主として空気伝搬音の反射の抑制に用いられる材料・構法の 我が国における変遷

我が国における建築用防音構法の変遷 その1

DEVELOPMENT OF MATERIALS AND CONSTRUCTION SYSTEMS CORRESPONDING WITH REFLECTION OF SOUND TRANSMITTING IN THE AIR

The development of soundproofing construction systems in Japan Part 1

金子 ちほり*, 真鍋 恒博**

Chihori KANEKO and Tsunehiro MANABE

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 sound proofing, especially corresponding with reflection of sound transmitting in the air. In Japan, it is in the 1920s that sound absorbing materials began to be used. At first, there was much what was made for organic fiber. However, they are easy to burn and deficient for absorbing sound, inorganic fiber material came to be used.

Keywords : Development, Building System, Soundproofing, Sound Absorption

変遷, 構法, 防音, 吸音

1. 研究背景・目的

建築に用いられる材料及び構法は様々な理由で変化しているが、ごく一般的に用いられているものの変化については記録が残されにくく、その全体像は網羅的・体系的に整理されていない場合が多い。そのため、真鍋研究室では 1983 (S58) 年度から様々な部品や構法の変遷調査を継続的に行ってきた^{注1)}。

これらの調査では、主として各部位自体の構成について着目していたが、その一方で各部位の性能確保という視点があり、過去には断熱材料・構法の変遷に関する調査・研究⁴⁾が行われている。本研究もこの各部位の性能確保という視点に立つものである。

建築には防火や防水など様々な性能が求められるが、本研究では防音性能に着目した。防音性能は都心への人口集中や要求水準の高まりなどから近年重視される傾向にあり、さらに材料の使用手法や施工状況に左右される部分が大きいと、単に材料としてのみならず、構法として捉える必要性が大きいと考えられるためである。また、測定方法や性能の改善に関する研究は多く行われているものの、変遷研究としてはあまり着目されて来なかった。

以上から、建築用防音構法の全体像把握と変遷の明確化を目的として、我が国における建築用防音構法の変遷をまとめた。

2. 研究対象

「防音」という言葉は使う人や状況によって様々な意味をあらわす

が、本研究においては「音の発生・反射・伝搬の抑制全般」とする。また、抑制の対象となる現象としては発生、反射、伝搬(透過、固体伝搬)があり、それらに対する抑制手法は各々発生防止、吸音、遮音と呼ぶこととする(表1参照)。

建築の内・外装のうち、下地層・仕上り層に位置づけられる機能付与材料^{注2)}に着目し、天井・壁・床に用いられる防音構法のうち、空

表1 発生源別の音に対応する抑制手法

伝搬形態	発生位置	発生源による分類			抑制対象現象とその抑制手法		
					発生	反射	伝搬
空気伝搬音	室内・外空間	生活音(空間) 例: 音声、オーディオ			注)	吸音	遮音 (透過)
	部位表面	生活音(部位) 例: 歩行、家具の移動			発生防止		
		建築設備音 例: 換気扇					
固体伝搬音	部位表面	(部位) 生活音	床	軽量衝撃音 例: 家具の移動	注)	遮音 (固体伝搬)	
				重量衝撃音 例: 子供の走り回り			
			壁等	衝撃音 例: 界壁に付いている棚の開閉			
	部位内部	建築設備音 例: 換気扇、給排水管			発生防止		
		建築発生音 例: きしみ音					

注) 建築による対処の対象外である。

* 東京大学大学院新領域創成科学研究科 大学院生

** 東京理科大学工学部第一部建築学科 嘱託教授・工博

Graduate Student, Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo
Adjunct Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.

気伝搬音の反射の抑制に用いられるものを対象とした(表1太枠内)。本研究では主として面部位(天井・壁・床)の構成に着目し、開口部は対象外とした。また、特に高度な音響性能が求められるコンサートホールや音響実験室などの用途は、参考程度に扱うに留めた。また程度之差はあるが全ての材料が防音機能を持つため、特に防音を目的とするもの、防音性能が表示されているものを対象とした。

3. 研究方法

まず、防音を目的とする製品の全体像の把握と防音の手法の体系的整理のため、製品のカatalogや関連する文献などを幅広く調査した。その後、雑誌「建築音響」⁵⁾、「音響技術」⁶⁾、「建築技術」⁷⁾の掲載関連記事の悉皆調査や、関連する企業・団体のCatalog・社史等(589件)の文献調査から、防音構法・材料に関する記述を収集した。さらに企業に対するアンケート調査や関連団体・識者に対するヒアリング調査を行った。これらの方法で収集した情報(2414項目^{注3)})から、変遷の概要を明らかにした。

