資料２－３

第4期科学技術基本計画レビュー

（Ⅱ．３（２）ⅱ）エネルギー利用の効率化及びスマート化）

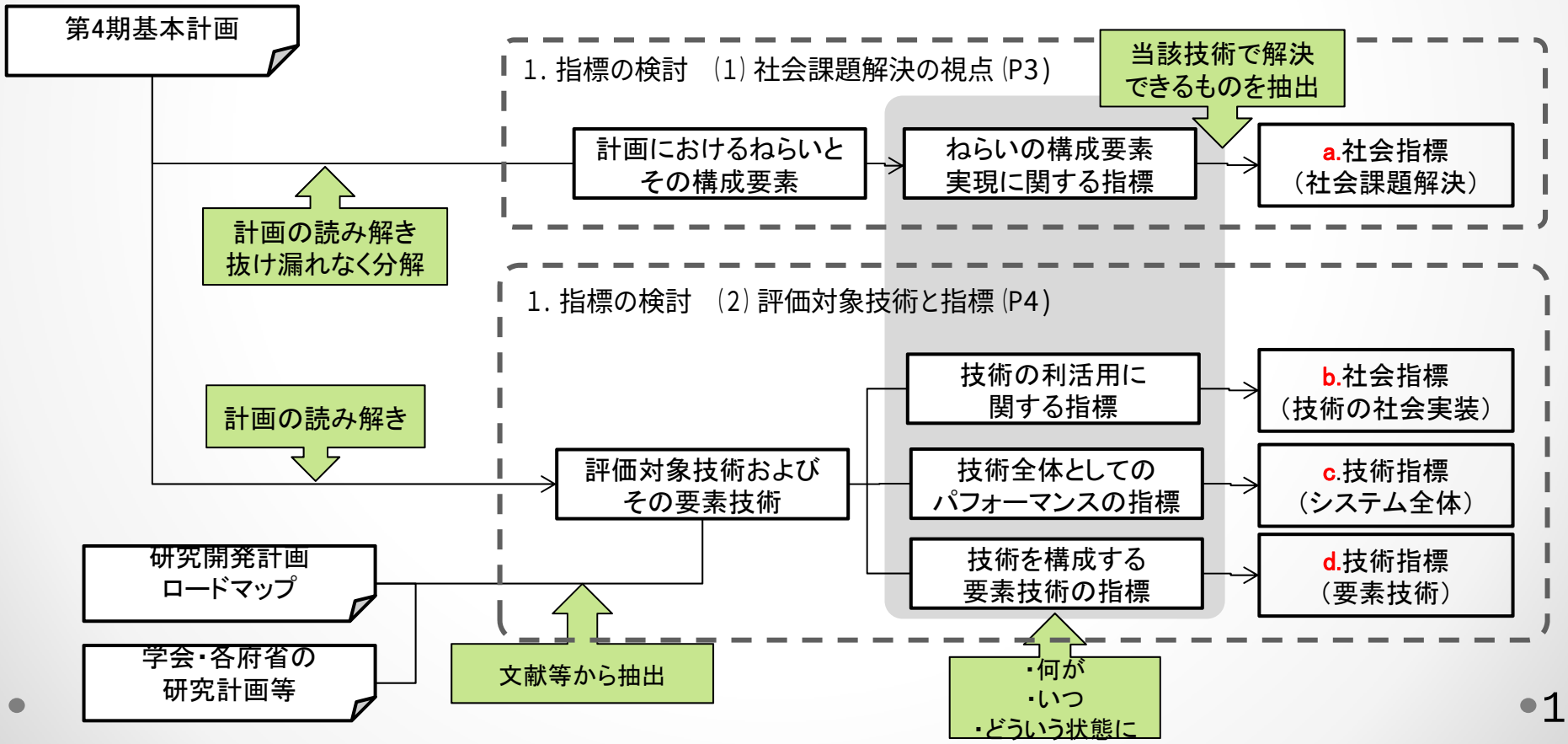
平成２６年３月１７日

ＩＣＴ－ＷＧ事務局

レビューの手順（第2回ＷＧ資料より）

- ◆ 第4期基本計画を読み解き、計画のねらいとそれ達成するための構成要素を抜け漏れがないように明らかにするとともに、課題領域に対応した評価対象技術を特定する。
- ◆ ねらいの構成要素を実現する指標や、評価対象技術の利活用や、技術そのもの（全体、要素技術）に関する指標を収集して、評価のための指標とする。
- ◆ 社会指標・技術指標とも指標値（目標）は当該技術において公式なロードマップがあればそれを適用する。
- ◆ ロードマップがない場合は、学会、各府省（とその会議体）における研究計画を収集し、設定する。

情報源　　指標の設定



本領域における個別課題

◆ ICT-WGが「エネルギー利用の効率化及びスマート化」においてレビューを進める個別課題は、“家電・照明の高効率化”、“次世代情報通信ネットワーク”、“次世代情報通信ネットワーク”、“情報通信機器やシステム構成機器の省エネルギー化”および“ネットワークシステム全体の最適制御”である。

本領域におけるWGの個別課題

課題領域	個別課題
ⅱ） エネルギー利用の高効率化及びスマート化	製鉄等における革新的な製造プロセス
	材料の高機能化
	グリーンサステイナブルケミストリー
	バイオリファイナリー
	革新的触媒技術
	住宅・建築物の高断熱化
	家電・照明の高効率化
	高効率給湯器
	定置用燃料電池
	パワー半導体
	ナノカーボン材料
	次世代自動車用蓄電池
	燃料電池
	パワーエレクトロニクスによる電力制御等
	高効率輸送機器（次世代自動車、鉄道、船舶、航空機）
	モーダルシフト等の物流
	次世代情報通信ネットワーク
	情報通信機器やシステム構成機器の省エネルギー化
	ネットワークシステム全体の最適制御

指標の構成と評価の視点

◆ 指標の構成

- 指標の種類と、導出の考え方については1ページに示した通りであるが、技術による社会課題解決のステップに沿って再度整理すると下図の通りとなる。

◆ 評価の視点

- 要素技術の進捗のみならず、要素技術がシステム全体の発展にどこまで貢献できているのか、システム全体が社会にどこまで普及しているのか、さらにはシステム全体の普及によって社会課題がどれだけ解決できているのかという視点で評価を行う。

