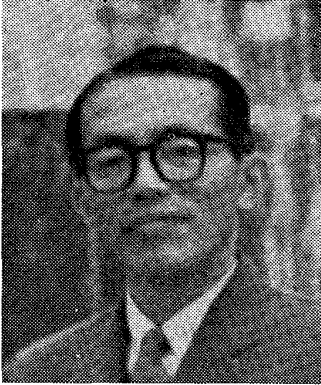


## 随 想

### 鉄鋼における研究および技術の今後の問題

菅 野 猛\*



私は現在2つの方面で鉄鋼に関係している。1つは鉄の機械的性質の転位論的研究によつてであり、他の1つのは計測の問題を通してである。

鉄鋼の機械的性質を、熱処理や加工によつて改良する問題は、従来実用材料を対象として経験的、現象論的に研究が進められてきた。一方転位論の発達とともに結晶の塑性強度、疲労、析出、変態などについても基礎的な研究がかなり進んできた。ところがこれら2種類の研究の間には現在なお大きな

ギャップが存在していて、両者が簡単に結びつかないのが現状である。

すなわち実用材料では、通常材料のマクロ的欠陥すなわち応力集中の原因となるような材料の不均質性や、内在する「切欠き」が塑性や強度を論ずる場合最も問題になる。この場合マクロ的欠陥の規模は大小様々で、肉眼にも見えるような砂疵と称するものから、電子顕微鏡でやつと捕捉できる微小析出物までであるが、その大きさは一般に原子の大きさと比較するとはるかに大きい。ところが結晶塑性学で取り扱っている欠陥は転位や点欠陥が主で、その大きさはおおむね原子の大きさの程度である。すなわち実用材料でいう欠陥と結晶塑性学で取り扱う格子欠陥とでは、その大きさにかなりのへだたりがあるが、その中間の大きさの欠陥についてはあまり研究されていない。

いま、鉄鋼の変形特性や強度に影響を与える材料内のこれらの欠陥をミクロ、マクロの別なく総合的に分類してみると、大体次のようになる。

- (1) 単結晶内部の欠陥——転位、点欠陥、(2) 副結晶境界、(3) 結晶粒界、(4) 異相境界、(5) 析出物、(6) 非金属介在物、(7) 気泡、空隙、(8) 白点、(9) 偏析

上記のものは、それぞれ単独で機械的性質に影響をおよぼすが、またそれらの間に相互作用が存在することにより、異なつた機械的性質を与える。たとえば歪時効(転位と点欠陥の共存)とか、結晶粒界への析出とか、変形に伴なつて起きる相変態とかがその場合に当る。

さらにこれらのものの発生する時期として溶融時に生ずるもの、凝固に際してできるもの、相変態に際して生ずるもの、冷間加工に際して生ずるもの、焼鈍や熱処理に際して生ずるもの、常温放置中に発生するもの、酸洗や鍍金中にできるものなどいろいろある。製造過程の種類や発生時期によつて、「切欠き作用」の原因となるこれらの諸欠陥の大きさや分布状態が異なつてき、これが鉄鋼の塑性的性質や強度に著しく影響を与える。

よく「全体は個々の単なる集合ではない」ということが社会現象などについていわれているが、金属結晶についても同じことが当てはまる。特に鉄鋼のような実用材料ではこの点が重要である。すなわち単結晶においてはほとんど見られない現象が多結晶体になると起こつてくることがあるからである。たとえば Lüders 帯の発生のごときがその好例である。

鉄のような体心立方金属ではきわめて単純化された高鈍度材料の単結晶についても、現在のところなお、降伏、加工硬化、疲労などの結晶塑性理論が確立しているとはいいがたい。したがつてその点の研究を急ぐことが先決であることは論ずるまでもないが、同時に鉄鋼の実用材料としての使命にかんがみ、

\* 本会評議員 東京大学工学部教授 工博

現在まだほとんど研究の空白部分となつているマイクロとマクロとを連結する部分、換言すれば物性学的、転位論的研究と実用材料についての現象論的研究とを結びつける研究を結晶塑性学的研究と並行して進めることこそ、新しい材料の開発、あるいは現在実用化されている材料の良品率向上という立場から見て、特に重要ではないかと思う。

