

千葉第3製鋼工場の建設と操業

Construction and Operation of Q-BOP Shop at Chiba Works

川 名 昌 志*

Masashi Kawana

岡 崎 有 登**

Arito Okazaki

永 井 潤***

Jun Nagai

香 月 淳 一****

Jun-ichi Katsuki

田 中 貞 治*****

Teiji Tanaka

駒 村 宏 一*****

Koichi Komamura

Synopsis:

Two Q-BOP furnaces brought on stream in January, 1977 are the largest of their kinds in the world and first in Japan.

Such features as follows are adopted: OG gas recovery system with boiler; ATH-SKW type desulphurization system; automated equipment at ingot teeming and mold yard; and complete anti-pollution system.

The shop has been working satisfactorily since its start of operation, with several good results obtained: high yield of molten steel over 96%; high ability of desulphurization; low oxygen content at turn down; and low consumption of manganese alloy.

Especially, in the field of furnace bottom life and OG gas recovery, Chiba Q-BOP established a world record of over 1 500 heats and 125 Nm³/t, respectively, within a year, and Q-BOP ingots exceeded BOF ingots at Chiba Works in cost and quality.

1. 緒 言

千葉製鉄所第3製鋼工場は、環境改善と合理化を目的とした西工場計画の一環として建設され、

国内で初めての230t純酸素底吹転炉2基を有している。昭和52年1月24日火入れ以来順調な操業が続けている。ここにその建設と操業状況について概要を報告する。

• ツバロンプロジェクト協力本部本部付(部長待遇)
Companhia Siderurgica de Tubarão勤務

*** 千葉製鉄所製鋼部製鋼技術室主査
(副部長待遇)

***** 千葉製鉄所設備部設備技術室主査(課長待遇)
[昭和53年9月6日原稿受付]

** エンジニアリング事業部製鉄技術協力部主査
(部長待遇)

**** ツバロンプロジェクト協力本部企画調整部技術調整室
主査(課長待遇)

***** 千葉製鉄所製鋼部第3製鋼課掛長

2. 設備概要

2.1 レイアウト

第3製鋼工場の全体レイアウトをFig.1に、主要設備の仕様をTable 1に示す。

当工場は将来の西工場全体配置を考慮して第6高炉の北西に位置し、転炉・原料ヤードと造塊ヤードが直交するL形の建屋とした。ストリッパーヤードは、注入台車の運行管理を効率良く行うため第3分塊工場に平行に配置し、水処理設備、ガスホルダー、変電所等のユーティリティ設備は、第6高炉、第3製鋼工場間に設けた西工場共用地区に配置した。

溶鉄の搬入は、トーピードカーによりトーピードカー秤量機を経て第3製鋼工場の北側から行い、スクラップは西工場南岸のスクラップヤードでスクラップシュートに積込み、そのまま台車で輸送する。

将来計画として、転炉造塊設備の増設スペースを工場の南側に、連鑄設備のスペースを東側にそれぞれ配置した。

2.2 原料設備

当工場の溶鉄は主に新設の第6高炉から受入れている。溶鉄の輸送は、高炉の大型化、輸送の効率化の点から従来のオープンレール方式に代えてトーピードカー方式とし、無線操縦式ディーゼル機関車によるワンマン運転とした。

トーピードヤードに到着したトーピードカーは、自動電源着脱装置により傾転用電源を接続後、溶鉄秤量台車上の溶鉄装入鍋に溶鉄を払出す。つぎに、自動测温サンプリング機により溶鉄测温、サンプルの採取を行い、秤量台車を隣接する原料ヤードへ移動し装入鍋をクレーンで吊上げる。装入鍋の排滓は、装入クレーンの効率を上げるため溶鉄鍋傾転機上でノロかき機により行う。またクレーン運転の便利さを考え、傾転機と秤量台車は一

