

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.17 (1985) No.2

製鉄所エネルギー戦略の展開

Energy Strategy at Kawasaki Steel

森川 晶夫(Akio Morikawa) 藤川 徳次郎(Tokujiro Fujikawa) 吉村 博安(Hiroyasu Yoshimura)

要旨：

石油危機以後，エネルギー多消費産業である製鉄所は省エネルギーと石油代替を強力に推進し，大きな効果をあげてきた。しかし，いまだエネルギー費は製鉄コストの約 20%弱を占め，エネルギー戦略は製鉄所の競争力維持のために依然として重要な位置を占めている。省エネルギー，石油削減，エネルギー使用効率の向上などの守りにとどまらず，製鉄所の石炭エネルギー転換機能を活かし，燃料ガス，化学原料その他を製鉄所周辺の地域社会に供給し，社会経済に寄与するとともに製鉄コストの低減を図るという攻めにまで進んでいる当社のエネルギー戦略の概要を紹介する。

Synopsis：

Since the oil crisis, steelworks has powerfully pushed its own energy saving and oil substitution, and has made marked achievement. However, energy cost yet occupies nearly 20% of the total manufacturing cost in steelworks, and so energy strategy is important in maintaining the competitive power of steel works. This paper outlines the energy strategy of Kawasaki Steel consisting of not only energy saving, but also making the best of the coal conversion function in the steelworks to supply excess energy such as electric power and town gas, and also air separation products (O₂, N₃, Ar), gas separation products (H₂, CO, etc.) and other chemical raw material to regions in the vicinity of the steelworks, thereby contributing to social economy and simultaneously reducing the overall cost of steelmaking.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

森川 晶夫^{*2} 藤川 徳次郎^{*3} 吉村 博安^{*4}

Energy Strategy at Kawasaki Steel

Akio Morikawa, ToKujiro Fujikawa, Hiroyasu Yoshimura

要旨

石油危機以後、エネルギー多消費産業である製鉄所は省エネルギーと石油代替を強力に推進し、大きな成果をあげてきた。

しかし、いまだエネルギー費は製鉄コストの約 20% 弱を占め、エネルギー戦略は製鉄所の競争力維持のために依然として重要な位置を占めている。

省エネルギー、石油削減、エネルギー使用効率の向上などの守りにとどまらず、製鉄所の石炭エネルギー転換機能を活かし、燃料ガス、化学原料その他を製鉄所周辺の地域社会に供給し、社会経済に寄与するとともに製鉄コストの低減を図るという攻めにまで進んでいる当社のエネルギー戦略の概要を紹介する。

Synopsis:

Since the oil crisis, steelworks has powerfully pushed its own energy saving and oil substitution, and has made marked achievement.

However, energy cost yet occupies nearly 20% of the total manufacturing cost in steelworks, and so energy strategy is important in maintaining the competitive power of steelworks.

This paper outlines the energy strategy of Kawasaki Steel consisting of not only energy saving, but also making the best of the coal conversion function in the steelworks to supply excess energy such as electric power and town gas, and also air separation products (O_2 , N_2 , Ar), gas separation products (H_2 , CO, etc.) and other chemical raw material to regions in the vicinity of the steelworks, thereby contributing to social economy and simultaneously reducing the overall cost of steelmaking.

1 はじめに

製鉄所におけるエネルギー戦略とは石炭エネルギーの有効活用であると言える。すなわち、コークス乾式消火 (CDQ)、連続铸造 (CC)、熱間直接圧延 (HDR)、連続焼鈍 (CAL) などの製鉄プロセ

ス自体の合理化と、その他あらゆる部門の省エネルギーによって、生産に必要とするエネルギーを減少させ、一方、燃料転換の推進による購入石油類の減少、副生ガス (COG, BFG, LDG) を燃料とする発電の高効率化による自給電力の増加 (購入電力の減少) などによって、最少量の製鉄用原料炭 (含む、高炉吹込微粉炭など) による副生ガスにて製鉄用に必要エネルギーを自足させる (Fig. 1) 参

