

カーボンニュートラル賞

受賞名称

第6回カーボンニュートラル賞 関東支部

カーボンニュートラル賞選考支部名称

第6回カーボンニュートラル賞選考委員会 関東支部

業績の名称

建築・環境教育を実践する関東学院大学建築・環境棟（5号館）

所在地

神奈川県横浜市金沢区六浦東1丁目50番1号

応募に係わる建築設備士の関与

株式会社 日本設計	佐々木 真人
	浅井 万里成

応募者又は応募機関

代表応募者・機関	株式会社 日本設計		
建築主	学校法人 関東学院		
設計者	関東学院大学 建築・環境学部 学部長 大塚雅之、湯澤正信、遠藤智行		
設計者	株式会社 日本設計		
施工者	株式会社 竹中工務店 横浜支店		
施工者	株式会社 朝日工業社 横浜支店		
検証者	関東学院大学 建築・環境学部 教授 大塚 雅之		
検証者	関東学院大学 建築・環境学部 准教授 遠藤 智行		
検証者	関東学院大学 建築・環境学部 専任講師 山口 温		
検証者	関東学院大学 建築・環境学部 助手 新明 加奈子		
検証者	株式会社 日本設計		
検証者	株式会社 竹中工務店 東京本店		
検証者	株式会社 朝日工業社 横浜支店		
延床面積	3,750.24	m ²	
階数	地上5階	地下-階	塔屋1階
主用途	大学・専門学校		
竣工年月日	2014年6月		

支部選考委員長講評

本建物は、建築・環境学部の教育と研究の拠点として、また学生が講義、演習、維持管理の実習を通して建築・環境教育を学習することを意図した「生きた学習教材」として建設された。

マルチモードダブルスキンは、周辺の環境特性を踏まえたデザインによる低環境負荷ファサードとして、また季節に応じて学生が操作する環境調整装置としての機能を合わせ持つ。マルチモードダブルスキンは、教材として環境に素直に应答し、学生の感覚・感性に基づいた行動が確実に省エネルギーに結びつくような関係性の構築が必要とされ、逆日影図の作成等、計画段階の意匠・構造・設備設計者が高い知見と丁寧な協創した成果と言える。

敷地の環境特性を踏まえたデザインのファサード（マルチモードダブルスキンなど）による冷暖房低負荷の低減。部屋の空間特性と使用状況に適合した空調方式を採用し、最適運用することによる空調エネルギーの大幅な削減。再生可能エネルギーである太陽光発電（出力28kW）の採用と、臨海部の土壌環境を生かした地中熱利用を実施。

再生可能エネルギーを利用しない省エネルギーへの取り組み・工夫によるCO2削減率が58%であり、再生可能エネルギー利用を含むCO2削減率は65%に達している。他学部よりもエネルギー消費が多いとされる理工系校舎で、一次エネルギー消費量が21kg-co2/年・m²はとても低いと思われる。

建築・環境教育の教材としての建築（マルチモードダブルスキン等）および設備システムが精緻に創り込まれていて、計画時の大学と設計者の関りがとても深く、学生達への環境教育の強い想いが感じられる。大学（施設利用者）、設計者、施工者が竣工後に協同して性能評価、コミッションングを実施し、運用の最適化および利用者の省エネ行動の継続による低炭素化の成果が年々出ていることが確認されている。カーボンニュートラル賞にふさわしい業績である。

学生達が運用段階における低炭素化、その後のZEB化に向けた最適化、省エネ行動を通じて自ら体感し、学習したことが活かされ、優秀な設備技術者に成長されることを期待したい。

関与した建築設備士の言葉

建築・環境棟は、建築・環境学部における教育と研究の拠点であり、施設を利用することで建築・環境学を学ぶことができる“生きた学修教材”として計画しました。敷地特性を踏まえた外装計画や、空間特性に応じた室ごとに異なる空調システムなど、学生の「気づき」を促し、「調べ、学び、触れる」ことにより「知識や技術を修得」する学修のスパイラルアップに寄与する建築を目指しました。

積極的に環境選択が可能なように各種の環境調整装置を設け、学生自らがセンサとなり、季節に応じて手動で操作を行います。敷地がもつポテンシャルを活かし、そこでのアクティビティを踏まえて計画された環境・設備計画、および利用者の適切な運用・維持管理により、ZEB-Readyを達成しています。今後も学修の継続により、建築・環境棟が更に成熟していくことが期待されます。

