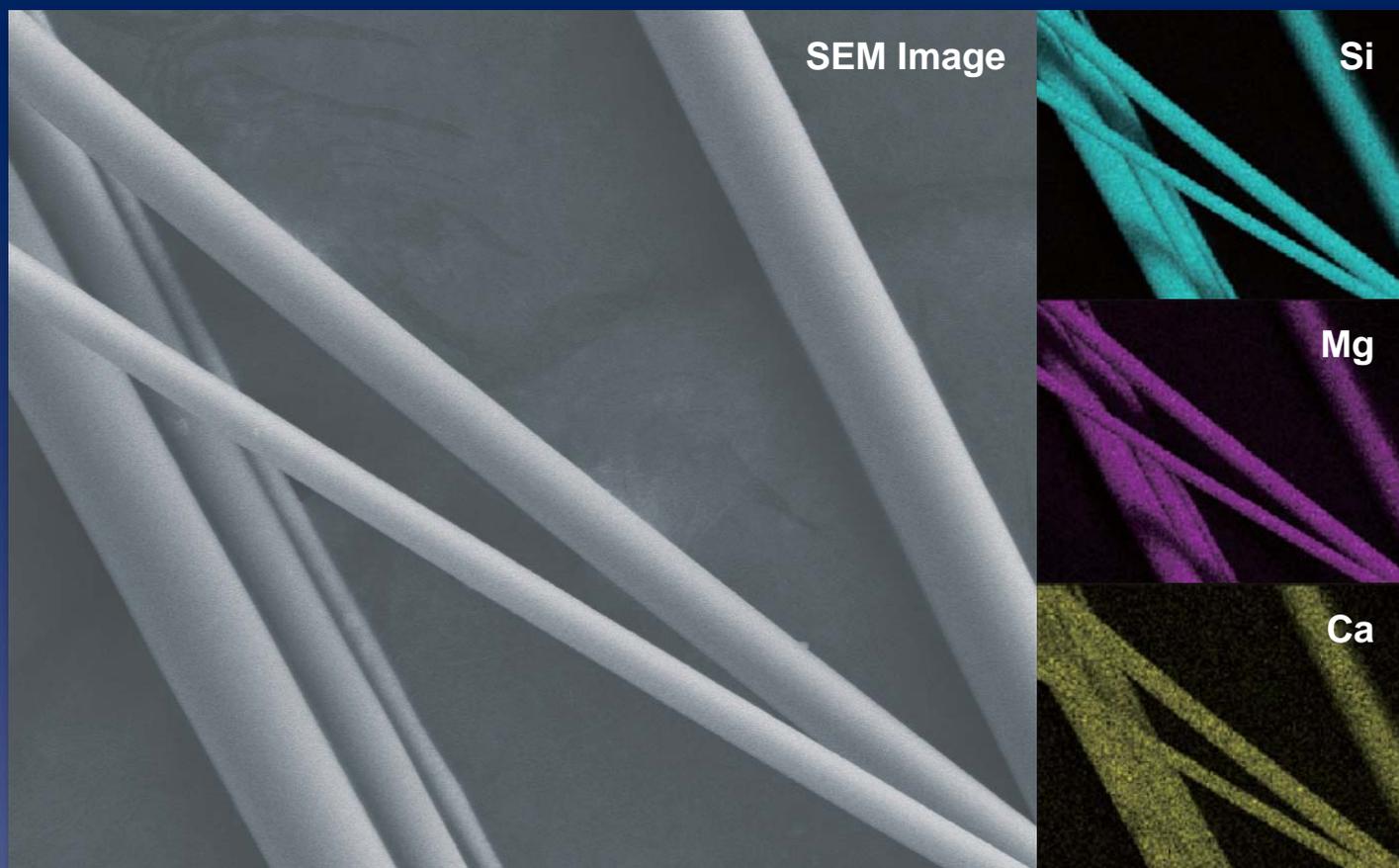


ニチアス 技術時報

2017

増刊号



アルカリアースシリケートウール

ファインフレックスBIO®



特 長



優れた耐熱性



熱伝導率が低く、優れた断熱効果



蓄熱量が低く、優れた省エネ効果



熱衝撃に強い



軽量で優れた加工性

用 途

- 工業用耐火断熱材 (ライニング材, バックアップ材)
- シール材
- 一般家電用断熱材, 保温材

「ファインフレックスBIO®」は、環境問題に対する意識の高まりを受け、弊社が独自に開発した特化則*適用対象外の耐熱性に優れたアルカリアースシリケート(AES)ウールです。

断熱材・シール材・パッキング材・吸音材などとして、鉄鋼をはじめ、非鉄金属、石油化学、窯業など幅広い産業分野で使用可能な「ファインフレックスBIO®」応用製品をラインアップしております。

本増刊号は、弊社発行の技術時報374号(2016年3号)から378号(2017年3号)に掲載した「ファインフレックスBIO®」に関する記事を再編し、1冊にまとめたものです。本冊子がおみなさまのお役に立てれば幸いです。なお本誌掲載の製品に関するお問い合わせは工業製品事業本部(TEL:03-4413-1131)までお願いいたします。

*特定化学物質障害予防規則

目 次

◆人造鉍物繊維の国内外規制について	1
	技術本部 安全衛生環境部長 戸塚 優子
◆アルカリアースシリケートウールの開発	6
	工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部 米内山 賢 研究開発本部 浜松研究所 北原 英樹
◆アルカリアースシリケートウール TOMBO™ No.5605 「ファインフレックス BIO® バルク」 TOMBO™ No.5615 「ファインフレックス BIO® ブランケット」	10
◆ファインフレックス BIO® 応用製品 TOMBO™ No.5625 「ファインフレックス BIO® ボード」 TOMBO™ No.5645 「ファインフレックス BIO® モールド」 TOMBO™ No.5685 「ファインフレックス BIO® 紡織品」 TOMBO™ No.8420 「丸打ちパッキン」 TOMBO™ No.8520 「角打ちパッキン」 TOMBO™ No.1420 「スーパーマンホールガasket」	13
◆ブロック状耐火物 TOMBO™ No.5655 「ファインブロック®」	18
◆ペースト状不定形耐火物 TOMBO™ No.5675 「ファインフレックス BIO® キャスト」	23
◆高温耐熱ボード TOMBO™ No.5461-16LDA 「RF ボード™ 16LDA」 TOMBO™ No.5461-17MDA 「RF ボード™ 17MDA」	26

人造鉱物繊維の国内外規制について

技術本部 安全衛生環境部長 戸塚優子

1. はじめに

工業炉などの断熱材にかつては天然の鉱物繊維であるアスベストが使用されていたが、発がん性が確認されるに至り、現在は各国で使用が禁止されている。その代替として各種人造鉱物繊維（MMMMF）が開発され使用されているが、一部に発がん性が懸念されるものがあり、各国それぞれに規制が実施されている。我が国においても2015年11月にリフラクトリーセラミックファイバー（以下、RCF）が特定化学物質障害予防規則（以下、特化則）の特定化学物質となり、使用に制限を受けるようになった。そのため使用に制限のないアルカリアースシリケートウール（以下、AESウール）が各社により開発され当社でも「ファインフレックス BIO®」を上市している。

そこで本稿では、人造鉱物繊維全般について、国内外における規制の現状について解説する。

2. 人造鉱物繊維とは

人造鉱物繊維の定義は、考え方によっていろいろあるが、図1に示すものが人造鉱物繊維といわれている。

3. 人造鉱物繊維の健康影響の因子

繊維状物質の健康影響の基礎になっているのが、アスベスト（石綿）であり、これに対する研究成果により、人造鉱物繊維の発がん性に関与する因子として、次のような3つのDが提案されている。人造鉱物繊維の健康影響を考える上では、以下の3因子を理解することが重要である。

① DIMENSION（サイズ、寸法）

呼吸器系に吸入される繊維状物質のサイズは、繊維径が $3\mu\text{m}$ 未満でアスペクト比（長さ／直径）3以上、長さ $200\mu\text{m}$ 未満といわれている。このうち、発がん性に関与するサイズとして、直径が $1\mu\text{m}$ 未満でアスペクト比が5以上と考

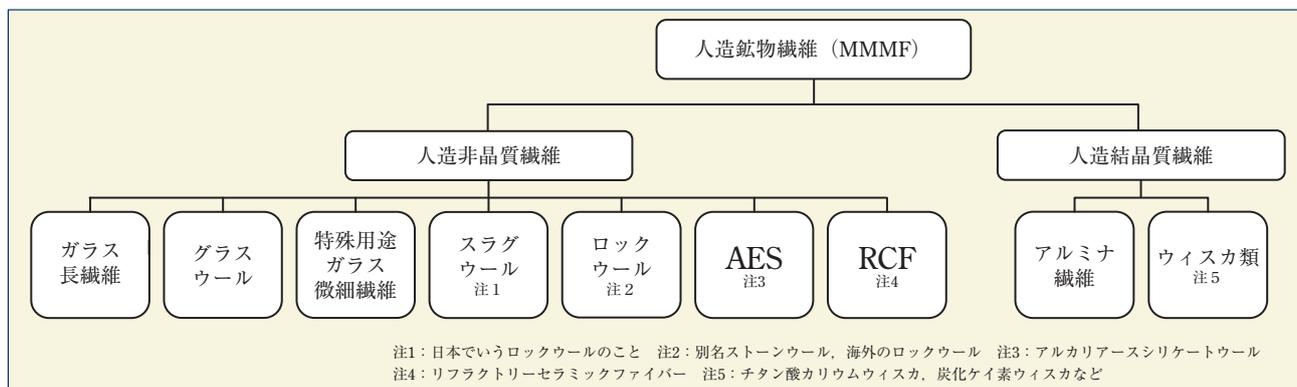


図1 人造鉱物繊維の種類

えられている（スタントン-ポッツの仮説）。

② DURABILITY（残存性，耐久性）

DURABILITYとは、肺内での残存性のことである。鈹物繊維が呼吸器系に吸入された場合、肺内（pH7.4，マクロファージの細胞液 pH4.5）でほとんど溶けず、そのまま肺内に残存することにより、なんらかの悪さをするのはないかとも考えられている。一方、肺内で溶けやすい繊維は、健康影響のリスクが低いと考えられている。最近はDURABILITYの代わりにBIOPERSISTENCY（生体内残存性）が、その反対語として、BIOSOLUBILITY（生体溶解性）が使用されることが多い。

③ DOSE（量）

上記①，②は人造鈹物繊維の種類ごとで異なる特性であるが、どの人造鈹物繊維にも共通し一番大きく寄与するのは、当然のことながら呼吸器系に吸入される量ということになる。呼吸器系に吸入される量については、製品の形態、取り扱い方にも関係し、かつヒトの防御方法によっても異なってくる。

4. IARC（国際がん研究機関）の発がん性分類

IARCでは、1987年6月に初めての人造鈹物繊維の発がん性リスク評価をワーキンググループで実施している。当時は人造鈹物繊維の発がん性に関する調査研究が乏しかったが、一部の動物実験で発がん性が認められたことにより、人造鈹物繊維全体について、「グループ2B：ヒトに対する発がん性が疑われる（possibly carcinogenic）」と分類している。

その後、人造鈹物繊維の健康影響の研究が盛んに実施され、多くの疫学的研究、動物実験の結果が報告された。そのため、IARCでは、2001年に再評価を実施している。その結果、グラスウール/スラグウール/ロックウールについては、職業性ばく露による肺がんや悪性中皮腫の発症リスク、また一般の発がんリスクの上昇を示すデータが認められなかったため、それまでの「グループ2B」から、「グループ3：ヒトに対する発がん

性が分類できない（not classifiable as to its carcinogenicity）」に評価が見直されている。各人造鈹物繊維の1988年評価と2002年評価は表1のとおりである。

表1 IARCによる各人造鈹物繊維の発がん性評価

	1988年評価	2002年評価
ガラス長繊維	グループ3	グループ3
グラスウール	グループ2B	グループ3
特殊用途ガラス微細繊維	グループ2B	グループ2B
スラグウール	グループ2B	グループ3
ロックウール	グループ2B	グループ3
RCF	グループ2B	グループ2B

なおIARCではAESウールやアルミナ繊維については評価できるデータが少ないため発がん性分類は行っていない。

5. 国内における人造鈹物繊維の規制状況

5.1 人造鈹物繊維全般に関する規制

労働安全衛生法により、人造鈹物繊維（ガラス長繊維を除く）を1重量%を超えて含有する製品（RCFについては0.1%超）を、譲渡、販売、提供する場合には、製品梱包にラベル表示を実施するとともに、SDS（安全データシート）を譲渡先に発行しなければならない。

例として当社のRCF，AESウール製品には図2に示すラベルを添付する。

一方、当該製品を使用する事業者は、SDSの内容を使用者に周知徹底させるとともに、使用にあたり化学物質リスクアセスメントを実施し、その結果に基づき、使用者の健康障害を防止する取り組みを実施する必要がある。

また、人造鈹物繊維は、じん肺法、粉じん障害防止規則（粉じん則）において「鈹物」に該当し、次の作業を行う場合はじん肺法、粉じん則の適用を受ける。

- ①鈹物（本製品）を裁断し、彫り、または仕上げする場所における作業（粉じん則別表1の6号）
- ②鈹物（本製品）を動力により破碎し、粉碎またはふるい分ける場所における作業（粉じん則別表1の8号）

