

今後のビル建築設備の技術動向

Technical Trends in Building Facilities

山本 一太

道念 信行

西村 信孝

■ YAMAMOTO Kazumoto

■ DONEN Nobuyuki

■ NISHIMURA Nobutaka

利便性や安全性の向上などを目的として、電源、ビル管理、空調、照明、エレベーターなどのビル建築設備はビルの各所に導入される。これらは長期にわたり使用されるため、地球温暖化対策、オゾン層破壊対策、有害物質対策など環境調和への配慮が重要である。特に、地球温暖化対策として、省エネルギーの推進は最重要課題である。

また、これらビル建築設備は、IT（情報技術）の進歩によりネットワーク化されて有機的な機能を果たし、ユビキタス時代のインフラの一つになると考えられる。

Various facilities are installed throughout a building to secure safety and convenience for the occupants. When providing such facilities, it is important to consider global warming, ozone layer depletion, and measures against hazardous substances. In particular, promotion of energy-saving as a measure against global warming is of primary importance.

Building facilities that satisfy these requirements with the aid of information technology will comprise an essential component of social infrastructure in the ubiquitous era.

ビル建築設備の現状と課題

知的生産活動を行う場としてオフィスビルは重要で、社会インフラの一つに位置づけられる。東芝グループは、電源システム、ビル管理システム、セキュリティシステム、照明システム、空調システム、エレベーターシステムなど、ビルで使用される種々のビル建築設備を開発し、顧客に提供している。

建築物としてのビルは50年以上使用されるが、前記のビル建築設備は15年～30年で老朽化するため、より低コストで性能の優れたものにリニューアルされる。また、最近では、建物はそのままビルの用途を変更するコンバージョンも行われ、その際にもビル建築設備は更新されることが多い。

これらビル建築設備は、ビルを利用する人にとって利便性と安全性を提供するものであると同時に、地球環境保全や省エネルギーも考慮したものにする必要がある(図1)。

以下では、ビル建築設備とその周辺とのかわりにおいて、環境調和とエネルギーの技術動向とともに、今後の

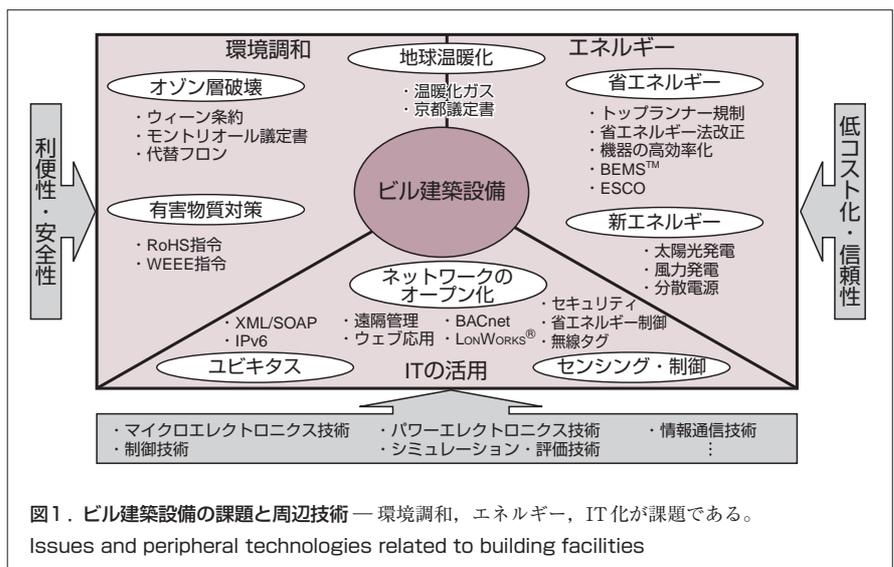


図1. ビル建築設備の課題と周辺技術—環境調和、エネルギー、IT化が課題である。
Issues and peripheral technologies related to building facilities

