

「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発  
(グリーンITプロジェクト)」  
事後評価報告書(案)概要

目 次

分科会委員名簿 .....	1
プロジェクト概要 .....	2
評価概要(案) .....	7
評点結果 .....	10
(参考) 評価項目・評価基準 .....	11

## はじめに

本書は、第35回研究評価委員会において設置された「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発(グリーンITプロジェクト)」(事後評価)の研究評価委員会分科会(第1回(平成25年11月27日))において策定した評価報告書(案)の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条の規定に基づき、第38回研究評価委員会(平成26年3月27日)にて、その評価結果について報告するものである。

平成26年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構  
研究評価委員会「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発  
(グリーンITプロジェクト)」分科会  
(事後評価)

分科会長 逢坂 哲彌

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発

(グリーンITプロジェクト)」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成25年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	おうさか てつや 逢坂 哲彌	早稲田大学 理工学術院 教授 ／ナノ理工学術院機構 機構長
分科 会長 代理	むらおか ひろあき 村岡 裕明	東北大学 電気通信研究所 ブロードバンド工学研究部門 情報ストレージシステム研究室 大規模ストレージシステム 研究分野 教授
委員	あんどう こうじ 安藤 功兒	独立行政法人産業技術総合研究所 フェロー
	おしき みつまさ 押木 満雅	公益社団法人 日本磁気学会 事務局 事務局長
	かない やすし 金井 靖	新潟工科大学 工学部 情報電子工学科 教授
	ふたもと まさあき 二本 正昭	中央大学 理工学部 電気電子情報通信工学科 教授
	みやした えいいち 宮下 英一	NHK 放送技術研究所 新機能デバイス研究部 主任研究員

敬称略、五十音順

## プロジェクト概要

		作成日	平成25年10月25日			
プログラム(又は施策)名	ITイノベーションプログラム・エネルギーイノベーションプログラム					
プロジェクト名	超高密度ナノビット磁気記録技術の開発(グリーンITプロジェクト)	プロジェクト番号	P08010			
担当推進部/担当者	新エネルギー・産業技術総合技術開発機構 電子・材料・ナノテクノロジー部 松岡隆一、井谷 司(平成25年10月現在) 電子・材料・ナノテクノロジー部 木村淳一(平成22年6月～平成24年5月) 電子・材料・ナノテクノロジー部 森本政仁(平成22年4月～平成23年9月) 電子・材料・ナノテクノロジー部 上村哲也(平成20年6月～平成22年5月) 電子・材料・ナノテクノロジー部 有馬宏和(～平成22年4月) 電子情報技術開発部 田中健一(～平成20年5月)					
0. 事業の概要	データセンターにおける消費電力増大や市場ニーズの高度化に応えるため、低消費電力・小型・大容量のストレージ技術が求められている。そこで、現状のHDDの記録密度を1桁以上向上させる技術、すなわち、5 Tbit/inch <sup>2</sup> 級の超高密度ハードディスクドライブの実現に向けた研究開発を行う。具体的には、超高密度ナノビット磁気媒体技術の開発、超高性能磁気ヘッド技術の開発、超高精度ナノアドレッシング技術の開発、ハードディスクドライブシステム化技術の開発を行い、将来的に2.5インチディスク1枚あたりの記録容量が3テラバイト以上、かつ、消費電力が0.3W/テラバイト以下となる超高密度ハードディスクドライブを量産するための基盤技術の確立を目指す。					
I. 事業の位置付け・必要性について	5 Tbit/inch <sup>2</sup> の超高密度磁気記録のための要素技術開発を行い、地球温暖化対策へ貢献すること、ならびに、HDD分野における国際的イニシアチブの獲得を目指す。					
II. 研究開発マネジメントについて						
事業の目標	HDDの記録密度を2007年(平成19年)レベルから1桁以上向上させる技術開発に取り組み、単位情報量当たりの消費電力量を2007年のHDDの数十分の一へと低減させることで、IT機器の大幅な省エネルギー化を達成して地球温暖化対策へと貢献するとともに、HDD分野における日本の国際的イニシアチブの獲得を目指すことである。 具体的には、HDDを構成する媒体、ヘッド、アドレッシング技術に関して革新的高度化を図り、それらを統合・集積化する技術開発に取り組む。平成22年度までに中間目標として2.5 Tbit/inch <sup>2</sup> 、平成24年度までに最終目標として5 Tbit/inch <sup>2</sup> 対応の個別要素技術を開発し、得られる各性能値をもとにHDD性能を検証し、単位情報当たりの消費電力を0.3W/テラバイト以下に低減可能であることを示す。					
事業の計画内容	主な実施事項	H20FY	H21FY	H22FY	H23FY	H24FY
	①ナノビット磁気媒体					
	(1) 微細加工技術	→				
	(2) 記録性の検証	→				
	(3) 界面技術	→				
	② 磁気ヘッド技術					
	(1) 強磁場発生記録ヘッド	→				
	(2) エネルギーアシスト機構	→				
	(3) 高感度・高分解能再生ヘッド	→				
	(4) ヘッド動作の検証	→				
	③ 超高精度ナノアドレッシング技術					
	(1) 超精密位置決め技術	→				
	(2) シミュレーション開発	→				
	④ ハードディスクドライブシステム化技術					
(1) システム化とHDD性能の検証	→					

