



アイオメガ、リムーバブルリジッドディスク テクノロジーにより約 30 年にわたって信頼 性の高いデータ保管を行える製品を提供

本資料は、2004年3月に Iomega Corporation により発行された「Iomega's Removable Rigid Disk Technology Delivers Estimated 30-Year Shelf Life for Reliable Backups and Archiving」の翻訳です。

特徴ある設計と加速寿命試験による検証が、30年の
寿命を保つ鍵に

- ▶ はじめに
- ▶ 30年の寿命を目指した設計
- ▶ 技術の向上
- ▶ 「お墨付きの」カートリッジシール
- ▶ 材料の選定
- ▶ 検証と評価
- ▶ 結語
- ▶ 付録

▶ はじめに

アイオメガによる革新的なリムーバブル・リジッド・ディスク(RRD)テクノロジーはスピード、信頼性、使いやすさなどのハードドライブの持つ利点と、持ち運びやすさや高い拡張性というテープメディアや光学メディアの利点の双方を同時に提供します。標準的なハードドライブのコンポーネントをベースに置きながらも、アイオメガの RRD リムーバブルディスクには磁気メディア、スピンドルハブ、そしてモーターが入っているのみであり、また、製品の使用可能期間をより長くするための構造になっています。精密な部品である、ドライブのヘッドおよび電子部品はドライブの中にそのまま残されています。ドライブとディスクはともにアイオメガ独自のシャッターメカニズムによって密閉され、ヘッドとメディアがつねにクリーンな環境に置かれるように設計されています。高度な空気のフィルタリング機能、自動ヘッドクリーニング機能、そして、データを確実に保護するために二段階のエラー訂正機能が搭載されており、アイオメガのハードディスクテクノロジーによって、より統合度の高い、より信頼性の高い環境が手に入ります。

アイオメガ REV35GB/90GB* ドライブシステムはアイオメガ初の RRD ベースによる製品シリーズです。高速、大容量とリムーバブルメディアを両立させたアイオメガ REV シリーズはデスクトップやサーバでのバックアップだけでなく、大容量のポータブルなストレージアプリケーションとしても理想的なソリューションといえるでしょう。

このホワイトペーパーでは RRD ディスクテクノロジーにおいて採用されている基本的な設計要素について検討を加えています。ここではまた、なぜこの新しいストレージソリューションがより長く利用できることが求められるデータ集約的なアプリケーションに理想的なものであるのかについて、その詳細にも触れています。

▶ 30 年の寿命を目指した設計

アイオメガは RRD テクノロジーを設計するに際して、長期間にわたってデータを保管できる製品であることを目指しました。特に長い時間が経過した後でメディアの劣化の原因となる可能性の高い要素を突き止めることやこれらの要因が引き起こす影響が最小限にとどまるように製品を作り上げていくことで寿命の長期化を図っています。表 1 では長期的にメディアの劣化を引き起こす可能性の高い 5 つの要素について説明を行っています。

表 1 長期的にメディアの劣化を引き起こす可能性の高い 5 つの要素

要因	詳細
1.耐熱安定性 および自己減磁	ほとんどのハードディスクドライブに関して長い間課題となっているのが耐熱安定性と磁力の低下の問題です。ディスク内の密度が高まるにつれて超磁性効果の問題に対処する必要性も高まります。磁気ビットセルが非常に微細になると磁化が反転しまうような条件が出てきます。その結果、ディスクに保存されている情報が失われることとなります。この条件は温度が上がるほど起こる可能性が高くなります。
2.メディア、モータ部品 およびコネクタの腐食	腐食による問題が最も深刻であるのはメディア本体です。メディアの腐食はデータが失われるという結果につながるためです。メディアの腐食はディスクの中に腐食した領域を作ることになり、結局その場所にあったデータが失われてしまうのです。モータ部品の腐食は不適切なディスクの回転を起こしたり、機械の消耗度を高めることにもつながります。モーターコネクタの腐食はモータ動力を与えるために必要な電力が伝わらないという症状を起こ

*Iomega Automatic Backup Pro ソフトウェアで "高圧縮" を選択し、高度圧縮によって 2.6:1 までデータを圧縮したときの最大容量。この最大容量は使用しているデータや圧縮に用いるソフトウェアによって異なる可能性があります。

