティに向けた取り組み

ストレージ業界はサステナビリティを重要な課題として捉えており、大手プロバイダはいずれもサステナビリティに関する高い目標を掲げています。例えば、HDD メーカーの最大手であるシーゲートテクノロジーは、スコープ 1、スコープ 2、スコープ 3 の温室効果ガス（GHG）排出量を 2025 年までに 20%、2040 年までに 60%削減するための取り組みを実施⁸。同じく大手 HDD サプライヤーであるウェスタンデジタルは、2020 年のサステナビリティレポート⁹で、1PB の HDD につき必要なエネルギー消費量を 44%削減したと報告しています。LTO テープメディアの大手サプライヤーである富士フイルムは、Sustainable Value Plan（サステナブル・バリュー・プラン）2030（SVP2030）¹⁰に取り組んでおり、自社の CO₂ 排出削減として当社グループによる CO₂ 排出量を 2013 年比で 45%削減し、2030 年までに購入電力の 50%を再生可能エネルギーに移行することを目標に掲げています。

透明性のあるサステナビリティに対するニーズの高まりに対応するべく、ストレージ業界のサプライヤーは、製品ライフサイクルの中で発生する CO₂ の推定排出量を公表しています。例えば、シーゲートは企業向けの大容量ハードディスクドライブ Exos X16 から発生するライフサイクル CO₂e 推定排出量を公表しており、5 年間の製品寿命中、1TB あたり年間 2.32kg の CO₂e が発生するとしています¹¹。富士フイルムの試算によれば、LTO テープの場合、LTO 8 のライフサイクル CO₂e 排出量は、10 年間の製品寿命中、1TB あたり年間 0.114kg になるとしています（テープドライブ使用時に発生する CO₂ を含む）。HDD と比較すると 95%減となります¹²。



図 1：ストレージメディアのライフサイクル

サステナビリティの全体像を把握するために、ライフサイクルアセスメント（LCA）の手法がよく用いられます。LCAにより、製造原材料の調達から、消費者による使用、リサイクルや廃棄に至るまで、製品が環境に与える影響の特定・評価が可能となります。ストレージメディアの場合、データセンター内での製品使用によるCO₂排出だけでなく、製品の調達、製造、流通、使用、廃棄に伴い排出されるCO₂も含まれます（図1を参照）。

- 8. シーゲート、2020 年度グローバルシチズンシップ・アニュアルレポート、
<https://www.seagate.com/files/www-content/global-citizenship/en-us/docs/fy-2020-gc-annual-report.pdf>
- 9. ウェスタンデジタル、2020 年サステナビリティレポート、
https://documents.westerndigital.com/content/dam/doc-library/en_us/assets/public/western-digital/collateral/company/western-digital-2020-sustainability-report.pdf
- 10. 富士フイルム、2020 年サステナビリティレポート、
https://www.fujifilm.com/files-holdings/en/sustainability/report/2020/sustainability_activity_report_2020_ff_sr_2020_all_a4_E.pdf
<https://holdings.fujifilm.com/ja/sustainability/plan/svp2030/environment>
- 11. シーゲート、サステナビリティレポート、
<https://www.seagate.com/global-citizenship/product-sustainability/exos-x16-sustainability-report/>
- 12. CO₂ と CO₂e の違いについては、付録をご参照ください。

コールドデータを最新のテープストレージに移行するメリット

上述の通り、膨大な量のデジタル情報が生み出され、送信、複製、保存、管理が行われます。しかし、皮肉なことに、情報量が急増しているにもかかわらず、多くの情報は、めったにアクセスされないが価値があるため削除もされない

「コールドデータ」なのです。業界アナリストは、保存されている全情報の 60~80%はコールドデータであると考えています。そして、多くの場合、ハードディスクドライブに保存されたままになっているのです。

