

「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発」
 (事後評価) 第1回分科会資料5-2

超高密度ナノビット磁気記録技術の開発 (事後評価)

(2008年度～2012年度 5年間)

4. プロジェクトの概要説明 (公開) 事業の位置付け・必要性／研究開発マネジメント

NEDO

電子・材料・ナノテクノロジー部

2013年11月27日

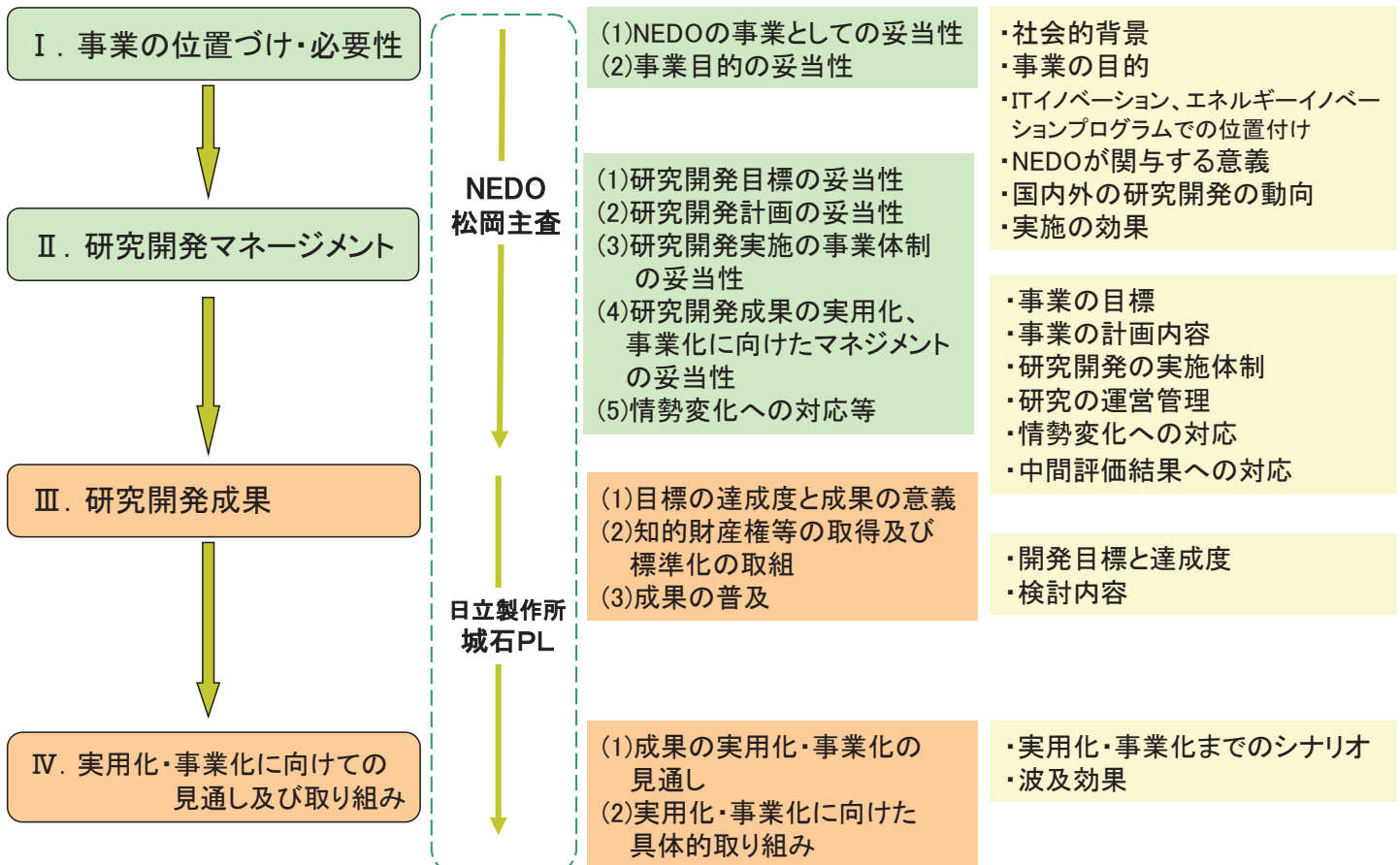
超高密度ナノビット磁気記録技術の開発 事後評価第1回分科会 (平成25年 11月27日)

1/24

4. プロジェクトの概要説明

発表内容

公開



超高密度ナノビット磁気記録技術の開発 事後評価第1回分科会 (平成25年 11月27日)

