

ラテライト処理の研究

中 根 千 富

1. ラテライトについて

鉄鋼生産の増加にしたがって、鉄鉱石に対する需要も近年急速に増大してきている。クラーク数によると、地表近くに存在する元素の中で Fe は多い方であるが、工業原料としての鉄鉱石には、おのずから制限がある。すなわち使いやすいこと、埋蔵量が多いことが必要である。使いにくい、または使えない鉱石は、莫大な埋蔵量があっても、まさに宝の持ちぐさである。反対に使いやすいものは年々減少してゆき、埋蔵量に極限のあることは当然である。したがってわれわれは使っていない鉱石を使いやすい鉱石にかえ、利用鉱石の範囲を拡大せねばならない。

イギリスのベッセマーの発明によって、長く人間に対する課題だった鋼の大量生産が可能になったとき、すべての鉄鉱石は、ベッセマー法に向くものと考えられたが有名なミネット鉱石は燐を含んでいるために、トーマスが 1879 年に塩基性ライニングを完成してはじめて、使いやすい鉱石になった。また近年では、アメリカのタコナイト鉱石は、磁力選鉱とペレットの製作によって優秀な鉱石になった。したがって現在未利用の鉱石も、その鉱石に最も適した利用法を開拓することによって使いやすい鉱石にかえることができる。しからばラテライトがいままで大量に使用できなかったのは何が原因だろうか？

従来主として利用されてきた鉱石は、赤鉄鉱と磁鉄鉱であって、この外には褐鉄鉱、砂鉄、硫酸滓などが製鉄原料として使われてきた。このうち赤鉄鉱と磁鉄鉱は、アインエッケの「世界鉄鉱石資源」によると約 600 億トン存在している。現在、全世界の鉄の年間生産高は約 3 億トンで、Fe の含有量が 50% の鉄鉱石とすれば、約 6 億トン必要である。その上、生産高は年々増加してい

るので、当然 100 年以内で使用しつくしてしまうことになる。しかし赤鉄鉱、磁鉄鉱の中でもタコナイトのように新しい鉱床の開発、新利用法などが積極的にとられて、その利用可能な鉱量は増大するだろう。しかしながら未利用の鉄鉱石の一つであるラテライトは、埋蔵量約 200 億 t といわれ、未利用鉱石中最大であり、この鉱石の利用法を確立することは、脱燐法の確立でミネット鉱石を利用可能にしたのと同じような意義があり、これと関連して、さらに広範囲の鉱石が開拓される可能性もある。

ラテライトは紅土鉄鉱といわれるように、外観が赤くラテン語の煉瓦 Later から Laterite とよばれるようになったのである。成因は蛇紋岩系の岩石が風化作用を受けて、水溶性のものは流れ去り、堆積したものがこれであるといわれる。したがって風化作用を受け易い熱帯および亜熱帯に多く存在している。アフリカ大陸を赤道に沿って東西に走る鉱床は有名であるが、キューバとか、アジアではフィリピン、インドネシア、ニューカレドニアなどにも相当存在している。

この鉱石の成分の例を第 1 表に、地球上の有名なラテライト鉱床を第 2 表に挙げておく。

第 1 表から明らかであるように、Fe 含有量は優秀であるが、Cr 1~2%、Ni 0.4~1.3%、 Al_2O_3 7~11%、 SiO_2 1~3% を有し、結合水 7~15% を含んでいる。

通常溶鉱炉では弱塩基性スラグを用いるが、(塩基度として $CaO/SiO_2=1.2\sim 1.3$) この場合 Al_2O_3 は 14~17% ぐらいである。これ以上になると融点の上昇するので、スラグの粘性が高くなり、高炉操作が非常にやりにくくなる。しからばラテライトの Al_2O_3 の含有量は他の CaO、 SiO_2 に比較して特に高いので、スラグの Al_2O_3 を 14~17% ぐらいにするためには、CaO や SiO_2 を加えて稀釈せねばならないし、これは鉱石品

