

共同研究会活動報告

UDC 662.614(047)

熱経済技術部会活動報告

片 田 中*

Report of Heat Economy Technique Committee of the Joint
Research Society of ISIJ

Tadashi KATADA

1. 概 要

熱経済技術部会は、昭和 30 年の鉄鋼共同研究会改組以降に限っても通算 57 回開催され、製鉄所における加熱・冷却プロセスおよび装置の改善合理化、省エネルギーの推進、環境問題の解決など、幅広い研究活動を通じて、わが国鉄鋼業の技術発展に貢献してきた。

本部会の歴史は古く、昭和 24 年通産省制定の「鉄鋼熱経済強化対策要綱」に基づいて設立されたものであり、部会の下には熱計器、熱精算、加熱炉の 3 専門委員会が設けられた。熱計器、専門委員会は製鉄設備に対する標準計器の選定と、その保守検定修理法を扱い、熱精算専門委員会は熱精算の標準化を扱った。また、加熱炉専門委員会は、先進の米国技術を取り入れ、燃焼装置、廃熱回収装置に検討を加え、加熱炉の新設計法を考察した。熱精算、加熱炉両専門委員会の研究成果は報文にまとめられ、「加熱炉の設計と実際」という表題で発刊された。一方この間、専門家による調査チームを編成して、会員各工場の熱設備の実態調査と、技術指導を行なった。操業面では、当時製鋼の主流であった平炉の熱量原単位が各種の研究改善によつて 200 万 kcal/t-steel 台から 100 万 kcal/t-steel を切るに至つたことが特筆されてよいであろう。

昭和 30 年、前述のように現在の鉄鋼技術共同研究会が組織され、これに伴つて熱経済技術部会も再発足した。昭和 35 年、当部会の分科会であつた計測分科会及び同秤量小委員会が独立し、現在の計測部会となつた。さらに昭和 50 年には同じく当部会の分科会であつた耐火物分科会が独立し、部会に昇格した。この間、「鉄鋼熱計算数値表」、「連続鋼片加熱炉における伝熱実験と計算方法」を報文にまとめ、発刊した。

当部会でとりあげる議題はいずれも製鉄所の現場で発生した諸問題であり、かつその時々の緊急のニーズにもとづくものである。巻末に最近の統一議題を示す。すな

わち、代替燃料、鉄鋼窯炉の改善、省エネルギー対策、環境対策、廃熱回収などがここ数年間の主要なテーマであつた。とりわけオイルショックは当部会にとつて特筆すべきことであつた。エネルギーをめぐる鉄鋼業の緊急事態に対処し当部会では昭和 49 年 4 月より 1 年間にわたりエネルギー技術小委員会と加熱炉効率向上小委員会を設置し、鉄鋼各プロセスにおけるエネルギー消費の実態分析と低減対策、一貫製鉄所の省エネルギーのシステムの考察、エネルギー・ミニマム加熱炉の追求などの研究活動を行なつた。

また環境問題では NO_x 規制の強化に呼応し、燃焼過程における NO_x 抑制技術を扱う NO_x 技術小委員会を同時に発足させた。この 3 小委員会の研究成果は第 56 回部会で報告され加入各社に、貴重な指針をもたらした。なお NO_x 技術小委員会は第 2 次 NO_x 規制の公布に伴い、本年度も存続することに決定した。また 51 年度の年間活動の一環として新たに鋼材冷却小委員会を発足させることになり、すでにそれぞれ数回会合が続けられ現在に至つている。

2. 熱経済技術部会の運営状況

部会は原則として年 2 回開催され、毎回の参加者は 70 ~ 80 名である。先にも述べたように、当部会の活動目標は、会員の「現場に直結した諸問題の解決」のための情報交換と討論が主体である。このため議題は、会員会社の希望を各社幹事がとりまとめ、幹事会にて最終的に協議を決定している。議題は統一議題と自由議題からなる。統一議題は各委員が報文の提出を義務づけられ、自由議題は委員の任意報告である。第 56 回より新たに「研究議題」を設定し、幹事会の指名する委員（各回 1 名）が指定のテーマについてまとめた研究報告を行ない、これについて全員で討議する方式をとつた。統一、研究議題にはそれぞれ各社より座長を選出して進行を行なつている。また統一議題は担当座長が各委員の報文をとり

* 日本鉄鋼協会共同研究会熱経済技術部会部会長 新日本製鉄(株)設備技術センター熱技術部長

まとめ、次回に総括報告を行なっているテーマによつては、パネルディスカッション形式を採用した。

なお当部会の伝統的な定期統計資料として、「鉄鋼業におけるエネルギー・バランス」(年度版)がある。これは一貫および非一貫製鉄所の2部からなり、それぞれ各製鉄所の設備ごと、燃料種別ごとのエネルギー使用量の実績統計であつて、この種の資料としては業界唯一のものである。

