

特 別 講 演

LD 転炉の未燃焼ガス回収技術の開発とその効果*

湯川 正夫**・岡庭 慶次***

Developments of the Oxygen Converter Gas Recovery

Process (OG Process) and its Economy

Masao YUKAWA and Keiji OKANIWA

I. OG法開発の背景

(1) LD転炉排ガスの収塵

LD転炉製鋼法の開発と発展は、鉄鋼業の歴史における最大の技術革新の一つに挙げられるものである。第1表に見られるように特に日本での発展はめざましいものがあり、日本鉄鋼業繁栄の一つのバックボーンをなすものであるといつても過言ではない。

LD転炉製鋼法は、生産性が高いため、作業費が低いことも大きな特長であるが、従来の主たる製鋼法である平炉製鋼法に比べて建設費が少なくてすむということは、設備拡張期にあつた日本の鉄鋼業にとって大きな魅力であつた。

しかしながら、純酸素を大量に使用するため、微細酸化鉄粉を含む大量の排ガスと大熱量が発生することは止むを得ず、したがつてそれ対処するため、廃熱回収ボイラーと収塵設備に膨大な費用をかけねばならないという問題をはらんでいた。

第1表 世界のLD転炉設備 (単位 1,000 t)

	1962年までに稼動したもの		1965年までに稼動するもの	
	年間能力	基 数	年間能力	基 数
オーストリア	1,790	7	1,790	7
ベルギー	1,900	5	3,890	11
ブラジル	1,980	8	2,280	13
カナダ	1,720	7	1,720	7
フランス	—	5	—	21
イタリー	550	1	4,200	6
日本	10,480	24	17,970	39
オランダ	2,650	5	2,650	5
ソ連	2,300	7	12,350	21
英国	3,930	11	3,930	11
米国	11,510	22	12,510	24
西独	4,950	17	13,110	32
その他	3,230	17	7,640	31

(鉄鋼界報 No.641 1963. 9. 1)

(2) 従来方式の問題点

従来の方式すなわち、転炉排ガスを炉頂で完全燃焼させ、その廃熱をボイラーに利用し、その後収塵を行なう方式では、次のような問題点があつた。

(i) 膨大な発生熱量

約 24.5 万 kcal/t. steel

すなわち 130 t 転炉では約 3,200 万 kcal/heat の発生熱量となる。

(ii) 膨大な排ガス量

一酸化炭素(CO)を主成分とする発生ガスを転炉々口において空気中で燃焼させるため、130 t 転炉では約 34.2 万 m³/heat (1850°C) という膨大な量になる。

(iii) 発生ガス量、熱量の変動

操業が断続的であるため、発生ガス量、熱量が断続的でピークがある。

(iv) 膨大な収塵設備

発生するダストは極微細で、しかも発生ガスは大量であるため収塵設備が膨大なものとなる。

(v) 建屋の高層化

廃熱ボイラーを設備した場合、130 t 転炉では建屋高さは約 50m となり、製鉄所内でも最も高い建屋となる。

(vi) エネルギー回収の低能率

エネルギーの回収は行なわれているが、前記各理由特に操業が断続的であるために非常に低い回収率に留まっている。すなわち一般用、発電用などの専用ボイラーは、熱効率が 85% 以上であるのに比し、転炉廃熱ボイ

* 昭和38年9月26日東京都ブリヂストンホールにおいて開催の特別講演会における八幡製鉄株式会社副社長湯川正夫君による講演

** 八幡製鉄株式会社副社長

*** 横山工業株式会社常務取締役

ラーの熱効率率は 60% に止つている。

(3) 未燃焼ガス回収の必然性

LD 転炉の大型化にしたがって、従来方式の排ガス処理設備を大型化して行くことは、もはや経済的でないことは明瞭であつた。

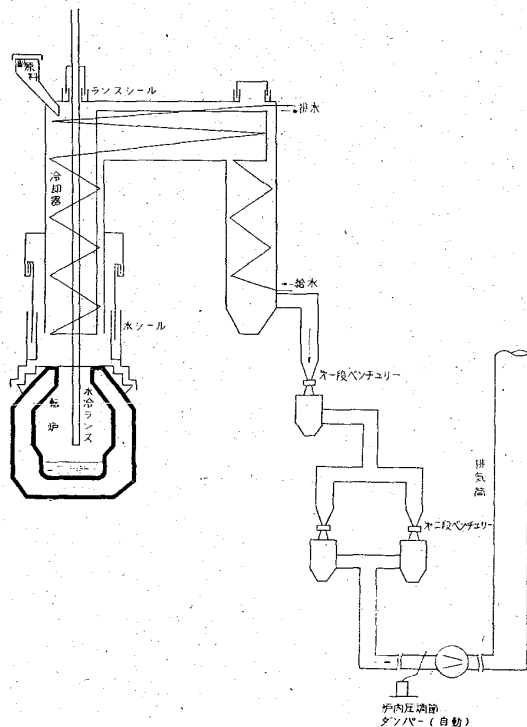
この際排ガスを未燃焼状態で回収したならば、温度は 1250°C と下り、発生ガス量は $5.95 \text{ m}^3/\text{heat}$ と約 6 分の 1 に、発生顕熱も、570 万 kcal/heat と約 6 分の 1 に理論上抑えることが出来、設備が非常にコンパクトになる。

一方回収ガスを必要に応じて、燃料として利用すればエネルギーの有効利用が可能となり、またガス中約 80% を占める一酸化炭素を製鉄分野、合成化学分野で利用することも考えられる。このような背景から、転炉ガスの未燃焼回収は必然的に考えられるものであつたが、高温で一酸化炭素に富んだガスを大気から隔離回収する装置の点と防爆の点で、問題があり世界的に見ても、この考えを実用化した鉄鋼会社はなかつた。

II. OG法の開発

(1) いきさつ

八幡製鉄では昭和32年洞岡転炉工場建設当時より転炉ガスの未燃焼回収の必要性を感じ種々検討を加えていた。一方横山工業はボイラーメーカーとして未燃焼回収法に検討を加え具体的着想を持つにいたつた。しかしこ



