

釧路高専校舎改修を想定した窓面積削減の可能性について

佐藤 彰治^{*}, 田中 将太^{**}

Potential for Reduction of Window Area of Classroom for a Scenario of School Building Renovation in N.I.T., Kushiro College

Shoji SATO , Shota TANAKA

Abstract According to the Building Standards Law, the window area of the classroom must be larger than that of other building rooms. Therefore, a large heat loss occurs through the window in the classroom in the cold region. In this research, minimum window area required to maintain the brightness of the classroom was estimated for a scenario of school building renovation in N.I.T., Kushiro College with low cost and heat loss. The simulation indicated that the window area of the classroom can be reduced by 25% or more.

Key Words : Window in Classroom, Daylight Factor, Uniformity Ratio of Illuminance

1. はじめに

初等・中等教育学校の教室の窓面積（有効採光面積）は、建築基準法上、床面積の20%以上必要とされている（高専は10%以上）。北海道においては、窓の熱性能が以前より格段に向上しているとは言え、強力に高断熱化された外壁と比較すると未だに大きな熱損失部位となっている。また、新築や改修時に高性能窓を使用する場合はコストの面からも問題となる。平成12年の法令改正による「採光補正係数」の導入によって敷地面積の広い北海道の学校の場合、窓面積は従来よりも縮小することが可能となる。本報では、釧路高専の校舎改修を想定して、教室の昼光率・均斉度計算から適切な光環境を確保した上で、窓面積の縮小の可能性について言及する。

2. 釧路高専の学級教室の現状

釧路高専は、開校以来、本科学生に対してはホームベース（学級教室）があり、実験・演習科目は実験室等へ移動する、いわゆる「特別教室型」の運営方式をとっており、2016年の改組以降、24（1学年4クラス、2～5学年各分野5クラス）の学級教室を設置している。それらの教室形状（床面積、平面形、窓面方位および窓面積）は表1に示すように数種類のタイプがあり、毎年度、学生数等で学年・クラス（分野）の教室が割り振られている。各教室の床面積に対する窓面積（有効採光面積）の割合は、後述

する採光補正係数を考慮しなくても、全て基準の10%を確保しているが、14～22%とばらつきがあり、教室毎の光環境への影響の違いが推察される。

表1 学級教室の種別と概要

| タイプ | 室数 | 平面寸法 [m] (間口×奥行) | 床面積 [㎡] | 窓面積 [㎡] | 窓面積/ 床面積 [%] |
|---------|----|------------------------|------------|------------|--------------------|
| 1a (SE) | 2 | 12.0×7.0 | 84.0 | 18.53 | 22.1 |
| 1b (NE) | 1 | 11.8×7.0 | 82.6 | 13.35 | 16.2 |
| 2a (SW) | 2 | 12.25×7.0 | 85.75 | 12.24 | 14.2 |
| 2a (NE) | 1 | | | | |
| 2b (SW) | 1 | 10.25×7.0 | 71.75 | 10.2 | 14.2 |
| 3a (SE) | 2 | 9.6×7.1 | 68.16 | 10.08 | 14.8 |
| 3a (NW) | 1 | | | | |
| 3b (SE) | 1 | 9.6×7.1 | 68.16 | 10.24 | 15.0 |
| 3b (NW) | 1 | | | | |
| 4a (SW) | 2 | 10.0×7.6 | 76.0 | 11.2 | 14.7 |
| 4a (NE) | 8 | | | | |
| 4b (NW) | 2 | 9.75×10.0 | 97.5 | 19.65 | 20.2 |

※タイプ記号：数字は棟No, カッコ内は窓面方位を示す

3. 直接昼光率と均斉度の算定

昼光率は、障害物のない屋外の水平面天空照度に対する室内の任意の点の照度との比率を言い、室外の天候（明るさ）に関わらず窓形状・位置、窓からの距離で決まる室固有の数値である。この昼光率は採光面を対象とした直接昼光率に壁面・天井面からの相互反射による間接昼光率を加わるが、本報では直接昼光率のみを扱う。直接昼光率は一般にモデル化した窓面形状と受照点との位置関係に応じて、下式による立体角投射率（面一点形態係数）の加減算