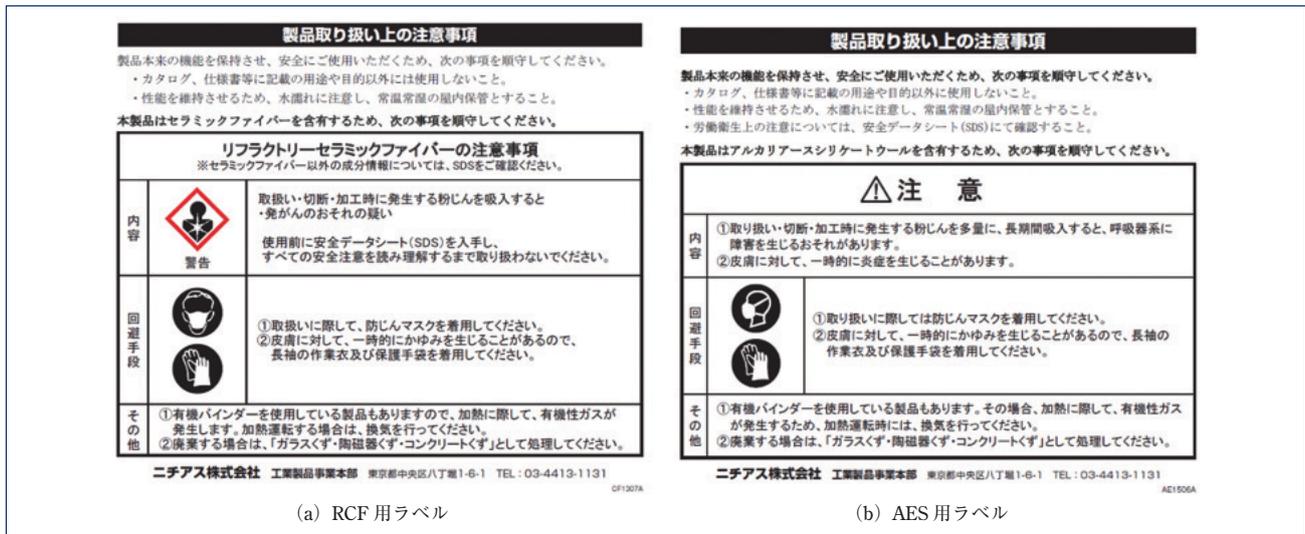


図2 人造鉱物繊維のラベル表示例

5.2 RCFに関する規制

RCFは、表1に示すとおり、IARCの発がん性評価が2002年の再評価においても「グループ2B」であったことから、2010年より厚生労働省において「労働者の有害物によるばく露評価ガイドライン」に従い労働者への健康障害リスクの有無を調査してきた。その結果、RCFばく露によるリスクが無視できないものであるとし¹⁾、特化則において管理第2類物質および特別管理物質として、2015年11月より使用方法の規制化がされた。主な規制内容は以下のとおりである²⁾。

- a) 局所排気装置の設置, b) 作業主任者の選任,
- c) 掲示, 作業記録の作成・保存(30年)など特別管理物質としての措置, d) 関係者以外立入禁止の措置, e) 作業環境測定の実施, f) 健康診断の実施, g) 烱等の施工・補修・解体工事など現場作業における作業場所以外への飛散防止のための措置および呼吸用保護具の使用

6. EUにおける人造鉱物繊維の規制状況

6.1 EU域内の包装表示・安全データシート(SDS)について

現在、EUにおいて人造鉱物繊維単独に規制化された法規としては、1997年12月に発効されたEU指令97/69/EC「人造非晶質繊維の発がん分類と包装表示」がある。本指令は、アスベスト代替繊維として急速に市場に出回った人造鉱物繊維について、包装表示などで注意喚起を促すためのものであって、使用制限を行うものではない。

本指令は、その後発効されたEU内の包装表示・安全データシート(SDS)全般について記載されているEU規則1272/2008/EC「化学品の分類、表示、包装に関する規則(CLP規則)」に引き継がれている。CLP規則では、人造非晶質繊維を化学成分により2種類に分類している。表示内容抜粋を表2に示す。なお、対象はバルク、ブランケットな

表2 CLP規則 記載内容抜粋

No	名称	有害性区分	警告文句	表示	注
650-016-00-2	鉱物繊維 ランダム配向性(不規則配向性)の人造ガラス質ケイ酸塩繊維でアルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物(Na ₂ O + K ₂ O + CaO + MgO + BaO) > 18%のもの	発がん性2	発がんのおそれの疑い	 警告	AQR
650-017-00-8	リフラクトリーセラミックファイバー マイクロファイバーウール ランダム配向性(不規則配向性)の人造ガラス質ケイ酸塩繊維でアルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物(Na ₂ O + K ₂ O + CaO + MgO + BaO) ≤ 18%のもの	発がん性1B	発がんのおそれ	 危険	AR

どで成形品は対象外である。

参考までに、EUの発がん分類は以下のとおりである。

- 1A ヒトへの発がん性が知られている物質
- 1B ヒトへの発がん性があるとみなされるべき物質で、十分なデータがある
- 2 ヒトへの発がん性の懸念がある物質であるが、データが十分ではない

人造非晶質繊維には、①Note A、②Note Q、③Note Rの3種類の注意書きが付与されている。特に、②Note Q、③Note Rは適用除外の記載で、②および③に該当する場合には、表示義務から除外されることになる。それぞれの意味は以下のとおりである。

①Note A 名称表示

この注意が付与された物質は、「表示に正しい名称を明示する。」と規定されている。表2の上段に示された物質は、『鉱物繊維』（グラスウール、ロックウール、スラグウールなど）を表示し、下段に示された物質は、『リフラクトリーセラミックファイバー』、『マイクロファイバーウール』を表示する。

②Note Q 生体内残存性の繊維判定基準

「3. 人造鉱物繊維の健康影響の因子」で前述したが、肺内での残存性が高いほど健康影響リスクが高くなることがわかっている。EUでは、生体内残存性が一定基準の物質は、健康影響リスクが低いとして、以下の4条件のいずれか一つを満足した物質は、発がん性分類の適用除外となり、表示等の対象物質に該当しなくなる。

- a. 短期吸入ばく露による生体内残存性試験結果
…長さが20 μm超の繊維の半減期 (T1/2) が10日未満のもの
- b. 短期気管内注入による生体内残存性試験結果
…長さが20 μm超の繊維の半減期 (T1/2) が40日未満のもの
- c. 適切な腹腔内投与試験で有意な発がん性なし
- d. 的確な長期吸入ばく露試験で発がん性と結びつく病理所見や腫瘍形成なし

③Note R 吸入性繊維でないことの判定基準

「3. 人造鉱物繊維の健康影響の因子」で前述したが、人造鉱物繊維のサイズが健康リスクに

大きく関係する。EUでは、「 $([長さ加重幾何平均直径] - 2 \times [標準誤差]) > 6 \mu m$ 」となる繊維は、吸入されないサイズとして、発がん性分類の適用除外となり、表示等の対象物質に該当しなくなる。なお、長さ加重幾何平均直径の測定方法は、トーマスシュナイダー法による。

現在、EU域内で上市されているAESウールやロックウールは、上記②が適用されるため、発がん性の分類はなく、表示も義務づけられていない。

6.2 REACH規則関連

REACH規則はEUにおける化学物質使用を管理するために制定された規則で、2007年6月に施行された法律である。人造鉱物繊維のうち、生体内残存性の高いRCFは、EUの発がん性分類が1B（ヒトへの発がん性があるとみなされるべき物質で、十分なデータがある）のため、2010年1月にREACH規則の認可対象候補物質（SVHC）に選定された。このため、RCF、およびRCFを0.1%以上含有する成形品をEU域内に輸入する場合には、①RCFが含有されることの情報提供、②EU化学品庁への届出が義務付けられた。

さらに、2013年6月にRCFは認可対象物質への格上げが公表され、EU化学品庁で審議されたが、2017年6月14日付で認可対象物質への格上げは見送られた。

7. ドイツにおける人造鉱物繊維の規制状況

ドイツでは、アスベスト代替繊維使用による労働者への健康影響を危惧し、EUよりも早く生体内残存性繊維の使用に規制をかけ、生体内低残存性繊維への切り替えを促進するための法制化を進めてきた。

2000年6月にドイツ連邦化学品法に基づく化学品禁止令と危険物令を改正し、地上建造物の断熱および防音目的で以下の鉱物繊維を含有する製品は、製造・流通・使用が禁止された³⁾。

1. 人造鉱物繊維 (Na, K, Ca, MgおよびBaの酸化物を18%を超えて含有する、人工的に製造された無定形ガラス状(ケイ酸塩)繊維

2. 上記1. の繊維を0.1%を超えて含有する混合物, 製品

なお、ドイツ危険物令では、以下の4条件のうち、いずれか1つを満足するものは、生体内低残存性繊維として規制対象外となる。なお、試験にはWHOファイバー（長さ5 μm以上の繊維）を用いる。

1. 腹腔内投与試験 (IP) で有意な発がん性なし
2. 気管内注入試験での半減期40日以下
3. 発がん性指数KI値 ($\Sigma (\text{Na}_2\text{O}, \text{K}_2\text{O}, \text{B}_2\text{O}_3, \text{CaO}, \text{MgO}, \text{BaO}) - 2 \times \text{Al}_2\text{O}_3$) : 40以上
4. 高温使用が意図されるガラス繊維で、
 - a) 1000℃～1200℃の分類においては、気管内注入試験での半減期65日以下
 - b) 1200℃を超える分類においては、気管内注入試験での半減期100日以下

8. 人造鉱物繊維の健康影響を踏まえた規制状況と今後の繊維製品の開発について

前述したが、人造鉱物繊維の生体への影響は、①サイズ（径、長さ、太さ）、②化学成分、③表面状態（粗さ、表面荷電、電位等）により異なり、特に①、②に起因する生体内での残存性が大きく影響することが知られている。ドイツをはじめとするEU諸国では、これらの要因を排除した生体に対してより影響の少ない人造鉱物繊維が普及するように、規制のあり方を変更させ、生体内低残存性繊維は規制の適用除外となるような措置をとった。これに従いEU域内の人造鉱物繊維メーカー各社は生体内低残存性繊維の開発を行い、上市している。

一方、日本国内においては、健康影響リスクの高いと考えられるRCFの規制化が進んでいるものの、リスクが少ないと考えられる生体内低残存性繊維の定義などは決められておらず、EU主導で進んでいる。

今後の繊維製品の開発は、国内外の蓄積された研究データをもとに、より健康や環境への影響が少ない繊維の開発が望まれている。一方で、繊維状物質に限らず化学物質を使用しなければ、

製品開発は立ち行かず、使用者においての適切なリスクアセスメントにもとづく健康障害防止措置も重要となる。したがって必要な警告表示の周知など、ユーザーとのコミュニケーションを密接に図っていく必要がある。

9. おわりに

本稿では人造鉱物繊維全般の国内外における規制の現状について解説した。

今後、当社における新規繊維製品の研究開発では、製造製品のライフサイクルを通したリスクを推定しつつ、より高性能な製品開発を進めるとともに、健康障害防止および環境負荷低減措置など、お客さまと密接にコミュニケーションを図りながら進めていく所存である。

参考文献

- 1) 厚生労働省 化学物質のリスク評価検討委員会 リスク評価書No.69（詳細）リフラクトリーセラミックファイバー、(2014).
- 2) 日本高温断熱ウール工業会 高温断熱ウール製品の取扱い平成29年3月改訂版.
- 3) ドイツ規則TRGS910 Technical Rules for Hazardous Substances 2014.

筆者紹介



戸塚 優子

技術本部 安全衛生環境部長
環境対策に従事
博士（工学）
ロックウール工業会 環境委員

※本稿は繊維状物質研究, vol.2 2015に掲載された「欧州における繊維状物質規制の動向」に一部加筆、修正を加え再構成したものです。

※「ファインフレックスBIO」はニチアス(株)の登録商標です。

アルカリアースシリケートウールの開発

工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部 米内山 賢
研究開発本部 浜松研究所 北原 英樹

1. はじめに

人造鉱物繊維（MMMMF）は、鉄鋼、石油、化学、電気、自動車、建材、航空宇宙など各産業界においてさまざまな用途（耐火材、断熱材、防火材、シール材、補強繊維など）で広く使用されている。人造鉱物繊維は用途に応じて各種あるが、そのうちのひとつリフラクトリーセラミックファイバー（以下、RCF）は、表1のようにIARC（国際がん研究機関）の発がん性分類において2B（ヒトに対する発がん性が疑われる）に分類されている。

表1 IARCの発がん性分類

グループ	内容	該当物質（例）
1	ヒトに対する発がん性が認められる	石綿（アスベスト）、タバコなど
2A	ヒトに対する発がん性がおそらくある	紫外線など
2B	ヒトに対する発がん性が疑われる	RCF、排気ガスなど
3	ヒトに対する発がん性が分類できない	ロックウール、ガラス繊維、茶など
4	ヒトに対する発がん性がおそらくない	カプロラクタム（ナイロン原料、1物質のみ）

このため各国でRCFに対する規制が進んできており、我が国においてもRCFは2015年11月に特定化学物質障害予防規則（以下、特化則）の特定化学物質となった。

そこで、RCFの代替繊維として特化則適用対象外となるアルカリアースシリケートウール（以下、AESウール）が各社から上市されている。

当社でもRCFの代替製品として2015年秋にこれまでのAESウールの弱点を改良したAESウール

「ファインフレックス BIO[®]」を上市した。

本稿ではAESウールの各種特性に与える繊維組成設計の考え方の一例について解説する。

2. AESウールについて

AESウールは、RCFの代替繊維として注目されている新しいカテゴリーの耐熱繊維である。SiO₂、MgO、CaOを主体とした人造鉱物繊維であり、表2に示すような組成¹⁾を指す場合が多くRCFとは組成が大きく異なっている。そのためAESウールは特化則適用対象外となる。

表2 AESウールとRCFの組成 (mass%)

成分	AESウール	RCF
MgO + CaO	18 - 43	-
SiO ₂	50 - 82	40 - 60
Al ₂ O ₃ + TiO ₂ + ZrO ₂	< 6	-
Al ₂ O ₃	-	30 - 60
RnOm	-	0 - 20
その他酸化物	< 1	-

*RはZr、Crを指す

またEU域内では「化学品の分類、表示、包装に関する規則（CLP規則）」が制定されており、AESウールに関しては、繊維組成の必要要件に加えて、一定の適用除外要件をクリアした場合、同規制の適用を受けない。

このようにAESウールはRCFの代替を目的として各社より上市されているが、従来品は耐熱性や耐アルミナ反応性（AESウールと炉材や保護管などの耐火断熱部材が高温で反応し融着な