（ 佐々木 真人 浅井 万里成 ： 株式会社日本設計 ）

業績の名称： 建築・環境教育を実践する関東学院大学建築・環境棟（5号館）

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

建築・環境教育から低炭素社会実現を促す関東学院大学建築・環境棟（5号館） ～学修から社会普及・波及へ～

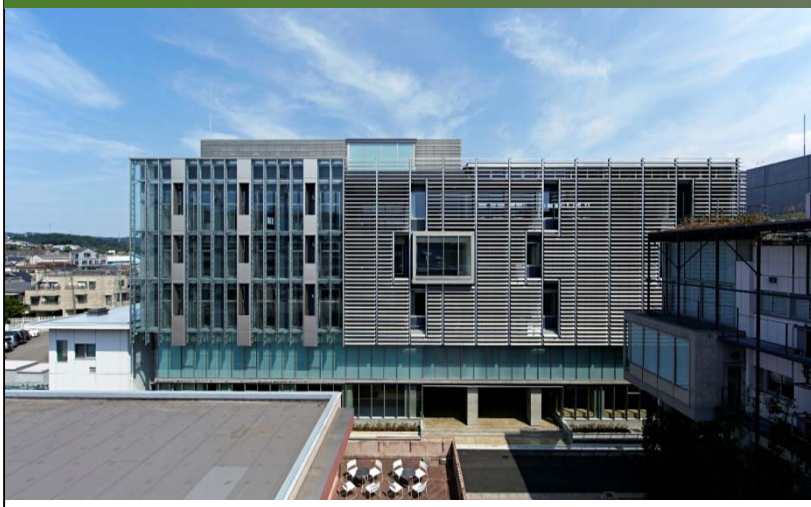


写真1 南側外観

関東学院大学建築・環境棟(5号館)は、**建築・環境学部における教育と研究の拠点**として計画・設計された(写真1)。講義、設計や技術の演習、維持管理等の実習を通じて**建築・環境教育(図1)の学修**を行うことを意図した建築であり、**意匠・構造・設備が一体**となった建築を実現している。

学生が建築・環境棟に滞在し、利用することで自ずと建築・環境学を学ぶことができる**生きた学修教材**を目指している。現しの天井から**構造や設備の実物**を目にし、環境の**快適性を学び**、その場で体験する(図2)。こうした環境で学ぶことは、省エネルギー、資源の活用・再生など、低炭素社会実現を促す建築・環境教育において重要であり、低炭素社会実現に**寄与する建築家やデザイナー、エンジニアの育成**へと発展するものと考えられる。

建築・環境学

「デザイン」と「エンジニアリング」の統合に、新たに「建築と環境」さらには「過去から現在そして未来へ続く時間」という軸を加えた新しい建築学

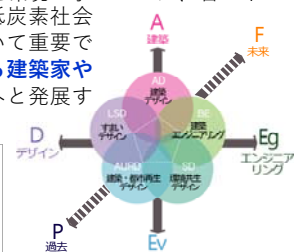
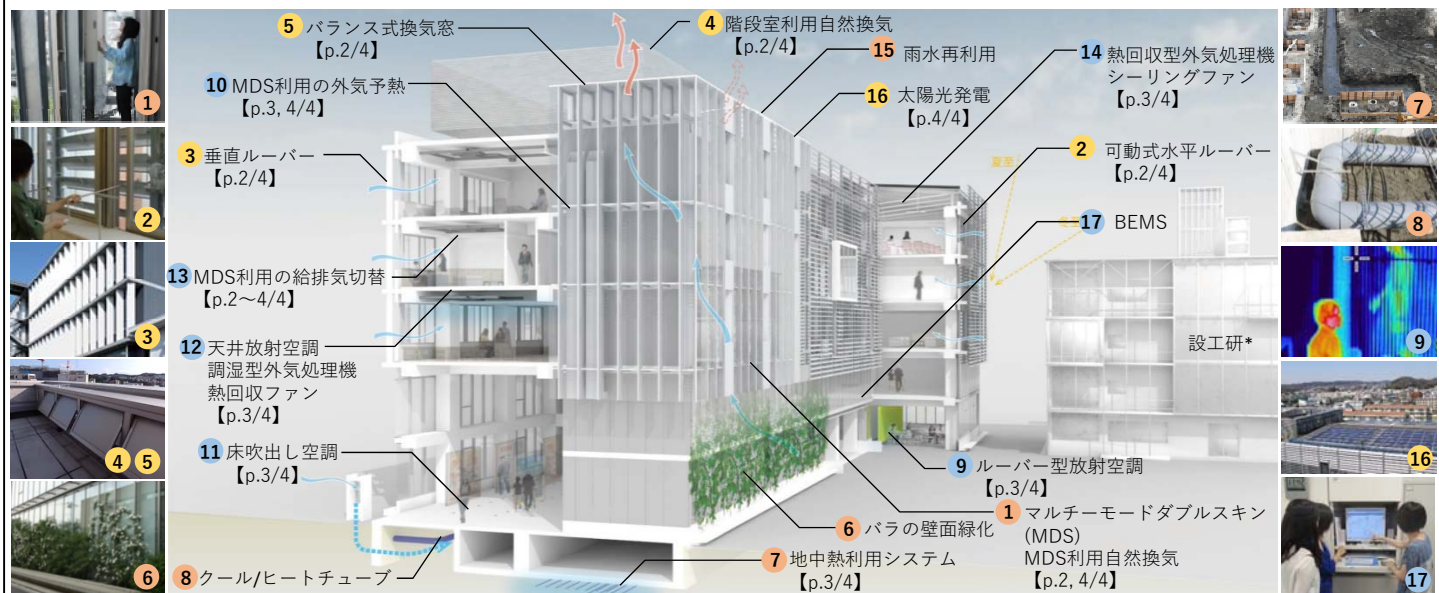


