我が国における建築用断熱材の変遷

—現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究—

DEVELOPMENT OF HEAT INSULATING MATERIALS FOR BUILDINGS IN JAPAN

Research on development of modern building components

真鍋恒博*, 千羽範尚**, 小野真沙美***

Tsunehiro MANABE, Norihisa CHIBA and Masami ONO

Many kinds of components, materials and building systems are changing according to the alteration of building systems due to several reasons. However, the changes of ordinary components are rarely recorded in detail. In this study, we grasped the outline of development of heat insulating materials. In Japan, it is in the 1950s that heat insulating materials began to be used generally. They were used in the residence in Hokkaido. When the 1960s came, heat insulating materials of synthetic resin foaming was developed, and it spread quickly. By its appearance, the cement bonded wood-wool and frake board is no longer used for the purpose of heat insulation. Recently, material development in consideration of the environmental problem, such as formation of non chlorofluocarbon of heat insulating materials of synthetic resin foaming, is performed.

Keywords : Development, Materials, Building System, Heat Insulating Materials

変遷、材料、構法、断熱材

1. 研究の背景・目的

建築には多種多様な部品や材料が用いられており、それらのものは出現当初と比較すると様々な点で変化している。ものの変化の記録を残すことは今後の開発・発展のためにも重要であるが、ごく普通に使用されていたものについては、その時代の建築構法を代表するものでありながら、詳細な記録が残されていることは少ない。真鍋研究室ではこうした一般的に用いられてきた部品や材料の変遷を記録するために、一連の調査を行っている^{※1)}。本研究はその一環として、建築用断熱材について調査したものである^{※2)}。本稿では調査結果の概略を示す。

2. 研究対象

本研究では、建築部位(屋根・壁・床)に使用される断熱材全般を研究対象とした。特に、製品として発売された断熱材を主な研究対象とした。

断熱材は文献によって様々な定義が存在し、明確に断熱材の範囲を規定するものはない。材料には熱抵抗という属性があることを考えると、全ての材料は断熱材になり得ると言えるからである。断熱材の目安となると考えられる熱伝導率の基準値をみても、文献によって異なっているのが現状である。以下に定義の例を示す。

①次世代省エネルギー基準^{※3)}における断熱材の定義

- ・熱伝導率で $0.06\text{W/m}\cdot\text{K}$ ($0.052\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$)以下のもの

②JASS 24 断熱工事標準仕様書^{※4)}における断熱材の定義

- ・その材自体によって、必要な断熱性能を得るための主体を担う材料
- ・一般的に熱伝導率が $0.15\text{W/m}\cdot\text{K}$ ($0.13\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$)の材料を断熱材と呼んでよい。

③空気調和衛生工学便覧^{※5)}における断熱材の定義

- ・建築設備・プラント用諸装置において、断熱を目的として使用する材料を、総称して「保温材」と呼んでいるが、同一の材料を使用する場合、建築物の断熱では「断熱材」と呼び、…(以下略)

省エネルギー基準は、断熱材料・構法の発展に大きく影響を与えていると考えられることから、本研究では、省エネルギー基準の定義にならい、熱伝導率 $0.06\text{W/m}\cdot\text{K}$ ($0.052\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$)以下の材料を断熱材と定義した。ただし、文献調査や企業調査をもとに各材料の使用実態も考慮し、表1に挙げたものを研究対象とした。また下表以外に、現在は断熱材として認識されていないが、過去に断熱材として使用されていた建材(インシュレーションボードや木毛セメント板など)も研究対象とした。

* 東京理科大学工学部建築学科 教授・工博

** ㈱大林組 工修

*** 東京理科大学大学院工学研究科 大学院生

Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.

Obayashigumi, Co., Ltd., M. Eng.

Graduate Student, Graduate School of Tokyo Univ. of Science

分類		名称	
繊維系	鉱物系	グラスウール	
		ロックウール	
	植物系	木質系	セルロースファイバー
			パイン材木質繊維
		植物草茎系	フラックス(亜麻)繊維
			ハンフ(大麻)繊維
	動物系	ウール	
発泡系	その他	ポリエステル繊維	
	発泡系	硬質ウレタンフォーム	
		ポリエチレンフォーム	
		押出法ポリスチレンフォーム	
		ビーズ法ポリスチレンフォーム	
		ポリプロピレンフォーム	
		フェノールフォーム	

