

目 次

— 研 究 報 告 —

1. 鹿島建設技術研究所 本館研究棟 ----- 1
弘 本 真 一
2. 東京電機大学東京千住キャンパス 理工系大学トップクラスのエコキャンパス 5
林 一 宏

開催日 平成26年6月24日 (火)

鹿島建設技術研究所 本館研究棟
Planning of System Design in Research Building of KAJIMA Research Institute

弘本真一¹⁾
Shinichi Hiromoto

1)鹿島建設株式会社 建築設計本部 設備設計統括グループ グループリーダー

ハイレベルな低炭素型オフィスが普及するためには、①コスト合理性が高い②環境の嗜好性に追従しやすい操作性③設備の高効率化④建築の長寿命化に配慮し更新性に優れる⑤メンテナンスの合理化などの要素を高いバランスで維持しなければならない。それを実現するためのプロトタイプと位置付けた本建物のコンセプトは、『ミニマムな装備で最適な知識創造環境を提供する』である。

最小限の装備で最適な環境と省エネ性を両立する手法を周到に取り込み、従来のオフィス設計にはない徹底した設備計画の合理化と室内環境設定の再定義を行っており、その妥当性の検証として、室内環境計測やエネルギー分析に加え、知的生産性の評価やコミュニケーションの実態評価も試みている。

Synopsis To popularize the high-level low-carbon office, it was required to maintain a balance between the following 5 elements.

- 1) Cost-effectiveness 2) Operability to follow environmental demands 3) High-efficiency system
4) Long life, Modifiability 5) Maintenance rationalization

The concept of this project was to "provide the most suitable Intellectual Creation Environment with minimum equipment". To verify the validity, we conducted an indoor environment measurement, energy analysis, evaluation of the intellectual productivity and communication.

建築と設備の統合, 省エネルギー, 空調効率, 明るさ感評価, 知的生産性

Integration of Design and System, Energy Saving, Air Conditioning Efficiency, Brightness Evaluation, Workplace Productivity

1. はじめに

鹿島建設技術研究所の計画にあたっては、研究者が物事の本質を探究し、そこから新しいものを発想し生み出す“知識創造の場”としてのあり方の追求から始めた。

知識創造性を引出すためには、集中とリラックス、個人思考とコミュニケーションの切替えを誘発することが必要であると考え、研究所員の日常のアクティビティを洗い出し、活動の場を再定義することから始めた。基準階のプランを図1に示す。柱スパンごとにキャビネットが緩やかにグループ間の境界を形成し、オープンスペースの中でもグループの活動拠点が分けられるようになっている。また、グループの専有エリアの中央部（コミュニケーションHUB）や外部環境の影響を受けやすいペリメータ部には人が自然に集まるコミュニケーションスペースをフロアの随所に設定。所員間の交流をより一層顕在化させ、思考のON/OFFの切替えを積極的に促そうと考えたものである。

2. 建築・設備計画概要

所在地：東京都調布市飛田給 2-19-1

設計施工：鹿島建設（株）

用途：研究オフィス

階数：地上5階、地下1階、塔屋1階
構造：RC造
延床面積：8,812.20 m²
工期：2010年4月～2011年11月
受変電：6.6kV1回線受電/トランス850kVA
照明：共用部LED/専有部デスク・アンビエント
コンセント：50VA/m²
監視：中央監視/BEMS/CO₂見える化
給水：受水槽+加圧給水/雨水散水
熱源：空気熱源ヒートポンプチラー
空調：外調機+空気熱源HPパッケージ



写真1 本館研究棟外観

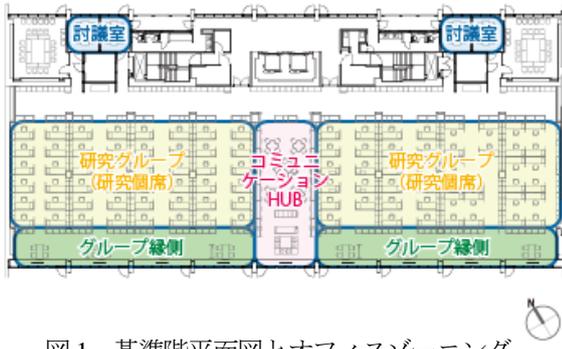


図1 基準階平面図とオフィスゾーニング

3. ミニマムな装備で適正なオフィス空間を構築

フラットスラブの構造架構をシンプルに外装に表現したデザインは、眺望と同時に日射遮蔽性能の両立を目指して計画されたものである。奥行き 1150mm の深い底形状と東西面の開口のない耐震壁、さらに屋上の全面的な緑化などにより PAL 値=193 (オフィス基準値-35%以上) を達成している (図2)。また、オフィス内装では天井レス、OAフロアレスとし、内装材を極力少なくし省資源化を試みている。天井の吸音性能を代替するものとして木毛セメント板をスパンの境界部分に設置。隣接するグループ間の音声を吸収するのが狙いである。OAフロアの機能を代替するものとしては、グループ境界の家具の巾木部分に配線スペースを設け、各個人ブースまでの通線を可能にしている。(図3)。

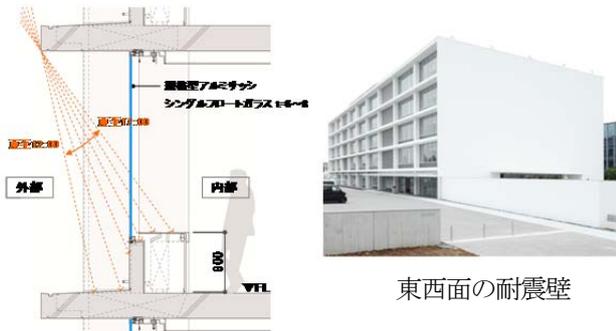


図2 日射負荷を抑制した外装デザイン

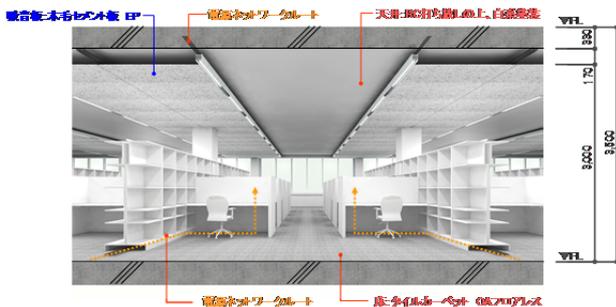


図3 機能統合化されたオフィス内装

4. 空調設備計画

流体が平滑な面に付着する特性「コアンダ効果」を利用してフラットスラブに空調空気を付着させて搬送する方式

を採用し、外気処理と除湿および照明などベース負荷を処理するアンビエント外調機の送風に適用した (図4、5、表1、2)。これにより、①フラットスラブと組み合わせ、天井高 (3,170mm) の確保と階高の低減 (3,500mm) を同時に実現していること、②ファン動力低減による省エネルギーとダクト削減による省資源化を実現できた。竣工直後の夏期の室内のドラフト環境と上下温度分布について図6に検証結果を示す。居住域での空調気流は0.3m/s以下に抑えられている。

