

研究室だより

第30回

北海道大学 組織制御学研究室の取り組み

大野宗一
Munekazu Ohno

北海道大学 大学院工学研究院 材料科学部門
マテリアル設計分野 組織制御学研究室



図1 組織制御学研究室のメンバー

この度、本コラムへの寄稿の機会を頂きました。本研究室の前身は、北大・冶金工学科の第三講座であり、古くから鉄鋼材料の組織制御を主とした研究が行われてきた研究室です。2011年7月現在、松浦清隆教授と私の二名の教員のもと、研究員、大学院生と学部生をあわせて計23名のメンバーで構成されています(写真)。例年、学生の2～4割程度が留学生で構成され、毎年諸外国からインターンシップ生が訪れると共に、本研究室の学生が海外へ短期留学するなど、教育の国際交流を積極的に行っていることが、本研究室の特徴の一つです。このことは、学生の学業意欲の向上における一翼を担っており、特に研究室という教育と研究の場において新しい内部の相互作用を生むと共に停滞を許さない適度な外場変動をもたらす要素となっています。以下、本コラムの主題であります、本研究室で現在実施中の研究テーマと活動概要についてご紹介します。

本研究室では、「微細組織制御で材質を自在に操る」をキャッチコピーに、強靱な構造用材料、次世代超硬合金、高強度の軽金属合金の開発に取り組んでいます。現在取り組んでいるテーマを大別すると、

- 1) 鉄鋼材料強靱化のための組織制御法の開発
- 2) 微細セラミック粒子分散型新奇超硬合金の開発
- 3) 高強度軽量マグネシウム合金の開発と耐食金属被覆
- 4) 粉末冶金プロセスによるアルミニウム合金の超高強度化
- 5) 計算材料科学手法による組織形成シミュレーション

になります。このうち、1)のテーマについて現在の取り組み状況をご紹介します。

本研究室の重要な研究テーマの一つは、鉄鋼材料の組織制御です。その中で、鉄鋼材料の凝固過程の解明、特に包晶凝固鋼の鉄片オーステナイト(γ)粒組織の形成過程を明らかにすることを目的とした研究を行ってまいりました。これに関する最近の取り組みをご紹介します。過包晶鋼を例にとると、その凝固過程は初晶フェライト(δ)の晶出後、 $L + \delta \rightarrow \gamma$ の包晶反応、 $L + \gamma$ 二相領域における γ 凝固を経て、 γ 単相になり終了します。一般に γ 単相になる温度は1400℃以上の高温領域であるため、液相が無くなった直後から、急速に γ 相の粒成長が生じます。連続鋳造プロセスにおいては、鉄片表面に粗大で柱状の γ 粒組織が形成し、それが熱間圧延性の低下、表面割れをもたらすという問題が生じています。その粗大で柱状の γ 粒は凝固直後から開始する連続粒成長に

よって生じるという仮定のもとで、粒成長などの種々の重要な現象が国内外の研究グループによって議論されてきました。これに対し、私たちのグループにおいては、連鋳の冷却条件を模擬する一方向凝固金型鋳造実験を行い、凝固途中の凍結組織を観察した結果、粗大柱状 γ 粒は連続粒成長ではなく不連続粒成長で形成するという新事実を最近明らかにしました。包晶反応直後に、デンドライトを下地として微細で柱状の γ 粒が形成しますが、鋳壁近傍に形成した粗大な γ 粒がその微細粒を駆逐しながら成長することで、鉄片 γ 粒組織が形成するという組織形成過程を解明しつつあります。また、この速度論的な妥当性を、組織形成シミュレーション法の一つであるフェーズフィールドモデルによって検証し、この不連続粒成長が起こるための条件についても調査しています。

上記のテーマに関連して、鉄鋼メーカーと共同で鉄片 γ 粒組織の微細化指針を発展させることにも取り組んでいます。例えば、フェライト安定化元素や炭窒化物形成元素を添加することで、液相、 δ 相または炭窒化物相によるピン止め効果を利用して不連続粒成長を妨害することを試みたところ、粗大柱状粒組織を微細粒組織へと激変させることが可能であることが分かりました。また、粒成長に対する分散粒子のピン止め効果のみならず、 δ/γ 界面の移動に対するピン止め効果発現の有無に関しても研究テーマを展開し、分散粒子によって δ/γ 界面移動を抑制しえることが分かりつつあります。これによって、 γ 粒微細化の新しい方法の確立へと発展することを期待しています。

最近のその場観察技術の進展や計算機シミュレーション技術及び計算モデルの発展が相まって、国内外の研究者らによって長らく未解明であった鋼の凝固過程における諸々の現象が明らかにされつつあります。鉄鋼材料の凝固過程に対する理解が深化すると共に、凝固組織制御における新たな課題が浮き彫りになり、この分野の幅と奥行きがより一層広がっていると感じています。鋼の凝固組織を意のままにコントロールするためには、多くの課題が山積しておりますが、そのゴールに近づくべく研究室のメンバー一同鋭意研究に励んでいます。

以上、本研究室の研究テーマの一部をご紹介しました。本稿で私たちの研究室に興味を持っていただけましたなら幸いです。研究室のホームページ (<http://www.eng.hokudai.ac.jp/labo/MSESC/>) も是非ご覧下さい。

(2011年8月1日受付)