

第9回 形状記憶ばねの用途例

株式会社パイオラックス 加藤 勉

はじめに

形状記憶合金は、暖めると元の形状に戻る形状記憶効果と大きく変形してもゴムのように元に戻る超弾性の特性がある。ここでは、これらの特性で代表的な応用例を紹介する⁽¹⁾。

1. 工業的応用第1号は引張ばね

わが国における形状記憶合金（以下SMA）の最初の工業的応用は、1982年に自動乾燥庫に使われた引張コイルばねである。構造は図1のとおりで、吸湿した乾燥剤を再生するためにヒータを加熱して外部に放出する仕組みである⁽²⁾。この加熱にあわせて温度上

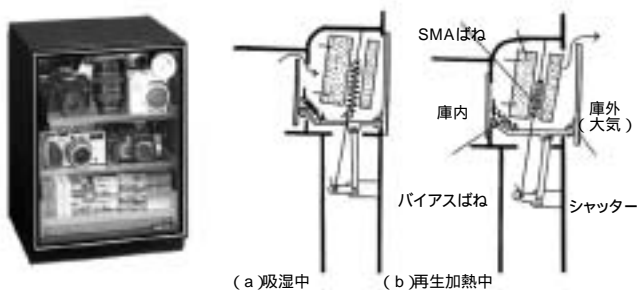


図1 自動乾燥庫と内部構造

昇をSMAコイルばねが感知して、庫内のシャッターを開閉するものである。乾燥剤の再生加熱の熱を駆動源としており、SMAの特徴を生かした好事例である。

2. 形状記憶効果の利用

SMAの応用は、形状回復の温度つまり変態点が温度センサ機能であり、形状回復する力を駆動源としてセンサ&アクチュエータ（感温素子）として使われる。実際使用では、変位（ストローク）を拡大するためコイルばね形状にして、加熱冷却だけで繰り返し動作するようにバイアスばね（通常のばね）と組み合わせて使われることが多い。繰り返し特性や耐食性が良好であることからTi-Ni系合金が幅広く使われている。

(1) エアコンディショナ風向調整⁽³⁾

エアコンの風は、冷房は空気が重いので平行に、暖房は逆に軽いので下向きに吹き出すことが要求される。そこで図2のようにSMAコイルばねをフラップに取り付け、暖かい風（暖房）になるとSMAコイルばねが縮みフラップを下向きにする。この応用では、冷房と暖房の温度差が小さいためR相変態を利用した素子が開発された。R相の利用は、繰り返し耐久に対しても劣化が小さく信頼性が飛躍的に向上し、形状記憶合金の応用拡大の原動力となった。

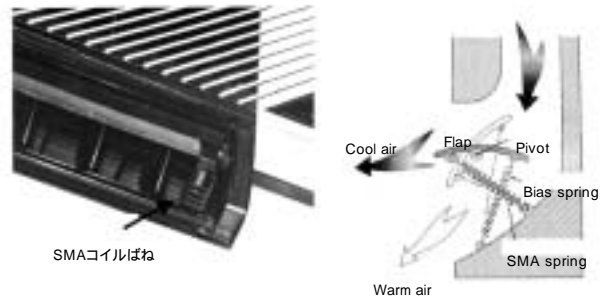


図2 エアコンの風向調節の構造

(2) サーモスタット混合水栓⁽⁴⁾

サーモスタット式混合水栓は、湯と水の供給をスプール（弁）を介してSMAコイルばねとバイアスばねを直列に配して流量を調整する構造となっている（図3）。湯と水はスプール部で混合されSMAコイルばねの内径側を通過する。このとき湯温が低いとバイアスばねに押されてSMAコイルばねが縮み、水量が少なくなり、かつ湯量が多くなる方向にスプールが移動する。一方、混合した湯が高いときはSMAコイルばねが伸びバイアスばねを押し湯側の供給路が狭まる。このように混合水の温度に応じて湯と水の量を相対的に制御する仕組みである。SMAコイルばねは応答性に優れるため、吐水温度の変動が少ない安定した湯水混合水栓を実現した。

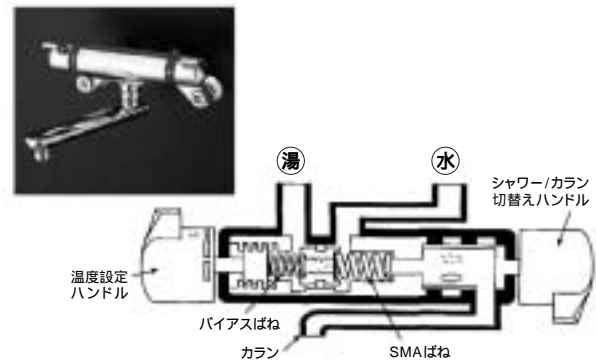


図3 サーモスタット混合水栓の構造

3. 超弾性の応用

超弾性は、変形しにくいという効果から、ブラジャーワイヤやメガネフレームそして携帯電話のアンテナなどに広く応用されている。超弾性はその特性から医療分野での応用が盛んである⁽⁵⁾。

