



# グリーンITとIoT推進のための研究開発について

2016年7月4日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

IoT推進部 主任研究員 明日 徹

IoTとは、世の中に存在するおびただしい数の「モノ」がコンピュータによってスマート化し、インターネット接続機能を備えることで、自動認識や自動制御、遠隔計測などを行うこと。

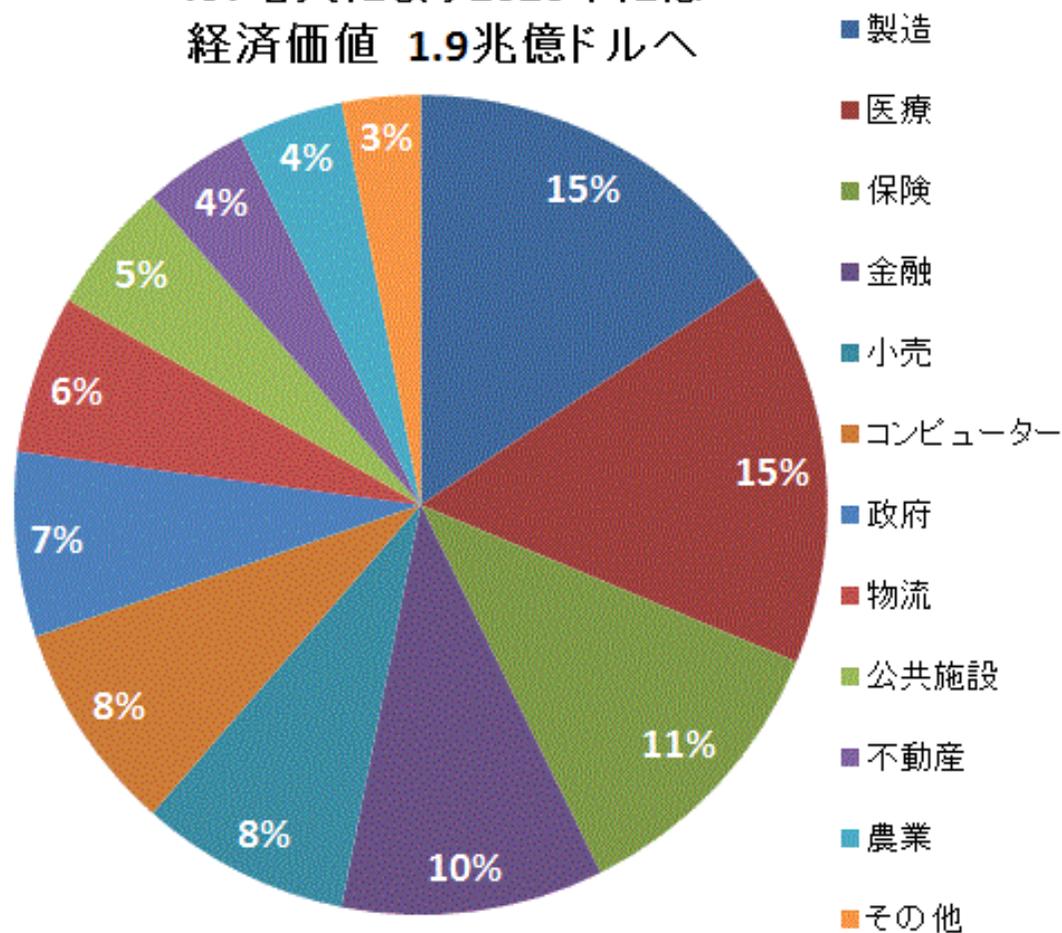
IDCによる定義は、

a network of networks of uniquely identifiable endpoints (or "things") that communicate without human interaction using IP connectivity.

- 2009年時点で、**25億個のデバイス**がインターネットに接続していた。うちパーソナルデバイス(PC、タブレット、スマートフォン)が16億個、IoTが9億個。
- 2020年には、**300億個を超え**、パーソナルデバイスが73億個、IoTが300億個となる。
- IoT市場は、2014年の\$656億から、2020年には、**1兆7000億ドル**に成長。デバイスが、その1/3を占める。  
(IDC発表、2015年7月 <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS25658015>)

# IoT増大によって得られる経済価値

IoT増大により2020年には  
経済価値 1.9兆億ドルへ



Gartner発表「Internet of Things Value」より作成

1. IoTセキュリティ
2. IoTアナリティクス モノが収集する情報の解析方法
3. IoTデバイス（モノの健康）管理
4. 省電力・短距離ネットワーク
5. 省電力WAN
6. IoTプロセッサ（暗号、省電力、ファームアップデート）
7. IoTのOS（省電力、リアルタイム性、省メモリ、）
8. イベント・ストリーム処理（大量データの並列処理）
9. IoTプラットフォーム（ライブラリと開発環境）
10. IoT標準とエコシステム（API）

出典：『ガートナー、2017年のIoTテクノロジー・トレンドのトップ10を発表』  
（ガートナー ジャパン株式会社、2016）

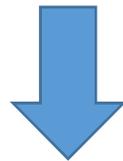
1. データの収集 (センサー 等)
2. データの蓄積 (データ・ストレージ)
3. データの解析 (ビッグデータ処理)
4. セキュリティ (インシデントの検知・予測)

