

特別講演

□ 俵賞受賞記念

戦後我が国の鉄鋼技術の進展と成果を顧み、 新しい時代の材料工学を望む

荒木 透

科学技術庁 金属材料技術研究所 顧問

Toru Araki

Review on the Post-war Research Activities of Steel Technology in Japan and Hope for The New-age Materials Engineering

1 はじめに

今般、20世紀の初頭より終戦にいたる前半期、我が国の近代鉄鋼技術の成長発展期に、鉄冶金学の教育と研究に偉大な足跡を残された故俵國一先生の名を冠した大賞をいただき身に余る光栄に存じます。

敗戦の打撃による低迷の一時を経て日本の鉄鋼産業は再建に立ち上がり、そこで鉄鋼技術の遅れを取り戻すべく総力を挙げての向上革新が図られました。俵先生が育てられた日本鉄鋼協会や学振19小委員会(製鋼)が1950年以降の年代には重要な役割を果たすことになりました。

適切な政策と企業の積極的な経営努力に合わせて鉄鋼技術の高揚が果たされた結果、60年代から70年代にかけての鉄鋼産業は高度成長の先導を成し遂げ1973年に1億2000万トンを超える自由世界最高の生産量を誇るまでになり、また鉄鋼の質の点やその開発力においても欧米に勝る実力を備えるに至りました。

ここで図1に示す年代表に従って戦後鉄鋼技術研究の進展のあとをたどり、私の関与した事柄を中心として次の三つの見解にそって所見を述べさせていただきます。

2 鉄鋼技術研究の回顧

2.1 第一のカテゴリーは「現場的开发研究」:

これは当協会の得意とする領域であります。春秋の講演大会において多くの開発研究が発表討論され当時の活動状況を「鉄と鋼」誌の講演概要、講演論文(現在ではCAMP)として読み取ることができます。60年代当初は百数十だった講演数も二百〜三百台と活発な開発活動が多くの研究者技術者達の発表によって繰り広げられました。当時当協会の編集委員長として私はこのような現場的研究活動の発表と討論が高まるような運営に努めました。日本の鉄鋼技術

の著しい発展が研究者のみならず大勢の現場技術者・管理者の旺盛な研究意欲によって支えられていたと考えられますが、これは当時の欧米業界では見られない特筆すべきことと思います。

開発研究の内容の詳細は省きますが、図1に私が重要と感じた若干のテーマを掲げました。これらの研究に支えられて鉄鋼のコストパフォーマンスは著しい生産性及び歩留まりの向上により画期的な高まりを見せ、一方ニーズに沿った材質面の革新も行われた結果が高度成長に繋がったと思われます。

2.2 第2のカテゴリーは「開発の基盤的研究」:

原理の探求を応用実用化に結び付けるもので、各種の研究所、大学、現場の研究室などで幅広く行われており発表と討論がなされたものです。

精錬の基礎として数多くの研究発表がありますが、私は特に鋼中介在物の生成と分離、造塊時の偏析現象などに係わりをもちました。例えば鋼中微細鉛介在物の研究から始まり、硫化物硫化物その他各種介在物の生成制御とその基礎原理の問題への取り組みをしました。

清浄鋼(クリーンスティール)を目標とする場合は望ましくない介在物相は熔鋼との相界面の性状(界面エネルギー)が分離挙動に重要な役割を果たしますが、また微粒鉛介在物を均一に分散させるにはさらに熔鋼中の鉛の溶解度の温度依存性が究明課題でした。当時鋼の快削性の強いニーズに答えるため酸化物系介在物の制御分散についても研究し切削性の向上に関する成果を得ました。後年オキサイドメタラジと名付けられた酸化物、硫化物の制御研究もこの流れにあるものと考えられます。