指標の構成

技術による社会課題解決のステップ	①要素技術の開発	②対象とする技術全体の発展	③実用化による社会への実装	④普及による社会課題の解決
指標	• 技術指標（要素技術）**d.**	• 技術指標（システム全体）**c.**	• 社会指標（技術の社会実装）**b.**	• 社会指標（社会問題解決）**a.**
評価の視点	• 産官学で取り組まれている個別の技術開発がどこまで進捗しているか	• 個別の技術開発によって、対象技術全体がどこまで発展したか	• 対象技術が実用化（製品化）され、どれだけ社会に実装されているか	• 対象技術の普及によって、第4期基本計画のねらいである社会課題がどこまで解決されているか

１．指標の検討　（１）社会課題解決の視点

- 「Ⅱ．３グリーンイノベーションの推進」で本ＷＧが取り扱う課題領域は、本領域および「ⅲ）社会インフラのグリーン化」である。
- これら二つの課題領域とも、「世界最先端の低炭素社会の実現」「技術やシステムの国内外への普及、展開による持続的な成長の実現」がねらいであると考えられる。

課題領域

ⅱ）エネルギー利用の高効率化及びスマート化

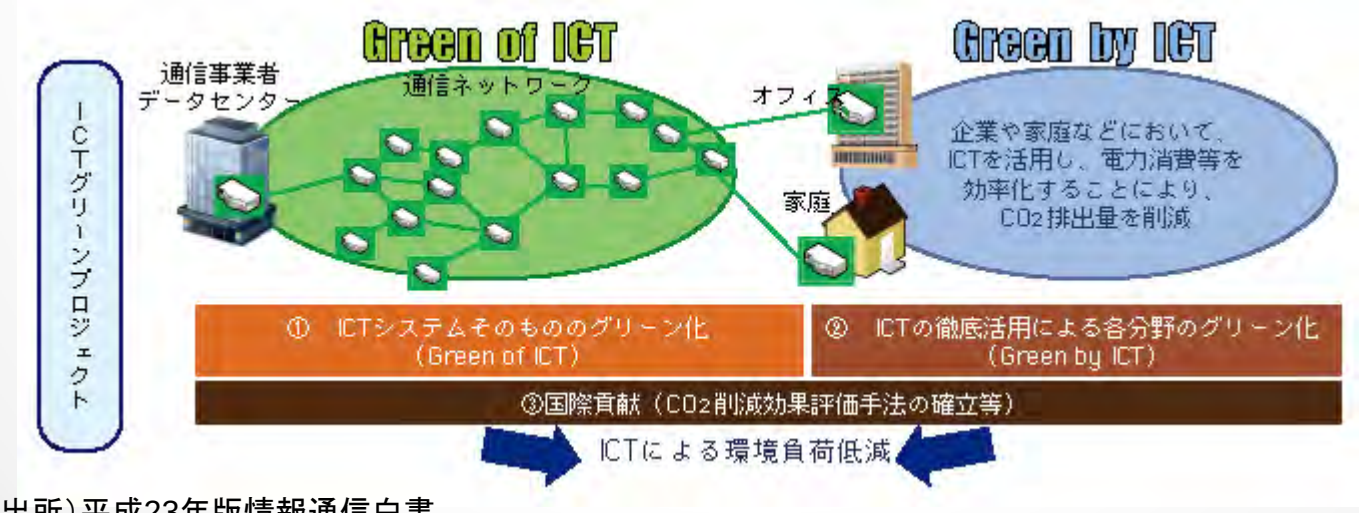
（第4期基本計画より：下線追記）
3．グリーンイノベーションの推進
（1）目指すべき成長の姿
エネルギーの安定確保と気候変動問題への対応は、我が国にとっても、世界にとっても、喫緊の課題であり、この二つの課題に対応するため、国として、グリーンイノベーションを強力に推進する。これにより、我が国が強みをもつ環境・エネルギー技術の一層の革新を促すとともに、エネルギー供給源の多様化と分散化、エネルギー利用の革新に向けた社会システムや制度の改革、長期的に安定的なエネルギー需給構造の構築と世界最先端の低炭素社会の実現を目指す。また、世界各国が将来の成長の鍵として、脱化石燃料に向けた熾烈な競争を展開する中、これらの技術やシステムの国内外への普及、展開を強力に推進し、我が国の持続的な成長を実現する。さらに、これらの取組により、世界に先駆けた環境・エネルギー先進国の実現を目指すとともに、持続可能な自然共生社会や循環型社会の実現、豊かな国民生活の実現を目指す。

課題領域に関するねらい	ねらいの構成要素	社会指標（社会課題解決）
・世界最先端の低炭素社会の実現	低炭素社会を実現するには、あらゆる人間活動においてCO2排出量の削減する必要がある。活動の代表的な構成要素として、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」の区分を適用し、以下の4部門を構成要素としてとらえる。 ・産業　・業務　・運輸　・家庭	【指標：各部門におけるCO2排出量】 ・ICTを環境・エネルギー技術と組み合わせることにより、各部門の活動の最適化等が図られ、CO2排出が削減できると考えられるため。
・環境・エネルギー技術の国内外への普及展開による持続的な成長の実現	環境・エネルギー技術が普及することにより、以下の2つの成長要素が考えられる。 ・国内への普及により、環境に対して持続的な経済活動を実現する ・国外への技術・製品輸出により、海外市場を獲得する	【指標：環境産業の市場規模】 ・国内における技術普及のためには、関連産業の成長が不可欠であると考えられるため。 【指標：環境産業の輸出額】 ・日本の優れた環境・エネルギー技術を海外展開することにより、諸外国におけるCO2削減等に貢献できるとともに、新たな輸出商品となると期待されるため。

