

■ 論 説 ■

鉄鋼業におけるエネルギー問題

Energy Problems in the Steel Industry



藤 浦 正 巳*
Masami Fujiura

1 ま え が き

世界経済は資源・エネルギー・食糧問題など様々な不安定要因をかゝっている。とくにエネルギー問題は先の一次・二次の石油危機が示したように、資源自身の有限性だけでなく、政治問題もからんだ複雑な問題として我々の対応を必要としており、将来に亘って永続する課題として、長期的展望の上にしたった対策が必要である。

鉄鋼はその原料・エネルギーの殆んどを輸入にたよっているため、原料・エネルギーの円滑な確保・ソースの拡大・使用原単位の低減は製品の安定供給・コスト低減のための大きな課題であった。過去の鉄鋼の技術史には原料・エネルギーに対する技術が、大きな地位をしめていたと云ってもよいであろう。

とくに第一次石油危機の後には、それまでコスト問題としてみてきたエネルギー低減の問題を、エネルギー問題として正面からとらえる必要が生じ、第二次石油危機に至っては、さらにその必要性が大きくなった。鉄鋼各社は第一次石油危機の後、いち早くエネルギー低減の目標をたて、予定期日より早くその目標に達し、さらに引きつづいた一層のエネルギー低減に挑戦中である。

ところが最近になって、この省エネルギーが胸つき八丁の急坂にさしかゝってきた感がある。現在残っている課題は新しい技術開発・投資効率の向上を必要とするものが殆んどとなり、また省エネルギーの推進には製鉄所全体のエネルギー需給システムと、個々の省エネルギー項目との斉合性を考えなければならない段階となってきた。

こゝを乗り越えて一層のエネルギー低減をおこなうには、鉄鋼業の努力はもとより国・学界・他産業界の

力も借りた新しい技術・設備の開発を必要とするところである。

以下には、いま、で鉄鋼業界がおこなってきた省エネルギーの状況と今後の課題について、一貫製鉄所を中心に概要をのべてみたいと思う。

2 鉄鋼業のエネルギー消費構造の特徴

2.1 鉄鋼のエネルギー種別消費

鉄鋼業のエネルギー消費は石炭集約型である。昭和55年版鉄鋼統計によれば、わが国の部門別エネルギー最終需要量にしろる鉄鋼の割合は14.9%である。しかし石油類の消費だけを見れば2.3%にすぎない。また、図-1¹⁾は鉄鋼業のエネルギー種別消費の推移を示しているが、鉄鋼の使うエネルギーは昭和55年度見込みでは石炭が71%を占めている。

現在日本のエネルギー問題は石油を中心とした問題であるが、これらから明らかなように鉄鋼業のエネルギー問題は石炭が中心であり、その点石油情勢の悪化

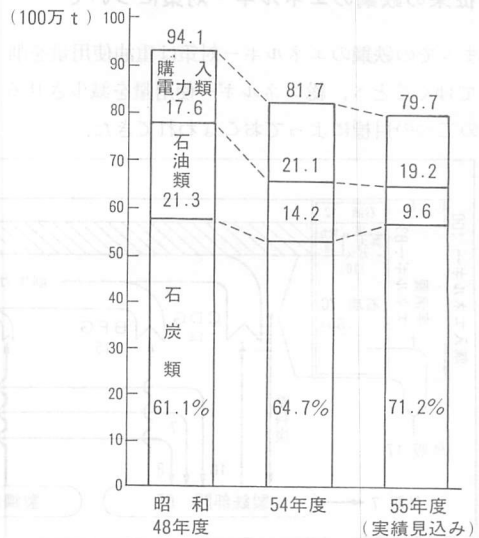


図-1 鉄鋼業のエネルギー種別消費推移 (石油換算 全鉄鋼業) 出所: 日本鉄鋼連盟

* 新日本製鉄(株)中央研究本部生産技術研究所
エネルギー工学研究センター所長

〒 805 北九州市八幡東区枝光1-1-1

をもろにかぶる他産業にくらべるとかなり有利であるといえる。

石炭は量的には現在の供給量の200年分以上存在するとされており、また供給地域が分散されているので、安定確保が比較的しやすいとされているが、今後世界的に需要が高まれば新規の鉱山の開発が必要になろうし、価格も上昇してゆくことが予想されるので、鉄鋼としても石炭消費量の低減・炭種拡大のための技術開発努力が、今後ともさらに必要である。

