

SHINAGAWA TECHNICAL REPORT

コークス炉用の不定形耐火物と プレキャストブロック

Wide Variety in Monolithic Refractories and
Precast Block for Coke Oven

東 川 夏 海
Natsumi HIGASHIKAWA

西 田 茂 史
Shigefumi NISHIDA

飯 田 正 和
Masakazu IIDA

品川技報

コークス炉用の不定形耐火物とプレキャストブロック

Wide Variety in Monolithic Refractories and Precast Block for Coke Oven

東 川 夏 海^{*1}
Natsumi HIGASHIKAWA

西 田 茂 史^{*2}
Shigefumi NISHIDA

飯 田 正 和^{*3}
Masakazu IIDA

要 旨

近年のコークス炉には、寿命の延長、コークスの増産、ガス漏出の低減、など、多くの課題があり、それに対応するため不定形耐火物やプレキャストブロックの適用が適正化されてきた。本報では当社のコークス炉用不定形耐火物とプレキャストブロックについて、最近の日本におけるコークス炉の状況とともに述べる。

Abstract

Dearing with current demands for coke oven as extending service life, increase in productivity, reduction of internal gas emission, and so on, applications of monolithic refractories and precast block have been suited. In this article, our monolithic refractories and pre-casted blocks for coke oven are introduced in association with current coke oven operation status in Japan.

1. 緒言

日本においてコークス炉は、耐火物とその適用方法、操業の最適化によって寿命が延長し、火入れから40年以上にわたって止めることなく稼働するようになった。高度な燃焼管理により炉内温度が大きく低下することはなく、耐火物の損傷も少ないため多くの耐火物は更新されることなく使用され続ける。しかし、コークス炉の外側は大気に触れており、風化や温度勾配に伴う熱応力にさらされることから一定の頻度で耐火物の更新が行われる。コークス炉の外側の部材はその多くが不定形耐火物とプレキャストブロックで構成されている。

日本の夏は高温多湿であり、盛夏における炉頂作業は好ましくない。そこで、炉頂の耐火物には高い安定性が求められる。さらに、近年の国内のコークス炉の稼働は乾留時間の短縮など、非常に

1. Introduction

Thanks to the developments of refractories and its application technologies associated with operational optimization, coke ovens in Japan have operated more than 40years without stop-page since ignition. Carefully controlled continuous combustion prevents the excessive decrease in temperature which accelerates refractories wear, hence, most of the refractories are used without replacement. However, refractories used for oven exterior where expose to natural air suffer weathering and thermal stress resulted from temperature gradients. Thus, frequent replacement of refractory is carried out. Most of the exterior parts of coke oven are consist of monolithic refractries and precast block.

Since summer in Japan is so hot and humid,

*1 技術研究所 第2研究部 Research Dept. No. 2, Research Center

*2 技術研究所 第2研究部 室長 General Manager, Unshaped Refractories R&D Sec. No. 2, Research Dept. No. 2, Research Center

*3 技術研究所 第1研究部 部長 General Manager, Research Dept. No. 1, Research Center

タイトであり、使用される耐火物にとっては厳しい状況にある。そのため、耐用性の良い材料と適切な補修が必要である。加えて、環境問題も無視するわけにはいかない。当社は、このようなコークス炉の操業変化に対応するために様々なコークス炉用不定形耐火物やプレキャストブロックの開発、改良を進めてきた。

2. 炭化室、燃焼室用の不定形耐火物、プレキャストブロック

2.1 窯口吹付け材

コークス炉炭化室枠部分の窯口れんがはコークス排出時のドアブロックの開閉、あるいはコークスの排出による熱衝撃と摩耗損傷が繰り返される。特に、コークス排出側では窯口れんがの割れや目地部の損傷が激しく、炉内のシール性が阻害され、珪石質れんがの劣化を促進、黒煙の吹き出しによる環境汚染が発生する。そのため、窯口部の補修に用いられる吹付け補修材の高耐用化が求められている。一方、ドアブロックを開閉して吹付け補修が行われるため、作業者の負荷が高く、短時間での吹付け補修が求められる。そこで、幅広い温度範囲で優れた接着性を有したCN-140-45Gを紹介する。

Table 1にCN-140-45Gの代表品質を、Fig.1に実炉での吹付け材使用状況を示す。CN-140-45Gは接着助剤を活用し200～800℃の広い温度範囲で優れた接着性を実現した。更に粒度構成の最適化、超微粉原料の活用により添加水分幅が広く、作業性に優れる特性を有しており、実炉で高い評価を受けている。

2.2 炭化室・燃焼室補修用プレキャストブロック

珪石質れんがは、①耐熱性が高い、②700℃以上の高温における熱膨張が極めて小さい、③クリー

work on oven roof should be eliminated in summer. Thus, high stability is required for roof refractories. Furthermore, current tight operation status of coke oven as reduction in coking time intensifies refractories wear severely. It requires durable material as well as suitable repair. In addition, environmental issues are not negligible for coke oven operation. Corresponding to the changes in oven operation status, we have developed and improved many kinds of monolithic refractories and precast blocks for coke oven.

