



東京 〒108-8478 東京都港区港南一丁目6番35号 (大同品川ビル)
電話 東京 (03) 5495-1285
FAX 東京 (03) 5495-6748



Tokyo Head Office (Titanium div.) : Daido Shinagawa Bldg.,
6-35, 1-chome, Kounan,
Minato-ku, Tokyo, Japan, 108-8478
Phone : 81 (JAPAN) 3-5495-1285
FAX : 81 (JAPAN) 3-5495-6748

■ご注意とお願い

本資料に記載されている技術的な情報の誤った理解、または不適切な判断等で生じた損害につきましては、責任を負いかねますのでご了承下さい。
また、本資料記載の情報は今後、予告なしに変更される場合がありますので、最新の情報については、各担当部署にお問い合わせ下さい。
なお、本資料に記載された内容の無断転載や複製はご遠慮願います。

■IMPORTANT NOTE

Please be advised that Daido Steel shall not be held responsible for damage caused by misunderstanding or improper use of the technical information contained in this brochure.
The contents of this brochure may be subject to change without notice.
Please inquire of related department for the latest information.
No portion of this brochure may be reproduced without the express permission of Daido Steel.

www.daido.co.jp





KIキOKオKカALLOYロ。イまるで生命をもったマテリアル、



変形させても、暖めると元の形にもどる。

しなやかに曲り、力を除くと元の形にもどる。

KIOKALLOYは、普通の金属材料にない

形状記憶効果や超弾性効果という

不思議な特性を備えた金属です。

Deform it, and it recovers its initial shape upon heating.

It bends easily, but recovers its original shape when stress is removed.

KIOKALLOY's unusual attributes set it in a class apart from conventional metals.

Outline

KIOKALLOYの概要

KIOKALLOYとは、大同独自の超清浄溶解プロセスから生まれたNi-Ti (ニッケル・チタン)合金で、熱処理を施すことにより、形状記憶効果(形状記憶合金)あるいは超弾性効果(超弾性合金)を発揮します。形状記憶効果とは、所定の温度で形状を記憶させると、形状回復温度よりも低い温度で変形させた場合、形状回復温度まで加熱すれば再び元の形にもどるという特性です。超弾性効果は、形状回復温度より高い温度で大きく曲げても、力を除けば再び元の形にもどるという特性です。大同特殊鋼では、お客さまのご要望に合わせた正確な形状回復温度を設定し、暮らしのさまざまなシーンにお届けしています。

*当社ではNi-Ti合金の他、さらに低温での回復温度を実現したNi-Ti-Co合金や、マルテンサイト相での、ばね発生力がきわめて小さいNi-Ti-Cu合金も製造しています。

KIOKALLOY is an Ni-Ti alloy produced through Daido's exclusive extra-clean melting process. It exhibits shape-memory and super-elastic characteristics after being subjected to heat treatment. Once KIOKALLOY has been shaped at a specific temperature, reheating it to the set temperature automatically restores its original shape if it has been deformed at a temperature below the original set temperature; even if it has been severely bent at a temperature exceeding the set temperature, removing the bending stress will return the alloy to its original shape. Daido Steel provides you with products shaped at a precisely set temperature to conform to your various requirements for original shape recovery.

* In addition to Ni-Ti alloy, Ni-Ti-Co alloy having a lower shape-recovery temperature and Ni-Ti-Cu alloy featuring minimal occurrence of viscosity in the martensitic phase are available.



Features

KIOKALLOYの特長

- 形を記憶します。
Original shape is memorized.

■きわめて大きな歪みが回復します。

鉄の弾性歪み範囲は通常0.5%程度です。これに対しNi-Ti合金はmax. 8%もあり、鉄の10~20倍の変形歪みが回復します。

■Recovery from severe strain possible.

