

クール／ヒートピットの性能の実証 — 2 物件の長期実測結果比較による通気方式の簡略化の評価 — Appraisal of Cool and Heat Pit —Evaluating Simplification of Ventilation Route by Comparing Results of Two Long-term Measurements—

中田 清*
Kiyoshi Nakata

森田 直弘**
Naohiro Morita

要 約

クール／ヒートピットを採用した有料老人ホーム（グランダ世田谷上町）と学生寮（慶應義塾大学日吉国際学生寮）について、年間を通じた実測調査を行い、その効果を実証した。クール／ヒートピットは、関東圏においてはヒートピットとしてより効果的に機能することが分かった。負荷削減効果は、顕熱については夏期に 100％／冬期に 44～63％の削減効果があった。潜熱負荷については、クールピット期間／ヒートピット期間ともに若干の削減効果が確認された。全熱では、設計湿度 50％で調湿する場合に夏期 27％／冬期 38％程度、湿度制御を成り行きとした場合に夏期 46％／冬期 60％程度の外気負荷削減効果があると考えられた。2 物件の比較により、ピット内のダクティング等を省略した簡易な通気ルート of 想定であっても、クール／ヒートピットは十分な外気負荷削減効果が見込まれることが分かった。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 実測対象建築物の概要および測定概要
- § 3. 実測結果と考察
- § 4. まとめ

§ 1. はじめに

近年は ZEB を目指した建築物の省エネルギーが求められ、自然エネルギーを活用した要素技術の開発／検討が推進されている。そうした技術の 1 つであるクール／ヒートピット（以降 CH ピットとする）は、地下ピット内に外気を通し、夏期は予冷、冬期は予熱してから室内に直接吹出す、または外調機へ導入する手法である。パッシブな外気負荷削減手法として昨今導入事例が増えている。建築物の消費エネルギーのうち空調の占める割合は高く、CH ピットは種々の自然エネルギー活用技術の中でも効果的な省エネルギー手法であると考えられる。

当社においても、設計／施工案件であったグランダ世田谷上町（以降世田谷 PJ とする）および慶應義塾大学日吉国際学生寮（以降日吉寮とする）に CH ピットを採用した。世田谷 PJ はデイサービスの浴室および多数の多目

的便所、日吉寮は大浴場を有しており、高湿で臭気を含む空気質であり全熱交換器を採用することのできない居室が建物を占める割合の大きい案件であった。前述の社会的ニーズの高まりに加え、これらの諸室の換気について省エネルギーを図る上でも有効であると考えられ、CH ピットを採用するに至った。

本稿では、年間を通じた実測によりこれらの CH ピットを比較考察した結果について報告する。

§ 2. 実測対象建築物の概要および測定概要

2-1 グランダ世田谷上町

(1) 建物概要

名 称	グランダ世田谷上町
所 在 地	東京都世田谷区
設 竣 工 日	2014 年 6 月 30 日
設 計	西松建設株式会社一級建築士事務所
建 造 規 模	鉄筋コンクリート造／地上 5 階
敷 地 面 積	1,316.64 m ²
建 築 面 積	747.50 m ²
延 床 面 積	2,829.43 m ²

