

建材試験 情報

8

1991 VOL.27

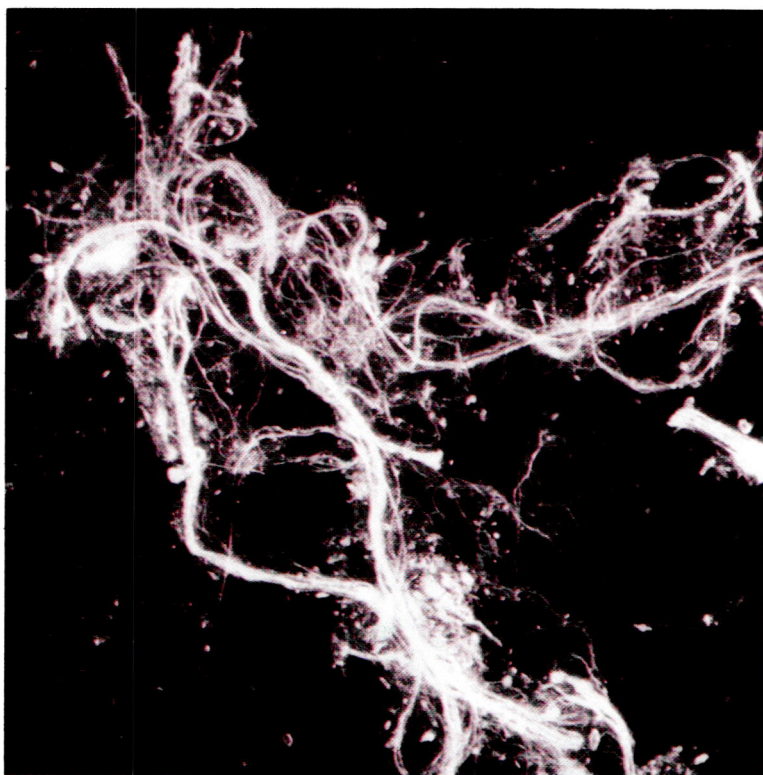
財団法人 建材試験センター

特集『建材における石綿代替製品開発の現状』

——通商産業省委託研究「石綿代替製品調査研究」を中心として

1. 石綿利用の現状／2. 石綿の使用規制（日本、諸外国、業界）
3. 代替材料の種類と性質／4. 石綿および代替材料の安全性
5. 石綿スレート代替製品の試作と性能評価

寄稿：繊維状物質の安全性について／東敏昭



三星ギルフォームは断熱材のために。

断熱材は建物のために。

寒暖の差がはげしい日本列島。そこは、つねに快適な居住環境が渴望される巨大なエネルギー消費ゾーン。今、断熱材が脚光を浴び、その断熱効果の真価が問われている。断熱材は三星ギルフォーム。つねに断熱材をリードし続けてきた。そして、これからも…。



田島ルーフィング株式会社

東京：〒101 東京都千代田区岩本町3-11-14

電話(03)3863-5631

電話(03)3862-8531

大阪：〒550 大阪市西区京町堀1-10-5

電話(06)443-0431

札幌：電話(011)221-4014

名古屋：電話(052)961-4571

仙台：電話(022)261-3628

広島：電話(082)246-8625

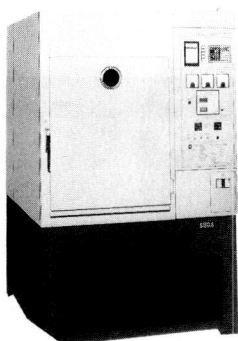
横浜：電話(045)651-5245

福岡：電話(092)712-0800

金沢：電話(0762)33-1030

自動車業界で採用！

強エネルギー キセノンウェザーメーター



SC700シリーズ

- 試料面エネルギーが従来型（約50W/m²、300～400nmに於て）の3～5倍アップ
- 屋外暴露との相関性と超促進性の両性能を満足
- 光源—ロングライフキセノンランプ
- エネルギー自動調節—試料面制御
- ブラックパネル温度直接制御

“完全クローズドシステム”
（真のオゾン濃度表示）

オゾンウェザーメーター

- 従来のどの装置もできなかった“妨害ガスの影響を完全に排除”のシステムで、正確なオゾン濃度を測定・調節
- 排気オゾン濃度ゼロでどんな場所にも安心して設置

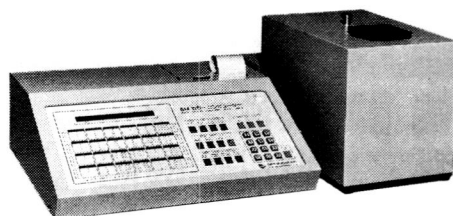


OMS-HVCR

C・D₆₅光源による

SMカラーコンピューター

- 色が絶対値で測れる測色・色差計
NBS標準板・自記分光光度計により校正
- マンセル直読
- 変退色・汚染のグレースケール等級値直読
- TM式2光路眩防止光学系

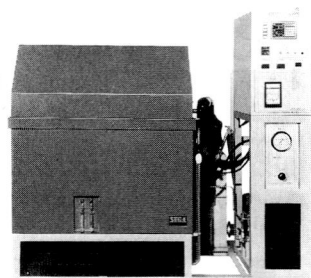


SM-5-1S-2B

塩水噴霧・乾燥・湿潤

塩乾湿複合サイクル試験機

- 噴霧は噴霧塔方式採用「ノズル方式では得られない均一噴霧粒子と噴霧の均一分布」
- 20%の乾燥条件設定が可能な特殊設計
（浸漬、乾燥、湿潤サイクル型もあります）



ISO-3-CYR

■建設省建築研究所、土木研究所、建材試験センターを初め、業界で多数ご愛用いただいております。



Weathering-Colour

スガ試験機株式会社

本社・研究所 東京都新宿区新宿5-4-14 ☎03-3354-5241 Fax. 03-3354-5275 〒160
支店 大阪☎06-386-2691 名古屋☎052-701-8375 九州☎093-951-1431
広島☎082-261-3285



住友精化

(旧・製鉄化学工業)

浸透性吸水防止剤

アクアシール



日本コンベンションセンター(幕張メッセ)・外壁アクアシール塗布

コンクリート保護材の新しいカタチです。

- 吸水防止美観保持機能 ■耐候性機能
- 遮塩性機能 ■耐塩・耐アルカリ性機能
- 高浸透性機能 ■通気性保持機能
- エフロ防止機能 ■カビ防止機能
- 下地保護防水プライマー機能



住友精化株式会社
機能品事業部
アクアシール会

大 阪 本 社

東 京 本 社

大阪市中央区北浜4丁目7番28号(住友ビル第2号館)

☎(06)220-8539(ダイヤルイン)

東京都千代田区九段北1丁目13番5号(日本地所第一ビル)

☎(03)3230-8534(ダイヤルイン)

定常法熱伝導率測定装置 TCH-901

JIS A 1412 保温材の熱伝導率測定方法の規格にもとづいて保温材料, 断熱材料, 建築材料などの熱伝導率を精度よく測定できます。

新製品

■試験体の寸法は, 300mm □ または 300φmm の測定ができます。したがって, 厚さ50mmまでの試験体の測定は JIS A 1412 規格の試験方法に完全に合致しています。

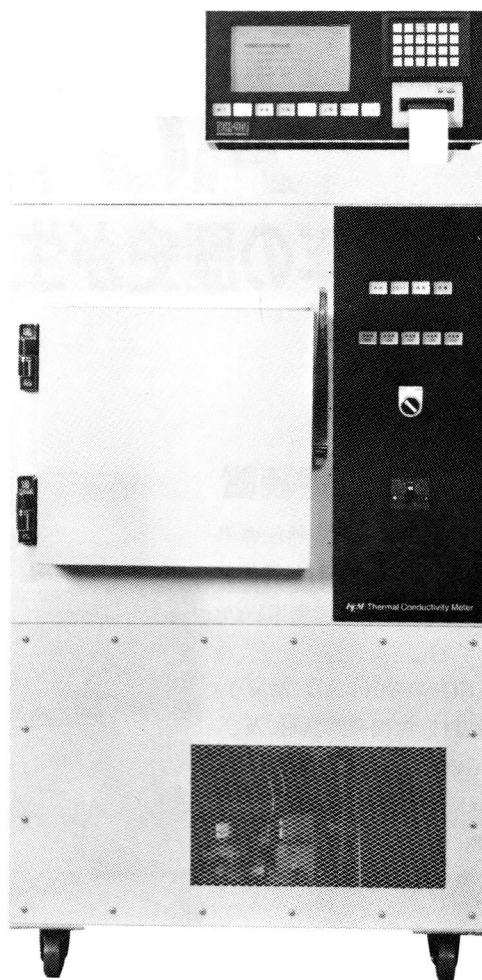
■厚さ100mmまでの試験体の測定ができます。

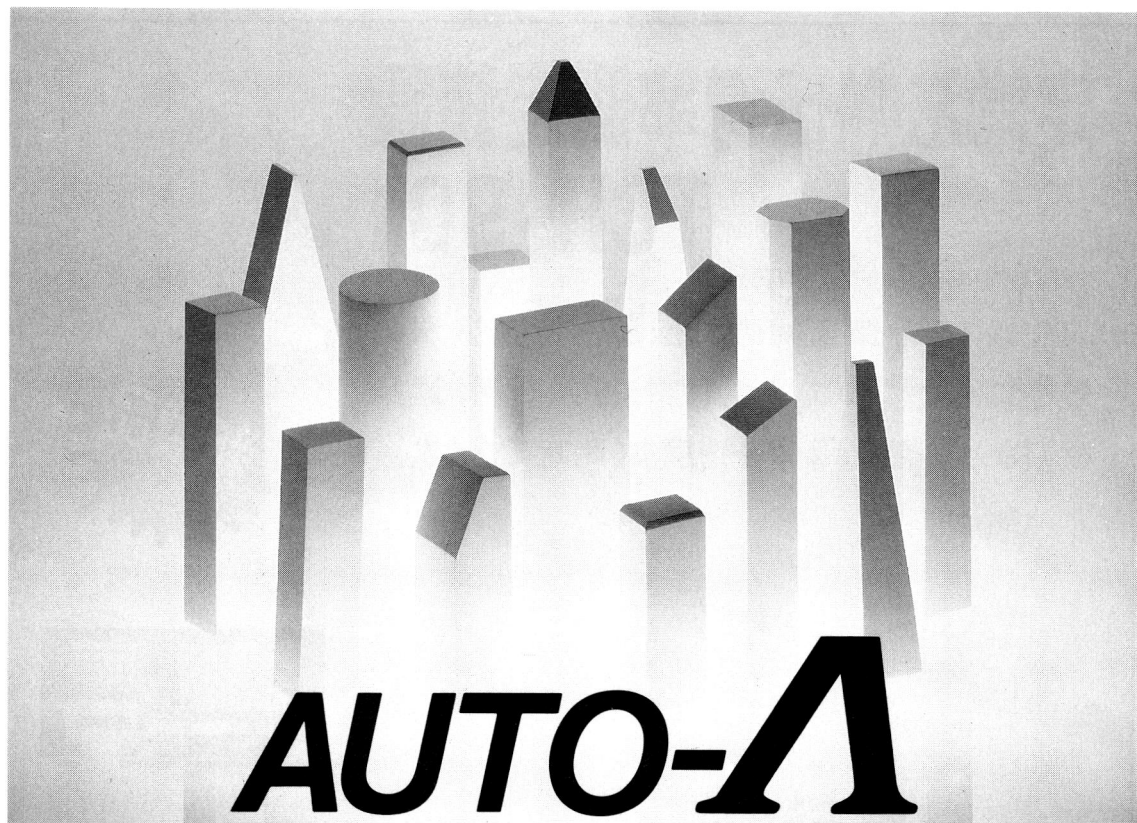
■横方向への熱の流れを補償するために, 2枚熱流計法を採用しています。

■試験槽は, 0~100°C の恒温槽で任意の温度に一定化できるので, 試験体の定常状態への到達が速く, 安定した測定値が得られます。

用 途

- 保温・断熱・建築などに利用される各種材料
- ロックウール, グラスウールなどウール製品
- スチレンフォーム, ウレタンフォームなどフォーム製品
- プラスチック, ゴムなどの単板材や複合板材
- 布, パルプ, 木材などの板製品





30年の歴史が生んだ新素材の追求者

熱伝導率測定装置

新しい高分子素材の熱伝導率を正確に知ることは、材料性能を評価するうえで、重要な要素となります。

新開発のAuto-Λは、高分子系保温材、無機系断熱材、及びこれらの積層板までの幅広い分野において、JIS-A1412、ASTM-C518に準拠した熱流計法により、熱伝導率を短時間に求めます。



温度、熱流の安定状態を
バーグラフ表示

定常状態の判定及び数値演算は、マイクロプロセッサによってデジタル処理され、CRT画面に全てのパラメータを同時表示すると共に、プリンタによって記録します。

試料自動圧力設定、
自動厚さ計測が高精度を実現

自動加圧は25kg/m²、250kg/m²の2種類から設定が可能。自動厚さ計測は分解能0.01mmの高精度。迅速性を要求される品質管理用にも最適です。

- 測定範囲 0.008～1.0kcal/m.h.°C
- 温度 -10～+90°C
- 再現精度 ±1.0% (読み取値に対して)
- 試料寸法 200×200×10～100mm

EKO 英弘精機株式会社

本社/〒151 東京都渋谷区幡ヶ谷1-21-8 TEL.03-3469-4511代
大阪営業所/〒540 大阪市中央区内淡路町3-1-14 TEL.06-943-7588代

建材試験情報

1991年8月号 VOL.27

目次

特集

建材における石綿代替製品開発の現状 8

——通商産業省委託研究「石綿代替製品調査研究」を中心として

1. 石綿利用の現状 9 / 2. 石綿の使用規制（日本、諸外国、業界） 12 /

3. 代替材料の種類と性質 16 / 4. 石綿および代替材料の安全性 21 /

5. 石綿スレート代替製品の試作と性能評価 26

寄稿：繊維状物質の安全性について / 東敏昭 40

巻頭言

Intelligentな建物 / 白山和久 7

試験のみどころ・おさえどころ

アスベストの測定方法 / 乙黒利和 45

試験設備紹介

平衡含水率自動測定装置 54

連載 建材モノかたり——⑤『石綿スレート』 56

読者欄 58

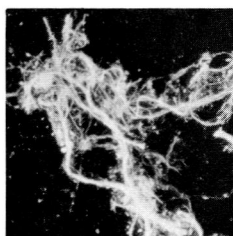
建材試験ニュース 60

2次情報ファイル 65

お知らせ 67

編集後記 69

■表紙写真



実体顕微鏡（倍率×42倍）で写真撮影した石綿（クリソタイル）。極細の繊維がからみあっているのが特色。

ひびわれ防止に

小野田エクспан

（膨張材）

珪砂使用コンクリートに

ラスナイン

（防錆剤）

防水コンクリートに

小野田NN

（防水剤）

マスコンクリートに

小野田リタール

（凝結遅延剤）

高強度コンクリートパイプに

小野田Σ1000

（高強度混和材）

水中でのコンクリートに

エルコン

（水中コンクリート混和剤）

岩石、コンクリート破砕に

ブライスター

（静的破砕剤）

橋梁、機械固定に

ユーロックス

（無収縮グラウト材）

地盤の支持力増加に

アロフィクスMC

（超微粒子注入材）

生コン、細骨材中の塩分判定に

カンタブ

（塩化物測定計）



（株）小野田

〒136 東京都江東区南砂2丁目7番5号

東陽町小野田ビル

電話 03-5683-2016

新 JIS 対応は OK です!

建築用外壁材の耐凍害性試験法の新 JIS に備え耐久性試験機のご案内

凍結融解試験機

A. 水中凍結水中融解法

MIT-683-0-16型

凍結温度(ブライン温度) MAX. -25°C

融解温度(ブライン温度) MAX. $+20^{\circ}\text{C}$

供試体 $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ 16本入

試験方法 JIS 運転

プログラム運転



B. 気中凍結水中融解法

MIT-681-0-28型

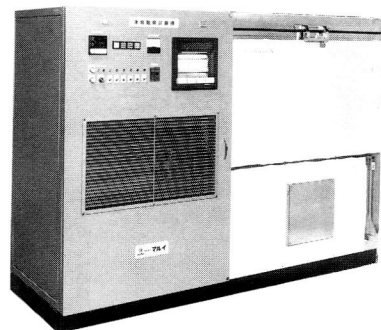
試験槽内温度 $-35^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$

恒温水槽内温度 $+10^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$

供試体 $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ 28本入

試験方法 JIS 運転

プログラム運転



浸漬乾燥繰返し試験機

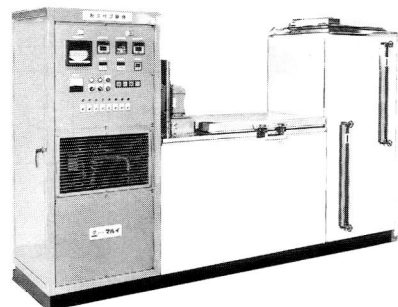
MIT-653-0-30型

浸漬水温 $+30 \sim +80^{\circ}\text{C}$ 可変

乾燥温度 $+20 \sim +150^{\circ}\text{C}$ 可変

供試体 $250 \times 300 \times 10\text{mm}$ 60本

試験方法 浸漬乾燥自動運転



セメント・コンクリート・セラミックス・建材・土質・環境・各種試験装置製作・販売



信頼と向上を追求し試験研究のEPをめざす

株式会社

マルイ

東京営業所/〒105 東京都港区芝公園2丁目9-12
大阪営業所/〒536 大阪市城東区中央1丁目11-1
名古屋営業所/〒460 名古屋市中区大須4丁目14-26
九州営業所/〒812 福岡市博多区博多駅南1丁目3-8
貿易部/〒536 大阪市城東区中央1丁目11-1

☎(03)3434-4717代 Fax(03)3437-2727
☎(06)934-1021代 Fax(06)934-1027
☎(052)242-2995代 Fax(052)242-2997
☎(092)411-0950代 Fax(092)472-2266
☎(06)934-1021代 Fax(06)934-1027
カタログ・資料のご請求は上記へ

Intelligentな建物



工学院大学教授・筑波大学名誉教授 白山和久

最近はわが国でも建築物の平均寿命が延びてきて、保全に対する関心が高くなっている。特に昭和30年代から40年代にかけての好景気の時に建設された多量の建築物が30年前後経過し、大規模修繕や改修が必要になる時期を迎えて、それらを実施するための劣化診断の重要性が認識されるようになった。

診断という用語は、もともと医学用語で、ある辞書によると「診察と医学的検査の結果、病気の種類・性質・経過について医師が判断すること」とある。この記述では、診断には診察や検査は含まれず、それらの結果から行う医師の判断だけを指していることになっている。ところが別の辞書では「医師が患者の体を調べて、病気の有無、病因などを判断すること」となっており、患者の体を調べる診察や検査も診断に含まれるような表現になっている。それでは劣化診断にはそれに必要な調査も含まれるのかどうか議論のあるところである。日本建築学会の耐久性小委員会では、議論の末、劣化診断は判断だけを指すこととし、判断の基礎になる調査は劣化調査という用語によって区別する案が有力になっている。何れにしても用語の定義は厄介なものである。

それはさておき、人を対象とした医師の診断と、建物を対象とした劣化診断との大きさ差の一つは、人の場合は体のどこかが具合が悪いと、それが外に表われなくても、痛みや不快感を感じ、診察を受ける場合に医師にそれらの不調を訴えることができることにある。医師は患者からそのような情報を得て、診断に大いに役立てることができる。

建築物の中でも、設備機械などの場合は、それ

らを運転することによって、音や振動、あるいは電圧、電流などの情報を出してくれるから、それによって劣化状況をかなり把握できる場合が多い。

けれども建物の場合は、外観以外には何も語ってくれないし、信頼できるデータを得ようとすれば、多かれ少なかれ、建物に傷を付けなければならない。従って建物の劣化診断は、この意味では人間の診断より非常に難しい。そこで考えられることは、建物にも人間の神経に当たるような知覚機能を持たせ、それによってモニタリングしてはどうかということである。完成した建物にこのような機能を付加することは厄介なことも多いだろうから、建設時に取付けておくことが望ましい。

こういうことを、住宅の新技术の開発に関する委員会で提案したところ、住宅の供給者側の委員から、そんなことに金をかけることはとても無理だという意見が出て、その提案は消えてしまったことがある。それは今から7、8年前のことだから、その当時はそうだったかも知れないが、今は建物の維持保全に関する関心が高くなっているし、センサー技術なども急速に進歩しているので、このような検討も進められていいのではなかろうか。

現に、最近の国際会議で、ガラスの光ファイバーを使ったコンクリート構造物のひずみ、ひびわれ、炭酸化、塩素イオンの浸透深さ、鉄筋の発錆などのモニタリングシステムの実用化例なども紹介されている。こういう構造物をIntelligent structureというようだが、わが国のこの方面の技術水準は決して低くはないと思われるので、このような保全に関してintelligentな建物が重要なものから普及することが望まれる。

特 集

建材における 石綿代替製品 開発の現状

通商産業省委託研究「石綿代替製品調査研究」を中心として

目 次

1. 石綿利用の現状
2. 石綿の使用規制（日本、諸外国、業界）
3. 代替材料の種類と性質
4. 石綿および代替材料の安全性
5. 石綿スレート代替製品の試作と性能評価

石綿は、人体に大量に吸入された場合、悪影響を及ぼすおそれのある物質として安全対策が強化されている。通商産業省では、石綿製品の製造、施工、利用、廃棄の各段階における安全性を高めるためには、石綿の代替化、含有率の低減化を推進し、これらを通じて石綿使用の総量の低減化を図ることが必要であるとして、平成2年度当財団に「石綿代替製品調査研究」（委員長：岸谷孝一日本大学理工学部教授）を委託した。今月号は、同報告書の内容を中心にして社会的ニーズとなっている石綿代替化の開発現状を特集した。

同調査研究は、石綿の使用量が多量に多い石綿スレートを主な対象とし、中小企業が石綿代替製品を製造する際の指針となる石綿代替繊維の含有率と代替製品の性能の関係等をガイドとしてまとめたものである。具体的には、国内外の文献、資料調査を含め、石綿代替繊維の種類と性状（特に安全性）をまとめ、このなかでスレート用の代替繊維を選定し、実際に試作して試験データを収集した。石綿の優れた特性を代替するには、現在、数種類の代替繊維の混合が必要となっている。この結果、代替製品は強度において若干性能が低下するが、今後の技術開発を含め、石綿の代替化、低減化が十分可能であると報告している。

しかし、現在開発中のノンアス製品を含め、代替製品が普及していくには、耐久性の実証および現在の技術水準におけるコストアップと若干の性能低下に対する使用者側の理解が課題といえよう。

なお、建材試験センターでは、石綿代替開発研究の他に、吹付け石綿に関する調査・分析・処理工事監理、封じ込め薬剤の認定試験、作業環境測定など石綿問題に多方面に対応しており、“みどころおさえどころ”にこの関連業務をあわせて紹介する。

1. 石綿利用の現状

1.1 種類と性質

石綿とは、天然に産する繊維状の無機けい酸塩で鉱物学的名称ではなくばく然とした商業的、工業的用語とされている。石綿は、蛇紋岩と角閃石のグループに大別されるが、これらのグループには次のものが含まれる。

蛇紋岩系：クリソタイル（白石綿、温石綿）

角閃石系：アモサイト（茶石綿）

クロシドライト（青石綿）

アンソフィライト（角閃石）

トレモライト（透角閃石）

アクチノライト（陽起石）

このうち、商業的に使用されているのはクリソタイルがほとんどで（約95%以上）、その他アモサイト、クロシドライトが残り数%を占める。

なお、日本ではクロシドライトは現在使用されていない。

わが国の石綿輸入量の約80%は建築材料に使用されている。このように石綿輸入量の大半が建築関係に使用されている理由として石綿が持つ優れた諸特性があるからである。

- ① 引張り強さがきわめて大きい（高抗張力）
- ② 表面積が大きくセメント等との密着性に優れている（親和性）
- ③ 燃えないで高温に耐える（不燃、耐熱性）
- ④ 酸、アルカリ等の薬品に侵されにくい（耐薬品性）
- ⑤ 腐らないで変質しにくい（耐久性、耐候性）
- ⑥ 柔軟でかつ磨耗に耐える（耐磨耗性）

以上のような物理的、化学的性質のほかに、安価な経済的原料であることなど、マトリックスの補強繊維として、ほかにみられない多くの有用性を持っている。

1.2 産出量と消費量

石綿の世界産出量は、1978年には年産550万トンを超えたが、その後、やや減少し現在は約400万トン程度である。

国別産出量はソ連がトップで次にカナダ、南ア、ジンバブエ、ブラジル、イタリア、中国と続き、これらで95%を占めている。また、クリソタイルは世界産出量の約95%になっている。

わが国の石綿の60%強は石綿スレートに消費され、ついで石綿紙や紡織品等の石綿製品に20%強が消費されている。表1に用途別消費量を示す。

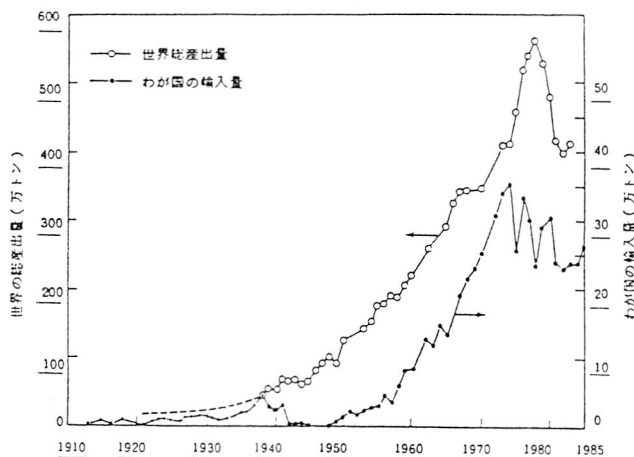


図1 アスベストの世界総産出量とわが国の輸入量

表1 わが国における石綿の用途別消費量

年 製品	1977	1979	1982	1985(*)
石綿スレート	156,000(トン) 61.9(%)	182,000(トン) 65.2(%)	144,000(トン) 64.3(%)	154,000(トン) 63.7(%)
石綿パイプ	—	—	1,300 0.6	1,200 0.5
高圧石綿管	7,500 3.0	6,200 2.2	1,900 0.8	700 0.3
パルプセメント板	5,500 2.2	6,300 2.3	5,000 2.2	10,000 4.1
石綿製品	64,000 25.4	66,500 23.8	53,600 23.9	50,000 20.7
(紡織品)	(10,000)	(9,600)	(8,500)	
(ジョイントシート)	(7,600)	(8,100)	(8,100)	
(石綿紙)	(21,000)	(21,500)	(11,700)	
(摩擦材)	(13,700)	(17,100)	(15,700)	
(その他)	(11,700)	(10,200)	(9,600)	
ビニルタイル	7,000 2.8	6,000 2.2	6,000 2.7	2,700 1.1
その他	12,000 4.8	12,000 4.3	12,000 5.4	23,000 9.5
合計	252,000(トン)100.1(%)	279,000(トン)100.0(%)	223,800(トン) 99.9(%)	241,600(トン) 99.9(%)

