

[報告]

都立高等学校における環境改善(平成20年度)の検討

藤原 孝行

1 研究目的と業務概要

都立高校における環境改善対策としては、ほぼ全校に設置された空調機器の省エネルギー対策を実施することや、太陽光発電による再生可能エネルギーの導入を図るために、既存の都立高校に導入可能な対策を検討し、具体的な施工方法や計測・評価方法を取りまとめ、CO2の排出量を削減することが求められている。

本研究の目的は、都立高校の実態に合わせた環境改善対策の効果を実測調査により把握し、今後の対策を実施する上での基礎資料・判断材料を得ることである。

具体的には、調査対象5校に、建物外皮の断熱性能や日射遮蔽性能の向上策、空調機器の自動制御(スクールコントローラ)、太陽光発電設備設置等の対策を行い、無対策部分との比較を行うことで効果を把握する(表1)。

調査対象校の選定に当たっては、教育庁が主体となり、ISO14001シリーズの取得高校や、建築科などが設けられており、調査内容が教育上も活用可能な学校の中から選定した。

表1 環境改善対策メニュー

環境改善対策メニュー		杉並工業	つばさ総合	荒川工業	葛西工業	晴海総合	
建物外皮対策	屋上	高反射率塗料	○	○	○	○	○
		外断熱	○	○	-	-	-
	壁面	高反射率塗料	○	-	-	-	-
		外断熱	○	-	-	-	-
	窓	日射遮蔽フィルム	○	○	○	○	○
		複層ガラス	○	○	-	-	-
スクールコントローラ		-	○	-	-	-	
太陽光発電	シリコン単結晶	○	○	○	-	-	
	シリコン多結晶	○	○	-	○	-	
	アモルファス	○	○	-	-	-	
	薄膜タンデム	○	○	-	-	○	

2 建物外皮対策の実測評価

調査対象校5校において建物外皮対策による室内温熱環境の変化を実測した。更に杉並工業、つばさ総合の両校においては、夏期および冬期に、より詳細な実測(集中実測)を行った。

夏期晴天日における非空調室の集中実測結果を図1~

6に示す。

- ・屋上表面温度は、「高反射率塗料」は「無対策」に比べて低くなっている。また、「外断熱パネル」は日変動が非常に小さくなっている(図1,2)。
- ・窓表面温度は、「日射遮蔽フィルム」が「無対策」より高くなっている(図3,4)。これは、日射遮蔽フィルムの表面が太陽光を吸収し高温となったためである。
- ・室内温度は「無対策」に比べて「外断熱パネル+複層ガラス」は高く、「高反射率塗料+日射遮蔽フィルム」は低くなっている(図5,6)。

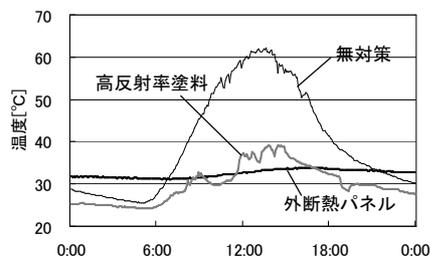


図1 屋上外側温度(杉並)

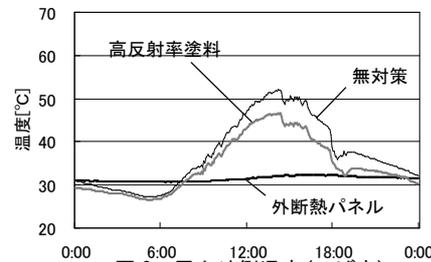


図2 屋上外側温度(つばさ)

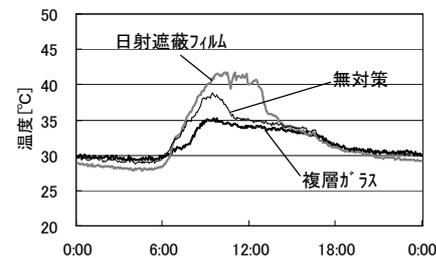


図3 窓表面温度(杉並)

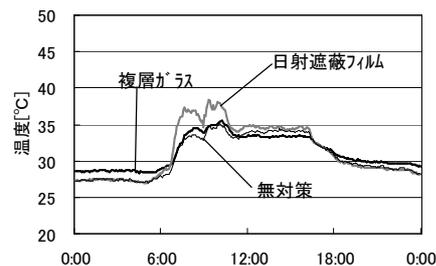


図4 窓表面温度(つばさ)

