

第25回 つくば賞

「形状記憶合金の実用特性の発明と先駆的研究展開」

筑波大学 数理物質系
宮崎 修一



左より江崎玲於奈会長、宮崎修一氏、橋本昌茨城県知事

材料の機能は基本的にシンプルです。例えば、半導体は一方方向にだけ電流を流す機能、超伝導体は電気抵抗がゼロの機能、導電性ポリマーは柔らかい材料が電気を通す機能、青色ダイオードは青色の光を出す機能です。これらの簡単な機能が大変有用であり、世の中で貢献をしています。いずれの材料もノーベル賞の対象になったものですからよく知られています。私が研究を行ってきた形状記憶合金は、どのように変形しても元の形に戻る機能です。これも簡単な機能ですが、世の中で役に立っています。

一般金属の弾性変形は、回復できる歪みは0.2%と小さいのが特徴です。しかし、多くのばね材料が利用され、産業の発展には欠かせないものになっています。例えば、自転車、自動車、電車、飛行機、船舶、家電、電子機器、各種機械、建築物、各種プラント等で用いられ、ばね材料がなければ、今のような産業のレベルには達していません。それに対して、形状記憶合金は、6%もの大きな変形後も、加熱や荷重を除くだけで形状回復する形状記憶効果や超弾性を示します。この回復量は、一般金属の弾性の数十倍も大きく、応用展開の大きな可能性を秘めています。

Ti-Ni合金において形状記憶効果が1961年に米国海軍兵器研究所で発見されて以来、その特異な性質の故に高い関心を集めていました。しかし、Ti-Ni合金には不明な点が多く、熱処理方法の基本も確立されておらず、応用展開は限られていました。博士課程を修了して筑波大学に着任した1979年に、私の形状記憶合金の研究が始まりました。2年後の1980年から、Ti-Ni合金の研究に着手しました。この時点でも、まだ形状記憶合金に染まっておらず、高温から急冷処理をする熱処理の鉄則を無視して、あらゆる温度で熱処理を試してみました。その結果、1981年に超弾性をTi-Ni合金で初めて実現しました。この技術で、形状記憶特性を飛躍的に改善することもできました。この研究成果は、現在世界中で供給されているTi-Ni系形状記憶合金の製造法の基本技術です。

表に示すように、この技術を用いて、形状記憶効果と超弾性を利用した応用製品が100種類以上も現れることになり、数千億円の市場が形成されています。これらの応用製品のほとんどは、完全な形状記憶効果を何度も利用することを要求するものであり、超弾性の利用に至っては超弾性の実現無くして全く不可能なものです。

この熱処理法の発見により、微細組織と特性の関係が明

らかになり、Ti-Ni合金研究の長い混乱期に終止符を打ち、その後の基礎研究と材料開発の発展に先導して貢献することができました。まず、モールド材料との反応の起こらない歪み焼鈍法による単結晶作製に成功し、結晶構造を決定すると共に、結晶構造変化の結晶学的知見を解明できました。次に、スパッタ法で作製した厚さ1ミクロンのTi-Ni系形状記憶合金薄膜の作製に成功し、実用レベルの駆動力を示すマイクロアクチュエータ材料が開発できました。また、貴金属を含まないTi-Ta系合金やTi-Ni-Zr-Nb合金で加工性の良好な合金開発が可能であることを実証し、高温域での応用展開の可能性を作り出せました。さらに、生体に安全な元素のみで構成されたNiフリーのTi基超弾性合金の開発を進め、Ti-Nb系、Ti-Mo系、Ti-Zr系を基本とする多くのTi基合金を開発できました。これは、現在最も力を注いでいる研究テーマで、生体材料として医療分野での利用が期待されます。

長い研究生活を通じて学んだことは、好奇心を持ち常識に縛られず探究心を持続することです。新しい研究分野に入った直後にもチャンスがあり、その後の継続した研究にもチャンスがあります。年齢や経験ではなく、好奇心と探究心を持ち続ければ発見のチャンスがあります。

つくば賞が金属の研究にも与えられることになり、嬉しい限りです。これまで一緒に研究に取り組んできた同僚と学生と共に戴いた栄誉です。つくば賞への推薦、助言、資料作製を頂いた関係者皆様に心から感謝申し上げます。

材料開発と応用製品の年表

	1950	1960	1970	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
材料	Au-Cd (形状記憶) In-Tl (形状記憶)			Ti-Ni (超弾性、安定形状記憶; 筑波大)								実用高温形状記憶 (筑波大)
形状記憶		パイプ継手		Ti-Ni (形状記憶; 米国海軍兵器研究所)			スパッタ薄膜 (筑波大)					生体用超弾性 (筑波大)
超弾性												

古河テクノマテリアル資料室に加工修正