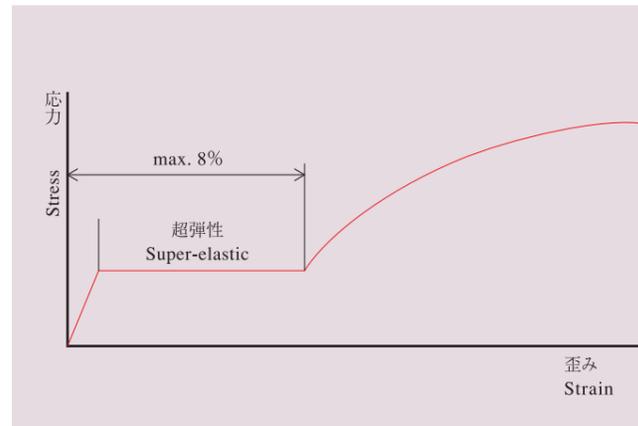
While the limit of elastic strain for steel is only 0.5%, that of Ni-Ti alloy has a maximum limit of 8%. This means that Ni-Ti alloy has 20 times the recovery power of steel.

■しなやかに変形します。

鉄の横弾性係数は約80GPa。これに対しNi-Ti合金は、オーステナイト相で約20GPaと小さく、また超弾性領域では歪みが増加しても変形に要する力はほぼ一定です。

■Flexible deformation is possible

The horizontal modulus of elasticity for steel is about 80GPa. On the other hand, that for Ni-Ti alloy in the austenitic phase is only about 20GPa. Further, within the range of super-elasticity, the amount of stress required to cause deformation remains almost constant, even if strain is increased (see drawing).



■耐食性にすぐれています。

海水中などの腐食環境に対し、チタンやチタン合金に肩を並べるほどの耐食性があり、また高い耐摩耗性を備えています。

■Corrosion-resistance is excellent.

Resistance to corrosive environments, such as salt water, is on a par with that of titanium and titanium alloys; wear-resistance is also excellent.

■形状記憶合金 Shape-memory alloy

形状記憶処理 → 形状回復温度以下で変形 → 形状回復温度以上に加熱すると形もどる

■超弾性合金 Super-elastic alloy

直線記憶処理 → 大きく曲げても元にもどる

■普通の鉄 Conventional steel

変形させると元にもどらない → 大きく曲げると曲りが残る

応力

歪み

低温で変形させても加熱すると元の形にもどる
Recovers original shape when heated even after deformation at low temperature.

応力

歪み

応力を加え変形させても応力を除くと元の形にもどる
Even when deformation is caused by stress load, original shape is recovered when stress is removed.

応力

歪み

弾性変形 → 塑性変形
塑性変形した歪みは応力を除いても元にもどらない
Recovery from strain due to plastic deformation is not possible, even if stress is removed.

Mechanism

KIOKALLOYのメカニズム

■形状記憶合金と超弾性合金……

じつは、利用する温度範囲の違いです。

Ni-Ti合金は、オーステナイト相とマルテンサイト相の間(10~15℃)で大きく材料特性が変化します。形状記憶合金および超弾性合金は、この温度領域を利用して形状記憶や超弾性効果を得ています。なお、形状回復温度(Af: Ni-Ti合金が記憶した元の形状にもどる温度)は、Ni量のわずかな差で変化します。

■Shape-memory and super-elastic alloys—the difference in their characteristics depends on the temperature range at which they're used.

The characteristics of Ni-Ti alloy vary greatly depending whether it is in the austenitic or martensitic phase (10 or 15℃). Shape memory and super-elastic characteristics are achieved by utilizing this temperature difference. Shape-recovery temperatures (Af: the temperature at which Ni-Ti alloy recovers its original shape) can be changed by slightly varying the Ni content.

