

# データ保全と長期保存に関するガイドライン

IDEMA Japan アーカイブ WG  
次世代データ蓄積・連携協議会

## 目次

はじめに.....	3
本ガイドラインの構成.....	4
対象とする読者と適応範囲.....	4
本ガイドラインで用いる用語.....	4
1. データ保全とストレージの階層化.....	8
1.1 情報ライフサイクル管理.....	8
1.2 ストレージ階層化モデルと管理.....	9
1.3 階層型ストレージに求められる要件.....	11
1.4 階層型ストレージに用いられるシステム技術.....	16
2. アーカイブシステムの導入手順.....	19
2.1 アーカイブシステム導入の際に考慮すべき事項.....	19
2.2 システム例.....	20
3. コールドストレージを用いたデータの長期保存.....	21
3.1 コールドストレージ.....	21
3.2 利用・保存環境.....	22
3.3 ファイル一致検証.....	25
3.4 コールドストレージの冗長化.....	26
3.5 長期保管・利用のためのマイグレーション.....	27
3.6 コールドストレージ媒体の廃棄.....	30
4. ストレージメディアに依存する特記事項.....	31
4.1 光ディスク.....	31

## はじめに

IoT/AI の浸透や、5G、6G 等の最新技術で実現が加速される Society5.0/データ駆動型社会においては、今後指数関数的に膨大なデータが生成・活用されることが見込まれており、マルチクラウド化が当然の選択肢となってきた。一方で、データ量が加速度的に増えることで、その運用・管理工数、コストも比例して増加する上、データの種類によっては、どうしてもクラウドに上げられない秘匿性の高い重要データも存在するため、マルチクラウド連携に対する統合的な制御を前提としたオンプレプライベートクラウドでより効率的に運用・管理する方法も益々重要になってくる。結果的に、データ駆動型社会が成熟すればするほど、その両方を兼ね揃えた「ハイブリッド/マルチクラウド」基盤が否応なしに次世代のデータ基盤として世界的な潮流となって行くと思定される<sup>1)</sup>。この「ハイブリッド/マルチクラウド」基盤の前段（上位側）に関しては、ユーザーの利活用に直接影響があるため、すでに検討が進んでいるが増大し続けるデータの蓄積基盤に関しては、その検討が後回しになっている。データの蓄積・活用が進むことでデータセンターの消費電力も大幅に増加することが温暖化の一因にもなるため、この度、日本独自の「階層型ストレージ」システムを有効利用した次世代のデータ蓄積基盤構築のためのガイドラインを作成することとなった。

## 本ガイドラインの構成

本ガイドラインでは、今後益々成熟していくデータ駆動型社会を見据えて、主にこれから次世代のデータ基盤の構築のため必要となる機能、仕様について述べる。

第1章では、データ保全の考え方と、データ保全のために好適なストレージの階層化について紹介し、階層型ストレージを用いたデータ保全の実現方法について述べる。

第2章では、長期保存が必要な公文書等のデジタル保存を念頭に、アーカイブシステムの導入手順について述べる。

第3章では、アーカイブシステムの実現手段として、省エネ、CO<sub>2</sub>削減効果が期待できるコールドストレージを用いたデータの長期保存について述べる。

第4章では、階層型ストレージシステムを構築するにあたり、ストレージメディアに依存する事項を光ディスクと磁気テープについて述べる。

尚、具体的なストレージの説明は、IDEMA アーカイブ部会で本ガイドラインの作成にあたり広く協力を募り情報が得られた範囲で記載している。

## 対象とする読者と適応範囲

主にこれから次世代のデータ基盤構築に関わる IT システム部門の責任者、企画担当者、設計担当者の皆様にご一読いただき、日本の技術を軸に、安全安心に重要データを保護しながら、消費電力の抑制を通じて SDGs（特に CO<sub>2</sub>削減）に貢献し得る、日本独自の「ハイブリッド/マルチクラウド」対応データ蓄積・連携基盤構築の道しるべとなれば幸いである。

## 本ガイドラインで用いる用語

- 1) 「3-2-1」(3 Copies 2 Different Media Types 1 Copy Offsite) : 321 ルールは「データはコピーして3つ持つ」(二重にバックアップを取る)、「2種類の(種類の異なる)メディアでバックアップを保存する」、「バックアップのうち1つは違う場所で保管する」、という3要素からなる。これを履行することで、保存した記憶媒体に不具合が生じたり、バックアップファイルごと攻撃・抹消されたり、あるいは災害などによってオフィスに立ち入ることができなくなったとしても、データが復旧可能な状態を維持できる<sup>2)</sup>。
- 2) 情報ライフサイクル管理(ILM: Information Lifecycle Management) : 情報が作成されてから最終的に廃棄されるまで、情報のビジネス価値を最も適切で費用効果の高いインフラストラクチャと連携させるために使用するポリシー、プロセス、プラクティス(実践例)、サービスおよびツール。情報はアプリケーション、メタデータおよびデータに関連づけられた管理ポリシーとサービスレベルを通じてビジネス要件に沿ったものにされる<sup>3)</sup>。

- 3) オブジェクトストレージ：オブジェクトサービスを提供するストレージデバイス、DSaaS もオブジェクトストレージである<sup>3)</sup>。
- 4) オンプレミス：オンプレミスは、もっぱらクラウドサービスやデータセンターを利用する運用形態と対比して用いられる。オンプレミスな運用はインフラごと自社の資産として自社内で管理・運用するため、初期投資がかさみやすく、保守・管理にも高度な知識を備えた人材が必要になるなどの側面がある。その分だけシステム設計や運用の自由度は高く、クラウドサービスやデータセンターの事業者の都合で運用方法が制限されるといった懸念も排除できる<sup>2)</sup>。
- 5) パブリッククラウド：比較的制限が厳しくない顧客の集合への SaaS, PaaS, IaaS, DaaS の提供<sup>3)</sup>。
- 6) REST：URI によってアドレス指定可能なリソースを定義、アドレス指定し、リソースと対話するための設計原則の集合。この原則に従うアーキテクチャは RESTful と呼ばれる。原則には、状態からリソースへの抽象化や統一的な表現と操作のセットなどがある（例：リソースを操作する唯一の手段としての GET や PUT などの HTTP のリクエスト）。RESTful インターフェイスは、RPC に似た傾向がある WBEM などのウェブサービスインターフェースとは対照的である<sup>3)</sup>。
- 7) NAS (Network Attached Storage)：ネットワークに接続して、コンピュータシステムにファイルアクセスサービスを提供するストレージデバイスを示して用いる用語。一般にこのデバイスは、ファイルサービスを実装するエンジン、データが格納される一つ以上のデバイスからなる。又は、NFS や CIFS などのファイルアクセスプロトコルを用いて、ホストコンピュータにファイルサービスを提供するシステム<sup>3)</sup>。
- 8) マイグレーション：マイグレーションとは、システム、または、データ資産の移行作業のことである。マイグレーションは、基幹システムの新しいプラットフォームへの移行や、OS やハードウェアなどの環境が異なるシステムへの移行を指す場合が多い<sup>2)</sup>。
- 9) LRU 制御：広さの限られた一時的な保管場所が満杯になったとき何を棄てるか決定する基準の一つで、最も過去に使用されたものから順に破棄する方式<sup>4)</sup>。
- 10) HSM (Hierarchical Storage Management/階層ストレージ管理)：通常、非活動状態をベースに行われる、ストレージデバイス間でのデータオブジェクトの自動移送。HSM と略される。階層ストレージ管理は、コストパフォーマンス面でのストレージ階層の考えに基づいている。低いアクセス性能（アクセス時間がより長い）を許容することによって、オブジェクトをより低コストで保存することができる。アクセス頻度の低いオブジェクトを階層内のより低いレベルに自動的に移動することによって、よ

り使用頻度の高いオブジェクトに対して高コストのストレージが開放され、全体としてより高い費用対効果が実現される<sup>3)</sup>。

- 11) SDS(Software Defined Storage) : サービス管理インターフェイスを持つ仮想化されたストレージ。SDS は、サービス管理インターフェイスから指定されるデータサービス要件を満たすストレージプールを含む<sup>3)</sup>。
- 12) スケールアウト機能 : コンピュータシステムの性能を增強する手法の一つで、コンピュータの台数を増やすことでシステム全体の性能を向上させること。処理を並列化、分散化できるシステムで適用される<sup>4)</sup>。
- 13) RBAC (Role-based access control): 組織と組織のポリシーを反映する役割に対して認可を割り当てるアクセス制御手法。SLA (Service Level Agreement) : IT 部署、ISP といったサービスプロバイダもしくは、サーバとして振る舞うインテリジェントデバイスとサービスを受ける顧客間の合意。サービスレベルアグリーメントはサービスを図るパラメータを定義し、そのパラメータの定量的な値について言及する<sup>3)</sup>。
- 14) ISMAP (Information system Security Management and Assessment Program) : 政府が求めるセキュリティ要求を満たしているクラウドサービスを予め評価・登録することにより、政府のクラウドサービス調達におけるセキュリティ水準の確保を図り、もってクラウドサービスの円滑な導入に資することを目的とした制度<sup>5)</sup>。
- 15) NIST SP 800: NIST SP 800-171 : 米国政府機関が定めたセキュリティ基準を示すガイドライン。政府機関からだけでなく取引企業からの情報漏洩を防ぐために、業務委託先におけるセキュリティ強化を要求する内容になっている<sup>6)</sup>。
- 16) S3 Select: オブジェクトから必要なデータのみを抽出するよう設計された、新しい Amazon S3 機能で、パフォーマンスを大幅に改善し、S3 のデータへのアクセスに必要なアプリケーションのコストを削減することができます<sup>6)</sup>。
- 17) FITS (The Flexible Image Transport System): 天文分野で使われるファイルの代表的フォーマット (形式)。現在では、天体スペクトルのデータ、X線観測のイベントデータ、天文カタログを収めた表データなどの天文分野で使われる一通りのデータを扱える汎用のフォーマットになっている<sup>7)</sup>。
- 18) OAIS 参照モデル (Reference Model for an Open Archival Information System) : 国際標準規格 (ISO 14721:2012) として制定されている情報の長期保存システムの構築に対する有力なモデル。欧米ではデジタルアーカイブシステムの基本的要件として OAIS 参照モデルへの準拠が求められている<sup>8)</sup>。
- 19) P2P (Peer to Peer) : ネットワーク上で機器間が接続・通信する方式の一つで、機能に違いのない端末同士が対等な関係で直に接続し、互いの持つデータや機能を利用し合う方式<sup>4)</sup>。