１．指標の検討　（２）評価対象技術と指標

◆ 課題解決のためにICTが貢献可能なこと

- 本課題領域「 Ⅱ．３（２） ii ）エネルギー利用の効率化及びスマート化」は、課題領域「Ⅱ． ２ （２） iii ）社会インフラのグリーン化」とともに、第4期基本計画では「グリーンイノベーションの推進」に位置付けられている。
- 「グリーンイノベーションの推進」にICTが寄与できることには、一般的に以下の2種類があると考えられる。
  - Green of ICT：ICTシステムそのもののグリーン化
    - ICT機器やシステムにおけるエネルギー消費量・CO2排出量（または原単位）の削減
  - Green by ICT：ICTの徹底活用による各分野のグリーン化
    - ICTを用いた最適制御によって、様々な分野においてエネルギー消費量・CO2排出量（または原単位）を削減
- 今回のレビューでは、グリーンイノベーションに関する技術について、「Green of ICT/Green by ICT」の区分を元に二つの課題領域ごとの対象技術を次のような考え方で設定する。
  - 本課題領域「「 Ⅱ．３（２） ii ）エネルギー利用の効率化及びスマート化」では、機器および、クラウド、データセンター等のICT関連施設・設備そのものに着目し、これらの機器や施設・設備の電力消費を削減するためのデバイス技術を中心に評価する。
  - 一方「 Ⅱ． ２ （２） iii ）社会インフラのグリーン化」では、情報通信ネットワークやアプリケーションソフトウェアを活用して社会インフラを最適制御して電力消費等を効率化する技術に着目し、センサー、通信、アプリケーション技術などを評価対象とする。



出所）平成23年版情報通信白書

１．指標の検討　（２）評価対象技術と指標

◆ 個別課題に対応する技術

- 前ページでの検討を受け、本課題領域「ⅱ）エネルギー利用の高効率化及びスマート化」では、電気・電子機器そのものの省エネルギー化に着目し、情報機器、通信（ネットワーク）機器、データセンターおよび主要な家庭用電気製品についての省エネルギー技術を評価する。
- 具体的には、以下の技術を対象とする。
- 個別課題「家電・照明の高効率化」については、家庭内の消費電力量の上位を占める以下の製品を対象とし、それらの省エネルギー技術を評価する。
  - エアコン、テレビ、冷蔵庫、照明器具
- 個別課題「次世代通信ネットワーク」については、通信ネットワークそのものの省エネルギー化に資すると考えられる以下の技術を対象とする。
  - 次世代情報通信ネットワークのうち、高速・広帯域の通信を容易にするフォトニックネットワーク技術
- 個別課題「情報通信機器やシステム構成機器の省エネルギー化、ネットワークシステム全体の最適制御」については、これらの構成要素である以下の技術を対象とする。
  - コンピュータ、サーバ類の省エネルギー技術
  - クラウド
  - データセンター
- なお、ICTネットワークを活用して需要と供給をマッチングさせるなどの社会インフラの最適制御技術は課題領域「Ⅱ．２（２）ⅲ）社会インフラのグリーン化」における評価対象とする。

１．指標の検討　（２）評価対象技術と指標

◆ 前ページで示した個別課題に対応する技術の進展を評価するための代表的な指標は以下の通りである。

- o 「ｂ．社会指標（実装）」については、それぞれの技術またはそれを応用した機器・製品の普及状況を指標とする。
- o 本領域においては、すでに普及率が計測・予測されている次世代照明技術についてその普及率を社会指標として取り上げる。

計画に例示された個別課題	個別課題に対応する技術	指標			出所
		b.社会指標（実装）	c.技術（システム全体）	d.技術（要素技術）	
家電・照明の高効率化	エアコンの省エネルギー技術	• ー	• 年間消費電力量（kWh）	• 開発状況	総合科学技術会議「環境エネルギー技術革新計画（改訂版）」（2013） JEITAグリーンIT推進協議会報告書（2012）
	テレビの省エネルギー技術	• ー	• 年間消費電力量（kWh）	• 開発状況	
	冷蔵庫の省エネルギー技術	• ー	• 年間消費電力量（kWh）	• 開発状況	
	次世代照明技術（LED、有機EL）	• 普及率	• 総合効率（lm/W）	• 開発状況	

次世代情報通信ネットワーク	フォトニックネットワーク	• ー	• ー	• 開発状況
				  • 光メモリ技術
				  • 広帯域光増幅器技術
				  • （アクセス）TDM-PON技術
				  • 高速・大容量光伝送技術
				  • 長距離・多分岐次世代FTTH技術
				  • 光・無線融合技術
				  • 光配線技術
				  • 柔軟な光ネットワーキング運用・管理技術
					総務省研究開発戦略マップ

情報通信機器やシステム構成機器の省エネルギー化、ネットワークシステム全体の最適制御	コンピュータ、サーバ類の省エネルギー技術	• ー	• 消費電力量（kWh）（業務用ノートPC）	• 開発状況
				  • 超低消費電力デバイス
				  • 超低消費電力型シートディスプレイ
					NEDO技術戦略マップ

	クラウド・データセンターの省エネルギー技術	• ー	• 消費電力量（kWh）（データセンター）	• 開発状況
				  • 省電力ネットワーク技術
				  • 低消費電力デバイス・ハードウェア技術
					総務省研究開発戦略マップ
					グリーン IT 推進協議会

2．指標値の検討

第4期基本計画における課題領域				指標区分	評価指標		指標値 ~2005	2010	2012	2013	2015	2020~	定性的な開発目標	補足（出典等）
Ⅱ．3．グリーンイノベーション	（2）重点課題達成のための施策	ⅱ）エネルギー利用の高効率化及びスマート化	（課題領域全体）	社会指標	産業部門におけるCO2排出量	目標					全部門合計で2005年比3.8%削減（2013年11月決定）			「日本の1990-2011年度の温室効果ガス排出量データ」(2013.4.12発表)
						実績	459	421						
					運輸部門におけるCO2排出量	目標								
						実績	254	232						
					家庭・業務部門におけるCO2排出量	目標								
						実績	410	459						
					環境産業の市場規模（兆円）	目標								環境省「 2011年版 環境産業の市場規模・雇用規模の推計」より「B.地球温暖化対策」
						実績	11.2	17.5						
					環境産業の輸出額（兆円）	目標								環境省「環境産業の付加価値額及び輸出入額の推計について」より「B.地球温暖化対策」
						実績		4.8						
			家電・照明の高効率化		LED照明普及率（%）	目標						両者をフローで100%	2030年までに両者をストックで100%	総合科学技術会議「環境エネルギー技術革新計画（改訂版）」（2013） パナソニック推計（2013年8月26日付プレスリリース）
						実績				23（ストック）				
					有機EL照明普及率（%）	目標								
						実績								
				技術指標	エアコン冷房期間消費電力量（kWh）2.8KWクラス	目標			191	188	182	172	①	①JEITA 2012年度 グリーンIT推進協議会 技術検討委員会報告書（目標と実績の一部） ②資源エネルギー庁「省エネ製品カタログ2013夏」（一部の実績） ③経済産業省「次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発」（目標と実績の一部）
						実績				194			②	
					テレビ年間消費電力量（kWh）42型	目標			①150(1) ①200(2)			①20(1) 40(2)	(1)液晶 (2)プラズマ	
						実績			106.9(1) 136.8(2) （いずれも①）	72（1）②				
					冷蔵庫年間電力消費量（kWh）401～450リットルクラス	目標			①230～260			①95		
						実績				180②				
					白色LED効率（lm/W）	目標						①142		
						実績			100①	200③				
					有機EL効率（lm/W）	目標				130③				
						実績			110③					

