



Title	Ni-Ta系合金の研究 : (第1報) 機械的性質および耐変色性について
Author(s)	加我, 正行
Citation	北海道大学. 博士(歯学) 甲第1381号
Issue Date	1979-03-24
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/30167">http://hdl.handle.net/2115/30167</a>
Type	theses (doctoral)
Note	日本歯科理工学会, 加我 正行 = KAGA, Masayuki, Ni-Ta系合金の研究 : (第1報) 機械的性質および耐変色性について = Studies on Ni-Ta Alloys : (Part 1) Mechanical Properties and Discoloration, 歯科理工学雑誌 19(48), 1978 OCT, pp.271-278
File Information	thesis.pdf



[Instructions for use](#)

## Ni-Ta 系合金の研究

(第1報) 機械的性質および耐変色性について\*

加 我 正 行\*\*

## Studies on Ni-Ta Alloys

(Part 1) Mechanical Properties and Discoloration

Masayuki KAGA

Department of Dental Technology

School of Dentistry, Hokkaido University

Sapporo, Japan

(Director: Prof. Mamoru OTA)

The mechanical properties and discoloration of Ni-Ta binary alloy were evaluated to determine their potential as dental alloys. Ingots of alloys (Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta) were produced by melting high purity (over 99.9% pure) nickel and tantalum, in a high frequency induction furnace at  $2\sim 5 \times 10^{-5}$  torr in vacuo. The tensile test samples were prepared by using a standard mold preparation of phosphate-bonded investment and using an arc melting casting machine (Argon Caster) with an insert atmosphere of argon. Then, mechanical properties were investigated by using a strain gauge extensometer and a tensile test machine. Discoloration was also observed by soaking Ni-Ta alloys, in artificial saliva, 0.05% HCl, 1%  $C_3H_6O_3$ , 0.1%  $Na_2S$  and 1.0% NaCl solution, respectively maintained at 37°C for 72 hours.

The main results were summarized as follows;

1. The tensile strength of Ni-30 wt% Ta was almost the same as that of Ni-33 wt% Ta. But, the tensile strength increased rapidly from 62.4 kg/mm<sup>2</sup> for Ni-30 wt% Ta, 62.6 kg/mm<sup>2</sup> for Ni-33 wt% Ta, to 86.5 kg/mm<sup>2</sup> for Ni-36 wt% Ta.
2. Ni-30 wt% Ta had a higher elongation rate. But, the elongation decreased rapidly from 27.9% for Ni-30 wt% Ta, 12.2% for Ni-33 wt% Ta, to 0.9% for Ni-36 wt% Ta.
3. The proportional limit increased with the Ta concentration. Ni-30 wt% Ta was 28.5 kg/mm<sup>2</sup>, Ni-33 wt% Ta was 35.9 kg/mm<sup>2</sup> and Ni-36 wt% Ta was 51.3 kg/mm<sup>2</sup>. Their values were the same as or greater than conventional commercial Ni-Cr-Co alloys.
4. The modulus of elasticity of Ni-Ta alloys increased gradually from  $22.0 \times 10^3$  kg/mm<sup>2</sup> for Ni-30 wt% Ta,  $22.4 \times 10^3$  kg/mm<sup>2</sup> for Ni-33 wt% Ta to  $22.5 \times 10^3$  kg/mm<sup>2</sup> for Ni-36 wt% Ta.
5. Ni-Ta alloys had a hardness in excess of conventional commercial Ni-Cr-Co alloys. Namely, mean microhardness number of Ni-30 wt% Ta, -33 wt% Ta, -36 wt% Ta were Hv 481, Hv 651, Hv 1055 respectively.
6. Ni-Ta alloys showed excellent tarnish resistance, however, only Ni-30 wt% Ta was discolored by 0.05% HCl solution.

Thus, it was tentatively suggested that Ni-30 wt% Ta and Ni-33 wt% Ta were suitable for dental casting alloys.

## 緒 言

近年、高融点合金の鑄造技術および切削加工技術の発

達によって、鑄造用 Ni-Cr, Co-Cr, Co-Cr-Ni 系合金の使用が比較的容易になり、これらの応用範囲は義歯床からクラウンブリッジ、陶材焼付用にまで広がっている。これらの合金はその表面に  $Cr_2O_3$  の緻密な不動態膜が形成されるため、口腔内の耐食性が金合金のそれに匹敵する上<sup>1)</sup>、機械的性質も良好で特に縦弾性係数が大きく、また比重が小さく、かつ安価である<sup>2)</sup>等の長所を

\* 本論文の要旨は第33回齒科理工学会学術講演会(昭和52年11月19日)において発表した。

原稿受付 昭和53年8月21日

\*\* 北海道大学歯学部齒科理工学教室(指導 太田 守 教授)  
(札幌市北区北13条西7丁目)

備えている。なかでも Co-Cr 系合金は生体に対する為害作用がより少なく、組織親和性もすぐれているため、口腔内インプラント材料および整形外科材料としても用いられている。

しかし金合金に比べ、これらの合金は铸造性、铸造精度、疲労強さ<sup>3)</sup>等が劣る上に陶材焼付に用いた場合には、合金と陶材との焼付けにも改善すべき余地があり、これらの問題点を改良するために铸造技術の開発<sup>4)</sup>、添加元素による性質の向上<sup>5)</sup>等が試みられているが、まだ十分な解明がなされていない。

一方、Ni-Ta 系合金は古くからドイツ、Siemens U. Halske 社で開発されており、特に Ni-30 wt% Ta 合金は耐食性がきわめて良好なため、工業界において、分析用ルツボ、人絹ノズル等に使用されている<sup>6)</sup>。

