

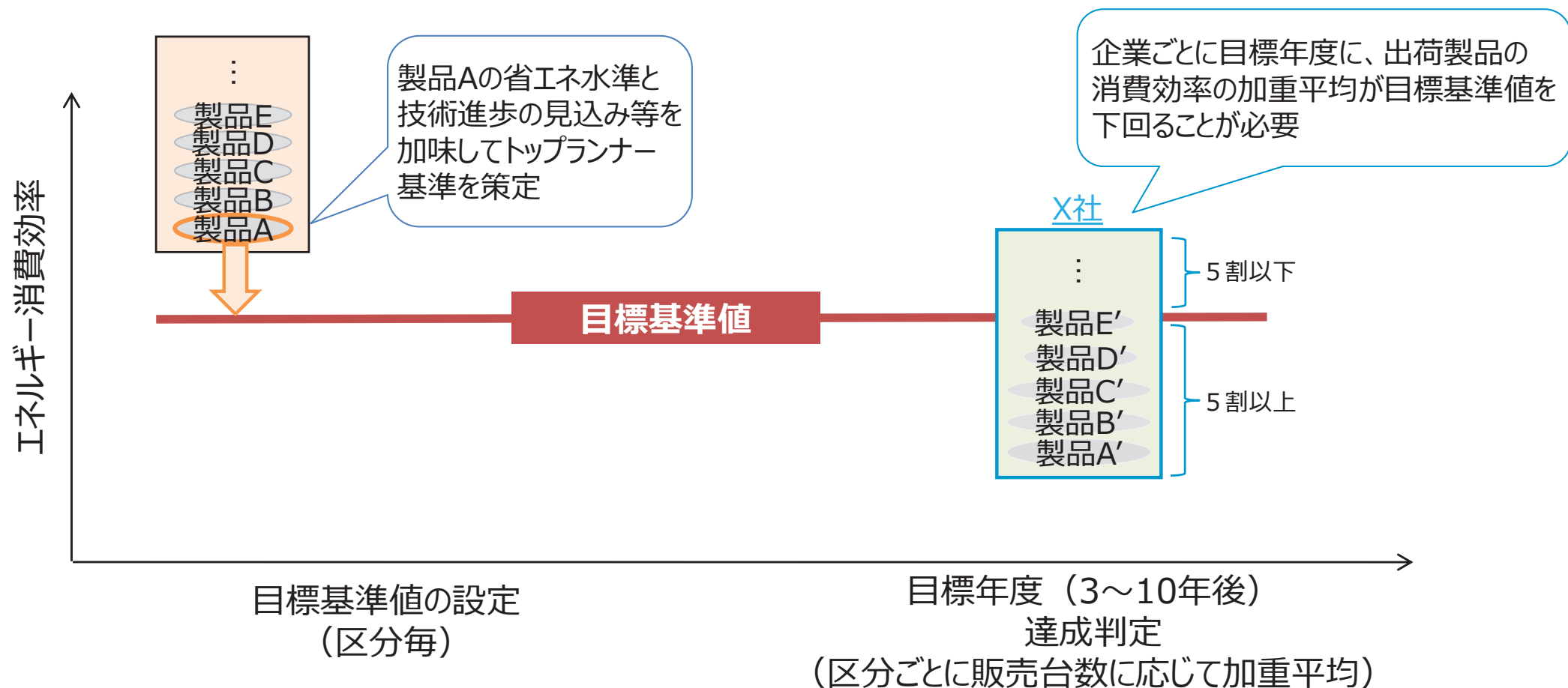
磁気ディスク装置の現状について

令和2年6月29日

資源エネルギー庁

1. トップランナー制度による規制の概要

- エネルギーの使用の合理化等に関する法律（省エネ法）に基づき、これまで2005年度、2007年度、2011年度を目標年度とする基準を設定。製造事業者や輸入事業者に対して、目標年度までにエネルギー消費効率の目標達成を求めている。
- 未達成の製造事業者等には、相当程度のエネルギー消費効率の改善を行う必要がある場合に勧告、公表、命令、罰則（100万円以下）の措置がとられる。



2. 磁気ディスク装置の対象範囲（現行）

- 磁気ディスクをデータ記憶の媒体として使用するハードディスクドライブ（HDD）を搭載し、電子計算機と直接またはネットワーク接続し、ランダムアクセス※により、データの書き込み・読み出しを行う補助記憶装置をいう。

※ランダムアクセス：記憶されている場所や書き込みの順序に関係なく、必要なデータに直接アクセスできること。

サブシステム（2区分）：HDDを2台以上搭載



メインフレーム向け
ストレージシステム



ディスクストレージシステム
（HDD 12台以上）



ディスクストレージシステム
（HDD 2-3台）



ディスクストレージシステム
（HDD 4-11台）

単体ディスク（12区分）：HDD 1台のみ

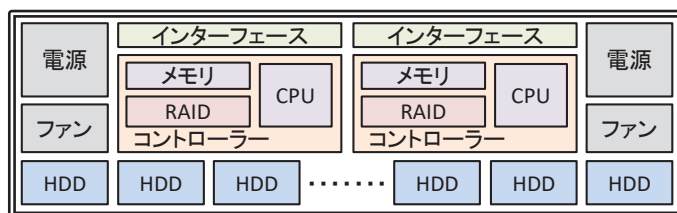


外付けハードディスク
（3.5インチ/2.5インチ、ディスク枚数、回転速度）

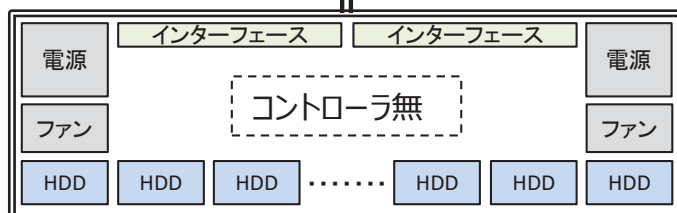
(参考) サブシステム磁気ディスク装置のイメージ

- データセンター等に用いられる磁気ディスク装置は、複数のディスクドライブを制御する RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks) 機能等に必要なコントローラ (CPU・メモリ等)、電源及び冷却ファンを搭載している「基本筐体」と、コントローラ部以外のディスクドライブ等が搭載された「拡張筐体」から構成される。

