

Steel Landscape

鉄の点景

2010年に発売された最新の機械式腕時計に搭載されたムーブメント(シチズン時計 Cal.0910 ムーブメント)のテンプ(テンプ直径約9mm)とひげぜんまい。ひげぜんまいの素材は、鉄-ニッケルを主成分に微少添加成分と配合比を工夫し新たに開発された。〔写真提供(このページ2点とも)＝シチズン時計株式会社〕

ぜんまいばね

「ぜんまいばね(通称:ぜんまい)」は、限られたスペースに効率的にばねの弾性エネルギーを蓄えることができる。昔から時計やおもちゃなどに広く使用されてきたほか、現在では家電製品や自動車など、日常のさまざまな機器に組み込まれて使われている。ぜんまいばねの技術と素材について紹介する。

■ぜんまいばねとは

弾性限の高い素材を薄く延ばして渦巻状に平巻にしたばねは、その形状が山菜のぜんまいに似ていることから「ぜんまいばね」、もしくは略称で単に「ぜんまい」とも呼ばれる。

ぜんまいばねは15世紀前半、ヨーロッパにおいて時計用に発明されたものと考えられている。

初期のぜんまいばねは焼入れや焼き戻しなどの処理が行われておらず、弾性限が低いため蓄える弾性エネルギーが小さくへたりやすかったが、素材や加工法の発達により、長時間にわたってエネルギーを少しずつ取り出すことができるようになった。その実用化と普及は、それまで錘で駆動していた時計の飛躍的な小型化を可能にし、携帯可能な懐中時計が生まれるきっかけともなった。

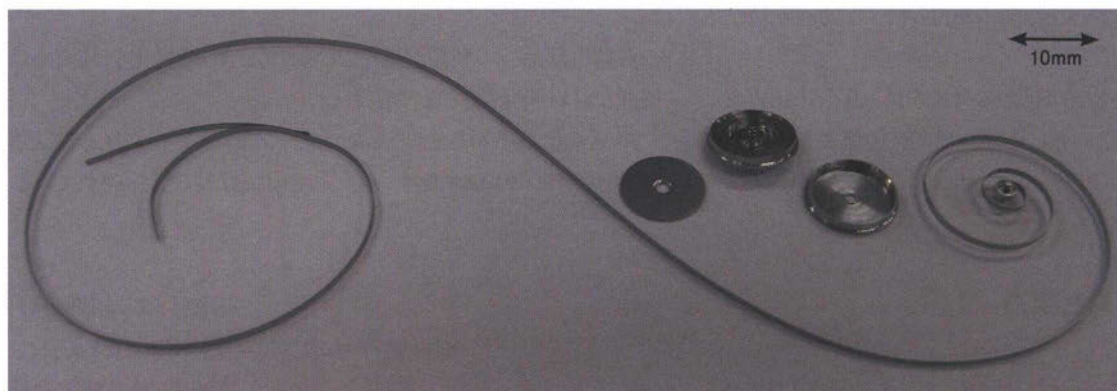
日本においては、江戸時代に盛んに作られたからくり人形が、くじらのひげを用いたぜんまいばねを主な動力としていた。

■ぜんまいばねの用途と種類

ぜんまいばねは、巻いたばねがほどけようとする力、あるいは逆に、伸ばしたばねが元のように巻こうとする力を利用する。小さなスペースに効率的にエネルギーを溜めることができるのが大きな特長であり、またそれを少しずつ取り出すことができるため、時計やおもちゃの原動力として長く使われてきた。

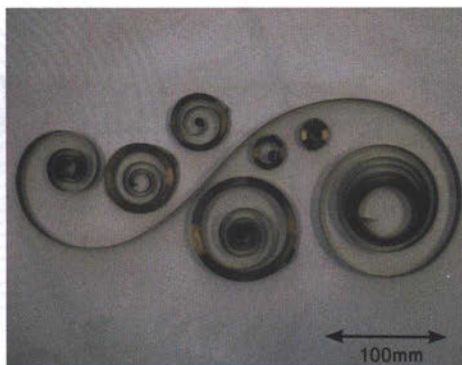
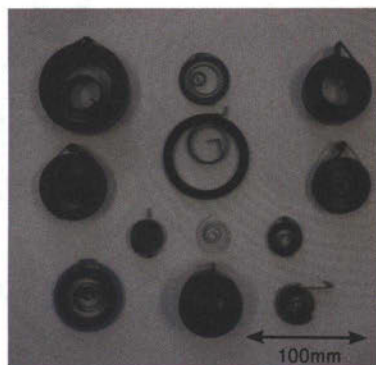
小型時計用としては、原動力となる「動力ぜんまい」として「香箱車(時計を動かすメインとなる歯車)」に収められているだけでなく、振り子に代わって規則正しく時を刻む心臓部となる「テンプ」を制御する「ひげぜんまい」にも使われている。現在は電気式が主流になった時計だが、なお一部の高級品を中心に、機械式は根強い人気があり、新たに機械式時計のムーブメントが開発されることもある。

安価で機構が簡単であることからおもちゃの動力としても多く用いられ、手でねじをまく形式以外にも、車輪走行するおもちゃでは「ブルバッ



腕時計の主ぜんまい

機械式腕時計の原動力となる主ぜんまいと、ぜんまいの収まる香箱車(香箱車直径約10mm)(シチズン時計 Cal.82系ムーブメント)。有効回転数の大きいS字型ぜんまいで、左先端の2枚になった部分は香箱車円周内側との接続部。



