

潜熱蓄熱材を利用した躯体蓄熱空調の負荷削減効果に関する研究

その1 n-パラフィンに壁と窓に施工した住宅の暖房負荷削減効果に関する実測調査

正会員 ○草間 友花 1*
正会員 石戸谷 裕二 2**

潜熱蓄熱 相変化物質(PCM) 蓄熱窓ガラス
躯体蓄熱空調 室内環境改善 省エネルギー

1 はじめに

住宅の高断熱・高气密化は快適な室内環境の形成や空調負荷抑制に効果的ではあるものの、相対的に熱容量が少ない場合には日射受熱等による過昇温が生じるなどの問題点が指摘されている。既往の研究¹⁾では、潜熱蓄熱材を壁表面に施工して室に熱容量を付与した実験住宅において、室温変動幅と暖房負荷の抑制に係る高い効果を確認した。

本報は、壁仕上げ表面にPCM内装材を施工したPCM室、パックに封入したゲル状PCM(CALGRIP; JSR製)を内装下地の後背部に施工したゲルPCM室、PCM蓄熱窓を設置したPCM窓室において、施工法の差異による暖房負荷削減効果の比較を行った。一方、PCM内装材(マイクロカプセルn-パラフィン)を施工した3棟の実験住宅において通年での実測調査を行い、暖房負荷量と室内環境の実状を把握して、潜熱蓄熱による躯体蓄熱空調の効果を明らかにする。

2 実証実験棟の概要

蓄熱効果の検証は高断熱住宅をモデル化した実証実験棟(図1)で実施したが、内部は断熱隔壁で仕切られており断熱性能は両室とも同等であることを確認している。内装仕上げの差異により①石膏ボード仕上げのPB室、②PCM室、③太陽熱集熱器を設置したPCM+SC室、④ゲルPCM室、⑤PCM+SC室に潜熱蓄熱窓ガラスを設置した室をPCM窓室と以下に呼ぶ。②、③、⑤には混和率30%の内装材0.17m³(PCM:28kg)④にはゲル状PCMを約30kg施工した。また、⑤には二重ガラスにゲル状PCM16kgを充填して設置した。

2.1 自然温度差と熱損失係数の実測

暖房量と室内外温度差の実測値から、各室の熱損失係数(実測q値)と自然温度差を予測した。PB室の日暖房量と日平均内外温度差(週平均値)の関係を図2に示す。PB室の実測q値1.18(W/m²・K)は定常計算によって求めた熱損

失係数(計算q値)1.1(W/m²・K)とほぼ一致しており、既往の知見²⁾が追認されたといえる。また、回帰式のx切片から得られたPB室の自然温度差は5.4°Cであった。

2.2 暖房量抑制効果の検証

室内に設置した放熱器により暖房を行い、各室の暖房負荷を計測した。また、PB室と各室の暖房量を比較することで潜熱蓄熱材によるパッシブ蓄熱の暖房量抑制効果を検討した。PCM室とゲルPCM室の有効取得日射熱量を図3に示す。図から両室ともに日射取得熱量が多いほど、暖房量抑制効果が高くなるものの、PCM室はゲルPCM室よりもその効果が大きかった。これは、仕上げ面に潜熱蓄熱材を施工したPCM室は、ゲルPCM室よりも日変動周期レベルのパッシブ蓄熱効率が高いことを示しており、施工する蓄熱材の量と施工方法が暖房負荷削減量と密接な関係を有していることを示唆している。また、PCM室の暖房削減率は期間平均で20%、期間最大で57%、ゲルPCM室は平均で20%、最大で37%、PCM+SC室は平均で50%、最大