コールドデータをテープストレージに保存すれば、CO₂ 排出量や環境への影響が少なくなるため、世界中の企業が社会に大きく貢献できる可能性が生まれます。具体的に説明しましょう。あるデータセンターが 100PB のデータ（保存要件 10 年）を保存した際の環境への影響を算出します。まず、すべてのデータを HDD に保存した場合の CO₂e 排出量を算出します。次に、データの 60%をテープに、40%を HDD に保存するアクティブアーカイブソリューションを利用した場合の CO₂e 排出量を算出します。同様に、情報の 100%をテープに保存するディープアーカイブソリューションを利用した場合の CO₂e 排出量を算出します。

この分析には、メディア使用時のエネルギー消費により発生する CO₂e や、ストレージメディアの原材料調達時、製造時、最終処分時に発生する CO₂e 排出量が含まれます。ただし、ストレージメディアに関連する排出量のみが含まれ、コントローラー、ライブラリー、テープドライブ（エネルギー使用量を除く）、サーバー、ネットワーク、支援インフラといった、支援 IT インフラから発生する排出量は含まれません。

この仮想例では、データの 100%をハードディスクドライブに保存した場合、10 年間で 2,507 トンの CO₂e が発生します。情報の 60%をテープに保存し、40%を移動データとして HDD ストレージに保存するアクティブアーカイブソリューションでは、1,078 トンの CO₂e が発生します(57%削減)。すべてのデータをテープに保存するディープアーカイブソリューションでは、排出される CO₂e はわずか 126 トンで、(95%削減)、図 2 に示す通り大幅な削減効果が見込まれます。

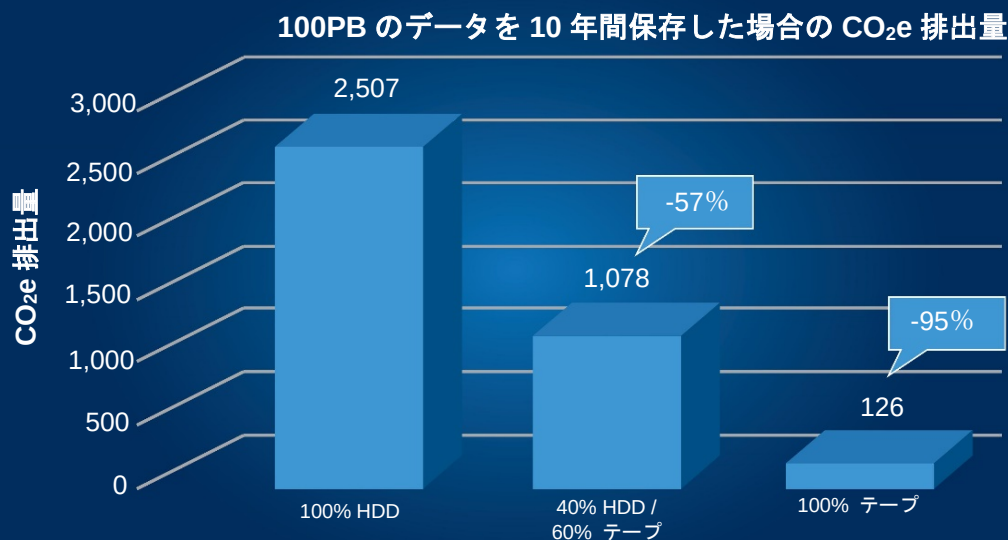


図 2 : 10 年分の CO₂e 排出量

データをテープに移行すれば、CO₂ 排出量を抑えられるだけでなく、電子廃棄物（eWaste）の量も大幅に削減することができます。法律等によりデータを 10 年間保存する必要がある場合、少なくとも 1 度は HDD を交換しなければならないため、6 年目に HDD を買い替えることになります。これまでの HDD の容量増加率を考えれば、6 年目には 34TB の HDD に交換されることになるでしょう。

