

## SCOPE21 コークス製造プロセス

## SCOPE21 Cokemaking Process

上坊和弥*	松浦慎	窪田征弘
Kazuya UEBO	Makoto MATSUURA	Yukihiko KUBOTA
佐々木正樹	藤川秀樹	中居裕貴
Masaki SASAKI	Hideki FUJIKAWA	Hiroki NAKAI
土井一秀	野口敏彦	谷澤賢司
Kazuhide DOI	Toshihiko NOGUCHI	Kenji TANIZAWA

## 抄 録

石炭に乾燥予熱、分級、軟化熔融温度直前までの急速加熱、微粉成形の処理を施して、高温のまま石炭をコークス炉に装入して乾留する SCOPE21 プロセスを国家プロジェクトにて技術開発した後、大分製鉄所および名古屋製鉄所に実機化導入した。劣質な非微粘結炭の使用比率の大幅増、コークス炉生産性の大幅拡大を達成し、順調な操業を継続している。

## Abstract

SCOPE21 cokemaking process, which has fluidized bed dryer for coal drying and classification, pneumatic preheater for rapid heating to 330–380°C and briquetting machine for fine coal hot briquetting, have developed as national project and commercial plants of the process have introduced in Oita and Nagoya Works in 2008 and 2013 respectively. The plants have been successfully in steady operation and achieved large amount of non-or slightly caking coal usage and greatly higher productivity than conventional process.

## 1. 緒 言

高炉法による鉄鋼の製造において、コークスは不可欠な存在であり、コークスを生産するコークス炉は鉄鋼生産にとって重要な設備である。高炉が20年程度で改修されるのに対し、コークス炉は高度成長期の1960～1970年代に建設されたものが稼働を続けている場合も多く、50年以上稼働しているコークス炉も存在する。これらのコークス炉は老朽化が著しく、更新や新設が必要な時期を迎えている。コークス炉の老朽化はすでに1990年代から重要な課題と認識され、炉体補修等の技術開発が進む一方で、コークス炉のリプレイスに向けて、次世代コークス製造プロセスの検討が行われてきた。

コークス炉は建設費が高額な設備であり、新たに建設するコークス炉には高い生産性を持ち初期設備費が相対的に抑制されることが求められる。また、高炉に求められる強固なコークスを製造するためには、加熱時の粘結性に富むいわゆる粘結炭が原料炭として必要とされるが、石炭資源

の中では良質な粘結炭の割合は限られているため、粘結性の劣る非微粘結炭の多量使用技術を開発することが、足元のコークス製造コスト削減に寄与するとともに、石炭資源の有効利用の観点からも大いに求められる。さらに、高温プロセスであることからエネルギー消費を抑制することや環境への対応力が向上することも期待される。

これらを背景に、1994年から2003年にかけて日本鉄鋼連盟に参加する企業が参画した国家プロジェクトとして、SCOPE21 (Super Coke Oven for Productivity and Environmental enhancement toward the 21st century) と呼ばれる次世代コークス製造技術開発が行われた<sup>1)</sup>。その成果をもとに、日本製鉄(株)では大分製鉄所、名古屋製鉄所の新設コークス炉にてSCOPE21プロセスを実機化した。本稿では、SCOPE21プロセスの開発概要と実機化された日本製鉄新設コークス炉の操業状況について報告する。

## 2. SCOPE21プロセスの概要

SCOPE21プロセスは、日本において新しくコークス炉を

\* プロセス研究所 製鉄研究部 主幹研究員 千葉県富津市新富 20-1 〒293-8511

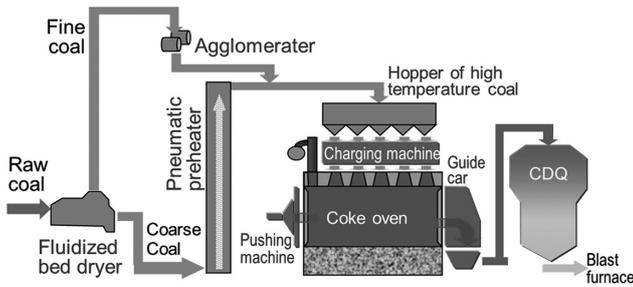


図1 大分製鉄所、名古屋製鉄所のSCOPE21プロセスの概要<sup>2)</sup>

Schematic diagram of SCOPE21 process flow in Oita/Nagoya<sup>2)</sup>

建設する時期の到来を前に、次世代型の革新的プロセスとして、コークス生産性の大幅な向上、石炭資源の有効利用(劣質な非微粘結炭の使用比率増)、および省エネルギーや環境対応力向上、を目的として技術開発が行われた。

図1<sup>2)</sup>に大分製鉄所および名古屋製鉄所に導入されたSCOPE21プロセスの概要を示す。SCOPE21プロセスは従来の製造プロセスと比較して、石炭の事前処理を高度化した点に大きな特徴がある。

