

2008 年度
グリーン IT 推進協議会
技術検討委員会 報告書

2009 年 6 月

グリーン IT 推進協議会
技術検討委員会

発刊にあたり

情報通信技術、所謂 IT は、長年にわたる進化により社会に浸透し、必要不可欠なインフラストラクチャーとなった。一方では、IT 機器やエレクトロニクス機器の消費エネルギー増大や輸送機器から発生する二酸化炭素(CO₂)増大により環境への負荷が急速に増大しており、低炭素化を推進し持続可能社会を実現することが急務となっている。

経済産業省の試算によると、情報通信産業がこのまま発展を続けると、社会全体で扱う情報量は 2025 年には約 200 倍（06 年比）になると見込まれている。情報化社会の健全な発展を今後も継続する為には「情報爆発」によって引き起こされるエネルギー危機の防止に向けて、IT 機器や今後 IT の適用が進むと考えられるエレクトロニクス機器の省エネ等、最優先にて対策を講じていかなければならない。

一方、IT 機器によって発生する CO₂ の排出量は、現在は全排出量のおよそ 2% であり、残る 98% を如何に削減できるかが IT 機器に期待されている効果となっている。IT 機器による CO₂ 削減、いわゆる By IT の影響は情報通信の分野にとどまらず、発電、送電、運輸、流通、サービス他、広範囲に及ぶ。このことは、情報インフラとして拡大してきた IT 機器がエネルギーインフラへと拡大する大きな転換点を迎えることを意味する。その機にあわせ、By IT の具体的施策を抽出し、国家レベルでの戦略的取り組みを行うことが、今後のわが国の低炭素社会の実現と産業振興のために必要である。

グリーン IT 推進協議会 技術検討委員会では、設立初年度の活動として、Working Group 1、2 を立ち上げ、IT・エレクトロニクス機器自身の省エネ技術ロードマップについて検討を実施した。本報告ではその内容を第 1 部として纏めている。

また、Working Group 3 を設け、IT の活用による CO₂ 削減を実現できる技術の提案について検討を実施し、その内容を第 2 部として纏めている。本検討が、世界をリードする我が国の IT・エレクトロニクス分野における省エネ技術の進展に繋がり、新たな産業の創生と持続可能社会の早期実現に貢献することを祈念している。

2009 年 6 月

グリーン IT 推進協議会
技術検討委員会
委員長 尾内 享裕

技術検討委員会 委員名簿

(敬称略、企業・団体名五十音順)

委員長	尾 内 享 裕	株式会社日立製作所
副委員長	古 橋 真	ソニー株式会社
〃	稲 葉 道 彦	株式会社東芝
委員長代理	亀 尾 和 弘	株式会社日立製作所
幹 事	川 勝 孝 治	株式会社村田製作所
委 員	品 川 雅 之	株式会社アイピーコア研究所
〃	青 木 博 幸	株式会社アドバンテスト
〃	松 本 透	アルプス電気株式会社
〃	越 川 明	株式会社N T T データ
〃	大 堀 満 洋	沖電気工業株式会社
〃	牛 窪 孝	沖電気工業株式会社
〃	中 西 健 司	シャープ株式会社
〃	清 水 肇	財団法人新機能素子研究開発協会
〃	増 原 利 明	技術研究組合超先端電子技術開発機構
〃	村 上 正 志	株式会社デジタル
〃	赤 塚 英 彦	株式会社デンソー
〃	横 山 清 春	東芝テック株式会社
〃	武 田 安 司	日本電気株式会社
〃	瓜 谷 輝 之	日本ヒューレット・パッカード株式会社
〃	府 中 由 昭	日本ユニシス株式会社
〃	古明地 正俊	株式会社野村総合研究所
〃	田 中 章 喜	パナソニック株式会社
〃	中 沢 正 隆	財団法人光産業技術振興協会

"	木 村 勇	株式会社日立製作所
"	中 村 友 二	富士通株式会社
"	富 永 保 隆	富士電機ホールディングス株式会社
"	安 井 公 治	三菱電機株式会社
"	高 島 豊	株式会社山武
"	竹 口 博 美	株式会社山武
"	寺 野 雅 夫	横河電機株式会社
"	松 浦 裕 之	横河電機株式会社
オブザーバ	荒 川 泰 彦	東京大学
"	須 藤 豪 男	ビジネス機械・情報システム産業協会
"	経済産業省	
"	独立行政法人産業技術総合研究所	
"	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	
事務局	金 子 一 久	社団法人電子情報技術産業協会
"	渡 辺 正 浩	社団法人電子情報技術産業協会
"	伊 藤 潤	社団法人電子情報技術産業協会
"	西 島 洋	社団法人電子情報技術産業協会

技術検討委員会 Working Group 1 委員名簿

(敬称略、企業・団体名五十音順)

主 査	亀 尾 和 弘	株式会社日立製作所
委 員	鈴 木 広 明	株式会社アイピーコア研究所
"	小 林 克 志	独立行政法人産業技術総合研究所
"	清 水 肇	財団法人新機能素子研究開発協会
"	山 田 朋 幸	財団法人新機能素子研究開発協会
"	増 原 利 明	技術研究組合超先端電子技術開発機構
"	加 納 敏 行	日本電気株式会社
"	古明地 正俊	株式会社野村総合研究所
"	二挺木 克洋	パナソニック株式会社
"	伊藤 雄一郎	財団法人光産業技術振興協会
"	木 村 勇	株式会社日立製作所
"	中 村 友 二	富士通株式会社
"	篠 原 徹	富士通株式会社
"	河原田 元信	株式会社富士通研究所
"	安 井 公 治	三菱電機株式会社
"	松 浦 裕 之	横河電機株式会社
委託調査先	みずほ情報総研株式会社	

技術検討委員会 Working Group 2 委員名簿

(敬称略、企業・団体名五十音順)

主 査	稲 葉 道 彦	株式会社東芝
副 主 査	古 橋 真	ソニー株式会社
委 員	山 口 浩	独立行政法人産業技術総合研究所
"	今 井 隆 洋	シャープ株式会社
"	河 村 喜 雄	技術研究組合超先端電子技術開発機構
"	森 田 正 之	東芝ライテック株式会社
"	仁 木 輝 記	パナソニック株式会社
"	賣 野 豊	財団法人光産業技術振興協会
"	山 岸 互	財団法人光産業技術振興協会
"	安 井 公 治	三菱電機株式会社
"	伊 藤 恵 一	三菱電機株式会社
委託調査先	みずほ情報総研株式会社	

技術検討委員会 Working Group 3 委員名簿

(敬称略、企業・団体名五十音順)

主 査	尾 内 享 裕	株式会社日立製作所
副 主 査	野 中 雅 人	沖電気工業株式会社
〃	曾 根 純 一	日本電気株式会社
委 員	鈴 木 広 明	株式会社アイピーコア研究所
〃	青 木 博 幸	株式会社アドバンテスト
〃	立 花 茂 生	沖電気工業株式会社
〃	児 玉 祐 悦	独立行政法人産業技術総合研究所
〃	石 内 秀 美	株式会社東芝
〃	中 基 孫	パナソニック株式会社
〃	中 村 友 二	富士通株式会社
〃	植 田 秀 文	富士通株式会社
〃	富 永 保 隆	富士電機ホールディングス株式会社
〃	安 井 公 治	三菱電機株式会社
〃	北 上 眞 二	三菱電機株式会社
〃	山 本 清 博	株式会社山武
〃	瀬 川 潔	株式会社山武
〃	高 島 豊	株式会社山武
〃	藤 岡 隆	横河電機株式会社

第 1 部 IT・エレクトロニクス機器における
省エネ関連技術の開発ロードマップに関する報告

Working Group 1、Working Group 2

目 次

1. はじめに	2
2. 調査研究の概括	3
2.1 背景・目的	3
2.2 調査研究の要点.....	4
3. 終りに	6

添付資料：「 IT・エレクトロニクス機器における省エネ関連技術の
開発ロードマップ調査研究 【報告書】 」,2009年6月,
グリーン IT 推進協議会 /委託先 みずほ情報総研 株式会社

1. はじめに

IT 機器の社会基盤化を背景として、電力消費量、温室効果ガス排出量等の懸念から、環境視点での戦略的省エネ推進、対策強化が国家レベルの課題となっている。グリーン IT 推進協議会 技術検討委員会 Working Group 1、Working Group 2 では、戦略的省エネ推進、対策強化に活用すべく、2008 年度の活動として主要 IT 機器およびエレクトロニクス機器の省エネ関連技術の中長期的なロードマップについて検討を実施した。

我々は、そこから浮かびあがる技術課題の抽出や、各機器単体の消費電力の推移等の動向をまとめ、グリーン IT の取り組みを広く周知し、かつ今後の技術開発等の提言に繋げていきたいと考えている。

なお、本調査・検討の推進にあたっては、具体技術のロードマップ策定に関し、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）作成の技術戦略マップ等を参考とした。

本検討は平成 20 年度に実施しているが、2009 年 4 月公開の NEDO 技術戦略マップ 2009 情報通信を下に一部見直しを実施している。

また、本調査を委託したみずほ情報総研 株式会社による有識者アンケートでは、社団法人 電子情報技術産業協会（JEITA）、社団法人 日本電機工業会（JEMA）、情報通信ネットワーク産業協会（CIAJ）、社団法人 日本照明器具工業会（JLA）、社団法人 日本電球工業会（JELMA）にご協力をいただいた。有識者ヒアリングにおいては、学識経験者や研究者の方々にご協力をいただいている。本取り組みにご賛同いただき、ご協力を頂いた多くの方々に、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

2. 調査研究の概括

2.1 背景・目的

今日、ITは我々の生活に深く浸透しており、安全・安心・快適・便利な社会生活を支え、また経済社会の発展にも大きく寄与している。低炭素社会が世界共通の目標となっている今日、生産・流通・消費生活等の効率化・最適化等による社会の省エネの実現においても、ITは貢献していくものと予想される。

一方、社会基盤・生活基盤とも捉えられるIT・エレクトロニクス機器がこのままの発展を続けると、社会全体で扱う情報量は2025年には約200倍（06年比）になるとの報告もあり、今後も社会の健全な発展を維持する為には「情報爆発」とも称されるこのような事態を避けるため、ベースとなるIT・エレクトロニクス機器の更なる省エネを展開していかなければならない。

グリーンIT推進協議会技術検討委員会は、2008年度活動として、日本のモノ作りに内包されている省エネ、省資源の技術開発、製品開発の動向を「見える化」し、低炭素社会に向けた技術面での道筋と効果度を推定する為にIT・エレクトロニクス機器の省エネ関連技術の開発動向を「省エネ技術開発ロードマップ」として取りまとめた。

本資料はグリーンIT・エレクトロニクスの開発推進、情報発進を通して、製品開発、利用者の両視点で、グリーンIT・エレクトロニクスの目指すべき開発の方向性の共有を図ると共に、低炭素化社会実現への一助となることを目的に作成しており、今後もグリーンIT推進協議会の活動を通して更なる省エネ技術の開発をウォッチングし、低炭素社会の実現を支援していきたいと考えている。

2.2 調査研究の要点

(1)対象市場

調査研究時間、海外情報捕捉のフィージビリティ等の制約から、国内市場を対象とした。

日本の優れた省エネ関連技術を、第三者の開発者、利用者の両方に国内情報発進し、更なる技術開発を促進することを目的とした。

(2)調査対象期間

経済産業省が 2008 年 5 月に発表した「グリーン IT イニシアティブ」で捉える 2025 年までを対象期間とした。

また、各機器の製品ライフサイクル的視点から、IT 機器は向こう 10 年間、エレクトロニクス機器は向こう 5 年間を、具体技術で捕捉し、前述の以降期間はマクロ視点での動向捕捉とした。

表 2-1 ロードマップの捕捉期間と内容

	技術開発ロードマップ対象期間（2008 年～2025 年までの 18 年間）		
対 象 機 器	08 年～12 年(5 年間)	13 年～17 年(5 年間)	18 年～25 年(8 年間)
I T 機 器	具体技術ベースの開発ロードマップ		マクロ視点の動向検討
エレクトロニクス機器	同上	マクロ視点の動向検討	

(3)機器の選定

IT 機器は、情報流通量の爆発的な増加に伴い、消費電力量が増加すると見込まれる主要 IT 機器であるサーバー、ストレージ、PC、ルーター、ディスプレイに加え、それら機器を支える半導体の合計 6 機器とした。

エレクトロニクス機器は、家庭において約 70%の電力を消費すると想定されている機器（テレビ、照明器具、冷蔵庫、エアコン）及びブロードバンドの進展により家庭内の映像受信の拡大に伴って普及拡大が予想される録画再生機（DVD 等）の合計 5 機器とした。

(4)調査研究方法、分担

IT 機器、エレクトロニクス機器の検討を効率化するため、技術検討委員会の中にそれぞれの機器を検討する 2 つの Working Group（WG）を立上げ、IT 機器検討を WG 1、エレクトロニクス機器検討を WG2 とした。

また、調査研究効率化のため、基礎データの収集他の基本活動は外部調査機関（みずほ情報総研株式会社）に委託したが、検討方向の一体性を確保するため、適宜の情報交換により両者の意思疎通に努めた。

また、先行して IT 機器分野での戦略技術開発の捕捉活動を継続される NEDO の NEDO 技術戦略マップを参考とし、技術開発ロードマップ部分への展開を行い、両者データの一貫性確保に努めた。

調査に際しては、みずほ情報総研を中心として、関連技術に関わる学識経験者、開発企業有識者他へのアンケート、ヒアリングを実施した。なお、本アンケートについては各回答者からみずほ情報総研への直接回答とし、調査結果の偏向防止に留意した。

特に省エネの将来可能性（期待値の推定）に関しては、これまでの省エネ指標の実績トレンドや、研究機関などの目標値、構成要素の予測結果等をベースに、2025年にいたる期間の期待値を、調査会社に予測依頼した。あくまでも、仮説に基づいた予測数値であり、グリーンIT推進協議会、技術検討委員会が一意的に定めるものではないので、他の検討目的等に流用する場合には十二分の留意をお願いしたい。

3. 終りに

情報爆発及びそれに伴う急激な消費電力の増大は IT の進展・普及と共に更に拡大する恐れもあり予断を許さないが、その対策については既に様々な形で開始されている。また、省エネ、エネルギーの高効率利用の促進が、単にエネルギーの削減を行うだけではなく、それを提供する企業、また利用するユーザ企業にとっても昨今の厳しい経営環境下において企業の競争力強化に繋がると認識され始めており、今後の省エネ促進に大きく寄与するものと思われる。

この様にさらに進展する省エネへの取り組みの中で、今後は、策定した「省エネ技術ロードマップ」の検討結果を、調査分析委員会にて検討しているグリーン IT の推進による低炭素化への貢献等に関する将来予測への活用や普及啓発委員会による普及啓発活動を通して、グリーン IT の目指すべき方向性の共有を図ると共に、更なる省エネ技術の実現に向けて提案等を行い、世界をリードする IT・エレクトロニクス分野における省エネ技術の進展に繋げ、経済・社会の発展と協調した低炭素社会の早期実現を図りたいと考えている。

IT・エレクトロニクス機器における
省エネ関連技術の開発ロードマップ調査研究
【報告書】

2009 年 6 月

グリーン IT 推進協議会

委託先：みずほ情報総研株式会社

- 目 次 -

1. 調査研究の背景と目的	1
2. 調査研究概要	1
3. 調査研究内容	2
3.1. 調査研究対象機器	2
3.2. IT・エレクトロニクス機器の省エネ関連技術の開発ロードマップの策定	3
3.3. 省エネの可能性（期待値）の推定	4
3.4. 調査研究方法	5
3.5. ロードマップのイメージ	6
4. 将来社会のトレンドと基本的な想定について	7
4.1. 人口、世帯のトレンド	7
4.2. ライフスタイルのトレンド	8
4.3. 地球温暖化に向けた我が国の取組み	12
4.4. エコロジー化のトレンド	14
4.5. グリーンITによる雇用創出の可能性	15
5. IT機器の調査研究結果	16
5.1. サーバー	16
5.1.1. 策定対象	16
5.1.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定	17
5.1.3. 省エネ関連技術の開発ロードマップ	23
5.1.4. 省エネの可能性（期待値）	27
5.2. ストレージ	34
5.2.1. 策定対象	34
5.2.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定	35
5.2.3. 今後のストレージの新形態	37
5.2.4. 省エネ関連技術の開発ロードマップ	38
5.2.5. 省エネの可能性（期待値）	45
5.3. PC	48
5.3.1. 策定対象	48
5.3.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定	49
5.3.3. 省エネ関連技術の開発ロードマップ	55
5.3.4. 省エネの可能性（期待値）	57
5.4. ルーター	66
5.4.1. 策定対象	66
5.4.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定	68
5.4.3. 省エネ関連技術の開発ロードマップ	78

5.4.4.	省エネの可能性（期待値）	80
5.5.	ディスプレイ	85
5.5.1.	策定対象	85
5.5.2.	製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定	86
5.5.3.	省エネ関連技術の開発ロードマップ	89
5.5.4.	省エネの可能性（期待値）	91
5.6.	半導体	94
5.6.1.	対象技術	94
5.6.2.	省エネ関連技術の開発ロードマップ	94
6.	エレクトロニクス機器の調査研究結果	106
6.1.	テレビ	106
6.1.1.	策定対象	106
6.1.2.	製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定	107
6.1.3.	省エネ関連技術の開発ロードマップ	112
6.1.4.	省エネの可能性（期待値）	114
6.2.	録再機（DVD等）	116
6.2.1.	策定対象	116
6.2.2.	製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定	117
6.2.3.	省エネ関連技術の開発ロードマップ	120
6.2.4.	省エネの可能性（期待値）	122
6.3.	照明器具	124
6.3.1.	策定対象	124
6.3.2.	製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定	125
6.3.3.	省エネ関連技術の開発ロードマップ	132
6.3.4.	省エネの可能性（期待値）	138
6.4.	冷蔵庫	142
6.4.1.	策定対象	142
6.4.2.	製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定	143
6.4.3.	今後の消費電力の見通し	149
6.4.4.	省エネ関連技術の開発ロードマップ	150
6.4.5.	省エネの可能性（期待値）	155
6.5.	空調機（エアコン）	157
6.5.1.	策定対象	157
6.5.2.	製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定	158
6.5.3.	省エネ関連技術の開発ロードマップ	164
6.5.4.	省エネの可能性（期待値）	169

7. 総括	171
7.1. 調査研究のまとめ	171
7.1.1. IT機器・エレクトロニクス機器の製品トレンド	171
7.1.2. 製品の省エネ技術・新形態と省エネの可能性	172
7.2. 2025 年の家庭、オフィス、iDCのイメージ図	173
7.3. 商用化時期マップ	177
7.4. 今後の課題	178
8. 参考文献	179

添付資料：「IT・エレクトロニクス機器における省エネ関連技術の開発ロードマップ」

1. 調査研究の背景と目的

IT 機器の社会基盤化を背景として、電力消費量、温室効果ガス排出量等の懸念から、環境視点での戦略的省エネ推進、対策強化が国家レベルの課題となっている。

そこで、本調査研究では戦略的省エネ推進、対策強化の一環として、主要 IT 機器およびエレクトロニクス機器の省エネ関連技術の開発ロードマップを策定し、そこから浮かびあがる技術課題や、将来の製品形態・機能の変化等を予測し、今後の省エネ関連の技術開発に資することを目的とする。また、策定したロードマップ等から 2025 年の各機器単体の消費電力を検討および推定し、省エネの可能性を示す。

なお、本調査研究の実施にあたっては、これまで培った実績・ノウハウを生かすとともに、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の技術戦略マップ、社団法人 電子情報技術産業協会（JEITA）調査資料などの既往研究成果を十分に活用し、効率的な調査の遂行に努めるものとする。

2. 調査研究概要

本調査研究は、大きく以下の 2 つを実施した。

（１）IT・エレクトロニクス機器の省エネ関連技術の開発ロードマップの策定

省エネ関連技術の開発ロードマップの策定は、各機器において省エネ効果に寄与する要素技術や性能指数を選定し、その要素技術および性能指数別の開発ロードマップを策定した。ここで、短期的な開発ロードマップについては、具体技術ベースで策定し、中長期的な開発ロードマップについてはマクロ視点で動向を補足し策定した。

IT 機器は向こう 10 年間、エレクトロニクス機器は同 5 年間で具体技術ベースで補足し、上記期間以降の 2025 年までは、将来技術予測等をベースにしたマクロ視点で動向を捕捉した（表 2-1）。

なお、ロードマップ上の値や技術はトップランナー製品に対しての値や技術を表す。

表 2-1 IT・エレクトロニクス機器のロードマップ策定期間

機器	ロードマップ策定期間（2008 年～2025 年までの 18 年間）		
	2008～2012 年（5 年間）	2013～2017 年（5 年間）	2018～2025 年（8 年間）
IT	【短期的な開発ロードマップ】 ～具体技術ベースで策定～		【中長期的な開発ロードマップ】 ～マクロ視点で動向捕捉し策定～
エレクトロニクス			

（２）省エネの可能性（期待値）の推定

調査検討作業にて入手したデータにより、適切な推定方法を採用し、各機器における単体の省エネの可能性（期待値）の推定を行った。

3. 調査研究内容

3.1. 調査研究対象機器

ロードマップの策定対象は、IT機器 6 機器、エレクトロニクス機器 5 機器の計 11 機器とし、それぞれ表 3-1 に示す機器および策定対象について行った。なお、それぞれはITによる機器単体の省エネ関連技術（Green of IT）のロードマップとし、ITの活用による省エネ（Green by IT）は策定の対象外とした。

表 3-1 ロードマップの策定対象

機器分類	機器	策定対象
IT 機器	サーバー	クライアントコンピュータに対し、自身の持っている機能やデータを提供するコンピュータ
	ストレージ	サーバー、PC 等で使用されるデジタル情報を保存する記憶装置
	PC	家庭・オフィス内等で使用する個人用のパーソナルコンピュータ
	ルーター	OSI 参照モデルのルーター、スイッチを含むネットワーク機器
	ディスプレイ	PC、テレビ、モバイル機器などの映像表示装置
	半導体	機器の省エネを支える半導体技術
エレクトロニクス機器	テレビ	テレビ放送を受信し、複数人で視聴できる中～大型の装置 テレビ放送、ネットなどの動画コンテンツを受信し、複数人で視聴できる中～大型の装置
	録再機（DVD 等）	テレビなどで受信した動画などのコンテンツを保存（録画）・再生するための機器
	照明器具	オフィス・家庭・店舗などで用いられる一般の照明装置 建築物と融合した照明システム
	冷蔵庫	冷凍庫と一体となった家庭用電気冷蔵庫
	空調機（エアコン）	冷暖房兼用、冷房専用のエアコンディショナー（省エネ法特定機器のエアコンの定義と同じ）

3.2. IT・エレクトロニクス機器の省エネ関連技術の開発ロードマップの策定

IT・エレクトロニクス機器の省エネ関連技術の開発ロードマップ策定は、現在から 2025 年に至る 18 年間を対象とし、それぞれの機器において、短期的な開発ロードマップおよび中長期的な開発ロードマップの 2 段階の開発ロードマップを策定する。

短期的な開発ロードマップについては、具体技術ベースで策定し、中長期的な開発ロードマップについては、マクロ視点で動向を補足し策定する。ここで、短期および中長期の定義は、IT 機器およびエレクトロニクス機器で異なり、IT 機器は向こう 10 年間、エレクトロニクス機器は同 5 年間を具体技術ベースで補足し、上記期間以降の 2025 年までは、将来技術予測等をベースにしたマクロ視点で動向を捕捉した（表 2-1）。なお、ロードマップ上の値や技術はトップランナー製品に対しての値や技術を表す。ここで、具体技術ベースおよびマクロ視点での動向捕捉とは以下を表す。

< 具体技術ベースによる策定 >

具体技術ベースによる策定とは、これまでの技術開発の動向を延長し、将来の技術開発を予測するものであり、いわゆる「フォアキャスト（forecast）」によるロードマップの策定である。具体的には、NEDO の技術戦略マップおよびその他の資料等を参考にし、省エネの関連技術の開発ロードマップを策定する（図 3-1）。

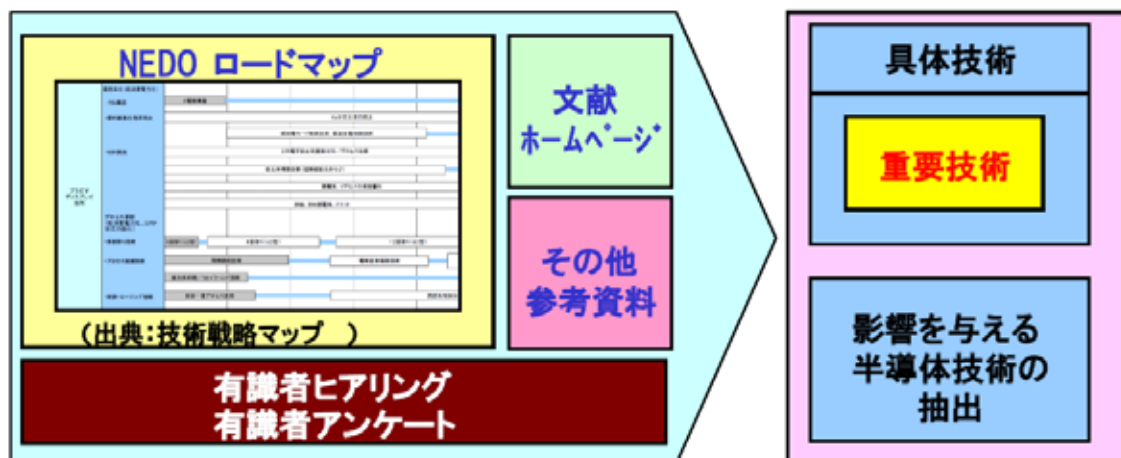


図 3-1 具体技術ベースによる策定

< マクロ視点での動向捕捉 >

マクロ視点での動向捕捉とは、2025 年に必要となる各機器の形態を予測し、今後の開発の指針となる各機器の「性能」や「形態」のマイルストーンを策定するものであり、いわゆる「バックキャスト（backcast）」によるロードマップの策定である。具体的には、高齢化、単身世帯増などの基本的な将来社会シナリオおよびこれまでの製品形態のトレンド、

今後の製品形態のなどから必要となる各機器の形態を予測し、そこからロードマップを策定する（図 3-2）。

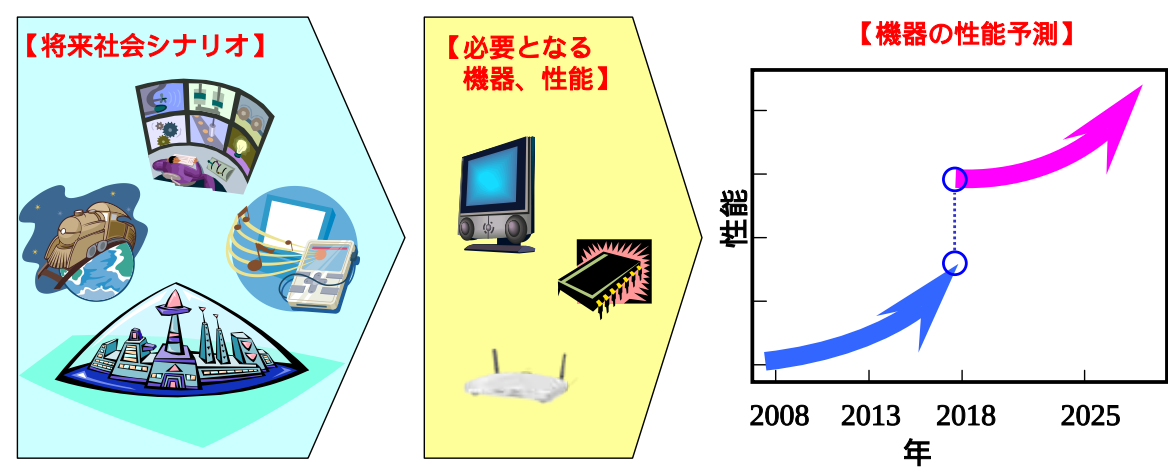


図 3-2 マクロ視点での動向捕捉

3.3. 省エネの可能性（期待値）の推定

調査検討作業にて入手したデータにより、適切な推定方法を採用し、各機器における単体の省エネの可能性（期待値）の推定を行った。具体的には表 3-2 に示す推定方法にて各機器の省エネの可能性（期待値）を推定した。

表 3-2 省エネの可能性の推定方法

機器分類	機器	推定方法
IT 機器	サーバー	積み上げ方式（構成要素毎の消費電力の合計）による推定
	ストレージ	省エネ関連技術のロードマップより推定
	PC	積み上げ方式（構成要素毎の消費電力の合計）による推定
	ルーター	トップランナー方式の延長による推定
	ディスプレイ	省エネ関連技術の開発ロードマップより推定
	半導体	（対象外）
エレクトロニクス機器	テレビ	省エネ関連技術の開発ロードマップより推定
	録再機（DVD 等）	トップランナー方式の延長による推定
	照明器具	省エネ関連技術の開発ロードマップより推定
	冷蔵庫	トップランナー方式の延長による推定
	空調機（エアコン）	トップランナー方式の延長による推定

3.4. 調査研究方法

本調査研究は具体的に以下の方法にて実施した（表 3-3）。

（i）． 文献調査

「STRJ / 国際半導体技術ロードマップ (ITRS)」および「NEDO / 技術戦略マップ 2008 (2008.4)」を本研究の主要参考文献と位置づけ調査研究を実施した。また、省エネ技術に関連した公開資料（業界誌、書籍、論文、パンフレット等）や各種報告書、ホームページなどから省エネ関連技術に対する取り組み状況や最新の技術開発動向を補足調査した。

また、NEDO / 技術戦略マップ 2009 (2009.4) の公開と合わせ、関連部分の見直しを実施した。

（ii）． ヒアリングの実施

グリーン IT 推進協議会メンバー、各工業会、JEITA 内委員会等の有識者へ各機器の省エネ技術や将来の製品形態・機能などについてのヒアリングを実施した（ヒアリング）。また、策定中のロードマップ、将来の製品形態・機能および省エネの可能性の妥当性を下に、NEDO 技術戦略マップ策定に携わった有識者に対してヒアリング調査を実施した（ヒアリング）。

（iii）． アンケートの実施

グリーン IT 推進協議会メンバー、各工業会、JEITA 内委員会のご協力の下、見識を持つ企業等の有識者に対してアンケートを実施した。アンケートでは、主に策定したロードマップの妥当性、重要な省エネ技術および課題について確認を行った。なおアンケートの回答は、各回答者からみずほ情報総研への直接回答とし、調査結果の偏向防止に留意した。

表 3-3 各機器の調査研究方法（概ね左の項目より調査研究を実施）

機器分類	機器	調査研究方法			
		文献調査	ヒアリング	アンケート	ヒアリング
IT 機器	サーバー	○	○	○	○
	ストレージ	○	○	○	○
	P C	○	○	○	○
	ルーター	○	○	○	○
	ディスプレイ	○	○	○	○
	半導体	○	○	○	○
エレクトロニクス機器	テレビ	○	○	○	-
	録再機（DVD 等）	○	○	○	-
	照明器具	○	○	○	-
	冷蔵庫	○	○	○	-
	空調機（エアコン）	○	○	○	-

3.5. ロードマップのイメージ

図 3-3 に各機器の省エネ関連技術の開発ロードマップのイメージを示す。

(策定した各機器のロードマップは巻末に添付する。)

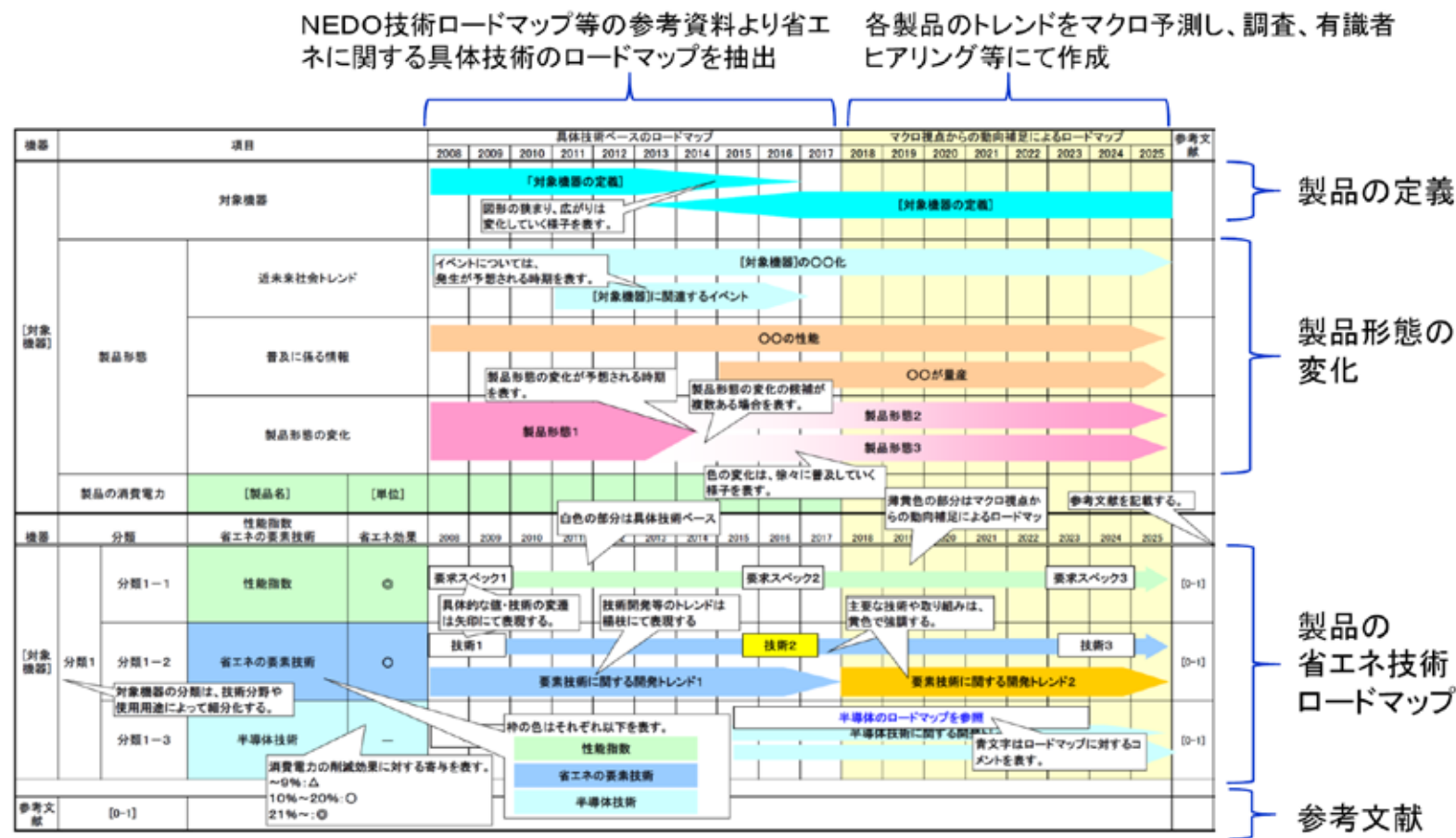


図 3-3 各機器のロードマップのイメージ

4. 将来社会のトレンドと基本的な想定について

本章では、メインストリームとなる製品形態・機能と消費電力を概観し、省エネ関連技術の開発ロードマップを策定するための前提として「我が国における 2025 年に向けたメガトレンド」を整理する。

具体的には、以下のトレンドの整理を行った。

- ・ 人口、世帯のトレンド
- ・ ライフスタイルのトレンド
- ・ 地球温暖化に向けた我が国の取組み
- ・ エコロジー化のトレンド
- ・ グリーン IT による雇用創出の可能性

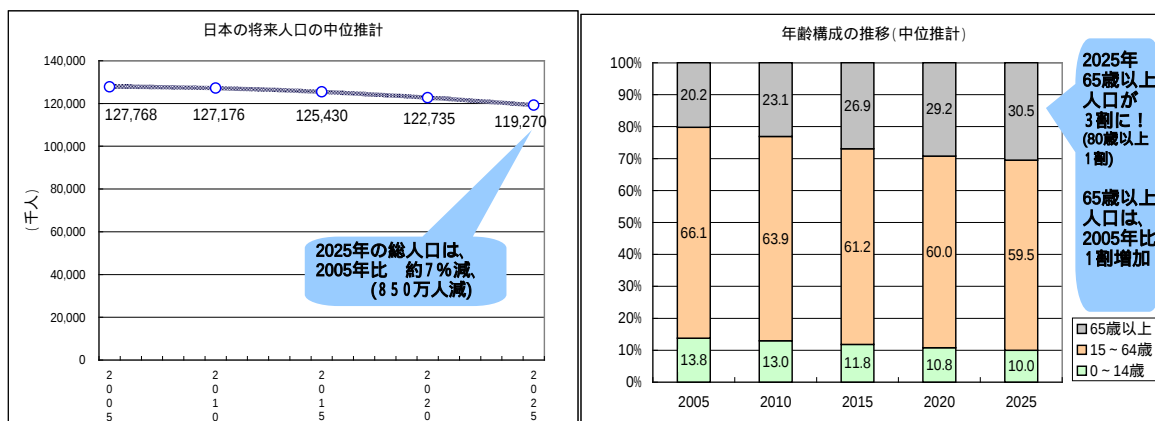
4.1. 人口、世帯のトレンド

(i). 人口減少と高齢化進展

2025 年 1000 万人の人口減少と 65 歳以上 3 割の構成に

人口問題研究所(2006)の中位推計(合計特殊出生率 2005 年実績 1.26 程度)では、2004 年 1 億 2800 万人をピークに人口は減少を続け、2025 年には 850 万人減少する。出生率が下がり続ける低位推計(2025 年 1.04)では、1060 万人減少する。

こうした人口減少下、年齢構成をみると 2025 年の 65 歳以上人口は 3 割を超え、2005 年比 1 割以上増加する(図 4-1)。



(出所: 人口問題研究所(2006)資料より作成)

図 4-1 日本の将来人口および年齢構成の推移(中位推計)

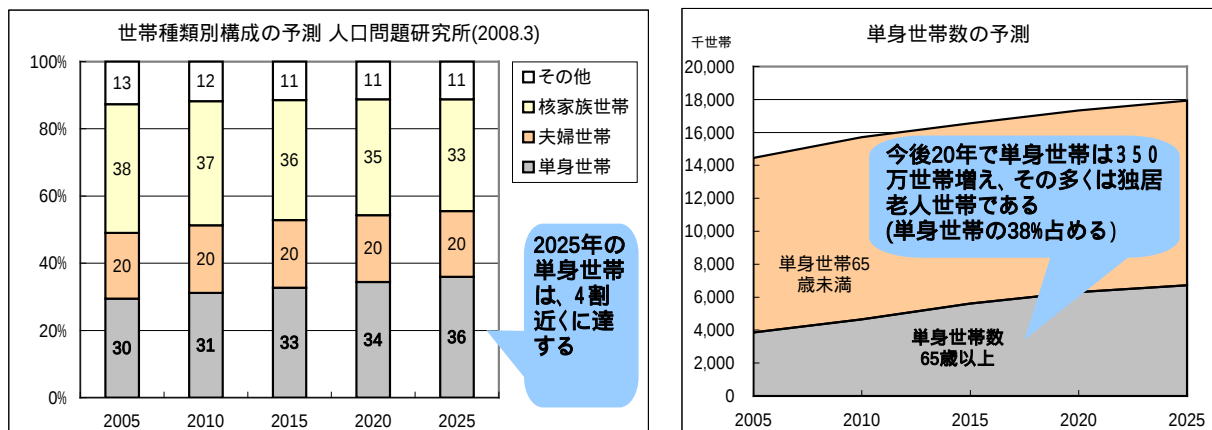
こうしたことから、人口減少と高齢化進展のトレンドのキーワードとして、以下をあげることができる。

トレンド:

- ・ 人口減少社会、少子化進展、急速な高齢化、健康・安全・安心への関心の高まり

(ii) 世帯構成のトレンド

今後も単身世帯の増加は続き、2005 年の 3 割から 2025 年の約 4 割になる。この増加の多くは、独居老人世帯によるもので、単身世帯の約 4 割を占めるようになる（図 4-2）。



(出所：人口問題研究所(2006)資料より作成)

図 4-2 世帯種類別構成の予測

こうしたことから、世帯構成のトレンドのキーワードとして、以下をあげることができる。

トレンド：

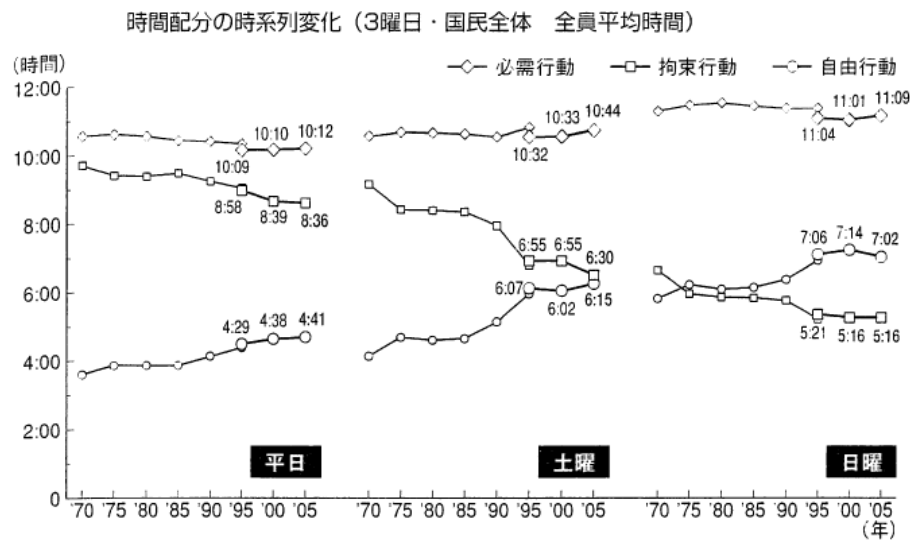
・独居老人世帯増、住替え、室内環境・体調見守りセンシング、遠隔医療、健康グッズ・健康家電、ユニバーサル・デザイン

4.2. ライフスタイルのトレンド

(i) 生活時間のトレンド

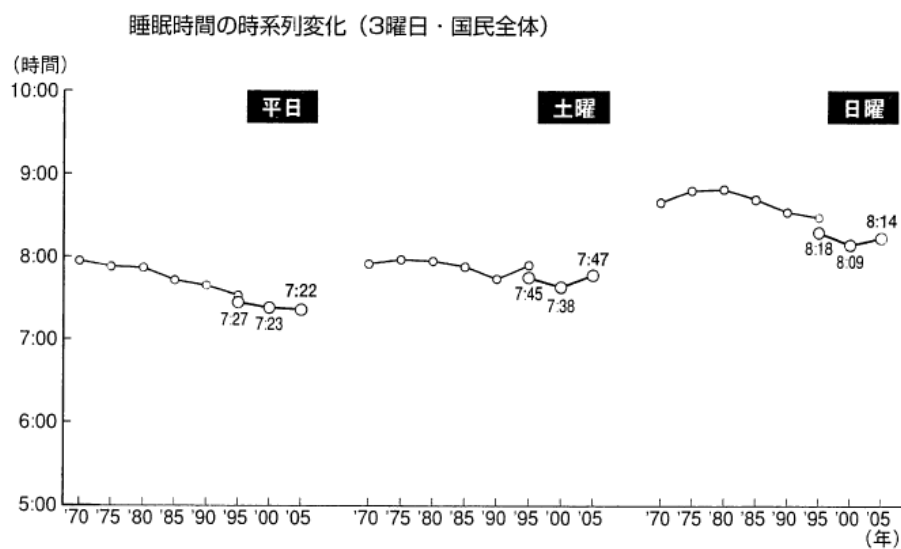
過去 30 年の生活時間配分のトレンドは、(1) 週休 2 日制普及による仕事時間(拘束行動)の減少、(2) 睡眠時間(必需行動)の減少、(3) 余暇時間(自由行動)の増大である。ひたすら余暇時間の増大のために睡眠時間まで削ってきたといえる(図 4-3、図 4-4)。

ここ 10 年は、この 3 大生活時間変化に鈍化がみられ、2005 年を「NHK 日本人の生活時間 2005」では、長期的な変動トレンドが止まった転換期とし、必需行動の増加は、高齢化社会の加速を受けているとしている。その他、働き方の多様化、男性の家事時間増、女性の家事時間減少のストップ、就眠時間深夜化のストップなどがあげられている。



（出所：日本人の生活時間・2005、NHK放送文化研究所（2006.12））

図 4-3 生活時間配分の時系列変化（3曜日・国民全体 全員平均時間）



（出所：日本人の生活時間・2005、NHK放送文化研究所（2006.12））

図 4-4 睡眠時間の時系列変化（3曜日・国民全体）

こうしたことから、生活時間変化のトレンドとして、以下をあげることができる。

トレンド：

・生きていくための必需時間の増加（睡眠、食事、療養・静養、身の回り用事）

(ii) . メディア接触のトレンド

メディア利用には世代間ギャップがあるが、利用時間ではテレビが最も長く、それは、過去 30 年増加し続けている。後発メディアは、若年層の加齢に伴い利用年齢層を拡げてきている。若年層で自由時間に占めるテレビ視聴が低く、長期的にはテレビの比重は下がっていくことが予想される。また、高齢者の自由時間の多くがテレビ視聴であり、メディア接触における現役とのアンバランスが指摘されている（表 4-1、図 4-5）。

表 4-1 各メディアの行為者率と時間量（週・国民全体）

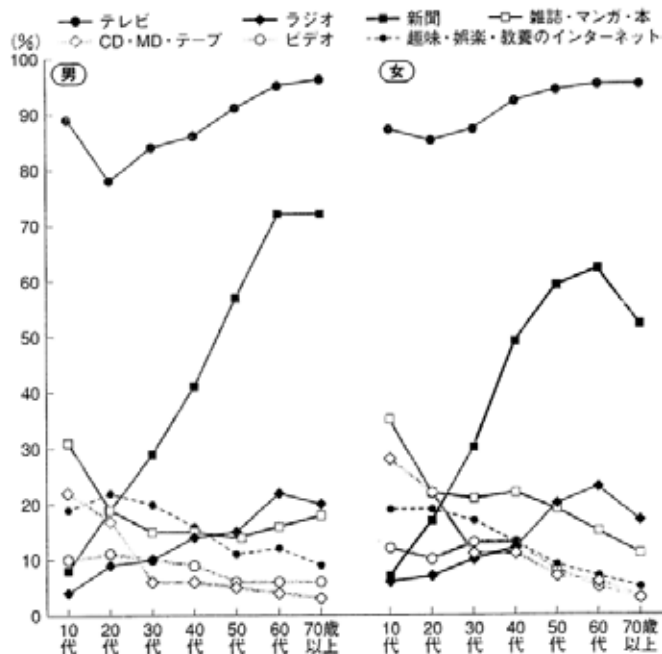
各メディアの行為者率と時間量（週・国民全体）

	行為者率	行為者 平均時間	全員 平均時間	専念	ながら	「ながら度」*
	%	時間 分	時間 分	時間 分	時間 分	
テレビ	90	4:02	3:39	2:21	1:18	0.36
ラジオ	14	2:30	0:22	0:06	0:15	0.68
新聞	44	0:48	0:21	0:11	0:10	0.48
雑誌・マンガ・本	19	1:13	0:14	0:10	0:04	0.29
CD・MD・テープ	10	1:41	0:10	0:03	0:06	0.60
ビデオ	9	1:43	0:09	0:07	0:02	0.22
〈参考〉趣味・娯楽・教養 のインターネット	13	1:49	0:14	0:11	0:03	0.21

*「ながら度」＝時間÷全員平均時間

（出所：日本人の生活時間・2005、NHK放送文化研究所（2006.12））

各メディアの行為者率（週・男女年層別）



（出所：日本人の生活時間・2005、NHK放送文化研究所（2006.12））

図 4-5 各メディアの行為者率（週・男女年層別）

こうしたことから、メディア接触の基本トレンドは以下のようにまとめることができる。

トレンド：

・TV首座ながら、TV、ラジオ、新聞以外の後発メディア普及、長期的にTV視聴は低下していく

(iii) . 変わりゆく価値観

ここまで分析してきた将来社会の基本トレンドを踏まえたうえで、各種文献を参考とし、「今後起こりうる価値観の変遷」を以下のようにまとめる。

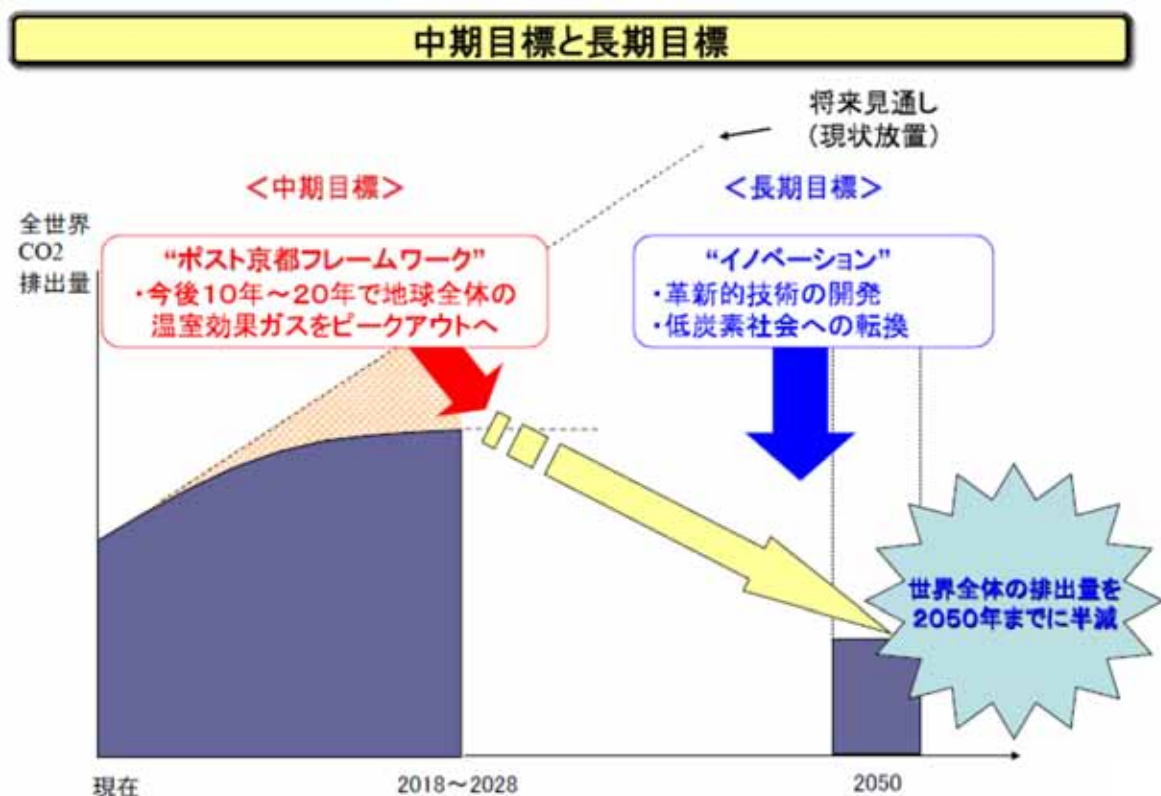
- ・ 成熟化社会の到来～団塊リタイア、新人類ジュニア世代へ～ジェンダー意識の変容
 - 女性の社会進出、晩婚化、少子化進展、共働き世帯増、男性の家事・育児の増加
 - 男性における仕事の位置づけの多様化（女性は既に多様化）
- ・ 高齢化進展と健康志向
 - 働き続ける高齢者、必需時間の増加（睡眠、食事、療養・静養、身の回り用事）
 - 室内環境・体調見守りセンシング、健康グッズ・健康家電、ユニバーサル・デザイン
- ・ 炭素制約社会と低炭素価値の浸透
 - 炭素排出、内包炭素の「見える化」が徹底され、低炭素価値がライフスタイルに浸透していく
 - エコライフを共有する地域コミュニティ活動などが盛んになっていく
- ・ 機能・サービスを消費する「持たない生活」
 - モノを所有していなくても、合理的に生活を充実させるライフスタイルが定着
 - 合理的なプーリング・シェアリングが地域コミュニティですすめられていく
- ・ 時間や場所に拘束されない自由な生活志向
 - テレワークが進展し、どこでも・いつでも働けるようになっていく
 - また戸外から家庭のPCや家電を制御・利用できるようになっていく

4.3. 地球温暖化に向けた我が国の取組み

低炭素社会に向けた中期目標と長期目標を図 4-6 に示す。

地球温暖化による影響が既に顕在化しているなかで、この危険な状況から脱するためには、2050 年までに、世界全体で、CO₂ 排出量の半減を達成しなければならない。日本としても、2050 年までの長期目標として、現状から 60～80%の削減を掲げて、世界に誇れるような低炭素社会の実現を目指す。そのために、“イノベーション”を掲げ「革新的技術の開発」や「低炭素社会への転換」に取り組む。

また、2050 年半減という長期目標を本当に達成していくためには、世界全体の排出量を、今後 10 年から 20 年くらいの間に、ピークアウト、すなわち頭打ちにさせなければならない。そこで、日本では、中期目標としては“ポスト京都フレームワーク”を掲げ、今後 10 年～20 年で地球全体の温室効果ガスの増加をピークアウトさせることを目標とする。



(出所 : 「低炭素社会・日本」を目指して.平成 20 年 6 月 9 日、
http://www.kantei.go.jp/jp/hukudaspeech/2008/06/siryoku_1.pdf)

図 4-6 低炭素社会に向けての中期目標と長期目標

(i). Cool Earth 革新技术計画における IT

2007 年 5 月、イニシアティブ「美しい星 50 (クールアース 50)」が発表され、「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して 2050 年までに半減する」という長期目標が提案された。

この目標の実現は、従来の技術の延長では困難であり、革新的技術の開発が不可欠であることから、経済産業省は 2008 年 3 月に「Cool Earth - エネルギー革新技术計画」を策定した。

エネルギー分野において、世界トップ水準の技術を有する我が国は、世界をリードできる技術分野に研究開発資源を重点化し、技術開発を加速・推進する。これにより、我が国の競争力を強化・維持しつつ、国際的な連携を強力に推進し、2050 年までの長期目標(世界全体での CO₂ 排出量の半減)に積極的に貢献していくことが必要とされた。

このエネルギー革新技术計画において、IT は民生部門や部門横断の省エネ基盤技術として大いに期待されている。



(出所: 経済産業省、Cool Earth - エネルギー革新技术計画 (2008.3.5))

図 4-7 重点的に取り組むべきエネルギー革新技术

4.4. エコロジー化のトレンド

業務・家庭部門の対策を強化するために、「エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）」の改正案が 2008 年 3 月 4 日に閣議決定された。改正案では、これまで工場や事業場単位で計上されていたエネルギー使用量を、「事業者単位（企業単位）」で管理することが謳われ、対策の進まない業務部門への報告義務が強化された。

一方、EU では 2008 年 7 月「持続可能な消費・生産及び産業政策に関する行動計画」が提示され、規制的手法をベースに環境配慮製品の流通が一層促進されていくことになった。具体的には、（１）エコデザイン指令（2005/32/EC）の対象範囲を拡大し、それ自体はエネルギーを消費しないもののエネルギー消費に間接的な影響を及ぼす製品（例えば窓、蛇口、シャワーヘッドなど）を含む、全エネルギー関連製品（Energy-related product）を対象としていくこと、（２）エコラベルの対象範囲を拡大し、エネルギー消費以外の環境要素（３R、資源等）も表示内容に含めること、（３）こうした環境配慮製品普及のために税制・財政面の支援、情報提供、販促を進めていくとしている。

こうした大きな環境政策動向を踏まえたうえで、電気・電子機器に関わるエコロジー化の方向性（仮説）を以下のようにまとめた。

- ・ 地球温暖化関連施策（地球温暖化対策の推進に関する法律（温対法）・省エネ法等）の方向性
 - 業務部門に続き、家庭においても人員あたりの電力消費等に指針値が示されていく可能性がある
 - 業務・家庭での省エネ機器導入に対し、VER（Verified Emission Reduction）が認められていく可能性がある
 - 電気・電子機器の省エネのための機能（ex.極低待機電力、消費電力表示等）が義務化されていく可能性がある
 - 2025 年の国際的遵守指標は、セクタ効率指標から「1 人当り CO2 排出量」のような量的制約の指標になる
- ・ 電気・電子機器における環境配慮設計関連の施策の方向性
 - 優れた環境配慮製品の普及を支援する施策が増強される
 - ▷ 報償、購入インセンティブ策、販売店施策、グリーン公共調達(GPP：Green Public Purchasing)
 - 「消費電力」からライフサイクルでの CO2、3 R 省資源の評価へ

4.5. グリーン IT による雇用創出の可能性

以下のような動向や事例があることから、グリーン IT の導入により社会のエネルギー効率を高めると同時に新規雇用を創出する可能性もあると考えられる。

- ・ グリーン・ニューディール政策
 - 米国では、10 年間で 1500 億ドルのグリーンエネルギー投資を行い、再生可能なエネルギーの普及などにより 500 万人の新規雇用を生み出す景気対策を打ち出している
- ・ 環境保護と雇用創出の可能性
 - 独国では、再生可能エネルギー関連の就業者数の伸びが高く、環境政策で新たな雇用が創出されていると考えられる

5. IT 機器の調査研究結果

5.1. サーバー

5.1.1. 策定対象

ここでは、クライアントコンピュータに対し、自身の持っている機能やデータを提供するコンピュータを対象とするサーバーとする。用途・設計別の種類としては、以下のようなものがあげられる（図 5-1）。

エンタープライズサーバー：主な OS は UNIX、Linux、または Windows。エンタープライズサーバーでも特に無停止をうたうハイエンド製品には、VOS、HP Nonstop Kernel、HP Nonstop-Ux、Microsoft Windows Data Center Server と呼ばれる一般になじみのない OS が搭載されている。

PC サーバー：主な OS は Linux、FreeBSD、Intel 版 Solaris などの PC-UNIX、または Windows。筐体や主要基板は、専用設計されるが、CPU は PC と同一または互換性 (x86) があり、多くのメーカーは「IA サーバー」「x86 サーバー」の名前で販売している。企業の社内部門向けサービス(ファイル共有やプリンタ共有)を展開する場合などによく利用される。



タワーサーバ



ラックマウントサーバ



ブレードサーバ

図 5-1 現サーバーの筐体種類

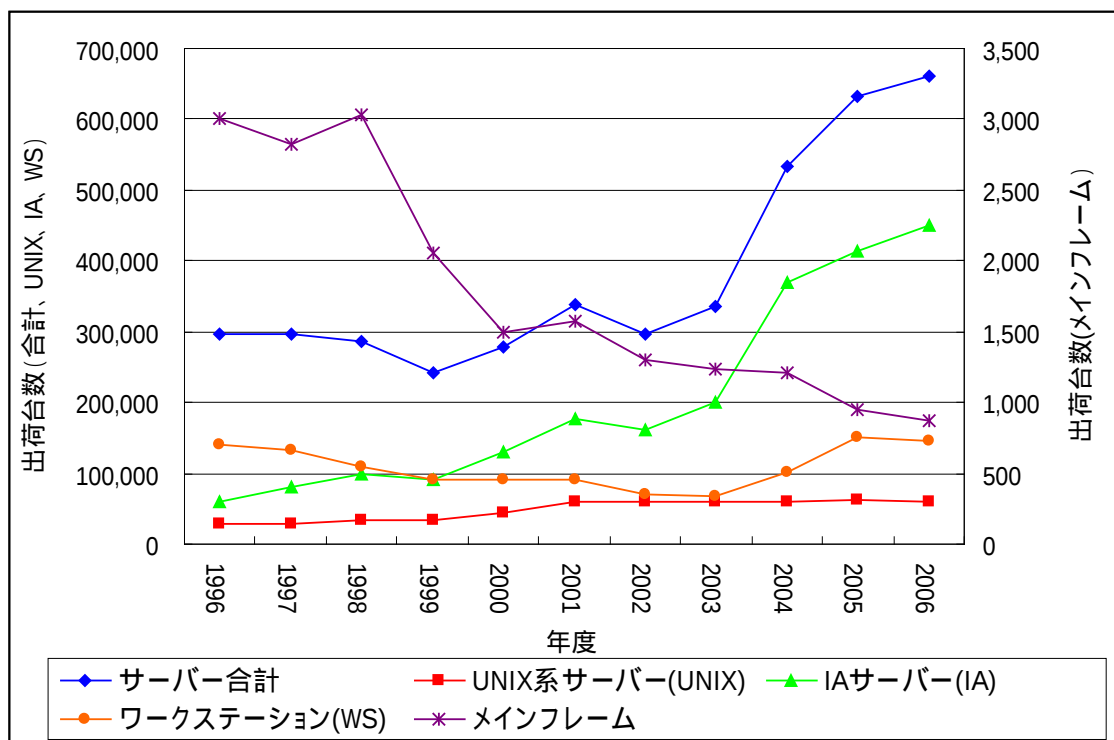
5.1.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定

(i). これまでのサーバー

・ 出荷台数

これまでのサーバーの出荷台数を概観すると以下の通りである（図 5-2）。

1995 年度（バブル崩壊）以降、我が国のサーバーの総出荷台数は堅調に伸びている。台数ベースでは、ローエンドおよび安価な IA サーバーの増加が著しい反面、UNIX 系サーバーの出荷は伸びていない。また、高価なメインフレームの出荷の減少は顕著である。



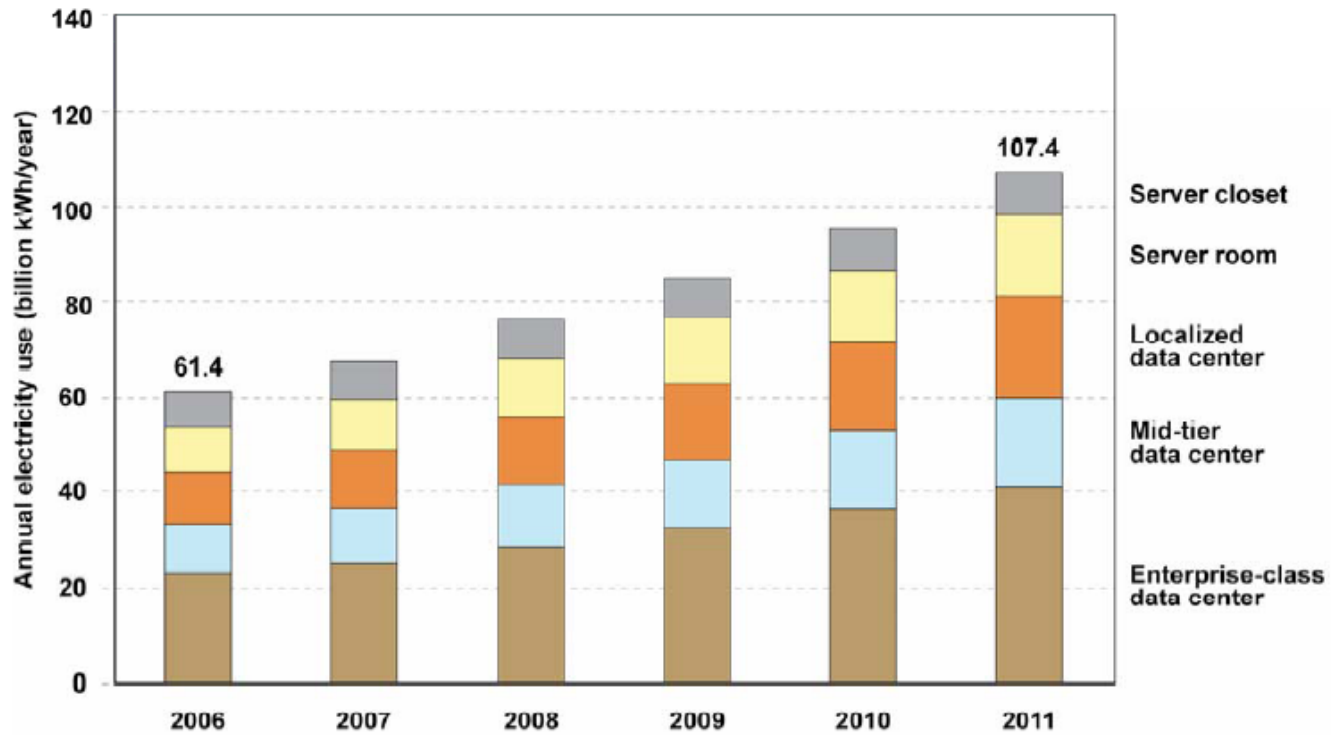
（出所：社団法人電子情報技術産業協会、「平成 19 年度サーバ・ワークステーションに関する市場調査報告書」（2008））より作成

図 5-2 サーバーの出荷台数の推移

（サーバー合計 = メインフレーム + UNIX + IA + 独自 OS + WS）

データセンター

データセンターの延床面積は、一貫して増大してきた。今後も年率1割程度の増加が見込まれている（米国環境保護庁（EPA）レポート）。市場拡大に合わせて、データセンターの延床面積とともに消費電力も増加していくことが予想される（図 5-3）。

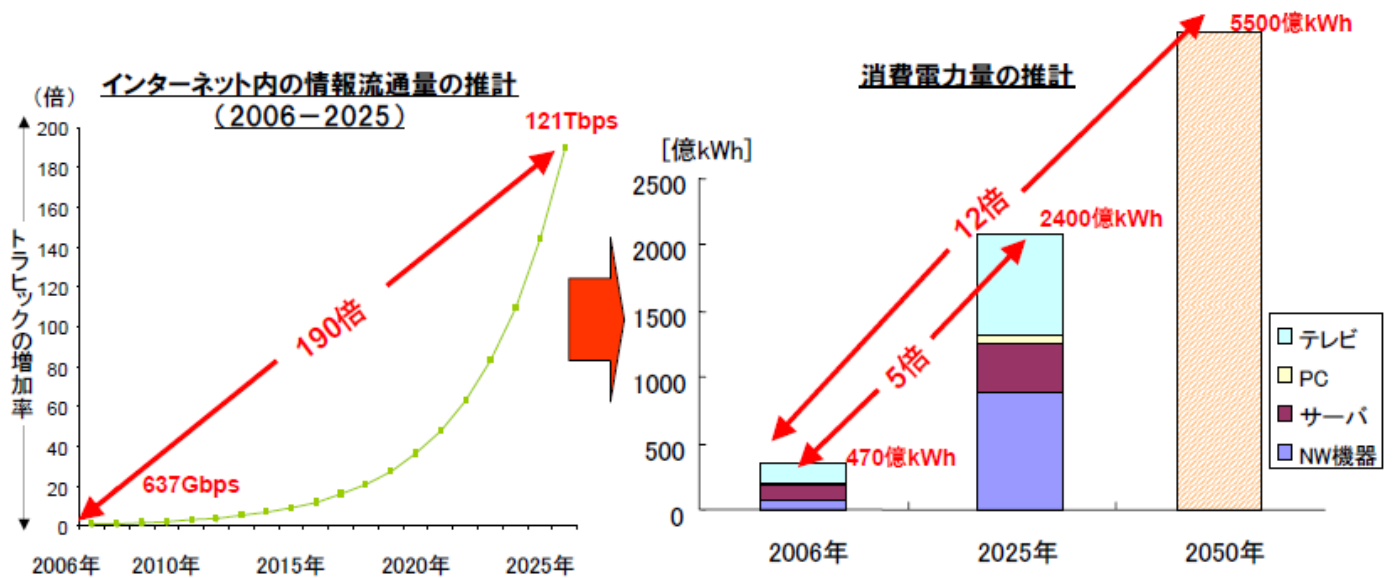


（出所：EPA, Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency(2007.8)）

図 5-3 米国におけるデータセンターの消費電力量の予測

・ トラフィックの増大

今後、インターネットトラフィックは、年率 40% 増加の可能性も指摘され、「情報爆発」などと呼ばれている。経済産業省の見積によると、動画像送配信や各種 IT サービスにより、社会で扱う情報量は 2025 年には約 200 倍になり、IT 機器消費電力量は 2025 年には 5 倍になるとされている（図 5-4）。技術革新がなければネットワークやデータセンター（iDC）での情報処理は行き詰まることが予測されている。



（出所：経済産業省、「グリーン IT イニシアティブ」(2007.12)）

図 5-4 情報爆発と消費電力量の急増

(ii)． 今後のサーバーのトレンド

ここでは、今後のサーバーの主要なトレンドを明らかにしたうえで、求められる社会的・技術的課題を明らかにする。

- ・ マルチコア・メニーコアサーバーへの統合
- ・ サーバーは、高性能・省電力を実現するマルチコア・メニーコアサーバーへ統合される
- ・ ローエンド・IA サーバーを中心に「省電力型」を進める動きが活発化している
- ・ 省電力化の手段は、省電力プロセッサを利用することに加え、電源ユニットや冷却ファン、ハードディスク、メモリなど、構成部品を省電力対応のものに切替えている

・ クラウド・コンピューティングの進展

クラウド・コンピューティングは既に広がりを見せている。SaaS, HaaS 等に加え、シンククライアントの導入などもクラウド・コンピューティングの進展につながると考えられる。これらにより、端末側からサーバー側へ処理負担が移動し、サーバー側の電力消費が増大していく。超大規模データセンターの建設と運営が、クラウド・コンピューティングの発展の鍵とされている。

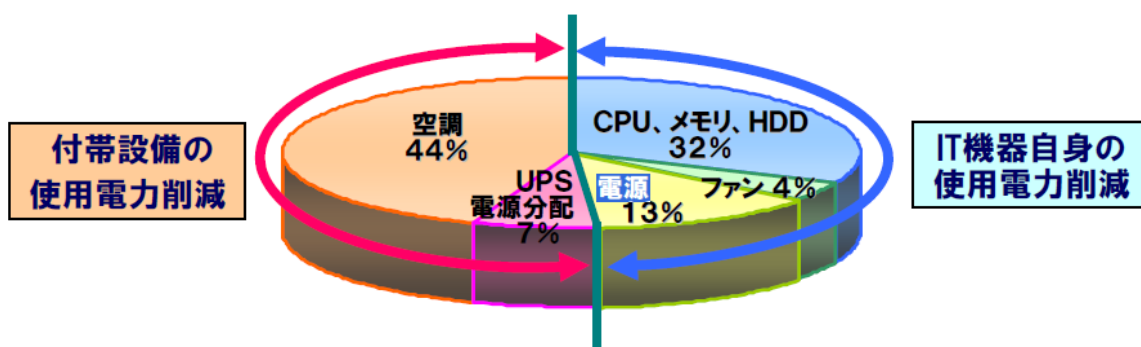
・ 仮想化等による稼働率向上

現在の IA サーバーの多くは、平均して全処理能力の 10% ~ 15% 程度しか使用されていない。仮想化・システムリソース最適化技術は、データセンターの効率利用および省エネに不可欠とされている。

・ データセンターとしての省エネ化

データセンターにおいては、最新技術の適用だけではなく、「運用管理による省エネ」の大きな可能性が指摘されている(図 5-5)。データセンターの主要省エネ技術は以下の通りである。

- ・ 微細化、光集積、光接続
- ・ サーバー放熱技術
- ・ 高効率電源技術
- ・ 高電圧直流給電技術
- ・ 液冷技術
- ・ 仮想化技術及びシステムリソース最適化技術
- ・ ストレージ技術



原典：“Powering Compute Platforms in High Efficiency Data Centers”
(Intel Developer Forum, Fall2006) をもとにNEC作成

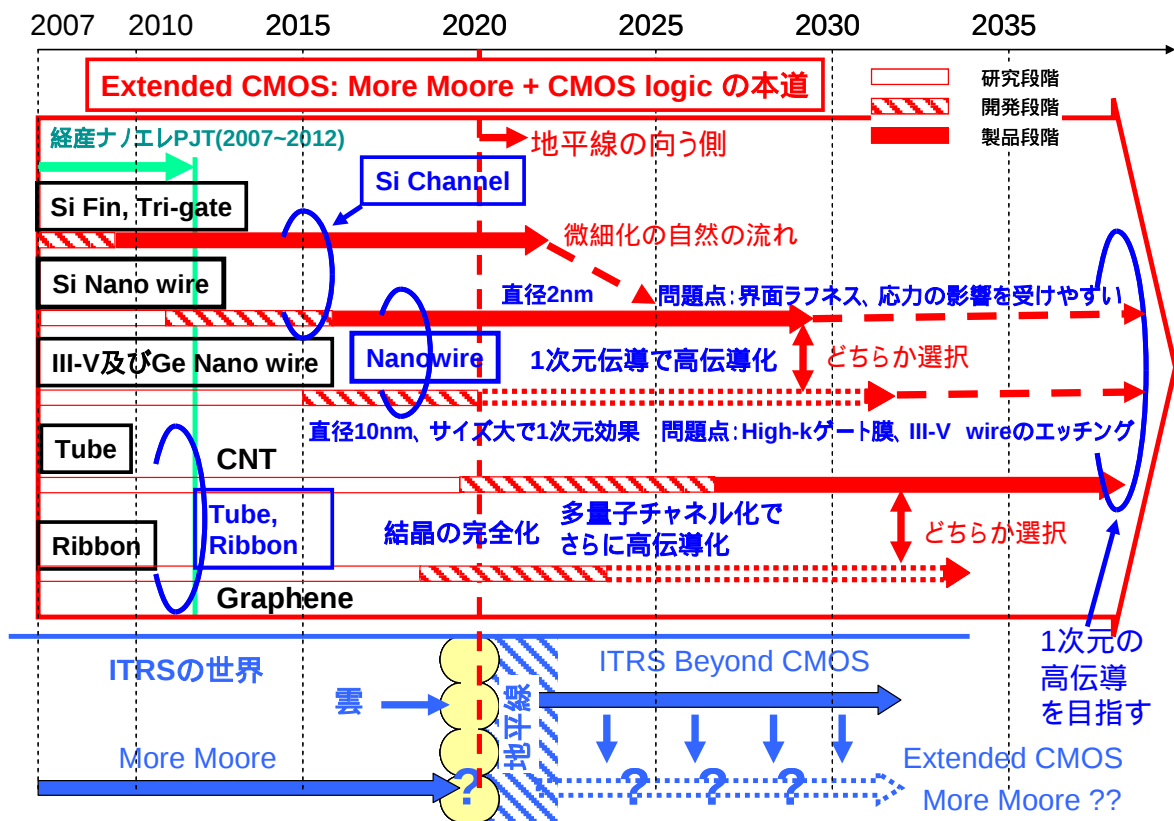
設備 対象	対象機器	主要省エネ技術(ハード、ソフト)	コロケーション (ハウジング)	ホスティング・ ・
IT機器	サーバー関連	微細化・光集積・光接続(更改)、仮想化技術(集約)...	●	○
	電力管理	高圧AC受電、高効率電源、トラフィック(稼動)予測...	● / ▲	○
	ストレージ・記憶装置	仮想化技術、SSD、最適化技術、逐次メディア技術...	●	○
データセ ンターイン フラ	変圧器、UPS	高効率化技術...	○	○
	冷却機	抜熱技術、可変速節冷、液冷技術...	○	○
	ファン・空調設備	サーバー配置、センサー計測技術、インバーター制御...	○	○
	電源	高圧AC給電、コジェネ電源、新エネ給電...	○	○

凡例： ●ユーザー管理、 ○iDC事業者管理、 ▲iDC事業者への一部委託管理も有
(出所：NEDO、「省エネルギー技術戦略における省エネ型生活情報空間創生技術及び次
世代省エネデバイス技術の技術戦略」に係る調査研究報告書(2008))

図 5-5 一般的なデータセンターの電力消費構成と主要な省エネルギー技術

将来に向けた取組み (Beyond CMOS)

半導体デバイスの微細化競争は 21 世紀に入り遂にナノテクノロジーの領域に入った。微細化の標準的な指標である DRAM ハーフピッチは 2007 年時点で 65nm、今後 2013 年には 32nm、2016 年には 22nm まで微細化が進むことが予想されている(図 5-6)。このような半導体の微細化は駆動電圧の低下をもたらし、省エネを実現するものであるが、100nm 以下の超微細化領域ではゲートのリーク電流の問題が発生し省エネ効果に限界が現れると言われている。これを越える技術開発として Beyond CMOS 等のナノエレクトロニクス技術が期待される。これらは、半導体微細化の予言を行った Moore の法則を超えるものとして「More Moore」と称されている。



(出所: 東京工業大学 岩井 洋氏 資料、NEDO「省エネルギー技術戦略に関する調査」

(2007.5))

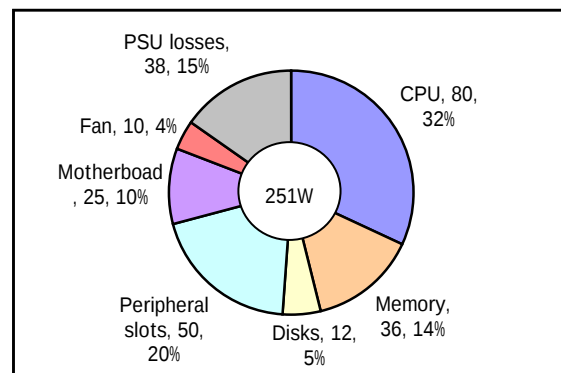
図 5-6 今後 30 年のロジックデバイス製品化のロードマップ

5.1.3. 省エネ関連技術の開発ロードマップ

図 5-7 に典型的なサーバーにおける各コンポーネントの消費電力（最大消費電力）を示す。サーバーは、CPU（プロセッサ）、メモリ、ディスク（内蔵ディスク）、PCIスロット、電源ファン等で構成されている。そこで、サーバーの省エネ関連技術の開発ロードマップは、構成要素毎のロードマップにて表現する。なお、近年は仮想化等のサーバーシステムソフトウェアによる省エネも注目されており、台数削減や制御等による消費電力の削減を期待できるため、ロードマップ上で本項目も表現する。

パーツ	ピーク消費電力(W)	%
CPU	80	32%
Memory	36	14%
Disks	12	5%
Peripheral slots	50	20%
Motherboard	25	10%
Fan	10	4%
PSU losses	38	15%
Total	251	100%

Source: derived from Fan et al.(2007)



（出所：US EPA, Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency
Public Law 109-431）より作成

図 5-7 典型的なサーバーにおける各コンポーネントの消費電力（最大消費電力）

（i）. プロセッサ

< プロセッサのマルチコア化 >

マルチコアとは2つ以上のプロセッサコアを1個のパッケージに集積したマイクロプロセッサである。

マイクロプロセッサの消費電力は電源電圧の2乗と動作周波数に比例して増加するため、マルチコア化により、演算性能における消費電力を削減することが期待される。さらにマルチコア化により、高速に動作するトランジスタを使う必要がなくなるため、CMOSトランジスタのゲート絶縁膜を厚くし、LSIの待ち受け時のゲート・リーク電流を大幅に低減

できるという利点もある。マルチコアで十分な性能を得るにはマルチコア用ソフトウェアが重要であり、マルチコア対応オペレーティングシステムおよびマルチコア用コンパイラを開発し、複数のコアで効率よく動作させる必要がある。

(ii) . メモリ

< DRAM の低電圧化 >

DRAM の消費電力はクロック周波数と電圧によって決まる。クロック周波数は、プロセッサの性能で決まってしまうため、DRAM の省エネに向けた開発は低電圧化により実現される。現在の規格で主流なのは、DDR2 (1.8V) であり、今後は DDR3 (1.5V、1.35V)、DDR4 (1.2V、1.0V) と低電圧化の開発がなされると予想される。

< 不揮発性メモリの採用 >

DRAM はデータ保持に必要なリフレッシュ動作が大きく電力を消費するとともに、電源を切ったときには全ての情報が失われるという欠点がある。この、DRAM の欠点を補う技術として、不揮発性メモリが期待される。現状では、不揮発性メモリは動作速度が遅いことと書換え耐性が低いことが問題となっている。DRAM の代替とするためにはより高速に動作させる技術および書換え回数を向上する技術が必要である。また、FeRAM、MRAM は微細化による大容量化に課題がある。PRAM は微細化において優位性があるが書き込み電流が大きいという課題がある。

将来的にはこれら上記の課題が、今後の技術開発によって克服され、半導体メモリは、揮発性メモリ (DRAM) から不揮発性メモリへの転換が起これと予想される。

(iii) . 内蔵ディスク

. ディスク単体

< 磁性系 / 光系ストレージ >

ストレージの項、参照。

< 半導体ストレージ (SSD) の採用 >

SSD は磁気ディスクと比較して、モーターの回転等の駆動部がないため磁気ディスクより省エネを実現できると期待されている。現在の課題としては、大容量化と低コスト化であり、今後は大容量化と低コスト化の技術開発がなされていくと予想される。内蔵ディスクの SSD 化は、サーバーでは、高速のディスクにて早期に実現されると予想され、大容量・低速の内蔵ディスクには依然として磁気ディスクが使用されると予想される。

． ストレージシステム

< MAID >

MAID(メイド)とは Massive Array of Idle(もしくは Inactive) Disks の略称であり、消費電力を抑えながら大容量を実現するディスクアレイのことである。ディスクアレイの中で、データアクセスが発生していないディスクについてはその回転または電源を止めることによって、消費電力を削減するという技術である。MAID を採用したディスクアレイでは、データアクセスに必要なディスクだけが稼働するようにディスクアレイ全体が制御されており、ディスクアレイの高速性・信頼性を犠牲にすることなく、省エネを実現できる。

< 断層化技術 >

断層化技術とは、高速・高価なストレージと、低速・安価なストレージを組み合わせ、適材適所のストレージシステムを実現する技術である。一般に、低速・安価なストレージには、回転数が少ない磁気ディスクやテープドライブなどが使用され、高速・高価なストレージより低消費電力である。使用頻度の少ない、大容量のデータを低速・安価なストレージにて保存することにより、ストレージシステム全体の省エネを実現できる。

