

UDC 669.16(047.2) : 669.162.262.4 : 669.162.275.3

共同研究会活動報告

製鉄部会活動報告

鈴木 駿 一*

Report of the Ironmaking Committee of the Joint Research Society of ISIJ

Gyōichi Suzuki

1. 緒 言

昭和 30 年 5 月末、鉄鋼技術共同研究会製鉄部会の名称で第 1 回目の会議が開催されて以来、早くも 20 年の歳月を経、開催回数も 47 回を数えている。第 1 回会議は参加会社 7 社、10 事業所、出席者数約 40 名、提出資料 10 編であつたが、現在では参加会社 9 社、22 事業所、出席者数約 120 名、提出資料 30~40 編と非常な発展をなした。部会での技術討論、情報の交換は、わが国製鉄技術が世界のトップの座につく上で大いに役立つと考えられる。

当部会は、昭和 45 年に下部機構としてコークス分科会を設立し、部会、1 分科会により構成されている。部会は高炉メーカーによるメンバー構成であるが、コークス分科会は「高炉用コークスの製造を行なっている会社」との前提で、コークス専業及びガス会社をも含んでいるのが特徴である。

以下に、部会を中心にその運営方法、製鉄部門の技術動向と部会での討論、問題点などを述べ部会活動報告に代える。

2. 製鉄部会の運営について

製鉄部会、コークス分科会はともに年 2 回の開催である。会議の運営方法は、部会では焼結、ペレットなど原料、コークス、高炉その他製鉄に関連する種々問題を特別講演、共通議題、自由議題、製鉄設備の新設、改修報告に分類し、資料提出、討論を行なう方法を採用している。討議の方法は共通の命題に対し資料の交換はもちろんのこと、討議に重点を置くことを基本とし、具体的には次の方法を採用している。

会議資料は事前配布制とし、特に共通議題については資料についての質問は事前に被質問会社に提出、会議当日はその質問に対する回答を提出資料の説明と併せ行なう様にし、討論の時間を多く取り、個々の技術に対する評価、位置付け、又その背景となる技術的、経済的思考について十分な討議が行なえる様に配慮している。又、

従来は共通議題の 2 テーマとしていたが、第 39 回部会以後 1 テーマに絞り討論の密度を高める様に、変更した。この様な方法は既に述べた様に、出席者数、提出資料数ともに膨大になつた当部会の様な会議運営には、十分な討論を行なう上でかなり有効であると考えている。

共通議題は、各社のニーズ、製鉄部門の技術動向を中心に、参加各社が可能な限り共通した条件で、共通の命題となり得るものに重点を置き選定する様にしている。しかし、1 テーマ、年 2 回の開催であるため、共通議題として採り上げることができないテーマも生じ得るので、これらは特別講演、自由議題の討論で可能な範囲で消化している。

製鉄設備の新設、改修報告はその稼動後 1 年以内に設備概要報告を行なう事を参加各社に義務づけており、これを通じて新しい試み、新技術、設備の普及など相互のレベル向上に資している。

なお、特別講演には産学交流の一環として、日本学術振興会、製鉄第 54 委員会より年 1 回、製鉄基礎理論およびその動向他学振での活動報告をいただき、理論と実際の結び付けに役立つている。当部会からは、製鉄第 54 委員会に、製鉄部会報告書を提出、その動向の紹介を行なっている。

