



相転移と転位運動が織成す現象

大阪大学助教；大学院工学研究科
マテリアル生産科学専攻

當代光陽

小学校の同級生は11人という和歌山の翠巒^{すいらん}に生まれ育った少年が自然科学への興味を忘れられず、今日大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻にて中野貴由教授の下、助教として研究と教育に勤めています。この度本稿を執筆させていただき良き機会をいただきましたので、私のこれまでの軌跡と現在行っている研究を中心に、憚りながら筆をとらせていただきました。

私は関西大学工学部で材料学を学び、学部4回生より池田勝彦教授の下で研究活動をスタートしました。テーマは純チタンへボロンや炭素を微量添加し、結晶粒の微細化を目指すというものでした。本テーマでは凝固現象が深くかかわっており、凝固現象や溶接をご専門とされている大阪大学接合科学研究所小溝裕一教授と共同で研究を行いました。所属している研究室で初めて取り組むテーマであり、かつ私一人で行う研究テーマでしたので、研究に対する姿勢に始まり基礎的な実験技術、データ解析から考察に至るまで幸運にも両先生から直接指導をしていただきました。研究を始めて最初の1年目にこのような経験を経たことにより研究活動の意義深さ、自然科学を解き明かす魅力を肌で感じ、私を研究者への道へと背を押し進めたきっかけとなりました。

博士前期および後期課程は大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻へ進学し、固相変態をご専門とされている掛下知行教授に師事し、Ti系形状記憶合金におけるマルテンサイト変態に前駆して現れる種々の物性異常発現の起源とそのメカニズムについて研究を行いました。5年間の研究活動で主に、(1)前駆現象の1つである電子線回折図形において非整合位置に散漫な衛星反射が現れる非整合相は、高温相であるB2相のTA₂分枝のフォノン軟化に由来しており、これに対応した変調構造を有していること、(2)非整合相の出現はマルテンサイト変態の前駆現象ではなく別の整合相への2次に近い相転移の前駆現象であること、(3)非整合相から等温マルテンサイト変態(R相変態)が存在することを見出しました。上述のテーマはマルテンサイト変態の研究分野では古くから議論されてきた問題で、新しい実験結果を得ることもさることながら、いかに結果を解釈するかについて

多くの時間と労力を必要としました。定期的に行われる研究報告会では、いつも薫然とされている掛下先生が炯々たる目をした雰囲気^{けいけい}で熟考され、それまで不可解であった実験結果を紡ぎ、一つの精緻な理論体系へと昇華される様は私にとって大きな勉強となりました。

これらの結果をもとに2011年3月に学位を取得し、同年4月より現在の研究室に助教として着任しました。現在の研究はある種の単純ではない相転移と変形(弾性・塑性)がシンクロした現象、特に転移と転位の二つの「テンイ」が織成す現象をキーワードにして取り組んでいます。中でも、 ω 相変態、マルテンサイト変態など無拡散型相転移と転位の関係をTi合金、Co-Cr合金をはじめとする生体材料を対象とし、また拡散型相転移と転位との関係をTiAl合金ならびに遷移金属シリサイドといった金属間化合物を対象として研究を行っています。

少し具体的な内容を記述しますと、低弾性を示すことから、近年注目を集めている生体用 β 型Ti合金では、その弾性率低減には β 相(bcc相)の相安定性と ω 相変態が密接に関係しています。すなわち、 ω 相の析出を抑制させ、相安定性が低い β 相を出現させることが重要です。我々の研究グループでは単結晶における β 相の相安定性と弾性定数との相関を1原子あたりの価電子数により整理し、半経験的な数式にて記述することに成功し、最適な合金設計の指針を示しました。この中で、相安定性の低い β 相において変調構造の存在が見出されたことや、 ω 相変態やマルテンサイト変態との競合関係が示唆されることから、相安定性の低い β 相における塑性変形はこれらの無拡散型相転移と密接に関連しているとの着想に至り、このことについて現在研究を進めています。また、軽量耐熱合金であるTiAlは平衡状態図上においてAl rich側へと広い組成域を有しており、状態図上では同じ γ 相(L1₀構造)であるにもかかわらず、その塑性はAl濃度に非常に敏感であることが知られています。この原因はAl rich側における非化学量論組成TiAl中で存在するAl原子が全くランダムに存在するわけではなく、周期的にL1₀構造中のTiサイトを置換することでL1₀構造に対して3倍や4倍周期性を有する規則相が形成され、すなわち規則相中にさらに高次の規則相が出現し、これが転位運動に影響を及ぼすためです。周期が異なる高次規則相は明確な第二相として存在するわけではなく、不完全な規則クラスタリング等によって形成されています。この析出過程(L1₀構造に対する幾何学的関係、バリエーション形成、カイネティクス)についての相転移を詳細に理解した上で、それぞれの組織において変形に寄与する活動転位の明確化、高次規則相の界面やAPBの転位運動への影響について明らかにすることで拡散型相転移と転位が織成す諸現象についての解明に取り組んでいきたいと考えています。

最後になりましたが、これまでご指導いただいた先生方ならびに現在ご支援いただいております関係者の方々に改めて御礼申し上げ、本稿を締めさせていただきます。

(2012年11月1日受理)

(連絡先：〒565-0871 吹田市山田丘2-1)