(iv) ． PCI スロット

PCI スロットは、各規格の高性能化および低電圧化によって省エネを実現する。

(v) ． 電源・ファン

． 電源

電源の省エネは、電源技術の向上や直流電源の採用によって実現する。

． ファン

ファンの省エネは、低消費電力ファンの採用によって実現する。

(vi) ． サーバシステムソフトウェア

< 仮想化技術 >

仮想化とは、コンピュータシステムを構成する資源(および、それらの組み合わせ)を、物理的構成に拠らずにソフトウェアなどにより論理的に分割したり統合したりすることである。仮想化の技術には、1 台のサーバーをあたかも複数台のコンピュータであるかのように論理的に分割し、それぞれに別の OS やアプリケーションソフトを動作させる「サーバー仮想化」や、複数のディスクをあたかも 1 台のディスクであるかのように扱い、大容量のデータを一括して保存したり耐障害性を高めたりする「ストレージ仮想化」などの技術がある。

仮想化技術により 1 台あたりの稼働率を高めることができ、それにより使われてないサ

ーバーの台数を減らすことができる。

(vii)．影響を与える半導体技術

サーバーにおける省電力化は、半導体技術全般が影響を与える。特にマルチプロセッサ技術、低消費電力化設計技術、微細化や積層化などの集積化技術、パワーデバイス技術が重要となる。

5.1.4. 省エネの可能性（期待値）

以下にサーバーの省エネの可能性を記載する。

ここで、省エネの可能性を示す対象は、「典型的な 1Uサーバー」とした。

（i）． 推定方式

省エネの可能性はサーバーの構成要素毎に省エネの可能性を検討し、それぞれを積み上げることによりその可能性を推定する。

<消費電力の内訳>

現在の典型的な 1U サーバーでは、その消費電力に占める各構成要素の割合は、プロセッサが 30%、メモリ 11%、HDD8%である。ここでは、2008 年における構成要素の電力消費の内訳を表 5-1 のように仮定する。

表 5-1 サーバーの消費電力の内訳（典型的な 1U サーバー）

構成要素	消費電力の比率
CPU	30%
メモリ	11%
内蔵ディスク（HDD）	6%
Fan	7%
AC-DC,DC-DC 変換ロス	37%
その他	9%
合計	100%

< CPU の性能の推移、CPU の動向 >

図 5-8 に 2025 年までの CPU の性能の推移を示す。ここで、2018 年までの性能および CPU 数はロードマップの値を引用し、2025 年の値は 2018 年までの傾向から推定した。性能および CPU 数は、ムーアの法則と同様に指数関数的に増加し、2025 年では性能 (SPECint_rate.base 2000): 1500 [-]、1 チップあたりの CPU 数: 256 [-] と推定される。

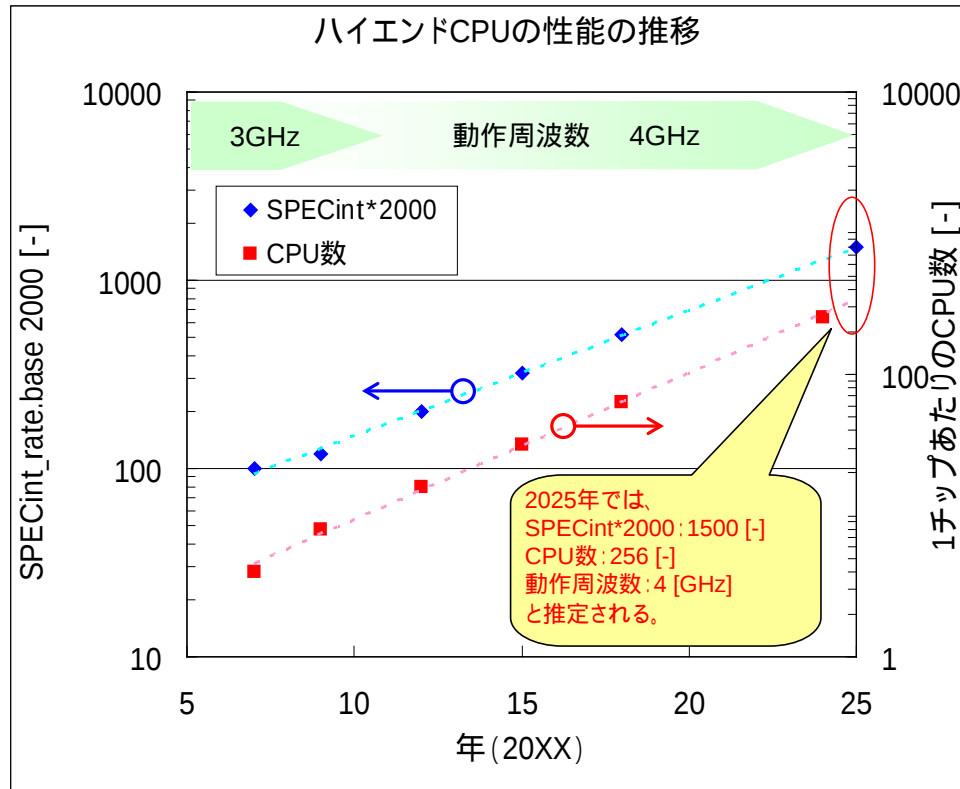


図 5-8 CPU の性能の推移

これまでの CPU は、性能の向上は動作周波数によるものであり、消費電力もそれとともに増加してきた。しかし、近年のサーバー向け CPU は、動作周波数を一定とし、マルチコア化の流れにあり、これまで性能とともに増加してきた消費電力は鈍化する傾向にある。また、今後の CPU もこの流れは続くものと予想される。よって、2025 年の CPU を以下のように推定する。

2025 年の CPU :

- ・1CPUあたり、2008 年と同じ消費電力と推定する
- ・1CPUあたりの性能は、CPUの性能の推移より 15 倍と推定する

<メモリの性能の推移、メモリの動向>

図 5-9 に 2025 年までのメモリの性能の推移を示す。ここで、2022 年までの DRAM ハーフピッチはロードマップの値を引用し、2025 年の値は 2022 年までの傾向から推定した。消費電力は DRAM ハーフピッチの 2 乗に比例すると仮定し、現状比(2008 年比)にて 2025 年の値を推定した。DRAM ハーフピッチおよび消費電力は減少し、2025 年では、ハーフピッチ：8 [nm]、消費電力(現状比)：0.018 [-]と推定される。

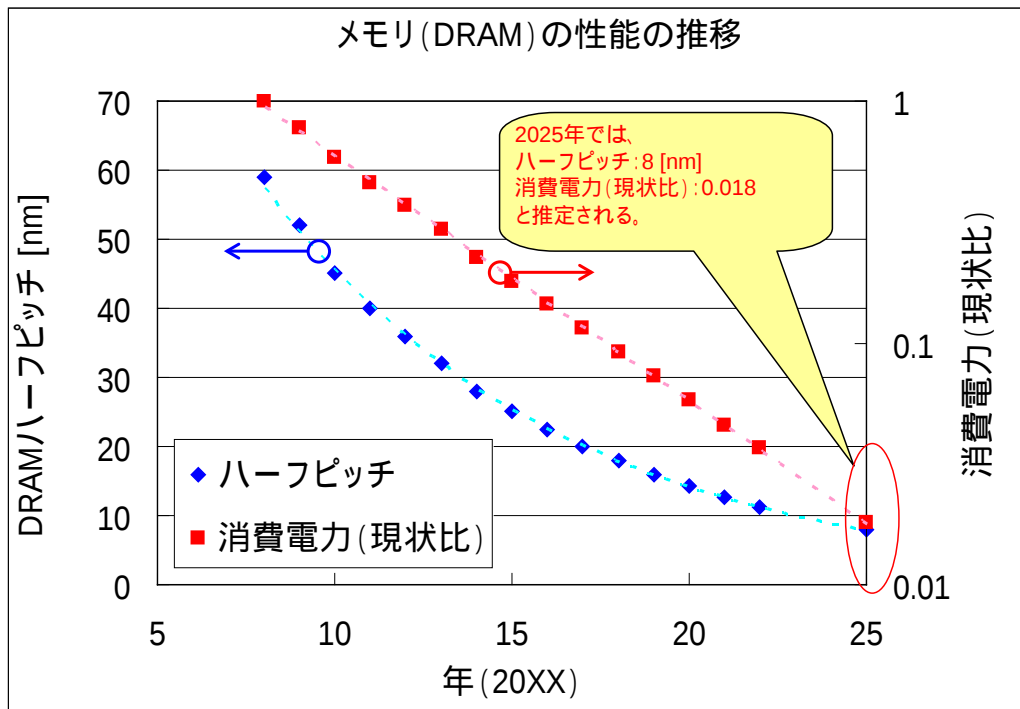


図 5-9 メモリの性能の推移

将来は、高度情報化社会への進展が予想されるため、サーバーの処理能力も増加していき、メモリの大容量化が要請される。よって、サーバーは大容量のメモリを使用するため 64bitOS ヘシフトすると予想される。2025 年のメモリ容量は、これまでの傾向と同様に DRAM のハーフピッチより算出される集積度より予測するものとする(集積度は 2008 年の 50 倍程度)。メモリの低消費電力化は、DRAM の低電圧化(2013 年には 1.0[V])および不揮発性メモリ(MRAM 等)の採用により進展していくと予想される。これらの動向より、2025 年のメモリを以下のように推定する。

2025 年のメモリ：

- ・メモリ容量を 100 [GB]と推定する
- ・DRAMの低電圧化より、56% (1.0 [V]/1.8 [V]) 以下の低消費電力と推定する

< 内蔵ディスクの動向 >

図 5-10 にエンタープライズ・ストレージの記憶容量（高速・大容量 HDD）の推移を示す。ここで、2017 年までは、ロードマップの値を引用し、2025 年の値は 2017 年までの傾向から推定した。エンタープライズ・ストレージの記憶容量は増加し、2025 年では、記憶容量：12 [TB]（2.5inch）と推定される。

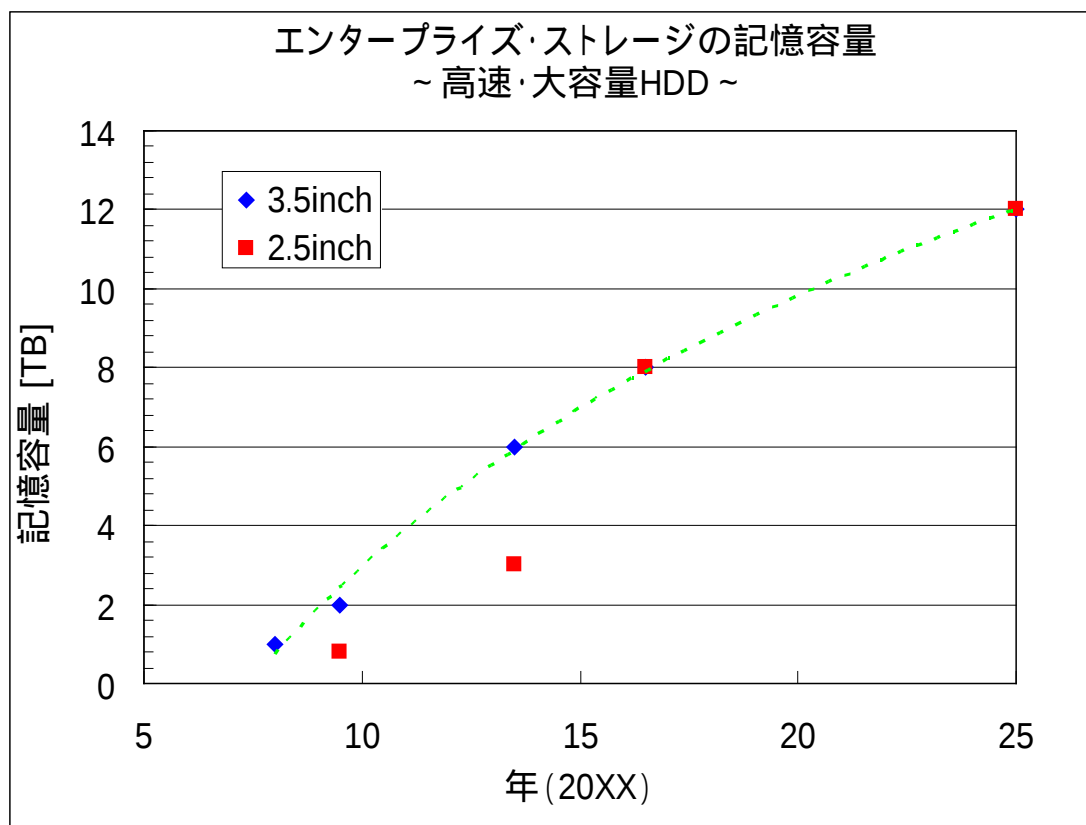


図 5-10 エンタープライズ・ストレージの記憶容量の推移（高速・大容量 HDD）

図 5-10 より、2025 年の内蔵ディスクを以下のように推定する。

2025 年の内蔵ディスク：

・ 高速・大容量HDD 2.5 inch、記憶容量 12 [T B]と推定する

< ファンの動向 >

ファンの低消費電力化については、以下のような取組みがなされている。

- ・ブレード・サーバーの採用により排熱効率の高い大型ファンの搭載
- ・冷却ファンの動作を自動制御する技術開発
- ・ヒートシンクの材質を変更することによるファンの低消費電力化

これらの取組みを考慮し、2025 年のファンを以下のように推定する。

2025 年のファン：

- ・ ファンの消費電力を 2008 年比の 1/2 以下と推定する

< 電源技術の動向 >

電源技術の低消費電力化については、以下のような取組みがなされている。

- ・現状の電源の変換効率は 70～80%であるが、電源変換効率損失の極小化や、高圧直流受電などの開発によって、2010 年には 90%以上に高められることが期待されている
- ・デバイスとしては、SiC・GaN パワーデバイスが期待される
- ・回路技術により、高負荷時だけでなく軽負荷時の高効率化を図る
- ・DC 電源の採用により DC/AC および AC/DC 変換ロスが減り、電力ロスを小さくできる

2025 年の電源は、図 5-11 に示すような DC 電源を採用すると仮定し、以下のように推定する。

2025 年の電源技術：

- ・ DC電源を採用すると推定する
- ・ DC/DC変換効率は 92%、AC/DC変換効率は 90%と推定する

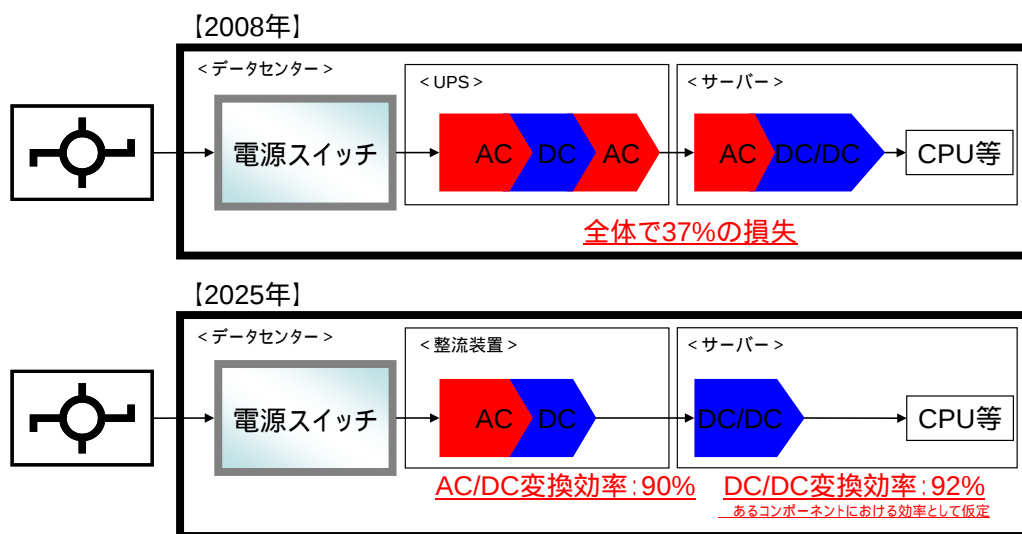


図 5-11 2008 年と 2025 年におけるサーバー電源技術

< 典型的な 1U サーバーの電力消費の変化 >

表 5-2 に典型的な 1U サーバーの電力消費の変化を示す（ 1：実際のサーバーの消費電力は 300W～600W 程度だが、ここでは 2008 年の値を 100W に規格化している）

2025 年のサーバーの機器単体の消費電力は、100 [W]から 55 [W]に減少すると推測され、そのエネルギー効率（省エネ法に基づく値）は、約 27 倍と推測される。

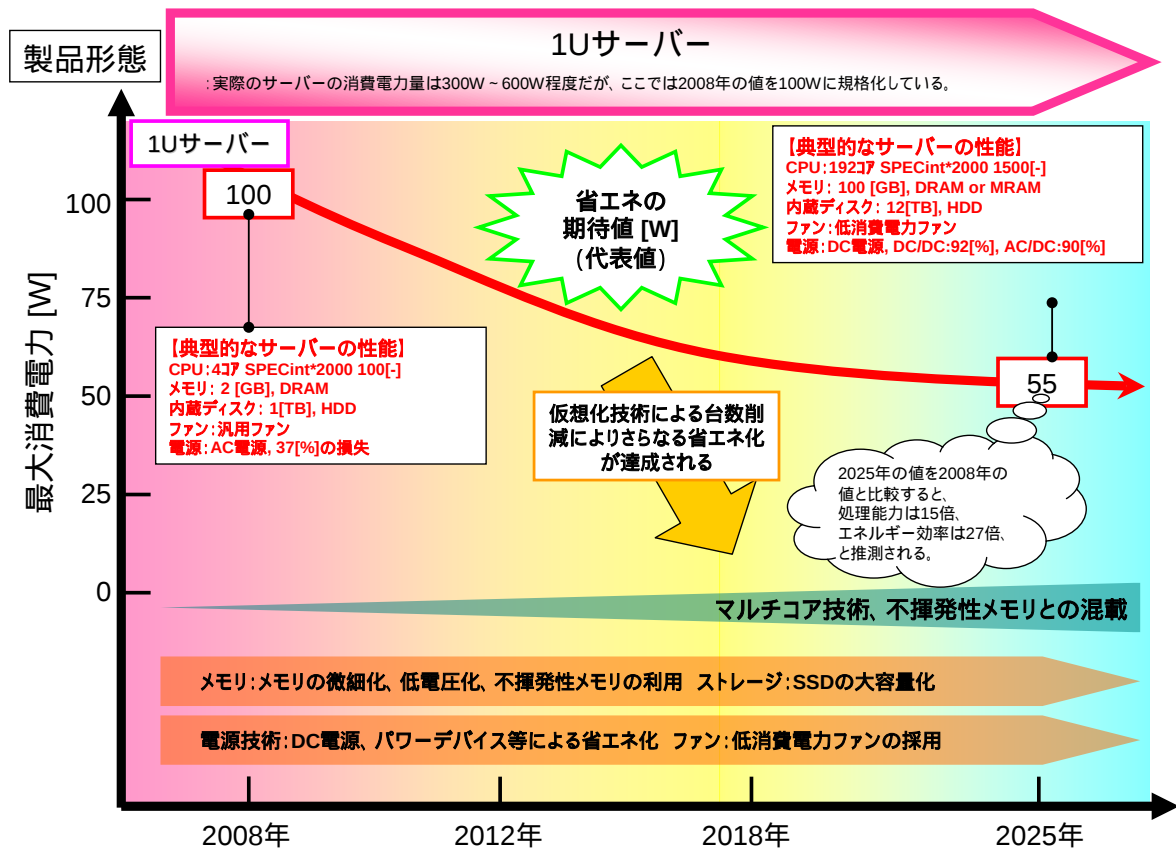
表 5-2 典型的な 1U サーバーの電力消費の変化（2008 年を 100W¹とした場合）

構成要素	2008 年	2025 年	2025 年の備考
CPU	30 [W]	30 [W]	256 コア / 性能 15 倍 (SPECint*2000 3000[-])
メモリ	11 [W]	6 [W]	DRAM or MRAM / 集積度 50 倍 (100[GB])
内蔵ディスク	6 [W]	1 [W]	HDD / 記憶容量 12 倍 (12 [TB])
ファン	7 [W]	3.5 [W]	低消費電力ファン
電源	37 [W]	9.5 [W]	DC 電源 DC/DC : 92%, AC/DC:90%
その他	9 [W]	5 [W]	DRAM の低電圧化と同じく推移 すると仮定すると 56% .
合計	100 [W]	約 55 [W]	-

表 5-2 に示す 1U サーバーの電力消費の変化は機器単体のみの効果であり、上記効果に合わせて仮想化技術等により更なる省エネ化が達成されると予想される。

(ii) . 2025 年の省エネの期待値 (代表値)

サーバー (典型的な 1U サーバー) の省エネの可能性を図 5-12 に示す。



推定: みずほ情報総研

図 5-12 サーバー (典型的な 1U サーバー) の省エネの可能性 (期待値)

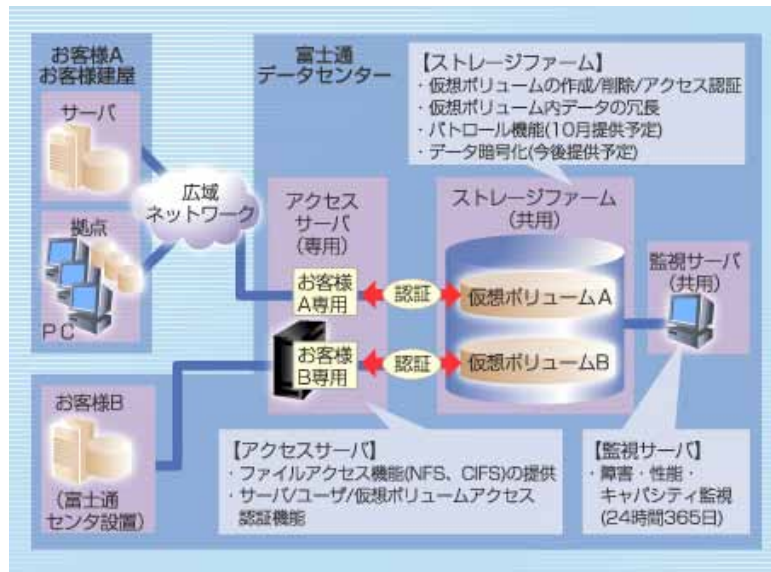
< サーバーの課題 >

サーバー単体の消費電力は、表 5-2 より主に電源技術によって削減されていることがわかるが、現在のサーバーより劇的に省エネが進展するとはいえない。ただし、CPU の性能向上により、処理性能は 15 倍に向上し、エネルギー効率 (処理性能当たりの消費電力) は 27 倍に向上すると予想される。よって、今後のサーバーの省エネの課題としては、向上した性能を効率よく利用することが重要である。この利用には、仮想化技術が考えられ、台数削減によりさらなる省エネ化が達成されることが期待される。

5.2. ストレージ

5.2.1. 策定対象

ここでは、データセンターで使用されているストレージを対象とする。このストレージはサーバー（アクセスサーバー）とは別のシステム体系にあるものとする（図 5-13、図 5-14）。



(出所：富士通、ネットワークストレージサーバー)

図 5-13 データセンター内のストレージ



(出所：富士通、ネットワークストレージサーバー)

図 5-14 対象とするストレージのイメージ

5.2.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定

(i). これまでのストレージ

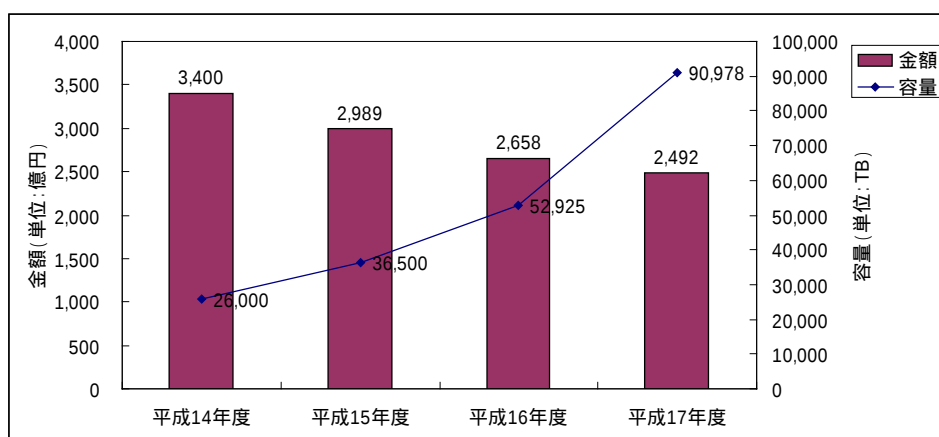
・ 出荷容量

これまでのストレージの出荷容量は、記録密度の向上などにより、指数関数的（年率50%）に増加し続けている。市場規模は、メインフレームの減少によって一時期減少したが、オープンサーバーの増加によって、また増加することが予測されている（図 5-15、図 5-16）。



（出所：社団法人電子情報技術産業協会 磁気記録媒体標準化専門委員会、
「地球環境にやさしいストレージとは？テープストレージを取り巻く最新事情」（2009））

図 5-15 国内ディスクシステムの出荷容量の予測（2000-2012 年）



（出所：社団法人電子情報技術産業協会、「ネットワークストレージに関する平成 17 年度
市場規模について」（2007））

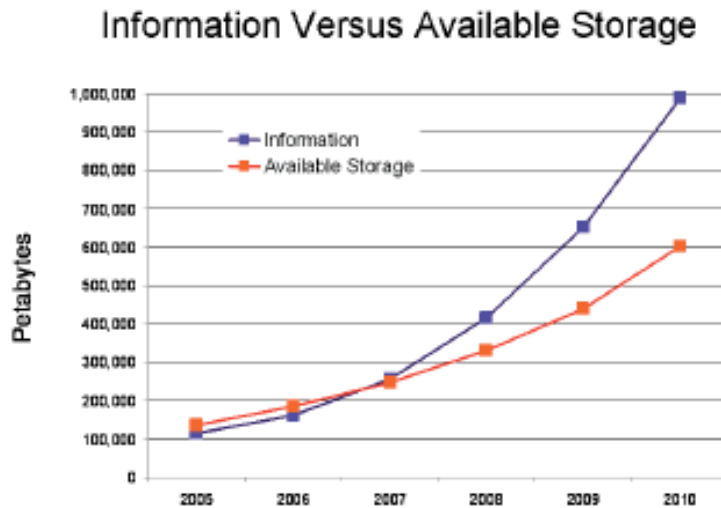
図 5-16 近年の国内ディスクシステムの出荷実績

・ ストレージの消費電力

IT 機器の分類によるが、データセンターの消費電力のうち約 30%が IT 機器で占められ、その IT 機器のうち、48%がサーバーを占め、次にストレージが 37～40%を占める。

(ii) . 今後のトレンド

情報量の爆発的な増加でストレージの容量は、今後も増加していく(図 5-17)。しかし、単に増設を行うことで容量を増加させるだけでは、それに比例してエネルギーコスト・管理コストがかかり、指数関数的にコストが上昇していく。そこで、「効率的な容量拡張」が今後重要な技術課題となってきている。



Source: IDC, 2007

(出所：IDC White Paper, The Expanding Digital Universe)

図 5-17 情報量とストレージ

(iii) . 今後の省エネ技術のトレンド

データセンターにおけるストレージの主要な省エネ技術は、以下の 4 つをあげることができる。

- ・ 容量の仮想化によって実際に動作させるディスク容量を低減
- ・ アクセス時のみ電源 ON することで、電源オフのディスクをつくる
- ・ 大容量ディスクの採用による省エネ (大容量ストレージの開発とその採用)
- ・ 階層化による省エネ (高速アクセスが必要な部分のみに高性能化ディスクを使用)

・ 容量の仮想化による省エネ

従来のストレージでは将来的なデータ増を想定し、実際に必要な容量よりも大きなディ

スク容量を確保して使っており、無駄なディスク回転のために消費電力を大きくしていた。シンプロビジョニング技術を使用し、実際に必要な容量のみについてハードディスクを動作させることで、消費電力を大きく抑えることが可能になる。

・ 電源のオン・オフによる省エネ

従来は、ハードディスクを常時回転させており、消費電力が大きくなる原因の1つであった。MAID 技術を使用することで、必要時だけ電源 ON を行い、最大 15～40%の省エネが可能になるとされている。

・ 大容量ディスクの採用による省エネ

同じデータ量を保存する場合でも、小容量ドライブをたくさん使用するよりも、大容量ディスクを少なく使用するほうが、低電力となる。

・ 階層化による省エネ

すべての容量を高性能ドライブでカバーするのではなく、階層化を行って、高速アクセスが必要な部分のみを高性能ドライブでカバーすることで省エネとなる。

5.2.3. 今後のストレージの新形態

フラッシュドライブは、書き込み速度が遅い、書き込み可能回数も少ないという短所もある。フラッシュとハードディスクは互いに補完しながら使用されていく（表 5-3）。例えば、現行の同容量（73GB）製品の場合、TB あたりの電力量はフラッシュのほうがハードディスクより 32%の省エネであるが、大容量になればなるほど、ハードディスクのほうがTB あたりの省エネ性能は有利になっていく。

- ・ フラッシュとハードディスクには性能の長所短所があり、役割に応じて共存していく
- ・ フラッシュとハードディスク、互いに補完しながら効率を高めて省エネに繋げていく

表 5-3 ハードディスクとフラッシュの性能比較

	ハードディスク	フラッシュ
省エネ	○	○
振動・衝撃耐性		
書き込み速度		
読み込み速度		
省スペース		
書き込み耐性		
容量当たりの価格		

5.2.4. 省エネ関連技術の開発ロードマップ

(i). 磁性系ストレージ：

< パターン媒体記録再生方式 >

従来の記録方式では垂直記録方式も含めて、記録媒体の磁性膜として多結晶の連続膜が用いられる。この媒体は多結晶粒子の間に非磁性材料を介在させて磁気分離させたグラニューラー構造を持つ。このタイプの記録媒体を用いる方式では、面内/垂直のいずれの記録方式においても、ビット境界がサイズや形の不規則な結晶粒の境界を走って不規則なジグザグ状となり、これが再生信号の雑音の原因となることから、記録密度の向上には記録膜の結晶粒を微細化し、直線的なビット境界を得る必要があった。しかし、結晶粒が小さくなってそのサイズが数 nm 以下になると、熱揺らぎによる磁化の不安定性から、時間経過と共に記録情報が失われるという大きな問題があり、これに対処するためには磁性結晶の K_u を増大しなければならず、ヘッドの記録能力増大が必要となる。また、再生信号に必要な信号雑音比を確保するためには、1 ビットあたり少なくとも 10 個程度以上の結晶粒が必要で、これらの制約から連続膜を用いた HDD 記録密度には、垂直磁気記録方式を採用してもいずれ限界が来ることが予測されている。この限界を打破する新しい記録媒体として、形状や大きさを人工的にそろえた単一磁区の微粒子をアレイ状にならべ、この 1 微粒子を 1 ビットとして記録を行なう方式がパターン媒体記録再生方式である。パターン媒体では粒子が同サイズでしかも規則的に配列しているため、1 微粒子を 1 ビットとして記録を行っても再生信号に必要な信号雑音比が確保でき、原理的には熱安定限界の体積を有するサイズまで微粒子を小型化して、高密度記録を行なうことができる。(出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2007 解説)

< パターン媒体記録再生方式の課題 >

パターン媒体では従来の記録方式で用いたグラニューラー構造を持つ記録媒体とは異なった構造と磁気特性を持つ媒体が必要となる。従来媒体では 1 ビットに 10 個以上の結晶粒が必要であるが、パターン媒体では磁気結合型垂直媒体が必要となる。パターン媒体では 1 ビットが 1 粒子で形成されるためビット内は磁氣的に結合していることが必要であり、磁気結合性の良い多結晶、単結晶、あるいは非晶質構造を持つ磁性膜の活用が可能となる。磁性粒子の実効体積がグラニューラー構造を持つ媒体に比べて大幅に増えるため、 K_u や抗磁力(H_c)などの磁気特性の制約が緩やかになり材料選択の許容性が増大する。1 ビット 1 粒子で構成するため、所定のビット形状に成型しなければならない。自己組織化現象を応用した磁性微粒子の配列利用の可能性もあるが、ビット形状成型では微細加工技術やナノインプリント技術の活用が本命と考えられる。パターン媒体技術が必要と予測される 2012 ~ 2014 年の記録密度は 1.2 ~ 2.4 Tb/in² であり、パターン寸法 15 ~ 20 nm、加工精度 1 ~ 2 nm の実現が必要となる。国際半導体ロードマップ (ITRS) の LSI 微細化トレンドではハーフピッチの加工寸法は 2010 年で 45 nm、2013 年で 32 nm とされている。これまで

磁気記録分野では半導体分野で用いられてきた微細加工技術を適用してきたが、半導体分野の加工精度を超えることになり、独自の微細加工技術の開発が必要となる。記録磁性膜としては微細加工性とビット内で一様な磁気特性を確保しやすい単結晶や非晶質磁性膜の活用も考えられる。(出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2007 解説)

< 熱アシスト記録方式 >

熱ゆらぎ限界を打破するブレイクスルー技術として注目されるのが、熱アシスト記録方式である。熱アシスト方式をパターン媒体と組み合わせた、熱アシストパターン媒体記録方式とすれば、一つのビットに効率的に熱を閉じ込めることが可能となるため、連続膜媒体に適用した場合よりもより大きな効果が期待できる。さらに磁気記録の高密度化が進みパターン媒体のビット寸法が熱揺らぎの影響を受けるほど微細化する場合、磁性材料の K_u を増大することが必要となる。この場合、磁気ヘッドの記録能力が不足するが熱アシストにより記録が可能となる。熱アシストパターン媒体記録方式はパターン媒体記録方式の発展技術あるいは後継技術に位置づけることができる。この記録方式で用いる媒体として、磁気結合性と磁気特性の温度依存性が高度制御された熱磁気特性制御型垂直媒体が活用されると考えられる。レーザー光を記録したい領域に集光させて加熱することにより部分的に媒体の抗磁力 H_c を低下させて、記録磁界が十分に強くない場合でも記録を可能にする。高密度記録のためにはレーザービームのスポット径をトラック幅と同等にまで小さくする必要があるが、スポット径は波長に依存するため、短波長のブルーレーザーを使ったとしても数百 nm 程度までしか絞れず、高密度記録が実現できない。このためソリッド・イマージョン・レンズや導波路と各種アパーチャを使った近接場光（ニア・フィールド）記録方式の研究が行われている。近接場光を用いれば、光の波長限界を超えた小スポットが実現できるので、微小な領域の加熱が可能になる。(出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2007 解説)

< 熱アシスト記録方式の課題 >

ニア・フィールドを用いれば波長限界を超えた小スポットが実現できるが、媒体を十分な温度に加熱するため光利用効率を向上することや、光デバイスと従来の磁気デバイスの両方を結合した磁気/光ハイブリッド型ヘッドスライダをどう実現するかなどが大きな課題である。(出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2007 解説)

< 消費電力への影響 >

記録密度の向上により、円板の直径の縮小および円板の枚数の削減されることにより消費電力が低減される。

(ii)． 光系ストレージ

これまで光系ストレージは、短波長化により高密度化を行ってきたが、光源、材料の問題から、短波長化は青紫色レーザーが限界と考えられている。その背景の下、次世代、次々世代の光系ストレージ技術として、Super-RENS 方式による記録サイズ縮小技術と体積ホログラムによる三次元記録が注目されている。

< 記録サイズ縮小 >

Super-RENS 方式は、金属膜や酸化物膜を利用した光超解像記録方式（光超解像膜の光学的非線形性を利用して光学マスクを形成し、読み出す領域を狭めることで分解能を高める方式）であり、原理的にはレーザー短波長化や高 NA 化と同じく記録スポット径を小さくしていく記録方式であるので、線速度が同じであれば単位時間あたりに読み書きできる記録ピット数が増加するため高転送速度化に寄与できる。また、超解像方式は、基本的には従来の光ディスクの膜構成中に非線形な光学特性を有する薄膜を同じプロセスを使って形成するだけなので、従来のプロセスを踏襲できる。なお、Super-RENS 方式の記録性能としては、この方式を用いない場合と比べて 4 倍の線記録密度が望めることが報告されている（ISOM 2004）。また、マーク長 37.5nm で記録再生した場合の C/N（搬送波対雑音比）が 40dB 程度まで得られている。さらに、従来は同一ピット長での繰り返し信号再生に限られていたが、ランダム信号の記録再生にも成功し実用化に向けた進展が見られた（ISOM 2006）。これにより、光源波長 405nm の青紫色 LD 光と開口数（NA）0.85 の対物レンズを組み合わせた光学系により容量 100GB の光ディスクを実現できる可能性が示された。

本方式の今後の課題としては、駆動パワーの低減、書換型媒体の開発などを挙げることができる。（出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2007 解説）

< 三次元記録 >

体積ホログラム記録方式は、記録媒体の平面だけではなく、深さ方向まで用いた体積記録が特徴である。従来の光ディスクのように、位置や長さを変調して 0/1 の信号を直線状に配置するのではなく、情報を 2 次元の画像に符号化して情報光に付加し、記録媒体中で参照光と干渉させる。干渉縞は屈折率変調として空間的に記録媒体に記録される。これがホログラムである。再生時は参照光を記録媒体に入射させる。すると記録された干渉縞により光は回折され情報光が再生される。再生画像を復号化すれば元の情報が得られる。ホログラムは、記録光の位置・波長・角度、位相等を順次変化させることによって同じ体積中に 100 から 1000 の情報を多重記録できるので、記録密度の飛躍的な向上が期待できる。記録容量では TB 級のポテンシャルがあると考えられる。（出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2007 解説）

<消費電力への影響>

記憶容量を向上することにより、記憶容量当たりの消費電力を小さくするとともに、必要ドライブ数を減少させられ、消費電力が低減される。また、データの保存において、テープドライブの代替としても期待されている。

(iii)．半導体ストレージ

<不揮発性メモリ>

デジタルカメラ、携帯電話、携帯オーディオ・ビデオ機器などのモバイル情報機器の発展にともなって、不揮発性メモリへの要求が急速に高まっている。

デジタルカメラの普及により、従来の銀塩フィルムから半導体メモリ（カード）への移行が促進され、NANDフラッシュメモリの新たな市場が切り開かれた。従来のフラッシュメモリは、プログラムのコード記憶に用いられる用途がほとんどであり、比較的小容量で済んでいたため市場規模は小さかった。インターネットの普及により、撮った写真を現像することなく、即座にホームページにアップロードするためにはデジタルカメラによる写真の電子データ化が必要であり、その記録媒体である不揮発性メモリが必須であった。NORフラッシュは、ランダムアクセス可能でプログラム記憶には適しているものの、セルサイズが大きくコストが高いためこの用途には不向きであった。NAND型は、この用途に特化して写真などの連続したデータの記録に適した小さなセル構造（セルどうしのシリーズ接続）を採用、ランダムアクセスは遅くても、連続したデータの書き込み、読み出しを早くする工夫をしている。このことにより、大容量の写真や音楽、動画などのファイルデータ記憶に適するアーキテクチャとなっている。また、いままでPCの外部記憶用途として使われていたフロッピーディスクに替わり、NAND型フラッシュを用いたUSBメモリが一般的となっている。プリンタ、カメラ、ビデオカメラ、テレビ、ビデオ、携帯電話などの家電製品とモバイル機器とのデータの共有化のためメモリカードが必須となりこの普及も需要を拡大させている。今後、さらなる大容量化、高速化、用途の拡大が進展することは間違いなく、これを狙った各半導体メーカーの競争が激化している。（出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2007 解説）

<不揮発性メモリの課題>

現状では、不揮発性メモリは動作速度が遅いことと書換え耐性が低いことが問題となっている。DRAMの代替とするためにはより高速に動作させる技術および書換え回数を向上する技術が必要である。また、FeRAM、MRAMは微細化による大容量化に課題がある。PRAMは微細化において優位性があるが書き込み電流が大きいという課題がある。

<消費電力への影響>

駆動部が無いため、消費電力が大幅に低減される。

< FeRAM >

強誘電体の残留分極電荷を利用してデータを記憶する FeRAM は、次世代不揮発性メモリの中で最も大量に生産されている。FeRAM は高速動作と低消費電力に優れるが、書換耐性が 10^{12} 程度とやや低い。最近、書換回数が無制限で 10ns 以下の高速動作が可能な 6T4C 型 FeRAM が富士通で開発・製品化され、FeRAM の応用範囲が拡大している。現在、512kbit FeRAM 混載 LSI や 1Mbit 汎用 FeRAM などの製品が出荷されており、システム LSI 用の組込みメモリや IC カード用および RFID タグ用のメモリをはじめ各種の用途で利用されている。市場規模も 2006 年で数百億円になっている。(出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2008 解説)

< FeRAM の課題 >

汎用 DRAM、フラッシュメモリおよび SRAM 混載システム LSI の市場を獲得するためには大容量化が必須であり、微細化が最大の課題になっている。(出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2008 解説)

< MRAM >

MRAM は、磁気抵抗効果を利用して情報を記憶するメモリである。1995 年に東北大学の宮崎らによって室温動作が確認されたことから TMR 素子を使った MRAM が現在開発の主流となっている。

TMR 素子は直接トンネル電流が流れる程度の厚みの絶縁膜(数 nm 程度)を挟んで上下に強磁性膜があるサンドイッチ構造をしており、上下の強磁性膜の磁化の向きが平行のときはトンネル抵抗が低く、反平行のときはトンネル抵抗が高い TMR 効果を示す。

磁化反転の速度は 1nsec 程度と高速であることから不揮発性でありながら高速動作が可能となる。また書き換え回数の制限がほぼ無くなると考えられるなどから、不揮発性の RAM 素子として大きな期待が寄せられている。2006 年の 7 月に米 Freescale (2004 年、米 Motorola から半導体部門が分社化) から 4Mbits-MRAM の量産出荷が遂にアナウンスされ、MRAM も新たなステップへと進むことになった。Freescale から発表された MRAM のスペックは、現状ではまだ容量や速度の点で満足できるレベルではないが、電池付き SRAM の代替から始め、民生品、通信機器などの産業製品、自動車用途へと地道に市場の信頼を勝ち取っていく戦略を進めていくと発表されている。MRAM の実用化に向けて、各社各様の戦略が見えてきた。Freescale を始めとした韓国 Samsung、台湾 TSMC、米 IBM、独 Qimonda (2006 年、独 Infineon からメモリ部門が分社化) などの海外メーカーが MRAM の開発にしのぎを削っている。一方、わが国でも、東芝、NEC、ルネサス、などからの開発発表がされている。技術的には読み出し時の出力改善策として

期待される MgO 膜をトンネル絶縁膜に用いた高 TMR の発表が相次いで行われた。また MRAM の大容量化を阻む最大の課題である書き込み電力の低減策として期待されるスピン注入磁化反転方式の実現に向けて多くの機関が開発を進めている状況である。これが実現されれば 1 G ビットを超える大容量化が可能になる。(出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2008 解説)

< MRAM の課題 >

MRAM の大容量化を阻む最大の課題である書き込み電力の低減策として期待されるスピン注入磁化反転方式の実現に向けて多くの機関が開発を進めている状況である。これが実現されれば 1 G ビットを超える大容量化が可能になる。(出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2008 解説)

< PRAM >

DVD 用材料と同じカルコゲナイド物質の相変化による抵抗変化 (DVD では光学特性の変化) を動作原理とする PRAM の開発には、海外では、インテル、ST マイクロ、Samsung などの企業が取り組んでいる。国内では、ルネサスが日立と共同で、また、エルピーダメモリが Ovonyx 社のライセンスを受け、開発推進中である。PRAM の最大の特長は良好なスケーラビリティにあり、将来の大容量化に対する課題が小さいと予想されている。書換回数は 10^{13} 回以上で、フラッシュメモリよりもはるかに多い。加えて、抵抗変化が大きいいため、多値化も可能であり、フラッシュメモリなみの微細化と大容量化が期待されている。一方、データ書き換え時に各メモリセルのカルコゲナイド物質を微小ヒータで加熱して相変化させているため、書き込み電流が大きいだけでなく、とくに高速動作が必要な混載メモリ用途では、高精度な熱設計が不可欠である。なお最近の発表 (IEDM 2006) では、五酸化タンタルを界面に挿入することにより、電源電圧 1.5V にて、100 μ A の電流による書換え動作を確認しており、更なる低電流化が期待されている。これらの特徴から、PRAM の最初の商品ターゲットはフラッシュメモリの置き換えが予想されている。研究開発レベルでは Samsung が 512Mbit-PRAM を試作しており、08 年度に製品化とアナウンスしている。PRAM では、フラッシュメモリとのコストパフォーマンス比較がポイントであり、フラッシュメモリよりも低価格になるか、あるいは高書換え回数が必要な新しいストレージアプリケーションが出現すれば一気に量産化が進む可能性がある。(出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2008 解説)

< PRAM の課題 >

PRAM は微細化において優位性があるが書き込み電流が大きいという課題があるため、一層の停電硫化が必要となる。

(iv)．影響を与える半導体技術

半導体ストレージに関しては、半導体技術全般が影響与える。特に微細化技術は重要である。また、微細化技術は、パターン媒体記録再生方式への適用が期待されている。

5.2.5. 省エネの可能性（期待値）

以下にストレージの省エネの可能性を記載する。

ここで、省エネの可能性を示す対象は、「磁性系：2.5 インチHDD、民生用」、光系：120mmφ」、「SSD：FLASH or PRAM or（ReRAM）」とした。

（i）． 推定方式

省エネの可能性はロードマップの記録密度の向上より推定する。

< 磁性系ストレージの動向 >

- ・ 2.5 インチ HDD の出荷台数は近年増加しており、今後の主流となると予想される。
- ・ 業務用 HDD は高速アクセスが求められるため、将来は SSD へ移行すると予想される。
- ・ 民生用 HDD は大容量・耐用年数が求められるため、7200rpm 以下が主流となる。
- ・ 記憶容量は増大しているが、ディスク単体の消費電力は横ばいである。

これらより、2025 年の磁性系ストレージを以下のように推定する。

2025 年の磁性系ストレージ：

- ・ 業務用はSSD、民生用は 2.5 インチ、7200rpmと推定する
- ・ ディスク単体の消費電力は同じと推定する

< 磁性系ストレージの推定方法 >

2008 年のエネルギー消費効率の値は、2008 年現在販売された製品の値を引用する（5 [mW/GB]）。2008 年のエネルギー消費効率は、ディスク単体の消費電力は同じと推定したことから、記録密度の向上のみに影響され、ロードマップの値より算出され、2025 年では、0.05～0.1 [mW/GB]と推定される。

< 光系・SSD ストレージの動向および推定方法 >

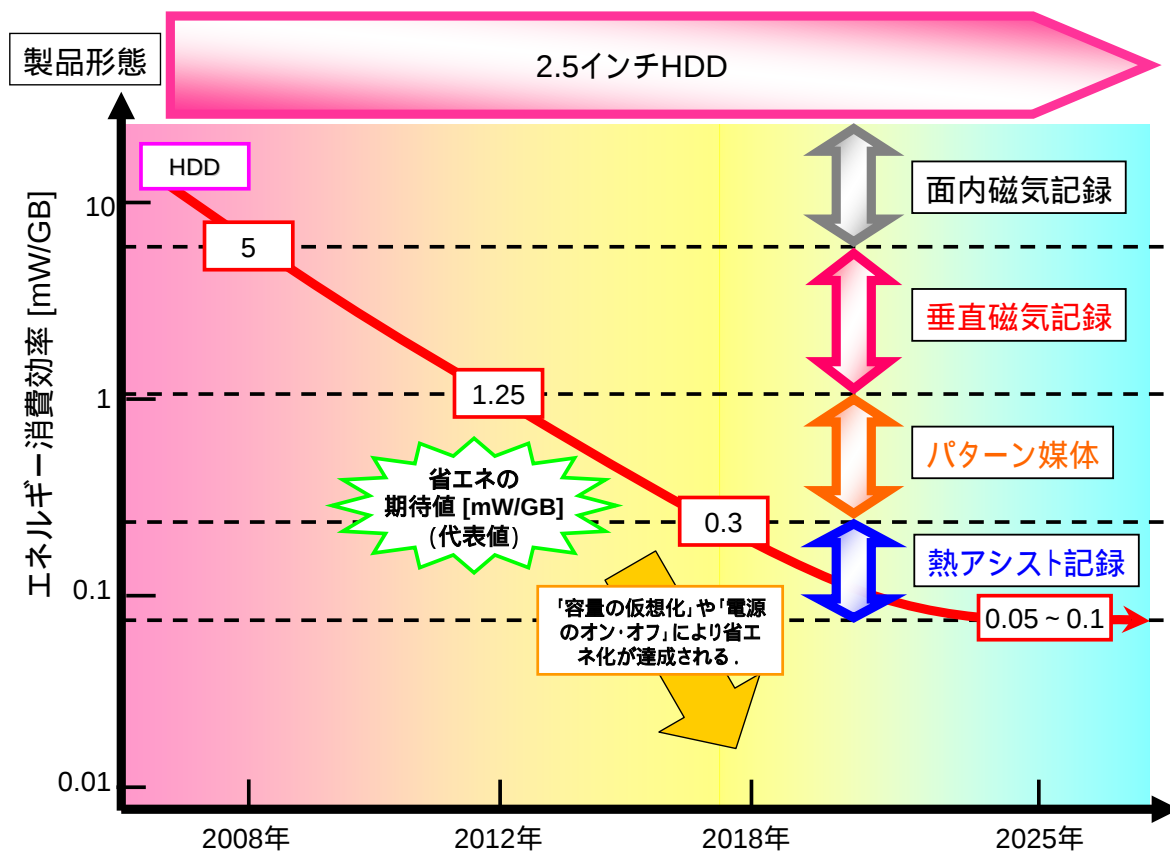
光系および SSD ストレージは現在の形態と同じと予想される。ただし、SSD については、各半導体メモリの技術進展より、現在の FLASH から PRAM または ReRAM に主流が移行する可能性がある。これより、2025 年のストレージをそれぞれ以下のように推定する。

2025 年の光系・SSD ストレージ：

- ・ 光系：120mmφ
- ・ SSD：FLASH or PRMA or (ReRAM)
ReRAMの実現可能性は 2008 年段階では不透明である

(ii) . 2025 年の省エネの期待値（代表値）

ストレージ（磁性系：2.5 インチ HDD、民生用）の省エネの可能性を図 5-18 に示す。



推定：みずほ情報総研

図 5-18 ストレージ（磁性系：2.5 インチ HDD、民生用）の省エネの可能性（期待値）

<ストレージ（磁性系：2.5 インチ HDD、民生用）の課題>

磁性系ストレージは、記録密度の向上によりエネルギー消費効率は向上するが、それだけではストレージ単体の消費電力は削減されない。ストレージ単体の消費電力を削減するためには、「容量の仮想化」や「電源のオン・オフ（制御）」等の技術が重要である。

ストレージ（光系：120mm φ、SSD：FLASH or PRAM or（ReRAM））の省エネの可能性を図 5-19 に示す。

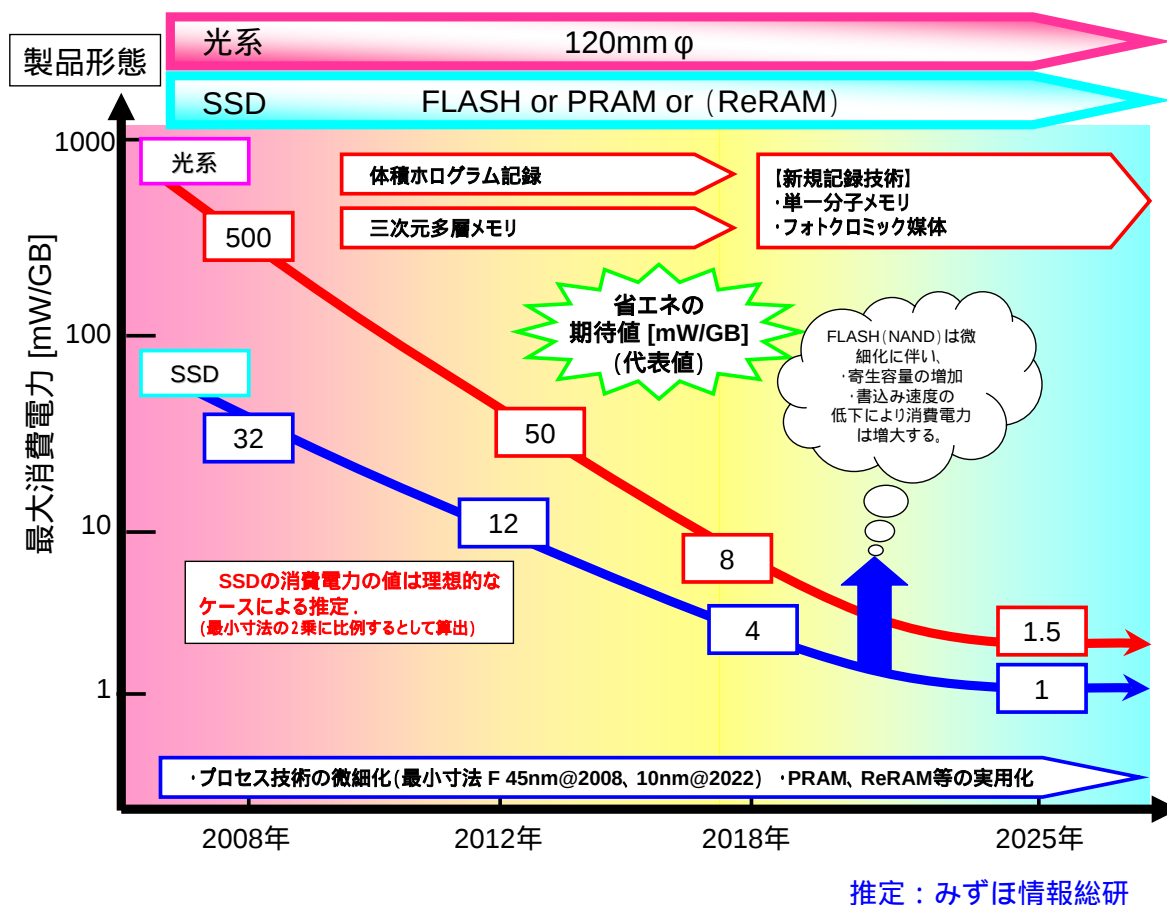


図 5-19 ストレージ（光系：120mm φ、SSD：FLASH or PRAM or (ReRAM)）の省エネの可能性（期待値）

<ストレージ（光系：120mm φ、SSD：FLASH or PRAM or（ReRAM））の課題>

光系ストレージの記録密度の向上には、記録技術の研究開発が必要不可欠である。向こう 10 年は体積ホログラム記録や三次元多層メモリによって記録密度を向上させ、将来的には新規記録技術によって記録密度を向上させる。

SSD は半導体の微細化により記録密度は向上する。ただし、現在主流である FLASH は微細化に伴い、寄生容量の増加や書き込み速度の低下に伴い消費電力が増大する可能性がある。よって、今後の課題としては、微細化と共に省電力を達成する技術開発が重要である。PRAM、ReRAM は FLASH の欠点を補う可能性がある新規不揮発性メモリとして期待されており、微細化と共に省電力を達成する技術開発としては、これら新規不揮発性メモリの実現が重要である。

5.3. PC

5.3.1. 策定対象

AV ユースとビジネスユース

現在のデスクトップ PC（パーソナルコンピュータ）やノート PC のような、家庭・オフィス内などで一人が一台を使用する PC を対象とする（図 5-20 の赤枠）。また、PC の将来を用途から分けた場合、オフィスなどにおいてビジネス文書作成や管理に使用するビジネスユースと、家庭においてテレビ機能などホームエンターテインメントの中心的役割として使用する AV（Audio Visual）ユースに分けられることが考えられる。

すべてがそうなるとは限らないものの、ビジネスユースには省スペース、省エネ、可搬性などが求められるため現在のノート PC が、AV ユースには大画面、高精細などが求められるため、現在のデスクトップ PC が、それぞれ対応していく可能性が考えられる。また、AV ユースでは現在のテレビも市場的に競合、または融合していく可能性がある。

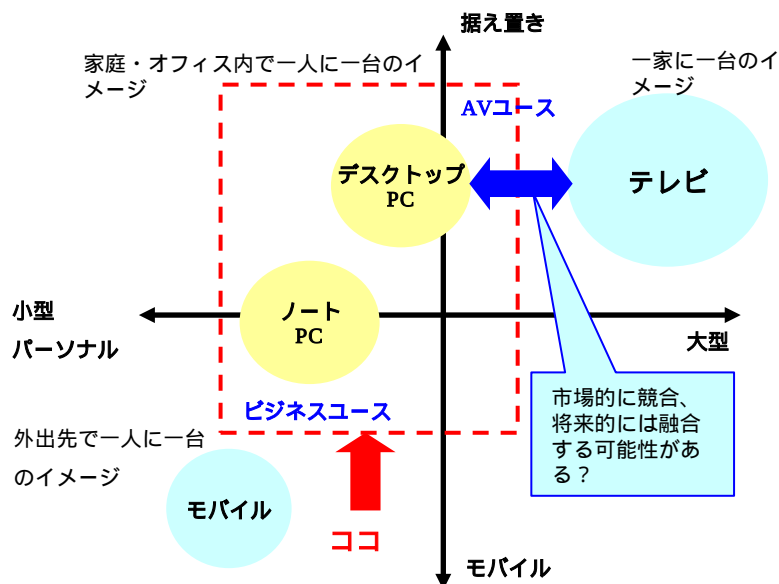


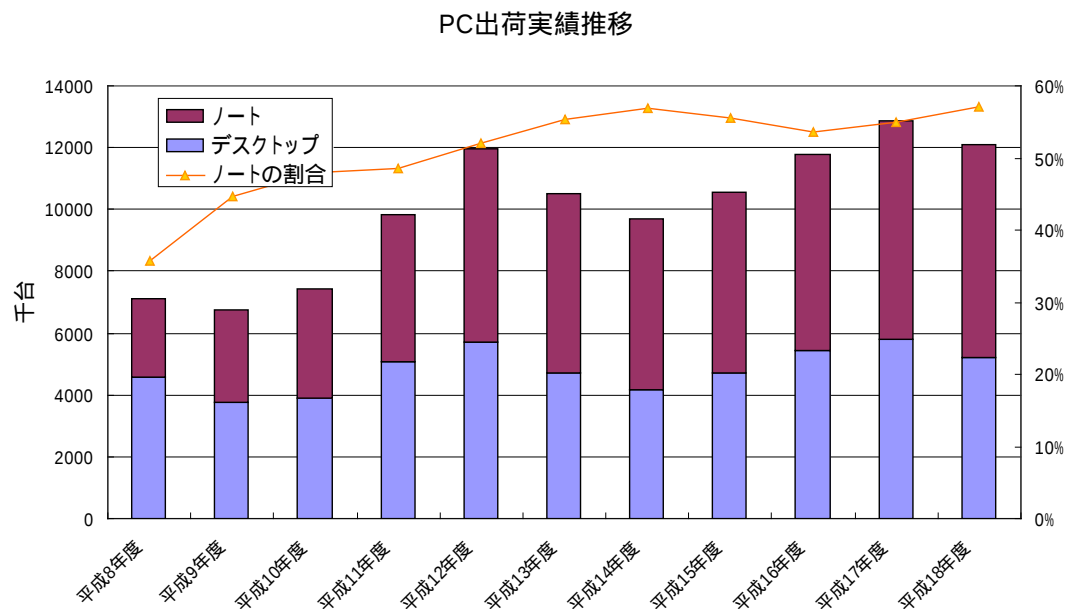
図 5-20 対象とする PC

5.3.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定

(i). PC の今まで

・ ノート PC の増加とデスクトップ PC の市場維持

PC におけるノート PC の割合は増加しており、平成 18 年度では 61%がノート PC となっている。ただし、デスクトップ PC の出荷台数が減少しているわけではなく、依然として、デスクトップも出荷台数を維持している（図 5-21）ことから、デスクトップ PC 市場も役割に応じて存在していることが考えられる。



（出所：社団法人電子情報技術産業協会、「統計資料：パーソナルコンピュータ国内出荷実績」）より作成

図 5-21 ノート PC とデスクトップ PC の国内出荷台数推移

- ・ システム全体の消費電力のうち PC が占める割合も依然高い

電子計算機全体で見た場合、ミドルレンジが急増し PC 単体の占める割合は相対的に減少するものの、依然として PC の消費電力量は伸びており全体からみても依然大きな割合を占める（図 5-22）。

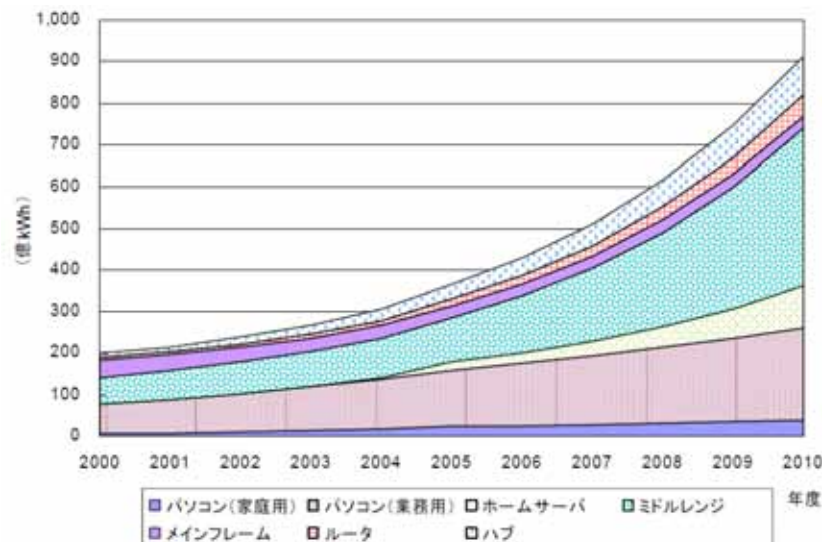


図 27 1 台当り消費電力の改善無し（技術一定ケース）

（出典）NTT

（出所：総務省、「ユビキタスネット社会の進展と環境に関する調査 報告書」（2005））

図 5-22 電子計算機全体の消費電力量推移（縦軸は消費電力量を表す）

（ii）． PC のトレンド

- ・ デスクトップ PC と TV 市場の競合、融合

デスクトップ PC では出荷台数の半数以上がテレビ機能を有し、さらに増加している傾向にある。それに対して、ノート PC ではテレビ機能を有するものは 1 割程度。特にデスクトップ PC でテレビ市場と競合する可能性がある。

- ・ ビジネスユースではノート PC が主流に

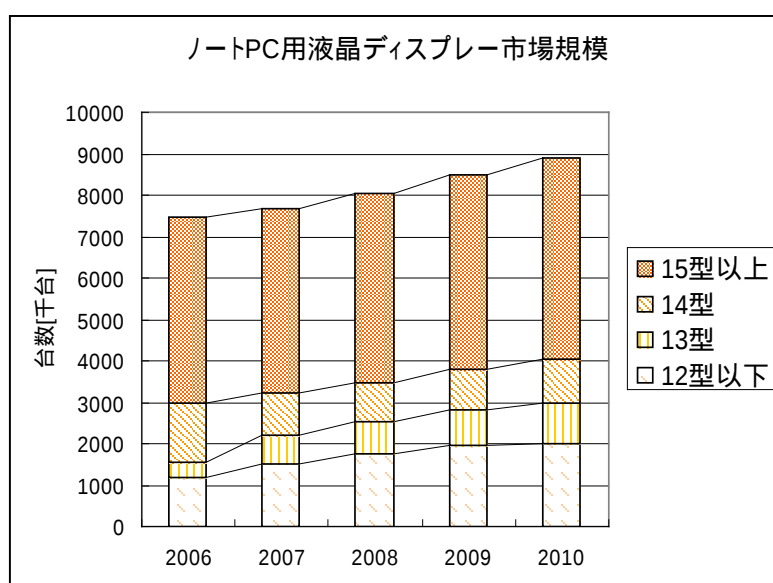
オフィスでは、シンククライアント化が進み 1 人 1 台 PC の時代となっており、機能・価格さえ見合えば、ノート PC が主流になりつつある。機能については、デスクトップ PC とノート PC で大差がなくなってきており、また、価格の面でもノート PC の低価格化が進んでいる。そのため、シンククライアント化が進み、大画面・高精細などを特に必要としないビジネスユースでは、今後さらにノート PC が主流になっていくものと考えられる。

- ・ デスクトップ PC ではディスプレイの大型化が主流

デスクトップ PC は大型・ワイド化の傾向があり、今後 22 型ワイドタイプ (WUXGA) が拡大する可能性がある。

- ・ ノート PC では 17 型、軽量化が主流

ノート PC では 15 型以上が市場の半数以上を占めており(図 5-23)、今後は 17 型も増加するとされている¹。また、A 4 型では急速に軽量化が進んできている(参考: BCN News release 2006.10.17)。今後シンクライアント化が進むに伴い、さらに軽量化・薄型化のノート PC が台頭する可能性がある。



(出所: 社団法人電子情報技術産業協会、「情報端末装置に関する市場調査報告書」(2008))

図 5-23 ノート PC 用液晶ディスプレイ市場規模

- ・ CPU 処理速度の高速化

2002 年には 1GHz 以下が PC 全体の 60%を占めていたが、2008 年には 2GHz 以上が 60%を占めるようになっており、CPU 処理速度が急激に高速化している。

- (iii) 省エネ性能について

- ・ CPU のエネルギー効率向上

CPU のパフォーマンス向上に伴って、CPU の消費電力は急激に増加してきたが、今後は、エネルギー効率向上のための技術開発がキーワードとなっている。例えば、インテル社ではパフォーマンスの向上から、エネルギー効率向上のためのマルチコア化などの技術開

¹ 12 型以下のノート PC も増加しているが、これは、主に外出時に利用するネットブックであり、オフィス内でメインに使用する PC ではないと考えられる

発を加速させている。

- ・ ストレージのフラッシュ化

今後、ストレージに省エネ(一般 PC に必要な中低容量の場合)耐振動性で優れている、SSD の採用が進む可能性がある。(ストレージご参照)特にシンククライアント化が進み、ストレージ容量があまり必要なくなるビジネスユース分野で早くに浸透する可能性が高い。

- ・ その他の省エネ

プラットフォーム電源管理によって消費電力量の大幅な削減(例えば、同スペックで約 1/3)が可能となる。また、デスクトップ PC からノート PC に入れ替える(モバイル化)ことで、さらに大幅な消費電力削減が期待できる。

また、ビジネスユースでは、特に一日中 PC の電源を ON にしているため、使用しない時には電源が自動的に OFF になるような電源自動切換え等の管理技術が重要となる。

(iv) . 新形態・新機能の事例

- ・ ビジネスユース PC の早期シンククライアント化

ビジネスユース分野では特に、セキュリティー強化、データ共有化などの必要性が高まり、シンククライアント化が早期に進む。

シンククライアント化によって、データ処理・蓄積はサーバー側となるため、クライアント PC におけるプロセッサ、メモリなどのパフォーマンスの開発重要度は低下し、PC のより重要な機能は、入力機能と表示機能、通信機能などになる。一方サーバー・ルーターの電力負担は大きくなる。そのため、コンピューターネットワーク全体で消費電力を低減していく視点が重要となる。

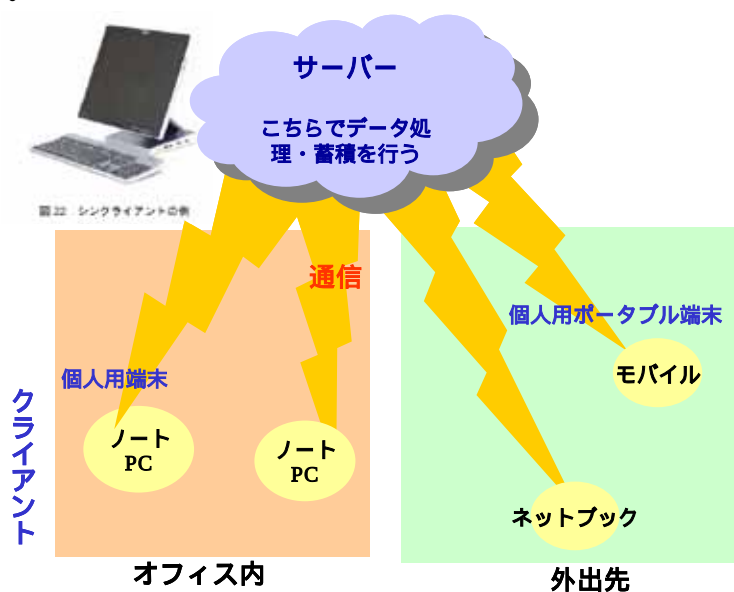


図 5-24 シンククライアント化によるオフィスでの PC 利用イメージ

・ AV ユースのホームサーバー化

AV ユースでは、ホームサーバー化の流れがある。(将来的にはビジネスユースと同じように、全てが外部のサーバー側でデータ処理・蓄積する可能性がある)。そのため、AV ユースは、データを処理・蓄積する必要があるため、CPU、ストレージは依然高い処理能力が必要となる。

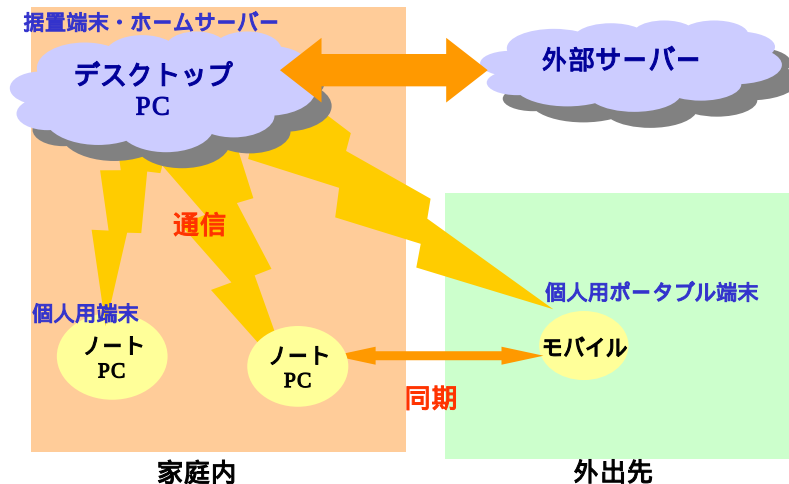


図 5-25 ホームサーバー化による家庭での PC 利用イメージ

(v) . その他の新形態・新機能について

ビジネスユースの方向性と新形態・新機能

- ・ 省電力化、省スペース化、可搬性
- ・ セキュリティ重視 (指紋認証など)
- ・ 早期シンクライアント化
- ・ 新しい入力装置 (タッチパネルなど)

ビジネスユース PC は将来的には、表示装置 + 入力装置 + 通信 + セキュリティ機能 (静脈・指紋・虹彩認証など) のみの超軽量・省スペース・省エネ PC が可能となる。入力装置は、ユーザーが利用シーンに応じて選択可能 (ディスプレイはタッチパネル・非接触型入力装置搭載など) になる。また、ペーパーレスの観点から複数のディスプレイの活用も想定される。

AV ユースの方向性と新形態・新機能

- ・ 大画面、高精細化、高音質
- ・ 静穏化

- ・ 操作性（遠隔操作のためのデバイス）
- ・ 通信機能（ワイヤレス USB, Bluetooth など）
- ・ 大容量ストレージ（ホームサーバーとしての機能）

入力装置は遠距離から快適で正確な操作ができる装置が必要になり、表示装置は、超薄型になり壁などと一体化が可能になる。

表 5-4 各端末の形態・機能イメージ

目的	入力装置（イメージ）	表示装置（イメージ）	記憶装置
ビジネスユース	・利用シーンに応じて、ユーザーが選択可能に。 →例えば、プレゼンテーションなどで画面を直接ポイント可能にするため、PC画面にタッチパネル、非接触型入力装置等を使用	・ある程度大画面が必要だが、省スペース化も必要。 →例えば、超薄型、フレキシビリティがある有機ELの採用によって、ディスプレイが収納可能に	・シンククライアント化進展によって、ほぼ必要がなくなる。
AVユース	・遠距離からでも快適で正確な操作が必要に →例えば、手元に画面情報を表示したタッチパネル式端末で操作	・大画面化が必須だが、省スペース化も重要。 →例えば、超薄型の有機ELディスプレイの採用によって壁等との一体化	・ホームサーバー用途によっては大容量化。

（vi）． PC の方向性のまとめ

以上のことより表 5-5 にビジネスユースおよび AV ユースの PC の方向性のまとめを示す。

表 5-5 PC の方向性のまとめ

目的	方向性	他の利用形態
ビジネスユース	・ 省電力化 ・ 省スペース化、可搬性 ・ セキュリティ重視（指紋認証など） ・ シンククライアント化（AVユースに比べて早期） ・ タッチパネル搭載	・ 外でも仕事する：ネットブックなど
AVユース	・ 大画面、高精細化、高音質 ・ 静穏化 ・ 操作性（遠隔操作のためのシンプルなデバイス） ・ 大容量ストレージの搭載（ホームサーバーとしての機能）	・ 個人でも楽しむ：ノートPCなど ・ 外でも楽しむ：ネットブック、モバイルなど

5.3.3. 省エネ関連技術の開発ロードマップ

PC の省エネ関連技術は、サーバー同様にプロセッサ、メモリ、内蔵ディスク、P C I スロット、電源ファン等にて表現する。なお、近年は、シンクライト化による省エネが期待されているため、本項目もロードマップ上で表現する。

(i) . プロセッサ

PC 用プロセッサの省エネには低消費電力 CPU の性能向上が重要である。低消費電力 CPU が PC 用プロセッサとして使用されれば、現在の CPU より大幅な省電力が実現でき、PC の省エネが達成されるからである。ここで、低消費電力 CPU とは携帯情報端末や組み込みシステムのプロセッサとして採用される組み込み系 CPU を意味し、2008 年現在ではインテル製の CPU の「Atom」がこれに該当する。低消費電力 CPU は、2014 年～2016 年で、現在のノート PC 用 CPU の性能と同等になり、2016～2020 年で、現在のデスクトップ PC 用 CPU の性能と同等になると予想される。

(ii) . メモリ

< DRAM の低電圧化 >

DRAM の消費電力はクロック周波数と電圧によって決まる。クロック周波数は、プロセッサの性能で決まってしまうため、DRAM の省エネに向けた開発は低電圧化により実現される。現在の規格で主流なのは、DDR2 (1.8V) であり、今後は DDR3 (1.5V、1.35V)、DDR4 (1.2V、1.0V) と低電圧化の開発がなされると予想される。

< 不揮発性メモリの採用 >

DRAM はデータ保持に必要なリフレッシュ動作が大きく電力を消費するとともに、電源を切ったときには全ての情報が失われるという欠点がある。この、DRAM の欠点を補う技術として、不揮発性メモリが期待される。現状では、不揮発性メモリは動作速度が遅いことと書換え耐性が低いことが問題となっている。DRAM の代替とするためにはより高速に動作させる技術および書換え回数を向上する技術が必要である。また、FeRAM、MRAM は微細化による大容量化に課題がある。PRAM は微細化において優位性があるが書き込み電流が大きいという課題がある。

将来的にはこらら上記の課題が、今後の技術開発によって克服され、半導体メモリは、揮発性メモリ (DRAM) から不揮発性メモリへの転換が起これと予想される。

(iii) . 内蔵ディスク

< 半導体ストレージ (SSD) の採用 >

SSD は磁気ディスクと比較して、モーターの回転等の駆動部がないため磁気ディスクよ

り省エネを実現できると期待されている。現在の課題としては、大容量化と低コスト化であり、今後は大容量化と低コスト化の技術開発がなされていくと予想される。内蔵ディスクの SSD 化は、ビジネスユース PC にて、早期に実現されると予想され、AV ユース PC には大容量が求められるため、依然として磁気ディスクが使用されると予想される。

(iv)．PCI スロット

PCI スロットは、各規格の高性能化および低電圧化によって省エネを実現する。

(v)．電源・ファン

．電源

電源の省エネは、電源技術の向上や直流電源の採用によって実現する。

．ファン

ファンの省エネは、低消費電力ファンの採用によって実現する。

(vi)．管理システム

<シンクライアント>

シンクライアント (Thin client) とは、ユーザーが使うクライアント端末に必要最小限の処理をさせ、アプリケーション実行やファイル入出力など、メインの処理能力をサーバー側とするシステム形態である。通常の PC よりシンクライアントのクライアント端末では、プロセッサ、メモリ、内蔵ディスク等の消費電力が削減でき省エネを実現できる。また、クライアント端末には複雑で高価なパソコンは使わずに、表示や入力など最低限の機能のみを持った低価格な専用のコンピュータを配備し、アプリケーションソフトなどの資源はサーバーで一元管理することにより、運用・管理コストの削減が図れる。さらに、クライアント端末側に USB メモリや CD-R ドライブなどの取り外しができる記録媒体を接続できないようにすることも可能であり、情報漏洩対策でも有効である。

(vii)．影響を与える半導体技術

PC における省電力化は、半導体技術全般が影響を与える。特にマルチプロセッサ技術、低消費電力化設計技術、微細化や積層化などの集積化技術、半導体メモリ技術が重要となる。

5.3.4. 省エネの可能性（期待値）

以下に PC の省エネの可能性を記載する。

ここで、省エネの可能性を示す対象は、「AVユースPC」、「ビジネスユースPC」とした。

(i). 推定方式

省エネの可能性は PC の構成要素毎に省エネの可能性を検討し、それぞれを積み上げることによりその可能性を推定する。

< CPU の性能の推移、CPU の動向 >

図 5-26 に 2025 年までの低消費電力 CPU の性能の推移を示す。2018 年までの消費電力および性能はロードマップの値を引用し、2025 年の値は 2018 年までの傾向から推定した。消費電力および性能は、2025 年では、消費電力：10 [mW/GIPS]、性能：120[GIPS]と推定される。

ここで、低消費電力 CPU とは携帯情報端末や組み込みシステムのプロセッサとして採用される組み込み系 CPU を意味し、2008 年現在ではインテル製の CPU の「Atom」がこれに該当する。低消費電力 CPU は、2014 年～2016 年で、現在のノート PC 用 CPU の性能と同等になり、2016～2020 年で、現在のデスクトップ PC 用 CPU の性能と同等になると予想される。

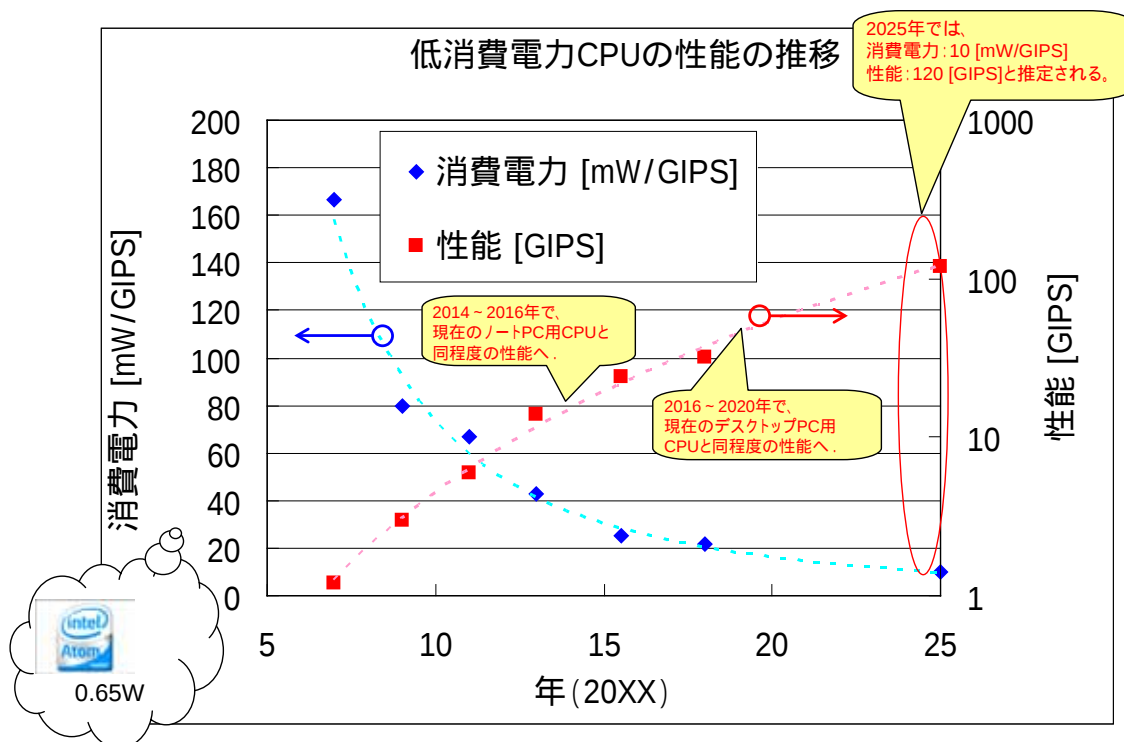


図 5-26 CPU の性能の推移

これまでの CPU は、性能の向上は動作周波数によるものであり、消費電力もそれとともに増加してきた。しかし、近年の CPU は、動作周波数を一定とし、マルチコア化の流れにあり、これまで性能とともに増加してきた消費電力は鈍化する傾向にある。また、将来は図 5-26 のように低消費電力 CPU の性能の向上が予測されるため、PC 用 CPU は低消費電力 CPU へ移行する可能性も考えられる。

ここで、用途別（AV ユース、ビジネスユース）の CPU の動向に注目すると、AV ユース用 CPU は、映像処理や大容量のデータ処理のため性能重視で推移していくと考えられる。一方、ビジネスユース用 CPU は、これまでのモバイル用 CPU と同様の傾向で推移していくと予想され、性能重視の CPU の $1/2 \sim 2/3$ の性能で推移していくと予想される（これまでの、デスクトップ用 CPU（性能重視の CPU）とモバイル用 CPU の性能の比率は概ね $1/2 \sim 2/3$ 程度）。

これらの動向より、2025 年の CPU を以下のように推定する。

2025 年の CPU：

- ・ AV ユース用 CPU：低消費電力 CPU、120 [GIPS]
- ・ ビジネスユース用 CPU：低消費電力 CPU、80 [GIPS]

<メモリの性能の推移、メモリの動向>

図 5-27 に 2025 年までのメモリの性能の推移を示す。ここで、2022 年までの DRAM ハーフピッチはロードマップの値を引用し、2025 年の値は 2022 年までの傾向から推定した。消費電力は DRAM ハーフピッチの 2 乗に比例すると仮定し、現状比（2008 年比）にて 2025 年の値を推定した。DRAM ハーフピッチおよび消費電力は減少し、2025 年では、ハーフピッチ：8 [nm]、消費電力（現状比）：0.018 [-]と推定される。