図1 建築・環境学を実践する5つのコース



* 大沢記念建築設備工学研究所：2005年、様々な環境共生技術を統合的に適用して再生する「サステナブル・リニューアル」手法により再生。建築・環境棟はこの延長上に位置づけられる。

図2 建築・環境棟の主要な環境・設備技術

低炭素社会実現のために建築が果たす役割とは、**人が、環境ポテンシャル、そこでのアクティビティ、自身の感覚・感性を意識し、行動すること**で省エネルギーに結びつくような関係性を構築することであると考える。建築・環境棟は、建物が教材として活用されるために、「環境に素直に適応(理に適う)」、「利用者の感覚に応答する(積極的に環境選択)」技術、デザインでの構築を心がけた(図3)。

◆『環境』、『学生・活動』、『キャンパス』の関係性を構築

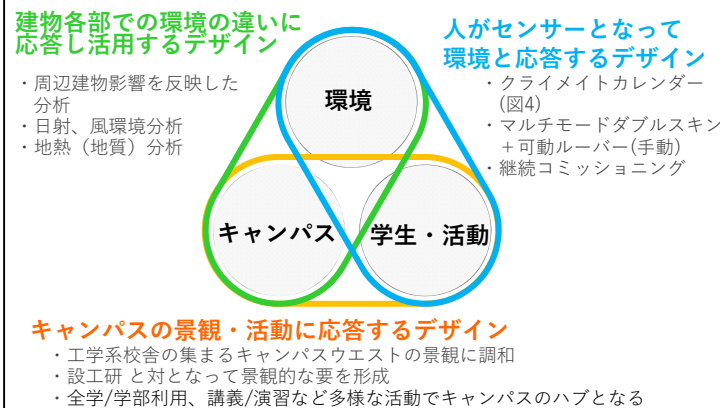


図3 計画概念図

月	自然換気		計数観測: 17~24℃		上限温度: 24℃		下限温度: 17℃		日照時間帯		日没時間帯	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
気温	17.4	17.1	17.5	17.5	18.5	20.8	20.2	20.3	22.2	19.1	16.9	14.2
湿度	75	81	81.8	81.4	81.4	78.8	76.6	76.9	73.9	72.2	71.8	71.4
日照時間	186	164	160	175	177	152	169	169	131	141	149	180
風況	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)
日照	34	43	53	66	74	78	76	67	56	38	31	31
風況	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)
日照	34	43	53	66	74	78	76	67	56	38	31	31
風況	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)
日照	34	43	53	66	74	78	76	67	56	38	31	31
風況	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)	横浜 (2001-2010)	六浦 (2011)

図4 クライマイトカレンダー

* 建築・設備概要については、別添の竣工設備データシート参照

業績の名称： 建築・環境教育を実践する関東学院大学建築・環境棟（5号館）

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

～省エネルギーへの取り組み・工夫～

データ解析を行い、敷地の環境特性を踏まえたデザインによる低環境負荷ファサードの実現



写真2 低環境負荷ファサード (左：南西より 右：北西より)

