

南極昭和基地第10居住棟のパネル構成材の 経年変化と耐久性

小西敏正¹・中村成春¹・大島隆一²・工藤大樹³・田仲亮司⁴

Durability study on material of wooden panel elements used for the old living hut built in 1969 at Syowa Station, Antarctica

Toshimasa Konishi¹, Shigeharu Nakamura¹, Ryuichi Oshima²,
Taiki Kudo³ and Ryoji Tanaka⁴

Abstract: The purpose of this study is to determine the durability of the old living hut built in 1969 at Syowa Station, Japan's permanent Antarctic observation facility, especially of its wooden panels. The hut, of high floor type wooden panel construction, was built in January 1969. To determine the durability, part of the hut, which was brought back to Japan after 30 years, was rebuilt, then taken apart again under controlled test conditions. Tests included visual observation, testing of the wooden material, and testing of the performance of the thermal insulation material.

The results showed that the material in the roof panels deteriorated considerably more than that in the walls and floors. In the severe polar conditions, the strength of the overall structure depends heavily on the joints between panels. It is clear that material on the indoor sides, and in the interiors of the panels, hardly deteriorated at all after 30 years.

要旨: 南極において恒久観測基地として利用された昭和基地第10居住棟(高床式木質パネル構造: 1969年1月建設)の一部を復元・解体し、特にその木質パネルの構成材に観点をおいて、約30年間使用された建物の各部位における耐久性を把握することを目的とした。試験は、目視による観察・木材試験・断熱材性能試験を行い、その結果、各部位には壁・床に比べて屋根パネルの構成材の劣化が最も激しく、また極地という厳しい条件下では、パネル構成材の耐久性は特にパネル間の接合部に大きく起因すること、また室内部やパネル内部は30年間使用してもほとんど劣化しないことが明らかになった。

¹ 宇都宮大学工学部建設学科。Department of Architecture and Civil Engineering, Faculty of Engineering, Utsunomiya University, 7-1-2, Yoto, Utsunomiya 321-8585.

² 小山工業高等専門学校建築学科。Department of Architecture, Oyama National College of Technology, 771, Nakakuki, Oyama 323-0806.

³ 北海道庁。Hokkaido Government, Nishi-6, Kita-3, Chuo-ku, Sapporo 060-8588.

⁴ 佐田建設。Sada Corporation, 1-1-7, Motosouja-cho, Maebashi 371-0846.

1. はじめに

本稿は、南極において恒久観測基地として利用された昭和基地第10居住棟(高床式木質パネル構造：1969年1月建設)の一部を復元・解体し、特にその木質パネルの構成材に観点を置いて、約30年間南極で使用された場合のそれらの耐久性を把握することを目的とした。

2. 調査概要

本調査では、施工性の把握及び劣化状況の観測のため、担当部分(壁および床3パネル分、図2)を再組立し、復元を試みた(図1)。次に、この復元作業を通して各部の劣化状況を目視により観察(調査1)した上で、パネル構成材料のうち、特に枠材と断熱材に関しては、それぞれ木材強度(調査2)と断熱材性能試験(調査3)によってその耐久性を評価した。なお、今回の調査物件は、南極から日本への輸送は、船倉内に収納され、潮風等に当たっていない。また、日本国内はトラックに幌をかけて輸送された。

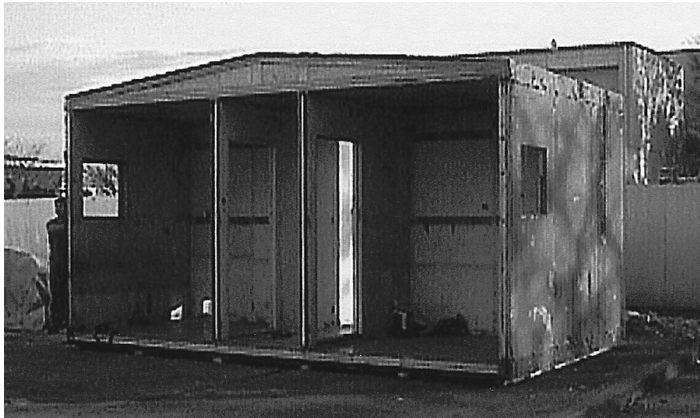


図1 復元写真

Fig. 1. Photo of reconstruction.

