

空調設備リニューアルにおける 種々の吹き出し方式の適用と省エネ手法の効果

茂木正史*

1. はじめに

技術研究所の研究管理棟は我が国初の本格的免震ビルとして1985年に建設され、築後20年を経た、2005年6月から3ヶ月間にわたり、リニューアル工事を実施した。リニューアルの発端は設備の老朽化であったが、リニューアル項目は、免震ビルの機能維持を中心に建物の内装、外装に及び、屋上緑化や遮熱フィルムの採用など建築的な省エネ手法も採用した。

本報では、採用した設備システムの概要とその運転状況を紹介する。また、これまでに得られたエネルギーデータの分析、パッシブリスティング空調とその省エネルギー効果、階ごとに変えて適用した種々の吹き出し方式における室内環境など設備関連のリニューアル結果について報告する。さらに、建築的な省エネ手法として、当社開発の屋上緑化システム、窓ガラスに施工した遮熱フィルムの効果についても述べる。

2. 建物の概要とリニューアル項目

建物の概要を以下に示す。

建物名称 (株)奥村組技術研究所 研究管理棟
 所在地 茨城県つくば市大砂 387
 建物構造 RC造 (免震構造)
 階数 地上4階
 敷地面積 27000m²
 建築面積 348 m²
 延床面積 1371 m²

械室を研究スペースとして利用できるようになった。1階は置換空調、3階、4階は床吹き出し方式とし、1階、3階および4階には当社が共同開発したパッシブリスティング空調¹⁾を適用した。



写真-1 建物外観

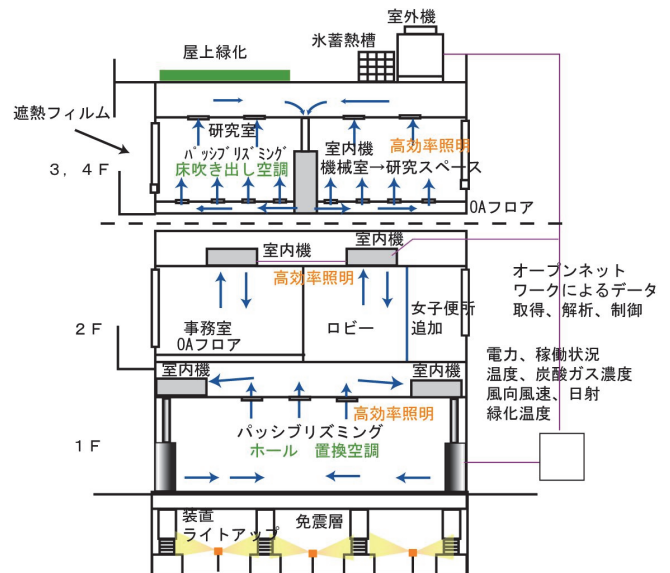


図-1 省エネ対策項目

写真-1に建物外観を示す。図-1に建物内に配置した省エネ対策項目を示す。空調方式を単一ダクト方式から個別パッケージ方式に変更したことにより、リニューアル前に4階に配置されていた45m²の空調機

3. 空調設備概要

以下にリニューアル後の空調設備概要を示す。

*技術研究所

空調システム	個別分散型氷蓄熱ビル用マルチエアコン (空気熱源とヒートポンプ空調機)	
屋外機	13HP (氷蓄熱)	2台
	10HP (氷蓄熱)	4台
	5HP (非氷蓄熱、外気用)	4台
室内機		
1F	天井埋込み (置換空調)	3台
	置換空調給気ユニット	3台
	天井カセット	1台
2F	天井カセット	9台
3F	下吹きユニット (床吹出し)	2台
	床吹出しファンユニット	30台
4F	下吹きユニット (床吹出し)	2台
	床吹出しファンユニット	30台