	す原因となります。
3.微粒子の侵入および汚れの発生	微粒子の侵入によって、空気中の汚れがディスクの表面についたり、ホコリが堆積することがあります。この現象によってディスク上の汚れの付いた部分を腐食させたり、ディスクが回転し、ヘッドがデータを読み取る際に、ヘッドとディスクの間に必要以上のすき間を作る原因となり、ヘッドが汚れを飛び越えてしまう形になってデータを読み取れないためにデータが失われてしまうという結果につながる可能性があります。微粒子やホコリがカートリッジの内部や他の場所に堆積した場合、ディスクの稼動中や取り扱い中に腐食が他の部分にも転移する可能性もあります。
4.アウトガス	アウトガスでは、通常カートリッジの内部部品もしくはハードケースから時間が経つにつれて有害な蒸気が放たれるという問題と有害な外気の流入という二つの問題が取り上げられます。アウトガスは有害なフィルムをディスク上に堆積させる原因となります。このフィルムはその後ヘッドとディスクの間に余分な空間を作る原因や、データの喪失を起こす化学反応の原因ともなります。
5.接着部の剥落	各ディスク内部にあるフィルタや乾燥剤などのコンポーネントは接着剤を使って取り付けられています。時間の経過や温度、さらには湿度によって接着剤が剥がれてしまう可能性があります。剥落が起こるとフィルタや乾燥剤の接着部が揺らいでしまいます。このような現象はディスクの破損や接触につながり、データの修復が不可能な領域ができてしまう場合もあります。

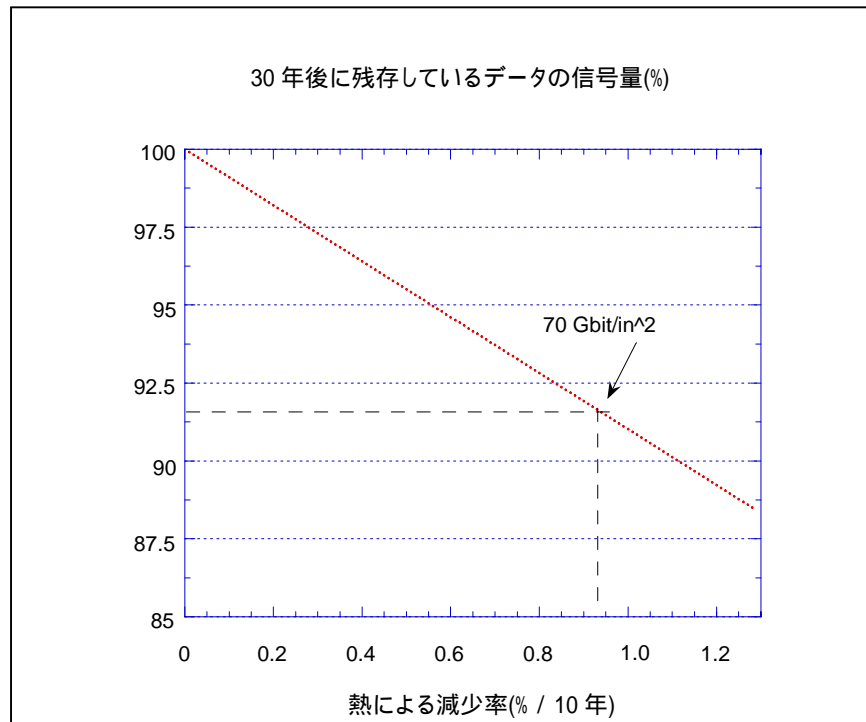
最新の磁気ディスクメディアテクノロジーを採用し、さらには革新的なディスクシールや空気フィルタメカニズム、さらには筐体や接着剤の素材にも配慮を加えることでアイオメガの RRD テクノロジーはデジタルメディアの長期にわたる保管に関する一般的な問題に対しても効果的な解決策を提供しています。

▶ 技術の向上 耐熱安定性および磁気安定性

アイオメガの RRD テクノロジーは最新の標準型汎用ハードディスクメディアを使用しています。大容量ハードディスクドライブの中でメディアの耐熱安定性を高める方法はずすでによく知られているものです。これらの方法を適切に応用することで、ハードディスクドライブの信頼性の維持や向上を実現した上でかつ継続して使用できる期間を伸ばすことができます。アイオメガに磁気メディアを供給するパートナー企業は、この分野での先端を走り続けている企業であるとともに、シグナルの劣化を最小限に抑えるという特長を持ったディスクメディアを設計し、製造しています。さらにこのディスクメディアは驚異的なデータの記録密度を維持しつつも、熱によるメディアの減少率（10年でどれだけデータ容量が減少するかを示した比率）を低めることにも成功しているのです。

データの分析によると熱による減少率は10年で1%にも満たないという結果を示しており、このことから30年後の時点で劣化しているシグナルの比率は9%未満であることを示唆しています（図1を参照）。熱による減少率が低いというこの結果は摂氏 70 もしくは華氏 158 度という過酷な環境のもとで観察された結果です。したがって、室内での使用といった現実でよく見られる状態においては、ディスクストレージ機器が熱的不安定さによるシグナルの減少による顕著な劣化という減少はあまり起こるものではないと考えられます。