基本筐体



拡張筐体



(参考) ディスクドライブ (HDD) の構造

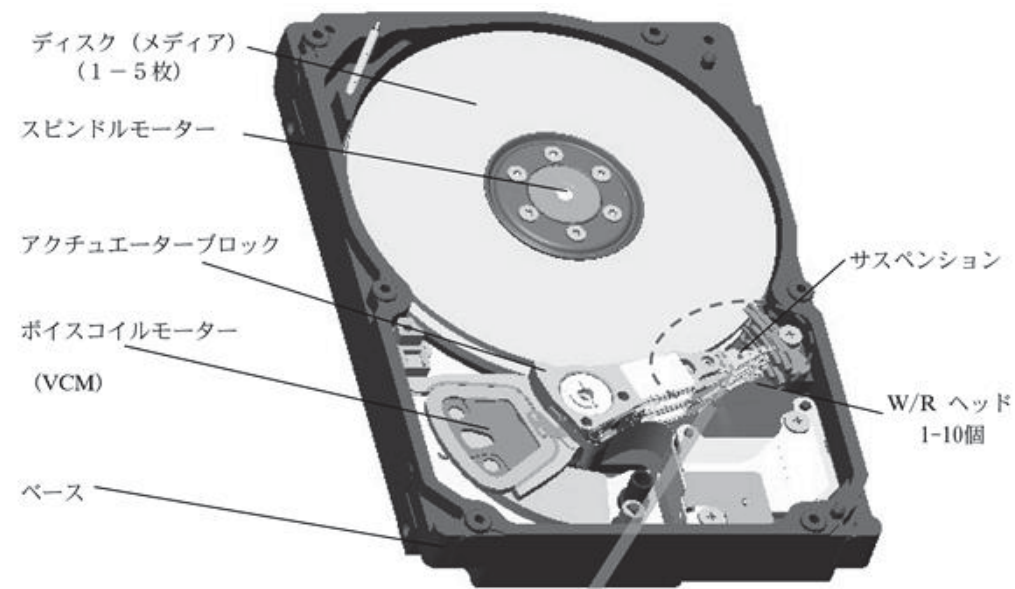


図-7. HDD基本構造

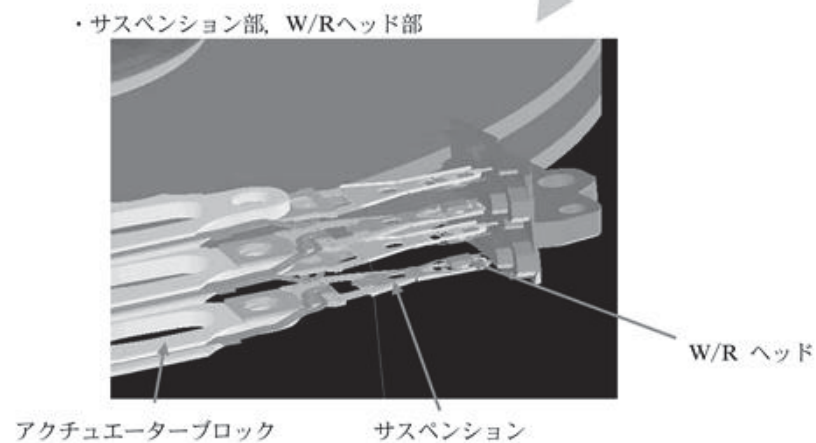


図-8. ヘッド部詳細図

3. エネルギー消費効率（現行）

- 磁気ディスクのエネルギー消費効率は、消費電力をワット単位で表した数値を記憶容量をギガバイト単位で表した数値で除した数値としている。

$$\text{エネルギー消費効率（E）} = \frac{\text{消費電力（P）}}{\text{記憶容量（C）}}$$

エネルギー消費効率（E）：単位（ワット／ギガバイト）

消費電力（P）：単位（ワット）

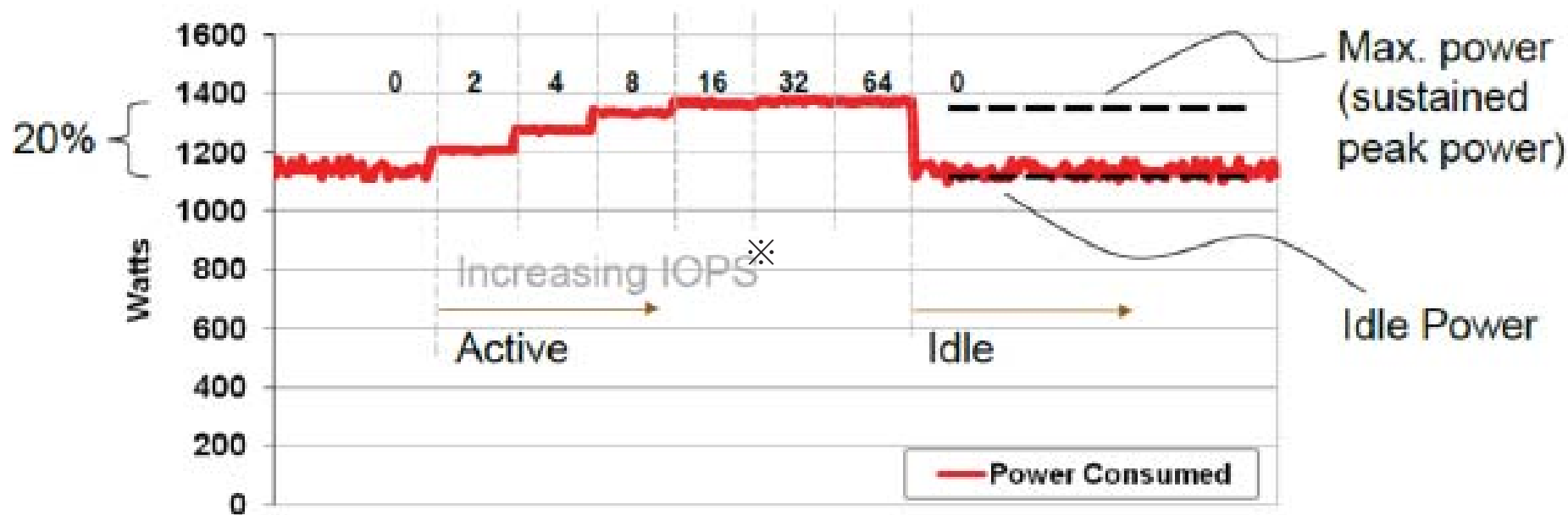
ディスクが回転している状態で、直ちにデータの書き込み又は読み取りすることが可能な状態（レディアイドルモード）の消費電力。

記憶容量（C）：単位（ギガバイト）

記憶容量は、物理的に記憶できる最大の記憶容量であり、磁気ディスク装置に搭載するデータ記憶に使用するディスクドライブ毎の記憶容量の合計とする。ディスクアレイの冗長部分やミラーリングのミラー部分の記憶容量が含まれ、容量最適化技術による論理容量は含まない。