なお、商品名は『』で囲って表記する。また、商品名は原則として本文中には出さず(ただし引用図中に示されたものはそのまま掲載する)、まとめの図19、20、または註に載せるのみとした。

4. 調査結果の概略

4-1. 抑制原理^{注4)} 別の変遷

1) 概要

収集した情報から、吸音の主な原理とその特徴を表2のように分類した^{注5)}。本稿では主に、多くの情報を得られた摩擦・板振動・共鳴振動(建材として量産され、板状材料として使われているもの)(表2太枠内)について記述する。なお、図1が摩擦の原理(連続気泡多孔質材料)、図2が板振動の原理(多孔質板状材料)、図3が共鳴振動(建材)の原理(あなあき板吸音構造)による吸音特性の例である。

表2 吸音の主な原理

抑制原理	機構	吸音特性	主な使用方法
摩擦	多孔質材料への出入りによる音波の減衰	中高音域中心(図1)	板状材料の背後に挿入
板振動	板状材料全体の振動へのエネルギー変換	低音域中心(図2)	仕上直下への板状材料の挿入
共鳴振動	建材	有孔板の孔部での空気の摩擦 ^{注9)}	孔径等の条件による任意の特性(図3)
	装置	壺状の管との共鳴による入射・反射波の相殺 ^{注9)}	壁内部への設置
透過	背後の多孔質材料への音波の到達促進	-	繊維材料の保護

2) 摩擦による吸音材料・構法

①海外からの吸音技術の導入と国産化

吸音材料の歴史において冒頭に取り上げられるのは、中世ヨーロッパで建設された教会の壁に埋め込まれている壺であることが多い。このような吸音の工夫は古くから考慮されてきているが、一般的な建築用途においても吸音が考慮され、吸音目的の製品が作られるようになるのは、世界的に見ても20世紀に入ってからと思われる^{注10)}。

我が国においては、1924(T13)年頃、米国から軟質繊維板が紹介さ

図1 背後に空気層がある連続気泡多孔質材料の吸音特性の例^{注6)}

図2 多孔質板状材料の吸音特性の例^{注7)}

図3 あなあき板吸音構造の吸音特性の例^{注8)}

れ^{注11)}、昭和初期からこれが一般的な天井仕上材として普及した^{注12)}。これは吸音を目的に開発された初の製品で、軟質繊維板の総称である「テックス」は後に吸音材料の代名詞となった^{注13)}。代表的な製品

とその吸音性能を図4に示すが、性能に配慮せず製造されたものも多く^{注14)}、十分な性能を持っているとはいえないことがわかる(4-1. 3)で詳述)。そこで、粗悪品の流通を防ぎ軟質繊維板の印象を改善するため、1957(S32)年6月のJIS改定で呼称が「インシュレーションボード」に変更された^{注15)}。しかし、内装制限の強化によって不燃材料が広く採用されるようになったため、軟質繊維板は仕上材としては用いられなくなった^{注13)}。その後は石油危機によって断熱性能が重視されたために断熱下地材として、またワラ不足から畳床として、使われるようになった^{注16)}。現在は畳床に多く使われており、我が国の量の7割を占めている^{注17)}。

図4 1957(S32)年に測定された軟質繊維板の吸音特性^{注18)}

軟質繊維板と同様に木毛セメント板も、我が国において音響材料の存在があまり知られていない昭和初期に海外から輸入され^{注19)}、国産化が進められた^{注20)}。代表的な製品の例とその吸音性能を図5に示すが、共鳴振動の原理による吸音効果もある高性能な材料であることがわかる。戦時中には防火、戦後には断熱などの性能も着目されるようになり^{注21)}、高機能な材料として様々な用途に使われた^{注22)}が、要求性能が高まるにつれて他の材料に移行した^{注23)}。現在、使用例として主に見られるのは体育館の天井仕上^{注24)}だが、一部では断熱・防音などの性能に期待できる上、自然志向のニーズに応えられる材料として見直す動きもある^{注23)}。

図5 1958(S33)年に測定された木毛セメント板の吸音特性^{注25)}

また、現在は木質系セメント板として木毛セメント板と一括りにされている木片セメント板は、1953(S28)年頃から製造が始められ^{注26)}、木毛セメント板と同様に多機能な材料として使用されていた^{注27)}が、1975年頃には生産量が減少し、近年ではサイディングとしての使用が主となっている^{注28)}。

