

「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発」
(中間評価) 第1回分科会資料6

超高密度ナノビット磁気記録技術の開発 (中間評価)

(H20年度～24年度 5年間)

4. プロジェクトの概要説明 (公開)

NEDO技術開発機構
電子・材料・ナノテクノロジー部

2010年11月8日

複製を禁ず

4-1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発のマネジメント」

(1) 事業の位置づけ・必要性

- ・事業の社会的背景
- ・事業の必要性
- ・事業の目的
- ・政策上の位置付け
- ・NEDO中期目標、NEDO事業としての位置付け
- ・NEDOが関与する意義
- ・事業の費用対効果

(2) 研究開発のマネジメント

- ・事業の目標
- ・事業の計画内容
- ・研究開発の実施体制
- ・研究の運営管理
- ・情勢変化への対応

4-2 「研究開発成果」及び「実用化の見通し」

(1) 研究開発成果

- ・研究開発成果および達成度について
- ・知的財産権の取得及び成果の普及

(2) 実用化、事業化の見通し

- ・実用化に向けた体制
- ・事業化までのシナリオ
- ・波及効果

4-3 プロジェクトの概要全体を通しての質疑

4. プロジェクトの概要説明

4-1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発のマネジメント」

(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「実用化の見通し」

(1)研究開発成果

(2)実用化、事業化の見通し

4-3 プロジェクトの概要全体を通しての質疑

社会的背景

IT機器でのエネルギー(電力)消費の増加

◆2025年には全消費電力量の2割の予測

IT機器が数多く収められている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

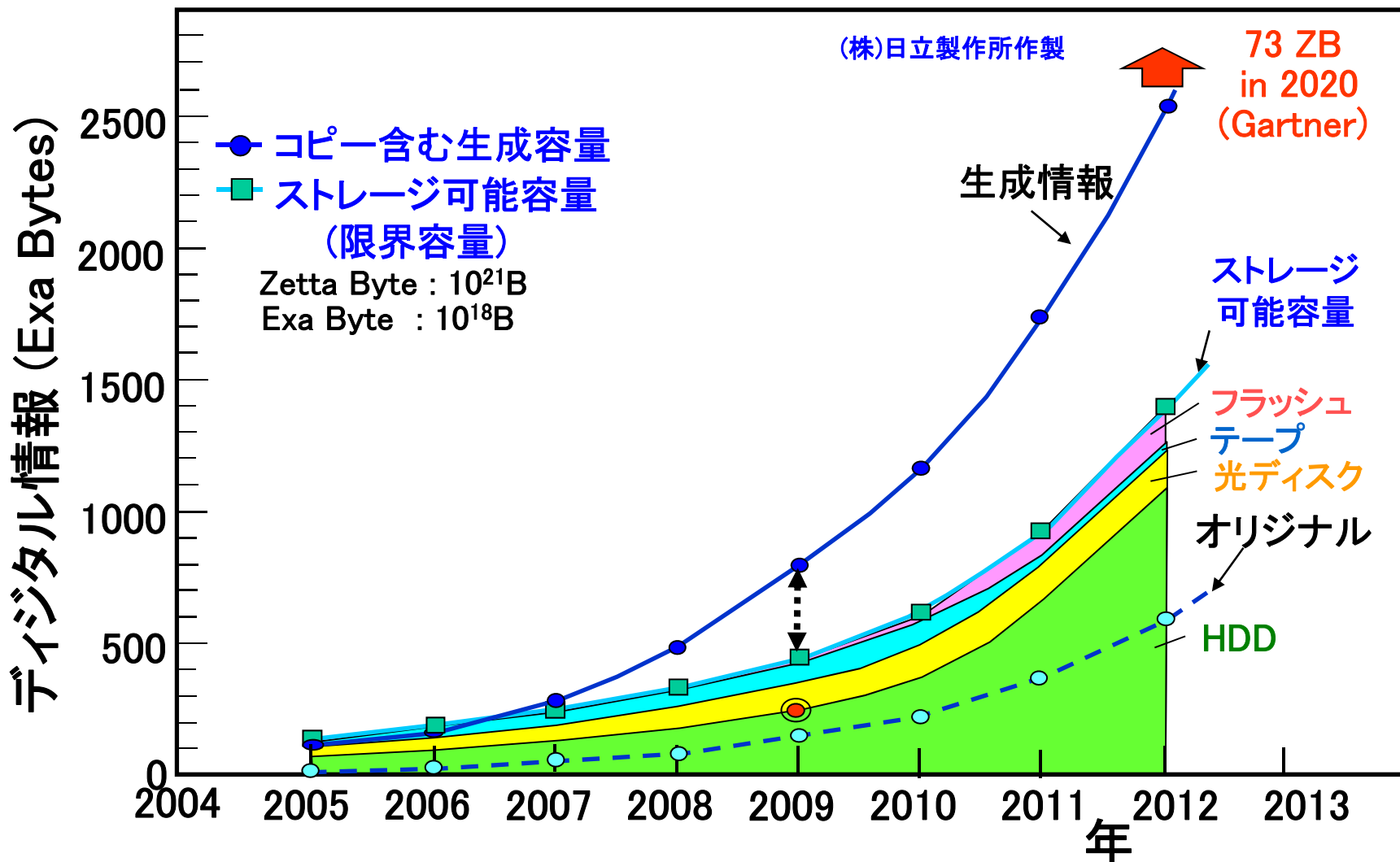
データセンターの消費電力の20%以上をHDDが占める

HDDの単位情報量当たりの消費電力量の削減の必要性

デジタル情報保存量の増大

- ◆個人利用の広がり(FTTxの普及、Web2.0など)
- ◆高精細動画通信(動画ネット配信、デジタル放送)
- ◆クラウドコンピューティングによるデータセンタ利用