第 1 図 2t 試験転炉設備系統図

の着想の実用化にはなお多くの解決すべき問題点があると考えられたので、八幡、横山両社で本件についての共同研究を行なうことになった。

(2) 共同研究の組織と分担

本法の実用化のためには転炉の設備および操業に関する知識の他、ガスの性質、熱交換、収塵等々の多方面の知識を必要とするので昭和34年10月八幡製鉄本社技術部を中心として両社の関係技術者でOG委員会を組織し、この委員会を母体として共同研究を強力に推進することとした。OGの名称は Oxygen Converter Gas Recovery からとつたもので、この委員会の名称がその後そのまま本方式の名称として採用されるようになったものである。

OG委員会では本法についての共同研究の計画、実施についての具体的検討と研究の中間結果について討議を行なうこととし、かつ爆発防止の問題に関しては特に万全を期するため理論的な検討をも加えるべく、斯界の権威である東大山崎毅六、京大後藤藤平両教授の特別のご指導をも仰ぐこととした。

さらにこの方法については必然的に計装がより重要となり計器についても新しい性能が要求されるので、発足後暫くして富士電機製造の参加も得て、この方面の実験も活発に行なわれるようになった。

(3) 基礎的研究

純酸素上吹転炉から発生する一酸化炭素を主成分とする高温ガスを転炉々口において、外気との接触を完全に遮断し、未燃焼のまま冷却、防塵し、完全に回収することが本研究開発の基本目的であり、このために選んだ方法は、転炉々口周辺において不活性な窒素でガスカートを形成し高温可燃性の一酸化炭素を完全に空気と遮断するものであり、しかもこのシーリングガスとしての窒素は、純酸素上吹転炉の吹錬に必要な酸素を発生する酸素発生装置から多量に得られる廃棄窒素を利用することで足りる。このような基本構想にもとづいて転炉ガスを安全かつ確実に未燃焼のまま回収する方法を工業化するためには多くの問題を解決しなければならなかつたのであるが、その主なものを挙げれば次の通りである。

- 転炉々口周辺に有効な窒素ガスカートを形成する方法。
- 転炉の酸素ランス挿入口および副原料投入口を窒素シールし空気の侵入を防止する方法。
- 転炉ガス圧力、特に炉口における圧力を精密にコントロールすること一回収系全体の動性把握。
- 特に重要な爆発防止対策として、
 - ④ ガス燃焼とガス組成の関係の解明、特に水素お

よび酸素の許容限度の決定

- ⑥ ガスの火焰伝播速度とガス流速との関係
- ⑦ 万一回収系内に急激な燃焼の起つた場合そのエネルギーを迅速に放出もしくは吸収する手段の解決
- ⑧ ガス回収系全体にわたり燃焼の原因を作らないようなガス回路の設計

- 自動制御とシーケンスの確立
- 迅速応答の酸素分析装置の開発

これらの問題の多くは基礎理論的研究および基礎実験を経なければならなかつたが、逐一解決して行き、やがてはパイロットプラントによる実験に進んでいったのである。パイロットプラントとしては、すでに八幡製鉄所技術研究所 200 kg LD 試験転炉に、密閉式排ガス未燃焼放散装置が設備されていたが将来の大型化の準備としては小さすぎたため、OG委員会は当時、同所製鋼研究室に設備計画中であつた 2 t 転炉に未燃焼ガス回収装置を取りつけ、各種の基礎的実験を行なうこととした。また同時にもつとも基本的な次の諸点についてモデル実験と理論的な説明が平行的に行なわれた。

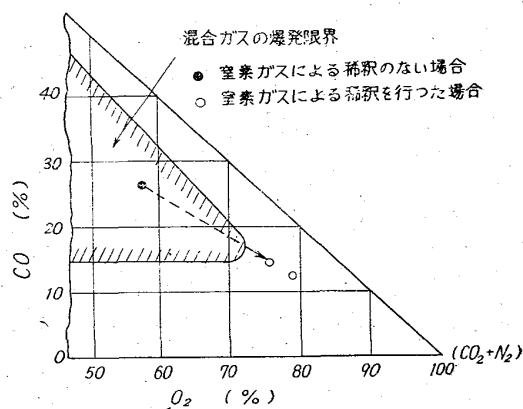
- ガスシールの機構
- ガスカーテンのガス噴出状況
- スリットの形状
- 噴出速度およびシール部のクリアランスとガスカーテン耐圧力の関係
- ガスカーテン内外の圧力差とカーテンを通して出入するガス量に関する実験式

2 t の試験転炉は八幡製鉄所製鋼部第 3 製鋼工場に設置され、最初の設備の概要は大略第 1 図の通りである。専用の小型混鉄炉から秤量台車上の受鉄鍋に受けられた溶鉄は鍋底部に設けられたノズルを開くことにより傾倒された転炉内に導かれます。転炉炉口部には、ガスカーテン形成機構を有する可動フードが設置され、これにはランスのシール装置および副原料装入装置が附属している。フードにより集められたガスは冷却器、収塵器を通り排風機によつて三方切換弁を通じ、あるいはタンクへあるいは煙突へ導かれる。フード内圧はダンパー開閉で自動的に制御される。

2 t 試験転炉では

- パージ試験
- 吹錬試験
- 切換弁とガスホルダーに関する試験
- 収塵器に関する試験
- 転炉ダストの性状調査
- ガス分析

などが行なわれた。以下簡単に試験の要点を述べる。



第 2 図 吹錬初期における窒素ガスの稀釈効果
O₂-CO-(CO₂+N₂) 系

(i) パージ試験

吹錬開始時にガス回収装置内各部に存在する酸素量を第 2 図に示す。爆発限界以下に下げたため窒素によるパージ方式を採用することとし、吹錬前後に必要なパージの時間と窒素量を求め、パージ時間は製鋼能率を阻害しない程度で十分であり、所要窒素量も費用としては非常に少なくすむという目安を得た。

