

木製断熱窓の開発 (第2報)

- 生産システムの検討及び性能評価 -

石井 誠 飯田 信男*1
長原 芳男*2

Development of Thermo-Insulated Windows ()
- Studies on the manufacturing system and the performance
of the thermo-insulated wooden windows -

Makoto ISHII
Yoshio NAGAHARA

Nobuo IIDA

In an effort to develop thermo-insulated wooden windows to be used in cold areas, studies were made on a system of manufacturing the windows and their performance. The results of the studies are summarized as follows :

- 1) The thermal-resistance tests showed that the heat transmission coefficient, K value, of the wooden windows was equal to that of PVC windows.
- 2) The dew-condensation tests showed that the wooden windows had better dew-proof performance than the PVC ones.
- 3) The initial dew condensation occurred around the sealed insulated corners of the window panes.
- 4) The air leakage level of Types 1 and 3 windows was below $1.0\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$.
- 5) The water-tightness of modified Type 3 satisfied the condition of JIS 35 kgf/m^2 level.
- 6) Sealing the corners of the wooden and packing members was found to be necessary for the improvement of the air-tightness and water-tightness of the pilot window.
- 7) As a result of mechanizing much of the manufacturing process, it became possible to lower the manufacturing cost of the windows.

寒冷地向け高断熱木製窓の開発を行うため、前報に引き続き木製窓の製造システム及び試作窓の性能について検討を加えた。その結果は次のように要約される。

- 1) 断熱試験の結果、木製窓の熱貫流率はプラスチックサッシと同等であった。
- 2) 防露試験の結果、プラスチックサッシより木製窓の方が防露性能は優れていた。
- 3) 結露状況を見ると、ガラス四周に最も早く結露を生じた。これは、復層ガラスのアルミスペーサーの影響と思われ、ガラスのみこみ深さは深くした方が良いように思われた。
- 4) 気密試験の結果、タイプ1, 3ともJIS2等級を満足した。

- 5) 水密試験の結果、タイプ3はJIS35kgf/m²を満足した。しかし、木製窓の場合プラスチックサッシより水密性を取り難いようである。
- 6) 気密、水密性能を向上させるためには、枠部材、パッキング材のコーナー部を接着、シーリング等の処理をする必要がある。
- 7) 木製窓のローコスト化を検討した結果、かなり高い機械化を行い省力化、経費の節減等を行うことにより幅1700mm、高さ1300mmの大きさの外開きとはめ殺しのコンビネーション窓を64,136円程度まで抑えることが可能である。

1. はじめに

近年、寒冷地においては、住宅の高断熱、高气密化に伴い、窓、ドア等開口部が熱的に最も大きい弱点として見直しをせまられている。特に、窓については断熱、防露性の優れたプラスチックサッシが、従来のアルミサッシ・木建具に取って代わる傾向を示し、新築木造住宅に取り付けられる窓の80%に達しようとしている。また、木製窓も、昭和61年推定で8000~9000窓程度と道内の木造住宅に取り付けられる窓の推定市場55万窓の2%弱とまだ割合は小さいものにすぎないが、対前年比約2倍と急激な伸びを示している。その大きな原因としては、最近見られる木の復権ブームと相まって木製窓の先進国であるスウェーデン、西ドイツ等ヨーロッパ諸国の窓の技術を取り入れた高性能な木製窓が製造、販売されるようになったことがあげられよう。

しかし、市販の木製窓は価格がアルミサッシやプラスチックサッシよりかなり高く、また耐久性の問題もあり、まだ十分一般ユーザーに木製窓の良さが浸透していないのが現状である。そこで、北海道に適したローコストで高性能な木製窓の開発を行った。前報¹⁾では、木製窓に要求される性能及びそれらの基準を考慮した

木製窓の設計、試作結果を報告した。本報では、前記試作窓の性能試験結果及びローコスト木製窓のコスト試算の結果について報告する。

2. 性能試験

2.1 試験に供した窓の種類

今回、試験に供した窓は前報¹⁾で表した試作窓3体と断熱試験でその改良型1体、気密、水密試験で改良型2体及び比較のためのプラスチックサッシ1体の計7体である。改良型を除く各試験体の概要を第1表に示す。

2.2 断熱防露試験

2.2.1 断熱防露試験装置の概要

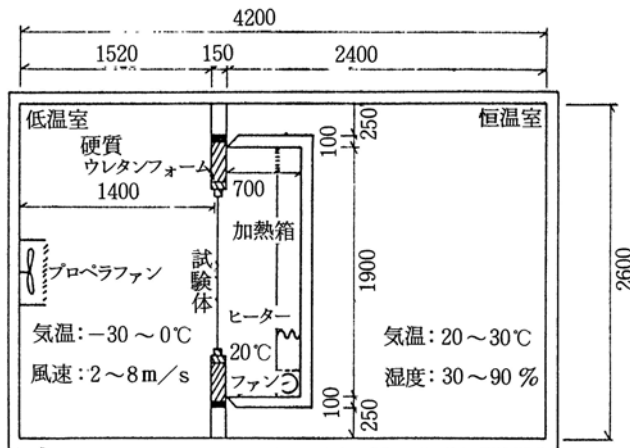
断熱試験、防露試験に用いた試験装置の構造及び性能を第1図に示す。

試験装置（タバイエスペック製）は、恒温恒湿室、加熱箱、低温室で構成され、これに温度むらをなくするための加熱箱内気流かくはん装置、低温室内冷風吹き出し装置、及び温湿度測定機器、電源安定装置を備えている。

2.2.2 断熱試験方法

第1表 試験体の概要

タイプ	ガラス構成	使用材料	開閉方式	パッキング材
1	3-10 air-3 単板ガラス2枚使用	カラマツ	外開き+一部はめ殺し	中空
2	3-12 air-3 ペアガラス	シウリザクラ	外開き+一部はめ殺し	V字
3	3-9.5 air-Film-9.5 air-3 選択透過フィルム中立 ペアガラス	シウリザクラ	外開き+一部はめ殺し	V字
4	3-6 air-Film-6 air-3 選択透過フィルム中立 ペアガラス	PVC	外開き+一部はめ殺し	中空