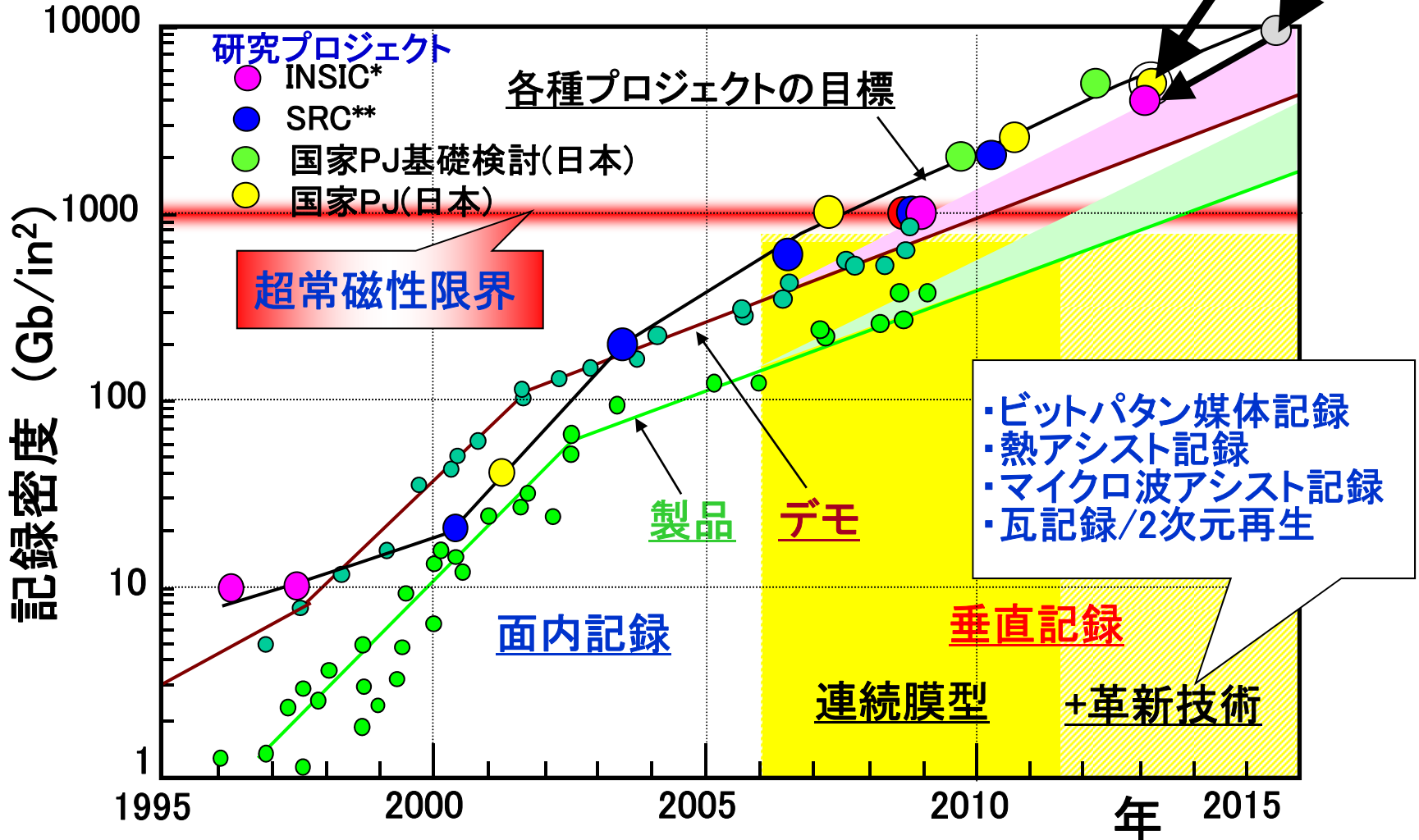
全ての情報の内、保存可能なものは半分程度



激しい国際競争

INSIC(米国)は目標を4Tb/in²に下方修正

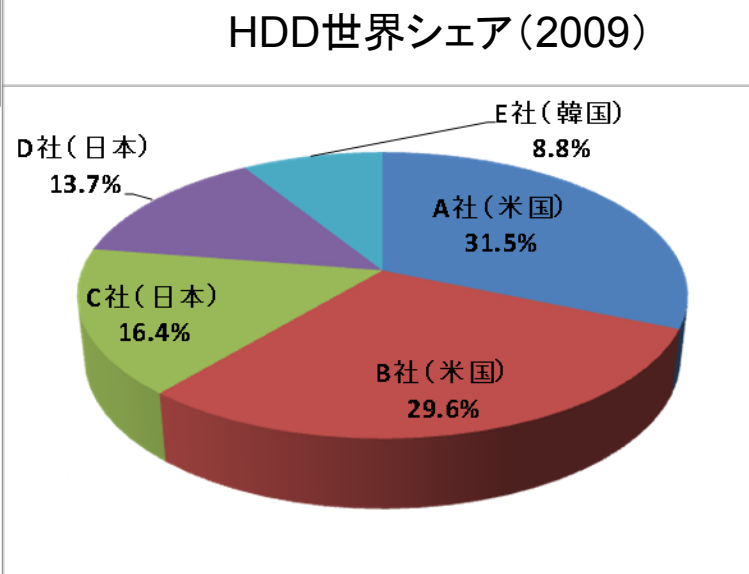
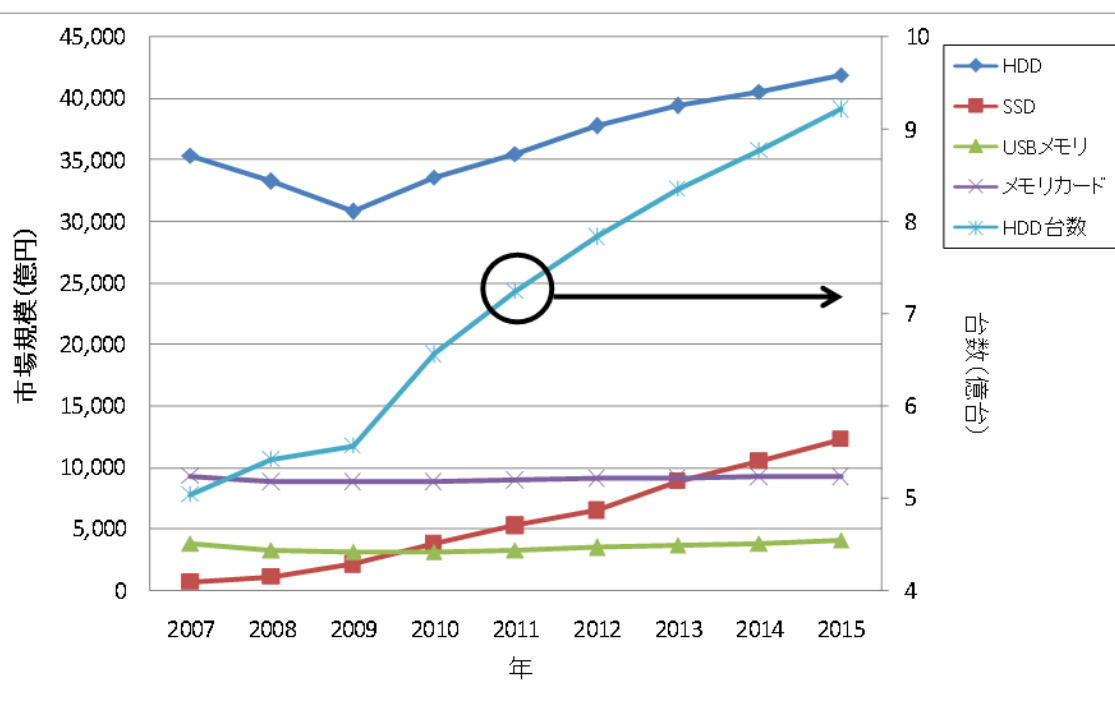
グリーンITプロジェクト「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発」



*: Information Storage Industry Consortium, **: Storage Research Consortium

HDD市場の動向

- ◆HDD市場規模が大きく、シェア拡大による産業競争力強化
- ◆業界再編によるメーカー淘汰



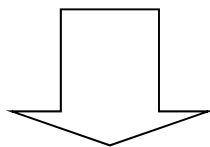
過去**数十社**存在したHDDメーカーは世界で**5社**に淘汰された

出典:富士キメラ総研 2010ストレージ関連市場総調査

事業の目的

2007年レベルのHDDに比較して

- 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

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

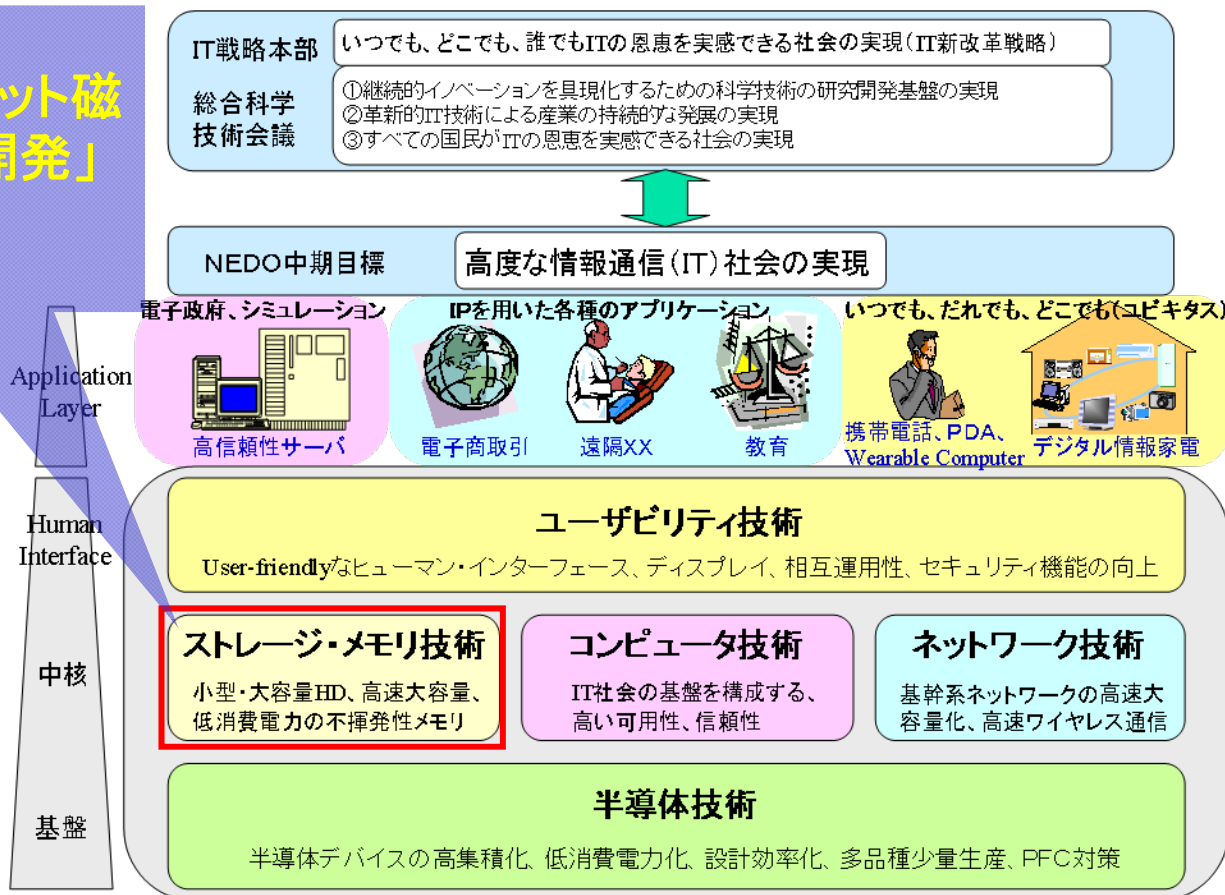
4-I. 総合エネルギー効率の向上 [iv] 省エネ型情報生活空間創生技術

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>

- 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**

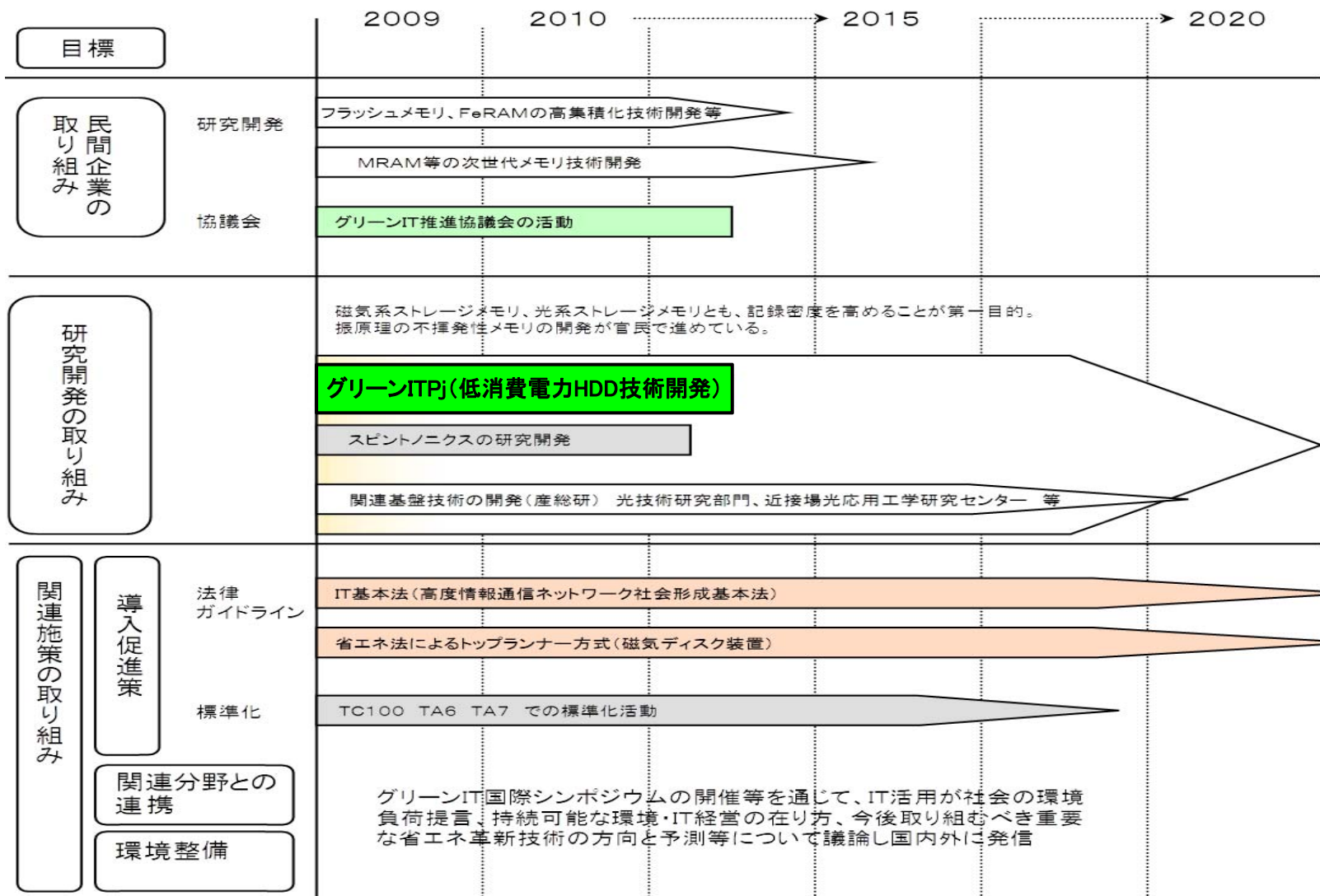
本プロジェクト 「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発」



