

© 1982 ISIJ

# 日本鉄鋼業におけるエネルギー使用の変遷



特別講演

—特に石油危機以後の対応について—

豊田 茂\*

## Energy-use Changes of Japan's Steel Industry

— Relating to the Countermeasures after the Oil Crises —

Shigeru TOYODA



### 1. はじめに

このたび渡辺義介賞をいただきまして、大へん光栄に存じております。心から御礼申し上げますと共に日本鉄鋼業の今日の発展について、皆様方と一緒に喜びを分かちあいたいと思います。

振り返ってみますと、日本鉄鋼業発展の道程は決して平坦でなかつたわけでありまして、現在の姿は到底一朝一夕にでき上がったものではございません。諸先輩の先見性に富んだビジョン作りと積年のたゆまぬ努力の賜と考えている次第であります。

資源やエネルギーのほとんどを輸入に依存している我が国鉄鋼業にとって、鉄鋼技術の近代化は国際競争力確保のための重要な柱であるということを肝に命じてきた者の一人であります。また技術者の一人として、その中心的テーマであつたホットストリップミルの近代化、平炉から転炉への移行、鑄造法の連続化、あるいはシームレスの近代化等の企画・建設・操業に直接参画し得ましたことを深く感謝している次第であります。

その後石油危機への対応として、省エネルギーと脱石油という問題に取り組むことになりましたが、活力ある日本鉄鋼業はこの問題を無事乗り切りつつあると自負している次第でありまして、そういう意味で石油危機後約10年間の経験は日本鉄鋼業にとつても、また私自身にとつても特筆すべきできごとであつたと思つております。

今回の受賞に際しまして、本来ならばこれらを全般的に回顧すべき立場にありますますが、本日は十分な時間もありませんので標題に掲げましたようにエネルギー問題に絞つてお話し申し上げたいと思います。

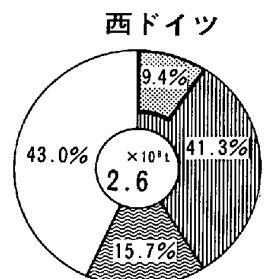
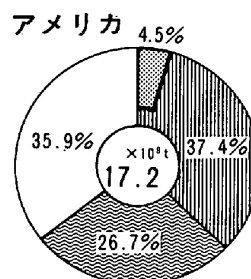
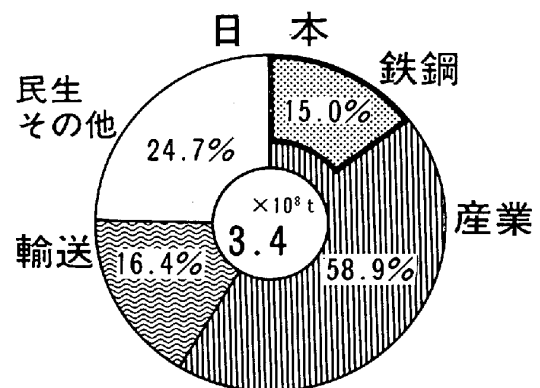
### 2. 第1次石油危機以前のエネルギー使用の変遷

#### 2-1 日本鉄鋼業のエネルギー消費構造

御承知のとおり我が国のエネルギー消費は、戦後の順

調な経済成長に伴つて第1次石油危機に至るまでの間年々増加を続け、昭和48年度には石油換算約3.8億klに達しました。昭和49年度以降この量はほぼ横ばいで推移しております。この間、昭和48年度まで石油依存度の上昇が続き、このことが日本のエネルギー需給構造を一層脆弱なものにしてきた訳であります。

最初に日本のエネルギー消費に占める鉄鋼業の比率を1979年(昭和54年)のOECD統計でみますと、総エネルギー消費量石油換算3.4億tに対し15%となつ

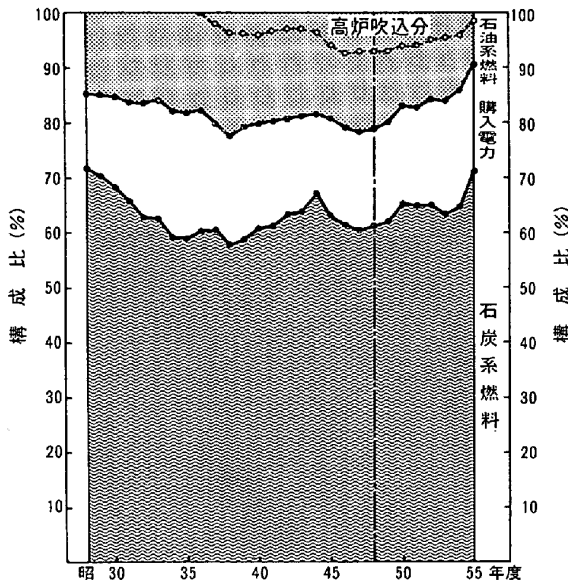


注：消費量は石油換算  
出所：OECD ENERGY BALANCES

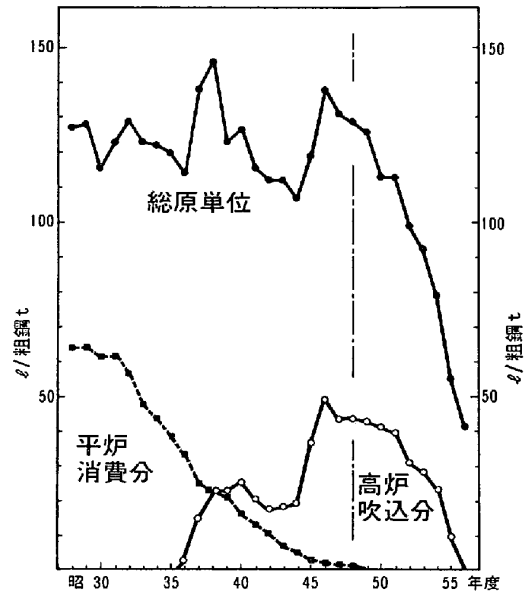
図1 主要3ヶ国の部門別エネルギー消費構成(1979)

昭和57年4月2日日本会講演大会における渡辺義介賞受賞記念特別講演

\* 新日本製鉄(株)取締役副社長 (Nippon Steel Corp., 2-6-3 Otemachi Chiyoda-ku 100)



出所：総合エネルギー統計，鉄鋼統計月報等から作成  
 図 2 鉄鋼業のエネルギー種別構成比推移



出所：総合エネルギー統計，鉄鋼統計要覧から作成  
 図 3 鉄鋼業の粗鋼 t 当たり石油系燃料原単位推移

ていまして、この比率はここ 3~4 年ほとんど変わっておりません。また単一産業としてももちろん第 1 位であります。この高い消費比率は、少なくとも自由世界の中で 1 つの特徴でありまして、参考までに図 1 に日本、アメリカ、西ドイツの部門別消費構成を示しておきます。

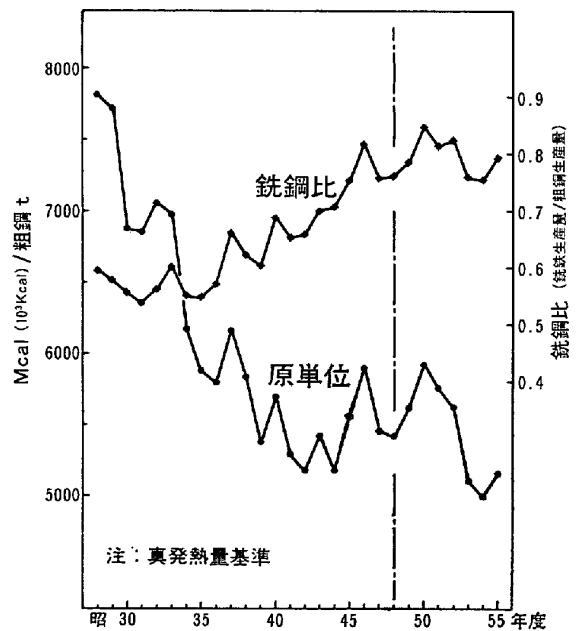
我が国が消費するエネルギーの中で石炭が占める割合は昭和 54 年度まで年々減少してきて、現在ではその大半が鉄鋼用の原料炭であることは御承知のとおりであります。

