

## 特別講演

UDC 669.1(520) : 669.1(41)

## 日本と英国の鉄鋼業\*

モンタギュ・フィニストン卿\*\*

## The Steel Industry in Japan and Great Britain

Sir Montague FINNISTON

日本鉄鋼協会創立 60 周年に際してお招きをいただき特別講演を行なう機会を得ましたことは、英国金属協会初代会長として、また英国鉄鋼公社総裁として、私にとりまして、またとない二重の荣誉であります。

## 回 顧

さて、顧みまするに、日本と英国のあいだに結ばれた緊密にして友好的な関係は長い歴史を持つており、それは 19 世紀最後の 25 年間に始まるものであります。鉄鋼界について申せば、このような関係は、1961 年米国とカナダで催された鉄鋼協会の会議に、3 名の日本代表、すなわち、故俵信次博士、現在の貴協会々長である作井誠太教授、および松下幸雄教授が出席されたのを契機として、再び堅く結ばれました。かくして、1963 年 W. F. カートライト氏とチャールズ・グッディーブ卿の率いる英国鉄鋼使節団が 3 週間にわたって日本を訪問、これに応じて翌 1964 年には近代日本産業の技術指導者として世界的に著名な故湯川正夫氏を団長とする日本使節団が英国を来訪されたのであります。この時取り交わされた訪日・訪英こそは、その後繰り返し行なわれ最近数年間を特色づけるものともなつた国際交流に先鞭をつけるものであります。

ここで、1963 年の英国使節団のレポートから、ちよつと引用させて頂きましょう。『日本産業の成功の因つてきたるゆえんは、第一に自然的・歴史的原因から生じたハンディキャップを克服しようとして決意したこととあり、第二に高度に競争的な産業構造と相まつて効果的な投資計画を実施したこと、そして第三に技術効率および操業能率がすぐれていたことにある』。この見解を裏付けるものとして、過去 20 年間に日本鉄鋼業が達成した生産面および技術面における目覚ましい成果ほどふさわしいものはないであります。この輝かしい業績は、全世界の鉄鋼業に携わる者の賞讃的となつたのでありまして、英国金属協会に合併されるに先立ち、英国鉄鋼

協会がその最後の事業のひとつとして日本鉄鋼協会に金賞牌を贈呈いたしましたのも、その業績を顕彰せんとしたからに外なりません。

日本は今を去る 25 有余年前、年間粗鋼生産 600 万 t そこそこのところから出発しましたが、その生産はほとんどが老朽化した工場によつて行なわれたものであります。しかもその上、鉄鉱石、燃料、スクラップなど近代鉄鋼業の操業に欠くべからざる原料のほとんど総べてを輸入に頼らざるを得なかつたにもかかわらず、このような条件はいささかも貴国を束縛するものではありませんでした。こうした状況のなかにありながら肯定的な進路を見出し得た決定的な要因は、湯川正夫氏および氏の指導下にあつた貴協会の鉄鋼技術共同研究会が、不利な条件を転じてかえつて有利な条件と化することができることと認識されたことにあつたのであります。

もつとも優れた鉄鋼技術というものは、ただ単に深遠な研究を必要とするだけでなく、何を選び取るべきかを判断することをも必要とするのであります。貴国はそういう技術の数多くを世界中からライセンス契約によつて導入されました。日本鉄鋼業においては、研究・開発に必要な人的・物的資源は当初それほど多くはなかつたのであります。それを総動員して導入技術の手直しを行ない、日本の特殊条件のもとで最大の利益を引き出し得るように修正しました。一例を挙げれば、設備計画は地震国の日本に向くように手直しされ、また在来の工場レイアウトは半成品をトラック輸送や鉄道輸送によらず小型の内航船で出荷するのに都合のよいように修正されたのであります。

大型酸素製鋼炉、多孔ランス、密閉型ガス清浄装置等々、またこれに対応して行なわれた大型高炉の設計・建設上の変更、高品位原料のみを使用して行なう徹底的な事前処理に伴なう高炉操業の改良等々、さらにまた兵站基地としての役割を果たす連続鑄造や次工程に直接結びついた大量生産工場の開発など目覚ましい技術発展につ

\* 昭和50年4月日本鉄鋼協会創立60周年記念特別講演会における講演  
昭和50年10月7日受付 (Received Oct. 7, 1975)

\*\* 英国鉄鋼公社 総裁

翻訳 高野 力 (日本鋼管(株))

いては、いまさら喋々する必要はないであります。ただ、ここで留意すべきは、明らかに自然的・経済的要因が不利であつたにもかかわらず（あるいはむしろ不利であつたが故にとでも申しましょうか）、勇氣と決意とそして肉体的・精神的能力の全面的な投入とによつて、これらの要因を克服できると見抜いた当時の人々の見識でありましょう。かくしてこの 25 年間に、日本鉄鋼業は国内原料資源が乏しいにもかかわらずほとんど 20 倍に近い拡張をなしとげ、そうした資源問題の悩みをもたない他の鉄鋼生産国に後塵を拝させるとまでは行かぬまでも、強い競争力を保持して今日に至つたのであります。

しかし時の流れとともに、問題は変わり、しかもその困難性・複雑性はいつそう増したかに思われます。25 年前には提起もされなかつたような、あるいは想定されもしなかつたような問題が、今や解答を迫つているのであります。先般の大幅なエネルギー・コスト引上げは、鉄鋼業にどのような影響を与えることになるでございましょうか？ 世界的な規模で発生する経済活動の循環的停滞によつて、高生産性の大型工場を擁する鉄鋼業がどのような影響をうけるでございましょうか？ 輸入原料に大きく依存し、しかも OPEC と同じようなタイプの原料供給国機構が続々と生まれようとする時機に際して、日本鉄鋼業は果してその重荷をはね返し、問題を再び克服しうるのでございましょうか？ 環境汚染に対する反動が、今後の発展に——そして過去の投資にいかなる影響を及ぼすでございましょうか？ あるいはそれが労働力に対する社会の受け止めかたをどのように変化させ、また業界内部における問題をどのように処理したらよいのでございましょうか？ これらもろもろの問題を解決するため、計画・組織・研究開発について、われわれはいかなる方向に目を向けるべきでございましょうか？ まことに、問題は浜の真砂のように尽きることはなく (not exhaustive) あとからあとから生じて、われわれの力をつきさせよう (but exhausting) としているのであります。

### 代替の経済学と融通性

それでは、こうした問題のいくつかがどのように解決されているか、一瞥してみましよう。こと原料に関する限り、鉄鋼業は他の金属工業にくらべてずっと恵まれていると申せましよう。なぜなら、現在鉄鋼業は多くの場合少なくとも 60% の Fe を含む鉱石から鉄を抽出しているものであり、しかも今後なお数 10 年にわたつてそうすることができるからです。これに反して、銅産業は鉱石の Cu 含有量が 5% にも達しませんし、アルミニウムのごときは平均含有量が 25% 程度しかありません。