(ii) 吹錬試験

吹錬試験の狙いは、爆発に関する安全性の確認と炉内圧制御方式の検討にあつた。

爆発の防止に関しては、

- 送酸圧力の急変によりゲートシール用水の炉内への流入
- 異常炉内反応
- 副原料追加装入時のショック
- 停電
- 炉体予熱時のコークスによる粉塵爆発
- 煙道の閉鎖
- パージの部分省略
- ガスカーテンの事故

などあらゆる場合を想定した検討実験が行なわれ本方法が全く安全であることを確認した。

炉内圧制御方式の検討は、先に述べたガスカーテンに関する基礎研究結果を参考にしながら、各種の計器を駆使して、この装置の動特性を把握することに重点が置かれ、その結果、転炉ガス排風機入口のダンパーコントロール方式であつても収塵器の圧力損失の十分少ないものを選べば敏速に应答し、十分炉内コントロールの目的を達することを確認した。

(iii) 切換弁とガスホルダーに関する試験

吹錬の初期および末期の一酸化炭素含有量の少ないガ

スは大気中に放散し、吹錬中期の一酸化炭素含有量の多いガスのみをホルダーに回収利用するために三方切換弁が必要となつて来るが、切換弁作動時の各所のガス圧力および流量の変化をチェックし、この装置の実用性を確認するとともに排風機後の静圧の急変を防ぐ必要があることが明確になつた。

(iv) 収塵器

収塵器としては、乾式および湿式収塵器の組合せにつき種々検討が行なわれたがあるものは圧力損失が大きく炉内圧自動制御方式に不向きなことがわかり、またあるものはダスト付着、収塵効率などの点で思わしい結果が得られなかつたので、乾式収塵器は一応断念し、スプレー収塵器とベンチュリースクラubberを採用することとし、この方式で十分な収塵効率を得る見通しを得た。

(v) 転炉ダストの性状調査

吹錬試験中には発生するダスト量の吹錬時間の経過による変化を測定した他、収塵されたダストの粒度分布、組成、磁性などについて検討が加えられた。

(vi) ガス分析

ガス組成を吹錬経過にそつて連続的にキャッチすることは吹錬状況の推定の有力な手段であり、ガス回収時期の選定やバーチなどの諸作業の指針ともなる。特にOG法では炉口がシールされ、焰による吹錬進行状況の把握が困難になると考えたので、ガスの連続分析は特に重要な意味を持つている。

一酸化炭素、炭酸ガスの連続分析装置は特に問題はありますが爆発防止に関連して酸素の連続迅速分析装置の開発に特に力を入れた。この開発には富士電機製造が特に精力的な研究を行ない、非常に応答速度のはやい酸素連続分析装置を開発した。

またこの回収ガスを将来化学工業原料として使用することを考え、窒素化合物、硫黄化合物、燐化合物などの微量含有量の分析も行なわれた。

(4) パイロットプラントの成果

以上のごとくこのパイロットプラントは大きな成果を挙げ実用炉への本OG法の適用の可能性を十分に示すものであつた。

これは多方面の知識をあつめて組織的に運営されたOG委員会とこれに連る共同研究グループの緊密な連絡とその分業態勢の確立のもとにおける強力な研究推進の成果である。

共同研究グループには横山工業、富士電機よりもそれぞれ3名程度の技術者が派遣され、終始熱心に協力して研究を進めまた予算、工事などについては、各社それぞ

れこの大きな目的を達成すべく特別の措置を講じ、研究は迅速に進行し、共同研究の意義を改めて認識させるものであつた。

なおこのパイロットプラントの実験は約1年4カ月間におよびその間200回を超える吹錬実験が行なわれた。

III. OG法の実用化

第I章に述べた各種の基礎実験を行なつた結果昭和35年10月には原理および実用装置として転炉ガス未燃回収が成功するとの見通しは得ることが出来た。しかしながら日本で最初の大型130t転炉にそのまま適用するには、相当の決断を必要とした。

当時戸畑第2転炉工場の建設企画は最終段階を迎え、排ガス処理設備として、従来通り廃熱ボイラー方式とするか、あるいはOG法を採用するかを決定せねばならぬ時期となつていたが、パイロットプラントでの実験、戸畑第2転炉へ適用した場合のメリット、問題点、世界の動向、などを基礎として検討が加えられた結果、戸畑第2転炉への適用の最高方針を昭和35年11月に決めたのである。

かくしてOG装置の採用が決まつたのであるが設備を企画するにあつては建設、運転、整備各部門の技術担当者が集まり「OG研究会」を組織しゼミナール形式によつてあらゆる角度から検討、討議を重ね、総合推進力となつて設備計画が着々とすすめられることになつた。

すなわちOG研究会は発足以来昭和36年秋にいたる約1年間連日深夜におよぶ検討会を行ない、主として次のような諸項目を重点的に検討した。

- 130t 転炉OG装置の詳細仕様
- 130t 転炉操業上の Know How 取得のためのパイロットプラントでの試験特に三方弁の切換、ガス回収、炉口カーテン効果収塵機の適否などに関する問題
- OG装置の制御方式(炉内圧制御、稀釈の量、時間、シーケンスコントロールの順序など)
- 爆発対策防止機構
- 危険防止、中毒対策と危急、停電対策

このような検討結果実際操業で最も懸念している爆発の問題に関しても十分な自信を得ることが出来たのである。また回収ガスの排出速度の最適値に合せて煙突の仕様が決まり写真1のような煙突が設計に折りこまれた。また炉内圧変動を少なくすべくガスホルダーの設計形状についても考慮がはらわれた。

