

## 大学施設のサステナブル化に関する研究

## その3 東京大学本郷キャンパスにおける建物外皮実態調査と省エネルギー効果の試算

正会員 ○深尾 仁\*<sup>1</sup> 同 田中 拓也\*<sup>2</sup>  
同 河野 匡志\*<sup>3</sup> 同 坂本 雄三\*<sup>4</sup>  
同 柳原 隆司\*<sup>5</sup> 同 張本 和芳\*<sup>2</sup>

東京大学 キャンパス 建物外皮  
実態調査 省エネルギー

## 1.はじめに

東京大学(以下、本学)では、低炭素キャンパスの実現を最優先課題として、温室効果ガス削減に関する計画の策定から効果検証に至るまで、大学独自に取り組みを進めている。本報では、建物外皮の実態調査とその結果に基づいて外皮性能を改修した場合の効果に関する試算を行ったので、以下にその結果を報告する。

## 2.建物外皮の実態調査

## 2.1 目的

図1に示すように本学は多くの建築ストックを抱えており、経年により順次建替えの要求が生じている。なかでも本郷キャンパスは床面積で本学全体の56%を占め、築50年以上の建物が多いため、計画的な建替えが要求されている。しかし、建物外皮、特に窓面仕様に関して古い建築図面に情報の記載がない建物や個別の改修により仕様変更されている建物が多くなっている。そこで建物外皮の実態調査を行い、キャンパス全体の傾向を把握した。

## 2.2 調査概要

表1に調査概要を示す。対象建物は延床面積で本郷キャンパス全体の67%を占め、医薬病院系、理工系を中心に文科、事務系の建物まで幅広く調査した。

## 2.3 調査結果

本郷キャンパスの建物の特徴として図2に示すように竣工時の外観を保存した建物が多い。

図3に各建物の窓面積比<sup>\*</sup>の分布を示す。30~40%の建物が多く、延床面積で全体の70%を占めている。

図4に窓仕様の分布を示す。透明単板ガラスや熱線吸収ガラスが多く、延床面積で全体の67%を占めている。透明複層ガラスの件数は少ないが延床面積で全体の25%を占め、大規模建物の新築や改修時に採用されている。

屋根面および外壁面の仕様は、建築図面により確認した。屋根面に断熱材25mm程度、外壁面は断熱材無しという仕様が多くみられた。

本郷キャンパス全体の傾向として、窓面積比は小さいが透明単板ガラスや外壁断熱無しなど熱性能の低い建物が多く、外皮改修の必要性は高いといえる。また、ペリメータの温熱環境の適正化も重要な課題と考えられる。

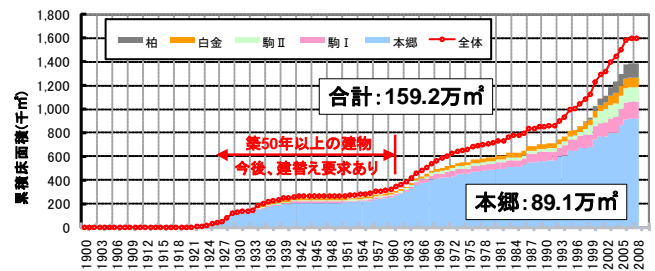


図1. 東京大学の建築ストック(2008年度末)