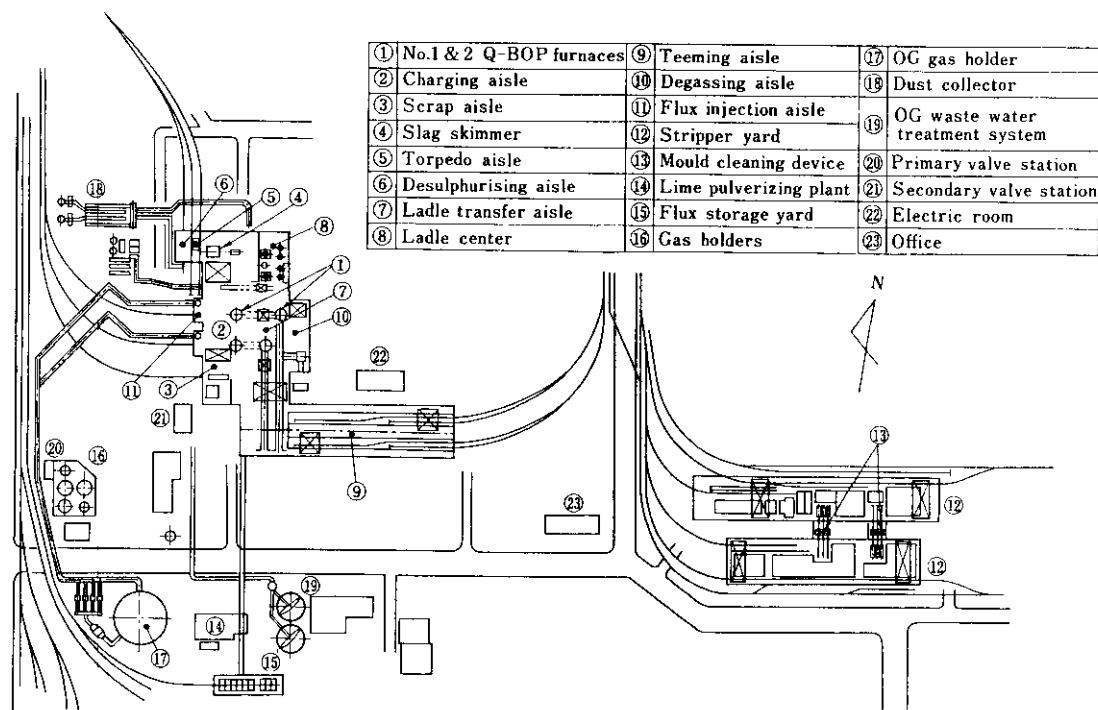


Fig.1 General arrangement of No.3 steelmaking shop

Table 1 Specifications of No.3 steelmaking shop

	Equipment	Unit	Specifications		Equipment	Unit	Specifications
Hot metal	Torpedo car	20	Capacity: 350t	Teeming	Ladle transfer car	2	Capacity: 370 t Speed: 40 m/min
	Desulfurizing equip.	1	Type: ATH-SKW Injection rate: 100~180 kg/min		Turn table	2	Capacity: 500 t Speed: 0.6 rpm
	Ladle transfer car	1	Type: Self-propelled car with weigher Capacity: Nor. 362t Speed: 15/7.5 m/min		Teeming car	2	For rimming steel with slag discharging device 2 For killed steel with weighing equip. and feeder of additives
Scrap	Scrap box	4	Capacity: 63 m ³	Mold	Mold cleaning device	2	Type: Rotating chain
	Scrap box transfer car	3	Capacity: 120 t		Mold coating device	2	Type: Spray
Flux	Pulverizer	1	Roller mill: 25 t/h Impeller breaker: 60 t/h Impact dryer: 25 t/h Ball mill: 4 t/h	Degassing	Degasser	1	Type: RH Capacity: 230 t Vacuum: 0.05 Torr
	Pneumatic transportation	1	Air compressor: 300kW × 3 Silo: 280t × 1, 40t × 2 Number of intermediate tank: 3/fce	Dust collector	No.1 bag filter	2	Capacity: 9 000 m ³ /min Motor: 1 900 kW
	Overhead bin	20/fce	Capacity: 15~50 m ³		No.2 bag filter	1	Capacity: 1 000 m ³ /min Motor: 100 kW
	Conveyer	4	Capacity: 60~260t/h	Crane	Hot metal charging crane	1	Capacity: 380/60 t
Converter	Vessel	2	Capacity: 230t/heat Volume of vessel: 487 m ³ Height/Diameter: 1.2		Scrap crane	1	Capacity: 150/90/15 t
	Drive unit	2	Speed: 1.52/0.15 rpm Motor: D.C.150kW × 4		Ladle handling crane	1	Capacity: 380/60 t
	Bottom	6	Number of tuyeres: 18 and 22 Gas: O ₂ , N ₂ , Ar, C ₃ H ₈		Teeming crane	2	Capacity: 370/60 t
Waste gas treatment system	Gas recovery	2	Type: OG		Stripper crane	1	Capacity: 90 t
	Cooling system	2	Type: Waste gas boiler Pressure: 43 kg/cm ² Capacity: 56 t/h		"	1	Capacity: 60 t
	Cleaning system	2	Type: Saturater spray chamber 1st venturi: Quencher venturi 2nd venturi: Movable throat venturi Outlet dust content: 0.05 g/Nm ³		Mold crane	2	Capacity: 50 t
	Induced draft fan	4	Capacity: 187 000 Nm ³ dry/h Pressure: 1 150 mmAq Motor: 2 450 kW		"	2	Capacity: 40 t