※ いずれにおいてもエネルギー効率の向上は重要

# データの蓄積（データ・ストレージ）

～ IoTのメモリ技術 ～

- サーバーでは、大容量、高速、**低電力**
- エッジ端末では、**低電力**、ワンチップ混載



省エネルギー効果が期待できる**不揮発メモリ**が有望

- 記憶保持のためのリフレッシュサイクルが不要
- スリープ中は電源を遮断できる
- 不揮発メモリの方式
  - NANDフラッシュ、MRAM、ReRAM、FeRAM、PCMなど
- メインメモリと2次記憶の中間のストレージクラスメモリへの利用

# 各種メモリの比較

		データ記憶	データ保持時間	書換回数	セルサイズ	アクセスタイム	用途	
既存メモリ	混載SRAM	揮発	-	$10^{16}$	$\sim 150F^2$	$< 5ns$	Cashレジスタ	
	DRAM	揮発	16-64ms	$10^{16}$	$4F^2$	$< 10\sim 50ns$	メインメモリ	
	Flash	不揮発	10Y	$10^3\sim 10^6$	$2F^2$	$< 50\mu s$	補助記憶SSD	
	FeRAM	不揮発	10Y	$10^{12}$	$> 15F^2$	$< 100ns$	ICカードマイコン	
新規メモリ	STT-MRAM	不揮発	10Y	$10^{16}$	$6\sim 14F^2$	$< 5ns$	Cashメインメモリ	
	PCM	不揮発	10Y	$10^6\sim 10^{16}$	$4F^2$	$< 10ns$	ストレージクラスメモリ	
	ReRAM	ReRAM	不揮発	10Y	$10^6\sim 10^{12}$	$4F^2$	$< 10ns$	ストレージクラスメモリ SoC
		CB-RAM	不揮発	10Y	$10^{10}$	$4\sim 8F^2$	$< 5ns$	Cashメインメモリ
		Atm-SW	不揮発	10Y	$10^3$	$6\sim 10F^2$	$< 5ns$	スイッチ
		Memristor	不揮発	10Y	$10^6$	$4F^2$	$< 100ns$	シナプスストレージクラスメモリ
CNT (NRAM)	不揮発	10Y	$> 10^{12}$	$4F^2$	$< 5ns$	ストレージクラスメモリ		

注 F:微細加工寸法  
出典：NEDO技術戦略研究センター作成(2015)