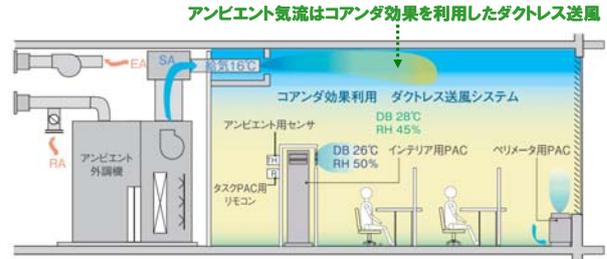


図4 基準階オフィス空調システム

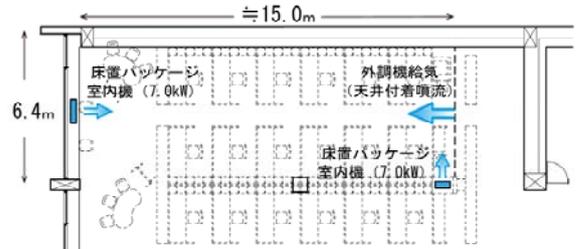


図5 基準階標準スパンの空調平面図

表1 外調機(アンビエント空調) 機器仕様

外調機能力								
コイル能力		風量		温度		送風機動力 [kW]	加温能力 [kg/h]	風量制御
冷却 [kW]	加熱 [kW]	総風量 [m³/h]	吹出口風量 [m³/h]	吹出温度 [°C]	室温設定 [°C]			
29.0	26.0	1830	610	16.0	26.0	1.5	16.6	INVによる変風量制御

表2 個別分散型HPパッケージ 機器仕様

ペリメータ室内機能力		インテリア室内機能力		室外機能力			運転動作
冷却 [kW]	加熱 [kW]	冷却 [kW]	加熱 [kW]	冷却 [kW]	加熱 [kW]	消費電力 [kW]	
7.0	7.5	7.0	7.5	14.0	15.0	6.09 (冷房時)	室内機2台の同時運転タイプ

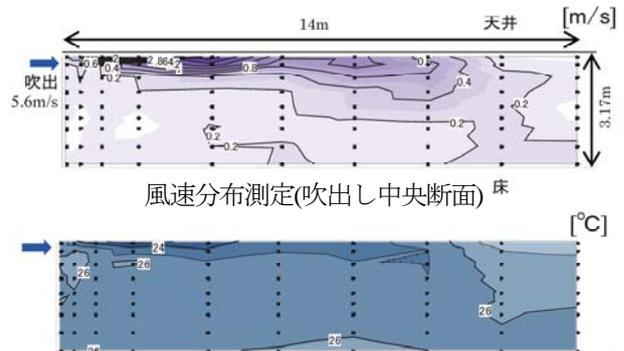


図6 夏期の風速/温度分布測定結果 (室温 26°C, 吹出温度 16°C)

5. 中央方式と個別分散型HP方式の効率評価

図7に、アンビエント外調機（＝中央方式）とタスクシステムの個別分散型HPパッケージの月別積算空調処理熱量の実績を示す。安定的に負荷がかかるアンビエントシステム（＝ベース運転）と、負荷の追従運転やゾーンの温度嗜好性などをタスクシステム（＝間欠運転）とする計画の主旨にあった運用が通年で実現できている。中間期については外気冷房制御や自然換気運用が計画的に行われている。

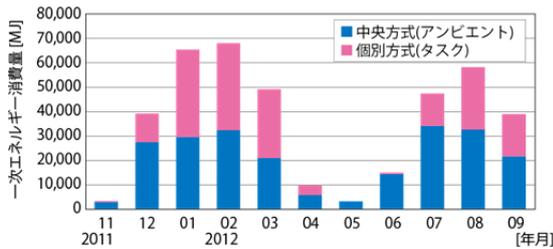


図7 月別積算空調処理熱量実績

図8に空冷HPチャラーの月別平均システムCOP(2次エネルギー換算)を示す。図は内蔵されている冷温水ポンプを含むCOPである。中間期については、外気冷房制御に加えて自然換気運用となっているため処理熱量が少なく、結果的にCOPが小さい。冷温水ポンプはチャラーの最低流量確保のために負荷処理量が無くても最低周波数で稼働する。このように補機類のベース運転があることにより、負荷処理量が減ることがCOP低下に直結する。

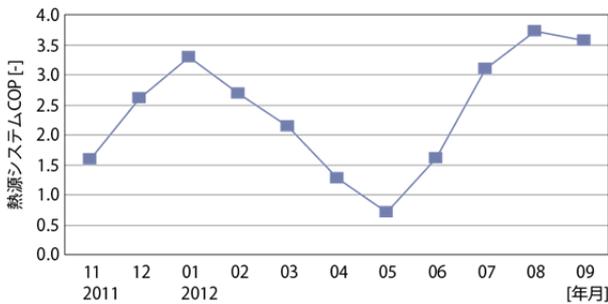


図8 空冷ヒートポンプチャラーの月別平均COP

図9に空冷ヒートポンプチャラーの頻度区間ごとの積算電力消費量を示す。システムCOPが2.5～3.5という比較的高効率な状態で運転を行っている時間が多い。

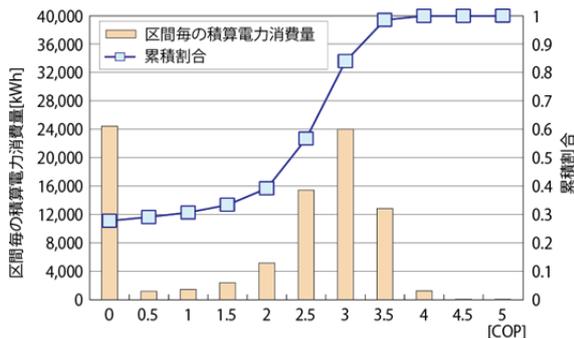


図9 空冷HPチャラーのCOPと積算電力消費量

タスクシステムに採用している個別分散型HPパッケージは、2台の室内機を一つの膨張弁にて制御するタイプでビル用マルチ型と比較すると負荷追従性が高く、低い負荷率でもCOPが高い特徴がある。このため、部分負荷運転が多くなるタスク空調の運用に適した機器である。図10にタスクシステムの月別平均COPを示す。運用上、負荷処理量の多い冬期においてCOPが上昇している。中間期、特に5月については、アンビエントシステムのみで負荷処理が可能ため運転時間が無かった。