* 推定値、アスベスト排出抑制マニュアル

1.3 物理的・化学的特性

クリソタイルは、非常に細い中空（数10Å）管状の繊維で長さは1μm以上に達する長繊維まである。表2に主なクリソタイルの物理的・化学的特性、表3に化学組成を示す。

表2 物理的・化学的特性

硬度	2.5～4.0
比重	2.55
比熱 [cal/g/℃]	0.266
抗張力 [kg/cm ²]	31,000
ヤング率 [kg/cm ²]	1.65×10 ⁶
比抵抗 [MΩcm]	0.003～0.15
pH	9.2～9.8
屈折率	1.50
柔軟性	優
表面電荷(ゼータ電位)	+
耐酸性	やや優
耐アルカリ性	優
脱構造水温度(融点) [℃]	550～700(約1,500)
耐熱性	450℃ぐらいから脆くなる
結晶系	単斜晶および斜方晶系

1.4 抄造特性

石綿繊維長の主な分布は表4のようになっており、繊維長によりさまざまなグレードが生産されている。また、この繊維長は抄造性に大きな影響を与える。

表3 化学組成

SiO ₂	40.75
Al ₂ O ₃	3.37
Fe ₂ O ₃	0.44
MnO	0.03
MgO	41.28
CaO	0.35
Na ₂ O	0.07
K ₂ O	0.04
H ₂ O ⁺	12.86
H ₂ O ⁻	0.78
Total [%]	100.25

化学構造式 Mg₃Si₄O₁₀(OH)₈N₂吸着による表面積1.3×10⁵～5×10⁵cm²/g

表4 繊維長分布(%)

	5 mm以上	5 ~ 1 mm	1 ~ 0.1mm	0.1mm以下
クリソタイル 4	10	20	30	40
” 5	5	10	45	40
” 6	1	4	35	60
クロシドライト	40	20	5	35
アモサイト	15	20	25	40

表5 石綿の種類と価格

クラス	グレード	産地	マイン	※価格(円/kg)
4	C&G4D	ジンバブエ	Shabani & Mashaba	100~150
	T40	”	”	
	4T500	カナダ	L.A.B	
	AX	”	Cassiar	
	HVL4	スワジランド	Havelock Mine	
	P4	ソ連	ソ連	
5	C&G4D	ジンバブエ	Shabani & Mashaba	75~130
	T48	”	”	
	5K550	カナダ	L.A.B	
	AY	”	Cassiar	
	5K	”	J/M	
	HVL5	スワジランド	Havelock Mine	
	P5	ソ連	ソ連	
6	G58	ジンバブエ	Shabani & Mashaba	55~95
	T58	”	”	
	AZ	カナダ	Cassiar	
	6D	”	J/M	
	HVL1877	スワジランド	Havelock Mine	
	P6	ソ連	ソ連	
	M6	”	”	

※レート 135円

石綿スレートの抄造性において、石綿は次のさまざまな特性を有する。

- a 濾水性
- b セメント粒子の捕捉性
- c 保水性
- d 成形性

これらの物質は、石綿が抗張力のある電荷を持

った中空構造の無機材料であることから生じている。

1.5 価 格

表5に代表的なグレード、産地および価格を示す。

一般に、石綿スレートに使用されるグレードは、4クラス~6(7)クラスで、各マインにおいて、

同種類の岩石を分級して、各クラスの石綿を生産している。

各地で生産された石綿は、商社を通じて国内に輸入されており、購入価格はレートによって変動しており、また同じクラスの石綿でも産地によってかなり価格にバラツキが生じている。

2. 石綿の使用規制

2.1 日本の石綿規制

現在、日本における石綿の規制は、労働者の健康障害防止を目的にしたものおよび一般環境の保全ならびに公害を防止する目的の法律がある。

(1) 労働者保護の法律

石綿および石綿含有製品（石綿の含有量が5重量%を超えるもの）の製造、取扱いにおける厳しい規制が行われている。

a) 労働安全衛生法、同施行令、同規制¹⁾

この労働安全衛生法（以下安衛法という）は、労働災害を防止して、職場における労働者の安全と健康を確保するとともに、快適な作業環境の形成を促進することを目的としており、直接関係する項目は、作業環境測定、健康診断、名称表示等がある。

b) 特定化学物質等障害予防規則（特化則）²⁾

特定化学物質等障害予防規則（以下特化則）というには、52の物質が指定され、その一つに石綿がある。この石綿は、特別の監理を要する物質となっている。本規則では、石綿および石綿含有製品（石綿の含有量が5重量%を超えるもの）を製造、取扱うときの管理基準を定めている。主な規定事項は、次のとおりである。

- 石綿粉じんの飛散防止（局所排気装置の設置等）
- 作業環境測定の実施（作業環境測定法に基づいて実施）

- 特化則健康診断の実施（検査結果の保管は30年）

- 発がん性物質等に関する特別な管理（作業の記録、掲示等）

- 吹付け石綿の原則的禁止

c) 作業環境測定法³⁾

作業環境測定法を実施する際の資格等の要件を定めている。

d) じん肺⁴⁾

じん肺健康診断の実施とその検診結果による健康管理等の要件を定めている。

e) 告示および行政指導としての通達

- ① 昭和63年告示第79号⁵⁾により労働安全衛生法下の石綿粉じんは2 f/cc（管理濃度）とされている。

- ② 昭和51年の通達⁶⁾では、次のような行政指導を行なっている。

- 石綿の代替措置の促進

- 自動車の修理工場における措置

- ③ 昭和61年の通達⁷⁾では、建築物を解体・改修するときの石綿粉じんばく露による健康障害防止に関して行政指導を行っている。

(2) 一般環境、公害関係の法律

環境庁では、「アスベスト発生源対策検討会」を昭和56年から3カ年計画で発足させ、一般環境における国内の石綿粉じん濃度測定をあらゆる角度から行い、この結論として“現在の一般大気中のアスベスト濃度は、作業環境でのばく露限界の 10^{-2} ～ 10^{-4} 程度のレベルであり、一般国民にとってリスクは小さい”としながらも“今回明らかにされた環境大気中のアスベスト濃度をベースにして今後、長期的に環境濃度のモニタリングを行っていく必要がある”としている。続いて、昭和63年11月に「工場等に係るアスベスト発生源について」をまとめ、アスベスト製品製造工場を集中的に調査を

行った結果、一部の当該工場における工場敷地境界での石綿粉じん濃度の高い箇所が散見されることから、WHOクライテリア53を引用し、“「現段階において受容可能なリスクのレベルを定量的に設定することは困難であるが」とし、「都市部における濃度は、1f/ℓから10f/ℓ程度の範囲にあるが、時にはそれより高い状況にあり、——一般住民においては、アスベストに起因する肺がんおよび（悪性）中皮腫のリスクは信頼できるほど定量化できないものの、おそらく検出できないほど低いであろう」と評価している”としている。

この環境濃度の範囲内で抑制するため、“アスベスト製品製造工場において、適正な維持管理等の実施を確保するよう、所定の措置を講ずることが必要であると考えられる”と報告している。

この結果を受けて、環境庁は同庁の諮問機関である中央公害対策審議会に対し平成元年2月に「石綿製品製造工場から発生する石綿による大気汚染防止のための制度の在り方」について諮問し、「諮問のとおりすることが適当である」として、環境庁は閣議等を経て3月24日国会に改定案を提出、6月28日付で大気汚染防止法の一部改正する法律が公布された、その後同法に関する諸政省令が公布された。

- 12月19日 大気汚染防止法の一部改正する法律の施行期日を定める政令
- 12月19日 大気汚染防止法施行令の一部を改正する政令
- 12月26日 特定工場における公害防止組織の整備に関する法律施行規制の一部を改正する省令
- 12月27日 大気汚染防止法施行規制の一部を改正する総理府令

注) #1：昭和47年9月 労働安全衛生法、同施行令、同規則制定

- #2：昭和47年9月 労働安全衛生法下の特定化学物質等障害予防規則制定
- 昭和50年9月 特定化学物質等障害予防規則の大幅改正
- #3：昭和50年5月 作業環境測定法制定
- #4：昭和35年3月 じん肺法制定
- 昭和52年5月 じん肺法改正
- #5：昭和63年9月 告示第79号「作業環境評価基準」
- #6：昭和51年5月 基発第408号「石綿粉じんによる健康障害予防対策について」
- #7：昭和61年9月 基発第34号の2「建築物の解体又は改修の工事における労働者の石綿粉じんのばく露防止等について」

2.2 ILOの石綿条約

ILO（国際労働機関）は、第71回（1985）および第72回（1986）の総会（於ジュネーブ）で石綿の利用における安全に関して、ILO加盟国140カ国約1,800人の政府、労働、使用の各界代表が議論を交し、十分に時間をかけて条約および勧告を検討した。

1986年（昭和61年）6月のILO総会の本会議で「石綿の利用における安全に関する条約」（以下石綿条約という）（条約第162号）が反対ゼロで採択された。この条約の採決の投票では、99%以上の投票者が賛成しており、このことはILOを構成するメンバーすなわち各国の政府・労働者・使用者の大多数は、石綿を管理して使用することに賛成していることである。次に条約および勧告の要点を述べる。

(1) 条 約

「石綿は使用禁止するのではなく、きちんと管理して使用すれば安全に使用することができる」という共通の認識をもとにして、検討が重ねられ先にも述べたように反対ゼロで採択された。

この条約では、石綿を安全に使用するために政府・労働者・使用者のそれぞれがなすべきこと、労働者と使用者が協力するべきことが定められ、概要は次のとおりである。

① 一般原則

政府は職業上の石綿へのばく露による健康障害防止のために必要な規制を作り、労働者・使用者ともに規則を守ることが定められている。

② 保護および防止措置

保護および防止措置については、次の内容が規定されている。

- (a) 石綿へのばく露を工学的に抑制するか、または認可の特別な規則に従う。
- (b) 技術的に可能な場合には、より害の少ない繊維に代替するか、または一定の作業に一定の石綿の使用を禁止する。
- (c) 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する。
- (d) 石綿へのばく露がある一定の作業を届け出制とする。
- (e) 石綿および石綿を含む製品の製造者および供給者は適切な表示をする。
- (f) ばく露限界を定め、これを満たすために必要な措置を講じる。
- (g) もろい石綿絶縁材（主に吹付け石綿）を含む建造物等の取壊しや石綿絶縁材の除去は、作業を実行する能力があると認めた業者に実施させることができる。
- (h) 石綿に汚染された作業衣等に家庭に持帰ることを禁止する。
- (i) 工場から出る石綿廃棄物の処理は一般環境

を汚染しないような措置をとる。

③ 作業環境および労働者の健康の監視

各々の管理の実施と記録の保存が義務付けられている。

(a) 作業環境測定の実施およびその記録の保存

(b) 石綿にばく露する可能性のある労働者の健康診断の実施およびその記録の保存

④ 情報と教育

労働者に教えるべき項目について定めている。

(2) 勸 告

条約を補足したもので、条約に沿って具体的内容を記述している。

2.3 米国EPAの石綿使用禁止規則

EPA（環境庁）は1989年7月12日石綿使用禁止の最終規則を公布した。この主な規制概要は次のとおりであるが、この規則の公布によって、石綿の使用量（当時8.47万トン）が、1年以内に10%、4年以内に28%、7年以内に94%の削減がされる見通しとなっている。

(1) 石綿製品(石綿含有率1wt%を超える製品)

の製造、加工、輸入の禁止

- ① 1990.8.27までに。a)床フェルト、b)屋根フェルト、c)パイプラインラップ、d)石綿セメント平板、e)石綿セメント波板、f)ビニル石綿床タイル、g)石綿クロス(着用するためにデザインしたもの)
- ② 1993.8.25までに。a)ビーターシートガasket(特殊な工業用ガasketを除く)、b)シートガasket(特殊な工業用ガasketを除く)、c)クラッチフェーシング(商業・工業用石綿摩擦製品)、d)自動トランスミッション構成品(運搬用車の自動トランスミッション(OEM)、f)中計量運搬用車のディスクバット(OEM)
- ③ 1996.8.26までに。a)石綿セメントパイプ・

波型ペーパー（パイプカバーの断熱材等の使用）、b）ロールボード（セキュリティボックス等の耐火材に使用）、c）ミルボード・石綿セメント屋根板・特別なペーパー（クーリングタワー用の紙等）、d）屋根用コーティング・非屋根用コーティング・ブレーキブロック、e）ドラムブレーキライニング（既存）、f）デ

ィスクブレーキパッド（軽中重量用、既存）

(2) 石綿製品の商業上の供給禁止

- ① 前項(1)①については、1992.8.25までに供給を禁止
- ② 前項(1)②については、1994.8.25までに供給を禁止
- ③ 前項(1)③については、1997.8.25までに供給

表 6 諸外国の石綿規制状況AIA資料より(1988年 8 月現在)(単位: f/cc)

濃 度 基 準				国 名	備 考
クリソタイル	アモサイト	クロシドライト	アクションレベル		
2 mg/m ² (33#)				ソ 連	1954
4.0				ブ ラ ジ ル	1987
2.0				メ キ シ コ	1986
2.0				イ ン ド	業界自主基準(1948)工場法
2.0				シンガポール	労働省作業要綱勧告 1980
2.0		0.2		日 本 ##	管理濃度 1989
		0.2(禁)		オ ラ ン ダ	1977
2.0	0.5	0.2		カ ナ ダ	労働法(CLC)石綿規制第4部
1.0				ス イ ス	1984
1.0				インドネシア	1983(浮遊化学物質限界値)
1.0				フ ラ ンス ###	1987
1.0		0.5		ギ リ シ ャ	EEC 規制採択 1988
1.0		0.5		西 ド イ ツ	1986
1.0			0.5	イ タ リ ア	1984(協定採択)
1.0				ベ ル ギ ー	1986
1.0	0.1(禁)	0.1(禁)		オーストラリア	1982
1.0	0.1(禁)	0.1(禁)		ニュージーランド	1984
				0.125	イ ス ラ エ ル
0.5				フィンランド	1989
0.5	0.2(禁)	0.2(禁)	####	イ ギ リ ス	1988
0.2			0.1	ア メ リ カ	1989

(禁)は使用禁止となっているもの

注) # : ソ連の濃度基準は石綿を10%以上含有する総粉じんで、2 mg/m²となっている。一般に使用される換算法(0.06mg/m³=1 f/cc)で換算した。

: 日本の管理濃度 2 f/cc : 諸外国と同じ個人ばく露濃度に換算した場合は、測定条件によって異なるが、おおよそ 0.8f/cc となる。

: フランスの石綿粉じん濃度測定間隔: <1.0=3 カ月ごと> 1.0=毎月

: イギリスのアクションレベルはクリソタイル: 0.25f/cc、アモサイトおよびクロシドライト: 0.1f/ccとなっている。

<参考> スウェーデン、デンマークは、原則的使用禁止になっているが、例外的濃度基準として、それぞれ0.5f/cc、0.3f/ccを採用している。

*1. アクションレベルとは、この濃度以下ならば法規制を受けない基準をいう。

を禁止

2.4 諸外国の石綿規制

各国により規制の状況は種々異なっているが、主な国の状況は表6のとおりである。

2.5 石綿含有率低減化についての業界の自主規制

スレート業界では、建設労働者への石綿ばく露抑制のため、および一般環境への石綿粉じん飛散防止のため、1988年石綿含有率の低減化および代替化について下記のとおり目標を定めこの実現に最大限の努力を傾注すると発表した。

- ① 主たる内装材であるけい酸カルシウム板については1991年末までに無石綿とする。
- ② 主たる外装材であるフレキシブル板、サイディング材については、1991年末までに石綿含有率を5%以下とする。
- ③ 波板スレート、住宅屋根材については1993年末までに石綿含有率を5%以下とする。

なお、この他下記業界が石綿代替化、低減化について、それぞれ目標を定め努力を傾けている。

パルプセメント板工業組合：1990年末までに無石綿化。

耐火被覆板協会：厚物は無石綿化を完了。薄物は1991年までに無石綿化。

日本自動車工業会：自動車における石綿材部品について1994年末までに国内向け生産車について非石綿材への切替えを完了するよう鋭意努力する。

3. 代替材料の種類と性質

3.1 代替材料の種類

石綿代替材料の研究は、植物繊維、天然鉱物繊維、人造鉱物繊維、合成有機繊維等の繊維材料あるいは天然鉱物等で、用途に適した性能を有するとみなせる材料について、広範囲にわたって行われている。しかし、それらの代替材料の安全性は十分に解明されたわけではなく、今後の問題として残されている。

セメントスレートの分野でも、石綿の一部または全部を代替材料にした製品の試作ならびに耐久性を含む性能の研究が行われており、1種類の繊維ではなく、数種類の繊維と混和材料を組み合わせで代替する方法で、有用な製品の開発が実現している。文献調査において言及された石綿代替の

表7 文献に取りあげられた石綿代替材料

種 類		備考、ローマ字は英語名
有機系繊維材料	セルロース セルロースパルプ	cellulose cellulose pulp, パルプ状のセルロース 商品名：セロファイバー（兵庫パルプ工業） 十條ジェットファイバー（十條製紙） ダンパッククリーンファイバー（本州製紙） ファイバーエース（紀州製紙） パルプ状のポリエチレン（三井石油化学、米国クラウンゼラパック）
	ポリエチレン合成パルプ	
	ビニロン	（PVA Fiber） ポリビニルアルコール polyvinylalcohol (PVA) 商品名：海外 クラロン（KURALON, クラレ） ミューロン（MEWLON, ユニチカ） 国内 クラレビニロン

アクリル

ユニチカビニロン

(acrylic fiber)

ポリアクリロニトリル polyacrylonitrile (PAN)

商品名: TX-1 (東レ)

アトラン (東レ)

カシミロン TUP (旭化成工業)

Dolanit10 (ヘキストジャパン)

アクリル酸化

商品名: ラスタン (旭化成工業)

テルメックス, パイロメックス (東邦レーヨン)

ポリ塩化ビニル

polyvinyl chloride

商品名: テイジンテビロン (スレート補強用, 帝人)

アラミド

aramid

商品名: テイジンコウネックス (Teijinconex, 帝人)

ノーマックス (Nomex, デュポンジャパン)

テクノーラ (帝人)

ケブラー (Kevlar, 米国, 東レ)

トワロン (Twaron, オランダアクゾ)

アピエール (Apyeil, ユニチカ)

ポリイミド

polyimides

ポリアミド

polyamide (PAM)

商品名: ナイロン

ポリエステル

polyester (PET)

ビスコース

viscose

レーヨン

rayon, 再生セルロース, ビスコースレーヨンが多い

ポリテトラフッ化エチレン

polytetrafluoroethylene (PTEE)

商品名: テフロン (米国デュポン), トヨフロン (東レ)

ポリベンゾイミダゾール

polybenzimidazole (PBI)

商品名: PBI (帝人)

ポリオレフィン

polyolefin

商品名: SWP (ケミベスト, 三井石油化学工業)

ポリエチレン

polyethylene (PE), ポリオレフィンの1種

ポリプロピレン

Polypropylene (PP), ポリオレフィンの1種

ポリアリレート

商品名: ベクトラン (Vectran クラレ)

フェノール

phenol

商品名: カイノール (日本カイノール)

サイザル

sisal

ジュート

jute, 麻の一種

やしの果皮

coir

耐アルカリガラス

alkali resisutant glass

商品名: ARGファイバー (日本電子硝子)

Cem-FIL (英国Pilkington Brothers)

Aガラス

A-glass

Cガラス

C-glass

Dガラス

D-glass

Eガラス

E-glass

Rガラス

R-glass

Gガラス

G-glass

グラスウール

glass wool

ロックウール

rock wool

スラグウール

slag wool

スチール

steel

無機系繊維材料	<p>ステンレス ピッチ系炭素</p> <p>PAN系炭素</p> <p>シリカ 炭化珪素 珪酸カルシウム シリコンカーバイド シリコン窒化物 アルミナ アルミナーシリカ</p> <p>ジルコニア チタン酸カリウム ボロン窒化物 塩基性硫酸マグネシウム 合成カルシウムナトリウムメタリン酸塩 水酸化マグネシウム 石膏</p> <p>リン酸塩ポリマー レフラクトリー繊維 フォスフェート繊維</p> <p>人造鉱物繊維 セラミック繊維</p> <p>鉱物ウール ガラス繊維</p> <p>エリオナイト アタパルジャイト ゾノトライト セピオライト ワラストナイト ゲーサイト ゼオライト</p>	<p>stainless pitch-carbon 商品名：クレハカーボンファイバー（呉羽化学工業） 旭化成カーボンウィスカー（旭化成工業） ダイアリード（DIALEAD, 三菱化成）</p> <p>PAN-carbon 商品名：ベスファイト（東邦レーヨン）、トレカ（東レ） silica SiCw calcium silicate silicon carbide silicon nitride alumina aluminosilicates</p> <p>zirconia potassium titanate phorone nitride モスハイジ、硫酸マグネシウムと水酸化マグネシウムによる単結晶繊維 Synthetic Calcium Sodium Medtahate, フォスフェート繊維の一つ magnesium hydroxide gypsum</p> <p>phosphate polymer refractory fiber, 1300℃程度の高温に耐える繊維, 灼熱繊維 phosphate fiber, 有害性等を改善する 目的で表面処理をした繊維</p> <p>man-made mineral fibre (MMMF) ceramic fiber, アルミナ, シリカ, アルミナーシリカ, ジルコニアなどの繊維の総称, 特にアルミナーシリカ繊維を指す場合がある。 mineral wool glass fiber, グラスウール, グラスファイバー, ガラスマイクロファイバーなどの総称 Erionite, ゼオライトの一種 Attapulgate, クリソフォスフェート xonotlite, カルシウムシリケート Sepiolite, 粘土鉱物 Wollastonite, 珪灰石 天然無機物 zeolite, 沸石</p>
鉱物	<p>珪酸土 パーミキュライト パーライト 雲母 タルク バリゴルスカイト ボラストナイト ハロサイト ベントナイト</p>	<p>diatomite vermiculite perlite mica, 商品名：マイカ（レプコ社）、スゾライト・マイカ（クラレ） talc, 滑石 粘土鉱物 珪灰石, 主成分は珪酸カルシウム カリオン鉱物の一種, 粘土鉱物 bentonite</p>

ためのなんらの可能性を有する材料を一覧にする
と表7になる。

3.2 パルプ

セルロースパルプがセメントスレートの抄造用に製造されており、これは次のような性質を有する〔セロファイバー（兵庫パルプ工業）〕。

- ・抄造時にサスペンションしているセメントのホルディングを可能にする。
- ・オートクレーブにおける耐熱性を持つ。
- ・より高い強度を出すには、化学繊維あるいは他の補強材が必要である。

ポリエチレン合成パルプは、熱接着性、耐水性、耐薬品性、耐油性に優れ、耐候性、抄造性、チクソトロピー性等も備える。ただし、耐熱性と不燃性は石綿に劣る（三井石油化学、米国クラウンゼラパック）。

3.3 ビニロン繊維

ポリビニルアルコールの繊維である。高強力タイプの特殊ビニロンを補強材とするスレート製造のアスベスト代替技術を、クラレとスイスエタニット社が共同開発している〔クラレビニロン、ユニチカビニロン〕。

一般に使われる抄造法のハチェック法に石綿を代替するのは、ビニロンに高叩解度の木材パルプ、ベントナイト等の無機質物質を入れることで可能となり、若干の調整と設備の改造が必要になる。

ビニロンには、次のような性質がある。

- ・ $-OH$ のアルコール基が存在し、そのため水になじみやすく、セメントへの接着性が優れる。
- ・耐アルカリ性、耐候性が良好で、強度劣化がない。
- ・軽量で取扱性に優れている。
- ・石綿の約10分の1程度の繊維添加率で石綿並の補強効果がある。

特性値 繊維径 4～660 μ m

長さ	4～35mm
密度	1.26～1.30g/cm ³
引張強度	16,000kgf/cm ² （通常品は10,000）
弾性係数	373,000kgf/cm ² （通常品は210,000）
破断伸び	7.4%（通常品は16%）
使用温度	最高240℃、高アルカリ性では80℃

3.4 アクリル繊維

ポリアクリロニトリルの繊維である。セメント補強用繊維として開発されている〔アトラン（東レ）、Dolanit10（ヘキストジャパン）〕。

- ・高強度
- ・高弾性率
- ・耐アルカリ、耐熱アルカリおよび耐酸性能に優れる。
- ・耐候、耐光性に優れる。
- ・分散材を加える必要がある。

アトランの特性値

繊維径	11～16 μ m
繊維長	5mm
アスペクト比	310
比重	1.18
引張強度	120～150kg/mm ²
弾性係数	1900～2400kg/mm ²
耐熱性	180℃乾熱、湿熱30分間で強度保持率90%以上 最高使用温度：200～250℃

Dolanit10の特性値

直径	13～18 μ m
長さ	6mmと12mm
単位質量	1.18g/cm ²
弾性係数	170,000～1,950,000

kgf/cm²(通常のアクリル繊維はこの1/3)
耐熱性 80℃, PH12で24時間後に強度の低下なし。

3.5 耐アルカリガラス繊維

セメント系材料の補強に実績がある。抄造によるセメントスレート製品の製造における石綿代替用の繊維が開発中である。

- ・耐アルカリ性は、高温環境下など完全であるか注意が必要。
- ・セメントスラリーへの分散に技術を要する。
- ・アスペクト比が大きいほど補強効果が大きい。分散性、抄造性から限界繊維長さは最大13mm程度である。
- ・アスベストセメントの従来の工程への代替はまだ少ない。
- ・スプレイ法のGRCは単位容積重量がアスベストセメントより25%大きく、同じ密度で比べると、強度が小さい。
- ・アスベストセメント圧力パイプと成形パイプには利用できる見込みがない。

3.6 炭素繊維

セメント系材料の補強に有望視され、研究開発が盛んである。原料によりレーヨン系、PAN系、ピッチ系の3系に分けられる。現在はPAN系とピッチ系が主流となっている。PAN系、ピッチ系とも次のような特徴がある。

- ・高強度、高弾性である。
- ・耐熱性、耐薬品性に優れる。
- ・価格が高い。
- ・しなやかで損傷を受けやすく、取扱いに注意が要る。
- ・軽量。
- ・切断が容易。
- ・耐薬品性に優れる。

・セメントとの親和性でアスベストに劣る。

特性値	繊維系	4.9～8μm
	密度	1.70～1.91g/cm ³
	使用温度	最高350℃

3.7 雲母

寸法安定性とひび割れの防止効果があり安価、他の繊維と併用でセメント補強に使われる。セメントとの付着性が小さいので、補強効果は低い〔スズライト・マイカ(クラレ)〕。

3.8 その他の有機系材料

① **アラミド繊維**：パラ系、メタ系の2系があるが、生産の主流はパラ系である。パラ系アラミド繊維の特徴は、第1に有機繊維中最高水準の引張強度を有することがある。その他、熱安定性、耐化学薬品性、耐磨耗性、防炎性がある。しかし、セメントとの接着力が弱く、またセメントと抄造での分散性が悪く、補強効果を十分に得るのが難しい。さらに高価格である。