開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H20FY	H21FY	H22FY	H23FY	H24FY	総額
	一般会計	—	—	—	—	—	—
	特別会計 (高度化)	755 (実績)	1,012 (実績)	883 (実績)	950 (実績)	480 (実績)	4,081
	総予算額	755	1,012	883	950	480	4,081
開発体制	経産省担当原課	商務情報政策局 情報通信機器課					
	プロジェクトリーダー	日立製作所 主管研究長 城石 芳博					
	委託先 (*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載)	株式会社日立製作所 株式会社東芝(平成21年度以降) 日立グローバルストレージーズ、(平成23年9月まで) 富士通株式会社(平成20年度まで)					
情勢変化への対応	米国の HDD 関連研究プロジェクト (INSIC) の実用化を目指した開発方針転換、加速策の実施に伴い本プロジェクトの記録密度 2.5Tbit/inch <sup>2</sup> の熱アシスト記録磁気ヘッドに対応した熱アシスト媒体、ナノビット媒体におけるプロセス開発を加速し、これら媒体技術目標達成時期の1年前倒しを実施。						
評価に関する事項	事前評価	平成19年度実施 担当部 電子・情報技術開発部					
	中間評価	平成22年度 中間評価実施 担当部 電子・材料・ナノテクノロジー部					
	事後評価	平成25年度 事後評価実施					
III. 研究開発成果 について	<p>以下に研究開発項目ごとの成果をまとめる。 なお、以下では面密度の単位 Tbit/inch<sup>2</sup> は Tb/in<sup>2</sup> と略して表記する。</p> <p><b>研究項目①「超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発」</b></p> <p>(1) ナノビット微細加工技術の研究開発 2.5 Tb/in<sup>2</sup> (17nm ピッチ) の CoPt ビットパターン媒体および 5 Tb/in<sup>2</sup> (12 nm ピッチ) の FePt ビットパターン媒体を作製・評価した。後者においてナノビットの配置精度±4.5 nm および円周方向の無欠陥 (SEM 10 万倍視野内) 配列を確認した。これらの知見を基に、2.5 インチ径の媒体面内の 30 トラック以上において、面密度 2.5 Tb/in<sup>2</sup> 相当のナノビット (面積 200 nm<sup>2</sup> 程度) の位置決め精度が 3σ で 6.7 nm 以内で配列されたプロトドライブに搭載するナノビット媒体を作成した。また、自己組織化によるガイドパターン密度 9 倍化プロセスにより 6 Tb/in<sup>2</sup> 相当の円周状配列ナノビットパターンを作製し、再委託先の HOYA で磁気異方性変調方式、日立製作所で磁化変調方式によるイオン注入技術を検討し、イオン注入技術が 5 Tb/in<sup>2</sup> 級ナノビット微細加工に適用可能である見通しを得た。</p> <p>(2) 単一ナノビット記録性の検証 ダイナミック磁気特性評価とシミュレーションにより、試作したナノビット媒体のばらつきおよび磁化反転性能を評価し、5 Tb/in<sup>2</sup> 級媒体において磁化反転が制御可能で、周辺ナノビットにおける磁気情報に影響がないことを確認した。磁性膜としては、2.5 Tb/in<sup>2</sup> 向け媒体仕様 (<math>K_u \geq 2.2 \times 10^7</math> erg/cc) を満たす L<sub>1</sub>0 型 FePtAg-C 規則合金グラニューラ媒体を開発した。また、ビットパターン媒体 (Bit Patterned Media: BPM) 対応 L<sub>1</sub>0 型 FePt 系規則合金連続膜を開発し、イオン注入技術によるナノビットパターン化の実現可能性を確認した。再委託先の東北工業大学及び秋田県産業技術センター (AIT) で傾斜異方性ナノビット媒体によるアシスト記録を検討し、5 Tb/in<sup>2</sup> 級単一ナノビット記録の可能性を得た。</p> <p>(3) ナノビット媒体界面技術の研究開発 新規開発の FCAC 保護膜、Starfish 型潤滑膜の組合せで、ナノビット媒体 (BPM) 仕様である 1.6 nm の総膜厚でも、5 Tb/in<sup>2</sup> 級熱アシスト記録の実現に必要な信頼性 (耐熱性、ヘッド浮上性) を確保できることを確認した。再委託先の名古屋大学では、ナノビット媒体界面評価技術として、MEMS を用いた局所部の摩擦特性計測法やナノ潤滑膜のせん断特性を定量的に計測するファイバウォブリング法を開発した。また、ドライプロセスによる埋め込みを選定し、2.5 Tb/in<sup>2</sup> 媒体で浮上量 7 nm のヘッド浮上確認、および 5 Tb/in<sup>2</sup> 媒体で表面凹凸±5 nm 以下を確認した。</p> <p><b>研究項目②「超高性能磁気ヘッド技術の研究開発」</b></p> <p>(1) 強磁場発生記録ヘッドの研究開発 アシスト機構を組み込む記録ヘッド集積技術を構築した。再委託先の AIT では強磁場発生記録ヘッド磁極を設計し、5 Tb/in<sup>2</sup> 級熱アシスト記録に適した非対称型多面テーパ磁極形成技術を構築した。</p>						