※ 釧路高専創造工学科

※※ (株)橋本川島コーポレーション

により算出することができる。

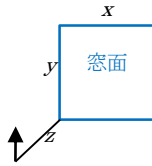
$$U = \frac{1}{2\pi} \left(\tan^{-1} \frac{x}{z} - \frac{z}{\sqrt{z^2 + y^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{z^2 + y^2}} \right) \times 100 (\%)$$

U: 直接昼光率(%)

x: 右図の位置関係時の窓幅

y: 同, 窓上端から受照面までの高さ

z: 同, 窓面から受照面までの距離



均斉度は、教室各点の昼光率計算結果より下式により算出した。

$$\text{均斉度} = \frac{\text{机上面の最低昼光率 (照度)}}{\text{机上面の最高昼光率 (照度)}}$$

4. 各教室窓面のモデル化と計算点

昼光率計算のために上記8種の教室の窓面をモデル化した。窓枠の有無によって室内の昼光率への影響はあるが、各点の昼光率を比較する上での相対的な影響は小さいものと考え、窓枠無しの特化したモデルとして検討することにした。また同様に、ガラスの透過率は1とし、保守率(汚れ)は考慮しないものとした。図1は教室窓面(上)と計算用にモデル化した窓面(下)の一例を示す。

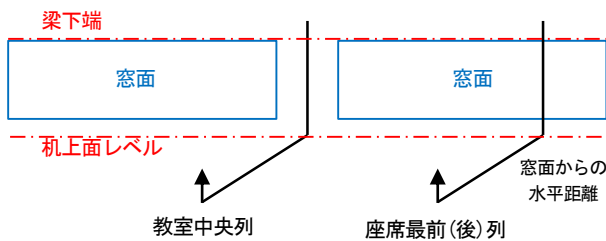


図1 窓面のモデル化

昼光率の計算点は机上面レベル(床上70cm)とし、教室の座席位置を4方の壁面から最低1m離れているものと想定して、その座席範囲を0.5~1m間隔のメッシュで分割し、その交点を計算点とした。

5. 各教室の昼光による光環境の現状

教室毎の平均昼光率は5.7~9.8%と比較的大きな差が見られた。図2は、現在の各教室における床面積および床面積に対する窓面積と平均昼光率の相関を示したものである。この結果は、いずれも相関は強いものの、昼光率の大小は必ずしも窓面積のみに

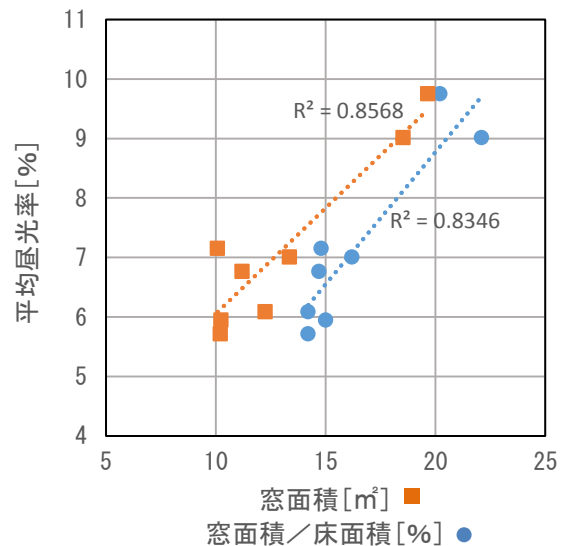


図2 学級教室の平均昼光率と窓面積

起因するわけではなく、他の要素(窓位置、教室形状など)の影響を受けていることを示している。

また、図3は平均昼光率が最も高い教室(4bタイプ)と最も低い教室(2bタイプ)および室数が最も多い教室(4aタイプ)における窓側列から教室中央列、廊下側列への平均昼光率の減衰を示している。日本建築学会の昼光率基準¹⁾では、学校の教室の場合1.5%(長時間視作業2.0%)とされている。すなわち、全天空照度が15,000Lx(外が普通の明るさ日)で受照面照度が230Lxとなり、教室のJIS基準値(200~750Lx)のほぼ最低限度の照度となる。前述したように一般に一面採光の学校教室は、その奥行き寸法によっては窓面向壁付近の座席でこの基準値を確保することは困難となる。同図に示すように今回の対象教室においても廊下側1mの座席は全てのタイプで1.5%を下回っており、平均昼光率が最

