

■カーボンニュートラル賞

<b>業績の名称</b>		神戸薬科大学80周年記念館における環境設備計画と実施			
<b>所在地</b>		兵庫県神戸市東灘区本山北町4丁目19番地1			
<b>受賞名称</b>		カーボンニュートラル賞(近畿支部)			
<b>カーボンニュートラル賞 選考支部名称</b>		近畿支部			
<b>建物概要</b>	<b>延床面積</b>	5,460 m <sup>2</sup>			
	<b>階数</b>	地下2階	地上 4階	塔屋2階	
	<b>主用途</b>	大学・専門学校			
	<b>竣工年月日</b>	2013年2月			
<b>応募 又は 応募 機関</b>	<b>代表応募者・機関</b>	株式会社竹中工務店			
	<b>建築主</b>	学校法人神戸薬科大学			
	<b>設計者</b>	株式会社竹中工務店 大阪本店一級建築士事務所			
	<b>施工者</b>	株式会社竹中工務店 大阪本店			
	<b>建物管理者</b>	学校法人神戸薬科大学			
	<b>建物利用者</b>	学校法人神戸薬科大学			
<b>業績の概要</b>	<b>■定性的な実績</b>				
	1)省エネルギーへの取組み・工夫 省エネルギー型厨房換気システム、アンダーフロア空調、環境調整を行なうライズ型外ルーバー				
	2)低カーボンエネルギーへの転換 体育館の自然換気・採光、真空管式太陽集熱パネル(デシカント外調機+アンダーフロア空調、給湯の予熱利用)				
	3)再生可能エネルギー利用・工夫 ※該当無し				
	4)カーボンクレジット等ならびにその他 ※該当無し				
	<b>■定量的な実績</b>				
	・一次エネルギー消費量の省エネ率を算定するための参照値(ベースライン)の根拠・出典名 キャンパス内施設の過去実績値(平成21年度分) 1,507(MJ/年・m <sup>2</sup> )				
	・一次エネルギー消費量の業績の実績値 795(MJ/年・m <sup>2</sup> )				
	・一次エネルギー換算係数根拠 省エネ法 9.760(GJ/年・kwh)				
	・CO <sub>2</sub> 排出係数[出典名/電力(t-CO <sub>2</sub> /kwh) 地球温暖化対策の推進に関する法律による。(平成25年12月19日公表) /0.514(t-CO <sub>2</sub> /千kwh)				
	・CO <sub>2</sub> 排出量の合計 41.8(kg-CO <sub>2</sub> /年・m <sup>2</sup> )				
	・CO <sub>2</sub> 削減率 47.0%				
	<b>支部選考 委員長 講評</b>	「自然との交歓」、「再生可能エネルギーの活用」をコンセプトとし、自然に恵まれた立地条件を建物と設備システムとうまく融合した手法で相乗効果を生んでおり、加えて種々の環境負荷削減手法を採用し47%と高い削減率を達成している。日射負荷に対しては、眺望性を活かしながら夏期は日射遮蔽を行い冬季には日射取得を得るライズ型外ルーバーを採用し、空調負荷の削減と自然採光の両立を図っている。また、海風等の卓越風を利用し機械換気と同様な性能を自然換気で行い、太陽熱はデシカント外調機の再生など種々の熱源として利用し、季節ごとにパターンを変え一年中活用して利用効率を上げている。			
	<b>関与した 建築設備士の 言葉</b>	南に大阪港、周囲を緑で囲まれた六甲山山裾の傾斜地にあるキャンパスの中心に位置し、学生の交流の場としてラウンジ・食堂・体育館から構成されています。この与条件を活かす環境設備計画を目指し、「自然と交歓可能な建築・環境デザイン」と「再生可能エネルギーを活用した環境設備」をコンセプトとしました。 具体的には眺望性を確保したライズ型外ルーバー、建築空間と調和したアンダーフロア空調、敷地特性を活用した自然換気(体育館)、太陽熱を利用した換気・空調・給湯システム、省エネルギー型厨房換気システム等の計画・実施を行いました。今後も継続的な運用フォローを実施していく予定です。			

■ 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要旨

神戸薬科大学80周年記念館の環境設備計画と実施

01. 計画概要

建物名称	神戸薬科大学 80周年記念館
敷地面積	35,281.36㎡
建築面積	1,316.77㎡
延床面積	5,459.63㎡
規模	地下2階 地上4階 搭屋2階
構造	造: RC造、一部S造
用途	途: 体育館、食堂、ラウンジ