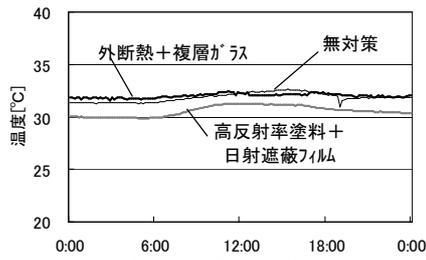


図5 室内温度(杉並)

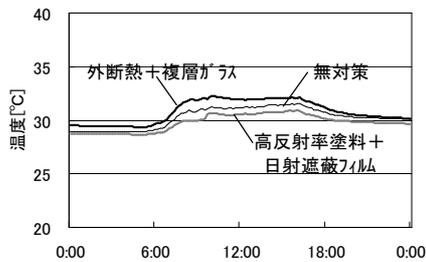


図6 室内温度(つばさ)

また、年間を通じた熱負荷計算を行った結果、以下のことがわかった。

- ・両校とも「外断熱パネル+複層ガラス」が最も省エネ効果が高い(図7,8 case3)。
- ・「高反射率塗料+日射遮蔽フィルム」は冷房負荷の低減には効果があるものの暖房負荷は増大する。特に、経年数の大きい杉並工業高校では年間負荷の低減にはほとんど効果がない(図7,8 case2)。
- ・経年数の小さいつばさ総合高校では外断熱の効果は小さく、窓への対策の方が効果的である(図8 case2~4)。

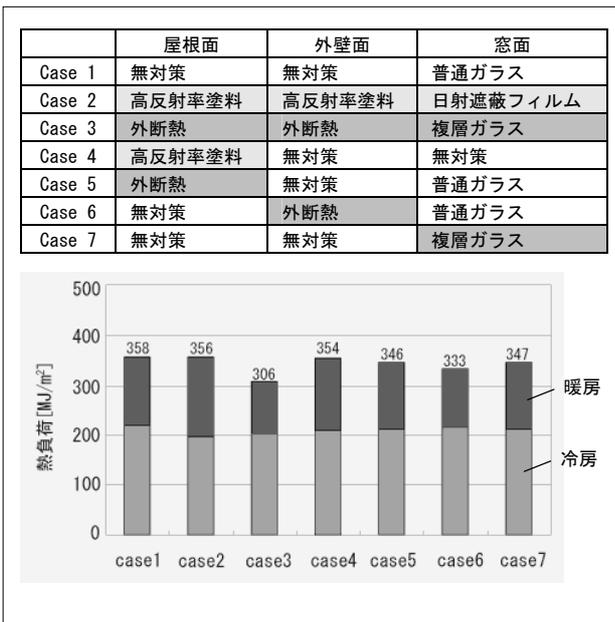


図7 年間熱負荷計算結果(杉並)

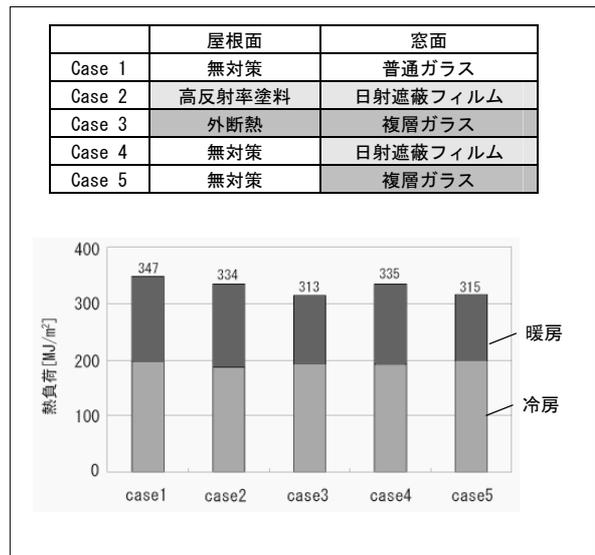


図8 年間熱負荷計算結果(つばさ)

3 スクールコントローラの実測評価

つばさ総合高校の一部の教室に、システムコントローラ(パソコンから入力した時間割に従って自動的に空調機器の発停制御を行うシステム)を導入し、運転状況の実測を行った。

空調機器(FCU)の稼働状況は、実際の時間割と大きく異なっていることがわかった(表2)。

空調機器の稼働時間の授業時間に対する割合を空調稼働率と定義すると、9月は214%、1月は118%となった(表3)。このケースでは、特に冷房においてスクールコントローラの効果が期待できる。