	<p>(2) エネルギーアシスト機構の研究開発 高効率光導入機構及び近接場素子を集積した熱アシストヘッド内蔵スライダ、及びレーザ光源を内蔵スライダに搭載した熱アシスト集積ヘッドを試作した。また、パターンスリミング技術を用いたマイクロ波アシスト記録(MAMR)用微小スピントルク発振素子(STO)形成技術を構築し、6 Tb/in<sup>2</sup>級アシスト記録を可能とする15nm級素子で発振を確認した。再委託先の工学院大学では、主磁極とSTOとの磁氣的相互作用を考慮する統合シミュレータを開発し、STOを安定発振できることを検証した。</p> <p>(3) 高感度・高分解能再生ヘッドの研究開発 高感度TMR素子でRA:0.3Ωμm<sup>2</sup>, MR比:60~70%を実現し、2.5Tb/in<sup>2</sup>級の高分解能再生を可能とする20nm以下の狭小トラック幅で規格化MR比0.9以上の低ダメージ加工が可能であることを確認した。また、新規ナノコンタクトMRセンサを試作し、2.5Tb/in<sup>2</sup>の感度スペック(抵抗変化率35%, 面抵抗0.15Ωμm<sup>2</sup>)を検証した。さらに信号処理の工夫で5Tb/in<sup>2</sup>が可能であることをシミュレーション検証した。極薄3層構成センサヘッドを試作し、5Tb/in<sup>2</sup>の再生分解能を確認した。</p> <p>(4) ヘッド動作の検証 熱アシスト集積ヘッドを用いて5Tb/in<sup>2</sup>対応媒体への熱アシスト記録動作を確認した。またMAMR集積ヘッドで記録を行い、試作ヘッド搭載スライダで浮上量5nm以下の安定浮上動作を確認した。さらに、シミュレーション設計に基づき、極薄3層構成のヘッドを試作、周速5~20m/sでの5nm以下の浮上量と5Tb/in<sup>2</sup>の再生分解能を確認した。</p> <p><b>研究項目③「超高精度ナノアドレッシング技術の研究開発」</b></p> <p>(1) 超精密位置決め技術の確立 小型、高剛性熱駆動MEMSアクチュエータを設計・試作・評価し、超精密位置決め目標性能を確認した。また、位相差サーボパターンを具備した2.5Tb/in<sup>2</sup>(17nmピッチ)のCoPtビットパターン媒体においてトラックフォロー精度4.4nmを確認した。</p> <p>(2) ナノアドレッシング技術のシミュレーション開発 5Tb/in<sup>2</sup>向け位置決め制御系仕様及び流体振動低減目標を策定し、開発したシミュレーション及びアームサスペンション風乱の実測評価により、目標のナノアドレッシング仕様の実現可能性を確認した。</p> <p><b>研究項目④「ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発」</b></p> <p>(1) システム化とHDD性能の検証 再委託先の豊田工業大学で、狭トラック記録対応変復調方式と超高密度対応の積符号形式誤り訂正技術を組合せ、5Tb/in<sup>2</sup>級HDDを可能とする信号処理方式を実現した。媒体/ヘッド/アドレッシング/信号処理などのナノビット個別要素技術の仕様に基づき2.5, 5Tb/in<sup>2</sup>HDDシステムの概略仕様をシミュレーションにより策定・検証し、BPMへのアシスト記録により6.8Tb/in<sup>2</sup>級HDDの実現可能性を確認した。また、ナノビット媒体の設計・試作、記録再生評価、アドレッシング性能評価を統合して行い、各要素技術の2.5Tb/in<sup>2</sup>および5Tb/in<sup>2</sup>に向けた方向性を各フェーズで明確化した。ナノビット媒体、ナノアドレッシング技術の個別要素技術をベースとしたHDDプロトタイプを試作し、原理動作を検証した。</p> <table border="1" data-bbox="450 1288 1236 1422"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>「査読付き」69件、その他・研究発表・講演 298件</td> </tr> <tr> <td>特許</td> <td>「出願済」146件(うち国際出願55件)</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表(プレス発表等)</td> <td>8件(新聞掲載11件、他9件)</td> </tr> </table>	投稿論文	「査読付き」69件、その他・研究発表・講演 298件	特許	「出願済」146件(うち国際出願55件)	その他の外部発表(プレス発表等)	8件(新聞掲載11件、他9件)