■ 立地・周辺環境

神戸薬科大学のキャンパスは、六甲の山裾の豊かな緑に包まれた、自然と共生する学び舎である。溢れる緑に映える白く統一されたキャンパスに、本建物が計画された。計画地は南北で約11mの高低差があり、周囲の建物と立体的に接続が可能である。この高低差と立地を生かし、5つのレベルからアクセス可能な、学生生活の中心、動線の中心としての立体広場を生み出した。また、南に大阪湾、北に六甲山を持つ自然と景観を取り込むことができる開口配置とした。自然の風に対しては、夏季昼間の海風を建物に取り込むことができる開口計画とし、景観に対しては、周辺の緑や大阪湾を一望可能な景色を光と共に内部に最大限取り入れることができる大開口を設け、四季や時刻、天候による変化を楽しめるように配慮している。

■ コンセプト

本建物は、学生生活の中心となる場所を提供することを目的として、「にぎわいの杜」と称し、「キャンパスの中心となる立体広場」、「自然と交歓する建物」、「斜面特性を生かした環境配慮建築」の3つを建物全体のコンセプトとして計画した。

設備計画への展開は、学生生活が豊かとなる自然と交歓可能な場所の構成と自然エネルギーを活用したエコキャンパスを目標とし、以下の2つをコンセプトに掲げて計画した。

- ① 自然との交歓—立地条件を活かした建築・環境デザイン—
- ② 再生可能エネルギーを活用した環境設備

■ 建築・構造・設備の親和性（アンダーフロア空調）

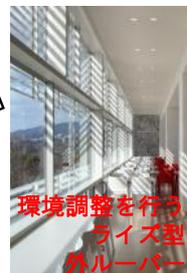
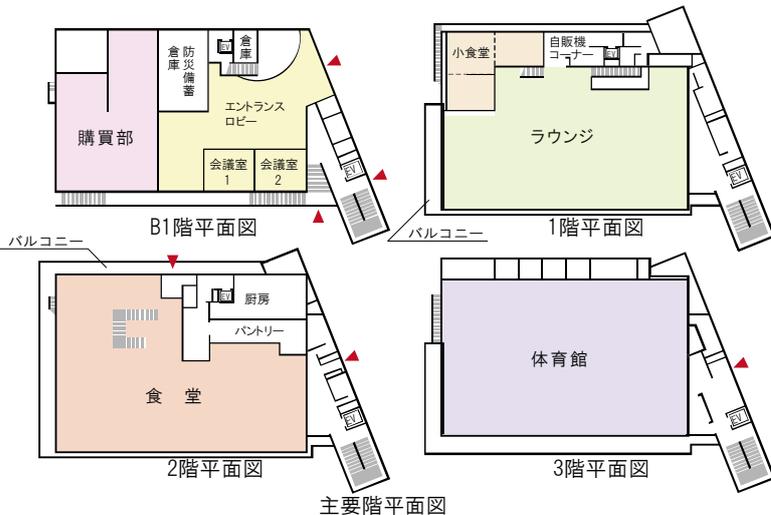
学生の勉強・団練・食事など多目的に利用できるラウンジ及び食堂は、学生生活の中心となる場所である。ラウンジ・食堂は、空間構成として平面的に柱がなく、限られた階高の中で天井高さを確保するため、長スパンで梁成を抑えることができるPC梁を採用し、梁貫通をしない計画とした。そこで、建築・構造計画との調和を図りながら、居住域の快適性を確保することを目指した計画を行った。空調方式は、アンダーフロア空調とし、眺望と大空間構成を主とした機器配置とすることで、快適性とゆとりのある空間の両立を図った。