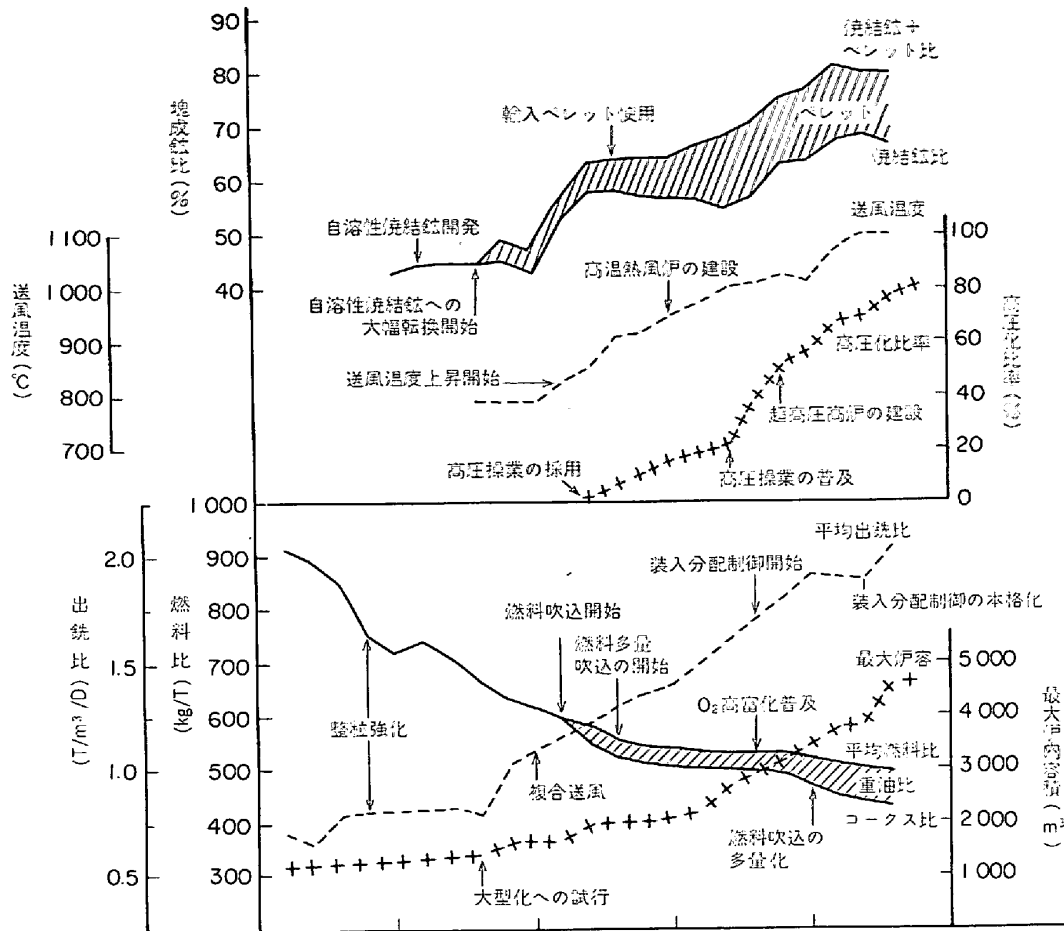
3. 製鉄部門の技術動向と部会での討論

3.1 概要

戦後、日本の製鉄部門の進歩は原料事前処理の強化、特に自溶性焼結鉄の多量配合と装入物性状改善による高炉安定操業への寄与、高炉大型化の推進、それに伴う複合送風、高温送風、高圧操業などの総合的採用による燃料比、コークス比の低減、出鉄比の向上に象徴される。この発展過程、技術動向と部会での討論テーマとの関連を述べると次の様である。

装入物については鉄石の製粒強化に始まり、昭和 32~33 年にかけての住金小倉における自溶性焼結鉄 100% 配合の試験操業で、高炉操業成績向上の報告が行なわれた。これを契機に部会でも共通議題のテーマとして自溶

* 日本鉄鋼協会共同研究会製鉄部会部会長 日本鋼管(株)取締役技術研究所副所長



		1950 (S25)	1955 (S30)	1960 (S35)	1965 (S40)	1970 (S45)	1975 (S50)
討議テーマの分類		第1回製鉄部会開催					
装入物に関する技術	自溶性焼結鉱			○	○	○	○
	ペレット			○	○	○	○
	コークス			○	○	○	○
	整粒, 全般			○	○	○	○
装入方法に関する技術				○	○	△	△
送風に関する技術	高温送風			○	○	○	○
	酸素富化			○	○	○	○
	燃料吹込, 燃料比			○	○	○	○
	高压操業			△	△	△	△
炉内現象(反応)に関する技術	炉門基礎					△	△
	装入物熱間性状					○	○
	ガス流分布			△	△	△	△
	高炉モデル, 計算制御			△	△	△	△
出鉄, 出滓に関する技術				○	△	○	○
設技術	高炉炉体				○	○	○
	熱風炉				○	○	○
	稼働率, 保全				○	○	○
其の他					○	○	○