どを起こす)に関してRCFに及ばないものが多く、課題となっていた。

3. AESウールの繊維組成の設計

AESウールは、RCFと同様に熔融法で製造されることが一般的で²⁾ 各種原料を熔融した後、融液をブローイング法やスピニング法により繊維状に製造される。ここでAESウールは、RCFとは組成が大きく異なるため、繊維組成の設計、熔融工程、繊維化工程などに新たな技術が必要である。特に繊維組成の設計は製品の耐熱性など各種特性に影響を与えるため非常に重要である。AESウールの一般的な組成は前述のとおり、MgO + CaOの合計で18～43mass%、SiO₂が50～82mass%であり、各種の規制・規則による組成の限定がある中で、耐熱性、耐火性、生体内低残存性、製造性、コストなど全てに満足する繊維組成を設計する必要がある。

本稿ではAESウールの主成分であるCaOとMgOに着目し、CaO/MgO質量比が各種特性に与える影響について述べる。

3.1 耐熱性

耐熱性はAESウールに限らず断熱材として使用する際に最も重要な特性で、加熱による収縮率で評価することが多い。そこで図1に示すような方法でCaO/MgO質量比の異なるAESブランケット(130kg/m³)の加熱による線収縮率を測定した。図2にAESウールのCaO/MgO質量比と加熱収縮率との関係を示す。図は横軸にCaO/MgO質量比、縦軸に1300℃にて8時間加熱後のブランケットの

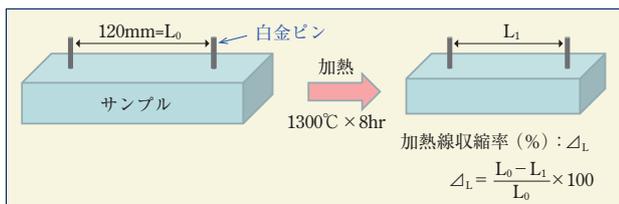


図1 線収縮率の測定方法

サンプル：ブランケット 130kg/m³
 サイズ：150×50×25mm
 L₀：熱処理前における白金ピン間距離
 L₁：熱処理後における白金ピン間距離

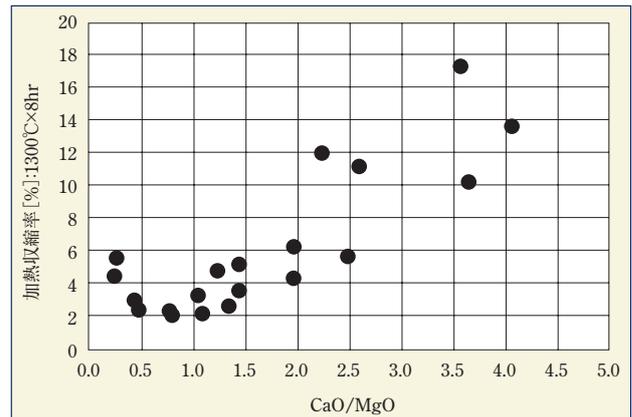


図2 CaO/MgO質量比と加熱収縮率の関係

収縮率を示している。

CaO/MgO質量比で約0.5～1.0の間に極小値があり加熱収縮率が最も小さくなっていることがわかる。この範囲から外れると加熱収縮率が増加し、とくにCaO/MgO質量比が大きくなると顕著になる傾向がみられる。

3.2 耐アルミナ反応性

耐アルミナ反応性とは、AESウールと各種耐火断熱部材（炉材や保護管など）が反応しないかを確認するための評価である。評価方法の模式図を図3に示す。各CaO/MgO質量比のAESウールを粉碎したものと、所定量のアルミナ粉末を添加して作製したペレットを1300℃にて8時間加熱し、ペレットの収縮率を測定した。その際アルミナ粉末を加えた試料と、加えない試料（ブランク）の収縮率を測定し、それぞれの収縮率の差を求めた。収縮率差が小さいほどアルミナと反応していないことを意味する。

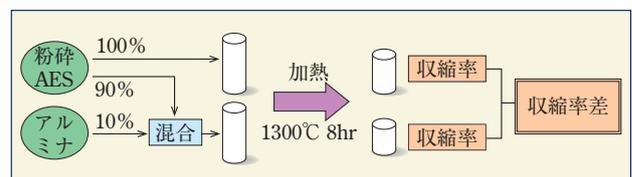


図3 耐アルミナ反応性の評価方法

図4にCaO/MgO質量比と耐アルミナ反応性の関係を示す。

結果はCaO/MgO質量比が小さくなるほど加熱収縮率差が小さくなっており、総じてMgOが多いほど耐アルミナ反応性に優れる傾向がみられる。

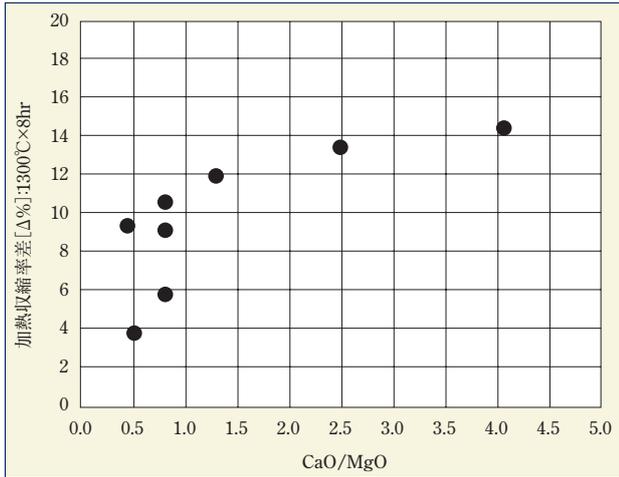


図4 CaO/MgO質量比と耐アルミナ反応性

3.3 引張強度

引張強度は、ブランケット状に成形した製品を加工、切断、施工など取り扱う上で必要な特性である。

図5にCaO/MgO質量比と引張強度の関係を示す。引張強度は、密度130kg/m³のブランケットで測定している。

結果はCaO/MgO質量比が小さいと強度は弱いが、CaO/MgO質量比が大きくなると強度は増加する傾向が見られる。

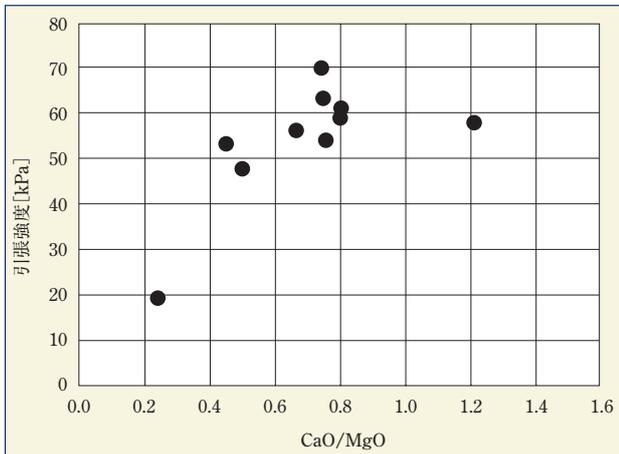


図5 CaO/MgO質量比と引張強度の関係

3.4 生理食塩水への溶解性

欧米では、発がん性など、人造鉱物繊維の生体内での安全性評価としてin-vitro試験、またはin-vivo試験による評価方法を用いている。以下ではin-vitro評価の一つである擬似体液（生理食塩水）への溶解性について述べる。

この評価は、広く行われている試験方法であり、EURIMA（European Insulation Manufacturers Association：欧州断熱材製造業者協会）が欧米の断熱材メーカー、試験機関との共同研究により提示した方法³⁾に準拠して実施した。評価法の概要を図6に示す。

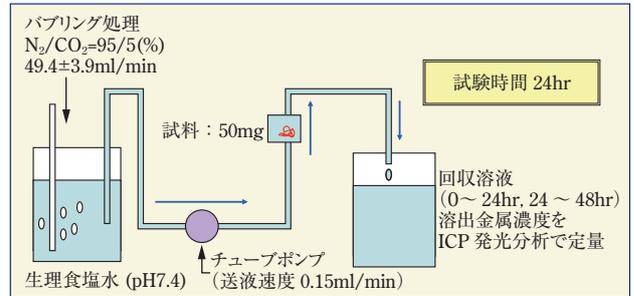


図6 溶解試験方法

試料は目開き45μmのふるいを通してショットを取り除いた繊維を用いた。なお、試験時間は24時間とした。また、溶解性の指標とした溶解速度定数は、単位時間の溶出量、繊維径分布、繊維密度より算出した、繊維の単位表面積から1時間に溶出する値（単位：ng/cm²・h）である⁴⁾。

図7にCaO/MgO質量比と溶解速度定数の関係を示す。図に示すように、CaO/MgO質量比が小さくなる、すなわち、MgOが増えるほど溶解性は向上している。

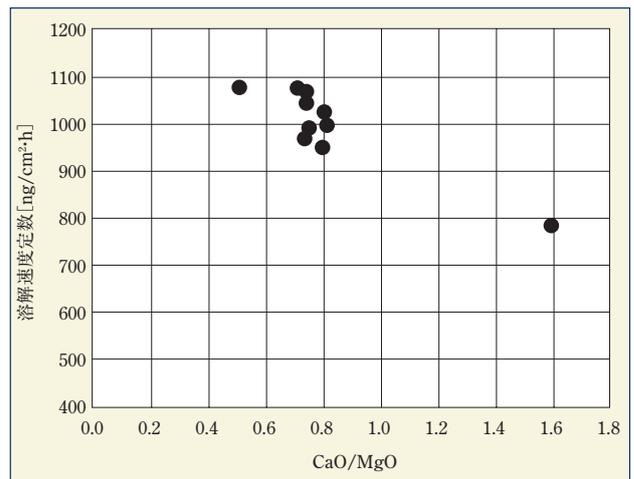


図7 CaO/MgO質量比と溶解速度定数の関係

MgOとCaOは共にガラスにおいては修飾成分と位置付けられ、SiO₂骨格を分断する働きを持つ。そのため、両者は溶出を促進させる成分となるが、その作用はMgOの方が大きいと推察される。

3.5 AESウールの組成設計まとめ

AESウールの組成設計においてCaO/MgO質量比が各種物性に影響を与えることを示した。その結果CaO/MgO質量比0.5～1.0付近に各特性に優れた範囲があることが確認された。それらは、各元素の分布状態、イオン充填率、イオン半径、拡散係数、加熱後の結晶相、加熱後の粒成長の違い、組成による耐熱温度の影響などが最適となったために生じた結果であると推測している。

ここまでCaO/MgO質量比がAESウールの各種特性に与える影響について述べたが、AESウールの繊維組成の設計には、主成分であるSiO₂、CaO、MgO以外の成分による各種特性への影響を考慮することも必要である。表2に示すようにAESウールの成分には、上記主成分以外にもAl₂O₃、ZrO₂、TiO₂などがある。これらは1000℃を超えるような環境下で使用される耐火断熱材において一般的に用いられている原料なため、AESウールでも各種特性の改善に期待が持たれるほか、その使用はコストの観点からも望ましい。

AESウール「ファインフレックスBIO[®]」はこれまでに述べた考え方を基に、多くの実験、シミュレーションを実施し、総合的に組成設計を検討することで、当社が独自に開発した耐熱性、耐アルミナ反応性などに優れたAESウールである（特許権利化済み：特許第5634637号）。

4. おわりに

本稿ではAESウールの組成設計の考え方の一例について解説した。

今後、環境・安全・省エネに配慮した製品が一層求められると考えている。当社は「ファインフレックスBIO[®]」のみならず、さらなる製品開発、技術開発に尽力し、社会、お客さまに貢献できるよう邁進していく所存である。

参考文献

- 1) British Standards Institution : BS EN 1094-1 (2008).
- 2) セラミックファイバー工業会：セラミックファイバー製品の取扱い (2006).
- 3) K. Sebastian, J. Fellman, R. Potter et al: *Glass Science and Technology*, Vol75, pp.263-270 (2002).
- 4) ニチアス技術時報 No.334, pp.1-7 (2002).

筆者紹介



米内山 賢

工業製品事業本部
省エネ製品技術開発部
無機繊維の研究開発に従事



北原 英樹

研究開発本部 浜松研究所
無機繊維の研究開発に従事

*「ファインフレックスBIO」はニチアス(株)の登録商標です。
*本稿の測定値は参考値であり保証値ではありません。

アルカリアースシリケートウール

TOMBO™ No.5605「ファインフレックスBIO® バルク」

TOMBO™ No.5615「ファインフレックスBIO® ブランケット」

1. はじめに

人造鉱物繊維（MMMMF）は、鉄鋼、石油、化学、電気、自動車、建材、航空宇宙など各産業界においてさまざまな用途（耐火材、断熱材、防火材、シール材、補強繊維など）で使用されております。

各種ある人造鉱物繊維のうち、リフラクトリーセラミックファイバー（以下、RCF）は、IARC（国際がん研究機関）の発がん性分類において2B（ヒトに対する発がん性が疑われる）に分類されています。このことから、各国で規制が進んできており、我が国においても、2015年11月に特定化学物質障害予防規則（以下、特化則）の特定化学物質となりました。

そこで、RCFの代替^{注1}として特化則や各国の規制が適用対象外となるアルカリアースシリケートウール（以下、AESウール）が各社から上市されています。弊社でも高性能なAESウールの開発を独自に進めてまいりました。その結果、従来のAESウールの弱点であった耐熱性や耐アルミナ反応性を改善し、RCFの代替としてご使用いただけるAESウール「ファインフレックスBIO®」を開発しましたのでご紹介します。

2. AESウール「ファインフレックスBIO®」

「ファインフレックスBIO®」はSiO₂、MgO、CaOを主成分とした特化則適用対象外のAESウールです（図1）。最高耐熱温度は、RCFである弊社の「ファインフレックス® 1300」と同等の

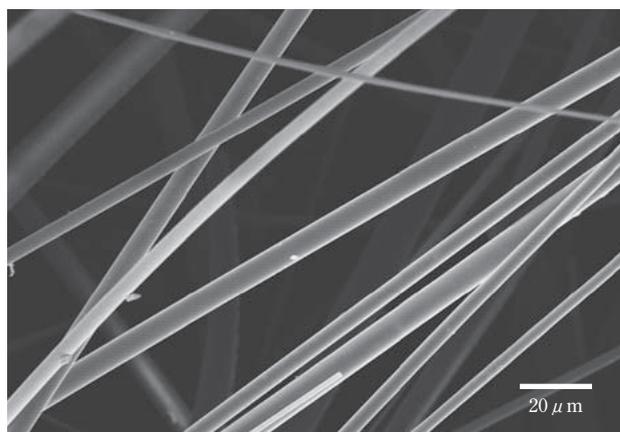


図1 「ファインフレックスBIO®」の電子顕微鏡写真

1300℃です。またアルミナを中心とした各種耐火断熱部材（炉材や保護管など）との反応性が少なく取り扱い性に優れる特長を有します。さらに、EU CLP規則1272/2008/EC（化学品の分類、表示、包装に関する規則）のNoteQの要件を満たし、EU発がん性分類に当てはまらないため、CLP規則の適用も受けません。