図 2 で鉄鋼業が使用するエネルギーの種類別構成比の推移をみますと、石炭系燃料が 70~60% と大半を占め、石油系燃料は 10~20%、残りが購入電力となっています。この図から第 1 次石油危機後石炭系燃料の比率上昇と石油系燃料比率低下の様子がよくわかります。その石炭の絶対量は粗鋼生産量の増加に伴って増え、昭和 48 年度に約 6500 万 t に達した後ほぼ横ばいを続けています。石油系燃料の絶対量は昭和 48 年度に約 1550 万 kl とピークに達した後下降しつつありますが、その理由については後で述べることにいたします。(注：共同火力向副生ガスは石炭系燃料に、LNG は石油系燃料にそれぞれ含む。以下同じ)

図 3 は石油系燃料の粗鋼 t 当たり原単位推移ですが、下の方に内訳として平炉用燃料重油と高炉吹込み用重油を示しておきました。平炉鋼 t 当たりの原単位は増加の一途をたどっていましたが、平炉鋼生産比の減少によって漸減し昭和 52 年度にはゼロになっています。また、高炉吹き込み用重油は昭和 46 年度をピークに減少し、昭和 56 年度にはほとんどゼロになっています。

2.2 粗鋼 t 当たりエネルギー消費動向

次に鉄鋼業におけるエネルギー消費の代表的指標であ



出所：総合エネルギー統計，鉄鋼統計月報等から作成  
 図 4 粗鋼 t 当たりエネルギー原単位推移

る粗鋼 t 当たりの原単位変化について申し上げます。図 4 に昭和 28 年度以降の推移を示しましたが、昭和 28 年度の 7808 Mcal から第 1 次石油危機が発生した昭和 48 年度には 5409 Mcal まで低下しております。第 2 次大戦前後の 10 Gcal 時代を思い起こしますと隔世の感がするわけですが、仮に昭和 28 年度を基準にしますと約 20 年間で 2399 Mcal、約 30% と大幅削減が達成されたこととなります。その間、鉄鋼比が 59.6% から 76.0% と約 16% 上昇していることを考えますと実質的にはもつと削減努力が図られたことになるでしょう。

これでおわかりのように、日本鉄鋼業は以前からエネルギーの効率的使用を重要課題の1つとして実行してきました。ただ戦後の日本鉄鋼技術の近代化は、量的拡大と生産性の追求という背景の上に立つて進められてきたものでありまして、例えば高炉では炉容拡大や出銹比増に支えられた燃料比の低減であり、製鋼では平炉から転炉への移行に伴うエネルギー効率の向上であつたと思えます。このことについては、さらに後述しますが特に石油危機後の低操業下におけるエネルギーコスト低減や石油エネルギーの代替対策などの技術開発とは多くの点で基盤条件が異なつているという意味で重要であります。

さて、石油危機前 20 年間の大幅なエネルギー原単位低減要因を新日鉄の解析例で説明いたします。図 5 は昭和 28 年を基準に銹鋼比のみ補正したものです。昭和 28 年の粗鋼 t 当たり原単位 9 610 Mcal が昭和 48 年に 6 170 Mcal と 20 年間に 3 440 Mcal、約 36% 低下しています。その低下要因と影響度は、高炉燃料比の低減 46%、平炉の熱効率改善 18%、平炉から転炉への移行 15%、その他圧延技術の改善等各種の努力 21% となつています。この解析例から類推して日本鉄鋼業の原単位低減要因も大きく分けて、高炉燃料比低減に代表される製銹技術の進歩と平炉の転炉化という製鋼技術の進歩、以上 2 点が大きく寄与していると言つてよいと思えます。

低下要因の 1 つである高炉燃料比の低減は高炉内容積

の拡大と出銹比の上昇に示される生産性向上と不可分の関係で追求されてきました。その意味で高炉燃料比低減を支える技術の進歩は、高炉操業技術そのものの進歩と言えます。すなわち、昭和 20 年代に始まる装入原料条件の改善、昭和 30 年代に始まる送風諸条件の改善と重油の吹き込み、昭和 40 年代に始まる炉内反応の解明と科学的管理への移行、等を通じて世界に誇り得る低減を残し得たわけでありませう。

2 つ目の要因である平炉から転炉への移行については図 7 の製法別粗鋼生産構成推移を見ると判然とします。昭和 20 年代に粗鋼生産の 80% 以上を占めていた平炉

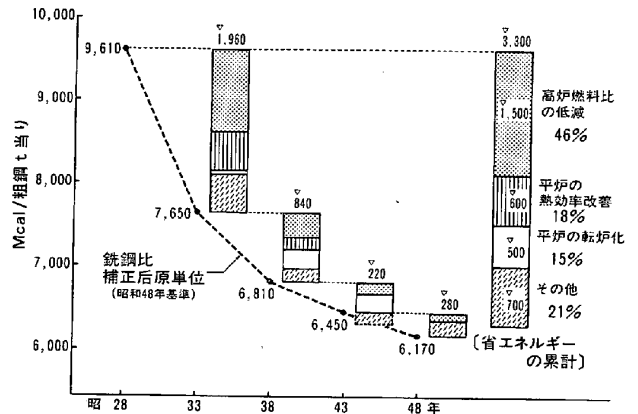
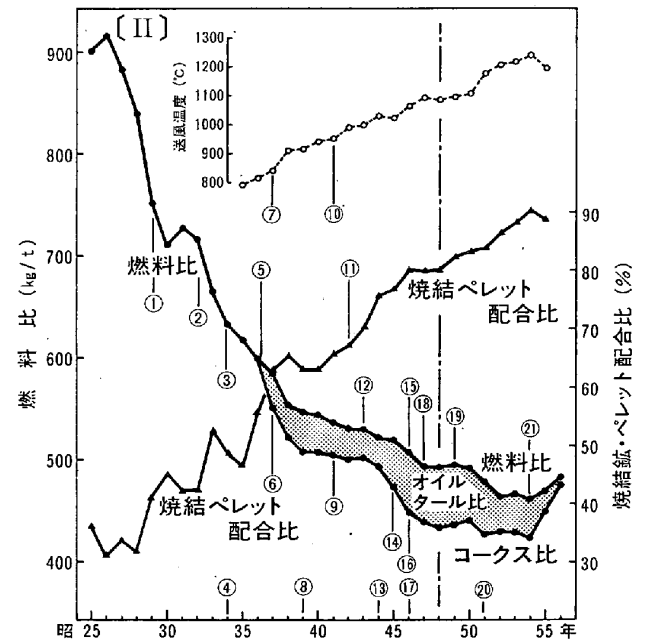
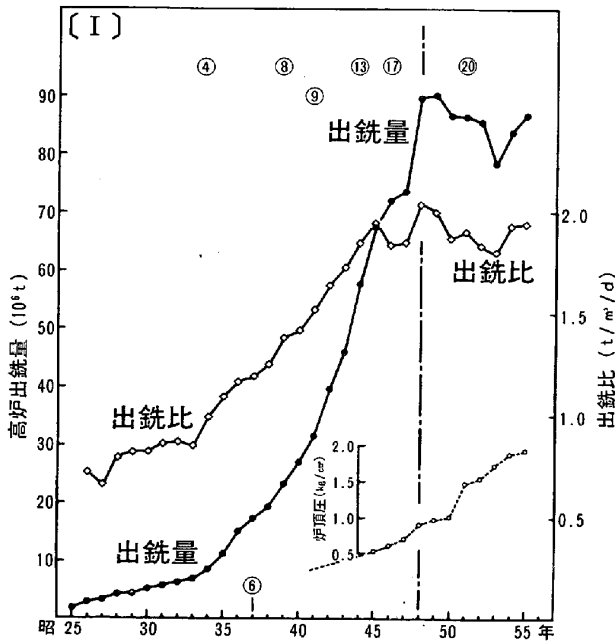