(注)
 ○ 製鉄部会で共通議題として討議
 △ 製鉄部会で特別講演で発表, 討議

図1 製鉄技術の動向と部会討議テーマ

性焼結鉱が採り上げられ、その有用性が認められるや焼結配合比が急速に増加し、その後も最適塩基度、性状改善などについて討議がなされ着実にその成果を挙げていった。しかし、高炉炉内よりの装入物試料の採取、調査が行なわれるにつれて装入物熱間性状の問題が提起され、ペレットでは Swelling, 焼結鉱では還元粉化が検討の対象となった。特に後者は使用量も多いことから、しばしば部会での討論の対象となつていく。

コークスについては、米国低揮発分原料炭をベースとする優良コークスが戦後のわが国の高炉操業を支え、大型高炉を發展させた基本条件の一つであつたが、昭和45年以来原料炭事情が逼迫しその対策が急がれる様になり部会の重要テーマになりつつある。丁度この年、コークス分科会が部会の下部組織として発足、製造面を中心とした共研活動を開始し成果を収めている。しかし、原料炭の海外依存度の高いわが国としては、原料炭確保は重要な基本的問題であり、購買、資源開発、コークス製造技術、高炉操業技術などあらゆる面からのアプローチが必要であり、当部会の重要なテーマである。

高炉操業については、複合送風、高温送風、高圧操業などの技術は昭和30年代後半にほとんど出揃い、昭和40年代にこれらが総合的に採用され燃料比、コークス比の低下、出鉄比の向上に目覚しい成果を挙げた。又、高炉の大型化に伴う炉口径の拡大による炉内装入物分布への影響も心配されたが、ムーバブル・アーマーが採用され、きめ細かい分布調整が行なわれ効果を挙げつつある。この様な發展過程と問題解決に対する姿勢は部会討論テーマの変遷からも十分伺える。

以上は、わが国製鉄技術の發展動向と部会での討論テーマとの関連を概括的に述べたものであり、その主題は前進的テーマである。しかし、昨今の経済状況に対応した守りの姿勢も前進には不可欠の要素であり、この様なテーマ、討論は共同研究会以外では果たし難い問題である。その例は昭和40年と50年の「減産期における高炉操業」の討論に見られ、特に後者での内容は前進的テーマで討議された成果が十分に生かされたものである。

以上製鉄技術の動向と部会での討論テーマを時系列的に纏めると図1の様になる。又、表1に最近5年間の共通議題テーマを列記した。

次に、当部会での討論に関連した内容の一部を紹介しその活動を知る一助にされたい。

3.2 装入物性状について

塊成鉱の輸送、高炉装入物の粉率ならびに炉内降下時の機械的作用による粉の発生と共に、還元による粉の発生は高炉上部の通気性に悪影響を及ぼす。整粒強化、常温強度の管理が進むにつれて、還元過程の強度の重要性が認識される様になつた。特に焼結鉱の還元粉化は昭和40年頃からその重要性が認識され、現在ではほとんどの工場で日常管理項目として採り上げられる様になつた。

表1 (1) 最近の製鉄部会共通議題テーマ

	共通議題テーマ
第36回 (S 45)	(1) コークス性状と高炉操業について
第37回 (S 45)	(2) 高炉の炉体冷却法について
第38回 (S 46)	(1) 焼結の生産性向上対策について
	(2) 炉前作業の合理化について
第39回 (S 46)	(1) 焼結鉱性状と高炉炉況との関係について
	(2) コークス比低減のための重油の多量吹込について
第40回 (S 47)	高温送風のための設備および操業上の問題とその対策について
第41回 (S 47)	炉内ガス分布におよぼす高炉諸要因の影響について
第42回 (S 48)	燃料比低下対策とその問題点について
第43回 (S 48)	高炉設備における熱損失の低減について
第44回 (S 49)	高炉鑄床の諸問題について
第45回 (S 49)	製鉄原料製造上の問題について
第46回 (S 50)	高炉操業上の燃料問題について
第47回 (S 50)	減産期における高炉操業方法について
	高炉の稼働率向上に対しての設備保全上の諸問題について