2．指標値の検討

第4期基本計画における課題領域				指標区分	評価指標		指標値 ~2005	2010	2012	2013	2015	2020~	定性的な開発目標	補足（出典等）
Ⅱ．3．グリーンイノベーション	（2）重点課題達成のための施策	ⅱ）エネルギー利用の高効率化及びスマート化	次世代情報通信ネットワーク	技術指標	光メモリ技術	目標						40Gbps×16ビット	100Gbps×64ビット(2030)	総務省「ICT分野における技術開発ロードマップ」 情報通信審議会情報通信政策部会 イノベーション創出委員会（第5回）（2013年4月19日）提出資料 ＊NICT、NTT「光RAMサブシステムに関する研究開発」
						実績			40Gbps×6ビット 40Gbps×4ビット＊					
					広帯域光増幅器技術	目標						100Gbps×128波長	500Gbps×128波長(2030)	
						実績			100Gbps×64波長					
					（アクセス）TDM-PON技術	目標						20Gbps	100Gbps(2030)	
						実績			10Gbps					
					高速・大容量光伝送技術	目標			基盤技術の研究開発		実証・評価	製品開発・市場展開		総務省研究開発戦略マップ
						実績								
					長距離・多分岐次世代FTTH技術	目標			基盤技術の研究開発		実証・評価	製品開発・市場展開		
						実績								
					光・無線融合技術	目標			基盤技術の研究開発		実証・評価	製品開発・市場展開		
						実績								
					光配線技術	目標			基盤技術の研究開発		実証・評価	製品開発・市場展開		
						実績								
					柔軟な光ネットワーキング運用・管理技術	目標			基盤技術の研究開発			実証・評価		
						実績								

2．指標値の検討

第4期基本計画における課題領域				指標区分	評価指標		指標値 ~2005	2010	2012	2013	2015	2020~	定性的な開発目標	補足（出典等）
Ⅲ．3．グリーンイノベーション	（2）重点課題達成のための施策	ⅲ）エネルギー利用の高効率化及びスマート化	情報通信機器やシステム構成機器の省エネルギー化 ネットワークシステム全体の最適制御	技術指標	業務用PC年間電力消費量（kWh）	目標			23	19	17	9		JEITA 2012年度 グリーンIT推進協議会 技術検討委員会報告書
						実績		31	23					
					超低消費電力デバイス	目標		EUV光源・レジスト、スピントロニクスデバイス、 0.4V駆動技術、三次元実装、ノーマリーオフデバイス						NEDO技術戦略マップ
						実績								
					超低消費電力型シートディスプレイ	目標		超低電圧、多段積層、プラスチック基板ディスプレイ						
						実績								
					全データセンター年間電力消費量（億kWh）	目標						330	目標は削減量	グリーン IT 推進協議会 調査分析委員会 総合報告書 （2008 年度～2012 年度）
						実績	150					（489）	実績は消費量 （）は趨勢での消費量予測	
					省電力ネットワーク技術	目標		基盤技術の研究開発			実証・評価	製品開発・市場展開		総務省研究開発戦略マップ
						実績								
					低消費電力デバイス・ハードウェア技術	目標		基盤技術の研究開発			実証・評価	製品開発・市場展開		
						実績								

3．総合分析　（1）家電・照明の高効率化

①　技術別の評価指標に対する貢献度評価

- エアコンの省エネルギー技術
  - 技術指標「エアコン冷房期間消費電力量 」に対しては、家庭用エアコン省エネ技術の開発と製品化（パナソニック）等の各社の研究開発成果を利用した最新の製品（省エネ製品カタログ2013年夏所載分）であっても、JEITAの2012、2013年目標にはわずかに到達していない。
- テレビの省エネルギー技術
  - 技術指標「テレビ年間消費電力量」に対しては、液晶ディスプレイについては、2013年において、光の利用効率向上、バックライト輝度変調制御技術（シャープ）　などによってJEITA2012年目標の半分以下の製品が上市されている。
  - また、次世代のディスプレイである有機ELディスプレイによって格段に低減されることが期待されている。経済産業省「グリーンITプロジェクト」によって、大型TV用の有機ELディスプレイが開発され、開発目標の消費電力を達成しているが、まだ製品化には至っていない。
- 冷蔵庫の省エネルギー技術
  - 技術指標「冷蔵庫年間電力消費量」に対しては、庫内外のセンサーとAIを利用した制御の最適化（シャープ）等メーカー各社の技術開発によって2012年消費電力量の目標以上の削減を達成している。
- 次世代照明技術（LED、有機EL)
  - 技術指標「白色LED効率（lm/W）」経済産業省等の「次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発」により、LEDはJEITAの2020年目標を達成したものの、コストの低減が課題となっている。
  - 有機EL照明については上記経済産業省事業で平成25年度末の設定目標に対し、24年度末では85%程度の効率まで達成している。
  - 社会指標「LED・有機EL照明の普及率」は2020年にフローで100%の達成、2030年にストックで100%が求められているが、2013年8月現在、ストックで約23%と推計されている（パナソニック2013年8月26日付プレスリリースより）。