第 1 表 ラテライトの組成

産地	T.Fe	Fe_2O_3	Cr	Ni	P	Al_2O_3	SiO_2	MnO	MgO	結合水	湿気
ミンダナオ (スリガオ)	1. 47.0	66.8	0.8	—	—	10.6	1.0	—	—	6.6	13.5
"	2. 47.8	—	2.9	0.7	0.01	7.9	1.3	—	—	13.1	26.8
セレベス (ラロナ)	1. 47.9	—	—	0.8	—	7.3	2.0	—	—	15.0	—
"	2. 50.3	71.9	1.2	0.4	0.04	8.4	0.8	0.6	0.5	14.3	—
ボルネオ (セボエコエ)	48.6	69.5	1.0	0.7	—	11.1	2.0	0.3	0.2	13.1	—
ニューカレドニア (ゴロ外)	51.6	73.7	1.4	0.7	—	5.4	5.9	0.7	—	11.0	—
ギニア (コナクリー)	1. 51.5	73.5	1.25	0.02	0.06	9.8	2.5	0.1	0.3	12.1	—
"	2. 50.5	—	0.9	0.12	0.08	10.2	1.3	0.2	0.2	—	—
キューバ島 (マヤリー)	1. 46.8	66.9	1.8	0.4	0.03	11.6	1.7	0.8	—	13.2	—
"	2. 45.1	64.5	1.9	1.3	—	9.0	4.2	—	1.5	12.3	—

第2表 地球上の有名なラテライト鉱床 (大部分が含クロームである)

洲と国	場 所	埋蔵量 (確定, 確実性, 推定)	単 位 100 万トン
アメリカ			
アルゼンチン	リオ・ウルゲイ		中位置
ブラジル	ミナウ・ジェラエス	1,900	
キューバ	マヤリー	3,200	(120 億トン推定)
ギアナ	ドウジルバリー, ケウエンス	100	
ドミニカ共和国	サバナ・デ・マリコア		大 量
アジア			
インド	マドラス, ボンベイ, セイロン外	3,000	
インドネシア	ボルネオ, セブク島, スワンギ島	500	
"	セレベス (ラロナ その他)	1,400	
"	中部ジャワ	30	
"	南部スマトラ (ランボン)	13	
フィリピン	ミンダナオ	1,000	
アフリカ			
エジプト	北部エジプト		大 量
仏領象牙海岸とダオメー	名称なし		未 詳
仏領ギネア	コナクリー	3,600	
ガンビア	ガンビア		未 詳
英領ニジェリヤ	パッチェイ山	2,000	
ローデシア	南ローデシア	3,000	
レラ・レオネ	デビル・ホール	1,000	
英領スダン	ワウモンガラ		極めて大量
タンガイカ	ジャセヌヌークムタナ山脈		未 詳
南アフリカ	トランスバル		莫大でない
トーゴ	アタクパメ		未 詳
オーストラリア			
オーストラリア	ビクトリア		中位置
"	西オーストラリア		極めて大量
太平洋上の島	ニューカレドニア		中位置
ヨーロッパ			
ギリシャ	ロクリスとその周辺	100	
南ウラル	チャリロウオ		大 量
オーストリー	クラウバート		少 量
	合 計	20,843	(百万トン)

第3表 JIS にある不純物としての Cr, Ni の制限

名 称 (記号)	摘 要
鋳物用 銑 2種	Cr は 0.03% (または 0.035%) 以下
クロム鋼 SCr	} Ni 0.30% をこえてはならない
クロムモリブデン鋼 SCM	
アルミニウムクロムモリブデン鋼 SACM1	
炭素工具鋼 SK	Ni 0.25%, Cr 0.20% をこえてはならない
特殊工具鋼 SKS	Ni 0.25% をこえてはならない
刃物鋼 SKU	Ni 0.15%, また 1~4 種では Cr 0.20% もこえてはならない
バネ鋼 SUP (1~7 種)	Ni 0.30%, Cr 0.20% をこえてはならない

位が全体として、悪いものを使用しているのと同じ結果になる。これがラテライトの用いられなかった第1点である。

さらに Cr と Ni を含有していることが、使用困難の第2点である。ニクロム鋼とか高クロム鋼は製鋼過程で合金を添加してつくるのである。こころみに JIS を見ると、第3表のように工具鋼、刃物鋼、バネ鋼には不純物として Ni と Cr の含有量に制限がある。これらのことは銑鉄ならびに鋼のうち、相当のものが Ni と Cr の制限があり、ラテライトを使用したときに予想される含 Ni 含 Cr 銑鉄が常に利用できるものでないことを示し

ている。

ラテライトを 100% 使用して高炉で銑鉄を製造する場合、鉱石中の Ni と Cr はいずれも完全に還元されて銑鉄中に入るので、銑鉄中では約倍になって Cr 2~4% Ni 0.8~2.5% になり、鋼を製造するときこの銑鉄を用いることになる。平炉ではスラグを通して脱炭などを行なう酸素を供給するのであるが、Cr は酸化されやすく酸化クロムとしてスラグに入る。酸化クロムが多量にあるスラグは粘性が高くなり、鋼浴に熱を伝え、酸素を供給することが困難になる。平炉による製錬では、銑鉄中の許容クロム含有量は 0.3% 以下といわれて