2/24

4. プロジェクトの概要説明

4-1 「事業の位置付け・必要性」及び「研究開発マネジメント」

(1)事業の位置付け・必要性

(2)研究開発マネジメント

4-2 「研究開発成果」及び「実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み」

(1)研究開発成果

(2)実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み

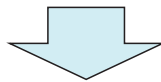
4-3 プロジェクトの概要全体を通しての質疑

4-1 (1)事業の位置付け・必要性

I-(2)事業目的としての妥当性

社会的背景

データセンターの消費電力削減は世界規模での喫緊の課題
データセンターの消費電力の20%以上をHDDが占める

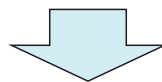


HDDの単位情報量当たりの消費電力量の削減の必要性

事業の目的

データセンタのHDD台数縮減と電力消費量の削減のために

- 記録密度を一桁以上向上
- 単位情報量当たりの消費電力量を数十分の一へ低減



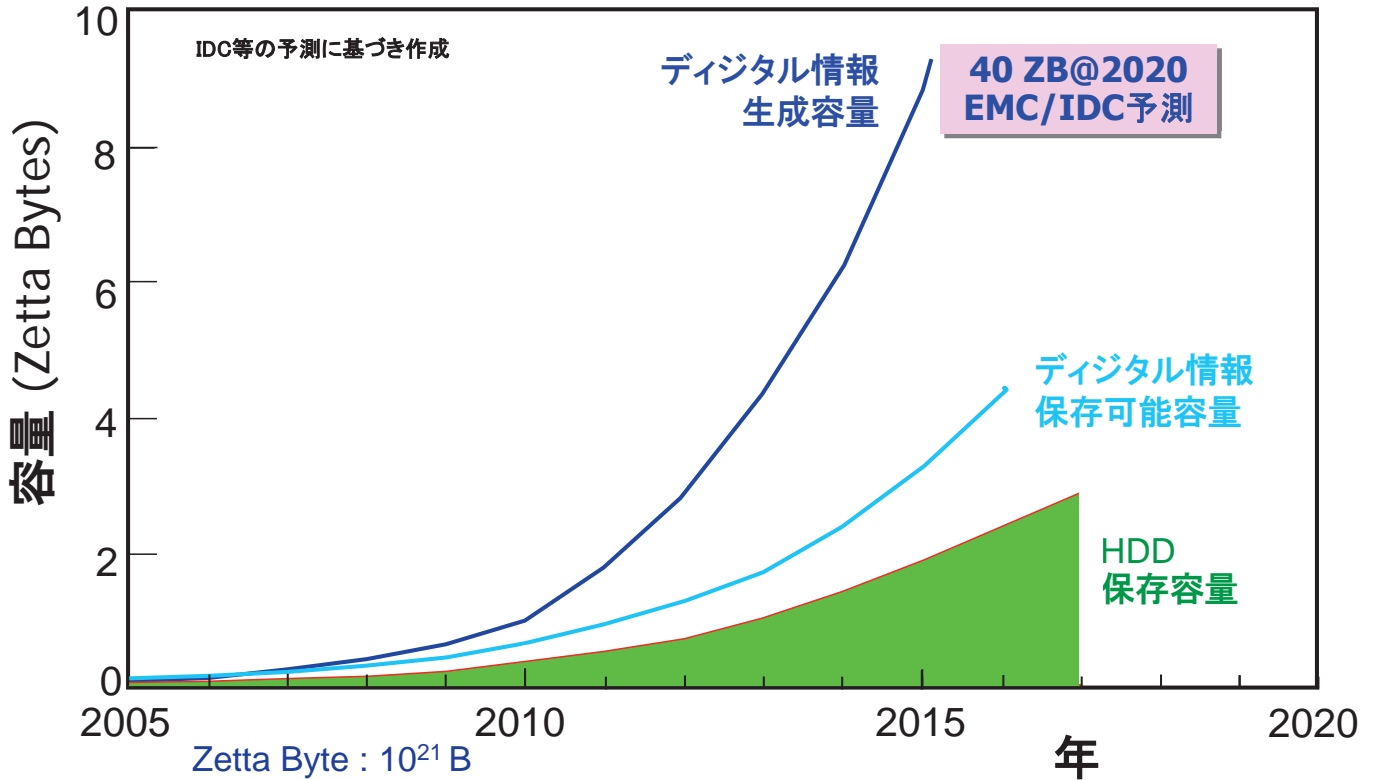
地球温暖化対策へと貢献

HDD分野における国際的イニシアチブ獲得

「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」の一環

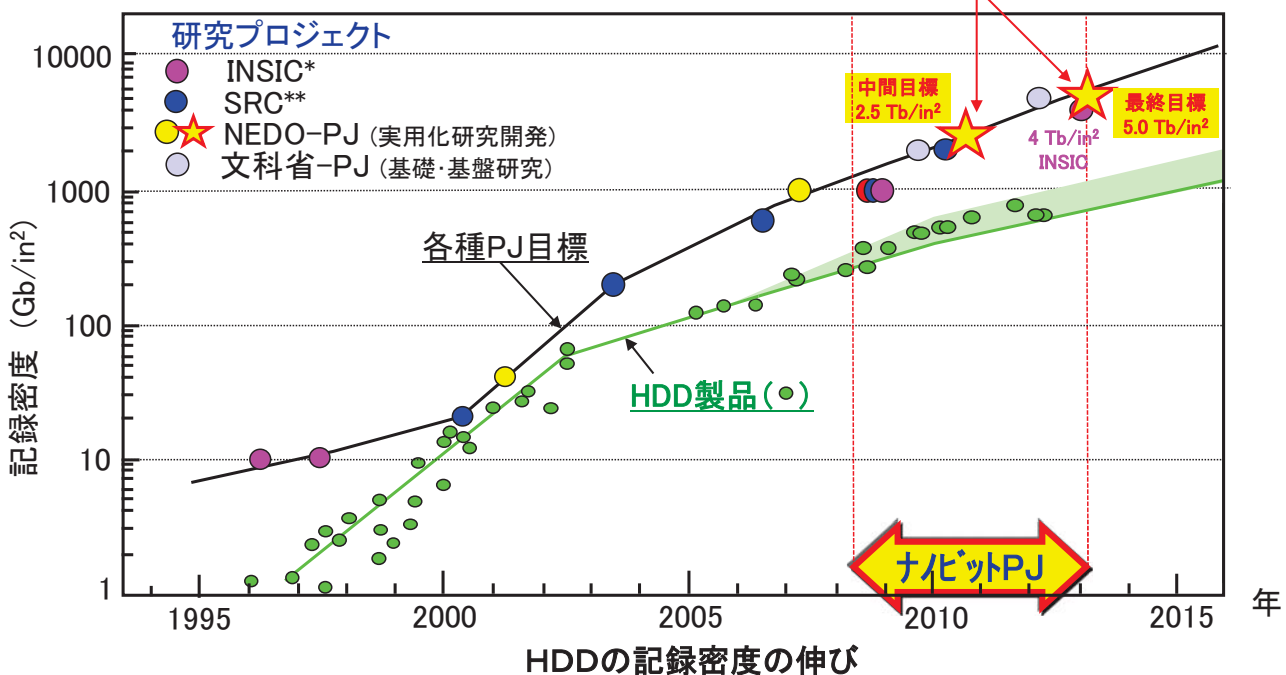
- デジタル情報生成の増大
 - ・人口急増とネットワーク接続可能端末の多様化・浸透
 - ・ネットワーク広帯域化と高精細映像配信の浸透

