建築用石綿代替製品開発の状況

ニチアス株式会社研究所 日置 隆雄, 久保田和雄

Trend of Development of a Substitute for Building Asbestos Materials

Takao Hioki and Kazuo Kubota
Research Laboratory, Nichias Corporation

Asbestos which is cheap and has superior characteristics is widely used in various products in industrial fields, particularly in building materials.

This paper describes a substitute for asbestos, referring to the effort to develop calcium silicate board without asbestos.

1. はじめに

石綿は安価で優れた特性を有しているため、広い産業分野で多くの製品に使用されている。その中でも建材製品 80%, 摩擦材, シール材 10%, その他 10% と建材関係に最も多く使用されている。しかし石綿は優れた特性がある反面, 石綿産業に携わる職場で長期間多量に石綿粉塵を吸入すると石綿肺, 肺がん, 悪性中皮腫などの疾病に影響を及ぼすことが指摘されるようになった。そのため各国で石綿の規制が行われており, 既に全面使用禁止した国もある。従って石綿を使用している各分野では, 石綿代替製品の開発を行っており, 既に一部市販されているが, まだ大部分の製品は性能及びコスト面で石綿製品に及ばず, NA (Non Asbestos) 製品に切換えられていない。

本報では石綿についての概要と建築用石綿代替製品の開発の状況をまとめた。

2. 石綿について

2.1 石綿の種類

石綿は天然に産する繊維状結晶 (含水けい酸塩鉱物) である。数百万年前の火山活動の際, 火成岩の一種であるカンラン岩や角閃石岩の裂目に水が浸入し, 高圧のもとで熱水作用を受けて出来た。石綿の種類は図 1 に示すように蛇紋岩系と角閃石系に大別され, 前者はクリソタイル, 後者はアモサイト, クロシドライ

ト, アンソフィライト, トレモライト, アクチノライトに分類される。

2.2 石綿の産地

石綿の産地はソ連・ウラル地方, カナダ・ケベック地方, 南アフリカ・ジンバブエが世界の三大産地で, 世界の総産出量の 80% を占めている。その他中国, ブラジル, イタリア, ギリシャ, アメリカ等の国で産出しており表 1 に 1984 年の世界の石綿産出量を示した。

表 1 世界の石綿産出量(minerals yearbook 1984)

国 名	産出量(万t)
ソ連(ウラル地方)	230.0
カナダ(ケベック地方)	92.2
南ア連邦	17.0
ジンバブエ	16.5
中 国	16.0
ブラジル	16.0
イタリア	14.0
ギリシャ	11.0
アメリカ	5.7
その他	15.4
計	433.8

図 1 石綿の種類

日本は北海道から本州、九州に至る各地に蛇紋岩帯、または角閃石帯があるが、現在は北海道中央部でクリソタイルを少量採掘しているにすぎない。

2.3 石綿の使用量

世界の石綿使用量は年間約 400 万 t 強で、この内クリソタイルが約 95% を占めており、次いでアモサイトが数%、クロシドライトは僅かしか使用されていない。日本の石綿使用量は、年間約 25.6 万 t (昭和 61 年) この内 90% 以上がクリソタイルで占められ、残りはアモサイトである。輸入先はカナダ 42%、南ア連邦 22%、ソ連 17%、ジンバブエ 10% が主な国である。なおクロシドライトは、ILO でその使用を原則的に禁止しており、わが国では使用されていない。

2.4 石綿の特徴

石綿は含水けい酸塩の組成と微細な繊維構造により、多くの優れた特性を有している。主な特性は不燃性、耐熱性、耐火性、電気絶縁性、断熱性、耐薬品性、耐久性、耐腐蝕性、親和性、耐摩耗性、高抗張力性などの特性を有し、特に熱的特性と機械強度は他の材料に例を見ない特性である。

