

# Introduction of

**GUMMETAL<sup>®</sup>**

Soft Modulus & Flexible  
Titanium Alloy

 **TOYOTA CRDL, INC.**  
 **NISSEY CO., LTD.**

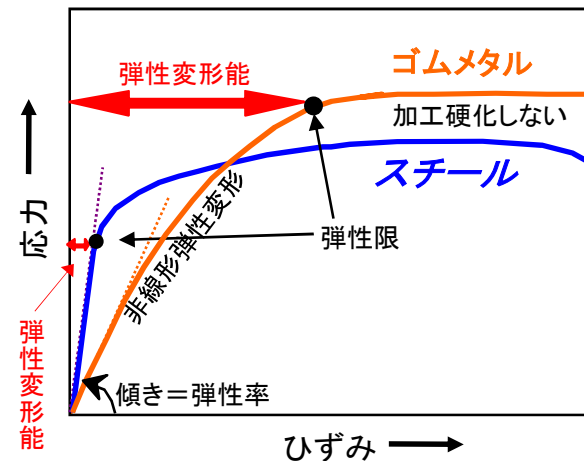
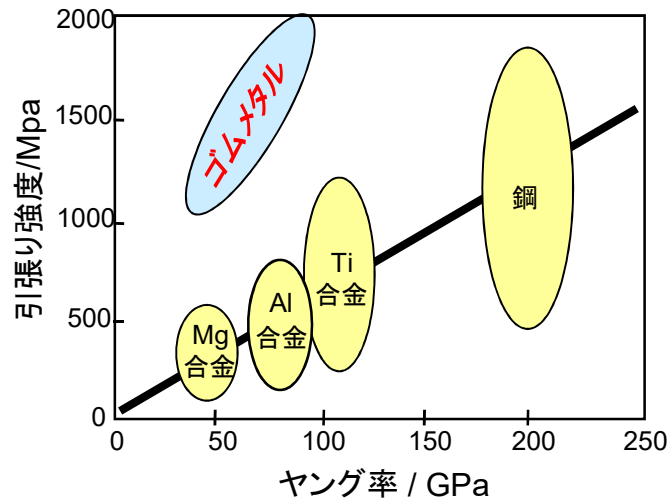
TEL:0778-52-5615 FAX:0778-52-5085 <http://www.nissey-sabae.co.jp>

# GUMMETAL®

低弾性率・高強度で従来にない 巨大弾性変形能を有するチタン合金

## 特徴

- ヤング率: 最小. 40 GPa
- 強度: 最大. 2000 MPa
- フックの法則が成立しない**非線形弾性挙動**、2.5%を超える巨大な弾性変形能
- 加工硬化なしに99%以上冷間加工できる**常温超塑性的**な加工性
- 生体適合材