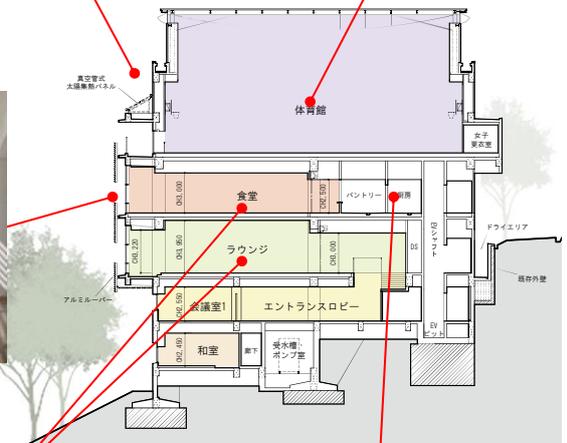
真空管式太陽集熱パネル



体育館の自然換気・採光



環境調整を行うライズ型バルコニー



ラウンジ



食堂



アンダーフロア空調



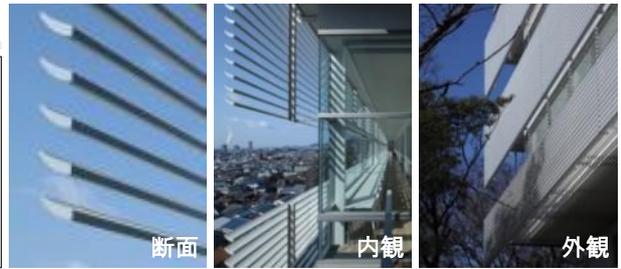
省エネルギー型厨房換気システム

■ 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要旨

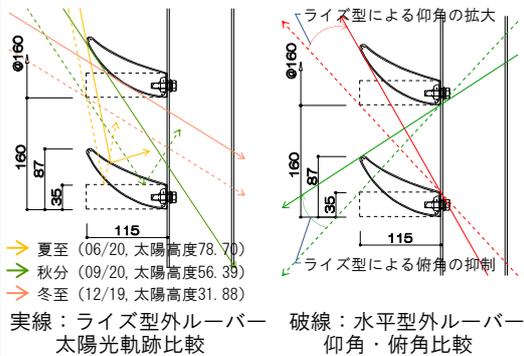
02. 眺望性を確保したライズ型外ルーバーによる環境調整

ラウンジ・食堂南側のパノラマ大開口に対して、以下の点を考慮したライズ型外ルーバーを上下に配置している。

- ・四季や時刻、天候による変化をラウンジ・食堂の室奥まで積極的に取り込み、学生が好みに応じた環境（温熱環境、視環境）が選択可能な場所を提供する。
- ・豊かな緑や大阪湾、空模様まで一望することができる眺望性を確保する。
- ・プライバシーの点から眼下の民家への視線対策を行う。
- ・夏季の日射遮蔽と冬季の日射取得のバランスを考慮し、適正化を図る。



■ ライズ型外ルーバー概念図



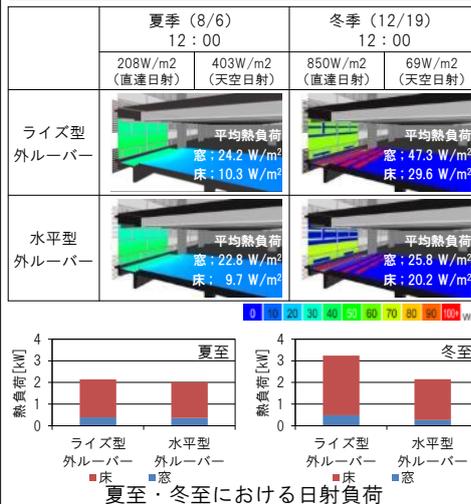
実線：ライズ型外ルーバー 破線：水平型外ルーバー 太陽光軌跡比較

夏の日射、冬の日射、眺望、視線カット、近隣への視線カット、ロールスクリーン

ルーバー形状は、太陽光の入射・反射角、眺望性（仰角）・視線対策（俯角）、形状の意匠性・内部からの開放性の観点から設計した。

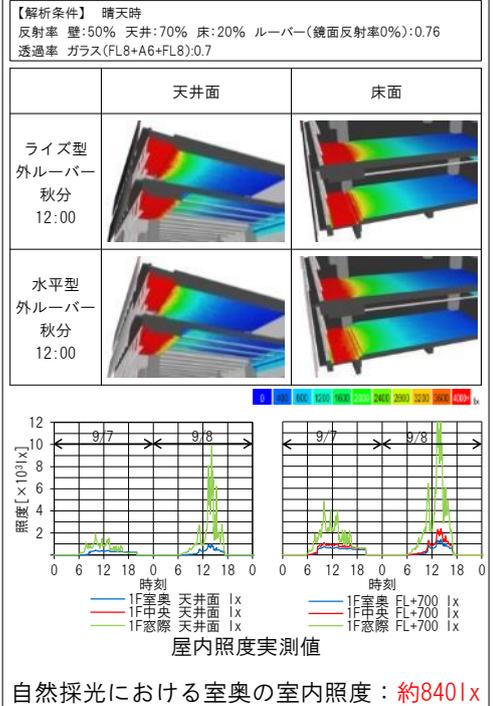
■ 温熱環境

【光学的性能】 反射率 壁:50% 天井:70% 床:20%  
スクリーン:0.8 ルーバー(鏡面反射率0%):0.76  
日射透過率 ガラス(FL8+A6+FL8):0.6 スクリーン:0.18  
【熱的性能】 日射熱取得率 ガラス(FL8+A6+FL8):0.71  
熱貫流率 ガラス(FL8+A6+FL8):3.2 スクリーン:5.0  
【気象データ】 拡張アメダス標準年1981-2000 神戸  
【設定温度】 室内 夏至26/冬至22℃ 外気 12時 夏至27.8/冬至13.7℃