②不燃化への対応

無機繊維材料が吸音材料として本格的に普及するのは内装制限が制定されてからのことであるが、それ以前から製品の開発や販売は

行われていた。初の国産製品は、昭和初期に発売されたロックウールをアスファルトで固めたものである^{注29)}。また、1953(S28)年頃にはロックウール製の初の内装用建材として吸音板が発売された。これは不燃性や防火性を強調して販売されていたが、内装制限の制定(1961/S36年)より前のことであったため不燃材料への需要が十分でなく、数年で生産中止となった^{注30)}。当時のロックウールの吸音特性の例を図6に示すが、典型的な摩擦の原理による吸音特性を示し、吸音性能が十分にあることがわかる。内装制限制定後に次々と発売されたロックウール化粧吸音板^{注31)}は、防火と吸音が求められる場所で広く用いられるようになり、現在に至っている。

図6 1957(S32)年に測定されたロックウールの吸音特性^{注32)}

無機繊維材料としてはグラスウールも挙げられる。戦前から生産の工業化はされていたが、設備の保温向けの製品が中心だった。吸音向けの製品は、戦後の早い時期(例えば『フェザーグラス』は1957/S32年の発売^{注33)})から市場に出回っていたが、やわらかすぎたりチクチクしたりして施工に難点があることや特有の黄色が目立つことなどから、仕上材料の裏に挿入されることは多かったが、仕上材料としてはロックウールほどには普及しなかった^{注34)}。吸音性能の例を図7に示すが、ロックウールと同様に典型的な摩擦の原理による吸音特性を示し、吸音性能が十分にあることがわかる^{注35)}。

図7 代表的なグラスウール製吸音材とその吸音特性^{注36)}

③耐久性の確保

摩擦の原理を利用する製品は、その目的からどうしてもやわらかい素材でつくることになり、建築仕上材料としての強度と耐久性の不足が指摘されていた^{注37)}。吸音のための通気性を確保しながら繊維材料を保護する目的で、布やパンチングメタルなど音を透過する材料が仕上として用いられた^{注38)}。また、繊維の間に水分や埃などがたまるとうるみ吸音性能が低下することから、プールや工場でも容易に

使用できる材質の製品が望まれていた^{注39)}。

1971年頃から、耐久性のある吸音材料としてセラミック製の吸音材料が発売されている^{注40)}。湿式工法となり管理に手間がかかること、コストがかかる場合が多いことなど^{注41)}から、特に耐候性が必要とされる場合の使用が中心だが、近年は吸音材料としての認知が広まり、使用頻度が高くなってきている^{注24)}。施工例と吸音特性を図8に示すが、空気層の取り方等で吸音特性が変化するが、いずれにしても高い吸音性能を示すことがわかる。

図8 セラミック製吸音材料の施工例と吸音特性^{注42)}

1980年頃にはアルミニウムなどの金属を発泡樹脂の鋳型で多孔質化する技術が開発され^{注43)}、耐湿性などの条件が厳しいプールなどでの吸音材の使用が可能になった^{注44)}。

3) 板振動による吸音材料・構法

①概要

収集した資料において板振動に関する情報は理論的なものが多く、具体例は、板振動による吸音を積極的に利用しようとする事例^{注45)}、過剰な板振動による音響特性の偏りを未然に防ごうとする施工例^{注46)}など数件が見られたのみであった。ただし、摩擦の原理を利用するつものの繊維板が板振動の原理の特性を示していた例があったので、以下に示す。

②繊維板が板振動の特性を示した例

代表的な初期の国産吸音材料の1つである軟質繊維板の吸音特性については図4で示した通りである。吸音率は少なくとも0.5はないと効果が期待できない^{注47)}ことを考えると、昭和30年代当時に吸音材料と呼ばれていた製品の中には十分な性能を持っていなかったものもあることがわかる。ただし、同時期の木毛セメント板(図5)やロックウール(図6)には吸音材として十分な性能が見られるので、この時期の全ての製品の性能が不十分だったわけではない。

4) 共鳴振動による吸音材料・構法

①石膏ボード

低音や人の声にあたる音域(150～600Hz)の吸音率に優れた吸音用あなき石膏板(図9)が1954(S29)年に登場し、学校や病院などの公共建築物で多用された^{注48)}。しかし、吸音の原理が認知されるまでには時間がかかり、1966(S41)年に制定されたJIS A 6301「吸音用あなき石こうボード」では孔寸法は1種類のみ^{注49)}であり、多様な音域に対応できるよう孔径・ピッチ等の異なる種類が追加されたのは1984(S59)年になってからであった^{注50)}。昭和50年代以降はロックウール化粧吸音板に移行していったが、石膏ボードにおいても孔の寸法や配置をランダムにした製品を発売するなど、意匠上の工夫が見られる(図10)。また、話し手部分を反射板、聞き手部分を吸音板にすると良好な音環境が実現できることから、2004(H16)年に吸音板と反射板を同一意匠とした製品が登場した(図11)。