表1 (2) 製鉄部会コークス分科会共通議題テーマ

	共通議題テーマ
第1回 (S 45)	(1) コークス工場における品質管理の現状と二、三の問題
第2回 (S 46)	(2) コークス工場における粉塵対策
	(1) 高炉用コークスの性状について
	(2) コークス炉における自動化、機械化
	(3) コークス炉粉塵発生量の測定方法について
第3回 (S 46)	(1) 原料炭コスト低減対策
	(2) コークス工場の粉塵、排水対策について
第4回 (S 47)	(1) 機械化、自動化の実績と問題点及び今後の方向について
第5回 (S 47)	(2) コークス粒度管理について
第6回 (S 48)	(1) コークスの水分管理
	(2) 石炭の粒度管理
第7回 (S 48)	(1) 石炭ヤードの管理について
	(2) コークスの特殊性状について
第8回 (S 49)	(1) 炉蓋のメンテナンスについて
	(2) 各社最近の操業状況について
第9回 (S 49)	(1) 高炉操業とコークス性状について
	(2) 炉体のメンテナンスについて
第10回 (S 50)	(1) 最近の原料炭状況におけるコークスの性状について
第11回 (S 50)	(2) 環境改善設備の稼働状況と問題点
	コークス炉の燃焼管理について
	コークス輸送設備、輸送過程における諸問題ならびに粒度を中心としたコークス性状と高炉操業について

この問題に対する部会での討論は、基礎的な面よりむしろ現場操業での要因解析、具体的対策の実施、その効果の検討などに主体があり実践的效果を挙げている。

還元粉化機構については hematite → magnetite 還元時の体積変化による歪であると推定されている。又、スラグ量、塩基度、成分、コークス量、焼結操業条件などにより影響を受ける事も判明しつつあり、それぞれに応じた対策が構じられている。主要なものは焼結鉱成分中の2次再酸化、多成分系 hematite の抑制および hēmi-

calcium-ferrite, 各スラグの生成促進が必要であると考えられ、コーク・プリーズ増配合による融液量の増加(高温高FeO焼結)、塩基度を上昇し組織を安定にするなどである。しかし、焼結鉄塩基度の上昇は、高炉での焼結比、スラグの塩基度との関係から制約を受ける事があり、そのためコーク配合増による対策が優先されるケースが多い。しかし、高 FeO で耐還元粉化性を高めると被還元性が低下するので装入物として要求される性状から、この双方を両立される技術開発が今後の課題である。これに対する一つの試みとして、第 40 回(昭和 47 年)新日鉄より報告された、コークスを気体燃料で最大限置換し、スラグ成分の融体化が可能な温度範囲にできるだけ長く保持することにより、被還元性、耐還元粉化性共改良させた方法は一つの解決の糸口を見出すものと考えられる。しかし、この様に重視されている特性に対し、従来各社まちまちの方法で還元粉化を測定していたので、比較検討に定量的判断に欠く面があった。この欠点を改めるため、昭和 48 年よりアンケート方式を中心に、試験方法の統一を行なう作業を行ない、昭和 49 年 6 月、第 44 回部会で、焼結鉄低温還元粉化試験法の製鉄部会法を制定した。

その他、高炉下部における装入物の軟化、融着、溶融滴下といった反応挙動が高炉炉内解体調査の推進により解明されつつあり、ペレット、焼結鉄での挙動の相異、それに対応する高炉操業への影響の解明など高温熱間性状を中心とした装入物の評価、検討が今後の課題である。これはコークスについても同様である。