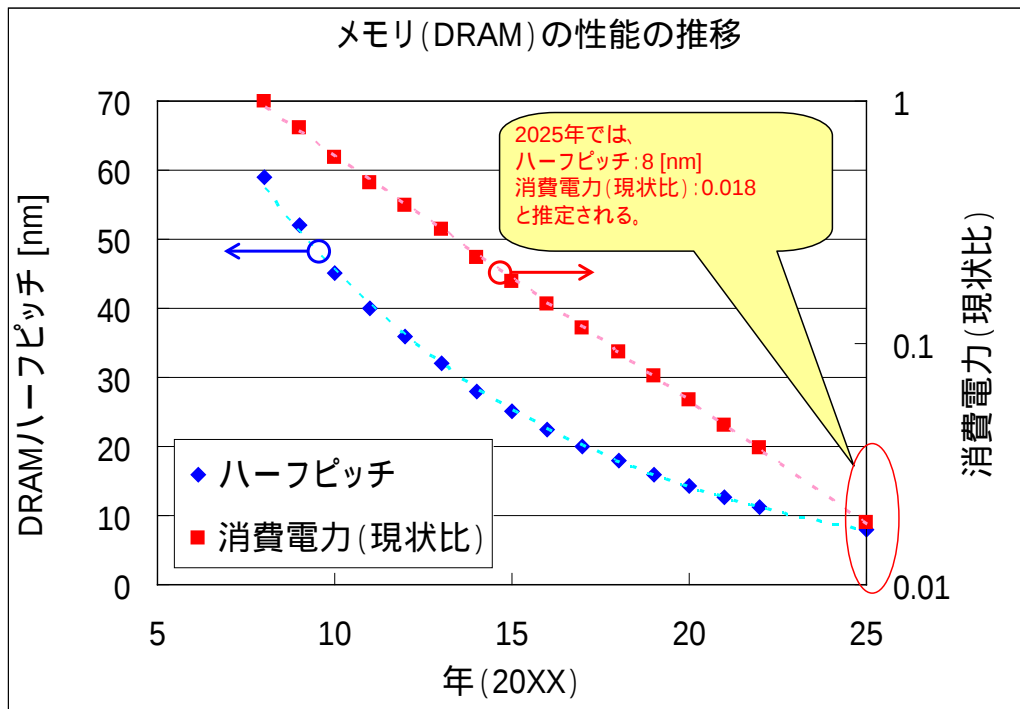


図 5-27 メモリの性能の推移

AV ユースは、映像処理や大容量のデータ処理のため、大容量のメモリを使用すると考えられるため、64 ビット OS ヘシフトすると予想される。2025 年のメモリ容量は、これまでの傾向と同様に DRAM のハーフピッチより算出される集積度より予測するものとする（集積度は 2008 年の 50 倍程度）。

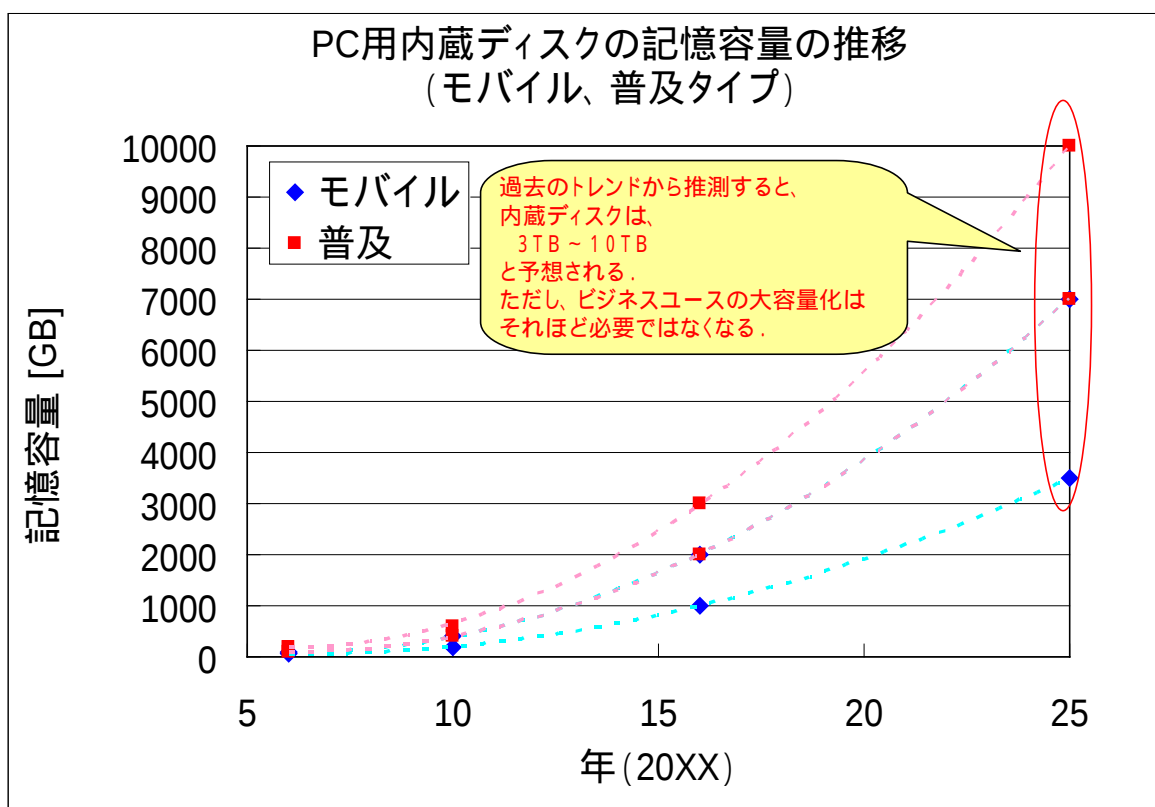
ビジネスユースは、シンククライアント化等の流れから大容量のメモリは不必要と考えられ、32 ビット OS の最大容量 4GB と予測される。メモリの低消費電力化は、DRAM の低電圧化（2013 年には 1.0[V]）および不揮発性メモリ（MRAM 等）の採用により進展していくと予想される。これらの動向より、2025 年のメモリを以下のように推定する。

2025 年のメモリ：

- ・ AV ユース用メモリ：100 [GB] (DRAM)
- ・ ビジネスユース用メモリ：4 [GB] (DRAM or MRAM)

<内蔵ディスクの動向>

図 5-28 に PC 用ストレージの記憶容量（HDD：モバイル、普及タイプ）の推移を示す（参考資料ではモバイル、普及タイプでの区分けであるため図 5-28 でもそのように区分けした。ここでは、モバイル＝ビジネスユース、普及タイプ＝AV ユースと擬制して考える）。ここで、2017 年までは、参考文献の値を引用し、2025 年の値は 2017 年までの傾向から推定した。ただし、ビジネスユースの内蔵ディスクは SSD へ移行すると予想され、シンクライアント化等の流れから大容量の記憶容量は必要ではなくなると予想される。



（出所：社団法人電子情報技術産業協会、「2016 年までの電子部品技術ロードマップ」
（2007））より推測

図 5-28 エンタープライズ・ストレージの記憶容量の推移（高速・大容量 HDD）

図 5-28 より、2025 年の内蔵ディスクを以下のように仮定する。

2025 年の内蔵ディスク：

- ・ AV ユースの内蔵ディスク：8 [TB] (HDD)
- ・ ビジネスユースの内蔵ディスク：2 [TB] (SSD)

< ディスプレイの動向 >

AV ユースは、映像視聴のため大画面化が必要になると予想される。また、ビジネスユースも作業効率の向上等を考慮するとある程度大画面化が必要になると予想される。よって、2025 年のディスプレイを以下のように推定する。

2025 年のファン：

- ・ AVユースのディスプレイ：22 型（液晶 or 有機EL）
- ・ ビジネスユースのディスプレイ：17 型（液晶 or 有機EL）

< 電源の動向 >

電源の低消費電力化については、以下のような取組みがなされている。

- ・ 2007 年あたりより、大部分の製品が「80Plus 認証」を受けた製品を採用する。
- ・ 現状の電源の変換効率は 70～80%であるが、90%以上の変換効率を目指した技術開発の取組みがなされている。

これより、2008 年および 2025 年の電源を、以下のように仮定および推定する。

2025 年の電源技術：

- ・ 2008 年の電源効率を 80%と仮定する
- ・ 2025 年の電源効率を、90%と推定する

< AV ユース PC の電力消費の変化 >

表 5-6 に AV ユース PC の電力消費の変化を示す。

2025 年の AV ユース PC の機器単体の消費電力は、約 178 [W] から約 13 [W] に減少すると推測され、そのエネルギー効率（省エネ法に基づく値）は、約 41 倍と推測される。

表 5-6 AV ユース PC の最大消費電力（代表値）

2008 年			
構成要素	消費電力	性能	備考
CPU	95 [W]	約 40 [GIPS]	2.4GHz、Quad
メモリ	4.4 [W]	2 [GB]	DRAM (DDR3)
内蔵ディスク	1 [W] IOPS - 消費効率より算出	200 [GB]	磁気、2.5 インチ、 7,200rpm
ディスプレイ	40 [W]	17 型	液晶
電源	効率 80[%]	-	-
合計	約 178 [W]	-	-

2025 年			
構成要素	消費電力	性能	備考
CPU	1.5 [W]	120 [GIPS]	低消費電力 CPU
メモリ	2.5 [W]	100 [GB]	DRAM
内蔵ディスク	0.8 [W] IOPS - 消費効率より算出	8 [TB]	磁気、2.5 インチ、 7,200rpm
ディスプレイ	7 [W]	22 型	液晶/有機 EL
電源	効率 90[%]	-	-
合計	約 13 [W]	-	-

表 5-6 に示す AV ユースの電力消費の変化は機器単体のみの効果であり、上記効果に合わせてシンクライアント化により更なる省エネ化が達成されると予想される。

< ビジネスユース PC の電力消費の変化 >

表 5-7 にビジネスユース PC の電力消費の変化を示す。

2025 年のビジネスユース PC の機器単体の消費電力は、約 75 [W] から約 6 [W] に減少すると推測され、そのエネルギー効率（省エネ法に基づく値）は、約 50 倍と推測される。

表 5-7 ビジネスユース PC の最大消費電力（代表値）

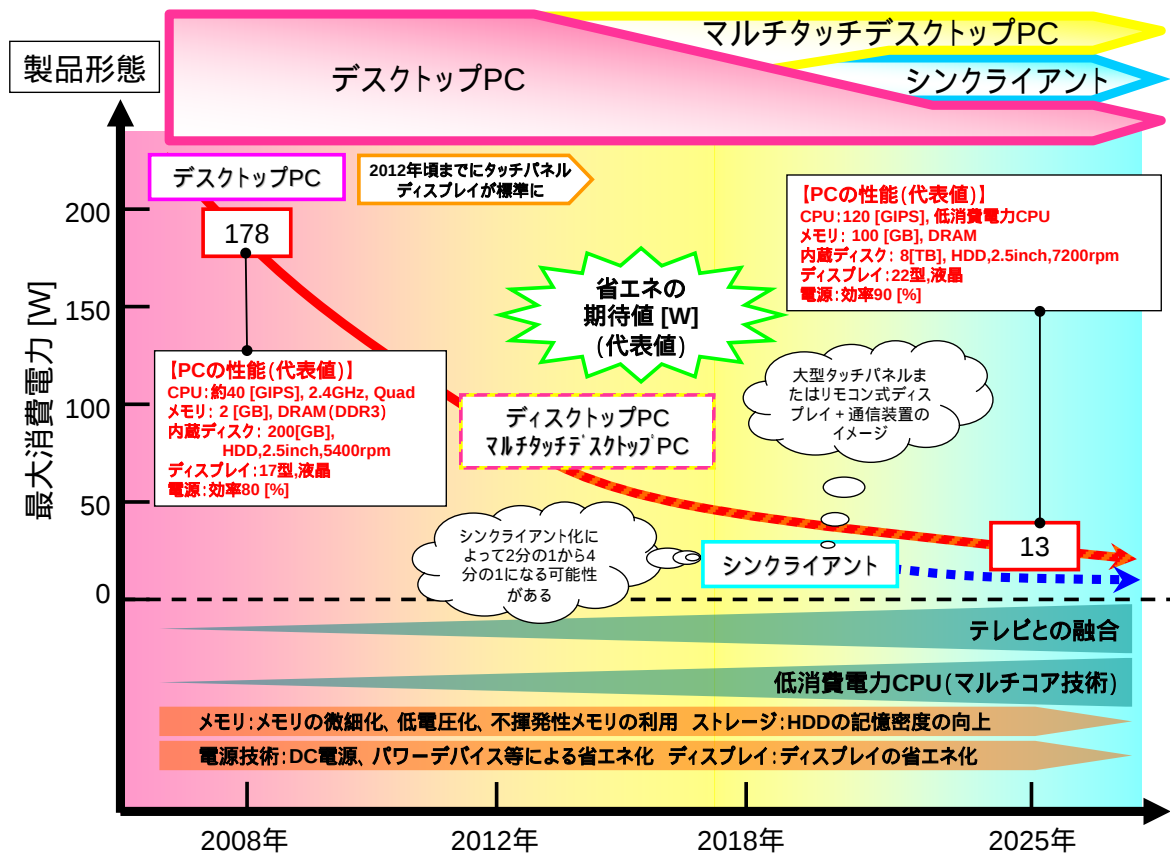
2008 年			
構成要素	消費電力	性能	備考
CPU	25 [W]	約 20 [GIPS]	2.4GHz、Dual
メモリ	3.5 [W]	2 [GB]	DRAM（DDR3）
内蔵ディスク	0.4 [W] IOPS - 消費効率より算出	80 [GB]	磁気、2.5 インチ、 7,200rpm
ディスプレイ	31 [W]	15 型	液晶
電源	効率 80[%]	-	-
合計	約 75 [W]	-	-

2025 年			
構成要素	消費電力	性能	備考
CPU	1 [W]	80 [GIPS]	低消費電力 CPU
メモリ	> 0.1 [W]	4 [GB]	DRAM / MRAM
内蔵ディスク	2 [W] IOPS - 消費効率より算出	2 [TB]	SSD
ディスプレイ	4 [W]	17 型	液晶 / 有機 EL
電源	効率 90[%]	-	-
合計	約 6 [W]	-	-

表 5-7 に示すビジネスユース PC の電力消費の変化は機器単体のみの効果であり、上記効果に合わせてシンククライアント化により更なる省エネ化が達成されると予想される。

(ii) . 2025 年の省エネの期待値 (代表値)

AV ユース PC の省エネの可能性を図 5-29 に示す。



推定: みずほ情報総研

図 5-29 AV ユース PC の省エネの可能性 (期待値)

< AV ユース PC の課題 >

AV ユース PC は CPU、ディスプレイの省エネにより大幅な省エネが達成できると予想される。そのため、AV ユース PC は低消費電力 CPU および低消費ディスプレイの実現が大きな課題となる。

シンククライアント PC は通常の PC より 2 分の 1 から 4 分の 1 になる可能性があるため、端末の省エネの観点ではシンククライアント PC も期待できるが、省エネの観点ではサーバー側の電力等にも留意する必要がある。

ビジネスユース PC の省エネの可能性を図 5-30 に示す。

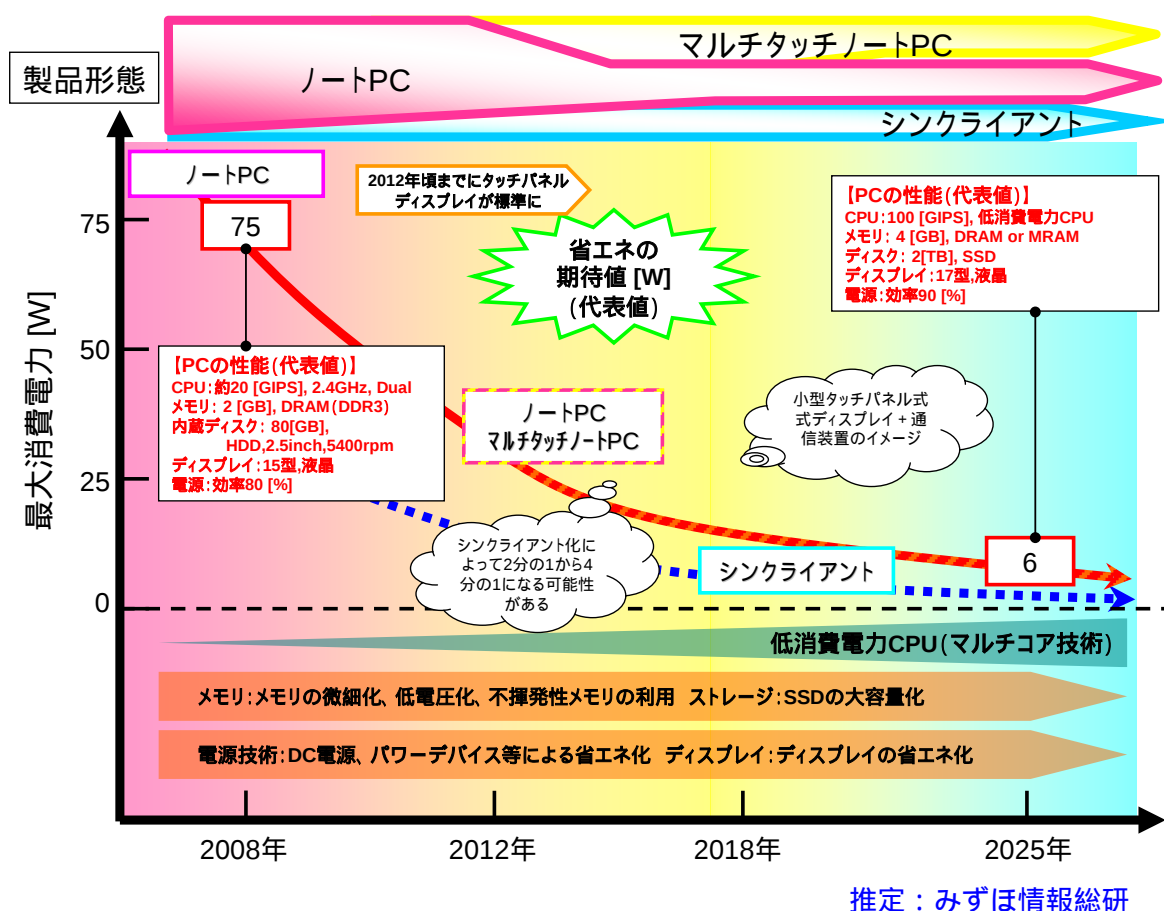


図 5-30 ビジネスユース PC の省エネの可能性 (期待値)

< ビジネスユース PC の課題 >

ビジネスユース PC は AV ユース PC と同様に、CPU、ディスプレイの省エネにより大幅な省エネが達成できると予想される。そのため、ビジネスユース PC は低消費電力 CPU および低消費ディスプレイの実現が大きな課題となる。

シンククライアント PC は通常の PC より 2 分の 1 から 4 分の 1 になる可能性があり、2008 年現在では、一部の企業に導入されている。オフィスの省エネの観点ではシンククライアント PC が期待できるが、省エネの観点ではサーバー側の電力等も含めた検討が必要である。

5.4. ルーター

5.4.1. 策定対象

ここでのルーターは、OSI 参照モデル（表 5-8）のデータリンク層（第 2 層）およびネットワーク層（第 3 層）を利用するネットワーク機器を策定の対象とする。具体的には、以下のものとする。

表 5-8 OSI 参照モデル

層	層名称
第 7 層（レイヤ 7）	アプリケーション層
第 6 層（レイヤ 6）	プレゼンテーション層
第 5 層（レイヤ 5）	セッション層
第 4 層（レイヤ 4）	トランスポート層
第 3 層（レイヤ 3）	ネットワーク層
第 2 層（レイヤ 2）	データリンク層
第 1 層（レイヤ 1）	物理層

ルーター：

ここでのルーターは、ネットワーク間を相互接続する通信機器とし、OSI 参照モデルのうちネットワーク層（第 3 層）を利用して、ネットワーク上のデータの中継を行うことを主な目的とする製品とする（表 5-9、図 5-31）。

表 5-9 現在のルーターの種類

クラスター型	通信キャリアが基幹系ネットワークに導入しているハイエンド装置
高信頼型	電源、共通制御部、及びファンが冗長構成可能な装置。冗長部分の違いにより、Ⅰ区分（共通部の全て冗長）とⅡ区分（電源のみ冗長）がある
普及型	クラスター型、高信頼、ブロードバンドのいずれにも属さない装置（主に企業向け）、冗長化構成がない装置。
ブロードバンド	WAN 側（1 Gbps 未満）× 1、LAN 側 × 2 以上のポートを持つ装置。但し Telnet による装置設定・管理機能は持たない。無線 LAN 対応機能の有無によりⅠ区分（無線 LAN 付）、Ⅱ区分（無線 LAN 無）がある。
外部電源給電機能付き	上記の区分の中で、接続機器への電源供給機能を有する装置

（出所：総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 ルーター等判断基準小委員会
「参考資料」（2008））



図 5-31 現在の主要なルーター

スイッチ：

主にネットワーク中継機器で、パケット形式のデータの行き先を判断する際に何を利用するかで、レイヤ 2 スイッチ、レイヤ 3 スイッチという風に区分される。OSI 参照モデルのデータリンク層（第 2 層）のデータ（イーサネットの MAC アドレスなど）でパケットの行き先を見分けるものをレイヤ 2 スイッチと呼ぶ。これに対してレイヤ 3 スイッチはネットワーク層（第 3 層）のデータでパケットの行き先を判断して転送を行う。ネットワーク層に位置している IP などを利用する。2006 年度実績のスイッチのポート数比率ではレイヤ 2 スイッチが全体ポート数の 86%以上を占めている。

レイヤ 3 スイッチはルーターと機能的に重複する部分が多く、従来、L3 スイッチとルーターの違いは、ルーターが各種の低速回線インターフェースを構成可能なことに対し、L3 スイッチは Ethernet のインターフェースのみ持つとされていた。しかし、レイヤ 3 スイッチの多機能化に伴い、レイヤ 3 スイッチにおいても、レイヤ 3 同士のプロトコル変換、または、レイヤ 3-レイヤ 2 のプロトコル変換機能が実装されるようになり、両者の明確な違いは曖昧になりつつある。現状においては、レイヤ 3 プロトコルの処理を主にハードウェア（もしくはそれに準ずる FPGA）で処理するものがレイヤ 3 スイッチ、主にソフトウェアで処理するものをルーターと分類する傾向にある。

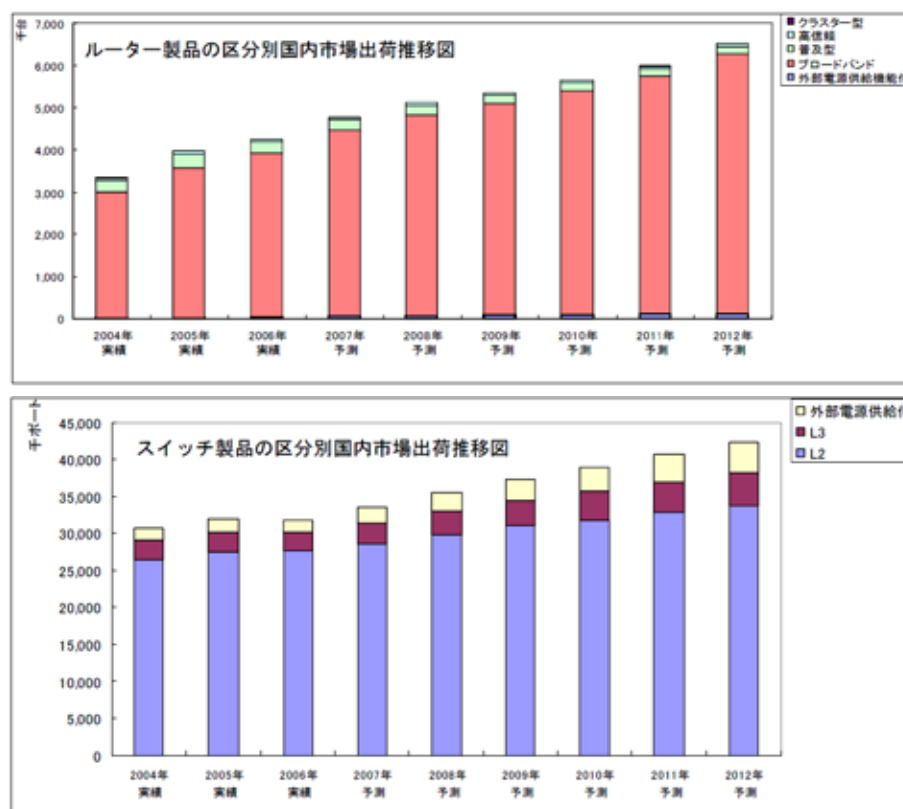
5.4.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定

(i). これまでのルーター・スイッチ

これまでのルーター・スイッチの出荷台数を概観すると以下の通りである（図 5-32）。

ルーター：2006 年度実績の区分別の台数としてはブロードバンドルーターが全体の 91%を占める。2004 実績と 2012 予測を出荷台数で比較すると約 2 倍になる見通し。

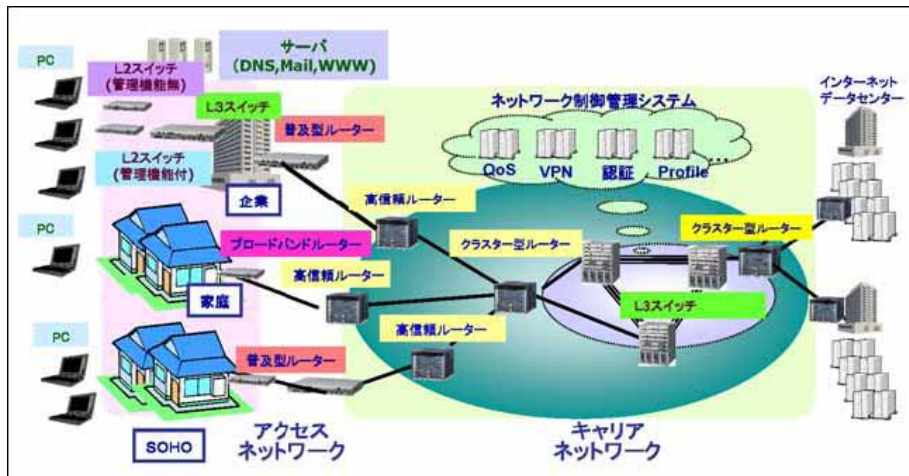
スイッチ：2006 年度実績のスイッチのポート数比率ではレイヤ 2 スイッチが全体ポート数の 86%以上を占めている。2004 実績と 2012 予測をポート数で比較すると約 4 割増になる見通し。



（出所：総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 ルーター等判断基準小委員会
「参考資料」(2008)）

図 5-32 ルーター・スイッチの区分別出荷台数の推移

なお、図 5-33 にこれらルーターおよびスイッチが使用されている現在の IP ネットワークアーキテクチャを示す。



(出所：総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 ルーター等判断基準小委員会
「参考資料」(2008))

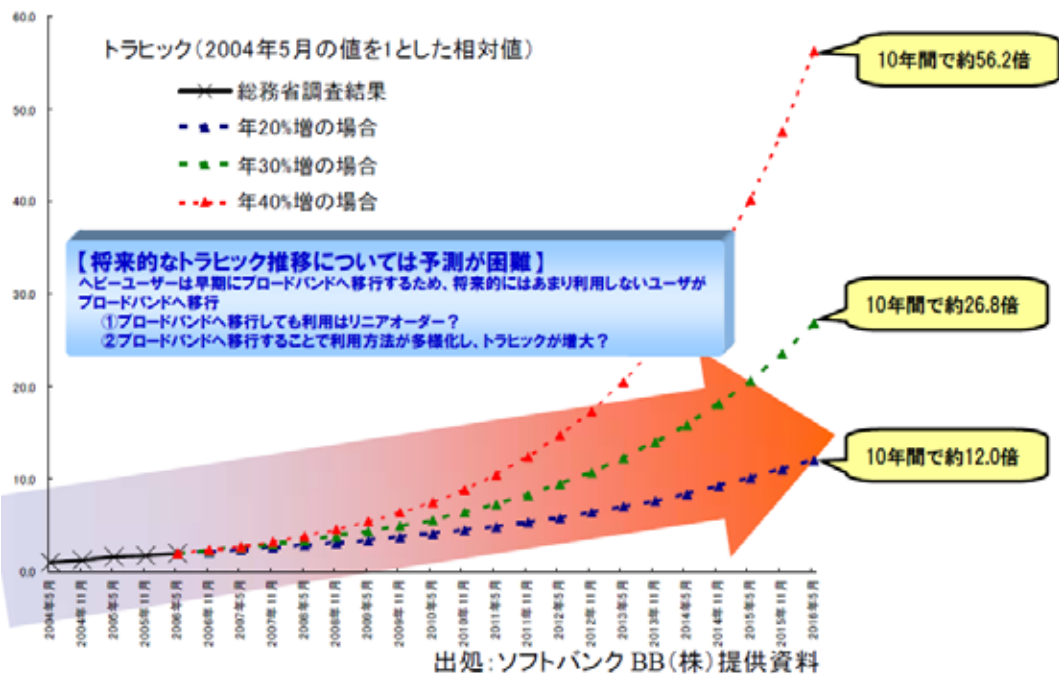
図 5-33 IP ネットワークのアーキテクチャ

(ii) ネットワークが抱える将来の課題

ここでは、現在のネットワークが抱える将来的な課題を整理し、今後のルーター・スイッチに求められる社会的・技術的課題を明らかにする。

・ インターネットトラフィックの増大

- ・ インターネットトラフィックは、最大 年率 40%増加の可能性もある（図 5-34）
- ・ 情報通信と放送の融合：高精細映像コンテンツが急増していく（図 5-35）
- ・ トラフィック当りのエネ消費を 2～3 桁下げなければNW発展は行き詰る



(出所(左図)：総務省、「P2Pネットワークの在り方」(2007.6))

図 5-34 今後のインターネットトラフィックの増加の見通し

映像コンテンツの伝送容量

- ・ ニコニコ動画 : 0.5Mb/s → 0.23GB/時間
- ・ テレビ電話 : 2Mb/s → 0.9GB/時間
- ・ 市販DVD (640 × 480) : 5Mb/s → 2.3GB/時間
- ・ HDTV (1920 × 1080) : 10-30Mb/s (圧縮)
→ 4.5GB-13.5GB/時間

.....

(非圧縮)

- ・ HDTV (1920 × 1080) : 1.5Gb/s → 0.68TB/時間
- ・ 4Kデジタルシネマ (4096 × 2160) : 6Gb/s → 2.7TB/時間
- ・ SHV (7680 × 4320) : 72Gb/s → 32.4TB/時間

情報通信と放送の融合 高精細映像コンテンツの急増

- ・ ~2008年 : 10GBASE-T、100GbE標準化
- ・ 2010年 : FTTH加入者数 ~ 3000万
- ・ 2011年 : 放送のデジタル化
- ・ 2011年 : 通信網の全IP化
- ・ ~2015年 : スーパーハイビジョン試験放送
- ・ 2025年 : スーパーハイビジョン一般放送開始

NGNの構築

巨大コンテンツが
ネット上を飛び交う

企業・個人の放送局化、双方向・多対多通信(放送)への発展

(出所 : 森雅彦、「消費エネルギー低減を目指したダイナミック光パスネットワーク構想、産業技術総合研究所シンポジウム 第4回ネットワーク社会とエネルギー (2008))

図 5-35 映像コンテンツの伝送容量

- ・ スпамメールの増大
- ・ スпамメールは増大し、スパム対策、セキュリティ対策の負荷が大きくなる（図 5-36）
- ・ トラフィック負荷を軽減・分散する P2P ネットワーク技術は、P2P ファイル交換ソフトの急増のために ISP 等ネットワークのバックボーンに逼迫をもたらしている

スパムにより、スパム対策、セキュリティ対策の負荷が大きくなる。



P2Pファイル交換ソフトユーザによるトラフィック占有



データ配信技術等ソフトウェア技術の重要性が高まる

- ・ P 2 P 技術
- ・ ストリーミング 技術
- ・ セキュリティ技術

(出所: 総務省、「P 2 P ネットワークの在り方」(2007.6))

図 5-36 スпамメール、P2P ファイル交換ソフト利用の増大

(iii)．今後の省エネ技術

ルーター・スイッチの今後の主要な省エネ技術として、以下の３つをあげることができる。

- ・ ルーター等の省エネ性能向上
- ・ ルーターの動的省電力モード
- ・ ダイナミック光パスネットワーク

・ ルーター等の省エネ性能向上

以下の取組みによりルーター等の省エネ性能を向上させる（出所：アラクサラネットワークス株式会社ホームページ）。

- ・ 電力効率の高いアーキテクチャ
- ・ 省電力モード
- ・ 待機消費電力節約機能

また、ネットワーク機器の省エネにはヘッダールックアップおよびバッファリングの負荷を減らすことが有効であり、この負荷を減らす技術としてフロールーターが期待されている。フロールーターを開発している米 Anagran 社では、その主な特長として表 5-10 の内容を示している。

表 5-10 フロールーターの特長

フロールーターの特徴	内容
TCPジャンプスタート	T C Pジャンプスタートが可能になり、T C Pスループットを大幅に改善できる。
トランク使用効率向上	マルチパス上のトラフィック負荷を分散できるため、I Pトラフィックの80%以上のトランク使用効率を達成できる。
QoS制御	ネットワークエッジにフロールーティングノードを置けばQ o S機能を実現できる。
P2P制御	フロールーティングではすべてのフロー情報が保持されるため、P 2 Pトラフィックであるか否かを瞬時に識別できる。
ユーザー統計情報収集	パケットルーティングでは不可能だったユーザ統計情報の収集も、フロールーティングでは可能になる。
DDoS防御	パケットルーティングでは不可能な異なったタイプのD D o S攻撃を認識することができる。
MPLS	ロールーティングノードでは、他のトラフィックと同じようにM P L Sトラフィックも扱われる。

（出所：株式会社テリロジー ホームページ、「http://www.terilogy.com/pr_media/denkei/index060320.html」）

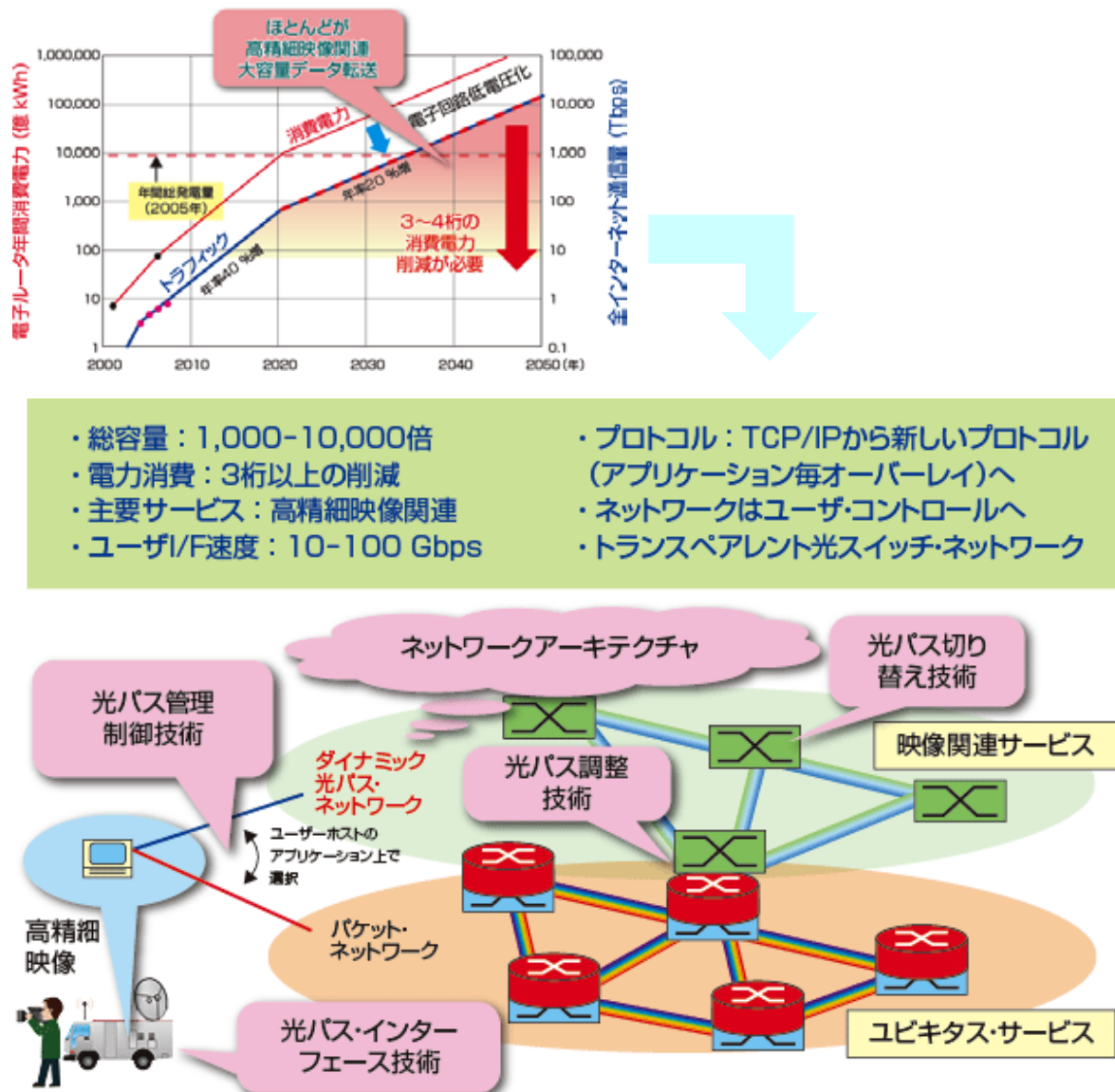
・ ルーターの動的省電力モード

ルーターの入出トラフィック量に応じて、動的に電力モードを切り替え、消費電力を削減するソフトウェア技術が期待されている。

ダイナミック光パスネットワーク

光パスネットワークは、ユーザーとユーザーを光のパスで直接結ぶ方式であり、細かなパケット処理を行わないばかりでなく、任意のフォーマットの情報を伝送することができるため、巨大情報に適した低消費電力のネットワークとなる（図 5-37）。

産総研ではネットワークフォトンクス研究センターを 2008 年 10 月に設立。高精細映像情報などの巨大情報を超低消費電力で送受信できる、新しい光パスネットワークに向けた取り組みを行っている。



（出所：産業技術総合研究所ホームページ、

「http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/aist_today/vol08_07/special/p04.html」）

図 5-37 パケットネットワークに併設するダイナミック光パスネットワーク

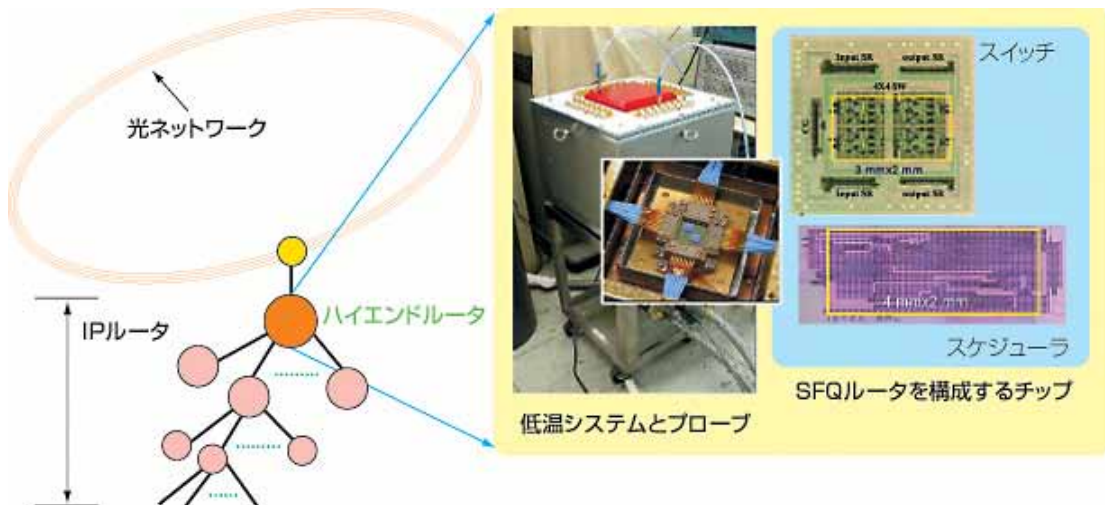
(iv) ． 将来の省エネ技術

ルーター・スイッチの将来の省エネ技術としては、例えば以下のような技術がある。

- ・ 超伝導スイッチ
- ・ 10Gbit Ethernet と光パケットとの変換技術

・ 超伝導スイッチ

超伝導デバイス (SFQ) によるネットワーク通信機器は、従来の半導体デバイスより、1000 分の 1 の超低消費電力、100 倍の高速動作を達成できる可能性がある (図 5-38)。



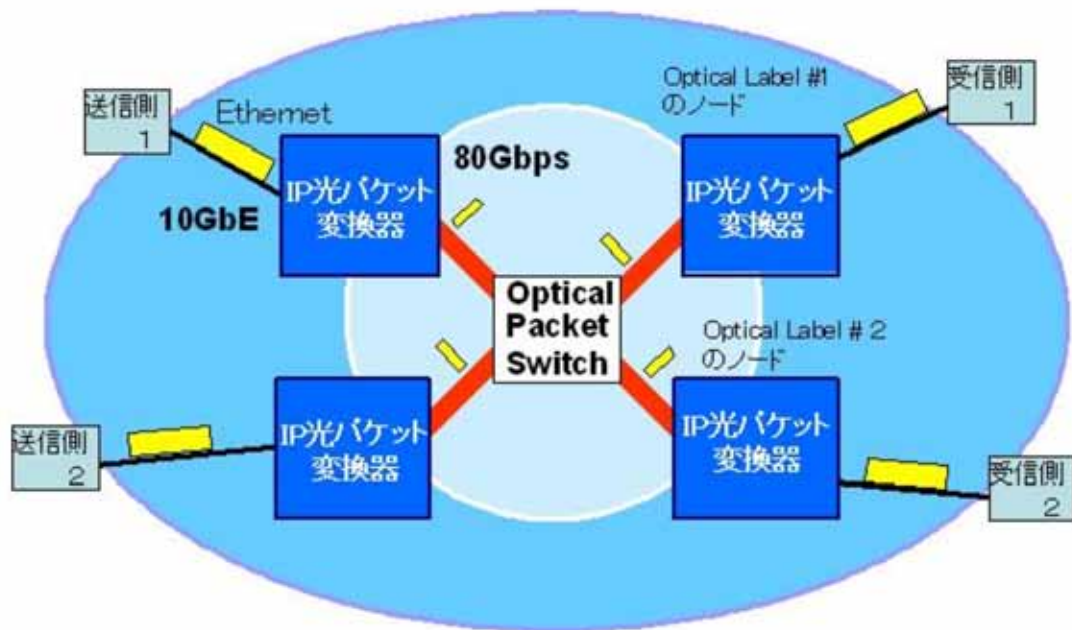
(出所 : NEDO、「低消費電力型超電導ネットワークデバイスの開発」(2006))

図 5-38 超伝導スイッチの省エネ性能

・ 10Gbit Ethernet と光パケットとの変換技術

大容量・超高速データのアプリケーションに光パケットスイッチシステムを用いる際には、超高速光パケットスイッチと、高速インターネットを直接接続するインターフェースが重要である（図 5-39）。

情報通信研究機構（NICT）では、超高速光パケットネットワークを実際のアプリケーションに適用させるための汎用性のあるインターフェースを開発した。



（出所：情報通信研究機構ホームページ、

「<http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h18/070109-2/070109-2.html>」）

図 5-39 光パケットスイッチと開発インターフェースの適用概念図

(v) ． 将来に向けた取組み～新世代 NW 研究・テストベッド

欧米及び我が国では、以下のような新世代 NW 研究・テストベッドが進められている（図 5-40）



（出所：情報通信研究機構、「新世代ネットワークに関する取組について」（2007））

図 5-40 新世代ネットワークに関する取組について

5.4.3. 省エネ関連技術の開発ロードマップ

(i). 光パケットスイッチ

光パケットスイッチとは、光信号に変調されたパケットをパケット単位でスイッチングする技術である。現在の電気ネットワークの代替として、柔軟かつ大容量の通信が可能となるが、光デバイスの性能に依存する部分が多い。

従来の電気信号処理における周波数が高くなると消費電力が大きくなるという問題がなくなるため、消費電力の低減が見込まれる。

(ii). 光バーストスイッチ

光バーストスイッチとは、光信号に変調されたパケットを、行き先ごとにあらかじめまとめられた光バースト信号として切り替える技術。光バーストスイッチング・ネットワークの特徴は、複数の IP パケットをデータバーストと呼ばれる単位に集約し、バースト単位のデータ転送を全て光の領域で行なうことであり、従来の電氣的なバーストスイッチングと異なり、制御情報(制御パケット)はデータバーストと異なるチャネル(制御チャネル)を用いて送信される。また、データバーストは、制御パケットを送信してからオフセット時間と呼ばれる時間間隔を空けた後にデータチャネルを用いて送信される。光バーストスイッチング・ネットワークは、データユニットあたりのオーバーヘッドが少なく、中間ノードにおいて O/E, E/O 変換する必要がないという利点を持つ波長ルーチング方式と、帯域利用効率に優れており、トラフィックの変動に対する順応性が良いという利点を持つ光パケットスイッチング方式の長所を兼ね備え、バースト性の高いフォトニックネットワークに最適なスイッチング方式として注目が集まっている。(出所: 慶應義塾大学 山中研究室 HP)

従来の電気信号処理における周波数が高くなると消費電力が大きくなるという問題がなくなるため、消費電力の低減が見込まれる。

< 光パケットスイッチの課題：光デバイス >

光パケットスイッチは、光信号をパケット毎にスイッチングでき、光スイッチの中でも最も究極のスイッチといわれるが、光バーストスイッチ等と比較して光デバイスに一段高度な技術が要求されるため、今後の技術革新が必要となる。

(iii). アダプティブパワー制御

ネットワークトラフィックの増減により、動的にルーターのパワーを制御する。現状では、動作モードを静的に切り替えているが、ネットワークトラフィックに応じて動的に切り替えを行う。

ネットワークを流れる情報量に応じてルーターの動作パワーが変化するため、消費電力の低減が見込まれる。

< アダプティブパワー制御の課題 >

動的制御のためには、ネットワークトラフィックの計測技術、トラフィック変化の予測技術が課題である。

(iv) . 影響を与える半導体技術

高周波電力デバイス技術が影響を与える。

5.4.4. 省エネの可能性（期待値）

以下にルーターの省エネの可能性を記載する。

ここで、省エネの可能性を示す対象は、「小型ルーター、L2 スイッチ」とした。ここで、小型ルーターおよびL2 スイッチはそれぞれ以下を表す。

小型ルーター：

実効伝送速度が 200Mbit/s 以下（無線ルーターにおいては、100Mbit/s 以下）のもの

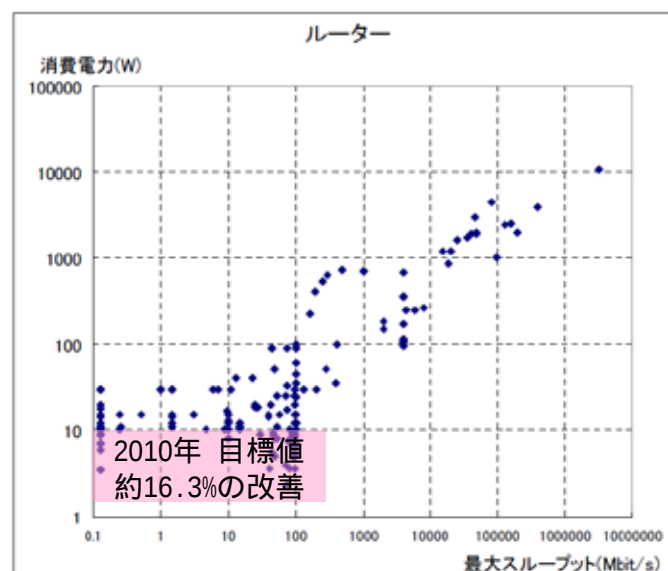
L2 スイッチ：

通信ポートが 3 ポート以上保有するボックス型のもの

（i）． 推定方式

< トップランナー基準による推定 >

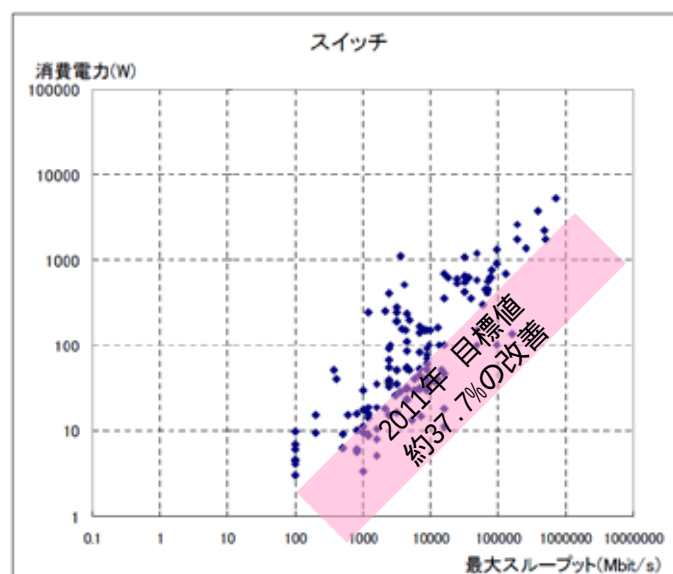
省エネの可能性は近年のトップランナー基準による取り組みから、改善可能な値を想定することにより推定する。図 5-41 および図 5-42 にトップランナー基準による小型ルーターおよび L2 スイッチの目標値を示す。小型ルーターは 4 年で 16.3%の改善、L2 スイッチは、5 年で 37.7%の改善されることとなる。そこで、ルーターの推定方法として、トップランナー基準による消費電力の改善が今後も同様に推移していくと仮定し推定を行う。



・2010年度に16.3%の消費電力の改善
(2006年比)

（出所：省エネルギー基準部会 ルーター等判断基準小委員会「最終とりまとめ」(2008)）

図 5-41 トップランナー基準による小型ルーターの目標値



・2011年度に37.7%の消費電力の改善
(2006年比)

(出所：省エネルギー基準部会 ルーター等判断基準小委員会「最終とりまとめ」(2008))

図 5-42 トップランナー基準による L2 スwitch の目標値

上記仮定による消費電力の改善を図 5-43 に示す。トップランナー基準による消費電力の改善により 2025 年には、2006 年比で小型ルーターが 43%、L2 スイッチが 17%の消費電力になると予想される。ただし、情報通信量の増加による消費電力量増大に対応するためには、ネットワーク機器全体で 2 ～ 3 桁の消費電力量の削減が必要であり、これまでの機器単体の取組みでは限界があることがわかる。そこで、今後の省エネ対策として、以下のような技術が期待される。

- ・「集約アーキテクチャ」によるルーター等の省エネ性能の向上
- ・「フロールーター」によるヘッダーlookupアップ、バッファリングの負荷低減
- ・「ルーターの動的省電力モード」による消費電力の削減

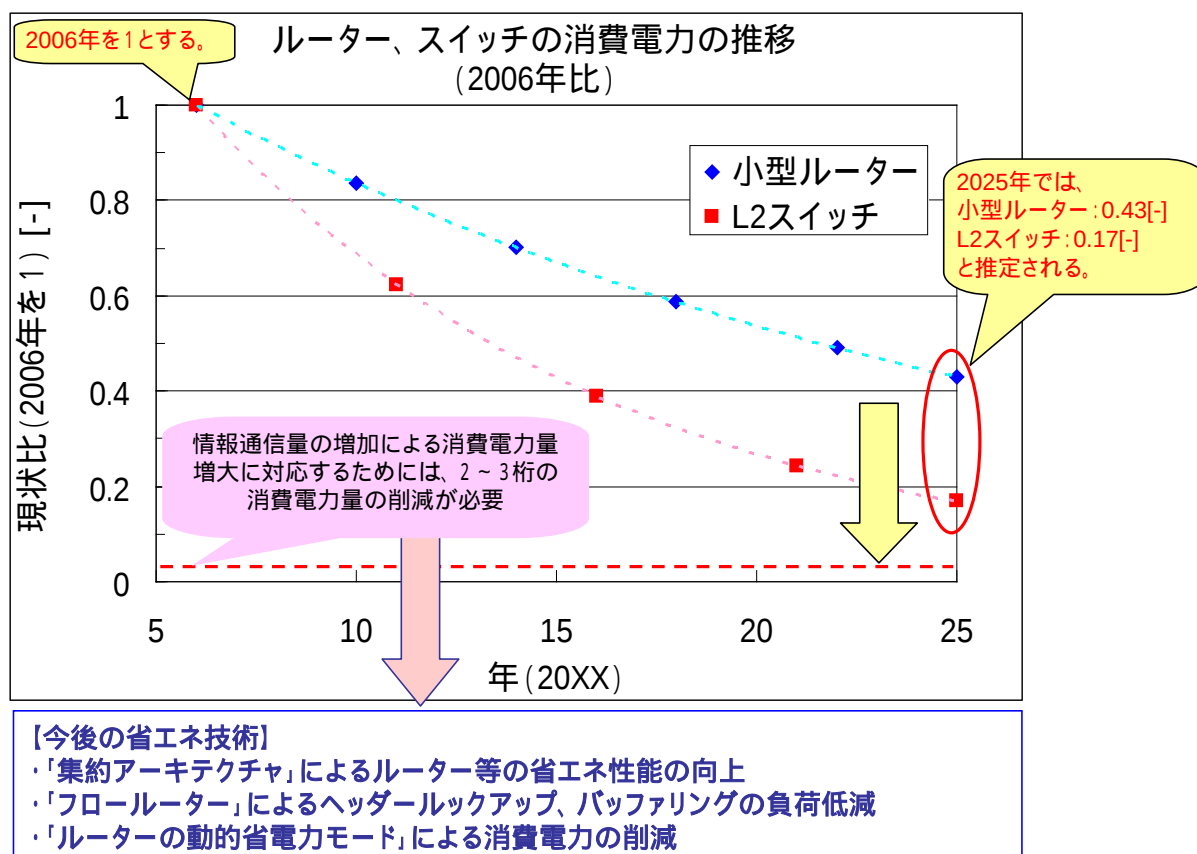
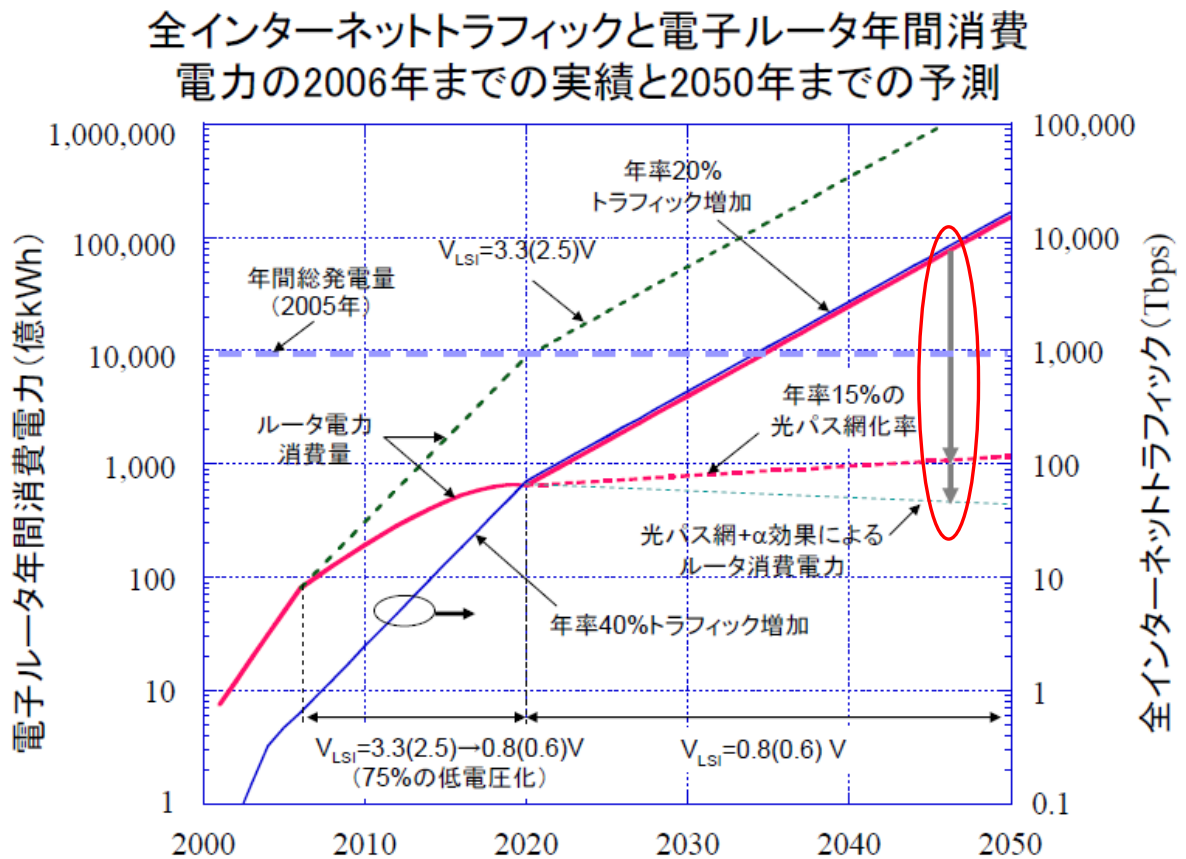


図 5-43 トップランナー基準による消費電力の改善

< ネットワークアーキテクチャによる省エネの可能性 >

上記のような機器単体の取組みに加え、ネットワークアーキテクチャによる省エネの実現が期待されている。次世代・新世代ネットワークアーキテクチャである「光パス網 + α 」効果により、ルーター全体の消費電力量の2～3桁の削減を期待できる（図 5-44）。



（出所：NEDO、「省エネルギー技術戦略における省エネ型生活情報空間創生技術及び次世代省エネデバイス技術の技術戦略」に係る調査研究（2008））

図 5-44 ネットワークアーキテクチャによる省エネの可能性

小型ルーターおよび L2 スイッチの省エネの可能性を図 5-45 に示す。



これまでの取り組みでは、情報通信量の増加による消費電力量増大に対応できない。そこで、以下の技術の実現が省エネ対策として重要である。

- ・「集約アーキテクチャ」によるルーター等の省エネ性能の向上
- ・「フロールーター」によるヘッダールックアップ、バッファリングの負荷低減
- ・「ルーターの動的省電力モード」による消費電力の削減
- ・次世代・新世代ネットワークアーキテクチャによる省エネ化

5.5. ディスプレイ

5.5.1. 策定対象

ノート PC およびモバイル機器向けディスプレイ

ディスプレイにはさまざまな用途があるが、本項では、テレビ、PC（デスクトップ PC、ノート PC）、モバイルで映像を表示するための装置とする。ただし、このうち、テレビ（デスクトップ PC）のディスプレイについては別途テレビの項目で記述しているため、以下、ノート PC およびモバイル機器でのディスプレイを対象にする。

ここでの各端末の定義と特徴は図 5-47 のとおり。

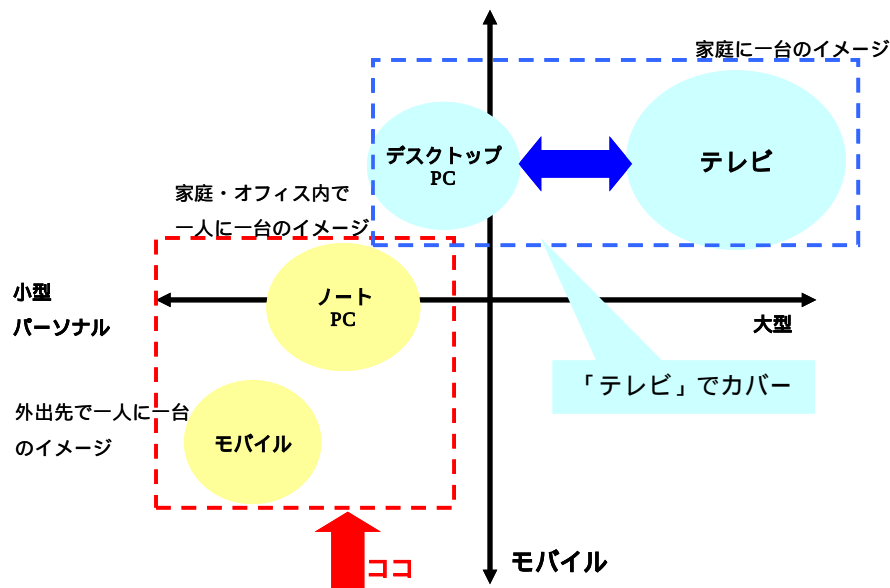


図 5-46 対象とするディスプレイ

分類	主な用途	特徴
テレビ (デスクトップ PC)	家庭内で利用する、AVユース用端末	高解像度・大型
ノート PC	家庭・オフィス内での個人用の端末。	軽量・中型入力装置が充実
モバイル	主に外出先で他情報家電・ネット等からの情報確認用端末（一部、入力機能あり）	超軽量・小型、省電力

図 5-47 各端末の分類、主な用途および特徴

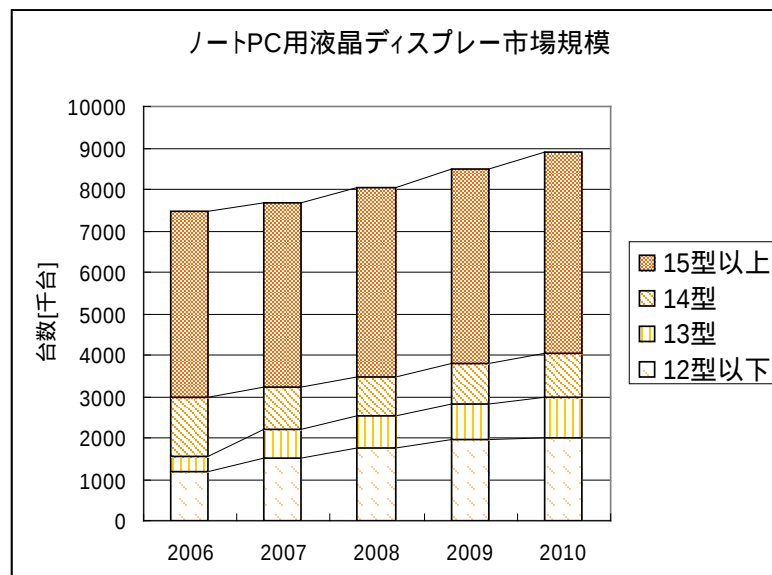
5.5.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定

(i). ディスプレイのトレンド

- ・ ノート PC は軽量・薄型、15 型以上、モバイルは 3-4 インチ

ノート PC 市場では、15 型以上が市場の大半以上を占めており、今後はさらに 17 型も増加するとされている（図 5-48）。また、ノート PC（A4 型）では、急速に軽量化が進んでおり、ディスプレイに関しても今後さらなる軽量化が求められる可能性が高い。

モバイルは、携帯性が重視される（図 5-49）ため、大画面化はある程度までは進むものの、片手に収まる 3-4 インチ程度の大きさに落ち着く可能性が高い。ただし、大画面（または複数画面）でうまく収納が可能となるようなタイプが出てくる可能性もあるだろう。



（出所：社団法人電子情報技術産業境界、「情報端末装置に関する市場調査報告書」（2008））

図 5-48 ノート PC 用液晶ディスプレイ市場規模

- ・ モバイルディスプレイでは新インターフェース早期導入

モバイルでは当然ノート PC よりも携帯性が重視されるため、小型化が重要な要素となる。しかしながら、小型化が重視される一方、モバイルからの情報発信なども増加しており、入力機能についても軽視できなくなっている。そこで、今後キーボードなどの入力装置部分を省いてさらなる小型化を達成でき、入力機能も維持可能になる入力装置とディスプレイが組み合わさった新インターフェース（タッチパネル、非接触入力装置など）が早期に普及していく可能性がある。

一方、ノート PC では、小型化よりも、入力が重視されるため、新インターフェースの採用はモバイルよりは遅れ、利用シーンに応じて入力装置を既存のキーボードと切り替え可能など補助的な役割になる可能性が高い。（図 5-49）

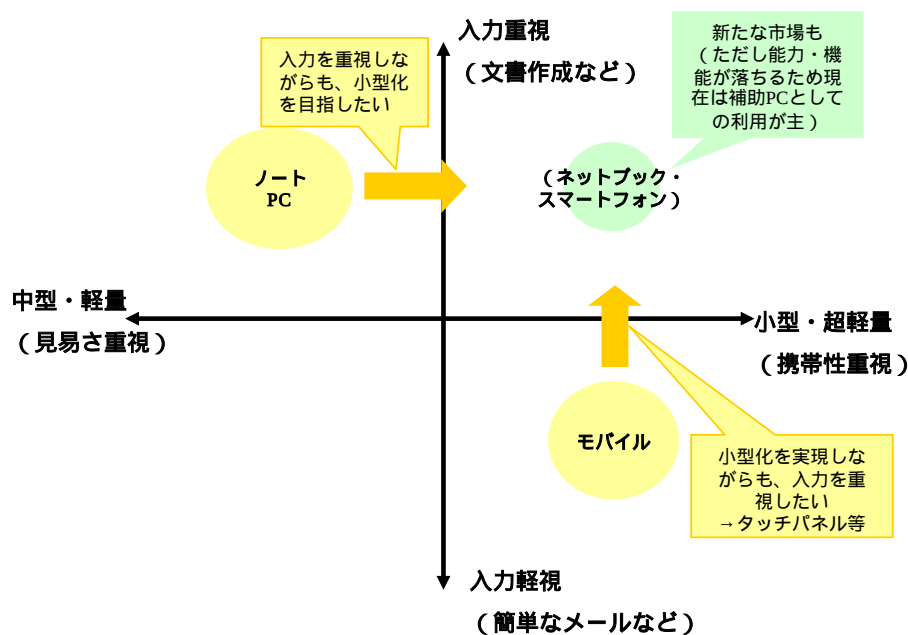


図 5-49 ノート PC とモバイルディスプレイのポジショニング

モバイルディスプレイでの有機 EL 早期導入

潜在能力で考えた場合、有機 EL は消費電力、フレキシビリティにおいて液晶より優位となっている。このため、特に携帯性・省エネ性（稼働時間）を重視するモバイルで有機 EL の早期導入が進む可能性が高い。また、ノート PC でも、有機 EL のコスト競争力が高まれば、有機 EL 導入が随時進む可能性がある。

また、有機 EL は量産方法に優れており、液晶よりも生産が容易になる可能性が高いため、将来的にはコスト競争力を持つとされている。

各種ディスプレイ潜在能力比較表

	液晶	有機EL	プラズマ
消費電力	○	◎	×
応答時間	△	○	○
大画面化	△	◎	○
視野角(広さ)	△	○	○
寿命	○	○	△
コスト	△	○	△
フレキシビリティ	×	◎	×

※本比較はあくまで潜在能力を比較したもので、現状技術の比較ではありません。

(出所：NEDO、「未来へ広がるエネルギーと産業技術 成果レポート最前線」(2004))

図 5-50 各種ディスプレイ潜在能力

(ii)．新機能・新形態について

．ディスプレイはフレキシビリティがキーワードに

ディスプレイの今後のトレンドは、有機 EL の特性を踏まえ、「薄型」からさらに「フレキシビリティ」に比重が変化してくる。ディスプレイが曲げられるようになるため、曲面への設置や、収納可能なディスプレイなど、新たな形態の開発が進むものと考えられる。

．新しい市場へ進出するディスプレイ

電子化、ネットインフラ、ディスプレイの進化によって、既存のテレビや PC などのディスプレイ市場だけでなく、街頭・店頭などの広告の電子化、情報伝達としてのデバイス、既存の紙媒体などの電子化などさまざまな新しい市場が形成されていくことが期待されている（図 5-51）。

デジタルサイネージ（電子看板）：

広告媒体が電子化し、ネットインフラの普及によって、地域・時間に応じてコンテンツを変化させターゲットへ直接訴えるいわゆるデジタルサイネージの普及が期待されている。

電子ペーパー：

視認性・携帯性を持ち、既存の紙媒体に置き換わる可能性がある。表示中の電力が不要、紙の削減にもつながるため、環境面からも期待されている。

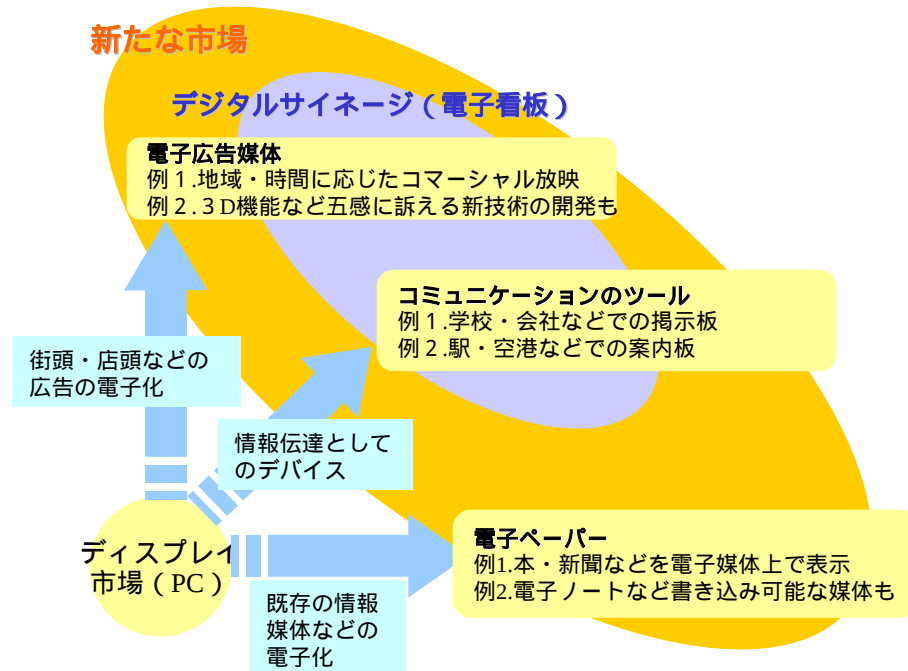


図 5-51 ディスプレイの新たな市場

5.5.3. 省エネ関連技術の開発ロードマップ

(i). 有機 EL ディスプレイ

有機 EL ディスプレイは、液晶ディスプレイやプラズマディスプレイの動画特性・視野角依存性や精細度などを凌駕し得る将来デバイスとして囑望されているが、フルカラーディスプレイとしての量産に至らない状況が数年に渡り継続している。一般的には量産化への進展は、中小型サイズのパッシブ駆動のモノクロやマルチカラーディスプレイから市場参入を開始し、次第にアクティブ駆動のフルカラー化が実現され、最終的には大型フルカラーディスプレイの本格量産を迎えると考えられている。つまり、モバイル型ディスプレイを起点に大型据置型への移行が従来までの一般的な技術と産業のシナリオであったと言える。しかしながら、モバイル型のフルカラー化の段階で、ここ数年に渡り毎年試行的な事業展開がなされただけに終わってしまっている現状にある。

その主たる理由として、有機 EL ディスプレイの寿命が市場の要求レベルを満足するに至っていないことが挙げられている。確かに、発光材料自体の寿命が十分長いとはいえない状況であり、過去の有機 EL に関する各種開発プロジェクトは結果的には材料開発に関するものがほとんどであった。このような状況下で、材料メーカーは長寿命材料の開発に注力し大きな成果が得られつつある。しかしながら、その間に有機 EL ディスプレイの競合技術である液晶ディスプレイやプラズマディスプレイも大きな進化を遂げ、有機 EL ディスプレイの各種製品仕様が競合技術を上回ることができていない。

また据置型有機 EL ディスプレイに関しては、消費電力・輝度・発光寿命・焼付き寿命などの課題に加え、大型映像デバイスゆえのサイズ起因の課題も未解決のままである。特にアクティブスイッチング素子としての TFT の特性均一性は有機 EL ディスプレイの発光強度の均一性に多大な影響を及ぼす。またその高均一特性を実現できる量産技術とそれを支える製造設備や製造プロセスも液晶ディスプレイ用途とは異なるレベルが要求される。

有機 EL デバイスの製造には、EL 発光層などの表示（発光）媒体の課題と、その発光層を駆動するための TFT 素子基板（バックプレーン）の課題に大別される。上記のように、従来は発光層の課題、とくに発光材料とインターレイヤーの課題解決に開発プロジェクトの重点が置かれてきた。バックプレーンに関しては、各企業の個別努力の範囲に位置づけられてきたが、競合技術の開発の進展に伴い改めて大きな開発テーマであるとの共通認識が確認されつつある。

有機 EL が残されている技術課題を解決できた場合には、高画質・製造コスト競争力・薄さ軽さなどの観点で他のディスプレイ技術を凌駕し得る可能性を有していることになる。このため将来展望として、据置型フラットパネルディスプレイほぼ全分野において有機 EL に置き換わる可能性も否定できないと考えられる。現在のディスプレイメーカーはこのような状況の変化を見極めつつ適切な対応が求められることになると言える。（出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2007 解説）

(ii). プラズマディスプレイ

< 予備放電ゼロ >

プラズマディスプレイの画素は、電子発生源から飛び出した電子を希ガスに衝突させてプラズマ化し、このとき発生する紫外線が画素セル内の蛍光物質にあたることにより発光している。予備放電とは、プラズマディスプレイを高速駆動させるための「種火」のようなものである。従来のプラズマディスプレイでは、黒を表示する際にも次の画素状態に備えて予備放電を行っていたが、これを画素セル内の放電速度を高めることにより、黒状態では予備放電を消灯させることが可能となった。この技術はコントラストを高めるだけでなく低消費電力化にも有効であると考えられる。

(iii). 液晶ディスプレイ

< バックライトコントロール >

液晶ディスプレイの消費電力の 70 ~ 90 % はバックライトが占めており、バックライトの低消費電力化が重要である。従来の液晶ディスプレイでは、画面が暗色の場合でも常にバックライトが 100 % の状態で点灯しているため無駄に電力を消費している。これを改善し、表示する画像に応じてバックライトの出力をコントロールすることにより低消費電力化を可能とする。小型の液晶ディスプレイでは、画像に合わせてバックライト全体の輝度を調整する(0D ディミングともいう)。大型のディスプレイでは、バックライトの発光領域を分割して、各領域で輝度を調整するエリア・コントロールが行われる(2D ディミング)。

5.5.4. 省エネの可能性（期待値）

以下にテレビの省エネの可能性を記載する。

ここで、省エネの可能性を示す対象は、「ノートPC（17型）ディスプレイ」^{1）}「モバイルディスプレイ」とした。

（i）． 推定方式

ディスプレイの省エネの可能性は、省エネ関連技術のロードマップより推定する。

< ノート PC（17 型）ディスプレイ >

ノート PC ディスプレイとしては、液晶および有機 EL ディスプレイがその対象となると仮定する。

液晶ディスプレイは現状の 17 型ディスプレイから、ロードマップで予測している現状比を利用し、2018 年までの消費電力を求める。2025 年は、これまでの傾向と同様に推移していくと仮定し値を推定した。

有機 EL ディスプレイは、NEDO のプロジェクト（「次世代大型有機 EL ディスプレイ基盤技術の開発（グリーン IT プロジェクト）」：2008 年度から 2012 年度）の目標値から 2011 年の値を推定する。なお、目標値は 40 型であるため、17 型の値は電力が表示面積に比例するとして算出した。2011 年以降はロードマップで予測している現状比を利用し、2018 年までの消費電力を求める。2025 年は、液晶ディスプレイと同様に、これまでの傾向と同様に推移していくと仮定し値を推定した。

< モバイルディスプレイ >

モバイルディスプレイとしては、液晶および有機 EL ディスプレイがその対象となると仮定する。

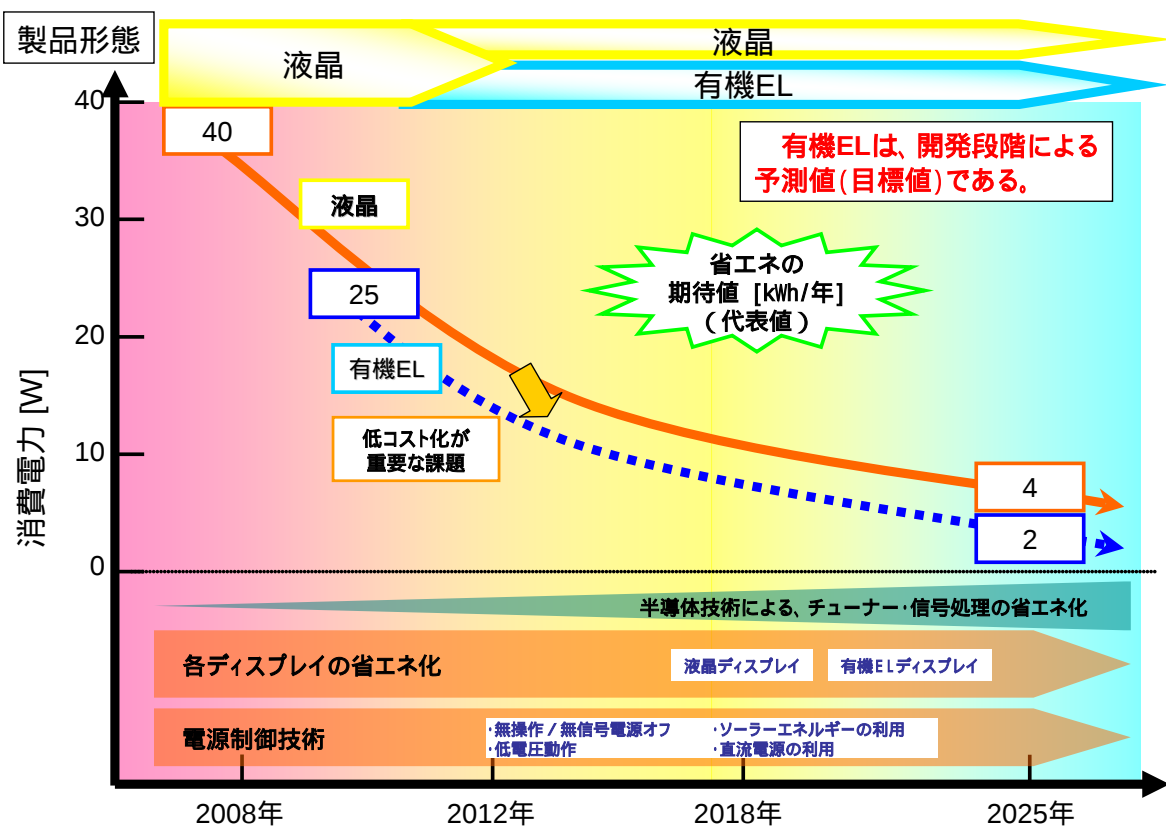
液晶ディスプレイは現状のモバイルディスプレイから、ロードマップで予測している現状比を利用し、2018 年までの消費電力を求める。2025 年は、これまでの傾向と同様に推移していくと仮定し値を推定した。

有機 EL ディスプレイは、2008 年は現状の値を用い、2008 年以降は、有識者ヒアリング・アンケートを参考に 2025 年に液晶ディスプレイと同程度以下に推移すると予測した。

(ii) . 2025 年の省エネの可能性 (代表値)

< ノート PC (17 型) ディスプレイ >

ノート PC (17 型) ディスプレイの省エネの可能性を図 5-52 に示す。



推定：みずほ情報総研

図 5-52 ノート PC ディスプレイ (17 型) の省エネの可能性 (期待値)

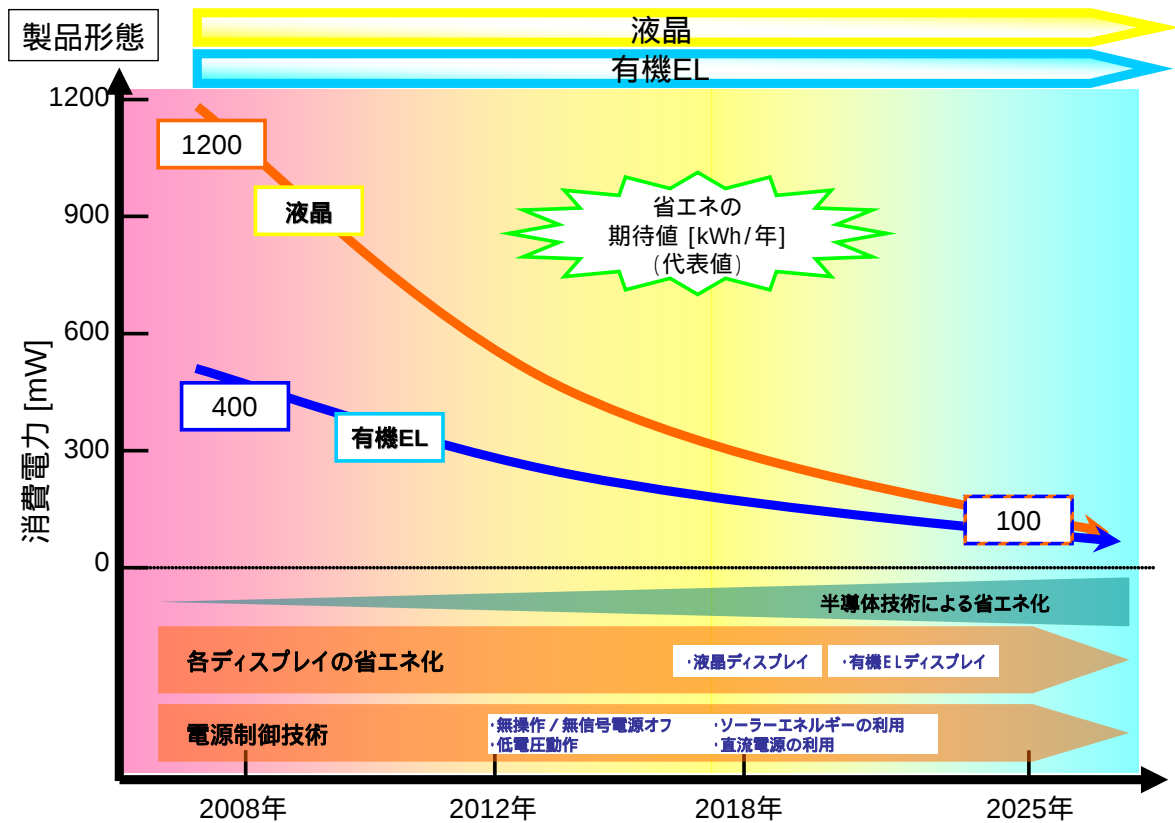
< ノート PC (17 型) ディスプレイの課題 >

現在の主流である液晶ディスプレイは、今後の技術開発による省エネ化が期待されているが、省エネ性能の潜在能力は有機 EL が有利である。よって、ディスプレイのさらなる省エネ化には、現在開発中の有機 EL ディスプレイの実用化に加え低コスト化が重要な課題である。また今後のディスプレイは、タッチパネル等の新インターフェース対応や、視覚だけではなく、他の 5 覚 (聴覚など) の結びついた総合的な情報伝達手段となっていく可能性があり、省エネ技術だけではなくこれらの開発も重要になってくる。