かくして、工場建設は昭和35年11月に開始され、昭和37年1月から、次の順序にしたがつて試運転が行なわれ

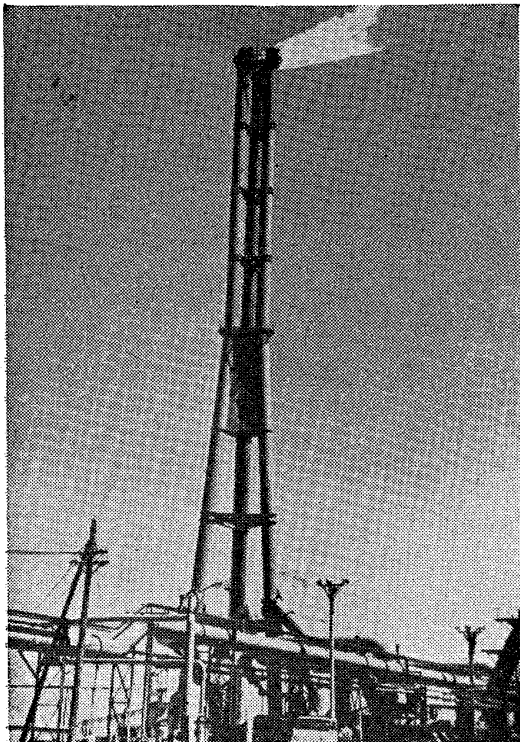


写真 1

第2表 戸畑第2転炉工場OG装置 研究—計画—建設—一覧表

項目 年	研 究	計 画	建 設	試 運 転
昭和 三四年	▽ 8 OG委員会発足 ▽ 10 第1回OG委員会			
昭和 三五年	▽ 2 大型化計画着手 ▽ 6 2t 転炉OG建設 開始 ▽ 8 2t 転炉OG試験 開始 リークテスト・パー ジテスト安全運転, 作業習熟およびその 他の吹錬条件, ガス 量, ガス組成等の検 討	▽ 11 OG装置採用決定 ▽ 12 OG研究会発足	▽ 11 第2転炉杭打開始	
昭和 三六年	窒素カーテン作業, 炉内圧 制御カーテン模型実験 三方弁, 切換弁およびガス ホルダー試験 収塵器試験 ガス分析試験	▽ 4 シーケンス稀釈方式 スタートブロー設置の 決定 ▽ 5 スクリーン設置の決 定 ▽ 9 収塵器の最終仕様決 定	▽ 3 第2転炉建屋組立開 始 ▽ 9 OG装置組立開始 ▽ 12 独立ボイラー完成	▽ 10 試運転要項作成
昭和 三七年			▽ 1 転炉本体据付完成 OG・酸素ホルダー 完成 ▽ 2 窒素ホルダー完成, スラッジ処理装置完成, 冷却塔設備完成, 4 号酸素発生装置完成 ▽ 6 5号酸素発生装置完 成	▽ 1 試運転開始 ▽ 3 ホット・ラン・テス ト開始 ▽ 4 第2転炉工場火入式 ▽ 6 ガス回収に成功

ることになった。

① 第1期試運転（単独試運転）

—37年1月4日—37年2月6日

② 第2期試運転（組合せ試運転およびコールド・ラン・テスト 37年2月4日—37年3月6日

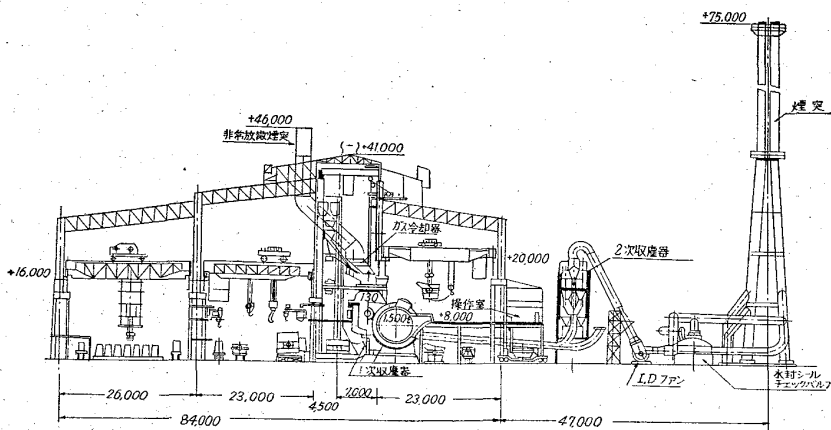
③ 第3期試運転（ホット・ラン・テスト）

—37年3月9日—37年4月末

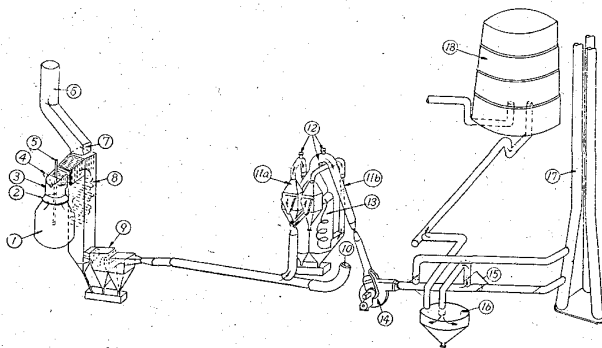
第3期試運転の一部およびそれに連なるOG装置に関する種々の試験は生産と併行して進められ、6月にはホルダーガス回収作業を行ない試験操業が完了した。

この間、未燃焼ガス回収と大型転炉との組合せという、未知の分野において、予期しない問題が起り、再び2t試験転炉で追加試験を行なうなどの曲折はありましたが、一度の事故もなく、実際操業に入ることが出来たことは本方法の安全性を十分証明するものと考えてるのである。

第2表にOG委員会の発足に初まり戸畑第2転炉工場OG装置の試運転に成功するまでの過程を一覧表にして示した。



第3図 戸畑第2転炉工場の断面図



- ① 130t 転炉 ② スカート ③ フード ④ フラックスシュート ⑤ 酸素ランス ⑥ 非常放散煙突 ⑦ 爆発ドア ⑧ ガスクーラ ⑨ 一次収塵器 ⑩ 爆発ドア (11a) 二次収塵器 (11b) 二次収塵器 ⑫ 防爆弁 ⑬ ミストセパレーター ⑭ I.D. ファン ⑮ 三方弁 ⑯ 水封弁 ⑰ 煙突 ⑱ ガスホルダー