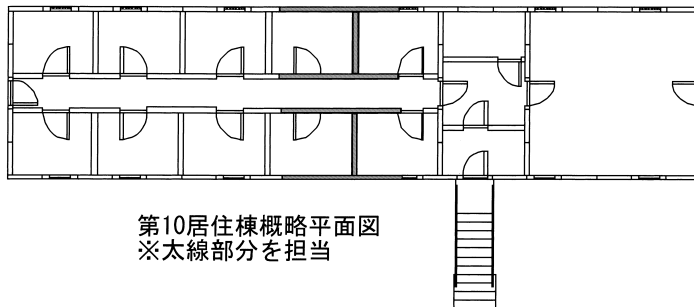


図2 第10居住棟概略平面図(太線部分の劣化状況観測)

Fig. 2. Plan of the old living hut. Parts of the wooden wall used for the test are blackened.

木材試験 (調査2) は枠材 (カナダ檜) に関して, JIS Z 2102, 2111, 2113 に準じて, それぞれ含水率及び比重, 縦圧縮試験, 曲げ試験 (スパン 300 mm の三等分点) を行った. 試験体寸法は, 圧縮で $20 \times 20 \times 40$ (mm), 曲げで $20 \times 20 \times 380$ (mm) とした. 試験体採取部位を図3に, 試験個体数を表1に示す.

断熱材性能試験 (調査3) は, 内壁, 外壁, 床パネル内の断熱材 (スタイロフォーム) について, 図4に示す方法で, 非定常熱線法 (日本熱物性研究会, 1984) により平均温度の上昇状態の時間を測定し, 式 (1) から熱伝導率を算出した. 表2に試験体寸法を示す.

$$\lambda = \frac{Q}{4\pi (\theta_2 - \theta_1)} \ln (t_2/t_1), \quad (1)$$

但し, λ : 熱伝導率 (kcal/mh°C), Q : 発熱量 (kcal/mh), θ_2 : t_2 (時) のときのヒーター部分の

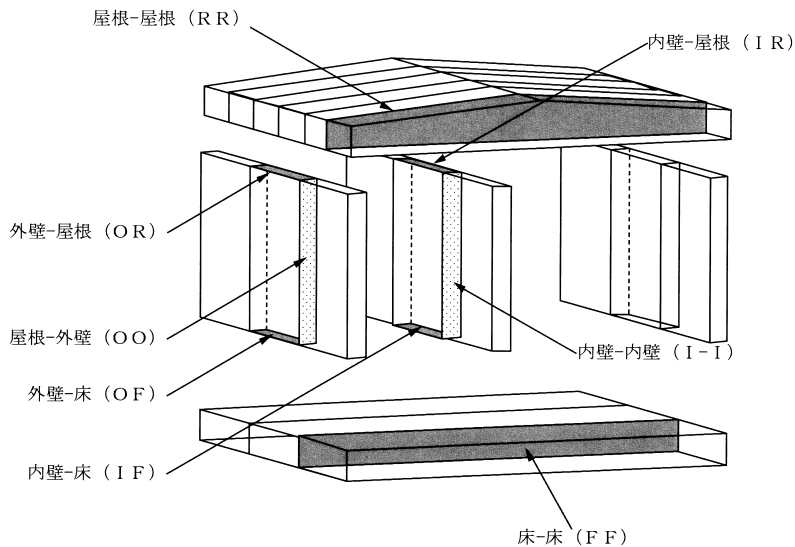


図3 木材試験・試験体採取部位

Fig. 3. Portions of the wooden panel used for the test are blackened.

表1 木材試験・試験個体数

Table 1. Wood test/the number of test for building elements.

部 位	呼び名	個 数	
		圧 縮	曲 げ
内壁-内壁	II	3	3
内壁-床	IF	3	—
内壁-屋根	IR	3	—
外壁-外壁	OO	3	3
外壁-床	OF	3	—
外壁-屋根	OR	3	—
屋根-屋根	RR	3	2
床-床	FF	3	3

注) 「—」は試験体の採取が不可能であった部位を示す.

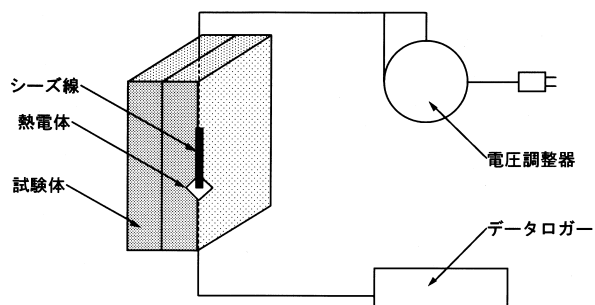


図4 断熱材試験概要

Fig. 4. Outline of the heat insulating material test.

表2 断熱材寸法

Table 2. Dimensions of the heat insulating material.