(2) CH ピット概要

写真-1 に世田谷 PJ の外観を示す。CH ピットは 2014 年 7 月より運用開始し、運用 5 年目に入っている。

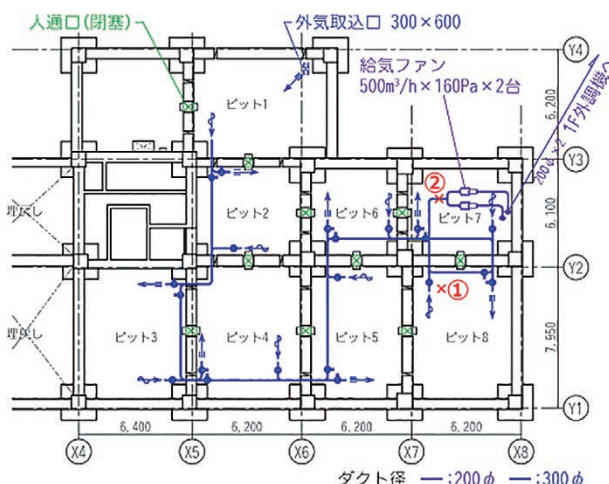
図-1 にピット平面図を示す。通気ルートは、外気を

* 建築設計部 ZEB 推進室

** 建築設計部



写真－1 世田谷 PJ 外観



図－1 世田谷 PJ ピット平面図

表－1 世田谷 PJ 機器表

ビット給気ファン	型式	FY-20SCF3	台数	2
	能力	#1 1/4 × 1,005 m³/h	発停	タイマー制御
外気処理エアコン 室内機	型式	FXYP140MAF	台数	1
	冷房能力	14.0 kW	暖房能力	12.0 kW
	加湿器	透湿膜式	加湿量	6 L/h
外気処理エアコン 室外機	型式	RXYP140CA	台数	1
	冷房能力	14.0 kW (COP:4.02)	暖房能力	16.0 kW (COP:4.83)

ビット1へ取り込み計8グリッドのビットを通過させた後、給気ファンにより1階ラウンジ天井内の外気処理エアコンへ導入し1階の共用部に給気する計画となっている。CHピット関係の機器表を表－1に示す。ファンの発停はタイマーで6時にON, 21時にOFFとしている。この物件では、試験的にモーターダンパーを設けた300φのスパイラルダクトで各ビットを直列接続し、取り入れ外気温度に応じて通過するビット数を変更することで熱交換量を調節できるように設計している。また、各ビット間の人通口はケイカル板で閉塞し、ダンパー制御の性能を確保している。なお、初年度の運用結果を受け、運用2年目よりダンパーは常開の運用に変更している。

(3) 測定概要

測定は、外気が給気ファンに入る直前のビット8に(図－1中①)において温湿度を、給気ファン1次側の300φのダクト内(図－1中②)において風速を、それぞれ10分間隔で運用開始時より継続して測定している。



写真－2 日吉寮 外観

2-2 慶應義塾大学 日吉国際学生寮

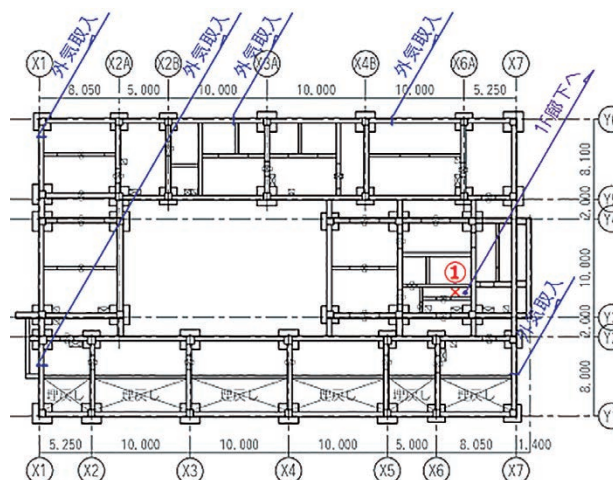
(1) 建物概要

名 称 慶應義塾大学 日吉国際学生寮
所 在 地 神奈川県横浜市
設 竣 工 日 2017年2月28日
設 計 西松建設株式会社一級建築士事務所
建構造規模 鉄筋コンクリート造・地上6階
敷地面積 1,316.64 m²
建築面積 1,463.25 m²
延床面積 5,817.22 m²

(2) CHピット概要

写真－2に日吉寮の外観を示す。CHピットは2017年4月より運用開始し、現在運用2年目に入っている。

図－2にピット平面図を示す。日吉寮のCHピットはコスト削減を重視した計画となっている。世田谷PJのようにCHピット専用の給気口は計画せず、5ヶ所のビット換気用の給気管をサイズアップし外気を導入している。



図－2 日吉寮 ピット平面図

表－2 日吉寮 機器表

ビット給気ファン	型式	BFS-150SUC	台数	1
	能力	#1 3/4 × 1,500 m³/h	発停	手元スイッチ

また、各ピット間の通気は人通口および連通管を利用し、世田谷PJのようなダクトによる制御は行っていない。ピット内の1ヶ所より1階倉庫内に設置した給気ファンへとダクトを立ち上げ、ピットを通過した空気は世田谷PJと違い1階の共用部の廊下（図－2中①の上部）に外調機を介さず直接給気する。ファンの仕様を表－2に示す。制御は倉庫内に設置したスイッチによるON/OFF制御となっており、タイマー制御等の自動制御は行っていない。