第4図 戸畑第2転炉工場のOG装置の概略図

第3図は戸畑第2転炉工場の断面図、第4図はOG装置の概略図であるが、転炉から発生したガスは未燃焼のままフード部を経てガスクーラ⑧を通り 1250°C のガスは400°C に冷却され1次収塵器⑨ 2次収塵器⑪を通過しながら冷却除塵が行なわれる。I.D. ファン⑭入口でガス温度は 50°C となります。除塵冷却されたガスは吹錬の初期および後期の一酸化炭素含有量が低い時には三方弁⑮を経て煙空⑰より大気へ放出される。一酸化炭素が規定値以上に達した時は自動的に三方弁の操作により、水封弁⑯を経てガスホルダー⑱に回収される。

戸畑では 1962 年 3 月 9 日の操業開始以来、作業能率安全面とも予期した通りの順調な向上をしめし現在月産 119,000~125,000 t/M の生産をコンスタントに維持している。操業開始から 1963 年 8 月末までの約 1 年 6 カ月間の累計では出鋼ヒート数 12,141 ヒート良塊量 1,730,000 t となっている。出鋼鋼種はリムド鋼 (0.06~0.25% C) のストリップ用鋼塊が約 95% で、その他

セミキルド鋼となっている。

第3表に操業開始以来の月別製鋼作業実績を示したがOG法による製鋼作業において高歩留が得られている点は極めて大きな経済的利点である。

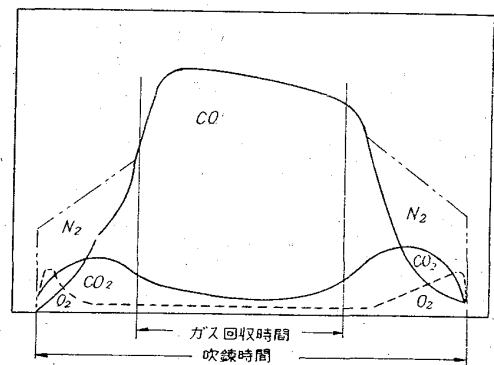
また 1962 年 6 月 22 日から 7 月 10 日にわたってガス回収試験を行ない満足すべき好成績を収めたので、その後定常作業としてガス回収作業を行ない回収ガスは全量ボイラー燃料として使用している。1962年6月から1963年8月までのガス回収作業成績の推移を第4表に示した。

回収されたガスの一般ボイラーにおける使用実績を第5表に示した。なおこの一般ボイラーは戸畑製造所の一般蒸気の 30~40% を供給しているものである。

第6表および第5図は吹錬開始から終了までのガス組成を示すもので一酸化炭素含有量の高い部分のみガス回収を行なっているものである。また吹錬初期および末期には排ガス流量の大きな変動を緩和させるためと不安定な排ガス組成を爆発限界から遠ざけ安定した作業を行なうために窒素ガスで稀釈している。

第7表、第8表は国内で2番目にOG装置を設置した住友金属和歌山製造所の収塵効率およびダストの化学成分を示すものであるが、OG装置を採用した場合のダストは廃熱ボイラーの場合に較べて煙道雰囲気還元性のため FeO, Metallic Fe など酸化度の低いものが多い点が特色となっている。

またダスト粒径は廃熱ボイラーの場合に比較してかなり大きくまた比重も大であり十分な収塵効率をあげることが出来る。



第5図 N₂ ガス稀釈のダイヤグラム

第3表 製鋼作業実績

年月	出鋼数	良塊トン数 (t/M)	1り チャ ー ト ン 当 数 (t/ch)	(1) 製 鋼 能 率 (t/H)	装 入 量					
					溶 銑 (t/ch)	冷 銑 (t/ch)	屑 鉄 (t/ch)	主 原 料 計 (t/ch)	銑 鉄 配 分 率 (%)	
1962. 3	58	6,906	119.1	119.4	108.4			26.7	135.1	80.3
4	340	44,209	130.0	143.5	112.0			31.7	143.1	77.9
5	532	73,116	137.4	152.9	113.2			37.1	150.3	75.3
6	548	78,151	142.6	163.4	118.9			36.4	155.3	76.6
7	494	68,826	159.3	170.0	114.9			36.7	151.6	75.8
8	691	97,471	141.1	191.8	116.7			37.0	153.7	75.8
9	768	108,213	140.9	198.4	114.8			38.0	152.8	75.1
10	751	105,909	141.0	197.8	114.9			38.1	153.0	75.1
11	759	110,871	146.1	207.1	119.0			40.6	159.6	74.6
12	776	112,577	145.1	199.3	119.0		1.6	37.7	158.3	76.2
1963. 1	815	110,986	136.2	194.8	111.4		4.9	29.8	146.1	79.7
2	766	107,816	140.8	201.1	111.7		5.5	32.6	149.8	78.2
3	838	119,835	142.9	201.9	114.7		5.9	32.1	152.7	79.0
4	791	114,736	145.1	200.8	117.1		7.3	29.1	154.1	80.8
5	807	118,269	146.6	197.3	120.4		9.1	26.4	155.0	83.1
6	812	118,690	146.2	199.9	123.2		6.8	25.3	155.4	83.7
7	838	127,279	151.9	199.2	127.1		10.5	31.9	169.5	84.7
8	757	113,003	149.3	192.2	122.5		10.0	27.9	160.4	82.6