第1図 断熱防露試験装置の概要

になるように内外の風速を調整した。

加熱箱内

$$r : 0.13 \text{ (m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal)}$$

気流吹き出し口, 吸いこみ口における風速: 約0.3 (m/sec)

低温室側

$$r : 0.05 \text{ (m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal)}$$

試験体中央, 試験体表面から200mm離れた点における風速: 約3 (m/sec)

(3) 温度設定条件及び測定方法
今回行った試験の温度条件は,

JIS規格に準じて以下のように設定した。

低温室内空気温度: 0°C

恒温室内空気温度: 20°C

加熱箱内空気温度: 20°C

温度の測定は, 0.2mmT型熱電対 (0.75級) を用いて電氣的に測定し, パーソナルコンピュータを用いて処理した。測定点は試験体表面温度28点 (低温室側: 11点, 加熱箱側: 17点), 空気温度6点 (低温室側: 3点, 加熱箱側: 3点) の計34点とした。また, 加熱箱内の発生熱量を求めるため, ヒーター及びファンの消費電力を測定した。

試験は, 室内外及び試験体の温度が安定した後, 30分間隔で5セット行った。なお, 1セットでは10回各測定点の温度及び消費電力の測定を行い, それらの測定値の平均値を求めた。今回の測定においては, 加熱箱内発生熱量の制御を比例積分微分制御で行ったが, その制御設定に十分熱達できなかったため, 測定された加熱箱内発生熱量は5セットの測定において $\pm 3\sim 5\%$ の変動が見られ, また熱伝達抵抗値にも多少のばらつきが見られた。このため, 今回の試験では5セットの測定のうち, 計算により得られた熱貫流率が最大, 最小のセットの値を除いた測定値の平均値を試験結果とした。

2.2.3 断熱試験結果の算出

断熱試験結果より, 次式を用いて熱貫流率 (K), 熱貫流抵抗 (R), 表面熱伝達抵抗 (r_1 : 加熱箱側,

断熱試験は, JIS-A4710-1981 (建具の断熱性試験方法) に準じて行った。

(1) 試験体の作製

厚さ150mmの硬質ウレタンフォーム (熱伝導率: 0.015kcal/mh°C) を試験用窓の四周に透き間なくまわるように, 現場発泡ウレタンを用いて取り付けした。なお, この試験体取り付けパネルの外寸は2000×2000mmとなるようにした。

試験体取り付けパネルを取り付けた試験体を, 第1図に示す低温室と恒温室の間の開口部に取り付けた。試験体と試験装置の間の透き間には軟質ウレタンを充てんし断熱化を図った。その後, 加熱箱を試験体取り付けパネルに密着するように固定した。

(2) 表面熱伝達抵抗 (低温室, 加熱箱内の風の条件) の設定

断熱性を考える場合, 特に熱抵抗が小さいものでは試験体表面の空気の流れる速度, 言い換えれば風の状態がその断熱性能の測定値に大きく影響する。そのため, JIS規格では, 試験体の表面熱伝達抵抗を加熱側表面は $0.13 \pm 0.02 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$ に, 低温室側表面は $0.06 \pm 0.02 \text{ m}^2\text{h}^\circ\text{C/kcal}$ になるように加熱箱内及び低温室の気流調整をするよう決められている。そこで, 試験を行う前に, 窓試験体とほぼ同じ寸法 (幅1700×高さ1300mm) で表面が平滑な硬質塩化ビニル樹脂板 (厚さ12mm) を用いて表面熱伝達抵抗 (r) が次の値

r_o : 低温室側) を求めた²⁾。

$$Q = Q_h + Q_f = 0.86(W_1 + W_2)$$

$$Q_t = Q - Q_w$$

$$Q_w = \lambda(\theta'_{hs} - \theta'_{cs}) \cdot A' / d$$

$$K = 1/R = Q_t / (\theta_{ha} - \theta_{ca}) \cdot A$$

$$r_i = (\theta_{hs} - \theta_{ha}) \cdot A / Q_t$$

$$r_o = (\theta_{cs} - \theta_{ca}) \cdot A / Q_t$$

また、表面熱伝達抵抗より次式により補正を行った。

$$K_j = 1/R_j = 1/(R + \Delta_r)$$

$$\Delta_r = 0.19 - (r_i + r_o)$$

ここに、

Q : 加熱箱のヒーター及びファンによる総発熱量
(kcal/h) ,

Q_h : 加熱箱内ヒーターの熱量 (kcal/h) ,

Q_f : 加熱箱内ファンの熱量 (kcal/h) ,

W_1 : 加熱箱内ヒーター所要電力 (W) ,

W_2 : 加熱箱内ファン所要電力 (W) ,

Q_t : 試験体を通過する熱量 (kcal/h) ,

Q_w : 硬質ウレタンフォーム (断熱枠) を通過する
熱量 (kcal/h) ,

λ : ウレタンフォームの熱伝導率 (kcal/m²h°C) ,

θ'_{hs} : 断熱枠の加熱箱側表面温度 (°C) ,

θ'_{cs} : 断熱枠の低温室側表面温度 (°C) ,

A' : 硬質ウレタンフォームの面積 (m²) ,

d : 硬質ウレタンフォームの厚さ (m) ,

K : 熱貫流率 (kcal/m²h°C) ,

R : 熱貫流抵抗 (m²h°C/kcal) ,

θ_{ha} : 加熱箱内平均空気温度 (°C) ,

θ_{hs} : 加熱箱側ガラス表面温度 (°C) ,

θ_{ca} : 低温室内平均空気温度 (°C) ,

θ_{cs} : 低温室側ガラス表面温度 (°C) ,

A : 試験体面積 (m²) ,

r_i : 加熱箱側表面熱伝達抵抗 (m²h°C/kcal) ,

r_o : 低温室側表面熱伝達抵抗 (m²h°C/kcal) ,

K_j : 補正熱伝達率 (kcal/m²h°C) ,

R_j : 補正熱伝達抵抗 (m²h°C/kcal) ,

Δ_r : 表面熱伝達抵抗の補正值 (m²h°C/kcal)

