
焼結鉱原料としての LD 転炉スラグの有効利用

Reuse of LD Converter Slag as Sinter Feed

大島 位至(Takashi Oshima) 夏見 敏彦(Toshihiko Natsumi) 近藤 晴己(Harumi Kondo)

要旨：

LD 転炉スラグは、P が高いという難点を有しているものの、Fe, Mn, MgO, CaO 等の製鉄副原料として有効成分を含有している。このため省資源、省エネルギーの見地から、焼結原料としてのリサイクルを開始した。高リンという問題は、脱リン性能に優れた底吹き（Q-BOP）あるいは上底吹（K-BOP）転炉製鋼法を利用するリサイクルシステムの採用によりほぼ解消され、現在、リサイクル料は全発生量の 25～30%を占めるに至り、省資源およびコスト面で大きな効果をあげている。

Synopsis：

LD converter slag contains useful elements for ironmaking such as Fe, Mn, MgO, CaO and so forth in spite of its high P content. Efforts were made therefore to reuse LD converter slag as raw material to the sintering process. The problem of high P content was solved by a special reuse system based on high dephosphorization efficiency in Q-BOP and K-BOP steelmaking converters. The reused LD converter slag accounts for 25 to 30% of the total converter slag and contributes to saving of resources and cost.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

焼結鉱原料としてのLD転炉スラグの有効利用

Reuse of LD Converter Slag as Sinter Feed

大 島 位 至*

Takashi Oshima

夏 見 敏 彦**

Toshihiko Natsumi

近 藤 晴 己***

Harumi Kondo

Synopsis:

LD converter slag contains useful elements for ironmaking such as Fe, Mn, MgO, CaO and so forth in spite of its high P content. Efforts were made therefore to reuse LD converter slag as raw material to the sintering process. The problem of high P content was solved by a special reuse system based on high dephosphorization efficiency in Q-BOP and K-BOP steelmaking converters. The reused LD converter slag accounts for 25 to 30% of the total converter slag and contributes to saving of resources and cost.

1. 緒 言

高度成長時代から低成長時代への経済環境の転換の中で、省資源、省エネルギーは企業の大きな課題となっている。このため、当社においても資源の有効利用を積極的に推進しており、転炉スラグのリサイクルもその一つである。

製鉄所で発生する副産品は多岐にわたるが発生量の多いものに製銑、製鋼過程で発生するスラグがある。このうち高炉スラグは早くから路盤材、粗骨材、水砕スラグとして利用されている。しかし、LD転炉スラグは膨張崩壊性を有することから路盤材等、上記の用途には不適である。また、製鉄副原料として必要なFe、Mn、CaO等の有用成分を含有している反面、Pが高いという難点があり、そのほとんどが埋立等の形で製鉄所内の土地造成に使われていた。

しかし、脱リン性能に優れる底吹(Q-BOP)、上底吹(K-BOP)転炉の稼動を背景に、LD転炉スラグに含有されている有用成分の有効利用を図るた

め、千葉製鉄所においては昭和53年4月より、水島製鉄所においては同年5月より焼結原料としてリサイクルを開始した。

以後、転炉スラグ破碎設備の増強等によりリサイクル量を拡大し、現在、全発生量の25~30%をリサイクルするに至っている。

2. リサイクルの概要と特徴について

2-1 焼結用原料としての利用

Table 1にLD転炉スラグの成分例を示す。転炉スラグの使用方法としては塊状で高炉に使用することが考えられる。しかし、この場合は高炉使用原料の80%前後を占める焼結鉱中の造滓成分

Table 1 Typical LD converter slag composition at Chiba Works

Converter	Chemical composition(%)					
	T. Fe	CaO	Mn	MgO	SiO ₂	P ₂ O ₅
LD(For reuse)	20.8	39.6	3.0	6.0	13.8	2.3
Q-BOP	12.0	48.4	4.4	5.3	13.1	4.4

* 千葉製鉄所製鉄部製鉄技術室主査(課長)
*** 水島製鉄所製鉄部製鉄技術室主査(課長補)
(昭和56年9月16日原稿受付)