部 位		長さ (cm)	幅 (cm)	厚さ (cm)
内壁	1	37.5	20.9	7.5
	2	37.5	23.3	7.3
外壁	1	37.3	23.3	7.4
	2	37.3	23.3	7.2
床	1	30.0	20.2	7.5
	2	30.1	20.2	7.6

注) 屋根パネル内の断熱材は、密着に接着されていたため採取不可能であった。

温度 (°C), θ_1 : t_1 (時) のときのヒーター部分の温度 (°C) である。

3. 調査結果及び考察

3.1 目視によるパネル構成材の劣化状況 (調査1)

目視によるパネル各構成材の劣化状況を表3に示す。その劣化状況は部位 (内壁, 外壁, 床, 屋根) により大きく異なる。断熱材を除くすべての構成材において, 屋根パネルが他の

表3 目視による各部の劣化状況

Table 3. Visual evidence of deterioration of building elements.

パネル構成材	部位による差異				その他の特徴
	内 壁	外壁	床	屋根	
枠 材	◎	○	○	×	接合部に近い部分が劣化
心 材	◎	◎	○	○	
ベニヤ	◎	◎	○	○	
トタン	—	○	○	○	
ゴムパッキン	◎	◎	×	×	硬化, 表面に亀裂多数 表面に錆 施行面で精度に欠ける
コネクター	◎	○	—	×	
断熱材	◎	◎	◎	◎	

注) ×: 全体に劣化が激しい, ○: 部分的に劣化, ◎: ほとんど劣化がない。

部位のパネルに比べて激しく劣化しており、逆に内壁パネルではほとんど劣化は見られなかった。外壁パネルはトタンやコネクターの錆や枠材にやや劣化が見られる程度で、復元作業においても支障なく組立てを行うことが可能で、予想以上の劣化は見られなかった。床パネルにおいては、ゴムパッキンの劣化が著しい状態で、再使用のためには交換を必要と思われるが、その他の心材、枠材などは端部のような部分に劣化が生じているだけで比較的健全な状態であった。パネル同士の接合部でもある枠材においてもその差は顕著であったが、どの部位においても枠材全体が均一に劣化しているわけではなく、外壁・屋根パネル接合部 (図 5b)、外壁・床パネル接合部 (図 5c) のように他のパネルとの目地となる端部において劣化が激しく、中央部 (図 5d) は比較的健全であった。また、いずれのパネルも内部側より外部に面する側が劣化していた。パネルの内部構成材となる心材とベニヤは、パネル中央部においてはほとんど劣化は見られず、枠材に近い端部にやや劣化が浸透していた (図 5h)。以上のことから、接合部が弱点であり劣化の起点であることがわかったが、逆に接合部以外は劣化せずに 30 年間耐えたといえる。ゴムパッキンに関して、屋根のパッキンは全体に弾力性はな



図 5 各部の劣化状況

Fig. 5. Deterioration of building elements.

くゴムとしての機能をなくしており、外壁、床においてのパッキン中央部は健全であったものの、その両端部は硬化していた。コネクター及びキャップ(図 5f, g) は外部である屋根、外壁に使用されていたものは表面にかなりの錆が目立ったが断面欠損するほどの腐食はなかった。また、内部のものは比較的健全であった。劣化の一因を推察すると、接合部のコーキングが切れて水分が浸入し、内部の木材部が腐り始めたものと考えられる。なぜなら、接合部以外の箇所はほとんど腐りが見られなかったことによる。断熱材に関しては、どの部位のものも材料自体に劣化はまったく見受けられなかったが、施工の面で隙間があったり、切れ端のような断熱材を使用していることなど、やや精度に欠けていたため(図 5 a, c), もっと精度良く充填することが気密性の向上につながると考えられる。

3.2 木材試験によるパネル枠材の評価(調査 2)

表 4 に部位ごとの試験結果を、図 6, 図 7 に部位ごとの縦圧縮強度と曲げ強度を示す。図 6, 図 7 中の換算値は、次による。木材の強度は、含水率によって変動する。そこで、大岸ら

表 4 木材試験結果
Table 4. Result of wood test.