NEDOにおける情報通信分野の取り組み

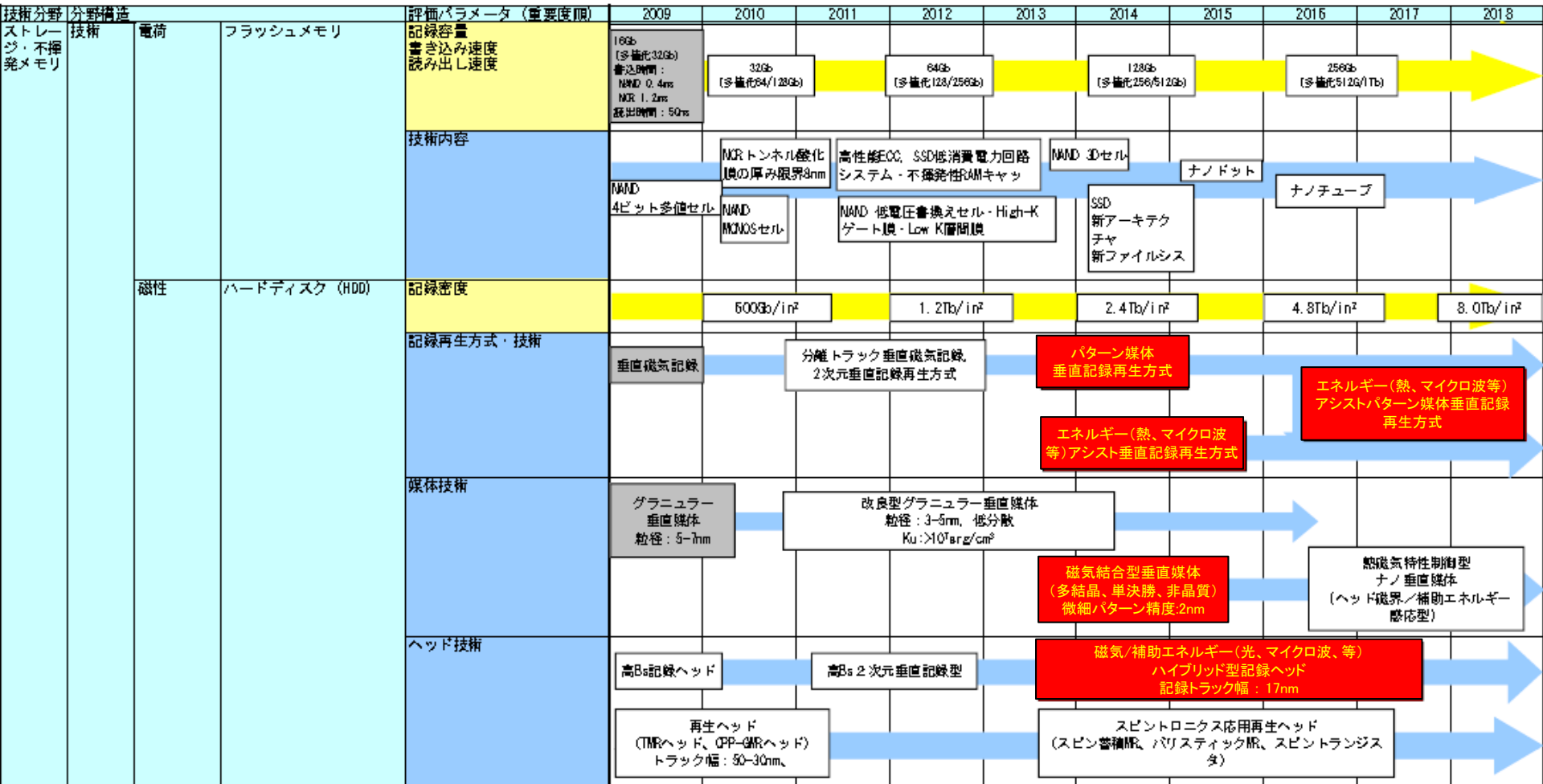
ストレージ技術への取り組み

ストレージ・メモリ分野の導入シナリオ



II-1-(1)NEDOの事業としての妥当性

ストレージ技術への取り組み(ロードマップ)



本PJはロードマップに沿った開発である。(赤囲いの技術を本PJで開発)

NEDOが関与する意義

II-1-(1)NEDOの事業としての妥当性

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

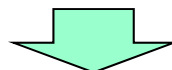
HDDの記録密度を向上して台数を削減し、また小型化による低消費電力化の相乗効果により消費電力削減することでCO₂排出量削減すること、地球温暖化対策として非常に重要であり、公益性のある取り組みである。

◆ 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

省エネルギー効果(2030年)

179万kl/年(2030年)

電力 vs 原油換算レート: 1 [kWh]= 2.36×10^{-4} [kl]

	HDD種別	台数 (百万台)	エネルギー 消費量 [kWh]	総エネルギー 消費量 [kWh]	省エネルギー効果(原 油換算)
2007年のHDD技術 のままであった場合	2.5inch	83704	68637×10^6	767763×10^6	
	3.5inch	243598	699126×10^6		
本PJ適用後の場合	2.5inch	11801	9677×10^6	9677×10^6	1.79億kl

国内市場台数10%、プロジェクト成功率 10%を乗じて**179万kl/年**

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)

HDD消費電力: 7W@3.5inch 2W@2.5inch

台数予測は、情報ストック量の年次推移(出典元: How much Information? 2000&2003, University of California, Berkeley, 日立GST 推定)から算出。

プロジェクト事業費の委託費総額 50億円（予定）

市場の効果

HDD市場規模(WW)

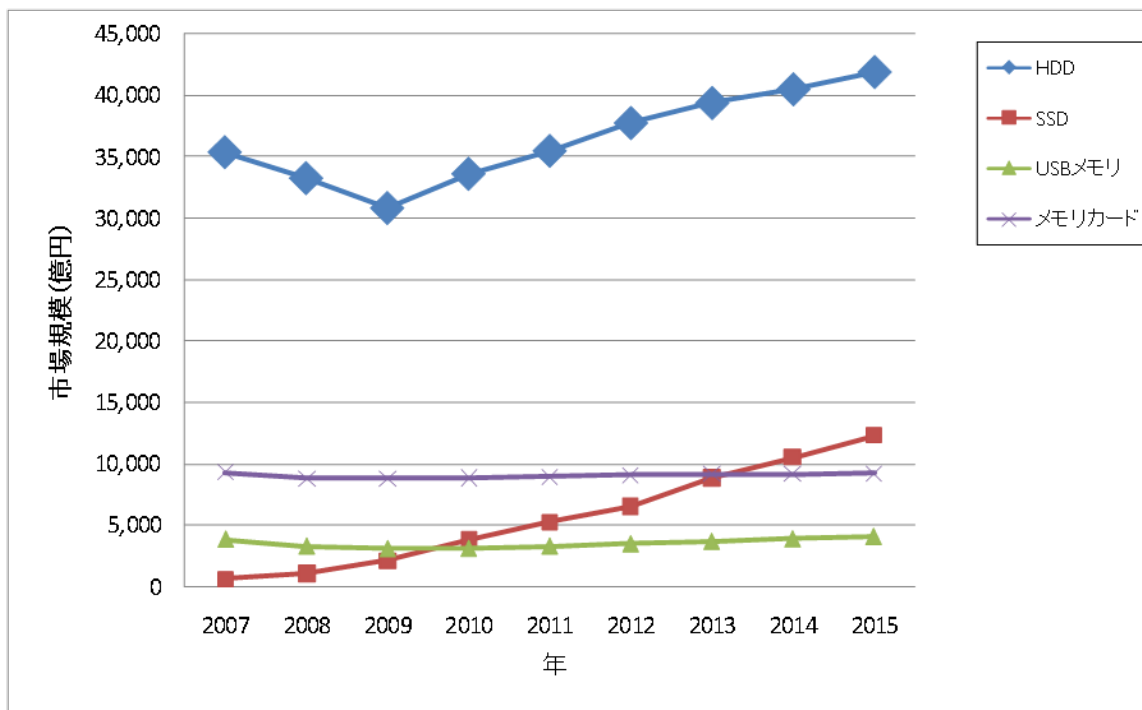
～3兆3000億円@2010年

日本のシェア(30%@2009年)

～1兆円@2010年

シェアを10%拡大出来れば3000億円の売り上げ増。

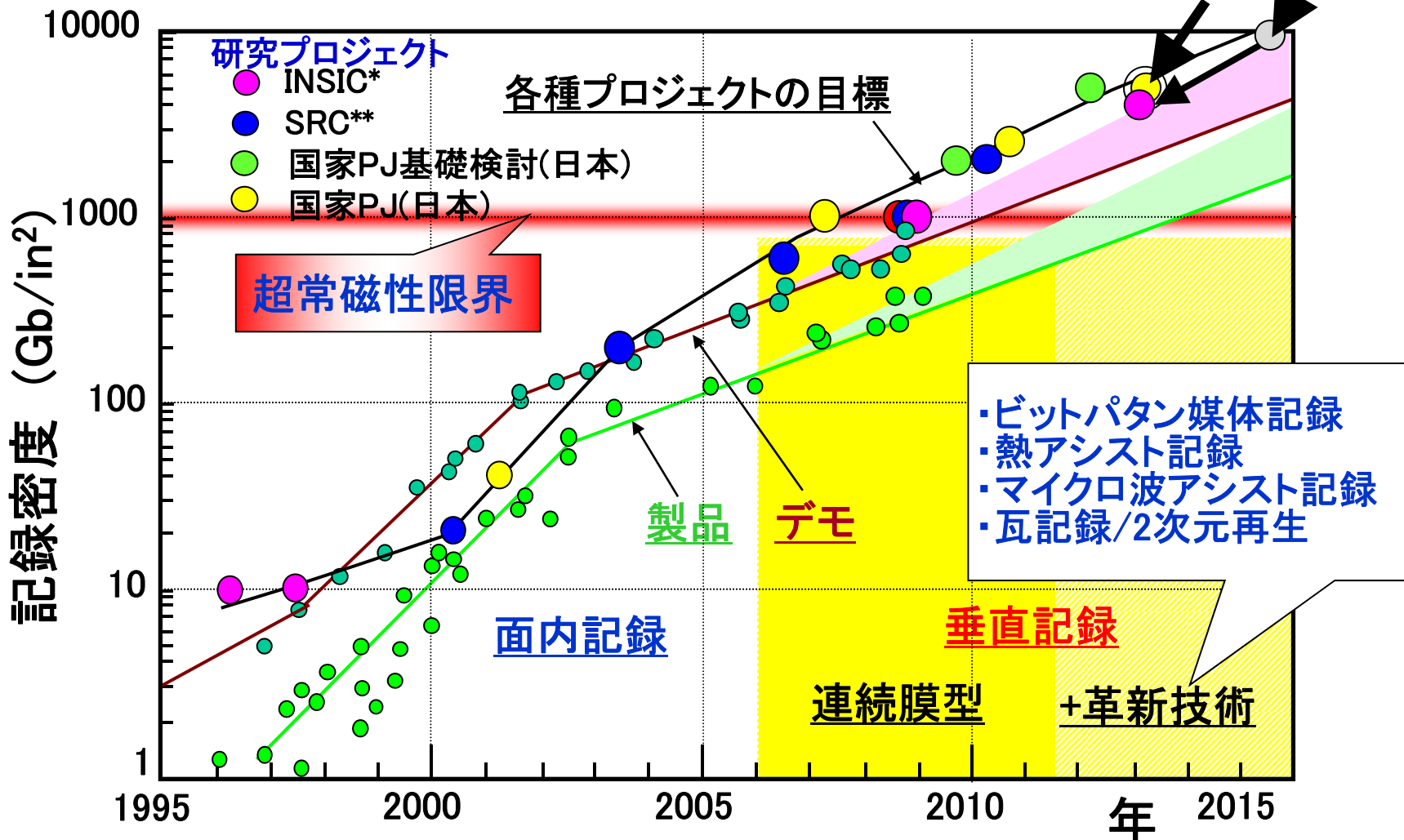
今後、**市場規模拡大は確実**であり、さらなる効果が期待でき、十分な費用対効果があるといえる。