それは石綿が直径わずか 0.01 μm 程度の極めて細い繊維であるため柔軟であり、その組成と相俟ってこれ等の特性を示す。

2.5 石綿の用途

石綿は以上述べたように多くの優れた特性に加えて安価であるため、産業の各分野にわたって使用されている。国内総使用量 25.6 万 t の内訳は紡織品、シール材、摩擦材、石綿紙・板などの石綿製品に 13.7%、石綿スレート、パルプセメント板、石綿パイプ、その

他建材などの石綿セメント製品に 78.2%、その他の用途に 8.1% となっており、表 2 にわが国における石綿製品の使用状況を示す。

2.6 石綿の規制

米国環境保護庁は石綿製品禁止提案を 1986 年公表し、ビニール石綿床タイル、石綿セメントパイプ、石綿製衣服、石綿含有床材フェルト、石綿含有ルーフィングフェルトなど 5 品目を禁止し、今後 10 年後には石綿製品を全廃する計画である。各国においても石綿規制がなされている。クリソタイルについては、アメリカ 0.2 f/cc、イギリス、イスラエル 0.5 f/cc、ニュージーランド、オーストラリア、ベルギー、イタリア、西ドイツ、フランス、インドネシア、スイス、フィンランド 1.0 f/cc、カナダ、オランダ、日本、シンガポール、インド、ギリシャ、メキシコ 2.0 f/cc、ブラジル 4.0 f/cc、ソ連 2 mg/m³ (換算値 33 f/cc)。

スウェーデン、デンマークは原則使用禁止となっている。但し、諸外国は個人ばく露濃度を測定するのに対し、日本は作業環境濃度を測定する方法を採用しているので、日本の管理濃度 2 f/cc の場合、個人ばく露濃度は大体 0.8 f/cc に相当する。

アモサイトはイギリス、ニュージーランド、オーストラリアが使用禁止、クロシドライトはこの 3 国の他フィンランド、カナダ、オランダが使用禁止となっており、その他の国もクリソタイルと同等かそれ以上の厳しい規制を行っている。なお ILO では、クロシドライトの使用および石綿の吹付けを原則的に禁止している。

以上のような背景から世界各国では石綿代替製品の

表 2 わが国における石綿製品の使用状況
(昭和61年, 日本石綿協会調べ)

単位 万t	
石綿セメント製品	20.0(78.2%)
石綿	25.6(100%)
石綿製品	3.5 (13.7%)
その他	2.1(8.1%)

%	
石綿スレート	11.4(44.7)
パルプセメント板	0.8(3.0)
石綿パイプ	0.1(0.4)
その他	7.7(30.1)

%	
紡織品	0.5 (2.0)
ジョイントシート	0.7 (2.9)
石綿紙・板	0.3 (1.3)
摩擦板	1.6 (6.4)
その他	0.3 (1.1)

開発を急いでいる。

3. 石綿代替材料

3.1 セルロース繊維

石綿スレートは枯渇する石綿資源の高騰に対処する経済的理由と、抄造で製板する際、水切れが良くなる製造上の理由のために石綿が環境汚染の問題となる以前にパルプをクリソタイル石綿の一部と置き換えて使用されていた。その他の石綿セメント製品や石綿けい酸カルシウム板等の石綿代替製品にパルプと他の材料を組み合わせて最も多く使用されている。オーストラリアやヨーロッパでは、パルプを6~12%配合したNAの繊維補強セメントけい酸カルシウム板が製品化されている。セルロース繊維にはいろいろな種類があるが、補強効果を目的に使用するのは大半が木質のクラフトパルプであり、ジュート、ラミー等の麻は使用されていない。レーヨンは耐衝撃性を高めるためにオートクレープ処理をする製品に使用されることがある。セルロース繊維はオートクレープには耐えるが、可燃性であるため製品の耐熱性を低下させること及び吸水性が高いなどの欠点がある。この他パルプはビニルタイルなどにも石綿代替材料として使われている。この場合は乾式で混合するため、乾式で解繊した機械パルプが用いられる。