コークス製造に使用される石炭は、事前処理工程で乾燥および急速加熱処理される。従来のコークス製造プロセスと同様、石炭の配合と粉碎処理が行われた後、まず、流動床乾燥分級機にて乾燥、予熱されるとともに、原料の石炭は粗粒炭と微粉炭に分級される。分級された粗粒炭は気流加熱塔にて約330~380℃まで急速加熱処理される。分級された微粉炭は熱間成形された後、急速加熱された粗粒炭と混合されて、高温でコークス炉に装入される。

これらの事前処理を施される間に、とくに急速加熱処理により、石炭が改質されてコークス化性が向上する。その結果、通常はコークス用原料として適さない非微粘結炭の使用比率を大幅に向上させても、十分な強度のコークスを製造することが可能となる。非微粘結炭の使用比率は従来の湿炭装入での20%から50%に向上させることを目標に開

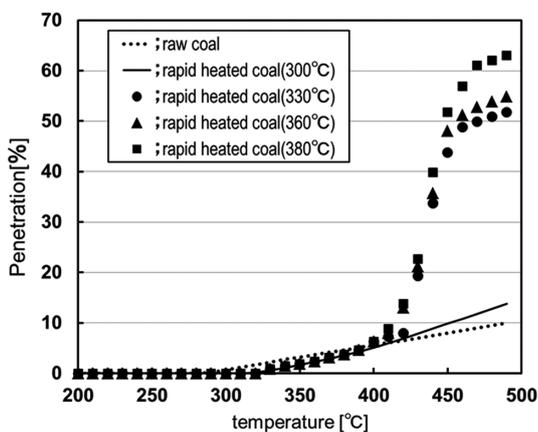


図2 急速加熱処理炭の加熱時針侵入度<sup>3)</sup>  
Improvement of penetration of coal by rapid heating<sup>3)</sup>

発が行われた。

また、石炭を乾燥し高温でコークス炉に装入することは、従来プロセスでは長時間が必要であったコークス炉での処理時間、すなわち、乾留時間を大幅に短縮し、コークス炉の生産性を大幅に向上するとともに、省エネルギーにもつながる。さらに微粉成形処理は、乾燥処理と同じく石炭のコークス炉への装入嵩密度の増大に寄与するとともに、微粉によるコークス炉操業への悪影響の対策となっている。SCOPE21プロセスは、コークスの乾留時間を大幅に短縮させ、従来のコークス製造プロセスを大幅にコンパクト化した高効率なプロセスである。

### 3. 要素技術開発とパイロットプラント試験検証

ここでは、SCOPE21プロセスの主要要素技術について、国家プロジェクトとして実施した技術開発結果を述べる。

#### (1) 急速加熱技術および品質向上効果

SCOPE21プロセスのなかで、急速加熱技術は低品位である非微粘結炭の改質を行う工程として重要な技術である。基礎試験では、200g規模の小型気流加熱装置を用いて、急速加熱した非微粘結炭の軟化溶解性を針侵入試験により調査した。この装置による昇温速度は $1 \times 10^4$ ℃/minであり、急速加熱処理した石炭を窒素中で冷却した後、3℃/minで加熱しながら針侵入量を測定した。図2<sup>3)</sup>に示すように、330~380℃に急速加熱した場合には400℃以上での針侵入度が上昇し、石炭の軟化溶解性が向上したことが示唆された。

NMR マイクロイメージング法による急速加熱炭の観察でも mobile 成分量の増加が報告されており<sup>4)</sup>、石炭は単位構造分子が非共有結合を中心に架橋した凝集構造体と考えられるが、軟化溶解成分が一部混在しており、急速加熱によって非共有結合が弱まり凝集構造が緩和され、軟化溶解成分が増加するものと考えられる。

続いて、65mm径×8m高さの気流塔を有する試験装置(図3)<sup>5)</sup>を用いて急速加熱処理を施した石炭を試験コーク

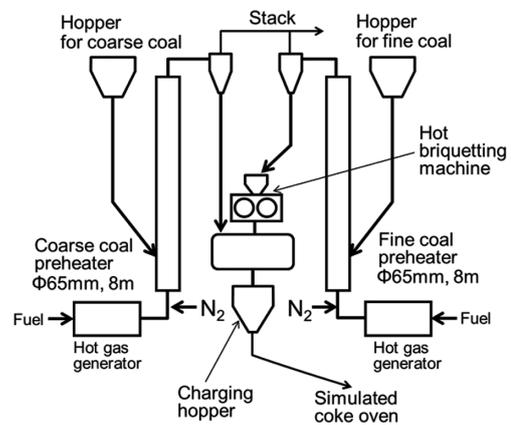


図3 SCOPE21事前処理の基礎試験装置<sup>5)</sup>  
Experimental apparatus for laboratory scale test of SCOPE21 pretreatment process<sup>5)</sup>