3.3 高炉炉内ガス分布について

高炉内部におけるガス分布は燃料比、出鉄比に大きく影響を与えることから、最近、部会における主な討論の対象となつている。例えば第 40 回部会(昭和 47 年)では「炉内ガス分布に及ぼす高炉諸要因の影響について」と題し、主として実炉の操業解析結果に基づく討論を行なつたがその内容は概略次のとおりである。

表 2 焼結鉄低温還元粉化試験法(製鉄部会法)

項 目	条 件
試料粒度 還元温度 還元時間	15 mm~20 mm 500 g 550°C 30 min
還元ガス組成	CO 30% N ₂ 70% ガス流量 15N l/min
回 転 試 験	30 rpm × 30 min 130 mm φ × 200 mm L 羽根 20 mm H × 2 枚
粉化率表示	-3 mm の wt% (JIS 篩 2.83 mm) ロータップ使用(機械篩も可)

高炉炉況の維持、通気性の確保の面ではガス流が中央部に集まつたいわゆる中心流が有利で、ガス利用率の向上、燃料比の低減の面では高炉内円周方向に均一にガスが分布するいわゆる周辺流が有利である。炉内の装入物分布を調節するムーバブル・アーマーの使用は装入物分布改善に効果があり、ガス分布の調整、均一化により燃料比の低減、更には出鉄比の向上に有効である。ペレット配合率の増加は周辺流になる。Ore/Coke の増加、コーク・ベースの増加はガス分布を均一化し、燃料比の低下、ガス利用率の向上が認められる。酸素富化、減風操業は周辺流をもたらす。装入物の装入順序の変更はガス分布にかなりの影響を与えるなどである。

その他、他の共通議題、例えば第 41 回「燃料比低下対策とその問題点について」、第 42 回「高炉設備における熱損失の低減について」などにおいて、燃料比低下のためのガス分布の問題、高炉炉体放散による熱損失とガス分布との関係、コークス強度及び減風操業のガス分布への影響とその対策などが検討された。これらの討論においては、必ずしも統一的な結論は出されていないが、炉内ガス分布の問題は高炉操業の中心的な問題となつている。これは装入物、高炉設備、操業条件などがある限界まで高度化された現状においては、今後更に安定した操業及び燃料比の低減を達成するには、ガス分布の最適制御を行なうことが大きな問題となつているためと考えられる。

以上をふまえて、これまでの炉内ガス分布制御技術に関する経緯と今後の問題点を纏めると次の様になる。

炉内ガス分布は、主に炉口部における装入物の分布状態により左右される。従来の装入物分布の制御は、コーク・ベース、ストックライン、装入物の装入順序などを適宜組み合わせ行なつてきた。しかし高炉の大型化による炉口径の増大に伴い、炉口半径方向の装入物分布の不均一性は著るしくなり、これを改善し適切なる装入物分布を得るため、ムーバブル・アーマーが開発された。最近建設あるいは改修された大型高炉はほとんどがムーバブル・アーマーを設置しており、更に中、小型高炉にも設置されるなど、炉内ガス分布制御に必要な設備となつている。ムーバブル・アーマーの使用による炉口ガス温度分布及びガス利用率に及ぼす影響の例を図に示す。

この様にムーバブル・アーマーの使用は半径方向のガス温度及びガス組成分布、ガス利用率、通気性、炉壁への熱負荷などに大きく影響する。しかし、ムーバブル・アーマーの使用により炉内ガス分布の制御がすべて可能になる訳ではなく、従来の方法との併用によつて、より一層操業目的に沿つた分布制御が可能となる。

このような炉内ガス分布制御の進歩は、炉口あるいはシャフト部における半径方向のガス温度、ガス組成分布を把握するゾンデや赤外線 ITV など計測機器の開発に負うところが多く、これらから得られる情報によつてはじ

