

西山記念賞

北海道大学工学部助教授

工藤昌行君

鋼塊の凝固組織と偏析の制御に関する基礎的研究



君は昭和41年3月北海道大学工学部冶金工学科を卒業後、ただちに同学科助手に任官し、51年金属工学科講師(46年に学科名改称)、63年8月助教授となり、現在に至っている。

この間、君は凝固の基本である核生成現象、マクロ、ミクロ偏析の生成機構の解明、凝固組織の制御法開発などに貢献した

が、その主な業績は以下のとおりである。

1. 凝固遷移層内の液体流動の定量化

鋼塊のマクロ偏析は、凝固遷移層中に流入する母液の、いわゆる洗浄効果によって生ずることを明らかにした。そして、母液の対流速度、洗浄深さ、凝固速度、溶質平衡分配係数などの諸因子とマクロ偏析の関係を定量化し、その生成機構を明確にした。また、凝固遷移層内の液体の流動透過性について、水理学的手法を用いて解析し、透過率の概念に基づいて定量化した。これにより、凝固遷移層中の固相率分布と液体流動の関係が明確になり、凝固収縮に起因する铸造欠陥の解析や予測、铸造方案の最適設計などに凝固現象の面から新しい道を開くこととなった。

2. 過冷却の出現機構と制御に関する研究

凝固組織の改善をはかるには凝固時の過冷度を制御することが重要である。大きな過冷度を得る方法として、冷却速度を速める動的な方法とガラススラグなどを用いて徐冷する静的な方法がある。君は、動的過冷却が、液体が液相線から冷却して結晶生成するまで、冷却条件によって決まる一定時間を要するために生ずると考え、これをAl合金、炭素鋼、ステンレス鋼などで明らかにした。これは冷却速度の増大が過冷を大きくすることを示すもので、凝固組織制御上有用な知見である。また静的な方法については、過冷を増大せしむるには異質核の減少が不可欠であると考え、溶鋼をミッシュメタル処理して異質核を無機能化する新たな静的過冷却法を共同で開発した。現在、実用に適用可能な規模の鋼塊において、ミクロ偏析を消滅させるほどの大きな過冷度を得ることに成功している。

3. 凝固組織制御のための新凝固法の開発

凝固組織の等軸晶化、微細化を促進する方法として、複合鑄込み法を開発した。これは、溶湯を2回以上の回数で鑄込み、平衡分配係数が1より小さい合金系では、最初に鑄込む溶湯の温度、溶質濃度よりも後に鑄込む溶湯の温度、溶質濃度をそれぞれ低くし、さらにそれらの鑄込み時間差を大きくすると柱状晶から等軸晶への遷移を促進し、かつ等軸晶を微細にすることができる。逆の条件にすると等軸晶への遷移が遅れ、柱状晶領域を拡大できる。本方法は柱状晶等軸晶遷移機構の解明に多くの示唆を与え、さらに凝固組織を制御することが可能である。

西山記念賞

東京大学工学部助教授

柴田浩司君

極低温用鋼の強度、靱性および組織に関する研究



君は昭和42年3月東京大学工学部冶金学科を卒業し、同年4月同修士課程に進学し、44年3月同課程を終了し、同博士課程に進学した。45年6月同課程を中途退学して東京大学工学部金属材料学科助手に採用された。50年9月工学博士(東京大学)を授与され、51年東京大学工学部講師、54年同助

教授に昇任し現在に至っている。

その間、君の研究業績の主要なものをあげれば次のとおりである。

1. 非等温マルテンサイト変態と等温マルテンサイト変態の相違を支配している因子を実験及び計算機シミュレーションから明らかにし、マルテンサイト変態に影響を及ぼす諸因子の中で活性化エネルギーの温度依存性の重要性を指摘し、諸因子と組織との関係を定量的に議論する途を拓いた。

2. 極低温用鋼に関する詳細な研究を行い多くの知見を得た。含Niフェライト系鋼に関しては、低温延性・靱性に及ぼす逆変態オーステナイト(γ_R)の役割について研究を行い、従来報告の見られなかった破面の形成機構を明らかにするなど、強度と靱性に及ぼす γ_R の影響を整理し、液体窒素温度以下で強度と靱性にすぐれた鋼を提案した。フェライト系高Mn鋼に関する研究では、含Ni鋼の研究で得られた知見をもとに材料設計、組織制御を行い、Niを含まなくとも極低温での機械的性質にすぐれた鋼を見出している。オーステナイト系鋼に関しては、高強度非磁性鋼の低温脆化挙動を詳しく検討し、低温靱性を熱処理あるいは微量元素の添加により改善する方法などを見出している。とくに、従来高Mn鋼は、脆化を防ぐため溶体化処理温度から水靱しなければならぬとされていたが、急冷しすぎるとかえって脆化する鋼があること、冷却速度の制御や再加熱により靱性が大きく改善されること、この現象が不純物ボロンの粒界偏析挙動と関係があることなどを見出し、本系鋼の材料開発にとって有効な指針を示している。

3. 溶体化処理状態の高強度オーステナイト系ステンレス鋼及び高Mn非磁性鋼の低サイクル疲労軟化現象を、強力X線の吸収端微細構造観察などにより詳細に調べ、炭素、窒素の影響を明らかにした。これは、不明の点が多いオーステナイト系鋼における窒素と炭素の固溶強化機構を解明する手がかりとなるものとしても重要である。

4. 従来不明確であった極低温における不連続変形(セレーション)に関する詳細な研究を行い、無理な仮定を行わなくても実験結果を非常に良く再現する計算機シミュレーション法を考案した。これにより、極低温での特異な変形挙動を系統的に検討することが可能となり、極低温における材料の信頼性評価に関する基礎研究、材料評価法の国際標準化作業が大きく前進し、超電導マグネット周辺技術の発展に寄与した。