

工業炉の歴史

	人類の火の発見…火の利用から炉の歴史は始まった。
~BC 3000	るつぼ炉…青銅の鋳物を製造 (中国)
4000	
~BC 300	<p>鑄鉄を製造 (中国)</p> <p>◎工業炉の主流は製鉄炉と考えられる。ルッペ炉→高炉</p> <p>◎ドイツのライン河の流域のジーゲルランドが、高炉の発祥地?ベルギー→フランス→イギリス→スエーデンと広がった。</p> <p>◎日本の製鉄; タタラ砂鉄製鉄…~1600~1800…中国地方山陰で盛んであった。古い製鉄法は半溶鉄の製造であった。高炉法により、鉄は湯になった。…水車の利用により強力なふいごにより大量に送風し、木炭の燃焼は加速され、炉内に高い温度を発生。鉄鉱石から還元された鉄は、高温のため活発に木炭中の炭素を吸収し、鉄の熔融点はますます下がり、鉄は熔融状態となる。この鉄が銑鉄 (鑄鉄)。</p> <p>◎アブラハム・ダービー父子のークス高炉法と、ヘンリー・コートのパドル法とにより、石炭による鉄の大量生産法が確立。</p> <p>◎高炉…鉄鉱石を燃料とともに炉の上部から装入し、下から送風加熱して、ガスを上昇させる高炉法は、熱交換および化学反応による対向流の原理を巧妙に利用している。装入鉄鉱石の密度をゆるめる役をする燃料が、その役目を終ったとたん、今度は燃料としての本来の機能を果たしながら消滅して行く。…(天才的発明)</p>
~1800	1769年に特許が与えられたジェームス・ワットの蒸気機関が水車に代わり、製鉄の輝やかな動力となり、製鉄の大躍進が始まり、イギリスは世界をしりえに独走するにいたった。
1856	ヘンリー・ベッセマーが革命的な溶鋼法、ベッセマー転炉法を発明。…鋼を熔融状態で大量生産する方式を発明。
1857	(安政4年)…南部藩の釜石に高さ10mの高炉建設。(大島高任)
1870	(明治3年)…反射炉が佐賀藩、薩摩藩、伊豆斐山の江川邸、水戸藩、広島浅野藩、尾張藩等に設置。青銅または鑄鋼製の大型砲を鑄造。
1880	官営釜石製鉄所がイギリス式25t高炉2基で操業開始。
1889	(明治22年)…大阪陸軍造兵廠がるつぼ製鋼を開始。
1890	横須賀海軍工廠が酸性平炉の操業を開始。
1905	(明治38年)…八幡製鉄所と田中製鉄所が高炉による製鉄を開始。米子製鋼所がるつぼ製鋼を開始。
1911	(明治44年)…南満洲に鞍山製鉄所建設。高炉4基の他平炉、燃焼炉設置。
1917	(大正6年)…藤田鉄業広田製鋼所(後の三菱製鋼)小形のエルー式アーク炉で高速度鋼生産。
1937	(昭和12年)…洞岡の第3高炉火入れ。(わが国初の1000t高炉)
1940	(昭和15年)…日本製鉄東田の第1高炉(300t)でフェロマンガンを吹製。
1959	(昭和34年)…神戸製鋼灘浜1号高炉完成。八幡戸畑製鉄所完成。各製鉄所転炉増設。
1961	住友金属和歌山1号高炉完成。
1965	(昭和40~45年)…昭和40年に229億円だった工業炉生産額は45年には919億円と大きい成長をとげた。
1970	
1980	(昭和55年)…中外炉工業が冷延鋼板連続焼鈍ライン(CAL)の実用化に成功。ソ連、スエーデン、NKK福山でCAL3基を同時に建設開始。
1990	(平成2年)…ウオーキングビーム型鋼片加熱炉の累計受注100基突破。(中外炉) ブラウン管熱処理炉の累計受注500基達成。(中外炉)
1995	(平成7年)…薄スラブ(鋼片)連続圧延設備が、従来のウオーキングビーム型鋼片加熱炉に対抗して開発された。本炉は、転炉から連続的に鑄造される薄スラブが下流にて連続的に保熱圧延される設備である。従来は転炉で精錬されたインゴットが一度冷やされ、均熱炉を経て加熱炉にてReheatingされて、圧延設備にまわされていた。本設