②　今後取り組むべき項目

- エアコンについては、目標が未達であるため、さらに基礎的な技術開発やITによる制御の精度向上による目標の達成に向けた研究開発が求められる。
- テレビについては、上述のように既に当初の目標を大きく上回っている。今後、さらなる電力消費削減に向け、ディスプレイ技術の開発が望まれる。その意味で、経済産業省「革新的超低消費電力型インタラクティブディスプレイプロジェクト（H25AP）」などによる有機ELディスプレイの実用化が求められる。
- 「冷蔵庫の年間電力消費量」の指標では、既にJEITAの目標値を上回る製品が上市されており、さらなる電力消費削減に向けた研究開発が期待される。
- 「LED照明の効率」指標から見ると、「次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発（経済産業省、NEDO）」では将来の指標を上回る200lm/Wを達成しているものの、コスト面での課題を有している。そのため、今後の実用化に向けた生産技術の開発を行い、一般に広く普及できる価格を実現することで、社会指標「LED・有機EL照明の普及率」の2020年にフローで100%の達成に貢献することが求められる。

3．総合分析　（2）次世代情報通信ネットワーク

①　技術別の指標に対する貢献度評価

- フォトニックネットワーク
  - 技術指標「光メモリ技術」は、総務省情報通信審議会資料によれば2012年において40Gbps級、6ビットの性能を達成しているほか、公表されている成果ではNICT「光RAMサブシステムに関する研究開発」が40Gbps級、6ビットの性能を達成している。また、総務省「フォトニックネットワーク技術に関する研究開発」において省電力・小型の光メモリの試作に成功している。
  - 技術指標「広帯域増幅器技術」は、総務省情報通信審議会資料によれば2012年において100Gbps、64波長の性能を達成している。
  - 技術指標「（アクセス）TDM-PON技術」については、総務省情報通信審議会資料によれば2012年において10Gbpsの性能を達成している。
  - 技術指標「高速・大容量光伝送技術」は、2014年までを基盤技術の開発期間としている。総務省「フォトニックネットワーク技術に関する研究開発」において、平成23年度に光信号の疎通状態の試験が行われているほか、24年度にファイバ1本当たりの世界最高伝送記録1Pbpsの伝送に成功しており、基盤技術の開発に貢献している。さらに、400Gbps伝送を低消費電力で実現するために必要な要素機能について アルゴリズムの検討を行い、動作検証を完了した。また、総務省「超高速光エッジノード技術の研究開発」開発された技術規格はITU-Tの勧告にも反映されており、国際標準化を通じて将来の社会実装、普及に貢献している。
  - 技術指標「長距離・多分岐次世代FTTH技術」についても2014年までを基盤技術の開発期間としている。総務省「フォトニックネットワーク技術に関する研究開発」において、平成24年度にファイバ1本当たり6,160kmの長距離伝送、５ホップ244kmの安定伝送に初めて成功しており、基盤技術の開発に貢献している。
  - 技術指標「光・無線融合技術」「光配線技術」「柔軟な光ネットワーキング運用・管理技術」についても2014年までを基盤技術の開発期間としている。総務省「フォトニックネットワーク技術に関する研究開発」において、光信号の疎通状態を試験した結果、全ての状態に対して50ミリ秒以下で安定して自動設定できることを実証している。

②　今後取り組むべき項目

- ロードマップでは「基礎技術の開発」段階であり、現在取り組まれている総務省「フォトニックネットワーク技術に関する研究開発」及び「超高速･低消費電力光ネットワーク技術の研究開発」では基礎的な技術開発が、「超高速光エッジノード技術の研究開発（総務省）」では技術開発に加えフィールドでの実証及びITU-Tにおける標準化活動が行われている。
- 今後は、2014年までに要素技術の基盤技術を確立するための技術開発が求められるが、技術開発目標の設定に当たっては製品の潜在ユーザの求める機能、性能要件を把握した上で、「使われる技術開発」を目指すべきである。
- また、デバイスの研究開発においては、国内外の半導体メーカーの合従連衡が進む現状において、従来の枠組みにとどまらず、研究開発型スタートアップ企業、海外企業などとも柔軟に連携して、製品化に向けた役割分担のあり方等の見直しを行い、製品の市場投入などの成果を早期に得られるような体制づくりが必要である。
- 今後、ビッグデータの流通が一層進展し、トラフィックが更に急増していくことが見込まれるため、2015年以降については、これらの状況を十分に踏まえつつ、光ネットワーク技術の更なる高速化・低消費電力化に取り組む必要がある。

3．総合分析

（３）情報通信機器やシステム構成機器の省エネルギー化、ネットワークシステム全体の最適制御

①　技術別の指標に対する貢献度評価

- コンピュータ、サーバ類の省エネルギー技術
  - 技術指標「超低消費電力デバイス」については、EUV光源・レジスト、スピントロニクスデバイス、0.4V駆動技術、三次元実装、ノーマリーオフデバイスなどの開発がこの期間に行われることとなっている。経済産業省「ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発」では、アーキテクチャの検討や性能の評価基盤プラットフォームの検討を行っているほか、「次世代型超低消費電力デバイス開発プロジェクト」において、EUVによる微細化・低消費電力技術開発を行い、回路線幅11nm用のマスク欠陥検査要素技術の検討を開始するなど、デバイスのデザイン、性能評価、製造プロセスに至る多面的な研究開発が行われている。
  - 技術指標「超低消費電力型シートディスプレイ」については、超低電圧、多段積層、プラスチック基板ディスプレイなどについて研究開発がおこなわれることが目標となっている。経済産業省「革新的超低消費電力型インタラィティブディスプレイプロジェクト」によって、今年度末までには、シートプロセス化においてプラスティック基盤の選定、材料・プロセスの基礎検討や、低消費電力化に向けて有機EL材料の発光効率改善及び光とりだし効率改善の着手を行うことになっており、基盤的な技術の開発がおこなわれている。
  - これらの技術はまだ開発途上であるが、業務用ノートPCの年間消費電力量は減少を続けており、2012年でJEITAの目標である23kWhを達成しており、新技術の実用化によりさらなる削減が期待できる。
- クラウド・データセンターの省エネルギー技術
  - 技術指標「省電力ネットワーク技術」については、この期間は基盤技術の研究開発が目標となっている。経済産業省「グリーンITプロジェクト」、総務省「最先端のグリーンクラウド基盤構築に向けた研究開発」が行われており、前者では24年度の目標を達成しているほか、後者でも技術実証やインターフェイス仕様の公開も行われており、ロードマップ上の2015年までの基礎技術の確立に貢献している。
  - 技術指標「低消費電力デバイス・ハードウェア技術」については、前述したコンピュータ、サーバ類の省エネルギー技術と同じである。