線上に配置した。この一連の作業は、各所に設けたテレビを監視しながらトービード操作室内から遠隔操作できる。

溶銑脱硫ヤードはトービードヤードに隣接して設け、脱硫効率、操作性および保守を考慮してATH-SKW方式のトービード脱硫装置を採用した。脱硫剤の受入、貯蔵および吹込みはすべて自動運転で行う。

溶銑の脱硫、払出し、脱硫ランスの製造を1箇所に集約することにより、管理を一元化し省力を図った。

将来、西工場南岸にスクラップ水切設備およびスクラップヤードを設け、製鋼3工場へのスクラップ配分の一元化による合理化、効率化を計画している。当工場のスクラップヤードはその計画にそって工場と切離して設置し、スクラップシュートを台車により輸送する方式とした。

2・3 転炉設備

米国、欧州の純酸素底吹転炉について調査した結果、溶銑中に直接酸素、造滓剤を吹込み、かつこれによって強い攪拌力が付加されるため脱炭効率、鉄源歩留りが高いこと、さらには脱磷、脱硫に優れ、また成分、温度も非常に均一であるなどコストの低減、品質の安定に有効であり、また将来

性についても極めて発展の可能性が強いとの見通しを得て、230t純酸素底吹転炉2基を国内で初めて採用した。

炉底に設けた2重管構造の羽口から精錬用酸素、プロパンのほかに窒素、アルゴンを必要に応じて炉内へ供給するとともに、造滓剤の石灰粉末も羽口から吹込む。それぞれのガス、造滓剤が各羽口に均一に分布するように配慮しており、また転炉の操業モードに合わせて自動的に圧力、流量を制御し、異常時には互いにバックアップするなど安全性についても十分な配慮を払った。

炉底は1炉代の中で1ないし2回の交換を必要とするが、転炉の稼働率の低下を防ぐため炉底を迅速に交換できる炉底交換機を設置した。取外した炉底は、工場内で羽口、レンガの補修を行えるよう炉底反転機、レンガ取扱い用バランスマスター、羽口掃除機等を設け作業の合理化を図った。

