

SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

イソライト工業株式会社
「高性能耐火断熱ボードと生体溶解性
ファイバ製品」

Isolite Insulating Products Co., Ltd.
“High Quality Ceramic Fiber Board and Bio
Soluble Fiber Product”

中 島 幸 次
Koji NAKASHIMA

前 田 六 郎
Rokuro MAEDA

品川技報

イソライト工業株式会社

「高性能耐火断熱ボードと生体溶解性ファイバ製品」

Isolite Insulating Products Co., Ltd.
“High Quality Ceramic Fiber Board and Bio Soluble Fiber Product”

中 島 幸 次^{*1} 前 田 六 郎^{*2}
Koji NAKASHIMA Rokuro MAEDA

要 旨

弊社は独自の技術で高性能耐火断熱ボード（イソウール1260SIボード）と安全を考慮した生体溶解性ファイバ（イソウールBSSR）を開発した。1260SIボードは従来ボードと比べ断熱性が約4割改善されたことにより工業炉のさらなる省エネに寄与し、曲げ強さが約2倍となり取り扱い性が向上した。またBSSRは生体溶解性ファイバ（BSF/Bio Soluble Fiber）として具備すべき基準を十分に満足し、適用箇所は従来のセラミックファイバの一部代替だけでなく、建築物の防火材のほか家庭用品にまで広がっている。

Abstract

Isolite has developed the new high quality ceramic fiber board products ISOWOOL 1260 SI-BOARD and ISOWOOL BSSR which is made of inorganic bio soluble fiber. SI-BOARD is 40% better in heat insulation than conventional ISOWOOL 1260 BOARD and is used as heat insulation in industrial heaters to reduce fuel consumption. Because its strength against rupture is twice that of the conventional one, it can be handled more easily. BSSR shows sufficient properties satisfying the standards of bio soluble fiber, thus it is used not only as a substitute for ceramic fiber but as a fire protection material and for heat insulation of home appliances.

1. 製品の歩みと高性能製品の紹介

弊社は1927年の創業時より耐火断熱材の製造販売を行っている。当初は珪藻土を利用した1000℃耐用の耐火断熱レンガを扱っていたが、重化学工業の発展に伴う高品質化の要求に応えるべくアノサイト質の1300℃耐用品やアルミナ比率の高い1500℃耐用品、アルミナ質の1800℃耐用品を製品化した。

1. Isolite Insulating Refractory and New High Quality Products

Isolite has been producing and selling insulating refractories since its establishment in 1927. Isolite produced and sold 1000℃ grade insulating bricks made of diatomite in the beginning. After that, Isolite started to produce high quality 1300℃ grade anorthite insulating fire brick,

*1 イソライト工業株式会社 技術部 部長 General Manager, Engineering Service Department, Isolite Insulating Products Co., Ltd.

*2 イソライト工業株式会社 技術部 Engineering Service Department, Isolite Insulating Products Co., Ltd.

また、省エネが広く意識されるようになりそれまでの定形品と不定形品に加え、セラミックファイバ(鉱物性繊維質耐火断熱材)も製品化した。初期のセラミックファイバの品質は1260℃耐用品であったため用途は限定的であったが、その優れた断熱性が高く評価されるに従い、用途の拡大が求められ1400℃耐用品、1500℃耐用品、1600℃耐用品を製品化した。今日、セラミックファイバには今まで以上の高品質化が求められている。また、アスベストで引き起こされるような健康障害を生じない生体溶解性のあるものも求められている。

ここでは、その要請に応じて製品化した高性能ボードと生体溶解性ファイバを紹介する。

2. 高性能耐火断熱ボード

(イソウール1260SIボード)

おもに工業炉において省エネのため軽量低熱伝導率の断熱ボードが使われている。このようなボードとしては珪酸カルシウム系のボードや赤外線遮蔽材を添加したボード、シリカ微粒子(マイクロポーラス)系のボードなどがあるが、最高使用温度が1000℃程度と低いので炉壁の鉄皮側(最も背面側)に使われる例が多い。温度的な制約がない場合でも、これらのボードには表面の粉立ちがあるため、使用劣化による表層剥離(ボロフリ)、それによる焼成物の表面汚染の問題があり、内張りには適さず鉄皮側に使われる。他に粉立ちは施工や加工の時の作業環境を悪くする問題がある。また中には耐水性に劣るものや強度が弱いものがあり、耐用上問題となることがある。

弊社が開発・製品化したイソウール1260SIボードは上記欠点をすべて解決したものである。すなわち、軽量、低熱伝導率性、最高使用温度向上、粉立ち・表層剥離抑制、耐水性、高強度などの特性を備えた製品である。以下に本製品の特徴を詳

1500℃ grade high alumina brick and 1800℃ grade alumina brick in accordance with the growth of the heavy and chemical industry.