ス炉で乾留してコークス強度を評価した。石炭は流動層乾燥機で 250℃ に乾燥、予熱され、0.3mm 以下の微粉炭とそれ以上の粗粒に分級された後、各々気流塔で平均  $1 \times 10^4$  °C/min で急速加熱され、微粉炭はロールコンパクターで熱間成形されたのち粗粒炭と混合されて、試験コークス炉に装入された。試験コークス炉は幅 400mm、長さ 600mm、高さ 600mm の電気炉で、乾留後のコークスは窒素下で冷却してコークスのドラム強度指数を測定した。

粘結炭 50% と非微粘結炭 50% の 2 種配合炭を、330 ~ 420℃ まで急速加熱処理した時のコークスのドラム強度指数 ( $DI_{15}^{50}$ ) を図 4<sup>5)</sup> に示す。昇温速度 2°C/min で 300℃ 以上に低速加熱処理した場合にはコークス強度が原炭よりも低下したのに対し、330 ~ 400℃ に急速加熱した場合には 3 ~ 6 ポイントの向上が認められた。また、400℃ 以上に加熱された場合にはコークス強度が低下しており、過加熱は悪影響を及ぼすことも理解された。

さらにパイロット試験において、急速加熱処理を含む石炭の事前処理から乾留炉までの一貫した設備にて、SCOPE 21 プロセスのコークス強度向上効果が確認された。

パイロット試験設備の事前処理設備を図 5<sup>6)</sup> に示す。流動床で乾燥予熱され分級された粗粒炭と微粉炭は、別々に気流加熱塔に送られ急速加熱処理される。急速加熱後の微

粉炭は熱間成形機で加圧成形されたのち粗粒炭と混合され、チェーンコンベアおよび気流搬送で乾留炉へ装入される。乾留後のコークスはカセット型冷却機内に押し出され、冷却機内で窒素により 100℃ 以下まで冷却されてヤードに排出された。ヤードに排出されたコークスをサンプリングしてその品質を測定した。

パイロット試験では、粘結炭 50% と非微粘結炭 50% とを混合した配合炭を用い、計算による粗粒炭の平均温度が 330 ~ 365℃、微粉炭の平均温度が 330 ~ 375℃ の温度範囲になるように急速加熱条件を設定した。パイロット試験期間において標準的な条件で操業した時のコークス強度を図 6<sup>6)</sup> に示す。操業期間は、立上げから炉温が低い第 1 次操業、炉温 1250℃ の第 2 次操業、および立下げ操業期間に大きく分けたが、強度値が低かった第 2 次操業においてもドラム強度が 84.8 のコークスが得られ、非微粘結炭を 50% 配合しても強度の高いコークスを製造できることが確認された。

第 2 次操業時のコークス強度を従来のコークス製造プロセス (湿炭操業) と比較整理したのが図 7 である。同じ配合炭の従来プロセスにおける強度推定値と比較すると SCOPE 21 プロセスは +2.5 の強度向上効果があると評価された。

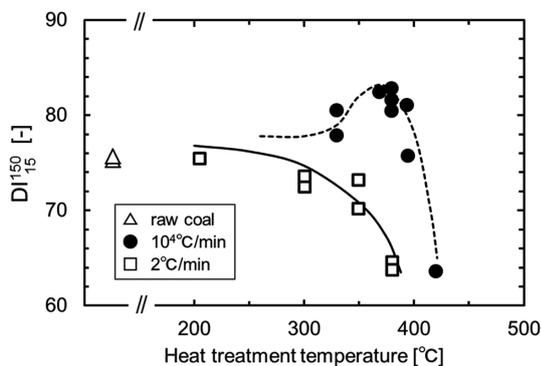


図 4 石炭加熱温度および加熱速度のコークス強度への影響<sup>5)</sup>  
Effect of rapid heating and temperature on coke strength<sup>5)</sup>

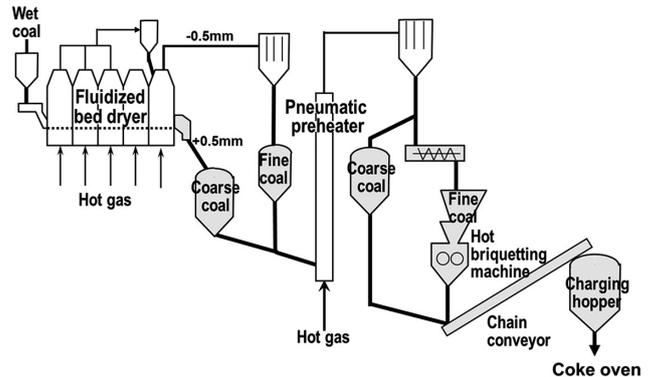


図 5 SCOPE21パイロットプラントの事前処理設備<sup>6)</sup>  
Schematic diagram of coal pretreatment process in SCOPE21 pilot plant<sup>6)</sup>