図11に夏期における個別分散型HPパッケージの負荷率とCOPの相関を示す。間欠運用のため、夏期、冬期ともに低い負荷率であるが、全体としては比較的高いCOPでの運用が実現できている。

図12にタスクシステムに採用した空冷ヒートポンプパッケージのCOPと頻度区間ごとの積算電力消費量を示す。間欠運転のため、アンビエント系統熱源と比較して電力消費量が小さいが、COPが2.5以上の区間での電力消費時間が多く、比較的高効率で運用できていることが判った。

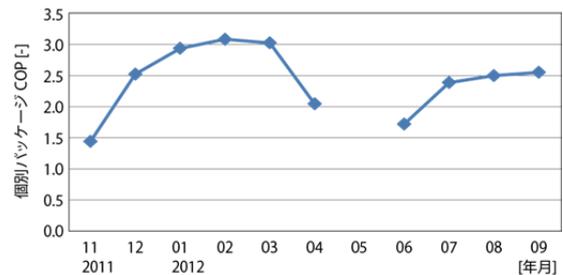


図10 タスク用空冷HPパッケージの月別平均COP

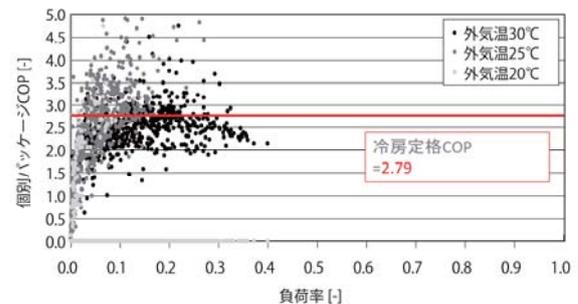


図11 タスク用空冷HPパッケージの負荷率とCOP

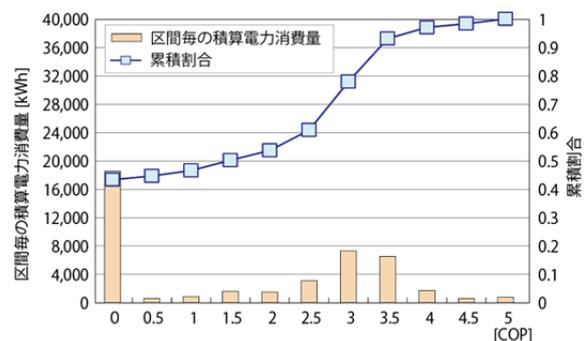


図12 空冷HPパッケージのCOPと積算電力消費量

6. オフィス照明電力量の実測結果

オフィス照明電力量の測定結果を図13に示す。平均電力は6.8W/m²で、うちタスク照明は0.2W/m²となっている。タスク照明利用率は昼間30%～夜間65%であった。

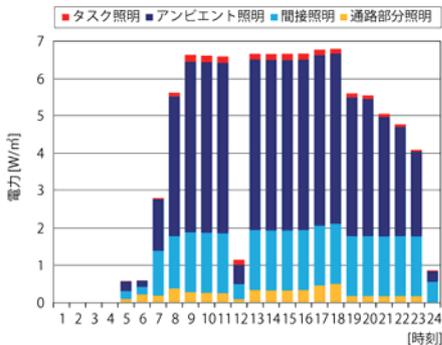


図13 3～5階平日オフィス照明電力量

7. 輝度設計の実践と視環境の質的評価

実測による明るさ感の評価結果を図14に示す。照度は400lxながら、間接照明を活用することにより、当社独自の評価による明るさ感指標値は一般オフィスと比較して同等以上の値を示している。

パターン	一般オフィス	本館/間接照明なし	本館/間接照明あり
内観			
照度	750 lx	300 lx	400 lx
明るさ画像			
明るさ感指標値	7.4	7.2	7.5

図14 着席時の明るさ感指標値の評価

8. 建物全体のエネルギー消費実績

計画当初、運用時のCO₂排出量は一般ビル比で-50%達成を目標とした。「東京都省エネカルテ(H19年度)」の事務用途の値を参考とし、年間で100 kg-CO₂/m²・年として比較を行った。2012年04月～2013年03月までのデータに基づく本建物の実績値は、年間CO₂排出量で37.5 kg-CO₂/m²・年となり、基準ビルと比較して、約62.5%のCO₂排出量削減が達成されている(図15)。

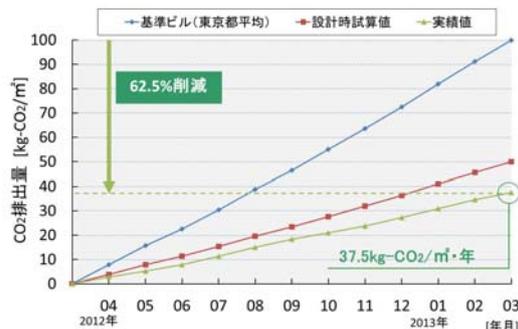


図15 年間CO₂排出量の実績

9. 国内トップレベルのCASBEE認証スコア

CASBEEにおいては、国内でトップレベルのスコア『BEE=8.3』(図16)で2011年に第三者認証を取得した。建物本体の省エネ性能だけでなく、解体時のコンクリート廃材から骨材を再生する技術の採用や、研究本館を含む飛田給エリア全体が『生物多様性保全につながる企業のみどり100選』に選出されるなど地域環境保全と野生生物との共生の試みについても評価された。

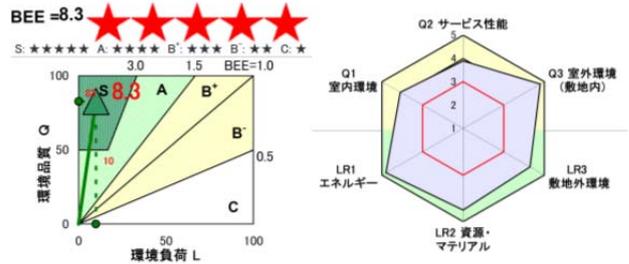


図16 CASBEEスコアシート(第三者認証)