投稿論文	「査読付き」69件、その他・研究発表・講演 298件						
特許	「出願済」146件(うち国際出願55件)						
その他の外部発表(プレス発表等)	8件(新聞掲載11件、他9件)						
IV. 実用化、事業化の見通しについて	HDD業界・学会関係の専門家が集まるIEEE国際会議TMRC 2013での業界関係者による実用化時期アンケートで、本プロジェクトで開発した、マイクロ波アシスト、熱アシスト記録は2017年、ビットパターン媒体は2019年に実用化されるとの見通しが示された。以上から本プロジェクトの目標、成果は適切かつ先進的で、実用化は確実と考えられる。						
V. 基本計画に関する事項	<table border="1" data-bbox="450 1534 1236 1868"> <tr> <td>作成時期</td> <td>平成20年3月作成</td> </tr> <tr> <td>変更履歴</td> <td>平成20年7月改訂(イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1)研究開発の目的」の記載を改訂) 平成22年6月改訂(平成22年度加速予算による最終目標達成年度の変更) 平成22年11月改訂(平成22年度加速予算による最終目標達成年度の変更) 平成23年2月改訂(開発成果促進財源の投入による最終目標達成年度の変更および最終達成目標の追加) 平成23年7月改訂(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法の改正に伴う改訂) 平成23年9月改訂(研究開発内容の絞り込みによる最終達成目標の変更) 平成24年3月改訂(開発成果促進財源の投入及び研究開発の効率化に伴う最終達成目標の変更)</td> </tr> </table>	作成時期	平成20年3月作成	変更履歴	平成20年7月改訂(イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1)研究開発の目的」の記載を改訂) 平成22年6月改訂(平成22年度加速予算による最終目標達成年度の変更) 平成22年11月改訂(平成22年度加速予算による最終目標達成年度の変更) 平成23年2月改訂(開発成果促進財源の投入による最終目標達成年度の変更および最終達成目標の追加) 平成23年7月改訂(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法の改正に伴う改訂) 平成23年9月改訂(研究開発内容の絞り込みによる最終達成目標の変更) 平成24年3月改訂(開発成果促進財源の投入及び研究開発の効率化に伴う最終達成目標の変更)		
作成時期	平成20年3月作成						
変更履歴	平成20年7月改訂(イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1)研究開発の目的」の記載を改訂) 平成22年6月改訂(平成22年度加速予算による最終目標達成年度の変更) 平成22年11月改訂(平成22年度加速予算による最終目標達成年度の変更) 平成23年2月改訂(開発成果促進財源の投入による最終目標達成年度の変更および最終達成目標の追加) 平成23年7月改訂(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法の改正に伴う改訂) 平成23年9月改訂(研究開発内容の絞り込みによる最終達成目標の変更) 平成24年3月改訂(開発成果促進財源の投入及び研究開発の効率化に伴う最終達成目標の変更)						