Also, when society began to consider reducing fuel consumption to be important, Isolite started to produce artificial inorganic fiber material which is ceramic fiber in addition to conventional insulating fire bricks. The early ceramic fiber products had a maximum service temperature of 1260℃ thus the scope of its application was not very large. However, the advantages of heat insulation have been appreciated very much and now, 1400℃-grade, 1500℃-grade and 1600℃-grade ceramic fibers are produced and the application scope has been extended. Today, not only the ceramic fiber is of better quality but it has a bio soluble ecology friendly property, which does not cause lung cancer like asbestos or other inorganic fibers.

This paper introduces a high quality ceramic fiber board and bio soluble fiber.

2. High Quality Ceramic Fiber Board of ISOWOOL 1260 SI-BOARD

Refractory insulating boards which are light with low thermal conductivity are generally used for industrial furnaces for heat insulation. Typically, there are three types of boards made of calcium silicate, infrared radiation shielding material, and fine silica particles (micro porous board). They are generally used on the outside of furnace linings because of their low maximum service temperature of approximately 1000℃. Even when the operating temperature of the furnace is below 1000℃, application of these

Table 1 Properties of ceramic fiber boards

Properties	Unit	ISOWOOL 1260 SI BOARD (Improved)	ISOWOOL 1260 BOARD (Conventional)
Max Service Temp.	[°C]	1260	1260
Bulk Density	[kg/m ³]	190	250
Modulus of Rupture	[MPa]	1.0	0.5
Liner Shrinkage At 1200°C × 24hrs	[%]	2.5	2.5
Thermal Conductivity At 600°C	[W/(m K)]	0.07	0.12
Chemical Composition Al ₂ O ₃ SiO ₂	[mass%]	44 54	44 54

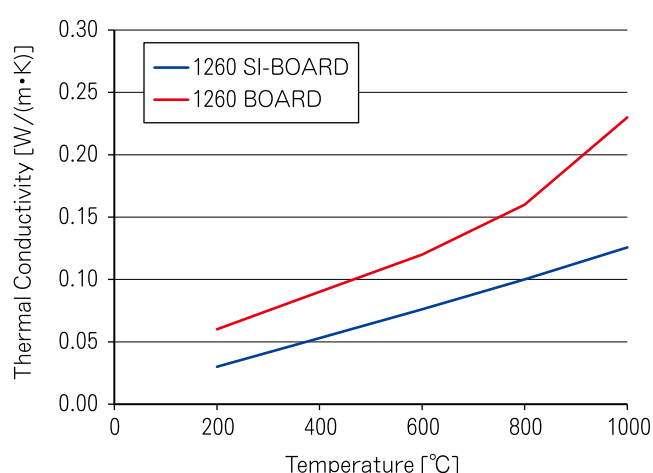


Fig. 1 Thermal conductivity of SI-Board and 1260 Board

述する。

この1260SIボードは最高使用温度1260°CのAl₂O₃+SiO₂質のセラミックファイバボード（イソウール1260 ボード）をベースにしたもので、非繊維粒状物（ショット）が少ないセラミックファイバを使用して製造されたものである。1260SIボードの品質はTable 1とFig. 1に示すとおりで、最高使用温度は従来の1260ボードと同じ1260°Cであり、上記断熱ボードに比べ優れている。熱伝導率は1260ボードに比べ約4割小さく断熱性が向上し、嵩密度は約2.5割小さく、より軽量になって

boards to inner lining is not recommended since dust-like particles and flakes caused by material fatigue during long term use tends to stain the product's surfaces. Also, dust-like particles and flakes make operation environment worse. Furthermore, some of them show insufficient water-proof properties and some of them are fragile, thus, it is unfavorable to its durability.

Hence, Isolite developed a new refractory insulating board which does not have the above defects. The characteristics of newly-developed ISOWOOL 1260 SI-BOARD are; light-weight, low thermal conductivity, higher maximum service temperature, no dust-like articles on the surface, water proof, and strong.