(3) 測定概要

測定は、温湿度計を建屋外部および1階の吹出し口に設置し、外気およびピット通過後の空気の温湿度を10分間隔で、運用開始時より継続で測定している。

§3. 実測結果と考察

測定データのうち、2017年9月1日から2018年8月31日までの1年間を解析期間とし、以降の考察を行った。

3-1 CHピット通過後の空気温度

(1) 世田谷PJのピット通過後空気温度

世田谷PJの外気温およびピット通過後の空気温度の実測値を図－3に示す。なお、外気温はアメダスの東京のデータである。両者を比較すると、外気温は-3.9～38.5℃の範囲で変動しているのに対し、ピット通過後の空気温度は14～25℃の範囲で推移し、変動幅が減少している。

(2) 日吉寮のピット通過後空気温度

図－4に日吉寮の外気温およびピット通過後の空気温度実測値を示す。外気温は-1.8～39.5℃の範囲を推移するのに対し、ピット通過後の空気温度は15.5～25.8℃の間で変動している。

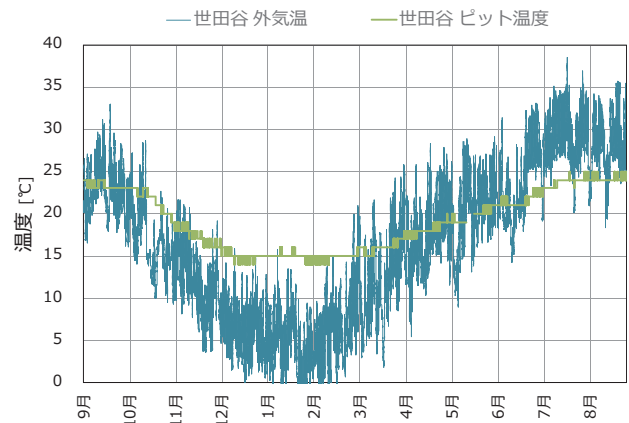
ピット通過後の空気温度は世田谷PJと同等であり、簡易化したCHピットの通風計画でも十分な熱交換ができる可能性が示唆された。

3-2 CHピットの外気負荷削減効果

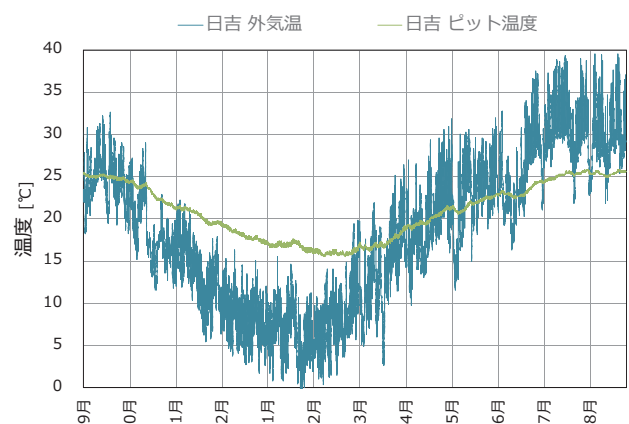
前節の実測結果をもとにCHピットの外気負荷削減効果を計算する。室内の温湿度条件を表－3に示す条件とし、外気温湿度との熱量の差を設計負荷、ピット温湿度条件と外気温湿度条件との熱量の差をピット処理負荷と定義し算定した。算定にあたり用いた諸物性値および計算式を表－4に示す。風量は、世田谷PJについては風速の測定値にダクト断面積を乗じた値を、日吉寮については給気ファンの定格風量を用いた。また、日吉寮の設計負荷算定における湿度は外気湿度の実測値と同値とした。