2. Monolithic Refractory and Precast Block for Coking / Combustion Chamber

2.1 End flue gunning material

End flues of the coking chambers are repeatedly damaged severely by thermal and mechanical shock according to door opening and coke pushing out. Particularly in coke discharging side, serious cracking and joint wear of silica



〈Before Gunning〉

〈After Gunning〉

Table 1 Properties of gunning material

Brand name		CN-140-45G
Properties		
Chemical composition (mass%)	SiO ₂	47
	Al ₂ O ₃	44
Permanent liner change (%)	110°C-24h	-0.12
	1000°C-3h	-1.02
Cold crushing strength (MPa)	110°C-24h	25.0
	1000°C-3h	20.1

Fig.1 Using situation of gunning material.

Table 2 Typical properties of CST-K57

Brand name		CST-K57
Chemical composition (mass%)	SiO ₂	96
	Al ₂ O ₃	0.2
	CaO	2.2
Permanent linear change (%)	110°C-24h	-0.03
	1000°C-3h	+0.06
	1500°C-3h	-0.87
Bulk density (g/cm ³)	110°C-24h	1.87
	1000°C-3h	1.85
	1500°C-3h	1.90
Modulus of rupture (MPa)	110°C-24h	5.9
	1000°C-3h	3.5
	1500°C-3h	6.7
Cold crushing strength (MPa)	110°C-24h	25
	1000°C-3h	29
	1500°C-3h	61
Apparent porosity (%)	110°C-24h	16
	1000°C-3h	18
	1500°C-3h	19
Thermal conductivity (W/m・K)	600°C	0.96
	800°C	1.15
	1000°C	1.36
Water requirement (%)		8.0

ブが小さい，などの優れた高温特性を有することから，コークス炉，熱風炉などで数十年間にわたって広く用いられてきた。これらの炉の築造には多数の複雑形状れんがが用いられ，れんが積み際には高い精度が要求されるため，熟練した築炉技能者が必要とされている。これに対して，国内の製鋼工場などでは熟練工不足への対応や施工省力化を目的に不定形化が進められてきたが，珪石質耐火物の施工はれんが積みで実施されているケースが多い。そこで，熱間補修用プレキャストブロック用シリカ質キャストブルCST-K57を紹介する。

Table 2にシリカ質キャストブルCST-K57の代表品質を示す。CST-K57は緻密質で良好な強度特性を有している。シリカ質キャストブルCST-K57の110°C乾燥後の熱膨張曲線をFig.2に示す。比較として，珪石れんがを示す。CST-K57は珪石れんがよりも熱膨張が小さい特徴を有しており，熱間積替えなどの補修にも適用できる。Fig.3に大型形状ブロックの外観を示す。複雑な形状でも亀裂発生は認められず，寸法精度の高いブロックが得られた。

2. 3 珪石質モルタル

700°C以上での熱膨張係数が極めて小さいとい

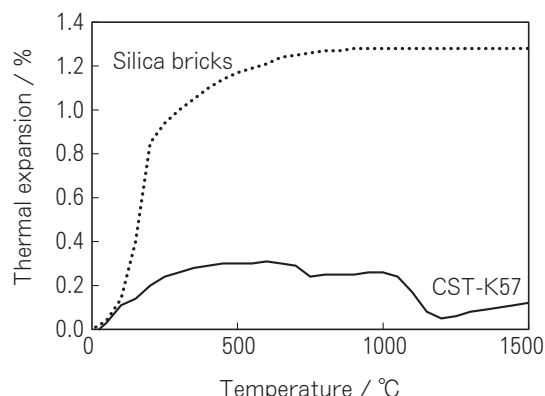


Fig.2 Thermal expansion curves of CST-K57 comparing to silica brick.



Fig.3 Appearance of precast block.

bricks worsen sealability, resulting in promotion of silica brick deterioration or black smoke emission. Therefore, durable gunning materials for end flue repairs are necessary. In addition, hot gunning repair with heavy work load has to be finished in the short time that door is opened. Hence, we developed CN-140-45G which show excellent adhesion in wide temperature range.

Table 1 and Fig.1 show typical property and gunning configuration in commercially operated coking chamber of CN-140-45G, respectively. The excellent adhesiveness of CN-140-45G in temperature range between 200 and 800°C is attributable to optimization of adhering agent. Additionally, suited grain size distribution and



Fig.4 Comparison of mortar paste smoothness.

う特性を有する珪石質れんがのれんが積みには珪石質のモルタルが使用される。モルタルは、信頼性の高い強固な壁を形成するために重要な材料である。れんが積み後の乾燥で収縮すると隙間が生じたり、稼働中クリープ変形が不十分な場合にはせり出しが生じたりするため、適切な高温特性が必要で、DIN（Deutsches Institut für Normung: ドイツ工業規格）はコークス炉の建設に用いられる珪石質モルタルの高温特性について厳しい規定を設けている。加えて、モルタルにはれんが積み作業者の負担を軽減するために、良好な作業性が求められる。そこで、優れた作業性と施工体特性を有し、DINに適合する珪石質モルタルMK-95D-7、低膨張で熱間補修に適するMK-95D-8を紹介する。

Fig.4, 5 に珪石質モルタルの作業性、すなわち滑らかさと伸びを示す。伸びの悪いモルタルは作業者への負担が大きくなり、作業効率低下を招く。珪石質モルタルMK-95D-7、MK-95D-8は粒度構成および分散剤／凝集剤の適正化により優れた作業性特性（伸び）を実現している。