②　今後取り組むべき項目

- 技術指標「全データセンター年間電力消費量」の2020年の目標値330億KWh削減の達成が求められる。そのための機器開発においてデバイスにおける多様なアプローチによる省エネルギー化の技術開発が行われている。現在、それぞれの技術開発において、基盤技術開発が進展しており、引き続き基盤技術の確立に向けた開発が求められる。技術基盤の確立に当たっては、用途や想定ユーザからの性能要件を把握したり想定したりして、過度な開発目標にならないよう、現実的で実用可能な目標設定を行うことで、開発された技術の実用化が早期に進展すると考えられる。
- また、その次の省エネルギーデバイスの発掘に向けては、文部科学省「省電力デバイス創出に向けた基盤的研究（H25AP）」における理論研究が進められており、引き続き新たなデバイス技術の発見に取り組むことが求められる。

3．総合分析 （4）全体

今後取り組むべき項目

- 社会指標「各部門におけるCO2排出量」を見ると、総量では我が国は世界第5位と多い方に入る。分野別に見てみると産業分野においては公害問題や石油ショックなどのエネルギー機器への対応や各種法規制に基づく長年にわたる技術開発で省エネルギー化が進んできており、それに伴うCO2排出量も抑制されている。しかし近年は家電製品の大型化・高機能化、あるいはエアコンの普及や企業や家庭における情報通信機器の普及などに伴って家庭・業務部門での排出量が急増しており、しかもこれらの分野では規制が十分ではなかったこともあり、家庭・業務部門における省エネルギーと低炭素化が喫緊の課題となっている。
- 社会指標「家庭・業務部門におけるCO2排出量」に向けては、消費電力量の多いエアコン、冷蔵庫、テレビ、照明について開発状況を評価した。その結果、家電製品については製品レベルで設定された目標をほぼ達成しているため、今後はそれらの製品を以下に普及していくかが課題となるものと考えられる。以前行われた「エコポイント制度」が効果を上げたことから、末端消費者へのこれらの製品を採用するインセンティブづくりが必要である。税制や補助制度も含め、普及施策について検討することが必要である。
  次世代照明では、LED照明については一定程度の普及が進んでおり、海外製造の低価格な製品が普及に役立っている。現状の技術開発の課題は、さらに高性能な材料の開発であるが、実用化に向けては技術の優位性に加え、価格等の末端消費者に分かりやすいメリットの提示が必要であると考えられる。
  さらに消費電力が格段に少なくなると期待されている有機EL照明については材料や技術の確立と実用化に向けた取組が進んでいるが、ディスプレイも含めて国際的な競争が激しい分野でもあり、競合状況や用途、要求性能などを把握・考慮して、応用分野や適用技術について精査し「勝てる技術」を作り出してゆくことが求められる。
- 同様に、社会指標「家庭・業務部門におけるCO2排出量」の削減に向けては、ICTの業務への普及に伴うICT機器やネットワーク、クラウド、データセンターなどの省エネルギー化が必要である。
  次世代ネットワークについては、現在基礎技術の確立が求められている。我が国における次世代ネットワーク研究開発の特徴は、欧州が無線に重点を置いているのに対し、有線（光）、無線とも開発を進めていることで、両者の特長を活かしたネットワーク構成が可能であると考えられる。引き続き基礎技術の確立に向けた研究を推進することが必要である。
  省電力デバイスについては、デバイスレベルでの多様なアプローチでの研究開発が進んでいるが、基礎技術の確立に向けた研究推進が必要である。基礎技術の確立に当たっては、用途や想定ユーザからの性能要件を把握したり想定したりして、過度な開発目標にならないよう、現実的で実用可能な目標設定を行うことで、開発された技術の実用化とその後社会への普及が早期に進展すると考えられる。
- 社会指標「環境産業の市場規模」の拡大に向けては国内市場での製品・サービス拡大に加え、新興国等の海外市場に対する「環境産業の輸出額」拡大への期待が大きい。技術そのものの優位性の確立に加え、その技術が諸外国でも正当に評価される必要がある。そのために、エネルギー効率の高さ等が適切に評価される手法を国際標準として提案するとともに、省エネ性能を適切に評価できる国際標準に基づく、新興国国内基準の採用等の制度構築を支援していくことが求められる（第115回総合科学技術会議参考資料3-4）。すでにインバータエアコンの省エネ性能については、評価手法の国際標準化が実現済みであり、他の製品についても取り組んでいくことが考えられる。

【参考】わが国の主な取組とこれまでの成果

個別課題：家電・照明の高効率化

取組	これまでの成果
家庭用エアコン省エネ技術の開発と製品化（パナソニック株式会社）	• 開発した以下の機能の搭載有無により、暖房時最大70%、冷房時最大50%の省エネルギーを実現した。APFを5%向上。 ①室内熱交換機 • 弓形アルミフィン、異径伝熱管の最適配置などにより、熱交換機能力を5.0%向上（APF向上への寄与25%） ②圧縮機 • 高性能モータ及び高効率駆動制御により、運転効率4.0%向上（APF向上への寄与75%） ③人感センサ • 人のいる場所が設定温度となるように気流を吹き分けることで機器の設定温度を高くすることが可能に。最大20%の省エネ効果。 ④間取りセンサ • 家具などの障害物を検出し、それらを回避するように気流を制御することで体感温度を維持しつつ設定温度を高めることが可能に。最大10%の省エネ効果。 ⑤日射センサ • 室内の日射による体感温度を補正するように能力調整を行ったことで、暖房時に最大10%の省エネ効果。
グリーンITプロジェクト（経済産業省） 次世代大型有機ELディスプレイ基盤技術の開発	40インチ以上の大型の有機ELディスプレイを量産する以下の技術を開発し、平成24年度末にフルHD40インチ以上で消費電力40W以下を達成する。 ①「低損傷大面積電極形成技術の開発」 ②「大面積透明封止技術の開発」 ③「大面積有機製膜技術の開発」 ④「大型ディスプレイ製造に向けた検証」
液晶TVLEDバックライト（シャープ株式会社）	• 直下型LEDバックライトの採用による光の利用効率向上によって、従来の52型液晶TVに比べ、バックライトの消費電力を40%以上低減。 • テレビの定格消費電力も315Wから192Wへと同じく40%以上低減。 • また、映像信号の特徴に応じたバックライト制御と映像信号処理を同時に行う、バックライト輝度変調制御技術の開発により、年間消費電力量を3分の2以下の約150kWh/年に低減。
冷蔵庫の省エネルギー化（シャープ株式会社）	• 庫内外のセンサーとAIを利用した制御の最適化によって、前モデル比最大25%の省エネルギーを実現。500リットル級の製品では、2005年比72%減の年間160kWhの消費電力を達成。
次世代照明等の実現に向けた窒化物半導体等基盤技術開発（H24AP、H25AP）（経済産業省、NEDO）	• LEDについては、開発目標である200lm/Wを達成したが、高コスト構造という課題を残している。 • 有機ELについては、平成25年度末130lm/Wの目標に対し、平成24年度末に110lm/Wまで達成している。