The SI-BOARD is made of the ceramic fiber with a maximum service temperature of 1260°C and containing mainly Al₂O₃ and SiO₂. In addition, the aggregates named shots, which are the lump of the ceramic fibers included in the boards, are reduced. Its properties are shown in Table 1 and Fig. 1. The maximum service temperature, 1260°C, is equivalent to ISOWOOL

いる。表面は滑らかで粉立ちはなく、セラミックファイバ質であることから耐水性もある。さらには、機械的な曲げ強さも1260ボードの2倍になったためより取り扱いやすくなった。

特に熱伝導率が改善されたことにより、1260SIボードを使った炉壁の外表面温度は1260ボードを使ったものより下がることが期待される。具体的に、1260SIボードと1260ボードを使った炉壁断熱構成を想定した比較計算を行った。結果をFig. 2とFig. 3に示す。内面温度（炉内温度）を1000℃

1260 BOARD. The thermal conductivity of it is about 40% lower than the 1260 BOARD so as to obtain the better heat insulation. The bulk density is about 25% lower than the 1260 BOARD, and the surface is clear without dust-like particles. It is water proof because it is made of ceramic fibers. The high rupture strength is about twice of 1260 BOARD, and it can be handled more easily.

Since the thermal conductivity of the SI-BOARD is lower than the 1260 BOARD, the outer surface temperature of the lining using the SI-BOARD is expected to be lower. The effect was evaluated by heat transfer simulative calculation assuming that the operation temperature was 1000℃. The results are shown in Figs. 2 and 3. As shown in the figures, the outer surface temperature of the lining using SI-BOARD is 86℃. On the other hand, 90℃ was achieved when 1260 BOARD was substituted for SI-BOARD. Hence, reduction of the outer surface temperature is 4℃. The impact was assessed 6% taking ambient temperature, 25℃, into consideration. The heat flow of the lining with SI-BOARD is 715W/m² and that of the 1260 BOARD is 781W/m², the heat flow reduction is 66W/m² (8%). The heat storage of the lining using SI-BOARD is 12.8MJ/m² and that of the 1260 BOARD is 14.2MJ/m², the reduction is 1.4MJ/m² (10%).

This shows that we can reduce fuel consumption by replacing the 1260 BOARD with the SI-BOARD without changing the lining thickness of heat insulation.

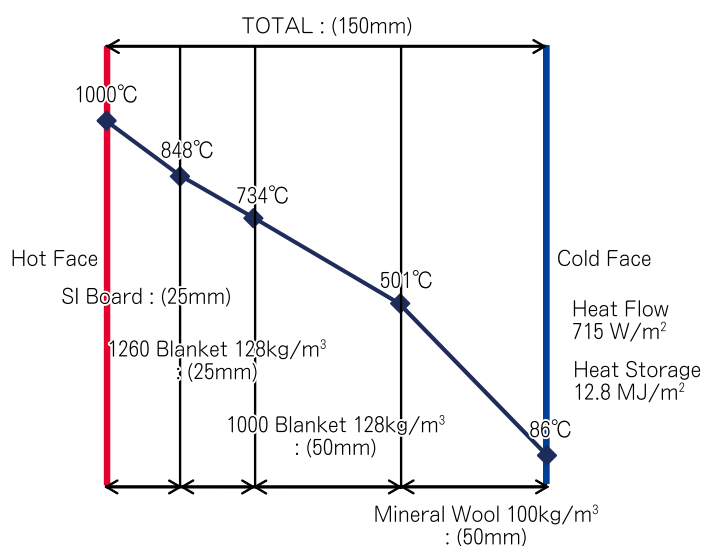


Fig. 2 Heat calculation of SI Board lining system.

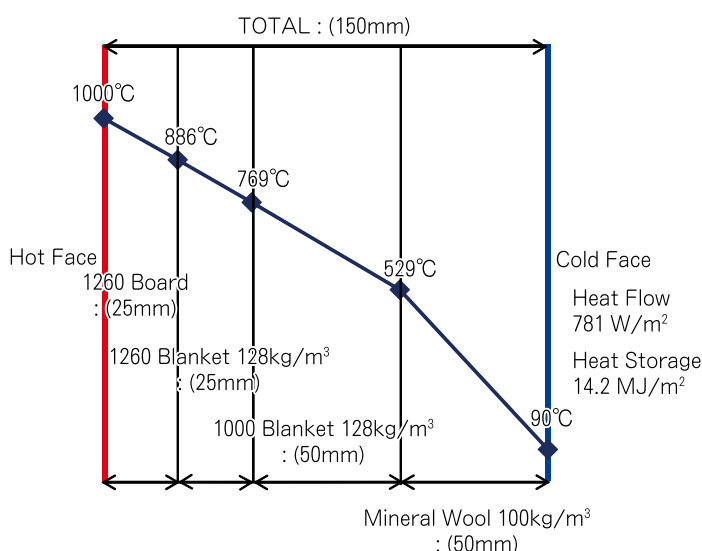


Fig. 3 Heat calculation of 1260 Board lining system.

