2009 年度
グリーン IT 推進協議会
技術検討委員会　報告書

2010 年 6 月

グリーン IT 推進協議会
技術検討委員会

― 全体目次 ―

― はじめに ―

グリーンIT推進協議会の技術検討委員会が2008年度版の報告書を発行してから1年経過したが、国内外の情勢には目を見張るものがあり、グリーン IT への期待も否応なく高まりつつある。

米国では 2008 年 12 月にグリーン・エコノミー政策を発表した。本政策は、①今後 10 年間で 1,500 億ドルを投じて、米国に自然エネルギー 経済を築き、500 万人の雇用を生み出すこと、②太陽光や風力などの新エネルギーの総電力量に占める比率を 2012 年までに 10%以上とし、2025 年までに 25%まで引き上げること、等を主な狙いとするものである。2009 年 2 月には、長期的な経済成長と環境対策の両立を図る目的にて、環境・エネルギー・IT 分野に総額 477 億ドルの予算を投入する計画を発表した。この「環境・エネルギー・IT 分野」には、太陽電池を軸とする自然エネルギーのインフラ整備、スマートグリッド、次世代蓄電池（次世代電動車両用）等が含まれている。低炭素社会の実現においては、IT とエネルギー分野における CO2 排出量の削減が大きな鍵を握っている。

一方、欧州やアジア諸国においても、いわゆるグリーン・ニューディール政策が盛んに進められつつある。欧州では、各国の地理・気候特性に応じて、風力、太陽光・太陽熱等の自然エネルギーの大規模導入、国境を越えた送電線の大幅拡張、それに伴う新エネルギー産業・雇用の創出等を目標としたグリーン・ニューディール政策を進めている。一方、アジアでは、サウジアラビアや UAE 等の中東の石油産出国とインドが具体的な取組みを開始している。

2009 年 12 月にはコペンハーゲンで COP15（国連気候変動枠組み条約第１５回締約国会議）が開催され、翌年 1 月には、日本政府より条件付きながらも「2020 年までに、温室効果ガス排出量を 1990 年比で 25%（2005 年比 30%）削減する」の中期目標を国連事務局に提出している。2009 年末に閣議決定された「新成長戦略（基本方針）」では、強みを活かす成長分野である「グリーン・イノベーションによる環境・エネルギー大国戦略」にて、2020 年までの目標として『50 兆円超の環境関連新規市場』『140 万人の環境分野の新規雇用』、『日本の民間ベースの技術を活かした世界の温室効果ガス削減量を 13 億トン以上とする（日本全体の総排出量に相当）』ことが目標に掲げられた。そのための主な施策として（１）電力の固定価格買取制度の拡充による再生エネルギーの普及、（２）エコ住宅、ヒートポンプ等の普及による住宅・オフィス等のゼロエミッション化、（３）蓄電池や次世代自動車、火力発電所の効率化、情報通信システムの低消費電力化など革新的技術開発の前倒し、（４）規制改革、税制のグリーン化を含めた総合的な政策パッケージを活用した低炭素社会実現に向けての集中投資事業の実施、の４つを挙げており、省エネ家電の普及や、日本型スマートグリッドを成長産業としての振興、成長する海外の関連市場の獲得支援等にも言及している。

以上の状況において、国内でも、企業の環境保護に対する積極的な取組みが増え始め、グリーンITへの期待も高まっている。グリーンITは、IT・エレクトロニクス業界で「IT機器自身の省エネ（Green of ITあるいは単にof IT)」に取り組むだけでなく、IT・エレクトロニクス業界の省エネ技術を他業界へ広く適用させて「IT による社会の省エネ（Green by ITあるいは単にby IT)」に取り組むことにより、環境保護と経済成長の両立を目指す考え方である。ここで、温室効果ガス排出量削減に対しては、後者のby ITがより深く関係し、より大きく貢献できるが、社会インフラとしての IT システムに低消費電力化を実現するof IT技術と温室効果ガス排出量削減に貢献するby IT技術をバランスよく適用することが求められている。

さて、2009年度も技術検討委員会では、２つのWG体制によりof ITとby ITの省エネ技術の調査、検討を行った。

WG1では、by ITの観点から“Enterprise EMS (EEMS)”及び“Social Service platform based on EMS (SSEMS)”の検討を行った。EEMSは、国内の改正省エネ法（2009年4月施行）やISO50001（2011年4月発行見込み)、さらに今後可能性のあるCO_2排出量取引への対応を踏まえ、一つの事業者が運営している、オフィス、店舗、工場などの領域別のエネルギーを一括して管理するシステムであり、事業者が考慮すべき要件とそれに対応する機能を検討・分類し、EEMSフレームワークとして纏め、さらにその結果に基づいてEEMSの先駆的取組みと思われる国内各社の事例を調査分析した。SSEMSは、エネルギーの利用効率を地域または社会単位で捉え、種々のQOL（Quality of Life）サービスを実現するためのプラットフォームであり、国内外の関連動向を整理すると共に、今後の関連したシステム開発、機器開発の基本部分となるSSEMSアーキテクチャを検討した。

WG2では、機器単体よりもシステムとしてのof ITの観点に重点を置き、“グリーンITシステム”として省エネ関連の技術動向を把握するため、各企業・団体における先進的な取組み状況をヒヤリング等により調査し、各取組みにおける省エネ効果に関して、実績値や目標値などを昨年度作成した技術ロードマップのトレンドと比較した。

本報告書は3部構成を取り、第1部が“EEMS”、第2部が“SSEMS”、そして第3部が“グリーン IT システム”の検討結果をそれぞれまとめている。本検討内容が、当協議会の会員各位の事業活動を始め、今後の国内外のグリーン IT 関連活動の指針の 1 つとして参考になれば幸いである。

2010年6月

グリーンＩＴ推進協議会（GIPC）技術検討委員会
委員長　鈴木 教洋

― 技術検討委員会 委員名簿 ―

（敬称略、企業・団体名順）

委員長	鈴木　教洋	株式会社日立製作所
副委員長	古橋　真	ソニー株式会社
	釜谷　幸男	株式会社東芝
	田中　靖夫	アルプス電気株式会社（’09/12 まで）
	仲野　陽	アルプス電気株式会社（’09/12 から）
委員長代行	亀尾　和弘	株式会社日立製作所
委員	品川　雅之	株式会社アイピーコア研究所
	越川　明	株式会社ＮＴＴデータ
	牛窪　孝	沖電気工業株式会社
	立花　茂生	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
	赤塚　英彦	株式会社デンソー
	渡邊　喜一郎	日本電気株式会社
	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
	中　基孫	パナソニック株式会社
	三枝　一主	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
	金子　一久	株式会社日立製作所
	中村　友二	株式会社富士通研究所
	田中　努	株式会社富士通研究所
	小高　秀之	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
	山本　清博	株式会社山武
	瀬川　潔	株式会社山武
	藤岡　隆	横河電機株式会社

オブザーバ	和田　矩一	社団法人日本電気計測器工業会
	鞆　和美	社団法人日本電気計測器工業会
	後藤　康夫	社団法人ビジネス機械・情報システム産業協会
	荒川　泰彦	東京大学
	経済産業省	
	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	
	独立行政法人産業技術総合研究所	
調査委託先	みずほ情報総研株式会社	
事務局	小高　俊之	社団法人電子情報技術産業協会
	長岡　信太郎	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・団体名順）

主査	古橋　真	ソニー株式会社
副主査	釜谷　幸男	株式会社東芝
	立花　茂生	沖電気工業株式会社
	北上　眞二	三菱電機株式会社
	瀬川　潔	株式会社山武
委員	児玉　祐悦	独立行政法人産業技術総合研究所
	山口　浩	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
	河村　喜雄	技術研究組合　超先端電子技術開発機構
	赤塚　英彦	株式会社デンソー
	大町　隆夫	日本電気株式会社
	府中　由昭	日本ユニシス株式会社
	武居　輝好	株式会社野村総合研究所
	仁木　輝記	パナソニック株式会社
	木村　勇	株式会社日立製作所
	田中　努	株式会社富士通研究所
	安西　文彦	富士電機ホールディングス株式会社(’09/10 まで)
	富永　保隆	富士電機システムズ株式会社（’09/10 から）
	伊藤　惠一	三菱電機株式会社
	山本　清博	株式会社山武
	藤岡　隆	横河電機株式会社
	古根　将	横河電機株式会社
オブザーバ	鞆　和美	社団法人日本電気計測器工業会
	森岡　義嗣	社団法人日本電気計測器工業会

技術検討委員会 Working Group 1 EEMS-TF 委員名簿

（敬称略、企業・団体名順）

リーダ	立花　茂生	沖電気工業株式会社
サブリーダ	北上　眞二	三菱電機株式会社
委員	児玉　祐悦	独立行政法人産業技術総合研究所
	赤塚　英彦	株式会社デンソー
	府中　由昭	日本ユニシス株式会社
	田中　努	株式会社富士通研究所
	富永　保隆	富士電機システムズ株式会社
	山本　清博	株式会社山武
	古根　将	横河電機株式会社
オブザーバ	鞆　和美	社団法人日本電気計測器工業会
	森岡　義嗣	社団法人日本電気計測器工業会

技術検討委員会 Working Group 1 SSEMS-TF 委員名簿

（敬称略、企業・団体名順）

リーダ	釜谷　幸男	株式会社東芝
サブリーダ	瀬川　潔	株式会社山武
	武居　輝好	株式会社野村総合研究所
委員	山口　浩	独立行政法人産業技術総合研究所
	西嶋　由人	財団法人新機能素子研究開発協会
	河村　喜雄	技術研究組合　超先端電子技術開発機構
	大町　隆夫	日本電気株式会社
	仁木　輝記	パナソニック株式会社
	木村　勇	株式会社日立製作所
	伊藤　惠一	三菱電機株式会社
	藤岡　隆	横河電機株式会社
オブザーバ	松山　隆司	京都大学

技術検討委員会 Working Group 2 委員名簿

（敬称略、企業・団体名順）

主査	山足　公也	株式会社日立製作所
副主査	田中　靖夫	アルプス電気株式会社（’09/12 まで）
	仲野　陽	アルプス電気株式会社（’09/12 から）
委員	品川　雅之	株式会社アイピーコア研究所
	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
	昌原　明植	独立行政法人産業技術総合研究所
	鎌田　俊英	独立行政法人産業技術総合研究所
	増原　利明	技術研究組合　超先端電子技術開発機構
	田中　淳裕	日本電気株式会社
	二梃木　克洋	パナソニック株式会社
	金子　一久	株式会社日立製作所
	田中　努	株式会社富士通研究所
	河原田　元信	株式会社富士通研究所
	木村　浩	富士電機ホールディングス株式会社
	東　辰輔	三菱電機株式会社
	長尾　泰司	株式会社山武
	松浦　裕之	横河電機株式会社
	寺野　雅夫	横河電機株式会社
	藤岡　隆	横河電機株式会社

第1部

EEMS (Enterprise Energy Management System)

－事業者視点のエネルギーマネージメントシステム

に関する検討と調査－

Working Group 1

― 第1部　要旨 ―

平成21年度技術検討委員会WG(タスクフォース)が活動の対象とした事業者エネルギーマネージメントシステム(EEMS：Enterprise Energy Management System)とは、従来、事業者内で個別に行われてきたエネルギーの管理を事業者という単位で捉え、種々のエネルギー関連アプリケーションを実現するためのシステム技術である。

昨年度（平成20年度）技術検討委員会活動では、「日本の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」として、省エネ法の改正や、ISO50001 の動向からみて、事業者としての統合的なエネルギーマネージメントシステムが将来必要になることから、EEMS（Enterprise Energy Management System）の考え方を議論した。　今年度はその考え方を進め、おおむね5年先をイメージした事業者に必要となるエネルギー関連サービスを構築するためのシステム技術に着眼し、特に見える化などで代表されるエネルギーの情報化システムについて議論を行った。

広い視点でのエネルギーの使用の最適化をはかることはもちろんのこと、事業者としての CO2 削減の取組として様々なニーズを満足するインフラストラクチャが今後必要になってくると考えられる。EEMSの目的を再度見直し、従来のエネルギー管理がエネルギーの専門家を対象としたエネルギーマネージメントシステムから、外部・内部の様々なステークホルダーにニーズを満足する情報化について議論を行った。　さらに、このような目的の EEMS がどのような技術構造と機能をもつべきか、フレームワークとしての整理をするとともに、将来のEEMSのあるべき姿を鳥瞰するために現状のEEMSの要素を包含していると思われる事例の調査を実施した。

EEMS という上位概念を検討するにあたって、今回の取組はまだ入口段階ではあるが、EEMS の導入や開発にあたっての参考になれば幸いである。　また、今後一層 EEMS フレームワークの深化をしたいと考えている。

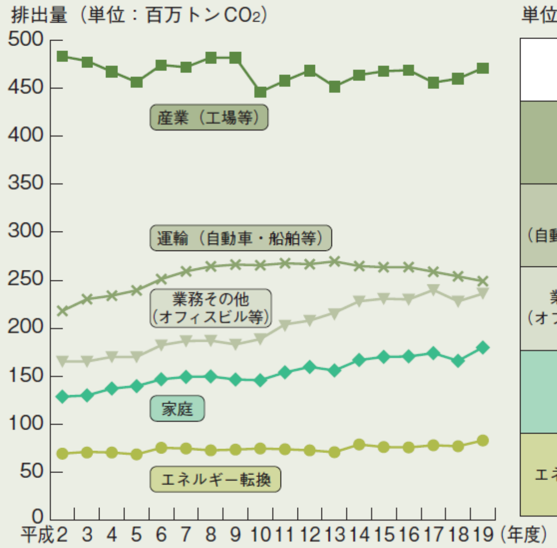
技術検討委員会　WG（タスクフォース）

― 第1部 目次 ―

1. EEMS の要件と定義

2009 年 12 月の COP15 コペンハーゲン合意によって、2050 年に世界で 50%の CO2 削減を目指し、中期目標を策定することになった。日本は 2020 年に温室効果ガス排出量を 1990 年比で 25%削減を目指すことになった。2010 年度エネルギー起源の CO2 の部門排出量の見通し（図 1-1）を見ると工場などの産業部門は－2.3%と減少傾向にあるものの、業務その他部門は 43.8%と大きく増加しており、CO2 の削減への取り組みが不可欠になってきている。

部門別エネルギー起源二酸化炭素排出量の推移と2010年目標



単位：百万トンCO2

部門	京都議定書の基準年	増減率	2007年度（確定値）	2007年度から必要な削減率	2010年度目安
産業（工場等）	482	-2.3%	471	-9.2%～-10.0%	424～428
運輸（自動車・船舶等）	217	+14.6%	249	-2.4%～-3.8%	240～243
業務その他（オフィスビル等）	164	+43.8%	236	-11.1%～-12.0%	208～210
家庭	127	+41.2%	180	-21.5%～-23.1%	138～141
エネルギー転換	68	+22.2%	83	-20.1%	66

出典: 「21 年度版　図で見る環境白書」、環境省より

図 1-1　エネルギー起源 CO2 排出量の見通し

1979 年に省エネ法（正式名：エネルギーの使用の合理化に関する法律）により工場や事業所の省エネが促進されてきたが、大幅に増えている業務部門での対策を強化するために、省エネ法の改正法案が 2008 年の第 169 回国会に提出され、2009 年 4 月 1 日から施行された。改正省エネ法では、いままでの工場といった単位でのエネルギーの管理の方法から、事業者全体でのエネルギーの管理が求められるようになった。

また、エネルギーマネージメントシステムの国際規格である ISO50001 はすでに委員会原案の段階にまできており、早ければ今年度（2010 年）末には国際標準として制定される状況になってきた。

このような背景の中、今後のエネルギー管理のありかたとして、従来の個別の領域に対するエネルギーマネージメントシステムではなく、さまざまな課題の解決をめざしたエネルギーマネージメントシステムとして、5 年後に想定される事業者エネルギーマネージメントシステム像の提言を行うため、既存システムの事例調査及び検討を行った。また、本年度は、EEMS の機能のうち特に重要と考えられる「エネルギーの情報化（EIS）」を中心とした議論を行った。

1.1.　EEMS のあるべき姿

ここでは、事業者のエネルギーマネージメントシステムとして重要であると考える 3 つの要件について説明する。

（1）事業者の目的に合わせたインフラであること

今後は、事業者のエネルギー関連ニーズに対応した多彩なアプリケーションが出現すると考えられる。例えば、金融取引に関連するもの、製品の特性に関連するもの、行政や社内環境システム、イントラネットやインターネットとの連携などさまざまな企業サービスに対応できるインフラであることが求められる。

（2）事業者としての最適化が可能なこと

個々のエネルギーの合理化は、領域別のエネルギーマネージメントシステムによって実現可能であるが、事業者としてのエネルギーの合理化の視点から複数の領域に渡る最適化が必要になる場合がある。例えば、A 工場の生産、B 営業所の営業活動及び顧客までのロジスティックを考えると、A 工場ではなく、工場だけでは合理的でない D 工場でも、総合的にみると生産をした方が効率的な場合もある。このような問題を見つけ、意思決定者や領域別エネルギーマネージメントシステムに適切なフィードバックを行うことが求められる。

（3）見える化に 4 つの視点をもつこと

EEMS は、従来エネルギー管理者のための目的であったエネルギーマネージメントシステムを事業者全体のためのエネルギーマネージメントシステムへと転換したシステムである。このために、事業者の 4 つの視点に対応できることが重要である。

- 外部ステークホルダ
  株主や製品やサービスを使う顧客、省エネ法の報告をする監督諸官庁など、さまざまな目的が考えられる。
- 経営者
  将来、事業者のエネルギー施策の重要度が増してくる。このために、エネルギーの使用状況を経営指標の一部として表現する必要がある。
- 従業員
  エネルギーの使用の合理化をするためには、設備の改善だけでなく人手の運用による改善も重要な施策である。一般の従業員にわかりやすいエネルギー利用の可視化、継続的に運用していくための仕組みが必要である。
- エネルギー管理者
  より高度なエネルギー使用の最適化を実施するために、さまざまな分析手法の提供が必要である。

1.2. EEMS のアプリケーション

事業者における、エネルギー管理にはエネルギーの使用の合理化に加えて、さまざまな目的やアプリケーションが考えられる。これらアプリケーションには、生産活動に関わるエネルギーの視点だけでなく、CO2 など温暖化ガスに関する管理も主要な目的となってくる。

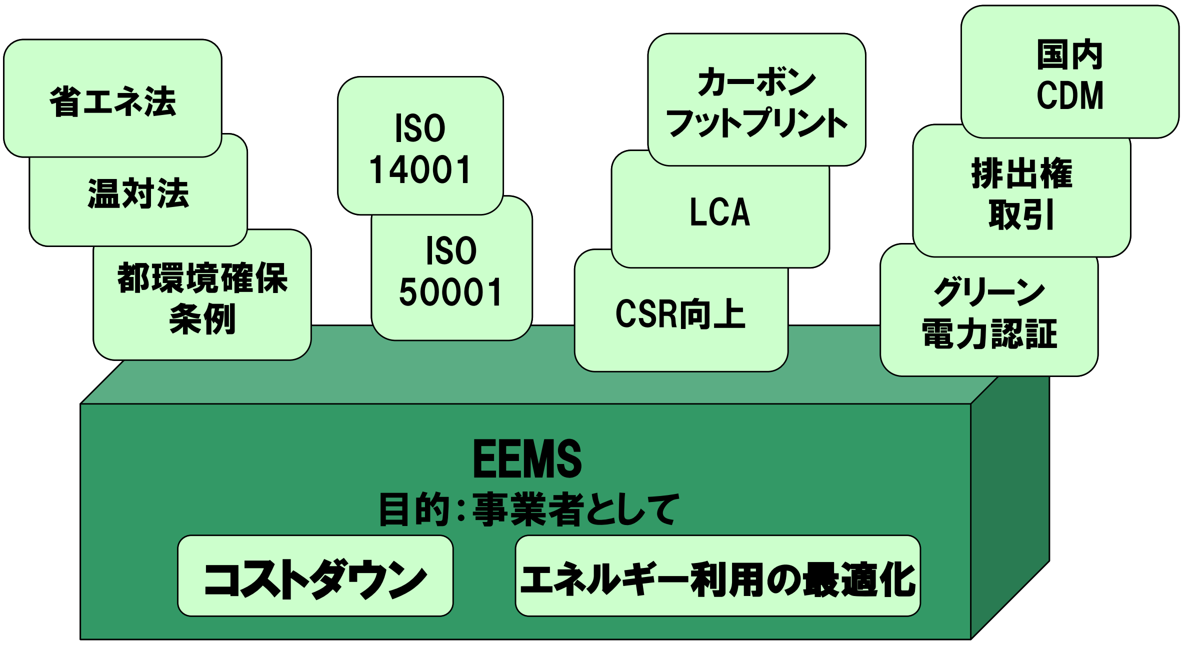


図 1-2　EEMS のアプリケーション例

（1）事業者全体のエネルギー利用の最適化

EEMS の基本とも言えるアプリケーションである。事業活動におけるエネルギー利用の最適化や CO2 削減は、それぞれの工場やロジスティックの改善などさまざまな方法によって個別の課題が改善されてきている。しかしながら、例えば A 工場で生産する場合と、B 工場で生産する場合のライフサイクルアセスメント(LCA)的な観点からの改善など、相互関係を考慮した事業全体の最適化をすることが必要になる。

（2）地球温暖化に関連する法律や条例への対応

省エネ法で規定する、事業者としてのエネルギー使用に関する中長期計画や、エネルギー使用に関する報告、また温対法(正式名：地球温暖化対策の推進に関する法律)の CO2 排出に関する報告業務などがある。また東京都では環境確保条例が施行されている。これらエネルギー管理では、IT 技術を活用した「エネルギー使用状態の把握」や制御のみならず帳票化などの「プレゼンテーション機能」も必要となってくる。

（3）ISO14001、ISO50001

ISO の環境やエネルギーの管理システムでは組織における体制や仕組みを明確化しその実施が求められる。そのための組織運営や PDCA(Plan-Do-Check-Act)サイクルに対するサポート、組織を構成する人に対する「見える化」や、エネルギー使用合理化システムを導入する場合の効果の分析や、資金計算に関するサポートも必要となる。

（4）カーボンフットプリント、ライフサイクルアセスメント

商品やサービスの製造・提供に関する事業活動でどの程度の温室効果ガスが排出されているかを「見える化」することをカーボンフットプリントと呼んでいる。

事業者は、消費者や株主などの要望に対して、CSR(Corporate Social Responsibility, 企業の社会的責任)を果たすためにカーボンフットプリントなどの情報を開示することがある。このためにはライフサイクルアセスメント（LCA）の一環としてさまざまな事業活動の CO2 排出量を算出し商品やサービスに分配することが必要となる。

（5）国内 CDM

京都議定書において、先進国が開発途上国に支援を行い、排出削減できた温室効果ガスの排出量の一定量を先進国の削減分の一部に充当するクリーン開発メカニズム（CDM）が制定された。これを、国内で中小企業などを対象に実施するのが国内 CDM である。この実施にあたっては、CO2 の削減量を予測し、実施後の CO2 削減量を認証することが必要となる。

（6）その他

太陽電池等の再生可能エネルギーを導入した場合のグリーン電力認証や排出権取引など、今後さまざまなアプリケーションが考えられる。

1.3. EEMS と領域別 EMS

EEMS は、一つの事業者が運営している、オフィス、店舗、工場などの領域別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 により一定の活動を行うのに必要なエネルギー量の管理（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 により室内環境や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。最近では、データセンタの活用が欠かせなくなっており、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 DEMS が必要となってきている。

グリーン IT 推進協議会では 2008 年度に、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ー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)を整理した。xEMS とは「IT 技術を活用して家庭、業務用ビルディングなど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ージメントシステム」である。2008 年度の拡張として、EEMS で必要となる領域別 xEMS を再定義した。

- BEMS(Building EMS : ビルディングエネルギーマネージメントシステム)
- DEMS(Data Center EMS : データセンタエネルギーマネージメントシステム)
- OEMS(Office EMS:オフィスエネルギーマネージメントシステム)
- FEMS(Factory EMS : 工場エネルギーマネージメントシステム)
- LEMS(Logistic EMS : 輸送に関わるエネルギーマネージメントシステム)
- REMS(Retail EMS:店舗エネルギーマネージメントシステム)

図 1-3 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、店舗などの xEMS となる。また、EEMS を実現するためには、基幹システムと連携した情報処理も必要になってくる。

EEMS の構成として、EEMS は事業者として xEMS を束ねるエネルギーマネージメントシステムという考え方と、EEMS は事業者のエネルギーマネージメントシステム全体を総称する考え方が存在するが、本報告書では前者の xEMS を束ねるという考え方をとった。これは、各 xEMS の一部はすでに既存のシステムとして構築されているため、事業者視点からみた EEMS はこれら xEMS を束ねるところから開始する必要性があることを鑑みたためである。EEMS の実現についての課題は、4 章にまとめた。

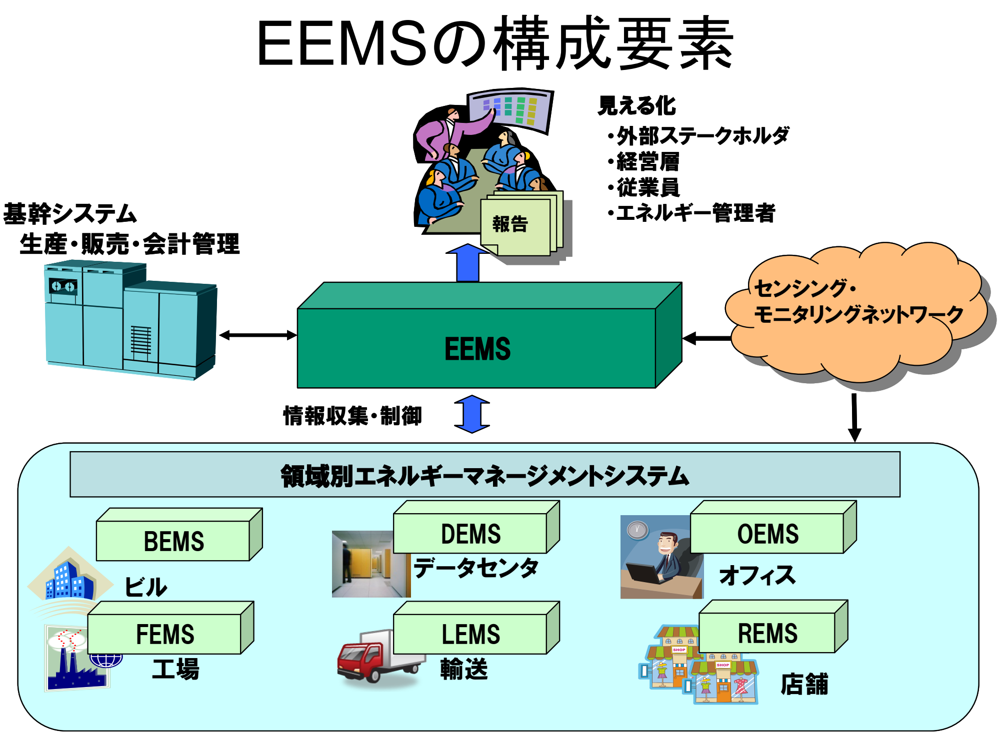


図 1-3 EEMS の構成

EEMS を構成する領域別エネルギーマネージメントシステムについて述べる。

(1) BEMS（ビルのエネルギーマネージメントシステム）

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。独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（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」と定義している。

「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管理システムの普及も進んでいる。

(2) DEMS（データセンタのエネルギーマネージメントシステム）

DEMS はデータセンタに関するエネルギーマネージメントシステムである。データセンタ内の空調設備や電源設備に関する対策のみならず、仮想化やクラウドといった情報通信技術を活用したエネルギー管理などがある。

(3) OEMS（オフィスのエネルギーマネージメントシステム）

BEMS がビルを対象とし、管理対象が空調・照明などの設備であるのに対して、OEMS は一般オフィスに関するエネルギーマネージメントシステムである。オフィス内の PC や

プリンタ、FAX などの設備に関するエネルギー管理と従業員に対する「見える化」や、カーボンフットプリントのための外勤など従業員の活動に関する CO2 量の配賦などの管理を実施する。

（4）FEMS（工場のエネルギーマネージメントシステム）

FEMS は、従来から工場で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 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。

（5）LEMS（輸送のエネルギーマネージメントシステム）

昨年度は、TEMS（交通のエネルギーマネージメントシステム）と定義したが、事業者の物流や倉庫などの全般のエネルギー管理という側面からみて、LEMS の名称を採用した。LEMS は、事業者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 xEMS 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。

（6）REMS（店舗のエネルギーマネージメントシステム）

店舗など、広域に分散した施設のエネルギー管理を実施する。各店舗のエネルギー消費状態の把握・制御、店舗間の競争を促す見える化システムなどがある。省エネ法対応などの目的が多く EEMS に近い実現形態をとっているシステムもある。

EEMS との連携を図るシステムとして、それぞれの達成目的に応じて既存の基幹システムや、環境、エネルギー使用状態、機器や人の状況をセンシングやモニタリングするシステム考えられる。

EEMS は事業全体のエネルギー管理として、工場やビルに個別に導入されている FEMS、BEMS、DEMS 等の xEMS をネットワーク化し、事業活動全体として、エネルギーの使用状況を監視する仕組みを提供するシステムとして紹介した。対象となるエネルギーは電力だけではなく、ガス・水道・熱などのエネルギーや、再生可能エネルギーや DC 給電などいろいろなシステムの導入が想定される。情報通信のセキュリティなどを含めた統合的なアーキテクチャの中で実現が望まれる。

そのためには、xEMS を始めとしたシステム間で、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とセキュリティの標準が求められる。

2. EEMS フレームワーク

本 WG では、EEMS の全体像を俯瞰する「EEMS フレームワーク」を策定し、EEMS の機能分析を行った。EEMS フレームワークは、EEMS が具備すべき機能を洗い出し、①エネルギー情報管理、②エネルギー制御及び③エネルギー共通基盤の 3 つのカテゴリに分類し整理したものである。

EEMS フレームワークは、エネルギー管理に取り組む事業者にとっては、構築するエネルギーマネージメントシステムの範囲を明確化し、導入検討中のエネルギーマネージメントシステムの機能比較に活用できる。また、エネルギーマネージメントシステムの開発及び提供者においては、今後開発強化すべき技術・機能の明確化に活用できる。

2.1. EEMS フレームワークの全体構成

図 2-1 に、EEMS フレームワークの全体構成を示す。また、表 2-1 に、EEMS フレームワークを構成する機能一覧を示す。

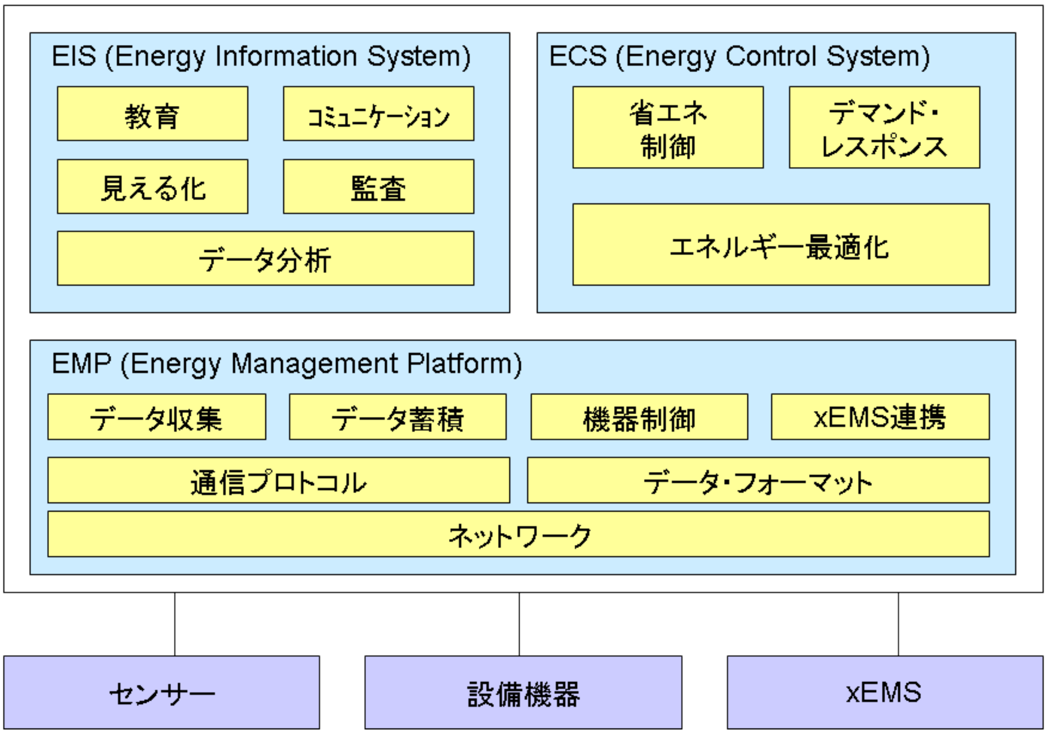


図 2-1　EEMS フレームワーク全体構成

EEMS フレームワークは、下記の 3 つのサブシステムから構成される。

- エネルギー情報システム（EIS；Energy Information System）
  各種センサー／設備機器及び他の xEMS から収集したデータを分析し、その結果の可視化と提供（見える化）を行う。また、ISO50001 に対応した教育、コミュニケーション、監査などの円滑に行うための機能を含む。
- エネルギー制御システム（ECS；Energy Control System）
  EIS のデータ分析結果や電力会社からの要請等に従って、エネルギー使用を制御する。
- エネルギー管理共通基盤（EMP；Energy Management Platform）
  データ収集／蓄積機能やネットワークなど、EIS と ECS を実現するための共通基盤を提供する。

表 2-1　EEMS フレームワーク機能一覧

サブシステム	機能	検討すべき項目
エネルギー 情報システム （EIS）	見える化	外部ステークホルダへの情報提供
		経営者視点
		従業員視点
		エネルギー管理者視点
	データ分析	エネルギー効率分析（指標表示、原単位化、CO2 総排出量監視、ベンチマーク、統計・予測・シミュレーション、特異値分析、リコメンデーション、統計、新エネ関連）
		コスト分析（エネルギーコスト計算、導入コスト計算、エネルギー費用の配賦）
	教育	エネルギー管理方針、責任、役割
	コミュニケーション	従業員の参加意識の向上、 外部ステークホルダとのコミュニケーション
	監査	監査データの維持管理
エネルギー 制御システム （ECS）	省エネ制御	事業者としての全体最適化と領域毎の省エネ目標の達成
	デマンド・レスポンス	電力会社等とのネゴシエーション
	エネルギー最適化	省エネ制御とデマンド・レスポンスの共存
エネルギー管理 共通基盤 （EMP）	データ収集	計測間隔、収集間隔
	データ蓄積	大容量、高速検索・集計
	機器制御	他制御システムとの競合
	xEMS 連携	非同期データ収集、ポリシーレベル制御
	通信プロトコル	疎結合、BACnet/WS、oBIX
	データ・ フォーマット	XML 形式、タイムスタンプ、精度、品質
	ネットワーク	有線ネットワーク（Ethernet、RS-485）、 無線ネットワーク

2.2. エネルギー情報システム（EIS）

エネルギー情報システム(EIS;Energy Information System）は、EMP がセンサー・設備機器・xEMS から収集蓄積したデータを分析し、その分析結果を、外部ステークホルダ、経営者、従業員及びエネルギー管理者に対して、最適な形で情報提供する機能の枠組みである。EIS の機能は、大きく「見える化」と「データ分析」に分類される。

2.2.1. 見える化

これまでのエネルギー管理では、エネルギー管理者を対象とした見える化機能が提供されてきた。しかし、事業者全体としてエネルギー管理を推進するためには、エネルギー管理者だけではなく、経営者や従業員を対象とした見える化機能を提供する必要がある。また、また、改正省エネ法対応での監督官公庁への報告や株主や顧客への情報提供など、外部ステークホルダ向けの見える化機能も重要になってくる。

このように、今後は、エネルギー管理における見える化は、①外部ステークホルダ、②経営者、③従業員、④エネルギー管理者という、4 つの異なる視点での見える化機能を提供する必要がある。そのために表 2-2 に示すように、それぞれの視点の要求条件に合わせた見える化機能を段階的に提供することが重要である。

表 2-2　見える化の視点

見える化の視点	要求事項	補足説明
外部ステークホルダ (監督官公庁、株主、顧客等)	• 企業の環境貢献度のポジショニングが明確になること • 株主や顧客へのプレゼンテーションに活用できること • 監督官公庁への報告に活用できること	顧客が製品やサービスを購入･調達する場合に、その環境性能を選択基準に加えることができるようにする。株主に対しては、四半期単位での業績報告において、事業者の省エネ努力を評価や同業他社や業界平均との比較ができように、評価指標の整備が必要である。
経営者	• 製品、事業部別などで管理ができること • 業界内での水準が理解できること • 経営判断に活用できること	事業活動から発生する CO2 排出量を経営リスクとして認識し、適切な対策の意思決定が行えるようにする必要がある。
従業員	• エネルギーに関する素人でも量的に把握できること • 省エネ意識・自己啓発的な活動を高められること	日常の業務活動においてどのようにエネルギーが消費されているかを確認し、個々人が何に注意すればより省エネとなるかの情報が必要。

見える化の視点	要求事項	補足説明
	• 部門目標と現状に関する情報が共有化できること	
エネルギー管理者	• 現在の問題箇所を特定できること • 問題箇所の優先順位がつけられること • PDCA（Plan-Do-Check-Act）サイクルがまわせること • 目標と現在の達成度がわかるような見せ方ができること	日常の業務でのエネルギー管理の責任者として各事業所の CO2 排出推移を確認し、必要なアドバイスを行う。各事業所の実績情報がタイムリーに把握できることが必要である。

2.2.2. データ分析

経営者、従業員及びエネルギー管理者に、最適なエネルギー利用に関する次のアクションを起こさせるためには、収集したデータの見せ方が重要である。また、外部ステークホルダに対しては、CO2 総排出量などの形で情報提供を行う必要がある。これまでは、会計年度単位での事業活動に利活用したエネルギー消費の結果情報が主であったが、今後は、エネルギー管理のマネージメントサイクルがより短く詳細にする必要があり、PDCA をサポートする必要がある。例えば、電力に関して月次での事業所単位での消費量報告に加え、製品やサービスの活動単位での把握が実測値で必要となる。また、履歴上の比較により各種指標の改善を確認したり、省エネ施策実行によりどのような影響が発生したかを確認したりできることが必要となる。

データの見せ方としては、過去や他拠点などとの比較や、異常なエネルギー使用の検出を容易にするために、表 2-3 に示すような分析手法が提案されている [1]。なお、ISO50001では、エネルギー効率のための評価指標として、エネルギー消費量、エネルギーの効率性、エネルギー強度（効率の逆数）、エネルギー原単位などの採用が検討されてきた。

データ分析を正確に行うためには、エネルギーの消費分布を正確に把握するためにはセンサー等の計量器の適切な配置や省エネに係わる固定費と変動費の把握が課題となる。

[1] 分析手法の分類は、「J. Granderson, Preliminary Findings from an Analysis of Building Energy Information System Technologies 2009, Lawrence Berkeley National Laboratory. Paper LBNL-2224E」を参考にした

表 2-3　エネルギーデータ分析手法

<table>
<tr><th>分類</th><th colspan="2">概要</th></tr>
<tr><td rowspan="10">エネルギー効率分析</td><td colspan="2">エネルギー効率を工程別、製品サービス別、事業所別に把握し計画予算や過去の実績との対比を可能とする。消費分布を正確に把握するためにはセンサー等の計量器の適切な配置が必要である。把握する情報の範囲や精度を確認する必要がある。同列に比較できるよう情報の加工が必要な場合がある。</td></tr>
<tr><th>手法例</th><th>説明</th></tr>
<tr><td>指標表示</td><td>どのような項目を表示するか、電力量や熱量、原油換算、CO2 量あるいは、その企業でわかりやすい指標（例：照明何本分に対応など）で表示を行う。</td></tr>
<tr><td>原単位化</td><td>単位質量あたりのエネルギー消費量などのように、製品の単位生産量に対して使用するエネルギー量で表す手法。条件が異なる管理対象エリアのエネルギー使用量を比較することができる。</td></tr>
<tr><td>CO2 総排出量監視</td><td>CO2 排出量は、石油、ガス、電気等のエネルギーの種類によって異なるため、使用したエネルギー量でなく排出する CO2 排出量に換算して示す手法。温対法などへの対応のための分析や、LCA・カーボンフットプリントなどへの活用のためのベースとなる。</td></tr>
<tr><td>ベンチマーク</td><td>対応が必要な箇所を特定する目的や、同様な箇所を比較するための分析手法。他の優れた事例を分析することによって、現行の問題点を発見したり、ベンチマーク対象と比較しながら効率改善をしたりすることができる。</td></tr>
<tr><td>統計・予測・
シミュレーション</td><td>エネルギーに対する施策を実施した場合に、どのような結果が得られるか、また、現状の状態を放置した場合にどのような課題がでるのかを統計などの手法を用いて分析する。</td></tr>
<tr><td>特異値分析</td><td>エネルギーの使用量を測定する中で、異常値が発生する場合がある。このようなデータから機器の故障を検知したり、今後の耐用について診断したりする手法。</td></tr>
<tr><td>リコメンデーション</td><td>管理対象のエネルギー消費動向等を分析し、有効と思われる省エネ対策案を管理対象ごとに提示する手法。エネルギーの使用合理化に関するナレッジベースをもとに、従業員や経営者に合理化に対する知見を与える。従業員の省エネ活動を分析し、無駄な電力を削減する対策案を提示する例がある。</td></tr>
<tr><td>新エネルギー関連
（再生可能エネルギー）</td><td>太陽電池や風力発電などの再生可能エネルギーで必要とされる分析。発電量の予測や発電効率のモニタリングなどがある。</td></tr>
</table>

分類	概要	
コスト分析	エネルギー源と機器に関するコストを工程別、製品サービス別　事業所別に把握し固定費と変動費として認識する。コスト配布には消費分布に応じた原価計算との連携が必要である。導入コスト計算には対象を明確にして更新の見積もりを求め削減効果を算定する必要がある。	
	手法	**説明**
	エネルギーコスト計算	使用しているエネルギーや余剰電力のコストを計算する機能。余剰電力を金額換算して表す例がある。
	導入コスト計算	省エネ機器の新規導入やリプレースをした場合の導入コストとその効果について計算し導入が妥当かどうかを検証する。
	エネルギー費用の配賦	LCA などの目的製品別のエネルギーコスト計算や組織別ベンチマークのためにエネルギー費用を特定する。 上位で計測したエネルギー費用を基に、面積比や人数比などによってエネルギー費用を下位の部門に割り当てる手法。オフィス全体で測定した電力量を基に、そのオフィスにいる部門の人数に応じて電力量を各部門に配賦する例がある。

2.2.3. 教育

ISO50001 では、エネルギー管理を実施する上での教育について、「組織は重要なエネルギー使用に関連する従業員や、組織のために働く全ての関係者が、適切な教育、訓練、スキルまたは経験に基づいた力量を有することを確実にしなければならない」と定めることを検討している。このためには、EIS では、下記の項目について、実現する手段を提供することが求められる。

① エネルギー管理方針や手順などの閲覧
② 責任及び役割の提示
③ エネルギー効率改善によるメリット／デメリットの提示

2.2.4. コミュニケーション

事業者は、その規模に応じ、エネルギー効率に関しての内部のコミュニケーションの手順を確立・実施・維持する必要がある。また、省エネのプロセスの認識及び、従業員の参加を確実にするための機能、及び、外部ステークホルダとのコミュニケーションを円滑に行うための機能も必要となる。

2.2.5. 監査

事業者によるエネルギー管理を確実にするために、予め計画された時間間隔で、内部監査を実行する必要があり、監査に必要なデータを提供維持する仕組みが必要である。

2.3. エネルギー制御システム（ECS）

エネルギー制御システム（ECS；Energy Control System）は、EIS におけるデータ分析の結果や外部ステークホルダによる要請に基づき、エネルギー使用制御を行う機能の枠組みである。

2.3.1. 省エネ制御

EIS でのデータ分析結果や、エネルギー管理者・従業員の指示に従い、各設備機器の稼動を制御する省エネ制御である。また、機器のスケジュール運転や、人の動態情報に基づく省エネ制御機能も、このカテゴリに含まれる。

2.3.2. デマンド・レスポンス

電力会社からの要請に基づき、一時的にエネルギー利用を抑制する機能である。スマートグリッドでは、デマンド・レスポンスの重要性が指摘されているが、エネルギーマネージメントシステムとの連携については、今後の課題である。

2.3.3. エネルギー最適化

省エネ制御とデマンド･レスポンスで必要となる共通のエネルギー制御機能を提供する。デマンド・レスポンスが本格導入されるようになると、省エネの視点とは異なるエネルギー制御が必要となると考えられるが、デマンド・レスポンスによる制御と省エネ制御が矛盾しないように最適化制御する仕組みが必要である。また、事業者としてのエネルギーの合理化の視点から、複数の xEMS に渡っての全体最適化制御も必要になる。

2.4. エネルギー管理共通基盤（EMP）

エネルギー管理共通基盤（EMP；Energy Management Platform）は、EIS の分析・見える化と ECS のエネルギー制御のための共通基盤を提供する。EMP には、各種センサー／設備機器、他 xEMS を接続するための「ネットワーク」、そのネットワーク上でデータ交換・制御指示を行うための「通信プロトコル」と「データ・フォーマット」が含まれる。また、EMP の共通機能として、「データ収集機能」、「データ蓄積機能」、「機器制御機能」、「xEMS 集約機能」がある。

2.4.1. ネットワーク

これまでは、各種センサー／設備機器のネットワークとして、RS232C や RS485 などのシリアル通信ケーブルが使われる場合が多かったが、IP ネットワーク化の拡大により、物理ネットワークとして、Ethernet が採用されるケースが増えてきた。また、配線コストを削減するために、無線ネットワークの活用も進んできている。

複数 xEMS を集約する場合は、連携する xEMS が分散することから、企業内ネットワークやインターネットにより、それぞれの xEMS がネットワーク化される。連携ネットワークとしてインターネットを採用する場合は、情報漏洩、不正操作を防止するためのデータ秘匿や認証など万全なセキュリティ対策が必要となる。

2.4.2. 通信プロトコル

各種センサー／設備機器をネットワーク化するための通信プロトコルとしては、BACnet、LonWorks、OPC などが使われてきており、EEMS でも、この通信プロトコルを採用する場合が多い。しかし、これらの通信プロトコルは、一般的には、ビル管理システムや生産管理システム向けにリアルタイムにデータ計測と設備機器を制御するために開発されたプロトコルであり、エネルギー管理のデータ収集やエネルギー利用最適化制御に不向きな場合もある。このため、SOA(サービス指向アーキテクチャ)の考え方を取り入れて、各種センサー／設備機器と疎結合に接続するプロトコルとして、BACnet/WS(ASHRAE)や oBIX(OASIS)などの通信プロトコルが提案されている。

複数 xEMS を集約する場合は、それぞれのシステム間の疎結合性を高めるために、非同期でデータ収集したりエネルギー制御情報を配布したりする通信プロトコルの標準化が求められる。

2.4.3. データ・フォーマット

EEMS で収集するデータは多岐多様にわたるため、そのデータ・フォーマットの標準化が必要である。また、EEMS の規模に応じて、サブセット化や拡張が容易である XML 形式のデータ・フォーマットを採用することが望まれる。また、それらのデータには、EIS におけるデータ分析・見える化のために、タイムスタンプ・精度・品質に係わる属性の付加が必要である。

2.4.4. データ収集機能

各種センサー／設備機器から環境データ（温度、湿度など）、設備稼働データ、故障・異常データなどを収集する場合、それぞれのデータの計測間隔（サンプリング間隔）と収集間隔（データベースへの投入間隔）を区別して考える必要がある。特に、データ計測間隔については、データの特性に合わせて設定できるようにするほうが効率がよい。例えば、変化が緩和な環境データについては、計測間隔を広く設定できるが、設備稼働データは、計測間隔を狭くしないと、データ分析に活用できなくなる場合がある。また、設備機器の

ON/OFF などについては、そのイベント通知を記録することでデータ収集する場合がある。

複数 xEMS を集約する場合は、EIS における分析・見える化の機能によって、それぞれの xEMS が収集したデータをそのままアップロードするか、それぞれの xEMS でサマライズしたデータをアップロードするかを選択する必要がある。

2.4.5. データ蓄積

データ蓄積は、データ収集機能により収集したデータを、長期間にわたって蓄積し、高速検索／集計を行うための機能である。環境データや電力消費データなどのセンサーデータは、短い間隔で収集され、時間経過とともにデータの値が連続的に変化するなどの特性があり、一般的なデータベースでは効率が低下する。また、データの到着遅れや欠損にも対処できるデータ管理機能が必要となる。

2.4.6. 機器制御機能

ECS におけるエネルギー最適化及びデマンド・レスポンスの処理に従って、対象機器を制御する。各領域のエネルギーマネージメントシステムは、ビル管理システムや生産管理システムと併設される場合が多く、それらのシステムのデータ計測や設備機器制御との競合に注意を要する。

2.4.7. xEMS 連携機能

xEMS 連携機能は、BEMS や FEMS などの領域別エネルギーマネージメントシステムからデータを収集する。また、事業者としての全体最適化の観点から、領域別エネルギーマネージメントシステムに対して、エネルギー削減目標や CO2 排出キャップ(CAP)などのエネルギー管理ポリシーを配信する。

2.5. EEMS フレームワークの構成例

EEMS フレームワークは、EEMS の機能を網羅したものであるが、全ての機能を実装しなければならない訳ではなく、それぞれの事業者におけるエネルギー管理の取組みに従って、その機能を取捨選択する必要がある。

例えば、システムの規模によって、各種センサーや設備機器が直接接続される「スタンドアローン型」（広義 EEMS）と、広域分散された xEMS を接続する「複数 xEMS 集約型」の２つのタイプがあり、それぞれで採用される機能、共通技術基盤が異なる。

図 2-2 に、スタンドアローン型 EEMS フレームワークの構成を示す。スタンドアローン型 EEMS は、各種センサーや設備機器が直接接続され、その拠点でのエネルギー分析・見える化及び制御を行う。BEMS や FEMS は、このスタンドアローン型 EEMS に分類することもできる。

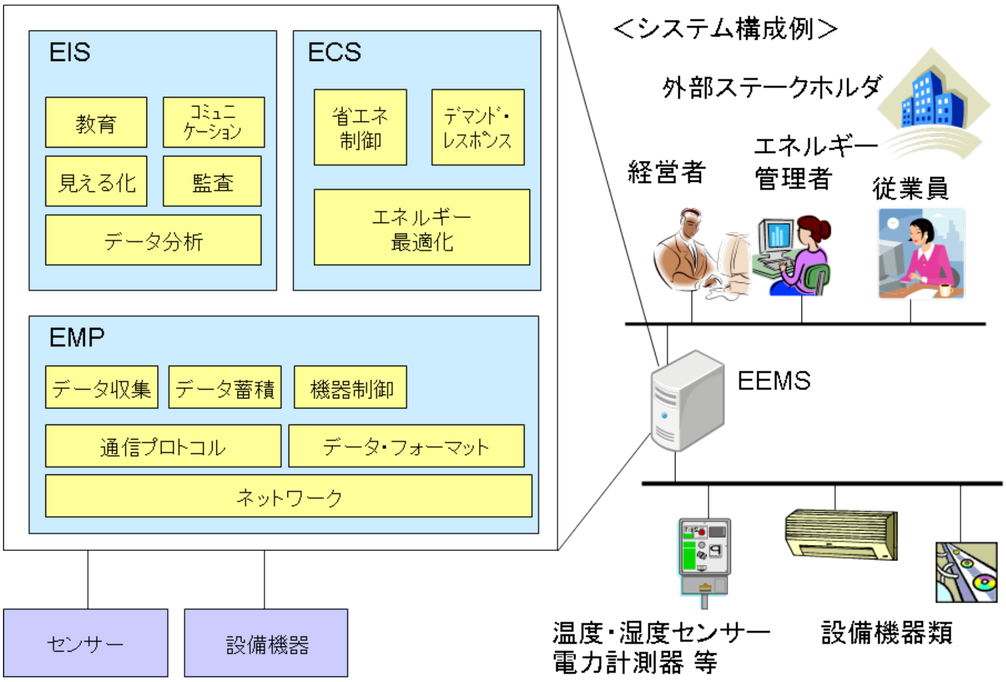


図 2-2　スタンドアローン型 EEMS フレームワーク

図 2-3 に、複数 xEMS 集約型 EEMS フレームワークの構成を示す。複数 xEMS 集約型 EEMS は、BEMS や FEMS などの領域別エネルギーマネージメントシステムと広域ネットワークによって接続され、事業者全体としてのエネルギー管理を集約する役割を担う。

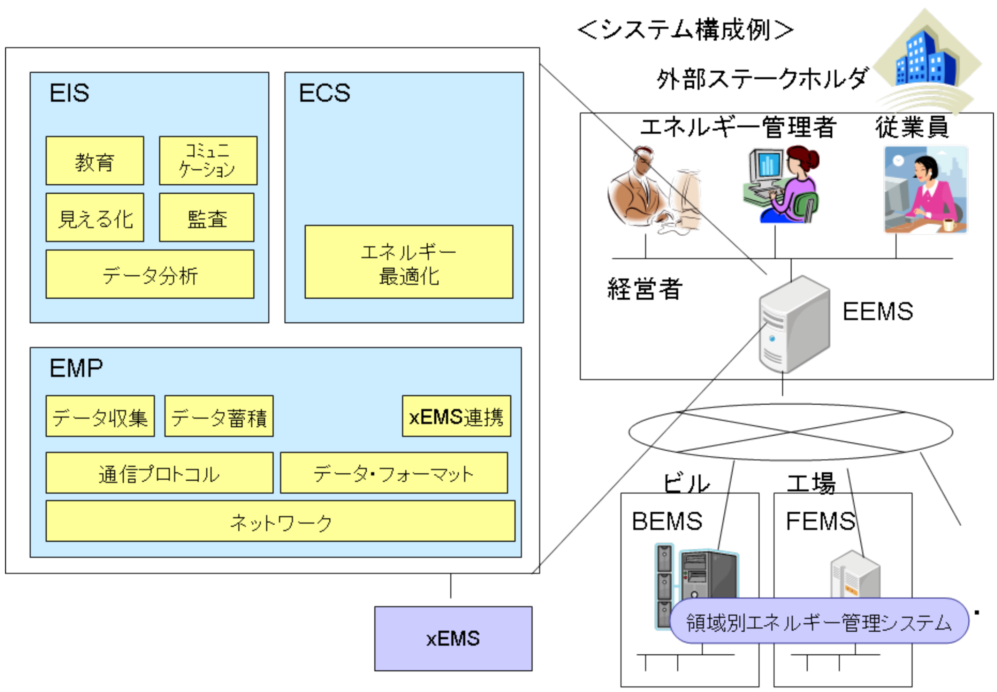


図 2-3　複数 xEMS 集約型 EEMS フレームワーク

3. EEMS の事例（EEMS の特長をもつ現状の事例）

EEMS の将来像（あるべき姿）を見るために EEMS の特長をもつ現状の事例調査を実施し、２章で説明した EEMS フレームワークとの関係を整理した。表 3-1 に各事業者、タイトル及び適用対象をそれぞれ示す。

表 3-1　EEMS の特長をもつ各事業者の事例

項	事業者名	タイトル	適用対象
3.2.1	沖電気工業株式会社（１）	「Web センシング」による環境モニタリングシステム	各所（既に、多数業種の顧客に対してサービスを提供済）
3.2.2	三菱電機インフォメーションテクノロジー株式会社	環境経営推進ソリューション MELGREEN	オフィスビル、店舗、営業所、工場、データセンタなど
3.3.1	富士電機システムズ株式会社	エネルギーマネジメントシステム	工場、ビル、店舗のエネルギーマネジメント
3.3.2	日本ユニシス株式会社	製品のカーボンフットプリント計算と材料廃棄原価計算	受注印刷物業務　調達から納品まで
3.3.3	株式会社ローソン	コンビニエンスストアにおける CO_2 削減に向けて	店舗
3.4.1	独立行政法産業技術総合研究所	産業技術総合研究所におけるエネルギー使用量の公表による省エネ対策	つくばセンター（11 事業所）及び地域センター(全国 8 箇所)
3.4.2	沖電気工業株式会社（２）	オフィスの IT 機器省エネシステム CoolClover®	各所（沖電気工業株式会社及び関連会社で利用中）
3.4.3	株式会社山武	CO_2 マネジメントシステム	民間企業、地方自治体
3.4.4	ワタミ株式会社	飲食店舗における電力使用量の『見える化』による省エネ対策（ムダ削減）	店舗

3.1. 事例の概要

ここでは、表 3-1 の EEMS の特長をもつ各事業者の事例の概要として、その EEMS の特長とあるべき姿（1 章を参照）に対する取組み（及び傾向）を示す（表 3-2）。なお 、あるべき姿に対する取組み（及び傾向）とは、事例の中から 1 章にて示した以下の 3 つの要件を表し、その中で最も特長的な内容について整理した。

（1）事業者の目的に合わせたインフラ

（2）事業者としての最適化

（3）エネルギーの情報化の視点（4 つの視点の見える化）

表 3-2 EEMS の特長をもつ各事業者の事例の概要

事業者名	EEMS の特長	あるべき姿（1 章を参照）に対する取組み（及び傾向）
沖電気工業株式会社（１）	オフィスなどの拠点において、電力量や温湿度、その他のセンサーによる環境情報データを収集し、その結果をインターネット経緯でデータセンタに集約する。	(1)事業者の目的に合わせたインフラ 各拠点の情報を収集することができるため、使用方法によっては社内の環境システムや財務等の経営系のシステムと連携できる。また、省エネ法に関連した表示機能もある。
三菱電機インフォメーションテクノロジー株式会社	拠点に散在する環境データを収集・分析し、環境・省エネ対策の意思決定の迅速化を支援する。また、様々な環境データや、環境情報システム以外のデータ（財務データなど）も一元管理することができる。	(1)事業者の目的に合わせたインフラ 環境情報システム以外の財務データなどと合わせて管理することができるため、事業者の目的に合わせたインフラとしての先進事例のひとつである。
富士電機システムズ株式会社	3 段階に分けて、省エネ活動の PDCA サイクルを実行するしくみを構築し、省エネ活動を図る。 1:エネルギー使用状況を把握する「見える化」の推進。 2:エネルギー効率、運用分析を行う「分かる化」の推進。 3:エネルギー最適運用の「最適化」の推進。	(2)事業者としての最適化 PDCA のサイクルを実行するために、測定したデータの分析とその後の最適化の推進を実現している。

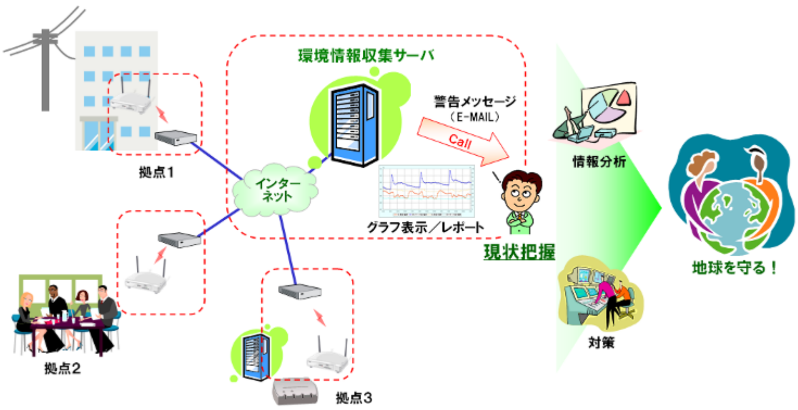
事業者名	EEMSの特長	あるべき姿（1章を参照）に 対する取組み（及び傾向）
日本ユニシス株式会社	製品のカーボンフットプリント計算と材料廃棄原価計算を行うことにより、製造工程における原材料やエネルギーのムダを把握できる。	(2)事業者としての最適化 左記のようなLCA的な見える化及び評価を行うことにより、製造工程のどの段階でムダが発生しているのか把握することができ、製造工程全体を見据えた最適化を実施する対策を支援する。
株式会社ローソン	モニタリングシステムだけでなく、自動解析・自動制御システムも活用したEMSを展開する。（空調機・換気機器・専門機器・各種照明の制御）	(2)事業者としての最適化 各店舗の立地環境、顧客状況を踏まえた、店舗毎に最適化された省エネメニューを組み合わせ、CO2削減を実現する。
独立行政法人産業技術総合研究所	事業所ごとのエネルギー使用量をイントラで公表し、省エネ対策、省エネ意識の改革を実施している。	(3)エネルギー情報化の視点 イントラ上で公開することによりエネルギーの使用量を広く周知させる。また、建物ごとの電力量を取得し、個別の省エネ対策に役立てる（施設毎）。さらに、各研究ユニットに電力料を請求することに利用者への省エネ意識を高めている。
沖電気工業株式会社（２）	オフィス内のPCなどIT機器の電源設定を、ネットワーク経由で統合的に制御し省エネルギー化を図るIT機器エネルギーマネージメントシステム。	(3)エネルギー情報化の視点 本システムにより、利用者の意識改善によるIT機器の省電力化が図れる。また、管理者視点として、電力量だけでなく予想やアクティビティの見える化を提供している。
株式会社山武	活動種別に入力されたデータをグラフ化、CO2換算などを行い、使用量や原単位でのランキング等の機能を使って省エネ活動を支援する。	(3)エネルギー情報化の視点 改正省エネ法や温対法などの対策（外部ステークホルダ向け）としてCO2排出量管理の支援を行う。また、ランキング等により省エネ余地のある事業所特定の支援を行う（経営者、エネルギー管理者向け）。
ワタミ株式会社	店舗にて計測したデータをグラフ化・金額換算し分析レポートとしてまとめることによって、各対象者に対して効率的な見える化を実現している。	(3)エネルギー情報化の視点 全店舗の結果を経営者に、各店舗の詳細を店長や従業員へ示すことによって、それぞれに対する省エネ改善を促す。また、その環境貢献を外部へ発信する。

3.2. 事業者の目的に合わせたインフラの事例

以下に事業者の目的に合わせたインフラの事例の詳細を示す。

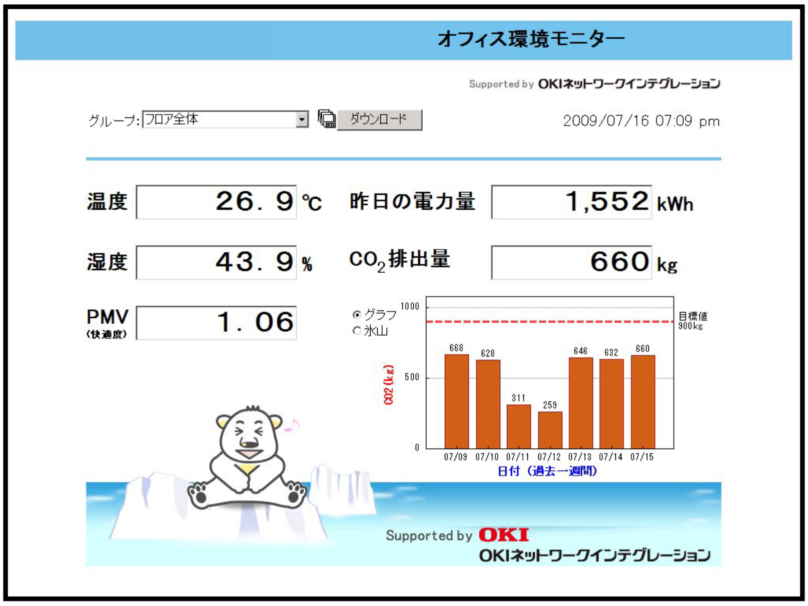
3.2.1. 環境モニタリング

（1）概要

事業者名	沖電気工業株式会社
タイトル	「Web センシング」による環境モニタリングシステム
概要	オフィスなどの拠点において、電力量や温湿度、その他のセンサーによる環境情報データを収集し、その結果をインターネット経緯でデータセンタに集約する ASP サービス。 サービス利用者には、Web ブラウザを使った操作が可能。収集したデータの閲覧・グラフ表示・CSV ダウンロードなど、多彩な分析機能が提供される。 
適用対象	各所（既に、多数業種の顧客に対してサービスを提供済）
ユーザー （見える化の対象）	・ 外部（省エネ法に関連した表示機能） ・ 経営層（電力代節約、従業員の省エネに関するアクティビティのモニタリング、エネルギーの無駄の把握） ・ エネルギー管理者（エネルギー使用量の把握、予測、改善） ・ 従業員（エネルギー使用量を「見える化」することによる、意識・行動の改革）
開発・運用年	2008 年開発、2009 年運用開始
省エネ効果	社内実証実験での実績：16%削減
省エネ効果の前提	全て人的な努力（無駄の削減）による改善を前提。 （機器を省エネ製品にリプレースするなど、一切の設備投資を伴っていない。）
参考文献	http://www.okinw.co.jp/data/websensing.html

（2）詳細

取組体制（計測・報告方法やマネジメント方法など）	計測：無線センサネットワークにより、電力量・温度・湿度などの値を計測する。 報告：Web ベースになっており誰でも閲覧することが可能になっている。 マネジメント方法：改正省エネ法に従い、各拠点で個別に計測したデータを全社データとして一元管理可能。
見える化の詳細	エネルギー使用量を判り易くするために、多彩な画面インターフェース（GUI）を提供している。 【管理者向け画面】 電力使用量が、さまざまな角度から分析できる多彩な GUI を提供している。 

<table>
<tr><td></td><td>【従業員向け画面】
誰でも直感的に判るような、ユーザフレンドリーな「見える化」画面を提供している。

</td></tr>
<tr><td>省エネを実現するためのポイント</td><td>・管理者は、電力使用のどこに無駄があるかを容易に分析できる。
・従業員は、「見える化」することにより、自然と省エネに対する意思が向上し、無駄が抑制される。</td></tr>
<tr><td>対策後の効果</td><td>約 16%の省電力化（社内実証実験での実績）</td></tr>
</table>

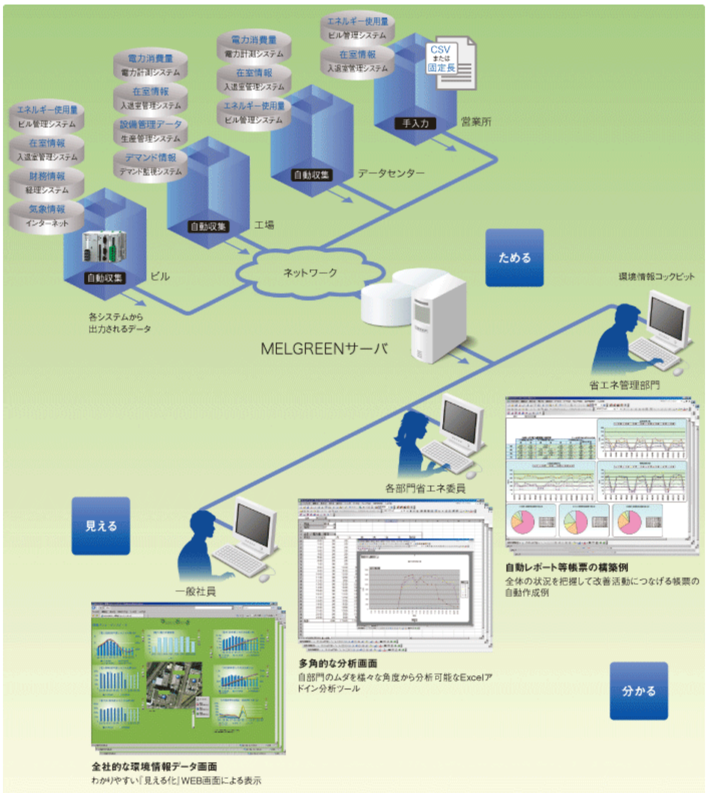
（3）EEMS 分類フレームワーク

サブシステム／機能／項目				詳細／検討すべき項目
EIS	見える化	外部ステークホルダ		【詳細】 ・EXCEL を活用した帳票の作成 【検討すべき項目】 ・省エネ法など監督省庁に提出する文書
		経営者		【詳細】 ・エネルギー使用量の推移（削減効果）を時間軸でグラフ表示する ・拠点毎の省エネの取組みを、拠点比較やランキングにより表示する 【検討すべき項目】 ・経営者に必要なデータの見せ方
		従業員		【検討すべき項目】 一般ユーザーを飽きさせない「見える化」手法の工夫
		エネルギー管理者		【詳細】 ・現状の把握 ・情報を共有し改善できる環境の提供
	データ分析	エネルギー効率分析	指標表示	エネルギー消費原単位
			原単位化	原単位の計算方法をユーザー毎にカスタマイズ可能
			CO2 総排出量監視	エネルギー使用量を、CO2 排出量に変換してグラフ表示可能
			ベンチマーク	拠点間におけるエネルギー使用量の比較が可能
			統計・予測・ シミュレーション	・過去と現在のエネルギー使用量推移を表示可能 ・統計分析用のデータ（CSV）
			特異値分析	故障時のアラート発呼機能。
			リコメンデーション	－
			新エネルギー関連 (再生可能エネルギー)	－
		コスト分析	エネルギーコスト計算	エネルギー使用量の費用を算出
			導入コスト計算	導入コストを自動計算するツールを活用
			エネルギー費用の配賦	－
		その他	快適性・生産性	PMV 指標を使った見える化表示が可能
	教育			Web 端末のオペレーション訓練を実施可能
	コミュニケーション			拠点間の比較・競争により実現
	監査			
ECS	省エネ制御			一定期間毎の電力使用量を計測し、閾値で監視する
	デマンド・レスポンス			デマンド数値が閾値を超えた場合にアラート発生
	エネルギー最適化			－
EMP	データ収集		対象エネルギー	・電気・ガス・ガソリン・灯油など
			データ収集方法	・電気・ガスは、計測器により自動収集 ・ガソリン・灯油などは使用量を手入力

サブシステム／機能／項目		詳細／検討すべき項目
	データ蓄積	電気、ガスのデータ収集間隔：10分
	機器制御	－
	xEMS連携	SMTPなど
	通信プロトコル	HTTPS（セキュリティ）
	データ・フォーマット	－
	ネットワーク	拠点側：センサーネットワーク 拠点とデータセンタ間：インターネット

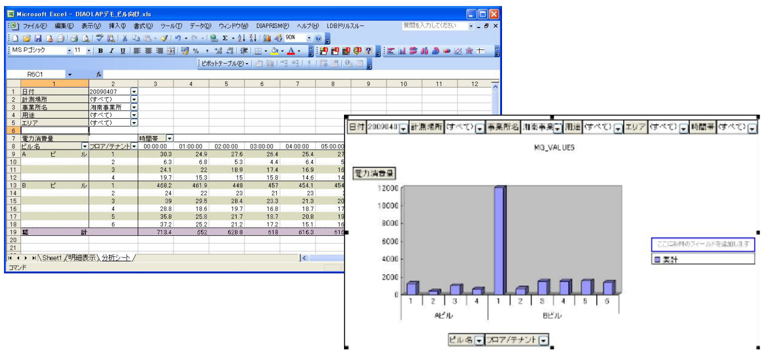
3.2.2. 環境経営推進

（1）概要

事業者名	三菱電機インフォメーションテクノロジー株式会社
タイトル	環境経営推進ソリューション MELGREEN
概要	拠点に散在する環境データを収集・分析し、環境・省エネ対策の意思決定の迅速化を支援 ・様々な環境データや、環境情報システム以外のデータ（財務データなど）も一元管理 ・大量の環境データの分析を各ユーザーの視点で可視化し、全社規模の PDCA 推進を支援 ・環境負荷を低減し、かつ運用コストの削減を同時に達成 
適用対象	オフィスビル、店舗、営業所、工場、データセンタなど
ユーザー （見える化の対象）	経営層、環境管理部門（エネルギー管理者）、一般社員
開発・運用年	2008 年開発、2008 年運用開始
省エネ効果	CO_2 見える化のソリューションであり、全社的な PDCA サイクルを支援することで、ムダを削減していく。
省エネ効果の前提	―
参考文献	http://www.mdit.co.jp/melgreen/

（2）詳細

取組体制（計測・報告方法やマネジメント方法など）	[計測・報告方法] ・計測については、手動による CSV 形式計測データの投入に加え、三菱電機の電力計測ユニットに対応したオプションによる自動計測が可能。 ・報告は Web ベースの帳票出力（別途カスタマイズ要）の他 EXCEL による非定型分析にも対応し、省エネ管理者のニーズに応じた多様な出力が可能 [マネジメント方法] 統合環境データベース上の環境データを経営層、環境管理部門（エネルギー管理者）、一般社員のそれぞれの視点にて情報共有を図ることで PDCA サイクルを推進
見える化の詳細	[環境情報コックピット] ・チャートやグラフを組み合わせてわかりやすく表示するダッシュボード機能により、環境データを「見える化」。 これにより、経営判断から現場の問題抽出まで、あらゆるレベルの意思決定を支援。  ・社内の各部門、各人の職務に応じた可視化が可能。 （１）経営層：全社的環境対応状況の進捗の確認 （２）環境管理者：対策が必要な箇所の分析 （３）一般社員：分かり易い環境情報の啓蒙

	［大量環境データの多次元分析］ 全社規模、多拠点の細かいメッシュの環境データ（数万計測点で 10 分毎など）の集計に対応する高速環境データベースを装備 なじみのある EXCEL にて分析軸を柔軟に変更して結果を集計、グラフ化が可能。 
省エネを実現するためのポイント	・社内の各部門、各人の職務に応じた最適な可視化による、全社 PDCA 推進体制の支援 ・高速環境データベースによる、大量環境データの多次元分析でムダを発見、削減
対策後の効果	―

(3) EEMS 分類フレームワーク

<table>
<tr><th colspan="4">サブシステム／機能／項目</th><th>詳細／検討すべき項目</th></tr>
<tr><td rowspan="19">EIS</td><td rowspan="4">見える化</td><td colspan="2">外部ステークホルダ</td><td>【詳細】
・法規制対応のレポート作成を支援
・CSR 活動としての情報開示にも利用可能</td></tr>
<tr><td colspan="2">経営者</td><td>【詳細】
・全社 CO_2 排出量の目標値対比、年次/月次推移
・問題拠点の表示
【検討すべき項目】
・経営者にとって最適な、全体状況が一目でわかる見える化</td></tr>
<tr><td colspan="2">従業員</td><td>【詳細】
部門ごとの目標達成有無、累積 CO_2 排出量など</td></tr>
<tr><td colspan="2">エネルギー管理者</td><td>【詳細】
・全社、拠点、建物、フロア単位での CO_2 排出量、電力使用量の年次、月次推移
・目標値比較、前年同月比較
・系統毎の電力量の分解
【検討すべき項目】
・計測メッシュと目標とする分析内容のバランス
・計測機器の最適投資
・細かい計測メッシュでの環境データの長期保管</td></tr>
<tr><td rowspan="12">データ分析</td><td rowspan="8">エネルギー効率分析</td><td>指標表示</td><td>オフィス床面積あたり原単位、工場生産量あたり原単位、データセンタ PUE など各種指標に対応可能</td></tr>
<tr><td>原単位化</td><td>—</td></tr>
<tr><td>CO_2 総排出量監視</td><td>目標値との比較により、拠点ごと、組織ごと、フロア単位などで監視可能</td></tr>
<tr><td>ベンチマーク</td><td>拠点ごと、組織ごと、フロア単位などで比較可能</td></tr>
<tr><td>統計・予測・
シミュレーション</td><td>EXCEL による各種統計分析が可能</td></tr>
<tr><td>特異値分析</td><td>—</td></tr>
<tr><td>リコメンデーション</td><td>—</td></tr>
<tr><td>新エネルギー関連
(再生可能エネルギー)</td><td>—</td></tr>
<tr><td rowspan="3">コスト分析</td><td>エネルギーコスト計算</td><td>カスタマイズ対応</td></tr>
<tr><td>導入コスト計算</td><td>—</td></tr>
<tr><td>エネルギー費用の配賦</td><td>カスタマイズ対応</td></tr>
<tr><td>その他</td><td>快適性・生産性</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">教育</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">コミュニケーション</td><td>カスタマイズにてポータル構築も可能</td></tr>
<tr><td colspan="3">監査</td><td>—</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ECS</td><td colspan="3">省エネ制御</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">デマンド・レスポンス</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">エネルギー最適化</td><td>—</td></tr>
</table>

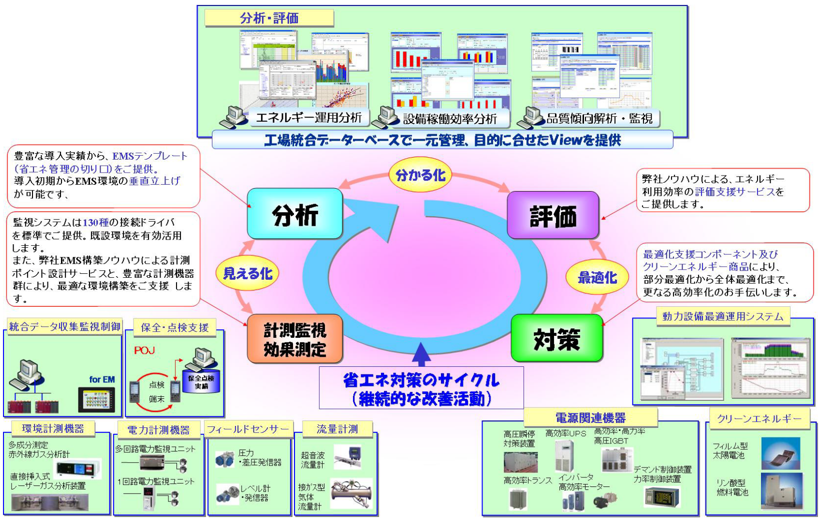
サブシステム／機能／項目			詳細／検討すべき項目
EMP	データ収集	対象エネルギー	電気、ガス、重油など
		データ収集方法	・三菱計測ユニットによる自動収集（逐次） ・CSV 形式データの自動収集 ・CSV 形式の人手入力による手動収集
	データ蓄積		―
	機器制御		―
	xEMS 連携		ファイル連携、DB 連携など構築案件による（ETL 機能含む）
	通信プロトコル		HTTPS（セキュリティ）
	データ・フォーマット		―
	ネットワーク		TCP/IP ネットワークによる多拠点からの収集に対応