3.2 ガラス繊維

ガラス繊維は耐アルカリ性が劣りセメント製品には使用出来なかったが、ZrO₂を添加した耐アルカリ性のガラス繊維 (ARG) が英国の Building Research Sta-

tion で考案され、1970 年代に Pilkington Brothers L. T. D より Cem Fil の商品名で製品化されてから、石綿代替材料としてセメント製品への使用が積極的に検討されるようになった。石綿スレートに ARG を用いるには、いくつかの問題点があるが、その一つにセメントスラリー中への均一分散が困難で繊維同志が絡まってファイバーボール状となる製造上の問題がある。またガラス繊維はセメントを抱き込む力が殆んどないため、スラリーを抄き上げる際、繊維とセメントが分離しセメント分が水中に残る傾向がある。これ等の対策として繊維の表面処理が検討されているが、解決には至っていない。このため ARC を使う製板法として、円網抄造の代りに、セメント分散液と ARG を別々に板上に吹き付け、裏面より吸引する Spray suction 法が考案されている。ARG を用いる性能上の効果は曲げ強さよりも耐衝撃性とタフネスの向上に認められる。但し ARG といえども耐アルカリ性が十分とは言えず長期的には強度劣化を生ずることである。この対策としてセメントの成分として高アルミナ質または高硫酸質のセメントが検討されている。

この他ビニルタイルにもガラス繊維が使用されている。また石綿フェルトの代替品としてはガラス繊維をフェルト状にし、ガラス繊維をニードルパンチし、樹脂をバインダーとして用いて成形した製品が開発されている。

3.3 合成繊維

石綿セメント製品の NA 化に使用される代表的な合成繊維は PP, PVA (ビニロン), PE, PAN, PAM

等である。一般に合成繊維はセメントの抱き込みが弱くまた多量に添加すると分散が悪くなるため、パルプに混ぜて少量使用されるケースが多い。オレフィン系の合成繊維は表面が疎水性であるため、補強効果を得るには水和したセメントと如何に結合させるかが問題である。繊維の表面を活性剤で処理するとか、フィブリル化する等の処理が施されている。オートクレーブ養生をするけい酸カルシウム板へ添加する場合、これ等の繊維は耐熱性が低いため、耐熱温度以下に下げた条件で使用する必要がある。合成繊維添加による利点は、耐衝撃性の向上に効果が認められ、又抄造時の汜水性を調整する効果がある。

3.4 カーボン繊維

カーボン繊維はロケット、航空機等に最も多く使用されており、ついでスポーツ、レジャー用品、工業製品の順となる。建築用石綿代替材料としては高価なため殆んど使用されていない。しかしカーボン繊維は引張り強度が高いことから、コンクリートパネルに用いるとパネル厚さが薄くなるためビル建築に種々のメリットを生じ、最近徐々に使用されるようになった。建築用には価格の点でPAN系よりピッチ系が用いられる。

3.5 ロックウール

ロックウールは無機質で耐熱性が高く、嵩高い繊維であるため、セメントと共に乾式或いは湿式吹付材料として耐火被覆材料に用いられている。昭和39年東京オリンピックと同時に霞が関三井ビルに始まる超高層ビルの鉄骨耐火被覆には石綿成型板、或いはロックウールに石綿を30%程度混合した乾式吹付の耐火被覆材が盛んに用いられた。ロックウールは水切れが良く石綿のような保水性はないが、吹付面との接着性とセメントの硬化に必要な水を保持するための添加剤を用いることによって現在の耐火被覆剤は殆んどNA化されている。補強繊維としてのロックウールは、水中への均一分散がガラス繊維以上に困難であること、また耐アルカリ性に劣ることなどの理由から石綿スレートやけい酸カルシウム板には用いられない。

3.6 鉱 物

ウォラストナイト、マイカ、バーミキュライトは無機質の繊維状又は薄片状の形状であり、石綿代替材料として多く用いられている。石綿スレートの代替材料としては、円網で抄き上げる効率を高める製造上の助材的な効果と、製品の耐熱性及び乾湿による寸法安定性能面での効果があるが補強効果はない。ビニールタイルには製造時の塑性を出す効果及び耐摩耗性を高めるためウォラストナイトが用いられている。