英国の国産鉄鉱石は量的にも Fe 含有量においても限られているため輸入鉱石が増大しておりますので、事前処理に関する研究が進められております。もつと深刻なのは原料炭不足のおそれでありましよう。全世界でおよ

そ 1 兆 t の原料炭が採掘可能と考えられていますが、米国・ソ連・中国にその 3/4 が賦存しています。石炭は全世界で 5 兆 t ほどの埋蔵量があると推定され、その半分がソ連と中国、1/3 が米国にあり、今後 1000 年は需要を賄えるはずでございす。こうした数字から見れば、世界的な石炭不足の心配も大分うすらぎますし、とくに一般炭の一部を配合したり、あるいは改質して冶金用コークスに変えることができるならば、いつそう思い煩うことはなさそうであります。日本には原料炭はほとんど皆無であり、英国は幸いにしてあらゆる種類の石炭に恵まれてはいるものの、原料炭の採掘はますます困難の度を加えており、その結果、価格の騰貴が予想されております。

少なくとも今世紀の末までは、鉄鋼業が原料炭に大きく依存するであろうことは疑いのないところであり、それと申しますのも、高炉—酸素転炉法が鋼の大量生産技術の大黒柱としての地位を他に譲ることなど、当分は考えられないからであります。これに代わるべき技術はもちろん重要であり、又石炭に依存する必要のない技術ではあります。酸素製鋼法にとつて代るところまでは行かないでしょう。このような背景があればこそ、わが英国では、安い石炭の利用法や、さらに可能とあれば石炭代替技術にますます注目するようになってきたのであります。

冶金用コークスの原料としての石炭の品質範囲を広げるため幾つかの技術が開発されましたが、そのひとつとして石炭の予熱をあげることができます。従来のコークス炉に装入するに先立つて、石炭を 200°C くらいに加熱すると、粒度範囲、耐磨耗性、強度、均質性などの点で、コークスの品位が高められます。低品位の石炭から作つたコークスほどこの効果は大きく、したがつてコークス用石炭の範囲が広がり、さらには配合炭のコストが引き下げられることとなります。石炭予熱の効果はこれにとどまらず、コークス炉の生産性が 40% 前後も大幅に引き上げられますし、また密閉パイプラインに圧搾空気で装入することが可能となり、その結果として環境汚染を減らすことができます。わが英国鉄鋼公社は石炭予熱・パイプライン装入法を少なくとも 2 つの新設コークス工場に早速にも導入することを計画しており、将来さまざまな種類の英国産石炭にこのプロセスが向くかどうかを確かめるため、大掛りなテストを行うべく鋭意準備を進めております。

在来のコークス製造法の代りに成型コークス法を用いることによつて、コークス用原料炭の範囲を更に広げることが可能です。こうすれば、機械的に成形され炭化されたブリケット (Photo. 1) を高揮発性非粘炭から作ることができます。これは新しい開発分野に属するものであり、いくつかのプロセスと技術が試みられています。英国では高炉での実験が成功し、その結果、年間 22 万 t のプロトタイプ工場をスカンソープに建設すること

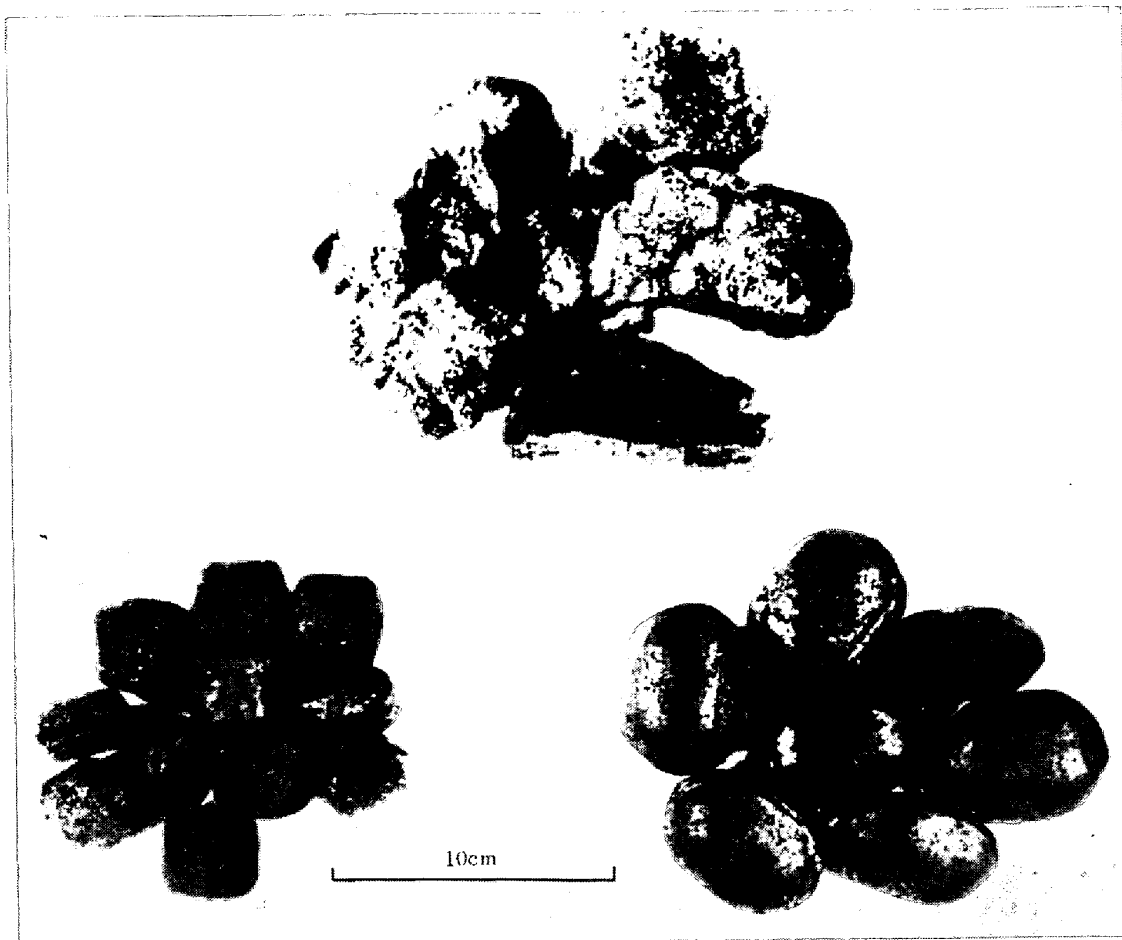


Photo. 1. Formed coke briquettes compared with conventional metallurgical coke; conventional coke top of picture.

