

東京大学・本部棟における窓断熱改修の効果検証・その1 (窓の断熱性向上、及び、熱負荷シミュレーションとの対応)

正会員 ○ 坂本雄三*

同 赤嶺嘉彦** 同 河野匡志***

断熱	内窓	改修
温熱環境	暖房エネルギー	暖房負荷

1. はじめに

東京大学(以下、本学)は、本郷、駒場Ⅰ、駒場Ⅱ、白金、柏の5キャンパスから構成されるが、エネルギー起源のCO₂排出量は約13.6万トン/年(2006年度実績)¹であり、非常に大きい。中でも、本郷キャンパスは、総床面積が大きい(約90万m²)こともあって、その排出量は東京都内の業務系事業所の中でも最大である。本学では、前総長の強いイニシアティブによって、教育・研究機関として率先してCO₂総量の排出削減を行うべく、東大サステナブル・キャンパス・プロジェクト(TSCP)²を全学的に進めている。このプロジェクトの主たる目標は、CO₂の排出総量を、2006年度比で、2012年度までに15%、そして2030年度までに50%の削減することである。

CO₂削減の方法は様々あり、機器のリプレース、設備改修、太陽光発電の設置などが費用対効果の点で優位であると考えられるが、外皮の断熱改修も重要な方法の一つであり、省エネのためには取り組むべき課題である。中でも窓の断熱改修は、比較的容易に実施できて、費用対効果も大きいものと予想される。このような背景の下、今回、標記TSCPの一環として、本学建物の開口部において、新たに内窓を設ける断熱改修を行い、改修前後の室温や電力量を実測して、改修の効果を検証した。窓などの断熱改修は、一般に年間暖房負荷が相対的に大きい住宅やホテル・病院において効果が大きいものと思われるが、今回試行的に導入した事務用途の建物において、どの程度の効果があり、さらに効果を引き出すためにはどのようなことをすればよいのか、考察することにした。

本稿では、本改修の概要について述べた後、改修による窓の断熱性能の向上と熱負荷シミュレーションとの比較について報告する。また、室温と暖房エネルギーなどの実測結果については、次報(その2)で報告する。

2. 窓の断熱改修方法と実測方法

内窓設置の改修を行った建物は、本学の本部棟(1976年竣工、故丹下健三氏による設計)であり、この建物の、ある階の窓をほぼ全面的に改修した。改修階の平面図を図1に、建物面積などを表1に示す。床面積に対する窓面積の比率は32%であり、窓がかなり大きい建物と言える。改修前の窓は、スチールサッシに単板ガラスだけであるが、これに内窓(樹脂サッシに単板ガラス)を取り

付け、2重サッシとした(図2参照)。実測(改修前と後で行う)と改修工事の日程は表2に示すとおりである。

実測は、温熱環境のデータとして、室温や窓の表面温度など、温度を50点、湿度を12点、5分間隔で計測した。空調設備に関しては、セントラル系(外調機+ファンコイル)と個別分散系(ビルマル)に分かれていたので、測定期間中は前者を停止させ、後者(ビルマル)だけを運転して、その電力消費量などを計測・収集した。

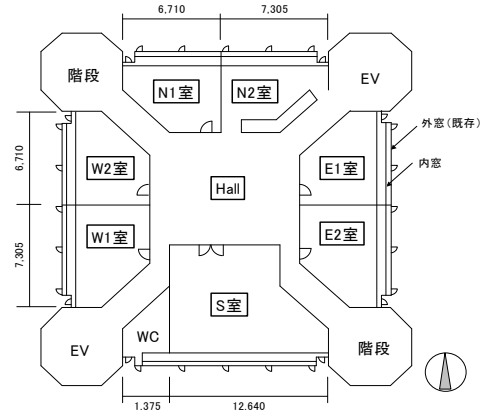


図1 改修階の平面図

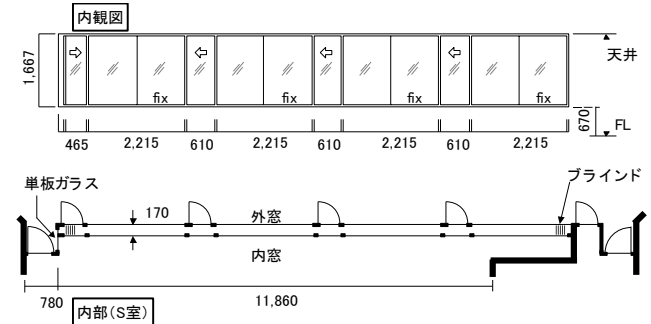


図2 内窓設置(改修)後の窓の状況

表1 建物の面積など

延床面積	9,101m ²
階数	地上12階 地下2階
改修階の床面積	550m ²
改修階の窓面積	106m ²

表2 実測と工事の日程(2009年)

