© 1984 ISIJ

小型誘導溶解炉中の溶鉄内の分散気泡の測定

寄 書

川上 正博*・富本 登*²・北沢 康憲*³奥山 優*⁴・伊藤 公允*

Measurements of Dispersed Bubbles within Molten Iron Contained in a Small Induction Furnace

Masahiro KAWAKAMI, Noboru TOMIMOTO, Yasunori KITAZAWA,
Masaru OKUYAMA, and Kōin ITO

1. 緒 言

従来、液体中に吹き込まれたガスからの気泡の生成機構や平均気泡径等に関する研究は比較的多く行われているが¹⁾²⁾、溶鉄に関するものは、Iron and Guthrie³⁾ によるノズル先端における発生気泡の大きさを調べたものがあるだけで、その分散形態については報告がない。本研究では、前報⁴⁾ において確立した液中分散気泡の統計的処理法を溶鉄に適用し、気泡頻度 f (1/s)、ガスホルドアップ H (—)、上昇速度 v (m/s) を求め、小型誘導溶解炉内の鉄浴中への気泡の分散挙動を明らかにすることを目的とした。更に、同一幾何学的形状の水浴を用いた実験を行い、気泡の鉄浴および水浴中への分散挙動の比較も行った。

2. 実験方法

用いた実験装置の概略を Fig. 1 に示す。炉の寸法は内径 150 mm、深さ 400 mm である。炉底部中央には、内径 1.5 mm のムライト製ノズルを埋め込んだ。炉の上部には、溶鉄飛沫の付着防止のため、ライニング加熱用の黒鉛リングを埋め込んだ。高周波電源には、最高出力 36 kW、発振周波数 2.2~3.1 kHz、サイリスタ制御方式のものを用いた。この炉の中で、20 kg の鋳物用鉄 1 種 B を溶解し、N₂ ガスを 20 Nl/min の流量で吹き込んだ。なお、N₂ ガスを吹き込まないときの鉄浴深さは 190~200 mm であつた。

電気探針は、2 本の Mo 棒 (φ1.5 mm) に内径 1.5 mm のムライト製絶縁管をかぶせ、その先端を垂直方向に 10 mm ずらして内径 6 mm の石英管内に固定し、更

に補強のために、内径 8 mm のステンレス管内に納めた構造とした。この探針は、炉体上部のアルミ製の枠に固定した。また別に、黒鉛棒を溶鉄中に浸漬した。Mo 棒と黒鉛棒を直流電源に接続し、2 組の電気回路を構成した。この回路より得られる電気信号は、前報⁴⁾ 同様、アナログデータ・レコーダで記録し、マイクロコンピュータで処理した。

測定温度は 1 250°C である。また、誘導攪拌の効果を調べるために、電源カット時の測定も行つた。この時は、一度 1 300°C まで昇温し、電源をカットして 2 min 放置し、その後、3 min 測定を行つた。この 5 min の温度降下は約 80°C であつた。

1 Nitrogen cylinder, 2 Reducing valve, 3 Float meter, 4 Pressure gauge, 5 Nozzle, 6 Graphite ring, 7 Induction coil, 8 Bath, 9 Electroresistivity probe, 10 Counter electrode, 11 Variable resistor, 12 Oscilloscope, 13 Analog data recorder, 14 D.C. Voltage regulator, 15 Controlling valve

Fig. 1. Schematic diagram of the apparatus used to measure bubbles in molten iron.

昭和 57 年 4 月本会講演大会にて発表 昭和 58 年 5 月 23 日受付 (Received May 23, 1983)

* 豊橋技術科学大学 工博 (Toyohashi University of Technology, 1-1 Aza-Hibarigaoka Tempaku-cho Toyohashi 440)

*² 豊橋技術科学大学大学院 (現: (株) 神戸製鋼所) (Graduate School, Toyohashi University of Technology, Now Kobe Steel, Ltd.)

*³ 豊橋技術科学大学大学院 (Graduate School, Toyohashi University of Technology)

*⁴ 豊橋技術科学大学 (現: 小山工業高等専門学校) 工博 (Toyohashi University of Technology, Now Oyama Technical College)

Fig. 2. Radial distribution of bubble frequency at different height, Z , from nozzle top in iron bath. Solid lines : power on, dotted line : power cut.