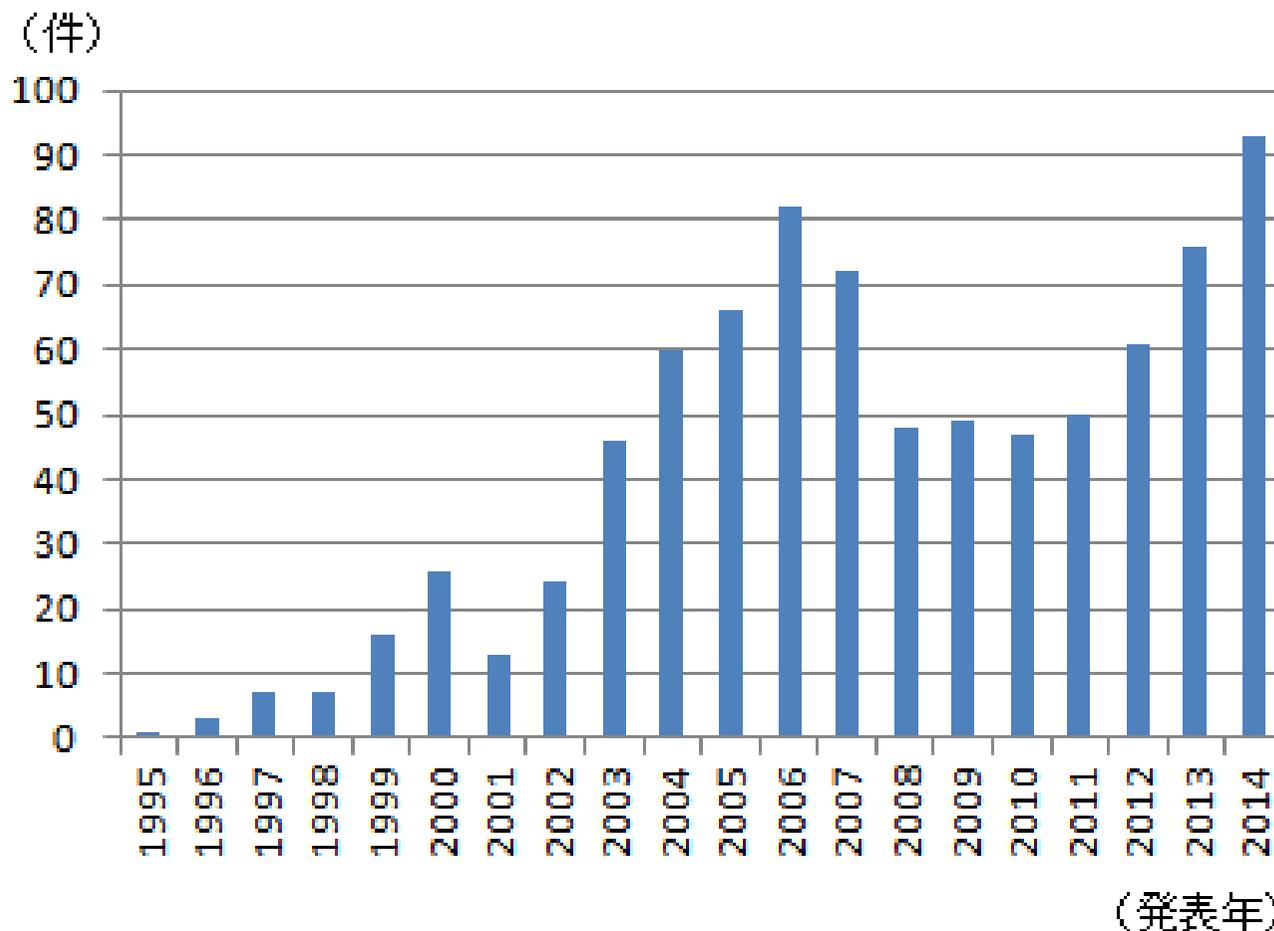
# メモリ階層ごとの次世代メモリ候補

	現世代	次世代	
キャッシュ	SRAM	STT-MRAM	電力1/10 書き換え回数 最大
主記憶	DRAM	STT-MRAM CB-RAM	書き換え回数最大 高密度
ストレージクラス		PCM Re-RAM NRAM Memrister	高密度 書き換え回数中程度
外部記憶	NAND Flash	NAND Flash	最高密度 多値メモリ 書き換え回数最少

# MRAMに関する世界の論文投稿数推移（1995～2014年）



Internet of Things Promotion Department



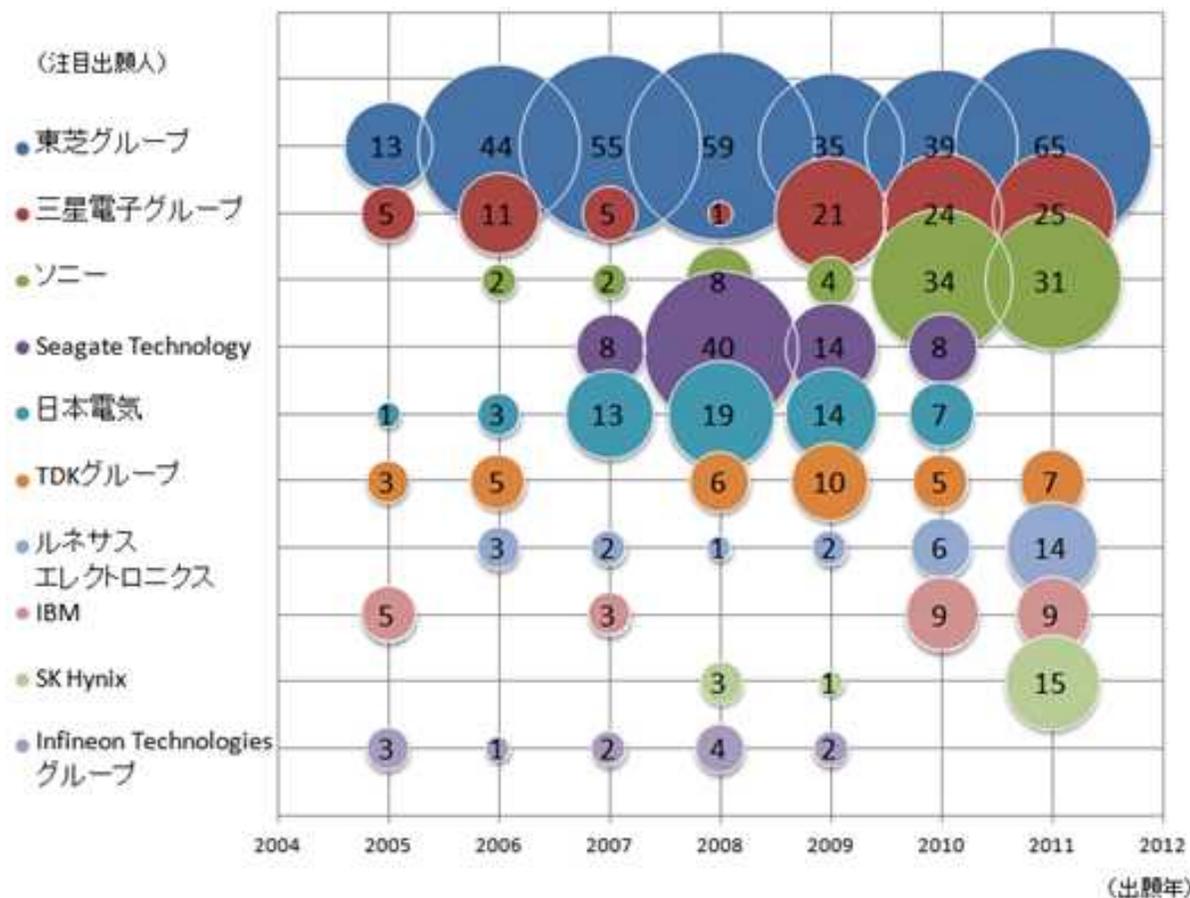
出典：Web of Science の検索を基にNEDO技術戦略研究センター作成(2015)

日本からの発表は約26%で、アメリカの約43%に次いで2位。3位韓国は約8%。

# MRAMにおける注目出願人別－垂直磁化に関する出願件数推移（日米 欧中韓への出願、出願年（優先権主張年）2005-2011年）



Internet of Things Promotion Department



出典：特許庁『平成25年度 特許出願技術動向調査報告書 スピントロニクスデバイスとアプリケーション技術』  
を基にNEDO技術戦略研究センター作成 (2015)