本研究は、铸造用贱金属合金に対する最近の需要の増加と高融点合金の铸造技術の進歩を併せ考え、歯科における新しい系の贱金属合金を開発する目的で、Ni-Ta 系合金をとりあげ、Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta の組成の合金を溶製し、铸造時の機械的性質、引張強さ、伸び、縦弾性係数、比例限、弾性エネルギーを求め、かたさを測定し、かつ変色試験を行い歯科铸造用合金としての適否を検討した。

### 実験材料および実験方法

#### 1. 合金の溶製

純金属は純度 99.97% の球状モンドニッケルおよび 99.9% の厚さ 10  $\mu$  のタンタル箔を使用した。合金インゴットの作製は Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta の各組成別に、全量 20 g を計量し、Fig. 1 に示した装置を用いて各組成の試料を透明石英管ルツボに入れ、 $2\sim 5 \times 10^{-5}$  torr の真空中に封じ込んで高周波誘導炉で加熱溶解し、融解終了後放冷してインゴットを得た。

#### 2. 引張試験

##### a) 引張試験片の作製

引張試験片の形状と寸法は ADA 規格 No. 14<sup>7)</sup> に定められているが、Asgar らは<sup>8)</sup>、同一合金を異なる埋没方法で铸造し、引張試験を行なった結果、横埋没が铸造体にポロシティが生じにくく最良の結果が得られたと報告している。

本研究では、引張試験片の作製に先立ち、これらを考慮に入れて埋没法は横埋没を採用した。その大きさは Fig. 2 に示したように直径は微小はずみ測定のための箔ゲージ貼付可能なように 4 mm とし、平行部長さは 30 mm としてチャック部を含む全長を 60 mm と定めた。

まず、Fig. 2 と同じ形状の金型を真ちゅうで作製し、

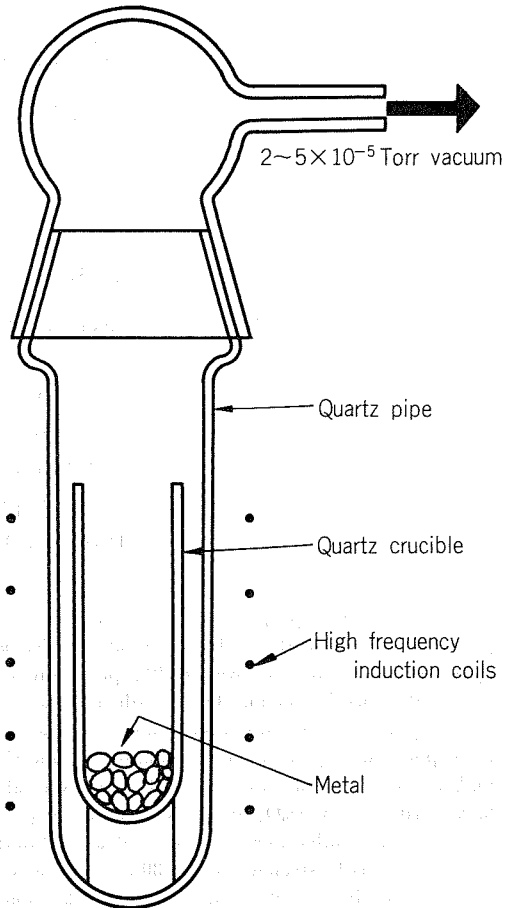


Fig. 1 Melting equipment.

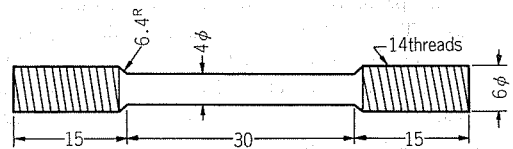


Fig. 2 Shape and size of tensile test specimen.

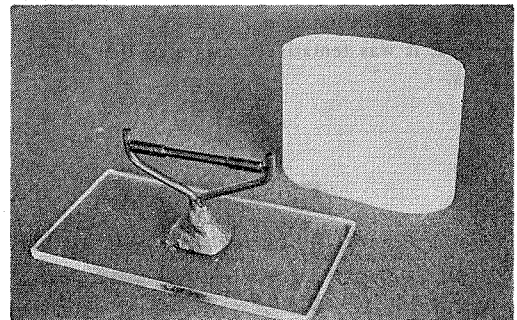


Fig. 3 Spruing of wax test specimen along with a tensile bar, and its mold.

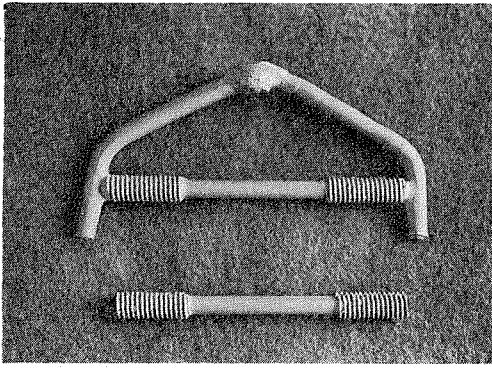


Fig. 4 Castings of tensile test specimen.

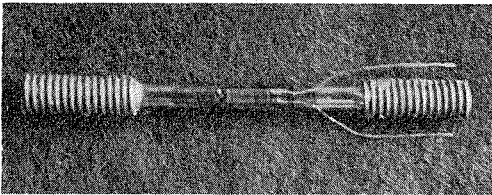


Fig. 5 Tensile test specimen with strain gauge.