# 技術分野全体での位置づけ

(分科会資料5-2より抜粋)

## 4-1 (1)事業の位置付け・必要性

### 政策上の位置付け

公開

I-(1)NEDOの事業としての妥当性

<b>経済産業省 研究開発プログラム(PG)</b> <b>「ITイノベーションPG」及び「エネルギーイノベーションPG」の1テーマとして実施</b>		
産業技術 政策	第3期科学技術 基本計画(H18)	■情報通信分野は、研究開発の重点推進4分野(ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテク・材料)の1つに位置づけられている。
	新産業創造戦略 2005(H17)	■情報通信分野は、重点的に育成する戦略7分野の1つに位置づけられている。

### 経済産業省研究開発プログラム

#### ITイノベーションプログラム

目的: 高度情報通信ネットワーク社会の構築に向け、経済成長戦略大綱、IT新改革戦略、科学技術基本計画及び技術戦略マップ等に基づき、情報化の進展に伴うエネルギー消費量の増大等の課題にも考慮しつつ、その基盤となる情報通信機器・デバイス等の情報通信技術を開発し、実社会への利用を促進する。

#### II. 省エネ革新 [i] 情報ネットワークシステムの徹底的省エネの実現

##### グリーンITプロジェクト「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発」

#### エネルギーイノベーションプログラム

目的: 資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的な発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。(中略) 以下に5つの政策の柱毎に目的を示す。

- I. 総合エネルギー効率の向上
- II. 運輸部門の燃料多様化
- III. 新エネルギー等の開発・導入促進
- IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保
- V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

#### 4-I. 総合エネルギー効率の向上 [iv] 省エネ型情報生活空間創生技術

##### グリーンITプロジェクト「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発」

## 4-1 (1)事業の位置付け・必要性

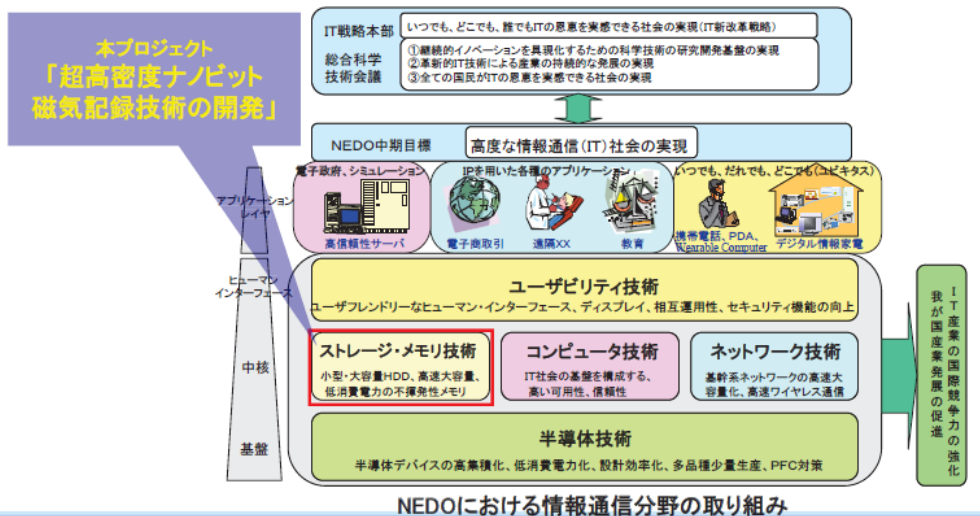
### NEDO中期目標としての位置付け

公開

I-(1)NEDOの事業としての妥当性

#### NEDO 第2期中期目標 <情報通信分野> (2008年~2012年)

- 誰もが自由な情報の発信・共有を通じて、個々の能力を創造的かつ最大限に発揮することが可能となる **高度な情報通信(IT)社会を実現**
- 我が国経済の牽引役としての **産業発展を促進**