めて可能となった。

これまでムーバブル・アーマーの使用により炉内ガス分布の改善をはかり、燃料比の低減等効果を挙げている

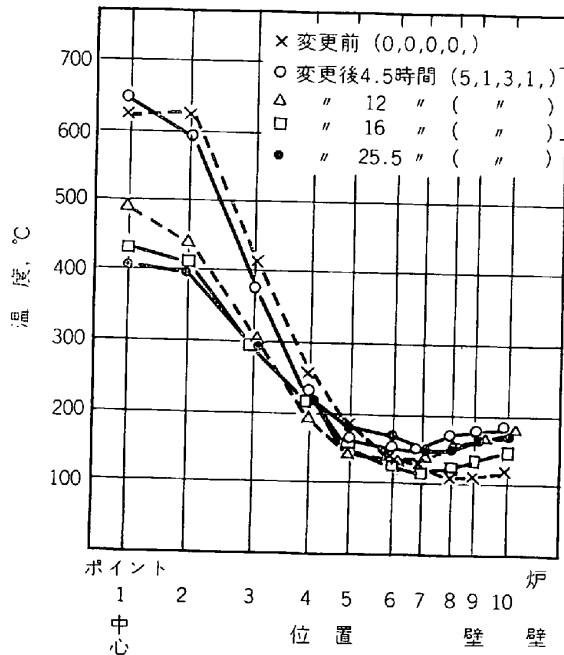


図2 ムーバブル・アーマーによる分布制御開始後の分布パターン変化 (新日鉄)

例は多数報告されている。しかし、炉口、シャフト部における半径方向のガス温度分布の最適パターンは各工場必ずしも一致せず、又、ムーバブル・アーマーの最適使用方法についても必ずしも確立してはいない。これらは今後とも検討を要する問題である。

その他、これまでの装入装置とはまったく異なった、Paul Wurth ベルレス式装入装置が導入され、新日鉄室

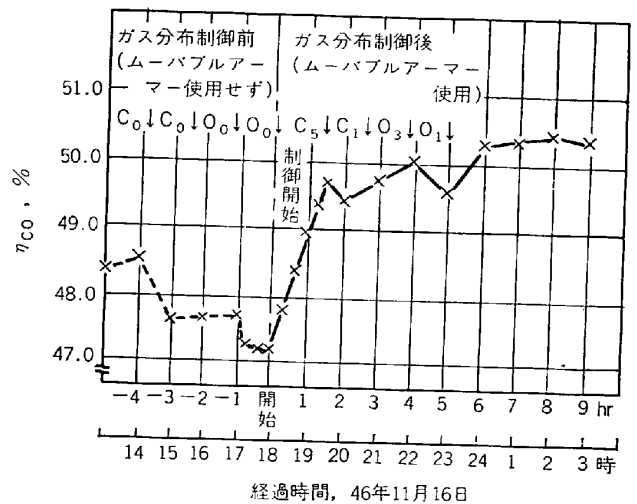


図3 ムーバブル・アーマーによる分布制御開始前後のガス利用率変化 (新日鉄)