これを工業用シリコンゴム中に包埋して、2分割のゴム型を作製した。この分割型の中にブルーインレーワックスを流入し、ワックスが凝固後、ワックスの試験片を取り出した。次にその両端から直径4mmのワックススプルーを立て、ボール紙で長径85mm、短径40mm、高さ65mmの埋没用枠を作製し、リン酸塩系埋没材・タイプベストを用いて、ワックスパターンを埋没し、24時間放置した後、ボール紙を剝離して鑄型とした (Fig. 3)。

鑄造に当り、ワックスの焼却および鑄型の加熱は室温から850°Cまでを4時間かけて行い、さらに850°Cで1時間係留した。鑄造には、アルゴンキャスター (松風陶歯製造K.K製) を使用し、合金試料を1回につき約30gを鑄造した。その後、室温まで放冷し鑄造体を取り出したのちサンドブラスター (ユニーク光電社製SR11H) で埋没材を除去し、スプルーを切断して引張試験片を得た (Fig. 4)。

#### b) 引張試験

予め、試験片は Fig. 5 に示すように、平行部中央表面をカーボラダムおよびシリコンポイントで研磨し、微小ひずみ測定のため、箔フェステルゲージ (共和電業社製 KFC-5-C 1-11) を接着剤 (共和電業社製 CC-15) で貼付後、加熱重合し固定した。

引張試験は万能材料試験機 (島津オートグラフ IS-5000) を使用し、クロスヘッドスピードを0.5 mm/minにして行った。

微小ひずみを0.1%まで測定するため、ストレンゲー

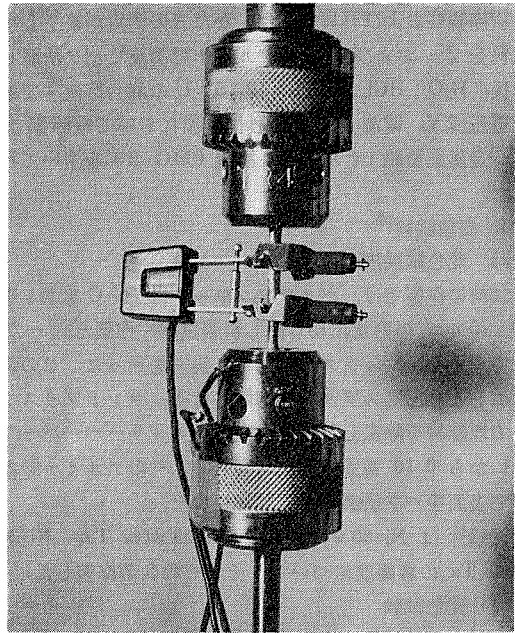


Fig. 6 Tensile test apparatus.

ジと動ひずみ測定器 (共和電業社製 DPM-1 K) を接続して測定すると共に、より正確な応力-ひずみ曲線を求めるため、精密伸び計 (Instron Strain Gauge Extensometer G 51-17 M, ゲージ長10mm, 最高ひずみ50%) を試験片の平行部に標点間距離を10mmにとり (Fig. 6)、引張荷重に対応するひずみと伸びをそれぞれ測定し、レコーダーでチャートスピード2 mm/minにして自動記録した。

以上の方法および測定によって応力-ひずみ曲線を求め、引張強さ、比例限、縦弾性係数、弾性エネルギーを求めた。一方、伸びは突き合せ法により、標点間距離を30mmにとって測定した。

Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta の各組成について、4本以上の試験片を作製し引張試験に供した。

#### 3. かたさ試験

かたさ試験用試料は鑄造後の引張試験片のチャックの一端を軸と直角方向に1.5mmの厚さに切断して使用した。この試料を樹脂に埋没した後、エメリーペーパーで表面を0/1から0/9番まで順次研磨し、さらに2μのアルミナ懸濁液で最終パフ研磨し、硬さ測定用試料として仕上げた。

かたさの測定には微小硬度計 (島津M型) を用い、荷重1kg、荷重時間30秒で行い、試料の中央部から0.5mm間隔に10ヵ所測定し、その平均値を求めビッカースかたさとした。

#### 4. 顕微鏡組織観察

組織観察および写真撮影は、かたさの測定が終了した試料を  $2\mu$  および  $1\mu$  のアルミナ懸濁液でバフ研磨した後、 $H_2O : HCl : HNO_3 = 12 : 5 : 1$  の混合溶液<sup>9)</sup> で直流電圧 2 V、電流 1 A で数秒間室温において電解腐食し、金属顕微鏡(オリンパス社製 PMG-II)を用いて行った。

### 5. 変色試験<sup>10)</sup>

#### a) 変色試験片の作製

試料の作製では、パラフィンワックス(G-C社製)を  $20 \times 15$  mm の形状に切り出し引張試験片作製と同一方法で埋没し、ワックスを焼却後、鋳造を行った。この鋳造体を取り出しスプルーを切断した後、サンドブラスターで埋没材を除去した。その表面をエメリーペーパーで 0/1 から 0/10 番まで順次研磨し、 $2\mu$  のアルミナ懸濁液で表面をバフ研磨して実験に用いた。

試験片は Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta の各組成について、それぞれ 5 個作製した。

#### b) 変色試験

これらの試験片を人工唾液<sup>11)</sup>、0.05% HCl、1.0%  $C_3H_6O_3$ 、0.1%  $Na_2S$ 、1.0% NaCl の各溶液中に  $37^\circ C$  で 72 時間半浸漬した後、変色状態を肉眼で観察した。腐食増減量は精密天秤(島津直示天秤 LS-7 型)で測定した。

