

# NTTファシリティーズ新大橋ビル

NTT FACILITIES SHIN-OHASHI Building

株式会社 NTT ファシリティーズ 研究開発部  
データマネジメント部門

NTT FACILITIES, INC., Research & Development Division  
Data Management Development Department

渡邊 剛, 三野 洋介, 木幡 悠士, 松田 千怜  
Takeshi WATANABE, Yosuke MINO, Yuji KOHATA, Chisato MATSUDA

キーワード: データセンター (Data Center), ZEB (ZEB), シンクライアント (Thin Client), ICT (ICT), IoT (IoT)

## 1. はじめに

オフィスにおける ICT の活用は生産性を向上すると同時に、執務者の快適性低下やエネルギー消費量増加につながる課題がある。また、地球環境問題の観点から、ICT の活用による建物のエネルギー消費量の削減も課題である。本建物では、“ICT を活用することで快適性と省エネルギー性を両立したビル” をコンセプトとし、オフィスビルにおける ICT の 2 つの側面、

- ・ 人間の快適性とビルの省エネルギー性を損なう要素としての ICT
- ・ 人間の生産性とビルの省エネルギー性を向上させる要素としての ICT

について、これらを適切に取り扱うために、

- ① ICT の分離
- ② ICT による統合

という 2 つの手段を用いて NTT ファシリティーズ新大橋ビル (以下「新大橋ビル」) を構築し、課題の解決を試みた。写真 1 に外観を、表 1 に建物概要を示す。

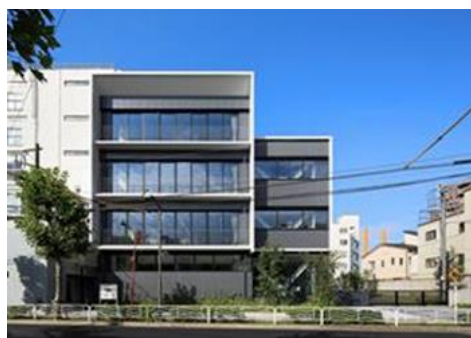


写真 1 建物外観

表 1 建物概要

<b>■建物概要</b>	
建築主	(株)NTTファシリティーズ
所在地	東京都江東区新大橋 1-6-2 (地番)
面積	敷地 2,028 m <sup>2</sup> 建築 935 m <sup>2</sup> 延床 4,343 m <sup>2</sup> (うち、オフィス 2,943 m <sup>2</sup> 、データセンター 139 m <sup>2</sup> )
高さ・階数	21.02m 地下 1 階、地上 4 階
構造	地下 RC 造・地上 S 造 (可変型制震構造)
工期	2013 年 4 月～2014 年 4 月 (2014 年 7 月開所)
設計・監理	(株)NTTファシリティーズ
施工者	建築工事 竹中・共立建設共同企業体 電気工事 (株)関電工 空調・衛生工事 日比谷総合設備 (株)
<b>■設備概要</b>	
熱源設備	モジュール型空気熱源 HP チャー 地中熱利用システム
空調設備	【オフィス】高顕熱 FCU+デシカント空調機 【会議室等】空冷パッケージ空調機+全熱交換器 【データセンター】高顕熱空冷 PAC+気流制御システム
衛生設備	【給水】直結増圧給水方式 【雑用水】加圧給水ポンプ (雨水利用) 【給湯】貯湯式電気温水器 【排水】重力式で公共下水道に放流
電気設備	【受電方式】高圧 6.6kV 1 回線受電 (非常用電源有) 【変圧器容量】合計容量 800kVA 【照明】全館 LED 照明 (無線による個別照明制御) 【中央監視】ケラト型 BEMS、ビル内情報連携システム
<b>■環境性能評価と受賞</b>	
グリーンビルディング認証システム	LEED-NC GOLD 認証
建築環境総合性能評価システム	CASBEE 新築 S クラス相当
建築物省エネ性能表示制度	☆☆☆☆
日経ニューオフィス賞 (2015 年) サステナブル建築賞 (2016 年)	
空気調和・衛生工学会賞 技術賞 (2016 年)	
電気設備学会賞 技術部門 施設奨励賞 (2016 年)	