■なぜ、元の形にもどるのでしょ……

■形状記憶効果

Ni-Ti合金は、形状回復温度より高温側でオーステナイト相という結晶構造をとります。これを冷却するとマルテンサイト相に変態します。この相は、外部からの力で簡単に变形させることができます。変形すると、結晶構造は変形マルテンサイト相になり、これを加熱すると構造がオーステナイト相にもどるためNi-Ti合金の形状も元の形にもどるのです。

■Why does it recover its original shape?

■Shape-memory effect

Ni-Ti alloy assumes a crystalline structure, called the austenitic phase, when heated to a temperature exceeding the shape-recovery temperature, and returns to the martensitic phase when cooled. Material in the martensitic phase can be easily deformed by applying an external stress load. Deformation causes transformation of the crystalline structure to the martensitic phase. Heating of the alloy in martensitic phase returns it to the austenitic phase, and the material recovers its original shape.

■なぜ、弾力性があるのでしょうか……

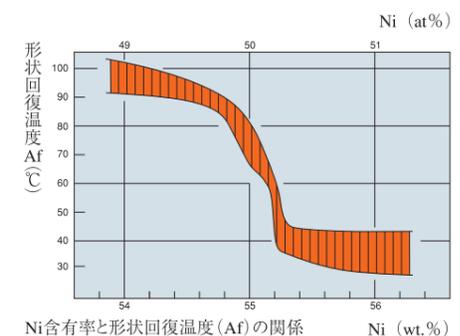
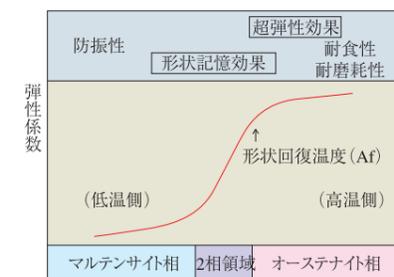
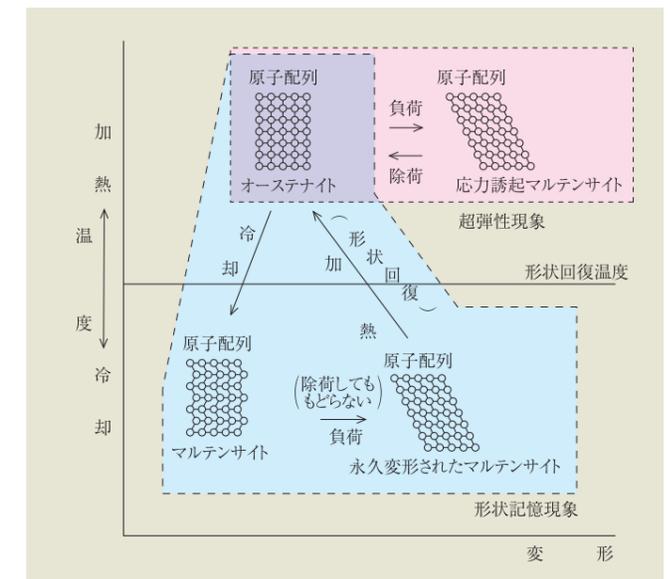
■超弾性効果

Ni-Ti合金は、形状回復温度より高い温度のオーステナイト相領域において、外力を加えると応力誘起マルテンサイト相に変態し、外力を取り除くと、直ちに元のオーステナイト相にもどります。このためNi-Ti合金は、塑性変形せず、ゴムのような弾力性が得られるのです。

■Why does it exhibit super-elasticity?

■Super-elasticity effect

Ni-Ti alloy is transformed into stress-inducing martensite under application of external stress when it is in the austenitic phase, for which the temperature range is higher than the shape-recovery temperature; immediately after removal of stress, the alloy returns to the austenitic phase. This is why Ni-Ti alloy exhibits its rubber-like elasticity, rather than plastic deformation.