いる。他方転炉では、平炉と反応形式が異なるのでスラグによる困難は少ないが、Cr を酸化除去するには、同時に多量の鉄も酸化せねばならないし、Cr が若干ある鋼は、圧延性や焼入れの特性が悪化するなど、鋼の機械的性質に悪影響を与える。

Ni についても同じで、Ni の酸化しにくい性質によりそのまま鋼まで Ni は残ってしまう。Ni 合金としては不十分な程度の Ni の入った鋼は諸性質に中途半端な変化を与えて、たとえば溶接性を悪くするなど、その鋼は使用しにくくなってしまふ。

これらを総合すると鉄鉱石としては、 Al_2O_3 が高く、Cr と Ni があることがはなはだ不便で、現在ではラテライトを高炉に 100% 使用することがむずかしい。しかし 50% 以上の鉄分を持つラテライトは何といっても今後の鉄鋼資源として魅力的であり、明日の鉱石であることは明白である。これを利用するには、やはりこの鉱石の性質をうまく利用して、この鉱石を十分に活用する製錬法が必要なのである。

2. 諸外国の研究

アメリカにおいて第 2 次大戦中にラテライトの Ni に注目して、キューバの鉱石から Ni を生産した。これはあくまで Ni 源として利用したのであって、鉄資源としては利用されていない。

全世界で鉄資源が問題となってきたのと同時に、ラテライトの鉄資源としての利用法が大いに研究されたのである。以下これらについてふれてみたい。

(1) ステラテジック・ユディ製錬法

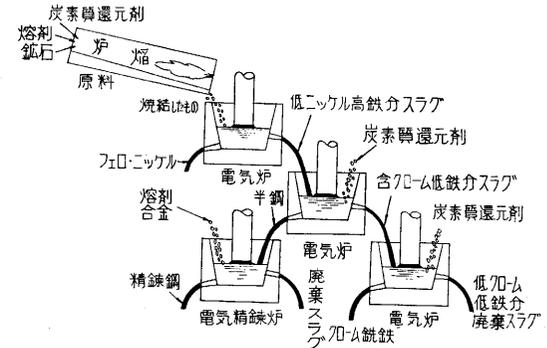
The Strategic-Udy Smelting Process

この方法はラテライトのみでなくて、一般に鉱石中の金属分を還元し回収するために、回転炉、反射炉および電気炉を種々の方法で組み合わせて用いるのである。鉱石を還元剤と溶剤とともに回転炉等に入れて焼結したり半熔融状態にしこれを電気炉に入れるのである。この方法の特徴は電気炉による製錬技術にある。

普通の電気炉のように固体装入物の中に電極を沈めるのではなくて、温度による特別の操作の要求に必ずやうに、電極はスラグ面上約 15 mm (1/2 インチ) より、沈めても最大 80 mm (3 インチ) の間である。予熱された装入物、またはすでに溶融している装入物が直接高温製錬帯に供給されるので、還元はほとんど直ちに行なわれる。もう一つの特徴は、スラグ組成の調整によって選択製錬して、金属の高回収率をうることである。この方法には高品位鉱に適用できるだけでなくて、この方法独自の利点がある。すなわち鉱石中の種々の金属成分にくらべて鉄の比率が特に高いときとか、不純物が最終製品に不要であるときに、添加する還元剤の量を調整して、選択還元ができる。この利点から低品位鉱、等外品の鉱

石から高級製品をうる事が可能となる。また貴重な副産物も得られる。鉱石のサイズも特に指定されていなくて、粉状の精鉱でもよく、焼結もペレットも、その他の塊成方法も必要ない。また還元剤も特級品のコークスである必要はなくて、無煙炭、低揮発性瀝青炭、コークス・ブリーズ、ある種の褐炭も利用できる。

以上の方法をラテライト処理に適用する方法は第 1 図に示す通りである。



第 1 図 ラテライトのステラテジック・ユディ製錬法

第 1 段階は焼結過程で、鉱石とともに適当な溶剤と、Ni を完全に還元し、鉄酸化物を FeO の状態にするのに十分な量の還元剤を入れて、1,000~1,200°C に加熱する。

第 2 段階は電気炉で、フェロニッケルとほとんどニッケルのないスラグを作るのである。つぎにこの高鉄分スラグを第 2 の電気炉に入れて、還元剤を加えて、0.5~1.0% C の半鋼を作る。Cr は以上の過程で常にスラグ中に残っていて、第 3 の電気炉において、還元剤によって高クロム銑をつくる。一方半鋼は高温のうちに第 2 の電気炉から製錬炉に入れて、鋼塊にまで仕上げる。