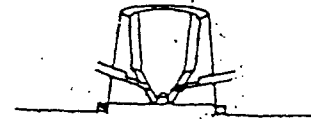
備では一度も冷やされることなく、連続鋳造しながら圧延されるため、非常な省エネルギーとなる。

参考文献

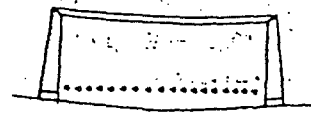
- ◎鋼の時代……中沢護人著…岩波新書
- ◎炉と冶金技術の歴史……東京大学生産技術研究所 中沢護人…工業加熱
- ◎日本の工業炉100年……林 達夫、粉生宗幸他…工業加熱
- ◎工業炉戦後史……長谷川慶太郎…工業加熱
- ◎日本の鉄鋼技術史……下川義雄

タタラ炉

「たたら製鉄」はきわめて独創的な諸特徴を備えているが、そうした独創的な特徴の一つが長方形の炉であるということにあると私は考えている。一例をあげれば、長さが2.7m、幅が85cm、高さが1.2mという長方形の炉で、長い側の両側面にある30近い羽口からいっせいに炉内に送風されるのである(第1圖)。こうした炉で毎1枚よりやや大きく厚さが30cmほどある鉄塊が3日3晩の連続作業でつくりあげられるのである。



① タテ

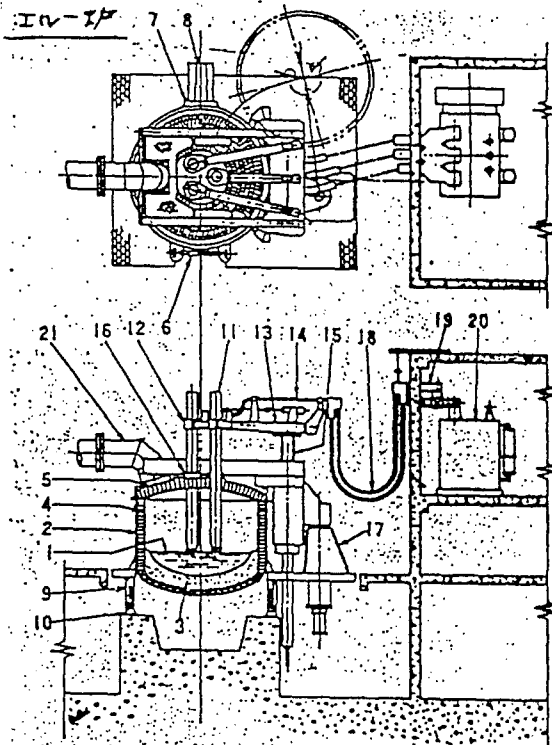


② ヨコ



③ 平面

第1圖 タタラ炉



- 1 溶鋼 2 炉底 3 炉床 4 炉壁 5 炉ふた 6 出滓口
- 7 出鋼口 8 とい 9 炉脚 10 炉台 11 人造黒鉛電極
- 12 電極クランプ 13 電極支腕 14 支腕母線 15 電極支柱
- 16 電極エコノマイザ 17 炉ふた上昇旋回機構 18 可とう電線
- 19 変圧器二次側母線 20 炉用変圧器 21 集じん用エルボ

図2-48 製鋼用アーク炉の炉体構造 (エレベータ)