2.2 一貫製鉄所の副生ガス利用

一貫製鉄所のエネルギー消費のもう一つの特徴は、工程内で発生する副生ガスを自工程の燃料として使用していることである。図-2は昭和53年の一貫製鉄所のエネルギーフローの一例を概念的に示したものである。この図では購入エネルギー100に対して32の副生ガスが発生しているため、工程内で使用する燃料重油は高炉吹込重油を別にすると4にすぎない。いまもし高炉吹込重油8をコークスにおきかえれば圧延部門で使用する石油4のうち2以上が増加したガスに置き換えられ、さらに全工程で2%の省エネルギーがおこなわれれば残る石油は0とすることが可能であり、更に8%が節減されれば購入電力もすべてガスでまかなうことができることをこの図は示唆している。

このように一貫製鉄所では、いわば石炭のガス化が製造工程内でおこなわれており、したがって省エネルギー次第では、このガスによって将来の購入エネルギーのすべてを石炭に依存することが可能である。

3 従来の鉄鋼のエネルギー対策について

いままでの鉄鋼のエネルギー対策は重油使用量を削減してゆくこと、総エネルギー使用量を減少させることの二つの目標によっておこなわれてきた。

3.1 重油から石炭への転換

昭和54年のイラン革命を契機とする第二次石油危機以降、石油の供給不安と価格の高騰のため、鉄鋼各社は一様にオイルレス製鉄の確立へ向けて努力をはじめた。一貫製鉄所では重油を主として高炉・加熱炉・ボイラーなどで使用しているが、昭和54年以降高炉の吹込重油を0とするいわゆるオールコークス操業のテストがおこなわれ、逐次本格操業化されて、昭和56年半ばには完全に国内の高炉での重油使用が0になった。一方、このコークスへの転換によって副生ガスが増加するので、このガスがまた加熱炉などの重油を追い出すことによって、二重の重油節減効果を発揮している。

表1¹⁾は鉄鋼業の石油消費量の推移を示しているが、昭和55年度の重油消費量は48年度に比べて5分の1、全石油類でも3分の1となっており、昭和56年度後半は高炉重油が0となるので更に減少するものと予想される。

一貫製鉄所では今後さらに連続製造設備の増強・直

表1 鉄鋼業の石油類消費量の推移（全鉄鋼業）

(単位：1,000 kℓ)

年度	昭和48	昭和54	昭和55	55/54	55/48	
油種	高炉	5,246	2,664	1,067	0.40	0.20
	その他	8,217	4,003	3,053	0.76	0.37
	計	13,463	6,667	4,120	0.62	0.31
灯油	500	742	587	0.79	1.17	
軽油	350	121	99	0.82	0.28	
L P G	(800)	(955)	(668)	0.70	0.84	
	984	1,175	822			
L N G	(25)	(200)	(216)	1.08	8.64	
	34	270	292			
合計	15,484	8,975	5,920	0.66	0.38	
粗鋼t当り消費	128 ℓ	79 ℓ	55 ℓ	0.70	0.43	