に決定を見ました。

ついでながら、コークス炉から出てくるガスは、石油化学工場に対する経済的な代用品（あるいは追加原料）として使用できるという点にご留意いただきたい。かくて将来の製鉄所は、優に化学工業のセンターたりうるであります。

高炉中に燃るべき炭化水素物質を吹き込むことによつて、コークス比も引き下げられております。炭化水素物質の羽口吹き込みは充分な試験を重ね、その有効性は明らかに立証されており、石油の羽口吹き込みは 16 カ月前のオイル・ショックまでは経済的な方法だったのであります。諸燃料の相対的価格が絶えず変動している現在、製鉄コストを最大限に切り下げるため、吹き込むべきものを変更しうる融通性がなければなりません。数年前、英国では粉炭の羽口吹き込みに関するテストがいろいろと実施されましたが、当時の石炭対石油の価格関係からいつて経済的に引き合いませんでした。目下石炭と石油のスラリーを使つてさらにテストを続けております。

もうひとつの粘結炭代替法は、ボッシュへの高温ガス吹き込みです。これはまだ大きな規模では試験されてお

BISHOP-Bosh Injection system using hydrocarbon oxydation products

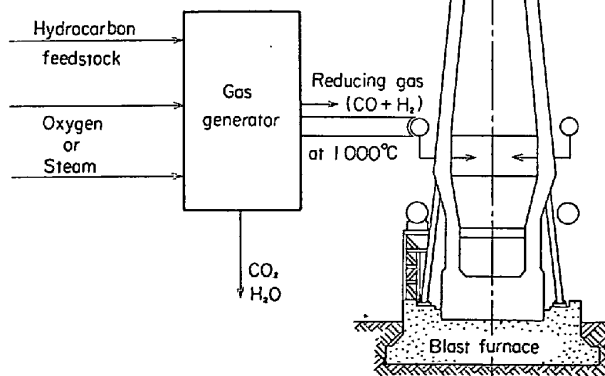


Fig. 1. Injection of reducing gas into the BOSH of a blast furnace.

りませんが、羽口およびボッシュからの吹き込みは甚だ効果的であるように思われます。Fig. 1はボッシュ吹き込みシステムの原理を示したものであります。炉内に送り込まれる還元ガスは還元剤としての働きだけをします（この点、羽口から吹き込んだ場合に一部が熱源になると異なっているわけです）。このシステムの利点は、大

規模操業でうまく行けば、天然ガスでもあるいは例えば低品位炭とくに褐炭をガス化した人工ガスでも、いかなる資源からの還元ガスをも使用できる効果的な方法だということです。

今申しあげた分野はもちろん、その他の領域でもそうですが、製鉄・製鋼段階におけるパイロット・プラントでの実験は、その規模も大きければコストも高いので、プロセスを発展させ、効率化させるためには国際的協力が必要とされるのであります。このような開発プロジェクトに関する国際協力は、本来商業的な利潤を追求するものであるにしても、今後ますます増大するに相違ないというのが私の信念でありまして、世界中の鉄鋼業が日本の参加を待ち望んでいるのであります。

このような事情は、高炉について見られるところでもあります。この高炉という製錬装置は、われわれとともに在ることすでに数百年、恐らく今や見直しを必要とする段階にきております。これに代るべき方法で、しかも原料炭を必要としないものとして、英国鉄鋼公社は1969年頭初から遠心分離機による製鉄を行なっております。この技術は、高速水平遠心分離機においては、各種の比重の構成要素から成る液体は重い液体ほど外側にあるように偏析するという原理に基づいています。最初のパイロット・プラントで採用された計画 (Fig. 2) は、本格的規模におけるプロセスの特徴のいくつかを示したものでありますが、その主たる目的はこのプロセスを実施するための主要なプロセス・パラメーターの徹底的な検討を可能ならしめることにありました。ティーズサイドに建設されたプラントは長さ3メートル、内径65cmであります。炉の標準的操業速度は毎分170~200回転で、低品位炭、精鉱、および石炭の灰分から生じるスラッグと鉄鉱石中の脈石とを溶かす溶剤としての石灰石を、炉の一端から冷たいままで直接 (未加工の状態) で装入します。炉の他端からは、溶融鉄が反応済のスラッグとい

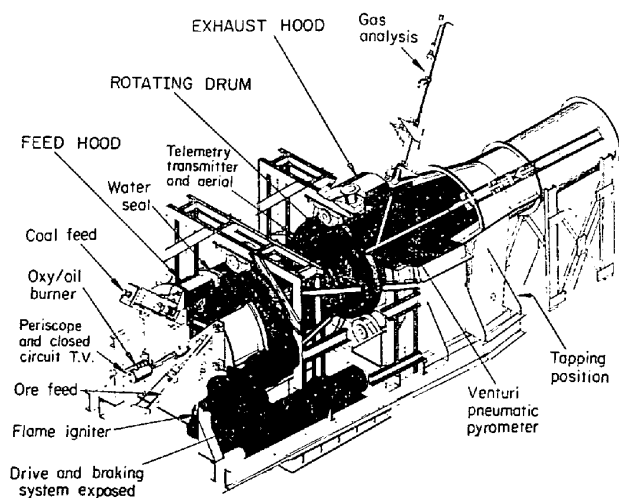


Fig. 2. Centrifugal ironmaking process (pilot plant).

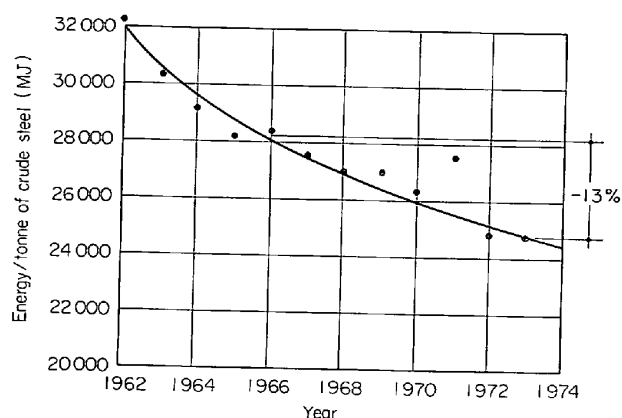


Fig. 3. Energy consumption per tonne of steel made in the UK.

