

木造住宅の外断熱構法の合理化に関する基礎的研究

菊地 弘明

キーワード：1) 外断熱, 2) 断熱パネル, 3) 集成材, 4) 工数, 5) 気密性能

1. 研究の目的

前報¹⁾では木造外断熱構法のパネル化を試み、実験住宅を通してパネルの作製過程及び施工の分析、室内環境の計測結果より評価を行い、その発展性について述べた。

一方、パネルの作製、取り付けについては、さらに改良、改善の余地が見受けられた。

今後、技能者数の減少は避けられない傾向にあり、住宅の断熱・気密性能を低下させずに、より単純化したパネル化を進めることが肝要と考える。

本研究の目的は、これらのことを踏まえさらにパネル作製・施工の合理化を進めるための方法を提案し、実際の住宅に適用、その効果を分析、考察することにある。さらに、軸組の一部への構造用集成材の適用と、外周壁の下地部分のパネル化を計画し、その実用化の可能性を探る。このことはとりもなおさず、夏に仕事量が集中しがちな北海道の特殊事情を改善することになり、年間を通して仕事量が分散、確保できる方向につながるものと考えられる。

2. パネルの構成の概要

2.1 気密化の要点

住宅の気密性を考慮するとき、どの部位で気密化を図るかは、納まりを考える上で重要な点となる。パネル自体を気密部材と設定した場合、パネルが気密性能を有していなければならない。図2-1に本研究で提案する標準パネルを示す。

前報のパネルの気密性は、グラスウール（以下GWとする）と押出発泡ポリスチレン板（以下、FPS板とする）の間に位置する、厚さ0.2mmのポリエチレンフィルムが気密材として機能し、これと木枠の接合部分を密着すればよいことになる。しかし、この納まりではほぼ確実な気密性能は得られるが、木枠の加工、ポリエチレンフィルムを留め付けるためのさん（20×20）取り付け、と作業量が多く、本研究で設定しているレベルの工務店程度の規模・設備でのパネル作製には向いていない。

その点を考慮し、本研究ではFPS板の気密・防湿性能を活かすパネルとその施工法を提案した。

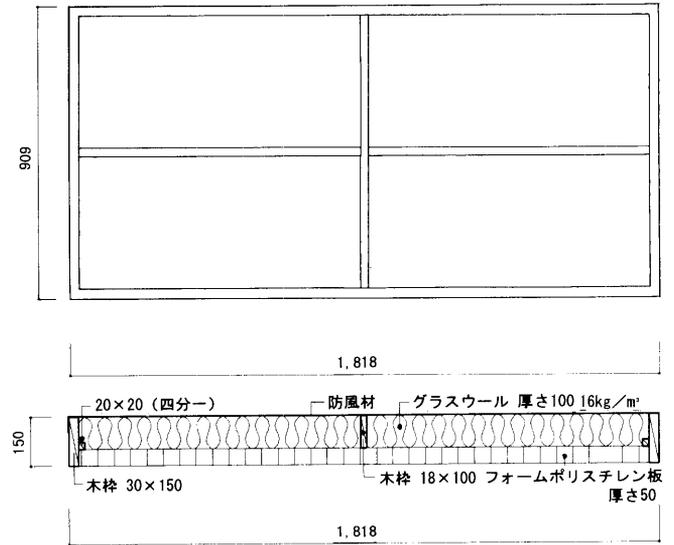


図2-1 標準パネルの立面・断面

2.2 気密部材の選定と気密性

パネル木枠とFPS板の密着を図る部材の条件としては、①材料が安価で入手が容易であること、②施工が容易であること、③耐久性があること、などがあげられる。そこで、厚さ1.0mmのブチル系両面テープ、厚さ3.0mmの糊付き軟質ウレタンシート、ポリウレタン系コーキング