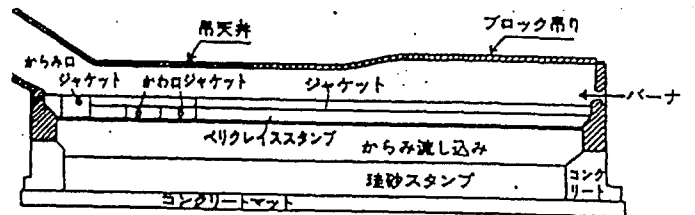


図2-268 反射炉横断面

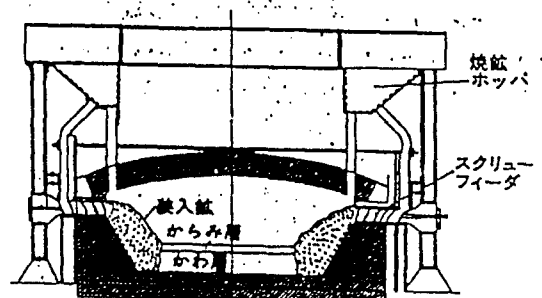


図2-270 反射炉横断面

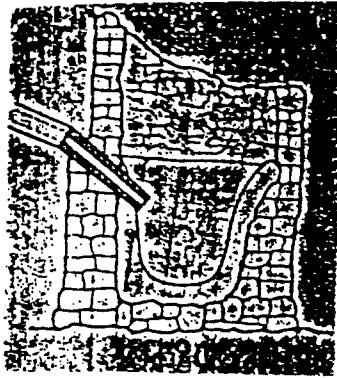
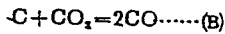
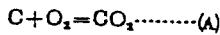


図2:スペイン、フランス西部のカタラン鉄冶(1677)

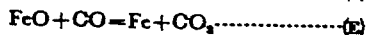
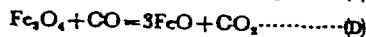
高炉

高炉に装入する鉄源としては、50~60%の鉄分を含む鉄鉱石、粉鉄を製団したペレット、粉鉄を高炉に最も適するように焼結し塊成化したいわゆる焼結鉄があるが、これらを適宜組合わせ、これに不純物を除くための溶剤、主として石灰石(珪石・ほたる石を加えることもある)を加え、熱源であり還元剤であり、かつ通気性を保つペースとしての役割を持つコークスと層状をなして、高炉内に充てんされる。高炉の羽口(はぐち、熱風吹込口で高炉の比較的下部円周上にほぼ等間隔に多数配置される)から高温の熱風を吹込み、炉内コークスを燃焼させる。すなわち羽口前で次の反応が起こる。

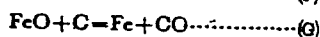
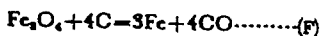


羽口から一定の区間で(A)という酸化発熱反応(ソリューション反応といわれる)が起こり、これとラップしながら後続する区間で(B)という還元吸熱反応を生じ、羽口前温度は2,100~2,400℃に達する。

鉄鉱石(Fe₂O₃)はCOで還元(間接還元)されるか、コークス(C)で還元(直接還元)されて熔融し、高炉炉底部に鉄鉄としてプールされる。酸化鉄の間接還元反応は次のとおりである。

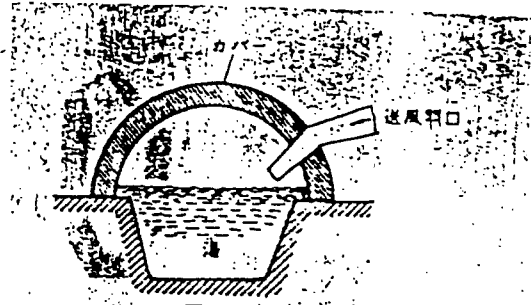


このように次第に低級酸化鉄となり金属鉄になるが、一部の低級酸化鉄は1,000℃以上の高温帯に降下し、コークスやデボジット・カーボンで以下のような直接還元反応を起こす。(高温帯で(E)の反応も進行する)