図 5 石油危機前 20 年間の要因別省エネルギー (新日鉄の例)



出所：鉄鋼連盟資料等から作成  
注：主要な製銹技術

- ①昭 29 年 鉄銹石の整粒強化
- ②昭 32 年 自溶性焼結銹の開発
- ③昭 34 年 自溶性焼結銹への大幅転換使用
- ④昭 34 年 大型高炉の稼働 (戸畑 1BF 1 603m<sup>3</sup>)
- ⑤昭 36 年 重油の吹き込み開始
- ⑥昭 37 年 高圧操業の開始 (東田 1BF)
- ⑦昭 37 年 送風温度の上昇開始
- ⑧昭 39 年 2 000m<sup>3</sup> 級高炉稼働 (名古屋 1BF 2 021m<sup>3</sup>)
- ⑨昭 41 年 高圧操業の普及
- ⑩昭 41 年 高温熱風炉の増設
- ⑪昭 42 年 ベレットの高配合実施
- ⑫昭 43 年 酸素富化操業の普及
- ⑬昭 44 年 3 000m<sup>3</sup> 級高炉稼働 (福山 3BF 3 016m<sup>3</sup>)
- ⑭昭 45 年 コンピュータ制御開始
- ⑮昭 46 年 成型炭配合合法開始
- ⑯昭 46 年 重油の多量吹き込み
- ⑰昭 46 年 4 000m<sup>3</sup> 級高炉稼働 (福山 4BF 4 197m<sup>3</sup>)
- ⑱昭 47 年 装入物分布制御の本格化
- ⑲昭 49 年 脱湿送風開始
- ⑳昭 51 年 5 000m<sup>3</sup> 級高炉稼働 (鹿島 3BF 5 050m<sup>3</sup>)
- ㉑昭 54 年 オイルレス操業への移行

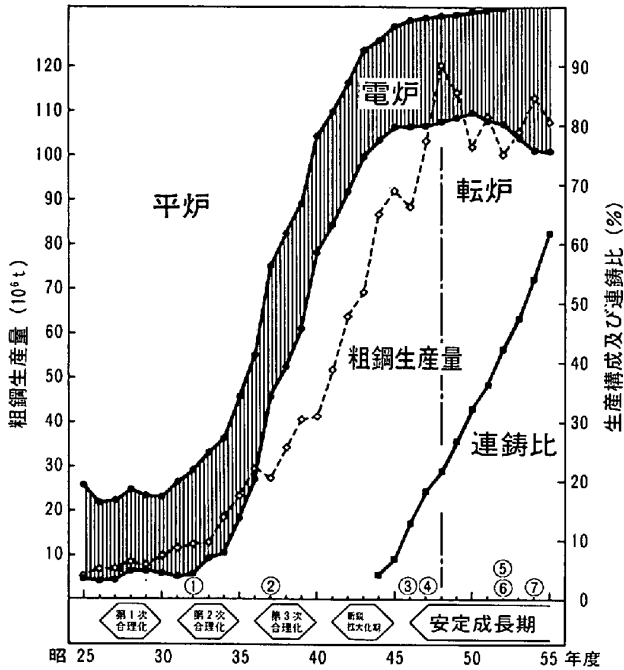
図 6 わが国製銹技術の進歩

法は昭和 40 年代の後半でほとんどその姿を消し、20 年間で生産性の高い転炉法にとって変わりました。なお、その間電気炉法も約 5% 比率を伸ばしています。前述したように平炉における熱効率の向上と続く転炉への移

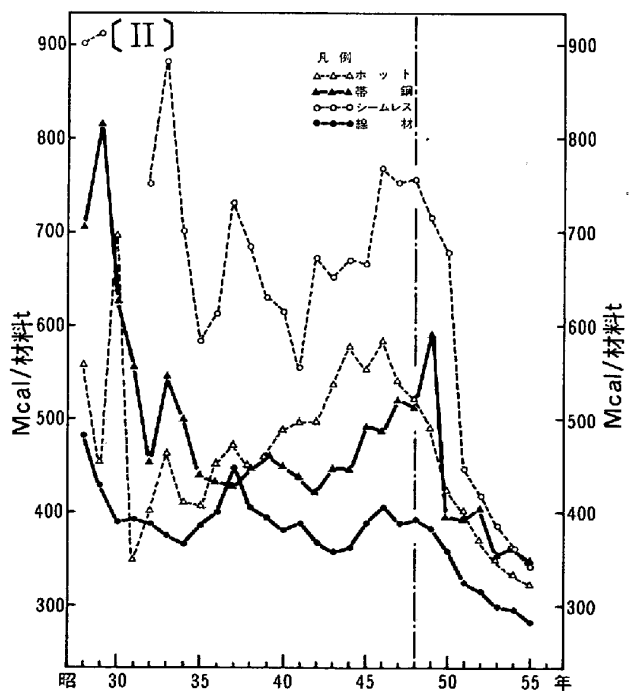
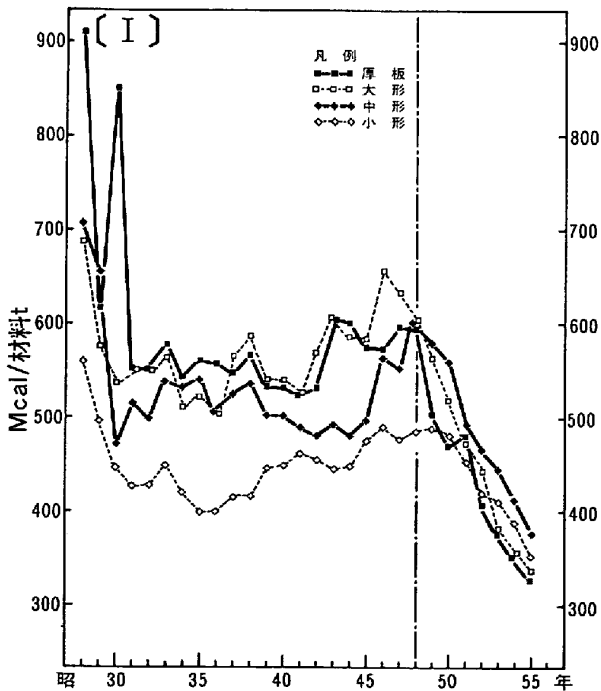
行は、それぞれ精錬工程における熱効率を大幅に改善したことになるでしょう。平炉の熱効率改善は、副生ガス燃焼法の改良、重油燃料使用法の合理化、酸素発生機の大型化を含む酸素大量使用等によるものではありません。また転炉への移行による改善としては、炉構造そのものの違いと精錬時間の大幅短縮による放散熱の減少、加熱・伝熱方式の変更による伝熱効率の向上が主な要因であります。さらに転炉では転炉ガス (LDG) の回収も行われています。

転炉以外として電気炉も補助燃料や酸素の使用などにより生産性を向上させつつ省エネルギーを進めてきましたが、生産構成の伸びが 20 年間で 5% 程度ですから全粗鋼 t 当たりのエネルギー減少は約 300 Mcal 以下、10% 程度の寄与率と推定されます。連続铸造の影響も、その比率が昭和 48 年度 21.5% ですので全体への効果はわずかであつたと思います。

