HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	住宅用樹脂製窓の高断熱化に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	高田, 和規
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14001号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/77972
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kazunori_Takada_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称　博士（工学）　氏名　高田和規

学 位 論 文 題 名

住宅用樹脂製窓の高断熱化に関する研究

(Study on thermal insulated PVC windows for residential buildings)

寒冷地を中心に普及している樹脂製窓の熱貫流率は 1.9 W/(m^2・K) 程度が主流であるが、外皮を構成するその他の部位と比べ大きく劣っているため、より高断熱な樹脂製窓の普及が望まれる。一方、窓の断熱性能が向上することで、窓から抜け難くなった熱流は流れやすい個所に集中し、その流れやすい個所の一つが窓と躯体との間であることが既往の研究により明らかになっており、今後の建築物の省エネルギー性や室内空間の快適性向上のためには、当該部位の熱流を小さくするための方策を示すことが求められる。また、窓の高断熱化において複層ガラスの Low-E 化は一般的な手法であるものの、Low-E 化に伴い日射熱取得量が減少することが知られており、例えば冬季日射量の多い面においては、熱損失の低減以上に日射熱の取得量が減って年間の暖房負荷が増加する場合もある。そのため、地域の気候特性や方位に応じて最適な熱収支を実現できる窓を消費者が選択するための有用な情報が望まれる。

本研究は、住宅用樹脂製窓において、寒冷地の空調エネルギーの大半を占める暖房負荷削減と低炭素化に寄与することを目指し、樹脂製窓の高断熱化に関する手法や樹脂製窓と躯体の間の線熱貫流率低減手法、さらに地域の気候特性や方位に応じて最適な熱収支を実現できる窓の評価手法に関する知見を与えることを目的としている。

第 1 章「序論」では、研究の背景と目的を述べ、関連する既往の研究について概説し、本研究の位置付けを示した。

第 2 章「品質工学とは」では、第 3 章～第 5 章で用いる品質工学の手法について概説するとともに、窓開発に品質工学の手法を用いる利点や留意点、従来の検討方法との差異を示した。

第 3 章「各種要素技術による断熱性能向上の実現性に関する検討」では、国内の既存樹脂製窓を対象に高断熱化をはかるに当たり、構成する部位 (窓フレーム部、ガラス中央部、ガラスエッジ部) の影響を定量的に評価した。その結果、窓フレーム部については、品質工学の手法を用いて、各制御因子の最適条件を導出するとともに、最適条件時の既存樹脂製窓からの低減率 (障子部 19～21%、FIX 部 6～10%、方立部 22%) を示し、さらに、障子部、FIX 部は「窓フレーム内部断熱材の熱伝導率」が、方立部は「方立補強材の熱伝導率」が最も低減効果が高いことを示した。ガラス中央部については、Low-E 膜の効果と配置の最適化や充填ガス別の最適中空層厚みを示すとともに、キセノンガスとフィルム 3 枚によるガラス中央部の熱貫流率 0.29W/(m^2・K) 等を提案した。ガラスエッジ部については、窓フレーム部と同様に、各制御因子の最適条件を導出するとともに、「ガラススペーサの熱伝導率」が最も低減効果が高いことを示した。次に、窓フレーム部、ガラス中央部、ガラスエッジ部の最適条件の組合せからなる窓の熱貫流率 0.46 W/(m^2・K) を示したが、現状

の課題 (製造上困難な技術や製造コスト上の課題) があることから、製品化を見据えた現実的な仕様で試験体による断熱性能の検証を行った結果、計算で熱貫流率 0.65 W/(m^2・K) の仕様で、0.63 W/(m^2・K) の測定結果が得られたことを示した。

第 4 章「樹脂製窓と躯体の間の線熱貫流率低減手法に関する検討」では、木造充填断熱工法における樹脂製窓 (FIX 窓、外開き窓、引違い窓) と躯体の間の線熱貫流率計算を行い、「窓フレーム内部断熱材の熱伝導率」、「窓の躯体への設置位置」、「室内額縁の構成材料」といった制御因子が線熱貫流率に与える影響を、品質工学の手法を用いて定量的に評価した。その結果、窓フレーム部や室内額縁の断熱性能が高いほど、窓の躯体への設置位置を室内側に向けるほど、線熱貫流率の低減につながることを明らかにするとともに、FIX 窓、外開き窓は「室内額縁の構成材料」が、引違い窓は「窓フレーム内部断熱材の熱伝導率」が最も低減効果が高いことを示し、さらに最適条件の組合せからなる線熱貫流率を示した。次に、FIX 窓における窓と躯体の間の線熱貫流率を、試験体を製作し数値計算結果の妥当性検証を行った結果、測定値は計算値と同様の傾向が得られた。また、窓の躯体への設置位置は表面熱伝達抵抗の対流成分に多く影響を及ぼしているものの、線熱貫流率への影響は小さいことを明らかにした。

第 5 章「樹脂製窓の熱的性能が寒冷地の窓の暖房負荷に与える影響」では、地域の気候特性や方位に応じて最適な熱収支を実現できる窓の評価手法に関する検討として、寒冷地 (1、2、3 地域) における樹脂製窓の暖房負荷に焦点をあて、「窓付属部材の付加熱抵抗」、「窓の断熱性能」、「窓の日射熱取得率」、「窓の気密性能」といった制御因子が窓の暖房負荷に与える影響を、品質工学の手法を用いて定量的に評価した。その結果、全ての地域・主方位・面・1 棟分に共通して、窓付属部材の付加熱抵抗が大きいほど、窓の断熱性能、日射熱取得率、気密性能が高いほど、窓の暖房負荷の低減につながることを明らかにするとともに、樹脂製窓の熱的性能を選択する際、1、2 地域では断熱性能を、3 地域では南面は日射熱取得率を、それ以外の面は断熱性能を重視して選択するのがよいことを提案した。また、暖房負荷低減に最も寄与する制御因子の水準を組合せることで、1〜2 地域は標準ケースから最大 98% 低減、3 地域は最大 100% 低減かつ 148.4 kWh/m^2 の熱取得が得られることを示した。

第 6 章「総括」では、本研究で得られた知見を総括し、今後の課題について考察した。