以下に最近の部会活動の主要議題と、主要成果を要約して紹介する。

3. 最近の活動状況

3.1 鉄鋼業におけるエネルギーバランスまとめ (昭和49年度分)

3.1.1 一貫工場

昭和48年末の石油危機以来、鉄鋼業界あげての省エネルギー策がなされ、本年度にはいり、その成果が現われつつある。

昭和49年度は、生産において、昭和46年以来の量拡大が停滞し、出銹量にて1%、粗鋼量にて4%と、ともに減少した。

エネルギー原単位は、前述の生産減にもかかわらず、銹鉄あたりで5%の低減を得たが、高溶銹配合操業が一因となり、粗鋼あたりでは2%減にとどまっている。粗鋼あたりの原単位 $5642 \times 10^3 \text{ kcal/t}$ 粗鋼は昭和46年以降の最小値を示し、省エネルギー努力は高く評価されるが、さらに昭和50年度は、大型省エネルギーをも加えた原単位低減が期待される。

エネルギーのクリーン化は、昨今の鉄鋼エネルギー動向のなかで特筆すべき傾向であり、昭和49年度の実績ではSLS重油・LPGなどのクリーンエネルギーが購入石油類中60%をも占めている。

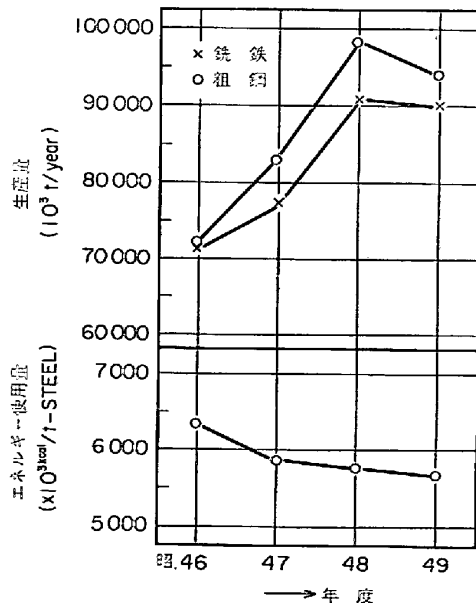


図1 鉄鋼生産量と粗鋼t当りエネルギー使用量

3.1.2 非一貫工場

非一貫工場、7社11工場の資料をもとに、昭和49年度のエネルギー使用状況をまとめた。

図3に各工場の購入エネルギー量を示す。総エネルギー使用量は $152457 \times 10^3 \text{ kcal/year}$ であり、前年度の94%にあたる。これは主として、総生産高が前年度の92%と低調であつたことに起因すると考えられる。各工場のエネルギー使用量も、設備増加の2工場をのぞき同傾向を示した。

表1にエネルギー種別使用量を示す。電力は前年度比率とほぼ同じ50%であるが、燃料油で見ると、高硫黄重油から低硫黄重油へ、さらには、軽質油へと、いわゆるクリーンエネルギー化が見られる。他方、数工場においては、環境設備の設置により、低硫黄重油から高硫黄重油への逆移行の現象が見られることが特筆できる。

3.2 エネルギー技術小委員会報告

3.2.1 一貫製鉄所におけるエネルギー使用状況

鉄鋼業の使用実績(昭和48年度)をもとに、国内全消費エネルギーにおける鉄鋼業の位置づけ、エネルギー原単位の推移、エネルギー構成などにつき検討し、また、代表工場による製鉄所のエネルギー流れ・構成・損失熱などにつきまとめている。