転炉の周囲は塵埃の漏洩を防止するため防熱板により密閉し、各所にテレビカメラを設け操作室内のモニターにより炉の状況を監視できる(Photo. 1 参照)。

炉上には吹錬のダイナミック制御に備えてサブランスを設置し、サブランスの昇降、プローブの着脱、サンプル回収の一連の動作を操作室内から遠隔操作できる。

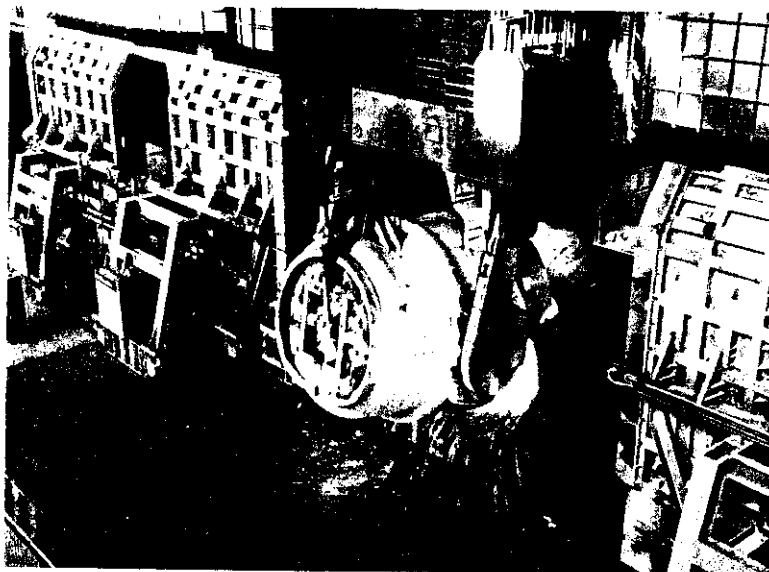


Photo. 1 Front view of Q-BOP furnace

2・4 排ガス回収設備

公害防止、保守、建設費を考慮してOG方式を採用した。排ガス冷却部には廃熱ボイラーを設置し、西工場地区の蒸気源として省エネルギーを図った。底吹転炉の安定した操業と相まって、排ガス回収原単位は高い水準を維持し省エネルギーに大きく貢献している。さらに主排風機についても、流体継手を設けて非吹鍊時には継手を解放することにより電力原単位の削減を図った。これらの省エネルギー対策に加えて、公害防止の点から1段、2段ベンチュリーのほかにサチュレーターを設けて集塵効率の向上を図った。

2・5 副原料設備

副原料設備は、①造滓剤としての焼石灰、石灰石、螢石の粉体を酸素気流にのせて炉底から吹込む系統、②粉体コスト、粉体輸送能力の点から秤量ホッパー、シュートを経て炉上から炉内へ鉄鉱石、スケール等を投入する系統、および③合金鉄類を鍋内へ投入する系統、がある。焼石灰等は多様な操業法に対処できるよう炉上への輸送も可能とした。転炉で使用するほとんどの副原料について、炉上ホッパーを経て秤量・投入を遠隔操作により行える。

焼石灰等の粉体は、製鋼工場南側に設けた粉砕工場内の粉砕機により所定の粒度に粉砕後、乾燥空気をういた空気輸送システムにより、中間サイロを経て粉体ヤードに輸送する。粉砕機は、異物の混入、湿分の侵入および発塵を防ぐためにクローズド方式とした。

炉上から投入する副原料、合金鉄は、地下バンカー、トラックホッパーに受入後、転炉プロセスコンピュータの指示により必要量を自動輸送する。また、合金鉄については地下バンカーに受け入れるときの誤投入を防止するため、キー方式により開閉するゲートを設けてトラック運転者による輸送設備の運転を可能とし、省力を図った。

秤量機はてこ併用ロードセル方式とし、上部にモノレールホイストを設置し、分銅の移動を簡便に行うことにより実量検定作業の負荷を軽減した。また、秤量機の接続部分には特殊なフレキシブルチューブを用いて発塵を防止した。

2・6 脱ガス設備

底吹転炉鋼品質のいっそうの向上、安定を追求するため、鍋配分ヤードに隣接してRH式脱ガス設備を配置した。

鍋配分ヤード、脱ガスヤード間には溶鋼鍋を移送する脱ガス台車を設けた。この台車は将来連鋸ヤードへも接続できる。

添加剤輸送、投入の自動化、テレビによる槽内の監視および測温、サンプリングの自動化等により省力を図った。

槽交換は一体交換によるクイックチェンジ方式とし、交換時間を大幅に短縮するとともにレンガ積み、槽の地金切り、修理作業等をオフラインで行う方式とした。

2・7 造塊設備

転炉ヤードと直交する2連の注入ヤードを設け、240t注入台車を使用する注入台車方式とした。出鋼後、受鋼台車は転車台上で90°方向を転換し各注入ヤードへ自走する。また将来連鋸ヤードへは直進し、最短時間で移動できる。