(参考) アイドル状態の消費電力

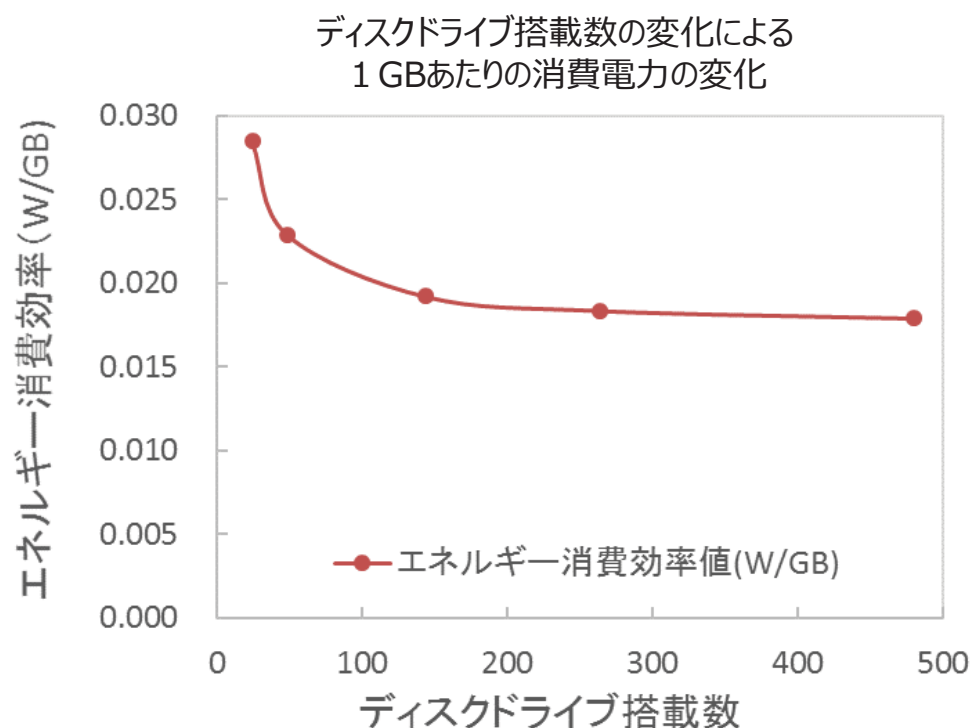
- 磁気ディスク装置の消費電力は、一般的には書き込み時に最も大きくなるが、稼働時の書き込み時間の頻度は非常に限られた時間となる。また、消費電力とワークロード量とは線形比例しないことが報告されている。



※IOPS (Input/Output Per Second) : ディスクが1秒間に処理できるI/Oアクセス数

(参考) 最大構成でのエネルギー消費効率

- サブシステム（ディスクドライブ2台以上）のエネルギー消費効率の測定については、制御装置、バッファ用のキャッシュメモリ、磁気ディスク装置を動作させるために必要な電源及び制御装置に接続可能な最大数のディスクドライブ及び最大数の入出力信号伝送路の範囲で測定するとしている。
- ディスクドライブ搭載数の増加に伴い、基本筐体及び拡張筐体の消費電力を拡張筐体を含む記憶容量で除するため、エネルギー消費効率は拡張筐体の1GBあたりの消費電力に近似することとなる。



	消費電力(W)	ディスクドライブ 搭載数	HDD容量(GB)	エネルギー消費効率 値(W/GB)
基本筐体	410	24	600	0.0285
拡張筐体	250	24	600	0.0174

	消費電力(W)	ディスクドライブ 搭載数	記憶容量(GB)	エネルギー消費効率 値(W/GB)
基本筐体+拡張 筐体1台	660	48	28,800	0.0229
基本筐体+拡張 筐体5台	1660	144	86,400	0.0192
基本筐体+拡張 筐体10台	2910	264	158,400	0.0184
基本筐体+拡張 筐体19台	5160	480	288,000	0.0179

4. 現行基準の区分及び目標基準値

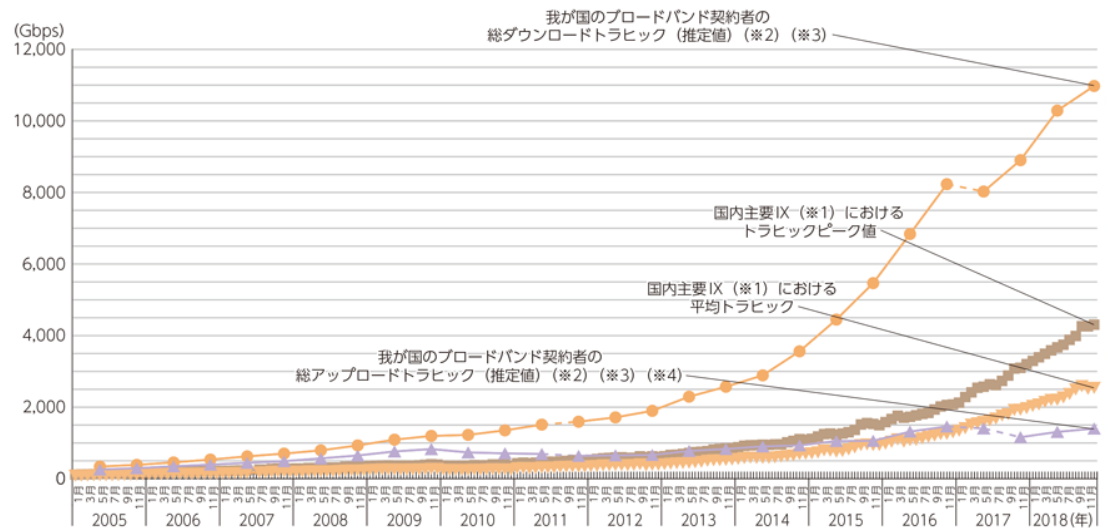
区分						基準エネルギー消費効率の算定式
磁気ディスク装置の種別	磁気ディスク装置の形状及び性能		回転数	用途	区分名	
	ディスクサイズ	ディスク枚数				
単体ディスク	75mm超	1枚			A	$E = \exp(2.98 \times \ln(N) - 30.8)$
		2枚又は3枚			B	$E = \exp(2.98 \times \ln(N) - 31.2)$
		4枚以上			C	$E = \exp(2.11 \times \ln(N) - 23.5)$
	50mm超 75mm以下	1枚	5000回毎分以下		D	$E = \exp(2.98 \times \ln(N) - 29.8)$
			5000回毎分超 6000回毎分以下		E	$E = \exp(2.98 \times \ln(N) - 31.2)$
			6000回毎超		F	$E = \exp(4.30 \times \ln(N) - 43.5)$
		2枚又は 3 枚	5000回毎以下		G	$E = \exp(2.98 \times \ln(N) - 31.5)$
			5000回毎分超 6000回毎分以下		H	$E = \exp(2.98 \times \ln(N) - 32.2)$
			6000回毎分超		I	$E = \exp(4.58 \times \ln(N) - 46.8)$
		4枚以上			J	$E = \exp(2.98 \times \ln(N) - 31.9)$
	40mm超50mm以下	1枚			K	$E = \exp(2.98 \times \ln(N) - 30.2)$
		2枚以上			L	$E = \exp(2.98 \times \ln(N) - 30.9)$
サブシステム				メインフレームサーバ用のもの	M	$E = \exp(1.85 \times \ln(N) - 18.8)$
				区分名がM以外のもの	N	$E = \exp(1.56 \times \ln(N) - 17.7)$