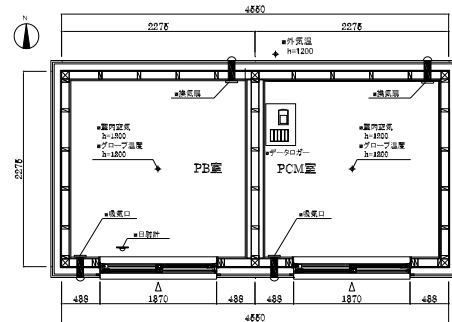


図1 実証実験棟の概要

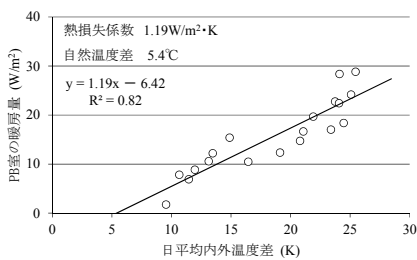


図2 PB室における熱損失係数の実測結果

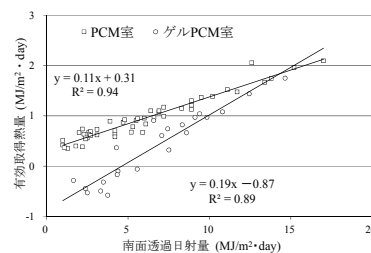


図3 有効取得熱量

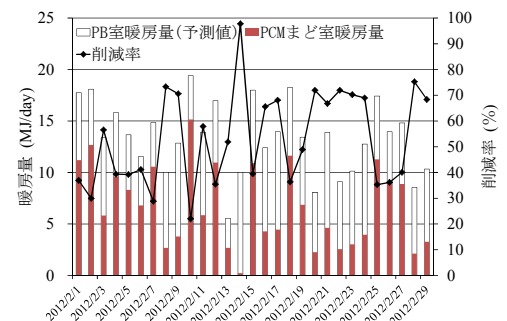


図4 PCM窓室の暖房量と削減率の推移

A study on the efficiency of thermal storage for wall heating-cooling system with Phase Change Material

Yuka Kusama, Yuji Ishidoya

で 80%であった。一方、PCM 窓室における削減率の期間平均値は 60%、最大値は 98%と最も効果的だった(図 4)。

3 実験住宅における省エネルギー性能の実測調査

PCM を混和した内装材料を壁面に施工した実験住宅の概要を表 1 に示す。実測調査の測定項目は外気温、代表室温、冷温水出入口温度、熱媒流量、消費電力であり各住宅ともに 2 年間連続測定を行った。測定結果から定常計算により算出した暖房量と熱損失量を図 5 に示すが、N-project の期間暖房積算量は総熱損失量の 20%程度となり、PCM 内装材のパッシブ蓄熱性能による日射熱と内部取得熱の高度な利用効果が確認できた。また、最寒期における連続暖房時の日室温変動幅は 2℃程度と一般的な高断熱住宅と比較して非常に小さく、室の放射温度むらも少なかった。一方、ヒートポンプ熱源(19.4(W/m²))から室内へ供給される熱媒の温度は 30℃と低く、熱源の高効率運転が実現できた。

表 1 実験住宅の概要

	N-project	P-project	H-project
所在地	札幌市手稲区	札幌市西区	札幌市中央区
用途	事務所	モデルハウス	住宅
床面積(m ²)	104.80	102.89	124.97
PCM施工量(kg)	117	108	99
放熱機	CTM	CTM	パネルヒーター
熱源	多機能型ヒートポンプ給湯器	多機能型ヒートポンプ給湯器	ガスボイラ
熱源容量(kW)	2.0	2.0	11.2
計算q値(W/m ² ・K)	1.13	1.32	1.24
実測q値(W/m ² ・K)	0.69	0.63	0.60
自然温度差(℃)	10.90	1.20	1.92

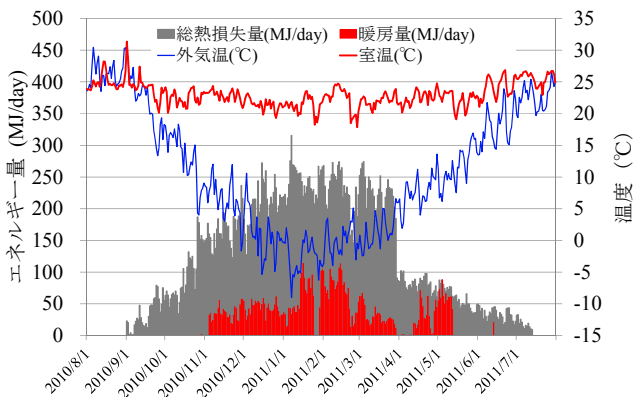


図 5 N-project 通年測定結果(2010. 8. 1-2011. 7. 31)