建築設備のIT化のトレンドについて述べる。

ビル建築設備と環境調和

現在、地球は、大気があり人類が存在する唯一の惑星であると考えられている。その地球でわれわれ人類は、様々な気候の下で植物や生物と共生し、衣食住を共にしている。これらは地球の

微妙なバランスの上で成り立っているが、人間がより便利で安全な生活を求めるために活動した結果、地球は、排出した物質を希釈したり分解したりする機能が徐々に正常に働かなくなってきた。これが地球環境問題で、地球温暖化、オゾン層破壊、酸性雨、熱帯林減少、野生生物種減少、海洋汚染、有害廃棄物の越境移動、砂漠化などに分類される。

ビルなどの建築物は、人類にとって“庇護(ひご)の場所”として象徴的なものであるが、地球温暖化、オゾン層破壊、有害物質の越境移動がビル建築設備とかわりのある地球環境問題である。

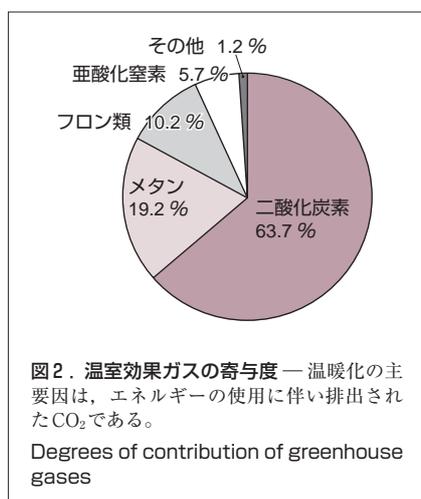
40数億年の地球の歴史に比べ、人類の歴史はわずかなものである。そして地球環境問題が顕在化したのはこの10年で、猛烈な勢いで環境破壊が進行している。

■ 地球温暖化とは

地球に届いた太陽光は地表で反射や輻射(ふくしゃ)熱として放出されるが、温室効果ガスがあるため、急激な温度変化は避けられ、地球の平均気温は15℃に保たれている。この温室効果ガスがないと地球の平均温度は-18℃になると言われている。

温室効果ガスとして考えられるものを図2に示すが、この中でもっとも大きな割合を占めているのが、二酸化炭素(CO₂)である。CO₂は、エネルギーの消費に伴い増加し、産業が大きく発達したこの200年で30%増加した。このままだと21世紀末にはCO₂濃度は現在の2倍以上になり、その結果、地球の平均温度は1.4℃以上も上昇するとされている。

一方、人工的に作られたフロン類や六フッ化硫黄(SF₆)など、そのほかのガスの排出量はCO₂に比べ微量である



が、温暖化に対する影響は無視できないものになっている。

ビル建築設備においては、エネルギー消費の結果としてCO₂が放出されるほか、空調設備の冷媒ガスとしてフロン類が、また、受変電設備のガス遮断器などにSF₆が使用されている。また、半導体などの電子部品の洗浄剤やドライエッチング剤、エアコンの冷媒としてフロン類が使用されている。

そして、これら温室効果ガス削減のため次の取組みが行われている。

- (1) CO₂削減への取組み
 - ・省エネルギーの推進
 - ・非化石エネルギー(新エネルギー)の採用
- (2) フロン類削減への取組み
 - ・ガス回収の徹底
 - ・代替フロンの採用
- (3) SF₆ガス削減への取組み
 - ・ガス回収の徹底
 - ・新しい絶縁方式の採用

■ オゾン層破壊とは

地表から15~30kmの高度には、他の大気と比べオゾンが多く存在するオゾン層がある。このオゾン層は、生物にとって有害な太陽からの紫外線を吸収するとともに、先に述べた温室効果ガスの一つとして、地球を適正な温度に保っている。

常時は安定な物質であるフロンガスは、オゾン層付近で紫外線の作用で分解され塩素原子が遊離される。この塩素原子とオゾンとが酸化還元反応を起こし、オゾン層を破壊していく。