特性値	繊維径	0.2～12μm
	密度	1.39～1.44g/cm ³
	使用温度	最高200℃, 熱分解開始温度：500℃

② **ポリ塩化ビニル繊維**：スレートの補強用として昭和61年から販売されている〔テイジンテレビロン(帝人)〕。

③ **ポリオレフィン繊維**：セメント補強用として販売されている〔SWP(三井石油化学)〕。

④ **ポリプロピレン繊維**：耐熱性が期待できない。

3.9 その他の無機系材料

① **セピオライト**：複鎖構造型粘土鉱物で、不定型鱗片状結晶または中空の管状構造や角閃石のような外観をしていたり、メヤシャムと呼ばれる塊状の繊維もある。海泡石と呼ばれる。

繊維径	0.1～0.5μm
-----	-----------

密度 2.67g/cm³

最高使用 最高800℃

温度

② **ワラストナイト**：硅灰石と呼ばれる。

繊維径 0.1～10μm

密度 2.88～2.91g/cm³

最高使用 800℃

温度

③ **アタパルジャイト**：複鎖構造型粘土鉱物で、短い繊維から構成されていて、表面は水和化され陽子が付加されていて、クリソタイルに似ている。

繊維径 0.3～2μm

最高使用 900℃

温度

④ **エリオナイト**：ゼオライト（結晶性のけい酸アルミニウム）の一種で、繊維サイズは石綿と同程度であるが、平均長はやや短い。

⑤ **スチールファイバー**：セメント補強分野では、石綿代替ではなく、土木、建築分野でのコンクリート補強用に実用化されている。

⑥ **ロックウール**：不燃で、耐火性能があり、断熱、吸音・遮音性に優れている。

繊維径 7μm以上

密度 2.5～2.9g/cm³

⑦ **アルミナ・シリカ繊維**：

繊維径 1.8～12μm

比重 2.5～2.8

最高使用 1200～1600℃

温度

⑧ **シリカ繊維**：

繊維径 0.8～10μm

比重 2.2

最高使用 1000℃

温度

⑨ **アルミナ繊維**：

繊維径 3～20μm

密度 2.7～3.9g/cm³

最高使用 1200～1700℃

温度

⑩ **ジルコニア繊維**：

繊維径 5μm

密度 5.8g/cm³

最高使用 2600℃

温度

4. 石綿および代替材料の安全性

4.1 石綿による疾病

現在、石綿との関連が認められている疾病として①石綿肺、②肺がん、③悪性中皮腫の三つがある。

① **石綿肺**：石綿肺は石綿によって起こる病気としてもっとも早く注目されたもので、肺が線維化してしまう肺線維症という病気の一つである。線維化すると、本来スポンジのような肺が堅くなり、ひきつれ、萎縮し、ふくらみにくくなってしまう。肺の線維化を起こすものとしては石綿のばく露以外にもその他の粉じん、薬品等多くの原因があるが、石綿のばく露によって起きた肺線維症（じん肺）を特に石綿肺として区別している。

② **肺がん**：肺がんは日本人の死因の中でかなり多くの割合を占め、男性の悪性新生物（がん）では2番目に多い病気である。喫煙がその原因のひとつであることはよく知られているが、石綿によっても肺がんにかかる危険が増えることが多くの研究で指名されている。

③ **悪性中皮腫**：悪性中皮腫というのは非常にめずらしい病気である。肺を取り囲む胸膜や、肝臓や胃などの臓器を囲む腹膜にできる悪性の腫瘍で、石綿特にそのうちのクロシドライトやアモサイトといった角閃石系の石綿が原因となる割合が

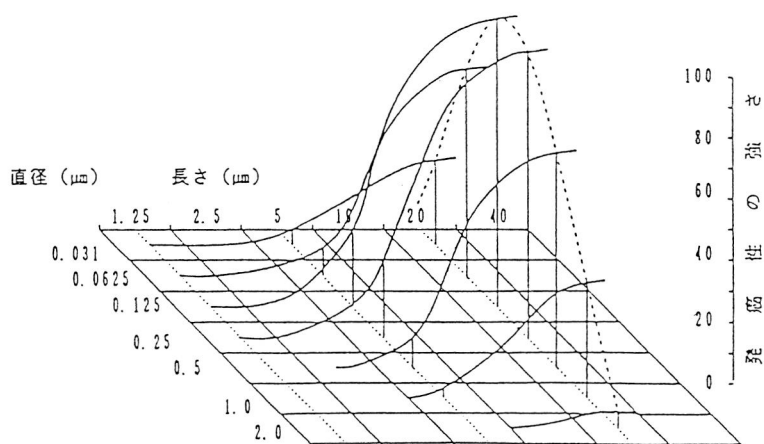


図2 繊維サイズ別にみた発がん性の強さに関する仮説 (Poll 1978)

非常に高く、クリソタイルでは比較的少ないと考えられている。

現在、一般に使用されている石綿はクリソタイル、アモサイト、クロシドライト（現在は使用されていない）という3種類が主なものであるが、これらの石綿はその物理的性状あるいは化学的性状に若干の違いがある。したがって、これら石綿の種類によって人体に与える影響の大きさは異なると考えられている。影響の大きさを調べるために、細胞を使った実験や、動物実験が多く行われているが、その結果はさまざまである。ただ、現在一般にいわれていることは、それぞれの石綿はすべて前にあげたような疾病を引き起こす可能性があること、その影響の強さはクロシドライト、アモサイト、クリソタイルの順番であること、中皮腫はクロシドライトとの関連が強いことなどである。

図2は、石綿、その他の天然鉱物せい、人造鉱物繊維を動物（ラット）の腹腔に注射して腫瘍の発生をみた実験の結果をまとめたものである。太さが0.1～0.3ミクロンの細い繊維で、長さが長

いほど発がん性が強いことが示されている。この理由については、多くの意見が考えられるが、いまのところは、はっきりとわかっていない。

4.2 代替材料の有害性と安全対策

(1) 繊維の有害性に関する一般論

a) 繊維の寸法に関するスタントンの説

人造繊維を含む各種さまざまな粒径の鉱物繊維を動物の腹腔内に注入し、腫瘍の発生との関連を検討した実験結果を、1977年にスタントンが発表した。この報告により、繊維の種類にかかわらず、太さ1.5 μm 未満（特に0.25 μm 未満）、長さ8 μm 以上の繊維で腫瘍の発生率が高いことが示された。

その後、他の研究者（ポットら）によっても追試され、長く細い性質で、かつ耐久性（体内における不溶性）のある繊維において、腫瘍発生能が強いことが立証された。このような長く細い性質を持った繊維をスタントンファイバーと呼ぶが、この知見は繊維の計測を行う場合にも重要な意味を持っている。

ただし、エリオナイトのように、この範囲のサイズではない繊維においても悪性中皮腫発生の報告はある。

b) 繊維の長さや直径の影響についての実験的証拠

同じような形と大きさで種類の違う繊維は、異なる発がん性を持っているかもしれないが、少なくとも暫定的には、発がんの危険性がすべての種類の繊維において同じように、長さや径とともに変化すると想定することが合理的である。

長さ $8\mu\text{m}$ 以下の繊維は、1本の繊維当たりの(単位質量の繊維についてでなく)発がん性と催腫瘍性の可能性は、長さが長くなるほどまた径が数ミクロン以下では径が大きくなるほど増加する。例えば、催腫瘍性の可能性は、等しい繊維数で比較すると細いガラス繊維：太いガラス繊維 = 20 : 1であり、等しい繊維数で比較すると細いガラス繊維：太いガラス繊維 = 1 : 40である。

1本の細い繊維は、1本の太い繊維より危険であるという広くいきわたっている確信は、完全に真実であるとはいえないようである。

発がん性は、食細胞の食作用をのがれる繊維の表面積に比例すると考えられ、それゆえ、繊維1本当たりの危険性は、約 $8\mu\text{m}$ 以下の繊維では非常に低い、長い繊維では繊維1本当たりの影響は、一定の径以下では長さや径の積に比例するということが示唆されている。

c) 繊維の沈着、除去、残留、耐久性および移行

繊維のサイズが肺胞への沈着を左右する。ラットでは、繊維径が $1\mu\text{m}$ を超えると吸入性が低下し、人では繊維径が $3.5\mu\text{m}$ (口呼吸では $5\mu\text{m}$) を超えると、吸入性が著しく低下。 $5\mu\text{m}$ 以下の長さの繊維は肺胞でマクロファージにより効率よく除去されるが、 $10\mu\text{m}$ より長くなると除去の効率が大きく低下する。データは少ないが、繊維の他の器官への移行は限定されている。

d) 皮膚炎

皮膚や目のかゆみはロックウール、スラグウール、連続ガラス繊維のような $4.5\sim 5.0\mu\text{m}$ 以上の直径を持つ繊維により起こる。じんましん、湿疹などを起こすが、皮膚炎は重症でない。

e) 有害性の判断基準

悪性腫瘍を起こす繊維状物質の性質として、次の3点があげられる。

○化学的組成 (溶解性)

○表面物性

○形状

また、がんになりやすい繊維の特性として、次の2点が示されている。

○数ヵ月は動物の組織に存続する。

○径が $2\mu\text{m}$ 以下で長さが $5\mu\text{m}$ 以上である。

さらに、発がん性は次の順序で大きいことが示されている。

○体内に吸引され得ること (繊維直径が小)。

○体内に物理的に滞留し得ること (長さがあること)。

○生体内で安定して存在できること (化学構造)。

f) 有害性の配慮

繊維の化学構造が有害性における一義的な問題なのではないとされている。代替物についても、化学的に安定で、微細な繊維状形態をとりえる物質は、安全上の配慮を忘れてはならない。

どの繊維でも吸入した場合にはその性質上、人体への影響があると考えられ、石綿を使用禁止することだけでは解決につながらない。例えば、人造鉱物繊維であるスラグウールは、同様な繊維数レベルにおいてクリソタイル石綿より胸膜における発がん性の可能性が大きいであろうという疫学的証拠が示されている。また、合成有機繊維であるアラミド繊維は、発がん性のあることが実験的に示唆されている。

(2) スレート用代替材料の有害性

① セルロースパルプ、ビニロン繊維、アクリル繊維については、人体に対してなんらかの有害性を報告する文献がなく、現在のところ有害でないと考えられる。

② ガラス繊維については、人体に発がん性があるとは断定できないが、人体へのなんらかの有害性を示唆する文献が少なからずある。

径の小さいガラス繊維は、同じ寸法の石綿繊維と比較できるほどの細胞毒性を持つ危険性があり、吸入される寸法のガラス繊維は、人の肺にアスベストと類似の影響を有する可能性がある。5 μm 以上の径の繊維状ガラスは、クリソタイルまたはクロシドライトより弱い細胞毒性を示すが、細いガラス繊維の細胞毒性と細胞変異はこれらのアスベストと同等の域にある。

径が4.5～5 μm 以上の繊維状のガラスは、皮膚への刺激作用があり、ガラス繊維の製造と使用時の塵は、比較的大きなガラス粒子を含むので、かゆみを生じる。

③ 炭素繊維では、PAN系炭素繊維の製造に従事する88人の健康に有害な影響はみられていない。

④ マイカ（雲母）は、繊維症の原因となるトレモライトやクリソタイルを含む可能性がある。

⑤ ワラストナイトは、試験管内の試験により細胞系に対して比較的無毒である。生物学的作用はあるが、他のものより少ない。

⑥ セピオライトは、結晶末端に有機イオンと有極性有機物を吸着する特性がある。吸入した場合ラットにおいて線維症が認められている。

⑦ シリカを含む材料は、珪肺症を起こす可能

性がある。

(3) 代替材料の安全対策

石綿の代替材料を選定するときは、製造、取扱、使用、運搬、貯蔵および処理のすべての段階で健康への危険を考慮すべきであり、技術的および経済的事情と同等に健康への危険に対して検討すべきである。

安全性を確保するには、繊維と粉じんの空気中への散逸を防止して、吸入性気中浮遊粉じん量を、有害性が観察されないレベルまで減らす方法によらなければならない。そのための防止対策を実行するうえでの基本的な姿勢、吸入性気中浮遊の繊維や塵の量を制御する具体的な方法、また作業場と作業者の日常的な管理が重要である。

動物において証明された発がん性に対する「ガン研究の国際機関IARC, 1988」の基準に当てはまる繊維のうち、吸入性繊維で体内の食細胞で吞食されない長さ5 μm 以上の繊維のみを取り上げ、繊維の化学的構成および大きさの双方における危険性を判断するのは、有効な方法である。ただし、裂ける性質を有する繊維は慎重にその寸法を考慮すべきである。

じん肺の原因となるシリカを含有する繊維について、わが国および外国の多数の国で以前から暴露濃度の限度が決められており、ガラス繊維やワラストナイト等の鉱物繊維は製造と使用における濃度管理の対象である。鉱物繊維以外の繊維においても、有害性を認められるものについては、暴露の濃度の規制が必要である。

① 空中に浮遊する吸入性繊維の濃度は、次のようである（表8）。

② 各国における暴露濃度の規制は、次のようである（表9）。

(4) 建築物に使用された繊維材料

既存建築物に使用されている石綿について、次

表 8

ロックウールとスラグウール	0.1本/1 cc
接着剤が使われない場合の加工	0.04～0.4本/1 cc
接着剤使用の屋根や壁の断熱材の除去	0.00004～0.00002本/1 cc
非職業的な環境の人造鉱物繊維	0.01～0.4本/1 cc
Kevlar/Twaronタイプのアラミド繊維の製造	0.01本/1 cc以下
Nomex/Teijinconexタイプのアラミド繊維の製造	1 mg/m ³ 以下
炭素繊維の製造(全塵)	0.01～0.05本/1 cc
断熱用の繊維状硝子製造工場の平均	0.0082～0.72本/1 cc
米国のミネラルウール工場	0.0082～7.6本/1 cc
セラミックファイバー工場	1～2本/1 cc
特殊用途の細い繊維の工場	1～20本/1 cc
マイクロファイバー工場	1.8～8.2本/1 cc
閉鎖された場所での繊維状ガラスとミネラルウールの吹込み、吹付け作業	1本/1 cc以下
一般的人造鉱物繊維を含有する製品の取扱い作業の気中浮遊繊維	$4 \times 10^{-5} \sim 1.7 \times 10^{-3}$ 本/1 cc
一般環境中の人造鉱物繊維	$5 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3}$ 本/1 cc
公衆の利用するビル中の人造鉱物繊維	0.012本/1 cc程度
かなりの面積で破損された内装材の長さ5 μm以上の繊維	

表 9

オーストラリア	吸入性繊維	1 f/ml (提案)
ブルガリア 人造鉱物繊維	径3 μm以上 総粉じん濃度	3 mg/m ³
	径3 μm以下 吸入性粉じん濃度	2 mg/m ³
	繊維濃度	3 f/ml
チェコスロバキア 人造鉱物繊維	総粉じん濃度	8 mg/m ³
	吸入性粉じん濃度	4 mg/m ³ または
	吸入性繊維	0.2f/ml
デンマーク 人造鉱物繊維	作業場 繊維濃度	2 f/ml
	作業場以外 総粉じん濃度	5 mg/m ³
	6 mg/m ³ (推奨値)	
フィンランド ワラストナイト	粉じん濃度	6 mg/m ³ (修正中)
ドイツ (東)	TWA	10mg/m ³
ドイツ (西) 石綿以外の鉱物繊維	短時間	30mg/m ³
ガーナ AGGIHの勧告を言及 (アメリカを参照)		
日本 鉱物繊維について管理濃度Eを設定		
$E = 2.9 \times (0.22Q + 1) \text{ mg/m}^3$		
ここにQ=遊離シリカ含有量%		
ニュージーランド 人造鉱物繊維	総粉じん濃度	5 mg/m ³
	径3 μm以下繊維濃度	1 f/ml
ポーランド 人造鉱物繊維	総粉じん濃度	4 mg/m ³
	長さ5 μm以上繊維濃度	2 f/ml
	繊維濃度	1 f/ml
スウェーデン 人造鉱物繊維	総粉じん濃度	5 mg/m ³
英国 人造鉱物繊維	径3 μm以下繊維濃度	1 f/ml
	総粉じん濃度	5 mg/m ³
米国 ガラス繊維 NIOSH PEL, TWA	総粉じん濃度	5 mg/m ³
	OSHA PEL	3 f/cc
	ACGIH TLV	15mg/m ³
	吸入性分画	10mg/m ³

ロックウール	NIOSH RELとACGIH.TVLは、ガラス繊維に同じ	15mg/m ³
グラファイト繊維	NIOSH RELはガラス繊維に同じ	
OSHA PEL	15×10 ⁶ 粒子/ft ³	
ACGIH TLV	1%以下の結晶を含有する天然品	
	吸入性粉じん	2.5mg/m ³
	総粉じん濃度	10mg/m ³
ソ連 全塵、TLVで規定		
カオリン		4 mg/m ³
ガラス繊維		8 mg/m ³
鉛含有の光ガラスファイバー		0.01mg/m ³
シリケート		2 mg/m ³

のようなことが明らかになっており、代替材料の利用ならびにその安全対策についても同様のことに留意しなければならない。

最近の測定値によると、石綿を含む建物内の気中浮遊性石綿平均濃度はきわめて低い。したがって、一般の人々の間にある「繊維恐怖症」は、建物内暴露によって生じる既存の公衆衛生上の被害に対しふつり合いに大きい。

屋内石綿がもたらす健康被害は、絶対的にもまた相対的にも非常に小さく、環境内のたばこの煙が一因となるようなその他日常的に経験する大半の環境内健康被害よりはるかに低い。

人体の安全性への関心の対象は、身近に石綿含有材に接触するような職場や、石綿含有材の切断加工等の作業場に向けるべきである。

新しい化学的証拠によれば、もし石綿の撤去方法が不完全だと、撤去作業の従事者だけでなく建物の居住者の暴露量は増加する。

5. 石綿スレート代替製品の試作と性能評価

5.1 代替材料の比較および選定

抄造によりセメントスレートを製造するための石綿代替材料として見た場合、評価の対象になる性能は、次のようなものである。

- ① 繊維の性質：引張強度、弾性計数、耐磨耗

性、耐アルカリ性、耐薬品性、耐熱性、耐高温性、耐炎性、価格、セメント付着性

- ② 抄造性：親水性、水分散性、混練性、セメント親和性

- ③ セメントスレートの性質：不燃性、耐火性、寸法安定性、曲げ強度、衝撃強度、耐水性、価格

- ④ 混入率：可能最大、不燃性上限

これらの性能について、代替材料の比較を行うと表10のようになり、次のように結論される。

- ・合成有機繊維は、一般にセメントとの付着が弱く、引張強度と弾性率が小さいため有効なものが少ない。ビニロンとアクリルは、これらの性能を改善した種類があり、有効である。
- ・耐アルカリガラス繊維は、セメント補強に必要な引張強度と弾性率があり、有効である。
- ・炭素繊維は、引張強度と弾性率が高く、特に強度という観点においてセメント補強に有効である。
- ・抄造による成形において、セメント保持能力が問題となり、これを解決するためには、高叩解したセルロースパルプが必要である。
- ・天然の鉱物物質である繊維状のセピオライトや、あるいは板状のマイカなどは、比表面積の大きい耐熱・化学的安定フィラーとして、

表10 石綿代替材料の性能表

材質、商品名メーカー	繊維の性質								抄造性				セメントスレートの性質							混入率					
	引張強度	弾性計数	耐磨耗性	耐アルカリ性	耐薬品性	耐熱性	耐高温性	耐炎性	価格	セメント付着性	親水性	水分散性	混練性	脱水性	セメント親和性	不燃性	耐火性	寸法安定性	曲げ強度	衝撃強度	耐水性	耐湿性	価格	可能最大%	不燃性上限%
セルロース (レーヨン)				×	△ △ ○		×	×	○ ◎ ◎										△ △ △						
パルプ クラフトパルプ セルロースパルプ 合成パルプ	×	×		△						◎		○			×	×	×	○ ○ ○	△ ○ ○	×		◎		15	7
ビニロン (クラレ) (ユニチカ) (RM)	○ ×	◎ △		○ ◎ ◎	×	○ ◎ ◎				◎ ○ ◎	○		○		◎ ◎	×	×		○ ◎ ◎	◎ ◎ ◎		○		△ △	
アクリル (カシミロンTUP) (アトラン) (ドラニット-10) アクリル酸化 (ラスタン) (テルメックス) (パイロナックス)	○ ◎ ×	×	◎ ○ ◎	×	◎ ◎ ◎			◎		△ ○ ◎									○						
ポリ塩化ビニル (テイジン)	△	△																							

材質、商品名メーカー	繊維の性質								抄造性				セメントスレートの性質								混入率				
	引張強度	弾性計数	耐磨耗性	耐アルカリ性	耐薬品性	耐熱性	耐高温性	耐炎性	価格	セメント付着性	親水性	水分散性	混練性	脱水性	セメント親和性	不燃性	耐火性	寸法安定性	曲げ強度	衝撃強度	耐水性	耐湿性	価格	可能最大%	不燃性上限%
アラミド	◎		○			○	○			×	×					×									
	◎					◎			×	×		×													
メタ系 (テイジンコーネック) (ノーマックス)	△	△		○	○			×											◎						
	△	△							×																
	×					△																			
バラ系 (テクノーラ) (ケブラー) (アレンカ) (ケブラー49)	◎	◎						◎																	
	◎	◎						◎																	
	◎	◎	◎	◎	◎	○		◎																	
	◎	◎				○		◎																	
	○	○				×																			
	○	○				×																			
(ケブラー29)	○	×				×				△															
	○	△		○																					
ポリイミド	×					◎																			
						○																			
ポリエチレン (高密度) (高弾性)	△					△				△															
	×	×				×																			
		△				×																			
ポリエチレン+ 合成パルプ					◎			×					○												
					◎	×																			
ポリアミド (ノメックス) (ナイロン) (6.6)	◎	×		◎						○															
	◎			◎		○		◎																	
	△	×		○							×		○				×	×		△	◎	◎		○	△
	×	×		△		×				◎															
	×	×																							
ポリプロピレン	◎	△		◎						×															
	△	◎		◎																					
	◎			◎																					
	◎			◎																					
	×	△		◎																					
	△						×																		
	△							◎																	
	×	×				△																			
	×	×				△																			
	×	×				×																			
						×																			
																					</				

材質，商品名メーカー	繊維の性質										抄造性				セメントスレートの性質								混入率			
	引張強度	弾性計数	耐磨耗性	耐アルカリ性	耐薬品性	耐熱性	耐高温性	耐炎性	価格	セメント附着性	親水性	水分散性	混練性	脱水性	セメント親和性	不燃性	耐火性	寸法安定性	曲げ強度	衝撃強度	耐水性	耐湿性	価格	可能最大%	不燃性上限%	
ポリエステル	◎ △ △	△ × ×		◎ △	△		△			◎ △																
ビスコース	◎		◎					◎																		
ポリテトラ フッ化エチレン テフロン (テフロンTEE) (テフロンFEP)					◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎			△										×							
ポリベンゾイミ ダゾール(PBI)	△ ×	△ ×			◎ ◎ △	◎ ◎ △																				
ポリオレフェン	×	△																								
フェノール	×	×						◎	×																	
サイザル				△							◎	○				×	×	×	○ ×	△ △	△ △		◎	15	7	
	×																									
やし果皮		△						×												×						
ジュート	×																									
植物繊維									◎																	
hemp	×																									
ramie	×																									
abaca	×																									
耐アルカリガラス				○ × ◎ ◎						○	×	△			◎	○			△ ◎ △	◎ ◎			○ ×	△ ×	○	
(原材)	◎	△							○			△							△							
(研磨)	△	△																								
バルブ+耐アルカリガラス												△		△				△	△				×			
Cガラス					◎						×	◎														
Eガラス				×							×		◎			◎	○		×	×	◎		○	△	○	
(原材)	◎	△														◎	○		×	×						
(研磨)	△	△																								
Zガラス				◎																						

材質，商品名メーカー	繊維の性質								抄造性				セメントスレートの性質								混入率				
	引張強度	弾性計数	耐磨耗性	耐アルカリ性	耐薬品性	耐熱性	耐高温性	耐炎性	価格	セメント附着性	親水性	水分散性	混練性	脱水性	セメント親和性	不燃性	耐火性	寸法安定性	曲げ強度	衝撃強度	耐水性	耐湿性	価格	可能最大%	不燃性上限%
グラスウール								◎																	
ロックウール				×	×			◎			△		△			△	○		×	×	◎		○	5	5
スラグウール				×				◎			△		△			△	○		×	×	◎		○	5	5
スチール	◎ ◎ ○	◎ ◎ ◎	◎	○ ○ ◎	○				○ △ ○	×															
炭素繊維	◎	◎			◎				×	×	○	○													
(高強度高弾性)	×	×			◎	◎	◎		△										△						
カーボン	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎		△	×		△			◎	◎		△	◎	◎		×	△	△	
PAN系	◎	◎		◎					×	×															
(低価格)	◎	◎			◎		○												○						
(高強度)	◎	◎																							
(高弾性)	◎	◎																							
(ベスファイト)	◎	○																							
ビッチ系	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○		△ ×	×															
(クレハカーボンファイバー)	△	◎							×																
(カーボンウイスキー)	◎	○						◎																	
(グラファイト加工)	◎	◎																							
(GIRK工程)	◎																								
炭化珪素	◎	◎	◎	◎	◎				△																
シリカ	◎ △								×																
炭素フェルト						◎			△																
珪酸繊維	◎	○	○			◎			△																
シリコンカーバイト	○	◎																							

材質，商品名メーカー	繊維の性質									抄造性				セメントスレートの性質								混入率			
	引張強度	弾性計数	耐磨耗性	耐アルカリ性	耐薬品性	耐熱性	耐高温性	耐炎性	価格	セメント付着性	親水性	水分散性	混練性	脱水性	セメント親和性	不燃性	耐火性	寸法安定性	曲げ強度	衝撃強度	耐水性	耐湿性	価格	可能最大%	不燃性上限%
シリコン窒化物	△	◎																							
アルミナ	○	◎							×																
アルミナーシリカ	△	○							○																
ジルコニア	○	◎																							
アルミナーシリカ-ジルコニア チタン酸カリウム	○	○				◎			×																
ボロン窒化物	△	○																							
ガラス	◎	○	△	×		△			○																
	○	△		△			○		○	◎										△					
ガラス (樹脂)	△	△				◎	○		○										◎						
不織ガラス	○	○	△																						
ミネラルウール (典型)	×	△				◎			◎										○						
	×	△					○																		
セラミック					◎	◎			○	×															
(レフラクトリィ)					◎	◎													○						
鉬物繊維						◎			◎																
人造鉬物繊維									×											△					
天然無機繊維						◎		◎																	
アタパルジャイト									◎																
ワラストナイト				◎					◎	○	△					○	○		×	×	◎		◎	15	15
パーライト									◎																
珪酸土									◎																
バーミキュライト									◎																
雲母	△	◎			×				△							○		△	△				◎		
									◎																

