

氏 名	菅 原 晟 介 すが はら せい すけ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 145 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 3 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	一貫製鉄所における生産の計画と管理に関する研究
論文調査委員	(主 査) 教 授 三 根 久 教 授 奥 島 啓 武 教 授 榎 木 義 一

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、一貫製鉄所における典型的な製鉄工程として製鋼工場および分塊工場間の鋼塊流れをとりあげ、その生産と管理に関して工程を解析し、さらにそのモデルの合成および最適制御法について論じ、より複雑な生産管理、さらに経営管理の電子計算機による最適制御に関して研究した結果をまとめたもので、5章および付録からなっている。

第1章は緒論であって、まず、本論でいう一貫製鉄所の定義を下し、さらに一貫製鉄所の経営管理の実体を述べ、その将来を展望している。すなわち、一貫製鉄所は装置工業的性格をもち、大規模な生産単位をもつので、その生産計画および管理の最適化は、システムが膨大なものであるため、はなはだ困難なものとなっており、解決を迫られている点が数多く存在することを明らかにし、ついで、その解決法として、理想的なシステムに対して解析する方法を求めめるため数例の管理システムに関する研究結果を与えている。

つぎに一貫製鉄所の生産の計画と管理について述べ、生産計画の立案、製造ロット編成、生産工程計画およびその管理について分析しとくに製鋼工程と分塊工程間での工程計画の重要性を論じている。そこで、このもっとも困難な工程の1つである製鋼工場と分塊工場間の材料流れに生ずる問題点を提起し、本研究の目的と研究方法を明らかにしている。

第2章は製鋼工場と分塊工場間の鋼塊流れについて理論的な解析を行なったものである。大規模な製鉄所内には同種の工程が複数個存在し、したがって、一貫製鉄所内の材料流れには輻輳現象を生じ、とくに分塊工場の均熱炉前に生ずる材料流れの停滞は均熱炉の効率を大きく低下させることになる。そこで、まず、製鋼工場および分塊工場の設備、作業の概要を述べ、鋼塊の流れを説明するとともにとくに各工程における鋼塊の製造などの加工所要時間を統計解析し、製鋼炉における製鉄時間の分布、鋼塊の分塊工場への到着時間分布を求め、さらに分塊工場の均熱炉における鋼塊の加熱時間、すなわち、トラック・タイムの関数の近似式を用い、均熱炉および圧延機工程に発生する鋼塊流れの待ち合せ現象解明のための基礎を

与えている。

つぎに、以上の結果をもとにして、分塊工場における鋼塊の待ち合せ現象を、オペレーションズ・リサーチにおける待ち合せ理論の立場から解析し、均熱炉における加熱時間が装入待ち時間の関数であるような場合、均熱炉における装入待ち現象の解析は従来知られていないため、この問題に対して定式化を行い、求めたモデルについて理論的取扱を加え、得られた結果を用いて、分塊圧延待ち現象の均熱炉の加熱能力に及ぼす影響を調べ、分塊工場の安定操業可能条件を導出している。さらに、ここで判明した結果により、一貫製鉄所のもつ本来の性格上、高能率の合理化された体系においては、材料流れの制御が必要であることを指摘している。

第3章では、前章の結果にもとづいて、製鋼工場と分塊工場間の鋼塊流れの制御方法を論じている。すなわち、分塊工場の安定操業可能条件を満足させるように鋼塊の流れを操作するとともに、通常の操業水準における均熱炉における製造原価を、できるだけ低下させるような制御方法を、実際の操業条件を加味して求めている。まず、鋼塊流れのもっとも簡単な場合として、冷塊を均熱炉に装入しない場合を考え、装入順位決定法として、先着鋼塊順に装入する均熱炉を決定する方法、先着鋼塊順に優先装入する方法、後着順に優先装入する方法を提案している。

これらの制御方法について、装入待ち現象の各種特性値を比較評価するために、モンテ・カルロ法によるシステム・シミュレーションを用いて定量解析を行っている。このため待ち行列のモデルを、鋼塊の流れに従って、ブロック・ダイアグラムに表わしてそのままの形で電子計算機のプログラムを組むことができるような計算機言語を用いて、汎用計数型電子計算機でシミュレーションを実行している。これには、G.P.S.S. II を改良、拡張して、FOMOS 言語を作成し、新たに開発した汎用計数型シミュレーターを用いており、その概要を説明している。

ついで、以上のシミュレーションによる各種の制御方法の比較検討の結果、すべての鋼塊を分塊工場で処理することを前提として、平均装入待ち時間、したがって平均加熱時間を最小にする方法を理論的に求めている。すなわち、鋼塊を均熱炉に装入する時点における、その鋼塊の装入待ち時間を考慮し、装入の順位を決定するような制御方法として、ある定まった鋼塊の平均到着率に対して、均熱炉群の効率を最大にするような最適装入順位を決定する方法を導出している。

さらに、以上の方法を製鋼工場を含めた総合的なものとし眺め、より積極的に鋼塊の均熱炉群への到着時刻自体を制御し、均熱炉の生産効率をより向上させるように努めるべきであることを指摘し、製鋼、分塊両工場間の鋼塊流れのルートを制御する方法を提案している。そこでまず、製鋼工場から分塊工場に到着する鋼塊の到着時間間隔の確率分布を調べ、ルート制御を行った場合の分布の分散が小さくなることを示している。ついで、モンテ・カルロ法によるシステム・シミュレーションを用いて、ルート制御を行った場合の鋼塊流れの装入待ち現象を定量解析した結果、制御しない場合に比して、この制御方法の効果が極めて大きいことを指摘している。