なお、現在のディスプレイは 2 次元平面型だが、フレキシブルや立体ディスプレイといった新しい使用方法によって、これまでの上記のような発光方式が変化していく可能性がある。

< モバイルディスプレイ >

モバイルディスプレイの省エネの可能性を図 5-53 に示す。



推定：みずほ情報総研

図 5-53 モバイルディスプレイの省エネの可能性（期待値）

< モバイルディスプレイの課題 >

現在の主流である液晶ディスプレイは、今後の技術開発による省エネ化が期待されている。有機 EL ディスプレイも液晶ディスプレイ同様に省エネ化が期待される。また今後のディスプレイは、タッチパネル等の新インターフェース対応や、視覚だけではなく、他の5覚（聴覚など）の結びついた総合的な情報伝達手段となっていく可能性があり、省エネ技術だけではなくこれらの開発も重要になってくる。

なお、現在のディスプレイは2次元平面型だが、フレキシブルや立体ディスプレイといった新しい使用方法によって、これまでの上記のような発光方式が変化していく可能性がある。

5.6. 半導体

5.6.1. 対象技術

IT 機器（サーバー、ストレージ、PC、ルーター、ディスプレイ）およびエレクトロニクス機器（テレビ、録再機（DVD等）、照明器具、冷蔵庫、空調機（エアコン）の「機器の省エネ（低消費電力化）を支える半導体技術」をロードマップの対象とした。

なお、一般的な製造技術、テスト技術については対象外とした。

5.6.2. 省エネ関連技術の開発ロードマップ

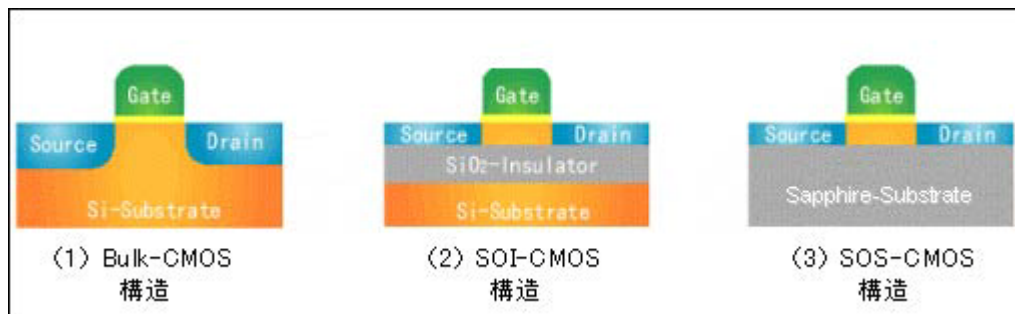
(i). 半導体の微細化と消費電力

半導体の低消費電力化は、半導体が応用される IT 機器・エレクトロニクス機器の省エネ化に直接寄与する。Si CMOS がロジック半導体に多く用いられているが、その低消費電力化を実現するためには、微細化による動作速度性能向上と、動作電流、及びリーク電流による消費電力の低減を同時に満たす必要がある。Si CMOS を微細化することによって、その高集積化、高性能化が実現される一方、半導体の消費電力は、低電圧化や電圧の動的制御によるアクティブパワーの低減と、High-k 絶縁膜を用いてゲートの静電的支配力を向上させることによって OFF リークを低減し、スタンドパワーを抑制することによって実現される。

半導体メモリ（揮発 / 不揮発性メモリ）の微細化は、高集積化によるビットコストの低減に寄与し、半導体メモリの普及を促進するとともに、低消費電力化にも有効である。したがって、半導体メモリを使用する機器の省エネ化を実現するとともに、IT 機器・エレクトロニクス機器への半導体メモリの応用範囲の拡大により、さらに省エネ化に寄与する。

(ii) . CMOS の微細化

Si CMOS の微細化を極限まで進め、現在、hp45nm-32nm 以下の極微細世代のトランジスタの性能向上のための新しい技術革新への研究開発がなされている(図 5-54)。また、日本における代表的半導体プロジェクトである MIRAI プロジェクトでは、超低消費電力システム LSI 実現のために必要な技術開発が行われている(表 5-11)。



(出所：JEITA 半導体部会 「http://semicon.jeita.or.jp/future08/future_02.html」)

図 5-54 各社での技術開発の一例

表 5-11 MIRAI 第 3 期後半の研究開発テーマ

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">1.新構造極限 CMOS トランジスタ技術(U-CMOS)<ul style="list-style-type: none">・バリスティック CMOS 基盤技術・新材料バリスティック CMOS 技術2.ナノシリコンインテグレーション技術(NSI)<ul style="list-style-type: none">・ロバストトランジスタ技術・耐外部擾乱デバイス技術・カーボン配線技術・LSI チップ光配線技術3.EUV リソグラフィ・マスク技術(EUVL)<ul style="list-style-type: none">・EUV マスク技術4.EUV 光源の高信頼化技術(EUVL)<ul style="list-style-type: none">・EUV 光源高信頼化技術 |
|--|

(iii)．混載技術・三次元積層技術による省エネ化

．混載技術による省エネ化

各種メモリ技術の容量、速度の関係を図 5-55 に示す。最近の IT 機器や、情報家電機器のデータプロセッサ部分の多くは、インターフェース、CPU、ストレージ、メインメモリで構成されている。メインメモリは、汎用メモリとして生産され、機器に組み込まれるメモリデバイスであるが、主として DRAM が使用される。しかしながら DRAM はデータ保持に必要なリフレッシュ動作で電力を消費するとともに、電源を切ったときには全ての情報が失われる。DRAM の欠点を補う技術として、不揮発性メモリが期待される。不揮発性メモリとしては、Flash メモリ、PRAM、ReRAM があり、現在、大容量化とコストの面で有利である Flash メモリが、USB、SSD などの応用に対して使用されている。しかし、Flash メモリは書換え回数が制限される。PRAM は現在、開発段階であり大容量化の可能性を秘めるが、動作速度と書き換え耐性に不安がある。ReRAM は、研究段階でありその実現性は不透明である。したがって、メインメモリに応用できる不揮発メモリ開発は今後の課題である。

SRAM は CPU 近くに置く、超高速のキャッシュメモリとして使用されており、DRAM 同様、データ保持に必要なリフレッシュ動作は不要であるが、電源を切ったときには情報が失われる。SRAM は超高速書換えが必要であるため、SRAM を置き換える候補としては、MRAM、FeRAM が考えられる。MRAM は高速動作と書き換え耐性に優れるが、大容量化とコストが課題で、FeRAM は高速動作と低消費電力に優れるが、大容量化に課題がある。

現在、小規模システムでは数 10Mbit の RAM チップがメインメモリとして用いられ、このレベルは現状の FeRAM および MRAM でも適用可能である。携帯電子機器やデジタル家電では、数 100Mbit 以上の RAM チップが必要とされているが、現状の FeRAM および MRAM では容量不足であり、実現にはあと数年必要であると予測される。

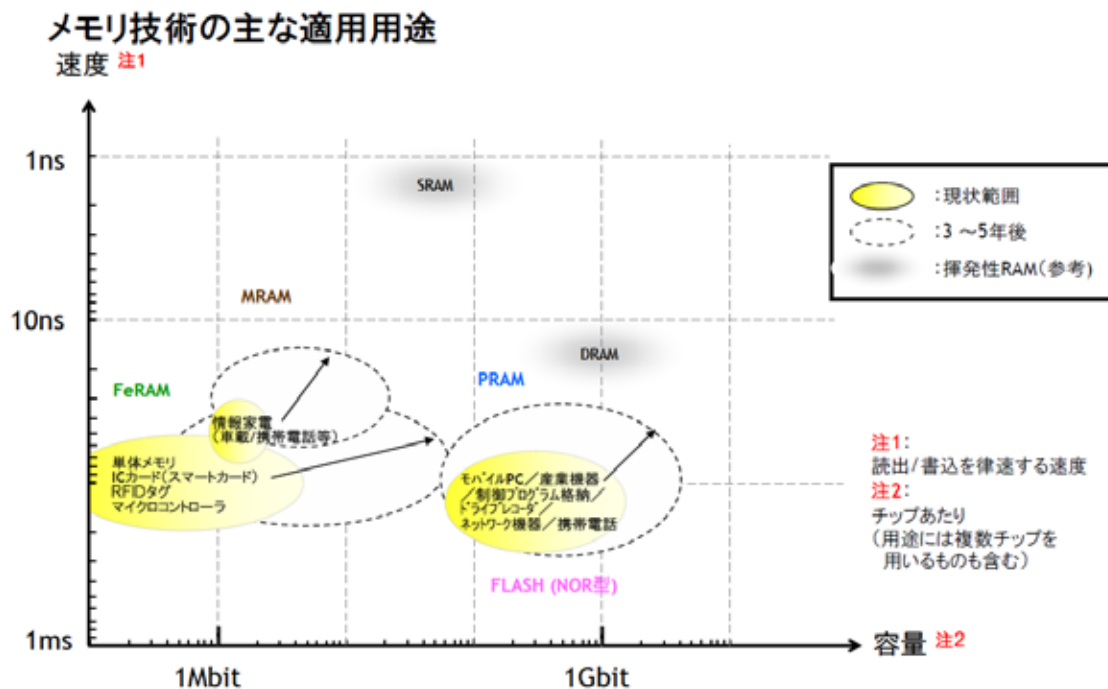


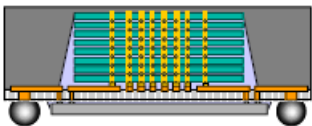
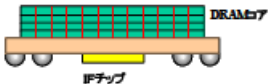
図 5-55 メモリ技術の位置付け

． 三次元積層技術による省エネ化

異なる製造プロセスで作成された各種メモリ（DRAM、不揮発性メモリなど）や、ロジック、プロセッサを低コストで相互接続する技術が求められている。パッケージレベルでLSIを積層し、システムを構成する技術をSiP技術と呼ぶ。SiP技術の内容は多岐にわたる。平面的に複数の半導体チップを配置するだけでなく、半導体チップ上に他のチップを複数積層するチップ積層技術、或いはウエハレベルで積層するウエハ積層技術も開発が進んでおり、より高機能化、小型化に向けた三次元積層技術が求められている。三次元積層技術では、従来のワイヤボンディングにかわり、チップ間の接続を、シリコンに設けた貫通ビアで行う技術（TSV：Through Si Via）、インダクタ結合やキャパシタ結合を用いた非接触インターコネクト技術が研究されている。

将来、三次元積層技術を用いることにより、高性能、低消費電力を同時に実現することができる。また、微細化はチップ開発および製造にコストがかかるため、最先端の微細化を行わず、既存技術によるチップを用いて三次元積層することにより、高機能化、低消費電力化を実現することも期待されている。メモリにおける三次元積層技術の低消費電力化の例として、積層DRAMと同等のDIMMモジュールの消費電力比較を表5-12に示す。

表 5-12 4Gbit DRAM の消費電力比較

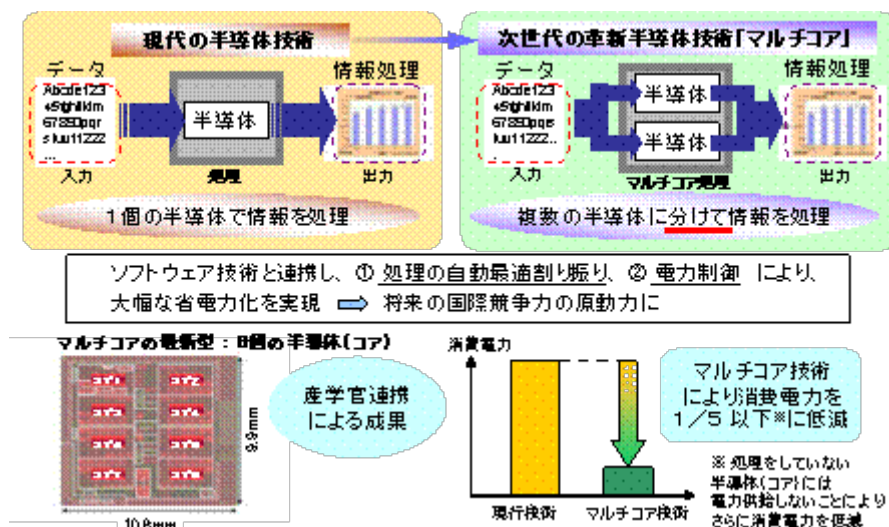
4Gbit DRAMの実装構造	IFチップの電力(W)	DRAMコアの電力(W)	合計消費電力(W)	同一バンド幅当りの電力比
FBDIMM(IFチップにAMB使用: × 12 port) 	6.0	3.8	9.8 (at 3Gbps × 12port)	1.0
プロト積層DRAM(IFチップにISSP使用: × 4 port) 	4.5 [2.0]	0.8 [0.6]	5.3 [2.6]	1.6 [0.8]
実用化積層DRAM(IFに専用チップ使用: × 12port) 	4.7	1.9	6.6 (at 3Gbps × 12port)	0.7

(出所 : NEDO、「積層メモリチップ技術開発プロジェクト 事業原簿」(2007))

(iv) . 設計 (SoC) による省エネ化

・ マルチコア技術

従来、プロセッサにおいては動作周波数の向上により、高機能化を実現してきたが、プロセッサの性能向上をコア数の向上によって実現するマルチコア技術がクローズアップされている。従来の動作周波数向上を用いた高性能化より大幅な省エネ化が達成できるからである (図 5-56)。



(出所 : 内閣府 科学技術政策 「情報爆発時代に向けた省エネルギー技術」)

図 5-56 マルチコア (プロセッサ) 技術による低消費電力化

< 半導体マルチコア技術の課題 >

マルチコアプロセッサ技術の今後の課題は、応用に対応してマルチコアを利用するソフトウェア技術を高度化することと、マルチコアプロセッサに対応した設計技術を開発することがあげられる (図 5-57)。

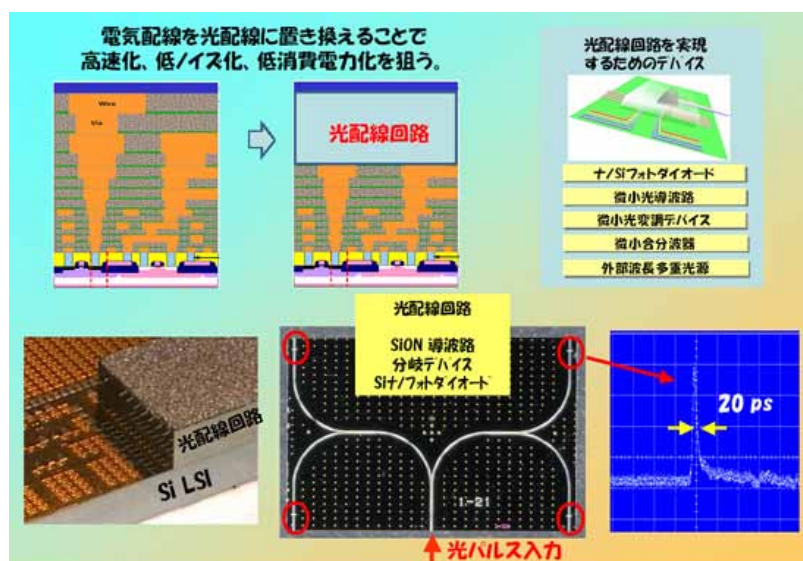


(出所 : 内閣府 科学技術政策 「情報爆発時代に向けた省エネルギー技術」)

図 5-57 半導体マルチコア技術の今後の課題

・ モジュール間通信技術

IT・エレクトロニクス機器のLSI間、モジュール間、或いはLSIのモジュール間で電気信号によりギガヘルツ以上の通信を行う方式は、波形の乱れによる高速化上の制限があり、また、電磁放射によるノイズがシステムに影響を与え、エラー率が大きくなるという問題がある。これに対し、光インターコネクト・配線技術は、LSIの高速化、低ノイズ化、低消費電力化を実現でき、IT・エレクトロニクス機器の省エネ化に寄与する(図5-58)技術として期待される。光インターコネクト・配線技術においては光信号の発受光、変復調等に電力が必要になるため、モジュール間の長距離の通信ほど有利であるが、今後、技術進歩により、短距離でも光インターコネクト・配線技術が応用される可能性が増す。



(出所：JEITA 半導体部会 「<http://semicon.jeita.or.jp/exposition/>」)

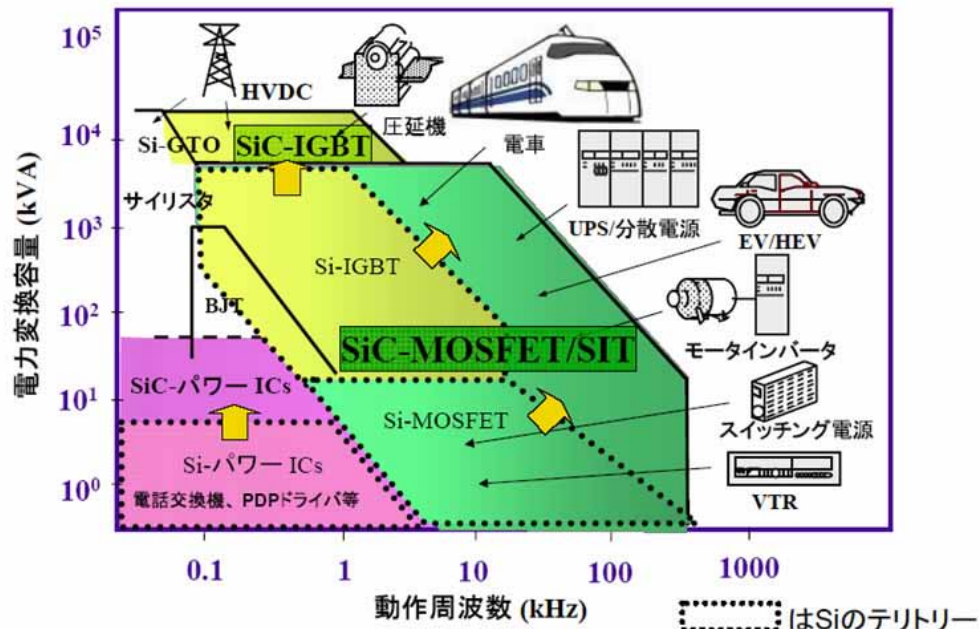
図 5-58 光配線技術による低消費電力化

・ シリコンインプリメンテーション技術

NEDO ロードマップにおける「設計 (SoC 設計)」の「シリコンインプリメンテーション技術」に記載された各技術は低消費電力に貢献するが、本ロードマップでは、直接低消費電力化に貢献する「低消費電力化設計」の部分を引用した。

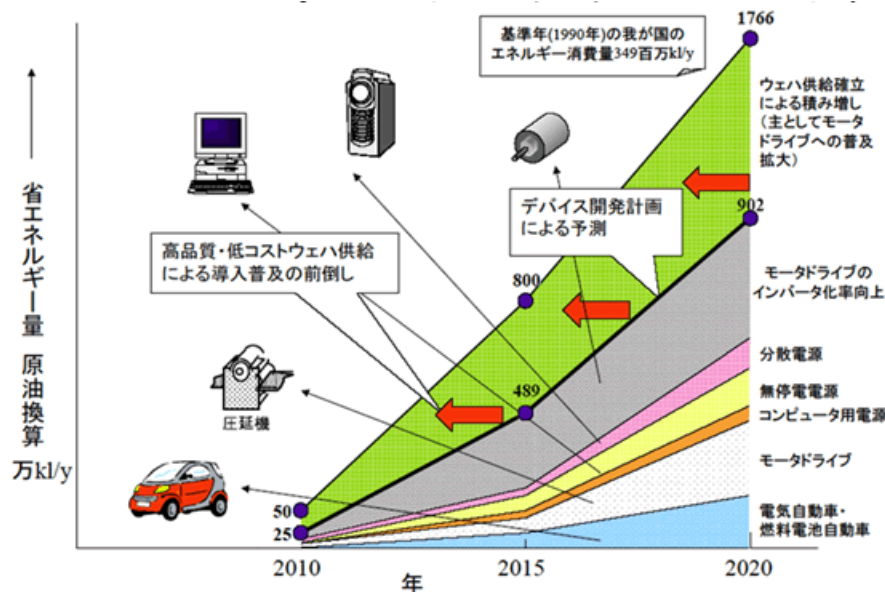
(v). パワーデバイスによる省エネ化

電気エネルギーを所望の電圧、電流、周波数に変換するパワーエレクトロニクス機器は、産業、運輸部門から民生部門まで幅広く進出し、年々その市場規模を拡大している。電力を高効率で変換し省エネルギー化を図るには、可能な限り電力損失の小さなパワーデバイスが不可欠である。今日 Si パワーデバイスの低損失化が精力的に進められているが、Si の物性から来る低損失化の限界に近づきつつある。一方、SiC や GaN 等のワイドバンドギャップ半導体を用いれば、物性から規定される性能限界が大幅に高まり、高性能化や適用領域の一層の拡大が見込まれ（図 5-59）社会全体の省エネ化に寄与すると期待されている（図 5-60）。



(出所：荒井，樋口 / 季報 エネルギー総合工学 Vol.29, No.3 (2006))

図 5-59 SiC デバイスによる適用領域の拡大



(出所：省エネルギー技術戦略(中間取りまとめ)/資源エネルギー庁(2006))

図 5-60 パワーデバイスの導入による省エネルギーの見積もり

< パワーデバイスの課題 >

今後の重要課題は、パワーデバイスの低損失化と大容量化、そしてシステムの高出力密度化である。ロードマップでは、高出力密度化の指標として電力変換器の出力パワー密度(W/cm^3)を採用した。電力変換器の出力パワー密度は、過去 30 年にわたり、4-5 年で 2 倍向上してきたことが知られている。高出力密度化には、デバイスの発熱低減、熱抵抗の小さな高温実装、受動部品の小型化回路技術などの総合的な技術開発が求められる。パワーデバイスの低損失化と大容量化の指標は、製品定格を想定している。数値は「ワイドバンドギャップ半導体パワーデバイス技術調査研究報告書 II」₁、(社)電子情報技術産業協会電子材料・デバイス技術委員会、2006.3 に依った。

パワーデバイスの大容量化には、現在 10^4 cm^{-2} を越える SiC 基板の転位密度低減が急務である。デバイス特性や信頼性と結晶欠陥の関連解明も重要課題である。結晶成長プロセスの改善によりウェーハ価格の低下も期待される。SiC-MOSFET の製品化に向けて、実験室レベルの最高性能を再現性良く実現するためのデバイス・プロセス技術の改良と、特に酸化膜の信頼性確保が重要である。SiC-MOSFET の高温動作時の劣化機構は Si-MOSFET とは異なると予想され、信頼性評価手法の開発から取り組む必要がある。

SiC-SBD に続き、2009 年頃に最初の SiC-MOSFET 製品が実用化されると予想している。その後、結晶・プロセス・デバイス技術の進展と共に SiC-MOSFET の大容量化が進む。また技術が成熟すれば、SiC デバイスを集積したパワー IC が開発され、高密度化と低コスト化が図られる。結晶欠陥が少数キャリア動作に十分な程まで低減されれば、SiC-IGBT 等の高耐圧大容量のデバイスが実用化されるだろう。

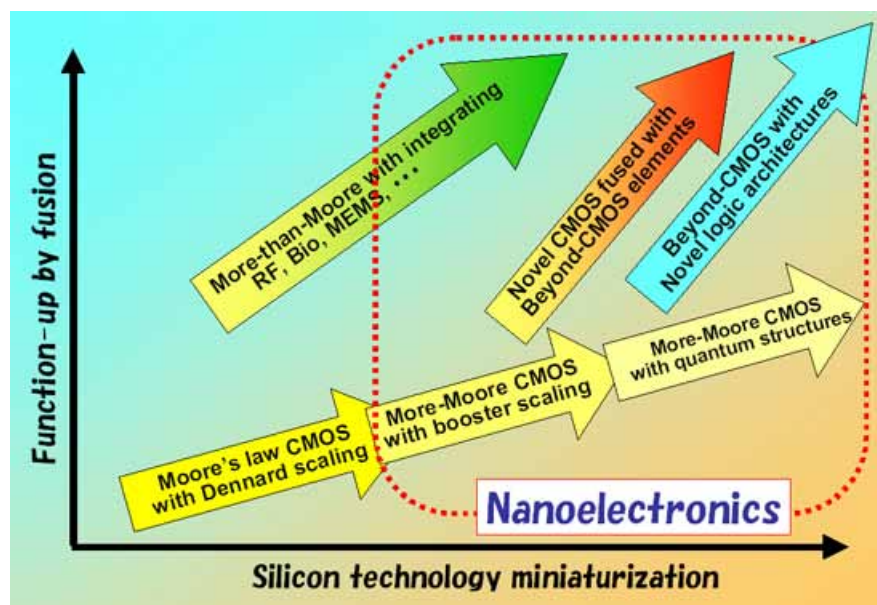
GaN 系デバイスの第一の課題は結晶欠陥の低減である。横型 HFET がパワーデバイスとして本格的に実用化されるにはノーマリオフデバイス開発が求められる。Si 基板上 GaN エピタキシャル成長技術が進展して GaN 系横型 HFET の大幅なコストダウンが実現すれば、低耐圧小容量の民生用途に早い段階で普及する可能性がある。

パワーデバイス開発と並行して、ワイドギャップデバイス特性に最適化された制御回路構成技術の開発や、高温動作を実現する実装技術の開発が、高出力密度化のために不可欠である。(出所：NEDO 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2008 解説)

(vi)．ナノエレクトロニクスデバイスへの期待

今後の半導体技術は、微細化「More Moore」とともに、多機能集積「More-than Moore」(センサー、有機デバイス、RF、MEMS 等の異機能集積)の実現が予測されている(図 5-61)。これらに対して、今後、研究開発が盛んになるナノエレクトロニクスデバイスの実現は、IT・エレクトロニクス機器の高機能化、低消費電力化等に大きく寄与すると予測される(図 5-62)。図において、将来の方向として、さらに微細化を進め、現在の Si CMOS に画期的な低電圧化・高性能化が実現できる新動作原理や新トランジスタ材料等を導入し、低消費電力性と高集積性を実現する「ナノ CMOS」と、「新デバイス (Beyond-CMOS)」と呼ばれる、まったく新しいデバイスの方向が示されている。Si CMOS の微細化を進めたナノ CMOS の取組みは、今後、内外のプロジェクト、コンソーシアムや、半導体デバイスメーカー各社で研究開発が活発化すると予測される。「Beyond-CMOS)」についても Si CMOS と異なる動作原理(スピン波、量子効果、分子、相変化等)に基づく新しいデバイスが、主としてロジック或いはメモリデバイスについて提案され、活発に開発され始めている。

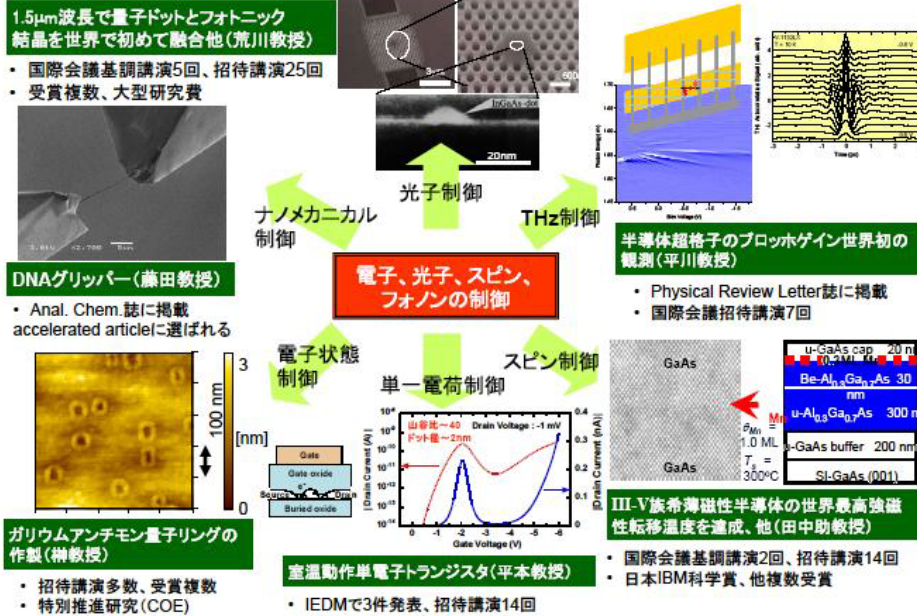
ナノエレクトロニクスデバイスはこれらを総合したものに対する呼称である。現在の Si CMOS では微細化による半導体の高性能化および低消費電力化が、あと 10 数年で限界を向えると予想されている。既存の Si CMOS の微細化限界に対する新技術としてナノ CMOS に向けた今後の研究の展開が期待されている。



(出所：JEITA 半導体部会 「<http://semicon.jeita.or.jp/exposition/>」)

図 5-61 ナノエレクトロニクスデバイスによる「More-than Moore」の世界の実現

ナノエレクトロニクスプロジェクトの主な成果



(出所：東京大学 「http://www.u-tokyo.ac.jp/coe/coe02_tanbou01_j.html」)

図 5-62 ナノエレクトロニクスデバイスの主な成果

6. エレクトロニクス機器の調査研究結果

6.1. テレビ

6.1.1. 策定対象

動画コンテンツを受信し、複数人で視聴できる中～大型の装置

今後、「テレビ」はPCやモバイル（ケータイ）などと同じようにネットにつながり双方向性の機能が高まる。そのため、機能から考えた場合、PCやモバイルと融合していく可能性が高い。そこで本項目で対象とする「テレビ」は図 6-1 のように、家庭に1台、家族など複数人で視聴できる中～大型の装置と定義して進めていくこととする。

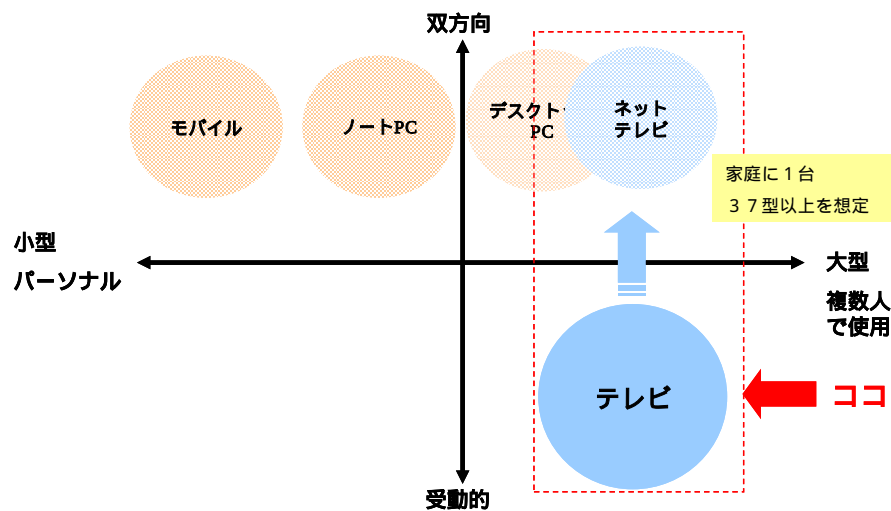


図 6-1 対象とするテレビの位置づけ

6.1.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定

(i). テレビのいままで

大画面化・高精細化

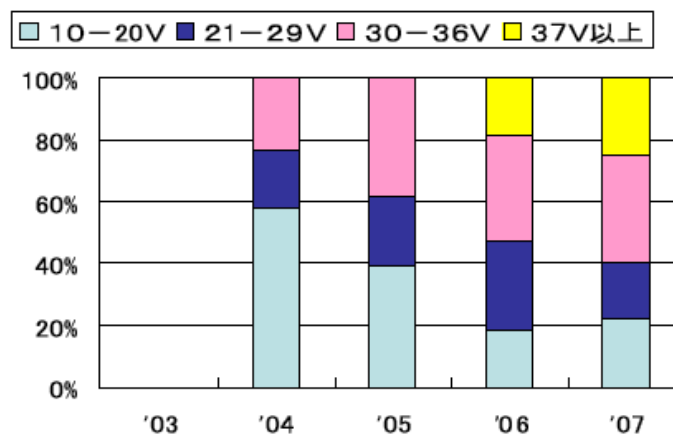
薄型テレビへの移行、デジタル化の進展などにより、テレビの形態が図 6-2 にあるように、変化している。今後は、大画面化、高精細化が潮流となる。サイズとしては、図 6-3 にあるように、37 型以上が 2006 年度以降増加している。大画面化が潮流になる中、今後この動きが広がる可能性が高い。

- デジタル化: 現在は、地上・BS・110度CSデジタル放送及び地上アナログ放送に対応している機種が中心であるが、
今後は、小型モデルの普及、地上デジタル専用の機種も需要が増える可能性がある。
- 大画面化: 液晶テレビ・プラズマテレビ共に60～70型の機種も商品化された。
また、現在 液晶テレビの30型以上の比率は60%程度である。今後、2台目テレビの需要等により
30型未満の需要が今後増加すると思われる。
【プラズマテレビは現在は37型以上が商品化されている】
また、画面のアスペクト比は、デジタル化に伴い16:9が主流となる。
- 高精細化: ハイビジョン放送に対応するため、液晶テレビ、プラズマテレビともに、高精細化が進み、中・大型機種を
中心に1920 X 1080パネルへの移行が進む。

(出所: 経済産業省 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー基準部会 テレビジョン受信機判断基準
小委員会 (第 1 回 H20.11.11) 資料 5 「テレビジョン受信機の現状について」(2008))

図 6-2 テレビの形態変化と傾向

■液晶テレビのサイズ別出荷比率の推移



* 2004年, 2005年の30V以上は37V以上を含む

(出所: 経済産業省 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー基準部会 テレビジョン受信機判断基準
小委員会 (第 1 回 H20.11.11) 資料 5 「テレビジョン受信機の現状について」(2008))

図 6-3 液晶テレビ サイズ別出荷比率の推移

(ii) ディスプレイ技術

- ・ 潜在能力では有機 EL が優位

テレビ用の主なディスプレイ技術として、液晶・有機 EL・プラズマがある。これらの潜在能力を比較した場合、有機 EL が消費電力・大画面化・フレキシビリティにおいて、液晶・プラズマより優位となっている（図 6-4）。また、液晶とプラズマの省エネ性能を比較した場合、のように、概して液晶のほうがプラズマより優れているといえる。なお、ブラウン管は、省エネ化が進んできたものの、市場が縮小しているため省エネ化を含め技術開発にはほとんど取り組まれていない。

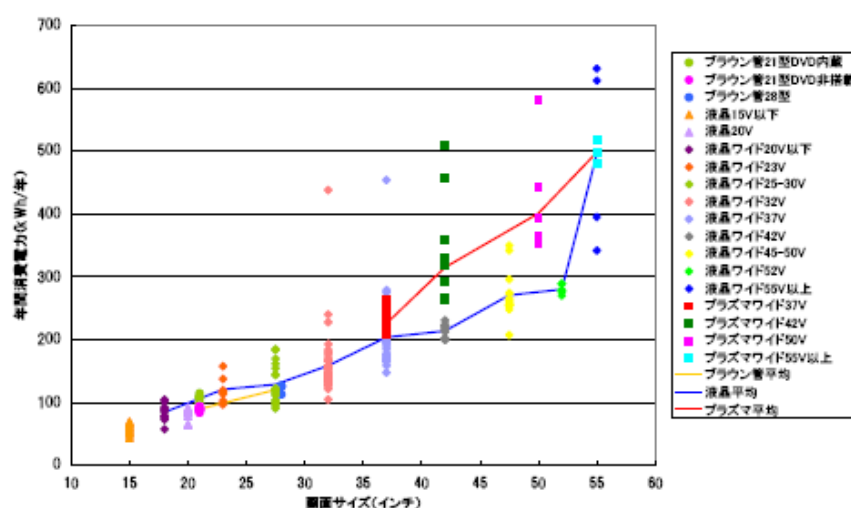
各種ディスプレイ潜在能力比較表

	液晶	有機EL	プラズマ
消費電力	○	◎	×
応答時間	△	○	○
大画面化	△	◎	○
視野角(広さ)	△	○	○
寿命	○	○	△
コスト	△	○	△
フレキシビリティ	×	◎	×

※本比較はあくまで潜在能力を比較したもので、現状技術の比較ではありません。

(出所：NEDO、「未来へ広がるエネルギーと産業技術 成果レポート最前線」(2004))

図 6-4 ディスプレイ潜在能力比較

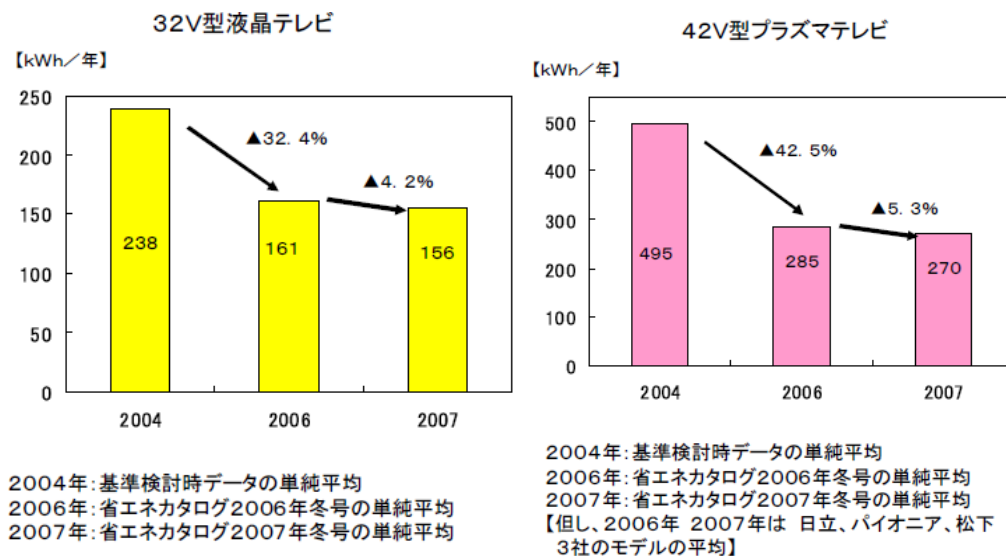


(出所：省エネルギーセンター、「省エネ性能カタログ 2007 冬版」) より作成

図 6-5 ディスプレイ技術別 画面サイズと消費電力

液晶・プラズマの省エネ性能も向上中

2006 年省エネ改正法で、トップランナー制度対象に液晶・プラズマが含まれた影響もあり、2006 年以降液晶・プラズマの省エネ性能が大きく向上している(図 6-6)。今後も図 6-7 のように液晶・プラズマの消費電力削減に向けた技術開発余地があるため、ブラウン管のように市場が縮小しない限りは、省エネ化がさらに進んでいくものと考えられる。



(出所：経済産業省、「テレビジョン受信機の現状について」(2008))

図 6-6 液晶・プラズマの消費電力量推移

(1) 液晶テレビ

- 液晶パネルの透過率の更なる向上
- バックライト蛍光管の低消費電力化
- バックライト電源回路(インバータ回路)の効率改善による低消費電力化
- バックライト使用部材(反射板 導光板等)の高効率化
- 映像シーンに応じたバックライトコントロールによる低消費電力化
- LED等の新バックライト光源採用による低消費電力化

(2) PDPテレビ

- PDPパネル構造の改善
- 蛍光体材料の改善(蛍光体材料の高発光効率化)
- 維持放電時の発光効率の向上
- 予備放電時の効率改善
- 無効電力の削減
- 駆動方式の最適化

(3) 共通

- DLNA対応(PC、モバイル機器、カメラ、インターネット等)等による多様な接続機器に対応した画質設定と低消費電力化

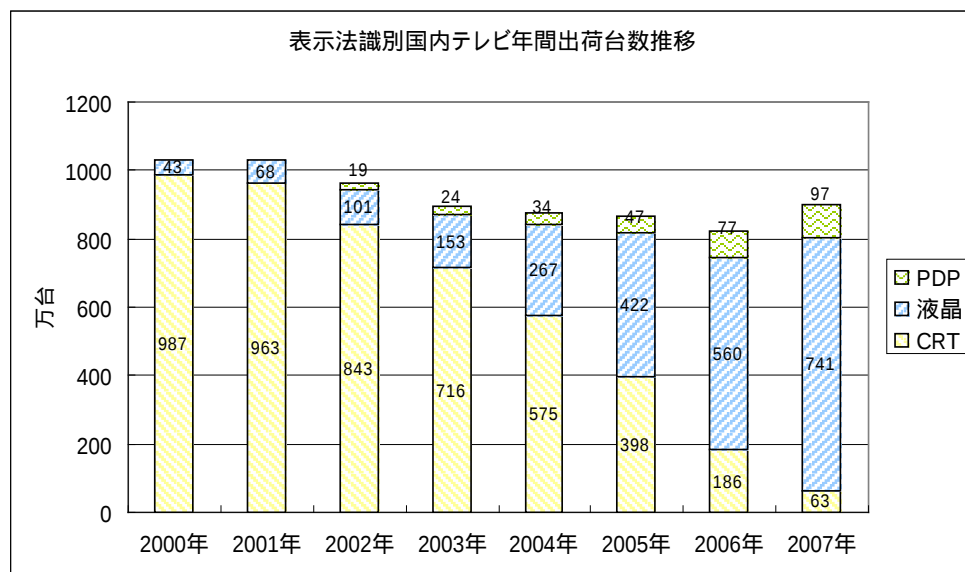
(出所：経済産業省、「テレビジョン受信機の現状について」(2008))

図 6-7 今後の省エネに向けた技術開発

(iii) . ディスプレイ表示方式の今後

・ 液晶・プラズマが増加、有機 EL の出荷も開始

国内テレビ年間出荷台数は、2000 年以降ブラウン管の出荷台数が減少し、液晶、さらに 2002 年からはプラズマも含めて、薄型テレビの出荷台数が増加している(図 6-8)。また有機 EL テレビは、11 型といった小型のものしか出荷されていなかったが、2011 年度以降、37 型(中～大型)の出荷が始まる予定となっている。



(出所：社団法人電子情報技術産業協会 統計資料)

図 6-8 表示方式別国内テレビ年間出荷台数推移

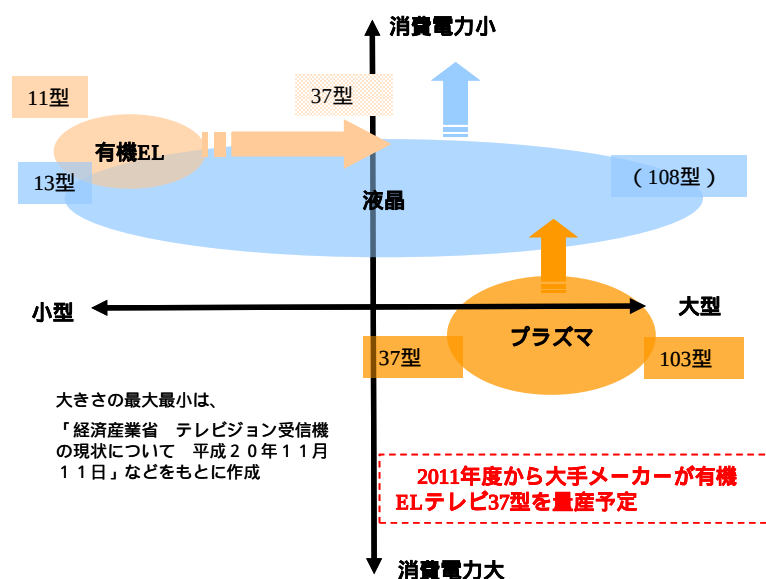
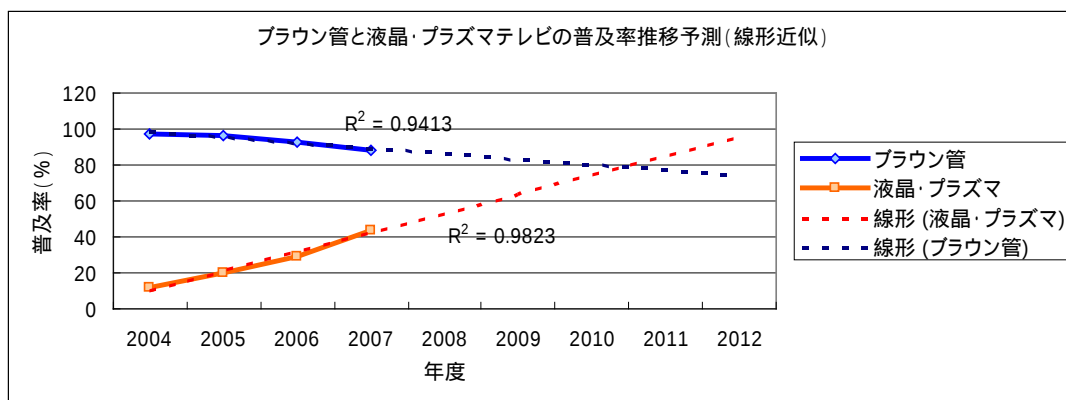


図 6-9 ディスプレイ技術のポジショニングイメージ

・ 有機 EL の普及時期

過去の普及率から線形近似をした場合、2012年には液晶・プラズマの普及率が90%以上になると予測される（図 6-10）。これらの普及は2011年地上アナログ放送終了によって、さらに早まる可能性も考えられる。2001年薄型テレビ（液晶）AQUOSが発売後、薄型テレビが普及まで約12年となる。

有機 EL についても、液晶・プラズマとおなじ普及時間がかかると想定すると、有機 EL（37型）の出荷が2011年であるため、2022年には有機 EL テレビが普及することになる（図 6-11）。



（出所：内閣府、「平成20年消費者動向調査」（2008））より作成

図 6-10 液晶・プラズマテレビの普及率推移予測

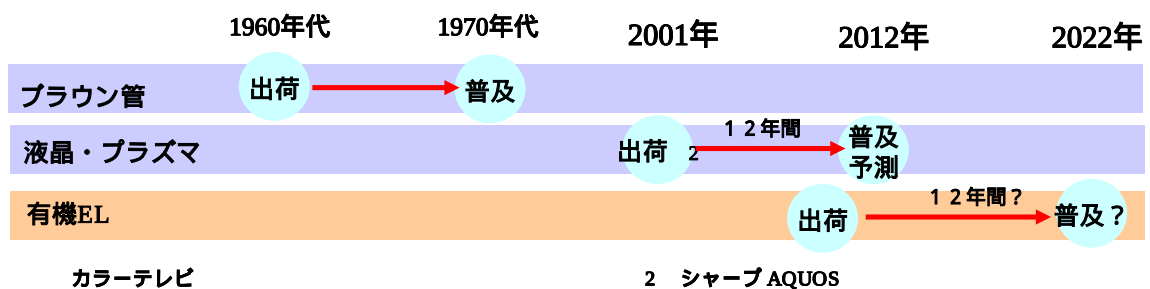


図 6-11 有機 EL テレビの普及推測

（iv）． 機能について

・ オンデマンド化

コンテンツのデジタル化が促進され、ホームサーバーなどにコンテンツをダウンロード、見たいときに見たい番組を選ぶことが可能になる。

・ センサー技術

人感センサー搭載によって、席をはずした時に自動的に画面がきえるなど、革新的な省

エネ効果（およそ 50%）が期待される。

6.1.3. 省エネ関連技術の開発ロードマップ

(i). ディスプレイ

. プラズマ

ディスプレイの「プラズマディスプレイ」の項、参照。

. 液晶

ディスプレイの「液晶ディスプレイ」の項、参照。

. 有機 EL

ディスプレイの「有機 EL ディスプレイ」の項、参照。

(ii). 画像処理・制御

<画像処理>

画像処理・制御の低消費電力化は、LSI の低消費電力化によって実現する。具体的には、CPU 演算速度の最適化、半導体プロセスの見直し、動作可能電圧の低電圧化によって低消費電力化を実現する。

<画像制御>

部屋の明るさをセンサーにより検知し、画面の明るさを自動調整する。将来的には、人間センサーを搭載し、視野角の調整等により省エネを実現する。

(iii). 待機消費電力

近年では、不揮発性メモリ（MRAM 等）を利用し、待機時に電力を消費せず、かつ待機状態からの復帰が高速なシステム LSI により待機消費電力を削減しようとする技術開発がなされている。ただし、テレビの待機消費電力は、2008 年現在で 0.1W 以下であり、ディスプレイの省エネ化が優先される。

(iv). テレビ／録再機（DVD 等）

テレビの「テレビ／録再機（DVD 等）」の項、参照。

. 電源

<無操作・無信号電源オフ機能>

無操作や無信号の場合に、電源が自動的に切れる機能である。

<ソーラーエネルギー・直流電源の利用>

クリーンなソーラーエネルギーを使用することにより、環境負荷を低減させることを目的とする。なお、ソーラーエネルギーは直流であるため、それを使用するためには直流電源を利用できるようにする必要がある。

・コーデック

コーデック技術の進展により、必要記録容量および通信量が削減でき、テレビおよび録再機（DVD 等）の省エネ化が期待される。現在は、高品質系では MPEG-2 が、高圧縮系では MPEG-4 が主流であるが、それぞれ H.264/AVC への置換えが進行中である（H.264/AVC は MPEG-2 より約 2 倍の高圧縮）。

・ハイビジョン放送対応

ハイビジョン放送対応により、チューナーの消費電力が増加すると予想される。チューナーの低消費電力化は、LSI の低消費電力化によって実現する。具体的には、CPU 演算速度の最適化、半導体プロセスの見直し、動作可能電圧の低電圧化によって低消費電力化を実現する。

・ネット対応

ネット対応テレビの普及により、ネットワーク機器の低消費電力が重要になる。

6.1.4. 省エネの可能性（期待値）

以下にテレビの省エネの可能性を記載する。

ここで、省エネの可能性を示す対象は、今後多機能化が予想されることから、「家庭用テレビ（42 型、付加機能を 1 つ有するもの）」とした。

（i）． 推定方式

テレビの消費電力の主要部分はディスプレイであることから、テレビの省エネの可能性は、ディスプレイの省エネ化と同じ比率にて進展していくと仮定することにより推定する。

< 液晶・プラズマの推定方法 >

2008 年の値はトップランナー基準の値を使用し、2008 年以降は、テレビの消費電力がディスプレイの消費電力と同じ比率で推移していくものと仮定し 2025 年の消費電力を推定する。

< 有機 EL の推定方法 >

有機 EL テレビ（42 型）は 2008 年現在では発売されていない。そこで、2011 年に 42 型のテレビが実用化するとし、NEDO のプロジェクト（「次世代大型有機 EL ディスプレイ基盤技術の開発（グリーン IT プロジェクト）」：2008 年度から 2012 年度）の目標値から 2011 年の値を推定する。具体的には、

2011 年の有機 EL テレビ（42 型）の消費電力 =

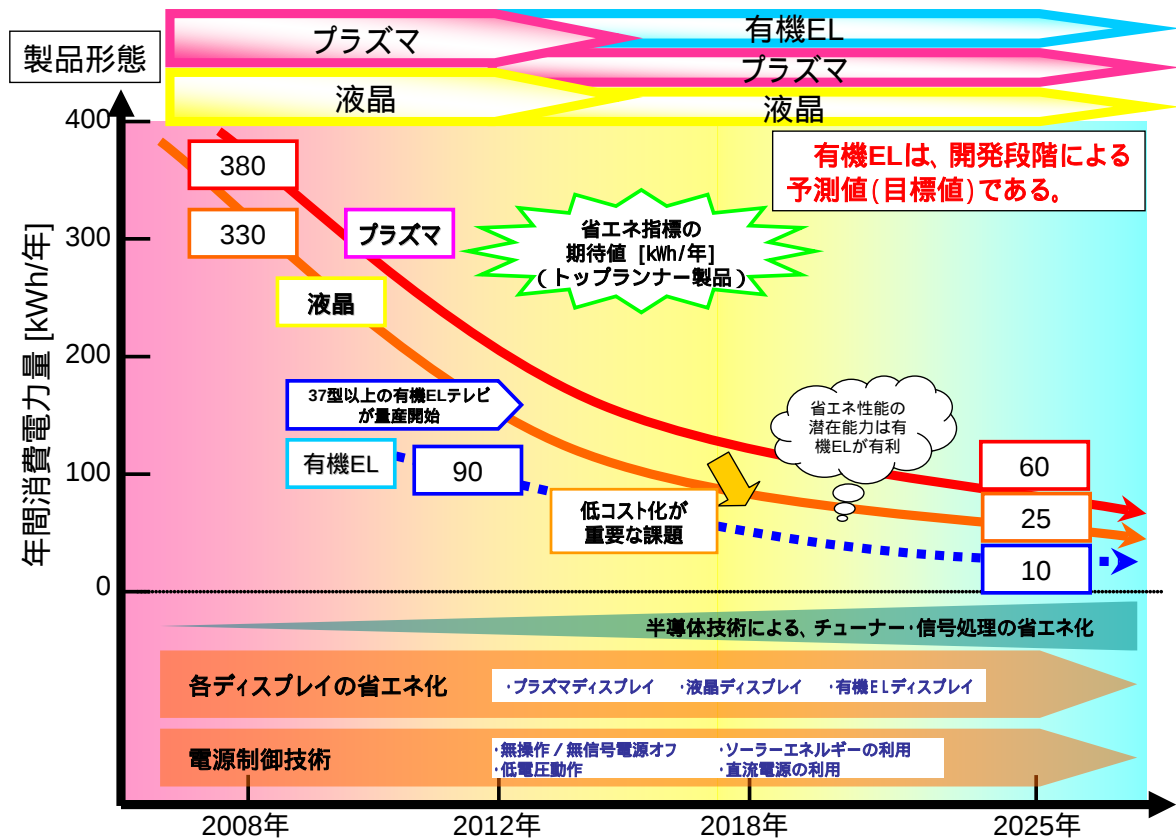
$$\{ \text{ディスプレイ:40[W]} \} + \{ \text{チューナー:10[W]} \} + \{ \text{スピーカー:1[W]} \} = 51 \text{ [W]}$$

2011 年の有機 EL テレビ（42 型）の消費電力待機消費電力 = 1[W]

として、年間消費電力量を算出した。2011 年以降は、テレビの消費電力がディスプレイの消費電力と同じ比率で推移していくものと仮定し 2025 年の消費電力を推定する。

(ii) . 2025 年の省エネ指標の期待値 (トップランナー製品)

家庭用テレビ(42 型、付加機能を 1 つ有するもの)の省エネの可能性を図 6-12 に示す。



推定：みずほ情報総研

年間消費電力量 [kWh/年]: 省エネ法基準 (1 日の平均視聴時間 4.5 時間、平均待機時間 19.5 時間として算出)

図 6-12 家庭用テレビ(42 型、付加機能を 1 つ有するもの)の省エネの可能性 (期待値)

< 家庭用テレビの課題 >

現在の主流であるプラズマ・液晶テレビは、今後の技術開発による省エネ化が期待されているが、省エネ性能の潜在能力は有機 EL が有利である。よって、テレビのさらなる省エネ化には、現在開発中の有機 EL テレビの実用化および大型化に加え低コスト化が重要な課題である。

6.2. 録再機（DVD 等）

6.2.1. 策定対象

動画コンテンツを保存・再生する光系ストレージ機器

テレビなどで受信した動画などのコンテンツを保存・再生するための機器を録画再生機（録再機）とする。録再機は用途に応じて、光系ストレージ、磁性系ストレージ、半導体ストレージに分けられる（図 6-13）ことが考えられるが、磁性系ストレージ、半導体ストレージの詳細は「ストレージ」で対応することとし、ここでは光系ストレージ市場（現在の DVD 録画機など）の将来を中心に記載する。

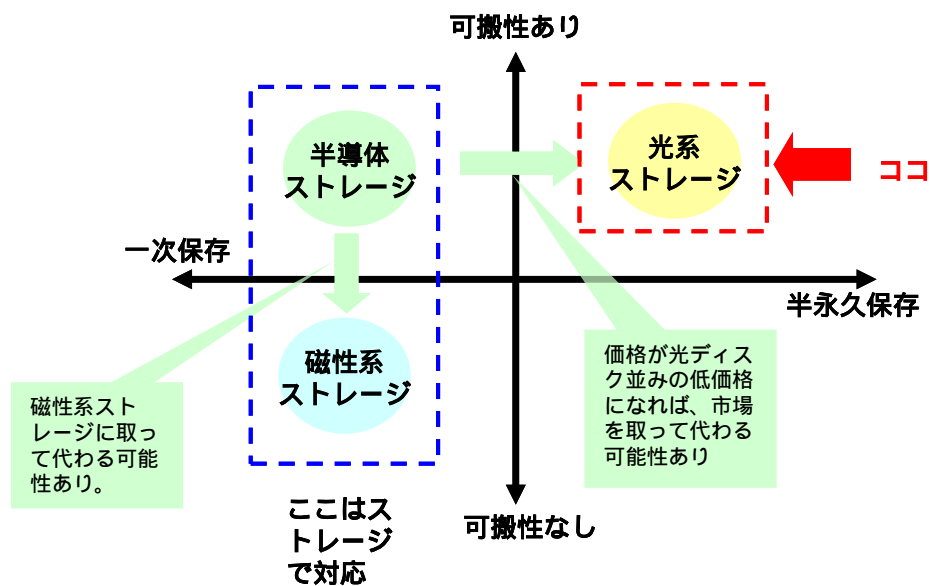
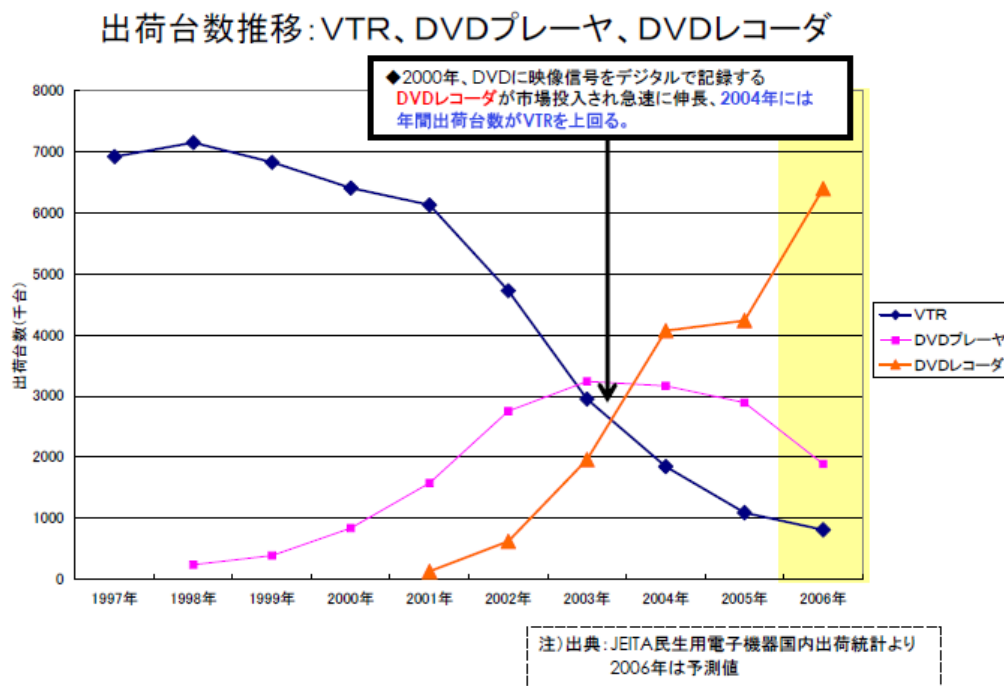


図 6-13 対象とする録再機

6.2.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定

(i). 録再機のいままで

DVD レコーダーの市場投入からおおよそ 5 年で VTR と DVD レコーダーの出荷台数が逆転している。テレビと比較した場合、次世代技術への移行サイクルが早い製品市場であることが考えられる。今後は、DVD の次の規格として BD がすでに出荷されているが、将来的には、半導体ストレージ（フラッシュ）も同じ市場に入ってくる可能性がある。



(出所：経済産業省 総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 DVD レコーダー
判断基準小委員会 (第 1 回) 資料 5、「DVD レコーダーの現状について」(2008))

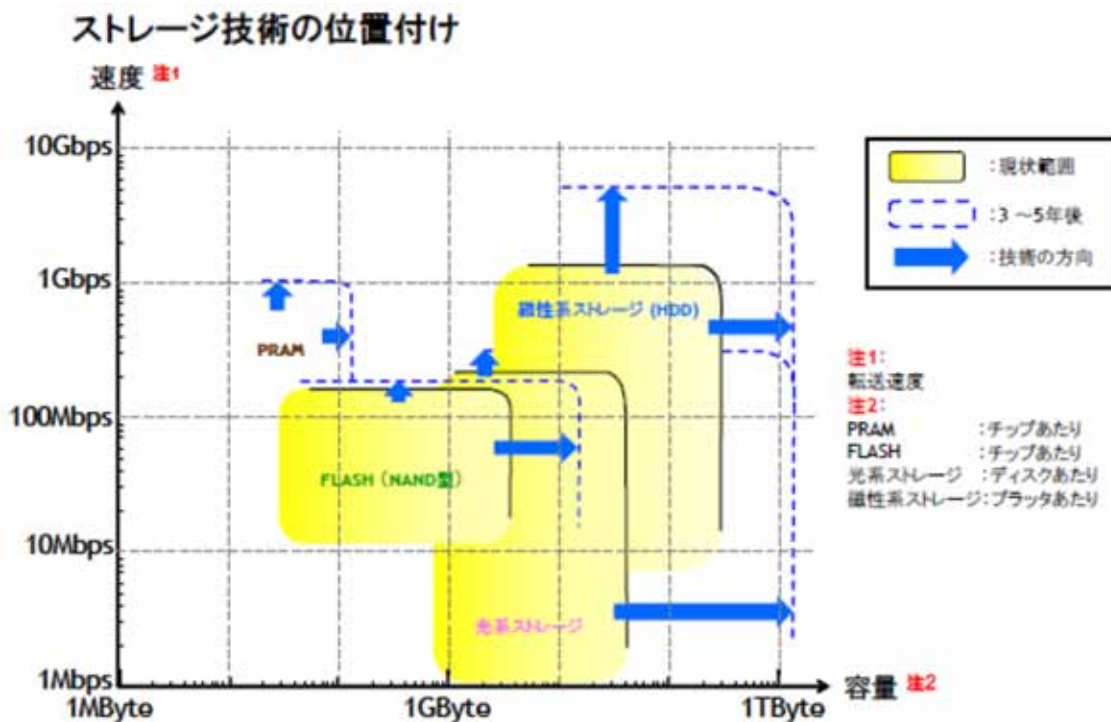
図 6-14 VTR、DVD の出荷台数推移

(ii)．録再機のトレンド

大容量化・高速化

ハイビジョン放送、今後さらにスーパーハイビジョン放送も予定されており、コンテンツの高精細化が進むため、メディアの大容量化が求められる。また、書き込む容量が大きくなるため、転送速度も高速化が求められる。

技術の進展としては、半導体ストレージ(フラッシュ)・光系ストレージでは大容量化が、磁性系ストレージでは、高速化が特に進む(図 6-15)。



(出所: NEDO、「技術戦略マップ 2008 ストレージ・メモリ分野」(2008))

図 6-15 ストレージ技術の位置づけ

(iii)．録再機のストレージ別性能比較

半導体ストレージが比較的優位

半導体ストレージ(フラッシュ)と光系ストレージ・磁性系ストレージを比較した場合、フラッシュのほうが、省エネ・小型化・振動・衝撃耐性などの点で、容量あたりの価格を除いて優位となっている。このため今後メディア価格での競争力を持てば、フラッシュは光系ストレージまたは磁性系ストレージと競合する可能性がある。

また、メディアの価格について、過去の容量あたりの価格推移から推測した場合、フラッシュは半導体集積度の指数関数的な進歩などの特徴を持つため、価格低下が光ストレージ

ジに比べると非常に早い。そのため、近い将来（2015 年あたり）フラッシュが光系ストレージに対して価格優位性を持つ可能性は大きい。

（iv）．ストレージの将来用途

将来、ネットを介したコンテンツ流通が増加することが予測され、その際の家庭でのコンテンツの保存・再生に関わるおおまかな流れを示したのが図 6-16 となる。商用・放送・自分で撮った動画などのコンテンツは、家庭のホームサーバーにとりためられ、そのサーバーとつないだテレビ・PC を通じて視聴する。家の外では、ホームサーバーからモバイル機器にコンテンツをダウンロードして視聴可能になる。

その中でストレージもそれぞれの特徴によって、用途が分けられる。光系ストレージは、安価、耐久性があるため、家庭でサーバーにとりためたコンテンツのアーカイブ用に使用される。磁性系ストレージは、大容量で転送速度が速く、ホームサーバーなどに利用される。半導体ストレージは、小型で可搬性があるためモバイル端末へ搭載されているが、今後、大容量化、低価格化が進むにつれて、光系ストレージ・磁性系ストレージ市場に進出する可能性が高い。

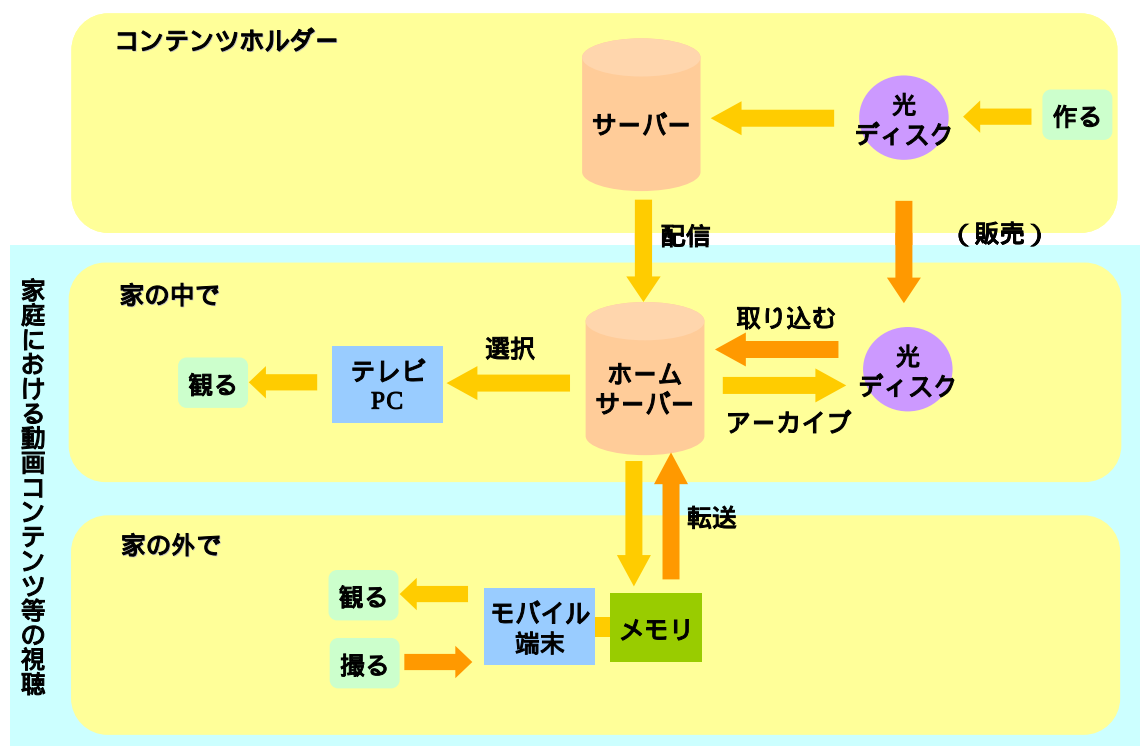


図 6-16 コンテンツの保存・再生の流れ（イメージ）

6.2.3. 省エネ関連技術の開発ロードマップ

(i). 記録媒体

・ 光ドライブユニット

ストレージの「光系ストレージ」の項、参照。

・ ハードディスクユニット

ストレージの「磁性系ストレージ」の項、参照。

・ 半導体ストレージ

ストレージの「半導体ストレージ」の項、参照。

(ii). 駆動系・映像処理デバイス・待機消費電力

・ モーター・アクチュエーター

< スピンドルモーターの高効率化 >

HDD 用スピンドルモーターの高効率化によりハードディスクドライブ単体当たりの消費電力を削減することができる。

< アクチュエーターの小型化 >

圧電素子を駆動源に活用した、小型・低電圧駆動でありながら高推力が得られるアクチュエーターを採用することにより、ハードディスクドライブ単体当たりの消費電力を削減することができる。

< 半導体部品の多用化 >

駆動系の少ない半導体部品を多用化することにより、ドライブの低消費電力化を実現する。具体的には、HDD と FLASH を活用し、FLASH にあるデータは、スピンドルモーターを回すことなく、またシークもせずにデータの読み書きができ、大きな省エネ効果が期待できる。

・ 映像処理デバイス

映像処理デバイスの低消費電力化は、LSI の低消費電力化によって実現する。具体的には、CPU 演算速度の最適化、半導体プロセスの見直し、動作可能電圧の低電圧化によって低消費電力化を実現する。

・ 待機消費電力

録再機の待機消費電力は、半導体技術による回路の小型化、低電圧化によって削減する。

また、近年では、不揮発性メモリ（MRAM 等）を利用し、待機時に電力を消費せず、かつ待機状態からの復帰が高速なシステム LSI により待機消費電力を削減しようとする技術開発がなされている。

（iii）． テレビ／録再機（DVD 等）

テレビの「テレビ／録再機（DVD 等）」の項、参照。

6.2.4. 省エネの可能性（期待値）

以下に録再機（DVD 等）の省エネの可能性を記載する。

ここで、省エネの可能性を示す対象は、今後多機能化が予想されることから、「家庭用録再機（HDD500GB・付加機能2つ以上）」とした。

（i）． 推定方式

省エネの可能性はトップランナー基準目標と同じ比率で毎年省エネ化が進展すると仮定することにより推定する。

< DVD の推定方法 >

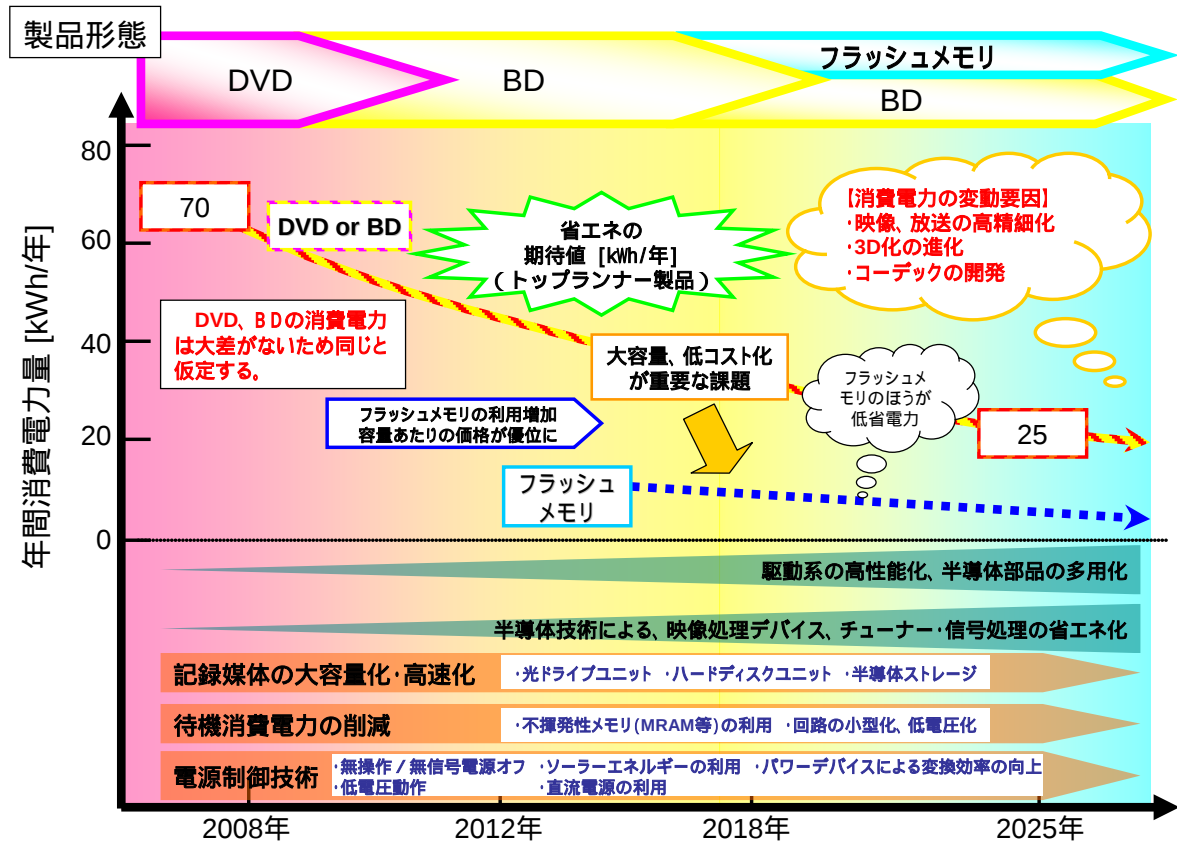
DVD は、500GB 以上の HDD を有し、付加機能を2つ以上（2画面表示、i.Link）有するものを対象とし、2008 年の値は省エネルギーセンターの「省エネカタログ 2008 年冬版」のうち省エネ基準（省エネ基準達成率が 100%以上）を達成している製品の平均値を設定する。2008 年以降は、トップランナー基準目標と同じ比率（2010 年度で 2006 年度の 20.5%の省エネ化：4 年で 20.5%の改善）で毎年省エネ化が進展すると仮定し、2025 年の年間消費電力量を推定した。

< BD（Blu-ray Disc）の推定方法 >

BD は、500GB 以上の HDD を有し、付加機能を2つ以上（2画面表示、i.Link）有するものを対象とし、2008 年の値は、2008 年に発売された主要メーカーの平均値を設定した。2008 年以降は、DVD と同じ改善割合で省エネ化が進展すると仮定し（2010 年度で 2006 年度の 20.5%の省エネ化：4 年で 20.5%の改善）、2025 年の年間消費電力量を推定した。

(ii) . 2025 年の省エネの期待値 (トップランナー製品)

家庭用録再機 (HDD500GB・付加機能 2 つ以上) の省エネの可能性を図 6-17 に示す。



推定：みずほ情報総研

年間消費電力量 [kWh/年]: 省エネ法基準(1日の平均 HDD 録画時間 2 時間、平均 HDD 再生時間 1 時間、平均 DVD 動作時間 0.5 時間、平均待機時間 20.5 時間として算出)

図 6-17 家庭用録再機 (HDD500GB・付加機能 2 つ以上) の省エネの可能性 (期待値)

< 録再機 (DVD 等) の課題 >

半導体ストレージ (フラッシュ) を採用した録再機 (DVD 等) では、駆動部分が少なく光系 (DVD および BD) より低省電力が期待される。ただし、半導体ストレージは、大容量および低コストの面で光系に劣るため、録再機 (DVD 等) の省エネ化には、半導体ストレージの大容量化、低コスト化が重要な課題である。

6.3. 照明器具

6.3.1. 策定対象

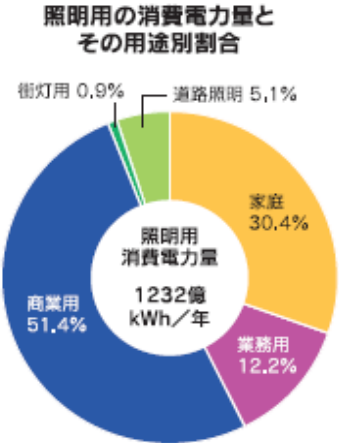
商業用・家庭・業務用照明を対象に

対象機器は、商業用・家庭用・業務用で使用される照明を対象とする。これは、照明用の消費電力量のうち、商業用・家庭・業務用が9割以上を占めており（図 6-18）これらについての消費電力削減が重要となっているためである。

照明の4つの形態・用途別で考える

照明方式は、主に全般照明と局部照明へ分けられ、光源の観点からは点光源（主に白熱電球）と面光源（蛍光灯ランプ）へと分けられる。照明にもさまざまな形態・用途があるが、本報告書では大きくこの4つの形態・用途で照明を分けて考えていくこととする。

具体的な用途としては図 6-19 にあるように、点光源は、全般照明としてはシャンデリアやシーリングライトなどに、局部照明としてはスポットライト、ダウンライトなどに利用されている。また、面光源は、全般照明としては蛍光灯器具に、局部照明としては卓上スタンド、ライン照明などに利用されている。



（出所：社団法人日本電球工業会、「あかりの省エネ」）

図 6-18 照明用の消費電力量とそのセクション別割合

		光源	
		点光源（主に白熱電球）	面光源（蛍光灯ランプ）
照明方式	全般照明	シャンデリア シーリングライト ブラケット フロアスタンド	蛍光灯器具
	局部照明	スポットライト ダウンライト	卓上スタンド ライン照明

図 6-19 照明方式および光源による主な器具形態

6.3.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定

(i). 照明の今まで

・ 白熱電球と蛍光灯 2つの市場

白熱電球、蛍光ランプのフロー（出荷台数）は図 6-20 のように白熱電球と蛍光ランプが 1：2 で推移している。また、図 6-21 のように 2005 年での一般照明用全ランプの数量構成比率は白熱電球が 32%、蛍光灯が 64%と、1：2 となっている。白熱電球と蛍光ランプのフローとストックがほぼ同じ 1：2 であることから、マクロ視点で見た場合 2つの市場はそれぞれの形態・用途に応じて独立しているものと考えられる。

すなわち、照明の市場を形態・用途から分けて考えた場合、点光源市場（白熱電球など）と面光源市場（蛍光ランプ）が 1：2 で存在しているものと考えられる。

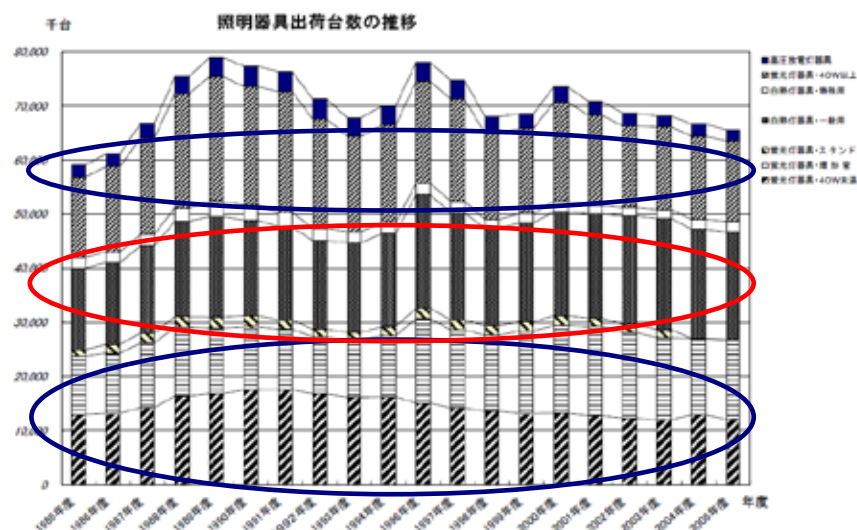
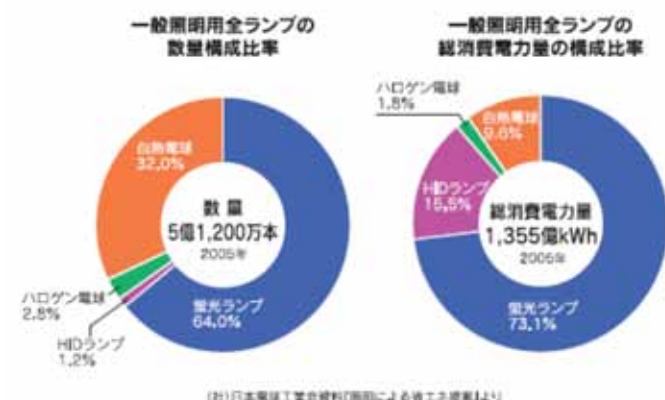


図 6-20 照明器具出荷台数の推移



（出所：社団法人日本電球工業会、「あかりの省エネ」）

図 6-21 照明用全ランプの数量・総消費電力構成比率

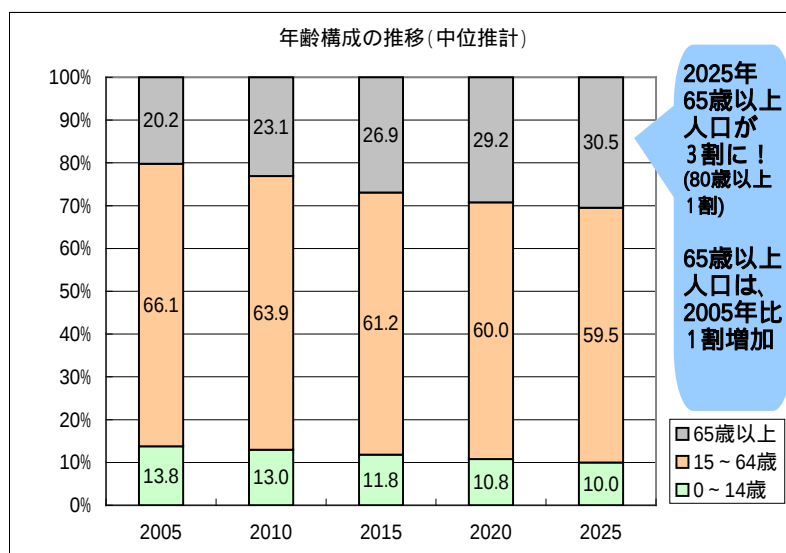
・ 照明電力量のうち蛍光灯が大半を占める

電力量をみると、一般照明用全ランプの総消費電力量は蛍光灯が 7 割、白熱電球が 1 割と、蛍光灯が大半を占めることから、特に蛍光灯における省エネが重要となると考えられる。