## (1) 世界の動向

- NANDフラッシュについては、MLC化と3次元での高集積化
- FeRAMは、ICカードやセキュリティ用途で実用段階
- **次世代不揮発メモリ**として、MRAM、ReRAM、PCMは、メインメモリやストレージクラスメモリを目指す
- 省エネ効果を引き出す回路設計も重要

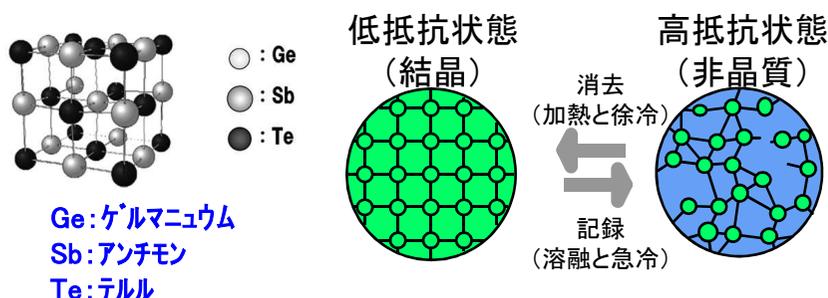
## (2) 世界と日本の定性比較

- 既存の不揮発メモリについては、日本からも製品化がなされ市場において一定のシェアを有している
- 次世代不揮発メモリについては、**メモリ性能向上の研究開発**が行われている一方、特に、不揮発性を前提とした省エネを志向した**システムアーキテクチャ**の開発など、活用の観点の研究開発でも世界的にも顕著な成果を出している

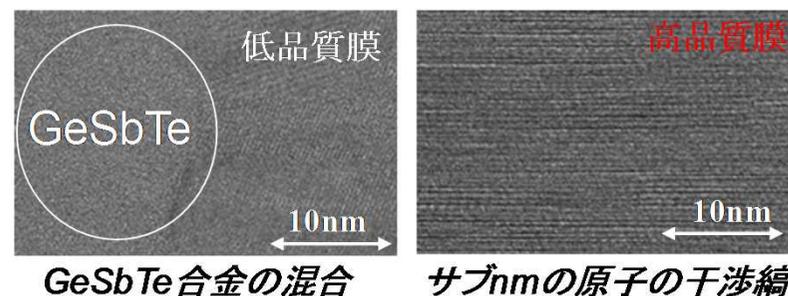
- ・超格子相変化膜を用いた 革新的な相変化メモリ TRAM※を開発
- ・書き換え回数1億回、書換エネルギー1.9pJ(従来比1/10以下)を実証