浴内の測定位置は、垂直方向は、ノズル先端からの高さ Z (mm) で表し、半径方向は、中心軸からの距離 X (mm) で表した。

水浴中の実験では、アクリル製円筒容器を用い、前報⁴⁾と全く同じ操作で測定を行った。なお、ガス流量は 20 Nl/min である。

3. 実験結果および考察

3.1 気泡頻度分布

Fig. 2 に、鉄浴中の測定結果を示す。横軸に X 、縦軸には気泡頻度 f を示した。図より、(i) f の水平方向の分布は、中心軸からずれた位置に最大値をもつ、(ii) f は底から表面に昇るに従って増加する、(iii) $Z = 50$ と深い位置でも、 $X = 60$ と比較的側壁に近い所まで気泡が到達している、ことがわかる。 $Z = 150$ に示した一点鎖線は、電源カット時の測定結果で、上記項目 (i) の傾向がより強調されている。

Fig. 3 は、水浴中の測定結果である。いずれの深さでも、 f の水平方向の分布は、中心軸上に最大値を持っており、2次元ガウス分布にのると見ることができる。図中、おのおのの曲線に対する標準偏差 σ の値を示した。鉄浴中の結果と比較すると、気泡分散相の拡がり方は小さく、中心軸近傍での f の値は大きい。

3.2 ガスホールドアップ

鉄浴中のガスホールドアップの測定結果は、気泡頻度分布について前述した3項目と同様の傾向を示した。ま

Fig. 3. Radial distribution of bubble frequency at different height, Z , from nozzle top in water bath. σ is the standard deviation for Gaussian distribution curves at each height.

Fig. 4. Radial distribution of bubble rising velocities in iron bath.

た、電源カットの効果についても同様、極大値の偏心がより顕著に認められた。

3.3 気泡上昇速度

Fig. 4 に、気泡上昇速度 v の測定結果を示す。図中の一点鎖線は、電源カット時の結果である。 v は $X = 0$ の 1.5 m/s から、 $X = 40$ の 3.5 m/s までいつたん上昇し、 $X > 40$ で降下した。電源オンの場合には、 $X = 40$ 付近のピークの他に、 $X = 0$ にもピークが認められた。 $X = 40$ にピークのあることは、気泡頻度分布の傾向と一致する。電源オンの場合には、誘導攪拌の効果により、鉄浴中心部には強い溶鉄の上昇流が存在し、側壁近傍では下降流が存在する。このため、電源オンの場合には、 $X = 0$ にピークが表れ、 $X > 20$ の所では、電源カット時に比べ、 v が小さくなったと考えられる。

水浴中での結果は、 $Z = 150$ では、 v は、中心で約 1.5 m/s の最大値をとり、 X の増加とともに、約 1 m/s まで減少することを示した。鉄浴中の結果と比較する

Fig. 5. Comparison of bubble dispersion zones. The left part shows the zone in water bath and the right, that in iron bath.

と、全般に、 v は小さめの値であつた。

3.4 気泡分散相の拡がりについて

Fig. 5 の右半分に、鉄浴中の気泡分散相の拡がりを示した。気泡分散相の境界は、 $Z=50$, $X=60$ で気泡が検

知されたことから、定性的に定めた。図中の一点鎖線は、各深さでの f のピークの軌跡を示す。 $Z=150$, $x=40$ の位置における 120 s の f のデータを一定時間間隔で区切り、その間の f の平均値を調べたところ、それはほぼ周期的に増減していた。そのことから、一点鎖線を中心軸とする気泡分散相が、約 28 s の周期で旋回していると考えられる。

Fig. 5 の左半分は、水浴中の気泡分散相を示す。3.1 で求めた σ を用い、 3σ の軌跡より、気泡分散相の境界を定めた。この境界と中心軸のなす角の2倍で定義されるコーンアングルは 23.7° であつた。

図の左右を比較すると、気泡は、水浴中では、中心軸からあまり拡がらず、密集して上昇するが、鉄浴中では、浴内のほぼ全域に拡がって上昇する、ことがわかつた。

文 献

- 1) 森 一美, 佐野正道: 学振 19 委-No. 10291 (昭和 55 年 9 月)
- 2) G. N. ORYALL and J. K. BRIMACOMBE: Metall. Trans., **7B** (1976), p. 391
- 3) G. A. IRONS and R. I. L. GUTHRIE: Metall. Trans., **9B** (1978), p. 101
- 4) 川上正博, 富本 登, 伊藤公允: 鉄と鋼, **68** (1982), p. 774