として計算したところ、1260ボードを使った構成では外表面温度は90℃、それに対して1260SIボードでは86℃であった。その温度差は4℃であり、外側雰囲気温度25℃を考慮すると6%の改善である。放散熱量は1260ボード781W/m²に対し、1260SIボード715W/m²であり、減少量66W/m²、減少率8%の改善である。蓄熱量は1260ボード14.2MJ/m²に対し、1260SIボード12.8MJ/m²であり、減少量1.4MJ/m²、減少率10%の改善となった。

以上のように、炉壁の耐火断熱構成を変えることなく1260ボードを1260SIボードに置き換えることでより省エネを図ることができる。

3. 生体溶解性ファイバ（BSF : Bio Soluble Fiber）としてのイソウールBSSR

鉱物性繊維のアスベストに発がん性が確認されているのはよく知られている。IARC(国際がん研究機関)の人に対する発がん性の程度を示す五つのカテゴリー（Table 2）でアスベストは発がん性が「ある」に位置づけられている。このため、アスベストは現在使用することができなくなっており、廃棄処分するにも規制がかけられている。同様にセラミックファイバについても「ある可能性がある」に分類されている。

そこで弊社では、鉱物性繊維でありながら発がん性の「可能性がない」セラミックファイバを開発し、イソウールBSSRとして製品化に成功したので以下に詳述する。

「可能性がない」とは形状的にその長さが200μm以上で繊維径3μm以上の繊維であるか、または溶解性について、その繊維2mgの懸濁液を動物の気管内に注入してその減り方を測り、半減期が40日以下のものとされている。Table 3に鉱物性繊維の半減期を示すが、アスベストは817日、

Table 2 Category by IARC

Category	Description	Material
Group1	Carcinogenic	Asbestos Tobacco smoking
Group 2A	Probably carcinogenic	Hot mate tea (A kind of tea in South America)
Group 2B	Possibly carcinogenic	Ceramic fiber Coffee
Group 3	Not classifiable	Aramid fiber
Group 4	Probably not	Glass fiber

Note ; IARC/ International Agency for Research on Cancer

3. Bio Soluble Fiber of ISOWOOL BSSR

Asbestos which is a kind of mineral fiber is a well known carcinogenic. IARC (International Agency for Research on Cancer) classifies the fibrous material to 5 categories (Table 2) in terms of human carcinogens. According to the classification, asbestos is categorized as a carcinogenic fiber. Use of asbestos is strictly prohibited and asbestos removal work is strictly controlled. Ceramic fiber is categorized as a possible carcinogenic.

Isolite has developed a new ceramic fiber, ISOWOOL BSSR, which is an inorganic fiber classified as “not probable carcinogenic”. It is described as follows.

“Not Probable” is defined by geometrical dimension or chemical solubility. Geometrically, the fiber should be longer than 200 micro meters and thicker than 3 micro meters. Chemically, the fiber should be bio soluble. The solubility is evaluated by the half life of the fiber of which 2mg are infused and suspended in an animal wind pipe. According to the IARC, the fibers

Table 3 Half-life of inorganic fibers

Fiber	Solubility [ng/cm ² /hr]	Half-life [T 1/2 in days]
Asbestos	0.1	817
Ceramic fiber	8	90
Rock wool	17	87
Glass wool	95	15
BSSR	150	6

The fiber with a half-life of less than 40 days is BSF.

セラミックファイバ90日，グラスウール15日であり，BSSRは6日であることがわかる。このなかで「可能性がない」，生体溶解性とされるものはグラスウールとBSSRである。

BSSRの主成分はSiO₂が72%，CaO + MgOが24%であって，その最大の特長は生体溶解性である。その品質をTable 4に示す。

用途は工業炉の炉壁材に使われるほか建築物の防耐火材や調理器の断熱材などがある。Fig. 4に炉壁材としての使用例を示す。この使用例では

with a half life shorter than 40days are classified as “Not Probable”, in other words, bio soluble. As shown in Table 3 which summarizes the half life of inorganic fibers , the half life of asbestos, ceramic fiber, glass wool, and BSSR are 817 days, 90 days, 15 days and 6 days, respectively. Glass wool and BSSR are the bio soluble fibers.

The chemical composition of BSSR shows 72% SiO₂ and 24% CaO plus MgO. The most advantageous point is that BSSR is bio soluble. Table 4 shows the properties.

