

## 技術報告

## 広畑製鉄所における転炉スラグ原単位削減\*1

## Reduction of BOF Slag Emission at Hirohata Works

萩尾建門\*  
Kento HAGIO開澤昭英  
Akihide KAIZAWA八木 恒  
Hisashi YAGI笠本啓太  
Keita KASAMOTO今野智弘  
Tomohiro KONNO若木明德  
Akinori WAKAGI

## 抄 録

広畑製鉄所においては、1993年以降、リサイクル原料を利用した溶銑製造を行っている。主原料のスクラップに代わり、ダストを原料とした熱間造粒還元鉄、あるいは地金の利用割合を増加している。しかし、これら不純物が多い原料使用により、溶銑りんが増加し、脱炭炉におけるデメリット（CaO増、スラグ増、鉄歩留低下）が顕在化した。そこで、転炉スラグのリサイクルによるデメリット抑制、更には、スラグ滓化促進によるダスト低減の効果を得た。

## Abstract

Hirohata Works has been producing hot metal using recycled raw materials since 1993, but instead of scrap as the main raw material, the proportion of hot briquetted iron using dust as raw material or bullion is increasing. However, the use of raw materials containing a large amount of impurities increased the amount of hot metal phosphorus and the demerits in the decarburization furnace (increased CaO, increased slag, decreased iron yield). In this report, the improvement of these disadvantages through the recycling of converter slag and improvement of its utilization. Further the effect of dust reduction by promoting slag forming was also obtained.

## 1. 緒 言

日本製鉄(株)広畑製鉄所の製鋼工程は、SMP法(Scrap Melting Process; 冷鉄源溶解プロセス)の溶解炉により、スクラップ(鋼屑)や還元鉄を溶解し溶銑を製造する資源循環型の製鋼工場である。これまで、SMP法の主原料は鋼屑であったが、直近では細粒鉄源<sup>\*2</sup>を炭材、バインダーとともに造粒したブリケットをRHF(Rotary Hearth Furnace; 回転炉床還元炉)で還元したHBI(Hot Briquetted Iron; 熱間造粒還元鉄)や、不純物含有が多い地金類の比率を増加させており、今後も更に還元鉄、地金類の使用量を拡大していく計画である。一方これらの原料を使用することで、溶銑りんが上昇するため、転炉スラグ原単位の増加及び転炉歩留の低下が課題となってきた。そこで、本課題への対策として、転炉スラグリサイクルの利用技術改善によるスラグ原単位改善を行ったので報告する。

## 2. 広畑製鉄所の鉄源製造工程と転炉工程

## 2.1 広畑製鋼工程の概要

図1に広畑の製鋼工程を示す。鋼屑、HBI等の鉄源をSMP炉で溶解する冷鉄源溶解プロセスにより溶銑を製造する。その後全ての溶銑をインジェクション脱硫と脱炭炉で処理し、溶鋼を製造する。

## 2.2 SMP工程操業フローとその特徴

SMP法は、転炉設備を活用した連続残湯法の冷鉄源溶解プロセス<sup>1)</sup>である。シュート装入する鋼屑と炉上から連続的に投入するHBI等の鉄源を、上吹き酸素、底吹き微粉炭を熱源として溶解する。溶解終了後、種湯を残して出銑し、次メルトへ移行する。SMP法は、後工程に溶銑脱硫処理を構えていることから、硫黄のインプットを許容できるため、転炉では装入できない硫黄含有が多い鉄源も溶解可能である。高炉銑との成分・温度比較を表1に示す。高炉銑に対し、出銑温度が低く、低炭高硫成分である。また、

\*1 日本鉄鋼協会 製鋼部会 第153回部会大会発表資料を転載

\*2 社内外で発生する高炉・製鋼ダスト

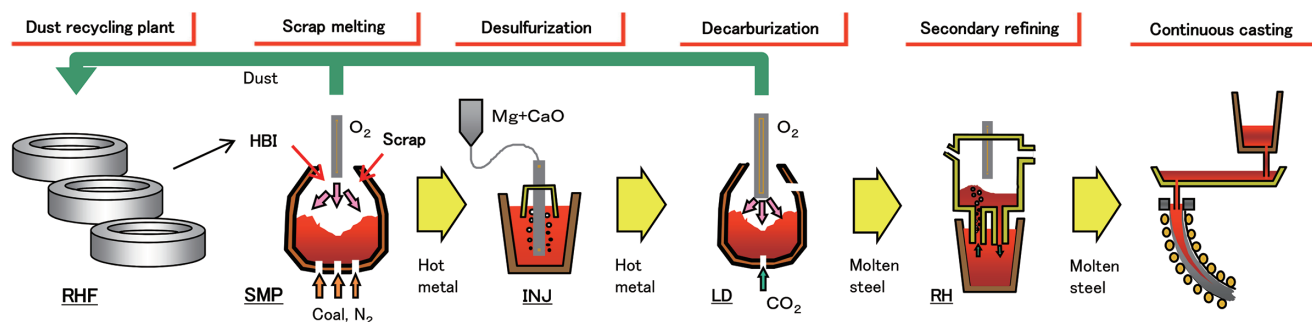


図1 広畑製鉄所の製鋼工程  
Steel manufacturing process at Hirohata Works

表1 SMP 銑と高炉銑の比較  
Comparison of hot metal between SMP and blast furnace

	Tap temp. (°C)	[C] (%)	[Si] (%)	[Mn] (%)	[P] (%)	[S] (%)
SMP	1390	4.2	0	0.25	0.07	0.09
BF	1500	4.6	0.5	0.3	0.12	0.02

表2 広畑製鉄所転炉の主仕様  
Specification of BOF at Hirohata Works

Bottom blow	LD-CB
Top O <sub>2</sub> blow	Max 25000 Nm <sup>3</sup> /h
Heat size	100 t