1/16~1/30	改修前の実測
1/31~2/1	改修工事(内窓設置)
2/2~2/13	改修後の実測

3. 窓の表面温度と断熱性能の向上

本報では、まず、窓の断熱性に関わる測定結果について示す。図3は、S室の室温と窓(改修後は内窓)の室内側表面温度を、外気温に対して、プロットしたもので

ある（プロットしたデータはすべて1時間平均値）。表面温度については、ガラス部分とサッシ部分とで図を分けた。また、改修前後、時間帯（0～7時と8～23時）を区別するためプロットマークを分けた。より定常状態に近いと思われる0～7時のデータに対する直線近似式（図3に示す）を作り、外気温を7.6℃（全測定期間中の平均温度に近い）として、次式に従って（1次元、定常状態の仮定）、窓の熱貫流率 K を求めた。

$$K = (Tr - Ts) / (Tr - To) / Ri$$

ここで、 Tr = 室温、 Ts = 窓の室内側表面温度、 To = 外気温、 Ri = 室内側表面熱伝達抵抗 = $0.11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ である。

K の計算結果は、N1室とN2室の窓も含め表3に示す。本改修によって、窓の熱貫流率はおおむね $5 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$ 前後だったものが、 $3 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$ 前後に改善されたと言える。

4. 熱負荷シミュレーションとの対応

測定期間中の気象データと暖房時の実測室温を条件と

して、“NewHASP/ACLD”³⁾により熱負荷シミュレーションを行った。入力にあたっては、図1の平面図を図4のような単純なゾーン形状に置き換え、気象データについては、外気温湿度は実測値を、日射量などは気象庁データを用いた。建物関係の入力データは、表4に示す。

シミュレーション結果を図5と表4（最下行）に示す。フロア全体の室温は、暖房時はほぼ一致するのは当然であるが、非暖房時もかなりよく一致している。実測期間中の暖房負荷の削減率は、47.8%となった。

5. おわりに

全体的な結論は、次報に示す。

【参考文献】1) 東京大学・学内広報, No. 1375, 同委員会, 2008. 7.