である。

枠部材の熱貫流率(K_s)は次式より求めた。

$$K_s = \{K_j(A_g + A_s) - K_g \cdot A_g\} / A_s$$

ここに、

A_g : ガラスの見付け面積 (m²) ,

A_s : 枠部材の見付け面積 (m²) ,

K_j : JISによる補正熱貫流率 (kcal/m²h°C) ,

K_g : 既往の文献³⁾によるガラス熱貫流率

(kcal/m²h°C)

である。

2.2.4 断熱試験結果と考察

断熱試験結果を第2表に示す。

タイプ1では、熱貫流率が2.25kcal/m²h°Cとなり、予想熱貫流率(2.26kcal/m²h°C)とほぼ等しくなった。タイプ2は、2.52kcal/m²h°C、タイプ3は1.57kcal/m²h°Cと予想熱貫流率(タイプ2:2.35kcal/m²h°C、タイプ3:1.42kcal/m²h°C)に達しなかった。これは、パッキング部分や複層ガラスのアルミスペーサー等の熱的に弱い部分の影響が原因とみられた。アルミスペーサーについては改良が現時点では難しいため、今回はタイプ2、タイプ3についてガムテープを用いてパッキングの2重化を行い、再試験した。その結果を第2表にあわせて示した。タイプ2では熱貫流率が2.47kcal/m²h°C、タイプ3では熱貫流率が1.47kcal/m²h°Cとやや向上した。このことから、パッキング部材は熱的弱点になりやすく、パッキングの多重化で断熱性能はある程度改善されることがわかった。このことは、高断熱窓ほどその効果は大きいと思われる。

比較のために試験したプラスチックサッシは、市販のサッシの中で最も高断熱性能を有しているものの1つと思われるが、熱貫流率1.77kcal/m²h°Cと判定された。価格的にはタイプ3の木製窓より多少安い程度であるが、熱貫流率はタイプ3より0.3kcal/m²h°C、約20%低い断熱性能であった。プラスチックサッシで用いているガラスはタイプ3のものより空気層の厚さが狭いため直接比較できないが、ガラスの熱貫流率がプラスチックサッシのものの方が約20%低いことを考えれば断熱性能はほぼ同等と考えてもよいであろう。

第2表 断熱試験結果

試験体のタイプ	1	2	2 ^{a)}	3	3 ^{a)}	4
試験体通過熱量 (kcal/h)	94.1	97.8	94.7	63.2	63.3	78.5
熱貫流率 (kcal/m ² h°C)	2.22	2.47	2.38	1.62	1.55	1.95
加熱側熱伝達抵抗 (m ² h°C/kcal)	0.14	0.14	0.14	0.08	0.13	0.11
低温側熱伝達抵抗 (m ² h°C/kcal)	0.05	0.06	0.06	0.07	0.03	0.03
補正熱貫流率 (kcal/m ² h°C)	2.52	2.52	2.47	1.57	1.47	1.77
補正熱貫流抵抗 (m ² h°C/kcal)	0.44	0.40	0.41	0.65	0.68	0.56
ガラス熱貫流率 ^{b)} (kcal/m ² h°C)	2.7	2.6	2.6	1.4	1.4	1.7
ガラス面積率 (%)	62.8	77.6	77.6	77.6	77.6	69.3
枠部材熱貫流率 (kcal/m ² h°C)	2.0	2.2	1.9	2.2	1.7	1.9
枠部材熱貫流抵抗 (m ² h°C/kcal)	0.5	0.45	0.5	0.45	0.59	0.53

注 a): 気密材の二重化を行ったもの

b): 既往の文献³⁾より得られた値

枠部材（ガラスを除いた部分）の熱貫流率は、木枠で1.7～2.0kcal/m²h°C、PVC枠1.9kcal/m²h°Cとほぼ同程度であった。なお、木材の熱貫流率は約1.5kcal/m²h°Cと見た場合、パッキング材、金具等の断熱性能に及ぼす影響はかなり大きいように思われる。

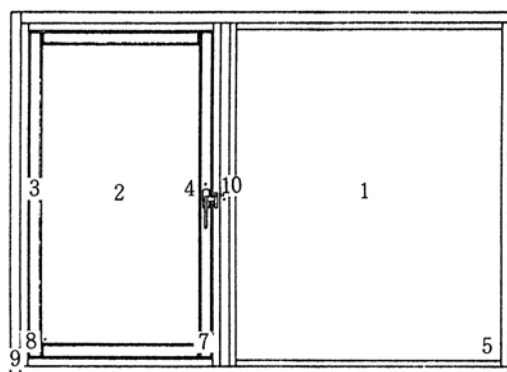
2.2.4 防露試験方法

防露性能は、窓の室内側表面温度と室内湿度により判定される。そのため、各試験体の断熱試験実施時に測定した室内側表面温度から、室内の空気温度が20°Cとした場合、その表面温度が露点温度となる室内湿度を逆算して、各試験体の防露性能の比較を行った。室内側表面温度の測定位置を第2図に示した。また、タイプ3及びタイプ4について、実際の結露状況を観察するため、加熱箱を取り外した状態で室内側を加湿して防露試験を行った。この際の温湿度条件は以下のように設定した。