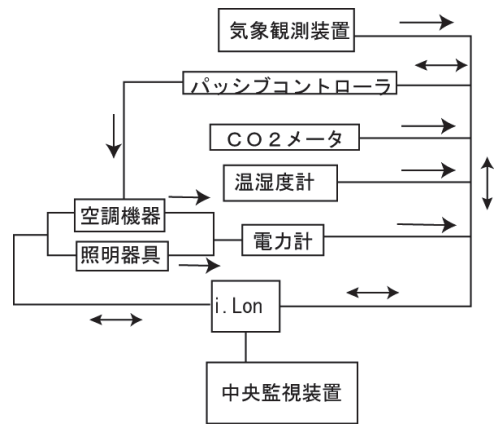


図-2 オープンネットワークシステムの模式図

リニューアルにより全体で 30%程度の省エネルギーが実現しており、以下の省エネ対策が有効に機能していると考えられる。

- ・パッシブリズミング空調の採用
- ・高効率空調機の採用
- ・高効率照明器具の採用
- ・空調、照明のスケジュール運転
- ・単一ダクト方式から個別空調への変更
- ・屋上緑化、遮熱フィルムによる断熱性能向上

4. 計測制御設備概要

リニューアル前は建物全体の電力のみ測定していたが、リニューアルを期に各階ごとに動力と電灯の消費電力を自動計測できるようにした。LonWorks によるオープンネットワークシステムを設置し、空調や照明のコントロールと各種計測を行っている。表-1に計測制御項目の一覧を、図-2にオープンネットワークシステムの模式図を示す。

表-1 計測、制御項目一覧

対象	測定	制御	備考
空調機器	○	○	1, 3, 4Fはパッシブリズミング制御
照明機器	○	○	
室内温度	○		パッシブ制御に利用
室内CO ²	○		パッシブ制御に利用
室内湿度	○		
風向風速	○		
降雨量	○		
日射量	○		
外気温湿度	○		
緑化表面温度	○		
日報、月報、トレンドグラフの表示と出力			

5. エネルギー測定結果

以下ではリニューアル工事が終了した 2005 年9月から 2006 年2月までの電力測定結果を示す。

図-3はリニューアル前後の電力量の比較である。

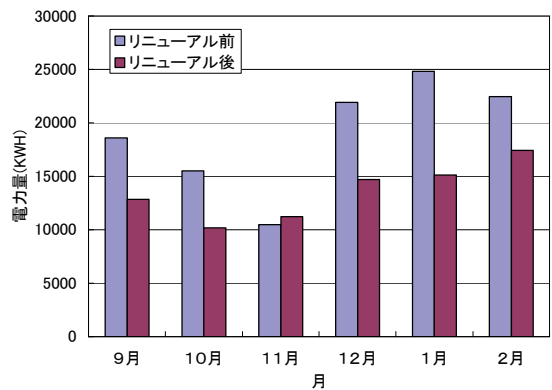


図-3 リニューアル前後の電力量の比較 (空調、電灯)

図-4は用途別電力量の推移を示したものである。換気ファン電力と電灯電力は通年でほぼ一定であり空調電力は季節に応じた変化をしている。

図-5は休日を除く日平均外気温 (夜間を含む) と1日の空調用電力量の関係を示したものである。外気温 15°C付近を下限に冷房領域と暖房領域に分かれており比較的まとまった対応をしている。通年を1つの2次式で近似することができる。