- 20) コロケーション：所有者や運用者が異なる設備や機器を同じ施設にまとめて設置すること、またはそのような共同の設置場所<sup>4)</sup>。
- 21) チャンク：大きな塊、ぶつ切り、大量（の）、などの意味を持つ英単語。IT の分野では、大きなデータを分割して制御情報を付加したひとまとまりの断片などのことをチャンクと呼ぶ<sup>4)</sup>。
- 22) CRUSH ルール：データの格納場所を計算することによって、どのように格納および取得するかを決定するルール。
- 23) 交替セクター/ブロック：メディアに欠陥セクターが存在した場合、エラーがあるセクターを交替させるための交替領域にある正常なセクター/ブロック。
- 24) ノード：I/O インターコネクトやネットワークに接続されたアドレス指定可能なエンティティ。コンピュータやストレージデバイス、ストレージサブシステムのほか、スイッチやルータ、ゲートウェイなどのネットワークインタコネクションデバイスを指して用いられる。バスやネットワークに接続されるノードの構成部分はポートである<sup>3)</sup>。

## 1. データ保全とストレージの階層化

ここで言う「データ保全」とは、データが記録された時点の内容を、必要な時に読み出せることを言う。また、データの保持期間全体に渡って、その機能が継続的に提供され続ける必要がある。それは、機器や記録メディアの障害があっても、必ず他の記録メディアなどからデータが再現されることが必要である。そして、数十年または百年単位でのデータ保全を考えると機器や記録メディアの経年変化やマイグレーションを経ても確実にデータを再現することが求められる。

データ保全の一部である「データ保護」の基本的な考え方としては、3.4章で述べる「3-2-1」(3 Copies, 2 Different Media Types, 1 Copy Offsite)による冗長化手法があるがユーザー側で実装が進んでいるとは言えない状況にあり、これを容易に実現できる仕組みを提供することが必要と考えられる。一方で、ランサムウェアによりバックアップやコピーされたデータまで暗号化されデータ復旧が困難になるケースが増えており、こういった事象への対応も求められる。その中で、データ汚染に強い、オフラインメディアの有効性について注目されている。

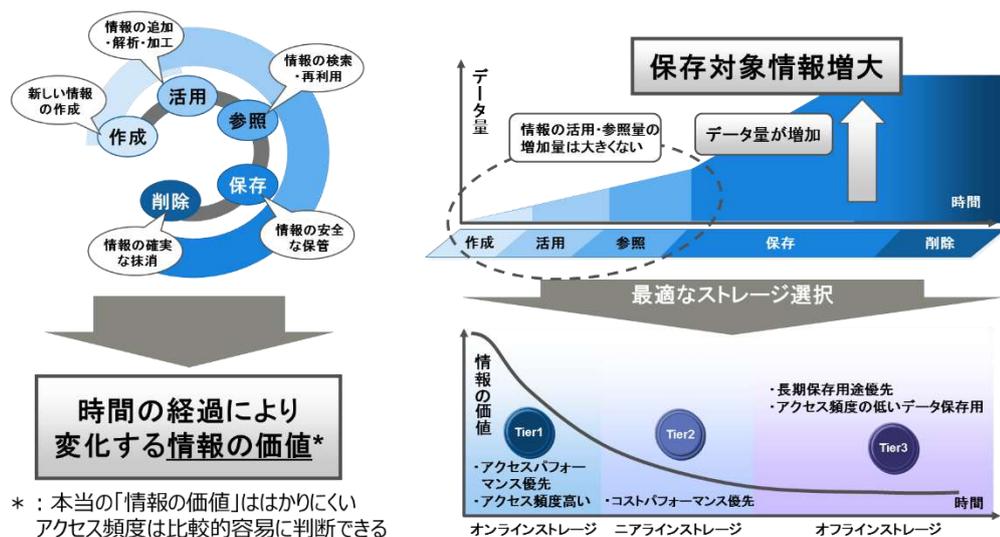
これまでもデータ保護機能は、バックアップソフトウェアと一次ストレージおよび二次ストレージの組み合わせで実現されることが一般的であった。ただ、ある時点のデータのコピーを保存するバックアップ/リカバリーとオリジナルデータそのものを長期保存するアーカイブでは、データ保全の仕方が変わってくることに注意が必要である。

ここで、複数の記録メディアを利用することを前提とし、利用者側の利便性を高める手段として、「ストレージの階層化」が考えられる。この階層ストレージの中で、複数の記録メディア種にデータのコピーを自動的に行うことで前述の「3-2-1」などの機能を提供することが可能となる。

### 1.1 情報ライフサイクル管理

ストレージに格納されるデータについては、利用頻度という観点で分類することができる。一般にデータ(情報)の価値を決めることは難しいが、利用頻度を価値と読み替えると、それに合わせたデータ保管コストの最適化という考えに至る。特に大量データを保管する場合コストが課題になることが多く、その解決方法の一つとして情報ライフサイクル管理(ILM: Information Lifecycle Management)がある。

データ(情報)は時間の経過と共に、生成、活用、参照、保存、削除といったフェーズを辿る。一般的には保存フェーズは期間も長くデータ量が多くなるため、この領域のコスト削減とデータ管理に着目したものが ILM である。(図 1-1 参照)



\* : 本当の「情報の価値」ははかりにくい  
アクセス頻度は比較的容易に判断できる

図 1 - 1 情報の時間的経過とストレージの関係

アクセス頻度に合わせて複数のストレージを活用するに当たり、その間のデータ移動をスムーズに行うことが求められる。これを実現するのが階層型ストレージである。

## 1.2 ストレージ階層化モデルと管理

ここでは、Society5.0/データ駆動型社会において必要となるエグザバイトスケールの次世代のデータ蓄積基盤構築を前提に、超大容量ストレージの適するオブジェクトストレージを用いることを前提とする。以下、オブジェクトストレージを用いた階層型ストレージのイメージとデータ管理の概要について解説する。

大きく 3つの機能ブロックから構成される。(図 1 - 2 参照)

### ① ゲートウェイ

オブジェクトストレージとしての RESTful API を処理すると同時に、ホットストレージ/コールドストレージへのアクセスや階層間のデータ移動を行う。

ロードバランサなどを使うことで複数のゲートウェイノードで分散処理する事が可能であり規模の拡大にも対応できる。

### ② ホットストレージ (低レイテンシ領域)

HDD(Hard Disk Drive)や SSD(Solid State Drive)で構成され、3重化以上のミラーまたは、イレージャーコーディング技術でデータプロテクションを行う。ここで用いるデータプロテクション方式はメディアのエラーレートを考慮する必要がある。

### ③ コールドストレージ (高レイテンシ領域)

オンプレミスの Restful API をサポートするオブジェクトストレージ、ファイルアクセスのストレージの他、主要なパブリッククラウドのオブジェクトストレージをコールドストレージとして利用することができる。

アクセス頻度の少ないデータを配置するコールドストレージには、磁気テープや光ディスクを使用することで、異なるメディア種の利用を容易にし、容量当たりの記録コストや消費電力の削減を実現することができる。

データプロテクション機能はそれぞれのストレージが機能として装備する必要がある。また、磁気テープや光ディスクのライブラリ装置なども、内部で自律的に制御することで独立した機能ブロック化しており、多くの機器ベンダーが採用しやすい形式をとっている。

従って、制御機構を持つ Cold Storage Control Unit(サーバおよび制御ソフトウェア)とライブラリ装置で構成され、自律的に記録メディアとオブジェクト(データ)の管理などの機能を提供する。上位のゲートウェイとは、RESTful API(Amazon S3 互換など)やファイルシステム(NAS)としてアクセスする機能を有する。