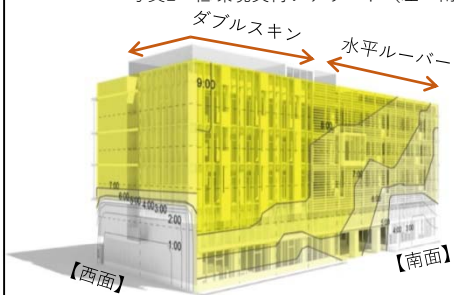


図5 春秋分における逆日影図 (着色が日照部)

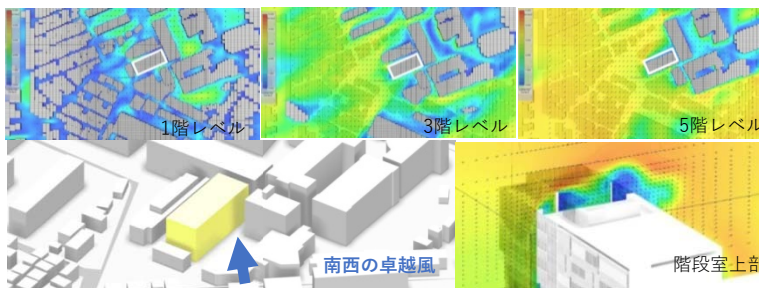


図6 卓越風による各階レベル及び階段室上部における風況分布

○日照分析・熱ポテンシャルの活用

外装計画にあたり、“逆日影図”を作成し、建築・環境棟の各面での日照ポテンシャルを把握(図5)。方位毎、面毎に異なるポテンシャルをヒントに、環境応答性を考慮し、建物の象徴となるファサードデザインが行なわれている(写真2)。

【南面】日照時間が長く熱的駆動力が期待できる西側をダブルスキン、前面建物の影響を受ける東側は、可動水平ルーバーとした。

【西面】年間通じて安定した日照を得られるため、ダブルスキンとし、季節ごとに様々な換気動力や採熱壁として利用する。

【北面】夏期に高度の低い西日を受けるため、垂直ルーバーとし、その角度は入射角を分析して決定した。

○風況分析・風ポテンシャルの活用。

風況分析を行った結果、南西の卓越風により主に3階以上の西面で風を受け、屋上では囲い壁によって剥離風が生じることが予想された(図6)。これらの分析から、3階以上の南西面には開口部を設け、ダブルスキン及び階段室

頂部にはバランス式換気窓を計画し、中間期における建築・環境棟全体での自然換気を可能とした。

季節に応じて学生が操作する環境調整装置マルチモードダブルスキン(MDS)と自然換気

マルチモードダブルスキン(MDS)は、本計画の敷地の環境特性に加えて、運用方法を踏まえて計画されたダブルスキンであり、その特徴と設計の意図は、以下である。

◇MDSの特徴

1. 南面、西面の二方位に面し連結されたL型の平面形
2. 夏期、冬期ともに給排気経路として利用
3. 中間期は経路を分節した自然換気装置として利用

◇設計の意図

- ・手動装置とする
- ・シンプルな仕組みとする
- ・1つの操作で明快な変化をもたらす

MDSの様々な環境調整機構(表1)は、敢えて自動制御とはせず、学生が四季に応じて手動で操作する。季節の変わり目に、学び舎の衣替えを行うように学生が調整し、建築・環境棟が季節ごとの表情を見せる。熱負荷抑制や自然換気の手法とその効果を体感し、学修することを狙いとしている。(図7)

表1 マルチモードダブルスキンの環境調整機構と運用

No	環境調整機構
①	南面と西面を連結・独立させるセパレータ
②	卓越風の誘引効果を活用した西面頂部バランス式換気窓
③	ダブルスキン頂部の熱溜まり抑制の南面頂部ダンパ
④	アウトースキンの自然換気用開口
⑤	アウトースキン側に設置されたブラインド
⑥	MDS西面の換気窓(3階、5階)
⑦	MDSに面する居室用外気の給排気

【夏】①を開放し、南面と西面を連結させ、夕方まで集熱し揚力に活用。MDS内を3～5階の排気先とする。その押込効果によりMDSの換気量向上と、過剰なMDS内の温度上昇の抑制を意図している。