オゾン層破壊によって紫外線がより多く届くことになり、人間への直接的な影響として皮膚ガンや白内障の増加が、また、自然生態系に対する影響として穀物の収穫の減少やプランクトンの減少による魚介類の減少などが指摘されている。

1985年に、オゾン層の保護を目的とする国際協力のための基本的枠組みを設定した“ウィーン条約”が採択され、

1987年には、同条約の下で、オゾン層を破壊するおそれのある物質を特定し、当該物質の生産、消費及び貿易を規制して人の健康と環境を保護するための“モントリオール議定書”が採択された。

これらオゾン層破壊物質削減の取組みとして、冷媒ガスにおいては成分に塩素を含まない代替フロンの採用が、また、ハロン消火設備においては、ハロンの管理・回収・リサイクルの徹底や窒素など不活性ガスを採用した代替ハロン消火剤の開発などが行われている。

■ 有害廃棄物の越境移動とは

電気・電子機器は、ITの普及に伴いわれわれの身の回りで多く使用されており、ビル建築設備においても同様である。電気・電子機器には、廃棄する時点で水や土壌や大気などを汚染する有害物質が使われることがある。製品の回収・リサイクルを徹底したとしても製品に使用する限りはいつか環境に拡散してしまうとの認識から、欧州連合(EU)では、使用済み電気・電子機器が廃棄物にならないよう、メーカーにリサイクル化を求めるWEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment)指令と電子・電気機器に含まれる特定有害物質の使用を制限するRoHS(Restriction of the use of certain Hazardous Substances)指令が制定され、それぞれ2005年8月と2006年7月から施行される。EUだけでなくわが国や米国においても、同様の法規制が進むものと考えられる。

RoHS指令で指定されている特定有害物質とは、鉛、水銀、カドミウム、六価クロム、ポリ臭化ビフェニール(PBB)、ポリ臭化ジフェニルエーテル(PBDE)の6種類である。

この指令は、ほとんどの電気製品が適用対象になる。

ビル建築設備において、この指令の影響は広範囲なものになる。すなわち、鉛は製品に使用されるプリント基板の

はんだ材料として、水銀は蛍光灯の蛍光材として使用されている。

対策としては、これら特定有害物質を使用しない代替物質や部品などの開発研究が急ピッチで行われている。

ビル建築設備とエネルギー

エネルギーを取り巻く環境

エネルギーは社会経済活動及び生活の基盤をなすものであり、エネルギーの大部分を輸入に依存しているわが国では、安定的かつ効率的な供給が重要な課題である。また、エネルギー供給においては特に化石燃料への依存度が高く、わが国で排出されるCO₂の90%は化石燃料の燃焼によるものと言われている。近年、地球温暖化問題をはじめとする環境問題がいっそう顕在

化してきており、1997年12月の気候変動枠組条約締結国会議(京都会議、COP3)において、わが国は2008年～2012年までの期間中に、温室効果ガスのCO₂換算排出量を1990年比で6%削減することに合意した。

しかしながら、排出量の2001年実績は、1990年に対して既に8.6%の増加となっており、今後2012年までに14.6%以上の削減を実施しなければならない。このような状況下で、ビル建築設備におけるエネルギーに対する取組みとして、省エネルギー対策の推進と新エネルギーの開発、導入が急務となっている。

エネルギーの消費動向

二度にわたる石油危機を契機にエネルギー需要が抑制されてきたが、1980年代後半以降石油価格の低下に

加え、豊かさを求めるライフスタイルや情報化の進展などを背景に、エネルギー需要は一貫して増加している。

そのなかでも特に業務部門におけるエネルギー消費の推移は、大幅な増加傾向にある(囲み記事参照)。建物の用途によって違いはあるが、平均的には冷房を中心とする空調及び熱源で50%を、照明で30%のエネルギーを消費していると言われている。また、エネルギーコストが生産コストに直結する産業部門に比べてエネルギー原単位の管理意識が必ずしも高くないことも指摘されている。そこで、業務ビル部門を対象とした省エネルギー政策がとられている。