夏季・冬季南中時の日射熱負荷を合わせると、空調負荷で約23%の減少となった。

■ 自然採光



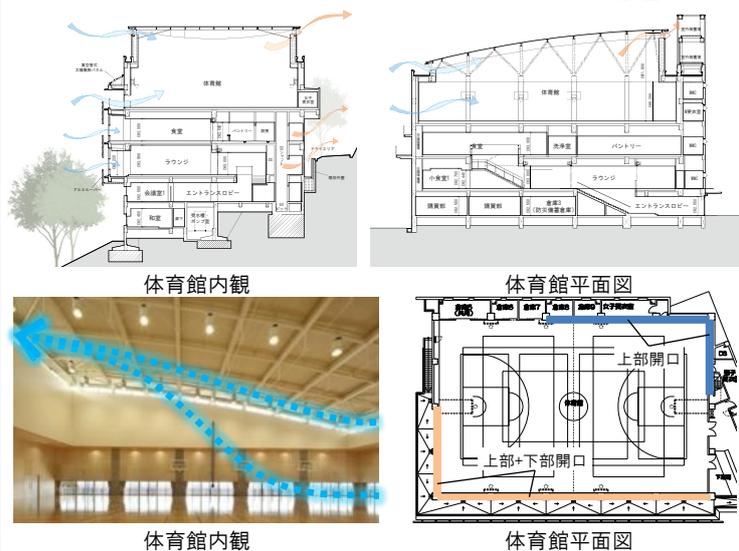
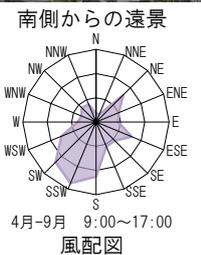
03. 敷地特性を活用した自然換気（体育館）

■ 自然換気概要

建築地では、夏季日中、都市部での気温上昇に伴い大阪湾から海風が侵入するため、南から南西にかけての風向が卓越風となる。夜間は、北北西から北東にかけての風向が卓越風となる。

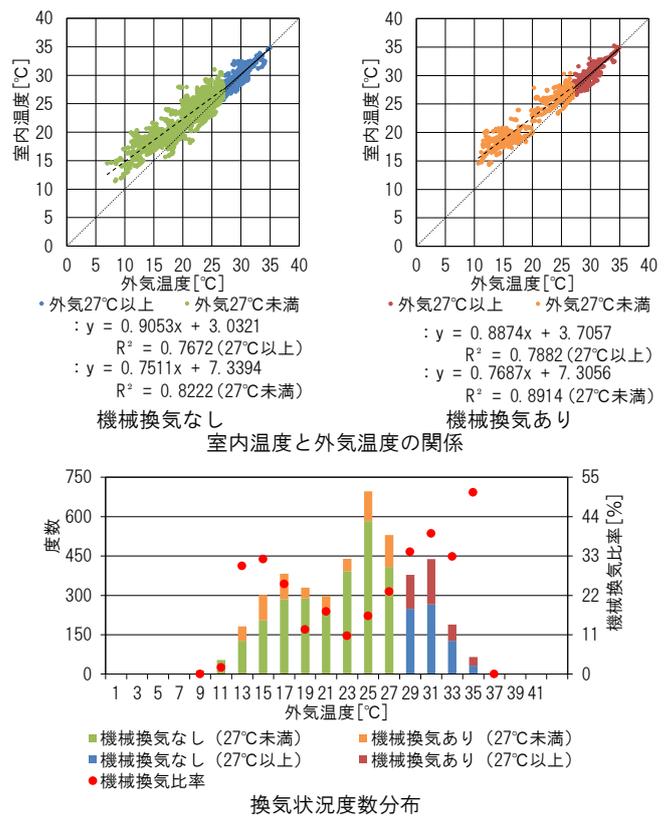
本建物では、夏季日中の卓越風向を考慮した開口部と吹抜け階段を設けることで、建物内を風が通り抜けるように計画を行った。

特に、体育館は、空調を設置せず、換気によって室内温度を外気温度に近づけることで夏季の温熱環境を維持することができるように、学生が使用する日中に、卓越風を有効に活用した自然換気の計画を行った。



■ 実測結果

2013年4月～9月及び2014年4月～6月の実測データより、体育館内の温熱環境について考察を行った。体育館では、自然換気による運用を行っており、自然換気を行うことで、機械換気と同等の性能を確保できていると考えられる。