10. SAPによる環境満足度の評価結果

光環境、温熱環境、空気環境、音環境それぞれの環境要素に対して、下記スケールを用いて満足度を調査した。それぞれの環境要素に対する満足度の平均値を図17に示す。全体的に入居後の満足度が高く、特に温熱環境と空気環境で向上している様子が見られた。建替により環境満足度は向上していると判断できる。

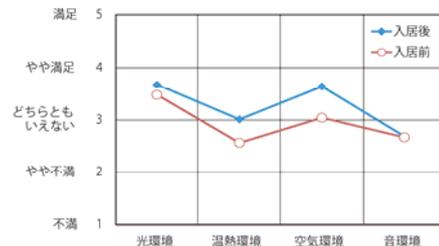


図17 環境満足度評価結果

11. おわりに

本業績では、コスト合理性に配慮した上で、低炭素化と知的生産性向上に同時に貢献する汎用プロトタイプとしての検証を重ねてきた。本計画にて計画当初より主旨に賛同いただいた技術開発関係者、施工者、メーカーの方々をはじめ多くの方々に深く感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 弘本ほか：鹿島技術研究所本館研究棟 空気調和・衛生工学会賞技術賞報告 空気調和衛生工学 2013. 07月号
- 2) 弘本ほか：日本建築学会 第9回建築設備シンポジウム 鹿島技術研究所本館研究棟 2013. 10. 24
- 3) 弘本ほか：低炭素型オフィスの計画とワークプレイスの環境性能評価(その1)～(その3) 平成24年度空気調和・衛生工学会大会学術講演梗概集
- 4) 弘本：鹿島技術研究所 本館研究棟 第48回空気調和・冷凍連合講演会講演論文集 2014. 04. 15

東京電機大学東京千住キャンパス

理工系大学トップクラスのエコキャンパス

Tokyo Denki University

Eco campus of top-class science and engineering university

林 一宏 (株)日建設計 正会員

Kazuhiro Hayashi NIKKEN SEKKEI LTD

キーワード：連結式縦型蓄熱槽(Linked Vertical Thermal Energy Storage Tanks)、氷蓄熱(Ice Thermal Storage)、電力負荷平準化(Electric-load Leveling)、性能検証(Commissioning)

東京電機大学東京千住キャンパスは、理工系大学トップレベルの省エネルギー・省CO₂、電力負荷平準化、高い防災性能をキーワードに計画された最新の都市型キャンパスである。導入した技術は、新規開発のものから実績のあるもの、実験的な試みまで多岐に渡る。計画においては、事務所ビルとも文系大学とも異なる理工系大学特有の「施設の使い方」に着目した。また、建設地は駅前の既成市街地であったため、周辺環境との調和にも配慮している。竣工後2年が経過することから、本報では計画概要のほか、実績データも交え紹介する。

はじめに

東京電機大学は、創立の地である千代田区神田を拠点とする理工系総合大学である。2007年に学園創立100周年を迎えたのを機に、老朽化した校舎問題の解決と次の100年を見据え、神田キャンパスからの移転を決めた。新キャンパスは、東京の東の要衝「北千住駅」より徒歩1分であり、JR・私鉄など4社5路線が乗り入れる巨大ターミナル駅の至近である。千住地区は、江戸時代には日光街道(国道4号線)の第一宿として発展し、今なお下町の風情を色濃く残す街である。



写真-1 東京千住キャンパス外観(撮影：アーキフォト北嶋俊治)

1. 建築計画

建設地は既存街区に囲まれた約2.6haで、敷地中央を公道が通ることから周囲に柵などは設けず、緑豊かな景観とコミュニティの形成が図られるよう3つの広場を設け、地域に開かれた大学を目指した。公道により敷地が分断されるものの、2階レベルで全棟が繋がるように2本のブリッジを据え付け、立体的な回遊性をもたらす。公道の西側には本格的な機能の1号館、東側北には図書館・教室が入る2号館、中央に食堂・学生会館・体育館等の厚生施設である3号館、南には専門研究棟の4号館を配置している。(写真-1、表-1)

2. 設備計画

大学施設の中でも理工系大学は特に使用日や使用時間帯を標準化しにくく、深夜や休日なども自由気ままに研究活動を行うため、エネルギー使用量は多くなる傾向にある。また、事務所ビルとは異なり土曜日でも在館者は多く、オープンキャンパスや国家試験、部活動など各種イベントによる休日利用も多い。このような理工系大学の特徴を十分考慮し、利用者の利便性を損なうことなく省CO₂を実現させるため、最新のシステムを導入することとした。導入した技術による省CO₂

表-1 建築概要

■建築概要			
建築主	学校法人東京電機大学		
設計者	統括・意匠 設備・構造	：株式会社横総合計画事務所 ：株式会社日建設計	
施工者	施工元請負 1号館、3号館施工 2号館、4号館施工 電気JV 空調JV 衛生	：住友商事株式会社 ：株式会社大林組 ：鹿島建設株式会社 ：(株)関電工、東光電気工事(株)、川北電気工業(株) ：(株)関電工、東光電気工事(株)、高砂熱学工業(株)、(株)大社 ：日比谷総合設備(株)	
竣工年月	2012年1月(大学のオープン)は2012年4月)		
所在地	東京都足立区千住旭町5番地		
敷地面積	約 26,200 m ²		
延床面積	約 72,600 m ² (全棟合計)		
学生数	約 5,000 名(教職員含め5,500名)		
■各棟の用途			
1号館	免震構造	約34,900m ² 地下1階/地上14階	キャンパスのメイン棟：地域連携施設、実験室、研究室、教員室、法人本部、ホールなど
2号館	制振構造	約18,400m ² 地下1階/地上10階	教育棟：図書館、一般教室、LAN教室など
3号館	耐震構造	約5,200m ² 地上5階	学生厚生施設：食堂、部室、体育館など
4号館	制振構造	約14,100m ² 地上10階	専門研究棟：特殊な排水処理や排気処理が必要な実験室、研究室および教員室など

目標値を設定し、達成状況の検証をするため、継続的な性能検証も実施している。未来の技術者を育てる理工系大学として、あるいは学生・地域・社会のコミュニティの場として環境教育の拠点となることを目指す。(図-1)

3. 導入した省CO2技術

本キャンパスでは、建物負荷の抑制・削減を図り、負荷を処理する熱を高効率に製造、必要箇所合理的に供給するシステムを構築した。また、運用・管理についても合理的に行う高度なシステムを導入し、成果を環境教育・啓発の推進に役立てることを計画している。(図-2)