省エネルギー政策

(1) 省エネルギー法の改正 エネ

エネルギー消費動向

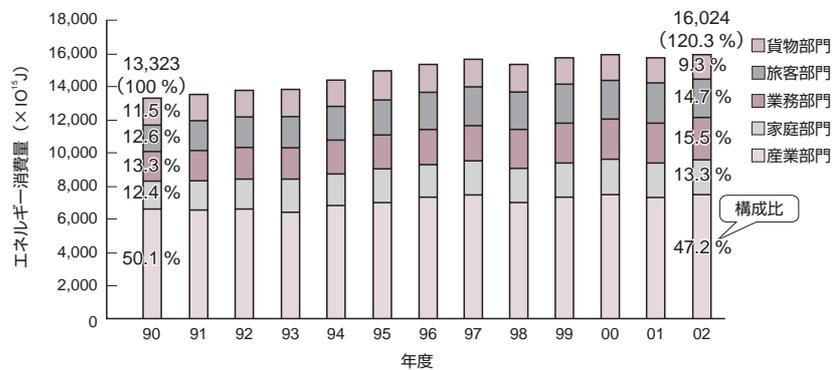
— 資源エネルギー庁 2002年度におけるエネルギー需給実績(確報)⁽¹⁾から

■ 全体の傾向

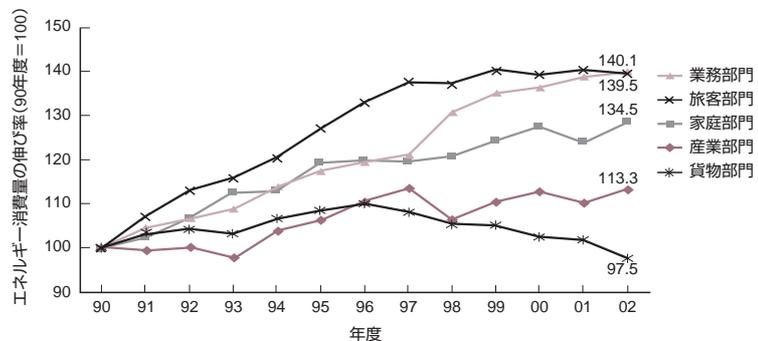
最終エネルギー消費は1990年度以降増加を続け、1998年度、2001年度で対前年度比がマイナスとなったのを除けば、一貫して増加傾向を示している。1990年度に比べて2002年度は20.3%の伸びを示している。

■ 業務部門の傾向

業務部門のエネルギー消費量は、全体の構成比率では1990年度に13.3%であったのが2002年度では15.5%と増え、また消費量の伸びも2002年度は1990年度比40.1%の増加と、部門別では旅客と並んで伸び率が大きい。これは、機器については高効率化が進んでいるが、産業構造の変化などによりサービス部門などが大きく伸び、延べ床面積が増加したことが考えられる。また、店舗などの商業施設では、営業時間の長時間化や各種サービスの24時間化などサービスの向上も影響している。更に、OA化やIT化の進展により事務所フロアの機器発熱負荷が増加し、冷熱源需要が伸びて電力消費が増加していると分析している。



最終エネルギー消費の推移



部門別最終エネルギー消費の推移

(注) 業務部門とは、事務所ビル、飲食店、卸・小売業、学校・試験研究機関、ホテル・旅館、劇場・娯楽場、病院・診療所、その他サービス業を示す。

ルギー消費量が大きなオフィスビルなどについては、2003年4月の省エネルギー法の規制強化により、大規模工場に準ずる定期報告や中長期計画の策定などを義務づけられ、省エネルギー法に基づくきめ細かいエネルギー管理により省エネルギーが期待されている。今後は、更に省エネルギー対策を強化するためには、比較的小規模な業務用ビル分野の需要家も対象としたエネルギー管理が必要となる。また、住宅以外の2,000 m²以上の建築物を建築する場合、省エネルギー措置の届出が義務づけられた。