3. 「ファインフレックスBIO®」製品

弊社では「ファインフレックスBIO®」を原料とした製品として、TOMBO™ No.5605「ファインフレックスBIO® バルク」（以下、「ファインフレックスBIO® バルク」）、TOMBO™ No.5615「ファインフレックスBIO® ブランケット」（以下、「ファインフレックスBIO® ブランケット」）を上市しております。以下にそれぞれの製品についてご紹介します。なお各製品の特性値および、標準寸法は表1、2に示します。

表1 「ファインフレックスBIO®」と「ファインフレックス® 1300」各バルク、ブランケットの特性比較

項目		ファインフレックスBIO	ファインフレックス1300	
		AES	RCF	
バルク	最高耐熱温度 [°C]	1300	1300	
	色調	白色	白色	
	平均繊維径 [μm]	3~5	2~3	
	化学組成 [mass%]	SiO ₂	76	53
		CaO + MgO	22	-
その他		2	47 (Al ₂ O ₃)	
ブランケット (密度 130kg/m ³)	加熱収縮率 [%]	1100°C × 8hr	1.1	
		1300°C × 8hr	2.0	
	引張強度 [kPa]	50	50	
	熱伝導率 [W/(m・K)]	図4参照	-	

*上記数値は実測値であり、規格値ではありません
*最高耐熱温度とは8時間加熱後の収縮率が4%以下となる温度

表2 標準寸法

ファインフレックスBIOバルク	10kg/袋		
	密度 [kg/m ³]	厚さ [mm]	幅×長さ [mm]
ファインフレックスBIOブランケット	100	12.5	600×1200
	130		600×3600
	160		600×6000
			600×7200*

*厚さ50mm品は長さ6000mmまで

3.1 「ファインフレックスBIO® バルク」

「ファインフレックスBIO® バルク」は図1のAESウールが集合し、図2のように綿状になったもので柔軟性と耐熱衝撃性に優れています。

〈用途〉

- ・各種窯炉の天井、炉壁の断熱用充填材
- ・各種窯炉の天井、炉壁の膨張代充填材
- ・各種窯炉の膨張継手のパッキング材



図2 TOMBO™ No.5605「ファインフレックスBIO® バルク」

3.2 「ファインフレックスBIO® ブランケット」

「ファインフレックスBIO® ブランケット」は「ファインフレックスBIO® バルク」を連続的に積層してブランケット状に成形し、ニードルパンチ処理したものです。図3、4に外観と熱伝導率を示します。



図3 TOMBO™ No.5615「ファインフレックスBIO® ブランケット」

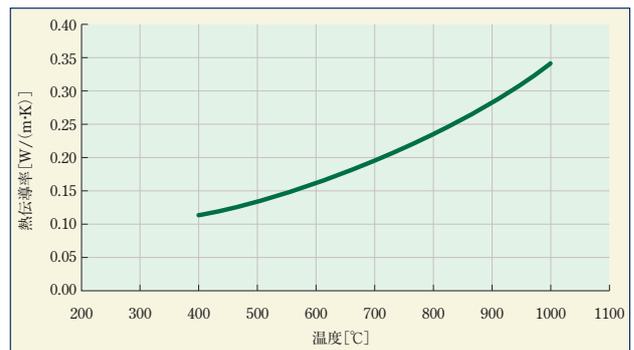


図4 「ファインフレックスBIO® ブランケット」(130kg/m³)の熱伝導率

〈用途〉

- ・一般断熱材
- ・窯炉の天井、炉壁の断熱ライニング材、バックアップ材
- ・炉内各部の膨張代充填材

4. 耐アルミナ反応性について

「ファインフレックスBIO®」の特長の一つである耐アルミナ反応性についてご紹介します。

耐アルミナ反応性試験はAESウールと各種耐火断熱部材（炉材や保護管など）が高温で反応し融着などを生じないかを確認するための評価です。

評価方法は、アルミナ粉末を成形したペレットを、「ファインフレックスBIO® ブランケット」上

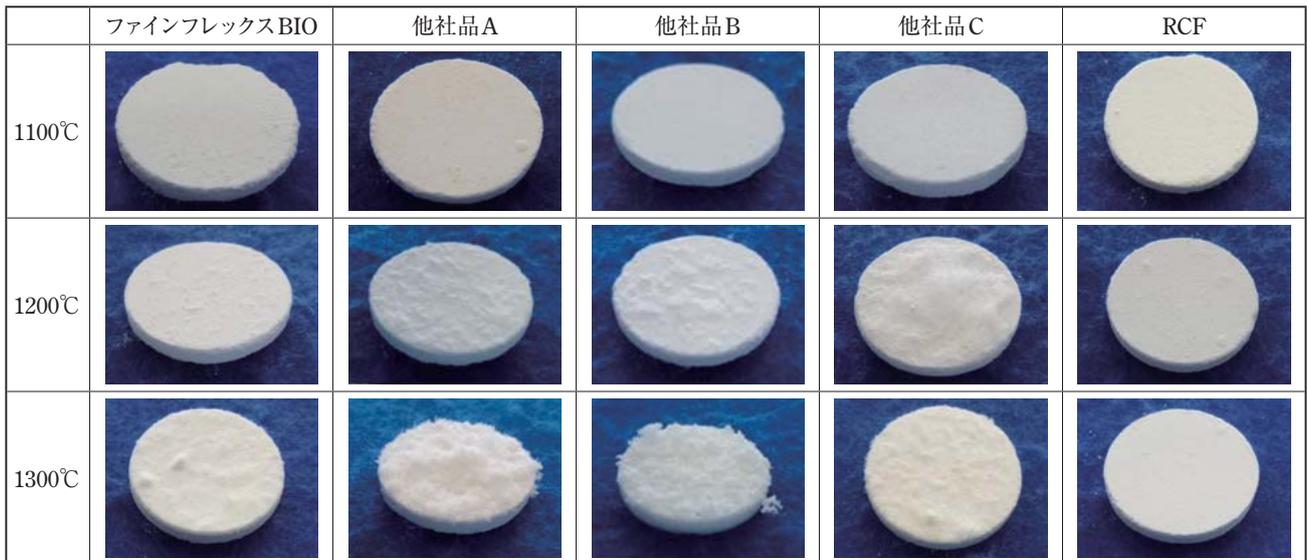


図5 アルミナペレットとブランケットとの接触面の外観写真

に置いた状態で加熱し、加熱後のアルミナペレットとの反応状態（繊維の付着状態）を観察しました。加熱条件は、1100℃～1300℃にて8時間とし、比較サンプルとして現在市場にでている他社製AESウール（A～C）およびRCFについても同様に評価しました。図5に試験結果を示します。

まず従来のAESウールである他社品A～Cは1200℃から繊維の付着がみられ、1300℃ではいずれも顕著に付着（反応）する様子が観察されました。これに対し「ファインフレックスBIO®」は、1200℃までは繊維の付着はほぼ見られず、1300℃では繊維の付着がわずかに観察されました。なおRCFは、1300℃加熱後において繊維の付着など外観上変化が見られず、繊維とアルミナの付着が観察されませんでした。この結果から、AESウールの種類によりアルミナとの反応性が異なることが分かり、その中で「ファインフレックスBIO®」は耐アルミナ反応性が最も優れていることが分かります^{注2}。

5. おわりに

本稿ではRCFの代替として弊社が独自開発したAESウール「ファインフレックスBIO®」を用いた製品、TOMBO™ No.5605「ファインフレックスBIO® バルク」、TOMBO™ No.5615「ファインフレックスBIO® ブランケット」についてご紹介いたしました。

環境・安全・省エネに配慮した製品が、今後一層求められると考えており、より一層の製品開発、技術開発につとめ、社会、お客さまに貢献する製品を提供して行く所存です。

なお、本製品ならびに関連製品のお問い合わせは 工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部までお願いいたします。

注1：蒸気、水と接する条件下では繊維の強度が低下する恐れがありますので、同条件下での使用の場合はご相談ください。

注2：相手材の材質や使用環境によって反応状態が異なる場合があるためご注意ください。

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

*「ファインフレックス」、「ファインフレックスBIO」はニチアス(株)の登録商標です。

ファインフレックスBIO® 応用製品

- TOMBO™ No.5625 「ファインフレックスBIO® ボード」
- TOMBO™ No.5645 「ファインフレックスBIO® モールド」
- TOMBO™ No.5685 「ファインフレックスBIO® 紡織品」
- TOMBO™ No.8420 「丸打ちパッキン」
- TOMBO™ No.8520 「角打ちパッキン」
- TOMBO™ No.1420 「スーパーマンホールガasket」

1. はじめに

2015年11月に特定化学物質障害予防規則(以下、特化則)が改正され、従来高温炉の断熱材などに使用されていたリフラクトリーセラミックファイバー(以下、RCF)が特定化学物質となりました。

弊社ではRCF代替品^注として耐熱性に優れたアルカリアースシリケートウール(以下、AESウール)「ファインフレックスBIO®」を上市してまいりました(図1)。

本稿では、鉄鋼をはじめ、非鉄、石油化学、窯業など幅広い分野において断熱材、シール材、パッキング材、吸音材などとして使用可能な、「ファインフレックスBIO®」を使用した各種応用製品についてご紹介します。



図1 TOMBO™ No.5605 「ファインフレックスBIO® パルク」

2. 「ファインフレックスBIO®」 応用製品

「ファインフレックスBIO®」を使用した応用製品は大きく断熱材用とシール材用に分かれます。断熱材はボード、モールドおよび紡織品、シール材は紡織パッキンおよび織布ガasketの合計5種類になります。

2.1 断熱材

2.1.1 「ファインフレックスBIO® ボード」

TOMBO™ No.5625 「ファインフレックスBIO® ボード」(図2 以下、「ファインフレックスBIO® ボード」)は、「ファインフレックスBIO® パルク」を水中に分散し、バインダを加えて板状に成形した製品です。表1に示すように有機バインダを用いた加工性に優れたAタイプと加熱時の発煙や臭気が少ないMタイプがあります。



図2 TOMBO™ No.5625 「ファインフレックスBIO® ボード」 外観写真

表1 「ファインフレックスBIO® ボード」

TOMBO No.	製品名	特長	最高耐熱温度[℃]
5625-A	ファインフレックスBIO® ボードA	加工性、ハンドリング性に優れている	1300
5625-M	ファインフレックスBIO® ボードM	加熱による発煙、臭気が非常に少ない	1300

〈用途〉

- ・一般高温炉用断熱材
- ・窯炉の天井、壁面の断熱材、バックアップ材

「ファインフレックス[®]BIO[®] ボード」と従来品の TOMBO[™] No.5112 「ファインフレックス[®] 1300 ハードボード」（以下、「ファインフレックス[®] 1300 ハードボード」）の各種特性の比較を表2に示します。各種特性は従来のRCF製「ファインフレックス[®] 1300 ハードボード」と同等であることがわかります。

表2 「ファインフレックス[®]BIO[®] ボード」と「ファインフレックス[®] 1300ハードボード」の特性比較

製品名	ファインフレックス BIO ボード		ファインフレックス 1300ハードボード	
	5625-A	5625-M	5112-A250	5112-250
TOMBO No.	5625-A	5625-M	5112-A250	5112-250
特長	有機	低臭気	有機	低臭気
材質	AES ウール		RCF	
色調	白色			
密度 [kg/m ³]	250		230	250
最高耐熱温度 [°C]	1300		1300	
曲げ強度 [MPa] (常態)	0.5	0.2	0.5	0.2
加熱収縮率 [%] (1300°C)	3.0	2.6	4.3	4.7
強熱減量 [%]	4.0	0.7	3.4	0.5
熱伝導率[W/(m·K)] (600°C)	0.15	0.14	0.15	0.15
化学成分	SiO ₂ , MgO, CaO その他		Al ₂ O ₃ , SiO ₂	

図3に「ファインフレックス[®]BIO[®] ボード-M」と「ファインフレックス[®] 1300ハードボード250」の熱伝導率の測定結果を示します。

〈試験条件〉

- ・測定方法：周期加熱法
- ・測定温度：400°C，600°C，800°C，1000°C

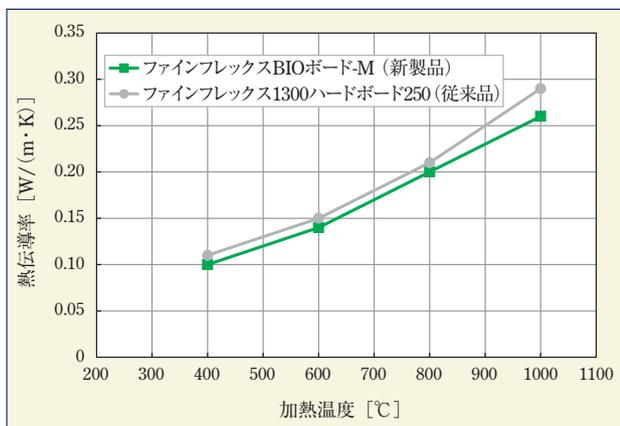


図3 ボード製品の熱伝導率の比較

各温度における熱伝導率は従来の「ファインフレックス[®] 1300ハードボード250」と同等であることから、断熱材として使用する場合は、RCF製品と同様にご使用いただけます。

図4に「ファインフレックス[®]BIO[®] ボード-M」と「ファインフレックス[®] 1300ハードボード250」を所定温度で8時間保持した後の加熱収縮率の比較を示します。