※TRAM: Topological-switching Random Access Memory

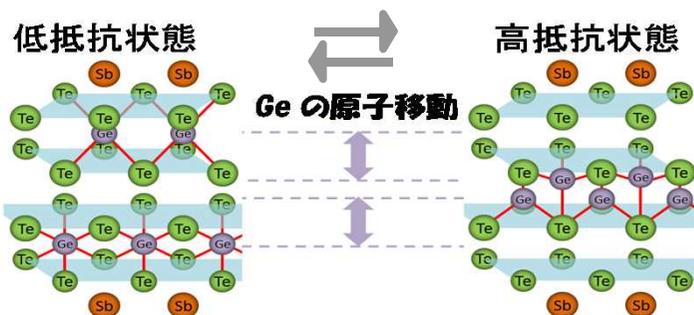
相変化材料(従来材料) 高温で融かして記録



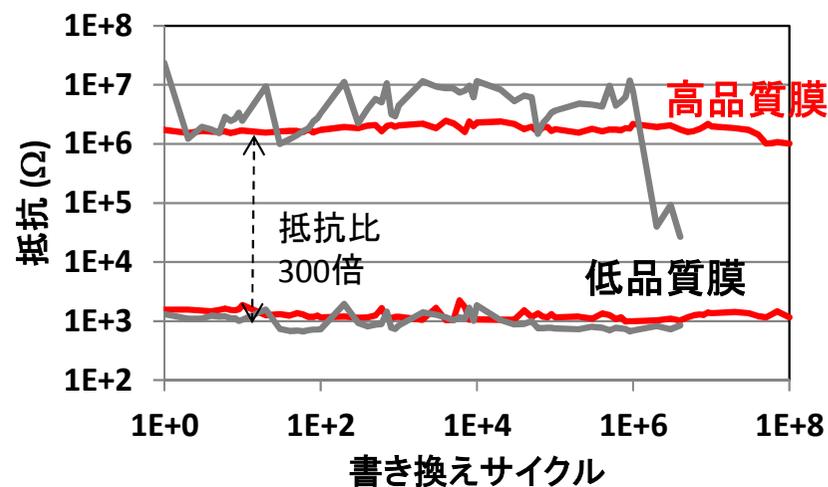
超格子の高品質化で1億回(10<sup>8</sup>回)動作



新しい超格子材料 融かさず低温で記録

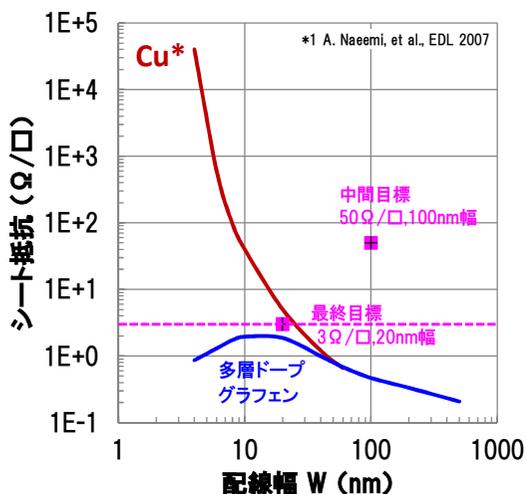


日本発の新しい理論と材料開発で実現



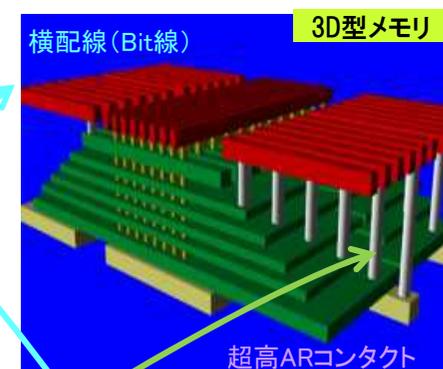
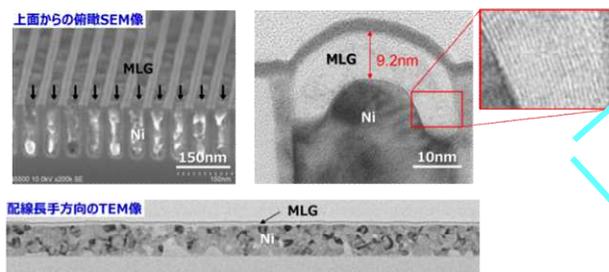
- ・メモリやSLSIの微細化による従来配線材料の抵抗増大を新材料で解決
- ・多層グラフェンの低温(650°C)での高品質化を実現
- ・300mm径ウエハ全面に均一なCNTビア構造を確立

Cu配線抵抗トレンド



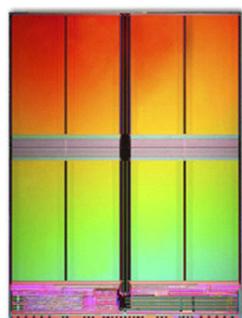
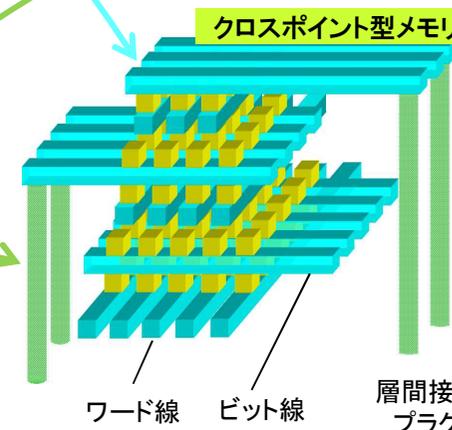
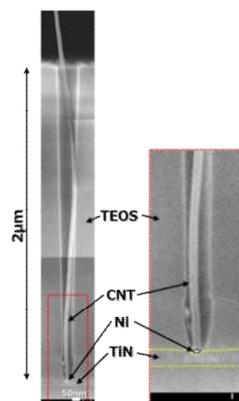
横配線としての多層グラフェン

L/S=30nmのNi配線上に形成された微細幅MLG/Ni配線



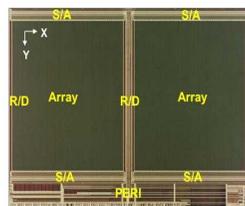
ビアとしてのCNT (Carbon Nano Tube)