(2) ESCO事業の活用

ESCO (Energy Service COmpany) 事業とは、顧客に対して省エネルギー診断、省エネルギー設備の納入、資金調達、運転管理などのエネルギーサービスを包括的に提供する事業で、ESCO事業者によってエネルギー削減量が継続して保証されるものであり、国の省エネルギー政策とも合致した新ビジネスとして注目されている。省エネルギー効果の保証を行う事業を含む省エネルギー改修工事の受注額は、1998年度の約170億円から、2002年度には約515億円と急速に伸びている。地方公共団体においてもESCO事業の普及に向けたガイドラインも策定され、今後もESCO事業に対する補助制度や低利融資制度などの支援策により、業務部門への導入が進むことが期待されている。

(3) BEMSTM(^{注1})の導入

BEMSTM (Building and Energy Management System)とはITの活用により、業務ビルにおける電力、空調、熱源、照明、衛生設備などの各種のエネルギーを管理するとともに省エネルギー制御を行うシステムである。BEMSTMの普及促進を図

るため、国策としてシステムの導入支援が行われている。今後、省エネルギー法に基づくエネルギーの管理・運用をするうえで、BEMSTMが重要な役割を果たすことになる。

(4) トップランナー規制適用機器の

拡大 1998年の省エネルギー法改正により、電気機器などの省エネルギー基準にトップランナー方式が導入され、機器などのエネルギー消費効率の向上が図られ、更に2002年には、従来は省エネルギー法の規制対象になっていなかったガス・石油燃料にかかわる消費機器、物品自動販売機、変圧器などにも適用が拡大された。

■省エネルギーの技術課題

省エネルギー技術戦略(総合資源エネルギー調査会 省エネルギー部会報告:2002年6月)では、需要対策の観点から戦略的に技術開発の検討が報告されている。特にビル建築設備関連の省エネルギー対策の主要な技術課題として、費用対効果の高い省エネルギー機器・システムの開発と、冷熱源設備機器・空調動力に対する省エネルギー技術の開発など以下の項目を挙げている。

- (1) 空調・照明のエネルギー管理
- (2) 設備機器本体の省エネルギー
- (3) 情報化対応の省エネルギー
- (4) オンサイト分散電源・蓄電蓄熱技術

■新エネルギーの現状と課題

新エネルギーは、環境へ与える負荷が小さく、石油代替の国産のエネルギーとして、また、エネルギー安定供給の確保、地球環境問題への対応などから、長期的には一定の供給能力を担う今後のエネルギーとして期待されている。

「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」が1997年に施行され、政府による新エネルギー導入促進策の強化と、地方公共団体や民間企業・団体などによる活発な取組みが進めら

れ、新エネルギー導入にある程度の成果が得られている。

ビル建築物においては、庁舎や公共施設などに太陽光発電システムと風力発電システムがモデル事業として納入されている。

しかし、新エネルギーは2001年度時点で、一次エネルギーの総供給量に占める割合が1.2%にとどまっている。新エネルギーの導入コストが高いこと、太陽や風力は自然条件に左右され出力が不安定であること、エネルギー変換効率や設備利用率が低いことなどが課題となっている。これらを克服するためには、更なる技術開発の進展と導入に対する支援が必要となる。

ビル建築設備とIT

ITの浸透

近年のITの飛躍的進歩により、ネットワークではインターネット技術や無線技術が、コンピュータでは小型化技術や組み込み技術が向上している。これらの技術的背景を基にして、いつでも、どこでも、誰(何)でもコンピュータにアクセスできるユビキタスコンピューティングの時代を迎えている。それに伴い、このユビキタスの概念をビル建築設備分野に応用する動きが活発になってきている。

電源設備、空調設備、照明設備、エレベーター設備では、機器自体にマイクロコンピュータを組み込んでインテリジェント化を図り、制御・監視・保護・点検機能などを機器自体で実行している。データ保存機能や通信機能、ウェブサーバ機能を備えることで、保守・保全のための遠隔管理にも容易に対応できる製品となっている。