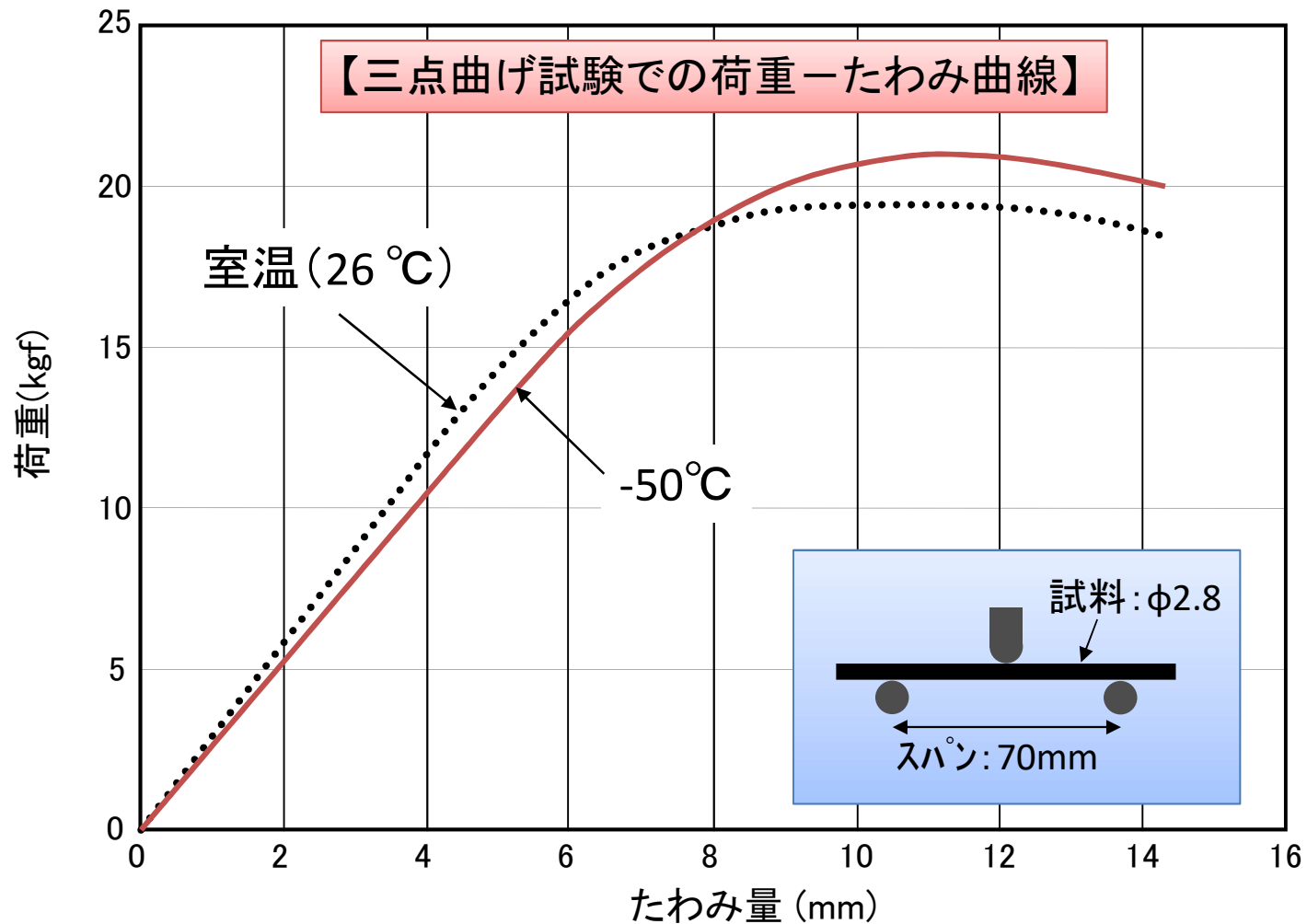
## 応用

- 眼鏡フレーム
- 人工骨
- 医療機器
- ねじ
- 超軽量スプリング
- メタルシール
- ダイヤフラム
- 時計等の装飾品
- ゴルフクラブ等のスポーツ用品

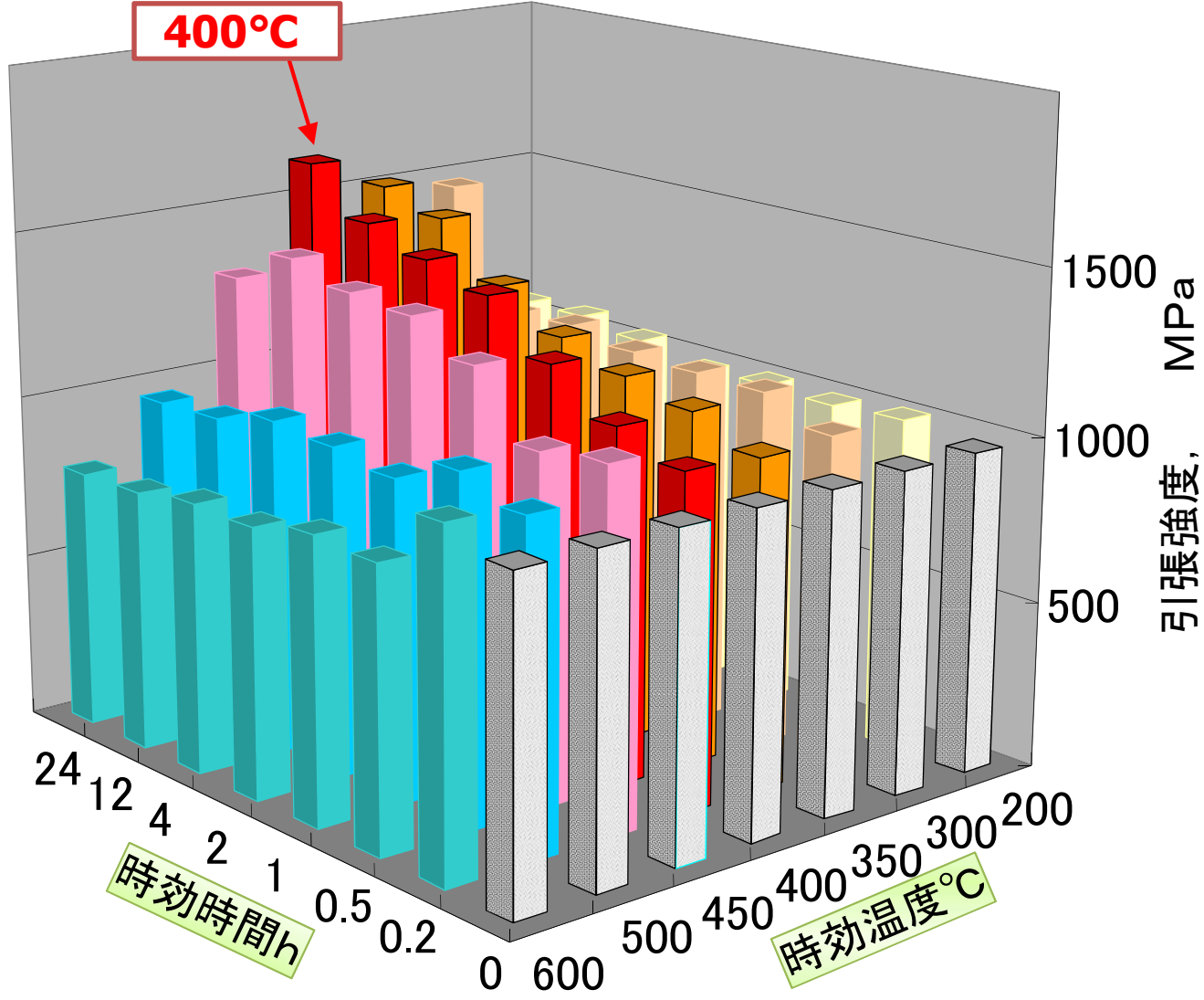
お問い合わせ先  
**株式会社ニッセイ**  
福井県鯖江市田所町108-2  
TEL:0778-52-5615 FAX:0778-52-5085  
<http://www.nissey-sabae.co.jp>