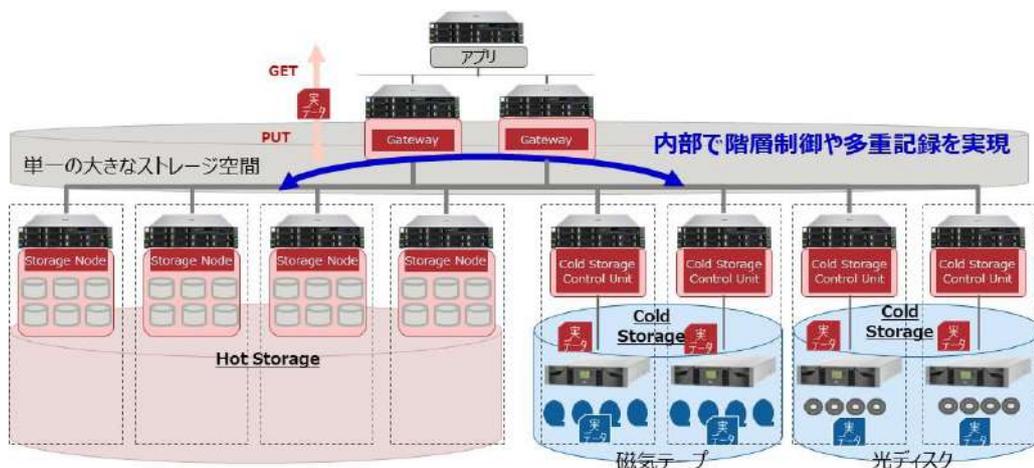


図 1-2 階層型ストレージの構成イメージ図

データの入出力に関する主な動きは以下ようになる。

- ① PUT API にて転送されたデータ(オブジェクト)は、ホットストレージに書き込まれる。

その後、設定された階層制御ポリシーなどに従い、コールドストレージへの移動や複製データの生成が行われる。また、ポリシーに応じてサイト外への遠隔地レプリケーションが行われる。

階層制御ポリシーで一般的なものは以下が挙げられる。

- ✓ 一定期間経過でマイグレーション
- ✓ キャッシュディスク(ホットストレージ)の使用率(High/Low Watermark)をベースに LRU 制御\*にてマイグレーション
  - \* LRU 制御：最も過去に使用されたデータから順に破棄する方式
- ✓ データサイズやデータ種による強制マイグレーション
- ✓ マイグレーションしない

② GET API では記録されたストレージ層を意識することなくオブジェクトが読み出される。

### 1.3 階層型ストレージに求められる要件

本ガイドラインで考える階層型ストレージは、従来型のファイルアクセスをベースとする HSM(Hierarchical Storage Management)ではなく、オブジェクトアクセスをベースとした SDS(Software Defined Storage)で、スケールアウト機能を持つ階層型ストレージをスコープとしている。これは、組織外とのデータ交換・流通を前提として考えた場合、RESTful API でインターネットからアクセス可能である必要があり、さらに規模の拡大への対応や機器のマイグレーションのためにスケールアウト構成を取る必要があるためである。

上記の基本的な考え方に基づきこれまでの HSM とは異なる要件が発生する。詳細は表 1-1 に記載するが、主な新機能は以下のようなものが挙げられる。

- ① 複数の組織からの利用が想定されるため、認証、セキュリティ、マルチテナントへの対応
- ② SDS としてのデータプロテクション機能
- ③ 長期データ保証のための定期的な自己チェック機能とデータ復元機能
- ④ スケールアウト構成での増設・減設、および機器・記録メディアのマイグレーション機能

表 1 - 1 階層型ストレージに求められる要件

機能カテゴリ	機能項目	備考
階層型 ストレージ 機能	階層制御の基本機能と 複数のポリシー設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>データのアクセス特性に合わせた複数の記録メディアの階層制御定義</li> <li>マイグレート条件(日数/オブジェクトサイズ/拡張子/パラメータ:即時指定など)</li> <li>リコール時のキャッシュ保持期間</li> <li>High/Low Watermark 制御</li> <li>データのグルーピングと一括マイグレート/リコール</li> </ul>
	オフラインメディアの アクセス方式	ファイルまたはオブジェクト形式でのアクセス技法 ・生のライブラリ制御はベンダー側提供ソフトで隠ぺい
	外部連携	下位層としてパブリッククラウドのストレージと連携 (Amazon S3/Azure など)
		Box/Sharepoint などのアプリやサービスの外部ストレージとして接続
	リソース制御	マイグレーション/リコールで使用するリソースの上限設定など 媒体・ドライブ割り当ての最適化/排他制御
	インターナル ジョブ管理	マイグレーション/リコールおよびデータ復旧などの内部ジョブ管理機能
	スループット性能の 確保	シングル・ストリーミングでの高スループット性能の確保
・複数ドライブ(媒体)の並列動作機能など キャッシュディスクのデフラグ		
アクセス状況に応じた 最適配置	アクセスログの分析から格納領域の自動最適化 ・ポリシーやAPI 設定からの変更を通知	
データ保全	レプリケーション	一般には三重化以上のレプリケーション技術
	イレージャー コーディング	データ保存コスト削減と保全性のバランス ・適切なパフォーマンスの確保 ・媒体のエラーレートに応じた冗長性の確保
	遠隔地 レプリケーション	オンラインでの遠隔地センター間データ同期
	改ざん検知 (データ異常検知)	ネットワーク上の転送に関しては、ハッシュ値確認機能なども検討要(「周辺機能:接続ネットワーク関連」の項) データ読み出し時または定期的にハッシュ値と比較 外部機能としては電子認証およびタイムスタンプなどを用いる方法が一般的である。 どこまでの機能実装が必要かはデータの利用要件にかかわるが、データの生成から利用までの全般に渡る機能提供では電子認証およびタイムスタンプなどを用いる。 電子認証やタイムスタンプは認証局の方式変更があり、この際に認証情報の再付与が必要となる。データ量が多くなると、認証情報の再付与のための I/O 負荷がシステムリソースを圧迫するため性能に対する考慮が必要となる。
	削除防止/データ改ざん 防止	データ改ざん防止の前に、基本的な要件として削除の防止が必要である。削除防止/改ざん防止には、メディアが WORM であるだけではできないが、ファイルシステムや Hot 層の対応も必要。基盤側だけであれば、DELETE/UPDATE の API を実装しないなど API レベルでも実現可能。メディアが WORM であることで、オリジナルデータが媒体上に残るメリットはある。

表 1-1 階層型ストレージに求められる要件 (その 2 前頁からの続き)

機能 カテゴリ	機能項目	備考
データ保全 (前頁からの 続き)	媒体上の暗号化と 統合的な 暗号鍵管理システム	記録媒体に依存しない暗号化と鍵管理システム Trusted Computing Group (TCG) / Opal Storage Specification 準拠など 媒体を持ち出すと読めない／再組み込みで読める HDD/SSD の SED および LTO は対応可 * 媒体廃棄と合わせて検討が必要
	暗号危殆化対策	ハードウェア暗号化の場合、機器のリプレイス (5~7 年) に より暗号方式の変更が可能*である。 *: 適切な暗号化方式に対応したハードウェアが提供されてい る前提。システム提供側は機器の入れ替えおよびデータマイグ レーションを速やかに実施する必要あり。また、媒体の外部保 管(棚管理)している場合もデータマイグレーションが必要。 ユーザー側で暗号化する場合は対策が必要となる。 データはユーザーによって、「読出し→復号化→新暗号方式で の暗号化→書込み」の必要がある。合わせてユーザーによる、 暗号鍵管理が前提。 ・過去の暗号方式のデータの完全消去が必要 (改版として保存すると解読されてしまう) ・基盤側としての対応 上記のデータ消去に伴い、記録されていた WORM メディアは 破棄。
	記録データの定期的な 品質チェック、 訂正機能	各記録メディアの定めに従い、必要に応じ定期的に記録された データの品質チェックを行う。 その品質の判定は、各記録メディアの指定に従って、データ エラーレート、コレクタブル/アンコレクタブルエラー、交替 セクター/ブロック使用数などを使って判定する。
	バックアップ	階層ストレージ内の異なるメディアを活用した 自動バックアップと障害時の復旧機能
システム管理	認証機能	
	アクセス権限管理	利用者属性に応じたデータアクセス機能 ・ Owner / User Group が不在となったオブジェクトの処置の 考慮
	管理・監視機能	稼働状況・障害・性能監視、構成管理 寿命管理(媒体、ドライブ、ロボット) / 交換指示 ハードウェア版数、BIOS / ファーム版数、ソフト版数管理 負荷状況によるリソースの自動再配置(性能平準化)
	アクセスログの取得と 監査機能	通常のアクセスログだけでなく、特権 ID の操作ログも取得 ・ e-Discovery などへの対応も検討要
	マルチテナント	セキュアな分割機能。認証、RBAC <sup>1)</sup> との連携 複数のサービスレベルの提供 ・ SLA <sup>2)</sup> を担保する仕組み
	Role-based access control (RBAC) <sup>1)</sup>	権限分割と移譲の仕組み
	課金システム	認証機能・アクセス情報から課金請求 / 回収 必要となるメトリック情報の収集が必要
セキュリティ	ISMAP <sup>3)</sup> や NIST SP800 <sup>4)</sup> などへの対応 ・ 侵入検知 / 遮断、汚染データの削除と復元 ・ ソフトウェア / ファームウェアの保護と復元	

表 1-1 階層型ストレージに求められる要件 (その 3 前頁からの続き)