3.2.2 設備別エネルギー使用損失内容と省エネルギー対策とその限界

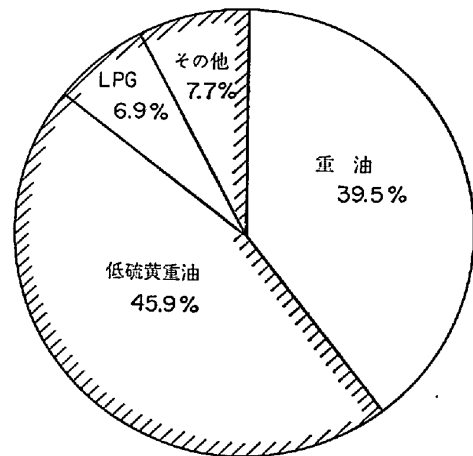


図2 クリーンエネルギー使用内訳

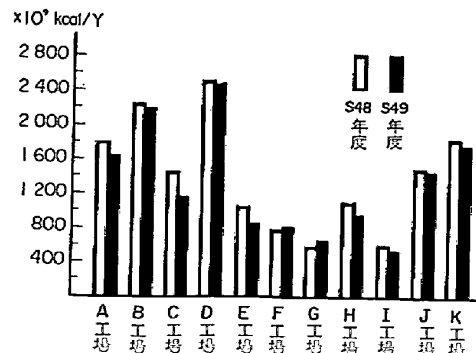


図3 各工場購入エネルギー量

表 1 種別エネルギー使用量内訳

(*1) : S 48年度使用比率

エネルギー種別		低発熱量 又はエンタルピー	使 用 量		
			使 用 量	総 熱 量 ($\times 10^9$ kcal/Y)	比 率 %(*1)
重 油	1 種	8 687 kcal/l	74 811 kl/Y	649. ⁸⁷	4. ³ (2.2)
	2 種	9 110 kcal/l	1 896. ⁸ kl/Y	18. ¹⁰	0.1 (0.3)
	3 種	9 268 kcal/l	141 954. ⁸ kl/Y	1 315. ⁶⁸	8.6 (19.4)
	ブレンド	8 504 kcal/l	5 672. ⁰ kl/Y	48. ²⁰	0.3 (0.5)
	ミナス	8 984 kcal/l	260 378. ⁹ kl/Y	2 339. ²⁰	15.4 (10.3)
軽質油	軽 油 灯 油	8 490 kcal/l	56 461. ⁷ kl/Y	479. ³⁹	3.2 (3.0)
		8 272 kcal/l	112 292. ⁷ kl/Y	928. ⁸⁴	6.1 (4.5)
ガ ス	都市ガス	4 046 kcal/Nm ³	8 682 300 Nm ³ /Y	35. ¹³	0.2 (0.1)
	L.P.G	11 128 kcal/kg	54 833 ² t/Y	610. ²⁰	4.0 (3.7)
	C.P.G	5 000 kcal/kg	21 468 000 Nm ³ /Y	108. ²⁰	0.7 (0.4)
石 コ 蒸 電 酸 計	炭 ス 気 力 素	6 400 kcal/kg	21 262 t/Y	136. ⁰⁹	0.9 (0.6)
		6 577 kcal/kg	5 139. ³ t/Y	33. ⁸⁰	0.2 (—)
		629 kcal/kg	1 264 329 t/Y	794. ⁷⁴	5.2 (5.1)
		2 450 kcal/kWh	2 287 291. ⁴ $\times 10^3$ kWh/Y	7 611. ⁷⁵	49.9 (49.0)
		1 700 kcal/Nm ³	80 234. ⁸ $\times 10^3$ Nm ³ /Y	136. ⁵²	0.9 (0.9)
計	—	—	15 245. ⁷¹	100 (100)	

表 2 調査対象炉の熱量原単位

炉 種	炉 型	帯数	基数	平均公称能力 (t/hr)	実加熱重量 (t/hr)	平均熱量原単位 ($\times 10^3$ kcal/t)	平均熱効率 (%)
熱 延	W. B // P //	8	4	321.5	248	426	46.7
		6	1	180.0	104	377	53.0
		5	3	216.6	120	455	43.9
		3	1	110.0	103	395	51.6
(小計)			9	250.0	173	426	47.0
厚 板	W. B P //	6	2	200.0	111	402	49.1
		6	2	175.0	109	498	41.1
		4	2	65.0	100	531	36.7
(小計)			6	146.6	107	476	42.3
中 小 形	W. B P W. H	6	1	150.0	159	435	41.4
		2~5	7	42.4	42	403	47.4
		2	1	25.0	12	510	31.6
(小計)			9	52.4	51	418	45.0
大 形 線 材	W. B P W. H	6	3	156.6	160	454	44.4
		2~4	5	82.0	56	312	60.1
		2~3	2	99.0	73	295	59.1
(小計)			7	86.9	61	307	59.8

W.B:ウォーキングビーム炉, P:プレッシャー炉, W.H:ウォーキングハウス炉

高炉以下の各設備別に、熱精算・熱流れ図を作り、省エネルギーの着眼点と対策および原単位の低減限界について考察している。

3.2.3 プロセス・システム改善による省エネルギー

高負荷操業システム、高炉燃料比と所内エネルギーバランスの最適化、工程の高速連続化などにつき考察している。

3.2.4 設備改善を主とした省エネルギー対策と評価例

3.2.5 省エネルギーに対する提言

成品の標準化、最適設備化・生産計画と工程管理の確立、最適エネルギー管理、燃料新技術の開発など 10 項目の提言を記載している。

3.3 加熱炉熱効率小委員会報告

3.3.1 まえがき

鉄鋼業においては、鉄鋼一貫製鉄所の高炉燃料を除くと一般に熱延部門におけるエネルギー消費が最大となっている。鋼片加熱炉の熱効率は 40~50% であり、この効率向上は鉄鋼業における省エネルギーに大きく寄与することから、当小委員会が設置され、49 年 4 月より 50 年 4 月にわたって「加熱炉における燃料原単位の低減対策」と「省エネルギー加熱炉のモデル設定」を目標として活動を展開したので、その概要を述べる。