(ii) . 照明のトレンド

・ 高齢化によってもっとあかるさが必要に

日本では 2025 年に 65 歳以上が総人口の 3 割にもなることが予測されており(図 6-22) 高齢化が進んでいる。高齢者は、作業照明で若年層の 2 倍、全般照明で約 1.5 倍の明るさを必要としており、高齢者用の照明に必要な電力量は増加すると考えられる。今後の高齢化進展によって 1 人あたりに必要な照明の電力量が増加していく可能性が高く、照明のさらなる発効効率化の必要性が高まってくると考えられる。



(出所：人口問題研究所(2006)資料より作成)

図 6-22 日本における高齢者の増加

・ 無駄がないあかり、IT と照明の融合

照明と IT 技術との連携が進んでおり、自動調光機能によって、必要な時、必要な所に必要な明るさを提供することが可能となってきている。この照明システムが今後普及することで無駄なあかりをなくし、大きく消費電力の削減につながる可能性が高まっている。

・ 照明が耐久財に

白熱電球では 3 ヶ月程度だった照明が白色 LED、有機 EL といった次世代照明では 10 年程度と長寿命になっている。長寿命化によって照明は消費財・使い捨てという意識から耐久財という意識に変化していく可能性が高い。将来的には照明を建築部材と一体化して

販売するなどの動きも出てくるものと考えられる

	光源の寿命	長 寿 命 化
白熱電球	1000-2000時間	
蛍光ランプ	6000-10000時間	
白色LED	4万時間 ()	
有機EL	4万時間 ()	

10年程度の使用を想定。

図 6-23 照明の長寿命化

・ 白熱電球から電球形蛍光ランプへの切り替え

家庭等で使用される一般的な白熱電球の生産・出荷に関し、代替可能な白熱電球については、2012 年までに電球形蛍光ランプなどへ切り替えを目指すことなどが省エネあかりフォーラム²で決定している。実際に 2007 年度までは白熱電球は徐々に電球形に切り替わりながら減少しており、この動きは、2008 年度になってからさらに加速している(図 6-24 : 2008 年の出荷数量の前年比の伸張率は 32.2%)。

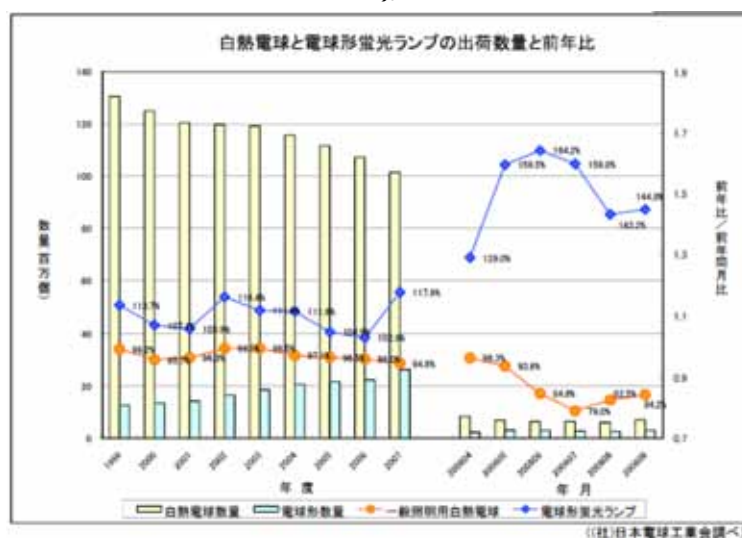


図 6-24 一般白熱電球の電球形蛍光灯への切り替え

² <http://www.shouenekaden.com/akari/index.html>

(iii) . 照明技術性能比較

・ 白色 LED と有機 EL が優位に

白熱電球、蛍光灯は発光効率が限界に近づいてきているのに対し、白色 LED の発光効率は急激に伸びており（図 6-25） 有機 EL 照明についても開発段階ではあるものの、白色 LED と同じように急激に改善されてきている。また、この 4 種類の照明について、消費電力と耐久性の観点からマッピングしたものが図 6-26 であり、有機 EL と白色 LED の優位性が見られる。

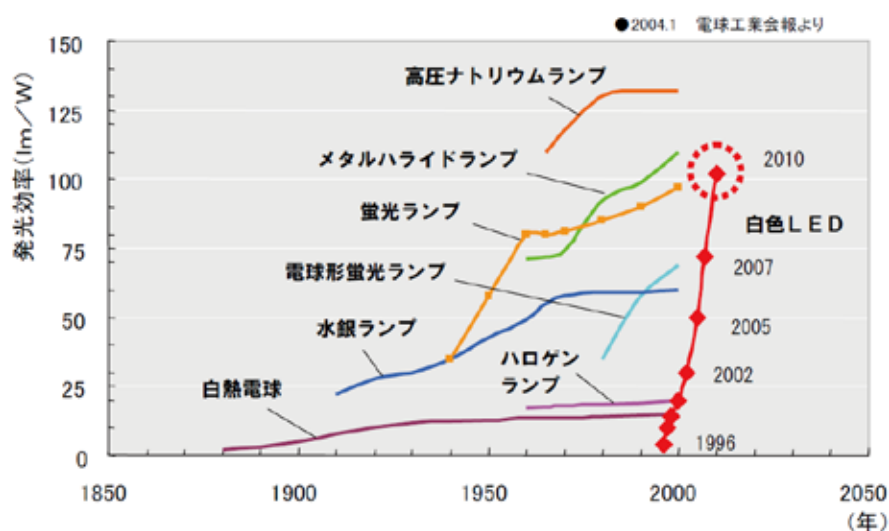


図 6-25 発光効率の推移

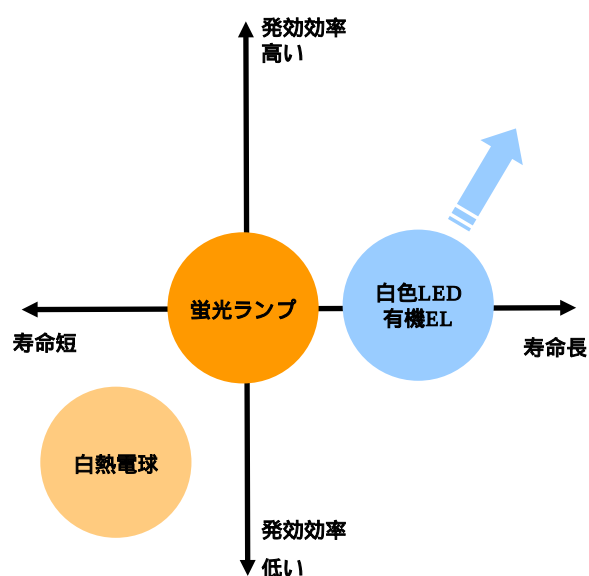


図 6-26 各照明技術ポジショニングイメージ

・ 白熱電球と白色 LED、蛍光ランプと有機 EL

今までの照明市場では、白熱電球と蛍光ランプが主流であったが、技術開発の傾向、優位性などを考えると、今後は、白色 LED、有機 EL の時代になってくると考えられる。その際、市場の置き換わりが起こる可能性がある。図 6-27 のように白色 LED は点光源という特徴を持っており、同じような形態・用途の市場で利用され则认为、現在の白熱電球に置き換わる可能性がある。また、同じように有機 EL は面光源（拡散光源）という特徴を持っており、これは同等の特徴を持つ蛍光ランプの市場を置き換える可能性がある。ただし、全ての白熱電球、蛍光ランプがなくなるわけではなく、それぞれの特徴にあった市場では一部残っていくものと考えられる。

	白熱電球	蛍光ランプ	白色LED	有機EL照明
省エネ化	低効率・限界に近づく	限界に近づく	急激に向上	急激に向上が見込まれる（開発段階）
寿命		○		○ → （期待値）
用途	演出用照明など	メイン照明等	白熱電球と同様？	蛍光ランプと同様？
特徴	点光源	面光源（拡散光源）	点光源、小型化	拡散光源、透明、薄型・軽量

図 6-27 照明技術と特徴

(iv) . 新形態・新機能について

・ 各照明技術のトレンド

白熱電球： 家庭用一般白熱電球の生産中止に向けた動きが見られる

蛍光灯： 発光効率の伸びが鈍化。Hf 化が進展する

白色 LED： 今後、発光効率は伸びていく。演色性の改善が進む

有機 EL： 発光効率は白色 LED の 2 年差で追撃中

2012 年に量産開始（15cm 角、40[lm/w] で約 5,000 円）

・ 照明方式と光源の新形態

点光源では特に、局部照明であるスポットダウンライトが電球型蛍光灯を経て、白色 LED になる可能性が高く、面光源では特に、全般照明である蛍光灯が白色 LED および有機 EL に変わる可能性が高い。もちろん既存形態が新形態と並行して残る可能性は否定できない。

		点光源			面光源		
		既存形態	→	新形態	既存形態	→	新形態
全般照明	器具	シャンデリア、シーリングライト、ブラケット、フロアスタンド			ベースライト		
	光源	白熱電球	電球形蛍光ランプ	白色LED	蛍光ランプ	白色LED、有機EL	
局部照明	器具	スポットライト、ダウンライト			卓上スタンド、ライン照明		
	光源	白熱電球	電球形蛍光ランプ	白色LED	蛍光ランプ	白色LED	

図 6-28 照明方式・光源別の新形態イメージ

・ 照明技術の使い分け

白熱電球や、蛍光灯は今後新しい照明技術に少なからず置き換わっていくと考えられるが、一方残る可能性も十分にある。これは、その技術でしか表現できない特有の照明の質などがあるため、最終的にはその用途・目的に応じて照明技術を使い分けることが必要になるからである。それぞれの特徴は具体的には、次のようなものがあげられる。

白熱電球： 演色性にすぐれるため、演出用照明として利用される

蛍光灯： 高光束、低コスト用の照明として利用される

白色 LED： 特定の方向に光を照射する特徴があり、照明率に優れる
高効率の点光源として利用される

有機 EL： 平面化が可能であり、照明率に優れる
耐久財として全般照明に利用される

また、制御による省エネも有力な技術である。照明器具の消費電力は図 6-29 によって表せ、H、E、A、Mを制御することが消費電力の削減につながる。

$$\text{消費電力量} = W' \cdot H' \cdot \frac{E' \cdot A}{F' \cdot U' \cdot M}$$

W:ワット H:時間
E:照度 A:面積 F:ランプ光束
U:照明率 M:保守率

下記をコントロールすることが、消費電力量の削減につながる。

- ・必要な時に（Hを小さく）
- ・必要な明かりを（Eを小さく）
- ・必要な場所に（Aを小さく）
- ・初期照度補正（Mを大きく）

図 6-29 制御による省エネ（適時、適照のあかり）

照明の新形態と新たな市場

有機 EL 照明や白色 LED は長寿命化という特徴を持っており、これによって建築部材と一体化した照明形態が現れる可能性がある。特に、有機 EL 照明は薄型・フレキシブル・透明化可能といった特徴を持っており、天井・壁全体や窓ガラス・敷居が照明となるなど、建築物の空間演出の 1 つとして取り入れられていく可能性がある。また、有機 EL では静止画・動画表示なども行うことが可能であり、照明と映像出力装置の境目が無くなる可能性もある。

また、自動調光機能をはじめとして、センサーや制御などの IT 利活用によって省エネが体系的に進んでいくことが期待されている。

このように、照明は新たな技術開発によって、「天井」から「あかり」を供給するという機能・形態だけではなく新しい機能・形態を持ち始める。それらは同時に図 6-30 にあるように、新たな市場の開拓につながっていく可能性が高いといえるだろう。

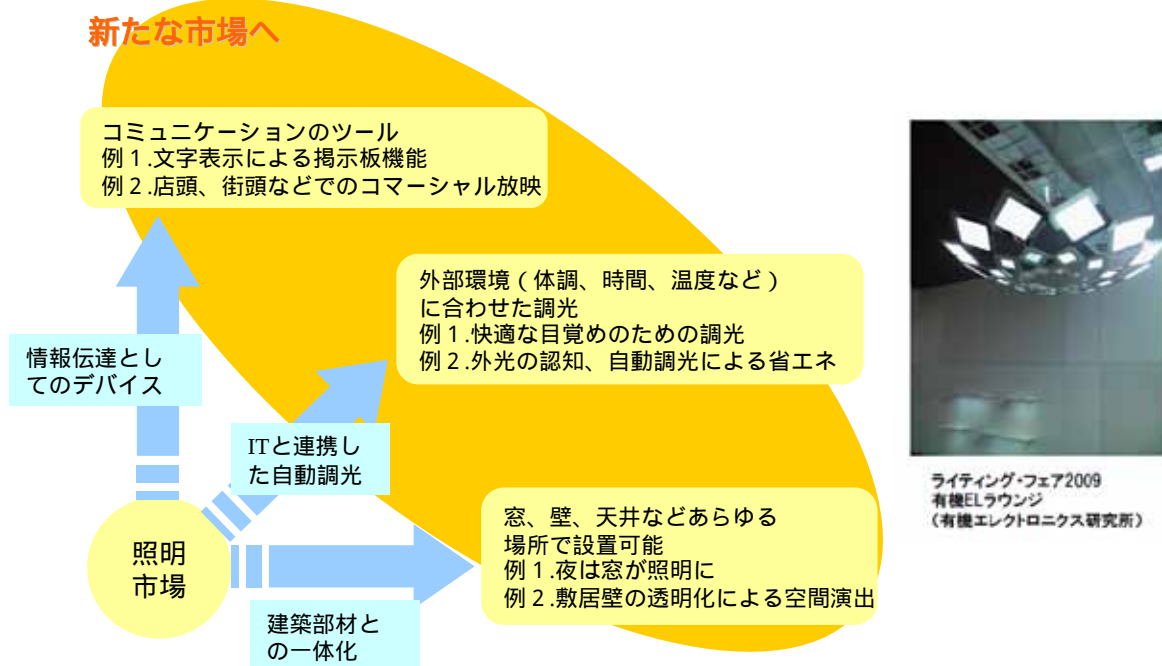


図 6-30 照明の新たな市場

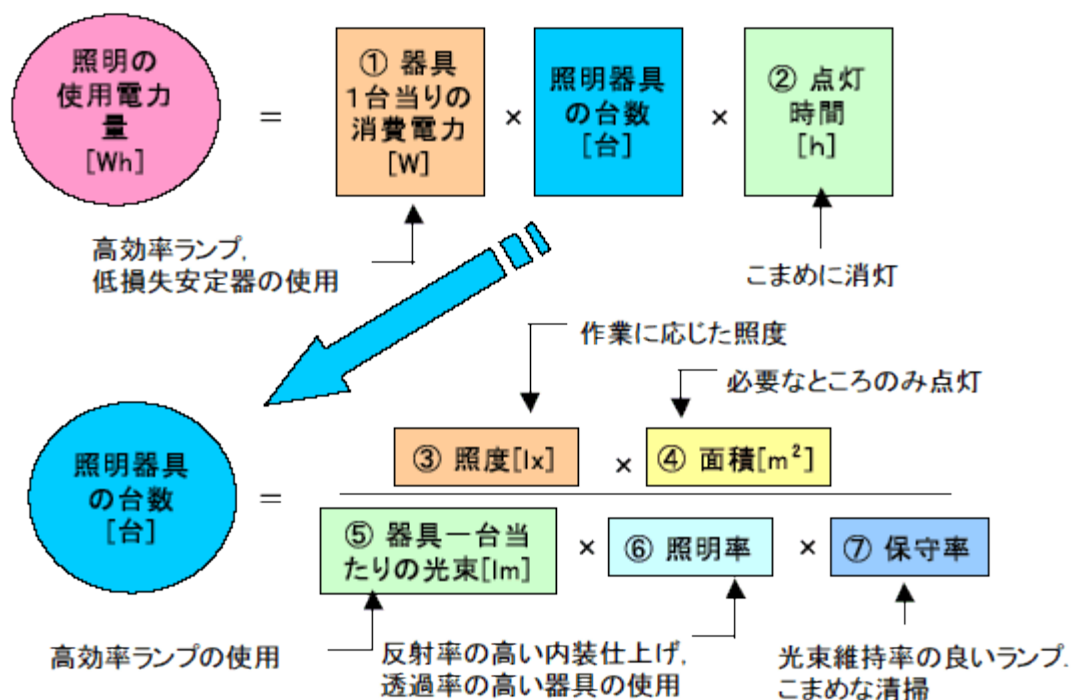
6.3.3. 省エネ関連技術の開発ロードマップ

(i). 照明器具の消費電力とエネルギー効率

照明器具の省エネを達成するためには、照明器具のエネルギー効率を高めなければならない。ここで、照明器具のエネルギー効率については、発光効率と機器制御系の効率が考えられる。

発光効率は照明器具そのもののエネルギー効率であり、デバイス（光源）の発光効率に器具効率と回路効率を掛け合わせたものであり、デバイスの材料開発や光取出し効率向上により高めることができる。一方、機器制御系の効率はいわゆる照明器具の利用効率であり、自動調光機能などにより高めることができる。

ここで、照明器具の消費電力量は図 6-31 で表され、発効効率は、単位電力あたりのランプ光束（lm/W）であり、機器制御系の効率は発光効率および照明率以外のその他ファクター（反射率、光束維持率）による効率である。



(出所：社団法人日本電気技術者協会、「照明の管理と省エネ」)

図 6-31 照明設備の省エネの考え方

(ii). 標準演色評価数（演色性）

標準演色評価数（Ra）は、いわゆる色の再現性を表す指数であり、Ra=100 が最大の値である。「基準となる光」で照らされた色の見え方と「Ra 値を測定しようとするそれぞれ

の光」で照らされた色の見え方（再現性）の色差から計算された値を表す。なお、発光効率と標準演色評価数はトレードオフの関係にある。

表 6-1 演色性による用途区分

グループ	Ra の範囲	光色	推奨用途	許容用途
1A	90 Ra	暖 中間 涼	色合わせ 診療所 検査	
1B	80 Ra < 90	暖	オフィス、病院	
		中間 涼	印刷、ペンキ 織物工場、厳密な工業的作業	
2	60 Ra < 80	暖 中間 涼	工業的作業	オフィス
3	40 Ra < 60		ラフな工業的作業	工業的作業
4	Ra < 40			ラフな工業的作業

（出所：ISO 8995、「The lighting of indoor work systems」）

（iii）．LED 照明の省エネ技術

LED (Light Emitting Diode: 発光ダイオード) とは、光を発生する半導体 (ダイオード) であり、電気を流すと発光する半導体の一種である。その LED を光源とするのが LED 照明である。

LED 照明の省エネ技術としては、材料・デバイス構造開発、実装・利用技術および回路開発などの LED 照明の高効率化等による発光効率改善や省エネの LED 照明を普及させ、照明器具の低消費電力化を達成させる商品化などが考えられる。

．光取出し効率の改善

< ナノ凹凸構造 >

ナノ凹凸構造とは、LED の光取出し効率向上のため、LED の化合物半導体から成る表面に、無反射構造と回折構造の二つ機能を備えた新たなナノ凹凸構造を形成する技術である。これにより、臨界角以内の浅い角度で入射した光は、無反射構造によって効率よく内部の光を取り出すことが可能である。また、これまで取り出せなかった臨界角以上の広角で入射した光は、-1 次回折光として基板から外へ取り出すことが可能である。そのため、大幅な光取出し効率向上が見込まれる。

< フリップチップ実装 >

実装基板上にチップを実装する方法の 1 つ。チップ表面と基板を電氣的に接続する際、ワイヤボンディングのようにワイヤによって接続するのではなく、アレイ状に並んだバンブと呼ばれる突起状の端子によって接続する。ワイヤボンディングに比べて実装面積を小さくできる。また、配線が短いために電氣的特性が良いという特徴もある。小型、薄型に対する要求の強い携帯機器の回路や、電氣的特性が重視される高周波回路などに向く。チップの熱を基板に伝えやすいため、熱が問題になる LED の実装にも使われている。

(出所) 日経エレクトロニクス Tech-On.

・ 内部量子効率の向上

内部量子効率とは、LED に流す電子の個数 (電流) に対して、LED の発光層内で発生する光子の個数を割合で示したものである。LED の高効率・高出力化を実現するためには、内部量子効率を大幅に改善する必要があり、そのためには半導体のデバイス構造や材料開発が必要となる。

・ 蛍光材料の改良

現在の発光効率は蛍光灯の半分程度で熱損失が大きいため、今後更なる高効率化を進めるためには、GaN、AlN 等の近紫外高効率光半導体や白色 LED 用の高効率の蛍光材料の改良が必要となる。

(iv) . 有機 EL 照明の省エネ技術

有機 EL 照明とは、有機物に電圧をかけたときに起こる発光現象である有機エレクトロルミネッセンス (Organic Electro-Luminescence : OEL) を利用した有機発光ダイオード (Organic light-emitting diode : OLED) による照明である。現在、有機 EL 照明は研究段階であるが、他の照明にはないフラットな形状という特長に加え、薄型、大面積、省電力の照明として期待されている。

有機 EL 照明の省エネ技術としては、材料開発、光取出効率向上などの有機 EL 照明の高効率化等による発光効率改善や実用化に向けたプロセス開発や低コスト化および超寿命化が考えられる。

・ 材料開発

< りん光発光材 >

ルミネッセンスは、蛍光とりん光に分類でき、蛍光は一重項励起状態から基底状態への遷移に伴う発光、りん光は一重項以外の励起状態 (三重項など) から基底状態への遷移に伴う発光と定義されている。蛍光とりん光の比率は 1 : 3 であり、蛍光発光材料のみでは、25% が内部量子効率の限界値であるが、りん光発光材料により、最高 100% の内部量子効率も理論的には可能である。

・ 光取出効率向上

有機 EL 照明において、光源からの光を外に取り出す効率である光取出し効率の向上は 25%前後と非常に低い水準であり、有機 EL 照明の高効率化を実現するためには、光取出し効率の向上が重要である。

< マイクロレンズ・アレイによる凹凸形成 >

基板の表面にマイクロレンズ・アレイによる細かい凹凸を形成し、光取出し効率を向上させる。

< 光学シート >

上記のマイクロレンズ・アレイによる凹凸と同様な機能を備えた、薄い光学シートを基板の表面に張り付けることで、光取出し効率を向上させる。

・ プロセス開発

< ロール・ツー・ロール方式 >

ロール・ツー・ロール方式とは、電子デバイスを効率良く量産する手法の 1 つであり、この革新的な製造的プロセスにより圧倒的な低コスト化、省マテリアル化、省スペース化が期待される。例えばロール状に巻いた長さ数百 m、幅 1m ほどの大きな基板に回路パターンを印刷し、やはりロールに巻いた封止膜などと張り合わせてから、再びロールに巻き取る。従来方式では個別に切り離された基板を使うため、ある工程から次の工程に個々の基板を搬送する手間がかかる。それぞれの製造装置に搬入・搬出部を設けるので、装置規模も大きかった。ロール・ツー・ロール方式を採ると、基板は装置の間を連続的に流れることになる。製造装置は互いに連結され、搬送に伴う手間や装置を大幅に省ける。

このロール・ツー・ロール方式と、印刷技術を活用して半導体材料や金属材料を使い回路を直接書き込む直接描画技術を併用すれば、ロール状のプラスチック基板を使い、薄い液晶パネルや軽い太陽電池、床や服などにびっしり埋め込めるセンサーなどこれまで実現が難しかった部品を製造できる可能性がある。薄く、軽く、曲げられるといった性質を実現できる上に、製造コストは従来に比べて何ケタも低い。

(v)． 蛍光ランプの省エネ技術

蛍光ランプとは、放電で発生する紫外線を蛍光体に当て可視光線に変換する光源を利用した照明器具である。現在の日本で最も利用されている照明器具である。

蛍光ランプの省エネ技術としては、デバイスの発光効自体は長年の開発にてほぼ理論限界に達しているため、デバイスそのものの高効率化の余地は小さいと考えられる。一方、近年のパワーデバイスの向上によるインバーターの利用による高効率化や、高度 IT 技術による照明制御技術による消費電力削減が期待される。

< インバーター方式 >

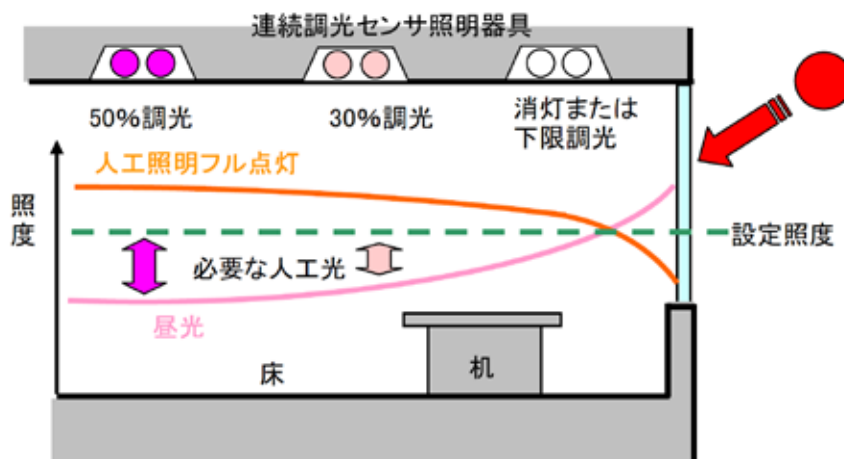
インバーターによって高い周波数で点灯させることにより、発光効率が改善される。また、即時に点灯することができ、ちらつきの低下、長寿命化が図れる。

(vi) . 共通の省エネ技術

照明器具の省エネに関わる共通技術として、照明制御システムによる省エネ化が考えられる。センサー技術等を応用し、在室検知や昼光利用による自動調光を行い、使用する消費電力を削減する。

< 外光補正制御 >

自然光を利用して、照明の出力をセーブする制御である。図 6-32 に示すように、窓から入った昼光の照度分布は、窓際が明るく、部屋の奥に行くに従って暗くなっていく。そこで、設定照度と比較して人工照明に必要な明るさは図中の矢印の部分だけとなる。この昼光量(外光)に対応して照明出力を自動調光制御により使用する消費電力を削減する。

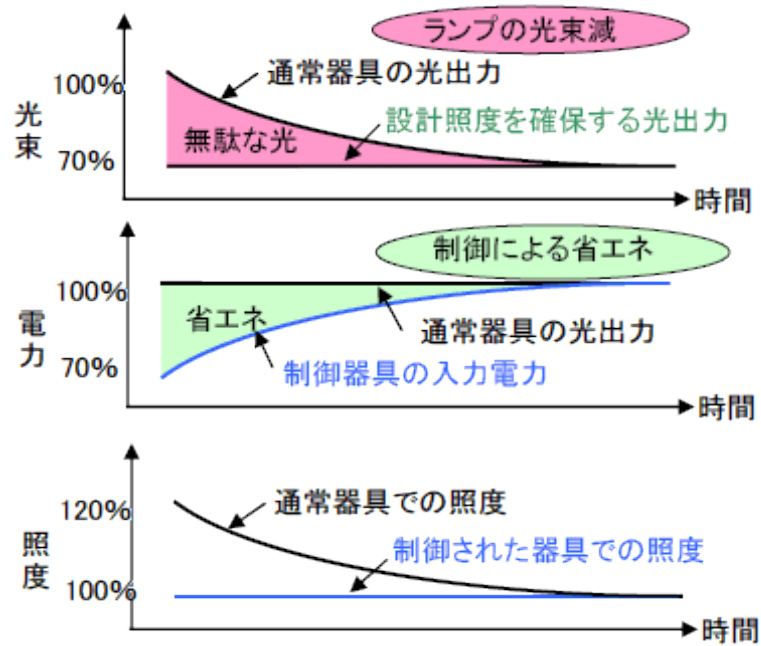


(出所：社団法人日本電気技術者協会、「照明の管理と省エネ」)

図 6-32 外光補正制御

< 初期照度補正 >

ランプや照明器具は、使用時間が増えるに従いランプ光束が低下していたため、設計の段階でランプ寿命末期でも適正照度が確保できるよう、初期段階では非常に高い照度を設定している。初期照度補正は、この初期段階の過剰な明るさを調光し、適正な明るさに補正することにより消費電力を削減する(図 6-33)。



(出所：社団法人日本電気技術者協会、「照明の管理と省エネ」)

図 6-33 初期照度補正

6.3.4. 省エネの可能性（期待値）

以下に照明器具の省エネの可能性を記載する。

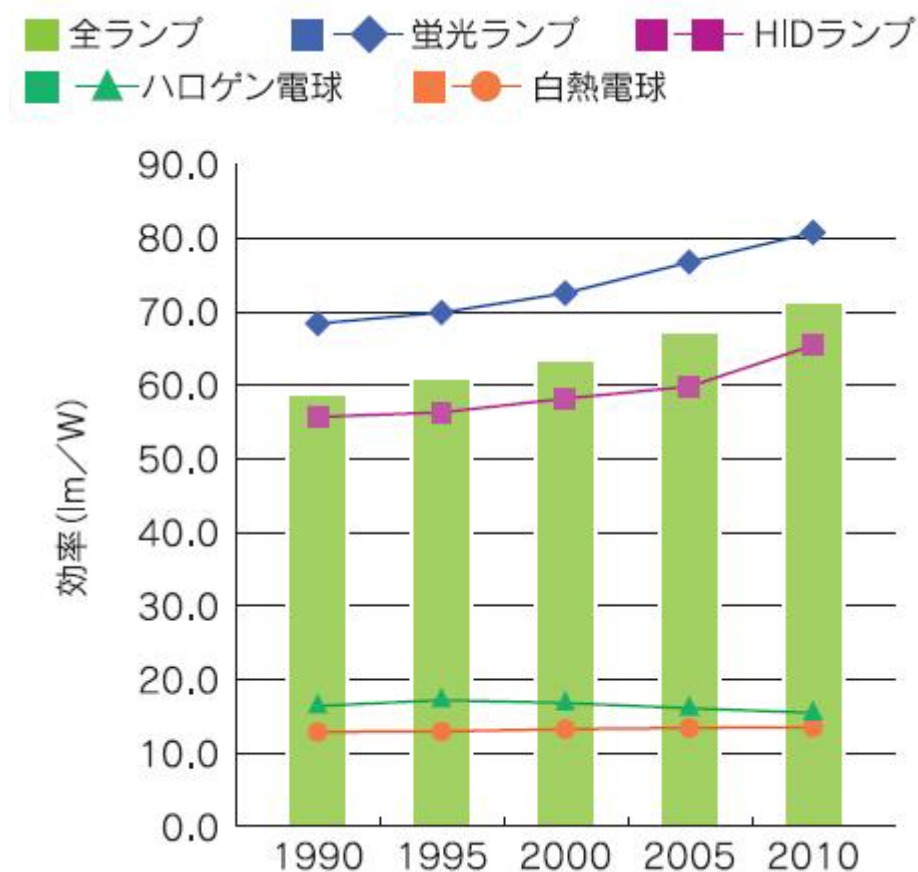
ここで、省エネの可能性を示す対象は「点光源・局部照明」および「面光源・全般照明」とした。

（i）． 推定方式

省エネの可能性は省エネ関連技術のロードマップより推定する。

< 点光源・局部照明 >

点光源・局部照明の現在の主流は白熱電球であり、その発光効率は約 10 [lm/W] 強でありその値は横ばいに推移していく（図 6-34）。電球型蛍光ランプの発光効率（単体の効率）は 2008 年で 81 [lm/W] であり、その後若干ではあるが増加していくと予想される。



（出所：社団法人日本電球工業会、「あかりの省エネ」）

図 6-34 平均総合効率の推移

一方、白色 LED の発光効率は、光取出効率の改善、内部量子効率および蛍光材料の改

良等の技術開発により 65 [lm/W]@2008 年、85[lm/W]@2010、110 [lm/W]@2015 年、140 [lm/W]@2020 年、150 [lm/W]@2025 年と推移していく。現在は、低コスト化および長寿命化等の課題があるが、これらは今後の技術開発および一般白熱電球の生産廃止への動き等を考慮し、2012 年以降徐々にその主流が変化していくと仮定する。

< 面光源・全般照明 >

面光源・局部照明の現在の主流は蛍光ランプであり、その発光効率は約 100 [lm/W]である。ただし、蛍光ランプの発光効率は徐々に増加するが、今後大きな改善は見られないと予想される。

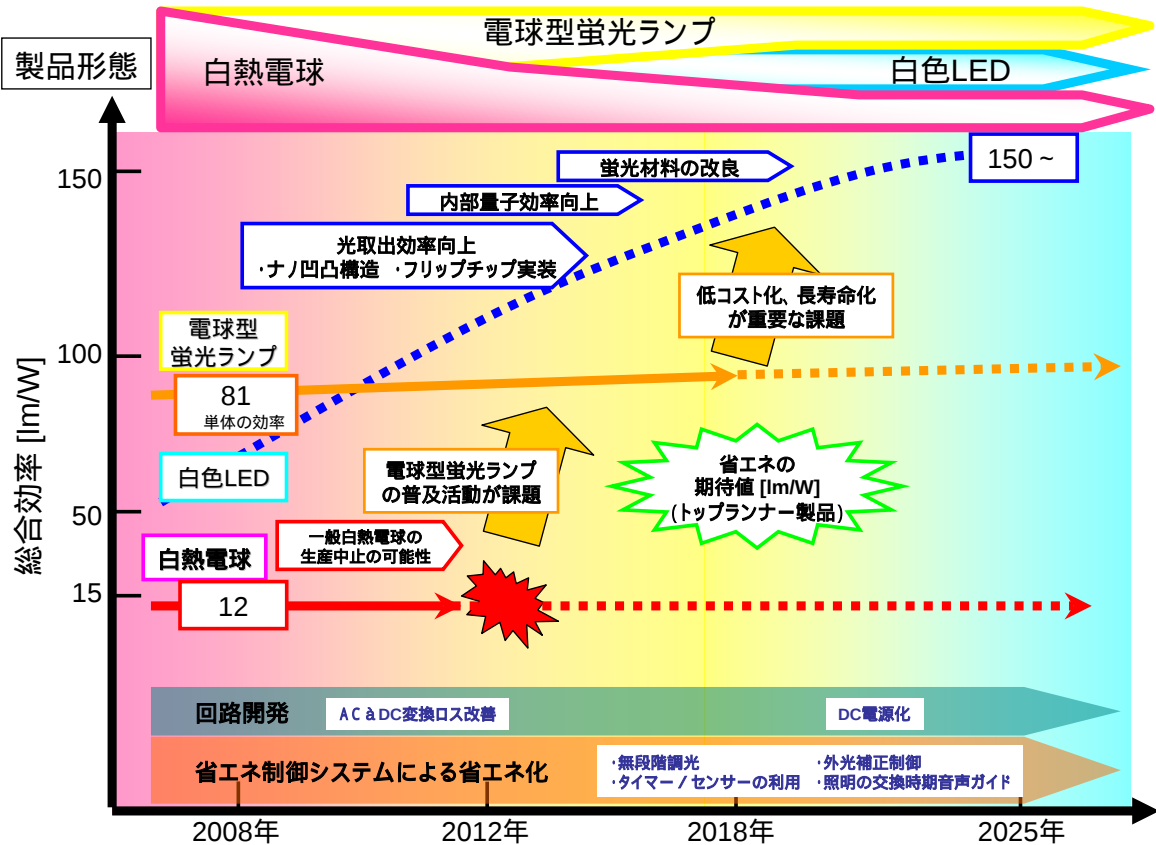
白色 LED は長寿命・省電力などの優れた特性があるもの光束が少なく一般照明としては不向きとされていたが、昨今の研究開発により高出力化と長寿命化を両立される技術が確立されてきており、一般照明として利用される可能性がでてきた。発光効率は上記のように年々上昇していく。

一方、有機 EL は、2008 年現在は開発中であり、製品として発売されるのが 2011 年以降と見込まれる。発売当初の発光効率は蛍光ランプより低いものであるが、低消費電力の潜在的なポテンシャルは高く、発売以後から急激な発光効率の上昇が見込まれる。

(ii) . 2025 年の省エネの期待値 (トップランナー製品)

< 点光源・局部照明 >

照明器具 (点光源・局部照明) の省エネの可能性を図 6-35 に示す。



推定：みずほ情報総研

図 6-35 照明器具 (点光源・局部照明) の省エネの可能性 (期待値)

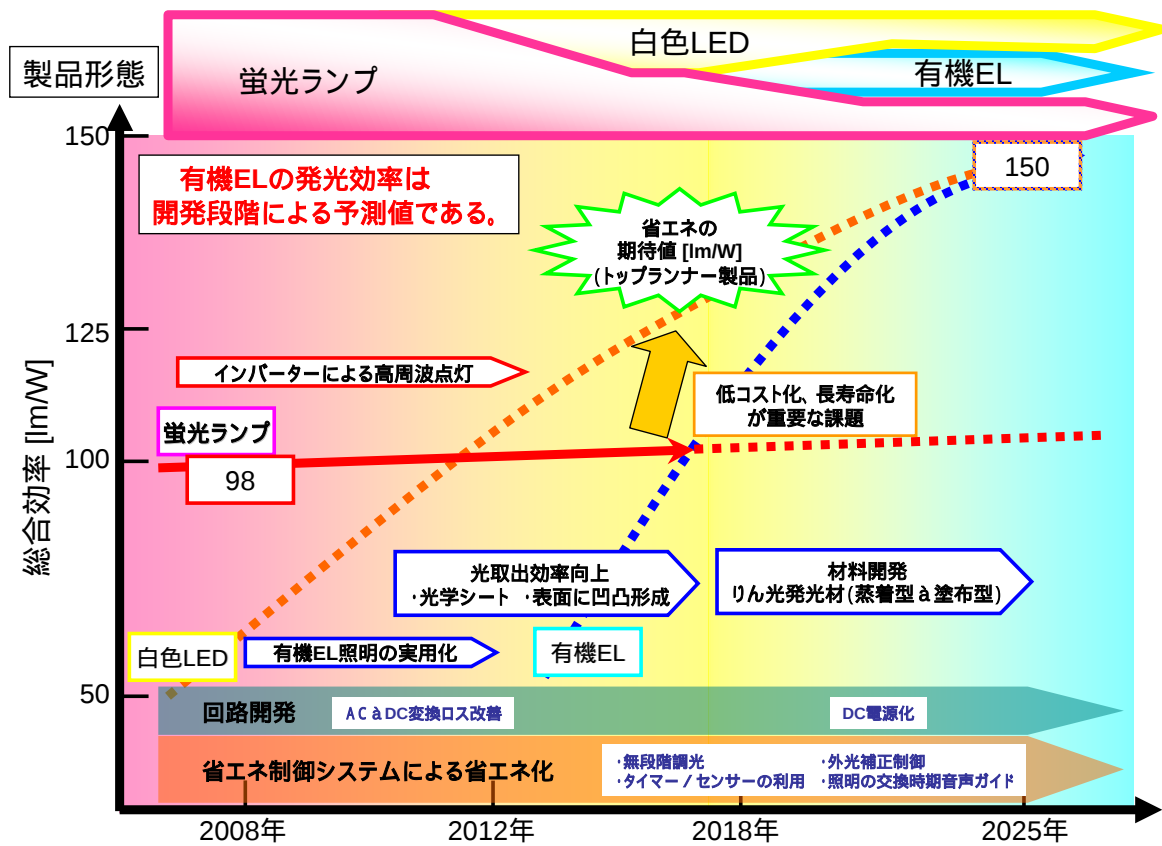
< 照明器具 (点光源・局部照明) の課題 >

近年の省エネに有効なのは、白熱電球から電球型蛍光灯へのランプ交換である。これにより約 7 倍の効率改善が見込まれ、省エネに寄与するものと考えられる。このランプ交換には電球型蛍光灯の普及活動が課題となる。

2015 年以降の将来の省エネの照明器具として期待されているのは白色 LED である。2008 年現在でも白色 LED の商品化がなされているが、そのコストは高いため、普及するためには低コスト化が重要な課題となる。また、白色 LED は取り付けの照明器具ではなく、建築物と融合した照明システムとしても利用されるため、その場合はより一層の長寿命化が課題となる。

< 面光源・全般照明 >

照明器具（面光源・全般照明）の省エネの可能性を図 6-36 に示す。



推定：みずほ情報総研

図 6-36 照明器具（面光源・全般照明）の省エネの可能性（期待値）

< 照明器具（面光源・全般照明）の課題 >

2015 年以降の将来の省エネの照明器具として期待されているのは白色 LED および有機 EL である。2008 年現在でも白色 LED の商品化がなされているが、そのコストは高いため、普及するためには低コスト化が重要な課題となる。一方、有機 EL は現在研究段階であるため、実用化が重要な課題となる。また、白色 LED および有機 EL は取り付けの照明器具ではなく、建築物と融合した照明システムとしても利用されるため、その場合はより一層の長寿命化が課題となる。

6.4. 冷蔵庫

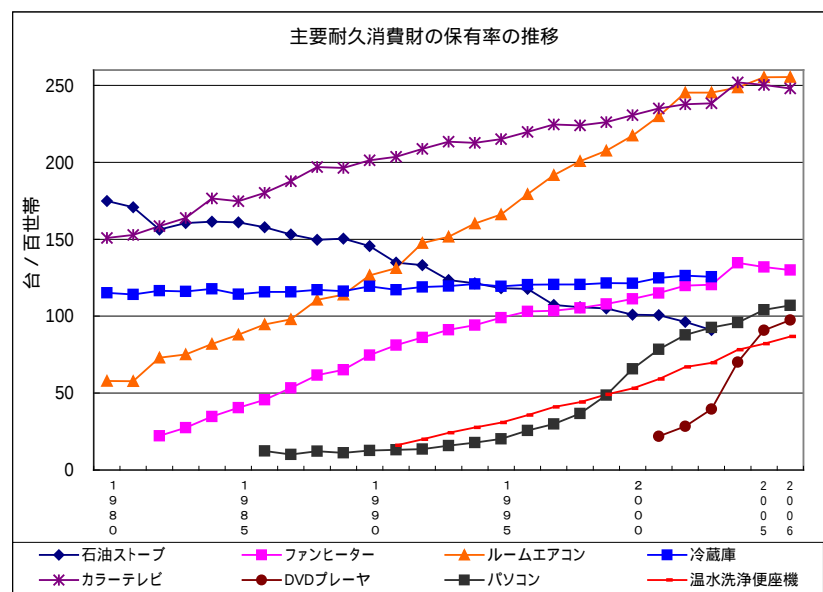
6.4.1. 策定対象

我が国の冷蔵庫におけるエネルギー利用量の大きさから、冷凍庫と一体となったものを含む「家庭用電気冷蔵庫」とする。現行省エネ法上の特定機器である冷蔵庫では、熱電素子を使用する超小型のもの、吸収式の超大型冷凍庫は除外されているが、本調査では将来の技術進歩の可能性を加味して対象とする。

冷蔵庫という家電製品の特徴

冷蔵庫という家電製品の特徴として、以下をあげることができる

- ・ 1970 年代に普及率 100%となった成熟製品
- ・ 大型化・多機能化してきているが冷蔵という基本機能に大きな変化はない
- ・ フロン代替物質への転換が進んだ
- ・ TV・エアコンと異なり 2 台目保有は進んでいない
- ・ 一般に設置スペース制約がある（w65cm×d65cm×h200cm 程度）
- ・ 鮮度保持、貯蔵性向上による廃棄食材低減など、「食生活全般の省資源(食の省エネ)」ニーズの高まりが期待される



(出所：内閣府、「消費動向調査（平成 19 年 3 月）」より作成)

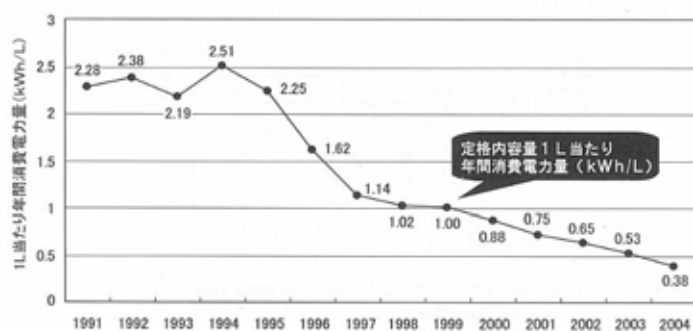
図 6-37 主要耐久消費財の保有率の推移

6.4.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定

(i). これまでの冷蔵庫について

我が国の冷蔵庫の保有率は 20 年前にほぼ頭打ち、一台当り消費電力量もほぼ横ばいである。容量当り消費電力量は減少傾向にあり、機器効率は代替フロン対応・多機能化のなかでも向上してきている。

- ・ 基本的に大容量化、多ドア化、冷凍庫需要増が進んできている（JEMA 他、後述）
- ・ ネット対応冷蔵庫は、商品化されているが、主流製品には至っていない



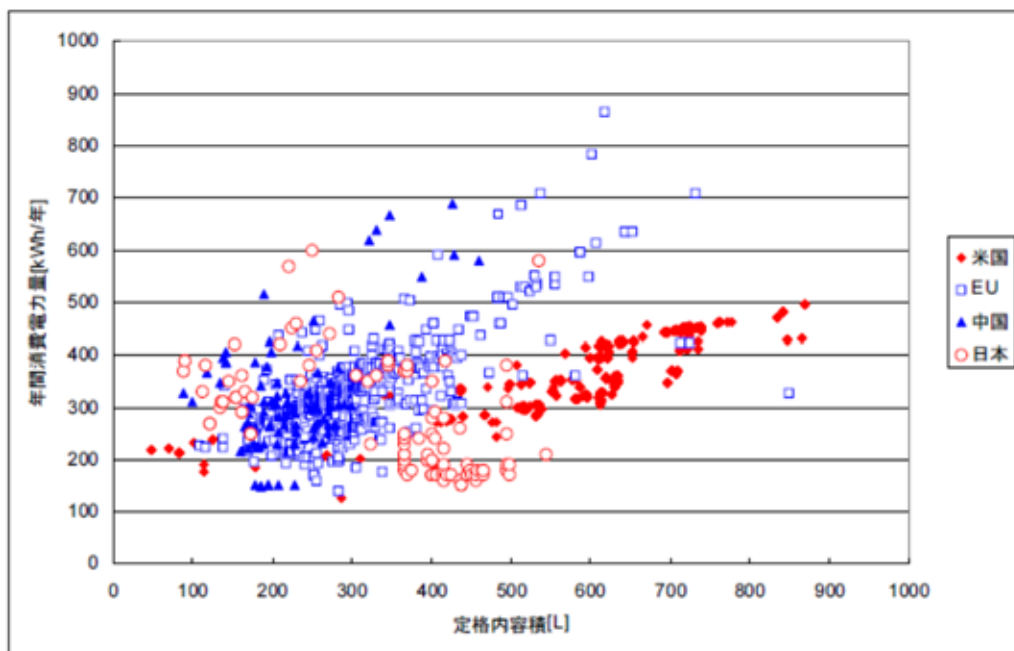
注) 日本工業規格に基づいて測定した定格内容積 1 L 当りの年間消費電力量値で、各社主力冷蔵庫の平均値。93～94年の一時的な消費電力量の上昇は、95年末の特定フロン全面への対応等のため。
出所) (社) 日本電機工業会

容量当り消費電力量は、代替フロン対応・多機能化のなかでも減少傾向

(出所: 「冷凍冷蔵庫」, Matsushita Technical Journal, Vol.51, No.3 (2005) ほか)

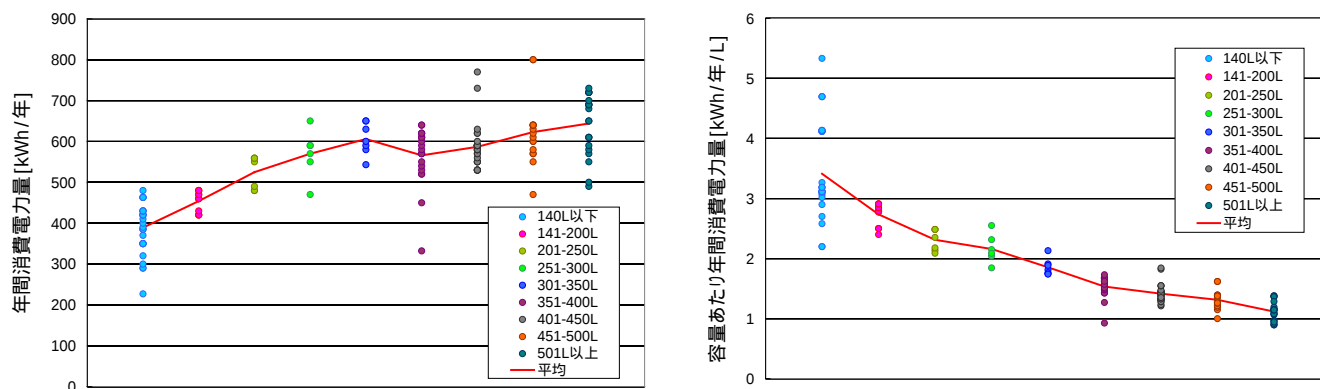
図 6-38 これまでの冷蔵庫の省エネ技術と消費電力の変遷

前述の通り、高機能であるにもかかわらず、我が国の冷蔵庫のエネルギー効率は極めて高い。既往国際比較研究によると、主流製品群（351L～450L）での省エネの進展が見て取れる。（製品の分布は、その国民のライフスタイルと商品選択の表れである）



（出所：省エネルギーセンター、「海外と日本における機器のエネルギー消費効率分布及び実測による効率比較に関する調査」（2006.7））

図 6-39 冷蔵庫の年間消費電力量の国際比較



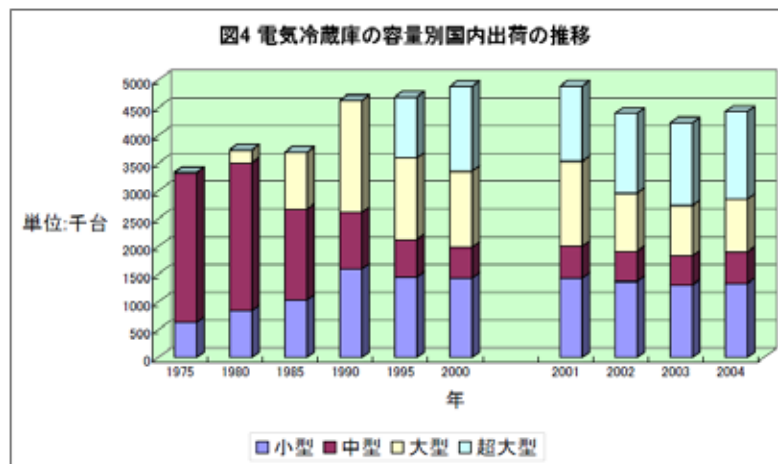
（出所：省エネルギーセンター、「省エネ性能カタログ 2007 夏版」）より作成

図 6-40 冷蔵庫の容量別消費電力量の比較

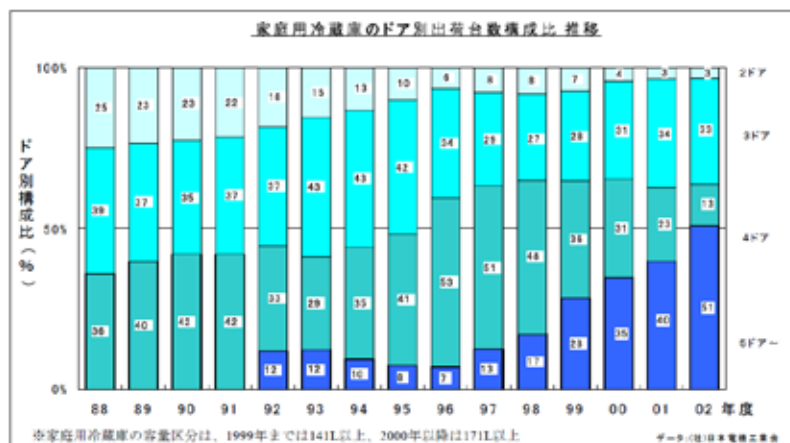
(ii) 大型化と多ドア化の推移と見通し

ここでは、これまでの冷蔵庫の大型化と多ドア化の推移を分析したうえで、その見通しを考察する。これまでの実績は以下の通りである。

- ・ 140L 以下の小型製品は、単身世帯を中心に根強い需要（約 30%シェア推移）がある
- ・ それ以外については大容量化が進行、平均容量も増加傾向がある
- 堅調な小型需要と超大型化の二極化した需要がある
- ・ 5 ドア以上の多ドア化は 90 年代後半から進行、3 ドアと 5 ドア以上に二極化



注：140L 以下は小型、141-300L は中型、301-400L は大型、401L 以上は超大型



（出所：経済産業省、省エネルギー基準部会 電気冷蔵庫等判断基準小委員会「中間とりまとめ」（2006）、日本電機工業会資料）

図 6-41 冷蔵庫の容量別、ドア別の出荷台数の比較

以上のことから、今後の見通しとしては、以下のようにまとめられる。

- ・ 単身世帯増（独居世帯増）で「140L 以下の小型機需要」が増加していく
- ・ 大型化はスペース制約（400L で約 180cm 必要）に漸近していく
- ・ 401L 以上はほぼ全て 5～6 ドアになる。7 ドアは振るわず、多ドア化は 6 ドアまで

(iii) . 冷蔵庫の新形態・新機能の見通し

これまでの冷蔵庫製品の変遷、省エネ技術、ユーザー需要を踏まえ、今後の冷蔵庫の新形態・新機能としては、大別して以下の2つをあげることができる。

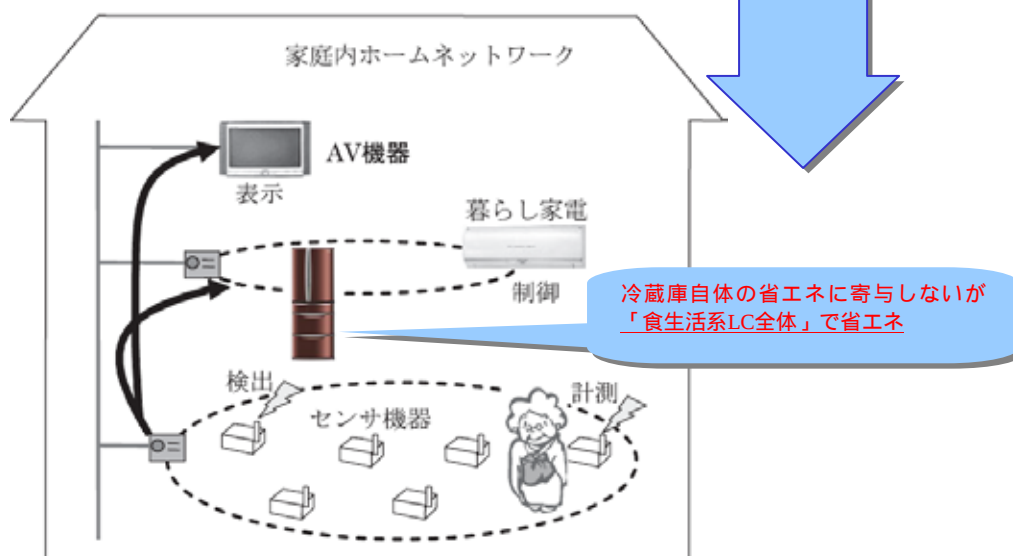
付加機能高度化へ：食品鮮度保持、美味しさや貯蔵性向上

- ・ 廃棄食材低減等「食生活全般の省資源（食の省エネ）」の進展

センシング・ネット対応へ：室内温度監視やタイマー機能と連携した省エネ運転モード制御

- ・ 「見える化＝省エネナビ」： 運転状況、消費電力と電気代の目安の表示、確認
- ・ ドア開閉回数の表示警告（心がけ省エネ Check）、安否確認（お年寄りの見守り）
- ・ 庫内映像確認、食材在庫・賞味期間確認機能、さらには栄養管理機能など

	多ドア	3枚 → 5枚 → 7枚 → 5枚 →
消費電力増加要因	レイアウト	・ 薄型 ・ 引き出しドア ・ 冷蔵両開き扉（観音開き） ・ 冷凍両開き扉（観音開き） ・ ミッドフリーザー
	付加機能	・ 透明水 ・ 自動製氷機 ・ 自動透明水 ・ 脱臭機能 ・ 解凍機能
	冷媒	（特定フロン対応） ・ 代替フロン
	断熱材	（特定フロン対応） ・ 水増量発泡 ・ 特定フロン代替化



（出所：NEDO ネットワークデジタル情報家電の明るい未来へ(2007)より）作成

図 6-42 今後の冷蔵庫の新形態・新機能の見通し

冷蔵庫の省エネ行動の大きさ（ご参照）

下表のように冷蔵庫に関わる「心がけ省エネ」の効果は大きく、省エネナビの有効性が期待される。また、食材の廃棄割合によっては、ライフサイクルでの省エネ・省資源には一層の差が起こる。

表 6-2 冷蔵庫に関する省エネ行動による省エネ効果

冷蔵庫に関しての省エネ行動による省エネ効果

省エネ行動項目及び条件	1 台あたりの年間省エネ効果		
	電力量 (kWh)	金額 (円)	CO ₂ 排出量 (kg- CO ₂)
物を詰め込み過ぎないように整理整頓に気をつけましょう。(設定強度中で、一定量とその半分の量を入れた場合の比較)	44	1,000	17
冷蔵庫の庫内は季節にあわせて温度調整をしましょう。(設定温度を強から中とした場合の比較)	62	1,400	24
冷蔵庫は壁から適当な間隔をあけて設置しましょう。(カタログ設置条件の両側と上側に壁がある場合と、片側だけ壁がある場合の比較)	45	1,000	17
冷蔵庫の扉は開閉を少なくし、開けている時間を短くするように気をつけましょう。(設定強度中で、開閉回数 2 倍、開放時間を 2 倍にした場合の比較)	17	400	6

- 注) 1. 条件設定及び電力量は、省エネルギーセンター「ライフスタイルチェック 25」の条件によります。電力量については、1kWh 単位で記載しています。
 2. 金額は、電気代を 22 円/kWh として電力量から算出し、100 円単位で記載しています。
 3. CO₂ 排出量は、排出係数 0.381kg-CO₂/kWh として算出し、1kg 単位で記載しています。

(出所：省エネルギーセンター、「ライフスタイルチェック 25」)

(iv) 省エネに関わる冷却技術の動向

これまでの冷蔵庫の省エネは、冷却技術、断熱技術、制御技術の3つの基本技術の改善の積み重ねで消費電力量の低減を実現してきた。費用対効果の面でめばしい省エネ技術は既に製品に折り込まれており、今後は以下のような省エネ技術の拡充が中心となる。

(1) 新規ハイテク技術（インバータ・最適制御等）の応用検討

(2) 新規断熱材の応用検討（真空断熱材等）

(3) 過去実行した省エネ技術の再評価

- ・扉開閉パターン学習、室温センシングによる高度制御
- ・中間負荷状態での効率改善 など

表 6-3 これまでの冷蔵庫の省エネ基本技術

これまでの主な省エネ基本技術

技術基本要素	技術項目	具体的事例
冷却技術	圧縮機の効率	モータ効率、圧縮効率、インバータの採用等
	凝縮効率の向上	凝縮器の取付け位置、放熱面積等
	冷気風路の最適化	冷気流れの見直し改善
断熱技術	断熱材の高効率化	真空断熱材の採用等
	断熱構造改善	扉ガスケットの断熱効果（形状）
制御技術	ヒータ制御の最適化	冷却オフサイクル時の凍結防止ヒータ熱量制御
	冷却回路の最適化	コンプレッサ停止の熱ロス改善
	起動時のトルク低減	安定運転時の低消費化
	インバータ化技術	冷却サイクルの効率向上

（出所：経済産業省、「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 電気冷蔵庫等判断基準小委員会 最終取りまとめ」(2006)）

表 6-4 今後の冷却技術の開発動向

技術名	現況と特徴、開発動向
蒸気圧縮冷凍	・現 家庭用冷蔵庫のほぼ全てに適用 ・一層のコンプレッサ効率と制御の向上
吸収式冷凍	・ホテル、病院の超大型機(家庭不向き) ・熱源の自由さ、静かさに特徴あり
ペルチェ冷凍	・冷媒不要、超小型庫に利用(無音) ・冷凍効率低いがNEDO等技術開発中
磁気冷凍	・冷媒不要だが、現状で冷凍能力が低い ・動力低減と高磁気熱量効果材料開発
スターリング冷凍	・極低温実現の冷凍システム ・研究開発段階、家庭用へはこれから

6.4.3. 今後の消費電力の見通し

省エネ法トップランナー制度における目標値を延長すると、以下の値が得られる（参考推計）。近年のエネルギー効率改善は鈍化していることが分かる。

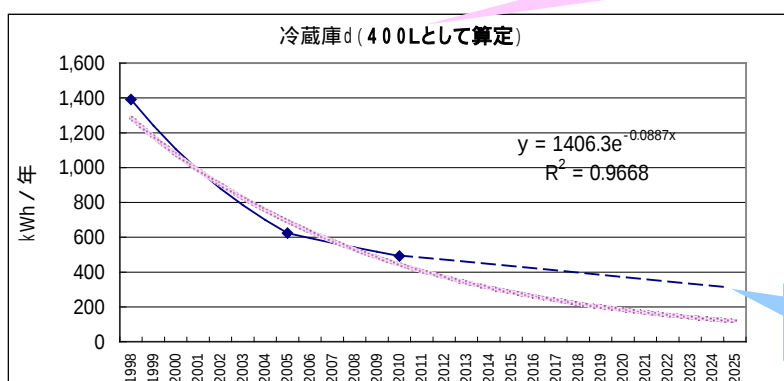
種別	区分			基準エネルギー消費効率 の算定式
	冷却方式	定格内容積	区分名	
冷蔵庫及び 冷凍冷蔵庫	冷気自然対流方式		A	$E2 = 0.844V2 + 155$
	冷気強制循環方式	300L以下	B	$E2 = 0.774V2 + 220$
		300L超 1枚	C	$E2 = 0.302V2 + 343$
		2枚以上	D	$E2 = 0.296V2 + 374$

条件: 区分B以外を400Lと仮定する		
1998年	2004 - 2010年 2005逆算	2010年 目標
1,392	624	493
1,278	572	452
1,310	587	464
1,391	623	492

※: 2025年の主流製品（みずほ情報総研の想定）

備考 E2: 基準エネルギー消費効率 (kWh/年)、V2: 調整内容積 (L)

・お勧め容量式 by 東芝 キッチンソリューション部(2002.8)
目安容量(L) = (家族人数 × 70L) + (常備100L) + (予備70L)
3人家族: 380L、2人家族: 310L



トップランナー延長推計結果

2025年	予測値
冷凍冷蔵庫	
400L	300 kWh/年
(	117 kWh/年 指数近似)
2ドア以上、強制循環方式	

2025年 冷凍冷蔵庫400Lの消費電力量は
300kWh程度と見込まれる

図 6-43 トップランナー制度の延長による冷蔵庫の消費電力量予測

6.4.4. 省エネ関連技術の開発ロードマップ

(i). 冷蔵庫の主な省エネ技術

日本の冷蔵庫における省エネは、冷却技術、断熱技術および制御技術の3つの基本技術の改善の積み重ねで消費電力量の低減を実現してきた。表 6-2 にそれぞれにおける主な省エネ基本技術を示す。

また、近年は上記のような冷蔵庫自身の省エネに加えて、IT による高度制御による省エネが期待されている。

表 6-5 冷蔵庫の主な省エネ技術

技術基本要素	技術項目	具体的事例
冷却技術	圧縮機の効率	モータ効率、圧縮効率、冷媒にイソプタンの採用等
	凝縮効率の向上	凝縮器の取付け位置、形状・放熱面積等
	冷気風路の最適化	冷気流れの見直し改善
断熱技術	断熱材の高効率化	真空断熱材の採用面積の拡大等
	断熱構造改善	扉ガasketの断熱効果（形状）
制御技術	ヒータ制御の最適化	各種温度保証用ヒータの熱量制御
	冷却回路の最適化	コンプレッサ停止の熱ロス改善
	起動時のトルク低減	安定運転時の低消費化
	インバータ化技術	冷却サイクルの効率向上

（出所：経済産業省、「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 電気冷蔵庫等判断基準小委員会 最終取りまとめ」(2006)）

(ii). 冷却技術

・ 冷凍技術

< 蒸気圧縮冷凍技術 >

現在の家庭用冷蔵庫のほぼ全てに適用されている冷凍技術である。気化しやすい性質の液体（冷媒）を圧縮して高圧ガスにした後、ファンや冷却水等で熱を奪うことで、ガスの性質上多少温度が高めでも高圧液化ガスができる。この高圧液化ガスを調節弁（膨張弁）を通して圧力を下げ、冷却管に流し込むとそのガスが低温で蒸発し、その蒸発のときの潜熱（周囲の温度が下がる）を冷凍等に利用する。

< ペルチェ冷凍技術 >

ペルチェ冷凍技術は、ペルチェ効果を利用、冷媒を用いない冷凍技術である。ペルチェ効果とは、異なる金属を接合し電圧をかけると、接合点で熱の吸収・放出が起こる効果である。

圧縮機が不要であるため作動音がほとんどないが、冷凍効率は低いため、高効率化が今後の課題となる。

< スターリング冷凍技術 >

スターリング冷凍技術とは、スターリングサイクルを利用した冷凍技術であり、極低温を実現するための冷凍システムとして開発がされており、家庭用冷蔵庫向けは今後の課題である。

・ 圧縮機

< 機械損失低減 >

機械損失には主に軸受／クランクシャフト軸の摺動部、そして圧縮部のピストン／シリンダー間の摺動部の損失低減策が有効であり、信頼性を確保しつつ最大限の摺動面積低減を図りモーター入力値の低減が図られている。特にピストンについては新表面処理の採用などを行い、摺動損失の低減が図られている。

< 吸入・吐出の損失低減 >

冷媒の吸込みと吐出タイミングをスムーズにする様にバルブや吸入マフラーのチューニングを図り、圧縮効率の改善が図られている。

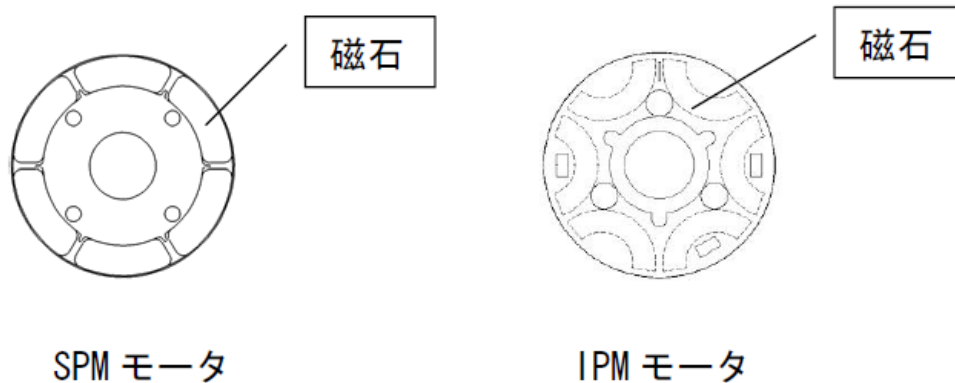
< 低速回転化 >

より低速回転化を図り、入力を大幅に低減するため、クランクシャフトの給油機構を改善し、低速回転化が図られている。

< モーターの高効率化 >

従来使用されていたSPMモーターと比べてモーター効率の良いIPMモーターへの改善によって、より軽量かつ高効率なモーターへの変更が図られている（図 6-44）。

また、モーター効率向上策の一つに、限られたモーター空間によりモーター巻線を巻くといった線積率の増大により、コイル断面積を拡大しモーター巻線抵抗を低減し銅損の低減が図れる。本線積率の増大をするには直接ステータに巻線を巻きつける突極集中巻方式への設計改善によって実現化が図られている。更に、冷蔵庫の省エネに影響を及ぼす低速回転運転時のモーター効率の向上を図るため、巻線の長さや断面積のチューニングが図られている。



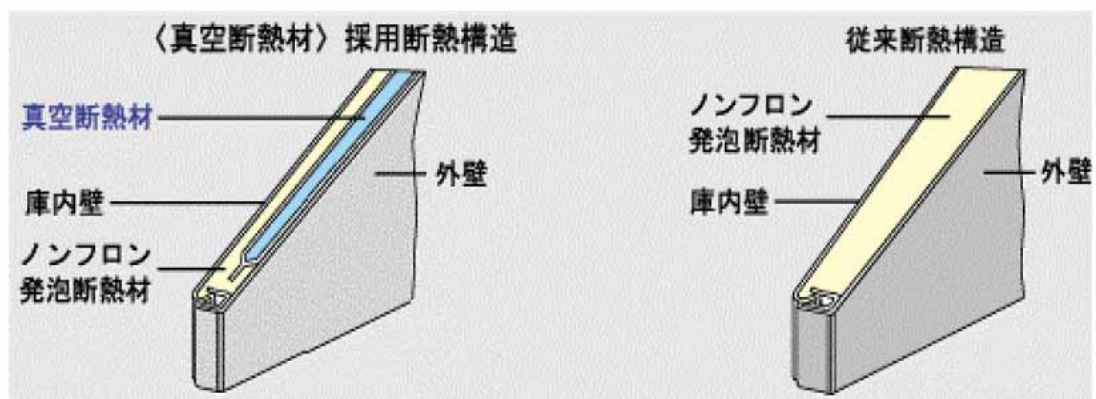
(出所：経済産業省、「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 電気冷蔵庫等判断基準小委員会 最終取りまとめ」(2006))

図 6-44 圧縮機用モーターのロータ磁石形状

(iii). 断熱技術

< 真空断熱材 >

高い断熱性能を持つ真空断熱材と従来のウレタン断熱材の複合断熱システムとすることにより、大幅に断熱性能を上げることが可能である(図 6-45)。しかし、現在、真空断熱材の製造コストが高いことから、主に400L以上の大型製品に採用されるにとどまっている。



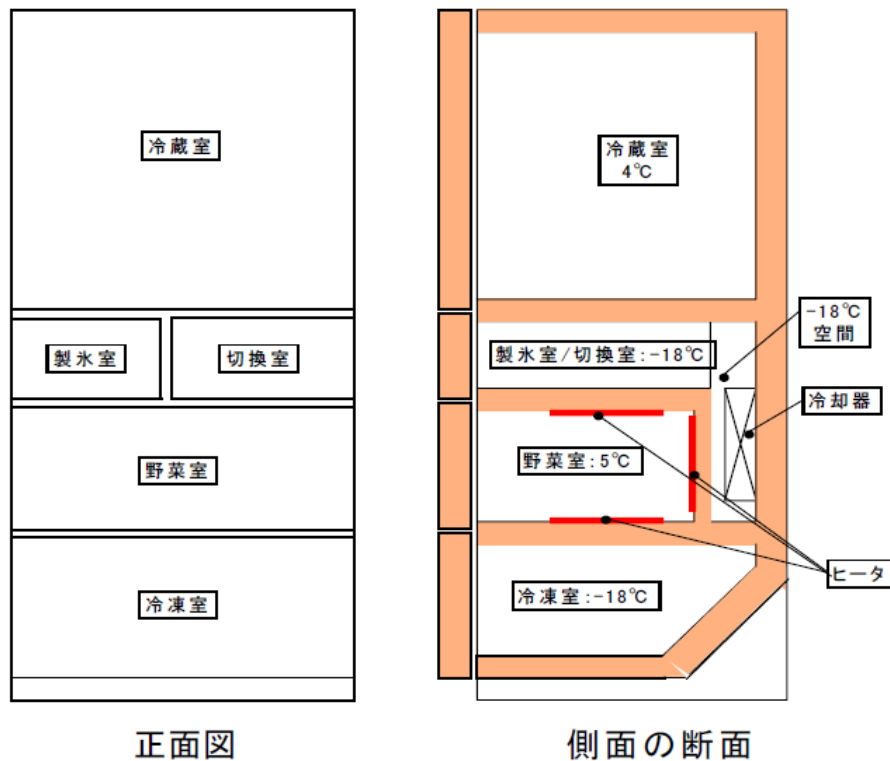
(出所：経済産業省、「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 電気冷蔵庫等判断基準小委員会 最終取りまとめ」(2006))

図 6-45 真空断熱材の構造

(iv) . 制御技術

< 庫内温度補償ヒータ >

野菜室の温度補償ヒータについては、外気温度、庫内温度条件等によりヒータ通電率を最適に制御することや、野菜室と冷凍室の間の仕切壁の壁厚の見直し、断熱材に高効率ウレタンを採用するなど断熱特性を改善することでヒータ容量削減が図られている（図 6-46）。



（出所：経済産業省、「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 電気冷蔵庫等判断基準小委員会 最終取りまとめ」(2006)）

図 6-46 庫内温度補償ヒータ

< 露付き防止ヒータ >

「観音扉」タイプの冷蔵庫には、2枚の扉間に「冷気漏れ防止用仕切り」が冷気の流出を抑制する目的で設置されているが、庫内の温度影響(熱伝導)により庫外側表面が冷やされ、設置場所の温度・湿度等の環境条件によっては仕切り面に露が付く場合がある。この露付きを防止する策として、仕切り内にヒータを配置し、設置場所の環境、冷蔵庫の運転条件により、ヒータの通電を制御している。

< インバーター制御 >

従来の冷蔵庫冷却システムでは、コンプレッサの回転数を変化することができず、最

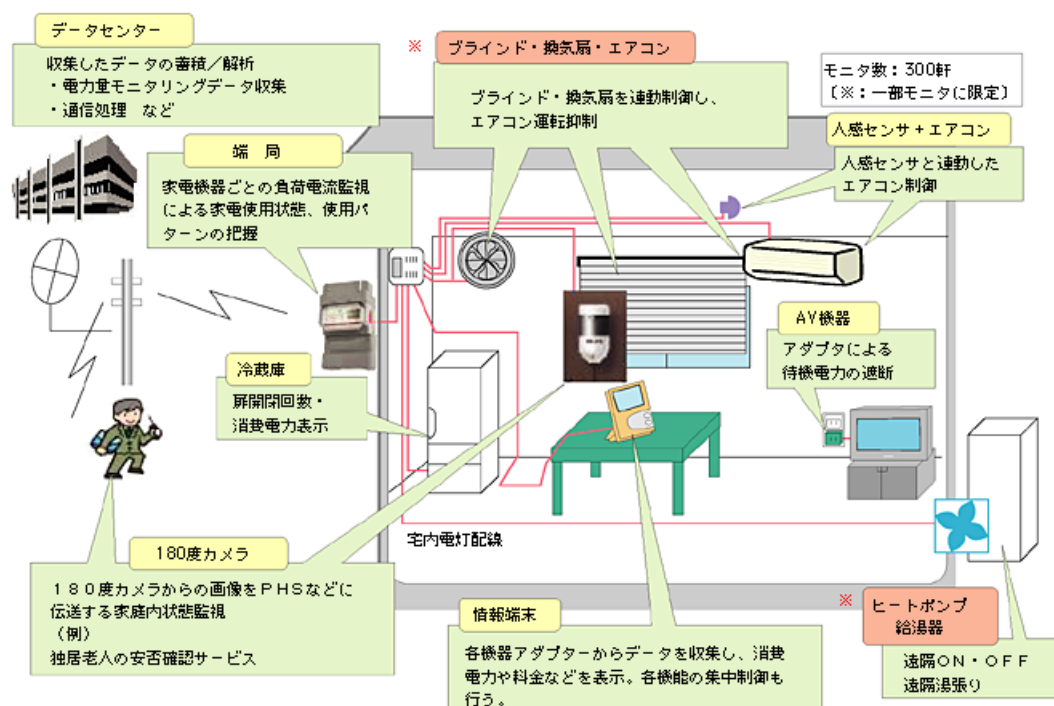
大負荷条件に応じた設計となっていた。しかし、インバーター制御により、従来は一定だったコンプレッサの回転数を変化させることができ、効率よく運転することが可能になる。扉の開閉や、庫内・周辺温度に適した状態で、コンプレッサの回転数を制御し、冷却力を効率よく制御し、省エネ効果を発揮する。

< 自動省エネ運転 >

自動省エネ運転とは、長時間の開閉がない場合や、夜間時に自動的に省エネ運転に切り替わる機能である。

(v) . その他

また近年は、IT 技術の活用により、人に代わって家電機器等の最適運転や照明のオン・オフ、更にはエネルギーの使用状況をリアルタイムで表示する等、家庭におけるエネルギー管理（省エネ行動）を支援するホームエネルギーマネジメントシステム（HEMS）による省エネ化が期待されている（図 6-47）。



（出所：資源エネルギー庁、「2006年版エネルギー白書」）

図 6-47 ホームエネルギーマネジメントシステム（HEMS）の概要

6.4.5. 省エネの可能性（期待値）

以下に冷蔵庫の省エネの可能性を記載する。

ここで、省エネの可能性を示す対象は、「冷凍冷蔵庫（400L、2ドア以上、強制循環方式）」とした。

（i）. 推定方式

省エネの可能性は最新の冷凍冷蔵庫から、改善可能な技術を想定することにより推定する。

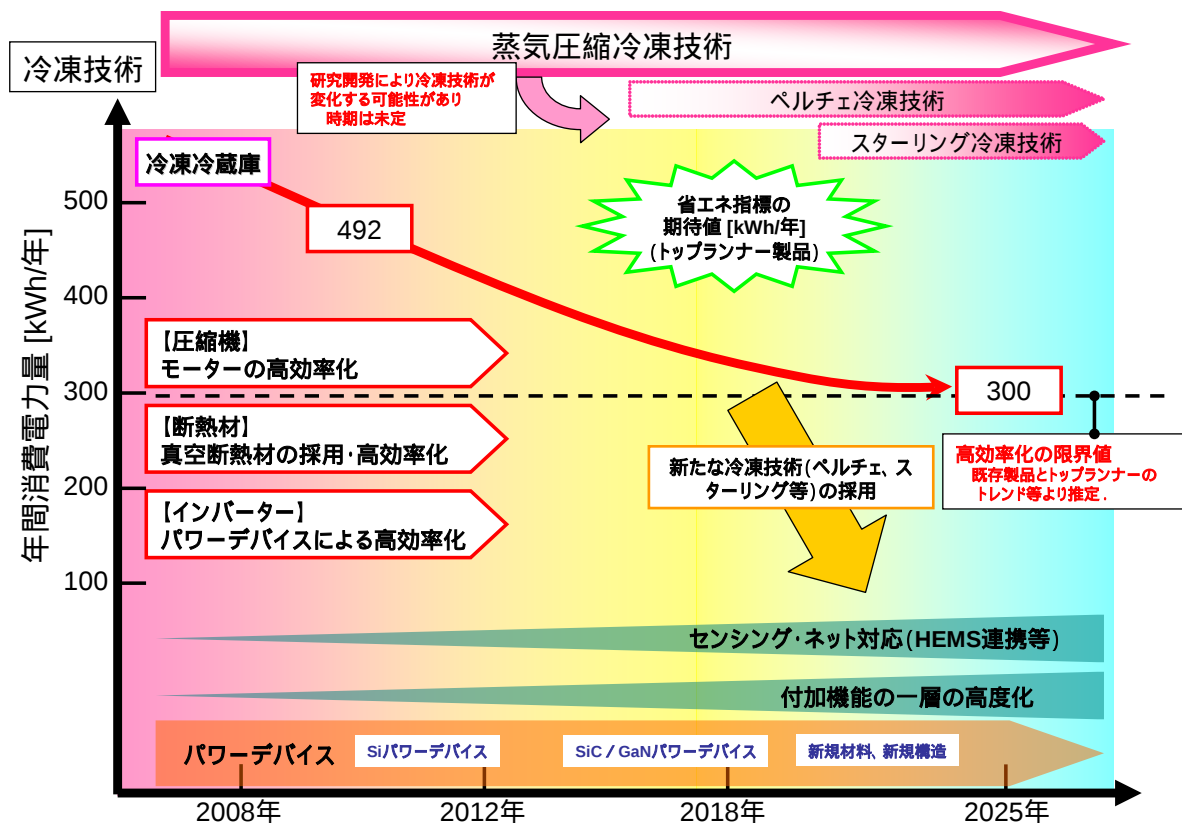
< 400L、2ドア以上、強制循環方式 >

「400L、2ドア以上、強制循環方式」の2010年のトップランナー基準は492 [kWh/年]であるため、2010年をその値に設定する。今後の冷凍冷蔵庫は、圧縮機、断熱材、インバーターの改善により年に数%の増加は見込めるものの、省エネ技術の限界にきており、今後の省エネ化は鈍化するものと予想される。ただし、省エネルギーセンターの「省エネカタログ 2008 年冬版」によると、省エネ性能が最も高い機器では、320 [kWh/年]（400Lに換算）であり、将来この値より若干高い省エネ性能が達成されると予想され、冷凍冷蔵庫単体では約300 [kWh/年]が高効率化の限界値であると推定した。

なお上記推定は、蒸気圧縮冷凍技術における冷凍冷蔵庫単体での推定であり、新たな冷凍技術（ペルチェ、スターリング冷凍技術）の採用や、ITによる高度制御により更なる省エネ化が達成されるものと考えられる。

(ii) . 2025 年の省エネ指標の期待値 (トップランナー製品)

冷凍冷蔵庫 (400L、2 ドア以上、強制循環方式) の省エネの可能性を図 6-35 に示す。



推定：みずほ情報総研

年間消費電力量 [kWh/年]：省エネ法基準 (測定基準：日本工業規格 JIS C 9801:2006

「家庭用電気冷蔵庫及び電気冷凍庫の特性および試験方法」)

図 6-48 冷凍冷蔵庫 (400L、2 ドア以上、強制循環方式) の省エネの可能性 (期待値)

< 冷蔵庫の課題 >

図 6-35 で示すとおり、蒸気圧縮冷凍技術による冷蔵庫単体の省エネ技術の限界にきており、今後の省エネ化は飽和するものと予想される。よって、冷蔵庫の今後の省エネ化には、蒸気圧縮冷凍技術に変わる新たな冷凍技術 (ペルチェ冷凍技術、スターリング冷凍技術) による省エネ化や、機器単体ではなく HEMS 等のホーム IT システムとの連携 (IT による高度制御) による省エネ化が考えられる。