室内側設定温度条件 : 20°C

室内側設定湿度条件 : 60%

低温室側設定温度条件 : -20°C



第2図 室内側表面温度測定位置

室内側、低温室側の風

の条件

: 試験装置空調機のみによる

観察

: 加湿3時間後に行う

2.2.5 防露試験結果の考察

断熱試験時に測定した室内側表面温度の測定結果とその温度から得られる、結露を生じるであろうと思われる室内側推定湿度を第3表に示した。

ガラスの中央部表面温度はガラスの断熱性能による

第3表 室内側表面温度と結露を生じる推定湿度 (室内: 20、低温室: -20)

試験体のタイプ	1	2	2 ^{a)}	3	3 ^{a)}	4
ガラス中央 (°C) 1, 2	13.0	12.8	12.9	16.0	15.8	15.5
障子部材中央 (°C) 3, 4	16.8	17.9	18.2	17.2	17.6	15.9
ガラス下部 (°C) 5	10.0	9.7	9.9	10.9	11.6	11.9
ガラス下部 (°C) 6	9.9	9.4	9.5	11.1	11.2	12.7
障子部材下部 (°C) 7	14.6	13.2	13.7	14.5	14.8	13.6
障子部材下部 (°C) 8	13.2	13.2	13.8	13.8	13.7	13.7
枠部材下部 (°C) 9	12.5	15.0	15.0	15.2	14.9	13.0
方立、召し合わせ (°C) 10	14.1	18.7	18.9	18.7	18.6	16.2
ガラス部で結露すると思われる最低推定湿度 (%)	53	50	50	55	56	59
枠部で結露すると思われる最低推定湿度 (%)	62	65	67	68	66	64

注 a) : 気密材の二重化を行ったもの

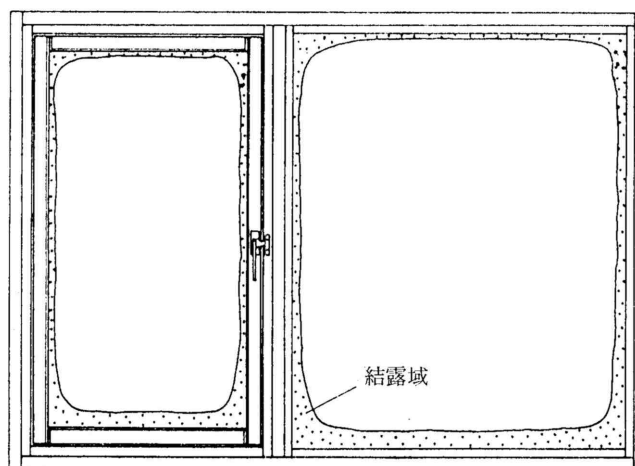
ところが大きく、タイプ3>プラスチックサッシ>タイプ1 タイプ2となりほぼ妥当な結果である。ガラス下部は最も低温になりやすく、最初に結露する部分である。今回試験した木製窓では、複層ガラスのJIS規格等を満足した設置方法をとっているが、それでもアルミスペーサーの影響を受けているように思われる。プラスチックサッシでは、JISの規定以上のガラスのみ込み深さをとっており、ガラス下部の表面温度は試作木製窓より多少高くなっている。このことから、ガラスのみ込み深さはJIS規格よりも深くした方が望ましいものと思われる。

次に、障子部材、枠部材の表面温度について見ると、木製窓の中ではタイプ1が低くなった。これは、タイプ1の使用部材が他の2タイプより多少薄い(タイプ1: 37mm, タイプ2, 3: 41mm)ためであると考えられる。また、タイプ2, 3とプラスチック

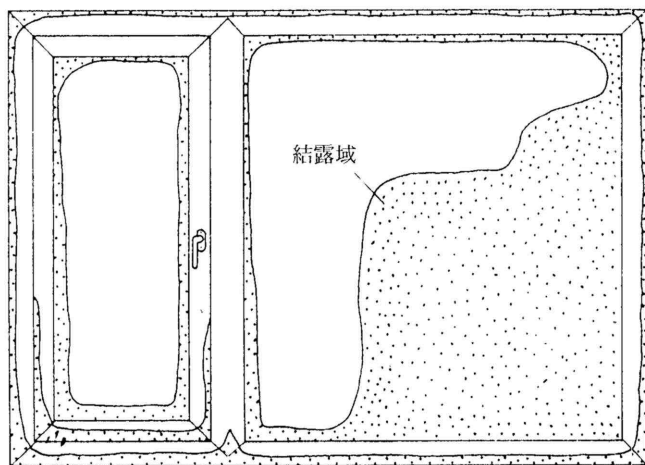
サッシを比較すると、障子部材部を除いて、木製窓の方が1.0~2.7 高かった。

次に、タイプ3及びプラスチックサッシの実際の結露状態を観察した。タイプ3の結果を第3図に、プラスチックサッシの結果を第4図に示す。

ガラスの構成が異なるため、ガラス面の結露を直接比較することはできないが、両タイプともガラス四周に結露した。これは、ガラスのアルミスペーサーの影

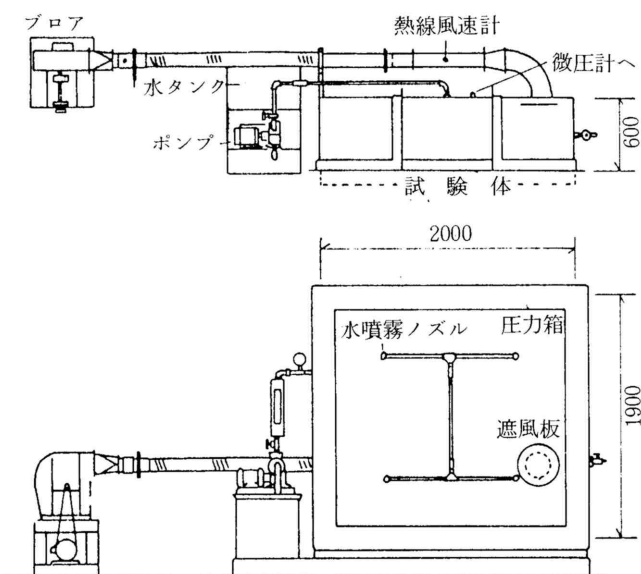


加熱箱: 20, 60%R.H. 低温室: -20
第3図 結露状態(タイプ3, パッキング2重)