Table 3にはDIN 1089 Part 3 およびJISにもとづく評価結果を示す。MK-95D-7はDINが要求している全ての特性を満たしている。Fig.6にMK-95D-7、MK-95D-8および珪石質れんがのクリープ曲線を示す。MK-95D-7、MK-95D-8は珪石質れんが／珪石質モルタル複合試料のクリープ曲線である。いずれの曲線もよく一致しており、組織脆化や亀裂の発生によるガスリークは発生しにくいと考える。

Fig.7にMK-95D-7とMK-95D-8の熱膨張曲線を示す。MK-95D-7は1200℃以上でやや大きな熱膨張を示したが、実施工では拘束下で加熱される



Fig.5 Difference in extendibility of mortar paste.

ultra fine powder arrangement achieve wide tolerance range in mixing water amount. Because of easiness in gunning repair operation and durable repaired layer, CN-140-45G is favorable to repair end flues of coking chamber.

2. 2 Precast block for coking / combustion chamber wall repair

For many decades, silica brick has been widely applied to coke oven and hot stove due to its desirable properties as (1) high refractoriness, (2) extremely low thermal expansion coefficient above 700℃, and (3) high creep resistance. Since enormous kinds of complex shape bricks are used for construction, skilled masonries are necessary for accurate brick working. To deal with continuously decreasing population of skilled masonry, steel making plant in Japan had promoted monolithic refractory application. However in the case of silica refractory, brick laying is the dominant method for installation. Regarding the situation, we developed the silica castable CST-K57 for precast block for chamber wall repair.

As indicated in Table 2, CST-K57 shows dense property with sufficient strength. Comparison of thermal expansion curve of CST-K57 after dried at 110℃ and silica brick is shown in Fig.2. Since small thermal expansion of CST-K53 ensures high thermal spalling resistance, it is applicable to hot exchange repair. As shown in Fig.3, complex shape large block excluding cracks can be obtained with high accuracy in geometrical dimension.

Table 3 Properties of silica mortars

Properties		DIN requirements for KS94	MK-95D-7	MK-95D-8
Chemical composition (mass%)	SiO ₂	≥ 94	95	94
	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	≤ 5.5	1.9	1.9
	Foreign oxides	≤ 1.5	1.0	2.0
Grain size spread (mass%)	>2mm	0	0	0
	1-2mm	≤ 2	0	0
Consistency <DIN>	Mixing water (%)	≤ 34	27	27
	Consistency	-	20	17
Permanent linear change after drying at 110°C evaluated by DIN method	Mixing water (%)	≤ 34	27	27
	PLC(%)	≥ -4	-2.78	-2.04
Modulus of rupture (MPa)	110°C	≥ 0.1	0.5	0.8
	1100°C	≥ 0.7	1.1	4.6
Thermal creep (%) <DIN>	Δ D ₂₅	≥ -0.3	-0.033	-0.223

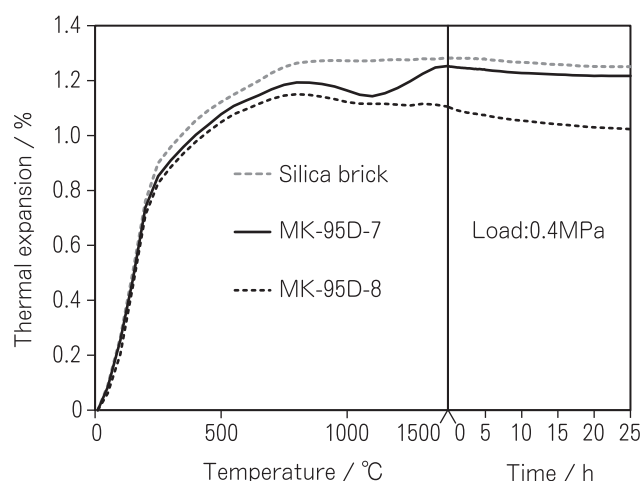


Fig.6 Thermal creep behavior of silica bricks with and without horizontal mortar joint.

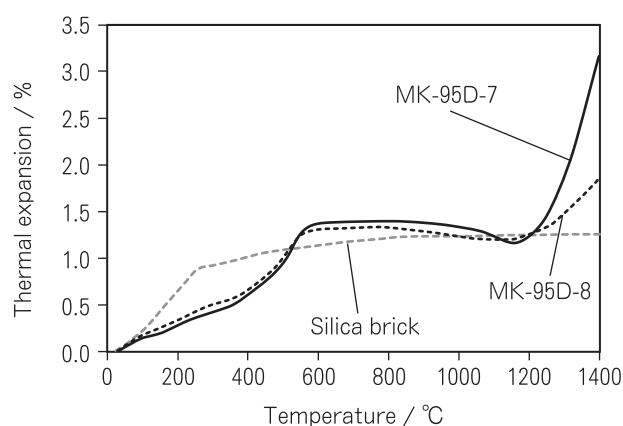


Fig.7 Thermal expansion curves of silica mortars.

2. 3 Silica mortar

For brick working of silica brick which exhibits extremely low thermal expansion above 700°C, silica mortar is applied. Mortar is important material for constructing rigid chamber wall with high credibility. For instance, excessively large dry shrinkage of mortar tends to cause interstices between brick, or, inadequate volume change of mortar in high temperature extrudes brick wall. Hence, German standard (DIN: Deutsches Institut für Normung) strictly normalizes high temperature properties of silica mortar for coke oven construction. In addition, good installability is necessary so as to reduce the workload of masonry. Therefore, we provide following two silica mortars; MK-95D-7 for construction satisfying DIN requirement and low thermal expansion MK-95D-8 for hot exchange repair.