(1) 歯列矯正

超弾性効果を最も有効に利用しているのは歯列矯正用ワイヤ（アーチワイヤ）ではないだろうか。歯列矯正はワイヤを張ってその弾性力で歯を移動させる。従来はステンレス合金やCo・Cr合金が使用されていたが弾性率が大きく、弾性限度が小さいため、矯正が進むとすぐに緩んでしまうことになる。

このため患者は頻繁に張力の調整のため通院しなければならない。SMAワイヤは、ひずみに関係なく一定の応力を示す領域があるため、矯正が進んでも一定の張力を保つことができる（図4）。

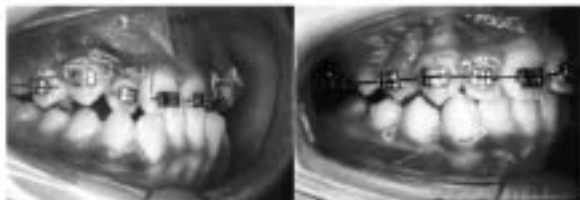


図4 歯列矯正ワイヤ（東京医科歯科大学）

（2）ガイドワイヤ

血管に細いチューブを挿入して、血管の造影やバルーンによる血管拡張治療や薬液を患部近傍で注入するなど、血管内手術が患者の負担軽減の面からも普及が進んでいる。カテーテルはプラスチック製で細く、カテーテルのみでは血管内の目的とする位置に導入できないので、ガイドワイヤが必要となる。ガイドワイヤに要求される特性は、血管外からの操作で目的の位置に容易に導入できることであり、トルク伝達性、耐キンク性、挿入性などが求められる。

図5に示す超弾性ワイヤを芯線としたウレタン樹脂製のガイドワイヤは、柔軟でしかも弾性率が小さいため血管のように柔軟な部位にフィットする。このように表面に血管内でより滑り性を発揮する親水性ポリマーをコーティングしたガイドワイヤが主流となっている。

参考文献

- (1) 加藤勉、堀川宏 先端機能部材として活躍する形状記憶合金 日本機械学会誌 Vol 107(2004)523 - 531
- (2) 大方一三 形状記憶合金の利用に関する今後の課題、形状記憶合金の用途開発に関する調査研究報告書 1984 P46
- (3) 轟恒彦 形状記憶合金の家電への応用 形状記憶合金に関する講習会予稿集 1995 43 - 49
- (4) 松井英之、榎正寿、加藤勉 Journal de Physique 1995 C8 - 1253
- (5) 大方一三 先端機能部材として活躍する形状記憶合金 日本機械学会誌 Vol 107(2004) 532 - 535

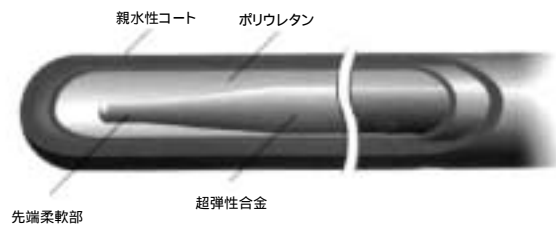


図5 SMAガイドワイヤ

（3）ステント

心臓は血液を送り出すポンプであるが、その動きは冠状動脈から供給される血液によって行われる。この血管が狭窄すると狭心症や心筋梗塞を引き起こす。この狭窄を防止するのがステントで血管以外に胆管や気管、食道の狭窄治療にも使用される（図6）。超弾性材で作られたステントの特徴は自己拡張により一定の張力で血管内に留置されることと柔軟性に優れている点である。バルーンとステントを利用した治療は一般的になっている。

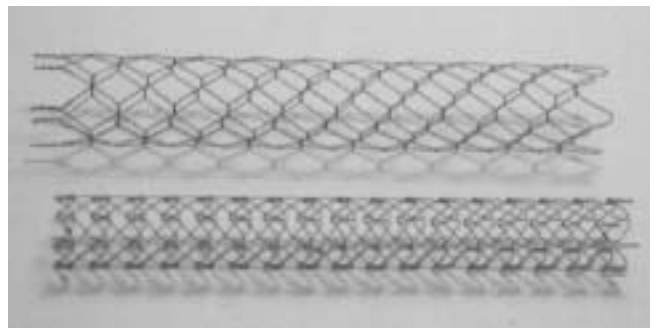


図6 ステント