次に圧延工程の消費エネルギーについて触れておきます。圧延工程のエネルギー原単位は必ずしも減少傾向を示していません。その主体を占める加熱炉燃料原単位は、基本的に炉の設計熱効率で支配されますし、加えて増産要請に応じて t/h の増加等があつたわけでありまして、もちろんその間燃焼管理の強化は行われましたが効果としてはそれ程大きくなかつたと考えられます。(図 8 I・II 参照) また、電力についても高生産性追求の結果、素材の大型化、圧延スピードの高速化、ロールの大径化、それに伴う冷却の強化、デスケリング等むしろ電力原単位は増加要因が多く、低減要因として一部電源変

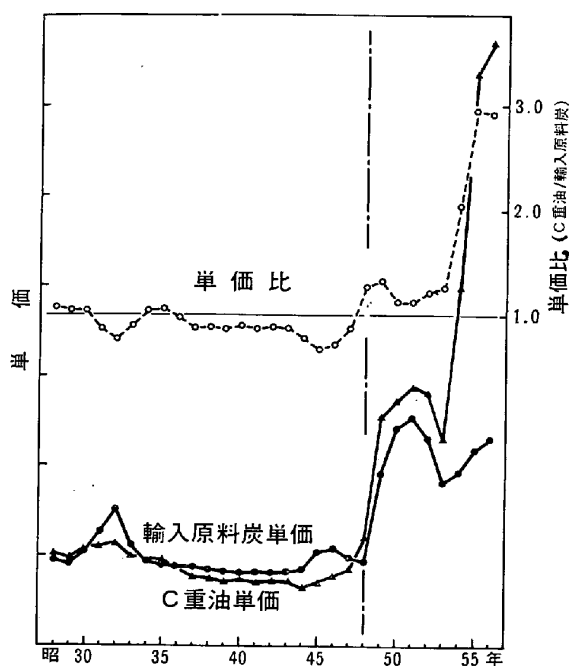


出所：鉄鋼統計要覧，鉄鋼統計月報から作成  
 ①昭32年 LD 転炉導入 (洞岡 50 t) ②昭37年 OGシステム開始 (戸畑 150 t) ③昭46年 大型LD稼働 (君津 300 t) ④昭47年 大型LD稼働 (大分 340 t) ⑤昭52年 平炉による生産終息 ⑥昭52年 Q-BOP稼働 (千葉) ⑦昭54年 転炉複合吹錬化(各社)  
 図 7 わが国の製法別粗鋼生産構成と連铸比推移



出所：鉄鋼連盟資料から作成

図 8 鋼材加熱炉燃料原単位推移 (鉄鋼業平均)



出所：鉄鋼統計要覧等から作成

図9 輸入原料炭とC重油の等熱量単価推移

換効率の向上やアイドルタイムの短縮などありましたが必ずしも減少しているとは限りません。

### 2.3 エネルギー価格の動向

ここでエネルギー価格について振り返ってみたいと思います。安くて非常に使いやすい燃料として登場した石油は、第1次石油危機が発生するまで日本鉄鋼業の成長を支えた陰の力と言っても過言ではありません。図9の下の方は輸入原料炭とC重油について、等発熱量当たりのCIF単価を示したもので、まず石油危機以前の長期間にわたる安定推移が特徴的であります。上の方は単価比でC重油/原料炭で表示しましたが、C重油が少なくとも原価的に長期に亘って有効な効率のよいエネルギーであったことを示しております。

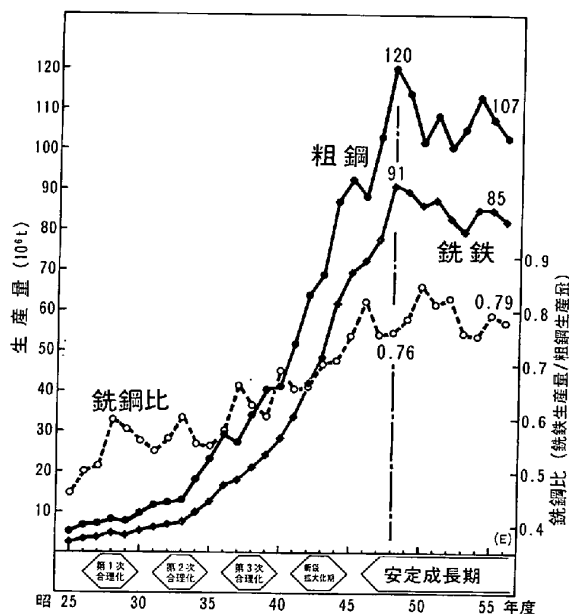
## 3. 第1次石油危機以後の対応とエネルギー消費

第1次石油危機以前のエネルギー推移の概要は以上のとおりですが、次いでそれ以後の説明に移ります。

### 3.1 第1次石油危機への対応

#### 省エネルギー対策への迅速な取り組みとその成果

日本経済の順調な伸びに支えられて設備増強の気運にあつた鉄鋼業は、第1次石油危機に見舞われるや急激な経済沈滞とエネルギーコスト高騰というダブルパンチに正面から対決することとなりました。図9で示したように昭和48年度から昭和53年度のC重油価格をみると2~3倍になつています。これによつて原料炭も少なからず影響を受けましたが、単価比でみると石油危機以前に1以下であつたものが、1.1~1.3倍と逆転しております。一方、粗鋼と銑鉄の生産をみると図10にあるよ

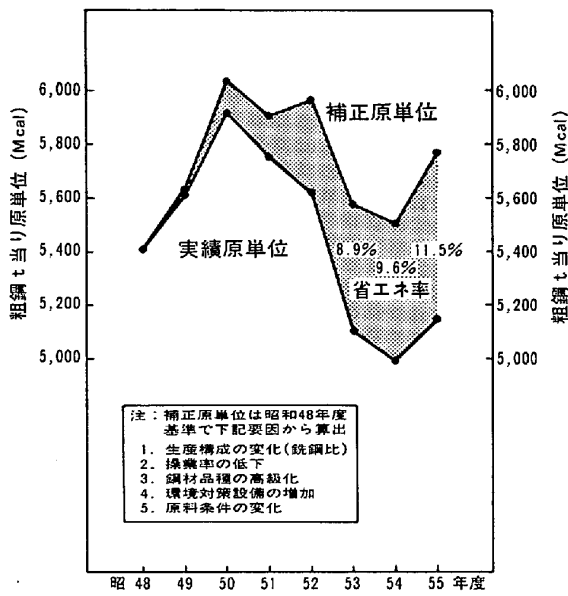


出所：鉄鋼統計要覧，鉄鋼統計月報から作成

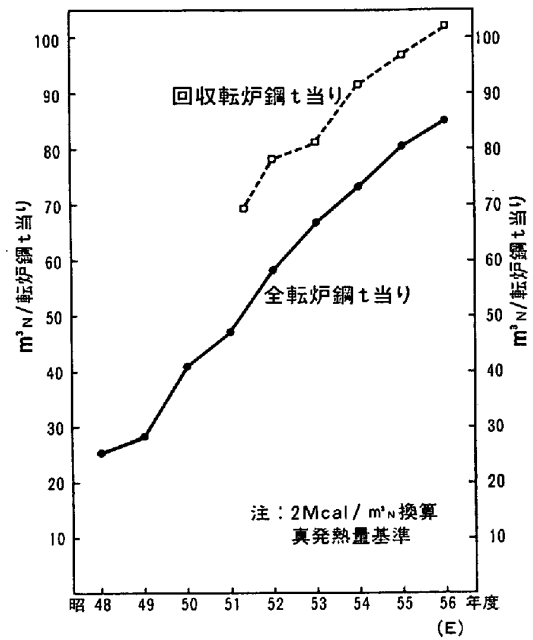
図10 わが国の粗鋼と銑鉄生産量推移

うに昭和49年度以降の減産で、いわゆる“70%操業時代”に移行したわけであります。経済の沈滞と減産への急激な移行は、生産性重視で企画された鉄鋼設備構造のもつ諸種のコストアップ要因を顕在化させましたが、エネルギーもその大きな要因の1つであります。低操業によるエネルギー原単位の悪化と石油危機に伴うエネルギーコスト自体の上昇は、エネルギー多消費産業である鉄鋼業にとつて大きなコストプッシュになつた訳で、省エネルギーへの取り組みが正に経営上の大きな課題となりました。事実、鉄鋼各社は他業界に先がけて昭和49年早々から社長の年頭方針などを通じ省エネルギー推進の決意を表明しました。このような迅速な行動力が日本鉄鋼業の特色の1つでありまして、国際競争力維持の大きな原動力にもなつていと思つております。各社の省エネルギー目標や活動期間は区區でしたが、到達すべき目標の明確化とそのフォロー体制の確立、従業員1人1人に対する意識の徹底、あるいは計数的な管理体制の確立といったこの種の活動に必要なキーポイントにはそれぞれ留意をしました。