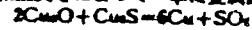
還元されて発生するCO₂はコークスと接触して(B)で表わされるいわゆるソリューションロス反応を起こし固体炭素を消費する。(吸熱反応で燃料消費量が増大する)

高温部では活性炭に脱硫(FeS + CaO + C → CaS + Fe + CO)が行なわれ、SiO₂・MnO・P₂O₅などはCと反応して直接還元も起こる。



第4図 日本のもくき法

- (1) 東湯期。銅と鉄と炭質からなる鉄(かわ)を溶かし羽口から送風して、FeとSを除去する。FeはFeOとなり、カパーのSiO₂をとって鉄(からみ)すなわち滓となり、SはSO₂となって逃げ去る。Cu₂Sは残留する(上述はこの期間のもの)
- (2) かすり期。羽口の送風によって銅を銅酸させながらCu₂SをCu₂Oに酸化する。SはSO₂となって逃げ去る。Cu₂Oは銅壁に附着する
- (3) はげ期(還元期)。木炭を添加し、送風によって炉内を高温にし、固着物を溶かし、溶けたCu₂SとCu₂Oの急激な相互反応によって一舉に金属銅ができる。



フェロプロイ

フェロプロイとは、マンガノプロイ、シリコンプロイなど9金属の一種あるいは数種を主成分とした鉄と合金である。現行の製鉄技術上における脱酸剤、脱硫剤、又は添加剤として欠くことのできない副原料である。製造法は特殊の品種を除いてほとんど電気炉法によって製造されている。理由は、良質のコークスを必ずしも必要としないこと、熱発生に伴う排灰、灰塵の排出がないこと、などである。

図2-1に高炉炉内の状況を示す模式図を示す。高炉の上部から層別に交互に装入されたコークス層と鉄石層(焼結鉄・ペレット・鉄石の混合物)

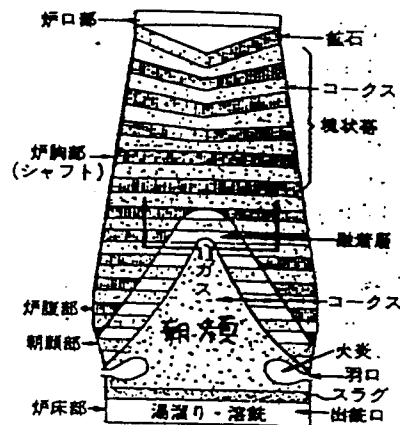


図2-1 炉内の状況

1.1.2.2 平炉

1856年にシーメンス兄弟によって発明され、1864年にビュール・マルチンとの共同で実用化に成功した平炉は、わが国にも一時は200基ほどあって製鋼法の主流をなしていた。しかしLD転炉の出現以来急速に衰退し、今日では数基を残すだけで、遠からずわが国からは完全に姿を消すものと考えられている。

しかし、世界的に見ればソ連、米国を中心に多くの平炉が稼働しており、衰退の方向にあるとはいえ、いましばらくは平炉が鋼生産量のかなりの部分を占める状態が続くものと予想されている。炉容については、わが国では200t炉が最大であったが、ソ連では900tという巨大な炉も現存している。

1. 製鋼法の概念

主原料は鉄鉄（主として溶鉄）と鉄くずである。操業は、大別して装入、溶解、精錬及び脱酸・出鋼の4ステップからなる。炉内にまず鉄くずが散布され、その上に生石灰、石灰石、鉄鉱石及び鉄くずが装入され、一定時間加熱後、溶鉄もしくは冷鉄が装入される。以後加熱によって順次溶解期にはいり、装入物が溶解すると共に鋼浴中のSi, P, Mnは酸化してスラグを形成し炉外に排出される。さらに石灰石の分解が終わると“溶け落ち”となり、精錬期に移行する。精錬期では主として脱炭、脱硫、昇熱作業が行なわれる。鋼浴中の不純物が規定範囲まで除かれ、鋼浴温度が所定の値になると精錬は終わり、脱酸剤及び適当な合金鉄が添加されて出鋼となる。