随 想

あるタンカーの思い出
—大型船の再資源化—

鶴 田 敬 一*

私は今、静かに迫り来る宵闇の中で、昔の思い出にふけっている。穏やかな海である。私のすぐ隣には、半分解体されかけている VLCC が、繋船されている。私も、今日この船舶解体場の岸壁に曳航されて来て、接岸されたところなのである。静かな夜のとぼりが下りて来る中で、数々のまたいろいろな思い出が、浮かんで消えていく。今は、灯り一つ点いていないこの船の上で、多勢の人達が、生き生きと動きまわり、私を生み出し、そして世界経済のために原油を運び、私も一生懸命、全機能を発揮して頑張った時代、それも今終わりを告げようとしている。それらのことを、振り返ってみるのに、ちょうど良い夜である。

私は昭和 48 年の初め、造船ブーム、タンカーブームで多忙を極めていた、ある日本の造船所の中で、生まれた。その頃流行であつた、VLCC の 1 隻として、前の年に起工された。その頃は、日本いや世界の景気上昇はすさまじい勢いで、伸びており、それを支えるエネルギーの一つとして、石油（原油）が、中近東から世界各地に輸送され、第 2 次、第 3 次製品を生み出し、その代わりに、建設、掘削材料がまた中近東に運ばれる等、海上の物流が、世界の景気伸長の、原動力となつていた時代なのである。

私は、その時代の最も新鋭なタンカーとして、設計・建造された一隻である。優秀な機器も整備され、新しい航海計器も積まれた。そして少しでも多くの油が積めるように、日本の優れた製鋼技術が生んだ、高抗張力鋼が甲板、船底等の大切な箇所に、随所に使われている。ここで私のことを少し紹介すると、体格は、長さが 315 m、幅が 55 m、深さが 20 m である。3 万 6 千馬力のタービン機関を積んで、約 16 ノットの速力で走ることができる。体重が約 4 万トンで、約 26 万トンの油を積むことができる。体重 4 万トンのうち、鋼材が約 3 万 4 千トンを占め、更にそのうち 8 千トンが、ハイテンである。ちょうどその頃は、造船所は建造ブームで、次から次へ

と、新しい船が建造されては、引き渡されていつた。

私もその工場のシリーズ船の 1 隻として、起工から完成まで、約 10 ヶ月という短い期間で建造された。以前は起工から進水までが 5~6 ヶ月、進水後も 7~8 ヶ月かかり、1 年以内に船ができるのは難しかったが、造船工場の大規模化、起重機の大容量化に伴い、大きなブロックで建造する方法が採用され、またパイプ等の艤装品も、ブロックの中に組み込まれるというような、新工法の採用でどんどん船の建造期間が、短縮され、新しい船が、続々と海に浮かんでいつた。

私の場合も、多勢の人達が夜遅くまで、また日曜日も返上して、働いていたようである。しかし仕事は非常に丁寧に、親切にやつてくれたと感謝している。進水すると造船所の岸壁につながれて、艤装工事が始まつた。乗組員の寝泊まりする居住区、推進機械や発電機の据えつけてある機関室、油移動のための専用ポンプ室、船の操縦室等、至る処にパイプがつながれ、電線が引かれ、機器が取り付けられていつた。これらの工事が一応完了すると、船主や関係者が、多勢乗り組んで、船の性能確認、でき栄えを調べるために、海上運転が行われた。2 泊 3 日にわたり、入念に、速力、燃料消費、機器能力、操縦性と種々なテストが行われた。このテスト結果の不具合箇所を、直して、お化粧をして私は完成され、命名式を迎えた。

あの晴れやかな命名式の様子は、今でも目に焼き付いている。船名は紅白の幕で隠され、船室ブリッジの前には、薬玉が下げられ、その前に多勢のお客様が、勢揃いして列んでいた。来賓の挨拶が終わつた後に、船主のお孫さんのお嬢さんが、私の名前を大きな声で叫んで、薬玉に結んである紐を、斧で思い切り切断した。その途端薬玉が割れて、五色の紙吹雪が飛び、風船が空に舞い上がり、船名を隠していた幕がはね上がり、たくさんの鳩が飛び立つていつた。お客様及び、見物の従業員の全員、大きな拍手の中で、私は VLCC として、誕生したのである。