以上のような取り組みの結果、悪条件にもかかわらず図11の下の方の折れ線で示す原単位と斜線で塗り潰した省エネルギー成果をあげました。すなわち、実績原単位として昭和48年度を基準に昭和55年度までの7年間に、粗鋼t当たり5409Mcalから5148Mcalと名目上4.8%低下しました。上の折れ線は、各年の生産構成等が昭和48年度と同じで、もし省エネルギー努力がなかつたと仮定した場合の補正原単位であります。この補正原単位と実績原単位との差、つまり実質的に原単位の悪化を抑え得たという意味での省エネルギー率は、昭和55年度で11.5%となつております。



出所：鉄鋼連盟資料から作成  
 図11 粗鋼トン当たりエネルギー原単位と省エネルギー率推移 (全国平均)



出所：鉄鋼連盟資料から作成  
 図13 転炉排ガス [LDG] 回収原単位推移 (鉄鋼業平均)

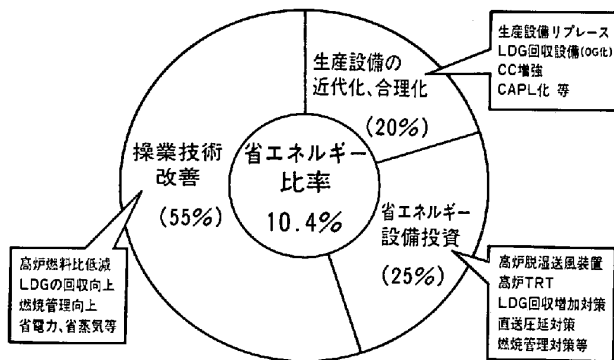
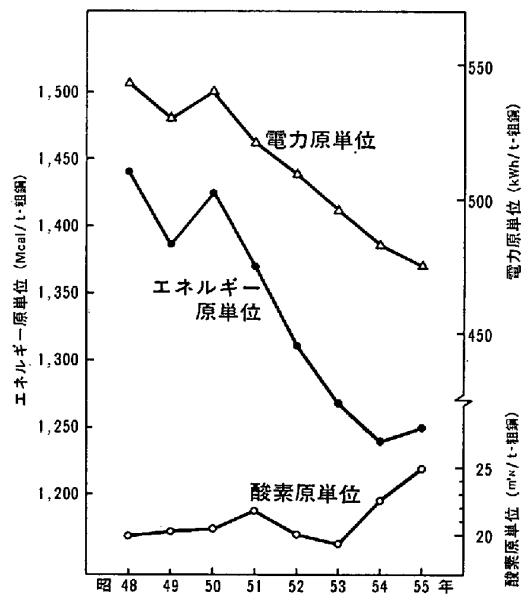


図12 省エネルギー対策別の寄与率 (昭和53年度新日鉄の例)

次に省エネルギー成果の内容について説明します。図12は省エネルギーの手段を3つに分けて、それぞれの寄与率を新日鉄が解析した例で示したもので、昭和49年度から昭和53年度上期まで4.5年間の実績であります。省エネルギー率10.4%に対し全体を100として、操業技術の改善によるもの55%、省エネルギー目的の設備投資によるもの25%、生産設備の近代化や合理化によるもの20%となっており、操業技術の改善いわゆる操業努力による効果が非常に大きかったのであります。おそらく日本鉄鋼業全体でも省エネルギー取り組みの初期段階では、このように操業技術改善の寄与率がかなりの比重を占めていたと考えられますが、その後はしだいに設備対策への依存度が大きくなっていると思います。省エネルギー対策の実施に際して大切なこととして、次の2点があげられます。

第1は省エネルギー手段のいかに問わず、対策実施

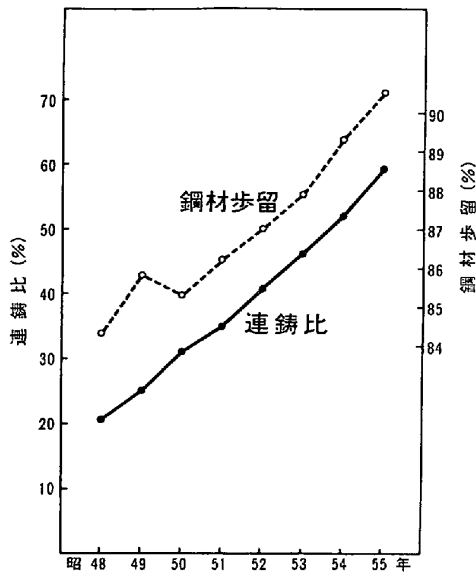


出所：鉄鋼連盟資料から作成  
 図14 電気炉の主要エネルギー消費推移(全国平均)

前後のエネルギーフローの変化を正確に把握することで。

第2は設備投資に際して、あらかじめ操業条件を整備し、改善を優先させて投資効果をより確実なものにすることです。

さて、これまで数多くの対策を実施した結果、全国的に見て成果の大きかった部門別エネルギー原単位推移として、高炉燃料比推移—図6〔II〕、転炉排ガス(LDG)回収原単位推移—図13、電気炉の主要エネルギー原単位推移—図14、鋼材加熱炉燃料原単位推移—図8〔I〕



出所：鉄鋼連盟資料から作成  
図15 連続铸造比と鋼材歩留りの推移(全国平均)

〔Ⅱ〕をそれぞれ御参照下さい。この他として少し視点が変わりますが、鋼材歩留りの向上もまた省エネルギーに大きく影響するはずであります。しかし、これについての確かな資料のないのが残念です。図15に示すように、昭和55年の連続铸造比が昭和48年に対し約40%上昇していますが、鋼材歩留りも平行に向上していきますので、従って大きな実質的省エネルギーになっていると考えております。

3.2 第2次石油危機への対応

石油代替エネルギー対策の加速

図9で示したように第1次石油危機をほぼ乗り切った直後の昭和54年に発生した第2次石油危機で再び石油価格が大幅高騰、単価比が2~3と上昇してC重油と原料炭価格が大きく乖離しました。(図9参照)このことは日本鉄鋼業が省エネルギー対策強化と抜本的脱石油対策に取り組む契機をつくつたと言えます。

その脱石油対策として、まず鉄鋼業が消費する石油系燃料の約30%を占める高炉吹き込み重油の全面カットが検討されました。高炉への重油吹き込みを停止しますと、御承知のように生産性が多少低下すること及びコークス比が上昇しますが、たまたま高炉、コークス炉は減産下により余力がありましたので踏み切ることができました。表1でおわかりのように昭和54年以降全国的に高炉オイルレス操業に移行、昭和56年末には1基を残してオイルレス化が完成しています。なおタールは石炭系燃料ですからタール吹き込みへの切り替えも脱石油の有効な手段であります。