研究開発の世界比較

INSIC(米国)は目標を4Tb/in²に下方修正

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」



*: Information Storage Industry Consortium, **:Storage Research Consortium

4. プロジェクトの概要説明

4-1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発のマネジメント」

(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「実用化の見通し」

(1) 研究開発成果

(2) 実用化、事業化の見通し

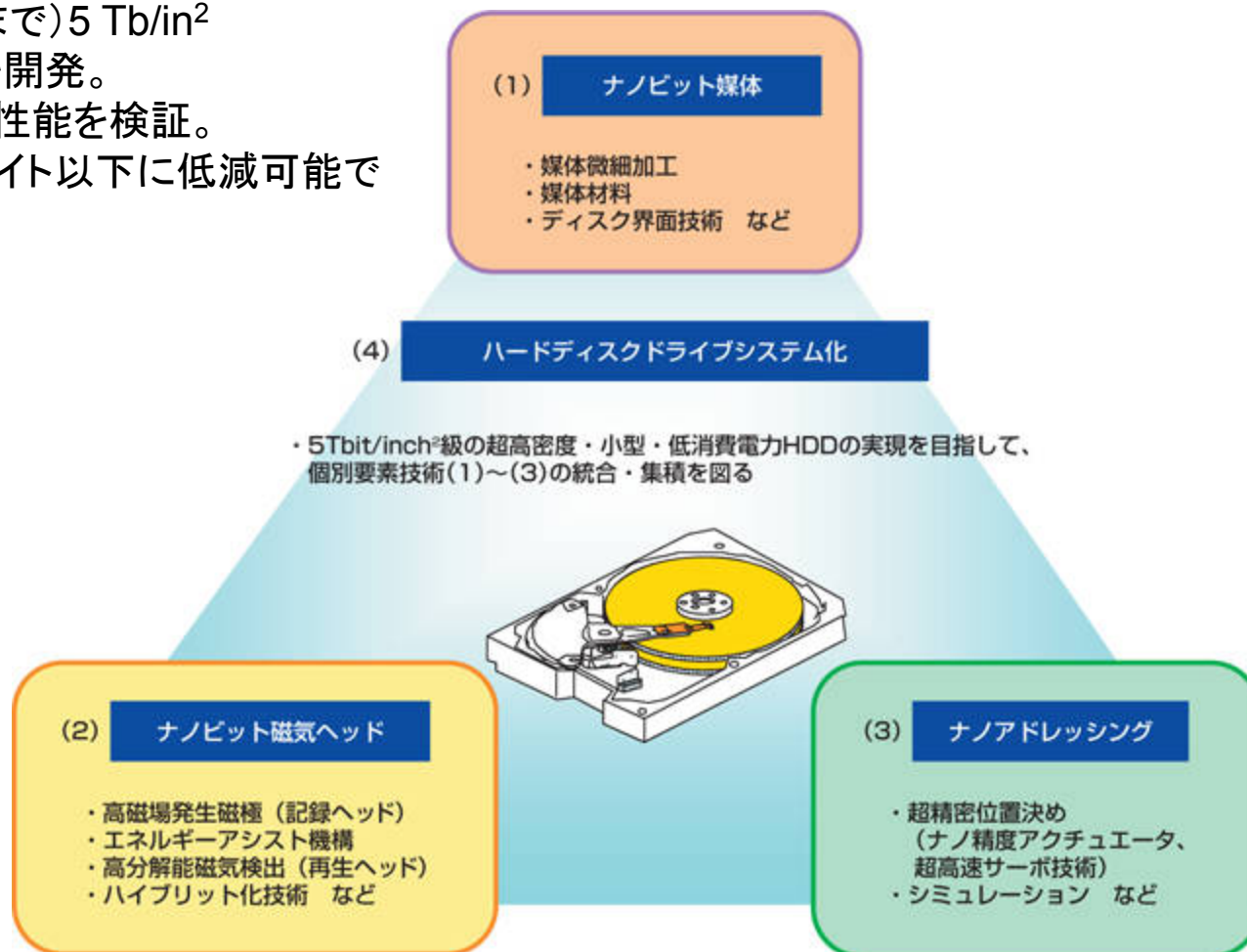
4-3 プロジェクトの概要全体を通しての質疑

超高密度ナノビット磁気記録技術の開発

中間目標(平成22年度まで)2.5 Tb/in²

最終目標(平成24年度まで)5 Tb/in²

- ・対応の個別要素技術を開発。
- ・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。



II-2-(1)研究開発目標の妥当性

サブテーマ	個別テーマ	中間目標(平成22年度)	根拠
① 超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発	ナノビット微細加工技術の研究開発	ナノビットの面積を200 nm ² 程度、かつ 位置精度±7 nm以下 の加工技術開発。	新規媒体構造、それに対応する新規磁性材料など大きな技術革新が必要である。
	単一ナノビット記録性の検証	2.5 Tb/in ² の面密度に対応ナノビットにおいて、磁化反転制御可能、かつ、周辺ナノビットの磁気情報に影響がないことを確認。	
	ナノビット媒体界面技術の研究開発	表面凹凸±10 nm以内 とする技術開発。	
② 超高性能磁気ヘッド技術の研究開発	強磁場発生記録ヘッドの研究開発	磁場射出口から 5 kOe以上の磁場強度発生 できる素子技術を確立。	より高い保持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 の面密度に対応した超高性能磁気ヘッドは、高磁場発生磁極、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も必要となる。
	エネルギーアシスト機構の研究開発	印加磁場領域とアシストエネルギー照射領域を適切な位置関係に合わせ込むための基本技術を確立する。	
	高感度・高分解能再生ヘッドの研究開発	高磁気検出感度、もしくは、高S/N比のための再生原理・素子構造を検討。ヘッド作製に向けた手段と方向性を具体的に確認。	
	ヘッド動作の検証	浮上量10 nm以下 にて安定浮上し、2.5Tb/in ² の面密度に対応するナノビットに対して記録と再生が可能か検証。	
③ 超高精度ナノアドレッシング技術の研究開発	超精密位置決め技術の確立	浮上量7 nm以下 で安定浮上するヘッドが、 円周方向・動径方向共に10 nm以下の精度で動的 position 制御可能 か確認する。	デバイスの加工精度に加えて、超高精度な時空間的制御技術が要求されるため、ナノ精度アクチュエータの開発、ならびに、超高速サーボ技術や記録タイミング制御機構の開発が必要。
	ナノアドレッシング技術のシミュレーション開発	位置決めシミュレーションの開発を進め、ナノアドレッシング実現に向けた開発手段・方向性を明確にする。	
④ ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発	システム化とHDD性能の検証	超高密度ナノビット媒体、超高性能磁気ヘッド、超高精度ナノアドレッシング技術の個別要素技術を 2.5 Tb/in²レベルで達成 。最終目標に向けた研究開発の手段と方向性を具体的に確認する。	いかにハードディスクドライブとして機能させるかという問題を解決するための摺り合わせ技術やシミュレーション技術など、個別要素技術を統合する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。