〈試験条件〉

- ・試験体形状：150×50×25mm
- ・測定方向：150mm（繊維配向方向）
- ・熱処理：所定温度×8hr

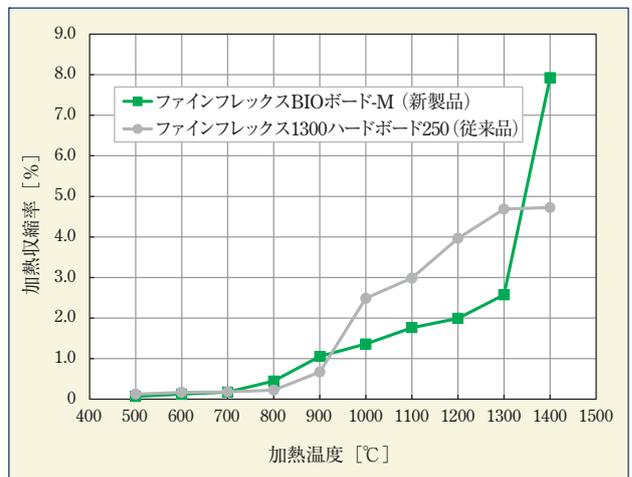


図4 ボード製品の加熱収縮率の比較

「ファインフレックス[®]BIO[®] ボード-M」の加熱収縮率は1300°Cまで従来のRCF製品である「ファインフレックス[®] 1300ハードボード250」よりも小さいことがわかります。したがって、加熱炉などの設計が容易に行えます。ただし最高耐熱温度を超えると急激に収縮するためご注意ください。

2.1.2 「ファインフレックス[®]BIO[®] モールド」

TOMBO[™] No.5645 「ファインフレックス[®]BIO[®] モールド」は、「ファインフレックス[®]BIO[®] ボード」の配合を用いてさまざまな形状に成形した製品です（図5）。スリーブ形状，ボックス形状をはじめ、お客さまからのご要望に合わせた形状に



図5 TOMBO™ No.5645 「ファインフレックス BIO® モールド」

表3 「ファインフレックス BIO® モールド」

TOMBO No.	製品名	特長	最高耐熱温度 [°C]
5645-A	ファインフレックス BIO モールド A	加工性、ハンドリング性に優れている	1300
5645-M	ファインフレックス BIO モールド M	加熱による発煙、臭気が非常に少ない	1300

表4 「ファインフレックス BIO® モールド」の特性

TOMBO No.	5645-A	5645-M
色調	白色	
密度 [kg /m ³]	250	
最高耐熱温度 [°C]	1300	
強熱減量 [%]	4.0	0.7

成形可能です。表3に示すように「ファインフレックス BIO® ボード」と同じくAタイプとMタイプがあります。各種特性を表4に示します。

〈用途〉

- ・一般工業炉の断熱材、窯道具材
- ・理科学用加熱装置の断熱材
- ・機械設備の高温部断熱材
- ・金属溶湯用タップアウトコーン

2.1.3 「ファインフレックス BIO® 紡織品」

TOMBO™ No.5685 「ファインフレックス BIO® 紡織品」(クロス、テープ、コード、ツイストロープ、ブレードロープ)は、ガラス繊維および金属線で補強したAESウールを各形態に合わせ製織、編組した製品です。図6に製品外観、表5にラインアップを示します。



図6 TOMBO™ No.5685 「ファインフレックス BIO® 紡織品」

表5 「ファインフレックス BIO® 紡織品」

TOMBO No.	製品名	構造
5685-A	ファインフレックス BIO クロス	AES ウールを厚手のクロスに織った製品
5685-B	ファインフレックス BIO テープ	AES ウールを厚手のテープ状に織った製品
5685-C	ファインフレックス BIO コード	AES ウールのヤーンを複数本硬く撚った製品
5685-D	ファインフレックス BIO ツイストロープ	AES ウールのヤーンを撚り合せた粗糸をさらに撚ったロープ状の製品
5685-E	ファインフレックス BIO ブレードロープ	AES ウールのバルクファイバーを中芯とし表面を被覆材で粗編みしたロープ状の製品

〈用途〉

- ・各種工業炉用断熱材、保温被覆材、遮熱カーテン
- ・炉のドアおよびバーナーまわりのシール

図7, 8に紡織品のひとつである「ファインフレックス BIO® クロス」と従来のRCF製「ファインフレックス® クロス」の熱伝導率および引張強度特性を示します。

〈試験条件〉

○熱伝導率

- ・測定方法：周期加熱法
- ・熱処理温度：400°C, 600°C, 800°C

○引張強度

- ・チャック間距離：150mm
- ・引張速度：200mm/min
- ・測定温度：400°C, 600°C, 800°C
- ・加熱時間：1hr
- ・試験片の初期幅：50mm

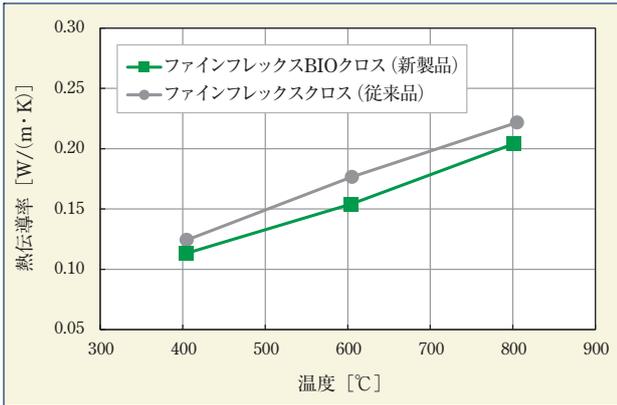


図7 「ファインフレックスBIO® クロス」と「ファインフレックス® クロス」の熱伝導率特性比較



図9 TOMBO™ No.8520 「角打ちパッキン」

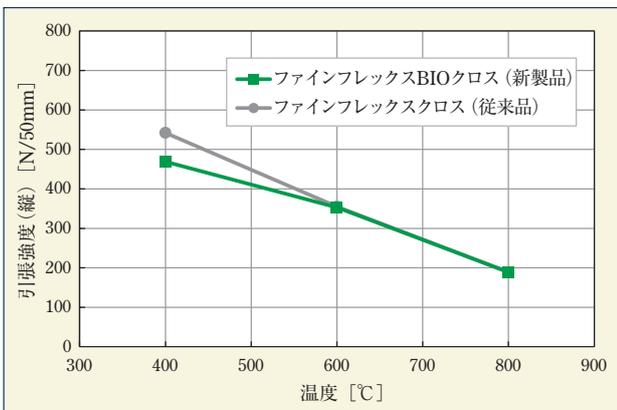


図8 「ファインフレックスBIO® クロス」と「ファインフレックス® クロス」の加熱後の引張強度特性比較

表6 丸打ちパッキン, 角打ちパッキン

TOMBO No.	製品名	特長	最高使用温度[°C]
8420 8520	丸打ちパッキン 角打ちパッキン	一切の含浸剤を含まないパッキン	800
8420-G 8520-G	丸打ちパッキン 角打ちパッキン	8420/8520をベースにグラファイト処理によってシール性を上げたパッキン	600
8420-H 8520-H	丸打ちパッキン 角打ちパッキン	8420/8520と比べ高密度に編組されているためシール性に優れたパッキン	800
8420-BH 8520-BH	丸打ちパッキン 角打ちパッキン	8420-H/8520-Hをベースになじみ性, 高温シール性を上げるため, 黒鉛系含浸処理を施したパッキン	600
8420-WH 8520-WH	丸打ちパッキン 角打ちパッキン	8420-H/8520-Hをベースになじみ性, 高温シール性を上げるため, チタン系含浸処理を施したパッキン	800

「ファインフレックスBIO® クロス」の熱伝導率は「ファインフレックス® クロス」よりも低く断熱性に優れています。また引張強度については、800℃における引張強度が従来品と同等であることから実用上十分な強度を保持しているといえます。

2.2 シール材

2.2.1 「丸打ちパッキン」, 「角打ちパッキン」

TOMBO™ No.8420「丸打ちパッキン」およびTOMBO™ No.8520「角打ちパッキン」は、金属線で補強したAESウールを断面丸形または角形に編組したパッキンです。図9に製品外観を、表6に製品ラインアップを示します。

〈用途〉

各種工業炉, ダクトシール, マンホール, ドアに使われる固定用シール材

図10にパッキンのシール性能の一例として、TOMBO™ No.8520-H「角打ちパッキン-H」と従来品のRCF製TOMBO™ No.8510-Hのシール性能の比較を示します。

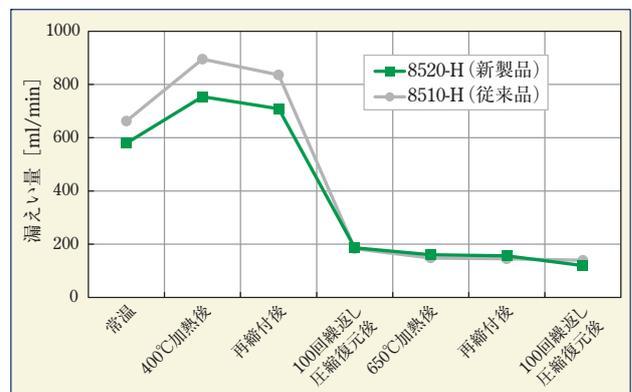


図10 TOMBO™ No.8520-HとTOMBO™ No.8510-Hの各「角打ちパッキン」のシール性能

〈試験条件〉

フランジに試料をセットし、400℃、650℃でそれぞれ20時間高温保持し、さらに100回の繰り返し圧縮復元をさせ、各負荷の前後で窒素ガスの漏えい量を測定。

試験の結果、RCFを用いた従来品と比べ、同等以上のシール性を有しております。

2.2.2 「スーパーマンホールガスケット」

TOMBO™ No.1420 「スーパーマンホールガスケット」は、金属線で補強した「ファインフレックスBIO® クロス」をゴムで目地止めし、所定形状に加工したガスケットです。図11に製品外観を、表7に製品ラインアップを示します。



図11 TOMBO™ No.1420-TH
「スーパーマンホールガスケット-TH」

表7 TOMBO™ No.1420 「スーパーマンホールガスケット」

TOMBO No.	製品名	構造	最高使用温度[℃]
1420-TH	スーパーマンホールガスケット-TH	金属補強AESクロスの両面にゴムコンパウンドを塗布した柔らかいガスケット	600
1420-THG	スーパーマンホールガスケット-THG	1420-THの表面に焼き付き防止処理（黒鉛処理）を行った柔らかいガスケット	600
1420-ST	スーパーマンホールガスケット-ST	金属補強AESクロスにゴムコンパウンドを含浸塗布した柔らかいガスケット	800
1420-S	スーパーマンホールガスケット-S	縦糸にステンレス線、横糸に金属補強AES糸を用いた平織りクロスにゴムコンパウンドを塗布した硬いガスケット	800

〈用途〉

ゴミ焼却場、火力発電所、製鉄所等の高温煙道・風道のフランジマンホールガスケット

図12にTOMBO™ No.1420-TH「スーパーマンホールガスケット-TH」と従来のRCF製TOMBO™ No.1400-THのシール特性の比較を示します。

〈試験条件〉

- ・流体：窒素ガス
- ・加熱条件：①常温
②600℃×16hr×1サイクル

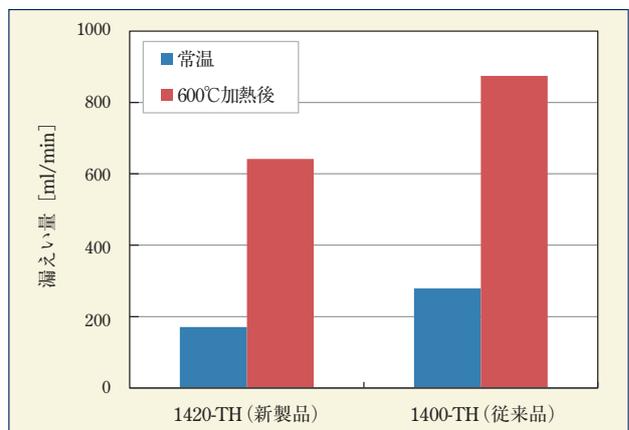


図12 TOMBO™ No.1420-THと従来品TOMBO™ No.1400-THのシール特性

TOMBO™ No.1420-THはRCFクロスを用いた従来品と比べて常温および600℃加熱後いずれにおいても漏えい量が少なく優れたシール性を有します。

3. おわりに

本稿ではRCFの代替としてAESウール「ファインフレックスBIO®」を用いた各種応用製品についてご紹介いたしました。

本製品に対するお問い合わせは工業製品事業本部省エネ製品技術開発部、配管・機器部品技術開発部までお願いいたします。

注：蒸気、水と接する条件下では繊維の強度が低下する恐れがありますので、同条件下での使用の場合はご相談ください。

- *「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。
- *「ファインフレックスBIO」および「ファインフレックス」はニチアス(株)の登録商標です。
- *本稿の測定値は参考値であり保証値ではありません。

ブロック状耐火物 TOMBO™ No.5655 「ファインブロック®」

1. はじめに

2015年11月,特定化学物質障害予防規則(以下,特化則)が改正され,従来高温炉の断熱材などに使用されていたリフラクトリーセラミックファイバー(以下,RCF)が特定化学物質となりました。

弊社ではRCF代替品^注として耐熱性に優れたアルカリアースシリケートウール(以下,AESウール)を使用した各種「ファインフレックスBIO®」応用製品を上市してまいりました。

本稿では,工業炉の内壁材や保護材として施工性に優れたブロック状耐火物TOMBO™ No.5655「ファインブロック®」についてご紹介します。

2. 「ファインブロック®」の概要

2.1 製品の概要

TOMBO™ No.5655「ファインブロック®」(以下「ファインブロック®」)は弊社独自開発のAESウール「ファインフレックスBIO® ブランケット」あるいはアルミナファイバーブランケットをブロック状に成形した特化則適用対象外の製品です(図1)。

「ファインブロック®」は図2に示す耐火物の一種で,繊維状高温材料に分類される製品です。工業炉などの内壁に施工(ライニング)され耐火レンガの保護材または代替品として使用されます。繊維状高温材料の施工法にはペーパーライニング,スタックライニング,ブロックライニング,ベニアリング法などがありますが,「ファイン