【春・秋】①を閉鎖し、西面を自然換気動力に限定。④を開けて外気を取り込み、西側を排気経路として利用。4階は階段室経由の経路とし、他階と分節することで、安定した自然換気駆動力を確保している。

【冬】MDS最下層は、年間を通して常時開としているが、他の開閉可能な開口は全て閉鎖。午後の西面日射を採熱するため、①を開放し、南面と西面を連結させ、MDS内暖気を室内外気導入に活用している。

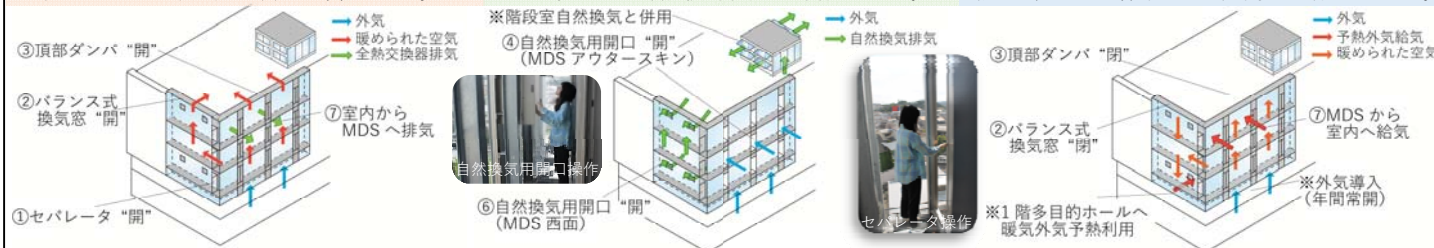


図7 四季におけるマルチモードダブルスキンの運用

業績の名称： 建築・環境教育を実践する関東学院大学建築・環境棟（5号館）

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

3 / 4

カリキュラム、空間特性、維持管理など多角的視点から最適化を図る空調システム構築と学びの啓発

建築・環境棟は、デザインとエンジニアリングに対し、多角的でより広範な学修を目指しており、全学利用の多目的ホール、学部利用の製図室、デザインスタジオ、研究・演習室など多様なアクティビティがコンパクトに集約された施設である。それぞれの学びの場には室内環境、空間意匠、運用・維持管理の面において特徴があり、空調システムの設計においては、それらをシステムと結びつけることで最適化を図った(図8)。

室毎の最適システムによる多様な環境の創出は、気づきを促し、学びを啓発する。エネルギーの観点では、大空間用途の短時間利用の影響が大きい。そのため、季節、利用者密度、利用範囲など、様々な変動に対応できるシステムの構築を行った(図9)。

エネルギー消費比率の高い空調設備において、空間特性に応じたシステムを構築して最適運用することは、建築・環境棟全体のエネルギー消費削減に大きく寄与すると考えられる。

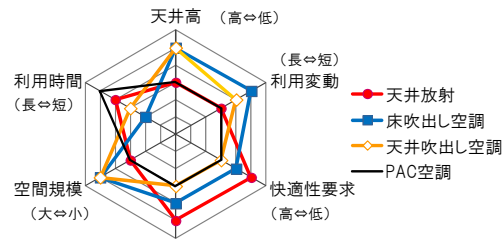
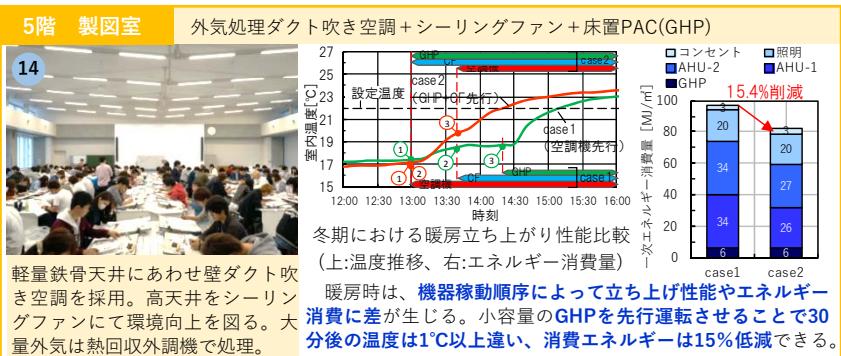
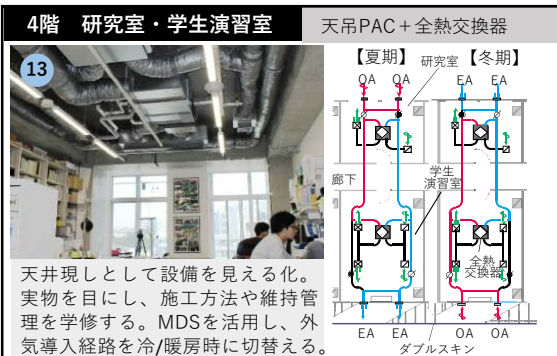