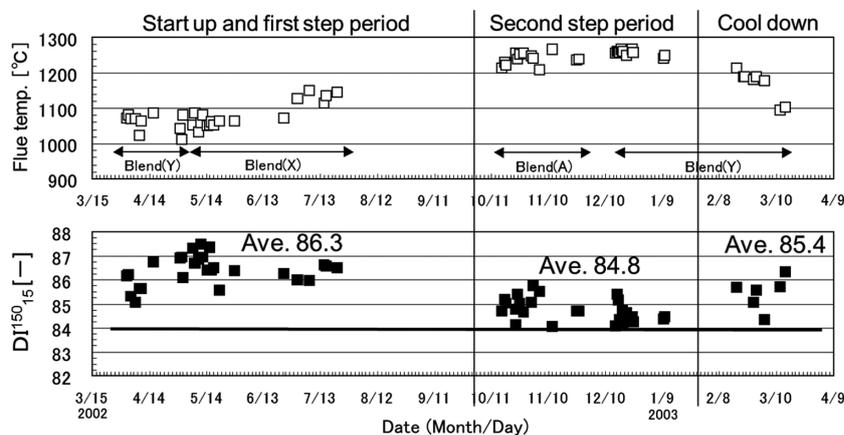


図 6 SCOPE21パイロット試験における炉温とコークス強度<sup>6)</sup>  
Change in flue temperature and coke strength in SCOPE21 pilot plant test<sup>6)</sup>

また効果の内訳として、急速加熱効果は+0.9と評価された<sup>6)</sup>。パイロット試験において、気流塔での処理を低温加熱ガスで行うことにより、急速加熱効果が発現する330～380℃より低い、約280℃までの加熱処理炭の強度と、360℃で処理した結果の強度差として得られた結果である。

残部+1.6の効果としては、第2次操業では石炭装入嵩密度が0.74t/m<sup>3</sup>であり、従来プロセス(湿炭装入)の0.7t/m<sup>3</sup>より向上したことによる嵩密度向上の効果、および気流塔の円滑な操業のために、石炭粒度を従来プロセスより細かくしたことによる均質化効果と推察される。

(2) 微粉成形技術と操業安定化効果

SCOPE21プロセスでは分級された微粉炭は熱間成形処理される。パイロット試験では、熱間成形の適正条件の検討と微粉成形が操業状況に及ぼす効果の評価を行った。

パイロット試験で用いた成形機の概要を図8<sup>7)</sup>に、その仕様を表1<sup>7)</sup>に示す。成形の良否を成形歩留りで評価し、適正な条件を検討した。図9<sup>7)</sup>に示すように、粉体ガス圧が5kPaを超えると、粉体ガス圧の上昇に伴い成形歩留りが低下した。粉体ガス圧の増加は、成形時の粉体の圧縮に伴い空隙率が減少する際の気体発生量が増加したものと推

察され、脱気が重要であることが明確となった。

石炭を乾燥すると、水分が多い場合は凝集している微粉が単離して操業に悪影響を及ぼすことが知られている。SCOPE21プロセスでは、石炭温度が高いため石炭装入時の発生ガス量が多く、石炭微粉がガスに同伴されて炭化室外に放出される、いわゆるキャリアオーバーが多くなることが懸念された。

パイロット試験では配合炭を最大粒径6mmになるように粉碎調整して事前処理を施した後、コークス炉に装入したが、加熱微粉炭を成形した場合と成形を行わない場合とでキャリアオーバーを比較した<sup>8)</sup>。キャリアオーバー微粉は安水やタールに混入してタールデカンターに捕集されるので、デカンターで採取したタールのキノリン不溶分(QI成分)を測定した。表2に示すように微粉を成形しない場合はQI成分が13%であったのに対し、微粉を成形した場合は4.6%と半分以下に抑制された。これにより、微粉炭を成形することがキャリアオーバー抑制に寄与することが操業結果として確認された。

また、上昇管で発生ガスを等速吸引サンプリングしてタールを捕集し、装入開始から1時間までに得られたタール中のQI成分の粒度分布をレーザー回折散乱法で測定した結果を図10<sup>8)</sup>に示す。熱間成形した場合は、30～100μmの割合が大きく減少しており、成形の効果が確認できる。

乾留ガスに同伴される微粉が減少することは、カーボン付着低減にも効果が期待される。パイロット試験において、コークス炉上部空間への煉瓦片吊り下げ法によって、カーボン付着量を評価した<sup>9)</sup>。装入前から煉瓦片を吊り下げ、装入開始から乾留完了までのカーボン付着量を測定した結果を図11<sup>9)</sup>に示す。顕微鏡によるカーボン組織の観察結果