- 備考 1. 「メインフレームサーバ」とは、専用CISC（ビット数の異なる複数の命令を実行できるように設計されたCPUのうち、電子計算機ごとに専用に設計されたものをいう。）が搭載されたサーバ型電子計算機（ネットワークを介してサービス等を提供するために設計された電子計算機をいう。）をいう。
2. E及びNは次の数値を表すものとする。 E：基準エネルギー消費効率 N：回転数（単位 回毎分）
3. ln は底をeとする対数を表す。

5. 通信量の需要の増大

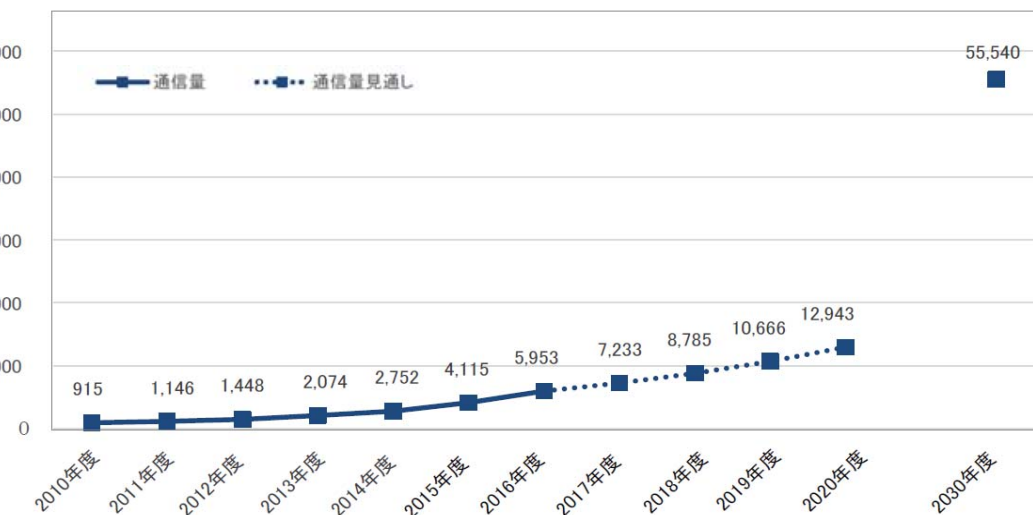
- インターネットの普及によりビジネスだけではなく広く社会全体のデジタル化・ネットワーク化が進展するなかで通信量が増加している。
- ストレージの種類も多様化する中で、磁気ディスク装置はデータセンター等での大量の情報や長期保存のストレージとしての需要も高まっていると考えられる。

我が国のインターネット上を流通するトラフィックの推移



※1 2007年6月分はデータに欠落があったため除外。2010年12月以前は、主要IX3団体分、2011年1月以降は主要IX5団体分のトラフィック。
※2 2011年5月以前は、一部の協力ISPとプロードバンドサービス契約者との間のトラフィックに携帯電話網との間の移動通信トラフィックの一部が含まれていたが、当該トラフィックを区別することが可能となったため、2011年11月より当該トラフィックを除く形でトラフィックの集計・試算を行うこととした。
※3 2017年5月より協力ISPが5社から9社に増加し、9社からの情報による集計値及び推定値としたため、不連続が生じている。
※4 2017年5月から11月までの期間に、協力事業者の一部において計測方法を見直したため、不連続が生じている。