私が就航してから約 3 年間は、本当に順調であつた。造船所の人達が、一生懸命作つて、整備してくれたためか、どんなに一生懸命働いても、身体のだこにも傷みを感じることもなく、船長、機関長の命令どおりに動くことができ、主として中近東から、日本の間をピストン方式で、たくさんの油を運搬した。乗組みの人達も陽気で、居

写真 1 接岸されたタンカーと半分解体された船体

写真 2 解体作業状況

* 日本鋼管(株)

住区、機関室とも和やかな雰囲気で、ある時は飛び魚と競争したり、いかたと話をしながら、楽しい航海を続けた。もちろん、海は静かな時ばかりではなく、嵐の時もあったが、船長が上手に蛇を取ってくれ、全員で頑張り協力しながら無事航海を続けた。

しかし、中東で起こった戦火は鎮まらず、拡大を続け、それが石油の生産低下、価格の値上りにつながり、世界中でエネルギー消費の節約が叫ばれ、いわゆる“オイルショック”により、その省エネ運動が軌道に乗り、石油の需要が減少し始めて来た。その結果として、石油の荷動きが減り、それにつれて、吾々の活動も少しづつ、動きが鈍って来た。私も力一杯走らずに、できる限り、楽にエネルギーを最小に使って、航海するという方法を探るようになったが、一方、造船所ではまだタンカーを建造中のものもあり、仲間は増えて来る傾向にあり、とうとうタンカー船腹が過剰になり、運賃が下がり、運航採算がとれない状態になつて来た。そのため、特に大型で効率の悪い船から、仕事から外されるようになって来た。仕事から外された船は、古い船はスクラップにされ、比較的新しい船は、各地で繋船されるようになって来た。私は幸いにして、その時点では荷主との長期契約のため、何とか生き延びることができたが、蒸気タービンという、大きな胃袋を持っているために、厄介な荷物であつたことと思う。そのためとうとう昭和 55 年春、他の仲間とともに繋船されることになった。しかし、私達を海上で（湾内で）繋船しておくのも、非常にたくさんの費用がかかる。吾々の体内に設置されている機械類は、長い期間使わないでいると、動かなくなってしまうものもあるからである。そのために、一定期間ごとに確認運転をしたり、海上の湿気、塩分で腐食しないように、特殊ガスを封入したり、盗難、暴風時対策等、莫大な費用になる。しかもこの繋船が 1 年とか 2 年とか、再度使用する目的のある時は良いのだが、景気の回復の見通しがたらず、先行きがわからない状態では、長期に続けるわけにはいかない。また一方、技術的な面でも海上汚染防止のための、装置の装備が義務づけられるようになり、吾々が再度働くためには、大きな改造をする必要も出て来た。これらのことを判断して、今後の負担を軽減するために、処分されていく仲間が増えて来た。そして今、私がその運命をたどろうとしているのである。

今まで解体された船の鋼材は、ほとんど伸鉄材として、製鋼所に送られ、新しい建材等として、生れ代わつて世

の中のために尽くしているし、機械、モーター類は、良く選別されて再使用されているようである。

しかし私はまだ 10 才、まだ老いるには早く、使い方によつては、十分に役立つはずだ。すぐにスクラップにしないで、役に立つ方法はないのだろうか、私を一生懸命、建造してくれた造船所の人達、長い間可愛がつて使ってくれた乗組員の努力と、苦勞を考えると、何か、感謝無量というところである。今隣りに横たわる、半分割り取られたような友人を見て、思わず悲しくなつてしまう私です。明日からは、多勢の人達がまた私の中で働くであろう。しかし今度は私を作るためでなく、葬り去るために、働くのだ。

以上あるタンカーの思い出を、書き述べたが、最後に、彼女（船は女性なのである）が、もつとお役に立つ方法は、ないだろうか、心から叫んでいた。大型タンカーの再利用方法を、過去の例、その他から考えてみよう。

（1）洋上備蓄タンカー

船の形も変えず、手も加えずにすぐに利用できる。原油または石油の一時保管タンクとして、利用する方法であるが、陸上タンク方式に比べ、維持、管理に費用がかかり、特に陸上のタンク容積が、不足の時のみに使用される方法。