Fig.4 and 5 demonstrate smoothness and extendibility of MK-95D-7, respectively. Mortar with poor extendibility increases the load of masonry, resulting in reduction in brick laying work efficiency. Both MK-95D-7 and MK-95D-8 exhibit superior extendibility by optimizing grain size distribution, dispersant and flocculent.

ため荷重下の膨張であるクリープ特性で評価する方が実用的である。DINではクリープ性が最も重要視されており、熱膨張についての記載はない。一方、MK-95D-8は低熱膨張性シリカ原料を適用しているため熱膨張率が低く、比較的短期間で昇温が行われる施工に適する。

2. 4 ドアブロック

別報で釉薬焼成ドアブロックのユニークな品質と使用後の特性を紹介しているが、ここでは不焼成品について紹介する。

炭化室の両壁は炉内側に複数の耐火物ブロックを配置したドアでふさがれており、石炭は其中で約20～24時間乾留される。石炭の乾留が完了すると両側のドアが開き一方から他方へ押し出される。このことからコークス炉のドアブロックは1000℃程度から常温の熱衝撃を1日1回繰り返し受けることになり、優れた耐熱衝撃性を有する高強度キャストブル、CST-N48が広く用いられてきた。一方、近年では環境問題の観点から、低熱伝導のニーズがあり、新規にCST-N418を開発した。

Table 4にCST-N48およびCST-N418の代表品質を、Fig.8にそれぞれの熱伝導率を示す。CST-N418は粒度構成や微量添加成分の調整により、優れた強度特性を保持しつつ、多孔質化を図った材質であり、CST-N48と比較して約10%の低熱伝導化を実現している。

2. 5 ゾール（炉床）補修用投げ込み材

炭化室のコークス排出側の炉床はコークス押し出しに伴い熱衝撃と機械的衝撃により損傷する。

Table 3 summarizes evaluated results according to DIN 1089 Part 3 and JIS. Obviously, MK-95D-7 perfectly satisfies DIN requirements. Fig.6 shows creep curves evaluated by DIN method. Creep curves of MK-95D-7 and MK-95D-8 shown in Fig.6 are those of the brick/mortar compound body. Good agreement of three creep curves ensures inhibition of gas emission caused by wall structure deterioration.

Fig.7 shows thermal expansion behaviors of MK-95D-7 and MK-95D-8. In spite of steep expansion above 1200℃ of MK-95D-7, it is applicable to practical construction since suitable creep deformation shown in Fig.6 compensate the expansion. In fact, there is no description about thermal expansion in DIN which regards thermal creep as the top priority. Low thermal expansion of MK-95D-8 is attributed to low expansion silica contained as raw materials. It is suitable to short heating up schedule as hot exchange repair.

2. 4 Door block

While unique properties and excellent stability in practical operation of glaze coated door block is described as the other article in this booklet, unburnt door blocks are introduced in this report.

During the coal coking, which usually requires 20 to 24h, both end of the coking chamber are shut by doors on which several numbers

Table 4 Properties of precast blocks

Brand name		CST-N48	CST-N418
Properties			
Chemical composition (mass%)	SiO ₂	40	43
	Al ₂ O ₃	49	47
	MgO	6	6
Permanent liner change (%)	110°C-24h	-0.01	-0.04
	1000°C-3h	-0.03	-0.06
	1200°C-3h	+0.02	-0.08
Modulus of rupture (MPa)	110°C-24h	11.8	11.0
	1000°C-3h	10.2	9.6
	1200°C-3h	12.1	8.3
Cold crushing strength (MPa)	110°C-24h	42.5	57.9
	1000°C-3h	60.3	61.0
	1200°C-3h	67.1	50.8
Apparent porosity (%)	110°C-24h	14.3	18.8
	1000°C-3h	18.5	25.5
	1200°C-3h	22.5	26.7

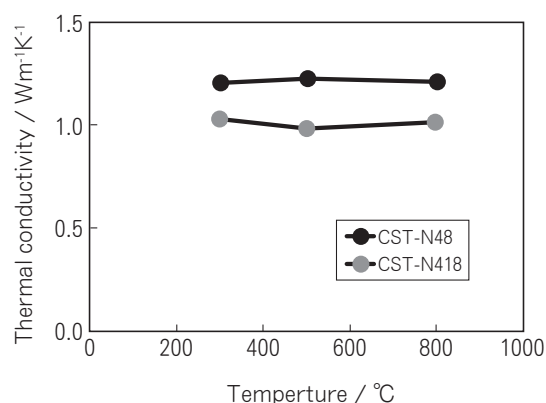


Fig.8 Thermal conductivity of precast blocks.

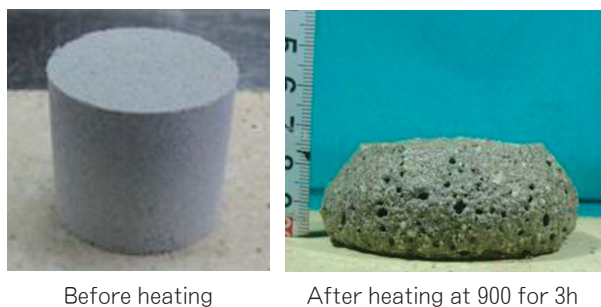


Fig.9 External appearance of SCOAT-A34 before and after heating.