## 2. 本プロジェクトの特徴

### 2.1 ICT の分離

ICT 化が急速に進展した近年のオフィスでは、人と ICT 機器が無意識のうちに同じ空間に共存した状態で日常の活動が行われている。しかし、本来、人と ICT 機器は表 2 のように、特性や求める環境が大きく異なる。これらが共存した結果、図 1 (左側) のように、ICT 機器の発熱・騒音が執務空間の快適性を悪化と、オフィス用の空調で無駄なエネルギーを消費するという問題を生じている。

例えば、オフィスの一角にサーバー類が設置された場合、オフィス用の空調機が 24 時間冷房運転されることがある。業務時間外でも広いオフィスの空調が動くだけでなく、空調機が低い運転効率で動作し、無駄にエネルギーを消費することになる。また、冬季では、暖房運転している空調系統との混合損失を生じさせる場合もある。そこで、新大橋ビルでは、データセンターをビル内に独立して設置し、PC の仮想化により執務空間の ICT 機器を最小限化し、サーバー類は全てデータセンターへ収容した。この取組みにより、図 1 (右側) のように、オフィスの快適性向上や空調システムの効率的な運用を実現した。

### 2.2 ICT による統合

空調機器や照明機器の高効率化、BEMS の普及や自動制御の高度化などにより、設備の省エネルギー化は進展している。さらに、ICT の発展により各種センサーや通信手段の小型化、オープン化が進んでおり、ビル内において、これまで独立して存在したセンサーやシステムが IP ネットワークを介してつながり、統合・連携できる環境が整いつつある (IoT: Internet of Things)。

しかしながら、現状では、その統合は一部システム間の連携や「見える化」に限られている。より広範囲に、かつ、自動制御まで含めたビル内の情報連携技術が確立され、大規模なビルだけでなく、中小規模ビルにも実用化されることが期待されている。特に、ビルの ZEB を実現するためには、ビルの利用状況や不具合をいち早く把握し、適切に対応することは重要であり、ICT による各種ビル内システムの統合や連携への期待は大きい。

そこで、新大橋ビルでは ICT による統合・連携技術を積極的に取り入れ、図 2 のように全てのビル内システムを相互に接続し、自律的に連携できる仕組みを導入した。さらに、取得したデータを活用した新たな技術や連携方法の創出を目指した。

### 2.3 新大橋ビルに導入した技術の位置づけ

新大橋ビルで導入した技術を図 3 に示す。オフィスにおける ZEB の実現、省エネルギー型データセンターの実現、そしてビル内情報の統合マネジメントシステムの構築、の 3 つに大別している。

表 3 人と ICT 装置の特性の違い

	人間	ICT 装置
負荷特性	<ul style="list-style-type: none"> <li>発熱が小さく、人数変動</li> <li>主に営業日 9-18 時活動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発熱が大きく、台数ほぼ一定</li> <li>24 時間 365 日稼働</li> </ul>
空調条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>22~26℃</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5~40℃</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>換気必要</li> <li>夏は冷房、冬は暖房</li> <li>快適性が生産性に影響</li> <li>静穏性必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>換気不要</li> <li>年間冷房</li> <li>空調条件を逸脱すると故障</li> <li>騒音が発生</li> </ul>