図1 「ファインブロック®」 外観

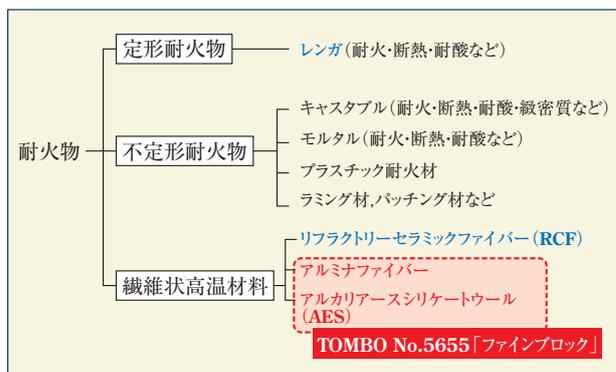


図2 耐火物の種類

ブロック®」はブロックライニングおよびベニアリング法に使用されます。

ブロックライニングは炉の内壁に使用されるレンガの代替品として,ブランケットとブロックを組み合わせて施工します(図3)。断熱性に優れ,レンガより軽量なため施工が容易です。

ベニアリング法はレンガなどの保護材として使われ,ブロックを接着材で固定し使用します(図4)。

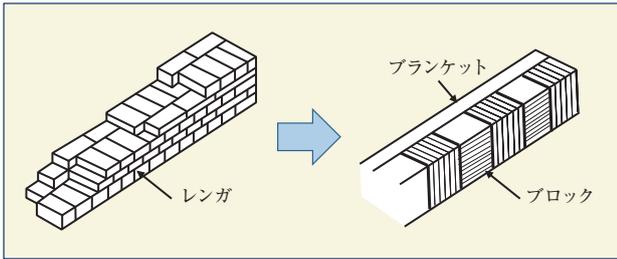


図3 ブロックライニング

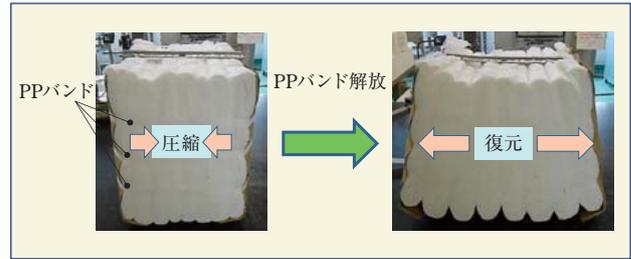


図5 「ファインブロック®」の復元

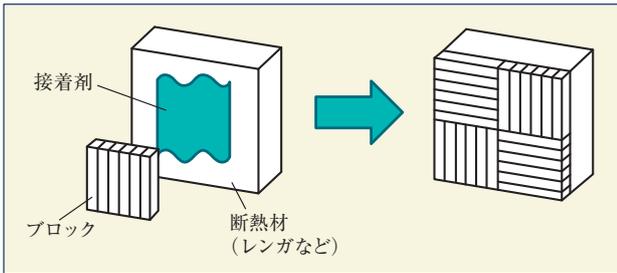


図4 ベニアリング法

2.2 製品の種類と特長

「ファインブロック®」はブランケットを積層・圧縮し、ブロック状に成形した製品です。用途に応じ、3種類の構造で製品をラインアップしております(表1)。使用温度領域に合わせ、最高耐熱温度1300℃の「ファインフレックスBIO®ブランケット」をブロック状にしたものと、最高耐熱温度1600℃のアルミナファイバーブランケットをブロック状にしたものがあります。

積層・圧縮したブランケットはタックピンで縫製もしくはPPバンドで締め、圧縮状態のまま出荷されます(図5左)。施工現場では、圧縮された状態で炉壁にならべ施工します。その後、圧縮状態を解放し復元させます(図5右)。ブランケットが積層方向に復元することで隣接するブロックと相互に密着し目地のない一体構造の炉壁となります。以下に各製品の特長をご紹介します。

2.2.1 「ファインブロック®-B」

TOMBO™ No.5655-B 「ファインブロック®-B」(以下「ファインブロック®-B」)はブランケットを切断積層しタックピンで縫製し圧縮した積層タイプのブロックです。比較的簡易に施工でき、省エネ対策としても広く普及しています。厚さ30, 50mmの薄物は主にメンテナンス性に優れた

ベニアリング材として使われています。また側板が無いため施工後の廃棄材が少ないのも特長です。バッチ炉や火葬炉などの断熱補助材として使われています。

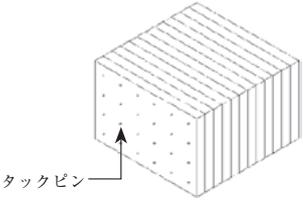
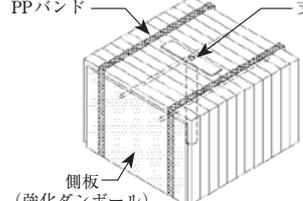
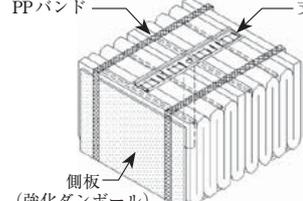
2.2.2 「ファインブロック®-S」

TOMBO™ No.5655-S「ファインブロック®-S」(以下、「ファインブロック®-S」)はブランケットを積層・圧縮し、PPバンドで締め、支持金具を付けた積層タイプのブロックです。支持金具を内蔵しており、簡便に取り付けが可能です。特に弊社独自のワンタッチ式(後述)は、工期を大幅短縮することが可能です。また、炉の天井のような作業負担のかかる場所でも比較的簡易に施工できるのも特長です。施工後はスタック構造(炉壁面に対してブランケットが直角方向になるように積層した構造)であるため、ペーパーライニングに比べ耐久性に優れます。さらにブロック単位での補修が可能でありメンテナンス性にも優れます。このような特長から、石油精製でのグランドフレア、フレアスタック、エチレン分解炉など、工業炉では焼鈍炉や浸炭炉、各種熱処理炉、加熱炉などに使われています。

2.2.3 「ファインブロック®-W」

TOMBO™ No.5655-W「ファインブロック®-W」(以下、「ファインブロック®-W」)はブランケットをプリーツ状に折りたたみ圧縮し、PPバンドで締め、支持金具を付けたアコーディオンタイプのブロックです。固定金具方式ですが、支持金具の構造がブランケットに対し、低負荷構造となっています。金具支持位置が炉外側(鉄皮側)に近いこと、酸化腐食やクリープによる損傷が

表1 「ファインブロック®」のラインアップ

製品名	ファインブロック-B		ファインブロック-S			ファインブロック-W		
TOMBO No.	5655-B16	5655-BR	5655-S13	5655-S17	5655-SR	5655-W13	5655-W17	5655-WR
タイプ	積層タイプ（縫製）		積層タイプ（PPバンド）			アコーディオンタイプ（PPバンド）		
原綿	ファインフレックスBIO	アルミナファイバー	ファインフレックスBIO	アルミナファイバー	アルミナファイバー	ファインフレックスBIO	アルミナファイバー	アルミナファイバー
密度 [kg/m³]	160	130	130	170	130	130	170	130
最高耐熱温度 [°C]	1300	1600	1300	1600	1600	1300	1600	1600
構造								
用途	ベニアリング		工業炉のライニング			鉄鋼関連向けライニング		

少なく、高温における耐久性に優れます。主に製鋼分野において、加熱炉、溶鋼鍋予熱蓋、連続铸造ラインなどに使われています。

- ・試験方法：
バンド解放前後の寸法を測定し、寸法変化率（解放後寸法÷解放前寸法×100）を算出

3. 「ファインブロック®」の特性

ブロックライニングにおいて、施工後の目地開きは耐久性・断熱性に大きく影響します。「ファインブロック®」は製造時に圧縮されており、現地にて復元させ、隣接するブロック同士が密着し一体構造となることで目地を塞ぎ、耐久性・断熱性を高めます。ここでは「ファインブロック®」の圧縮復元性と加熱後の目地開き試験結果を示します。

3.1 圧縮復元性

表2に「ファインブロック®-S」と「ファインブロック®-W」の復元性の評価として、それぞれ圧縮状態からバンドを解放し、復元した際の積層方向の寸法変化率を示します。

〈試験条件〉

- ・試験サンプル：
「ファインブロック®-S」S13,S17,SR
「ファインブロック®-W」W13,W17,WR（計6種）

試験は、それぞれ製造直後および圧縮後一定期間経過後にバンドを解放し、寸法変化率を測定しました。

試験結果から圧縮状態における積層方向の幅に対して、「ファインブロック®-S」および「ファインブロック®-W」は、製造直後および製造後日数が経過しても130%以上の寸法変化率であることがわかります。したがって、ブロック同士の密着性がよく目地開きがしにくいと考えられます。

表2 「ファインブロック®」の復元性

製品タイプ		寸法変化率			
		製造直後	3日後	7日後	10日後
ファイン ブロック-S	S13	141%	134%	136%	132%
	S17	143%	141%	144%	141%
	SR	152%	152%	146%	152%
ファイン ブロック-W	W13	142%	139%	138%	139%
	W17	141%	142%	146%	137%
	WR	147%	147%	147%	147%

3.2 目地開き試験

加熱によるブロック間の目地開きについて確

認試験を行いました。試験は3タイプの構造について以下の条件で行いました。

〈試験条件〉

- ・ 試験サンプル：
 - 「ファインブロック®-B」B16
 - 「ファインブロック®-S」S13
 - 「ファインブロック®-W」W13（計3種）
- ・ サンプル数：3×3（配置は図6参照）
- ・ 寸法：300mm×300mm×厚さ280mm
- ・ 加熱条件：1300℃×24h

図7に加熱前と1300℃で24時間加熱後の目地開き試験結果を示します。各試験サンプルとも、圧縮状態を解放し復元した加熱前の状況は、隣接するブロック同士の隙間がすべて塞がれていることがわかります。加熱後の状況も同様にブロック同士の隙間は塞がれたままであり、目地開きは確認されませんでした。

4. 「ファインブロック®」の固定方法

「ファインブロック®-S」と「ファインブロック®-W」はブロック本体と支持金具より構成されており、躯体に合わせ各種固定方法を選ぶことができます。固定方法は大きく分けて3つのタイプに分類できます。

- ①内止め式（標準仕様）
- ②外止め式
- ③ワンタッチ式（弊社独自仕様）

一般的には、鉄皮にアンカーボルトを溶接する内止め式が採用されています。鉄皮に溶接できない場合や鉄皮への穴あけが可能で、炉壁の外側より作業したい場合は外止め式を使用します。ワンタッチ式は施工時間を大幅に短縮する弊社独自の施工法でナットを使わない固定方法です。

「ファインブロック®」の固定方法の一例として図8にワンタッチ式（「ファインブロック®-S」）の構造と、図9に取り付け手順を示します。

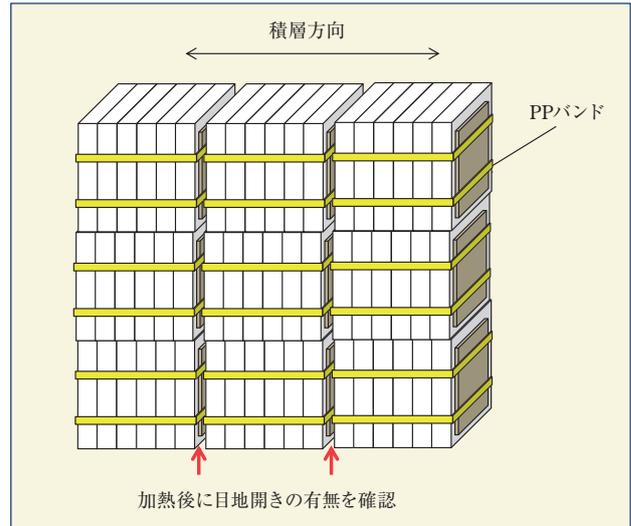


図6 ブロックの初期配置例（3×3）

ファインブロック-B B16	
加熱前	加熱後(1300℃×24h)
目地開き無し	目地開き無し

ファインブロック-S S13	
加熱前	加熱後(1300℃×24h)
目地開き無し	目地開き無し

ファインブロック-W W13	
加熱前	加熱後(1300℃×24h)
目地開き無し	目地開き無し

図7 目地開き試験結果

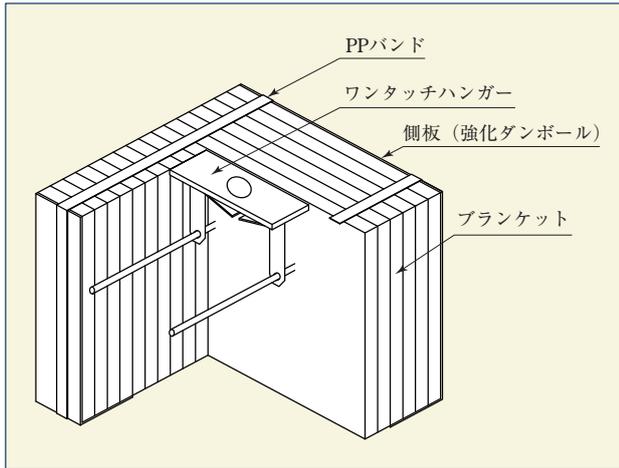


図8 ワンタッチ式（ファインブロック®-S）の構造

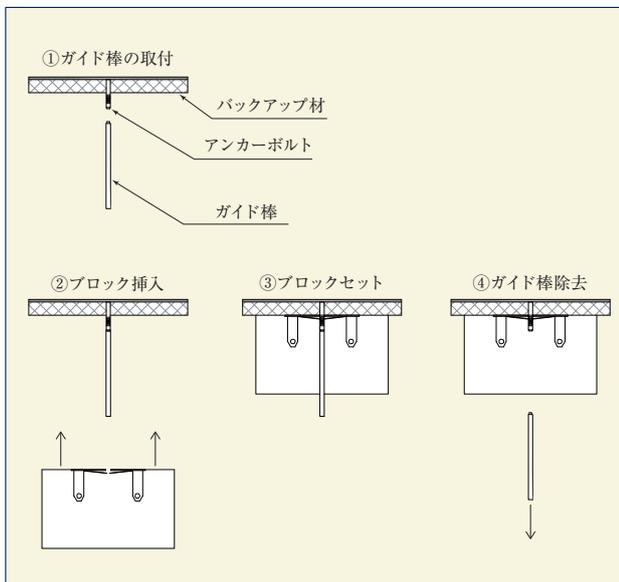


図9 ワンタッチ式ブロックの取り付け手順

《ワンタッチ式ブロックの取り付け手順》

- ① 予め設置しておいたアンカーボルトにガイド棒を取り付ける。
- ② ガイド棒に沿わせてブロックを挿入する。
- ③ ブロックを押し込み固定する。
- ④ ガイド棒をはずす。