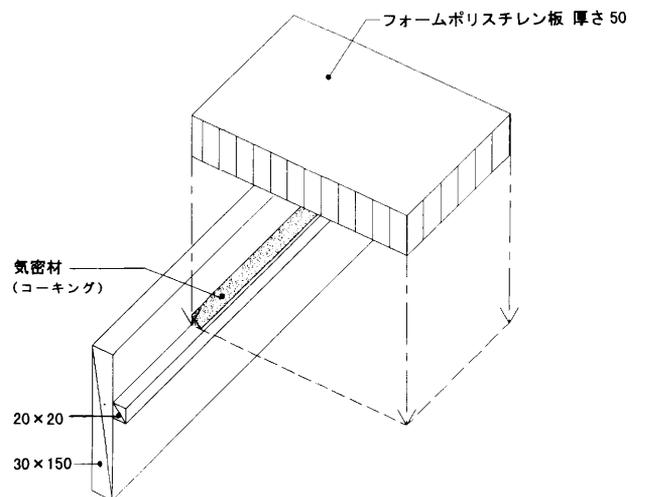


図2-2 パネル木枠とFPE材の納まり

グ、1液性現場発泡ウレタンの4種類の材料を用いたパネルを各1枚ずつ作成し、その施工性と気密性を検討した。図2-2はコーキング材を気密材として利用した場合の納まりである。

その作製と気密性の計測は本学建築工学科の学生（4年生）が担当した。まず施工性であるが、最も作業が容易だったのは、両面テープと糊付きウレタンシート、次いでコーキング、最も手間と部材の取扱いに要領が必要であったのは、現場発泡ウレタンであった。ボンベから放出されるウレタンの量にはムラが生じやすく、施工箇所での吹付量のバラツキが大きかった。

次いで気密性であるが、試験方法は作製されたパネルの室内（FPS板）側木枠に両面テープでビニールシートを貼り、外部と遮断し、エアテスター（シュレーゲルエンジニアリング社：P-200）で、そのパネル面とビニールシートの間に空気を送り、その送風量と内外圧差より各パネルの気密性を計測した。写真2-1はその実験の様子である。

図2-3は、各パネルの気密試験結果をまとめたものであり、縦軸は1時間当たりのパネル隙間長さ（木枠とFPS板が接している箇所の延べ長さ）当たりの漏気量を示している。発泡ウレタン使用のパネルは高气密なパネルとなり、本試験器では測定不能となったため、図には記入していない。

この図より内外圧力差が20kg/m²時の各パネルの漏気量を見ると、両面テープでは約1.3m³/hm、ウレタンシートでは約0.4、コーキング材は0.3の値を示しており、施工が容易な両面テープと糊付きウレタンシートは、コーキング材よりも気密性は劣っている。

以上より施工も含めて、今回、使用するパネルの気密部材として、ポリウレタン系コーキング材を採用した。

3. 軸組へのパネルの取付方法

外断熱構法でパネル自体に気密性能を期待した場合、パネル間のジョイントも住宅の気密性能を大きく左右することになる。しかし、複雑な納まりは現実問題としてコスト高を招くことになる。そこで本研究では、前報のパネルの納まりを再検討し、より単純化した納まりを提案した。

図3-1は前報と本報告における柱廻りの納まりを比較したものである。前報（図3-1，上）では、柱に75×75mmのパネル取付用縦枠材を取り付けているが、今回はその部材を省略し、パネルが取り付けられる外側柱面にウレタンシートを直接、貼った後、パネルを取り付けるようにした（図3-1，下）。この部材は延床面積100m²当たり約0.62m³の木材が必要であったが、この分が省略可能となる。

図3-2は、パネルの水平ジョイント部の納まりの比較

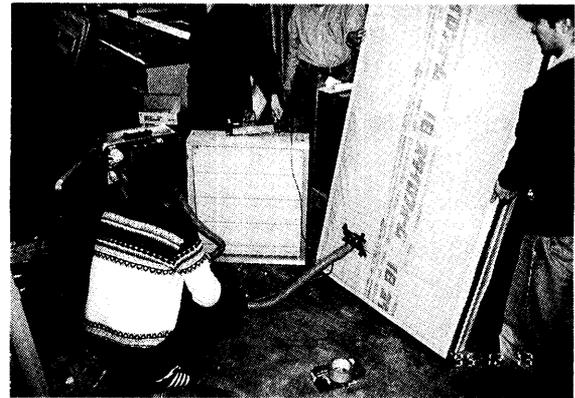
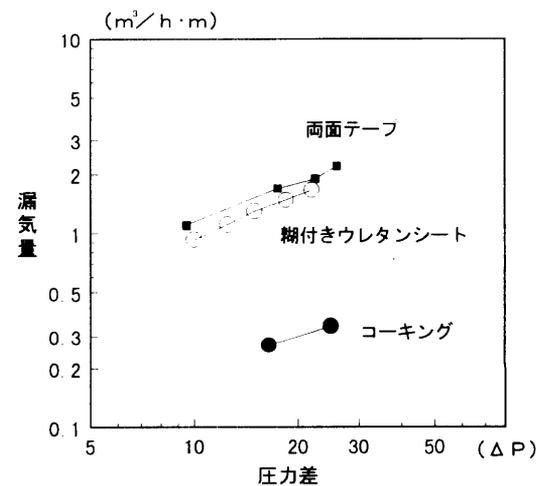
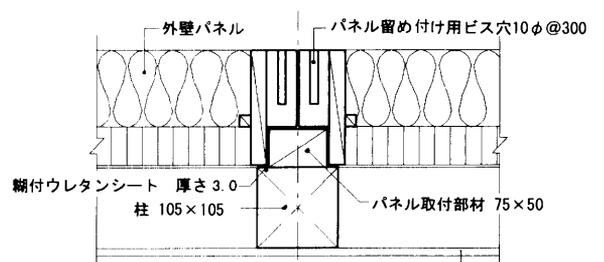