出所：通産省「鉄鋼統計月報」ほか

(注) L P G, L N Gの()内は1,000t

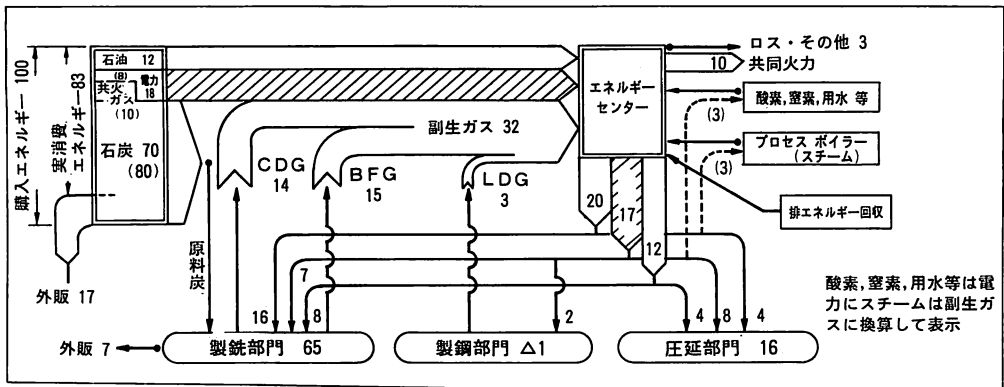


図-2 一貫製鉄所のエネルギーフロー概念図

送圧延の比率拡大などによる加熱炉熱量原単位の低下・副生ガス回収増・エネルギー需給システムの合理化などによって重油を殆んど必要としなくなり、究極的には電力までも自給化に向かうものと予想される。

3.2 エネルギー使用量低減対策

図-3²⁾は従来のエネルギー消費原単位を示したものであるが、この図にみられるように種々の対策にもかかわらず、昭和50年までは原単位(点線)が操業条件の悪化によって上昇してきた。しかし昭和53年以降は昭和48年以下となり、その後は低下を示している。この間、操業条件の悪化を考慮に入れれば、実質的には省エネルギーが実線のように効果を示していることが分かる。

こゝで、この間の事情をもう少し補足する意味で、新日鉄での省エネルギー状況について若干説明しておきたい。

図-4は新日鉄の第1次省エネ実績と第2次省エネ目標の内容を示したものである。第1次省エネは昭和48年上期実績に対して昭和55年までに10%削減を目標に行なわれたが、昭和53年に目標を上回る10.4%を達成して終了した。たゞこの図でみられるように、この間は操業条件悪化によって、放置しておくとも640万kcal/tになるところを573万kcal/tに押えた10%であって、エネルギー原単位レベルは殆んど変らなかつた。この間の操業条件悪化の項目は図にみられる通りである。ついで現在、昭和53年上期を基準として、昭和58年度末までに更に10%削減する目標をたて、省エネ活動を展開中である。この第2次省エネでは生産構成だけを補正し、他の条件悪化は考慮に入れないこととして、実質原単位の低減をもくろんでいる。

またこの図からみられるように、第1次省エネでは設備対策よりも操業努力の方が大きい成果を示しているのに対し、現在の第2次省エネでは操業努力はすでに出つくした感があり、殆んど設備対策にたよらなければならないとなっている。ちなみに第1次・第2次を通じて省エネルギーのために投じられる金額は、1,200億円をこえる見込みである。

このような省エネ努力は各社ともなされており、この結果が図-3であるが、この間のエネルギー低減の主要な項目を以下にいくつか説明する。

(1) 連続鋳造設備の増強

連続鋳造プロセスは従来の造塊工程・分塊工程を省略したプロセスで、そのため省エネルギーが20万kcal/t程度にもなり、歩留りも約10%向上し、さらに品質も

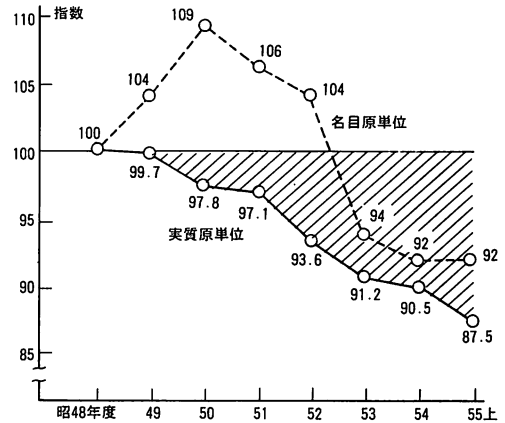


図-3 粗鋼トン当りエネルギー消費原単位指数 (昭和48年度=100)