加熱箱: 20℃, 60%R.H. 低温室: -20℃

第4図 結露状態(タイプ4)



第5図 気密・水密試験装置の概要

響であると思われる。そのため、この種の結露を防止するためには、ガラスのみ込み深さを深くするだけでは難しく、アルミスペーサーに替わる熱伝導率の小さい材料を用いたスペーサーの開発が必要であろう。

枠材の結露状態を見ると、木製窓の方が防露性能が高いことがわかった。これは、木材の吸放湿性能(調湿性能)がPVCよりかなり良いためである。

2.3 気密・水密試験

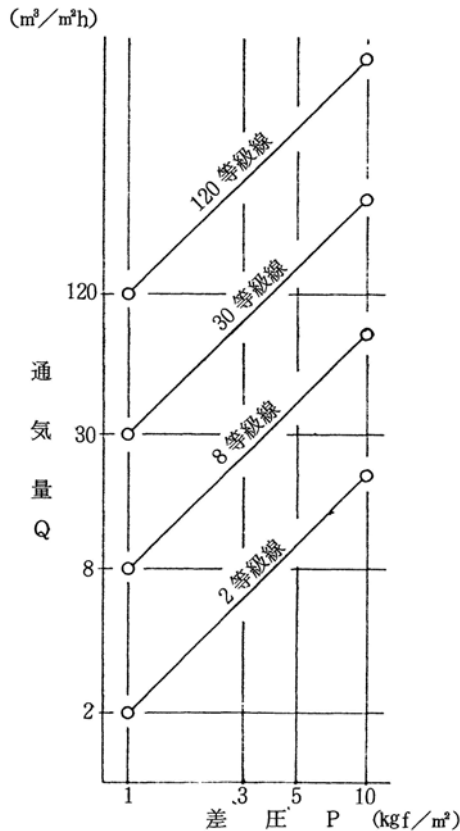
2.3.1 気密・水密試験装置の概要

気密・水密試験には、第5図に示した試験装置を用いた。この試験装置(早坂理工製)は、JIS - A1516-1984(建具の気密性試験方法)及びJIS - A1517-1984(建具の水密性試験方法)に例示された方法と異なる。JIS規格では試験体を通過した空気量を測定するのに対し、この試験装置は、一定風圧をかけた際に加圧箱に送風される風量を測定している。しかし、精度的には良好であり、十分な信頼性を有していると思われる。また、水密試験では、JIS規格では秒サイクルの正弦波の脈動を加えることになっているが、この試験装置には正確な脈動発生装置がなく、手で圧力変化を発生させたため周期がやや長くなり、JIS規格より緩やかな試験条件になった。

2.3.2 気密試験方法

気密試験の加圧手順は、JIS規格に定められた方法に従って行った。風量は、プロアから加圧箱に空気を送り込むためのダクトに測定精度0.01m/secの熱線風速計(日本科学工業製)をさし込み風速を測定し、風量に換算した。また、加圧箱内と外気との差圧は測定精度0.1kgf/m²の傾斜マノメーター(理化精機工業製)を用いて測定し、通気量Q(m³/m²h)を算出した。

気密性能の評価方法は、JIS - A1516-1984に従って、第6図の両対数グラフにプロットした実測値と2、



第6図 気密性能判定基準線

8, 30, 120等級線との対比より、実測値がそれらの気密等級線を上回らない等級を決定した。なお、気密性能の判定は、3回行って得た通気量の平均から行った。

断熱・気密試験に供した試験体のうち、タイプ2についてはタイプ3と同じ構造であるので、気密・水密試験は省略した。また、タイプ3は外枠の突き付け部分を組手加工し、釘により接合しただけであったので、コーキング剤でシールし再度試験した(改1)。更に、

パッキング材のコーナー部の影響を調べるため、タイプ3改1のパッキング材のコーナー部をコーキング剤でシールしたものも試験した(改2)。

2.3.3 気密試験結果の算出

気密試験より得られた結果より、次式により通気量を算出した。

$$Q = \frac{V \cdot r_2 \cdot \pi \cdot 3600}{A} \cdot \frac{K_0}{K} \cdot \frac{P_{atm}}{P_0}$$

ここに、

V=風速 (m/sec) , r : ダクトホースの半径 (m) ,
A : 試験体面積 (m²) , K₀ : 基準温度 (20°C=293° K) ,
K : 気温 (° K) , P_{atm} : 大気圧 (mb) ,
P₀ : 標準大気圧 (1013mb) である。

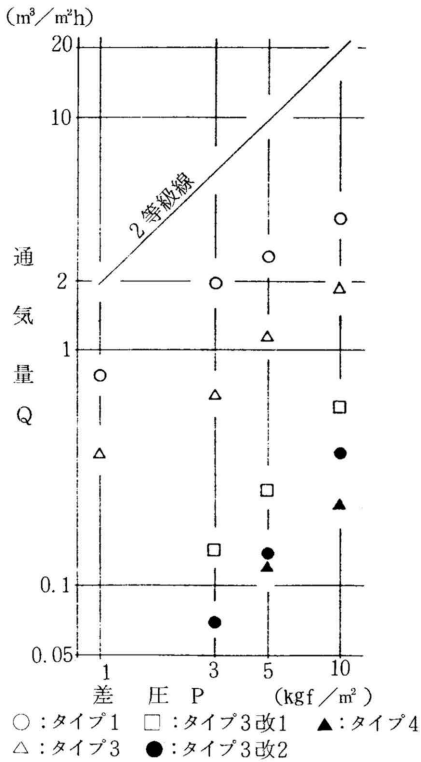
2.3.4 気密試験結果及び考察

試験結果を第4表及び第7図に示した。

気密性能は、タイプ1, 3, 4ともJIS2等級を満足した。タイプ1は、部材寸法の簡素化を図るために、開き部分、はめ殺し部分とも同じ構造になっているが、使用材料の量、外観及び長期間の使用に伴うパッキング材の性能低下、また、室内側の気圧が高い場合、気密性がやや低下すること等の点から、タイプ2, 3のような従来のはめ殺し部分の構造にした方がよいようである。また、タイプ1では外枠コーナー突き付け部分を木ネジだけで接合しているが、特に高气密性を有する窓の場合、わずかの透き間があるだけで気密性が著しく低下するため、コーナー突き付け部分は、接着剤、充てん剤などでシールする必要がある。そのため、突き付け部が未処理のタイプ3と突き付け部をコーキング処理したタイプ3改1の気密性能を比較すると、