3.3.2 加熱炉の現況

委員の所属する事業場を中心に炉型式、被熱材の種類ごとに熱効率の優れた炉を対象にアンケートによつて、

表 3 高効率加熱炉各帯の最高バーナ

加熱炉のゾーン	最 適 バ ー ナ
上部均熱帯	ルーフバーナ
下部	サイドバーナ
上部加熱帯	軸流バーナ
下部	サイドバーナ (W.B), 軸流バーナ (P)
上部予熱帯	サイドバーナ, 軸流バーナ (負荷変動小)
下部	サイドバーナ (W.B), 軸流バーナ (負荷変動小)

炉の特性を詳細に調査した。調査対象炉の熱量原単位を表 2 に示す。

3.3.3 燃料原単位低減についての検討

(1) 炉 体

低減効果では炉長延長が最も大きく、今回行なった試算でも、設備費回収年数 4 年以内の範囲で、熱量原単位の低減 20% までの延長は可能であるとの結論を得た。又炉体放散熱の減少では、一般にレンガ構造よりプラスチック構造の方が優れている。

(2) バーナ

バーナの条件としては、空気過剰率ができるだけ 1 に近くて良好な燃焼ができること、また高効率加熱炉各帯の最適バーナとしては、一般に (表 3) のような結論を得た。

(3) スキッド

スキッドの冷却水損失熱は、排ガス損失について大きく、プッシャー炉で約 11%、ウォーキングビーム炉で約 16% である。損失熱低減方法としては、2 層断熱方式が実績でも、損失熱を 1/2 程度に減らしており最良であらう。

(4) レキュペレータ

レキュペレータの調査では、保守面では有効な掃除方法、改善実績では保護レキュペレータの設置などがあつた。また将来高熱効率炉が出現し、排ガス温度が低下したときのレキュペレータの仕様について、その設備費面からの適当な条件を検討した。

(5) 計装制御

従来の制御より一步進めて、低空気比燃焼を果たすための燃料のカロリー制御、排ガス O_2 計のオンラインへの組込、また刻々連続的に変動する圧延操業に対応して加熱炉の最適操炉条件に合致した種々の設定変更を、計算機で自動的に行なわしめることなどが今後の課題である。

(6) 操 業

通常操業の中で最小熱量原単位操業方法を確立することが必要で、各帯投入燃料比率、加熱材の寸法装入間隔低温抽出、適正な昇熱、保熱方法などについて調査及び理論的考察を試みた。

3.3.4 加熱炉の燃料原単位の期待しうる限界値

当小委員会では、上記の値を設定するにあたって、既

存炉をモデルの原型とし、先に検討したいろいろな省エネルギー対策を附加した場合の低減限界を試算した。その結果、プッシャー炉、ウォーキングビーム炉とも約 30 万 kcal/t までは可能な見通しを得た。

3.4 NO_x 燃焼技術小委員会報告

NP_x の生成機構については、多くの研究者によつて究明が進められているが、その生成機構が複雑であるため、いまだに十分解明されていない。この結果、 NO_x の抑制対策の確立が遅れており、しかも抑制対策を実施することにより、燃焼効率の低下をとまなうという大きな問題がある。

このような背景があるため、当小委員会では、各社の実験炉のデータを持ちより、燃焼過程における生成機構の解明と抑制対策の方向づけについて検討を進めている。

年度別の主な検討内容は次のとおりである。

昭和 49 年度：実験炉を主体に各種抑制対策の確性試験を実施した。

昭和 50 年度：実炉で抑制対策を実施した場合の低減効果と熱効率への影響について、実験炉において調査した。

昭和 51 年度：ラジアントチューブ燃焼における NO_x の挙動と抑制技術について検討する予定。

3.5 高炉燃料比と所内エネルギーバランス

3.5.1 概 要

高炉で使用されるエネルギーは、一貫製鉄所における全使用エネルギーの 50% を越えるが、高炉はまた大量のガス発生機でもあるため、エネルギーバランスに与える影響は大である。一方エネルギーバランスは各製鉄所のローカルな事情により異なりうるが LP 手法によつて高炉操業条件とエネルギーバランスを与える影響度合について解析が可能である。ここでは、新日鉄広畑を例に解析を行なった。

3.5.2 LP モデルの構成

生産モデル (決定式 60, 変数 100) ・エネルギー配分モデル (決定式 100, 変数 140) ・高炉モデル (決定式 110, 変数 40) から成るが、決定式の例は下記のとおりである。目的関数は今回は購入エネルギー量、全消費エネルギー量およびコストとしたが、収益性の検討、生産

量の選択などいろいろ応用も可能である。

(生産モデル)

決定式の例—高炉主原料量, 生産量, その他主要設備生産量, スクラップ発生および使用量

(エネルギー配分モデル)

決定式の例—重油量, ガス量, カロリーバランス, 蒸気・電力などのバランス

(高炉モデル)

決定式の例—物質収支, 操業条件の制約, 燃料比, 鉄中[S]

