

## 8. アスベスト代替品の現状と展望

アスベストは、既に述べたとおり優れた特性をもち、広く使用されている反面、有害な物質であることからその代替品の開発普及が望まれているところである。

アスベスト代替品とは、

「アスベストを含有する製品そのものを代替するもの（以下「製品代替品」という。）またはアスベスト製品の原料としてのアスベスト繊維を代替するもの（以下「繊維代替品」という。）である。」

ということが出来るが、

- ① それぞれの用途に応じてアスベストと同等またはそれ以上の物理的、化学的な特性を有すること。
- ② 可能な限り、有害性の少ないものであること。

等の条件を満たすことが必要である。

## (1) アスベスト代替品の現状

アスベスト代替品は、従来アスベスト関連製品を製造していた業種のほか、種々の業種において製造開発が進められている。現在のところ一種類の物質で全面的にアスベストの代替品となりうるものは見い出されていないが、それぞれの用途に合わせたアスベスト代替品が個別に開発されているところである。

以下現在研究開発段階にあるものも含めたアスベスト代替品を製品の区分ごとに紹介する。

### ア. 石綿製品

#### ア) 紡織品

紡織品のうち、耐熱、防炎等の条件を満たす必要のないものについては、木綿等の有機繊維で代替することができる。また、その程度の差はあるが耐熱、防炎等の条件を満たす必要がある紡織品の繊維代替品をまとめたものが表8-1である。

表 8 - 1 紡織品の繊維代替品

種 類	特 徴						化学品耐性	製品の用途
	繊維長さ (mm)	繊維径 ( $\mu$ m)	引張り強さ ( $10^6 \times$ KPor)	最高連続使 用温度(°C)	劣化温度 (°C)	熱伝導率 ( $\frac{kJ}{m \cdot C}$ )		
炭素繊維	データなし	データなし	3.10 以上	1427	データなし	データなし	データなし	耐火性材料、パッキン、ガスケット、摩擦材。
セラミック	データなし	8-12	高 い	1427	データなし	データなし	耐 酸 性	高温用不燃織物が要求される全ての用途。
木 綿	データなし	20-30	0.862	232	データなし	データなし	データなし	耐火性材料
ガラス繊維	152~254	147	217	538	700~760 (融点)	0.27 (260°Cで)	大抵の化学物質に耐える。例外：フッ化水素酸、磷酸、強アルカリ	高温用不燃織物が要求される全ての用途。
アルミニウム-シリケート	40~250	2~3 (平均)	276	1260	1790 (融点)	0.21~ 0.38 (260°Cで)	大抵の化学物質に耐える。例外：フッ化水素酸、磷酸、強アルカリ	高温用不燃織物が要求される全ての用途。
アルミニウム-ボロンシリケート	連続	9	345	593	1145 (融点)	0.23	大抵の化学物質に耐える。例外：フッ化水素酸、磷酸、強アルカリ	高温用不燃織物が要求される全ての用途。
有機繊維 -アラムド (ケヴラー <sup>®</sup> )	データなし	データなし	276	204	データなし	0.24	普通使われる化学物質、溶媒に耐性：例外：強酸、強アルカリ	耐火性材料、ケーブル
有機繊維 -アラムド (ノメックス <sup>®</sup> )	データなし	データなし	0.689	371	データなし	データなし	化学的耐性	耐火性材料、熱電気絶縁材、パッキン、ガスケット。
有機繊維 -テトラフルオ ロエチレン (テフロン)	データなし	データなし	0.362	316	データなし	データなし	高い	耐火性材料、熱電気絶縁材、パッキン、ガスケット。
コルツ繊維	データなし	データなし	0.869	1204 以上	データなし	データなし	データなし	耐火性材料、熱電気絶縁材、パッキン、ガスケット。

(1) ジョイントシート（ガスケット・パッキン等）

良好な耐薬品性、耐熱性を有するアスベストは、ガスケット、パッキン等の材料として長く使われてきた。アスベスト以外の繊維のなかには、これらの特性をもっているものもあるが、いずれも機械的な強度が劣っている。従って高圧ガスケットの代替品を開発することは現在のところ困難である。ジョイントシートの繊維代替品について取りまとめると表8-2のようになる。

表8-2 ジョイントシートの代替品

種 類	特 徴
アラミド	強度、耐破断性が優れているが、切断及び変形が困難であり強酸により化学的に劣化する。pH3~11 温度260℃以下で使用可能、製紙工場におけるストックポンプ、水のろ過浄化器、下水処理工場の遠心スラッジポンプ等のガスケット等に使用できる。
テトラフロエチレン	耐薬品性にすぐれ摩耗が少ないが熱膨張が大きい。260℃以下で使用可能、パーフロロ系有機溶剤により高温で化学的変化を起こす。化学、食品、薬品等の業種におけるポンプバルブ等に使用されている。
グラファイト・テトラフロエチレン複合体	化学品耐性及び熱放射性に優れ、軽量柔軟で熱膨張率が低いが締めすぎると表面が硬化する。一般用のポンプバルブ等に使用される。
炭素繊維	耐薬品性、耐熱性及び熱放射性に優れ高速シャフトの摩擦に耐えられる。低注油量で運転が可能であるがもろい。火力発電所等の大型ボイラーの給水ポンプのパッキン、化学ポンプ、ボイラー再循環ポンプ等のパッキンに使用されている。
グラファイト	耐熱性、熱放射性、耐薬品性、耐久性等に優れ、高速シャフトの摩擦に耐えられる。また軽量であり熱膨張が少く硬いがもろくはく離し易い。