3.3. 事業者としての最適化の事例

以下に事業者としての最適化の事例の詳細を示す。

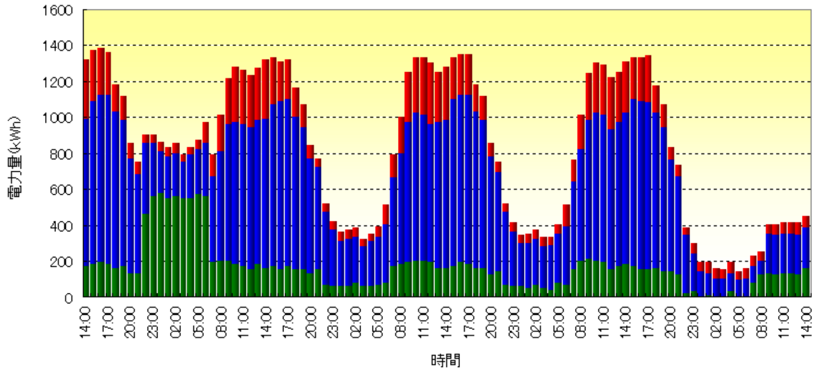
3.3.1. PDCA サイクルの実現

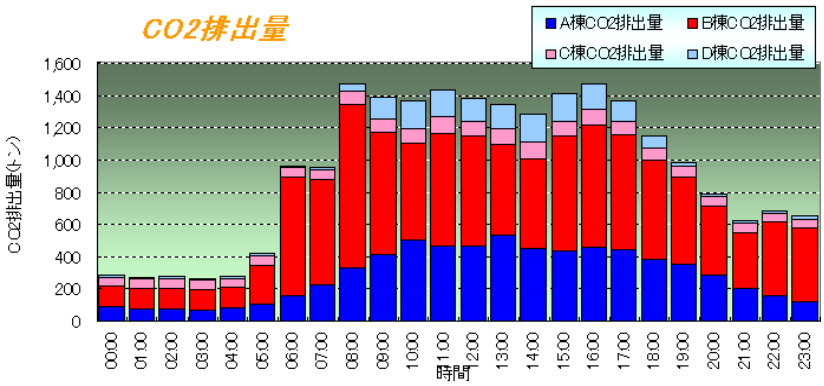
（1）概要

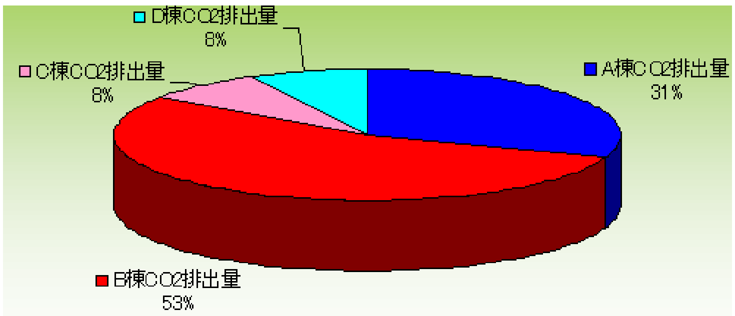
事業者名	富士電機システムズ株式会社
タイトル	エネルギーマネジメントシステム
概要	以下の 3 段階に分けて、省エネ活動の PDCA サイクルを実行するしくみを構築し、継続的に省エネ活動を推進するシステム。 ステップ 1:エネルギー使用状況を把握する「見える化」の推進。 ステップ 2:エネルギー効率、運用分析を行う「分かる化」の推進。 ステップ 3:エネルギー最適運用の「最適化」の推進。 
適用対象	工場、ビル、店舗のエネルギーマネジメント
ユーザー （見える化の対象）	・ 経営層（省エネ状況の把握、省エネ投資判断） ・ エネルギー管理者（エネルギー使用量の把握、分析、改善、報告） ・ 従業員（意識、行動の改革）
開発・運用年	運用 2006 年
省エネ効果	ビル、工場等に適用し、平均 5～10%（最大 27%）省エネ率を確認。
省エネ効果の前提	消費エネルギーの計測監視（見える化）、分析・評価（分かる化）、対策の PDCA サイクルを継続的に実施することで省エネを推進する。
参考文献	―

（2）詳細

取組体制（計測・報告方法やマネジメント方法など）	以下の 3 段階に分けて、省エネ活動の PDCA サイクルを実行するしくみを構築し、継続的に省エネ活動を推進するシステム。 ステップ 1:エネルギー使用状況を把握する「見える化」の推進。 ・計測システムから電力、ガス、石油などのエネルギー使用量や、気温、生産量、設備の稼動状態などのデータを収集する。 ・取得したデータをグラフ化などのわかりやすい形式で表示する。 ステップ 2:エネルギー効率、運用分析を行う「分かる化」の推進。 ・収集したデータをさまざまな切り口で分析し、ロスエネルギーを発見する。 ステップ 3:エネルギー運用の「最適化」の推進。 ・分析結果をもとに、設備パラメータのチューニング、運転パターンの変更による省エネ対策を実施する。 ・実施した省エネ対策の効果を把握する。

<table>
<tr>
<td>見える化の詳細</td>
<td>1.エネルギー使用量の表示
(1)時間帯別電力使用量の表示


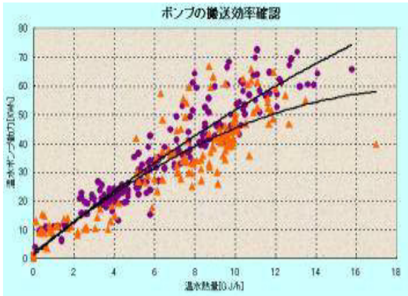
(2)時間当たりの CO2 換算排出量の表示


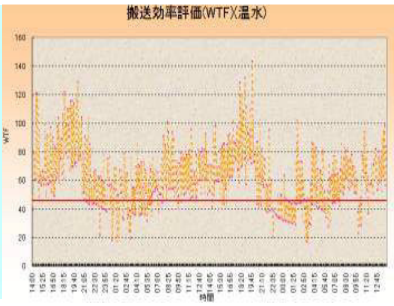
(3)エリア毎の CO2 換算排出量の構成比率表示


</td>
</tr>
</table>

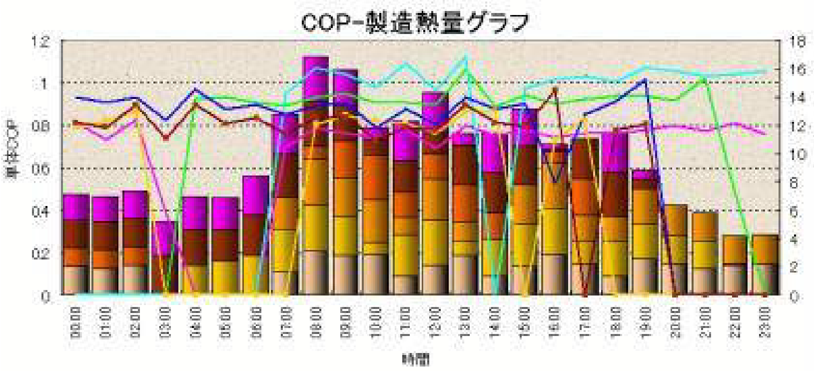
2.設備の動作検証

設備の制御方式，パラメータ調整で設備自身の効率改善が可能な項目の検討を支援する。



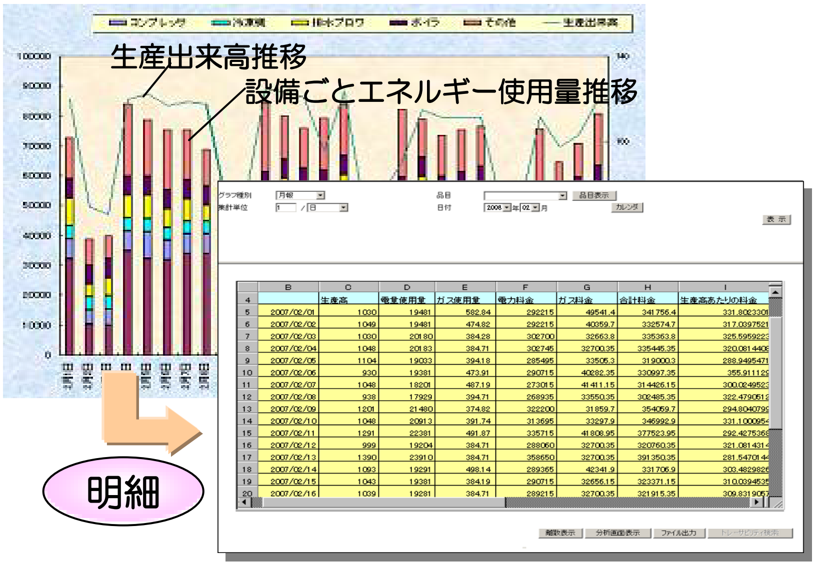


単体/全体効率を分析し、効率の良い設備の運転順位を高く設定。



3.エネルギー原単位管理

エネルギー原単位（消費エネルギー/生産出来高）の推移を管理していくことで固定要素、定常生産要素、製造変動要素によるエネルギー消費の分析を行う。

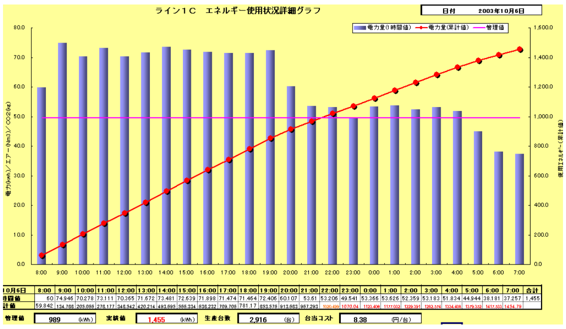


エネルギー原単位表形式表示

4.目標値/達成度評価

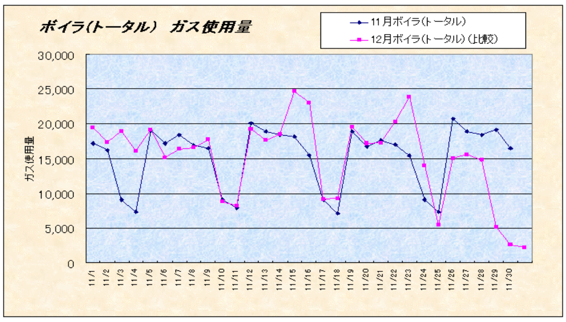
種々の管理項目の目標値への達成度を表示、及び年度毎の比較で全体の効果についてビジュアルに評価することにより、取り組みに対する結果を評価する。

(1)管理目標値への達成度評価

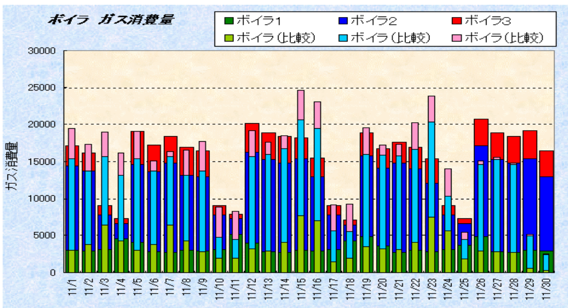


5.年度毎の比較表示

(1)年度別比較



(2)設備ごとの年度別比較



省エネを実現するためのポイント	消費エネルギーの計測監視（見える化）、分析・評価（分かる化）、対策の PDCA サイクルを継続的に実施することで省エネを推進する。
対策後の効果	ビル、工場等に適用し、平均 5～10%（最大 27%）省エネ率を確認。

（3）EEMS 分類フレームワーク

サブシステム／機能／項目				詳細／検討すべき項目
EIS	見える化	外部ステークホルダ		―
EIS	見える化	経営者		【詳細】 ･省エネ状況の把握 →目標値とその達成度をグラフで標示 ･省エネ投資判断 →エネルギー使用量を料金や CO2 排出量に換算してグラフ表示 【検討すべき項目】 ・全体状況が一目でわかる表示
EIS	見える化	従業員		【詳細】 ・意識、行動の改革 →目標値への達成度や、毎年の省エネ効果をビジュアルに示すことで、更なる改善目標の策定やモチベーションの向上を図る
EIS	見える化	エネルギー管理者		【詳細】 ･エネルギー使用量の把握、分析、改善、報告 →拠点、建物、フロア、設備単位で、CO2 排出量、電力使用量、料金、熱量を表示する →エネルギー原単位（消費エネルギー/生産出来高）の推移を管理していくことで固定要素、定常生産要素、製造変動要素によるエネルギー消費の分析を行う →収集した実績データを EXCEL シートにマッピングすることで、報告書作成を支援する 【検討すべき項目】 ・分析、改善策立案の支援
EIS	データ分析	エネルギー効率分析	指標表示	各種換算値での標示（熱量、料金、CO2、原単位等）
EIS	データ分析	エネルギー効率分析	原単位化	エネルギー原単位で標示
EIS	データ分析	エネルギー効率分析	CO2 総排出量監視	エネルギー使用量を CO2 排出量に換算してグラフ表示
EIS	データ分析	エネルギー効率分析	ベンチマーク	設備の年度毎の比較表示
EIS	データ分析	エネルギー効率分析	統計・予測・シミュレーション	・設備の運転パターン変更による省エネ効果をシミュレーションで予測する ・EXCEL による各種統計分析が可能
EIS	データ分析	エネルギー効率分析	特異値分析	―
EIS	データ分析	エネルギー効率分析	リコメンデーション	多変量解析を用いた要因解析機能提供
EIS	データ分析	エネルギー効率分析	新エネルギー関連（再生可能エネルギー）	―
EIS	データ分析	コスト分析	エネルギーコスト計算	エネルギー使用量を料金に換算してグラフ表示
EIS	データ分析	コスト分析	導入コスト計算	―
EIS	データ分析	コスト分析	エネルギー費用の配賦	―
EIS	データ分析	その他	快適性・生産性	PMV を用いて快適性を判断
EIS	教育			―
EIS	コミュニケーション			―
EIS	監査			―

<table>
<tr><th colspan="3">サブシステム／機能／項目</th><th>詳細／検討すべき項目</th></tr>
<tr><td rowspan="3">ECS</td><td colspan="2">省エネ制御</td><td>－</td></tr>
<tr><td colspan="2">デマンド・レスポンス</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">エネルギー最適化</td><td>あり</td></tr>
<tr><td rowspan="8">EMP</td><td rowspan="2">データ収集</td><td>対象エネルギー</td><td>電力、ガス、石油など
（他に温度、湿度、生産台数等を収集可能）</td></tr>
<tr><td>データ収集方法</td><td>・富士計測機器・SCADA による自動計測
・OPC
・CSV 形式データの取り込み</td></tr>
<tr><td colspan="2">データ蓄積</td><td>－</td></tr>
<tr><td colspan="2">機器制御</td><td>－</td></tr>
<tr><td colspan="2">xEMS 連携</td><td>BACnet、CSV</td></tr>
<tr><td colspan="2">通信プロトコル</td><td>－</td></tr>
<tr><td colspan="2">データ・フォーマット</td><td>－</td></tr>
<tr><td colspan="2">ネットワーク</td><td>各種オープンネットワーク（BACnet、LON 等）</td></tr>
</table>

3.3.2. カーボンフットプリント

（1）概要

事業者名	日本ユニシス株式会社
タイトル	日本ユニシスサプライのカーボン管理実験
概要	製品のカーボンフットプリント計算と材料廃棄原価計算
適用対象	受注印刷物業務　調達から納品まで
ユーザー （見える化の対象）	印刷業務全工程での CO2 の見える化
開発・運用年	開発 2009 年 10 月
省エネ効果	省エネを目的としていない
省エネ効果の前提	－
参考文献	－

（2）詳細

取組体制（計測・報告方法やマネジメント方法など）	印刷工場の生産機器に電力測定器約 100 個を設置。カーボン DB を設定し外部 ASP から電力情報を取込み内部から生産情報と原価情報とシステム連携。DB へは各種ユーザーは照会可能。CO2 排出量は工場業績管理項目への繰入。
見える化の詳細	カーボンフットプリント計算では注文の納品単位に積上げで集計した。平均排出係数を適用した。ライフサイクル全般が対象だ。

CO2排出量報告書　　平成21年04月28日

B販売株式会社　御中

日本ユニシス・サプライ株式会社

貴社注文の製品製造にあたり、下記のCO2を排出致しましたのでご報告します。

総排出量
1,850.61 kg-CO2

調達	1,293.53 kg 69.90 %	納品配送	40.76 kg	2.20 %
		資材	1,252.77 kg	67.69 %
生産	358.47 kg 19.37 %	生産ｴﾈﾙｷﾞｰ	61.60 kg	3.33 %
		廃棄物	77.19 kg	4.17 %
		他	219.68 kg	11.87 %
配送	74.28 kg 4.01 %	倉庫保管	7.23 kg	0.39 %
		配送	67.04 kg	3.62 %
その他	124.34 kg 6.72 %			

自社分は内部では平均排出係数ではなく実測値で確認できる。製造工程のどの段階での廃棄に伴う原材料やエネルギーのムダを CO2 排出量、原価、廃棄量で細かく計算している。

受注別詳細表示(CO2)

受注番号　：　J000527934
お客様名　：　B社
商品名　：　YYY用帳票

注文量　：　1,980.00 kg
CO2外部公開値合計　：　5,266.90 kg
CO2実績値合計　：　7,336.05 kg

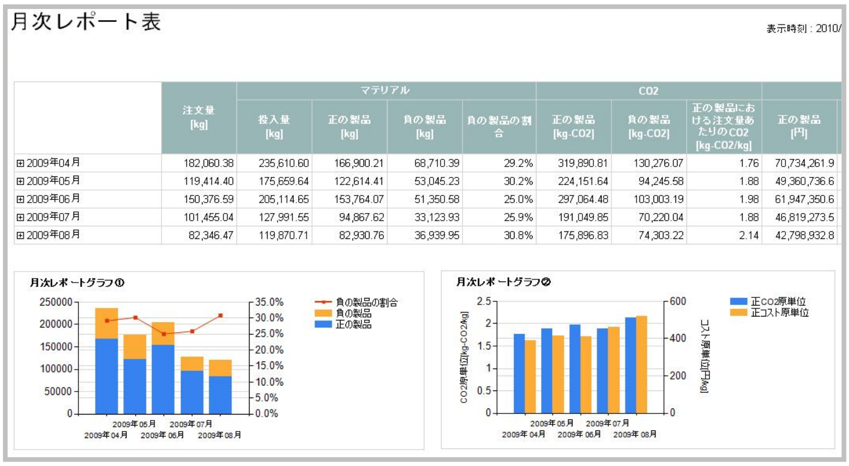
表示時刻:2009/10/16 17:10:49

量・原価・CO2

				Input		Output		負の製品の後処理	
				前工程	新規投入	正の製品	負の製品	廃棄	リサイクル
⊟全体	⊟MC	⊞刷版		0.00	37.00	36.40	0.59	10.77	0.00
		⊟印刷等	PS版	36.40	0.00	0.00	36.40	0.00	0.00
			原紙	0.00	3,076.72	2,588.84	487.88	0.00	0.00
			印刷金具	0.00	23.37	0.00	23.36	0.00	0.00
			糊	0.00	2.65	2.23	0.42	0.00	0.00
			インキ	0.00	1.41	1.10	0.31	0.00	0.00
			水	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			現像液	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			廃糊	0.00	0.00	0.00	0.00	10.64	0.00
			廃原紙	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			廃印刷金具	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			廃インキ	0.00	0.00	0.00	0.00	3.49	0.00
			廃PS版材	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			混合廃棄物	0.00	0.00	0.00	0.00	29.20	0.00
		⊞梱包等		2,592.17	26.77	2,602.63	16.31	31.28	0.00
	⊞EC(電力)			0.00	1,543.03	1,238.02	305.00	0.00	0.00
	⊞EC(石油)			0.00	207.50	193.85	13.65	2.00	0.00

サマリ表

		原価		CO2	
		[円]	[%]	[kg]	[%]
正の製品（最終成果物）		1,497,807.9	92.0%	2,987.36	80.0%
負の製品＋後処理	刷版	4,033.1	0.2%	26.47	0.7%
	印刷等	125,297.7	7.7%	670.29	17.9%
	梱包等	540.1	0.0%	51.78	1.4%

<table>
<tr><td></td><td>


月次レポート表

表示時刻：2010/

<table>
<tr><th></th><th>注文量 [kg]</th><th>マテリアル 投入量 [kg]</th><th>マテリアル 正の製品 [kg]</th><th>マテリアル 負の製品 [kg]</th><th>マテリアル 負の製品の割合</th><th>CO2 正の製品 [kg-CO2]</th><th>CO2 負の製品 [kg-CO2]</th><th>CO2 正の製品における注文量あたりのCO2 [kg-CO2/kg]</th><th>正の製品 [円]</th></tr>
<tr><td>⊞2009年04月</td><td>182,060.38</td><td>235,610.60</td><td>166,900.21</td><td>68,710.39</td><td>29.2%</td><td>319,890.81</td><td>130,276.07</td><td>1.76</td><td>70,734,261.9</td></tr>
<tr><td>⊞2009年05月</td><td>119,414.40</td><td>175,659.64</td><td>122,614.41</td><td>53,045.23</td><td>30.2%</td><td>224,151.64</td><td>94,245.58</td><td>1.88</td><td>49,360,736.6</td></tr>
<tr><td>⊞2009年06月</td><td>150,376.59</td><td>205,114.65</td><td>153,764.07</td><td>51,350.58</td><td>25.0%</td><td>297,064.48</td><td>103,003.19</td><td>1.98</td><td>61,947,350.6</td></tr>
<tr><td>⊞2009年07月</td><td>101,455.04</td><td>127,991.55</td><td>94,867.62</td><td>33,123.93</td><td>25.9%</td><td>191,049.85</td><td>70,220.04</td><td>1.88</td><td>46,819,273.5</td></tr>
<tr><td>⊞2009年08月</td><td>82,346.47</td><td>119,870.71</td><td>82,930.76</td><td>36,939.95</td><td>30.8%</td><td>175,896.83</td><td>74,303.22</td><td>2.14</td><td>42,798,932.8</td></tr>
</table>

個別計算を集約して工場での月次業績分析に活用している。ドリルダウンができる。
</td></tr>
<tr><td>省エネを実現するためのポイント</td><td>省エネを目的にしていない。</td></tr>
<tr><td>対策後の効果</td><td>—</td></tr>
</table>

（3）EEMS 分類フレームワーク

<table>
<tr><th colspan="4">サブシステム／機能／項目</th><th>詳細／検討すべき項目</th></tr>
<tr><td rowspan="20">EIS</td><td rowspan="4">見える化</td><td colspan="2">外部ステークホルダ</td><td>【詳細】
・顧客への納品物に CO2 排出量の報告
【検討すべき項目】
・担当者が説明できるよう教育が必要</td></tr>
<tr><td colspan="2">経営者</td><td>【詳細】
・月次生産実績での CO2 排出量対比
・個別注文 CO2 排出量一覧
【検討すべき項目】
・加工度の異なる注文の比較</td></tr>
<tr><td colspan="2">従業員</td><td>【詳細】
・従業員は仕事の結果を確認できる
【検討すべき項目】
・加工度別の平均モデルの設定</td></tr>
<tr><td colspan="2">エネルギー管理者</td><td>【詳細】
・ムダを量と原価と排出量で確認できる
・平均モデルとの差を確認できる
【検討すべき項目】
・加工度別の平均モデルの設定</td></tr>
<tr><td rowspan="13">データ分析</td><td rowspan="9">エネルギー効率分析</td><td>指標表示</td><td>負荷時間：30 分間の積算使用量</td></tr>
<tr><td>原単位化</td><td>年間生産量からの原単位</td></tr>
<tr><td>CO2 総排出量監視</td><td>生産単位での電力実測</td></tr>
<tr><td>ベンチマーク</td><td>平均モデルとの比較
（平均モデルとの乖離、排出量と廃棄量）</td></tr>
<tr><td>統計・予測・
シミュレーション</td><td>—</td></tr>
<tr><td>特異値分析</td><td>—</td></tr>
<tr><td>リコメンデーション</td><td>個別廃棄物の量、原価、排出量の相関</td></tr>
<tr><td>新エネルギー関連
（再生可能エネルギー）</td><td>—</td></tr>
<tr><td>（空欄）</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">コスト分析</td><td>エネルギーコスト計算</td><td>—</td></tr>
<tr><td>導入コスト計算</td><td>—</td></tr>
<tr><td>エネルギー費用の配賦</td><td>実測：活動量での比例配分</td></tr>
<tr><td>その他</td><td>快適性・生産性</td><td>原材料の廃棄量</td></tr>
<tr><td colspan="3">教育</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">コミュニケーション</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">監査</td><td>—</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ECS</td><td colspan="3">省エネ制御</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">デマンド・レスポンス</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">エネルギー最適化</td><td>—</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="3">サブシステム／機能／項目</th><th>詳細／検討すべき項目</th></tr>
<tr><td rowspan="8">EMP</td><td rowspan="2">データ収集</td><td>対象エネルギー</td><td>・自社：電力、ガス
・他社：電力、ガソリン</td></tr>
<tr><td>データ収集方法</td><td>自社：工場設備は電力センサー</td></tr>
<tr><td colspan="2">データ蓄積</td><td>30分単位の準リアルタイム</td></tr>
<tr><td colspan="2">機器制御</td><td>―</td></tr>
<tr><td colspan="2">xEMS連携</td><td>CSV</td></tr>
<tr><td colspan="2">通信プロトコル</td><td>HTTPS（セキュリティ）</td></tr>
<tr><td colspan="2">データ・フォーマット</td><td>―</td></tr>
<tr><td colspan="2">ネットワーク</td><td>・無線LAN
・センターと親機はインターネット</td></tr>
</table>

3.3.3. コンビニエンスストア

（1）概要

事業者名	株式会社ローソン
タイトル	コンビニエンスストアにおける CO_2 削減に向けて
概要	エネルギー・モニタリング・システムを発展させた自動解析・自動制御システムも活用しつつ、各店舗での CO_2 排出量の約 10～40%削減を目指し研究活動を展開中。
適用対象	店舗
視える化機能	・365 日運用状態を把握、エネルギー利用量を管理 ・店舗のエネルギー使用状況を数値表示することによる課題の明確化 ・改善施策の有効性を数値で検証、CO_2 の削減効果を把握
開発・運用年	2008 年 6 月より 3 舗で実証実験を開始
省エネ効果（目標）	既存・新築店舗において年間 CO_2 排出量の 10～40%を削減する。
省エネ効果の前提	建築的な施策例と建築設備的な施策例にて上記値を達成する。
参考文献	・http://www.lawson.co.jp/company/news/detail/detail_1518.html （株式会社ローソン HP）

（2）詳細

研究体制	東京大学生産技術研究所　野城研究室と株式会社ローソンによる産学共同研究。 ・ 野城研究室は施策の立案、効果検証を担当 ・ 株式会社ウッドノートは、実験店への計測機器の設置やデータ管理、実証試験の結果を基に効果の立証された具体的な施策の店舗への導入を担当 ・ ローソンは、社内の関連部門と連携して実証試験を実施し、効果検証を踏まえ、水平展開を計画・実施
研究目的	＜研究目的＞ 継続した CO_2 削減活動を展開するためには、条件群の個別性（物理的条件・使われ方）を加味した解析・制御システムを構築展開する必要がある。本研究では上記、解析・制御システムを開発し社会実装していくことを目的としている。 ＜自動解析・自動制御システム導入の意義＞ どのような対策を施せば、どのような管理目標が、どのくらい達成できるかコントロールしていくことができるようになる（＝店舗の利用実態に応じた最適なエネルギー使用のために状況を個別に把握及び監視し、制御できるようになる）。

研究内容	・ ローソン店舗の CO2 排出量削減に向けて、自動解析・自動制御システムを導入する。店舗の設備改善、運用改善だけではなく、建物外部からの影響も視野に入れた総合的な対策を施す。 ・ ローソンの 3 店舗（南加瀬四丁目、立川一番町四丁目、東京大学安田講堂店）で実証試験を開始。すでにエネルギー利用実態を把握し、省エネルギー対策の効果を検証している。 ・ 各店舗の立地環境、顧客状況を踏まえた、個店毎に最適化された省エネメニューを組み合わせ、既存店舗、新築店舗の CO2 削減を実現する。
CO2 を削減する主な施策	既存・新築店舗において年間 CO2 排出量の 10～40%を削減する。 ＜建築的な施策例：年間 CO2 削減量 10～20%＞ ・環境配慮型デザインの採用 ・店舗における店舗気密・外壁・ガラス断熱性の向上 ＜建築設備的な施策例：年間 CO2 削減量 10～30%＞ ・エネルギー予測／コントロール （空調機、換気機器、専門機器、各種照明制御） ・自然換気システム ・照明制御 ・LED 照明システム ・店内自然光利用システム ・雨水利用システム ・地中熱利用システム

3.4. エネルギー情報化の視点の事例（4 つの視点の見える化）

以下にエネルギー情報化の視点の事例の詳細を示す。

3.4.1. エネルギー使用量の公表

（1）概要

事業者名	独立行政法人産業技術総合研究所
タイトル	産業技術総合研究所におけるエネルギー使用量の公表による省エネ対策
概要	平成 20 年から、事業所ごとのエネルギー使用量をイントラで公表し、省エネ対策、省エネ意識の改革を実施している。
適用対象	つくばセンター（11 事業所）及び地域センター(全国 8 箇所)
ユーザー （見える化の対象）	・経営層（省エネ対策） ・職員（省エネ意識の改革）
開発・運用年	平成 20 年よりイントラで公開。
省エネ効果	省エネの取り組みにより平成 16 年度より平成 20 年度で 8.3%の削減
省エネ効果の前提	平成 16 年度比で平成 21 年度までに 15%削減を目標としている。
参考文献	—

（2）詳細

取組体制（計測・報告方法やマネジメント方法など）	平成 19 年 6 月に地球温暖化対策推進本部を設置し、月 1 回の会議にて、エネルギー使用量の報告等を行い、マネジメントを実施している。
見える化の詳細	・ つくば地区では、各事業所（11 箇所）のエネルギー監視盤室で建物ごと（一部は複数の建物の合計、およそ 100 棟）に取得した 1 日あたりの電力を、イントラ内の共用フォルダ上のエクセルファイルに入力することにより人手で管理し、速報値としてイントラ内の Web ページで公開している。 ・ 全国 9 箇所の拠点ごと（つくばは 11 の事業所ごと）に電力会社からの請求に基づく電力値を確定値としてイントラ上で公開している。
省エネを実現するためのポイント	・ 建物ごとの電力量を取得し、エネルギー消費の大きな実験施設の把握や急激なエネルギー使用量の増減などをチェックし、個別の省エネ対策に役立てている。 ・ 詳細なデータを加工できる形式でユーザーに提供することにより、各研究ユニットが必要なデータを管理しやすくしている。 ・ 建物ごとの電力量と、そこのフロア利用比率で各研究ユニットに電力料を請求することにより、利用者への省エネ意識を高めている。
対策後の効果	・ イントラ公開による効果は未定。 ・ 建物ごとの電力測定により、エネルギー消費の大きな実験施設への個別対策を行い 3.2%の削減を見込むとともに、引き続き対策を行うことによりさらに 4%の削減を目指している。

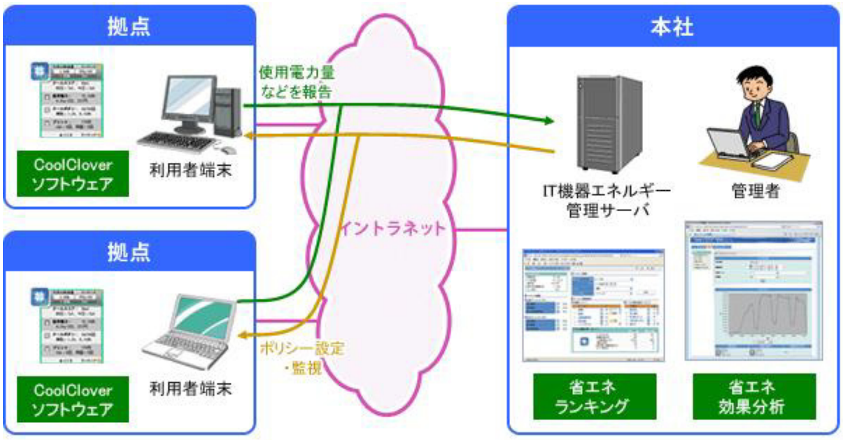
（3）EEMS 分類フレームワーク

サブシステム／機能／項目				詳細／検討すべき項目
EIS	見える化	外部ステークホルダ		【詳細】 ・省エネ法に基づく報告 【検討すべき項目】 ・一部サイト(小規模拠点)については測定できていない ・組織全体での中長期計画書の作成
		経営者		【詳細】 ・事業所・拠点別のエネルギー把握による個別対策箇所の選択、費用対効果の見積もり
		従業員		【検討すべき項目】 ・一般ユーザーへの見せ方は、柔軟性よりもわかりやすさが重要
		エネルギー管理者		【詳細】 ・建物ごと、一日単位の電力量による省エネ効果の詳細化。加工可能なデータ公開によるユーザ（研究ユニット）ごとの管理の柔軟性 【検討すべき項目】 ・建物ごとではまだ測定単位が大きく、各ユーザー（研究者）視点からは距離がある。フロア、居室、ブース、個別機器などへの詳細化とコストバランスが課題
	データ分析	エネルギー効率分析	指標表示	つくば 11 事業所及び全国 7 拠点のとりまとめ、平成 16 年度からの削減率を指標とする
			原単位化	熱量として GJ へ単位統一
			CO2 総排出量監視	－
			ベンチマーク	－
			統計・予測・ シミュレーション	－
			特異値分析	－
			リコメンデーション	－
			新エネルギー関連 (再生可能エネルギー)	－
		コスト分析	エネルギーコスト計算	熱量とともに、光熱水料も資料としては準備
			導入コスト計算	－
			エネルギー費用の配賦	建物の電力と利用スペースに応じて、利用している研究ユニットに電力料金を請求
		その他	快適性・生産性	－
	教育			－
	コミュニケーション			－
	監査			－
ECS	省エネ制御			－
	デマンド・レスポンス			－
	エネルギー最適化			－
EMP	データ収集		対象エネルギー	電気、ガス、灯油など
			データ収集方法	・電気速報：建物ごとに 1 日単位、 ・その他：事業所単位での月ごとの請求ベース

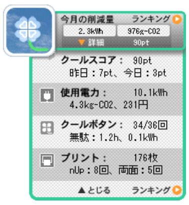
サブシステム／機能／項目		詳細／検討すべき項目
	データ蓄積	－
	機器制御	－
	xEMS 連携	－
	通信プロトコル	－
	データ・フォーマット	－
	ネットワーク	集計、公開にはイントラネット上の共有ファイルを利用

3.4.2. IT 機器の省エネ

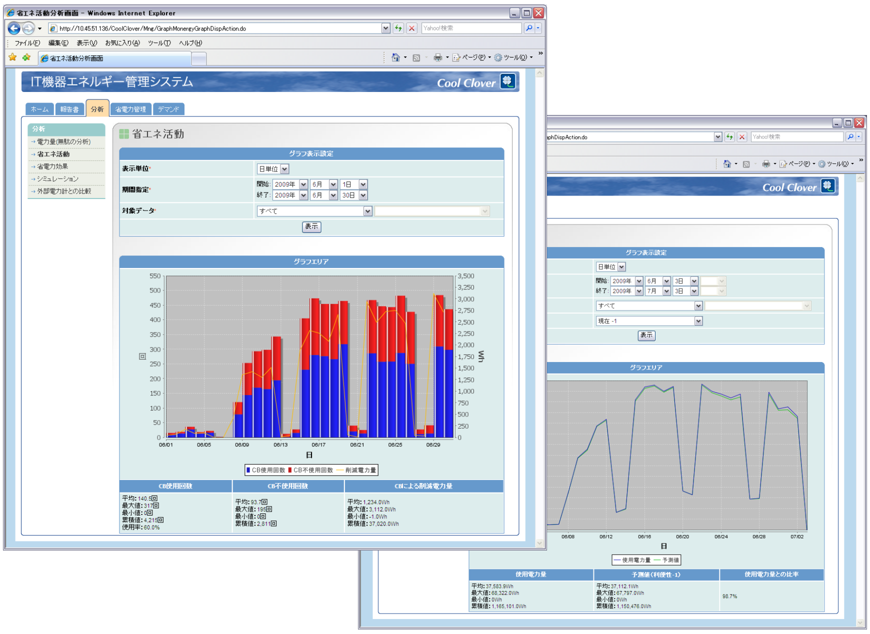
（1）概要

事業者名	沖電気工業株式会社
タイトル	オフィスの IT 機器省エネシステム CoolClover
概要	CoolClover は、オフィス内の PC など IT 機器の電源設定を、ネットワーク経由で統合的に制御し省エネルギー化を図る IT 機器エネルギーマネージメントシステム。 本システムにより、オフィスにおける IT 機器の消費電力などのエネルギー使用量の管理と、IT 機器の省電力化を図ることができる。 また、利用者の省エネ貢献度をランキング形式で一覧表示することにより、利用者同士のコミュニケーションを円滑にし、環境に対する意識改革などに役立つ。 
適用対象	各所（沖電気工業株式会社及び関連会社で利用中）
ユーザー （見える化の対象）	・ 経営層（電力代節約、従業員の省エネに関するアクティビティのモニタリング、エネルギーの無駄の把握） ・ エネルギー管理者（エネルギーの把握、予測） ・ 従業員（各個人に関する省電力量などの情報や従業員間のランキングなどによる、意識・行動の改革）
開発・運用年	2009 年開発、2009 年運用開始
省エネ効果	PC の省エネ　最大 18%
省エネ効果の前提	導入後運用による使用電力量及び、同期間に導入しなかった場合の使用電力量をシミュレーションすることにより省エネ効果を算出する。
参考文献	http://www.oki.com/jp/otr/2009/n214/pdf/214_r04.pdf

（2）詳細

取組体制（計測・報告方法やマネジメント方法など）	計測：PC などの省エネのために電力計を導入するのは、困難なためソフトウエアによる推定により電力量を計算する。 報告：Web ベースになっており誰でも閲覧することが可能になっている。
見える化の詳細	電力使用量を個人ごとにわかりやすくするために、個人向けの省エネ（スコア、消費電力、プリント枚数など）の見える化及び、個人間や組織間で省エネ情報を共有するとともに、競争するための見える化表示を実施 個人向け　　　　　ランキング 

<table>
<tr><td></td><td>管理者視点

　管理者や経営者の理解を容易にするために、電力量だけでなく、予想やアクティビティの見える化を提供

</td></tr>
<tr><td>省エネを実現するためのポイント</td><td>自動的に制御する手法や統計的手法による予測制御とともに利用者による手動の省エネについての見える化をすることにより省エネに結びつける。</td></tr>
<tr><td>対策後の効果</td><td>約 18%の省電力化</td></tr>
</table>

（3）EEMS 分類フレームワーク

サブシステム／機能／項目				詳細／検討すべき項目
EIS	見える化	外部ステークホルダ		－
		経営者		【詳細】 各部門における省エネの取り組みの状況やアクティビティを確認するために、部門ごとのアクティビティを週や月単位で確認する ・PC での省エネ動作（利用していない時にはスタンバイなどにする）をしている回数を測定し、利用していないのにスタンバイにしていない回数とスタンバイにした回数をそれぞれ色わけすることによってアクティビティを分析できる ・エネルギーの消費状況と無駄に消費されたエネルギーを色分けしビジュアルに把握できる 【検討すべき項目】 ・経営者に必要なデータの見せ方
		従業員		【詳細】 意識・行動改革 ・現状の把握 ・情報を共有し競争できる環境の提供 【検討すべき項目】 ・クールスコアという評価指標を導入したが、万人に対して公平間のある指標が難しい ・エネルギー量を直感的にわかる手法
		エネルギー管理者		【詳細】 PC のエネルギー管理の実施
	データ分析	エネルギー効率分析	指標表示	クールスコア（独自指標）
			原単位化	独自の正規化（クールスコア）により組織間や個人間のベンチマークを可能にした
			CO2 総排出量監視	オフィス、組織、個人単位での CO2 量の表示
			ベンチマーク	組織、個人間での比較ができるランキング機能
			統計・予測・シミュレーション	省エネモード（ポリシー）の設定を変更した場合に、どの程度の電力低減になるかを分析 統計分析用のデータ（CSV）
			特異値分析	未使用 PC など運用されていない PC
			リコメンデーション	従業員の省エネ活動のアクティビティ分析 無駄な電力の分析
			新エネルギー関連（再生可能エネルギー）	－
		コスト分析	エネルギーコスト計算	使用電力量の費用を算出
			導入コスト計算	導入効果を測定する導入支援ツールを活用
			エネルギー費用の配賦	－
		その他	快適性・生産性	－
	教育			－
	コミュニケーション			コミュニケーション用の画面によって実施
	監査			

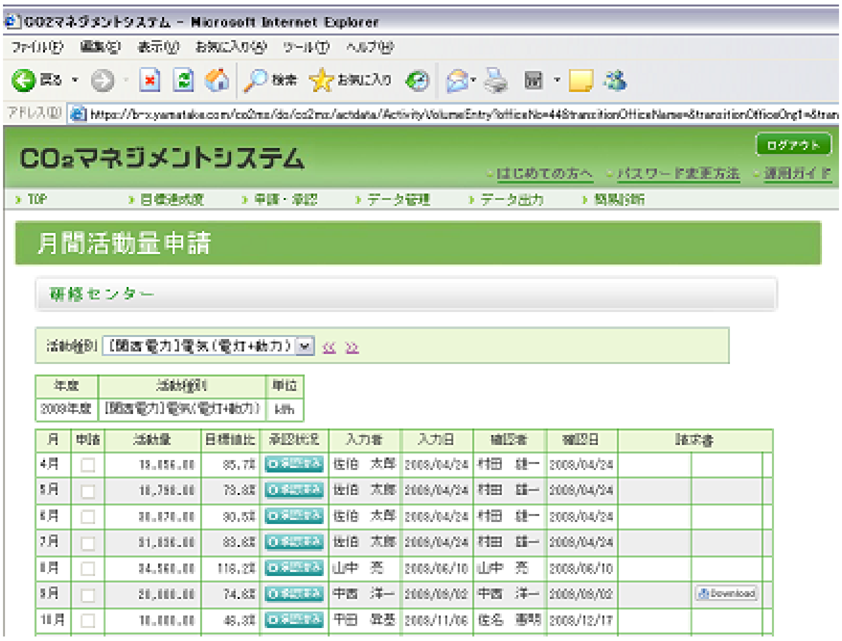
<table>
<tr><th colspan="3">サブシステム／機能／項目</th><th>詳細／検討すべき項目</th></tr>
<tr><td rowspan="3">ECS</td><td colspan="2">省エネ制御</td><td>デマンド指示をシステムにすることによって、デマンド制御を各 PC に配信し使用電力量を下げる</td></tr>
<tr><td colspan="2">デマンド・レスポンス</td><td>PC の使用電力量をデマンド発生時に低減する</td></tr>
<tr><td colspan="2">エネルギー最適化</td><td>―</td></tr>
<tr><td rowspan="9">EMP</td><td rowspan="2">データ収集</td><td>対象エネルギー</td><td>電気</td></tr>
<tr><td>データ収集方法</td><td>情報の種類：電力量、PC の利用ログ、プリンタの状態や印字枚数</td></tr>
<tr><td colspan="2">データ蓄積</td><td>収集間隔：毎日</td></tr>
<tr><td colspan="2">機器制御</td><td>・省エネポリシーを PC へダウンロードする
・SNMP による制御</td></tr>
<tr><td colspan="2">xEMS 連携</td><td>SNMP など</td></tr>
<tr><td colspan="2">通信プロトコル</td><td>HTTPS（セキュリティ）</td></tr>
<tr><td colspan="2">データ・フォーマット</td><td>―</td></tr>
<tr><td colspan="2">ネットワーク</td><td>センサーネットワークは使用せずに、PC、プリンタは IP ネットワークを使用
センター間：イントラネット（IP）</td></tr>
</table>

3.4.3. CO2 マネジメントシステム

（1）概要

事業者名	株式会社山武
タイトル	CO2 マネジメントシステム
概要	2009 年 4 月に施行した省エネ法の改正では､エネルギー指定管理工場毎の規制に加えて、事業者単位（企業）としての総量管理を行うことが求められる。また、改正省エネ法以外にも、地球温暖化対策の推進に関する法律（温対法）や排出量取引など事業者としての CO2 排出量管理のニーズがある。CO2 マネジメントシステムは民間企業や地方自治体向けに事業者単位（企業）で全ての事業所の CO2 排出量を管理するインターネット ASP サービスである。 
適用対象	民間企業、地方自治体
ユーザー （見える化の対象）	・経営層・エネルギー管理者・一般社員、職員（使用エネルギー　CO2、原油換算値、目標達成度）
開発・運用年	2009 年開発、2009 年 4 月運用開始
省エネ効果	現時点では CO2 排出量管理機能のみ
省エネ効果の前提	
参考文献	

（2）詳細

取組体制（計測・報告方法やマネジメント方法など）	【計測・報告頻度】 月次のエネルギー請求書の使用データに基づき、活動種別ごとにデータを入力する。  【マネジメント方法】 データの入力時に請求書の PDF データをアップロードして、承認者がデータの整合性を確認後、承認行為を行う。 

<table>
<tr>
<td>見える化の詳細</td>
<td>【グラフ化と金額換算】
入力データをグラフ化・CO2 換算、原油換算などを行い、使用量や原単位でのランキング、目標達成度のランキングの表示、ベンチマーク機能などを使って、省エネ、省 CO2 の余地のある事業所の特定を支援する。

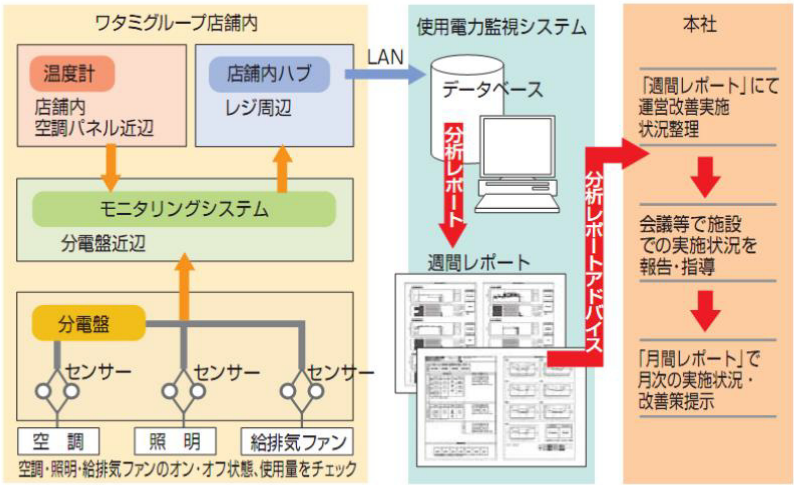

</td>
</tr>
</table>

（3）EEMS 分類フレームワーク

<table>
<tr><th colspan="4">サブシステム／機能／項目</th><th>詳細／検討すべき項目</th></tr>
<tr><td rowspan="19">EIS</td><td rowspan="4">見える化</td><td colspan="2">外部ステークホルダ</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="2">経営者</td><td>【詳細】
・CO2 排出量の状況を確認するため、目標比・前月比との比較を表示する。
・組織ごとのマネジメントを行うため、組織別集計を表示する。
・全事業所のランキング表を掲載する。
【検討すべき項目】
・経営者に必要なデータの見せ方。
・特に、業績等との連携。</td></tr>
<tr><td colspan="2">従業員</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="2">エネルギー管理者</td><td>【詳細】
・データ品質の担保のため、請求書の PDF データを同システム上に保管可能とした。
・データ信頼性確保のための請求書データと分析等のための詳細データの使い分けが課題。</td></tr>
<tr><td rowspan="12">データ分析</td><td rowspan="8">エネルギー効率分析</td><td>指標表示</td><td>活動量ベース原単位</td></tr>
<tr><td>原単位化</td><td>平米原単位</td></tr>
<tr><td>CO2 総排出量監視</td><td>組織階層毎の CO2 排出量集計</td></tr>
<tr><td>ベンチマーク</td><td>顧客内原単位、弊社データとの比較</td></tr>
<tr><td>統計・予測・シミュレーション</td><td>・目標値算出機能
・目標と実績、予測をグラフ化</td></tr>
<tr><td>特異値分析</td><td>—</td></tr>
<tr><td>リコメンデーション</td><td>—</td></tr>
<tr><td>新エネルギー関連
(再生可能エネルギー)</td><td>—</td></tr>
<tr><td rowspan="3">コスト分析</td><td>エネルギーコスト計算</td><td>余剰電力の金額換算表示を予定</td></tr>
<tr><td>導入コスト計算</td><td>—</td></tr>
<tr><td>エネルギー費用の配賦</td><td>—</td></tr>
<tr><td>その他</td><td>快適性・生産性</td><td>別機能にて提供</td></tr>
<tr><td colspan="3">教育</td><td>操作方法のガイダンス</td></tr>
<tr><td colspan="3">コミュニケーション</td><td rowspan="2">入力促進のためのメール通知等</td></tr>
<tr><td colspan="3">監査</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ECS</td><td colspan="3">省エネ制御</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">デマンド・レスポンス</td><td>目標値を設定し別プログラムにて実行</td></tr>
<tr><td colspan="3">エネルギー最適化</td><td>—</td></tr>
<tr><td rowspan="8">EMP</td><td colspan="2" rowspan="2">データ収集</td><td>対象エネルギー</td><td>電気、ガス、油、他</td></tr>
<tr><td>データ収集方法</td><td>請求書に基づく手入力、Savic-net などからのデータ</td></tr>
<tr><td colspan="3">データ蓄積</td><td>手入力は月次で行う。</td></tr>
<tr><td colspan="3">機器制御</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">xEMS 連携</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">通信プロトコル</td><td>HTTPS（セキュリティ）</td></tr>
<tr><td colspan="3">データ・フォーマット</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">ネットワーク</td><td>センサーネットワーク：インターネット
センター間：インターネット</td></tr>
</table>

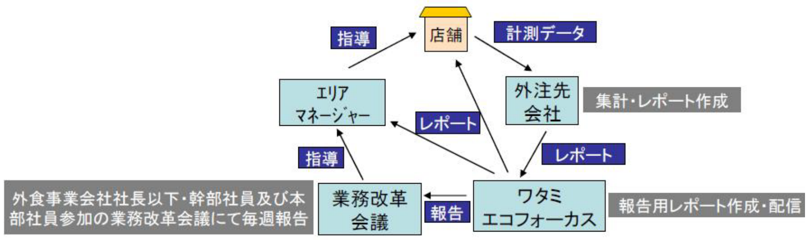
3.4.4. 飲食店店舗

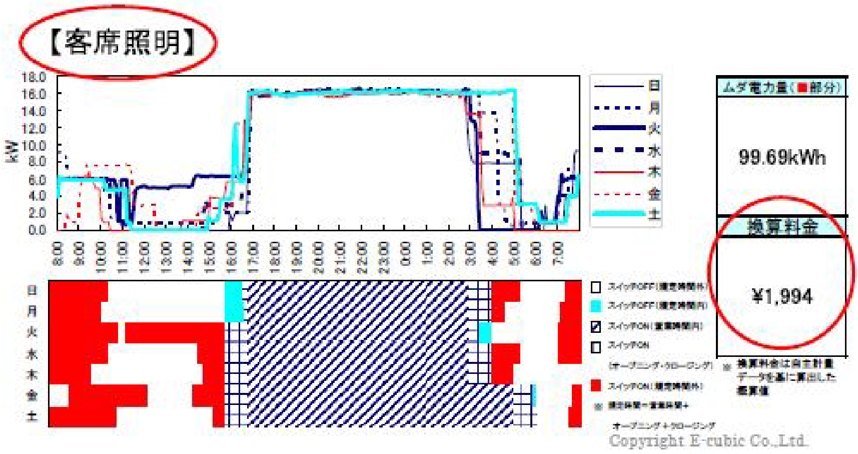
（1）概要

<table>
<tr><td>事業者名</td><td>ワタミ株式会社
（ﾜﾀﾐﾌｰﾄﾞｻｰﾋﾞｽ㈱、㈱ﾃｨｰｼﾞｰｱｲ・ﾌﾗｲﾃﾞｰｽﾞ・ｼﾞｬﾊﾟﾝ）</td></tr>
<tr><td>タイトル</td><td>飲食店舗における電力使用量の『見える化』による省エネ対策（ムダ削減）</td></tr>
<tr><td>概要</td><td>居食屋『和民』などを運営するワタミグループは、2004 年 8 月より店舗の使用電力を計測するモニター機器を導入して電力使用量を『見える化』し、ムダ電力の削減に取組んでいる。計測データは、グラフ化・金額換算し、毎週の業務改革会議で報告・店舗にフィードバックすることにより、店舗が自主的に改善を実施している。


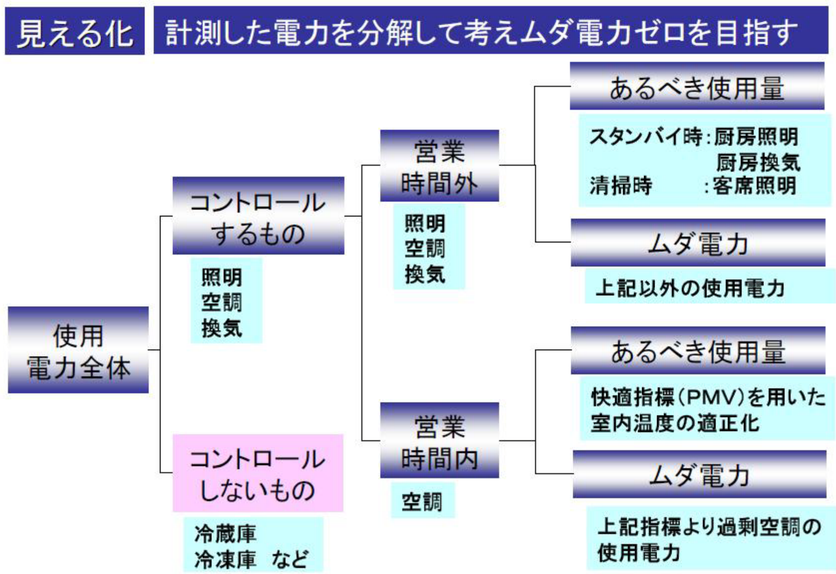
（出所：ワタミエコロジー）</td></tr>
<tr><td>適用対象</td><td>外食部門 293 店舗</td></tr>
<tr><td>ユーザー
（見える化の対象）</td><td>・経営層（電気代節約、省エネ法対策など）
・エネルギー管理者（エネルギー管理の実施、指導）
・従業員（意識・行動の改革）</td></tr>
<tr><td>開発・運用年</td><td>2003 年開発、2004 年 8 月運用開始</td></tr>
<tr><td>省エネ効果</td><td>省エネルギー率　3 年間平均 12%を確認</td></tr>
<tr><td>省エネ効果の前提</td><td>導入前と導入後の電気料金を比較し、それを省エネルギー率という形で表現</td></tr>
<tr><td>参考文献</td><td>・http://www.watami-ecof.co.jp/index.html（ワタミエコロジーHP）
・ご提供資料（飲食店舗における電力使用量の『見える化』による省エネ対策（ムダ削減））</td></tr>
</table>

（2）詳細

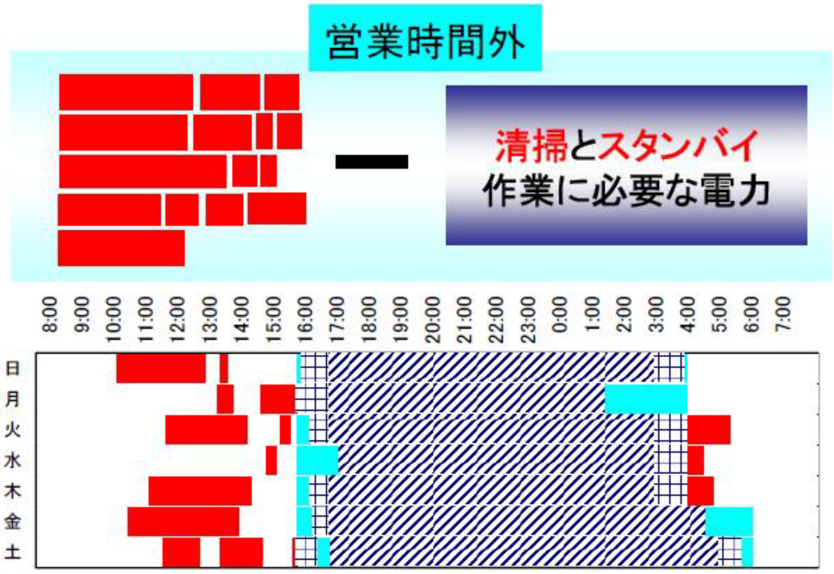
取組体制（計測・報告方法やマネジメント方法など）	【計測・報告頻度】 日～土曜日の１週間分の計測データを「総括週間レポート」として集計し、翌週の火曜日の、事業会社社長・本部長・部長・本部社員が参加する業務改革会議で報告する。店舗とエリアマネージャー（5 店舗前後を統括する店舗運営責任者）には「店舗別週間レポート」を作成し、これを配信して週単位で改善を図っていくというマネジメント行っている。  【マネジメント方法】 店舗の分電盤内に取付けたセンサーにて計測した電力使用量を、外注先の会社にて集計・レポート作成をし、それを元にワタミエコロジー（下図中のワタミエコフォーカスは旧社名）が業務改革会議用の資料作成と配信、及びグループ内での運用担当としてマネジメントしている。 
見える化の詳細	【グラフ化と金額換算】 モニタリング機器を導入しグラフ化・金額換算したレポートを報告することで見える化を実施している。

<table>
<tr>
<td></td>
<td>


【使用電力全体における見える化の内訳】
ここでの使用電力全体の見える化は、「コントロールするもの」と「コントロールしないもの」に分け、「コントロールするもの」に関して「余剰電力（ムダ電力）」と「あるべき使用量」に分ける。



</td>
</tr>
<tr>
<td>省エネを実現するためのポイント</td>
<td>【余剰電力の定義】
余剰電力を定義し、それを少なくするよう各店舗に働きかける。
ここで余剰電力は、「（営業時間とその前後１時間以外に使用した電力）－（清掃とスタンバイ作業に必要な電力）」と定義している。なお、清掃とスタンバイ作業に必要な電力は、各店舗にヒアリングを行い標準的な値を設定している。</td>
</tr>
</table>



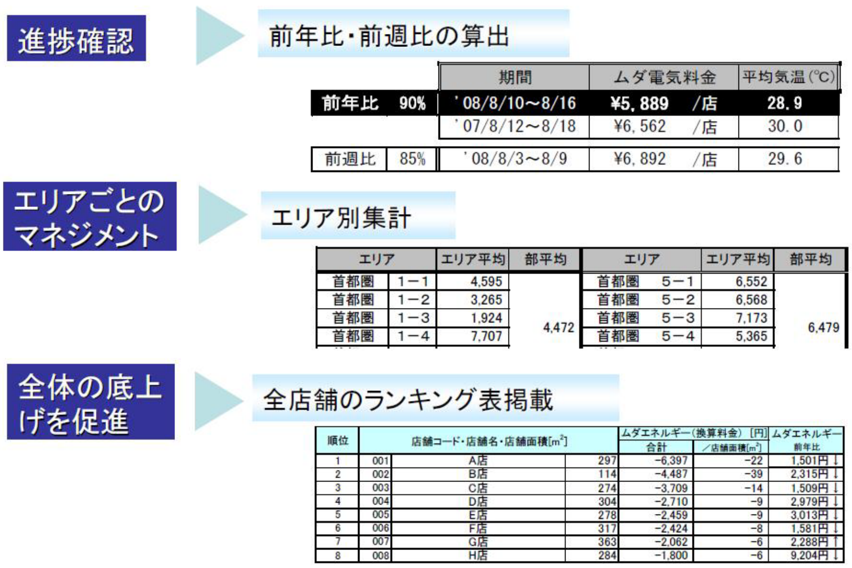
【総括週間レポートによる省エネの促進】

総括週間レポートにより、各エリアや各店舗の省エネを促進する。具体的にはそれぞれ以下の効果を狙いとしている。

・前年・前週比の算出：改善状況の進捗確認

・エリア別集計：エリア単位の傾向を把握

・全店舗のランキング表：全体の底上げを促進



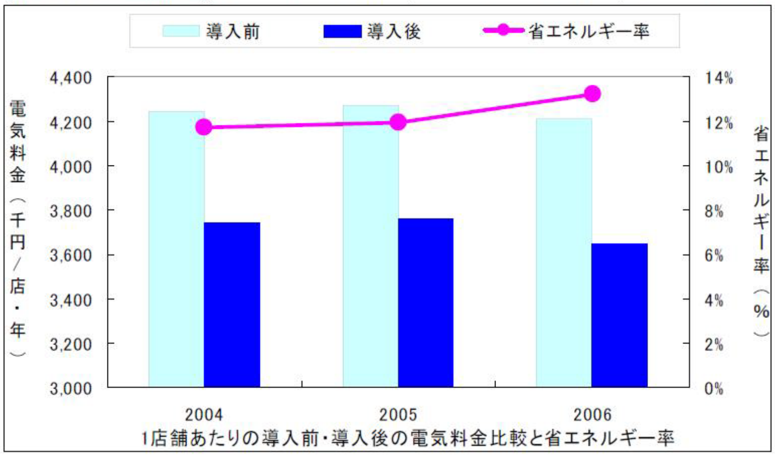
		期間	ムダ電気料金	平均気温(℃)
前年比	90%	'08/8/10～8/16	¥5, 889 /店	28. 9
		'07/8/12～8/18	¥6, 562 /店	30. 0
前週比	85%	'08/8/3～8/9	¥6, 892 /店	29. 6

エリア		エリア平均	部平均	エリア	エリア平均	部平均
首都圏	1－1	4,595	4,472	首都圏 5－1	6,552	6,479
首都圏	1－2	3,265		首都圏 5－2	6,568	
首都圏	1－3	1,924		首都圏 5－3	7,173	
首都圏	1－4	7,707		首都圏 5－4	5,365	

順位	店舗コード・店舗名・店舗面積[m²]			ムダエネルギー（換算料金）[円] 合計	ムダエネルギー（換算料金）[円] ／店舗面積[m²]	ムダエネルギー 前年比
1	001	A店	297	−6,397	−22	1,501円↓
2	002	B店	114	−4,487	−39	2,315円↓
3	003	C店	274	−3,709	−14	1,509円↓
4	004	D店	304	−2,710	−9	2,979円↓
5	005	E店	278	−2,459	−9	3,013円↓
6	006	F店	317	−2,424	−8	1,581円↓
7	007	G店	363	−2,062	−6	2,288円↑
8	008	H店	284	−1,800	−6	9,204円↓

対策後の効果	【電気料金削減効果】 対策後の効果として、3 年間平均で 12%の省エネルギー率（導入前電気料金における導入後電気料金の削減率）を達成。

	2004	2005	2006
省エネルギー率	▲12 %	▲12 %	▲13 %
省エネルギー量	▲ 7 百万kWh	▲ 7 百万kWh	▲ 8 百万kWh
省エネルギー金額	▲ 143 百万円	▲ 147 百万円	▲ 161 百万円



1店舗あたりの導入前・導入後の電気料金比較と省エネルギー率

(3）EEMS 分類フレームワーク

<table>
<tr><th colspan="4">サブシステム／機能／項目</th><th>詳細／検討すべき項目</th></tr>
<tr><td rowspan="13">EIS</td><td rowspan="4">見える化</td><td colspan="2">外部ステークホルダ</td><td>【詳細】
・CSR としての環境貢献
・省エネ法対策
【検討すべき項目】
・改正省エネ法への対応（電気に加え、ガス、水の管理への対応）が課題</td></tr>
<tr><td colspan="2">経営者</td><td>【詳細】
・省エネの取組の進捗状況を確認するため、前年比・前週比との比較を表示する
・エリアごとのマネジメントを行うため、エリア別集計を表示する
・全体の底上げを推進すべく、全店舗のランキング表を掲載する
【検討すべき項目】
・ランキングにおける原単位は要検討である</td></tr>
<tr><td colspan="2">従業員</td><td>【詳細】
・具体的な行動改善を示すべく、1 週間の管理区分別（厨房、客席、店外）の電気使用量の推移を示す</td></tr>
<tr><td colspan="2">エネルギー管理者</td><td>【詳細】
・現在の達成度を把握すべく、予算（前年度使用実績）と今年の実績をグラフ化する
・余剰電力をわかりやすい形で表現すべく、金額換算する
・過剰空調を指摘すべく、PMV（Predicted Mean Vote）指標を用いた見える化を行う
【検討すべき項目】
・余剰部分の定義や判断は要検討である</td></tr>
<tr><td rowspan="9">データ分析</td><td rowspan="8">エネルギー効率分析</td><td>指標表示</td><td>【全店舗】
エリア平均、部（エリアの上位）の平均
【店舗別】余剰電力
※余剰電力＝（営業時間とその前後 1 時間以外に使用した電力）－（清掃とスタンバイ作業に必要な電力（この必要な電力については、各店舗にヒアリングを行い標準的な値を設定している））</td></tr>
<tr><td>原単位化</td><td>店舗面積で正規化</td></tr>
<tr><td>CO2 総排出量監視</td><td>－</td></tr>
<tr><td>ベンチマーク</td><td>前年比・前週比との比較、エリア別の表示</td></tr>
<tr><td>統計・予測・
シミュレーション</td><td>予算と今年の実績をグラフ化</td></tr>
<tr><td>特異値分析</td><td>－</td></tr>
<tr><td>リコメンデーション</td><td>ムダ電力の定義、店内の温湿度を計測し PMV 指標を用いて過剰空調を指摘</td></tr>
<tr><td>新エネルギー関連
(再生可能エネルギー)</td><td>－</td></tr>
<tr><td>コスト</td><td>エネルギーコスト計算</td><td>余剰電力を金額換算表示</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="4">サブシステム／機能／項目</th><th>詳細／検討すべき項目</th></tr>
<tr><td rowspan="6"></td><td rowspan="3"></td><td rowspan="2">分析</td><td>導入コスト計算</td><td>省エネルギー金額を算出し、費用対効果を検証
※3 年で（初期投資及び運用コスト）を回収</td></tr>
<tr><td>エネルギー費用の配賦</td><td>—</td></tr>
<tr><td>その他</td><td>快適性・生産性</td><td>・PMV を用いて快適性を判断</td></tr>
<tr><td colspan="3">教育</td><td>・新人に環境に関する取り組みを教育（新人教育）
・店舗における省エネのポイント（資料）
・店長向けのシステムについてのマニュアル（資料）</td></tr>
<tr><td colspan="3">コミュニケーション</td><td rowspan="2">ランキングが悪い店舗に対して、電話や直接のヒアリングなどを行い改善に努めている（年間 30 店舗ぐらいヒアリングを行っている）</td></tr>
<tr><td colspan="3">監査</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ECS</td><td colspan="3">省エネ制御</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">デマンド・レスポンス</td><td>使用状態を表示（営業時間、規定時間等をレスポンスと同時に表示）</td></tr>
<tr><td colspan="3">エネルギー最適化</td><td>—</td></tr>
<tr><td rowspan="8">EMP</td><td colspan="2" rowspan="2">データ収集</td><td>対象エネルギー</td><td>電気</td></tr>
<tr><td>データ収集方法</td><td>センサー：温度（店舗内、空調パネル近辺）、空調・照明・給排気ファン（オン・オフ状態、使用量をチェック）</td></tr>
<tr><td colspan="3">データ蓄積</td><td>収集間隔：一週間（毎日では対応コストが大きい）</td></tr>
<tr><td colspan="3">機器制御</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">xEMS 連携</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">通信プロトコル</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">データ・フォーマット</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">ネットワーク</td><td>インターネット</td></tr>
</table>

4. EEMS の課題

4.1. フレームワークの実現に向けた課題

4.1.1. EIS の実現に向けた課題

（1）見える化の課題

①見える化の効果と先人事例

4 つの視点での見える化の導入が省エネ・コスト削減にどれぐらい結び付いたかを定量的に把握する手段が無い事または事例が少ないことが、導入障壁になることが予想される。そのため、企業として費用対効果の観点から導入を躊躇する原因となってしまう。

見える化の効果を定量的に把握するためのファーストステップとして、先ずは各種先人的な事例にてその効果を何らかの形で定量的に算出できるような仕組み及び結果が必要である。

②効果的な指標の整備

見える化は特定のステークホルダの目的に対応した情報を提供するもので、各事業者が要件に応じて構築する必要がある。そのためにはそれぞれの視点に応じた効果的な指標の整備が重要になる。

- 外部ステークホルダ
  - 顧客：製品やサービスを購入・調達する場合の環境性能に関する比較可能な指標。
  - 株主：省エネ努力を評価するための、同業他社や業界平均との比較データの整備。
- 経営者：CO_2 排出量を経営リスクとして認識するための指標定義。
- 従業員：個々人の注意点がわかる日常の業務活動単位での情報収集の表示指標。
- エネルギー管理者：各事業所の実績情報がタイムリーに把握できる指標。

（2）データ分析に関する課題

- センサー等計量器の適切な配置

  エネルギー効率を工程別、製品サービス別、事業所別に把握し計画予算や過去の実績との対比を可能とするためにはセンサー等の計量器の適切な配置が必要である。広く利用されるためには、非専門家が適切に配置できる技術が必要となる。

- 他のシステムとの連携

  例えば、コスト分析ではエネルギー源と機器に関するコストを工程別、製品サービス別、事業所別に把握し固定費と変動費として認識する。コスト配布には消費分布に応じた計算も必要となる。このような分析を円滑に行うためには、原価計算などの外部システムとの連携できる標準インターフェースが必要となる。

4.1.2. ECS の実現に向けた課題

領域別エネルギーマネージメントシステムにおけるエネルギー最適化制御(省エネ制御)については、従来から BEMS や FEMS 等の機能として提供されてきている。しかし、今後、日本においてもデマンド・レスポンスの導入が進んだ場合には、ECS が、省エネ制御とデマンド・レスポンスの両方に対応できるようにする必要がある。

省エネ制御とデマンド・レスポンス共に、その領域におけるエネルギー負荷を削減することを目的とする。ただし、省エネ制御は、快適性や生産性を下げずにエネルギーの効率的な利用を行うのに対して、デマンド・レスポンスは、経済的なインセンティブに対応したエネルギー利用抑制を行うため、それぞれの制御がお互いに矛盾するケースも考えられる。したがって、省エネ制御とデマンド・レスポンスの共存環境における最適なエネルギー制御技術の研究開発の推進が望まれる。

また、省エネ制御においては、その効果を予測し、実際に制御を実施するかどうか判断するための省エネ制御シミュレーション技術も重要である。さらに、省エネ制御は、試行錯誤の結果のノウハウも含まれるため、これらを省エネ・ルールとして記述し、広く共有できる仕組みの確立が望まれる。

4.1.3. EMP の実現に向けた課題

EIS における見える化やデータ分析、ECS におけるエネルギー制御に係わる技術は、今後も研究開発が進み、それらの技術を実装したアプリケーションが製品化されることが期待される。しかし、それらのアプリケーション毎に、データを収集したり、管理対象を制御したりする仕組みを準備するのは実際的ではない。したがって、エネルギー管理の共通基盤を提供する EMP の位置付けが非常に重要になる。

EMP では、エネルギーマネージメントシステムの規模や構成に合わせて、機能がコンポーネント化されていると同時に、そのコンポーネント間のインターフェース（通信プロトコルやデータ・フォーマット）の標準化が重要となる。また、複数の xEMS を集約させる場合は、それぞれの xEMS に配信するエネルギー管理ポリシー（エネルギー削減目標や CO_2 排出キャップ値など）の定義や記述方式の標準化が求められる。

4.2. エネルギー管理における技術・国際標準化の課題

2010 年 4 月施行される改正省エネ法により事業者単位でのエネルギー管理を実施することになり、従来以上に規制範囲が拡大しオフィスやコンビニ等の業務部門での省エネも規制対象となる。また、ISO50001 エネルギーマネージメントシステムも発行される予定であり、国際標準への対応も必要になる。

- 3 年から 5 年後の想定

3 年から 5 年後のエネルギー管理のあるべき姿としては、大企業から中小規模の企業へと展開が進んでいる状況であり、最も重要なことは、アメリカや韓国に見られるように省エネ技術の海外展開ビジネスが国家プロジェクトとして推進されていることである。

技術的な課題は、現在各種再生可能エネルギーの統合、DC 給電、通信・情報セキュリティに関することが残されているだけであり、3 年以内には解決されていると思われる。また、デマンド・レスポンス等の情報提供に関しては、サービスプロバイダ各社の新規ビジネス領域となり現在のインターネットやスマートフォンのように各社がサービスを競っていると思われる。

従来と大きく異なるのは当初のスマートグリッドが電力送配電網から、制御ネットワーク全体に変わってきたように、ネットワークの領域が拡大しており各種のサービスを支える為により詳細な規格化が行われていることである。

- 国内では独自規格で省エネビジネスが活発

すでに国内では省エネ推進のために見える化するということで電力量計だけでなくセンサー的な機器の製品提供を各社が進めている。

測定値の保証という点では、電力取引やグリーン電力証書では計量法に基づいた計量器を使用することとなっているが、工場における原単位やビルのフロア別管理に使用されている機器の規格はまだなく、すなわち各社が独自に進めている状況である。また、通信インターフェースとプロトコルも従来の技術が利用されており現時点では各社毎のクローズネットワークである。

- 海外では国際規格が検討されている

一方では、世界的に国際標準化活動が進められており、カーボンフットプリントのように”共通のものさし”を制定し、エネルギー管理を標準化しようとの動きが活発である。NIST や IEC SMB SG3 ではスマートグリッドに対して、IEC SMB SG1 ではエネルギー効率化に対しての標準化が行われようとしている。

ここで、国際標準化における最重要項目は Interoperability（相互運用性）になる。Interoperability を保証するには認証は必須であり、規格制定部門だけでなく規格適合証明を実行するための認証機関も必要になる。そこで、国内の法律に準拠するだけではなく、国際標準規格に準拠した製品、測定値の保証は当然のこと、通信においては共通インタフ

ェース・プロトコルの必要があるということである。

ただし、国際標準が確立された際に、現在国内で流通している機器との相関が取れるものになるかは疑問が残る。

- 課題：やらなければならないこと

今後のビジネスにおいて、エネルギー制御技術の発展途上国への技術輸出は日本経済復活のための主要な課題であり、国策として取組む必要があるが、国際標準化の問題は国内インフラの問題に止まらずエネルギーマネージメントシステムを国際ビジネスとして展開していくには大きな課題となる。

日本企業は個々の制御技術においては世界一の技術を保有していることは間違いないが、過去において技術力ではなく国際標準化によって日本企業のビジネスが抑制されることが多々あった。

日本がエネルギー管理の分野で取り残されないようにするために国際標準化活動に積極的に参加することは当然であるが、標準規格の認証機関・テストハウス等のインフラを日本国内に設置して、携帯電話のように海外認証機関に持ち込まざるを得ない高コスト体制に陥ることは避けなければならない。

またもうひとつの課題として、全エネルギー効率の観点から、電気だけでなく、ガス・水道・熱・空調・セキュリティを含めた統合制御ネットワークの構築に関するエネルギー管理の基礎として、全エネルギー使用を統一したフレームワークとアーキテクチャが必要となる。

産業分野は、生産される全電力の約半分を消費するため非常に重要であり、その産業分野においてエネルギー管理を推進していくには規制だけでなく、財務上及び高効率設備導入に対する各種インセンティブも考慮されるべきである。そのためには公平な評価が必要であり、標準化されたベンチマーキングやエネルギー監査・規則遵守等のマネジメントシステムの構築も必要である。

5. まとめ

今年度は、EEMS の目的を明確にして、EEMS のアーキテクチャとそのフレームワークの整理を行った。特に、EEMS で重要になると思われる、エネルギー情報化に重点をおいて整理をした。今年度の検討を通して下記の 2 点を提言としたい。

<u>提言１： 4 つの視点からみたエネルギーの可視化</u>

従来のエネルギーマネージメントシステムは、主にエネルギー管理者を対象に開発がなされてきた。しかし、今後事業者はさまざまな目的に応じてエネルギー合理化を達成する必要があり、そのためにはエネルギー情報の可視化をどのように実施するかを十分に検討する必要がある。可視化にあたっての考慮点として、可視化の対象毎に最適な理解を与えることが重要となる。そのために外部ステークホルダ、経営層、従業員、エネルギー管理者の 4 つの視点に分類してエネルギーの情報化すべき内容を整理・決定することを提言する。

<u>提言２：３つの要素からなるEEMSフレームワークの活用</u>

本報告書では、EEMS に必要となる機能要素をフレームワークとして整理した。EEMS フレームワークは見える化を中心とした EIS、エネルギーの制御のための ECS、また EIS・ECS を実現するための共通の技術基盤である EMP の 3 つの要素から構成される。

本フレームワークは、EEMS を構築するにあたって、導入事業者は導入すべき構成と機能として活用し、また開発ベンダは、開発すべき内容の優先度付けに活用することを想定している。

事業者のエネルギー管理目標を達成するために必要な機能要素の整理及び、将来の拡張のために、本フレームワークを活用することを提言する。

第2部

SSEMS (Social Service platform based on Energy Management System)

ースマートシティにおける種々の社会サービス構築のための

基盤技術、システム技術に関する考察ー

Working Group 1

— 第2部　要旨 —

平成 21 年度技術検討委員会 WG(タスクフォース)が活動の対象とした SSEMS（Social Service platform based on Energy Management System)とは、エネルギーの効率利用を地域/社会単位で捉え、種々の QOL サービスを実現するためのシステムを構築する基盤技術、システム技術と定義する。

昨年度平成 20 年度技術検討委員会活動では、「日本の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」として、将来システムである SEMS（Social Energy Management System）の考え方を議論したが、今年度はその考え方を進め 2020 年時期をイメージした地域／社会における種々のサービスシステムを構築するための基盤技術、システム技術に着眼した議論を行った。

検討開始後、周知の Smart Grid 議論が、当初の安定電力網の整備から社会サービス（Smart City）に焦点が変化したことを踏まえ、同視点で捉える SSEMS 議論も Smart City にみられるシステム技術、基盤技術が、今後の実用サービス開発の共通技術になる可能性をもつものと評価し、その要点を投影する形で本報告書の議論を展開した。今後のシステム開発、機器開発の基本部分であり、読者においてもその動向をウオッチングいただきたい。

なお、Smart City 関連情報については、Web 他の公開情報をベースに、WG 検討での推定も含めた内容をベースにしているため、情報不足といった点から、結果として一部においては深堀した議論に至らず、また理解不足、理解違いといったことも想定されるので、記載事項に関して読者の理解との差異がある場合は、ご容赦いただきたい。