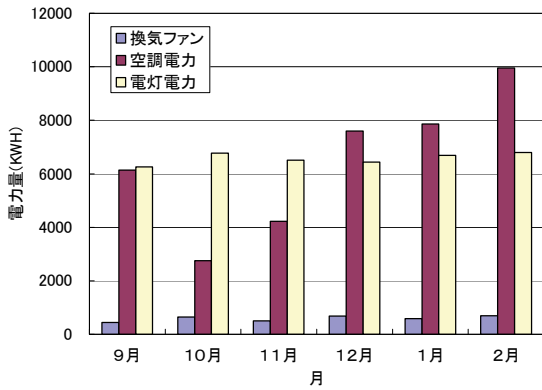


図-4 用途別電力量の推移

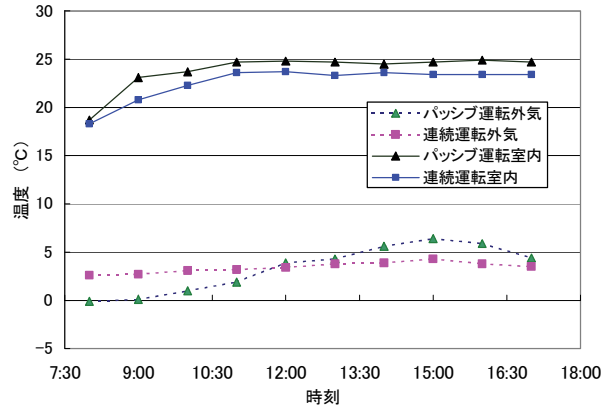


図-6 比較日の外気温度と室内温度

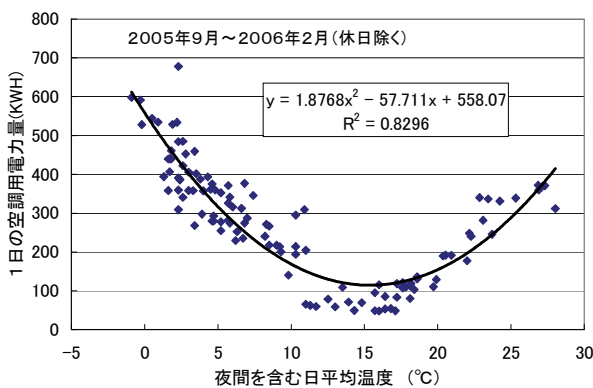


図-5 外気温度と空調電力量

6. パッシブリズミング空調¹⁾

パッシブリズミング空調の特長は室内温度を一定に保つために空調機を常時運転する従来の空調方式とは異なり、温度と二酸化炭素濃度を監視しながら空調機を断続的に運転させることにより空調用エネルギーを削減させるものである。1階ロビーの置換空調、3階および4階研究室の床吹き出し方式においてパッシブリズミング空調を適用し、その制御は次のように行った。

- ・パッシブ運転時間帯 9:00～18:00
- ・運転パターン 45分運転+15分休止
- ・制御対象 室外機、室内機、床吹き出しファン

パッシブ運転と連続運転の比較のために外気温度が類似の日(暖房)を選定した。図-6に比較日(共に晴れ)の外気温度と室温の変化を示す。上記の運転パターンでは、躯体の熱容量のために明確な温度変化は生じておらず、パッシブ運転と連続運転の室温はほぼ同じとなっている。

図-7に比較日におけるパッシブ運転と連続運転の空調電力を示す。午前は負荷が大きく、午前11時以降は負荷が小さく(日射量が多いため)最低出力運転となっている。

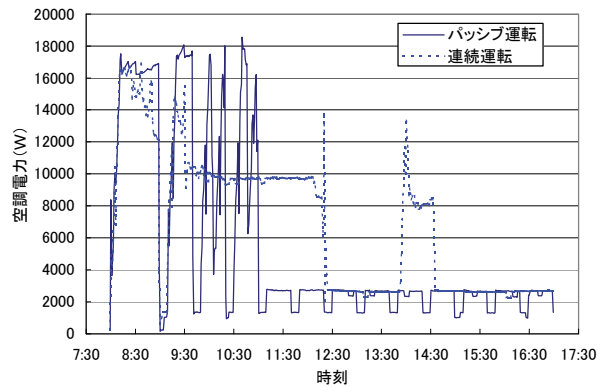


図-7 パッシブ運転と連続運転の空調電力

表-2に時間帯別の電力量を示す。ON時の起動電力によりパッシブリズミングの効果がでにくいとの懸念があったが、今回の比較では、負荷が大きい時間帯も小さい時間帯もパッシブリズミングによるエネルギー削減効果が現れている。1日を通じた電力量はパッシブリズミング空調の方が連続空調よりも30%程度少なくなっている。