高品質鉛快削鋼の開発成功は50〜60年代に劇的な成長を遂げつつあった本田技研工業の本田宗一郎社長の知るところとなり、その優れた決断によって自動車の高信頼性部品

	1960	1970	1980	1990
①現場の開発研究 (ISIJ講演-予稿、論文、CAMPなど)	<製鉄> 大型高炉-長寿命化、原燃料の多様化 <製鋼> O ₂ の活用-LD転炉 真空脱ガス-アルゴンバブリング (RHほか) C, P, S, Oの極小化 <造塊> 連続鑄造の量産技術 電弧炉、真空溶解炉の革新 <加工 処理> 制御圧延、TMCP 薄板連続の高級化 *コストパフォーマンス：生産性、歩留まりの向上 *品質の向上：ニーズ品質への適応			
②開発の基盤的研究、 原理の探求-応用 (各種研究所、研究室、大学等における)	<u>Inclusion in Steel</u> (脱酸を主体にしたクリーンスチール) 鉛快削鋼 Ca, Ti, 酸化物快削鋼 オキサイドメタラジー高靱性鋼 <u>Microstructure Control</u> (変態機構) Maraging Steel TRIP Steel Low Carbon Bainitic & Martensitic Steel <u>Texture Control</u> (変形集合組織) 動的回復、再結晶、優先粒成長 粒度制御 粒界傾角制御 <u>Microalloy</u> B, V, Nb, steel Ti steel			
③協力研究、異分野・ 学際研究活動 (鉄鋼協会、金属学会 以外の研究組織)	学振19委 (各分科会) 学振129委、133委 日本圧力容器研究会議 PVRC (米) 精密機械/精密工学会 (切削加工専門委)、ASM (machinability committee) JR新幹線材料委 鋼構造協会 JRCM (…スーパーメタル) 金材研STX21 (材料学会、材料強度学会、塑性加工学会、溶接協会・学会、機械学会、電気学会、建築学会、土木学会 他)			

図1 戦後鉄鋼技術の研究関連特記事項

材料として大量への道が拓かれ実用化されることになりました。

鋼の微視的組織と機械的特性に関する研究については広範囲の盛んな発表討論が見られました。私は協会の『強度と靱性部会』を受け持ちましたが組織制御による効果について多くの知識の交流と研究の活性化に努めさせていただきました。鋼の微視的強化機構、熱処理-加工熱処理による延靱性向上などの話題からマイクロアロイ、マレージング、オースフォーミング、変態誘起塑性、などの機構探求

と応用実用化への努力がなされ、また、ボロン添加鋼、各種の加工熱処理制御鋼、微粒子鋼等の開発に応用されてきました。変形集合組織の研究の流れは最近の結晶粒界の傾角ならびに物性探求に繋がり超微粒化による高性能の開発研究の基礎として重要です。

また近年の極低炭素鋼の構造用高張力鋼への実用化の問題点として、組織の認識と命名について学術技術上の難しさと混乱があり、当協会に『ベイナイト部会』および関連の国際会議を設置運用することになりました。

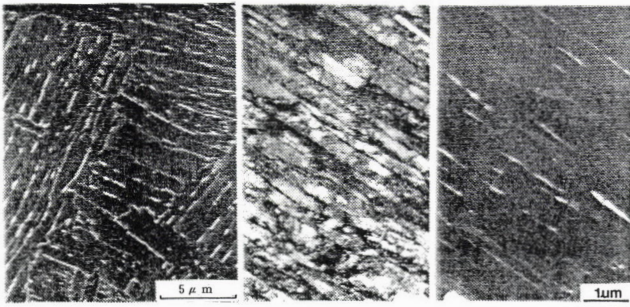


図2 極低炭素鋼のベイナイト組織写真例
写真左) : C0.028% Mn1.77%
マイクロアロイ鋼107~K/s冷却。
写真中央及び右) : C0.08% Mn1.55%
Nb-B-マイクロアロイ鋼22~K/s冷却。

一例として図2の写真に極低炭素鋼のベイナイトを示します¹⁾。中炭素鋼の場合はベイナイトはフェライトとセメントタイトの混合組織で定義されますが、極低炭素鋼では炭素濃縮反応の結果残留したオーステナイトの微粒の分散組織が現れます。このような中間段階変態(Zw)組織とマルテンサイトの全貌について今後見直し再検討する必要があります。

2.3 第3のカテゴリーは「協力研究」:

異分野・学際的研究活動で、鉄鋼金属の専門分野とは異なる学会研究組織への積極的協力であり、鉄鋼のユーザーへの関連の深いものであります。学振の19、129(先端材料強度)、133(材料の微細組織と機能性)委員会などへの参加もこれに含まれます。

また例えばJR新幹線材料委員会では大学、鉄道技研、企業等の機械専門家の協力を得て厳しい条件下にある種々の材料欠陥の問題の解決に努力し、大過なく走行を果たすことができました。

精密機械学会、現在の精密工学会には切削加工専門委員会がありますが、その被削性研究をリードし前述の快削鋼や切削機構、金属学的要因の解明などを力学の専門家との協力と討論のもとに進めました。米国の材料学会ASMの対応するMachinability committeeへもしばしば発表討論に赴き情報交換に努めました。連続体力学による解析に加えて金属学的考察を行う事により、切削現象はより深い解釈に達する事ができます。一例として図3の写真に示すような変質流動層の存在とその切削挙動に及ぼす重要な役割りを挙げることができます。つぎに、日本圧力容器研究会議は米国の古くからあるPVRCに対応する共同研究組織として設立されたもので、力学、設計関係の学会と鉄鋼協会、溶接協会の連携による研究活動と討論を行い現在に至っております。