表1. 調査概要

対象	本郷キャンパス 56 件 延床面積 598,000 m <sup>2</sup>
項目	窓面積比
	主方位
	窓仕様
	外壁仕様(仕上げ)
	外観写真



図2. 建物A外観写真

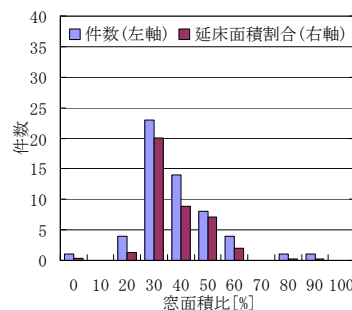


図3. 窓面積比の傾向

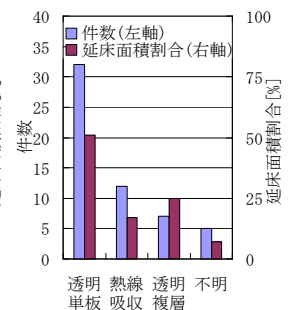


図4. 窓仕様の傾向

## 3.建物・エネルギーデータの統計的分析

実態調査に加え、本学の保有する建物データ、エネルギー消費データを基に各種の相関傾向を分析した。表2に本郷キャンパスの分析結果を示す。建物ごとに様々な研究・教育活動が異なるものの、建物規模と消費エネルギーは医薬病院系や事務系で相関が強く、逆に理工農系では弱い。理工農系の建物では実験系の占めるエネルギー消費量が多く<sup>1)</sup>、必ずしも建物規模に比例しないと言える。一方、事務系の建物では建築年と窓面積比にやや相関があり、加えて新しい建物については開口率が高い傾向がみられた。

※窓面積比=窓面積/外皮面積×100[%]

#### 4. 外皮改修効果の試算

実態調査を踏まえて、外皮改修による建物の熱性能向上の効果を試算した。ここでは、定量的な評価値として暖房負荷および日射侵入量を採用し、空調負荷の削減効果および冬期・夏期のペリメータの温熱環境の改善効果の指標とした。

##### 4.1 暖房負荷の低減

本郷キャンパスの代表的建物を建物 A(図 2)とし、表 3 に示す条件(参考文献 2)の調査による値を参考にした)で暖房負荷削減効果を FACES2003<sup>\*</sup>により試算した。窓面積比に関しては 30%と 50%について検討を行った。外皮改修の仕様は、現在学内の採用実績が多い透明複層ガラスと内断熱 25mm とした。<sup>注)</sup>

図 5 に外皮仕様別の年間暖房負荷を示す。窓仕様と比較すると透明複層ガラスの暖房負荷が最も小さい。また、窓面積比が小さいほど外壁の断熱が有効であることが分かる。透明単板ガラスの建物に対し、透明複層ガラスと内断熱の改修を行った場合、暖房負荷を半減できる。実態調査の延床面積割合に基づき本郷キャンパス全体に本改修を適用した場合の効果を図 6 に示す。透明複層ガラスへの改修で 14%、透明複層ガラスと内断熱の改修で 53%の暖房負荷低減が期待できる。

##### 4.2 夏期日射侵入量の低減

夏期のペリメータにおいては、日射遮蔽性能の高い Low-E ガラスへの改修を検討した。表 4 に示す日射侵入率により冷房期間(6/12~9/30)の日射侵入量の削減効果を試算した。なお、日射量は東京の拡張アメダス気象データの標準年データを用いた。実態調査の延床面積割合に基づき本郷キャンパス全体に本改修を適用した場合の効果を図 7 に示す。日射侵入量を 31%低減でき、冷房空調負荷削減およびペリメータの温熱環境が改善される。

##### 5. おわりに

本報では、建物外皮の実態調査をもとに本郷キャンパス全体の外皮仕様に関する傾向を把握した。また建築的対策は投資回収年数が長い、暖房負荷および日射侵入量に関する効果として定量的に示すことで、ペリメータの温熱環境の適正化や空調用エネルギーの節減に繋がる有効な対策であることを確認した。今後は、本学の学内指針にも活用したいと考えている。

注) 本検討では建物形状を W:H:D=3:2:1.3 と設定したため、アスペクト比の大きい建物に比べると、延床面積に対する外皮面積が小さく、外皮改修効果が少なく試算されていると考えられる。

※) Forecasts of Air-conditioning System's Energy, Environmental and Economic Performance by Simulation 2003

表 2. 本郷キャンパスの統計分析

項目	Y	X	決定係数(R2)				
			全体	理工農	文科	医薬病	事務
1次エネルギー消費量[MJ/年]		建築面積[m <sup>2</sup> ]	0.21	0.36	0.50	0.50	0.86
1次エネルギー消費量[MJ/年]		延床面積[m <sup>2</sup> ]	0.43	0.52	0.66	0.95	0.88
消費エネルギー原単位[MJ/(m <sup>2</sup> ・年)]		建築年[年]	0.00	0.04	0.12	0.05	0.00
消費エネルギー原単位[MJ/(m <sup>2</sup> ・年)]		レントプル比[-]	0.06	0.01	0.00	0.02	0.44
消費エネルギー原単位[MJ/(m <sup>2</sup> ・年)]		窓面積比[%]	0.10	0.00	0.16	0.06	0.28
窓面積比[%]		建築年[年]	0.11	0.11	0.23	0.02	0.64
			0.8-1.0			0.6-0.8	