ITによるセンシング・制御技術

センシングでは、特定小電力やBluetoothTM(^{注2})の無線規格を採用した、

(注1) BEMSは、(財)省エネルギーセンターの商標。

(注2) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc.の商標。

省電力型の無線センサや設定器が開発されている。配線の効率化やレイアウトフリーを実現し、工事期間の短縮やリニューアル工事の簡便化を実現している。無線センサは自由に配置できるため、各種の詳細データの収集が可能になり、省エネルギーのためのエネルギー解析やコミショニング(性能検証)にも利用されている。

ビルのセキュリティ面では、入退室管理の重要性が高まっている。共用ゾーンにはセキュリティゲートが設置され、専用ゾーンでは非接触式ICカードが利用され、特定ゾーンではバイオメトリクス(生体認証)技術が導入されて指紋・顔・虹彩を識別し個人認証を行っている。映像監視では安価なウェブカメラが各所に設置され、ビルの安全性を更に高めている。

制御理論面では、ニューラルネットワークで求めた快適性指標を基に室内温度制御を行う快適空調制御を導入し、室内の快適性を確保するとともに省エネルギーも実現している。

■ ネットワークのオープン化

このように、コンピュータを内蔵した各種建築設備機器が建物内に点在し、ネットワークで接続されるようになると、マルチベンダー環境でのシステム構築が可能になってくる。そのため、通信プロトコルの標準化が望まれ、ネットワークのオープン化が進められている。

BEMS™分野では、幹線LANにISO(国際標準化機構)規格となったANSI(米国規格協会)/ASHRAE(米国冷暖房空調工業会)規格のBACnet(注3)(A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Network)が採用されている。フィールドネットワークでは、空調設備分野で先行して採用されたLonWorks®(注4)が主流になっている。ヒューマンインタフェースのオープン化では、ウェブブラウザを利用するシステムが増えており、テナントや自宅からの操作や遠隔管理

システムの構築を容易にしている(図3)。

OAシステムとの連携では、インターネット世界で利用されているXML(eXtensible Markup Language)とSOAP(Simple Object Access Protocol)を採用して、受付システムや会議室予約システムからのメッセージを受け取り、入退室管理や空調・照明の入り切りを自動で行っている。

今後、ビル内のネットワークは更に集約化が進み、IPv6(Internet Protocol version 6)に統一される傾向にある。建物内では様々な設備機器がフラットなネットワークで接続され、M2M(Machine to Machine)のユビキタスコンピューティングの世界を実現していくものと思われる。

東芝グループにおけるビル建築設備に対する取組み

■ 環境調和対策

東芝グループは環境を経営の柱に据え、事業活動のすべての場において環

境への取組みを貫いていく“環境経営”を重要ととらえ、グローバルな環境経営の定着を目指している。

ビル建築設備に対する具体的な取組みは、以下のとおりである。

- (1) 地球温暖化対策
 - ・省エネルギー対応製品の開発(CO₂排出量の削減)
 - ・固体絶縁スイッチギアの開発(SF₆ガスの削減)
 - ・半導体製造工程、エアコンにおけるフロン類の削減(自主的な削減目標の設定)
- (2) オゾン層破壊対策
 - ・エアコンにおける代替フロンの採用
- (3) 有害廃棄物の越境対策

