

# 札幌市における業務用建物のエネルギー消費実態調査 その5 小学校の断熱改修について

正会員 ○一条和也\*1 同 羽山広文\*2  
同 絵内正道\*3 同 菊田弘輝\*4

小学校 光熱費 エネルギー消費 断熱改修コスト

## 1. はじめに

現在、様々な分野で省エネに対する取り組みが行われている。建築分野においても建物に関わるエネルギー消費の削減は重要な課題であり、特に既存建物の建築・設備改修による運用エネルギーの削減の必要性から、ESCOの提案やコミッショニングへの取り組みや調査研究が行われている。北海道におけるエネルギー消費は暖房消費によるところが大きく、断熱改修が効果的である。

そこで、本研究では、札幌市の小学校を対象に暖房用エネルギー消費と光熱費の実態を把握し、断熱改修による暖房消費量の削減効果と断熱改修コストについて明らかにした。

## 2. エネルギー消費量と光熱費の実態

### 2.1 調査概要

札幌市立の小学校128校における学校運用に必要とされた月別の光熱費から暖房用エネルギー消費量を算出した。光熱費データは札幌市教育委員会から入手した2002-2006年度のデータである。光熱費データの項目は暖房使用燃料・延床面積・竣工年・職員数・生徒数である。表1に運用における使用燃料の概要を示す。なお、各学校で使用燃料が異なるため、二次エネルギー換算値(表2)を用いて熱量換算した。

### 2.2 各学校の年間暖房消費量

暖房用エネルギー消費量について消費原単位で示す(図1)。教室棟面積が同程度であっても、標準偏差の範囲で1.8倍ほどばらつきがある。規模が4000㎡以下では、暖房消費原単位は教室棟面積に対して負の相関をもち、標準偏差は規模が大きいほど小さい。これは規模が小さいほど外表面積の割合が大きく、外壁等の熱負荷が大きくなるためである。暖房消費原単位の平均値は151[MJ/㎡]となる。

### 2.3 年間暖房消費量と光熱費

年間暖房消費量と光熱費の関係を使用燃料別に示す(図2)。暖房消費量と光熱費は正の相関を持つ。使用燃料の種別の違いで光熱費の額は大きく異なることが分かる。平均するとプロパンガスで300[万円/年]、重油で190[万円/年]、天然ガスで230[万円/年]、電気で280[万円/年]の費用が一枚あたりの学校の暖房光熱費となる。

### 2.4 暖房消費と学校形態のタイプ

既往の研究<sup>2)</sup>から学校の建物形態は4つの中廊下型・光庭型・中庭型・複数ボリューム型に分かれることが分かっている。学校形態別に暖房消費原単位を図3に示す。複数ボリューム型が最も多く、続いて中庭型、光庭型、中廊下型の順に少なくなる。平均151[MJ/㎡年]と比較して中庭型・複数ボリューム型の暖房消費原単位は大きい。これはオープン教室を採用しているため廊下も暖房するためである。