焼入鋼帯、フラットワイヤ (FW) 製ゼンマイ (左)
SK (SK4、SK5) 材の焼入鋼帯は従来多く用いられてきた材料で、FW 製は丸線を圧延した後、熱処理 (パテンティング処理) したもので、中型のものはホースリールやリコイルスターター用、小型はコードリールや計測機器などに用いられる。〔写真提供 (このページ2点とも) = 東洋ゼンマイ株式会社〕

ステンレス鋼製S字型ゼンマイ (右)

一次巻加工の後、逆方向に二次巻加工を行うゼンマイをS字型ゼンマイと呼ぶ。巻き取られた状態では一般型ゼンマイと変わらない外見だが、写真中央を横切るもののようにほどけた自然形状ではS字形状となる。コードリール、ドア開閉アシストや窓・棚等の上下動バランサーなどに用いられる。

ク式 (車輪を地面に付けて後ろに引っ張ることで内部のゼンマイを巻く形式) もよく見られる。

このほかにも、日常身近なところでは家電製品のコードリールや自動車の内装品、産業用としてはケーブルの巻き取り、扉など重量物などの操作力を軽減させるバランサー、エンジンのスターターなどにも使われる。ここ20～30年の間に特に拡大したのが車関連の需要で、シートベルトの巻き取り、プッシュ式灰皿、ドリンクホルダー、窓ガラスの上下アシスト用など、さまざまな製品に用いられている。なかでもシートベルトトラクター用ゼンマイばねは安全を司るものとして高い信頼性・耐久性が要求され、自動車の重要保安部品にも指定されている。

大きさでは、腕時計のテンプを制御するひげゼンマイは、一般に使われるゼンマイばねのうちでも最小の部類で、1cm以下の径の中に非接触で15以上の巻き数を持ち、ばねの板厚は0.03mm程度しかない。一方、産業用のケーブルやホースの巻取機 (オードリール) や床昇降補助装置などでは、径数十センチの大きなものも使われている。

ゼンマイばねを、その形式別に見ると、以下の2種に大別される。

非接触型 (等ピッチ型) ゼンマイ：巻が互いに接触しないもの。特に小型で巻数の多い非接触型渦巻ばねは「ひげゼンマイ」と呼ばれ、時計の「テンプ」の振動周期の等時性確保のために使われる。

接触型 (密着型) ゼンマイ：ゼンマイがほどけた状態、あるいは巻いた状態で、巻き終わりまたは巻き始めで隣り合う巻が接触するもの。

特に、最初に巻加工を行った後に逆方向に二次巻加工を行うゼンマイは自然形状でS字を描くためS字型ゼンマイと呼ばれるが、これは二次巻を行わないものより大きなトルクが得られ、有効回転数が多く取れる特長がある。

また、自然形状で密着巻きとなるばねの外端を真っ直ぐ引き出したリ、ゼンマイより大きな径の別の軸に巻きつけ、巻き戻る力を利用するゼンマイを「定荷重 (定トルク) ゼンマイ」といい、トラクター用などに多く用いられる。

■ゼンマイばねの素材と製造

ゼンマイばねの素材には、一般にばね用ステンレス鋼帯、SK-4

／SK-5炭素工具鋼を焼入れ・焼き戻したものの、SK-5相当の炭素鋼をパテンティング処理した後冷間圧延したもの、硬鋼線やピアノ線等を圧延した帯鋼などが用いられる。特に近年は錆が発生しづらく長寿命であることからステンレス鋼帯の利用が増えている。ステンレス鋼帯の鋼種は、耐食性の高いSUS304、耐久性が要求されるものには加工による硬化が大きいSUS301などが使われる。また、特に振動周期の等時性が重視される時計用の微小なひげゼンマイの素材としては、温度が変化しても弾性が変わりにくい (恒弾性) エリニパー合金やコエリニパー合金などが使用される。

ゼンマイばねには広幅の材料を指定の幅に裁断し、その後裁断したエッジ部分を切削・研削するタイプと、硬鋼線やピアノ線等を圧延して所定の幅に仕上げるタイプがある。SK材はこの状態で焼入れ・焼き戻しを行う。さらに最終製品の長さで切断し、内・外端を成形後、低温焼鈍によって材料強度を上げ、残留応力を除去した後に巻き取られる。

製造方法上、コイルばねや板ばねの大型のものが素材を熱間生成するのに対し、小型ばねであるゼンマイばねは素材を常温で形成する冷間ばねに分類される。

■見直されるゼンマイばね

ゼンマイばねは約500年の長い歴史を持つ機械部品だが、なお簡便で信頼性の高い機構として身近な生活の中に多く使われている。

自動車部品への利用が進んでいるため、より軽量化を目指した高性能な材料開発も進むと考えられる。

電気や化石燃料を必要としないクリーンなエネルギーでもあることから、防災用ラジオのエネルギー源、発電用などとしても見直されている。

〔取材・文＝川畑英毅〕

取材協力・画像提供＝東洋ゼンマイ株式会社、
シチズン時計株式会社