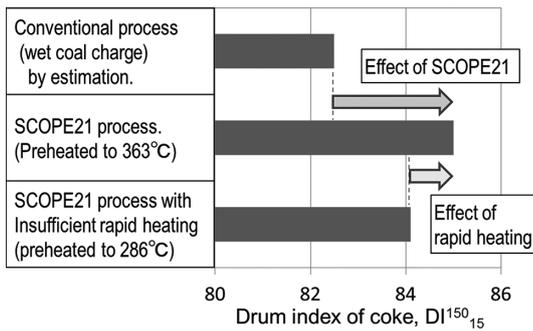


図7 SCOPE21プロセスによるコークス強度向上効果  
Coke strength improvement by SCOPE21 process

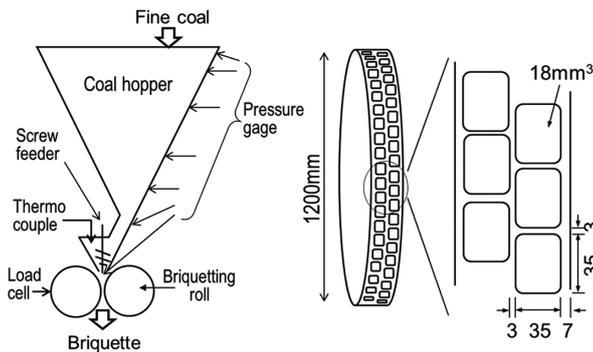


図8 パイロット試験で用いた熱間成形機<sup>7)</sup>  
Hot briquetting machine of SCOPE21 pilot plant test<sup>7)</sup>

表1 パイロットプラントで用いた微粉成形機の仕様<sup>7)</sup>  
Specification of briquetting machine in pilot plant<sup>7)</sup>

Briquetting pressure	5000 kg/cm
Roll size	1200 mm φ × 87 mm W
Briquette size	18 cm <sup>3</sup> , 35 × 35 × 8.5 mm

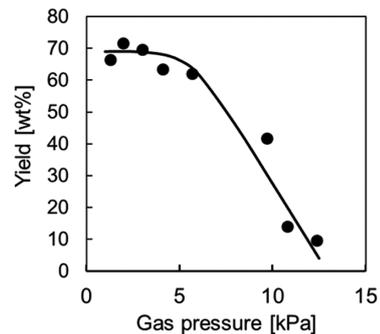


図9 成形中のガス圧力が成形性に及ぼす影響<sup>7)</sup>  
Influence of gas pressure during briquetting on briquette yield<sup>7)</sup>

表2 微粉成形によるキャリアオーバー抑制  
Effect of fine briquetting on carry over

Condition	QI in decanter tar
With hot briquetting	4.6%
Without hot briquetting	13%

を反映して、石炭由来のカーボンと熱分解カーボンの区分もあわわしている。熱分解カーボン付着量は温度に影響されるため、同じ上部空間温度の付着になるように補正を行った値である。微粉を熱間成形しない場合には、熱間成形した場合より倍以上も多く付着しており、微粉成形のカーボン付着抑制への効果が大きいことがわかる。また、付着したカーボン組織はほとんどが石炭由来であった。

図 11 中には、石炭を装入してから上部空間に煉瓦片を吊り下げて、装入時を除く乾留中に付着したカーボン量も示した。装入時を除くと付着カーボン量は非常に少なく、ほとんどが熱分解由来のカーボンであった。この結果から、装入時の微粉由来のカーボン付着が多いことが理解され

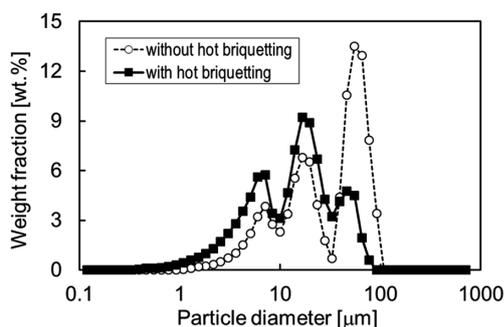


図 10 上昇管で採取したキャリアオーバー炭の粒度分布<sup>8)</sup>  
Size distribution of carry over particle at ascension pipe<sup>8)</sup>

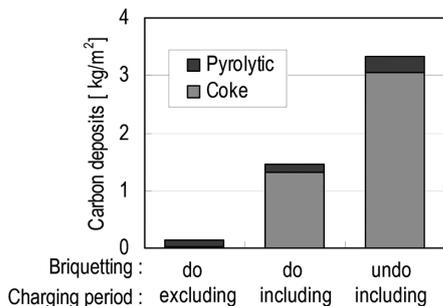


図 11 パイロットプラント操業におけるカーボン付着<sup>9)</sup>  
Carbon deposits in SCOPE21 pilot plant operation<sup>9)</sup>

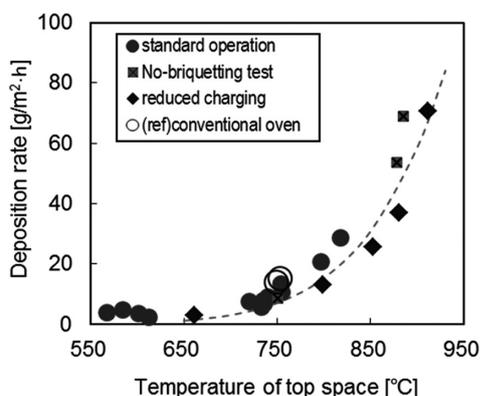


図 12 上部空間温度が装入時を除く乾留中のカーボン付着速度に与える影響<sup>9)</sup>  
Influence of top space temperature on the carbon deposition at carbonization period excluding charging time<sup>9)</sup>

