

氏名	福 武 剛 ふく たけ つよし
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1395 号
学位授与の日付	昭 和 56 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	高 炉 内 に お け る ガ ス と 液 体 の 流 れ の 基 礎 的 研 究

論文調査委員 (主査) 教授 近藤良夫 教授 盛 利貞 教授 高松武一郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は高炉内の溶融帯上部、下部および炉床部におけるガスと液体の流れを定量的に取扱う基礎を確立することを目的として実施した一連の研究結果をまとめたもので、5章から成っている。

第1章は総論で、本研究を開始した動機と目的ならびに解明すべき重点項目について述べている。

第2章では溶融帯より上部を鉍石とコークスからなる均質充てん層とみなし、この部分のガスの流れと圧力分布を数式によって表現するために、狭いガス吹込口をもつ二次元充てん層内の圧力分布を測定し、またこれとあわせて圧力損失に関する Ergun の式を二次元充てん層に拡張して、実験と同じ境界条件を与えて数値解を求め、この解と実測値とを比較した。その結果、層内の大部分の領域では両者がよく一致することを示した。一方、ガス入口の近傍ではガス流速の変化が大きいため慣性項の影響によって両者の間には差異が認められた。これらの検討からガス流速の変化が大きい高炉上部の充てん層では著者の導いた Ergun の拡張式によってガスの圧力損失と流速分布を推定することが可能であることを示している。

第3章では溶融帯より下部のコークス層内を上方から液体が、また下方からガスが向流で流れる滴下帯における液体とガスの流れを解明するため、これが化学工学で一般に取扱われる気液向流層とは液体の密度、粘度、表面張力などの点で異なることを示した後、滴下帯の流れに相似した室温の気液向流層を用いて実験的検討を行っている。これらの実験結果の解析から

- (1) ガス流の存在しない領域からフラッキングを生ずる領域までの広いガス流速の範囲における液体のホールドアップとガスの圧力損失の推定式を導いた。
- (2) フラッキング速度に関する Mersmann 線図をぬれない系にも適用できるように修正し、上記の実測値からフラッキング限界線を示した。
- (3) 気液向流層ではフラッキングを生ずるよりも低いガス流速で流動化がはじまる場合のあることを指摘し、これを実験的に確認した。また実験値を整理して両者のおこる条件を識別する線図を示し、高炉

滴下帯ではコークスの流動化が優先的に生ずることを推定した。

さらに以上の結果を用いて高炉滴下帯とその上部の塊状帯におけるガス流の分配を検討して滴下帯のガスの圧力勾配は流動化開始によって低下することを示した。また高炉実操業のデータから滴下帯の流動化が、その異常現象である装入物の急激な降下（スリップ）の一因となることをも示している。

第4章では高炉の炉床部に下降し蓄積した溶滓が出銑口から排出される時の炉床内の流れをコークス充てん層内を流れる液体の非定常流れとみなして室温における模型実験を行い、

(1) 出銑時における残留溶滓量は出滓速度および溶滓の粘度の上昇ならびに出銑回数の低下によって増加することを示し、残留溶滓量を低く保つためには出滓速度を低下させること以外に、粘度上昇を防ぐための適切な炉熱制御が必要であることを指摘している。

(2) 模型実験の結果と出銑時の炉床における溶滓の物質収支式から、出滓量と出滓条件を示す変量との間の関係式を導き、これが実際とよく一致すること、ならびにこの関係式によって推定される残留溶滓量と高炉の棚吊り頻度とが対応していることから、この関係式が高炉操業の重要な指針であることを示した。

(3) さらに炉床部コークス充てん層の通液抵抗はコークス強度によって著しい影響をうけることを示し、通液抵抗を正常値に保つコークス強度の規格下限値はドラム強度で91.5%であることを見出している。

第5章は結言で、本論文を要約し、なお今後に残された課題にも言及している。

## 論文審査の結果の要旨

鉄鋼業において現在ひろく採用されている製銑用高炉はガスと固体および液体の向流反応装置とみなすことができる。炉内でおこる現象は化学反応、異相間の熱と物質の移動およびガスと固体および液体の流れから成り、高炉の安定操業の基礎としてこれらの現象に関する定量的知識が必要である。本論文はこれらのなかで、高炉内の溶融帯上部、下部および炉床部におけるガスと液体の流れを解明するために実施した一連の研究結果をまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 溶融帯上部の鉍石とコークスからなる充てん層内のガスの流れと圧力分布を解明するため、二次元充てん層に関する実測値と Ergun の拡張式の数値解とを比較し、流速が大きく変化するガス入口の近傍では慣性項の影響によって両者に差異が生ずるが、その変化の少ない高炉上部の充てん層では著者の導いた Ergun の拡張式によってガスの流速と圧力の分布を推定し得ることを示した。

(2) 溶融帯下部の滴下帯におけるガスと液体の流れに相似させた室温の気液向流層における実験結果から、フラッキング領域にいたるまでの広いガス流速範囲内の液体ホールドアップおよびガスの圧力損失の推定式を導いた。また Mersmann 線図をぬれない系に適用できるように修正してフラッキング限界線を示した。

(3) 気液向流層ではフラッキング以下のガス流速で流動化がおこる場合のあることを実験的に確認し、両者のおこる条件を識別する線図から高炉の滴下帯では流動化が優先的におこり、またこれがスリップと呼ばれる装入物の急速な降下現象の一因となることを明らかにした。

(4) 炉床部に蓄積された溶滓が出銑口から排出される際の流れを、コークス充てん層内の非定常流れとみなして模型実験を行い、出銑時の残留溶滓量が出滓速度、出銑回数、溶滓の粘度などによって影響さ

れることを示し、残留溶滓量を低く保つためには出銑条件のほかに適切な炉熱の制御があることを指摘している。

(5) 模型実験と炉床部の溶滓の物質収支から、出滓量と出滓条件を示す変量との間の関係式を導き、これが実際とよく一致することを示した。またこの関係式によって推定される残留溶滓量と高炉の棚吊り頻度とが対応していることから、これが高炉操業の重要な指針となることを指摘している。

以上要するに、本論文は高炉の操業を大きく支配する炉内のガスと液体の流れについて種々のモデル実験とこれらに対する理論的考察を行うことによって、これらを定量的に取扱う基礎を与えたものであって、工業上はもとより学術上にも寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。