つぎに計測の分野では、温度計測を中心として鉄鋼生産のプロセスにおける計測、制御など一般の問題に関係しているが、この分野では 10 年前、あるいはさらに戦前と比較して驚くほど進歩している。たとえばいまから 30 年程前には、鉄鋼工業でプロセスに関係のある計測や制御といえば高炉における熱風炉の温度計測とか、コークス炉の油圧式制御、あるいは熱処理炉の温度計測くらいなもので、真に微々たるものであつた。

それが今日では PR 熱電対直接浸漬法の発達とパラジウム検定法の確立によつて、かつては非常に測定が難しいとされていた溶鋼の温度を約 5 度の確かさで知ることができるようになつたばかりでなく、日本全国の製鉄製鋼工場における測定値を同じ確かさで比較することも可能になつた。最近では出鋼時の溶鋼温度はもちろん、鑄込時における注入流の溶鋼温度を測つて、鋼塊の品質を管理することも日常作業として行なわれている。また、転炉、高炉における計算制御はすでに実用化され、さらに圧延工程における圧延温度、板巾、板厚の連続計測と自動制御から進んで、電子計算機を利用した計算制御にまでおよぼうとしている。あるいは成分分析は真空発光分析によつて、C, Si, Mn 以下の各元素の同時迅速分析が大部分の鉄鋼会社で日常的に行なわれるようになり、秤量器も連続化、デジタル化、自動化されて原料、製品の購入、配給、販売面における不正確さが除かれ、コストの低減に寄与しつつある。

私は約 30 年程前に学校をでて製鋼工場に入つたが、当時、現場の少年工に光高温計を持たせて精煉時の溶鋼温度を測らせようとしても、班長クラスの作業員の発言力が強くてなかなか思うに任せず、計測の研究よりも、まず計測の重要性を啓蒙することの必要性を痛感したことと思ひ合わせて、今昔の感に耐えないものがある。

思えば昭和 9 年学振 19 小委員会（今の学振第 19 製鋼委員会の前身）の発足に際して、俵国一先生は鉄鋼の研究を飛躍的に発展させるためには、冶金学者や金属工学関係の技術者だけでは不十分であるとして物理学者、化学者、電気工学者らを勧誘して参加せしめられたが、果してこれらの学者はその後の製鋼技術の進歩に大いに寄与し俵博士のお考えの卓見であつたことが証明された。技術革新時代の今日においては如何なる工業分野においても、機械、電気、冶金といったような古典的分類による工学の各部門が孤立して、それらの工業分野を担当して行くことの不可能なことは論ずるまでもないが、特に鉄鋼では近代化や大型化がきわめて最近に急速に起こつたため、他の諸工業でもまだ十分消化されていない高級な技術（たとえば計算制御）が一足飛びに実用化されようとする現象が起こつている。したがつて他の部門以上に従来のかげに捉われない新しい型の技術者を必要としているのではないかと思う。

鉄鋼に関する学問や技術が進歩したといつても、なすべきことはまだ数限りなくある。最初に述べたような鉄鋼中の微視的あるいは巨視的欠陥が、製造過程のいかなる部分において形成されるかについてはまだ解決されていない点が多い。ことに凝固時に関する分野はほとんど未開拓である。またプロセスの計測や制御でも、従来行なわれているのは熱経済的な面や寸法上の問題が主で、材料学的または冶金学的または冶金学的計測を行なつてこれを直接プロセスの制御に結びつけるような技術は全く見当らない。これらの問題を解決するには、広い視野と深い基礎的教養とをかねそなえた技術者、研究者を必要とするであろう。

私は現在数理工学、計測工学、物理工学などを包含する応用物理部門の学科に籍をおき教育および研究に従事しているが、前述のことを心に留め、ある特定の専門分野に捉われない flexible な頭脳を持つた技術者、研究者を養成すべく心掛けている。