表-2 パッシブ運転と連続運転の時間帯別電力量

	(KWH)		
時間帯	9時～11時	11時～17時	9時～17時
①パッシブ運転	22.2	13.8	36.0
②連続運転	28.8	22.4	51.2
①/②×100(%)	77	62	70

7. 各種吹き出し方式

空調の吹き出し方式は天井吹き出しのほか、置換空調と床吹き出し方式を採用した。

7.1 置換空調

図-8に1階のホールに適用した置換空調の給気口位置、温度測定点を示す。当室の主な用途は打ち合わせと展示である。給気口は南側に2台、北側コーナーに1台設置した。

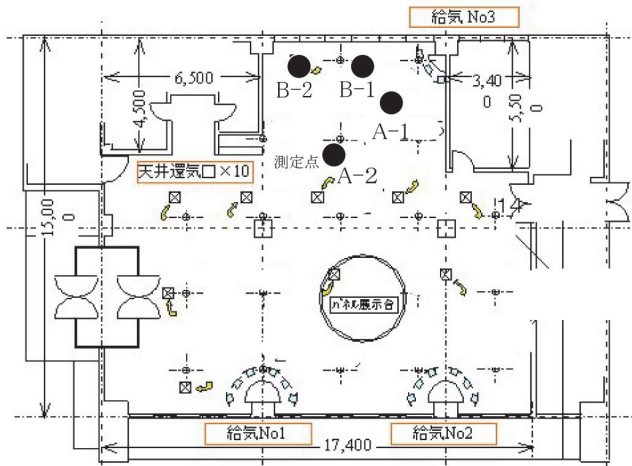


図-8 置換空調給気口の配置と測定点位置 (1F)

写真-2に置換空調給気口との発煙試験の状況を示す。給気風速は0.3m/sec程度であるが冷気が床部全体に広がっている。その後、成層を形成してゆっくりと上昇した。一方、窓面では暖められ急上昇している。また、給気口1からの冷気は対面する壁まで十分届いていることが確認されている。

図-9に置換空調の上下温度分布を示す。吹き出し口から遠いA-2の方が近いA-1よりも低い温度となっており、冷気は室内全体に届いていることを示す。窓近傍(B-1、B-2)も内部とくらべて極端な温度上昇は見られない。

7.2 床吹き出し空調

図-10に床吹き出しを適用した4階研究室の平面と温度測定点を示す。西側の壁に2台の床吹き出し用空調機を設置し、高さ100mmのOAフロア内に給気している。床吹き出しファンユニットから吹き出した空気は居室内を回って空調機にもどされている。図-11は床下空気の流れの解析結果である。渦状の流れがほぼ全域に及んでいる。

図-12に床吹き出し方式の上下温度分布を示す。



写真-2 置換空調給気口と発煙試験状況

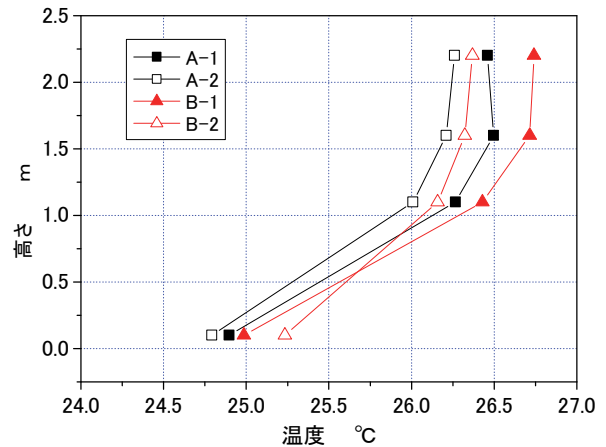


図-9 置換空調の上下温度分布 (冷房)