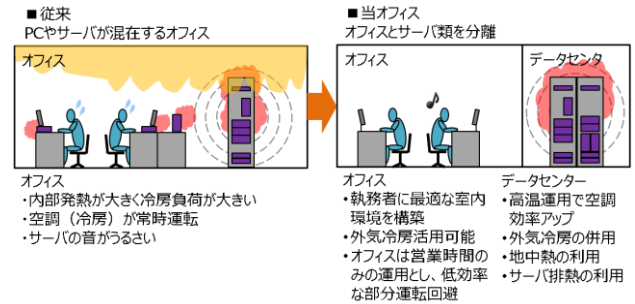


図 1 ICT の分離のイメージ図

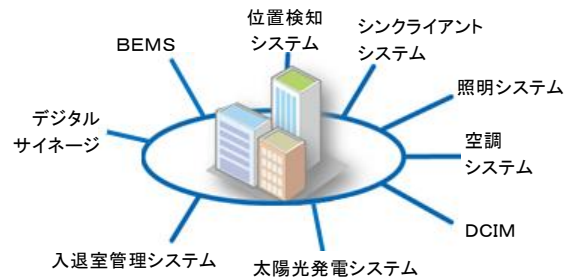


図 2 ICT による統合のイメージ図

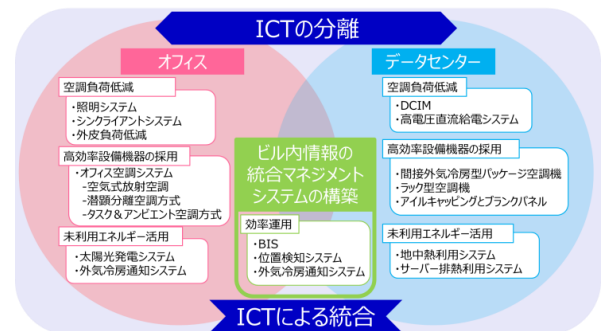


図 3 本プロジェクトの導入技術

## 3 オフィスにおける ZEB の実現

### 3.1 照明システム

執務エリアには、図 4 のように“無線個別調光照明制御システム”を採用した。1 灯単位での個別調光制御、明るさセンサーによる適正照度制御、スケジュール制御、昼光利用制御の 4 つを組み合わせ、省エネルギーで快適な空間を構築した。その結果、図 5 のように制御無しの Hf 照明と比較して、制御を行った LED 照明は 81% の省エネルギーとなり、制御無しの LED 照明と比較しても 71% の省エネルギーとなった。

### 3.2 シンクライアントシステム

オフィスで個人が業務を行う ICT 端末として、図 6 のように、PC に代えてシンクライアント (Thin client) を採用した。シンクライアントシステムは、ユーザーのクライアント端末からプログラムの実行やデータの保存といった機能を別のサーバコンピュータが集中的に管理する方式である。オフィスをシンクライアントとし、サーバコンピュータをデータセンターに収容することで、オフィスのコンセント負荷を大幅に削減することができる。

オフィスにおける PC の発熱は、冬季においては暖房負荷を低減する側に寄与するが、それを考慮しても、通年での PC と空調の消費電力量は、図 7 のように、シンクライアントにより 79%削減することが出来る。これにより、省エネルギー性と快適性の高いオフィスを実現した。

### 3.3 オフィス空調システム

基準階オフィス空調設備は、図 8 のように、快適性と省エネルギー性の両立を目標に、人間の温熱感 6 要素のうち空調システムでコントロール可能な、温度、湿度、気流、放射の 4 要素をすべて利用する空調方式 (4 要素空調) とした。タスク&アンビエント空調、潜顕熱分離空調、全空気式放射空調の個別技術を組み合わせて実現している。全空気式放射空調については、膜放射ユニットを新規開発し、モックアップを用いた実大規模実験により事前に性能を検証した。

オフィスにおける垂直温度分布を図 9 に示す。夏季・冬季ともに、垂直温度分布は 1℃以内であった。また、インテリア空間における平面温度分布は、夏季・冬季ともに温度差 0.5℃以内であった。オフィス中央での執務時間 (9~18 時) における PMV の値は、図 10 のように計画段階の目標値である ±0.5 の範囲に、夏季 91%、冬季 93% の割合で収まり、当空調システムは快適な執務環境を維持していた。また、図 11 にオフィスの潜熱・顕熱処理量を示す。高顕熱 FCU とデシカント空調機にて潜熱と顕熱が適切に処理されていたことを確認した。

### 3.4 執務者アンケートと 1 次エネルギー消費量

新大橋ビルでの執務者に対し、移転前後のオフィス環境についてアンケートを行った結果を図 12 に示す。8 割を超える執務者が「快適で使い勝手が良い」と答えており、前項での快適性に関する評価結果を裏付けるものとなった。また、オフィスにおける単位面積当たりの 1 次エネルギー消費量は 744MJ/(m<sup>2</sup>年)であった。一般オフィスビルの年間エネルギー消費量 1,869MJ/(m<sup>2</sup>年)\*の約 40%に相当し、当オフィスは高い省エネルギー性を有していることを確認した (図 13)。

(※ 経産省: ZEB の実現と展開に関する研究会「ZEB の実現と展開について~2030 年での ZEB 達成に向けて~」による)

