

## トリシアに導入されている環境配慮技術の効果の推測

建築都市デザイン学科 2280120002-1 赤谷 修  
(指導教員 近本智行)

### 1. はじめに

近年、循環型社会構築の研究などが行われる中、大学機関でもエコキャンパスを目指した環境マネジメント体制による施設の建設・運用等が進められている<sup>文1)</sup>。施設の運用にあたり、導入された新技術が既存の技術よりいかに優れているかを評価することが重要である。そこで、本研究では立命館大学BKCに建設された「トリシア」に導入された新しい環境配慮技術について、既存技術と比べた場合の省エネ効果を推測していくことを目的とする。

### 2. 算出対象技術・設備

#### 2.1 対象建物概要

表1に対象建物概要を示す。本研究で対象とする建物は、最新の省エネ技術や設備、建築材料など、建築・環境関連の新技術を導入し、効果検証や改善のための研究を進めることができる建物である。

#### 2.2 対象環境配慮技術

多数の技術の中から、対象とする項目を表2の基準より選定した。本研究では6項目の技術について、その省エネルギー効果を明らかにする。

表1 対象建物概要

|          | 高層棟(トリシアI)   | 低層棟(トリシアII) |
|----------|--|-------------|
| 所在地      | 滋賀県草津市   |             |
| 延床面積     | 6942.96㎡   |             |
| 構造       | 鉄筋コンクリート造  |             |
| 階数       | 地上3階建  | 地上6階建て      |
| 算出技術・設備  | ウレタン遮熱工法、フェノバボード、躯体スラブ蓄熱放射冷暖房、天井放射空調、冷温水受入制御、クール・ヒートピット  |             |
| 他導入技術・設備 | 新方式風力発電システム、外壁冷却タイル壁面緑化、プロファイルウィンドウ、空調自動制御技術、消費電力の見える化、パーソナル空調、アダプティブ空調制御、マイクロ水力発電、超節水・コンパクト便器、シンクロ調色LED照明、照明空調制御、雑排水再利用システムなど |             |

表2 選定条件

|     |                               |
|-----|-------------------------------|
| I   | 省エネルギー性能を推測するためのデータを計測している技術。 |
| II  | 省エネルギー性能を定量的に示すことができる技術。      |
| III | 人の行動特性に影響を受けるものは除く。           |

### 3. ウレタン遮熱工法・フェノバボード

ウレタン遮熱工法は、アルミ熱線反射材と硬質ウレタン現場吹付の複合工法の断熱材で、図1にその概念図を示す。フェノバボードは、微細な気泡に高断熱性気泡ガスを使用した断熱材である。表3に算出方法、表4に熱貫流率、図2に電力削減量を示す。ウレタン遮熱工法では、夏期(6月~8月)合計51kWh、冬期(12月~2月)合計78kWhの電力削減ができていた。一方、フェノバボードでは、夏期38kWh、冬期60kWhの電力削減ができていた。

図1 ウレタン遮熱工法概念図

表3 断熱材 算出方法

|               |   |
|---------------|---|
| 比較対象          | 押出ポリスチレンフォーム 21mm厚  |
| 使用シミュレーションソフト | 熱負荷計算ソフト NewHASP/ACL D<br>空調計算ソフト HASP/8502/ACSS  |
| 入力条件          | 気象条件: 標準年気象データ(大津)<br>運転条件: 9~20時(平日・土)<br>夏期26°C、50%<br>冬期22°C、50%<br>中間期24°C、50%<br>外気導入量: 600㎡/h |

図1 ウレタン遮熱工法概念図

表4 施工壁面 熱貫流率表

|               | 熱伝導率λ<br>[W/m·K]     | 西壁面               | 東壁面               |
|---------------|----------------------|-------------------|-------------------|
|               |                      | 熱貫流率k<br>[W/m²·K] | 熱貫流率k<br>[W/m²·K] |
| ウレタン遮熱工法      | 0.018 <sup>注1)</sup> | 0.476             | 0.772             |
| フェノバボード       | 0.019                | 0.627             | 0.650             |
| 押出ポリスチレン(比較用) | 0.037                | 0.946             | 0.999             |

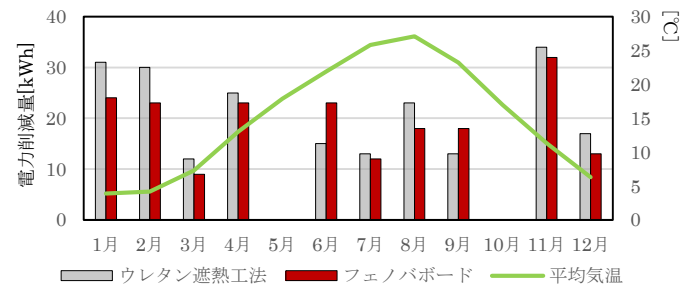


図2 ウレタン遮熱工法・フェノバボード 電力削減量

### 4. 躯体スラブ蓄熱放射冷暖房システム

表5に算出方法、図3に夏期実測(7/22~7/29)より得られた電力削減量を示す。高層棟では一日で最大0.12kWhの削減ができていた。一方、低層棟では、最大でも0.04kWhと省エネルギー効果は小さかった。