超高AR(>30)ビアホール中のCNT成長



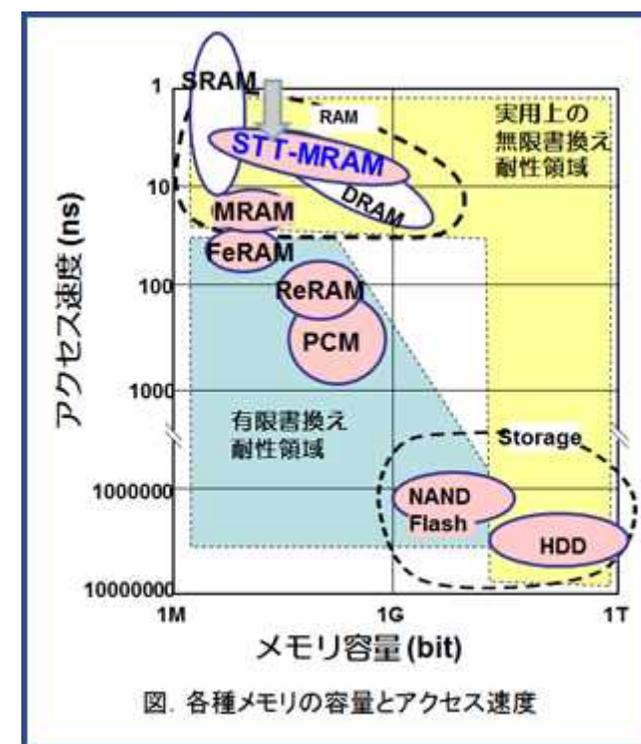
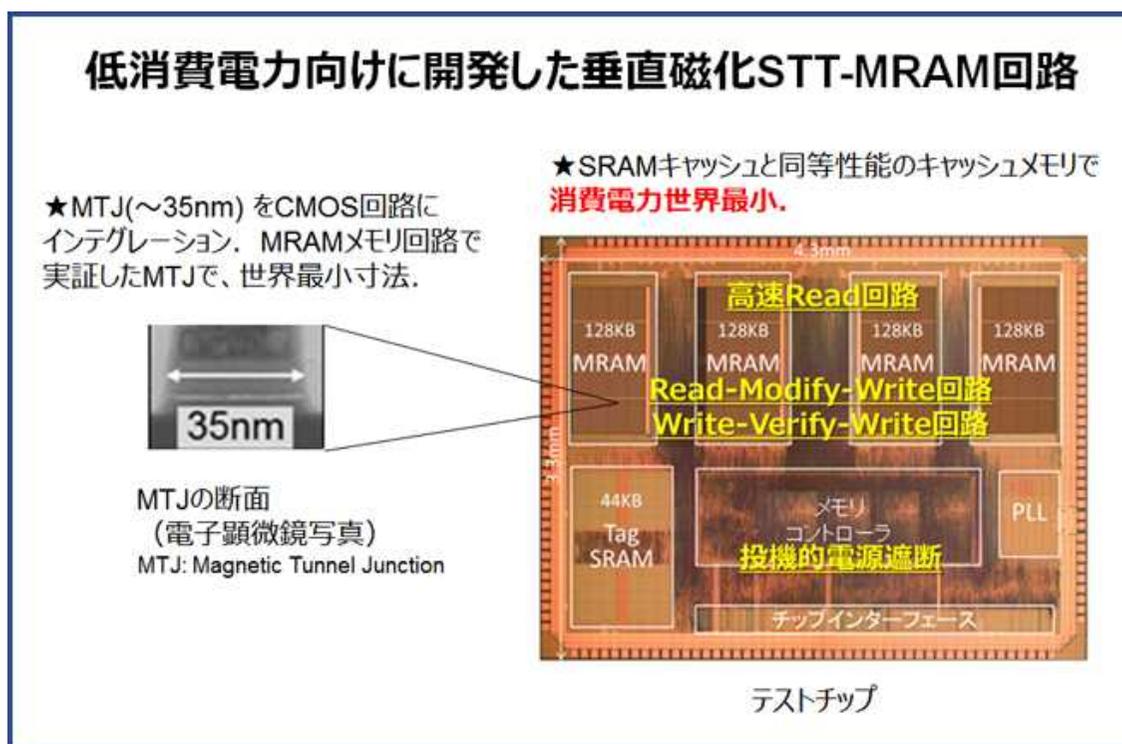
従来配線材料

小面積化



新材料適用

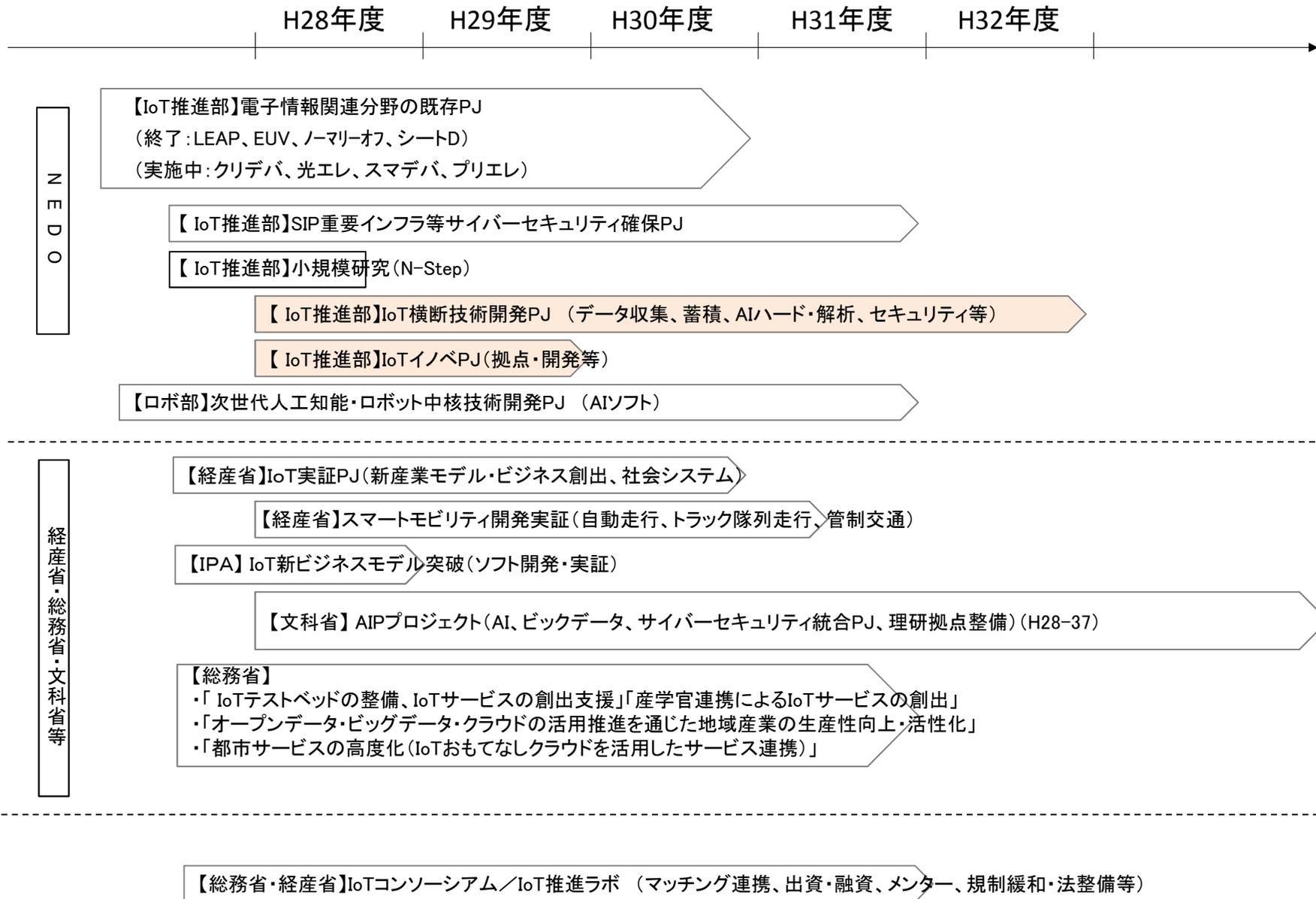
- (株)東芝と東京大学が、コンピュータの**キャッシュメモリ**用に十分な高速性能を有し、従来の混載メモリ（SRAM）と比較して消費電力を10分の1以下の4Mビットクラスの新方式**磁性体メモリ**（STT-MRAM）回路を開発
- あらゆる種類のメモリと比較して世界最高の電力性能