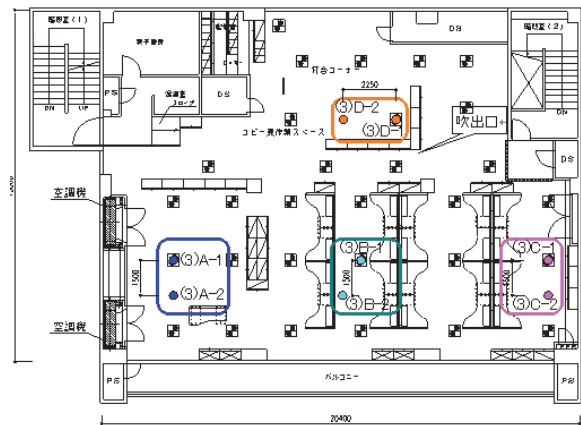


図-10 床吹き出し空調適用室と測定位置(4F)

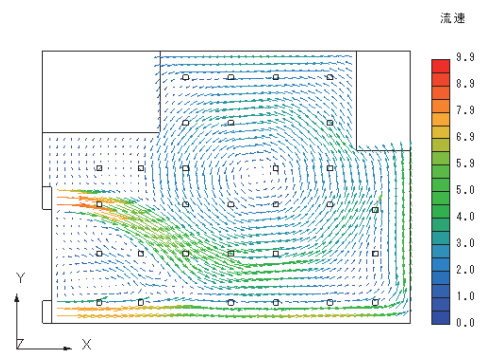


図-11 床下空気の流れ (解析結果)

いずれのゾーンでも吹き出しファン近傍の気温が低めになっている。空調機に近い A ゾーンの吹き出しファン近傍は特に低い温度となっているが、その他では水平方向の気温のばらつきは 1.5℃弱となっている。最も気温が高いのは C ゾーンであるが、解析結果でも床下の流れの領域からはずれており、冷気が届きにくい部分であると考えられる。

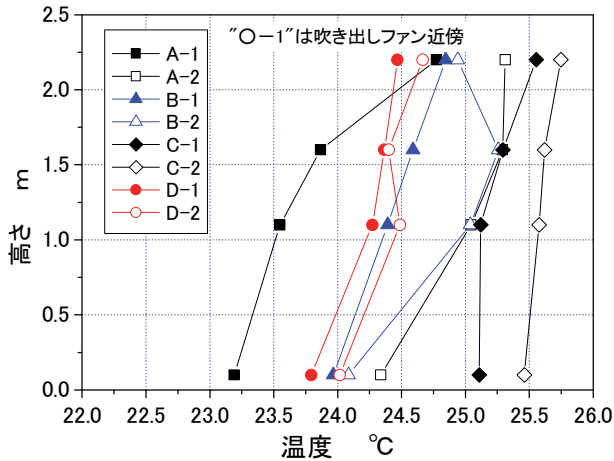


図-12 床吹き出し方式の上下温度分布 (冷房)

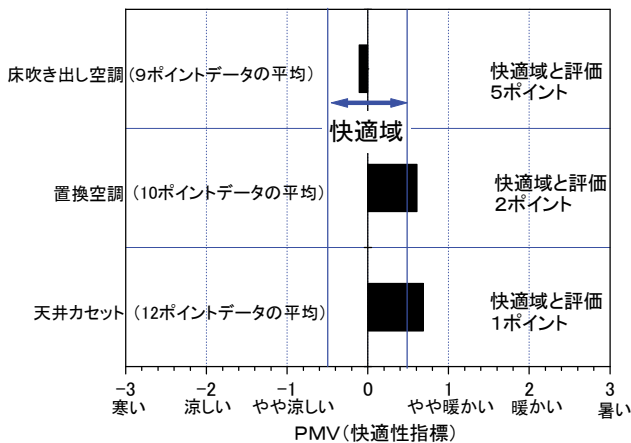


図-13 空調方式と快適性指数 (PMV)

各空調方式の快適性 (PMV: 快適性指数) を評価した結果を図-13 に示す。床吹き出し空調の快適性が最も良く、置換空調、天井吹き出し方式の順となったがいずれも許容範囲であった。