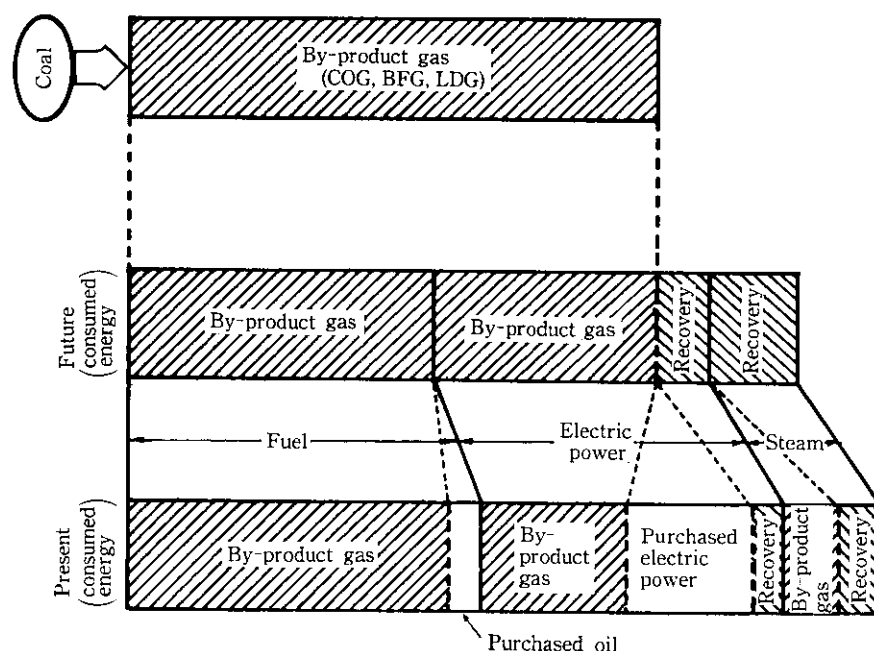


Fig. 1 Conceptual diagram of the steelworks that operates without purchased energy

*1 昭和60年2月25日原稿受付

*2 本社エネルギー技術部主査 (課長補)

*3 千葉製鉄所エネルギー部エネルギー技術室主査 (課長)

*4 水島製鉄所エネルギー部エネルギー技術室主査 (部長補)

