

随 想

粒界を観て思うこと

石 田 洋 一*

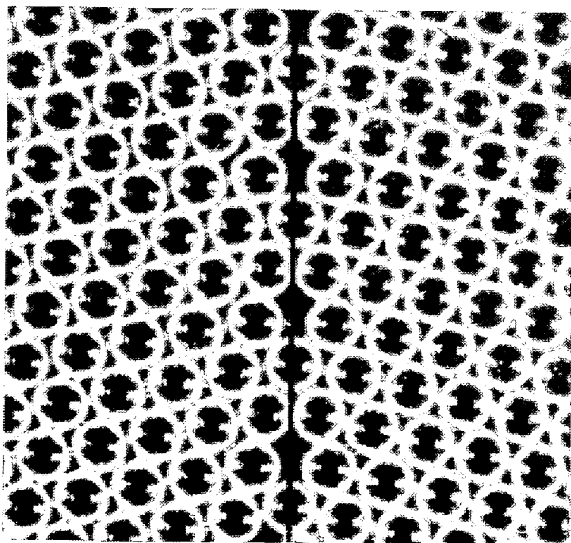
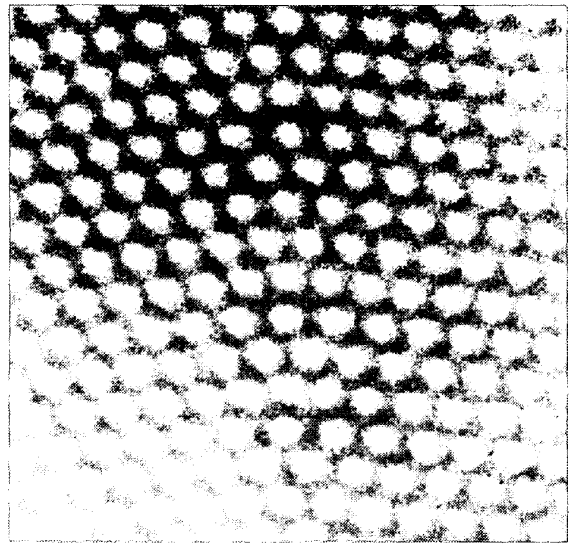
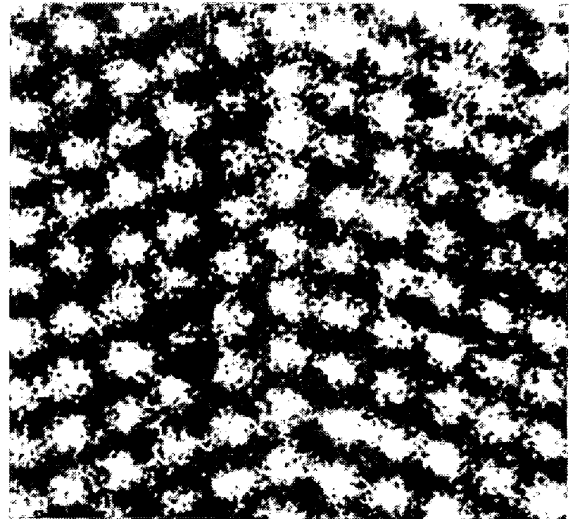
“やればなんとかなるものだ”。

最近、非常勤講師として他大学へ講義に行くようになって、むかしのスライドをとり出して眺めながら想うのは、このことである。

双眼の光学顕微鏡で粒界すべりを測定していた学生時代、光軸が平行でなかつたため、測定後はきまつて、廊下を歩く人が2人にみえて困った学位論文の頃、結晶粒界とは面であつて、そこで原子配列がどうなつていかなんて、考えてもしかたがないという感じであつた。

次に、かけ出しの研究者となつて透過電子顕微鏡で粒界転位を観察した時代、“結晶粒界に転位列がみえること自体、粒界に規則構造が存在する証拠である。”などと主張することはできても、みえているのは粒界転位の周辺で結晶格子が歪んでいることであつて、原子配列がみえているわけではないから、解析はどうしても間接的な性格のものとなる。靴の底から足裏をかくという焦躁感がどうしてもさけられなかつた。

泡モデル¹⁾²⁾とかコロイド結晶³⁾⁴⁾とか、粒界模型の写真を金属学会に発表して、自ら慰さめていたのがこの頃であつた。写真1と2はこの頃撮つたものである。金属学会というのはありがたい学会で、こういうトボケた研究も肩身のせまい思いをしないで発表できるが、相手が学生だとそうはゆかない。大学院の講義でこんな写真をみせると、“でも先生、結局これは石ケンの泡でしかないでしょう。”などと、まことに正当なるコメントがもどつてきて、弁解にならない弁解をさせられる羽目になる。

写真1 粒界の泡モデル²⁾写真2 粒界のコロイドモデル⁴⁾写真3 粒界の電顕格子像⁵⁾

それだから、電顕格子像⁵⁾(写真3)はまず私の講義にとって救世主のようなものであつた。というのは少々冗談気味だが、いくら定説になつていと言っても間接的証拠しかない状況と、直接観察とは質的な差がある。“ついに本物の粒界を観た。研究者生命が終わらぬうちにここまで来た。有難い”というのがそのときの筆者の気持ちであつた。

今、この3枚の写真を見比べてみると、筆者には相異点より類似点が目につく。泡はmmの大きさであり、肉眼観察向き、コロイドはμの大きさで光顕レベル、格子像はnmのスケールで電子顕微鏡の分解能の極限にあるというふうに寸法が三ケタずつ違つているが、配列の乱れが数原子(粒子)層に限られているとか、対称傾角粒界や片方の結晶の最稠密結晶面に平行なエピタクシー粒界が生じやすい、などお互いによく似ている。“原子