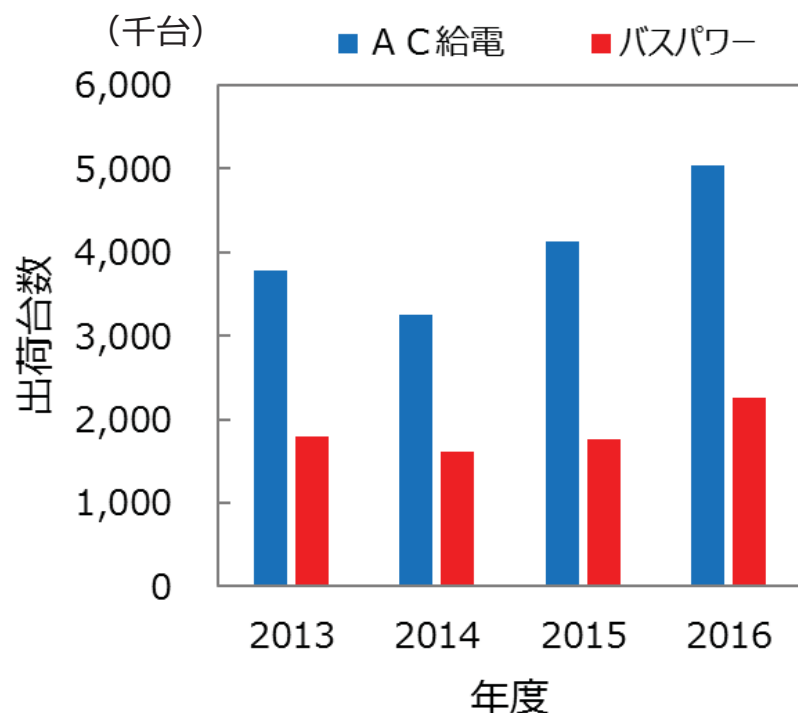
通信量（生産活動量）の推移と見通し



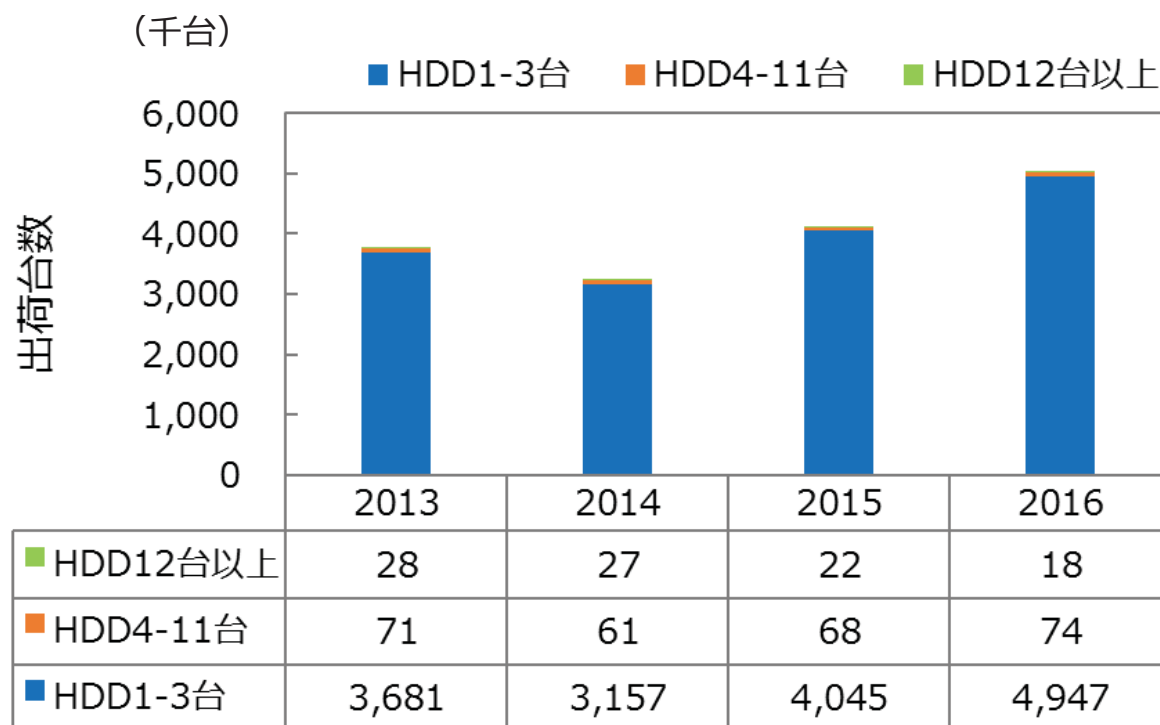
6. 磁気ディスクの国内出荷数量（推計）

- JEITA統計（カバレッジ50%程度）における磁気ディスク装置の2016年度の国内出荷数量は729万台。USBケーブル給電型（バスパワー）は、31%を占める。
- バスパワーを除く磁気ディスク装置について、搭載されるディスクドライブの台数により3つに区分した場合、ディスクドライブ3台以下が出荷台数の98%を占める。

交流電源給電型及びUSBケーブル給電型
（バスパワー）の出荷台数推移



ディスクドライブ（HDD）台数別の磁気ディスク装置
出荷台数推移（バスパワーを除く）



(参考) 磁気ディスク装置のデバイス搭載数別のエネルギー消費量

- データセンター等で用いられるディスクドライブ12台以上を搭載する磁気ディスク装置の出荷シェアは0.5%に留まるが、搭載デバイス数や稼働時間を考慮するとエネルギー消費量は99.7%を占める。

デバイス搭載数別のエネルギー消費量（推計）

ディスクドライブ 搭載数	ディスク サイズ	消費電力 (W)	年間稼働時間(h)	1台あたりの年間 消費電力量 (kWh/台)	出荷シェア (2016年度)	総エネルギー 消費量 シェア
1～3台	2.5インチ	9	490 (一日80分程度)	4	97.8%	0.03%
	3.5インチ	29		15		
4～11台	3.5インチ	71	2920 (一日8時間)	210	1.6%	0.32%
12台以上	2.5インチ	1631	8322 (一日24時間) ※メンテナンス考慮	13,600	0.5%	99.7%
	3.5インチ	6280		52,000		

出所 電子情報技術産業協会

説明：2015年度出荷における平均的な磁気ディスク装置から推計。12台以上の磁気ディスク装置は2.5インチでは100台以上、3.5インチでは300台以上搭載されているものから試算。

7. 現行基準の目標基準達成（2011年度）の状況

- 磁気ディスク装置の2011年度の出荷構成で加重平均したエネルギー消費効率、2007年度比75.9%改善している（2007年度の基準策定時は75.8%の改善を見込んでいた）。
- 記録密度の向上とともにエネルギー消費効率の向上が図られている。現行基準の目標年度（2011年度）以降は鈍化傾向にある。

	2007年度実績	2011年度実績
磁気ディスク装置全体のエネルギー消費効率（W/GB）	0.019	0.00457(75.9%)