図1 30年後のデータの信号の量とその熱による減少率(摂氏 70 °Cでの数値)



REVカートリッジの、外部磁場から影響を受ける度合いも小さいものに過ぎません。REV製品は4500ガウスという高い保磁力をもつ高密度ハードディスクドライブ用の磁気フィルムメディアを使用しています。保磁力の高いメディアを使用することは記録された情報を反転ないしは劣化させるためにはより高い磁場を必要とすることを意味しています。したがって、記録された情報の安定性は高いものとなっています。

▶ 「お墨付きの」カートリッジシール 腐食および外部からの汚れに対する保護について

腐食、微粒子の侵入およびアウトガスなどを含むその他の課題については、すべての RRD ディスクカートリッジおよびドライブに施されている高品質のシールをキチンと使うことによってほとんどの問題を回避することができます。

アイオメガの RRD カートリッジはラビリンス構造のシールのデザインを採用しています。このシールの特徴は複数のシールを使って外部の汚れを防ぐことにあります。RRD ディスクのシールによる封印メカニズムは水分やその他の汚れがカートリッジに侵入してくることも防ぐように設計されており、その結果、今までよりもしっかりと腐食を防いでくれます。また、空気中の微粒子による影響からもディスクを守り、さらにディスクにとって有害な外気の侵入も防ぐのです。

もちろん、シールは完璧なものではないため、RRD では炭素乾燥剤をそれぞれのカートリッジに取り付け、水分や腐食、外気との接触に対するさらなる厳重な防護を行っています。ディスクには丈夫な再循環フィルタがそれぞれのカートリッジに組み込まれており、ディスクが回転するたびにカートリッジ内部の空気を浄化させています。このフィルタは空気中の汚れを効果的に除去し、カートリッジシールだけによる保護以上の効果をもたらすものとなっています。

▶ 材料の選定 - コンポーネントの安定性のために原材料を厳選

カートリッジ内部からのガスの流出という問題はカートリッジの原材料を厳選し、カートリッジのデザインを工夫することで解決されています。

また、アイオメガは RRD カートリッジを分離させており、ハードディスク用として認められた高品質の接着剤を乾燥剤とフィルタの接着だけに使用することで、接着部の剥落という問題を防いでいます。この接着剤は接着が難しい基板の接着も見事に行うことが可能で、同じ製品は液晶ポリマープラスチックの接着や、ハードディスクドライブの製造にも使用されています。さらにこの接着剤は摂氏 80 の環境においても接着性能が保たれています。

▶ 試験と評価

RRD カートリッジが 30 年以上にわたってデータを保存できるかどうかを検証するためには、加速寿命実験という方法を取らなければなりません。加速寿命実験においては実験の計画を適切にするためにいくつかの仮定をおく必要があります。

付録 A においては腐食および接着剤の接着性能に関する問題を確認するために、加速係数に仮定を設けています。その結果、温度による加速係数は 32、湿度による加速係数は約 20 となっています。この結果から、寿命を一気に経過させるような状況(摂氏 80 および相対湿度 80%)において、2 週間から 3 週間の実験を行うことで、現実にメディアがおかれる状況の下で 30 年の寿命を保てるかどうかを検証できるということを意味しています。検証を行った環境では結露は起こっていません。

RRD カートリッジに対する試験はこのように温度と相対湿度を上昇させて、17 日以上にわたって、海拔約 4500 フィートの場所で行われました。実験では、設けた仮定の下では寿命 33.6 年という結果になっています。この結果からはデータの信頼性が明らかに変わるといった証拠も見られず、自動顕微鏡によるディスク表面のスキャンを行った後も、ディスクが腐食しているという証拠は見られませんでした。

▶ 結語

広い範囲にわたる試験、アイオメガ製品としての確かさへの配慮、実装方法の向上、新しい方法による設計への配慮および最高品質のコンポーネントのみを使用することによってアイオメガは新しい RRD ディスクテクノロジーは少なくとも 30 年にわたって信頼性の高いデータ保管を行える製品を提供できると確信しています。アイオメガの REV ディスクとドライブをご利用になることで、ユーザの皆様も、導入後から数年ないしは 10 年以上が経過しても、価値のあるデータが、必要なときに取り出せるという確信を持つことができることでしょう。

#####

このホワイトペーパーで示されている情報はあくまでも予備調査の結果であると考えており、今後変更が行われる可能性があります。アイオメガが今後この文書に書かれている情報の更新、もしくは改訂を行う義務はなく、情報の更新や改訂を行うかどうかは確定していないことをご承知を願います。また、この文書を根拠としてアイオメガが製品の性能やその他の事項について保証を行うということでもない点もご了承ください。この文書はいかなる契約上の権利をも生み出すものではありません。