- ZB級ストレージが必須
- 主役はHDD



激しい国際競争

ナビットPJ(事業実施年度:2008年度~2012年度)
 2010年度までに2.5 Tb/in²、2012年度までに5 Tb/in²対応の個別要素技術を開発
 INSIC(米国:目標 4 Tb/in²)を上回る国際競争力を確保する。



*: Information Storage Industry Consortium, ※ INSICの4 Tb/in²目標は2009年に設定 **:Storage Research Consortium

経済産業省 研究開発プログラム(PG)
「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

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。

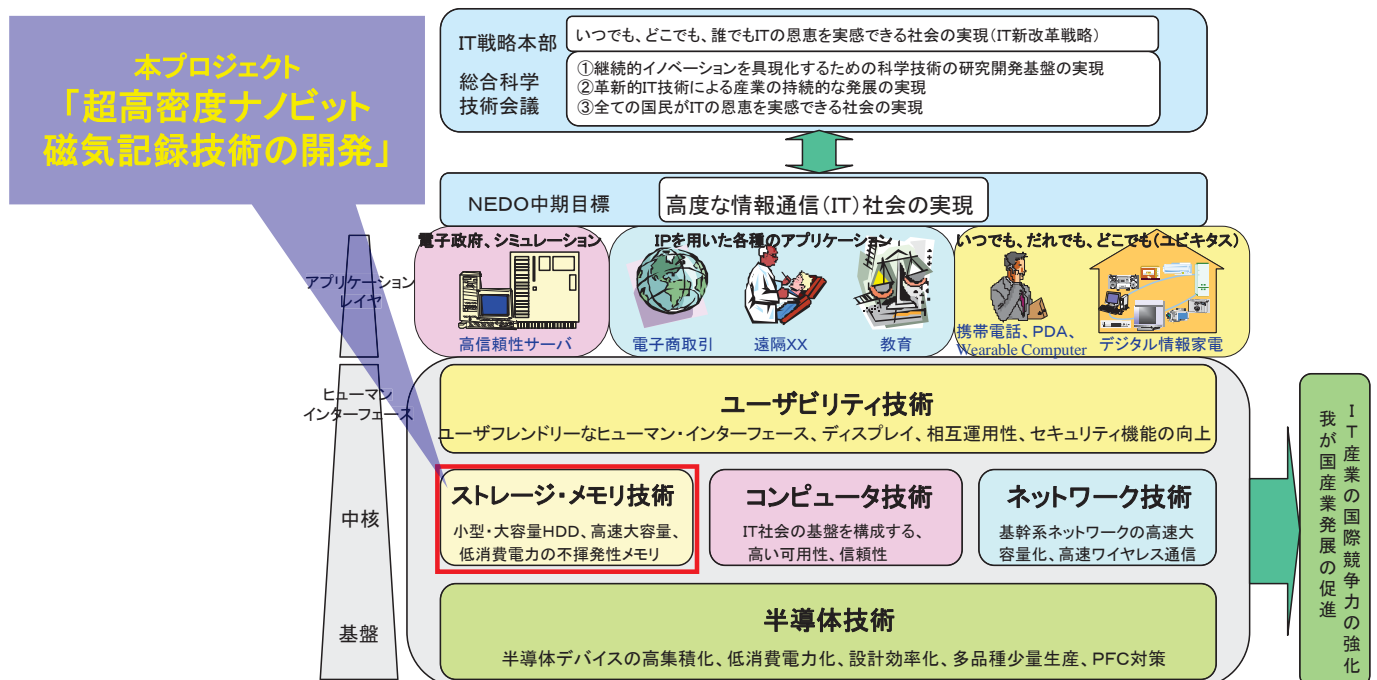
- I. 総合エネルギー効率の向上
- II. 運輸部門の燃料多様化
- III. 新エネルギー等の開発・導入促進
- IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保
- V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

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」

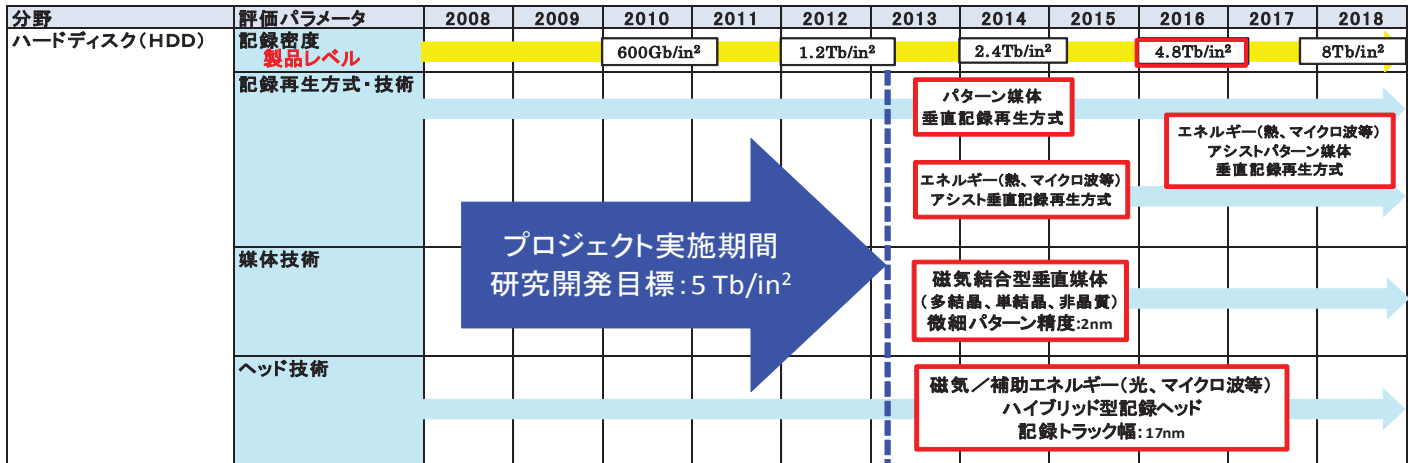
NEDO 第2期中期目標 <情報通信分野> (2008年~2012年)