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要旨

04. 太陽熱利用換気・空調・給湯システム

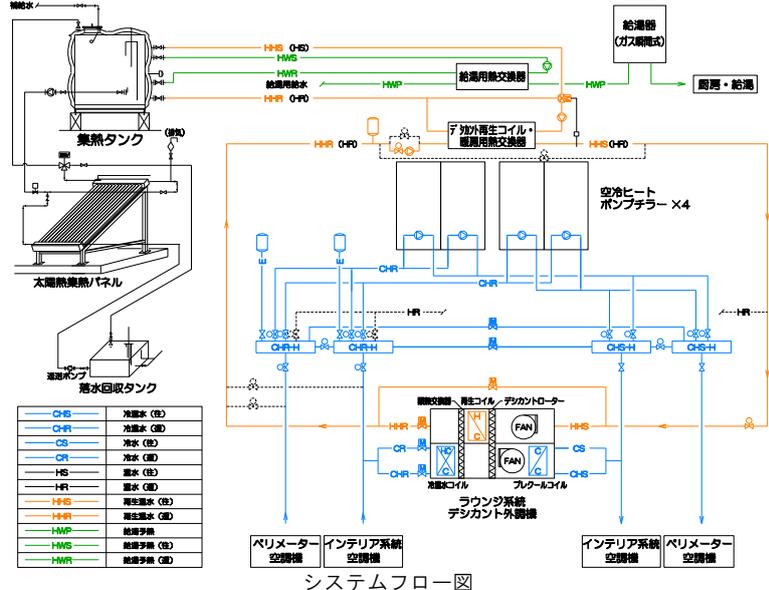
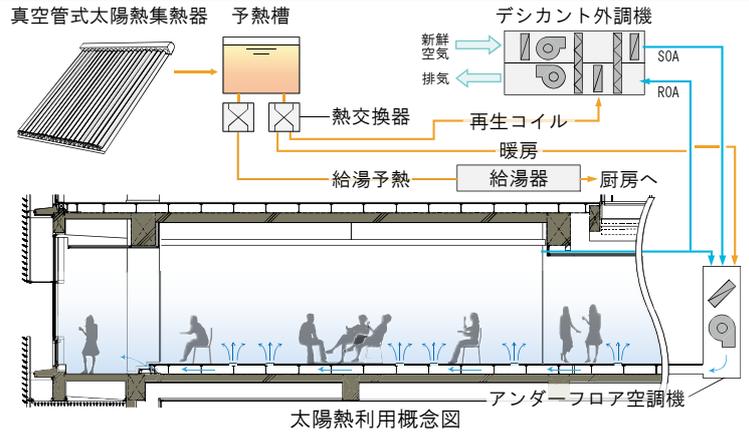
南側に開けた立地を活かして真空管式太陽集熱パネルを設置した。冷房期のデシカント外調機除湿ローターの再生熱、冬季の暖房負荷、年間を通して発生する給湯負荷を組み合わせ、太陽熱を安定的に利用することで、環境負荷低減に寄与することを目指して計画を行った。本建物は、学生生活の中心となる場所であり、ラウンジ・食堂は、多数の学生が利用する。特に、ラウンジは、様々な家具を採用しており、食事以外にも、勉強・団楽など多目的な利用が想定された。そこで、人や導入外気の潜熱負荷が全熱負荷に占める割合が大きくなる条件下でも、良好な室内環境を保つことができるように、外気導入に対してデシカント外調機を採用し、除湿ローターの再生熱に太陽熱を利用する計画とした。また、食堂に併設された厨房があるために年間を通して存在する給湯負荷や冬季の暖房に対しても利用することで、有効的に活用できる計画とした。運用方法は、季節毎に運転フローを切替えることで年間を通じて安定的に太陽熱を利用できる計画とした。右図はシステムフロー図のうち、夏季の太陽熱をデシカント外調機の除湿ローター再生熱と給湯予熱に利用する場合（モード①）を示している。前述のモード①を含めて、

- ・モード①（熱源：冷房、太陽熱利用：デシカント外調機再生温水+給湯）
- ・モード②（熱源：暖房、太陽熱利用なし）
- ・モード③（熱源：暖房、太陽熱利用：給湯+暖房温水）
- ・モード④（中間期（熱源：暖房+冷房、太陽熱利用：デシカント外調機再生温水+給湯）
- ・モード⑤（熱源：暖房+冷房、太陽熱利用：給湯+暖房）