表1 使用燃料の概要

暖房使用燃料	校数
電気	48
都市ガス13A	69
重油	1
プロパンガス	7

表2 二次エネルギー換算値

項目	換算値	単位
電気	3.6	MJ/kWh
都市ガス13A	46.1	MJ/㎡
重油	38.9	MJ/L
LNG	50.2	MJ/kg

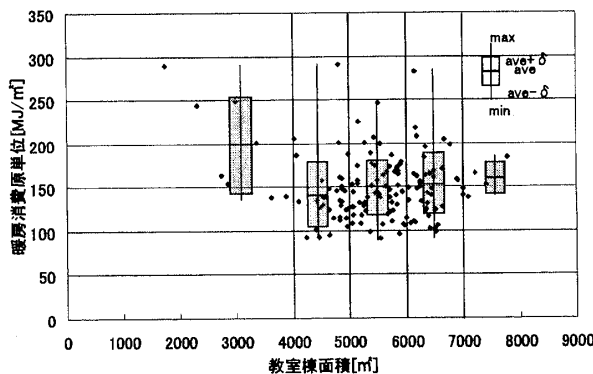


図1 暖房消費原単位と規模別箱ひげ図

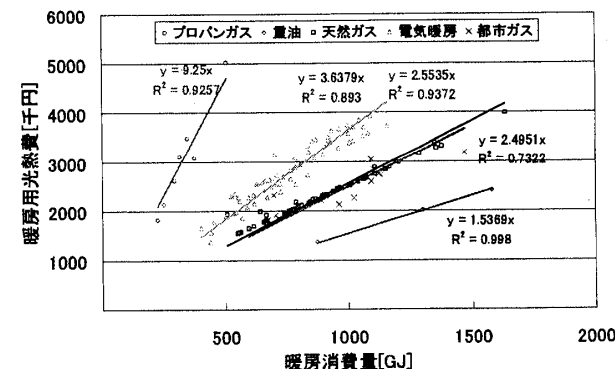


図2 暖房消費量と光熱費

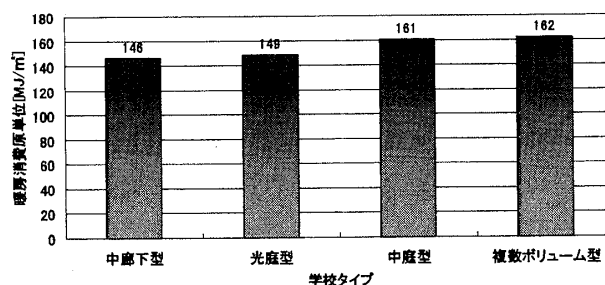
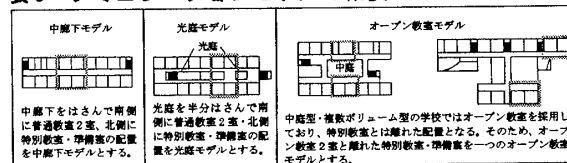


図3 暖房消費原単位と学校形態のタイプ

表3 シミュレーションモデルの概要



### 3. 断熱改修効果のシミュレーション

#### 3.1 シミュレーション概要

断熱性能は暖房消費量に影響を与える。これをシミュレーションで検討する。シミュレーションは逐次積分法による室温及び空調負荷変動解析ソフト<sup>3)</sup>を用い、室間の換気量・外気との換気量・暖房設定温度(23℃)を設定し、断熱性能(70～80年代の学校)を既存二重窓をLow-eガラスに取り替えた場合、および外断熱改修を行った場合で変化させた。なお、学校のモデルを普通教室2室・特別教室1室・準備室1室・廊下を一つのモデル(表3)として扱っている。

#### 3.2 断熱改修と削減効果

シミュレーション結果を示す(図4)。熱損失係数が小さくなればなるほど、暖房消費量の減少傾向は小さくなる事が分かる。Low-eガラスへの取替えによる暖房消費量の削減効果はオープン教室型で42%、光庭型で39%、中廊下型で38%となる。外断熱改修まで含めた場合には、オープン教室型で52%、光庭型で50%、中廊下型で49%と効果は拡大する。暖房消費量の削減効果はLow-eガラスへ取り替えた効果が顕著である事が分かる。

### 4. 断熱改修コストについて

#### 4.1 試算概要

断熱改修は既存二重窓の内窓をLow-eガラスへの取替えた場合、外側窓の取替えおよび外断熱改修で、足場を組んだ状態で行う場合で試算した。改修コストは材料単価・工事単価を元に算出した(表5、6)。算出には形態別に規模が平均的な学校を採用している(表4)。

#### 4.2 断熱改修コストについて

改修コストを学校形態別に示す(図5)。Low-eガラスへの改修コストは中廊下型で6.6[千円]、光庭型で7.4[千円]、中庭型で6.9[千円]、複数ボリューム型で8.8[千円]ほどである。この違いは窓面積による。外断熱改修も含めた場合には、中廊下型で2.6[億円]、光庭型で2.6[億円]、中庭型で2.7[億円]、複数ボリューム型で3.2[億円]ほどである。この違いは形態が複雑になるほど外表面積が大きくなること、出隅、入隅、役物のコストが大きくなるためである。年間の暖房用光熱費を250[万円]と設定すると、暖房消費の削減効果からのコスト回収年数は、Low-eガラスへの取替えで中廊下型で70年、光庭型で76年、中庭型で66年、複数ボリューム型で84年となる。そのため、光熱費削減額から断熱改修コストを回収することは現在のエネルギー単価でも極めて長い年数となる。