- 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



NEDOにおける情報通信分野の取り組み

ストレージ関連技術のNEDOロードマップ (プロジェクト開始:2008年時点)



- 本PJはNEDOロードマップに沿った開発である。(赤囲い技術の実用化に向けた研究開発)
- **製品レベル**では2016年以降に記録密度約5 Tb/in²のHDDが実用化する想定して、プロジェクト終了時(2013年)に**研究開発レベル**で記録密度5 Tb/in²を達成することを目標とする。

※ただし、2013年現在の製品レベルの記録密度の伸びは上記予測より鈍化(0.7 Tb/in²)。

CO₂排出量削減という国家的な取り組み、情報通信技術の公共性、民間企業だけの開発の困難性、技術的英知結集の必要性からNEDOプロジェクトとして取り組むことが必要

◆ IT機器の省エネ化によるCO₂削減には、国家的な取り組みが必要

HDDの記録密度を向上して台数を削減し、また小型化による低消費電力化の相乗効果により消費電力削減することでCO₂排出量削減すること、地球温暖化対策として非常に重要であり、公益性のある取り組みである。

◆ 我が国のエレクトロニクス産業を支える技術の国際競争力確保

HDD技術は、将来の情報通信分野における莫大なデータ量の増加に対応するために必須の技術であり、我が国の情報・エレクトロニクス産業の優位性の確保と情報化社会の推進にとって大きな意義を持つ。

◆ 個々の民間企業では、技術開発は困難

HDDは将来の情報化社会に必須の技術でありながら、その開発競争及び業界再編によるHDDメーカーの淘汰が非常に激しく、我が国がIT産業のプレゼンスを確保しHDDに関して国際競争力を維持発展するためには、残る国内企業間の連携や技術の共通化が重要であり、民間活動のみではリスクが高い。



NEDOが関与すべき事業

超高密度ナノビット磁気記録技術の開発

PJ成果による国内省エネルギー効果(2030年)

1790万kl/年(2030年)

【算出方法】

$$\frac{2030年のHDD情報保存量(WW:予測)}{\text{各技術によるHDD記録容量}} = \text{各技術で情報保管に必要なHDDの換算台数}$$

$$HDD消費電力 \times \text{稼働率} \times \text{換算台数} = \text{エネルギー消費量}$$

HDDの記憶容量の技術水準	HDD種別	換算台数(百万台)	エネルギー消費量[kWh]		省エネルギー効果(WW)(原油換算)
PJ開始時のHDD技術のままであった場合	2.5inch	83,704	68,637 × 10 ⁶	767,763 × 10 ⁶	
	3.5inch	243,598	699,126 × 10 ⁶		
本PJ成果実用化後	2.5inch	11,801	9,677 × 10 ⁶		1.79億kl

$$\{\text{エネルギー消費量(PJ開始時技術)} - \text{エネルギー消費量(PJ技術実用化)}\} \times \text{電力vs原油換算係数} = \text{省エネルギー効果(WW)}$$

$$\text{省エネルギー効果(WW)} \times 10\%(\text{国内市場比}) = 1790万kl/年$$

国内省エネルギー効果(2030年)

【参考】

HDD消費電力: 7W@3.5inch 2W@2.5inch (変化無し)

1台当たりの使用時間 8時間/日 × 1年(205日使用) × 0.1 = 164時間(HDDの動作時間を考慮し、係数0.1を乗ずる)

電力 vs 原油換算係数: 1 [kWh] = 2.36 × 10⁻⁴ [kl]

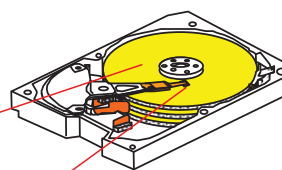
台数予測は、情報保存量の年次推移(出典元: How much Information? 2000&2003, University of California, Berkeley, 日立GST推定)から算出。全HDDが2.5inchとなる前提とした。WWは世界全体を意味する

プロジェクト事業費の委託費総額 40.8億円 (実績)

市場規模

HDD市場規模(世界) 3.6兆円 (2012年)

日本企業のシェア (2012年) 媒体 35.8%、ヘッド 38.2%、HDD 13.5% ※HGSTの日本法人は含まず



市場の効果

記録密度5 Tb/in²製品が実用化される2020年頃まで市場(売上)規模は現在と同等と予想されている。(※TSR社レポート等より)

世界全体でのシェアを5%拡大出来れば、HDDだけで約1800億円(1.9 B\$)の売り上げ増。

本成果の実用化によりHDDの技術及び価格競争力を確保することで、シェアを維持・拡大すれば、HDDを構成する媒体・ヘッドなど国内のHDD関連部品企業も含め十分な費用対効果が見込める。