研究開発のスケジュール

中間評価

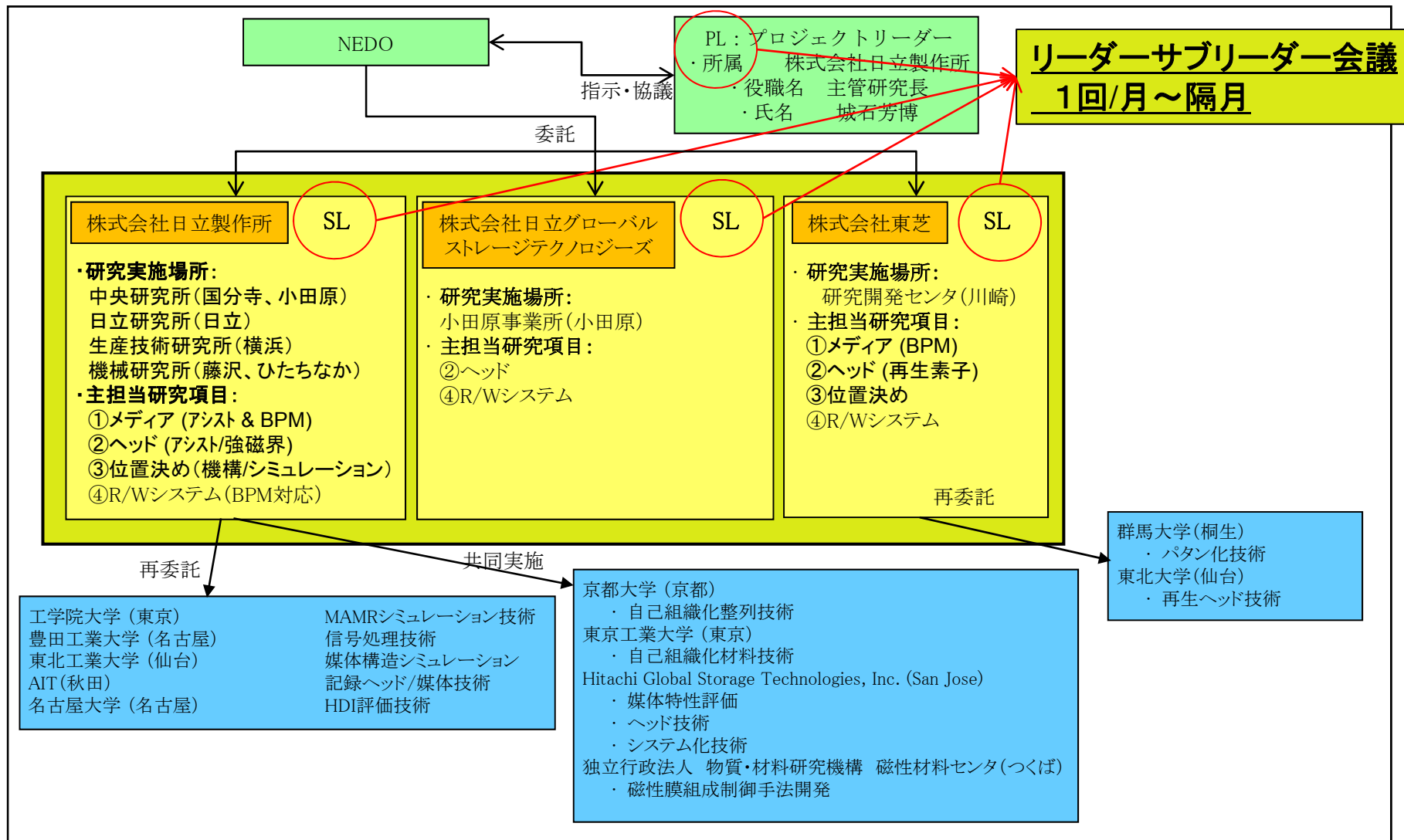
事後評価

開発項目	20年度	21年度	22年度	23年度	24年度	最終目標値
超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発						表面凹凸を±5nm以下 一部は加速により1年前倒し達成
超高性能磁気ヘッド技術の研究開発						浮上量5nm以下で安定浮上、5Tbits/inch ² の面密度に対応するナノビットに対して記録と再生が可能か検証。
超高精度ナノアドレッシング技術の研究開発						動径方向に5nm以下の精度で動的位置制御可能か確認。
ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発						5Tbits/inch ² の磁気記録密度(2.5インチディスク一枚の記憶容量で3TB以上)、かつ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を0.3W/TB以下(2007年の3.5インチHDD製品に対して、1/50以下に相当)を実現できることを検証。

開発予算

	H20年度 (2008)	H21年度 (2009)	H22年度 (2010)	H23年度 (2011)	H24年度 (2012)	合計
計画時予算 (百万円)						
実績(百万円)	755	1012	805 加速 (195) 含	—	—	
加速内容			エネル ギーアシ スト媒体開 発の加速			

研究開発の実施体制



研究開発の進捗確認・計画の見直し等 (NEDO－実施者間)

1. 定例ヒアリング

- ・主催者：NEDO電子・材料・ナノテクノロジー部
- ・出席者：NEDO電子・材料・ナノテクノロジー部、実施者メンバー、経済産業省
- ・開催頻度：年2回(春・秋)
- ・議事内容：研究開発内容の進捗状況確認

2. 個別ヒアリング

- ・主催者：NEDO電子・材料・ナノテクノロジー部
- ・出席者：NEDO電子・材料・ナノテクノロジー部、実施者メンバー
- ・場所：NEDOまたは実施者施設
- ・開催頻度：不定期(年数回)
- ・議事内容：①研究開発状況報告、実験環境の確認
②開発計画、体制の見直し、加速資金申請等の議論

3. 開発現場でのヒアリング

- ・主催者：NEDO電子・材料・ナノテクノロジー部
- ・出席者：NEDO電子・材料・ナノテクノロジー部、実施者メンバー
- ・開催頻度：年1～2回
- ・議事内容：研究開発状況報告、購入設備・実験環境、実証実験の確認

予算実績

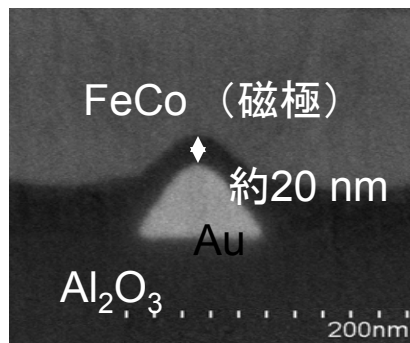
	H20年度 (2008)	H21年度 (2009)	H22年度 (2010)	H23年度 (2011)	H24年度 (2012)	合計
計画時予算 (百万円)						
実績(百万円)	755	1012	805 加速 (195) 含	—	—	
加速内容			エネルギー アシスト媒 体開発の 加速			

加速財源等の投入実績

件名	金額 (百万円)	目的
エネルギーアシスト媒体開発の加速	195	熱アシスト2.5Tb/in ² 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 (前倒し:最終目標H24年度→H23年度)

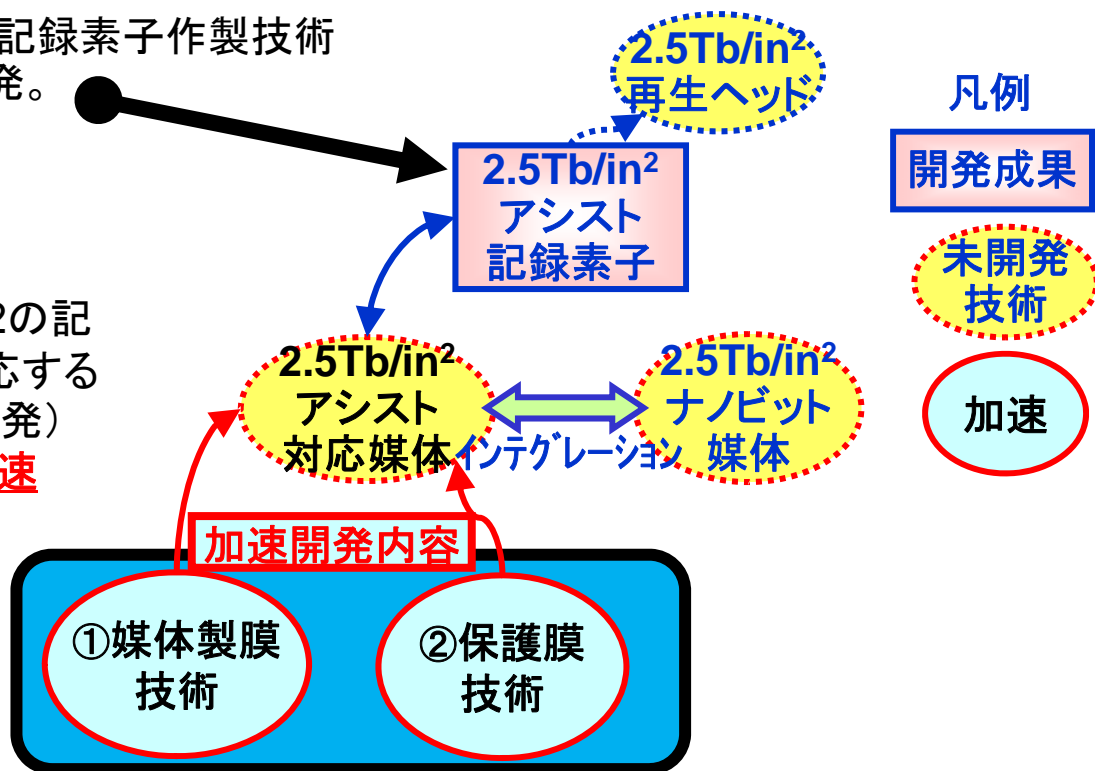
世界初2.5Tb/in²の磁気記録用熱アシスト記録素子作製技術
 &熱・光・磁気記録統合シミュレータを開発。

国際競争力優位性を確立する。



世界初2.5Tb/in²の記録素子開発(対応する記録媒体は未開発)
 → **媒体開発を加速**

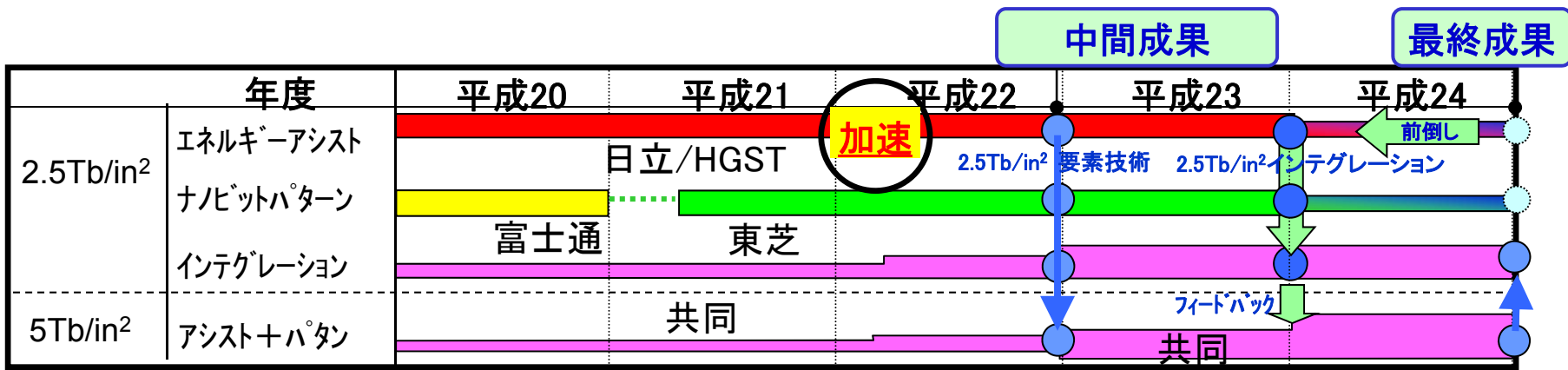
試作した2.5Tb/in²対応熱アシスト機構集積記録素子



- 凡例
- 開発成果
 - 未開発技術
 - 加速

図2. 加速開発内容と未開発、開発成果の関係

全体計画



4. プロジェクトの概要説明

4-1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発のマネジメント」

(1) 事業の位置付け・必要性

(2) 研究開発マネジメント

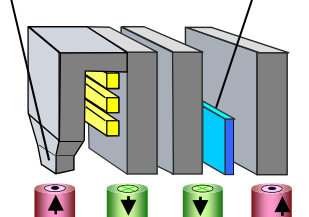
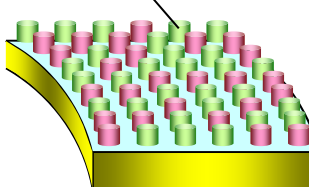
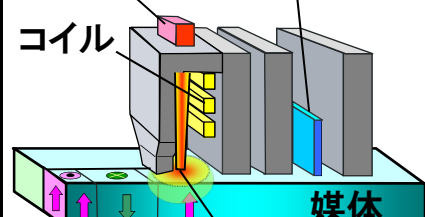
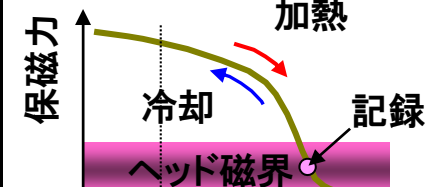
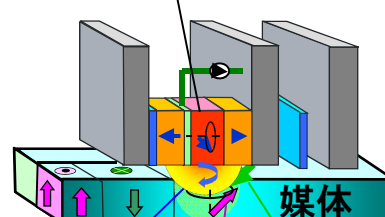
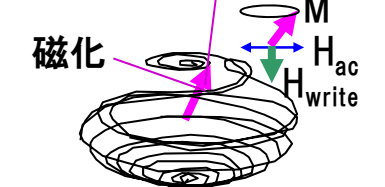
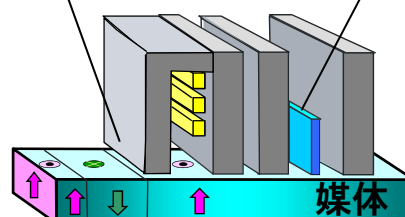
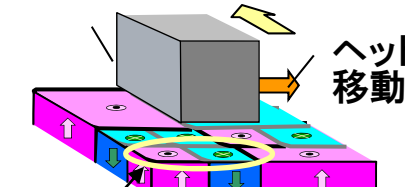
4-2 「研究開発成果」及び「実用化の見通し」