注入クレーンにはクレーンスケールおよび各種鋳型添加剤の秤量・投入装置を取り付け、注入作業の機械化を実施するとともに、注入デッキ上を自走する作業台車を設置し、台車上からノロはね、保温材投入等の造塊作業を行えるようにして、作業環境の改善、安全、省力を考慮した。

ノロはね機はエアシリンダー駆動によるリンク式のもので、連続的にノロはね作業ができ、従来の人手による重筋作業の負荷を軽減した。

蓋取クレーンは、注入デッキに対向して設けた蓋置きデッキ上を走行するジブクレーン方式とし、先端に自動着脱ができる蓋取治具を備え、ワンマン運転を可能とした。

2・8 ストリッパー設備

型抜きと鋳型段取ヤードを分離し、2連の平行な建屋とした。型抜きした鋳型は適正温度まで冷却した後、段取ヤードに連絡する鋳型トラバーサーにのせ両ヤード間を移動する。その途中、中間の鋳型手入ヤードにおいて内面の掃除、塗布および点検を行い、不良鋳型は鋳型手入ヤード内では

ね出す方式とし、鋼塊の表面品質を確保するための鑄型の保守・管理を強化した。また建屋は換気の良い構造とするため、風洞実験により各種のモニター方式の特性を求め、冷却効果の大きい流れモニター方式とし作業環境の改善を図った。

下注、キルド鋼の段取作業は、保温材セット機、定盤反転機、注入管セット台車等の機械化を行い、作業負荷の軽減と安全を図った。

行い、作業負荷の軽減と安全を図った。

注入台車については前後に運転室を取り付けた台車編成とし、さらに駐車用ブレーキ、連結器解放用の空気シリンダーを取り付けて作業改善を行い、ワンマン運転とした。

2・9 公害防止設備

千葉県・千葉市との公害防止協定にもとづく「クリーン製鉄所の建設」という目標に対して、多くの公害防止対策を実施した。対策としては、発生源を抑えるための設備上の配慮とともに省エネルギー対策を積極的に取り入れた。

トービードヤード、原料・転炉ヤードから発生する粉塵を捕集するため副集塵機 $9\,000\text{m}^3/\text{min} \times 2$ 基を設置した。またトービード脱硫、溶銑払出し、ノロかき、転炉装入等の作業に合せて流体継手による風量制御を行い、効果的な運転状態を維持しながら省電力をも図った。

発塵の多い転炉周囲については、防熱板による密閉構造とした。防熱板の接合部にはガスケット、サンドシール、機械的シール等を用いて漏煙を防止した。

転炉棟と装入棟の間には隔壁を設け、屋根面に建屋搭載の電気集塵機を設置して溶銑装入時の漏煙を完全に捕集、除塵する建屋集塵を実施した。

副原料の輸送、投入および粉碎設備は密閉構造にするとともに、各コンベヤラインに小容量の集塵機を設置して各部への発塵の防止を図った。

集塵ダストの搬出はニューマチックダスト運搬車による真空吸引方式とし、ダストの2次飛散を防止した。

工場で使用する大型の送風機については、防音用のラギングとサイレンサーを設けて騒音の低減を行った。

工場用水は、機械冷却水はもちろん鑄型散水に

いたるまで回収し、水処理のうえ再使用する方式とした。

3. 操業概況

3・1 転炉関係

第6高炉の火入れに先立つ昭和52年1月24日、対岸の本工場からトービードカーにより輸送された溶銑を使用し、全溶銑配合で国内初の純酸素底吹転炉法による吹錬に無事成功、直ちに本格的な試験操業に入った。その後の操業は、6月の第6高炉の火入れまで、2月1直、3月2直、4月以降3直という推移をたどった。Table 2に1～3月の立上がり時および約1年半経過後の3箇月の操業実績を示す。