8. 屋上緑化システム

憩いの場の提供と断熱性能の向上を目的に屋上庭園を設けた。適用した緑化工法とその特長を以下に示す。

i. ミドリンラップ R

当社緑化工法の基本で、連続気泡を有するポリスチレンの上部に土壌と植栽を配置したものを容器に入れたユニット式で底面灌水方式である。

ii. ミドリンラップ R-low

ミドリンラップ R の低コストバージョンでユニット化をせず、灌水は上面で行う。

iii. ミドリンラップ R-light

特殊な不織布の上に直接植栽する工法で軽量であることが特長である。

図-14 に緑化工法の配置を、写真-3 に屋上庭園の状況を示す。低木以外のエリアの植栽は芝で、歩行可能である。休憩時の社員や来客の憩いの場として活用されている。また、図-14 の階段上部の屋根の雨水を貯留して灌水に利用している

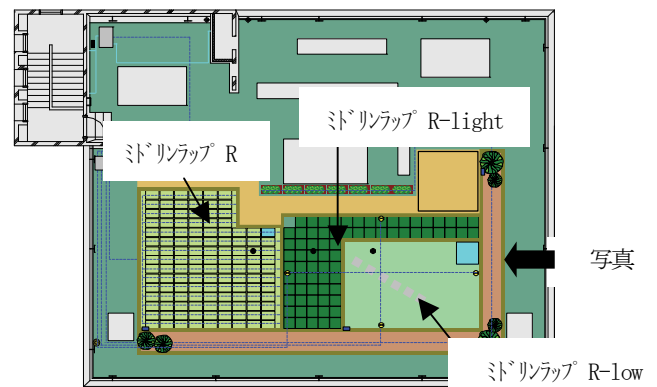


図-14 緑化工法の配置

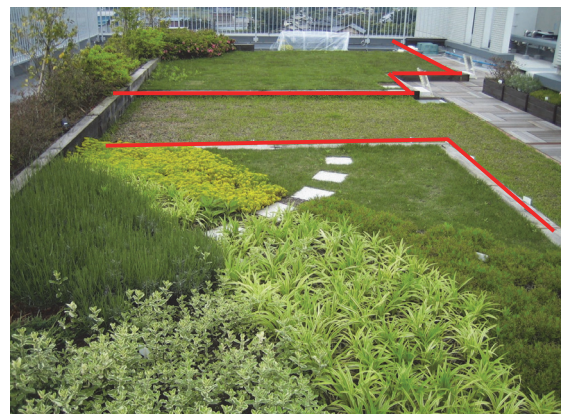


写真-3 屋上庭園の状況

図-15 に緑化による屋根面温度の低減効果を示す。図では、防水面表面 (緑化システム下部) の温度を緑化無しも含めて比較している。表面温度は緑化システムを設置していない部分では、日射量が最大の時に 50℃を超えているが、緑化した部分では最大が 22℃程度で 30℃近くの温度低減効果がある。下室の室温 (一定に制御) と表面温度の差に比例して熱が進出す