(1) 研究開発成果

(2) 実用化、事業化の見通し

4-3 プロジェクトの概要全体を通しての質疑

- 2.5 Tb/in²: ビットパターン記録(富士通→東芝主導) or エネルギアシスト記録(日立主導)
 - 5 Tb/in²: ビットパターン記録 & エネルギアシスト記録 (共同)
- (課題オーナー) 青:NEDO-PJ、黒:企業

方式		(a)ビットパターン媒体記録	(b)熱アシスト記録	(c)マイクロ波アシスト記録	(d)瓦記録
		2.5 Tb/in ² 東芝主担当	2.5 Tb/in ² 日立・日立GST主担当		
		5 Tb/in ² : ビットパターン記録 & エネルギアシスト記録 (共同)			
		整列した孤立粒子に1ビットずつ記録	高熱安定性媒体にエネルギーを加えて反転促進 近接場光エネルギーアシスト		瓦状に重ね書きして狭トラック化
基本概念		<p>主磁極 再生素子</p>  <p>1ビット = 1ドット</p>  <p>ビットパターン媒体</p>	<p>レーザ 再生素子</p>  <p>近接場素子</p>  <p>加熱 冷却 記録 ヘッド磁界 温度 T (K)</p>	<p>高周波磁界発生素子</p>  <p>高周波磁界 記録磁界</p>  <p>磁化 M H_{ac} H_{write} 共鳴反転</p>	<p>瓦書き磁極 再生素子</p>  <p>・瓦書き 順次走査</p>  <p>ヘッド移動 ・2次元再生</p>
	主要課題	<p>技術</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.超平滑・整列パターン媒体 2.パターン位置同期記録技術 3.ナノドレッシング技術 <p>経営</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.パターン化設備巨額投資 2.新規プロセス導入による媒体生産工場拡張 	<p>技術</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.近接場素子・効率光学系 2.熱アシストヘッドインテグレーション 3.高Ku耐熱媒体(保護潤滑) <p>経営</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. レーザ供給確保 2. 光学系付加コスト低減 <p>1.耐熱基板生産投資</p>	<p>技術</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.低分散・低ダンピング媒体 2.マイクロ波発振微小素子 3.R/Wインテグレーション <p>経営</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.フィジビリティ早期確認 	<p>技術</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.上位システムとの連携 2.ガーベージコレクション時性能劣化対策 <p>経営</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.メモリ付加コスト低減 2.(TDMR、他方式との組合せ等による)拡張性確保

- 2.5 Tb/in²アシスト記録システム仕様の検証
 - ・<20 nmφの極微小光スポット生成可能な近接場
 - 光素子を磁極先端部に一体形成したプロトヘッド試作
 - ・隣接トラックへの影響を考慮した記録システムの検証
- アシスト+パタン記録による5 Tb/in²の可能性確認

- 17nmピッチ、9nm径磁性体
- ドットBPM加工実証(2.5 Td/in²)
- ビットパタン位相差サーボ方式でトラックフォローイング実証

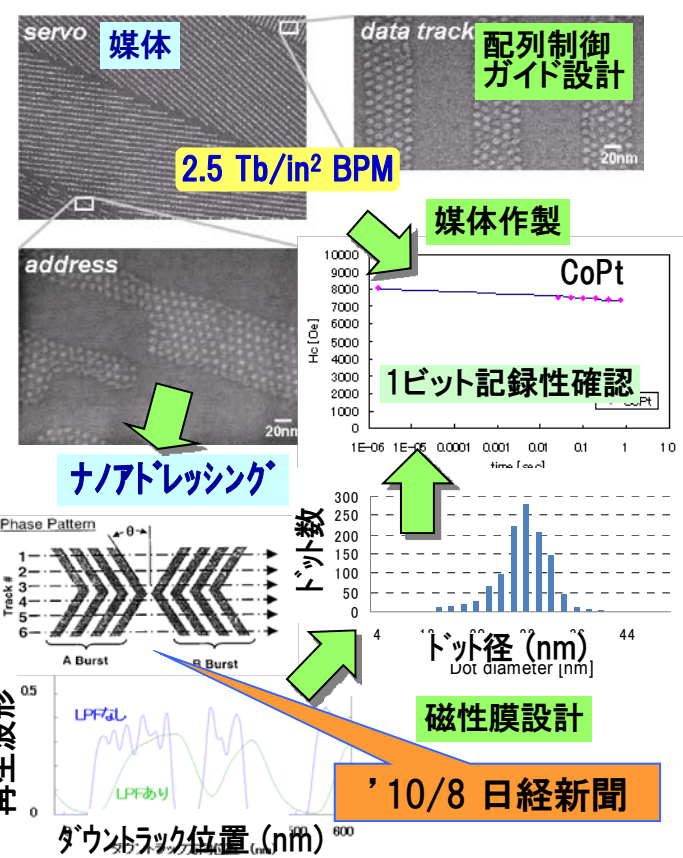
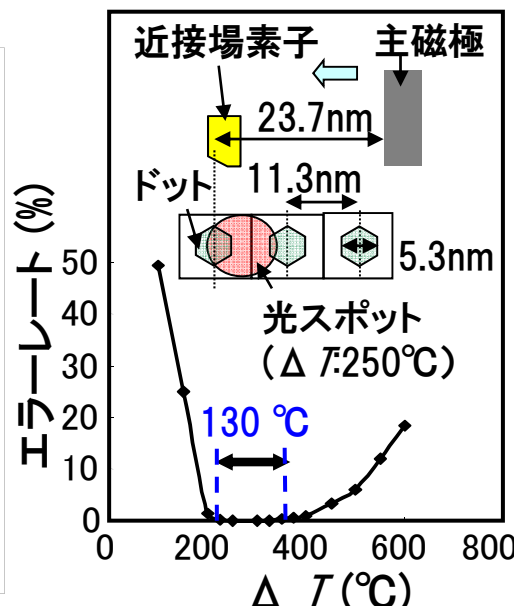
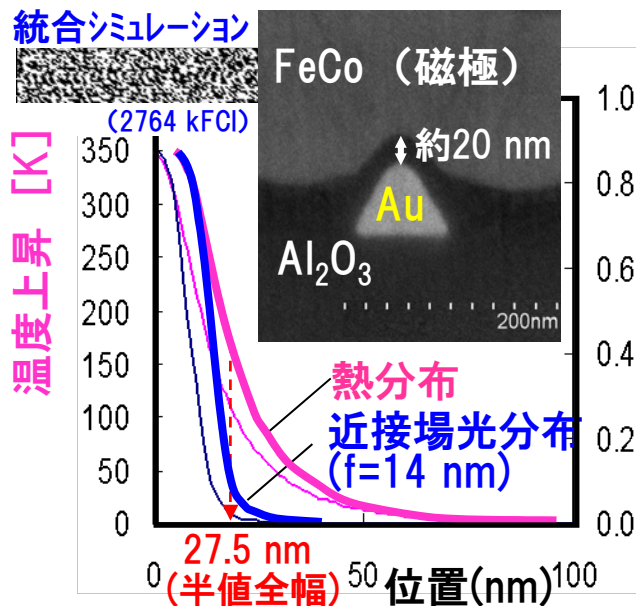


図. 2.5 Tb/in²近接場ヘッド

図. 5 Tb/in²アシスト+パタン記録マージン

表. 2.5~5 Tb/in²向け目標仕様例

記録密度	2.5 Tb/in ²	5 Tb/in ²
記録方式	アシスト	アシスト+パタン
熱スポット径	27.5 nm	10 nm
グレイン径	4.5 nm	5.3 nm
磁気異方性Ku	1.2 MJ/m ³	1.66 MJ/m ³

'10/5PMRC発表
'10/2 日経産業新聞

'10/8 日経新聞

図. 位相差サーボ/LPF/特性制御BPM

II-2-(1)中間目標の達成度

サブテーマ	個別テーマ	中間目標(平成22年度)	達成度(H22/11)	
①超高密度ナノビット磁気媒体技術の研究開発	ナノビット微細加工技術の研究開発	ナノビットの面積を200 nm ² 程度、かつ 位置精度±7 nm以下 の加工技術開発。	◎	目標達成
	単一ナノビット記録性の検証	2.5 Tb/in ² の面密度に対応ナノビットにおいて、磁化反転制御可能、かつ、周辺ナノビットの磁気情報に影響がないことを確認。	○	H22年度中に達成見込み
	ナノビット媒体界面技術の研究開発	表面凹凸±10 nm以内 とする技術開発。	◎	目標達成
②超高性能磁気ヘッド技術の研究開発	強磁場発生記録ヘッドの研究開発	磁場射出口から 5 kOe以上の磁場強度発生 できる素子技術を確立。	◎	目標達成
	エネルギーアシスト機構の研究開発	印加磁場領域とアシストエネルギー照射領域を適切な位置関係に合わせ込むための基本技術を確立する。	◎	目標達成
	高感度・高分解能再生ヘッドの研究開発	高磁気検出感度、もしくは、高S/N比のための再生原理・素子構造を検討。ヘッド作製に向けた手段と方向性を具体的に確認。	◎	目標達成
	ヘッド動作の検証	浮上量10 nm以下 にて安定浮上し、2.5Tb/in ² の面密度に対応するナノビットに対して記録と再生が可能か検証。	◎	目標達成
③超高精度ナノアドレッシング技術の研究開発	超精密位置決め技術の確立	浮上量7 nm以下 で安定浮上するヘッドが、 円周方向・動径方向共に10 nm以下の精度で動的な位置制御可能 か確認する。	◎	目標達成
	ナノアドレッシング技術のシミュレーション開発	位置決めシミュレーションの開発を進め、ナノアドレッシング実現に向けた開発手段・方向性を明確にする。	◎	目標達成
④ハードディスクドライブシステム化技術の研究開発	システム化とHDD性能の検証	超高密度ナノビット媒体、超高性能磁気ヘッド、超高精度ナノアドレッシング技術の個別要素技術を 2.5 Tb/in²レベルで達成 。最終目標に向けた研究開発の手段と方向性を具体的に確認。	◎	目標達成