1. LD 転炉

歴史的には、1856年にヘンリー・ベッセマーによって発明された酸性底吹転炉及び1879年にシドニー・トーマスによって発明された塩基性底吹転炉につながるLD転炉は、1952年にオーストリアのリンツ製鉄所とドナヴィッツ製鉄所で開発された。本転炉は純酸素を鋼浴上面から吹込んで精錬を行なう製鋼炉で、両製鉄所の頭文字をとってLD転炉と呼ばれる。又、この他に純酸素上吹転炉、BOF又はBOPなどと呼ばれることもある。

わが国には1957年に導入され、当時の製鋼炉の主体をなしていた平炉に比較して、製品の品質が優るとも劣らない、設備費・運転費が安い、生産性が高いなどの特徴を有したため、その後急速に普及し、現在では全粗鋼生産量のおよそ80%がLD転炉で生産されている。さらに今日のわが国のLD転炉は、表2-4に見られるように設置基数、生産量共に世界のトップにあり、その技術においても諸外国を完全にリードしている。

(1) 製鋼法の概念

主原料である溶鉄、冷鉄及び鉄くずを炉内に装入し、副原料として生石灰、石灰石、ほたる石及び酸化鉄などを加え、溶湯上面から純酸素を吹付けて精錬が行なわれる。

溶鉄は熱源としてLD転炉に欠くことのできないものであり、通常主原料の70~85%の配合率である。副原料のうち石灰石と生石灰は、脱磷・脱硫のための塩基性スラグを作る主成分であり、ほたる石はこれらの溶解促進剤となる。又、石灰石は酸化鉄と共に冷却剤としても用いられる。

2. 設 備

平炉の概略構造を図2-33に示す。加熱用バーナを備えた溶解室の左右には、燃焼用空気と排ガスが交互に出入りする昇降道があり、その下部には排ガス中のダストやスラグを沈積させる鋼滓室がある。蓄熱室は格子状に耐火レンガが積まれた室で、その間を排ガスが通過するときにレンガに熱を与え、逆に空気が通過するときにレンガから熱を奪って予熱されるようになっている。蓄熱室への排ガスと空気の流れは変更弁によって通常10~15分

間隔で逆転される。蓄熱室を通った排ガスは煙道を通り、変更弁、炉内圧力制御用ダンパを経て集じん装置で除じんされた後、煙突から大気中に放出される。

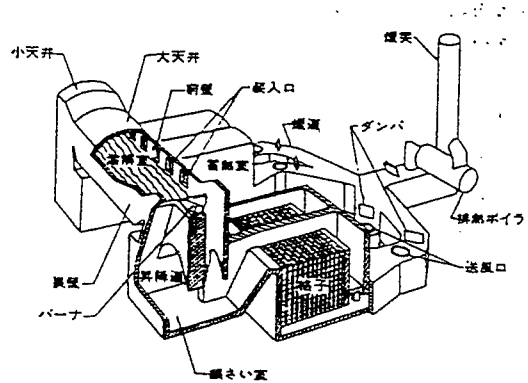


図2-33 平炉の構造

LD 転炉製鋼法を特徴づけるものは、ランスノズルから噴出される超音速酸素ジェットと鋼浴との間の激しいかくはんを伴う急速な反応である。この炉内反応は、

- 高速で吹付けられる酸素ジェットが鋼浴と衝突し、Si, C, Mn, Fe, Pなどを急激に酸化して高温の火点を形成すること。
- 2,000~3,000℃といわれる火点の高温によって造滓剤が溶解し、SiO₂, FeOなどと反応してスラグができること。
- 酸素ジェットの運動エネルギーによってスラグがかくはんや飛散などの運動を起こし、スラグとの反応が進むこと。
- 酸化反応によって鋼浴温度上昇と鉄くずの溶解が進むこと。