(注)実線は名目原単位を昭和48年度の生産条件、例えば鉄鋼比、鋼材歩留等で補正した実質原単位、斜線は省エネルギー指数。

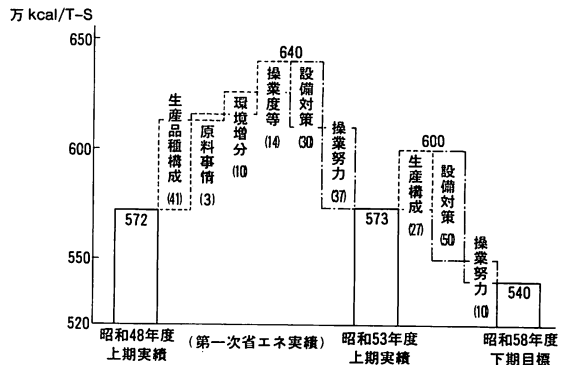


図-4 新日鉄の第一次、第二次省エネルギーの内容

すぐれた革新的プロセスである。したがって鉄鋼各社の連続鋳造比率は急速に高まり、昭和48年の20%程度から昭和55年には60%に達し、昭和56年中には70%にも達すると予想されている。

(2) 加熱炉等の熱量原単位の低減

省エネルギー活動のはじまる前の昭和48年には鋼材トン当り50万kcal前後の加熱炉(熱延・厚板・条鋼)の熱量原単位が、現在約30万kcal近くにまで低下している。この低減のための対策としては炉内温度分布の適正化・低温抽出・炉長延長・排ガスO₂管理・断熱の強化・排ガス熱回収強化などの対策がとられたほか、JK活動を中心とするキメのこまかい操炉管理が大きく貢献してきた。また一種の工程省略の方法として、従来分塊圧延後、冷却して疵手入れしていたものを、分塊後の温度の1,000℃~1,100℃のまゝで直接熱間圧延する「直送圧延」や、工場配置や鋼種の都合で直送圧延が難しい場合は、できるだけ鋼片を冷やさないよ

うに熱延工場に運搬し、加熱炉に装入する「熱片装入」の方法が採用され、加熱炉の熱量原単位を下げることによって効果を発揮した。

(3) 高炉燃料比の低減

一貫製鉄所では溶鉱炉で全消費エネルギーの50%強を、これに焼結・コークス製造工程まで加えると70%強のエネルギーを製鉄工程で消費する。したがって高炉の燃料比（銑鉄トン当りの消費kg）低減は以前からの大きい省エネルギー・省コスト項目であった。

図-5に高炉燃料比の推移を示したが、原料製造技術・高炉操業技術の向上によって、第一次石油危機のち使用重油の削減と同時に燃料比も大巾に低減することができた。しかし昭和55年以降は重油対策としてのオールコークス操業の採用によって、燃料比は再び増加へ向っている。今後オールコークス操業の安定化と各種の技術開発によって、この燃料比を下げるのが省エネルギー上の大きい課題である。

(4) 転炉ガス回収強化

転炉で銑鉄を酸素で吹錬して鋼にかえる際に、COを70%程度含んだ2,000 kcal/m³程度のガスが発生する。このガスの回収方法に種々工夫を加えることによって、回収率は逐次向上し、昭和55年には全国平均で粗鋼トン当たり79m³になっている²⁾。これを低いおう重油の量に換算すると全国で145万klとなり、昭和48年に比べると約3倍の回収量となっている。