試験設備は、傾斜した重油加熱の径 20 インチ (500 mm)、長さ 20 フィート (6 m) のロータリー・キルンと 100 KVA の三相電気炉で、この電気炉は特別設計である。耐火物はマグネシア、またはハイアルミナである。

中間工業化試験設備は径 4 フィート (1 m 20 cm) 長さ 80 フィート (24 m) の炉で、重油またはガス加熱であり、電気炉は 1,000 KVA のもの 3 基である。2 基はマグネサイトで、他の 1 基はカーボン・ペーストのスタンプでライニングした。

溶剤は 1. ドロマイト, MgO 39.4%, CaO 58.34% SiO₂ 0.49%, FeO 1.58% 2. マグネサイト, MgO 89.2%, FeO 6.5%, CaO 2.7% 3. マグネサイト MgO 98% 4. 珪石, SiO₂ 98% である。

還元剤は、1. 無煙炭, 固定炭素 84%, 揮発分 5.0% 灰分 11.0%, 硫黄 0.59%, 2. 瀝青炭, 固定炭素 77.3%, 揮発分 15.1%, 灰分 7.6%, 硫黄 0.51%. 3. 炭化処理した褐炭, 固定炭素 57.3%, 揮発分 3.6%, 灰

分 39.0%, 硫黄, 1.53% である。

1 例として, 試験設備によるフェロニッケルの製作のときのスラグを挙げると, T. Fe 47.7%, Ni 0.065%, SiO₂ 9.1%, Al₂O₃ 10.0%, CaO 8.5%, MgO 5.9%, Cr₂O₃ 3.6%, であって, これからクローム鉄と半鋼を生産するのである。

(2) ウェストファーレンの脱 Cr 法

1957 年ころドイツのある製鉄所で, アフリカのコナクリー鉱石を高炉で製錬し, この含クローム鉄を脱 Cr して鋼にする試験を行ない, 成功して工業化に移ったというニュースが伝わってきた。この製鉄所というのはルール地方のヘッシュ・ウェストファーレン・ヒュッテ会社であった。

日本にも特許を求めてきたし, 1958 年 7 月 24 日と 8 月 7 日の Stahl und Eisen にその試験報告は発表された。

800 トン高炉で, コナクリー鉱石を 30% まで配合して, 0.8% の Cr を含む鉄鉄をつくり, これを 45 トン取鍋で脱 Cr して, 平炉または転炉に移し, 製鋼まで行ないこの成果より工業化に移ったのである。

1953 年 9 月より 1954 年 1 月まで, アメリカのピッツバーグ 鉱山局で, 湯溜り直径 2 フィート 2 インチ (66 cm) の試験高炉で, キューバのラテライトを使用して, 高炉操業を行なった。このときの鉱滓組成は Al₂O₃ 20~30%, SiO₂ 17~30%, CaO 40~45%, MgO 6~10% であって, 流動性もよく, 順調だったということである。

前記のコナクリー鉱石を用いたウェストファーレンの 800 トン高炉でも, はほぼ同じようなアルミナート・スラグで操業したということである。

いずれにせよ CaO-SiO₂-Al₂O₃ の三元系で考えると, 一般に高アルミナ・スラグは CaO/SiO₂≒1 の酸性スラグのときに, 融点が 1,400°C 以下の Al₂O₃ 含有量は 12~40% の範囲であるが, 普通の操業では, 高くても 25~30% の範囲である。いまこの三元系で上記のアルミナート・スラグをしらべると, だいたい 1,540°C 前後の融点のものと考えられるので, MgO 6~10% を含有しても, 普通の高炉操業におけるスラグ温度 1,450°C 前後で流動性良好とは考えられない。三元系のみについて考えれば, 高アルミナ高塩基性スラグで融点 1400°C 以下のところがあるが, これは Al₂O₃ 42%, CaO 50%, SiO₂ 8% の付近で, これを利用したのとも違うようである。いずれにせよラテライトに付随する高アルミナ・スラグによる操業を克服している点は, みごとなものであるとおもう。また, 高アルミナ系の高炉操業については別に金森研究室でテーマとして取り上げているので, 詳細はその方にゆずる。

次にウェストファーレンの脱 Cr 法であるが, これは

低温酸化による酸化除去である。その方法も冷却剤として, ミル・スケール, 水などを用いるのであるが, この点については同様の方法を行なってきたわれわれの研究があるので, これについて後でべる。