【参考】わが国の主な取組とこれまでの成果

個別課題：次世代情報通信ネットワーク

取組	これまでの成果
NICT「光RAMサブシステムに関する研究開発」	• 将来のルータの主流になると期待される全光パケットルータを実現する上で不可欠である、非同期光信号で入出力可能な光RAMサブシステムを実現する基本技術を確立し、プロトタイプの作製により技術的可能性を検証する。 • 上述したルータ内部の光化に向けて、光メモリ単体素子を三種類のデバイスからのアプローチでそれぞれ実現し、特にフォトニック結晶型メ • モリではさらに将来の量産化を睨んだ製造基盤技術を確立、光メモリに信号を読み書きするためのアドレッサを二種類の構成でそれぞれ実現、光信号パルス列の直列・並列変換を用いるインターフェース等の光メモリ周辺技術を実現、さらに光メモリを前提とした光パケットルータ構成技術を確立した。 • これらの研究成果を、各課題内で並行検討してきた技術を選択し各課題を統合することによって、将来の光ルータの重要な要素である光RAMサブシステムの40Gbps級、4ビット基本動作を実証実験した。
「フォトニックネットワーク技術に関する研究開発」及び「超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発」（H24AP、H25AP）（総務省）	【平成23年度】 ①「フォトニックネットワーク技術に関する研究開発」 • 光信号の疎通状態を試験した結果、全ての状態に対して50ミリ秒以下で安定して自動設定できることを実証した。 • 超小型光RAMを作製し、これまでの最小電力値の300分の1の消費電力での光メモリ動作と集積チップ化に初めて成功。 【平成24年度】 ①「フォトニックネットワーク技術に関する研究開発」 • ファイバ1本あたりの世界最高伝送記録1Pbps伝送および6,160km長距離伝送に成功した。 • 5ホップ244kmの光パケットの安定伝送に初めて成功した。 • 光パケットヘッダ処理用の経路表メモリLSIを開発し、従来技術LSIの1/20以下の消費電力を達成した。 ②「超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発」 • 400Gbps伝送を低消費電力で実現するために必要な要素機能について　アルゴリズムの検討を行い、動作検証を完了した。
超高速光エッジノード技術の研究開発（総務省）	• 20kHz以上の偏波変動環境下での安定な受信性能50ps相当以上のPMD耐力、±2.5GHz以上の周波数オフセット耐力を実現する偏波処理技術を確立した。 • JGN-XおよびNTTグループの敷設ファイバを用いた実環境下において、500km以上の100Ｇbpsフィールド実験を実施し、超高速分散推定動作と、ルート切り替えによる50ms以下の超高速信号復旧を実証。 • 国際標準化活動においてもITU-Tへインターフェース(G.709/Y.1331勧告)、装置機能（G.798勧告）に関する寄書を3件提案し、勧告に反映させた。

【参考】わが国の主な取組とこれまでの成果

個別課題：情報通信機器やシステム構成機器の省エネルギー化、ネットワークシステム全体の最適制御

取組	これまでの成果
立体構造新機能集積回路（ドリームチップ）技術開発（H24AP）（経済産業省、NEDO）	• 平成22年の中間評価結果では、研究開発対象技術のうち、①多機能高密度三次元集積化技術については、トップクラスだが、評価技術は利用環境の観点から不十分、②複数周波数対応通信三次元デバイス技術については安定性とコストで有効性に疑問、③三次元回路再構成可能デバイス技術は優位性、実現性を明確にすべきであると評価されている。応用デバイスについても厳しい評価がなされている。
次世代型超低消費電力デバイス開発プロジェクト（H24AP、H25AP）（経済産業省）	EUV（極端紫外線）による微細化・低消費電力技術開発 • 回路線幅16nm用マスク欠陥評価技術の実証を行うと共に、同線幅用のレジスト材料組成・プロセスを確立。また同線幅対応のレジストのアウトガス基準を確立する。また、回路線幅11nm用のマスク欠陥検査要素技術の検討を開始。 革新的な次世代低電圧デバイス開発 • 各デバイスの集積化技術、信頼性向上技術を開発する。また周辺回路を含むＬＳＩの動作実証、信頼性確認、課題の洗い出しを実施。
ノーマリーオフコンピューティング基盤技術開発（H24AP、H25AP）（経済産業省、NEDO）	• ノーマリーオフコンピューティング技術の実現に向けた課題解決に取り組むと共に、デモシステムの電力消費性能の評価基盤プラットフォームを検討した。 • 想定アプリケーションにおける個別の技術課題の解決に取り組むと共に、新しいメモリ階層のアーキテクチャ・制御方法の検討を行った。 • デモシステムの電力消費性能の評価基盤の構築を実施した。 • 想定アプリケーションにおける基本ソフトウェアのデザイン等を提示すると共に、電力消費性能を10倍にするシミュレーションを行った。
超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発（H24AP、H25AP）（経済産業省、NEDO）	• 基盤技術開発としてコア技術である小型光電子変換チップに集積するための半導体レーザー、光導波路、変調器、ＴＩＡといった要素部品の基本設計と小型光電子変換チップの基本構成の検討を完了した。 • システム化技術開発として、サーバー間、ＣＰＵ間、ＣＰＵ－記憶素子間の信号伝搬の光化に係る技術課題を抽出するとともに、課題を克服するためのアーキテクチャの検討に着手した。