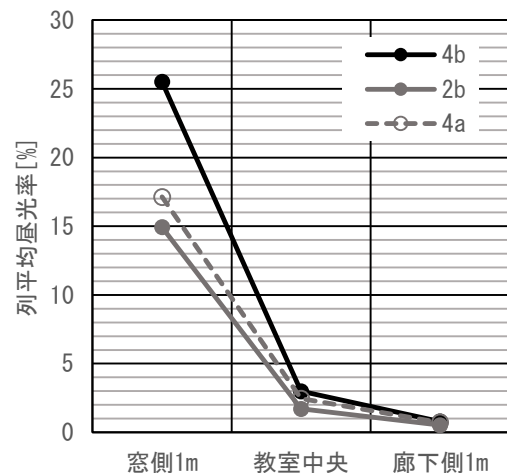


図3 学級教室の昼光率分布(現状)

も低くなった 2b タイプでは教室中央列でもほぼ最低限度の基準値となっていることが分かる。故に天空照度が特に高い日以外は日中でも部分的に人工照明の併用が必須となる。

一方、均斉度は、対象とした 8 教室の内、平均昼光率が高くかつ平面形状のアスペクト比（間口／奥行き）が大きい 1a, 1b タイプ教室が約 0.045 と最も高くなった。しかしながら学校衛生環境基準による教室の均斉度は 0.1 以上と示されており、昼光照明のみで基準値を達成することは困難であり、昼光率同様に人工照明の併用が必要となる。

このように、教室座席位置全体の昼光率を基準値以上に収めるのは難しいことから、ここでは、教室中央列が長時間視作業の基準値 2% を確保することを目安として、窓面積縮小の可能性について検討したい。

6. 採光補正係数に基づく必要窓面積

平成 12 年度の建築基準法（施行令 20 条）の改正により、採光関係比率に基づく「採光補正係数」の概念が導入された。これは特に隣接建物との水平距離が短い場合に採光上有効となる窓面積を縮小するものであるが、その反対に隣接建物との距離が十分に離れている場合は、窓面積の 3 倍を限度として有効採光面積を割り増すことができる。すなわちこの場合、窓面積を従来の基準より縮小することが可能となる。釧路高専の講義棟校舎の場合、窓面に隣接する別棟までの水平距離が、建物最頂部から窓面までの垂直距離に対して十分に離れているため、ほとんどの教室の採光補正係数が 3、すなわち有効採光面積を窓面積の 3 倍と見なすことができる。

7. 基準昼光率の満たす窓面による再計算

前述のように、教室中央列の各点（黑板から 1m ～後方壁面から 1m）の昼光率が 2% 以上となる条件（以下、想定基準値）で窓面積の縮小を考える。窓幅については現状のままとし、窓の高さのみを変更する。この際、窓位置を、①窓上端を梁下端に揃えて設置する場合（以下、上部設置）と、②窓下端を現状の腰壁上端に揃えて設置する場合（以下、下部設置）の 2 つのケースで検討する。なお、2a および 2b タイプ教室は、教室中央列の最前および最後列座席位置の昼光率が現状で 2% を満たしていないため窓面積の縮小を考慮しない。

表 2-1 に想定基準値を満たす最低限の窓面高さに

変更したときの窓面積を示す。この場合、上部設置のほうが下部設置よりも明らかに窓面高さ寸法を小さくすることが可能となる。例えば 4a タイプ教室の場合、現状の窓高さ 1.40m に対し、下部設置で 1.29m、上部設置では 1.08m まで縮小することができ、その結果、窓面積の削減可能率は上部設置のほうが大幅に大きくなることが分かる。全 24 教室の平均削減率は、上部設置で約 27% となり、現状の 3/4 程度の窓面積で十分な光環境（明るさ）が得られるものと推察できる。なお、変更後の有効採光面積（補正係数=3）は、全ての教室で建築基準法の基準を満たしている。