有害化学物質に対し、東芝グループは、“できるだけ使用しない”、“可能な限り削減・代替化を進める”、“使用する場合は適正に管理する”を基本的な考えとしている。

そのなかで、多くの製品に基板のほとんどとして使用されている鉛について

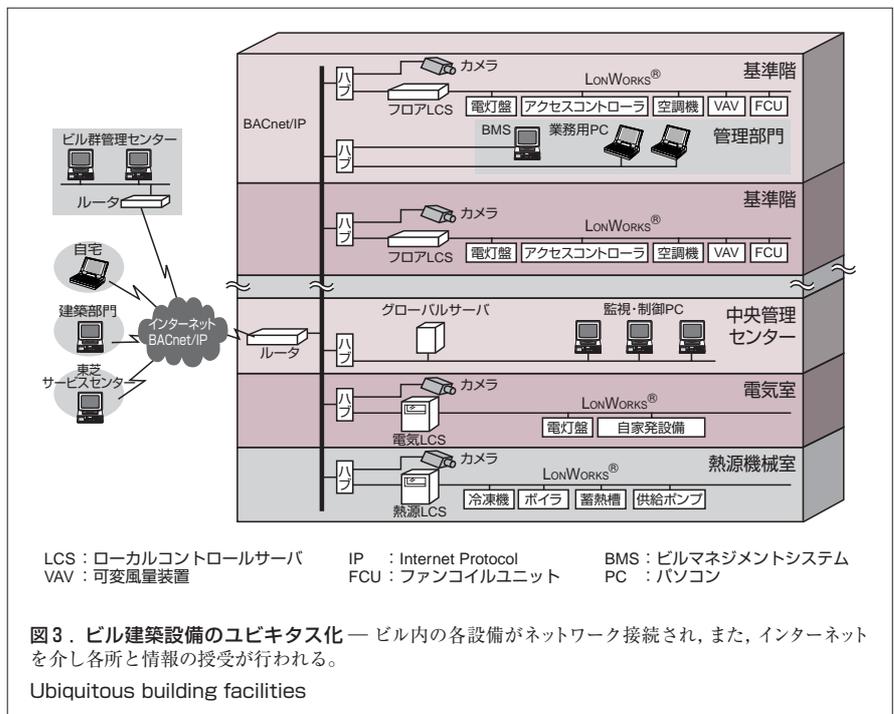


図3. ビル建築設備のユビキタス化 — ビル内の各設備がネットワーク接続され、また、インターネットを介し各所と情報の授受が行われる。

Ubiquitous building facilities

(注3) BACnetは、米国冷暖房空調工業会の商標。

(注4) LonWorksは、Echelon Corporationの商標。

は2006年までに鉛フリーはんだを全製品に採用する計画であるが、現在、全製品の84%に採用が実現できた(図4)。

■ 省エネルギー製品の開発

省エネルギー製品の開発として下記分野について積極的な取り組みを行っている。

- (1) 機器効率の改善による省エネルギー
 - ・トップランナー適合の高効率変圧器
 - ・高効率ビル用マルチエアコン
 - ・高変換効率の無停電電源装置(UPS)
 - ・永久磁石同期モータを採用したエレベーター
- (2) 制御による省エネルギー
 - ・快適空調制御を搭載したBEMS™
 - ・センサ技術を活用した高効率照明制御システム
- (3) 運用サービスによる省エネルギー
 - ・ESCO事業の推進

■ IT化対応製品の開発

ネットワーク化とともに、センシング技術や制御技術の開発・改良に取り組んでいる。

- (1) センシング技術と制御技術
 - ・分散電源解析シミュレータ

- ・無線センサとコントローラ
- ・非接触ICカードとバイオメトリクス
- ・電力モニタリング機能を備えた照明制御

(2) ネットワーク化

- ・オープンプロトコルを採用したビル管理システム
- ・ウェブによる遠隔管理機能

ビル建築設備の全体最適を目指して

ビルの利用者に安全で快適な環境を与え、オフィス生産性の向上を図るのがビル建築設備の目的である。このため東芝グループは、低コスト化、小型化、信頼性の向上、使い勝手のよさなど各製品の性能を向上させるべく研究開発を行っている。

これらの技術はわれわれの世代だけで使うものではなく、子孫の世代においても礎となり、持続発展的なものでなければならない。そのためには、人と地球とが共存できる環境を守ること、すなわち地球環境保全を制約条件としてとらえることが責務である。