## ゴムメタルの室温と低温における曲げ特性

低温になると、曲げ剛性が室温よりもむしろ小さくなりくしなやかさを増す  
また強度が若干高くなるので、弾性変形能も増大する。

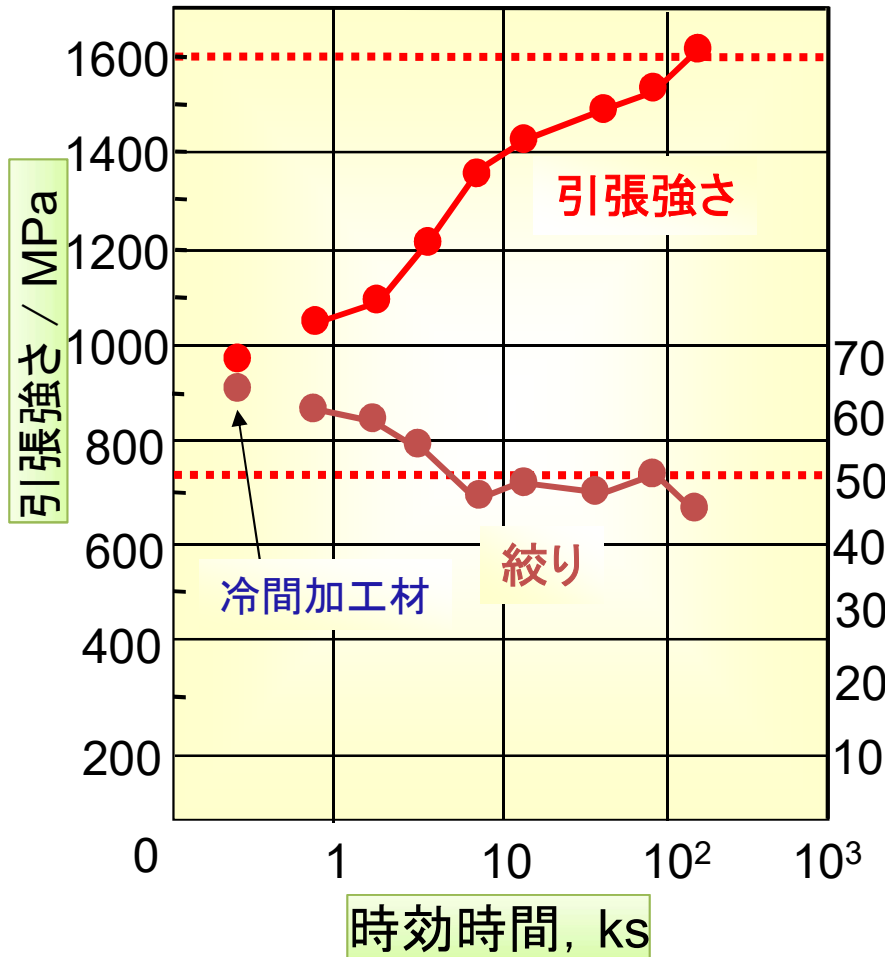


# 熱処理条件の最適化



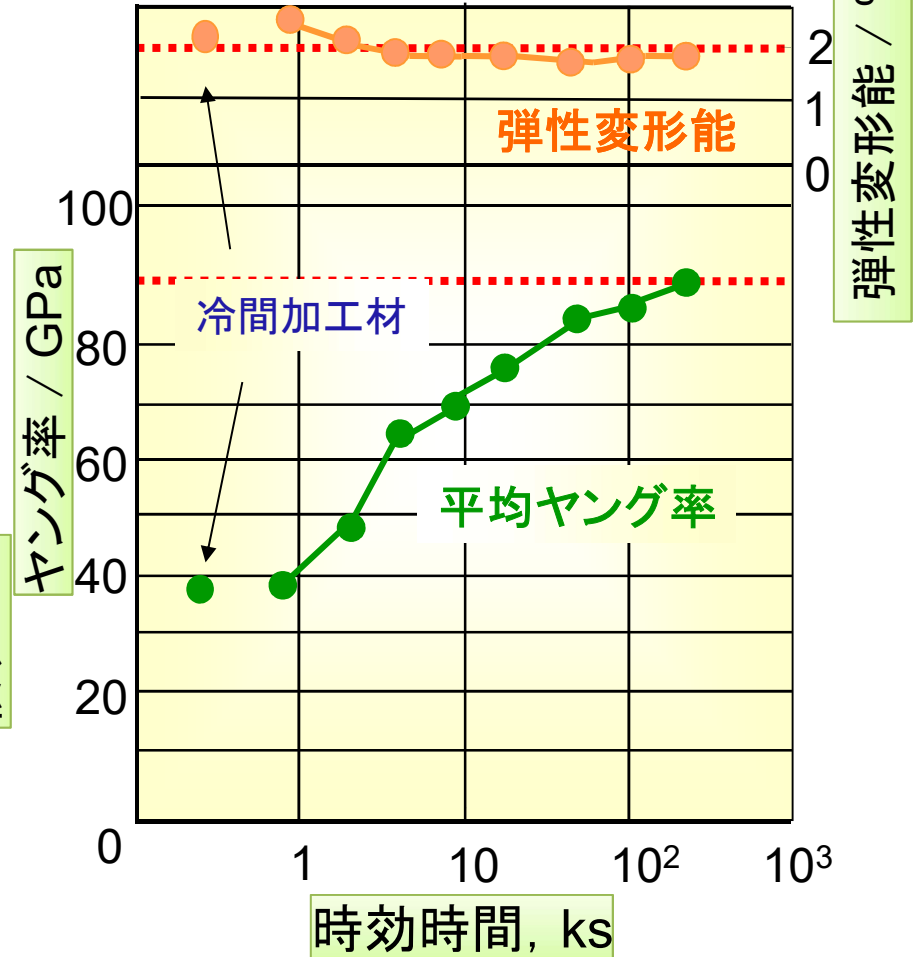
# 時効特性(400°C)