(3) 知的財産権、成果の普及

	H20 (2008)	H21 (2009)	H22* (2010)	計
特許出願(うち括弧内成立特許)	3(0)	14(1)	14(0)	31(1)件
論文(査読付き)	3	8	11	22件
研究発表・講演	11	60	36	107件
受賞実績	0	0	0	0件
新聞**・雑誌等への掲載	1	3	4	8件
展示会・発表会への出展	0	0	1	1件

* : 平成22年度9月27日現在 ** : 日立より発表
日経産業 2010.2.2

東芝より発表
日経 2010.8.16

その他
日経夕刊 2008.6.30、日経夕刊 2009.8.25、
日経産業 2009.9.3、日経産業2010.4.8、
電波新聞 2010.8.26、日経2010.9.21

4. プロジェクトの概要説明

4-1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発のマネジメント」

(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「実用化の見通し」

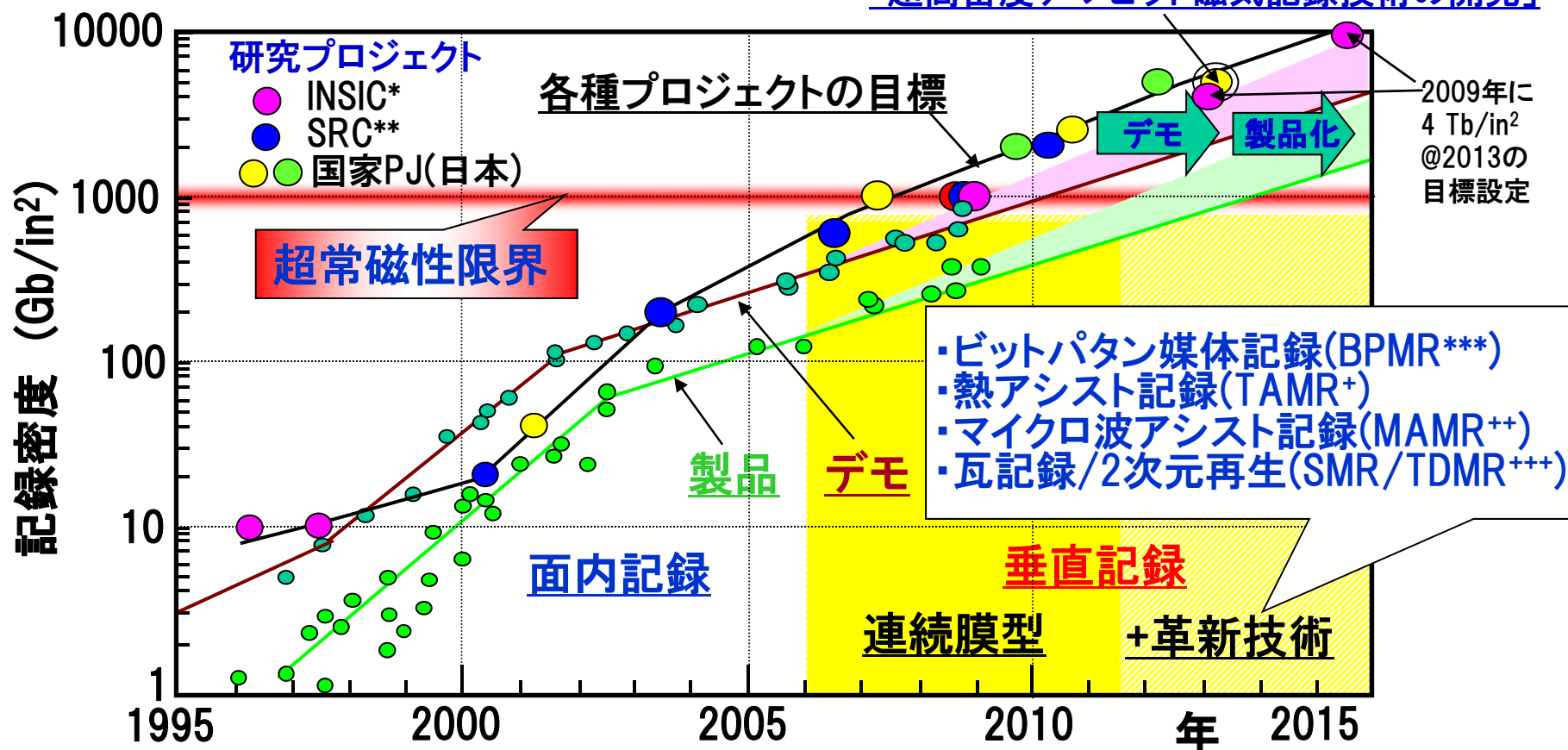
(1) 研究開発成果

(2) 実用化、事業化の見通し

4-3 プロジェクトの概要全体を通しての質疑

1. 「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」の一環として、現状からHDDの記録密度を1桁以上向上、単位情報当りの消費電力を数十分の一程度にすることで地球温暖化対策へ貢献すると共に、HDD分野における国際的イニシアチブの獲得を目指す。
2. 媒体、ヘッド、アドレッシング技術の革新的高度化、統合・集積化を図り、平成22年度までに2.5 Tb/in²、平成24年度までに5 Tb/in²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、単位情報当りの消費電力が0.3 W/TB以下に低減可能であることを示す。

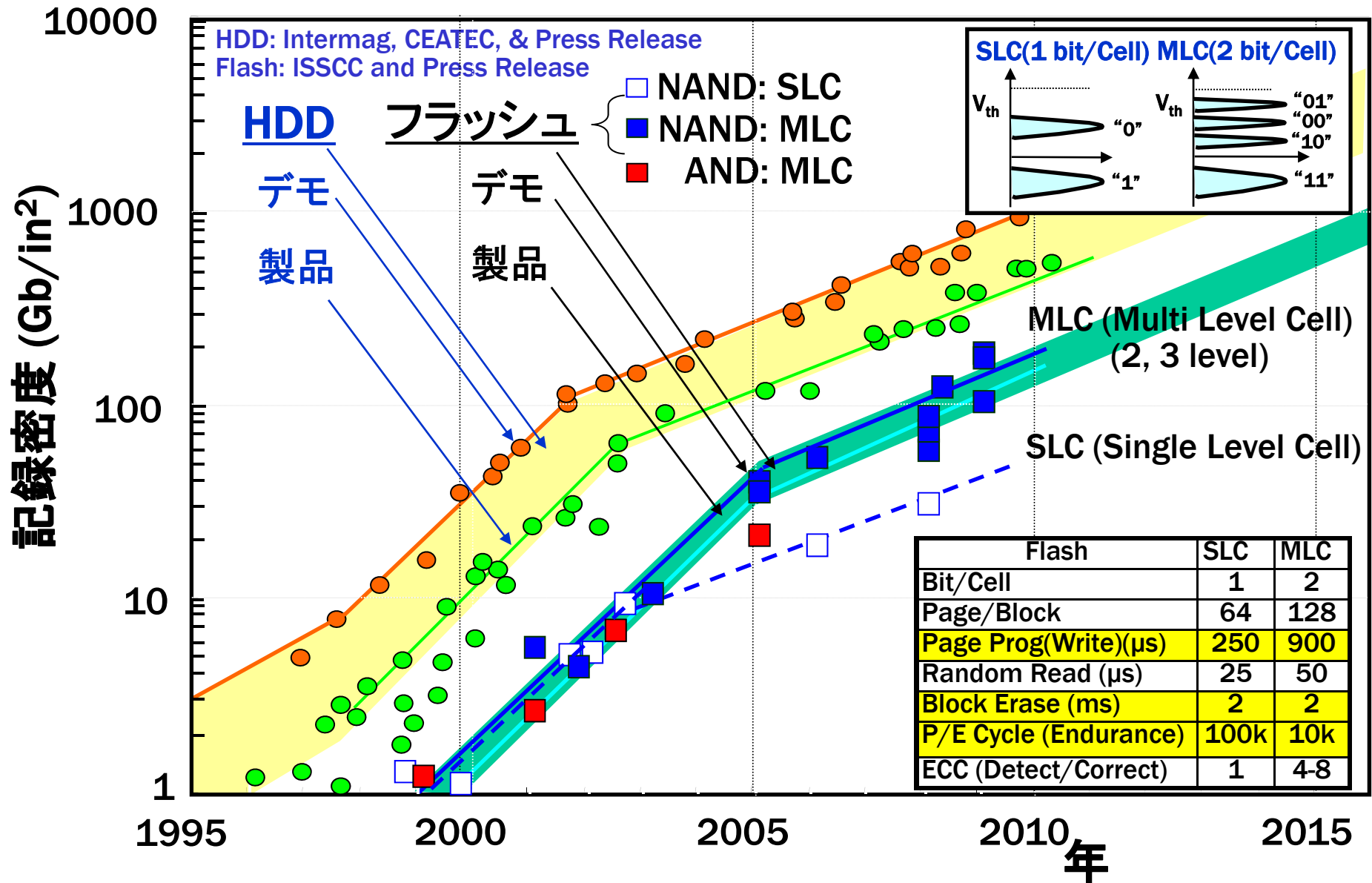
「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発」