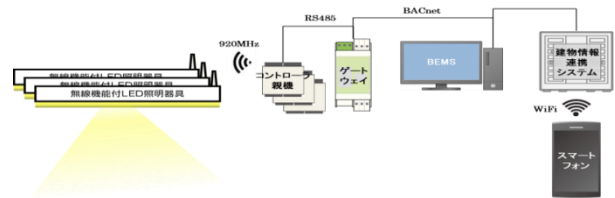


図 4 無線個別調光照明制御システムのシステム構成

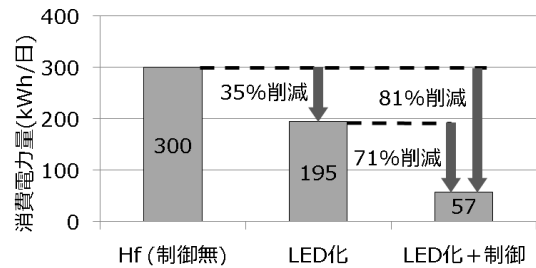


図 5 省エネルギー効果

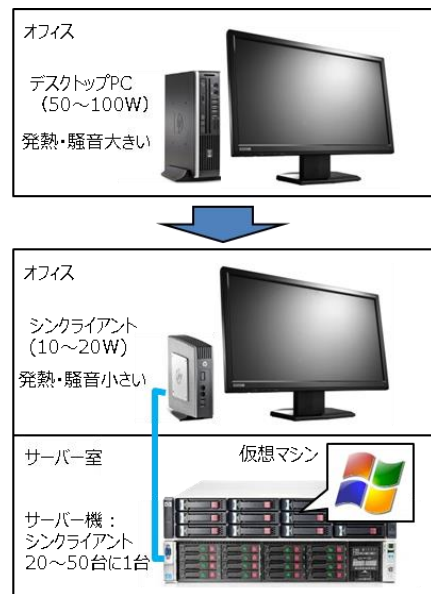


図 6 シンクライアントシステムの導入イメージ (VDI 方式)

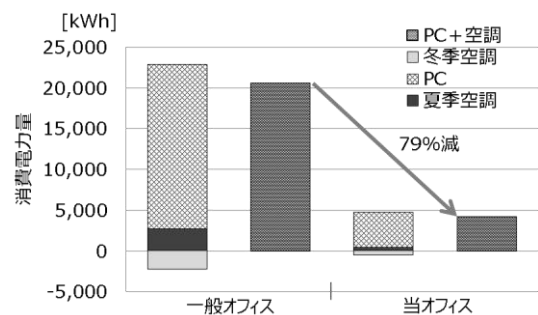


図 7 年間の PC 消費電力量と PC 発熱処理分の空調消費電力量

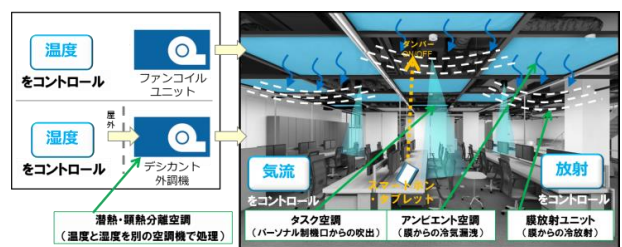


図 8 4要素空調方式の概要

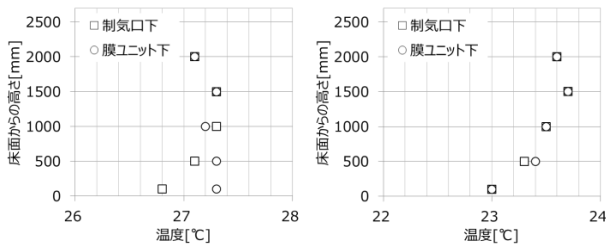


図 9 3階オフィスの執務時間帯の平均垂直温度分布  
(左：夏季代表日 2015.8.4, 右：冬季代表日 2015.2.4)

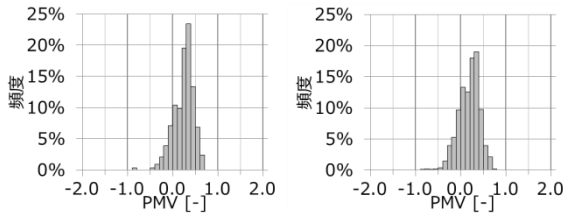


図 10 3階オフィスの PMV 頻度分布  
(左：2014年9月 右：2014年12~3月)