HDD の容量が大きいくほど、必要な HDD の台数は大幅に減り、CO₂e 排出量や電子廃棄物が削減されます。100PB の全データをハードディスクドライブに保存し、5 年後に交換した場合、9.2 トンの電子廃棄物が発生します。しかし、テープストレージの寿命は長いため、10 年間は買い替える必要がなくなります。結果的に、60% のデータをテープに保存すれば、発生する電子廃棄物はわずか 4.8 トンで、48% の削減に繋がります。全データをテープに保存すれば、電子廃棄物はわずか 1.9 トンとなり、80% の削減に繋がります。図 3 に電子廃棄物の削減効果を示しています。

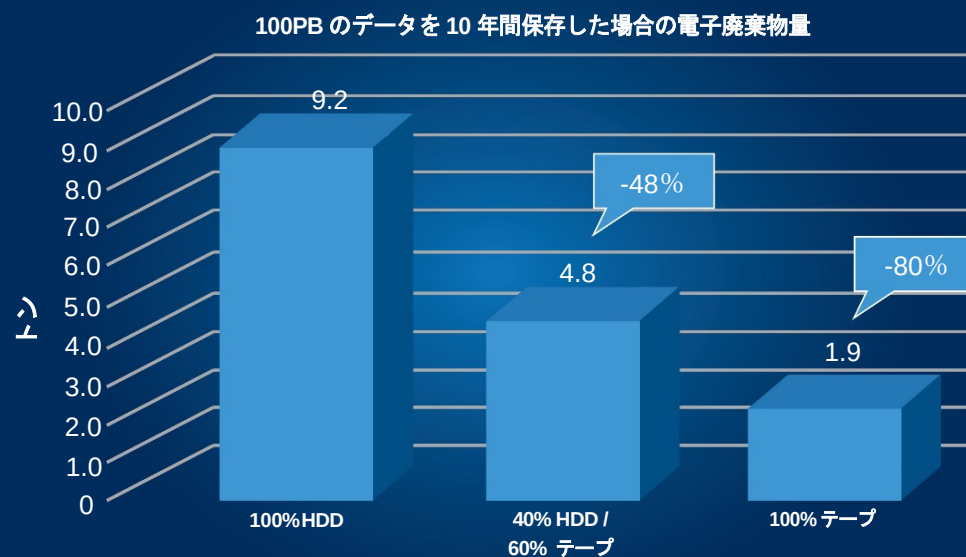


図 3：電子廃棄物の量（トン）

コールドデータをテープに保存することで得られるサステナブルなメリットが大きい一方で、経済的にも大きなメリットがあります。経済的なメリットを算出するにあたり、大容量 HDD を用いたディスクストレージソリューションと、LTO 8 テープメディア&ドライブを用いたテープソリューションの TCO を比較してみましょう。100PB の全データを 10 年間ディスクに保存した場合、TCO は \$16,416,294 に上るとされています。階層型ソリューションを用いた場合、10 年間の TCO は \$9,216,059 となり、44% の削減に繋がります。100PB の全データをテープに保存すれば、TCO をさらに削減することが可能です。コストは \$4,361,363 となり、73% の削減に繋がります。図 4 に削減効果を示しています。