（2）清水輸送タンカー

世界各地で、真水の不足している地域が多く、商売にはなるようであるが、古いタンカーの洗浄、または改造費も必要。しかし一番の問題は、清水の荷役設備がなく、大型のタンカーは利用できないであろう。沖どり方式等を考えれば可能性もあるが費用がかかり、当分先のことになる。

（3）浮遊式石油生産設備への改造

世界の海洋油田も、浅くて小規模な油田は、生産設備も移動式の方が、効率が良い場合が多い。タンカーに油ガス分離装置等の原油精製設備を設置して、生産設備兼ストレージタンカー、兼ローディングポンプステーションとしての機能を持たせ、油田上にアンカーまたは他の方法で繋留する方法。

繋留方法、油の汲み上げ方法等、まだ開発をしなければならない項目も多いが、結構有望な使い方であると思う。しかし VLCC、ULCC の利用はどうか、せいぜい 12～15 万トン程度のタンカーで十分でないか、しかし現在世界各地で真剣に、検討されている方法である。

（4）大型バージへの改造

写真 3 出荷前の取り外された発電機

写真 4 取り外し部材整理状況（ポンプ、タンク等）

現タンカーの荷艙部分を、平面的にスライスして、大型の浮遊バージに改造する方法。

改造されたバージの使い途は、海上作業台、運搬船、プラントバージの台船等利用範囲も広く、案外有望な用途と思われる。

(5) 船殻構造材の利用

タンカーはたくさんの支切り壁で構成されている。この壁とその補強材を上手に利用して、岸壁護岸用の、埋立て仕切り壁、人工島の構造の一部等に利用する。この

方法は相手の構造、工法が上手に適合しないと難しく期待は少ない。

これらの方法は、いずれも理論上可能なものであるがこれだけでは、現在繋船中のタンカーをすべて、利用することもできず、大きな課題である。

いずれにしても、有限であり、貴重な資源である鋼の再資源化は吾々に与えられた大きな使命であり、今後共大いに研究をしていきたいと考えている。

コ ラ ム

珍答案と迷論文

学生の試験答案には誤字や文意不明の箇所が多く見られる。誤字についていえば、破戒（破壊）、遊里（遊離）、臨海（臨界）、平衡（平衡）、衝撃（衝撃）、析出（析出）、回析（回折）、組織（組織）、粗大化（粗大化）など枚挙にいとまがない。ところが、「鉄と鋼」の査読委員をしていて投稿論文に「破戒」があつたのには驚いた。しかもこの著者は、原稿用紙に明らかに喫煙によると思われる円形状の焦げ跡のある論文を投稿したため、校閲を担当されたある権威は査読用紙に「不謹慎である」と記入された。

試験の場合は時間が限られていて読み直す余裕がないという事情もあるが、論文では読み直す時間的余裕は十分にあり、読み直しさえすれば少なくとも初歩的なミスは容易に修正し得る。上司に焦げ跡のある報告書を提出する人がいるであろうか。大事な手紙を書きつばなしで読み直さずに投函する人がいるであろうか。この著者にとって論文とはそもそも何であろうか。この例はある企業に所属する著者の場合であり、企業と大学とは論文の位置づけが多少異なるかもしれない。しかし、論文は精根を傾けて実施した研究や開発の成果を世に問うものであるから、所属のいかんを問わず、真摯な気持で最善を尽くして書く心掛けがまず第一に肝要である。字句の

正しさに疑念があつたら辞書を引く労を惜しんではならない。推敲不十分で初歩的なミスの多い、いわばなげやりの論文原稿ほど査読委員を気落ちさせ査読に多くの時間と労力を要するものはない。

さて、研究論文では内容がいかに優れていても、これを十分に表現できなくては何にもならない。内容と書き方とは車の両輪をなす。論文には論理性、厳密性、簡潔性が要求される。論理性とは考え方の筋道が通っていて論旨が明快なことで、これは分かりやすさに通じる。厳密性とは文意が一元的で曖昧でないこと。小説は一般に厳密性をそれほど重要としない。読者は想像をたくましくして楽しめばよい。簡潔性とは冗長でないこと。冗長な文章は読むに耐えない。しかし簡潔すぎて分かりにくい文章もある。筆者は学生時代に指導教授から「論文は文章の伝言である」と教えられた。初めから終わりまで無駄がなく全部役立つという意味であろう。若い頃に論文の書き方について教え込まれた研究者は幸せである。しかし真剣な気持で最善を尽くす心掛けの人は論文の書き方にも早く上達するであろうし、またこのような人の書いた論文に対しては査読委員も気持よくその職務を遂行し得るであろう。