# NEDOのIoT関連新プロジェクト



Internet of Things Promotion Department



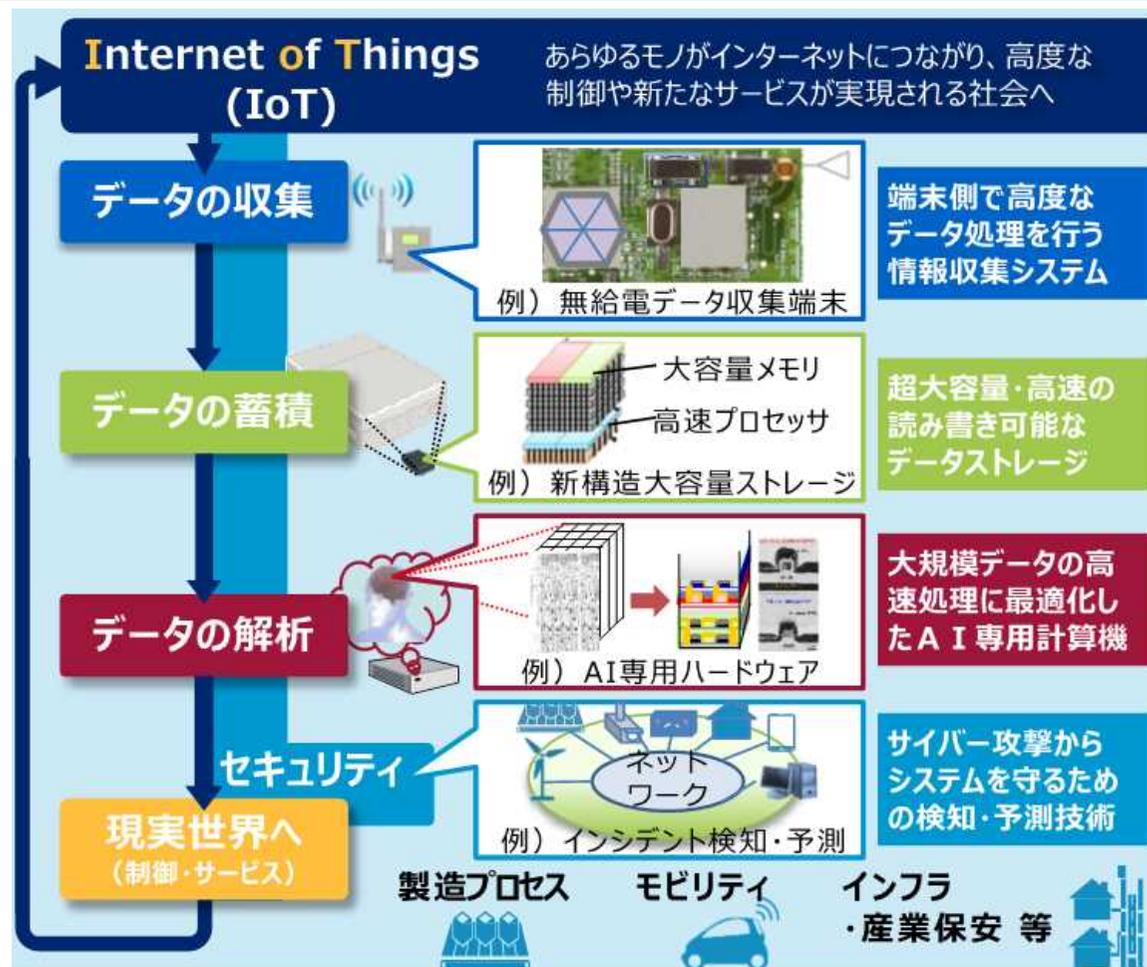
# NEDO 「IoT推進のための横断技術開発プロジェクト」

(期間:平成28~32年度)



Internet of Things Promotion Department

- ・我が国発で独創的な製品・サービス等を可能とする革新的な次世代IoT基盤技術を開発・強化し、産業・社会の変革と効率化の実現を目的とする。
- ・具体的には低消費電力なデータ収集システム、データストレージシステム、データ解析システム、セキュリティ等の横断的で、かつ具体的な用途やシステムを対象として、研究開発を行う。