写真2-1 試験パネルの気密性測定状況

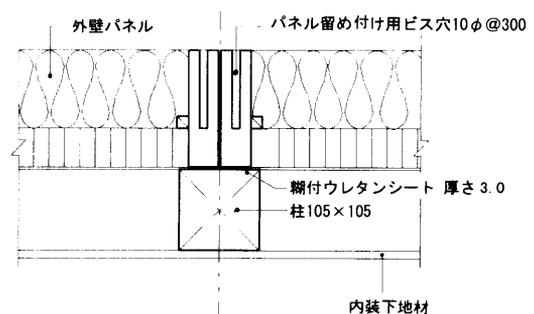


注：圧力差の単位はバスカル

図2-3 気密材別に見た漏気量と圧力差の関係



(前報のもの)



(今回試作のもの)

図3-1 柱廻りの納まりの比較

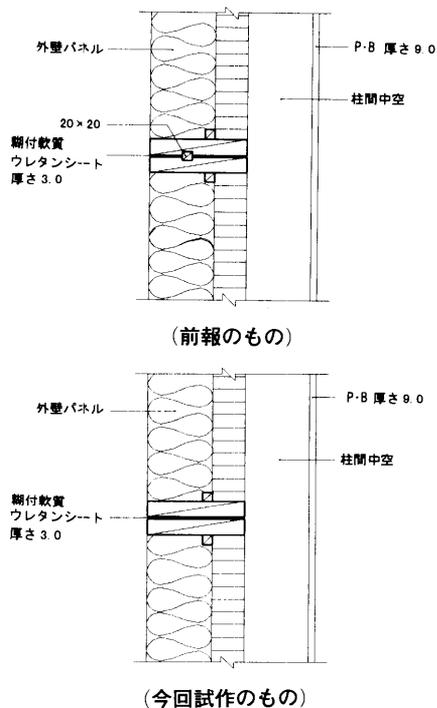


図3-2 パネルの水平接合部の納まりの比較

である。前報(図3-2, 上)の結果より, パネル相互間の隙間の変動は, 1.0mm前後と小さいことが確認されているので, 隙間が生じた際の気流止めとして設置した20×20mmのさんを省略し, 下部パネル上側枠の水平部にウレタンテープを貼り, 直接, 上部パネルと下部パネルを接合する納まりとした(図3-2, 下)。パネルをビスで柱に緊結する方法は同じである。このことにより, 枠材加工工程の一部と, パネル用縦材の取付作業が省略されることになる。

4. 実験住宅の概要

図4-1~3に本構法を適用した住宅の平面, 立面図, 鉅計図, 表4-1に建物概要をまとめた。本住宅は総2階建てで平面は単純な矩形, 屋根も切妻である。従って屋根も