表1 断熱材の分類

3. 研究方法

本研究でも、前述の一連の研究と同様の手法で調査を行った。まず、研究対象を明確にするために、材質や形状によって断熱材の分類を行った(表1)。そして文献・雑誌・カタログ(単行本72冊、日経アーキテクチュア(1975～1990年)、メーカー9社の社史、4団体の業界史、メーカー86社のカタログ)から、断熱材及びそれに準ずる材料についての記述や図面を収集した。また断熱材の製造業者に対するアンケート調査(72社、4団体)、ヒアリング調査(15社、5団体)、工場調査(2社)を行った。さらに、断熱材を選択・採用し、各種の断熱構法開発を行ってきたハウスメーカーに対してもヒアリング調査(9社)を行った。

4. 変遷の概略

4-1. 概要

以上の方法によって、我が国における建築用断熱材の変遷の全体像を把握することができた。以下に調査結果の概略を、繊維系断熱材と発泡系断熱材に分けて記す。なお、本稿では主に「材料」に着目して記述を行い、断熱複合版や断熱構法については、材料の適用例として主なものを例示するに留めた。

4-2. 繊維系断熱材の変遷

1) 鉱物繊維系断熱材の工業生産化

我が国では耐熱性に優れた石綿(アスベスト)が国内であまり産出されないので、その代用品として、1929(S04)年頃に岩綿(ロックウール)の研究が開始された。ロックウールは1938(S13)年に日東紡績(株)と日本アスベスト(株)により工業生産化された²⁶⁾。グラスウールは、1930(S05)年頃に特殊蓄電池用隔離板として研究が進められ²⁷⁾、1936(S11)年頃に旭硝子(株)により工業生産化された²⁸⁾。ロックウールは、当初は建築用ではなく海軍艦船の保温材に使用されていたが、戦後になって進駐軍のカマボコ兵舎に建築用断熱材として使用され始めた²⁹⁾(図1)。

1950年代後半になると、生産設備の拡充や加工設備の自動化など

によって、鉱物繊維系断熱材の大量生産が可能になった。1955(S30)年頃には、ロックウールのバインダーがアスファルトからフェノール樹脂に変更されたことにより、重量が従来の3分の1になり、断熱性能も大幅に改善された³⁰⁾。

図1 カマボコ兵舎とそれに使用されたロックウールフェルト³¹⁾

2) 寒冷地住宅の断熱化

1950(S25)頃になると、北海道で断熱材に大鋸屑や初殻などを使用した下見板張り木造住宅が登場した³²⁾。これは、防寒のために下見板と内壁の間や2重張りにした床板の間に大鋸屑を詰め込むものであった³³⁾(図2)。また、同様の目的で木毛セメント板や木片セメント板も使用されていた³⁴⁾。さらに、1953(S28)年に「北海道防寒住宅建設等促進法」が制定されたことによって住宅の断熱化が進み、1960年代になると25mm厚のグラスウールが断熱材として使用されるようになった³⁵⁾。

1969(S44)年には「北海道防寒住宅建設等促進法」が改正された。この頃、開放型暖房器具の普及に伴って表面結露が問題になっており、頻発する結露被害の解消と暖房を切った後でも室温を0℃以上に保つことを目標に、我が国で初めて断熱基準が示された。その結果1970(S45)年頃には50mm厚のグラスウールが使用され始めるなど、断熱材の厚みは次第に増大した³⁶⁾。

図2 大鋸屑の利用例³⁷⁾

3) 住宅用断熱材の登場

1960年代後半には一般住宅用に特化した断熱材の開発が盛んに行われた。まず、1965(S40)年にマット状の住宅用ロックウール『ホームマット』が開発された³⁸⁾(図3)。これは4面をクラフト紙で覆い、室内側のクラフト紙にアスファルト処理を施すことによって防湿性をもたせた耳付の製品であった³⁹⁾。また1966(S41)年には、片面にアスファルトクラフト紙を用いたロール状の住宅用グラスウール『ハウスロン25』が開発された⁴⁰⁾。ロール状の製品は現場での切断が必要であったため、グラスウールについてもマット状の製品(製品名『マットエース』)が1971(S46)年に開発された⁴¹⁾。

当時のカタログを見ると、壁部分では、外壁の下見板を取り付けた後に、断熱材を室内側から施工していることがわかる。室内側から外壁の下見板に断熱材を押し付けて、柱や間柱の横から断熱

材の耳を釘やタッカーで止めている^{注22)}(図4)。また、床にはあらかじめ根太の下に合板や金網などを張っておき、その上に断熱材を敷くなど^{注23)}(図5)、現在のように気密性を重視していなかったことがわかる。