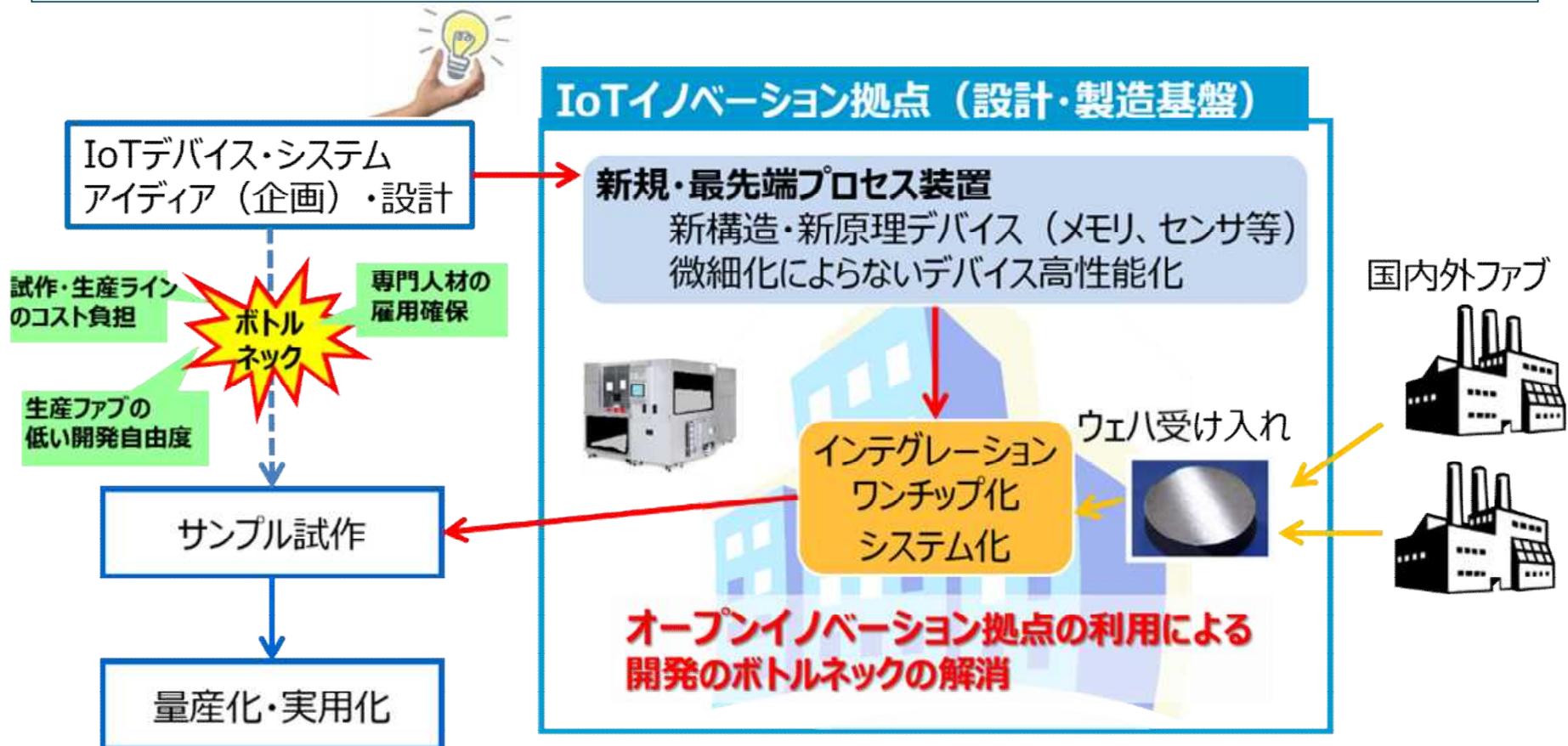
出典：平成28年度概算要求資料（経済産業省、2015）

## 実施項目① IoT技術開発加速のための設計・製造基盤開発

IoT社会に求められる電子デバイスの試作等を行うためのオープンな設計・製造基盤を構築

## 実施項目② IoT技術開発の実用化研究開発

実施項目①で構築する設計・製造基盤を活用し、多様な付加価値を実現するIoTデバイスの実用化研究開発



実施項目① IoT 技術開発加速のための設計・製造基盤開発

テーマ名	採択予定先(順不同)
IoT 技術開発加速のための設計・製造基盤開発	国立研究開発法人産業技術総合研究所

実施項目② IoT 技術開発加速のための実用化研究開発

テーマ名	採択予定先(順不同)
IoT センシングに向けたマルチスペクトラム赤外イメージングシステムの開発	アイアールスペック株式会社
	SIMPLEX QUANTUM 株式会社
	京セミ株式会社
ビッグデータ解析のための低消費電力演算チップの開発	ウルトラメモリ株式会社
	株式会社 PEZY Computing
IoT ネットワークインターフェースデバイス製造技術の開発	日本電信電話株式会社
	NTT エレクトロニクス株式会社
燃焼式水素ガスセンサーチップの開発	株式会社ピュアロンジャパン
プラズマモニタリングセンサー及び IoT デバイスを用いたセンシングシステムの開発	キッコーマン株式会社
高効率な極小 RFID タグの開発による省電力化の実現	株式会社エスケーエレクトロニクス

- すべてのモノが、インテリジェントになって、ネットワークに接続し、情報が共有される。
- IoTは、社会の効率化、省エネ化と、利便性に貢献する。
- NEDOは、次世代メモリ技術をはじめ、IoT推進のための技術開発に引き続き取り組んでいく。