このウェストファーレンの方法に対する日本の特許は, 八幡・富士・日本鋼管の各製鉄会社と東大生産技術研究所より別々に特許申請に対して異議申立を行なって, 優先権を主張してきたが, 本年 6 月に勝訴して, 今後低温酸化によるラテライトの処理は, わが国はいずれの国にも技術的支配を受けることがなくなったのである。

3. 金森研究室の脱 Cr 法の研究

従来日本においてもラテライトについて種々の研究が行なわれているが, 八幡製鉄所の研究報告にまとめられている同所の研究を紹介する。

アルミナ分の多いフィリッピンのスリガオ鉱石を処理する可能性を見出すため, 1 トン試験高炉で種々の予備試験を行ない, ついで東田第 6 高炉 (400 トン) で 20 日間の操業を行なった。スリガオ鉱石約 27% を配合して 0.8% Cr を含有する鉄鉄を順調に生産できて, さらにこの鉄鉄を平炉で精錬し, 鋼を圧延して, 次の結論を出した。

1. ラテライト 79% に硫酸滓 21% を加えれば良い焼結鉱が得られる。
2. ラテライト 28% 以下の配合ならば順調な高炉操業ができる。
3. 塩基性転炉を用いれば脱 Cr ができる。
4. スラグを随時排出できる平炉であれば, 0.8% Cr を含有する鉄鉄より, 0.1% 以下に Cr を下げた鋼を生産できる。
5. Cr 0.1% 以下の鋼は圧延に際し障害を起こさない。

以上は工業化までには至らなかった。その主たる要因は脱 Cr 過程を有する製鋼技術が確立されなかったのである。したがって, 製鋼に入る前に, すなわち前処理その他の段階で脱 Cr が行なえれば, 十分可能性があるということであった。以上は 1948 年までのものである。

われわれは 1948 年に高炉湯溜り吹精法の研究に入り, この適用によって脱 Cr に関する研究を開始したのは 1952 年, 八幡製鉄所技術研究所 3 トン試験高炉においてである。

1954 年高周波誘導電気炉による脱 Cr の基礎条件確立の試験を行ない, 1955 年に 1 トン試験高炉が完成するにおよんで, 試験高炉による実験を開始した。

この間の経緯は, 生産技術研究所報告, 第 4 巻 第 4 号と第 6 巻 第 7 号にのべてある。すなわち 1 トン試験高炉の普通操業を確立し, 脱 Cr 予備操業を行なって, 1957 年 8 月に高炉湯溜りにおける脱 Cr の本格的研究所

行なった。これまでにわれわれの知りえた高炉湯溜りにおける脱 Cr の条件は、

1. 低温酸化 2. 高 O₂ 濃度による吹精 3. 溶銑中の Si, Mn の初期濃度の低いこと、の 3 点であるが付帯条件として脱 S がかかせないことも明らかとなった。

1. は吹精によって、溶銑の温度上昇がおこるが、高温になると C の燃焼が優先する。脱 Cr を行なったあとの最も理想的な溶銑の状態は、なんの痕跡も残さずに Cr だけ除去されたものであるが、吹精の必然的結果として、脱 Si 脱 Mn を起こすことは明白である。したがって C を極力のこすことが、湯の流れ、その他その後の操作に好都合であるので、低温酸化によって脱炭を押えて脱 Cr することが要求されてくる。

2. は酸化反応を集中的に行なう方が望ましいからである。高周波炉における実験では空気よりも 50% O₂ の酸素富化空気の方が好成绩であった。しかし高濃度の O₂ を用いることは温度の急上昇を意味し、1. の条件とは矛盾するので、これらのことは第 5 次操業の実験全般の中で解決しようと考えた。

3. は Cr の酸化が、Si, Mn, Cr の順で起こることから、早く Cr を酸化除去するには、Si, Mn の少ない方が良く、またこの燃焼による発生熱量を少なくすることができるからである。

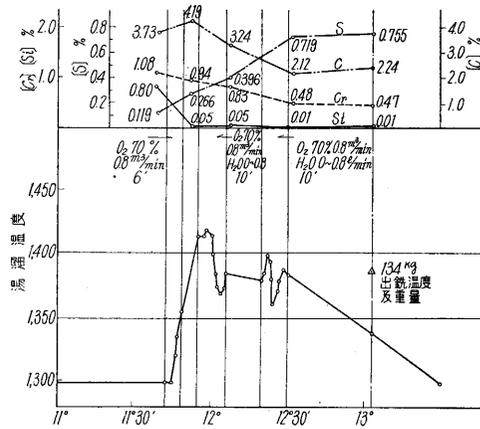
以上にもとづいて、第 5 次操業でわれわれの行なった方法は次の 5 形式である。