第4表 気密試験結果 (通気量 Q m³/m² h)

風圧力 (kgf/m ²)	1	3	5	10	5	3	1
タイプ1	0.80	1.72	2.52	3.85	2.65	1.99	0.73
タイプ3	0.37	0.67	1.04	1.85	1.11	0.52	0.30
タイプ3改1	測定不能	0.14	0.26	0.58	0.22	0.12	測定不能
タイプ3改2	測定不能	0.07	0.14	0.39	0.14	0.04	測定不能
タイプ4	測定不能	測定不能	0.12	0.22	0.09	測定不能	測定不能

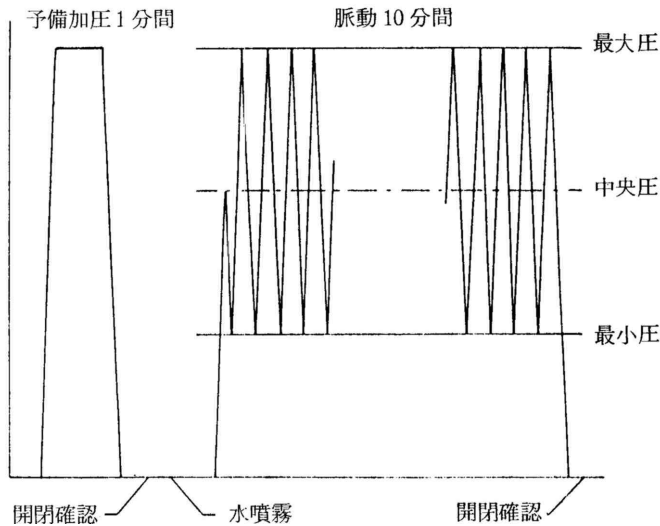


第7図 気密性試験結果

タイプ3改1が約25%通気量が減少し、各部材間の接触部分の充てん処理が重要であることを示した。更に、パッキング材のコーナー部にもコーキング処理したタイプ3改2では、タイプ3改1の半分にまで通気量は減少した。ただし、パッキング材は消耗品であり、しばしば交換しなければならないことを考えた場合、パッキング材のコーナー部の処理は、コーキング剤を使用するような不確実で手間のかかる処理を避けて、熱溶着などの工夫をする必要があると思われる。また、タイプ3改1とタイプ4のプラスチックサッシの気密性能を見ると、わずかにプラスチックサッシの方が勝っているようである。しかし、施工時のフレームの狂い、長時間使用時の部材の変形等を加味した場合、気密性能を十分考慮した木製窓はプラスチックサッシ並の性能を有していると考えても良いであろう。

2.3.4 水密試験方法

水密試験は、第8図に示されたようなJISで決められた加圧手順で行い、第5表に要約した判定方法で漏水の程度を示した。結果の判定はJIS - A 1517-



第8図 水密性試験手順

1984に定められた基準によった。すなわち、目視観察で室内側の床、壁及び設計上濡れてはならない部分への有害な漏水現象が認められない限り合格とした。

2.3.5 水密試験結果及び考察

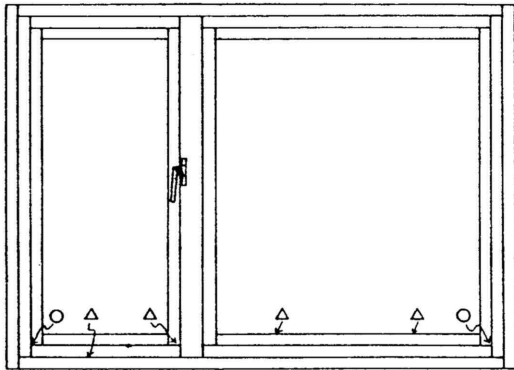
各試験条件での漏水の観察結果を第9~13図に示す。ここで示した風圧中心値は、合格値の最も高いものであり、それ以上の風圧力では不合格となった。

タイプ1では、コーナー部のパッキング材突きつけ部分からのにじみ出しが多く、また、外枠と中枠間の接着されていない部分からのにじみ出しが見られ、木ネジ等で単に引き寄せるだけでは毛細管現象によるにじみ出しは防ぐことはできないことがわかった。更に、木材の場合突きつけ部に入った水分は蒸発し難く、この部分に水分が入ることは木材の耐候性を考えるうえで好ましいことではない。また、ガラスのコーキング部分からの漏水も認められ、たとえコーキング処理をする場合においても十分な注意が必要である。特に、単板ガラスで復層化を図る場合、ガラス間に水分が入らないよう十分な処理を行わないと、比較的小断面の部材を使用している四分に水分が残り、腐朽の原因となる。

次にタイプ3について気密試験と同様2種類の改良型を加えて3種類の水密試験を行った。タイプ3では

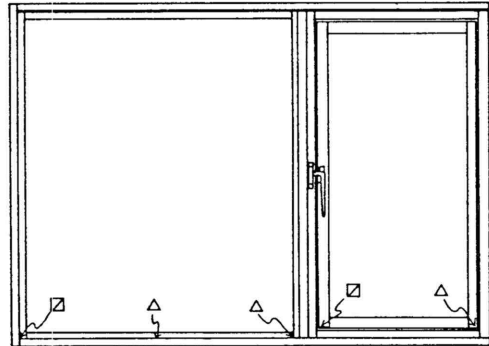
第5表 漏水現象の判定方法 (JIS - A 1517-1984)