注1：括弧内は、2007年度実績からの改善率

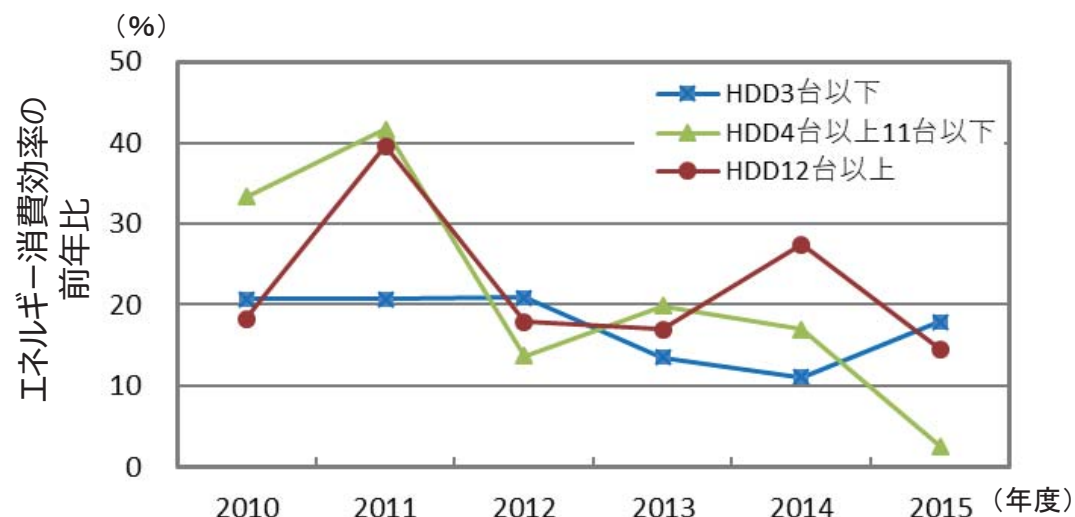
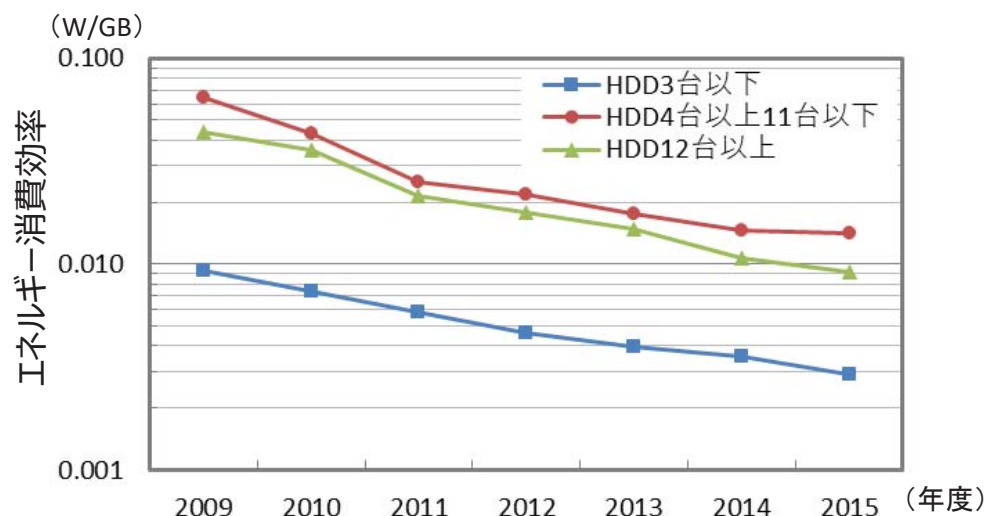
注2：エネルギー消費効率とは、対象製品のエネルギー消費効率を出荷台数で加重平均した製品1台当たりの効率

出所 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会 省エネルギー小委員会（第9回）資料4 p.17

磁気ディスク装置のエネルギー消費効率の推移

エネルギー消費効率の推移

前年比



8. 今後期待される省エネ技術①（消費電力の低減）

- 磁気ディスク装置のエネルギー消費効率を改善するには、磁気ディスク装置の消費電力を低減する技術と記憶容量を増加させる技術がある。
- 消費電力低減技術は、電子計算機等と共通技術が多い。

対象部品	技術概要
CPU、メモリ等	半導体の微細化による高集積化・低電圧化。
電源	交流入力から直流入力への変換効率の向上。 （例えば80Plus規格のゴールドランクの採用）
冷却ファン	周囲温度に合わせて効率的に冷却。
3.5型から2.5型への移行	サイズの小さいディスクを採用。
回路部品数の削減	MPU/メモリ/制御回路を1チップ化。

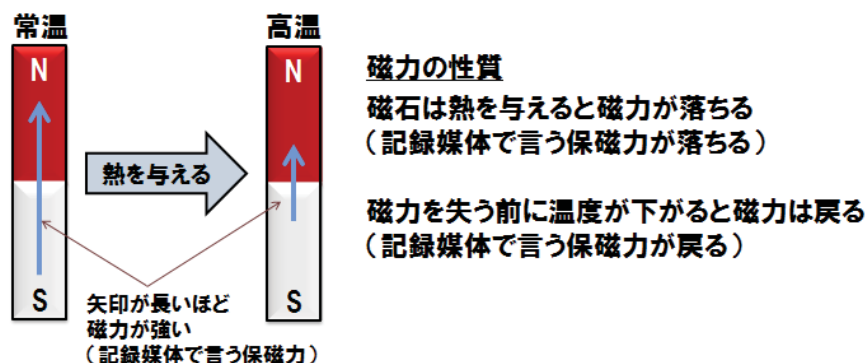
8. 今後期待される省エネ技術②（記憶密度の増加技術）

技術の種類	技術の種類	技術概要
データ記録方式	SMR（瓦書き記録方式）	トラックをずらしながら重ね書きすることによりトラック幅を狭めトラック数を増し、記録密度を向上。
読み込み技術	TDMR(Two Dimensional Magnetic Recording：二次元記録技術)	リーダー素子を2つに増やし、隣接する記録トラックにもまたがるように配置し、記録トラック間の干渉具合も読み取り、補正することで読み取り精度を高める技術。記録トラック間の間隔を狭め記録密度を高めることが可能。
書き込み技術	EAMR（エネルギーアシスト記録）	書き込みビットサイズをより小さくするため、書き込み素子を小型化する必要があるが、書き込み(磁化反転)力が弱くなる。これに対して記録時にディスクの磁性層にエネルギーを付加し保磁力を下げることにより、磁化反転を補助する。エネルギー付加方法としてMAMRとHAMRの2つの方式(下記)がある。
	MAMR（マイクロ波アシスト記録）	高周波を印加し記録層の保磁力を下げ、書き込み時の磁化反転を補助、記録密度を向上
	HAMR（レーザー波アシスト記録）	レーザーで加熱し記録層の保磁力を下げ、書き込み時の磁化反転を補助、記録密度を向上。
ヘッド位置決め精度向上	TFC（Thermal Flying-height Control Slider：熱式浮上量調整スライダ） （マイクロ熱アクチュエータ）	熱によりヘッド素子の膨張をコントロールし、ヘッド・媒体間浮上すきまを3nm程度まで低減、安定化させることにより記録密度向上を実現。
ディスク搭載数の増加	He充填HDD	空気より密度が薄いHeをHDD内に充填し、フラッタを低減し、ディスクを薄くすることができ、ディスクドライブへの搭載枚数を増加。

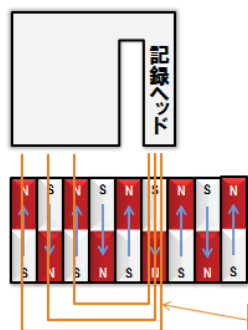
(参考) エネルギーアシスト技術

- 高密度記録を実現させるためには記録媒体の保磁力を高めることが必要だが、保磁力を高め過ぎると高磁界となり高密度な記録が不可。
- エネルギーアシスト技術は、記録時のみ、エネルギーを記録媒体に与えて加熱し、一時的に保磁力を弱め低磁界で記録することにより、高密度記録を実現する技術。