Applications

KIOKALLOYの用途

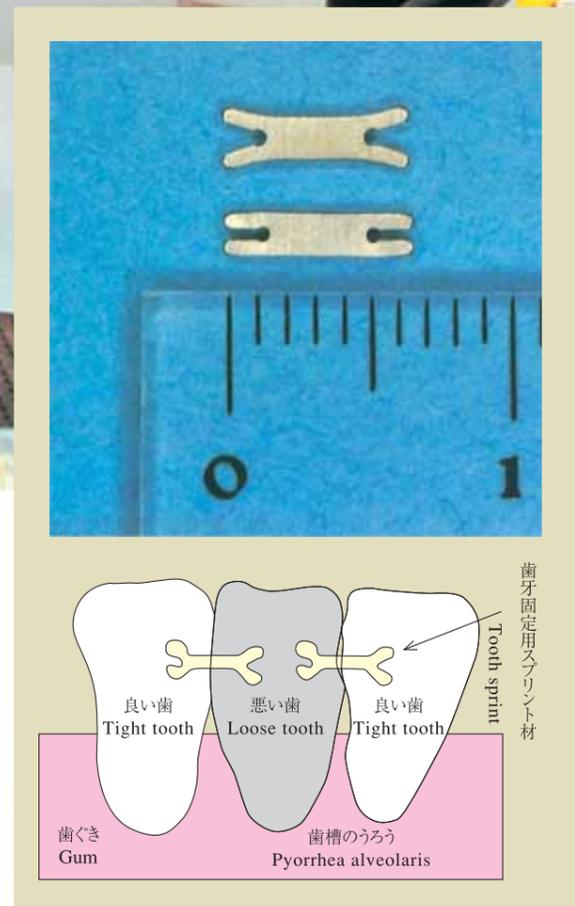


■ 歯牙固定用スプリント材

先端が閉じた状態でグラついた歯と両側の歯にはめ込み、あとで熱を加えると先端が二股に開脚し、歯をしっかりと固定します。

■ Tooth splint

Splints are embedded in the loose tooth and the normal tooth on each side of it. When heat is applied, the forked tips of the splints spread to fix the loose tooth in place.



形状記憶合金

アイデアしだいで用途は限りなく広がります。

KIOKALLOY—as a shape-memory alloy, the possibilities for use are limited only by your imagination.



■ 湯温調整機付きシャワー

温水シャワーの湯温調整コックに手動で動くバイアスバネと、湯温を感知して自然に伸び縮みする形状記憶合金バネの力の釣り合いで水と湯の混合比を微調整させ、快適な湯温を実現します。

■ Shower with water temperature regulator

By using a shape memory alloy spring with outstanding elasticity, we can achieve comfortable water temperature control with only minor adjustments of the hot and cold water mix.

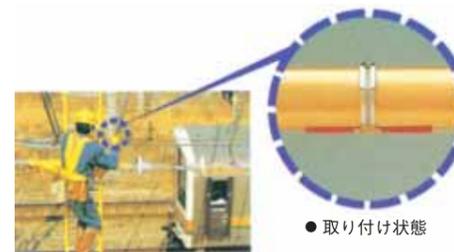


■ マイクロロボット

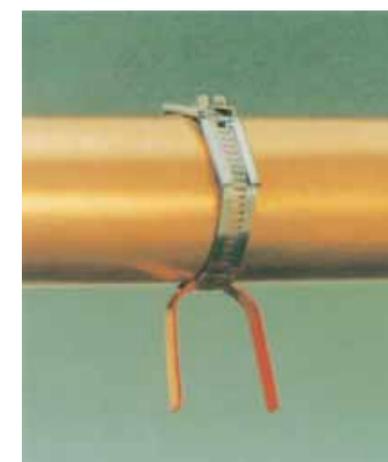
通電加熱すると収縮、放冷すると弛緩する特性を利用し、ロボットの関節部（グリップ、手首、肘、肩）に使用。電気のON/OFFでアームをすばやくコントロールすることができます。

■ Micro-robot

The alloy's characteristics of contracting when electronically heated and expanding when heat is radiated can be utilized to provide immediate control of a robot's joints (grip, wrist, elbow, shoulder) at the touch of an electric ON/OFF switch.