表 2-1 昼光率の想定基準値を満たす窓面積

| タイプ | 現状の窓面積 [㎡] | 変更後[上部設置] | | 変更後[下部設置] | |
|-----|------------|-----------|-------|-----------|-------|
| | | 面積 [㎡] | 削減可能率 | 面積 [㎡] | 削減可能率 |
| 1a | 18.53 | 7.34 | 0.60 | 13.97 | 0.25 |
| 1b | 13.35 | 8.23 | 0.38 | 13.12 | 0.02 |
| 2a | 12.24 | 12.24 | 0.00 | 12.24 | 0.00 |
| 2b | 10.20 | 10.20 | 0.00 | 10.20 | 0.00 |
| 3a | 10.08 | 7.43 | 0.26 | 9.32 | 0.08 |
| 3b | 10.24 | 9.15 | 0.11 | 10.05 | 0.02 |
| 4a | 11.20 | 8.42 | 0.25 | 10.45 | 0.07 |
| 4b | 19.65 | 6.48 | 0.67 | 11.70 | 0.40 |

表 2-2 に現状と昼光率の想定基準値を満たす窓高さに変更した際の平均昼光率および均斉度を示す。いずれも共通して、窓面積（高さ）が小さくすると上部設置窓は、窓際の昼光率が低下することで、平均昼光率は、下部設置より低くなるが、均斉度は現状あるいは下部設置窓より常に高くなる。1a タイプのように教室形状によっては、昼光のみで基準値の 0.1 程度まで向上する。

表 2-2 窓面積変更後の平均昼光率と均斉度

| タイプ | 現状 | | 窓面積変更後 [上部設置] | | 窓面積変更後 [下部設置] | |
|-----|---------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| | 昼光率 [%] | 均斉度 | 昼光率 [%] | 均斉度 | 昼光率 [%] | 均斉度 |
| 1a | 9.02 | 0.043 | 3.31 | 0.091 | 6.68 | 0.033 |
| 1b | 7.01 | 0.044 | 4.01 | 0.073 | 6.34 | 0.039 |
| 2a | 5.91 | 0.028 | 5.91 | 0.028 | 5.91 | 0.028 |
| 2b | 5.72 | 0.029 | 5.72 | 0.029 | 5.72 | 0.029 |
| 3a | 7.16 | 0.037 | 5.49 | 0.044 | 6.74 | 0.034 |
| 3b | 5.96 | 0.034 | 5.67 | 0.034 | 5.87 | 0.033 |
| 4a | 6.77 | 0.035 | 5.23 | 0.042 | 6.30 | 0.032 |
| 4b | 9.76 | 0.027 | 3.82 | 0.050 | 7.29 | 0.029 |

図 4-1、図 4-2 に現状の平均昼光率が最も高い 4b タイプ教室と、教室数が最も多い 4a タイプ教室の窓面積（高さ）変更後の各列平均昼光率を示す。窓面積（高さ）および平面の奥行き寸法共に卓越して大きい 4b タイプ教室は、想定基準値となる窓に変更した場合、窓際の昼光率に大きな差が見られ、特に上部設置窓は極端に低くなるが、外が暗い日（天空照度 5000Lx）でも約 400Lx と JIS 基準値を確保できる。また、4b および 4a タイプ共に教室中央部から廊下側座席にかけては変更後の昼光率との差は僅少である。

なお、4a タイプ教室を例として、窓高さを変えたときの平均昼光率および均斉度の変化を図 5 に示す。平均昼光率は、当然ながら窓高さが増すごとに高くなるが、窓の設置位置（上部・下部）による差異はほとんど見られない。しかし、均斉度については設置位置による明確な違いが見られ、上部設置は高さが増すことに低くなり、下部設置はその逆になるが、上部設置の方が常に上回っている。このことから窓を上部に設置する方が光環境への好影響が期待できる。