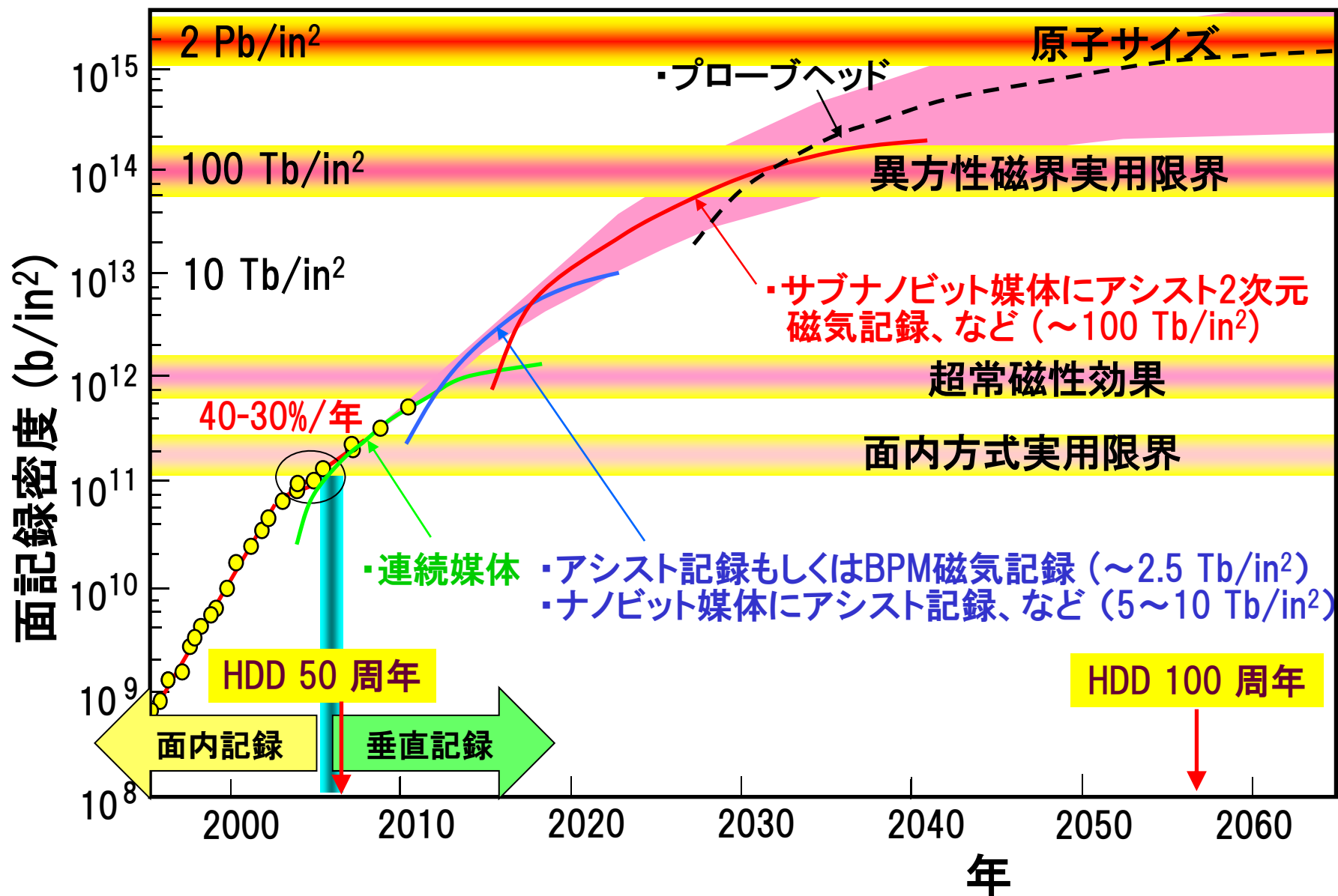


*: Information Storage Industry Consortium, **: Storage Research Consortium, ***: Bit Patterned Magnetic Recording, +: Thermal Assisted Magnetic Recording, ++: Microwave Assisted magnetic recording, +++: Shingled Write Magnetic Recording/Two Dimensional Magnetic Recording

- HDDでは、記録時の周波数を高くすることでビット長を短く出来るので、リソグラフィだけでそのビットサイズが決定されるフラッシュメモリなどの固体メモリに比べ、原理的に1桁程度の高密度化が可能。そのためHDDのビットコストは固体メモリに比べ1桁程度安く、デジタルユニバース時代の超大容量ストレージは当面HDDしかありえない。
- HDD高密度化の課題である超常磁性限界は本PJによる革新技術でのみ克服可能で、実用化確実。

	HDD	固体メモリ
特徴	<p>Red Cell Bit Length Track Pitch Pole 2 Pole 1 Shield Shield RW WW Track Pitch/Bit Length</p>	<p>F: Line width of Photo-litho Drain Gate Source Half Pitch F² Bit Cell (DRAM) Gate Insulator Drain Source N P-Type</p>
Bit Cell Area	$1.8F \times 1.8F / \text{BAR}$ BAR = 6 $0.5F^2$ BAR = 3 $1F^2$ BAR = 1 $3F^2$	Bit Cell Area DRAM (1T/1C) $8F^2 \rightarrow 6F^2$ NAND Flash (1T/0C) $4F^2$ MRAM (1T/1R) $30F^2$
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・超常磁性実用限界による高密度化対策 ・パフォーマンス、省エネ対策 	<ul style="list-style-type: none"> ・微細化リソグラフィの実用限界対策 ・書き換え時などの信頼性低下対策





- 2.5 Tb/in²: ビットパターン記録(富士通→東芝主導) or エネルギアシスト記録(日立主導)
- 5 Tb/in²: ビットパターン記録 & エネルギアシスト記録 (共同)

(課題オーナー) 青:NEDO-PJ、黒:企業

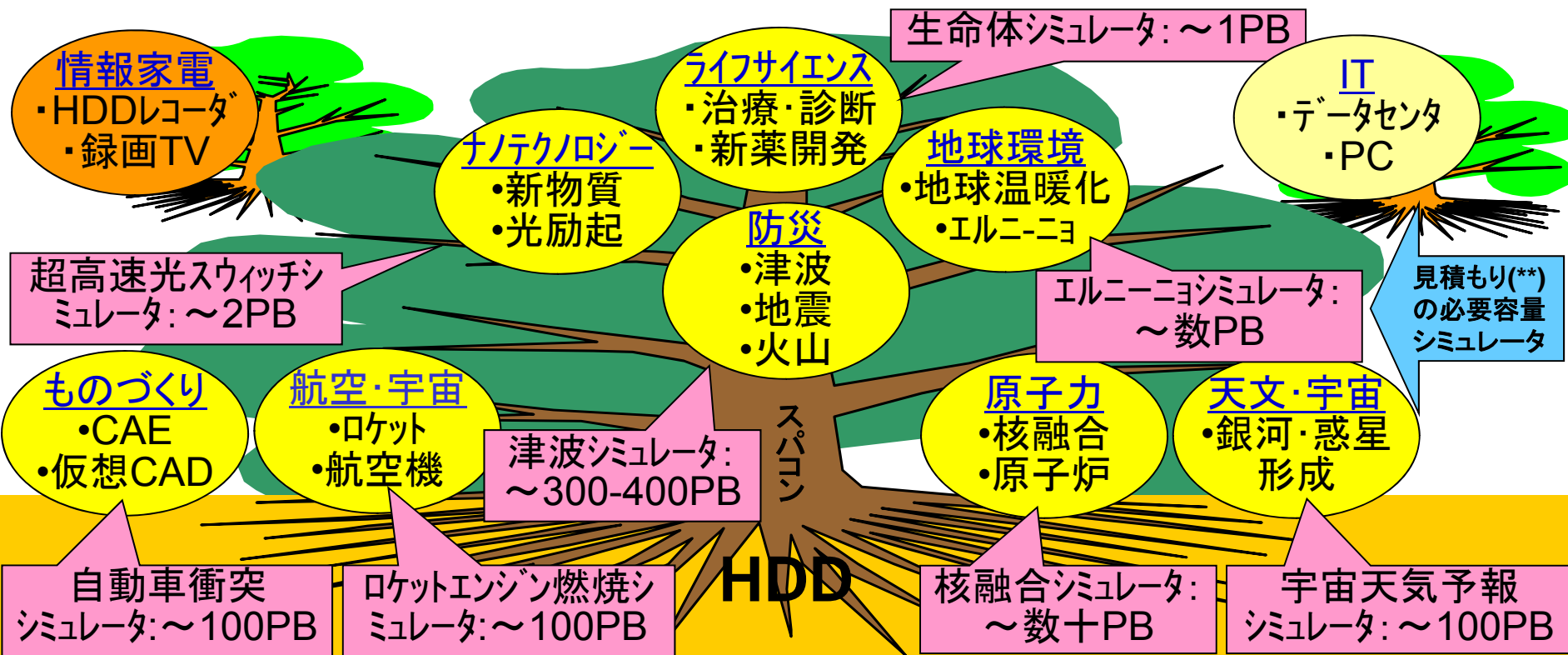
		(a) ビットパターン媒体記録	(b) 熱アシスト記録	(c) マイクロ波アシスト記録	(d) 瓦記録
方式		2.5 Tb/in ² 東芝主担当	2.5 Tb/in ² 日立・日立GST主担当		企業独自開発
		5 Tb/in ² : ビットパターン記録 & エネルギアシスト記録 (共同)			
基本概念		整列した孤立粒子に1ビットずつ記録	高熱安定性媒体にエネルギーを加えて反転促進		瓦状に重ね書きして狭トラック化
		主磁極 再生素子	レーザ 再生素子	高周波(マイクロ波)磁界アシスト	瓦書き磁極 再生素子
主要課題と対応策		<p>1ビット = 1ドット</p> <p>ビットパターン媒体</p>	<p>近接場素子</p> <p>加熱</p> <p>冷却</p> <p>記録</p> <p>ヘッド磁界</p> <p>温度 T (K)</p>	<p>高周波磁界発生素子</p> <p>高周波磁界 記録磁界</p> <p>磁化</p> <p>共鳴反転</p> <p>H_{ac}</p> <p>H_{write}</p>	<p>順次走査</p> <p>ヘッド移動</p> <p>・瓦書き</p> <p>・2次元再生</p>
		技術	<ol style="list-style-type: none"> 1.超平滑・整列パターン媒体 2.パターン位置同期記録技術 3.ナノドレッシング技術 	<ol style="list-style-type: none"> 1.近接場素子・効率光学系 2.熱アシストヘッドインテグレーション 3.高Ku耐熱媒体(保護潤滑) 	<ol style="list-style-type: none"> 1.低分散・低ダンピング媒体 2.マイクロ波発振微小素子 3.R/Wインテグレーション
経営	<ol style="list-style-type: none"> 1.記録機構、2.高分解能・高感度ヘッド・素子、3.超微細結晶粒媒体・材料・磁気物性、 	<ol style="list-style-type: none"> 1. レーザ供給確保 2. 光学系付加コスト低減 	<ol style="list-style-type: none"> 1.フィーシビリティ早期確認 	<ol style="list-style-type: none"> 4.高度信号処理、5.高信頼化 	
		<ol style="list-style-type: none"> 1.1.早期フィーシビリティ確認・方式選定、2.標準化と優位化の推進、3.量産設備・技術開発および投資 			

●コンピュータの超高速化、大規模化が可能になり、スーパーコンピュータによるシミュレーションは、複雑現象の予測や、実験が危険であったり、巨大な費用、時間が掛かり事実上不可能な場合にも適用可能となりつつある。シミュレーションにはその用途毎に超大容量・グリーンHDDが必須。
 ●録画TV、HDDレコーダ、カーナビ、カムコーダなど情報家電分野でHDDがストレージ基幹部品に。

世界最速スーパーコンピュータ*

	Rmax	ファイル(HDD)
2004 (日本)地球シミュレータ	36 TFLOPS,	250 TB
2009 (米)Roadrunner	1105 TFLOPS,	2000 TB

*TOP500 List - June 2009 (1-100), <http://www.top500.org/list/2009/06/100>
 **科学技術・学術審議会 計算科学技術推進ワーキンググループ, 2005.8
 次世代スーパーコンピュータの開発と利用, 理化学研究所, 2010.6
 日立見積もり, 2010.6
PB=1000TB
=1000,000GB



4. プロジェクトの概要説明

4-1 「事業の位置づけ・必要性」及び「研究開発のマネジメント」

(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「実用化の見通し」

(1) 研究開発成果

(2) 実用化、事業化の見通し

4-3 プロジェクトの概要全体を通しての質疑