(1) 日積算の外気負荷削減効果

ピットの稼働時間を、世田谷PJは自動制御の通り6時から21時、日吉寮は学生が帰宅し就寝するまでの時間を想定した17時から24時までとし、稼働時間中の負荷を1日ごとに積算し考察をする。



図－3 世田谷PJピット空気温度および外気温



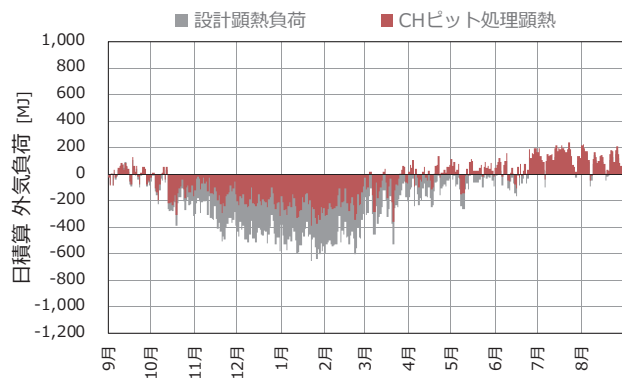
図－4 日吉寮ピット空気温度および外気温

表－3 負荷算定における設計温湿度条件

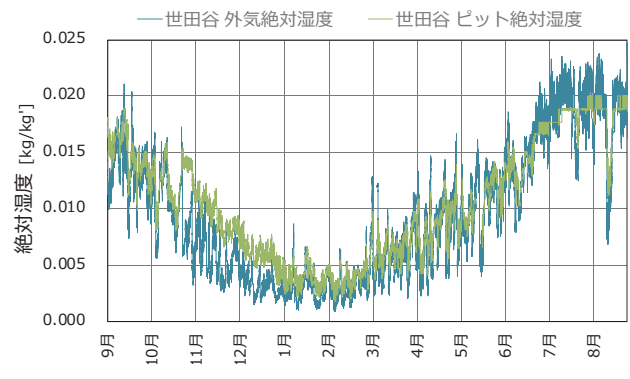
	世田谷PJ		日吉寮	
	温度	湿度	温度	湿度
夏期(7～8月)	26℃	50%	26℃	成り行き
中間期(4～6月/9～10月)	24℃		24℃	
冬期(11～3月)	24℃		22℃	

表－4 負荷削減効果算定に用いた諸物性値／数式

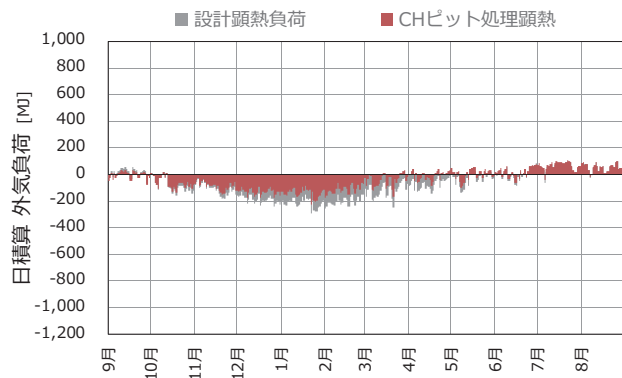
空気温度 θ [℃]	実測値 (Gビルの外気温度は アメダスによる)	大気圧 P [Pa]	101325
相対湿度 ψ [%]	実測値 (Gビルの外気温度は アメダスによる)	乾き空気定圧比熱 C_p [kJ/kg・K]	1.005
空気密度 ρ [kg/m ³]	1.2	水蒸気定圧比熱 C_v [kJ/kg・K]	1.846
SON-NTAG式 ¹⁾	$f_s = \exp(-6096.93857T^{-1} + 21.2409642 - 2.711103 \times 10^{-2}T + 1.673952 \times 10^{-5}T^2 + 2.433502 \ln(T))$ ※ f_s : 飽和水蒸気圧 T : 湿り空気の絶対温度	水蒸気発潜熱 r [kJ/kg]	2501.1
重量絶対湿度 x [kg/kg] 算定式 ²⁾	$x = 0.622 \times \frac{f}{P-f}$	飽和水蒸気圧 f_s 算定式	SON-NTAG式 ¹⁾
エンタルピー h [kJ/kg] 算定式 ²⁾	$h = C_p \theta + x r + x C_v \theta$		