技術検討委員会　WG（タスクフォース）

— 第2部 目次 —

1.　欧米におけるスマートグリッドの概念的要約と理解のポイント

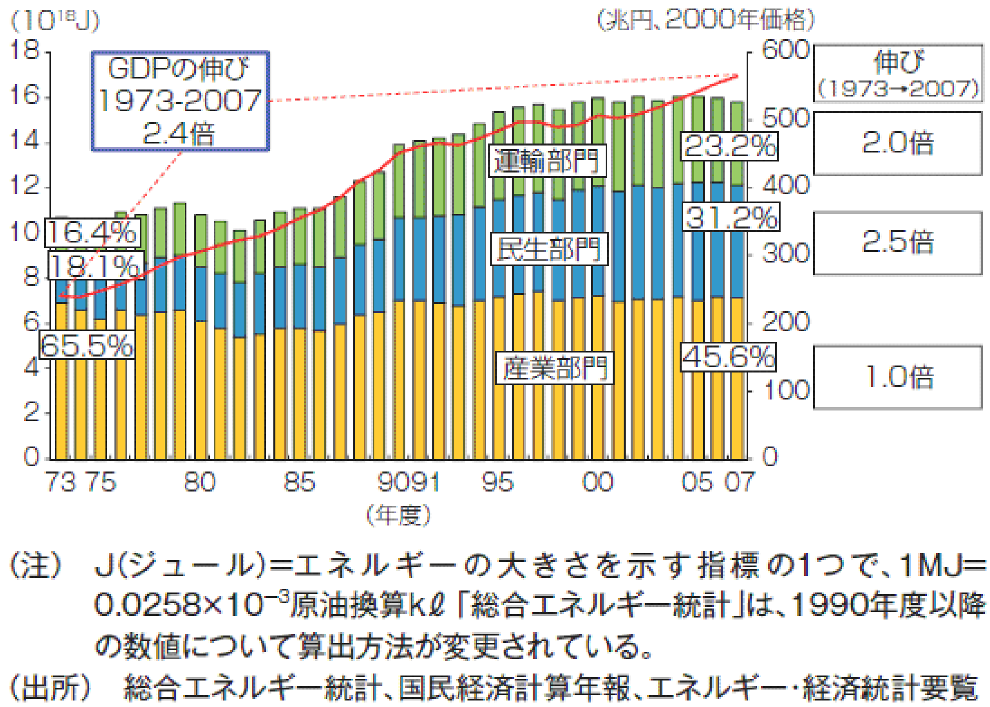
SSEMS（Social Service platform based on Energy Management System）：エネルギーの効率利用を地域/社会単位で捉え、種々の QOL サービスを実現するためのプラットフォーム技術

1.1.　SSEMS 議論の背景

■課題意識 1

⇒今後の本格的な省エネ対応の議論は家庭の QOL を念頭に、社会として／システムとしての対応、効果議論が重要である。

国内エネルギー消費量予測（経済産業省、エネルギー白書）において一番の伸び率が示される「民生部門」での今後の省エネ検討については、個々の家庭の省エネ対応に期待するだけでなく、QOL の維持向上を基本とした地域や社会レベルでのシステム的議論が必要になると考える。



出典：「エネルギー白書（平成 20 年度）」、経済産業省、平成 20 年度

図 1-1　最終エネルギー消費と実質 GDP の推移

■課題意識２

⇒WG タスクフォースが捉える EMS（Energy Management System）をベースとする 2020 年時期の社会サービス具体化のシステム技術、基盤技術（SSEMS）が、欧米で進行する SmartCity 開発において具体化しており、そこにみられるシステム技術の要点理解が重要と考える。

- 欧米における Smart Grid は当初の電力の安定供給化議論（下図内①）から Smart City と総称されるエネルギーベースの社会サービスの創造（同②）に焦点が変化している。
- 議論、実証レベルで欧米が先行するが、国内においても当初の要素技術の検討レベルから事業者参画のサービス検討に変化しており、国家レベルでのプロジェクトが具体化している（5.2 節参照）。

以下に、Smart Grid／Smart City の概念的全体イメージと、WG タスクフォースが捉える SSEMS の位置関係を示すので、その違いをご理解頂きたい。

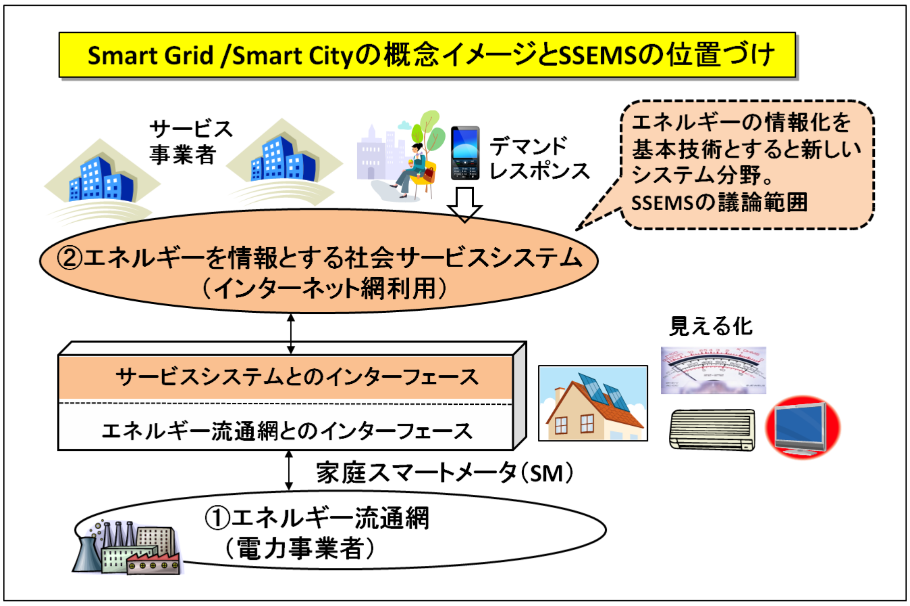


図 1-2　Smart Grid／Smart City の概念イメージと SSEMS の位置づけ

■課題意識３

⇒家庭に設置される Smart Meter（SM）の基本構造（アーキテクチャ）が、今後の社会サービスシステムを構成する全ての機器に展開され、基盤技術、共通技術（含 Defacto）に拡充する可能性をもつものとして、ビジネス面での影響含め動向をウオッチングすべきと考える。

図 1-3 に、Smart Meter （SM）の基本構造（アーキテクチャ）を示す。電力流通の計量を基本とする電力網との Communication 機能に加え、インターネット網との Communication 機能により種々の情報を発信する機能をもつ。内蔵するミドルソフト（Google ソフト等）がサーバ側と連携（AP 間通信）する機能により、種々のサービスを実現する。

- 従来の家庭計量メータに相当する SM は、すでにネットワーク端末としての機能を有しており、その構造は全体システムの基盤アーキテクチャに共通するものと理解できる。また今後システムにつながる全ての機器に対して、このアーキテクチャが形態（チップ化、アダプター化等）を変え展開、浸透していく可能性をもつものとも想定できる。
- 実証サイトにおいてミドルソフトを提供する Google 社は、アプリケーション拡充の視点から、当該ミドルソフトの API を公開する旨の発表を行っており、その動きは囲い込み戦略、Defacto 戦略視点としても注目される。
- 国内における SM の展開は今だスタート前段階と捉えるが、ビジネス面でも米国 GE 社の国内事業展開、各電力会社の SM 検討等も公表される段階にあり、また社会システム実証（経済産業省）により、その動きは加速されると思われる。実用性を考慮した共通仕様化の可能性についても議論を期待するところである。

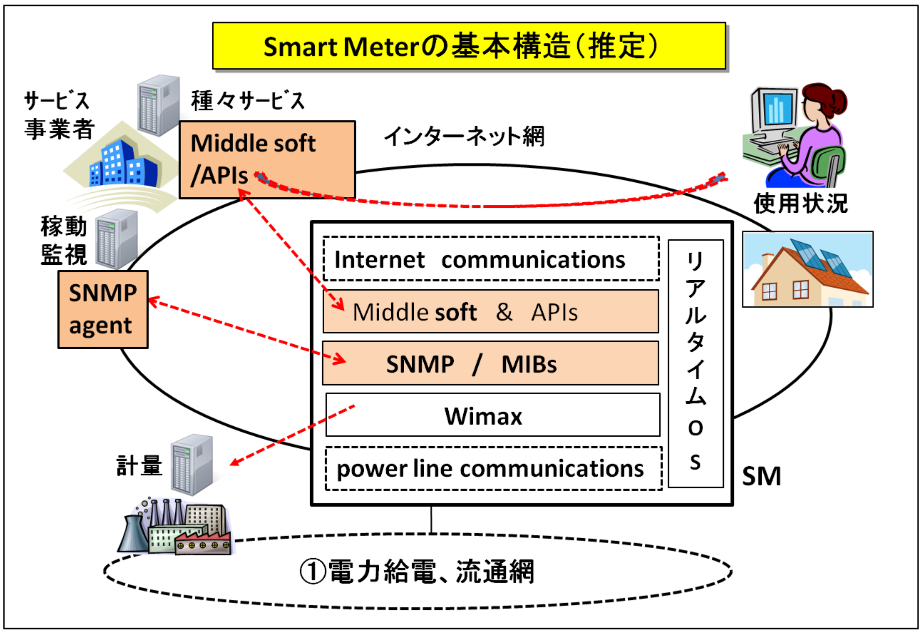


図 1-3 Smart Meter の基本構造とシステム機能

1.2. 欧米におけるスマートグリッドの概念的要点と理解のポイント

本節では、2章で説明するSSEMSの要点をご理解いただくため、投影的に捉えるSmart City システムにおけるシステム技術、基盤技術について説明する。SSEMS ご理解の前知識としてご理解いただきたい。

1.2.1. 世界各地で Smart City の取組みが進行

周知のとおり、欧米での Smart Grid／Smart City 議論は、システム的には一意的に集約されるものではない総称的なものと理解でき、地域地域でそれぞれ目途を持ったものとして推進されている。

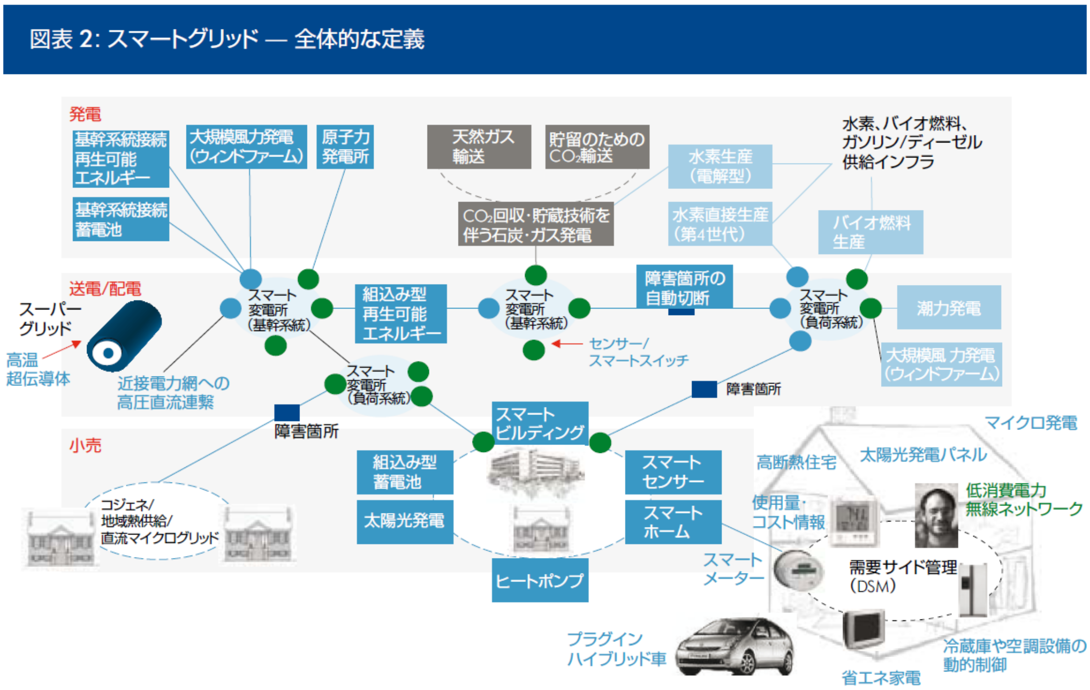
出典：“街づくり” としてのスマートグリッドースマートシティによる低炭素化と経済成長の両立ー」、アクセンチュア社資料

図 1-4 世界各地のスマートシティプロジェクト

1.2.2. アクセンチュア社が捉える Smart Grid

図 1-5 は、アクセンチュア社が捉えるスマートグリッドの全体イメージ図である。

・同社は「スマートグリッドとは既存の電力網による組み込み型コンピュータ技術と双方向のコミュニケーションを融合させる次世代の電力網です」と定義する。



出典：「スマートグリッド投資の加速にむけて」（世界経済フォーラム）、アクセンチュア社

図 1-5　アクセンチュア社が捉えるスマートグリッドの全体イメージ図

「発電から最終的な電力消費に至るまでのそれぞれの過程における、組み込まれたインテリジェンスや通信システムの統合的な姿を示しています。・・・スマートメータは電力使用量を測定し、その流れや品質に関するデータを中継するためのノードの一つにすぎないのです。」

「センサー技術、組込み技術、デジタル通信技術を活用することにより、電力網を以下の性質をもったものに変化させる。」と説明。

- 可視性（observable）：測定し、状態を把握することが可能
- 制御可能性（controllable）：操作し、最適化することが可能
- 自立性（automated）：状況に適用し、自己修復することが可能
- 完全な統合性（fully integrated）：既存システムとの相互運用性が可能であり、かつ様々なエネルギー源を取込むことが可能

図表 1: スマートグリッドへの移行

従来の電力網	スマートグリッド
アナログ/電気機械	デジタル/マイクロプロセッサ
集中電源	分散電源
受動的な障害·停電対応	能動的な障害·停電対応
手作業での復旧作業	準自動/全自動での復旧(自己修復機能)
単一料金	リアルタイム料金
消費者の選択肢　なし/限定的	消費者の選択肢の拡大
一方向コミュニケーション	双方向/統合型コミュニケーション
限定的センサー	ユビキタスモニター/センサー
時間ベースの保全	稼働状況監視に基づく保全
顧客と規制当局に対する不完全な透明性	顧客と規制当局に対する透明性
電力フローの限定的な制御	全域的·体系的な制御
推定に基づく供給信頼性	測定に基づく供給信頼性

出典：「スマートグリッド投資の加速にむけて」（世界経済フォーラム)、アクセンチュア社

図 1-6　アクセンチュア社が示すスマートグリッドへの移行例

＜WG の考察＞

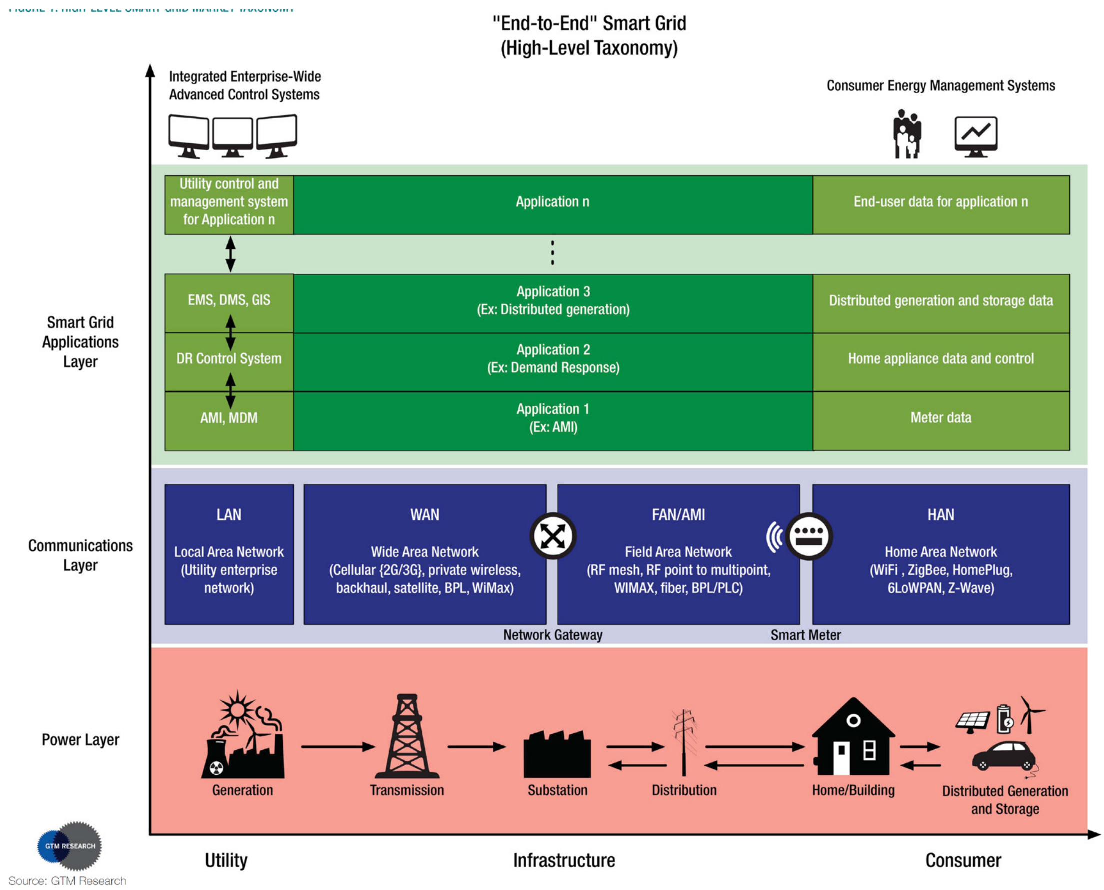
- 上記アクセンチュア社の捉える移行例を、整備された電力の安定供給網を保持する日本市場に投影してみると、図示される個々に事項があてはまらないことがみられるが、今後増大が想定されている国内の電力使用量の課題対応等を考えると、供給側においては電力供給の更なる安定化や、消費者側の QOL の維持、拡充を基本とする対策具現化には、新しいサービスビジネスの創生が不可欠の解決課題とも捉えられる。
- 長年にわたり蓄積してきた日本が先行保有する電力の安定供給網を活用した日本版スマートグリッド＝社会、地域レベルでの EMS（SEMS）としての新サービスビジネス創造が期待されているが、そのためにはシステム構築を担う IT 産業側においても、前述の新しい IT 技術の育成や、技術の裾野拡大、機器開発や SI 等の関連分野において、日本の優れた IT 技術、システム技術をベースに、更なる拡充、展開を戦略的に行い、先行する欧米企業のキャッチアップと、差別化技術の実現を目指すべきと考える。

1.2.3.　グリーンテックメディア社が捉える Smart Grid

米国におけるスマートグリッドの技術や企業の動向、将来像などをグリーンテック社の公開資料を基に紹介する。

出典：「The Smart Grid in 2010 : Market Segments, Application and Industry Players」, Greentech Media Inc., http://www.gtmresearch.com/report/smart-grid-in-2010

- エネルギーを情報とする新しい IT 技術をベースとし、多種多様な業態会社、製品が連携するネットワークシステム



出典：「THE SMART GRID IN 2010: MARKET SEGMENTS, APPLICATIONS AND INDUSTRY PLAYERS」, p13, Fig1, Greentech Media 社資料

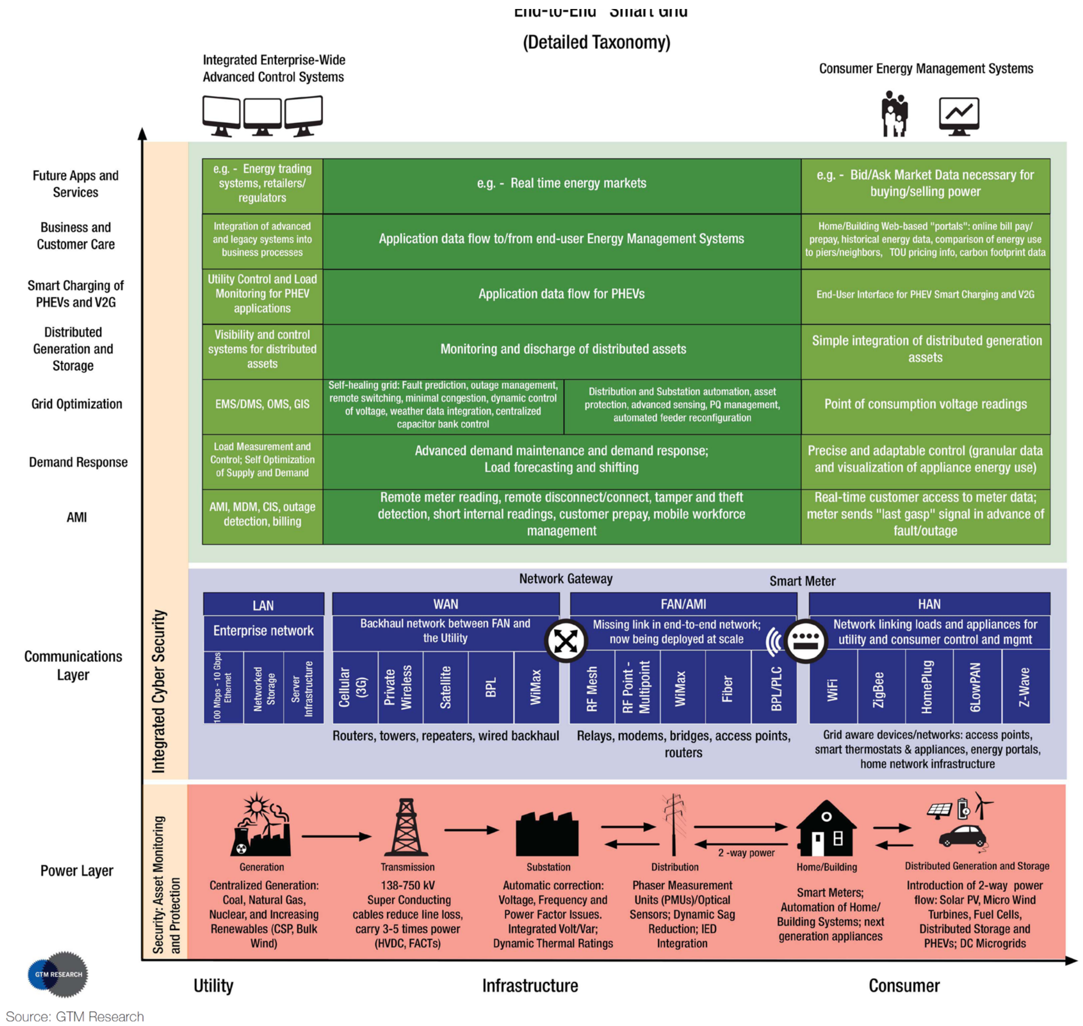
図 1-7　スマートグリッド分類

スマートグリッドは、「物理的な電力」、「データ通信とコントロール」、「アプリケーション」という 3 つのレイヤー全てで end-to-end のネットワークを構築する必要がある。顧客までをネットワークでつなぎ、さらに電力を双方向で流せるようにすることで、これまでは実現できなかった大規模な分散電源の導入と発電・配電・電力消費の効率化が可能になる。

end-to-end のネットワークのうち、これまで Substation と顧客の間をつなぐインテリジェントな FAN(Field Area Network)が欠けていたが、スマートメータによる AMI(Advanced Metering Infrastructure)がこれを埋めるインフラとして最初に導入され、多くの国々で急速に導入が進められつつある。FAN による顧客との接続がさらに HAN(Home Area Network)を通して建物内の個々の機器とつながると、デマンドレスポンスやグリッド最適化のようなアプリをより精密に確実に実現することができる。

end-to-end の通信の実現は AMI、デマンドレスポンス、グリッド最適化のような初期の

アプリを実現する。しかし、本格的に「ゲームを変える」可能性を持つのは「電力」「通信」の上に構築されるアプリケーションである。電力グリッドの制御が企業をまたがるあらゆるビジネスシステムと統合されることで新しいシステムが生まれ、HAN との接続が家庭での消費者の電力利用のあり方を変える。3 つのレイヤーの融合の上に多くのアプリや技術が構築されて新しいサービスが生まれ市場に広がっていくのは時間の問題である。



出典：「THE SMART GRID IN 2010: MARKET SEGMENTS, APPLICATIONS AND INDUSTRY PLAYERS」,p14,Fig2, Greentech Media 社資料

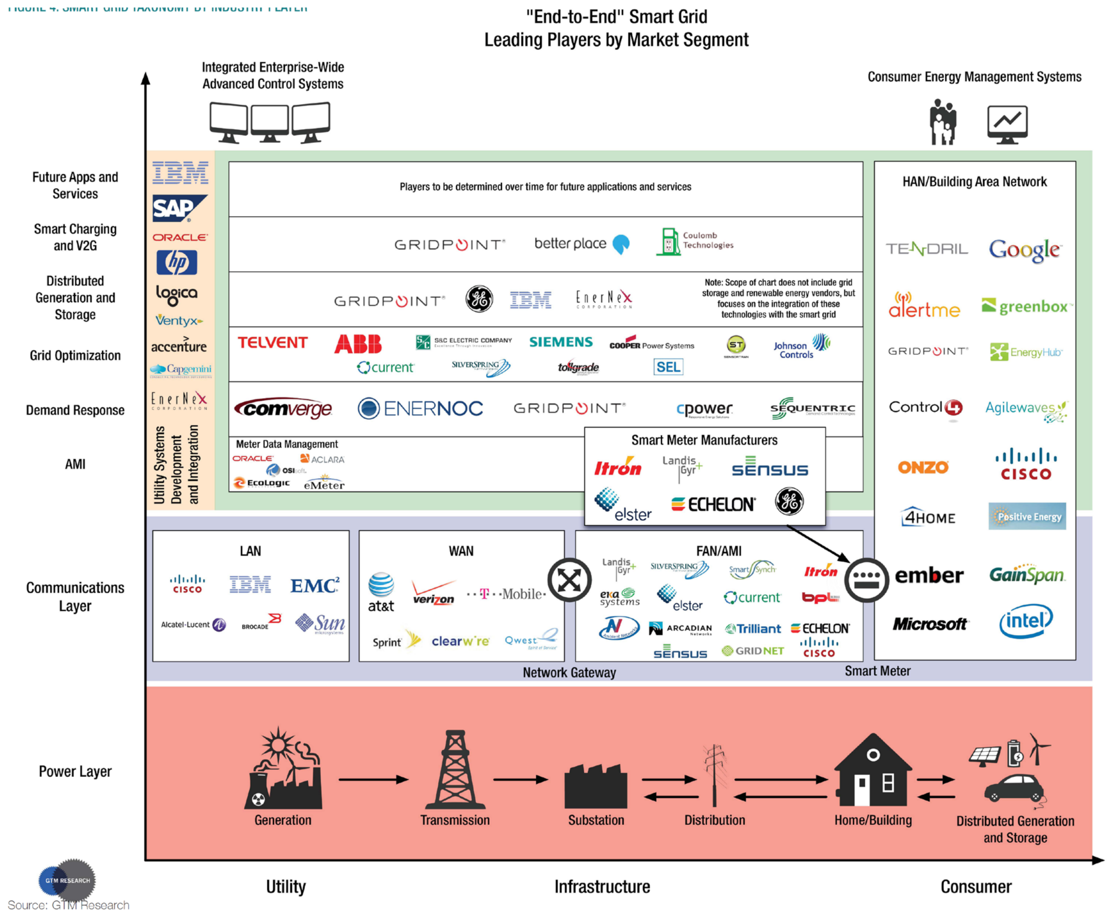
図 1-8　スマートグリッドの詳細分類

スマートグリッドの技術は、電力（エネルギー）、通信インフラ、情報技術の 3 業界の集合体と考えられる。この 3 業界における送配電、データ通信・制御、アプリケーションの 3 レイヤーの知見の導入と､それぞれのレイヤーをつなぐ end-to-end のネットワークの実現が、電力と情報の双方向流通を可能とし、分散型電源の大量導入と発電から消費まで

の効率化を可能にする。

上記のネットワークのうち、系統側のネットワークは既に構築されている。しかし、需要家と系統の間を双方向につなぐ情報の高機能ネットワーク（Intelligent Field Area Network (FAN)）が欠けている。スマートメータ（AMI：Advanced Metering Infrastructure）はこの部分を担当するネットワーク技術として整備されつつある。こうした end-to-end の通信があってはじめて、上記の FAN が HAN と連携し、より高レベルのデマンドレスポンスや系統運用の最適化につながる。

本質的な変革を産む可能性があるのはアプリケーションである。2006～2010 年では、AMI がキラーアプリケーションとなりそうであるが、2015 年では、他のアプリケーションがより高いレベルの機能を提供する事となり、AMI はもはやキラーアプリケーションとは見なせないだろう。



出典：「THE SMART GRID IN 2010: MARKET SEGMENTS, APPLICATIONS AND INDUSTRY PLAYERS」,p21,Fig4, Greentech Media 社資料

図 1-9　スマートグリッドの先導企業

公益事業者（Utility）と消費者（Consumer）間のシステム構成、接続が、種々の IT 技術（ソフトウェア、ネットワーク）活用によるネットワークで構成

スマートグリッドは、エネルギー生成・配信・消費の最適化を行うためのセンサー、アプリ技術を全て包含しており、どのような企業がいて、他の企業と何が違うのかが見えにくい。図 1-9 はスマートグリッドに対する企業の分類チャートを示しており、各種企業がどこで競合し、どのような関係になっているかを示すものである。ただしこの分類は競合領域毎にマーケットセグメントを分けたものではなく、むしろ強みや専門性で領域分けを行ったものである。また、関連するフィールドからの新しい技術の創生もこの分類は意識している。

図 1-9 の横軸はエネルギーのユーティリティー（発電所など）、インフラ（伝送網など）、コンシューマ（消費）を示し、縦軸はアプリ、機能プラットホーム、通信、などのレイヤーを示している。

具体的な領域分けとしては、FAN(Field Area Network)/AMI(Advanced Metering Infrastructure)ベンダ、Software and Application ベンダ、HAN(Home Area Networks) and Energy Management System ベンダ、DR(Demand Response) ベンダ、Smart Meters, Advanced Control Systems and Grid Optimization ベンダ、MDM(Meter Data Management) ベンダなどがある。

APPLICATION/MARKET SEGMENT	2010	2015	2020
AMI	The first large-scale deployments underway	Substantial and growing market penetration and network Infrastructure build-out	Significant and wide-ranging Implementation
Demand Response	Limited reach (mainly commercial and industrial customers)	Substantial market penetration for residential, commercial and Industrial	Commonplace with a wide variety of end-user service programs
Grid Optimization	A handful of utilities beginning distribution/ substation automation projects	Sensor technology embedded on the distribution network; automation becoming routine	Dynamic Sensing everywhere; Grid becomes an Intelligent Utility Network
Distributed Generation Integration	Nascent	Maturing, but still a small % of power generation	Approaching Mainstream More substantial presence;
Energy Storage	A few pilots among progressive utilities	Expected technology advancements and increased Distributed Generation penetration will boost storage's role	Vital role in supporting Distributed Generation
PHEV	N/A	Smart Charging	V2G (vehicle-to-grid)
Consumer Energy Management Systems	Successful pilots continue to highlight consumer demand	Gaining traction as "set-it-and-forget" technologies make energy management simple to use and cost-effective	Routine, Web-based

Source: GTM Research

出典「THE SMART GRID IN 2010: MARKET SEGMENTS, APPLICATIONS AND INDUSTRY PLAYERS」,p20,Fig3, Greentech Media 社資料

図 1-10　スマートグリッドのアプリケーション、市場セグメントとタイムフレーム

WG検討の想定時期

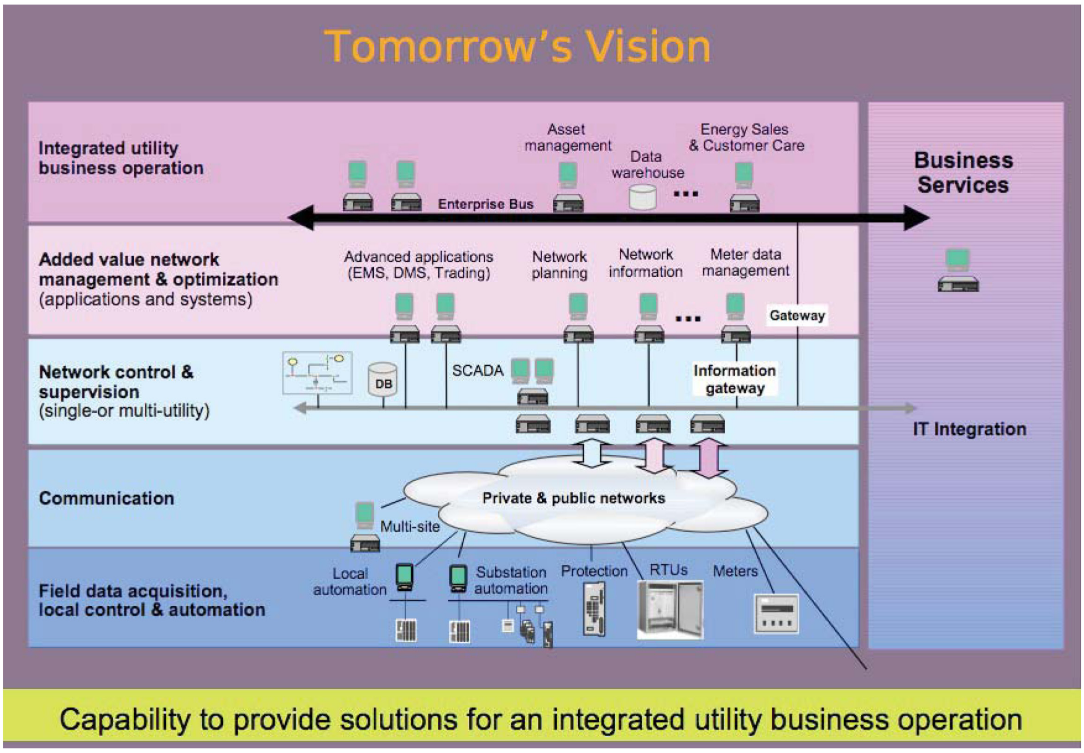
アプリケーション/マーケットセグメント	2010	2015	2020
AMI	展開開始		市場展開
Demand Response	企業等限定展開		一般ユーザー展開
Grid Optimization	手動		自動ｾﾝｼﾝｸﾞ
Distributed Generation Integration	初期導入		ﾒｲﾝｽﾄﾘｰﾑへ
Energy Strage	初期ﾊﾟｲﾛｯﾄ導入		ﾒｲﾝｽﾄﾘｰﾑへ
PHEV		チャージ機能	V2G
Consumer Energy Management Systems	一般ﾕｰｻﾞ要求調査		WEBﾍﾞｰｽで本格化

※2020 年は WG の検討ターゲット時期

出典：「THE SMART GRID IN 2010: MARKET SEGMENTS, APPLICATIONS AND INDUSTRY PLAYERS」,p20,Fig3, Greentech Media 社資料に基づき WG にて作成

図 1-11　スマートグリッドアプリケーションの動向予想

スマートグリッドに関係する各アプリケーション・市場について、2020 年までの予測を行っている。2010 年は、AMI については最初の大規模な市場展開が行われつつあるのに対し、その他はパイロットもしくはごく一握りのプロジェクトが実現されているだけと見ている。しかし 2020 年までにはいずれも成熟し、デファクト化・ルーチン化もしくは重要な役割を担っているものと見られる。つまり、2020 年には電力管理インフラの大勢が実装されることになると考えるべきで、その後の広く社会サービスはこのプラットフォームの上に構築されると考えられる。「どれがスマートグリッドのキラーアプリか？」との質問がよく口にされるが、ここで取り上げられているいずれのアプリケーションも革新的・独創的であり、どのテーマもキラーアプリになり得ると見ている。



Source: Reliance Energy

出典：「THE SMART GRID IN 2010: MARKET SEGMENTS, APPLICATIONS AND INDUSTRY PLAYERS」,p80,Fig26, Greentech Media 社資料

図 1-12　システム構成（将来ビジョン）

従来電力管理システムや発電設備の制御システム、配電管理システムなどは、それぞれ独立していた。スマートグリッドを実現するには、これらの電力ビジネス全般にわたるシステムと情報の統合が鍵となる。またスマートグリッドのメリットとされている電力網の最適化、効率向上、自己修復する電力網、などは、これら電力会社の業務システムの統合により提供される。（例えば配電網上に地理情報システム（GIS）を載せることによる可視性や予測性の向上や、AMI と停電管理システムの統合による電力網の継続性と健全性の保護の向上など）スマートグリッドを実現するには、電力管理システム（EMS）、発電設備監視制御システム（SCADA）、配電管理システム（DMS）、停電管理システム（OMS）、人材管理、再生可能エネルギー管理とその他関連システムは、お互いに情報を共有することが必要となる。これらのシステム統合による新しいアプリケーションを実現するには、膨大なリアルタイムデータの処理が必要となり従来のシステムでは対応できない。システムと情報の統合は企業全体に関わり非常に重要なシステムとなるため、システム統合やネットワークの構築に当たっては、経験や実績のあるメーカーが有利と考えられる。制御システムについては ABB や SEL であり、IT システムについては IBM やオラクルなどである。IBM やオラクルはこの分野で活発に活動することが予想される。

TOP 15 AMI DEPLOYMENTS - NORTH AMERICA

	Utility	Territory	Total Smart Meters	Meters Deployed to Date	Pilot	PUC Approval	Announced	Plan Completion	Meter	Network (com & infrastructure)	Notes
1	PG&E	Northern and Central California	5,400,000	557,000	N	Y	2008	2012	GE/Landis + Gyr	Silver Spring (Smart Synch small role)	$2.2 billion for AMI project which includes 5.4 million electric meters - to date 2.3 million gas & electric have been deployed
2	AEP	Midwest	5,000,000	200,000	N	multiple territories	2007	2015	GE and Landis + Gyr (different territories)		the 5,000,000 meters represents a goal, AEP has been adversely affected due to recession
3	Southern California Edison (SCE)	Southern California	4,800,000	ongoing	N	Y	2007	2012	Itron	Itron	$1.63 billion smart-metering program SCE has signed a $480 million contract to buy 5.3 million (gas and alectric) meters and communication equipment from Itron, which will provide 80 percent of the meters for the program, according to Vanessa McGrady, a spokeswoman for SCE.
4	Southern Company (includes Georgia Power)	South	4,400,000	1,000,000	N	Y	announced Jan 2008	2013	Sensus	Sensus	
5	Florida Power and Light (larger territory)	Florida	4,600,000	100,000	N	Y	2008	N/A	GE	Cisco (networking) & Silver Spring (wireless communications)	$500 million expected cost (doesn't include the $200 million for the Miami smart grid project. In the project, GE will supply smart meters, Silver Spring will provide wireless communications and Cisco will provide networking. Carol Browner, who coordinates energy policy at the White House, was on hand for the announcement along with FPL Group CEO Lewis Hay, GE CEO Jeffrey Immelt, Cisco's John Chambers and Silver Spring Networks CEO Scott Lang.
6	Oncor	Texas	3,000,000	250,000	N	Y	2007	2012	Landis + Gyr	Landis + Gyr	$700 million project cost. IBM, Cap Gemini and Ecologic Analytics are also working on Oncor's smart grid project.
7	DTE	Detroit, MI	2,600,000	30000	Y		announced Aug 2008		Itron	Itron	$350 million program means more accurate meter reading, power outage detection
8	CenterPoint	Houston, Texas	2,400,000	250000	N	Y	announced Feb 2009	2014	Itron	Itron [with eMeter software]	
9	Pepco Holdings (PHI)	Deleware, MD, NJ	1,900,000	expected start 4th Q 2009	N	Partial	announced Mar 09	2013	GE/Landis + Gyr	Silver Spring	both Landis + Gyr and GE will deploy in Deleware "with flexibility to expand usage of the smart meters in other areas of PHI's service territory" as of writing waiting for PUC approvals in MD and NJ. Deleware alone will cost $100 million
10	Duke Energy	Indiana, Ohio	1,500,000	0	Y	Partial	2008	2014	Not announced	Cisco	Duke has received PUC approval for a 700,000 meter deployment in Ohio; Duke is seeking approval for an 800,000 meter project in their Indiana territory. The cost of these two deployments will be $1 billion. Duke has not yet begun the PUC approval for their two largest territories (North Carolina and South Carolina), which will be another 2.4 million smart meters.
11	Sempra/San Diego Gas & Electric	San Diego and southern Orange counties	1,400,000	expected start 2nd Q 2009	N		announced July 2008	2011	Itron	Itron	PUC approved $572 million project
12	Ontario Smart Metering Initiative (13 different utilites)	Ontario, Canada	1,300,000	ongoing			2007	2010	Elster 63%, Ozz/Trilliant 25%, 9% Sensus	Elster/Trilliant/Smart Synch	http://www.metering.com/node/10059
13	Connecticut Light & Power	Connecticut	1,200,000	0	Y	N			-	-	proposed nearly 2 years ago, and was transitioned into a pilot costing roughly $13 million rather than the initial $225 miilion
14	Portland General Electric Co.	Portland, WA	850,000	N/A		Y		2007	Sensus	Sensus	a cost of $130-135m, delivering annual savings of $18m from 2011
15	APS (Arizona Public Services)	Arizona	800,000	100000	N	Y	announced June 2008	2012	Elster	Kore Telematics/AT&T (backhaul)	Currently 100,000 smart meters have been installed around the state and the company is currently replacing 7,000 meters per month. Within five years, APS expects to deploy about 800,000 smart meters.

Source: GTM Research

出典：「THE SMART GRID IN 2010: MARKET SEGMENTS, APPLICATIONS AND INDUSTRY PLAYERS」,p86,Fig28, Greentech Media 社資料

図 1-13　北米 AMI 開発ベンダ（TOP15社）

＜WG の考察＞

図 1-13 は、スマートグリッドに関わる企業の分類を示したものであり、すでに、多種、多様な大企業、新規企業が参入しており、本報告作成段階でも新たな企業が次々と参画してきている。これら企業は、連携で事業化を進めている。われわれは、これら競合領域での技術のみならず、プレーヤー、そのパートナーシップなどにも注目して動向を把握する必要がある。

特に、AMI については、2007 年から 2008 年にかけて発表、5 年程度の計画となっている。最終的には数十万から 500 万台のスマートメータの設置を計画している。現時点では数万から 50 万台程度が置き換えられている。プロジェクト全体で数百億から 2000 億円程度の費用を予想している。メータ、ネットワークともに特定メーカーが優位な状況には至っていないと思われる。

2. SSEMS のコンセプト –Social Service platform based on Energy Management System (SSEMS) -

第 1 章では、スマートグリッドの動向について、世界で取り組まれている研究開発、実証実験、事業化の動きを述べ、技術的には、特にスマートメータ（SM）で顕在化したシステムアーキテクチャの動向中心に注目すべきであることを提言した。われわれは、“2020 年の社会において重要なサービスを、高いエネルギー効率の下で提供すること”を目的とするシステム基盤技術として、Social Service platform based on Energy Management System（以後、SSEMS)を検討した。

2.1. SSEMS の構成の概要

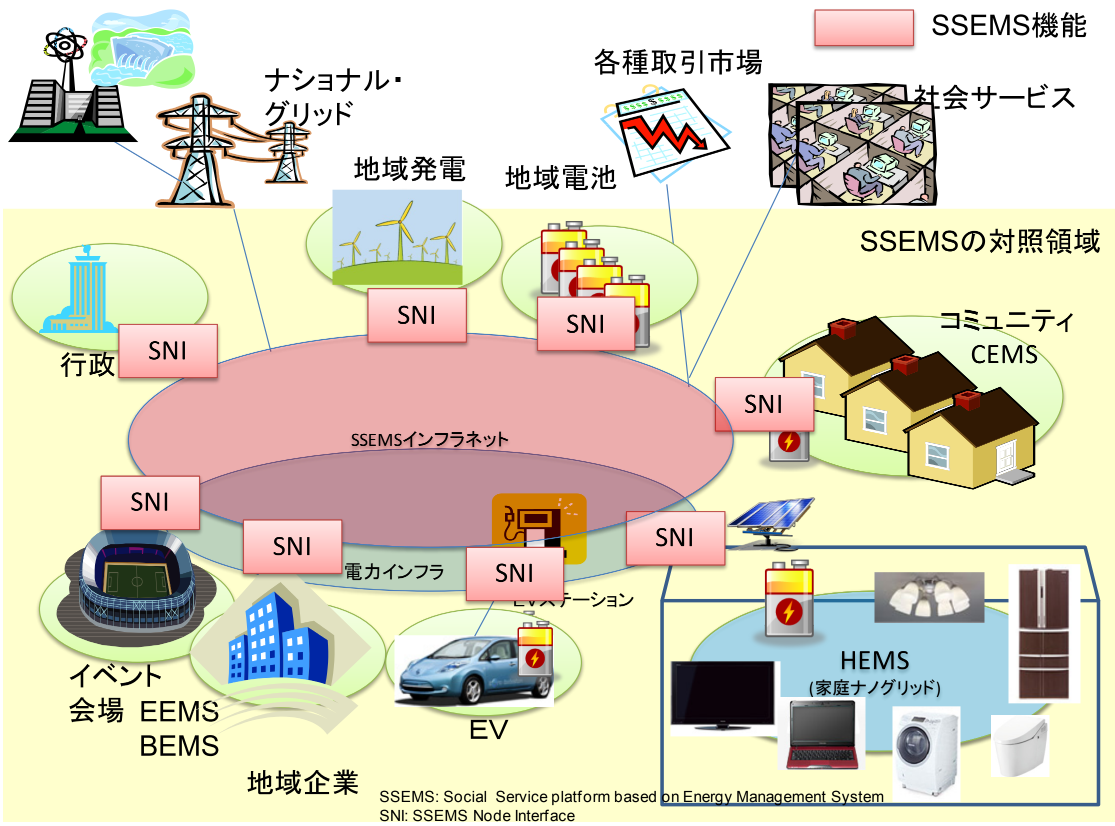


図 2-1 SSEMS の概念構成

- SSEMS は、SSEMS インフラネットと SSEMS Node Interface (SNI)の 2 つの要素から構成される。
- SSEMS インフラネットは、高位社会サービス間を連携し、SNI を介してデバイス、

サブシステムの状態監視、制御を行う機能である

- **SNI は、デバイス、サブシステムとインフラネットを相互接続し、各デバイス、サブシステムを統括、高位サービスを実現するためのゲートウェイ機能である。**
- **SSEMS に接続するデバイス、サブシステムを xEMS と考える。**

図 2-1 には、われわれが想定する SSEMS の基本的構成(アーキテクチャ)（SSEMS-A) を示す。SSEMS は SSEMS インフラネットと SSEMS Node Interface(SNI)の 2 つの構成要素からなると考える。

① SSEMS-インフラネット (SSEMS-I)

社会・地域のサービスを相互に連携して運用、管理する機能であり、電力全体最適化、全体平準化、などのエネルギー管理の下で、SSEMS に SNI を介して接続するデバイスの状態を把握、制御して社会、地域サービスを提供する。機能は、集中型であったり、拡張性や信頼性などの必要に応じて分散型であったりしてよい。スマートグリッドなど電力インフラを基盤として構成される。

② SSEMS Node Interface (SNI)

社会・地域サービスの提供のための末端のデバイス、あるいはサブシステムを xEMS(X=H, B, F, E など)と考える。xEMS と SSEMS をインターフェースする機能が SNI である。SNI は以下のような機能を持つ。

- スマートグリッドの電力配電インフラと、通信インフラとの双方向インターフェース機能
- エネルギー消費情報、収集機能
- 家庭内有線、無線ネットとの相互接続インターフェース機能
- 配下のデバイス、サブシステムの統合管理機能
- 外部ネットと宅内との接続、及びサービス構築のためのインタフェース(API)をもったゲートウェイ機能

■ SSEMS サブシステム（デバイス）

我々は、SSEMS につながるサブシステム、あるいはデバイスを xEMS(x=H,B,F,T,E, など)と定義する。これらサブシステムは、上記 SNI によって SSEMS に接続する。社会サービスを実体として提供するのはこのサブシステム、あるいは xEMS である。これらの技術は、HEMS、BEMS、FEMS、EEMS、EV システム、など個別に各機関で研究開発されている。

これら SSEMS アーキテクチャの詳細な検討は、第 3 章に記載する。

2.2.　検討しようとする SSEMS の位置づけ

- SSEMS はエネルギーの効率的利用という条件の下、社会課題を解決するためのエネルギー管理ベースのサービスプラットフォームである。
- スマートグリッドは、電力送電、配電系のインフラとして電力サービスを含むが、SSEMS はそのインフラの上での社会サービス提供を実現するものである。

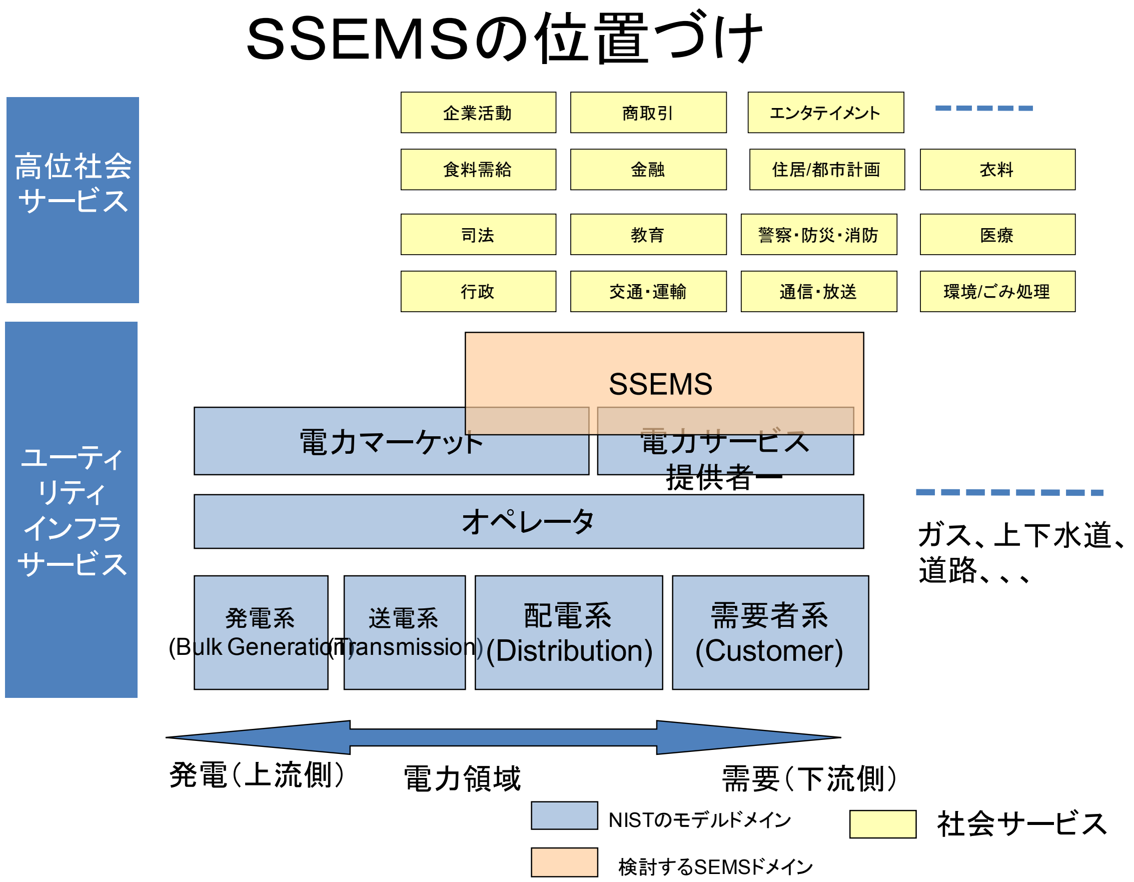


図 2-2　SSEMS の位置づけ

- 高位社会サービスとは、Society(社会、地域、都市)が抱える社会問題を解決するためのサービスをいう。行政、交通・運輸、防災、医療、環境、食糧、企業活動などのサービスになる。
- SSEMS は、社会が抱える課題を解決するための高位社会サービスをエネルギー高効率管理の観点から最適なソリューションとして提供することを目的としたプラットフォームである。
- SSEMS は、高位社会サービスとエネルギーインフラをインターフェースするプラ

ットフォームである。

- **SSEMS は、エネルギーインフラモデルでは、需要家（下流）側に位置づく。**

我々が検討する、SSEMS の位置づけを、スマートグリッドの定型的な概念モデルとされる NIST モデルを用いて説明する。また、実現時期としては、ここ 2～3 年のスコープではなく、今後 10 年後程度を見据える検討であることを付け加えておく。

図 2-2 の青ドメインは、現時点での NIST のスマートグリッド概念モデルである。大きく 7 つの機能ドメインが関係しているとされる。スマートグリッドには、発電系(bulk generation)、送電系グリッド(transmission)、配電系グリッド(distribution)、顧客（customer)という電力の流れに連携して、米国電力事業形態に応じた運用系 (operation)、マーケット（電力取引マーケット)、電力関連サービス提供者（課金サービスなど）が含まれている。概要としては、電力安定供給、平準化、電力効率向上を実現、運用するためのハードから電力関連サービスまですべての関連機能を含むものである。NIST モデルにおける電力サービスについては、具体的な例として、課金サービス、加入者管理、緊急時支援サービス、メンテナンス、ビル管理、ホーム管理などがあげられている。なお、通常スマートグリッドとして定義されるのは、送電、配電系、それらに関するオペレータ、電力サービスドメインと考えられる。

一方で、人口の増大、生活格差、災害、環境、高齢化など社会、地域、とりわけ都市が抱える課題は、今後ますますその深刻さを増すだろう。Society（社会、地域、都市）のステークホルダー、特に、Society 全体に大きな責任を持つ公益機関はこれら社会の抱える大きな課題を解決する必要がある。これら社会の大きな課題を解決するためのサービスを高位社会サービスと定義する。具体的には、行政、交通・運輸、防災、医療、環境、食糧、企業活動などに関連するサービスとなるが、今後、新たなサービス、融合サービスも加わるだろう。

図 2-2 において、NIST モデルでは、スマートグリッドが社会システムとどうつながるかについては、必ずしも明確ではない。われわれが検討しようとする SSEMS は、サービス層の中でも、電力サービスの一部から社会サービスに関連する領域である。また、電力系統の中では、発電系、送電系というよりも、配電系から需要系という比較的下流に相当する領域である。われわれは、今後の社会サービスにおける電力インフラの果たす役割の重要性をいち早く、技術的立場から検討、検証し、社会サービスとエネルギー基盤の関係を明確にしつつ、必要な技術施策、技術開発に取り組むべきと考え、社会サービス提供のためのエネルギー管理基盤プラットフォームとしての SSEMS を検討する。

本検討では、現在、多方面で検討されているスマートグリッド、HEMS (Home Energy Management System)、 BEMS (Building Energy Management System)など、需要サイド管理(DSM)系は前提として考慮し、むしろ、これら管理系と社会サービスとの連携機

能、インターフェース機能を中心に考えてゆく。

図 2-3 には、これら検討されているシステム、Society のステークホルダーと、われわれが検討する SSEMS との関係をあらためて示す。

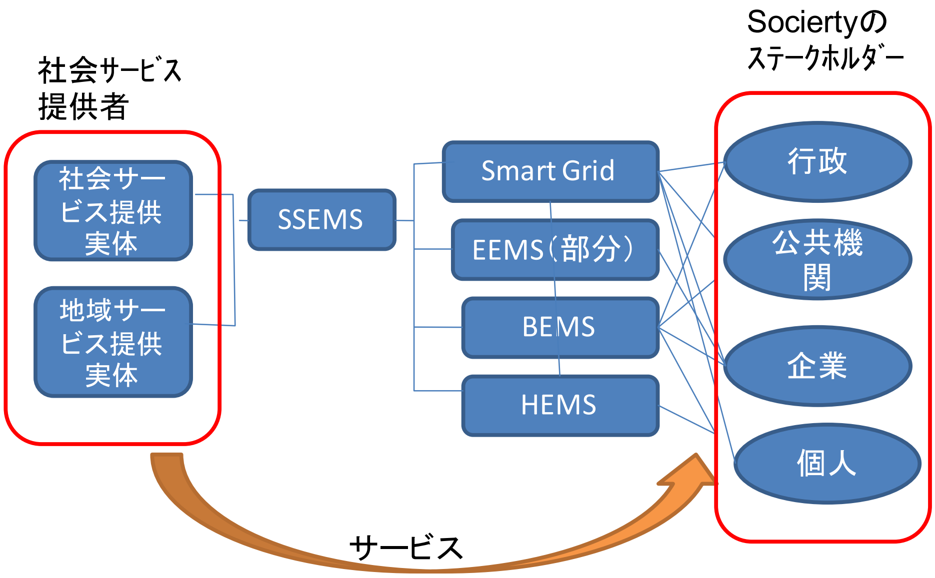


図 2-3　SSEMS と他の EMS、および、社会のサービス提供側、享受側の関係

- **SSEMS は、スマートグリッド、xEMS(x=H,B,F,E,など)と連携して社会サービスをステークホルダーに提供する。**

SSEMS とスマートグリッド、他 EMS、社会のステークホルダー（行政、公共機関、企業、個人など）との関係を示す。SSEMS は、スマートグリッド、インターネット他の EMS を統合して効率的なエネルギー管理の下でステークホルダーにサービス提供するサービスプラットフォームである。エネルギーの高効率運用をベースに サステナブル社会・地域の 3 つの領域（「高い生活水準（QoL)」、「安心・安全」、「活性化」）を維持しつつ、前述の高位社会サービス提供、あるいは支援のためのプラットフォームが SSEMS である。なお、図では、社会サービス提供者が、ステークホルダーと別に記載されているが、場合によっては、社会サービス提供者がステークホルダーと同一の場合もある。

2.3.　SSEMS の基本概念

- **SSEMS は、高位社会サービスを提供するためのエネルギー管理プラットフォームである。**
- **SSEMS は、複合的サービス提供による大局的エネルギー効率化が重要な技術となる。**
- **SSEMS の要素は 2 つ；サービス間連携を可能とする SSEMS ネットインフラと、デバイス、サブシステムをインフラにつなぐ SNI (SSEMS Node Interface)**

2.3.1.　SSEMS のビジョン

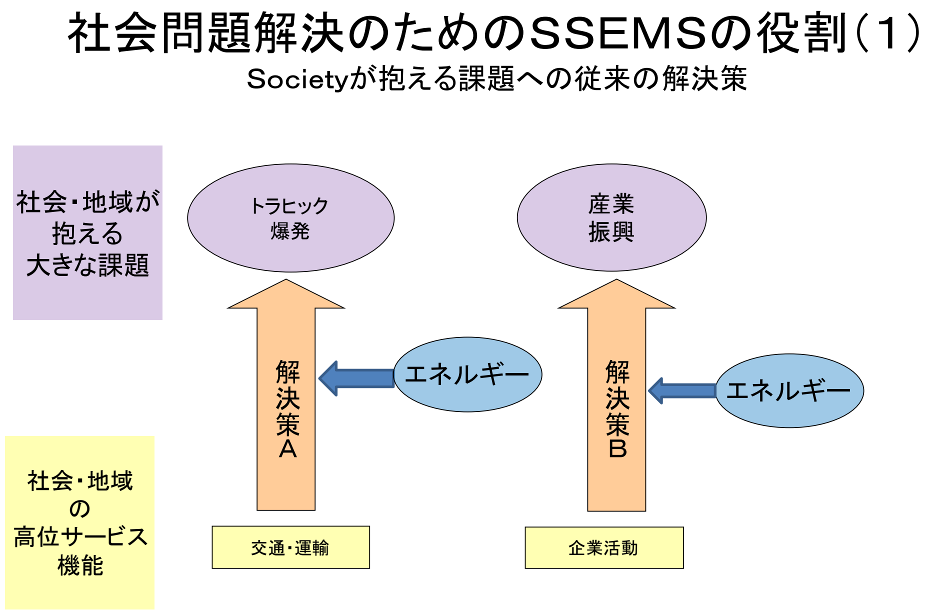


図 2-4　社会問題解決のための SSEMS の役割、従来の解決策

- 個別の社会サービス解決ではエネルギー効率の大幅な向上は困難であろう。

図 2-4 は、社会が抱える課題に対して、従来の解決策の考え方を表している。

ここでは、交通量（トラヒック）増大の課題と、産業の発展の課題を考えてみる。特に都市部あるいはその近郊における渋滞は極めて深刻な状況に達しており、時間帯、あるいは事故発生によってはほとんどスループット（単位時間当たりのエンドエンドの輸送量）が期待できない状況に陥る。これを回避するために、道路の拡張、信号機の制御、夜間の輸送、バイパスの建設、さらには、海外では、登録番号、あるいは登録制による車両乗り入れ規制など解決策がとられている。一方、企業活動としては、物流をベースに、製品生産の分散化､コストパフォーマンスの向上が世界的に進められているが､輸送そのものは、現在のトラヒックインフラを想定した、拠点の移設など企業内、あるいは調達関係会社間の調整で対応しているのが現実である。いずれも、コスト、つまりエネルギーをかけて出来る範囲内でのぎりぎりの改善を進めているが、この状態を維持するだけでも、慢性的な渋滞状況を考えると、非常に大きな経済的なロス、あるいは非効率なエネルギー消費が発生している。さらなる産業の発展、トラヒックの増大には対応が困難であろう。

社会問題解決のためのSSEMSの役割（2）

Societyが抱える課題への解決策の考え方

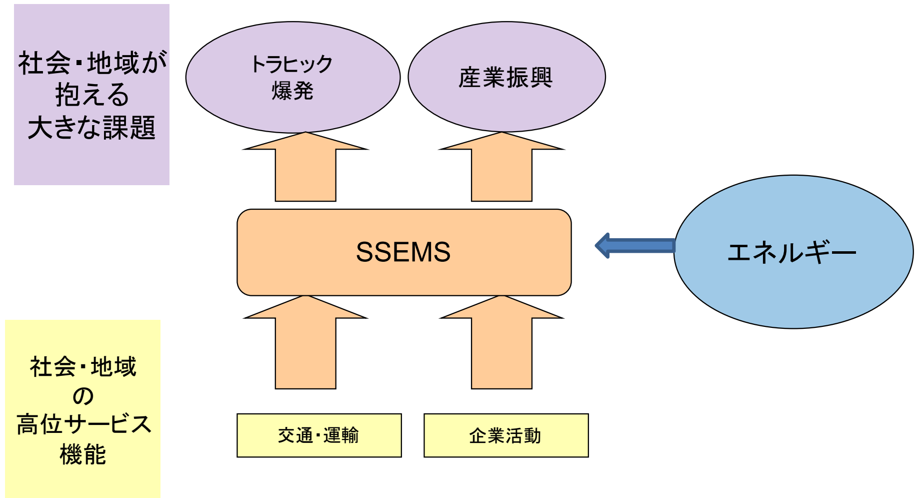


図 2-5　社会問題解決のための SSEMS の役割、新しい解決策の考え方

- **社会サービスの複合化でエネルギー効率を大幅に向上できる可能性がある。**

次に、社会問題の複合ソリューションとしてのサービスの考え方で問題解決の可能性を概念的に考えてみる。通常、道路インフラに投入されるトラヒック量に比例してスループットが増加するが、一般的に、トラヒック量が道路容量のある一定値を超えると渋滞が生じ、トラヒック量に対してスループット（単位時間当たりのエンドエンドの輸送量）が大幅に劣化することが知られている。したがって、渋滞が予想される状態で輸送しようとしても、実質上、だれもスループットは期待できない。

しかし、たとえばトラヒック量を渋滞が発生する閾値よりも低い値に制御できたとすると、スループットはトラヒック量に比例して期待できる。これは産業活動から考えても、実輸送量の大幅な改善につながる。車両の燃費、到着時間遅延のばらつき対応、車両数、関係人件費など輸送にかかる消費エネルギーも全体として大幅に削減できるだろう。これは、トラヒック制御と企業活動を連携させて制御する結果として期待される効果である。もちろん、実際の運用のためには、渋滞は企業活動によるものだけでもなく、企業に関しても勤務体系、車両の保有形態など解決が必要な課題も残っているが、ここでは、サービスの複合連携がエネルギー消費の観点からも大きな効果を出す可能性があることを説明する例として挙げた。

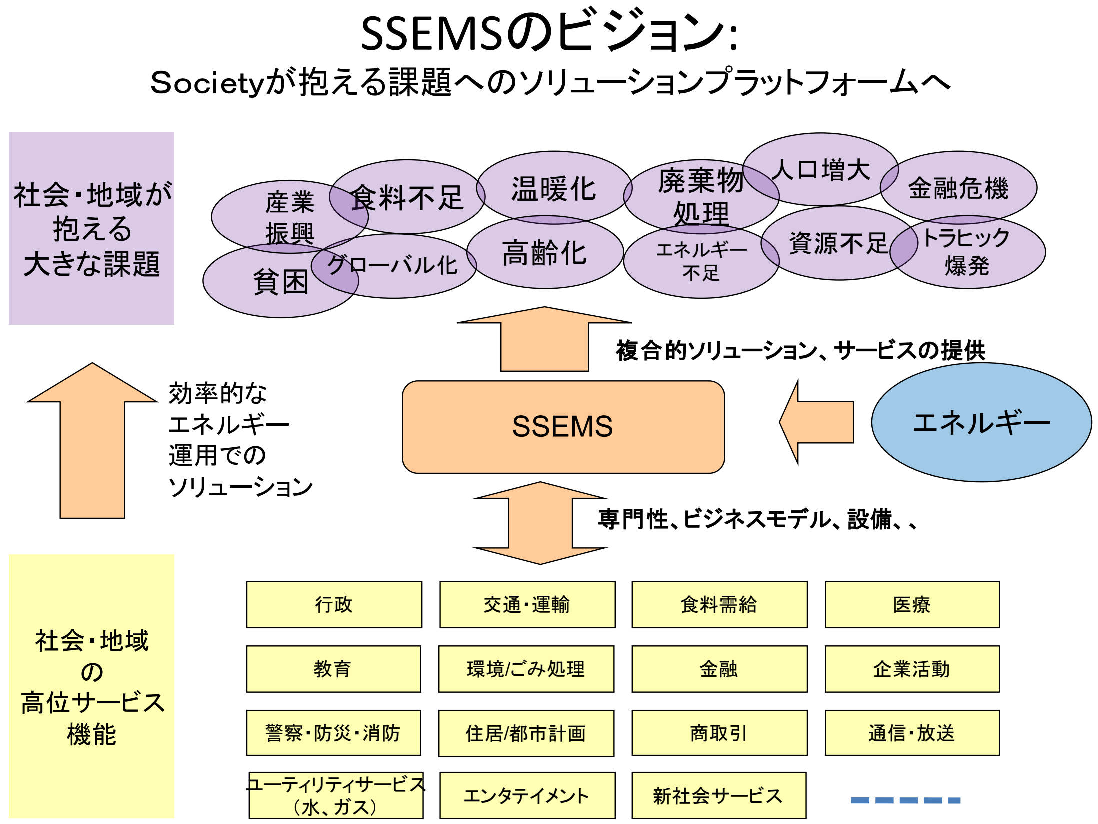


図 2-6　SSEMS のビジョン

- Society が抱える大きな課題は、個々に解決のために膨大なエネルギーを費やす。
- Society が抱える大きな課題は、互いに関連する。
- 個別解決を追求するとエネルギー消費は指数関数的に増大すると予想される。
- SSEMS は個別課題のソリューション集合体というよりも、複合サービスとして解決を目指し、大幅なエネルギー効率向上を狙う。

Society(社会、地域、都市)が抱える大きな課題に、人口増大、トラヒックの爆発、高齢化、貧困、食料、廃棄物等々がある。これら課題は、将来、益々大きくなってゆく懸念がある。解決のために必要なエネルギーは指数関数的に増大する恐れがある。なぜなら、これらの課題は、互いに密接に関連するからである。

Society はこれらの課題解決に取り組む必要がある。これら課題をもっとも合理的、効率的に解決する社会的仕組みが必要になる。そのためのエネルギー管理系が将来の SSEMS と考えられる。その場合の本質は、個別のローカルエネルギー効率最適化ではなく、できる限り多くの異業種サービスの複合連携でのエネルギー効率最適化であろう。それによって、個別最適化では実現できない大幅なエネルギーの高効率利用が実現できる可

能性がある。この大局的エネルギー効率最適化をいかに安定的、経済的、拡張性よく運用できるかがポイントになる。この大局的なエネルギー効率管理が、実際にどの程度の効率向上をもたらすか、ケーススタディを含め、具体的検討が必要である。

一方、社会サービスは、その提供の仕方を十分に整理、構造化して行う必要がある。これは、サービスが連携することで複雑さが増大するからである。

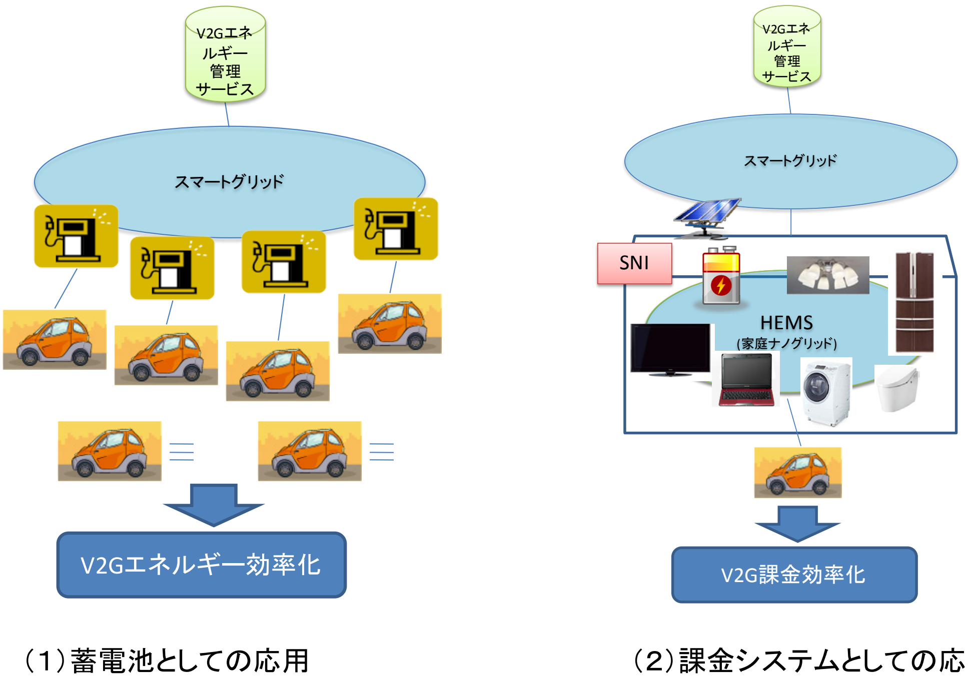


図 2-7　複合サービスの難しさ

- **互いに相矛盾するサービスの存在などサービスの連携は容易でない場合がある。**
- **スマートメータアプリの API オープン化などで無秩序なサービス提供は需要家を混乱に陥れる恐れがある。**
- **高位サービスのアーキテクチャの研究開発が必要になる。**

社会サービス連携の複雑さを示す具体的な例を示そう。

図 2-7 は、スマートグリッドで検討されている、EV をキーデバイスとして考えられている V2G(Vehicle to Grid)システムでの 2 つの応用例である。左図は、EV の蓄電池としての活用を想定したサービス検討のイメージである。米国では、全体の車のうち 95%あまりが駐車、あるいは停車中とのことで、これを活用して、家庭の蓄電池代用、家庭外でも EV の蓄電池を活用したグリッドサービスが検討されている。一方、右図は、家庭に駐車し充電している EV を想定して、その際に、道路税を課金しようとする案で、米国で実験中である。EV の充電電力を走行として使うか、電池として使うかというユーザ側の目的

の違いがあり、サービスは相矛盾するものである。

以上の例は簡単なものであり、蓄電で使われた電力分のペイバックなど解決手段はあるが、無用に複雑な機能が必要になる。そもそも、充電の課金と道路走行の課金はサービス提供者が異なった組織であり、通常連携はないであろう。これらの連携がないままオープン化が進む API の上にサービスが無秩序に積み上げられると、サービスクライアント側、すなわちユーザは大変な混乱に陥る恐れがある。

今後、社会サービスの構造、関連性を高い見地から分析、設計し、サービス提供の手順、優先度など整理した考え方を検討する必要がある。

2.3.2. SSEMS が想定する基本サービス例

SSEMS の想定する高位社会サービスは、エネルギー利用の効率化を常に追求しながら提供される。したがって、社会サービスを実現するための共通基盤となる基本サービスが考えられる。その例として、電力見える化サービス、地域内電力融通サービス、リテイル電力管理サービス、緊急時対応サービスなどがある。これらは一部、スマートグリッドが提供する機能としても議論されているが、ここで簡単に触れておく。

（1）地域エネルギー情報収集と提供（見える化）サービス

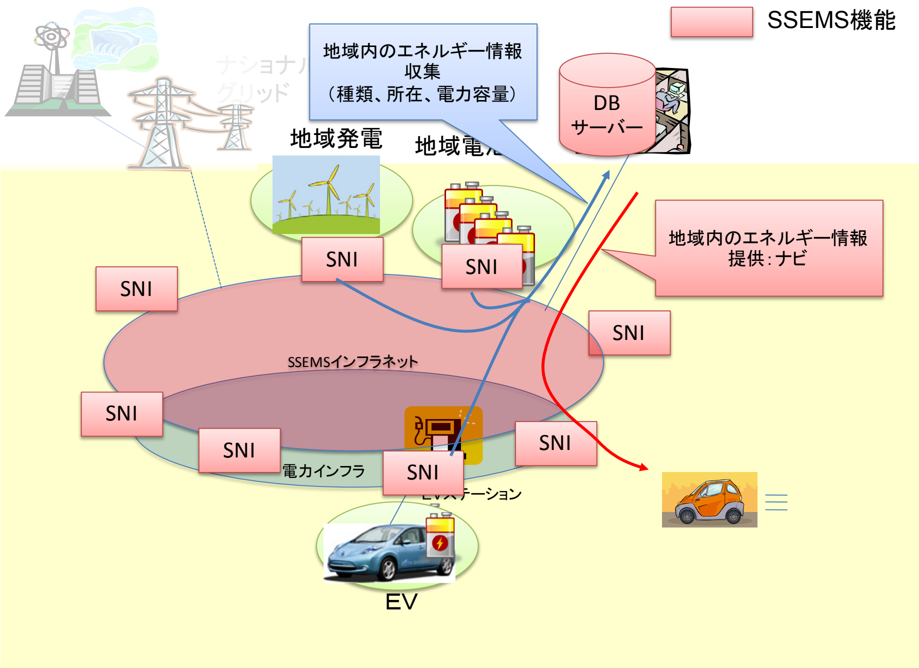


図 2-8　基本サービス例（1）地域エネルギー情報収集と提供（見える化）

- 管理する地域、社会の中のエネルギー情報を把握、需要家に提供するエネルギーナビ。
- 将来は、エネルギー供給予測情報なども含む。

図 2-8 は、SSEMS 基本サービスの１つ、地域エネルギー情報収集と提供（見える化）サービスの例である。

この例では、地域発電（風力発電)、地域蓄電池、EV 群の駐車中の蓄電池分布の情報（エネルギーの種類、所在、電力容量）を収集し、地域の走行中の EV にナビの形で、最適給電ポイント情報を提供する。一般的には、ソサエティ単位のエネルギー情報（所在、電力消費量、蓄電量など）の見える化を実現するサービスであり、各種エネルギー（電力供給会社、地域再生可能エネルギー、分散蓄電池、電気自動車（の蓄電池））の所在、供給可能電力の把握と予想、適切な情報提供、消費実態（企業、交通、家庭、オフィスビルなど）単位のエネルギー消費状況把握と予測、適切な情報提供を行う。行政単位でソサエティの電力需給状況が把握、予測でき、全体としてのエネルギー管理、設備投資計画が可能になる。企業としては、地域電力エネルギーの購入、あるいは逆に、電力エネルギーの提供で地域社会への貢献と連携が図れる。エネルギー情報を広告媒体として使うことも考えられる。コミュニティ、ホームでは、電力の品質（安定で比較的高価な電力と若干不安定ではあるが安価で地産など）についても知った上で電力契約できる（電力の見える化サービスは、電力関連サービスの基本機能である)。

（２）地域内電力融通サービス

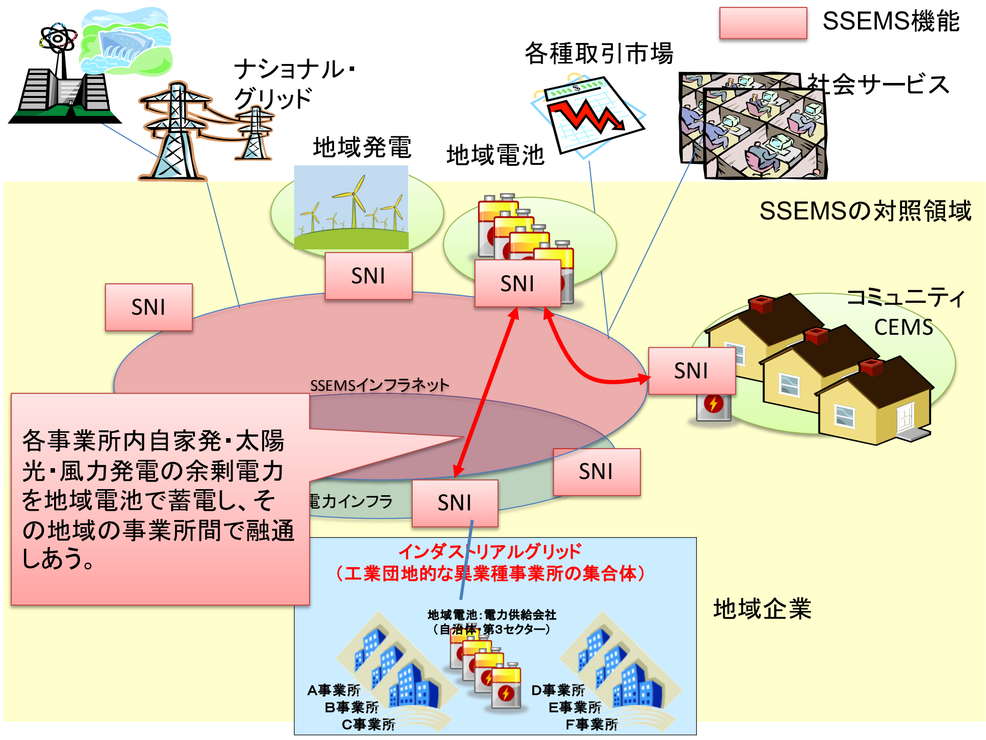


図 2-9　基本サービス例（２）地域内電力融通サービス

● **比較的大口の電力融通のサービス。**
● **事業場間、企業間などでの電力取引サービス。**

図 2-9 は、地域内電力融通サービスの例である。今後、地域、社会の大口の電力需要家は、企業や事業体になると想定される。これらの間で効率のよいエネルギー融通システムが必要である。以下に述べる小口（リテイル）取引というよりも更に効率的、かつエネルギー商品的な取引がありうる。地域社会にとってみるとこれらの取引からエネルギー運用による収入なども期待されるだろう。