コラムとは肩のこらない小評論とのことであるが、これは肩のこるものになつてしまつた。会員各位のいつそうのご健闘をお祈りする次第である。

（東京都立大学工学部 宮川大海）

随 想

イラクから “Inhibition of Reoxidation of Direct Reduced Iron”
投稿のいきさつ

杉 浦 卓*

開戦以来すでに3年半になろうとしているが、現在なおイランとの交戦状態が続いているイラクの Dr. Jaleel Kareem Ahmed からの投稿 Report “Inhibition of Reoxidation of Direct Reduced Iron”† が編集委員会の審査を通過し、欧文誌への掲載が決定されたことは、博士から投稿の依頼を受け、仲介の役割を果たした私としては非常に嬉しい。この機会に、投稿の背景など私が知っている範囲で今までのいきさつを記して読者の御参考に供したい。

彼と私との出会いは、昭和55年7月に、私が国際協力事業団からイラク共和国へ冶金関係の専門家として2年間の予定で派遣され、首都バグダッドにある Specialized Institute for Engineering Industries (略称 SIEI) に配属された時に始まる。

SIEI の本部はバグダッド市内の繁華街にあつたが、近郊の Dora (Fig. 1 参照) に移転中であり、実験棟と試作工場は当時すでに完成して移転を終わつていた。彼と私はこの研究所の生産技術部に属し、試作工場の一隅に設けられた臨時の事務室に机を並べていた。

イラクは社会主義体制の国であるので、主要な企業は全部国営であり、工業鉱物資源省 (Ministry of Industries and Minerals) の下に工業局 (State Organization for Engineering Industries) があり、当時国営9企業がその傘下にあつた。SIEI はこれらの企業の技術を側面から指導する立場にあり、昭和48年国連の協力のもとに活動を始めた。これらの企業の一つが Basrah の Khor Al-Zubair にある State Enterprise for Iron and Steel Industry で、ここでは1978年に HyL 法による還元鉄の製造設備が完成し稼動を開始したが¹⁾、製品の在庫が増加したために化学を専攻した彼に再酸化防止対策の研究が課せられたようである。

私の仕事の範囲は、球状黒鉛鉄の製造、中子造型方法の合理化のほか、前任者で大同特殊鋼(株)から出向の堀越弘彦氏の指導されていた鋼の熱処理技術を継続して担当することになっていた。彼とは仕事上直接の関係はなかつた。しかし、赴任後間もなく、彼は還元鉄の再酸化防止対策として “Wax Process” を研究中であると話しかけてきた。私はワックスは石油精製の副産物でもあり、それは非常に興味のある研究であると思うと答えたところ、彼は数日後実験中の現場を案内してくれた。Dora には適当な試験設備がなかつたので、この実験は50 km ほど南の Iskandariyah にある State Enterprise for Mechanical Industries の鑄造工場の一隅で行われていた。8月の40°C前後の猛暑のなかで、彼は玉のような汗をぬぐいながらドラム缶の中でワックスを溶かし

Fig. 1. Map of Iraq

ていた。助手の若い女性の化学者がワックスの温度を測っていた。研究所も工場もこの研究に対して理解がなく、作業員を出してくれないので困るとこぼしていた。しかし、彼はこれは “Japanese Process” であると宣伝して研究を推進しているということであつた。たぶん日本の技術者の推せんする方法であるということで権威づけて研究を進みやすくしているように思われた。還元鉄溶解用の高周波実験炉はまだ据付けてなかつた。私は今後の実験の進め方について若干の助言をして、彼を励ましてやつた。

彼は Iskandariyah からさらに40 km ほど南の有名な遺跡 Babylon の近くに住み、バスで研究所まで通っていたが、7時30分の始業時間前にいつも出勤していた。彼の経歴についてはよく知らないが、日本には昭和46年に行つたことがあり、新潟の日本ガス化学(株)に6か月ほどいたとのことで、そのためか日本に対して非常に親近感を持ち、この研究が完成したら日本の然るべき学会でぜひ発表したいとのことであつたので、私はさっそく鉄鋼協会に昭和56年度の講演大会の開催場所や期間を問い合わせた。