● 取り付け状態



■ 電車線異常発熱検出センサー

電車線に平行に取り付けられた形状記憶合金のセンサーが、異常発熱を検出するとU字型に立ち上がります。地上からの目視で容易に異常発熱を判定できます。

■ Abnormal heat sensor for electric train power-supply wires

The shape-memory alloy sensor mounted on the train's power line protrudes in a U-shape when abnormal heat generation is detected, making the existence of an abnormality easily visible from the ground.

Applications

KIOKALLOYの用途



■めがねフレーム

軽くてしなやか、つけたときのフィット感にも優れています。スポーツ中などに外力を受けて変形しても、すぐに元の形にもどります。

■Eye-glass frames

Lightweight and flexible, fit your face perfectly. They immediately recover their original shape, even after deformation by external stress during sports or other activities.

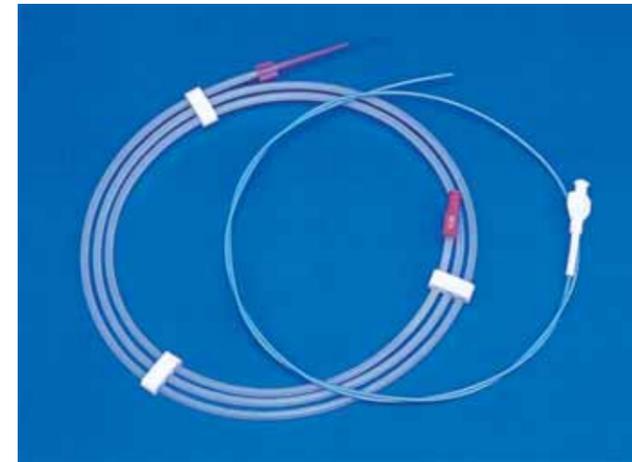


ブラジャーのワイヤー、制服(肩パット)といった衣料製品をはじめ、携帯電話のマイクアームや釣り糸など次々に実用化されています。また、心臓に造影剤を注入するカテーテルでは、そのガイドワイヤーに使用され最先端の医療技術を支えています。

KIOKALLOY is found everywhere: hidden in clothing as wires in brassieres and shoulder pads in uniforms, in portable-telephone microphone arms, and as fishing line. It is even found in the most advanced medical technology as a guide-wire for the catheter used to inject contrast medium into the heart.

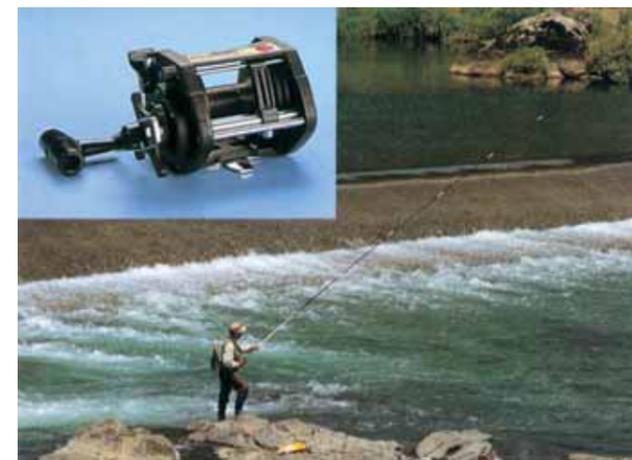
■カテーテル用ガイドワイヤー

■Catheter guide-wire



■釣り糸

■Fishing line



超弾性合金

暮らしのさまざまなシーンで実用化されています。

As a super-elastic alloy, KIOKALLOY is also finding its way into our daily lives.