### 5. 総括

- ・札幌市における小学校の暖房消費と暖房用光熱費 実態を把握した。
- ・断熱改修のシミュレーションにより暖房消費削減にはLow-eガラスへの取替えが有効である。
- ・学校の断熱改修コストを把握し、既存建物の改修には暖房削減額では回収が難しい。

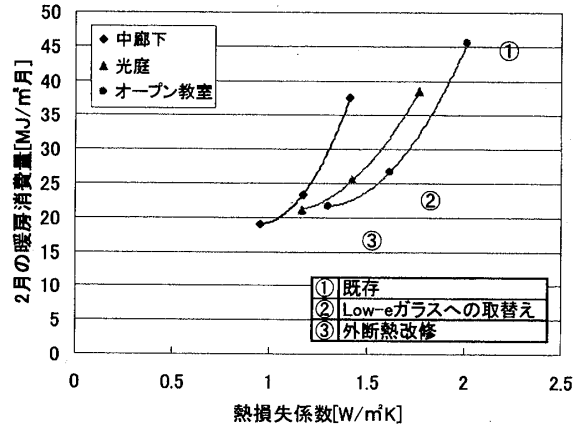


図4 熱損失係数と2月の暖房消費原単位

表4 断熱改修コストの試算 対象校の概要

学校形態	外壁	窓	屋根	延床面積
中廊下型	2422㎡	844㎡	1860㎡	5534㎡
光庭型	2489㎡	954㎡	1601㎡	5845㎡
中庭型	2379㎡	884㎡	2584㎡	5971㎡
複数ボリューム型	2737㎡	1122㎡	2326㎡	6418㎡

表5 Low-e取り替え 窓面積辺りのコスト

項目	Low-eガラスへの取替えコスト
二重窓の外側窓の取替え	167411[円/㎡]
二重窓の内側窓の取替え	74554[円/㎡]

表6 外断熱改修 表面積辺りのコスト

学校形態	外断熱改修コスト
中廊下型	25600[円/㎡]
光庭型	23800[円/㎡]
中庭型	27000[円/㎡]
複数ボリューム型	25800[円/㎡]

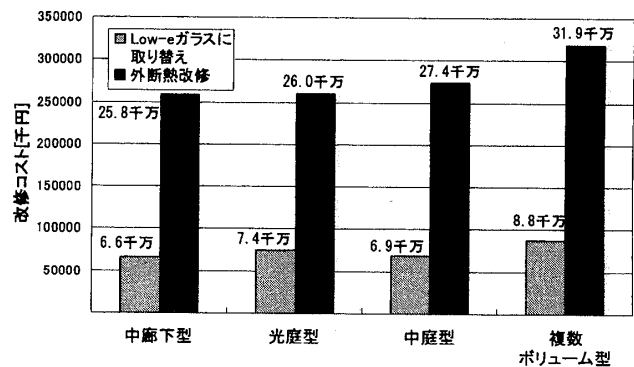


図5 学校形態別 断熱改修コスト

- 1) 荒谷登: 学校建築の熱環境計画に関する研究 1989. 3
- 2) 一条・羽山・絵内ほか: 札幌市における小学校を対象としたエネルギー消費実態調査 その3 空調と衛生工学会北海道支部 2008. 3
- 3) 鈴木: 逐次積分法による空調負荷変動解析ソフト 2004. 7
- 4) 外断熱改修マニュアル 北海道建築技術協会

\*1 野村不動産株式会社

\*2 北海道大学大学院工学研究科 准教授・博士(工学)

\*3 北海道大学大学院工学研究科 教授・工博

\*4 北海道大学大学院工学研究科 助教・博士(工学)

\*1 Nomura Real Estate Development Co., Ltd.

\*2 Associate Prof., Graduate School of Ing., Hokkaido Univ., Dr. Eng

\*3 Prof., Graduate School of Ing., Hokkaido Univ., Dr. Eng

\*4 Assistant Prof., Graduate School of Eng. Hokkaido University, Dr Eng