4. プロジェクトの概要説明

4-1 「事業の位置付け・必要性」及び「研究開発マネジメント」

(1)事業の位置付け・必要性

(2)研究開発マネジメント

4-2 「研究開発成果」及び「実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み」

(1)研究開発成果

(2)実用化・事業化に向けての見通し及び取り組み

4-3 プロジェクトの概要全体を通しての質疑

4-1 (2)研究開発マネジメント

事業の目標

Ⅱ-(1)研究開発目標の妥当性

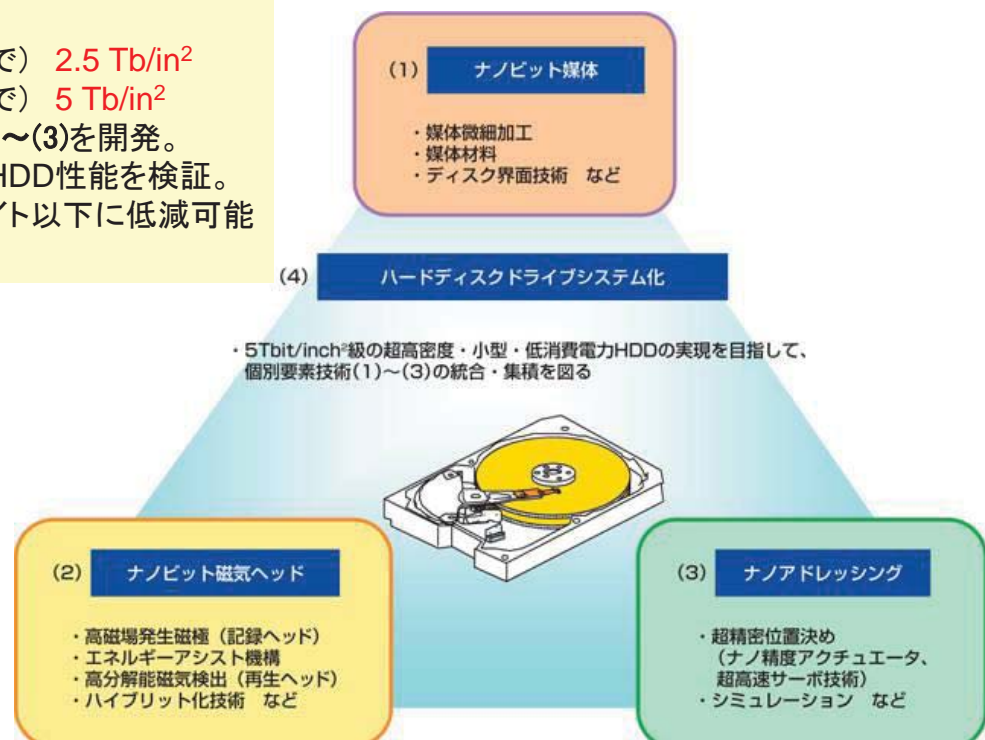
超高密度ナノビット磁気記録技術の開発

HDDの記録密度を1桁向上させるための
基盤技術を確立する

中間目標(2010年度まで) **2.5 Tb/in²**

最終目標(2012年度まで) **5 Tb/in²**

- ・対応の個別要素技術(1)~(3)を開発。
- ・(4)で各性能値をもとにHDD性能を検証。
- ・消費電力0.3 W/テラバイト以下に低減可能であることを示す。



研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標(抜粋)	目標設定の根拠
①超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発	面密度5 Tb/in ² のナノビットが位置決め精度±5nm以下で配列し、かつ磁化反転制御可能であることを確認。	5 Tb/in ² を実現するためには、孤立ビットに記録するナノビット磁気媒体の採用が必須であり、そのビット単位での記録が確実にできることを実証する必要がある。
②超高性能磁気ヘッド技術の研究開発	エネルギーアシスト記録ヘッド、および高感度・高分解能再生ヘッドにより、面密度5 Tb/in ² のナノビットに磁気情報を記録再生が可能であることを確認。	高い保磁力を持つ媒体材料に対する磁気記録は従来の手法では実現困難。5 Tb/in ² の超高性能磁気ヘッドの実現には、エネルギーアシスト機構、高感度・高分解能磁気検出素子等の技術開発が必要となる。
③超高精度ナノアドレッシング技術の研究開発	浮上量7nm以下で安定浮上するヘッドが、円周方向・動径方向共に10nm以下の精度で動的位置制御可能であることを確認。	面密度5 Tb/in ² の精度にてヘッドを制御するためには、超高精度な位置制御技術が要求される。
④ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発	5 Tb/in ² の記録密度とアクティブアイドル時における単位情報量当たりの消費電力が0.3 W/テラバイト以下の実現可能性を示す	ハードディスクドライブとして機能させるためには、個別要素技術を統合したハードディスクシステム化のための技術開発が必須である。

ナノビットPJのマネジメント上で重要なポイントは以下の2点である。

① 中間評価における指摘への対応

2010年の中間評価においては、目標・成果の先進性は高い評価だったが、要素技術、システム化技術とも、まだ実用化の可能性が明確になっていないとの指摘をいただいた。

これを受け、各要素技術が実用化のために達成すべき目標の追加を行い、計画の見直しと加速により要素技術の目標を前倒し達成し、最終年度はBPM方式でのHDD動作検証をはじめとするシステム化の目標を達成することで実現性を実証した。

さらに、量産性を視野に入れた目標追加や、市場における製品寿命を見据えた目標の向上など、国内メーカーが早期に実用化できることを優先したマネジメントを行った。

② 業界再編に対応した実施体制の変更

プロジェクト実施期間中にHDD業界は大規模な再編に見舞われ、2009年の富士通、2011年の日立製作所(HGST)と委託先におけるHDD事業の売却が相次いで発生。

委託先のプロジェクト離脱に伴う研究開発テーマ・成果の継承にあたり目標達成だけでなく、実用化・事業化に向かう上での最適な体制変更を行った。

予算

(百万円)

項目	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	合計
実績 (特別会計)	755	1,012	883	950	480	4,080

研究開発スケジュール

中間評価

事後評価

開発項目	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	マネジメント上のポイント
① 超高密度 ナノビット 磁気媒体技術			★ 2			加速による目標達成前倒し (2012年度→2011年度) 大面積形成技術の追加
② 超高性能 磁気ヘッド 技術			★			加速による目標達成前倒し (2012年度→2011年度) 加速により記録密度目標向上 →製品寿命が長いHDD容量へ
③ 超高精度 ナノアドレッシング 技術						媒体・ヘッドの目標達成に 合わせた進捗管理
④ ハードディスク ドライブシステム化 技術			目標 2.5Tb/in ²		目標 5 Tb/in ²	要素技術の目標達成前倒しにより、 最終年度はリソースをシステム化 技術に注力し目標達成。ナノビット 媒体プロトドライブ試作、動作実証。