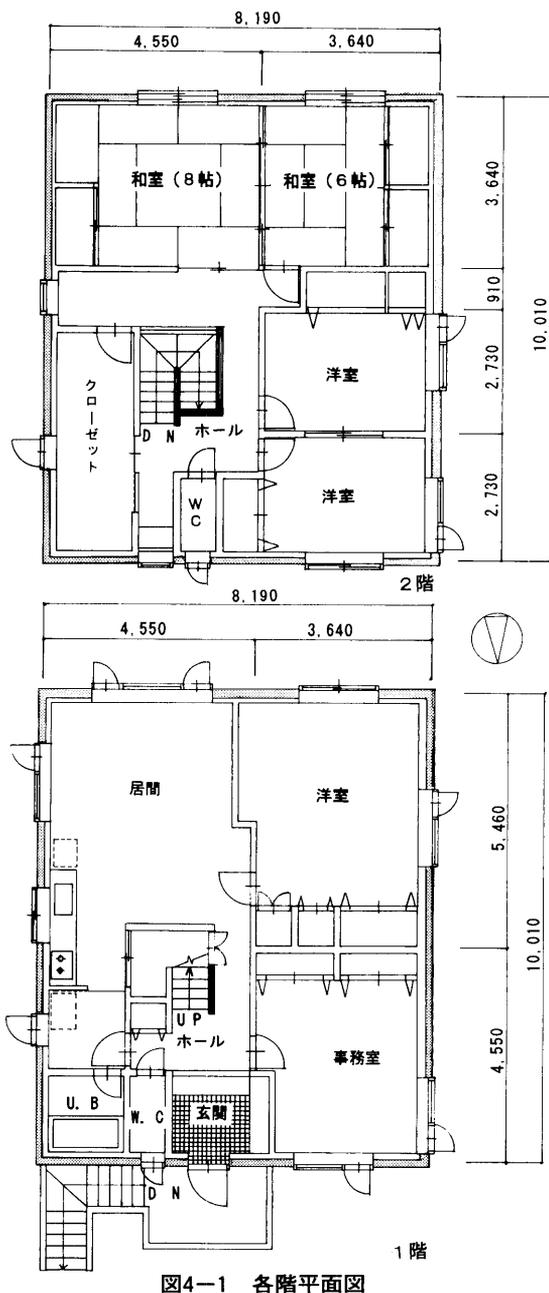
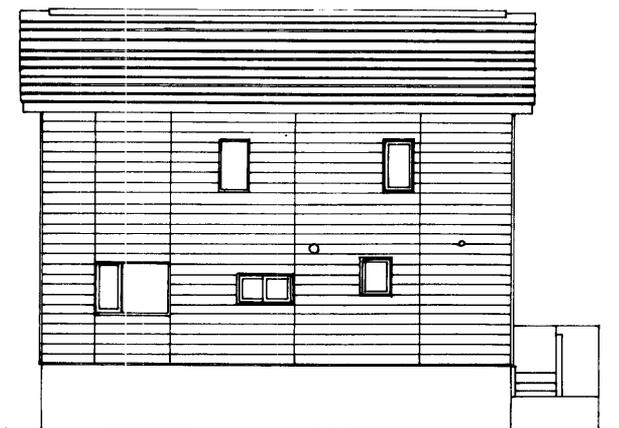
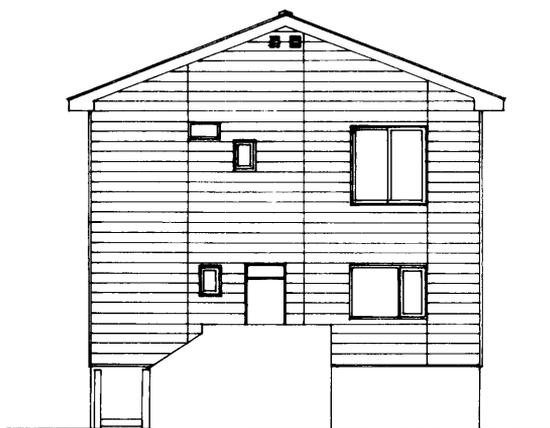