- (1) 冷却剤として水を使用した試験
- (2) 鉍石吹込みを利用した試験
- (3) 脱酸剤吹込み試験
- (4) 復硫防止試験
- (5) 総合試験

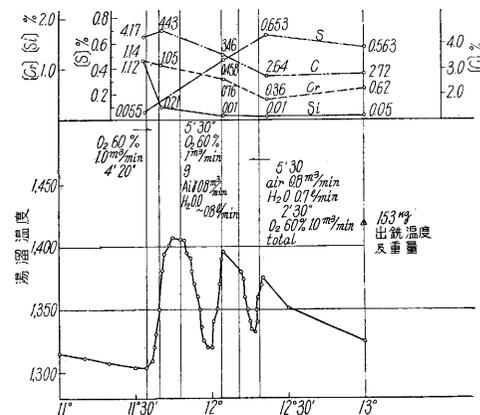
(1) 冷却剤として水を使用した試験

低温酸化ということから、当然吹精による温度上昇を抑えねばならない。1952 年の八幡製鉄所技術研究所における実験では、初めに不活性ガスとして N₂ を用い、次に CO₂ ガスに切り替えた。いずれも相当高価であるので、遂に霧状の水を空気輸送により吹き込んで、安価で有効な冷却方法をつかんだ。1953~1954 年の生産技術研究所における脱 Cr の基礎条件の把握にも、冷却剤として水を使ってきた。しかし高炉の中では溶銑が炉壁に固着することなく、かつ低温であるためには、一定の温度限界がある。それで一応 1,350~1,400°C の範囲に温度を保定するよう心掛けた。

第 2 図はこの例で、Cr は 1.08→0.47%, C は 3.7→2.2% まで低下し、S は 0.7% 台に上昇した。脱 Cr 率約 55% であったが、脱 C と高 S のため、湯流れはいちじるしく悪化した。この場合、吹込み O₂ 量は 60m³/t を目標とし、水は酸素富化空気と同時に吹き込んだ。脱



第 2 図 水を冷却剤として酸素富化空気
で吹き込んだ例



第 3 図 冷却剤として水を空気で吹き込んだ
脱クロム吹精

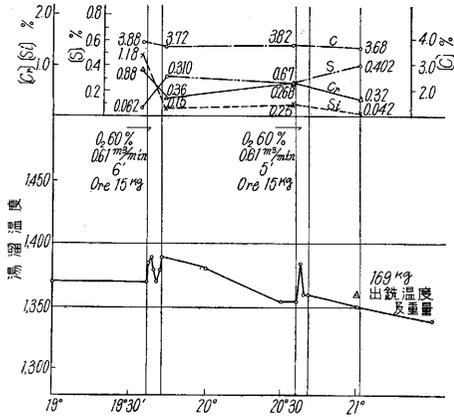
Cr にくらべて脱 C が激しいのが難点であるが、これはこのような水の使用法に原因があるのでないかと考えられるので、次のようにした。

1. 水は空気によって吹き込み、温度低下のみに使用する。
2. 吹精時間を集中するため、1,300~1,400°C の範囲とする。

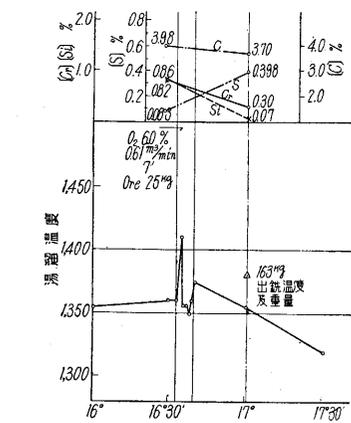
第 3 図はこの例である。前例とくらべて操作終了直後の Cr が低く、脱 C 量は少ない。したがって方針は正しかったが、いかにせん脱 C を避けられない。よってこれを一応打ち切り、次の方式に移った。