ワンタッチ式は従来のナットで締める内止め式に比べ、取付工数が短縮され、取り付け時間を半減することができます。

5. おわりに

本稿では特化則適用対象外のブロック状耐火物 TOMBO™ No.5655 「ファインブロック®」についてご紹介させていただきました。

今後、環境・安全・省エネに配慮した製品が求められると考えており、一層の製品開発、技術開発につとめ、社会、お客さまに貢献していく所存です。なお、本製品ならびに関連製品のお問い合わせは工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部までお願いいたします。

注：蒸気、水と接する条件下では繊維の強度が低下する恐れがありますので、同条件下での使用の場合はご相談ください。

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。
 *「ファインブロック」はニチアス(株)の登録商標です。
 *本稿の測定値は参考値であり保証値ではありません。

ペースト状不定形耐火物

TOMBO™ No.5675「ファインフレックスBIO® キャスト」

1. はじめに

工業炉の炉壁の亀裂や目地開きは断熱性能の低下をきたし、エネルギーロスの増大を招くため修復が必要になります。しかし、全面改修にはコストがかかるため不具合箇所を部分的に補修・修復して延命を図ることが行われています。

このような用途の補修材として、これまでに弊社はTOMBO™ No.5420「ファインフレックス® ファイバーキャスト」を上市しており、施工の容易性などから多くのお客さまの支持をいただいております。

2015年11月に特定化学物質障害予防規則が施行され、リフラクトリーセラミックファイバー（以下、RCF）が特定化学物質となりました。

本稿では同規則適用対象外の製品として、アルカリアースシリケートウール（以下、AESウール）を用いたTOMBO™ No.5675「ファインフレックスBIO® キャスト」についてご紹介します。

2. 「ファインフレックスBIO® キャスト」の概要

2.1 製品の概要

「ファインフレックスBIO® キャスト」は、弊社独自開発のAESウール「ファインフレックスBIO®」と無機バインダーなどを湿式混合したペースト状の製品です（図1）。開梱と同時にご使用いただけるとともに、特殊な形状、複雑な箇所への施工も容易に行える補修材です。表1に示すように用途に応じ、コテ塗り施工に適した汎用品

2種（標準タイプ、高密度タイプ）と、ポンプ施工用の計3種をラインアップしております。



図1 TOMBO™ No.5675「ファインフレックスBIO® キャスト」

表1 「ファインフレックスBIO® キャスト」

TOMBO No.	製品名	用途
5675-400	ファインフレックスBIO キャスト400	汎用品 (標準タイプ)
5675-700	ファインフレックスBIO キャスト700	汎用品 (高密度タイプ)
5675-400P	ファインフレックスBIO キャスト400P	ポンプ施工用

2.2 特長と用途

2.2.1 「ファインフレックスBIO® キャスト400」 「ファインフレックスBIO® キャスト700」

汎用品2種はそれぞれ標準タイプが補修材、目地充填材向け、高密度タイプがライニング向けの製品となっており、以下の特長を持っております。

〈特長〉

- ・ペースト状の柔らかい製品のため、コテ塗り、タンピング施工が容易です。
- ・乾燥および加熱によって、耐風速性に優れた強度のある補修面となります。
- ・特殊な形状、複雑な箇所への施工が容易です。
- ・各種炉壁の補修に使用できます。

〈用途〉

- ・鉄鋼用加熱炉のスキットパイプホスト部
- ・鋳造用加熱炉の天井・側壁
- ・ガラスタンク窯蓄熱室の外壁シール
- ・バーナータイル
- ・既設耐火物の補修

〈用途〉

- ・鉄鋼加熱炉の目地注入、炉壁吹付断熱施工
- ・鉄鋼熱風炉レンガのバック充填
- ・一般工業炉の各種目地注入施工

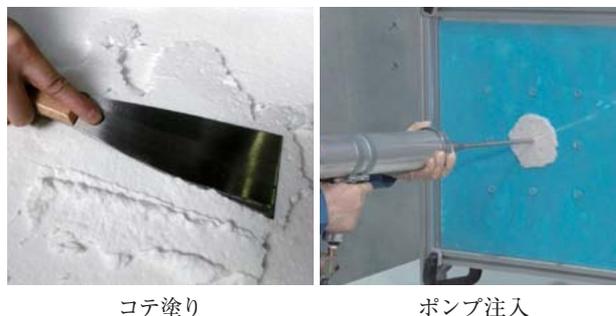


図2 施工イメージ

2.2.2 「ファインフレックス BIO® キャスト 400P」

ポンプ注入およびスプレー工法に適した粘性と接着性をもった製品のため、そのまま容易にポンプ圧送ができます。

〈特長〉

- ・炉壁の亀裂、目地開きなどに対しポンプ注入することにより、炉壁の延命に有効です。
- ・専用圧送ポンプ、注入機および吹付機を使用することで、能率の高い施工が可能です。
- ・特殊な形状、複雑な箇所への注入施工が容易で、乾燥後の補修部位は高い強度を保ちます。

2.3 物性

「ファインフレックス BIO® キャスト」と従来品である TOMBO™ No.5420 「ファインフレックス® ファイバーキャスト」(以下、「ファイバーキャスト」と)との物性の比較を表2に示します。各種物性は従来の「ファイバーキャスト」と同等です。

ただし、「ファインフレックス BIO® キャスト」の最高耐熱温度は、AESウールの特性から1300℃としております。また、保管期間は未開封で、冷暗所(4℃以上)に保管した場合、製造後6ヶ月です。

表2 「ファインフレックス BIO® キャスト」と「ファインフレックス® ファイバーキャスト」の物性比較

製品名	ファインフレックス BIO キャスト			ファインフレックスファイバーキャスト			
	TOMBO No.	5675-400	5675-700	5675-400P	5420-400	5420-700	5420-400P
特長	コテ塗り施工	コテ塗り施工	ポンプ施工	コテ塗り施工	コテ塗り施工	ポンプ施工	
使用繊維	AESウール			RCF			
化学組成	SiO ₂ , MgO, CaO その他			Al ₂ O ₃ , SiO ₂			
色調	白～淡白色			白色			
最高耐熱温度	1300			1400	1500	1400	
ちょう度 [1/10mm]	220	220	325	225	225	355	
密度 [kg/m ³]	常態 (乾燥前)	1160	1320	1160	1100	1200	1100
	110℃乾燥後	450	750	480	450	700	450
24h加熱収縮率 [%]	1100℃	1.5	1.3	1.5	2.0	1.9	1.7
	1200℃	1.5	1.4	1.5	2.4	2.8	2.8
	1300℃	1.5	1.6	1.5	3.5	4.4	4.1
曲げ強度 [MPa]	110℃乾燥後	0.63	0.92	0.87	0.50	0.52	0.90
	1200℃	0.39	0.85	0.37	0.30	0.93	0.50
熱伝導率 [W/(m・K)] 600℃	0.19	0.20	0.22	0.15	0.18	0.21	

3. 「ファインフレックス BIO® キャスト」の施工例

「ファインフレックス BIO® キャスト」の施工性は従来品の「ファイバーキャスト」と同等であることを確認しております。

以下にエアースキミングガンによる注入施工例を示します。

この方法は図3に示すように、あらかじめポリ袋に「ファインフレックス BIO® キャスト 400P」を充填したカセットをエアースキミングガンに装着して注入施工する方法です。特に施工場所が点在している場合や中量の施工に有効です。



図3 エアースキミングガンとカートリッジの装填

ここでは炉壁ホットスポット箇所のケーシングに注入孔を設け、断熱材とケーシングの隙間を注入補修する模擬試験を行いました。図4に示す試験装置に「ファインフレックス BIO® キャスト 400P」を注入した状況を図5に示します。

注入開始後、周辺の注入孔から「ファインフレックス BIO® キャスト 400P」が噴出した時点で一度注入を終了します。その後、噴出した注入孔に注入を繰り返すことで広範囲への施工が可能となります。

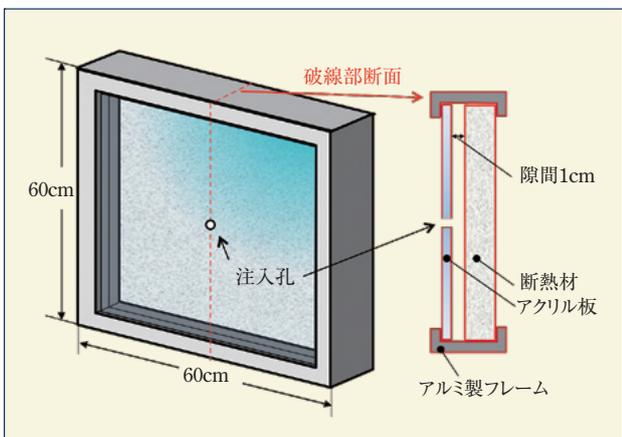


図4 注入試験装置

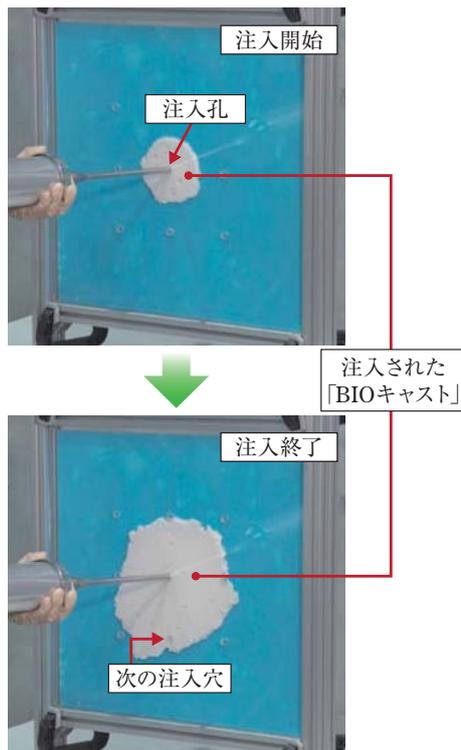


図5 「ファインフレックス BIO® キャスト」の注入試験

4. おわりに

本稿では弊社で独自開発したAESウール「ファインフレックス BIO®」を用いた「ファインフレックス BIO® キャスト」についてご紹介いたしました。

今後、環境・安全・省エネに配慮した製品がより求められると考えており、一層の製品開発、技術開発につとめ、社会、お客さまに貢献する製品を提供していく所存です。

なお、本製品ならびに関連製品のお問い合わせは工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部までお願いいたします。

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。
 *「ファインフレックス BIO®」および「ファインフレックス」はニチアス(株)の登録商標です。
 *本稿の測定値は参考値であり保証値ではありません。

高温耐熱ボード

TOMBO™ No.5461-16LDA 「RFボード™ 16LDA」

TOMBO™ No.5461-17MDA 「RFボード™ 17MDA」

1. はじめに

2015年11月に特定化学物質障害予防規則（以下、特化則）が改訂され、これまで工業炉、製鉄向け高温炉の断熱材などに広く使用されていたリフラクトリーセラミックファイバー（以下、RCF）が特定化学物質となりました。

本稿では、RCFを使用しない高温耐熱ボードとして、TOMBO™ No.5461-16LDA 「RFボード™

16LDA」、TOMBO™ No.5461-17MDA 「RFボード™ 17MDA」についてご紹介します。

2. RCFフリーボードの製品ラインアップ

図1に弊社の従来の高温耐熱ボード製品と特化則適用対象外となるRCFフリーボードの新ラインアップを示します。新ラインアップには1200℃程度まで使用可能なTOMBO™ No.5625 「ファイン

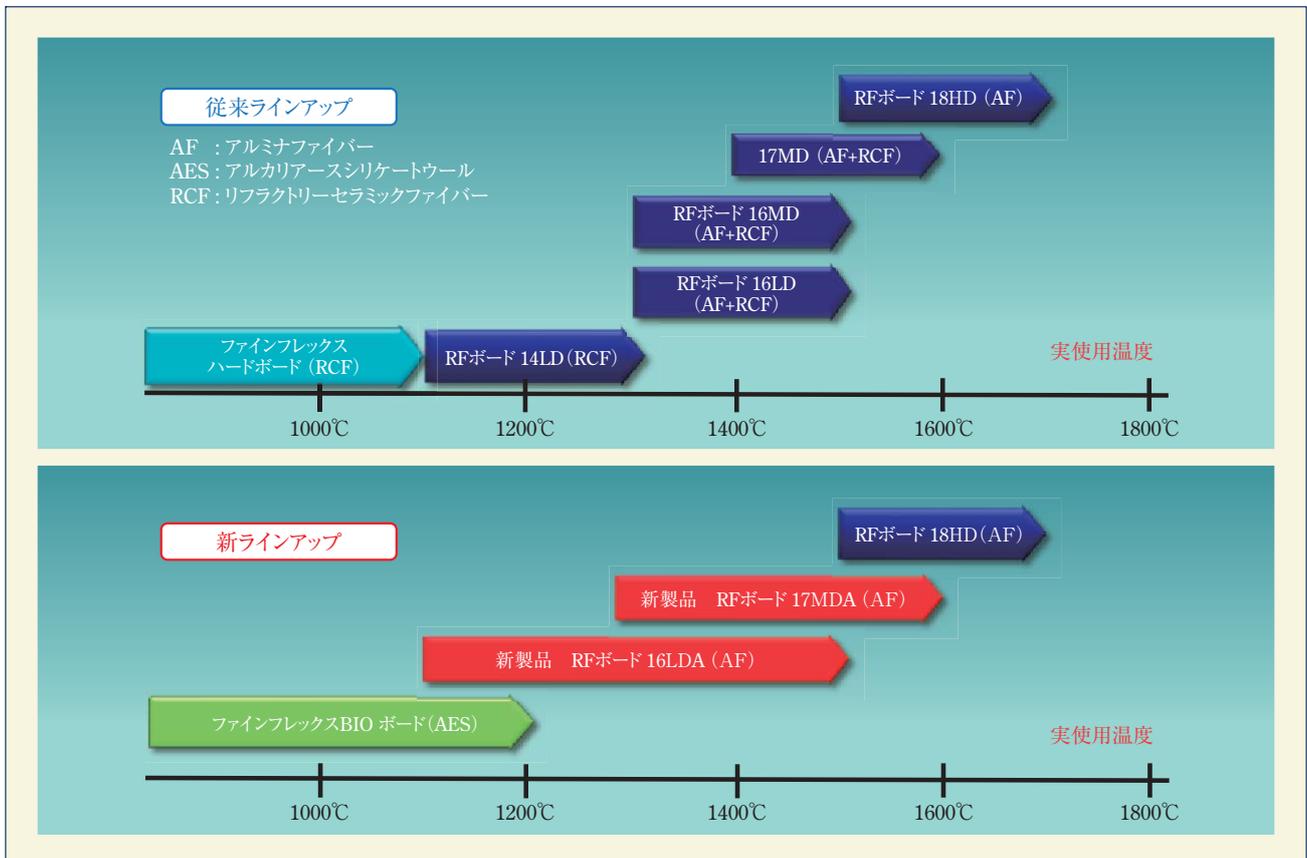


図1 RCFフリーボードのラインアップ

フレックス BIO® ボード」と TOMBO™ No.5461「RFボード™」があります。

この中で今回発売の TOMBO™ No.5461-16LDA「RFボード™ 16LDA」(以下,「16LDA」)と、TOMBO™ No.5461-17MDA「RFボード™ 17MDA」(以下,「17MDA」)は、従来の「RFボード™」のさまざまな物性を再評価して開発したものです。温度別や用途別に細分化されていた「RFボード™」の品種構成を大きく見直し簡素化したしました。