高炉がオールコークス操業に移行しますと製鉄部門全体の消費エネルギーは増加しますが、コークスの使用が増加するためコークス炉ガス(COG)と高炉ガス(BFG)が増発生すること、さらに高炉操業条件の面から送風温

表1 高炉オイルレス操業の推移(全国計)

オイルレス高炉基数	オールコークス	1	1	3	24	34
	タール吹込	8	6	2	6	9
オイルレス計	9	7	5	30	43	
稼働高炉基数	58	52	44	44	44	
	昭48年末現在	昭50年末現在	昭54年末現在	昭55年末現在	昭56年末現在	

操業項目		オイル吹込み	オールコークス
高炉燃料比 (kg/t-p)	コークス比	410	480 (+70)
	オイル比	50	0 (-50)
	計	460	480 (+20)
製鉄部門エネルギー消費増 (t/t-s)	COG・BFG発生増	213	238 (+25)
	消費増		-5 (-5)
	計		+20 (+20)
オ削減効果 (t/t-s)	圧延・ボイラー用オイル		(代替) 20
	高炉吹き込みオイル		(削減) 52
計			72

注：1. 製鉄部門エネルギーは重油換算した。  
2. 鉄鋼比は1とした。

図16 高炉オールコークス操業時のエネルギー変化

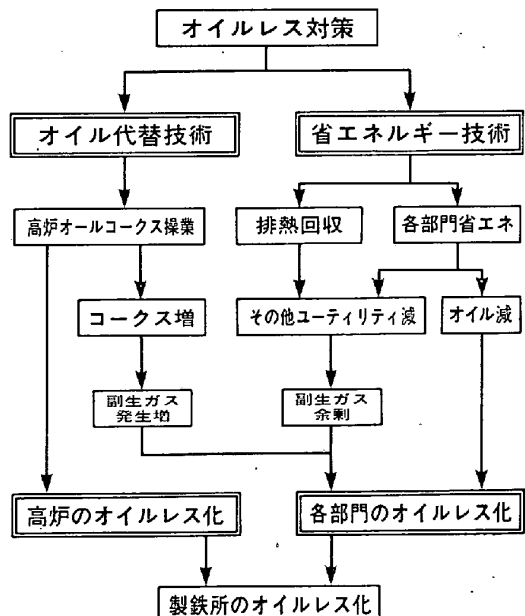
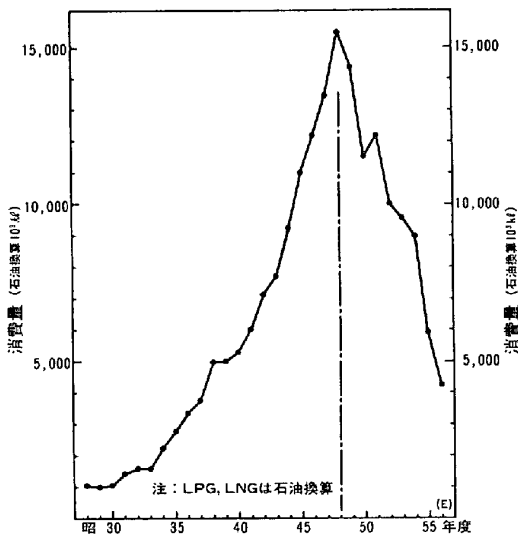


図17 一貫製鉄所におけるオイルレス化のしくみ



出所：総合エネルギー統計及び鉄鋼統計要覧から作成  
 図18 鉄鋼業の石油系燃料消費量推移

度を下げるため熱風炉の燃料が減少しますので製鉄部門の COG, BFG が相対的に余剰になってきます。これら余剰副生ガスを後工程で使用している石油系燃料と置換することによつて、2重に省石油が図れるわけであり、図16の例では、鉄鉄t当たり50kgの重油カットと余剰副生ガスの利用によつて、粗鋼t当たり72lの石油系燃料削減が図れるとしております。図17は、以上述べた一貫製鉄所におけるオイルレス化の“しくみ”を簡単なフローにしたものです。このように一貫製鉄所におけるオイルレス操業と鉄鋼業全体の省エネルギー努力によつて、第2次石油危機以降石油系燃料(LNGを含む)の消費量は昭和53年度の966万kl、54年度897万klから56年度にはおそらく430万kl程度になると予想しています。ちなみに、48年度の消費量1548万klに対し8年間で約1/4に低減することになります。

4. 今後の課題—確立が急がれる技術

以上、石油危機以前と以後に分けて、日本鉄鋼業におけるエネルギー使用の変遷を展望してきましたが、これらの経験をふまえて今後はさらにエネルギーという視点に立つた鉄鋼技術の近代化、体系化が進められる必要があると考えます。この目的にそつて確立が急がれる技術を3つ取り上げてみたいと思います。

4.1 操業技術の極限への挑戦

高炉オイルレス操業の安定化

まず第一は高炉のオイルレス操業、特にオールコークス操業の安定であります。昭和54年以降高炉各社は急速にオールコークス操業に移行しましたが、各社とも程度に差はあれ操業が不安定化し、従つて燃料比の悪化を経験しました。図19に示すようにオールコークス操業

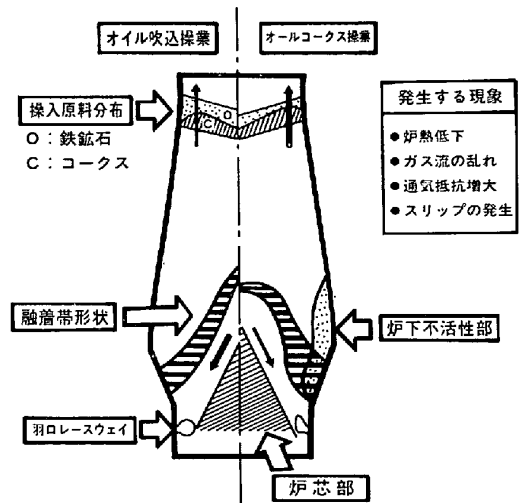


図19 オールコークス操業とオイル吹き込み操業の炉内プロフィール

の特性を重油吹き込み操業と対比してみると、熱流比†の上昇による融着帯の降下傾向、Ore/Cokeの低下による炉内ガス流れの不安定、羽口先での燃焼コークス増加に関連して生ずる炉下部の不安定などが操業解析を通じて確認されています。その結果、炉熱の低下、ガス流れの乱れ、通気抵抗の増大、スリップの発生などが生ずることが分かってきました。従つてオールコークス操業安定化のためには、このような炉内状況変化を十分認識して装入物そのものの一層の改善はもちろ、炉内情報量を増やし、早期アクションをとることが必要であります。具体的アクションとしては、我々が従来から行つてきた処置と比べ大差はありませんが、さらにきめ細かい装入物の粒度分布制御、低スラグの高被還元性焼結鉱の使用、送風湿分の適正化等があげられます。高炉操業の基本はオールコークス操業に限らず炉況安定が第1課題であり、この炉況安定というベースがあつて初めて本来の目的である還元効率向上のための諸手段がとれる訳です。オールコークス操業は、炉内の物流、熱流の両面から、重油使用時に比べ操業悪化要因を抱えているという意味において1つの挑戦だと考える次第であります。私は日本における一貫製鉄所の中期エネルギー需給構造を考える時、この悪条件を乗り越え、高炉燃料をさらに削減する技術確立が原点だと思つています。別な言い方をしますと、この機会に高炉操業技術のレベルアップをすることが取りも直さず次の技術飛躍につながるということがあります。最近COM吹き込み、微粉炭吹き込み(PCI)等が開始されました。これらの技術も炉況制御の向上、またエネルギー資源選択の自由度増大化という長期的視点からみて積極的に研究すべき事項であると考えます。