付録 A 試験における加速係数の設定

まず、相対湿度(R.H.)および気温の間には何の相互作用も起こらないものと仮定します。すなわち、それぞれの要素がもともと加速要因として扱われているものと見なしています。*

また、温度による加速係数は、温度が摂氏 10 度上昇すると加速係数は 2 倍に増えると仮定しています。**

さらに、相対湿度による加速効果は実際の湿度の比率に比例するものであるとも仮定しています。実際の湿度は、空気の質量に対する水分の比率であり、絶対湿度(H.R.)という呼び方でも知られています。したがって、この加速係数は単純に検証期間に触れた水分の質量とストレージを行う期間における水分の質量の比率となっています。***

最後に、使用環境についての仮定を置くことにします。実際にメディアがおかれる環境の気温は摂氏 30 (華氏 86 度)、相対湿度は 85%であると仮定します。****

さらに摂氏 80 (華氏 176)、相対湿度 80%の環境で一週間にわたって検証を行います。この条件の下では、気温による検証すべき環境に対する加速係数(TAF)は 32 ということになります。計算は以下の形で行います。

$$\text{気温による加速要因} = 2^{\left(\frac{80 - 30}{30}\right)} = 32$$

実際にメディアが置かれる環境(気温 30 および相対湿度 85%)における絶対湿度は以下の公式から計算されます。ここで書かれているBとは気圧のことを指しており、pvはその気温の元での蒸気圧の大きさ、RHは相対湿度を指しています。

$$\begin{aligned} HR_{30} &= \frac{pv_{30}}{1.608 \cdot (B - pv_{30})} \cdot RH = \left(\frac{0.61518 \cdot psi}{1.608 \cdot (14.6960 \cdot psi - 0.61518 \cdot psi)} \right) \cdot 0.85 \\ &= 0.023094 \text{ (海拔0メートルでの絶対湿度)} \\ &= 0.028021 \text{ (海拔5000フィートでの絶対湿度)} \end{aligned}$$

* 実際には H2O 分子は通常より高い温度の元ではより反応度が高くなるため、かなり慎重な仮定です。

** これは化学反応に関する一般的な簡便計算法に基づいています ([Engineering Design Handbook: Design for Reliability](#)などを参照)。

*** 水分が 2 倍に増えると反応も 2 倍になる、ということです。

**** これは現実のメディアストレージ環境では上限ともいえる環境を想定しており、慎重な仮定といえます。

さらに、試験を行う環境(気温 80 および相対湿度 80%)での絶対湿度は以下の通りになっています。

$$\begin{aligned}
 HR_{80} &= \frac{pv_{80}}{1.608 \cdot (B - pv_{80})} \cdot RH = \left(\frac{6.8690 \cdot psi}{1.608 \cdot (14.6960 \cdot psi - 6.8690 \cdot psi)} \right) \cdot 0.80 \\
 &= 0.436618 \text{ (海拔0メートルでの絶対湿度)} \\
 &= 0.638649 \text{ (海拔5000フィートでの絶対湿度)}
 \end{aligned}$$

海拔0メートル地点および海拔5000フィート地点における水分による加速係数(MAF)は以下のように計算されています。

$$\begin{aligned}
 MAF &= \frac{HR_{80}}{HR_{30}} = \frac{0.436618}{0.023094} = 18.906123 \text{ (海拔ゼロメートル)} \\
 &\left(= \frac{0.638649}{0.028022} = 22.790986 \text{ (海拔5000フィート)} \right)
 \end{aligned}$$

したがって、計算した結果からは、試験を行う環境(気温 80 および相対湿度 80%)に REV ドライブを一週間置くということは実際の条件(気温 30 および相対湿度 85%)のもとに海拔ゼロメートル地点では 11.6 年、海拔 5000 フィート地点では 14.03 年の間置くのと同じ意味合いがあると見なせます。

$$\begin{aligned}
 &1 \text{ (週間、 検証期間)}_{(\text{ 気温 } 80 \text{ , 相対湿度 } 80\%)} \cdot TAF \cdot MAF \cdot \left(\frac{1 \text{ 年}}{52 \text{ 週間}} \right) \\
 &= 1 \times 32 \times 18.906123 \div 52 = 11.6 \text{ (年、 検証期間)}_{(\text{ 気温 } 30 \text{ 、 相対湿度 } 85\%)} \text{ (海拔ゼロメートル)} \\
 &= 1 \times 32 \times 22.790986 \div 52 = 14.03 \text{ (年、 検証期間)}_{(\text{ 気温 } 30 \text{ 、 相対湿度 } 85\%)} \text{ (海拔5000フィート)}
 \end{aligned}$$