## 実験結果

### 1. 引張試験

Ni-Ta 系合金の機械的諸性質の測定結果は組成別に Table 1 に示した。表中  $n$  は測定数、 $\bar{m}$  は平均値を示し、 $R$  は測定値の範囲、 $\delta$  は試料標準偏差である。

各性質については各項で求めるが、Fig. 7 にひずみ量 1.2% までの応力-ひずみ曲線を、Fig. 8 に破断までの応力-ひずみ曲線を示した。これらより Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta は縦弾性係数が高く曲線の立ち上がりは大きい( Fig. 7)、比例限を過ぎると曲線は急に緩やかになり、応力とひずみは直線的に増加した( Fig. 8)。しかしながら Ni-36 wt% Ta は他の合金よりも縦弾性係数はさらに大きく、比例限も高く、引張強さも著しく大

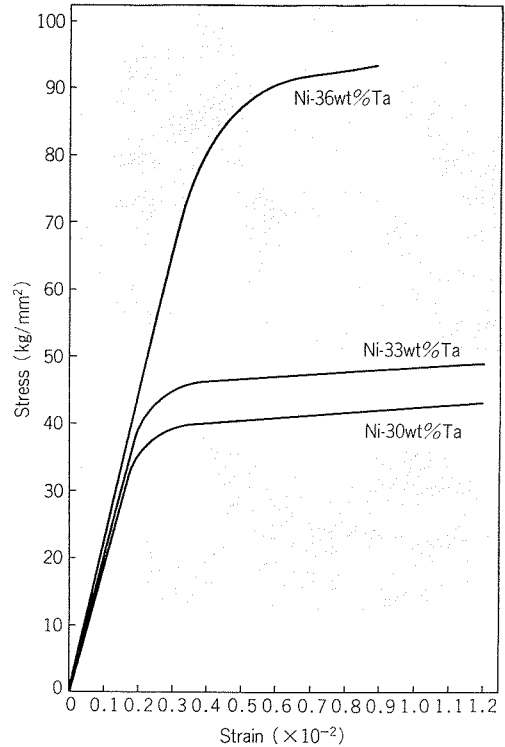


Fig. 7 Stress-strain curves of Ni-Ta alloys  
Strain is within 1.2%.

きく、伸びは極めて小さかった( Fig. 7, Fig. 8)。

可視的観察の結果は、試験片の破断部位は中央部およびその近傍に多く認められ、 $R$  の部分で破断したのは 27 試験片のうちわずかに 2 例であった。また、その破断部の形状は Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta では cup and cone の状態でくびれて破断し、Ni-36 wt% Ta ではぜい性破壊の破断様相を示した。

破断面における鑄巣は肉眼で観察する限り認められなかった。

#### a) 引張強さと伸び

引張強さと伸びの結果は Table 1 の 1, 2 欄に示した。

引張強さは、Ni-30 wt% Ta および Ni-33 wt% Ta は

Table 1. Mechanical properties of Ni-Ta alloys.

Composition (wt%)	1. Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )				2. Elongation (%)				3. Proportional limit (kg/mm <sup>2</sup> )				4. Modulus of elasticity ( $\times 10^3$ kg/mm <sup>2</sup> )				5. Resilience ( $\times 10^{-2}$ mm-km/kg/mm <sup>3</sup> )				6. Hardness (Hv)	
	$n$	$\bar{m}$	$R$	$\delta$	$n$	$\bar{m}$	$R$	$\delta$	$n$	$\bar{m}$	$R$	$\delta$	$n$	$\bar{m}$	$R$	$\delta$	$n$	$\bar{m}$	$R$	$\delta$	$n$	$\bar{m}$
Ni-Ta																						
70-30	10	62.4	27.5	9.2	8	27.9	12.4	4.0	5	28.5	4.2	1.7	5	22.0	1.5	0.6	5	2.04	2.42	0.94	10	481
67-33	7	62.6	17.5	6.3	7	12.2	10.4	3.9	3	35.9	9.4	5.3	3	22.4	0.8	0.4	3	2.99	2.17	1.09	10	615
64-36	10	86.5	28.3	10.4	6	0.9	0.6	0.2	5	51.3	18.1	8.9	5	22.5	0.8	0.4	5	6.42	5.13	2.38	10	1055

$n$ : number of test specimens     $\bar{m}$ : mean value     $R$ : range     $\delta$ : standard deviation

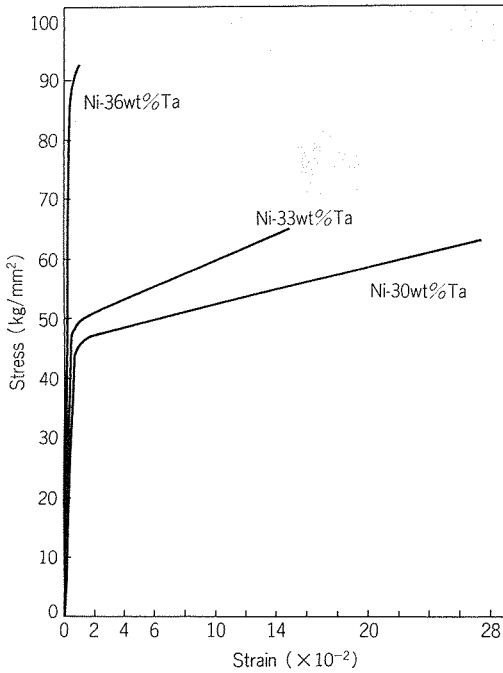


Fig. 8 Stress-strain curves of Ni-Ta alloys.