を季節毎にスケジュール運転する計画とした。

太陽集熱パネル仕様

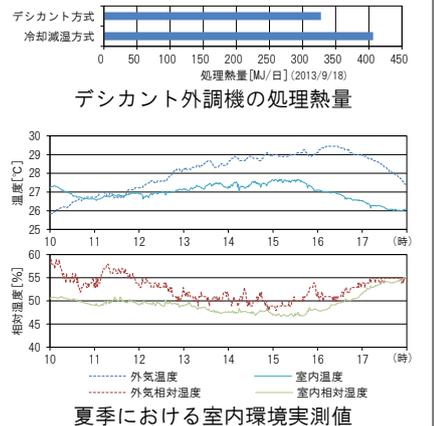
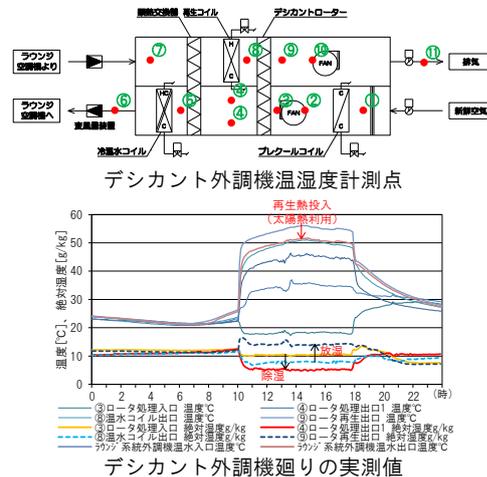
集熱器	2.69 m <sup>2</sup> /枚
総面積	64.6 m <sup>2</sup>
集熱体	1.94 m <sup>2</sup> /枚
面積	46.6 m <sup>2</sup>
設置枚数	24 枚
集熱角度	40 度
集熱量 (JIS条件時)	12.8 MJ/(m <sup>2</sup> ・日)



太陽熱利用デシカント外調機

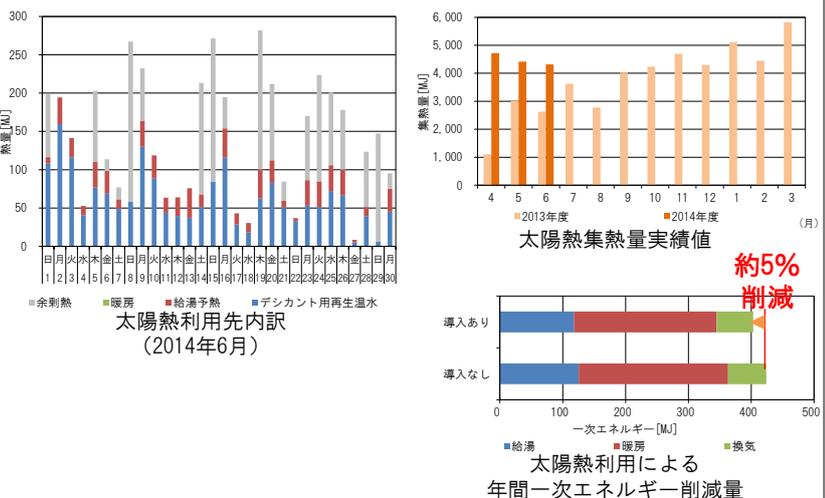
太陽熱を利用したデシカント外調機による除湿効果と室内温熱環境について、実測を行った。計測期間は、デシカント外調機が2013年9月9日～2013年9月28日、室内温熱環境計測が2013年9月7日～2013年9月8日である。また、期間内の空調運転時間は、10時～16時である。

再生コイルに太陽熱による温水が供給され、デシカントロータによる除湿・再生が行われ、ラウンジに平均で20度・43%の新鮮空気が給気されていることが確認できた。また、冷却減湿方式に比べて熱処理熱量が約20%低減されている。室内の温熱環境に関して、空調時間帯での安定した条件下では、室内温度は約26～27℃前後、室内湿度は約50%前後にて推移しており、良好な室内環境を維持できている。



太陽熱集熱パネルの利用実績

2014年6月における太陽熱利用先内訳より、デシカント用再生温水と給湯予熱に供給されていることがわかる。土曜日は授業がないが、食堂は運用されており、給湯予熱が発生している。日曜日は食堂は運用されていないが、自習での利用があり、デシカント外調機の除湿ローター再生用温水が発生している。太陽熱の集熱量に対する利用率は約59%となっているが、温熱負荷の小さい土曜日・日曜を除くと約68%であった。集熱量のうち2013年4～6月は運用開始後の調整期間としていたため、他月に比べて低い値となっている。2014年4～6月の集熱量は、安定していることがわかる。運用時間の短い8月を除くと各月とも4,000MJから6,000MJの間で推移している。