図9 代表的な有孔吸音板の吸音特性^{注51)}

図10 孔の寸法・位置をランダムにした製品^{注51)}

図11 同一外観の吸音板・反射板を組合せた天井^{注52)}

②パンチングメタル

有孔金属板(図12)は1953年頃などの早い時期から製品が見られ^{注29)}、1967(S42)年にはJIS A 6305「吸音用あなきアルミニウムパネル」も制定されている^{注53)}など、専門家の間での吸音材料としての認知度は十分に高かったと言うことができる。しかしながら、4-1. 2) ③で述べたような透過目的での使用の例も多く見られ、効果の期待できる原理が、パンチングによる共鳴振動の原理なのか背後の繊維材料による摩擦の原理なのかかわりにくい広告などの記述も少なからず見られる。一般的に30%程度の開口率であれば透過の原理が期待できる^{注47)}ことから、多くの場合が透過の原理に該当するが、その中には共鳴振動の原理が期待できる場合もあると考えられる。

図12 初期の有孔金属板の使用例^{注54)}

③ロックウール

事例として多く見られるのは、石膏ボードなどの有孔板の背後空気層に挿入し、摩擦の原理によって補助的役割を果たしているものである。我が国において初めての国産製品は、1927(S2)年頃に発売された孔あきスレートの裏にロックウールを取り付けた吸音パネルである^{注29)}。また、飛行場周辺で室内に入った騒音を吸音する目的で設置される有孔吸音板として、背後にロックウールを挿入した製品を戦後から現在に至るまで多く見ることができる^{注55)}。

さらに、上記のように摩擦の原理による補助的役割ではなく、ロックウール自体の成形によって共鳴振動による吸音を行う機構を作り、共鳴振動の原理を実現している製品もある(図13)。

図13 ロックウール製の共鳴機構を備えた吸音板^{注56)}

4-2. 用途別の変遷

1) 概要

上記のような抑制原理別の視点に加え、建物用途別の観点からも変遷の概要をまとめる。ただし、多くの人が使う一般的な用途に着目し、事務所、住宅について述べる。

吸音材料は4-1. 2) ③でも述べたように仕上材料としては耐久性が不足するが多い。そのため、人や物が触れる頻度の高い壁や床に吸音性を持たせるのは難しく、吸音性能は天井に頼ること

になる場合が多い。

2) 事務所の吸音材料・構法

①天井の吸音材料・構法

4-1. 2) ①で述べたように、戦後しばらくの間は「吸音材料」と言えば軟質繊維板と言われるほど軟質繊維板が普及しており、昭和30年代半ばまで木造下地にテックスを貼る構法が主流であった^{注57)}が、1961(S36)年に内装制限が制定されるなどの社会情勢の変化に伴って、無機材料への移行が見られた。

1955(S30)年頃、米国の技術を導入してロックウール吸音板が生産され、それを用いた乾式天井構法が開発された。これは溝切り加工をしたロックウール吸音板をHバーに嵌める方式(図14)で、1965(S40)年以降に登場するシステム天井の元祖であったが、当時のロックウール吸音板は伸縮が激しく隙間が生じたため、試験的な製造に留まった。当時のロックウール吸音板の伸縮が激しかったことは在来構法にも影響し、伸縮により隙間が生ずる直貼り構法から、伸縮の少ない石膏ボードの下地にロックウール吸音板を化粧仕上材として上貼りする捨て貼り構法(図15)へ移行した^{注58)}。その後ロックウールの伸縮性は改善され、1965(S40)年に第一生命大井ビルでロックウール吸音板を用いた我が国初のシステム天井が採用された^{注59)}。1987(S62)年頃までには、間仕切の少ない超高層ビル等ではシステム天井、間仕切が多く区画の小さい箇所では在来構法という使い分けがされるようになった。在来構法においては、施工が容易できれいに仕上がるため、軽量鉄骨下地捨て貼り構法(軽鉄下地-石膏ボード下貼り-ロックウール吸音板、図15)が主流であった^{注60)}。

図14 天井板をHバーに嵌める方式^{注61)}

図15 捨て貼り構法^{注62)}

事務所の場合、無機繊維材料の中で特にロックウール吸音板が人気となったのは、ロックウール吸音板が傷や汚れが目立たないトラバーチン模様であったことがその理由の一つに挙げられる^{注63)}。それ以前の製品には、有機・無機繊維材料ともに、通気性を確保し吸音性能を向上させるための半貫通の穴が等間隔に整然と並べてあけられていた^{注31)}(図16)。このうち無機材料のものは前述の通り発売