## 強度・延性



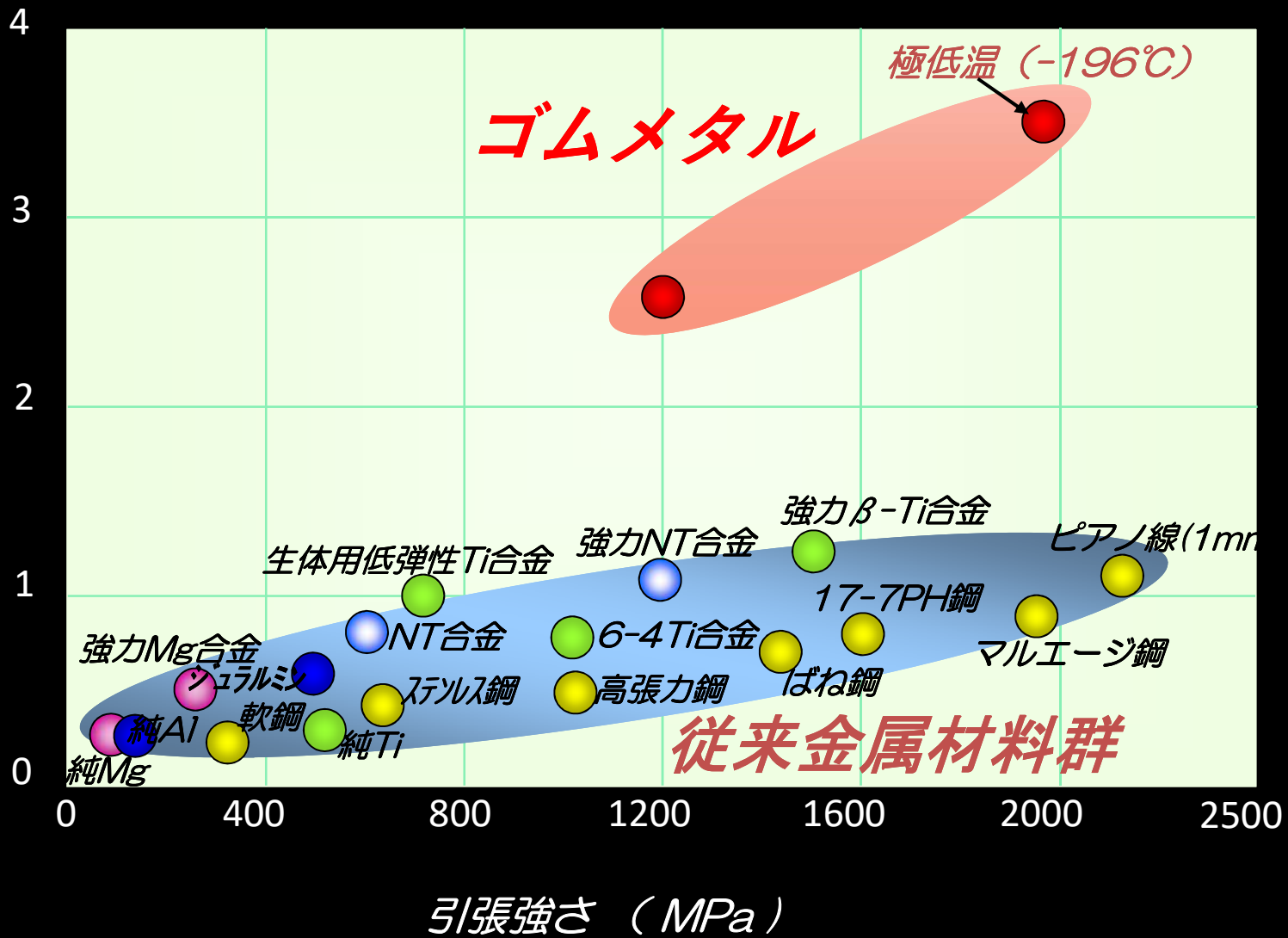
超高強度, 高延性

## ヤング率・弾性変形能



低ヤング率, 高弾性変形能

しなやか指数 (  $\frac{\text{耐力}}{\text{剛性}} \times 100$  )