† 熱流比：ガスが装入物を昇熱する能力を示す指数で  

$$\frac{\text{装入物熱容量}[\text{kcal}/^\circ\text{C}]}{\text{ガス熱容量}[\text{kcal}/^\circ\text{C}]}$$
と定義。



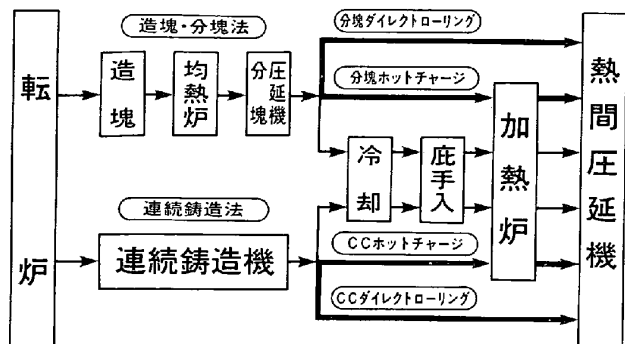


図20 転炉-熱間圧延の直結

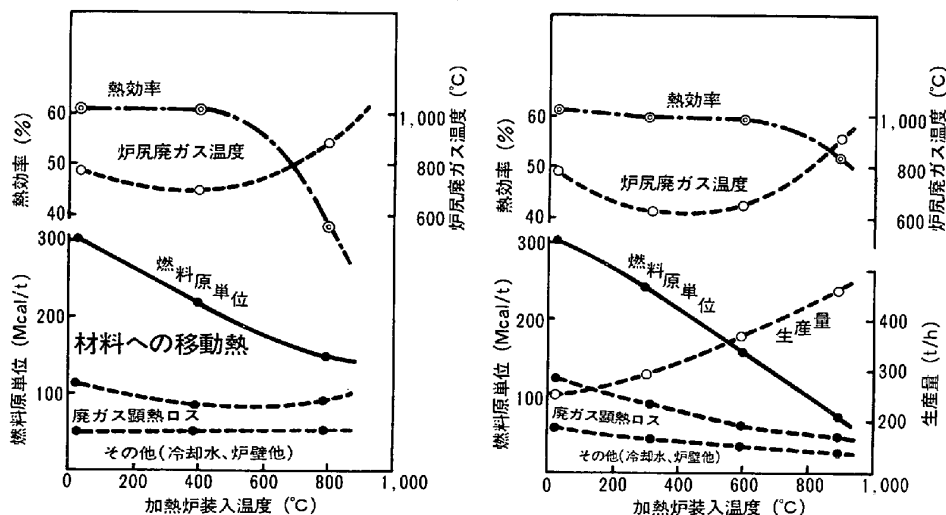
4.2 工程直結技術の完成  
熱間直送圧延の拡大

第2は工程直結技術の代表として、熱間直送圧延技術の拡大があり、石油危機以降圧延工程を代表する省エネルギー技術として急速に普及してきました。従来は、材料を加熱炉に装入する前に表面疵を除去する必要があること、圧延スケジュール調整のため材料の順番を入れ替える必要があることなどから、鋼片をほぼ常温まで冷却し貴重な熱エネルギーを放散していました。この熱を加熱炉の入熱として利用する方法を“ホットチャージ”，材料の温度が次工程の圧延に見合つて十分に高く、加熱を必要としない場合を“ダイレクトローリング”と呼んでいます。これらは図20のように造塊法、連続铸造法のいずれでも採用されております。ホットチャージにおける対象比率の増大と加熱炉装入温度の上昇は向上の一途をたどっていますが、単なる材料熱の利用という視点から、更に積極的に前工程で材料に疵を発生させない技術、並びに前工程を含めた総合的な材料スケジュール管理技術への挑戦によつて初めて完成し得る技術であると思います。図21にホットストリップミル加熱炉にお

けるホットチャージの例を示します。[I]のt/h一定を前提とした場合、燃料原単位は材料の装入温度上昇ともなつて向上しますが、加熱炉の特性として廃ガス温度が上昇し、炉の熱効率としては低下していきます。ただし実際は[II]のとおり材料装入温度を上げることによりt/hが上昇、燃料原単位の大幅向上という関係になります。なお、高温用レキュペレータ採用により熱回収を強化すれば、さらに燃料原単位低減が図れますので、ホットチャージを指向した加熱炉の開発も行われています。

ホットチャージ技術は、以上のように単に加熱炉に関する技術だけでなく、前後工程の操業、品質、工程管理、メンテナンス等を含めた総合技術として認識されなくては、その実質的向上は図れません。

ダイレクトローリングは更に多くの問題を含みます。今後の連続铸造の普及を考えた場合、将来のターゲットとして設定すべきことは、転炉-連続铸造-熱間圧延を結ぶオールダイレクトローリングシステムでしょう。在来の連続铸造機は出片温度が低いので高温出片型連続铸造機の開発も必要であります。また転炉の出鋼タイミングとマッチさせるための製錬技術や材料品質設計の思想整備も必要です。私は、この直送圧延技術にエネルギー制約時代における技術近代化の典型を見る思いがいたします。直送圧延技術の最終目的は、必要エネルギーを最小化することであり、歩留り、品質、コスト面で種々メリットが期待できます。またこれは工程直結化への道であり、製鉄プロセス one-heat 化への挑戦でもあります。このような省エネルギーに端を発した技術への挑戦を通じて省エネルギー以外への波及技術、例えばコークス乾式消火(CDQ)におけるコークス品質向上の可能



[I] 生産量(t/h)一定の例  
[II] 燃料原単位が最小になる t/h の例  
図21 ホットストリップミル加熱炉の装入温度上昇と燃料原単位

性、ホットチャージにおける疵減少技術の進歩、新しいプロセスメタラジー上の改善といった諸技術が今後も育つてくることと思われ、またこれを見逃すべきではありません。こういう視点を通じてこそエネルギー制約時代に対応できる技術高度化の芽が育つてくるものと信じています。

4.3 排熱回収技術の開発

未利用排熱の回収・利用

第3は排熱回収技術についてであります。省エネルギー

設備対策の内容がしだいに排熱回収型に移行しつつある様子を、図22に示すように代表的な大型排熱回収設備設置例として高炉頂圧発電(TRT)、高炉熱風炉排熱回収、コークス乾式消火(CDQ)、焼結クーラー排熱回収の4設備でみますと昭和53年度から急速に普及していることがわかります。これらの効果を粗試算しますと昭和57年度見込みで消費エネルギーに対し約3%になります。ちなみに、この内電力で回収しているものを合計すると高炉メーカー消費電力の約8%で、中規模一貫製鉄所の全所要電力に相当します。

さて、一貫製鉄所で消費されるエネルギーの40~50%が排エネルギーと言われております。このうち温排水の様に回収技術があつても経済面から放置されているものが多くある反面、高温エネルギーであるにもかかわらず有効な回収技術がないため利用されていないエネルギーも決して少なくありません。図23に一貫製鉄所の一例として、粗鋼t当たり総排熱量2280Mcalの内訳を示しますが、縦軸は排熱温度、面積は熱量を、さらにそれぞれの柱に有効な回収技術がある領域と開発中の領域が表してあります。図からスラグ、転炉ガス(LDG)、コークス炉ガス(COG)、ホットコイル、焼結鉱、高炉ガス(BFG)の顕熱回収を開発中であることがわかります。この分類では、有効な既存回収技術のあるもの300Mcal、技術開発中のもの380Mcal、合計680Mcal、総排熱量に対し約30%に近い将来経済的回収範囲に入る可能性を示唆しています。排熱の30%は消費エネルギーの約12%に相当します。これをみても、今後いかに経済性のある排熱回収技術を開発するかが省エネルギー推進上のkeyになると思っています。