* 東京大学生産技術研究所教授

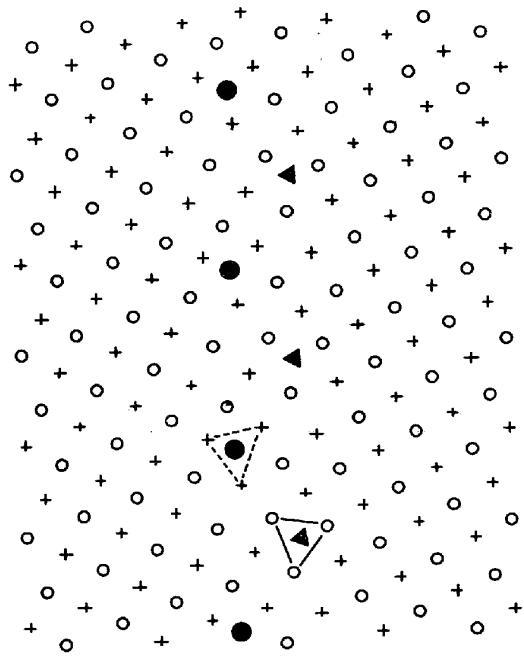


図1 粒界偏析構造 (計算)⁶⁾

配列のレベルまでは自然界は案外よく似ているものだ”というのが正直な印象である。

適当な原子間力を仮定しておこなわれる粒界構造のシミュレーションは、詳細はともかく定性的にかなり信用できそうだ、というのが、これら観察からひきだされるもうひとつの結論である。最近では電子論研究者も結晶粒界に興味をもつてくれるようになって、配列や結合状態の計算が盛んに発表され、いよいよ面白い分野となってきた。粒界偏析の計算まで行われるようになった。図1は鉄の粒界に燐が偏析した場合を計算した例である⁶⁾。偏析元素の配列具合は格子像でチェックできるから不純物元素の偏析による粒界脆化などを偏析構造と周囲の結合状態から理解する時代が今やはじまったといえることができよう。

これまで、粒界構造研究者と偏析・脆化研究者とは、あまり親密であつたとは言いがたい。偏析までは手がまわらない、というのが粒界構造研究者の本音だったし、偏析の著しい粒界で規則構造など、どれだけの意味があるのか、というのが偏析研究者の一般的態度であつた。格子像はこのような間柄にあつた両者を握手させるものとしても評価できよう。

不純物元素偏析の制御による粒界割れ防止は鉄鋼材料において依然として挑戦的なテーマであると思う。環境脆化における水素の問題、連铸スラブの高温割れ、核燃料炉材における照射偏析・脆化現象など、あたらしいプロセスや使用環境の苛酷化が常にあたらしい問題を提供している。これは粒界割れが金属材料の機能を支配する一般的要因だからで、Ashby のフラクチャーマップを

ひきあいにするまでもなく、予想外にひくい応力条件下で金属材料が破断するときは、きまつて粒界が径路となつていて、これがその材料の使用条件を制約し、潜在的な障壁となつている。母相を強化した高級な材料ほどこの傾向が著しいことも問題で、これには従来の合金設計が結晶粒界の研究を十分やらないままにすすめられてきたことも、そのひとつの原因となつていると筆者は感じている。偏析形態が原子配列の尺度で観察できるようになつたいま、従来の合金を再点検して、それぞれ粒界改良型合金として機能向上を企てることは、地味な作業ではあるが、素材の改良であるだけに、影響するところも大きいと期待される。

界面制御によつて技術的ブレークスルーが実現するのか、どの程度の成果があがるのか、神ならぬ身の知るよしもないことであるが、これに対する体制は、この1年で、かなりすすんだと思う。昨年、金属学会の研究グループとして誕生した結晶粒界研究会は60余名の参加を得て、研究発表会が行われているし、産業界、官庁側ともに界面・表面の共同研究プロジェクトが、最近、あいついで計画されている。界面研究は基礎的解析手法は別にして、直接には材料毎にキメ細かい配慮が要求され、個別のテーマの集合という性格がつよいから、これに参加する研究者数が多ければ多いほど成果も期待できるわけだまことにけつこうな企画であるといえる。この機会に研究者の結集をはかつて、“粒界設計の時代”とあとから言われるような時期を現出させたいものである。

粒界設計の概念はファインセラミックスやエレクトロセラミックス、半導体などの分野ではすでにかなりすすんでいる。粒界第二相の設計がこれで、上述した官側の大型研究プロジェクトも実はこの分野を中心とするものである。これらの研究は我々を勇気づける一方、反省させるものも含んでいる。格子像観察は精密であればそれでよいというものでもない。長期間やつていると、どうしても砂糖を精製しすぎて甘味を失う傾向がでてくる。実用テーマへの回帰もときに必要である。格子像観察で鉄鋼材料の粒界偏析配列を調べるには、いろいろむづかしい点もあるが、やつてみようとおもう。何年かあとになつて、“やればなんとかなるものだ”。ともう一度言いたいから。

文 献

- 1) W. L. BRAGG: J. Sci. Instrum., 19 (1942), p. 148
- 2) Y. ISHIDA: J. Mat. Sci., 7 (1972), p. 72
- 3) S. HACHISU, Y. KOBAYASHI, and A. KOSE: J. Colloid Interface Sci., 42 (1973), p. 342
- 4) Y. ISHIDA, S. OKAMOTO, and S. HACHISU: Acta Met., 26 (1978), p. 651
- 5) H. ICHINOSE and Y. ISHIDA: Phil. Mag. A43 (1981), p. 1253
- 6) M. HASHIMOTO, Y. ISHIDA, R. YAMAMOTO, M. DOYAMA, and T. FUJIWARA: Scripta Met., 16 (1982), p. 267