表5 躯体スラブ蓄熱放射冷暖房システム 概要・算出方法

|      |   |
|------|---|
| 概要   | 太陽熱・地中熱利用(熱源機不要)<br>ポンプ動力のみで運転<br>床スラブから直接冷暖房(放射パネル不要)  |
| 比較対象 | 当システム非導入室   |
| 算出式  | 電力削減量[kWh]<br>= CO <sub>2</sub> 排出削減量[kg-CO <sub>2</sub> ] ÷ CO <sub>2</sub> 換算値<br>CO <sub>2</sub> 換算値: 0.475[kg-CO <sub>2</sub> /kWh](関西電力) |

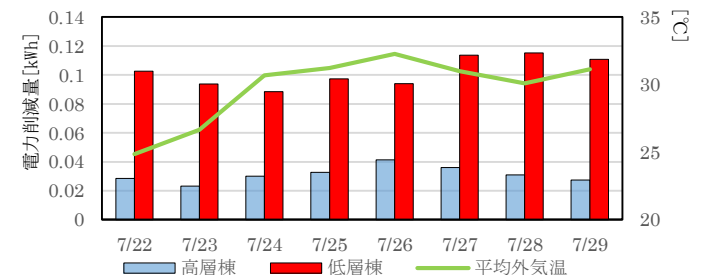


図3 躯体スラブ蓄熱放射冷暖房システム 電力削減量

## 5. 天井放射空調

図4に天井放射空調の概念図、表6に算出方法、図5に在来空調と比較したCOP、室温を示す。在来空調は間欠運転を行っており、COP、室温ともに上下が激しいが、放射空調では、室温、COPともに安定した値をとっていた。放射空調の省エネ効果を測るためには在来空調と室温の変動を合わせる必要があり、今回の結果から放射空調の方が省エネ性に優れるといった結果は得られなかった。

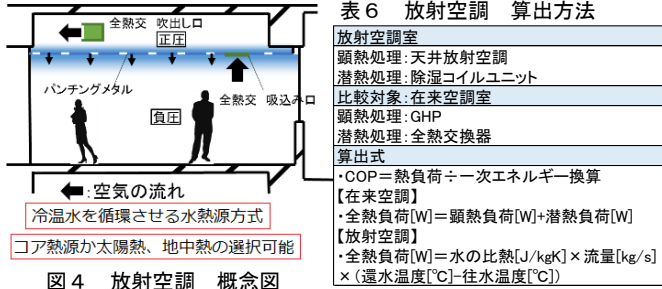


図4 放射空調 概念図

表6 放射空調 算出方法

|   |
|---|
| 放射空調室   |
| 顕熱処理: 天井放射空調  |
| 潜熱処理: 除湿コイルユニット                                       |
| 比較対象: 在来空調室   |
| 顕熱処理: GHP   |
| 潜熱処理: 全熱交換器   |
| 算出式   |
| ・COP=熱負荷÷一次エネルギー換算<br>【在来空調】                          |
| ・全熱負荷[W]=顕熱負荷[W]+潜熱負荷[W]<br>【放射空調】                    |
| ・全熱負荷[W]=水の比熱[J/kgK]×流量[kg/s]<br>×(還水温度[°C]-往水温度[°C]) |

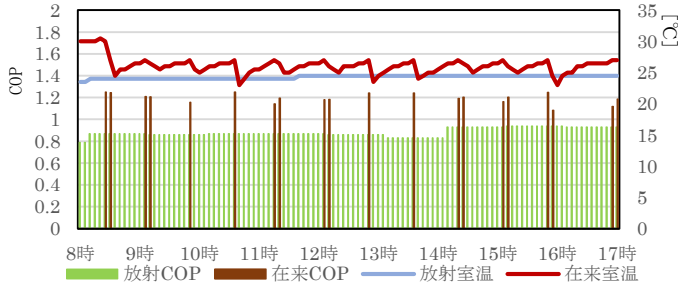


図5 天井放射空調 COP・室温

## 6. 冷温水受入制御

図6に冷温水受入制御図<sup>文2)</sup>、表7に概要・算出方法、図7に2015年4月~10月の期間で、他棟と比較した場合のWTF値<sup>注2)</sup>の平均を示す。トリシアのWTF値は、他棟と比較して最も大きく17.45であった。研究棟Bと比べて最大で5.19倍、研究棟Eと比べて最低でも1.55倍の効率的な運転ができていたことを示した。