4. 建築用石綿代替製品

4.1 耐火被覆材料

1) 吹付石綿代替製品

吹付石綿はアモサイト又はクロシドライトにセメントを混合し水と共に特殊な吹付機を用いて、鉄骨の柱梁、デッキプレートの床面、天井面等に吹付け施工し、石綿繊維のフェルト状の層を形成させ耐火、断熱、吸音の目的に使用されていた。昭和30年代から40年代初め頃まで施工されていたが、40年代中頃から軽量化と低コスト化のため、ロックウールとセメントに保水性とセメントとのからみを良くするため石綿を30%程度添加した吹付材が次第に主流となって来た。

50年代に入り、石綿公害の問題から先にも述べたように添加剤を種々工夫し石綿5%以下となり、現在は完全にノンアスとなっている。ロックウール系の吹付工法には、この乾式工法の他にセメントを予め水と混合したセメントミルクとロックウール繊維を別々に圧送してノズル先端で混合吹付けを行う半乾式工法が開発され50年代はこの工法が主流となった。更にロックウールとセメント及び添加剤を予め水で練ったスラリーを圧送しノズルで吹付ける湿式工法は、40年代中頃既に開発されており使用されていた。50年代後半は乾式や半乾式による作業環境の悪化が嫌われ、塵あいの少ない湿式工法が多用されるようになった。

最近ロックウールフェルトとセラミックフェルトを層状に積層し、鉄のワイヤーで縫い合わせたフェルトタイプの耐火被覆材が開発された。取付けは溶接機を用いて梁や柱などの鉄骨にピン溶接を行い、この材料を差し込んでワッシャーで固定する簡単な工法であり、有楽町マリオン、後楽園東京ドームを始め広く採用されるようになって来た。

2) 石綿系耐火被覆板代替製品

石綿系耐火被覆板による耐火被覆工法は、鉄骨の梁や柱に耐火接着剤と取付金物を用い固定する方法で成形板工法と呼ばれている。成形板工法には鉄骨に直接張り付ける直張りとは箱形に張る箱張りなどの工法がある。石綿系耐火被覆板の種類には石綿・ロックウール成形板(石綿成形板)、石綿けい酸カルシウム板等がある。石綿成形板は石綿と岩綿を主材としてセメントを加え混練しプレス形成し乾燥したもので、昭和39年超高層ビルの幕あけとなった霞が関三井ビルに初めて使用された。この成形板は重い割りに強度が弱く、取付け方法に問題があり施工後成形板が脱落するなどの事故が多発し、40年代後半頃生産は中止された。

石綿けい酸カルシウム板は製造法に2種類ある。第

1の方法はけい酸質原料と石灰質原料に水を加えてスラリーとし、オートクレーブによる水熱合成反応を行って生成したけい酸カルシウム水和物スラリーに補強繊維として石綿を混入してプレス成形し乾燥後製品とする。第2の方法はけい酸質原料と石灰質原料及び石綿に水を加えてスラリーとし、これをプレス成形した後オートクレーブを行い乾燥後製品とする。製品には1号(カサ比重0.35~0.65)と2号(カサ比重0.2~0.4)の2種類があり、プレス成形するときの圧力を変えることによって調整することが出来る。補強繊維である石綿の代替繊維として現在はパルプ及びガラス繊維を使用した完全NA品が生産されている。

4.2 石綿フェルト

石綿フェルトはクリソタイル石綿を梳綿機で薄いウェブにし、このウェブにけい酸ソーダ溶液を散布し、更にこのウェブを打綿機で層状となし、所定の厚さに押圧成形、乾燥してフェルトを製造する。石綿フェルトは折版屋根などの裏貼り材として耐火、断熱、防露、吸音の目的に使用されていた。現在はガラス繊維又はガラス繊維とセラミック繊維を混合したものをフェルト状にし、ニードルパンチを行った後、有機バインダーを散布し所定厚に押圧成形し乾燥した代替製品が開発されている。