3.1 徹底した負荷削減とその効果

導入した主たる負荷削減手法には、外皮性能の向上、照明電力の最小化、外気導入量の最小化など複数あるが、ここでは外皮性能の向上について紹介する。

(1) 外皮性能の向上

開口部は東西面に多く位置しており、大規模な採用は大学施設としては初となるエアフローウインドウ(以降 AFW)を採用した。直達日射に晒される1号館西面および南面の一部については「近赤外域再帰反射フィルム」を貼付し、熱負荷を低下させつつ、周辺街区への放射環境悪化を抑制する試みを実施している。

(2) エアフローウインドウの仕様

AFW1枚当たりの排気量は120m³/hとし、ブラインドに一旦吸収された日射熱を排気に乗せて排出する。ブラインドからの赤外線・再放射熱は、ガラスの選択性(可視光は通すが赤外線は遮蔽)により室内側までは到達しない。また、室内側ガラ



図-1 設備計画コンセプト

ス面温度は排気流により室内空気温度と近接するため、見かけ上の貫流熱損失は減少する。その結果、冷暖房共に合理的なペリメータレス環境の実現が可能となる。夏期晴天日に日射遮蔽性能の実測を行った結果、スラット保護角制御下(15:30-17:00)において、日射熱取得率は0.1~0.2程度を推移し平均0.17であった。

インナーサッシの開閉方法については様々見られるが、大学の場合、窓近くに物が置かれてしまい開閉困難(メンテナンス困難)となることが予想されるため、ガイドレールに沿って横方向にスライドする方式を採用した。また、AFWのサイドには手動開閉式の自然換気口が併設されている。休日夜間の在館者に対し外調機を起動させる無駄を省きながら換気が行える他、震災等の緊急時にも活用される。(図-3)

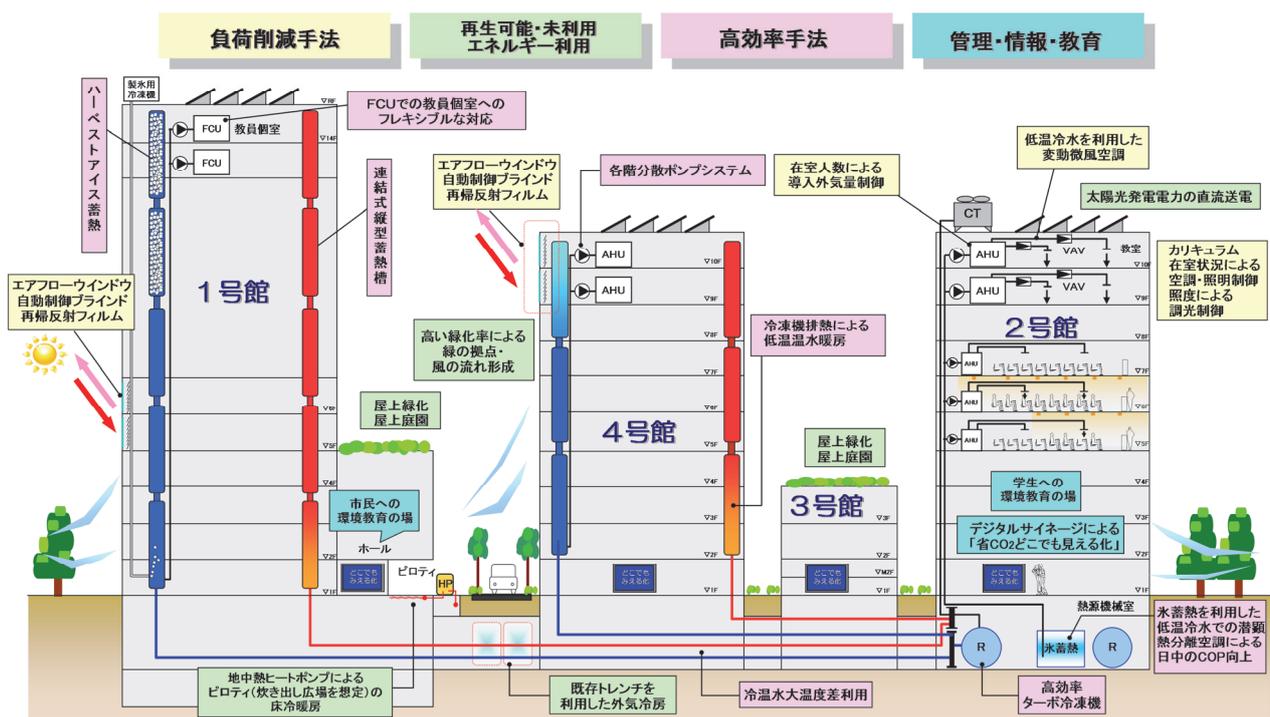


図-2 導入した省CO₂技術

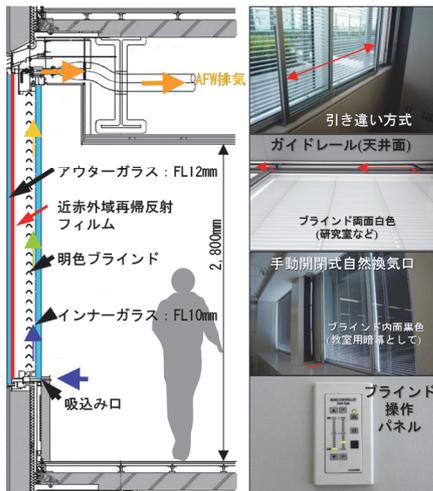


図-3 エアフローウィンドウ詳細図

(3) 太陽光追尾型自動制御電動ブラインド

SHASE-M1008-2009に準拠し、2モータの太陽光追尾型自動制御ブラインドを採用した。中央制御を基本としているが、教室での暗幕としての利用、個室でのローカル制御など AFW との協調が課題である。在室者の要望と省エネ効果とのバランスを鑑みつつ運用改善を継続的に実施していく必要がある。

(4) 近赤外域再帰反射フィルム

AFW は室内環境の向上及び省エネ効果をもたらすが、従前の熱線反射手法では鏡面反射となり、屋外放射環境の悪化が懸念される。周辺街区への光害対策、ヒートアイランドの抑制を考慮し、近赤外域再帰反射フィルムを採用した。(図-4)

本フィルムは近赤外域について、プリズム効果により大半を上方へ反射する特性を有する。少なからず日射の影響も受けるが、AFW との併用によりフィルムの温度上昇は2枚のガラスの透過選択性により室内には影響を及ぼさない(排気により熱は排出)。周辺街区への配慮と AFW のさらなる日射遮蔽効果の向上が期待できる。