なお、吹錬鋼種は当初リムド鋼を主体とし、順次キルド鋼を出鋼、6月のRH脱ガス装置の稼動にともない高級鋼へと鋼種の拡大が図られている。

3・2 造塊関係

試験操業の期間中、底吹転炉の特徴を生かす造塊法の確立をめざすため、リムド鋼に関して言えば、種々の操業法による影響を知るため数百本の鋼塊からコーナーサンプルを採取し、これを解析して本格生産開始への地固めを行った。

設備的には、クレーン、台車を含めた機械設備は大きなトラブルもなく順調に稼動している。また新しく開発したノロはね機、キャップド鋼用蓋の剝離装置、添加剤投入装置、注入管の砂入れ台車、作業台車システム等が省力、作業環境の改善、生産性の増大、安全性の向上等の面でおいに寄与、活躍している。

3・3 操業結果

また世界で初めて試みられた底吹転炉でのOGガス回収は、転炉の操業が安定するにしたがい効果をあげはじめ、昭和52年8月にOGガス回収原単位の世界記録を樹立、その後も記録を更新しつつある。Fig. 2に転炉蒸気による回収エネルギーも含めた最近の回収エネルギー原単位の推移を示す。

次に、底吹転炉の操業上重要な位置を占めるボト

Table 2 Examples of operational data

		1977			1978		
		Jan.	Feb.	Mar.	Jun.	Jul.	Aug.
Production	Total good ingot (t)	4 555	35 515	102 167	218 285	230 225	243 680
	Number of heats	19	149	428	911	962	1 016
Yield	Molten steel (%)	93.4	93.9	94.2	96.2	96.4	96.2
	Good ingot (%)	91.7	92.8	93.1	95.3	95.4	95.2
Operation	Blowing time (min)	15.8	16.1	16.4	15.1	14.6	14.6
Consumption	Hot metal ratio (%)	91.1	84.3	81.2	97.7	97.5	96.9
	Burnt lime (kg/t)	41.5	37.7	35.3	37.0	34.2	37.0
	Dolomitic lime (kg/t)	0	3.1	2.9	7.5	6.3	5.1
	Lime stone (kg/t)	0.2	0	2.4	0	0	0
	Mill scale (kg/t)	0	0	0.7	4.2	1.5	2.3
	Iron ore (kg/t)	28.7	11.9	8.4	53.5	64.9	52.4
	Fluorspar (kg/t)	1.5	1.2	1.4	0.4	0.3	0.7
	Oxygen (Nm ³ /t)	47.0	50.7	50.0	44.6	42.5	42.8
OG gas recovery * (Nm ³ /t)		—	—	—	124.0	125.0	122.6

* Calculated with a calorific value of 2 000 kcal/Nm³

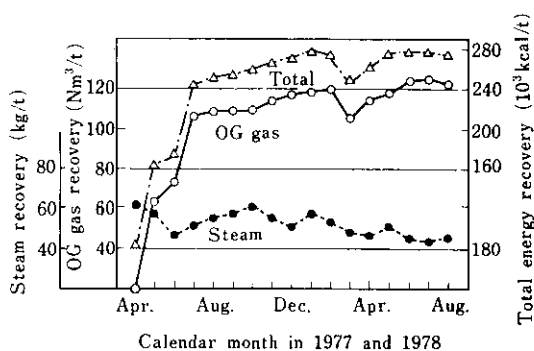


Fig. 2 Development of energy recovery in Q-BOP at Chiba Works (OG gas amount is calculated with a calorific value of 2 000 kcal/Nm³)

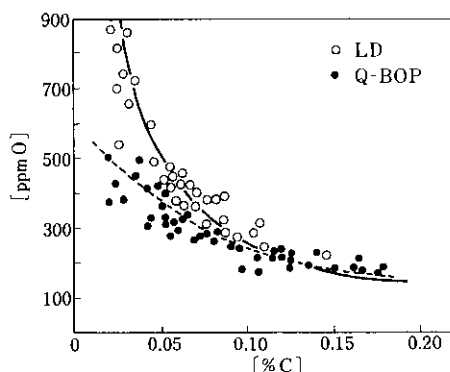


Fig. 3 Comparison of C-Q relations at turn down between Q-BOP and LD

ム寿命については、欧米の平均レベルが200～400回である中で、53年2月に843回、3月に915回、6月に1169回、8月に1504回と連続して世界新記録を樹立し、その進歩には著しいものがある。