図4-1 各階平面図



東面



北面

図4-3 立面図

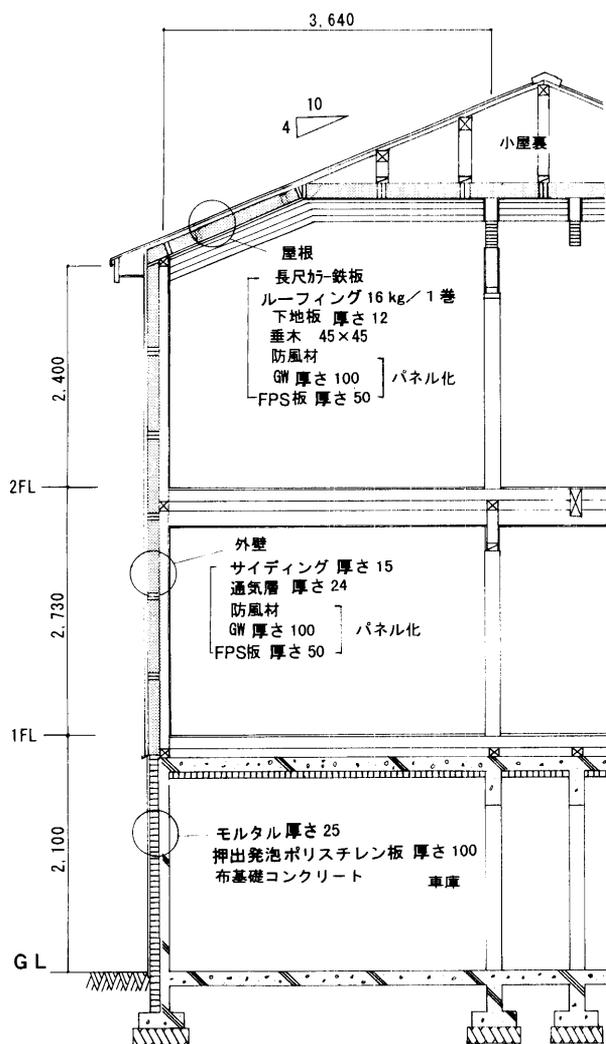


図4-3 矩計図

表4-1 建物概要

建設地	札幌市手稲区星置
施工時期	1995年11月～1996年3月
構造	在来木造構法2階建
延床面積	1, 2階: 82.0m ² 計164.0m ²
断熱仕様	基礎: フォームポリスチレン板 厚さ100 布基礎外断熱 外壁・屋根: パネル化 パネル部材構成 (室内側より) フォームポリスチレン板 厚さ50 グラスウール 厚さ100 (16kg/m ³) 防風材 (タイベック)

外壁と同様に無理なくパネル化が可能であるため屋根面断熱とし、積極的に現場作業の合理化を図った。基礎はFPS板厚さ100mmの布基礎外断熱とし、床下面は土間コンクリートで防湿を行っている。

5. 軸組

構造は在来構法とした。その理由は、北海道では新築

戸建木造住宅の約75%が在来構法で建設されており、技能者も多いためである。しかし、一方では技能者(大工)の全体数の減少、高齢化も全国平均より高い割合で進んでいる。そこで、積極的に現場作業の軸組の合理化を図るため、2階部分の主な軸組を集成材とし、さらに外壁下地のパネル化を提案することにした。

まず、集成材軸組のジョイント形式は、多用されているドリフトピン形式とし、集成材の製造、加工、および取付金物を含めて専用工場に外注した。さらに、外壁下地パネル(一部、筋違い組み込み)については、他の木工場に外注することにした。柱と登り梁の納まりを図5-1にまとめた。

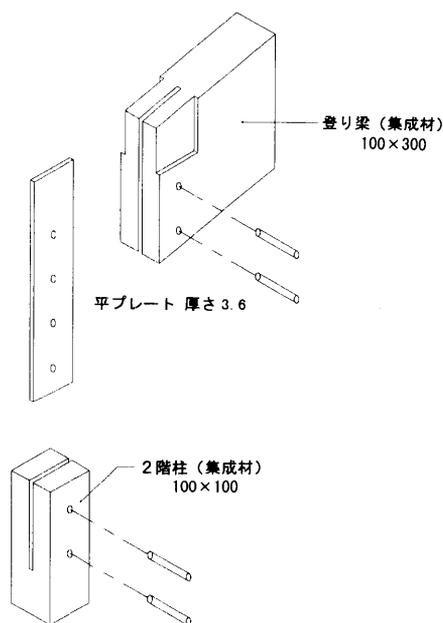


図5-1 柱登り梁の納まり

6. パネルの割付けと作製

図6-1は本住宅のパネル割付図である。施主の希望した設計図に若干の窓位置を調整し、パネル割付けを行った。割付けのポイントは、①標準パネルを多用すること、②開口部は1枚のパネルとすること、③出隅はコーナーパネルで納めること、④屋根パネルは軒下地をも組み込んだものとするなどである。

表6-1は、部位別に見たパネル枚数と標準パネルの割合をまとめたものである。コーナーパネルを含めた総パネル枚数は、158枚となり、そのうち標準パネルは77枚(48.7%)となった。

屋根パネルの標準化率が40%と低いのは、軒下地の分の木枠を含めてパネル化したからである。軒下地を現場で従来のように施工した場合は、この割合はさらに上がるが、施工時期が冬期であり、極力、作業所で加工・組立が可能なのは、パネルに組み込むよう配慮した結果である。