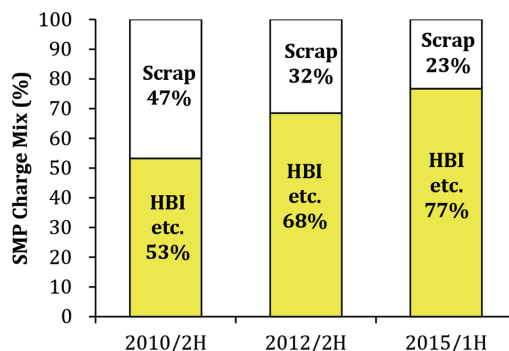


図2 SMP 主原料構成  
Charge mix of SMP

酸素吹きでの溶解を行っているため、珪素は炉内で全て酸化され、出銑時には溶銑に残らない。

### 2.3 広畑の転炉工程

広畑製鋼工場は、SMP 炉2基に対して、1基の転炉で処理を行っている。転炉の主仕様を表2に示す。底吹きガスはCO<sub>2</sub>またはN<sub>2</sub>を用いている。SMP 溶銑は、珪素レスであるため脱珪処理が必要なく、また上限[P] ≤ 0.01%レベルの極低りん鋼の出鋼も無いため、脱硫以外の溶銑予備処理は実施せずに脱炭炉のみで脱りんを行っている。

## 3. SMP主原料構成の変化と転炉に与える影響

### 3.1 SMP 主原料構成の変化

図2に2010年下期と2012年下期及び2015年上期のSMPにおける主原料構成変化を示す。RHFの増設に伴い、還元鉄原料比率が増加した。また、地金類の割合も並行して増加している。これらの原料はスクラップに対して原料単価が安く、広畑製鋼工場では今後も安価な還元鉄、地金類の使用量を拡大していくことで、溶銑コストの低減を図っていく計画としている。

### 3.2 SMP 主原料構成の変化に伴う溶銑成分の変化

原料構成で増加している還元鉄、地金類は、ともに鋼屑に対して5~10倍のりん含有量がある。図3に2010年下期~2012年下期の溶銑[P]と転炉におけるスラグ発生原単

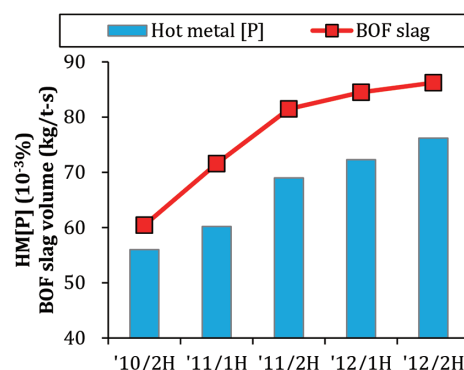


図3 溶銑[P]と転炉スラグ発生原単位  
Relation between hot metal[P] and BOF slag volume

位の変化を示す。溶銑[P]は2010年下期から2012年下期にかけて約1.3倍に増加しており、これに伴って転炉スラグの発生原単位も2010年下期をベースにして1.4倍(60kg/t-s → 86kg/t-s)に増加した。

## 4. SMP溶銑の特徴を踏まえた技術開発方針

転炉のスラグ原単位悪化とそれに伴う歩留悪化が顕在化してきた中で、対策として、スラグリサイクルの促進を行ってきた。本報では、炉内スラグ残しによるホトリサイクルの促進、及び特定スラグのコールドリサイクル推進について、報告する。

4.1 転炉スラグリサイクル促進への取り組み

4.1.1 ホットリサイクルとコールドリサイクルの活用  
の考え方

ホットリサイクルとコールドリサイクルの特徴を表3に示す。ホットリサイクルは熱的に有利であり、破碎などの処理を行わずに使用できる利点を有する一方、コールドリサイクルは、回収するスラグとその使用タイミングの条件を自由に選択することが可能であるという利点を有する。転炉スラグリサイクル実施にあたりこれらの特徴を活かすことによる効果最大化を目指した。

4.1.2 ホットリサイクルとコールドリサイクルの効果  
最大化

表4に出鋼鋼種分類別の出鋼比率と特徴及びリサイクル  
方案を示す。広畑製鋼工場は脱りん予備処理工程を有さないため、脱炭炉内で効率的にスラグをリサイクルする必要がある。表4に示すように、排出スラグの $(P_2O_5)/(CaO)$ は、りんの規格上限が高い鋼種ほど高いことがわかる。つまり、スラグは最終的にりん規格上限が高い鋼種で利用されて排出されるべきである。このことから、以下の視点でスラグリサイクルの促進を行った。

ホットリサイクル①

りん規格上限が低い鋼種から高い鋼種へのホットリサイクル (キャスト間のみ)

表3 ホット・コールドリサイクルの特徴と適用施策  
Characteristics of slag hot recycle and cold recycle

	Hot recycle	Cold recycle
Method	To keep previous heat slag in BOF and to use in the next heat blowing	To collect off slag from BOF and to use the crashed slag as flux in BOF
Merit & demerit	◆ Merit Less heat loss	◆ Merit Variety of slag can be used selectively
	◆ Demerit Only previous heat slag can be used	◆ Demerit Heat loss
Point	Increase of recycle ratio except low P heat	Selective recycle of slag from low Mn heat