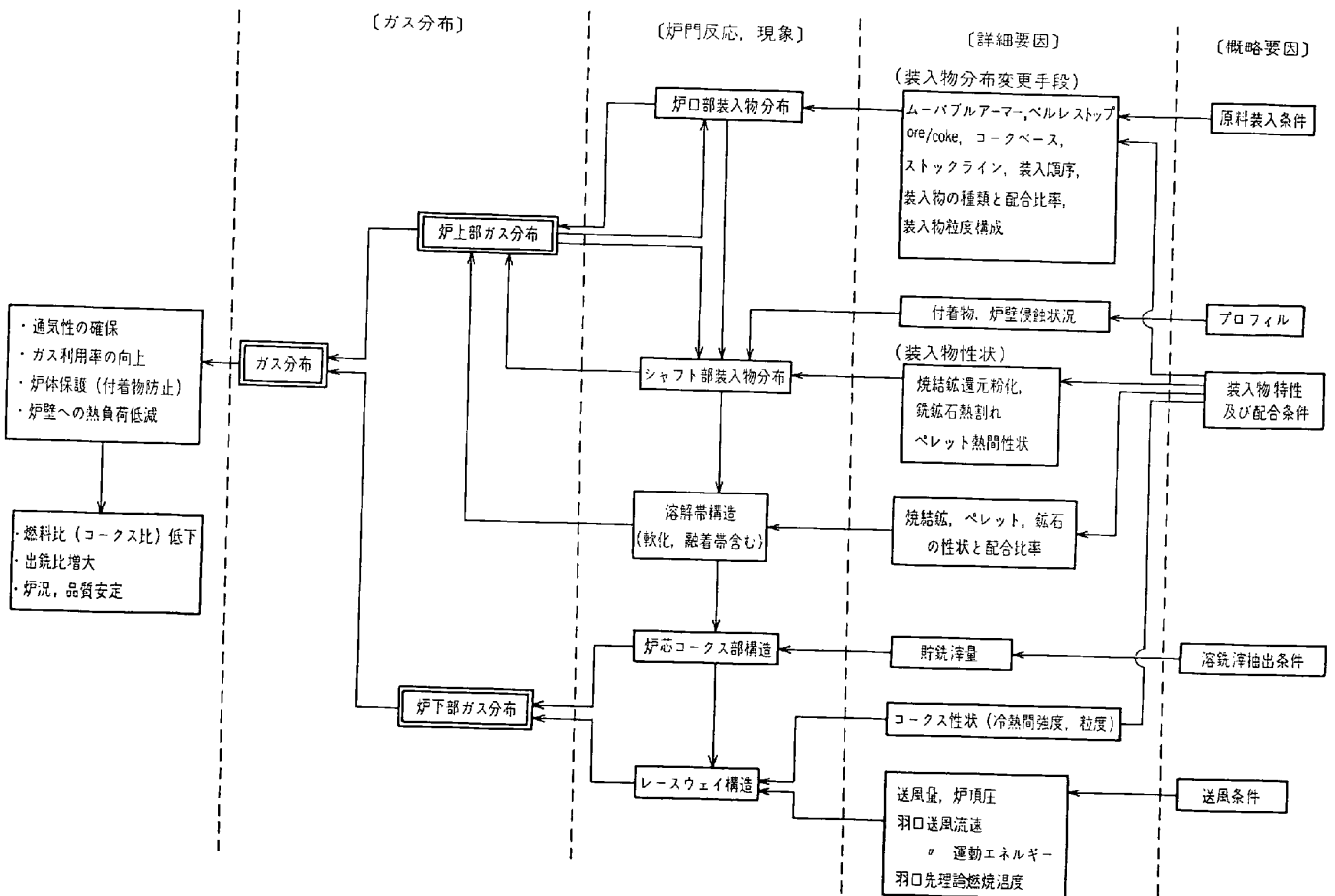


図4 高炉々内ガス分布に影響する各種要因の関連性

蘭 1 高炉 (昭和 48 年) および広畑 3 高炉 (昭和 49 年) にそれぞれ設置された。この装置はムーバブル・アーマ―よりも高い装入物分布制御の自由度を持っており、これの適切な使用方法の開発が期待される。

近年、高炉の炉内解体調査及び模型実験などにより、炉内状況についての知見が得られる様になり、装入物の反応挙動、高炉下部における溶融帯構造、炉内のガスの流れなどの解明が行なわれつつある。しかし、炉口での装入物分布がこれらにどの様に影響するのか、又、送風条件などにより変化する羽口レース・ウェイの挙動がどの様に影響し、炉口あるいはシャフト上部のガス温度分布やガス組成分布にどの様に影響するのかなどは今後とも検討されねばならない問題である。

以上炉内ガス分布について述べたが、炉内ガス分布に及ぼす各種要因の関連を部会での討論をベースに纏めると図 4 の様に整理される。

4. 結 言

製鉄部会は昭和 52 年春、第 50 回部会を開催する予定である。部会活動も、年を追うごとに活発になり、得られた成果も数多い。しかし既に述べた様に原料炭事情をはじめ、製鉄分野を取りまく環境は厳しさを加え問題は多い。これら問題解決に、当部会の活動が有益に作用すれば幸であり、その努力を惜しまないつもりである。関係各位の叱咤激励と協力をお願いしたい。