しかし、昭和55年9月22日にぼつ発したイラクによるイランの軍事基地の爆撃、続いて翌23日のイランによるバグダッド等の報復爆撃により両国は戦争状態にはいつた。私も国際協力事業団から派遣されていた専門家は当時イラクに7名いたが、安心して技術協力できるように状態ではなくなつたので、10月6日タクシーでバグダッドを脱出し、砂漠を約1000 km 横断して隣国ヨルダンの首都アンマンにたどりつき、ここから飛行機で帰国した。

彼は私にぜひ Basrah の還元鉄工場を案内したいが、少し涼しくなつてからの方がよいということで延期していたため、私はついにこの工場を見学する機会を失つてしまった。

その後イラクとの音信が途絶えていたが、昭和56年

† Trans. ISIJ 24 (1984) No. 2 に掲載

* 国際協力事業団 工博

12 月に彼から手紙が届き、Wax Process がイラクで特許登録された、ついでには日本の学会で発表したいという主旨であつたので、私は講演大会の開催予定等を調べて返事をした。しかし、翌 57 年 4 月になつて、学会には出席できないが、投稿だけでもしたいと 4 ページほどの手書きの原稿を送ってきたので、私はさつそく協会に投稿の手続きをした。

編集委員会で審査された結果、原稿の内容に不備な点があり補足修正してほしいとの連絡があつたので、昭和 57 年 8 月に彼にこの旨通知したが、彼からは何の返事も来ない。その理由は不明であるが、彼の投稿の意志は変わらないものと考え、編集委員会の判断に基づき、彼の

返事を待つことなく、若干の修正をすることで欧文誌掲載が決定された。

私としては、イラクでの 3 か月の生活は、覚悟はして行つたものの、猛暑の最中で、専門家の受入れ態勢の不備なども手伝つて、苦しいことばかりの連続で、あまりよい印象は残っていない。しかし、その中であつて、彼の友情はいつも私を勇気づけてくれた。遙かに彼の健在を祈つて筆をおく。

文 献

- 1) 鉄鋼便覧第 II 巻 (日本鉄鋼協会編) (1980), p. 332 [丸善]

(294 ページより)

3%Ni Cr Mo V 低圧タービンディスク鋼の破壊靱性に及ぼす温度、試験片寸法および形状の影響

(N. B. SHAW and G. M. SPINK: Metall. Trans., 14A (1983) 4, pp. 751~759)

低圧タービンディスクの安全性を評価するために、破壊靱性とその解析方法について研究した。3%Ni Cr Mo V 鋼について $-100 \sim 100^{\circ}\text{C}$ の温度で破壊靱性試験を行った。試験片は 12.5~100 mm 厚のコンパクトテンション (CT) 試験片と片側切り欠き曲げ試験片および半円板型曲げ試験片である。

破壊靱性は遷移温度まで試験温度の上昇とともに増加する。この遷移温度は安定延性き裂の進展開始温度と一致していた。遷移温度以下の温度では破壊は線型弾性または弾塑性破壊力学によつて解析することができる。遷移温度以上の温度では破壊は塑性崩壊 (plastic collapse) によつて起こつた。

遷移温度は試験片が小さくなると、しだいに低下する。そして試験片厚さが同じであれば曲げ試験片より

CT 試験片によつて得られた遷移温度のほうが低い。遷移温度領域では小型試験片でフルサイズの構成部品の破壊挙動を予測することはできない。遷移温度以下の温度ではデータは非常にばらついて、3 倍にも達することがあつた。

試験片はできる限り大きなものを用いるべきであり、もし破壊が安定延性き裂の進展なしにへき開によつて起こる場合には、より大きい構成部品の挙動は予測できる。遷移温度以下の温度範囲で概略の破壊靱性値を推定するのは或る温度で試験し、他の研究者のデータも用いてここで数式化した規準曲線を用いれば可能である。もし材料が少なければシャルピー破面遷移温度から K_{IC} の下限界を推定できる。ただしこの場合は過度に小さく評価することになる。破壊が塑性崩壊で起こる場合には構成部品が同じ温度で同様の形態で破損することを示すことができないかぎり、フルスケールの構成部品の破壊は予測できない。

(安中 嵩)