※開発成果促進財源の投入
を以降“加速”と表記する

加速★ (各要素技術の目標達成を1年前倒し
システム化目標・プロトドライブ動作実証)

加速★ (実用化時の量産化技術や市場性がターゲット)

中間評価(2010年11月実施)の結果

①事業の位置付け・ 必要性	②研究開発 マネジメント	③研究開発成果	④実用化・事業化 の見通し
3.0	2.6	2.6	1.4

NEDO内評価基準(③と④の合計点)

4.0(優良レベル)

評価のポイント(抜粋)

- ・面密度5 Tb/in²という意欲的な目標を設定し、世界をリードする成果を得ている。
- ・HDD高密度化へのニーズを踏まえた事業化の方向性、課題のターゲティングは明確である。
- ・早期成果展開に向けた**技術戦略の明確化**と事業・製造部門との連携強化を期待する。
- ・ナノビット媒体の実用化に向け、**ディスクの全面への形成の実現**につながる達成目標レベルを再検討してほしい。
- ・再生ヘッドは実用化に結びつく飛躍的進歩が得られていない。実用化には**Read/Writeの両方のヘッド技術が必要**なため、加速方法を検討してほしい。

中間評価の反映

- ・各要素技術の事業化を想定する時期を念頭に**目標の達成時期を前倒し**し、それを受けての基本計画修正と加速を実施した。さらに、事業性も考慮した**目標向上★**も行った。
- ・ナノビットのディスク全面形成のための**高精度加工技術★2**、及び**大面積形成技術の向上★**を目的とした加速実施と計画変更により、実用化時の製造プロセス技術を確認。
- ・高感度再生ヘッド技術(Read)とエネルギーアシスト記録(Write)を併せた**加速★3**を実施し、最終目標である5 Tb/in²の再生・記録がともにも可能であることを前倒しで確認。

予算実績

中間評価

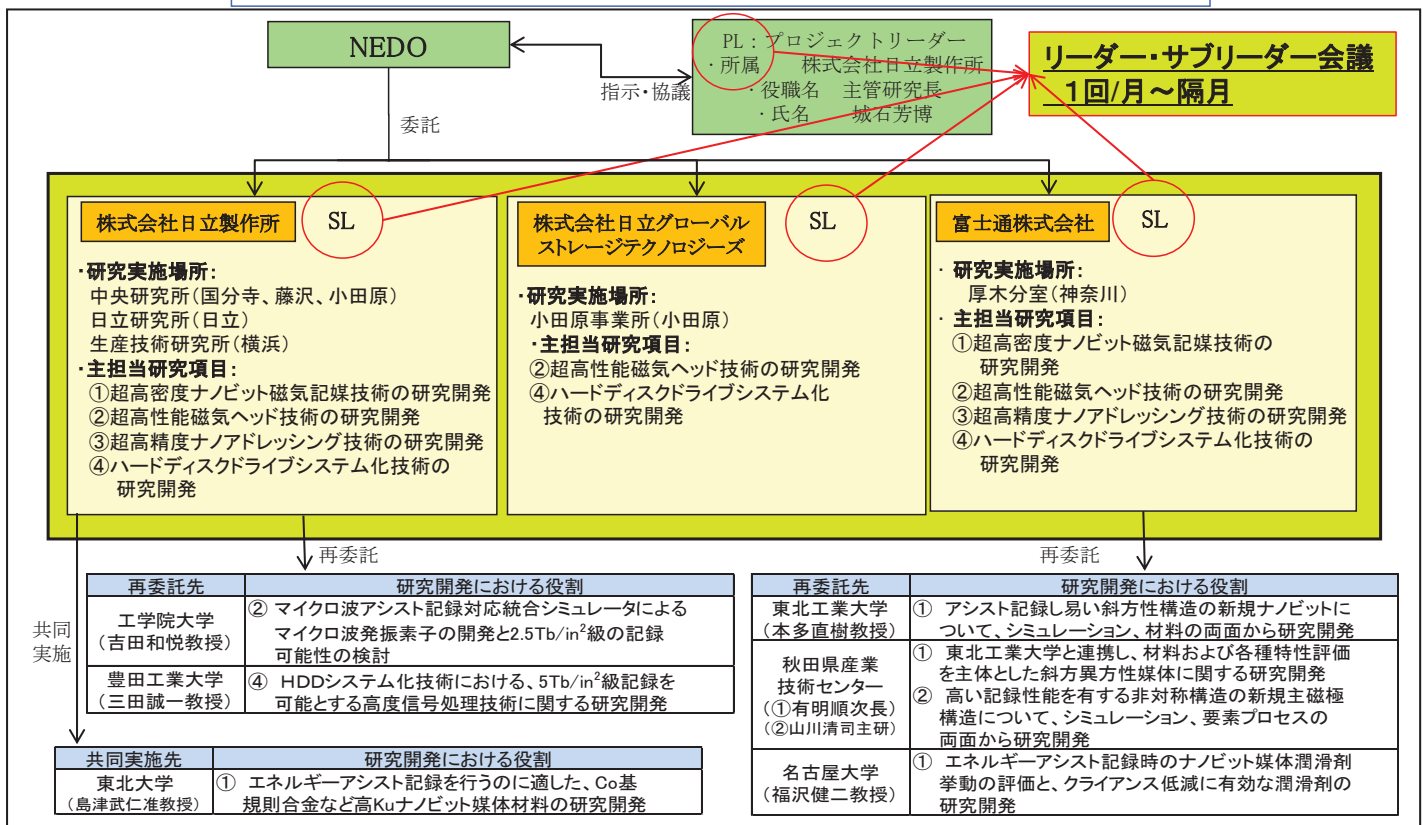
(百万円)