東芝グループは、社会インフラの一つとして位置づけられるビル建築設備の担い手であるとともに、利用者でもある。今後もビル建築設備の持続的な発展

のために、部分最適なものではなく、調和のとれた全体最適を図った製品・サービスを提供し、そのソリューションに貢献していく。

文献

- (1) 資源エネルギー庁 . 2002年度におけるエネルギー需給実績(確報) . 2004-05 .
- (2) 資源エネルギー庁 . 省エネルギー技術戦略報告書 . 2002-06 .
- (3) 資源エネルギー庁 . 2003年度エネルギー白書 .
- (4) 資源エネルギー庁 . 総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会 . 今後の新エネルギー対策の在り方について . 2001-06 .
- (5) 資源エネルギー庁 . 総合資源エネルギー調査会省エネルギー部会(中間とりまとめ) 今後の省エネルギー対策の在り方について . 2004-07 .
- (6) (株)東芝 . 東芝CSR報告書2004(社会・環境活動報告) . <http://www.toshiba.co.jp/csr/jp/report/pdf/report04_all.pdf> (参照2004-8-16) .



山本 一太
YAMAMOTO Kazumoto

電力・社会システム社 社会システム事業部 ビルシステム技術部長。システムエンジニアとして、ビル管理システム・空調自動制御システムのエンジニアリングに従事。電気設備学会会員。Infrastructure Systems Div.



道念 信行
DONEN Nobuyuki

電力・社会システム社 社会システム事業部 ビルシステム技術部主幹。システムエンジニアとして、ビル管理システム・空調自動制御システムのエンジニアリングに従事。電気設備学会、空調衛生学会会員。Infrastructure Systems Div.



西村 信孝
NISHIMURA Nobutaka

電力・社会システム社 社会システム事業部 ビルシステム技術部グループ長。システムエンジニアとして、ビル管理システム・空調自動制御システムのエンジニアリングに従事。電気設備学会会員。技術士(電気・電子部門)。Infrastructure Systems Div.

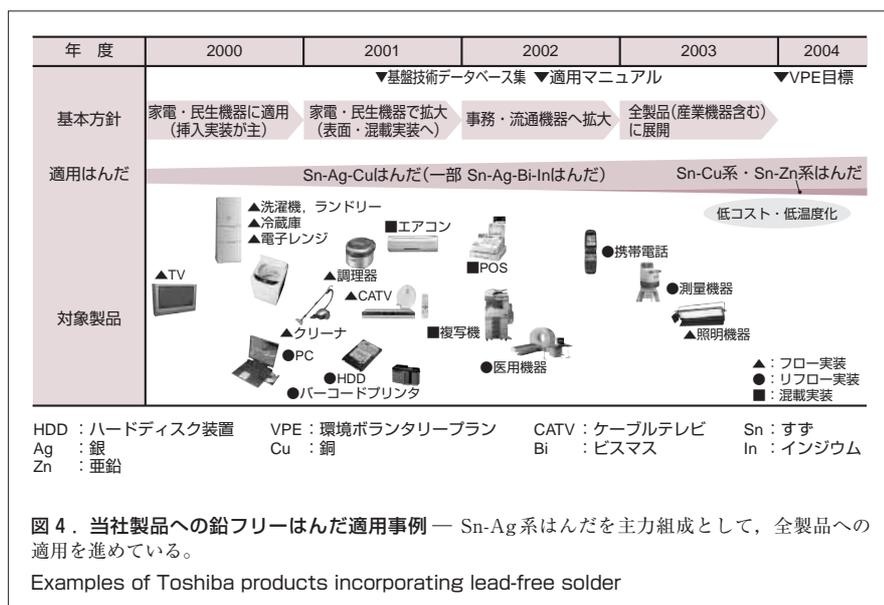


図4. 当社製品への鉛フリーはんだ適用事例 — Sn-Ag系はんだを主力組成として、全製品への適用を進めている。

Examples of Toshiba products incorporating lead-free solder