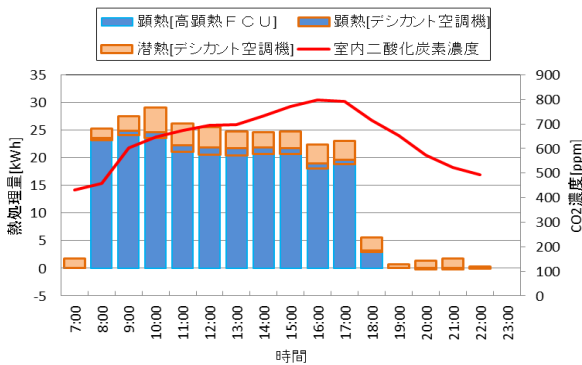


図 11 3階オフィスの潜熱・顕熱処理量 (2015.8.4)

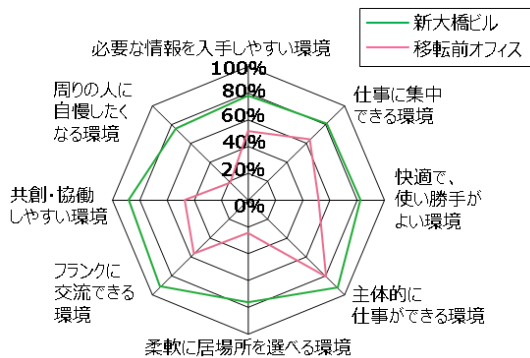


図 12 執務者へのアンケート調査結果

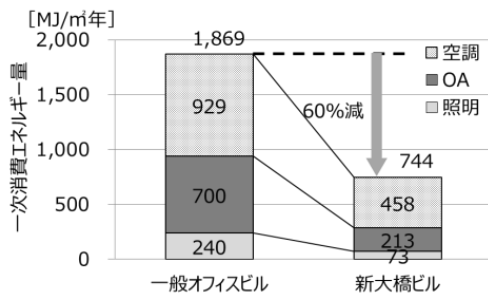


図 13 オフィスビル相当部分における累積消費電力量の比較

## 4 省エネルギー型データセンターの実現

新大橋ビルでは、オフィスの業務用 PC やファイルサーバをまとめて収容して効率的に運用することを目的に、小規模なデータセンターを設けた。図 15 に概略平面図と主な構成機器を示す。

### 4.1 DCIM

電源システムや空調システムの効率化に加え、ICT 装置と電源・空調システムを統合制御し、更にエネルギー消費量を削減するため、DCIM (Data Center Infrastructure Management) を開発した。DCIM の制御の例として、図 16 に片寄せ (サーバーの負荷集約) 連係制御の手順を示す。図 17 に片寄せ連係制御の省電力効果を示す。片寄せ制御により稼働する ICT 装置を削減することで、データセンター全体の消費電力を約 40%削減した。

### 4.2 間接外気冷房型パッケージ空調機

間接外気冷房型パッケージ空調機の構成を図 18 に、冷媒ポンプサイクルと圧縮機サイクルを図 19 に示す。間接外気冷房型パッケージ空調機は、外気温が概ね 15°C より高い場合は、圧縮サイクルで運転するが、外気温が十分に低く、必要な冷房能力が得られる場合は、冷媒ポンプサイクルに自動的に切り替わる。

間接外気冷房型パッケージ空調機の運転実績を図 20 に示す。本空調機は年間を通じて主たる空調機として運用され、年間累計で 34,941kWh の電力量を使用して 156,735kWh 冷却した。通年で総合運転効率は 4.49 に達し、一般的なデータセンター用パッケージ空調機を用いた場合に比べ、消費電力量は 42%削減された。

### 4.3 地中熱利用システム

積極的に未利用エネルギーを活用するため、建設時に基礎杭内に採熱管を敷設し、地中熱利用を行った。地中熱利用システムの構成を図 21 に示す。通年で安定した冷房需要があることから、主にデータセンターにて地中熱を活用した。地中熱利用システム運用実績を図 22 に示す。地中熱利用システムにより、データセンターの空調負荷の 4%弱に相当する 9,075kWh を賄うことができた。