図3 住宅用ロックウール『ホームマット』^{注24)}

図4 木造住宅の壁における断熱材使用例^{注25)}

図5 木造住宅の床における断熱材使用例^{注26)}

4) 繊維系断熱材を使用した複合版の例

1964(S39)年に、着色亜鉛鉄板に厚さ9mmのインシュレーションボードを裏打ちした金属サイディングが我が国で初めて発売された(製品名『藤パーフェクトウォール』)。インシュレーションボードは安価で断熱性能に優れていたため裏打ち材に使用されたが、吸水性が高く表面材の錆を誘発した^{注27)}。そこで1970(S45)年頃にはグラスウールを裏打ち材とした製品が開発されたが、グラスウールは金属板との接着が悪く、自重で下に落ちるという問題があった^{注28)}。そのため1974(S49)年に硬質ウレタンフォームを裏打ち材とした製品(製品名『秀壁』)が発売されると、グラスウールは裏打ち材としては次第に使用されなくなった^{注29)}。

5) 公団住宅への採用

1966(S41)年から、RC造の公団住宅でも、結露防止のために断熱材が使用され始め^{注30)}、ポリスチレンフォームを使用した「S1工法」や「G1工法」が採用された^{注31)}(図6)。「G1工法」は壁面に取り付けた胴縁の間に25mm厚のグラスウールやロックウールを押し込み、表面をポリエチレンフィルムで防湿する構法であったが、躯体と断熱材の間の結露によって断熱性能が低下することが確認されたため、1980(S55)年には採用されなくなった^{注32)}。

図6 公団住宅へのグラスウール利用例^{注33)}

6) 住宅用断熱材の普及

1970年代になると、2度にわたるオイルショックの影響で省エネルギー意識が高まり、住宅用断熱材の使用が急激に増加した^{注34)}(図7)。1979(S54)年には「JIS A 9521(住宅用ロックウール断熱材)」^{注35)}と「JIS A 9501(住宅用グラスウール断熱材)」が制定されるなど^{注36)}、規格の整備も行われた。

また、1979(S54)年にグラスウールの製造機械が、大量の燃焼ガスを使用する「火焰吹付け法」から、回転容器の遠心力を利用する「遠心法」に改良された。これにより、製造過程の大幅な省エネルギーとコストダウンが実現し、ショット(ガラスの玉)がない高品質の製品が製造できるようになった^{注37)}。

図7 フェルト状グラスウールの国内販売量の推移グラフ^{注38)}

7) 吹込み用断熱材の開発

1977(S52)年に東洋岩綿工業㈱によって日本初の吹込み用グラスウール(20kg/m³, λ = 0.045kcal/mh°C)が開発され^{注39)}、翌1978(S53)年には十条製紙㈱によって古紙やパルプを原料としたセルロースファイバー(30kg/m³, λ = 0.030kcal/mh°C)が工業生産化された(製品名『ジェットファイバー』)。セルロースファイバーの吹込み構法は、住宅に住みながら断熱改修ができるため、既存住宅の断熱改修に使用できること、施工時にちくちくしないことなどの利点があり、主として北海道で採用された^{注40)}。

8) 新製品・構法の開発

1979(S54)年には新築住宅の断熱工事に対して住宅金融公庫の割増融資制度が適用されるようになり^{注41)}、翌1980(S55)年には省エネルギー基準が制定されるなど^{注42)}、断熱性能の要求水準が徐々に高まった。北海道では、在来木造住宅の壁に要求される断熱性能を10kg/m³のグラスウールで得るためには厚さが110mm必要になり壁体内に納まりきらないという問題が発生した^{注43)}。

1984(S59)年に東洋岩綿工業㈱によって、7~8 μ だったグラスウールの繊維径を4~5 μ と細くした「高性能グラスウール」が開発された。従来のグラスウールの熱伝導率は0.039kcal/mh $^{\circ}$ C(16kg/m 3)であったのに比べ、高性能グラスウールは0.033kcal/mh $^{\circ}$ C(同密度)であった^{注44)}。

さらに、1987(S62)年には従来の間柱の間に断熱材を充填する方法に加え、ボード状の繊維系断熱材を外側に張り付ける「外張り(付加)断熱構法」が開発された^{注45)}。

一方で、要求性能の向上に対応できなくなった材料もみられた。インシュレーションボードは、以前は断熱用の下地材や内装仕上材として主に使用されていたが、1980年代後半になると、主に畳床に使用されるようになった^{注46)}(図8)。現在ではインシュレーションボードが断熱材として使用されることはほとんどなく、JASS 24・断熱工事標準仕様書では「断熱補助材」として扱われている^{注47)}。