現象	現象の詳細	記号
にじみ出し	室内側表面が水でぬれてくる状態	△
あわ立ち	少しの空気漏れがあり、それが水と一緒に 気泡となり室内側から観察できる状態	○
流れ出し	室内側表面を水が定期的に流れ落ちる状態	☒
吹き出し	空気と水と一緒に吹き出る状態	☒
しぶき	下枠等にたまった水が空気の漏れと一緒に水滴 となって飛散する状態	⊙
(水密性不合格基準) 枠外への流れ出し及び 室内側への著しい流れ 出し	枠部で室内に付着した水滴が自重または風によっ て移動し、枠以外の室内面に流れ出すもの、及び 建具の室内側表面を間断なくひも状に流れるもの	■
枠外への吹き出し	すき間風による水滴が間断なく枠外へ出て、明ら かに室内をぬらすもの。ただし、額縁付きの枠は 額縁を含めて枠と見なし、枠上の水滴は枠外への 吹き出しとはみなさない。	✕
枠外へのしぶき	気泡の破裂による水滴が間断なく枠外に出て、明 らかに室内をぬらす。ただし、額縁付きの枠は額 縁を含めて枠と見なし、枠上の水滴及び偶発的な 枠外へのしぶきについては、枠外へのしぶきとは みなさない。	●
枠外への溢水	下枠等にたまった水が下枠の水返し及び結露水受 以上に水位が上がり、枠を越えてあふれ出る状態	●



風圧力中央値 15kgf / m²

第9図 水密性試験観察結果 (タイプ1)

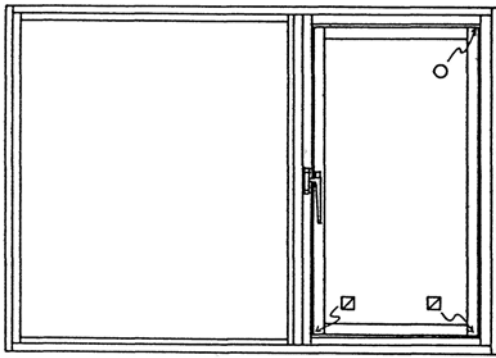


風圧力中央値 15kgf / m²

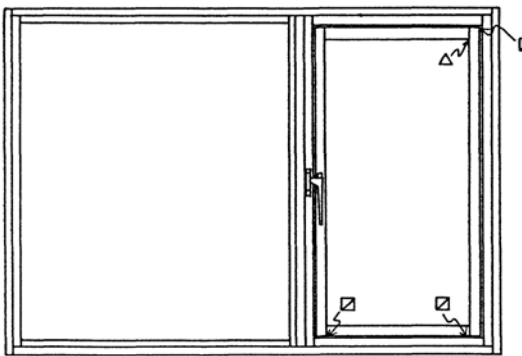
第10図 水密性試験観察結果 (タイプ3)

JISの15kgf / m²のランクをかるうじてクリアした。
この試験体では第10図に示すようにコーナー突き付け
部からの漏水が見られた。そのため、コーナー部をコー

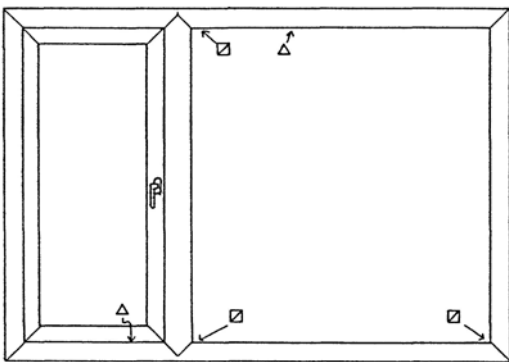
キングしたタイプ3改1について試験した結果、第11
図のようにはめ殺し部分のコーナーからの漏水は止まっ
たが、開き部分のパッキング材コーナー部分から著し



風圧力中央値 15kgf/m²
第11図 水密性試験観察結果（タイプ3改1）



風圧力中央値 35kgf/m²
第12図 水密性試験観察結果（タイプ3改2）



風圧力中央値 50kgf/m²
第13図 水密性試験観察結果

い漏水が見られ、JIS 25kgf/m²のランクをクリアできなかった。更に、パッキング材コーナー部をコーキングしたタイプ3改2の試験を行ったところ（第12図）JIS 35kgf/m²のランクをクリアした。木製

窓の場合、プラスチックサッシなどと異なり接合部を溶着等のしっかりした接合ができず毛細管現象により水密性能が劣りやすくなる。そのため、水密性能は気密性能同様枠部材の接合部を接着剤、または充てん材等でシールする必要がある。それと同時に、パッキング材のコーナー突き付け部のパッキング材同士の接触も水密性能に大きく影響し、例えば、障子を閉じた状態でコーナーでV字パッキングが開くことがあるため、パッキング取り付け時に十分な注意を払う必要がある。更に、木材はアルミやPVCと異なり表面が平滑になり難いためパッキングにより気密がとれている場合でも毛細管現象により水密をとることが難しいことがあり気圧差により水の侵入を防ぐ等の工夫が必要となる。なお、プラスチックサッシは50kgf/m²のランクをクリアし（第13図）、水密性能に関してはプラスチックサッシの方が優れているように思われる。

3. 木製窓のローコスト化の検討

3.1 量産システム化の条件

木製窓の問題点は、耐久性と価格である。これらのうち、価格の面では量産化することによりある程度他の材料と競合することができる価格に押えることができる、と思われる。そのため、量産システムの検討を行った。