この部位の表面が粗くなると押し出し圧が高くなり、炭化室の状態を悪化させるため、大きな凹部は充填しておくことが好ましい。このような損傷を補修するために2種類の投げ込み補修材を提供している。

一つは水で混練するタイプのSCOAT-A29で、高い耐摩耗性を示す。この製品は5kgずつビニール袋に詰められていて、1リットルの水を袋に入れて手で混練して袋内にスラリーを作成する。スラリーは袋ごと補修部に投げ込んで使用する。高い接着強度と耐摩耗性により、実操業において1年後の残存が確認されている。もう一方はドライタイプのSCOAT-A34で、容易に均すことができる。このタイプの材料はFig.9に示すような低温域における適切な溶融により接着する。Fig.10にれんが上のSCOAT-A29とSCOAT-A34を実窯で1時間加熱した後の外観を示す。両方の材料で良好な密着性が得られていることがよく知られている。

2. 6 炭化室壁のスラリー吹付け

炭化室内のガスが漏出すると環境に悪影響を与えることがよく知られている。この炭化室内のガスが燃焼室上に設置されたフリーホールから放出される場合があるが、これは炭化室内のガスが圧力差で亀裂や目地の欠陥を通して燃焼室に流れることで生じる。このガス放出の抑制を目的に炭化室壁をコーティングするスラリー吹付け材JTM-K-3を開発した。

JTM-K-3は最適バインダー組成と珪石質粉末の混合物である。Fig.11, 12に示すように、JTM-K-3は赤熱れんがに厚い堆積層を形成することが可能である。JTM-K-3は高温で大きい熱



Fig.10 Adhesion status of SCOAT-A29 and SCOAT-A34 after heated in practical coke oven coking chamber for 1h.

of precast blocks are installed. Subsequent to the coking completion, the doors are opened in order to discharge the coke. Therefore, door block repeatedly suffers one thermal shock in a range between 1000°C and room temperature everyday. Thus, CST-N48 which shows high thermal shock resistance as well as high strength has been widely applied for precast block of chamber door. In addition, low thermal conductivity castable, CST-N48, was recently developed in terms of environmental influence.

Table 4 and Fig.8 show typical properties and thermal conductivity of CST-N48 and CST-N418, respectively. Approximately 10% decrease in thermal conductivity is attributable to increase in porosity. Conservation of high strength is achieved by optimization of grain size distribution and small quantity additives.

2. 5 Sole (hearth) repair throwing materials

Sole (hearth) of discharging side of coking chamber tends to be damaged by thermal and mechanical shock along with coke discharging. Since excessively rough surface of this area results in high pushing out load that deteriorates in-chamber status, elimination of void defects in this part is appreciated. In order to repair the damage, two types of repair materials are available.

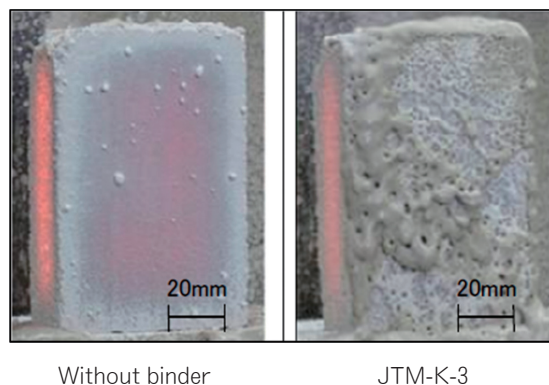


Fig.11 Sedimentation of slurry prepared by JTM-K-3 on the vertical surface of red hot brick.

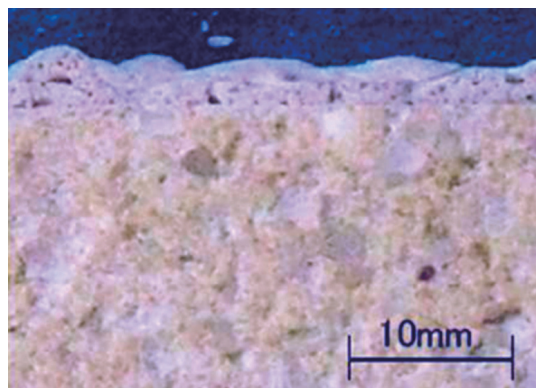


Fig.12 Cut section of JTM-K-3 sedimentation layer.

膨張を示すが、加熱された後は珪石レンガの熱膨張挙動に近づく (Fig.13)。このような密着性と熱膨張の近似より、長期間におよぶ炭化室から燃焼室へのガスリークの防止が可能である。

3. 炉頂用の不定形耐火物、プレキャストブロック

3. 1 装入孔枠、装入孔蓋

装入孔枠、装入孔蓋は温度変化が激しく、耐熱スポーリング性に優れた低膨張性キャストブルが使用される。特に、装入孔枠はコークス炉炉内からの輻射熱でブロック内孔部のみが加熱されることで亀裂が発生する。また、装炭車に設置された装置による装入孔蓋の押し込みにより装入孔蓋および装入孔枠が摩耗するため、高い強度が求められる。当社では、このような使用環境、使用条件に応じたさまざまな製品をラインナップしている。