る。

装入時を除いた乾留中のカーボン付着速度は温度の影響が大きかった(図 12<sup>9)</sup>)。図には試験的な操業条件の結果も含まれているが、パイロット試験の上部空間温度は通常の操業では 800°C 以下と低かったため、SCOPE21 プロセスでも既存炉と同等のカーボン付着速度と評価された。

### (3) 低 NO<sub>x</sub> 燃焼技術

SCOPE21 プロセスは高生産性を目標としているため、石炭の乾留に必要な熱量も従来炉よりも多く供給する必要がある。すなわち、燃焼ガスの供給量が従来よりも増加することになる。一般に燃料ガス量を増加させると局部燃焼が顕著となり、高さ方向の均一加熱が達成できないだけでなく、燃焼排ガス中の NO<sub>x</sub> 濃度も上昇し、環境上好ましくない。そこで、既存炉より燃料ガス量が 2 倍とした条件下でも均一加熱、低 NO<sub>x</sub> 燃焼が可能な燃焼構造を開発する必要があった。

燃焼構造を最適化するために、表 3 に概要を示す、実炉大のフリーユで構成される燃焼試験炉を建設して技術的検討が行われた<sup>10)</sup>。燃焼試験炉は石炭を乾留する代わりに、相当する熱量を水冷壁から抜熱する構造で、既存炉型と開発型のフリーユを備え、比較評価した。

炉底部のポート形状を変更した検討の結果、図 13<sup>10)</sup> (a) に示すような、燃料ガスポートと空気ポートが、隣り合せて配置された構造より、図 13 (b) のように、千鳥型に配置した構造のほうが、燃料ガスと空気との接触が抑制され、炉下部の局所的な燃焼が抑制され、NO<sub>x</sub> 濃度の低減に大きく寄与することが明らかになった。さらに、隣り合う 2 つのフリーユ(ツインフリーユ)間の仕切り壁の底部にサー

表 3 燃焼試験炉の主仕様  
Specification of combustion test oven

Oven size	H7.5×L6.0m
Flue size	H6.6m - twin flue type
Number	12 (6 for test, 6 for conventional type)
Gas inlet	Fuel: 1 stage, Air: 3 (4) stage

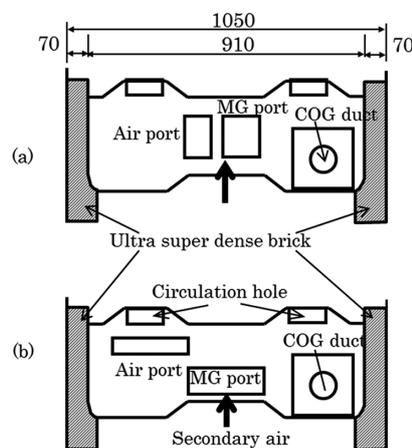


図 13 燃焼フリーユの炉底部ポートの配置<sup>10)</sup>  
Arrangements of flue port at bottom<sup>10)</sup>

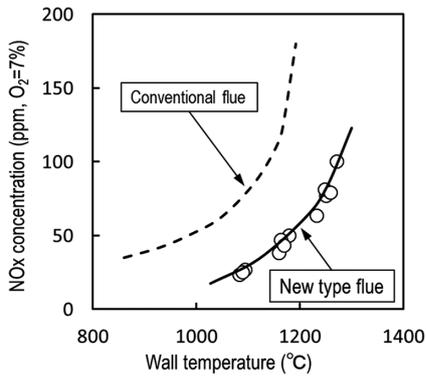


図 14 炉温と排ガス中の NO<sub>x</sub> 濃度との関係<sup>10)</sup>  
Relationship between wall temperature and NO<sub>x</sub> concentration in exhaust gas<sup>10)</sup>

キュレーション孔を設けて、排ガスの一部を循環することも、低 NO<sub>x</sub> 化に寄与することが確かめられた。

これらの構造を備えた開発型フリューは、図 14<sup>10)</sup> に示すように、従来型フリューに比較して NO<sub>x</sub> を大幅に低減でき、新設炉に適用される排出基準 (170ppm) を十分満足する水準であることが確認された。また、パイロット試験炉も同様の燃焼室構造で設計され、石炭の乾留により拔熱される条件でも、燃焼試験炉と同等の低 NO<sub>x</sub> が得られることが確かめられた。

#### 4. SCOPE21 プロセスの実機化

国家プロジェクトの技術開発成果を受けて、SCOPE21 型の新コークス炉の第 1 号機が、2008 年大分製鉄所の第 5 コークス炉 (図 15) として建設された。そして、実機での操業実績を積み、2013 年には第 2 号機が名古屋製鉄所の第 5 コークス炉 (図 16) として稼働した。