機能 カテゴリ	機能項目	備考
外部インター フェース	オブジェクト アクセス	Amazon S3 など主要クラウドサービスとの互換機能 ・ 必要に応じ S3 Select <sup>5)</sup> などの機能実装
		データ流通の仕組みとの連携
		意図しない消去やアップデートの抑止
データ管理	保存要件ごとの処理	保存期限設定：期限後の自動削除(通知機能の考慮) ・ 公文書の場合、期限満了後、国立公文書館への移管あり 改ざん防止設定(削除不可)／改版可能(履歴あり)
	データのリネージュ	データの改版および来歴管理
	メタ検索機能	利用者権限に基づくデータの検索機能/データ間の関連付け AI によるメタの自動付与についても検討 メタの保存形式についても検討要
	個人情報などの秘匿化	意図せず混入している個人情報などの削除(マスキング)やア クセス制限 ・ 書込み直後は読出し不可とし、クリーニング後問題 なければアクセス可とする
	データフォーマット 変換機能 (見読性の担保)	経年によるデータフォーマットが変化することへの対応 ・ 改版保存としてオリジナルデータを残す(リネージュとして) ・ 例として、天文分野で画像ファイルを FITS フォーマット <sup>6)</sup> で保存する取り組みなど ・ OAIS <sup>7)</sup> など ISO もあり対応を検討する必要あり
ライフ サイクル マネジメント (LCM)	ハードウェア保守	リソース切り離し・組み込み、データ再同期、強制ノード間 コピー 大規模環境での機器の物理位置の把握と作業者への表示機能
	ソフトウェア アップデート	改版管理、ローリングアップデート ・ 予約アップデートなど省力化／無人化への対応
	ベンダー保守レス運用	サーバ/HDD/ネットワーク機器の使い捨てによる 保守コスト削減 磁気テープ/光ディスクライブラリの考慮
	機器増設・減設	ソフトウェア・ファームウェアの自動適合化 ソフトウェアのコンテナ化と自動配布(配布管理) ハードウェアの機能ブロック化(増設単位)
	機器・媒体のマイグレ ーション	ライブラリ・ドライブ・媒体の更新方法 オンライン移行のための階層制御ソフトの機能 媒体の直接移動による移行方式の提供
	リプレース機器/ 媒体のデータ消去/ 廃棄	暗号化のみの廃棄可否 廃棄業者との契約 廃棄メディアの再資源化の検討
	ドライブ・ クリーニング機能	自動的なクリーニング動作
	メディアエラー時の データ復元	冗長データからの復元
	インシデント管理/ リリース管理/ 修正確認と情報共有	サービス品質維持のための開発・運用者間の各種調整と 情報共有

表 1-1 階層型ストレージに求められる要件 (その 4 前頁からの続き)

機能カテゴリ	機能項目	備考
周辺機能	大量データの移入/移出	短期で PB クラスの移入作業など セキュリティを担保した安全なデータ移入/移出手段の提供
	可搬媒体での移入/移出	ネットワーク転送が困難なケース(データ量/環境) DC 環境ではない現場の環境への対応 暗号化による情報漏えい防止/改ざん防止(WORM) 輸送業者との契約 媒体によるデータアクセスを可能とするセキュリティルーム(端末)
	接続ネットワーク関連	安全な P to P <sup>9)</sup> 接続機能, 暗号通信, 認証機能
		ネットワーク上のデータ改ざん防止・検知 複数サイトを跨いだデータの来歴管理(リネージュ) ・転送データのハッシュ確認など
	媒体の外部保管	媒体の投入/排出/マウント要求(人的動作との連携) 媒体の入出庫管理(RFID 利用など) DC 入り口への余熱室設置(結露防止)/温湿度環境差 オペレータ管理
コスト削減	データリダクション	性能的にロスレスな圧縮機能など(LTO は対応) 重複排除機能
	媒体利用効率向上	磁気テープ上のデータコロケーション <sup>9)</sup>
省エネルギー	DC スペース/空調などのコスト	機器の発熱量だけでなく, 容量観点でのスペースと空調コストも考慮
	ドライブの電源制御による消費電力削減	オンライン(HDD/SSD) 領域で MAID(Massive Array of Idle Disks) 機能や電源制御などの取組み 光ディスク/磁気テープ・ドライブの未使用時の電源断
ファシリティ	保守スペース	ベンダー保守機器は必要な保守スペースの確保要 特に大型ライブラリ装置
	媒体・投入/排出経路	媒体の搬入・搬出経路確保
	物理セキュリティ	媒体への人的アクセスを制限する鍵付き檻など
その他の付帯サービスなど	媒体輸送業者	機密保持契約など
	産業廃棄物処理業者	機器/媒体の廃棄および再資源化方式 廃棄証明書発行や機密保持契約など
	媒体復旧	水没した光ディスクマガジンの復旧サービス (分解→洗浄→乾燥→組立→データ復旧)
維持体制	ソフトウェア開発 コミュニティ運営	階層制御機能などの開発者コミュニティの維持
	ハードウェアの ブロック化 (サイジング/設計)	増設などの基本単位の設計と更新 ・ブロック化されたハードウェアの追加でスケールアウト ・ハードウェアの更新に合わせた最適化(サイジング)を継続 ・基本性能情報の提示(容量, 時間当たりの転送量など)

## 1.4 階層型ストレージに用いられるシステム技術

ここでは、主要な新しい技術について解説する。

### ① データプロテクション

- イレジャーコーディング(Erasure Coding)

SDS ではデータプロテクションの技術として 3 重ミラー(Triple Mirror)を用いることが多いが、物理容量に対する格納可能な論理容量が少ないため記憶容量当たりのコスト観点で課題となるケースがある。そこで高いデータプロテクション機能を持ちながらコスト効率の良いイレジャーコーディングが利用される。図 1-3 ではデータチャンク( $k=4$ )およびエンコードチャンク( $m=2$ )の例を記載。チャンクが書き込まれる実際の OSD(Object-based Storage Device)は CRUSH ルールに基づき選択される。エンコードチャンク( $m$ )を大きくすると耐障害性が向上するが、データの格納効率が悪くなる。現在、主に使用されている大容量 HDD の場合、 $m$  は 2 以上が推奨。また、データ格納効率を上げるため  $k$  を大きくし過ぎると多重故障のリスクが高まるので注意が必要。OSD の数は  $k+m$  と同じか、それ以上の数とする必要がある。

また、OSD としての容量使用率は構成にも依存するが、障害発生時の縮退状態などを考慮した容量使用率に抑えることを推奨する。

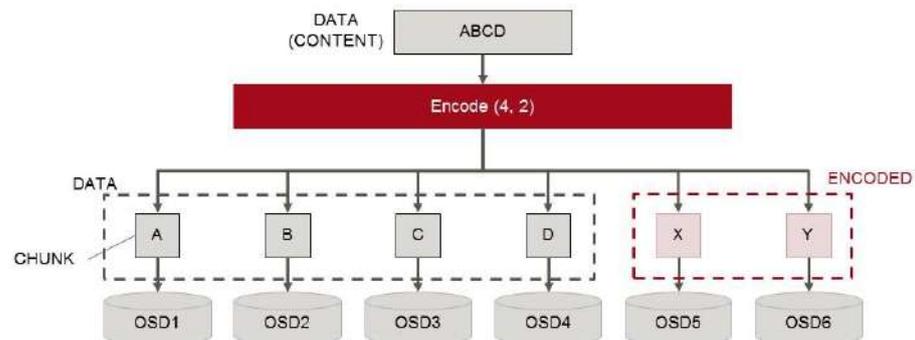


図 1-3 イレジャーコーディング概念図

イレジャーコーディングを使用する場合、多重ミラーに比べ CPU やメモリーの消費量が多くなりレスポンス時間も遅くなる。しかし、アーカイブなど、元々高いレスポンス性能を要求されないシステムでは有効である。

### ② シームレス記録 (カートリッジ・スピニング)

光ディスクや磁気テープのような可搬媒体に、媒体容量を超えるファイルを複数の記録媒体に記録することが可能である。小さなサイズ多数のファイルをキャッ

シユディスク上で一つにまとめて、記録再生効率の良い大きさのファイルにして記録することも行われている。

③ クラウド連携アーカイブシステム

ユーザーはオンプレミスのストレージにアクセスしたまま、容量の拡張としてクラウドストレージを利用することが可能とする機能。データ(オブジェクト)の管理もオンプレミス側のストレージで行う。

機能の利用に当たっては、データ保存に関するセキュリティ要件を確認する必要がある。

④ 記録データの定期的な品質チェック・訂正機能

各記録メディアの定めに従い、必要に応じ定期的に記録されたデータの品質チェックを行う。その品質の判定は、各記録メディアの指定に従って、データエラーレート、コレクタブル/アンコレクタブルエラー、交代セクター/ブロック使用数などを使って判定する。

⑤ データマイグレーション

ハードウェアや記録メディアの寿命を超えた期間のアーカイブでは、機器と合わせたデータマイグレーションが必須となる。ホットストレージの層では、SDSの持つ機能で新たなノードを追加しデータ移動が終了した時点で廃棄するノードを縮退するという作業によりデータマイグレーションが可能であるが、実際のマイグレーションに当たっては、インターコネクトのネットワーク機器の更新や、SDSのソフトウェアを事前に更新するなど留意する点もある。

コールドストレージ層については、記録メディアの寿命とコストの観点で2つのマイグレーション方式がある。

- ハードウェアおよび記録メディアを一括でマイグレーション

図1-2にある Cold Storage Control Unit と記録メディアを含むライブラリ装置を一体として、新しいコールドストレージ(Cold Storage Control Unit と記録メディアを含むライブラリ装置)にオンラインでデータマイグレーションする方式。移行後は古いコールドストレージを撤去する。特に、記録メディアの寿命が近い、または既存の記録メディアに対応したドライブの提供に課題がある場合に選択される。