** 千葉製鉄所製鉄部製鉄技術室

(主に CaO , SiO_2) を低下させねばならない。これは焼結鉱の生産性、強度等の物理性状に悪影響を及ぼすため好ましくない。

一方、焼結用原料として使用すれば転炉スラグが既にスラグ化しているため比較的溶融しやすいこと、 CaO , SiO_2 等の含有成分がより効率よく利用できること等、塊状で使用するより有利な面が多い。ただこの場合も転炉スラグの使用により、Fig. 1¹⁾に示すように焼結原料中の蛇紋岩、ドロマイト、石灰石等の使用量が変化する。従って、リサイクルに当ってはこれらの変化が焼結操業に及ぼす影響を把握しておく必要がある。このためLD転炉スラグを6%まで配合した試験操業を千葉第4焼結工場において実施した。試験結果を、Fig. 2に示す。

転炉スラグの使用により、生産率が低下した。これは転炉スラグの使用により、石灰石の配合比が減り、鉱層の通気性が悪化したものと考えられ

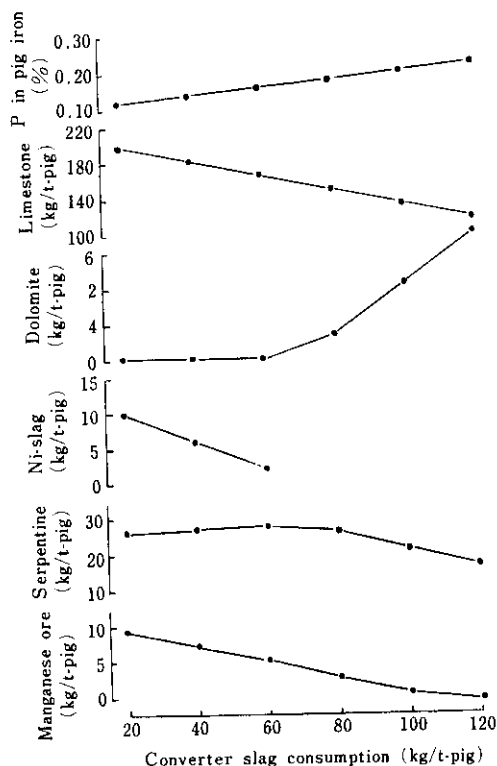


Fig. 1 Changes of P in pig iron and unit consumption of sub-materials with increasing converter slag

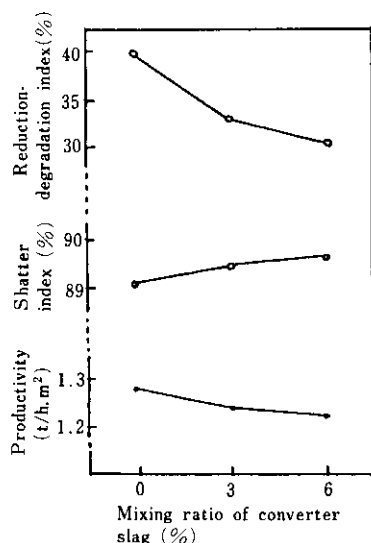


Fig. 2 Results of test operations in sintering by mixing LD converter slag (Chiba No.4 Sinter plant)

る。しかし、他の性状、例えば常温強度はほとんど変化がなく、還元崩壊性はむしろ大幅に改善された。以上のことから転炉スラグは焼結操業に対し、生産率の若干の低下を除いては悪影響のないことが確認された。

2.2 リサイクル方法の特徴

LD転炉スラグ1 kg/t-pigの使用により溶鉄中のPは0.001%上昇する。従って、焼結原料としてリサイクル量を増大させるためには製鋼における脱リン技術の向上とリサイクルシステムの検討が不可欠である。当社におけるリサイクル方法の特徴は脱リン効率が高く、かつ脱リンのためのフラックス使用量がLD法の約 $\frac{1}{3}$ という経済性の高いQ-BOP法、あるいはK-BOP法をリサイクルシステムに組み込んでいる点である。