有用な代替材料である。

- ・これらの代替材料を組み合わせる用いて、それらが個々に有する欠点を補償することにより、石綿代替が可能であると考えられる。

各種の繊維について、石綿代替繊維として用い、セメントスレートを抄造法で成形した場合の性質を示す。

セメントスレートにした場合の性能は、2種類以上の繊維を併用して性能を向上した事例を含む。

同じ種類の材料でも文献による評価が異なる場合は、文献ごとに一つの行で表し、すべての文献の評価を重複して示している。

表中では◎○△×の四つの記号で、その性能を次のように評価している。

◎：セメントスレート用として、石綿と同等以上の性能がある。

○：セメントスレート用として、十分な性能がある。

△：セメントスレート用として、やや不十分な性能である。

×：セメントスレート用として、十分な性能がない。

ただし、混入率はスレート全重量に対する繊維の重量の割合(%)を数字で表すか、または次のような記号で表している。

○：石綿スレートの石綿より大きい。

△：石綿スレートの石綿より小さい。

5.2 試験体

(1) 試験体の種類

性能評価に供した試験体は、表11に示す15種類である。代替材料としてはビニロン繊維、アクリル繊維、耐アルカリガラス繊維、および炭素繊維による石綿代替の試験体を作製した。いずれの代替繊維を用いる場合も高叩解のセルローズパルプ

を混入している。比較のため基準品として石綿スレートのフレキシブル板と波板、また既開発の無石綿製品1種類を含む。無石綿による製品の開発を目的とするが、少量の石綿を混入すると諸性質が向上しコスト低減に有利であるとの情報があり、石綿を2%または4%混入した試験体についても試験を行った。

なお、基準品の波板の試験体は、波の形を付ける前の平らな板状で成形したものをを用い、他の種類の試験体と同じ寸法形状である。

(2) 製造方法

代替繊維を用いた製品の製造は、製造ラインで現在使われている抄造機を用いるか、または混和材料の軽量などに若干の装置の変更を行う程度で可能なものとした。

① 既開発製品

石綿スレート(基準品)と同じ製法により製造。原料配合は下記による(表12)。

② ビニロン繊維による代替

表11 試験体の種類

種 類	備 考
基準品 2 種類	石綿スレート フレキシブル板と波板
既開発製品 1 種類	無石綿製品
無石綿の試作品 6 種類	ビニロン繊維による代替1種類 アクリル繊維による代替1種類 耐アルカリガラス繊維による代替3種類 炭素繊維による代替1種類
石綿2%含有の 試作品 3 種類	ビニロン繊維による代替1種類 アクリル繊維による代替1種類 耐アルカリガラス繊維による代替1種類
石綿4%含有の 試作品 3 種類	ビニロン繊維による代替1種類 アクリル繊維による代替1種類 耐アルカリガラス繊維による代替1種類

表12

原料名	セメント	パルプ	ARG	ビニロン	炭酸カル シュウム	ワラスト ナイト	セピロ ライト	合計
配合率	64.0 }	4.0 }	0.5 }	0.5 }	7.0 }	15 }	1.0 }	100
	74.0	5.0	1.5	1.5	8.0	20	4.0	

提出試験体の製造は抄造試験装置を用い、配合
処方は、表13に示したとおりである。

③ アクリル繊維による代替

試験体の試作はミニハチェック抄造機を用いて
行った。配合組成を表14に示す。

④ 耐アルカリガラス繊維による代替

試験体の試作は、石綿入りスレートと同じ丸網
抄造法により製造した。その配合は、表15のとお
りである。

⑤ 炭素繊維による代替

試験体の製造は、テストマシンによる。使用原
料を表16に示す。

(3) 価 格

石綿代替材料および石綿の価格は平成2年度に
おいて次のようである。キロ当りで比較すると、
石綿より代替材料のほうが高い。スレートに使う
石綿の混入量に比べ、パルプ以外の代替繊維の混
入量は少ないので、炭素繊維を除く代替繊維の原
材料費の上昇はそれほど大きくない。混和材料や
製造ラインの若干の設備更新をふくめたコストは、
石綿代替材料を用いることでやや高くなると考え
られる。

種 類	1 kg当り価格 (円)
セルロースパルプ	160～220
ビニロン繊維	600前後
アクリル繊維	600前後
耐アルカリガラス繊維	500～800
炭素繊維	2000～10000
セピオライト	50～500

表13 VFRC配合処方と抄造結果

サンプルNo. 配合(Wt.%)		VP-1	VP-2	VP-3
石綿 5R-300		—	2.0	4.0
ビニロン		1.5	1.2	1.0
1.6/6-AA				
1.8/6-RM				
パルプ 60CSF		3.0	2.0	1.5
セピオライト PM		0.5	—	—
(エードプラス) ML		1.0	1.0	—
マイカ M-60		10.0	2.0	—
ワラストナイト		—	6.0	8.0
A-60				
シリカフェューム		—	3.0	4.0
SFパウダー				
セメント OPC		84.0	82.8	81.5
抄造結果		VP-1	VP-2	VP-3
濃 度	Vat (%)	7.50	6.21	5.82
	排水 (%)	1.30	1.23	1.14
	効率 (%)	82.7	80.2	80.4
	(Vat)			
工 程	水位 (cm)	～14	～14	～14
	分散	良	良	良
	ブライ数	25	25	29

$$\text{Vat効率} = \left(1 - \frac{\text{排水}\%}{\text{Vat}\%}\right) \times 100$$

ワラストナイト	60～70
マイカ	120～400
シリカフェューム	60～90
スラグ	7～10
GRCセメント	45
ポルトランドセメント	12
石綿 (クリソタイル)	50～150

5.3 性能評価の試験方法

(1) 試験項目および試験方法

表14 スレート試験体の配合組成

試験体番号	補強繊維 (wt%)		セメント (wt%)	パルプ (wt%)	無機添加材 (wt%)	
	アトラン	石綿			マイカ	ベントナイト
AP1	1.5	0	80.5	3.0	10	5.0
AP2	1.5	2.0	78.5	3.0	10	5.0
AP3	1.5	4.0	76.5	3.0	10	5.0

表15 配合

	GP-1-1	GP-2	GP-3	GP-1-2	GP-1-3
OPC	○	○	○	○	
CGC					○
パルプ	○	○	○	○	○
石綿		○	○		
スラグ				○	
シリカヒューム				○	
ACS6S-750	○	○	○	○	○
ビニロン	○	○	○		
マイカ	○	○	○		

OPC：普通ポルトランドセメント，CGC：チチブGRCセメント

表16 使用原料

区 分	種 類	物 性
炭 素 繊 維	C-106T	ピッチ系，直径14.5 μ m，長さ6mm，比重1.6
パルプ繊維	サモア	針葉樹晒しパルプ，比重1.25
セメント	普通ポルトランドセメント	B・I3200，比重3.15
骨 材	微粉珪砂	平均粒径28 μ m，比重2.68
凝 集 剤	IKフロック	ポリアクリルアミド系

試作試験体および既存製品の性能を評価するに
当たり下記に示す項目の試験を行った。

① 曲げ強さ：JIS A 1408（建築用ボード類の
曲げ試験方法）に準ずる。

② 耐凍害性：JIS原案（外壁材料の耐凍害性試
験方法）の片面の吸水凍結融解法による。

③ 衝撃：JIS A 5403（石綿スレート）による。示す。

④ 難燃性：建設省告示第1828号による。

⑤ 繊維物質含有率：

・石綿（X線回折装置による内標準法）

・ビニロン繊維，アクリル繊維，セルロー
スパルプ（フーリエ変換赤外線吸光度
計による）

・ガラス繊維（吸光光度計による）

(2) 試験体の寸法

試験に使用した試験体の寸法，数量等を表17に

5.4 性能評価結果

(1) 難燃性（結果を表18～表21に示す）

ビニロン繊維，アクリル繊維，または耐アルカ

表17 試験体の寸法

試験体種類	試験項目(試験方法)		寸法mm	数量
1, 2, 3 4, 5, 6 7, 8, 9 10, 11, 12 13, 14, 15	曲げ強さ	平行方向	40×160×6	各種類 3 体
		直角方向		各種類 3 体
	耐凍害性		40×160×6	各種類 3 体
	衝撃		300×300×6	各種類 3 体
	難燃性	表面試験	220×220×6	各種類 3 体
		基材試験	40×40×48 40×40×6 mmの試験体を 8 枚重ね合わせてステンレス線で緊結)	各種類 3 体
	繊維物質含有率		—	曲げ強さ試験 終了試験体から約10g採取。

リガラス繊維による代替の試験体は、無石綿において表面試験と基材試験に合格し、必要な難燃性を有するものがある。また、無石綿の既開発製品も表面試験と基材試験に合格し、必要な難燃性を有する。

無石綿の炭素繊維による代替の試験体は、基材試験で温度差50℃以下の条件を4～5℃超えて不合格となっている。パルプ繊維混入量の低減、耐熱性を有する骨材を使用する等、今回用いた材料と調合の設定を多少変えることで、基材試験に合格する製品を製造することは十分可能であろうと考えられる。

石綿を2％または4％含有する試験体は、一部のものが表面試験に不合格となるが、他のものは表面試験と基材試験に合格し必要な難燃性を有する。

(2) 比重 (結果を図3, 図4に示す)

無石綿の既開発製品は基準品の石綿スレートと同程度の比重であり、それ以外の試験体の比重は基準品の石綿スレートよりやや小さい。また石綿を2％または4％含有する試験体の比重も、基準品の石綿スレートよりやや小さい。

(3) 含水率 (結果を図5, 図6に示す)

温度20℃湿度50％RHの条件で7日以上静置したときの、無石綿の耐アルカリガラス繊維代替の試験体の含水率は10％を超えるが、それ以外の無石綿の試験体の含水率は10％以下である。

石綿を2％または4％含有する試験体の含水率は、10％以下のものが多いが一部に10％をやや超えるものがある。

JISA5403石綿スレートでは、フレキシブル板の場合に含水率を10％以下になるまで乾燥して出荷すると規定している。

(4) 曲げ強さ (結果を図7, 図8に示す)

難燃性試験に合格した試験体の曲げ強さは、いずれにおいても石綿スレートの曲げ強さより少し低い。

無石綿の場合と石綿を2％または4％含有した場合を比較すると、両者の曲げ強さは同程度である。

JISA5403石綿スレートでは、6 mmの厚さで400 mm幅の試験体をスパン400mmで曲げ試験したフレキシブル板の場合に、70kg f以上の荷重で破壊するように規定しており、これは292kgf/cm²以上の曲げ強さになる。本試験では、6 mm厚さで40mm幅の試験体をスパン100mmで曲げ試験しており、

表18 無石棉試験体の難燃性試験の表面試験

	ビニロン 繊維代替 VP-1	アクリル 繊維代替 AP-1	耐アルカリガラス繊維代替			炭素織 維代替	既開発 製品	基準品	
			GP-1-1	GP-1-2	GP1-3			波板	フレキシ ブル板
防火上著しく有害な変形	それぞれ3体の試験体いずれも無し								
亀裂幅ー 長さ (mm) (mm)	0-0 0-0 0-0	0-0 0-0 0-0	0-0 0-0 0-0	1,3-200 2.1-220 1.2-195	0-0 0.2-170 0.2-180	0-0 0-0 0-0	0-0 0-0 0.3-125	0-0 0-0 0.0	
温度時間面積 (℃×min)	それぞれ3体の試験体いずれも 0								
発煙計数CA	1 1 1	0.5 1 1	0 0 0.5	0 0 0	0 0 0	0 0.5 0	0 0.5 0.5	0 0 0	0 0.5 0
残炎時間(sec)	それぞれ3体の試験体いずれも 0								
表面試験の合否	合格	合格	合格	不合格	合格	合格	合格	合格	合格

表19 無石棉試験体の難燃性試験の基材試験

	ビニロン 繊維代替 VP-1	アクリル 繊維代替 AP-1	耐アルカリガラス繊維代替			炭素織 維代替	既開発 製品	基準品	
			GP-1-1	GP-1-2	GP1-3			波板	フレキシ ブル板
温度差(℃)	36 34 35	50 45 50	30 35 32	32 35 33	61 63 65	54 55 55	35 40 42	18 25 25	15 20 18
加熱減量(g)	18.9 19.1 18.7	18.0 17.4 17.6	18.7 18.5 18.9	17.8 20.3 20.5	19.0 18.8 18.8	13.2 16.4 16.2	16.0 17.0 16.7	21.8 17.9 18.7	18.3 18.6 18.7
基材試験の合否	合格	合格	合格	合格	不合格	不合格	合格	合格	合格

表20 石綿2%含有と4%含有の試験体の難燃性試験の表面試験

	石綿2%含有			石綿4%含有		
	試験体A	試験体B	試験体C	試験体D	試験体E	試験体F
防火上著しく有害な変形	それぞれ3体の試験体いずれも無し					
亀裂幅—長さ (mm) (mm)	0.0 0.5-197 1.0-190	0-0 0-0 0-0	0-0 0-0 0-0	0-0 0-0 1.0-190	0-0 0-0 0.1-154	0-0 0-0 0-0
温度時間面積(℃×min)	それぞれ3体の試験体いずれも 0					
発煙係数CA	1 0 1.5	4 2 1.5	0 0 0	1 1 1	1 0 0	0 1 0
残炎時間(sec)	それぞれ3体の試験体いずれも 0					
表面試験の合否	不合格	合格	合格	不合格	合格	合格

表21 石綿2%含有と4%含有の試験体の難燃性試験の基材試験

	石綿2%含有			石綿4%含有		
	試験体A	試験体B	試験体C	試験体D	試験体E	試験体F
温度差(℃)	38	35	29	23	40	31
	30	48	36	33	38	35
	28	41	28	30	45	32
加熱減量(g)	18.5	13.9	17.1	17.0	14.9	17.2
	18.2	14.1	19.6	16.6	15.8	19.4
	18.4	14.0	18.6	17.8	15.3	20.6
基材試験の合否	合格	合格	合格	合格	合格	合格

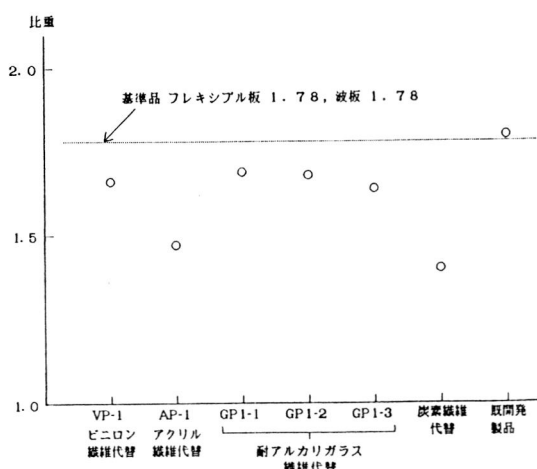


図3 無石綿試験体の比重

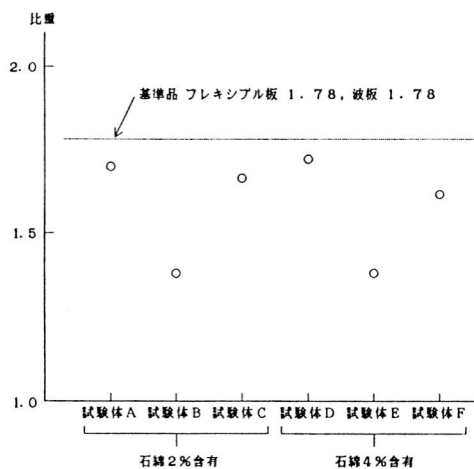


図4 石綿2%または4%含有の試験体の比重

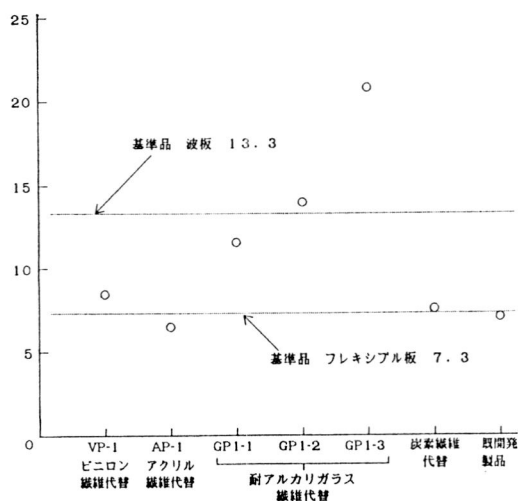


図5 無石綿試験体の含水率

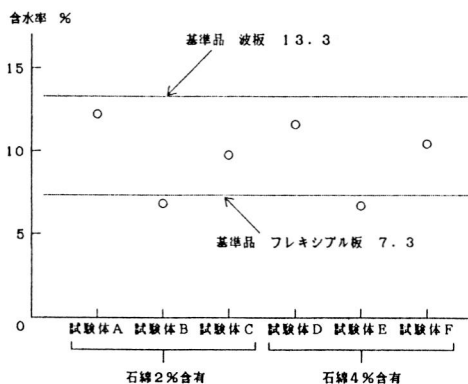


図6 石綿2%または4%含有の試験体の含水率

試験体の寸法の違いの影響があるが、その影響がないと仮定して曲げ強さを比較すると、難燃性試験に合格した試験体の曲げ強さは、石綿スレートの6mm厚さのフレキシブル板の規格の曲げ強さ292 kgf/cm²より少し低い。

(5) 使用耐力

石綿代替繊維を用いたスレートは、従来の石綿スレートより曲げ強さが少し低く、比重が小さい。したがって、同じ厚さの板の場合は、石綿代替繊維を用いたスレートのほうが従来の石綿スレートより耐力が少し低いことになる。また、同じ重量の板の場合は、石綿代替繊維を用いたスレートの耐力は、従来の石綿スレートに近い値になる。

(6) 抄造方向と平行または垂直な方向の曲げ強度の割合（結果を図9、図10に示す。）

抄造方向と平行な方向に試験した場合と、垂直な方向に試験した場合の曲げ強度は、前者のほうが高く、その割合は、難燃性試験に合格した試験体の場合、JIS A 5403石綿スレートのフレキシブル板での割合の約70%に近い値である。

(7) たわみ（結果を図11、図12に示す。）

無石綿の試験体のたわみは、既開発製品で少し小さいが、それ以外は基準品の石綿スレートと同程度である。

(8) 耐衝撃性（結果を表22、表23に示す。）

いずれの試験体も衝撃試験で異常がなく、耐衝撃性は十分な性能があると認められる。

(9) 耐凍結融解性（結果を表24、表25に示す。）

凍結融解試験により、既開発製品の試験体は層間で剥離したが、他の試験体はいずれも外観に異常がなく、また質量と厚さの変化は小さい。凍結融解の試験を行う前の曲げ強さに対する凍結融解の後の曲げ強さは、同程度かやや上昇している。試験体はいずれも凍結融解性に優れている。

(10) 吸水率

吸水率は、24時間静水中に浸せきした試験体で測定した。難燃性試験に合格した試験体はいずれもJIS A 5403石綿スレートのフレキシブル板の規格値の吸水率である22%以下の範囲にある。石綿を2%または4%含有する試験体の吸水率は、22%を少し超えるものがある。

(11) 無石綿試験体の繊維物質含有率

無石綿試験体の繊維物質含有率分析の結果は表24のとおりである。いずれも石綿含有率は0.0%である。なお、基準品の石綿スレートの石綿含有率の分析結果は、試験体に実際に含まれている石綿の含有率よりかなり低く出ていると考えられる。

(12) 石綿2%含有と4%含有の試験体の繊維物質含有率

セメントや繊維材料等のすべての固形成分に対する重量割合で、石綿が2%または4%である割合で制作された試験体の繊維物質含有率分析の結果は表25である。石綿含有率は0.6%~0.8%および1.2%~1.9%になっており、石綿含有率の分析結果は、試験体に実際に含まれている石綿の含有率よりかなり低く出ていると考えられる。

5.5 まとめ

抄造性を高めるために高叩解したセルロースパルプを用い、必要な強度を得るためにビニロン繊維、アクリル繊維、または耐アルカリガラス繊維を入れ、耐熱性や化学的安定性を向上するための鉱物物質をフィラーとして添加することにより、次のような性能を有する無石綿のスレートを抄造で製造することができる。

- ・表面試験と基材試験に合格し必要な難燃性を有する。
- ・基準品の石綿スレートに比べて、曲げ強さはやや低く、比重はやや小さい。したがって同じ厚さの板の場合は、従来の石綿スレートより耐力が少し低い。また、同じ重量の板の場

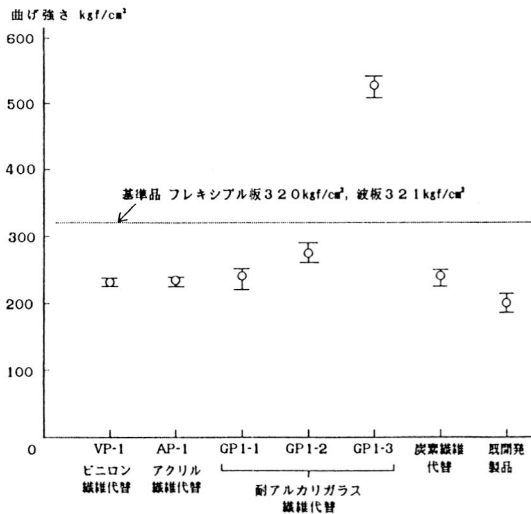


図7 無石棉試験体の曲げ強さ
(抄造方向に平行な方向をスパンとした曲げ試験による)

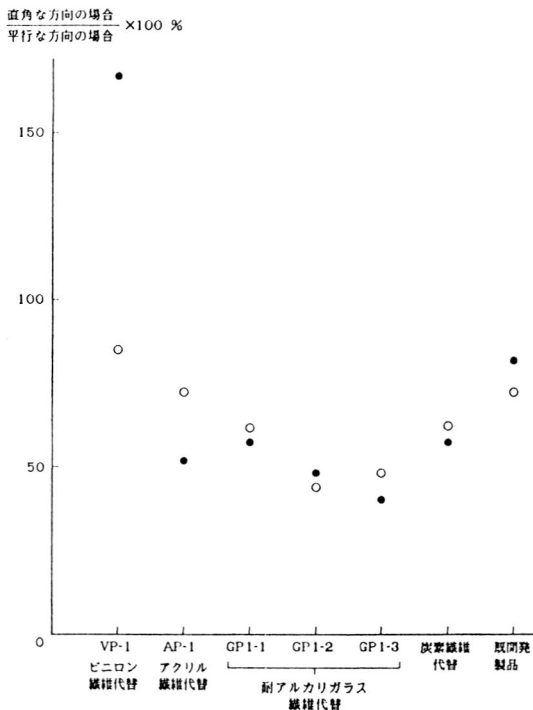


図9 無石棉試験体で抄造方向に平行な方向をスパンとした場合と直角な方向をスパンとした場合の曲げ試験の曲げ強さの比率 (○で示す) とたわみの比率 (●で示す)

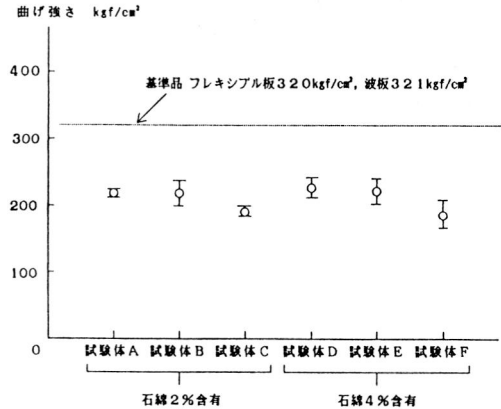


図8 石棉2%または4%含有の試験体の曲げ強さ
(抄造方向に平行な方向をスパンとした曲げ試験による)

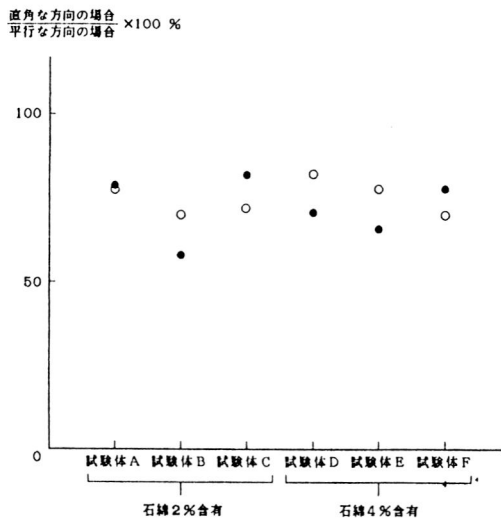


図10 石棉2%または4%含有の試験体で抄造方向に平行な方向をスパンとした場合と直角な方向をスパンとした場合の曲げ試験の曲げ強さの比率 (○で示す) とたわみの比率 (●で示す)

合は、従来の石棉スレートに近い耐力になる。

- ・ JIS A 5403 石棉スレートの6mm厚さのフレキシブル板で規定される強度の基準値に相当する292kgf/cm²の曲げ強さに比べて、やや低い曲げ強さである。
- ・ たわみは、基準品の石棉スレートと同程度である。

繊維状物質の 安全性について

東 敏昭 産業医科大学 産業生態科学研究所
産業保健管理学研究室助教授

■ 鉱物繊維の安全性にかかわる 問題の経緯

鉱物繊維の生体影響が注目されるにいたったのは、石綿曝露が、石綿肺、肺がん、悪性中皮腫といった疾患の原因となることが確認されたためである。石綿肺（じん肺）は、粉じんを吸入することにより、肺が柔らかく薄い袋のたくさんあるゴム風船のような状態から、固く伸縮性のない劣化した風船のようになり、うまく膨らまない状態になる（線維化）ことである。こうした場合、十分に肺に空気を取り入れたり、またその空気から酸素を血液の中に取り入れたりすることができなくなる。

肺がんは日本人の死因のなかでかなり多くの割合を占め、男性の悪性新生物（がん）では2番目に多い疾患である。喫煙がその原因のひとつであることはよく知られているが、石綿によっても肺癌にかかる危険が増えることが多くの研究で示されている。その危険は、やはり曝露する量が増えるほど大きくなる。この石綿と同じ作用を他の代替繊維も持つ可能性が示唆されている。

中皮腫は、肺を取り囲む胸膜や、肝臓や胃などの臓器を囲む腹膜にできる悪性の腫瘍である。本来非常にまれな疾患であるが、石綿が原因となる割合が非常に高いといわれている。

石綿以外にエリオナイト（繊維状ゼオライト）などの原因によるものも多いという報告がある。また、動物実験では他の天然および人造鉱物繊維での発生が示唆されている。

人造鉱物繊維は、その特性から断熱材としての用途を中心に約1世紀前から工業的な製造・使用が始まり、ガラス繊維、グラスウール、ロックウールなどが広く使用されている。これらの繊維の需要の拡大は、社会の工業化に加え、現在上述したような石綿の健康影響に起因した代替物の必要性から新しい局面に入っている。人造鉱物繊維の健康影響については、使用開始当初から知られていた皮膚への刺激症状のほかは、石綿の場合のように曝露を受けた集団からの疾患の多発および特殊なケースの発生が報告されていたわけではなかった。しかし、石綿の生体への作用はその形状を主体とした物理的特性によることがStanton¹⁾、Pott²⁾らの動物実験により示唆され、人造鉱物繊維についても、発生の可能性をもつと予測される疾患についての疫学的研究が行われるにいたった。