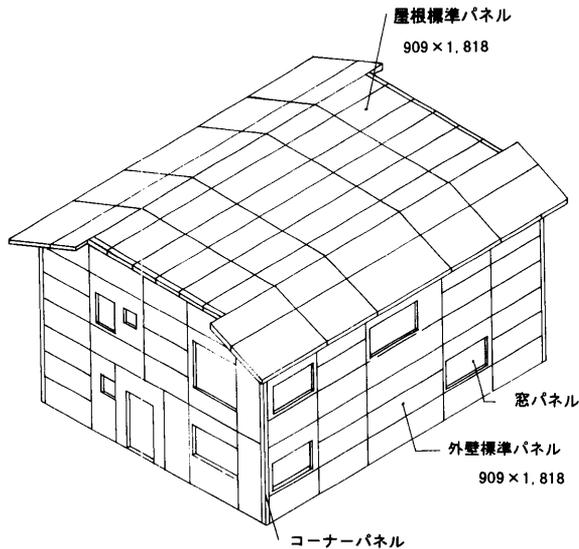


図6-1 パネル割付図

表6-1 部位別のパネル一覧

	標準パネル	役物パネル	合計
外壁パネル (コーナーパネル含む)	57枚 (52.8%)	51枚 (47.2%)	108枚 (100%)
屋根パネル	20枚 (40.0%)	30枚 (60.0%)	50枚 (100%)
合計	77枚	81枚	158枚
標準化率	48.7%	51.3%	100%

パネル作製は、本住宅の施工を担当した工務店の作業所(約300m²)で行われた。これら一連の作業は、どちらかといえば高齢の技能者(大工)が担当し、パネル作製のための特別な器具、設備を用いなくとも、十分作製可能であり、事実、2人で、現場作業ができにくい悪天候の日に作業は行われた。

表6-2は、前報の実験住宅(以下、B宅)のパネルと本住宅(以下、A宅)のパネルの作製歩掛りをまとめたものである。B宅の歩掛りは、4.4m²/人工であるのに対して、A宅は5.7m²/人工と約30%程向上しているといえる。その理由は、①グラスウールとFPE板の間のポリエ

表6-2 パネル作製歩掛り比較

	A宅 (ポリフィルムなし)	B宅 (ポリフィルムあり)
標準パネルサイズ	900×1,800	900×1,800
標準化率	48%	70.7%
パネル総面積	323m ² (158枚)	314m ² (133枚)
製作に要した後工数	57人工	72人工
作製歩掛り	5.7m ² /人工	4.4m ² /人工

チレンフィルムを省略したこと、②木枠の加工を単純にしたこと、があげられる。

7. 施工状況の分析

7.1 軸組の建て込み

写真7-1~8にパネル作製と本住宅の施工状況をまとめた。工事は冬期施工となった。軸組の建て込みは、大工4人で1995年12月中旬より開始された。まず、1階部分の柱・梁(一般構造材)、次いで2階の集成材を用いた柱・梁を建て込んでいった。最後に、外壁下地パネル取り付けが行われ、5日間(20人工)で建て込みを終了した。

工事に携わった大工から、集成材を用いたことにより、どの程度の合理化が図られたかを、聞き取り調査を行った。その結果は、「在来構法で同規模の住宅だと、あと1日(4人工)程度は必要である」、「ドリフトピンの納まりは簡単に扱いやすく、問題ない」、など肯定的な結果であった。しかし、一般構造材を用いた在来軸組の場合と、集成材の場合の建て込み時の歩掛り比較は、現場の規模が小さいため明確にはならず、今後の検討課題として残った。

7.2 パネルの取り付け

パネルの取り付けは、12月下旬から天候を見ながら進められた。この時期の札幌は、不順な気候が続く時期である。取付手順は、各パネルを取付位置近くに小運搬し、電動小型揚上機を用いて足場に運び、順次、施工していくことにした。

各部位のパネル1枚当たりの取り付けに要した実質時間(足場から所定の箇所に配置し、ビス止めが完了するまで)の平均値は、①上部の取付箇所ほど時間がかかる傾向にみられるものの、5~6分程度の範囲内であった。②役物パネルは標準パネルに比較して、やや時間がかかる傾向がみられる。これは、役物は標準に比較して大きく、さらに使い勝手の不慣れがあるためと考えられる。③屋根パネルでは、役物パネルがほぼ標準パネルと同じ大きさのため、その差はほとんどみられず、6分程度で済んでいた。