3.5.3 解析のまとめ

(1) 高炉操業は, 重油比を増加させるのが望ましい。

(2) 燃料比と購入エネルギーコストの関係は, 製鉄所のエネルギーバランス(とくにガスバランス)によつてことなる。ガス(とくにCOG)に余裕があれば, 燃料比低下のメリット大で, 余裕のない製鉄所では過度の燃料比低下はむしろデメリットになる。新日鉄広畑を例にした解析では, 燃料比 450 kg/t-pig 附近に購入エネルギーの最小コスト点があつた(図4)。

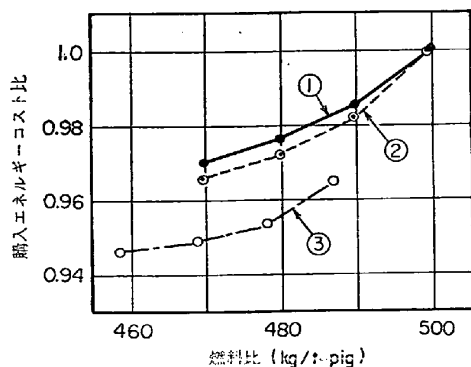
(3) 上記(2)の関係は, このほか購入エネルギー種類, 単価と密接な関係にある。

3.6 LDGの回収率向上策と使用状況

わが国製鉄所の熱設備に使用された重油(除高炉吹込用)およびガス燃料の年間消費量は $200854 \times 10^9 \text{kcal}$ (昭和48年実績)で, そのうちLDGは2.2%を占め, 重油消費熱量の1/10に相当する。したがつて, LDGの回収率の向上を図ることは, 省エネルギーの立場からなおざりにできない問題で, とりわけLDGは発生が簡潔的であるため回収および使用側のハードとソフトに対する配慮が, LDG回収原単位に大きく影響する。このため, その現況をまとめ今後の回収率向上対策の一助とした。

3.6.1 LDG回収の現況

LDG回収熱量原単位は約 $80 \sim 130 \times 10^3 \text{kcal/t}$ 粗鋼($45 \sim 85 \text{Nm}^3/\text{t}$ 粗鋼)で各製鉄所ごとにかかなりのちがいが



- ① 生産量 29万t/月, 塊成鉄比 70%
- ② 生産量 35万t/月, 塊成鉄比 70%
- ③ 生産量 29万t/月, 塊成鉄比 70~90%

図4 高炉燃料比と購入エネルギーコスト

がある。これは溶銑率, 回収条件, 回収および送り出し設備ならびに使用側状況などの要因差によるもので, これら変動要因と回収熱量原単位の間をまとめると, 次のようになる。①回収量原単位(Nm^3/t)の増加との関係が大きい。②LDG発熱量との関係は認められない。③溶銑率は高いほど増加する。④回収時のCO%下限値は30~50%であるが, これを低くするほど増加する。⑤回収時間/吹錬時間比を増やせば回収熱量原単位の向上が期待できる。

3.6.2 LDGの放散防止

LDGはホルダーレベルあるいは回収条件の不適合などにより放散塔より燃焼放出する場合がある。この放散原因をあげると, ホルダーレベル上限が53.8%で過半数をしめ, ついで設備故障によるものが26.8%, 転炉側原因(スロッピング大, 発生流量低下およびCO低下など)が19.4%となつている。したがつて放散を減らすには, 設備関係の保全強化およびスロッピング防止などの転炉操業に検討を加えることはいまでもないが, ホルダーレベル上限による放散をなくするためにホルダー容量, 送り出しブロー能力の適正化およびLDG使用先の拡大に努めることが先決である。各社実績によるとホルダー実容積(上限~下限の容積)は転炉公称能力値の250倍以上の容積(Nm^3)を, 負荷側LDG使用可能量は炉容の150倍以上を目安として決めれば, ホルダーレベルの上限による放散をほとんどなくすることができる。

3.6.3 LDGの使用状況

使用状況は次の3つに分類される。①LDGをBFGに混入する方法で, これは負荷としては最も安定しているが, 混入率の変化による熱量変動の対策を必要とする。②単独使用は重油に近い理論火炎温度を持つLDGの特性を生かした方法であるが, 発生の不安定からバックアップ燃料が必要で, かつ使用工場の負荷容量を適正にとらねば放散の可能性も出てくる。③LDGと等価の混合ガスへの混入はLDGの特性を生かす方法であるが, 混入率の変化による密度および理論空気量の補正を必要とする。どの方法をとるかは, 製鉄所のガスバランス, 配管系統および使用工場の選定等の事情により決められるべきであるが, 燃料として使用する場合には利用価値の高い②又は③を第一に考えるべきであろう。