■ 繊維状物質の生体作用にかかわる現在の認識

石綿という呼称は、本来工業的に使用される一群（6種）の天然鉱物

繊維の総称である。各種石綿繊維の使用用途が同様のものではあったこともあるが、かつて健康影響についての検討も繊維の種類を問わずに行われた。現在、石綿も種類により生体影響の強さが異なることが示唆され、石綿以外の天然鉱物繊維（エリオナイトなど）の中皮腫発生能が明らかにされている。

工業的特性において石綿に替わる代替繊維として、また新素材として開発・生産されている鉱物繊維についても、最も重大な生体影響である発がん性の検討が進められている。世界保健機構（WHO）は、人造鉱物繊維の健康影響についての現状における評価³⁾を以下のように示している。

- ① 人造鉱物繊維への曝露が肺がんの原因になりうる。
- ② サイズ・耐久性と発がん性には有意な関係がある。
- ③ 低い曝露レベルの影響は評価できる限界以下であろう。

国際がん研究機関（IARC）は、動物実験では①グラスウールとセラミック繊維には発がん性の十分な証拠が、②ロックウールでは発がん性の限られた証拠が、③グラスフィラメントとスラグウールでは、発がん性の不十分な証拠が認められる。人間についての研究では、①ロックウールとスラグウールでは発がん性の限られた証拠が、②グラスフィラメントとスラグウールでは、発がん性の不十分な証拠が認められるが、セラミック繊維については有用なデータがないと評価している⁴⁾。

繊維状物質の生体影響評価の 今後の展開

石綿に始まった、繊維状物質の生体影響に関する研究は、今後個々の繊維についての事例評価から、繊維のもつ基本特性との関連を評価する時代に入っていく。石綿と人造鉱物繊維の比較といった対比的な視点から、広く天然・人造および鉱物・有機繊維全体について、その物理・化学的特性と発がん性の関連を解明し、生体影響上より安全な繊維状物質の開発および安全使用の方法を模索する方向である。

表は繊維のどのような性質・性状が、生体影響（発がん）に関連するかを整理したものである⁵⁾。表中の項目は、繊維の形状、繊維の生体内での耐久性および表面特性（表中の因子3～6）に整理することができる。

繊維の形状では、発がん性の繊維の長さ・直径（長さ／直径比：アスペクト比）が強い関連を持ち、Stantonは“腫瘍の発生率（発がん率）は、径0.25ミクロン程度、長さ8ミクロン以上で最大になる”という知見を示した。Pottは、これを一般化し、太さが0.125から0.25ミクロンの繊維で長さが20ミクロンを超えるあたりで、発がん性が強くなるとしている。

生体内での耐久性（不溶性）が強いことは、生体内で細胞や組織との反応を起こす時間が長くなることを意味し、人間の研究および動物実験でも耐久性の強いものほど、発がん性が強いことが示唆されている。

鉱物繊維表面の性質が、肺内の細胞との反応を大きく左右するものと考えられている。たとえば、Feを含

んだ繊維は繊維表面と肺内の免疫細胞（白血球の系統）との接触で、発がんの機序との関連があると考えられている活性酸素（フリーラジカル）を生成しやすいことが報告されている。また、比較的強い吸着性を持つ場合、発がん物質を吸着し、微量の発がん物質、たとえば炭化水素（ベンツピレン）などを肺内に運び込み、沈着した場所に固定する働きを持つ。

今後の課題

石綿の教訓を活かす意味で、新規に開発あるいは使用される繊維の生体影響を予測する評価システムの検討がなされる必要がある。繊維の特性、試験管内毒性試験、動物実験相互の関連の整理と、人体影響への外挿の検討である。こうした検討は、新たな知見の集積に伴い繰り返される必要がある。

人造繊維については従来からの用途、石綿の代替としての用途のほか、今後新たな用途の拡大も予想されている。このうち一部の繊維の生体影

響に関する研究が行われているに過ぎない。現在、日本は世界で最も多種類の人造の鉱物もしくは合成繊維を製造・供給している。こうした人造繊維の生体影響・安全性に関する研究は、わが国でより活発に行われるべきと考える。

参考文献

- 1) Stanton MF et al: J. Natl. Cancer Inst., 65, 965, 1981
- 2) Pott F: Staub-Reinh. Luft., 38, 486, 1978
- 3) World Health Organization: Man-made mineral fibers, Environmental Health Criteria 77, p134, WHO, Geneva, 1988
- 4) IARC: IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol 43, p152, IARC, Lyon, 1988
- 5) Jolicoeur C et al: Asbestos Toxicity, 96, Marcel Dekker, New York, 1988

表 鉱物粒子の特性と生物学的活性の関連

因 子	影響もしくは作用
1. サイズ(径, 太さ, 長さ), アスペクト比(長さ／太さ), 密度(比重)	移動, 吸入性, クリアランス, 吞食能, 体内での移動
2. 化学的組成および構造	イオンの脱落, 溶解性, 耐久性
3. 表面の構成(粗さ)	細胞・粒子間の親和性, 細胞壁の変形
4. 表面荷電、電位(電荷密度・分布)	細胞・粒子間の親和性、各イオン種の吸収能
5. 表面の吸着能	異種物質の搬送, 脂肪および蛋白の吸着, 必須要素(元素)の生物学的利用の変化
6. 表面の活性をもつ基の位置	酸-アルカリ, 還元能, 転位反応

(Jolicoeur & Poisson 1988より作製)

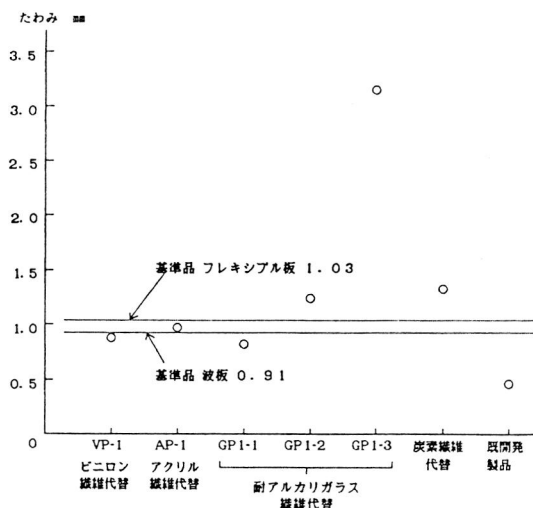


図11 無石棉試験体のたわみ
(抄造方向に平行方向なスパンとした曲げ試験による)

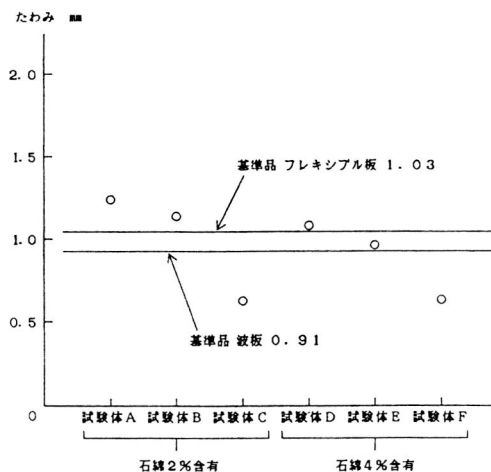


図12 石綿2%または4%含有の試験体の曲げ試験のたわみ
(抄造方向に平行な方向をスパンとした曲げ試験による)

表22 無石棉試験体の衝撃試験

ビニロン 繊維代替 VP-1	アクリル 繊維代替 AP-1	耐アルカリガラス繊維代替			炭素織 維代替	既開発 製 品	基準品	
		GP1-1	GP1-2	GP1-3			波板	フレキシブル板
それぞれ 3 体の試験体いずれも異常なし								

表23 石綿2%含有と4%含有の試験体の衝撃試験

石綿2%含有			石綿4%含有		
試験体A	試験体B	試験体C	試験体D	試験体E	試験体F
それぞれ3体の試験体いずれも異常なし					

表24 無石棉試験体の凍結融解繰り返し後の外観

ビニロン 繊維代替 VP-1	アクリル 繊維代替 AP-1	耐アルカリガラス繊維代替			炭素繊 維代替	既開発 製 品	基準品	
		GP1-1	GP1-2	GP1-3			波板	フレキシブル板
200サイクル後それぞれ 3 体の試験体いずれも異常なし						注)	200サイクル後それぞれ 3 体の試験体いずれも 異常なし	

注) 100サイクル後小口の一部または全面に層間剥離発生。
200サイクル後全面の層間剥離。

- ・ 衝撃試験で異常がなく、耐衝撃性は十分な性能がある。
- ・ 耐凍結融解性にすぐれている。
- ・ 乾燥状態における含水率は、耐アルカリガラ

ス繊維代替の場合で10%を超えるが、それ以外の代替繊維の場合に10%以下である。JIS A 5403石綿スレートでは、フレキシブル板の場合に含水率を10%以下になるまで乾燥して出

表25 石綿2%含有と4%含有の試験体の凍結融解繰り返し後の外観

石綿2%含有			石綿4%含有		
試験体A	試験体B	試験体C	試験体D	試験体E	試験体F
200サイクル後それぞれ3体の試験体はいずれも異常なし					

表26 無石綿試験体の繊維物質含有率分析

	ビニロン 繊維代替 VP-1	アクリル 繊維代替 AP-1	耐アルカリガラス繊維代替			炭素繊維 代替	既開発 製品	基準品	
			GP1-1	GP1-2	GP1-3			波板	フレキシブル板
石 綿(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	4.5
ビ ニ ロ ン(%)	1.1								
ア ク リ ル(%)	0.1	1.2							
耐アルカリガラス(%)	0.0		0.7	—	0.8				
炭 素(%)	0.0								
セルロースパルプ(%)	3.7	3.2	3.1	4.4	—	2.6	7.6	7.0	5.4

表27 石綿2%含有と4%含有の試験体の繊維物質含有率分析

	石綿2%含有			石綿4%含有		
	試験体A	試験体B	試験体C	試験体D	試験体E	試験体F
石 綿(%)	0.6	0.8	0.8	1.2	1.2	1.9
ビ ニ ロ ン(%)	1.0		0.1	1.0		0.2
ア ク リ ル(%)		1.4			1.0	
耐アルカリガラス(%)			0.7			1.1
炭 素(%)						
セルロースパルプ(%)	4.3	8.4		2.2	3.9	3.2

荷すると規定している。

- ・吸水率JIS A 5403石綿スレートのフレキシブル板の規格値の吸水率である22%以下の範囲にある。

炭素繊維による代替の場合は、難燃性試験の基材試験に不合格であったが、今回用いた材料と調合の設定を多少変えることで、難燃性試験の基材試験に合格する製品を製造することは十分可能であると考えられる。難燃性以外の性質では、前述のビニロン繊維、アクリル繊維または耐アルカリガラス繊維による代替の場合に近い性能を出せると考えられる。

石綿を2%または4%入れた場合は、成形後の性能は無石綿の場合に似たものであり、今回の試験結果を考えると、石綿を少量混入することは、コストと抄造による成形性以外の性能に対する影響は小さい。

なお一般的には、石綿を少量混入すると、抄造性が向上しコストが低減される可能性がある。

代替繊維を用いた製品の製造は、製造ラインで現在使われている抄造機を用いて行うことができる。製品の種類によっては、混和材料の計量等に若干の装置の変更を必要とする。

パルプ以外の代替繊維の選定をするときは、製

造、取扱、使用、運搬、貯蔵および処理のすべての段階で人体の健康への危険を考慮すべきであり、技術的および経済的事情と同時に健康への危険に対して検討すべきである。

スレート代替材料を使う場合の人体への安全性については以下のようなものである。

- ・じん肺の原因となりうる繊維について、わが国および外国の多数の国で以前から暴露濃度の限度が決められており、ガラス繊維やワラストナイト等の鉱物繊維はすでに製造と使用における濃度が規制されている。鉱物繊維以外の繊維においても、有害性が認められるものについては、一般粉じんとしての規制のみならず、暴露を抑制するための基準が必要である。
- ・ビニロン繊維、アクリル繊維、耐アルカリガラス繊維および炭素繊維は、呼吸で吸入される限度の $5\mu\text{m}$ 以上の径があり、縦に裂けて細くなる性質がないと報告されているので、現在のところ吸入による疾病の発生はきわめて少ないと考えられる。

セルロースパルプは、ヒョブリル化した部分が遊離すると吸入される寸法になるが、人体への有害性は認められない。

- ・セピオライト、ワラストナイト、マイカおよびシリカヒュームは、吸入される大きさのものがわずかではあるが含まれるので、その粉じん抑制と作業環境の管理を行う必要がある。
- ・これらの材料の使用量にもよるが、基本的には作業場所の空気を清浄に保つ集じん装置により、人体への安全性を保てるように暴露を抑制できると考えられる。



広く官学民の強力な支援のもとに試験研究が行なわれ広く活用されています。

〈受託業務〉

建設材料の試験
建材に関する工業標準化の原案作成
建材についての調査研究技術相談等

JTCCM

充実した施設・信頼される中立試験機関

建材試験センター

- | | |
|------------|---|
| 本部 | 東京都中央区日本橋小舟町1-3太田ビル2~5階
〒103 電話(03)3664-9211(代) FAX(03)3664-9215 |
| 中央試験所 | 埼玉県草加市稲荷5丁目21番20号
〒340 電話(0489)35-1991(代) FAX(0489)31-8323 |
| 江戸橋試験室 | 東京都中央区日本橋小舟町1-3太田ビル1階
〒103 電話(03)3664-9216 |
| 葛西試験室 | 東京都江戸川区南葛西4-6-3
〒134 電話(03)3687-6731 |
| 三鷹試験室 | 東京都三鷹市下連雀8-4-29
〒181 電話(0422)46-7524 |
| 中国試験所 | 山口県厚狭郡山陽町大字山川字溶
〒757 電話(08367)2-1223(代) FAX(08367)2-1960 |
| 福岡試験室 | 福岡県粕屋郡志免町別府柏木678-6
〒811-22 電話(092)622-6365 |
| 八代支所 | 熊本県八代市新港町2丁目2-4
〒866 電話0965(37)1580 |
| 四国サービスセンター | 香川県高松市瓦町1-3-12中央ビル内
〒760 電話(0878)51-1413 |

アスベストの測定方法

乙 黒 利 和*

1. はじめに

鉱物性繊維であるアスベストは断熱性、吸音性、摩耗性などがよく、さらに安価であることから広い分野で使用されてきた。

特に建築材料での使用率は多かったが、近年、吸引によって人体内に取り入れられた場合の安全性が論じられ、アスベストが危険であるという認識が大勢を占めてきている。

それゆえ、アスベストに関して使用の禁止や、使用量の低減化、さらに大気中の濃度の規制が定められつつあり、その結果として、建築材料などのアスベスト使用の有無、含有量などの調査、さらに生活している大気中のアスベスト測定の必要が生じており、測定方法の整備がなされている。

本稿は、それらのアスベスト測定方法について現在当センターで実施している方法について紹介するものである。

2. アスベスト粉じん測定方法

大気中に浮遊しているアスベスト粉じんの測定方法については、環境庁や（社）石綿協会等によって確立されたものである。当センターでは建設省大臣官房営繕部制定「吹付けアスベスト飛散防止改修工事工事共通仕様書（案）」の仕様で測定を行っている。

測定対象としては、

① 昭和51年以前には吸音材、断熱材として建物にアスベスト吹付け材が使用されており、現在までに撤去や封じ込めがなされていないものがまだある。そのような場所では、それらの吹付け材から室内にアスベスト粉じんが飛散している可能性もあり、その飛散程度を把握する必要がある。そのため、そのアスベスト吹付け材が使用されている室内を測定対象としている。

② 施工されているアスベスト吹付け材を撤去する場合、工事現場内から大気中にアスベスト粉じんが飛散することのないように監視し、さらに撤去後にアスベスト粉じんが残っていないことを確認する必要がある。そのため、工事前後の室内および屋外を測定対象としている。

2.1 サンプルング

(1) 方法

通常、ローボリュームエアーサンプラーを使用して1分間に5Lの割合で、2時間すなわち600ℓの大気を吸引し、ホルダーに固定したメンブランフィルター（孔径 $0.8\mu\text{m}$ ）に室内のアスベスト粉じん、すなわちアスベスト繊維を捕捉する。ただし、アスベストの濃度が高い場合は、たとえば吹付け材の撤去中などは1分間に1ℓで15分間（総量15ℓ）吸引する。

また、鉱物性粉じんの測定の場合は、フィルターの前に多段式分粒装置などを装着して一定粒部

*（財）建材試験センター中央試験所有機材料試験課

以下の粉じんを採取するが、アスベスト粉じんの場合は、フィルターの前に何も置かない状態（オープンフェイスという）で採取する。

サンプリングでの注意点は、吸引量を正確にすることで、そのため吸引中はサンプラーの流量計に注意を払い、常に一定の流量で吸引していることを確認する必要がある。

また、サンプラーの流量計は、事前に校正しておく必要もある。

(2) サンプリング場所および点数

a. 通常の場合

サンプリングの点数は、室の広さに関係する。仕様では以下のようになっている。

50m²まで2点、300m²まで3点、1,000m²まで4点、1,000m²以上5点

サンプリングの場所は、特別に規定されていないが、室の気流などを考慮にいれて、平均的なアスベスト濃度が測定できる位置にサンプラーを設置する。

また、測定した値が屋外の大気中のアスベストの影響を受けているか否かを調べるために、調査室付近の屋外2点（ブランクという）で測定を行う。

b. 撤去作業中の場合

吹付け材を撤去中は、アスベスト粉じんが屋外に飛散しないように室内を負圧にして作業を行う。そのため、排気ファンを作動させるが、このファンの排気からアスベストの有無を調べるために、通常の場合の測定点数以外に排気ファンの吹出孔付近で、排気の色度が1 m/sになる位置、2点で測定する。なお、撤去中の屋外での測定はブランクの役割以外に作業室内からのアスベストの漏れの有無を調べる役目もある。

2.2 計測

(1) サンプルの固定

サンプリングを終えたフィルターは、アスベ

ストが離脱しないように速やかに固定化する。

操作は、清浄な室内で行う。最初にホルダーからフィルターを外し、スライドグラス中央に置き、アセトン蒸気でフィルターを透明化する。その後、トリアセチンをフィルター上に数滴、滴下し、気泡が入らないようにして静かにカバーグラスを置き固定化する。

この操作での注意点は、操作中に繊維状物質を含んだゴミがフィルター上に付着しないよう極力注意し、さらに、カバー、スライドグラスの表裏面に指紋などの汚れが付かないような状態で固定しなければならない。また、フィルターに水分が含まれたり、付着したりしていると、アセトン蒸気による透明化が不完全になる場合もある。

(2) 計測

トリアセチンが硬化した時点で、位相差顕微鏡または透過ノマルスキー微分干渉顕微鏡を使用してアスベスト繊維の計測を始める。

最初に倍率100倍以下でフィルター全面を観察し、粉じんが均一に分散していることを確認する。

その後、倍率を400倍に上げ、フィルター上を万遍なく観察するように、フィルター上を50点（50視野という）等間隔に区切り、アスベスト繊維の本数を計測する。なお、50点に達する前に計測本数が200本になった場合は、その測定点で計測を終了する。

ここでは、繊維状の物質で、長さが5 μm以上、幅が3 μm以下、かつ、長さの1/3以下のものをアスベスト繊維、すなわちアスベスト粉じんとして判定する。

したがって、アスベスト繊維でないものでも、この形状に合致すればアスベストとして計測する可能性もあるので、標準サンプルとの比較、位相差から生物顕微鏡への変換、さらに偏光顕微鏡の使用などでアスベスト繊維であるか否かの見極めをする必要もでてくる。

注意点としては、ごく細い繊維の場合、顕微鏡の焦点深度によって見えたり見えなかったりすることがあるので、同一測定点で常に微動ハンドルで顕微鏡のステージを上下させ、焦点を変えながら観察し、細い繊維を見逃さないようにしなければならない。

3. アスベストの同定分析

アスベストは無機質系建材の防火、強度の性能を向上させるため、多く使用されてきたが、前述の理由で使用の規制が厳しくなっている。そのため、アスベストの使用の有無、また、含有量、使用されているアスベストの種類の判定などの調査が必要となる。

3.1 試料処理

試料を温度105℃で絶乾状態にした後、代表的な部分を約10g採取し、粉砕器で15分間粉砕する。指先にざらつきがないことを確認した後、十分混合して、分析用試料とする。

3.2 薬品処理

アスベストの含有率が低いと、他の物質によってアスベストから反射してくるX線が吸収、拡散されて、その強度が弱くなる。さらに、他の物質のピークとの重なりなどがあり、アスベストのピークを完全に見い出すことが困難となる。

アスベストの含有率が4%以下となると識別ができなくなる場合もある。そこで、他の物質を除き、含有率を高めるために、薬品処理を行う。

無機質系の材料では、一般的にカルシウム分を含んでいる場合が多いので、塩酸（1+10）で10分間攪はんし、それを溶解する。その後、ガラス繊維ろ紙で吸引ろ過し、残渣を乾燥して分析用試料とする。シリカ分が多く残る場合は、炭酸ナトリウム溶液（5%）で除く場合もある。

3.3 分析

X線回折装置を用いて無処理および薬品処理の

試料にX線を照射し、得られた回折図形のピークパターンからアスベストの同定を行う。

X線回折装置は、試料表面に一定速度で角度を連続的に変えながらX線を照射する。そして、反射してくるX線の強さを測定し、照射角度（ 2θ という）を横軸に、反射X線の強さを縦軸にして図形化する。それをX線回折図形と呼んでいる。

同定分析は、一般に次の手順で行う。同定しようとする物質の標準サンプルのX線回折図形から強さの大きなピーク3本（3強線という）を選ぶ。そして、分析して得られた図形に、その3強線が存在するか否かを調べ、さらに3本のピークの強さ比、すなわちパターンが一致する否かを調べる。

建材に使用される代表的なアスベストは、図1に示すX線回折図形のクリソタイル、アモサイトおよびクロシドライトである。それぞれの3強線のピーク角度（ 2θ ）は、

クリソタイル : 12.2, 24.4, 19.8

アモサイト : 29.1, 10.6, 27.3

クロシドライト : 10.6, 28.8, 19.7または33.0

このピーク角度は、X線回折の測定条件で多少ずれる。

この分析での注意点は、サンプルホルダーに試料を挿入するとき、X線の照射面はできるかぎり平滑にしなければならない。平滑さを欠くと得られるピークの角度がずれてくる。

クリソタイルの同定では、3番目のピークは他の2本のピークに比べて強さが小さいため、混合物では他の物質のピークがじゃまをしてほとんど見ることができない。

アモサイトとクロシドライトは、同じ角閃石系なので、ピークパターンが非常に似通っているのと同定には注意が必要である。

4. 定量分析

物質にX線を照射して得られるピークの強さ(面

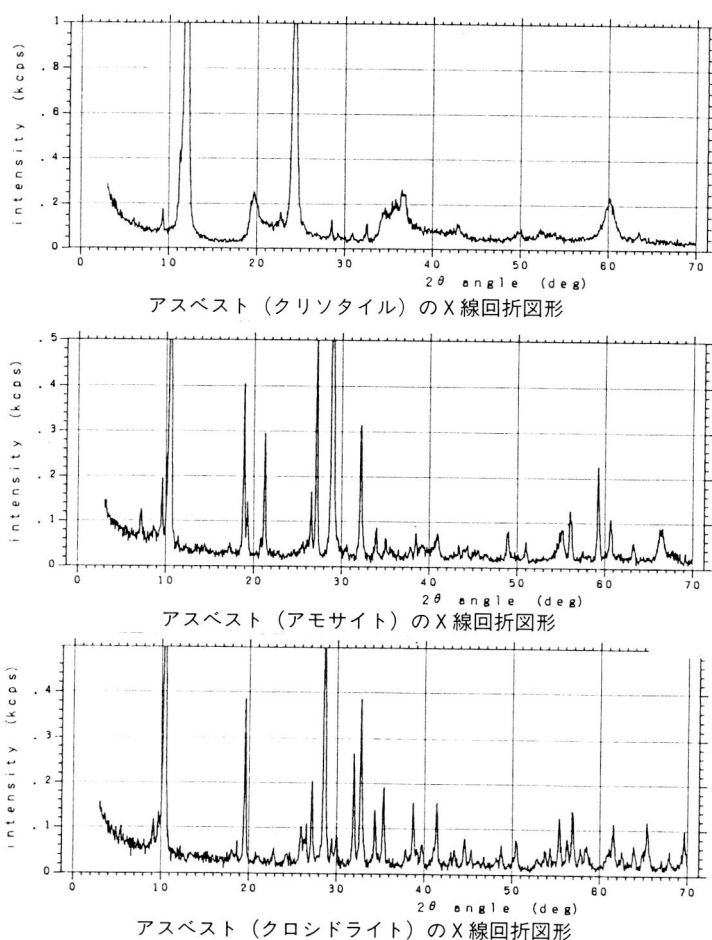


図1

積または高さであるが、当センターでは面積を用いている）は、その物質質量に比例する。このことを利用して、定量分析を行う。

X線回折の定量法には、絶対検量線法、標準添加法、内標準法などがあるが、試料の調整、操作の簡便さから、内標準法を採用している。

内標準法は、内標準物質と測定物質を混合して、X線を照射し、おのおのの物質の特定ピークの強さを測定し、両者のピーク強さ比と混合比から定量を行う方法である。

4.1 内標準物質

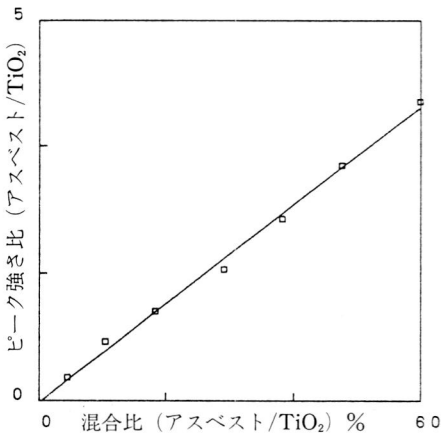
内標準物質は、①通常の建材に使用されないもの。②化学的に安定であること。③X線回折のピ

ークがアスベスト上の3強線の少なくとも1本と重ならず、かつ、そのピークの内明確なものが他の建材に使用されている物質のピークに重ならないこと。これらの条件を満たすものとして二酸化チタン（ TiO_2 ）を選んだ。

4.2 検量線の作成

定量分析では、一般的に測定値と物質質量（X線回折では、ピーク強さと物質質量）の関係を作る必要がある。これを検量線と呼んでいるが、この検量線を用いて測定値から未知の物質質量を求める。