Table 5に装入孔枠および装入孔蓋で使用実績のある製品の代表品質を示す。CST-N413、CST-N415は優れた耐熱衝撃性を有しており、耐熱スポーリング性が求められる装入孔枠での使用に適しており、実炉においても高い評価を受けている。また、CST-N417はバインダーの最適化により耐熱衝撃性を保持しつつ、高強度化を図った製品である。

3. 2 上昇管基部ブロック

一般的に、使用環境温度を考慮すると、コークス炉上昇管の基部ブロックとして最高使用温度1400℃クラスの材質が使用される。しかしながら、装入孔から空気を吹き込み、炭化室内天井部

The one is water mixing type SCOAT-A29 which shows high abrasion resistance. 5kg of this product is packed in a plastic bag. 1 little of water is directly poured in the plastic bag followed by mixing by hand shaking to make slurry. The slurry including plastic bag is thrown onto the damaged area. Because of high adhesive strength and abrasion resistance, repaired layer remains after 1year commercial operation.

The other one is dry scattering SCOAT-A34 which permits easy leveling. Tight adhesion of this product is achieved by adequate melting at lower temperature range as shown in Fig.9. Fig.10 exhibits both products on brick after heated for 1hour in practically operated coking chamber. It is obvious that good contacts are obtained for both materials.

2. 6 Slurry gunning for chamber wall coating

As widely accepted, emission of coking chamber gas deteriorates the natural environment. Occasionally, emission of coking chamber gas through inspection hole installed on burning chamber possibly occurs. In this case, emitting gas is supplied from coking chamber through cracks or joint defects according to difference in in-chamber pressure. In order to prevent from the emission, we developed slurry gunning

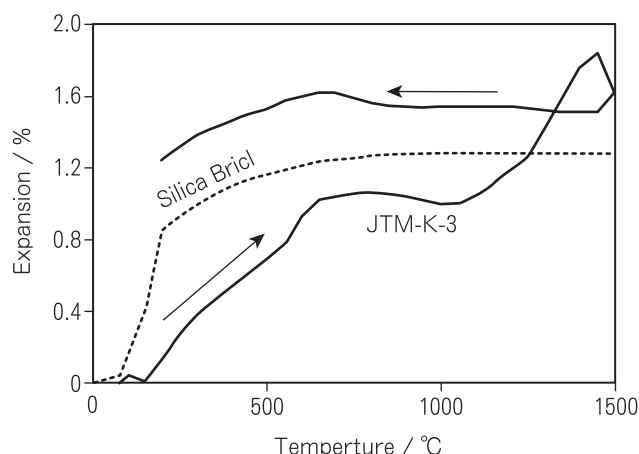


Fig.13 Thermal expansion behavior of JTM-K-3 in comparison with silica brick.



Fig.14 Appearance of charging hole frame.

に付着したカーボンを除去する際、上昇管基部が高温の火炎に直接さらされ溶損するという問題が度々発生していた。そこで従来品に比べアルミナ原料を多量に使用し、耐熱性の向上を図ったCST-A7218を開発した。

耐熱性の評価を行うため、火炎が直接試料に接触するバーナーによる加熱試験を行った。所定の形状に作製したサンプルの表面を酸素プロパンバーナーで加熱し、表面温度が1600℃になるようにして5時間加熱した。比較材としてはコークス炉各アイテムで広く使用され、基部ブロックとしても使用されるCST-N48を使用した。試験後の試料外観をFig.15に示す。CST-A7218は表面が薄く溶融したのみであったが、CST-N48は加熱部中心が大きく溶融する結果となり、CST-A7218が高

Table 5 Properties of precast blocks

Brand name		CST-N413	CST-N415	CST-N417
Properties				
Chemical composition (mass%)	SiO ₂	60	82	60
	Al ₂ O ₃	34	16	31
	MgO	3		3
Permanent liner change (%)	110°C-24h	-0.03	-0.03	-0.05
	1000°C-3h	-0.08	-0.14	-0.17
	1200°C-3h	-0.07	-0.17	-0.02
Modulus of rupture (MPa)	110°C-24h	8.8	9.0	13.9
	1000°C-3h	9.0	10.0	9.6
	1200°C-3h	9.9	12.1	10.4
Cold crushing strength (MPa)	110°C-24h	39.0	42.8	81.5
	1000°C-3h	51.0	60.7	63.2
	1200°C-3h	55.0	58.8	94.3
Apparent porosity (%)	110°C-24h	17.9	12.0	12.1
	1000°C-3h	22.1	15.0	17.9
	1200°C-3h	22.6	15.2	18.9

material JTM-K-3 to coat the wall surface.

JTM-K-3 is consists of siliceous powder and optimal binder component. As shown in Fig.11 and 12, which show external surfaces of slurry sprayed red hot brick, thick sedimentation layer was formed for slurry made of JTM-K-3. While sedimentation layer of JTM-K-3 shows rapid expansion in high temperature range, thermal expansion behavior of heated layer is agreed with that of silica brick as shown in Fig.13. According to tight adhesion and coincidence of thermal expansion of heated layer, long term prevention of gas leakage from coking chamber to combustion chamber is expected.