4.3 ビニールタイル

ビニールタイルは塩化ビニール、安定剤、可塑剤、粉末充填剤、クリソタイル石綿を混練し、カレンダーロールで加熱圧延し、シート状に成形する。石綿繊維は補強効果の他耐熱性、耐摩耗性、耐薬品性、寸法安定性等多くの効果がある。現在は石綿代替材料としてWollastonite、セピオライト、パルプ、合成繊維などを添加した完全なNA製品が販売されている。

4.4 石綿スレート

国内の全石綿使用量の78.2%が石綿セメント製品に使用されているが、その中でも石綿スレートは全石綿使用量の44.7%を占めている。石綿スレートはオーストリアのHatzchekが1900年に開発した円網式抄造法によって製造されている。石綿スレートはクリソタイル石綿とポルトランドセメントから成り、石綿が補強の役割を果たしている。円網式抄造法は石綿とセメントを大量の水と共に攪拌したスラリーを円網に抄き取り、これをエンドレスのフェルトに転写した後、ロール上に巻き取る。次に巻き取った板を平板の場合は高压又は低压プレス成形を、また波板の場合は波付けロールプレス成形を、パイプの場合は管捲成形をそれぞれ行った後、養生・乾燥・切断仕上げを行って製品にする。

石綿代替材料としては、現在単独で石綿の持つ特性を備えた材料はなく、パルプ、ガラス繊維、合成繊維(PP、PVA(ビニロン)、PE、PAN、PAM)、鉱物繊維など数種の材料を組み合わせた代替製品の開発が行われている。西欧では既にNA製品が市販されているが、国内では石綿スレートに代わる同類の製品として、けい酸カルシウム板、セメントけい酸カルシウム板、GRC板、木毛セメント板、石膏スラグ板などのNA製品は数多くあるが、低コストの石綿スレートはNA化されていない。

5. けい酸カルシウム板のNA化の状況

この数年、けい酸カルシウム板のNA化に従事してきたので、その開発状況を以下に述べてみたい。けい酸カルシウム板は内・外装に使用される板材で、石綿スレートとはほぼ同様の製法で製造されているので、石綿使用量の最も多い建材である石綿スレートのNA化にも共通する部分もあると思われる。

けい酸カルシウム板は石綿スレートと同様に円網抄造法により板状に成形される。石綿スレートは常温での養生でセメントの水和反応を行うが、けい酸カルシウム板はオートクレーブの中で、加圧下で蒸熱養生して、強制的にけい酸カルシウムを生成させて反応硬化している。この場合の蒸熱温度は通常140℃~200℃である。蒸熱養生をすることにより、軽量にして強度が高く、かつ吸水・吸湿に対する寸法変化が小さいという、けい酸カルシウム板の特徴が得られている。

5.1 石綿代替材料

NA化の方法として単層成板等の円網抄造以外の製板法に変更したり、材質を石膏系に変更する等の手法も考えられるが、ここでは従来通り円網抄造による製法でけい酸カルシウム板をNA化する代替材料について触れてみた。

石綿代替材料として考えられる種類と、そのけい酸カルシウム板への適性を表3にS. Harper(1982)に倣って示した。材料の適性としては板を形作るまでの製造上の適性と、できた板の性能に寄与する適性がある。勿論、材料価格も重要なポイントである。表3を見て分かる通り、総ての必要特性を備えている材料は残念ながらない。

現時点では、パルプが使用できる可能性の最も高い材料であり、実際にNA化はパルプと他の材料を適当に組合せることによって進められている。

けい酸カルシウム板や石綿スレートにおいては、石綿が労働環境の問題として扱われる以前から、パルプをクリソタイル石綿の一部に置き替えていた。パルプ

表 3 石綿代替材料のけい酸カルシウム板への適性
(S. Harper Composites April 1982 の表を補正, 加筆した)