3・4 底吹転炉鋼の冶金的特徴と品質

底吹転炉における吹止酸素濃度は、Fig. 3に示すようにLD転炉の吹止酸素濃度と比較して低く、一方Fig. 4に示す吹止マンガン濃度は、LD転炉

の吹止マンガン濃度と比較して高い特徴を有している。スラグ中のT.Feについては、Table 3に示す吹止スラグ組成でわかるとおり底吹転炉の方が低いレベルにある。このため添加合金鉄も少なくよく、かつ鋼中介在物、清浄度の点でもきわめて有利である。

底吹転炉における脱硫能は、一般に知られているLD転炉の脱硫能よりはるかに優れている。これは炉底から吹込まれた微細な焼石灰と溶鉄の直

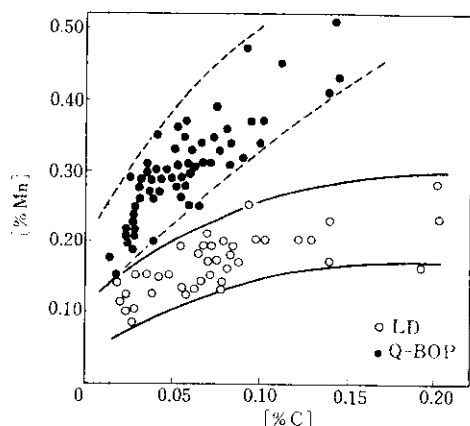


Fig. 4 Comparison of Mn content at turn down between Q-BOP and LD

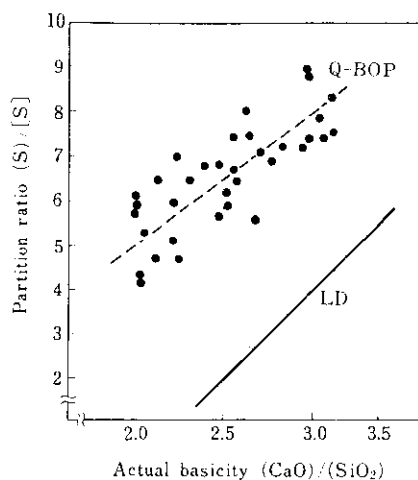


Fig. 5 Comparison of desulfurization performance at turn down between Q-BOP and LD

Table 3 Comparison of slag composition at turn down between Q-BOP and LD processes (wt%)

	T.Fe	SiO ₂	MnO	CaO	P ₂ O ₅
Q-BOP	12.7	16.1	7.7	48.7	2.75
LD	17.5	14.1	7.8	40.8	2.27

接反応、および溶鉄中の酸素濃度の差によるものと考えられる。Fig. 5に底吹転炉とLD転炉におけるスラグ塩基度と硫黄分配比の関係を示し、両者の脱硫能を比較した。

脱磷能については、底吹転炉では、T.Feが低いにもかかわらず、磷分配比はLD転炉と比較して同等もしくは高くなっている。Fig. 6にスラグ中のT.Feと磷分配比の関係を示す。また底吹転炉での吹止窒素が、LD転炉に比し低酸素領域でより低いレベルにあることをFig. 7に示す。これは、低炭素領域での吹錬でも底吹転炉は炉内に空気をまきこまないためと考えられる。

一方、底吹転炉は脱炭効率が高く、転炉炉内だけで極めて低い領域まで炭素を下げる事が可能である。Table 4に底吹転炉で溶製した工業用純鉄の化学組成を示す。

試験操業中はこれら底吹転炉鋼の諸特徴の把握と、これを基礎とした各鋼種ごとの品質設計の確立に重点をおいてきた。現在、リムド鋼については表面品質、介在物ともに良好な成績であり、キルド鋼については鋼中酸素濃度が低く、清浄度も