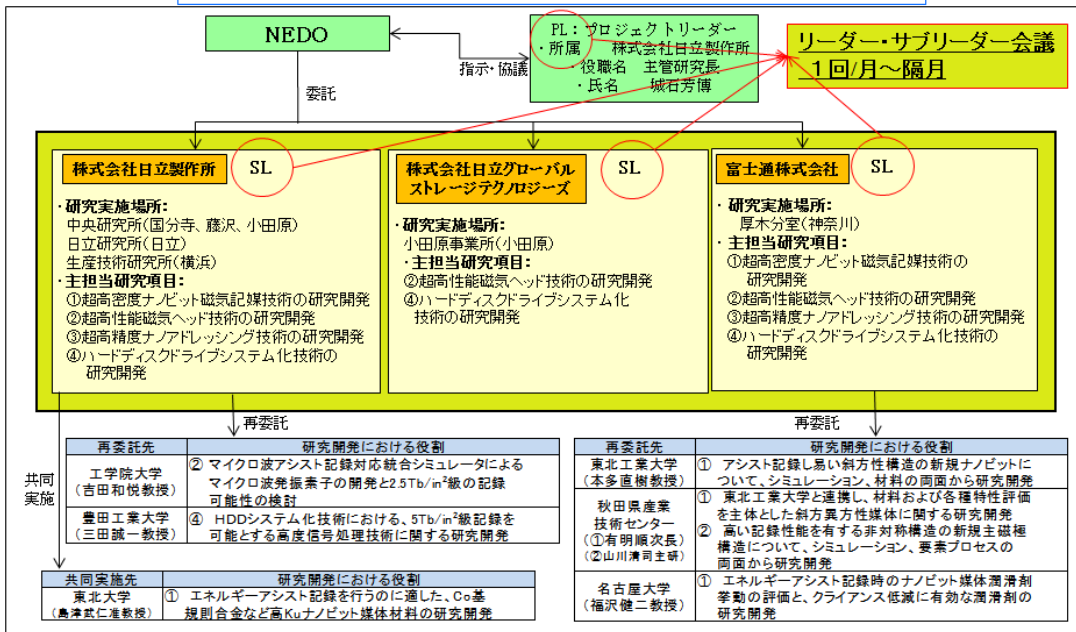


# 「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発

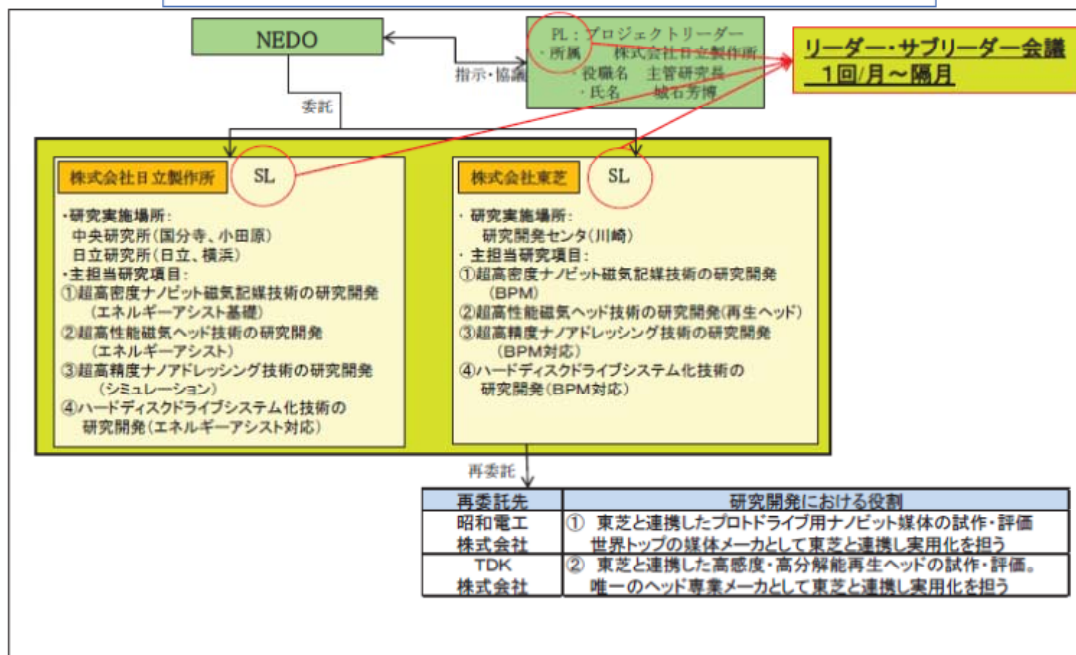
(グリーンITプロジェクト)

## 全体の研究開発実施体制

### 研究開発の実施体制(2008年6月開始時)



### 研究開発の実施体制(2012年4月以降)





# 「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発 (グリーンITプロジェクト)」(事後評価)

## 評価概要(案)

### 1. 総論

#### 1) 総合評価

垂直磁気記録の実用化以降、HDD(Hard Disk Drive;ハードディスクドライブ)の高密度化が順調に進む一方で、従来技術の延長線上では高密度化が困難な段階にきているが、本プロジェクトにおいては、新システム提案が明確化され、予想以上の成果が得られている。具体的には、将来有望とされている熱アシスト磁気記録、マイクロ波アシスト磁気記録やビットパターン媒体に関して果敢に研究開発を進め、5[Tb/in<sup>2</sup>]以上の面記録密度実現のための要素技術の明確化を図った点は高く評価できる。

一方、各要素技術の可能性は示されたが、シミュレーション結果の実現性検証や要素技術統合によるHDD装置としての稼働可能性検証は残された課題である。要素技術の再現性、量産化に向けた歩留まり検討が今後必要である。また、最終製品の在るべき姿や使われ方を考慮し、開発技術仕様にフィードバックし、本プロジェクト成果の高密度記録技術を適用した製品を検討頂きたい。

#### 2) 今後に対する提言

本プロジェクトの成果は、多くの要素技術からなっているが、これらが実際に実用化される時期は、要素技術によって異なるはずである。従って、今後は周辺技術の開発状況、競合企業の開発戦略などを踏まえながら、本プロジェクトの成果を実用化に結びつけるための企業における柔軟な実用化戦略が必要である。また、ナノテクやスピントロニクスなどの基盤技術から構築して実用技術における大きな成果を得ているが、実用化する段には製造設備開発、導入に莫大な資金と労力が必要になる。その様な状況の中で生き残るためには、各社のグローバルな「競争」と「協調」が必要と考える。今後世界的規模の産業展開を見据えた進め方も必要になる時期にきている。量産体制の確立に向けての効率的な投資のために引き続き、産学官連携体制によるしっかりした公的なサポートが望ましい。