（3）リテイル電力バンクサービス

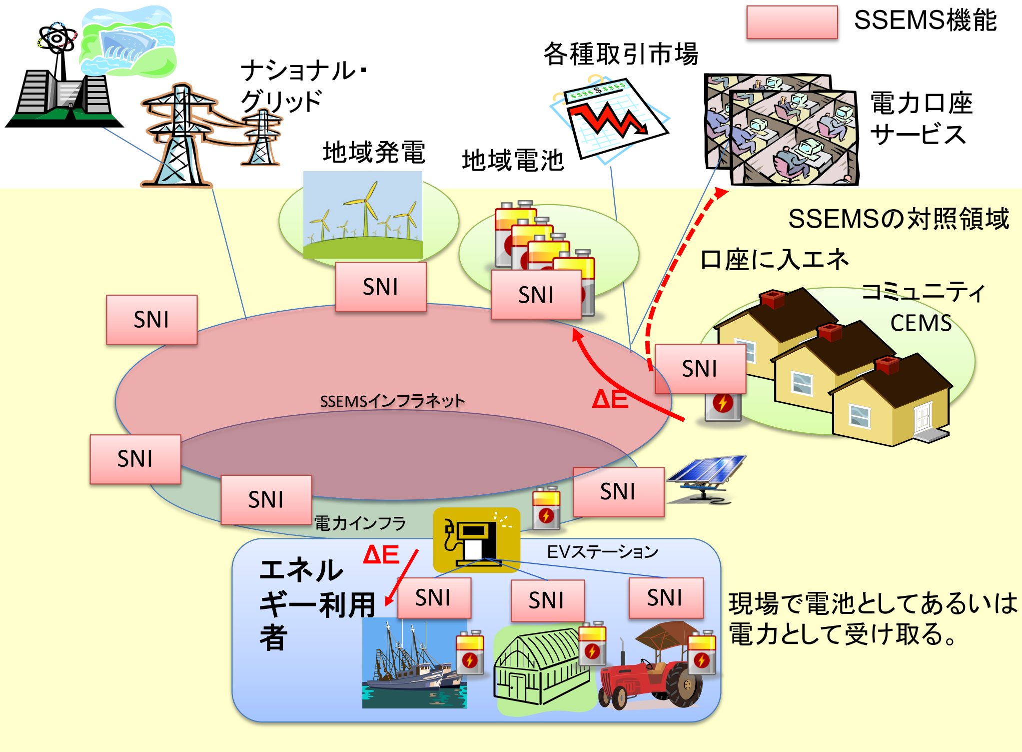


図 2-10　基本サービス例（3）リテイル電力バンクサービス

● **エネルギーの小口取引サービスであり、個人規模のデビッドサービスに相当。**
● **必要な時と場所で、必要な容量を利用でき、個人口座管理ができる。**
● **車などの移動先での給電力などのサービス、個人事業でのエネルギー提供がうけられる。**

図 2-10 は、電力についてのデビッドサービスのイメージである。個人レベルの事業体では個人のエネルギーを、SSEMS サービス口座に登録し、必要な場所で、必要な形（たとえば、プラグインの機器への充電、あるいはバッテリーの形でレンタルなど）で提供を

受けられる。金融でいう、ATM の機能が EV ステーションに必要になる。地域に共有の蓄電池機能も必要になる。

（４）地域エネルギー緊急時対応サービス

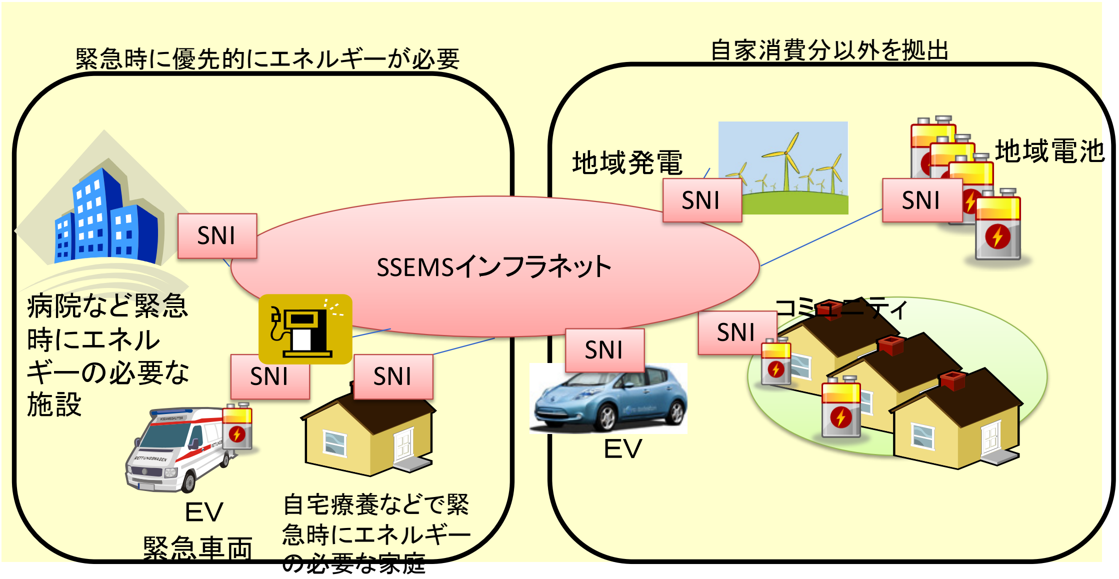


図 2-11　基本サービス例　（４）地域エネルギー緊急時対応サービス

- **地域防災は地域社会インフラとして重要機能の一つ。**
- **高位社会サービスに対して緊急性に応じた優先度をつけて地域防災の一貫として管理。**
- **公共性の高いサービスが優先される。**
- **インフラは高信頼性が必要である。**

地域防災の観点から、エネルギーの供給確保は重要な基本機能になる。そのためのアーキテクチャが必要である。図 2-11 では、高位サービス間に緊急時エネルギー利用についての優先度をつけることを想定している。サービスとしても、SSEMS コンセプト図でも説明したようにユーティリティサービス、基本サービス、医療、通信、衣食住関連の生活基盤サービスなどが優先度をあげて提供されなければならない。全体機能が停止しても個別機能として自己自律的機能が必要になると思われる。

以上､いつくか基本サービスを紹介したが､基本サービスはほかにも多数あるだろうし、それらの機能を効率よく､拡張性よく実現するためのアーキテクチャの検討が必要である｡その一方、これら基本機能の上に、解決すべき高位社会サービスを構築できるようにするための検討が必要になる。

2.3.3. 社会サービスの例

- **複数の基本サービスの組み合わせで高位社会サービスが提供される。**
- **社会サービスは SSEMS の連携で実現されるものもある。**

前節で述べた基本サービス機能の上には、地域・社会のかかえる大きな課題を解決する高位社会サービスが構築される。ここでは、その一例として、エネルギー向上の下、長距離高速道路の渋滞課題の解決を目指した、“乗り換え型レンタカーサービス”に触れる。

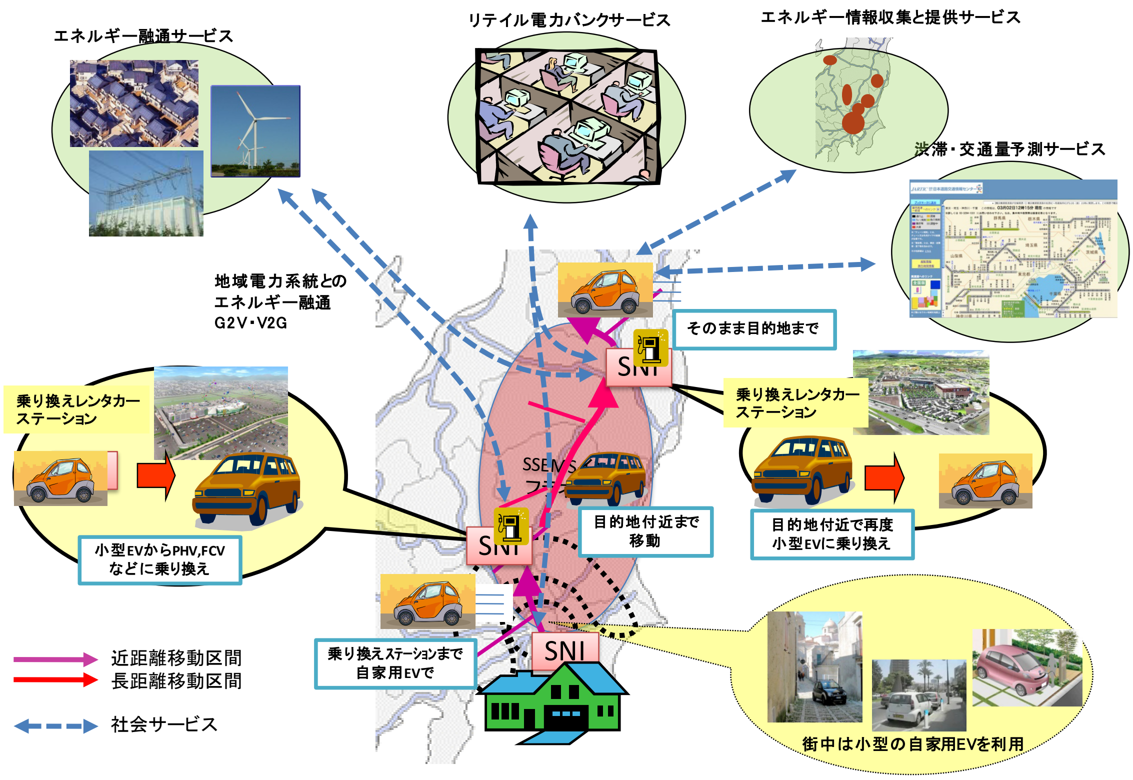


図 2-12　高位社会サービス例　乗り換え型レンタカーサービス

- 電気自動車（以下 EV）は CO_2 削減の有力な切り札の一つであるが、現時点では、航続距離が短く、充電に時間がかかるという欠点がある。
- 乗り換え型レンタカーサービスは、長距離を車で移動する場合に、航続距離の長い車をレンタカーとして提供することにより、航続距離の短さという EV の欠点をカバーする。
- このサービスは、EV 利用者の不便を解消すると同時に、自家用車として航続距離の長い大型車で無く、小型・軽量でエネルギー効率の高い EV を所有するという生活習

慣の変化を促し、社会全体のエネルギー効率を向上させるとともに、長距離移動における、対応のレンタカー数のコントロール、バスの利用などにより、間接的には交通渋滞の軽減、大気汚染の軽減などの効果ももたらす。

図 2-12 は、首都圏から東北地方にドライブに行く場合を想定した、乗り換えレンタカーサービスの例である。

乗り換え型レンタカーサービスは、普段は航続距離数十 km 程度の EV を街中で利用している利用者が長距離を車で移動する際に、近郊の乗り換えステーションにて航続距離の長い PHV、FCV、大型 EV などを乗り換え用に提供する。戻るまでに EV をフル充電しておくことで帰宅時に電池残を気にする必要はない。都市圏から充電無しで到達できる EV の走行距離圏内にある IC 近く（あるいは高速道内で SA に併設）での立地が考えられる。工業団地の遊休地活用なども考えられる。

利用のピークになると思われる休日昼間晴天時は太陽光発電の余剰ぎみの電力で、預かった利用者の EV の充電を行える可能性が高い。利用の少ない平日には電力需給を見ながら未利用の FCV、EV を発電・蓄電設備として活用する。

さらに利用者の目的地 IC 付近で再度 EV（中・短距離用）に乗り換えるサービスを提供することで、さらなるエネルギー効率の向上が可能。同一目的地までの利用者数が多い場合はバス等を運行して途中の交通量・利用者負担を軽減することができる。目的地別の利用量は渋滞や所要時間の予測・観光地への来客数予測にも活用でき、さらに目的地周辺での電力利用の最適化に結びつけることができる。

この例では、前節の基本サービス（１）“地域エネルギー情報収集と提供サービス”、基本サービス（２）“地域内電力融通サービス”、基本サービス（３）“リテイル電力バンクサービス”などが使われる。

上記のサービスはほんの一例に過ぎないが、新しい技術の導入と新技術の欠点を補完した新技術の利点を促進するサービスの提供、それに合わせた生活習慣や社会制度の変更を組み合わせることで､地域･社会の課題解決と大きなエネルギー効率の向上を実現しうる。SSEMS はこのようなサービスの基盤をなすものであり、新しいビジネスチャンスをもたらす可能性も秘めている。

3.　SSEMS アーキテクチャ概要

本章では、第 2 章で述べた、社会サービス提供を目的としたシステム基盤を考える上で、我々が想定し、検討した、SSEMS(Social Service platform based on Energy Management System)のアーキテクチャ（SSEMS-A、第 2 章の”SSEMS の位置づけ”を参照）の概要をまとめる。

3.1.　SSEMS-A の考え方

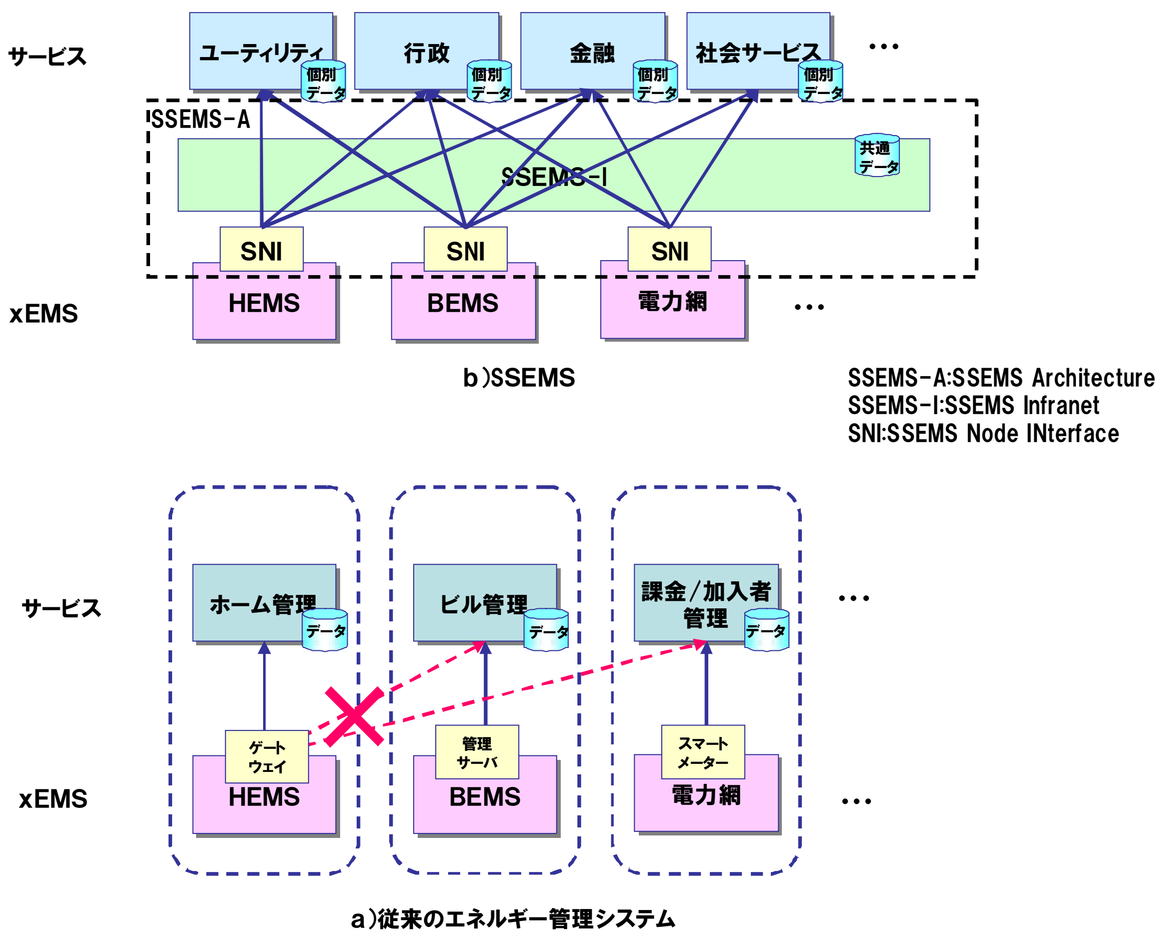


図 3-1　SSEMS と従来のエネルギー管理システムの違い

- 従来のエネルギー管理システムでは、サービスと xEMS の間は専用のインターフェースで結ばれており、サービス間連携が難しいアーキテクチャである。
- SSEMS では、共通のインフラとそれに接続するためのインターフェースを定義することで、サービスと xEMS が相互に連携することが可能である。

まず、目指す Social Service platform base on EMS(以下、SSEMS)と従来のエネルギー管理システムのアーキテクチャの違いについて説明する（図 3-1 参照）。ここで、xEMS とは、エネルギーの利用情報の取得およびエネルギー消費コントロールを実現するためのネットワークを指す。現在、検討されているものとして HEMS や BEMS などがあげられる。また、現在 NIST 等で検討されているスマートグリッドもこの範囲に含めることができる。

従来のエネルギー管理システムの多くでは、xEMS はサービス提供事業者により個別に構築された固有ネットワークとなっている。また、サービスと xEMS を結ぶインターフェースも、電力会社により設置されたスマートメータ、HEMS サービス提供者のためのゲートウェイなどそれぞれのサービスごとに独自のものとなっている。そのため、各サービスと xEMS の間で相互接続することができず、新たなサービスを提供する場合、インフラを一から構築する必要があり、社会サービス提供の阻害要因となっている。

一方、SSEMS は、幅広い領域にわたる社会サービスを実現することを目標としており、そのためには、xEMS 間でのデータ連携が必要不可欠となる。そのため、各サービスと xEMS の間を結ぶ共通のシステムアーキテクチャである SSEMS-Architecture(以下、SSEMS-A)が求められる。

3.2. SSEMS-A 概要

SSEMS-A は、xEMS と各サービスを結ぶ共通のインフラアーキテクチャである。SSEMS-A は、以下 2 つの要素より構成される。

- **SSEMS-Infranet(以下、SSEMS-I)：それぞれの社会サービスで利用するエネルギー情報を相互に流通するためのプラットフォーム。**
- **SSEMS Node Interface(以下、SNI)：SSEMS-I と xEMS を接続するための共通インターフェース。**

以下、それぞれの要素について解説する。

3.2.1.　SSEMS-I 概要

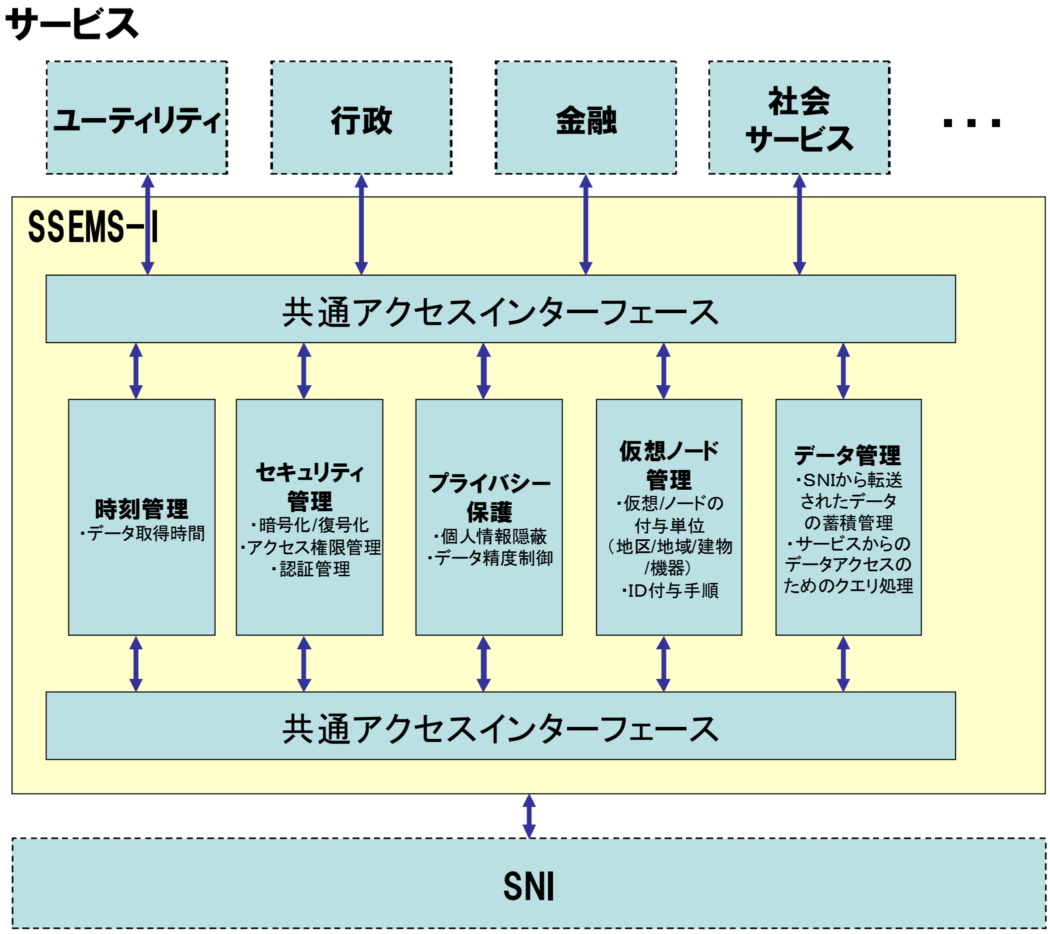


図 3-2　SSEMS-I のフレームワーク

- **SSEMS- I は、7 つの機能（データ管理、仮想ノード管理、プライバシー保護、セキュリティ管理、時刻管理）を持ったインフラである。**
- **SSEMS-I は、SNI を通じて xEMS と接続される。**

SSEMS-I は、HEMS や BEMS などの各 xEMS で扱うデータを共通化し、相互利用するためのプラットフォームであり、インターネットや 3G、Wimax など公共のネットワーク上に実装される仮想的なインフラである。そのため、SSEMS-I は、各 xEMS で扱うデータを共通フォーマットに変換し、管理するとともに、サービスごとに適切なセキュリティ/プライバシー管理が行われる信頼性の高いインフラであることが求められる。

図 3-2 に、SSEMS-I のフレームワークを示す。SSEMS-I は、以下機能をそれぞれ具備する必要がある。しかし、本機能は論理的なものであり、実際の実装手段等についてはこ

こでは触れない。

- **共通アクセスインターフェース**：
  SSEMS-I 上のデータや機能にアクセスするための共通 API。すべてのサービスは、本 API を通じてエネルギーネットワークの情報へアクセスする。
  また、本インターフェースを用いることで、それぞれ異なるサービス間にまたがるデータのやり取りを行う。
- **データ管理**：
  各 xEMS で取得されたデータを共通のデータフォーマットに変換し、保存管理する。また、共通アクセスインターフェースを通じてデータにアクセスするためのクエリ機能を提供する。
- **仮想ノード管理**：
  エネルギーの管理単位（地区～個別機器）を管理。各エネルギーネットワークでは、それぞれエネルギーの利用状況を管理するための単位が異なる（たとえば、建物単位、家電機器単位など）。そのため、SSEMS-I では、仮想的なノードを設定し、仮想ノード単位でエネルギー利用情報のやりとりを行う必要がある。
- **プライバシー保護**：
  情報の精度コントロールや個人情報の隠蔽などプライバシー保護に関する処理。家庭内における電力消費情報はプライバシーに関わる情報であるため、サービス側が利用する情報には個人や家庭が特定できないようプライバシー隠蔽処理を施す必要がある。
- **セキュリティ保護**：
  不正アクセス防止やデータを保護するためのデータ暗号化機能。また、サービスからデータにアクセスする際のアクセス権限の管理機能等。
- **時刻管理**：
  エネルギーネットワークからの情報に対し、データ取得時刻など共通で管理するための時間情報の付与およびリアルタイムなサービス提供のための時刻管理。

3.2.2. SNI 概要

SNI は、各 xEMS と SSEMS-I を結ぶためのインターフェースであり、以下の機能を実現する。

・ xEMS におけるエネルギー消費量および生成量の収集
・ 収集したデータの変換処理
・ SSEMS-I とのデータ送受信

SNI のアーキテクチャを図 3-3 に示す。

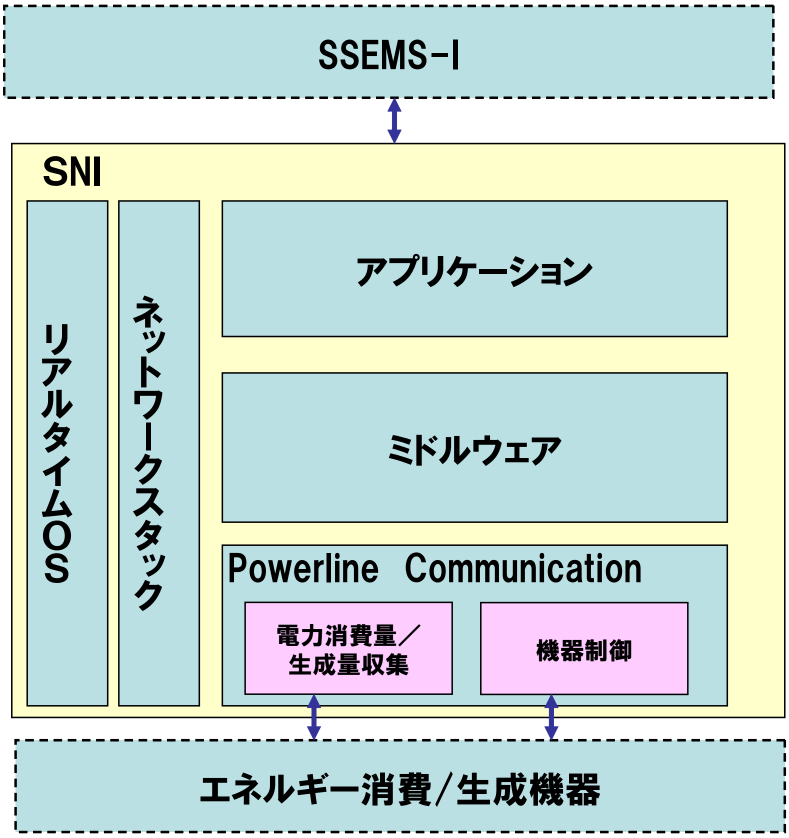


図 3-3　SNI のアーキテクチャ

- **SNI は、エネルギー消費機器、生成機器から電力消費量や生成量を取得し、SSEMS-I へ伝送する役割を持つ。**
- **SNI は、SSEMS-I からの指示に従い、エネルギー消費/生成機器へ動作指示を発行する。**

SNI の実装形態は、その xEMS の規模によりそれぞれ異なる。たとえば、xEMS として、HEMS を想定した場合、スマートメータやスマートブレーカーが SNI に相当する。ただし、その場合でも機器の制御や SSEMS-I との通信のためのデータ処理などの機能を備えた高度なものとなり、実装されるアプリケーションもより複雑化したものとなる。それぞれ複数の機器から構成される場合もあるだろう。

また、HEMS と比較しより規模の大きい BEMS を想定した場合、おそらく、SNI は建物内の設備管理用サーバのようなものとなり、それぞれの機器の消費電力情報を元にフロア全体の消費電力を算出した上で SSEMS-I にデータ伝送するといったデータ加工処理機能が実装されるだろう。SSEMS を構築するためには、まずは、このような機能を持ったインターフェースに対するリファレンスモデルの策定が必要になる。

図 3-4 に、HEMS に SNI を適用した際の実装イメージの例を示す。

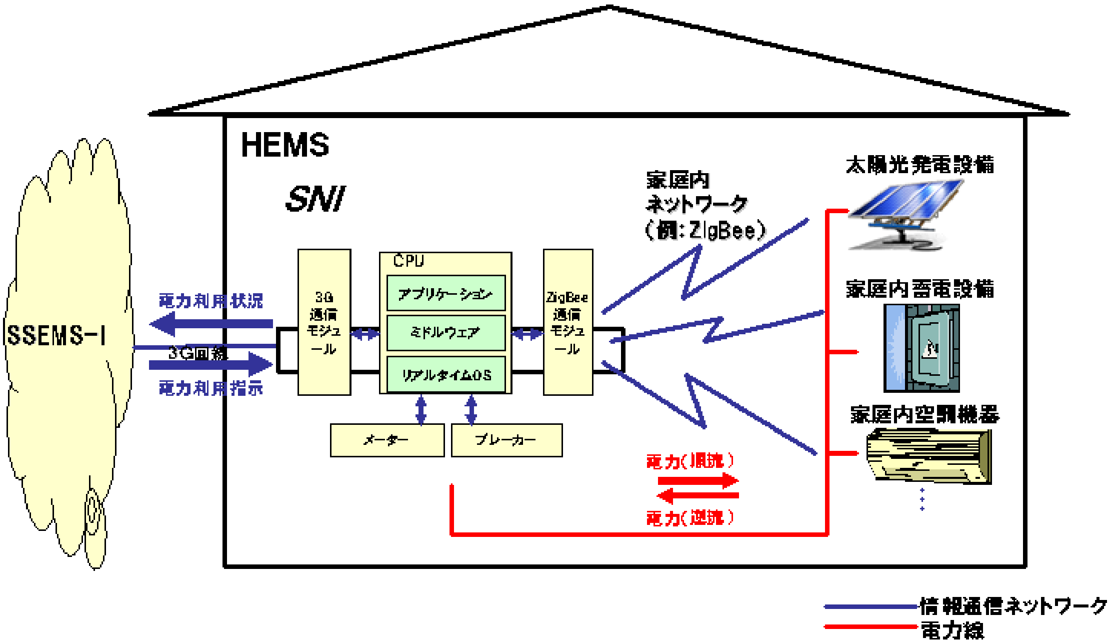


図 3-4　HEMS への SNI 適用イメージ

ここで、SNI は通信機能を持った一つのデバイスであり、家庭内の機器との通信には、ZigBee を、SSEMS-I との接続には 3G など一般的な公衆回線を用いている。

また、SSEMS サービスは SSEMS-I を介して HEMS に接続されており、SSEMS サービスからは実際の HEMS 構成機器の動作の把握や制御が直接できないようになっている。

SNI には以下の機能が実装される。

- SSEMS-I で規定された論理的な機器構成と実際の HEMS 機器構成との間の情報変換処理およびデータフォーマットの変換処理。
- HEMS 機器からの電力消費量および生成/蓄積量の収集および SSEMS-I へのデータ送信。
- SSEMS サービスからの消費電力削減指示の受信とそれに基づく HEMS 構成機器への動作指示。

3.3. SSEMS-A の例：Google Powermeter

本節では、SSEMS-A に近いインフラサービスの例として、「Google Powermeter」を取り上げ、われわれの提唱する SSEMS-A との対比を試みる。

3.3.1. 「Google Powermeter」の概要

「Google Powermeter」は、電力会社の提供するスマートメータと連携することで、消費者が自由に家庭の消費電力情報を閲覧、管理することを可能としたサービスである。

2009 年 2 月の発表当初は、パートナーとなる電力会社の提供するスマートメータとのみ接続可能であり、パートナーである電力会社のスマートメータを設置していない消費者は利用できなかった。その後、2009 年 10 月に家庭用電力消費監視装置との連携を実現、2010 年 3 月には API が公開されている。現在は、API を実装すれば誰でも「Google Powermeter」に対応したデバイスやアプリケーションを開発することが可能であり、「Google Powermeter」はオープンな消費電力情報共有プラットフォームとなっている。

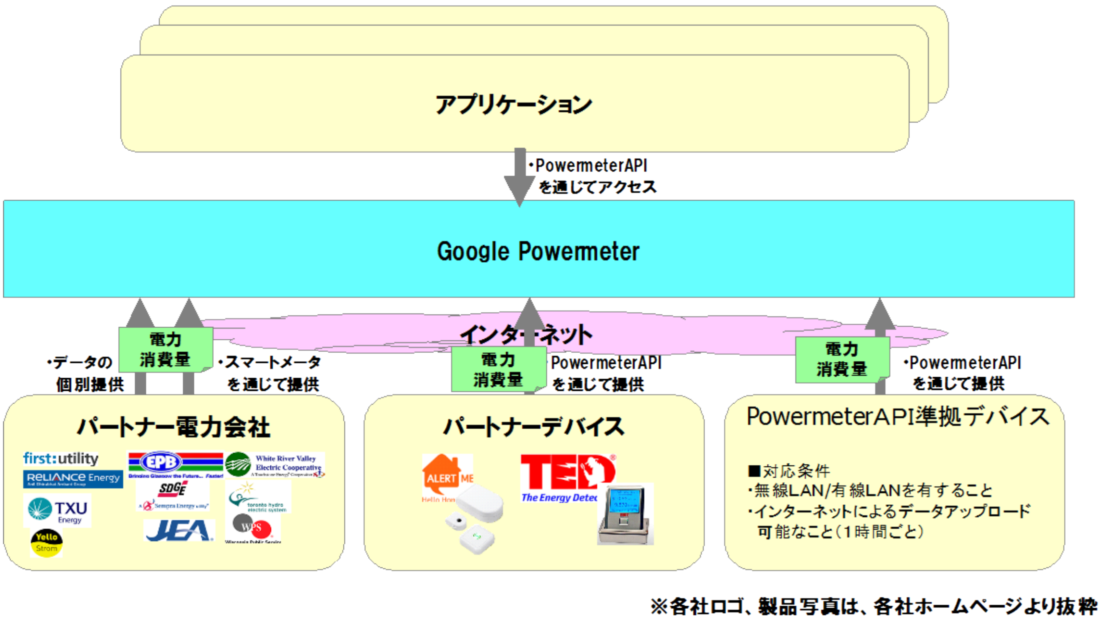


図 3-5 「Google Powermeter」概要

「Google Powermeter」では、消費電力計測デバイスと「Google Powermeter」とのデータのやり取りはインターネット経由で行っており、そのためのプロトコルやデータフォーマットは「Google PowermeterAPI」で規定されている。そのため、Google は「Google Powermeter」へ接続可能なデバイスの満たす要件として以下を挙げている。

- 無線 LAN もしくは有線 LAN インターネットを備えていること。
- インターネットを通じてデータのアップロードができること。

消費電力計測デバイスは、登録時にアクティベート処理を行うことにより、デバイスを特定するための機器IDが利用者を識別する利用者IDの配下にマッピングされた形で登録される。その後、「Google Powermeter」にアップロードされたデータは、利用者IDおよび機器 ID の配下で管理される。これは、データが電力会社の送配電網配下ではなく、直接消費者に結び付けられていることを意味し、「Google Powermeter」が消費者を起点としたサービスを提供するためのプラットフォームであることがわかる。

また、アプリケーションも同様に、指定されたサーバへ「Google PowermeterAPI」を用いてアクセスすることで、消費電力情報を取り出し利用することができる。消費電力情報は、Google アカウントに連動した利用者 ID 単位でアクセス制限がかけられており、Google アカウントによるユーザ認証処理を通過した場合のみアクセスが可能となる。

3.3.2. SSEMS-I 機能と「Google Powermeter」の実装機能の対比

前述した SSEMS-I の具備すべき機能に対する「Google Powermeter」の実装機能の対比を表 3-1 に示す。また、「Google PowermeterAPI」で規定されている主なデータ項目を表 3-2 に示す。「Google Powermeter」では、SSEMS-I で必要とする機能は実装されていると思われる。しかし、プライバシー保護やセキュリティ管理に関しては、不明である。

表 3-1　SSEMS-I 機能との対比

SSEMS-I 機能	「Google Powermeter」における実装（想定）
共通アクセスインターフェース	・「Google PowermeterAPI」にて定義
仮想ノード管理	・デバイスアクティベーション時に登録される利用者 ID 配下のデバイス ID にて管理
プライバシー保護	・HTTPS によるデータ保護 ・googleacount による認証処理 ・認証トークンの利用
セキュリティ管理	
データ管理	・「Google PowermeterAPI」にてフォーマットおよび、データアクセスのためのクエリを定義 ・アップロードされたデータは、Google のサーバにて管理
時刻管理	・計測時刻は、「Google PowermeterAPI」にて定義

表 3-2　規定されている主なデータ項目

データ項目	概要
瞬時/累積区分	瞬時計測値か計測値の累積値かを表す
データ計測開始時刻	定期計測実施時の計測開始時刻
データ計測完了時刻	定期計測実施時の計測完了時刻

データ項目	概要
計測間隔	定期計測実施時の計測間隔
計測機器所在地	計測機器の設置されている住所
計測時刻	計測を実施した時刻
計測値	計測した値
計測誤差	計測値に対する想定誤差
計測対象	計測値の種類（例：消費量など）
計測単位	計測値の単位（例：kWh など）

3.3.3.　「Google Powermeter」における SNI 相当デバイス

「Google Powermeter」が SSEMS-I に相当するとすれば、パートナーである電力会社が設置したスマートメータなど「Google Powermeter」に接続される消費電力収集デバイスが SNI に相当する。「Google Powermeter」に接続可能なデバイスとして、電力会社の設置したスマートメータ以外では、Energy.Inc.社の提供する「TED 5000」と AlertMe 社の提供する「AlertMe Energy」が既に発表されている。

これらのデバイスの特徴は、消費電力収集機能とインターネットへ接続するためのネットワーク機能を備えている点にあり、図 3-3 に示した SNI のアーキテクチャとほぼ同様の実装がされていると思われる。ただし、これらのデバイスがあくまでも消費電力を収集し、「Google Powermeter」等で閲覧するためのものであることから、機器制御のためのインターフェースは備えていない。ただし、マイクロソフトの提供する消費電力共有プラットフォーム「Hohm」では、製品ロードマップ上で家電機器の制御機能への対応が明記されていることから、このようなデバイスにも機器制御のためのインターフェース機能が実装されていくと思われる。現在は、デバイス形式のもののみであるが、今後、アプリケーションの充実とあわせて、PC サーバ形式のものなどさまざまな形態のものも登場していくものと想定される。

「TED5000」

「AlertMe Energy」

出典：各社ホームページ

図 3-6　「Google Powermeter」に対応した消費電力収集デバイスの例

3.3.4. 「Google Powermeter」のもたらしたものと、SSEMS-A の重要性

前項では、SSEMS-A の構成要素である SSEMS-I に相当するサービスの例として「Google Powermeter」を、また SNI に相当するデバイスの例として「TED5000」、「AlertMe Energy」を紹介した。また、「Google Powermeter」は、われわれの想定する SSEMS-A と非常に似たものであることを確認した。

当初 「Google Powermeter」は、電力管理用ポータルサービスとして登場したが、その後 API をオープン化したことで、他の電力管理用ポータルと大きく異なることが明らかとなってきた。本項では 「Google Powermeter」が従来の電力管理アプリケーションと何が異なるのか、またそこから導き出される SSEMS-I と SNI の重要性について解説する。

■従来の消費電力管理ポータルの課題

従来の消費電力管理ポータルの多くは、電力会社やネットワーク、デバイスの各ベンダとパートナーシップをくむことでサービスの実現を可能としている。いわゆる垂直統合型のビジネスモデルとなっている。

この場合、スマートメータやネットワークなどのインフラは電力会社主導で構築されており、その上でサービスを開発する必要がある。そのため、以下課題が発生し、社会サービス提供のための基盤インフラとして利用するには困難であった。

- サービス提供の前提となるインフラ構築コストが莫大である。
- インフラが電力会社の管理下のクローズなものであり、サービス内容が制限される。
- インフラが独自仕様であり、相互接続が困難である。

■「Google Powermeter」の意義

「Google Powermeter」が登場した意義は、同様のサービスを水平分業型のビジネスモデルで提供することが可能となった点にある。つまり、アプリケーションとインフラがきりはなされたことで、アプリケーション提供者は、インフラ構築について考えることなく、自由にアプリケーションを開発し提供することができるようになった。また、スマートメータに限らず、さまざま消費電力収集手段をインフラに接続させることが可能となった。

SSEMS は、エネルギー消費情報を軸に多様な社会サービスを提供するためのインフラである。SSEMS アプリケーションは、行政や教育、金融、医療、商取引など様々な分野にわたるだけでなく、それぞれ連携しあうことで社会全体の最適化を図るものである。そのため、プライベートなネットワークではなく、共通プラットフォームの存在が不可欠である。その点において、「Google Powermeter」の登場が将来の SSEMS 実現に与えた意義は大きい。

現在、米国では、Google だけでなく、マイクロソフトが消費電力可視化アプリケーショ

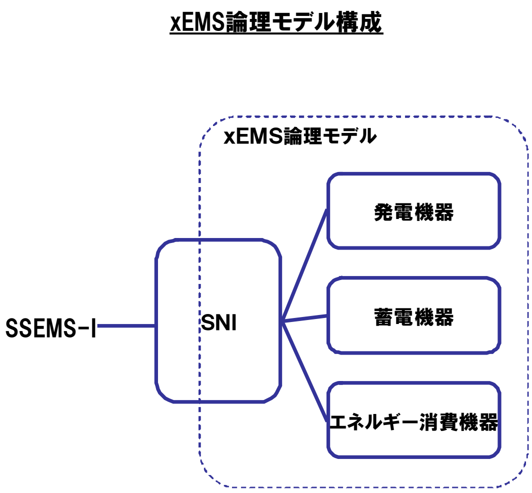
ン「Hohm」の SDK をサードパーティに公開したり、Pachube などのベンチャー企業がセンシング情報を共有するプラットフォームを公開し始めるなど、消費電力情報を共有するためのプラットフォームへの取り組みが盛んに行われている。

3.4. SSEMS のサブシステム：xEMS 論理モデル

xEMS は、SSEMS のサブシステムとしての位置づけにあり、xEMS の機能を論理的におさえておくことは、SSEMS のアーキテクチャを考える上で重要である。

ここでは、SSEMS との関連を想定しながら xEMS の論理モデルについて簡単に検討する。なお、xEMS については各所で研究開発、実証実験などが進められており、それらの動向も踏まえて、今後、SSEMS とのつながりの中で検証を進めたい。

3.4.1. xEMS の論理モデルの構成要素とその機能



xEMS論理モデルの構成要素と具備すべき機能要件

xEMS論理モデル構成要素	具備すべき機能要件	機器の例
SNI	・xEMSにおけるエネルギー消費量および生成量の収集 ・収集したデータの変換処理 ・SEMSインフラネットとのデータ送受信	・スマートメーター ・スマートブレーカー ・スマートタップ ・宅内ゲートウェイ など
発電機器	・エネルギーの生成 ・エネルギー生成量の計測 ・エネルギー生成機能の外部制御	・太陽光発電機 ・コージェネレーションシステム ・風力発電機 など
蓄電機器	・エネルギーの蓄積 ・エネルギー蓄積量の計測 ・エネルギー蓄積、再生機能の外部制御	・NAS電池 ・PHEV など
エネルギー消費機器	・自身のエネルギー消費量計測機能 ・エネルギー消費量の制御機能	・ネットワーク対応白物家電 ・空調設備、照明、温水器 など

図 3-7 xEMS 論理モデル

- **xEMS は、論理的には、「SNI」、「発電機器」、「蓄電機器」、「エネルギー消費機器」の４つの要素から構成される。**
- **SNI を中心に、各機器がスター型に接続される。SNI はすべての機器を統括し、SSEMS-I と接続する役割をもつ。**

SSEMS では、xEMS は、図 3-7 に示すモデルで表すことができる。ただし、本モデルはあくまで論理的なものであり、実際の実装とは異なることに注意されたい。

xEMS 論理モデルは、発電機器、蓄電機器、エネルギー消費機器と、これらを束ね

SSEMS-I とのインターフェースの役割をもつ SNI から構成される。ここで、発電機器は、電力を生成するためのデバイスで太陽光発電機や風力発電機などの発電機器が該当する。蓄電機器は、発電した電気や電力価格の安い時間帯の電気を貯蔵するためのデバイスで、NAS 電池などが該当する。また、長期的には、蓄電機能を備えた PHEV や EV などもこれに該当する。エネルギー消費機器は、電力を消費する機器であり、遠隔より消費電力などの情報を確認でき、またその動作を遠隔制御できることが必要である。ネットワーク対応白物家電や空調設備、照明、温水器など動作状態を変更しても影響の少ない機器が該当する。

これらの機器は、SNI を中心としたスター型のトポロジで接続される。SNI は、これらの機器から消費電力や電力生成／蓄積量等の情報を収集し、加工、分析等行ったうえで、SSEMS-I へ情報を伝送する役割をもつ。また、SNI は SSEMS-I を通じて、サービスから送信された省エネ指示やエネルギー売買指示などを受信、xEMS を構成する各機器に動作指示を行う。SNI の機能を実現する機器として、スマートメータやスマートブレーカー、スマートタップなどがあげられる。

3.4.2. ケーススタディ：地域内電力融通システム

次に、実際のアプリケーションを想定し、本モデルを適用することで、SSEMS サービスを実現するために xEMS として実装すべき機能について考察する。

想定するアプリケーションは、地域内で電力を相互融通するためのシステムである。本サービスでは、地域内における太陽光発電などを用いた発電量と電力需要およびリアルタイムな電力料金をもとに、地域において最適な電力の売買タイミングを指示し、地域内電力融通の最適化を図るものである。本システムを実現することで、需要家においては、電力消費量を元に最適な形に抑えることができ、電力会社としては、ピーク電力の削減および、系統線への逆潮流を抑制することで、電力流通の平準化が図れる点が特徴である。

図 3-8 に想定アプリケーションの概要を、図 3-9 に想定システムの全体像を示す。

■サービスの概要

・地域内の各需要家における以下の情報を収集し、もっとも最適な形で電力の地域内融通を行う。
 −太陽光発電などの分散電源による電力生成量およびその推移予測
 −家庭内における電力消費量およびその推移予測

■サービス提供者側で提供される機能

−地域内で生成された電力量と消費された電力量、および現在の系統線電力料金をもとに、需要家における売買計画を作成し、電力の売買に最適なタイミングを指示
 ・電力生成側：系統線電力価格が上昇する時刻に余剰電力を販売。それ以外の時間帯は蓄電池へ蓄積。
 ・電力消費側：系統線電力価格が上昇する時刻に、分散電源からの電力を購入。それ以外の時間帯では、系統線から電力を購入。
 ※前提として、電力系統側では動的プライシングを実現していることとする。

■サービスにより享受されるメリット

グリッド側(電力会社)：ピーク電力の削減による系統線からみた電力消費量の平準化と、系統線にかかる逆潮流の抑制

需要家：電力コストの削減

※議論を容易とするため、家庭内エネルギー消費機器に対するデマンドレスポンスサービスは、ここでは対象外となる。

図 3-8 想定アプリケーションの概要

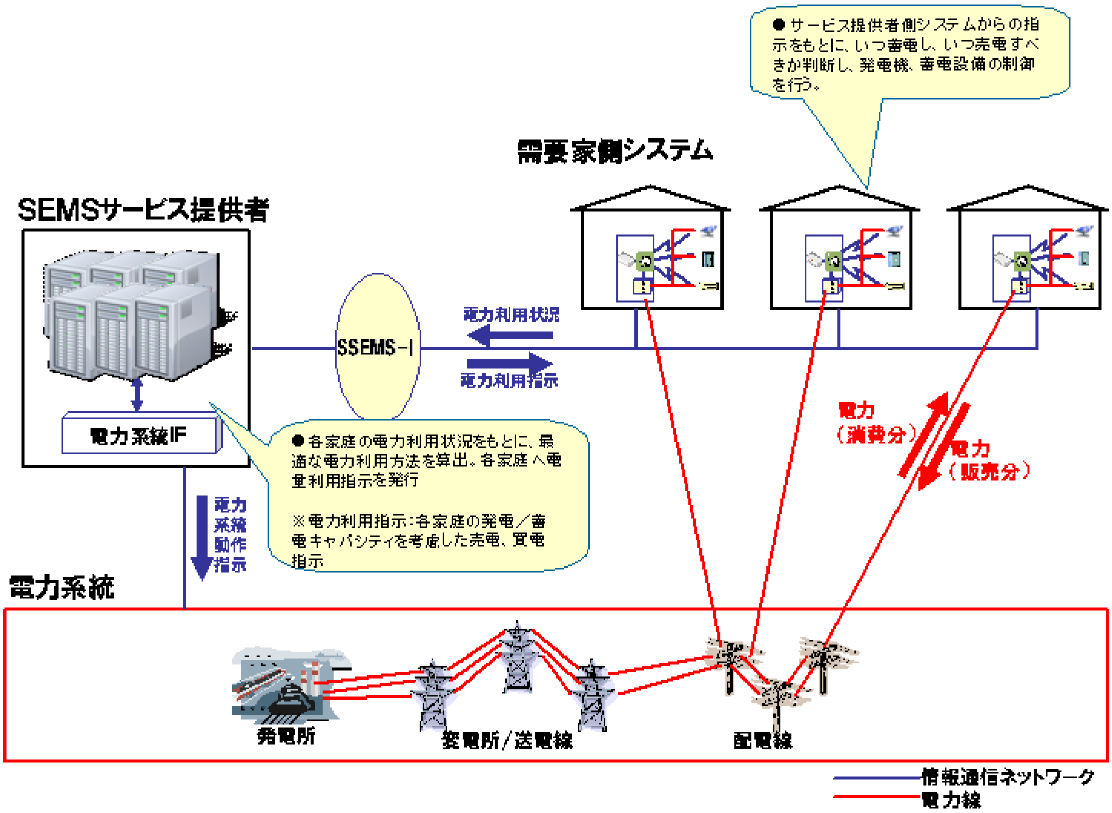


図 3-9 想定システムの全体像

・ 需要家側システムは、SSEMS-I を通じて SSEMS サービス提供者と情報をやり取りする。
・ SSEMS-I は、公衆回線からアクセス可能な Web サービスとして提供される。

本システムでは、各家庭（需要家）における電力利用状況（消費量、発電量、蓄積量）は、SSEMS-I に送信され、管理される。SSEMS サービス提供者は、SSEMS-I 上に蓄積されているデータを取得し、各家庭における電力利用状況を分析する。そして、SSEMS-I を通じて各家庭における発電蓄電機器へ動作指示を行う。

図 3-10 に需要家側システムの概要を示す。需要家側システムは、太陽光発電設備、家庭内蓄電設備、家庭内空調機器と SNI で構成され、それぞれの機器は、無線で接続されている。無線方式は、近距離無線方式である ZigBee を想定している。SNI は、メータ部とブレーカー部、外部と通信するためのゲートウェイから構成されている。ここでメータ部は、家庭内の各機器と無線で通信を行い、簡単な情報処理が可能なものを想定している。

家庭内各機器における電力消費量、発電量、蓄電量に関する情報は、無線により随時メータ部へ送信される。メータ部では、これらの情報をもとに、電力利用状況を作成し、ゲートウェイを通じて、SSEMS-I へ情報を随時送信する。また、SNI は、SSEMS サービス提供者からの電力利用指示を SSEMS-I 経由で受信する。受信した情報を元に、家庭内への電力の潮流を制御し、発電機器や蓄電機器に対し、動作を制御する情報を発信する。

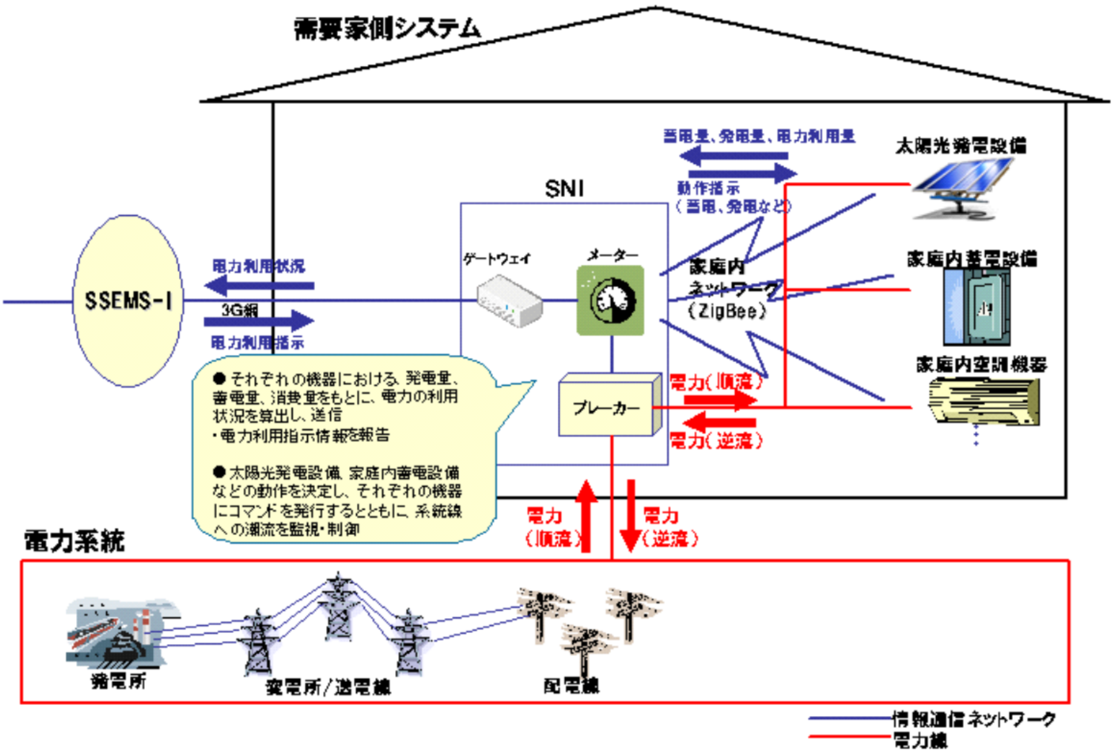


図 3-10　需要家側システム概要

・ 需要家側システムは、太陽光発電機器、家庭内蓄電機器、家庭内空調機器およびこれらを束ねる SNI より構成される。
・ SNI は、消費電力を計測するメータと電力の潮流を制御するブレーカーおよび外部との通信を行うゲートウェイから構成される。
・ SNI と各家庭内機器とは、ZigBee で無線通信を行う。SSEMS-I とは、3G 無線通信網により通信を行う。

ここで、需要家側システムのアーキテクチャと xEMS として具備すべき機能について考察する。前述した xEMS 論理モデルを構成する機器は、それぞれ図 3-11 に示すような階層で機能分解することができる。図 3-11 では、大きくパワーライン IF、コミュニケーション層、アプリケーション層の 3 つの階層に分類することができる。

パワーライン IF は、大きく 2 つの機能をもつ。ひとつは、機器における電力の消費量や発電量などパワーラインからの情報の収集であり、もうひとつは、上位層でやり取りされる情報をもとに、電力機器を制御するためのインターフェース機能である。発電機や蓄電機器の動作の制御やパワーラインに対する潮流の制御を行う。

コミュニケーション層は、さらに物理層とネットワーク層にわけることができる。物理層は、物理的な電気信号を伝送するための機能を持つ。ネットワーク層は、物理層上で通信を行うための手順を定義し、またエラー補正やセキュリティ保護などを行う。

アプリケーション層は、収集したデータの蓄積管理や分析加工処理、システム独自の動作ロジックなどを実装する。

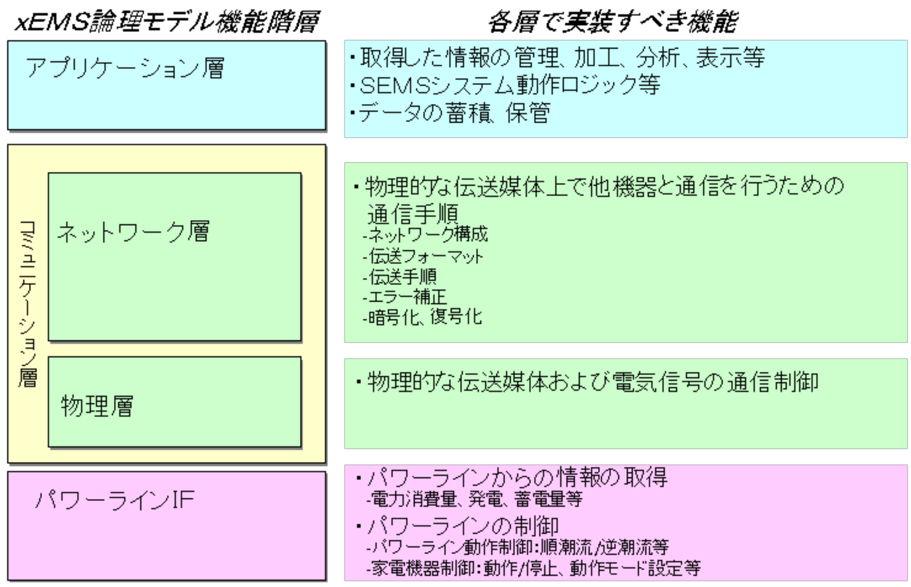


図 3-11　xEMS 論理モデルの機能階層

・ **xEMS 論理モデルは大きく、3 つの機能階層に分離することができる。**
・ **SSEMS 検討は、xEMS の具備すべき機能は、それぞれの機能階層ごとに検討する必要があある。**

本ケーススタディにおける需要家側システムに実装されている機能を、図 3-11 の機能階層に分解すると図 3-12 で表すことができる。以降、図 3-12 のアーキテクチャモデルにて考察を進める。

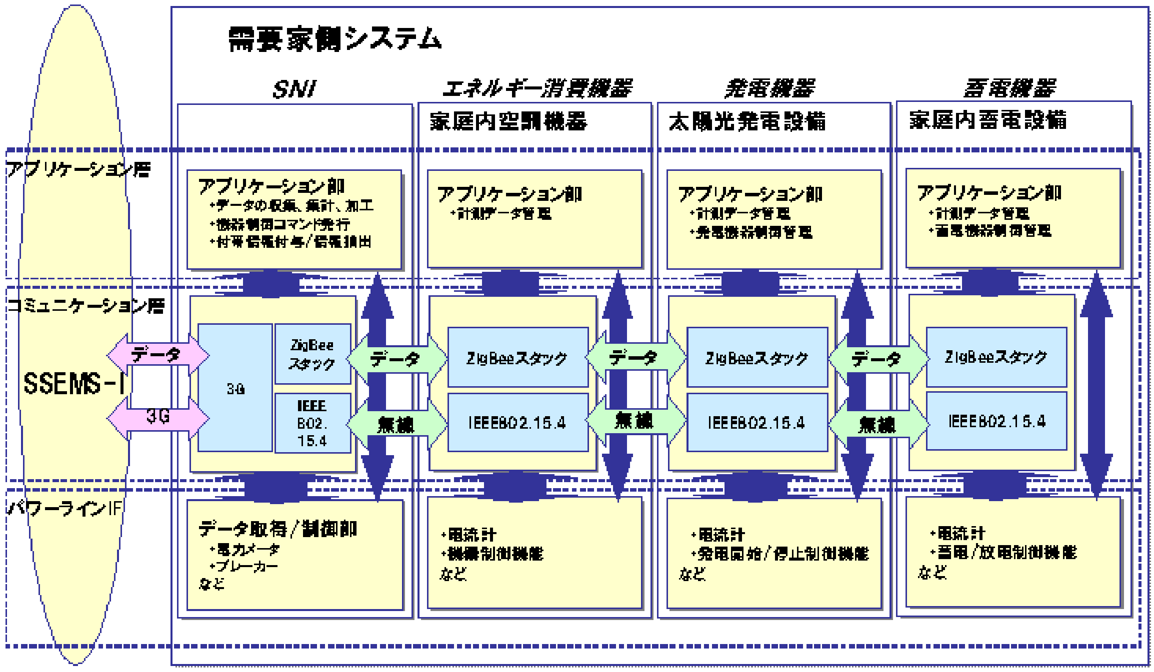


図 3-12　需要家側システムアーキテクチャ

はじめに、太陽光発電設備、家庭内蓄電設備にて実装されている機能について考察する。パワーライン IF の階層では、発電機器、蓄電機器に対する電力の流れを監視するための電力計および発電機、蓄電機器の動作を制御するための API が実装されている。コミュニケーション層では、SNI と情報のやり取りを行うため、ZigBee プロトコルスタックとその下位層である IEEE802.15.4 相当機能が実装されている。アプリケーション層では、収集したデータを管理するとともに、SNI からの制御コマンドをもとに、パワーライン IF へコマンドを発行するためのアプリケーションが実装されている。家庭内空調機器についてもほぼ同様である。

次に、SNI に必要な機能について考察する。パワーライン IF の階層では、家庭内全体としての電力の消費量を計測するスマートメータと家庭内全体としての潮流を制御するス

マートブレーカー機能を実装している。コミュニケーション部では、需要家側システム内機器との通信を実現するための ZigBee/IEEE802.15.4 機能のみでなく、SSEMS-I と通信するための 3G ネットワーク機能を装備している。また、アプリケーション部では、各機器から収集した情報の集計・加工、サービスプロバイダ間とやり取りするためのデータの作成、また、サービスプロバイダからの電力利用指示を解釈し、各機器への動作指示の作成などを行う。

図 3-12 のアーキテクチャをもとに、実際に xEMS として需要家側システムで具備すべき機能を整理したものが図 3-13 である。ここでは、詳細の解説は割愛させていただくが、例えば、家庭内蓄電設備では、パワーライン IF としてデータ取得機能が必要であるが、実際には、単に蓄電量を取得するだけでなく、エラーチェック、機器 ID や時刻などの付帯情報の付与、データ取得スケジュールの設定などの機能を実装する必要がある。

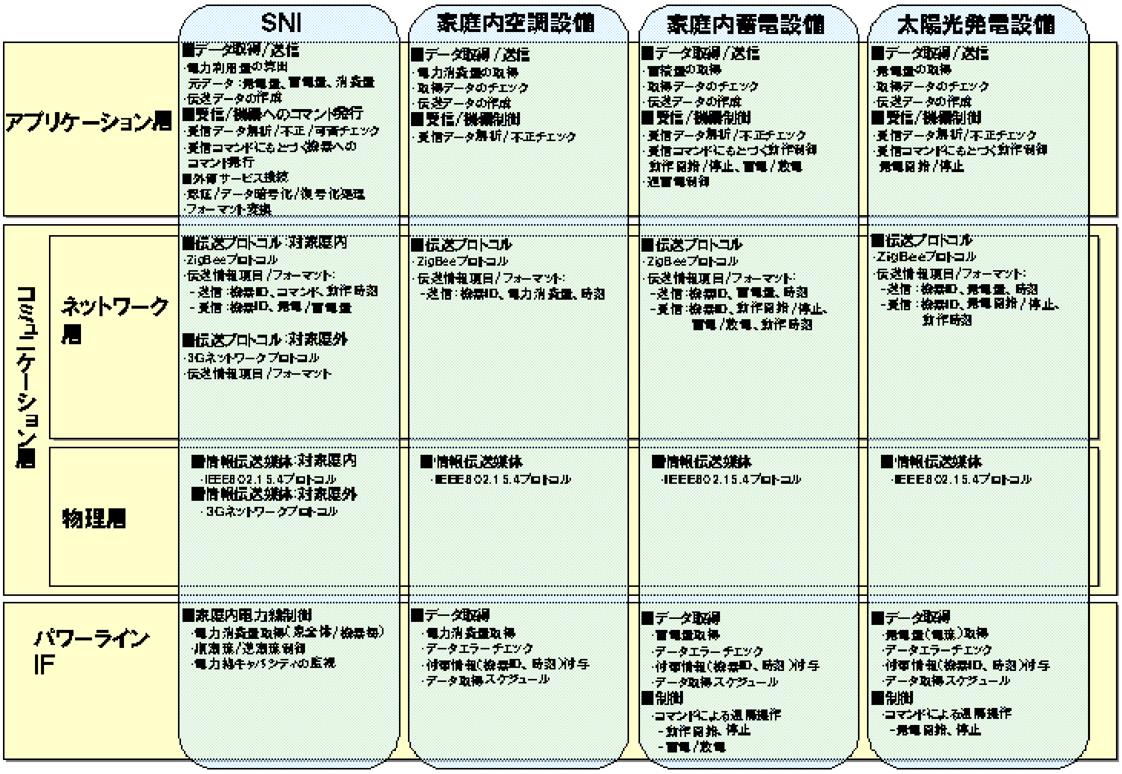


図 3-13　需要家側システムとして実装すべき機能

以上、本章では、SSEMS サービスを実現するためのシステムアーキテクチャを定義し、具備すべき機能について論じた。また、ケーススタディとして、地域内電力融通システムを想定アプリケーションとして、実際の機器構成および具備すべき機能について検討を行った。

4. まとめと課題

本報告では、以下のような点をまとめた。

（1）スマートシティ、スマートグリッドを取り巻く内外の動き、それに対するタスクフォース検討のとらえ方、そこにみられるアーキテキチャが Defacto されていくのではないかという危機意識

（2）スマートシティ構築のための SSEMS の要点

SSEMS(Social Service platform based on Energy Management System)は、スマートグリッド、先端通信インフラの基盤の上に立ち、社会の抱える大きな課題を、エネルギー効率の下、解決する社会サービスを提供するためのシステムプラットフォームである。

（3）SSEMS アーキテクチャ

SSEMS の構成要素として、SSEMS インフラネットと SNI(SSEMS Node Interface)を定義し、アーキテクチャに基づく、社会サービス例を検討した。

以下、今回の検討から、平成 21 年度技術検討委員会として技術戦略的な提言を行う。

提言1：スマートメータ（SM）にみられるアーキテクチャを、将来の社会サービスを構成する全ての機器のアーキテクチャの原点として捉え、アーキテクチャ視点でのスマートシティのシステム動向をウオッチングすべき。

■ **SM にみられるハード、ソフト構造（アーキテクチャ）は、ネットワークにつながる全てのノード機器、ノードシステムの基本アーキテクチャになる可能性を考慮し、動向ウオッチングすべきである。**

タスクフォース検討では、SM からの発展形として、すべてのノードにおける共通基本アーキテクチャモデルを SNI(SSEMS Node Interface)として定義し、システム的な要点を説明した。

構成機器やシステム全体のアーキテクチャについては、Google 社の SM 関連ソフトの API 公開にみられる様に、ビジネス戦略に直結する事項であり、各社動向については継続してウオッチングすべき事項である（図 4-1 参照）。

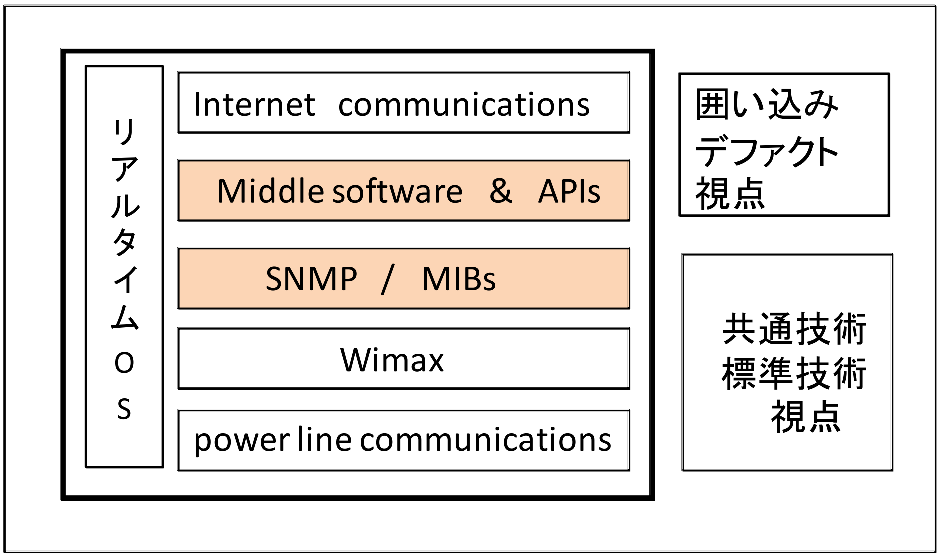


図 4-1 アーキテクチャとビジネスの視点

■ **SM はネットワークにつながるノード機器の仕様の原点としてとらえるべきである。**

現在の SM は、具現化した製品の 1 形態（家庭単位の給電計測、制御）であるが、SM にみられる仕様が、ネットワークノードになる家庭／地域の発電装置、蓄電装置、家庭内機器、さらには決済システムとの連携などアプリケーションサーバー側システムにも関係する。ノード機器検討における仕様具体化の Feasibility について研究課題とすべきである。

欧米を中心としたスマートシティプロジェクトを活用したシステム技術開発が盛んである。すでに、多数、多様な大手、新手の企業が参入しておりその動向には十分に注意を払う必要がある。システムとして、スマートグリッドにおける AMI(Advanced Metering Infrastructure)のアーキテクチャ概要、そこで必要となるリアルタイム OS、ミドルウェア、API(Application Program Interface)などがキー技術になることを述べた。AMI が重要となる理由は、それがデバイスとインフラとつなぐシステムの主要機能であり、かつ、個別のデバイスにとっても必須の機能、かつ、システム機能として共通のものになると考えられるからである。

さらに、AMI の発展機能、SSEMS の基本機能として SNI(SSEMS Node Interface/Infrastructure)を定義した。AMI も含め、SNI 視点での動向把握が重要である。さらに現在の AMI は、SNI の観点からはまだ一部機能と想定されるが、すでに接続装置など商品化の動きもあり、デファクト化の動きも見えるので、十分な動向把握が必要である。

提言2:SSEMS に係る全ての機器の開発においては、将来の社会サービスネットワークのノード機器への展開(SNI)を考慮すべき。

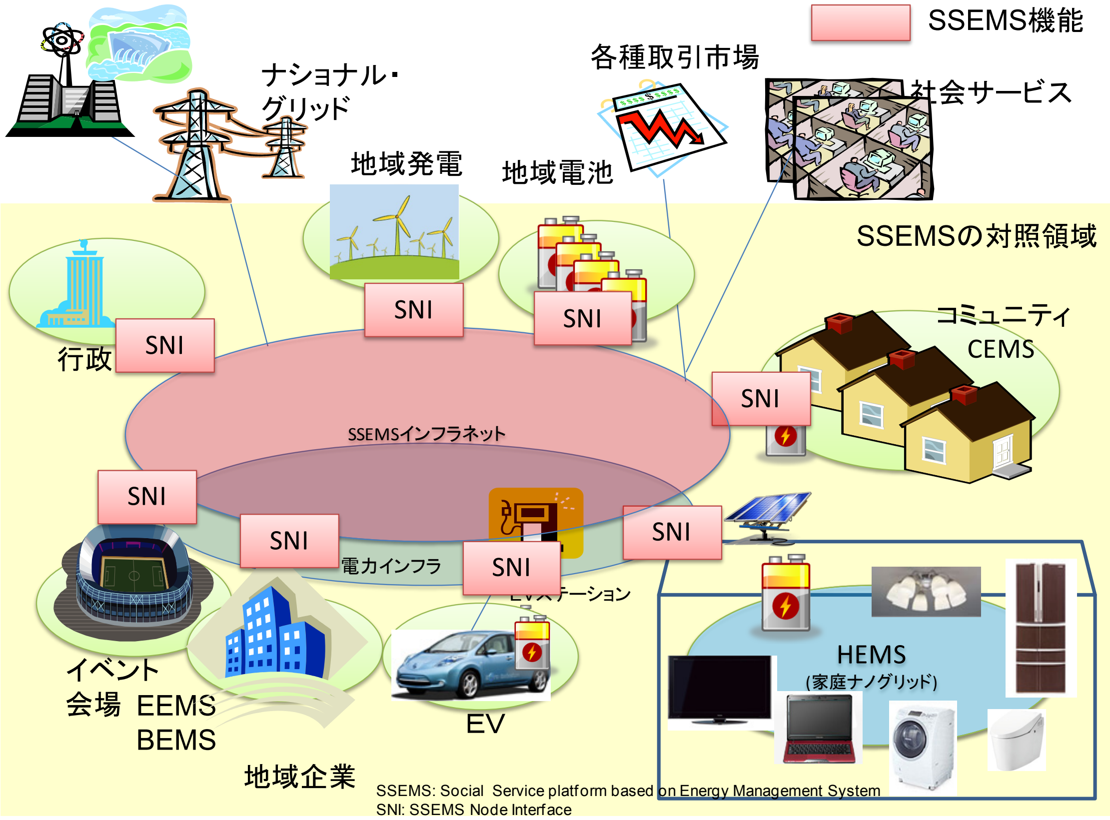


図 4-2 SSEMS の概念構成(図 2-1 の SSEMS の概念構成に同じ)

■ 現在、家庭における省電力対応の一環として太陽光発電機器の導入が話題になっているが、将来の社会サービスシステムである SSEMS を構成する全て機器(発電装置、蓄電装置、家庭内電化機器等)の開発においては、従来同様の単体機器としての機能検討に加え、ネットワークのノード機器への展開を考慮した新たな視点での検討が必要となる。低炭素社会にむけた世界の大きな潮流の中で、スマートシティの検討やその実現についての市場環境は、今後とも加速化されていくと想定され、個々の機器開発においても対応の Feasibility を含め、早期の基本研究課題として推進すべきである。

提言3：社会サービスの視点での SSEMS の共通技術化について議論が必要。

■ **スマートグリッドの発展と同時に、最新の電力インフラ上での社会的なサービス提供の在り方に注目すべきである。**

本タスクフォースでは、将来のサービス提供プラットフォームモデルとして SSEMS を定義して、そのアーキテクチャを検討した。

社会、地域サービスのインフラ構築には、多種多様な異業種のパートナーの参加が必要となる。ソフト、ハード、さらにはサービスの調査、米国を中心とするシステム技術に対し早期キャッチアップが必要である。さらに、Defacto による事業コア獲得戦略に後れをとらないようにせねばならない。各企業でもこれらの動きの情報を共有し世界に先立つシステム技術の構築に取り組む必要がある。

第 5 章にまとめたように、国内でもスマートシティ関連の技術検討組織が発足しているが、将来のサービス展開を考慮した技術の共有化の推進が重要である。

提言4：（参考）エネルギー情報化技術の共通技術化について戦略展開すべき。

■ **WG 検討の議論枠外ではあるが、スマートシティ、SSEMS の実現には、エネルギーの情報化は不可欠の基盤技術である。社会サービス構築の基盤技術として、共通技術化、あるいは戦略技術としての国際展開を検討すべき。**

個々の実証実験レベルにおいては、その基本問題は顕在化しないが、将来の社会サービス間の連携等を想定すると、エネルギーの情報化の共通技術化（含む電力種の色分け）は大きな課題として、その問題と重要性が顕在化する。欧米における種々のスマートシティ実証実験においては、個々の仕様を前提に推進されている由であるが、将来実用時を想定すると、たとえば米国でみられる数千とも言われる電力サービス事業者間での共通技術化は不可能ではないかと考えられる事項である。

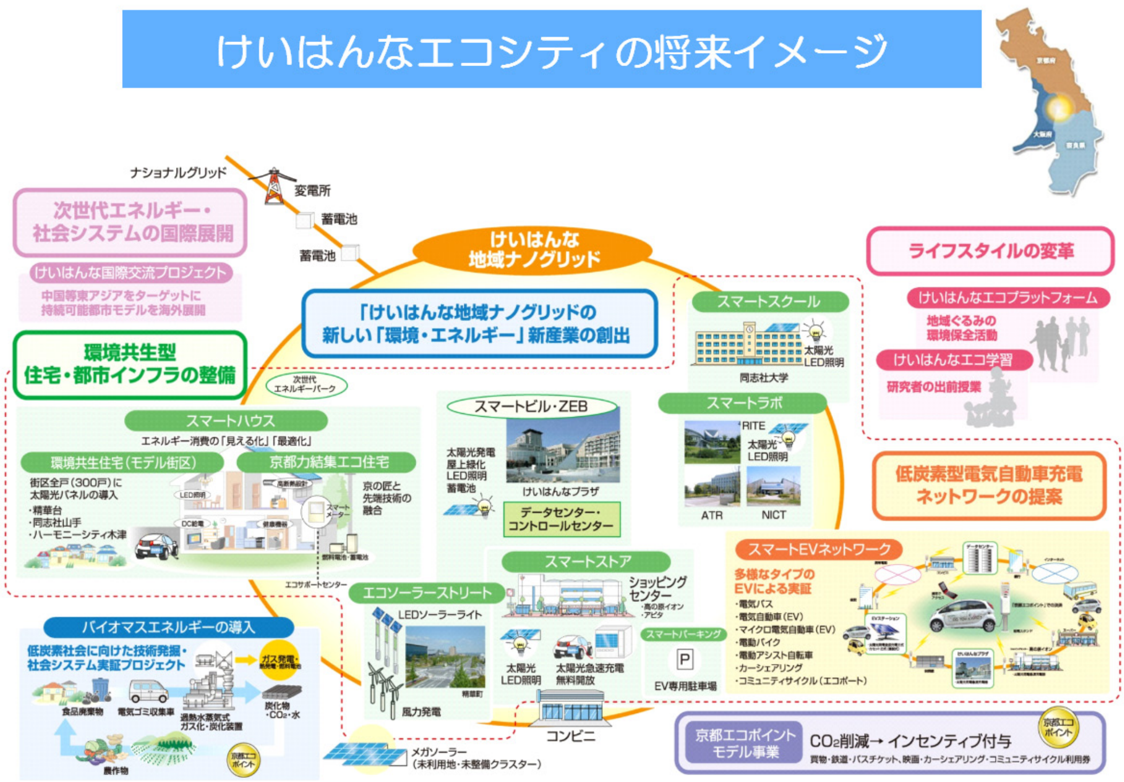
一方、国内における電力サービス事業者の場合を考えると、事業者の数の面においては議論の展開は不可能ではないものと捉える。もちろん各事業者のビジネス戦略の視点もあるため、難しい面も多々あると思われるが、共通技術化、国際展開等、国家レベルとしても検討すべき戦略事項として、今後議論の具体展開が期待される。

以下に、予ねてよりエネルギーの情報化の重要性を発信されている京都大学大学院の松山教授のコメントと、経済産業省がすすめる「次世代エネルギー・社会システム実証地域」の一つとして推進される「けいはんなエコシティ」実験の要点を紹介する。