表 3. FACES 計算条件

都市	東京	空調(暖房)	期間	12/1~3/25				
述床面積	10,131 m <sup>2</sup>		温湿度	22°C, 40%				
階数	地上 5 階地下 1 階		空調面積比 <sup>*</sup>	B1F:20%, 1F:40% 2-5F:70%				
コアタイプ	センターコア		運転曜日	毎日				
アスペクト比	東西:南北=3:2		運転時間	6:30-24:00(予熱含む)				
窓面積比	東西南面:30%, 50%		換気量	25 m <sup>3</sup> /(h・人)				
窓仕様	FL6mm+ブラインド		人員密度	ピーク時 0.2 人/m <sup>2</sup>				
外壁仕様	RC180mm							
屋根仕様	RC150mm+断熱 25mm							
内部発熱			6:00-8:00	9:00-11:00	12:00	13:00-16:00	17:00-24:00	
	人体:24W/m <sup>2</sup> (全熱)	20%	100%	50%	100%	50%		
	照明:20W/m <sup>2</sup>	50%	100%	70%	100%	100%		
	機器:15W/m <sup>2</sup>	70%	100%	70%	100%	100%		

※空調面積比=空調室床面積/延床面積×100%

表 4. 開口部熱性能一覧(メーカーカタログ値)

開口部仕様(ブラインドあり)	熱貫流率[W/(m <sup>2</sup> ・K)]	日射侵入率[-]
透明単板ガラス (FL6)	4.5	0.44
熱線吸収ガラス (BRFL6)	4.5	0.40
透明複層ガラス (FL6+A6+FL6)	2.9	0.46
Low-E ガラス (LE6+A6+FL6)	2.3	0.30

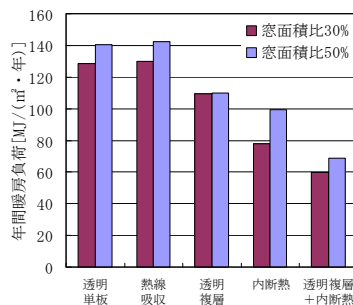


図 5. 外皮仕様別の暖房負荷

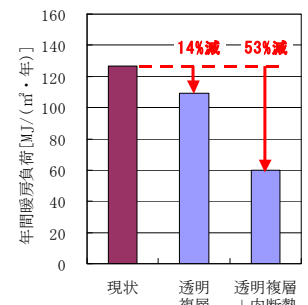


図 6. 暖房負荷低減効果

図 7. 日射侵入量低減効果

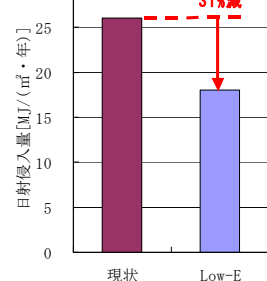


図 7. 日射侵入量低減効果

##### 参考文献

- 1) 柳原他: 大学施設のサステイナブル化に関する研究 その 2 非実験系の比率推計と計測調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2011.8
- 2) 柳原他: 東京大学における空調用エネルギー消費の実態と省エネ化に向けた提案 その 2 工学部 1 号館を対象とした省エネルギー効果の試算, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2009.8

\*1 大成建設機技術センター 博士(工学)  
 \*2 大成建設機技術センター 修士(工学)  
 \*3 東京大学 TSCP 室 特任専門職員 修士(工学)  
 \*4 東京大学大学院工学系研究科 教授 工学博士  
 \*5 東京大学大学院工学系研究科 特任教授 博士(工学)

\*1 Technology Center, Taisei Corporation, Dr.Eng.  
 \*2 Technology Center, Taisei Corporation, M.Eng.  
 \*3 Project Specialist, TSCP, The Univ. of Tokyo, M.Eng.  
 \*4 Prof., Grad. Sch. of Eng., The Univ. of Tokyo, Dr.Eng.  
 \*5 Project Prof., Grad. Sch. of Eng., The Univ. of Tokyo, Ph.D.