定量分析を行うにあたって、はじめに同定分析を行い、どの種類のアスベストが含まれているか確認する必要がある。この同定されたアスベスト



coefficients

$a = 0, b = 0$

$c = 51.6738, d = 264869$

accuracy (%) = 1.30772

max dev (%) = 2.36514

max dev no. = 4 4

図2 検量線例

を用いて検量線を作るが、同種のアスベストでも産地が異なると、単位質量に対するピークの強さが変わる。そのため、検量線作成に使用するアスベストは、含有されているものと産地等が同一のものを使用することが望ましい。

内標準法の検量線は(図2に示す)、内標準物質とアスベストを種々の割合で混合した試料のX線回折図形から、両者のピーク強さを調べる。そして、混合比とピーク強さ比の関係を数点プロットとして検量線を作成する。

検量線作成に使用するピークは、次の角度(2 θ)のものをを用いる。

アスベスト：クリソタイル……12.1度

アモサイトおよび

クロシドライト……10.6度

内標準物質：二酸化チタン……69度

4.3 分析

試料の粉碎、乾燥は同定分析と同様に行う。得

られた分析用試料から約250mgを正確に秤量する。次に、内標準物質をアスベストの推定含有量の2～3倍程度を正確に秤量して、添加する。そして、十分に両者を混合するために、蒸留水を1ml程度注入し、めのう乳鉢で粉碎しながら混合する。

薬品処理は、アスベストのピーク強さを大きくするために行う。操作は同定分析の薬品処理と同様に行い、ガラス繊維ろ紙でろ過する。

この操作での問題点は、塩酸(1+10)でアスベスト繊維が微量ながら溶解してしまうことであるが、検量線作成時でも薬品処理を行うことで解決している。

X線の照射は、強さを測定するピークが生じる角度付近のみ、ステップスキャンで照射する。そして、アスベストおよび二酸化チタンのピーク強さ比を算出し、検量線からアスベスト量を求め、アスベストの含有率を算出する。

5. おわりに

アスベストを吸収することによる危険性は一般化しており、しきい値(閾値)がなく、吸収すればするほど危険性が高くなるといわれている。しかしながら、果たして、どの程度まで吸収すれば、どの程度の確率を持って疾病が発生するか、という情報はあまりみられない。

したがって、現在実施しているアスベスト測定法は、どこまで精度よく測定しなければならないのか不明な点がある。

顕微鏡によるアスベスト繊維の計測では、計測者によって計測値がかなり異なるといわれている。さらに、定量分析についても誤差は大きいともいわれている。

しかしながら、よりよい精度を得るための条件を見い出すことは必要なことであり、そのための基礎的実験を今後も重ねていきたい。

コード番号	2	7	0	1	0	1
-------	---	---	---	---	---	---

表 1

1. 試験の名称		アスベスト粉じん濃度測定方法
2. 試験の目的		大気中に浮遊するアスベスト繊維の濃度を測定する。
3. 試験対象		一般大気 アスベストを含んだ建材を使用している室内及び屋外 アスベストを含んだ建材を使用している部屋の改修時の室内および屋外 アスベストを含んだ建材を使用している建物の解体時の屋外
4. 試験方法	概要	エアースンプラーを用いて大気を吸引し、フィルター上にアスベスト繊維を採取する。そのアスベストを顕微鏡で測定する。
	準拠規格	建設省大臣官房営繕部制定「吹付けアスベスト飛散防止改修工事工事共通仕様書（案）」
	試験装置及び測定装置	ローボリュームエアースンプラー、労研式エアースンプラー、アセトン蒸留発生装置 透過ノマルスキー微分干涉顕微鏡、流量計
	試験時の条件	特になし。但し、雨天及び強風時の屋外の測定は測定値が不正確になる恐れがあるので注意を要する。
	試験方法の詳細	<ol style="list-style-type: none"> 1. 流量計を用いてエアースンプラーに装着されている流量計の確認を行う。 2. メンブランフィルターをゴミが付着しないようにホルダーに固定し、そのホルダーをエアースンプラーに取り付ける。 3. 測定点にサンプラーを置く。 4. サンプラーを稼働させ速やかに流量を設定し、所定の容量まで常に流量を確認しながら大気を吸引する。 5. 吸引後、ホルダーからフィルターを外し、スライドグラスに乗せアセトン蒸気で透明化する。 6. トリアセチンを2、3滴落とした後カバーガラスを乗せ、固定化する。 7. トリアセチンが硬化後、ノマルスキー型微分干涉顕微鏡でアスベスト繊維の計測を行う。 8. 計測は50視野又は、繊維本数200本に達するまで行う。 9. アスベスト濃度を次の式から算出する。 $C = \frac{Af \times Fd^2}{Sd^2 \times Sf \times V}$ <p>ここに C : アスベスト繊維濃度 (f/L又は本/L) Af : 計測したアスベスト繊維数 (本) Fd : 実際に吸引に寄与しているフィルターの直径 (mm) Sd : 顕微鏡の視野 (計測している部分) の直径 (mm) Sf : 視野数 (計測した点数) (個) V : 吸引した大気容量 (L)</p>
5. 評価方法	準拠規格	—
	判定基準	—
6. 結果の標示		小数点以下1けたで標示する。単位はf/L又は本/L
7. 特記事項		この規格では判定基準が記載されていないが、他の基準では環境庁の通達では発生源敷地内での濃度は10f/L以下 労働省の作業環境での濃度は2f/cc以下と規定されている。
8. 備考		—

コード番号	2	7	0	1	0	2
-------	---	---	---	---	---	---

表 2

1. 試験の名称		アスベストの同定分析																			
2. 試験の目的		建材中のアスベスト有無及び種類を分析する。																			
3. 試料		石綿スレート、けい酸カルシウム板、石こうボード等無機質系ボード類 天井、壁の吹付け材																			
4. 試験方法	概要	粉碎した試料をX線回折装置にかけ、得られたX線図形からアスベスト有無及び種類を判定する。																			
	準拠規格	－																			
	試験装置及び測定装置	粉碎機 X線回折装置																			
	試験時の条件	特になし																			
	試験方法の詳細	<div>1. 試料を105℃で乾燥し絶乾状態にし、粉碎機で粉碎する。十分混合して分析用試料とする。</div> <div>2. 試料500mgを採取し塩酸（1＋10）を100mlを加え10分間攪はんし、ガラス繊維ろ紙でろ過した後、残渣乾燥し薬品処理試料とする。</div> <div>3. 分析用試料及び薬品処理試料をサンプルホルダーに挿入する。</div> <div>4. ホルダーをX線回折装置に取り付け、下表に示す条件でX線を照射する。</div> <div>5. 得られたX線回折図形からアスベストの有無を調べ、又、アスベストが存在する場合は、そのアスベストの種類を判定する。</div> <div>表 測定条件</div> <table><tr><th>項 目</th><th>条 件</th></tr><tr><td>X 線 管</td><td>Cu</td></tr><tr><td>管電流、管電圧</td><td>30KV、20mA</td></tr><tr><td>ス リ ッ ト</td><td>DS：1度 SS：1度 RS：0.1mm</td></tr><tr><td>フ ィ ル タ</td><td>グラファイトモノクロメータ</td></tr><tr><td>検 出 器</td><td>シンチレーションカウンタ</td></tr><tr><td>スキャンモード</td><td>連続スキャン</td></tr><tr><td>測 定 範 囲</td><td>70度～3度</td></tr><tr><td>ス キ ャ ン</td><td>1度/分</td></tr><tr><td>プリセットタイム</td><td>1秒</td></tr></table>	項 目	条 件	X 線 管	Cu	管電流、管電圧	30KV、20mA	ス リ ッ ト	DS：1度 SS：1度 RS：0.1mm	フ ィ ル タ	グラファイトモノクロメータ	検 出 器	シンチレーションカウンタ	スキャンモード	連続スキャン	測 定 範 囲	70度～3度	ス キ ャ ン	1度/分	プリセットタイム
項 目	条 件																				
X 線 管	Cu																				
管電流、管電圧	30KV、20mA																				
ス リ ッ ト	DS：1度 SS：1度 RS：0.1mm																				
フ ィ ル タ	グラファイトモノクロメータ																				
検 出 器	シンチレーションカウンタ																				
スキャンモード	連続スキャン																				
測 定 範 囲	70度～3度																				
ス キ ャ ン	1度/分																				
プリセットタイム	1秒																				
5. 評価方法	準拠規格	－																			
	判定基準	－																			
6. 結果の標示		アスベスト含有の有無、及びその種類の明記																			
7. 特記事項		－																			
8. 備考		－																			

コード番号	2	7	0	1	0	3
-------	---	---	---	---	---	---

表 3

1. 試験の名称		アスベストの定量分析																																													
2. 試験の目的		建材中のアスベスト含有量を分析する。																																													
3. 試料		石綿スレート、けい酸カルシウム板、石こうボード等無機質系ボード類 天井、壁の吹付け材																																													
4. 試験方法	概要	粉碎した試料に内標準物質を添加し、薬品処理した後X線回折装置にかけ内標準表によってアスベスト含有量の測定をする。																																													
	準拠規格	－																																													
	試験装置及び測定装置	粉碎機 X線回折装置																																													
	試験時の条件	特になし																																													
	試験方法の詳細	1. 試料を105℃で乾燥し絶乾状態にし、粉碎機で粉碎する。十分混合して分析用試料とする。 2. 分析用試料を250mg採取し、内標準物質（TiO ₂ ）を添加した後、塩酸（1＋10）を100 mlを加え10分間攪はんする。その後、ガラス繊維ろ紙でろ過し、残渣を乾燥して定量分析装置とする。 3. 定量分析用試料をサンプルホルダーに挿入し、そのホルダーをX線回折装置に取付け、下表に示す条件でX線を照射する。 4. 得られたX線回折図形からアスベストのピーク強さ及び内標準物質（TiO ₂ ）のピーク強さを求め、その比率を算出する。 5. あらかじめ作成しておいた検量線から次の式によってアスベスト含有率を算出する。 <div>表 測定条件</div> <table><tr><td>項 目</td><td colspan="3">条 件</td></tr><tr><td>X 線 管</td><td colspan="3">Cu</td></tr><tr><td>管 電 流、管 電 圧</td><td colspan="3">30KV, 20mA</td></tr><tr><td>ス リ ッ ト</td><td colspan="3">DS：1度 SS：1度 RS：0.1mm</td></tr><tr><td>フ ィ ル タ ー</td><td colspan="3">グラファイトモノクロメータ</td></tr><tr><td>検 出 宇 和</td><td colspan="3">シンチレーションカウンタ</td></tr><tr><td>スキャンモード</td><td colspan="3">ステップスキャン</td></tr><tr><td rowspan="3">測 定 範 囲</td><td>内標準物質</td><td>TiO₂</td><td>69.5度～68.5度</td></tr><tr><td rowspan="2">アスベスト</td><td>クリソタイル</td><td>13度～11度</td></tr><tr><td>アモサイト及びクロシドライト</td><td>11.5度～9.5度</td></tr><tr><td>ス キ ャ ン</td><td colspan="3">0.01度</td></tr><tr><td>プリセットタイム</td><td colspan="3">10秒</td></tr></table> <div>アスベスト含有率算出式</div> $Ac=\frac{TA\times R}{W}$ <div>ここに Ac：アスベスト含有率 % TA：分析用試料に添加したTiO₂の質量 mg W：採取した分析用試料の質量 mg R：検量線から求めたアスベストとTiO₂の割合 % (アスベスト量／TiO₂量×100)</div>		項 目	条 件			X 線 管	Cu			管 電 流、管 電 圧	30KV, 20mA			ス リ ッ ト	DS：1度 SS：1度 RS：0.1mm			フ ィ ル タ ー	グラファイトモノクロメータ			検 出 宇 和	シンチレーションカウンタ			スキャンモード	ステップスキャン			測 定 範 囲	内標準物質	TiO ₂	69.5度～68.5度	アスベスト	クリソタイル	13度～11度	アモサイト及びクロシドライト	11.5度～9.5度	ス キ ャ ン	0.01度			プリセットタイム	10秒	
項 目	条 件																																														
X 線 管	Cu																																														
管 電 流、管 電 圧	30KV, 20mA																																														
ス リ ッ ト	DS：1度 SS：1度 RS：0.1mm																																														
フ ィ ル タ ー	グラファイトモノクロメータ																																														
検 出 宇 和	シンチレーションカウンタ																																														
スキャンモード	ステップスキャン																																														
測 定 範 囲	内標準物質	TiO ₂	69.5度～68.5度																																												
	アスベスト	クリソタイル	13度～11度																																												
		アモサイト及びクロシドライト	11.5度～9.5度																																												
ス キ ャ ン	0.01度																																														
プリセットタイム	10秒																																														

		<p>6. 検量線作成方法</p> <p>I. 内標準物質 (TiO_2) に分析する材料に含まれているものと同種のアスベストを 5, 10, 20, 30, 40, 50 及び 60% の割合になるように添加する。但し、その総量は 250mg 程度になるようにする。</p> <p>II. 混合物に蒸留水約 1 ml を注入し、めのう乳鉢内でざらつきがなくなるまで粉碎しながら十分混ぜ合わせる。</p> <p>III. 上記の 2 項に従って塩酸を加え、攪はんし、ガラス繊維ろ紙でろ過後、残渣を乾燥。</p> <p>IV. 上記の 3, 4 項に従ってガラス繊維ろ紙ごと X 線回折装置にかけ、得られた X 線回折図形からアスベストのピーク強さ及び内標準物質 (TiO_2) のピーク強さを求め、その比率を、各混合比ごとに算出する。</p> <p>V. アスベスト及び内標準物質 (TiO_2) の混合比を横軸に、アスベスト及び内標準物質 (TiO_2) のピーク強さ比を縦軸にして、各数値をプロットし検量線を作成する。</p>
5. 評価方法	準拠規格	—
	判定基準	—
6. 結果の標示		アスベスト含有率を整数値で標示する。
7. 特記事項		—
8. 備考		—

平衡含水率 自動測定装置

1. はじめに

建築材料は、多孔質（ポーラス）のものが多く、吸湿しやすく、いろいろな性能に影響を与えることがある。その一つに、最も影響を与えるものとして結露がある。結露問題は材料の透湿性能（湿気の通過性能）によることが多いが、実際の現象のように、非定常状態での結露問題は透湿のほかに、吸湿あるいは放湿特性が重要になる。これは、平衡含水（含湿）率で表せる。平衡含水率とはある温湿度状態の雰囲気中にある材料が含むうる最大の水分量を絶乾重量で除したものである。この平衡含水率を求めるのに、従来から飽和塩類によって作られる相対湿度中に材料を放置して、恒量となるまでの重量変化を測定するという方法がある。この方法は、単純であるが、測定に長期間を要する。したがって、今回導入した装置は、この問題を解決すべく、湿度設定から重量測定まで全自動化している。

測定装置のアウトラインは、「建築材料吸放湿特性委員会」（建築研究所官民共同研究、委員長松本衛神戸大教授）が検討し、株式会社テキストが製作している。

本装置の概要を紹介する。

2. 測定装置概要

本装置は、相対湿度発生装置、重量測定装置および制御計測部から構成されている。

相対湿度発生装置は、ある温度の乾燥空気と飽

和空気のある割合で混合して、相対湿度を作るというもので（分流方式）、混合比を変えることによって0～100%の範囲で任意に湿度を設定できる（図1）。

分流方式による相対湿度発生装置の精度に影響する要因としては、次の3点が考えられる。

- ① 乾燥空気と飽和空気の流量制御
- ② 飽和空気を作るために、バブリングする際に加わった水分の体積の補正方法（混合流量比の補正）。
- ③ 飽和槽と試料槽の温度差

本装置では、これらの誤差要因に対していくつかの対応策を取り、湿度の精度向上を図っている。

まず、乾燥空気と飽和空気の流量制御にはサーマルマスコントローラを使用（公称±1%）し、流量比の補正はソフトウェアにて自動的に実行する。また、飽和槽（バブリングする槽）と試料槽は一体化し、飽和槽を外周に持ってくることで温度状態を均一化している。

これらによって、発生相対湿度の精度は±2%を実現している。

試料の含水量の測定は、電子天秤（アンドー社製）によって行う。天秤の秤量は210gで分解能は1mg。RS-232Cによりデータ通信が可能である。

制御計測はパソコン（マッキントッシュ）で行い、自動制御、計測が可能。図2に本装置の自動システム図を示す。

自動制御は、パソコンの画面上に操作パネルを構築してコントロールを行う。また、相対湿度を正弦波、パルス波、三角波などの波形で発生させることも可能で、その周期、振幅も任意に設定できる。

平衡含水率の自動測定は、ユーザが定めた相対湿度のスケジュールに基づき、一つの相対湿度における平衡状態を確認して、次の相対湿度を発生

させるというように、段階的に順次繰返して平衡含水率曲線を求めることができる。

3. おわりに

以上、簡単に平衡含水率自動測定装置について述べた。最近、住宅用建物の高断熱高気密化が省

エネルギーおよび快適性の向上の面から求められているが、それに伴って結露問題も同時に考えなければならない。材料の吸放湿特性をいかした、よりよい防露設計および対策をとるために、本装置がいささかでもお役に立てれば幸いである。

(文責 物理試験課 黒木勝一)

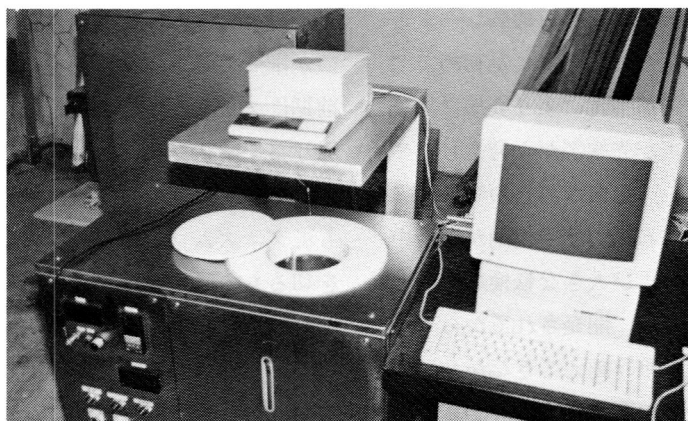


表4 装置仕様

- ・ 相対湿度制御範囲：0～100%
- ・ 相対湿度制御精度：±2%
- ・ 温度制御範囲：10～40℃
- ・ 調整湿り空気流量：10l/min
- ・ 重量測定範囲：最大200g
- ・ 重量測定分解能：1mg
- ・ 自動測定システム：最大20段階のステップアップ／ステップダウン

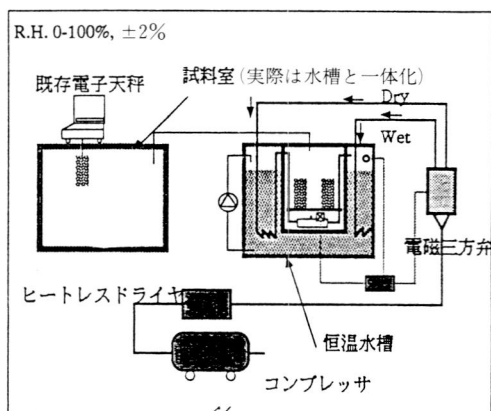


図1 相対湿度発生装置原理

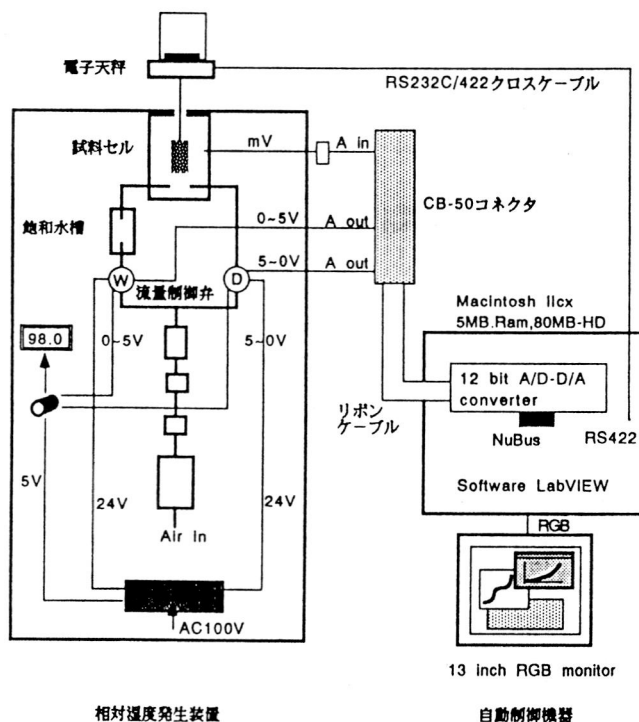


図2 システム図

石綿スレート

森 幹芳*

建材の耐久性を調査するため、解体現場を探し出しては、そこに使用されている建材の劣化状況をつぶさに観察したことがある。石綿スレートとくに波板をまじまじと見たのは、それが初めてではなかっただろうか。経年劣化により表層に繊維が露出してきたり、凍害が先端部から発生し、やがて層間剝離に至るという材料の最終の姿をイメージすることができた。石綿の使用規制が進む中で、この石綿スレートが再び大きな転換期を迎えている。再びと書いたのは、開発されてから今日までいくたびかの危機を乗り越えてきたからである。環境保護という一方の要請を受けながら、今まで果たしてきた役割を思うと、複雑な気持ちになる人も多いのではないだろうか。

スレートといえば、大半の人が工場の屋根などを思い浮かべ工業製品の中にあって、一般大衆に認識度が高い材料の一つである。建材開発の4条件、軽くて、強くて、安くて、燃えないを満たし、新建材の代表選手でもあったスレートをデザイナーや研究者の人達の中にもほめたたえる人が多い。スレートの何に思いを寄せてきたのだろうか。

デザイン的な面でみると、文化の香りを伴って日本に登場し、戦後、新進建築家が新しいデザインを展開するうえで好んで使用し、材料が建築を変えていく可能性を示したことがあげられる。現在でも、インテリア材として室内に波板を使用するなど積極的に取り組んでいるデザイナーも多い。フックボルトのジョイント部を隠し、塗装を施せばやわらかな波板のシルエットが浮かび上がり、新しい素材に出会ったような新鮮さを感じるの

ある。さて、日本最古の石綿スレートは、神戸に明治40年ごろ建てられた旧トーマス邸の異人館といわれ、40cm角の天然スレート様の小平板である。ドイツ人の建築家ゲオルグ・デ・ラランデによって輸入された石綿スレートは、ヨーロッパから洋風建築の斬新さとともに日本にやってきたのである。その後、この輸入材を追いかけ、大正3年浅野スレート株式会社の深川工場で作作されたのが国産の第1歩とされている。さらに、昭和戦前期にスレートが新建材として機能主義建築、国際建築を唱えた新進の建築家によって試用され、デザイン的に世の中の注目を浴びている。いずれもモダニズム（近代主義）建築として時代の先端を切るものであった。

材料の性能面をみると、繊維強化材の元祖であること、安価で扱いやすく火に強いことが戦後の復興に大きな役割を果たしたことがあげられる。防火建築を大量に建てることが求められたとき、スレートの性能が研究者やユーザーの間で注目され、やがて森林の荒廃を救うためにという目的も兼ね、木製下見板がスレートに変わっていったのである。しかし、スレートの多用は日本独特の展開のようで、戦時中米軍が白いスレート屋根＝工場建築として攻撃目標にしていたほどで、星野昌一博士がその擬装方法を研究している。この他、内装の不燃化にもその性能が発揮され火災事故の発生を抑えてきている。

生産面からみると、工業標準化法が昭和24年6月に公布され、旧来の日本規格JESがJISに変わるとすぐさま25年2月に石綿スレートが日本工業規格として制定されている。さらに、規格製品にJISマークを付けるために、JIS表示許可制度が設けられ、その最初の試みとして石綿スレートが選ばれている。すなわち、建材のJISマーク第1号で、リーダー的役割を果たしていたのである。

*（財）建材試験センター調査研究課

今日、高級志向や社会ストック（耐久性）が重要視され、工場もRCやALCなどを使用する例が多くなり、建材の総量の中でスレートの占める役割が少なくなっている。しかし、今回、改めてスレートの歴史を調べると、外国資本の参加をめぐる

問題などを含め、新建材の発達の縮図を見る気がした。石綿の代替化という今日的な問題も、実は戦時中石綿の輸入がとどえていく中で代用品を求め、検討され続けてきた課題でもある。繊維補強材の元祖のこれからを見守りたい。

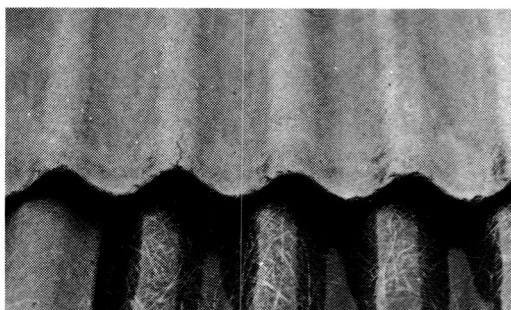


写真1 先端から凍害が始まっている
（建物。昭和52年竣工。椎内）

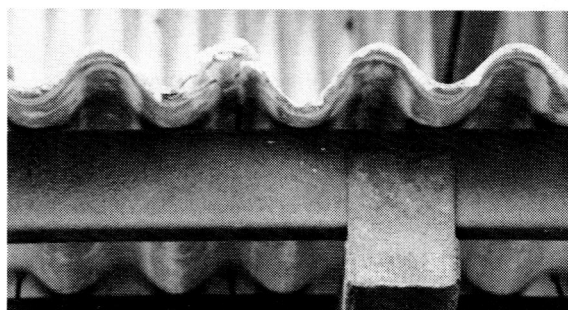
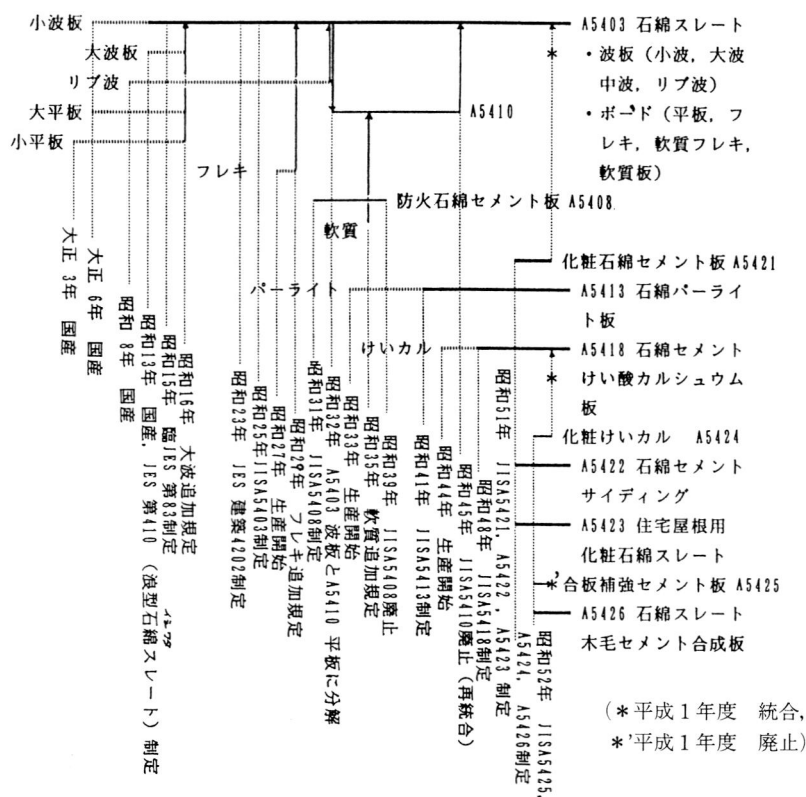