種類	特性	水中分散	造膜性	耐アルカリ性	耐蒸熱性	補強効果 曲げ強さ	補強効果 耐衝撃性	不燃性	価格
セルロース 繊維	木質パルプ	○	○	○	○	○	○	×	○
	新聞古紙	◎	◎	○	○	△	×	×	◎
	レーヨン	△	△	○	○	×	○	×	△
ガラス 繊維	ARG	△	△	△	△	×	○	◎	△
	E・ガラス	△	△	×	×	×	×	◎	△
ロックウール		×	×	×	×	×	×	◎	○
合成繊維	PE	◎	◎	○	×	×	×	×	△
	PP	△	△	○	×	×	○	×	△
	PAN	△	△	○	○	×	○	×	△
カーボン 繊維	PAN系	△	△	○	○	△	◎	○	×
	ピッチ系	△	△	○	○	△	△	○	×
鉱物	Mica	◎	◎	◎	◎	×	×	◎	○
	Wollastonite	◎	○	◎	◎	×	×	◎	○
	Sepiolite	◎	◎	◎	◎	×	×	◎	○

◎適性大 ○良好 △やや不適 ×不適

図 2 Effect of fibre volume on strength of calcium silicate composites (Harper 1982)

を使用すると抄造時の水切れが良くなり抄造速度が高まる傾向にあった。また枯渇する石綿資源の高騰に対処するという経済的な側面もあった。

オーストラリアやヨーロッパでは、パルプを6~12%配合した完全ノンアスの繊維補強セメントけい酸カルシウム板が一般用建築材料として製品化されている。

図 3 Load/deflection curve of asbestos and cellulose-reinforced calcium silicate composites (Harper 1982)

パルプの補強効果に対する優位性を図2, 3に示す(Harper 1982)。繊維の添加量が増すに従い曲げ強さが増大し、パルプでは添加量12%程度までは曲げ強さが増加し、アモサイト石綿には及ばないが ARG より

はるかに高い曲げ強さとなる。新聞古紙ではその効果はやや低くなっている(図2)。また、従来の石綿配合品に比べてパルプを使うとタフネスが増大し粘りのある破壊の Stress-Strain カーブを示すようになる(図3)。

パルプは上述のように優れた補強効果を示すが、適性配合量を越すと製造上と性能上に問題が生じる。

まず、製造上の問題はパルプ量が多すぎると抄造成形でバサバサの状態となり、密度が軽くなって締まった成形体とならないことである。

また性能上の問題の一つは、パルプは可燃材であるため、けい酸カルシウム板の特徴である不燃性が損なわれることである。他の材料との組合せにもよるが、不燃材であるためには、パルプの配合量は6~8%程度が限界のようである。他の性能上の問題はパルプの配合量が多いと吸水・吸湿による寸法変化率が大きくなることである。図4に含水率が50%の状態から乾燥した時の寸法変化の状態を示した。パルプの配合量が多いほど寸法変化率が大きくなっている。

これらのパルプの欠点を他の材料との組合せで補ってNA化を進めているのが現状と思われる。

図4 けいカル板のパルプ量による含水率と乾燥収縮率の関係

5.2 NA けい酸カルシウム板の一例

一般建材用のけい酸カルシウム板はほぼ完成の状態にはあるが、残念ながら公表する段階には至っていないので、先に開発が完成した船舶用の建材としてのけい酸カルシウム板について若干の紹介をする。

一般建材でNA化が言われているのは、ここ数年の間であるが、船舶用の建材では一歩進んでおり、特に欧米の船籍となる建造船を中心にNA品の使用が進

図5 NA-けい酸カルシウム板の微細構造の模式図

図6 WollastoniteのSEM写真

んでいた。その中で円網抄造法による実用に耐える NA けい酸カルシウム板の完成は世界に先駆けていたと思われる。

その配合上の特徴は①繊維状ないし針状の天然の Wollastonite を配合することと ②水熱反応で合成

したけい酸カルシウム結晶の嵩高な粒子を配合することにあつた。これらの原料を配合することにより、他の諸原料の凝集および附着による汙網上での歩留りが極めてよく、しかも適度の汙水度が得られ、更には諸原料の分散の良い地合の良い状態で抄造できた。この