つしよに、遠心運動を与えられつつ排出堰 (せき) 越しに排出されます。炭素と腐食性の強い  $\text{FeO}$  を含むスラッグとの間に高温反応が起りますが、溶融鉄が炉壁の耐火煉瓦に対して保護被膜として働くので、耐火煉瓦がひどく傷むということがありません。

炉内で作られた溶融鉄はかなり高い歩留りを示していますが、本プロジェクトの主目的は、長期間操業における経済性を確立することに現在では置かれています。

### エネルギー経済

せつかく代替物が開発されても、やはりむだの多いこともあり得るのでありまして、使い捨て社会の在り方はいまや変革を迫られていると申さねばなりません。わが英国鉄鋼公社は過去7年にわたって、粗鋼t当りエネルギー消費量を13%減らしてまいりました (Fig. 3)。1978年までには、さらに10%は切り下げたいと思っております。日本においてもそうですが、操業管理の改善、平均炉容の拡大、装入物の事前処理改良、炉頂圧のコントロール向上、平均送風温度の引き上げなど、これまでに行なわれた改善は主として高炉に関するものであります。

鉱石とコークスの事前処理改善は、とくにさまざまな開発を通じて、燃料経済の向上に大きく寄与したものとされます。また、コークスの製造は従来は経験に頼るところが多かったのが今ではもつと化学的なものになりつつあります。コークスの物理的性質を示すための在来の試験法は恣意的に考え出されたもので、その試験数値は炉況を予測するにはかなり不確かなものであります。英国鉄鋼公社は、化学的・物理的作用により高炉のなかでコークスがどんなふうになるかをくわしく調べて成功を収めました。高炉操業者が新しく改訂された生産目標を満たすために装入コークスの寸法範囲はもちろん、強度や反応性を要求できるよう、目下品質指標を設定中です。

コークス炉やその操業について、今あたらしいデザイ

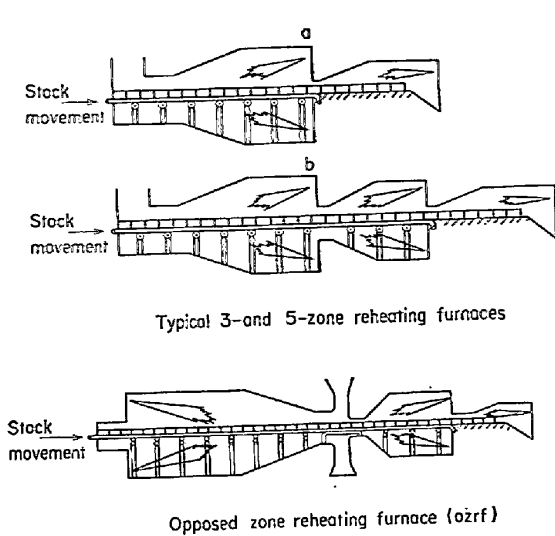


Fig. 4. Opposed zone reheating furnace-principles.

ンが進められています。これは石炭をコークスに変えパイプライン装入および重力装入によつて環境汚染を最少限に喰いとめ、またガス冷却を利用し、現在は捨てられるがままになっている顕熱の回収・利用によつてエネルギーを節減するに当つて、石炭の性質を従来以上に利用するためです。

今後省エネルギーがすべて高炉畑でのみ進められるとは限りません。たとえば再加熱炉ですが、これは鉄鋼製造全工程に要するエネルギーの12%を消費するのがあります。英国鉄鋼公社は最近数年間、もつと効率的な新しい再加熱炉と蓄熱炉の設計に多大の努力を傾注し、いまその努力は実を結びつつあります。当公社ラケンビー製鉄所に最初のオポズド・ゾーン再加熱炉(OZRF)が設置されましたが、その原理はFig. 4のとおりであります。炉内に入ってくる冷却したスラブの上方にバーナーが位置しており、入口からずつと奥のほうに置かれたバーナーで加熱する在来の炉(Fig. 4と一緒に示されております)と著しい違いを見せています。予熱帯における逆向き加熱のおかげで圧力分布が改善され、ドアの部分から空気が侵入するのを防いでくれます。この炉の生産性は最高90%という高さですが、それでいてメトリック・t当たりのエネルギー消費量は2000メガ・ジュール(MJ)にも達せず、在来のプッシャー型再加熱炉にくらべて40%方、生産性が向上しています。近くコンピューターによる管理方式がこの炉に導入されることになっています。

わが英国鉄鋼公社は漏洩の少ないセラミック製蓄熱炉を開発し、サウス・ウェイルズ州のランワーン製鉄所にこれを設置しました。これは均熱炉で消費されるエネルギーの15%を節減することができます。今年の暮までにはノーマンビー・パーク製鉄所にも同タイプのものを1基、そして1976年の末までにはさらに多数の蓄熱炉を設置する計画です。

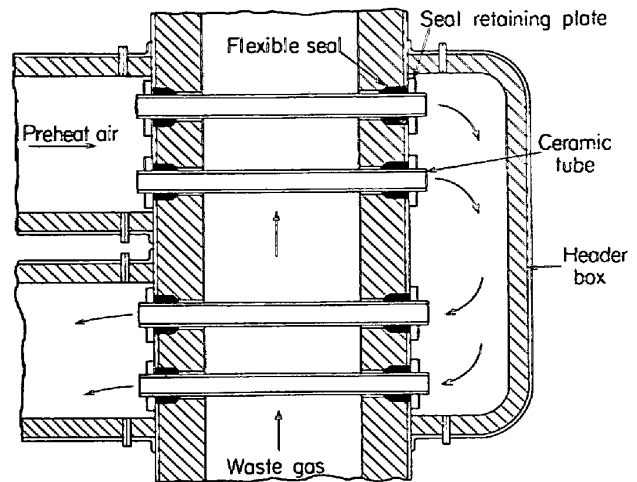


Fig. 5. Ceramic-recuperator-schematic.