3.6.4 改善事例および計画

最近3年間の各社の実施した回収率向上対策を表4に今後の計画案を表5に示した。

3.7 加熱炉, 均熱炉の熱量原単位の実績と改善

第55回熱経済技術部会に提出された調査資料にもとづき, 加熱炉, 均熱炉の熱量原単位の実績と改善実施例についてまとめた。

本調査は, 国内12社に設置された497基の加熱炉, 均熱炉を対象に行なつた。炉種類および型式は表6に示

表 4 最近3年間に実施したLDG回収向上対策

設備区分	対策項目	工場数	計
転 炉	(1) 回収条件変更 (CO%, O ₂ %, 回収時間)	6	16
	(2) ラップ吹錬の防止	3	
	(3) 計器の保全強化	2	
	(4) 設備変更 (IC型→OG型)	1	
	(5) ガス回収操作の工夫	1	
	(6) スロッピング減少	1	
	(7) 分析遅れ時間の短縮	1	
	(8) 通酸量の制御	1	
ホルダー プロウ	(1) ホルダー制御レベル変更	4	8
	(2) BFGへの混合	3	
	(3) ホルダー改造	1	
使用先	(1) 使用先負荷増加 (含プロウ新設)	4	4

表 5 計画中のLDG回収向上対策

設備区分	対策項目	工場数	計
転 炉	(1) 回収時間制御の改善	3	7
	(2) 分析計改造	2	
	(3) 分析計応答速度アップ	1	
	(4) 回収CO濃度設定の自動化	1	
ホルダー プロウ	(1) ホルダー新設	4	5
	(2) BFGへの混入率アップ	1	
使用先	(1) 使用先増加	8	8

した。内訳は加熱炉 195 基，均熱炉 302 基で加熱炉のうち 55% がプッシャー炉，33% がウォーキングビーム炉，6% がウォーキングハース炉である。

調査各炉の熱量原単位の実績について，表 7 に最良原単位による比較を示す。すなわち加熱炉は，210~820×10³ kcal/t，均熱炉は，99~449×10³ kcal/t の範囲で熱量原単位のばらつきは大きい。一般に熱量原単位は鋼材の装入温度と抽出温度に左右されるが，熱量原単位のよい炉は前後工程とのマッチングがよく，稼働率が高く，加熱 t/hr もその炉の最良熱量原単位を与えるような操業になっている炉である。また炉体やスキッドの断熱などのメンテナンスも熱量原単位の重要な要因となる。

各加熱炉種類ごとの熱量原単位の比較を図 5 に示す。通常熱量原単位は冷却水損失の少ないウォーキングハース炉が最もよく，ついでプッシャー炉，ウォーキングビーム炉の順となっているが，最近ではウォーキングビーム炉でも 400×10³ kcal/t に近い炉も現われている。また均熱炉は図 6 に熱量原単位とトラックタイムの相関をしめすが，明らかにトラックタイムの短縮により熱量原単位は低下する傾向にある。

熱量原単位の低減対策として実施されている代表例はつぎの 4 項目である。

- (1) 侵入空気防止 (炉圧上昇，炉壁目張，扉改善)

表 6 炉種類および型式別基数

型式	炉種類				計
	プッシャー	ウォーキングビーム	ウォーキングハース	その他	
加熱炉	46	21			67
熱厚板	8	21			29
熱条鋼	39	20	6		65
熱線材	15	3	5		23
その他				11	11
均熱炉				302	302
計	108	65	11		497

表 7 加熱炉均熱炉の最大・最小熱量原単位

	原単位区別	kcal/t	t/hr	型式	燃料
加熱炉	最小熱量原単位	210×10 ³	185	プッシャー	COG
	最大熱量原単位	820×10 ³	33	プッシャー	重油
均熱炉	最小熱量原単位	99×10 ³		上部-方焚	LNG
	最大熱量原単位	449×10 ³		上部-方焚	灯油