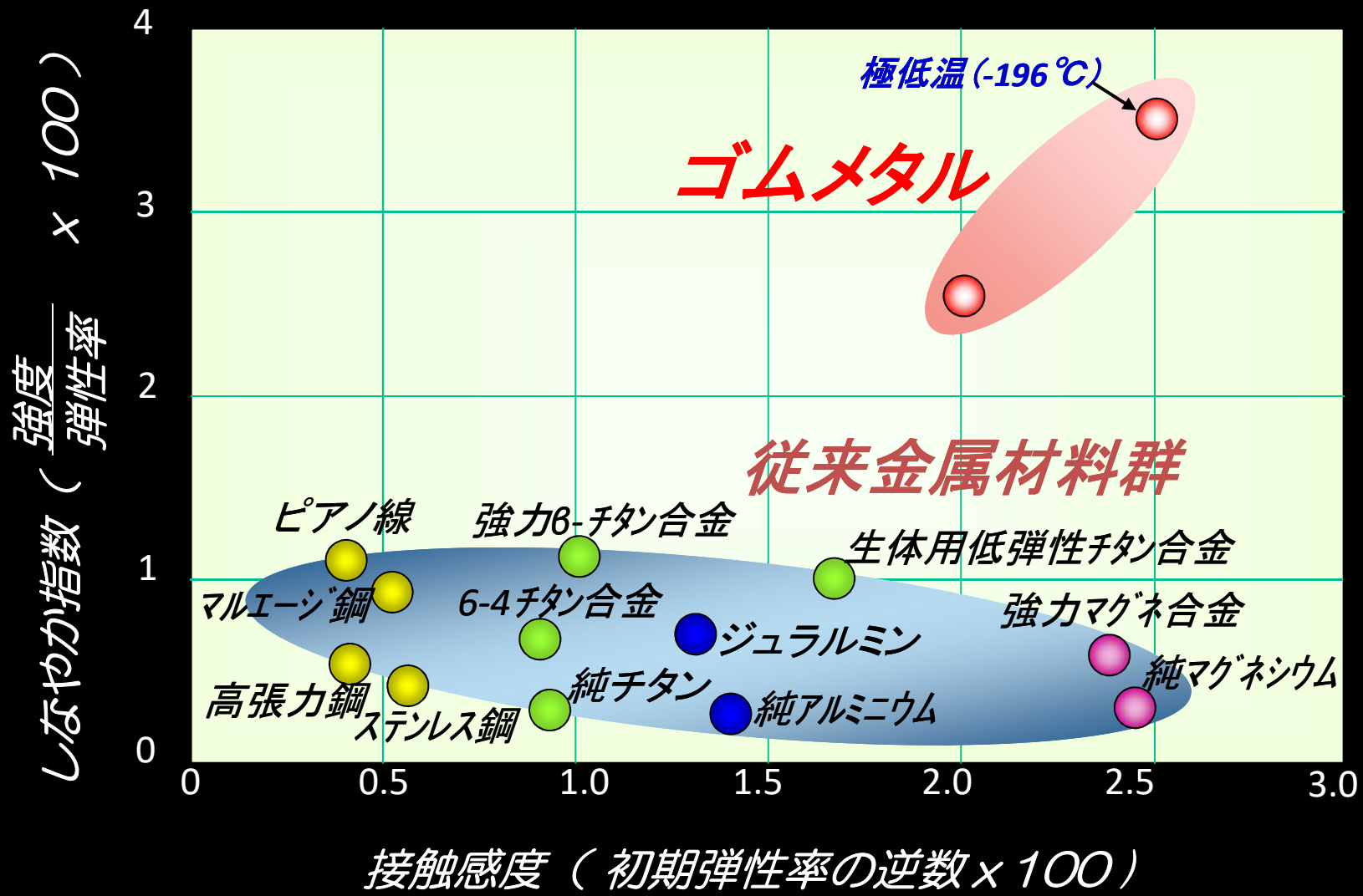


Table Mechanical and Physical Properties of GUMMETAL Compared with Another Materials