図7-1は、A、B宅の部位別に見たパネル取り付けの歩掛りをまとめたものである。両者はほぼ同じ規模の住宅である。外壁、屋根に若干の差はあるものの、全体の歩掛りを見るとほぼ同じ約25m²/人工である。

それぞれの施工時期は、A宅は冬、B宅は夏であったが、大きな差異はみられなかった。

以上よりパネル取付歩掛りは、約25m²/人工を見込めば良いことが明らかとなった。

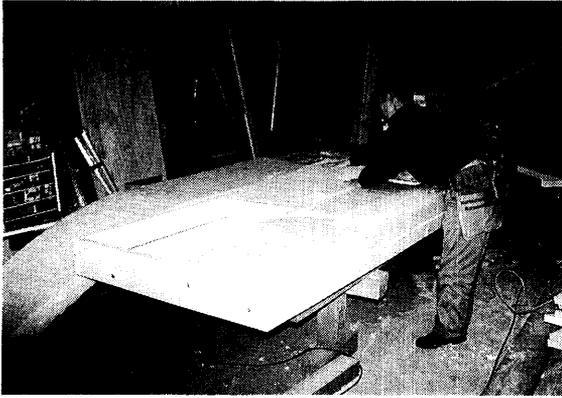


写真 7-1 標準パネルの作製状況。FPS板を木枠に取り付けた後、グラスウールを挿入している。



写真 7-2 登り梁の集成材をドリフトピンで組み立てている状態。



写真 7-3 桁と柱（集成材）の収まり。T型プレートを用いている。

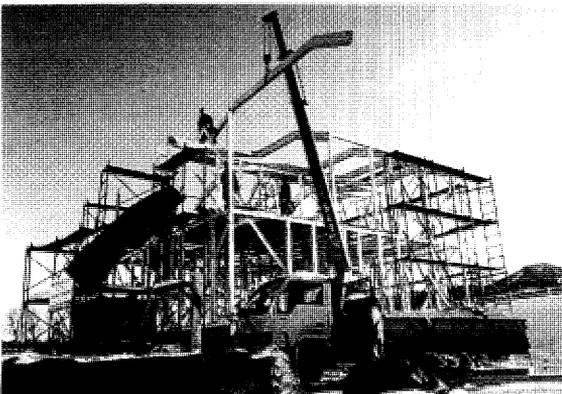


写真 7-4 地上で組み立てられた集成材を建て込み中。

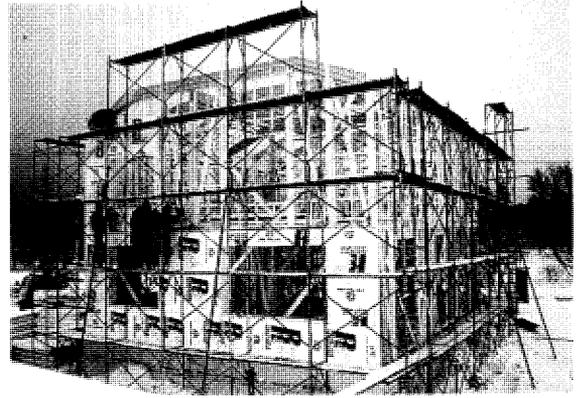


写真 7-5 軸建て込み完了後、外壁パネルを取り付けている状況。

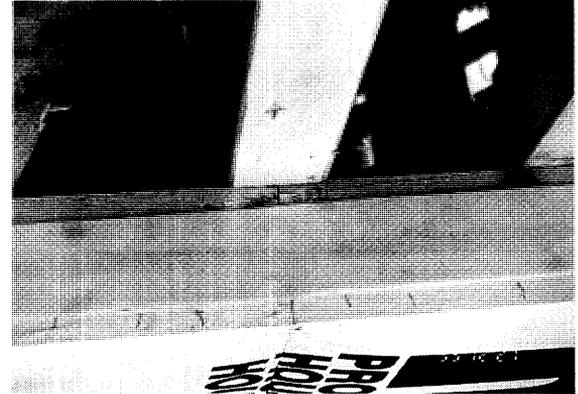


写真 7-6 外壁パネルと柱の納まり。さらにこの上にパネルが取り付けられる。



写真 7-7 屋根パネルを梁にビスで留め付けている状況。基本的な納まりは外壁パネルと同じ。

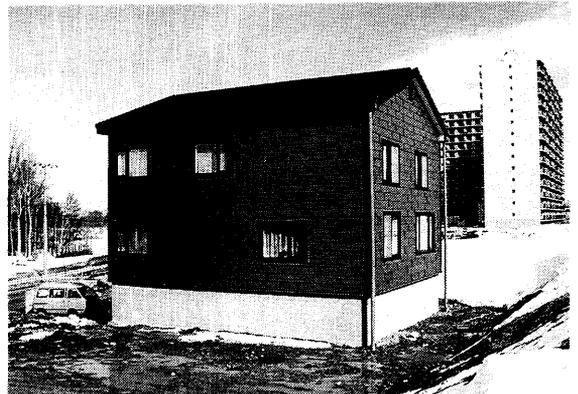


写真 7-8 竣工後の南西面外観。

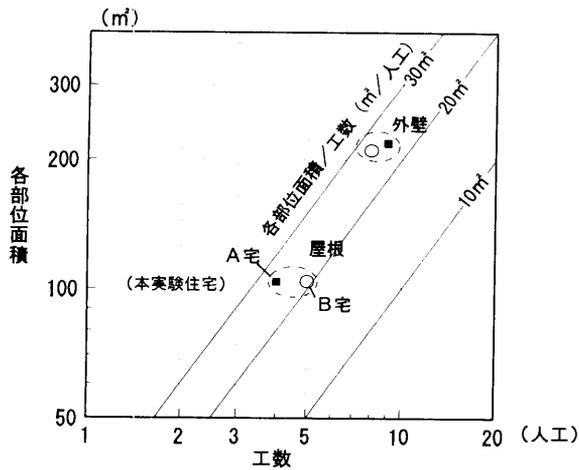


図7-1 外壁、屋根のパネル取付歩掛り

8. 気密性能

高气密性は快適な室内環境を得るため、さらには省エネルギーを進めるためには必須の条件であり、北海道では延床面積当たりの隙間相当面積は 5.0cm^2 以下に設定されており、 2.0cm^2 以下が推奨されている。