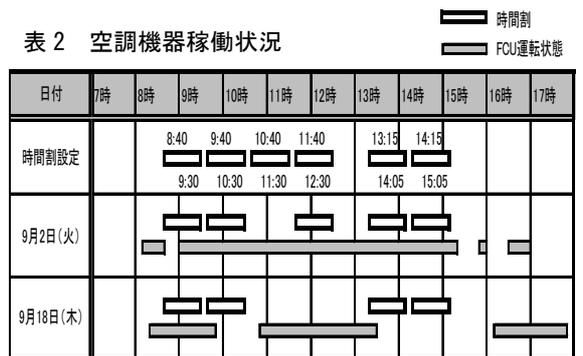


表3 空調稼働率(月別平均値)

	冷房		暖房		
	9月	10月	11月	12月	1月
	214%	4%	16%	69%	118%

4 太陽光発電設備の実測評価

調査対象校 5 校に太陽光発電設備を導入し、日射量等の気象条件と発電電力量、太陽光パネルの温度等を実測した。

特に、4 種類の太陽光発電パネルについて、様々な条件で測定を行った杉並工業高校での実測例を図 9～12 に示す。

- ・計測期間内の月別発電電力量は日照時間の長い 7 月が最も大きく、雨天日が多い 11 月、6 月が小さくなっている (図 9)。
- ・セルの種類別でみると発電電力量は大きい順に、多結晶、単結晶、薄膜タンデム、アモルファスとなっている。

なお、一般的には、単結晶の発電電力量が一番多くなるが、今回の結果から製品により性能のばらつきがあることがわかった(図 10)。

- ・方位別の発電電力量は変化はあるものの大きな差は見られない (図 11)。
- (方位 0° 真南、方位 30° 西寄り、方位-30° 東寄り)
- ・気温が高くなるほど発電効率が低くなる傾向がある (図 12)。

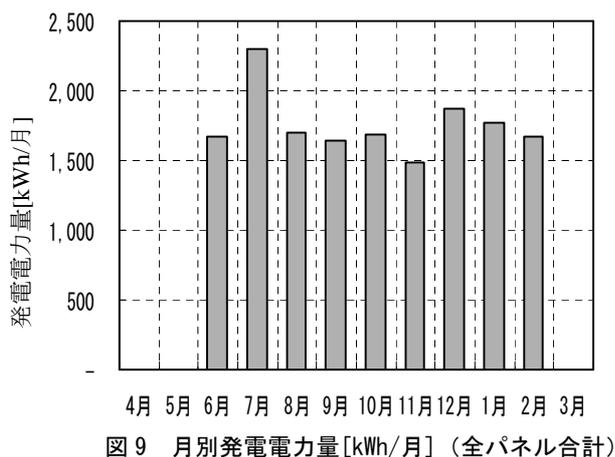


図 9 月別発電電力量 [kWh/月] (全パネル合計)

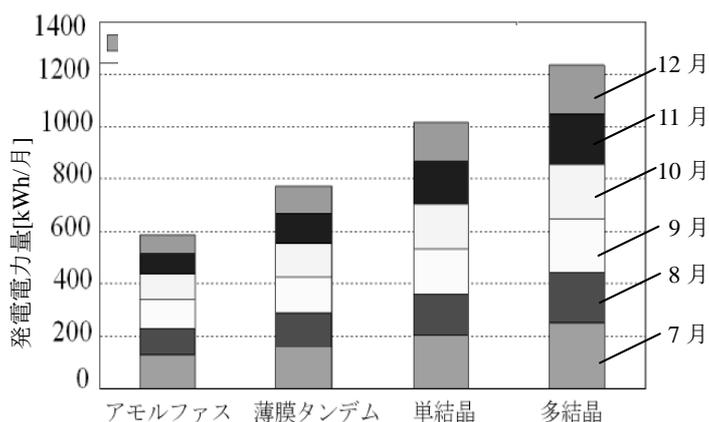


図 10 セル種類別発電電力量 [kWh/月] (南向き傾斜角 30°)