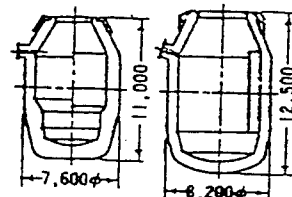
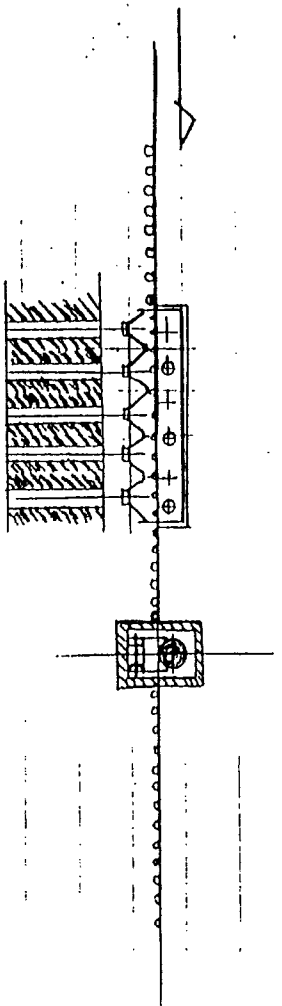
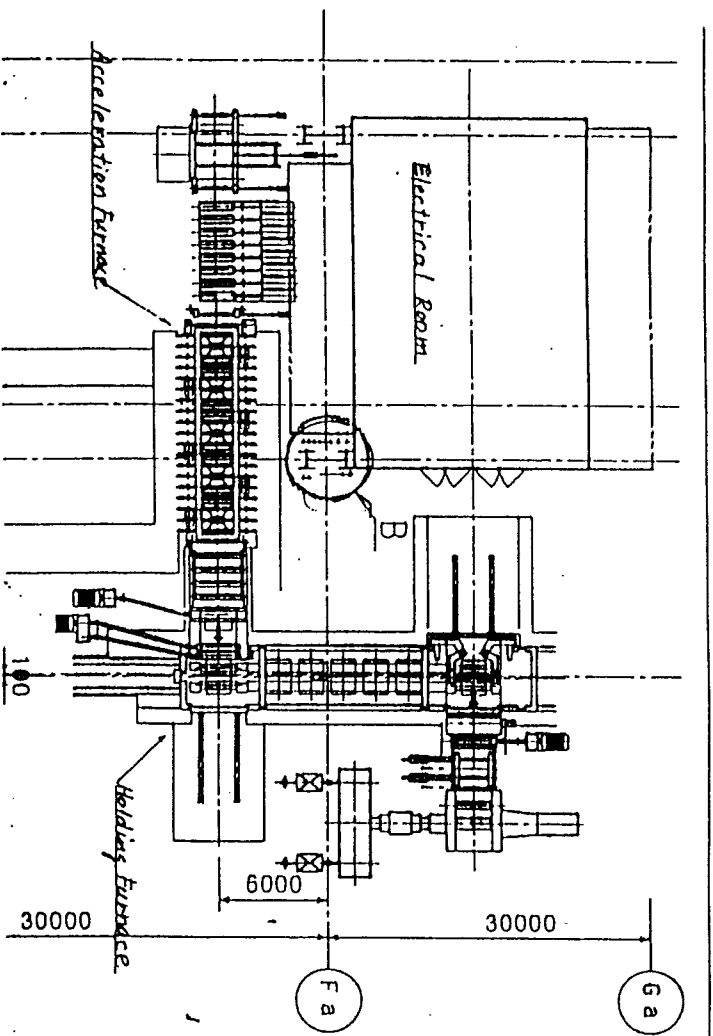


図2-28 転炉炉体の形状 (単位: mm)



薄スラブ連続加熱炉