### 4.4 データセンターの省エネルギー性

運転開始後 1 年間の PUE 実績を図 23 に示す。図 14 に示すような各種省エネルギー技術の導入により、データセンター部分での通年で PUE は 1.33 であった。床面積が 150 m<sup>2</sup> 程度の小規模なデータセンターとしては、低 PUE であると言える。また、一般的なデータセンター (電源装置や空調装置に一般的な UPS やデータセンター用パッケージ空調機を用いたモデル) との比較により、ICT 装置を除いたインフラ部分の消費電力は 45%少なく、本データセンターは高い省エネルギー性を有している。

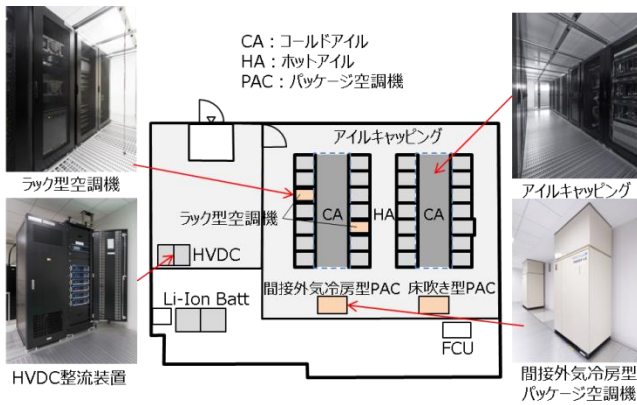


図 15 本データセンターの概略平面図と主な構成機器

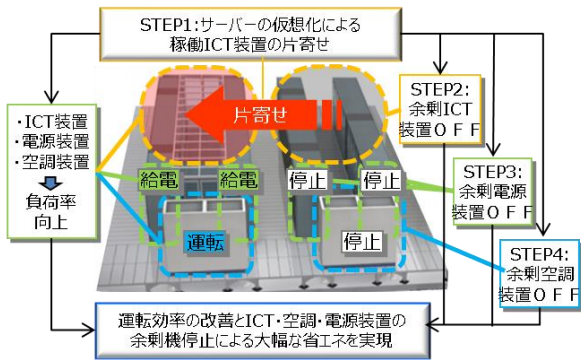


図 16 片寄せ連係制御の手順

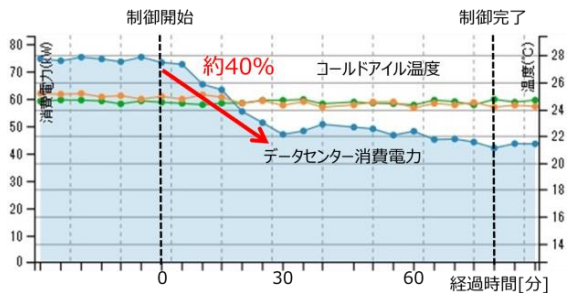


図 17 片寄せ連係制御の省電力効果



図 18 間接外気冷房型パッケージ空調機の構成

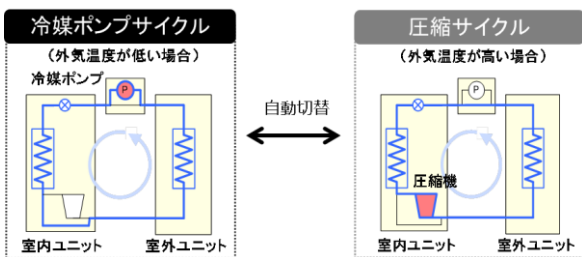


図 19 冷媒ポンプサイクルと圧縮機サイクル

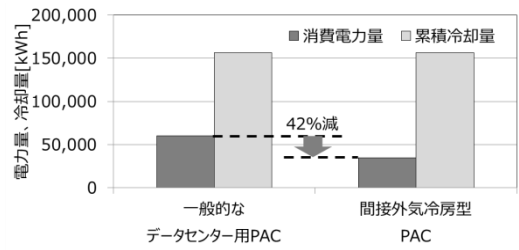


図 20 間接外気冷房型パッケージ空調機の運転実績

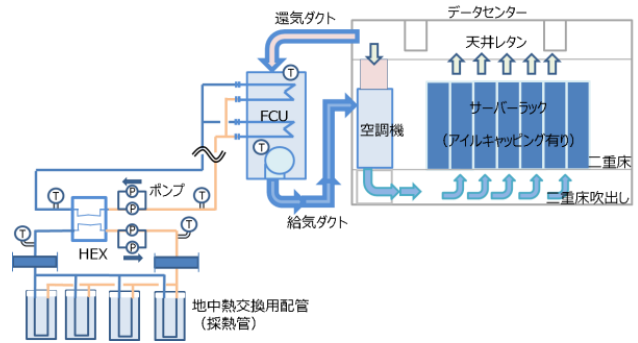


図 21 地中熱利用システムの構成

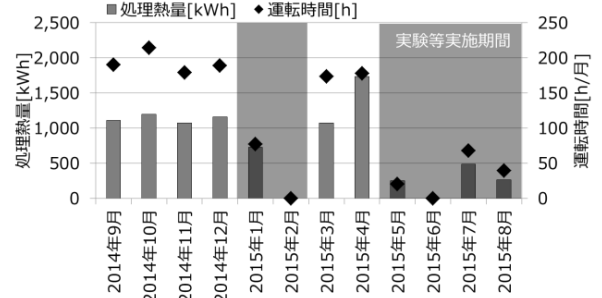


図 22 地中熱利用システム運用実績

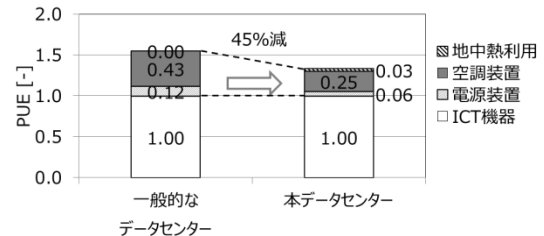


図 23 運転開始後1年間のPUE実績