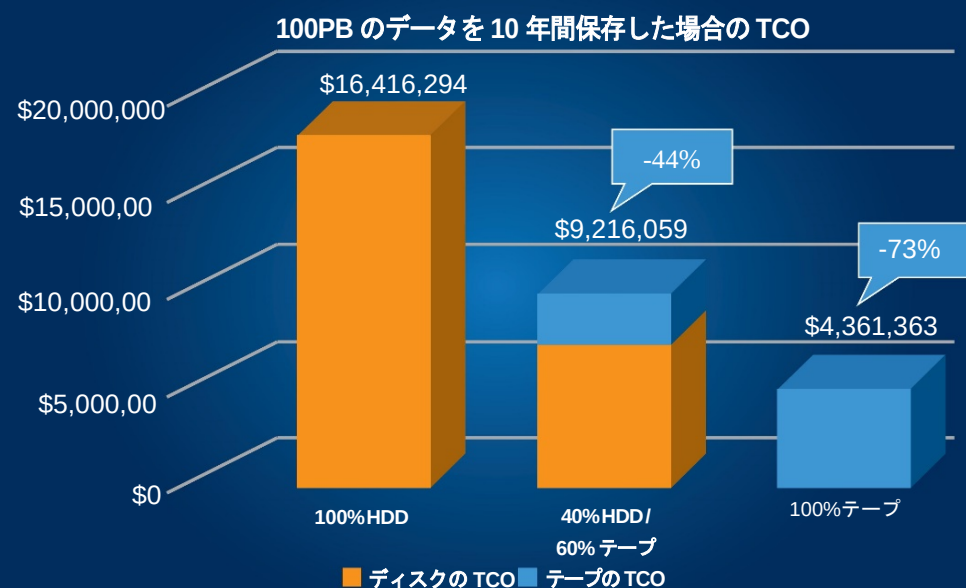


図 4：10 年分の TCO

世界的な影響力の潜在性

わずか1社がテープストレージに移行するだけでも得られる潜在的なサステナビリティや経済的メリットは莫大ですが、もし、世界中の企業が自社の業務を見直し、コールドデータを最新のテープストレージに移行した場合、どうなるでしょうか。

全世界で保存されているデータの総量と、データが保存されているメディアを調べることで、世界的な影響力の潜在性を予測することができます。幸いにも、大手調査会社である IDC が、IDC グローバルデータスフィアレポート内で推定値を報告しています。IDC の試算では、2021 年には世界で 8.3ZB のデータがあらゆるメディアに保存され、そのうちの 62%にあたる 5.1ZB が HDD に保存されるとしています。もし、ディスク内にあるデータの多くがコールドデータで、それらをテープストレージに移行したらどうなるでしょうか。図 5 では、HDD 内にあるデータのテープ移行率ごとに、世界で発生する 10 年分の CO₂e 排出量を示しています。例えば、HDD 内にあるデータの 60%をテープに移行すれば、CO₂e 排出量を 7,200 万トン削減することができ、57%の削減に繋がるのです。