項目	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	合計
実績(特別会計)	755	1,012	883	950	480	4,080



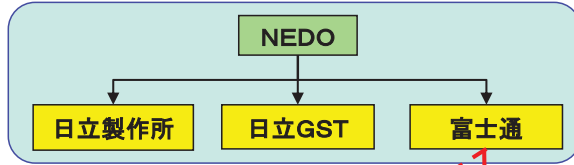
加速件名	金額 (百万円)	主な実施内容(効果)
<p>★1 エネルギーアシスト媒体開発の加速 ナノビット媒体の記録技術との統合加速</p>	195	<p>熱アシスト2.5Tb/in²の磁気ヘッドに対応した熱アシスト媒体、ナノビット媒体におけるプロセス開発加速 (<u>熱アシスト記録対応の媒体プロセス開発を前倒し達成システム技術にて2.5Tb/in²の記録の実現性を示した。</u>)</p>
<p>★2 中間評価反映 ナノビット媒体プロセス技術開発の加速 ナノビット媒体の量産化技術の必要性</p>	212	<p>2.5 Tb/in²対応高精度ナノビット加工技術、及びイオン注入法によるビット孤立化技術開発加速 (<u>ナノビット媒体の全面配列制御や精密加工技術の向上実用化時に量産を可能とする基本技術を実証した。</u>)</p>
<p>★3 中間評価反映 記録再生ヘッド技術の開発の加速 早期目標達成によるシステム化と実用性の証明</p>	390	<p>エネルギーアシスト記録用素子開発の強化、及び設備導入による再生ヘッド用素子開発期間の短縮 (<u>記録再生ヘッドの技術目標を前倒し達成、HDDシステム化開発への早期移行により実用性を検証した。</u>)</p>
<p>★4 中間評価反映 ナノビット媒体加工技術開発及び記録ヘッドの技術開発の加速 量産性・市場性を視野に入れた目標の向上</p>	200	<p>ナノビット媒体の大面積形成技術の目標向上、エネルギーアシスト記録技術の目標向上(5 Tb/in²→6 Tb/in²) (<u>媒体量産化に向けた基本技術とプロトドライブでの原理動作を確認。製品寿命が長い記録容量である6 Tb/in²級HDDの実現性を示した。</u>)</p>

研究開発の実施体制(2008年6月開始時)

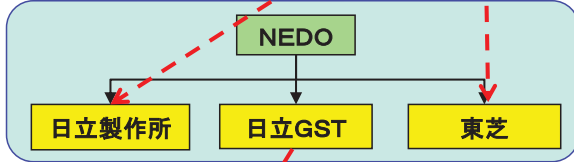


HDD業界再編に伴う研究開発実施体制の変更

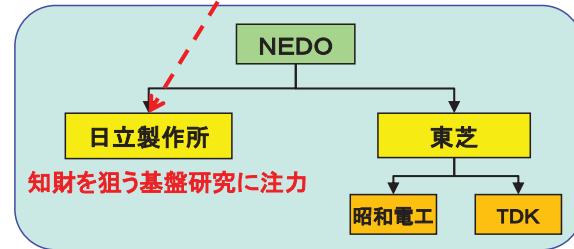
2008年度
(H20年度)