写真2 凍害による層間剝離
（建物。昭和45年竣工。盛岡）

表 石綿スレートの歴史（規格返還）



建材試験センターの試験業務の受付窓口では、いろいろな御相談に応じております。

今回は、日々のお客様の御質問の中からいくつかをこのコーナーで、御紹介致します。

■Q1■

建材試験センターでは、主にどのような材料、どのような試験を扱っておりますか。これから依頼する場合の参考にしたいので、教えてください。

—A—

御存知かと思いますが、建材試験センターは民法第34条に基づく財団法人で、通産、建設両省共管の公的試験機関です。

名前から連想されると、建材の試験に限られているように思われがちですが、土木関係はもちろん、建物にかかわる部品や、室内家具、インテリア材、エクステリア材などにいたるまで、各種の試験を幅広く行っております。国内で生産する物に限らず、輸入建材、たとえばセメント、石材、床材、エクステリア材などの試験を依頼されることも多くなっております。

最近では、材料や試験が多様化し、安全性、耐久性、環境性、作業性など、総合的見地から評価を行うことが必要となってきております。このように、建材だけではなく、建築に関する総合的試験機関とってよいのではないかと思います。

具体的な試験の内容について、簡単に紹介しておきます。建材試験センターでは、一般の材料・部品・部材の試験を扱うものと、建設現場の工事進捗に合わせて必要とされる材料の試験を扱うものに大きく区分しており、前者を依頼試験、後者を工事材料試験と称しております。依頼試験では、材料の引張り、曲げ、圧縮など力学的試験をはじめ、防水、耐久、化学、耐熱などの試験から、建設省認定にかかわる

防火材料、防・耐火構造試験、音、空気、断熱などの建築環境関係の試験、部材、建物の耐力、耐震、疲労などの構造試験、建築設備部品の安全性、耐久性に関する試験などを幅広く総合的に実施しています。

工事材料試験は、コンクリート、鉄鋼、骨材、アスファルトなど工事に密着したものを試験しており、依頼試験より比較的軽微で、実施件数も相当な数にのびります。また現場におけるフレッシュコンクリート試験をはじめ、建設工事に必要となる品質管理全般にわたる試験を実施しております。

このほか、JIS工場の品質検査上必要となる試験機の検査、コンクリート塩分量測定器の濃度確認検査も実施しております。

紙面の都合上、全容を詳細には紹介できませんが、パンフレットがありますので、それを参考にさせていただくとか、細かな相談などは下記あてご連絡下さればよろしいかと思います。

本部 試験業務課 TEL. 03(3664)9211

または

中国試験所試験課 TEL. 0836(72)1223

■Q2■

私どもで今計画している製品は、焼却炉の灰と特殊な樹脂を混合したタイルなのですが、工務店・設計事務所などに使用をお願いしたところ、製品の品質性能を証明する書類、もしくはしかるべき機関のお墨つきがなければ、使用できないといわれました。相談にのってもらえるものでしょうか。

—A—

もちろん、御相談に応じます。詳細は、製品のサンプルを持参されたときにお話ししますが、ここでは一般的な事項について説明します。

設計事務所・工務店は、可能な限りその建築物を所有・使用する人の立場に立って良質な建築物を提供しようという義務感を持っています。これは、営業上の面のみならず所有者との間でトラブル・クレ

ームなどが発生し、不良・欠陥建築となった場合には、その原因の究明、対策および損害補償などに多大な労力と金額負担が予測され、これを回避するうえからも必要なわけです。したがって、使用する建材については、厳格にその品質性能を求めることになるわけです。

同時に、御承知のように建築物に使用される材料は、その用途、規模、使用場所などにより建築基準法などの種々の法的規制があり、法の要件を満たした物以外は使用できないことになっています。御社の製品ですと、防火対策上の不燃などの材料認定の取得が一般的に必要となります。つまり、建築基準法で定める不燃材料・準不燃材料の認定を取得しなければ、きわめて限られた場所・使用方法しかできません。そして、この認定は、建設大臣が行います。

以上のような趣旨で設計事務所・工務店は、性能証明・御墨つきを要求したと思います。建材試験センターは、公的・中立（第三者）試験機関ですので、御社製品の品質証明を公正・客観的に行うことができます。また、不燃材料などの建設大臣認定取得上の指定試験機関ですので、認定申請用の試験も実施できます。

Q3

Q2に続いてお聞きしますが、どのような試験を行えば良いのでしょうか。

—A—

建設大臣認定申請用の試験は、法律により必要試験項目が定まっていますが、品質性能証明用の試験では、行うべき試験項目の基準はありません。ただ、設計事務所・工務店の信頼を得る内容を確保しなければなりませんので、安全性、耐久性、快適性などの観点から品質性能評価法も含め、技術的に選定していくことになります。

具体的には、JISなど社会規格・基準として確立している製品・試験方法規格から御社製品と類似品をモデルとして、必要試験項目を選定することになり

ます。このことは、製品原材料の特性、使用方法などの類似性が認められれば、当然、その製品の品質性能評価も準拠した規格によって可能となるわけで、設計事務所・工務店の人も容易に判断できることになります。

このほかに、御社製品の特殊性（原材料、施工方法）に対する試験も必要です。たとえば、樹脂をバインダーとして使用されているわけですから、日射による退色と劣化に対する試験が必要となります。

同時に、御社製品の優位性の試験を行うべきです。断熱性、床衝撃音遮断性などがこれに当たると思います。

具体的には、製品サンプルを見ただけで、個々の試験項目、方法、条件などを決めることになります。

建材試験ニュース

JIS原案作成業務を受託

新規2件と見直し4件

建材試験センターは、JIS原案作成の協力団体として、これまでも多くのJIS原案作成に協力している。このほど平成3年度分として、通産省工業技術院から新規規格2件、見直し4件のJIS原案作成業務を受託した。なお、一部は(財)日本規格協会経由となっている。

※

今年度受託した案件のうち、見直しを行う4件については、従来と同様、内容・水準を実態に合わせる作業を実施するほかに、工業技術院が5月付けで策定した「工業標準化推進部門別長期計画」に沿って規格体系を整備するため、規格を整理統合する観点からも見直すよう求められている。このため答申される内容は、これまでとかなり異なった形式になることも予想される。

現在、建材試ではこれらの原案作成・審議に向けて、委員会を組織するなど準備を進めている。

【新規原案作成】

- ①アスベスト等の分析方法
- ②フェロニッケルスラグ

【見直し調査】

①石こうボード・繊維板関連15規格

- A 6901 セっこうボード
- A 6906 セっこうラスボード
- A 6911 化粧セっこうボード
- A 6912 シーリングセっこうボード
- A 6913 強化セっこうボード
- A 5451 ロックウールシーリング板
- A 6701 炭酸マグネシウム板

- A 5703 内装用プラスチック化粧ボード類
- A 5903 化粧硬質繊維板
- A 5905 軟質繊維板
- A 5906 中質繊維板
- A 5907 硬質繊維板
- A 5910 外装用化粧硬質繊維板
- A 5908 パーティクルボード
- A 5909 化粧パーティクルボード

②タイル・ブロック関連10規格

- A 5209 陶磁器質タイル
- A 5534 ほうろうタイル
- A 5415 テラゾタイル
- A 5213 建築用レンガ
- A 5406 空洞コンクリートブロック
- A 5407 化粧コンクリートブロック
- A 5408 型枠コンクリートブロック
- A 5210 セラミックブロック
- A 5212 ガラスブロック
- A 5411 テラゾブロック

③断熱材関連8規格

- A 1420 住宅用断熱材の断熱性能試験方法
- A 1427 グラスウール断熱性能試験方法
- A 9521 住宅用ロックウール断熱材
- A 9522 住宅用グラスウール断熱材
- A 9523 吹込み用ロックウール断熱材
- A 9524 吹込み用グラスウール断熱材
- A 9525 吹込み用セルローズファイバー断熱材
- A 9526 吹付け硬質ウレタンフォーム断熱材

④浴槽関連10規格

- A 0061 浴そうの寸法
- A 5527 住宅用外かま式和風バスの循環パイプ接続金具
- A 5532 ほうろう浴そう
- A 5704 ガラス繊維強化ポリエステル浴そう

- |||||

研究成果をまとめるとともに、既往の内外における研究成果も採り入れて、室内の温熱環境に関連した建材性能を系統的に整理する。さらに、建材メーカーなどが研究成果を利用するためのマニュアル作りも検討していくという。

技術委員 3 氏と懇談会開催

防耐火関係業務に提言

建材試験センターではこの6月14日、技術委員である川越邦雄・東京理科大学火災科学研究所教授、岸谷孝一・日本大学教授、菅原進一・東京大学助教授の3氏を迎えて、防耐火部門における諸問題についての懇談会を開催した。建材試からの出席者は、長澤理事長、對馬中央試験所長、斎藤防耐火試験課長など6名。懇談会は不定期ではあるが、その都度テーマを絞り、技術委員を交えた懇談を通じて当面する技術的な諸問題に助言願っているもの。

防耐火試験業務では、国際化などへの対応から年々増加し複雑化する試験依頼に的確、迅速に対応することが求められている。このため、施設整備や技術者の育成など、早急に対処しなければならない多くの問題を抱えている。これらの問題をいかに解決し、サービスの低下を防ぐにはどのような方策が必要となるかが、今回の懇談会の主なテーマとなった。

席上、技術委員の3氏からは、急速に進む諸外国の試験技術、設備などの例を交えた率直な提言がなされ、さらに認証試験に携わる公的機関として、望まれる姿や今後のあり方などにも話が及び、建材試にとって貴重な懇談会となった。

10月に第3回住宅月間

「地方居住と住まい」がテーマ

建設省では、今年も10月を住宅月間としてシンポジウムやコンクールなど多数の行事を展開する。住宅月間は平成元年度にスタートしたもので、今回が3回目。10月1日から31日までの1カ月間、「'90年代の地方住居と住まい」を重点テーマに、官民をあげて住生活の充実、住意識の向上に努める。

住宅月間に実施するイベントなど関連事業は、広く官民の関係団体などで構成される「住宅月間実行委員会」を組織して計画し、(社)日本住宅協会内に事務局をおいて運営する。建材試験センターも同委員会会員として参加、協賛している。

今年度予定されている主な事業は、①ポスター・パンフレットの作成、②シンボルマークの普及、③童話絵本の作成、④シンポジウムの開催、⑤「住まいの工夫」コンクール、⑥功労者の表彰・感謝状の贈呈、⑦中央イベントの実施—など。広報活動を積極的に推進し、各都道府県、関連団体などのイベントも行っていく。

このうちシンポジウムは、東京と福岡で開催。今年度の重点テーマ「'90年代の地方住居と住まい」について、有識者による基調講演、パネルディスカッションなどを行う。また、中央イベントは10月9日から13日の5日間、幕張メッセにて展示、トークショーなどを実施する予定。

疲労と耐凍害で新装置

建材試構造試験課では、昭和63年度に50tf油圧サーボ疲労試験機を設置し、主に鉄筋コンクリート

表 JIS A 1435に規定された試験法

試験の種類	凍結条件	融解条件	水の供給方法	適用対象の例示
水中凍結水中融解法	水中	水中	全面	土台回り、水切り部など比較的長く水に接触される状態で使用される場合
気中凍結気中融解法	気中	気中	全面	一般の外壁で雨がかりの程度のはげしいところで使用される場合
気中凍結水中融解法	気中	水中	全面	
片面吸水凍結融解法	気中	気中	片面	一般の外壁で底などがあり、時々雨がかりとなるところや浴室などの外壁で内部結露が生ずるところに使用される場合

造構造物に使用される機械的継ぎ手や溶接継ぎ手などを有するRCはり、覆工板等の仮設用建設部材、タイル等の外装材と壁パネルの接着部、その他の構造部材に対する試験を行っている。

最近では鉄筋継ぎ手の引張り疲労及び正負繰返し加力、コンクリートの圧縮疲労、曲げ疲労試験の依頼が増えている。ところがこの試験装置の動力源である油圧ユニットは、昭和57年度に導入した水平振動台と共用している関係で、試験依頼が増加するに伴って設備の増強が望まれていた。試験依頼者の要求に迅速に応えるためにこの度、50tf油圧サーボ疲労試験機専用の油圧ユニットを導入することになった。

既に油圧ユニットの収納庫の工事に着工しており、9月中には疲労試験機専用の油圧ユニットの設置が終了する予定である。

※

一方、無機材料試験課では、これまで2種類(コンクリート用：水中凍結水中融解法、ボード類用：気中凍結水中融解法)の凍結融解試験装置を使用し、コンクリートやボード類の耐凍害性に関する試験依頼に対応してきたが、今年度新たに、外壁材料の耐凍害性試験用として、「多目的凍結融解試験装置」を購入する予定である。

同装置は、平成3年5月1日付けで制定されたJIS A 1435(建築用外壁材料の耐凍害性試験方法)に規定されている4種類の凍結融解試験方法に対応できる事が大きな特徴である。

各種材料の耐凍害性は、その材料の耐久性を評

価する上で重要な要因となるが、外壁材料についてはこれまで現実の凍害劣化と相関性の高い試験方法が確立されていなかった。従って、JIS A 1435の制定に伴い、今後関係メーカー、使用者などからの試験依頼が急増するものと思われる。そこで、無機材料試験課では、それらの依頼に対応できるよう準備を進めており、平成3年11月に新装置を導入する予定となった。

なお、これらの試験装置は日本小型自動車振興会からの補助金を受けて購入する。試験装置の詳細については、導入に合わせ順次本誌「試験設備紹介欄」に掲載する予定である。

功労者を建設大臣が表彰

中央試所長ら385名に

建設省は7月10日、建設本省の大会議室において建設大臣表彰式を開催した。第43回国土建設週間にあたり、建設行政の推進ならびに建設事業の発展における功績に対し、建設大臣が表彰を行ったもの。

受章者は建設関係の功労者が385名、優良団体が9団体。このうち建材試では対馬英輔中央試験所長が功労者として受章、表彰状を授与された。

中央試に研究実習学生を受入

建材試・中央試験所では例年、大学からの委託による卒業論文作成指導並びに生産実習生の指導に協力している。

今年は、東洋大学工学部建築学科2名、千葉工業大学建築学科1名の計3名を卒論研究生として



テーマに取り組む研究生

受け入れた。研究テーマは、建設材料の多様化に伴い今後注目されるであろう「コンクリートの材料分離性」等を取り上げ、実際のコンクリートの品質性能に係る研究を通して論文の完成を目指している。

また、日本大学生産工学部からの7名も7月18日より1ヵ月間の予定で、生産過程の中で理論と技術調和を図ることを目的とした体験実習に励んでいる。

計報

長沢 武 氏

建材試験センター元理事長、長澤武氏は平成3年7月31日、心不全のため逝去。8月3日には東京中野区の宝仙寺で告別式が行われた。

同氏は昭和56年から昭和63年の約7年間にわたり、建材試の成長期に理事長として経営の充実に尽力した。

行政・法規

官庁施設LCC設計で報告書

建設省

建設省は、ライフサイクルコスト(LCC)を考えた官公庁施設整備に向け研究会を設けて検討していたが、このほど最終報告がまとまった。これを受け今秋にはLCC設計指針などを作成する。

官公庁施設の総延べ面積は平成元年3月末で約7,500万 m^2 、毎年約100万 m^2 ずつ増加している。行政財産として貴重なこれら建築ストックの保全や新築には、建物のライフサイクル分析に基づいた対応が必要となっている。

同報告では、LCC設計、LCを考慮した設計、リノベーション建築計画の三分野で指針案を示している。LCC設計では、現在価値法により将来の改修コストなどを現在の価値に換算、物価上昇率なども考慮。LC設計では計画期間の建物の経済性、保全性、更新性などを考慮。建物の計画耐用年数を30年、60年、100年に分類して適切なLCC、メンテナンス、フレキシビリティを評価する。

—H.3.6.18付 日刊建設産業新聞—

高齢者向けビル推進へ

建設省

建設省は、高齢者や身体障害者にとって利用しやすい構造、設備のビル建設を推進するため、来年度から「ハートフルビル」認定制度を発足させる方針を決めた。不特定多数の人が利用する公共的なビルなど、建設にあたって高齢者などへの設計配慮を行う民間の建築物を対象に、建築費の助成と表彰を行うもの。

認定のためのハード面の要件は、スロープの入り口のあるエレベーター内の低い位置にボタンがある、介護・医務室の設置、貸出し車いすなど補助器具の常設。ソフト面では、こうした設備が有効に利用されるサービス体制があることなどが条件。ビルまでの交通システムへの配慮も必要という。

—H.3.6.25付 日本工業新聞—

環境共生住宅が本格審議へ

建設省

住宅分野から地球環境問題に対処しようと建設省が音頭を取って、民間企業25社、住・都公団、住宅金融公庫などと組織している「環境共生住宅研究会」は、「資源・省エネルギー」「ライフスタイル」「住宅のつくりかた」の3ワーキンググループを発足し、各論の審議に入った。建設省ではこの検討経過を踏まえ、来年度予算に同住宅の誘導施策などを盛り込む方針。

研究会では、石油エネルギーの使用を削減し自然エネルギーを活用する「環境共生住宅」の建設に向け、今年度と来年度2年間にわたって検討し、平成5年度からモデル住宅を建設する予定。ただ現状では、民間の住宅メーカーが省エネルギー住宅として部分的な「環境保全住宅」の製品化に動いているため、環境共生住宅の開発を急ぎ、来年度には誘導策も行う意向。

—H.3.7.1付 日本工業新聞—

超早強コンによる舗装

建設省

建設省は今年度の「特定技術活用パイロット事業」の1つとして超早強コンクリートを用いたコンクリート舗装を取上げることを決めた。

同事業は、昭和62年度から各地方建設局単位で実施してきたが、昨年度からは本省ベースで進めているもの。今年度は、①超早強コンを用いたコンクリート舗装、②透水性舗装、③雨天(夜間)時に認視できる区画線、④ジオテキスタイルによる舗装土工法、⑤軟弱地盤上における柔構造涵管—を選定している。

超早強コンクリートは材令1日で300 kgf/cm^2 以上の圧縮強度を発現し、RCCP(ローラ転圧コンクリート舗装)や一般のコンクリートオーバーレイ等も施工の翌日から交通開放が可能となる。

—H.3.7.4付 コンクリート工業新聞—

高性能断熱材を5ヵ年で開発

通産省

通産省は7月4日、来年度から5ヵ年計画で高性能断熱材の開発に乗り出す

ことを明らかにした。省エネルギー法が新基準を示すなど、長期的な省エネ達成計画と断熱建材の大幅な性能向上が望まれる中、断熱の上では理論的に最も優れる「真空方式」の採用も検討している。

構想によると高性能断熱材の開発期間は5ヵ年程度とし、技術目標は①現行を大幅に上回る断熱性の確保、②日本の住宅事情を考慮し、スペース確保のため薄型とする、③耐火性、施工性に優れる、④安価に供給できる—など。

現状の各種断熱建材で、断熱性能をあげるには厚さを増す必要があるが、居住スペースを狭くするため日本には適さない。断熱性能で最も優れるのは、中空部分を真空にする方式といわれるため、この技術の実用化も念頭におく。

—H.3.7.5付 日本工業新聞—

業界・団体

河川砂利の見直しへ

日本砂利協会

(社)日本砂利協会は6月6日、三重県桑名郡で平成3年度「全国砂利業者大会」を開催した。砂利、砂の重要性は、日米構造協議に盛り込まれた公共投資の実現に向け、一層増大している。このため同大会では、業界として「第三の砂利」(川・陸・再び川)をテーマに河川砂利の再見直しを進める方針を決め、関係官庁も協力する意向を明らかにした。

今年度の大会スローガンは、①豊かで心地よいリバー・アメニティー・ライフの創造、②官民一体による資源開発の推進—など4つ。資源の確保、労働時間の短縮、品質の確保、流通の近代化、生産技術の高度化、環境保全、国際化—などを事業計画の柱に決めている。

—H.3.6.13付 日刊建設産業新聞—

外壁コンひび割れを事前予測

大林組

大林組は、設計図書から外壁に発生する乾燥収縮によるひび割れを事前に予測する「外壁コンクリートひび割れ予測プログラム」を開発、実用化した。建物の設計段階で外壁厚、配筋量などの設計内

容が、ひび割れ発生防止の観点から適切かどうかを判断。設計上の問題を早期に発見し対策をたてることができる。

プログラムの特徴は、設計図書データのだけで特別な資料が不要なこと、入力を含め約15分で予測データが作成できることなど。将来はAI（人工知能）機能を持たせ、ひび割れの予測から防止する対策の提案まで行っていく考え。

—H.3.6.21付 日刊建設産業新聞—

ビル外壁のはく離防止を普及

———**タイル協**

全国タイル業協会は、ビル外壁のはく離を防ぐ新工法の提案・普及に業界ぐるみで取り組む。新工法は、最近相次いでいる外壁落下事故の多くが、タイルを張るためのモルタル下地部分からのはく離であることに着目、躯体のコンクリート面に凹凸を付けてモルタル下地との接着性を高めたもの。当面8月中旬に施工マニュアルを作成、大手ゼネコンや設計事務所に採用を働きかけるなど普及を目指す。

新工法の名称は「MCR（モルタル・コンクリート・リベットバック）工法」で、INAXと日本陶業が共同開発、特許（出願中）の無償公開を決めている。特徴は、俗に「プチプチシート」と呼ばれる気泡緩衝材を建築現場で型枠面に取り付けてコンクリートを打設すること。コンクリート表面に無数の凹凸が形成され、モルタル下地とのかみ合わせが強固になる。

—H.3.6.24付 日刊工業新聞—

住宅相談が性能・構造に集中

———**プレ協**

プレハブ建築協会は、90年度に同協会へ寄せられた住宅相談状況をまとめた。総件数は199件で、うち一般相談が177件、苦情が22件。

一般相談では、住宅の新築・建替え予定者からの問合せが大半を占め、プレハブ住宅の耐久性、遮音性、断熱性など性能、構造に関するものが多かった。また、人手不足を反映した工期や遅延保証の相談、アパートの建設や運営に関する相談の増加が目立つ。苦情相談は、施工時におけるものが6割を占め、着工、工期遅延や内外装仕上げをめぐる相談が多かったという。

—H.3.6.27付 日本工業新聞—

コンクリ施工で北米に調査団

———**土工協**

日本土木工業協会は7月中旬から8月上旬にかけて、カナダと米国にコンクリート施工技術に関する調査団を派遣する。北米のコンクリート施工の自動化・合理化と耐久性向上技術の調査がねらい。

調査団は土工協の土木工事技術委員会コンクリート専門部会の委員を中心に15人程度で構成。ニューヨーク市港湾局のコンクリート橋補修工事現場やラスベガスのフーバーダム、トロントの高速道路建設工事現場などを視察する。

—H.3.6.27付 日本工業新聞—

10分でコンクリ強度を判定

———**道路公団**

日本道路公団試験所はこのほど、生コンクリートの状態でコンクリートの強度を調べる判定法を開発した。従来は約1ヵ月かかった強度試験がたった10分でできるというもので、実用化されれば大幅な労力節約と不良品の早期発見につながる。

同試験所が開発したのは、放射性同位元素（IR：ラジオアイソトープ）を利用し、生コンクリートに含まれる水分の量を測って一定の計算式に基づき強度を推定する方法。測定には「IR水分計」を使用し、製造業者がミキサー車で運んできた生コンをその場で判定できる。

同試験所では今年度を試行期間として取り組み、来年度以降の実用化を目指す。

—H.3.6.28付 朝日新聞—

CO₂の30%を建設が排出

———**建築協**

（社）建築業協会の地球環境問題専門委員会は、建築物及び建設活動に係わる資源消費やフロン、炭酸ガスの排出量の調査結果をまとめた。

それによると消費資源のうち、木材は国内総消費量の3分の2を建設関係が消費。生産過程で多量のエネルギーが必要なセメントやアルミニウムなどの4分の1～3分の2近く、鉄鋼も10%を超えるなど、大きな比率を占める。さらに、フロンや炭酸ガスの排出量も建設活動から

発生する割合が思いのほか高い。フロンの排出は冷媒と断熱材からの放出量が3千4百t/年、炭酸ガスは2億7千wt/年も放出されるという。

今後、委員会では建設業界が何をできるかを中心に置き、その対応を真剣に検討していく考え。

—H.3.6.29付 日刊建設産業新聞—

高流動コンで現場実験

———**全生連**

全生連の流動コンクリート分科会による高流動コンクリートの現場実験が6月27日、東京都大田区のコンクリート工場と首都高速道路建設現場で実施された。高流動コンクリートは高性能AE減水剤を添加したコンクリートで高い関心を集めている。

今回の現場実験は、現場添加型の流動化コンクリートのJIS化が目的で、同分科会関係者のほか土木学会、日本建築学会、コンクリート用化学混和剤協会の関係者なども立ち会った。結果は今後、全生連の委員会に報告される。

—H.3.7.4付 コンクリート工業新聞—

材料・工法

フロン使わずウレタン成形

———**ダウ・ケミカル**

米ダウ・ケミカルは系列のアドミラル・イクイップメントと共同で、硬質ウレタンを成形する際、代替フロンガスも使用せず、非フロン系のガス発泡によって従来の硬質ウレタンと変わらない品質で生産できる、世界初のシステムの開発に成功した。

開発されたシステムは機械と原料の組合せ。フロン発泡を二酸化炭素やアルボンなどのガス発泡に替え、ガスローディングによってポリオールを発泡させる際に核状にガスを拡散、断熱効果を出すもの。完全にフロンを使わずに済む。

—H.3.6.14付 日刊工業新聞—

（文責 企画課 西本俊郎）

報告書の実費頒布実施中 「石綿代替製品調査研究」

通商産業省の委託で建材試が平成2年度に実施した「石綿代替製品調査研究」の報告内容が公開となり、報告書の実費頒布を実施しています。

この調査研究は、中小企業が石綿代替製品を製造する際の指針となる石綿代替繊維の含有率と代替製品の性能の関係などについて、ガイドラインを策定する目的で、官学民からなる調査研究委員会（委員長・岸谷孝一日本大学教授）を組織して実施したものの。報告書では、①石綿代替の現状、②スレート用代替繊維ならびに混和材料、③代替繊維と混和材料の人体への安全性、④代替繊維を用いた製品の試作と性能評価—などを270ページ余りにまとめています。