表4 出鋼鋼種別のスラグ効率及びスラグリサイクルイメージ  
Schematic view of slag recycle

Steel grade	Ratio	$(P_2O_5)/(CaO)$	Characteristic	Hot recycle ①	Hot recycle ②	Cold recycle
Phosphorus containing	10%	0.060	High			
High phosphorous Max.[P] ≤ 0.025, 0.030%	44%	0.059	Margin for input P: High Max.[P] >> Actual [P]			
Medium phosphorous Max.[P] ≤ 0.020%	28%	0.050	Margin for input P: Medium Max.[P] > Actual [P]			
Low phosphorous Max.[P] ≤ 0.015%	3%	0.046	Max.[P] ≈ Actual [P] Slag: De-P capacity remaining			
Low manganese containing	16%	0.038	Low Slag: De-P capacity remaining Slag: High T-Fe			

ホットリサイクル②

りん規格上限が高い鋼種内でのホットリサイクル  
コールドリサイクル

脱りん余力が非常に大きい低マンガン鋼スラグを選択的に回収して利用するコールドリサイクル

低マンガン鋼は、脱マンガンを行うために脱りんの観点からは過剰にスラグを製造している。このスラグはTFeも高く、回収利用することでの副原料削減、鉄回収効果が大きい。

4.1.3 ホットリサイクル

(1) 緩りん鋼へのリサイクル促進

図4に上限[P]別の成品[P]実績平均を示す。上限[P]が高い鋼種ほど成品[P]との差が大きくなっていることがわかる。これは、SMP溶銑は珪素を含有しないため、スラグ量は副原料投入量のみで制御できるものの、カバースラグや炉体保護の観点から下限スラグ量を設定しているため、脱りんの観点からすると過剰なスラグを生成している。上限[P]=0.025%以上の鋼種がこの領域に該当する。図5に上限[P]別出鋼鋼種割合を示す。りん裕度のある上限[P]=0.025%以上の鋼種の割合は含りん鋼も含めると50%

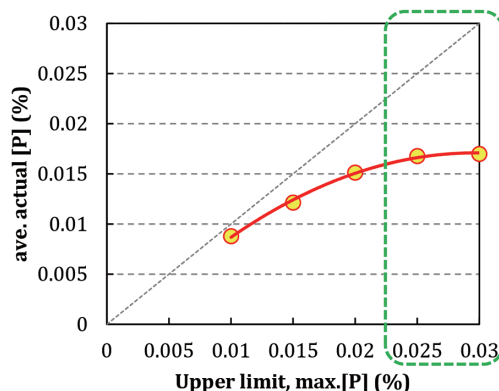


図4 上限[P]別の成品[P]  
Relation of phosphorus between upper limit (max.[P]) and actual

以上にのぼる。この領域の鋼種をホットスラグリサイクルの対象とした。

(2) ホットリサイクル操業の適用と効果

先述の鋼種を対象としたホットスラグリサイクルの大幅な拡大に成功し、現在、操業全体におけるホットリサイクル実施率は73%、ホットリサイクル原単位8.1kg/t-sとなっている(2015年1~3月実績)。図6、7にホットリサイクル操業前後の新規投入CaOと放流地金発生原単位をそれぞれ示す。結果として、新規投入CaOは実施前に対して13%改善した。また、上記に加えて炉内の完全排滓比率が

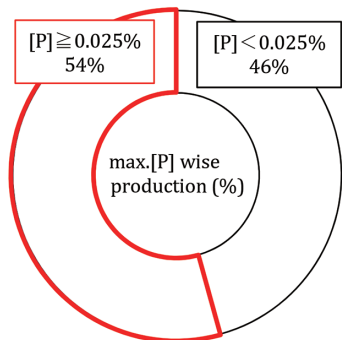


図5 上限[P]別出鋼鋼種割合  
Production structure of phosphorus containing steel

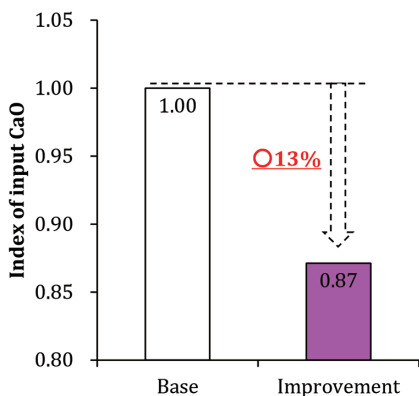


図6 対策前後の新規投入CaO実績  
Decrease of CaO by slag hot recycle

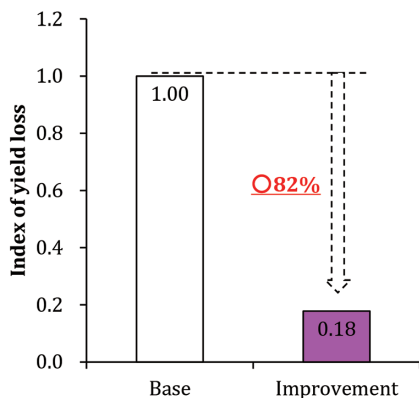


図7 対策前後の放流地金  
Decrease of yield loss during slag-off

低下したことで、放流地金発生量もホットリサイクル実施前に対して82%減と大幅に改善した。

(3) 新規投入CaO改善についての考察

スラグ-溶鋼間のりん分配比のスラグ組成依存性を表す経験式として、式(1)が報告されている<sup>2)</sup>。

$$\begin{aligned} & \log\{(P)/[P](TFe)^{5/2}\} \\ & = 0.0720\{(\%CaO)+0.3(\%MgO)+0.6(\%P_2O_5)+0.2(MnO) \\ & \quad +1.2(\%CaF_2)-0.5(Al_2O_3)\} + 11570/T - 10.52 \end{aligned} \tag{1}$$

T: 温度(K)

上記式(1)はHealyの式と呼ばれる<sup>3)</sup>。この式を用いて計算したりん分配比と実績りん分配比の関係を図8に示す。ホットリサイクルを実施することで、計算-実績差が縮小している。これは、スラグを繰り返し利用することで未滓化CaOが低減された結果であると考えられる。また、図9に装入塩基度と実績塩基度の関係を示す。この図から、ホットリサイクルを実施することで装入塩基度と実績塩基度の乖離が縮小していることがわかる。この結果からも、吹錬後の未滓化CaOが低減していることを説明することができる(図10)。