3. Monolithic Refractory and Precast Block for Oven Roof

3. 1 Charging hole frame and charging hole lid

Since temperature variations of coal charging hole flame and charging hole lid are large, low expansion castable with high thermal shock resistance is desirable to the precast block. In particular, localized rapid heating around charging hole by radiation and convection causes cracks to charging hole frame. Furthermore, high strength is necessary for charging hole flame since it is ground by charging hole lid

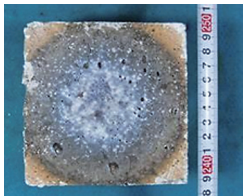
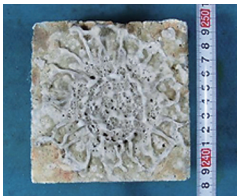
	CST-A7218	CST-N48
Heated surface		
Cut surface		
Melting depth	0 mm	9 mm

Fig.15 Burner heating test results.

い耐熱性を持つことが確認できる。

3. 3 上昇管

上昇管基部ブロックの上に上昇管が設置される。これは、複数のれんがやプレキャストブロックを組み合わせて得られる大きな部品である。最近の国内では作業負荷低減のため大型のプレキャストブロックが主流である。このような大型形状に対して欠陥の無い均一なブロックを得るためには流動性のよいキャストブルが好ましく、高流動性を示すHFC-A513が適切である。HFC-A513は粒度構成の最適化により高流動性を達成したもので (Fig.16), 施工時の振動が不要である。したがって、ブロックが製造工場と離れた設置現場で施工されても適切な組織を得ることができる。

3. 4 ペービングブロックとフリュー孔枠ブロック

炉頂のペービングブロックとフリュー孔枠ブロックには、高強度、低熱膨張で安定性に優れるCST-N48とCST-N418が適当である。これらの特徴はセクション2.4で述べた通りドアブロック用として有効であり、ペービングブロックとフリュー孔枠ブロックにも好ましい。加えて、炉頂用として撥水処理を施すことも可能である。

3. 5 装入孔シール材

装入孔と蓋の隙間からのガスリークを低減するために、蓋の周囲にスラリーを充填することが有効である。そのため、シール性が最も重要であるが、その他にも必要な特性がある。スラリーは地上で調整されて炉頂にポンプアップされるため、

which intensively screwed and pushed into the hole of the flame by equipments installed on coal charger. We provide various kinds of materials for charging hole precast block.

Table 5 and Fig.14 show typical properties of castables applied to the charging hole and external appearance of charging hole frame, respectively. CST-N413 and CST-N415 are the castable with excellent thermal spalling resistance suitable to the flame which suffers severe thermal shock. They are appreciated to many commercially operated coke oven. Additionally, CST-N417 is high strength material with superior thermal shock resistance obtained by optimizing binding system.

3. 2 Base block for gas conduit

Generally, it is natural to apply castable of which maximum service temperature is 1400°C to precast blocks for coke oven roof taking operation temperature into consideration. However, excessively high temperature air occasionally attacks the gas conduit base block by forced combustion, which is the procedure to eliminate carbon deposited on the ceiling of coking chamber. Since the procedure generates air stream from charging hole to gas conduit, considerably hot burning flame concentrates to the gas conduit base block. As a result, surface of gas conduit base block is melted. Thus, we developed the high refractoriness castable CST-A7218 suited for coke oven roof.

Effectiveness of CST-A7218 was experimentally validated. In order to reproduce the high temperature flame attack, surface of refractory specimens were heated at 1600°C for 5hours by direct exposure to oxygen-propane burner. Fig.15 shows the external appearances and cut sections of post examined CST-A7218 and CST-N48 which is common as castable for coke oven roof blocks. While large molten part was observed for CST-N48, CST-A7218 showed just a thin molten layer. Hence, high refractoriness of CST-A7218 is verified.

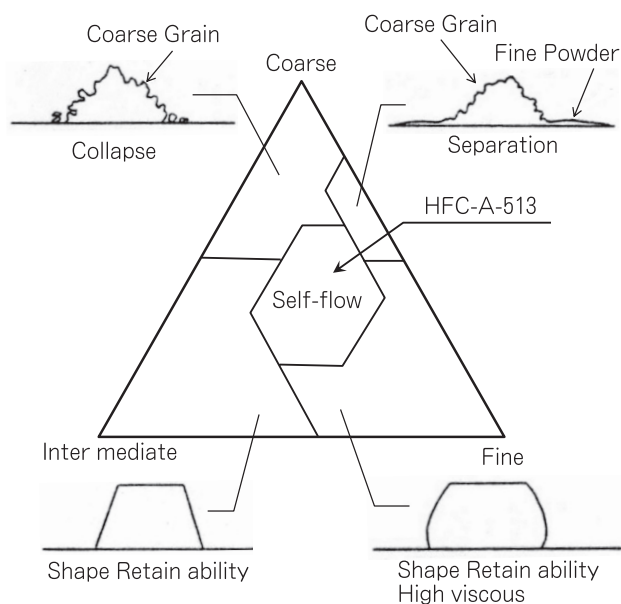


Fig.16 Effect of grain size distribution on flow status of castable mix.