部 位	強度 (N/mm ²)		曲げヤング係数 (kN/mm ²)	比 重	含水率 (%)	
	圧縮	曲げ			圧縮	曲げ
内壁ー内壁	48.4	87.7	11.7	0.44	9.0	10.5
内壁ー床	39.3	—	—	0.39	12.5	—
内壁ー屋根	46.5	—	—	0.41	10.5	—
外壁ー外壁	46.3	91.9	12.0	0.41	11.0	10.5
外壁ー床	41.4	—	—	0.41	10.0	—
外壁ー屋根	33.4	—	—	0.38	12.0	—
屋根ー屋根	45.5	46.9	7.4	0.44	10.5	11.5
床ー床	40.6	85.6	11.4	0.44	10.0	11.5

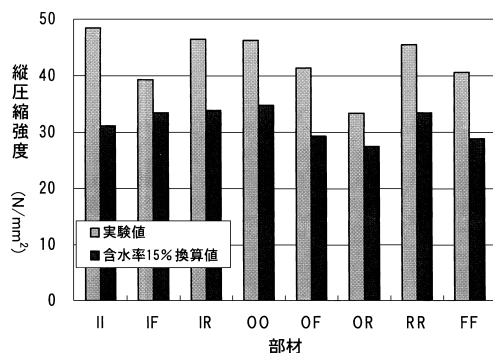


図 6 枠材の縦圧縮試験

Fig. 6. Vertical compression test of the frame material.

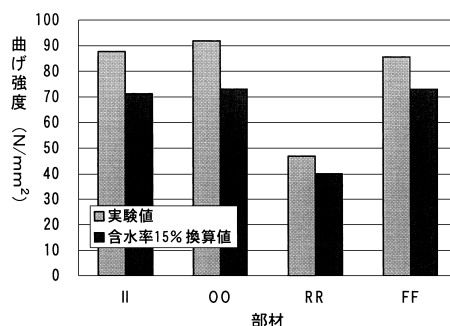


図 7 枠材の曲げ試験

Fig. 7. Flexural strength of the frame material.

表5 木材強度文献値 (狩野, 1967)

Table 5. Literature values of wood strength (Kanô, 1967).

樹 種	強度 (N/mm ²)		曲 げ (kN/mm ²)
	圧 縮	曲 げ	
ヒノキ	50.7	78.8	8.8

(1981) で紹介されている Wilson の含水率と強度の関係式に基づき、実験値を含水率 15% (気乾状態) に換算し、各部位ごとの強度結果が比較できるようにした。Wilson の式は、 $\log F_2 = \log F_1 - m(u_2 - u_1)$ で、 F_1, F_2 はそれぞれ含水率 u_1, u_2 における強度を、 m は実験定数で圧縮が $m = 0.023$ 、曲げが $m = 0.019$ を表す。圧縮、曲げ強度ともに表 5 のヒノキ文献値 (狩野, 1967) と比較すると、どの部位においてもその値が小さいことから、枠材全体が劣化していることがうかがえる。また、図 6 において IF (内壁-床)、IR (内壁-屋根) よりも、OR (外壁-屋根) の値が小さいことから、ここでも外壁側での劣化が激しいといえる。曲げ強度においては、図 7 より RR (屋根-屋根) の値が極端に低いことから、目視観察の結果同様に他の部位に比べて屋根の劣化が激しいことがわかる。

3.3 断熱材の性能評価 (調査 3)

各部位ごとの断熱材の熱伝導率試験の結果を表 6 に示す。この結果、全体的に見て熱伝導率に若干の差はあるが、部位による際立った差は見られない。実際、前述の通り目視の段階でもその劣化は見られなかったが、スタイロフォームの標準の熱伝導率は 0.031 (kcal/mh°C) (伊藤ら, 1989) であり、約 30 年間南極で使用していたにもかかわらずその値がほとんど一致することから、断熱材は劣化していないと推察できる。

表6 部位別断熱材の熱伝導率 単位：(kcal/mh°C)

Table 6. Thermal conductivity of the heat insulating material for building elements.

部 位	1 回目	2 回目	平 均
内壁	0.036	0.031	0.034
外壁	0.029	0.030	0.030
床	0.032	0.032	0.032

4. ま と め

本調査により、南極における木質パネル構成材の耐久性に関して以下のことが明らかになった。

- 1) 壁や床に比べて屋根パネルの劣化が最も激しい。
- 2) 極地という厳しい条件下では、パネル構成材の耐久性は特にパネル間の接合部に大きく起因する。

- 3) 室内部やパネル内部材は、30年間使用してもほとんど劣化しない。

文 献

- 伊藤克三・中村 洋・桜井美政・松本 衛・榎崎正也 (1989): 大学課程建築環境工学. 東京, オーム社, 151-155.
狩野春一 (1967): 大学課程建築材料. 仕入豊和・向井毅編, 東京, オーム社, 17-19.
日本熱物性研究会 (1984): 熱物性資料集. 養賢堂, 9-10.
大岸佐吉・笠井芳夫・岸谷孝一 (1981): 現代建築材料工学. 東京, オーム社, 59-64.

(2001年7月16日受付; 2002年1月28日改訂稿受理)