太陽熱利用による効果

換気・暖房・給湯にかかわる一次エネルギーは、導入なし（太陽熱集熱パネルなし、ラウンジへの換気は冷却減湿型外調機）と比べて年間5%の削減となった。

■ 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要旨

05. 省エネルギー型厨房換気システム

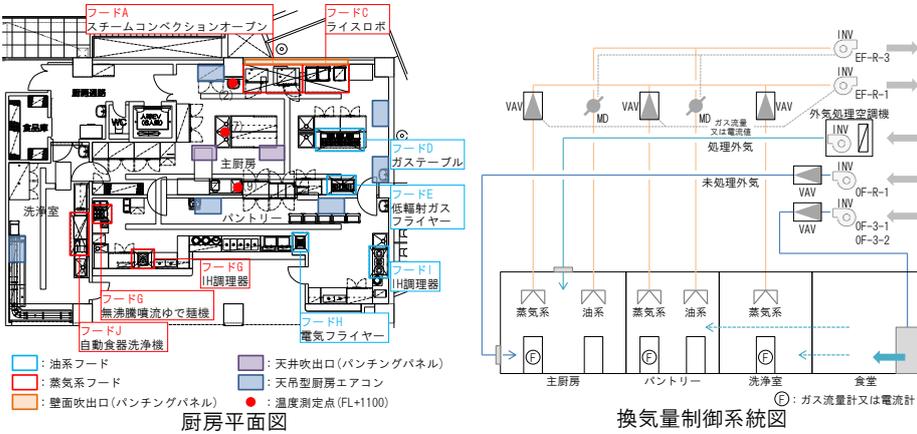
■ 計画概要

食堂併設の厨房は、利用人数が多くエネルギー消費量が多い傾向にある。そこで、本厨房は、換気風量の最適制御による省エネルギー化を図りながら、置換換気の併用により、温熱環境を改善することを目指して計画を行った。

換気量は厨房機器のガス流量及び電流値により制御を行い、換気動力と外気処理空調機の処理熱量の削減を図っている。

■ 換気風量制御

換気量制御の考え方として、排気系統は、油系フードと蒸気系フードの2系統とし、各1台のファンを設置している。給気系統は、外気処理空調機、給気ファン、食堂の空調機経由にて供給されている。蒸気系フードの排気風量制御は、各厨房機器のガス流量及び電流値により、フード毎にVAVの比例制御を行う。各VAVの風量設定値の加重平均により必要風量の算出を行い、排気ファンの回転数制御を行う。油系フードの排気風量制御は、主厨房系統とパントリー系統に分け、各々にMDを設置し、微風・弱・強の組合せにより9運転モードを設定し、手動もしくはスケジュール運転により排気ファンの回転数制御を行う。上記に対する給気ファン制御は、主厨房蒸気系フードA・Cに対しては、給気ファン、主厨房油系フードD・Eに対しては外気処理空調機、蒸気系フードF・G・Jと油系フードH・Iに対しては、食堂の空調機経由給気ファンが対応し、それぞれファンの回転数制御を行う

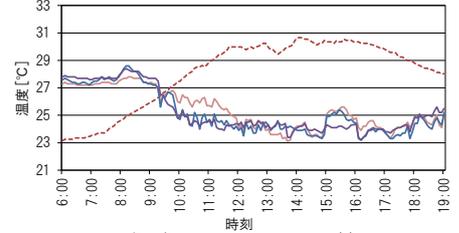


■ 実測結果

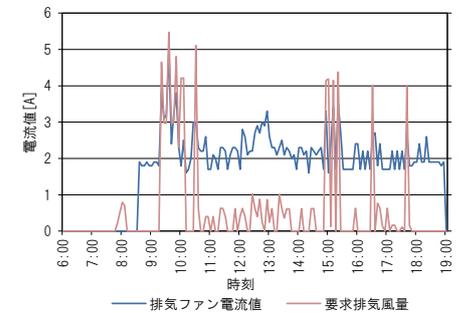
厨房内の温度状態は外気温度に関わらず、24℃前後となっており、換気量の変化に関わらず、平均的に温熱環境は維持されていることが確認された。

排気ファンの電流値は、定格電流値約10Aに対して約2Aを下限として経時変化している。排気ファンは、厨房機器のガス流量及び電流値に追従して制御されていることが確認された。