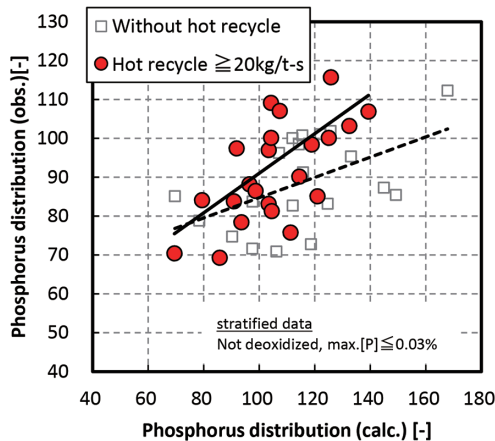


図8 計算りん分配比と実績りん分配比の関係  
Influence of slag hot recycle on (P)/[P] ratio

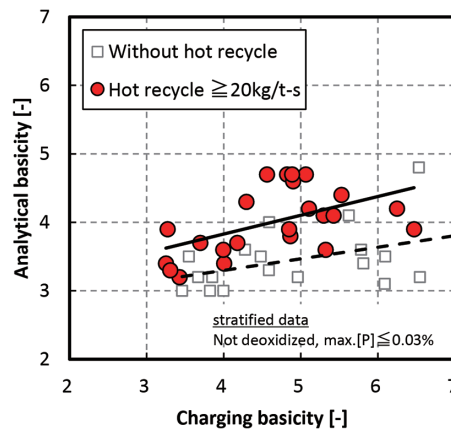


図9 装入・実績塩基度の関係  
Relation between charging basicity and analytical basicity



4.1.4 低マンガン鋼スラグのコールドリサイクル

(1) 副原料削減試験結果

低マンガン鋼スラグを選択的に回収し、コールドスラグリサイクル試験を実施した。コールドスラグは吹錬開始直後に 10kg/t-s 投入した。条件を統一するため、鋼種は緩りん鋼 (上限 [P]=0.03%) のみに限定して実施した。

図 11 に新規投入 CaO 指数と吹止 [P] の関係を示す。コールドリサイクルを実施することで新規投入 CaO を削減可能であることに加え、更に吹止 [P] も低下傾向がみられる。これは CaO の滓化効率が高まったためであると考えられる。図 12 に装入塩基度と実績塩基度の関係を示す。コールドリサイクルを実施しない場合 (0kg/t-s) に比べ、10kg/t-s のコールドリサイクルを実施した場合には装入 - 実績差が縮小しており、CaO が有効に滓化している。装入 T.CaO に対する滓化した CaO の割合は、リサイクルなしチャージでは 82% であるのに対し、10kg/t-s 実施チャージでは 93% まで向上した。この挙動はホットリサイクル実施時の挙動と同様である。式 (1) を用いて、ホットリサイクル実施時と同様に計算りん分配比と実績りん分配比の関係を図 13 に示す。こちらも、計算と実績の差が縮小する結果が得られており、CaO が有効に滓化されている結果であると考えられる。

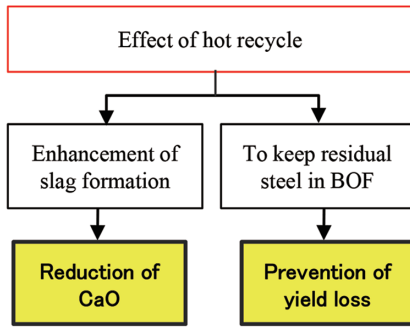


図 10 ホットリサイクルによる改善  
Effect of slag hot recycle

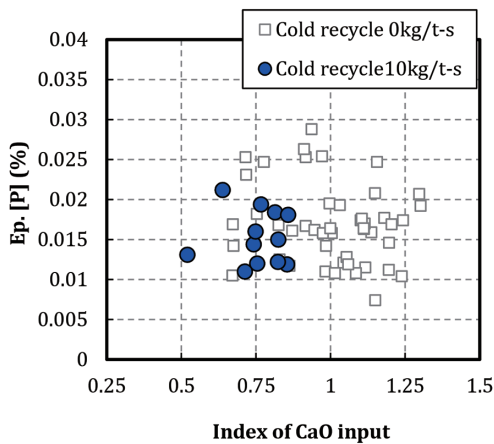


図 11 新規投入 CaO と吹止 [P] の関係  
Influence of slag cold recycle on [P] at blowing end point

(2) 低マンガン鋼スラグの鉄分回収結果

図 14 に、試験時の吹止 [C] と T.Fe の関係を示す。コールドリサイクル実施有無による吹止スラグの T.Fe の差異は見られなかった。このことから、リサイクルしたスラグ中の鉄分は吹錬中に還元され、回収が行われたと言える。