図 7 NA けい酸カルシウム板用の合成原料の SEM 写真

表 4 薄板アスベストフリーけい酸カルシウム板

項 目		NA-品	石棉入り品
密 度	g/cm ³	0.85	0.82
含 水 率	%	5	5
曲げ強さ	kgf/cm ²	タテ 180 ヨコ 120	タテ 230 ヨコ 140
曲げ弾性係数	kgf/cm ²	タテ 6×10^4 ヨコ 5×10^4	タテ 6×10^4 ヨコ 5×10^4
圧縮強さ(5%歪)	kgf/cm ²	330	350
シャルピー衝撃値	kgf-cm/cm ²	タテ 2.0 ヨコ 1.5	タテ 2.5 ヨコ 1.5
ブリネル硬さ(10/50/10)		3.5	3.5
面引張強さ	kgf/cm ²	9	9
ネジ保持力(4φタッピンネジ)	kgf/screw	6T* 45 8T* 65 10T*110 13T*150	6T* 50 8T* 70 10T*120 13T*160
耐熱性(850°C×3hr)			
残存線収縮率(長さ方向) %		0.6	1.0
(幅 方向) %		1.5	1.9
(厚さ方向) %		4.5	20.0
熱伝導率	kcal/m·hr·°C	0.1527 +0.00011θ	0.1388 +0.00013θ

*各厚さの基材の裏面に5mm貫通させた

理由は、スラリー状原料混合物中で、嵩高なけい酸カルシウム結晶を核に粉末原料の粒子が凝集・附着し、あるいは埋め込まれて比較的大きな粒子に成長し、この凝集粒子が絡合して、分散する繊維状 Wollastonite とパルプの繊維表面に附着するか、或いは、それらの繊維間を充填するように存在し、更には、この原料スラリーが汙網上で脱水される際、繊維状 Wollastonite があたかも網目の小さな汉網の如き作用をして、しかもこれによって網目をつまらせることを防ぐので、汉過抵抗の増大もなく抄造できるものと考えられる。この状態を模式的に示したのが図5である。

図6, 7は Wollastonite 及び合成けい酸カルシウム原料の SEM 写真をそれぞれ示した。

この NA けい酸カルシウム板の一般性能値は従来

の石綿使用品と比較して遜色ないものである(表4)。また船舶の用途に必要な各種の不燃性の認定試験に合格するものであり、石綿使用品と同様の表面化粧加工が可能である。

6. おわりに

建築用石綿代替材料として多くの材料が研究されているが、石綿の有する優れた特性や経済性に相当する材料はなく、何種類かの代替材料を組み合わせる石綿の持つ特性に近づけているのが現状である。製品化されても性能、規格、経済性の面で NA 化切換えが遅れており、今後なお完全切換えにはかなりの時間と努力を要することになるだろう。

紙パ技協誌専用合本ファイル

紙パ技協誌のご活用により、整理・保存に便利な専用ファイルの御愛用をお奨めいたします。

本誌6カ月分を余裕をもって製本することができます。お申込みは本誌の偶数月号に綴込まれている郵便振替用紙をご利用下さい。

定価 300 円 送料は下記の通り

冊数	地帯	都内	第一地帯	第二地帯	第三地帯
1 ~ 2		400 円	500 円	700 円	800 円
3 ~ 4		500 円	600 円	800 円	900 円
5 ~ 9		600 円	700 円	900 円	1,000 円
10 ~ 14		650 円	800 円	900 円	1,100 円
15 ~ 19		700 円	900 円	1,000 円	1,200 円

代金を添えてご注文下さい。

申込先 ▶ 東京都中央区銀座3の9の11(紙パルプ会館6階) 紙パルプ技術協会