本計画では、定格風量での運用に対して、換気動力の削減量は約83%となった。



主厨房内の温度変化

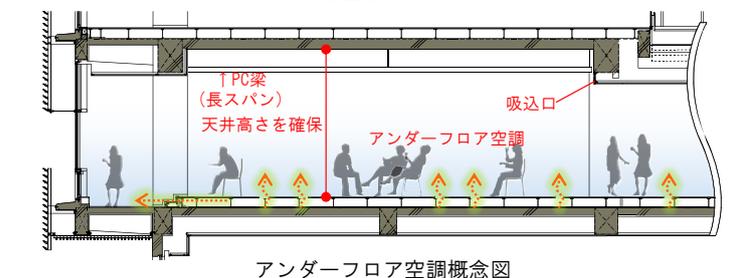
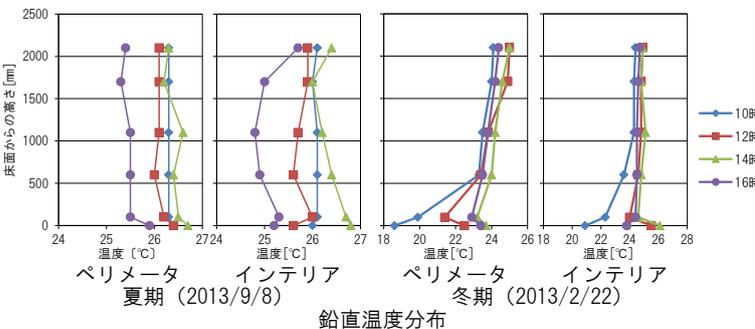


排気ファン電流値と要求排気風量の関係

06. アンダーフロア空調

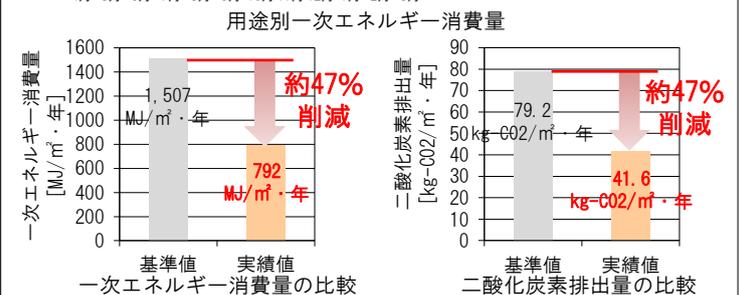
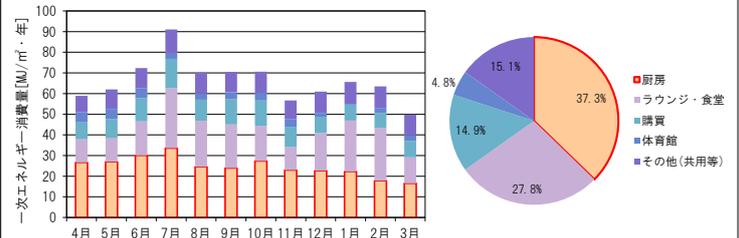
■ アンダーフロア空調

ラウンジ・食堂では、アンダーフロア空調による、居住域空調とすることで省エネルギーを図った。夏期及び冬期にラウンジの温熱環境評価を目的として、ペリメータ及びインテリアの実測を行った。測定高さは5ヶ所とし、各測定点の鉛直温度分布を作成した。なお、測定時刻は10時、12時、14時、16時としている。夏期は、ペリメータ・インテリアともに鉛直温度差が1℃以内となっており、居住域で上下温度ムラのない快適な空間となっていることがわかる。冬期は、空調運転時の立上りの10時では、下部の温度が低温域に振れているが、時間経過とともに立上り時の足元の冷気は解消され、居住域の鉛直温度分布は冬期に近づいていることがわかる。夏期・冬期ともに居住域の上下温度差がなく、快適な空間を実現することができた。



07. 実績データ

2013年4月～2014年3月のエネルギー消費量の実績より、省エネルギー効果を確認した。基準値は、キャンパスの過去実績値から算出した。用途別では、各月とも厨房が最も多く、年間約37%を占めている。二酸化炭素排出量は、基準値と比較して約47%の削減となった。キャンパス全体の一次エネルギー消費量は、本建物建設前後で比較すると、学生一人当たりでは、34.8[GJ/人]で、建設前と比較して約8%削減となった。6年制移行に伴う学生数増加により、キャンパス全体の一次エネルギー消費量が増加しているが、本建物の寄与により学生一人当たりでは削減することができた。



- 当業績に関する既発表論文・雑誌等
- 増田他：K大学における設備計画について、空調調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集、2013年3月
  - 増田他：K大学における環境実測結果について、空調調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集、2014年3月
  - 中川他：大学食堂に併設された業務用厨房の換気・空調に関する実測評価、厨房利用実態と換気量制御、日本建築学会大会学術講演会梗概集、2014年9月
  - 中川他：大学施設における太陽熱併用空調・換気・給湯システムの運用実績、空調調和・衛生工学会学術研究発表会論文集、2014年9月
  - 第29回 空調調和・衛生工学会振興賞 技術振興賞（応募中）
  - 近代建築、神戸薬科大学80周年記念館（6号館）、2013年7月号