図8-1は、延床面積当たりの隙間相当面積の経年変動をまとめたものである。測定は減圧法で行っている。入居直後の隙間相当面積は 2.0cm^2 で、約5か月後でも 2.0cm^2 とほとんど変動していないことが分かる。つまりパネルの構成とパネル取付方法の単純化による気密性能の低下は避けられたと考えて差し支えない結果が得られた。

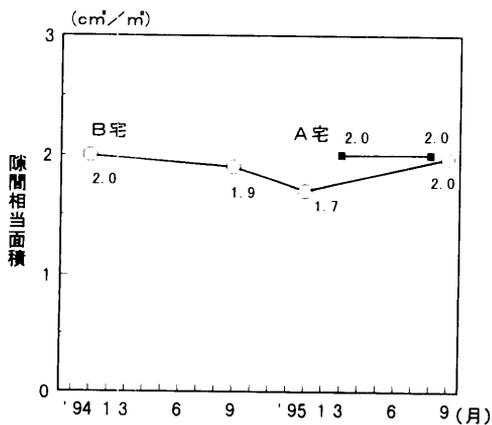


図8-1 隙間相当面積の変動

9. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- ①ポリエチレンフィルムを省略し、パネルの気密性を板状断熱材にもたせ、その気密保持部材としてコーキング材を使用した場合、パネル作製の歩掛りは $5.7\text{m}^2/\text{人工}$ で前報と比較し、約30%の向上が見られた。
- ②パネル取付けの歩掛りは、前報とほぼ同じ $25\text{m}^2/\text{人工}$ であり、本構法のパネル取り付け歩掛りは、概ねこの値前後と考える。
- ③納まりを単純化した場合でも、隙間相当面積は約 $2.0\text{cm}^2/\text{m}^2$ で、5か月後でもほとんど変動していなかった。

<参考文献>

- 1) 菊地弘明ほか3名：住宅総合研究財団研究年報，No21，住宅総合住宅財団，pp.365～371，1994
- 2) 飯田雅史，菊地弘明，佐久間賢孝：パネル化した外断熱構法とその評価，日本建築学会計画系論文報告集，No.479，pp.117～124，1996.1

<研究組織>

主査	菊地 弘明	北海道工業大学教授
委員	飯田 雅史	北海道工業大学講師
〃	遠藤 順一	O P S 設計 代表取締役
〃	長谷川文雄	北海道建設工学専門学校教授
協力	佐久間賢孝	国土企画設計(株)
〃	森木 康代	北海道工業大学 修士課程
〃	岡本 美徳	北海道工業大学 修士課程