(5) 排エネルギー回収の推進

操業努力や新プロセスの採用などのインプット削減と並んで、工程から排出されるエネルギーを回収することも各社で精力的に実施された。

鉄鋼製造工程に投入されたエネルギーは約45%が損失となる。これらは成品の放熱・冷却水・燃焼排ガス・スラグ・炉体放熱が主なもので、この中には数十度の冷却排水や200℃以下の排ガスなどがかなり多く、必ずしも全量が回収の対象とはならないが、鉄鋼業では技術の芽があり、投資効果の大きいものは直ちに実施に移してきた。

これらのうち主なものはつぎのものである。

- ・ 赤熱コークスの乾式消化（昭和56年6月現在6炉団）
- ・ 高炉ガスの圧力を回収する高炉々頂圧発電（29基）
- ・ 熱風炉の排熱回収（19高炉）
- ・ 焼結クーラーの排熱回収
- ・ 加熱炉排ガスの熱回収強化

以上に鉄鋼業での具体的対策をみてきたが、これらの対策を実現するに当たって推進の母体となったエネル

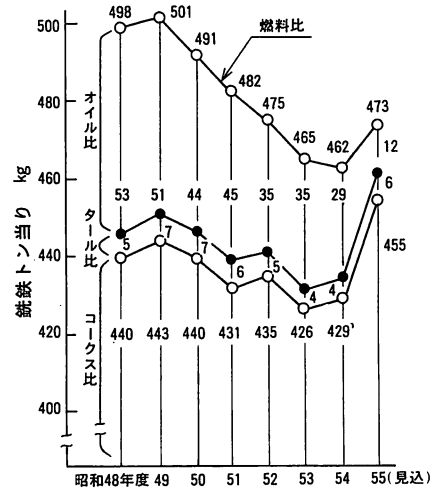


図-5 高炉燃料比の推移
(全国高炉メーカー平均)

ギー対策委員会などの管理組織、操業努力・設備改善などの有力な原動力となった自主管理活動、SAVEなどの省エネルギーのための新手法、エネルギーの効率的運用のためのエネルギーセンターでの動的需給調整なども特筆する必要があるが、ここでは項目だけにとどめておきたい。

4 鉄鋼業のエネルギー問題の今後の課題

製鉄所でのエネルギー使用実態は一貫と非一貫、多様な品種を抱える足の長い製鉄所と品種の少ない製鉄所、あるいは新しい製鉄所と比較的古い製鉄所などによって大巾に異なっている。したがって今後の課題・目標については個々にはいろいろあると考えられるが、大まかには一貫製鉄所では、工程での石油系燃料使用量ゼロ、使用電力まで含めたすべてのエネルギーの石炭による自給化、トン当たり500万kcal以下のエネルギー原単位の実現が1980年代の課題であろうと思われる。

図-6は鉄鋼業のエネルギー対策技術を系統的に整理したものであるが、以下には今後の課題のいくつかについてのべてみたい。

4.1 オイルレス製鉄の確立

さきにも述べたように一貫製鉄所では、価格の高い石油系燃料を、比較的安い石炭系燃料に置き換えるための努力がつけられているところである。製鉄所では輸送に使う石油やガスバランス上の需給調整のために、今後とも石油を必要とするものが若干残ると考えられるが、少なくとも主要工程で使う石油類は殆んどゼロにすることを目標にしている。高炉ではすでにオールコークス操業になっているが、これによって増加した

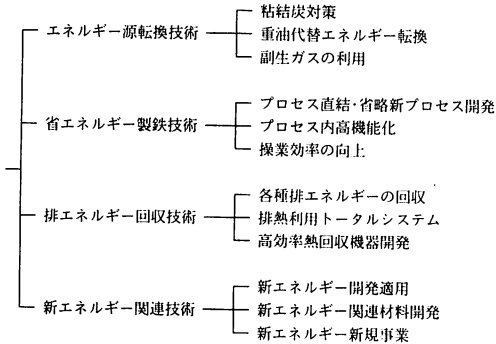


図-6 鉄鋼業のエネルギー対策技術

燃料比を今後下げてゆくことが一つの課題である。また、オールコークスによる生産性低下対策・将来のガス余剰対策・高炉操業の制御手段として、高炉の微粉炭吹込みなどがいくつかの製鉄所で実施されてゆくものと考えられる。