＜松山教授談（引用）＞

「2010 年 3 月の米国訪問調査の結果、米国流のスマートグリッドは電力インフラの脆弱性を補うためという「眼の前の問題解決」を目指したもので、Smart Grid1.0 と言え、電力インフラが安定な日本では、再生可能エネルギーや蓄電池、EV、PHV の社会への普及を見越した場合の新たなエネルギーインフラの在り方を創成することを目指した Smart Grid 2.0 の開発が行われようとしていると考えています。経産省の「次世代エネルギー・社会システム実証地域」でもキーワードは「地産地消」であり、そのための技術として我々が提案しているエネルギーの情報化に基づく Nano Grid があります。

もちろん、米国でも、再生可能エネルギーや蓄電池、EV、PHV の社会への普及を見越した場合の新たなエネルギーインフラの在り方については、検討課題になっていますが、今はそれどころではないのが実情で、**今なら米国より先に標準化提案を進めることができると思っており、今こそチャンス、2、3 年すると米国も乗り出すと思います。**」



出典：（財）関西文化学術研究都市推進機構および京都大学松山隆司教授ご提供

図 4-3　けいはんなエコシティの将来イメージ

＜WG の考察＞

言うまでもないが、多種多様なエネルギーの双方向流通をベースにする高度な社会サービス実現には、エネルギーの情報化技術の実用化は不可欠である。下記実証実験で計画さ

れる事項を示す（経済産業省 HP より）が、その成果や主導的推進に期待するところ大である。

＊「次世代エネルギー・社会システム実証地域」（平成 22 年 4 月経済産業省発表）（経済産業省 HP 資料から転記）

■場所：京都府　けいはんな学研都市

■参加者：（財）関西文化学術研究都市推進機構、同志社山手サステイナブルアーバンシティ協議会、京都府、京田辺市、木津川市、精華町、関西電力（株）、大阪ガス（株）

■提案内容：

・「持続可能社会のための科学」の研究・実証・新産業創出を目指す「けいはんな学研都市」を対象に。家庭・オフィス内および EV を介したエネルギー・フローを可視化して、エネルギーの制御を行う（「ナノ・グリッド」）。
・これにより、自然由来エネルギーの持つ不安定性と人間の活動パターンに起因する需要変動を閉じ込め、安定かつ効率的地域エネルギーシステムの実現と新産業創出を目指す。
・CO_2 削減効果は 05 年比家庭▲20%、交通は 30 年までに▲40%。

■ 取組事項：

・1000 世帯に太陽光発電を設置。
・「エネルギーの情報化」により、発電装置（太陽光・燃料電池等）、蓄電装置等を知的制御する家庭・ビル内「ナノ・グリッド」の実現。
・EV の積極的導入・給電ステーションネットワークの構築。
・「京都エコポイント」を活用した地域エネルギー経済モデルの提案。
・上記の統合による「エネルギー地産地消モデル」の確立。
・「地域ナノグリッド」、「ナショナルグリッド」の相互補完実証実験。

5. 参考：国内関連動向

別紙 1 に、国内の政府機関が主催するスマートシティ関連の代表的な研究会の例を示す（最近終了した研究会も含む)。また、別紙 2 に、国内における民間企業によるスマートグリッド関連プロジェクトの例を示す。

5.1. 国内の政府機関が主催するスマートグリッド関連の研究会の動向

政府機関が支援するスマートグリッド関連の研究会は、経済産業省が関与するものが圧倒的に多い。

別紙 1 に示した研究会の目的や検討内容を俯瞰すると、以下に示すように、大きく分けて､｢次世代エネルギーシステムの検討･実証(社会システムへの影響･効果の検討を含む)｣､「次世代電力ネットワーク社会の検討｣､｢事業展開・共同体制」および「国際標準化」の 4 つに分類できる。

表 5-1 政府機関が主催するスマートグリッド関連の研究会のテーマ分類

テーマ	研究会・プロジェクト名
次世代エネルギーシステムの構築（社会システムへの影響・効果の検討を含む)	次世代エネルギー・社会システム協議会、次世代電力ネットワーク研究会、エネルギーの情報化 WG、次世代送配電ネットワーク研究会、低炭素電力供給システムに関する研究会等
次世代電力ネットワーク社会の構築	次世代電力ネットワーク研究会、エネルギーの情報化 WG、スマート・クラウド研究会等
共同事業展開	次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会、次世代エネルギー・社会システム協議会、スマートコミュニティ関連システムフォーラム等
国際標準化	スマートコミュニティ関連システムフォーラム、スマートコミュニティ・アライアンス、次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会、次世代エネルギー・社会システム協議会等

上記した 4 つのテーマは、これから、日本が、スマートグリッドを構築していく中で、技術面、事業面で国際競争力を獲得するために必要な事項であると言える。

別紙 1 には、参考として、2010 年 4 月に、経済産業省の「次世代エネルギー・社会システム実証地域」に選定された、官民共同提案プロジェクトである「横浜スマートシティプロジェクト(YSCP)｣､｢『家庭・コミュニティ型』低炭素都市構築実証プロジェクト｣､｢けいはんなエコシティ次世代エネルギー・社会システム実証プロジェクト｣､｢北九州スマートコミュニティ創造事業」を示した。これらのプロジェクトは、欧米のように都市そのも

のを実証実験の場として、技術の実装を行っていく考え方を採用しており、今後の動向が期待される。

5.2. 国内における民間企業によるスマートグリッド関連プロジェクトの動向

国内における民間企業による先進的なスマートグリッドへの取組みには、「スマートシティプロジェクト」がある。

これは、最初から、再生可能エネルギーの導入と省エネルギー化の促進、世界各地の地域ニーズへの対応、生活の質の向上、環境産業への貢献等を目的として、先進的な社会モデル（スマートシティ）を「社会システム」として世界にも展開するという、これまでの国内市場中心型、技術検証中心型のプロジェクト指向からの脱却を目指すものであり、欧米の都市・社会インフラ型のスマートグリッド・プロジェクトに近いものと考えられる。

なお、「スマートシティプロジェクト」以外には、国内民間企業によるスマートグリッド関連プロジェクトとして、電力企業やベンダなどによる取組みが散見されるが、これらは、国内市場に焦点を置いたものである。

別紙１　国内の政府機関が主催するスマートグリッド関連の代表的な研究会の例（最近終了した研究会も含む）

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
低炭素電力供給システムに関する研究会	経済産業省 資源エネルギー庁　電力・ガス事業部 （事務局：電力基盤整備課が主体）	・ 山地 憲治（東京大学大学院工学系研究科教授） ・ 伊藤 敏憲（UBS 証券会社シニアアナリスト） ・ 戒能 一成（独立行政法人経済産業研究所研究員／大阪大学 RISS 特認教授） ・ 佐賀 達男（有限責任中間法人太陽光発電協会特別部会部会長（シャープ株式会社ソーラーシステム事業本部副本部長）） ・ 辰巳 菊子（社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会（ＮＡＣＳ）理事） ・ 辰巳 国昭（独立行政法人産業技術総合研究所ユビキタスエネルギー研究部門蓄電デバイス研究グループグループ長） ・ 早坂 礼子（株式会社産業経済新聞社編集委員） ・ 廣江 譲（電気事業連合会事務局長） ・ 松橋 隆治（東京大学大学院新領域創成科学研究科教授） ・ 松村 敏弘（東京大学社会科学研究所教授） ・ 山名 元（京都大学原子炉実験所教授） ・ 横山 明彦（東京大学大学院新領域創成科学研究科教授）	2008年7月～2009年７月	(1) 設立主旨 ・ この研究会は、2008 年 6 月 9 日、洞爺湖サミットに向けて福田総理大臣（当時）から発表された『「低炭素社会・日本」を目指して』（いわゆる福田ビジョン）に対応する。 ・ そこで示された「再生可能エネルギーや原子力などのゼロ・エミッション電源の比率を 50％以上に引き上げ、特に太陽光発電の普及率を 2030 年には現在の 40 倍に」を実現するための方策を検討する。 ・ 具体的には、低炭素電力供給システムを確立し、低炭素社会システムを実現する具体的な方策について検討を行う。 (2) 検討内容 ・ 低炭素化に向けた電源ごとの課題の整理と対応策 ・ 太陽光発電等の再生可能エネルギーの導入拡大に向けた対策 ・ 原子力の推進 ・ 火力の高効率化と石炭火力の位置づけ（IGCC＋CCS 等） ・ 今後の電源のベストミックスの考え方 ・ 新エネルギー等の大量導入に対応した最適な系統安定化対策と需要面の対応（電気自動車、ヒートポンプ等）	http://www.meti.go.jp/press/20080630007/20080630007.html

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
				・ 太陽光等の新エネルギーが大幅に導入された場合の対応やコスト負担の考え方 ・ その他（CO2 フリー電気の取引、超電導送電によるネットワークの低炭素化等）	
エネルギーの情報化 WG	けいはんな情報通信オープンラボ研究推進協議	・ 伊藤忠テクノソリューションズ 株式会社 ・ NEC 株式会社 ・ エヌ・ティ・ティ・データ経営研究所 ・ 株式会社エネゲート ・ 大阪ガス株式会社 ・ オムロン株式会社 ・ 関西電力株式会社 ・ 九州電力株式会社 ・ 株式会社きんでん ・ 三洋電機株式会社 ・ シャープ株式会社 ・ 住友電気工業株式会社 ・ 大和ハウス工業株式会社 ・ 株式会社戸上電機製作所 ・ 株式会社トランス・ニュー・テクノロジー ・ 株式会社日新システムズ ・ 日東電工株式会社 ・ パナソニック電工株式会社 ・ 株式会社日立製作所 ・ 富士通関西中部ネットテック 株式会社 ・ 株式会社富士通研究所 ・ 富士電機システムズ株式会社 ・ 三菱電機株式会社 ・ （財）関西文化学術研究都市推進機構　新	2009 年 7 月～	「エネルギーの情報化」は、電力網の高機能化を目指して欧米で活発な研究開発活動が始められている Smart Grid とは異なり、家庭やオフィスなどの生活環境における多様なエネルギー　（電気、熱、風など）の流れや変化を可視化するとともに、EoD（Energy on Demand）プロトコルに基づいた、エネルギーの蓄積・制御や異なったエネルギー間の相互変換機能を駆使して、従来の個別的省エネ技術では実現がむずかしかった超省エネ生活環境、コミュニティの実現を目指す。	http://www.i-energy.jp/

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
		産業創出交流センター 三宅 諭 ・ (財)関西文化学術研究都市推進機構　新産業創出交流センター(大阪大学)　池田 順治 ・ （独）情報通信研究機構　総合企画部 山崎　達也 ・ (独)産業技術総合研究所　知能システム研究部門　谷川民生 ・ 大阪大学 サイバーメディアセンター 義久 智樹 ・ 京都大学学術情報メディアセンター　岡部 寿男 ・ 京都大学大学院工学研究科 引原 隆士 ・ 京都大学大学院工学研究科　久門 尚史 ・ 京都大学大学院情報学研究科 松山 隆司（主査） ・ 京都大学大学院情報学研究科 加藤 丈和（幹事） ・ 慶應義塾大学理工学部情報工学科 山中直明 ・ 神戸大学 大学院工学研究科 塚本 昌彦 ・ 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 丹　康雄			
次世代送配電ネットワーク研究会	経済産業省　資源エネルギー庁電力基盤整備課	・ 赤木泰文(東京工業大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻教授) ・ 秋庭悦子(社団法人日本消費生活アドバイザー・コンサルタント協会常任理事) ・ 伊藤敏憲(ＵＢＳ証券会社株式調査部シニ	2009 年 8 月～2010 年 4 月	蓄電池のスペック・寿命・コスト等、新計量システム、次世代送配電ネットワークの構築に向けた通信インフラ等について議論されている。	http://www.meti.go.jp/report/data/g100426aj.html

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
		アアナリストマネージングディレクター) ・ 大橋弘(東京大学大学院経済学研究科准教授) ・ 栗原郁夫(財団法人電力中央研究所システム技術研究所長) ・ 合田忠弘(九州大学大学院システム情報科学研究院教授) ・ 柵山正樹(三菱電機(株)常務執行役電力・産業システム事業本部長) ・ 竹中章二((株)東芝電力流通・産業システム社統括技師長) ・ 辰巳国昭((独)産業技術総合研究所ユビキタスエネルギー研究部門蓄電デバイス研究グループ長) ・ 土井義宏(関西電力(株)常務取締役電力流通事業本部本部長代理) ・ 中村成人((株) ユーラスエナジーホールディングス常務取締役) ・ 萩原龍蔵(太陽光発電協会出力抑制合同検討会副委員長(三洋電機株式会社エナジーシステム開発部ソーラーシステム技術課長) ・ 早坂礼子(産業経済新聞社編集局編集委員) ・ 松浦昌則(中部電力(株)執行役員流通本部系統運用部長) ・ 八坂保弘((株)日立製作所電力グループ技師長)			

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
		・ 山口博（東京電力（株）常務取締役電力流通本部副本部長） ・ 横山明彦（東京大学大学院新領域創成科学研究科教授）			
次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に関する研究会	経済産業省産業技術環境局　基準認証政策課	(1) 座長 横山明彦（東京大学大学院工学研究科教授） (2) 委員 ・ 市村 知也（(独) 新エネルギー産業技術総合開発機構 新エネルギー技術開発部長） ・ 小川 雅晴（三菱電機（株）開発本部開発業務部主管技師長） ・ 北原 道雄（日本電気（株） 環境々エネルギー推進室長） ・ 合田 忠弘（九州大学大学院システム情報科学研究所電気電子システム工学部門 教授） ・ 進藤 典男（ソニー（株） 技術戦略担当部長） ・ 竹中 章二（(株) 東芝 電力流通々産業システム社 統括技師長） ・ 東郷 洋一（(財) 日本規格協会 理事） ・ 中田 祐司（(株) 日立製作所 情報制御システム事業部 主管技師長） ・ 林 泰弘（早稲田大学 先進理工学部電気々情報生命工学科 教授） ・ 坂東 茂（東京大学 工学系研究科 機械工学専攻 特任講師）	2009年8月～2010年（終了）	(1)　設立主旨 優れた製品を有する日本の企業が、海外にシステムとして事業展開することを支援するため、積極的かつ戦略的に国際標準化に貢献していくための計画を早急に明確にする。 (2)　検討事項 ①スマートグリッドの全体像の作成 ②全体像を構成する7つの事業分野の特定 ③事業分野を構成する重要システムの特定 ④重要システムを構成する26の重要アイテムの抽出 ⑤重要アイテムに関係する標準化戦略検討	http://www.meti.go.jp/press/20100128003/20100128003-2.pdf

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
		・ 宮田 宗一（シャープ（株） 経営企画室参与） ・ 宮部 義幸（パナソニック（株） 役員） ・ 村田 晃伸（(独) 産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門エネルギーネットワークグループグループ長） ・ 山口 博（東京電力（株） 常務取締役 電力流通本部副本部長） ・ 弓場 英明（富士通（株） 特命顧問）			
次世代電力ネットワーク研究会（有料制）	(財)エネルギー総合工学研究所	（不明）	2009 年 9 月～	(1) 設立主旨 次世代の電力ネットワークを実現していくには、大学での研究に連携しながら、電力会社、分散形電源メーカー・設置者、関係研究機関、一般需要家など関係者が情報交換を行い、考え方を共有するとともに、必要な技術開発についての提言や、次世代ネットワークへの移行シナリオの研究を行うことが重要であると考える。 (2) 検討事項 次世代電力ネットワークの在り方およびその実現に向けた方策などの検討を行うとともに、対外的働きかけを行い、さらに 2030 年を視野に入れた、次世代電力ネットワーク社会の具体像を描き出す。	http://www.iae.or.jp/news/jisedai.html
次世代エネルギー・社会システム協議会	経済産業省 資源エネルギー庁	・ 石谷 久（東京大学名誉教授・新エネルギー導入促進協議会代表理事） ・ 小久見 善八（京都大学大学院工学研究科教授） ・ 柏木 孝夫（東京工業大学統合研究院大学	2009 年 11 月 13 日～	(1) 主旨 低炭素社会づくりの鍵を握る自然エネルギーの大量導入や民生・運輸対策を進めるには省エネ・CO2 削減と成長戦略の両立する方策を「見える化」することが重要である。そのため、「次	http://www.meti.go.jp/topic/data/091110aj.html#004

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
		院理工学研究科教授） ・ 坂本 雄三（東京大学大学院工学系研究科教授） ・ 松村 敏弘（東京大学社会科学研究所教授） ・ 山地 憲治（東京大学大学院工学系研究科教授） ・ 横山 明彦（東京大学大学院新領域創成科学研究科教授）		世代エネルギー・社会システム実証事業」を立ち上げ、IT を活用した最新の省エネ・新エネ技術を全国２箇所程度に集中投入する。 次世代エネルギー・社会システム実証事業の５つのねらいは以下のとおり。 ・ 新エネ大量導入に伴う系統安定 ・ IT の活用による省エネ・負荷平準化 ・ 「システム」として売り込む成長戦略 ・ 標準化 ・ 実証から実現に向けたビジネス環境の整備 (2) 検討事項 ・ ２０３０年、２０５０年のエネルギーを取り巻く環境、産業構造、国民生活の変化について ・ IT 技術を活用したエネルギーの有効利用システムの構築、それによるＣＯ２削減効果及び利用者の生活の向上の在り方について ・ 海外でのエネルギーインフラ需要の獲得につながる「システム」としての海外展開について ・ 次世代エネルギー･社会システムの構築に向けた国民意識の喚起の方策 ・ 実証事業を効果的に進めるために必要な地域の取り組みについて ・ 実証事業が自律的に発展していくための仕組みづくりについて	

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
スマートコミュニティ関連システムフォーラム	経済産業省商務情報政策局情報経済課 （主体は民間企業）	(1)　民間企業 東京電力、関西電力、東京ガス、トヨタ自動車、日産自動車、東芝、パナソニック、日立製作所、三菱重工業、富士通、NEC、NTT 等 24 社 (2)　有識者 ・石谷久・東大名誉教授など	2009 年 12 月 3 日～	(1) 設立主旨 日本企業は、有力な製品を持つにもかかわらず、横のつながりが希薄で、製品群を組み合わせて社会システムを構築する作業が遅れている。このため、同フォーラムをインフラからサービスまで幅広く提案できる「新たな企業体」に育成する。 (2) 検討事項 ・　蓄電池、電気自動車、双方向の通信機能で住宅への送配電をきめ細かく調整する次世代型電力計「スマートメータ」などのインフラについて、必要な要素を明確にし、相互に運用できる規格 ・　規格の国際標準化 ・　インフラを組み合わせた日本型システムの輸出 ・　海外の関係機関との連携	http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20100104/342841/
スマートコミュニティ・アライアンス	NEDO	電力、ガス、重電、自動車、エンジニアリング、電気、電池、電線、ファイナンス、商社などさまざまな業界から 287 社が参加。代表・幹事会社は以下のとおり。 ・　東芝（代表会社） ・　東京電力 ・　日立製作所 ・　トヨタ自動車 ・　パナソニック ・　東京ガス	2010 年 3 月設立	(1) 設立主旨 スマートグリッドおよびサービスまでを含めた社会システムを、官民挙げてオールジャパンで国内外に売り込む。幅広く関係者の連携を強め、国際標準化の獲得に向けた様々な情報発信やロードマップの作成など、共通の課題に取り組む。 (2) 検討事項 以下の４つの実務レベルでのＷＧを設置し、取り組みを進める。 ①　国際戦略 WG	http://www.meti.go.jp/press/20100215007/20100215007.html

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
		・ 伊藤忠商事 ・ 三菱電機 ・ 日揮		② 国際標準化 WG ③ ロードマップ WG ④ スマートハウス WG	
横浜スマートシティプロジェクト (YSCP)	経済産業省	・ 横浜市 ・ アクセンチュア ・ 東芝 ・ 日産自動車 ・ パナソニック ・ 明電舎	経済産業省が選定する「次世代エネルギー・社会システム実証地域」に応募し、選定された（2010 年 4 月 。	■提案概要 ・ CO_2 削減・国富増大を目的として、企業が持つ英知を横浜に結集させ、新社会システムを構築し、海外へ展開。その際、市民力、多様な地勢、APEC といった横浜が誇る資産や機会等を最大限活用。 ・ 取組の持続可能性を追求するため、市民が実際に暮らす既成市街地でシステム構築を図る。 ・ 全体の意思決定や投資・普及啓発等も行う事業体を設置し、エネルギー会社やユーザーの参加も得た推進体制を整備。 ・ CO_2 削減目標は、2025 年までに 04 年比▲30%削減。 ■取組事項 ・ みなとみらい 21 等の主要 3 地区で以下を展開。 ・ 再生可能エネルギーの大規模導入（27,000Kw の太陽光発電導入） ・ スマートハウス・ビルの導入（4000 世帯） ・ 大規模ネットワークと相互補完する電力・熱等の地域エネルギー連携制御 ・ 次世代交通システムの普及（2000 台の次世代自動車普及） ・ 可視化等によるライフスタイル革新	http://www.meti.go.jp/press/20100408003/20100408003-2.pdf

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
				・ 企業連合組織の設置による推進体制強化	
『家庭・コミュニティ型』低炭素都市構築実証プロジェクト	経済産業省	・ 豊田市 ・ トヨタ自動車 ・ デンソー ・ 中部電力 ・ 東邦ガス ・ シャープ ・ トヨタホーム ・ 富士通 ・ 東芝 ・ KDDI ・ サークル K サンクス ・ 三菱重工業 ・ 豊田自動織機 ・ ドリームインキュベータ	経済産業省が選定する「次世代エネルギー・社会システム実証地域」に応募し、選定された（2010 年 4 月 。	■ 提案概要 ・ 家庭セクター（家庭＋自動車）に着目し、グローバル企業/地元有力企業/自治体で協調し、実生活者の協力の下、低炭素社会システム構築を目指す。 ・ 実証では、社会コストを抑えながら、電気、熱、未利用エネルギーを交えたエネルギー有効利用や低炭素交通システム構築とその連携を試みる。 ・ 標準化などで国際競争を意識した取組みを行う。CO2 削減目標は、家庭で▲20%、交通で▲40%。 ■取組事項 ・ 家庭内でのエネルギー有効利用（70 件以上） ・ コミュニティでのエネルギー有効利用 ・ 低炭素交通システムの構築（3100 台の次世代自動車普及） ・ 生活者行動支援によるライフスタイルの変革・インセンティブ効果（社会コスト抑制効果）の検証 ・ グローバル展開に向けた戦略（グローバル展開と国際標準）検討	http://www.meti.go.jp/press/20100408003/20100408003-2.pdf http://www.dreamincubator.co.jp/ir/pdf/ir10040801.pdf
けいはんなエコシティ次世代エネルギー・社会システム実証プロジェク	経済産業省	・ (財)関西文化学術研究都市推進機構 ・ 同志社山手サスティナブルアーバンシティ協議会 ・ 京都府	経済産業省が選定する「次世代エネルギー・社会システム実証地域」に	■提案概要 ・ 「持続可能社会のための科学」の研究・実証・新産業創出を目指す「けいはんな学研都市」を対象に、家庭・オフィス内及び	http://www.meti.go.jp/press/20100408003/20100408003-2.pdf

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
ト		・ 京田辺市 ・ 木津川市 ・ 精華町 ・ 関西電力株式会社 ・ 大阪ガス株式会社	応募し、選定された（2010 年 4 月 。	EV を介したエネルギー・フローを可視化して、エネルギーの制御を行う（「ナノグリッド」）。 ・ これにより、自然由来エネルギーの持つ不安定性と人間の活動パターンに起因する需要変動を閉じ込め、安定かつ効率的な地域エネルギーシステムの実現と新産業創出を目指す。 ・ CO2 削減効果は、05 年比家庭▲20%、交通は 30 年までに▲40%。 ■取組事項 ・1000 世帯に太陽光発電を設置 ・ 「エネルギーの情報化」により発電装置（太陽光・燃料電池等）、蓄電装置等を知的制御する家庭・ビル内「ナノグリッド」の実現 ・ ＥＶの積極的導入、給電ステーションネットワークの構築 ・ 「京都エコポイント」を活用した地域エネルギー経済モデルの提案 ・ 上記の統合による「エネルギー地産地消モデル」の確立 ・ 「地域ナノグリッド」、「ナショナルグリッド」の相互補完実証実験	http://www.meti.go.jp/topic/downloadfiles/091110a16j.pdf
北九州スマートコミュニティ創造事業	経済産業省	・ 北九州市 ・ 新日本製鐵 ・ 日本 IBM ・ 富士電機システムズ	経済産業省が選定する「次世代エネルギー・社会システム実証地域」に	■提案概要 ・ 民間主導で環境街づくりに取組んできた八幡東田地区に備わる太陽光、水素などの新エネルギー基盤やコミュニティ基盤を	http://www.meti.go.jp/press/20100408003/20100408003-2.pdf

研究会等名称	主催機関	委員・メンバー	実施期間	設立主旨、検討内容等	URL
			応募し、選定された（2010 年 4 月 。	生かしたスマートグリッド網を中核に、住民等地域全員参加のエネルギーエリアマネジメントを実現し、ＣＯ2 の５０％削減社会を構築する。 ・ その成果は、市の街づくり方針に織り込み市全体へ波及させるとともに、アジア諸都市とのネットワクを通じてアジア展開を図る。 ・ 本実証事業により、現在の削減目標（民生・運輸部門で 2030 年に▲40%、2050 年▲70%）に加え、それぞれ▲10%の上積み（2030 年▲70%→▲80%、2050 年 70%→80%）を図る。 ■取組事項 ・ 産業エネルギーも活用した新エネルギー等 10%街区の実現。 ・ 街ぐるみでの省エネシステムの導入（70 企業、200 世帯を対象とした、スマートメータによるリアルタイムマネジメントの実施等)。 ・ 「地域節電所」を通じた街区エネルギーマネジメントの実現。 ・ エネルギー基盤に立った、地域コミュニティ、交通システム等の構築。 ・ 成果のアジア地域への移転体制の構築。	http://www.kyushu.meti.go.jp/press/1004/100408_2.html

別紙２　国内における民間企業によるスマートグリッド関連プロジェクトの例

プロジェクト等名称	参加機関・推進体制等	役員・メンバー等	プロジェクト期間	プロジェクトの目的、検討内容等	URL
スマートシティプロジェクト	(1) 参加機関 ・ SAP AG ・ シャープ株式会社 ・ 株式会社日建設計 ・ 日本ヒューレット・パッカード株式会社 ・ 三井不動産株式会社 ・ イーソリューションズ株式会社 ・ 一般社団法人フューチャーデザインセンター（FDC） (2) 体制等 各社のもつ先端技術と各地で実施した実証実験データを共有しながら、2010 年 4 月より世界各地へ提案(設計)することを計画。 ・ 東京大学は、FDC と協定締結(予定)で、技術連携を図る。 ・ 更なる参加企業として、通信インフラ企業、EV 関連企業、蓄電池企業、ビル計装企業、強電関連企業などと協業の検討中。 ・ 東京電力株式会社がオブザーバ。	(1)　役員 ・ FDC 最高顧問 小宮山 宏（株式会社三菱総合研究所 理事長、東京大学 総長 顧問) ・ FDC センター長 佐々木 経世(イーソリューションズ株式会社 代表取締役社長) ・ FDC センター長 山田 興一(東京大学 総長室顧問) ・ FDC 監事 北畑 隆生（財団法人世界平和研究所 副理事長、社団法人日本ニュービジネス協議会連合会 特別顧問) ・ FDC 代表理事 赤坂 祐一郎(三井不動産株式会社 柏の葉キャンパスシティプロジェクト推進部長)	2009 年 9 月～	(1) 目的 本プロジェクトは、以下を目的とし、その先進モデルを「社会システム」として、日本・世界に展開することを目指す。 ・ 再生可能エネルギーの導入と省エネルギー化の促進による CO2 排出量の削減 ・ 世界各地の地域ニーズへの対応 ・ Quality of Life の向上 ・ 日本の環境産業への貢献(雇用創出へも) (2)　従来型アプローチの課題 ・ 技術中心・日本市場中心で世界展開力がない“ガラパゴス化" ・ 事業化が困難な技術検証中心の実証実験 ・ イニシアティブをとれない海外での実証実験への参加 ・ 部分最適な課題解決による電力系統への悪影響 ・ 事業が進まないコンソーシアム型の企業連合 (3) 解決案 ・ 高い環境技術・世界のチャネルを保有する企業と連合した営業展開 ・ 各地域の多様なニーズ・制約に合った地	http://www.fdc.or.jp/

プロジェクト等名称	参加機関・推進体制等	役員・メンバー等	プロジェクト期間	プロジェクトの目的、検討内容等	URL
				域最適化モデルをシミュレー ションにより提供 ・ 実証実験計画と事業計画の同時進行による産業化の模索 ・ 次世代環境都市「柏の葉キャンパス」での実証実験計画で具体的検証 ・ 広域の電力網に対しても全体最適なスマートシティモデルの設計 ・ 役割・責任を明確にした企業連合によるスピーディーなプロジェクト化	
スマートメータ事業	・ 富士電機 ・ GE	（電力メータを設計、製造、販売する合弁会社を設立）	2010年2月に合弁会社の設立覚書を締結	富士電機とGEのJVにより、国内の電力分野、その他の顧客向けスマートメータを設計・製造・販売する。	http://www.fujielectric.co.jp/about/news/10022502/index.html
スマートメータ実証実験	関西電力		2008年11月～2010年末	(1) 目的・狙い ・ 新型メータを導入して、検針業務を効率化する（国内の電力・ガス会社は現在、検針担当者が月に一度、顧客宅にあるメータを直接確認し、顧客に通知するというプロセスを採用している。計量メータをITで結べば、検診担当者が出向かなくても、30分や1時間といった単位で使用量を把握できるようになる） ・ ITを利用することで、遠隔地から、毎月の検針業務だけではなく、引っ越し時のメータ設定なども実施できるようになる。 ・ 電力インフラの設計にも役に立つ（顧客の電気使用量が30分単位で分かれば、	http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20090914/337128/

プロジェクト等名称	参加機関・推進体制等	役員・メンバー等	プロジェクト期間	プロジェクトの目的、検討内容等	URL
				電柱に設置する変圧器の配置を最適化できる） (2) 関西電力のスマートメータのメリット ・ 新型メータは、最新の IT を容易に取り入れられるようにするために、内部がモジュール構造になっていること（通信機能に限らず、種々の機能追加がしやすい構造になっている） ・ 新型メータは、負荷開閉ユニットや通信ユニットを取り外しても、電力供給を止める必要がない。 ・ 既存の課金システムとの連携も実現。	

第3部

グリーン IT システム

Working Group 2

― 第3部　要旨 ―

昨年度(平成 20 年度)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（サーバ、ストレージ、ディスプレイ、PC、ルータ）に、それら機器を支える半導体を加えた 2025 年までの省エネに関する技術ロードマップの調査・整理を実施した。当協議会調査分析委員会が昨年度実施したエネルギー消費量の予測によると、今後は 2025 年に掛けて、上記の IT 機器単体よりも、「データセンタ」、あるいは、ルータを含む「ネットワーク」など IT システムとして見た場合のエネルギー消費量の増加率が大きくなることがわかった。

本年度（平成 21 年度）は、IT システムとしての省エネに関する技術動向を、国内企業・団体の先進的な取り組みデータを元に整理した。具体的には、NEDO の「グリーン IT プロジェクト」の取り組み、グリーン IT アワード 2009 を受賞した企業・団体の取り組み、その他各委員の企業･団体における先進的な取り組み状況をヒアリング等により調査した。各取り組みにおける省エネ効果に関して、実績値や目標値などを昨年度作成した技術ロードマップのトレンドを比較した。その中で、今後、半導体等のキーデバイス単体の低電力化技術や､データセンタ､ネットワーク等含めたシステム最適化技術などの両輪での開発、効果検証等の取り組みを、産官学連携により推進することが重要となることが分かった。

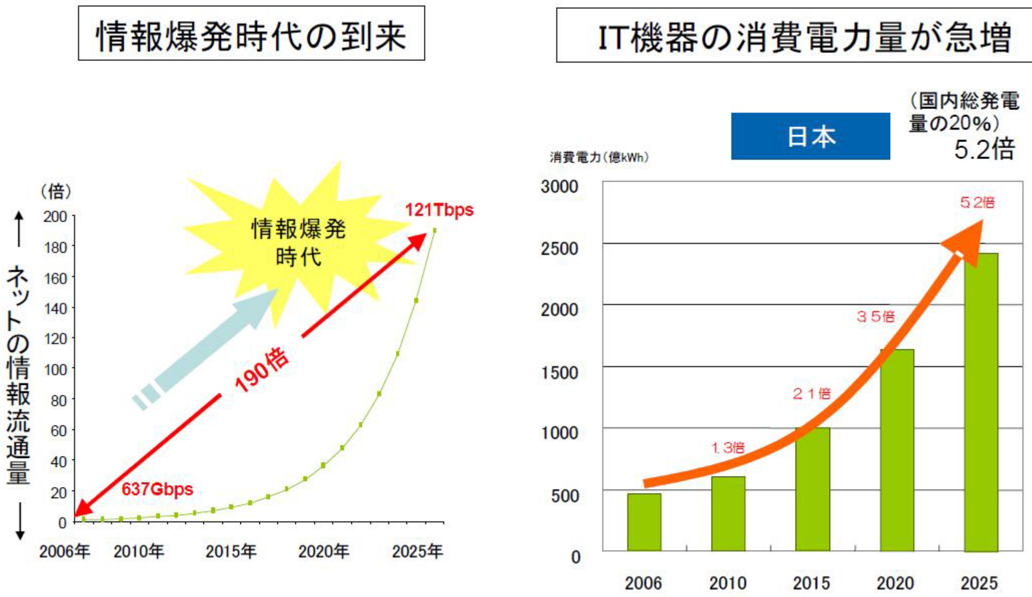
今後とも、国内だけなく、海外の先進事例も視野に入れ、エネルギー利用の高効率化を狙った IT システム、機器の研究・開発動向について継続して調査・検討活動を推進していく。

技術検討委員会　WG２

― 第3部 目次 ―

1. 背景と目的

高度情報社会の進展によりITシステムが扱う情報量は年々増加しており、2025年には2006年比の約200倍になると試算されている。その結果、国内のサーバ、ストレージ、ルータ・スイッチに代表されるネットワーク機器などのIT機器による電力消費量は、2006年比の約5倍に増加し、国内総発電量の20%にまで達する可能性がある（図 1-1）。



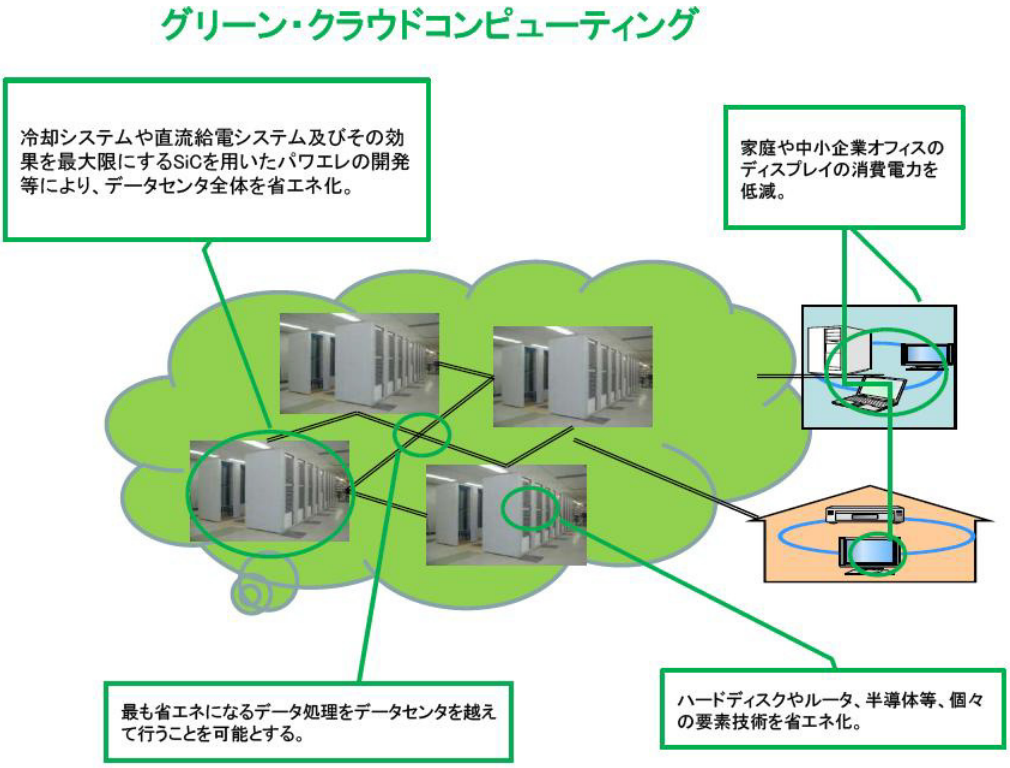
出典：「グリーンITイニシアティブの推進」、経済産業省、2008

図 1-1 国内の情報流通量およびIT機器の国内総電力消費量の予測（2006～2025）

そこで、経済産業省ではIT機器の爆発的増大に伴う電力消費量の急増に対処するため、中長期を見据えた革新的省エネアプローチとして「グリーンITプロジェクト」を2007年より推進している。近年はクラウド・コンピューティング[1]の台頭を背景に、本プロジェクトもクラウド・コンピューティングに大きな焦点が当てられている（図 1-2）。

クラウド・コンピューティングを支える最小単位は、サーバ、ストレージ、ルータ等といった各IT機器であるが、その上位概念としてサーバ、ストレージ等から構成される「データセンタ」と、ルータ、スイッチが中心となる「ネットワーク」がある。

[1] クラウド・コンピューティングとは、ネットワーク上に存在するサーバが提供するサービスを、それらのサーバ群を意識することなしに利用できるというコンピューティング形態を表す。



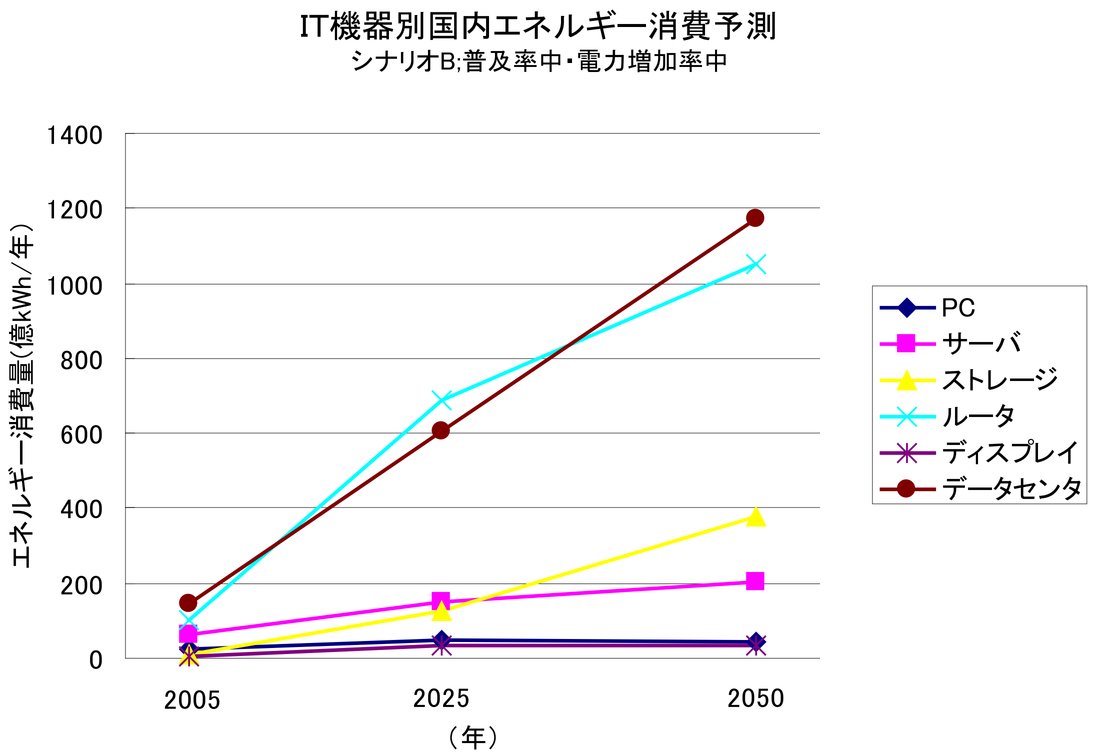
出典：「平成 22 年度情報政策の概要（政府案）」、経済産業省、2010

図 1-2　グリーン IT プロジェクト（平成２２年度）

図 1-3 に示すように、今後のエネルギー消費量の伸び率が高いとされる IT 機器 5 品目（PC、サーバ、ストレージ、ルータ・スイッチ、ディスプレイ）にデータセンタを加えた、日本国内の IT 機器別のエネルギー消費予測を見ると、データセンタとルータ・スイッチを中心としたネットワークのエネルギー消費量が急増していることが分かる。

よって、抜本的な省エネを実現するためには、サーバ、ネットワーク機器等といった各 IT 機器の省エネに加え、その上位概念である「データセンタ」や「ネットワーク」といった IT システムとして最適化された省エネ技術が重要となってくる。

そこで、本調査では従来の IT 機器単位に関する省エネ技術に加え、IT システム単位の「データセンタ」および「ネットワーク」を中心に、省エネ技術に関する先進事例を調査し、現状および課題を認識し、今後の技術開発に資することを目的とする。また、各機器の省エネ技術を支える半導体等のキーデバイスの省エネ技術についても併せて調査を行う。



出典：「調査分析委員会報告書 2008 年版」、グリーンIT推進協議会、2009 のp. 79 より作成 [2]

図 1-3　IT 機器別国内エネルギー消費予測（シナリオ B；普及率中・電力増加率中）

[2]　昨年度報告書では、予測の不確実性を検討するために、普及台数と機器 1 台あたりの電力消費量の増加率に大中小の幅を考慮した 3 つのシナリオ（A～C）が設定された。シナリオ B では、現状トレンドから直線近似で予測した中間的な普及率と、IT 機器 1 台あたりの消費電力の増加率が中間的なシナリオである。

2. 調査研究概要

本調査における対象範囲を図 2-1 に示す。

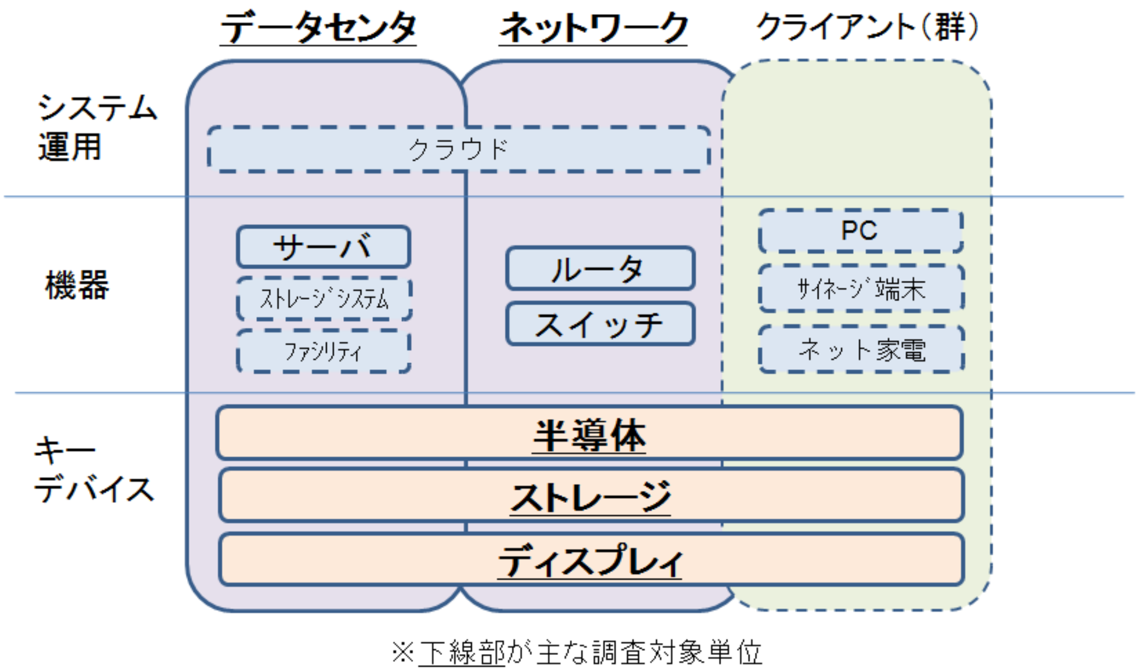


図 2-1　グリーン IT システムの調査対象範囲

データセンタに関しては、データセンタそのものに関する取り組みと、それを構成するサーバ(省電力サーバ)への取り組みを調査対象とする。ネットワークに関しても同様に、ネットワークそのものに関する取り組みと、それを構成するルータ、スイッチを調査対象とする。また、キーデバイスとしては、半導体、ストレージ、ディスプレイを調査対象とする。

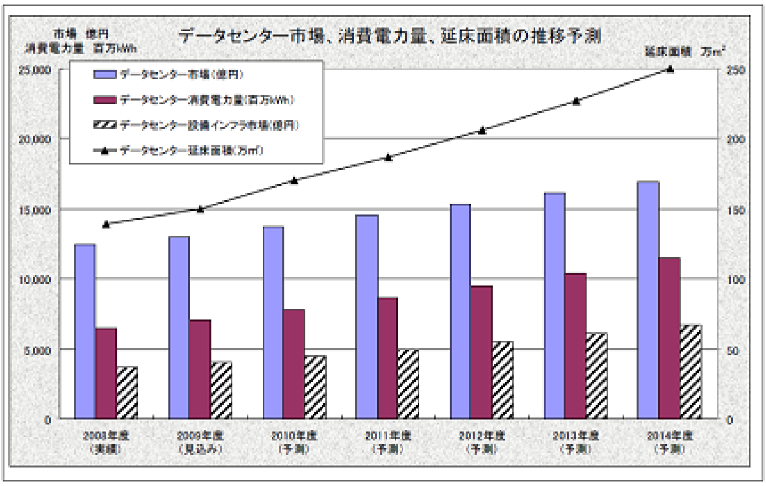
3. 先進事例の調査研究

3.1. データセンタ

3.1.1. 調査研究スコープ

ネットワーク環境の拡がりにより世界はインターネットの海で１つに繋がろうとしている。そしてこの広大な海を安全にそして素早く航海するために必要な IT(Information Technology)は、現代社会に必要不可欠のものとなっている。しかしこれらの IT 機器が消費する電力は、安全、大量、早くなどの便利さとは裏腹に急激な増加を示しており、近年の世界的な課題となっている。特に、これらの装置を数多く配置するデータセンタでは最重要課題となっている。図 3-1 は日本国内におけるデータセンタの消費電力の伸びを予測した結果であり、データセンタの消費電力は、年率約 10%で増加を続けることが予測されている。一方、図 3-2 は米国における、サーバスペースの消費電力の推移予測の結果である。日本国内同様に年率約 15%で消費電力が増加を続けることが予測されている。これらのデータが示すように、何も対策を講じなければ、データセンタの消費電力は年々10%以上で増加を続けることになる。

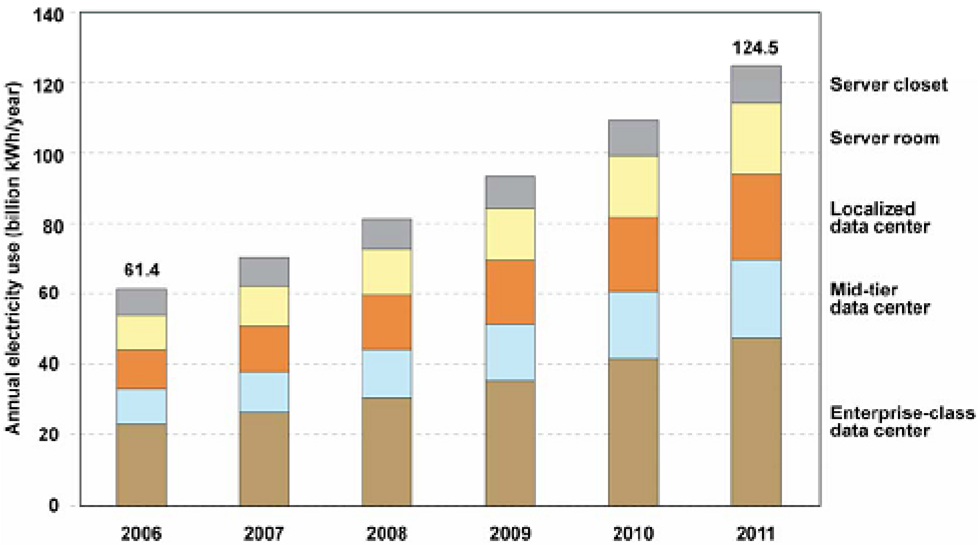
このような世界情勢の中、「グリーン IT」の言葉に代表されるように、データセンタの消費電力を削減するために、省電力サーバの導入や開発、サーバ冷却や空調システムの高効率化、改善、直流給電の採用、そして仮想化技術によるサーバ統合など、データセンタの低消費電力化、高効率化が検討、そして実施されるようになっている。



出典：「データセンタの消費電力とグリーン IT 化の実態調査 2009 年度版」、株式会社ミック経済研究所、2009 [1]

図 3-1 データセンタ市場と消費電力の推移（国内）

[1] https://www.mic-r.co.jp/pressrelease/data/2009/MR325.pdf



出典：EDA: Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency Public Law, 109-431, 2007.8 [2]

図 3-2　サーバスペースの消費電力量の推移予測（米国）

上記を背景に本報告では、データセンタ、サーバの省エネルギー化に関する現状調査をおこなった。

調査対象のデータセンタは、下記の３種類のサービス形態を担う事例とした。

① ハウジングサービス（コロケーションサービス）：顧客のサーバを自社のデータセンタに設置し、運用、管理するサービス

② アウトソーシングサービス：顧客から受けた委託業務を、データセンタに設置した自社のサーバを用いて運営するサービス

③ クラウドコンピューティングサービス：SaaS（software as a service)、PaaS（platform as a service)、HaaS (hardware as a service) などに代表される、自社のサーバを用い、ユーザーが必要な機能のみを選択して利用できるようにしたサービス

③のクラウドコンピューティングサービスにはさらに、自社内或いは自社が契約しているデータセンタのコンピュータリソースを、仮想化技術などを利用して活用する、プライベート･クラウドコンピューティングサービスと、一般の利用者を対象とし、SaaS、PaaS、HaaS などのクラウド・コンピューティング特有のサービスを月額単位で提供する、パブリック・クラウドコンピューティングサービスがある。今回調査を行った事例は、前者のプライベート・クラウドコンピューティングサービス用のデータセンタであり、後者のパ

[2]http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/EPA_Datacenter_Report_Congress_Final1.pdf

ブリック・クラウドコンピューティングサービスに特化した大規模なデータセンタの事例は得られなかった。パブリック・クラウドコンピューティングサービスに特化したデータセンタは、国内での事例は少なく、これからの分野と考えられる。また、米国にて普及し始めている、パブリック・クラウドコンピューティングサービス用データセンタのベースにもなり、移動が可能なコンテナタイプのデータセンタの事例もなかった。コンテナデータセンタも、日本国内の消防法に対応させるため火災報知器や消化器を設置しなければならないなどの課題があり、国内ではこれからの分野と考えられる。

調査方法は、データセンタを運営するメーカー、データセンタのグリーン化に関連した見える化、冷却技術を開発しているメーカー、データセンタで使用するサーバを開発するメーカーへのヒアリングによりおこなった。

次節以降で、表 3-1 に示す先進事例を紹介する。先進事例１～６がデータセンタ及び関連設備の事例、先進事例７～９がサーバの事例である。

表 3-1 データセンタの先進事例一覧

#	事例名	企業・団体	省エネのためのコア技術
1	温度分布の見える化	横河電機（株）	光ファイバセンシング技術
2	熱流の見える化	（株）山武	熱気流解析、センシング、可変ファン、他
3	グリーン化データセンタ	富士通(株)、 富士電機ｼｽﾃﾑｽﾞ（株）	電力・温度・風速センシング、省エネ運転マネジメント、他
4	グリーンデータセンタ®サービス	（株）NTTﾃﾞｰﾀ、 （株）NTTﾌｧｼﾘﾃｨｰｽﾞ	高電圧直流給電システム、免震装置一体型アイルキャッピング®空調方式、太陽光発電、他
5	モジュール型データセンタ	（株）日立製作所	コンサルテーション、最適配置、ラック型空調機、他
6	階層型インバータ	三菱電機（株）	階層型インバータ技術
7	省電力サーバ	（株）日立製作所	高効率電源技術、省電力制御
8	省電力サーバ	日本電気（株）	実装設計の最適化、直流給電
9	サーバの省電力化	（株）ｱｲﾋﾟｰｺｱ研究所	省電力回路設計技術

3.1.2. 先進事例１（温度分布の見える化）

(1) 事例概要

[企業/団体名]　横河電機株式会社

グリーン東大工学部プロジェクト（2008 年度 : サーバ室を対象とした気流分析に基づくエネルギー効率化実証実験）において、サーバルームへの空調設備が効率的に運用されていることを確認するために、光ファイバセンシング技術を用いサーバラック内の温度分布を細かい粒度で測定した。この結果、サーバラック内温度分布の無駄が顕在化され、この無駄に対し温度分布の均一化（無駄の除去)、空調設定値の最適化によって、空調設備の消費電力量を 15%削減させた。

(2) コア技術

光ファイバセンシング技術：光ファイバを通る光が、温度変化に比例した散乱光もしくは反射光を発生することから、光ファイバそのものをセンサとして利用し、散乱光や反射光を解析することで温度を測定する技術。

①　光ファイバセンシング技術を利用したサーバラック内温度分布の無駄の顕在化

サーバラックに光ファイバを布設しサーバラック内の温度分布の可視化を行い、無駄の顕在化、空調設備の改善が可能となる。

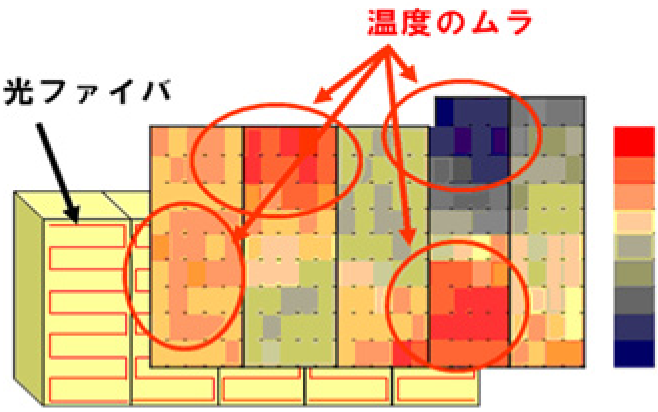


図 3-3 サーバラック内の温度分布測定

②　サーバラック内温度分布の均一化、空調設定値の最適化

空調の送風方法改善による温度分布の均一化が可能となることにより、空調設定値の最適化が図れ、空調設備で消費している電力量の削減が可能となる。

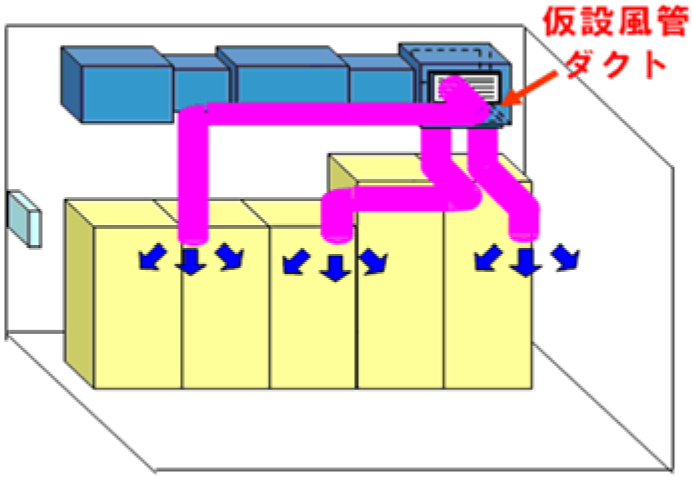


図 3-4 サーバラック内温度分布の均一化

(3) 省エネ効果

サーバラック内温度分布の均一化を行い、空調設定値の最適化として現状設定温度 20℃から 25℃へ変更したことにより、サーバルーム用空調設備の消費電力量を 15%削減した。

(4) 省エネ効果の前提条件

本事例で対象としたサーバルームは、大学内研究室の研究目的で使用しているものであり、サーバ環境の健全性を確保できる範囲での省エネ改善への実証実験として行った。また、対象としたサーバルーム用空調機は外気の取り入れがないため年間の負荷変動は少ないものと想定している。

評価の実施時期は 2009 年 3 月である。

3.1.3. 先進事例２（熱流の見える化）

(1) 事例概要

[企業/団体名] 株式会社 山武

データセンタ内の温度分布などの計測結果に基づき熱気流分析を実施し、熱だまり、過冷却などの問題を抽出。さらに、温度センサ、床置きファン、還気（排気）ファンの組み合わせにより、熱負荷に応じた制御を行うことで空調効率を向上させた。

(2) コア技術

「熱流解析（CFD）に基づくサーバ室環境の可視化」「可変風量機能搭載の給排気ファン」

① 熱流解析（CFD）に基づくサーバ室環境の可視化

サーバ室内の温度環境を実測し、実測結果に基づき CFD(Computational Fluid Dynamics)による熱気流解析を行う。これにより、サーバ室内の熱だまり、過冷却などの課題が可視化され、対応策の検討が可能となる。

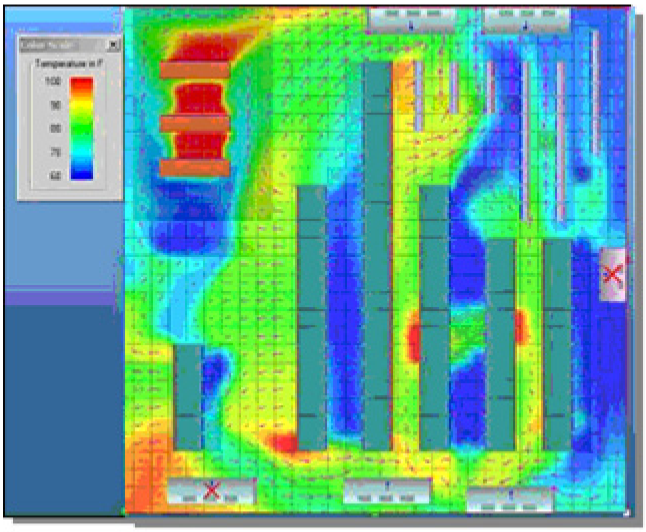


図 3-5 サーバ室内の温度環境可視化例

② 可変風量機能搭載の給排気ファン

サーバ室内の熱だまりを改善し、過冷却を緩和する有効な対策の一つに、可変風量給排気ファンの設置が挙げられる。可変風量給排気ファンを設置することにより、空調機（CRAC：Computer Room Air Conditioning）を最少台数で運転させることができ、省エネルギーが得られる。上述の熱気流解析は、給排気ファンの設置場所を決める上でも非常に重要なプロセスである。

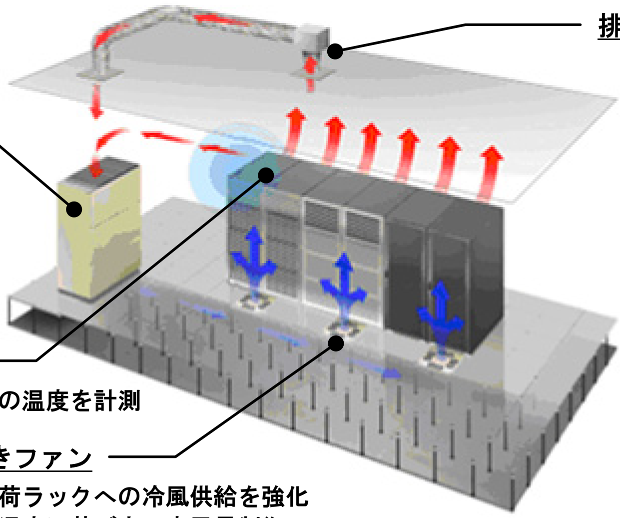


図 3-6 床置きファンと排気（還気）ファンの可変風量制御

(3) 省エネ効果

都内データセンタにて、空調消費エネルギーの 8%を削減した。省エネルギーと同時に、28℃を超えているサーバラックの温熱環境改善も図っており、サーバの動作環境向上にも貢献している。

(4) 省エネ効果の前提条件

本事例物件の概要を下表に示す。本物件では、安全運用、安全管理が重要視されるデータセンタにおいて、必要な箇所に床置きファンを設置するという簡便な手法で改善を行った。この結果、サーバ室内の温熱環境が改善されるとともに、空調機の停止も可能になったため省エネルギー効果も得られた。今後は、温度や湿度の設定見直しも図り、更なる省エネルギーを図っていく予定である。

表 3-2 本事例施設の概要

設備概要	サーバ室面積　：約 1,000 ㎡ サーバラック総数　：約 407 ラック
運用状況	IT 機器消費電力　：約 500kW CRAC 消費電力　：約 300kW 28℃超サーバラック　：30 箇所以上
実施対策	サーバ室内の気流改善 ・床置きファンの設置 ・CRAC の停止　等
効果	○温熱環境の改善 28℃超サーバラック　：0 箇所　(約 30 箇所⇒0 箇所) ○省エネルギー 空調エネルギー　：現状より 8%削減

3.1.4.　先進事例 3（グリーン化データセンタ）

(1)　事例概要

[企業/団体名]　富士通株式会社、富士電機システムズ株式会社

データセンタの特別高圧受電設備からサーバラックまでのエネルギーの使用状況や、サーバラックごとの温度・冷気供給量を見える化し、その情報をベースに効率的なエネルギー活用やセンター内の局所で発生する熱だまりを局所空調システムなどにより削減する、環境配慮型データセンタの構築技術により、データセンタの消費電力量の過半を占める建屋やマシンルームおよび電源や空調などの IT ファシリティにおける CO2 の排出量を約 40%削減することを可能にした。

(2)　コア技術

①　見える化

IT を活用し、エネルギー使用状況やサーバ室空調状況を見える化し、各種分析･レポーティングとともに、最適な空調制御につなげるための省エネ運転マネジメントシステムを開発した。上位のビル管理システムとのデータ連携も可能とした。それにより、特高(特別高圧受変電設備)からサーバラック単位までの電力計測を可能としている。サーバラック単位では、インテリジェント分電盤の導入による電力の見える化のみならず、環境監視センサーネットワークによる温度･風速のセンシングによる見える化も実現している。エネルギー効率の見える化では、PUE、PUE トレンド、空調効率(COP)、サーバ室内温度状況、サーバ室内風量比、ラック吸気温度の見える化が可能であり、データセンタのグリーン化に活用している。

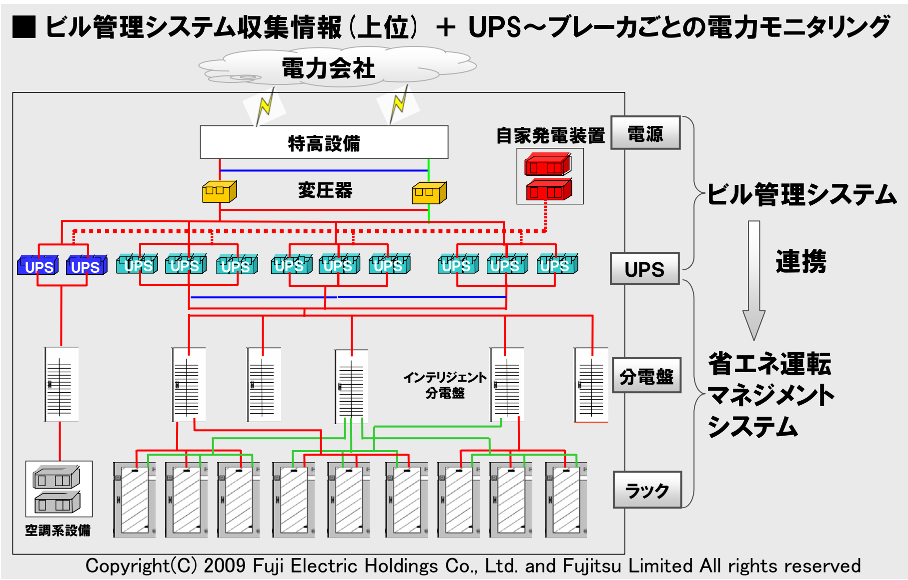
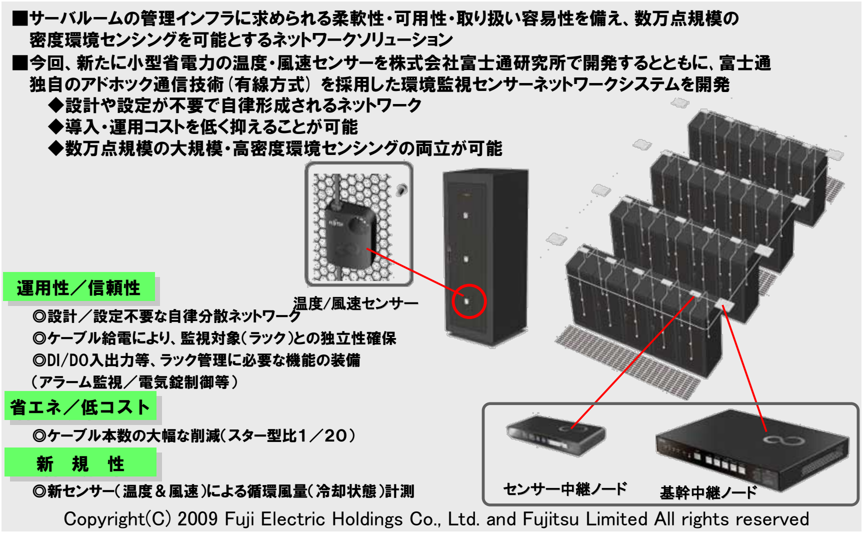


図 3-7 省エネ運転マネジメントシステムを用いた電力見える化

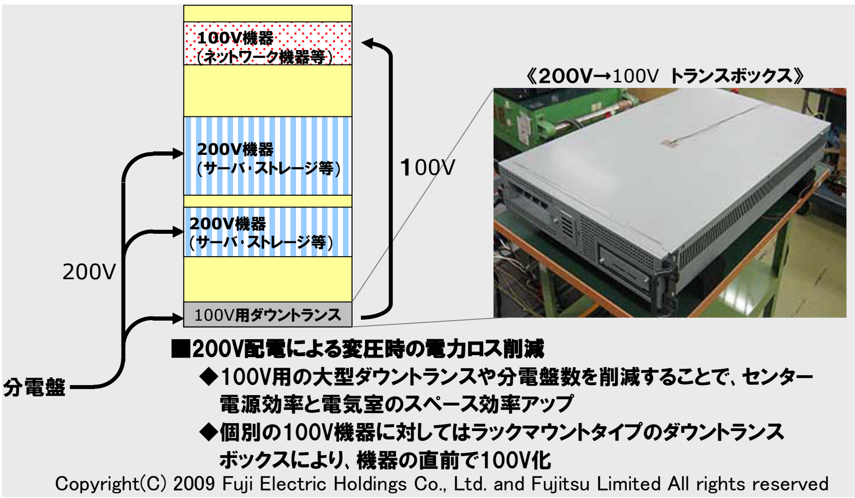


Copyright(C) 2009 Fuji Electric Holdings Co., Ltd. and Fujitsu Limited All rights reserved

図 3-8 環境監視センサーネットワークによる温度、風速の見える化

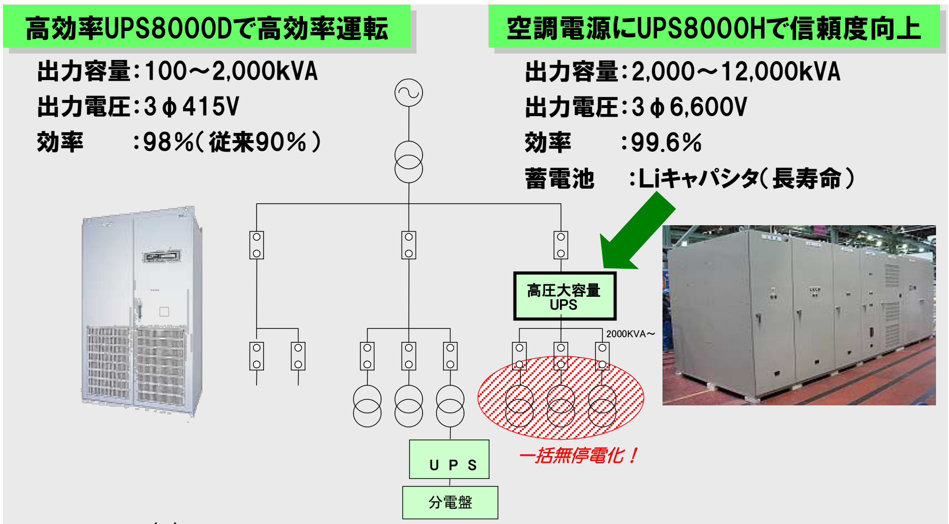
② 最適なエネルギー活用

最適なエネルギー活用技術として、IT を用いたブレーカ割当最適化を実現している。省エネ運転マネジメントシステムの見える化のしくみを利用し、センター稼動後の機器増設時に、現状の配電状況や空調状況から最適なブレーカおよび設置エリア割当を最適化することで、分電盤キャパシティのフル活用を可能としている。また、高効率変圧器を採用し、200V 配電による変圧時の電力ロス削減を実現している。100V 用の大型ダウントランスや分電盤数を削減し、センター電源効率と電気室のスペース効率もアップした。個別の 100V 機器に対してはラックマウントタイプのダウントランスボックスにより機器の直前で 100V 化することで、電力ロスを最小限にしている。高効率な最新機器（高効率 UPS；Uninterruptible Power Supply）を用いた最適なエネルギー活用も実践している。



Copyright(C) 2009 Fuji Electric Holdings Co., Ltd. and Fujitsu Limited All rights reserved

図 3-9 高電圧配電による電力ロス削減

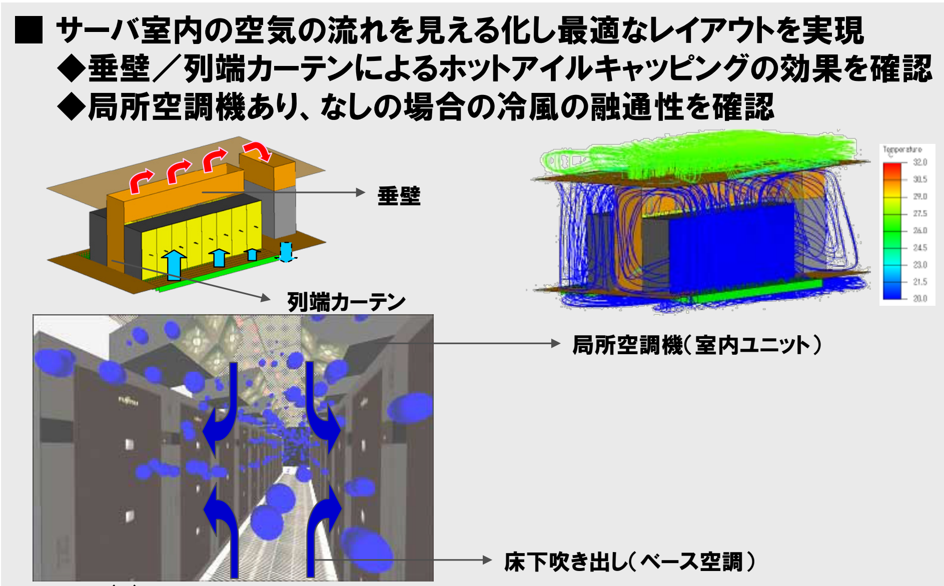


Copyright(C) 2009 Fuji Electric Holdings Co., Ltd. and Fujitsu Limited All rights reserved

図 3-10 高効率な電気設備の導入による最適なエネルギー活用

③　最適な空調

空調技術では、まず計測したサーバ室内の温度、風速を用い熱流体シミュレーションにより熱流を見える化し、空調機の個別制御と局所空調システムにより部分的な熱溜まりをなくすことで最適なレイアウトを実現している。新たに開発した局所空調システムは、熱負荷変動に連動した冷媒ポンプ能力制御で省エネ運転を実現し、コンパクトで高効率冷却を実現している。



Copyright(C) 2009 Fuji Electric Holdings Co., Ltd. and Fujitsu Limited All rights reserved

図 3-11 熱流体シミュレーションによる見える化

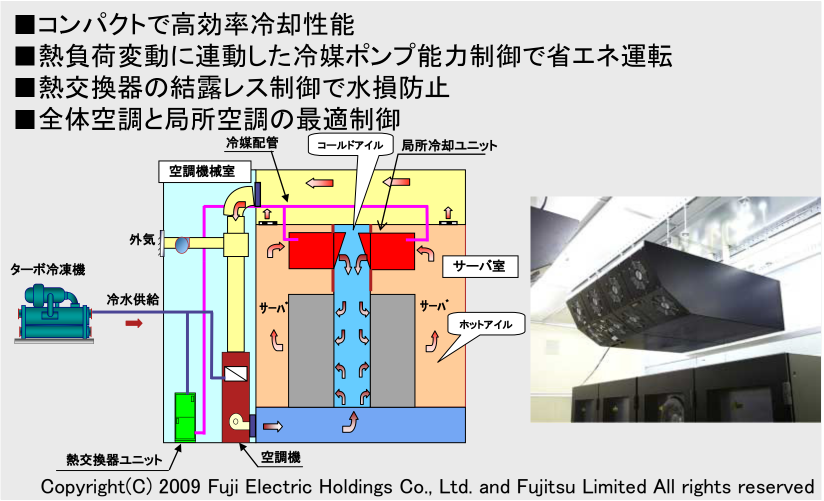


図 3-12 局所空調システムによる冷却の最適化

④　クリーンエネルギー活用

太陽光発電、燃料電池など、積極的にクリーンエネルギーを導入し、さらなるグリーン化を進めている。

図 3-13 クリーンエネルギー活用

(3) 省エネ効果

新たに開設したデータセンタにおいて、ファシリティの CO2 排出量約 40%削減を実現する。

(4) 省エネ効果の前提条件

本事例の前提条件は、環境配慮型データセンタ構築技術に基づくグリーン化データセンタ技術であり、現状のデータセンタの主流なサービス形態である、ハウジングサービス、ホスティングサービスに対応したデータセンタのグリーン化を前提としている。見える化の実現とそれをベースとした最適なエネルギー活用、最適な空調技術によりグリーン化を実現している。今後さらに、省エネルギー化、クリーンエネルギー活用を進め、さらなるグリーン化を進めていく計画である。

3.1.5. 先進事例 4（グリーンデータセンタ®サービス [3]）

(1) 事例概要

[企業/団体名]　株式会社 NTT データ

都内データセンタにて、高電圧直流給電、免震装置一体型アイルキャッピング®空調方式 [4]、太陽光発電システムなどの導入によるデータセンタの省エネへの取組を実施した。高電圧直流給電システムは実証実験を完了した。免震装置一体型アイルキャッピング空調方式は一部で稼働中である。太陽光発電システムは導入済みで、自然エネルギーによる環境負荷低減を目指している。また、仮想化技術を使った新たな共通IT基盤サービスは 2008 年 10 月よりサービスを開始している。

これまでの NTT データのデータセンタと比べて、CO2 排出量、電力使用量を 30%削減させることを目標としている。

図 3-14　グリーン IT アワード 2009

グリーンデータセンタの取組により、グリーン IT アワード 2009 経済産業大臣賞を受賞した。トータルでのグリーン化の取組、高電圧直流給電実証実験の独自性と先進性が評価された。

(2) コア技術

① 高電圧直流給電システム（HVDC）

NTT 持株研究部門、NTT ファシリティーズとの連携により、都内某データセンタにて高電圧直流給電システム（HVDC）の実証実験を行った。NEC、富士通、日立、Sun Microsystems、EMC ジャパンの 5 社が直流給電対応 IT 機器を提供し、効率検証を行い、

3 「グリーンデータセンタ」は株式会社 NTT データの登録商標です。
4 「アイルキャッピング」は株式会社 NTT ファシリティーズの登録商標です。本製品には、株式会社 NTT ファシリティーズの特許発明が含まれています。

交流の場合と比較した。2009 年 1 月～8 月までの実証実験期間を経て終了。現在は実用化に向けたステップに入っている。

図 3-15　高電圧直流給電システム（HVDC）

② 免震装置一体型アイルキャッピング空調方式

免震装置一体型アイルキャッピング空調方式は、NTT ファシリティーズとの連携により実現した。空調効率を上げるだけでなく、災害対策にも効果がある。免震機能は、阪神淡路大震災クラスの地震でも地震加速度を 1/4 に低減させ、キャッピング内の温度の均一化が図られ、空調機が停電で止まっても、キャッピング内の冷気により、サーバ等の IT 機器を 30 分以上守ることが出来るメリットが確認された。

図 3-16　免震装置一体型アイルキャッピング空調方式

③ 太陽光発電システム

太陽光発電システムは 60kw の発電能力をもつパネルを設置した。データセンタ全体で約 1%の低減効果を見込む。将来的なデータセンタの評価では、自然エネルギー等を導入しどれだけの環境負荷低減を図っているかが重要なポイントになると思われるため、継続的に取り組んでいく。

図 3-17　太陽光発電システム

④　仮想化技術

仮想化技術（VMware）を使った新サービスはお客様の様々なアウトソーシングニーズに応えるため、メニューのラインアップを増やして提供中。

(3) 省エネ効果

- 高電圧直流給電の実証実験において、交流給電に比べて約 20%の消費電力量削減効果があった。
- 免震装置一体型アイルキャッピング空調方式は、これまでの全体空調方式に比べて約 30%の消費電力量削減が見込めた。
- 従来のデータセンタに比べて、CO2 排出量、電力使用量を 30%削減させることを終局の目標としている。

(4) 省エネ効果の前提条件

規模 : 都内某データセンタの約 1200 ㎡

評価時期 : 2008 年 10 月～（現状お客様システムを随時契約し、収容を行っている段階）

3.1.6. 先進事例 5（モジュール型データセンタ）

(1) 事例概要

[企業/団体名] 株式会社日立製作所

「モジュール型データセンタ」は、IT 機器のラック・冷却装置などを、小規模な「モジュール」内に配置。これにより、従来型**エラー! 参照元が見つかりません。**のデータセンタと比較し、消費電力を最大 27%、設置面積(床面積)の最大 75%削減を目標としている。

