

4.3 形状記憶合金の代表的な応用例

4.3.1 実用化の歴史

形状記憶効果は1950年代の前半に、Au-Cd系合金において発見されているが、実用化のきっかけは、60年代の半ばに報告されたNi-Ti系合金である。その後、応用や製造法に関する先駆的な特許が出願されたが、実用材料として注目されるようになったのは、70年代にF-14戦闘機の油圧配管に採用されたパイプ継手である。

1970年代になると、形状記憶効果の、超弾性効果の発生機構が解明されたが、超弾性効果は形状記憶効果と本質的に同一の発生機構で生じることが示された。80年代は、70年代の成果を基に、変態点制御の技術的向上がなされ、コイルばねを用いたアクチュエーターの開発が進んだ。また、超弾性効果を応用したメガネフレーム、ブラジャーワイヤーや、歯列矯正装置の開発が進められた。以後、用途は着実に広げられ今日に至っている。表4.3.1-1に主たる実用化と、その開発の流れを示した。

表 4.3.1-1 形状記憶合金の実用化とその開発の歴史

1950年代	・ Au-Cd合金の形状記憶効果の発見 米国コロンビア大学のリードによる。 ・ In-Tl合金の形状記憶効果の発見
1960年代	・ Ni-Ti系合金の形状記憶効果発見（1964年） 米国、海軍兵器研究所（Naval Ordnance Laboratory）のビューラーなどによる。ニチノール（NITINOL）と名付ける。 ・ 日本への出願 「熱エネルギーを機械エネルギーへ変換する温度感応装置」（実公昭49-329 ビューラー） 「合金形成法」（特公昭49-19021 ビューラー）
1970年代	・ Ni-Ti系合金を用いたパイプ継手が米国において実用化（ジェット戦闘機F-14の油圧配管 レイクム社） ・ 形状記憶効果の機構解明 ・ 超弾性効果の機構の解明（大阪大学 清水、大塚） ・ 形状記憶合金の基礎と応用に関する国際シンポジウムの開催 トロント（1975年） ・ ニチノールを使った熱エンジンのコンファレンス開催（1978年）
1980年代	・ 形状回復温度（変態点）の制御技術の向上。 ・ 形状記憶合金の応用製品の開発が活発化。 （コイルばねの開発、ヒーター加熱式の形状記憶アクチュエーターを使った自動乾燥庫、エアコンの風向制御などの開発） ・ 超弾性合金の応用製品の開発 （メガネフレーム、ブラジャーワイヤー、釣り糸、歯列矯正ワイヤー、カテーテル、ガイドワイヤーなどの開発）
1990年代	・ 感温型作動素子の応用開発の進展（温水混合栓の実用化など） ・ 超弾性線材の携帯電話器のアンテナへの採用。

4.3.2 形状記憶合金の応用

形状記憶合金の応用分野は、多方面にわたるが、応用分野を形状記憶効果の作動面から分類すると概略以下ようになる。

(1) 形状回復の利用

- (2) 繰り返し形状回復の利用
- (3) 熱エネルギーの機械エネルギーへの変換
- (4) 超弾性の利用

(1) 形状回復の利用

低温相で変形させてから A_f 点以上に加熱して形状回復させるもので、形状の復帰のみのもの、回復時の大きな回復力を利用する用途が開発されている。パイプ継手は回復力を利用した用途である。

(2) 繰り返し形状回復の利用

低温で形状記憶合金部材に変形を与える手段を組み込み、加熱すると記憶形状に回復するが、冷却すると再び加熱前の形状に変形するので、この繰り返し作動を利用して感温兼アクチュエーターとすることができる。

図 4.3.2-1 は、代表的な素子の構造である。この構造は形状記憶コイルばねとバイアスばねを直列に接続した 2 方向性素子である。形状記憶合金ばねは変態点以上に加熱されると、伸びてバイアスばねを縮め、軸は右側に動き、冷却されるとバイアスばね力が勝り形状記憶合金ばねが縮み、軸は左側に動く。

この素子の使い方では、形状記憶合金ばねに通電するなどして強制的に加熱するようになれば、加熱型アクチュエーターとして使用することができるが、環境温度の変化で作動させれば、感温型のアクチュエーター、すなわち温度センサー兼アクチュエーターとして使用することができる。

図 4.3.2-1 形状記憶合金コイルばねを用いた 2 方向性素子



(3) 熱エネルギーの機械エネルギーへの変換

この利用の仕方の代表的なのが、熱エンジンである。火力発電所の温廃水を利用した発電用動力源とするため、種々の機構が提案されているが、繰り返し特性を満足させるだけの材料が開発できていないため、いまだに実用化されていない。

(4) 超弾性の利用

形状記憶合金の超弾性効果は、従来のばね用金属材料に比べると、弾性範囲が広く、かつ弾性係数が小さい、しなやかな弾性材を提供する。このように従来の金属弾性材では得られなかった弾性特性を有するため、歯列矯正ワイヤー、ガイドワイヤー、カテーテル、ステントや携帯電話器アンテナ、ブラジャーワイヤーなど、多方面の用途が開発されている。