図8 インシュレーションボードの用途別出荷割合の推移^{注48)}

9) 構法面での改良

従来^{注49)}の床断熱構法は、根太の下に合板などを受け材として取り付け、その上に断熱材を乗せるのが一般的な方法であった(前述)^{注50)}。しかしこの構法では、受け材のピッチが大きいとグラスウールやロックウールが垂れてしまうという問題があった。さらに湿気の吸収による断熱性能の低下の問題があることなどから、1980(S55)年頃になると本州における^{注51)}床用断熱材としてはボード状の合成樹脂発泡系断熱材が使用されるようになった^{注52)}。

1980年代に入ると、壁内の室内側に防湿・気密層、室外側に透湿層・通気層を設けて壁体内結露を防止したり、外壁の上下端部の取合い部に通気止めを設けて壁内の気流を止めたりするようになった^{注53)}(図9)。

図9 木造住宅の壁における断熱材利用例^{注54)}

10) 自然素材を利用した繊維系断熱材の輸入

1990年代になると環境問題への関心が高まり、自然素材を利用した繊維系断熱材が輸入され始めた。例えば、1996(H08)年にニュージーランドからウール断熱材『洋くん』が^{注55)}、1997(H09)年にはフィンランドからパイン材木質繊維断熱材『LIVE WOOL』が輸入された^{注56)}。その他にもフラックス(亜麻)繊維やハンプ(大麻)繊維が輸入され、断熱材として利用された^{注57)}。また、1998(H10)年にはペットボトルをリサイクルしたポリエステル繊維断熱材が登場した^{注58)}。

11) 住宅用断熱材の改良

1990年代後半に省エネルギー基準が改正され、寒冷地以外においても気密性能の基準が示されたことから、断熱材の需要はさらに増加した。ロックウール製品の表面被覆がクラフト紙からポリエチレンフィルムに変更され、防湿性能が向上するなど、住宅用断熱材の改良も進んだ^{注59)}(図10)。さらに、それまでの製品は端部が切りっぱなしであったので、1999(H11)年にフィルムで全面バックしたロックウール製品が開発された^{注60)}。

2002(H14)年10月には、パラマウント硝子工業㈱が柱間方向に収縮するグラスウールの縦繊維製品を開発した。縦繊維にすることによってグラスウールがアコーディオン状に伸縮自在になり、一定の間隔とは限らない間柱と間柱の間にもすきまなく納まるようになった^{注61)}。このように、様々な改良を経て、繊維系断熱材は現在も、建築用断熱材として主要な位置を占めている。

図10 表面被覆にポリエチレンフィルムを用いたロックウール製品^{注62)}

4-3. 発泡系断熱材の変遷

1) 合成樹脂発泡系断熱材の工業生産化

我が国の合成樹脂発泡系断熱材は、1954(S29)~1965(S40)年にかけて工業生産化され、炭化コルクに代わる製品として冷凍庫の保温や保冷を目的として使用され始めた。まず、1954(S29)年に内山工業㈱によってビーズ法ポリスチレンフォーム(製品名『プラスフォーム』)が工業生産化された^{注63)}。当初はドイツのBASF社から輸入した原料ビーズが使用されていたが、1962(S37)年には油化バーディッシュエ㈱によって原料のビーズも完全に国産化された^{注64)}。また、1955(S30)年にMTP化成㈱によって硬質ウレタンフォームの製造が^{注65)}、1962(S37)年に旭ダウ㈱によって押出法ポリスチレンフォーム(製品名『スタイロフォーム』)の製造が開始された^{注66)}。初期の合成樹脂発泡系断熱材は燃え易く、建材として使用するには難燃化する必要があったので、1963(S38)年にビーズ法ポリスチレンフォーム用の自己消火性ビーズが国産化され^{注67)}、1965(S40)年には難燃性ポリウレタンフォーム(イソシアヌレートフォーム)の研究が開始さ

れた^{注68)}。1969(S44)年には畳下地用のビーズ法ポリスチレンフォーム『ネダフォーム』が開発されるなど、合成樹脂発泡系断熱材はRC造住宅用として普及し始めた^{注69)}(図11)。

図11 『ネダフォーム』^{注70)}

2) 発泡系断熱材を使用した断熱複合版の例

1971(S46)年10月に大同鋼板㈱(現在の日鉄鋼板㈱)が西ドイツのヘッシュ社からの技術導入によって、我が国で初めて硬質ウレタンフォームを鋼板で挟んだサンドウィッチパネル『イソバンド』の製造を開始した^{注71)}。さらに、1974(S49)年にはアイジー工業㈱が国産として初めて硬質ウレタンフォームを裏打ち材とした金属サイディング『秀壁』の製造を開始した。硬質ウレタンフォームは自然融着するので金属板となじみがよく軽量であったので、広く普及した^{注72)}。1975(S50)年には難燃性のイソシアヌレートフォームを芯材に使用した『イソバンドⅡ種』が発売された^{注73)}。また、1981(S56)年10月には屋根用の『イソダッハ』が発売された^{注74)}(図12)。