磁気ディスクの記録の原理



記録の原理



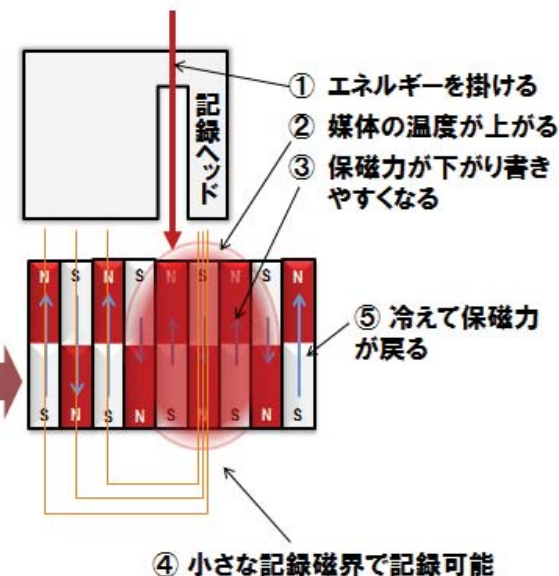
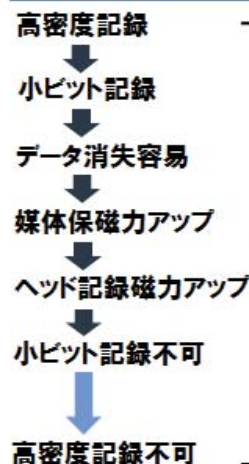
記録媒体の性質

- ・磁界を掛けると磁界の方向に記録(N/S反転)されるビットを小さくするとデータ消失が起こりやすい
- ・データ消失を防ぐためには保磁力を上げる
- ・保磁力が強い媒体には記録磁界反転に大きな磁力が必要
- ・大きな磁界を掛けると小さなビット記録が出来ない
- ・大きな磁界を掛けると周りの情報に悪影響を与える

記録時のみ媒体の温度を上げれば良い

エネルギーアシスト技術の原理

記録の原理



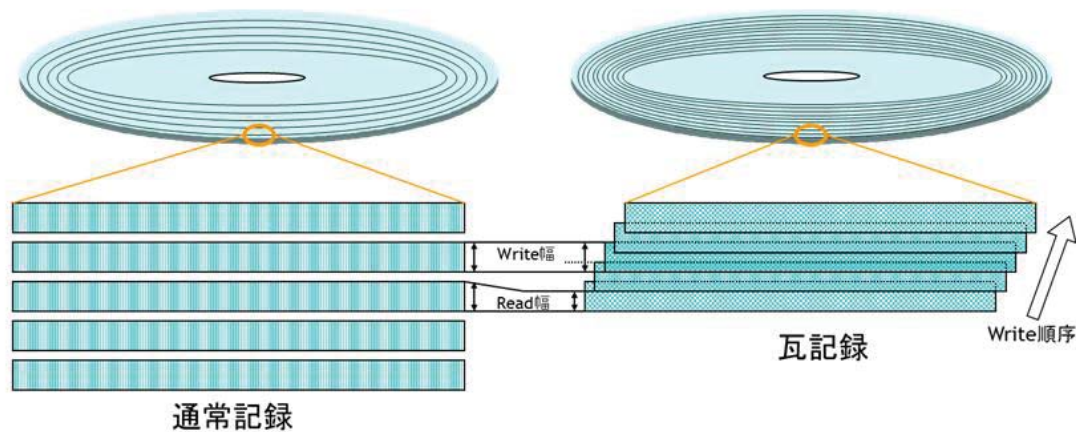
(参考) データ記録方式及びヘッドの位置決め精度向上技術

データ記録方式 (瓦書き記録方式)

◆ 瓦記録;

→ データを瓦のようにずらして書込むことにより、ヘッドのライト素子の幅を狭くすることなく、書込データの幅を狭くし、大容量化を実現する技術。

- ・トラック方向の記録密度を上げることができる。(書込幅 > 読出幅)
- ・ディスクへのデータ書き込みは、シーケンシャルのみ。
 - アーカイブ用途のHDDに適していると考えられる。

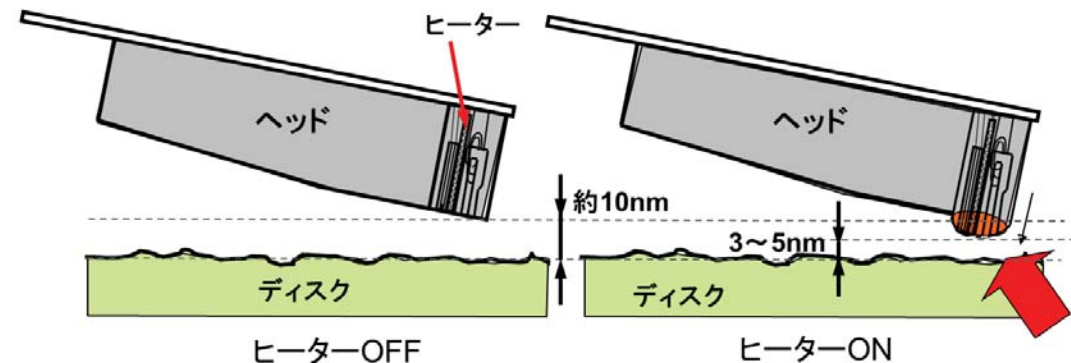


ヘッド位置決め精度向上技術

◆ DFH / TFHC; (Dynamic Fly Height Control/Thermal Flying-height Control)

HDDの高密度化 → ヘッド - ディスク間の距離を近づける必要があり、ヘッドの浮上高さの安定化制御技術。

ヘッドの素子部にヒーターを搭載し、ヒーターで熱を加えヘッドを膨張させることで、ヘッド-ディスク間の距離を調整し最適な位置に制御する。
ヘッド浮上高は、空気密度に左右されるため、より高精度に浮上高さを制御するため温度センサー、気圧センサーを用いてヒーター電流を制御する方法。