## 5 ビル内情報の統合マネジメントシステムの構築

ビルには、さまざまな「ICT システム」が個別に存在している。それぞれが独立したシステムであり、同じ情報を個別に管理している、ユーザーID とパスワードが別々、用途や寿命が異なり連携が困難、などの課題がある。各システムを「ICT により統合」することで、全体を効率的に運用できる上、単体では実現できない機能を提供することが期待できる。

### 5.1 ビル内情報連携システム (BIS)

各システムを ICT で連携させるためビル内情報連携システム (Building Information management System: BIS) を導入した。図 25 に BIS の概念を、図 25 に BIS の動作

例を示す。各システムは、BIS を介して接続するため、将来的な更新や追加に、部分的な改造で対応することが可能となっている。BIS により、ビルを効率的かつストレスフリーに運用・制御できる上、単体では実現できない機能が提供できる。

## 5.2 位置検知システム

入居者の位置を詳細かつリアルタイムに把握し、ビルの適切な運用と省エネルギーに利用するため、「ビーコン」と「スマートフォン」で位置検知を行った。ビーコンを利用した位置検知の概念を図 26 に示す。対象範囲は、空調や照明の制御エリアを考慮し、3m×3mグリッドとした。新大橋ビルでは、上記の制御エリアにおいて 10 秒ごとに約 80%の精度で位置検知を行うことができた。これにより、照明や空調との連動制御を行い、ストレスフリーな制御を実現している。

## 5.3 外気冷房通知システム

常時監視している屋外環境(降雨・外気エンタルピー)と窓の開閉状況により、窓を閉閉すべき状況であれば、前項の位置検知システムで把握した窓付近の入居者のスマートフォンに窓の開閉を促す通知を行う。これにより、機械的な機構を導入することなく、状況に応じて適切に外気冷房を行う仕組みを実現した。図 27 に外気冷房通知システムの概要図を示す。窓開け時は、空調機が自動で停止する。本システムの導入は、入居者に省エネルギーの意識を高め、行動させることにもつながり、その結果として約 27%の省エネルギー効果を得た。