(2) 鉍石を使用した試験

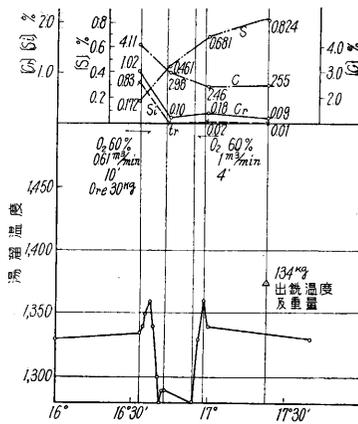
鉍石は俗にいえば固体酸素であり、これが溶解するときは溶解潜熱を奪うので冷却剤にもなる。粉状鉍石を気体輸送で炉内溶銑に吹き込むテストを行なった結果は、かなり顕著な脱 Cr と、酸素富化吹精による温度上昇がいちじるしく抑制される事実が観察された。よって鉍石を使用し 60m³/t の O₂ を吹き込む試験を次のように行なった。



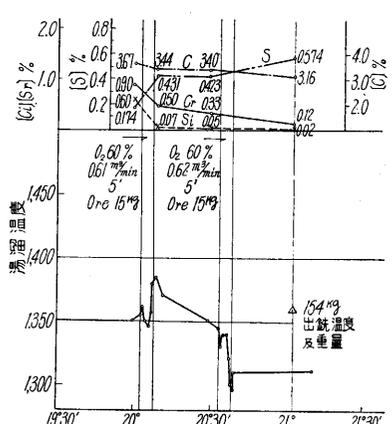
第4図 鉍石吹込みによる脱クロム吹精



第6図 鉍石吹込みによる脱クロム吹精



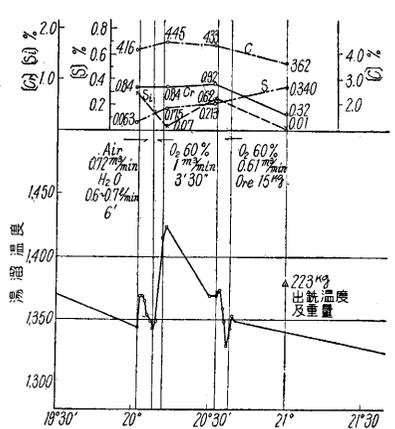
第5図 鉍石吹込みによる脱クロム吹精



第7図 鉍石吹込みによる脱クロム吹精

1. 鉍石 15 kg を出銜前 1.5 時間目と 30 分前に酸素富化空気で吹き込む方法. 第4図参照.
2. 鉍石 30 kg および 25 kg を出銜 30 分前に吹き込む方法. 第5図, 第6図参照.
3. 鉍石 15 kg ずつを出銜1時間前と 30 分前に吹き込む方法. 第7図参照.
4. 3. の方法のうち1回目の鉍石吹込みの代わりに, 酸素富化空気と水を吹き込む方法. 第8図参照

これらの成績を第4~8図までに示した. これによると, 2. の鉍石 30 kg を一時に吹き込む方法は脱Cと復Sがはなはだしく, かつ温度がかなり低下するので望ましくなく, 鉍石 25 kg では脱Crがやや不十分である. また 15 kg ずつを2回吹き込む方法のうち, 3. が脱Cも比較的少なく, しかも脱Crは十分で最も成績がよく, 水と鉍石を併用した方式はO₂量不足(60 m³/tに達しない)ということもあるが, 脱Crは十分でない. したがって, これらの中では鉍石 15 kg ずつを出銜の1時間前と 30 分前に吹き込む方法が最も良いということになる. しかもこの方法は脱Crだけについてみても, 水を使用した場合や 1957 年春に行なった脱Crの予備試験において最も良い成績をあげた場合



第8図 鉍石と水を組み合わせた脱クロム法

— 3回の吹精を行ない, 各吹精の間に鉍石 20 kg および 10 kg を吹き込む方法—と比べても, 最も確実で, かつ十分な成績を示したので, この方法を脱Crの基準操作とした.

(3) 脱酸剤吹込み試験

以上の操作では当然脱Cと復Sが避けられず, しかも

-Mn 吹込量の増加につれて良好となり、第10図の例では、空気によって吹き込んでいるにもかかわらず、Sは脱Cr操作前と全く等しくなっている。ただし脱硫復炭に伴って復Crも迅速に進むことに注意せねばならない。