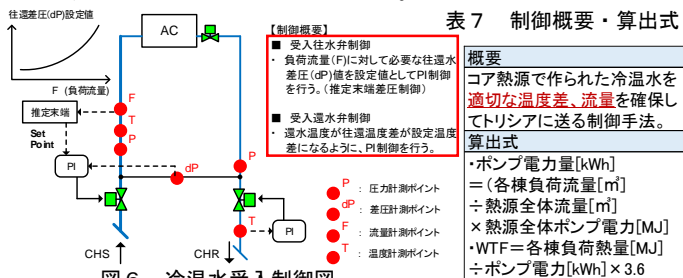


図6 冷温水受入制御図

表7 制御概要・算出式

|   |
|---|
| 概要  |
| ・ポンプ電力量[kWh]<br>=(各棟負荷流量[m³]<br>÷熱源全体流量[m³]<br>×熱源全体ポンプ電力[MJ]<br>・WTF=各棟負荷熱量[MJ]<br>÷ポンプ電力[kWh]×3.6 |
| 算出式   |
| ・ポンプ電力量[kWh]<br>=(各棟負荷流量[m³]<br>÷熱源全体流量[m³]<br>×熱源全体ポンプ電力[MJ]<br>・WTF=各棟負荷熱量[MJ]<br>÷ポンプ電力[kWh]×3.6 |



研究棟A 研究棟B 研究棟C 研究棟D 研究棟E 研究棟F トリシア

図7 冷温水受入制御 WTF 値

## 7. クール・ヒートピット

表8にクール・ヒートピットの概要・算出式、図8に面積当たりの一次エネルギー削減量を示す。夏期と冬期の削減量が大きく、冬期は12月に最大で511MJ/m²、夏期は7月に最大で962MJ/m²の削減量となった。これは、冷暖房を多く使う時期の中で、外気温とピット内温度の差が大きいからであると考えられる。

表8 クール・ヒートピット 概要・算出式

|     |   |
|-----|---|
| 概要  | コアステーションからトリシアまで、約170mの電気情報設備や配管を通して地下ピット内の空気を利用。ピット内温度を外気処理機で、空調面積4823m²に供給することで、冷暖房負荷を削減。   |
| 算出式 | ・熱量削減[MJ]=(外気エンタルピー-共同溝エンタルピー)[kJ/kg]<br>×空気密度[kg/m³]×運転時間[h]×導入風量[m³/h]<br>・電力削減量[kWh]=熱量削減[MJ]÷システムCOP<br>・一次エネルギー削減量[MJ]=電力削減量×一次エネルギー換算値<br>・一次エネルギー面積原単位[MJ/m²]=一次エネルギー削減量÷延床面積<br>(システムCOP: 冷房0.89 暖房0.84 一次エネルギー換算値9.76[MJ/kWh]) |

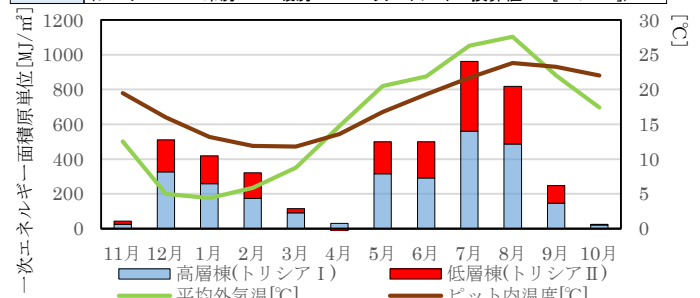


図8 クール・ヒートピット 一次エネルギー面積原単位

## 8. まとめ

今回、トリシアに導入されている環境配慮技術の中で6項目の省エネ効果の推測を行った。特に効果が大きかったのは、クール・ヒートピットであり、ピット内空気を使うことで冷暖房に使う余分なエネルギーを削減することの効果の大きさを示した。また、冷温水受入制御では削減割合が大きいので、今後他棟へ水平展開していくことで、更なる削減効果を期待できる。また、放射空調以外の断熱材、空調方式に関して、削減量こそ小さかったが、既存技術よりも省エネ性に優れることを示した。

### 参考文献・注釈

- 文1) 栄、近本: エコキャンパス化に向けたエネルギー分析 (その2) 国内の大学の環境マネジメント調査、日本建築学会大会学術講演梗概集、2010年9月
- 文2) 松下、近本、小林、松尾、藤村: 複数建物に熱供給する空調用熱源設備の流量適正化に関する研究 (第1報) 冷温水受入施設の弁制御による流量制御手法の開発と検証、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文、2015年9月
- 文3) 原田、近本、酒向: 実験住宅と実住宅における外壁のウレタン遮熱工法の夏季温熱環境調査及び通気層内熱特性の分析、日本建築学会 (近畿)、2014年5月
- 注1) ウレタン遮熱工法の熱貫流率は物性値で計算した値と異なる<sup>文3)</sup>ため、夏季定常実験より得られた相当熱貫流率から通気層~反射材~ウレタン部分の換算値0.018W/m²・Kを使用。
- 注2) WTF (Water Transportation Factor): 冷温水ポンプによる水搬送システムの効率を表す。数値が高いほど効率的。