(ウ) 石綿紙(フェルト)

石綿紙は、ろ過材、絶縁材、裏張り材、包装材等として広範囲に使用されていて各々の利用分野において多くの代替品が開発されている。石綿紙としての代替品についてまとめたものが表8-3である。

表8-3 石綿紙の代替品

種 類	特 徴
セルローズ繊維	液体のろ過に用いられるが、殺菌のためのろ過には適さずアスベストよりろ過能力は劣る。
硅 藻 土	液体のろ過に用いられるが殺菌のためのろ過には適さず、アスベストよりろ過能力は劣る。
セラミックス	絶縁紙として使用される。これらは一般に耐熱性と強度を合わせもつことがむづかしい。
ガラス繊維	〃
セルローズ繊維	〃
エポキシ樹脂	パイプ包装の目的として使用される。
ポリエチレン	〃
電気亜鉛メッキ	〃
飽和ガラス繊維	〃

## (四) 摩 擦 材

摩擦材のうち、自動車のブレーキライニングについては、良好なアスベスト代替品が得られており、特に金属を主体としたものについては、既に自動車メーカーによって使用されている。

また、アラミド繊維は強度が優れているため、クラッチに使われている。ブレーキライニング関係の繊維代替品をまとめると表8-4のようになる。

表8-4 ブレーキライニングの代替品

種 類	特 徴
アラミド (ケブラーR)	強度、熱安定性が優れているが、特殊な混合技術が必要とする。
サーメット焼結体	熱安定性が優れているが、耐摩耗性が不十分でありまた、熱伝導度が高い。
炭 素	強度、熱安定性が優れ、低密度であるが混合すると繊維形態を失う。
ガ ラ ス	適当な強度であるが、高温で熔融する。高いせん断力の下で混合すると繊維形態を失う。また、耐摩耗性が劣る。
金 属 ウ ール	強度が劣りもろい。
フロロイド繊維	熱絶縁性が優れている。
金属性複合体	熱安定性、耐摩耗性が優れている。
窒 化 硅 素	耐久性が優れているが重量が重い。
スチール・ウール	強度、熱安定性が優れているが騒音を発生し易く腐食し易い。
パーミキュライト	高温と強度は大である。

#### イ. 石綿セメント製品

石綿セメント製品には強化剤として、アスベストが使用されている。従って、アスベスト代替品としては、強化剤としての機能をそなえている必要があり、このためには

- ① セメントとの相性（繊維代替品についてのみ）
- ② 引張り強度
- ③ 圧縮強度
- ④ 破壊強度
- ⑤ 耐水性
- ⑥ 汚水管、屋根材、その他の屋外での用途に対する耐久性
- ⑦ 耐高温度及び耐火用途に対する静的耐久性
- ⑧ 気候の変化に対する形の安定性

等の点で優れた性能をもつものでなければならない。

#### ロ 石綿スレート

製品代替品には、一般に ①前処理された金属 ②プレキャスト・コンクリート ③テイルトアップ・コンクリート ④石材 等が挙げられ現実に代替品として使用されているものもある。

また、石綿スレート用の繊維代替品としては、木繊維、耐アルカリガラス繊維等が有望であるが、これらを含めてその特徴等をまとめると表 8-5 のようになる。

表 8 - 5 石綿スレート用の繊維代替品

種 類	特 徴
耐アルカリガラス	ポルトランド・セメントに使用可能であり、アスベストよりも耐衝撃力に優れている。製品は時間の経過により強度を失う。
炭 素	石綿スレートの弾性強度を増す。また、耐アルカリ性に優れている。
セラミック	現在開発段階にある。
ミネラル・ウール	製品の強度は劣り、セメントとの相性が良くない。
硬化木材	軽量で耐衝撃力に優れている。アスベストよりも耐熱性に劣る。原料の供給は容易である。
ナイロン	耐衝撃力を持つが、強化力に欠ける。
鋼	強化力が良好で耐衝撃力が大きい。加工機械仕上げが困難であり腐蝕しやすい。



(1) 石綿セメント管（石綿セメント円筒、石綿管）

製品の代替品としては ①ポリ塩化ビニール ②可鍛鉄 ③鑄鉄  
④タイル ⑤プレストレスト・コンクリート 等があり、これらは主に  
上水道及び下水道に広範囲に用いられているが、その使用条件によりそ  
れぞれ長短がある。