6.5. 空調機（エアコン）

6.5.1. 策定対象

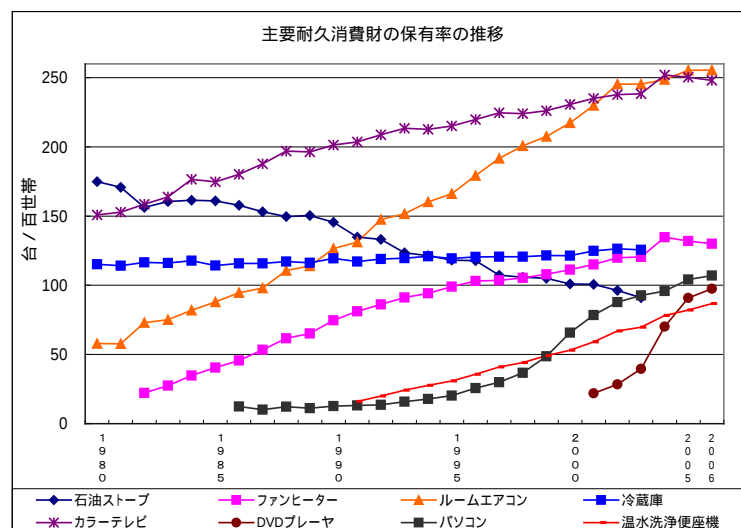
我が国の冷暖房需要におけるエネルギー利用量の大きさから、「冷暖房兼用、冷房専用のエアコンディショナー」とする。これは、省エネ法上の特定機器であるエアコンの定義に同じであり、以下のものを除く。

冷房能力が 28 キロワットを超えるもの、 水冷式のもの、 圧縮用電動機を有しない構造のもの、 電気以外のエネルギーを暖房の熱源とする構造のもの、 機械器具の性能維持若しくは飲食物の衛生管理のための空調和を目的とする温度制御機能又は除湿性能を有する構造のもの、 専ら室外の空気を冷却して室内に送風する構造のもの、 スポットエアコンディショナー、 車両その他輸送機関用に設計されたもの、 室外側熱交換器の給排気口にダクトを有する構造のもの、 冷房のための熱を蓄える専用の蓄熱槽(暖房用を兼ねるものを含む。)を有する構造のもの、 高気密・高断熱住宅用に設計されたもので、複数の居室に分岐ダクトで送風し、かつ、換気装置と連動した制御を行う構造のもの、 専用の太陽電池モジュールで発生した電力によって圧縮機、送風機その他主要構成機器を駆動する構造のもの、 床暖房又は給湯の機能を有するもの。

エアコンという家電製品の特徴

エアコンという家電製品の特徴として、以下をあげることができる（図 6-49）

- ・ 家電製品のうち、家庭用電力消費量のトップを占める（約 25%）
- ・ 冷蔵庫同様、フロン代替物質への転換が進んでいる
- ・ TVと同様、個室設置 - 複数保有が進んだ。（平均世帯あたり約 2.6 台）
- ・ 他の家電と異なり取付工事が必要。また建物断熱性能がその性能発揮に重要である
- ・ 空気清浄、ランドリー機能、メンテフリー等 高付加機能ニーズへの高まりがある



（出所：内閣府、「消費動向調査」（2007.3））よりみずほ情報総研が作成

図 6-49 主要耐久消費財の保有率の推移

6.5.2. 製品用途別の主形態・主機能のマイルストーン策定

(i). これまでのエアコンについて

欧米諸国では、セントラルヒーティングのような全館空調が進んでいるのに対し、我が国ではエアコンの個室設置が進み、TV を追いかけるように複数保有が進んできている。

除湿機能、空気清浄、ランドリー機能、自動お掃除機能、局所空調機能などの多機能、高性能化が進み、また代替フロン対応も行われたなかでも、機器効率は向上してきている。

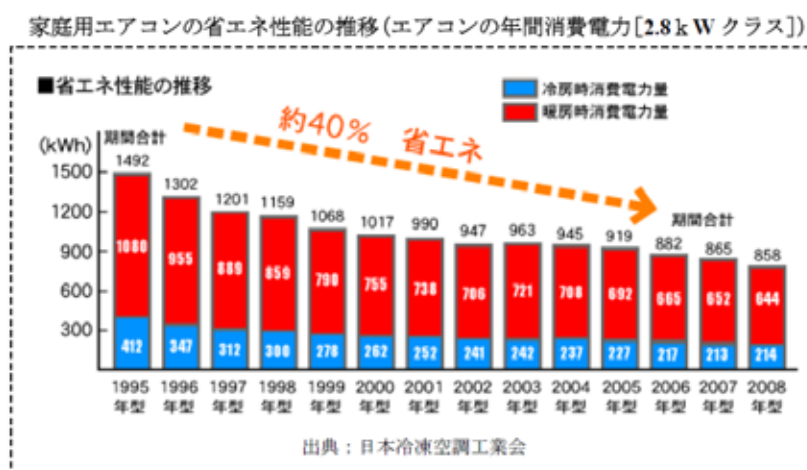
省エネ技術と製品の消費電力の変遷



(出所：電機・電子温暖化対策連絡会、「電子デバイス等の進化による省エネの効果」

(2005.3))

図 6-50 これまでのエアコンの省エネ技術と消費電力の変遷

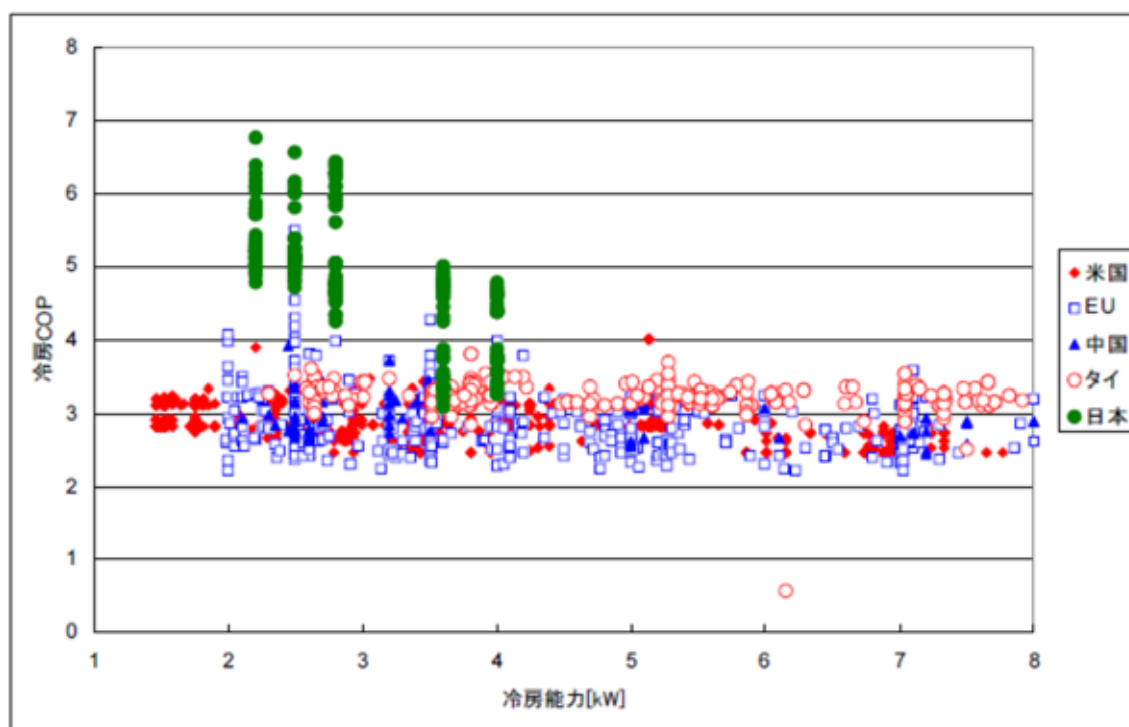


(出所：社団法人日本冷凍空調工業、「<http://www.jraia.or.jp/index.html>」)

図 6-51 家庭用エアコンの省エネ性能の推移(2.8kW クラス)

前述の通り、高機能であるにもかかわらず、我が国エアコンの冷暖房効率 COP は極めて高い。既往国際比較研究によると、我が国のエアコンは、出荷台数の多い、2.8kW 小型機での省エネの進展が見て取れる

(下図参照：製品の分布は、その国民のライフスタイルと商品選択の表れである)



(出所：省エネルギーセンター、「海外と日本における機器のエネルギー消費効率分布及び実測による効率比較に関する調査」(2006.7))

図 6-52 エアコンの冷房COPの製品分布の国際比較

(ii)． 今後のエアコン需要の見通しについて

これまでのエアコン製品の変遷と今後の社会経済シナリオを踏まえ、今後のエアコン需要は以下のように想定することが可能である。

- ・ 単身世帯増（独居世帯増）により 2 . 5 k W 程度の小型機需要が一層増加していく
- ・ 壁掛型主流ながら、建築と融合した「ハウジングエアコン」が増えていく可能性がある
- ・ 省エネ性能向上のため室外機の大型化、高度センシング・機器間連携等が進む

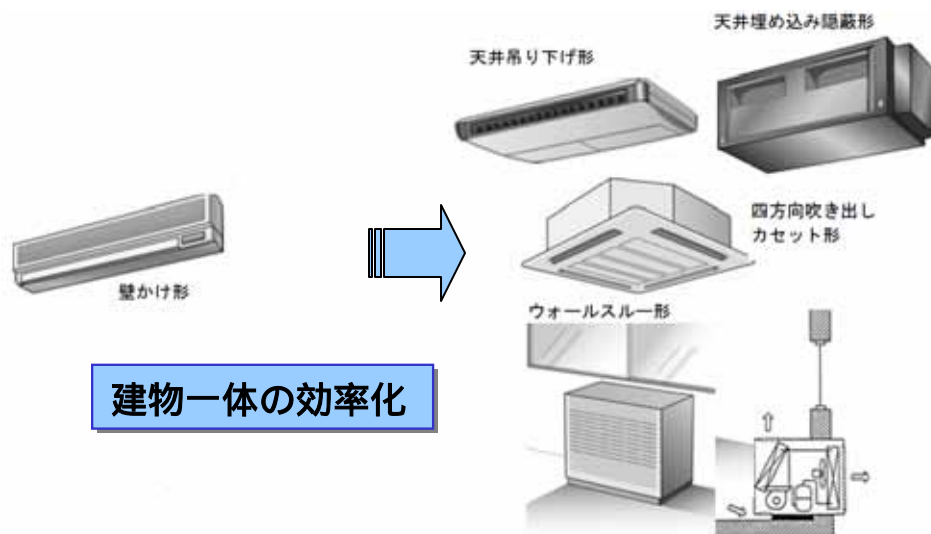
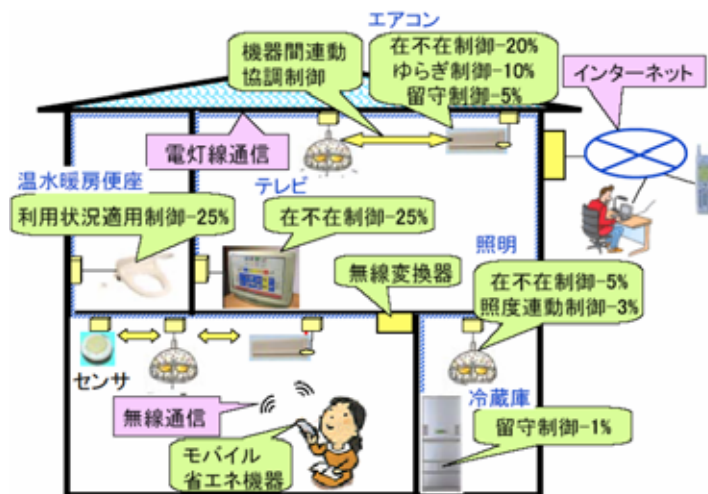


図 6-53 建物一体のエアコン製品の例



出所：(財)省エネルギーセンター資料

家電機器類のIT制御による省エネルギー効果

(出所：経済産業省、第1回地球温暖化対策技術検討会参考資料)より作成

図 6-54 エアコンの高度センシングと機器間連携

(iii) . エアコンの新形態・新機能の見通し

これまでのエアコン製品の変遷、省エネ技術、ユーザー需要を踏まえ、今後のエアコンの新形態・新機能としては、大別して以下の2つをあげることができる。

付加機能高度化へ

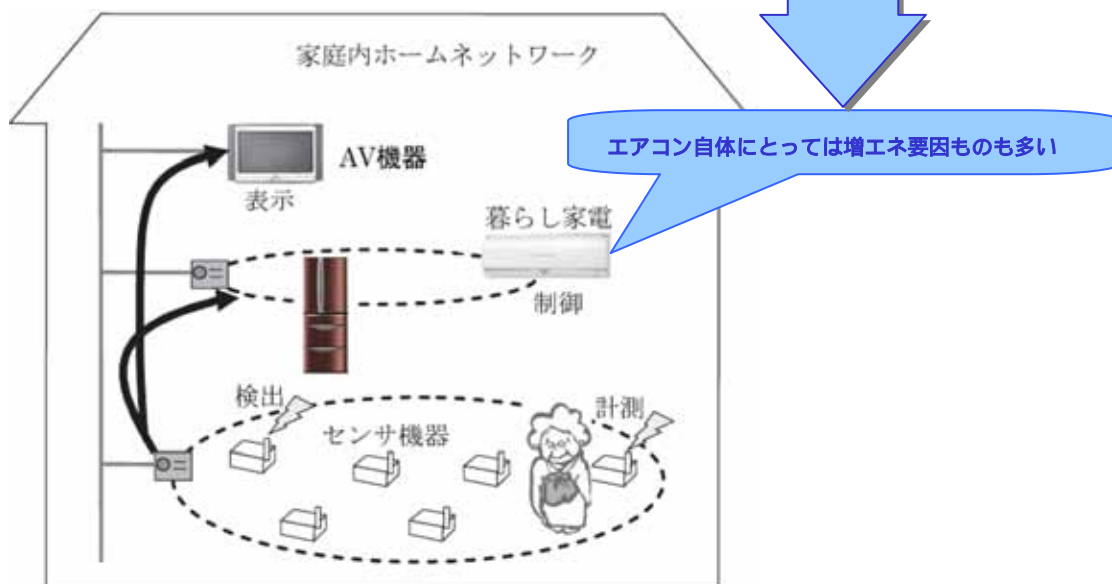
- ・ 空気清浄、換気機能、ランドリー機能、メンテフリー（自動清掃）性能の向上等

センシング・ネット対応へ

- ・ 人の所在や室内温度監視、タイマー機能等と連携した省エネ運転モード制御
- ・ 「省エネナビ：見える化」 運転状況、消費電力と電気代の目安の表示、確認
- ・ 携帯から省エネ運転モード起動、ドアフォンなど他の家電機器との連携
- ・ 室内映像確認など

項目	目的	具体的な内容
省エネルギー	冷暖房エネルギー消費効率の向上 結露消費電力量の低減	各要素部品（コンプレッサ、インバーター、熱交換器、送風ファン）の高効率化
付加機能	温熱環境の向上	再熱除湿機能、建材の保護につながる結露抑制機能の採用 インバーターによる快適な睡眠のためのきめ細かな温度制御の採用 風向特性の調整、ゆらぎ制御、随伴気流による吹出気流特性の最適化 加湿器との連動、除湿剤を用いた無給水加湿機能の採用
	健康性、快適性の向上	フィルター、電気集塵器による集塵 脱臭フィルターによるガス状物質の除去 換気機能の採用 集塵機・UVランプ・イオンによる除菌
	空気質の改善	体に良い、心地良い空気の提供 マイナスイオンの発生、酸素富化
	エアコン内部の汚染流行の抑制 塵埃などの侵入、堆積の防止 カビや細菌などの繁殖の防止	高集塵プレフィルターの採用 抗菌剤の塗布 内部クリーン運転の実施
	利便性の向上	ランドリー機能の採用
	メンテナンスフリー	フィルターの自動清掃
IT対応		ネット家電への対応

（出所：和田 宏二、「エアコンの省エネルギー技術と付加機能の動向」（2006））



（出所：NEDO、「ネットワークデジタル情報家電の明るい未来へ」（2007））より作成

図 6-55 今後のエアコンの新形態・新機能の見通し

(iv) 省エネに関わる空調技術の動向

これまでのエアコンの省エネは、3つの基本技術の改善の積み重ねで消費電力量の低減を実現してきた。費用対効果の面で、めばしい省エネ技術は既に製品に折り込まれており、今後は以下のような省エネ技術の拡充が中心となっていく。

(1) インバーター・最適制御（ハイテク技術）の応用検討

(2) 高効率ロータリーコンプレッサの開発

(3) 過去実行した省エネ技術の再評価

- ・ 在室パターン学習、室温・所在センシングによる高度制御
- ・ 中間負荷状態での効率改善 など

(v) 空調に関わる住宅技術の動向

- ・ 住宅の高断熱化技術は進展
- ・ 北海道洞爺湖サミット展示のゼロエミッションハウスでは、真空断熱ガラス、ハイブリッド断熱ボード等の最新技術を紹介
- ・ 積水ハウスでは、高度な省エネ技術で居住時の CO₂ 排出量を削減し太陽光発電と燃料電池の発電により残りの CO₂ 排出分を差し引きゼロにする「CO₂ オフ住宅」を提案
- ・ 高断熱住宅ではエアコンが低負荷運転となり、適切な制御が行われない場合、効率が落ちる可能性も指摘されている（出所：住宅における省エネルギー手法の可能性、桑沢上席研究員、建築研究所、<http://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/h19/panel/1.pdf>）

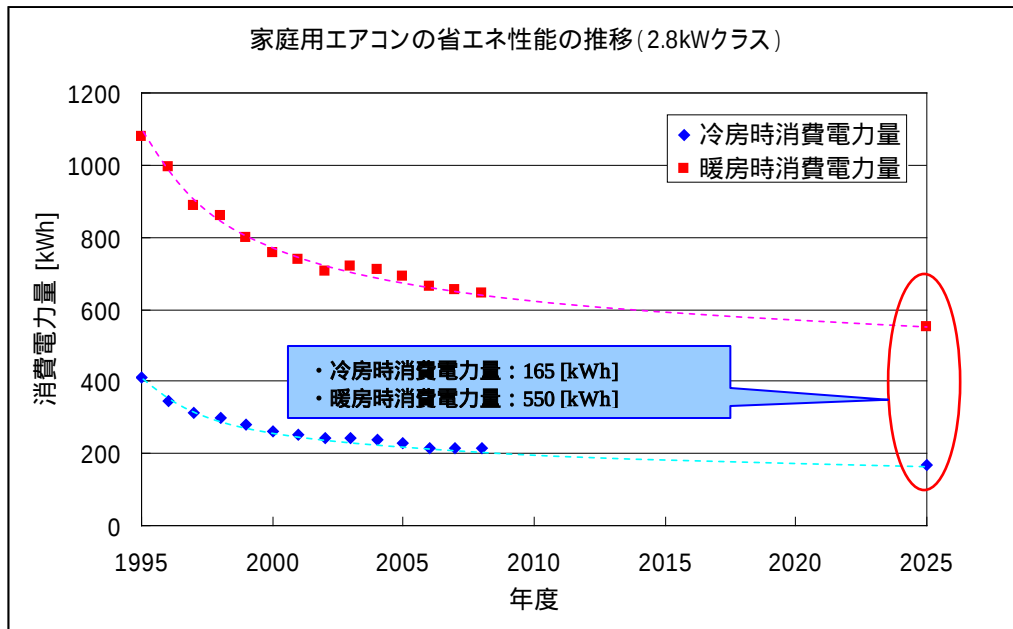


（出所：N E D O、「http://www.nedo.go.jp/informations/other/200730_1/200730_1.html」）

図 6-56 今後のエアコンの新形態・新機能の見通し

(vi) . 今後の消費電力の見通し

日本冷凍空調工業会資料によるエアコンの消費電力推移より、以下の値が得られる（参考推計）。近年のエネルギー効率改善は飽和していることが分かる。



(: 図 6-51 の 2000～2008 年の値の対数補間により 2025 年の値を算出)

図 6-57 家庭用エアコンの省エネ性能の推移と参考予測 (2.8kW クラス)

6.5.3. 省エネ関連技術の開発ロードマップ

(i). 空調機（エアコン）の主な省エネ技術

日本の空調機（エアコン）における省エネは、圧縮機の性能向上、送風機の性能向上および熱交換器の性能向上の3つの基本技術の改善の積み重ねで消費電力量の低減を実現してきた。表 6-6 にそれぞれにおける主な省エネ基本技術を示す。近年は上記のような基本技術に加えて、インバーターによる高効率化が図られてきた。また、将来は自身の省エネに加えて、IT による高度制御による省エネが期待されている。

表 6-6 空調機（エアコン）の主な省エネ技術

これまでの省エネ技術	
技術	具体技術
圧縮機の性能向上	・集中巻きモーター、ネオジム磁石適用、リラクタンストルク活用、低鉄損電磁鋼板採用、線積率 UP、正弦波駆動制御 ・全断熱効率向上（圧縮漏れ低減、機械損失低減、圧損低減）
送風機の性能向上	・極数・スロット増加、コア形改良 ・回路損失低減、最適通電
熱交換機の性能向上	・細径グループ鋼管、多種径混合、管配列自由型 ・高密度スリットフィンの改善 ・熱交換銅管の溝形状最適化など
今後の省エネ技術	
技術	具体技術
高効率インバーターの向上（圧縮機駆動用）	・低抵抗スイッチング素子の開発など（SiC パワーデバイスの応用）
高効率ロータリー圧縮機の改良（高効率モーター開発）	・DC ブラシレスモーターの改善 ・集中巻きの改良 ・強磁界磁石の改善など
高効率熱交換機開発	・高密度スリットフィンの改善 ・熱交換銅管の溝形状最適化など

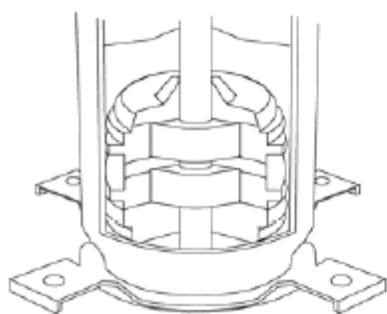
(ii). 空調デバイス

・ 圧縮機

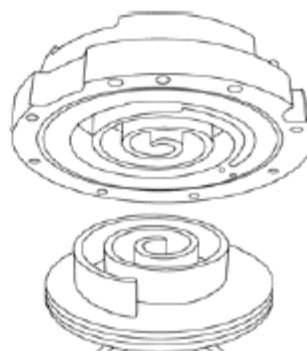
< 高効率圧縮方式 >

圧縮機はエアコンの心臓部であり高精度の加工技術が要求される。圧縮方式としては回

転式のロータリー圧縮機が広く採用されてきたが、現在ではより圧縮効率の良いツインロータリー方式やスクロール方式が開発され採用されている（図 6-58）。



ツインロータリー圧縮機



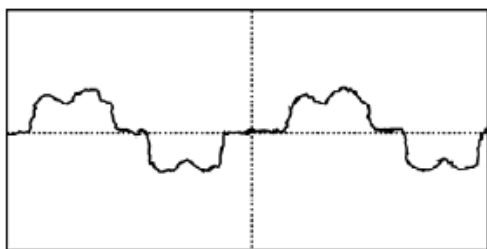
スクロール圧縮機

（出所：経済産業省、「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 エアコンディショナー判断基準小委員会 最終取りまとめ」（2006））

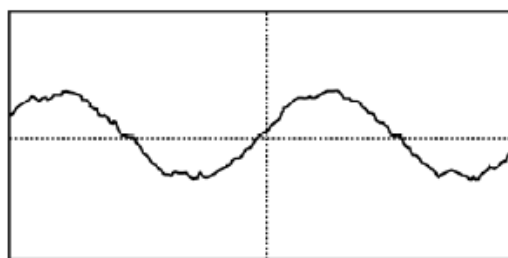
図 6-58 高効率圧縮方式

< 圧縮機モーター >

「ネオジウム磁石」、「巻線の線積率改善」、「低鉄損電磁鋼板」などにより圧縮機モーターの高効率化を図る。また、「正弦波駆動制御」によりモーター効率の向上を図る（図 6-59）。



短形波駆動方式のモーター電流波形



正弦波駆動方式のモーター電流波形

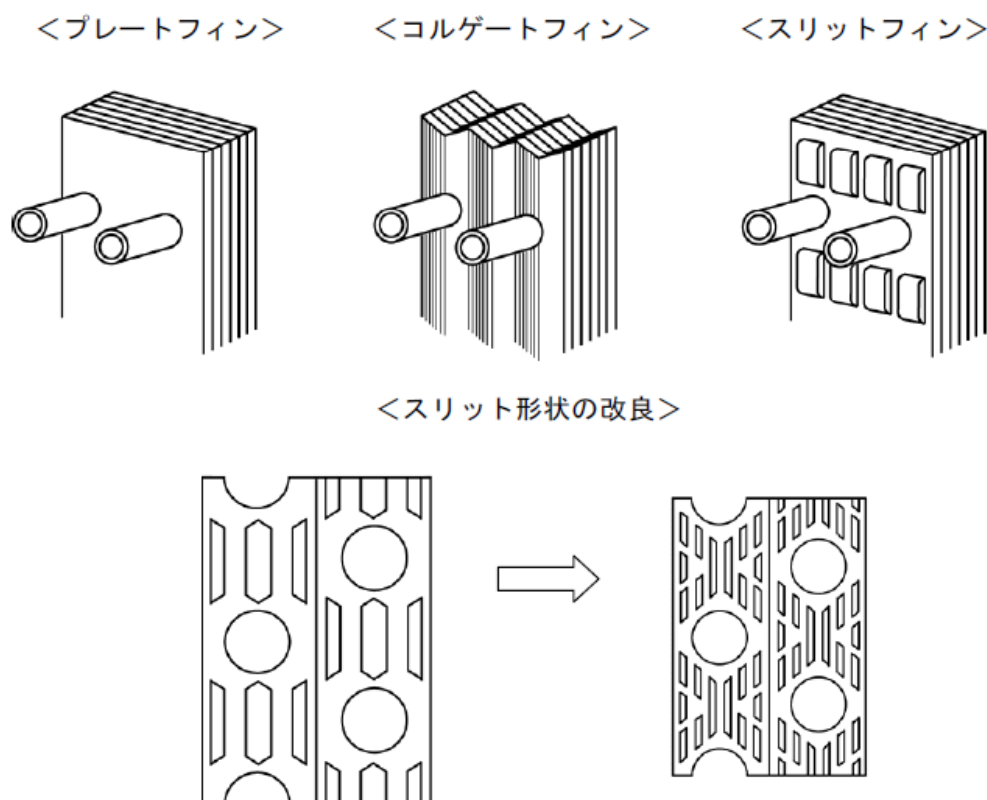
（出所：経済産業省、「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 エアコンディショナー判断基準小委員会 最終取りまとめ」（2006））

図 6-59 正弦波駆動制御

・ 熱交換器

< 熱交換用フィン >

当初の熱交換器のフィン、フラットなアルミプレート（プレートフィン）が使用されていたが、波状に加工したコルゲートフィン、切り込みを入れたスリットフィンが採用され、スリット形状の改良が進められてきた。さらに、熱交換器を通過する空気の風速分布に不均一性がある場合、風速の速い部分はフィンの高さを大きくし、風速の遅い部分はフィンの高さを低くして風速分布を均一化することで全体の熱交換能力を増大させる改良が進められてきた（図 6-60）。



（出所：経済産業省、「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 エアコンディショナー判断基準小委員会 最終取りまとめ」（2006））

図 6-60 熱交換用フィン

< 熱交換用銅管 >

当初の熱交換器には、一般に銅管と同じく内面加工をしていない平滑管が使用されていたが、省エネのため、内面溝付き管が開発され、溝形状の最適化が進められてきた。また、冷媒と銅管との熱伝導を改善するため、管径の細径化が進められてきた。また、配管の中を流れる冷媒の液及びガスの状態に応じて、液状態部分は管径を小さくし、ガス状態部分は管径を大きくすることで、冷媒の圧力損失を低減し、全体として熱交換能力を増大させる

改良が進められてきた。

< 熱交換器の形態 >

ルームエアコンのほとんどを占めるセパレート壁掛け形の室内ユニットにおいて、従来の熱交換器の断面は平面状に成形されていたが、限られたスペースの中で熱交換面積を拡大するため、曲げ加工をしたもの、曲面に成形したものが開発されてきた。さらに、当初の室内機の熱交換器は 2 列となっていたが、室内機の構造において空間がある部分については部分的に 3 列化を行うことによって、熱交換器の伝熱面積を大きくし、熱交換能力を増大させる改良が進められている。

・ 送風機

< 室内送風機 >

室内ユニットに用いる送風機は、ユニットの形態によって異なる方式のファンが使用される。壁掛け形に用いられるのは殆ど全てが「クロスフローファン」である。クロスフローファンとは、プラスチック製にしてブレード断面の翼形状の採用、ファン径の大型化により、騒音を抑えながら風量拡大を図るファンである。

< 室外送風機 >

エアコンの室外ユニットには、一般にプロペラファンが使用されているが、過去の金属板の加工からプラスチック製とし、翼形状の改良により騒音を抑えながら大風量化を図ってきた。

< ファンモーター >

ファンモーターは室内ユニット・室外ユニット共に従来の AC モーターから、効率の良い DC ブラシレスモーターに置き換えてきた。更に DC ブラシレスモーターの効率改善として、消費電力の高いコンプレッサーモーターで発展した技術を取り入れ、極数・スロット数増加、コア形状の工夫、回路損失低減、最適通電など、最も効率の良い組み合わせとなるよう最適化に取り組んできた。

(iii) . 制御技術

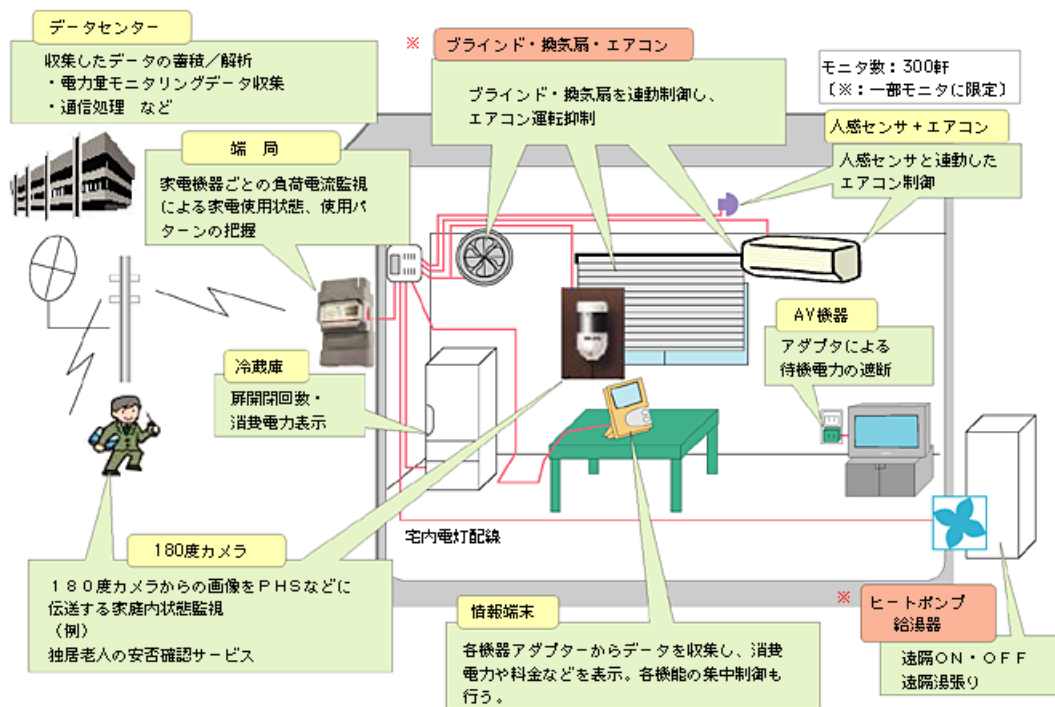
< インバーター制御 >

従来の冷暖房システムでは、コンプレッサーの回転数を変化することができず、最大負荷条件に応じた設計となっていた。しかし、インバーター制御により、従来は一定だったコンプレッサーの回転数を変化させることができ、効率よく運転することが可能になる。これにより、すばやく冷暖房したい運転開始時には、最大負荷条件で、部屋が快適温度になったら部分負荷運転を行い、効率よく制御し、省エネ効果を発揮する。

(iv) . その他

< IT による高度制御 >

また近年は、IT 技術の活用により、人に代わって家電機器等の最適運転や照明のオン・オフ、更にはエネルギーの使用状況をリアルタイムで表示する等、家庭におけるエネルギー管理（省エネ行動）を支援するホームエネルギーマネジメントシステム（HEMS）による省エネ化が期待されている（図 6-61）。



（出所：資源エネルギー庁、「2006 年版エネルギー白書」）

図 6-61 ホームエネルギーマネジメントシステム（HEMS）の概要

6.5.4. 省エネの可能性（期待値）

以下に空調機（エアコン）の省エネの可能性を記載する。

ここで、省エネの可能性を示す対象は、「冷暖房用エアコン（2.8kW、寸法規定タイプ）」とした。

（i）． 推定方式

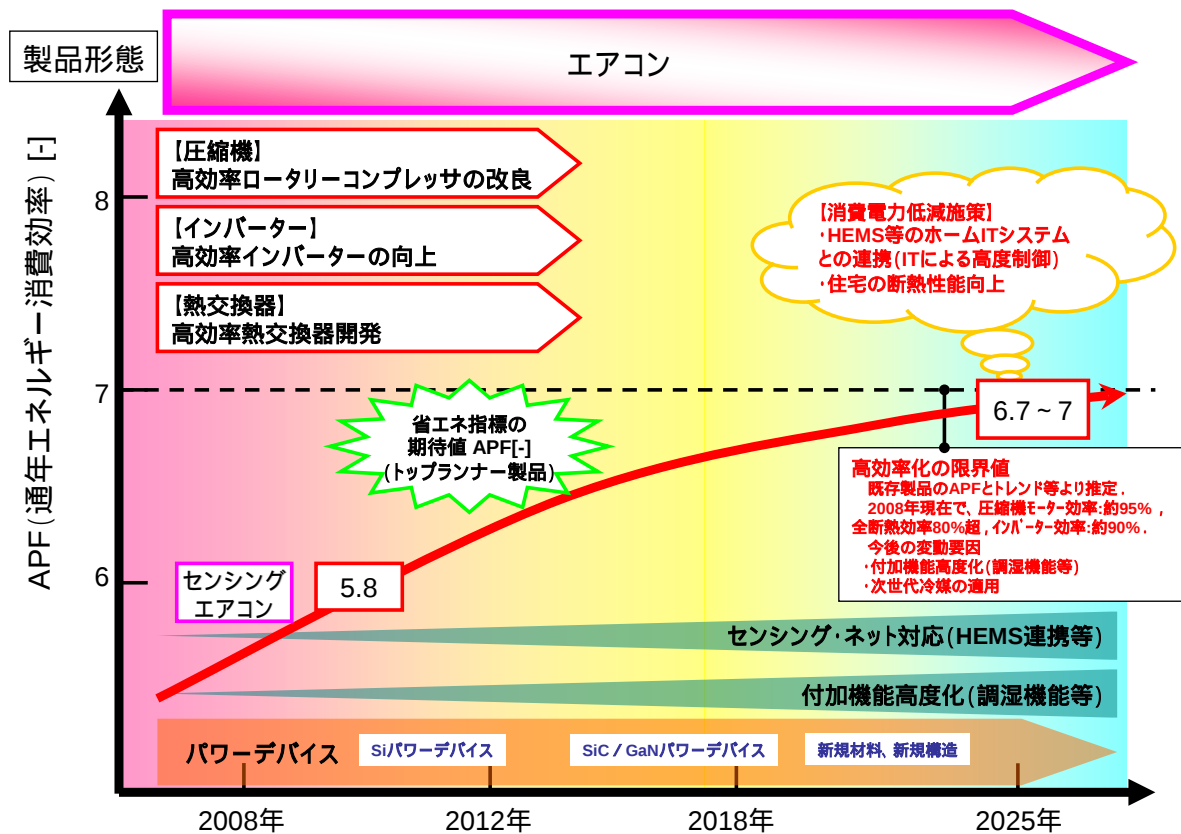
省エネの可能性は最新の冷暖房用エアコンから、改善可能な技術を想定することにより推定する。

<冷暖房用エアコン（2.8kW、寸法規定タイプ）>

「冷暖房用エアコン（2.8kW、寸法規定タイプ）」の 2010 年のトップランナー基準は $APF=5.8 [-]$ であるため、2010 年をその値に設定する。今後の冷暖房エアコンは、圧縮機、インバーター、熱交換器の改善により年に数%の増加は見込めるものの、省エネ技術の限界にきており、今後の省エネ化は鈍化するものと予想される。ただし、省エネルギーセンターの「省エネカタログ 2008 年冬版」によると、省エネ性能が最も高い機器では、 $APF=6.6 [-]$ であり、将来この値より若干高い省エネ性能が達成されると予想され、冷暖房エアコン単体では $APF=6.7 \sim 7 [-]$ が高効率化の限界値であると推定した。ただし、付加機能の高度化（調湿機能等）や次世代の自然冷媒や低 GWP (Global Warming Potential：地球温暖化係数) 冷媒の適用などによっては、この値は変動する可能性がある。

(ii) . 2025 年の省エネ指標の期待値 (トップランナー製品)

冷暖房用エアコン (2.8kW、寸法規定タイプ) の省エネの可能性を図 6-62 に示す。



推定：みずほ情報総研

図 6-62 冷暖房用エアコン (2.8kW、寸法規定タイプ) の省エネの可能性 (期待値)

< 空調機 (エアコン) の課題 >

図 6-62 で示すとおり、エアコン単体の省エネ技術の限界にきており、今後の省エネ化は飽和するものと予想される。よって、エアコンの今後の省エネ化には、エアコン単体ではなく、HEMS 等のホーム IT システムとの連携 (IT による高度制御) や住宅の断熱性向上などの消費電力削減施策により省エネ化が達成されるものと考えられる。

また、エアコンの冷媒のフロンガス (HFC) は温室効果があるため、省エネだけではなく、環境負荷も考慮した省エネおよび省環境負荷といった面から技術開発を進める必要があると考えられる。

7. 総括

7.1. 調査研究のまとめ

7.1.1. IT 機器・エレクトロニクス機器の製品トレンド

表 7-1 に IT 機器およびエレクトロニクス機器の製品トレンドをそれぞれ示す。

表 7-1 IT 機器およびエレクトロニクス機器の製品トレンド

分類	製品	製品トレンド
IT 機器	サーバー	・マルチコア・メニーコアサーバーへの統合 ・PCのシンクライアント化によるサーバー側の消費電力が増大 ・クラウドコンピューティングの進展
	ストレージ	・情報量の増加でストレージの容量も増加 ・管理コストが増大するため、効率的な容量拡張へ
	PC	・ディスプレイの大型化、ノートPCの軽量化 ・CPU処理速度の高速化 ・タッチスクリーンの標準採用
	ルーター	・インターネットトラフィックの増加 ・情報通信と放送の融合：高精細映像コンテンツ ・社会全体のネットワークリソースと時間の浪費
	ディスプレイ	・ノートPC型：中型、入力装置が充実 ・モバイル型：小型、フレキシビリティ
	半導体	・半導体の微細化、低消費電力化 ・ナノCMOSの技術開発 ・ナノエレクトロニクスデバイスの技術開発 ・混載技術・三次元積層技術による省エネ化 ・パワーデバイスによる省エネ化 ・設計 (SoC) による省エネ化

分類	製品	製品トレンド
エレクトロニクス機器	テレビ	・デジタル化・大画面化 (37型以上) ・高精細化 ・薄型の普及率90%以上 (2012年) ・有機ELテレビの一般普及の可能性 (2022年)
	録再機 (DVD等)	・コンテンツの高精細化による大容量化 ・転送速度の向上 ・ネットオンデマンド配信へ向けた取組み
	照明器具	・高齢化により必要な明るさが増加 ・自動調光機能 ・照明の耐久財化 ・一般白熱電球から蛍光灯への切替の動き
	冷蔵庫	・単身世帯増により140L以下の小型機需要の増加 ・大型化はスペース制約 ・401L以上は5～6ドア
	空調機 (エアコン)	・単身世帯増により2.5kW程度の型機需要の増加 ・建築と融合したハウジングエアコンの増加 ・室外機の大型化、高度センシング、機器間連携

7.1.2. 製品の省エネ技術・新形態と省エネの可能性

表 7-2 に IT 機器およびエレクトロニクス機器の製品トレンドをそれぞれ示す。

表 7-2 IT 機器およびエレクトロニクス機器の省エネ技術・新形態と省エネの可能性

分類	製品	省エネ技術・新形態	省エネの可能性(2025年)
IT 機器	サーバー	・省電力プロセッサ、電源ユニット、冷却ファン等 ・仮想化等による稼働率向上	・2008年の1Uサーバーと比較すると、 最大消費電力 55 [%]、処理能力 15倍 エネルギー効率 27倍 ・仮想化技術による台数削減によるさらなる省エネ
	ストレージ	・容量仮想化 ・大容量ストレージの採用 ・電源のオン・オフ ・断層化による省エネ ・フラッシュとハードディスクの共存	・磁性系(HDD): 5 [mW/GB] → 0.05~0.1 [mW/GB] ・光系: 475 [mW/GB] → 1.5 [mW/GB](最大消費電力) ・SSD: 32 [mW/GB] → 1[mW/GB](最大消費電力)
	PC	・CPUのエネルギー効率向上 ・プラットフォーム電源管理 ・ハードディスクがSSDへ ・マルチタッチパネル機能 ・シンククライアント化による超軽量・省スペースPC	・AVユース: 178 [W] → 13 [W] (性能3倍弱) ・ビジネスユース: 75 [W] → 6[W] (性能4倍)
	ルーター	・ルーター等の省エネ性能向上 ・光化 ・フロールーター ・動的省電力モード ・次世代・新世代ネットワークアーキテクチャ	・現在の電気パケット交換を想定した場合、 小型ルーター: 1 → 0.43 (2008年比) L2スイッチ: 1 → 0.17 (2006年比) ・ネットワークアーキテクチャによる省エネ
	ディスプレイ	・モバイルで、有機ELの早期導入 ・デジタルサイネージ ・電子ペーパー ・薄型からフレキシブルへ ・新インターフェースの搭載	・ノートPC(17インチ)ディスプレイ: 液晶: 40 [W] → 4 [W] 有機EL: 25 [W]@2010年 → 2 [W]

分類	製品	省エネ技術・新形態	省エネの可能性(2025年)
エレクトロニクス機器	テレビ	・ディスプレイの省エネ技術開発 ・人感センサー搭載 ・ホームサーバーなどにコンテンツをダウンロード	家庭用テレビ(42型)の年間消費電力量 [kWh/年]: ・プラズマ 380 [kWh/年] → 60 [kWh/年] ・液晶 330 [kWh/年] → 25 [kWh/年] ・有機EL 90 [kWh/年]@2010年 → 10 [kWh/年]
	録再機	・フラッシュの採用と光・磁性系との競合 光系: 価格競争力を持てば競合 磁性系: 容量当たりの価格が解決されれば競合	家庭用録再機の年間消費電力量 [kWh/年]: ・DVD/BD 70 [kWh/年] → 25 [kWh/年] ・フラッシュメモリのほうが低消費電力
	照明器具	・照明技術の多用化(質、用途ごとの使い分け) ・白色LED、有機EL照明の利用	・点光源、局部照明: 12 [lm/W] → 150 [lm/W] ・面光源、全般照明: 98 [lm/W] → 150 [lm/W]
	冷蔵庫	・冷却・断熱・制御技術による省エネ化 ・(ベルチェ冷凍、スターリング冷凍) ・付加機能高度化へ ・インターネット対応へ(HEMS等との連携)	冷凍冷蔵庫(400L、2ドア以上、強制循環方式): 492 [kWh/年] → 300 [kWh/年] ・新たな冷凍技術等の採用による省エネ ・ITによる高度制御による省エネ
	空調機	・高効率インバーター・高効率コンプレッサ・高効率熱交換器技術による省エネ化 ・付加機能高度化へ ・インターネット対応へ(HEMS等との連携)	冷暖房エアコン(2.8kW、寸法規定タイプ): 5.8 [AFP] → 6.7~7 [AFP] ・ホームITシステムとの連携による消費電力低減 ・住宅の断熱性向上による消費電力低減

7.2. 2025 年の家庭、オフィス、iDC のイメージ図

<スマートグリッド>

電気を送る送電網が IT によって制御され、最適な電力供給体制を構築する“賢い”次世代送電システム「スマートグリッド」が期待されている（図 7-1）。太陽光や風力発電などのクリーンな自然エネルギーは、天候に大きく左右されるため、自然エネルギーを利用しつつ、安定な電力供給を確保するためには、賢い送電線網が欠かせない。

米国のオバマ政権が環境対策と景気浮揚を両立する「グリーン・ニューディール」の中で重点投資を打ち出し、研究開発が行われている。一方、日本政府は明確な普及促進に向けた戦略を打ち出しておらず、国際競争力で米国に大きく後れをとる懸念も出ている。

「エネルギー需給に革命をもたらす」（荻本和彦・東大特任教授）とされるスマートグリッドの開発競争で勝利した国が、標準規格や関連特許を握り、国際競争力で圧倒的に優位に立つ。対応の遅れは、日本が得意とするデジタル家電や IT 分野の製品が海外で売れなくなる恐れすらはらんでおり十分なウオッチが必要である。

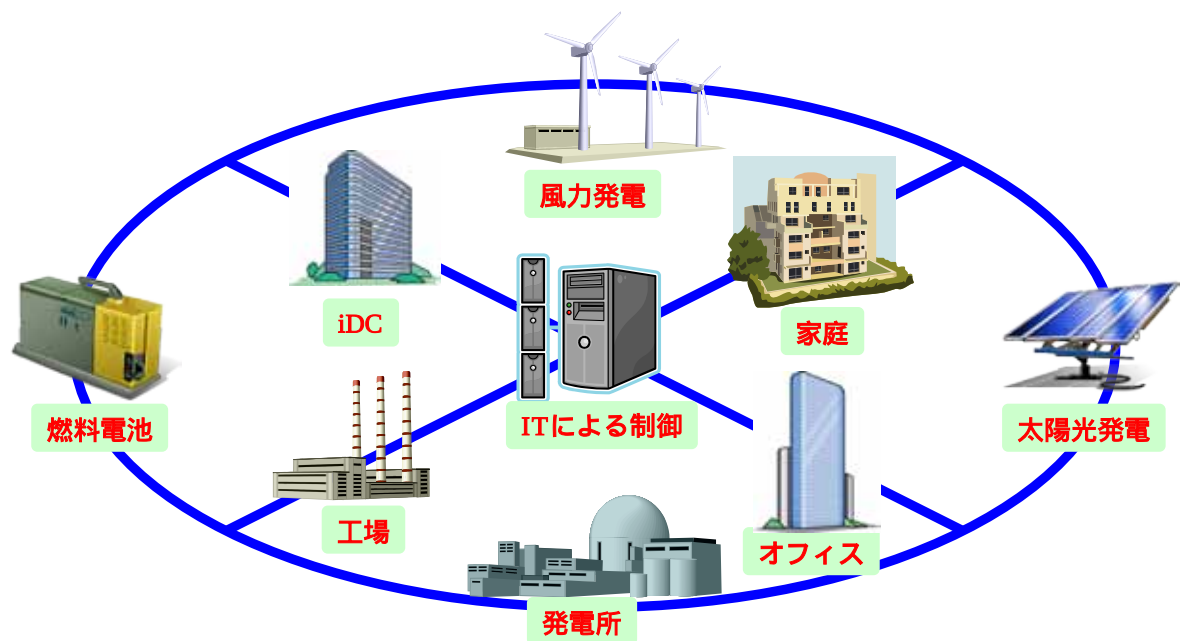


図 7-1 スマートグリッド

< 2025 年の家庭のイメージ >

- ・家庭では創エネ、高断熱、省エネ家電による省エネが進展
- ・スマートグリッド、電気自動車等との組み合わせ等の社会全体でのエネルギーの高効率化等の研究が進み、家庭も重要な意味を持つと予測
- ・省エネ家電は、低消費電力化とともに、見える化や全体制御、高機能化等の方向にも進展、さらにITの利活用が進む



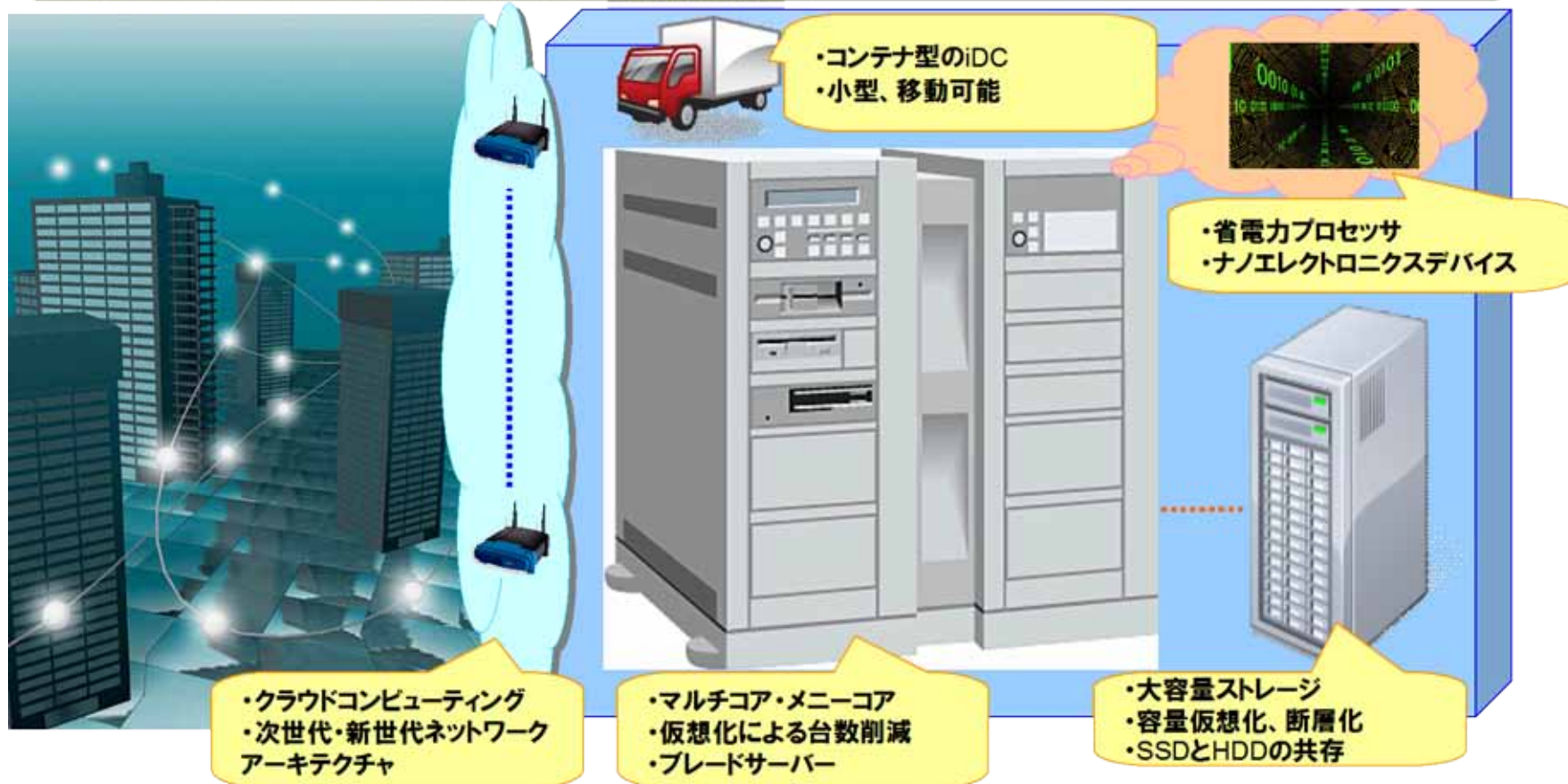
< 2025 年のオフィスのイメージ >

- ・オフィスでは省電力サーバー、PCのシンクライアント化、照明制御システムによる省エネが進展
- ・次世代・新世代ネットワークアーキテクチャ、クラウドコンピューティングによる作業効率の向上
- ・ディスプレイのフレキシビリティ、モバイルコンピューティング、新インターフェースの搭載によりワークスタイルが変化
- ・PC、サーバーの省スペースにより、小さなオフィスへ。



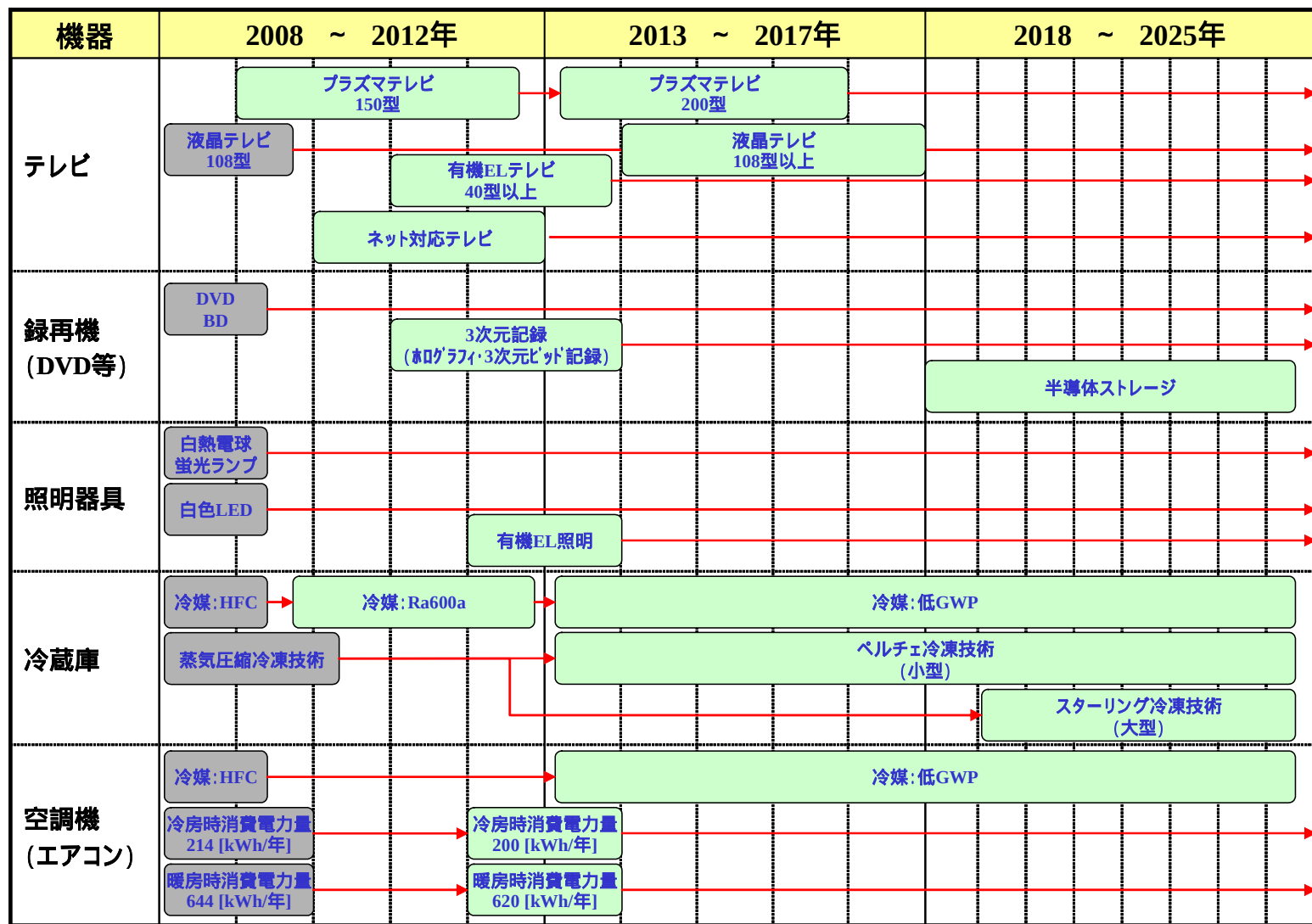
< 2025 年の iDC のイメージ >

- ・データセンターでは省電力サーバーや大容量ストレージが主流へ
- ・次世代・新世代ネットワークアーキテクチャ、クラウドコンピューティングにより更なる情報化社会へ
- ・シンクライトの導入によりiDCの通信量およびデータ処理量が増加
- ・コンテナ型のiDCの登場。設備投資が容易になる可能背あり。



7.3. 商用化時期マップ

ロードマップより導かれる商用化時期を以下の図にまとめる。



7.4. 今後の課題

調査研究で明らかになった、各機器の省エネに対する今後の課題を表 7-3 に示す。

表 7-3 IT 機器（機器単体）の省エネに対する課題

機器分類	機器	省エネに対する課題	
IT 機器	サーバー	・仮想化技術による台数削減	
	ストレージ	磁性系	・容量の仮想化 ・電源のオン・オフ（制御）
		光系	・記録技術の研究開発
		SSD	・微細化と共に省電力を達成する技術開発
	P C	・低消費電力 CPU ・低消費ディスプレイ ・シンクライント PC の普及	
	ルーター	・集約アーキテクチャ ・フロールーター ・ルーターの動的省電力モード ・次世代・新世代ネットワークアーキテクチャに	
	ディスプレイ	・有機 EL ディスプレイの実用化 ・新インターフェース対応 ・総合的な情報伝達手段への対応	
エレクトロニクス機器	テレビ	・有機 EL テレビの実用化、大型化、低コスト化	
	録再機（DVD 等）	・半導体ストレージの大容量化、低コスト化	
	照明器具	点光源・局部照明	・電球型蛍光灯の普及活動 ・白色 LED の低コスト化
		面光源・全般照明	・有機 EL 照明の実用化 ・白色 LED、有機 EL 照明の低コスト化
	冷蔵庫	・新冷凍技術（ペルチェ冷凍技術、スターリング冷凍技術） ・IT システムとの連携	
	空調機（エアコン）	・IT システムとの連携 ・住宅の断熱性向上 ・環境負荷への考慮	

8. 参考文献

調査研究で参考にした文献を以下に示す。

(主要参考文献)

・STRJ / 国際半導体技術ロードマップ (ITRS)

・NEDO / 技術戦略マップ 2008 (2008.4)

・NEDO / 技術戦略マップ 2009 (2009.4)

(省エネルギー政策)

・経産省・資源エネルギー庁 / 省エネルギー技術戦略 2008 (2008.04)

・経産省 / Cool Earth-エネルギー革新技术計画 (2008.03)

・(財)エネルギー総合工学研究所 / 超長期エネルギー技術ロードマップ報告書 (2005.10)

(IT とエネルギー)

・総務省 / 地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会 (2008.3)

・2050 年 脱温暖化社会のライフスタイル - IT 社会のデザイン - 、東京大学 RCAST 脱温暖化 IT 社会チーム (2007.1)

・(財)地球産業文化研究所 / 「IT 革命が地球環境問題に与えるインパクト」研究委員会報告書 (2002.6)p.394

- 第 1 章 IT 革命の将来像と今後の展望

- 第 2 章 米国での IT 革命に関する調査研究の動向

- 第 3 章 積み上げ法による地球温暖化問題への影響等についての分析

- 第 4 章 産業連関表やマクロ経済モデルを用いた IT 革命が地球温暖化 問題等にもたらすインパクト分析

- 第 5 章 個々の分析事例及び地球温暖化以外の側面等への影響分析

- 参考 1 IT 投資のエネルギー・環境問題へのインパクト

- 参考 2 環境産業連関分析に基づく IT 革命の CO2 負荷

・日本環境効率フォーラム / 情報通信技術(ICT)の環境効率評価ガイドライン (2006.3)p.54

以上

ロードマップの表記方法

機器	項目				具体技術ベースのロードマップ										マクロ視点からの動向補足によるロードマップ										参考文献	説明						
					2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025										
[対象機器]	対象機器				「対象機器の定義」										[対象機器の定義]											ロードマップ策定の対象とされる対象機器の定義を表す。						
	製品形態	近未来社会トレンド			イベントについては、発生が予想される時期を表す。										[対象機器]の〇〇化											対象機器について関係するトレンドを表す。						
		普及に係る情報			[対象機器]に関連するイベント										〇〇の性能											対象機器が普及するために必要な、性能、機能や普及するための条件等の情報を表す。						
					製品形態の変化が予想される時期を表す。										〇〇が量産																	
		製品形態の変化			製品形態1										製品形態2 製品形態3											社会トレンドおよび普及に係る情報を参考にし、対象機器の製品形態を表す。						
製品の消費電力		[製品名]	[単位]	色の変化は、徐々に普及していく様子を表す。										薄黄色の部分はマクロ視点からの動向補足によるロードマップを表す。										参考文献を記載する。	対象機器について消費電力を推定する。							
機器	分類	性能指数 省エネの要素技術	省エネ効果	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025											
[対象機器]	分類1	分類1-1	性能指数	◎	要求スペック1										要求スペック2										要求スペック3						[0-1]	対象機器の性能指数や省エネの要素技術についてのロードマップを表す。 短期的な開発ロードマップについては、既存の技術をベースとした具体技術ベースで策定し、中長期的な開発ロードマップについては2025年の製品形態を想定したマクロ視点で動向を補足し策定する。 IT機器：半導体、サーバー、PC、ストレージ、ルーター、ディスプレイ エレクトロニクス機器：テレビ、録再機、照明器具、冷蔵庫、空調機
		分類1-2	省エネの要素技術	○	技術1										技術2										技術3						[0-1]	
		分類1-3	半導体技術	—	要素技術に関する開発トレンド1										要素技術に関する開発トレンド2																[0-1]	
参考文献	[0-1]	消費電力の削減効果に対する寄与を表す。 ～9%：△ 10%～20%：○ 21%～：◎			性能指数 省エネの要素技術 半導体技術										半導体のロードマップを参照 半導体技術に関する開発ロードマップ										青文字はロードマップに対するコメントを表す。							

半導體

機器の省エネを支える半導体技術

欄の色表示

要求スペック

要求スペックを実現するための技術

省エネ効果による分類

● : 損失・漏れ電流低減による省エネ

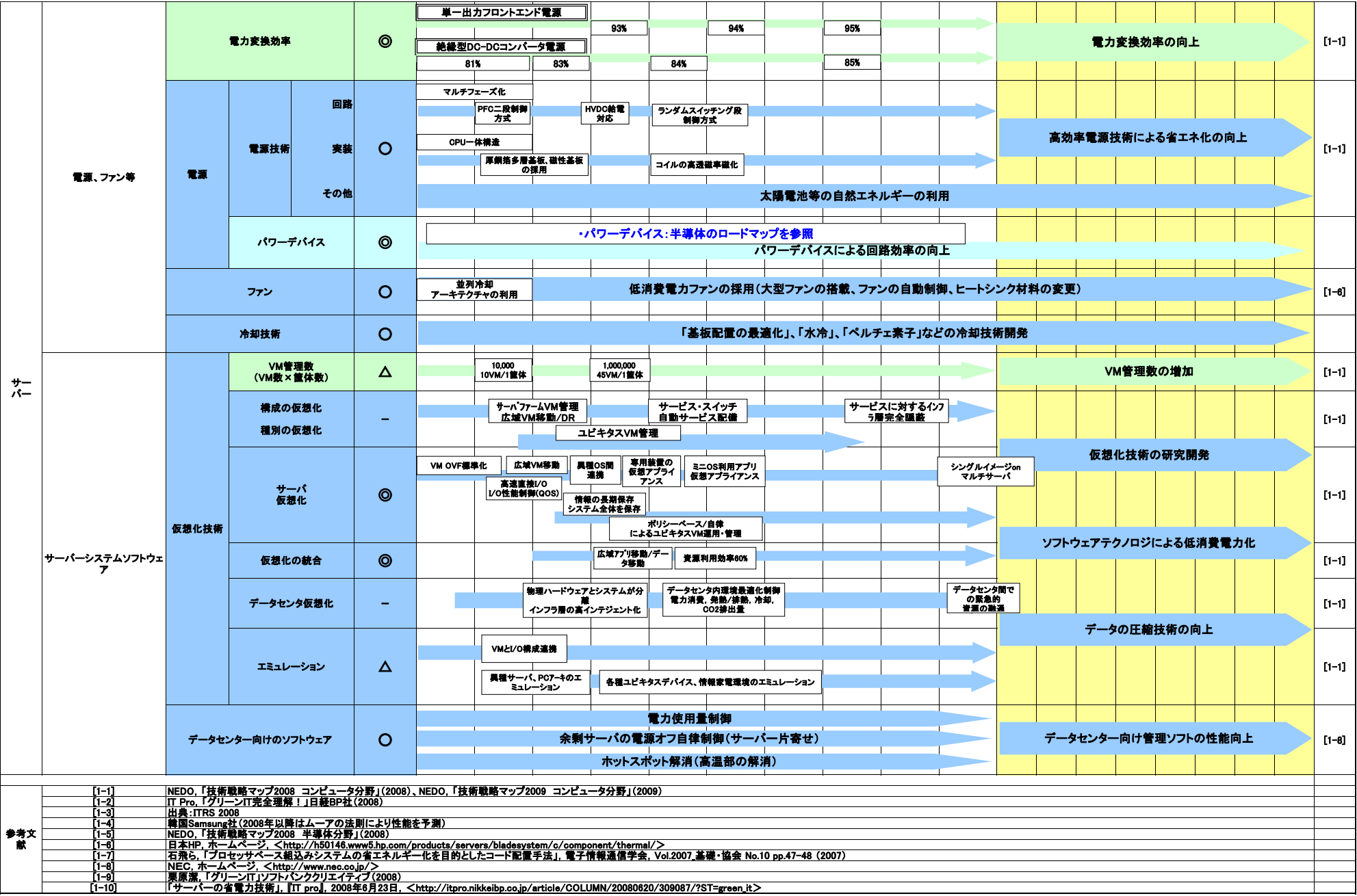
● : 性能向上による間接的省エネ

[illegible]

サーバー

項目				具体技術ベースのロードマップ												マクロ視点からの動向補足によるロードマップ										参考文献		
機器				2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025							
サーバー	対象機器			クライアントコンピュータに対し、自身の持っている機能やデータを提供するコンピュータ ※ITによる機器単体の省エネがロードマップの策定対象(グリーンオプIT)																								
	製品形態	近未来社会トレンド 普及に関わる情報 製品形態の変化	※実際のサーバーの消費電力は 300W～600W程度だが、ここでは 2008年の値を100Wと規格化して いる。	省電力を実現するマルチコア・メニーコアサーバーへの統合化																								
				電力あたりの処理性能が高いサーバーへの移行																								
				シンククライアントの導入によりサーバー側の消費電力増大、クラウドコンピューティングの発展																								
				仮想化技術によるサーバー統合などによりサーバーの台数を削減																								
				仮想化などでサーバー管理ソフトが複雑化。マルチコア用コンパイラの開発が重要となる。																								
				ブレード・サーバーの省電力化(ラックマウント型サーバーより省電力)																								
				データセンターでSSDの採用																								
				コンピュータのアーキテクチャの変化(CPU、メモリ、HDDの垣根が変化)																					※性能は15倍。 機器単体のエネルギー 効率率は約27倍			
	製品の省エネの可能性 (期待値)	1Uサーバー	W	100																55								
機器	分類	性能指数 省エネの要素技術	省エネ効果	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025							
プロセッサ	マルチコア ハイエンド	性能	動作周波数、 1チップあたりのCPU数	◎	3GHz, 4CPU ②2007	4GHz, 8CPU		4GHz, 16CPU			4GHz, 24CPU		4GHz, 64CPU	CPU数の増加、性能の向上							[1-1]							
			性能 (チップ当たり)	◎	100～ [specint_rate base2000]	120 [specint_rate base2000]		200 [specint_rate base2000]			320 [specint_rate base2000]		512 [specint_rate base2000]								[1-1]							
	マルチコア 低消費電力	性能	動作周波数、 1チップあたりのCPU数	◎	300MHz～、 2CPU～	500MHz, 3CPU	800MHz, 4CPU		1.2GHz, 6CPU		1.2GHz, 10CPU		1.2GHz, 12CPU	不揮発性メモリとの組み合わせ							[1-1]							
			消費電力 (処理速度当たり) mW/GIPS	◎	～167	83	67	43			25		22	CPU数の増加、低消費電力化							[1-1]							
	共通技術	システムソフト ウェア	マルチスレ ッド用	◎		64スレッド								「スレッド」、「way」、「コア」 数の増加							[1-1]							
			マルチプロ セッサ用	◎	32way		128way	256way			512way		1024way								[1-1]							
			マルチコア用	◎	4コア	8コア	16コア	64コア			256コア		1024 コア								[1-1]							
		低消費電力化技術		◎	処理に応じた供給電源の遮断や動作周波数を低減										低消費電力化関連技術の開発							[1-1]						
			回路制御	○	組込みソフトウェアによる回路制御																	[1-7]						
			高速化、低消費電力化	◎	・トランジスタ・集積化技術：半導体のロードマップを参照 トランジスタ・集積化技術の向上																							
メモリ	揮発性 (DRAM)	低電圧化	◎	1.8V (DDR2)	1.5V (DDR3)	1.35V (DDR3)	1.2V (DDR4)	1.0V (DDR4)								DRAMの削減							[2-5]					
		プロセス技術	○	・プロセス技術：半導体のロードマップを参照 プロセス技術の微細化										DRAMからの転換 MRAMが代替の 第一候補														
	不揮発性	FLASH(NOR)	○	・プロセス技術：半導体のロードマップを参照 プロセス技術の微細化																	不揮発性メモリの市場拡大							[2-6]
		FeRAM	○	・プロセス技術：半導体のロードマップを参照 ・容量：ストレージのロードマップを参照 プロセス技術の微細化、大容量化																	各不揮発性メモリの微細化、大容量化							[2-6]
		PRAM	○	・プロセス技術：半導体のロードマップを参照 ・容量、技術など：ストレージのロードマップを参照 プロセス技術の微細化、大容量化																	新規不揮発性メモリ(ReRAMなど)の利用							[2-6]
		MRAM	○	・プロセス技術：半導体のロードマップを参照 ・容量、技術など：ストレージのロードマップを参照 プロセス技術の微細化、大容量化																								[2-6]
内蔵ディスク	ディスク単体	電力調整機能	◎	待機状態 電源OFF											シンククライアント普及によるサーバーの必要容量増大							[2-8]						
		磁性系／光系ストレージ	—	・容量、技術など：ストレージのロードマップを参照 大容量化、高速化										磁性系ストレージの市場拡大 HDD、SSDはそれぞれの役割で、 共に市場が拡大する。 HDD：大容量、低コスト SSD：高速アクセス														
		容量	高速・大容量 HDD	—	3.5 inch 2TB	2TB		6TB							HDDの容量の増加													
			高速低消費 電力 SSD 2.5 inch	—	2.5 inch 800GB			3TB							SSDの容量の増加							[3-1]						
		半導体スト レージ(SSD)	FLASH (NAND)	◎	・プロセス技術：半導体のロードマップを参照 ・容量、技術など：ストレージのロードマップを参照 プロセス技術の微細化、大容量化										SSDの市場拡大							[2-6]						
			PRAM	◎	・プロセス技術：半導体のロードマップを参照 ・容量、技術など：ストレージのロードマップを参照 プロセス技術の微細化、大容量化										MRAM、FeRAMのキャッシュとしての利用(混載メモリ)							[2-6]						
	ストレージシ ステム	MAID	◎	MAIDによる低消費電力化(向上ミドルウェアやアプリケーションと連携させて自動制御 など)										仮想化分散ストレージの開発実用化							[1-2] [1-10]							
		容量仮想化	○	容量仮想化による台数削減、ディスクの利用効率向上																	[1-10]							
		階層化技術	◎	断層化による低消費電力化(低速ドライブの活用など)										ユーティリティストレージの開発、実用化														
		データ圧縮技術	○	1/50	データ圧縮率の向上										ソフトウェアテクノロジーによる低消費電力化							[1-8]						
重複除外技術		○	1/20	重複除外技術によるデータ量の削減																								
PCIスロット	高速化、低消費電力化	○	PCI-X 2.0 バス幅：64bit 動作周波数：533MHz										バス幅、動作周波数の向上															
			PCI Express 2.0 レーン数：32 1レーンの転送速度： 500MB/s										レーン数、転送速度の向上															
			PCI Express 3.0 バス幅：32bit 1レーンの転送速度： 1000MB/s										高速化、低消費電力化															
低電圧化																												

サーバー



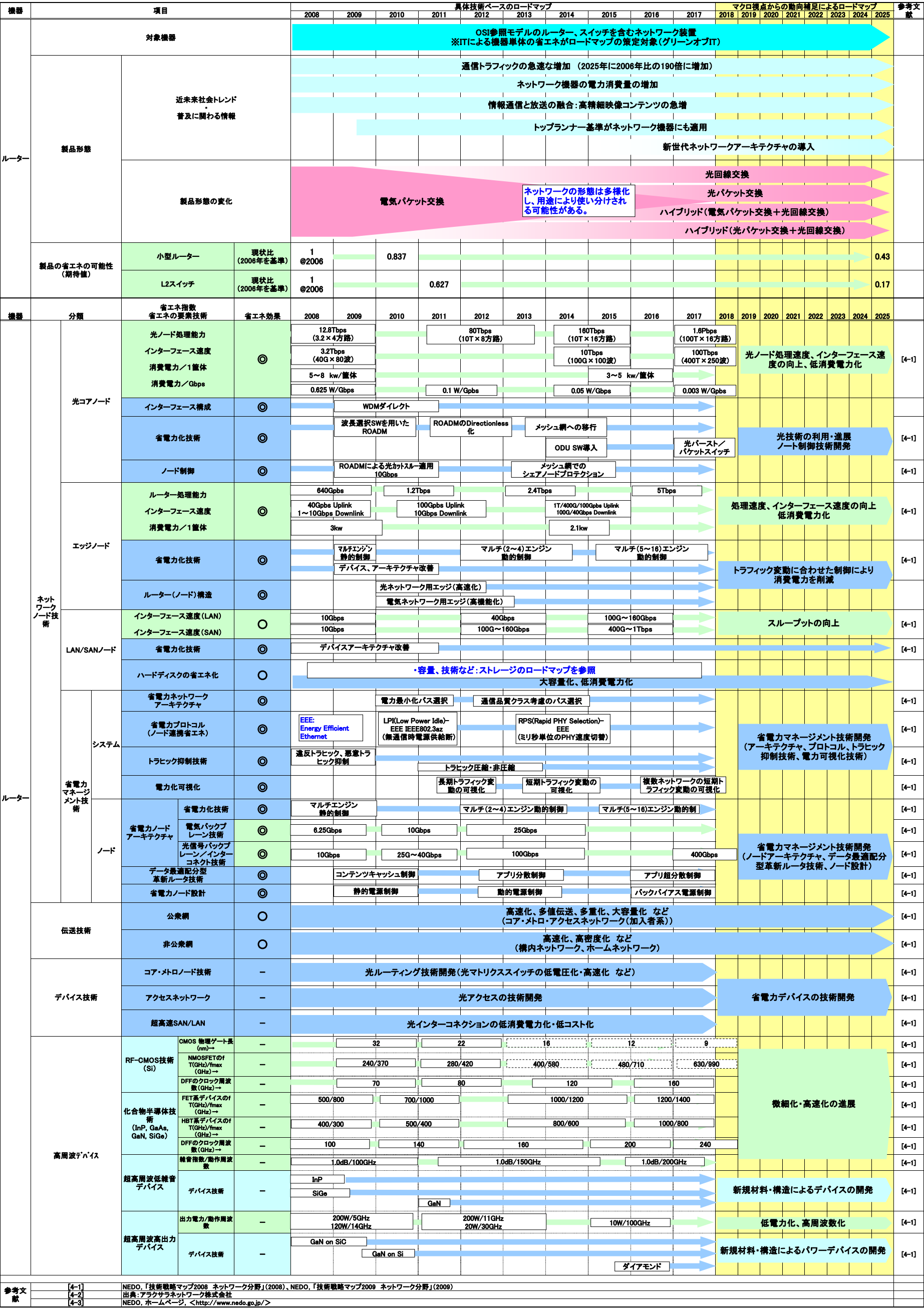
ストレージ

機器	項目		具体技術ベースのロードマップ											マクロ視点からの動向補足によるロードマップ											参考文献
			2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025					
ストレージ	対象機器		データセンター向けのデジタル情報を保存する記憶装置 ※ITIによる機器単体の省エネがロードマップの策定対象（グリーンOPIT）																						
	製品形態	近未来社会トレンド	大容量、高速化																						
		磁性系ストレージ	2.5インチHDD																						
		光系ストレージ	120mmφ光ドライブ																						
		半導体ストレージ	FLASH or PRAM or (Re)RAM																						
	製品の省エネの可能性（期待値）	磁性系ストレージ（省エネ法のエネルギー消費効率を基準）	mW/GB	5																	0.05～0.1				
		光系ストレージ（最大消費電力を基準）	mW/GB	475																	9				
		半導体ストレージ（最大消費電力を基準）	mW/GB	32																	1				
	機器	分類	省エネの要素技術	省エネ効果	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025			
	磁性系ストレージ	記録密度（面密度）	◎	300Gb/in ²		600Gb/in ²		1.2Tb/in ²		2.4Tb/in ²		4.8Tb/in ²									15～25Tb/in ² （[3-6]より値を予測）	[3-1]			
円板枚数、ヘッド（500GB）		◎	2枚 4本			1枚 3本																[3-2]			
円板の直径（147GB）			2.5インチ			1.8インチ																			
記録再生方式・技術		○	垂直磁気記録			分離トラック垂直磁気記録、2次元垂直記録再生方式			パターン媒体垂直記録再生方式				エネルギー（熱、マイクロ波等）アシスト垂直記録再生方式									[3-1]			
媒体技術		○	グラニューラ垂直媒体 粒径：5-8nm Ku>5Terg/cm ³			改良型グラニューラ垂直媒体 粒径：3-5nm、低分散 Ku>E7erg/cm ³			磁気結合型垂直媒体（多結晶、単結晶、非晶質） 微細パターン精度：2nm				熱磁気特性制御型ナノ垂直媒体（ヘッド臨界・微細エネルギー応応型） 微細パターン精度：1nm									[3-1]			
ヘッド技術		○	高Bs記録ヘッド Bs(>2.4T)			高Bs2次元垂直記録型ヘッド			磁気/補助エネルギー（光、マイクロ波等）ハイブリッド型記録ヘッド 記録トラック幅：17nm														[3-1]		
			再生ヘッド（TMRヘッド、CPP-GMRヘッド） トラック幅：50-30nm、規格化出力：20-50mV/um						スピントロニクス応用再生ヘッド（スピン蓄積MR、パリスティックMR、スピントランジスタ） トラック幅：20nm、規格化出力：75mV/um																
光系ストレージ		記録容量	○	単層50GB						単層500GB					単層3TB							単層1PB @2027年～	[3-1]		
		転送速度		144Mbps						1～2Gbps					6Gbps							～100Gb/s [3-8]	[3-5]		
	寿命		寿命：100～200年					寿命：100～200年																	
	高速転送速度化技術	△	ホログラム（2次元アレイ） 1ヘッド					マルチビーム／ヘッド（4）					ホログラム（高速センサ・SLM） マルチビーム／ヘッド（8）									[3-1]			
	ビットサイズ縮小化技術	○	NA 0.85 405nm					SIL／2層 超解像（Super-RENS）			短波長（UV）		SIL／4層										[3-1]		
	三次元記録化技術	○					体積ホログラム（角度多重、コリニア）		体積ホログラム（高密度媒体）				体積ホログラム（多層）										[3-1]		
							2光子吸収（20層）					2光子吸収（120層）													
							多層化2層					多層／多数枚（20層）													
ストレージ	FLASH	メモリ容量（チップあたり）	◎	16Gbit （多値化32Gbit）		32Gbit （多値化64/128Gb）		64Gbit （多値化128/256Gb）		128Gbit （多値化256/512Gb）		256Gbit （多値化512Gb/1Tb）									容量1Tb以降	[3-1] [3-5]			
		Flash技術	○			NOR トリプル層化膜の厚み限界8nm		高性能EOC、SSD低消費電力回路システム・不揮発性RAMキャッシュ		NAND 3Dセル		ナノドット											[3-1] [3-5]		
		プロセス技術	◎																				[3-9]		
	PRAM	メモリ容量（チップあたり）	◎		1Gbit		8Gbit		32Gbit		128Gbit		256Gbit									容量1Tb以降	[3-1] [3-5]		
		高速化	△					リセット電流 < 100uA		リセット電流 < 50uA		リセット電流 < 20uA										書き込み時間の高速化	[3-1]		
		高集積化技術（多値、積層化技術）	○					クロスポイントセル		2層積層化		4層以上の積層化											量子効果を取り入れた多値化技術 単電子トランジスタの応用	[3-1]	
		プロセス技術	◎																				[3-9]		
	MRAM	メモリ容量（チップあたり）	—			16～128Mbit		64～128Mbit		256～2Gbit		4～8Gbit		10Gbit									新規書き込みメモリ（電圧書き込み等）	[3-1] [3-5]	
		プロセス技術	—																						
	FeRAM	メモリ容量（チップあたり）	—			4～32Mbit		64～512Mbit		1～2Gbit		4～8Gbit											50Gbit～	[3-1] [3-5]	
プロセス技術		—																							
ナノストレージ	ReRAM	メモリ容量（チップあたり）	—		1Gbit		2Gbit		8Gbit		16Gbit		32Gbit		64Gbit		128Gbit		256Gbit		512Gbit		[3-5]		
	新規	新規メモリ開発	—																				磁壁移動メモリ 固体電解質メモリ ナノギャップスイッチ、ナノワイヤメモリ 有機&分子&カーボンメモリ MEMSメモリ	[3-1] [3-5]	
その他省エネ技術	テープドライブの活用	○			1TB 160MB/sec																		テープドライブの活用による低消費電力化（テープドライブの高速化 など） その他省エネ技術による低消費電力化	[3-3] [3-11]	
	部品点数の削減	○																					部品点数削減による低消費電力化	[3-2]	
参考文献	[3-1]	NEDO、「技術戦略マップ2009 ストレージ・メモリ分野」(2009)、NEDO、「技術戦略マップ2008 ストレージ・メモリ分野」(2008)																							
	[3-2]	IT Pro,「グリーンIT完全理解！」日経BP社(2008)																							
	[3-3]	栗原憲,「グリーンITソフトウェアクリエイティブ」(2008)																							
	[3-4]	「サーバーの省電力技術」,「IT pro」, 2008年8月23日, <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20080820/309087/?ST=green_it>																							
	[3-5]	NEDO,「技術戦略マップ2008 ナノテクノロジー分野」(2008)																							
	[3-6]	出典:情報ストレージ研究推進機構																							
	[3-7]	押木,「磁気記録の将来」,日本応用磁気学会研究資料, Vol.139th, Page1-7 (2005.02.01)																							
	[3-8]	光産業技術振興協会,「情報記録分野の光テクノロジーロードマップ」(2006)																							
	[3-9]	出典:ITRS 2008																							
	[3-10]	出典:米Symantec																							
	[3-11]	出典:米NetApp社																							