It is used as a lining material for industrial furnaces, fire protection material for buildings, and heat insulation for home appliances. It is shown being used as a lining material of a furnace shown in Fig. 4. It is an example of a module lining system whose modules made of BSSR are installed onto a furnace steel casing

Table 4 Properties of BSF and ceramic fiber

	Unit	BSF ISOWOOL BSSR Blanket 8P	Ceramic Fiber ISOWOOL 1260 Blanket 8P
Max. Service Temp.	[°C]	1100	1260
Bulk Density	[kg/m ³]	128	128
Shot Content Over 212 micro meter	[mass%]	15	15
Linear Shrinkage At 1100°C × 24hrs	[%]	0.8	1.8
Thermal Conductivity At 400°C At 600°C At 800°C	[W/(m K)]	0.10 0.18 0.28	0.09 0.15 0.22
Chemical Composition SiO ₂ CaO + MgO Al ₂ O ₃ Others	[mass%]	72 24 — 4	52 — 47 —

BSSRはブランケット状ないしブロック状に加工され、取付け金具がブロック内部に埋め込まれる方式のブロックライニングで施工されている。Fig. 5には建築物の防耐火材として使用される例を示している。

using metal anchors which are built into the module. Fig. 5 shows a sample of BSSR used as a joint sealer for buildings.

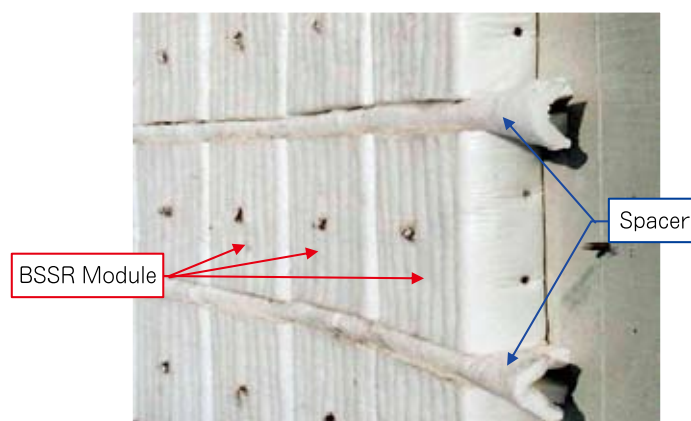


Fig. 4 Furnace wall lined by BSSR.

Installation
施工例

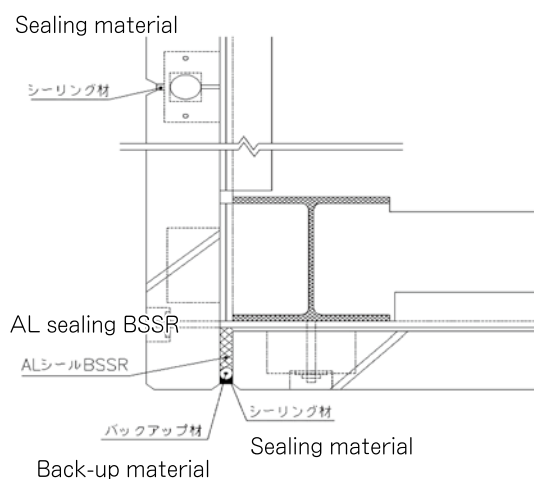


Fig. 5 BSSR blanket as fire protection of building.
BSSR is used as joint sealer.

4. まとめ

紹介した高性能耐火断熱ボードの1260SIボードと生体溶解性ファイバのBSSRはそれぞれ所期の性能を満たしている。1260SIボードは1260ボードの特長（1260℃耐用で、粉立ちがなく、耐水性）を維持しながら従来品に比べ熱伝導率は約4割改善され、曲げ強さは2倍に向上した製品である。またBSSRの生体内の半減期（生体内溶解性）は基準の40日を大きく下回る6日の製品で、IARC（国際がん研究機関）によるカテゴリーでは「発がんの可能性がない」に分類される。

4. Summary

Our new products; ISOWOOL 1260 SI-BOARD low thermal conductivity with high strength refractory insulating board and ISOWOOL BSSR bio soluble fiber were introduced. In comparison with conventional ISOWOOL 1260, SI-BOARD exhibits 40% lower thermal conductivity and twice the strength. The half life of BSSR in living body is 6 days, which is short enough to be classified as “Not Probably Carcinogenic” according to the IARC (International Agency for Research on Cancer) classification categories.