これまでもスピントロニクスにおける再生ヘッドでの産業応用などHDDとストレージ産業は先端技術の受け皿として大きな産業規模を活用して技術の発

展を支えてきている。本プロジェクトの成果をうまく育成・発展させることで、この分野での我が国の国際的なイニシアチブを取り戻していくことが重要である。日本がストレージ技術において、世界を先導していくためのシナリオとして、ストレージシステム全体を俯瞰し、他のメディアについても必要なタイミングでナショナルプロジェクトを計画的に実施していただくことを期待する。本プロジェクトに次ぐ、将来の技術リードビークルとなり得る新プロジェクトも NEDO 主体で検討頂きたい。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

ストレージ産業の発展は、HDD 技術の飛躍的発展の成否に大きく依存するが、更に高密度化を進めていくためには、技術的なブレークスルーを必要としたため、更に企業の開発リスクは大きくなっていった。次世代の磁気記録技術は長い研究開発期間と巨額な投資が必要であり、NEDO の関与が必要であった。また、我が国の産官学の結集により、HDD 技術に一大変革をもたらそうとした本プロジェクトは、まさに NEDO が本来になすべき事業である。情報記録分野の国際的競争力を高める点でも本プロジェクトの優位性を認める。

### 2) 研究開発マネジメントについて

プロジェクトの途上で HDD 業界の大きな再編成（富士通、HGST）に見舞われたにも関わらず適切なプロジェクトの研究開発体制を維持して大きな成果を挙げた卓越したプロジェクトマネジメントは高く評価できる。本プロジェクト開始時点では、その開発目標はいささか挑戦的過ぎると思われたが、終わってみればまさに最適の目標設定であったことがわかる。中間評価を受けてその指摘を考慮した適切な方向修正もなされ、目標を達成したことは評価できる。

### 3) 研究開発成果について

要素技術に関して、研究開発目標をほぼ達成する成果を挙げている。外部エネルギーを用いない、連続媒体を用いた垂直磁気記録方式（現状の HDD）と比べて優位性がある。磁気記録媒体、超高性能磁気ヘッドに関する研究成果は、いずれも世界トップレベルであり、HDD 技術の今後の方向を左右する重要成果である。また、高温動作を要して信頼性確認に注意を要する熱アシスト技術を代替できる記録方式として、マイクロ波アシスト磁気記録技術についてスピントルク発振素子とそのヘッド化技術という、もう一つの選択肢を与えることができたことは重要である。

一方、シミュレーションでの可能性の見極め段階であり、実現に至る道筋の

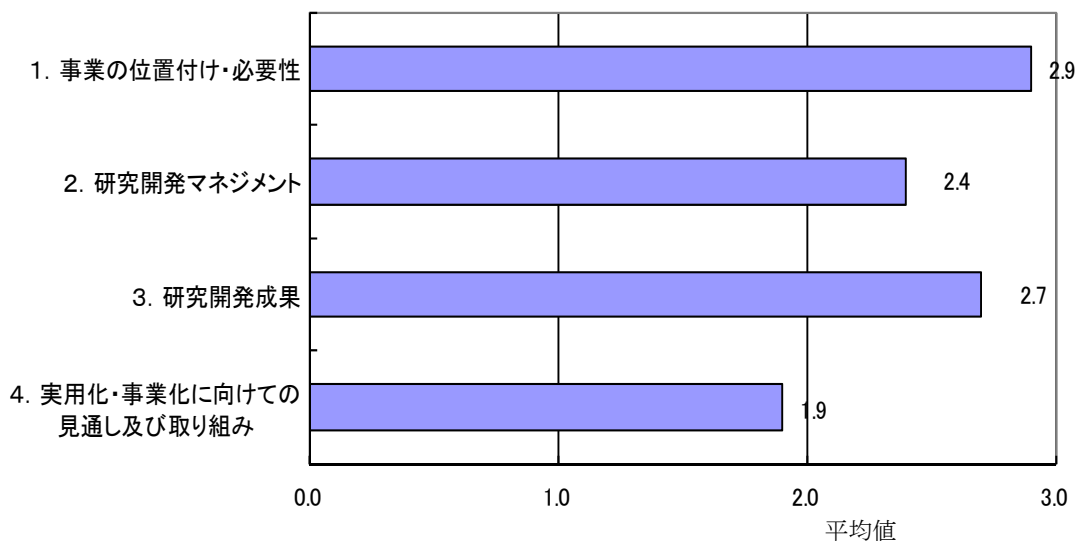
明確化が必要である。要素技術を統合した状態での技術検証まで至っていないため、今後担当企業を中心に技術開発を継続し、5[Tb/in<sup>2</sup>]の記録再生可能性をHDD統合技術として示すことが望まれる。また、競合企業への情報流出を防ぐために発表を抑えるという方針には理解できる点もあるが、キーテクノロジーを秘匿したままに、アピールをすることも可能なはずであり、この点の努力にもう少し力を入れて欲しかった。本プロジェクト以外の研究機関や研究者の関心を引き付けて、研究活動相乗効果を生み出すために広報活動は重要である。今後のNEDOプロジェクト推進において、戦略的に広報を活用頂きたい。