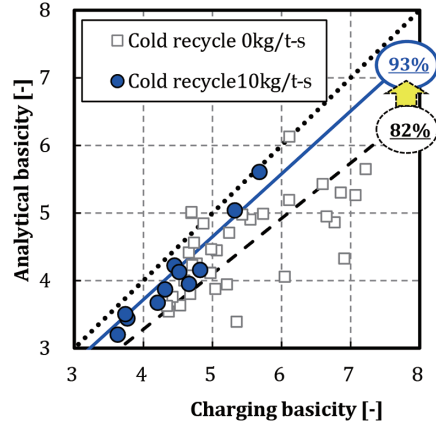


図 12 装入・実績塩基度の関係  
Relation between charging basicity and analytical basicity

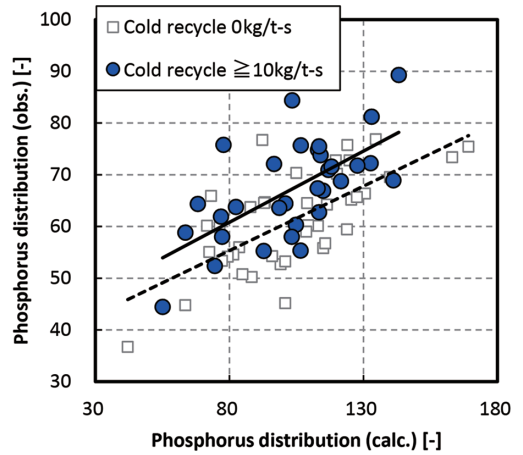


図 13 計算りん分配比と実績りん分配比の関係  
Influence of slag cold recycle on (P)/[P] ratio

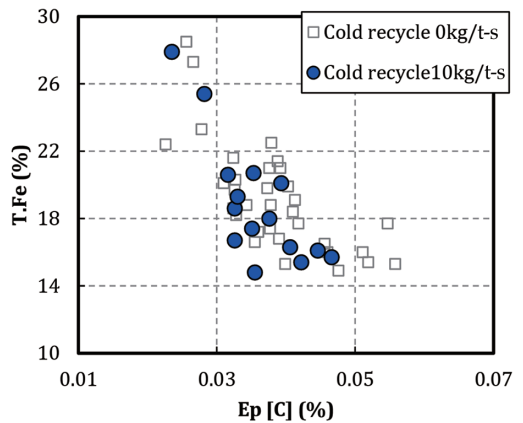


図 14 吹止 [C] と T.Fe の関係  
Relation between blowing end point carbon and iron content in slag

(3) コールドリサイクルによる発生ダスト低減効果

図 15 にコールドスラグ原単位別の吹錬初～中期 (吹錬開始 5～11 分) における平均サウンドレベルを示す。サウンドレベルが低いほど、滓化が進行しスラグ高さが高い状態である。10kg/t-s のコールドスラグ投入を行うことで明らかにサウンドレベルが低下していることがわかる。図 12, 13 の結果と併せ、10kg/t-s のコールドリサイクルによって滓化が促進されていることが示された。滓化の促進により、スラグ液相化による溶鋼表面カバーリング効果でダスト発生量が低減している可能性がある。そこで、スラグリサイクルによるダスト発生量への影響を調査した。

試験水準を表 5 に示す。スラグリサイクルなし、及びホット・コールドリサイクル (各々 10kg/t-s) の 3 水準で試験を実施した。試験順はランダムで実施し、炉内スラグ量、ランス高さ、送酸速度、底吹ガス量、副原料投入タイミングを揃えて実施した。発生ダスト量は吹錬開始から終了まで 2 分間隔で集塵水採取した。

図 16 に水準①～③のダスト発生速度の推移を示す。吹錬初期 (開始～10 分) におけるダスト発生速度に差異がみられ、コールドリサイクル実施時のみダスト発生が抑制されている。図 17 に、吹錬 5～10 分の区間でのサウンドレベルとダスト発生速度の関係を示す。サウンドレベルが低くなるほどダスト発生が抑制される傾向があり、且つコールドリサイクル時はサウンドレベルが低い位置に存在している。このことから、コールドリサイクルの実施により吹錬初期の滓化が促進され、早期にカバースラグが形成されることによってダストの発生が低減していると考えられることができる。図 18 に吹錬通期のダスト発生原単位指数を示す。結果として、コールドリサイクル実施時はダスト原単位

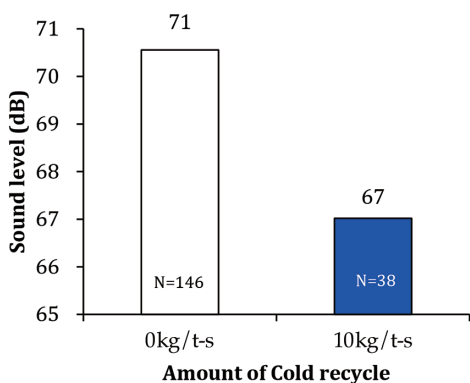


図 15 コールドリサイクル量による平均サウンドレベル影響  
Influence of slag cold recycle on sound level

表 5 ダスト測定試験水準  
Blowing condition for dust measurement

Recycle	Condition
① Base	Without hot recycle and cold recycle
② HOT	Hot recycle 10 kg/t-s
③ COLD	10 kg/t-s of cold slag into furnace at blowing start