自動化出来るメリットはあるものの、一般的にマイグレーションに伴うインターコネクトに流れるデータ量が大きい為、マイグレーションの完了までに時間がかかる。

- ハードウェアの更新と記録メディアの物理移動によるマイグレーション

前述の記録メディアを一括でマイグレーションする場合と異なり、ハー

ドウェア機器(Cold Storage Control Unit およびライブラリ装置)のみ更新し、記録メディアについては旧コールドストレージから新コールドストレージに物理的に移動させる。この際、Cold Storage Control Unit の管理情報はオンラインで移行し、記録メディア上の実データは物理移動することで移行時間の短縮や記録メディアのコスト削減を図ることができる。

## 2. アーカイブシステムの導入手順

### 2.1 アーカイブシステム導入の際に考慮すべき事項

#### ① 長期デジタルアーカイブ計画の策定

本ガイドラインでターゲットとしているシステムは、複数の組織で共同または相互で利用することも想定しており計画策定に当たっては利用する組織とインフラを提供する組織間での長期計画の合意などが必要となる。次項とも関連するが、単一の目的のシステムではないことが想定されるため、求められる目的ごとに要件を決める必要がある。

ただし、単一組織での利用であれば当該組織での目的に合わせた保存・利用の計画策定が可能である。

必要に応じて、外部のキュレータなどを入れた計画策定を実施することが最終的に短期間で納得性の高い計画となることもあるので検討を推奨する。

#### ② 組織で求められる要件の明確化

前項の目的・計画に基づき求められる要件を整理する。

- ・ データおよびコンテンツの記録運用規定や教育規定が整備されているか。  
また、それは関連組織のその他の規定などと整合したものになっているか。
- ・ 関連する組織がかかることができるリソースが適正か。

(初期構築と維持運用)

#### ③ アーカイブする対象とデータ量の見積もり

本ガイドラインで対象とする階層型ストレージはスケールアウト構成であり、ストレージノードの構成を小規模としても、システムとしては最低でも数百TB以上がターゲットの容量となる。また、EBクラスを構成することも可能である。

特に数十PB以上の容量では、コールドストレージのコスト効果が顕著になるため、こういった容量帯で活用することが望ましい。

## 2.2 システム例

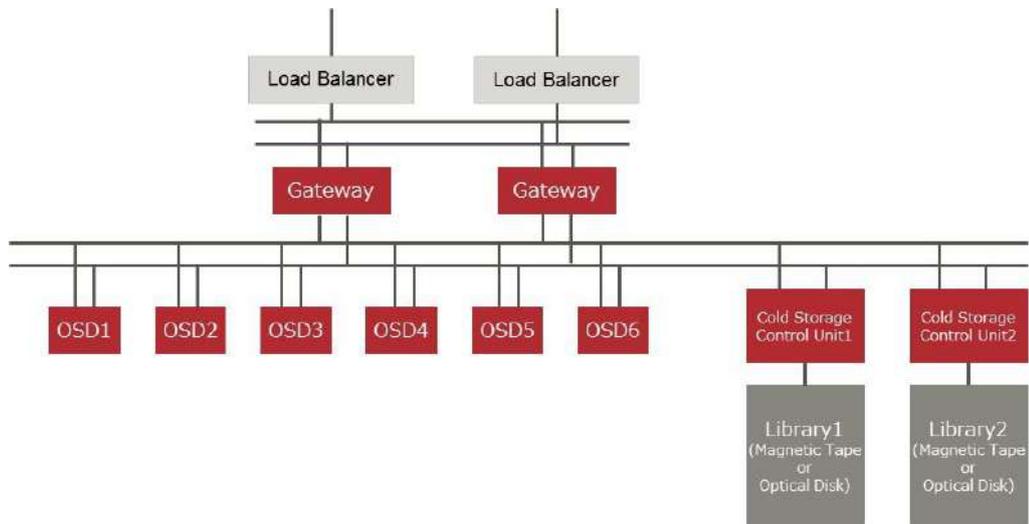


図 2-1 システム構成例

図 2-1 ではホットストレージ部分はイレージャーコーディング( $k=4, m=2$ )の構成でコールドストレージ部分は 2 つのコントロール・ユニットとライブラリ装置でミラー構成を想定している。

この構成では、OSD は 1 台単位での増設，コールドストレージは 2 つのユニット単位での増設が可能である。

想定構成は、OSD には 12 本の 18TB の HDD が搭載，磁気テープライブラリは LTO-8(非圧縮 12TB)が 280 巻搭載可能という構成では記録可能な容量は下記のようになる。

ホットストレージの記録可能容量 =  $(18\text{TB} * 12 \text{本}) * 4(k) * 80\% \approx 691\text{TB}$

コールドストレージの記録可能容量 =  $12\text{TB} * 280 \text{本} = 3,360\text{TB}$

運用の想定によって全体としての記録可能容量は変わるが，全てのデータをコールドストレージに記録する前提であれば，約 3.3PB がシステムとしての容量となる。

ホットストレージは全体をライトバッファとして使用するか，一部を永続記録として使用する方法がある。

### 3. コールドストレージを用いたデータの長期保存

本章では、階層型ストレージシステムに使用されるコールドストレージについて説明する。また、利用環境としては、データセンターを前提とする。

#### 3.1 コールドストレージ

コールドストレージは、コールドストレージ媒体を使用したライブラリ装置（オートチェンジャ）であり、媒体は筐体内の棚に保管され、コールドストレージ制御部の指示に従って自動搬送機構により指定の媒体をドライブに運び、記録及び再生を行う。

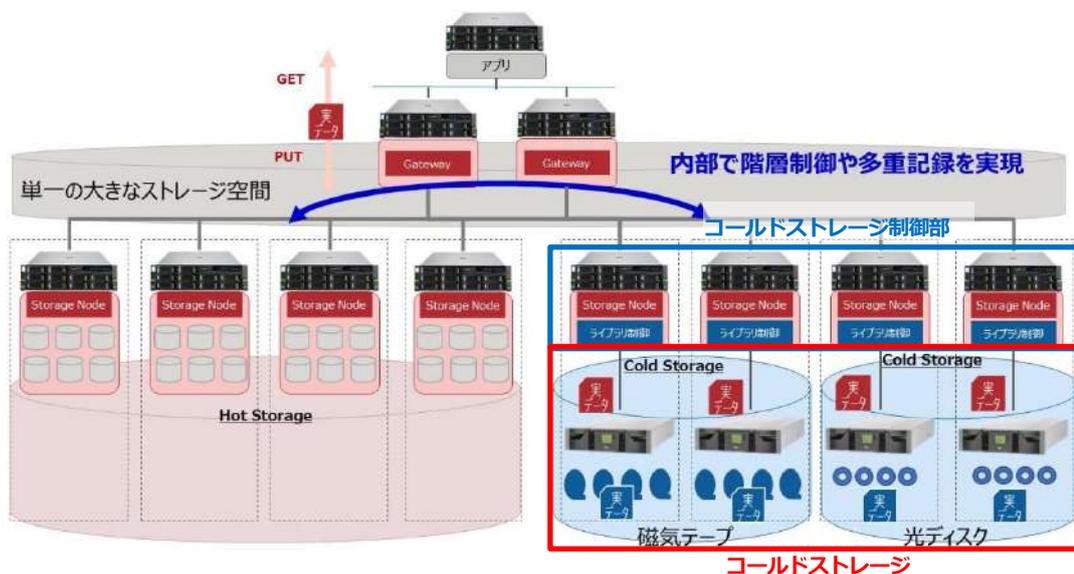


図3-1 階層型ストレージシステム内のコールドストレージ

#### 3.1.1 アーカイブ用コールドストレージ媒体

コールドストレージは、磁気テープの技術と光ディスク技術を使ったものに大別できる。コールドストレージの条件としては、保管・保存に使えることが条件であり、数年以上データを保持できる性能が必要である。

全ての磁気テープや光ディスクがアーカイブに適したコールドストレージということではなく、2021年現在でコールドストレージとして適している代表的なものは、以下の媒体である。

・磁気テープ技術：

LTO (Linear Tape-Open) 磁気テープ, 磁気テープ装置

・光ディスク技術：

JIIMA 認証<sup>\*1)</sup> CD-R / DVD-R / BD-R 光ディスク, 光ディスク装置

Archival Disc<sup>\*2)</sup> 光ディスク，光ディスク装置

- \*1) JIIMA 認証とは，公益社団法人日本文書情報マネジメント協会が，30年の長期保存用に認証した CD-R/DVD-R/BD-R 媒体とドライブの組み合わせ
- \*2) ソニー株式会社とパナソニック株式会社が策定した，デジタルデータを長期保存する業務用次世代光ディスク

### 3.1.2 コールドストレージに対するデータ削除と更新

現在のコールドストレージ（磁気テープ，光ディスク）の記録フォーマットの主流は，追加記録形である。即ち，データを登録する場合に，磁気テープでは始点から終点に向かって，光ディスクでは半径方向にらせん状に形成されたトラックに沿って，記録データを順番に書込む。つまり，データを削除・更新する場合には，元データをそのまま残し，変更した管理情報を追加する。更新する場合は，更新データを追加で書込むことになる。

このような追加記録形のフォーマットでは，その記録容量に関して以下の特徴を持つ。

- ・削除しても使用可能容量は回復しない
- ・更新すると使用済容量が更新分増える

また，データの削除や更新を行うと内部的に複雑なアクセス制御が要求される等のデメリットも発生するため，コールドストレージに対して直接の削除や更新は行わず，コールドストレージ制御部より上の階層で行うことが望ましい。