が1953(S28)年頃で、内装制限が制定される1961(S36)年より前であったことから、不燃材料への需要が十分でなかったために生産中止となっている^{注30)}。また、昭和40年代に吸音板と同様の柄の化粧石膏天井板(吸音性能は期待できないもの、図17)が発売されるとそちらが人気になった^{注64)}。以上のことから事務所建築においては、不燃性能は必須条件として考慮され、吸音性能よりも価格とデザインが重視される傾向にあることが推察される。

図16 吸音テックス(左)と現在のロックウール吸音板(右)^{注65)}

図17 化粧石膏板(左)^{注66)}とその吸音率(右)^{注67)}

②床の吸音材料・構法

1985(S60)年頃から塩化ビニールのタイルに代わってカーペットが事務室の床仕上の主流となった^{注68)}。製品の発売当初は計算機のキーパンチ音などの騒音が軽減されることが期待されていた^{注69)}。また、カーペットを敷くことで、足音などの軽量床衝撃音の発生抑制に役立っている例も多く見られる。しかしながら、床には耐久性を確保する必要があるため、あまり柔らかい仕上には出来ない。そのため、空間内の音を低減させる吸音性能はあまり期待できない場合が多い^{注68)}。

3) 住宅の吸音材料・構法

吸音を主目的とする住宅向けの製品は見られなかった^{注70)}。布製品など吸音性能のある物が室内に一定量ある場合が多く吸音性能が十分に確保されること、日常生活で高度な音響性能が求められることは少ないこと、等がその理由として挙げられる。

事務所建築でロックウール化粧吸音板が多用されるようになったことや石油危機による断熱性能に対する需要の増加から、防火・断熱・吸音など多くの機能を持つ製品として住宅向けのロックウール化粧吸音板(図18)が売り出されたこともあったが、施工に手間がかかること等から一般的な構法とはならなかった^{注24)}。

図18 住宅向けロックウール吸音板の広告^{注71)}

5. まとめ

1) 要求性能の変化

吸音材料は昭和初期から生産・使用が始まったが、同時に求められる他の性能に影響されてその材質や構法が変化している。例えば、戦後に多発したビル火災によって1961(S36)年に制定された内装制限の影響で、無機繊維を原料とする吸音材料が用いられるようになった。また、石油危機を契機に断熱性能が重視されるようになると、断熱性能を主目的として吸音性能も併せ持つ材料が多く使われるようになった。さらに、傷や汚れが目立たないトラバーチン模様であることからロックウール吸音板が人気となり、同じ理由で化粧石膏板に移行した。

このように、時代に応じて防火、断熱、意匠といった各種性能が求められ、それらを兼ね備えた吸音材料が広く用いられることが確認できた。

2) 技術革新による選択肢の増加

無機材料は防火が意識されるようになるまでは普及しなかったように、選択肢が存在しても使用されなかった場合もあるが、一方で、新しい材料が登場することで構法を選択肢が増加する傾向も見られた。例えば、金属の多孔質化を実現させたことにより耐久性の高い繊維材料が使えるようになったことなどが挙げられる。

また、チクチクするグラスウールが嫌われたことや、吸音の必要のない住宅において石膏板が使用されていることなどから、施工性の良し悪しも材料・構法の選定に大きく関わっていることがわかる。

3) 部位による特徴と構法の変遷

摩擦の原理による吸音材料の多くが仕上材料として耐久性を欠き、人や物が触れる頻度の高い壁や床に吸音性を持たせるのは難しいことから、吸音性能を天井に頼ることになる場合が多い。また、ロックウール吸音板の普及にはシステム天井導入の影響が大きいなど、材料のみならず構法全体の変化も確認できた。

4) 用途による違い

本調査では事務所建築に関する材料・構法の情報を多く収集できた。昭和初期の軟質繊維板の使用にはじまり、内装制限によるロックウールへの移行、さらに外観が吸音板に似た安価な石膏板の使用、という変遷を確認することができた。