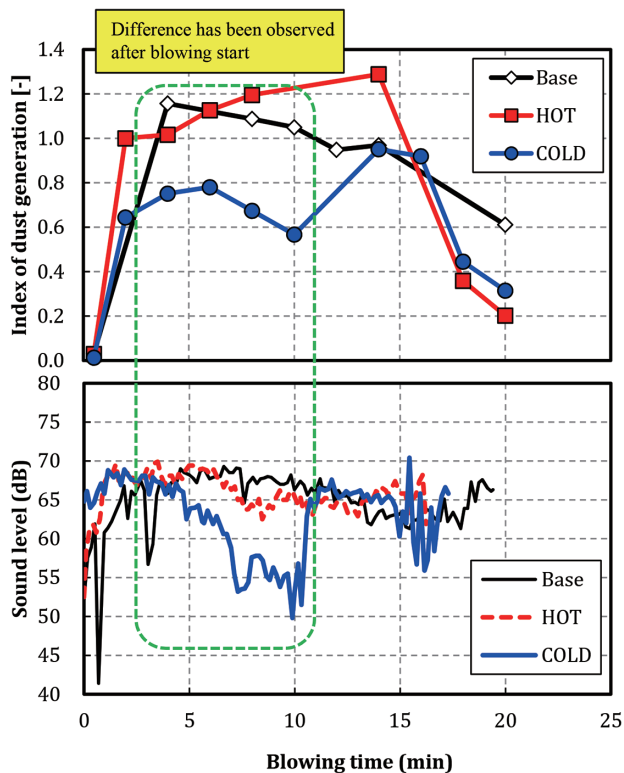


図 16 吹錬中のダスト発生速度推移とサウンドレベル  
Results of dust generation measurement

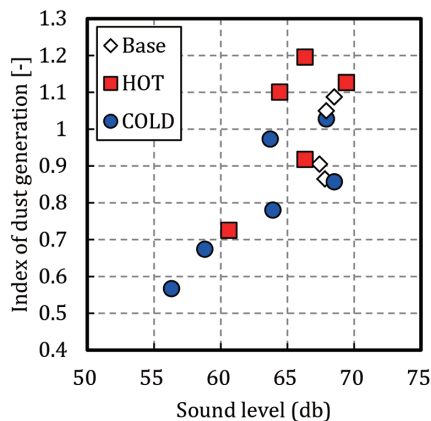


図 17 サウンドレベルとダスト発生速度の関係  
Relation between sound level and dust generation

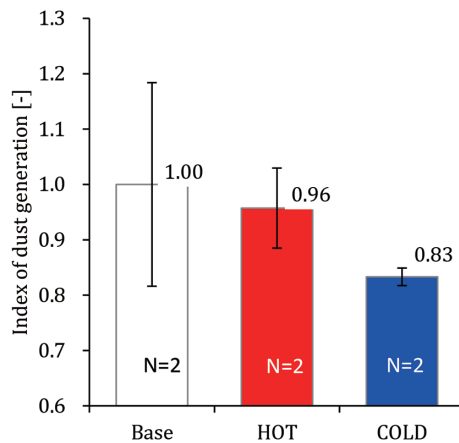


図 18 各水準のダスト発生原単位  
Influence of slag recycle on dust generation

位が15~20%低減した。

(4) コールドリサイクルによる初期滓化促進についての考察

ホットリサイクルに比べてコールドリサイクルの初期滓化性が優れている要因として以下2点を考えた。①スラグ本来の組成とスラグ固化による組成変化の影響、②炉内でのリサイクルスラグの存在場所の影響である。

ホットスラグリサイクル実施時は、スクラップ・溶銑装入時の吹き出しを防止するために冷却材を投入しスラグ固化を行う。図19に、低マンガン鋼吹止スラグ組成、平均吹止スラグ組成、及び固化後一般スラグについて各温度における液相率を solgasmix により計算した結果を示す。固化スラグは、上記試験実施時と同様の条件となるよう、炉内ホットスラグ(平均吹止スラグ)10kg/t-s に対して5kg/t-s のドロマイトを投入した場合の混合成分を用いて計算を

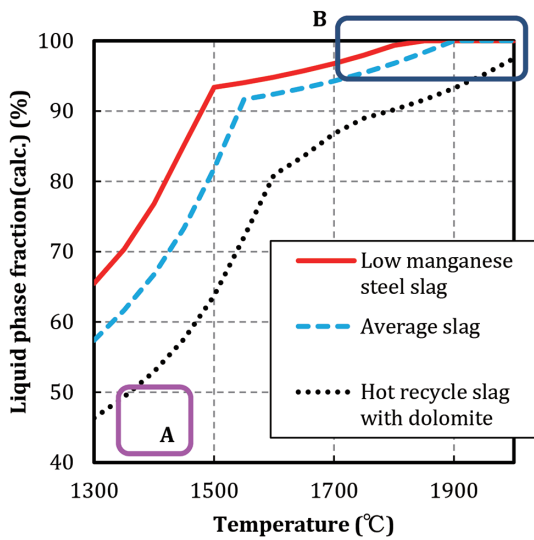


図19 スラグ条件別の液相率  
Calculated liquid phase fraction of slag

行った。平均吹止スラグの固化後に対して、試験に使用した低マンガン鋼コールドスラグは各温度において液相率が約30%高く、滓化に有利であると言える。

更に存在場所による溶解性の違いとして、ホットスラグは、炉内にスラグを残した状態で固化を行うため、炉壁、炉底に張り付いた状態で存在しており、そこに鋼屑、溶銑を装入して吹錬を開始する。そのため、ホットスラグの溶解は鋼浴温度で行われる。吹錬初期の鋼浴の温度は1350~1450°C程度である。一方、コールドスラグは鋼屑・溶銑装入後に上方より投入され、浴の表面に存在している。そのため、スラグが2000~2600°Cと言われている火点近くに存在する機会が多く<sup>4)</sup>、吹錬初期段階から高温下でのスラグ溶解が進みやすいと考えられる。即ち、吹錬初期段階においてホットスラグは図19のAの領域に存在しているのに対して、コールドスラグはBの領域に存在していると言える。そのため、コールドリサイクルによって初期滓化が促進され、顕著なダスト低減効果が得られたと考えられる。

5. ホット・コールドスラグリサイクルを活用した操業検討

5.1 含りん鋼でのオールリサイクルスラグ操業

ホットリサイクル実施後には、鋼屑・溶銑装入時の吹き出しを抑制するためにスラグ固化を行う必要がある。コールドリサイクル確立前の操業では、ホットリサイクル実施後に生石灰やドロマイトを用いてスラグ固化を実施していたが、コールドリサイクルの適用によりスラグ固化をコールドスラグで担保することが可能となり、新規発生スラグがゼロとなるオールリサイクルスラグ操業の実施が可能となった(図20, 21)。この操業は、珪素レスというSMP溶銑の特徴を最大限に活かした操業形態であると言える。