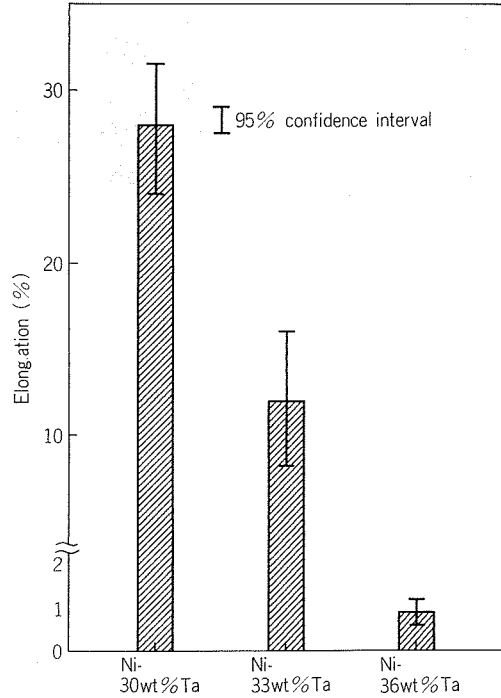


Fig. 10 Histogram of elongation of Ni-Ta alloys.

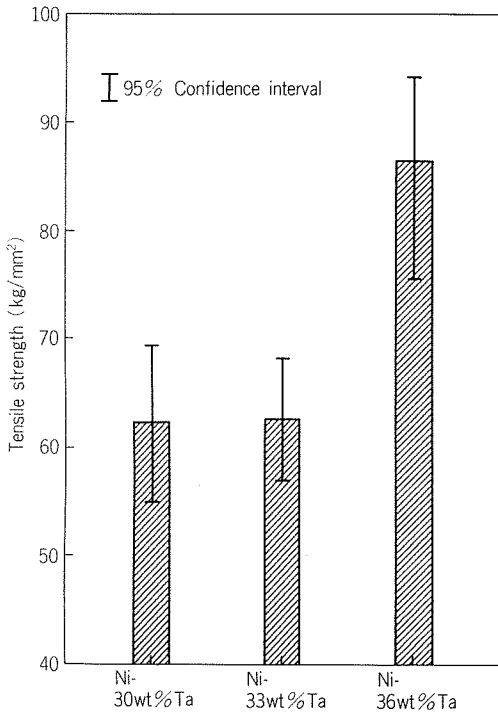


Fig. 9 Histogram of tensile strength of Ni-Ta alloys.

それぞれ  $62.4 \text{ kg/mm}^2$ ,  $62.6 \text{ kg/mm}^2$  でほとんど差はないが、Ni-36 wt% Ta では  $86.5 \text{ kg/mm}^2$  と著しく増大した (Fig. 9).

一方、伸びは Ta 添加量の増加につれて直線的に減少した (Fig. 10). Ni-30 wt% Ta では 27.9% の大きい伸びを示し、Ni-33 wt% Ta のそれは 12.2% を示した. この値は Ni-30 wt% Ta の 1/2 以下であった. さらに Ni-36 wt% Ta では 0.9% の伸びを示し、Ta 添加量の増加に伴ない引張強さが増大する一方、伸びは低下の傾向を示した.

b) 比例限と縦弾性係数

比例限と縦弾性係数の結果は Table 1 の 3, 4 欄に示した.

比例限は Ta 添加量の増加に伴って、Ni-30 wt% Ta では  $28.5 \text{ kg/mm}^2$ 、Ni-33 wt% Ta で  $35.9 \text{ kg/mm}^2$ 、Ni-36 wt% Ta で  $51.3 \text{ kg/mm}^2$  の値を示し上昇した. 弾性係数は Ta 添加量の増加に伴って、Ni-30 wt% Ta では  $22.0 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$ 、Ni-33 wt% Ta では  $22.4 \times 10^3 \text{ kg/mm}^2$ 、Ni-36 wt% Ta では  $22.5 \text{ kg} \times 10^3 / \text{mm}^2$  の値を示し上昇の傾向を示した.

c) 弾性エネルギーと靱性

弾性エネルギーの測定結果は Table 1 の 5 欄に示した.

弾性エネルギーは、Ni-30 wt% Ta では  $2.04 \times 10^{-2} \text{ mm} \cdot \text{kg/mm}^3$ 、Ni-33 wt% Ta では  $2.99 \times 10^{-2} \text{ mm} \cdot \text{kg/mm}^3$  を示したが、特に Ni-36 wt% Ta では  $6.24 \times 10^{-2} \text{ mm} \cdot \text{kg/mm}^3$  と非常に高い値を示した.

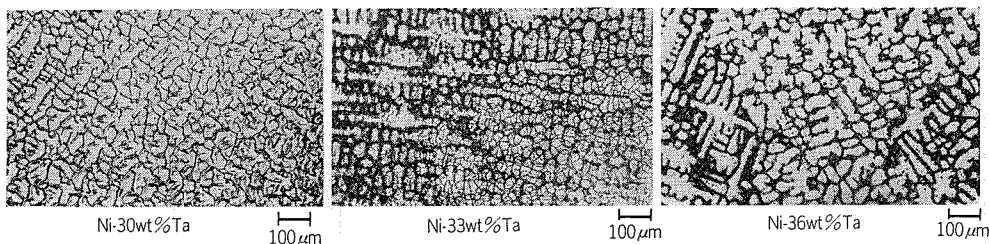


Fig. 11 Optical micro structures of as cast.