2) 東京大学におけるサステナブルキャンパス活動, 日本建築学会技術報告集, 第15巻第30号, 2009. 6

3) NewHASP/ACLD 操作マニュアル, 空気調和・衛生工学会, 2006. 3

【謝辞】本研究は、東京大学・TSCP 産学連携研究会・窓断熱改修TFにおいて実施したものである。同会の関係者に深く謝意を表したい。

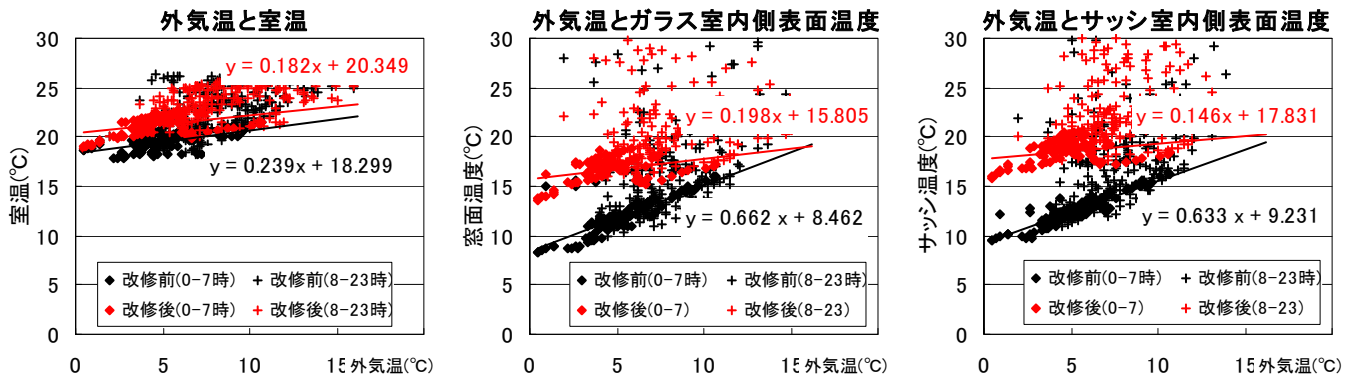


図3 外気温に対するS室の室温と窓（ガラス/サッシ）の室内側表面温度

表4 シミュレーションにおける入力データ

項目		改修前	改修後
入力	設定室温	25℃	
	空調時間	9:00～18:00	
	空調停止日	土、日、祝日	
	外気量	4m ³ /h/m ²	
	人員密度	0.2人/m ²	
	照明密度	20W/m ²	
	熱貫流率	フライト無 5.3	3.2
	窓の熱性能	フライト有 4.5	2.9
性能	日射遮蔽係数	フライト無 0.965	0.822
		フライト有 0.574	0.349*
出力	フロア全体の日平均暖房負荷 (kWh/日)	162.1	84.6

*フライト内臓を設定

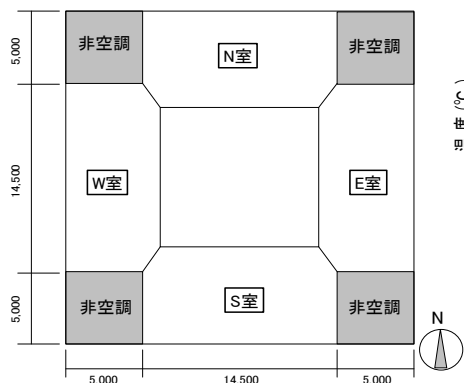


図4 シミュレーション用のプラン

表3 窓の熱貫流率の計算結果

項目	改修前後	S室		N1室		N2室				
		ガラス	サッシ	ガラス	サッシ	ガラス	サッシ			
室温(℃)	前	20.1		17.1		20.9				
	後	21.7		18.8		21.5				
室内側表面温度(℃)	前	13.5	14.0	11.4	12.2	12.7	14.1			
	後	17.3	18.9	14.4	15.6	16.1	17.7			
熱貫流率(W/m ² K)	前	4.81	4.41	4.76	5.66	4.89	5.56	5.59	4.64	5.46
	後	2.84	1.79	2.72	3.62	2.59	3.48	3.49	2.45	3.35

*ガラスとサッシの面積比率で重み付けした平均値

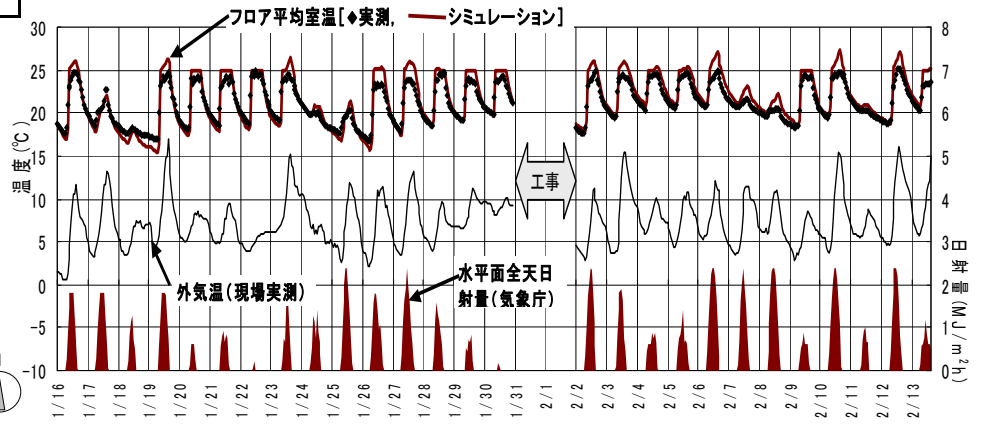


図5 気象データおよび、シミュレーションと実測の室温（フロア平均）

*東京大学大学院工学系研究科 教授・工博
 **同 特任助教・工博
 ***東京大学 TSCP 室

*Prof., Graduate School of Eng., The Univ. of Tokyo, Dr.Eng.
 **Project Research Associate, The Univ. of Tokyo, Dr.Eng
 *** TSCP Office, The Univ. of Tokyo