例えば、Fig. 3²⁾に示すように、Q-BOP法は従来のLD法に比べて脱リン能が優れている。これは、Q-BOP法の鋼浴攪拌力が大きく、またフラックスの吹込みが可能であり、低炭素領域での脱リン反応が従来のLD法より優れているためである。そこで、千葉製鉄所においてはFig. 4に示すように、従来のLDから発生するスラグ(低リンスラグ)をリサイクル用に、Q-BOPから発生するスラグ(高リンスラグ)を非リサイクル用として区別し、

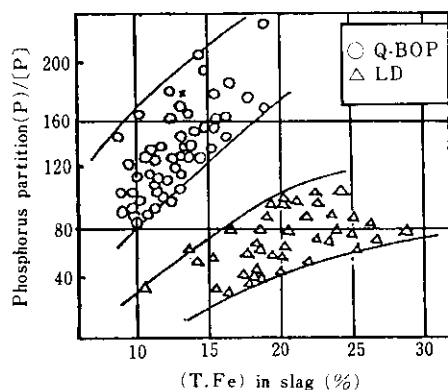


Fig. 3 Relation between phosphorus partition ratio and (T.Fe) in slag

Q-BOP法の利点が最大限に利用できるリサイクルシステムを採用している。

Fig. 5は水島におけるリサイクルシステムであるが、ほぼ千葉と同様なシステムである。

これらのシステムによれば、転炉スラグの使用によりPの上昇した溶銑は、Q-BOP、あるいはK-BOPで処理されるため、Q-BOP、K-BOPの脱リン能力の範囲内であれば鋼の品質に何ら問題は生じない。さらに有用成分の含有率の高いスラグのみをリサイクルできるメリットもある。

Fig. 6は千葉第6高炉における転炉スラグ使用原単位と溶銑中Pの推移を示す。溶銑中Pのレベルは最近では0.140%以上に上昇しているが、鋼の品質に何ら問題は生じていない。

3. 転炉スラグ処理設備の増強

焼結原料として転炉スラグをリサイクルするためには、当然、破碎処理により粒度を焼結原料サイズに調整する必要がある。しかし、昭和53年当初、千葉においてはスラグ処理設備で生産可能なリサイクル量は6600t/月に過ぎなかった。このた