3.「RFボード™ 16LDA」,「RFボード™ 17MDA」

3.1 製品概要

「16LDA」と「17MDA」は、アルミナファイバーとアルミナ粉末を水中に分散し、有機および無機バインダーを加えてボード状に成形した断熱材です(図2)。

表1, 2にそれぞれの特長と標準寸法を示します。



図2 「RFボード™」の外観

〈用途〉

- ・一般高温炉用断熱材
- ・窯炉の天井, 壁面の断熱材, バックアップ材
- ・高温炉用窯道具

表1 「RFボード™」の特長

TOMBO No.	製品名	特長	最高耐熱温度 [°C]
5461-16LDA	RFボード 16LDA	低密度タイプ	1600
5461-17MDA	RFボード 17MDA	高密度タイプ	1700

表2 「RFボード™」の標準寸法

厚さ [mm]	幅×長さ [mm]
25	600×900
40	
50	

3.2 従来品との物性比較

表3に「16LDA」,「17MDA」と従来の「RFボード™」との物性比較を示します。

低密度タイプの「16LDA」は従来品と同等の幅広い実使用温度域に加え、構造材としても使用可能な強度を有しています。これにより、1500°C以上で使用される高温炉の炉壁のバック材としての使用のほか、電気炉の内壁材(加熱面)としても使用可能です。

高密度タイプの「17MDA」は、最高耐熱温度1700°Cの製品で、高温域で優れた断熱性能を有しており、加熱面を含めた炉壁全体に使用可能です。また、後述するように、従来よりも化学的安定性が改善されています。

いずれのボードも従来どおり鋸やドリルなど汎用の工具で簡単に所定形状に加工が可能な製品となっています。

表3 「RFボード™」新製品と従来品の物性比較

TOMBO No.	新製品			従来品		
	5461-16LDA	5461-17MDA	5461-14LD	5461-16LD	5461-17MD	
密度 [kg/m³]	200	400	250	180	400	
最高耐熱温度 [°C]	1600	1700	1400	1600	1700	
組成 [mass%]	Al ₂ O ₃	82	84	45	65	75
	SiO ₂	18	16	55	35	25
曲げ強度 [MPa]	0.7	1.5	0.6	0.5	1.2	
加熱収縮率 [%] (加熱温度)	-0.3 (1600°C)	0.1 (1700°C)	2.3 (1400°C)	1.4 (1600°C)	-0.6 (1700°C)	
熱伝導率 [W/(m·K)] at 600°C	0.13	0.14	0.13	0.13	0.16	

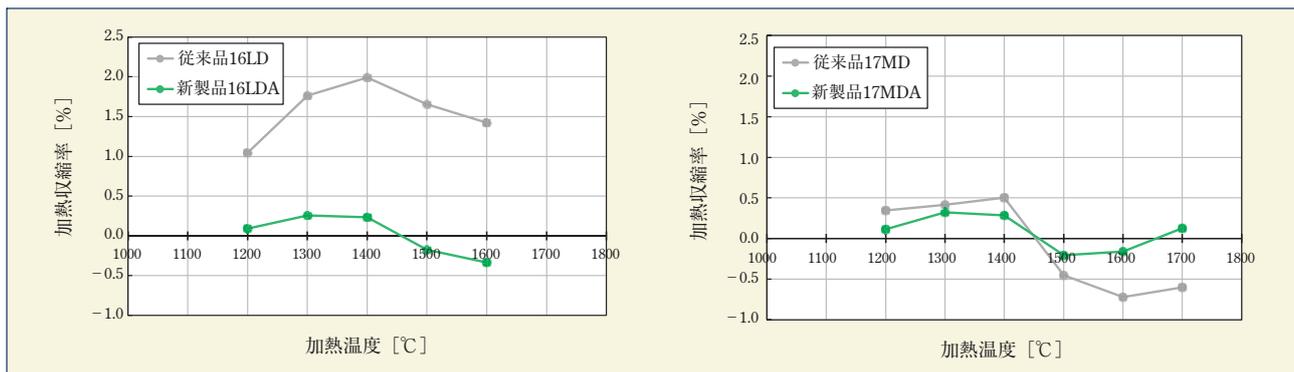


図3 「16LDA」と「17MDA」の加熱収縮率

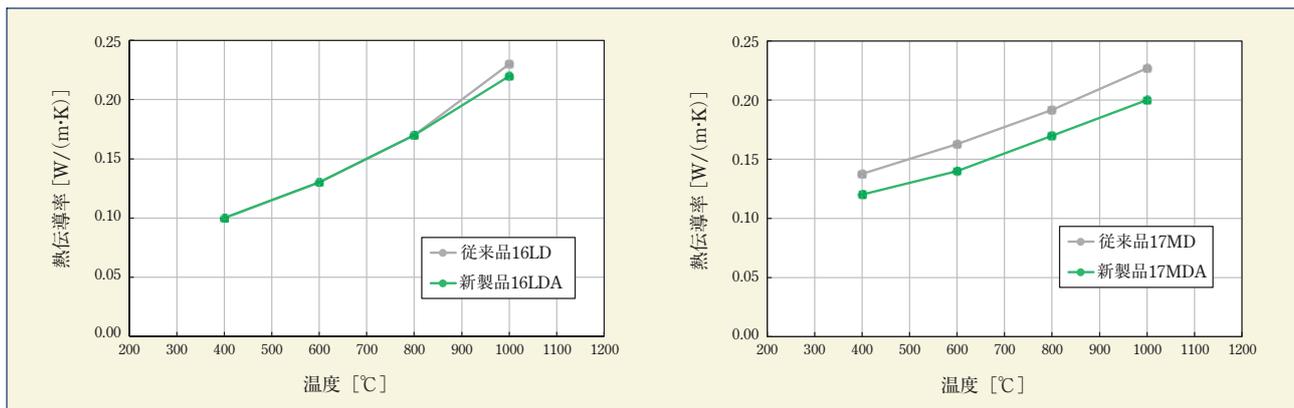


図4 「16LDA」と「17MDA」の熱伝導率

3.3 加熱収縮率

図3に「16LDA」, 「17MDA」を所定の加熱温度で24時間保持後の加熱収縮率を示します。比較として従来品のTOMBO™ No.5461「RFボード™16LD」, 「RFボード™17MD」(それぞれ以下「16LD」, 「17MD」)のデータも示します。

新製品の「16LDA」, 「17MDA」は、従来品と比べ、加熱収縮率の変化が大幅に小さいことがわかります。寸法安定性が優れることから、従来品よりも高温炉の断熱設計がさらに容易に出来るようになりました。

〈試験条件〉

- ・試験体寸法：150×50×25mm
- ・測定方向：150mm(長手方向)
- ・熱処理：所定の加熱温度×24hr

3.4 熱伝導率

図4に「16LDA」, 「17MDA」の熱伝導率を示します。新製品の「16LDA」の熱伝導率は従来

品と同等であることがわかります。また「17MDA」は従来品よりも熱伝導率が低く断熱性がすぐれていることがわかります。

表3に示すとおり新旧それぞれ対応する製品の密度は同程度であることから、従来の「RFボード™」から新製品への置き換えも熱設計を変えることなく可能です。

〈試験条件〉

- ・測定方法：周期加熱法
- ・測定温度：400℃, 600℃, 800℃, 1000℃

3.5 耐アルカリ性

電子部品や電池用電極材などを焼成する工業炉では、アルカリガスが発生する材料を焼成する場合があります。断熱材がアルカリガスにさらされると損耗が激しくなり脱落、剥離などの問題が発生します。ここでは「16LDA」, 「17MDA」の耐アルカリ試験を図5に示す方法で行いました。

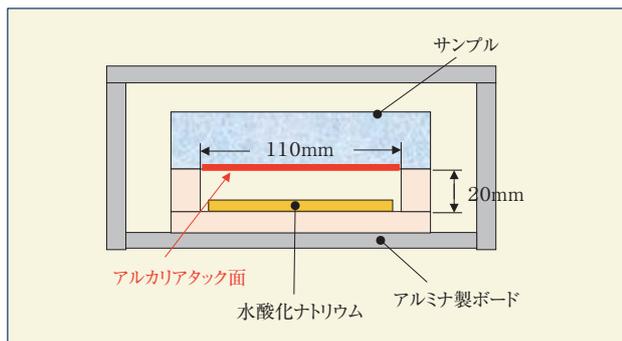


図5 耐アルカリ試験方法

アルカリ源として水酸化ナトリウムを板上に敷き詰め、図に示すようにサンプルを設置したのち、電気炉で加熱してアルカリ雰囲気暴露させます。

耐久性の評価は加熱後、アルカリ劣化により発生するボード表面の変化を観察して行いました。試験結果を図6に示します。

〈試験条件〉

- ・試験体寸法：150×40×50mm
- ・加熱温度：1100℃×8hr×4サイクル
- ・水酸化ナトリウム：10g／サイクル

	17MD(従来品)	16LDA	17MDA
試験前			
2サイクル			
4サイクル			

※クラック発生部分は、ペンにて着色

図6 耐アルカリ試験結果 (アルカリアタック面)

従来品の「17MD」は加熱2サイクルでアルカリアタック面にしわ状の凹凸と微小クラックが確認されました。4サイクルでは全体的にクラックの拡大が見られ、一部の剥離が確認されました。これに対し、「16LDA」は2サイクルでは変化は確認されず、4サイクルで微小なクラックがみられました。「17MDA」は2サイクルでわずかなクラックが生じ、4サイクルでクラックの進展が見られましたが、剥離には至りませんでした。このことから新製品の「16LDA」「17MDA」は、従来品よりも大幅に耐アルカリ性が向上しています。

4. おわりに

本稿では、RCFフリーの高温耐熱ボードとして、TOMBO™ No.5461-16LDA「RFボード™ 16LDA」とTOMBO™ No.5461-17MDA「RFボード™ 17MDA」についてご紹介いたしました。

今後、環境・安全・省エネに配慮した製品がより求められると考えており、一層の製品開発、技術開発につとめ、社会、お客さまに貢献する製品を提供していく所存です。

本製品に対するお問い合わせは、工業製品事業本部 省エネ製品技術開発部までお願いします。

*「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。
 *「ファインフレックスBIO」はニチアス(株)の登録商標です。
 *「RFボード」はニチアス(株)の商標です。
 *本稿の測定値は参考値であり保証値ではありません。

ファインフレックス BIO® 製品ラインアップ



ファインフレックスBIO® バルク

アルカリアースシリケート(AES)ウールが集合し、綿状にした製品です。



ファインフレックスBIO® ブランケット

アルカリアースシリケート(AES)ウールを連続的に積層し、ブランケット状に成形し、ニードル加工した製品です。



ファインフレックスBIO® ボード

アルカリアースシリケート(AES)ウールに無機および有機バインダーを添加し、吸引成形法により板状に成形した製品です。



ファインフレックスBIO® モールド

アルカリアースシリケート(AES)ウールに無機および有機バインダーを添加し、吸引成形法により種々の形状に成形した製品です。



ファインブロック®

ファインフレックスBIO®ブランケットをブロック状に成形した製品です。



ファインフレックスBIO® キャスト

アルカリアースシリケート(AES)ウールと無機バインダーなどを湿式混合したペースト状の不定形耐火材です。



ファインフレックスBIO® ペーパー

アルカリアースシリケート(AES)ウールに有機バインダーを加え、抄造機により紙状にした製品です。



セラミックフェルトン™

アルカリアースシリケート(AES)ウールとガラスファイバーを混合し、フェルト状に仕上げた後、ニードル加工した製品です。



ファインフレックスBIO® 紡織品

アルカリアースシリケート(AES)ウールを縫製により各種形状に加工した製品です。

お問い合わせ先

ニチアス株式会社 <http://www.nichias.co.jp/>
工業製品事業本部 〒104-8555 東京都中央区八丁堀1-6-1 TEL: 03-4413-1131
【東京】TEL:03-4413-1138 【名古屋】TEL:052-611-9211 【大阪】TEL:06-6252-1371 【九州】TEL:092-739-3630

*本冊子に記載された内容は予告なく変更することがあります。あらかじめご了承ください。

*「ファインフレックスBIO」、「ファインブロック」はニチアス株の登録商標です。

*「セラミックフェルトン」はニチアス株の商標です。

●発行日
平成29年7月18日

ニチアス技術時報

●印
●刷
ニチアス株式会社
株式会社栄光舎

●編集
ニチアス技術時報編集委員会

無断転載を禁ず