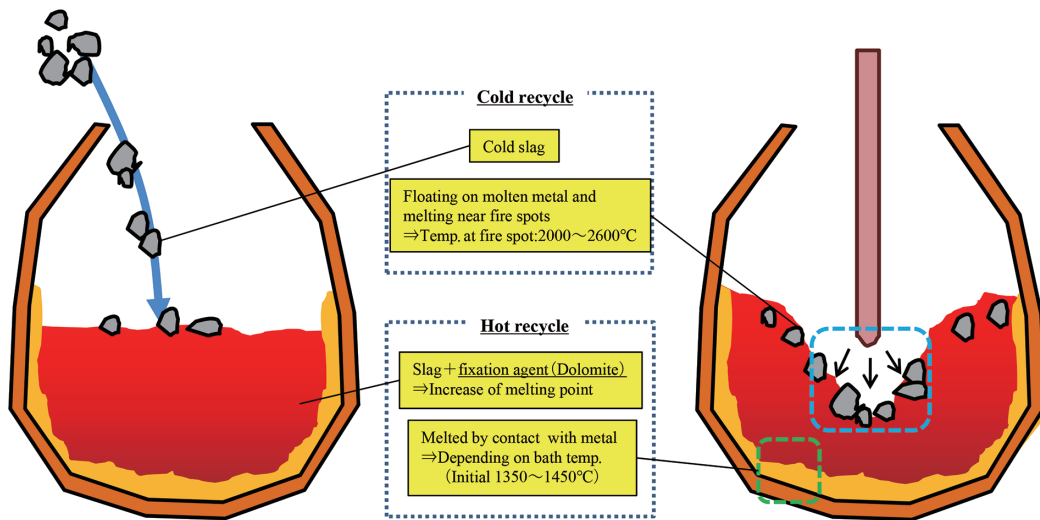


図20 ホット・コールドスラグリサイクル時の溶解挙動  
Schematic view of melting phenomena of recycled slag

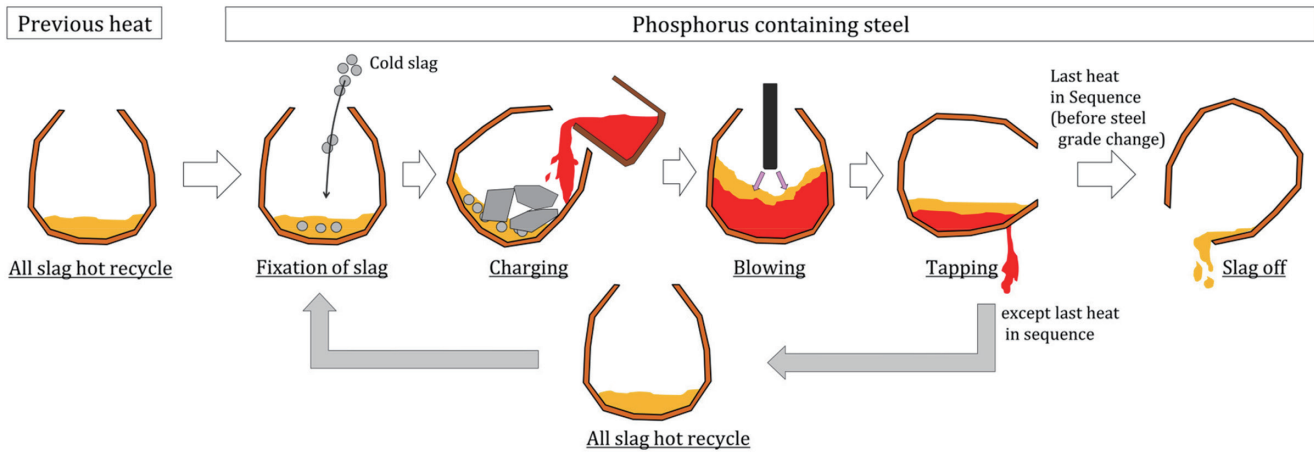


図 21 オールリサイクルスラグ操業イメージ  
Schematic view of all slag hot recycle operation

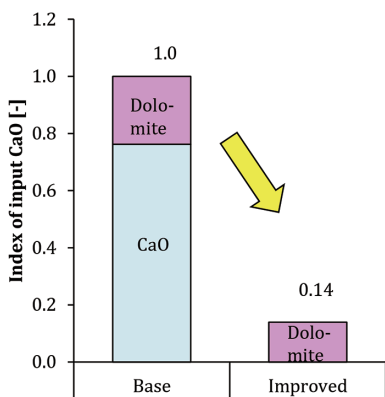


図 22 新規投入 CaO 実績

Improvement of slag hot recycle for phosphorus containing steel

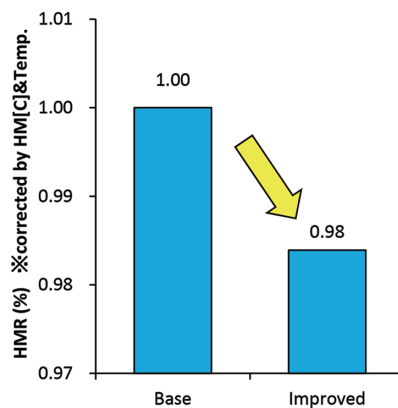


図 23 溶銑配合比実績

Improvement of hot metal ratio for phosphorus containing steel

### 5.2 副原料削減効果検証

上記の操業を含りん鋼に適用することで、副原料削減、熱裕度捻出、合金削減などの効果が期待できる。試験は含りん鋼で実施した。前チャージのスラグを全量ホットリサイクルし、コールドスラグを 15kg/t-s 投入してスラグ固化を行った。吹錬中は、鎮静材と温度調整用のドロマイト・鉄鉱石のみ投入を行った。図 22, 23 に試験時の新規投入 CaO 及び溶銑配合比の実績を示す。吸窒対策を目的としたドロマイトを除いては、新規投入 CaO を添化しない操業を行うことができた。また、副原料投入量を削減したことで熱裕度が生まれ、溶銑配合比の低減効果も得ることができた。