図8 空間特性と空調システムの最適化分析



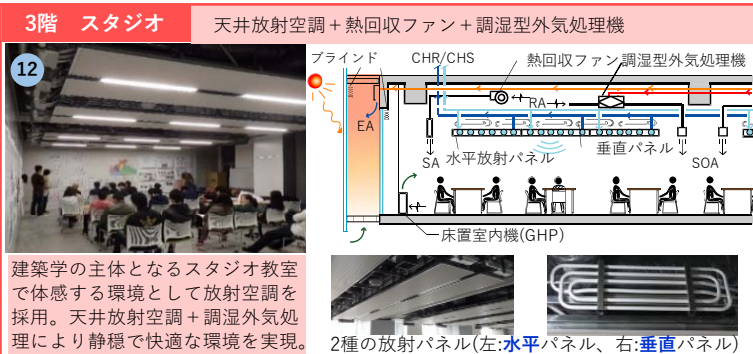
冬期における暖房立ち上がり性能比較 (上:温度推移、右:エネルギー消費量)

暖房時は、機器稼働順序によって立ち上げ性能やエネルギー消費に差が生じる。小容量のGHPを先行運転させることで30分後の温度は1℃以上違い、消費エネルギーは15%低減できる。



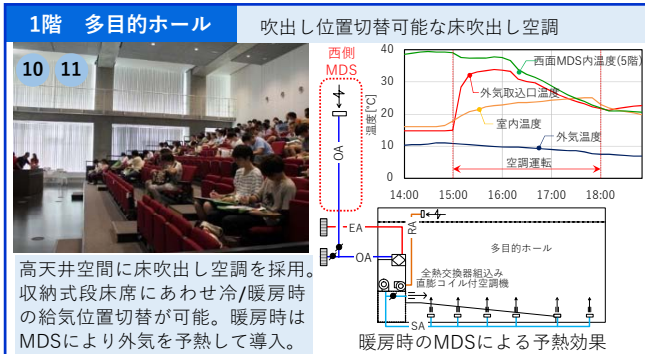
天吊PAC+全熱交換器

天井現しとして設備を見える化。実物を目にし、施工方法や維持管理を学修する。MDSを活用し、外気導入経路を冷/暖房時に切替える。



2種の放射パネル(左:水平パネル、右:垂直パネル)

建築学の主体となるスタジオ教室で体感する環境として放射空調を採用。天井放射空調+調湿外気処理により静穏で快適な環境を実現。



暖房時のMDSによる予熱効果

高天井空間に床吹出し空調を採用。収納式段床席にあわせ冷/暖房時の給気位置切替が可能。暖房時はMDSにより外気を予熱して導入。

図9 建築・環境棟主要室の空調システムとその特徴(囲み数字は図2参照)

臨海部に位置するキャンパスの土壌環境を生かした地中熱利用システム

建築・環境棟では、臨海部に位置する敷地の特徴を活かし、地中熱を活用している。地下水位が高く、水脈もあるため、年間通じて安定した地中温度と優れた熱交換性能が得られる。地下水位が高いこと、既存杭や限られた敷地面積により施工条件が限られていることから、熱交換方式は、**施工研で実績のある水平管理設方式**とした。

耐圧版下部に高密度ポリエチレン管を敷設してブラインを通水し、熱交換させている(写真3)。本計画のように限られた敷地や掘削面積・深度の条件において、比較的安価に施工可能な**水平管理設方式の展開を鑑み、配管口径、埋設深さ、積層埋設などの特徴を付加し、熱交換性能に与える影響を検証**できるよう試みた(図10)。2015年夏期、2016年冬期における採放熱量の比較により、**口径25Aは20Aよりも20%程度放熱量が多いこと、水平離隔300mmでの並列敷設、垂直離隔500mmでの積層敷設による相互影響は小さい**ことが確認された(表2)。

地中熱の利用先は、多くの学生が目し、体感できるよう1階学生ラウンジの空調設備とした。地中熱ヒートポンプを介して放射パネルの冷温水として利用し、そのパネルは空間を緩やかに仕切ると共に**豊かな温熱環境をつくりだしている**。(写真4、図11)