一方靱性は Fig. 8 の各応力-ひずみ曲線によって囲まれる面積から明らかのように Ni-30 wt% Ta が最も大きく、Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta の順に従って Ta 添加量の増加と共に減少した。

#### d) ビッカースかたさ

ビッカースかたさの測定結果は各試料ごとに 10 点を測定し、その平均値を求め Table 1 の 6 欄に示した。それらのかたさは全般的に高く Ni-30 wt% Ta で Hv 481, Ni-33 wt% Ta で Hv 651, Ni-36 wt% Ta では Hv 1055 を示した。それぞれの最低値と最高値は Ni-30 wt% Ta で Hv 475 と Hv 494, Ni-33 wt% Ta で Hv 596 と Hv 625, Ni-36 wt% Ta では Hv 1027 と Hv 1103 であり、ばらつきはみられなかった。

#### 2. 顕微鏡組織

Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta の鋳造後の顕微鏡組織を Fig. 11 に示した。

Ni-30 wt% Ta の組織は不規則なセル状組織を示した。Ni-33 wt% Ta は写真の上部から左方下部にわたって樹枝状組織を示したが、右下方へ不規則なセル状組織へと変化が観察された。またサブ組織が網目状に観察されるのが特徴的であった。Ni-36 wt% Ta は樹枝状組織であった。左方と右方の両側部に互いに方位の異なる樹枝状晶の境界が形成されているのがみられた。

#### 3. 変色試験

各試料を人工唾液、0.05% HCl, 1.0%  $C_3H_6O_3$ , 0.1%  $Na_2S$ , 1.0% NaCl の各溶液に 37°C で 72 時間、半浸漬した。その結果、Ni-30 wt% Ta は 0.05% HCl 溶液についてのみ浸漬した個所が淡灰色に変色した。他の溶液については全く変化が認められず浸漬前と同様の金属光沢のある表面性状を保った。

Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta は全ての溶液について全く変色は認められなかった。

なお全試料について腐食増減量を精密天秤を用いて測定したが、その量は測定誤差の範囲内であり、増減量は計量できなかった。

### 考 察

現在、歯科鋳造用賤金属合金では、耐食性を考慮し

て、約 15~30% の Cr を含む Co 基, Ni 基, ならびに Co-Ni 基合金が用いられている<sup>2)</sup>。

一方, Ta は Cr と同様に不動態を形成することが既に知られている<sup>12)</sup>ため本研究では Ni-Ta 系合金について検索した。もし、この系の合金が歯科鋳造用合金として機械的性質および耐食性が満足し得るものであれば、Fig. 12 に示した Ni-Ta 系二元状態図<sup>13)</sup>において Ni-26 wt% Ta から Ni-37 wt% Ta までの組成を選択した場合、これらの合金の融点は 1360°C から 1400°C の範囲内であるため歯科鋳造用合金としての可能性が期待できる。このような理由により Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta の 3 合金組成を決定し、実験を行なった。

その結果、これらの組成の合金は全般に硬く、粘り強く歯科鋳造用合金としての利用が可能であることが示唆された。以下これらの性質について比較検討した。

#### 1. 機械的性質

本研究において、引張強さおよびかたさは Ni-30 wt%

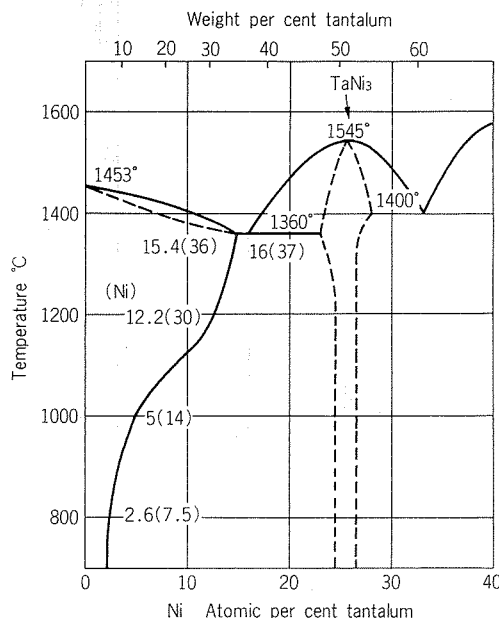


Fig. 12 Phase diagram of Ni-Ta system.

Ta, Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta へと Ta 添加量の増加に伴って増大し、一方、伸びは減少した。これは Ni に対する Ta の固溶強化が増大し、かつ Ni と Ni<sub>3</sub>Ta の共晶組成 (Fig. 12) に近づくためと考えられる。

鑄造用賤金属合金の基本組成における機械的性質の研究は少く、Asgar ら<sup>14)</sup>と仲居<sup>15)</sup>によって報告されている程度にすぎない。

引張強さは、本研究では Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta はそれぞれ 62.4 kg/mm<sup>2</sup>, 62.6 kg/mm<sup>2</sup> を示した。歯科鑄造用 Cr-Co 合金の引張強さは ADA 規格 No. 14<sup>17)</sup>で 63 kg/mm<sup>2</sup> 以上を規定している。

Asgar らは賤金属合金の基本組成として選定した 40 Co-30 Ni-30 Cr 合金の引張強さが 56.0 kg/mm<sup>2</sup> であったと報告している。また、仲居は 28 種の Co-Cr-Ni 系合金の機械的性質を調べ、この中の 2 種のみが 65.7 kg/mm<sup>2</sup>, 64.5 kg/mm<sup>2</sup> を示した。さらに市販の Co-Cr 系合金は 70~80 kg/mm<sup>2</sup> の範囲の値が多い<sup>2)</sup>。引張強さについてこれらの既知の合金と比較し、Ni-36 wt% Ta は 86.5 kg/mm<sup>2</sup> でやや高い値を示したが、Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta の引張強さは、Asgar らおよび仲居が得た引張強さの値に近く、ADA 規格 No. 14 のそれに近似し、良好であると考えられる。