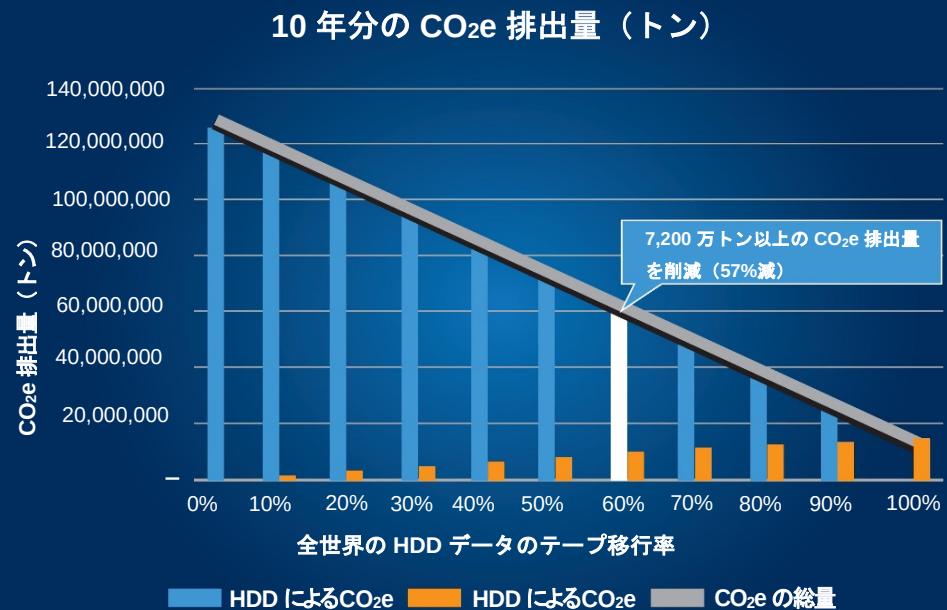


図 5 : 10 年分の CO₂e 排出量と HDD データのテープ移行率

まとめ

地球温暖化は永遠の課題です。政府はコストのかかる新たな報告義務や規制を課す一方で、消費者は環境保護に繋がる確固たる政策を支持しています。規模の大小を問わず企業は、サステナビリティに向けた取り組みとして、自社製品がライフサイクルを通して環境へ与える影響を新たな手法を用いて把握し、管理しています。また、サステナビリティ向上に向けた、様々なプログラムや取り組みも実施しています。このようなサステナビリティにまつわる課題に取り組み、対応するべく、企業は様々な代替可能エネルギーを採用することができます。業界や企業によって採用するプロジェクトは異なるでしょう。しかし、理想的なサステナビリティプログラムとは、CO₂ 排出量を大幅に削減し、製品が環境に与える影響を最小限に抑え、コストを削減し、手軽に実施できるものではないでしょうか。膨大な量の保存データを抱える企業にとって、コールドデータをディスクからテープストレージに移行することは、理想的なプログラムの一つであると言えるでしょう。

この理想を実現するには、まず、ディスクに保管しているデータを包括的に見直し、「コールドデータ」を特定する必要があります。特定が完了すれば、どれだけのメリットが得られるかがわかります。そうすることで、コールドデータをディスクストレージからテープストレージに移行するためのプロジェクトを立ち上げ、実施することが可能になります。簡単なことではありませんが、膨大な量のデータを管理し、移行するためのソフトウェアツールや手法が広く利用できるようになりました。コールドデータを特定し、情報をテープストレージに移行することで、企業はカーボンフットプリントや電子廃棄物を大幅に削減し、コストも抑えることができるでしょう。

世界中の多くの企業がこの戦略を採用すれば、世界の CO₂ 排出量や電子廃棄物が大幅に減少し、環境への影響が少なくなることは明らかなです。地球温暖化に関するイベントが行われ、関心が高まっている今こそ、IT データストレージ戦略を見直し、アクセス頻度の低いデータを最新のテープストレージに移行する絶好の機会なのです。



付録：手法について

CO₂e 排出量

幸いなことに、データストレージ業界により、製品の製造、使用、廃棄による環境への影響に関する優れたデータが提供されています。ハードディスクドライブによる CO₂e 排出量は、シーゲートの企業向けハードディスクドライブ Exos X16 のデータを参考にしています。今回の分析に使用した情報は、同社のウェブサイトを確認することができます（<https://www.seagate.com/global-citizenship/product-sustainability/exos-x16-sustainability-report/>）。これまでの HDD の容量増加率を考えると、導入時の HDD は、現行のデバイスと同じ環境フットプリントを持つ 34TB の HDD と稼働 6 年目にすべて交換されるため、1PB あたりの CO₂e 排出量は大幅に削減されると考えられています。

富士フイルムにより、LTO 8 テープメディアのライフサイクル CO₂e 排出量の推定値が公表されています。CO₂ 排出量の全体像を把握するために、今回の調査では、IBM の LTO 8 テープドライブのエネルギー消費から生じる CO₂ 排出量も参考にしました。カートリッジ 200 巻つきドライブ 1 台の使用を想定。LTO の包装時と流通時に発生する CO₂e 排出量の推定値は、HDD に対するテープカートリッジの重量に基づき算出しています。LTO 8 カートリッジから生じる 10 年間の CO₂e 総排出量は、ドライブのエネルギー消費を含めて、テープカートリッジ 1 巻あたり 13.72kg です。テープの詳細については図 6 をご確認ください。

テープメディアのサプライヤーは、適切に保管すれば、データを記録したテープの磁気特性寿命は 30 年以上に及ぶと発表しています。しかし、多くの企業は、実用的、経済的、技術的、業務的な理由から、テープメディアやドライブが製品寿命を迎えるはるか前に交換を行います。今回の分析では 10 年の製品寿命を想定しています。