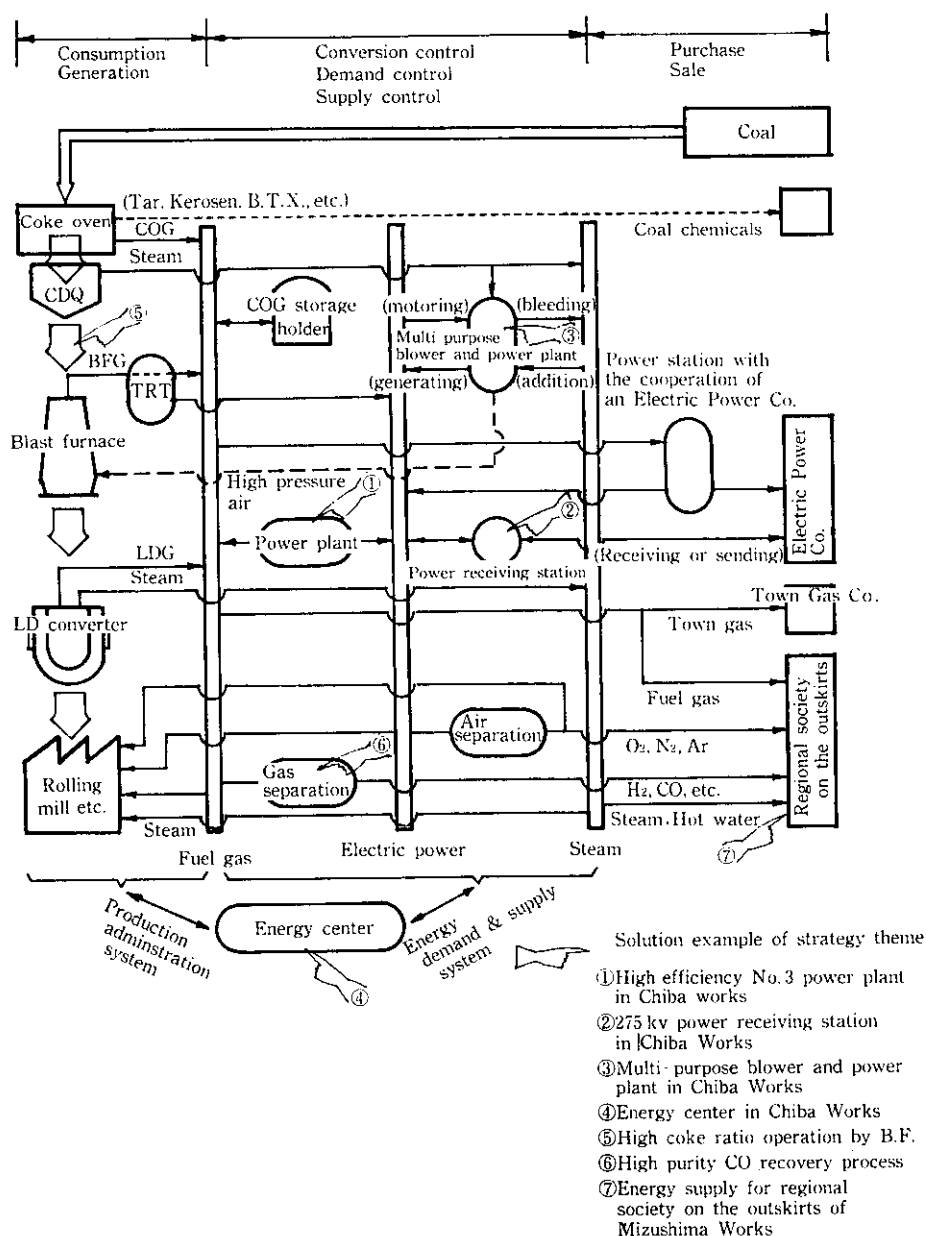


Fig. 2 A state of energy utilization in Chiba and Mizushima Works

照)。さらに、一貫製鉄所が持つエネルギー転換機能、すなわち、製鉄プロセスにおいて、石炭エネルギーから燃料ガス、タール、BTX類（ベンゼン、トルエン、キシレン）などへ転換するという機能を活かし、高炉コークス比に余裕を持たせた操業をすることにより、燃料ガスなどをより多く発生させ石炭化学製品は勿論、電力（水島共同火力株式会社等電力会社を経由のもの）、都市ガス、工業用燃料ガス、化学原料用COガス、水素ガス、さらには酸素、窒素、アルゴンガスなどを製鉄所周辺企業、地域社会へ供給することが製鉄所のエネルギー戦略である。

この戦略の展開によって、われわれは、地域社会に寄与するとともに製鉄コストの低減を図ることができる。Fig. 2に製鉄所のエネルギーフローと千葉・水島両製鉄所の戦略課題の具体例を示す。

石炭は埋蔵量が多いが、その運搬、灰処理、脱硫、脱硝など、燃料として使用上の制約が多いので、使いやすいが埋蔵量に制約のある石油類との価格差は将来さらに拡大するものと一般に予想されている。したがって、製鉄原料として石炭を使用している一貫製鉄所の特性を活かし、さらに拡大することが、われわれのエネルギー戦

略であり、この戦略は石油使用量の削減、石油代替など石油危機以降の国策にも沿っていると言える。以下、当社のエネルギー戦略における主要課題と、各課題の位置づけを概説する。

2 エネルギー使用量の削減（エネルギー自給化へのアプローチ）

昭和48年秋の石油危機を契機に、われわれは、エネルギーの使用効率化を強力に推進してきた。石油価格の高騰に加え、購入量の確保も困難な時期もあり、脱石油に重点をおいた省エネルギー活動を展開し、昭和55年には、Fig. 3に示すように脱石油をほぼ達成している。その後も引続き省エネルギーを推進し、総合エネルギー原単位を、この10年間で約20%低減し（Fig. 4）、製鉄用必要エネルギーの自給度をFig. 3のように高めてきた。

Fig. 4のPhase 3以降（1980～）は省エネルギー進行率が低くなっている。これは、省エネルギー効果に対する投資効果の高いものが少なくなってきたこと、エネルギー自給率が高くなったため、