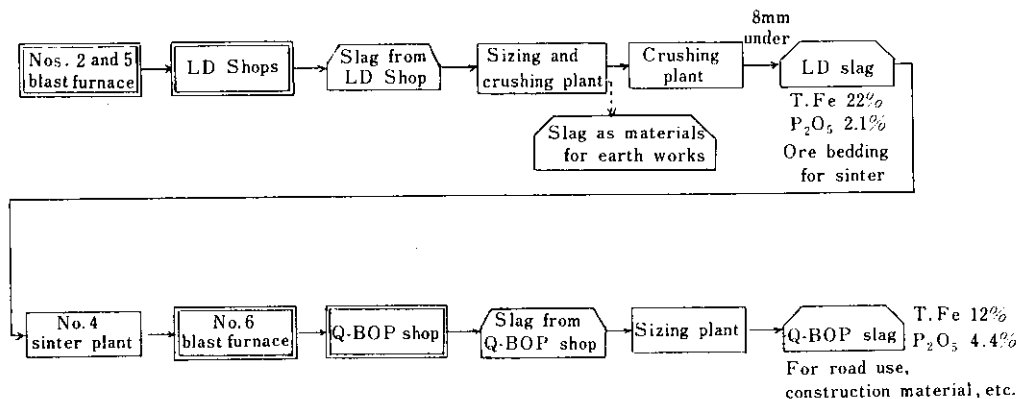


Fig. 4 Flow sheet in processing converter slag at Chiba Works

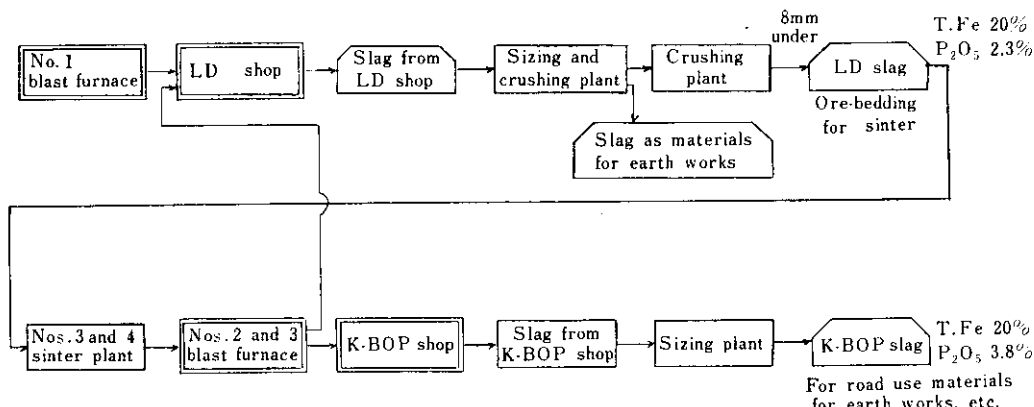


Fig. 5 Flow sheet in processing converter slag at Mizushima Works

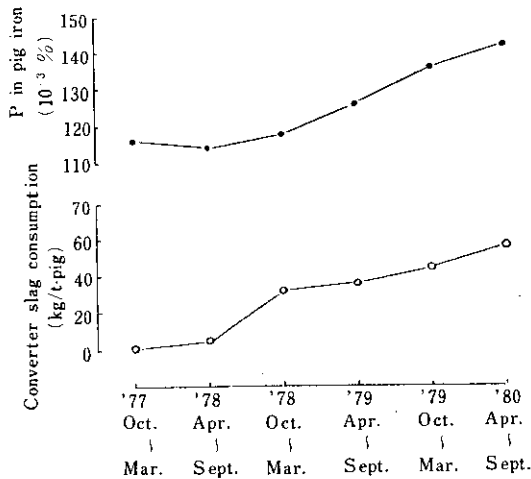


Fig. 6 Change of LD converter slag consumption and Pin pig iron at Chiba No.6 blast furnace

め、従来のスラグ処理設備に加えてロッドミル設備、鉾石整粒設備を利用して破碎を行いリサイクル量の増大に努めた。これにより使用可能量は、15 000t/月にアップした。

しかし、これらの方法ではこれ以上リサイクル量を増加できないこと、および、将来の販路拡大

のためには製品粒度の多様化に応じられる設備が必要であるとの観点から昭和55年7月、転炉スラグ処理設備を増設した。これによりリサイクル材の生産能力は20 000t/月に増強され、安定したリサイクル材の供給が可能となった。

Fig. 7 にリサイクル用LD転炉スラグ処理フローを示す。処理設備に供給された転炉スラグは3基のクラッシャーにより破碎されるが、最終工程はクローズドサーキットになっており全量-8mmに破碎され焼結原料に供される。