図 17 に SCOPE21 型コークス炉の導入工程の概要を示す。国家プロジェクト終了後、2004～2005 年にかけて大分製鉄所新コークス炉のための環境アセスメントが行われ、その後、2006 年 4 月から 2008 年 4 月にかけてコークス炉の建設工事が行われた。コークス炉の本体の建設工事は 2008 年 1 月に完了し、2008 年 2 月 1 日にコークス炉に石炭が初めて装入され、翌日にコークスの初窯出しが行われた。その後、石炭事前処理設備、コークス炉、CDQ (Coke Dry Quenching) 全系による総合運転が行われ、2008 年 5 月に竣工した。

名古屋製鉄所においても 2008 年度から計画がなされ、2011 年 3 月より基礎工事を開始、2012 年 9 月に築炉工事が完了し、2012 年 12 月より炉体乾燥・昇温を行い、2013 年 3 月 1 日に石炭初装入が行われ、コークス炉の操業が開始された。事前処理設備についても並行して工事が完了し、2013 年 3 月に立上げを行った。CDQ 設備については、2013 年 5 月に操業が開始され、総合運転が開始された。



図 15 大分第 5 コークス炉の概観  
Overview of Oita No.5 coke plant



図 16 名古屋第 5 コークス炉の概観  
Overview of Nagoya No.5 coke plant

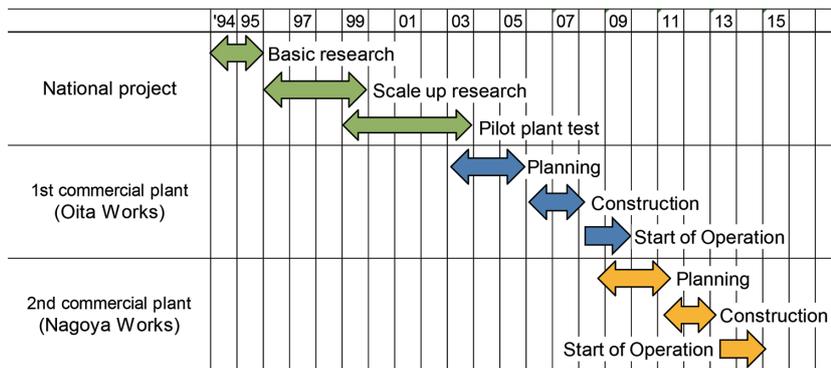


図 17 SCOPE21 プロセスの実機導入工程  
Application schedule of SCOPE21 process

表 4 大分製鉄所, 名古屋製鉄所 SCOPE21 プロセスの主な設備仕様  
Specifications of Oita/Nagoya SCOPE21 process

Fluidized bed dryer	161 t/h
Pneumatic preheater	106 t/h
Agglomerator	36 t/h×2
Number of ovens	64
Dimensions of ovens	W0.45×H6.7×L16.6 m
CDQ	123 t/h

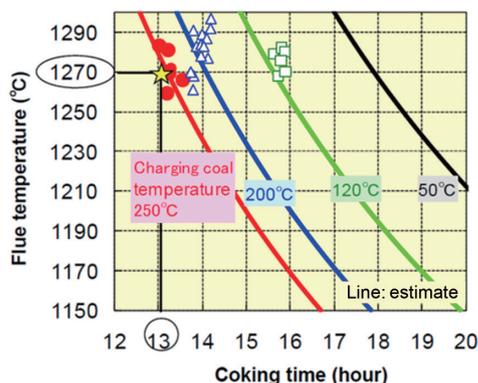


図 18 コークス炉のフリー温度, 石炭装入温度と乾留時間の関係<sup>1)</sup>  
Correlations between carbonization flue temperature and coal charge temperature<sup>1)</sup>

表 4 に設備仕様を示す。コークス生産能力は 100 万 t/年であり, 石炭を装入して乾留する炭化室は炉幅 0.45m, 炉高 6.7m, 炉長 16.6m (有効容積 43.7m<sup>3</sup>) であり, 64 門で構成されている。

大分第 5 コークス炉は, 2008 年 2 月のコークス炉稼働開始以降, 順次稼働率を上昇させて 2009 年 1 月には, 稼働率 184.5% を達成した。稼働当初はコークス炉の炉温を上昇させて稼働率を 135% まで上昇させ, その後は最高炉温で装入炭温度を上昇させて乾留時間を達成させた。図 18<sup>1)</sup> にコークス炉の乾留時間の実績を示す。石炭装入温度の上昇に伴って, 伝熱計算による予測通りに乾留時間が短縮され, 装入温度 250°C, 炉温 1270°C で乾留時間 13h (=稼働率 184.5%) を達成した。