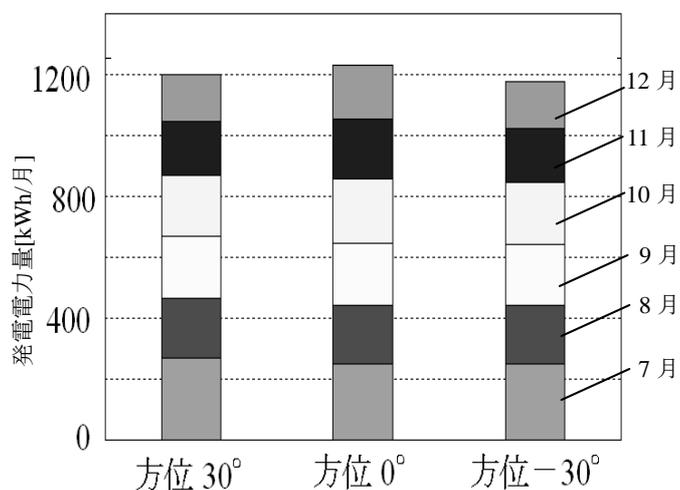
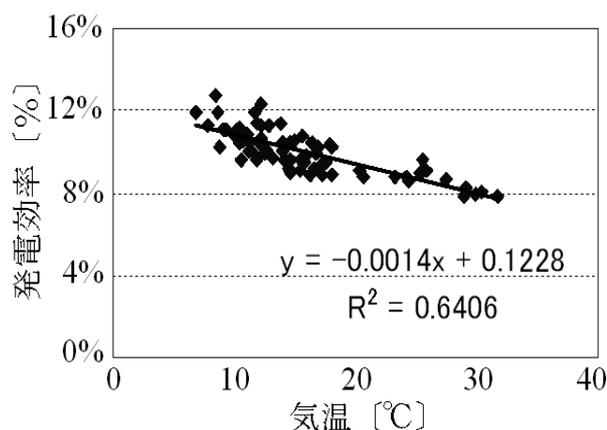


図 11 方位角別発電電力量 [kWh/月] (傾斜角 30°)



*対象パネルは、杉並工業高校、多結晶 真南、角度 30 度

5 CO2削減効果およびコスト分析

<建物外皮対策>

杉並工業高校（経年数の長い高校の代表）では、高断熱化の部位別の効果を分析した。その結果、CO2の削減効果は「外壁外断熱」が高いが、費用対効果では「窓複層ガラス」が高いという結果が得られた（表4）。

つばさ総合高校（経年数の短い高校の代表）では、窓面の対策の効果を分析した。その結果、CO2削減効果は「窓複層ガラス」が高いが、費用対効果では「日射遮蔽フィルム」が高いという結果が得られた（表4）。

表4 建物外皮対策の分析

	杉並工業			つばさ総合	
	case5	case6	case7	case4	case5
	屋上 外断熱	外壁 外断熱	窓複層 ガラス	日射遮蔽 フィルム	窓複層 ガラス
CO2 排出量削減量 [t-CO2/年]	1.1	10.3	3.7	12.2	32.5
CO2 排出量削減率	0.4%	4.1%	1.5%	1.9%	5.2%
単純回収年数[年]	534.9	220.4	185.1	45.1	47.8
CO2 削減コスト [千円/t-CO2]	5,094	525	441	89	94

<スクールコントローラ>

今回のケースでは、空調機器の運転をスクールコントローラーで自動制御すれば、冷房用エネルギーを50%、暖房用エネルギーを17%程度削減し、CO2排出量を約32%削減することが期待できる。

<太陽光発電設備>

セルの種類では「多結晶」が最も費用対効果が高い。（表5）

表5 太陽光発電設備の分析

	単結晶	多結晶	薄膜タイプ
CO2 排出量削減量 [t-CO2/年]	2.5	3.1	1.7
単純回収年数[年]	48.4	35.4	74.6
CO2 削減コスト [千円/t-CO2]	122	89	188

6 まとめ

今回の調査結果から高等学校における既存校舎のCO2排出削減は、対策の違いによって効果の差があることがわかった。

とりわけ、運用面での省エネ化は、大きな効果が期待できる可能性があることもわかった。

東京都の環境確保条例による学校のCO2削減目標は、8%削減であり、更なる対策を検討することが必要である。そのため、21年度も継続して調査研究を行う。

以下に各対策のまとめを記載する。

①建物外皮対策

経年数の違いにより対策の効果に顕著な違いがあることがわかり、今後の高校環境改善事業の展開に有用なデータを得ることができた。

今回の屋根部断熱対策の効果比較では、竣工後35年以上経過した学校の方が屋根部断熱材の含水、経年劣化やコンクリート表面の汚れなどにより断熱性能の劣化が見られたため、竣工後5年程度の学校に比べ効果が大きい結果となった。

②スクールコントローラー

人間の判断に頼る運用から、自動制御システムを用いた運用に移行することで、大きな省エネルギー効果が期待できることがわかった。

③太陽光発電設備

セル種類による効率の違い、設置角度による効率の違い、パネル温度による効率の違い等が把握できた。

発電設備の具体的な設置に当たっては、性能仕様の明確化が必要である。また、設置時の方位条件については、方位別の発電電力量に大きな差が見られなかったことから、比較的柔軟に対応できることがわかった。