写真3 地中熱交換配管敷設状況

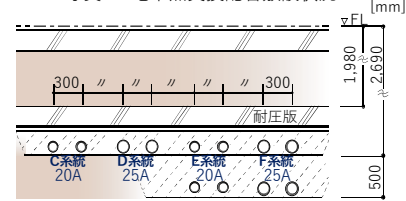


図10 地中熱交換配管敷設断面図

表2 配管口径や埋設状況による熱交換性能の比較

系統	A	B	C	D	E	F
採熱量 [W/m]	15.1	17.8	11.8	15.3	15.1	17.1
放熱量 [W/m]	11.6	11.8	9.9	11.3	12.4	9.7



写真4 学生ラウンジ内観 (黄色い放射パネルに地中熱を利用)

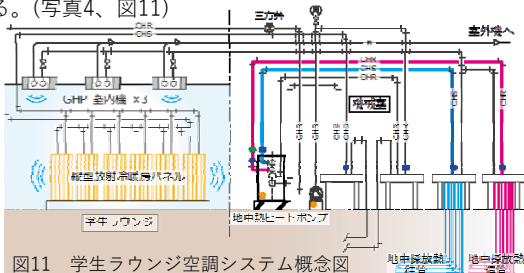


図11 学生ラウンジ空調システム概念図

業績の名称： 建築・環境教育を実践する関東学院大学建築・環境棟（5号館）

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

4 / 4

マルチモードダブルスキンを活用した自然エネルギーによる快適な学修環境

マルチモードダブルスキン(MDS)は、詳細な性能検証を行った結果、高い日射遮蔽性能[日射熱取得率:0.03(ブラインド閉)、0.1(同開)]と断熱性能[熱貫流率1.13W/m²K]を有し、窓廻り放射環境も含め、夏期・冬期の室内環境向上に寄与していることが確認された。

冬期は、外気導入経路切替を行い、MDSによって予熱された外気を室内に取り込む(p3/4 図9 4階研究室・学生演習室参照)。導入外気が室温以上であり、MDSに面する4階学生演習室では暖房空調なしでも快適な環境が保たれている(図12)。また、中間期に關してもアウトースキン開口と排気を西側DSに特化することで外気同等の温度で自然換気(外気導入)できており、室温は最大でも26℃以下となっていた(図13)。

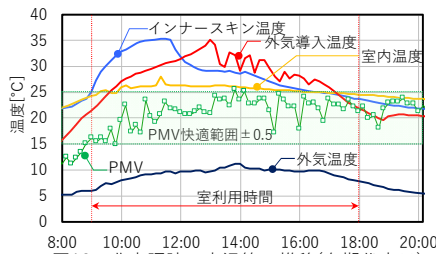


図12 非空調時の室温等の推移(冬期代表日)

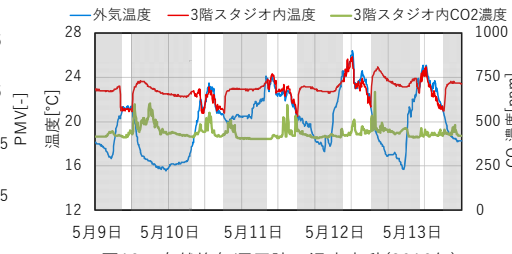


図13 自然換気運用時の温度変動(2016年)

キャンパスの日照を活かした太陽光発電による創エネルギー

金沢八景キャンパスは、住宅地にあり周辺に高層建築物がなく、豊かな日照が得られる。これを活かして、屋上に太陽光発電パネルを設置し、創エネルギーを行っている。パネルは、製図室の勾配天井を活かし、平架台のみで設置している(写真5)。

出力28kWのパネルにより、年間約32GWhの発電量を得て、全量を自家消費している。これにより、建築・環境棟の購買電力を約21%削減している(図14)。



写真5 屋上に設置された太陽光発電パネル

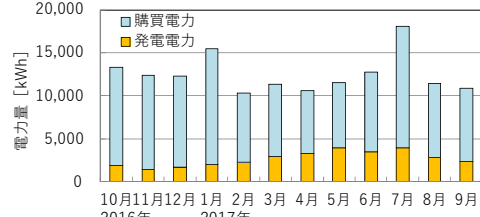


図14 太陽光発電量と購買電力量実績(近1年間)