住宅には、音楽室を作るなど特別な仕様を求める場合を除き、吸音の需要はあまり見られない。

年代		1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
変遷項目		(T9)	(S5)	(S15)	(S25)	(S35)	(S45)	(S55)	(H2)	(H12)	(H22)
背景			●31～45 満州事変～太平洋戦争			●61 内装制限		●79 第2次オイルショック			
							●73 第1次オイルショック				
摩擦	繊維板	○24 輸入『セロテックス』				○64 不燃材への移行	●75 断熱下地材への移行				
		○27 国産『トマテックス』				●57 JIS改訂「インシュレーションボード」		●92 畳床中心			
	木毛セメント板	○27 輸入『ヘラクリート』	○戦時中、戦後 防火・断熱性能の利用			○75～生産量下落					
		○30 国産『モリノイド』				○65～体育館の防火					
	木片セメント板				○53～製造開始		○75 生産量減少		●03 7割がサイディング		
	ロックウール	○25 『ミネラルフェルト』				○60s前半 化粧吸音板発売					
	グラスウール		○37 工業化		○戦時中 軍需中心	●55 設備への需要	○82 機械室の天井・壁への使用量増加				
共鳴振動	セラミック・金属系					○64 仕上材料としての耐久性	○80 多孔質アルミ製造技術				
						への要求	○71～セラミック製吸音材料発売				
	石膏ボード			○40s 実用化に向けた研究	●66 JIS制定	○S50s以降 RW吸音板におさる	●04 『タイガー				
				●54 『タイガートーン』		●80 『ニュータイガートーン』	スクエアートン・D、				
						●84 JIS改訂	スクエアートン』				
共鳴振動	金属板			○53 『アルタイル』	●67 JIS「吸音用あななきアルミニウムパネル」制定						
				●58 『パールタイル』							
	ロックウール	○27 『朝日調音板』					●82 『オトテン』				
					○46 進駐軍飛行場周辺での使用						

図 19 抑制原理別の吸音材料・構法の変遷

年代		1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
変遷項目		(T9)	(S5)	(S15)	(S25)	(S35)	(S45)	(S55)	(H2)	(H12)	(H22)
背景			●31～45 満州事変～太平洋戦争			●61 内装制限		●79 第2次オイルショック			
							●73 第1次オイルショック				
事務所	テックス (軟質繊維板)	○24 輸入『セロテックス』	○～S30s前半 テックス+木下地 主流								
		○27 国産『トマテックス』				○64 ロックウール吸音板への移行					
	天井構法 (システム天井)		○～S30s前半 テックス+木下地 主流			○55 システム天井の元祖		○～87 超高層ビルではシステム天井			
						○65 システム天井実用化		○～87 小區画では捨て貼り構法			
	ロックウール吸音板				○53 『ニッテックス』						
						○60s前半 化粧吸音板発売、テックスからの移行					
住宅	石膏ボード化粧板 (反射)					○S40s～化粧板普及					
	カーペット							○85 塩ビタイルからの移行			
								吸音性能は不十分			
	ロックウール					●71 『ソーラトン』					
						○60s 住宅向け断熱・防音材			○現在 吸音板はほぼ不使用		

図 20 用途別の吸音材料・構法の変遷

6. 成果・課題

主として空気伝搬音の反射の抑制に用いられる防音材料・構法の変遷の概要を把握することができた。それらの結果を図 19、20 に示す。今後はさらに開口部や、特殊な音響性能が求められる建築物についても調査することで、音響性能を満たすための構法の変遷を総合的に捉えることができよう。

なお、本研究の実施においては、折口皓祐君(元東京理科大学大学院生)、近藤良明君(元同卒業研究生)の努力が大であった。

注

- 注 1) 文献 1、2、3 など 9 件の論文が既に発表されている。
 注 2) 断熱・防音・防湿などの機能を付与する事を目的に使用される材料
 注 3) 変遷データベースとして使えるようにするため、文献やヒアリングで収集した情報を年月日で分割したものを 1 項目として数えている。
 注 4) 各抑制手法(吸音など)を行う仕組みを本研究では「抑制原理」と呼ぶ。
 注 5) 主に文献 8 および安岡正人氏に対するヒアリング調査(2011. 11.) を参考にした。
 注 6) 文献 8, p. 237 による。

- 注 7) 文献 8, p. 240 による。
 注 8) 文献 8, p. 245 による。
 注 9) ヘルムホルツの共鳴器の原理の利用
 注 10) 文献 6, 1978. 10. (No. 24), p. 1 による。
 注 11) 文献 9, p. 50 による。
 注 12) 文献 10, p. 43 による。
 注 13) 文献 6, 1978. 10. (No. 24), p. 3 による。
 注 14) 文献 11, p. 44 による。
 注 15) 文献 12 による。「従来テックスと呼ばれていたものとは品質が違うことの周知が当時の関心事」、「テックスという悪名を追放するための処置」(日本繊維板工業会:20 年のあゆみ、日本繊維板工業会, 1977, 日本繊維板工業会:創立 30 周年記念 国際化時代を迎えて一層の飛躍を、日本繊維板工業会, 1977, 日本林業技術協会:林産化学編・ファイバーボード、日本林業技術協会, 1975.) などの記述が見られる。
 注 16) 飯塚真規・船井雄一郎:木質系ボード、石膏系ボード、壁装材の変遷、一現代の建築部品・構法の変遷史一、東京理科大学 工学部第一部建築学科 卒業論文, 1996. による。
 注 17) 文献 13, 大建工業(株)に対するヒアリング調査による。
 注 18) 文献 8, p. 301 による。
 注 19) 文献 5, 1967. 5. (No. 10), p. 66 による。