PC

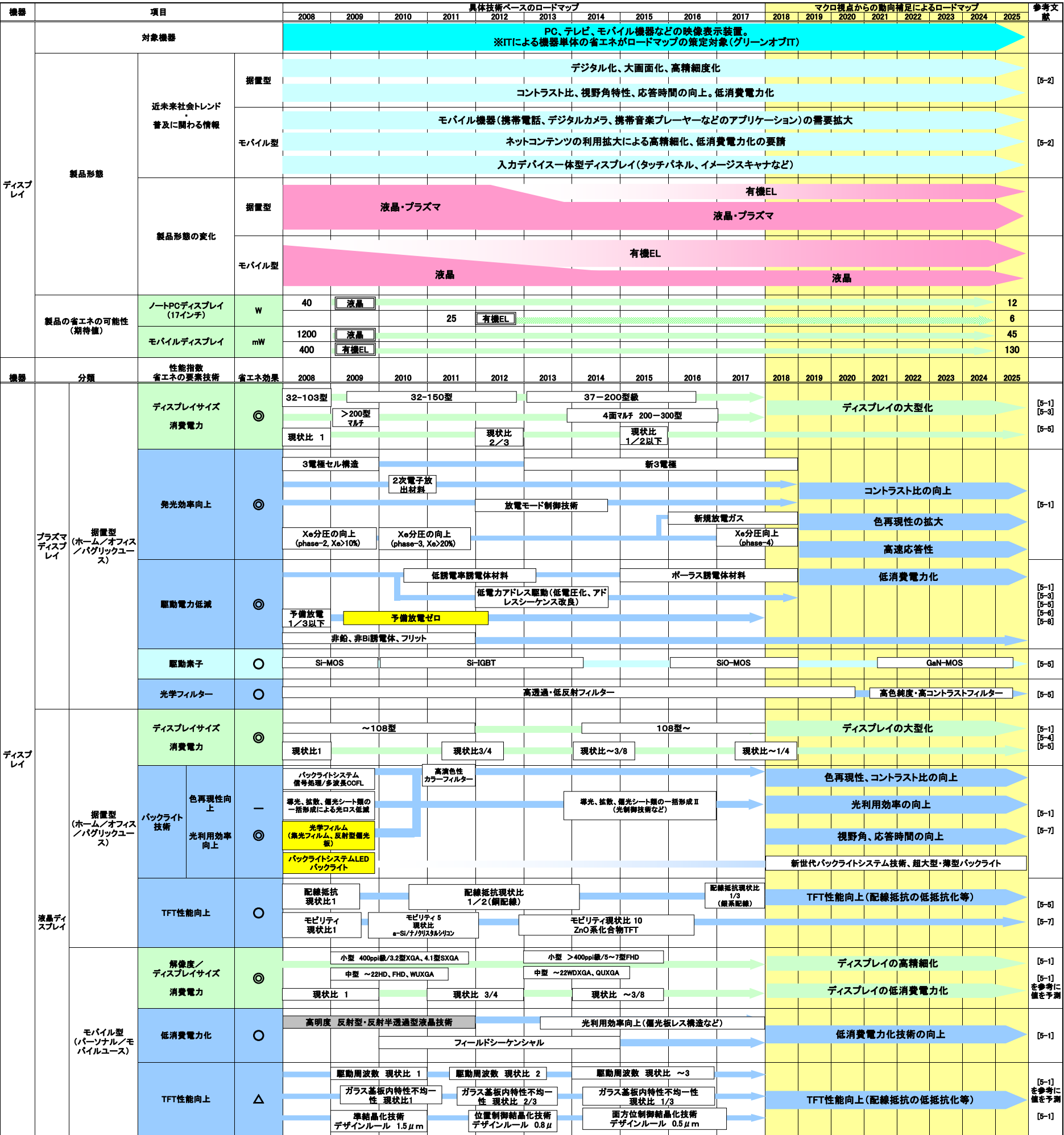
機器	項目			具体技術ベースのロードマップ													マクロ視点からの動向補足によるロードマップ										参考文献
				2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025						
PC	対象機器			家庭・オフィス内等で使用する個人用のパーソナルコンピュータ ※ITIによる機器単体の省エネがロードマップの策定対象(グリーンOPIT)																							
	製品形態	近未来社会トレンド	ディスプレイの大型化																								
			プロセッサ処理速度の高速化、タッチスクリーンの標準採用、エネルギー効率の向上																								
			プラットフォーム電源管理による省エネ、ノートPC化による省エネ、ハードディスクのフラッシュ化(SSD)																								
			マルチタッチパネル機能を搭載したPC市場の台頭、シンククライアント化による省エネ化、超軽量・省スペースPC、																								
			コンピュータのアーキテクチャの変化(CPU、メモリ、HDDの垣根が変化)																								
		製品形態の変化	タッチパネル式のテーブル型PCの上市																								
			普及に係る情報	AVユース用PC	テレビ機能などホームエンターテイメントの中心的役割。大型ディスプレイ。																						
				ビジネスユース用PC	ビジネスアプリ、セキュリティ、安定性重視。																						
		製品形態の変化	AVユース用PC	デスクトップPC										マルチタッチデスクトップPC													
			ビジネスユース用PC	ノートPC										シンククライアントデスクトップPC (OSも含む)													
		製品の省エネの可能性(期待値)	AVユース用PC(代表値)	W(最大消費電力)	178											性能は3倍										13	
			ビジネスユース用PC(代表値)	W(最大消費電力)	75											性能は4倍										6	
		機器	分類	性能指標 省エネの要素技術	省エネ効果	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025				
プロセッサ	性能 マルチコア低消費電力用	動作周波数、1チップあたりのCPU数	◎	300MHz～、2CPU～	500MHz、3CPU		800MHz、4CPU		1.2GHz、6CPU		1.2GHz、10CPU		1.2GHz、12CPU	プロセッサの低電圧化								[2-1]					
		消費電力(処理速度あたりmW/GIPS)	◎	～167	83		67		43		25		22	不揮発性メモリとの組み合わせ								[2-1]					
		システムソフトウェア	◎	・システムソフトウェア:サーバーのロードマップを参照 マルチコア用コンパイラ、低消費電力化技術										マルチ・コア技術の開発										[2-1]			
		低消費電力化	◎	・トランジスタ・集積化技術:半導体のロードマップを参照 トランジスタ・集積化技術の向上																							
メモリ	揮発性(DRAM)	低電圧化	△	1.5V(DDR3)	1.35V(DDR3)		1.2V(DDR4)	DRAMの削減										[2-5]									
		プロセス技術	△	・プロセス技術:半導体のロードマップを参照 プロセス技術の微細化										DRAMからの転換MRAMが代替の第一候補													
	不揮発性	FLASH(NOR)	△	・プロセス技術:半導体のロードマップを参照 プロセス技術の微細化										不揮発性メモリの市場拡大										[2-6]			
		FeRAM	△	・プロセス技術:半導体のロードマップを参照・容量:ストレージのロードマップを参照 プロセス技術の微細化、大容量化										各不揮発性メモリの微細化、大容量化										[2-6]			
		PRAM	△	・プロセス技術:半導体のロードマップを参照・容量、技術など:ストレージのロードマップを参照 プロセス技術の微細化、大容量化										新規不揮発性メモリ(ReRAM,など)の利用										[2-6]			
		MRAM	△	・プロセス技術:半導体のロードマップを参照・容量、技術など:ストレージのロードマップを参照 プロセス技術の微細化、大容量化																							
内蔵ディスク	電力調整機能		○	待機状態 電源OFF	シンククライアント普及によるPC端末の必要容量減少										[2-8]												
	磁性系/光系ストレージ		—	・容量、技術など:ストレージのロードマップを参照 大容量化、高速化										ビジネスユース用HDDがSSDへ統一される(AVユースはHDDとSSD)													
	容量	AVユース 大容量低コストHDD 2.5inch	—	800GB										3TB	8TB	AVユースの容量の増加					[2-1] [2-7]						
		ビジネスユース 中容量SSD	—	128GB										256GB	512GB	1TB	2TB	ビジネスユースはシンククライアントの導入により 容量の増加は鈍化する。					[2-1] [2-7]				
	半導体ストレージ(SSD)	FLASH(NAND)	○	・容量、技術など:ストレージのロードマップを参照 プロセス技術の微細化、大容量化																				[2-6]			
		PRAM	○	・容量、技術など:ストレージのロードマップを参照 プロセス技術の微細化、大容量化										MRAM、FeRAMのキャッシュとしての利用(混載メモリ)										[2-6]			
PCIスロット	高速化、低消費電力化		○	PCI Express 2.0 レーン数:32 1レーンの転送速度: 500MB/s	PCI Express 3.0 バス幅:32bit 1レーンの転送速度: 1000MB/s	レーン数、転送速度の向上										高速化、低消費電力化											
電源、ファン等	電源	電源効率	◎	80%	<90%										[2-3]												
		電源技術 電源装置に対する取り組み	○	DC電源の採用										電源技術による省エネ化の向上										[2-3]			
			「80 Plus」認証を受けた製品の採用										ノートPC、シンククライアントPCの普及により、 電源、ファン等の影響は減少														
	電源技術 電源装置に対する取り組み	○	太陽電池等の自然エネルギーの利用																								
	電源	電源	○	・パワーデバイス:半導体のロードマップを参照 パワーデバイスによる回路効率の向上																							
	電源、ファン等	低消費電力ファン	○	PWM制御	AVユース用に静音が実現できる ファン・冷却技術の開発・実用化										[2-13] [2-14]												
3相駆動方式																											
冷却技術		○	「基板配置の最適化」、「水冷」、「ペルチェ素子」などの冷却技術開発																								
管理システム	集中管理ソリューション		◎	消費電力自動制御システム										集中管理ソリューションやシンククライアントによる 省エネ化										[2-15]			
	シンククライアント	—	シンククライアントPCそのものの消費電力はノートPCと同程度。 PC単体のスペックを下げることで より、省エネ化を図る										機器の軽量化 組み込み機器向けのプロセッサの採用 セキュリティの強化										[2-2]				
参考文献	[2-1]	NEDO,「技術戦略マップ2008 コンピュータ分野」(2008)、NEDO,「技術戦略マップ2009 コンピュータ分野」(2009)																									
	[2-2]	栗原淳,「グリーンIT」ソフトバンククリエイティブ(2008)																									
	[2-3]	IT Pro,「グリーンIT完全理解」!日経BP社(2008)																									
	[2-4]	西村崇,「サーバーの消費電力」,【IT Pro】,(2008)<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20080620/309087/?ST=green_it>																									
	[2-5]	出典:独Qimonda社																									
	[2-6]	出典:ITRS 2008																									
	[2-7]	韓国Samsung社(2008年以降はムーアの法則により性能を予測)																									
	[2-8]	NEDO,「技術戦略マップ2008 半導体分野」(2008)																									
	[2-9]	バッファロー, ホームページ, <http://buffalo.jp/>																									
	[2-10]	「米Micron社, 100万回書き換え可能なNANDフラッシュを実現する技術を米Sun Microsystems社と共同開発」,【IT Pro】,(2008年12月22日),<http://techn.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20081222/163214/>																									
	[2-11]	「東芝, 2層技術を用いた16GBビットNAND型フラッシュメモリを開発」,【マイコミジャーナル】,(2008年10月28日),<http://journal.mycom.co.jp/news/2008/10/28/064/>																									
	[2-12]	バッファロー, ホームページ, <http://buffalo.jp/>																									
	[2-13]	山陽電気, ホームページ, <http://www.sanyodenki.co.jp/>																									
	[2-14]	ローム, ホームページ, <http://www.rohm.co.jp/index.html>																									
	[2-15]	NEC, ホームページ, <http://www.nec.co.jp/>																									

ルーター



参考文献 [4-1] NEDO,「技術戦略マップ2008 ネットワーク分野」(2008)、NEDO,「技術戦略マップ2009 ネットワーク分野」(2009)
[4-2] 出典:アラクサラネットワーク株式会社
[4-3] NEDO, ホームページ, <http://www.nedo.go.jp/>

ディスプレイ



ディスプレイ

有機ELディスプレイ	据置型 (ホーム/オフィス/パブリックユース)	ディスプレイサイズ	消費電力	◎	ガラス基板 10-20型級(アクティブマトリクス型) HD-FHD	20-40型級(アクティブマトリクス型) FHD	30-60型級(アクティブマトリクス型) FHD-2k4k	60-100型級(アクティブマトリクス型) FHD-2k4k-4k8k	ディスプレイの大型化	[5-1] [5-6] [5-7]
		発光効率改善	◎	高融点正孔・電子輸送材料・ワイドバンドギャップのホスト材料	超低電圧多段階層発光膜方式(マルチレイヤー方式、薄膜・塗布両方式)				有機EL材料開発(燐光材料改良)	[5-1]
		光利用効率改善	○	光取り出し効率向上技術(デバイス構造技術)	光取り出し効率向上技術(低誘電率材料)				光取り出し・光利用効率向上技術	[5-1]
		高生産性対応 低消費電力化	○	低損傷大面積電極形成技術	大面積透明封止技術	大面積有機成膜技術	大面積製造装置への統合組み込み		生産性向上 低消費電力化	[5-1]
		大画面高画質化	△	補償回路技術	超高均一特性・高性能TFTバックプレーン技術(Gen.4 → Gen.6-8)(有機EL用)(大型ガラス基板)	高電子移動度超高均一特性・高性能TFTバックプレーン技術(Gen.4 → Gen.6-8)(有機EL用)(大型ガラス基板)		大画面化	[5-1]	
		商品化、利用拡大	◎	補正回路技術	超高均一特性・高性能TFTバックプレーン技術(Gen.4 → Gen.6-8)(有機EL用)(大型ガラス基板)					[5-1]
		低コスト化、量産技術の向上								
	モバイル型 (パーソナル/モバイルユース)	ディスプレイサイズ	◎	ガラス基板 4-14型級(アクティブマトリクス型) QVGA-VGA級	2-6型級(アクティブマトリクス型) VGA-XGA級	6-14型級(アクティブマトリクス型) XGA-UXGA級		ディスプレイの高精細化	[5-1] [5-6] [5-7]	
		低消費電力化	◎	高発光効率EL材料(燐光材料・ワイドバンドギャップホスト材料等)	超低電圧多段階層発光膜方式(マルチレイヤー方式、薄膜・塗布両方式)	1-4型級(無機TFTハイブリッド型) QCIF-VGA級	2-4型級(有機TFT分離プロセス型) QVGA-VGA級	2-6型級(有機EL、有機TFT-貫プロセス型) QVGA-VGA級	6-14型級(有機EL、有機TFT-貫プロセス型) VGA-XGA級	低消費電力化技術の向上
	その他ディスプレイ ホーム/オフィス/パブリックユース	電界放出型	ディスプレイサイズ 画素数 消費電力	—	QVGA (3-10型)	SVGA (10-17型)	XGA (10-20型)		大画面化、高精細化	[5-1]
高効率化			電子源							
高精細化			セル構造	—						
色再現性向上			スペーサ ビーム							
立体ディスプレイ		2眼式(メガネあり)ホーム/オフィスユース		HD(時分割、偏光方式)	液晶型					
		2眼式(メガネなし)オフィスユース		高精細(パララックスバリア、レンチキュラ方式)						
		多眼式(メガネなし)ホーム/オフィスユース		9眼式		50眼製作システム(滑らかな運動視感)		100眼製作システム(疲労のない自然な立体表)		
		大画面メガネあり(デジタル3Dシネマ)パブリックユース		偏光、波長分割、時分割方式				インテグラルフォトグラフィ/ホログラフィー		
ホーム/オフィス/パブリックユース		大画面メガネなしパブリックユース		70型 50プロジェクタ	200型 フルHD プロジェクタ タレイ			大画面化、高精細化		
		パネル解像度		フルHD		スーパーハイビジョン級				
		クロストーク低下			パネル応答速度 8ms	パネル応答速度 4ms		使用用途の開発		
		レンチキュラレンズ			低膨張率材料	広視域化、FPDガラス体形成				
プロジェクションディスプレイ		2D/3D切り替え		アクティブなレンチキュラレンズ、パララックスバリア				液晶・プラズマ・有機ELとの差別化		
		指向性スクリーン		70型	200型 大型化技術					
		ビジネス・教育・サイネージ用		輝度2000~10,000lm、解像度SVGA~2k	高輝度~15,000lm、高精細~2k4k	超高輝度~20,000lm、超高精細~4k8k		高精細化		
	ホーム用		コントラスト 3000:1~50,000:1、解像度720p~FHD	高コントラスト~10万:1、広色域xVYCC対応、3D対応	超高コントラスト~1M:1、超高精細~4k8k、動画MPRT:8ms					
電子ペーパー (パブリックユース、掲示・広告用等)	ライトバルブ、駆動技術		LV高密度化技術(画素ピッチ8μ)、倍速駆動技術	LV微細プロセス技術(画素ピッチ5μ)			使用用途の開発			
	光源技術		超高圧水銀ランプ高輝度化技術(高電力化・短アーク化、集光効率向上サブプリフレクタ、多灯式)							
	光学エンジン技術		LED高輝度化技術(外部量子効率向上技術、Chip実装・冷却技術)		レーザーダイオード高出力化技術		液晶・プラズマ・有機ELとの差別化			
			輝度ダイナミックレンジコントロール技術(シーン適応型自動絞り機構)		超高精細(4k8k)映像処理	超高コントラスト技術				

参考文献

[5-1]

NEDO、「技術戦略マップ2008 ユーザビリティ分野」(2008)、NEDO、「技術戦略マップ2009 ユーザビリティ分野」(2009)

[5-2]

鶴岡、「液晶ディスプレイの最新技術動向」、電子材料 電子ディスプレイ技術2008、5月号別冊、pp.22-27(2008)

[5-3]

パナソニック、ホームページ、<http://panasonic.jp/viera/>

[5-4]

シャープ、ホームページ、<http://www.sharp.co.jp/equote/>

[5-5]

有線者アンケート・ヒアリング調査より

[5-6]

パイオニア、ホームページ、<http://pioneer.jp/press/2008/0107-1.html>

[5-7]

財団法人光産業技術振興協会、「省エネルギー技術戦略に関する調査一次世代省エネデバイス技術」(2008)

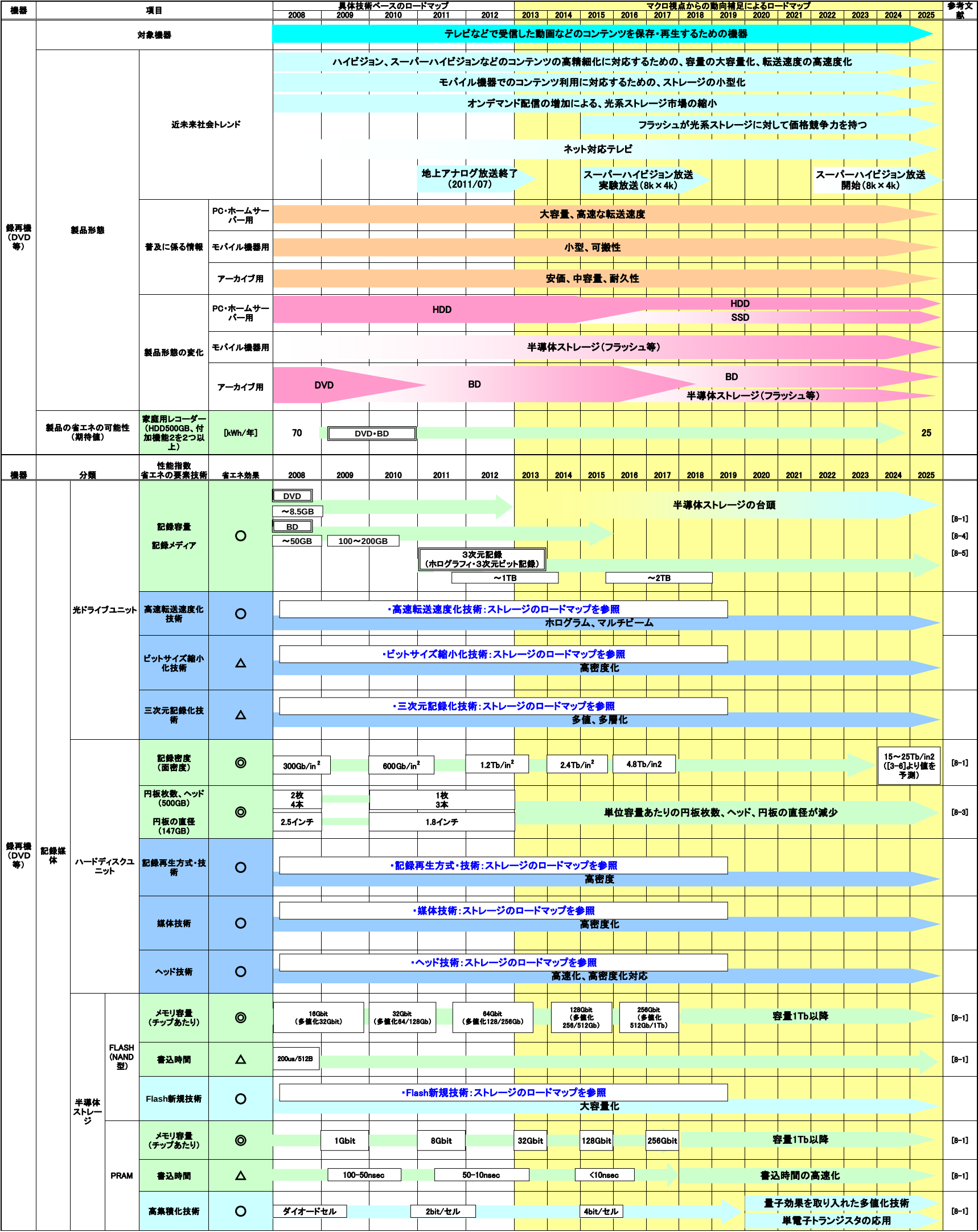
[5-8]

内池、「プラズマディスプレイ(PDP)の最新技術動向」、電子材料 電子ディスプレイ技術2008、5月号別冊、pp.28-35(2008)

テレビ

機器		項目		具体技術ベースのロードマップ								マクロ視点からの動向補足によるロードマップ												参考文献		
				2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025					
テレビ	対象機器				テレビ放送を受信し、複数人で視聴できる中～大型の装置								テレビ放送、ネットなどの動画コンテンツを受信し、複数人で視聴できる中～大型の装置													
	製品形態	近未来社会トレンド			放送局の多岐化、ライフスタイルの変化、若年層のテレビ離れ																					
					デジタル化、大画面化、高精細度化																					
					37型以上のサイズのテレビが普及																					
					液晶・プラズマの省エネ化が大きく進展																					
					37型以上の有機ELテレビが量産																					
					ネット対応テレビ																					
	普及に係る情報			地上アナログ放送終了 (2011/07)								スーパーハイビジョン放送 実験放送(8k×4k)								スーパーハイビジョン放送 開始(8k×4k)						
				ネットコンテンツが可能																						
	製品形態の変化			液晶・プラズマ								有機EL								液晶・プラズマ						
製品の省エネの可能性 (期待値)		家庭用テレビ (42型、付加機能を1 つ有するもの)	kWh/年	380	プラズマ																	100				
				330	液晶																	90				
					90	有機EL																	30			
テレビ	ディスプレイ	分類	性能指数 省エネの要素技術 ディスプレイサイズ	省エネ効果	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025				
		プラズマ	消費電力	◎																					[7-1]	
			要素技術	ディスプレイサイズ																					[7-1]	
		液晶	消費電力	◎																					[7-1]	
			要素技術	ディスプレイサイズ																					[7-1]	
		有機EL	消費電力	◎																					[7-1]	
			要素技術	ディスプレイサイズ																					[7-1]	
		その他 ディス プレイ	電界放 出型	ディスプレイサイズ	—																					[7-1]
			プロジェ クション	ディスプレイサイズ	—																					[7-1]
				要素技術	—																					[7-1]
			立体	ディスプレイサイズ	—																					[7-1]
		要素技術		—																					[7-1]	
		画像処理・制御	デジタル画像処理 グラフィックス処理	○	高速・低消費電力 LISの開発 ICの統合による低電流化								半導体技術の進化による高性能化、省電力化												[7-9]	
			パネル駆動エンジン	◎	自動輝度調節回路による省エネ																				[7-2]	
		待機消費電力	消費電力(37型)	△	0.1 W								待機消費電力の影響は少なく、ディスプレイの省エネ化が優先される												[7-5]	
													不揮発性メモリ(MRAM等)の利用による待機消費電力の削減												[7-5]	
		テレビ/ 録再機 (DVD 等)	電源	電源技術	◎	無操作・無信号時電源オフ機能による省エネ 低電圧動作による省エネ ソーラーエネルギーの利用 直流電源の利用 パワーデバイスの利用等による インバーターの高効率化								電源制御による更なる効率の改善 クリーンエネルギーの利用												[7-2] [7-3]
パワーデバイス	◎			・パワーデバイス:半導体のロードマップを参照 パワーデバイスによる回路効率の向上(「Siパワーデバイス」→「SiCパワーデバイス/GaNパワーデバイス」→「新構造」)																				[7-9]		
コーデック (動画圧縮)	高品質系 高圧縮系		○	MPEG-2 MPEG-4 AVC(H.264) / SVC MPEG-4								高品質、高圧縮コーデックの技術開発												[7-8]		
	チューナーの省エネ		○	高利得(S/N)化 シリコンチューナ								半導体技術の進化による高性能化、省電力化												[7-6]		
ハイビジョン放送対応	広域信号処理 の省エネ		○	回路の高集積化 HDD、CPU、LSIの省電力化								スーパーハイビジョン放送対応												[7-7]		
	ネット対応		ネットワーク機器 (将来は◎)	・ネットワーク機器:ルーターのロードマップを参照 ネットワーク(ルーター、スイッチ等)の大容量化、高速化、低消費電力化																				[7-9]		
参考文献	[7-1]		NEDO,「技術戦略マップ2008 ユーザビリティ分野」(2008)																							
	[7-2]		財団法人家電製品協会、ホームページ、<http://www.shouene-kaden2.net/>																							
	[7-3]		「薄型テレビ省エネ推進が加速、CEATEC JAPAN 2008」,『BCNランキング』,2008年10月02日<http://bcnranking.jp/news/0810/081002_11913.html>																							
	[7-4]		財団法人省エネルギーセンター 編,『省エネルギー便覧(2007年度版)』財団法人省エネルギー財団(2007)																							
	[7-5]	パナソニック、ホームページ、<http://panasonic.jp/view/>																								
	[7-6]	「シリコンチューナーの可能性」,『EDN Japan』,2007年2月<http://www.edn-japan.com/content/issue/2007/02/content06_01.html>																								
	[7-7]	経済産業省,「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 テレビジョン受信機及びビデオテープレコーダー等判断基準小委員会 最終取りまとめ」(2008)																								
	[7-8]	出典:NTTエレクトロニクス株式会社																								
	[7-9]	有線着アンテナ・ヒアリング調査より																								

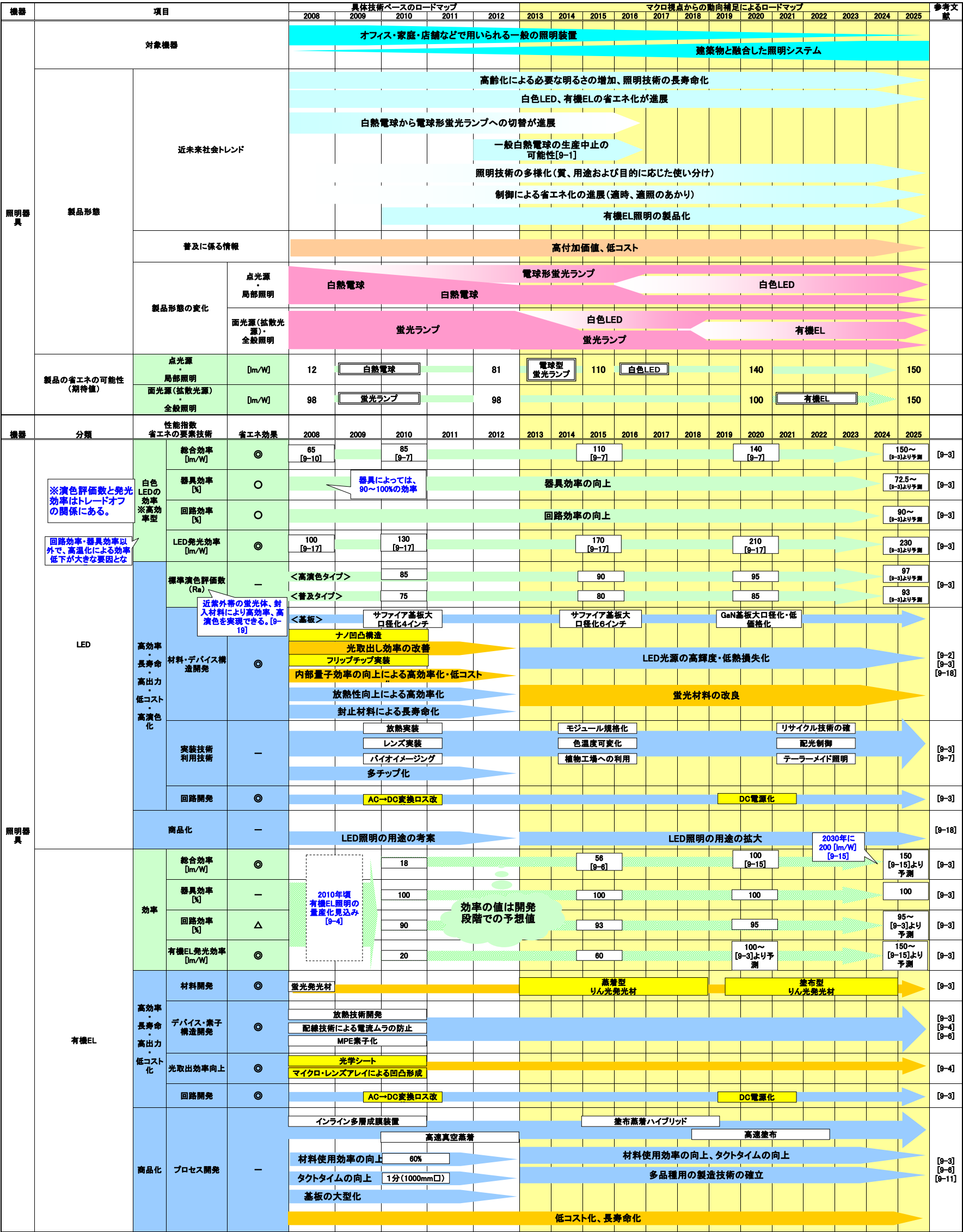
録再機(DVD等)



録再機(DVD等)

録再機 (DVD等)	駆動系 映像処理デバイス 待機消費電力	モーター・アクチュエーター	◎	スピンドルモーターの高効率化 アクチュエーターの小型化	モーター・アクチュエーターの高性能化 駆動系のない半導体部品の多用化	[8-9]
		映像処理デバイス	◎	1チップSoCによる低消費電力化 高集積化によるICチップ数・熱ロスの削減 クロック数の低減、低電圧化	半導体技術の進化による高性能化、省電力化	[8-9]
		待機消費電力 (DVD、HDD500GB以上、時刻表示点灯時)	○	1.2 W 半導体技術による回路の小型化、低電圧化による待機消費電力の削減 不揮発性メモリ(MRAM等)の利用による待機消費電力の削減		[8-2] [8-6]
テレビ/ 録再機 (DVD等)	電源	電源技術	◎	無操作・無信号時電源オフ機能による省エネ 低電圧動作による省エネ ソーラーエネルギーの利用 直流電源の利用 パワーデバイスの利用等によるインバーターの高効率化	高効率電源等による更なる効率の改善 機器間の連携強化、最適化による省電力の実現 クリーンエネルギーの利用	[7-2] [7-3] [8-9]
		パワーデバイス	◎	・パワーデバイス：半導体のロードマップを参照 パワーデバイスによる回路効率の向上(「Siパワーデバイス」→「SiCパワーデバイス/GaNパワーデバイス」→「新構造」)		[8-9]
	コーデック (動画圧縮)	高品質系 高圧縮系	○	MPEG-2 MPEG-4 AVC(H.264) / SVC MPEG-4	高品質、高圧縮の次世代コーデックの技術開発	[7-8]
	ハイビジョン放送対応	チューナーの省エネ	○	高利得(S/N)化 シリコンチューナ	スーパーハイビジョン放送対応	[7-6]
		広域信号処理の省エネ	○	回路の高集積化 CPU、LSIの省電力化	半導体技術の進化による高性能化、省電力化	[7-7]
	ネット対応	ネットワーク機器	－ (将来は◎)	・ネットワーク機器：ルーターのロードマップを参照 ネットワーク(ルーター、スイッチ等)の大容量化、高速化、低消費電力化		[8-9]
	参考文献	[8-1]	NEDO,「技術戦略マップ2008 ストレージ・メモリ分野、ナノテクノロジー分野」、(2008)、NEDO,「技術戦略マップ2009 ストレージ・メモリ分野、ナノテクノロジー分野」、(2009)			
		[8-2]	シャープ, ホームページ, <http://www.sharp.co.jp/equos/>			
		[8-3]	「サーバーの省電力技術」,『IT pro』, 2008年6月23日, <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20080820/309087/?ST=green_it>			
		[8-4]	バッファロー, ホームページ, <http://buffalo.jp/products/catalog/storage/bd/02.html>			
		[8-5]	「米TDK、片面200GBを可能にする高解像度ブルーレーザー技術」,『マイコミジャーナル』, 2008年9月1日, <http://journal.mycom.co.jp/news/2008/09/01/102.html>			
		[8-6]	経済産業省,「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 テレビジョン受信機及びビデオテープレコーダー等判断基準小委員会 最終取りまとめ」(2008)			
		[8-7]	出典:情報ストレージ研究推進機構			
		[8-8]	押木,「磁気記録の将来」,日本応用磁気学会研究会資料, Vol.139th, Page1-7 (2005.02.01)			
		[8-9]	有識者アンケート・ヒアリング調査より			

照明器具



照明器具

照明器具	蛍光ランプ	効率	総合効率 [lm/W]	○	98		面光源の全般照明は 有機EL照明への転換が進行する。	[9-7] [9-13]
			器具効率 [%]	△	92			[9-7]
			回路効率 [%]	△	96			[9-7]
			蛍光ランプ効率 [lm/W]	△	110			[9-7]
		発光効率の向上	○	インバーターによる高周波点灯		高効率無水銀蛍光灯 (低環境負荷光源) [9-13]		[9-6]
	共通技術	照明制御システムによる 省エネ化	◎	発光管を密に形成			建築物と融合させた照明の自動コントロールシステムの開発	照明の制御機能による省エネ
			初期照度補正による省エネ					
			タイマー・センサーを利用した省エネ					
			外光補正制御による適正照度化による省エネ					
			照明の交換時期音声ガイド機能による省エネ					
パワーデバイス	回路効率の向上	材料・デバイス構造	◎	・パワーデバイス:半導体のロードマップを参照 パワーデバイスによる回路効率の向上(「Si」パワーデバイス → 「SiC」パワーデバイス/GaNパワーデバイス → 「新構造」)		[9-12] [9-14]		

参考文献	[9-1]	「LED照明にエコの追い風」,『日経エレクトロニクス』,2008年5月19日号, no.978, pp.69-78	
	[9-2]	藤本他, 東芝レビュー, Vol.80, No.10, pp.32-35(2005)	
	[9-3]	財団法人光産業技術振興協会, 「省エネルギー技術戦略に関する調査-次世代省エネデバイス技術」(2008)	
	[9-4]	「有機ELが照明の「主役」に名乗り」,『日経エレクトロニクス』,2008年11月3日号, no.990, pp87-97	
	[9-5]	OIDA(The Optoelectronics Industry Development Association)ホームページ, <http://www.oida.org/>.	
	[9-6]	出典:有機エレクトロニクス研究所(ホームページ, セミナー資料より)	
	[9-7]	有価証券アナリストヒアリング調査より	
	[9-8]	財団法人家電製品協会, ホームページ, <http://www.shouene-kaden2.net/>	
	[9-9]	パナソニック電工株式会社, ホームページ, <http://panasonic-denko.co.jp/>	
	[9-10]	東芝ライテック, ホームページ, <http://www.tlt.co.jp/tlt/>	
	[9-11]	「LED追い, 商品化が見え始めた有機EL照明」,『マイコミジャーナル』,2008年10月7日, <http://journal.mycom.co.jp/news/2008/10/07/008/>	
	[9-12]	NEDO, 「技術戦略マップ2008 半導体分野」(2008)	
	[9-13]	財団法人エネルギー総合工学研究所, 「超長期エネルギー技術ロードマップ報告書」(2008)	
	[9-14]	経済産業省, 資源エネルギー庁, 「省エネルギー技術戦略 2008」(2008)	
	[9-15]	経済産業省, 「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」(2008)	
	[9-16]	清水, 「光とLEDその他」, 電気技術者会誌, JLEIS, JPN, Vol. 28 No.1	
	[9-17]	LED照明推進協議会, 「白色LEDの技術ロードマップ」(2008)	
	[9-18]	坂東, 「LED照明の発展(1)LED照明の概要」, 照学誌, Vol.92 No.6(2008)	
	[9-19]	田口, 「白色LEDの最新開発動向と今後の展望」, 鉱山, Vol.59 No.10 pp.34-39 (2006)	

冷藏庫

項目				具体技術ベースのロードマップ						マクロ視点からの動向補足によるロードマップ												参考文献		
機器				2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025			
冷蔵庫	対象機器			冷蔵庫と一体となった家庭用電機冷蔵庫																				
	製品形態	近未来社会トレンド		単独世代増で「140L以下の小型機需要」が増加																				
				大型化はスペース制約に漸近																				
				401L以上はほぼ全て5～6ドアへ																				
				食品鮮度保持、美味しさや貯蔵性向上																				
		普及に係る情報		室内温度監視やタイマー機能と連携した省エネ運転モード制御																				
				見える化：①消費電力・電気代の目安の表示、確認 ②ドア開閉回数の表示、確認																				
				庫内映像確認、食材在庫・賞味期間確認機能、栄養管理機能																				
	製品形態の変化	機能		付加機能の一層の高度化																				
			インターネット対応																					
冷凍技術(小型)			冷凍効率の向上で利用が拡大する可能性が										ペルチェ冷凍技術											
		冷凍技術(大型)		蒸気圧縮冷凍技術										スターリング冷凍技術										
製品の省エネの可能性(期待値)	家庭用冷凍冷蔵庫(400L、2ドア以上、強制循環方式)		[kWh/年]	492										研究開発により冷凍技術が変化する可能性があり										300
機器	分類	性能指数	省エネの要素技術	省エネ効果	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
冷蔵庫	冷却技術	圧縮機	◎	機械損失低減										新冷凍技術の家庭用電機冷蔵庫への応用 小型：ペルチェ冷凍技術 大型：スターリング冷凍技術										[10-3]
				吸入・吐出の損失低減																				
				低速回転化																				
				モータの高効率化																				
		熱交換器	○	蒸発器、凝縮器の進化(熱交換効率の向上)										新冷凍技術の家庭用電機冷蔵庫への検討 小型：ペルチェ冷凍技術 大型：スターリング冷凍技術										[10-8]
				部分的な解析による部分の最適設計																				
				熱流体解析による冷却風路の最適化																				
				大規模計算による全体の最適設計										圧縮機の高効率化										[10-3]
		冷却風路	○	冷気ダクト設計圧損の最適化																				[10-5]
				冷媒の分流化、庫内通風の分流・独立化										冷却風路の最適化										
	2段圧縮冷凍サイクル																							
	自然冷媒の採用																							
	冷媒	—	低GWP冷媒の採用										低GWP冷媒の採用										[10-3]	
			代替フロンHFC			イソブタンR600a																		
	断熱技術	インバーター	◎	パワーデバイスによる高効率化										SiC・GaN/パワーデバイスの応用										[10-2]
				パイプーラ構造																				
				MOS構造																				
				インバーター回路のモジュール化																				
		断熱材	◎	真空断熱材の採用																				[10-3]
				発泡断熱材の高性能化										断熱技術の高効率化、制御技術の高度化										
断熱構造																				[10-3]				
扉ガasketの断熱効果																								
制御技術		ヒータ制御	○	庫内温度保障ヒーター										インバーターの変換効率の向上										[10-3]
				露付き防止ヒーター																				
	冷却オフサイクル時の凍結防止ヒータ熱量制御																							
	インバーター制御	◎	冷却サイクルの効率向上										マイコンや集積回路の開発・導入によるヒータ制御、インバーター制御、運転制御技術の拡大										[10-3]	
			インバーターの高効率制御																				[10-5]	
			PAMの電圧制御範囲の拡大										中間負荷状態での効率改善										[10-6]	
冷却回路制御	○	コンプレッサ停止の熱ロス改善																				[10-3]		
		運転制御	◎	起動時のトルク低減										負荷(軽負荷、重負荷)に応じたインバーターやコンプレッサの台数制御										[10-3]
留守節電機能																				[10-4]				
その他	冷蔵庫の構造	△	両面開きドア、多室別の増加										3ドアと5ドアに2極化										[10-5]	
			冷却機の室別(冷凍・冷蔵・野菜等)独立化																					
			HEMS等のホームITシステムとの連携																					
			センサ技術を利用した省エネ運転										①人を感知し、状況に応じた運転モード制御 ②室温に応じたコンプレッサ制御など										[10-7]	
	ITによる高度制御	◎	インターネット対応																					
			見える化による省エネ ①消費電力・電気代の目安の表示、確認 ②ドア開閉回数の表示、確認																					
評価	—	過去実行した省エネ技術の再評価																				[10-3]		
		インバーターの高効率化	材料・デバイス構造	◎	・パワーデバイス：半導体のロードマップを参照										パワーデバイスによる回路効率の向上(「Siパワーデバイス」→「SiCパワーデバイス/GaNパワーデバイス」→「新構造」)									
参考文献	[10-1]	総合資源エネルギー調査会第4回省エネルギー部資料																						
	[10-2]	ゴープ・マシムダール他：家庭製品の省エネルギーに貢献するパワーデバイス、電子材料、Vol.47, No.11, pp.25-31(2008)																						
	[10-3]	経済産業省「総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会 電気冷蔵庫等判断基準小委員会 最終取りまとめ」(2006)																						
	[10-4]	財団法人省エネルギー協会、ホームページ、<http://www.shouenei-kaden2.net/>																						
	[10-5]	財団法人省エネルギーセンター 編「省エネルギー展覧(2007年度版)」財団法人省エネルギー財団(2007)																						
	[10-6]	経済産業省 資源エネルギー庁「省エネルギー技術戦略2008」(2008)																						
	[10-7]	東芝、ホームページ、<http://www3.toshiba.co.jp/feminity/>																						
	[10-8]	有識者アンケート・ヒアリング調査より																						

第2部 2050年の日本低炭素社会の実現に向けた 情報通信機器技術開発の提言

—バーチャルモビリティとエネルギーマネジメントシステムに関する提言—

Working Group 3

目 次

1. 概要	1
2. 将来シナリオと社会トレンド.....	2
3. 情報通信機器技術開発の提言1 バーチャルモビリティ.....	3
3.1 バーチャルモビリティの概念.....	3
3.2 ヒトのバーチャルモビリティ.....	3
3.2.1 【事例1】臨場感のあるテレワークシステム	4
3.2.2 【事例2】遠隔操作	6
3.3 モノのバーチャルモビリティ.....	6
3.3.1 【事例3】紙の情報媒体の電子化	9
3.3.2 【事例4】広告媒体の電子化	12
3.3.3 【事例5】ITS(効率的なモーダルシフトを補助する情報システム)	13
3.3.4 【事例6】Transport EMS(SCMを活用することでエネルギー削減を図るシステム)	16
4. 情報通信機器技術開発の提言2 エネルギーマネジメントシステム.....	18
4.1 エネルギーマネジメントシステム(xEMS)の概念.....	18
4.1.1 各エネルギーマネジメントシステムの現状.....	19
4.1.2 ISO50001	21
4.2 エネルギーマネジメントシステムにおける課題と技術開発への提言.....	23
4.2.1 将来のエネルギーマネジメントシステム.....	23
4.2.2 技術開発への提言.....	29
4.2.3 省エネ効果目標値.....	33
5. 情報通信機器技術開発の提言3 情報プラットフォーム.....	33
5.1 情報プラットフォームのこれまで.....	33
5.2 情報量の爆発的な増大.....	34
5.3 情報の質の向上.....	34
6. 技術ロードマップ.....	36

1. 概要

情報通信技術は、長年にわたる進化により社会に浸透し、必要不可欠なインフラストラクチャーになった。一方では、情報通信機器やエレクトロニクス機器の消費エネルギー増大や輸送機器の二酸化炭素(CO₂)増大により環境への負荷が急速に増大しており、持続可能社会の実現が急務である。このような背景の下、情報通信機器の低消費電力化による CO₂削減、および、情報通信機器活用による CO₂削減を目指しグリーン IT 推進協議会が設立された。

図 1-1 に示す通り、IT 機器によって発生する CO₂の排出量は、全排出量のおよそ 2%であり、残る 98%を如何に削減できるかが情報通信機器に期待されている効果となっている。情報通信機器による CO₂削減、いわゆる By IT の影響は情報通信の分野にとどまらず、発電、送電、運輸、流通、サービス他、広範囲に及ぶ。このことは、情報インフラとして拡大してきた情報通信機器がエネルギーインフラへと拡大する大きな転換点を迎えることを意味する。その機にあわせ、By IT の具体的施策を抽出し、国家レベルでの戦略的取り組みを行うことが、今後のわが国の低炭素社会の実現と産業振興のために必要である。

本提言は情報通信機器活用による CO₂削減を実現できる技術の提案とロードマップ提示を目的としている。By IT による CO₂削減に顕著な寄与があると想定される技術領域、すなわち、平成 19 年度 JEITA 技術戦略委員会より提案されたバーチャルモビリティと、情報通信機器活用によるエネルギーマネジメントシステム(EMS)に焦点を当て方向性を明らかにすることにより持続可能社会の実現に貢献する。

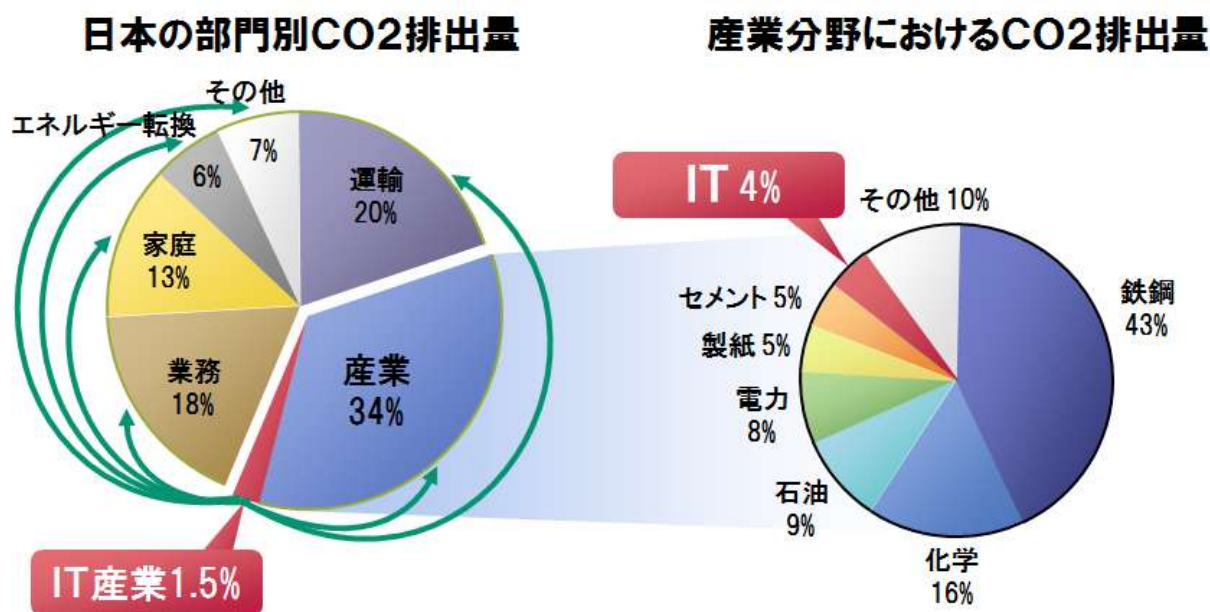


図 1-1 社会の省エネに寄与する IT⁽¹⁾

[参考文献]

(1) グリーン IT について、2008. 6、経済産業省

<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g80619b08j.pdf>

2. 将来シナリオと社会トレンド

将来シナリオを考える上で重要と思われる人口・世帯、ライフスタイルに着目すると、以下のトレンドが予想される。

①人口、世帯の主なトレンド：

人口減少社会、少子化進展、急速な高齢化、健康・安全・安心への関心の高まり、
独居老人世帯増、住替え、室内環境・体調見守りセンシング、遠隔医療、
健康グッズ・健康家電、ユニバーサル・デザイン

②ライフスタイルの主なトレンド

生きていくための必需時間の増加（睡眠、食事、療養・静養、身の回り用事）、
TV 首座ながら、TV、ラジオ、新聞以外の後発メディア普及、長期的に TV 視聴は
低下していく

これらトレンドと、地球温暖化問題等の我々が抱えている課題等より、これからの社会のトレンドとしては表 2-1 に示す点が指摘されている。

特に地球温暖化問題の深刻化に伴い、“炭素制約社会”と“低炭素価値”に関しては今後益々重要なキーワードとなってくるものと予想される。（詳細は本報告書 第 1 部 添付資料「IT・エレクトロニクス機器における省エネ関連技術の開発ロードマップ調査研究【報告書】」参照）

表 2-1 「今後起こりうる価値観の変遷」

- 成熟化社会の到来～団塊リタイヤ、新人類ジュニア世代へ～ジェンダー意識の変容
 - 女性の社会進出、晩婚化、少子化進展、共働き世帯増、男性の家事・育児の増加
 - 男性における仕事の位置づけの多様化（女性は既に多様化）
- 高齢化進展と健康志向
 - 働き続ける高齢者、必需時間の増加（睡眠、食事、療養・静養、身の回り用事）
 - 室内環境・体調見守りセンシング、健康グッズ・健康家電、ユニバーサル・デザイン
- 炭素制約社会と低炭素価値の浸透
 - 炭素排出、内包炭素の「見える化」が徹底され、低炭素価値がライフスタイルに浸透していく
 - エコライフを共有する地域コミュニティ活動などが盛んになっていく
- 機能・サービスを消費する「持たない生活」
 - モノを所有していなくても、合理的に生活を充実させるライフスタイルが定着
 - 合理的なプーリング・シェアリングが地域コミュニティですすすめられていく
- 時間や場所に拘束されない自由な生活志向
 - テレワークが進展し、どこでも・いつでも働けるようになっていく
 - また戸外から家庭の PC や家電を制御・利用できるようになっていく

3. 情報通信機器技術開発の提言1 バーチャルモビリティ

3.1 バーチャルモビリティの概念

本提言では、2050年の日本低炭素社会の実現に向けた情報通信機器技術の中核となる基幹概念としてバーチャルモビリティを取り上げ技術開発の方向性を示す。バーチャルモビリティとは電子通信ネットワークを介して情報をやり取りすることで、ヒトやモノが物理的な場所の移動をすることなく社会的経済的活動を行うことと定義する。また、バーチャルリアリティとの差異を明確にするため、移動そのものはバーチャルであっても結果はリアルな活動をもたらすものとする。

わが国の2007年度の運輸部門のCO₂排出量は249百万トンであり、これはわが国のCO₂排出量の19%に相当する。バーチャルモビリティによってヒト・モノの移動が抑制されることで、輸送機器により消費されるエネルギーが大幅に低減されるものと期待される。

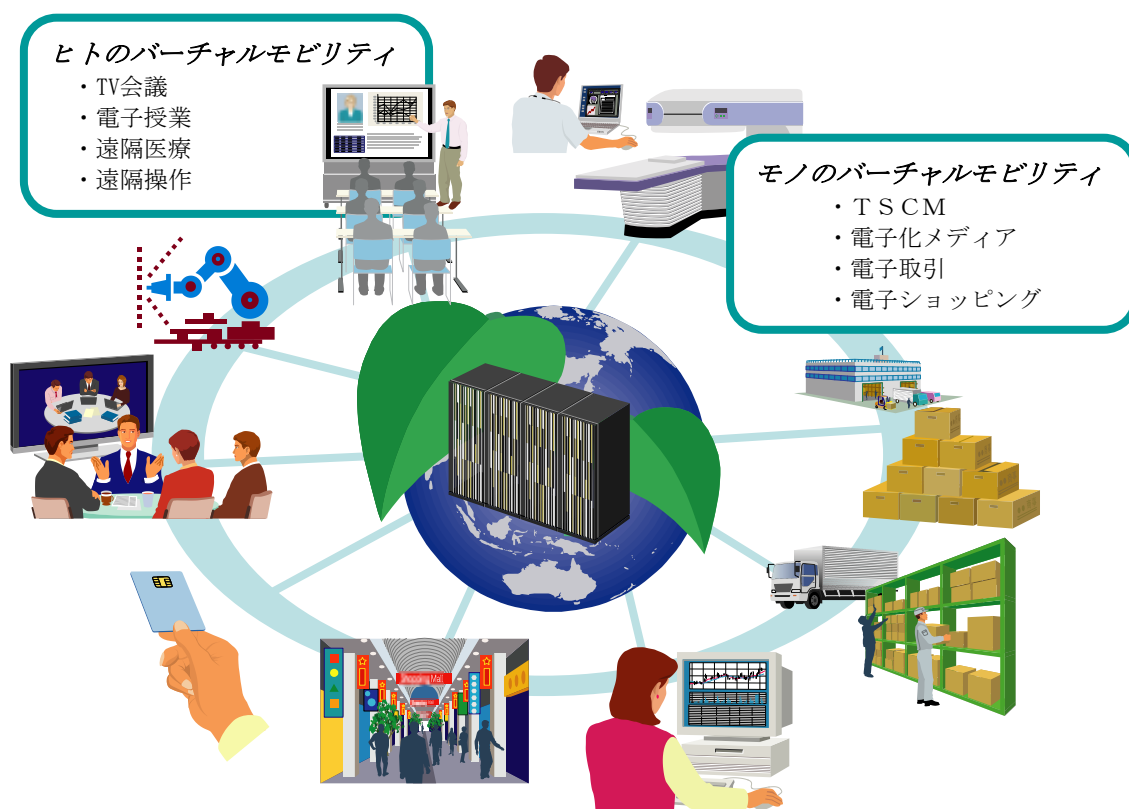


図 3.1-1 IT で実現されるバーチャルモビリティの世界

3.2 ヒトのバーチャルモビリティ

ヒトのバーチャルモビリティとは、ヒトが移動することなく行為をなすことが可能なシステムに相当する。すでに実現している技術としては、古くは、テレビ、ラジオ、電話が相当し、近年ではパソコンを利用した在宅勤務、TV 会議システムなどがあげられる。

現状は、主として画像、音声、情報の移動によるシステムの実現にとどまっているが、センサー技術、ロボット技術が進展すると「動作」の移動が可能となり、遠隔医療を代表とする、ネットワークを介した遠隔操作が普及していくものと考えられる。

本提言においては、画像・音声・情報の移動により継続的に進化するテレワークシステムと、遠

隔操作をヒトのバーチャルモビリティの例として取り上げ、社会と技術の将来像をまとめる。

3.2.1 【事例1】臨場感のあるテレワークシステム

本節ではヒトのバーチャルモビリティの一例としてテレワークを取り上げ、現状の取り組みと将来の期待を述べる。

省エネルギー化をはじめとする様々な社会課題を解決する手段としてテレワークが注目されている。テレワークとは情報通信手段(IT)を活用した場所や時間にとらわれない柔軟な働き方のことで、ITを活用して1週間に8時間以上通常勤務する場所以外で働く人がテレワーカーとされている。2007年には「テレワーク人口倍増アクションプラン」が高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部(IT戦略本部)より発表され、2010年までに就業者人口の20%をテレワーカーにすべく情報通信システム基盤の整備、制度環境の整備などが進められている。省エネルギーの観点で見ると、就業者の20%が週1日テレワークした場合のCO₂削減効果は約50万トンと試算されている⁽¹⁾。

テレワークの実現には、オフィスワークとテレワークでの環境差を無くすることが鍵になる。現在のテレワークシステムは社外から会社のネットワークに安全に且つ容易に接続できることを主眼に実現されている。これにより電子化された情報は場所に関わらず共有できるようになっているが、オフィスに存在する情報は必ずしも電子化されている訳ではない。Face to Faceの会話や人の動きなど、業務の遂行上知っておいた方がよいが電子化されていない情報も多い。テレワークを定着&拡大させていくには、このような情報も共有できるテレワーク環境、つまり臨場感(オフィスに臨んでいる感)のあるテレワーク環境の実現が重要になる。これによりテレワークにあまり適さないと考えられている組織的業務を行う人たち、例えば管理的職業従事者、事務従事者など業務におけるコミュニケーションの割合が多い職種の人たちがテレワークできるようになる。またテレワークの日数も週1日程度から週3日程度に増加させることが可能になれば、前述のCO₂削減効果で言えば150~200万トンの削減が期待される。

図3.2-1に臨場感のあるテレワークシステムの実現イメージを示す。

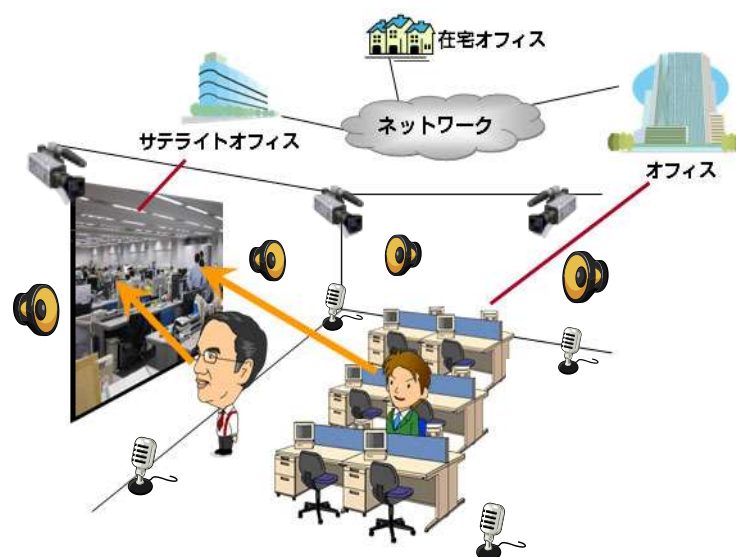


図3.2-1 臨場感テレワークシステムの実現イメージ

臨場感テレワークシステムはオフィスの日常光景をテレワーカーに伝え、必要に応じてコミュニケーションがとれるようにするものである。複数のカメラやマイク、センサーで収集した情報を常時伝送することにより、「誰が居るか」、「何をしているか」、「忙しそうか」といったオフィスにいると自然に分かる情報を伝える、つまりオフィスという“場(空間)”の状況を伝えるものである。

このような“場(空間)”の状況を伝えるには次のような技術が必要になる。箇条書きの技術は技術戦略マップ 2008 における関連技術である⁽²⁾。

(1) オフィス内の任意の地点の情報を伝える多チャンネルの映像・音通信技術

物理的な位置に対応付けられた形で映像や音情報を通信する技術。

- ・音源の方向推定および追従、環境雑音分離
- ・音場再生のための音源分離(マルチチャンネル、複数カテゴリ分離)

(2) オフィスの状況を認識・伝達するセンサーネットワーク技術

ユーザーや周囲の状況をセンシングし、低次の加工をして伝達する技術。

- ・固定環境理解(室内、街角)
- ・ヒューマンセンシング(人物全体、動作)
- ・特定センサモジュールからの状況推定

(3) オフィスやテレワーカーの状況を提示する技術

自然なインタフェースで状況を提示する技術。

- ・ロボット型 UI
- ・環境型インタフェース

(4) 臨場感テレワークを容易に構築する技術

大掛かりな設置工事が必要なく一般的なオフィスで導入可能なシステム形態。

(5) テレワークによるエネルギー削減量・使用量を計測・可視化する技術

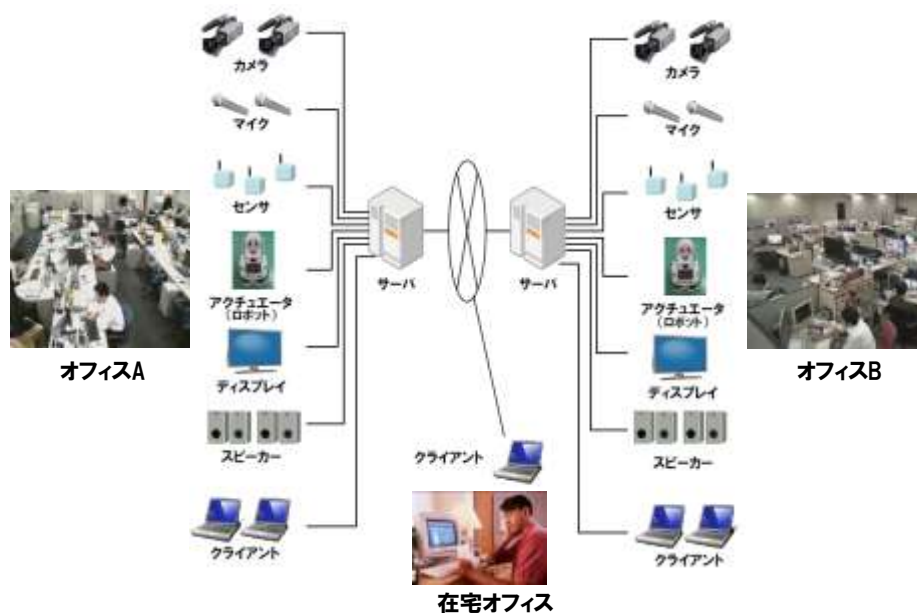


図 3.2-2 臨場感テレワークシステムの構成

[参考文献]

- (1)「京都議定書目標達成計画」の改定に向けた追加対策等の検討状況、2007. 11、総務省
- (2)技術戦略マップ 2008、経済産業省

3.2.2 【事例2】遠隔操作

遠隔操作は実際にヒトの移動を伴うことなく離れている場所に物理的な影響を及ぼす手段という観点で、バーチャルモビリティの典型的な例といえることができる。過去、プログラミングされた動きを忠実に再現する産業用ロボットがあるが、今後は臨機応変に複雑な動きに対応できるリアルタイムリモコンロボットが環境負荷低減のために必要になってくるものと考えられる。

遠隔医療がその代表的なものである。高度な医療処置が緊急に必要となった場合、山間部や離島では対応する医師が不在なため、診療が受けられなかったり、ヘリコプターや航空機で患者もしくは逆に医師を運んで対応しているのが実態である。リアルタイム遠隔医療装置が実現できれば、世界中から名医を探索し、患者も医師も移動することなく手遅れになることなく受診することが可能となる。

遠隔操作を必要とするシーンは、遠隔医療に代表されるように、現場に行きにくい状況における特別なスキルを必要とする非定常作業といえることができる。事故現場や災害現場におけるレスキュー作業および対策作業、宇宙空間や超微細空間内での調査や組み立てなどの作業等が考えられる。

遠隔操作を実現するためには、人の動作を入力するためのインターフェースデバイスと、動作を表現するロボット、リアルタイムに情報を伝達できる高速データ伝送技術が必要である。それらを実現する要素技術として、操作対象を忠実に表現するディスプレイ(高精細、3次元など)、動作を電子情報に変換するセンサー(加速度、角速度、圧力、イメージなど)、電子情報を動作に変換するアクチュエーターなどの小型化、高性能化が望まれる。さらには、動作を開始する前に神経を伝える電気信号を検出⁽³⁾したり、脳内イメージを察知して動作に置き換えたりする装置が必要とされる。

ヒトのバーチャルモビリティによって将来実現されるサービスとしては、既述の労働中心の適用方法だけでなく、遠隔演奏、遠隔ゲーム、遠隔スポーツ等のエンターテインメントへの適用も考えられる。

半導体技術の進展に伴い計算処理能力が向上したことによって、自律的に行動するロボットの研究が盛んに行われている。自律ロボットが実現すれば、遠隔操作なしに仕事を提供することが可能となり、ヒトの移動はもとより、ヒトの操作さえ必要がなくなる。これが、究極のヒトのバーチャルモビリティといえる。

[参考文献]

- (3)<http://sanlab.kz.tsukuba.ac.jp/index.php>

3.3 モノのバーチャルモビリティ

ヒトのバーチャルモビリティのアナロジーで考えると、モノのバーチャルモビリティとは、物体の移動を伴わずにモノが別の場所に存在しえる状態を実現することになる。しかしながら、将来の情報通信機器を見渡しても、そのような技術は不可能と思われる。そこで、バーチャルモビリティ

の目的に立ち返って、モノの移動(物流)による CO₂ 排出を削減できる IT 技術として定義しなおすこととする。

ここでは、モノのバーチャルモビリティを

(1)情報媒体の IT 技術による置き換え

(2)IT 技術による人の移動の効率化、省エネルギー化

(3)モノのサプライチェーンマネジメント(SCM)を考慮した移動の効率化、省エネルギー化の3点から考察してみる。

(1)は情報を伝えるモノである媒体を用いず、情報そのものを直接ネットワーク配信することで、大幅な省エネルギー化、環境負荷削減を実現しようとするものである。典型的な例は、電子新聞、電子出版(情報紙の置き換え)や、音楽・映像配信(CD、DVD 等の置き換え)である。これにより、モノを作る、使う、捨てるといった工程が不要となる。つまり、これらの工程で消費されるエネルギーは不要となり、これらの工程で発生する汚染物質、廃棄物等の環境負荷は発生しなくなる。一方で、データセンタ、通信ネットワークなどの IT システムの消費エネルギーが新たに発生するが、IT システムのエネルギー消費は技術の進歩により小さくすることが可能であり、大幅な省エネルギー化、モノとしての環境負荷削減が実現できる。

普及に向けた課題としては、脱物質化システムと従来システムの効用には差異があり、両者を併用して利便性を求めるとエネルギー消費や環境負荷といった観点で悪化するケースがある点である。以下の表は、例として紙の新聞と電子新聞に対してユーザーが得る効用を示したもので、各々長所、短所を備えている。

表 3.2-1 紙の新聞と電子新聞の効用の比較

システム	主な効用
紙の新聞 (従来システム)	軽い、折りたたんで小さく持ち運べる、書き込める、切り取れる、一覧性が良い など
電子新聞 (脱物質化システム)	検索できる、複製できる、内容を更新できる、インタラクティブ性を付与できる、マルチメディア化できる、テキストの構造化(ハイパーテキスト化)ができる など

電子新聞で便利な検索機能を使用しつつ、一覧性の確保のために紙に印刷して情報を読むという場合、サーバ、通信ネットワークなど IT システムのエネルギー消費、環境負荷と、紙使用のエネルギー消費や環境負荷の両方が発生することとなる。電子新聞が普及するためには、従来システムの持つ利点を乗り越える技術イノベーションとそれを有効活用するライフスタイルの変革が必要である。技術イノベーションとしては、軽量、折りたたみ可能、一覧性、書き込み可能などの機能を有した電子ペーパーの開発を挙げることができよう。また、このような端末への情報配信を可能とする大容量通信ネットワークとデータセンタの構築が必要である。

(2)は、IT 技術を用いることにより、人の移動に関して省エネルギー化を実現しようとするものである。3.2 節のヒトのバーチャルモビリティで述べたテレワーク等の利用により人が移動しないことで省エネルギー化を図れるのは無論だが、人が移動する場合でも IT 技術により効率的な移動を実現し、省エネルギー化を図ることが可能である。具体的事例としては、

- ・地域住民のネットワーク登録による車の共同利用で省エネルギー通勤
- ・GPS や ITS(高度道路交通システム)を活用したルートナビゲーション
- ・登録した仲間どうしでのカーシェアリング

などが考えられる。このためにはGPS や ITS システム、さらには車や鉄道の運行情況をリアルタイムで知らせる情報端末が必要になるのは言うまでもないが、それと並んで個人のライフスタイルの変革がキーとなってくる。即ち、個人、あるいは家族で車を乗り回すというライフスタイルから、環境負荷低減を最優先に考え、不特定多数の人と一緒にまとまって車を活用するというライフスタイルへの変革である。普及には地域のネットワークで結ばれた互いに既知の集団から、また通勤等の定例的な移動から始まっていくと考えられる。心情的にはバリアのあるライフスタイルへの変革が進むには、IT 技術により、どれだけ快適に上記システムが運用できるのかに係っていると言えよう。

(3)は、IT 技術を用いることにより、モノの移動(物流)に関して省エネルギー化を実現しようとするものである。モノの移動について効率化を考えるべき場面は、①生産、②保管、③輸送などが考えられ、SCM という視点で IT 技術による効率化を進めることで、省エネルギー化が実現できると考えられる。IT 技術の基本的な適用シーンは、ネットワークを介した ①基本情報の採取、②情報の集約、③最適化であり、上記の生産、保管、輸送の各場面に適用することで、省エネルギー化を実現することができる。具体的な例を挙げると、

- ・IT 技術を用いた消費状況の把握によるオンデマンド生産、配送。
- ・配送システム(配送先、配送元、配送手段)のネットワークを介した集中管理。

これにより、省エネルギーの観点で、最適な配送ルート、配送手段(車、鉄道等)の組み合わせ、配送する物品の組み合わせが指示される。

- ・センサーによる倉庫の最適保管(冷蔵、空調)、RFID による保管物品管理。
- ・ネットワークショッピングによる地域集中での買物品配送

上記を通じて物流システム全体でのエネルギー削減、コスト削減を図るには、①センシング技術(GPS、ITS、センサーネットワーク、RFID など)、②データ処理技術(大量データの高速処理、データセンタの効率的運用など)、③最適化のためのソフトウェア(ルートナビゲーションなど)の開発が必要となってくる。

以上述べたモノのバーチャルモビリティを円滑に運用するために、カネのバーチャルモビリティとも呼ぶべき電子商取引(電子マネー、e-コマース)も重要である。電子商取引の進化によって、製造業、サービス業の事業簡素化や生産性向上が実現し、日本としての競争力強化につながると考えられる。内閣官房 IT 担当室によれば、目標として、企業が電子商取引に共通して利用できる国際的にも調和した汎用的な共通基盤を構築し、2010 年度までに、電子商取引を実施する企業のうち汎用的な共通基盤を利用する企業の割合を 60%以上とする、としている。そのために、企業コードの相互運用確保、電話番号等を基盤とした「企業ディレクトリ」の整備、地理空間を識別するコード体系の環境整備、中小企業の基幹業務と EDI(Electronic Data Interchange、電子データ交換)システムの連携等の支援、建築業における EDI の普及促進、経済社会インフラとしての電子商取引・電子タグ基盤の整備等が必要であると提案している。これら共通基盤を確立するための IT プラットフォームとして、ASP(Application Service Provider)、SaaS(Software as a Service)、クラウドコンピューティング、グリーンデータセンタ等の社会情報基盤の構築が必要となってくる。

以上、モノのバーチャルモビリティを 3 つの視点から述べてきたが、以下では、(1)の事例として紙の情報媒体の電子化を、(2)の事例として効率的なモーダルシフトを実現する ITS 情報システムを、(3)の事例として SCM(Supply Chain Management)を活用してエネルギー消費の削減を図る Transport EMS(Energy Management System)を掲げ、順次説明を加えていく。

3.3.1 【事例 3】紙の情報媒体の電子化

インターネットが普及した今日においても、新聞・雑誌を始め多くの紙媒体が使用されている。今後、ネットワーク環境の更なる高速化と一般家庭への普及、電子ペーパーを始めとする新たな表示装置とマンマシンインターフェースの改善、携帯電話やインターネットが当たり前となった「デジタルネイティブ世代」の台頭などにより、現在主流となっている紙媒体での配布が徐々に減少し、デジタル化された情報配信の比率が高まることで、バーチャルモビリティの実現に近づくと考えられる。

新聞各社では 1970 年代頃から新聞製作工程(ニュース素材の集配信、組版から出力)の電子化に向けて CTS(Computer Typesetting System)の導入を進めており、現在ではほぼ全ての行程で電子化が実現されている。最近では、新聞データの記述様式や管理も標準化され、日本新聞協会は 2001 年に XML をベースにした newsML(国際新聞電気通信評議会が 2000 年に発表したフォーマット)をニュース管理の標準フォーマットとしている。

この電子化されたデータをそのまま配信用データとして利用できるようにして、販売店からのチラシデータと合わせて配信し、各家庭の電子ペーパー端末や大画面テレビに表示、印刷をして新聞を読むことや、メモリカードなどにデータをコピーして、外出先や移動中に配信データの内容情報を読むことも可能になってくる。

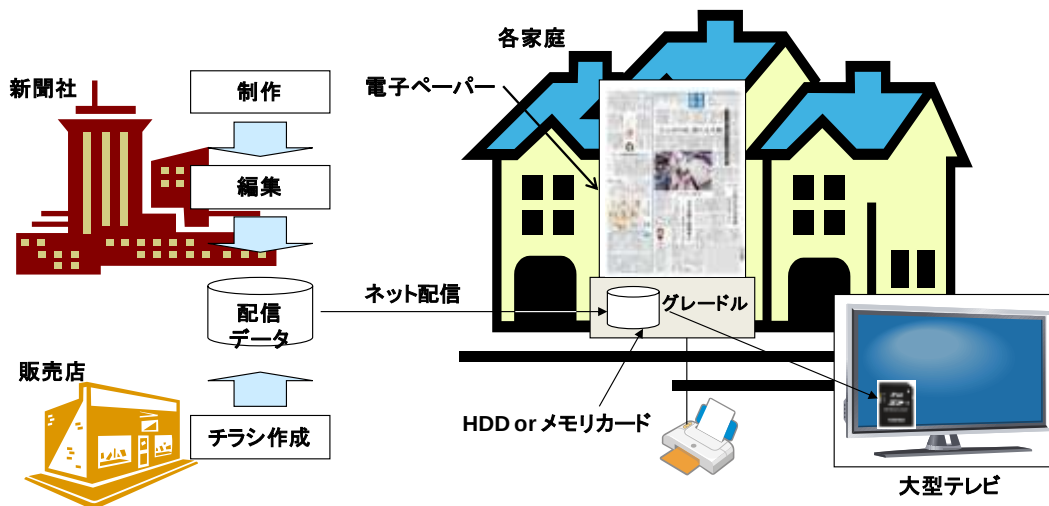


図 3.3-1 新聞紙を例にした実現イメージ

電子ペーパー以外の表示端末として、携帯端末、携帯電話、携帯ゲーム機、電子ブックといった携帯型の装置があげられる。現在は、それぞれの製品が個々に商品化されているが、今後はオランダ Polymer Vision 社の RADIUS のような既存の携帯端末の機能が融合(携帯電話+電子ブック)した新たな端末や携帯端末に電子ブックリーダーソフトをインストールして利用する形態が進むと考

えられる。

また、新聞以外の利用できる電子メディアとして、雑誌や書籍の電子コンテンツがあげられる。2008 年 3 月期の電子書籍の市場規模は 335⁽¹⁾億円だが、コンテンツの拡充、携帯電話やインターネットを中心としたコンテンツサービスの普及により、今後拡大していくことが想定される。



図 3.3-2 オランダ Polymer Vision 社製 携帯電話と電子ブックが融合した製品『RADIUS』⁽⁶⁾

(1) 期待される効果

紙媒体のデジタルモビリティの実現による期待効果として、以下のことがあげられる。

(a) 紙媒体の減少による木材使用量の削減

社団法人日本新聞協会の 2007 年の実績⁽²⁾から、新聞 1 部に使用される紙の量は年間 75kg になる。新聞社によって異なるが、新聞紙の古紙配合率は約 70%⁽³⁾のため、75kg に必要な木材チップは約 23kg となる。

仮に 10 万部(駅売りを中心とした即売部数⁽⁴⁾の約 4%)が減少すると仮定すると 2,300t の木材チップの削減につながる。この量は 2007 年における木材チップの輸入量 1,434 万 t⁽⁵⁾の 0.2%に相当する削減が可能になる。

(b) 森林の CO₂ 吸収による CO₂ 削減

木材の使用量を減らすことにより森林が保たれ、図 3.3-3 のような CO₂ 吸収効果も期待できる。

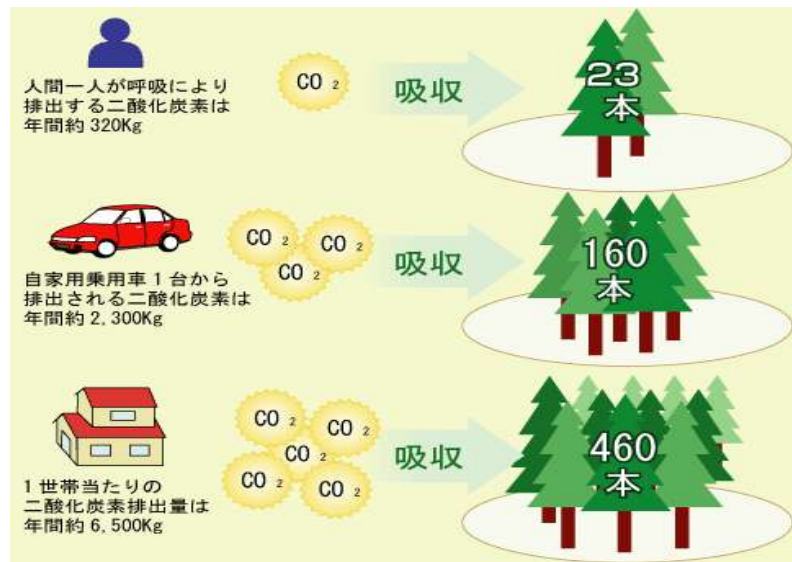


図 3.3-3 森林(スギ人工林)の二酸化炭素吸収量⁽⁷⁾

それ以外にも、紙の輸送・配送(製紙会社→印刷所→販売店→家庭→回収)にかかる CO₂ 排出量の削減や紙の製造、印刷に必要な電力、水の削減も効果を見込むことができる。

(2)最後に

新聞・通信各社は、インターネットを始めとする新しいメディアへの参入に積極的に取り組んでいる。今後、通信システムやコンピュータインフラを支える電気・電子産業界や官公庁と各メディアとが協力して、バーチャルモビリティの実証を重ね、実現に向けて取り組んでいくことが望ましいと考える。

[参考文献]

(1) 電子書籍ビジネス調査報告 2008、2008. 7. 9、インターネット総合研究所

(2) 新聞用紙の生産と消費、2007、(新聞協会経營業務部調べ)

<http://www.pressnet.or.jp/data/04nprntzyukyu.htm>

(3) 紙の品種別古紙利用率

生産量 1 万トン以上の製紙メーカーに対するヒアリング結果による(経済産業省調べ)

<http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/mokusan/pdf/080425-12.pdf>

(4) 新聞の個別配達率、2007、(新聞協会経營業務部調べ)

<http://www.pressnet.or.jp/data/01cirtakuhai.htm>

(5) 林材新聞 2008. 3. 20 付ニュース

http://www.rinzai-shinbun.co.jp/news/articles/2008/01-03/0325_02.html

(6) Polymer Vision 社ホームページ

<http://www.readius.com/>

(7) 政府広報オンライン「国産材を使って森を育て、二酸化炭素(CO₂)を減らそう」

<http://www.gov-online.go.jp/useful/article/200809/3.html>

3.3.2 【事例4】広告媒体の電子化

近年、ブロードバンドネットワーク環境が整備され、液晶、PDP といった薄型で大画面ディスプレイの低価格化、電子ペーパーといった新たな表示デバイスの登場により、空港・駅構内や商業施設などでの情報提供、広告・宣伝媒体としての利用が増加している。

このように、大画面のディスプレイを使用した接客・広告・販売促進などを行う仕組みを「デジタルサイネージ」と呼び、紙媒体に変わる新たな情報媒体として市場が作られている。

ディスプレイの設置場所によって、設置目的や表示するコンテンツの内容が異なってくる。その関係を表 3.3-1 にまとめる。

表 3.3-1 デジタルサイネージの利用分野と利用形態⁽¹⁾

設置場所	設置目的	コンテンツ内容
店舗・商業施設	商品・サービスの販促推進	店舗案内、催事案内、屋外広告(CMなど)
外食産業	商品・サービスの販促推進	飲食メニュー、アミューズメント、ニュース
交通機関	商品・サービスの販促推進	交通情報、ニュース、天気予報、広告(CM)
金融機関	施設利用者の満足度向上	窓口案内、受付情報、ニュース
公共施設	施設利用者の満足度向上	イベント案内、施設案内、窓口案内
オフィスビル	施設利用者の満足度向上	フロア案内、非常設備の案内
官公庁施設	施設利用者の満足度向上	施設案内、窓口案内
医療機関	施設利用者の満足度向上	受付情報、ニュース、天気予報

近年では、単純にディスプレイに表示(通知)するだけでなく、携帯電話や携帯端末と連携して利用者を自社のWebサイトへ誘導し利用者個別の情報をタイムリーに提供することや割引クーポンを携帯電話にダウンロードすることにより、自社製品・サービスの販売促進につなげる取り組みも実現されている。