【参考】わが国の主な取組とこれまでの成果

取組	これまでの成果
低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト（H24AP、H25AP）（経済産業省・NEDO）	①結晶成長技術 • 口径6インチで103個／cm2台の転位密度を実現した。 • 口径2インチ、厚さ１mm以上の4H-SiC単結晶の成長を実現した。 ②加工技術 • 3インチ結晶で中間目標を達成した。 ③エピタキシャル膜成長技術 • みなし6インチ径のエピタキシャル成長膜において厚さ±10%などの中間目標の品質を実現した。高速・厚膜化に向けては、口径2インチ・膜厚50μm以上のエピタキシャル膜で中間目標を実現した。 ④高耐圧デバイス技術 • プレーナMOS構造、ダブルトレンチ構造、SJ構造等の要素構造の特性を評価し、それらの利点を用いてより低損失化が可能な新規高耐圧デバイス構造とそのための作製要素プロセスを開発する。当該構造を用いて耐圧3kV以上の高耐圧SiC-MOSFETを実現した。 ⑤高耐熱部品統合パワーモジュール化技術開発 • 研究体制を構築し、高耐熱スナバコンデンサ、高耐熱スナバ抵抗、高性能メタライズ放熱基板、高性能配線基板の開発を開始した。
ネットワークの低消費電力化や高効率化に資するナノ技術の研究開発（総務省・NICT）	有機ナノICT基盤技術の研究開発 • (H23) 高性能の新規電気光学色素の開発に成功し、現行デバイス材料の２倍以上の材料性能を実現。耐溶媒性を有する有機電気光学ポリマーを開発し、高効率導波路作製方針を確定。シリコンナノフォトニック構造作製技術の高精度化を実現。 • (H24) 異なる組成比の組合せにより、光導波路構造でも高い電気光学効果を実現し、電気光学ポリマーだけで構成される高効率なチャンネル型光導波路構造の作製に成功。光ファイバーとシリコンナノ構造素子との光結合損失を低減するインターフェース構造を作製。 • (H25) デバイス作製に十分な有機電気光学ポリマーの熱安定性を実現。耐溶媒性有機電気光学ポリマーを用い、変調器構造を試作。有機電気光学ポリマーとシリコンフォトニック結晶導波路を融合し、現行デバイスの1/1000のサイズの変調器を試作し変調動作を確認。 超伝導ICT基盤技術の研究開発 • (H23) 超伝導単一光子検出器にキャビティ構造を付加し検出効率が2倍以上改善することを確認。超伝導薄膜光/電気変換器の高速動作評価系を構築。 • (H24) 超伝導単一光子検出器の高速化のために、小型多ピクセル化素子を試作し素子の均一性を確認。超伝導薄膜光/電気変換器の10GHz以上の高速動作の可能性を確認。 • (H25) 超伝導単一光子検出器において、ダブルサイドキャビティ構造により従来比約3倍の検出効率80%を実現し、目標を達成。また、総ワイヤ長の短縮化や小型多ピクセル化による高速化を確認。超伝導薄膜光/電気変換器の受光領域を小型化し、従来比約47倍の大幅な高速化を実現し、フォトダイオードよりも1桁以上低い光入力で動作することを確認。
次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション創出を支える情報基盤強化のための新技術開発」（文部科学省）	• 平成24年度には、耐災害性に優れたデバイス実現に向けた研究開発や、スピントロニクス材料・デバイスの地上放射線環境におけるソフトエラー発生の評価、スピントロニクス応用によるコンピュータシステムの耐災害性向上の評価、ストレージの高速化・高機能化に向けた技術開発、耐災害性の高い高可用性ストレージシステムの開発設計及び試作等を実施した。また、論文発表8件、特許出願5件、学会発表73件の成果を上げている。
省電力デバイス創出に向けた基盤的研究（H25AP）（文部科学省・理化学研究所）	• 理化学研究所においては、平成25年度に創発物性科学研究センターを立ち上げて本施策への取組を開始し、消費電力を革命的に低減させるデバイス技術に向けた新原理創成を図るための研究開発を行っている。 • これまでの具体的な取組として、エネルギー消費を極小とするデバイス機能原理として、特異な絶縁体が示す特殊な応答に着目した理論的検証や、理論的研究と実験との対比が可能となるモデルの構築による実証実験の指針の確立に取り組んでいる。

【参考】わが国の主な取組とこれまでの成果

取組	これまでの成果
革新的超低消費電力型インタラクティブディスプレイプロジェクト（H25AP）（経済産業省、NEDO）	「超低消費電力型シートインタラクティブディスプレイ」によっての更なる省電力化（従来製品の50%の消費電力削減）が期待でき、2020年で約330万トンのCO2削減ポテンシャルが存在。平成25年度末の成果は以下の通り。 ①シートプロセス化 ・プラスティック基板の選定 ・シート化のための材料、プロセスの基礎検討 ②低消費電力化 ・有機EL材料の発光効率改善の着手 ・素子構造による光取り出し効率改善の着手
グリーンITプロジェクト（H24AP）（経済産業省）	• インターネット上の情報は今後爆発的に増加すると考えられており、その情報量を処理するためのデータセンタ等の消費電力もそれに伴って急増することが懸念される。我が国は「ＩＴ機器の省エネ」、「ＩＴによる社会の省エネ」を両輪とした「グリーンＩＴ」を推進しているが、本グリーンＩＴプロジェクトは「ＩＴ機器自体の省エネ」を進める研究開発として、下記のテーマについて研究開発を進める。 • グリーンネットワーク・システム技術 • 超高密度ナノビット磁気記録技術 • 次世代大型有機ELディスプレイ基盤技術 • 極低電力回路・システム技術 • 次世代パワーエレクトロニクス技術 • いずれの技術も、平成24年度時点で、開発目標を達成している。
最先端のグリーンクラウド基盤構築に向けた研究開発（H24AP）（総務省）	• 当初の予定どおり、高信頼クラウドサービス制御基盤技術、環境対応型ネットワーク構成シグナリング技術及び省電力アクセスネットワーク制御技術の要素技術を確立し、小規模の実証環境を構築して開発した要素技術の基本動作を確認した。 • 次世代クラウドを実現する技術開発について、総務省がネットワーク関連技術、経済産業省がデータセンタ関連技術を担当し、知的財産戦略本部における特定戦略分野として、クラウドに関する国際標準化戦略を策定した。 • 本事業の成果は受託者を中心とした民間団体を通してインターフェース仕様として一般に公開されている。