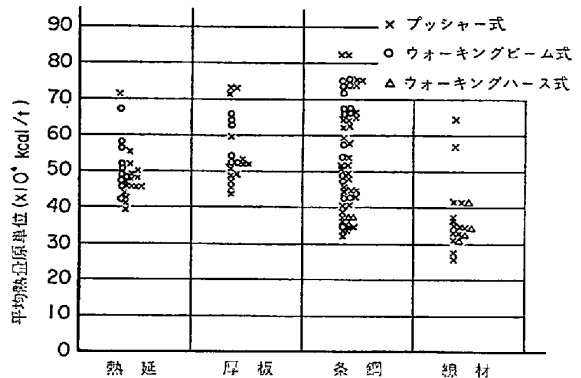


図 5 各炉種類ごとの熱量原単位

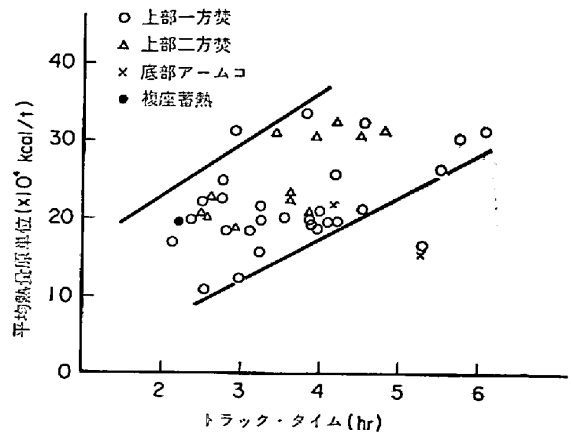


図 6 均熱炉の熱量原単位とトラックタイム

- (2) ヒートパターン変更
- (3) 保熱，昇温基準の改善

(4) レキュペレータの改善

上記のうちとくにヒートパターン変更（炉尻排ガス温度の低下）、レキュペレータの改善（整備）による予熱空気温度の上昇が原単位の低減に大きな効果を及ぼしている。

今後の熱量原単位低減対策としては、以上にあげた例を推進することはもちろんであるが、つぎの各技術を開発適用する必要があると思われる。

- (1) 最適ヒートパターン操業技術の確立
- (2) 燃焼管理技術の向上（炉内酸素濃度自動制御）
- (3) 全スキッド二重断熱の採用
- (4) スキッドマーク除去技術の確立
- (5) 加熱炉ホットチャージ技術の確立

以上の各技術の組み合わせによりさらに大幅な熱量原単位の低減が可能であると考えられる。

3.8 熱処理炉の熱量原単位の実績と改善

第 55 回部会で統一テーマとして採択決定し、部会メンバー各社各事業所にアンケートした内容を集約して第 56 回部会で報告した。

アンケート回収：8 社 21 事業所 126 炉これを各種成品別熱処理ごとに、昭和 49 年度の熱量原単位実績を比較した。また原単位の改善事例と省エネルギー対策の動向をみた。

3.8.1 熱処理炉の熱量原単位の実績

(1) 熱処理成品別の熱量原単位としては、特殊な場合を除いて概して下記のレベルにある。（最小～平均～最大）

厚板	： 350～700～1 300	[$\times 10^3$ kcal/t]
薄板	： 200～300～600	〃
棒鋼	： 200～550～700	〃
鋼管	： 200～500～900	〃
鋳鍛鋼	： 200～600～1 100	〃

(2) 熱量原単位の昭和 48 年上期値との対比では、必ずしも低減されているとはいえない。操業条件などによる影響が大きく、増減ばらつきがあるが 30～40% もの熱量原単位の低減を達成した炉があり注目される。

1.3 熱処理炉の熱効率としては、おおよそ 15～30% であり、鋼材加熱炉よりかなり悪い。熱効率 40% 以上の良好な炉もあり、全般的に改善の余地が大きい。

3.8.2 熱処理炉の熱量原単位の改善事例と対策

熱量原単位の低減効果事例としては、下記の項目が主なものである。

- (1) バーナ燃焼に関する改善処置：低減率 5～30%
主バーナ改造更新、バーナ燃焼条件の適正管理、バーナの間引使用、一時消火、容量変更、燃焼制御方式、制御機器の改善更新
- (2) 炉長延長、予熱帯の増設など：低減率 5～15%
- (3) 熱処理条件の見直し変更など：低減率 5～10%
今後の省エネルギー対策として計画、検討されている

項目を列挙すると次の項目がある。

- (1) バーナ燃焼に関する改善（上記(1)項）
- (2) 炉体設備に関する改善（炉長延長、予熱帯設置
炉出入口ダンパー、など炉体開孔部シール改善、セラミックファイバー使用など炉体耐火物改善、急冷ゾーンの隔壁設置など）
- (3) 排熱回収利用（燃料、燃焼用空気の予熱など）
- (4) 操炉合理化（小ロットのまとめ重装入、空焚時間、設定替待時間の短縮、コンピュータ導入による量適制御など）
- (5) 熱処理条件の見直し（均熱温度、均熱時間、ヒートパターンなど）

3.9 鋼材の強制冷却

最近省資源、省エネルギーの観点から、鉄鋼製造各プロセスでの冷却水の使用が見直されつつある。一方材質向上、能率向上を目的とした鋼材の冷却方法についても、最近とみに研究されてきている。しかし、各種冷却法（例えばスプレイ、ラミナー、ジェット、ミスト、強制空冷など）についての基礎データが発表されているが、それらは非常に単発的か、実験室規模のものが多く、必ずしも直接鉄鋼プロセスでの鋼材の冷材に使用できるものではない。そのため、各プロセスにおける適正冷却方法、適正冷却水量などが確立されていないのが現状であろう。そこで、現状を把握する意味から、各社の各プロセスにおける冷却方法および冷却水量について、アンケート形式で資料を集め、それらを整理した。すなわち、各プロセス、設備ごとに水流密度、上下流量比、冷却ゾーン面積、鋼材の温度降下、水流密度と温度降下の関係および熱伝達率について整理した。また最後に各設備での問題点とそれらの改善策についても整理した。以下にその内容の一部を紹介する。