年月	製鋼時間 (1チャージ)				主原料歩留(3)		装入鉄歩留(4)		酸素 使用量 (Nm ³ /t)	窒素 使用量 (Nm ³ /t)
	装 入 (mn)	吹 錬 (mn)	出 鋼 (mn)	製(2) 鋼 時 間 (mn)	製 出 鋼 歩 留 (%)	良 塊 歩 留 (%)	製 出 鋼 歩 留 (%)	良 塊 歩 留 (%)		
1962. 3	9.0	27.0	3.6	58.2	90.0	88.4	88.8	87.1	59.5	79.8
4	10.2	28.2	2.8	55.2	91.5	90.5	91.4	89.5	58.7	91.3
5	10.0	27.9	3.8	53.6	92.3	91.4	91.5	90.0	55.7	70.0
6	10.0	28.0	3.6	53.8	92.6	91.7	91.5	89.9	53.8	66.9
7	8.0	27.9	3.6	49.7	92.7	91.9	91.6	90.1	54.8	61.3
8	6.5	24.4	3.6	44.5	92.6	91.8	91.9	90.3	53.4	53.8
9	6.1	23.8	3.7	42.7	92.8	92.2	92.0	90.6	54.4	46.3
10	6.1	23.2	4.0	42.9	92.8	92.1	91.8	90.4	54.8	44.3
11	6.4	22.7	4.1	42.5	92.3	91.6	91.8	90.5	53.9	45.1
12	6.4	22.7	4.0	43.3	92.5	91.6	92.0	91.0	54.9	45.0
1963. 1	6.4	21.5	3.9	41.9	93.7	93.2	92.5	91.5	55.2	44.3
2	6.0	22.7	3.9	41.9	94.3	94.0	93.3	92.1	52.4	40.5
3	6.0	23.6	3.9	42.5	94.2	93.7	92.5	92.0	52.6	40.3
4	6.0	23.6	4.0	43.5	94.7	94.2	92.8	91.7	53.9	37.1
5	6.0	24.2	4.0	44.6	94.7	94.0	92.8	91.4	51.6	36.8
6	6.0	23.9	3.9	44.0	94.8	94.1	92.0	91.3	51.3	38.6
7	6.3	25.9	4.0	46.0	94.5	93.8	92.9	92.2	51.7	37.7
8	6.1	26.0	3.9	46.6	93.7	92.9	91.7	91.0	53.8	39.8

1. 製鋼作業 (Charge to tap) 1時間当りの良塊t数 2. Charge to tap.

3. $\frac{\text{製出鋼 or 良塊}}{\text{銑鉄+屑鉄}}$

4. $\frac{\text{製出鋼 or 良塊}}{\text{銑鉄+屑鉄+合金鉄+(0.65×ミルスケール)}}$

第4表 ガス 回 収 作 業 成 績

	(A) 出 チャ ー ジ 鋼 数 (ch)	(B) 回 チャ ー ジ 収 数 (ch)	(C) 全 ガ ス 回 収 量 (m ³)	回 収 率 (%) (B/A × 100)	回 収 ガ ス 量 (m ³ /ch) (C/B)	回 収 ガ ス 量 (m ³ /tingot)	回 ガ ス 平 均 収 均 CO (%)	平 吹 錬 時 間 (mn/ch)	平 回 収 時 間 (mn/ch)	備 考
7	494	5	30,400	1.0	6,180	56.2	66.1	27.9	12.2	
8	691	155	828,000	22.4	5,347	37.1	74.4	24.4	9.4	
9	768	332	1,825,000	43.2	5,497	39.8	79.4	23.8	11.2	
10	751	621	3,688,300	2.7	5,939	45.2	72.4	23.2	12.1	
11	759	700	5,917,750	92.3	8,458	57.4	73.4	22.7	12.7	
12	776	644	5,099,600	83.8	7,858	53.9	72.5	22.7	13.0	
1963. 1	815	674	4,512,200	82.8	6,695	49.2	72.4	21.5	12.8	
2	766	698	5,094,200	91.1	7,298	50.9	71.7	22.7	14.4	
3	838	780	6,611,760	93.6	7,843	54.9	70.4	23.6	14.6	
4	791	771	5,879,300	97.5	7,626	52.5	70.8	23.6	13.4	
5	807	723	5,933,200	89.6	8,210	55.8	72.8	24.2	15.0	
6	812	723	5,214,100	96.2	6,680	45.5	74.2	23.9	11.9	
7	838	717	4,461,600	85.6	6,220	45.6	73.5	25.9	11.9	
8	757	711	4,514,900	94.0	6,350	47.9	71.5	26.0	11.6	

第5表 OG ガス 使 用 実 績

年 月	蒸気発生量 (t/h)	ボイラ稼動 延 時 間 (h/M)	ボイラ稼動 缶 数	燃 料 使 用 量		OGガス 混 焼 率 (%)	ボイラ 効 率 (%)	OGガス カ ロ リ (kcal/Nm ³)
				OGガス (m ³ /h)	重 油 (kl/h)			
1962. 10	26.8	689	1	5,350	0.752	63.3	85.5	2,280
11	44.6	1,265	2	9,350	1.104	67.0	85.0	2,250
12	47.0	1,223	2	8,330	1.600	55.2	84.0	2,220
1963. 1	50.6	1,301	2	6,930	2.260	42.1	83.6	2,230
2	48.4	1,344	2	7,570	1.916	48.0	84.8	2,200
3	38.9	1,216	2	8,550	0.900	6.6	86.5	2,190
4	28.4	906	1	8,320	0.202	89.9	86.2	2,180
5	32.9	1,488	2	7,510	0.662	72.6	85.5	2,250
6	27.5	816	1	7,430	0.313	83.9	86.7	2,270
7	27.3	747	1	6,640	0.151	90.5	86.3	2,280
8	27.0	740	1	6,350	0.236	79.0	83.0	2,210

(註) OGガス混焼率, %はカロリーを基準に計算した.