石綿セメント管用の繊維代替品について取りまとめると表 8-6 のよ  
うになる。

表 8-6 石綿セメント管用の繊維代替品

種 類	特 徴
炭 素 繊 維	耐久性は優れているが、臨界長及び粘着力はアスベストより劣る。
ガ ラ ス 繊 維	耐久性、臨界長及び粘着性はアスベストより劣る。 既に商業的規模で使用されているが、引張り強度はアスベストに比べ約 40% 低い。
有 機 繊 維	弾力性、臨界長及び粘着力は、アスベストより劣る。
鋼	特に臨界長がアスベストより劣る。

## (2) 新素材繊維

(1)に各アスベスト製品別に代替品を示したが、最近新聞紙上で取り挙げられた新素材の繊維代替品について概要を紹介する。

### ア. 炭素繊維

有機繊維を焼成(800~1600℃)して製造されるもので、耐薬品性、耐熱性等に優れている。材料となる繊維によりレーヨン系、アクリルニトリル系、ピッチ系、リグニン・ポバール系に分類される。紡織品、グランドパッキン、ガスケット及び摩擦材に用いることができると考えられる。

#### イ. 超高度炭素繊維

軽量でCFRPの形で強化材として使われる。航空機本体の構造材、エネルギー貯蔵変換材及び医用材料用としての用途が考えられる。

### ウ. 炭化繊維

有機繊維を200~500℃の耐炎加工することにより得られる。表面が炭化して内部が未炭化という二重構造となっている。炭素繊維より耐薬品性、耐熱性は劣るが耐摩耗性に富み安価である。熱伝導性がよく熱を放散しやすい。用途としてはグランドパッキンが考えられる。

### エ. 炭化けい素繊維

有機けい素化合物を紡糸焼成して得られる連続繊維であり、高強度、高弾性率をもつ。また、耐熱性、耐酸化性に優れている。用途としては航空機の機材が考えられる。

### オ. アラミド繊維(芳香族ポリアミド)

ジュポン社で「ノメックス」及び「ケヴラー」という商品名で製造・販売されている。高強度、高モジュラス、強じん性及び低密度であり、熱に対する安定性もよいが価格の高い欠点がある。グランドパッキン、ガスケットのフィラ等に用いられる。

### カ. ふっ素樹脂繊維

構造によって四ふっ化エチレン、四ふっ化エチレン・六ふっ化エチレン共重合体、パーフロロアルキルエーテル共重合体、エチレン・四ふっ化エチ

レン共重合体などがある。耐薬品性及び耐熱性に優れている。用途としてはポンプ用及びバルブ用のグランドパッキン、ガスケットのシール製品等が考えられる。

#### キ. フェノール樹脂系繊維

フェノールホルムアルデヒド樹脂を架橋構造とした有機繊維である。熱に対してとけにくくし、耐炎性、耐薬品性等に優れている。用途としては紡織品、ポンプ用グランドパッキン、ガスケットのフィラ等が考えられる。

#### ク. ガラス繊維

溶融したガラスを細く引伸し、急冷固化して製造する。抗張力耐熱性及び電気絶縁性に優れている。用途としてはガラス繊維補強コンクリート、耐アルカリガラス繊維強化コンクリートとして側構のふた、小口径ヒューム管、建築用、土木用の新建材等に用いられている。

#### ケ. セラミック繊維

アルミナシリカ系のガラス管繊維をセラミック繊維と呼んでいる。耐熱性が特に優れている。耐火レンガの目地充てん材として耐火断熱材、シール材、パッキン材等に用いられている。

### (3) アスベスト代替品の展望

#### ア. アスベスト代替品の普及

アスベスト繊維または、アスベスト製品をアスベスト代替品に代替することにより、アスベスト繊維の大気中への放出を完全に抑制できることから、代替品の開発普及が望ましいことはいうまでもない。

しかし、アスベストの有害性とアスベスト代替品の使用に伴う不便さを比較することは簡単でなく、現在アスベストが使用されているすべての用途に使用可能な代替品が存在しない状態のままアスベストの使用を全面的に制限することは必ずしも適切でない。アスベスト代替品の普及に係る問題点としては、その性能及び技術的な問題のほか、価格がアスベストに比べて高いことが大きな問題である。価格を決定する要素としては、開発、

設備投資に要した費用、製造コスト等のほか開発された代替品の普及量も価格を決定する大きな要素となる。より優れたアスベスト代替品の開発と普及量の増大につとめるなら価格の問題も十分解決するものと考えられる。このためには関係事業者は、アスベスト代替品の開発研究をより一層推進し、一方公共機関をはじめ、一般消費者も積極的にアスベストの使用を少くするという考え方を支持する姿勢が必要であると考えらる。

#### イ. アスベスト代替品の有害性の問題

アスベスト代替品の開発が主としてアスベストの有害性を回避することを目的としていることから、アスベスト代替品の有害性は少くともアスベストのそれよりも弱いことが前提となる。

しかし、ほとんどのアスベスト代替品の使用経験は浅く、有害性に関する生物学的研究もほとんど行われていない現状では人に対する有害性を正しく評価することはできない。

アスベスト代替品の開発にあたっては物性等から有害であることが容易に予測できるような原材料を使用しないこと。開発された代替品については実用に供する前に動物実験等による試験を通して有害性の評価を行うと共に実用に供した後の影響調査を実施すること等が望ましい。