4. 再生可能・未利用エネルギー利用技術

本敷地は近隣に複数の河川が流れており、地下水位が高く2m程度の掘削で水が湧き出してくる。サーマルレスポンス試験の結果、GL-2m付近の熱伝導率は2.0~2.2W/m・Kと比較的高い値であった。GL-5m付近までは熱伝導率の高い砂礫が含まれる砂質であり、水で飽和されていることによる。この地域特性を生かし地中熱を利用した床冷暖房設備を導入した。

一次側配管は写真-2のようにループ状の配管を半円ずらず水平埋設方式を採用し、GL-2mとGL-1mの2段埋設としている。総配管長は約2,600m、ヒートポンプパッケージは地中熱用のもので10kW×2台とした。

二次側配管はカフェテリアの正面であるオープンエアのピロティ床に敷設した。外部空間ではあるものの輻射効果により、夏はやや涼しく、冬はやや暖かい。また、震災時には周

フィルム厚さ	約200 μ m
可視光透過率	60-75%
赤外線透過率	5-10%
赤外線反射率	60-75%
赤外線上方反射率	55-75%

* 赤外線特性は波長2,000nmの実測値

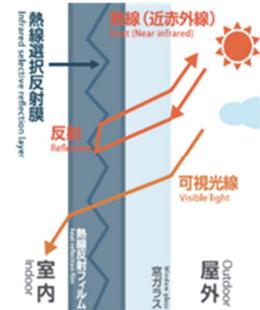


図-4 近赤外域再帰反射フィルムの特性とメカニズム



写真-2 水平埋設による地中熱利用(探熱側施工中)

囲をビニールシート等で囲むことで、炊出しスペースとして活用することも考えている。

5. 熱源システムの高効率手法

大学施設の使われ方は非常に不規則で予測は困難である。そのため利便性を優先してパッケージエアコンを採用しがちであるが、エネルギー使用量をコントロールしにくく、熱源容量も過大になりやすい。本キャンパスでは、従来よりも利便性を向上させた中央熱源方式として「連結式縦型蓄熱槽+中央熱源+分散ポンプ」を採用した。

5.1 熱源容量(熱負荷)の決定

熱源容量の検討に際し、旧神田キャンパスにおける学生、教職員の在館状況、授業カリキュラムに基づく時間帯毎の人員数、研究室・実習室の実験設備容量と稼働率などを加味した。特に考慮すべき事項を表-2に示す。これらに省エネ技術、蓄熱による夜間移行など考慮した結果、熱源容量は70,000m³を超える理工系大学としては極めて小さい2,400kW程度であれば良いという結果になった。

5.2 熱源システム概要

熱源システムの概念図を図-5に示す。2号館の熱源機械室に、冷熱の主熱源として水冷式インバーター冷凍機(冬期は冷却水の排熱回収で36℃の低温温水暖房を実施)と、製

氷用の水冷式プリンターボ冷凍機の計2台を設置した。同機械室には、躯体利用の内融式氷蓄熱槽と温度成層型の温水蓄熱槽も併設される。生産された冷温水は全棟を繋ぐ共同溝を経由して、1・4号館の縦型蓄熱槽、または各号館の空調機へ直送(追掛運転)される。蓄熱は1・4号館の縦型蓄熱槽と2号館の氷蓄熱槽に対して行われ、昼間は負荷の状況に合わせた追掛運転に付加して放熱する。縦型蓄熱槽は分散配置することでバッファタンクの役目を果たしている。

5.3 連結式縦型蓄熱槽

省エネルギー、電力負荷平準化、災害時の水源に加え、工期短縮、工費削減、地下の掘削量削減(残土処理費削減)といったメリットも得られる蓄熱方式を模索した結果、従来の自立式縦型蓄熱槽の発展形として連結式縦型蓄熱槽を開発した(写真-3)。1槽のサイズをトレーで輸送可能なサイズに抑えることで、工場生産による高い品質を確保し、現場では据え付けのみのため工期および工費の削減に繋がる。また、蓄熱槽効率がが高く、死水域は無視できるほど小さい。

図-6に運用段階での縦型蓄熱槽の温度プロフィールを示す。蓄熱・放熱ともにきれいな温度成層を形成していることが分かる。連結部には噴流となって吹き上がるのを防ぐために陣笠形状の整流板を設けており、これが温度成層の形成に大きく寄与している。蓄熱時に最頂部で温度が0℃近辺になっているのは、高密度化を目的とした氷蓄熱を実験的な試みとして実施しているためである。

5.4 分散ポンプシステム

空調機への冷温水搬送方式は、各階分散ポンプ方式を採用し、搬送動力の低減を図っている。蓄熱槽近傍の大型ポンプで建物全体の空調機へ送水する方式と違い、本方式では各階に設置された小型ポンプが「必要なときに・必要な量だけ・必要な場所へ」と送水する。中央熱源方式でありながら個別空調のように小さいエリア毎に小さい搬送動力で空調可能となる。また、縦型蓄熱槽により建物最上部に静水頭があるため、ポンプ動力を小さくできる。各階分散ポンプ方式は大学のような利用状況が不規則な施設に適した方式といえる。

5.5 空調負荷の実態(2012年度運用データ)

棟別の日積算空調負荷を図-7に示す。冷房ピーク負荷は7月後半に発生したが、設計値に対して25%小さかった。暖房負荷は11月後半~2月末までほぼ一定量で推移しており、ピークは11月末に発生している。設計値に対して20%大きかった。冷房:暖房の割合は2:1程度である。コンセント負荷による内部発熱により冬期でも冷房負荷が発生する割合が高いと想定していたが、実態は想定よりも低く、このことが冷房負荷の減、暖房負荷の増につながっている。なお、冷温熱合わせた年間の熱源システムCOPは3.05であった。

5.6 夜間移行率の実態(2012年度運用データ)

熱源電力夜間移行率は年間で58%となり約6割を夜間に移行する結果となった。また、6~9月の4ヶ月間は13~16時の間、熱源を完全停止しており電力負荷平準化へ寄与している。なお、熱負荷夜間移行率は年間で74.8%となった。電力と負荷の夜間移行率に差があるのは、蓄熱時間帯に2次側で負荷が発生している(夜間も在館者がいる)ためである。

表-2 熱源容量検討に際し検討すべき事項

①8月にピーク負荷が発生しない 負荷計算上、一般的にピーク負荷は8月に発生するが、夏期休暇の影響で本大学では7月に発生する。
②全棟同時にピーク負荷が発生しない 学生は授業、研究、食事、部活動など時間帯ごとに移動する。これに対し各棟は研究室、教室、学生厚生と異なる用途で構成されているため、全棟で同時にピーク負荷が発生することはない。
③朝の立ち上がり時にピーク負荷とならない 大学の場合、登校時間が分散するため朝の立ち上がり時にピーク負荷は発生しない。午後の早い時間帯にピークが発生する頻度が高い。
④コンセント負荷の同時使用率 理工系大学の場合、各研究室や実験室に実装されるコンセント容量は非常に大きいが、一方で稼働率を加味すると同時使用率は決して高くない。