第6表 転炉ガス組成の推移(N-2789 戸畑)

吹 経 過 時 間 (mn)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	H ₂ (%)	N ₂ (%)	発熱 量 (kcal /Nm ³)
2	18.4	0	26.6	1.0	54.0	830
4	19.6	0.3	43.4	1.8	34.4	1,380
6	23.3	0.1	69.6	1.1	5.9	2,140
8	21.3	0.2	73.3	1.0	4.2	2,250
10	17.2	0.4	78.0	1.1	3.3	2,400
12	13.4	0.3	81.5	1.1	3.7	2,500
14	18.3	0.3	72.9	1.3	1.2	2,250
16	12.4	0.2	81.4	0.9	5.1	2,490
18	11.3	0	82.7	0.9	5.1	2,530
20	9.4	0	85.7	0.9	4.7	2,600
22	7.6	0.2	62.8	0.9	28.5	1,930
24	8.8	0	14.9	0.9	75.4	480

作業条件 (N-2789)

炉 回 数	: 2号6代135回
スカート間隔	: 0~30mm
カーテン N ₂ 量	: 7,000 Nm ³ /h
O ₂ 流 量	: 17,000 mm ³ /h
溶 銑 量	: 114.1 t
EPT [C]	: 0.05%
吹 錬 時 間	: 23.4mn

第7表 収塵効果(住友金属和歌山製造所)

項	目	Test #1	Test #2
操業条件	装入量 (t)	133	133
	吹錬時間 (mn)	22*33	22*30
ダスト濃度 (g/Nm ³)	冷却器, 出口	63*7	110*8
	一次収塵器の出口	4*42	6*83
	吸引扇風器の出口	0*362	0*234
収塵効果 (%)	一次収塵器	93*2	93*8
	二次収塵器	91*4	96*6
	計	99*43	99*83

第8表 ダスト化学成分(住友金属和歌山製造所) (%)

成分	C	SiO ₂	T·Fe	M·Fe	FeO
分析箇所					
冷却器	0*70	1*30	86*17	66*69	21*45
一次収塵器	0*18	1*20	79*09	50*17	36*45
二次収塵器	0*18	1*25	76*28	22*72	67*20

成分	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃
分析箇所						
冷却器	4*01	3*70	tr	0*36	0*66	0*11
一次収塵器	0*84	1*57	〃	0*34	0*21	0*16
二次収塵器	1*90	1*57	〃	0*33	0*25	0*16

IV. 本法の将来性

(1) 経済性

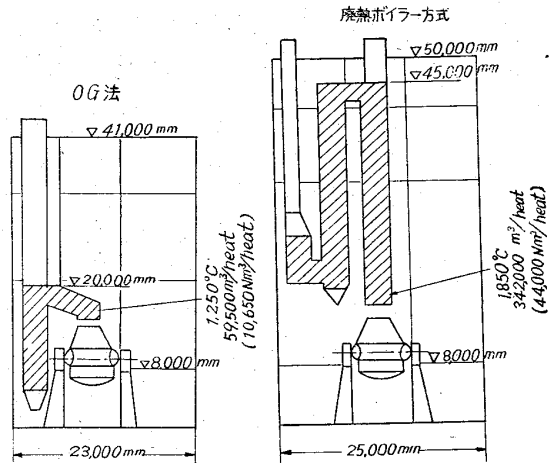
従来純酸素転炉に採用されていた廃熱ボイラー方式と比較して本法は、

- 設備費、運転費が割安である。
- 熱効率が良い。
- 蒸気バランスの調整を行ないやすい。
- 収塵装置の小型化を図ることが出来る。
- 回収ガスの化学分野への有効利用化が期待出来る。

など数々の点で優れており廃熱ボイラー方式に比べはるかに経済的であるといえる。すなわち、

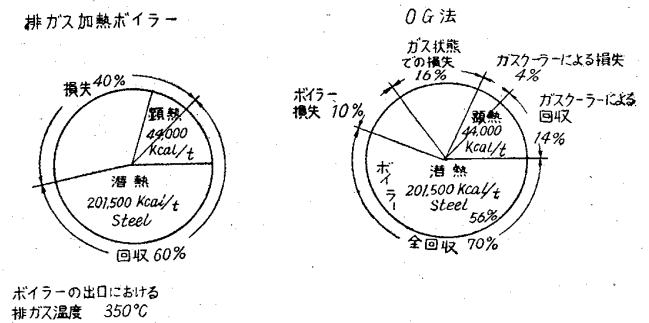
(i) 設備費

同容量の転炉工場を対象とした場合OG方式の設備費(ガスホルダ、一般ボイラーを含む)は廃熱ボイラー方式設備費(アキュムレーター、収塵装置、ボイラー付帯設備費を含む)の50~60%であり、さらに転炉棟の小型軽量化によつて土木建築費も大幅に節減出来ます。第6図はOG法および廃熱ボイラーを採用した場合のガスクーラーサイズおよび建屋の高さを比較したものである。これは転炉が大型になるほどその優位性は高まるものである。



第6図 130 t 転炉に関するガスクーラーサイズの比較

排ガス加熱ボイラー



全熱量	245,500 Kcal/t Steel
回収	147,000 (60%)
損失	98,500 (40%)

全熱量	245,500 Kcal/t Steel
回収	172,000 (70%)
損失	73,500 (30%)

第7図 廃熱ボイラーとOG法の熱効率の比較

(ii) 熱効率

第7図に示すように廃熱ボイラー方式でその熱効率は60%程度の成績にとどまっているが、OG法により回収ガスを一般ボイラーの燃料として利用した場合の熱効率は約70%に高めることが可能である。

(iii) 蒸気バランスの調整

間歇的な転炉作業のために廃熱ボイラー方式では蒸気供給の変動が大きく、尖頭負荷 110 t/h のボイラーでも平均 40 t/h 程度の蒸気発生量である。OG法では蒸気の供給源として一般ボイラーを設置することにより、蒸気の需要変動にそつた適正運転が可能である。

(iv) 収塵装置

OG法ではガスは未燃焼状態であるために、ガス容積は燃焼法の約1/6と少なく、収塵器構造を小型化することが出来ます。また未燃焼型であるためダストの酸化度が低く主として金属鉄およびFeOからなるため、収塵は容易である。

(v) 回収ガスの利用

回収ガスは発熱量約 2,300 kcal/Nm³ であり、燃料

として十分利用出来る。その他有機化学合成用の原料あるいは製鉄分野での活用の可能性が考えられる。

(vi) 窒素ガスのバランス

転炉炉口とOG装置の間げきのシールおよび装置内のパージに使われる窒素は、戸畑第2転炉(130t)の例では製出鋼トン当り約40m³以下であるが、これは、純酸素製造の際副産物として出るものを利用することで十分である。