一方、水島においては当初より鉾石整粒設備に余力を有していたことから Fig. 8 に示すフローにより鉾石整粒設備を利用して転炉スラグの破碎を行っている。

4. リサイクル量の推移と転炉スラグの利用状況

Fig. 9 に千葉、水島両製鉄所におけるリサイクル量の推移を示す。現在、焼結原料として千葉、水島合せて35 000t/月をリサイクルするに至っている。

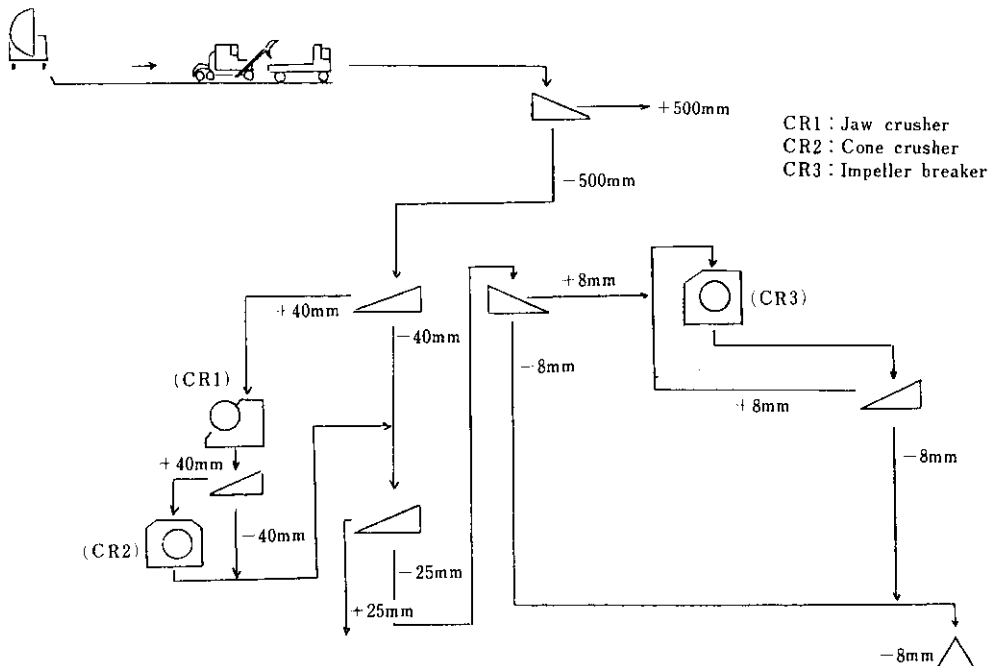


Fig. 7 Outline of crushing process of converter slag at Chiba Works

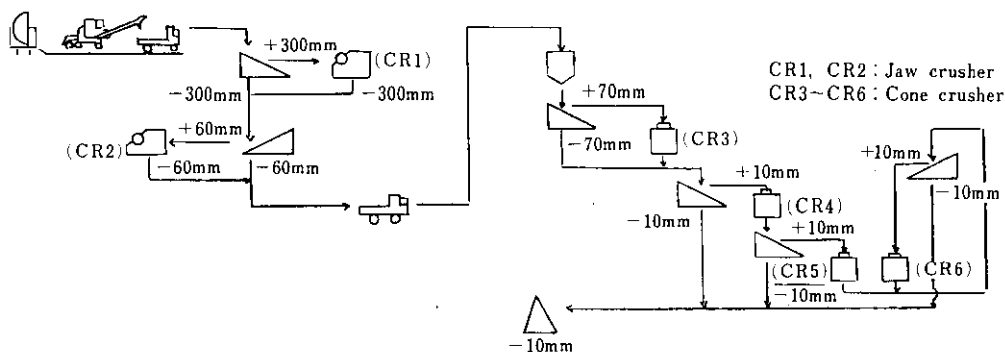


Fig. 8 Outline of crushing process of converter slag at Mizushima Works

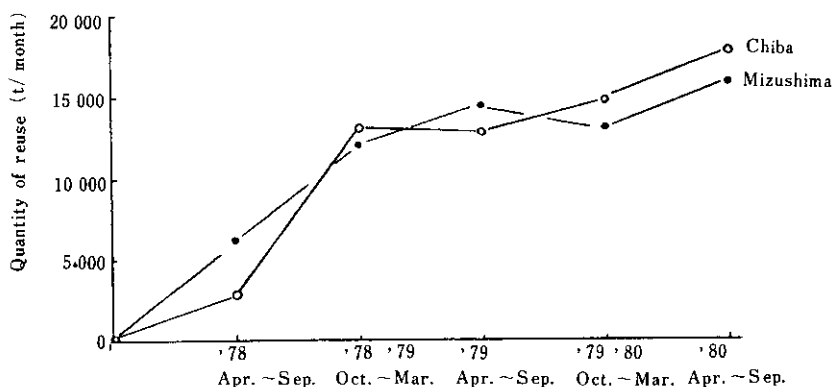


Fig. 9 Change of reuse quantity of LD converter slag

Fig. 10 には千葉および水島におけるリサイクル開始当時と最近の転炉スラグの利用状況を比較して示す。千葉においてはリサイクル開始当時、50%以上が埋立材として使用されていた。しかし、最近ではリサイクル (25%)、外販 (31%)、場内使用 (36%)、地金回収 (8%) として100%有効に利用されている。

5. 転炉スラグのリサイクル効果

転炉スラグのリサイクルは主に

- (1) 有用成分の回収メリット
- (2) 不用成分、主としてPの上昇による製鋼脱リンコストの上昇とSiO₂の上昇による高炉スラグ比増によるデメリットで評価できる。