加熱炉などの使用重油はガス源さえあれば、技術的にはそれほど困難なく置き換えることが可能である。したがって今後逐次ガス焼きに切り換えられてゆくものと予想され、おそらく昭和50年代には殆んど重油焼きはなくなると考えられる。

4.2 新製造プロセスの開発

鉄鋼業の製造工程は従来加熱・冷却のくり返しである。それを工程を少なくし、また連続化してきたのが連続鑄造・直送圧延・加熱炉への熱片装入・連続焼鈍などである。これらは本質的な省エネルギーになるものであるから、今後増加させてゆくことはもちろん、更に新しい製造プロセスを開発することは、今後のエネルギーコストの面から必要であって、各社開発努力をつづけているところである。

4.3 排熱回収技術の確立

鉄鋼業ではいま、様々な排熱回収が実施されてきた。その結果としてかなりの成果を収めてきたが、まだ技術的に困難で回収技術が確立されていないものがある。とくに400℃以下の排ガスなど中低温排熱の熱回収は殆んど手つかずの状態である。表2にはこれからの技術開発が必要な主な課題をあげた。

なお、排エネルギー回収とは若干異なるが、使用電力の削減も当然必要な課題であり、従来おこなわれてきた送風機の回転数制御や圧延動力の低減などに加えて、新しいシーズの開発が要望される場所である。

4.4 省エネルギー設備の設備費低減

省エネルギーを推進してゆくために、新技術の開発

表2 今後の排熱回収項目

既存技術を普及する項目	新技術開発の必要な項目
コークス乾式消火	スラグ熱回収
焼結熱回収	COG熱回収
熱風炉排熱回収	L/DG熱回収
加熱炉排熱回収	ホットコイル熱回収
	その他中低温排熱回収

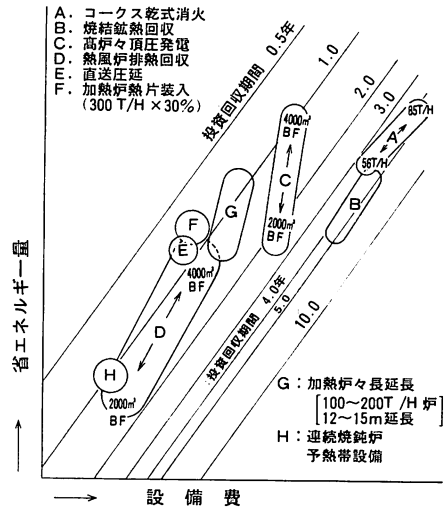


図-7 省エネルギー設備の投資回収期間 (新日鉄の例)

とならんで重要なことは、省エネルギー設備費の低減である。図-7には新日鉄で従来投資されたいくつかの省エネルギー項目の投資回収年数を示している。この中でコークスの熱回収・焼結鉱の熱回収は4~5年の回収年数となっているが、回収熱量の多いのが救いとなって現在逐次設置されている。しかし早急な普及のためには今後設備費低減への努力が必要である。

現在残っている今後の技術開発項目の大部分は技術の難かしさだけでなく、現在の技術のまゝでは回収期間がかなり長くなるものが多く、効率のよい熱交換器や発電システムなど新しい要素技術の実現が、期待される場所である。

4.5 理想的なエネルギー需給システムの検討

従来、一貫製鉄所のエネルギーバランスは不足燃料を発電所(自家・共火)で重油を使用することによって保たれてきた。今後オイルレス製鉄所の実現・インプットエネルギーの削減・排熱回収の強化などによって、発生ガスエネルギーと使用エネルギーが、均衡を保つ