注 20) 全国木毛セメント板工業組合:木毛セメント板ガイドブック, 全国木毛セメント板工業組合, 1995, p. 5 による。

注 21) ㈱日本建設材料協会:建材 20 周年記念号, ㈱日本建設材料協会, 1967, p. 41 による。

注 22) 通商産業省 窯業建材課:住宅関係主要建材産業の概況, 通商産業省 窯業建材課, 1945, p. 20 による。

注 23) 竹村工業㈱に対するアンケート調査(2010.)による。

注 24) 日本音響材料協会に対するヒアリング調査(2010. 10.)による。

注 25) 文献 8, p. 319 による。

注 26) 文献 14, p. 334 による。

注 27) 北海道ドリゾール㈱:ドリゾール工法の手引き, 北海道ドリゾール㈱, 1956. の表紙による。

注 28) 文献 13, 全国木質セメント板工業組合に対するヒアリング調査(2003. 7.)による。

注 29) 文献 5, 1967. 5. (No. 10), p. 66 による。

注 30) 文献 15, p. 39 による。

注 31) 文献 5, 1965. 6. (No. 2), p. 57 による。

注 32) 文献 8, p. 262 による。

注 33) 文献 13, パラマウント硝子工業㈱に対するヒアリング調査による。

注 34) 文献 5, 1965. 6. (No. 2), p. 59 による。

注 35) 本稿に掲載したデータは様々な製品・施工方法のうちの一例であり、性能には幅がある。

注 36) 文献 8, p. 277 による。

注 37) 文献 5, 1965. 3. (No. 1), p. 25 による。

注 38) 文献 5, 1965. 3. (No. 1), p. 31 による。

注 39) 文献 6, 2005. 9. (No. 131), p. 22 による。

注 40) 文献 5, 1971. 3. (No. 21), p. 84 による。

注 41) 文献 7, 1983. 7. (No. 383), p. 21 による。

注 42) 文献 16, p. 19 による。

注 43) 文献 7, 1981. 1. (No. 353), p. 73 による。

注 44) 文献 7, 1988. 10. (No. 458), p. 246 による。

注 45) 文献 7, 1997. 12. (No. 574), p. 54 による。

注 46) 文献 6, 1990. 9. (No. 71), p. 50 による。

注 47) 安岡正人氏に対するヒアリング調査(2011. 11.)による。

注 48) 文献 17, p. 17-38 による。

注 49) 文献 17, p. 67 による。

注 50) 文献 7, 1984. 9. (No. 397), p. 101 による。

注 51) 文献 18 による。

注 52) 文献 19 による。

注 53) 文献 5, 1966. 08. (No. 6), p. 53 による。

注 54) 文献 5, 1971. 11. (No. 22) 広告欄, 甲藤技研工業㈱『アルタイル』による。

注 55) 文献 18 の『特殊タイガートーン』や、チヨダウーテ㈱:特殊吸音ボード 石膏吸音ボード 化粧吸音ボード, チヨダウーテ㈱, 2007. の『特殊吸音ボード』等がある。

注 56) 文献 6, 1984. 12. (No. 48), p. 67 による。

注 57) 文献 20 による。

注 58) 長井淳・森秀夫:現代の建築部品・構法の変遷史, 一天井・内面壁・フリーアクセスフロアについて一, 東京理科大学 工学部第一部建築学科 卒業論文, 1987. でのナカ工業㈱に対するヒアリング調査による。

注 59) ㈱全国建設室内工事業協会:内装工事業の戦後復興からの歩み, ㈱全国建設室内工事業協会, 2007. 6, p. 25 による。

注 60) 長井淳・森秀夫:現代の建築部品・構法の変遷史, 一天井・内面壁・フリーアクセスフロアについて一, 東京理科大学 工学部第一部建築学科 卒業論文, 1987. でのマッテン㈱に対するヒアリング調査による。