2009年度



2010年度



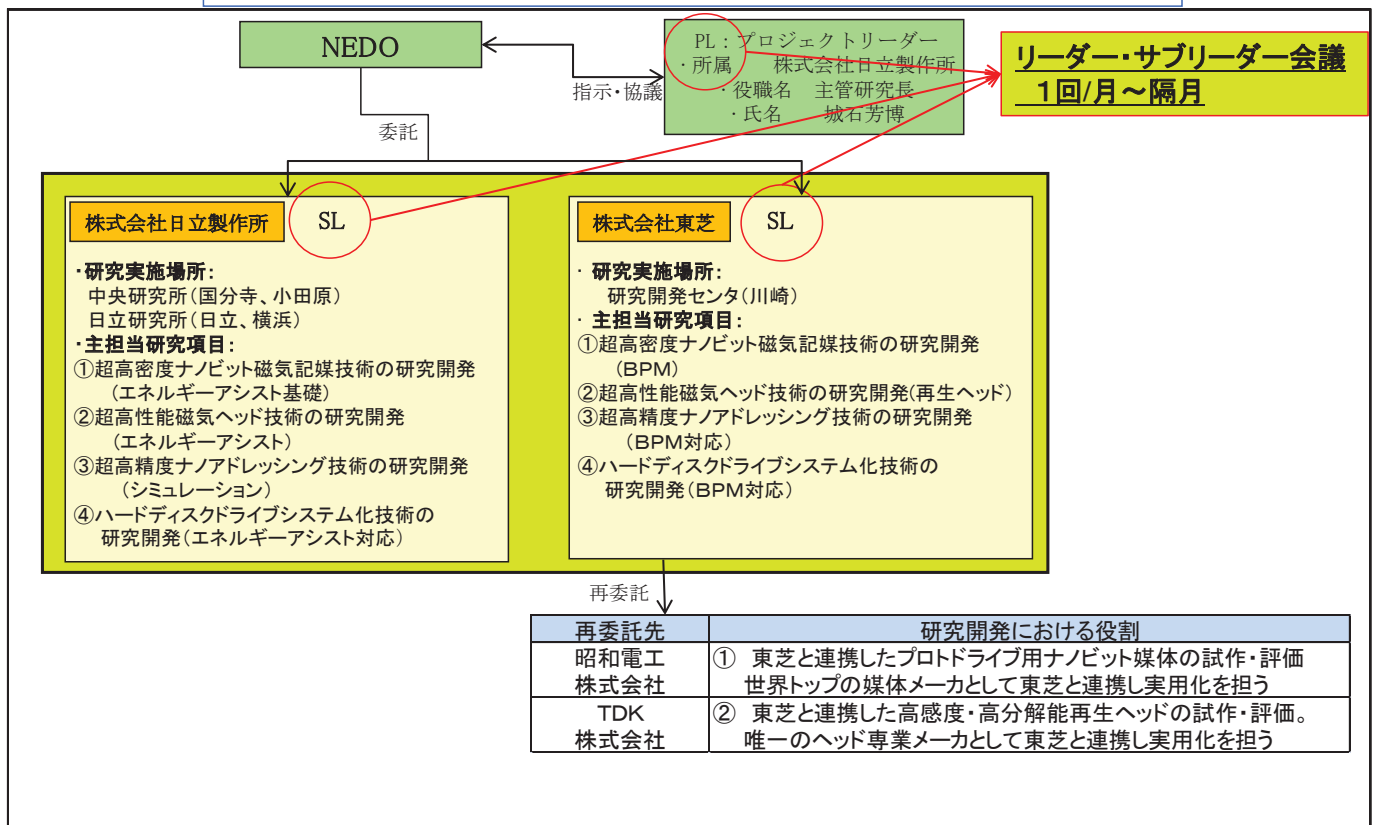
2011年度

2012年度

知財を狙う基盤研究に注力
事業化に向けた体制構築

- ・富士通から東芝へのHDD事業売却の発表(2009年2月)に伴い、再公募を実施して8月に実施体制を変更。
- ・富士通が担当していた①ナノビット媒体技術の開発と成果は東芝・日立製作所が、②強磁界ヘッド技術の開発と成果は日立製作所が引き継いだ。
- ・日立製作所がHDD事業(日立GST)をWD(米)へ売却を発表(2011年3月)これを受けて10月に実施体制を変更。
- ・日立GSTはプロジェクトから脱退し、その開発と成果は日立製作所が引き継いだ。
- ・東芝では製造を行っていないHDD部品(ナノビット媒体、磁気ヘッド)の国内事業を強化するため、昭和電工(磁気媒体)、TDK(磁気ヘッド)を東芝の再委託先として加えた。

研究開発の実施体制(2012年4月以降)



II-(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



定例ヒアリング

研究開発の進捗と計画、競合技術や最新市場の動向、および実用化・事業化の見通しについての定例確認。実施項目や目標が適切であるかを議論し計画の見直しを行った。

技術推進委員会

研究開発の進捗、成果、事業化状況に関して外部委員の評価を求め、その指摘を実用化に向けた活動に反映させた。

- 委員長 中村 慶久 岩手県立大 学長
- 委員 中川 茂樹 東京工業大 教授
- 委員 三浦 健司 東北大 助教
- 委員 馬籠 敏夫 TSR株式会社

事業化状況調査

各社個別対応で、実用化・事業化見通しに関する報告資料の提出を求め、プロジェクト終了後の実用化・事業化に向けた取り組みと課題を整理させ、実用化に向けた活動を加速した。

合同成果報告会

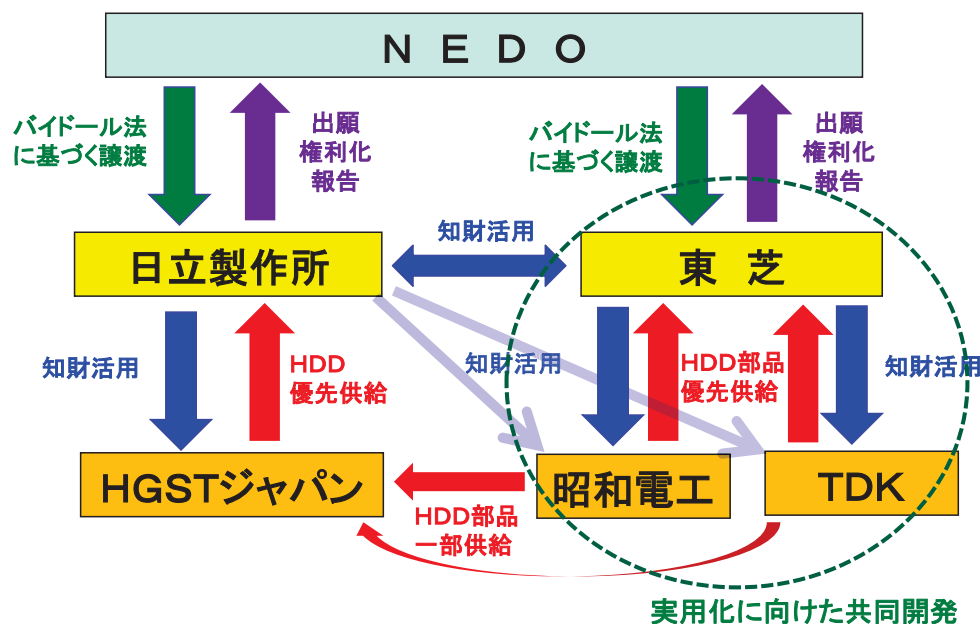
基礎・基盤研究を担う文科省PJ「高機能・超低消費電力コンピューティングのためのデバイス・システム基盤技術の研究開発」との合同成果報告会を2回実施。同時に成果のプレスリリースも行ない、波及効果強化・成果の普及に努めた。

CEATEC展示

CEATEC展示を2回実施、成果の普及に努めた。

II-(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

知財マネジメント と 事業化における知財活用



- 事業化を促進する観点からバイドール法に基づく知財取扱ルールにのっとり、知財を実施者に譲渡する管理を実施。(委託業務約款31条)
- 日立製作所、東芝が取得した知財は全て保持し、事業化に活用するプランを策定。
- 各社が取得した知財は、原則的にはプロジェクトの共同実施者を含む国内企業で活用できることを条件としている。