るので室温設定 26℃とすれば、最大日射時は約 50%の省エネ効果があるといえる。

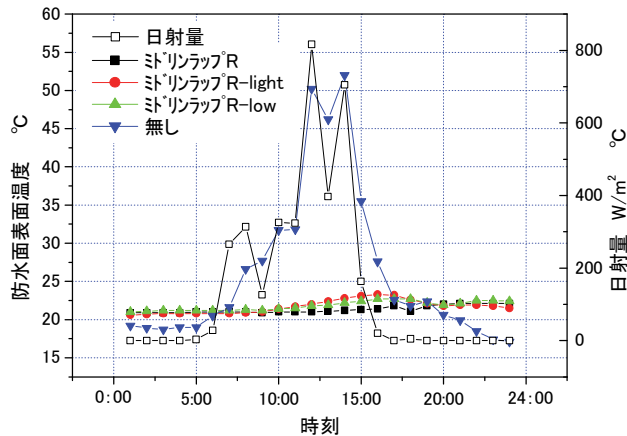


図-15 緑化による屋根面温度の低減効果

9. 遮熱フィルムの効果

図-16 に遮熱フィルムの効果測定平面図を示す。遮熱フィルムを施工したのは南面と西面の窓全面と北面の1階の窓である。図中に測定ポイントを示す。図-17 に遮熱フィルムの有無による室温とグローブ温度(輻射温度)を示す。室温については両者ほぼ同様であるがグローブ温度は3℃程度フィルムがある方が低く、遮熱フィルムが輻射熱を削減していることがわかる。快適性評価指標であるPMVで比較すると遮熱フィルム有りは快適、無しはやや暖かいの評価であり、遮熱フィルムは窓面の快適性向上に有効である。

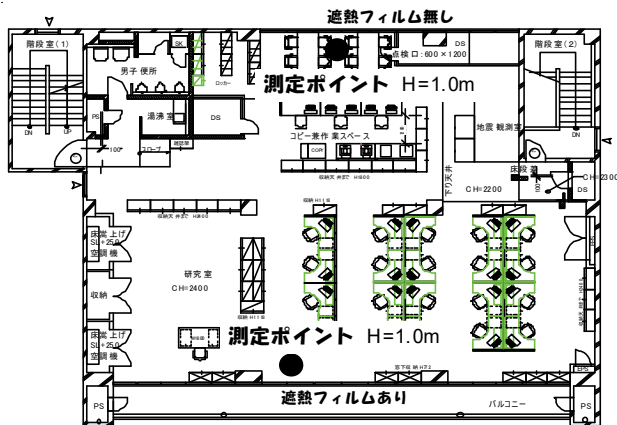


図-16 遮熱フィルムの効果確認状況(4階)

10. まとめ

建設後 20 年経過した建物のリニューアル工事終了後に実施した主な検証結果を以下に示す。

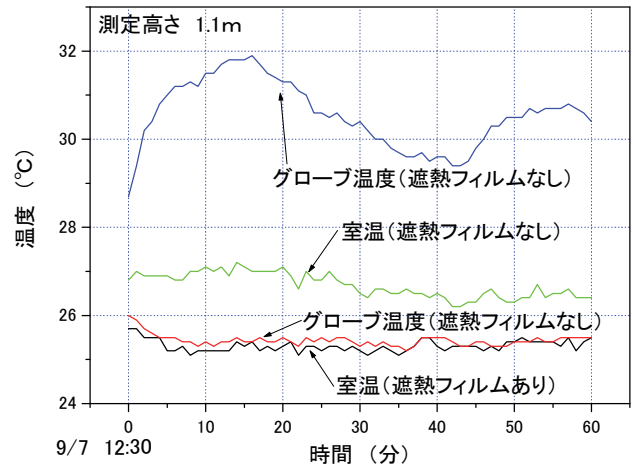


図-17 遮熱フィルムの有無と室温、グローブ温度

- i. リニューアル前と比べてトータル電気量の削減は約 30%である
- ii. パッシブリスミング空調をビルマルチエアコンに適用した例は少ないが運転休止時間に見合ったエネルギー削減効果が得られている。
- iii. 3種類の吹き出し方式を採用し、床吹き出し、置換空調、天井吹き出しの順に快適性能が良かった
- iv. 屋上緑化や遮熱フィルムなどの建築的省エネ手法の効果も確認できた

11. おわりに

省エネ対策を施したリニューアル工が完了して8ヶ月余り経過したが、省エネルギーの実現が確認できている。種々のデータ測定や機器の運転スケジュールの調整が容易にできる環境が整ったので、今後更にデータを蓄積してゆくとともに、運転方法でも省エネのための改良をすすめてゆきたい。

パッシブリスミング空調は(独)建築研究所、(株)三機工業と共同開発したもので、第6回国土技術開発優秀賞を受賞したシステムである。

【参考文献】

- 1) 坊垣、角谷他「パッシブリスミング空調にける快適性と省エネルギーに関する研究 第1報」、空調和・衛生工学会論文集 No. 64、1997年1月