ようになるが、この場合月間・週間・日間の需給変動をどうするのか、問題となる。また、排熱回収にあたってはそれをどんな形で利用するか、蒸気にするか電気にするか、発生の変動をどうするかなどエネルギーの利用・輸送・貯蔵の問題も生じる。今後製鉄所全体のエネルギー需給システムをどう組むのが需給上・原価上もっとも理想的であるか、各種の検討が従来以上に必要とされるであろう。

4.6 製鉄所副生ガスの化学利用

以前からコークス製造のさいに得られるコールタールは石炭化学原料・バインダー・電極向けなどに使用されている。また COG も水素やエチレン源として一部使用されており、COG・LDG から工程内で使用する水素や炭酸ガスを採る試みがすすめられている。

今後製鉄所内のエネルギーバランスと価格評価によっては、BFG・LDG・COG などの化学利用への途も可能性があり、これらのガス成分の分離技術・利用技術などの研究が、必要になってゆくものと思われる。

4.7 新エネルギーの開発

石炭のガス化・液化・オイルシェール・地熱開発・バイオマス利用など鉄鋼業界では工程への利用・エンジニアリング事業・鉄鋼成品の用途拡大・技術協力を旨として、各種の新エネルギー開発が単独で、共同研究、あるいは国の政策への参加の形でこなわれている。

わが国の将来のエネルギー問題を考えるとき、新エ

ネルギーの開発は鉄鋼としても当然の関心事であって、基礎素材の供給元の立場からあるいは各種の総合技術である鉄鋼技術の立場から、新エネルギー開発への役割りを今後とも一層要請されるであろう。

5 むすび

鉄鋼業のエネルギー問題について、いままで行なわれてきた対策、これからの課題についていくつかを述べたが、鉄のエネルギーは石炭中心とはいえ、エネルギー依存度は大きく、資源対策・コスト対策としてもエネルギー問題は今後の長期の課題である。

これからのエネルギー低減のために、日常操業での不断の努力、新技術のための研究開発、エネルギーバランスを勘案しながらのタイミングのよい投資が、今後とも継続的に必要であるが、これからのエネルギー対策は一企業・一業界だけで解決できるような問題は少なく、外部の御協力・御援助が必要な段階に達している。

本文が多方面の方々の御理解を頂ける一助となれば幸いである。

参考文献

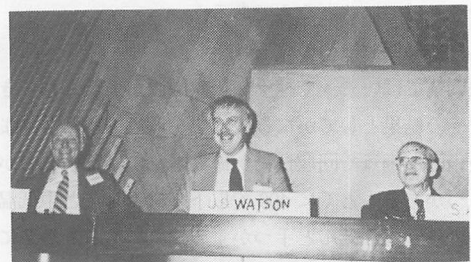
- 1) 鉄鋼界報 1981. 7. 1.
- 2) 鉄鋼界報 1981. 2. 11.
- 3) その他新日鉄社内資料

話の泉

AMBO 第 1 回シンポが開催 (其の 1)

昭和56年11月30日から5日間、京都市左京区宝池の国立京都国際会館でアジア分子生物学研究機構 (AMBO) 設立準備委員会の「核酸研究の将来について」と題する第1回シンポジウムが開かれ、最新の研究成果が発表されるとともに、AMBO 設立について実りのある討議が行われた。

AMBO は赤堀四郎大阪大学元学長、ジェームズ・D・ワトソン米コールドスプリングハーバー研究所長らが提案しているもので、今回はフランシス・クリック博士 (米ソーク研究所)、アーサー・コーンバーグ教授 (米スタンフォード大学)、板倉啓老博士 (米シテリオブホープメディカルセンター)、利根川



進博士 (米MIT), 富沢純一 (米NIH), 花房秀三郎博士 (米ロックフェラー大学) らという顔ぶれ。
(K)

(注) AMBO シンポについては其の1, 其の2, 其の3とも本号に掲載しております。