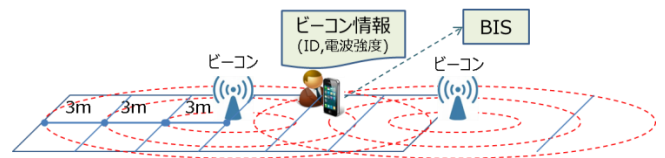


図 26 ビーコンを利用した位置検知の概念

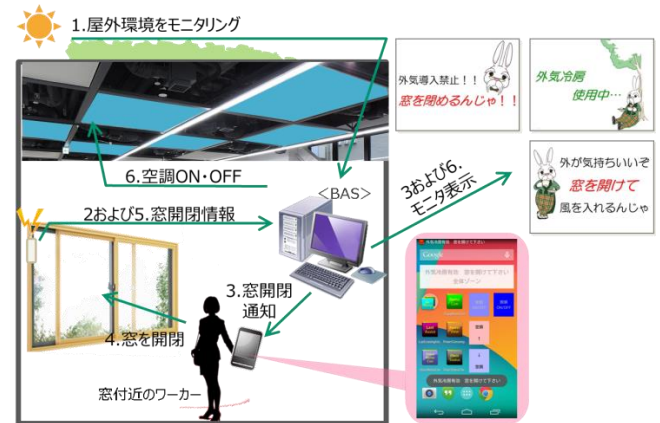


図 27 外気冷房通知システムの概要図

## 6 コミッショニングの実施

設計段階から運用後 1 年目において、第三者機関によるコミッショニングを実施した。表 4 に、計画、設計、受渡～運用の各段階でのコミッショニング結果を示す。設計段階では、要求条件をすべて満足できることを確認した。受渡～運用段階では、一部の項目で要求性能に達しない項目があったが、その差は軽微であり概ね満足できることを確認した。

表 4 計画、設計、受渡～運用の各段階でのコミッショニング結果

区分	指標	範囲	基準	設計段階	受渡～運用段階
共通	一次エネルギー消費原単位	㎡/㎡	≦1,120MJ/㎡以下	○ (1,059MJ/㎡)	○ (744MJ/㎡)
	CASBEE	ビル全体	S級	○ (S級)	○ (S級)
空調	SCOPの最大値	ビル全体	3.0以上(2次基準)	○ (最大値4.6)	○ (最大値6.1)
	PMV	㎡/㎡	±0.5以内	○	○
	相対湿度	㎡/㎡	40～50%(77°F)	○ (設計条件)	○
	遊離ガス濃度	実験室	10%以上	○ (設計条件)	○
	PUE	㎡/㎡	900ppm以下	○ (設計条件)	○ (最大値750ppm)
衛生	COP	ガレージ	1.3以下	-	○ (1.3)
	給水量	ビル全体	3.0以上(2次基準)	○ (5.1)	○ (4.5)
電気	給水量	ビル全体	6t/㎡日以下	○ (設計条件)	○ (0.7t/㎡)
	雨水利用率	ビル全体	20%以上	-	○ (65%)
電気	受電設備利用率	ビル全体	98.5%以上	-	○ (98.5%)
	机上照度	ビル全体	400Lx	○ (設計条件)	○ (400Lx)
BEMS	ビル全体	上記評価指標が算出可能	○	○	

## 7 まとめ

本プロジェクトでは、データセンターを併設したオフィスビルを構築し、「ICT の分離」と「ICT による統合」という手段を用いて、ICT を活用することで快適性と省エネルギー性を両立したオフィスビルを実現した。

小～中規模 (500～10,000 ㎡) のビルは約 31 万棟存在するとされ、中小規模ビルにおける ICT 活用は今後ますます進展すると予想される。そこで発生する課題に対する解決策の一つとして、本プロジェクトの成果が活用できると考える。

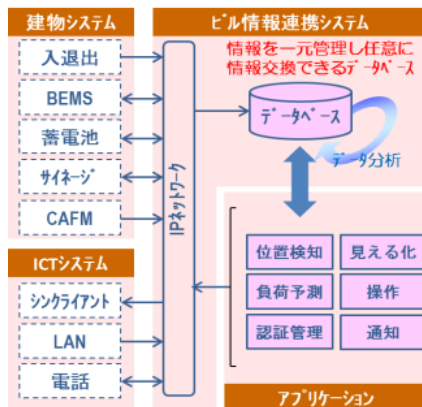


図 24 BIS の概念



図 25 BIS の動作例