| 項 目<br>Properties  | GUMMETAL®           |                        | Ni-Ti合金         | Ti-6Al-4V                                      | Ti            | SUS304 | Cu              | β-C Alloy | Mg Alloy<br>AZ91 ≡<br>AZ31 |       |
|--|---------------------|------------------------|-----------------|--|---------------|--------|-----------------|-----------|----------------------------|-------|
|  | < cold-<br>worked > | < heat-<br>treated >   |                 |  |               |        |                 |           |                            |       |
| ヤング率<br>Young 's Modulus   | GPa                 | Av.45<br>( 40~<br>60 ) | 85~95           | 82   | 111           | 106    | 200             | 130       | 88                         | 45    |
| 0.2%耐力<br>0.2% Proof Stress  | MPa                 | 900~<br>1,100          | 1,400~<br>1,700 | —  | ≥760          | ≥275   | 200             |           | 758~                       | 160   |
| 引張強度<br>Tensile Strength   | MPa                 | 1,000~<br>1,200        | 1,500~<br>1,800 | 1,046  | ≥825          | ≥345   | 500             | 300       | 793~                       | 240   |
| 伸び<br>Fracture Elongation  | %                   | 10~15                  | 3~8             | —  | ≥8            | ≥20    | 40              | 15        | ≥10                        | 3     |
| 絞り<br>Reduction of Area  | %                   | 60~80                  | 30~50           | —  | ≥15           | ≥30    | 60              |           | 40                         | —     |
| 弾性変形能<br>Elastic Elongation  | %                   | 2.2~2.6                | 1.7~2.2         | —  |               | 0.2    |                 |           | 1.1                        | 0.3   |
| 密度<br>Density  | g/cm <sup>3</sup>   | 5.6                    |                 | 6.5  | 4.43          | 4.51   | 7.70            | 8.89      | 4.82                       | 1.78  |
| 融点<br>Melting Point  | °C                  | 1,700~1,800            |                 | 1,250~1,280                                    | 1540~<br>1650 | 1,668  | 1,400~<br>1,420 | 1,083     | 1,650                      | 650   |
| 比熱<br>Specific heat  | cal/g・<br>°C        | 0.13                   |                 | 0.061  | 0.135         | 0.124  | 0.12            | 0.092     | 0.123                      | 0.248 |
| 熱伝導率<br>Coefficient of thermal conductivity                        | cal/cm<br>・s・°C     | 0.022                  |                 | 0.05   | 0.018         | 0.041  | 0.039           | 0.93      | 0.02                       | 0.37  |
| 線膨張係数 ×10 <sup>-6</sup><br>Coefficient of linear thermal expansion | °C <sup>-1</sup>    | 8                      |                 | 10   | 8.8           | 8.4    | 17.3            | 17        | 9.7                        | 26    |
| 比抵抗<br>Specific electrical resistance                              | μ Ω cm              | 120                    |                 | M. phase(M)<br>50~100<br>A. Phase(A)<br>80~100 | 171           | 55     | 72              | 1.7       | 160                        | 4.3   |

※1 ゴムメタルは、極低温から100°Cまでの温度領域で物質的性質の変化はありません。

※2 Ni-Ti合金の物質的性質は密度、融点を除き温度により変わります。



# 無転位塑性変形機構による多機能新合金『ゴムメタル®』

(株)豊田中央研究所  
(株)ニッセイ

## ゴムメタル®とは

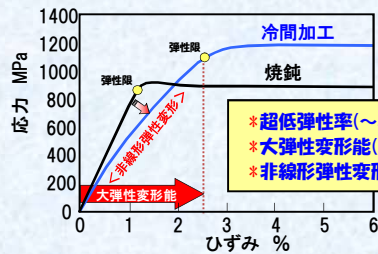
**基本合金組成**  
 $Ti-25mol\%(Ta+Nb+V)-(Zr,Hf)-O$  + **冷間加工**

**3つのマジックナンバー**

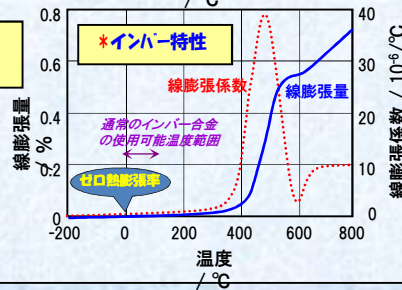
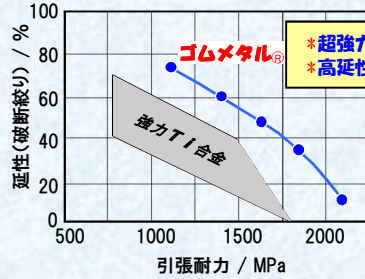
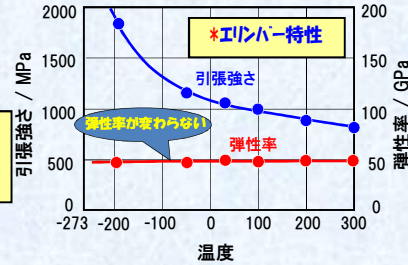
- ・価電子数  $\approx 4.24$
- ・結合次数(B<sub>0</sub>)  $\approx 2.87$
- ・d電子軌道エネルギーレベル  $\approx 2.45$

- ① マグネシウム合金並の超低ヤング率と高強度の両立
- ② 超弾性的性質(弾性変形能 $\sim 2.5\%$ )
- ③ ヒステリシスのない非線形な弾性変形挙動
- ④ 広温度範囲でのエリパー、インパー機能
- ⑤ 室温で強加工しても全く加工硬化せず、99.9%以上の冷間加工が可能

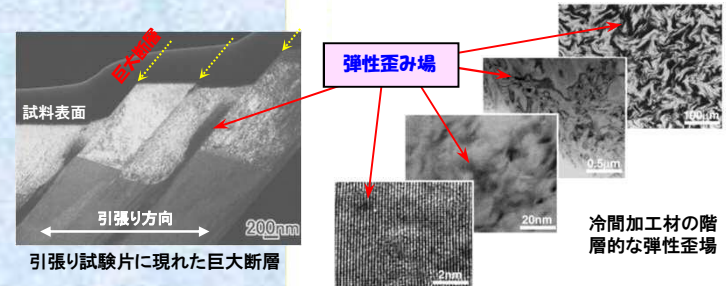
## ゴムメタル®の超マルチ機能



\*超低弾性率( $\sim 40GPa$ )  
 \*大弾性変形能( $\sim 2.5\%$ )  
 \*非線形弾性変形(非フック則)