## 3.2 利用・保存環境

データセンター内で，ライブラリ装置（オートチェンジャー）内に媒体を保管した状態での利用及び保管となる。塵埃・ガスと温湿度に分けて説明する。

### 3.2.1 塵埃・ガス

コールドストレージは，ホットストレージと異なり，媒体とドライブが分離していることから塵埃・ガスの影響を受けやすい宿命を持っている。もちろん，媒体の保管時には専用ケースに入れたり，各社のドライブやライブラリには防塵設計を取り入れたりしているが，長期に渡り塵埃が蓄積する可能性があり，取扱いには注意を要する。

塵埃・ガスの影響を受けやすい順番は図3-2の通りである。オートチェンジャー内（図中③）でも塵埃やガスの影響は受ける。

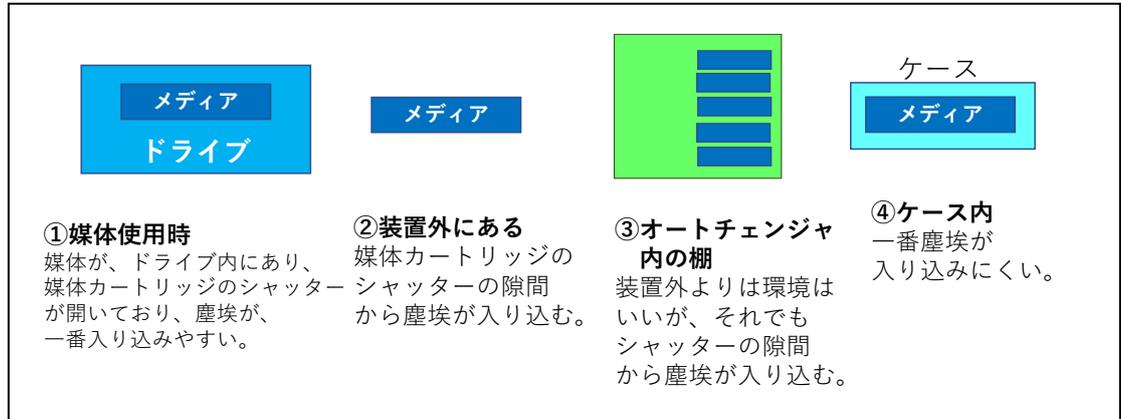


図3-2 塵埃やガスのコールドストレージへの影響

データセンター内ということ、通常、塵埃やガスは少なく、またライブラリ装置内ということ、半密閉構造に見える。しかし、トナー粒子などは数 $\mu\text{m}$ の大きさであり、わずかな隙間からでもライブラリ内に侵入することがある。

また、ライブラリ内の媒体はケースに入っていないため、長い時間の中で塵埃が媒体に付着、蓄積することもある。

このため、プリンタや空調の吹き出し口等の微細塵埃の発生する場所からは遠ざけて設置する必要がある。

#### (1) 磁気テープの場合

- ・テープが走行すると、ヘッドとの間の摩擦で自ら粘着性の塵埃が発生する。
- ・ヘッドに塵埃が付着すると書込み、読取りエラーが発生するため、ヘッドクリーニングを定期的に行う必要がある。
- ・媒体そのものに付着した塵埃は、媒体の記録面が薄いため、深刻な損傷を与え、読み出しエラーに繋がる。
- ・読み出しエラー発生の際のある場合、当該媒体のデータを新媒体に書き直す必要がある。

#### (2) 光ディスクの場合

- ・ヘッドと媒体は非接触であるため、自ら塵埃を発生することはない。
- ・特に、塵埃がヘッドに蓄積すると書込み、読み出しエラーが発生し、ドライブ交換が必要となる。
- ・媒体に塵埃が蓄積すると、読み出しエラーが発生する。媒体自体が損傷を受けるものではないが、この塵埃を取り除く作業には、多大な手間がかかる

ことから、新媒体に書き直すことを余儀なくされる。ただ、媒体が損傷を受けてはいないため、磁気テープより深刻度は低い状態である。

### 3.2.2 温湿度環境

一般には媒体の仕様として、ドライブ外の「保管・保存環境」とドライブに挿入した状態の「使用環境」が示されている。「使用環境」は「保管・保存環境」より広い温湿度範囲に緩和されており、媒体の寿命に取っては良くないが、一時的に許可する限度である。

データセンターでは、一般にコールドストレージとして使用されるライブラリ装置内の温湿度環境が媒体の「保管・保存環境」を満たす必要がある。

また、ライブラリ内のドライブで媒体の記録再生を行う場合が、媒体の「使用環境」にあたり、ドライブ内の温度上昇があっても「使用環境」を超えないようなライブラリである必要がある。(図3-3参照)

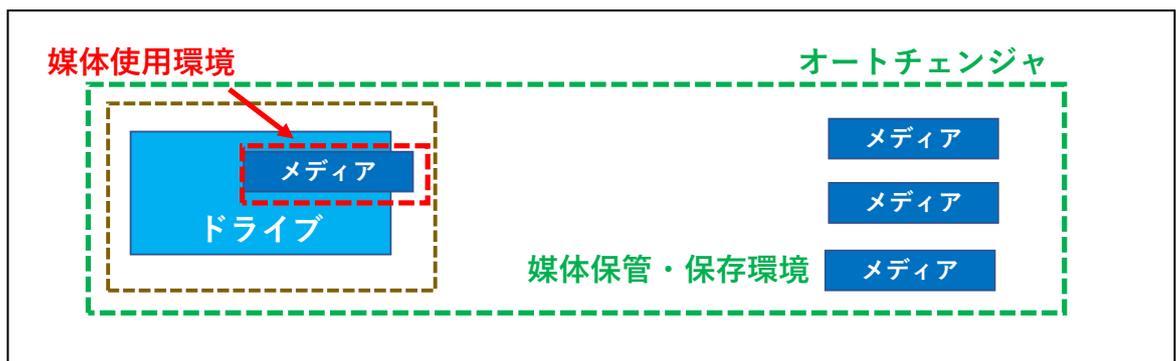


図3-3 コールドストレージ媒体の温湿度環境

表 3-1～3-3 に、磁気テープ(LTO)、JIIMA 認証 CD-R/DVD-R/BD-R、Archival Disc の期待寿命と保管環境をそれぞれ示す。

表 3-1 磁気テープ(LTO)の期待寿命と保管環境

期待寿命	30 年以上
保管温度	短期：16～35℃（最大湿球温度：26℃） 長期：16～25℃（最大湿球温度：26℃）
保管湿度	短期：20～80%RH（結露しないこと） 長期：20～50%RH（結露しないこと）

表 3-2 JIIMA 認証 CD-R/DVD-R/BD-R の期待寿命と保管環境

期待寿命	30 年以上
保管温度	長期：10～25℃
保管湿度	長期：40～60%RH

表 3-3 Archival Disc の期待寿命と保管環境

期待寿命	100 年以上
保管温度	長期：10～30℃
保管湿度	長期：30～70%RH

### 3.3 ファイル一致検証

ストレージ間でデータを転送した場合に、伝送路にあるケーブルが受けるノイズ等によりデータが損傷を受けることがある。例えば、図 3-4 に示すように、ホットストレージから第 1 世代コールドストレージへのファイルのコピー(①アーカイブ時)、または第 1 世代から第 2 世代のコールドストレージへのファイルのコピー(②移行時)を実施した際、コピー後のファイルの内容がコピー前のものと異なり、損傷を受けることがある。コールドストレージに限ったことではないが、この場合、転送元とは異なるデータが転送先に記録されてしまうことになる。

従って、転送前後でのデータの一致を確認する手段として、「ファイル一致検証」が用意されている。

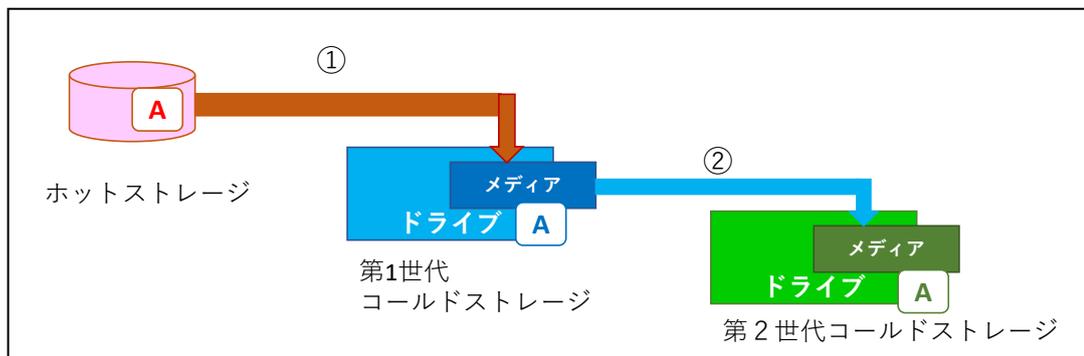


図3-4 コールドストレージへのデータ転送

ファイル一致検証の方法には、以下のような方式がある。

a) ファイルサイズ比較

コピー前後のファイルサイズを比較する

b) ファイルハッシュ値比較

コピー前後のファイルのハッシュ値を比較する

c) バイナリファイル比較

コピー前後のファイルをバイナリレベルで比較する

a) は必須とすることを推奨する。ただし、サイズが同じなだけで不一致が発生している可能性が残るため、記録・証拠を残すという意味がある場合は、b) または c) を実施することを推奨する。

b) の方式を利用し、ファイルの管理台帳にファイルサイズ及びハッシュ値を登録しておけば、利用者が取り出したファイルのハッシュ値と登録したハッシュ値を比較することができ、アーカイブしたファイルとの一致が確認可能である。