建築・環境教育を実践する省エネルギー建築の運用～ZEB化に向けて～

～運用実績・まとめ～

適正な維持管理が省エネを導く

建築・環境学部の学生は、設計・技術を学ぶだけでなく、施設運用において重要な維持管理についても体験学習により理解を深めている。現し配管・ダクト、設備スペースを目にし、フィルター洗浄や尿石付着状況の確認などを実際に行っている(写真6)。



写真6 維持管理学修の様子

うまく使いこなした“匠”エネルギーへ

エネルギー消費分析の結果、使用開始初年度の2014年秋に、中間期であるにも関わらず空調・換気消費量が多いことが確認された。そこで、2015年10月から自然換気促進や全熱交換器夜間自動停止等の省エネキャンペーンを行った結果、11月には前年同月に比べ、55%も低減した(図15)。

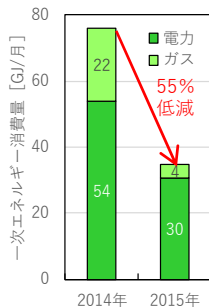


図15 11月の空調・換気エネルギー消費比較

環境・設備技術の習得効果

「建築・環境棟の各種環境・設備技術について知っていますか。」

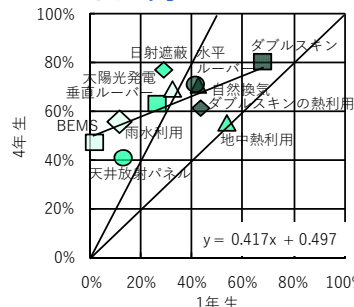


図16 環境・設備技術の認知度と年次による変化

ZEB-Readyを達成～ZEB化に向けて

建築・環境棟では、竣工直後から、大学(施設利用者)、設計者、施工者が三位一体となった性能評価、コミッションングを行った。運用初期には、設計者・施工者がチューニング案を提示し、大学が実践することにより、運用段階での省エネルギーを実現している。建築・環境棟の用途別年間エネルギー消費を分析すると、全館導入のLEDや自然採光等により照明は抑えられ、空調・換気の比率がやや高い(図17)。これらの実態から、エネルギー消費量の低減には、空調・換気での運用改善への取り組みが重要と捉え、空調・換気を中心に性能検証を実施した。

運用開始3年目(2016.10～2017.9)の一次エネルギー消費量は、422MJ/m²・年であり、参照値*に対して65%削減している(図18)。また、継続して前年よりも低減しており、運用の最適化及び利用者の継続的な省エネ行動により低炭素建築を実現している。再生可能エネルギーを除いた削減率は57%であり、設工研から継承・発展し計画された建築・環境棟では“ZEB-Ready”を達成した。今後、更なる省エネ技術の導入、創エネにより建築・環境棟のZEB化、その先には、キャンパスでのZEB化が期待される。(図19) *DECCデータより、2006～2008年度、2000m²以上の関東地域大学・専門学校の平均1,203MJ/m²・年

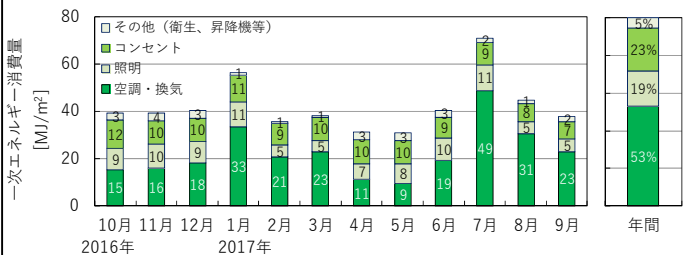


図17 消費先別一次エネルギー消費量と年間比率(運用開始3年目)

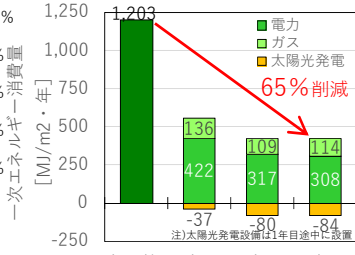


図18 年間一次エネルギー消費量の推移

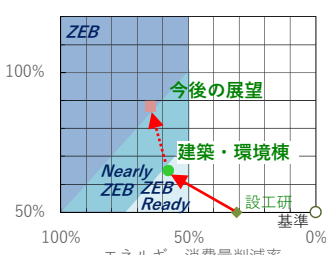


図19 建築・環境棟におけるZEB