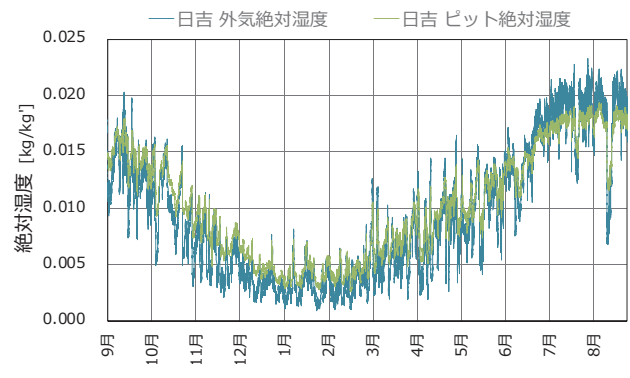
図－５ 世田谷PJ 日積算顕熱負荷とピット処理顕熱



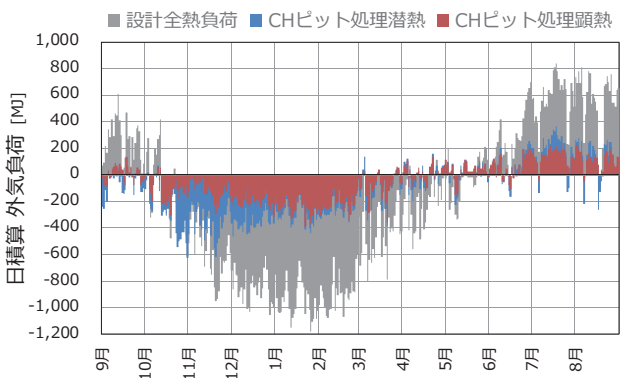
図－９ 世田谷PJ ピット空気および外気の絶対湿度



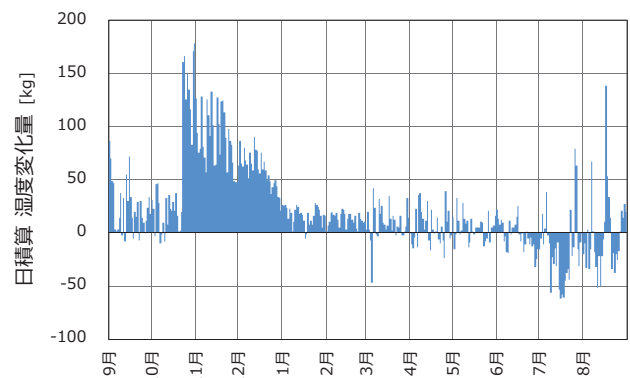
図－６ 日吉寮日積算顕熱負荷とピット処理顕熱



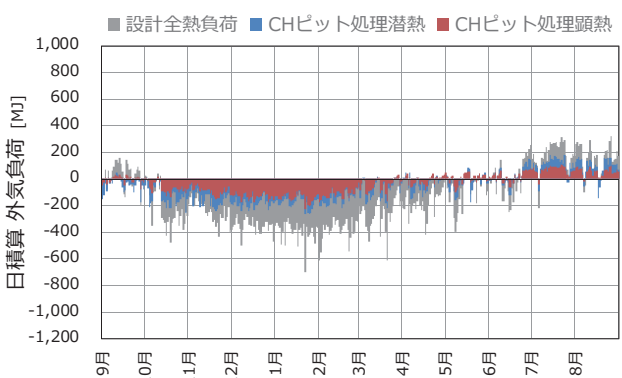
図－１０ 日吉寮ピット空気および外気の絶対湿度



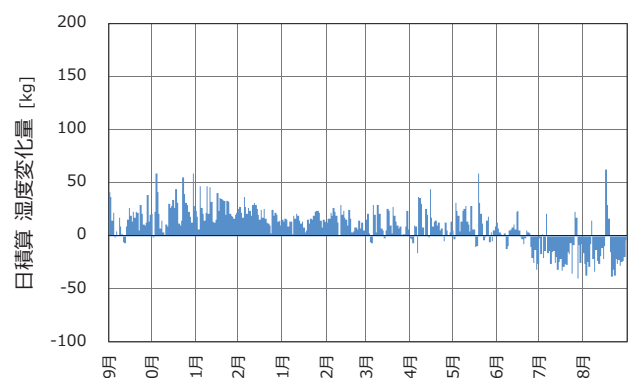
図－７ 世田谷PJ 日積算全熱負荷とピット処理全熱



図－１１ 世田谷PJ 日積算加湿量および除湿量



図－８ 日吉寮日積算全熱負荷とピット処理全熱



図－１２ 日吉寮日積算加湿量および除湿量

顕熱での算定結果を縦棒グラフで表し、重ね合わせたものを図－5、図－6に示す。冬期は10月中旬から3月下旬までピットによる昇温効果が、夏期は6月下旬から8月末までピットによる冷却効果が、安定して現れている。両建物ともクールピットよりもヒートピットとして機能する期間の方が長く、関東圏でCHピットを採用する場合、冬期の外気負荷削減により効果があると考えられる。7月、8月に着目すると、設計負荷がピット処理負荷よりも小さく、グレーの設計負荷のプロットが隠れている。夏期の顕熱負荷は全てCHピットで処理できていることが分かる。冬期についても、11月～3月の設計顕熱負荷の合計に対し、世田谷PJでは44.2%，日吉寮では63.0%をCHピットで処理できており、大きな予熱効果を得ていることが分かる。