階層記憶管理では、コールドストレージ制御部より上の階層でファイル毎のファイルサイズとハッシュ値のテーブルを持つこと、すなわち、a) + b) を行うことを推奨する。

### 3.4 コールドストレージの冗長化

あるコールドストレージの媒体のデータ障害発生率を「 $\alpha$ 」とすると、同一種類の別媒体にも同じデータを記録しておけば、一つの媒体でデータエラーが発生しても同時にエラーが発生する障害発生率は「 $\alpha^2$ 」となり、格段に低くなる。これが媒体を正副で持つという基本パタンの根拠である。

一方、災害対策を考慮した場合、一拠点だけにデータを保有していると、その拠点が災害を受けた際には、正・副両媒体とも喪失する、または使えなくなるリスクがあることがわかる。従って災害対策を考慮すると、媒体はメインサイトと遠隔地のサブサイトの少なくとも二拠点以上に分散配置することが必要となる。

階層記憶管理では、メインサイトと遠隔地のサブサイトの少なくとも二拠点を保有し、正媒体及び副媒体を保管することが基本となる。(図3-5参照)

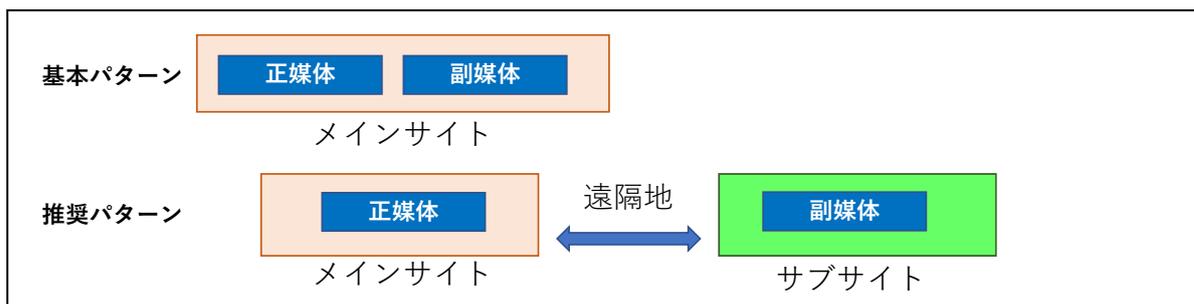


図3-5 媒体の分散配置

また、コールドストレージの容量が大きいことから、媒体一単位毎に満杯になった後、その副媒体を作成しサブサイトに送り込むという手法がとれない。そのため、メインサイトとサブサイトをオンラインで結んで、正副媒体の同期を取ることを推奨する。(図3-6参照)

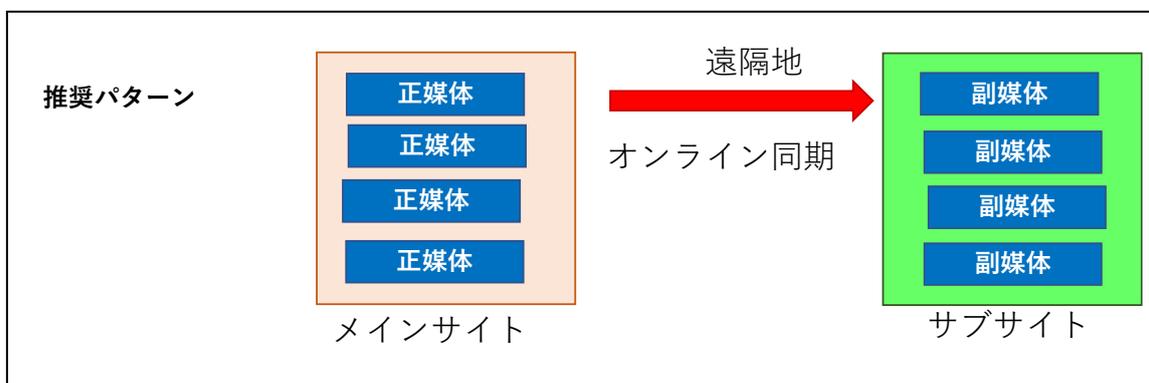


図3-6 拠点間の連携

### 3.5 長期保管・利用のためのマイグレーション

電子技術の進歩は目覚ましく、新しい技術でコールドストレージ媒体の記録密度は向上を続けている。このような新しい技術を逐次使用していくことで、媒体個々の寿命やドライブの提供期限に縛られることなく、保管及び利用期間を延長していく運用方法がマイグレーション(移行)という考え方である。

コールドストレージを使用してデータをアーカイブする場合、コールドストレージ

の媒体寿命と媒体利用可能残期間の2つを考慮する必要がある。

#### (1) 媒体寿命

媒体の物理特性の経年劣化により、記録したデータの読み出し時の信号が減衰し、正しく再生できない状態になる。すなわち、データは媒体にエラーコレクションコード付きで記録されているが、劣化が進み、この訂正範囲を超えるようになると訂正不能データエラーとして、再生できなくなる。このようなデータが読み出せなくなるまでの期間を媒体寿命と呼ぶ。

#### (2) 媒体利用可能残期間

一方、媒体だけが残っても再生装置がないとデータは読み出せない。この点は重要であり、このガイドラインでは、再生装置が提供される期間と媒体の寿命の両方を考慮してデータ再生ができる期間を「媒体利用可能残期間」と呼ぶ。

#### (3) 媒体利用可能残期間の例

媒体寿命が30年のコールドストレージ媒体に10年前に書き込みを行ったとする。この媒体を再生できるドライブの保守期限が7年後で、以降はこの媒体を再生できるドライブの提供がない場合には、媒体寿命は20年残っているとしても、媒体利用可能残期間は7年となる。この7年間の間に新しい世代または新しい種類の媒体にデータをマイグレーションする必要がある。(図3-7参照)

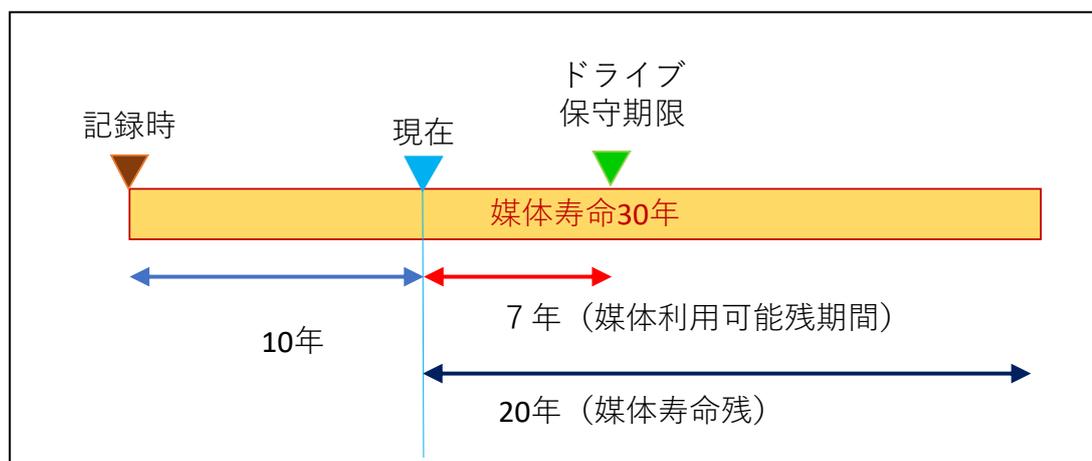


図3-7 媒体利用可能残期間の例

### 3.5.1 LTOのマイグレーション例

LTOの媒体寿命は30年程度と長いですが、高密度化技術を取り込んでいくことから媒体は大容量化し、新世代媒体が逐次登場する。一方、ドライブは高密度化の影響を受け、10年以上前の世代の媒体を読み出す機能を持っていない。

図3-8にマイグレーションの例を示すが、ライブラリを含めたコールドスト

レージの利用可能期間をここでは7年と仮定する．この例では，第1世代コールドストレージの利用可能期間を2年残し，2021年に第2世代コールドストレージを導入し，階層記憶管理システム内で2021年中に第1世代で記録した媒体を新世代の媒体に移行（マイグレーション）する．その後2022年から，ユーザが利用するコールドストレージを第2世代に切り替える．これを繰り返し行うことで，LTOは10年経過すると再生するドライブが提供されないという制約に縛られることが無くなる．