また、カメラと顔認識技術を搭載したソフトウェアを組み合わせで何人の人が広告を見たのかとディスプレイの前を通った人数をカウントして視聴率や男女比を算出するなど、広告効果の定量化やマーケティングへの活用も実現されつつある。

さらに、大画面のディスプレイを使用して広告・販売促進を行うというデジタルサイネージの定義から外れるが、携帯端末に搭載されたデジタルカメラとGPS機能を利用して、携帯端末の液晶画面に映し出された街中の風景に情報(テキスト・音声・画像)を貼り付けることや、貼り付けられた情報を読むことができる「セカイカメラ⁽²⁾」もデジタルサイネージの新たな媒体として期待できる。

「期待される効果」

デジタルサイネージの導入によるバーチャルモビリティの効果としては、広告媒体の遠隔差し替え、人の誘導に加え、デジタルサイネージを通した、診断や決済等、ヒトのバーチャルモビリティに関するものも期待できる。また、特に混雑時や災害時等には適切な情報の即時提供など、本来、多くの人がある場へ移動し対応すべきことの代替えも期待できる。現時点では、デジタルサイネージがもたらすサービスや利用者に対する効果も限定的と考えられるため、省エネの観点での効果としての期待は紙媒体の広告減少による紙消費の削減、広告設置のための移動時に発生するCO2の削

減など限定的なものに限られるが、将来デジタルサイネージは広く普及し、様々なサービスが創出され、それによる場の高付加価値化が進むと、それを人が行う場合に比した相対的な効果の定量化が進むのではないかと考えている。

一方、課題としては、大型ディスプレイの新たな市場が創出されるため、デジタルサイネージ普及による消費電力増が課題となると予測される。またネットワーク活用によるネットワーク機器等の消費電力増も懸念される。このようにわれわれの暮らしを安全、豊かにすると期待されるデジタルサイネージにおいても、新たなサービス創出と共に、より一層の省エネへの取り組みが必要と考えられる。



図 3.3-4 デジタルサイネージのイメージ

[参考文献]

- (1) 日経ビジネス ONLINE、街中でディスプレイが増えている、2007. 10. 18
- (2) 頓智・(トンチドット)株式会社が開発した拡張現実(AR)アプリケーション
http://tonchidot.com/Sekai_Camera.html

3.3.3 【事例 5】ITS(効率的なモダルシフトを補助する情報システム)

自動車由来の CO₂ 排出量は運輸部門の中で約 9 割を占めており⁽¹⁾、抜本的対策を講じることが中長期的な地球温暖化対策にとって喫緊の課題となっている。自動車のエネルギー効率改善策は、走行に要する燃料消費低減と走行方法改善による燃料消費低減に大別される⁽²⁾。後者において IT の活用が期待されている分野が多く、例えば、交通機関の協働技術(公共交通機関の転換)、交通情報提供・管理情報技術(旅行出発前情報、総合情報提供)、インテリジェント物流システム技術といった ITS(Intelligent Transport System、高度道路交通システム)が挙げられている。

ITS は、「最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システム」であり⁽³⁾、

その目的のひとつに IT 援用による人・モノの効率的な移動がある。ここでは、3.3 節の冒頭で言及しているモノのバーチャルモビリティの定義に準じて、IT 援用による人・モノの効率的な移動は、交通媒体(主に自動車)のバーチャル化、あるいは交通媒体で使用するエネルギーのバーチャル化を実現することから、広義の意味でバーチャルモビリティとして扱う。

(1) IT 援用によるモノの効率的な移動

(a) コンセプト

IT を利活用することにより、モノの移動(物流)に関して省エネルギー化を実現する。モノの移動について効率化を考えるべき要素は、①生産、②保管、③輸送であり、各々の要素において IT による効率化を進めることで、省エネルギー化が実現できると考えられる。IT の基本的な適用シーンは、①基本情報の採取、②ネットワーク化による情報集約、③最適化であり、上記の生産、保管、輸送の各要素に適用することで、省エネルギー化の効果を期待することができる。

具体的な例を挙げると、

- ・ IT を用いた消費状況の把握によるオンデマンド生産、配送。
- ・ 配送システム(配送先、配送元、配送手段)のネットワークを介した集中管理。これにより、省エネルギーの観点で、最適な配送ルート、配送手段(車、鉄道等)の組み合わせ、配送する物品の組み合わせが指示される。
- ・ センサーによる倉庫の最適保管(冷蔵、空調)、RFID による保管物品管理。
- ・ ネットワークショッピングによる地域集中での買物品配送

(b) 普及に向けた課題

生産、保管、輸送の各要素において、省エネルギーの観点での IT の開発、さらには IT 活用による省エネルギー化、IT 機器導入に伴うエネルギー増、コスト増を定量化する手法の開発が課題である。

(c) 課題を解決するための IT

上記課題を解決するためには、①センシング技術(GPS、ITS、センサーネットワーク、RFID など)、②データ処理技術(大量データの高速処理、データセンタの効率的運用など)、③最適化のためのソフトウェア(ルートナビゲーションなど)が必要となり、これらの実現と同時に低コスト化が必要である。

(2) IT 援用による人の効率的な移動

ここでは旅客交通において発生する CO₂ 排出を低減する IT システムのひとつとして、自家用車から公共交通機関へのモダルシフト、カーシェアリング(自家用車の共同利用)、カープーリング(自家用車の相乗り)の普及を目的とした「リアルタイム&セキュリティ交通システム^{(4) (5)}」を紹介する。図 3.3-5 にそのイメージを示す。主な特徴は以下の通り。

(a) 行動予定・交通状況に基づいて移動スケジュールをリアルタイムに提供・補正する。

SaaS 型スケジュール管理ソフトを利用して個人の行動予定を登録しておく、利用可能なすべての移動手段の中から最適な移動ルート情報が自動的に携帯情報端末に送信される。悪天候、事故発

生などによる遅延情報、また道路交通の渋滞情報(VICS など)といった交通機関の運行状況をシステムがリアルタイムに観測・精査して、移動ルートの変更が必要な場合は適宜補正情報が送信される。また、目的地やスケジュールの変更が生じた場合、GPS などの位置情報システムにより現在位置を把握して、移動ルートの再計算を簡単に指示できる。

(b)案内される移動ルートにカーシェアリング、カープーリングを含む。

情報提供する交通手段にカーシェアリングおよびカープーリングを含む。カープーリングシステムの利用では、サーバに登録された相乗り機会提供情報と相乗り希望情報のマッチング機能を持ち、案内する移動手段の中にカーシェアリングを含めることが出来る。個人認証・セキュリティ確保に関しては、携帯情報端末に搭載されている生体認証システムによって、相乗り相手を相互に確認できるようにする。

このような自動的かつリアルタイムな移動のナビゲーションにより、鉄道、新交通システム、LRT(Light Rail Transit, 次世代路面電車)などの軌道交通、路線バスやオンデマンドバス、それにカーシェアリング、カープーリングなどを含めた複数交通手段の、シームレスな利用を実現する。その結果、自家用車に匹敵する公共交通機関の利便性を創出し、自家用車利用からの転換を促進させることが可能である。

交通システムを考察する場合、地域特性に応じたシステムを導入することが、コストのみならず環境負荷削減にとっても重要課題である。そのような地域特性に応じたシステムのカスタマイズもIT の得意分野といえる。例えば、過疎地において採算の合わない路線バスの代替交通手段として期待されているオンデマンドバスなどもシステムが案内する交通手段に取り入れることは可能であり、カープーリングなどとあわせて公共交通機関が網羅されていない地域でも活用可能である。

上記提案モデルの実現に必要な次世代 IT のロードマップを 6 章に示す。主に開発が必要となる基盤技術について以下に説明する。

(a)位置情報&アクティブサービス技術

交通媒体の各種情報、ユーザーの位置、ニーズを自動的かつリアルタイムに収集、分析し、適切なサービスを提供・配信する技術、サービス提供により CO₂ がどれだけ削減できるかを可視化するシステムなどの実現には、様々な形式でインターネット上に存在する交通情報リソースの統合が必要である。これを実現する手段としてはセマンティック Web 技術を用いる。セマンティック Web はインターネット上の情報に、コンテンツの意味情報(=メタデータ)を付与することでコンピュータとの自然なやり取りで必要な情報が取得できるしくみを実現する次世代 Web コンセプトである。この技術を用いて提案モデルを実現するためには、スケジュール・地理・交通といった情報を対象としたメタデータ・オントロジー・知的エージェントの活用技術を開発する必要がある。

(b)リアルタイムパーソナライゼーション技術

カープーリングにおいて、個人認証はセキュリティ確保の点で極めて重要である。携帯情報端末、車載搭載端末に実装された生体認証デバイスによる個人認証を、精度よく、非接触で実現することが必要である。そのためには、なりすまし防止技術、動作環境の拡大、装置小型化、省電力化、さらには情報送信の際の暗号化技術といった開発が必要である。

- ◆ 個人の行動予定・その時々交通状況に基づいて、
「ドアtoドア」の移動手段・スケジュールを自動的に提供・補正
- ◆ 全ての交通手段のシームレスな利用を実現
＝自家用車利用に匹敵する利便性の創出

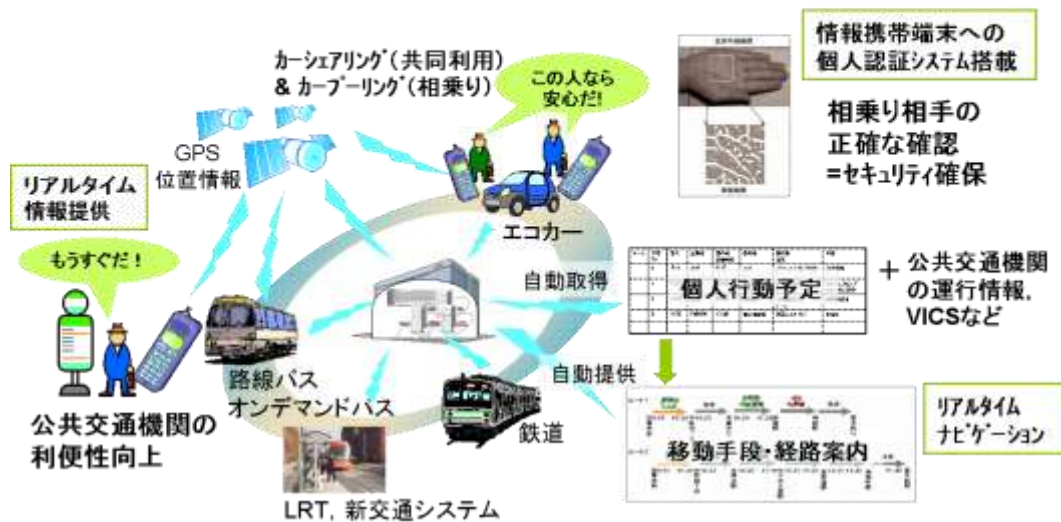


図 3.3-5 リアルタイム&セキュリティ交通システム

[参考文献]

- (1) 例えば、運輸部門における地球温暖化対策について、2007. 2、国土交通省、
<http://www.env.go.jp/council/06earth/y060-47/mat01-1.pdf>
- (2) 自動車技術会報告書 先進交通社会確立技術の技術戦略マップ、2008. 2. 1、
社団法人自動車技術会、http://www.nedo.go.jp/informations/other/200418_1/05.pdf
- (3) 国土交通省ホームページ、最終参照日 2009. 2. 28
http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/whatsITS/index.html#top_tab
- (4) 日本低炭素社会のシナリオ 二酸化炭素 70%削減の道筋、西岡秀三、日刊工業新聞社刊
- (5) 2050 年脱温暖化社会のライフスタイル –IT 社会のエコデザイナー–、
東京大学 RCAST 脱温暖化 IT 社会チーム・電通消費者研究センター、電通刊

3.3.4 【事例 6】 Transport EMS(SCM を活用することでエネルギー削減を図るシステム)

SCM(Supply Chain Management)では、物流に関する情報を高度化することでコストダウンや配送時間を短縮してきた。扱う情報の範囲をエネルギー使用量や CO₂ 排出量に拡大することで、さらにエネルギー使用量や CO₂ 排出量を削減する事が期待できる。SCM を用いてエネルギー削減を図るためのシステムの概念が TEMS(Transport EMS)であり、企業の物流部門のエネルギー使用量を管理するシステムとして用いられている。車両、船舶、航空機などの複数輸送機関のエネルギー使用量を測定・記録し、輸送に使用したエネルギー量や CO₂ 排出量を人・物など輸送した対象に配賦する。つまり輸送機関が使用したエネルギー使用量を荷主、輸送先、商品の種別など配送単位に配賦を可能とするシステムが必要となる。そのためには、配賦したエネルギー使用量と商品とを効率よく結びつける技術の導入が必要である。

従来物流計画は配送時間や配送コストを最小とするように立てられてきたが、TEMS 導入により、さ

らにエネルギー使用量も評価指標とした物流計画の立案が可能となる。また車両や船舶など個別の輸送機関においても GPS と TEMS、船舶においてはさらに気象情報なども加味しエネルギー使用量や CO₂ 排出量を最小化する最適ルートナビゲーションによる省エネ化が期待される。また TEMS により人・物の移動にともなうエネルギー使用量が明確化されることで、モーダルシフトを含めた省エネの推進が期待できる。

今後カーボンフットプリントの導入により商品が生産者から消費者の手元へ届くまでの CO₂ 排出量をより精密に把握したいという要望が高まれば、SCM から TEMS に拡張する動きが加速することが予想される。また SCM の枠を越えて、公共交通機関の TEMS による基礎データを公開することで、人・物の移動を仮想化する事による省エネ効果の検討・検証が容易になり、在宅勤務、TV 会議などの導入の推進が期待される。

技術的な課題としては、SCM やトレーサビリティシステムで使用されている RFID(Radio Frequency Identification) のより高度な利用が考えられる。TEMS では RFID のデータを読み出すだけではなく輸送機関毎にエネルギー使用量を特定の RFID に高速で追記する必要がある。また輸送機関毎に書き込むためには書き込み記事体の小型化、高速化、低価格化が必要である。また RFID の通信プロトコル、データフォーマットの標準化も必要である。

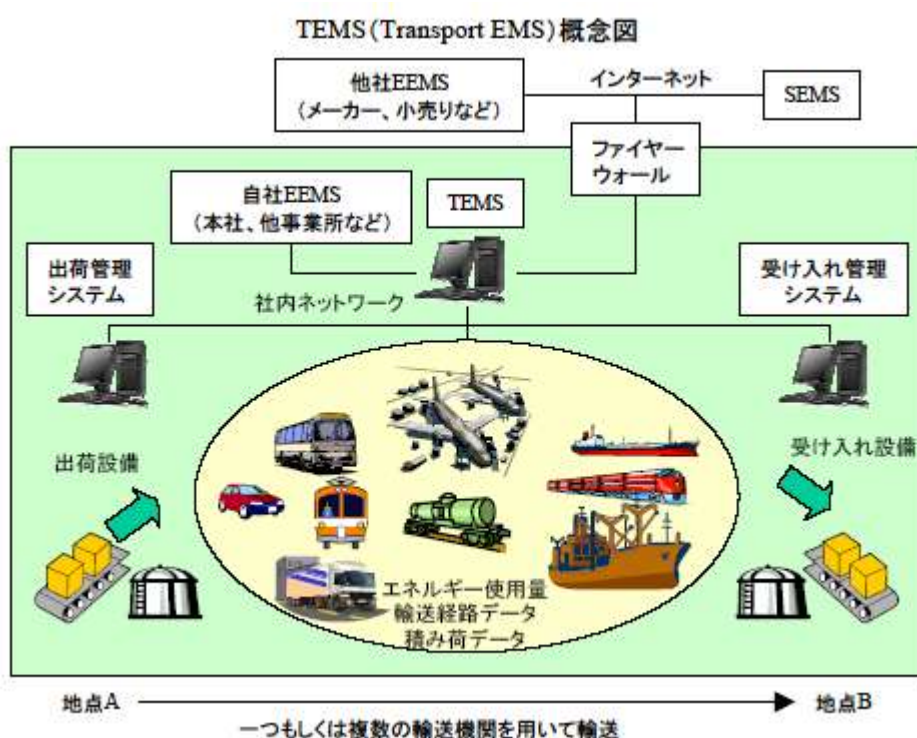


図 3.3-6 TEMS (Transport EMS) 概念図

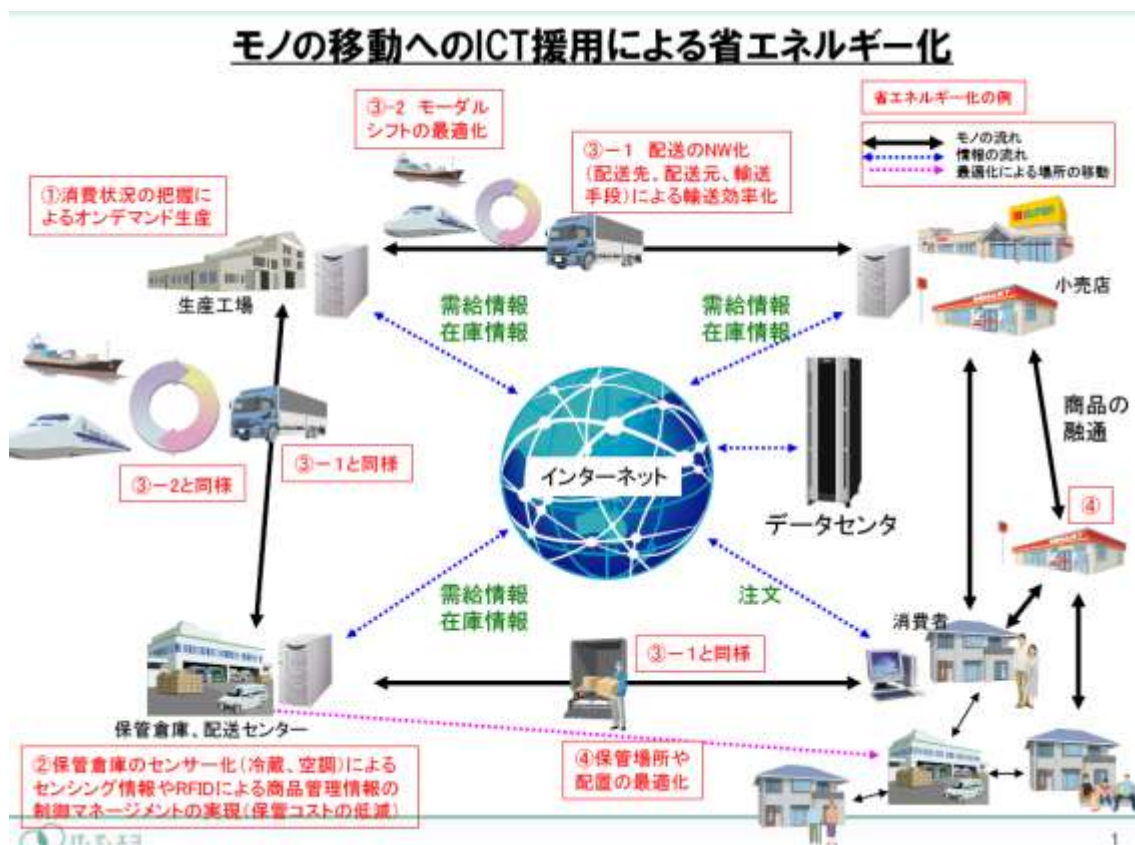


図 3.3-7 モノの移動への ICT 援用による省エネルギー化

4. 情報通信機器技術開発の提言 2 エネルギーマネジメントシステム

4.1 エネルギーマネジメントシステム(xEMS)の概念

温室効果ガス排出量を削減し、地球温暖化を防止する取り組みの中で、新たなスタイルのエネルギーマネジメントシステムとして xEMS(x: Home、Building などエネルギー管理対象)が注目を集めている。xEMS とは「IT 技術を活用して家庭、業務用ビルディングでの複数のエネルギー消費機器を自動制御し、エネルギー消費量の低減を図るエネルギーマネジメントシステム」である。これまで xEMS では、民間企業を中心として、経済産業省、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の支援により、家庭・業務用ビルディングでの

- －HEMS(Home EMS: 家庭エネルギーマネジメントシステム)
- －BEMS(Building EMS: ビルディングエネルギーマネジメントシステム)

の研究開発・実用化を通して多くの EMS 機器・システムが製品化され、家庭や業務用ビルディングで導入・利用されてきた。

近年、工場・地域・社会レベルまで対象を拡大した新エネルギーマネジメントシステム

- －FEMS(Factory EMS: 工場エネルギーマネジメントシステム)
- －EEMS(Enterprise EMS: 事業者エネルギーマネジメントシステム)
- －TEMS(Transport EMS: 輸送部門エネルギーマネジメントシステム)
- －SEMS(Social EMS: 広域社会エネルギーマネジメントシステム)

などの概念が提唱され、将来に向けた研究開発・実用化が進められている。

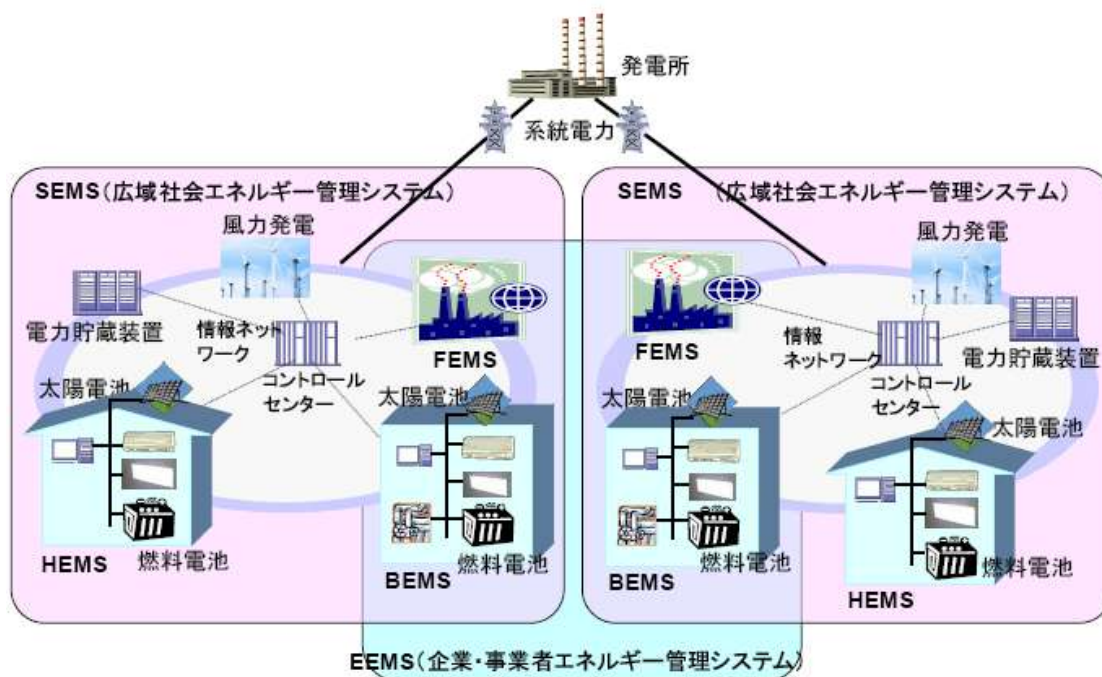


図 4.1-1 EMS の構成

これまでの EMS が家庭・オフィス(ビル)といった比較的小さな単位でのエネルギーマネジメントであったのに対して、新しい xEMS は企業・地域といった規模でネットワーク化された広域的・統合的なエネルギーマネジメントシステムである。xEMS は将来的にはエネルギー消費量削減の社会基盤となる概念であり、その社会的重要性は大きい。xEMS は今後の発展が予想されており、民間調査会社によると xEMS ソリューション市場規模は 2006～2012 年度に年 10%成長し、市場規模は 2006 年度 2,190 億円から 2010 年度 3,160 億円⁽¹⁾へと拡大する見通しである。

また、ISO9001 や 14001 と同様のマネジメントシステムとしてエネルギーマネジメントシステムに特化した ISO50001 の作業が進んでいる。ISO50001 は、工場、商業施設、あるいは組織全体におけるエネルギーマネジメントのフレームワークを定めるものであり、2010 年末の発行を目指して、活動が続けられていく見通しである。

以下、各エネルギーマネジメントシステムと ISO50001 の概要を述べる。

4.1.1 各エネルギーマネジメントシステムの現状

(1) HEMS

HEMS は「IT 技術を活用して、エアコン、冷蔵庫など家電機器の最適な運転を人間の代わりに行い、リアルタイムにエネルギー使用状況を表示し、家庭でのエネルギー需要マネジメントを支援するシステム」である。主要機能として(a)エネルギー使用量の Web 表示、(b)エネルギー使用量監視・表示・通知・記録・保存、(c)省エネルギー診断、(d)エネルギー使用量制限、(e)自動最適制御、(g)ホームネットワーク連携サービス、(h)データセンタからのネットワーク経由遠隔制御、などがある。

家電機器メーカー、住宅メーカー、電力・ガス会社により各種 HEMS 機器・システムが製品化されており、電気・ガス・石油などのエネルギー使用状況、CO₂ 排出量などをリアルタイムに表示し

て省エネルギー行動を促す「省エネナビ」（財団法人 省エネルギーセンターの登録商標）、家電ホームネットワーク経由でエアコン・冷蔵庫・照明の省エネルギー制御を行う「省エネホームネットワーク」などが普及している。今後、全家庭に HEMS を普及させるための課題として機器の低価格化が挙げられる。

また先進的 HEMS として、人の位置・行動・心理・健康状態を感知・予測し、省エネルギーを促す「プロアクティブ HEMS」、行動予定、家庭内機器状況、電気・ガス使用状況にもとづいて省エネルギーガイダンスを提示し、イエス・ノーで省エネルギー自動操作を進める「インタラクティブ HEMS」などが提案され、研究開発が進められている。

将来、ホームネットワークと融合し、センサーネットワーク、マイクロセンシング、行動認識予測など先端技術により、高度化 HEMS へと進展していく。

(2) BEMS

BEMS は IT 技術を活用してビルのエネルギー消費量を削減するシステムである。NEDO は BEMS を「業務用ビル等において、室内環境・エネルギー使用状況を把握し、かつ、室内環境に応じた機器又は設備等の運転管理によってエネルギー消費量の削減を図るためのシステムで、計測・計量装置・制御装置・データ保存・分析・診断装置などで構成される」と定義している。代表的な BEMS 機能として (a) エネルギー使用量・室内環境把握、(b) エネルギー需要予測、(c) ビル内設備最適運転制御、(d) 変風量・外気制御・間欠運転、(e) 熱源・冷温水・冷却水制御、(f) 空調・換気制御、(g) 照明制御、などがある。

BEMS 導入・設置はビル事業者、電力企業、建設関連企業などによりビルディングオートメーション(BA)の一環として進められるケースが多い。NEDO により BEMS 導入促進助成制度が設けられており、ビル所有者や事業者は BEMS を低負担で導入することができる。

「ネットワーク BEMS」として、群管理センターがネットワーク経由で複数の中小ビルディングなどの BEMS エネルギー使用状況を収集・分析・管理し、効率的省エネルギーを実施するビル群マネジメントシステムの普及も進んでいる。先進的 BEMS として人の行動・位置情報を感知し、高度な空調管理・情報共有などをネットワーク経由で行う「プロアクティブ BEMS」が提案され、研究開発が進められている。

企業への CO₂ 排出量削減要求は今後も強く、今後 BEMS 技術開発・導入は HEMS に先行し、その後 HEMS に適用されていく可能性も大きい。BEMS の今後の課題は低コスト化である。

(3) FEMS

FEMS は、従来から工場が進められてきた省エネ機器導入に加え、工場における生産設備のエネルギー使用状況・稼動状況を把握し、エネルギー使用の合理化及び工場内設備・機器のトータルライフサイクル管理の最適化を図るためのシステムである。

FEMS の主要な機能は、(a) 生産設備と連動した生産数・消費電力などのデータを収集するデータ収集機能、(b) エネルギー実績・原単位(一定の活動を行うのに必要なエネルギー量)などのデータを管理するデータベース管理機能、(c) 収集したデータやエネルギー実績・原単位などを監視する監視・管理機能、(d) エネルギーコストや CO₂ 排出量を削減する最適なエネルギー供給を計画するエネルギー供給計画機能などがある。

FEMS によるエネルギー使用量削減活動は、監視・管理機能を活用し、昼休みなどの生産休止時間

に動いている生産設備を見つけ、その電力を削減することでより高いエネルギー削減効果が得られるケースが多く、FEMS の重要テーマとなっている。

将来は、従来から行われてきたエネルギー管理、エネルギー供給の最適化に加え、最適なエネルギー供給を考慮した生産計画の作成など、より高度な FEMS へと進展していくことが考えられる。

(4) EEMS

EEMS は、一つの企業・事業者が運営している、オフィス、店舗、工場などの施設のエネルギーを一括して管理するシステムである。

省エネ改正法では、企業の業務部門等に関わる省エネルギー対策の強化の一環として、従来の事業所単位から事業者単位に、エネルギー管理義務が課せられることになる。これに伴い、年間エネルギー使用量が原油換算 1500K ℓ 以上の企業は企業全体のエネルギー管理が必要となる。これまで、工場においては FEMS により原単位管理やエネルギー供給の最適計画などが行われてきた。また、オフィス(ビル)についても、BEMS により室内環境に応じた機器又は設備等の運転管理を行うことで、省エネを推進してきた。EEMS はこれらを一括して管理することで、より効率的なエネルギー利用を図るものである。

大規模に一括してエネルギーマネジメントを行なうには様々な EMS を連携させる技術など課題も多い。EEMS については 4.2.1 項で詳しく述べる。

(5) TEMS

TEMS は、企業の物流部門のエネルギー使用量を管理するシステムである。他の EMS とは、固定設備だけではなく車両、船舶、航空機などの移動する輸送機関のエネルギー使用量を測定・記録する点が異なる。TEMS については 3.3.4 項の【事例 6】で詳しく述べた。

(6) SEMS

SEMS は、家庭の HEMS、業務用ビルディングの BEMS、工場の FEMS など個別エネルギーマネジメントシステムを統合化して、さらに家庭・ビル・地域としての太陽熱・風力など自然エネルギー系、コージェネレーションなど分散電源系、マイクログリッドなど地域エネルギー系電力システムを組み込むことにより、系統電源からの電力供給量を含め広域的に平準化・効率化・最適化できる広域社会エネルギーマネジメントシステムの概念である。

SEMS は将来の省エネルギー社会基盤となるエネルギーマネジメントシステムとして高く期待されている EMS である。詳細については 4.2.2 項で述べる。

[参考文献]

- (1) IT 活用によるエネルギーマネジメントシステム・ソリューション市場の現状と展望 2007 年度版、2007.7、ミック経済研究所

4.1.2 ISO50001

ISO50001 はエネルギーマネジメントに関する国際規格で、2007 年 11 月に米国、ブラジルにより提案され 2010 年末の国際規格化に向けて現在審議されている規格である。

日本は、2008 年 1 月に開催された EMS の国際標準化に関する調査委員会を経て ISO 規格作成作業

に参画することになった。省エネ先進国として、日本は既に省エネ法を制定している。省エネ法とのダブルスタンダードを避けることを含め、省エネ先進国としての日本の意見を反映させるべく活動中である。

この規格は、図 4.1-2 に示すようなプロセスで制定される予定である。審議中の WD2(ワーキングドラフト第 2 版)ではその概要が以下のように示されている。

1 Scope

This International Standard specifies requirements for an organization to establish, implement, maintain, and improve an energy management system, which enables an organization to take a systematic approach in order to achieve continual improvement of energy performance, energy efficiency, and energy conservation. An energy management system addresses: energy supply; measurement, documentation, and reporting of energy use; and procurement and design practices for energy-using equipment, systems, and processes. It does not itself state specific performance criteria with respect to energy. The standard applies to all factors affecting energy use that can be monitored and influenced by the organization. This standard for energy management systems has been designed to be used independently but can be aligned or integrated with other management systems. This standard applies to all organizations.

ISO50001 WD2 より抜粋

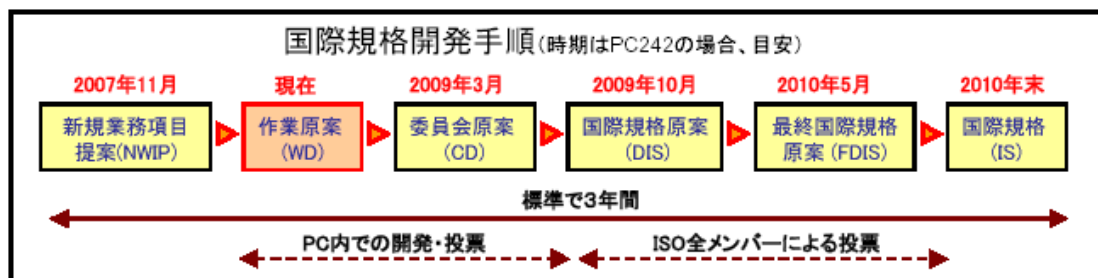


図 4.1-2 ISO50001 の開発手順

構成は図 4.1-3 のようになっており、ISO9001、14001 と同等である。Plan-Do-Check-Act のサイクルによりエネルギーパフォーマンスの向上に継続的に取り組むものである。

序文
1 適用範囲
2 引用規格
3 用語及び定義
4 エネルギーマネジメントシステム要求事項
4.1 一般要求事項
4.2 経営層の責任
4.3 エネルギー方針
4.4 計画
4.5 実施と運用
4.6 パフォーマンスの点検
4.7 トップマネジメントによるエネルギーマネジメントシステムレビュー
この規格の利用の手引き

図 4.1-3 ISO50001 の構成

4.2 エネルギーマネジメントシステムにおける課題と技術開発への提言

4.2.1 将来のエネルギーマネジメントシステム

現在、エネルギーマネジメントシステム(EMS)は家庭、オフィス(ビル)といった実際に管理でき、また効果が享受できる単位で検討・導入が進んでいる。これらの個別の EMS が普及していくと、多数の EMS を連携させたマクロな視点でのエネルギーマネジメントが可能になる。現在の EMS が部分最適なエネルギーマネジメントになるのに対し、全体最適とするエネルギーマネジメントである。各 EMS のエネルギー需給情報が他の EMS でも活用できる仕組みを構築することで、エネルギーの需要と供給を鑑みた、より高度なエネルギー管理が実現される。このように将来の EMS においてはネットワーク化が重要な要素になると考えられる。本章では「ネットワーク化された EMS による高度なエネルギー管理」をテーマに、EEMS、SEMS について課題と技術開発への提言を行なう。

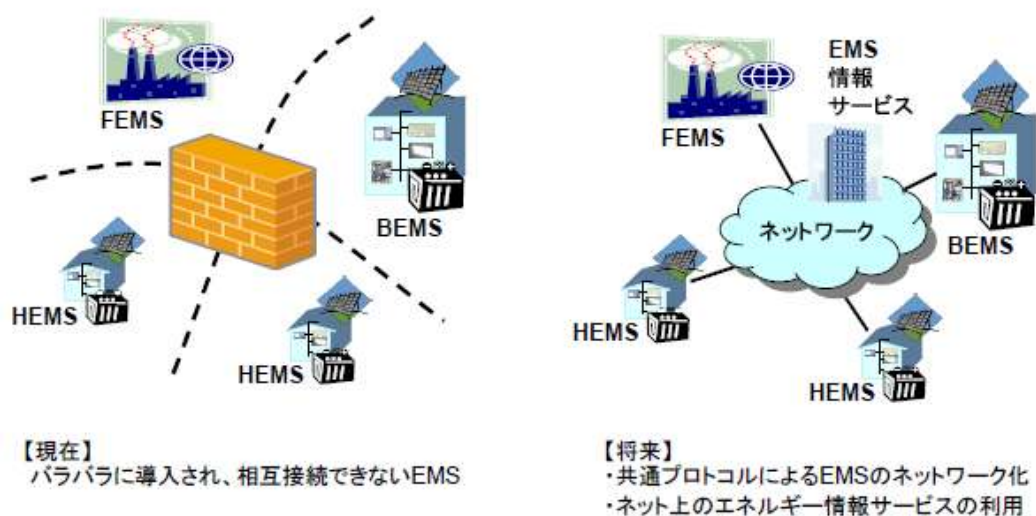


図 4.2-1 ネットワーク化された EMS

(1)EEMS (Enterprise Energy Management System)

先に述べたように EEMS は、一つの企業・事業者が運営している、オフィス、店舗、工場などの施設のエネルギーを一括して管理するシステムである。これまで、工場においては FEMS により原単位管理やエネルギー供給の最適計画などが行われてきた。また、オフィス(ビル)についても、BEMS により室内環境・エネルギー使用状況を把握し、室内環境に応じた機器又は設備等の運転管理を行うことで、省エネを推進してきた。

企業全体のエネルギー管理を実現する場合、新たに全体的なエネルギー管理システムを再構築するのは实际的ではなく、工場やビルに個別に導入されている FEMS、BEMS をネットワーク化し、企業活動全体としての、エネルギー利用の可視化と省エネ状況を監視する仕組みとして EEMS が必要となる。その際には、FEMS や BEMS 間で、エネルギー管理情報の交換のためのプロトコルとデータの標準化が求められる。また、企業・事業者活動では、データセンタの活用が欠かせなくなっているが、データセンタに設置したサーバ設備(及び冷却のための空調設備)を含めたエネルギー管理が必要である。

図 4.2-2 は EEMS の構成である。EEMS の主な管理対象は、オフィス(ビル)、工場、データセンタ、運輸の 4 つになる。ここでは 4.1.1 項で記載した運輸を除く管理対象について課題と今後の期待を示す。

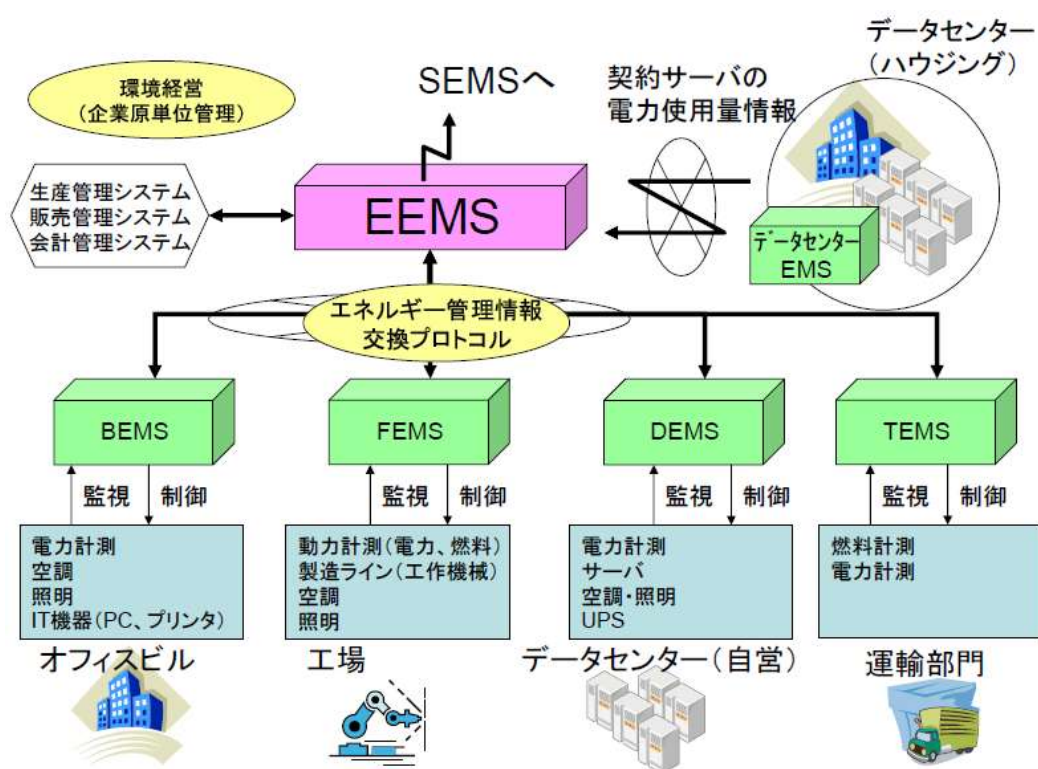


図 4.2-2 EEMS の構成

(a) オフィス(ビル)における EMS (Building Energy Management System : BEMS)

①現状と課題

オフィスでは、従来から省エネ対策として、昼休みの消灯などの「使用者による省エネ」と、空調のスケジュール運転などの「運用による省エネ」が進められており、BEMS は、「運用による省エ

ネ」を支援するシステムと捉えることができる。

BEMS は、ビル設備管理の観点から、エネルギー管理の対象は、空調、照明が中心となっているが、オフィスにおけるエネルギー消費としては、空調・照明以外のコンセントのエネルギー消費が 1/3 の割合を占めている。

近年、オフィスでは、パソコンやプリンタなどの IT 機器の導入が進み、コンセントのエネルギー消費量の多くを占めるだけでなく、オフィスにおける割合も増加しているものと考えられる。したがって、今後は、BEMS は、パソコンやプリンタなども管理対象に組み入れるべきである。

なお、一般的なオフィスビルは、課金を目的に、照明とコンセントのエネルギー使用量(電力使用量)を一括計量する場合が多いが、コンセントに接続されたパソコンやプリンタなどを対象としたエネルギー管理を行うためには、照明とコンセントのエネルギー使用量を系統別に計量・管理する必要がある。

②今後の期待

オフィスでは、主な熱源となる人の出入りによる環境の変動が大きく、その環境を維持するための空調や照明の無駄運転が多いと考えられる。このため、従来からの定型的なスケジュール運転に加えて、人の動態情報(人の出入り、位置情報)を元にした、きめ細かい空調・照明の制御を行う BEMS の開発が期待される。

オフィスにおける動態情報の取得手段としては、人感センサーの設置が一般的であるが、セキュリティ管理の観点から導入が進んでいる入退出管理システムの通行履歴情報を動態情報として活用することも可能である。

パソコンやプリンタなどの IT 機器に対するエネルギー管理としては、特別な計測器やセンサーを設置することなく、各 IT 機器に接続されたネットワーク経由で、個々の機器のエネルギー消費量を計測・収集する仕組みの実現が求められる。また、IT 機器も熱源となるため、オフィスのレイアウトや動態情報から、最適な IT 機器の数と配置を決めることにより、オフィスのエネルギー消費量削減が進むものと期待される。

(b) データセンタにおける EMS

①現状と課題

企業の基幹システムや情報システムを集中管理するデータセンタについては、これまでは、エネルギー管理の対象とはなっていないのが現状である。データセンタの形態としては、自社でデータセンタを運営する形態と、データセンタ業者のハウジング・サービスを利用する形態がある。

自社運営のデータセンタの場合、サーバのアプリケーション監視とエネルギー管理を組み合わせ、業務システム単位のエネルギー使用量を把握したり、稼働率の低いサーバの統合計画を立てたりするなどの対策が必要である。

ハウジングの場合は、自社にサーバ設備がないためエネルギー管理の対象外と考えられがちであるが、省エネ改正法の趣旨から、ハウジングしている企業のエネルギー管理に含めるべきである。

②今後の期待

データセンタにおけるエネルギー管理としては、データセンタ全体としてのエネルギー使用効率の改善を目的に、その測定指標として PUE (Power Usage Effectiveness) が提案され、その改善への取り組みが進んでいる。また、IT 機器の利用効率などを考慮した新たな指標の検討が行われている。

一方で、上記で説明したとおり、ハウジングの場合は、ハウジングしている企業にエネルギー管

理の責任が課せられる可能性があるため、データセンタ業者が、データセンタの電力使用量をサーバまたはサーバラック単位で把握し、顧客がハウジングしている設備（サーバ、ネットワーク機器など）の電力使用量(CO₂排出量)を、顧客に報告するサービスが求められるようになる。

また、今後は、データセンタにおいても、仮想化技術の普及により、サーバ統合が進むと考えられる。この場合、サーバ単位だけではなく、サーバのテナント単位に、その電力使用量(CO₂排出量)を按分算出する技術の開発が必要となる。

(c)工場におけるエネルギー管理システム(Factory Energy Management System：FEMS)

①現状と課題

FEMS の扱うデータは、エネルギー使用量から機器の稼働状況、原単位計算やエネルギー供給計画立案のための生産計画情報など範囲が広がっている。これらのデータを収集するために、センサーや機器、装置側では、電流／電圧信号、シリアル通信、各種のセンサーネットワークを扱わなくてはならない。また他のシステムやデータベースからは、OS やアプリケーションソフトに合わせたファイルやデータベースへのアクセス方法によりデータを収集しなければならない。さまざまな手段によりデータを収集するため、システムは複雑になり導入のための工期も長くなる。その結果システムが高価な物となり導入を阻害している。データ収集を容易かつ短期間で行える技術／製品開発とともに、補助金や投資減税など企業の投資意欲を高める環境整備が望まれる。

また、今後さらにエネルギー使用量を精密に計測するには、異なるシステムやデータベース間での時刻同期が課題となる。

②今後の期待

工場の省エネは、高効率機器の導入や FEMS を導入して昼休みなどの非稼働機器の停止による省エネが進められてきた。FEMS の導入や FEMS の高度化により、複数機器や異種設備間の連携制御による省エネなど、今まで問題点が見えないために省エネが行われていなかった箇所への省エネの進展が期待できる。またエネルギー原単位など統一した指標で工場間のエネルギー効率が比較できるため、他工場での省エネノウハウの水平展開などにより省エネが進むことが期待できる。

さらに今後 SEMS への接続により一部コンビナートでの先進的な取り組みとして行われている、企業間でのエネルギー最適化を検討・実行するための情報基盤となる事が期待される。

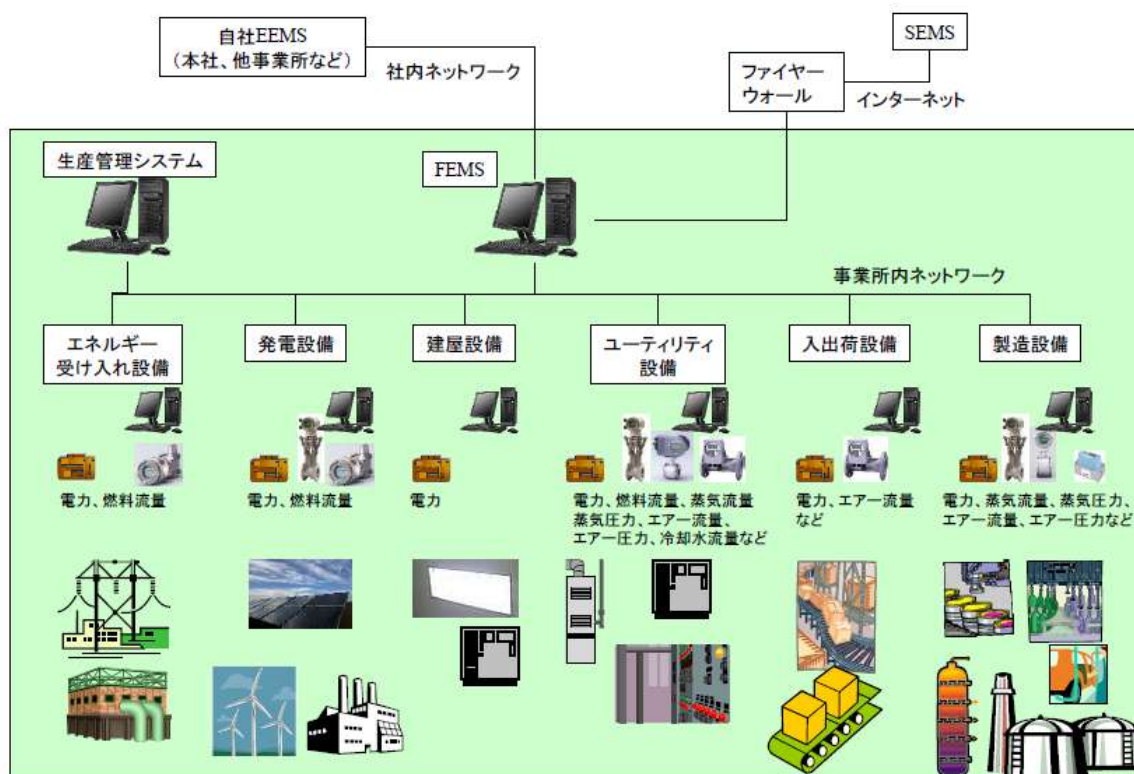


図 4.2-3 FEMS の構成

(2)SEMS

SEMS は、家庭の HEMS、業務用ビルディングの BEMS、工場の FEMS など個別エネルギーマネジメントシステムを統合化して、エネルギー負荷の平準化・エネルギー使用量の効率化/最適化の実現を支援する広域社会エネルギーマネジメントシステムの概念である。前出の EEMS が事業者単位の EMS であるのに対し、SEMS は物理的なエリアを単位とする EMS になる。

個々の家庭、業務用ビルディング、工場等におけるエネルギー使用の効率化/最適化と比較して、重要なポイントとなる点がエネルギー負荷の平準化である。個々の建物でなく、地域前提でのエネルギー負荷を平準化することにより、エネルギー供給設備の効率化を最大化するという点が特徴である。

さらには、既存のエネルギーインフラに加えて、家庭・ビル・地域としての太陽熱・風力など自然エネルギー系、コージェネレーション、燃料電池など分散電源系、マイクログリッドなど地域エネルギー系電力システムを組み込むことにより、系統電源からの電力供給量を含め広域的にエネルギー使用量の効率化/最適化を実現することを目的としている。

電力供給網という観点では、スマートグリッドに関する取り組みが欧米を中心に活発化している。スマートグリッドは、従来型の大規模集中発電と、CO₂ 排出量が少なく効率的な需要反応が可能な多極・分散型電源との共存を実現することを目的としている。電力供給サイドと需要サイド間において、双方向コミュニケーションを実現し、時間帯別料金メニューや負荷状態に依存したインセンティブ型料金体系を実現することにより、負荷の平準化とコスト最適化を実現する。このようなスマートグリッドを実現するインフラとしても SEMS を位置付けることができる。

広域社会全体でのエネルギー使用量効率化/最適化を実現するために必要な要素を、①やりとりすべき情報②情報活用方法及び③どのような観点で評価するか判断基準、という切り口からまとめ

ると下記のようなになる。

(a) やりとりすべき情報

- ・ 各建物におけるエネルギー使用量
- ・ エネルギー使用に影響を与える要因
(共通：外気条件)
(個別：稼働状況、室内環境条件、設備機器効率、等)
- ・ 設備機器状況
- ・ 設備運転管理方針、運用状況

(b) 情報活用方法

- ・ 地域全体での負荷パターンの構築
- ・ 地域全体での熱源システム運転方法検討
- ・ 地域全体でのエネルギー効率の管理

(c) 判断基準

- ・ 建物毎のエネルギー効率
- ・ 地域全体でのエネルギー効率
- ・ エネルギー供給会社との関係(コスト)

上記のような情報のやり取りを広域的に実現するためにも、IT ネットワークインフラの活用が重要なポイントとなる。例えば、個々の建物からのエネルギー使用量を基にした地域全体での負荷パターンの構築には、過去のエネルギー使用量データのみならず、建物のエネルギー使用量に影響を与える各種情報(運用状況、設備機器状況等)の情報を加える必要がある。さらに、複数の建物からの各種多量のデータをリアルタイムで収集し、負荷パターンを構築、構築された負荷パターンに基づいての分散熱源機器の運転制御への反映、といった一連のシステム連携を行うことによって始めてエネルギー使用量の効率化/最適化が実現される。そのため、信頼性の高い IT ネットワークインフラが重要となる。

さらには、地域でのエネルギー供給の最適化が実現された段階で、既存のエネルギーインフラ(電力、ガス)の料金体系へも影響を及ぼし、より安価なエネルギーを常を選択できる RTP(リアルタイムプライシング)の概念が実現される可能性がある。その際、コストのみならず、より CO₂ 排出量の低いエネルギー源を選択する、といった需要家側からの要求が生じ、SEMS と既存エネルギーインフラとの連携による運用が実現化すると考えられる。

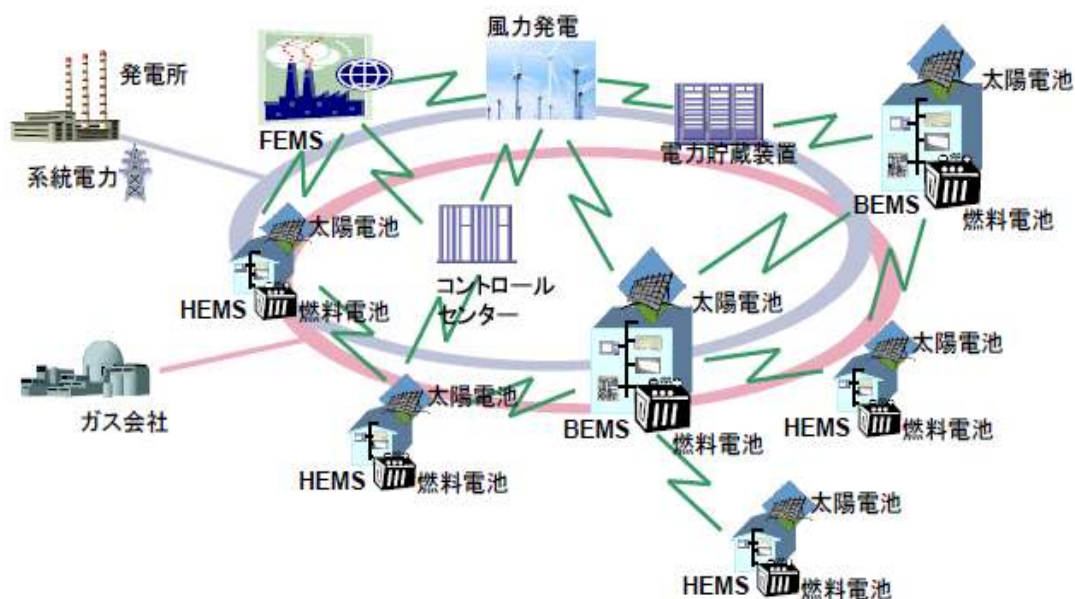


図 4.2-4 SEMS の構成

図 4.2-4 は SEMS の構成である。SEMS は概念であり様々な実現形態が考えられるが、基本的な構成は HEMS、BEMS などの個別の EMS や分散電源がネットワーク化された形態になる。図 4.2-3 ではコントロールセンターにてエリア内のエネルギー管理情報を管理する構成となっているが、必ずしもコントロールセンターは必要ではなく、ネットワーク化された各 EMS が自律分散的に制御する形態も考えられる。各 EMS は自己のエネルギー管理情報を周囲に発信しつつ、周辺の EMS のエネルギー管理情報をも利用して自己のエネルギー管理を行なうというものである。また近傍の EMS からの情報だけでなく、ネット上の様々な情報を活用して最適なエネルギー制御を行なうことも考えられる。このような形態の場合、SEMS はあるエリアに閉じたエネルギー管理システムではなくなり、インターネットのような EMS ネットワークという位置づけになる。

4.2.2 技術開発への提言

(1)EMS 間のデータ交換プロトコル、評価基準の策定などの EMS 連携技術の開発

(a)概要

2008 年のエネルギーの使用合理化に関する法律の改正、地球温暖化防止法、京都議定書やポスト京都議定書などさまざまな取り組みのなかで、対策が遅れていた業務部門への効果的対応として事業者で統合されたエネルギー管理が求められるようになってきた。地域内で効果的な省エネルギーを実現するための議論も盛んになってきた。センサーをはじめとするネットワーク技術により、より有効なエネルギー管理が実現できるインフラが整いつつある。その実現のために、EMS-機器、EMS-EMS のデータ交換プロトコルを策定し EEMS の導入を容易にする技術や、現在人手の部分も多い工場内設備のエネルギー使用量管理のネットワーク化技術、評価基準の策定が必要である。

(b) 実現にむけた課題

EMS および機器(センサー)間を接続する場合や、EMS 間での接続をするには、相互接続性が確保されておらず、機器やシステムの選択の余地が少なく、費用も高価になりがちであり、導入阻害要因となってきた。

(c) 課題を解決する技術(詳細)

上記の課題を解決するためには、以下の 3 つの主要な技術の開発・実用化・普及が必要である。

①機器(センサー・アクチュエータ)アクセス共通技術

複数の EMS からのセンサー共有やセンサーネットワーク化を可能とするために、機器(センサーやアクチュエータを含む)と EMS の間および、センサーネットワーク間に関するアクセス共通技術として、無線区間の効率的なプロトコルや、機器プロファイル、機器のメタ情報の管理、アクセス権/機器利用権、排他制御/協調制御、暗号化、QoS 制御、デマンド制御/ピークシフト制御、表示端末制御などの共通プロトコル標準化が必要である。

②EMS 間データ交換技術

複数の EMS 間での CO₂ 排出量をはじめとする各種計測データや時系列データの交換や EMS 間での協調制御できる仕組みが必要である。

EMS 間のデータ、メッセージやメタデータのリアルタイム交換プロトコルや、ファイル・データベース交換プロトコルなど従来から IT で活用されている技術などのインフラ利用の標準化や、SLA(サービスレベルアグリメント)を保証するためのデータやサービスの信頼性に関する標準化、エネルギー管理に必要な複数のエネルギー供給機器の運転を含む需給制御に関する標準化が必要である。

③EMS 評価技術

EMS 間での省エネ効果を定量的に把握し、比較するためにデータセンタなどの建物や管理対象(xEMS の種類や仕事の種類)による共通の省電力化の効率評価指標やカーボン評価基準が必要になる。

(2) センサーシステムと融合による EMS 高度化技術(連携技術)の開発

(a) 概要

By IT による省エネの実現手段として、需要予測に基づいたエネルギー使用量の最適化、高度(精密&リアルタイム)なエネルギー使用状況の可視化(例：カーボンフットプリント)が有効であると考えられる。これらを実現する技術として、(1)のプロトコル策定に加え、低コストで設置が容易なエネルギー管理のためのセンサーシステム技術、センサーデータからの高度な需要予測技術が必要である。

(b) 実現にむけた課題

より高度なエネルギー管理を実施するためには、センサーの活用が重要である。しかしながら実際に既設のビルなどにセンサーを展開する場合に、コストが高くなる課題がある。

また、センサーを活用する場合に、省エネのための共通のプロトコルが存在せず、メーカー独自のものを採用するなどの必要があり選択の余地や対応アプリケーションに制限がでていた。CO₂ をより高度に削減するには、上記の課題を解決しつつ、エネルギーの情報化が必要である。

(c)課題を解決する技術(詳細)

上記の課題を解決するためには、以下の3つの主要な技術の開発・実用化・普及が必要である。

①センサーの設置・運用コストを最小にする技術

工事コストを削減するには無線技術の活用が有効な方法だが、自由度の高いセンサーを設置するには、マルチホップなどの通信技術を利用した通信部分の可用性や柔軟性の確保や、QoSの確保、センサーネットワーク自身の省エネルギー化、位置やセンサーの属性を活用した高度なセンサーのバインディング技術が必要になる。

また、無線センサーの場合、電池交換などの運用コストの増大の課題がある。このために、光・振動・電波などの外部エネルギーを取りこみ利用できる電池レスセンサーネットワークの技術が必要になる。

②センサーコンテキスト化技術

センサー値に基づく高度な見える化やプロアクティブな制御に活用するために、大量データを効率よく処理するデータ処理システム、異なるEMSで有効に活用するために、時系列などの統計的手法やその他の手法を活用したコンテキスト化技術や将来値の予測技術が必要である。

③高度見える化とリコメンデーション技術

EMSの管理内にいる様々な人々へエネルギーの使用の状態を理解させ、その使用を合理化するためには、非専門家が容易に理解でき、継続的に合理化を維持する表示技術や専門化の知識ベースに基づく問題点の特定や利用者へのリコメンデーションが必要である。

(3)事業者エネルギー管理における欠落領域の技術開発

(a)概要

現在の事業者エネルギー管理は、FEMS、BEMSなど一部のエネルギー管理に限定されており、まだ高精度にエネルギー管理できていない領域が存在する。統合エネルギー管理の実現に向け、輸送部門のエネルギー管理、情報システムを支えるデータセンタのエネルギー管理が必要になる。また、今後は製品やサービスの製造、輸送、販売、使用、廃棄、再利用までのライフサイクルの全領域でのエネルギー管理が求められるであろう。

(b)実現に向けた課題

事業者の統合エネルギー管理に向けて、製品輸送で使用したエネルギーを荷主、製品などの単位で配賦する技術、データセンタのエネルギー使用量を見える化しクライアント毎に配賦する技術などが必要になる。また、製品やサービスのライフサイクルに対するエネルギー管理を実現するには、原材料の採取や、製品の廃棄など事業者が直接かかわっていない領域のエネルギー使用量を算出するしくみが必要である。

(c)課題を解決する技術

上記の課題を解決するためには、以下の3つの主要な技術の開発・実用化・普及が必要である。

①製品輸送のエネルギー使用量の測定と配賦技術

輸送機関で使用したエネルギー使用量を各商品へ配賦するためには、輸送車両等のエネルギー使用量とそこに積載した製品を関係付ける必要がある。そのためには、製品にRFIDをつけ、どの輸送車両にいつからどのくらい積載されたかを記憶させる。そして、そのRFIDの記録と、それに対

応する輸送車両で使用したエネルギー量から製品輸送のエネルギー使用量を算出する技術が必要になる。

また、1 台の輸送車両に複数の製品が積載されている場合があり、積載されていた製品間で、エネルギー使用量を按分する計算手法が必要となる。

②データセンタにおけるエネルギー使用量の見える化と配賦技術

サーバの仮想化技術の普及によりサーバ統合が進むと、クライアントからの要求毎にサーバのエネルギー使用量を示す必要がある。そのためには、クライアントからの要求に対するサーバのエネルギー使用量を正確に測定する技術が必要になる。

また、サーバの OS 稼動時のエネルギー使用量や、空調のエネルギー使用量を各クライアントに按分配賦する計算手法が必要となる。

③エネルギー使用のライフサイクルアセスメント技術とサプライチェーンの構築

製品やサービスのライフサイクルに対するエネルギー管理を実現するには、原材料の採取や、製品の廃棄など事業者が直接かかわっていない領域のエネルギー使用量を算出するしくみが必要である。

原材料の採取時のエネルギー使用量は、それにかかわった事業者がエネルギー使用量を測定し、それを受け取る事業者に確実に伝えるしくみを作る必要がある。

また、製品の廃棄など、事業者が販売した後のエネルギー使用量を算出するには、エネルギー使用量のライフサイクルアセスメント技術の確立と標準化が必要である。

(4)分散電源を組み込んだ電力システムの広域 EMS 技術の開発

(a)概要

既存のエネルギー設備と、太陽光発電、燃料電池などの分散型エネルギー設備が組み合わされた EMS では、エネルギー消費情報に基づいてエネルギー需要を予測し、エネルギーが余っている地域から足りない地域へ補給することで電力の平準化が図られる。また、気象情報などの発電効率に影響を与える情報に基づいて、最も効率の良い組合せで発電することが必要となる。

(b)実現に向けた課題

広域 EMS を実現するための IT 技術の課題は、電力需要を予測し、その情報をもとに電力需要を満たす最適な発電設備の組合せで電力を供給することである。また複数の売電事業者(個人)、買電事業者(個人)間で電力を売買するための社会的、技術的条件の整備が必要である。

(c)課題を解決する技術

上記の課題を解決するためには、以下の 3 つの主要な技術の開発・実用化・普及が必要である。

①電力消費情報に基づく電力需要予測

需用予測の方法は、統計的手法、ニューラルネットワーク等を利用した手法などいろいろあるが、個々の EMS に適した需要予測手法を開発する必要がある。

②最適な発電設備を組合せる最適化技術

広域 EMS に接続されている各 EMS の電力需要予測と、発電・蓄電・送電設備の情報から最も効率が良くなる設備の組合せを求める最適化技術が必要となる。また、広域 EMS には、売電事業者(個人)、買電事業者(個人)などのステークホルダー(利害関係者)が加入しているので、単に効率が良

いだけではなく、各ステークホルダーが満足するような組合せを求めることが必要である。

③売電、買電の条件整備と決裁システムの確立

複数の売電事業者(個人)、買電事業者(個人)間で売電、買電するための社会的、技術的条件の整備と、電力売買による決裁を実施するシステムの普及が必要である。

4.2.3 省エネ効果目標値

BEMS 運用における効果は、省エネルギーセンターの報告によると BEMS のデータのチェック頻度が高い事業者の場合は、11.7%を達成している(頻度の低い事業者は7%程度)。このような事情を勘案して、すべての BEMS 利用事業者がこの水準(11%)を達成することを第一段階の目標とする。また、見える化およびリコメンデーションで5%、および広域 EMS による最適化で4%のCO₂削減を上乗せした20%を、省エネ効果の最終目標値とする。

5. 情報通信機器技術開発の提言3 情報プラットフォーム

5.1 情報プラットフォームのこれまで

3章、4章で論じてきた IT による社会の省エネ(By IT)の社会を実現するためには情報プラットフォームの進化が不可欠である。将来の進化形態を提唱するため、過去の経緯を俯瞰してみたい。

1964年のIBM汎用メインフレームSystem/360発表で開花した情報化時代だが、当初は科学技術計算、会計計算を中心とした集中型システムとなっていた。その後、メインフレームの高性能化が進む一方で、80年代にパーソナルコンピュータ(PC)の高性能化が進展し、軽負荷の計算処理は分散処理が可能となった。94、95年に相次いだNetscape Navigator、Windows95の発表でネットワークと分散処理に基づくIT化の波が一気に押し寄せることになる。IT化の波は別途進化していた携帯電話の世界に及び、99年のi-modeの導入によってユビキタスコンピューティングの世界に入っていく。その後のRFID、センサーネットワークの発表により、現在はユビキタス情報社会の成熟期に入ってきていると言える。

その結果として、誰でも、どこでも、いつでもITの恩恵を享受でき、簡単な電子メールから大容量のデジタルコンテンツのやり取り、金融システムや公共システムの社会インフラ、自動車や工作ロボットの制御など、生活に不可欠な技術となった。

今後の動向については、2006年に提唱されたクラウドコンピューティングが有力なITの方向であると言われている。クラウドコンピューティングの世界は集中処理の流れで進化したデータセンタを、分散処理の流れで進化したユビキタス機器で利用するというスキームで考えることができる。当然のことながら、すべてのコンピュータは広帯域のネットワークで接続されていて、あたかもひとつの巨大なコンピュータシステムのように見ることもできよう。そのようになると、社会システム全体の最適化を行うことも可能になり、本提言で述べたバーチャルモビリティとEMSがより緻密かつ広範囲に実現することになると考えられる。

情報化社会の将来は、半導体やネットワーク機器の進化によってもたらされ、経済産業省の技術戦略マップやITRS(International Technology Roadmap for Semiconductors)にて示されるとおりである。

5.2 情報量の爆発的な増大

さて、このように高度に進化する IT の社会においては、それに伴って解決されなければならない課題も新たに生じてくることが予想される。それは、情報そのものの爆発的な増大である。情報通信総合研究所の調査結果である図 5.3-1 に示すように、21 世紀に入ってから従来の紙媒体や放送を介した情報量と比較し、ネットワークを介した情報量は急激にその量を増やしている。

この調査によると、国内の情報通信量は 2000 年度の約 42 万テラバイトから、2003 年度には約 15 倍の約 610 万テラバイトに増加している。なお、610 万テラバイトとは、ストリーミング(1.5Mbps)視聴の約 35 万年分(31 億時間)に相当する。また、今後も情報量の増加は続き、経済産業省の試算によると 2006 年～2025 年で情報量はさらに約 200 倍に増加すると試算されている。

ブロードバンドの進展と動画等の大容量データの流通による情報量の増大については数々の予測がなされている。高精細映像配信、高精細テレビ会議、デジタルサイネージの普及や 3 次元ディスプレイなどの技術革新に伴う新たな情報増など、ネットワークを流通する情報量は更に増えると予測される。その為、情報の伝送網や蓄積装置などの負荷が増加し経済的な視点や、電力供給の観点から限界を迎える可能性が高まってきている。

この様に情報爆発に対応するため、IT 機器の低消費電力化への取り組みはますます重要性を帯びてくる。IT 機器の省エネについては、機器単体の取り組みから、前述のようなデータセンタ単位での省エネや、経済産業省でも取り組みが計画されているグリーン・クラウドコンピューティング等、より大きなシステムとしての最適化や省エネ検討へ期待が高まっている。情報の伝送についても、大容量データ転送に向けた光パス網などによる通信の電力削減や、パケット通信網との融合について研究開発が行われているが、このような飛躍的な省エネを実現する革新的な技術の開発が望まれる。情報の蓄積については、今後進展するであろう高精細ハイビジョン映像や 3 次元動画の圧縮・再生などに適した新技術の登場及び早期標準化が望まれる。

5.3 情報の質の向上

先に述べたバーチャルモビリティ、EMS は物理的な実態(例えば、重量や大きさなど)を伴っているが、情報は物理的な実態が分かり難い。しかし、先に述べた情報通信総合研究所の調査結果では、国内情報通信量をインターネットなどオープンなネットワークであるパブリック・ネットワーク系(以下、パブリック系)と、企業内ネットワークなどクローズドなネットワークであるプライベート・ネットワーク系(以下、プライベート系)に分類して、それぞれの情報量について推計を行った。パブリック系では、ブロードバンドインフラの普及により、2000 年度以降急激に情報通信量が増加している。具体的には 1998 年度から 2000 年度にかけて 1.7 倍に増加し、2000 年度から 2003 年度にかけては 20.4 倍と急激に増加している。また、プライベート系も同様に増加し、1998 年度から 2000 年度にかけて 4.5 倍に増加し、2000 年度から 2003 年度にかけては 4.2 倍へと伸びている。つまり、パブリック系の情報量が大幅に伸びている現実があり、企業などの活用よりも、個人向けのプロバイダーやコンテンツ業者の発信する情報や P2P ファイル交換ソフト、画像共有サービス等の映像サービスの進展による影響が大きいと考えられる。

(1) 不要な情報の削減

パブリック系のネットワークの課題としては、スパムメール等の違法メールやウイルスの増大が

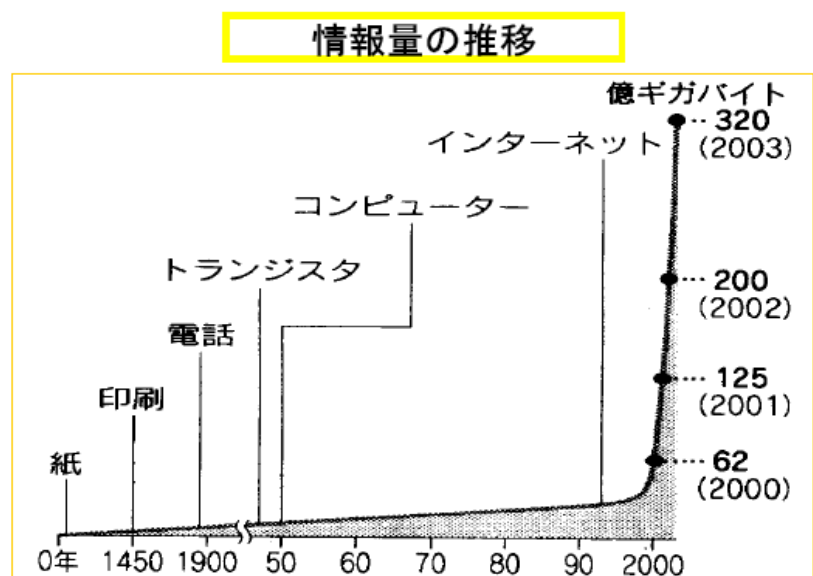
挙げられる。対策として、フィルタリングやネットワーク上でのチェック等が考えられるが、それらの対策によるエネルギーの増加も忘れてはならない。その為、それらの対策における省エネ技術も必要となる。また、利用者のリテラシー醸成に向けた教育に用いる IT 技術も、間接的になるが不要な情報の削減につながると考えられる。これらを制度(法やルール)からのアプローチと共に、より良いネットワークの在り方を考えていくことで、省エネと共に、ネットワークの健全な発展に貢献できるものと考えている。

(2) 情報利用の更なる高度化

前述の不要な情報の削減に対するアプローチと同時に、利用者の安全・安心を確保する情報基盤の提供や、情報をさらに有効に活用する為の仕組み作り、情報そのものの在り方の検討等、情報の高度化に関するアプローチも、省エネに繋がる活動と考えられる。以下に想定される技術の一例を挙げる。

- ・ 安全な地域ソーシャルネットワーク技術
- ・ 限られた範囲内だけに情報発信が可能な、安心できるホームネットワーク技術
- ・ 使いやすい情報共有基盤技術
- ・ 利用者となる人の脳内イメージを画像情報に変換することなく直接蓄える技術
(情報蓄積の高度化)

前述したように、20 世紀では、情報は水のように安く、便利なものと言う「情報の水道哲学」的考え方の認識があった。しかしながら、21 世紀に入ってからの情報量の大幅な増加の要因は、IT 進化に伴う情報活用の進捗との側面があるとともに、様々な課題を内包している。その解決には利用者、制度、技術のすべての面からバランスの取れた成長が必要であり、必要な情報を正確に安全に伝えることを実現させながらも、省エネの観点から情報量削減に向けてあらゆる取り組みを行う必要があると考えている。



ほとんどの情報がインターネットで得られる時代になった。

図 5.3-1 人類の情報量の推移(情報通信総合研究所調査)

6. 技術ロードマップ

本提言に関する技術ロードマップについて、既に国や研究機関にて検討され公開されているものの中から関連のあるものを紹介する。(表 6-1) 今後の検討の一助として活用していただければ幸いである。

以上

表 6-1 技術ロードマップ (1/3)

技術分野	分野構造	2010	2020	2030	出典
バーチャルモビリティ (サービス)	【事例1】 臨場感のある テレワークシステム				1
	サービス形態	テレビ、ラジオ、電話 在宅勤務、TV会議 モニタリング 特定作業ロボット	自動翻訳TV電話 遠隔操作ロボット	3次元TV電話 自律ロボット	2
	【事例2】遠隔操作	Real → IT 物理センサ (MEMS) 話し言葉認識 IT → Real	化学センサ 方言、多言語認識 動作映像認識	体内、脳内センサ 未知語認識	2
	インターフェース技術	振動アクチュエーター 薄型ディスプレイ	人工筋肉 疑似次元	3次元ディスプレイ	
	【事例3】情報の 電子化 (情報媒体の ITによる置き換え)	ライフスタイル アナログ放送の終了 地上デジタル放送 (大型画面テレビの普及) 新聞・雑誌・書籍のネット配信 新聞・雑誌・書籍のネット配信 (配信フォーマット、再生機能の統制化・統一によるコンテンツの充実) 画面サイズの大型化 (100～200インチ級) 液晶・PDP 有機EL 画面サイズの大型化 (60～100インチ級) 電子ペーパー サイズの大型化 (A1)、薄型化 (1mm) 機能集積化 (スピーカー一体型、動画対応) 携帯端末・電子ブック 複合端末の商品化 携帯端末・電子ブックリーダー メモリ容量の大容量化、画面の高解像度化			3 4
【事例4】ITS (IT活用による物の 効率的な移動)	ライフスタイル				5 6 7 8 9 10
	サービス形態	交通手段	移動のパーソナライゼーション		
	システム	携帯情報端末 (スマートフォン/ウェアラブルPC)	生体認証デバイス	次世代V2X	
	高度技術	拡張現実 AR サービス (セマンティックVR等)	リアルタイム・パーソナライゼーション (バイオメトリックス)	録画化通信	
	【事例5】SCM (物流の効率化)	船舶による 物流 船舶の知能化、航行支援の高度化 コンテナトレーラ輸送の効率化 オンデマンドシステム 車による物流 搬送機器高度化・電動化、蓄電装置の開発 鉄道による物流 RFID活用によるトレーサビリティ向上 物流効率化技術、積み荷システム 飛行機による物流 インテリジェント集配システム、共同集配システム ハブ空港を利用した配送の効率化 トレーサビ ティー確保 RFIDの小型化/大容量化 商品の出荷、輸送、在庫、配送のトレース 個別部品、ユニット部品単位のトレース、利用状況、再使用部品の履歴トレース等			11 12

* 本内容は公開されている既存のロードマップから当該項目を抽出したものであり、本ロードマップを引用する場合は、出典元から最新版を直接引用ください。

表 6-1 技術ロードマップ (2/3)

技術分野	分野横断	2010	2020	2030	出典
エネルギー・マネジメントシステム(サービス)	エネルギー・マネジメント				13
	HEMS (Home Energy Management System)	ネットワーク連携制御 需要/供給計測予測技術 エネルギー貯蔵技術	最適制御・設計技術		
	エネルギー・マネジメント				
	BEMS (Building Energy Management System)	高効率化・省電力化BEMS ネットワーク連携制御 需要/供給計測予測技術 エネルギー貯蔵技術	超省エネ型次世代BEMS 統合化・フレキシブルBEMS 最適制御・設計技術		
	エネルギー・マネジメント				
	地域エネルギー・マネジメント	LEN(Local Energy Network) HEMS・BEMS協調制御技術 新エネルギーネットワーク化 エネルギー貯蔵技術	CEMS(Cluster Energy Management System) TEMS(Town Energy Management System)		
エネルギー・マネジメント					
エネルギー利用 最適化・負荷 平準化技術	エネルギー利用最適化・評価技術 太陽光・風力発電等の供給予測 需要側の負荷平準化技術 系統/分散エネルギーシステム連携制御技術				
IT機器	IT機器	※ 本報告書 第1部 IT・エレクトロニクス機器における省エネ関連技術の開発ロードマップに関する報告 参照			14
	エコエネルギー・マネジメントシステム (プロアクティブ BEMS, HEMS)				
	環境情報の収集・分析・判断・制御				
	環境情報の計画				
	パワーセンシング・分析技術				
	地域内電力制御技術				
その他 (エネルギー・マネジメントシステム(サービス)以外の技術)	デジタル情報機器相互運用基盤開発(デジタル制御電源技術)				15
	機器のエネルギー消費効率向上技術				
	コミュニケーション支援システム(BEMS)				
	コンシューマーズビヘイビア(環境性認識行動)				
	HEMS等の要素としての高度情報化対応技術				
	分散型/再生可能エネルギーの面的利用				
	センサネットワーク応用技術				
	BA/FA統合プラットフォーム技術				
	予測・評価手法(CAPD等)				
	ゼロエネルギー住宅・エネルギー生産住宅、ゼロエネルギーオフィス・ゼロカーボンオフィス				
	環境調和型コンパクトシティ				

* 本内容は公開されている既存のロードマップから当該項目を抽出したものであり、本ロードマップを引用する場合は、出典元から最新版を直接引用ください。

表 6-1 技術ロードマップ (3/3)

< 出典 >

技術分野 (分野構造)	出典タイトル
バーチャルモビリティ (サービス)	
【事例1】 臨場感のあるテレワークシステム	・ 出典1: 総務省 我が国の国際競争力を強化するためのICT研究開発・標準化戦略 (案) (pdf) P.108、124 < http://www.soumu.go.jp/s-news/2008/pdf/080425_8_bs1.pdf >
【事例2】 遠隔操作	・ 出典2: 経済産業省 技術戦略マップ2008 を基に作成
【事例3】 情報の電子化 (情報媒体のITによる置き換え)	・ 出典3: NEDO 技術戦略マップ2008 ユーザビリティ分野 (pdf) < http://www.nedo.go.jp/roadmap/2008/info5.pdf > ・ 出典4: 本報告書 第1部 IT・エレクトロニクス機器における省エネ関連技術の開発ロードマップに関する報告
【事例5】 ITS (IT援用による物の効率的な移動)	・ 出典5: 経済産業省 技術戦略マップ2008 ③コンピュータ分野 (pdf) P.17 < http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008/2_1_3.pdf > ・ 出典6: 経済産業省 技術戦略マップ2008 ⑤ユーザビリティ分野 (pdf) P.12、13 < http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008/2_1_5.pdf > ・ 出典7: 経済産業省 技術戦略マップ2008 ⑥ソフトウェア分野 (pdf) P.7 < http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008/2_1_6.pdf > ・ 出典8: 経済産業省 技術戦略マップ2008 ④ネットワーク分野 (pdf) P.15 < http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008/2_1_4.pdf > ・ 出典9: 自動車技術会報告書 先進交通社会確立技術の技術戦略マップ (pdf) P.12 < http://www.nedo.go.jp/informations/other/200418_1/05.pdf > ・ 出典10: 先進的「ウェブ・サービス」を中心とする情報技術ロードマップ策定～ソフトウェアサービス化及び情報の高付加価値化への潮流～報告書 (pdf) P.73 < http://www.ipa.go.jp/about/pubcomme/200707/070712RoadmapHokoku.pdf >
【事例6】 SCM (物流の効率化)	・ 出典11: 経済産業省 技術戦略マップ2008 ①エネルギー分野 (pdf) P.191 < http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008/2_6_1.pdf > ・ 出典12: 経済産業省 技術戦略マップ2008 持続可能な物作り技術 (pdf) P.40 < http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008/2_8_.pdf >
エネルギーマネジメントシステム (サービス)	
エネルギーマネジメントシステム (サービス)	・ 出典13: 経済産業省 技術戦略マップ2008 ①エネルギー分野 (pdf) P.17 < http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008/2_6_1.pdf >
プラットフォーム	
IT機器	※ 本報告書 第1部 IT・エレクトロニクス機器における省エネ関連技術の開発ロードマップに関する報告 参照
その他 (エネルギーマネジメント関連)	・ 出典14: 総務省 我が国の国際競争力を強化するためのICT研究開発・標準化戦略 (案) (pdf) P.124、125 < http://www.soumu.go.jp/s-news/2008/pdf/080425_8_bs1.pdf > ・ 出典15: 経済産業省 技術戦略マップ2008 ①エネルギー分野 (pdf) P.181 < http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008/2_6_1.pdf >

* 本内容は公開されている既存のロードマップから当該項目を抽出したものであり、本ロードマップを引用する場合は、出典元から最新版を直接引用ください。

— 禁 無 断 転 載 —

**2008 年度 グリーン IT 推進協議会
技術検討委員会 報告書**

発行日 2009 年 6 月
編集・発行 グリーン IT 推進協議会 技術検討委員会
事務局(社団法人電子情報技術産業協会 グリーン IT 推進室)
〒251-0054 東京都千代田区西神田 3-2-1
千代田ファーストビル南館
TEL: (03) 5275-7267
<http://www.greenit-pc.jp>