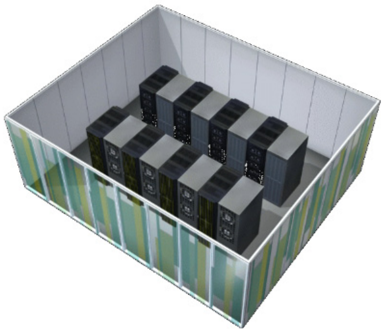


図 3-18 「モジュール型データセンタ」イメージ図

(2) コア技術

① コンサルテーション

独自の冷却最適化技術を活用した空調環境コンサルティングサービス「AirAssist®[5]」による設置環境のシミュレーション実施など、データセンタ新規設置や改善に向けたコンサルテーションを実施。

② 最適配置

「AirAssist」の解析結果に基づき、サーバやストレージなどの IT 機器を搭載したラックやラック型空調機などを、小規模な一つの「モジュール」内に機器稼働効率が最大となるよう配置した「モジュール型データセンタ」を構築。

③ ラック型空調機

ラック列内に設置しホットアイルの高温の空気を吸い込み、コールドアイルに冷風を吹き出すラック型の局所空調機を採用。従来型データセンタの壁置き、床下吹き出し型の空調機に比べ、ラックの近くに空調機を設置するためファン動力が小さく、また床上空調方式なので床下のケーブル類による空調抵抗が無いため、空調機消費電力を削減。

④ スモールスタート・オンデマンド拡張

[5] 「AirAssist」は株式会社日立製作所の登録商標です。

最小約 22 ㎡[6]の小規模なモジュール単位からデータセンタを短期間で構築でき、ユーザーの必要に応じて柔軟にデータセンタの拡張が可能。

(3) 省エネ効果

・ 従来型**エラー! 参照元が見つかりません。**の壁設置型空調機に比べ、空調機の消費電力を約 70%削減。
・ 従来型**エラー! 参照元が見つかりません。**のデータセンタに比べ、IT 機器電力・空調電力・電源設備損失などの、データセンタ全体で使用する消費電力を、最大約 27%削減。

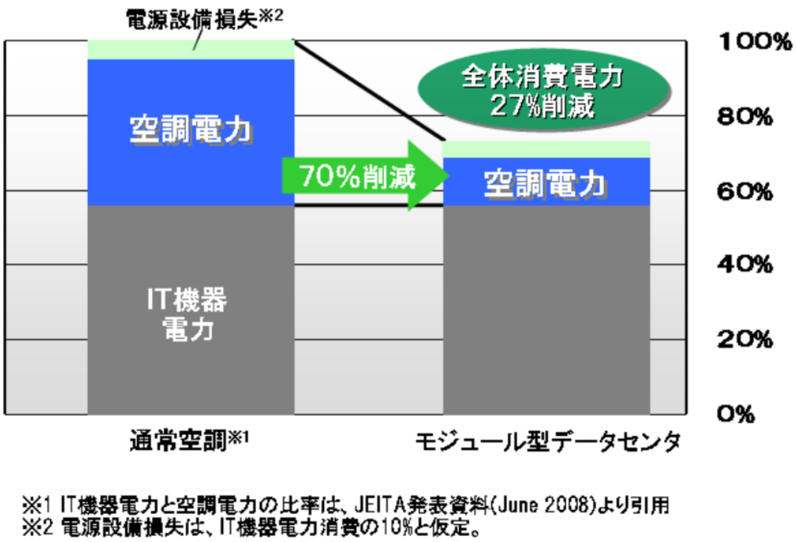


図 3-19 設置する IT 機器を同じ条件とした場合の全体消費電力量比較

(4) 省エネ効果の前提条件

一般的な床下方式の空調機を採用しているオープンサーバラックが中心の従来型**エラー! 参照元が見つかりません。**のデータセンタと比較。

(5) 参考文献

[1] 【IT の省エネ化動向ならびにグリーンＩＴ化動向に関する調査報告書(IS-08-情シ-6)】JEITA(社団法人電子情報技術産業協会) 2008 年 6 月発行

6 モジュールの大きさは、6.3m×3.6m(約 22 ㎡)

3.1.7. 先進事例 6（階調制御型インバータ技術）

(1) 事例概要

[企業/団体名] 三菱電機株式会社

製品：AX-M シリーズラックタイプ（1.5kVA、3.0kVA）、AX-P シリーズ（0.75kVA、1.0kVA、1.5kVA）

階調制御型インバータ技術をラインインターラクティブ方式の小容量 UPS に用い、電力効率の改善を達成した。

(2) コア技術： 階調制御型インバータ技術

当社小容量（0.75kVA～3.0kVA）のラインインターラクティブ方式（通常は商用電源から給電されており、停電時インバータを介してバッテリーから給電する方式で、電圧補償やアクティブフィルタの機能を有するもの）の UPS に適用されている階調制御型インバータ技術について説明する。図 3-20 に UPS の構成を示す。UPS は、商用電源との接続をコントロールするスイッチと、停電時に電力を給電するバッテリーと主インバータ（図中、1B-INV、2B-INV、3B-INV）と、電圧の低下を補償する補助インバータ（図中、補助 INV）から構成される。主インバータは、複数の単相インバータから構成され階調制御型インバータと呼んでいる。階調制御型インバータの特長を下記に示す。

①高変換効率：高周波/高電圧スイッチング不要

②小型/薄型：擬似正弦波出力のためフィルタ不要もしは低減可能

③低ノイズ：高周波/高電圧スイッチング不要

④昇圧機能：単相 INV の電圧を加算でき、入力より高い電圧が得られる

階調制御型インバータの原理を図 3-21 に示す。階調制御型インバータは、Vo、2Vo、4Vo・・・と電圧値の異なる複数台の単相インバータを直列に接続して構成され、各単相インバータから出力される矩形波電圧を組み合わせることにより階段状の擬似正弦波を形成する。この階段状の擬似正弦波は、出力のフィルタを通過させることで通常の正弦波電圧波形となる。本階調制御型インバータ方式は、高い電圧のインバータのスイッチング周波数を低くなるようにしているため、高耐圧素子の損失を抑えることができることから高効率な電力変換が可能となる。また、階段状の擬似正弦波を見るとわかるように、電圧変化が小さいことから、出力のフィルタリアクトルのインダクタンス値を小さく設計でき、小型、高効率なインバータを得ることができる。また、出力の電圧変化が小さいことから低ノイズでもある。

階調制御型インバータは、複数の単相インバータそれぞれに電力を供給しなければならない。各インバータへ電力供給するための電源回路が必要となると、装置が大型化する課題が発生する。本階調制御型インバータ方式は、電源に接続されている単相インバータか

らその他の単相インバータへ、負荷に電力を供給しながら電力を特別な電源回路なしで供給している。この電力供給方法をエネルギー流用方式と呼ぶ。電圧 Vo を出力する場合を例として説明すると、単相インバータの出力を（+4Vo、-2Vo、-Vo）とすることにより、DC 電源（4Vo）からその他電源へ電力の供給を行う。

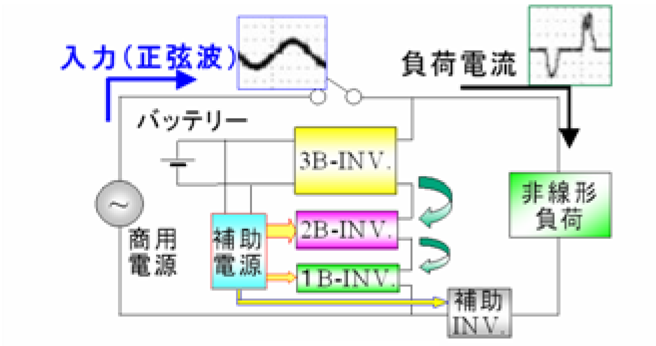


図 3-20　ラインインターラクティブ方式の小容量 UPS の構成

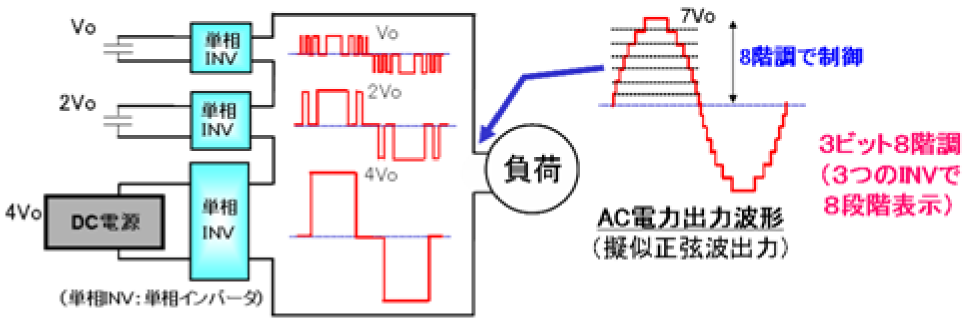


図 3-21　階調制御型インバータの原理説明図

(3)　省エネ効果

階調制御型インバータ技術は、小容量 UPS への適用実績はあるがデータセンタに適用される大規模で高信頼な常時インバータ方式の UPS への実績はない。図 3-22 に常時インバータ方式の構成を示す。この方式の UPS は、整流器とインバータから構成される。このインバータ部分を階調制御型のインバータに置き換えることによる省エネ効果を見積もる。通常インバータを用いた場合の効率を 96%、階調制御型を用いた場合の効率を 97%と仮定する。

2025 年における国内の IT 機器の総電力量は 2,400 億 kWh であり、その内データセンタ分が 530 億 kWh と考えられている[1]。2025 年における全世界の IT 機器の総電力量は 47,000 億 kWh と予測され[2]、データセンタの消費電力の割合が国内と同じと仮定すると、2025 年のデータセンタの消費電力は 10,300 億 kWh となる。

この 10,300 億 kWh を UPS が扱うと考えると、96%→97%の効率向上は、世界規模で年間 110 億 kWh（2025 年）の削減になる。また、2010 年では総電力量が 2025 年の 17%であることから[2]、19 億 kWh の削減になる。日本の電力消費量が年間 10,000 億 kWh[3]であることを考えると、1%の効率向上は大きな電力削減効果と考えられる。

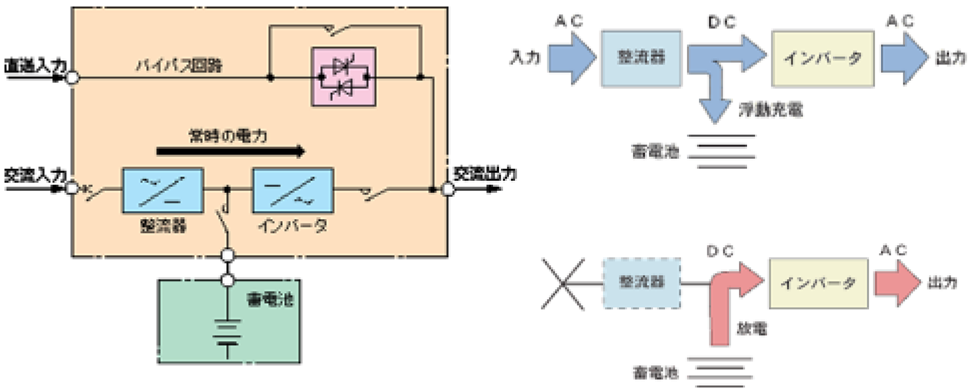


図 3-22　常時インバータ方式 UPS の構成[4]

(4)　参考文献

[1]　http://www.meti.go.jp/press/20071207005/20071207005.html
「グリーン IT イニシアティブ　平成 19 年 12 月 6 日　経済産業省」

[2]　http://www.meti.go.jp/publication/topic_2008_06/main_03.htm

[3]　http://www.fepc.or.jp/present/jigyou/japan/index.html

[4]　http://www.fesys.co.jp/sougou/seihin/ups/W05_TYPE.html
（富士電機システムズのホームページ）

3.1.8. 先進事例 7（省電力サーバ）

(1) 事例概要

[企業/団体名] 株式会社日立製作所

統合サービスプラットフォーム BladeSymphony による、「運用性」、「拡張性」、「可用性」、「環境対応」プラットフォームの提供。

また、データセンタのように多くの IT 機器を集約する場合に、設備電力を各機器に最適に配分することでトータルの設備電力を抑えるニーズが高まっている。IT 機器で最も電力を消費するサーバの消費電力の上限値を、サーバごとに設定する手段を設けることで設備電力の有効活用を推進させた。

(2) コア技術

① 高効率電源技術

高性能ブレードサーバ向けに、変換効率の高い電源を開発した。変換効率が高いほど、電源内で熱となって消費される変換ロスが少なくなり、その結果、設備から見たサーバ消費電力(サーバ廃熱量)も少なくなる。

開発した高効率電源は 50%負荷において世界トップレベルの 92.73%を達成し、高効率電源の認証である 80Plus Gold を取得した。力率改善回路（PFC: Power Factor Correction）部ではソフトスイッチング技術を、DC/DC 部ではソフトスイッチング技術、配線構造見直しによる抵抗低減、エネルギー回生技術の採用により損失を従来技術の約 40%低減した。

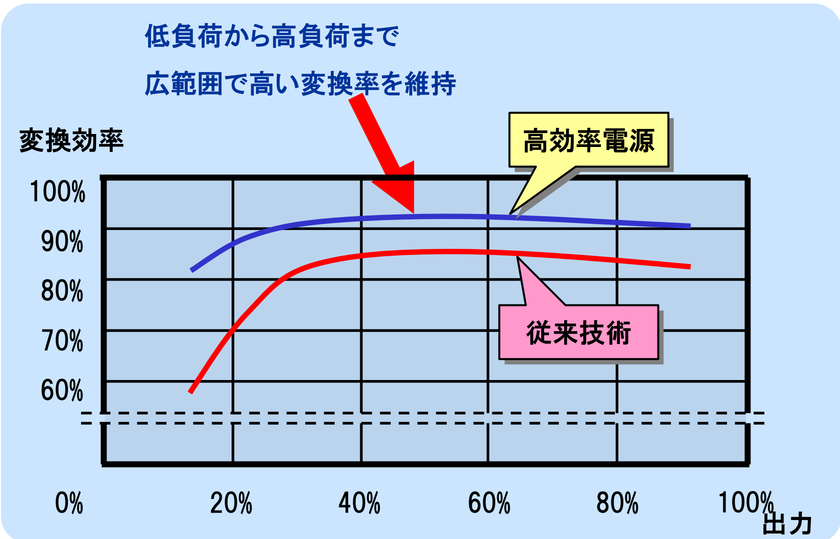


図 3-23 高効率電源の変換効率カーブ

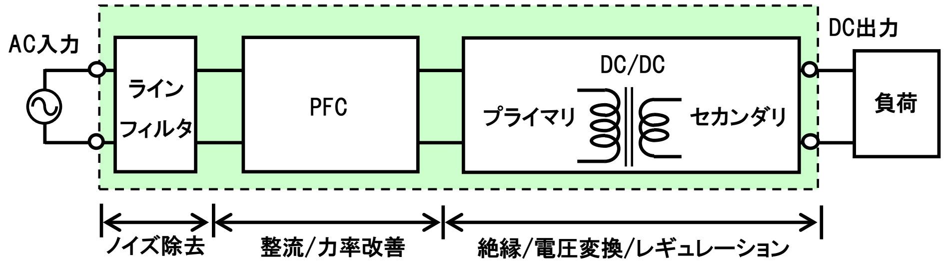


図 3-24　高効率電源の内部構成

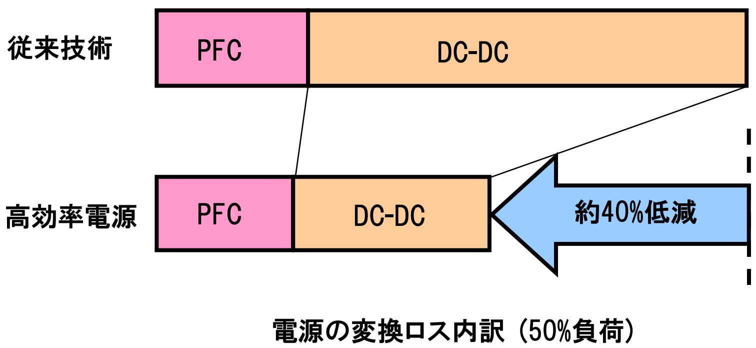


図 3-25　電源の変換ロス内訳

②　省電力制御(パワーキャッピングによるサーバ電力上限値制御)

サーバの電力を常時モニタしておき、設定した上限値を超える場合に CPU 周波数/電圧を制御することで消費電力を瞬時に抑制するパワーキャッピング機能を備えた。データセンタのように多くの IT 機器を集約する場合に、設備電力を各機器に最適に配分することでトータルの設備電力を抑えることが可能となる。

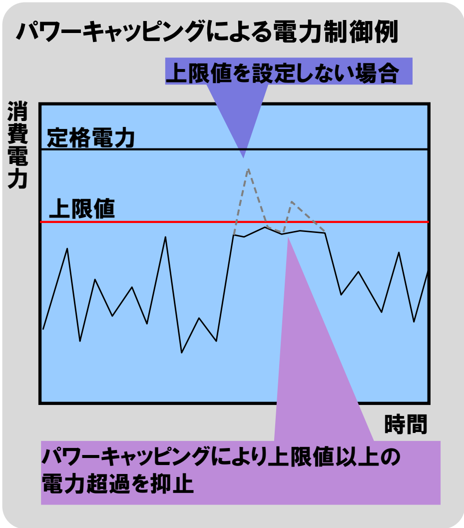


図 3-26　パワーキャッピングによる電力制御例

(3)　省エネ効果

負荷が 5.3kW の場合、従来技術による変換効率に比べて、変換ロスが約 50%減、設備から見た消費電力は約 7%低減した。

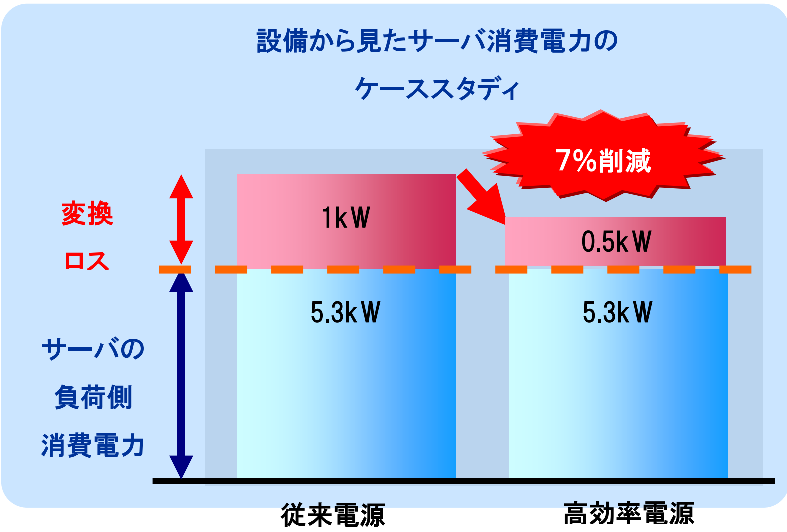


図 3-27　高効率電源によるサーバ消費電力削減効果例

省電力制御では、図 3-28 の活用例のように稼動状況に応じて電力割当を動的に変更することで性能を維持しながらサーバへの供給電力を抑えることができる。

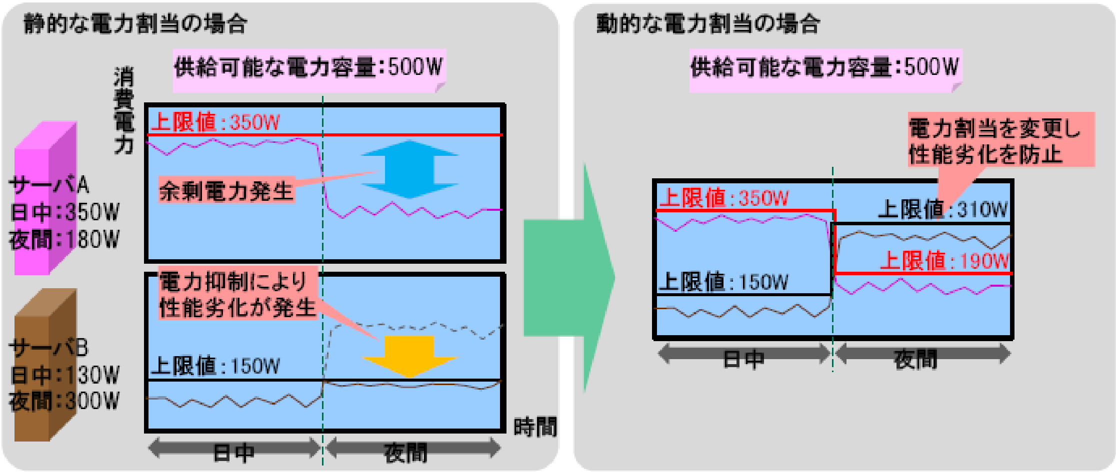


図 3-28　電力割当の最適化例

3.1.9. 先進事例 8（省電力サーバ）

(1) 事例概要

[企業/団体名] 日本電気株式会社

データセンタに集約される大量サーバの効率化（省電力・省スペース・運用性）を徹底追及。特に、実装設計、高圧直流給電、ハイブリッド電源の各技術を用いて冷却電力を 50%削減、AC・DC 変換にともなうロスを 10%削減、および昼間のピーク電力の削減を達成する。

(2) コア技術

① 実装設計による最適化

伝送回路設計や冷却設計技術を用いて、サーバの高性能化と低消費電力を両立する。性能を損なわずに、空気の流れを最適化し、冷却に必要な電力を最大 50%削減する。

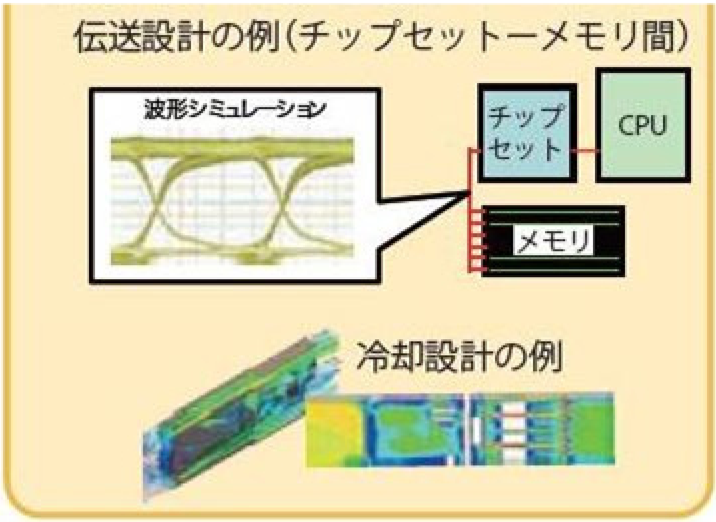


図 3-29 伝送設計例

② 高圧直流給電／受電による電源の効率化

AC・DC 変換にともなう電源損失を防ぐために、IT 機器に対する直流給電技術を開発。特に、電源設備と IT 機器間の給電／受電を 300V 以上の高電圧にし、変換ロスを削減し、10%の効率化を達成する（2010 年度予定）。

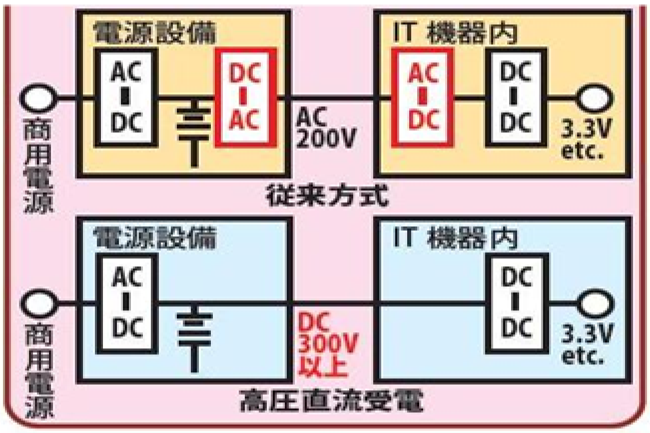


図 3-30　高圧直流給電／受電

③　ハイブリッド電源（蓄電池＆AC）によるピーク電力の削減

大容量蓄電池を配備し、夜間電力を用いて充電を行ない、昼間サーバがフル稼働する際の電力の一部を畜電池から供給する。このようにすることで AC から供給される昼間のピーク電力を削減する。トータル消費電力の削減ではなく、最大電力供給量を削減する（2010 年度予定）。

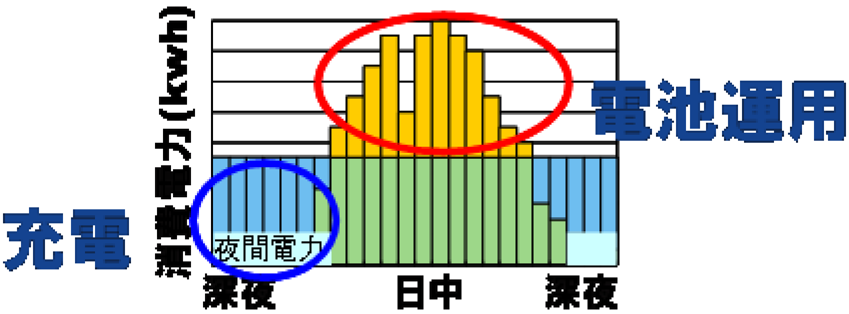


図 3-31　ハイブリッド電源の利用

(3)　省エネ効果

高性能サーバを冷却するのに必要な電力を従来比で最大 50%削減。また、AC・DC 変換ロスを 10%改善。

(4)　省エネ効果の前提条件

従来のサーバでは伝送回路設計と冷却設計などが独立に行なわれており、必ずしも高性能と省電力が同時に実現されていなかった。それらの設計を統合的に行なうことで、サーバを冷却するために必要な電力を最大で 50%削減することができた（自社製品の従来機種との比較）。

3.1.10. 先進事例 9（サーバの省電力化）

(1) 事例概要

[企業/団体名] 株式会社アイピーコア研究所

コンピュータは様々な分野で使用されており、世界総生産台数は 100 億台/年である。コンピュータは主に 3 つの分野へ展開されている。①情報処理(IT : 一般的にはこの分野をコンピュータと呼称する) ②通信機器 ③組込み機器（デジタル家電や携帯を含む)である。コンピュータの性能と電力の関係を図 3-32 に示す。

a:スーパーコンピュータは処理能力も高いが電力も 10kW～100kW に達する。

b:基幹サーバは非 IA-32（X86 ではない独自アーキテクチャ）であり処理能力及び信頼性確保のため数 kW 以上の電力が必要である。

c:サーバ及びパソコンは、ノートブックが最小 30W 程度から大型では 100W 以上。デスクトップパソコンは 100W～200W、ラックマウントサーバは 100W～600W。大型のブレードサーバでは数 kW に及ぶ機種もある。

d:通信機器での基幹光高速ルータは kW 以上の電力であり、通信量の増大により電力も拡大の一途である。

e:100 億個の内 90%は組込み機器である。組込み機器のコンピュータは面積や電力に制限が多く、1 W 前後で動作するコンピュータ技術が主流である。しかし近年映像処理やネットワーク化のため、情報処理用コンピュータ技術をそのまま機器に組込むケースが増加しており、電力を抑えながら性能が向上している。

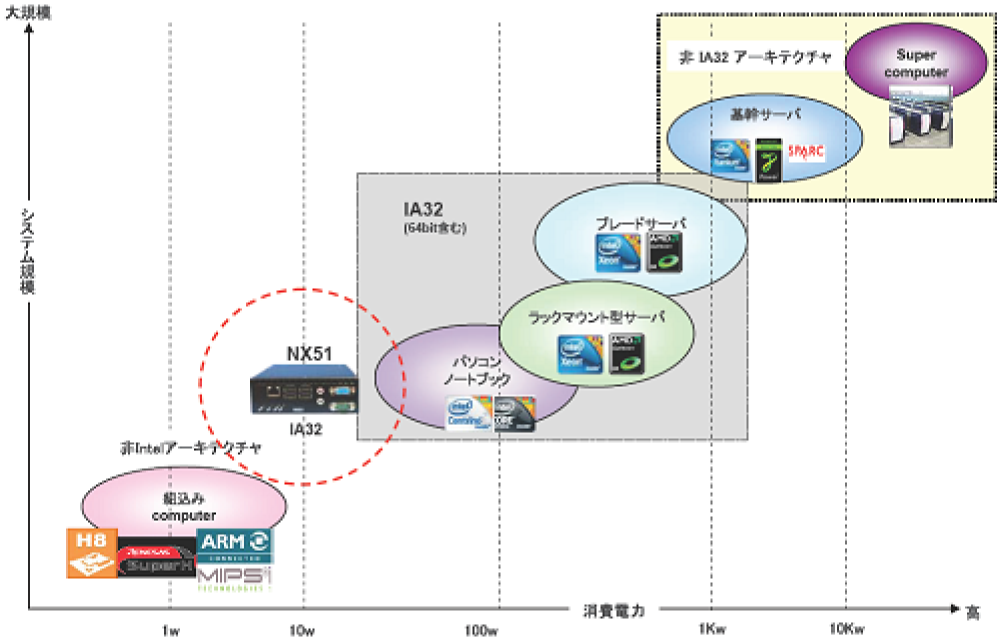


図 3-32 消費電力とシステム規模の相関図

(2) コア技術

OS及びアプリケーションの豊富さによりサーバ及びパソコンの殆どはIA(Intel® architecture)[7]である。即ち、消費電力はCPUベンダー(Intel社)の技術によって決まってくる。代表的な既存サーバの消費電力の内訳を表 3-3 に示す。

表 3-3　既存サーバの消費電力

CPU	Chipset	電源ロス	メモリ	GLAN x 2	HDD x 2	その他	合計
90W	30W	35W	5W	5W	30W	25W	220W

ノートブックパソコンの消費電力の内訳を表 3-4 に示す。

表 3-4　ノートブックパソコンの消費電力

CPU	Chipset	電源ロス	メモリ	GLAN x 1	HDD x 1	TFT	合計
30W	25W	4W	2W	2W	2W	15W	80W

これらの表は最大電力を示している。ノートブックパソコンの実稼働電力は半分以下で稼働している。サーバは 24H×365 日無停止連続稼働のため、常に高い電力が消費されている。サーバの電力を下げる手法は、組込みコンピュータの技術を適応し、①CPU + Chipset ②電源ロス ③HDD の 3 点をより意識した設計開発をする必要がある。本事例は既設サーバの 1/10 の消費電力で動作する IA-32 サーバ "NX51" である。

① 低消費電力設計

1つ目のコア技術はIntel社初のIA-32でありながら、組込みコンピュータ用のCPU(Intel Atom™Z530)[8]技術である。このCPUを用いて低消費電力を実現した。NX51 の消費電力を表 3-5 に示す。

表 3-5　NX51 の消費電力

CPU	Chipset	電源ロス	メモリ	GLAN	HDD x 1	その他	合計
2.5W	2W	2W	2W	2W	2W	2W	14W

このクラスのコンピュータになると 100mW も意識する必要がある。実際に計測すると、X-Window を止め、DC12V を直接供給すると約 10W の電力で動作する。

② DC 給電コンピュータ技術

2番目のコア技術はDC給電コンピュータ技術である。組込みコンピュータは 12V/24V給電が基準であり、NX51 は 12V/24V兼用である。これにより車のバッテリーから直接給電可能である。また、約 10Wの低消費電力ゆえに $1m^2$ 程度の太陽電池パネルとバッテリーの組

7 「Intel」は Intel Corporation の登録商標です。
8 「Atom」は Intel Corporation の商品商標です。

合せで 24 時間x365 日商用AC電源不要であり、AC給電が困難な場所でのサーバ設置が可能となった。更に 10Wの消費電力はPoE(Power over Ethernet)[9]でも動作可能である。

③　耐環境性

3 番目のコア技術は組込みコンピュータ仕様で開発したことにより、耐環境性に優れる点である。温度対応が既設のサーバより高く（50℃）、データセンタのような冷却設備は不要である。空調の全くない部屋に設置しても 24H×365 日運用が可能である。データセンタに設置した場合は従来に比べサーバルーム内の温度を 5℃～10℃高めることが可能であり、空調設備の消費電力を大幅に下げられる。

(3)　省エネ効果：　消費電力を 75%～90%削減可能

NX51 の性能は、4-5 年前のPentium®4(2.0Hz)[10]と比較して同等である。この事実は当時のサーバをNX51 に変更するのみで、消費電力を 1/10 以下に削減できる可能性を示唆する。最新型のXeon®(3GHz-2Core 例:当社製品NX120x)[11]と比較して概ね 1/4～1/5 である。Atomが 1.6GHzのsingle CoreとXeonが 3GHz-2Coreなので、物理的にも 4 倍の差がある。I/Oを伴う高負荷バッチ処理(画像変換処理等)では 10 倍の差もある。ただサーバ業務ではそのようなアプリケーションは稀である。表 3-6 にBonnie(Linux用BMT)を用いたベンチマークテストの結果を示す。

表 3-6　ベンチマークの結果

BMT	Sequential Output	Sequential Input	Random Seeks	Sequential Create	Random Create
NX51	11,474	11,766	4,665	29,105	30,529
Xeon	37,401	45,606	190	82,163	125,165

一方、モデルによっては差が非常に小さい事例もある。2009 年 7 月 18 日に行われた、Postgre SQL ユーザー会（盛岡チューニング大会[1]）では同一モデルでSun Fire X4100(AMD Opteron™254（2.8GHz-2Core）[12]x2CPU、16GBメモリ、SAS10,000 回転HDDx2、実測 360W)とNX51 の性能比較を行い、Sun Fire X4100 が"1004tps"対しNX51 は"380tps"であり、約 40%の性能であった。性能差は消費電力換算で 12 倍である。

以上の結果を踏まえて、CO_2 削減効果を算出する。表 3-7 に比較した 3 機種（旧機種、現行機種、NX51）をまとめる。1 サーバ当たりの 4 年間の CO_2 総排出量は旧機種では約 6t の削減、現行機種でも約 4.6t の削減効果である。

---

[9] IEEE802.3af では理論上 15W の給電能力がある。
[10] 「Pentium」は Intel Corporation の登録商標です。
[11] 「Xeon」は Intel Corporation の登録商標です。
[12] 「Opteron」は Advanced Micro Devices, Inc.の商品商標です。

表 3-7　CO_2 削減効果比較装置性能一覧

ベンダ	機種	CPU	消費電力(最大)	発表時期
A 社	旧機種	PentiumD930 (3.0GHz)	329W	2006 年 4 月
A 社	現行機種	XeonE3450　(2.67GHz)	237W	2009 年 12 月
IPCORE	NX51	AtomZ530　　(1.60GHz)	14W	2009 年 8 月

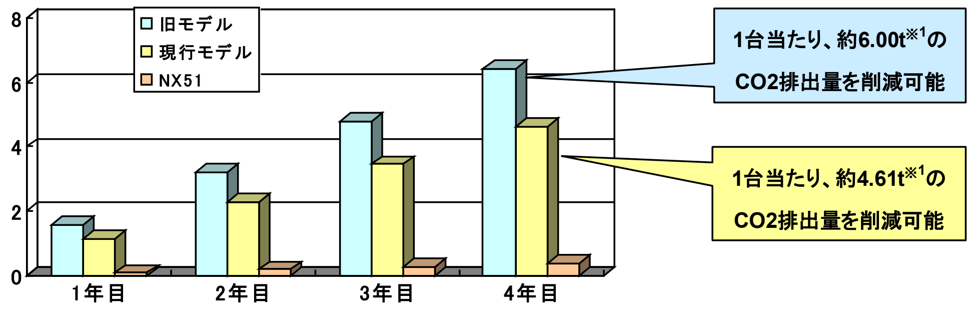


図 3-33　CO2 総排出量比較 [2] [13]

表 3-8　稼働サーバ台数と平均電力一覧（2005 年）

		ボリューム	ミッドレンジ	ハイエンド	全体/平均
稼働中台数（千台）	日本	2,361	185	12	2,558
	世界全体	25,959	1,264	59	27,282
平均電力（W）	日本	224	598	8,378	258
	世界全体	222	607	8,106	257

表 3-8 は 2005 年度の世界及び日本の稼働サーバ台数と平均電力の表である。国内で稼働中のボリュームゾーンのサーバ(236 万台)の内 10%(23 万台)を上記 1/2 の性能差として NX51 に置換えると仮定すると、約 24.6 万 t の CO_2 削減が期待できる。これは千代田区の全家庭が排出する CO_2 の 2 倍の削減効果に匹敵する。以上、2025 年時点での現在の 5 倍強の電力増加が見込まれるサーバ分野において、NX51 を導入することで、十分対応が取れることが分かる。

(4)　参考文献

[1]　http://www.postgresql.jp/events/jpug_gasshuku2009_morioka

[2]　環境省「温暖化対策法による公式の係数」
http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/material/itiran.pdf

[13] NX51 の性能を表 3-7 の A 社サーバの 1/2 と仮定して計算

3.1.11. 分析評価とまとめ

2008 年度の技術検討委員会の報告書では、NEDO の資料を引用し、最新技術の適用だけではない「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 3-34)。サービス形態としてコロケーション（ハウジング）サービス、ホスティングサービスをターゲットとしたデータセンタのインフラ技術として、(1)変圧器、UPS の高効率化技術、(2)高効率冷却技術、(3)センシングによるファン・空調設備の制御及び最適化技術、(4)高圧 AC 給電など高効率電源技術、が指摘された。また IT 機器として (5)サーバの省エネルギー技術が指摘されている。

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 3-34 主要省エネルギー技術

また、昨年度の報告書では、データセンタにおけるエネルギー使用効率の改善指標として 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点、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点が報告されている。しかし、今回の先進事例では PUE の具体的な数値の報告はなされていない。これは、データセンタにおけるエネルギー使用効率の改善は、先進事例に見られるようになされており、PUE 値としては向上（数値が小さくなる）しているが、PUE 値はデータセンタの形態や測定手法に依存する傾向が高い点、ファシリティ以外の消費エネを考慮していない点に原因があると考えられる。そして昨年の報告同様に現在も新たな指標の検討がなされている状況である。

例えば、グリーンIT推進協議会の調査分析委員会では、日本発のデータセンタの省エネ度評価指標【DPPE: Datacenter Performance per Energy】を検討し、日米欧の政府やThe Green Gridをはじめとする民間団体との協議を通じて世界標準指標となるよう活動を行

っている[14]。このDPPEは、DPPE＝（データセンタの生産量）/（消費エネルギー）で定義され、ファシリティの省エネとデータセンタ内のIT機器の省エネの両方を考慮した指標であり、ファシリティの電力効率改善のみを促すPUE指標の不足部分を補った指標と言える。DPPEを定義するためには、生産性の定義方法、消費エネルギーの範囲等を決める必要もあるが、より精度の高い指標に向けた重要な動きである。今後、これらの検討が進み、グローバルな指標の標準化がなされることにより、各社からの具体的な数値の報告がなされるものと思われる。データセンタのエネルギー使用効率の改善指標はITを使用した省エネを具体的に数値化する意味でも大変重要であり、標準化を早急に進め日本のデータセンタ形態にマッチした指標を策定し、海外に提案する必要がある。なお、DPPEに関する詳細は、『2009 年度グリーンIT推進協議会調査分析委員会報告書』にまとめられている。

以上の昨年度報告内容を背景に、これまでに報告した先進事例を、上記した昨年度に指摘された(1)～(6)の技術に分類し、分析評価を行なった。

(1) UPS、変圧器の高効率化

UPS の高効率化に関する先進事例が事例 3 になされている。従来効率 90%の UPS を効率 98%の高効率 UPS 変えることでエネルギーの効率化を図った内容である。また、事例 7 には蓄電池を利用し、サーバ利用頻度の少ない夜間に蓄電を行ない、蓄電した電力を昼間に活用する事例の報告がなされた。この事例の場合は電力の削減はなされないが、日中のピーク電力を下げることが可能であり、コスト削減に効果がある。この事例も UPS の効率的な利用の例と考えられる。

変圧器に関する先進事例は報告がなかった。変圧器の効率はアモルファスタイプの変圧器であれば 95%以上あり、また、変圧器の効率向上以上に他のインフラの効率向上が重要との認識が高いことが理由と考えられる。

UPS、変圧器の高効率化、有効利用はまだこれからの分野と考えられる。一方、事例 7 に見られるような、UPS など蓄電池を有効に活用することで省エネ化や低コスト化を実現する技術は今後も増えると考えられる。蓄電技術の有効利用は太陽光発電や風力発電などの自然エネルギーをデータセンタに導入する際にも有効な技術だからである。従って、UPS や変圧器の高効率化は今後も継続した重要な技術である。さらにこれからは、蓄電技術と IT との組合せによる電力の有効活用の事例が、スマートグリッドの普及と共に増えると予測される。

[14] Green IT Promotion Council, “Concept of New Metrics for Data Center Energy Efficiency”, 2010.2(http://www.greenit-pc.jp/topics/release/100316_j.html)

(2) 高効率冷却技術

冷却装置技術による高効率化として、事例 3 に、局所空調システムを用いて部分的な熱溜まりをなくす方法の事例が報告された。これは一種の抜熱技術と考えられる。また、事例 5 には、空調機をサーバラックに近づけ冷却効率を上げるための、サーバラック間に配置するタイプの空調機の事例が報告された。

サーバルームの工夫による冷却の効率化としては、事例 5 に、サーバルームを小規模なモジュールにして、内部の機器稼働効率が最大となるよう配置する方法が報告された。また、事例 4 には、アイルキャッピングにより、コールドアイルとホットアイルを物理的に分離して冷却効率を向上させる技術が報告されている。

これらの技術はいずれも、サーバ負荷の違いによって生じる熱分布の不均一さを改善し、全体空調の温度をなるべく変化させることなく冷却効率を高めるための技術である。

一方、可変速節冷技術、液冷技術（水冷技術含む）、空冷技術の報告はなかった。これらの技術は上記した事例に見られるような、熱溜まりをなくすだけでなく、根本的に熱の変換効率を上げたり、電力消費を下げたりする技術である。現状の日本のデータセンタビジネスは、サービス形態としてハウジングサービス（コロケーションサービス）、アウトソーシングサービスが主流であり、顧客の信頼性を第一と考えた場合に、液冷は地震が発生した場合の信頼性の問題、空冷は夏場の温度上昇時の信頼性の問題などが危惧されるために、敬遠されていると考えられる。クラウド・コンピューティングが主流となった場合には、仮想化技術の進歩などにより、装置の信頼性をソフト技術によりカバー出来るようになるため、液冷技術、空冷技術が増えてくるのではないかと考えられる。

(3) センシングによるファン・空調設備、制御及び最適化技術

センシングによるファン・空調設備、制御及び最適化技術に関する先進事例が最も多かった。事例 1 では、光ファイバセンシング技術を用いた温度分布の見える化の事例が、事例 2 では、CFD ソフトを用いた熱流の見える化の事例が、事例 3 では、温度、電力の見える化のみならず、環境監視センサーネットワークによる温度･風速の見える化、エネルギー効率の見える化、サーバ室内風量比の見える化の事例が報告された。

以上のように現状のデータセンタの技術としては、見える化、見せる化、そしてその結果を反映した制御による効率化が最も行われており、進んでいると考えられる。見える化した結果を顧客に見せることは顧客の安心にもつながるため、効率化との相乗効果が見込める点が、主流となっている理由と考えられる。

しかしながら、最適化技術に関しては、サーバから得られるデータとファシリティから得られるデータの連携による効率向上など、IT を用いたさらなる最適化の技術要素があると考えられ、今後も活発に検討される技術分野と考えられる。

(4) 高圧AC給電、および新エネルギー給電などの電源技術

高効率変圧器採用により200V配電による変圧時の電力ロスを削減した高圧AC給電の事例は、事例3に報告された。また、事例4には、高電圧直流給電システムによる効率化の事例が報告された。さらに、階調制御型インバータ技術による効率化技術が事例6に報告されている。

サーバの電源の高効率化に関しては、事例7に高効率電源により効率化を達成した結果の事例が、事例8に電源設備とIT機器間の給電／受電を300V以上の高電圧にして変換ロスを削減する事例が報告された。

電源技術の高効率化は、交流から直流に変換するインバータ回路部分の効率ダウンを、回路技術や、回路数を減らすなどにより、いかに抑えるのかの技術と考えられる。従って、事例4に見られるように、全てが直流となった場合の効率が最も高く、データセンタの高効率電源技術はその方向に向かっているものと考えられる。

新エネルギー給電技術として、事例3、事例4に太陽電池パネルの導入が報告されている。データセンタの電力をまかなうレベルにはないが、なるべく多くクリーンエネルギーを導入することで低炭素化を図る方向性は重要であり、太陽電池パネルのみならず風力発電など、今後もさらに事例は増えると考えられるので、注目したい。

(5) サーバ省エネルギー技術

上記(4)に報告したサーバの電源技術以外の技術として、サーバの電力をモニタし、設定上限値を超える場合にCPU周波数/電圧を制御することで消費電力を瞬時に抑制するパワーキャッピング機能技術が事例7に報告された。実装設計による最適化技術では、サーバ内の空気の流れを最適化し、冷却に必要な電力を削減する技術が事例8に報告されている。また、事例9では、最新の省電力CPUを用いた省電力の効果が報告された。

このように見ていくと、サーバの省エネルギー技術もデータセンタの省エネルギー技術と同じであり、電源技術や電源管理技術による省電力化、熱流制御による冷却効率向上による省電力化が主流であった。省電力化に最も効果があるのは、事例9にみられるように、省電力な最新のCPUを使用することと思われるが、同じCPUを使った場合になるべく省電力とするためにも、上記した電源技術や電源管理技術、冷却効率向上技術は重要であり、今後も検討されるものと考えられる。

今後もデータセンタのエネルギー消費量は、クラウドコンピューティングサービスに代表されるようなユーザー層の裾野の広がりなどにより、増加すると予想される。一方、現状のデータセンタのエネルギー効率利用と削減への取り組みはまだ弱く、多くの事例は見える化が主流である。しかし、見える化からITを利用したシステム全体の最適化、制御技術開発は、データセンタエネルギーマネージメントシステム（DEMS）の開発などはじまってきており、サーバ本体の省電力化とあわせ、データセンタトータルで見たエネルギ

ー効率化技術に発展する傾向が見えてきている。今後はさらに IT を活用し、見える化したデータセンタ全体の各種エネルギーデータをデータセンタエネルギーマネージメントシステムなどにより取得解析し、マイニングするなど、さらなる効率的運用への取り組みが加速するものと考えられる。

また、今回の調査では、パブリック・クラウドコンピューティングサービスに特化した大規模なデータセンタの情報、さらに、クラウドコンピューティングサービス用データセンタのベースになり、移動が可能なコンテナデータセンタの先進事例は得られなかった。

日本でのコンテナデータセンタの事例は、IIJ が 2009 年 11 月 26 日にプレリリースした、「モジュール型エコ・データセンタ構築に向けた実証実験」が唯一と考えられる。しかし、クラウドデータセンタ技術の基本となるコンテナデータセンタは、ワールドワイドでのクラウドコンピューティングサービスの普及を考慮した場合に、無視出来ない技術である。

コンテナデータセンタは、従来のようにサーバを大量に購入し箱を空けて 1 つずつ設置するのでなく、コンテナにサーバを全て搭載してコンテナ毎移動させて設置するため、設置に要する時間とコストを大幅に削減可能なため、大規模なデータセンタ構築に適している。また、コンテナ毎に空調などファシリティを含めた制御（シャットダウン）が可能であり、コンテナデータセンタを大量に設置した大規模データセンタではコンテナ毎の仮想化を実現できるため、クラウドコンピューティングサービスの低消費電力化にも適している。

そして、これらのコンテナデータセンタ技術が、日本のパブリック・クラウドコンピューティングサービスにおける主流となる可能性が高い。或いは日本でのパブリック・クラウドコンピューティングサービス用のデータセンタ技術は、日本独自の、セキュリティと安全性、そして省エネルギーを重視した技術に発展するのかもしれない。

日本独自の技術となり世界レベルとなるためにも、技術調査と分析による課題抽出が早急に行なわれる必要がある。そして 2020 年温室効果ガス削減目標に向けた重要な技術とするため、さらなる開発・実用化への IT 投資が望まれる。

3.2. ネットワーク

3.2.1. 調査研究スコープ

(1) ネットワークの取りまとめにあたって

実際のネットワークでは、MUX/DEMUX、伝送装置、DSL 集線装置、回線交換器、ルータ、スイッチと多様な機器が利用されている。国内総電力に占める通信分野の消費電力は 4.9～6.4%(2012 年) とされ、このうち 1/5 がルータ・スイッチによって占められ、後述するように、この割合は今後も伸びていくと予測されている[1] 。従って本章では、ネットワーク機器としてルータ・スィッチを取り上げることとした。

また､ネットワーク機器の省電力化では電源の制約の大きい無線機器の省電力化の研究が進んでいるが、これが総電力に占める割合は 1 % と小さいことから、本章ではとりあつかわないこととした。

(2) ネットワークをとりまく状況

ネットワークの需要を示すトラフィック量は、国内分で年率 40% と大きな増加を示している[2] [3] 。トラフィック量の動向は国内外ともに同様の傾向を示しており、少なくとも 2014 年まではこの伸びが続くと予測されている。これらのトラフィックの多くは一般利用者の需要によるものであり法人向けの割合は極めて小さい。そして、今後のトラフィックの伸びはビデオコンテンツによって多くが占められるとも予測されている。このトラフィック増大に対応する技術開発は続けられており、トラフィック増大の指標となる回線容量に関しては、2010 年中には 100 Gigabit Ethernet (100GbE)の標準化の完了が見込まれている。100GbE の標準化では、伝送技術として、複数波長・複数ファイバをまとめて利用するマルチレーン方式が先行して採用されている。これは、ルータの交換性能に対する需要が伝送技術の技術革新速度を上回り、従来アプローチにおけるバランスが崩れた結果とも理解できる。一方、イーサネット開発に関わった Metcalfe は 2015 年には Terabit Ethernet の必要性を指摘し、その実現にむけた技術開発の取り組みを説いている[4] 。

トラフィック需要に対応した技術開発をすすめていくことは、エネルギー問題としても重要である。すなわち、情報通信技術の活用が、エネルギー消費量の大きな加工、生産、運輸部門のエネルギー効率を高め、より大きなエネルギー削減につながることも期待されている。たとえば、2012 年の情報通信技術活用による潜在的なエネルギー削減量は、国内 CO_2 排出量換算で 5.4%(1990 年比) とされている[1] 。ネットワーク基盤が帯域需要を満たせず、情報通信技術活用が阻害されることは、この潜在的なエネルギー削減効果を実のあるものとすることができない。

ネットワークそのもののエネルギー消費に関しては、ルータ・スイッチの消費電力はトラフィック容量と強い相関関係があることが知られている。このため、今後のトラフィックの動向はネットワークの消費電力を予測する上でも重要となる。長期的な予測では 2025 年にはネットワークトラフィックは現在の 190 倍となり、技術開発が停滞した場合ネットワーク機器の消費電力は国内総電力の 10 %に達すると見込まれている[5] 。従って、ネットワーク機器の省電力化は長期的なエネルギー問題としても重要となってくる。今日の指数的なトラフィック需要を満たしつつ、現在と同レベルかそれ以下の総消費電力の実現には大きな技術的な困難が予想される。このため、現在のインターネットの基本となっているパケット交換アーキテクチャの刷新を視野にいれた研究開発もすすめられている[6] 。

トラフィック需要の伸びと併せて、インターネットバックボーンにおける経路数も、年率 15% 程度の増大（経路爆発）がつづいている。現在のコアルータの電力の多くが経路検索をおこなうフォワーディングエンジンで消費（60% という試算もある）されており、経路爆発はルータの消費電力の増大要因ともなっている。経路爆発の要因は、インターネットの普及による接続者の増加だけではなく、経路集約の困難な冗長性確保・負荷分散を目的としたネットワーク構成の影響も大きいと見られている。このため経路数の増大は、IPv4 と比較して経路集約が容易とされる IPv6 への移行後も続くと見られている。この経路爆発と帯域需要の拡大が、事業者基幹網向けのコアルータの高価格化をまねき、事業者の負担につながる懸念がインターネット技術標準化団体(IETF)などから示されている[7] 。すなわち、ルータはパケット毎に転送経路表を検索、転送先を決定しなければならず、その検索速度の要求は、1Gbps では 500 ナノ秒、100Gbps では 5 ナノ秒とネットワーク帯域に依存している。このため、高速回線を収容するルータでは、高価で発熱量の大きな CAM(Content Access Memory) といった特殊なメモリが汎用メモリに代わって利用されている。経路爆発によって、現在経路数は 30 万経路に達し今後も指数的な増大が見込まれることから、経路検索メモリには速度だけではなく容量拡大が併せて求められている。この問題の解決にむけて、IETF では LISP 技術部会の活動が開始された。

ネットワーク機器の省電力化を促すため、国内では、2009 年 5 月の省エネ法(エネルギーの使用の合理化に関する法律)改定で、トップランナー規制の対象にルータ・スイッチが加えられた。従来のサーバやストレージに加え、今後はネットワーク機器についても省エネ基準（最大スループット時）を満たす装置を使用していくことになる。

一方、海外の通信事業者においては、ネットワーク機器の運用状況を考慮したエネルギー効率を定義する動きが始まっている。2008 年 6 月に米国 Verizon 社が、TEEER (Telecommunication Equipment Energy Efficency Rating) 、2009 年 7 月に ATIS(米国通信産業ソリューション連合)が TEER(Telecommunication Energy Efficency Ratio)を公表した。これらの基準では、機器使用時の負荷変動を考慮し、負荷状態に応じた消費電力

の重み付けをエネルギー効率計算に採用している。これは、運用中のネットワーク機器は50%未満の比較的低い負荷状態で使用されることが多い、との経験に基づき、利用状況に応じて、機器の軽負荷時や待機時の電力を低減させる省エネ技術の研究開発を促す狙いのためである。

ネットワーク機器の省電力化は、機器そのものの消費電力削減と、ネットワークの利用状況に応じた適応制御の２つの手法ですすめられている。次節以降で、表 3-9 に示すネットワークの先進事例を紹介する。先進事例 10 が機器そのものの消費電力削減の事例であり、先進事例 11～13 が適応制御の事例である。

表 3-9 ネットワークの先進事例一覧

#	事例名	企業・団体	省エネのためのコア技術
10	大規模ブレードサーバ向けイーサネットスイッチブレードの開発	（株）富士通研究所	10ギガビットイーサネットスイッチLSI、小型高速送受信回路
11	データセンタネットワークの運用効率	日本電気（株）	Open Flow技術
12	ネットワークにおけるダイナミック省電力技術	アラクサラネットワークス（株）	動的電力モード変更技術、待機系ハード給電OFF技術、LED消灯/輝度設定技術、スリープ技術
13	トラフィック変動に動的に対応する省電力化方式の研究開発	アラクサラ ネットワークス（株）	データ流量適応型性能制御技術、ラフィック観測・予測・最適性能予測技術、電力可視化技術

(3) 参考文献

[1] 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、平成 20 年

[2] 総務省ほか、我か国のインターネットにおけるトラヒック総量の把握、平成 22 年

[3] CISCO Systems, Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2008-2013, 2009

[4] Bob Metcalfe, OFC/NFOEC 2008

[5] 経済産業省、グリーン IT イニシアティブ、平成 19 年

[6] NEDO, グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーン IT プロジェクト）

[7] IAB ed. , Report from the IAB Workshop on Routing and Addressing, RFC4984, 2007

3.2.2. 先進事例 10（大規模ブレードサーバ向けイーサネットスイッチブレードの開発）

（1）事例概要

[企業/団体名］ 株式会社富士通研究所

[フェーズ］ 製品

[概要］ ブレードサーバに最適化した高性能低消費電力 10 ギガビットイーサネットスイッチによりブレードサーバのネットワークを集約し、スイッチブレードの消費電力を従来比 1/2 に削減する。

⑵ コア技術

① ブレードサーバに最適化した 10 ギガビットスイッチ”MB86C69”

ブレードサーバは、高性能かつ高密度な特長からデータセンタや企業サーバの集約など、今後ますます導入の拡大が見込まれる。そこで、大規模ブレードサーバ BX900 の高性能化、高密度化、運用簡単化を実現する小型、省電力の 10 ギガビットイーサネットスイッチブレードを開発した。

ブレードサーバのネットワーク機能を提供する重要な構成要素であるスイッチブレードは、ネットワークの広帯域化と高密度、省電力への対応が求められる。これらの要件を満たすために、高性能、低消費電力の 10 ギガビットイーサネットスイッチ LSI “MB86C69” を開発し、スイッチブレードに搭載した。本 LSI は、ブレードサーバのスイッチに要求される性能と機能を実装し、さらに 10 Gbps の高速信号伝送を行う高速送受信回路を LSI に内蔵することにより、高密度実装、省電力の両立を実現した。

BX900 ブレードサーバの外観を図 3-35 に示す。CPU、メモリ、チップセットを搭載したサーバブレードがシャーシ前面から最大 18 枚実装される。また、サーバブレード間およびサーバブレードと外部装置との間のデータ通信のためのスイッチブレードがシャーシ背面から最大 8 枚実装される。さらに、ブレードサーバ装置全体を管理する機能を持つマネジメントブレードがシャーシ背面から 2 枚実装される。

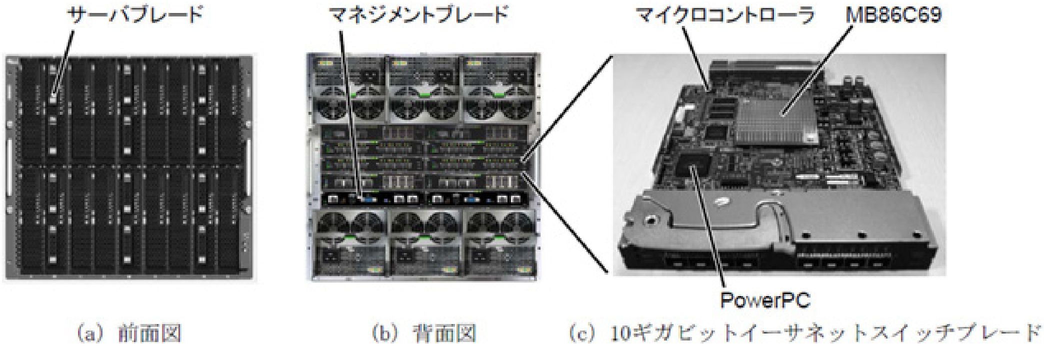


図 3-35　BX900 ブレードサーバと 10 ギガビットイーサネットスイッチブレード

ブレードサーバの内部構成を図 3-36 に示す。サーババブレードのマザーボードまたは拡張基板（メザニンカード）に実装された 10 ギガビットイーサネットアダプタと、スイッチブレードに搭載された MB86C69 が、10 Gbps の高速信号で相互に接続される。スイッチブレードを最大８枚実装することにより、サーバブレード間およびサーバ外部との通信性能を拡張していくことが可能であるとともに、相互に独立した通信路となるので冗長系として高信頼なシステムを構築することも可能となる。また、スイッチブレードはマネジメントブレードと管理用 LAN および制御バスで相互に接続されており、マネジメントブレードが集中管理するエラー監視、温度監視といった RAS 機能に対応している。

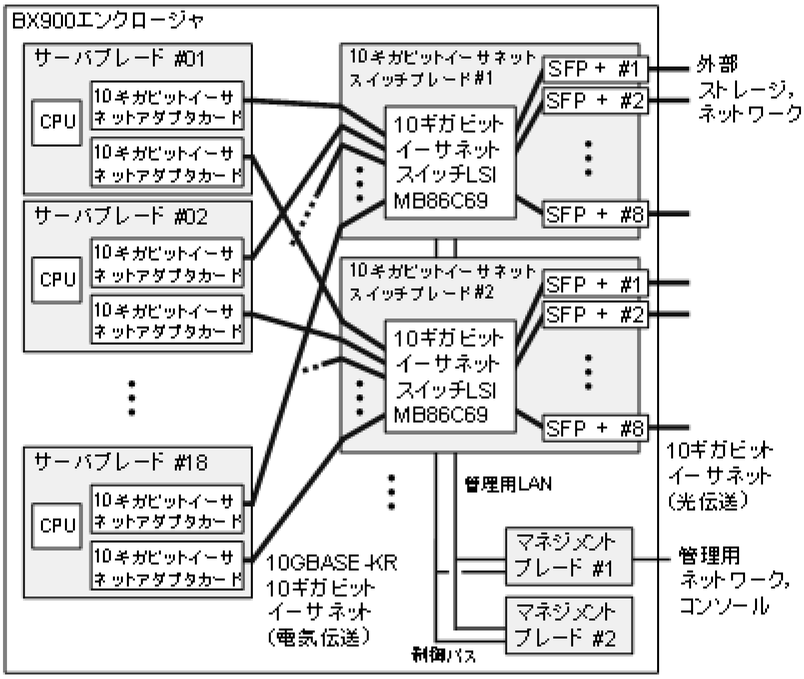


図 3-36　　BX900 ブレードサーバの内部構成

② 10 ギガビットイーサネットスイッチ LSI　“MB86C69”

10 ギガビットイーサネッスイッチ LSI MB86C69 はブレードサーバに最適化したイーサネットスイッチチップで、90 nm の CMOS テクノロジを用い、約 2200 万ゲート相当の論理回路と、2.9 M バイトの内蔵データバッファを 262 mm^2 の大きさのチップ上に集積し、35 mm×35 mm の FCBGA（Flip Chip Ball Grid Array）パッケージに封入した。以下に主要な特長について説明する。

1. 10GbEポート数

BX900 ブレードサーバのスイッチブレード要件に合わせ、26 の 10GbE ポート（アップリンク 18 ポート、ダウンリンク 8 ポート）をシングルチップに集積した。スイッチブレードで必要となるポート数を 1 チップで実装可能となり、スイッチブレード

の小型化と消費電力削減を実現した。

2. インタフェース

従来の XAUI、10GBASE-CX4 に加え、10GBASE-KR に準拠し BX900 バックプレーンの 10Gbps シリアル伝送を可能とした。また、今後普及が見込まれる SFP＋（Small Form-Factor Pluggable Plus）も直接接続することが可能である。外付け SERDES (SERializer/DESerializer)チップが不要となるため、スイッチブレードの消費電力、実装面積の削減に加え遅延時間の短縮を実現した。さらに、1000BASE-KX にも準拠し、顧客要望の高い GbE/10GbE の両スピードによる伝送を全 26 ポートで実現した。

3. 性能

スイッチブレードは、近年のサーバの仮想化やマルチコア化の進展に伴って、多数のユーザー業務からの I/O 要求を処理する必要がある。MB86C69 のスイッチング帯域は、シングルチップとしては業界最大である 520Gbps 以上、また、入出力間の遅延時間は、業界最小の 300ns を実現した。これらの性能によって、通信性能のボトルネックを解消した。

4. データセンタ向けイーサネット

スイッチブレードへの機能要件として、LAN/SANの統合によるコスト削減、および運用簡単化を実現できるFCoE対応への要求が高まっている。MB86C69 は、FCoEに必須の要素技術であるCEE（Converged Enhanced Ethernet）を実現するために、データセンタ向けの輻輳(ふくそう)制御機能を実装した。

5. セキュリティ

スイッチブレードに要求される高度なセキュリティを実現するために、入力側 ACL（Access Control List）を実装した。ACL は、入力フレームからレイヤ 2～4 の標準フィールド、およびユーザー定義フィールドを抽出してフィルタを行う。一般に ACL 機能の実現に TCAM (Ternary CAM)が使用されることが多いが、消費電力が大きいという欠点のため、MB86C69 では TCAM を用いない低消費電力型 ACL を開発、実装した。

③ 10Gbps バックプレーン対応高速送受信回路

サーバブレードとスイッチブレードは、図 3-37 に示すように、バックプレーン（またはミッドプレーン）と呼ばれるプリント配線板でコネクタを通して電気的に接続されている。従来、この配線を通る信号は 1～5Gbps の通信速度であり、サーバブレードの性能向上につれて増大する通信容量に対応するには､配線本数を増やして対応する必要があった。その結果、バックプレーンの配線密度の限界により、サーバ全体の高密度化、高性能化が困難となっていた。そのため、信号線あたりの伝送速度を 10Gbps に向上させる技術が必須となる。

しかし、プリント配線板で 10Gbpsもの高速信号を伝送すると、信号の減衰による符号

間干渉（ISI）と呼ばれる波形の歪（ひずみ）の問題が顕著となり、エラーなくデータを伝送することが難しくなる。この問題を解決する手段として、イコライザと呼ばれる信号の減衰を補償する回路技術がある。その機能を持った専用の信号送受信ICが存在するが、多数のサーバブレードとの接続を持つスイッチブレードのそれぞれの配線チャネルにイコライザICを搭載することは物理的に困難で、かつ消費電力も大きくなり、高性能、高密度でかつ省電力のスイッチブレードを実現するには現実的ではなかった。

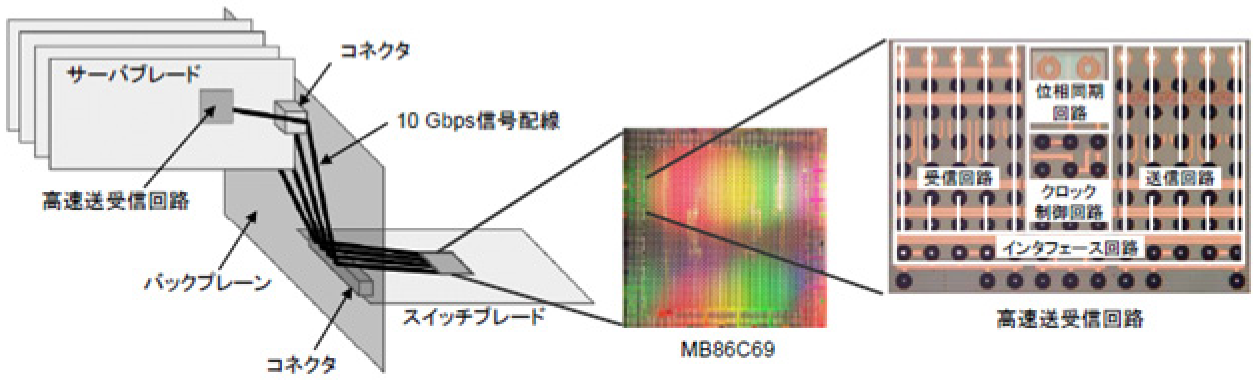


図 3-37　バックプレーンと高速送受信回路

そこで、ブレードサーバのバックプレーンにおいて 10Gbps の伝送速度を実現するイコライザ機能を持った、小型、省電力の高速送受信回路を開発し、スイッチ LSI に組み込むことに成功した。これにより、配線本数を増やすことなくサーバブレードと 10 ギガビットイーサネットの通信を実現することができ、かつスイッチ LSI 1 個で外付けのイコライザ IC を用いずにスイッチブレードを実現することができるため、小型化、省電力化も達成することが可能となった。

開発した高速送受信回路は、以下のような特長を持つ。

1. 信号の減衰により歪を受けた波形を補正するイコライザ回路として、リニアイコライザとデシジョンフィードバックイコライザ（DFE：Decision Feedback Equalizer）と呼ばれる2種類のイコライザ回路を組み合わせることで、従来困難であったバックプレーンでの10Gbps信号の補正を少ない消費電力で実現した。
2. イコライザの補正強度を動的に制御するための新しい制御方式を開発した。本方式は計算量の少ないデジタル回路で実現できるため回路面積が小さく、ポート数の多い本スイッチLSIに集積することが可能となった。

以上のように、BX900 ブレードサーバの構成に最適化された 10 ギガイーサネットスイッチ LSI の開発により、スイッチブレードの省電力化を実現した。スイッチブレードで必要な２６ポートの集約と高速送受信回路の小型化、低省費電力化による LSI 内蔵によりシングルチップ実装を可能にし、さらにブレードサーバで重視される機能に的を絞った設計

により低消費電力への最適化を行った。

(3) 省エネ効果

[見込み/実績] 実績

[評価指標] 消費電力削減率

[評価値] 他社比 50%の消費電力削減

MB86C69 を搭載した BX900 向けスイッチブレードは､他社同クラスのスイッチブレードと比較し、１ポートあたり消費電力を 50%削減した。

(4) 省エネ効果の前提条件

[規模] 10G スイッチブレード１枚当たりの比較

[評価時期] 2010 年 1 月現在

[その他]

当社 10G スイッチブレード 最大 40W（ダウンリンク 18 ポート、アップリンク 8 ポート）

A 社 10G スイッチブレード 最大 105W(ダウンリンク 16 ポート、アップリンク 8 ポート）

B 社 10G スイッチブレード 最大 69W(ダウンリンク 14 ポート､アップリンク 6 ポート）

(5) 参考文献

[1] 小柳 洋一ほか: 大規模ブレードサーバ向 10 ギガビットイーサネットスイッチブレード, *FUJITSU*, vol.60, No. 5, p.464-469, (09, 2009)

[2] Y. Hidaka et al. : A 4-Channel 10.3 Gb/s Backplane Transceiver Macro with 35 dB Equalizer and Sign-Based Zero-Forcing Adaptive Control. ISSCC Dig. Tech. Papers，paper 10.5，（February 2009）.

3.2.3. 先進事例 11（Open Flow 技術を用いたデータセンタネットワークの運用効率化）

(1) 事例概要

[企業/団体名] NEC

[フェーズ] 研究開発

Open Flow 技術（通常ルータのパケットスイッチ機能と制御機能とを分離し、複数スイッチを制御サーバから集中管理可能なアーキテクチャを持つネットワーク技術およびインタフェース仕様。米国 Stanford 大学が中心となり設立した Open Flow コンソーシアムが提唱している）を採用したスイッチとコントローラをデータセンタに適用することで、低負荷時のサーバ電源断だけではなく、ネットワークスイッチの電源断をも可能とし、消費電力の削減効果を実現する。

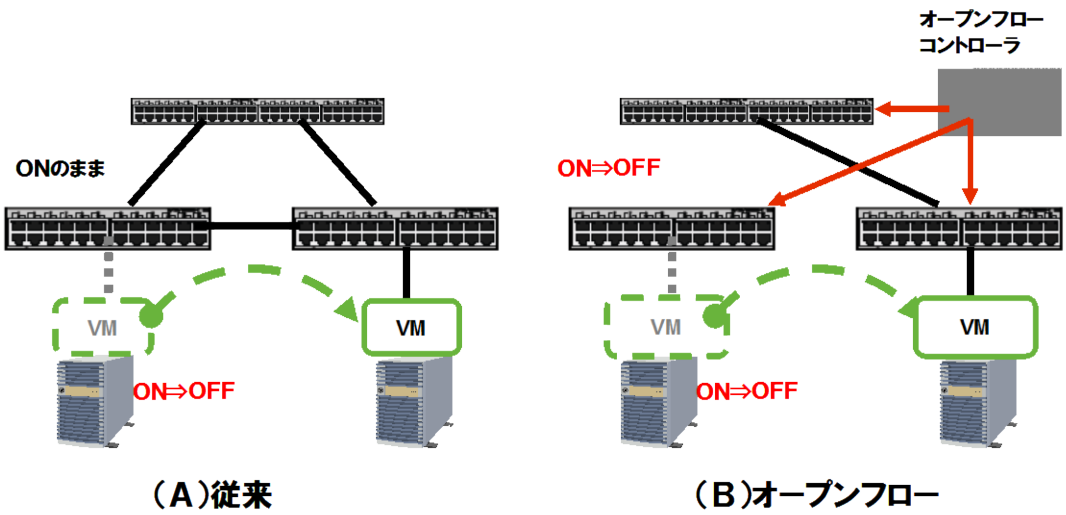


図 3-38 従来技術と Open Flow 技術の概念図

<u>従来技術の場合（A）</u>：低負荷サーバのVMを他のサーバに移動することで、サーバの電源断が可能である。ただし、通信経路の変更まで行なうのは困難であり、ネットワークスイッチの電源断を同時に行なうことができなかった。

<u>オープンフロー技術を採用した場合（B）</u>：VM移動の際に、オープンフローコントローラより各スイッチに対して新しい経路情報の指令を行なう。そのため、移動後のVMに対する新しい経路が設定され、それまで利用していたスイッチを経路から外すことができ、ネットワークスイッチの電源断も行なうことができるようになる。

(2) 参考文献

[1] Open Flow コンソーシアム、http://www.openflowswitch.org/

[2] プログラマブルフロースイッチの試作開発、電子情報通信学会誌、Vol.92, No.10, 2009, pp.898-899.