前述と同様の方法で各住宅の熱損失係数を検討したところ N-project の実測 q 値は 0.69(W/m²・K)となり、計算 q 値の 1.13(W/m²・K)と比較して約 40%も小さい値となった(表 1)。また、いずれの実験住宅においても実測 q 値は計算 q 値よりも非常に小さいことから、日射熱や内部発生熱を有効に利用できる PCM 内装材のパッシブ蓄熱性能が断熱・気密性能を強化することと等価的な意味を有することが示唆される。図 6 に潜熱蓄熱材により熱容量を付与した住宅の年間暖房熱量を示すが、断熱性能が同程度の住宅に潜熱蓄熱材を適用して熱容量を付与することで、いずれの住宅

も実暖房負荷が大幅に抑制されている。また、3 棟の総熱損失量と暖房量を表 2 に示した。躯体蓄熱により日射エネルギーの利用を高めた実験住宅は、同程度の q 値の高断熱住宅と比較して大幅に暖房量が抑制されていることから、躯体蓄熱空調の暖房負荷抑制効果が確認できた。

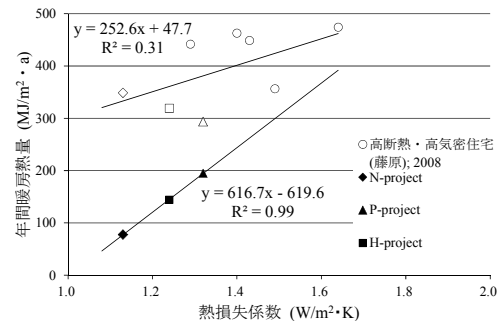


図 6 年間暖房熱量の比較

表 2 暖房量と日射エネルギー削減率

年月	N-project		P-project		H-project	
	総熱損失量	暖房量	総熱損失量	暖房量	総熱損失量	暖房量
年	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(MJ)
月	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(MJ)
2010	8月	0	0	0	0	0
	9月	1,016	0	860	64	0
	10月	2,976	2	2,454	964	0
	11月	5,033	951	5,665	2,502	6,997
	12月	6,480	1,348	7,989	3,711	8,920
2011	1月	7,554	1,658	8,730	4,134	10,295
	2月	6,390	1,912	7,204	2,891	7,931
	3月	6,789	909	6,925	2,393	7,394
	4月	2,471	602	5,110	1,932	2,690
	5月	1,846	731	3,565	1,400	3,654
	6月	1,014	20	1,290	62	1,917
	7月	530	0	1,166	0	1,462
合計(MJ/a)	42,099	8,133	50,958	20,053	51,261	18,029
(MJ/m ² ・a)	402	78	495	195	410	144

4 摘要

- 高断熱住宅に蓄熱性能を付与することにより、日射を躯体に蓄熱して暖房負荷を抑制できるが、仕上げ表層に蓄熱層を施工する方が仕上げ下部に施工するよりも日周期レベルのパッシブ蓄熱効果は増大する。
- 蓄熱型の放射暖冷房システムに 30℃の温水を供給して日変動幅が 2℃程度の安定した環境が得られた。
- 躯体蓄熱空調の実験住宅の実測 q 値は、計算 q 値と比較して非常に低い値を示しており、断熱強化に代わる省エネルギー工法としての可能性が確認できた。

<謝辞>

本研究を行うにあたり、ピーエス(株)、(株)フォーム空間計画工房、(株)豊栄建設、(株)日和住設、JSR(株)、にご助言とご協力を頂きました。ここに記して心より感謝申し上げます。

<参考文献>

- 葛西仁他：潜熱蓄熱材(PCM)を適用したロー・エミッション住宅の開発、北海道職業能力開発大学校、2011.3
- 藤原陽三他：北海道の高断熱・高気密住宅におけるセントラル暖房システムの運転状態に関する調査、日本建築学会環境系論文集 第 73 巻 第 628 号 767-7, 2008

*北海道大学大学院工学院 大学院生

**北海道職業能力開発大学校 教授 博士(工学)

*Graduate Student, Graduate School of Engineering, Hokkaido Univ.

**Prof., Hokkaido Polytechnic College, Dr.Eng.