木製窓の量産化を考える前に留意しなければならない点がいくつかある。

(1) 複雑な手作業を少なくし、機械化を図る

現在の木製建具は、凸凹が多く、また部材寸法がまちまちである。そのため、作業工程が多く、機械加工を連続して行うことが難しい構造のものが多いため、手作業の割合が多くなり、製品価格に占める人件費の割合がかなりの比率を占めてしまう。そのため、部材寸法をできるだけ簡素化し、加工工程を少なくすると同時に構造を単純化（1つの部材の凸凹を少なくする）することにより、機械化を進めることができる。その結果、高い寸法安定性、加工精度が期待できる。

(2) 部材の品質管理を十分行う

木材は、吸・放湿により、ねじれ、狂いを生じやすく、それが木製窓に対するユーザーのマイナスイメージにつながっている。しかし、十分乾燥した材料を使えば、かなりのねじれ、狂いを防止することが可能である。そのため、メーカーの乾燥等の材料管理に対する認識が必要である。

- (3) 部材の集成化を図る
部材の集成化をする

第6表 製造設備試算

	機 械 名	所要電力(kW)	設備費 (千円)
機 械 設 備	粗横切機	1.5	200
	手押しかな盤	3.5	700
	リップソー	11.5	3,000
	6軸モルダ	9.0	7,000
	クロスカットソー	2.2	600
	多軸ボール盤	2.2	1,500
	面取り盤	2.2	400
	丸のこ昇降盤	2.2	600
	タブテール	1.5	1,000
	ベルトサンダ	12.5	5,000
	コールドプレス	11.0	5,000
	コンプレッサ	3.5	300
	集塵装置一式	15.0	5,000
小 計	97.3	30,300	
建物	15間×8間=120坪		30,000
合計			60,300

第7表 木製窓製造試算 (日産15窓で一年300日稼働するものと仮定, 1700×1300mm寸法の窓に換算)

費 目	詳	細	計
木 材		@ 108,000円×0.15m ³ ×4500窓	72,900,000
副 資 材	ペアガラス	@ 15,840円×4500窓	71,280,000
	金 具	@ 3,800円×4500窓	17,100,000
	塗料・接着剤	@ 3,900円×4500窓	17,550,000
	シール剤	@ 1,200円×0.6本×4500窓	3,240,000
	パッキング材	@ 440円×3.4m×4500窓	6,732,000
小 計 A			188,802,000
労 務 費	男	@ 9,000円×300日×9名	24,300,000
	女	@ 5,000円×300日×7名	10,500,000
小 計 B			34,800,000
減価償却費	建 物	20年均等償還	1,500,000
	機械設備	10年均等償還	3,030,000
修 繕 費	建 物	4%	1,200,000
	機械設備	3%	909,000
電 力 料	基本料金	@ 1,640円(契約電力75kW)×12か月	1,476,000
	使用料金	@ 18.8円×68.11kW×6時間×300日	2,304,842
保 険 料		建物・機械設備の0.5%	301,500
福 利 厚 生 費		労務費の10%	3,480,000
諸 経 費		刃物・工具類	500,000
そ の 他		上記経費の15%	2,205,201
小 計 C			16,906,543
合 計		A+B+C	240,508,543
一般管理費・販売費		合計の20%	48,101,709
総 計			288,610,251
		総計/4500窓	64,136

ことにより、ねじれ、狂いが拘束され、寸度変化の安定性がよくなる。また、小断面部材が使用でき、かつ集成化することにより自由な寸法の大断面の部材を得ることが可能となる。さらに、接合部を積層接着構造にすることにより、接着面積を大きくとることができ、接着面の平滑さ、十分な圧縮圧力が得られる等の理由で加工精度が増すため剛性、耐力が向上する。

3.2 ローコスト木製窓の価格試算

3.1の条件を考慮して、ローコスト木製窓のコスト試算を行った。ここでは、1日15窓程度製造する木製窓専門工場を仮定し(すなわち、1日にほぼ住宅1軒分の窓を製造する)、製品のコスト試算を行った。試算結果を第6,7表に示す。その結果、幅1700mm、高さ1300mmで外開きとはめ殺しのコンビネーション窓で1窓64,136円となった。

この試算では、製造設備にかなり高い機械化を想定している。しかし、実際にはこの程度充実した機械設備を有する小規模家具・建具メーカーは少なく、設備投資も難しい。そのため、現有の機械で行えるであろうと思われる程度まで簡素化を考えて、以下の機械を省略(他の機械で代用する)、又はより小能力の機械に簡略化できると思われる。

- (1) リップソー：丸のこ昇降盤で代用
- (2) 6軸モルダー：4軸モルダー
- (3) 多軸ボール盤：単軸ボール盤
- (4) ベルトサンダー：ポータブルサンダー
- (5) コールドプレス：ターンバックルを利用した簡

易プレス

- (6) 塗装用コンプレッサー：刷毛による手塗り
- (7) 集塵装置：容量の小さい集塵装置

これらの簡略化を図ることにより、設備費は約1/3になる。しかし、作業量が増えるため、人件費は増える。想定したモデル工場では、おおむね1窓/1人・日であるのに対し、簡素化することにより、2窓/3人・日の生産能力となる。そのため、機械の減価償却費は少なくなるが、人件費の割合が多くなるため、割高になることは避けられず、約10%製品価格がアップすることが予想される。

4. おわりに

木製窓は、断熱、防露、気密、水密性能に関してはほぼプラスチックサッシ並の性能を有しているが、今後考えなければならない因子として耐久性、防火性が考えられ、防露、防火塗料の開発、水切り板の利用等の検討が必要である。

文 献

- 1) 石井 誠, 飯田信男: 林産試月報, 414,7 (1986)
- 2) 上田哲夫, 十倉 毅: GBRC. 31 (1983)
- 3) 旭硝子: 技術資料, - 10

- 木材部 加工科 -
 - *1林務部 林産課 -
 (前木材部 材質科)
 - *2試験部 複合材試験科 -
 (原稿受理 昭61.11.27)