



これまでの研究を振り返って

東京工業大学科学技術創成研究院
フロンティア材料研究所
(兼) 未来産業技術研究所；助教
篠原百合

私は2006年に東京工業大学に入学し、2015年3月に東京工業大学 大学院総合理工学研究科 物質科学創造専攻で細田秀樹教授の下、博士(工学)の学位を取得しました。同年4月より東京工業大学 精密工学研究所(現 未来産業技術研究所、2016年4月よりフロンティア材料研究所と兼任)の助教として研究に取り組んでいます。まだまだ振り返るほどの経験もなく余裕のない毎日を過ごしていますが、このたび「はばたく」に寄稿の機会をいただきましたことで、「研究」に焦点をあてて自身のこれまでを振り返るよい機会とさせていただきます。

学部学生として研究室に所属してから、学位を取得するまで、私は生体用形状記憶合金の研究開発を一貫して行っていました。形状記憶合金の中でも超弾性を発現する合金は、加熱をせずとも除荷のみで形状が回復します。現在、生体用に実用化されているNi-Ti合金は、ステントやカテーテル、歯列矯正用ワイヤーなどに使用されていますが、Niが含まれているため金属アレルギーを引き起こすことが懸念されています。代替材料として β 型Ti基形状記憶合金などが開発されていますが、形状回復可能な歪み量がNi-Ti合金よりも小さい、変形中に塑性歪みが導入されやすいなどの問題点があります。

私が形状記憶合金と初めて接したのは、細田研究室(現細田・稲呂研究室)に研究室見学で訪れたときです。形状記憶合金のデモンストレーションの際に、形状回復がマルテンサイト変態-逆変態に起因するという説明を受けました。一見魔法のような特性が、授業で学んだ知識と結びつくことに感動し、細田研究室への所属を希望いたしました。

学部4年生で研究室配属後に与えられたテーマは、Ti-Au-Cr-Zr生体用形状記憶合金に関する研究でした。 β 型Ti-Au-Cr合金は従来の β 型Ti基形状記憶合金よりも大きな変態歪みを有し、Ni-Ti合金に匹敵する形状回復歪みを得られる可能性があります。しかし、形状回復が起こる逆変態温度が室温以上であるため、超弾性が発現しないという問題点がありました。そこで、生体材料に使用実績のあるZrを

添加することで逆変態温度を調整することを試みました。合金組成に1 mol%の差があるだけで特性が劇的に変化すること、形状記憶特性は逆変態温度、すべり臨界応力など多様な因子により決定されていることが興味深く、日々合金作製と評価にのめり込み、超弾性の発現する組成を発見するに至りました。

修士課程では発見した最適組成のTi-Au-Cr-Zr合金で超弾性特性を最大限に引き出すための熱処理方法の開発を行いました。これまで β 型Ti基形状記憶合金では時効により析出する α 相や ω 相を強化相として利用し、塑性変形を抑制していましたが、本合金の構成元素であるAu, CrはTi, Zrに対して共析反応を有するため、 α 相や ω 相以外の析出物による強化も期待できると考えました。研究の結果、時効によりTi₃Au, Laves相といった析出物が形成し超弾性特性が向上することを発見しました。

修士2年生に進級するまで、私は進路について博士課程進学と企業への就職のどちらにするか決めあぐねていました。研究を続けたいという希望はありましたが、進学後の就職先など様々な不安があり、直前まで進学に二の足を踏んでいました。そこで、指導教員であった細田秀樹先生に相談したところ、日本学術振興会特別研究員制度を紹介していただき、博士課程の卒業生の進学先についても具体的な例を教えていただき不安が解消したことから、進学を決心いたしました。

博士課程では、本合金で形成された析出物についてより詳しく研究を行いました。また、博士課程に進学するにあたり内部組織観察の重要性を痛感し、透過型電子顕微鏡観察の練習を始めました。先生に質問を繰り返し、講習会に出席しつつ操作方法を身につけていきましたが、非常に複雑な装置で、頻繁に観察をストップさせてしまいました。しかし、今となっては自分でトラブルを解決する機会をいただけたことに深く感謝しております。研究の結果、Ti₃Au, Laves相の析出形態のみならず、本合金の超弾性は従来の合金の約3倍の温度領域で発現すること、冷却のみではマルテンサイト変態が起こらないこと、マルテンサイト変態応力の温度依存性が通常の形状記憶合金と異なることを見出しました。

現在私は、指導教員・副指導教員であった細田秀樹先生・稲呂朋也先生の研究室で形状記憶合金や、インプラント材に適した生体用低ヤング率Ti合金の開発を行っています。

また、教員側の立場で研究テーマの選定や研究時間の確保などを経験し、学生のときには気がつかなかった新たな発見をする毎日です。学生のときは用意されていて当然だと思っていた環境が、いかに入念に準備されたものであるかを痛感しています。最後になりましたが、私を育てていただき研究者として迎え入れて下さった細田秀樹教授、稲呂朋也准教授、研究室でお世話になっている、田原正樹助教、海瀬晃助教に深く御礼申し上げます。

(2017年12月1日受理)[doi:10.2320/materia.57.79]
(連絡先：〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259(R2-27))