(2) 他方法との比較

前述の経済性を持つているため転炉ガス未燃焼方式は世界各国の鉄鋼界において注目され、すでに2, 3の製鉄会社において実用化が進められているが、いずれもガス回収は行なつてなく、未燃焼放散方式である。したがって排ガスの冷却、収塵設備は、コンパクトとなるが、回収ガスの利用によるメリットは出ていない。

代表的な2, 3の方式について説明すると次の通りである。

(i) IRSID-CAFL 方式

この方式はフランスの総合鉄鋼研究所であるIRSIDが発明し、機械メーカーであるCAFLが設備面を担当して共同で研究を進めて来たものである。1959年1月に最初の特許が出願され、その後IRSIDのMetz附近にある小型試験炉に設備して実験が続けられて来たが、仏USINOR社のDunkerque製鉄所130t転炉に設備し、1962年12月試運転に入つたとのことである。回収ガスはそのまま煙突で燃焼させている模様である。この方法の特徴はシールに水蒸気を用いる点と、装置内の微圧調整に独特のノズルを使用する点にもある。

(ii) Krupp 方式

この方式は、西独Krupp社の開発になるものでエッセンの3t試験炉に設備して研究が進められた。

この方式の特徴はアーム式のガス回収フードと効率の良い湿式収塵装置にある。回収ガスはホルダーに収容することは考えてなく、大気放散、あるいは大気中燃焼を考えているようであります。この方式は西独のDHHU

のHördeの転炉に設置された。

(iii) McLouth 方式

この方式は米国McLouth社が独自で考案したものごとく、1954年頃より60t転炉にて実用化している様子であります。詳細は不明ですが、転炉排ガスを未燃焼状態で除塵後大気中に放散していると推察されます。

(3) トーマスコンバーターの転用

純酸素転炉製鋼法の発展に伴ない、トーマス転炉を純酸素上吹転炉に改造する傾向があるが、その際必ず排ガス塵あい処理の問題が起り、廃熱ボイラ方式よりも未燃焼収塵ガス回収方式の採用が多くなるものと考えられる。

(4) LD-AC 法への適用

欧州で発展しているLD-AC法は純酸素とともに石灰粉末を鋼浴に吹込む方法である。これに対してOG法を適用すべくすでに研究を開始しました。

(5) 転炉ガス未燃焼方式の実績(第9表)

(6) 技術輸出

OG法はすでに国内においては住友金属工業株式会社和歌山製鉄所に採用され、今年2月から順調に稼動しているほか海外製鉄機械メーカーの注目するところとなり、多数の技術提携の申込を受けています。その中で西独DEMAG社、BAUMCO社オーストリーVÖEST社および米国Loftus Engineering社に対しては、八幡製鉄株式会社、横山工業株式会社が共同で技術提携契約を締結し、なお他に契約交渉中のものもあり、近い将来に欧州、米国において、OG方式を採用する製鉄会社も現われることであろう。

V. 総 括

以上OG法の開発工業化に成功するまでの経緯を述べて来たわけであるが、“ローマは1日にしてならず”の言葉をひくまでもなく、多くの人の努力と年月が費されて来た。

今ここにこの開発が成功した要因をふりかえつてみる

第9表 転炉ガス未燃焼方式の実績

方 式	会 社	工 場 名	炉 容	ガス利用	生産実績	稼動開始時期
OG	八幡製鉄	戸畑製造所	130t×2	燃 料	173万t	1962. 3
OG	住友金属工業	和歌山製造所	110t×2	燃 料	43万t	1963. 2
IRSID-CAFL	USINOR	Dunkerque	130t×2	ナ シ	?	1962. 12
McLouth	Mc Louth Steel		60t×3	ナ シ	?	1954.
Krupp	DHHU	Hörde	130t×2	ナ シ	?	1963. 5

時先ず第一に思いいたるのはO-G委員会を中心とした共同研究が非常にスムーズに行なわれ、大きな成果をあげ得たということである。すなわち八幡製鉄は着想の実用化のための諸実験ととりくみ、横山工業はボイラーメーカーとして、設備面よりその検討を加え、富士電気製造は計器面の開発に大いに寄与する所がありました。また一方防爆に関する理論的裏付けは前記両教授にお願いし、これらの研究成果が混然一体となり、花を咲かせ一つの実を結ぶことが出来たといえるのである。

第二に考えられることは、当時第3次合理化計画の一環として建設が計画されていた戸畑第二転炉工場へのこの装置の採用を決断したことである。2t 転炉による種々な角度からの実験を経て、この装置の経済性、安全性への自信を深めていたとはいえ、2t 試験炉から一足飛びに130tの大型転炉へスケールアップするにあたっては今までにない熟慮と勇気ある決断を必要としたわけである。

一旦採用が決定されてからは130t 転炉の細部の設計データおよび操業 know how に関する基礎資料を限ら

れた日数内に取得するため、関係者が払って来た努力は並々ならぬものであり、この貴重な努力も決して忘れることが出来ないものである。

今日ここに皆様にO-G法の工業化に成功するまでの経緯を発表する機会を得たが、ひるがえつて国際競争場裡の真只中にたたされた日本鉄鋼業に要請されるものは、一層コストの低減に努め、国際競争力のかん養に努力することではないかと思う。

このように考えて来ると、新技術新製品の開発企業化——それに連なるコストの低減、新販路の拡大——はまさしく経営の中心的課題といつても決して過言ではないと思うわけである。

O-G法開発を通じて得られた貴重な経験を生かして、今後とも新技術新製品の開発に一層の努力を傾け、皆様共々日本鉄鋼業発展のために力をつくしていきたいものと思う次第である。

終りに、本法の工業化に際し、基礎的な面で種々ご教示いただいた、東大山崎毅六、京大後藤廉平両教授に改めて、謝意を表する次第である。