3.2.4. 先進事例 12（ネットワークにおけるダイナミック省電力技術）

(1) 事例概要

[企業/団体名] アラクサラネットワークス株式会社

[事例名] ネットワークにおけるダイナミック省電力技術の製品適用

[フェーズ] 製品

[概要] 企業、公共、通信事業者などのネットワークにおいて、ネットワークのトラフィック量が少ない時間帯（夜間・休日等）に、ルータ・スイッチを計画的に、省電力モードに切替える技術を開発し、世界に先駆けて実用化。

LAN スイッチ AX6700S シリーズ/AX6600S シリーズ/AX1240S シリーズとして製品化し、「通信ネットワークにおけるダイナミック省電力システム」として、【グリーン IT アワード 2009 商務情報政策局長賞】を受賞。

[目標]

トラフィック量が少ない時間帯が予測可能な応用での年間の消費電力を 20%以上削減

(例：夜間・休日等にトラフィックが大幅減の応用：企業・大学・公共機関等)

(2) コア技術

照明や空調設備、パーソナルコンピュータなどの装置に関しては使用しない際は電源をオフすることが常識であった。一方、ルータ・スイッチは常時電源をオンし、かつ、常時最大性能を実現することが当たり前であった。従って、休日や夜間のトラフィックはほとんど発生しないにもかかわらず、不要な電力を浪費しているという問題があった。

図 3-39 は、ある企業の 1 週間の通信トラフィック量を測定したものである。平日の 0 時～6 時の深夜と休日は著しくトラフィック量が少ない低稼働時間帯であることが分かる。この低稼働時間帯に合わせて消費電力を抑制することで、大幅な省エネが実現できる。

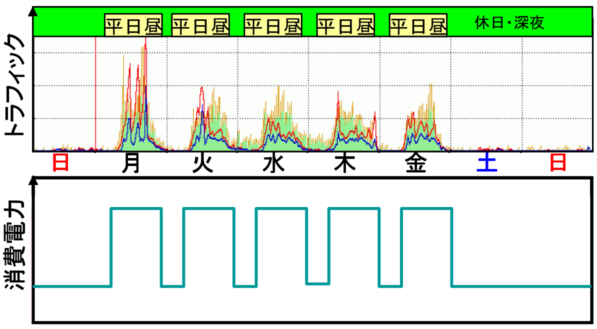


図 3-39 省電力動作イメージ

この点に着目し、従来常識だった「ネットワークは常時 ON」、「最大性能稼動」を見直し、使わない部分と時間帯はネットワークを動的に停止あるいは部分稼動することで大幅な電

力削減を目指す技術の研究・製品化を行っている。

【製品例】

使わない部分と時間帯はネットワークを動的に停止あるいは部分稼動する技術を、図3-40に示すシャーシ型LANスイッチ（AX6600S/AX6700Sシリーズ）、ボックス型LANスイッチ（AX1240シリーズ）において実装、製品化している。

図 3-40 省電力 LAN スイッチ

これらの製品では、具体的な省電力技術として以下の6項目を実装している。

①オンラインでの電力モード変更技術（AX6600S/AX6700Sシリーズ）

運用中に通信断を起こすことなく性能を切り替えることで、消費電力を抑制する技術。LANスイッチは、複数ユーザーからのデータが交換される共用設備であり、LANスイッチ自身で発生トラフィック量を抑制することが不可能なために、従来は常に最大性能で運用されていた。また、予め分かっている低稼働時間帯に性能(消費電力)を落として運用したくても、通信の中断を起こさずに運転モードを切り替えることが難しかったため、これまで本機能は実現されていなかった。駆動周波数が変化しても機能の互換性を保証して動作する転送処理LSIの新規開発や、駆動周波数を下げた冗長待機系への切り替え時に現用系とのデータの一致を保証するハードウェア・ミラーリング機構を新たに開発したことで、この機能を実現した。

②待機系ハードウェア給電OFF技術（AX6700S/AX6600Sシリーズ）

冗長化された待機系のハードウェアを停止し、省電力効果を高めた運用を行う技術。

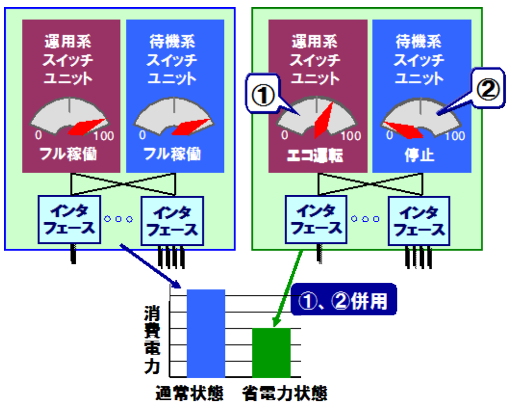


図 3-41 省電力技術と効果

③未使用の回線ポートへの給電OFF技術（AX6700S/AX6600S/AX1240Sシリーズ）

指定した回線ポートへの給電をスケジュールでON/OFFしたり、回線接続先装置の停止/起動を自動検出して回線ポートあるいは回線ポートを収容するインタフェース・カードへの給電をON/OFFする技術。

④LED消灯/輝度設定技術（AX6700S/AX6600S/AX1240Sシリーズ）

指定した時刻に、装置あるいはポート単位に設けられたLEDを点灯・消灯する技術。さらに、AX1240Sシリーズは、LEDの減光もできるようにし、電力消費を低減している。

⑤スリープ技術（AX1240Sシリーズ）

指定した時刻に装置全体をスリープ状態にし、消費電力を著しく下げる技術。

⑥スケジュール技術（AX6700S/AX6600S/AX1240Sシリーズ）

上記の各省電力技術を指定した日付(または曜日)の指定した時刻に自動的に適用する技術。

(3) 省エネ効果

[見込み/実績] 見込み

[評価指標] 消費電力削減率

[評価値] 年間 26%（低稼働時間帯のみでは 49%）

(4) 省エネ効果の前提条件

[規模] 企業(年間休日 130 日)

バックボーンスイッチ(AX6708S) 1 台

フロアスイッチ(AX1240S-24T2C) 60 台

うち 40 台を低稼働時間帯にスリープ状態

サーバスイッチ(AX2430S-24T2X) 1 台

[評価時期] 2009 年度

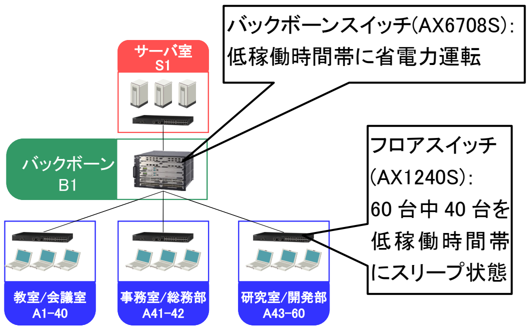


図 3-42 ダイナミック省電力システム構成

[その他]

1 年間(8,760 時間)のうち、130 日の休日と平日深夜(0～6 時)の低稼働時間帯が 4,530 時間、通常時間帯は 4,230 時間と仮定。

(5) 参考文献

[1] ”経済産業省 情報通信機器の革新的省エネ技術への期待”, グリーン IT シンポジウム 2007/10/04

[2] ネットワークのグリーン化の新しい流れ”, ITPro グリーン IT フォーラム 2008

Autumn，2008/10/14
[3] “環境負荷低減を考慮した次世代製品への取り組み”，マルチメディア推進フォーラム「グリーン ICT の動向と新たなビジネスの広がり」 , 2009/8/19
[4] “Challenges towards Future Internet Infrastructure”，電子情報通信学会 インタネットアーキテクチャ（IA）研究会 , 2009/10/30

3.2.5. 先進事例 13（トラフィック変動に動的に対応する省電力化方式の研究開発）

(1) 事例概要

[企業/団体名] アラクサラネットワークス株式会社

[事例名] ネットワークにおけるダイナミック省電力技術の研究開発

[フェーズ] 研究（試作）

ネットワークのトラフィック量の時間的な変動に対応して、ルータ・スイッチを多段階の省電力モードに切り替える技術を研究開発中。

革新的省エネルギー型ルータ技術 研究プロジェクト(NEDO グリーン IT PJ)で推進中。

[目標]

トラフィック量が少ない時間帯が予測困難な応用でも年間の消費電力を 30%以上削減。

(例：通信事業者やデータセンタ等)

(2) コア技術

前章(ネットワークにおけるダイナミック省電力技術)を参照のこと。

更なる消費電力低減効果の向上のために、トラフィック量に合わせて効率的に転送性能・消費電力を制御するために以下のような技術の研究を進めている。

①データ流量適応型性能制御技術

トラフィック量に応じた動的な性能増減を実現するために、複数のエンジンを備え、エンジン性能や回線帯域を多段階に増減することで省電力モードを実現する技術。

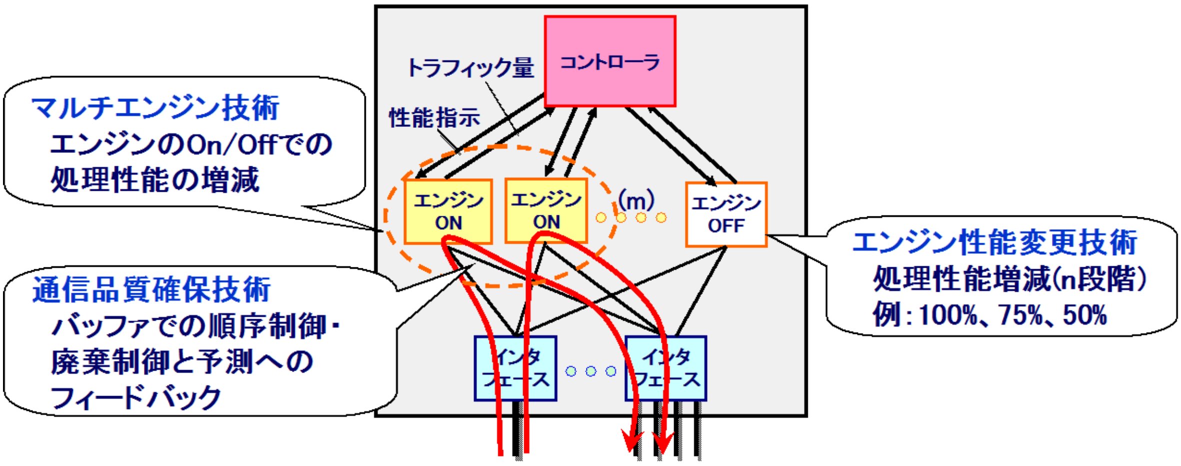


図 3-43 データ流量適応型性能制御技術適用ルータのイメージ

②トラフィック観測・予測・最適性能予測技術

ネットワーク・ルータのトラフィック量に応じた動的な転送性能の増減を実現するために、トラフィック量を観測・予測し、必要な性能を予測する技術。

③電力可視化技術

ネットワーク、ルータの消費電力のリアルタイム、アベレージ、ピークなどの情報取得し、表示する技術。

(3) 省エネ効果

[見込み/実績]　見込み

[評価指標]　消費電力削減量

[評価値]　130 億 KWh/年

(4) 省エネ効果の前提条件

[規模]

・2020 年のネットワーク全体の年間消費電力は 530 億 kWh
（2006 年(80 億 kWh)の 6.6 倍に増加と推定）

・2020 年のルータ・スイッチによる年間消費電力は、420 億 kWh
（上記の 80%がルータ・スイッチによる電力と推定）

[評価時期]　2020 年

(5) 参考文献

前章(ネットワークにおけるダイナミック省電力技術)を参照のこと。

3.2.6. 分析評価とまとめ

ネットワーク機器の省電力化は、機器そのものの消費電力削減と、ネットワークの利用状況に応じた適応制御の２つの手法で進められている。

前者の機器そのものの消費電力削減は、微細化と複数機能の集約による半導体部品数の削減､LSI 稼働電圧の低電圧化などですすめられている｡データセンタ向け小規模 10GbE スィッチの分野では､経路数が限られ､大容量パケットバッファを必要としないことから、機能のワンチップ化がすすみ 10GbE ポートあたり 1 W 以下と省電力化が大きく進んでいる（先進事例 10 参照）。さらに、大規模データセンタの分野ではネットワークの低価格化、配線コストの抑制を目指して、それらのスイッチを相互接続、負荷分散機能の組み込みによって、従来の大規模スイッチを置き換える手法も研究開発が進んでいる。

もう一つの省電力化手法である適応制御は、ネットワーク負荷に応じてネットワーク機器の稼働状態を動的に最適化することで、省電力化を目指す方法である。イーサネットの標準化をすすめる IEEE 802 委員会では、適応制御による消費電力削減を目指して、Energy Efficient Ethernet (802.3az)を立ち上げている。802.3az の標準化では、非稼働状態時間の長い家庭内 PC などのネットワークインタフェースの省電力化を目指している。家庭用 PC 本体は稼働状態に応じた電力管理がすすむ一方で、ネットワークインタフェースは常に電力を消費し、近年はインタフェースのギガビット化によってこの電力は増大する傾向にある。この問題に対応するため、システムの稼働状態に応じてネットワークインタフェースの動作モードを切り替える手法の標準化作業がすすめられている。

通信事業者、データセンタのコアネットワークでは、常時トラフィックが流れているためネットワークの停止／稼働につながる適応制御方式の採用は不可能である。このため、通信事業者向けの製品では、トラフィックに応じて稼働部を縮退させる適応制御方式がグリーン IT プロジェクトで開発されている(先進事例 12 参照)。これは先に述べた通信事業者の基準動向に先駆けた取り組みである。

ネットワークだけではなく、サーバを含めたデータセンタシステムで適応制御によって省電力化を目指す研究開発も進められている。サーバ仮想化と動的なネットワーク再構成方式を組み合わせることで､複数の負荷の低い仮想サーバを少数の物理サーバ筐体に集約､物理サーバの稼働数の抑制によって省電力化をめざしている(先進事例 11 参照)。

これまでまとめたように、増大しつづけるネットワーク需要に対応しつつ省電力化を達成するために様々な取り組みが推進されている。現在、国内外で進められているネットワークアーキテクチャの刷新を含めた将来のネットワーク（新世代ネットワーク）に関する研究開発においても、省電力化は解決すべき大きな課題と位置づけられている。

現在推進されているこれらの研究開発は萌芽レベルのものでありここでは個別に取り上げない｡しかしながら､ネットワークアーキテクチャの刷新､普及を進めていくためには､

アプリケーションがネットワークを利用するための API の後方互換性も極めて重要となる。一般に新しいネットワーク方式の導入時に発生する既存アプリケーションの移行コストは膨大なものであり、ネットワークの新規導入コストと新旧両ネットワークの並行運用コストを大きく上回る。そして、既存アプリケーションの書き換えが先送りされる結果、新世代ネットワークへの移行が進まないという事態は IPv6 の経験からも容易に予想される。

従って、省電力化という課題の解決にも繋がる新しいネットワークへの移行を促進するためには、同時に、既存アプリケーションの書き換えを要求しない ネットワーク API の後方互換性の提供が不可欠である。

3.3. キーデバイス～半導体

3.3.1. 調査研究のスコープ

(1) スケーリング CMOS の課題

インターネットを経由した画像情報等の情報流通量の爆発的増大により、インターネットに接続された IT 機器の総消費電力が増大することが課題である。図 3-44 にその状況を示す。ネットワークデータが集中するデータセンタにおける消費電力は、IT 機器自体の消費電力が 32%、電源、ファン（機器側）が 17%、UPS など電源分配が 7%、空調が 44%である[1]。IT 機器を構成するデバイス、部品の消費電力の例として、図 3-45 に 1U サーバと AV ユース PC の例を示す[1]。これらから分かるようにマイクロプロセッサ（MPU）、DRAM やディスク（信号処理）、電源等の半導体デバイスによる消費電力が大きい部分を占める。したがって、半導体デバイスの低消費電力化はグリーン IT を実現するためにきわめて重要である。

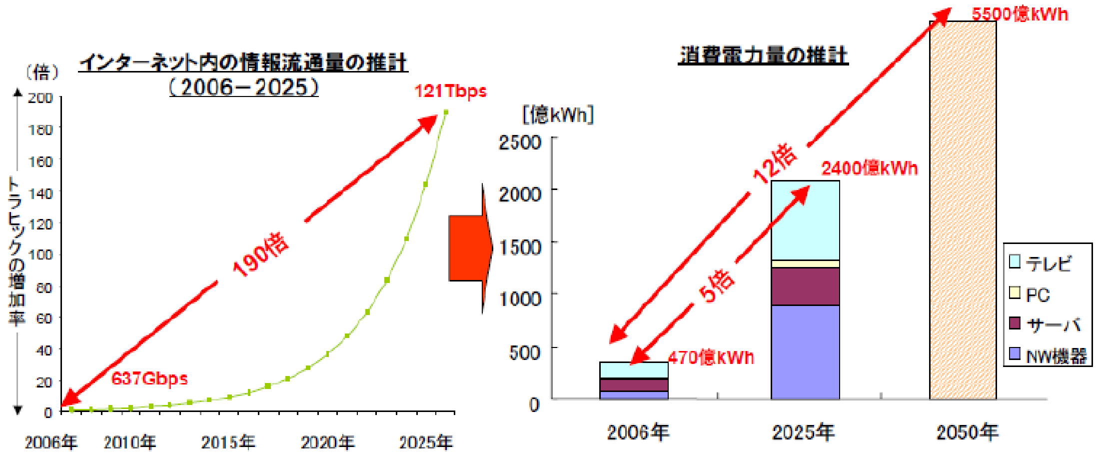
デジタル LSI の高性能化、低消費電力化は、現在まで主としてトランジスタ・配線の微細化（スケーリング）により達成されてきた。2009 年現在、量産レベルでは 40-45nm の加工寸法のデバイスが実用化され、先端製品では 32nm の LSI も出現し、開発は 22nm に移りつつある。デジタル回路の代表としてマイクロプロセッサの動作時消費電力の推移を図 3-46 に、論理回路の電源電圧の推移と低電圧化技術の開発の推移を図 3-47 に示す[2]。今後、さらにスケーリングにより低消費電力化を効果的に実現するためには、さらなる低電圧化が望まれる。そのためには、CMOS 回路の超低電圧動作と微細デバイスの安定動作が不可欠である。したがって、微細デバイスを実現する次世代のリソグラフィ・加工技術に加えて、等価ゲート絶縁膜（EOT）0.5nm 以下の High-k/メタルゲートをもった FinFET 等の三次元構造トランジスタや、ULK（超 Low-k）層間絶縁膜による多層配線技術などの開発が必須である。また、低電圧化のためには、MOS トランジスタのしきい電圧ばらつきの低減・制御も重要性を増している。以上のように、技術開発難度が高まっていることに加え、半導体の製造設備投資の巨額化やマスクコストの上昇が顕在化し、量産に適した低価格半導体デバイスでは最先端の技術を適用してもその投資が回収できなくなりつつある。センサや高周波、A/D コンバータ、D/A コンバータなどのアナログ回路では、微細化と相反する低電圧での動作の困難性、素子マッチングの課題等が見えている。

IT 情報機器、データセンタ等においては電源機器や空調の省エネルギーも重要である。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、IT 機器、ネットワーク機器、データセンタ、コンシューマ機器の電源として用いられるほか、ハイブリッド・電気自動車等の運輸部門でも広く使用されている。電力を高効率で変換するには、電力損失の小さなパワーデバイスが不可欠である。Si パワーデバイスの低損失化も精力的に進められているが、Si の物性に起因する低損失化限界に近づきつつあり、SiC や GaN 等ワイドバンドギャップ半導体を用いた抜本的な電力損失低減（高効率化）

技術の開発が途上にある。

スケーリング CMOS を対象としたプロジェクトは国外では米国 Sematech, IBM アライアンス、欧州 IMEC, LETI, MINATEC 等がある。パワーデバイスの開発も各国で進められている。国内で最近実施されているスケーリング CMOS、低電圧回路、三次元集積化、パワーデバイス等のプロジェクトは表 3-10 に示すものが知られている。これらのグリーン IT 関連のプロジェクトは産業界と国の連携の下に 2010 年以降も最優先課題として強化されるべきである。

本調査研究では、低消費電力化を効果的に実現する可能性がある技術として、三次元集積化技術、及び、IT システムで必ず使用される電源回路に焦点を当て、開発すべき技術について概説する。



（出所：経済産業省、「グリーン IT イニシアティブ」(2007.12)）

図 3-44 インターネットの情報流通量増大（左図）、及び、IT 機器の消費電力増大（右図）[1]

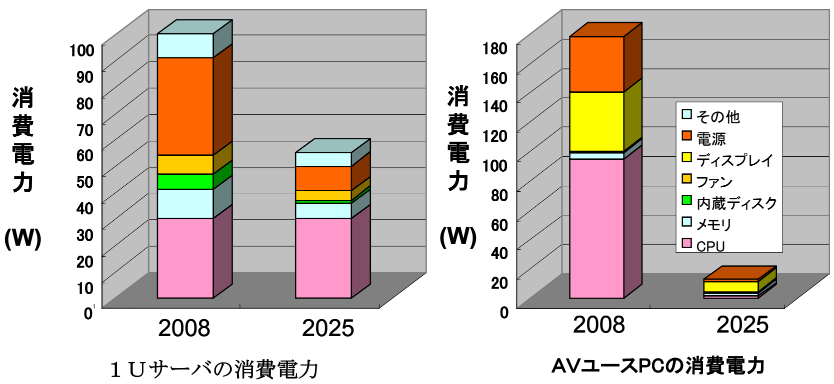


図 3-45　1Uサーバの消費電力の部分比（左図）、及び、AVユースPCの消費電力部分比（右図）[1][1]

[1] 2008 年から 2025 年の変化は性能向上とシステム変化（仮想化、ホームサーバ化など）半導体、ディスク、ディスプレイ等の部品の低電力化技術進展を総合的に評価したもの。

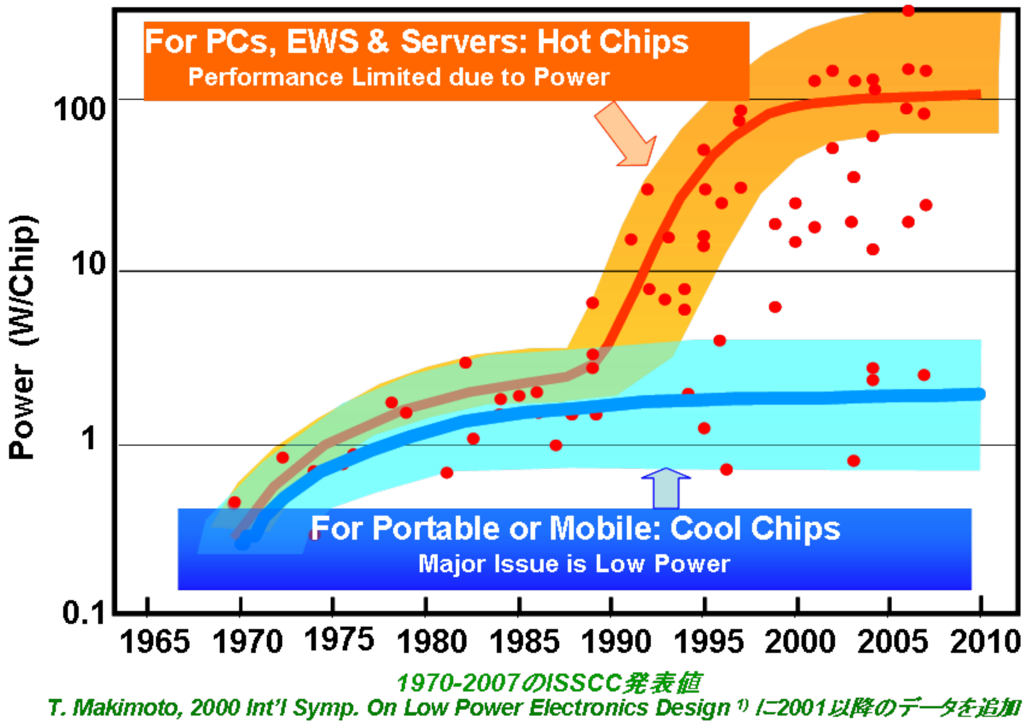


図 3-46 マイクロプロセッサの動作時消費電力の推移（ISSCC 発表レベル）

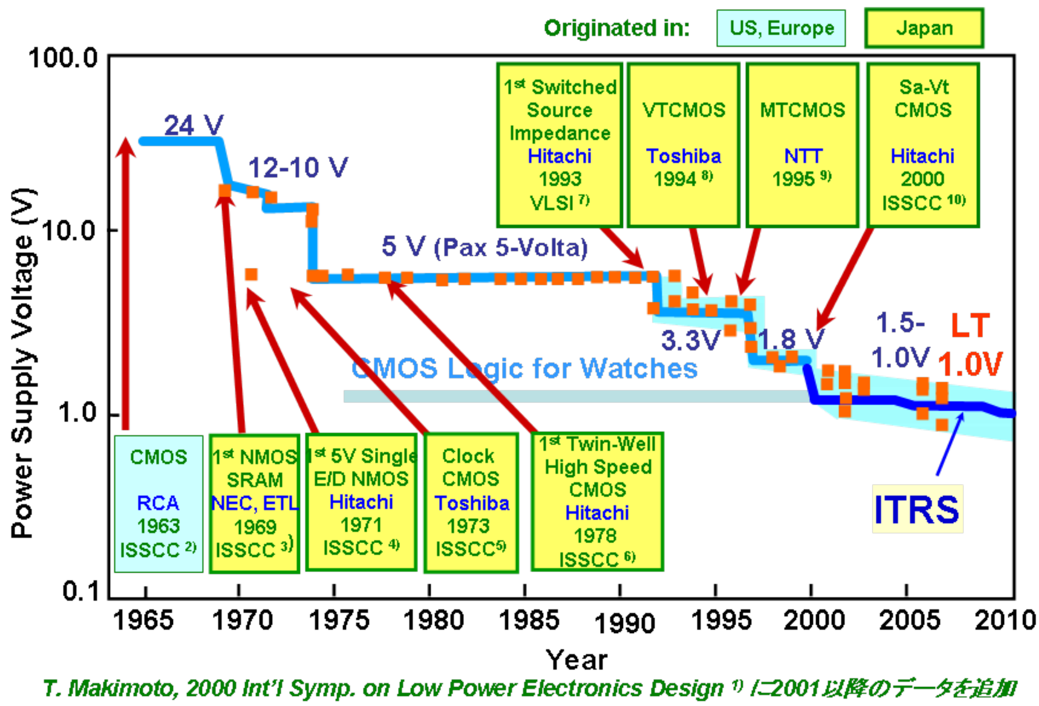


図 3-47　MOS デジタル回路の電源電圧と低電圧化技術開発の推移

表 3-10 低消費電力半導体を対象とした主な国内のプロジェクト（2010 年 3 月）

プロジェクト	年度	実施組織	開発概略
あすか プロジェクトⅡ （産業界負担）	2005 ～ 2009	Selete	• hp45、32nm High-k/メタルゲートスタック基本技術 • hp45、32nm Cu/Low-k配線技術 • 三次元半導体シミュレーションシステム実用化・高度化 • EUVリソグラフィ技術開発
		STARC	• hp45、32nm ばらつき・歩留考慮、リソフレンドリ設計手法 • hp45、32nm テスト・故障解析 • ミックストシグナル設計技術
次世代半導体 材料・プロセス基盤（MIRAI）プロジェクト第三期 （NEDO）	2006 ～ 2010	Selete、産総研、東芝、EUVA ASET（'06～'07）	• High-k/メタルゲート極限ゲートスタック技術 • 新構造トランジスタ技術開発 • 特性ばらつき解明・制御・モデリング技術、中性子線による回路誤動作モデリング技術 • カーボンナノチューブ配線技術 • LSIチップ光配線技術 • EUV光によるマスクおよびブランクス技術開発
ドリームチップ プロジェクト （NEDO）	2008 ～ 2012	ASET、富士通	• 多機能高密度 三次元集積化技術 • 回路再構成可能 三次元デバイス • 複数周波数対応通信 三次元デバイス
極低電力回路・システム技術開発 （グリーンIT） （NEDO）	2009 ～ 2012	STARC、東大、慶大	低消費電力化に向けた回路・システム、設計技術を開発 • 極低電圧ロジック回路 • オンチップ極低電圧メモリ回路 • アナログ回路技術、電源回路技術 • 極低電力 LSI チップ統合最適化技術 • 低電力無線/チップ間ワイヤレス技術
「先進ヘテロジニアス・マルチプロセッサ技術研究開発（AHMP）」 （NEDO）	2004 ～ 2007	早大、日立	• デジタル民生用ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャ技術と自動並列化コンパイラ技術の開発
「半導体アプリケーションチッププロジェクト：リアルタイム情報家電用マルチコア技術開発」 （NEDO）	2005 ～ 2008	助成：日立、ルネサステクノロジ 委託：早大	• リアルタイム情報家電用標準的マルチコア・アーキテクチャ及び並列化APIの策定 • API処理系（コンパイラ）の研究開発 • 標準的マルチコアチップとその評価システムの試作
「半導体アプリケーションチッププロジェクト：ヘテロジニアス・マルチコア技術開発」 （NEDO）	2006 ～ 2009	助成：日立、ルネサステクノロジ 委託：早大、東工大	• 情報家電機器用の高性能・低消費電力ヘテロジニアス・マルチコアチップ開発 • 組込みソフト用並列化コンパイラや統合開発環境等開発
メニーコア・プロセッサ技術の先導研究（グリーンITプロジェクト） （NEDO）	2009 ～ 2010	早大、ルネサス テクノロジ、富士通、日本電気、東芝	• メニーコア・プロセッサ基幹技術（アーキテクチャ、並列コンパイラ、プロセッサ、システムの概念設計） 先導研究 • 次世代オンチップ・ネットワーク方式（1024 個コア数まで動作可能な、チップ上のコア内相互接続技術）の先導研究

次世代パワーエレクトロニクス技術開発（グリーンIT） （NEDO）	2009 ～ 2013	次世代パワーエレクトニクス研究開発機構 （三菱、富士電機アドバンストテクノロジー、日立、東芝、昭和電工、日産自、新日鐵、サンケン電気、素子協）	データセンタや電力源としての分散型太陽光発電システムに使用するシリコンカーバイド（SiC）パワーデバイス技術開発、システムレベル実証
低炭素社会を実現する超低電圧デバイス技術開発プロジェクト	2010 ～	経済産業省公募中	IT機器の大幅省エネを実現する、0.4V以下で動作するデバイスの開発
低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト	2010 ～	経済産業省公募中	インバータの電力損失1/100を実現する高性能パワー半導体を開発

次節以降で、表 3-11 に示す先進事例を紹介する。

表 3-11 半導体の先進事例一覧

#	事例名	企業・団体	省エネのためのコア技術
14	ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャを用いた低消費電力技術の研究	NEDO：（株）日立製作所、早稲田大学、（株）ルネサステクノロジ	ソフトウェア協調による階層メモリアーキテクチャ、データ転送機構、低電力制御機構
15	三次元集積化技術	NEDO；ASET、他	積層技術、設計技術、テスト技術、（マイクロプロセッサの消費電力削減率25～50%の可能性）
16	パワー半導体技術	NEDO：富士電機ホールディングス（株）、FUPET	SiCデバイス（変換効率92%から98%へ改善の可能性）

(2) 参考文献

[1] 2008 年度グリーン IT 推進協議会技術検討委員会報告書

[2] T. Makimoto, 2000 International Symposium on Low Power Electronics Design に (2001 以降のデータを追加 増原)

3.3.2. 先進事例 14（ﾍﾃﾛｼﾞﾆｱｽ・ﾏﾙﾁｺｱｱｰｷﾃｸﾁｬを用いた低消費電力技術の研究）

(1) 事例概要

[企業/団体名]　株式会社日立製作所、早稲田大学笠原・木村研究室、株式会社ルネサステクノロジ

ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャは汎用プロセッサコアに加え、特定の処理を効率よく実行可能なアクセラレータコアを 1 チップに集積したアーキテクチャである。本アークテクチャは、並列化コンパイラ等のソフトウェア主導による、プログラムの並列タスクスケジューリング、階層メモリ上の最適なデータ配置管理（メモリ管理）、タスクの実行状況に応じた電力管理に対応する。その結果、高性能を保ちつつ動作周波数・供給電圧を抑えることができ、低消費電力化を実現する。本アーキテクチャの評価を、アプリケーションを AAC オーディオエンコーダとし、ホモジニアス・マルチコアプロセッサにアクセラレータとして動的再構成可能プロセッサを付加した試作チップを用いて実施した。その結果、従来のシングルコアプロセッサと比較し、約 13 倍の電力効率（単位電力当たり性能）向上を確認した。

本研究の一部は NEDO 「先進ヘテロジニアス・マルチプロセッサ研究開発」の支援により行われた。また、評価に対しては、NEDO「半導体アプリケーションチッププロジェクト：リアルタイム情報家電用マルチコア技術開発」の支援により試作したチップを活用した。

(2) コア技術

ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャ[1]は、汎用プロセッサコア(CPU）に加え、特定の処理を効率よく実行可能な動的再構成可能プロセッサ(DRP)、信号処理プロセッサ(DSP）等のアクセラレータコアを 1 チップに集積した OSCAR（optimally scheduled advanced multiprocessor）型アーキテクチャ[2]である。図 3-48 に本アーキテクチャの構成例を示す。並列化コンパイラ等のソフトウェアによる並列タスクスケジューリング、メモリ管理、電力管理を効率よく行うことを可能とすべく、以下を特徴とする。

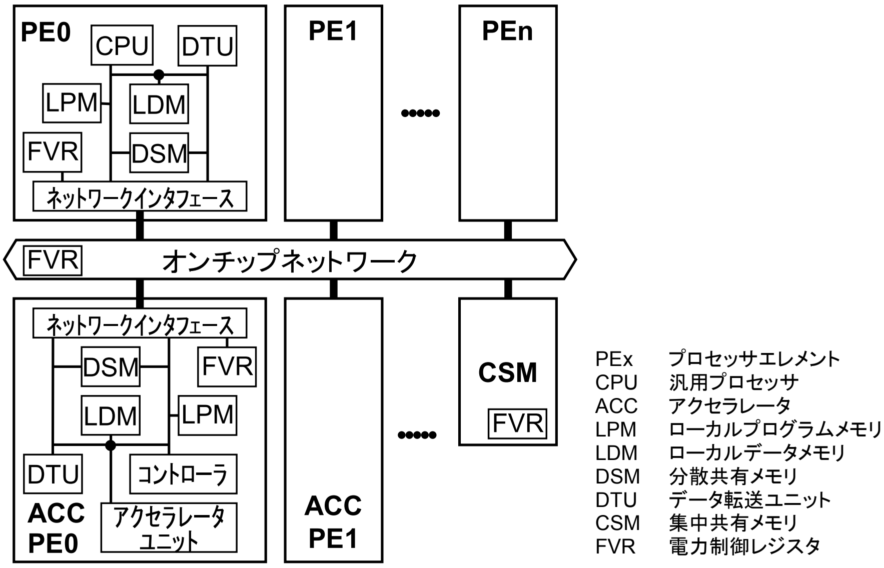


図 3-48 ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャ

(i) ソフトウェア協調型階層メモリアーキテクチャ

各プロセッサコア近傍に高速なローカルメモリ（ローカルプログラムメモリ LPM、ローカルデータメモリ LDM、分散共有メモリ DSM）を配置する。各プロセッサエレメント(PE)が頻繁にアクセスするデータを高速なローカルメモリ上に配置しておくことにより、プロセッサ速度と比べ低速な外部メモリへのアクセスを低減し、処理性能を最大限引き出すことができる。DSM は任意のプロセッサからアクセス可能であり、複数プロセッサ上のタスク間同期処理、タスク間データ転送による、高速な並列処理を実現する。また、チップ上には集中共有メモリ(CSM) を有し､プロセッサ間で共有されるデータを保持しておくことで処理を高速化する。なお、メモリコヒーレンスはソフトウェアで保証する。

(ii) データ転送機構

データ転送ユニット（DTU）を各プロセッサの近傍に持たせ、ソフトウェア制御によりタスク処理と並行してメモリ間データ転送を行うことで、データ転送オーバヘッドを削減する。また、DTU は予めローカルメモリ LM に配置したデータ転送命令列を読み込み、複数のデータ転送を連続して実行でき、また転送開始・終了通知を行うためのフラグチェック、フラグセット機構も持つ。

(iii) 低電力制御機構

プロセッサ、メモリ等、複数部位の周波数及び電源電圧をソフトウェアから制御可能な機構を持つ。

ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャの有効性を確認するために、本アーキテクチャの一部機能を実装した、ホモジニアス・マルチコアプロセッサにアクセラレータとし

て FE-GA を付加した評価用試作チップを用いた。本チップの構成図を図 3-49 に、また チップ仕様を表 3-12 に示す[3]。試作チップは、ホモジニアス・マルチコアプロセッサ部分としてマルチコア機能に対応した SuperH（SH）コアを持つ CPU コア 4 個、128KB の CSM、データ転送コントローラ（DMAC）と、アクセラレータとして動的再構成可能プロセッサの一種である Flexible Engine / Generic ALU Array [4] (FE-GA）コア 2 個で構成され、それぞれはスプリットトランザクションバスによって接続されている。SH コアは 128KB のローカルメモリ(DSM)とデータ転送ユニット(DTU）を備える。

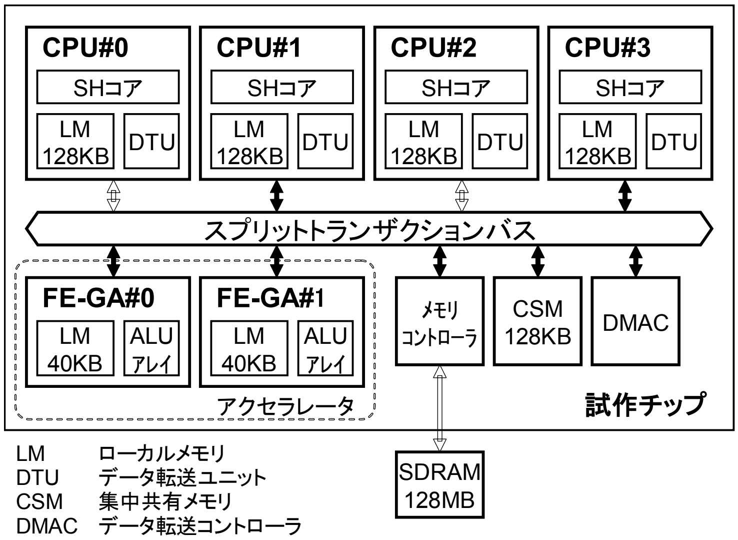


図 3-49 評価用試作チップの構成図

表 3-12 評価用試作チップの仕様

プロセス	90nm, 8 層, 3 種 Vt-CMOS 技術
電源電圧	1.0V(コア内部),1.8/3.3V(I/O)
動作周波数	CPU 600MHz, FE-GA/バス 300MHz
ローカルメモリ	128KB/1CPU, 40KB/1FE-GA
オンチップ共有メモリ	128KB

アクセラレータとして用いた FE-GA は、動的に機能を変更可能な ALU を二次元配列状に接続した演算セルアレイで構成され、各種ホスト CPU と接続可能なディジタルメディア処理向け動的再構成プロセッサである。FE-GA の構成を図 3-50 に示す。FE-GA は演算処理部、演算制御部、バスインタフェースの 3 要素から構成される。演算処理部には、算術論理演算を実行する演算セルを二次元的に接続した演算セルアレイ、演算オペランドや演算結果などの演算データを格納するローカルメモリ、ローカルメモリへのアクセスア

ドレス生成と読み書き制御を行うロードストアセル(LS)、演算セルアレイとロードストアセルとの間を接続するクロスバネットワークが含まれる。また、演算制御部は演算処理部の動作内容および動作状態を制御するコンフィグレーションマネージャ、シーケンスマネージャから構成される。各演算セルの機能及び隣接配線をソフトウェアにて 1 クロックサイクルで変更可能であり、多様な処理を切り替えながらセルアレイ上で並列・パイプライン処理することにより大量のデータに対し効率よい演算が可能である。

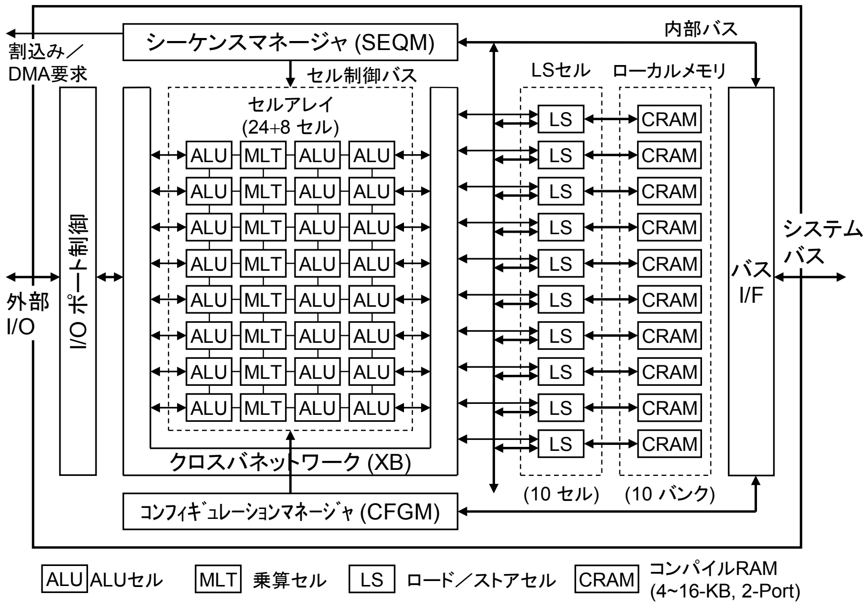


図 3-50　動的再構成プロセッサ FE-GA の構成

ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャの評価にあたり、AAC (Advanced Audio Codec)エンコーダを評価アプリケーションとし、ヘテロジニアス・マルチコア上での処理方式を検討した。AAC は携帯電話や携帯音楽プレーヤ、PC、カーナビゲーションシステム等で利用される高圧縮なオーディオコーデックの一つである。AAC エンコーディングは大きくフィルタバンク、量子化、符号化、ビットストリーム生成の 4 つの処理から構成される。以下、各処理について簡単に説明する。

フィルタバンクは時間領域のデータを周波数領域に変換する処理であり、FFT(Fast Fourier Transform)、フィルタで構成される。これらの処理は大量のデータに対し、あらかじめ決められた加算と乗算が繰り返される構成となっており、FE-GA での処理に適している。量子化はフィルタバンク処理の結果を入力し、量子化テーブルの値を用いて高周波数部分のデータをターゲットとなるデータ量に収束するまで繰り返される。具体的には 3/4 乗を行う処理で、テーブル参照を用いた実装としており、FE-GA での処理に適している。

符号化ではハフマン符号化を用いる。ハフマン符号化では頻出するビット列に対して短

い符号を与えることでデータ量を削減する。実際の処理では、量子化結果に対し符号化を行い、指定されたビットレートを満たさない場合は、再度量子化でのステップ数を大きくし圧縮率を上げて再度符号化を行う。ビット列に割り当てる符号長は一定でないため、高速化が難しい処理である。今回の実装では、CPU にて本処理を実行する。ビットストリーム生成では、符号化結果を AAC フォーマットに従ってストリーム出力する。ビット長が一定でない符号化結果を処理するため、高速化が難しい処理である。今回の実装では、CPU にて本処理を実行する。

また AAC エンコーダの並列処理方式として、図 3-51 に示すように、2 個の CPU 及び 2 個の FE-GA を用いて 2 ストリームの入力 PCM データを同時にエンコードする構成とした。つまり、CPU 及び FE-GA 各 1 個をペアとし、2 ストリームをそれぞれのペアで並列処理する構成とした。なお、CPU－FE-GA 間のデータ転送は DTU を活用した。

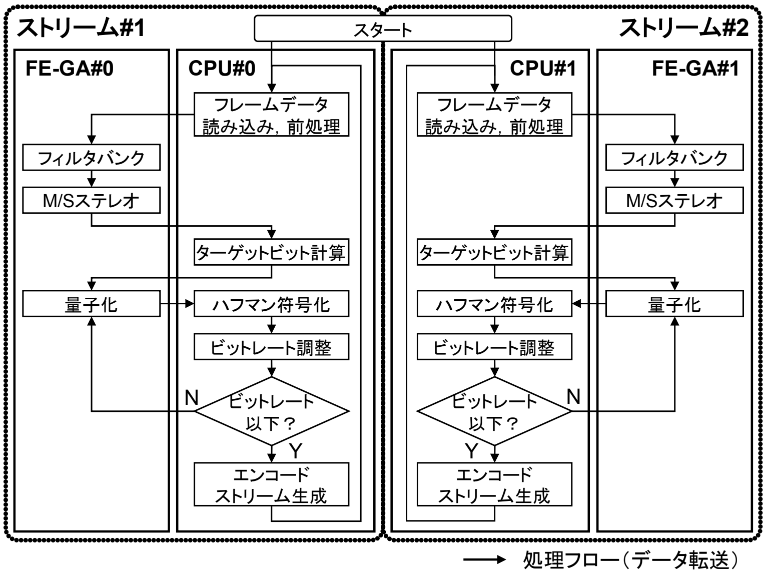


図 3-51 ヘテロジニアス･マルチコア上における並列 AAC エンコード処理方式

ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャの AAC エンコーダを用いた評価として、評価用チップにおける各種プロセッサ構成におけるエンコード速度(入力データの実再生時間に対する加速率)、消費電力を測定した。また電力効率を評価するため、単位電力当たりのエンコード速度[倍速/W] を評価した。結果を図 3-52 に示す。汎用 CPU のみで構成したホモジニアス環境においては、CPU×1 でのエンコード速度は 3 倍速となり、電力は 1.17W であった。次に CPU×2 構成では、エンコード速度は 6 倍速であり、電力は 1.36W となった。また、FE-GA を導入したヘテロジニアス環境においては、CPU×1＋FE-GA×1 でのエンコード処理速度は 27 倍速となり、電力は 1.22W であった。また、CPU×2＋FE-GA×2 でのエンコード速度は 54 倍速となり、電力は 1.46W であった。FE-GA の導入効果により、汎用プロセッサのみの構成に対し、大きく性能向上することがわかる。ま

た、使用するコア数の増加に合わせて電力も増加するが、電力効率[倍速/W] で見ると速度が大幅に向上するため、CPU×1 での逐次実行時が 2.8 倍速/W に対し、CPU×2＋FE-GA×2 では 37.0 倍速/W となった。これは、CPU×1 に対し約 13.2 倍電力効率が高いことになり、ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャの有効性が確認できた。

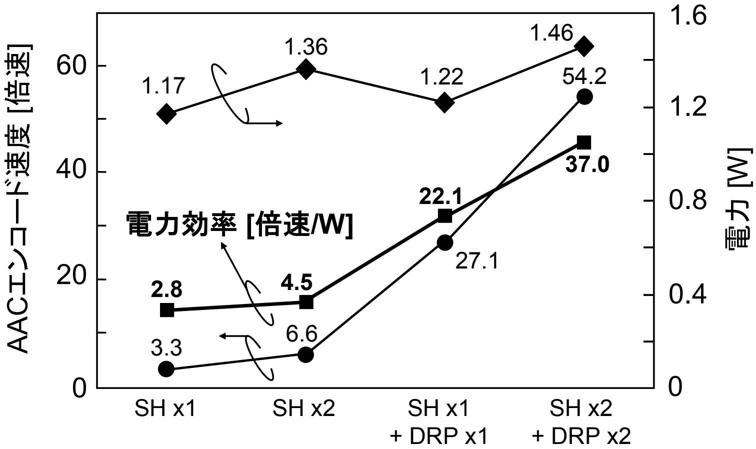


図 3-52 AAC エンコーダを用いた性能評価結果

(3) 省エネ効果

[見込み] ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャの導入により、1 台当たりの消費電力が 72%削減され、その結果、日本全体の民生機器の 10%に対し本技術が導入されたとすると、CO2 削減量は年間 2.4 万トンと予想される。

[評価指標] CO2 排出量削減量

[評価値] ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャの評価結果より、同じアプリケーションを実行した場合、従来 LSI に対して電力効率（性能／電力）は約 13.2 倍となる。アプリケーションの実行以外は動作を止める（周波数・電源を遮断する）技術を導入すると仮定する。ただし停止しても、定常的に 20%の電力を消費すると想定する（OS 等の動作、リーク電流を勘案)。民生機器向け LSI の平均的な消費電力を 5W とすると、本技術導入により、想定される LSI の平均的な消費電力は、

$$5W \times (0.2 + 1/13.2) = 1.38\ W$$

と予想される。

表 3-13 日本全体の民生機器の 10%に対しヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャが導入されたときの CO_2 削減量

	従来技術	本技術
LSI 消費電力	5W / 台 7.3 kWh / 台・年 730 億 kWh / 日本・年	1.38 W / 台 2.0 kWh / 台・年 200 億 kWh / 日本・年
CO_2 排出量換算	3.3 万トン	0.9 万トン

(4) 省エネ効果の前提条件

[規模]　日本における民生機器を 1 億台、使用時間を 4 時間／1 日と想定。民生機器の 10%が本ヘテロジニアス・マルチコアアーキテクチャを導入したと仮定する。

[評価時期]　2010 年

[その他]　CO2 排出量は、2007 年の日本における発電量に対する平均 CO2 排出量 450g / kWh より算出。（出典：IEA[5]）

(5) 参考文献

[1] H. Shikano, M. Ito, T. Todaka, T. Tsunoda, T. Kodama, M. Onouchi, K. Uchiyama, T. Odaka, T. Kamei, E. Nagahama, M. Kusaoke, Y. Wada, K. Kimura, H. Kasahara, "Heterogeneous Multi-core Architecture that Enables 54x AAC-LC Stereo Encoding", IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 43, No. 4, Apr. 2008, pp.902-910.

[2] K. Kimura, Y. Wada, H. Nakano, T. Kodaka, J. Shirako, K. Ishizaka, and H. Kasahara, "Multigrain parallel processing on compiler cooperative chip multiprocessor", Proc. of 9th Workshop on Interaction Between Compilers and Computer Architectures (INTERACT-9), Feb. 2005, pp. 11-20.

[3] Y. Yoshida, T. Kamei, K. Hayase, S. Shibahara, O. Nishii, T. Hattori, A. Hasegawa, M. Takada, N. Irie, K. Uchiyama, T. Odaka, K. Takada, K. Kimura, H. Kasahara, "A 4320MIPS Four-Processor Core SMP/AMP with Individually Managed Clock Frequency for Low Power Consumption", 2007 IEEE International Solid-State Circuits Conference(ISSCC2007), Feb. 2007.

[4] T. Kodama, T. Tsunoda, M. Takada, H. Tanaka, Y. Akita, M. Sato, and M. Ito, “Flexible Engine: A dynamic reconfigurable accelerator with high performance and low power consumption,” in Proc. of the IEEE Symposium on Low-Power and High-Speed Chips (COOL Chips IX), 2006.

[5] CO2 Emissions from Fuel Combustion 2009 – Highlights, IEA, http://www.iea.org/co2highlights/co2highlights.pdf.

3.3.3. 先進事例 15（三次元集積化技術）

(1) 事例概要

[企業/団体名] （委託元）独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（委託先）技術研究組合 超先端電子技術開発機構： アドバンテスト、大日本印刷、エルピーダメモリ、日立製作所、イビデン、日本アイ・ビー・エム、ナックイメージテクノロジー、日本電気、NEC エレクトロニクス、パナソニック、ルネサステクノロジ、ローム、シャープ、新光電気工業、東京エレクトロン、凸版印刷、東芝、山一電機、ザイキューブ

スケーリング CMOS が各種の限界に遭遇していること、異種の機能を持つ LSI を集積化するニーズが増大したため、LSI チップ、またはウェハを積層して集積化する三次元集積化技術が注目されている。その形態としては、下記のものがあり、それぞれ開発が盛んになっている。

(i) パッケージレベルで LSI を積層し、システムを構成する SiP 技術

(ii) 半導体チップを複数積層するチップ積層技術

(iii) ウェハレベルで積層するウェハ積層技術チップ積層

三次元集積化技術では、従来のワイヤボンディングに替わり、チップ間接続をシリコンに設けた貫通ビア（TSV：Through Si Via）で行う技術、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開発されている。グリーン IT への応用における三次元集積化のメリットは、複数の並列チップ間接続を近接して設けることが可能となり、チップ間接続の負荷容量を小さくできるために、低消費電力化が可能となることである。さらに、並列チップ間接続における性能の向上を低消費電力化に活用することも可能となる。パッケージレベルで LSI を積層する三次元集積化はすでに実用化され、携帯電話、デジタルカメラなどのモバイル機器に広く応用されている。また、デジタルカメラ、自動車用カメラ用等の撮像素子においては貫通ビア（TSV）が実用化されつつある。今後、10～20 年の間にあらゆる電子機器において、チップ積層技術、ウェハ積層技術が分野に応用されることが予測される （図 3-53)。

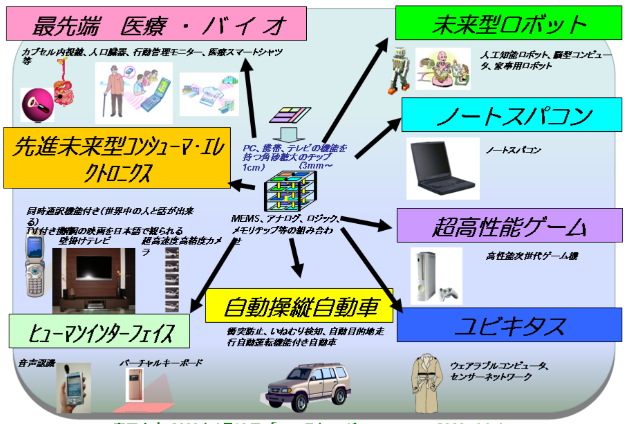


図 3-53 三次元集積化技術技術の概要と特長である低消費電力、高性能化を活かした、各種の応用

(2) コア技術

① 積層技術

三次元集積化を行うためには、TSV(Through-Silicon-Via)を形成し、数 10um 厚のウェハを接合する技術、チップ薄層化・ハンドリング技術・応力制御技術、インターポーザ技術、熱制御技術が必要である。

② 設計技術

三次元集積化は単にチップを重ねればよいのではなく、積層することを前提としてエレクトロニクス機器を設計する場合には、システムパーティショニング、個別 LSI の上位から物理レベル（回路・レイアウト）設計までを統合した設計が必要であり、システム設計と各層の LSI をコンカレントに設計せねばならない。そのための機能・論理・回路設計システムが必要である。各ステップの設計は、従来の LSI より深い相互連携を要するため、極めて高速のエンジンも必要とされる。積層した LSI では熱の影響が他のチップに及び易いために、熱設計も重要である。

③ テスト技術

従来の LSI のテストはウェハ（プローブ）テストと、パッケージ後の選別（Final）テストに分離され、その後にバーンインを行っていた。積層される LSI の一部に不良品があり、それを救済する回路が各層に入っていない場合は良品率が大きく低下する。したがって、三次元集積化では各チップが完全良品であることが積層の前に分かっていることが望ましい。すなわち、ウェハレベルで KGD（Known Good Die、完全良品）を取得できることが望ましい。そのためには、BIST 等のチップ内のテスト機能を活用すると共に、ウェハレベルで、アトスピードで検査、良品を取得するとともに、バーンインもウェハで行うことが要求される。

④ チップ、ウェハの流通と必要技術

異なる企業により生産される LSI を積層集積化する場合、顧客への責任を明確にしたチップ、ウェハの流通機構や技術が不可欠である。単一企業では解決できない課題が多いため、将来、標準化活動と共にコンソーシアムでのシステム、半導体、装置、材料企業の協力開発、場合によっては新しいビジネスモデル構築が必要である。

国内のコア技術開発の例として、NEDO 「ドリームチッププロジェクト」で ASET が開発中のコア技術を示す (図 3-54)。「ドリームチッププロジェクト」では、次の技術開発を実施している。

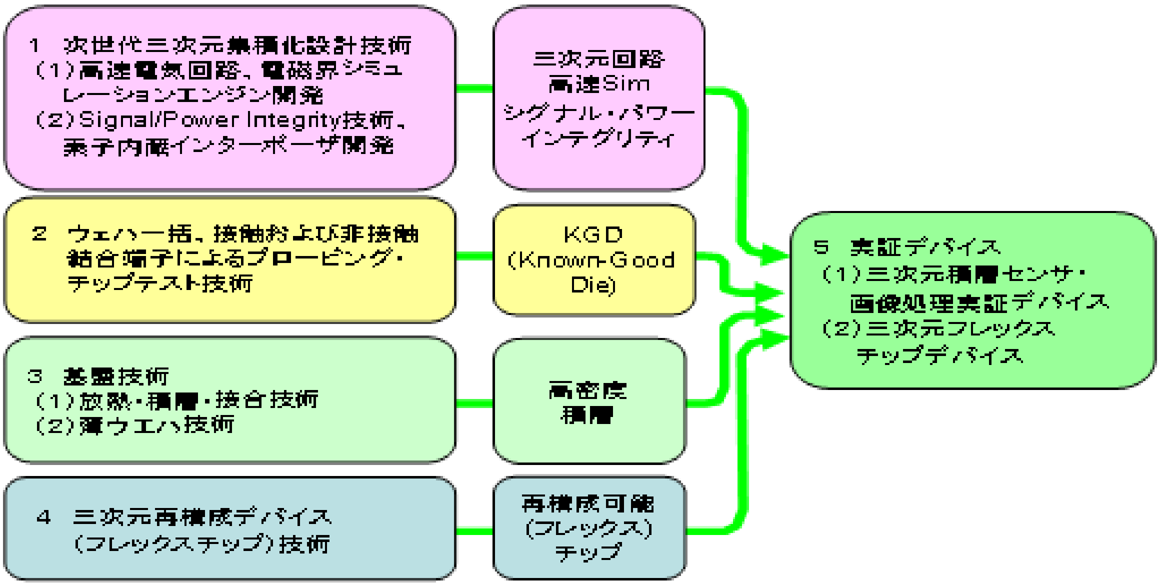
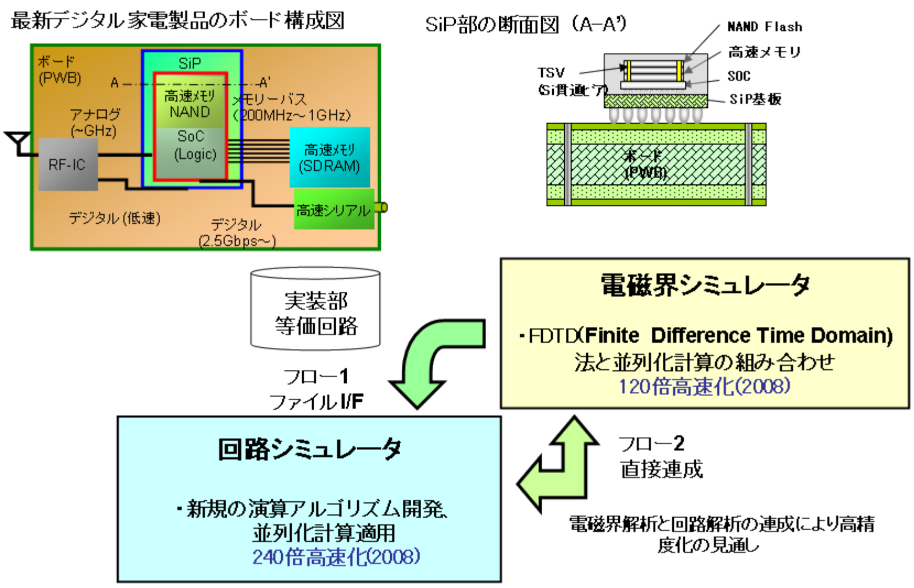


図 3-54　ドリームチッププロジェクト(2008-2012 年、プロジェクトリーダ　東工大　益教授)で ASET が開発中の三次元集積化技術

設計技術では、新アルゴリズムによる高速電気回路・電磁界シミュレーションエンジンによる 500/1000 倍の高速化を目指すとともに、回路・電磁界シミュレーションを一体化して実施するエンジン統合化技術を開発中である（図 3-55）。また、有機基板と、シリコンインターポーザにおけるシグナルインテグリティの向上、広帯域（DC－10GHz）で低インピーダンスを持つ電源回路によるパワーインテグリティを向上したインターポーザ技術を開発中である。

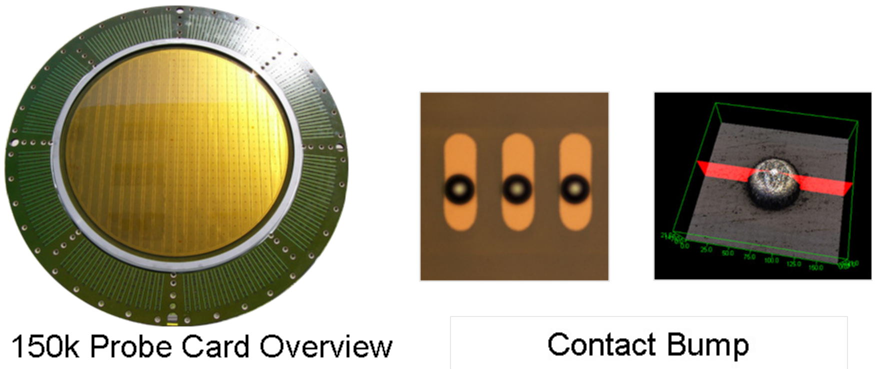


嘉田守宏　2009年4月16日、「TSVテクノロジ・コンファレンス2009」セミナー

図 3-55 ドリームチッププロジェクトで開発中の高速電気回路・高速電磁界シミュレーションエンジン

テスト技術に関しては、テスタチップを含む300ｍｍ径ウェハ用、30万端子プローブカードを開発中である（図 3-56)。これにより At Speed （使用周波数） でのウェハテストや、バーンインが可能となる。多くのピンを用いてテストするために、非接触で信号伝送を可能とする、容量C結合のテストピンも実装したプローブカードを試作中である。以上によりコスト優位性のある KGD の取得が可能となる。

- **Wafer Size** **300mm**
- **Probe Quantity** **150k**
- **Pad Size / Pitch** **60μm/min 90μm**
- **Current / Power** **5kA / wafer / 15kw / wafer**
- **Temperature Range** **-40 – 125 deg. C**



S. Sasaki and Y. Nakata, "A Challenge of 150k Probes on 300mm", IEEE SW Test Workshop, June 8, 2009

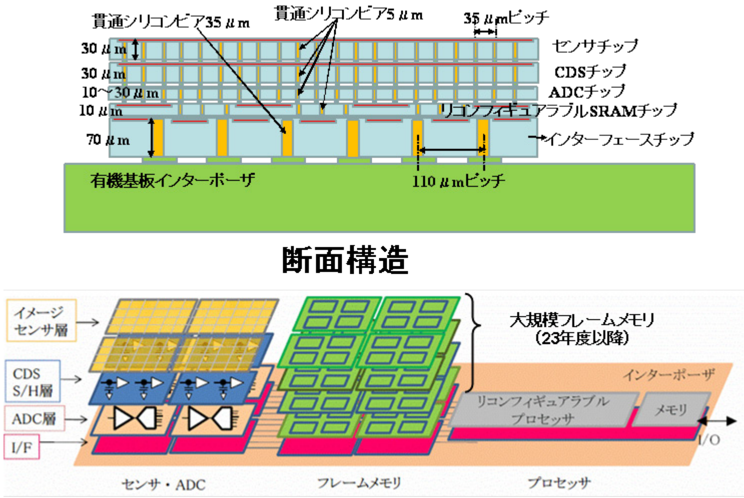
図 3-56 ドリームチッププロジェクトで開発中のウェハプローブ構想（30 万電極 15Gbps, 5kA,10kW/Wafer）に使用する 150K ピンプローブカードの試作結果

基盤技術では、TSV やマイクロバンプなどを含む微小・極薄積層構造体における高精度シミュレーション技術、高精度熱特性評価技術、小型・高効率冷却システム、高熱伝導材料評価、薄化ウェハの評価解析技術開発を進めている。

以上の技術を実証するために、10,000 フレーム/秒 以上の超高速動画処理性能を実現する並列型画像処理システムを対象に、TSV を用いて三次元集積化したピクセルブロック並列処理方式 CMOS イメージセンサ部分と、超並列リコンフィギュアラブルプロセッサ、並列処理メモリなどを接続した、画像処理機能付高速センサ開発を推進している（図 3-57)。

2009 年度からはハイブリッドアーキテクチャ三次元回路再構成可能デバイスのアーキテクチャ、設計技術開発にも着手した。

現在の限られた予算では技術課題全てに対応する総合的開発を実施することは難しいが、今後の NEDO プロジェクト強化と、各企業での実用に向けた開発強化の両方が不可欠である。



嘉田守宏 2009年4月16日、「TSVテクノロジ・コンファレンス2009」セミナー

図 3-57 ドリームチッププロジェクトで開発予定の画像処理機能付高速センサ

(3) 省エネ効果

同一の LSI を設計し、通常の LSI と三次元集積化したものを比較した例として、表 3-14 に学会レベルの比較を示す。(1) は 80 プロセッサ (Tile) の Intel のマイクロプロセッサ、(2) は Intel のペンティアム 4 マイクロプロセッサ、(3) はホンダによる SH マイクロプロセッサ、(4) は DRAM の例である。上(3D)が三次元集積化した場合、下 (2D) が通常の LSI である。これらの例では消費電力は 50-75%に減少している。三次元集積化による回路の最適設計をどう行うかにより、今後、効果が向上する可能性がある。

表 3-14 通常の二次元(2D)LSIと三次元集積化(3D)したマイクロプロセッサ、DRAM の消費電力、性能比較

Device	Organi-zarion	Features	Performance	Power	Source
(1) 80 Tile Micro-processor	Intel	●3D: Proc. & SRAM (256KBx80Tile=20MB) ●275 mm^2 ●190 μm TSV Pitch	1TFlops, (1V)	7W SRAM 10-2.2W I/O (1V)	3D-SiC 2008 2009 VLSI Tech. Symp.
		●2D (65 nm Tech.) ●275mm^2	1TFlops, 3.1GHz(1V) 1.28TFlops, 4GHz(1.2V)	98W (1V) 181W(1.2V) 10-25W I/O	2007 ISSCC
(2) Pentium-IV Micro-Processor	Intel	●Logic/Logic 3D	25% Pipeline Red. V_{DD} 82%	68.2W (Same Perf.)	2007 MRS
		●2D	V_{DD} 100%	147W	
(3) SH Micro-Processor	Honda Research Institute	●3D: 1st SH4, 2nd Custom, 3rd 64MSDRAM	280 MHz (1.1W)	0.75W(140MHz)	2007 3D Architecture for Semicon.
		●2D	140MHz(1.1W)	1.1W(140MHz)	
(4) DRAM	Sam-sung	●3D ●1 Master + 3 Slave DRAM (8GB)	1.6Gbps Noise 100mV	Active 75% Standby 50%	2009 ISSCC
		●2D	1.6Gbps Noise 350mV	Active 100% Standby 100%	

(4) 参考文献

[1] 嘉田守宏　2009年4月16日、「TSVテクノロジ・コンファレンス2009」セミナー

[2] S. Borkar, “3D-Technology – A System Perspective”,　Tech. Dig. 3D-SiC, pp. 1-14, 3D System Integration Conference May 2008

[3] S. Borkar, “2D Integration for Energy Efficienet Ststem Design”, Dig. Tech Papers, 2009 VLSI Tech. Symp., pp. 58-59, June 2009

[4] S. Vangal et al., ”An 80-Tile 1.28 TFLOPS Network-on-Chip in 65 nm CMOS”, 2007 ISSCC Dig. Tech. Papers, pp. 98-99, Feb. 2007

[5] P. Morrow et al., “Design and Fabrication of 3D Microprocessors”, Proc. Material Research Conference, Vol. 970, pp. 91-103, 2007 MRS

[6] T. Maebashi, N. Nakamura, S. Nakayama and N. Miyakawa, ”A New Fabrication Method for Multi-Layer Stacked Devices using Wafer-to-Wafer Stacked Technology based on 8-inch Wafers”, Proc. 37th European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC2007), pp. 251–254, Munich, Germany, Sep 2007

N. Miyakawa, “A 3D Prototyping Chip Based on a Wafer-Level Stacking Technology”, Invited, Proc. 14th Asia and South Pacific Design Automation Conference, (ASP-DAC 2009), pp. 416–420,　Jan 2009.

[7] U. Kang et al., “8Gb 3D DDR3 DRAM Using Through-Silicon-Via Technology”, 2009 ISSCC Dig. Tech Papers, pp. 130-140, Feb. 2009

3.3.4. 先進事例 16（パワー半導体技術）

(1) 事例概要

[企業/団体名] 富士電機ホールディングス株式会社、技術研究組合 次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構（FUPET）

図 3-58 は、データサーバにおける消費電力の内訳である[1]。100W の負荷に対して電源（Power Supply Unit:PSU）が 50W を占めており、PSU の低消費電力化はデータサーバの低消費電力化にとって重要課題である。

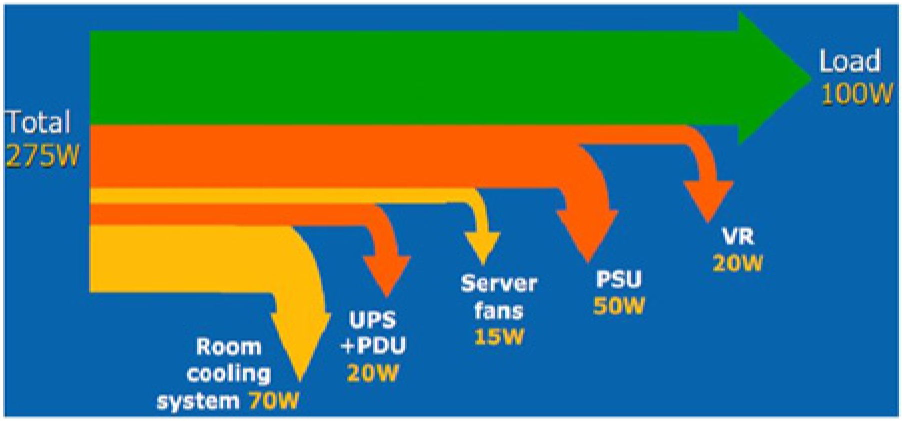


図 3-58 データサーバにおける消費電力の内訳[1]（100W の負荷に対して電源（Power Supply Unit:PSU）が 50W を占める）

サーバ電源は図 3-59 に示す通り、AC/DC や DC/DC の変換回路を通って各部品に電力が供給される。その中でも特にフロントエンド電源と呼ばれる AC/DC の変換装置の低消費電力化が重要である。

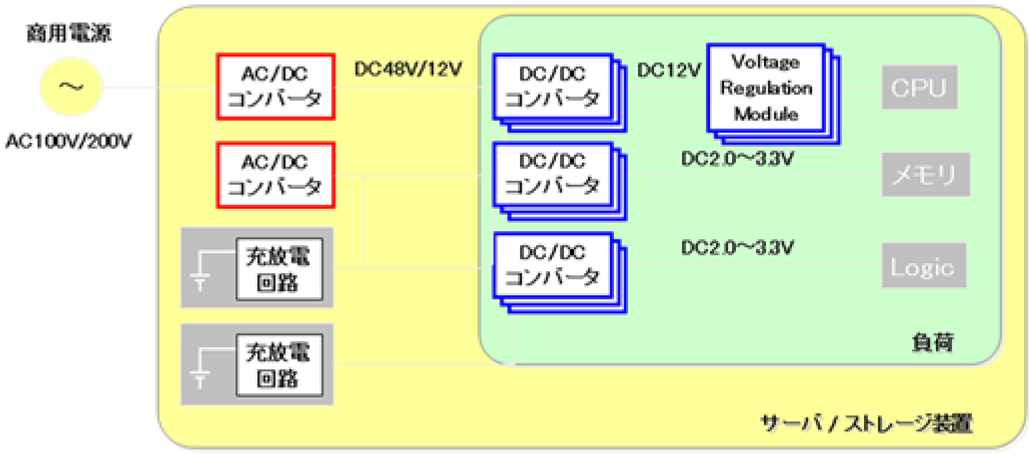


図 3-59 データサーバ電源の概要

サーバ用電源では、Climate Sarvers Computing Initiative (CSCI)において、量産型サーバの効率基準とデータセンタへの最低購入比率が決められており、負荷率 50%の時に 2009 年では効率 89%PSU を 40%以上、2010 年 7 月からは更に 92%PSU を 20%以上導入することを求められている。表 3-15 には、80PLUS という電源機器認証プログラムの診の認証ランクを示す。このようにサーバ電源では、効率に対する要求が非常に強い。

表 3-15 電源機器認証プログラム 80PLUS における各認証ランク別の電源効率

	80 PLUS Standard	80 PLUS BRONZE	80 PLUS SILVER	80 PLUS GOLD
負荷率20%	80%	81%	85%	88%
負荷率50%	80%	85%	89%	92%
負荷率100%	80%	81%	85%	88%

(2) コア技術

電源を高効率化するためには、(i) パワー半導体素子（ダイオード、スイッチング素子）の効率向上、(ii) スイッチングロスの向上（高周波化)、(iii) 新回路トポロジー、(iv) 多電源の効率運用コントロールがコア技術になる。この中でも (i) のパワー半導体の効率向上が重要技術と言える。図 3-60 に、典型的なフロントエンド電源の回路図を示す。回路はフィルタ、整流、PFC、瞬停 C、DC/DC コンバータで構成され、ダイオードとトランジスタが多数使用されている。特に○のついた部分の半導体素子の効率が電源の低消費電力化に効果がある。現在は、低抵抗な SJ-MOS と SiC ダイオードの組み合わせで効率向上が図られている。現在ダイオードに限定されている SiC の使用は、今後はトランジスタへの使用により、一層の低消費電力化が実現できるものと考えられている。

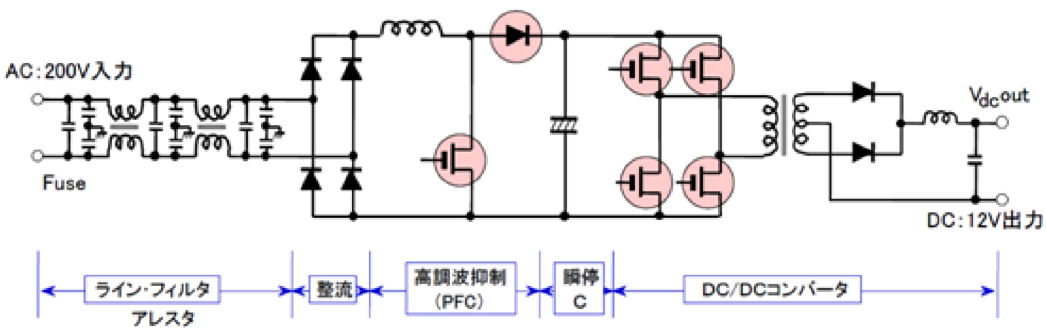


図 3-60 典型的なフロントエンド電源の回路図（回路はフィルタ、整流、PFC、瞬停 C、DC/DC コンバータで構成され、ダイオードとトランジスタが多数使用される）

技術研究組合　次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構（FUPET）と（独）産業技術総合研究所による NEDO の「次世代パワーエレクトロニクス技術開発（グリーン IT プロジェクト）」において、サーバ電源に SiC デバイスを使用する研究開発が行われている[2]。SiC（シリコンカーバイド）は、シリコンとカーボンが結合した半導体材料で、Si と比較すると優れた特性を持っている。表 3-16 に SiC と Si の物性値を示す。絶縁破壊電界強度が Si と比較して 10 倍で、同じ耐圧では n-層の厚みを 1/10 にできる。さらに不純物濃度を高純度（約 100 倍）にできる。MOSFET 構造のデバイスではこのことは、オン抵抗値を大幅低減が可能になることを意味している[3]。更に、SiC では、バイポーラでしか実現できなかった高耐圧領域でユニポーラデバイス（SBD,MOSFET）の適用が可能になるため、IGBT と比べて高速性が特徴として付加される。

表 3-16　SiC と Si の物理定数比較

物理定数 ／ 材料	バンドギャップ（eV）	破壊電界強度（MV/cm）	熱伝導率（W/cmK）
SiC（4H）	3.25	3	4.9
Si	1.1	0.3	1.5

パワーデバイスはダイオードとトランジスタに大別される。以下この 2 つのデバイスに関する動向をまとめる。SiC ダイオードはショットキバリアダイオードが数社から市販されており、小容量（約 2kW 以下）サーバ用電源のハイエンド高効率製品の PFC 回路部分に搭載され、SiC の高速性能を活かして高効率化が達成されている。現行の課題は、コストダウンと高電流化である。電流を大きくするためにはチップサイズを拡大することが必要であるが、これは歩留低下の要因となることからコストとのトレードオフの関係になっている。

一方、トランジスタに関しては、各社が MOS-FET の開発に取り組んでいるが、製品として上市されたものはまだない。課題は、ダイオードと同様にコストの問題と更に信頼性である。信頼性では MOS-FET のゲート酸化膜が課題となっている。電源などパワー半導体は、スイッチのオフ時に電流が流れないノ―マリーオフ特性が求められる。そのため、ノーマリーオフデバイスである MOS-FET の開発が国内外の各社で行われている。MOS-FET ではゲートに Si の酸化膜が必要になるが、SiC の酸化膜を Si と同様な熱酸化で形成すると、カーボンが酸化膜に残留することと SiC 表面の結晶欠陥の影響により信頼性が低下すると言われている[3]。したがって、SiC に適用できる酸化膜の開発が SiC-FET の製品化のために重要な課題となっている。

(3) 省エネ効果

以上のように、サーバ電源では既にパワー半導体として新材料 SiC を用いて効率向上を図ることが考えられている。SiC のショットバリアーダイオードは小電源容量ハイエンド機に使用されてきている。今後は、SiC-FET の搭載が望まれている。省エネ効果としては、SiC デバイスを適用することにより、92%の効率が 98%にまで向上すると予測されている。

(4) 参考文献

[1] DC Power for Data Center Efficiency 1 March, 2008, Lawrence Berkeley National Laoratory

[2] NEDO「次世代パワーエレクトロニクス技術開発(グリーン IT プロジェクト)

[3] グリーンパワエレ技術、産業競争力懇談会2008年度推進テーマ中間報告、p10-11、2008年 12 月 3 日

3.3.5. 分析評価とまとめ

(1) 2008 年度技術検討委員会報告書（省エネ技術ロードマップ）との比較評価

半導体に関しては「2008 年度グリーン IT 推進協議会技術検討委員会 報告書」、p. 94-105 において、今後の技術方向として、(i) CMOS の微細化、(ii) 混載技術・三次元積層技術による低消費電力化、(iii) 設計（SoC）による低消費電力化、(iv) パワーデバイスによる低消費電力化、(v) ナノエレクトロニクスデバイスへの期待、が示された。これらの技術方向に関し、国内では表 3-10 に示したプロジェクトが推進され、或いは開始されようとしている。

2009 年度の本委員会活動においては、比較的近い将来に重要な低消費電力化技術として期待されるプロジェクトで開発中の事例として、三次元積層技術、メニーコア設計技術、パワー半導体技術に関し、実施機関からの成果プレゼンテーションに基づき、その効果と今後の課題について検討した。

分析評価については各節に記載した。

(2) まとめと提言

グリーン IT、グリーンエレクトロニクス機器の消費電力の大きな部分を半導体が決定する。したがって、グリーンネットワーク・データセンタの電力に決定的な影響を与える。さらには、産業、家庭、交通などの電力やスマートグリッドにおけるパワー変換、センシング、制御等、社会のインフラストラクチャを構成する装置の消費電力低減に極めて重要な役割を果たす。したがって、半導体の低消費電力化は日本の産業全体にとって重要である。

最近の半導体においては、微細化に伴う素子ばらつきの影響や設計複雑化等の技術課題が顕在化し、製造装置の投資大規模化による経済的な岐路も見えている。三次元積層技術等応用・デバイス・製造産業に係わる半導体ビジネスモデル変革や標準化を必要とする技術もある。したがって、産業構造変化を自ら起こすチャレンジ精神を喚起しつつ、CMOSの微細化と低電圧化、半導体メモリの低電力化、設計（メニーコア）、三次元積層技術、パワーデバイスの効率向上など、課題に対する新しいソリューションを提供する技術に対する不断のチャレンジを続けてゆかなければならない。そこで、今後の重点的な技術として、下記開発の活性化を提言する。

(i)　CMOS の微細化・低電圧化を通じた低電力化

CMOS ロジック・ディジタル回路の消費電力は充放電容量 C、論理振幅 Vに対して次式αCV^2で示される。微細化によりCが低減できるが、論理振幅（CMOS では電源電圧）Vの低減（超低電圧動作）が重要である。CMOS 回路では p, nMOS トランジスタのゲート電圧が 0Vでもサブスレショールド電流が流れ、完全にオフにできないため、閾値電圧ばらつきを低減し、リーク電流を小さくするトランジスタの研究開発が必要である。また、CPU に近く、超高速書換えを必要とするキャッシュメモリは SRAM で構成されるが、SRAM は閾値電圧のばらつきにより低電圧動作が限界を迎えつつあるので、SRAM の超低電圧動作技術開発や、MRAM、FeRAM 等、SRAM を置き換える不揮発メモリの開発も必要である。

(ii) 半導体メモリの低電力化

IT 機器のメインメモリに使用される DRAM は揮発性で、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。DRAM を置換する可能性がある不揮発性メモリには PRAM、ReRAM がある。また、ストレージの領域では、フラッシュメモリが、USB、SSD などの応用に対して使用される。今後、フラッシュメモリの書換回数増大、集積度向上や、PRAM、ReRAM など新しい不揮発メモリの開発が必要である。

(iii) 設計（SoC）による低電力化

論理回路の電圧振幅V　（CMOS では電源電圧）　の低減、超低電圧動作のための回路技術開発について（ii）に示した。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、メニーコア技術、コア毎の電源電圧、基板電圧制御などの低電力化技術が必要である。

(iv) 三次元積層技術による低電力化

CPU、ロジック、プロセッサ、各種メモリを積層し、システムを構成する三次元積層技術により、接続の距離、電気的容量Cが小さくでき、高性能、低消費電力を同時に実現す

ることができる。三次元積層技術を用いてシステムを構成するためには、TSV 技術のみならず、システム設計、物理設計、テスト、放熱設計、ウェハ薄化技術、などの広範な技術開発とチップ、ウェハの流通を考えた新しいビジネスモデルも必要である。

(v) パワーデバイスによる低電力化

エレクトロニクス機器の低消費電力化には、電力損失の小さいパワーデバイスによる高効率電圧変換が不可欠である。Si パワーデバイスの低電力損失化とともに、SiC や GaN 等のワイドバンドギャップ半導体による電力損失低減、高出力密度、大電力化技術と、SiC や GaN 基板の転位密度低減、酸化膜の信頼性向上を通じた価格低減技術開発が必要である。

3.4. キーデバイス～ストレージ

3.4.1. 調査研究スコープ

サーバにおけるストレージとしては、データの利用頻度に応じて、①プライマリーストレージ、②セカンダリーストレージ、③アーカイブストレージに分類される。

アクセス頻度の高いプライマリー、セカンダリーにおいては HDD によるストレージが適しており、現在広く普及しているが、常時稼動の必要があるため、更なる高密度・高速化による省エネ化が求められる（データセンタの HDD 台数削減、装置小型化による省エネ化)。

アクセス頻度の低いアーカイブ用には低運用コスト、低消費電力等が求められるが、ここでも HDD が用いられており、環境負荷の点で問題となっている。光ディスクはこの要請に応えうる有力な候補であるが、転送レート等の問題でアーカイブ用途での採用は一部にとどまっている。しかしながら、次世代の光記録方式ではこの課題がクリアされアーカイブ用途に最適なシステムとしての期待が高い。

2007 年に公表されたIDCの白書「The Expanding Digital Universe」[1]によれば、2007 年以降、全世界で生成あるいは複製されるデータ量が利用可能なストレージ容量を上回るようになり、全てのデータがストレージできなくなるとの指摘がなされている。このような事態に対応するためにはストレージ・アーカイブシステムの容量向上は勿論のこと、省エネの観点からもデータの利用頻度等に応じたストレージ・アーカイブシステムの革新はますます重要になってきている。

ストレージシステムは、第一にドライブレベルでの省エネ化がデータセンタ／サーバの省エネ化に直結するため、ドライブレベルでのコア技術とそれによる省エネ効果について分析・評価を行なう。