### 余 熱

鉄鋼製造全工程に使われるエネルギーの45%は結局は無駄になつてしましますが、その1/3は低温冷却水中に逃げています。私どもはエネルギー節約運動の一環として、ならびに社会的責任を果たす方策として、無駄にされているエネルギーの有効利用の方法を研究してきました。温度が低すぎて、蒸気や発電には使えませんが、地域暖房にはちょうど手頃です。年間を通じて一定の供給を確保することは少々困難ですが、英国鉄鋼公社はランワーン製鉄所から出る熱をその周辺地区およそ1000戸の家庭に供給することを熱心に検討しております。

余熱の活用法としては、なにも地域暖房だけしか考えられないわけではありません。余熱を養魚に利用する方法が、近年とくに日本において関心を呼んでいます。これは発電所ではすでに実行されている方法であり、鉄鋼業においても今後大いに活用されるでございましょう。英国鉄鋼公社では、この熱を園芸に利用できないものかと考えていますが、これは既存の温室に熱を供給するとともに、従来あまり行なわれていなかったような新しい温室栽培にも熱源として利用することを研究しているわけです。これは大変に将来性のある分野であり、こうした新しい温室はその規模の如何を問わず、従来のものに比べて安いコストで遙かに大きな収穫を期待することができます。

化学工業はそれ自体、プロセスのために大量の熱を使用するので、もし熱の伝送が経済的に行なえる程度に化学工場が製鉄所に近接しているならば、製鉄所の余熱を化学工場で使うことも可能です。住宅にしても工場にしても新しく設計するときには、省エネルギーがますます重要なものとなつてくるでしょう。21世紀の製鉄所が、化学工場、農場、園芸場、その他エネルギーの大口消費企業を打つて一丸とした産業コンビナートの一部となることは、も早疑問をさしはさむ余地のないところ です。

製鉄所で使うエネルギーが石炭、石油、ガスだけを発生源とするものでないことはいまでもなく、高温原子炉からの熱も使われるようになります。

### 代替製鋼法

製鋼については、塩基性酸素製鋼法が少なくとも今世紀いつばいには主流の座を占めるものと思われまゝ。もちろん、標準的なBOP製鋼法の変り種がいろいろと試みられておりますが、そのなかでは、底吹き転炉法(Q-BOPまたはOBM)が最も注目を集めています。しかし、この方法にしてもその他の方法にしても、製鋼法の根本的な変革をもたらすものではありません。既開発または開発中の方法のなかで、本当にBOPにとつて代りうるものは、原料として直接還元鉄とスクラップを用いる電気精錬法です。原子力製鉄はまだ先のことでしょう。

### 直接還元

英国では、現在すべての鉄は鉍石を高炉で還元することによつて得られていますが、遠からず英国鉄鋼公社はわが国最初の直接還元工場をスコットランドのハンターストーンに建設することになつており、その規模は2基で年産80万tです。このハンターストーンに建設を予定されている工場は、「伝統的」なミドレックス式のもので、この投資計画はスクラップの代替物を作ることを目的としていますが、同時に鉄源の入手にかなりの自由度が加わることになるでしょう。製鉄所の創設を通じて工業化への途を進もうとしている国々では、金融、国内需要とそれに見合った生産、ガス・石油・鉄鉍石の入手可能性、数少ない技能者などを考慮して、直接還元が発展しています。これに反して、先進工業国では、直接還元が高炉—酸素転炉製鋼法を追放することは、多くの理由からちよつと考えられそうもありません。

### 原子力製鉄

世界の先進工業国の大部分は、今後20年間に電力所要量に占める原子力発電の割合を大幅に増大させようと計画しています。鉄鋼需要は世界的に高まるものと期待されますので、それにともなつて鉄鋼業界の電力所要量も増加するでありましよう。鉄鉍石の直接製錬に用いられるエネルギーは、現在は化石燃料から取られていますが、これが原子力発電による電力と置き換えられるということはちよつと考えられませぬし、さらにまた間接法、すなわち水の電気分解によつて得られる水素ガスを用いて還元する方法も、現状においては経済的にうま味がありません。

原料炭の不足(およびその価格の高騰)と化石燃料の節約強化に伴つて、高温ガス冷却炉で炭水化物を鉍石

還元用ガスに変え、同じ原子力システムから供給される電気アークによつて還元鉄をさらに精錬するやり方が、注目を浴びてきました。これがいわゆる『原子力製鋼法』です。

日本原子力製鉄技術研究組合は、原子炉から1000°Cの高温ヘリウム・ガスを取り出すことを目標に5カ年計画を展開しておられますし、片や日本原子力研究所はこのような高温ガスを発生させる50MW原子力発電パイロット・プラントの開発を進めておられます。計画によると、2基の熱交換器、すなわち、ヘリウム/ヘリウム型とヘリウム/スチーム型を組み合わせて約750°Cのスチームを供給し、これによつて石油精製の過程で生じた残渣油を分解して水素と一酸化炭素を得ようとするものです。950°Cのヘリウムの一部はもう一つの熱交換器に送られて、水素と一酸化炭素を850°Cに再加熱し、これを鉄鉍石ペレットを原料とするシャフト型直接還元装置において使用しようとするものです。只今のところ、高温材料(1000°Cのヘリウム・ループ内での材料テストを含む)、変成炉の技術、熱交換器の設計、およびトータル・システムの概念設計について、開発作業が進められています。これら諸々の活動は、少なくともその最初の段階においては、経済的考慮よりは技術的可能性のほうが重視されるものであります。

米国では、米国鉄鋼協会が編成した小委員会によつて同国における原子力製鉄が果して経済的に引き合うかどうかを検討されました。この研究は、高温原子炉技術ならびに現在および将来発電に利用されるガス排出温度の限界内で、原子力製鉄が可能なりや否やという点に絞られています。熱交換器2基の並列は、安全性の見地から必要であるとされています。そもその始めは、天然ガスを基本的な装入原料とするという考えから研究が始められたのでありますが、その結果、米国における原子力製鉄の経済性は当初予想されたよりは有望であること、しかし、原子炉のガス排出温度を900°C以上に高めるための研究開発は経済的に見込みのないことが明らかとなりました。現在では、ガス化のための基本的な装入原料として石炭を使うという考えのもとに、さらに研究が進められています。

欧州では事情が異なつておまして1973年、主として英国の音頭取りで欧州原子力製鉄クラブが結成されました。同クラブの主催する公開討論会には、鉄鋼メーカー、原子力エネルギーや公益事業関係の権威者、プラント・メーカー、機械設備や原材料の供給者、コンサルタントなどが参加し、複雑多岐にわたる関連問題を討議しています。現在同クラブには正会員が7名おりますが、これはいずれも欧州の鉄鋼メーカーであります。ほかに賛助会員が45名おり、欧州、豪州、カナダ、イラン、日本、北欧諸国、南米および米国のさまざまな会社が含まれています。クラブの目的は、原子力エネルギーを製

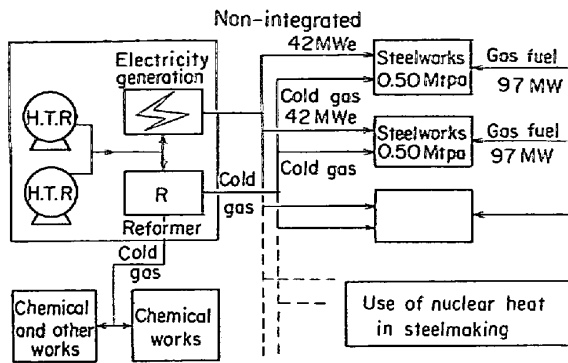


Fig. 6. Nuclear steelmaking-Non-integrated system.