8. おわりに

今回の検討は、あくまでも校舎改修を想定して、窓に関わるコスト削減および熱損失低減を目的とした採光（昼光）による基準上必要な教室の「明るさ」を確保するための最低限の窓面積を算出したものである。その結果、学級教室だけで 25%以上の面積削減が可能となることが分かった。しかしながら、改修時のコスト面で見ると、窓縮小に伴う垂れ壁、腰壁の増設コストについては検討していない。また、窓（開口部）の役割は採光のみならず、眺望を得ることや、心理的な開放感などの要素も必要となる。特に学校の教室空間においては、窓の有無や形状が授業の集中力や学習効率さらに疲労感などにも影響するものと考えられる。例えば、今回はハイサイドライト（上部設置窓）の優位性を指摘しているが、着座姿勢で屋外への視界が得られないことによる効果や悪影響については、被験者による実験・調査等が必要となるであろう。

参考・引用文献

[1] 日本建築学会：室内光環境・視環境に関する窓・開口部の設計・維持管理規準・同解説，2010年

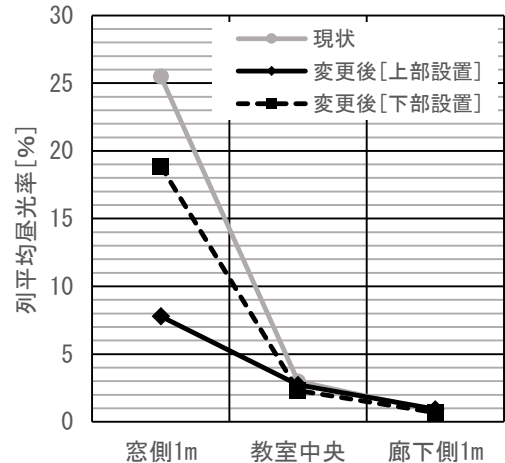


図 4-1 窓面積変更後の昼光率分布 (4b タイプ)

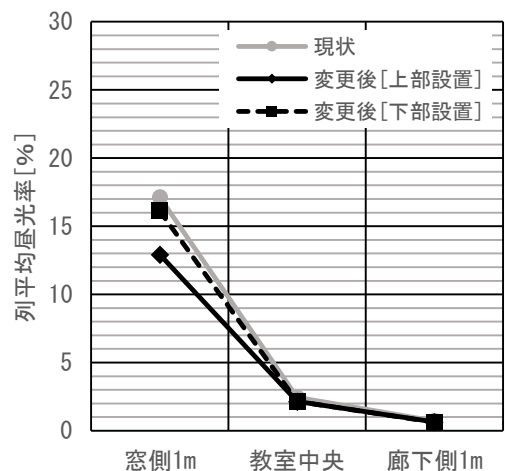


図 4-2 窓面積変更後の昼光率分布 (4a タイプ)

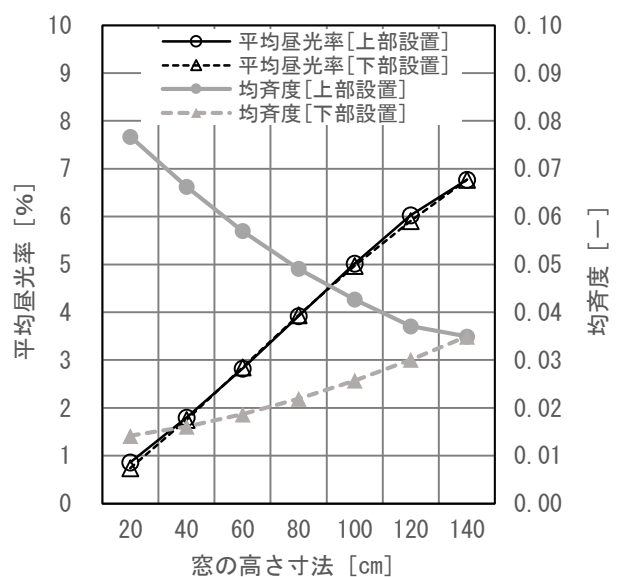


図 5 窓高さによる昼光率・均斉度 (4a タイプ)