第4章においては、前章で求めた理論的な制御方法の応用について論じている。まず、前章の理論解析で仮定したいくつかの項目について、実際の操業面に適用する際に問題となる点を検討している。そこで、さらに、製鋼工場と分塊工場における工程計画と管理について考察を加えている。ここでは、鋼塊の

最適装入順位を決定するのに、均熱炉での加熱作業の完了時刻、および当該分塊工場にまだ到着していない鋼塊の到着時刻を考慮せねばならないので、これらの情報に伴う予測誤差を分析している。ついで、実際の操業および設備による制約を論じ、ルート制御方法の適用限界を調べている。

さらに、製鋼工場と分塊工場間の鋼塊流れに対する最適化を一貫製鉄所の全体システムとして眺め、両工場間の鋼塊流れの制御の実用方法を与えるために、各工程との関連を調べ、これらの諸制約、とくに時間に関する予測誤差を評価し、先に求めた鋼塊のルートおよび装入均熱炉の計画を修正する必要性を指摘し、とくに出鋼計画の立案、工程管理において一貫製鉄所全体を対象として集中的に情報処理を行なうことの重要性を強調している。ついで、制御の精度を向上させるために、オン・ライン実時間フィード・バック・システムとすることを提案し、電子計算機による制御システムを設計し、その内容と構成を述べている。最後に、このシステムの評価を行なうために、オフ・ライン計算機による一部実験結果についても述べている。

最後の5章は以上の研究結果を総括した結論であって、一貫製鉄所における生産の計画と管理の重要性にもとづいて設計された制御システムが技術的に実現可能であることを述べている。

付録では、企業におけるシステム・シミュレーションの重要性を述べ、第3章の定量解析に用いたモンテ・カルロ・シミュレーターの内容を明らかにしている。

論文審査の結果の要旨

鉄鋼業においては、生産管理を中心とした科学的な経営管理システムの確立が重要視されている。

本論文は、このような具体的な科学的設計が極めて難かしい一貫製鉄所の生産管理システムの機構とその挙動を解析し、そのシステムの目的とする最大利益を獲得する方法を求め、それによりシステムを最適制御できることを示したものである。

著者は、まず、一貫製鉄所の生産管理の分野で、もっとも解析が困難である製鋼工場と分塊工場間の鋼塊の流れの制御を一例としてとり上げ、製鋼、分塊両工場の設備、作業および鋼塊流れについて分析し、各工程における作業所要時間を統計解析している。つぎに分塊工場の均熱炉における鋼塊の加熱時間が、その鋼塊の装入待ち時間の関数であることに注目して、両工場間の鋼塊の流れ、とくに均熱炉における装入待ち現象の理論的解析に成功している。ここで判明したことは、一貫製鉄所の通常操業レベルでは、なんら鋼塊流れに制御を行わなかった場合には、均熱炉への鋼塊の装入待ち行列が無限に長くなることである。さらに、分塊圧延機の前における待ち合せ現象の均熱炉の加熱能力におよぼす影響を調べ、均熱炉数が大であれば、実用上ブロッキング効果が無視されることを示している。

つぎに製鋼工場と分塊工場間における鋼塊流れの制御方法として、冷塊を均熱炉に装入しない場合について、3つの装入順位決定法を提案し、モンテ・カルロ法によるシミュレーションを用いて定量解析を行ない、後着優先順位が最適なことを明らかにしている。同様にして、すべての鋼塊を処理した場合、平均加熱時間を最小にする方法も与えている。

さらに、以上の方法を製鋼工場も含めた総合システムに拡張し、製鋼、分塊両工場間の鋼塊流れのルート制御法を提案し、シミュレーションによる定量的解析の結果、制御しない場合に比して、臨界状態の操

業レベルでは、装入待ち時間は無限大となるが、均熱炉の作業能率が大幅に増大し、それより低い操業レベルでは、平均装入待ち時間が、ほぼ零にできることを明らかにし、この制御方法が極めて有効であることを指摘している。

また、以上の理論解析を実際の操業に適用するために、製鋼工場と分塊工場における工程計画と管理について考慮すべき点を論じ、とくに出鋼計画の立案および工程の管理に関しては、一貫製鉄所全体を対象として集中的に情報処理を行なうべきであることを明らかにし、両工場間の鋼塊流れの制御の実用方法を与えている。さらに制御の精度を向上させるために、オン・ライン実時間フィード・バック・システムとすることを提案し、電子計算機による制御システムを設計し、オフ・ライン計算機によって実際の操業について実験を重ね、このシステムが、従来の人手による制御よりさらに良好な結果を与えること、および十分実用可能なことを立証している。

さらに、著者は、本研究に直接必要であるだけでなく、広範囲な応用分野をもつモンテ・カルロ・シミュレーターについて検討を加え、従来の G.P.S.S. II に改良を加えた FOMOS 言語を提案し、システム・シミュレーションに極めて有効な汎用計数型シミュレーターを開発している。

これを要するに、本論文は一貫製鉄所における典型的な製鋼工程として製鋼工場および分塊工場間の鋼塊流れをとり上げ、その生産と管理に関して工程を詳細に解析し、生産管理システムの機構、挙動を明確に把握することによって、より複雑な生産管理、ひいては経営管理の最適制御が最終的に電子計算機の自動化にゆだねることが技術的に可能なことを実証したものであって、学術上、工業上寄与することが少ない。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。