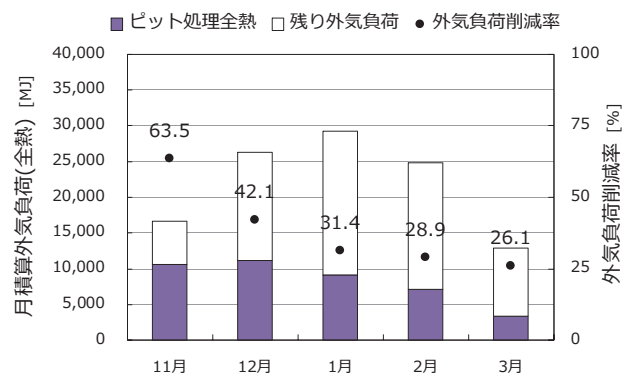
全熱での算定結果を図－7、図－8に示す。6月下旬～8月の多湿期に着目すると、顕熱での検討と違いピット処理負荷よりも外気負荷が大きくなっている。多湿期は潜熱負荷が大きくCHピットだけでは処理しきれないことが分かる。CHピットが若干の潜熱を処理していることも読み取れるが、これはピットの空気温が外気温よりも低く、結露が生じ除湿しているためと考えられる。そこで、ピット空気と外気の絶対湿度の変動を見ると図－9、図－10のようになった。外気の絶対湿度に追従するように変動していたピット空気の絶対湿度が、6月下旬外気の絶対湿度よりも低く推移するようになっており、多湿期におけるCHピットの除湿効果が確認できる。ピット空気の絶対湿度値から外気の絶対湿度値を差し引き、空気密度と風量を乗じて湿度変化量を算出すると図－11、図－12のようになった。世田谷PJ、日吉寮ともに25 kg/日程度の除湿効果があることが分かった。

11月～3月頃の冬期に着目すると、冬期を通じて少量の潜熱処理が確認できる。これは、ピット内の湧水やピット躯体コンクリートからの放湿の影響によるものと考えられる。なお、世田谷PJのみ10月下旬に図－7において大きな潜熱処理量の増加が、図－11において加湿量の増加が確認できるが、当時、超大型の台風21号が通過しており、世田谷PJのピットに雨水が流れ込んだ影響と思われる。なお、このような加湿量の急増は、竣工当初から継続している測定の中で、今回のみであった。