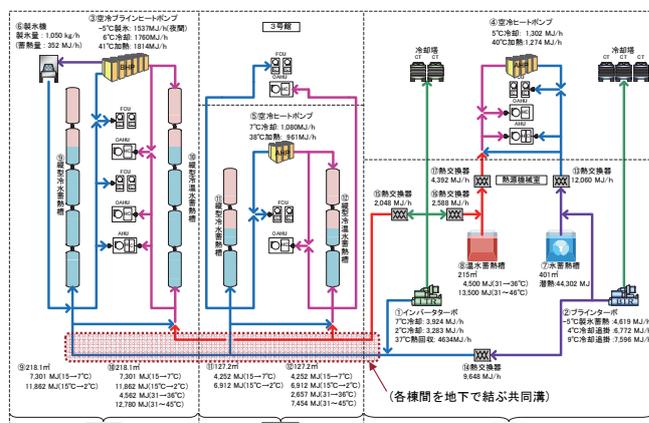


図-5 熱源・空調システム図



写真-3 縦型蓄熱槽外観

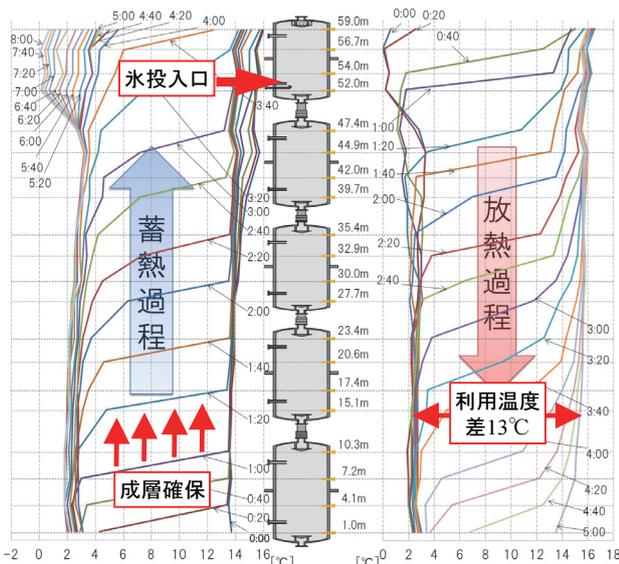


図-6 縦型蓄熱槽の温度プロファイル (運用データより)

6. 空調システムの高効率手法

6.1 空調システム概要と運用実態

図-8に空調システムのプロットを示す。大学施設は過剰な冷暖房や不在時の停止忘れなどの無駄が発生することが多く、着実な省エネルギーは難しい場合が多い。そこで小部屋などの不規則な利用形態に対応するために、連結式縦型蓄熱槽を活用しつつ、情報システムなどと連動したシステムとした。また、教室に関しては無理を強いない温度緩和を志向し、変動微風空調方式を採用している。

6.2 不規則な利用形態に対応した情報システム連動

教員室、研究室、実験室は利用形態が不規則なため、利便性と省エネ性を備えた「外調機+FCU+入退室連携」を採用した。各居室にはインテリア空調用にFCUを、外気導入およびAFW排気用にCAVを設置している。FCUは室内のコントローラにより自由に操作可能なため利便性が高い一方、入退室情報に連動(図-9)するため不在時(施錠時)には停止する。外気導入とAFW排気用のCAVも入退室情報に連動するため、無駄な外気処理が発生することはない。外調機およびポンプは、FCUの運転情報、CAVの開閉情報と連動してインバータ制御するため、不在居室の確実な省エネを自動で実現する。なお、照明も入退室情報に連動する。

6.3 変動微風空調+情報システム連動

大学の授業は人員密度が一定ではないため、一律の空調では無駄が発生する。教室には、快適性と省エネ性を備えた「変動微風空調+カリキュラム・出席人数情報連動」を採用した。変動微風空調は、在室者に対して積極的に気流を直接暴露することで、不快感を伴わない程度の微風環境を形成し、温度緩和を容認しやすい空間を作り出すものである。教室は以下に示す3つの情報システムと連携制御している。

①カリキュラムに連動した空調機発停制御

施設予約管理システムに登録された授業情報により使用時限のみ空調機を運転する。

②履修人数に応じた外気導入量制御

履修人数、出席人数、CO₂濃度などで制御する。

③教室後方有効・無効切替制御

教室定員よりも出席者数が極端に少ない時は、教室後方の空調を停止、照明は減光する。

7. 情報システムとの連携・BEMS

一般のBAシステムでは、空調や照明の各サブシステムが別々に設置するセンサーやスケジュールによって制御を行うが、本キャンパスでは、大学の情報システム(出席管理システムや施設予約管理システム等)とBAシステムが定期的に情報の授受を行い、スケジュールや人数情報を一元的に管理できるシステムとしている。その一例が授業カリキュラムおよび在室人数による空調スケジュール発停、外気導入量制御、調