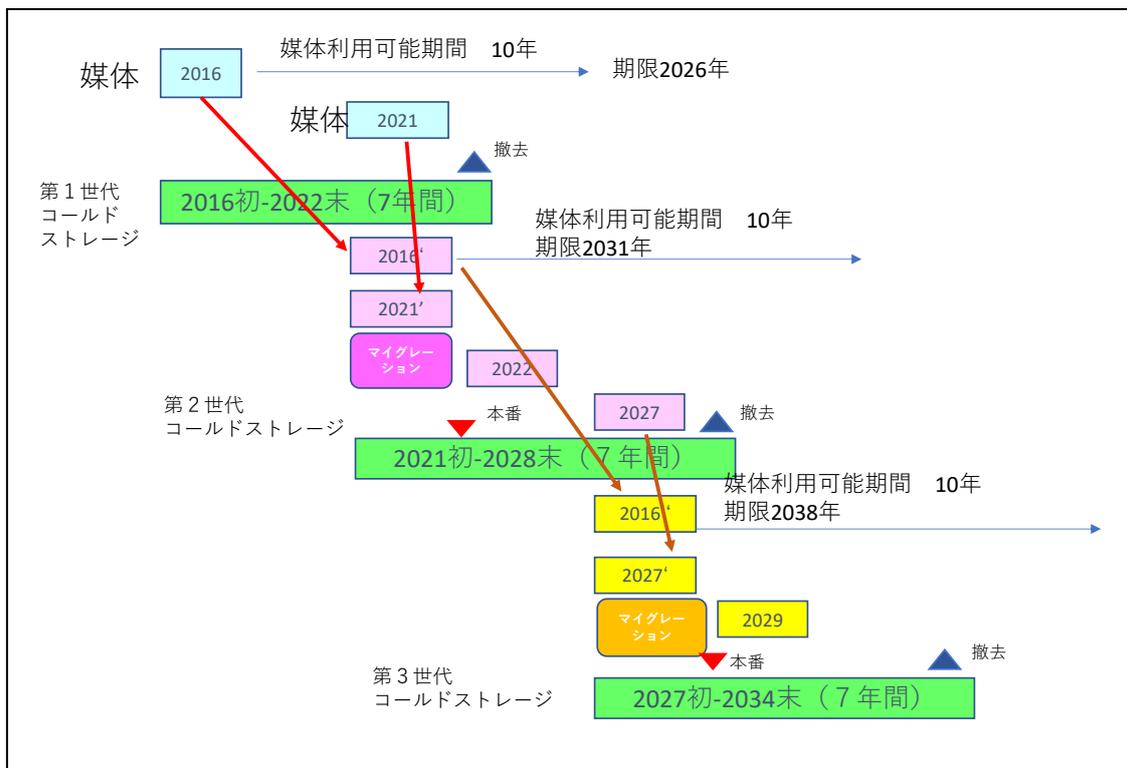


図3-8 LTOのマイグレーションの例

### 3.5.2 光ディスクのマイグレーション

光ディスクの媒体寿命も30年以上と長く，高密度化技術を取り込んでいく中で，常にそれまでの世代の媒体との互換性を維持した読出し機能が備わっている．そのため，磁気テープLTOのように再生ドライブの提供期限の制約によるマイグレーションは必要なく，必要となるのは以下のようなケースである．

- ① 使用媒体が媒体寿命に達する
- ② 省スペースのために新世代の媒体を使用する
- ③ 他の種類の媒体での保管の有利性が高まったため切り替える

①や②の場合は、新世代のコールドストレージを使用して、必要な範囲で現行媒体を新世代の媒体にマイグレーションする。

③の場合は、他の種類の媒体を使ったコールドストレージに移行する。

いずれの場合も現在使用しているコールドストレージの利用可能期間を勘案し、計画的に実施することが必要である。

### 3.6 コールドストレージ媒体の廃棄

媒体の廃棄は、媒体に記録された情報が全て削除されたか、他の媒体にマイグレーション（移行）されたことをもって行う。廃棄にあたっては、記録を残し、必ず複数人で確認し、誤廃棄がないことをチェックすべきである。

廃棄においても情報漏えいを防止するために、破碎処理や磁気破壊などを行い、物理的に読み出しができない状態にした上で専門の廃棄業者を使用する。また、これらの過程は記録に残し、後で検証できるようにしておく必要がある。

## 4. ストレージメディアに依存する特記事項

### 4.1 光ディスク

階層型ストレージにおける光ディスクの活用としては、長期保存用に設計・生産された光ディスクを活用したデジタルアーカイブが期待される。長期保存用光ディスクには推定寿命が 50 年以上に及ぶものが多い。長期保存用光ディスクは最適化された専用ドライブを用いて記録することにより最高性能の達成を実現する。省エネや CO<sub>2</sub> 削減効果においても優位にある光ディスクは、長期保存用途においてその活用が最も期待される。光ディスクは日本発祥の技術であり、技術開発、ISO 規格制定において日本がリードしてきた。

光ディスクを階層型ストレージで用いる場合には、スタンドアロンのドライブだけでなく、多数の光ディスク収納可能なライブラリ装置も用いられる。ライブラリ装置では複数のドライブを搭載し、同時に多数の光ディスクを再生可能なようにして、データ転送速度を改善している。

また、光ディスクや複数枚の光ディスクを収納したマガジンをオフライン保管するための収納ラックも準備されている。マガジンに搭載された RFID に、そのマガジンに記録されているデータのファイル名や記録日等を記録し、収納ラックで RF ID を読むことに読むことによりデータへのアクセスを容易にしているものもある。

以下に、1.4 章の階層型ストレージに用いられるシステム技術について、光ディスクを用いる際の特記事項を説明する。

#### ① データプロテクション

業務用の光ディスクでは HDD よりも高信頼性や低故障率が期待できるため、RAID やイレージャーコーディングが必ずしも必須ではない。要求される信頼性と使用する光ディスクの信頼性を勘案してデータプロテクションの要否を判断することが好ましい。

#### ② シームレス記録

光ディスクの 1 枚当たりの容量は限られているが、マガジンに複数の光ディスクを収納して一つのストレージとしている場合がある。光ディスク 1 枚の容量を超えた容量のファイルを記録できるように、記録再生装置のデバイスドライバー等が準備されている。

#### ③ クラウド連携アーカイブシステム

クラウド同様の環境をオンプレミスにも構築できる Open Stack Swift や、クラウドサービスに代表される Amazon S3 が提供する既存のクライアントや SDK を活用することで、膨大なデータを取り扱うクラウドの技術をプライベートクラウドに持ち込み、オンプレミスに存在するライブラリ装置に膨大なデータをアー

カイクすることができる。これを実現するために、ライブラリ装置とクラウドサービスを連携するゲートウェイソフトを用いる。

また、光ディスクの記録再生装置では、Windows 上で共有フォルダの機能を使ってデータを共有できものもあり、Windows 上でクラウドを連携することができる。

④ 記録データの定期的な品質チェック・訂正機能

データの長期保存に当たって、「JIS Z 6017:2013 電子化文書の長期保存方法」によって記録データの運用方法が規定されており、国立国会図書館での電子化作業の指標として活用されるなど、デジタル資料の長期保存及び電子図書館化の推進に寄与している。本規格では、高品位な光ディスクを良好な記録特性を有するドライブで記録し、記録された信号の初期品質（エラー）を確認後、保存する。また保存期間中に定期的に記録品質を確認し、もし記録品質が劣化している場合は、新たなディスクに記録データを移行することにより、データが失われることを防いでいる。本運用方法は、ライブラリ装置で自動的に実施することも可能である。

⑤ データマイグレーション

光ディスクでは ISO/IEC 16963 により期待寿命推定方法が規定されている。業務用光ディスクでは、これをもとにした加速試験により寿命推定がなされており、要求されるデータ保存期間に応じた選択が可能である。10 年程度から数千年との結果があるものあり、データマイグレーションの頻度を抑えることが可能である。

## 参考文献

- 1) 産業競争力懇談会 2019年度 プロジェクト 最終報告 「データ連携を支える次世代データ蓄積基盤」

<http://www.cocn.jp/report/bbe468c86d71f75acf4af70e3d8406fbd54a1215.pdf>

- 2) IT用語辞典バイナリ <https://www.sophia-it.com/>

- 3) SNIA ストレージネットワークワーキング用語集

- 4) IT用語辞典 e-Words <https://e-words.jp/>

- 5) ISMAP - 政府情報システムのためのセキュリティ評価制度

[https://www.ismap.go.jp/csm?id=kb\\_article\\_view&sysparm\\_article=KB0010005&sys\\_kb\\_id=24b5c5e41bfec150f18c65fa234bcb7f&spa=1](https://www.ismap.go.jp/csm?id=kb_article_view&sysparm_article=KB0010005&sys_kb_id=24b5c5e41bfec150f18c65fa234bcb7f&spa=1)

- 6) <https://aws.amazon.com/jp/about-aws/whats-new/2018/04/amazon-s3-select-is-now-generally-available/>

- 6) FITS の手引き [http://hasc.hiroshima-u.ac.jp/fits\\_core/jdoc/fits\\_t70b.pdf](http://hasc.hiroshima-u.ac.jp/fits_core/jdoc/fits_t70b.pdf)

- 8)

[https://www.nfaj.go.jp/nfc\\_bdc\\_blog/2016/12/22/%E6%83%85%E5%A0%B1%E3%81%AE%E9%95%B7%E6%9C%9F%E4%BF%9D%E5%AD%98%E3%81%AB%E6%9C%89%E5%8A%9B%E3%81%AAoais%E5%8F%82%E7%85%A7%E3%83%A2%E3%83%87%E3%83%AB%E7%AC%AC%EF%BC%91%E5%9B%9E%EF%BC%88%E5%85%A8/](https://www.nfaj.go.jp/nfc_bdc_blog/2016/12/22/%E6%83%85%E5%A0%B1%E3%81%AE%E9%95%B7%E6%9C%9F%E4%BF%9D%E5%AD%98%E3%81%AB%E6%9C%89%E5%8A%9B%E3%81%AAoais%E5%8F%82%E7%85%A7%E3%83%A2%E3%83%87%E3%83%AB%E7%AC%AC%EF%BC%91%E5%9B%9E%EF%BC%88%E5%85%A8/)

- 9) [https://www.manageengine.jp/solutions/nist\\_publications/nist\\_SP800-171/lp/](https://www.manageengine.jp/solutions/nist_publications/nist_SP800-171/lp/)