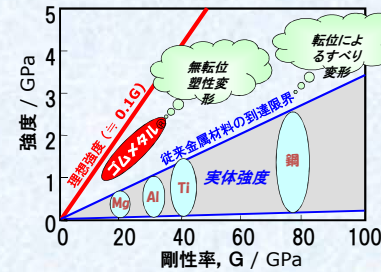


## ゴムメタル®の不思議な変形組織



従来の転位論では説明できない、断続的な「巨大断面」によって塑性変形が進行する。冷間加工により、ナノサイズの弾性歪み場が階層的に形成され、**超機能**が発現する。

## ゴムメタル®は理想強度金属?



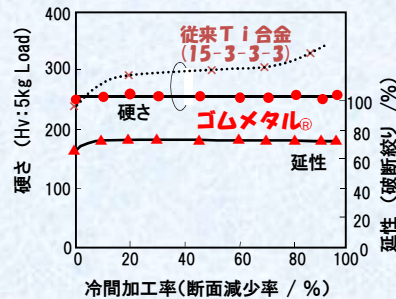
金属の強度の到達限界は理想強度の半分以下  
 ↑  
 転位が活動して結晶すべりが起こるから  
**ゴムメタル®**の実体強度は理想強度にほぼ匹敵  
 ↑  
 転位が活動できなから

## ゴムメタル®の用途



ゴムメタル®は無転位変形機構に起因する様々な**超機能**を同時に具備した世界初の合金です  
 ↓  
**無限の用途が考えられます**

## ゴムメタル®の超冷間加工性



# 多機能新合金『 ゴムメタル® 』

GUMMETAL®は、トヨタグループのシンクタンクである豊田中央研究所が開発したチタン合金でゴムのような性質を示す不思議な合金です。柔らかく、しなやか、しかも高強度で、腰が強い。どんなに変形させても硬くならず、無限のプレス加工性を有します。この素材は、一般のチタン合金よりも遥かに錆びにくく、軽く、しかも限りなく人体に優しい合金です。21世紀の金属GUMMETAL®は、メガネフレームはもとより、自動車のスプリング、ゴルフクラブや釣り糸などのスポーツ用品、人工骨をはじめとする医療機器、時計のケース等、用途は無限です。  
 (株)ニッセイは豊田中央研究所からライセンス供与を受け、独占製造・販売を行っております。



## ゴムメタル® の用途

### 眼鏡フレーム



硬式テニス用ラケット





## ゴムメタルの応用例（スプリング）

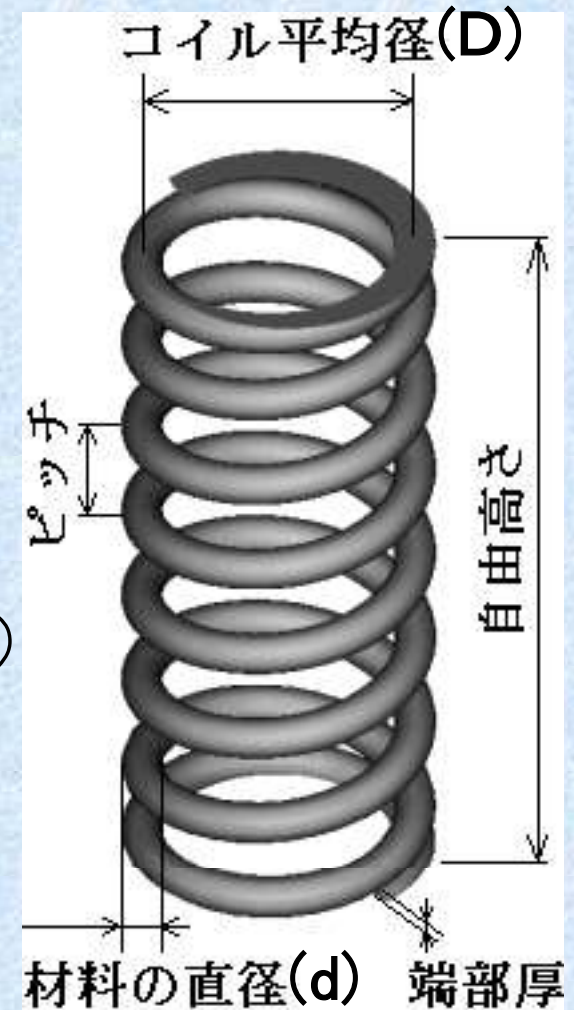
従来の鋼製スプリングに比べ、  
巻数で1/4、重量を1/6に低減可能

コイルスプリングのバネ定数  $K$

$$K = \frac{Gd^4}{8D^3N}$$

( $G$ : 横弾性係数、 $d$ : 線径、 $D$ : コイル径、 $N$ : 巻き数)