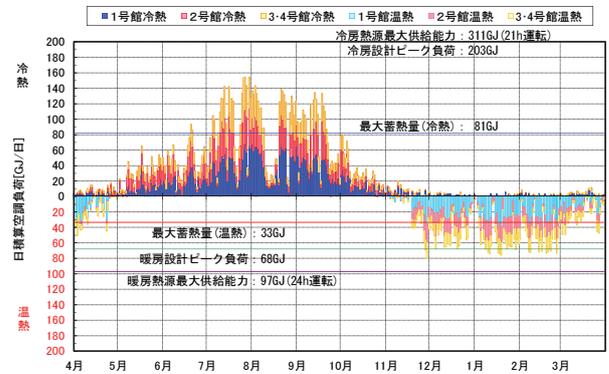


図-7 棟別の日積算空調負荷

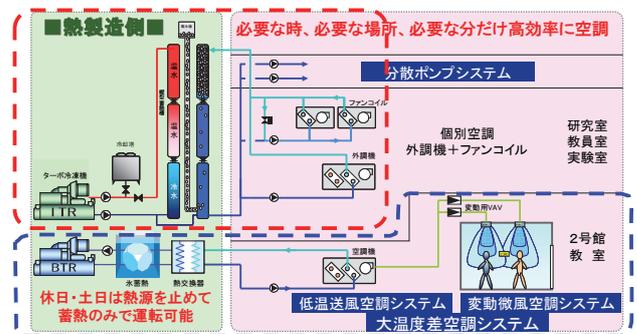


図-8 空調システム概念図

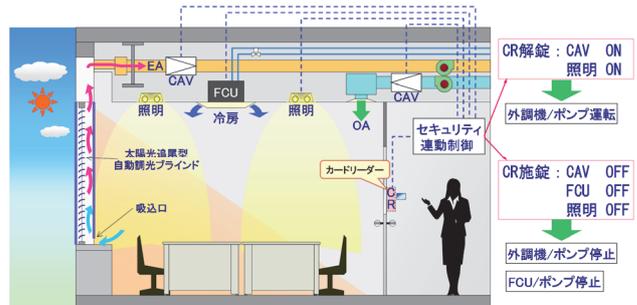


図-9 居室の入退室情報連動イメージ

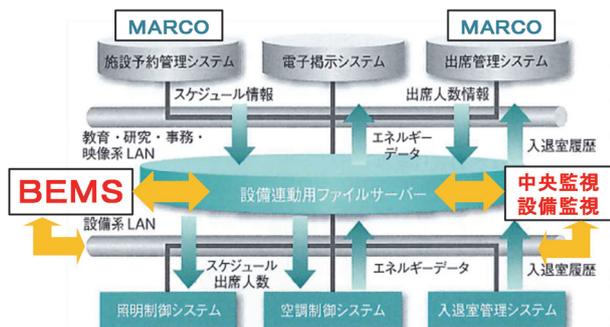


図-10 情報システムとBAS設備間のネットワーク概要

光制御など情報システムとの連携による省エネ制御である。連携元の情報は主に施設予約管理システム、出席管理システムである。連携側は主に照明制御・空調制御・入退館管理である。[教育・研究・事務・映像系 LAN]と[設備系 LAN]で異なるネットワーク間に[設備連動用ファイルサーバー]を設けることで、スケジュール情報などのやり取りを実現している。

(図-10)

8. エネルギー性能評価

8.1 電力負荷平準化効果

図-11に電力負荷平準化の実績データを示す。蓄熱によるピークカット運転を行うことにより、ピーク時間帯(13~16時)に受電電力を約300kW低減している。蓄熱システムを有しない熱源を想定した場合、受電電力のピークは60%増加すると試算された。省エネ手法がない上に個別空調という想定では、受電電力は125%増加する。様々な省エネ手法と蓄熱システムが融合し、電力負荷平準化を実現している。

8.2 理工系大学トップレベルの省CO₂効果の検証

キャンパス全体の平成24年度のCO₂排出量原単位は47.2kg-CO₂/m²・年(一次エネルギー消費量原単位は1,204MJ/m²・年)であった。CO₂排出量原単位を都内の他大学と比較した結果を図-12に示す。理工系大学は60~90kg-CO₂/m²・年の間にほぼ収まり、これを下回るものが文系大学という傾向である。本キャンパスは文系大学の平均程度であり理工系大学としては極めて低いトップレベルの値を実現できた。

まとめ

東京千住キャンパスの計画について、省CO₂技術に焦点を当てて紹介したが、この他にも様々な仕掛けが施されている。特に、都市型キャンパスとして計画する上では防災に対する備えを無視することはできない。高い耐震性能、72時間の電源確保、インフラ途絶時でも縦型蓄熱槽を水源とすることで動力を用いずにトイレ洗浄水に転用する仕組みなど、防災拠点として機能するように計画している。既成市街地に建つ都市型キャンパスには省CO₂や周辺環境との調和だけでなく、

防災拠点を含む地域連携施設としての役割が求められている。

竣工後2年が経過したが、省CO₂技術の性能検討とチューニングを継続して実施している最中である。本キャンパスの設計手法や運用データが、今後の都市型キャンパス計画における一助となれば幸いである。

備考) 本プロジェクトは、国土交通省の「平成21年度住宅・建築物省CO₂推進モデル事業」に採択されています。

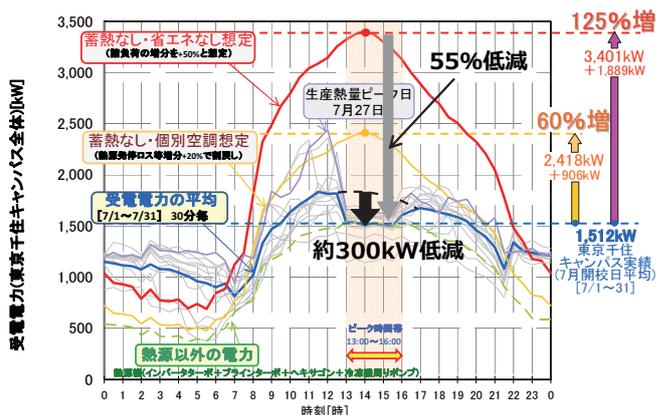


図-11 電力負荷平準化の実績データ

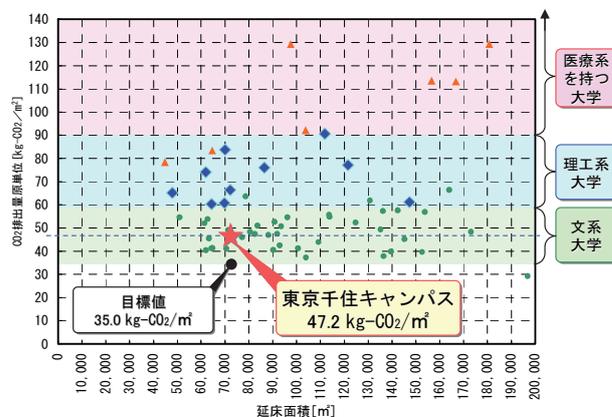


図-12 都内他大学とのCO₂原単位比較
(東京都環境確保条例資料(2010年実績)より引用)

Tokyo Denki University Eco campus of top-class science and engineering university

Kazuhiro Hayashi

Synopsis Tokyo Denki University, Tokyo Senju campus is the latest urban campus designed on the concept of energy and CO₂ savings, power load leveling and as well as high performance disaster prevention, as a top-class low-carbon campus among science and engineering universities. In this campus, a newly developed technology, proven technologies and experimental

trials have been adopted. At the planning stage, we paid attention to its specific "usage of facilities" in the science and engineering universities differ from the liberal arts colleges and office buildings. In addition, since the construction site is a built-up-area near the station, harmony with the surrounding environment has been considered. We will introduce the project summary and the performance data in this report.