#### 4) 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

技術的な難易度や資源の投入について順序を付けたうえで、実用化を検討している。特に熱アシスト磁気記録とマイクロ波アシスト磁気記録は競合他社の情報分析を含めてよく検討されており、実用化・事業化に向けた重要な成果が得られている。実用化・事業化については、日本有数のHDD及び記録デバイスメーカーの研究体制としたことが大きな利点である。

一方、開発技術がどれも高い完成度を持つことはよく理解できるが、実用化・事業化を考えると技術的、経済的課題など解決すべき課題は多い。引き続き開発へ取り組んで、この成果を実用化・事業化できることを期待する。

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	B	A	A	
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	B	A	A	
2. 研究開発マネジメントについて	2.4	B	B	A	A	C	A	A	
3. 研究開発成果について	2.7	A	A	A	A	C	A	A	
4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて	1.9	B	A	B	B	D	B	B	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

### 〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当 →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

<参考>

「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発  
(グリーンITプロジェクト)」  
に係る評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ ITイノベーションプログラムおよびエネルギーイノベーションプログラムの目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断できる具体的かつ明確な開発目標を設定しているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマごとの配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。

- ・ 適切な研究開発実施体制になっており、指揮命令系統及び責任体制が明確になっているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 知的財産取扱（実施者間の情報管理、秘密保持、出願・活用ルール含む）に関する考え方は整備され、適切に運用されているか。

#### (4) 研究開発成果の実用化・事業化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化・事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化・事業化シナリオに基づき、成果の活用・実用化の担い手、ユーザーが関与する体制を構築しているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダーが選任されている場合、成果の実用化・事業化シナリオに基づき、適切な研究開発のマネジメントが行われているか。
- ・ 成果の実用化・事業化につなげる知財戦略(オープン/クローズ戦略等)や標準化戦略が明確になっており、かつ妥当なものか。

#### (5) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向等に機敏かつ適切に対応しているか。

### 3. 研究開発成果について

#### (1) 目標の達成度と成果の意義

- ・ 成果は目標を達成しているか。
- ・ 成果は将来的に市場の拡大あるいは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。
- ・ 目標未達成の場合、達成できなかった原因が明らかで、かつ目標達成までの課題を把握し、この課題解決の方針が明確になっているなど、成果として評価できるか。
- ・ 設定された目標以外に技術的成果があれば付加的に評価する。
- ・ 世界初、世界最高水準、新たな技術領域の開拓、又は汎用性のある成果については、将来の産業につながる観点から特に顕著な成果が上がっている場合は、海外ベンチマークと比較の上で付加的に評価する。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 大学又は公的研究機関で企業の開発を支援する取り組みを行った場合

には、具体的に企業の取り組みに貢献しているか。

(2) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、又は実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(3) 成果の普及

- ・ 論文等の対外的な発表は、将来の産業につながる観点から戦略的に行われているか。
- ・ 成果の活用・実用化の担い手・ユーザー等に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

本項目における「実用化・事業化」の考え方  
当該研究開発に係る試作品、サービス等の社会的利用(顧客への提供等)が開始されることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の販売や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することを言う。

(1) 成果の実用化・事業化の見通し

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 成果は市場やユーザーのニーズに合致しているか。
- ・ 実用化に向けて、競合技術と比較し性能面、コスト面を含み優位性は確保される見通しはあるか。
- ・ 量産化技術が確立される見通しはあるか。
- ・ 事業化した場合に対象となる市場規模や成長性等により経済効果等が見込めるものとなっているか。
- ・ プロジェクトの直接の成果ではないが、特に顕著な波及効果(技術的・経済的・社会的効果、人材育成等)がある場合には付加的に評価する。

(2) 実用化・事業化に向けた具体的取り組み

- ・ プロジェクト終了後において実用化・事業化に向けて取り組む者が明確に

なっているか。また、取り組み計画、事業化までのマイルストーン、事業化する製品・サービス等の具体的な見通し等は立っているか。