次節以降で、表 3-17 に示す先進事例を紹介する。

表 3-17　ストレージの先進事例一覧

#	事例名	企業・団体	省エネのためのコア技術
17	超高密度ナノビット磁気記録技術	NEDO;（株）日立製作所、（株）HGST、（株）東芝	超高密度ナノビット磁気媒体技術、超高性能磁気ヘッド技術、超高精度ﾅﾉｱﾄﾞﾚｯｼﾝｸﾞ技術、ﾊｰﾄﾞﾃﾞｨｽｸﾄﾞﾗｲﾌﾞｼｽﾃﾑ技術（5Tb/inch2で0.3[W/TB]以下を目標）
18	画期的アーカイブ用光ディスクシステム	パナソニック（株）	ﾌﾟﾗｽﾞﾓﾆｯｸ近接場記録再生技術、高速相変化微粒子材料技術、ナノ微細加工技術、ﾋﾟｺ秒ﾊﾟﾙｽ半導体レーザ技術、ﾅﾉﾄﾞｯﾄﾄﾚｰｽｻｰﾎﾞ技術

[1]http://www.emc.com/about/destination/digital_universe/pdf/Expanding_Digital_Universe_IDC_WhitePaper_022507.pdf

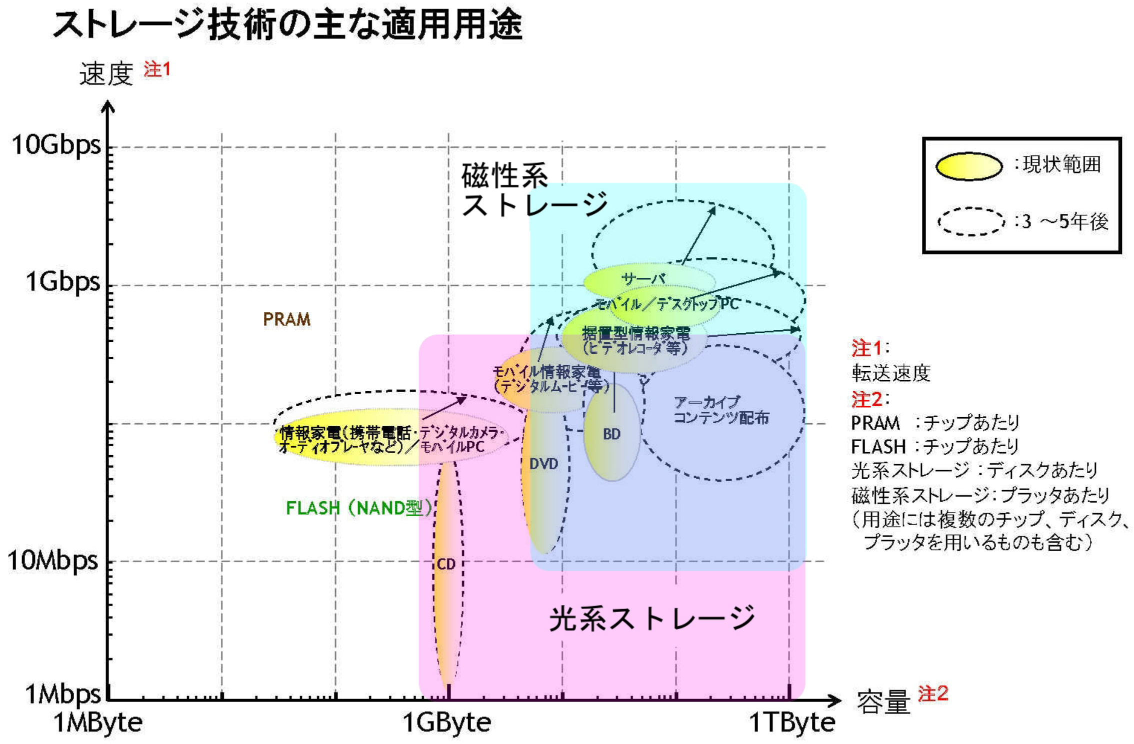


図 3-61　NEDO 技術戦略マップ 2008 より

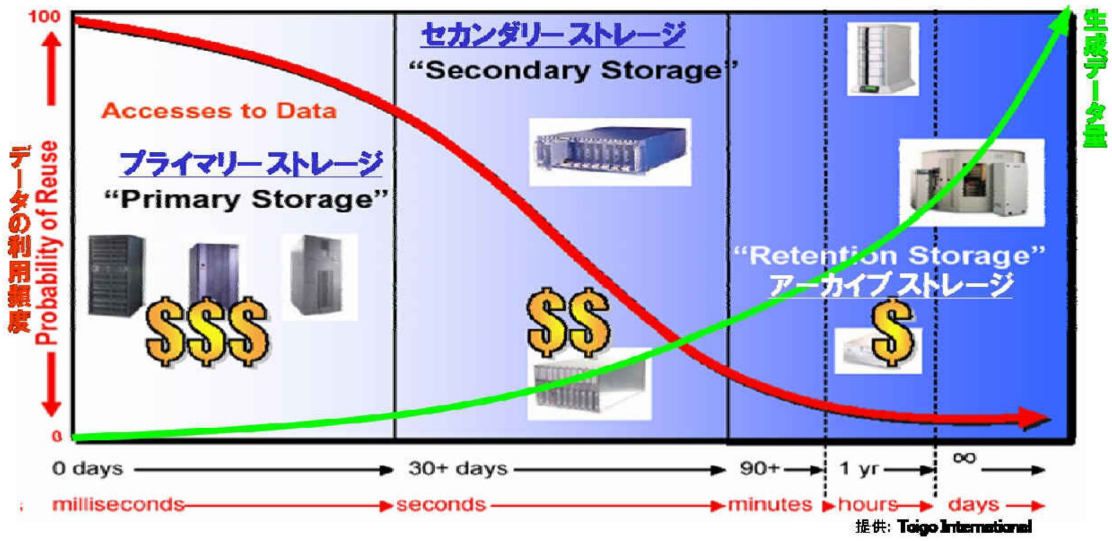


図 3-62　総務省「地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会報告書」より抜粋

3.4.2. 先進事例 17（ナノビット磁気記録）

(1) 事例概要

[企業/団体名] 株式会社日立製作所、株式会社日立グローバルストレージテクノロジーズ、株式会社東芝

[事例名/プロジェクト名] 超高密度ナノビット磁気記録技術の開発
（NEDO/グリーン IT プロジェクト）

[フェーズ] 研究

[目的] データセンタ内の HDD の台数縮減及び装置小型化。超高密度化の実現により単位情報量当たりの消費電力も削減する。

[目標] 2012 年までに、5Tb/in2 対応技術を開発し、0.3W/TB 以下の低消費電力化が可能であること検証する。

(2) コア技術

[技術名①] 超高密度ナノビット磁気媒体技術

[特長①] 記録媒体上に、直径 10nm 以下の微細パターンを形成する微細加工技術の開発により、ビットパターン媒体(Bit Patterned Media)を実現する。結晶粒の形状や大きさを人工的に揃えた単一磁気の微粒子をアレイ状に並べ、この 1 微粒子を 1 ビットとして記録再生を行う。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 ビットとして記録しても再生信号に必要な信号雑音が確保でき、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、高密度記録を行うことができる。さらに、新規磁性材料の開発により熱安定性の確保しながら、記録時に熱や高周波磁界などエネルギーを印加して反転を助長しつつ記録を行うエネルギーアシスト方式と組み合わせることによって、更なる高密度化を実現する。

[技術名②] 超高性能磁気ヘッド技術

[特長②] 記録ヘッドの特徴は、熱安定性の高い高保磁力媒体への記録を可能とするためのエネルギーアシスト機能を具備していることである。エネルギーアシスト方式として代表的なものは下記の 2 方式である。なお再生ヘッドとしては、2.5～5Tb/in2 級の高記録密度に対応した狭トラックピッチで高分解能・高感度信号の得られる再生原理・構造を採用した方式を開発する。

（1）熱アシスト記録技術

熱アシスト記録は、記録時に媒体に局所的にエネルギーを与え、200-300℃程度の高温にして媒体の保磁力 Hc を一時的に下げ、磁気ヘッドからの記録磁界と連携して高保磁力媒体に記録を行う方式である。

（2）マイクロ波アシスト技術

マイクロ波アシスト技術は、媒体の磁化の才差運動回転を助長するマイクロ波共鳴振動磁界を印加する事で、磁気ヘッドからの記録磁界と連携して熱減磁耐力の大きな高保磁力媒体に記録する方式である。

[技術名③]　超高精度ナノアドレッシング技術

[特長③]　動的環境下において、超精密位置決め精度をもって、ナノビット一つ一つに、ヘッドをアクセスさせることのできる技術である。5Tb／in2 の記録密度では記録トラックピッチ・ビットピッチ共に十数 nm 程度になることが想定されるため、記録ヘッド位置をナノメートルオーダで動的位置決めることの可能な超小型･ナノ精度アクチュエータや、流体起因振動などの種々の外乱の影響を抑圧する超高速サーボ制御技術及び連成シミュレーション技術などの開発を行う。

[技術名④]　ハードディスクドライブシステム化技術

[特長④]　5Tb/in2 の超高面記録密度を有する小型･低消費電力動作ハードディスクドライブの実現に向けたインテグレーション技術である。媒体、磁気ヘッド(記録/再生)、アドレッシングのなどの個別要素の摺り合わせ技術を確立するとともに、統合シミュレーション技術により個別要素性能を統合した HDD システム性能を検証し、単位情報量あたりの消費電力が 0.3W／テラバイト以下の消費電力の実現が図れることを検証する。

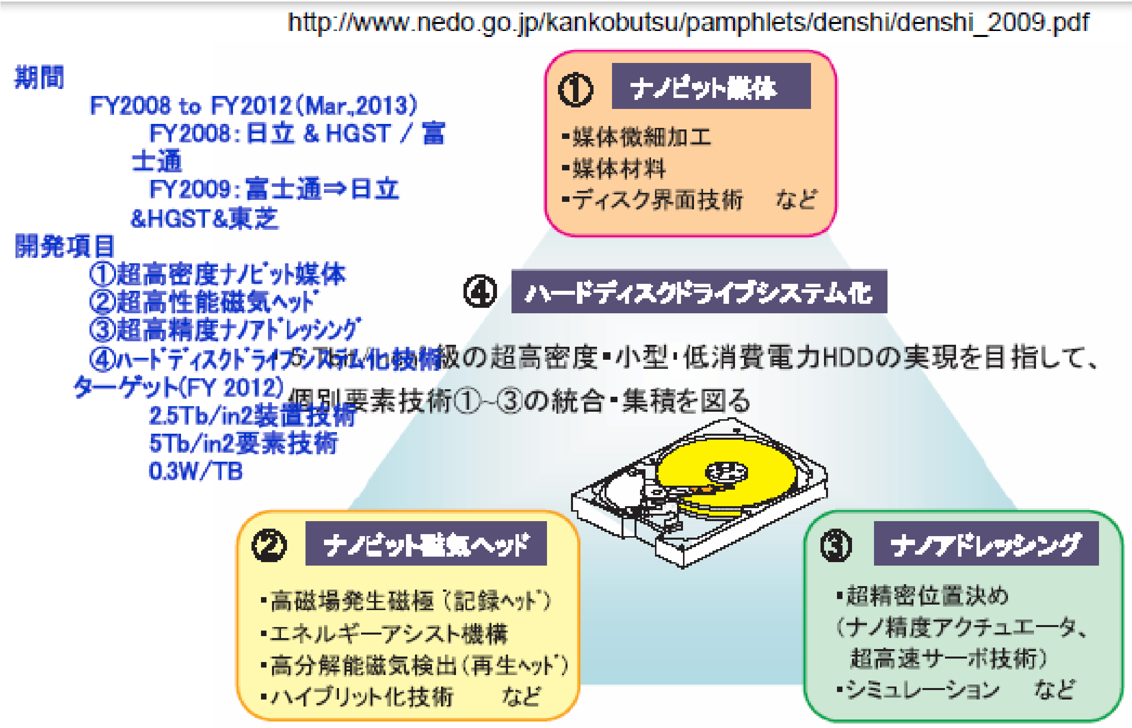


図 3-63　NEDO「ナノビット磁気記録」概要

(3) 省エネ効果

[見込み/実績]　見込み

[評価指標]　単位情報量当たりの消費電力

[評価値]　0.3[W/TB]以下(目標)

(4) 省エネ効果の前提条件

[評価時期]　平成 24 年度（2012 年）

[その他]　5Tbit/inch2 対応の媒体、磁気ヘッド、アドレッシング技術の組合せにおいて、HDD アクティブアイドル時の消費電力を性能検証する。

(5) 参考文献

[1] NEDO, 電子・情報技術分野の技術ロードマップ 2007 解説
http://www.nedo.go.jp/denshi/roadmap/2007/saku_memory.pdf

[2] NEDO, 電子・情報技術開発 2009,
http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/pamphlets/denshi/denshi_2009.pdf

3.4.3. 先進事例 18（画期的アーカイブ用光ディスクシステム）

(1) 事例概要

[企業/団体名] パナソニック株式会社

[事例名] 革新的光ディスク

[フェーズ] 研究企画段階

[目標] 100 テラバイト/枚（φ120mm）

(2) コア技術

[技術名]

ａ）プラズモニック近接場記録再生技術

ｂ）高速相変化微粒子材料技術

ｃ）ナノ微細加工技術

ｄ）ピコ秒パルス半導体レーザ技術

ｅ）ナノドットトレースサーボ技術

[特長]

１）書き換え更新することなく長期保存できる光ディスクは、グリーン IT のソリューションとして、高いポテンシャルを有する。特に、データセンタの大半（約 70%）の情報量は、低頻度のアクセスに限定されており、アーカイブとして優れた特性の光ディスクの普及が望まれる分野である。しかしながら、光ディスクは、容量と転送レートというストレージの根幹である性能において、大きく見劣りし、ストレージの主役として普及するには至っていない。ただし、これらは技術の問題であり、革新的技術の創出でこれらを克服すれば、CO2 排出削減に大きな効果をもたらす。

２）本事例は、プラズモニック近接場を利用することにより、10nm 以下の微細スポットを形成し、相変化微粒子記録媒体に記録する革新的光ディスクを実現するものである。課題である容量（記録密度）の飛躍的向上により線密度も向上するため、転送レートも飛躍的に向上させることができる。この実現により、日本のお家芸とも言える光ディスク技術を革新、世界を牽引することで、日本がイニシアティブを取って CO2 排出削減に貢献することができる。

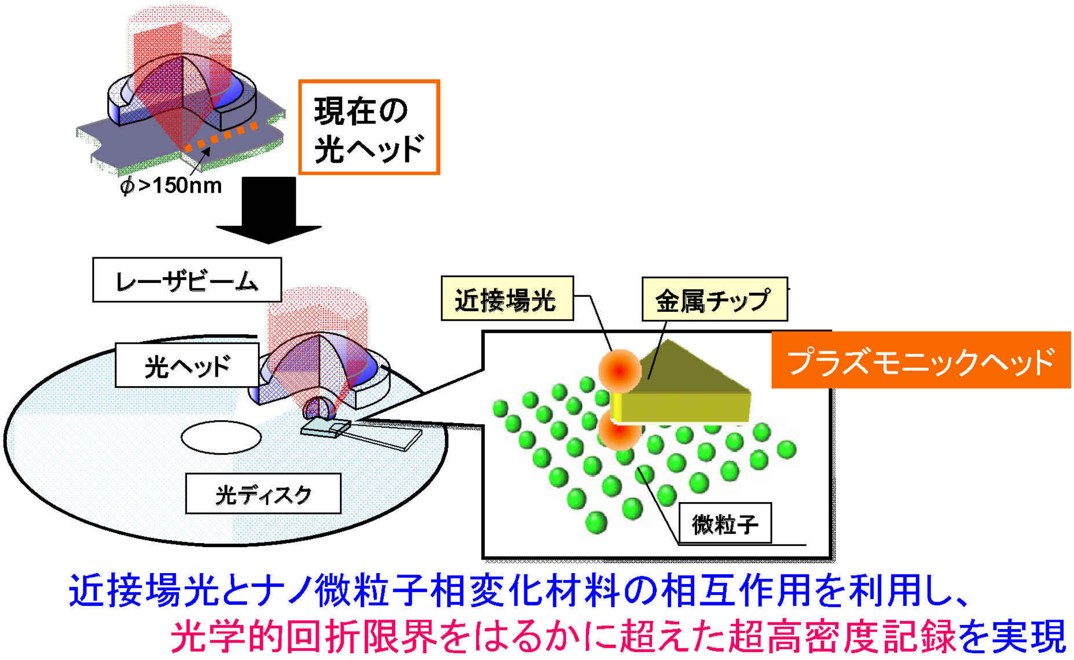


図 3-64　超高密度光記録に向けてのアプローチ

(3) 省エネ効果

[評価指標]　世界のデータセンタ、サーバにおける HDD とその冷却に要する CO2 排出量

[見込み/実績]

2006 年実績：270 万トン

2025 年見込：960 万トン（省エネ対策なしに情報量増加に対応）

675 万トン（HDD で省エネを追求）

230 万トン（HDD の低頻度書アクセス部分を革新的光ディスクに）

120 万トン（更に高頻度アクセス部分を半導体メモリに置き換え）

[評価値]

	対 2006 年実績比	対 2025 年見込比
革新的光ディスクのみ	CO2 削減量 40 万トン	CO2 削減量 730 万トン
革新的光ディスク＋半導体	CO2 削減量 150 万トン	CO2 削減量 840 万トン

(4) 省エネ効果の前提条件

[規模] 世界のデータセンタ、サーバにおけると HDD その冷却に要する消費電力より算出

[評価時期]　2006 年実績と 2025 年見込み

(5) 参考文献

[1] 経済産業省のグリーン IT 協議会報告資料

[2] http://www.meti.go.jp/press/20071207005/03_G_IT_ini.pdf

[3] 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」報告書

[4] http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/chousa/ict_globalwarming/pdf/0804_h1.pdf

[5] Y.Kushiki, Presented at Global Standards Symposium, South Africa, 20 October 2008.

[6] http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/26/07/T26070000010031PDFE.pdf

3.4.4. 分析評価とまとめ

(1) 2008 年度省エネ技術ロードマップとの比較評価

① 事例毎の分析評価結果

(i)「ナノビット磁気記録」

2008 年度本協議会技術検討委員会報告書におけるストレージに関する技術ロードマップでは、2008 年 5[mW/GB]に対して、2012 年 1.25[mW/GB]、2018 年 0.3[mW/GB]、2025 年に 0.05～0.1[mW/GB]である。本事例 17 では、2012 年で 0.3[W/TB](=0.3[mW/GB])以下の性能検証を目指しており、その後 6 年以内に実用化できるとすると、ロードマップとほぼ一致していると言える。

(ii)「画期的アーカイブ用光ディスクシステム」

本光記録技術は 2008 年度省エネ技術ロードマップにおいて記載されているホログラム記録やSIL方式の更に先を睨んだ技術であるプラズモニック近接場光に基づく記録方式である。

同ロードマップにおいて光系ストレージは、単層で 2017 年度 3TB、2027 年以降で 1PB の記録容量が見込まれているが、本事例 18 の目標は 100TB であり、概ね妥当な目標となっている。また、寿命も 100 年以上であり妥当な目標となっている。

省エネの可能性として、GB 当たりの最大消費電力も 2025 年には 2008 年の 0.3%程度と推定されているが、仮にこれが記録密度のみによって達成されるものとして、現在の 2 層 BD の 50GB が 17TB 程度になればよく、十分これを上回る目標となっている。

② 分野全体の分析評価結果

磁性系、光系ともに今回の調査事例においては昨年度策定した省エネ技術ロードマップとよく一致している。したがって、本調査事例テーマやその後継テーマを着実に推進して実用化を進めることが省エネ実現のために重要である。

(2) まとめ

情報の生成・流通量は今後ますます増加の一途をたどり、また多様化する中にあって、情報の効率的な運用は勿論のこと、省エネの観点からもストレージシステム全体の効率化がますます求められる。本調査事例はストレージシステムの根幹を成すデバイスの高性能化（高密度化、高速化）に関するものであるが、それはストレージシステムの省エネ・省資源化につながるものであり、また新たなストレージシステムを構築できる可能性を秘めている。

HDD、光ディスクともに実用化に向けては産業界が主体的に進めるべきであるが、両者ともに nm オーダーの現象を取り扱う領域に入ってきている。このような磁性微粒子や光相変化微粒子の未知なる物性解明や新規材料開発等においては大学等の知の活用や Spring-8 等の大型研究施設を活用した研究等が非常に重要となるため、国の支援のもと産学官一体となってこれを押し進めることが重要となる。2020 年以降の CO2 排出削減に確実につながる技術開発として国策として推進していくことが望まれる。

3.5.　キーデバイス～ディスプレイ

3.5.1. 調査研究スコープ

情報端末機器の中にあって、ディスプレイは、その機能が最終ユーザーに直接触れるデバイスとなっていることから、絶えず最終ユーザーの目を意識した技術開発が必須となっている。今日使用利便性という点で、ユーザーの機能高度化に対する要求は日に日に増してきており、高精細化、高密度化、高速化、大画面化など、様々な機能が付加・向上されるようになってきている。しかしこれらの機能の多くは電力消費型の機能であり、デバイスの消費電力を増加させる要因となってしまうものばかりである。その一方で、情報端末機器を構成するデバイスの中でもディスプレイは特に電力消費ウェートが高くなってしまっているデバイスであるがために、その低消費電力化への技術導入は、まさに個別製品の他製品との差異化を導き出す重要な要因となっており、今日の技術開発においても最も重要視されている事項の一つとなっている。すなわち、ディスプレイには、機能の向上を図るとともに低消費電力化を図らなければならないという相対する技術志向を同時に満たすような技術開発をしていくことが求められており、難しい状況下での高度な技術開発が必要となってきている。

ディスプレイは、今日主要なものとして液晶ディスプレイ（LCD）、プラズマディスプレイ（PDP）、有機 EL ディスプレイ（OLED）の 3 種があげられる。このうち、情報端末機器用としては、今日液晶ディスプレイが最も多く普及しているデバイスであり、その省エネルギー化技術の開発は、一般社会レベルにおいても極めて高い関心事となっている。これに対して、その動作原理から低消費電力化ということでは液晶ディスプレイを凌ぐとの期待の高いのが有機 EL ディスプレイである。自発光タイプのディスプレイであることから、その消費電力は、原理的には液晶ディスプレイの 1/2 とも 1/3 とも言われており、さらに動作速度、色の精彩度の高さなどが大きな特徴となっていることから、次世代の低消費電力型のディスプレイとしての期待は大きい。まだ今日においては、生産技術の確立など多くの技術課題を残していることから、携帯電話やデジタルカメラ表示など、一部に導入がなされ始めたばかりであるが、今後の技術開発には期待が寄せられているところである。

プラズマディスプレイに関しては、主として大画面仕様が得意とされている技術であることから、情報端末としては主にデジタルサイネージなどの屋外大型表示としての適用が期待されているところである。大型デバイスとなると、特に消費電力の削減効果は飛躍的に大きくなっていくことから、今後市場要求に応じて大型のディスプレイを普及させることとなって行っても、消費電力を増大させないという視点で、その省エネルギー化技術開発は、注目されるところとなっている。

これら 3 種のディスプレイは、基本原理が異なることから技術開発の方向性が一見それぞれ異なるようにも見えるが、ディスプレイという「表示」と「表示を駆動する」という

機能から成り立っているデバイスとしてみるならば、基本的なエネルギー消費要素は同一種とみることができ、技術開発の方向性は、類似カテゴリーとしてとらえることができる。

そこで、ディスプレイの低消費電力化の主な要素技術を共通のカテゴリーとして列挙してみるならば、「材料技術（高効率材料の開発等）」、「デバイス構造技術（高光取り出し効率の開発等）」、「駆動技術」などがあげられることになる。それぞれに対しては、先進技術開発例にみられるようにそれぞれ固有の取り組みがなされているが、技術分類としては、各ディスプレイ技術に共通の技術カテゴリーとしてとらえることができる。こうした技術カテゴリーに対して、ディスプレイ技術に対して横断的・体系的に取り扱っていくことが一つの調査スコープとはなりうるが、現状では技術開発事例が製品戦略となっているものが多く、枚挙に暇がないことから、ここでは、まずは代表的な先進的技術開発例を、液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイ、有機 EL ディスプレイに対して調査し、取り組み状況などを整理する。また一方で、ディスプレイは、最終ユーザーに直接触れるものであることから、その低消費電力化は、社会の大きな関心事となっている。そのため、国を挙げて NEDO プロジェクトなどを実施する事例なども増えてきている。ここでは、そうした NEDO プロジェクト等の推進状況などについても調査する。

次節以降で、に示す先進事例を紹介する。

表 3-18　ディスプレイの先進事例一覧

#	事例名	企業・団体	省エネのためのコア技術
19	光配向技術の実用化	シャープ（株）	UV^2A光配向技術（46型で消費電力削減率35.6%）
20	スーパートップエミッション	ソニー（株）	有機ELスーパートップエミッション構造
21	プラズマディスプレイ	パナソニック（株）	パネル発光効率向上、無効電力の低減、電気回路ロスの低減、低電圧化、コントラストの向上、周辺回路の低電力化
22	有機EL素子ナノ回折格子構造	東芝モバイルディスプレイ（株）	ナノ回折格子光取り出し構造
23	次世代大型低消費電力液晶ディスプレイ基盤技術開発	NEDO；シャープ（株）、他	装置技術、画像表示技術、高効率部材の開発、
24	次世代大型低消費電力プラズマディスプレイ基盤技術開発	NEDO；次世代PDP開発センター	パネル構成材料技術、プロセス・設備技術、パネル設計・駆動技術の開発、
25	次世代大型有機ELディスプレイ基盤技術開発	NEDO；ソニー（株）、他	低損傷大面積電極形成技術、大面積透明封止技術、大面積有機製膜技術の開発、

3.5.2. 先進事例 19（「光配向技術」の実用化）

(1) 事例概要

[企業/団体名]　シャープ株式会社

[事例名]　「光配向[1]技術」の実用化

[フェーズ]　生産導入

[目標]　液晶テレビを次世代に向けて大きく進化させる全く新しい液晶パネルの中核技術として、液晶分子の向きを精密に制御できる光配向技術「UV²A 技術」を開発し、本格的に生産導入する。「UV²A 技術」により、従来の延長上にない、画期的な高画質性能と省エネ性能を達成する。

(2) コア技術

[技術名]　「UV²A(ユーブイツーエー)[2]技術」

[特長]

従来技術では液晶分子の倒れる方向を予め決めるために、液晶パネル内に「リブ」や「スリット」という構造物が必要であった。UV²A 技術は、紫外線によって反応する特殊な材料を配向膜として採用し、紫外線の照射方向によって液晶分子の並びを高精度に制御する「光配向」という全く新しい方法を適用する事により、これらの構造物をなくすことを可能にした。

具体的な液晶の配向方法を図 3-65 に示す。ガラス基板に光配向膜を塗布、焼成し、斜め方向から紫外光（UV 光）を照射する。この斜め UV 光により配向膜表面の高分子側鎖が照射方向に再配列する。液晶パネル内に注入された液晶分子はこの高分子側鎖の並んだ方向に配向する。

図 3-66 に従来構造と UV²A 構造の黒表示時の光漏れを示す。従来構造では「リブ」や「スリット」からの光漏れが観察されるのに対し、UV²A 構造では微細なすき間の無い配向が実現できており、バックライトの光漏れがほとんど無く、パネル状態でスタティックコントラスト 5000：1（従来比 1.6 倍）という締まった黒を表示する事が可能となった。

また、図 3-67 に示すように開口率は従来比 20%以上向上し、輝く白の再現力も高めている。明るさが向上することで、バックライトの消費電力も抑制でき、環境性能も高める事ができている。

UV²A 技術では、先に述べた様に配向規制力をガラス基板表面の液晶分子全面に与える、いわゆる面的配向を実現しているので、従来の“ドミノ倒し的”な伝播応答とは異なり、全分子が同時応答するため、従来の 2 倍の 4m s 以下という高速応答を可能とした。

図 3-68 に電圧印加後の液晶分子の動きを示す。従来構造では「リブ」、「スリット」部

---

[1] 液晶分子の向きを一定方向に揃えるもの。

[2] Ultraviolet induced multi-domain Vertical Alignment の略。

分から液晶分子が動き出し、伝播するのに対し、UV²A 構造では画素全体が一様に応答する様子を示している。更に、今回は液晶材料の物性面の最適化を行い、更なる高速化を行っている。

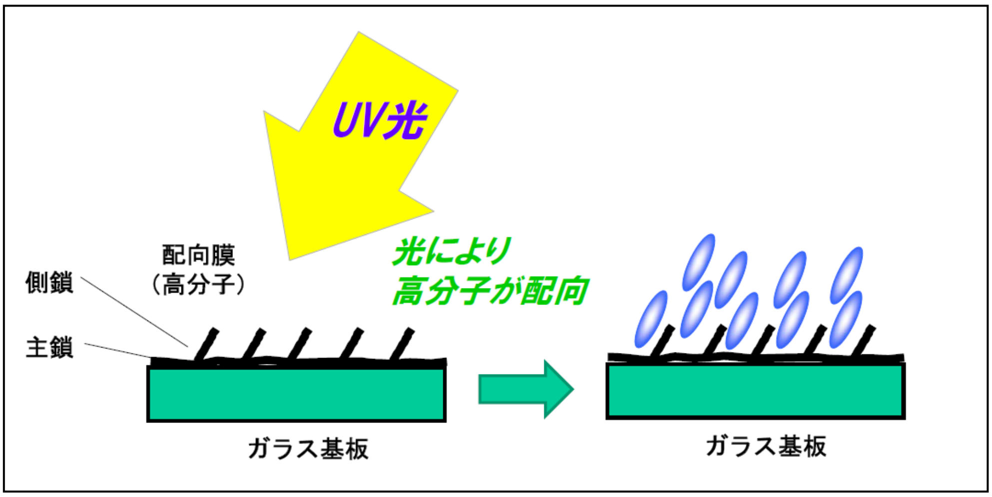


図 3-65　UV²A 配向技術の概要

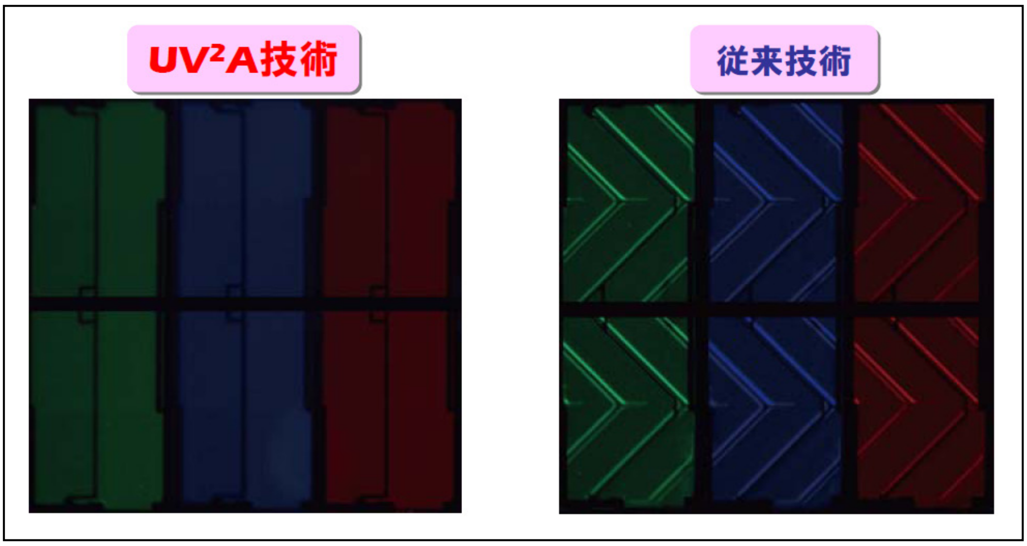


図 3-66　UV²A と従来技術の黒表示の比較

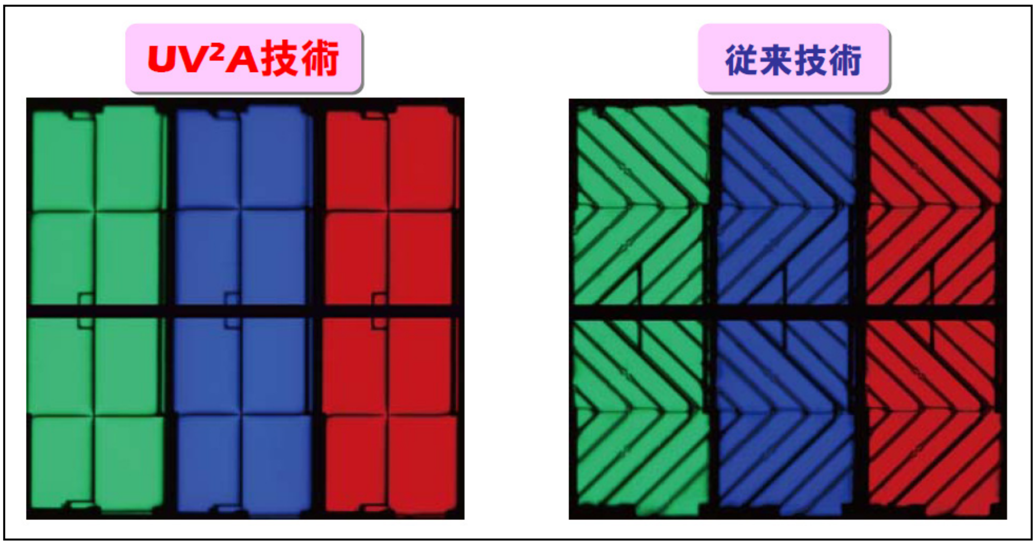


図 3-67　UV^{2}A と従来技術の白表示の比較

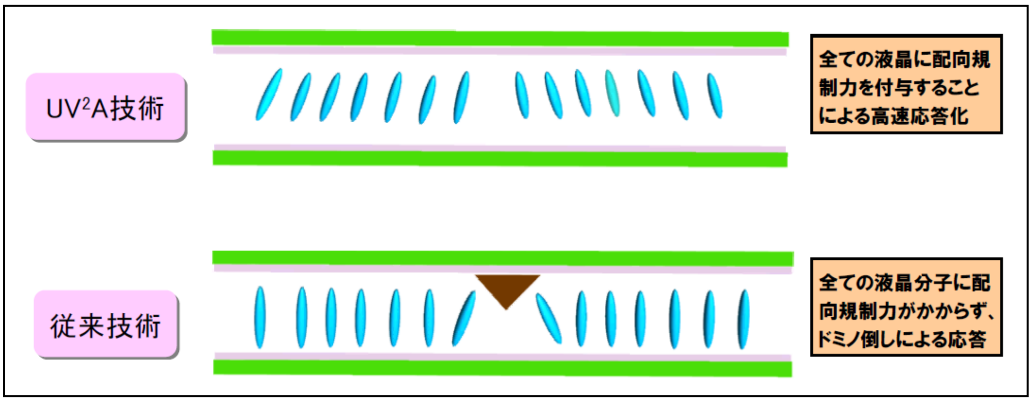


図 3-68　UV^{2}A と従来技術の液晶の応答比較

(3) 省エネ効果

「UV^{2}A 技術」により生産された液晶パネルと LED バックライトを採用したシャープ（株）の液晶テレビ「AQUOS　LX1」シリーズ（2009 年 11 月発売）と、従来機種である「AQUOS　GX5」シリ ーズ（2008 年 6 月発売）の消費電力比較を表 3-19 に示す。「UV^{2}A 技術」と LED バックライトを組み合わせた結果ではあるが、年間消費電力量において従来機種と比べて、46 型では約 35.6%、52 型では約 34.1%の削減が可能となった。

表 3-19　UV²A と従来技術による液晶テレビの消費電力比較

画面サイズ	項目	UV²A 技術及び LED バックライト採用機種	従来機種
46V 型	型名	LC-46LX1	LC-46GX5
	消費電力	172W	280W
	待機時消費電力	0. 1W	0. 1W
	年間消費電力量	143kWh	222kWh
52V 型	型名	LC-52LX1	LC-52GX5
	消費電力	192W	315W
	待機時消費電力	0. 1W	0. 1W
	年間消費電力量	168kWh	255kWh

(4) 参考文献

[1] シャープ株式会社　ニュースリリース　「テレビ向け次世代液晶パネルの中核技術 「UV²A(ユーブイツーエー)技術」を生産導入」
http://www.sharp.co.jp/corporate/news/090916-a.html

[2] シャープ株式会社　ホームページ　「UV²A 技術 ～ 液晶パネルを飛躍的に進化させた夢の技術」
http://www.sharp.co.jp/aquos/technology/uv2a/

3.5.3. 先進事例 20（スーパートップエミッション）

(1) 事例概要

［企業/団体名］ ソニー株式会社

[事例名] スーパートップエミッション：高光取り出し効率のためのトップエミッション構造

[フェーズ] 生産導入

(2) コア技術

［技術名］ 有機 EL スーパートップエミッション構造

［特長］ 「スーパートップエミッション」方式は、マイクロキャビティ（微小共振器）構造とカラーフィルタにより、色純度アップと高コントラストと低消費電力を同時に実現する技術である。マイクロキャビティ構造は、上下電極間での光の共振効果を利用している。RGB（赤・緑・青）各色の光の波長はそれぞれ異なるため、各色の EL スペクトルピーク波長に陰極（カソード）・陽極（アノード）電極間の光路長を合致させ、各色から最も強い光を取り出すように有機層の膜厚を変えている。発生した光は、カソード半透過膜とアノード電極（反射膜）との間で反射を繰り返す。光路長の合致した波長の光のみを共振させて強調し、光路長のずれたそれ以外の波長の光を弱める。この結果、外部に取り出される光のスペクトルが急峻かつ高強度になり、輝度と色純度が向上するという構造となっている。従来の有機 EL パネルは、パネル表面に円偏光板（位相差板と偏光板）を設置し、外光反射を防いでいたが、これでは EL 光量が半減してしまう。本方式では、円偏光板を使用せず、マイクロキャビティ構造にカラーフィルタを組み合わせたことで、外光反射を防ぐと同時に、色純度を向上する。これにより、低消費電力でかつ長寿命、高画質を実現した。

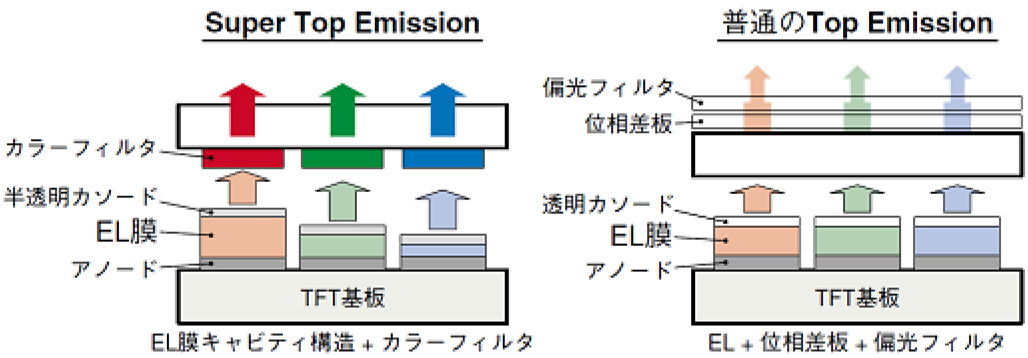


図 3-69 Super Top Emission 構造と普通の Top Emission 構造の概念図

(3) 省エネ効果

ソニーは、世界初の有機 EL テレ ビ「XEL-1」(11V 型) を 2007 年 12 月より販売開始。有機 EL は自発光構造のためバックライトなどの別光源を必要とせず、また低い電圧で駆動できるため、他のディスプレイデバイスと比較して消費電力も低く抑えることが可能。消費電力は 45W (待機時は 0.84W)。

世界初の有機 EL テレビのため、従来品との改善効果は提示できないが、有機材料や駆動回路の新開発などによって、パネル部分の消費電力を同社 20V 型液晶に比較すると約 40%削減している。

(4) 参考文献

[1] プレスリリース　世界初　有機 EL テレビ発売
http://www.sony.jp/CorporateCruise/Press/200710/07-1001/

[2] 世界初の有機 EL テレビ、ソニー「XEL-1」(詳報)　2007 年 10 月 01 日 16 時 42 分更新
http://plusd.itmedia.co.jp/lifestyle/articles/0710/01/news059.html

3.5.4. 先進事例 21（プラズマディスプレイ）

(1) 事例概要

[企業/団体名] パナソニック株式会社

[事例名] プラズマディスプレイ

[フェーズ] 製品、開発

[目標] 先行する他のディスプレイデバイスに拮抗する低消費電力の実現。具体的には、

・年間消費電力の 1/2 以下への低減（2007 年度を基準）と更なる低消費電力の実現、

・省エネ法でのトップクラス維持、

・エナジスターの基準達成（段階的に削減目標が定められ、2012 年で IEC 法[1]による平均消費電力が 42 型で 100W 程度、50 型で 108W）。

(2) コア技術

PDP TV の省電力化には、パネル、駆動、セット化技術など、総ての部分での低消費電力化が必要とされる。具体的には、(ⅰ)パネル発光効率の向上、(ⅱ)無効電力の低減、(ⅲ)電気回路ロスの低減、(ⅳ)低電圧化、(ⅴ)コントラストの向上、(ⅵ)周辺回路（チューナー、信号処理）の低電力化 などが必要とされる。パネル発光効率の向上に注目しがちだが、低消費電力化が進んだ現在、それ以外の項目の重要度が増している。以下に最近の成果の概要と課題について述べる。

(ⅰ) パネル発光効率の向上

PDP はガス放電を利用したディスプレイで、パネル発光効率は放電に用いられる電力に対する放電で発生する可視光量として定義され、駆動における電気的なロスなどを除いた正味の変換効率である。放電ガスには、一般に Xe（キセノン）と Ne（ネオン）の混合ガスが用いられる。

高発光効率を実現するため、

ａ）放電における紫外線(147nm、178nm)発生量の多い高 Xe ガス分圧や長ギャップ化、

ｂ)可視光への変換効率や可視光取り出し効率を向上させる高効率蛍光体(147nm、178nm 励起)や高開口率化、

ｃ）放電の効率を向上させる電極形状などのセル構造[2]や誘電体、保護膜[3]などの材料物性、

ｄ）Xe の励起効率の高い駆動パルス波形や駆動法

などが主に検討されている。

＜課題＞ 上記ａ）では図 3-70 に示す駆動電圧の上昇、ｂ）とｃ）では高温のパネルプロセスへの適正を含めた材料選択の難しさ[4][5]、ｄ）では安定な駆動との両立や回路コストの上昇などが課題となる。

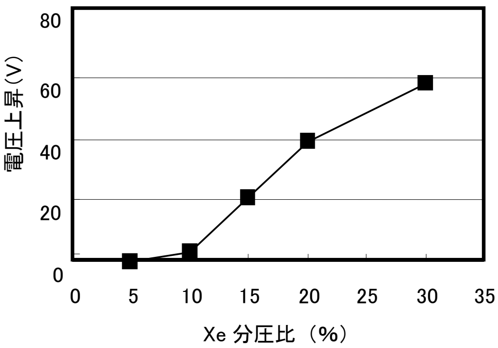


図 3-70　Xe 分圧と電圧上昇の関係

（ⅱ）　無効電力の低減

PDP は一般に維持放電で 200V 程度、アドレス放電で数十 V の高速パルスで駆動するため、容量性の損失が発生する。LC 共振などを用いた充放電電力の回収は行われているものの、電極間の電気容量の充放電電流の一部が損失となる。

＜課題＞　低減するには、材料の低誘電率化（誘電体、リブ、基板）や電極形状や電極配置などの最適化（電気容量とパネル発光効率、駆動特性などの最適化）が必要となる。

（ⅲ）　電気回路でのロスの低減

＜課題＞　素子の ON 抵抗低減、低電圧化、ピーク電流低減などが必要となる。

（ⅳ）　駆動の低電圧化

＜課題＞　低電圧化を実現するには、保護層材料のXeに対するγ特性（イオン衝撃による 2 次電子放出特性でオージェ過程による電子放出と説明されている）の向上、低電圧で増大する放電遅れ[3]の低減（電極構造の最適化や、電子放出材料[4]の利用）などが必要となる。

（ⅴ）　コントラストの向上（暗室、明室）

ディスプレイの表示特性では、単に白輝度を高くするより、低輝度でもコントラストを高くするとより明るく認識される。また視認性も向上する。黒輝度を低減することによる高コントラスト化は、必要以上の白輝度を必要としないため低消費電力となる。

＜課題＞　暗室コントラストの向上には、パネルと駆動法の改善が必要とされる。明室コントラストの向上には、パネルの反射率の低減、とくに前面フィルターの光学特性の向上が必要となる。

（ⅵ）　周辺回路の低電力化

チューナー、信号処理、電源なども PDP に最適化した低電力化が必要になる。PDP の消費電力が低減された結果、チューナーや信号処理で消費される電力や DC 電源の変換ロス

3　電圧パルスを印加してから実際の放電が始まるまでの時間で、遅くなると階調不足や駆動の不安定化などの原因となる。

4　CEL（Crystal Emissive Layer）材料が用いられる。放電により励起された結晶が、数十マイクロ秒以上にわたる遅れ電子放出を起こす現象を利用する。この現象は MgO 単結晶で顕著に観察され、自己オージェ過程での電子放出ではないかと説明されている。保護層材料の上に形成され高速放電を実現した。

などの比重が増し、これらの低電力化が改めて必要とされている。

以下に 2010 年の製品に用いられた省電力技術を示す。今後ともあらゆる面で省エネ技術を向上させ、高画質な PDP の省電力化に取り組んでゆく。

・ パネル技術[6]：

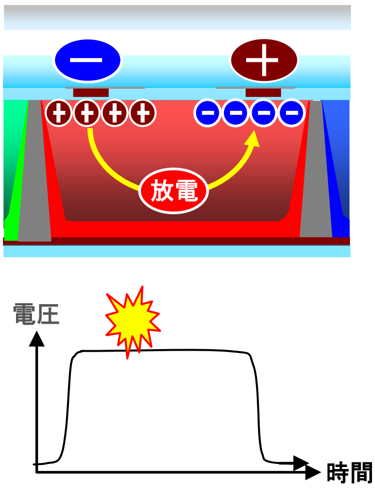
高効率高密度蛍光体、電子放出材料「新ダイナミックブラックレイヤー」、新放電ガス（Xe 濃度増大）、新誘電体薄膜化、ブラックストライプレス（高開口率）、ナロー電極などの技術で、放電／発光／光取り出しの各効率を向上しパネル発光効率を 4 倍（2007 年度比）に向上し、同時に無効電力も低減した。

・ 駆動技術：

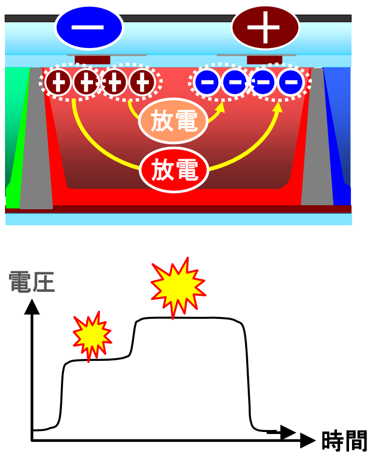
2 段階放電（図 3-71 参照）によるパネル発光効率の向上、超高速駆動と適応型信号処理によりコントラストを向上するとともに高画質で低消費電力な駆動を実現した。

・ その他技術：

直貼りのディープブラックフィルター（図 3-72 参照）により明室でのコントラストを向上した。



a） 従来パネル



b） フル・ブラックパネル

図 3-71 フル・ブラックパネルに用いた 2 段階放電と従来パネルでの放電

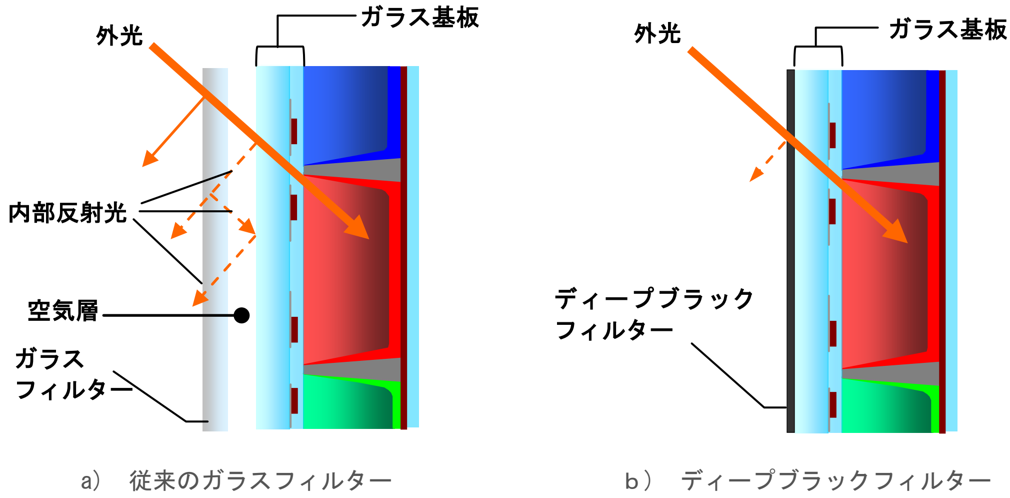
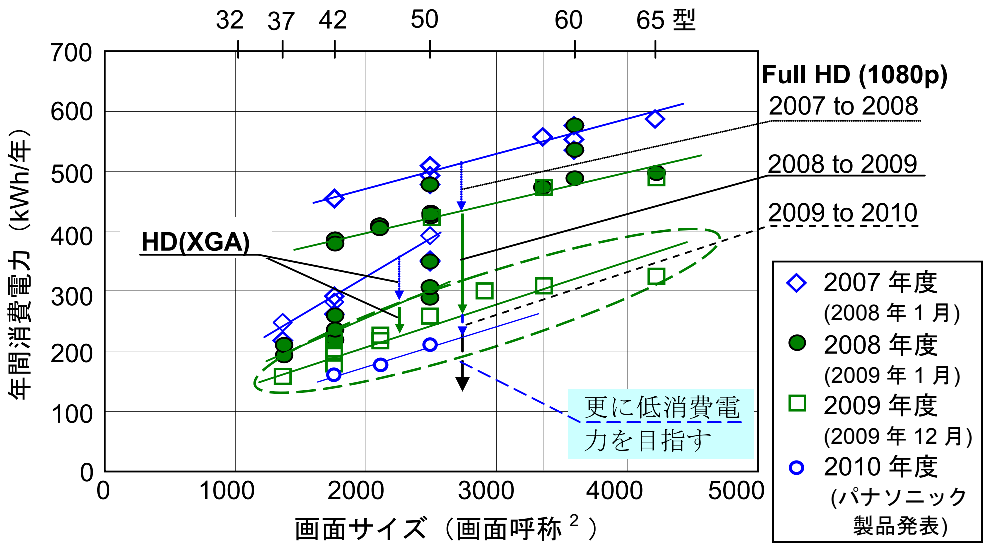


図 3-72 ディープブラックフィルターによる明所コントラストの向上（外光反射低減）

(3) 省エネ効果

パネル発光効率 4 倍（2007-2010；42 型でIEC法の平均消費電力 95W)、年間消費電力 13%削減（2009 年－2010 年; 50 型 、500 万:1 の暗所コントラスト実現と明所コントラストを約 2 倍に向上、年間消費電力は 42 型で 160 kWh/年（参考値 [5]）を達成した。図 3-73 に 2007 年度以降のPDP TVの画面サイズと年間消費電力の関係を示す。2009 年には半減を達成し、更に削減を進めている。



出典：国内 TV メーカー各社カタログ、ホームページ記載のデータより作成

図 3-73 PDP の画面サイズと年間消費電力の改善推移
2007 年度（2008 年 1 月）から 2009 年度（2009 年 12 月）の推移

経済産業省の機械統計[7]では平成 20 年度の PDP テレビの国内生産数は 1,233,854 台と

5 従来の静止画を用いた消費電力の測定結果。2010 年 4 月からは動画を用いた方法に変わる。

なっている。簡単に100万台として42型の年間消費電力が2007年度460kWh／年から2010年度160kWh／年への向上と考えると、省エネ効果としては年間300 GWhとなる。

(460-160) kWh／年×100万台　＝　300 GWh／年

買い替えが進んでいるCRTの大型テレビ（30型前後）の年間消費電力は2004年度で200-300kWh／年[8]だったため、これと比べると1台当たり100kWh／年の省電力（トータル年間1GWh）となる。

今後の技術進歩により、PDPの省エネ性能を更に進化させてゆく。

(4) 参考文献[6]とWeb site

[1] IEC 62087-BD Ed.2: 2008, "Methods of measurement for the power consumption of audio, video and related equipment"

[2] T. Akiyama et al., "Analysis of Discharges in High Luminous Efficacy PDP with 5lm/W", pp. 378-381, SID 08 DIGEST, 2008

[3] M. Nishitani et al., "Investigation of MgO:Al, N Films on Electron Emission Properties", pp. 1919-1922, IDW '09, 2009

[4] M. Sakai et al., "Analysis of the Degradation of Secondary Electron Emission Coefficient of Protective Layers Formed by Alkaline –Earth Oxides for Plasma Display Panels", pp. 1881-1884, IDW '08, 2008

[5] Y. Fukui et al., "Discharge Properties and Chemical Stability of SrZrO Films", pp. 1945-1948, IDW '09, 2009

[6] パナソニック㈱Homepage;
・http://panasonic.jp/viera/products/vt2/p_picture.html
・http://panasonic.jp/viera/products/vt2/p_eco.html

[7] 経済産業省の機械統計 Homepage;
http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/03_kikai.html#menu2

[8] 打土井、「4.2.2　PDP(プラズマディスプレイ)」、2004年度光技術動向調査報告、㈶光産業技術振興協会

[6] APDC(次世代 PDP 開発センター)とパナソニックの発表文献を主に挙げた。

3.5.5. 先進事例 22（有機 EL 素子ナノ回折格子構造）

(1) 事例概要

［企業/団体名］ 東芝モバイルディスプレイ株式会社

［事例名］ 有機 EL 素子ナノ回折格子構造：発光した光を高効率で外部に取り出す技術

［フェーズ］ 試作・研究開発

［目標］ 自発光ディスプレイである有機 EL の発光効率を飛躍的に増大させるために、ナノ回折格子を有機 EL 素子構造に導入し、光の取り出し効率を増大させる技術を開発する。この新構造により、従来の延長上にない、画期的な省エネ性能を達成する。

(2) コア技術

［技術名］ ナノ回折格子光取り出し構造

［特長］ 有機 EL 素子では、特別な対策を施さない場合、発光した光の取り出し効率が 20%ほどと低く、残り 70～80%を利用できていない基本構造となっている。より少ない電力量で効率的な発光を得るためには、この光取り出し効率を向上させる構造に設計していくことが最も効果的である。当該技術は、ナノ回折格子という構造を有機 EL 素子に適用することで、光取り出し効率を向上させる技術である[1][2][3]。

回折格子には、格子間隔と同程度の波長の光を取り出す効果があることが以前から知られている。ただし、可視光の波長間隔を持つ回折格子を精度よく製造する技術がこれまではほとんどなかった。ここでは　この回折格子を「自己組織化ナノ加工」と呼ぶ技術で製造し、有機 EL 素子の光取り出し効率を高めることを狙った。回折格子の SEM 像を図 3-74 に示す。ナノサイズの凹凸が整然と配列されているのが分かる。

上記回折格子を有機 EL 素子に導入するには次の工程を用いた。基板上に反射層を形成後、SiO2 層を堆積し、上記加工を施す。SiN 層を堆積することで、屈折率が周期的に異なる回折層ができる。その上に EL 素子を形成するものである。素子構造の概略を図 3-75 に示す。これにより、発光層からの EL 発光の内、空気/上部陰極界面での全反射による伝播光を、回折層の回折効果によって伝播方向を曲げて空気中に取り出すことができる。

例として、格子間隔 700nm、格子の溝の深さ 300nm の回折格子を用いて、緑色有機 EL 素子を作成し、その発光特性を評価した。発光素子の視覚依存性の例を図 3-76 に示す。回折格子を用いない場合と比較し、全光束は 1.65 倍に強まることが実証できた。

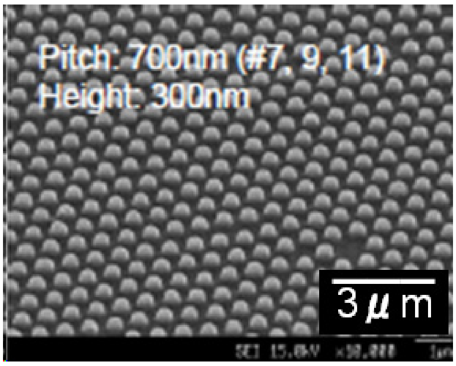


図 3-74　ナノ回折格子の SEM 像

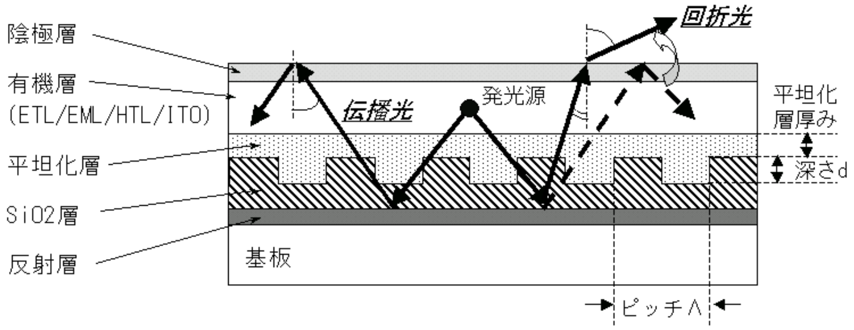


図 3-75　有機 EL 素子構造の概略

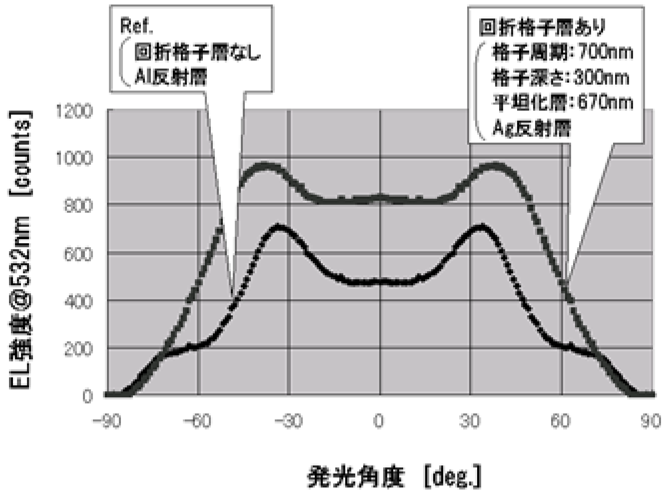


図 3-76　緑色有機 EL 素子の発光強度の視覚依存性例

(3) 省エネ効果

本技術によれば、有機 EL 素子の発光に必要な電流、電圧を低減できることから、有機 EL 素子の消費電力を削減できるだけでなく、アクティブマトリクスアレイや外部駆動回路の消費電力も削減でき、ディスプレイ全体として消費電力半減を見込める。更に、有機 EL の寿命も倍増できる。

(4) 参考文献

[1] 上浦紀彦、奥谷聡、佐野浩、藤田大輔、岡田直忠、中西務、藤本明、浅川鋼児、小林道哉、茨木伸樹、「回折格子層による OLED 光取り出し効率改善の検討（２）」有機 EL 討論会　第 6 回例会予稿集、S-83　pp.45-46 (2008)

[2] Hiroshi Sano, Satoshi Okutani, Norihiko Kamiura, Takumi Sawatani, Daisuke Fujita, Toshifumi Takehara, Michiya Kobayashi, Naotada Okada, Tsutomu Nakanishi, Akira Fujimoto and Koji Asakawa, Kazuyuki Sunohara, Nobuki Ibaraki, "An Organic Light-Emitting Diode with Highly Efficient Light Extraction Using Newly Developed Diffraction Layer", 2008 Int. Sym. SID Vol.34, 2008 pp515-517 (2008)

[3] Tsutomu Nakanishi, Toshiro Hiraoka, Akira Fujimoto, Shigeru Matake, Satoshi Okutani, Hiroshi Sano, and Koji Asakawa , "Improvement of the light extraction efficiency of top-emitting organic light-emitting diodes by a two-dimensional diffraction layer fabricated using self-assembled nanoparticles", Appl. Opt. Vol.48, pp.5889-5896 (2009)

3.5.6. 先進事例 23（次世代大型低消費電力液晶ディスプレイ基盤技術開発）

(1) 事例概要

[企業/団体名]　NEDO 技術開発機構（シャープ株式会社、株式会社日立ディスプレイズ、ソニー株式会社、東京エレクトロン株式会社、芝浦メカトロニクス株式会社、株式会社ブイ・テクノロジー）

[事例名]　次世代大型低消費電力液晶ディスプレイ基盤技術開発

[フェーズ]　研究開発

[目標]　40 型前後のフルハイビジョン液晶モジュールを対象として、現在の消費電力を 1／2 以下に低減するための基盤技術を開発する。

(2) コア技術

①装置技術およびプロセス技術

ディスプレイの大画面化・高精細化のため、高性能 TFT 形成技術開発および必要な要素プロセス技術として、新規成膜装置技術開発、新規ウェット装置技術開発、新規露光装置技術開発を行う。

②画像表示技術

人とディスプレイとの関係を明確にした人間工学的見地に基づく新しい画質評価技術、新規表示モードの開発により、高画質化・低消費電力化を最大限に引き出す液晶パネルおよびバックライトシステムの最適駆動技術の開発を行う。

③高効率部材

液晶テレビモジュール全体で消費する電力の約 2/3 を占めるバックライトシステムを低消費電力化するために、高効率な LED バックライトシステムを開発する。

(3) 省エネ効果

目標として、40 型前後のフルハイビジョン液晶モジュールにおいて消費電力を現在の 1／2 以下に低減する。

3.5.7. 先進事例 24（次世代大型低消費電力プラズマディスプレイ基盤技術開発）

(1) 事例概要

[企業/団体名] NEDO 技術開発機構（助成先：次世代 PDP 開発センター）

[事例名] 次世代大型低消費電力プラズマディスプレイ基盤技術開発

[フェーズ] 研究開発

[目標] 50 型フルハイビジョンテレビで比較して、年間消費電力量を現在の 2／3 以下に低減できる低消費電力化技術を開発する。

(2) コア技術

①パネル構成材料技術

駆動電圧の低電圧化を実現するために PDP を構成する材料技術の開発を行う。PDP の放電における二次電子放出機構の解明を行い、高い γ 特性を持つ保護膜材料の探索及び開発を行う。

②プロセス・設備技術

低電圧 PDP を実現するために、①における新保護膜材料で構成されたパネルの製造を目的としたプロセス技術および実用化を目指した設備技術の開発を行う。

③パネル設計・駆動技術

高発光効率かつ低電圧で実用駆動可能な PDP の実現を目指して、放電制御技術の開発、セル構造の開発を行う。

(3) 省エネ効果

目標として、50 型フルハイビジョンテレビにおいて年間消費電力量を現在の 2／3 以下に低減する。

3.5.8. 先進事例 25（次世代大型有機 EL ディスプレイ基盤技術の開発）

(1) 事例概要

[企業/団体名] NEDO 技術開発機構（委託先：ソニー株式会社、東芝モバイルディスプレイ株式会社、シャープ株式会社、住友化学株式会社、出光興産株式会社、独立行政法人産業技術総合研究所、長州産業株式会社、JSR 株式会社、株式会社 島津製作所、大日本スクリーン製造株式会社、日立造船株式会社）

[事例名] 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

[フェーズ] 研究開発

[目標] 40 インチのフルハイビジョン（フル HD）ディスプレイの消費電力を 40W以下にする技術を開発する。

(2) コア技術

①低損傷大面積電極形成技術

シート抵抗値の低い電極を大面積で均質に低損傷形成するための材料技術・製造プロセス技術の開発、低電力動作につながる高効率光取り出し技術の開発を行う。

②大面積透明封止技術

大面積の画素上に高均質・低損傷で形成でき、可視光損失率が低く、かつ、有機膜の発光特性の経時安定性を保つ封止膜の材料技術・プロセス技術の開発を行う。

③大面積有機製膜技術

高い発光効率を示す有機 EL 素子用材料に対して、大面積であっても高精細なパターニングができ、画素性能が均質となる有機膜の製造プロセス技術を開発する。

④大型ディスプレイ製造に向けた検証

上記①～③の個別要素技術の統合を通じて、想定される消費電力がフル HD40 インチのディスプレイで 40W以下となることを示す。

(3) 省エネ効果

目標として、40 インチのフルハイビジョン（フル HD）ディスプレイにおいて消費電力を 40W 以下に低減する。

(4) 参考文献

[1] NEDO パンフレット
http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/pamphlets/denshi/denshi_2009.pdf

3.5.9. 分析評価とまとめ

ディスプレイにおける低消費電力化技術は、既に製品としての差異化を引き出すための

ポイントとなっていることから、先進事例にみられるように、各社個別に様々な固有技術開発の取り組みがなされており、その技術事例は枚挙にいとまがない。しかしその一方、ディスプレイの低消費電力化は、その波及効果の大きさから社会の重大共通認識事項となっていることから、現在「グリーンITプロジェクト」をはじめ、「次世代大型低消費電力プラズマディスプレイ基盤技術開発」、「次世代大型低消費電力液晶ディスプレイ基盤技術開発」など、NEDOプロジェクト等としても取り組まれているところとなっている。絶えず使用利便性の向上が望まれ、そのためにすぐさま電力消費量増大となってしまう技術投入がなされる技術分野であるだけに、決して気を緩めることができない技術分野ということができるであろう。

ディスプレイ技術の省エネルギー化に向けた今後の取り組みとしては、表示機能と駆動機能に関する技術開発に大きな視点が注がれていくことが望まれる。現在の主要3ディスプレイのLCD、PDP、OLEDのいずれにも対して、その電力を消費する大きな技術要素として発光体の存在がある。PDPおよびOLEDは、そもそも自発光型ディスプレイであり、LCDもバックライトの存在が電力消費の大きな部分を担っている。いずれにおいても、電力から光へのエネルギー変換効率の向上が低消費電力化の根本となるため、今後もこのエネルギー変換効率の向上に向けた材料並びに構造の改良が低消費電力化技術の開発は中心課題として取り組んでいく必要がある。

情報端末機器用ディスプレイの今後は、ますます薄型化していく傾向にある。従って、駆動技術に関しては、バックプレーン技術すなわちTFT技術の向上の重要性がより一層増してくる。ディスプレイ用TFTとして、移動度の向上、漏洩電流の軽減など、まだ完成度の低い部分が数多く残されており、更なる技術開発の必要性は高い薄型ディスプレイ構成における基盤技術となっていることから、集中的な取り組みが望まれている技術課題の一つである。

一方、モバイル情報端末機器としての利便性向上という視点からは、そもそもの表示原理に対して電力を消費しないタイプの表示方式の開発が重要性を増してくる。近年新しいタイプの表示として、電気泳動粒子などを用いたメモリ性表示デバイスが、電子ペーパーなどといった用途向けに市場普及するようになってきた。これは、基本的に発光体を一切用いない反射型の表示であり、また摂動を加えなくとも表示状態が保持できるメモリ性表示であることから、電力は表示画面の書き換えのときにのみ消費され、静止表示状態においては電力を必要としないという原理となっている。これまでの表示が、いずれも発光体を用いた表示であることから、静止表示状態においても発光体を動作させるのに電力消費を必要としていたことと比べると､圧倒的な低消費電力化が期待できるものとなっている。これらの技術は、未だ表示の精彩度が十分ではなく、またカラー表示、動作速度、駆動電圧等に課題があるため、飛躍的な普及を実現するには至っていないが、今後の低消費電力ディスプレイの有るべき姿の一つとして、その技術開発は強力に推進していくことが望まれる。

4. 総括と提言

IT システムが扱う情報量の増加に伴い、IT・エレクトロニクス機器で今後のエネルギー消費量の伸びが特に高いとされる、(1)データセンタ（サーバ、ストレージシステムを含む）、(2)ネットワーク（ルータ・スイッチが中心）、これらの省エネ技術を支えるキーデバイスとして、(3)半導体、(4)ストレージ、(5)ディスプレイの 5 つの分野で、省エネ技術に関する先進事例を調査し、各機器・システムごとに現状のコア技術と省エネ効果を評価し、2020 年各機器において今後の技術開発に向けた課題と提言をまとめた。

(1) データセンタ

現状のデータセンタのエネルギー効率利用と削減への取り組みはまだ弱く、多くの事例は見える化が主流である。しかし、見える化から IT を利用したシステム全体の最適化、制御技術開発は、データセンタエネルギーマネージメントシステム（DEMS）の開発など始まってきており、サーバ本体の省電力化とあわせ、データセンタトータルで見たエネルギー効率化技術に発展する傾向が見えてきている。

今後はさらに IT を活用し、見える化したデータセンタ全体の各種エネルギーデータをデータセンタエネルギーマネージメントシステムなどにより取得解析し、マイニングするなど、さらなる効率的運用への取り組みが加速するものと考えられる。

見える化の観点からは、グリーン IT 推進協議会の調査分析委員会で提案しているデータセンタのエネルギー使用効率の改善指標 DPPE は、IT を使用した省エネを具体的に数値化する意味でも大変重要であり、標準化を早急に進め日本のデータセンタ形態にマッチした指標を策定し、海外に提案する必要がある。

また、パブリック・クラウドコンピューティングサービスに特化した大規模なデータセンタの情報、さらに、クラウドコンピューティングサービス用データセンタのベースになり、移動が可能なコンテナデータセンタ技術が、日本のパブリック・クラウドコンピューティングサービスにおける主流となる可能性が高く、日本でのパブリック・クラウドコンピューティングサービス用のデータセンタ技術は、日本独自の、セキュリティと安全性、そして省エネルギーを重視した技術に発展するのかもしれない。

日本独自の技術となり世界レベルとなるためにも、技術調査と分析による課題抽出が早急に行なわれる必要がある。そして 2020 年温室効果ガス削減目標に向けた重要な技術とするため、さらなる開発・実用化への IT 投資が望まれる。

(2) ネットワーク

ネットワーク機器の省電力化は、機器そのものの消費電力削減と、ネットワークの利用状況に応じた適応制御の 2 つの手法ですすめられている。

前者の機器そのものの消費電力削減は、微細化と複数機能の集約による半導体部品数の

削減、LSI 稼働電圧の低電圧化などですすめられている。後者の適応制御は、ネットワーク負荷に応じてネットワーク機器の稼働状態を動的に最適化することで、省電力化を目指す方法である。近年はインタフェースのギガビット化によってこの電力は増大する傾向にあるため、システムの稼働状態に応じてネットワークインタフェースの動作モードを切り替える手法の標準化作業がすすめられている。

通信事業者、データセンタのコアネットワークでは、トラフィックに応じて稼働部を縮退させる適応制御方式がグリーン IT プロジェクトで開発されており、通信事業者の基準動向に先駆けた取り組みである。

さらに、ネットワークだけではなく、サーバを含めたデータセンタシステムで適応制御によって省電力化を目指す研究開発も進められている。サーバ仮想化と動的なネットワーク再構成方式を組み合わせることで、複数の負荷の低い仮想サーバを少数の物理サーバ筐体に集約、物理サーバの稼働数の抑制によって省電力化をめざしている。

このように、現在国内外で進められているネットワークアーキテクチャの刷新を含めた将来のネットワーク（新世代ネットワーク）に関する研究開発において、省電力化は解決すべき大きな課題と位置づけられているが、未だ萌芽レベルのものであると言える。また、ネットワークアーキテクチャの刷新、普及をすすめていくためには、アプリケーションがネットワークを利用するための API の後方互換性も極めて重要となる。

(3) 半導体

半導体は、グリーン IT、グリーンエレクトロニクス機器の消費電力を決定付ける基盤技術であり、グリーンネットワーク・データセンタの消費電力に決定的な影響を与える。さらには、産業、家庭、交通などの消費電力や、スマートグリッドにおけるパワー変換、センシング、制御等、社会のインフラストラクチャを構成する装置の消費電力低減に極めて重要な役割を果たしており、半導体の低消費電力化は日本の産業全体にとって重要である。

最近の半導体産業においては、微細化に伴う素子ばらつきの影響や設計複雑化等の技術課題が顕在化し、製造装置の投資大規模化による経済的な岐路も見えている。三次元積層技術等応用・デバイス・製造産業に係わる半導体ビジネスモデル変革や標準化を必要とする技術もある。したがって、産業構造変化を自ら起こすチャレンジ精神を喚起しつつ、課題に対して新しいソリューションを提供する技術開発へ不断のチャレンジを続けてゆかなければならない。そこで、今後の重点的な技術として次の 5 つの技術開発の活性化を提言する。

(i) CMOS の微細化・低電圧化を通じた低電力化

(ii) 半導体メモリの低電力化

(iii) マルチコア・メニーコア設計(SoC)による低電力化

(iv) 三次元積層技術による低電力化

(v) パワーデバイスの効率向上による低電力化

(4) ストレージ

情報の生成・流通量は今後ますます増加の一途をたどり、また多様化する中にあって、情報の効率的な運用は勿論のこと、省エネの観点からもストレージシステム全体の効率化がますます求められる。ストレージシステムの根幹を成すデバイスの高性能化（高密度化、高速化）技術は、ストレージシステムの省エネ・省資源化につながるものであり、また新たなストレージシステムを構築できる可能性を秘めている。

HDD、光ディスクともに実用化に向けては産業界が主体的に進めるべきであるが、両者ともに nm オーダーの現象を取り扱う領域に入ってきている。このような磁性微粒子や光相変化微粒子の未知なる物性解明や新規材料開発等においては大学等の知の活用や Spring-8 等の大型研究施設を活用した研究等が非常に重要となるため、国の支援のもと産学官一体となってこれを押し進めることが重要となる。2020 年以降の CO2 排出削減に確実につながる技術開発として国策として推進していくことが望まれる。

(5) ディスプレイ

ディスプレイにおける低消費電力化技術は、既に製品としての差異化を引き出すため各社個別に様々な固有技術開発の取り組みがなされている。一方で、ディスプレイの低消費電力化は、その波及効果の大きさから社会の重大共通認識事項となっていることから、絶えず使用利便性の向上が望まれ、そのためにすぐさま電力消費量増大となってしまう技術投入がなされる技術分野であるため継続的な技術開発が必要である。

ディスプレイ技術の省エネルギー化に向けた今後の取り組みとしては、表示機能と駆動機能に関する技術開発に大きな視点が注がれていくことが望まれる。現在の主要 3 ディスプレイの LCD、PDP、OLED のいずれにおいても、電力から光へのエネルギー変換効率の向上が低消費電力化の根本となるため、今後もこのエネルギー変換効率の向上に向けた材料並びに構造の改良が低消費電力化技術の開発は中心課題として取り組んでいく必要がある。

情報端末機器用ディスプレイの駆動技術に関しては、バックプレーン技術すなわち TFT 技術の向上の重要性がより一層増してくる。ディスプレイ用 TFT として、移動度の向上、漏洩電流の軽減など、まだ完成度の低い部分が数多く残されており、薄型ディスプレイ構成における基盤技術となっていることから、集中的な取り組みが望まれている技術課題の一つである。

一方、モバイル情報端末機器としての利便性向上という視点からは、そもそもの表示原理に対して電力を消費しないタイプの表示方式の開発が重要性を増してくる。これまでの表示と比べると圧倒的な低消費電力化が期待できるこれらの技術は、未だ表示の精彩度が十分ではなく、またカラー表示、動作速度、駆動電圧等に課題があるため、飛躍的な普及を実現するには至っていないが、今後の低消費電力ディスプレイの有るべき姿の一つとし

て、その技術開発は強力に推進していくことが望まれる。

以上より、キーデバイスである半導体、ストレージ、ディスプレイの低消費電力化は、昨年度成果の技術ロードマップと比べ、比較的順調に技術開発が進んでおり、データセンタ、ネットワーク等の IT システムでは、システム最適化技術（仮想化、低負荷時の高効率化等）の高度化により更なる省電力化が可能と期待される。

低炭素化社会の実現のために温室効果ガス排出量を削減し、継続的に国際競争力を強化・維持するためにも、of IT 分野においては、エネルギー利用効率向上のための「システム最適化技術」と、エネルギー消費量の削減（低消費電力化、高効率化）に向けた「キーデバイス技術」の開発・実用化へのさらなる取り組み、投資が重要である。

― おわりに ―

本報告書では、技術検討委員会の 2009 年度の成果について、WG あるいは TF の活動に沿って３つのテーマに分けてまとめた。

第 1 部では、“EEMS”（Enterprise Energy Management System）についての検討結果をまとめた。ここでは、EEMS の構築にあたっては、4 つの視点（外部ステークホルダ、経営層、従業員、エネルギー管理者）により、エネルギー情報の可視化をどのように実施するかを十分に検討すべきであることを提言した。また、今回整理した EEMS フレームワークを、EEMS の開発ベンダ、導入責任者、エネルギー管理者が、それぞれの目的に従って活用されることを期待している。

第 2 部では、“SSEMS”（Social Service platform based on Energy Management System）についての検討結果をまとめた。ここでは、スマートグリッド、スマートメータの将来の社会サービスへの発展を踏まえた機器開発、共通技術化について、技術戦略的な方向性を示した。

第 3 部では、“グリーン IT システム”（システム視点での Green of IT）における省エネに関する技術動向について、合計 25 件の国内企業・団体における先進的な取組み状況をヒヤリング等により調査・整理した。各取組みにおける省エネ効果に関して、実績値や目標値などを昨年度作成した技術ロードマップのトレンドと比較し、今後、半導体等のキーデバイス単体の低電力化技術と、データセンタ等のシステム最適化技術との両輪の開発、効果検証等の取組みを、産官学連携により推進することが重要であることを明らかにした。

なお、今回、各テーマでの検討を進めるにあたり、経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、産業技術総合研究所には、最新の情報をご提供頂きました。また、技術検討委員会外の当協議会会員企業・団体の多くの方々におかれましても、ご講演や情報提供などにてご協力を頂きました。この場を借りまして、心より深く感謝の意を表したいと思います。

今後とも、国内外の省エネ技術について調査検討を継続実施し、当協議会他委員会、及び、国内外他団体との連携を深めながら、ＩＴ・エレクトロニクスによる経済成長と環境保護の両立に貢献する活動を推進していく所存であり、関係企業･団体におかれましても、継続して当協議会の活動に対してご指導・ご協力を賜れば幸いです。

グリーンＩＴ推進協議会（GIPC）技術検討委員会幹事一同

―　禁　無　断　転　載　―

2009 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　　　2010 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）
〒100-0004　東京都千代田区大手町 1-1-3　大手センタービル
TEL:（03）5218-1055
http://www.greenit-pc.jp