図12 『イソバンド』と『イソダッハ』^{注75)}

3) 製造機械の省エネルギー化

1970年代のオイルショック後には、繊維系断熱材と同様に、発泡系断熱材も製造設備の省エネルギー化が進められた。例えば1980(S55)年に、ビーズ法ポリスチレンフォームの製造機械として、真空成型機が登場した。従来は水冷によって発泡成形後の型枠や成品を冷やしていたが、真空冷却を利用することで、製造エネルギーが大幅に削減された^{注76)}。

4) RC造住宅への採用

1966(S41)年から公団住宅で「S1工法」や「G1工法」が採用されていた(前述)。「S1工法」にはポリスチレンフォームとコンクリートが密着しにくいといった問題があったため、1981(S56)年に「S1工法」の接着剤を改良した「S1-RC工法」が採用された^{注77)}(図13)。

図13 公団住宅へのポリスチレンフォーム利用例^{注78)}

5) 木造住宅の床への採用

この頃、一般的に木造住宅の床に用いられていた繊維系断熱材には、垂れ下がりや防湿性の問題があった。そのため1980(S55)年頃になると、本州では床用断熱材がマット状の繊維系断熱材からボード状の合成樹脂発泡系断熱材に移行した(前述)。そこで、スリットを入れることによって伸縮性を持たせ、根太間に納まり易くした木造床下地用ビーズ法ポリスチレンフォーム製品『スチロテクト』が開発された^{注79)}(図14)。この他にも、硬質ウレタンフォーム製品『アキレスV-1ボード』^{注80)}や押出法ポリスチレンフォーム製品『根太ボード』(図15)、ポリエチレンフォーム製品『サニーライト』^{注81)}など、スリット入り製品が多数開発された^{注82)}。

また、合成樹脂発泡系断熱材が床用断熱材として定着するようになると、撥水性を持たせたボード状の繊維系断熱材が開発され、湿気を吸収して断熱性能が低下するという欠点が改善された^{注83)}。

さらに、受け脚のあるビーズ法ポリスチレンフォーム製品『木造住宅用床断熱フォーム』^{注84)}や連結テープで一体化した押出法ポリスチレンフォーム製品『パタパタ』等が開発され、床部分でも断熱材を室内側に密着させる工夫が行われるようになった^{注85)}。

図14 『スチロテクト』^{注86)}

図15 『根太ボード』^{注87)}

6) 新たな構法の開発

1981(S56)年頃には、油化バーディッシュ㈱がポリスチレンフォ

ームを使用した『YB外断熱工法』を開発するなど、様々なRC造の外断熱構法が開発された^{※86)}。また、1984(S59)年に、ダウ化工機によって押出法ポリスチレンフォーム2層外張り構法を導入した『SHS(スタイロハウスシステム)』の住宅が開発され、外張り断熱構法の先駆けとして注目された。その後、1987(S62)年頃に押出法ポリスチレンフォームの内側に気密シートを貼ることにより気密性を向上させた『SHS-2』が開発された^{※89)}。さらに1990(H02)年には硬質ウレタンフォームのラミネートボードを使用した『アキレス外張り構法』も開発された^{※90)}。

7) 環境問題への対応と新しい断熱材の開発

合成樹脂発泡系断熱材の最も重要な課題としてノンフロン化が挙

げられる。押出法ポリスチレンフォームには特定フロン(CFC)の使用規制が始まる前の1990(H02)年に、ダウ化工機によって代替フロンが使用されるようになった。また、2000(H12)年に押出法ポリスチレンフォーム3種のノンフロン化技術が実現された^{※91)}。硬質ウレタンフォームには1990(H02)年から代替フロンが使用されるようになった^{※92)}。芯材に硬質ウレタンフォームを使用しているサンドウィッチパネルは2003(H15)年に完全にノンフロン化された^{※93)}。さらに、開発当初からフロンを使用していなかったビーズ法ポリスチレンフォームは、2001(H13)年に低VOC型原料ビーズが開発され、環境問題への対応が図られた^{※94)}。近年では、1993(H05)年にポリプロピレンフォームが開発され^{※95)}、2000(H12)年にはフェノールフォームが開発されるなど、様々な断熱材の開発が行なわれている^{※96)}。