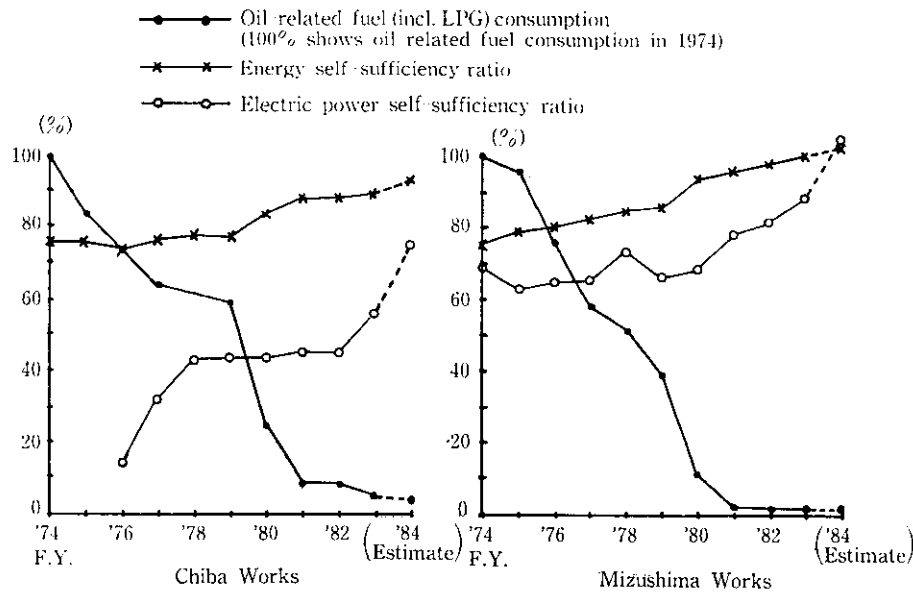


Fig. 3 Yearly trends of oil-related fuel consumption, energy self-sufficiency ratio, and electric power self-sufficiency ratio

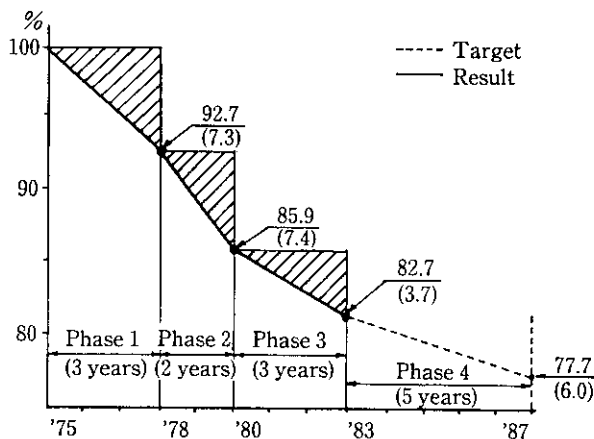


Fig. 4 Total KSC energy-saving result

需給バランス上、ガス放散などの可能性が増えてきたためである。エネルギーコスト低減のため省エネルギーの推進は今後も必要であるが、これらの対策等については次項以降に述べる。Table 1 に当社省エネルギー設備の代表例をあげているが、Phase 4 の中にはエネルギーセンターやガスホルダー等エネルギー価値向上対策が含まれている。

3 エネルギー単価の低減（石炭エネルギーの有効利用）

われわれは、これまで省エネルギーの推進によってエネルギーコストの削減を行い、製鉄コストの引下げに寄与してきた。さらに、石炭からガス類への転換機能を活用し、製鉄用エネルギーを、石油に比し安価な石炭エネルギーで自足させ、エネルギーコストの低減を図っている。これらの技術、機能は製鉄エネルギーの自給にとどまらず製鉄所周辺へ電力をはじめ、酸素などの空気分離製品、都市ガス、その他の形のエネルギーを供給できる域にまで達している。これら製鉄転換エネルギーの製鉄所周辺への供給について、水島製鉄所での具体的進捗状況が佐々木らの「水島コンビナートにおける

製鉄エネルギーの利用」²⁾ に記されている。

この産業間エネルギー共同利用は、石油危機後の省エネルギー、石油代替の国策に、他製鉄所に先んじてこたえたものである。

3.1 鉄鋼プロセスにおける石炭エネルギーの転換

高コークス比操業の高炉、コークスなどを利用する転炉の溶融還元プロセスにおいては、石炭エネルギーからタール、BTX 類、コークス炉ガス、高炉ガスおよび転炉ガスなど石油代替になる貴重なエネルギーへの転換が行われる。千葉、水島両製鉄所とも高炉のコークス比を増加することによる増分ガスを、千葉では自家発電に利用して購入電力を削減することで、水島では共同火力その他への外販向けに利用することで、それぞれ製鉄所エネルギーコストの低減を図っている。

この高炉等を利用した石炭ガス化では、ガス等への転換効率を高レベルに維持することが重要で、沢田らの「高炉系におけるコークスエネルギーの転換効率の向上」³⁾ においては、実操業面での、高炉熱損失増加防止対策、同解析などが記されている。