	CO ₂ e -kg
部品表	2.12
製造エネルギー	4.58
包装	0.06
流通	0.50
使用フェーズ	5.70
廃棄	0.76
耐用年数中の CO ₂ 総排出量	13.72

図 6：LTO 8 の CO₂e 推定排出量

CO₂ と CO₂e

CO₂ 排出量と CO₂e は異なります。CO₂ は大気中に放出される CO₂ 量を指します。一方、CO₂e は CO₂ 換算を指し、温室効果ガスによる地球温暖化への影響を CO₂ 量に置き換えて表したものです。例えば、メタンによる地球温暖化への影響は、CO₂ の 25 倍あるとされています。そのため、本紙ではより包括的な指標である CO₂e を使用しています。

世界全体における削減量の推定値

潜在的な世界全体での CO₂e 削減量は、1PB のデータを HDD とテープに 10 年間保存した際に発生する CO₂e 量に基づき算出。HDD の場合、1PB のデータを 10 年間保存すると、25.1 ショートトンの CO₂e が発生すると考えられています。テープの場合、1PB のデータを 10 年間保存すると、1.3 トンの CO₂e が発生します。2021 年に世界で HDD に保存されるデータ量にこれらの値を適用し、テープへのデータ移動率を複数設定することで、図を作成しています。



電子廃棄物

電子廃棄物の推定量は、メディアの重量に基づき算出。技術仕様書に記載されている重量を参考にし、HDD は 1 台あたり 670g、LTO 8 テープはカートリッジ 1 巻あたり 200g と想定しています。保存データ量（本紙の例では 100PB）に対して、必要な台数をメディアの容量に基づき算出しています。データ保護方式（RAID またはイレージャーコーディング）の利用を踏まえ、HDD の台数を増やし、有効容量を減らしています。今回の分析では HDD の有効活用率を 75% に設定。

本レポートで使用している情報に関して

ブラッド・ジョンズ・コンサルティング有限会社は、本レポート内の情報が発行日時点で正確なものであると信じております。情報は現状のまま掲載しており、いかなる種類の保証も致しません。

商標ならびに特記事項

Linear Tape-Open、LTO、LTO ロゴ、Ultrium および Ultrium ロゴは、HPE 社、IBM 社および Quantum 社の米国およびその他の国における登録商標です。

その他の企業名、製品名、サービス名は、他社の登録商標やサービスマークである場合があります。

スポンサーについて



富士フイルム株式会社は、独自のナノキュービック技術やバリウム・フェライト技術を生み出した薄膜技術や磁性粒子科学に関する長年の研究をベースに、画期的なデータストレージ製品を提供しています。私たちのミッションは、環境を守り、デジタルコンテンツを次世代に受け継ぐという社会的責任を認識した上で、企業が全世界で急増するデータを革新的な製品やソリューションを用いて効率的に管理できるようにすることです。



International Business Machines Corporation (IBM) は、ニューヨーク州アーモンクに本社を構え、170 カ国以上で事業を展開する米国の多国籍情報技術会社です。IBM は、ドライブ、オートローダー、ライブラリー、バーチャルテープシステム、IBM Spectrum Archive ソフトウェア、ハイブリッドソリューションといった、様々なテープストレージ製品を提供しています。

著者について

ストレージ業界の経済分析ならびにコンサルティングを専門とするブラッド・ジョンズ・コンサルティング有限会社のオーナー兼社長である Brad Johns は、情報技術業界に 40 年以上携わってきました。

1978 年に IBM のデータ処理部門で情報技術のキャリアをスタートし、販売管理、コンサルティング、マーケティングといった役職を歴任。1997 年に IBM のストレージシステム部門に配属後、2010 年に退職するまで製品管理やマーケティングを担当しました。アリゾナ大学にて経営学修士号と経済学の学士号を取得しています。ウェブサイトはこちら：
bradjohnsconsulting.com.