3.9.1 各設備での水流密度

対象プロセスとしては連続鑄造の二次冷却帯、スラブ冷却床、ビレットおよびブルームの冷却床、厚板のオンライン冷却帯、厚板の焼入れ装置、厚板の熱処理後冷却帯、熱延スタンド間およびランナウトテーブル、大型形鋼の冷却帯、線材の冷却帯およびパイプの熱処理後の冷却帯についてグラフ化した。連続鑄造の二次冷却帯の場合についての一例を図 7 に示す。これから明らかなように、各社とも引抜き速度、鋼種、鋼材寸法などを考慮してかなり幅を持たせているようであるが、異常に高い値を示しているものもある。

3.9.2 上下水量比

前記の各設備における上下水量比をまとめてみたが、ほとんどの設備において各社とも上下水量比を 1 としている。しかしながら、例えば鋼板の冷却に上下水量比を 1 にとるのは、上下の冷却能および歪の点から考えると、それが適正かどうか疑問である。設備によつてはその値が逆の場合もみられる。

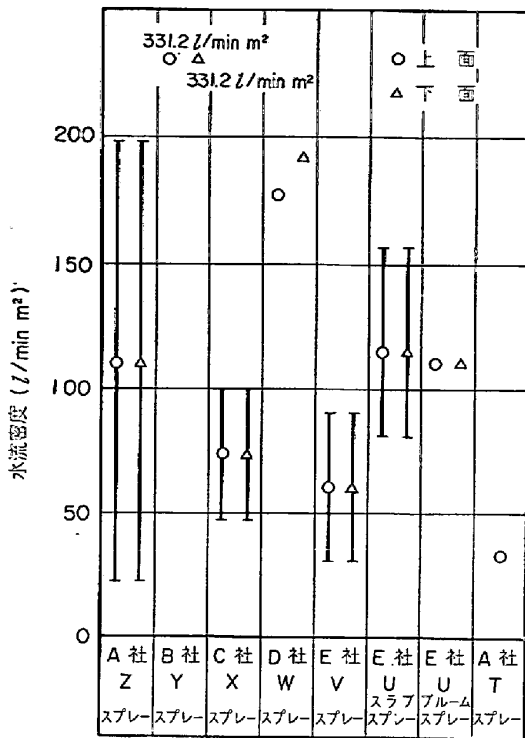


図7 連続鋳造の二次冷却水流密度

そのほか水流密度と冷却面積の関係、水流密度と温度降下の関係についても整理したが、必ずしも明らかな関係は得られなかった。

以上記述したとおり、鋼材の冷却についてその冷却方法および冷却水量が各社まちまちで、またその決定に当って今までは確たる根拠がなかった場合が多い。そこでそれらの適正化および新プロセス開発の参考となることを目的として、昭和51年1月に「鋼材強制冷却小委員会」が発足した。その主な内容は、①各種冷却法の冷却能の基礎データの整理、採取、解析、②各プロセスの適正冷却法の検討と推定。この2点について約1年間でまとめることを目標として現在活動中である。

4. 最近の熱経済技術部会統一議題テーマ

	統一議題テーマ
第50回(47年4月) (記念大会)	(1) 記念講演 (i) 鹿島製鉄所の建設と操業について (ii) 将来のエネルギー需給の展望 (2) パネル討論会 「最近の加熱炉の問題点と対策」
第51回(47年9月)	(1) 熱風炉の熱的諸問題と対策 (2) 加熱炉および均熱炉のコスト低減対策
第52回(48年5月)	(1) 代替燃料の使用上の問題点とその対策 (2) 熱処理炉の改善事例
第53回(48年9月)	(1) 鋼片加熱炉の熱量原単位低減対策と可能限界 (2) 加熱炉(スキッド)冷却水の問題点と対策
第54回(49年5月)	(1) 熱技術およびエネルギー管理の運営状況について (2) 講演「エネルギー資源と新エネルギーについて」
第55回(49年10月)	(1) 加熱炉・均熱炉の熱量原単位の実績と改善 (2) 鋼材強制冷却について (3) 燃焼管理システム
第56回(50年6月)	(1) NO _x 燃料技術小委員会報告 (2) 加熱炉熱効率小委員会報告(パネルディスカッション) (3) エネルギー技術小委員会報告(パネルディスカッション)
第57回(50年10月)	(1) LDGの回収率向上策と使用状況 (2) 熱処理炉の改善と省エネルギー (3) 高炉燃料比と所内エネルギーバランス(研究議題)
第58回(51年5月)	(1) レキュペレータの仕様および操業実績 (2) 省エネルギーの実施例と成果または将来計画 (3) 均熱炉の燃料原単位低減の実績と解析(研究議題)