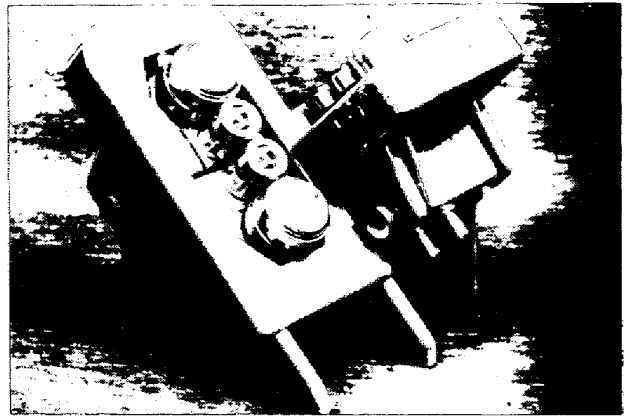


Photo. 2. Model twinstand bar mill.

鉄に適用するための適切な戦略を定め、研究開発のダブリを防ぐとともに、どのようなシステムが開発されるにせよそのマーケットを確保することに置かれています。クラブの活動はワーキング・パーティを通じて行なわれ、そこで取り上げられた問題は正会員および賛助会員全員が出席する定期総会で討論されます。

第1回総会は1974年11月ロンドンで開催され、クラブの活動を当初は次のふたつの場合のシステムに限定することが決議されました。すなわち、

1. 原子炉/改質炉複合施設が製鉄所から離れた場所にある場合。
2. 常温還元ガス（および電力）が、ひとつ以上の製鉄所とガスを使うその他の産業に同時に供給される場合。

この決議は非常に重要であり、これにより検討されるべき問題の数が大幅に減少しました。鉄鉱石の還元にかかわる方法を用いるかは、それを使う還元ガスの成分を決めるときにのみ重要です。その際ガスの温度は問題ではありません。個々の製鉄所の規模は、鉄鋼需要という点から見れば、それに相応した規模が最適といえる訳でありまして、原子炉の最少経済規模によつて影響されるものではありません。製鉄所の操業を左右する要因は、原子力複合施設から安定的に供給されるガスと電力の量だけであるといえましょう。本年秋には、さらにガスの化学成分と改質炉ガスの温度とが決定されることになつております。

## 品質の経済

### (a) ツインスタンド・バー・ミル

最近数年間に成しとげられ、またこれから引続いて行なわれるであろうと思われる製鉄・製鋼段階での目覚ましい技術発展のせい、圧延技術の進歩や品質面での改良などはともすれば影のうすいもののように見られがちでした。これらの発展・改良は極めて多岐にわたつていますので、限られた時間にまとめてお話することは容易ではありません。ここでは、一般的な技術をふたつ選ん

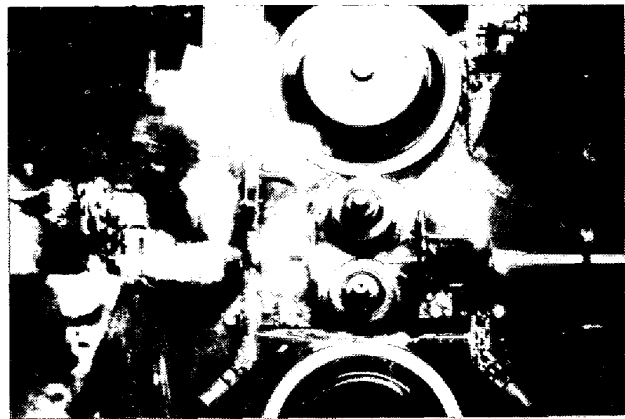


Photo. 3. Twinstand bar mill in operation

で申しあげることいたします。ひとつは品質改善に関するもので、寸法管理と表面や内部の健全性保証検査とがそれであり、寸法管理の面では、当英国鉄鋼公社は先ごろ新しいミルを開発し操業を始めました。これは、磨き棒鋼の代りに精度の高いブラック・バーを作るものであり、実施に当つては寸法公差が重要な要因となります。Photo. 2は英国鉄鋼公社テンブルボロー製鉄所に建設されたツインスタンド・バー・ミルのモデルを示したものであり、Photo. 3はその操業状態を示しています。圧延開始時に規格外れのバーが出るのを最低限に抑えるため、測定・フィードバック・サーキットを通じて、公差を逸脱したバーの生産を最少にとどめ、歩留りの向上をはかるよう、管理システムが案出されました。その特色は、ロールが水平面に対して45°の角度をなしていることで、これは設計段階で、ロール交換およびロール・ハンドリングの簡便性と迅速性に重点がおかれたことをものがたつており、これによつて不経済な休止期間が短縮されました。

### (b) オンライン検査

品質を決定するには、超音波を利用した非破壊試験技術がひろく認められ採用されていますが、渦電流を利用する試験法はあまり進んではおりません。先般来、英国鉄鋼公社はPhoto. 4に示されたような渦流探傷装置を



Photo. 4. Eddy current on-line inspection of welded tubes.

導入し、温度 1250°C で高温連続溶接鋼管の欠陥テストを実施しています。この検査システムは溶接機の後方 2メートルのところに設置されます。探触子は溶接線を中心として円周上約 25 mm の範囲を検査し、欠陥をひとつひとつ探し出すとともに、溶接部の品質監視をも併せ行ないます。

このほか 2 種の新しい非破壊試験が開発されています。ひとつは高温のブルーム中に超音波を発生させる非接触電磁気変換器を用いてそのブルームを検査するもので、他は鋼板の欠陥からの反応の複雑な性質を量的に決定するとともに、さらに進んで欠陥の性質を識別するための渦流測定装置です。

### (c) 製品の多様化

一般的な傾向の第 2 の例として、私は製品の多様化ということ挙げたいと存じます。この多様化はあらゆる鋼材の冶金学的性能を絶えず改良するばかりでなく、鋼板類の表面処理を通じて押しすすめられています。

在来のブリキや亜鉛鉄板はかつて鉄鋼製品のベストセラーであつたし、今なおそうですが、ここに両三年来英国鉄鋼公社はさらに様々の新しい表面処理鋼板を世に紹介してきました。当公社はブリキ年間約 130 万 t、亜鉛鉄板 50 万 t を生産していますが、先ごろブリングウィン製鉄所で有機質被覆鋼板年間 11 万 t の能力をもつラインがふたつ操業に入り、カラーコートという商品名で市場に出しております。