伸びは、Ni-30 wt% Ta は 27.9% と大きく、Ni-33 wt% Ta は 12.2% であった。これらの値は前述の Asgar ら、仲居がそれぞれの合金で得た約 31% の伸びよりやや小さい。また、市販の Co-Cr 系合金 19 種について中村ら<sup>2)</sup>が得た伸びの最大値の 7.4% より大きくこれらの合金の伸びは良好であった。しかし、Ni-36 wt% Ta の伸びは 0.9% を示し極めて低かった。

比例限については、Ni-30 wt% Ta で 28.5 kg/mm<sup>2</sup> を示した。この数値は仲居が Co-Cr-Ni 系合金中の 2 種類について得た 30.8 kg/mm<sup>2</sup>, 29.2 kg/mm<sup>2</sup> と比較してやや低いがそれ程差は認められなかった。また、Ni-33 wt% Ta では 35.9 kg/mm<sup>2</sup> を示した。この値は松田ら<sup>16)</sup>が市販の Co-Cr 系合金 2 種類について得た比例限に近い値を示した。また、Ni-36 wt% Ta の比例限は 51.3 kg/mm<sup>2</sup> を示し、既知の歯科鑄造用賤金属合金の比例限に比較し高かった。

弾性係数は、本研究の Ni-Ta 系合金では Ta 添加量が 30, 33, 36 と増加するに伴って、22.0, 22.4, 22.5×10<sup>3</sup> kg/mm<sup>2</sup> とわずかに増し、三組成間において近似値を示した。

増本ら<sup>17)</sup>が Ta 0~10.9 wt% を含む Ni-Ta 系合金について、静電容量振動法により得た弾性係数から本研究の合金組成の弾性係数を比較して推定すると、22.5~22.9×10<sup>3</sup> kg/mm<sup>2</sup> の範囲内に入り、本研究で得た実測値とほぼ一致した。このことから本実験で得た数値は信

頼性が高いと考えられる。また、これらの数値は中村ら<sup>2)</sup>が得た市販 19 種の Co-Cr 系合金の平均値に相当し、さらに松田ら<sup>16)</sup>が本研究と同一方法によって得た市販 Co-Cr 系合金の数値とも差が認められなかった。

弾性エネルギーは Ni-30 wt% Ta と Ni-33 wt% Ta でそれぞれ 2.04, 2.99×10<sup>-2</sup> mm-kg/mm<sup>3</sup> を示したが、特に Ni-36 wt% Ta では 6.42×10<sup>-2</sup> mm-kg/mm<sup>3</sup> と非常に高い値を示した。Ni-36 wt% Ta がこのような大きな値を示したのは Ni-36 wt% Ta の比例限が前述したように高く、一方弾性係数が合金組成間でわずかに上昇するためである。

かたさは Ni-30 wt% Ta で Hv 481 と高く Ni-33 wt% Ta では Hv 681, Ni-36 wt% Ta では Hv 1055 と著しく高い値を示した。

中村ら<sup>16)</sup>は市販 Co-Cr 系合金 20 種のかたさを測定した結果 3 種が Hv 400 以上の数値が得られ、その最高値は Hv 410 であった。また、仲居が得た Co-Cr-Ni 系合金 28 種のかたさについては Hv 300 以上の値が得られず、これらの結果と比較して本実験に用いた合金は非常に硬いことがわかった。

## 2. 変色試験

本研究と同じ方法で行った Co-Cr 系合金および Ni-Cr 系合金の変色試験の結果、Co-Cr 系合金では全く変化は認められず、Ni-Cr 系合金では 0.05% HCl, 1.0% C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub> で変色したとの報告<sup>19)</sup>があるが、本研究ではその耐変色性は Ta 添加量の最も少ない Ni-30 wt% Ta のみが 0.05% HCl 溶液中で表面の光沢を失い淡灰色に変色したが他の溶液については変化はみられなかった。さらに Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta は使用した溶液について変化は認められなかった。

この結果、本系合金の Ta 添加量と耐変色性の相関が推定され、この点については今後電気化学的な検討が必要とされる。

以上本研究で用いた Ni-Ta 系合金は機械的性質ならびに変色性において、Ni-30 wt% Ta および Ni-33 wt% Ta はかたさの点で研磨に困難を示すが、その他の性質では市販の Co-Cr 系合金のそれらに比較して満足する値が得られ歯科鑄造用合金として、実用の可能性が示唆された。一方 Ni-36 wt% Ta は著しく硬く、伸びが小さいので、その実用についてはなお検討の余地があると考えられる。

## 結 論

新しい系の歯科鑄造用賤金属合金を開発するため、Ni-Ta 系合金について検討し、Ni-30 wt% Ta, Ni-33 wt% Ta, Ni-36 wt% Ta の 3 組成の合金を溶製し、歯科鑄造法によって引張試験片を作製し、それらの機械的



性質を調べ、あわせて変色試験を行ない次の結果を得た。

(1) 引張強さは、Ni-30 wt% Ta および Ni-33 wt% Ta でそれぞれ 62.4 kg/mm<sup>2</sup>、62.6 kg/mm<sup>2</sup> とほとんど差異はないが、Ni-36 wt% Ta では 86.5 kg/mm<sup>2</sup> と著しく上昇した。