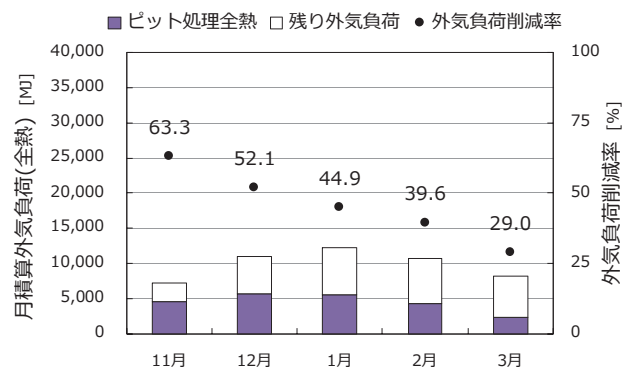
(2) 月積算の外気負荷削減効果

前項の計算結果をふまえ、11月から3月までをヒートピット期間、7月から8月までをクールピット期間とし、月ごとの外気負荷削減効果を評価する。ここで、ピット処理負荷を設計負荷で除した割合を外気負荷削減率と定義する。

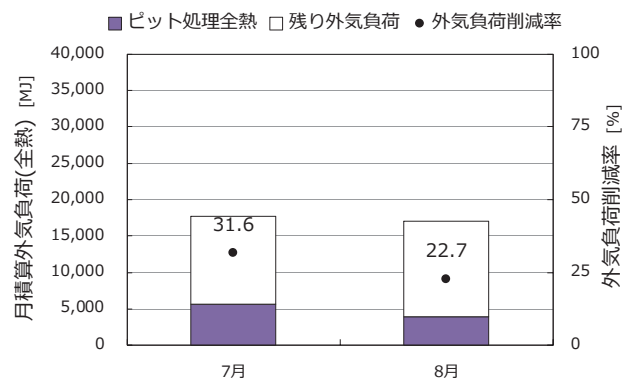
図－13、図－14にヒートピット期間の全熱の月積算負荷および外気負荷削減率を示す。世田谷PJで平均38.4%，日吉寮で平均45.8%の削減率となった。日吉寮は湿度制御を行っていないため、外気負荷が世田谷PJよりも少なく、相対的に外気負荷削減率が向上したと考えられる。



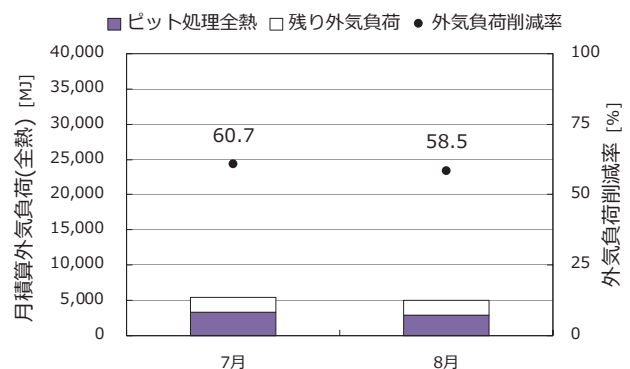
図－13 世田谷PJ ヒートピット期間の月積算全熱負荷削減効果



図－14 日吉寮ヒートピット期間の月積算全熱負荷削減効果



図－15 世田谷PJ クールピット期間の月積算全熱負荷削減効果



図－16 日吉寮クールピット期間の月積算全熱負荷削減効果

図－15、図－16 にクールピット期間の全熱の月積算負荷および外気負荷削減率を示す。世田谷 PJ で平均 27.1%、日吉寮で平均 59.6% の削減率となった。冬期よりも世田谷 PJ と日吉寮の外気負荷の差が大きく、外気負荷削減率の差がさらに大きくなる結果となった。

以上の比較より、ヒートピット期間／クールピット期間ともに、日吉寮の CH ピットは世田谷 PJ と同等以上の負荷削減性能を有することが分かった。図－3 および図－4 の空気温度変動の傾向比較から予見されたとおり、コストを重視し簡略化したピットの通風計画であっても十分な熱交換が可能であることが明らかとなった。