ノース・ウェイルズのショットン製鉄所には、ステルベタイト——これは鋼板の表面にプラスチックを圧着したのですが、その生産ラインがひとつあり、年間 8 万 t の能力をもつています。このショットン製鉄所にはアルミニウム粉末で被覆した鋼板エルファルの生産ラインもあります。英国鉄鋼公社の鋼板開発戦略は表面処理鋼板や予め仕上げ加工を施した鋼板の多様化を目指してきました。前以て表面処理を施した鋼板を使うことによつて、需要家は清掃、事前処理、塗装など時間も喰えば手間もかかる工程を省くことができ、たいへん有利であり

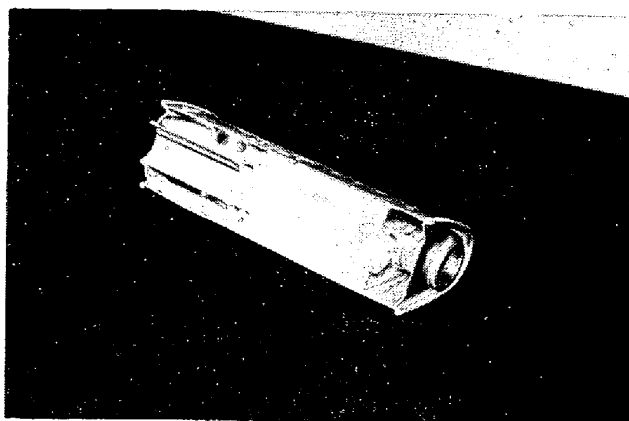


Photo. 5. "Elphal" car exhaust box.

ます。

昨今、木材価格が大幅に高騰して、いま申し上げた表面処理鋼材やプラスチック鋼板が、建設業界のさまざまな部門で木材と充分太刀打ちできるようになってきました。これらの製品は構築物の壁材や屋根材としてだけではなく、ドアやドア框(かまち)、窓枠などの部材としても評価を高めています。建築部材としてこのように美的鑑賞に堪えうる製品の利用を開発することも、エンジニアたちの手によつて推し進められています。

先般英国鉄鋼公社は自動車用排気装置をエルファルで製作させてテストを行ないましたが、従来の軟鋼製のものにくらべて 2 倍半もの耐久力を示しました(Photo.5)。これはまさしく将来性に富む市場であると言えます。しかしアルミニウム被覆鋼板はこの種表面処理鋼板の最終目標ではありません。われわれの戦略は可能な限り表面処理作業を押し拡めることにあり、それというのも、高速連続表面処理ラインでよごれのないシート・コイルを使用することは、最高の能率、高度の仕上げ、しかも最低のコストを意味するからです。現在さらにパウダー・コーティングの開発が進められており、銅やニッケルなどの非鉄金属で鋼材を被覆することができるようになるでありましょう。そのコストはおそらく、それらの非鉄金属自体を薄板状にしたものにくらべ半分以下で済むことになると思われまふ。

次にあらわれるべき新製品は、多分パウダー・コーティングと金属蒸着技術との組み合わせによるクロム被覆鋼でありましょう。これは内部が低炭素軟鋼で、外側がフェライト・ステンレス鋼と同質のもので被覆されたものです。本製品は高熱腐食によく耐えるとともに耐摩耗性にもすぐれ、しかも装飾的な用途に対してはブラシ・フィニッシングを行なうこともできます。

### 今後の問題

これまで技術団体は社会的な大きな動きにはかかわりを持たないという傾向がありましたが、この社会的な大きな動きが実は技術者が所属しそれぞれの役割を演じて



いる技術団体の方向を決めるものなのであります。私は本日与えられたこの荣誉ある機会に、技術的なものを超えたお話をしたいと存じます。

今後 10 年間、日本鉄鋼業が国内における製鉄・製鋼作業を従来同様のペースで拡大しようとするれば、必ずや環境問題・社会問題を引き起すに相違ありません。私見を以てすれば、日本鉄鋼業がこのインフレ下にあつて国際競争力を維持すべく国内生産を大幅に増大させようとするなら、大きな環境問題（過去の歴史からみて、一層深刻な）に蓬着せざるを得ないであります。しかしながら、これは IISI の予測に反することですが、もし日本の国内生産の伸長が抑えられるとするなら、作業パターンの変更や労働力の再配置など、さまざまな経済的・社会的問題がもちあがつてくるでしょう。（これについては、後でまた申し上げることとします）。さらに、増大する鉄鋼需要、とりわけ東南アジアの龐大な潜在需要に応えなければならぬとすれば、日本鉄鋼業を海外プロジェクトや海外投資へと押しやる力はますます強まるであります。

こうした様々の要因から推しはかるなら、日本国内の鉄鋼業の成長率（ただし、その規模ではありません）は一時的には確かに鈍るものと思われ、したがつてその高度の技術は多国籍企業や海外プロジェクトに捌け口を見出すことになりましょう。

わが英国においては、事情は少々異なっております。英国には、高品位鉄鉱石が実質上皆無ですし、沿岸の水深は浅い上に潮の干満による水位は 20 フィート以上も変化しますので、水深の深い港を建設し維持するのが日本よりは困難です（もつとも、地震や台風のおそれは少ないのですが）。こうした事情にもかかわらず、大量の原料を低廉な輸送費で輸入することは可能ですし、石炭の埋蔵量は豊富であり、海底油田から大量のガスや石油の供給を受ける可能性にも恵まれています。したがつて今後 20～30 年間に、英国内における製鉄・製鋼活動が絶えることなく拡大して行く余地があるように思われます。とくに、環境汚染がすでにかなり喰い止められているだけに、尚更そう申せましょう。事実、英国においては過去 50 年間、人口は増加し、産業活動は拡大し、生活水準が向上したにもかかわらず、産業および一般家庭による大気・水質汚染は大幅な減少を見えています。その上、最近約 20 年のあいだに、まだ規模こそ小さけれ、原子力エネルギー計画が国民生活に滲透して受け入れられていますので、これをさらに押し広げ今世紀末には鉄鋼業に利用することも、ほかの国でのように感情的な反撥をうけることがないように思われます。

しかし私どもは、日本・英国間にあるこのようなさまざまな異なる傾向をひどくくつがえさないような鉄鋼技術革新に期待をかけなければなりません。両国に共通しているのは、このような変化が人類に及ぼす予測もつ

かぬようなインパクトであり、これから発生するであろうと思われる困難な問題であります。経営者と作業員（彼らはますます高度の教育と技能訓練をうけるようになっております）の心構えが、鉄鋼業の健全性を決定する大きな要因となるでありましょう。たとえ将来の製鉄所が現在の数百万 t の規模のものより小さくなろうとも、なおかつそれはあらゆる経営階層と現場との間のコミュニケーションと創造的なヒューマン・リレイションの確立という重大問題を残す程度には大きいと思われます。私どもは機械について知つていると同じだけ、人間についても——従来の科学的アプローチではどうにも解き明かし難いこの人間という領域についても、学ばなければならないのであり、しかも今、教訓を学びとらねばならないのであります。