(2) 伸びは、Ni-30 wt% Ta では 27.9% の大きい値を示したが、Ni-33 wt% Ta では 12.2% と小さく、また Ni-36 wt% Ta では 0.9% と著しく減少した。

(3) 比例限は、Ni-30 wt% Ta で 28.5 kg/mm<sup>2</sup>、Ni-33 wt% Ta で 35.9 kg/mm<sup>2</sup> を示したが、特に Ni-36 wt% Ta では 51.3 kg/mm<sup>2</sup> と極めて高い値を示した。

(4) 縦弾性係数は、Ni-30 wt% Ta で  $22.0 \times 10^3$  kg/mm<sup>2</sup>、Ni-33 wt% Ta で  $22.4 \times 10^3$  kg/mm<sup>2</sup>、Ni-36 wt% Ta で 22.5 kg/mm<sup>2</sup> を示し、これらの組成間では差異はみられなかった。

(5) 弾性エネルギーは、Ni-30 wt% Ta で  $2.04 \times 10^{-2}$  mm-k g/mm<sup>3</sup>、Ni-33 wt% Ta で  $2.99 \times 10^{-2}$  mm-k g/mm<sup>3</sup> を示したが、Ni-36 wt% Ta では  $6.42 \times 10^{-2}$  mm-k g/mm<sup>3</sup> で、前二者より高い値を示した。

(6) ビッカースかたさは Ni-30 wt% Ta で Hv 481、Ni-33 wt% Ta で Hv 651、Ni-36 wt% Ta で Hv 1055 であった。

(7) 耐変色性は、Ni-30 wt% Ta、Ni-33 wt% Ta、Ni-36 wt% Ta のそれぞれの試験片を人工唾液、0.05% HCl、1.0% C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>、0.1% Na<sub>2</sub>S、1.0% NaCl の各溶液に 37°C、72 時間、半浸漬して行ったが、Ni-30 wt% Ta が 0.05% HCl 溶液中で変色され、他については全く変化が認められずこれらの合金の耐変色性は全般的に良好であった。

以上の結果から、Ni-30 wt% Ta は引張強さ 62.4 kg/mm<sup>2</sup>、伸び 27.9%、比例限 28.5 kg/mm<sup>2</sup>、縦弾性係数  $22.0 \times 10^3$  kg/mm<sup>2</sup>、弾性エネルギー  $2.04 \times 10^{-2}$  mm-k g/mm<sup>3</sup>、かたさ Hv 481 であった。Ni-33 wt% Ta は引張強さ 62.6 kg/mm<sup>2</sup>、伸び 12.2%、比例限 35.9 kg/mm<sup>2</sup>、縦弾性係数  $22.4 \times 10^3$  kg/mm<sup>2</sup>、弾性エネルギー  $2.99 \times 10^{-2}$  mm-k g/mm<sup>3</sup>、かたさ Hv 615 であった。一方 Ni-36 wt% Ta は引張強さ 86.5 kg/mm<sup>2</sup>、伸び 0.9%、比

例限 51.3 kg/mm<sup>2</sup>、縦弾性係数  $22.5 \times 10^3$  kg/mm<sup>2</sup>、かたさ Hv 1055 であった。

以上より Ni-30 wt% Ta、Ni-33 wt% Ta の 2 組成の合金は歯科鑄造用賤金属合金として実用に耐え得るものと思われる。

稿を終るに臨み、ご指導とご校閲を賜った太田守教授ならびに終始格別のご助言とご協力を戴いた北海道工業試験場の川島功氏、本学部第 1 保存学教室の松田浩一助手に深謝するとともにご協力を戴いた本学部附属病院放射線室の各氏ならびに本学部歯科理工学教室近藤清一郎助教授、大川昭治助手、小野寺恵子事務官に謝意を表します。

## 文 献

- 1) 金竹哲也、歯科理工学通論、新訂版、(1978)、477、永末書店。
- 2) 中村健吾、仲居 明、歯界展望、47-1、(1976)、40。
- 3) 松田浩一、口病誌、42-1 (1975)、22。
- 4) 第 30 回歯科理工学会学術講演集、(1975)、20、社団法人歯科理工学会。
- 5) 小司裕昭、歯科理工誌、18-43 (1977)、217。
- 6) 日本金属学会、新制金属講座新版材料篇、(1962)、90~91、日本金属学会。
- 7) American Dental Association, Guide to Dental Materials and Devices, (1974)、209、American Dental Association。
- 8) K. Asgar and Others, *J. Biomed. Mater. Res.*, 3, (1969)、409。
- 9) 浜中人士、三浦維四、日本複合材料学会誌、3-2 (1977)、68。
- 10) 金竹哲也、歯科理工学通論、新訂版、(1978)、480、永末書店。
- 11) 押鐘篤ほか、歯学生化学、(1971)、978、医歯薬出版。
- 12) 岡本 剛、井上勝也、新版腐食と防食、(1977)、122、大日本図書。
- 13) Hansen, *Constitution of Binary alloys*, (1958)、1045、McGraw-Hill Book。
- 14) K. Asgar and other, *J. Dent. Res.*, 52-1 (1973)、145。
- 15) 仲居 明、歯理工誌、17-37 (1976)、19。
- 16) 松田浩一ほか 3 名、口病誌、41-3 (1974)、233。
- 17) 増本量ほか 2 名、日本金属学会誌、39-2 (1975)、130。
- 18) 中村健吾ほか 3 名、*DE*. 31 (1974)、28。
- 19) 金竹哲也、歯科理工学通論、改訂版、(1968)、432、永末書店。