図17 建築用断熱材の変遷の概略

■研究のまとめ・考察

1950(S25)年頃に大鋸屑や粉殻が寒冷地住宅に使用されて以来、様々な断熱材が開発され、新製品や新構法の開発が行われた。それらの断熱材料・構法の開発経緯の全体像として、

①1960年代にポリスチレンフォームや硬質ウレタンフォームなどの断熱性能の良い合成樹脂発泡系断熱材が登場したことにより、木毛セメント板のような熱伝導率 $0.09\text{W/m}\cdot\text{K}$ ($0.08\text{kcal/mh}^\circ\text{C}$)以上の材料は、断熱用途には使用されなくなったこと

②1970年代のオイルショックの影響によってビーズ法ポリスチレンフォームの真空成形機やグラスウールの遠心法が開発されるなど、製造機械の省エネルギー化が図られたこと

③1980年代には断熱性能の要求が高まったために、材が厚手化したこと。また、木造の外張り断熱構法が開発されたこと

④近年では合成樹脂発泡系断熱材の低VOC化やノンフロン化、自然素材の繊維系断熱材の輸入など、環境問題に配慮した材料開発が行われていること

などが把握できた。また、床に使用するために撥水性をもたせたボード状の繊維系断熱材が開発されるなど、欠点を克服しつつ進められた開発の経緯も把握することができた(図17)。

本研究の実施にあたっては、多くの企業・団体等の関係者に、アンケートやヒアリング、資料提供など、多大な協力をいただいた。また本研究をまとめるにあたっては、川西裕也君、善如さつき君、武井俊樹君(東京理科大学卒業生)らの努力が大であった。ここに記して感謝の意を表す。

注

- 1) 部品・構法の変遷に関しては文献1~9などがある。
- 2) 本研究は、文献10を補足・発展させたものである。
- 3) 文献11, p. 304による。
- 4) 文献12, p. 1, 22による。
- 5) 文献13, p. 13による。
- 6) 文献14, p. 22, 24による。
- 7) 文献15, p. 67による。
- 8) 文献16, p. 1による。
- 9) 文献14, p. 29及び日東紡績㈱に対するヒアリング調査による。
- 10) 文献18, p. 29及び日東紡績㈱に対するヒアリング調査による。
- 11) 文献17, p. 64及び文献18, p. 22による。
- 12) 文献19, p. 78による。
- 13) 文献20, p. 21による。
- 14) 文献21, p. 140及び全国木質セメント板工業組合に対するヒアリング調査による。
- 15) 文献22, p. 401及び文献22, p. 37による。
- 16) 文献22, p. 37による。
- 17) 文献20, p. 21による。
- 18) 文献17, p. 126及びニチアス㈱に対するヒアリング調査による。
- 19) 文献17, p. 126及びニチアス㈱に対するヒアリング調査による。
- 20) パラマウント硝子工業㈱に対するヒアリング調査による。
- 21) 旭ファイバーグラス㈱に対するアンケート調査による。
- 22) 文献22, p. 398及び文献23, p. 11による。
- 23) 文献24, p. 12による。
- 24) 文献24, p. 1及び文献24, p. 3による。
- 25) 文献24, p. 9による。
- 26) 文献24, p. 12及び文献24, p. 3による。
- 27) 文献26, p. 196による。
- 28) 日本サイディング工業会に対するヒアリング調査による。

- 29) 文献27, p. 149及び日本サイディング工業会に対するヒアリング調査による。
- 30) 文献22, p. 382による。
- 31) ダウ化学工業㈱に対するヒアリング調査による。
- 32) 都市基盤整備公団に対するヒアリング調査による。
- 33) 文献28, p. 16による。
- 34) 文献29, p. 1による。
- 35) 文献14, p. 56による。
- 36) 日東紡績㈱に対するヒアリング調査による。
- 37) パラマウント硝子工業㈱に対するヒアリング調査による。
- 38) 文献29, p. 1による。
- 39) パラマウント硝子工業㈱に対するヒアリング調査による。
- 40) 文献30, p. 40による。
- 41) 文献23, p. 135による。
- 42) 文献31, p. 11による。
- 43) 文献32による。
- 44) パラマウント硝子工業㈱に対するヒアリング調査による。
- 45) パラマウント硝子工業㈱に対するヒアリング調査による。
この頃ボード状の発泡系断熱材の外張り(付加)断熱構法も普及していた。
- 46) 文献33, p. 1による。
- 47) 文献12, p. 24による。
- 48) 文献33, p. 1による。
- 49) 4-2 3)などを指す。
- 50) この受け材を使用する方法は取り付けに手間がかかり、材質によっては腐食などの問題があった。そこで、1979(S54)年頃にマックス㈱とパラマウント硝子工業㈱が開発した「ライン工法」のように、様々な工夫がなされた。これは、受け材として 0.7mm 径のナイロン紐を根太間にジグザグに張るもので、腐食の心配がないことや、コストが従来の約10分の1ですむことなどの特徴をもっていた(図18)。