3.2 エネルギー部門におけるエネルギーの転換

製鉄副生ガスを利用した発電、電力を利用しての酸素など空気分離製品の製造など、エネルギー部門におけるエネルギー転換を高効率で行うことは重要な課題である。石炭ガス化量の増加、省エネルギーによる余裕ガスの利用などエネルギー部門が直接利用するガス量は益々増加している。たとえば、発電向けに供給されるガスは 1000 Mcal/t crude steel (4186 MJ/t crude steel) 程度となっており、製鉄所全発生ガスの半分近くにも達している。

千葉製鉄所は、戦後、最初の本格的臨海製鉄所として、昭和 30 年代にはほぼ完成、その後のリフレッシュ推進の中で、製鉄ガス焚き発電所として、熱効率世界最高を実現した。また、排熱回収による蒸気の高効率利用システムを具体化している。これらは、相馬らの「高炉ガス焚き高効率発電設備」⁴⁾、吉田らの「多目的送風発電設備」⁵⁾ にそれぞれ記されている。なお、千葉西 3 号発電設備の設置に際し、しゃ断容量など、電力系統の技術的問題を解決するため、受電電圧を 154 kV から 275 kV の超高圧に昇圧した。同時に従来、別途に受電していた生浜地区を新しい受電設備を通して受電

Table 1 Energy saving measures at Kawasaki Steel

	Chiba Works	Mizushima Works
Phase 1 (1975~1977)	- No. 2 continuous casting facility - Q-BOP exhaust-gas recovery unit - No. 6 BF hot stove waste gas heat recovery unit - No. 3 slab line soaking furnace recuperator capacity increase	- No. 2 BF top gas pressure recovery turbine (8 700 kW) - No. 2 slab cooling boiler - LD gas recovery improvement measure - Blooming shop fuel consumption reduction measure - Fuel consumption reduction measure for each rolling heating furnace
Phase 2 (1978~1979)	- Nos. 2, 6 & 7 coke oven CDQ facilities - No. 6 BF top gas pressure recovery turbine (12 000 kW×2) - Reduction of BF fuel ratio - Nos. 6 & 7 coke oven CDQ circulation gas recovery - No. 1 hot new reheating furnace	- No. 1 BF top gas pressure recovery turbine (7 500 kW) - No. 3 BF top gas pressure recovery turbine (9 500 kW) - Nos. 2 & 3 BF hot stove waste gas heat recovery facility - Hot rolling No. 2 heating furnace combustion air recuperator remodelling - Continuous casting ratio improvement measure - Rolling heating furnace fuel consumption reduction measure
Phase 3 (1980~1982)	- Nos. 3, 4 & 5 coke oven CDQ facilities - No. 3 continuous casting facility - No. 5 BF top gas pressure recovery turbine (9 200 kW) - No. 5 BF hot stove waste gas heat recovery unit - No. 2 hot reheating furnace recuperator increase - No. 5 BF desorption BFG recovery	- LD gas recovery OG facility - Hot rolling heating furnace combustion air recuperator remodelling and M-gas pre-heating - Steelmaking shop dust collector VVVF facility - Cold rolling annealing furnace combustion air recuperator - The conversion of shop illumination on to Na-lamps - The conversion of each heating furnace oil into by-product gas
Phase 4 (1983~1987)	- Energy center 275 kV power receiving station - No. 3 power plant 200 m³ coke oven gas holder - Multi-purpose blower and power plant - High coke ratio operation by BF - No. 4 sinter exhaust gas recovery unit - No. 6 BF hot stove pre-heating fuel gas	- Nos. 3 & 4 coke oven CDQ facility (completed), No. 5 coke oven CDQ facility - No. 3 & 4 sintering plant steam recovery facility (completed) - No. 3 & 4 BF top gas pressure recovery turbine replacement (radial flow to axial flow) - Steelmaking shop fan and pump power-saving (adoption of VVVF, on-off, etc.) - Industrial waste incinerator steam recovery facility - Energy-saving through direct rolling of slab to plate and bar

し、千葉製鉄所全体としての電力デマンドを総合的にコントロールするなどの合理化を行った。

この受電の合理化については京口らの「高磁束密度方向性珪素鋼帯を使用した高効率 275 kV 受変電設備⁹⁾」に記されている。

3.3 エネルギーの付加価値向上

3.3.1 エネルギーの需給制御と貯蔵

製鉄所の時々刻々のエネルギー需給の変動は、発電向けガスの変動となり、製鉄所エネルギーの総合需給ギャップは、電力会社の大きな電力系統が最終アブゾーバーとして、これを満たしている。すなわち、電力会社との間の電力受・送が製鉄所エネルギー需給の最終結着をつける形となり、電気料金となって精算される。電気料金は、電力会社の電源構成や電力需要の時間特性を反映して、昼間は高く、夜間は安く設定されている。製鉄所では、自家発電、共同火力を問わず昼間は多く、夜間は少なく発電する一方、使用電力は、逆に昼間を少なく夜間を多くすることが、自らの電気料金（エネルギーコスト）を安くし、かつ、電力会社ひいては国家社会にとっても望ましいこととなる。これらは、ガスの発生・使用、発電・電力使用などの制御、そしてガスなどエネルギーの夜間貯蔵の技術、システムの向上発展によって具体的に実行され、成果があげら