Table 2 に転炉スラグの他副原料との評価比較

を示す。転炉スラグのリサイクルによるメリットはトン当たり数千円にも達し、省資源効果と合せてリサイクルの効果は非常に大きい。

6. 結 言

省資源、省エネルギーの見地より開始された転炉スラグのリサイクルは、Q-BOP、あるいはK-BOPに特徴づけられる脱リン技術の向上、それらを軸とした合理的なリサイクルシステムの採用処理設備の増強等により、全発生量の25~30%を占めるに至り大きな効果をあげている。

しかし、省資源、省エネルギーに対する要求は今後一層、厳しくなるものと予想される。

このため、非リサイクルスラグに対してもより有用性の高い利用方法を開発することが今後の課題となろう。

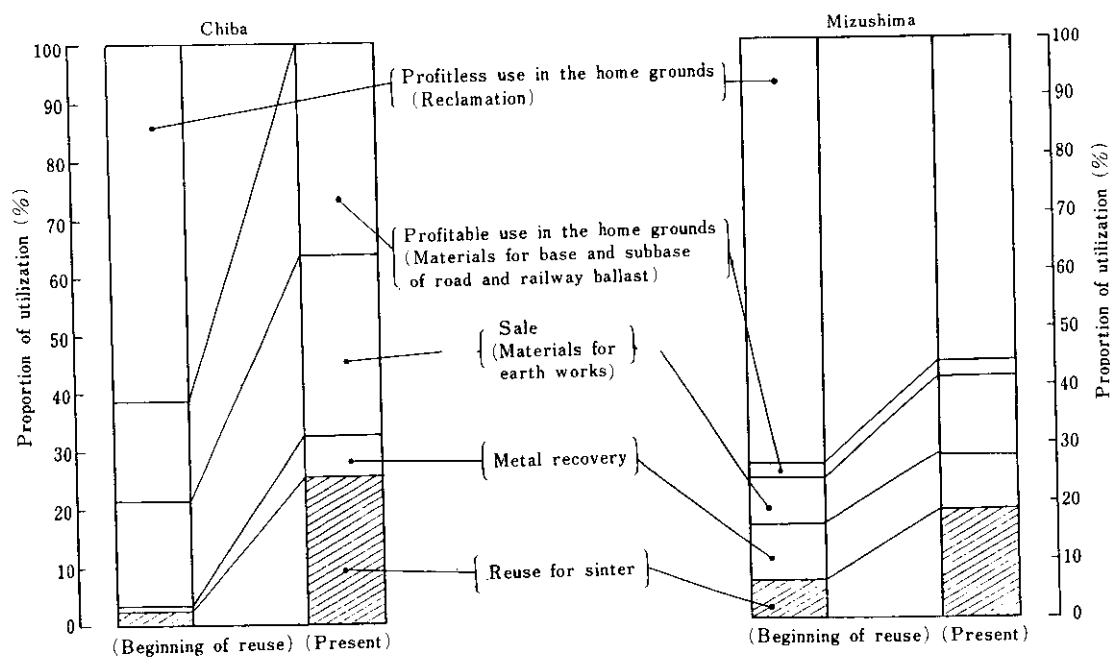


Fig. 10 Transition of proportion of LD converter slag utilization

Table 2 Evaluation of LD converter slag utilization

Chemical composition	Converter slag	Raw materials			
		Iron ore	Lime stone	Serpentine	Manganese ore
T. Fe (%)	20.8	63.3		6.1	20.7
CaO (%)	39.6		54.7	1.2	
MgO (%)	6.0	1.3		38.4	
Mn (%)	3.0				35.6
SiO ₂ (%)	13.8	4.7		39.1	3.9
P (%)	1.1	0.06	0.05	0.01	0.05
Es* (kg/t-slag)		293	721	146	84

* Estimated amount of raw materials as substitute for converter slag

参考文献

- 1) 佐藤ほか：「転炉スラグ使用の焼結性への影響」鉄と鋼, 65 (1979)11, S520
- 2) 馬田ほか：「底吹き転炉精錬と操業の特徴」鉄と鋼, 66 (1980)4, S11