図18 ライン工法

文献34, p. 126による。

- 51) 北海道では現在も、床用断熱材として主にグラスウールが使用されている。文献23, p. 134及びエス・バイ・エル㈱に対するヒアリング調査による。
- 52) 文献34, p. 126による。
- 53) 文献35, p. 20による。
- 54) 文献35, p. 20による。
- 55) 自然の住まい㈱に対するアンケート調査による。
- 56) ㈱TALO・インターに対するアンケート調査による。
- 57) ㈱イケアコーポレーション及びビオイノファに対するアンケート調査による。
- 58) エンデバーハウス㈱に対するアンケート調査による。
- 59) ニチアス㈱に対するヒアリング調査による。
- 60) 日東紡績㈱に対するヒアリング調査による。
- 61) パラマウント硝子工業㈱に対するヒアリング調査による。
- 62) 文献37による。
- 63) 文献38, p. 76による。
- 64) 文献39, p. 282による。
- 65) 文献27, p. 16による。

- 66) 文献40, p. 154及びダウ化工機に対するヒアリング調査によると、『スタイロフォーム』は、旭ダウ機が海外から技術を導入して国内で初めて製造を開始した製品である。
- 67) 三菱化学フォームプラスチック機に対するヒアリング調査による。
- 68) 文献27, p. 41による。
- 69) 三菱化学フォームプラスチック機に対するヒアリング調査による。
- 70) 文献41, p. 3による。
- 71) 日鉄鋼板機に対するアンケート調査による。
- 72) 文献27, p. 149による。
- 73) 日鉄鋼板機に対するアンケート調査による。
- 74) 日鉄鋼板機に対するアンケート調査による。
- 75) 文献42, p. 4による。
- 76) 三菱化学フォームプラスチック機に対するヒアリング調査による。
- 77) 都市基盤整備公団に対するヒアリング調査による。
- 78) 文献43, p. 25による。
- 79) 三菱化学フォームプラスチック機に対するアンケート調査による。
- 80) 文献44, p. 175による。
- 81) 旭化成機に対するヒアリング調査による。
- 82) 文献45, p. 1による。
- 83) パラマウント硝子工業機に対するヒアリング調査による。
- 84) 文献46, p. 1による。
- 85) 機アイフルホームテクノロジーに対するヒアリング調査による。
- 86) 文献47, p. 3による。
- 87) 文献48, p. 1による。
- 88) 文献49, p. 173による。
- 89) ダウ化工機に対するヒアリング調査による。
- 90) アキレス機に対するアンケート調査による。
- 91) ダウ化工機に対するヒアリング調査による。
- 92) 文献27, p. 41による。
- 93) 日鉄鋼板機に対するヒアリング調査による。
- 94) 三菱化学フォームプラスチック機に対するアンケート調査による。
- 95) 機JSPに対するヒアリング調査による。
- 96) 旭化成機に対するヒアリング調査による。
- 97) 次世代省エネルギー基準では、 $0.06\text{W/m}\cdot\text{K}$ ($0.052\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$) 以下の材料を断熱材と定義している(前述)。
- 築学会計画系論文第573号, pp. 33~40, 2003. 11.
- 10) 千羽範尚、真鍋恒博：我が国における建築用断熱材の変遷 - 現代の建築部品・構法の変遷史, 日本建築学会大会学術講演梗概集(E-1), pp. 673~674, 2003. 9.
- 11) 住宅の省エネルギー基準の解説, (財)建築環境・省エネルギー機構, 2002. 6.
- 12) 建築工事標準仕様書・同解説24 断熱工事, (財)日本建築学会, 1988. 4.
- 13) 第12版 空気調和・衛生工学便覧5 材料・施工・維持管理篇, (社)空気調和・衛生工学会, 1995. 3.
- 14) ロックウール工業会50周年記念誌, ロックウール工業会, 1999. 6.
- 15) 硝子繊維 その軌跡と展望, 硝子繊維協会, 1986. 12.
- 16) 設計価格表(カタログ), 旭ファイバーグラス機
- 17) ニチアス株式会社百年史, チアス株式会社, 1996. 11
- 18) ロックウール30年のあゆみ, ロックウール工業会, 1968. 12.
- 19) 2025年北海道のすがた-人口減少・少子高齢化社会における課題-, 北海道自治政策研修センター, 2001. 4.
- 20) 寒地住宅の手引, 北海道建築部, 1954. 9.
- 21) 住まいの断熱読本:夏・冬の穏やかな生活づくり, 北海道外断熱建築協議会, 2001. 2.
- 22) 建設省総合技術開発プロジェクト=省エネルギー住宅システムの開発=, (財)住宅・建築 省エネルギー機構, 1983. 3.
- 23) 省エネルギーと快適環境を求めて (財)住宅・建築 省エネルギー機構 10年のあゆみ, (財)住宅・建築 省エネルギー機構, 1990. 12. *
- 24) 新しい・住宅用断熱材ホームマットの使い方, ニチアス株式会社
- 25) 燃えない住宅用断熱材・防音材, 日東紡績建材機
- 26) 建築材料全集第2巻, 日本産業調査出版社, 1968
- 27) ポリウレタンフォーム—二十五年—, 武蔵野書房
- 28) ニットーボーロックファイバー(カタログ), 日東紡績建材機
- 29) 硝子繊維の販売数量及び販売額推移, 硝子繊維協会, 2001. 7.
- 30) 断熱建材ハンドブック, 断熱建材協議会, 1994. 4.
- 31) グラスウール断熱材と住宅の新省エネルギー基準, 硝子繊維協会
- 32) わかりやすい建築技術 省エネルギー基準による建築の断熱と結露対策, 鹿島出版会, 1982. 2.
- 33) インシュレーションボード用途別出荷推移, 日本繊維板工業会
- 34) 日経アーキテクチュア 1979 6-25
- 35) 住宅用総合カタログ2002(カタログ), パラマウント硝子工業機
- 36) 建築知識 2003年11月号
- 37) ホームマット(カタログ), ニチアス機
- 38) ウチヤマ100年史, 内山工業機, 1999. 3
- 39) 74 建材年鑑—激動の建材・設備機器産業の実態と展望—, (社)日本建設材料協会, 1974. 11
- 40) 住宅関係主要建材産業の概況, 通産省窯業建材課, 1969. 6
- 41) ネダフォーム(カタログ), 三菱油化機
- 42) COMPANY PROFILE(カタログ), 日鉄鋼板機
- 43) スタイロフォーム(カタログ), ダウ化工機
- 44) 日経アーキテクチュア 1982 9-27
- 45) 床断熱フォーム(カタログ), ダウ化工機
- 46) スタイロフォームの床断熱(カタログ), ダウ化工機
- 47) スチロテクト(カタログ), 三菱化学フォームプラスチック機
- 48) 根太ボード(カタログ), ダウ化工機
- 49) 日経アーキテクチュア, 1981 9-14