### 5.3 合金削減効果検証

連続試験時のりんのマスバランスを図 24 に示す。ホットスラグを 100%リサイクルすることにより、りんのインプット総量は階段状に上昇していく。一方アウトプットについても、溶鋼へのりん成分量が増加していき、吹止 [P] が上昇していくことが明らかになった。その結果、図 25 に示すように実績として Fe-P 合金使用量低減が確認された。

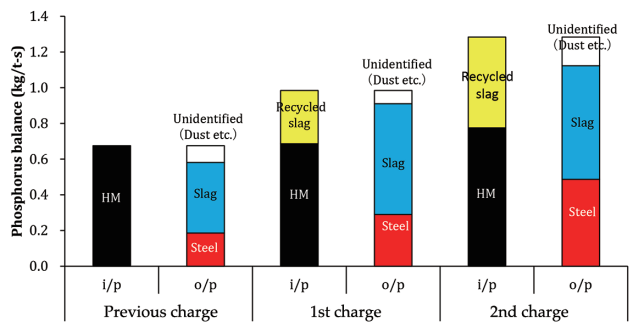


図 24 オールリサイクルスラグ試験時のりん成分バランス  
Mass balance of phosphorus during all slag hot recycle operation

当試験は 2 チャージ連続試験であるが、オールリサイクル連続実施数が大きくなるにつれてこの効果は増大していくものと考えられる。

試験の炉内スラグ量は、操業実績と同等の量となるよう試験前チャージのスラグ量を調整して行った。更に吹止 [P] を高位にするためにはスラグ量を低減する視点がある。スラグ量が少なすぎると、①カバースラグ不足によるダスト量増大と吸窒発生、②炉体保護効果低減、が懸念される。



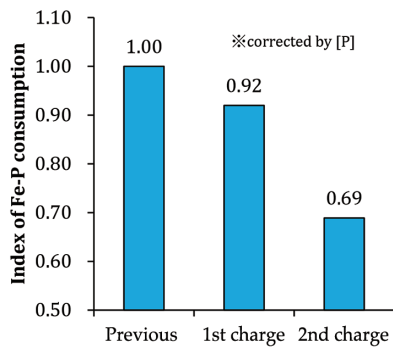


図 25 Fe-P 合金使用量実績

Influence of all slag hot recycle on consumption of phosphorus alloy

4.1.3 (1) で述べた下限スラグ量については、現場主体で設計されている値であるため、今後スラグ量によるこれらの影響を精査し、最適スラグ量の検討も行っていく。

## 6. 本報対策実施による効果

本報で報告したホットリサイクルの実施（適用率 73%、8.1kg/t-s）及びスラグを限定的に回収したコールドリサイクル（全鋼種平均 7kg/t-s）は、既に実作業に適用し作業効果を楽しみ中である。図 26 に上記対策による転炉排出スラグ原単位の改善効果を示す。各対策の実施によって、対策開始前の 2012 年下期に対して転炉排出スラグ原単位を 21% 削減（86kg/t-s→68kg/t-s）することができた。

## 7. 結 言

転炉スラグ原単位の削減及び歩留向上を目的として、転

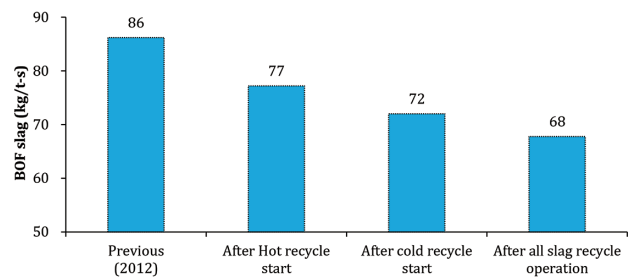


図 26 対策実施による転炉スラグ原単位変化  
Improvement of BOF slag generation by development of slag recycle operation

炉スラグリサイクルの促進に取り組んだ結果以下の知見を得た。

- ホットリサイクル及びコールドリサイクル実施により CaO 利用率が向上した。
- コールドリサイクルにより滓化を促進させ、特に吹錬初期のダスト発生速度を低減できた。
- リサイクルスラグの最大活用により、含りん鋼において生石灰を全く使用しない操業が可能となった。
- 含りん鋼オールリサイクルスラグ操業において、吹止 [P] 上昇による合金削減効果を得た。

### 参考文献

- 1) 大貫一雄, 梅沢一誠, 平岡照祥, 松本望, 井上隆: スクラップ多量溶解技術の開発, 新日鉄技報. (351), 47 (1994)
- 2) Suito, H., Inoue, R.: ISIJ Int. 35, 258 (1995)
- 3) Healy, G.W.: J. Iron Steel Inst. 153, 115 (1949)
- 4) 川上公成: 鉄と鋼. 74 (5), 79-86 (1988)



萩尾建門 Kento HAGIO  
広畑製鉄所 製鋼部 製鋼技術室 主査  
兵庫県姫路市広畑区富士町1 〒671-1188



笠本啓太 Keita KASAMOTO  
広畑製鉄所 製鋼部 製鋼工場 精錬課長



開澤昭英 Akihide KAIZAWA  
広畑技術研究部 主幹研究員



今野智弘 Tomohiro KONNO  
広畑製鉄所 製鋼部 製鋼技術室長



八木 恒 Hisashi YAGI  
広畑製鉄所 製鋼部 製鋼技術室 主幹



若木明德 Akinori WAKAGI  
広畑製鉄所 製鋼部長