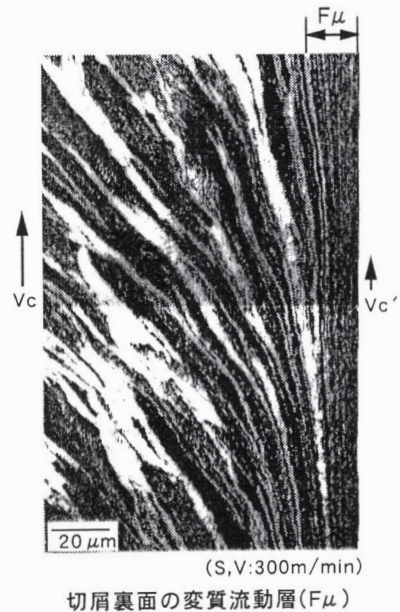


図3 低合金鋼の切削局部の微視組織観察
工具すくい面近傍の鋼の流動変質状況を示す。

日本の優れた鉄鋼品質と使用条件について国内のみならず米対応団体と情報交換と討論を継続して行いました。ASME、ASTM等の世界的規格制定組織と常に接触することができたのは大変有意義な事でした。

共同研究とくに学界専門分野の枠を越えての協力は以上のほかにも多くの例を挙げることができると思います。20世紀後半著しい鉄鋼技術の進展は経済的な高度成長の終わった80年代以降にもその活力を保っていたと思われ、鉄鋼協会の諸活動およびJRCM、金属材料技術研究所のSTX-21などの国家プロジェクトに支えられて次世紀へ引き継がれる事になりました。

3 今後の鉄鋼研究と材料工学を望む

新時代の材料として豊富でコストパフォーマンスの優れた鉄鋼はリサイクル性に富み依然として新時代の工業材料の王座を占めるものと思われます。

ここで今世紀の成果と教訓をふまえて新時代の鉄鋼研究とその基盤をなす材料工学について一考したいと思います。

今後の材料研究の方向はこれまでの継続課題を乗り越えて地球環境を重視し、資源枯渇を考慮した新しい基盤に立ったものとなりましょう。鉄鋼材料のプロジェクトとして金材技研STX-21の構造用鋼の例をあげますと、材料設定をユーザー側の要求にそって高強度、安全性、長寿命などの目標を環境問題の解決と並行して、例えばリサイクル性、合金成分の選択などとともに達成しなければなりません。

また鉄鋼に近い領域で将来の有望材料としてTi合金、Ti

-Al-X合金および金属間化合物があげられます。精錬の革新ならびにV、Snなど合金元素をFeなどに置き換える研究が進めば比較的成本パフォーマンスの優れた高級構造材料への道が拓けるものと思われます。PSZ、Sialonなどのセラミックスや、プラスチック複合材料、Al、Mg等の軽合金は構造材料としての別の役割を果たして行くでしょう。機能性を重視した形状記憶材料、超伝導材料、熱電素子材料などは遠い視点にたった魅力ある開発課題として研究対象にはなりますが量的な主流に加わるには年月が必要でしょう。今世紀の教訓として1) 産業技術の進展に現場の開発研究に加わる有能な研究者、技術者の質と数が重要な意義をもつこと、2) 開発の基盤的な原理探求—基礎研究をいかに応用実用化に結び付けるかという基礎学と応用工学の人材の結び付き、さらに3) 専門分野、学界学派の関を乗り越えての協力などが学術技術の実施面の方策として必要なことと思われます。

研究の目標設定には、材料のユーザーのニーズや各種の科学技術情報を常に知る事が大切ですが、単独企業、大学、グループ内のみの知識では不十分です。鉄鋼協会のような組織および国家的プロジェクトを通じての連携と交流が重

要です。新しい材料工学は基礎学の原理、法則の探求に関する学問を深めるとともに、実験実証を革新的な計測によって進めこれを確かめることが重要と考えます。一方環境や資源その他の社会問題をも含めた材料の用途、使用法からくるニーズにいかに適合するかという手法についても追及する工学であることが望ましく思われます。

参考文献

- 1) 鋼のベイナイト写真集1 [ATLAS], 日本鉄鋼協会, 荒木 透編 (1992)
- 2) 荒木 透ほか: (極)低炭素鋼のベイナイト組織と変態挙動に関する最近の研究—ベイナイト調査研究部会最終報告書, 日本鉄鋼協会, (1994)
- 3) 山本重男, 荒木 透, 金尾正雄: 鉄と鋼, 65 (1979) 3, 3.
- 4) Toru Araki, Sigeo Yamamoto and Hirooki Nakajima: Principles as the basis of improved machinability., Procds internat. Conf. Orlando USA, (1987), ASM.

(2000年5月2日受付)