名古屋第 5 コークス炉も 2012 年 11 月に, 計画より 3 か月前倒しで最高稼働率 184.5% を達成した。

図 19, 20<sup>2)</sup> に, 稼働後のコークス強度 (DI<sup>150</sup><sub>15</sub>) の推移と非微粘結炭の使用比率の推移をそれぞれ示す。両所のコークス炉ともコークス強度は 86 以上が確保されており, 計画通りの高強度コークスが製造されている。一方, 非微粘結炭の使用比率は, 大分第 5 コークス炉では 55% 超, 名古屋第 5 コークス炉では 60% 超を達成しており, コークス強度を低下させずに非微粘結炭の使用比率を大幅に向上させることができている。

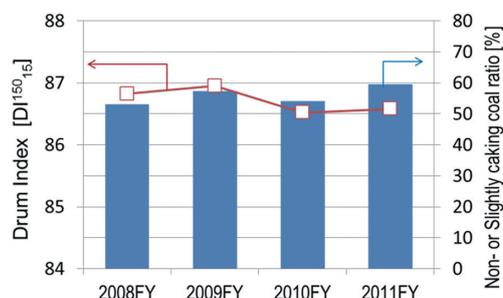


図 19 大分第 5 コークス炉のコークス強度と非微粘結炭比率

Coke strength and blending ratio for non- or slightly caking coal of Oita No.5 coke oven

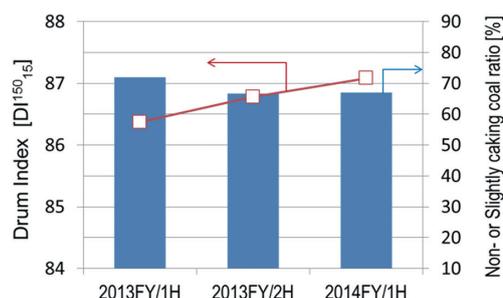


図 20 名古屋第 5 コークス炉のコークス強度と非微粘結炭比率<sup>2)</sup>

Coke strength and blending ratio for non- or slightly caking coal of Nagoya No.5 coke oven<sup>2)</sup>

## 5. 結 言

SCOPE21 は, 日本鉄鋼業界とコークス専門メーカーが国家プロジェクトとして, 共通の問題意識のもと技術開発を進め, その後速やかに, 日本製鉄大分製鉄所および名古屋製鉄所にて実機プロセスとして稼働を開始し, 現在も順調な操業を継続している。

本プロセスは, 石炭事前処理として革新技術により非微粘結炭の使用比率増大, 大幅な生産性拡大を達成し, 高効率操業が達成できた。石炭価格の高騰や優良石炭資源枯渇の始まりが現実となった現在, 技術の粋を極めた SCOPE 21 プロセスは, 石炭資源の有効利用, 省エネルギーに対する大きな貢献が期待される。

最後に, 本技術開発は, 石炭生産・利用技術振興費補助金の石炭燃焼技術開発 (石炭高度転換コークス製造技術) の一環として実施された成果に基づいたものであり, 関係各位に感謝いたします。

### 参照文献

- 1) 西岡邦彦 ほか: 鉄と鋼. 90 (9), 614 (2004)
- 2) 谷澤賢司: 第 52 回石炭科学会議発表論文集. ii (2015)
- 3) 加藤健次 ほか: 日本エネルギー学会誌. 83 (11), 868 (2004)
- 4) 齋藤公児 ほか: 新日鉄技報. (384), 48 (2006)
- 5) 松浦慎 ほか: 鉄と鋼. 90 (9), 656 (2004)
- 6) 窪田征弘 ほか: 鉄と鋼. 90 (9), 686 (2004)

- 7) 松浦慎 ほか：鉄と鋼. 90 (9), 667 (2004)
- 8) 松浦慎 ほか：鉄と鋼. 90 (9), 715 (2004)
- 9) 上坊和弥 ほか：鉄と鋼. 90 (9), 721 (2004)
- 10) 吉田周平 ほか：鉄と鋼. 90 (9), 679 (2004)
- 11) 尾方良晋 ほか：第 46 回石炭科学会議発表論文集. 40 (2009)



上坊和弥 Kazuya UEBO  
プロセス研究所 製鉄研究部 主幹研究員  
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511



松浦 慎 Makoto MATSUURA  
君津製鉄所 製鉄部 コークス技術室長  
工学博士



窪田征弘 Yukihiro KUBOTA  
技術開発企画部 主幹 博士(環境科学)



佐々木正樹 Masaki SASAKI  
名古屋製鉄所 製鉄部 コークス技術室  
主幹



藤川秀樹 Hideki FUJIKAWA  
設備・保全技術センター  
プラントエンジニアリング部  
コークス設備技術室 主幹



中居裕貴 Hiroki NAKAI  
名古屋製鉄所 製鉄部 コークス技術室  
主幹



土井一秀 Kazuhide DOI  
大分製鉄所 製鉄部 コークス工場長



野口敏彦 Toshihiko NOGUCHI  
大分製鉄所 製鉄部 コークス技術室長



谷澤賢司 Kenji TANIZAWA  
名古屋製鉄所 製鉄部 コークス工場  
化成課長