入手ご希望の方は、以下の要領にてお申込み下さい。

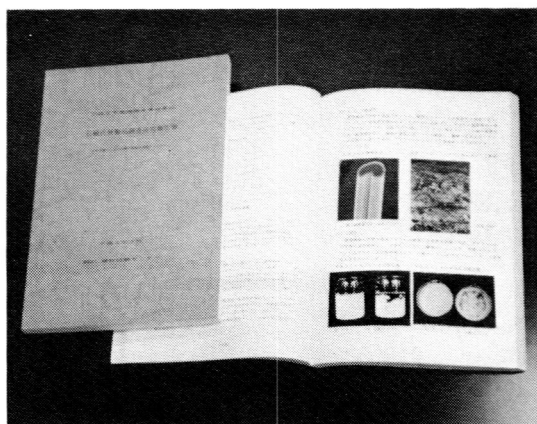
【頒布要領】

■名称 「石綿代替製品調査研究」報告書

■費用 九千円（税、送料等含む）

■申込み方法

FAXにて「石綿代替製品調査研究報告書希望」と明記の上、①希望部数、②送付先住所、③担当者所属、氏名、④連絡先電話番号、を連絡下さい。折り返し報告書と請求書を送付いたします。



■申込み／問合せ先

建材試験センター本部 企画課・高野まで

Fax 03(3664)9215

☎ 03(3664)9211

業務報告

平成3年度4月分から6月分までの、一般依頼試験および工事用材料試験の業務概要は次のとおりであった。

1. 一般依頼試験

一般依頼試験の受託総件数は935件で、その内訳は本部受付分666件、中国試験所受付分269件であった。

受託内容の特徴となる部分を、分野別に挙げてみる。

(1) 材料系関係（無機材料、有機材料試験）

本部受付分284件、中国試験所受付分231件であった。

- ① コンクリート用骨材のアルカリ骨材反応試験は昨年と同様の受託件数があった。
- ② 東京都住宅供給公社へ提出用のため、壁紙の退色性、いんべい性などの試験依頼が集中してあった。

(2) 防耐火系関係（防火材料、防耐火構造試験）

防耐火系の受託件数は、244件であった。

- ① 防火材料の不燃試験、難燃試験などの受託件数は、昨年と比べ増加した。特に、防火塗料の基材同等試験や表面試験が増えた。
- ② 防耐火構造の壁・柱・梁などの耐火試験は、昨年度並の受託件数であった。

(3) 構造系関係（構造物耐力、耐震、疲労試験）

構造系の受託件数は、71件であった。

- ① 建設大臣認定申請用の自走式車庫の床版の載荷試験が急増した。
- ② 300 t 構造物試験装置を用いた耐力試験の依頼が昨年に比べ増えた。

■お知らせ

(4) 環境系関係（熱，湿気，動風圧，音響試験）

環境系の受託件数は，105件であった。

① 断熱材，パネルなどの熱伝導率，断熱性試験

その他の熱・湿気関係の試験は，昨年と同様の受託であった。

② 遮音構造の音響透過損失試験は，昨年と比べ受託件数が増加した。

2. 工事中材料試験

工事中材料試験の総受託件数および内訳は表に示すとおりであった。

課 名	受 託 件 数					
	コンクリート	鉄 筋	骨 材	検 査	その他	合 計
工事中材料試験課	5,093	1,716	50	841	597	8,297
三 鷹 試 験 室	3,106	1,251	2	1,982	94	6,435
江戸橋試験室	600	297	4	1,236	97	2,234
葛 西 試 験 室	142	446	4	21	91	704
浦 和 試 験 室	—	—	—	—	—	—
品 管 検 査	0	—	—	49	64	113
小 計	8,941	3,710	60	4,129	943	17,783
中国試験所試験課	277	53	101	—	331	762
福 岡 試 験 室	1,826	413	61	—	404	2,704
小 計	2,103	466	162	—	735	3,466
合 計	11,044	4,176	222	4,129	1,678	21,249

注) 葛西試験室は平成3年4月開設。

品管検査とは，東京都江戸東京博物館建設工事における品質管理を示す。

編集後記

残暑お見舞い申し上げます。

夏期休暇を利用して伊豆の萑山を訪ねました。萑山は、反射炉の保存修理工事の監理で昭和60年4月より4年間、週1日のペースで通いつめたところです。“その後の反射炉”を知りたくて年1回遊びのついでに立ち寄ることにしています。我々の仕事は、表面に出ない地味な仕事が大半ですが、調査報告書や試験の成績書が社会とどう係わっていくかは、気になるところです。萑山では、これから産業遺跡への知的要求も高まるため、また史料調査の結果を生かすためにも史料館が必要としてその考えを提案して去ってただけに個人的な思いが強いところでもあるのです。“その後の反射炉”は、夏のひざしと観光客の中でスッキリと立っていました。ただ、周囲は、敷地内の整備と裏腹に観光客目当の施設が増え様相が変化していました。そして、史料館を含めた萑山全体の歴史遺産の活性化が自治省のニューリーディングプロジェクトとして採用され、“歴史の玉手箱”と称したプランが実行に向けて検討されている段階でした。130年間の時の洗練を受けてきた反射炉が、これからどうなっていくのか、たかだか数10年ですが、見守っていくつもりです。

さて、今月号は通産省の調査研究をメインに建材部門での石綿代替化の動向を特集してみました。この動きもその後が始まっています。今回の調査では、試作製品の性能評価にとどまったため、実行レベルにもっていくには実機ラインでの検討が必要となり、現実の技術水準を考慮した研究が今年度あらたにスタートしました。また、代替繊維の安全性についても計画が進んでいます。安全性に関しては、この秋、日本で国際会議が予定され、その準備にお忙しい東先生にその考えかたをまとめていただきました。輸入石綿の大半が建材に使用されているだけに、今後の代替化が注目されますが、実行には様々な現実的課題がありそうです。環境保護の面から建材メーカーにその責任を押しつけるのではなく、使う側にも何か手助けが必要ではないでしょうか。

(森 幹芳)

8月1日付の人事異動に伴い、編集委員の西本主事が関根主事に交替しました。建材試験ニュース、2次情報ファイル等を担当します。フレッシュな感覚に期待したいと思います。

〔訂正とお詫び〕

7月号で以下の誤りがありました。

- ・28ページの表中、岡樹正は岡樹生の誤りです。
- ・55ページの『AQ認証の受付を開始』記事右段9行目に79,500円とあるのは709,000円の誤りです。

以上、訂正してお詫びいたします。

建材試験情報

8

1991 VOL.27

建材試験情報 8月号

平成3年8月1日発行

発行人 金子新宗

発行所 財団法人 建材試験センター
東京都中央区日本橋小舟町1-3
電話 (03) 3664-9211(代)

編集 建材試験情報編集委員会
委員長 西 忠雄

制作 株式会社 工文社

発売元 東京都千代田区神田佐久間町3-21-4
谷田部ビル 〒101
電話 (03) 3666-3504(代)
FAX (03) 3666-3858

定価 450円(送料別・消費税別)

年間購読料 5,400円(送料共・消費税別)

建材試験情報編集委員会

委員長

西 忠雄

(東洋大学名誉教授・建材試験センター顧問)

委員

金子新宗(建材試験センター・常務理事)

飯野雅章(同・理事)

勝野幸幸(同・本部試験業務課長)

中内鯨雄(同・中央試験所構造試験課長)

櫻本幸三(同・本部庶務課長代行)

森 幹芳(同・本部企画課長代行)

関根茂夫(同・本部企画課)

事務局

高野美智子(同・本部企画課)

責任施工システム
防水保証書付



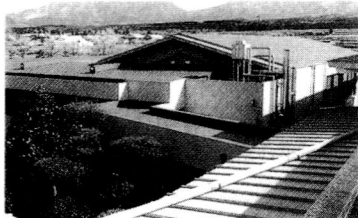
クックI法
型EUP!!

スリッパ
一日短縮

省力化の結論。

システムで工期の短縮を考える。

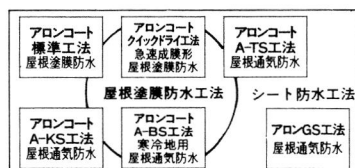
屋上防水工事の決め手は、施工の速さ。
省力化時代のニーズにお応えする1つの結論。
建造物の中で最も過酷な自然条件の中に
置かれているのは、屋上ではないでしょうか。
雨、太陽、雪など、気候の変化を直接受け
止めるためにコンクリートのダメージも大きい
はず。だからこそ改修には、念をいれた
工事が必要になってきます。しかし時代は省
力化へと進む一方。天気待ちによるコスト高、



工期の延長による経費の増大などは、どうしても避けたいところでしょう。東亜合成化学では、こうした時代のニーズにお応えて、アクリルゴム屋根塗膜防水工法の中でも特に工期短縮をテーマにした「急速成膜形・アロンコートクイックドライ工法」を開発しました。

アロンコート工法の中でも、すぐれた速乾性能を誇る「クイックドライ工法」。

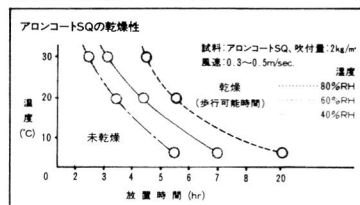
屋上防水の分野で培ってきた技術をもとに開発されたのが、カチオン性エマルジョンと無機質系硬化剤からなる防水材、これが「クイックドライ工法」を支える特殊アクリル系



の防水材です。一般的なエマルジョン系防水材に比べ、乾燥スピードは超特急！施工期間の短縮、省力化に大きな効果を発揮します。また、いったん乾燥した塗膜は耐水性にすぐれていて、再乳化をおこさないなど素材の性能面でも特筆すべき点を備えています。このまったく新しいタイプの屋根塗膜防水材は、このほか、個性的なデザインの屋根にシームレス施工が可能であり、ウレタンゴム系の塗膜防水材に比べて臭いが少なく、また火災の危険もあります。

小さな面積なら、一日で施工可能。この速さが、省力化を生みます。

クイックドライ工法の乾燥時間の速さの証明です。なんと、3~5時間（歩行可能時間：2kg/㎡使用）で次工程にうつれるという驚異的なもの。小さな面積なら、わずか1日で施工が可能なのです。その上、耐降雨性にもすぐれており、施工後2~3時間（20℃・60%RH）だけ雨が降らなければ、塗膜が流される心配はナシ。責任施工システムで、しかも人的省力化も実現しています。



化学とくらしを結ぶ

東亞合成化学

— 建築事業部 —

●大 阪 支 店	●名 古 屋 支 店
建材部 ☎06(203)3178(ダイヤルイン)	建材部 ☎052(541)1181代
●仙 台 官 置 所 ☎022(211)6121代	●富 山 官 置 所 ☎0764(42)2311代
●大 島 官 置 所 ☎082(228)5430代	●高 松 官 置 所 ☎0878(25)2671代
●埴 田 官 置 所 ☎092(721)1902代	●札幌 比 羅 所 ☎011(612)4131

全国アロンコート・アロンウオール防水工事業協同組合

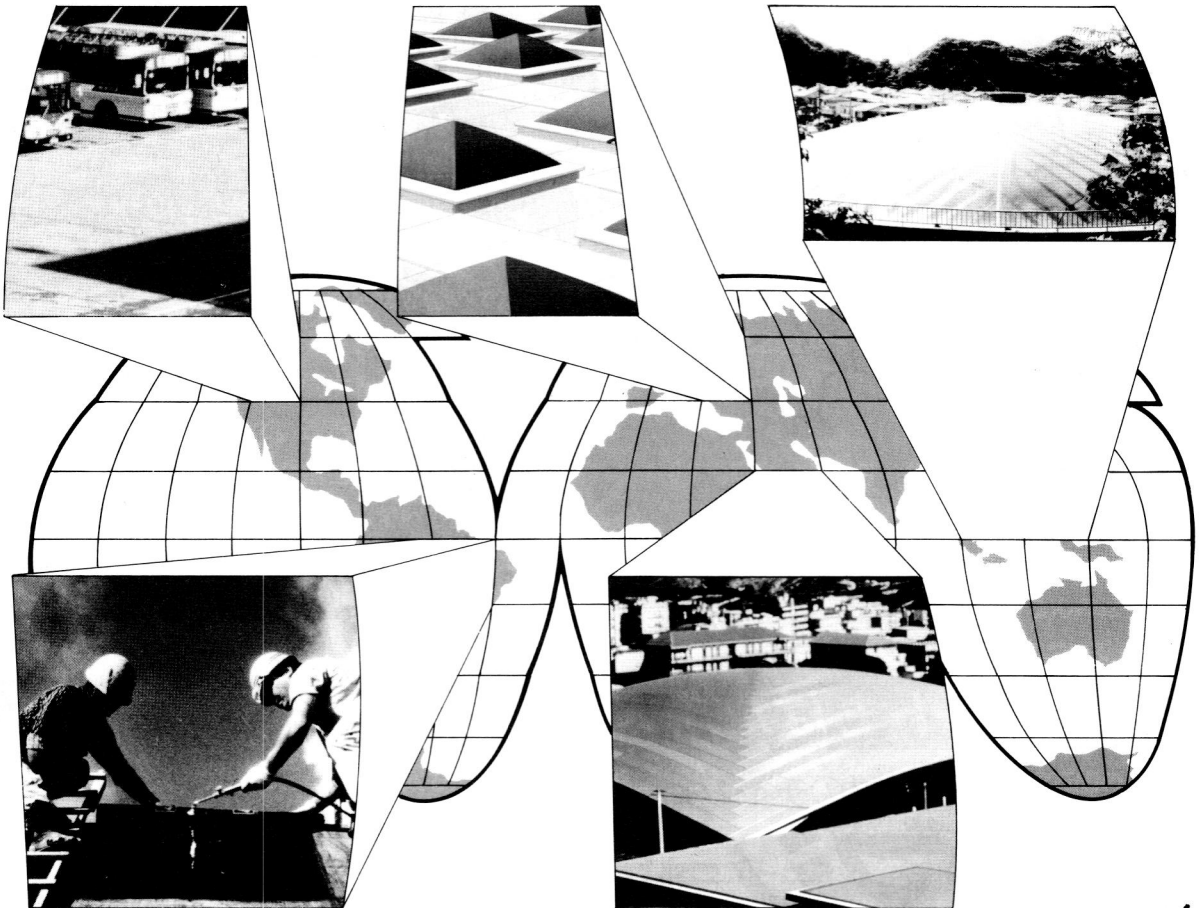
急速成膜形 屋根塗膜防水——
アロンコート®

クイックドライ工法



世界に伸びるパラロン®防水

世界各地に広がる防水革新テクノロジー。いま、世界の屋根は新しい顔と相を見せてくれます。



イタリア・トリノ市に本拠を持つIMPER社が過去数十年の研究と経験を傾けて開発したのが単層樹脂化アスファルトシートの新世代、「パラロン」です。1936年に設立された同社は欧州1~2の規模を誇る防水材、防触塗料、床材、コンクリート保護材の専門メーカーです。優秀な技術力と徹底した品質管理に裏づけられたその製品は、広く世界各地、ヨーロッパ、アメリカ、中近東、アジア、アフリカで評価され、数多くの実績を収めています。

パラロンシートは1982年日本に上陸し、その一年間は殆んど反響がありませんでした。その後徐々に実績を積み上げ、住都公団の指定資材となるに及んで、建築防水に加え、土木造水においても日の目を見、今日ようやく100万㎡を超える実績を確立するに至っております。

●パラロン防水 海外大型工事実績

発売開始	1967年	
ブラジル	ツバラオ製鉄所	38,000㎡
ベネズエラ	オリノコ製鉄所	14,500㎡
ギリシャ	サロニコ製鉄所	55,000㎡
イタリア	カールソー原子力発電所	75,000㎡
イタリア	モンタルト・ディ・カストロ原子力発電所	64,500㎡
イタリア	フィアット自動車工場	44,300㎡
イタリア	ミラノスポーツセンター	170,000㎡
フランス	クレイ・ミルバーク原子力発電所	46,000㎡
イラン	バンダルアバス工業団地	125,000㎡
シリア	アレップ工業団地	57,000㎡
マレーシア	回教寺院コミュニティ	47,500㎡
マレーシア	アワナ・カントリークラブ	4,000㎡
インドネシア	ジャカルタ・ボナサリ製粉所サイロ	20,000㎡
インドネシア	プスピテク原子力研究所	12,000㎡

変性樹脂化アスファルトルーフィング

パラロン®

住宅・都市整備公団品質基準

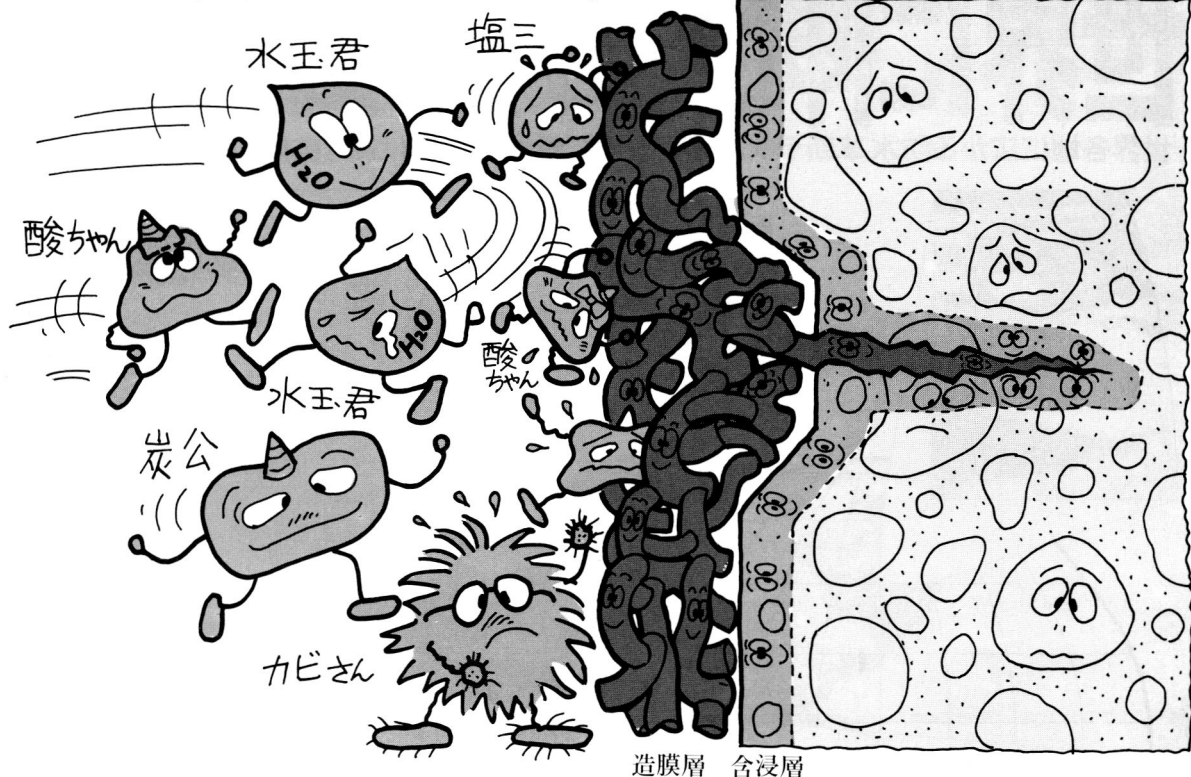
「アスファルト防水常温(冷)M型工法(全面修繕)」合格

株式会社 ARセンター

大阪本社 〒553 大阪市福島区福島6-4-11 (クリスビル) TEL.(06)451-9091(直通)
 東京支店 〒111 東京都台東区駒形2-2-2 (蔵前クリスビル) TEL.(03)3847-2081(代表)
 名古屋営業所 〒460 名古屋市中区錦3-7-15 (大日本インキビル) TEL.(052)951-3111(直通)
 広島営業所 〒732 広島市南区東荒神町3-35 (広島オフィスセンタービル) TEL.(082)264-0550(直通)
 福岡営業所 〒810 福岡市中央区天神2-14-8 (福岡天神センタービル) TEL.(092)713-1381(直通)
 仙台出張所 〒982 仙台市太白区八本松1-5-1 TEL.(022)249-6026(直通)

コンクリートいじめの悪ガキ軍団

弱虫コンクリート



パーマシールド

コンクリートもはだかのままではカゼをひきます。

コンクリート保護材のチャンピオン

パーマシールド

BARRIER
PERMA Shield
パーマシールド

特長

- コンクリートに含浸し、内部でゲル化、カルシウム分を不溶性化します。中性化やアルカリ骨材反応を防ぎ塩分、水分などの有害物質を寄せつけません。(本製品は、特殊変性ポリエステルです)
- 効果は10年以上持続し、いつまでも美観を保ちます。
- 耐水性、耐塩水性、耐熱性、耐候性、耐蝕性、凍結融解防止性にすぐれ、コンクリートやモルタル、レンガなどのひび割れやかけを防止します。
- 接着性が良く、且つ一液タイプなので塗布作業はきわめて簡単です。塗料の補強材としても効果的です。
- 耐摩耗性、耐衝撃性、可撓性がよく、省エネ時代のベストリフォーム材です。なお、防カビ対策にも効果的。
- 打ちっぱなしのコンクリートにパーマシールドをコートすると、打ちっぱなしの美しさをそのまま100%生かしながら防食処理ができます。
- 燃えない断面修復材“アクアF”と合わせて御利用下さい。
- パーマシールドにはミネラルタイプ(油性)とアクアタイプ(水性)ウルトラタイプの3種類がありますので、用途によって使いわけできます。
- 姉妹品: カラーパーマシールド各色、EM1パーマシールド、マリンパーマシールド、木材難燃パーマシールドもあります。

- 連邦規格 SS-S-001416合格
- 塩水噴霧試験1500時間(日本防錆技術協会試験値)
- コンクリート中性化試験(炭酸ガス濃度5%) 13週間中性化抑制効果1/50
- 難燃1級試験合格
- コンクリート透水試験透水比0.02
- カビ抵抗性 JIS Z 2911 異常なし(建材試験センター試験値)
- 凍結融解防止試験300サイクル異常なし(北海道立試験場)
- 酸素透過阻止性(道路協会方式) $0.18 \times 10^{-2} \text{mg/cm}^2 \text{日以下}$

製造元



株式会社

ニュージャパンモニターズ

〒103 東京都中央区日本橋2-1-10(柳屋ビル) ☎(03)3271-1461

FAX (03)3274-4003

さらに一步、素速く、より多目的で、効果は絶大

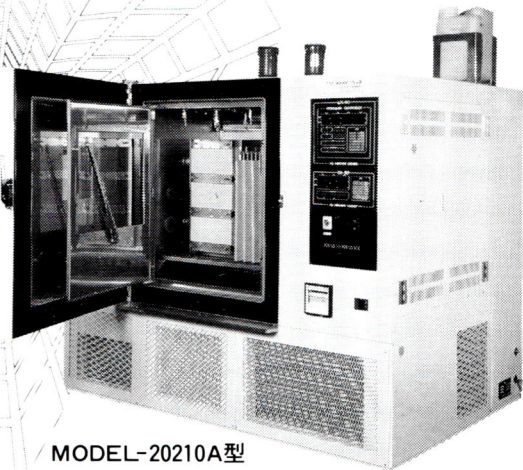
多目的凍結融解試験装置

MULTI PURPOSE STANDARD TYPE FREEZING & THAWING TEST CHAMBER

定評あるナガノマイクロコンピューターで環境条件を完璧なまでに再現し、プログラム運転で急速冷却。降雨量・時間までも完全自動制御。A・B槽で外気・内気の諸条件もスピーディに再現。あらゆる建材・壁材・屋根材・コンクリート材の膨張・収縮・凍結・膨湿・ヒビワレ・剝離・結露の評価試験に最適。

空中凍結水中融解兼用型
空冷式冷凍機採用
省スペースを実現!!

マイクロコンピューター
フルオートマチック



MODEL-20210A型

■特長

1. 2基のマイコンで多目的な環境条件を創造制御。しかも、コンパクト設計で場所のとらない多目的試験装置を実現。
2. 標準温度は-40～+80℃ (150℃、180℃) 空冷方式。
3. A槽 (本体槽)、B槽 (試験片取付槽) の設定条件は、明瞭なパネルタッチ入力方式。
4. 長期連続冷熱サイクル試験に最適。
5. 散水量・時間もプログラムでフルオートマチック。
6. 外装材・内装材・壁材・屋根材・コンクリート材のあらゆる熱衝撃試験に準拠。
7. プログラムメモリの保持+本体槽の安全対策を多角的な観点から標準仕様として装備。
8. プログラム運転の確認・修正・繰り返し・途中スタート・リンク・リピート・サイクルカウント・割込み・呼び出し・etc. 多種多様の入力可。多種多様の機能で、あらゆる環境条件を迅速に再現できます。
9. プログラムは5パターンで1パターンあたり10ステップ。またオプションで温湿度勾配時間自由設定も可。
10. GP-1B、RS-232Cインターフェイスでパソコンとのオンラインシステムが手軽に実現 (オプション)。
11. 空中凍結水中融解専用ユニットもオプション可。

■用途

超迅速多目的凍結融解試験に!

- 壁面凍結融解試験
- 熱膨張、水・湿分強度試験
- 空中凍結水中融解試験
- 湿度繰返し試験
- 水中凍結融解試験
- 建築資材用結露防止性能試験
- 急速反復繰返し熱衝撃試験
- 建築資材用断熱性能試験

(室内外耐候性促進劣化加速試験に最適。
標準温度-40～+80℃/湿度40～98%RH。
コンクリートの凍結融解試験規格及びJIS A-6024試験に。
石綿セメントサイディング試験JIS A-5422。
外気の内気を2槽式で創出。スプレシャワー散水方式。)

■標準仕様

- 外寸法 W2150×D1450×H1700^{mm}
- 内寸法 W800×D600×H950^{mm}
- 温度 -40～+80℃±0.5℃
- 湿度 40～98%RH
- 標準電源電圧 AC200V-3φ-16.5KVA
- 内装材 SUS304
- 試験片取付箱仕様、散水装置、温水装置、空気発生装置、マイコン制御器、バスユニット記録計、保安装置、冷凍機ユニット及び構成材料etc.の詳細スペックはご要求下さい。

マイクロコンピューターと科学機器の総合メーカー

製造元



株式
会社

ナガノ科学機械製作所

本社・工場●高槻市安満新町1-10 〒569 0726(81)8800(代表) FAX 0726-83-1100
深沢工場●高槻市深沢町1丁目26-23 〒569 0726(76)4400(代表) FAX 0726-76-2260
東京営業所●東京都大田区千鳥3丁目15番21号 〒146 03(757)1100(代表) FAX 03-757-0100
常設展示場●大阪国際貿易センター(1F展示場) 06(441)9131(代表)
配送センター●茨木市西田中町7番9号 〒567 0726(25)2112

全自動デジタル耐圧試験機
ACDシリーズ 20. 50. 100



前川独自の機構により、JIS規定速度による定荷重制御が全自動で行えます。サンプル種類をプッシュボタンでセレクト、耐圧盤にセット、そしてスタートボタンを押すだけ、あとは、全て自動制御運転、試験結果もプリンタに自動印字。JIS以外の速度も、任意にセットできます。自動／手動の切換もレバーでワンタッチ。



株式会社 前川試験機製作所

〒108 東京都港区芝浦3-16-20 TEL.452-3331(代)FAX.452-3302