分散の容易性、低粘性、サスペンションの安定性が重要である。これに対して、不適切な分散剤を用いると泡立ちしてしまい、スラリーの観察が不可能になる。加えて、蓋を円滑に取り外すために、接着力が低く容易に剥離する必要がある。

S-SEAL-C1は粒度構成と添加剤を最適化した装入孔シール用スラリーの調整に適した粉末である。Fig.17に示すように、S-SEAL-C1濃度が50%のスラリーは5 mmの隙間をシールすることが可能である。また、このスラリーは3日間以上に渡って沈降が確認されない。さらに、スラリー調整後の泡立ち層の消滅も迅速で (Fig.18), 調整後すぐにタンク内のスラリーを目視検査することが可能である。

4. その他のコークス炉用不定形耐火物

炉頂ペービング用のキャストブルとして、混練水量の調整のみで流し込み、吹付け、圧送、コテ塗り、に使用できるPVS-145が適する。炉頂プレキャストブロックの据え付け時の下敷きとして、可塑性に優れレベル調整が容易なモルタルMA-50D-11が有効である。水量の調整でラミングでも流し込みでも使用できる断熱キャストブルLV-100-3を用いれば断熱層を簡便に形成することができる。圧入材SPK-N-2はバックステアの圧

3. 3 Gas conduit

On gas conduit base block, gas conduit is installed. It is a large section of which bricks or precast blocks were assembled. Recently, assembly of large size castable blocks is dominant in Japan for the sake of work load saving. In order to obtain large block with homogeneous structure, application of high flow castable is desirable. For the purpose, high flowability low expansion castable HFC-A513 is suitable. Due to its high flowability which is attributed to grain size optimization (Fig.16), no vibration is required to cast. Thus, proper structure can be obtained even if it casted at application site apart from block manufacturing plant.

3. 4 Paving block and inspection hole block

For the paving and/or inspection hole block, high strength low thermal expansion CST-N48 and CST-N418 are desirable because of high stability. Characteristics of these materials, which already described in the section 2.4, are also favorable to roof paving block and/or inspection hole. Especially for the roof application, water repelling treatment is possible.

3. 5 Sealing material for charging hole

In order to prevent coking chamber gas emission through interstices between charging hole flame and lid, slurry filling around lid is effective. While sealability is the top priority required to the powder as is obvious, some additional properties are necessary. Slurry is prepared on ground level followed by pumping up to the oven roof. Thus easiness of dispersion, low viscosity, and stability of suspension is the important factors for slurry preparation. On the other hand, adding inadequate dispersant causes forming which disturbs slurry inspection. Moreover, good separability is important for easiness in lid removal for coal charging.

S-SEAL-C1 is the particle size and additive optimized powder suited to prepare charging hole sealing slurry. As shown in Fig.17, 50mass% suspension of S-SEAL-C1 can fill

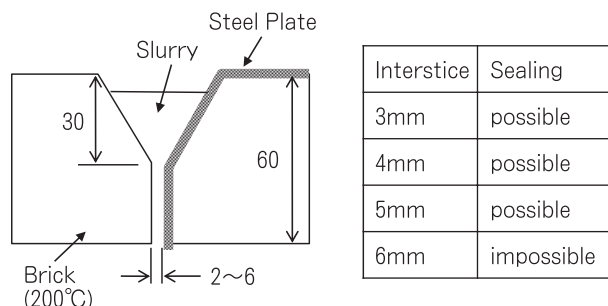


Fig. 17 Evaluation of sealability of S-SEAL-C1.

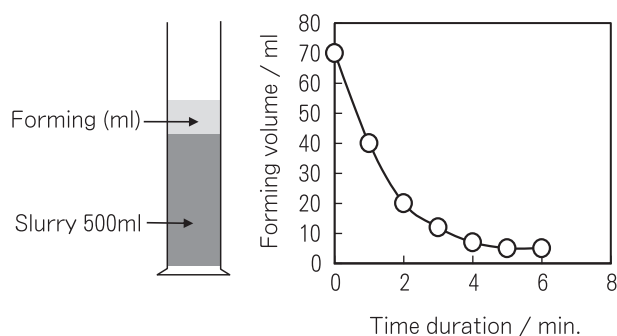


Fig. 18 Changes in forming layer volume as a function of time.

入に多くの実績がある。当社は上述した以外にもコークス炉用として多くの不定形耐火物を供給することが可能である。

5. 結言

本報では最近の当社におけるコークス炉用不定形材料の開発製品について紹介した。現在のコークス炉は炉体延命対策および環境対策が急務となっている。このような状況の中でコークス炉用不定形耐火物および補修材の担う役割は非常に大きいと考えられる。今後も、補修方法も含めた材料・工法の改良・開発に務め、コークス炉の円滑な操業に寄与したいと考える。

5mm interstices. No precipitation is observed for 50mass% suspension more than 3days. Rapid disappearance of forming layer (Fig.18) allows visual inspection of slurry tank just after the slurry preparation.

4. The Other Monolithic Refractories for Coke Oven

For roof paving castable, PVS-145 which can be used for casting, gunning, pumping, and troweling just by adjusting the mixing water amount is suitable. For installation of precast blocks on roof, excellent plasticity mortar MA-50D-11 is useful for underlay material in order to adjust the block level. For convenient formation of thermal insulation layer on roof, application of insulation castable LV-100-3 is recommended since it is used as castable as well as ramming material by adjusting mixing water. SPK-N-2 has many successful results of pressure injection of buckstay. Adding to above, we can provide various kinds of monolithic refractories for coke oven.

5. Conclusion

In this article, monolithic refractories for coke oven are introduced. In order to take measures for recent demands for coke oven operation as prolonging its service life and reduction of environmental load, monolithic refractories and repair materials should play important roles. We will develop and improve not only material but also installation method for stable operation of coke oven.