排熱回収設備の設置基数

設備	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	計
高炉頂圧発電	0	1	1	3	0	10	7	6	4	(1)	0	33
高炉熱風炉排熱回収	1	0	0	0	1	4	16	9	2	(1)	0	34
コークスドライクエンチング	0	0	1	5	3	3	0	0	5	(2)	(2)	21
焼結クーラー排熱回収	0	0	0	0	0	3	3	1	3	(4)	0	14

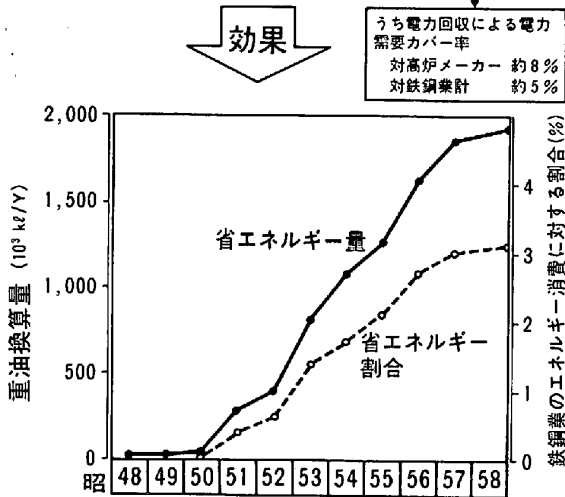


図22 大型排熱回収設備の設置推移(全国計)

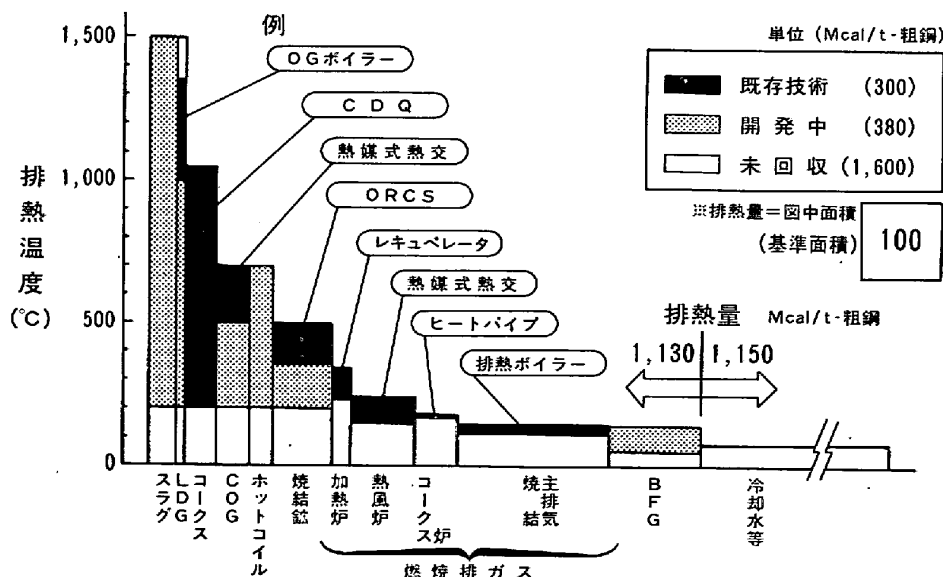


図23 一貫製鉄所の主要排熱の状況と利用技術

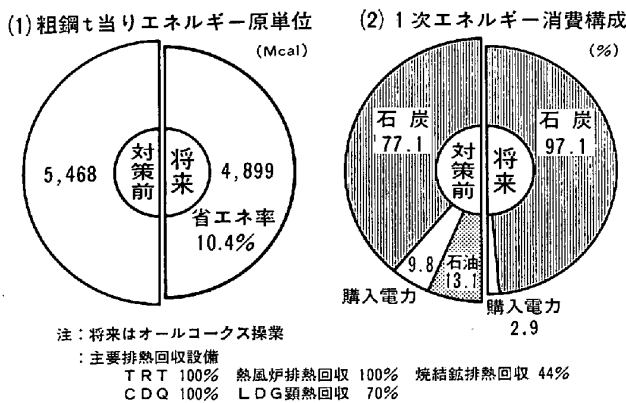


図24 一貫製鉄所におけるエネルギー需給構造の変化例

### 5. 今後の課題—エネルギー需給構造変化への対応

中期的なもう1つの課題として、一貫製鉄所におけるエネルギー需給構造変化への対応があります。省エネルギー及びオイルレス操業の進展による一貫製鉄所の基準的パターン例として、オイル減、余剰副生ガスによる自家発電増と購入電力減、その結果購入1次エネルギーは石炭(場合により一部コークス)と少量の電力(酸素等を含む)のみになるということであり、図24は、ある一貫製鉄所の例で、現状からオイルレス化と10%の省エネルギーが達成された場合の購入1次エネルギーの様子を示したもので、石炭97.1%、オイル0%、購入電力はわずか2.9%となつています。このように移行してきますと、一部貯蔵可能な液体燃料が無くなること、あるいは回収エネルギーの増加により、生産変動対応のためのエネルギー需給調整機能強化が要求されてきます。今後は、生産管理機能と直結したエネルギー管理機能向上が非常に重要な問題となつてくるでしょう。

日本における幾つかの一貫製鉄所は、すでに図24右側半円のような状態近くになつています。こういう状態で省エネルギーがさらに進展しますと購入1次エネルギーが石炭のみとなり、加えて副生ガス、回収ユーティリティ等回収エネルギーの余剰が生ずるという問題が考えられます。従つて、これらの中期的課題に対する検討を速やかに開始すべきと思います。副生ガスの余剰については次のような方策が考えられ、その中には既に試みられているものもあります。(1)はメタネーションを含め

た都市ガスとしての利用です。(2)は化学原料としての利用で、将来のC<sub>1</sub>化学原料として検討されていますが、採算性とソースの規模に課題があると思います。これらとは逆に副生ガス発生抑制という考え方もあり、微粉炭やコークス炉ガスの高炉吹き込み等は石炭の節約という意味でも現実的な方法であります。次に余剰回収ユーティリティについては、中長期的に低温排熱エネルギー利用と不可分の関係であり、地域暖房等を含め国全体の省エネルギー政策としての問題でもあると思つています。

さて鉄鋼業を始め、電力業、セメント業などが重油から石炭へ転換を進めていることにより、石炭への依存度が急上昇していますが、鉄鋼業として石炭使用の合理化対策も考えなければなりません。その対策として短期的には、基本的に高炉燃料比の低減で、前述したように高炉炉況安定化は勿論、例として微粉炭、石炭・重油混合燃料(COM)等に代表される羽口からの吹き込み技術拡大があります。中長期的には、石炭の使用品種に弾力性を持たせる研究開発として、成型コークス製造法、成型炭配合法、予熱炭装入法等の技術拡大はもちろん、その他の有効なエネルギーの使用技術開発が大きな課題になつてくることと思つています。

### 6. む す び

日本鉄鋼業は以前からエネルギー使用の合理化に積極的に取り組んできましたが、石油危機を契機に、その技術基盤を高生産性の追求から低操業的省エネルギー技術へ転換することになつたわけであり、これにより2度に亘る石油危機の大試練を乗り越え、世界に誇り得る鉄鋼技術水準と国際競争力が引き続き維持できました。これは基盤変化に対する認識と科学的な対応の姿勢があつたからであります。その意味で、第1次石油危機までの生産性の追求を柱とした日本鉄鋼業の近代化に対し、エネルギー制約時代における今後の近代化への道を拓くには、石油危機を通じて得た多くの経験を整理、分析、再構築することから始める必要があると考えます。世界の鉄鋼業も我が国と同様なエネルギー情勢を迎えつつあり、エネルギー対策技術の先輩である日本に技術授助を求めています。

今後、各位の広い視野に立つた対応を期待いたしますと共に日本鉄鋼業の一層の発展を祈りながら私の講演を終わらせていただきます。