### 製鉄所における人間

鉄鋼業での仕事は、昔は辛い肉体労働でありましたし作業環境は暑くて不潔で、おまけに騒音に満ち満ちていたものでした。けれども、原料処理工場や巧妙精緻な機械設備が漸次導入されるとともに作業環境は著しく改善され、重筋肉労働や不快な条件の多くは製鉄所から放逐されてしまいました。重筋肉労働の必要がなくなることは鉄鋼生産に従事する人々から、自分が仕事をやりとげたのだという伝統的な満足感や優れた技巧の冴えをある程度奪いつてしまいました。しかしまた、重筋肉労働が不要となり、作業環境が改善されたことによつて、鉄鋼業というものが、したがつてこの協会の会員会社が、婦人にとつて魅力ある職場となるに相違ありません。現場作業員の数は大幅に減少し、製鋼工場や圧延工場は例えば自動車のような大量生産工場にそつくりになつてきました。そこでは精妙巧緻な機械にほんの少しの作業員がついていただけです。その結果、いままで考えられなかつたような新しい問題、すなわち、高生産性を誇る資本集約的オートメーション工場における倦怠という問題が生じてきました。Photo. 6, 7 は鉄鋼業の作業条件がこの百年間にどのように変つたかを示しています。

したがつて新たに生じた問題はただ単に製鉄所を清潔なものとするために万全をつくすということだけではなく、作業員が絶えず生き生きとした関心を持ち続けられるような近代的工場とその管理をデザインすることなのであります。

### 社会問題

さらに私が申し上げたい第二の点は次のことです。それはすでに英国の鉄鋼業に起こつていることですが、日本でも今後 10 年くらいのうちには、もつとはつきりした形であられるのではないかと思います。19 世紀後半、英国の鉄鋼業、造船業およびエンジニアリング産業は国産の石炭・鉄鉱石をもととして、技術の進歩、経済



Photo. 6. Hand sheet mill (Quality of this photograph due to its age).



Photo. 7. Wide strip mill control room.

の繁栄そして爆発的な拡張の一時期を謳歌したのですが、それは過去 25 年間における日本の発展ぶりを彷彿させるほどのものでした。今世紀の初めごろには多くの機械が老朽化し取替えの必要が生じたばかりでなく、人口の集中、劣悪な住宅、社会施設の不備などによつて深刻な社会問題が発生しました。しかしながら、徐々に改善が行なわれ、その土地その土地の習慣や伝統、19 世紀から 20 世紀初頭にかけての重工業の労働パターンと忠誠心と堅く結び合わされつつ、十分に満足に値するような安定した社会が数世代にわたつて築き上げられてきたのであります。最近 25 年間に行われた目覚ましい技術革新は、多くの伝統的産業のパターンと立地の変化を要求しております。資本集約産業においては、人間のほうが機械より重要になつてまいりました。近代的な工場を新立地に建設することは、とりたてて難しいことではありません。しかし、老朽工場を閉鎖したり、あるいはどこか他の場所の新工場への移転とか従来の場所にほかの産業を持つてくることによつてはみ出した労働者の配

置転換を行なつたりする場合に生ずる人間的・社会的問題は、政府・経営者・労働組合にとつてはもちろん、このことに関わりのある人々やその家族にとつても、解決を迫る大きな問題となつております。

日本鉄鋼業が経済的な理由から加工部門や他業種、すなわち造船業や化学工業などにむかつて多様化を図つておられるのに対して、わが英国鉄鋼公社も同じような多様化の方向に進んでおりますが、ただし私どものほうは労働力を鉄鋼業から他の業種に配置転換しなければならぬという差し迫つた問題の解決策として、そういう方向をとつているのであります。配置転換する口をつくりだすために、種々様々な方法が考え出されました。たとえばそれは

- 製鉄所のある地域に新しい会社を誘致するため、工業省と地方官庁を援助すること。
- 当鉄鋼公社の組織する就職斡旋チームが、有望な雇用主と談合する場を設けること。
- 産業団地開発業者とのジョイント・ベンチャーを推進すること。
- 新しい雇用主と直接提携してジョイント・ベンチャーを起すこと。
- 地方官庁の産業開発運動を支援し、産業振興展示会に参加すること。
- 英国鉄鋼公社が製鉄所を閉鎖する地域では、公社の産業活動の多様化を図ること。

等々です。

わが英国鉄鋼公社の経験したところによりますと、新しい就職口を与えるための効果的な措置（これには就職指導・相談や職業訓練なども含まれますが）をとるには 2～3 年は必要ですし、詳細な労働力・社会計画の立案には関係者すべての全面的な協力が得られたとしてもなお 12～18 カ月にかかるでありましょう。鉄鋼業以外の新しい職種に対する抵抗感を考えに入れれば、この所要期間をもつと長くなりましょう。私どもはブレーキ製品ゴム・ローラ、冷蔵庫、自動車用排気装置などさまざまな産業の誘致に多大の成功を収めてきました。

日本においても、その鉄鋼業のぼうだいな規模のゆえに、いま私どもが戦っている困難と同じような配置転換の問題が、技術・環境・経済条件の変化とともにあらわれてくるでありましょう。しかし、われわれ両国民のあいだには文化の相違や人生観の相違が数多くあります。一例を挙げますなら、日本の産業観の極めて顕著な特徴である強い「集団性」は、英国ではそれほど目立たないように思われます。日本の伝統と西欧のそれとの間に横たわるこのような差異が、人間の問題—いま私どもが英国の産業界の一部で体験しつつあるこの人間の問題に取り組み皆様方がたの姿勢に、どのような影響を与えるか私どもは共感をもつて見守りたいと存じます。

社会的問題も技術的問題もすべてひつくるめて、それ

は今世界的な規模で進行しております。どの国もが、それぞれに個有の智恵と伝統によつて、貴重な貢献をしておりますが、しかしまだどれひとつとして解決されてはおりません。日本鉄鋼業と英国鉄鋼業を結ぶ友情の絆そして日本鉄鋼協会と英国金属協会をつなぐ絆は今後ますます強めなければなりません。その強い連帯の絆は、

われわれ共通の大きな目的を追求するに当つて、お互に持てる知識をわかち合うのに大きく影響するでありましょう。そしてその共通の目的とは、われわれが生れあわせたこの世界よりも、もつと平和で快適で豊かな世界をわれわれに続く世代のために創り出してやることにほかなりません。