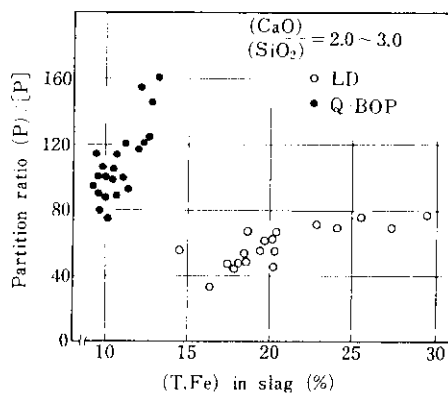


Fig. 6 Comparison of dephosphorization performance at turn down between Q-BOP and LD

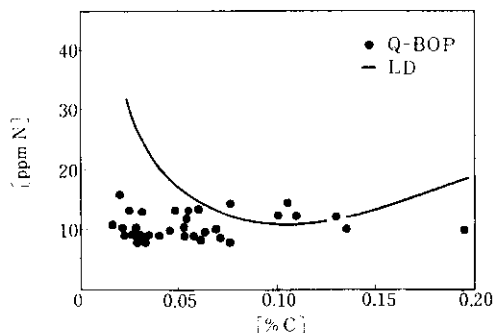


Fig. 7 Comparison of N content at turn down between Q-BOP and LD

Table 4 An example of chemical analysis of pure iron made by Q-BOP (Chiba Works)

*(wt%)						
C	Si	Mn	P	S	N	O
0.007	tr.	0.04	0.008	0.005	0.0025	0.0488

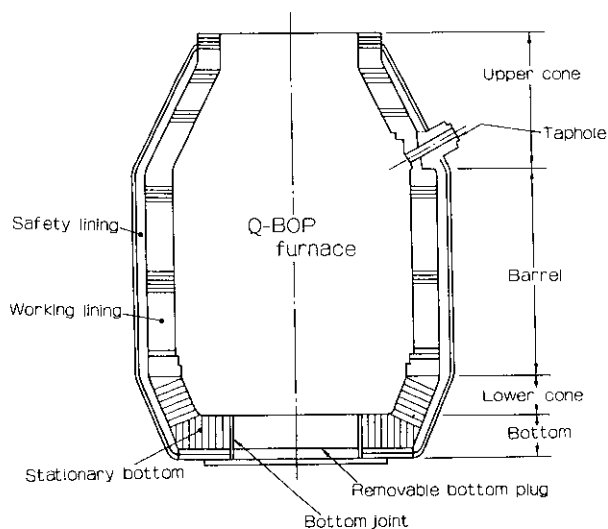
非常に良好な結果が得られている。また底吹転炉は、当初の狙いどおり合金鉄の歩留りが高く、かつ安定していることから成分的中率は非常に良好であり、さらに攪拌が十分に行われているため温度・成分の均質性が高く、これらの点でも品質への

の貢献度が高いことを示している。

4. 結 言

第3製鋼工場は、昭和50年4月の掘削開始より21箇月で建設を行った。建設の基本構想の一つであった環境改善は所期の目的を達し、底吹転炉を利用した新技術の開発についてもほぼ予想どおりの成果をあげつつある。

今後さらに耐火物関係の改善、底吹転炉特有設備の改善、品質の向上を大いに進める予定である。



Q-BOP 豆事典

操業上の特徴（四つの Q）

Quick	（速い）	生産能率が高い
Quiet	（静か）	溶鋼・スラグの突沸がない
Quality	（品質）	不純物が少ない
Quelle	（泉）	下方から湧出する

冶金的特徴

鉄歩留りが高い
脱硫能が高い
脱燐能が高い
溶鋼中酸素含有量が低い
合金鉄使用量が少なくてすむ

特筆すべき操業記録（千葉第3製鋼工場，1979年1月現在）

炉底寿命	* 1 651 回
排ガス回収エネルギー	* 251×10^3 kcal / t
終点温度・炭素含有量 の同時適中率	* 97.0 %
出鋼後取鍋内容鋼の 温度適中率($\pm 2.5^\circ\text{C}$)	99.0 %

（注：*印は世界最高記録）