3-2 CH ピットのランニングコスト削減効果

前節の結果をもとに、建物のランニングコストに対する CH ピットの効果を評価する。ピットの処理全熱を空調機の COP で除し、電力量料金単価を乗じて削減電力料金を算定した。空調機の COP は、世田谷 PJ については表－1 に示す外気処理エアコンの室外機の定格 COP 値を、日吉寮については CH ピット吹出し先である 1 階共用部の廊下に設置されているビルマルチエアコンの室外機の定格 COP 値（冷房：3.12、暖房：3.47）を用いた。また、電力量料金単価は表－5 に示す値を用いた。算定結果を図－17、図－18 に示す。1 カ月あたり、世田谷 PJ ではヒートピット期間で平均 7,627 円、クールピット期間で平均 5,723 円の、日吉寮ではヒートピット期間で平均 5,573 円、クールピット期間で平均 4,572 円のコスト削減効果があると考えられた。

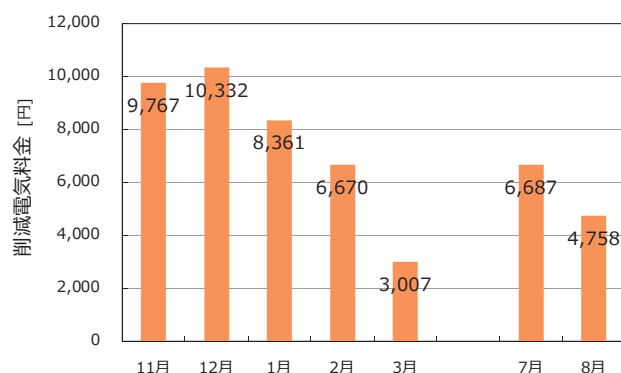
§ 4. まとめ

東京都の有料老人ホームおよび神奈川県の子学生寮に採用した CH ピットの実証を行い、以下の知見を得た。

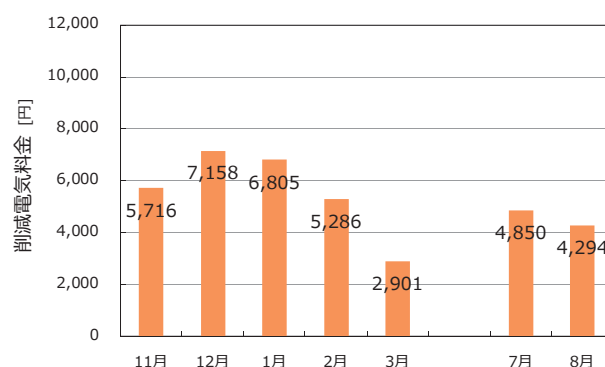
- ① 関東圏で CH ピットを計画する場合、ヒートピットとして機能する期間が長い。
- ② 夏期の顕熱負荷は、設計室温が 26℃ の場合 CH ピットのみで全負荷を処理することが可能である。冬期の顕熱負荷は、設計室温が 24℃ の場合で 44% 程度、22℃ の場合で 63% 程度を CH ピットで処理することができる。
- ③ クールピット期間には、25 kg/日程度の除湿効果があり、若干の潜熱負荷削減が見込まれる。ヒートピット期間にも、湧水や躯体コンクリートからの放湿により若干の潜熱負荷削減効果がある。
- ④ CH ピットは、湿度制御を行う場合で夏期 27%／冬期 38% 程度、湿度制御を成り行きとした場合で夏期 46%／冬期 60% 程度の外気負荷削減効果がある。

表－5 電力量料金単価

ピーク時間 (7/1～9/30の平日の13～16時)		20.15 円/kWh
昼間時間 (8～22時)	夏季 (7/1～9/30)	19.45 円/kWh
	その他季 (10/1～6/30)	18.05 円/kWh
夜間時間 (22～8時) および 日曜／祝日		12.54 円/kWh



図－17 世田谷 PJ CH ピットの月別ランニングコスト削減効果



図－18 日吉寮 CH ピットの月別ランニングコスト削減効果

- ⑤ 2 物件の実証の比較により、ピット内のダクティング等を省略した簡易な通気ルートの想定であっても、十分な外気負荷削減効果を見込めることが分かった。

今回の実証を結果を踏まえ、以降の自社設計案件についても、ピットが計画されるものにおいては積極的に CH ピットの採用を検討し、環境配慮建築の普及を図っている。

参考文献

- 1) 田中俊六，他：最新建築環境工学改訂 3 版，pp. 239～242, 2006.
- 2) JIS-Z-8806 湿度－測定方法，pp. 2, 2001