注 61) 文献 20, p. 337 による。

注 62) 文献 21, p. 160 による。

注 63) 文献 6, 1978. 10. (No. 24), p. 4 による。

注 64) 「昭和 40 年代以降、我が国を含め先進諸国のオフィスビルの天井材料には化粧石膏ボードが多く採用された」(文献 17, p. 17-38)、「1970(S45)年頃には『ジブトーン』(洋室天井用化粧石膏ボード)が他の天井用材料を凌駕する勢いで普及した」(文献 22, p. 112)、「1985(S60)年頃、我が国を含め先進諸国のオフィスビルの天井材料には虫食い模様のものが多く採用されており、その後もこれに替る材料は現れていない」(文献 17, p. 31)などの記述がある。

注 65) 文献 21, p. 158 による。

注 66) 金子の撮影による(『ジブトーン』)。

注 67) 文献 6, 1998. 9. (No. 103), p. 17 による。

注 68) 文献 6, 1985. 9. (No. 51), p. 38 による。

注 69) 文献 7, 1973. 5. (No. 261), p. 31 による。

注 70) ロックウールやグラスウールなど住宅向けの断熱材に偶々防音性能もあったことから「断熱・防音材」などと表記されている製品は少なからず見られたが、この場合の「防音」は本研究における「遮音」に該当し、室内の反射音を減らす「吸音」にあてはまるものは見当たらなかった。

注 71) 文献 23, p. 64 による(『ソーラトン』)。

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, 一現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究一, 日本建築学会計画系論文集 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, 一現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究 その 2 一, 日本建築学会計画系論文集 第 478 号, pp. 113-119, 1995. 12
- 3) 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ベットの变遷, 一現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究一, 日本建築学会計画系論文集 第 521 号, pp. 147-152, 1999. 7
- 4) 真鍋恒博・千羽範尚・小野真沙美:我が国における建築用断熱材の変遷, 一現代の建築部品・構法の変遷に関する調査研究一, 日本建築学会計画系論文集 第 590 号, pp73-80, 2005. 4
- 5) ㈱日本音響材料協会:建築音響, ㈱日本音響材料協会, 創刊 1965. ~廃刊 1971. (全号を調査)
- 6) ㈱日本音響材料協会:音響技術, ㈱日本音響材料協会, 創刊 1972. (1972. ~2011. の全号を調査)
- 7) ㈱建築技術:建築技術, ㈱建築技術, 創刊 1950. ~ (1960. ~2011. の全号を調査)
- 8) ㈱日本音響材料協会:建築音響工学ハンドブック, 技報堂, 1968. 03.
- 9) 通商産業省軽工業局 木材資源利用合理化推進本部:現代の建材, 木材資源利用合理化推進本部, 1965.
- 10) 著者多数:デザイナーのための内外装材チェックリスト 2000 年度版, 彰国社, 2000.
- 11) 断熱建材協議会:断熱建材ハンドブック, 養賢堂, 1994. 4.
- 12) 刀弥大州:部位別の構法の採用率の変遷及び木質系ボード、石膏ボード、壁装材、プラスチック系床材の変遷, 東京理科大学大学院 工学研究科建築学専攻 修士論文, 1996.
- 13) 千羽範尚:我が国における建築用断熱材料・構法の変遷, 一現代の建築部品・構法の変遷史一, 東京理科大学大学院 工学研究科建築学専攻 修士論文, 2003.
- 14) ㈱日本建築学会:近代日本建築学発達史 [復刊], ㈱日本建築学会, 1992.
- 15) ㈱ロックウール工業会: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.
- 16) エヌデーシー販売㈱:建築仕上用カルム・ネオカルム, エヌデーシー販売㈱, 2005, <http://www.ndc-sales.co.jp/download/architecture.pdf> (参照日:2013. 7. 14.)
- 17) ㈱石膏ボード工業会:石膏ボードの歩み, ㈱石膏ボード工業会, 1985.
- 18) 吉野石膏㈱:タイガートーン, 吉野石膏 ㈱, 2009, http://yoshino-gypsum.com/catalog/e-book/20/_SWF_Window.html (参照日:2013. 7. 14.)
- 19) 吉野石膏㈱:タイガースクエアトーンD・タイガースクエアート, 吉野石膏 ㈱, 2007. 9, http://yoshino-gypsum.com/catalog/e-book/18/_SWF_Window.html (参照日:2013. 7. 14.)
- 20) 大元康司:我が国における乾式天井構法の変遷, 一現代の建築部品・構法の変遷史一, 東京理科大学大学院 工学研究科建築学専攻 修士論文, 2001.
- 21) 内田祥哉:現代建築学 建築構法計画, 鹿島出版会, 1983.
- 22) 吉野石膏㈱:吉野石膏 90 年史, 吉野石膏㈱, 1990.
- 23) 日東紡:時代を紡いで一日東紡 80 年史, 日東紡, 2003.

(2012年12月30日原稿受理, 2013年7月12日採用決定)