最終的には脱Cr率約50%に止まってはいるが、復硫防止を実現して、出銑作業になんらの困難も感じない操作を確立できたのであった。

以上が金森研究室において行なった1トン試験高炉湯溜りにおける脱Cr試験の大略である。

4. ラテライト処理の将来について

ラテライトを鉄鋼資源として、その含有鉄分に着目してきたが、最も理想的な処理方法は貴重な元素であるNiとCrも利用することである。この点からすれば前にのべたステラテジック・ユディー法は最もこれに近いものであるが、現在の製鉄方法と比較したとき、はなはだ複雑である点が大量処理に向いていない。たとえば1,000トン高炉では1日の鉍石処理量は約1,800トン、すなわち毎分1トン強の量である。これだけを処理するステラテジック・ユディー法の設備は龐大なものとなるだろう。われわれが現在保有している製鉄製鋼設備を十分に活用できる方法が、この点で最も望ましいのであって、前節までの脱Cr中心方式は、いずれもこの方向を目指していた。高炉、平炉または転炉を利用する現在の方式に、ごくわずかの設備と処理過程を加えるのみで、ラテライトが利用できなければならない。将来の鉄鋼生産方式が、そのエネルギー源の変化などで現在とかわれば、ラテライト処理方式もおのずから新しい方式が期待できる。たとえば原子力発電や水力発電の発達によって電気エネルギーが、現在よりはるかに安価になれば、貴重な地下資源である石炭を多量に使用する高炉方式よりも電気製鉄、電気製鋼が有利であることは明らかである。したがってここで論ずるラテライト処理方法は現在の製鉄製鋼方式で利用するには、どのような方法が可能であり、また望ましいかという範囲で、時代を近い将来に極限する。

この方向では、ラテライト処理は 1) 原料処理、2) 高炉による製鉄、3) 前処理、4) 平炉または転炉による製鋼の4段階にわけて考えられる。

1) 原料処理段階

この段階でラテライトの脱Crと脱Niができれば、最も理想的である。すなわち、アルミナの高い鉍石にかわるので、シリカの高い、かつアルミナのほとんどない鉍石と組み合わせれば、そのまま理想的な鉍石となる。しかるに現在までにこの点での画期的な成果は上がっていない。

Crは原子番号24、原子量52、鉄は原子番号26、原子量56、Niは原子番号28、原子量59であり、その上Crは第6属であるが、FeとNiはともに第8属である。したがって選鉍過程において、これらを分別する

ことは非常に困難である。ラテライトに含まれるCrが、大体クロマイト $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ の形をしており、マグネタイト $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ よりも幾分粒子が小さいことから、クロマイトの濃度の高いものとしからざるものに分ける方法があるが、ラテライトが粉状で産出したとしても、これをさらに、一様に細かくせねばならないことは難点である。しかしこのような物理的方法でCr濃度を低くするとともに、クロマイトを得れば、耐火材原料にもCr資源としても利用できる利点がある。

リーチングによる脱Ni、塩化焙焼による脱Cr等、未完成、未開発の種々の方法があると思う。

2) 高炉による製鉄段階

ラテライトが高アルミナ鉍石であるから、当然酸性操作を行なうのが有利である。すでに前段でNiとCrの濃度が低くなっていけば、たとえ全部が銑鉄中に還元されて入ったとしても、この後の処理は楽である。

金森研究室で行なった脱Cr法ももちろん利用できるが、主としてその復硫が問題になると思う。したがってこの段階では脱Sを強化し、次の段階で脱クロムを行なうか、または一部脱Crを行なって、かつ復硫を阻止できれば、十分ではないが次善の策であろう。

低温酸化による脱Crは高炉内で完成するよりも、前処理の段階で行なった方が得策である。

3) 前処理の段階

この段階で脱Crを完了して、製品を次の段階で製錬するのが良いとおもう。1954年に行なった高周波誘導電気炉における脱Crの基礎条件確立の実験で、溶銑の初期成分の適当なコントロールと、温度の成分に対応する制御を行なうことによって、容易に脱Crが行なわれることを確認している。ウエストファーレンが行なった方法もまたこれである。さらに出銑後に前処理を行なう装置をつくることは至極簡単である。前段までに脱除されなかったCrはほとんど完全にのぞくことができる。

4) 製鋼の段階

この段階では前段によって脱Crされたものを製品にするだけであるのが一番望ましい。また前段と併せて電気炉で行なうこともできると思う。しかし高炉を経たときは相当量の銑鉄が生産されるのであるから、新たに電気炉の設備を建設するのは事実上できにくいと思う。

以上の諸段階において、それぞれ協力して脱Cr脱Niを行なうように系統的な研究を行なえば、ラテライト処理はさほどの困難もなく実現できるのではないだろうか？遅くとも数年を出ないで系統的な処理方式が完成されるものと期待する。われわれは国内資源に乏しいのであるから、ラテライトのみでなく、各種の未利用、未開発の資源を諸外国に先んじて研究せねばならない。このためには国内で統一された研究体制ができて、集中的に研究が行なわれることを希望する。(1960. 8. 8)