■学生服(肩パットワイヤー)

■School uniform (Shoulder pad-wire)



■携帯電話のアンテナ

■Antenna of mobile phone



Data

KIOKALLOYの諸特性



■ 化学成分と形状回復温度

■ Chemical composition and shape-recovery temperature

項目 Properties	Ni	Ti	Co	Cu	形状回復温度 Shape-recovery temperature
Ni-Ti 合金 (KIOKALLOY-R)	54~56	残 Bal.	—	—	20~80℃
Ni-Ti-Co合金 (KIOKALLOY-S)	53~55	残 Bal.	1~3	—	-30~30℃
Ni-Ti-Cu合金 (KIOKALLOY-T)	47~50	残 Bal.	—	5~9	60~90℃

形状回復温度は加工条件、熱処理条件により変わります。
Shape-recovery temperature varies depending on forming and heat treatment conditions.

■ 機械的性質

■ Mechanical properties

項目 Properties		Ni-Ti合金 Ni-Ti alloy	Ni-Ti-Co合金 Ni-Ti-Co alloy	Ni-Ti-Cu合金 Ni-Ti-Cu alloy
マルテンサイト相 (M相) martensitic phase	引張強さ Tensile strength	MPa (kgf/mm ²) 1175~1370 (120~140)	1370~1570 (140~160)	1175~1765 (120~180)
	降伏強さ Yield strength	MPa (kgf/mm ²) ~196 (~20)	~294 (~30)	68~98 (7~10)
	伸び Elongation	% ~50	~50	~20
	横弾性係数 Horizontal modulus of elasticity	MPa (kgf/mm ²) 7845~9800 (800~1000)	9800~13730 (1000~1400)	0~4900 (0~500)
オーステナイト相 (A相) Austenitic phase	引張強さ Tensile strength	MPa (kgf/mm ²) 1075~1175 (110~120)	1275~1370 (130~140)	1175~1765 (120~180)
	降伏強さ Yield strength	MPa (kgf/mm ²) 390~785 (40~80)	490~980 (50~100)	390~785 (40~80)
	伸び Elongation	% ~20	~20	~20
	横弾性係数 Horizontal modulus of elasticity	MPa (kgf/mm ²) 17650~21575 (1800~2200)	25500~28440 (2600~2900)	19615~27460 (2000~2800)

機械的性質は加工条件、熱処理条件、使用温度により変わります。
Mechanical properties vary depending on heat treatment conditions and service temperatures.

■ 物理的性質の比較

■ Comparison of physical properties

金属名 Metal	密度 Density (g/cm ³)	融点 Melting Point (℃)	線膨張係数 Linear expansion coefficient (×10 ⁻⁶ /K)	比熱 Specific heat (J/(kg·K))	熱伝導率 Thermal conductivity (W/(m·K))	比抵抗 Specific electric resistance (×10 ⁻⁸ Ωm)
Ni-Ti (オーステナイト相)	6.5	1250~1280	10	440	12.1	80~100
Ni-Ti-Co (オーステナイト相)	6.5	1250~1280	—	470	12.7	—
Ni-Ti-Cu (オーステナイト相)	6.4	1250~1270	—	460	13.5	—
Titanium	4.5	1668	8.4	520	17.1	55
Nickel	8.9	1453	15	460	92.0	9.5
Iron	7.9	1530	12	460	62.8	9.7
SUS304	7.7	1400~1420	17	500	16.3	72
Copper	8.89	1083	17	380	385.0	1.724

Ni-Ti合金の物理的性質は密度、融点を除き温度により変わります。
Physical properties, except for density and melting point, of Ni-Ti alloy vary depending on temperature.

■ 製品形状

線材、平線および加工品（ばね等）の製造を行っています。また、これらにご要望に応じて、形状記憶処理なども行います。その他、各種形状につきましてはご相談ください。

■ Products

Wire, flat wire and other formed products (springs, etc.) are fabricated. Special treatment for specific shape-recovery temperatures is also available upon request. Please don't hesitate to contact us regarding any other shape requirements you may have.