(2004年7月7日原稿受理, 2004年12月17日採用決定)

参考文献

- 1) 真鍋恒博、馬越雅治、清水悟、高下聡子：浴室ユニットの変遷の概要—現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文第469号, pp. 123~130, 1995. 3.
- 2) 真鍋恒博、馬越雅治、高下聡子：我が国における金属製ノンスリップの変遷の概要—現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究 その2, 日本建築学会計画系論文第478号, pp. 113~119, 1995. 12.
- 3) 真鍋恒博、永井真吾、刀柵大州：戸建住宅における建築部品の耐用年数に関する研究, 日本建築学会計画系論文第496号, pp. 113~118, 1997. 6.
- 4) 真鍋恒博、池田真啓、船井雄一郎：我が国におけるビル建築のプラスチック系床材及びカーペットの変遷—現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文第521号, pp. 147~152, 1999. 7.
- 5) 真鍋恒博、船井雄一郎：事務所建築及び集合住宅における部位別仕上構法の採用率の変遷に関する調査研究—現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文第525号, pp. 145~151, 1999. 11.
- 6) 真鍋恒博、前田裕史：我が国における洗面化粧ユニットの変遷—現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文第537号, pp. 125~131, 2000. 11.
- 7) 真鍋恒博：図説 近代から現代の金属製建築部品の変遷 第1巻 開口部関連部品, 建築技術, 1996. 2.
- 8) 真鍋恒博、大元康司：我が国におけるシステム天井構法の変遷—現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究, 日本建築学会計画系論文第560号, pp. 143~149, 2002. 10.
- 9) 真鍋恒博、横江貴志：我が国における屋根葺き材・構法の変遷—セメント系及びアスファルト系屋根, 天然スレート葺き屋根について, 日本建