れる。昭和59年10月にリフレッシュされた千葉製鉄所のエネルギーセンターにおいては、生産状況の予定と実際のズレをオンライン・リアルタイムでチェックし、時々刻々、最適に製鉄所のエネルギー総合制御を行うシステムが稼働を始めている。多目的送風発電、新鋭高効率発電、そして本年2月に稼働した20万m³ COGホルダー（圧力1000 mmAqでは世界最大）と相まって、製鉄所エネルギーの制御、貯蔵の成果が具体化されつつある。前沢らの「エネルギーシステムの開発⁷⁾」にこの具体的実施状況が記されている。

水島製鉄所においても、精緻な電力管理システムが開発、運用されており、自家発電に比べ、やや硬直性のある共同火力の発電運用との関連において成果をあげているが、さらに、千葉の成果を踏まえての総合エネルギーシステムの開発に取組んでいる。

3.3.2 エネルギーの外販

水島製鉄所では、すでに発電用ガス、工業用燃料、都市ガスならびに酸素ガスなどを外販しているが、エネルギーを外販する場合、そのマーケットにおいて競争力を持ってこそ、その存在が認められる。競争力はコストが安く、付加価値が高いことによって強くなる。このためには、先に記した石炭ガス化転換効率の向上や、エネルギー制御、貯蔵の技術向上が課題である。

ガスについても、単に燃料ガスとしてでなく、より付加価値を加えて外販することが望ましく、粗ガスの精製分離技術が重要である。転炉ガスから高純度の CO ガスを、従来法に比し、安価に分離でき、かつ省エネルギー型で、さらに運転・保守も容易な分離精製技術を当社と大阪酸素(株)とで共同開発した。

この技術については桜谷らの「転炉ガスからの高純度 CO ガス精製分離システムの開発⁹⁾」にて紹介される。水島製鉄所にて、昭和60年6月から、純度 98% の CO ガスを外販する予定である。

その他、COG からの H₂ ガスの分離、夜間等の安い電力を利用した空気分離品の製造外販なども検討されている。

4 おわりに

これまで、製鉄所エネルギー戦略と、その課題を概説してきた。原料炭をソースとして、高いエネルギー自給レベルに達し、電力会社をはじめ周辺地域とエネルギー面において密接な関係に入っているわれわれが、社会により良く寄与できるためには、製鉄ガスによる発電効率の一層の向上、電力に限らず総てのエネルギー使用の夜間誘導、夜間のエネルギー貯蔵、社会に有用な高付加価値製品の開発等を今後さらに強力に進めていくことが必要と考えている。

参 考 文 献

- 1) 東 巖太: 鉄鋼界, 30 (1980) 9, 28-37
- 2) 佐々木洋三, 山元 深, 小泉 進: 川崎製鉄技報, 17 (1985) 2, 98-103
- 3) 沢田寿郎, 河合隆成, 芹沢保文, 奥村和男, 篠崎義信, 出口整司: 川崎製鉄技報, 17 (1985) 2, 110-117
- 4) 相馬冬樹, 高野英樹, 藤川徳治郎, 山口健蔵: 川崎製鉄技報, 17 (1985) 2, 118-123
- 5) 吉田克典, 高野英樹, 山口健蔵: 川崎製鉄技報, 17 (1985) 2,
- 6) 京口 玄, 山口健蔵, 安城信義, 廣崎雅直, 和田 啓, 阿部 豊: 川崎製鉄技報, 17 (1985) 2, 130-134
- 7) 前沢利春, 小宮山滋, 南部正悟, 峰松隆嗣, 阿部成雄: 川崎製鉄技報, 17 (1985) 2, 104-109
- 8) 桜谷敏和, 藤井徹也, 矢治源平, 松木隆郎, 松井滋夫, 林 茂樹: 川崎製鉄技報, 17 (1985) 2, 135-139