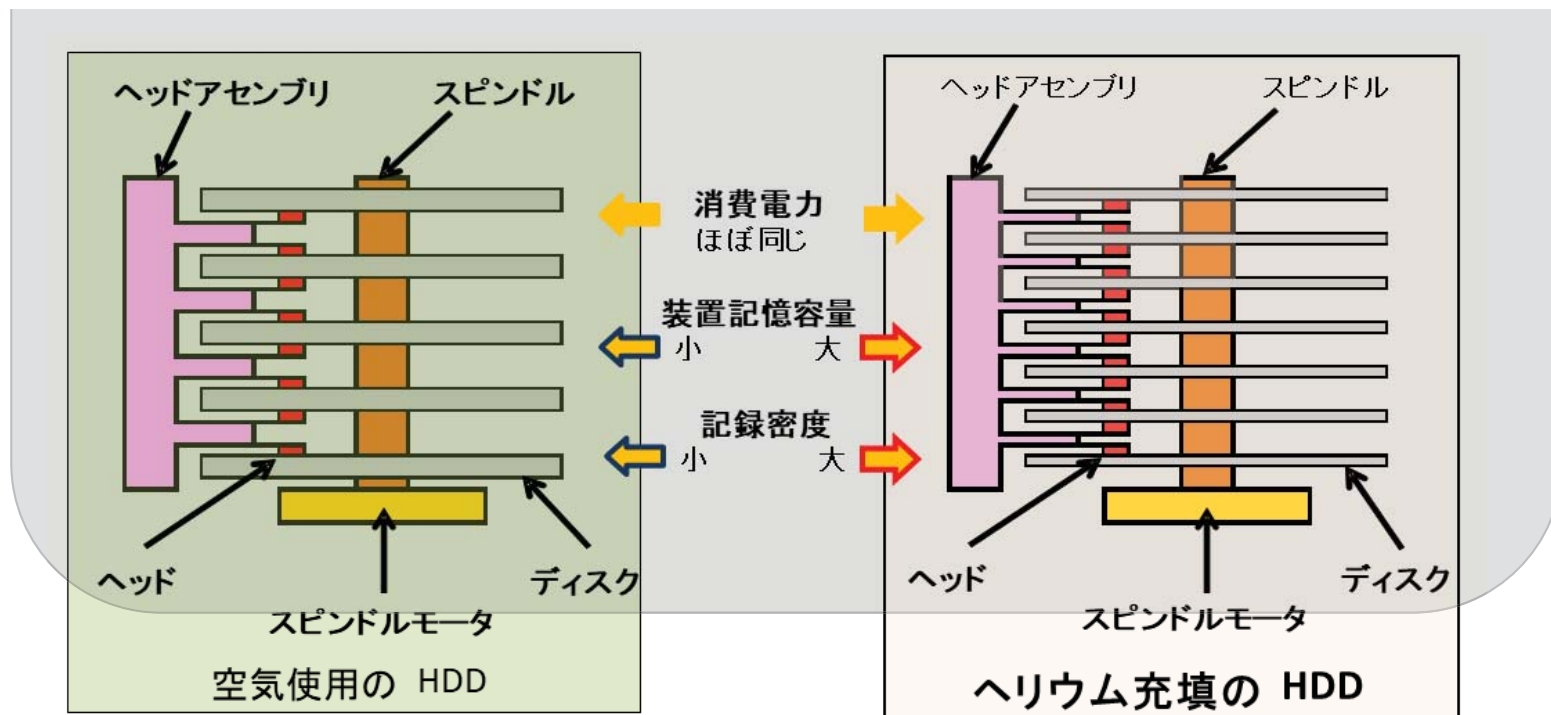


(参考) ディスク枚数の増加

ディスクドライブへのヘリウムガス充填技術

ディスクドライブ内部に空気より気体抵抗の低いヘリウムガスを充填し密閉することで、ディスク枚数の増加による大容量化及びモータの消費電力の低減を図る

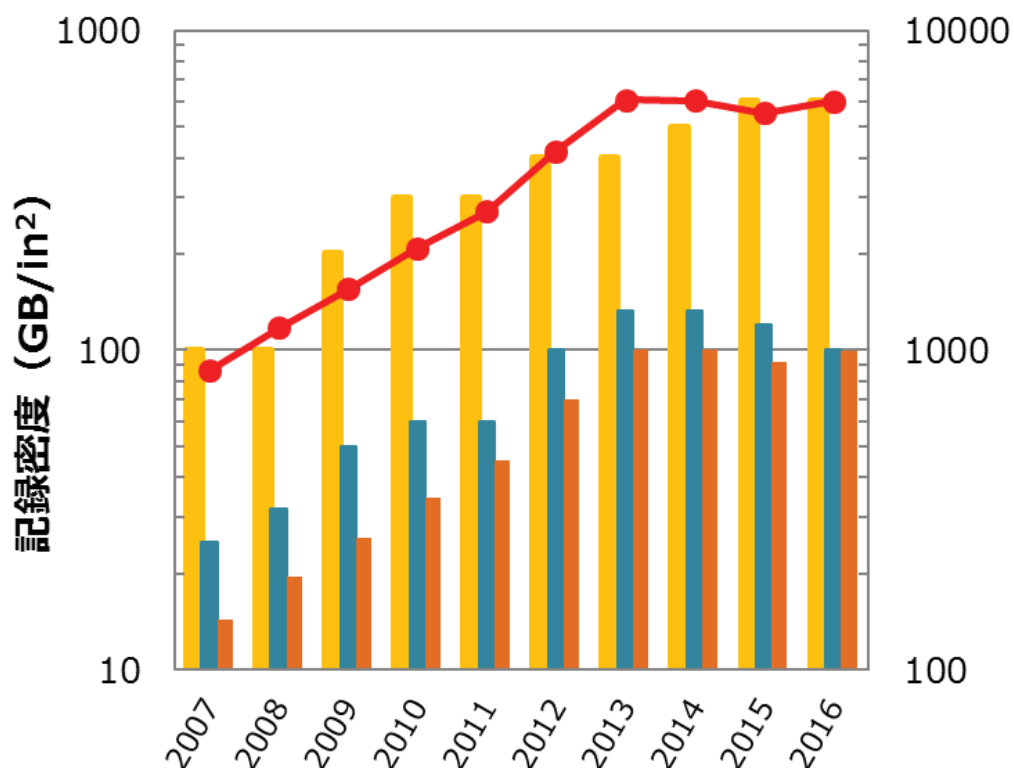
- 省電力化 → 気体と機構部との摩擦抵抗でスピンドルモータの電力消費が発生する。気体の分子サイズを小さくすると消費電力が低減する。
- 高記録密度化 → 気体の分子サイズを小さくすると気体と機構部との摩擦を下げフラッター等が低減し記録用ヘッドの位置決め精度が向上する。
- 高記憶容量 → フラッターの低減で記録ディスクやヘッドアームを薄くできディスク枚数が増やせる。



(参考) 記録密度の推移

- 記憶容量を増加させるためには、単位面積当たりの記憶容量である記憶密度向上が有効であるが、記憶密度の向上は2013年以降横ばいとなっている。

回転数7200rpm、3.5インチディスクドライブでの
記憶密度及び記憶容量の推移



回転数5400rpm、3.5インチディスクドライブでの
記憶密度及び記憶容量の推移