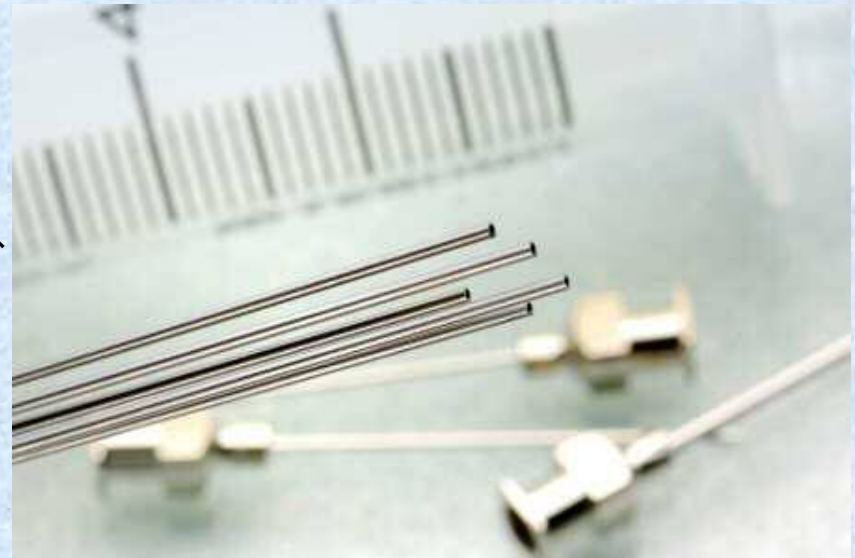
| 素材              | $G$ (GPa)   | 密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) |
|-----------------|-------------|------------------------------|
| ピアノ線            | 78.4        | 7.9                          |
| $\beta$ -Cチタン合金 | 39.2        | 5.0                          |
| <b>ゴムメタル</b>    | <b>19.3</b> | <b>5.6</b>                   |



# ゴムメタルの応用例（パイプ）

## ゴムメタル製パイプ

豊田中央研究所が開発した超弾塑性型チタン合金「GUMMETAL®」は低弾性率(40-60GPa)、1100MPa以上の引張強度、2.5%を超える弾性変形能を有し、かつ室温で強加工しても加工硬化せず、しかも強加工後も延性(絞り)が低下しないため、断面減少率99.9%以上の冷間圧延が可能である。このGUMMETALで作られたパイプは柔らかい弾性を有し、かつ高強度であるため肉厚の薄いパイプを作ることに成功した。



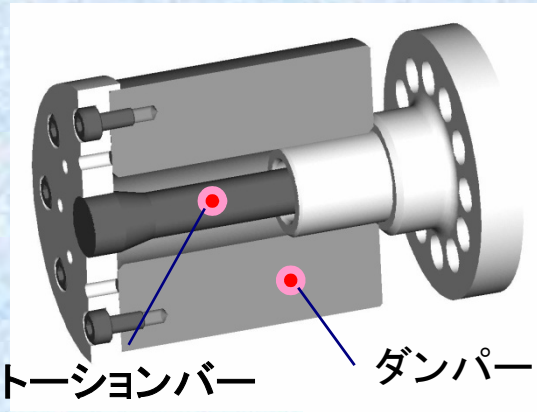


## ゴムメタルの応用例（ロボット）

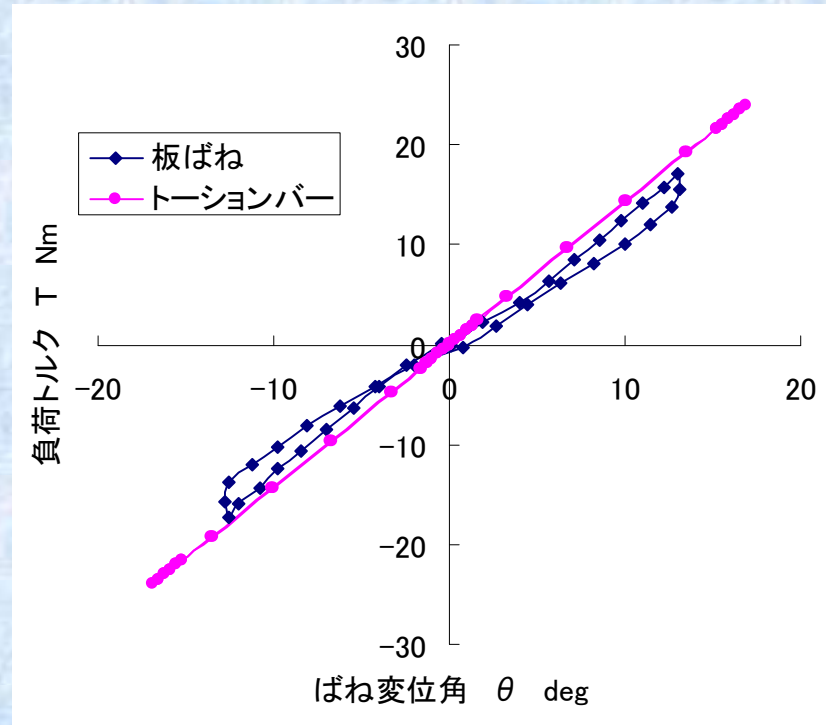
人間共存ロボット 'TWENDY-ONE' 2007年11月27日 発表



早稲田大学／総合機械工学科 菅野研究室



【ゴムメタル】



ロボットの両腕の中の4関節(片腕)に搭載しています