

# N R I M N E W S



科学技術庁 金属材料技術研究所

National Research Institute for Metals

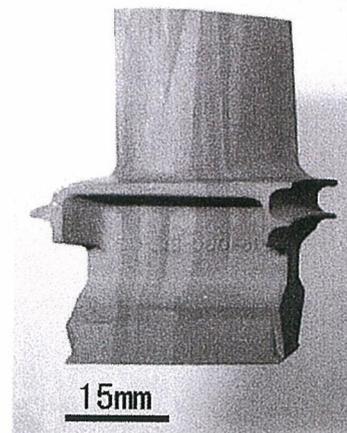


## 特集 “新しい高温構造材料を目指して”

- 新しい高温構造材料を目指して  
—より高温へ、より軽く—
- 軽量耐熱合金としてのチタン  
—アルミ系金属間化合物の開発
- 組成・金属組織の最適化、セラミック粒子の複合化による軽量耐熱 $Ti_2AlNb$ 系金属間化合物の開発
- 超耐熱合金の設計開発(1)材料設計による新合金開発
- 超耐熱合金の設計開発(2)研究協力による成果の普及

### 研究最先端

- 高効率大型ガスタービン発電用Ni基単結晶合金の開発
- 包晶合金における結晶成長、溶解機構
- カルシウムイオン注入によるチタンの生体活性化



# 10

1998 OCTOBER

# 新しい高温構造材料を目指して



第3研究グループ  
中村 森彦

## 総論

### 新しい高温構造材料を目指して —より高温へ、より軽く—

航空機、自動車、船舶など運輸・輸送機関のエンジン、火力発電機のタービン、さらに宇宙開発を目指すロケットエンジン、実現が期待されている宇宙往還機の機体・エンジンなど、高温を利用した機器は私たちの生活に密接に結びついています。こうした高温機器では燃料の燃焼により高温を得ることが出来るにしても、その温度に耐える材料がないため、温度を下げて使用せざるを得ないのが現状です。エネルギー効率は温度が高いほど良くなりますから、より高温での使用に耐える材料の出現が待たれます。また、使用する材料を軽くすることが出来ればエネルギー効率が上がると同時に、特に稼働部分に用いる材料の寿命を長くすることが出来ます。エネルギー効率の向上は現在問題となっている地球温暖化に対しても炭酸ガスの低減に寄与しますから緊急の課題でもあります。

このように、高温材料に対して、エネルギー効率の向上による省資源・エネルギー、地球温暖化対策や部材の長寿命化の観点から、①より高温での使用、②より軽量（低比重）化が求められます。

一般に金属・合金に強度はある温度以上の高温になると急激に低下します。したがって、より高温での使用を可能とするためには、急激に強度の低下する温度を高温にする必要があります。一つの方法は、合金組成やミクロ組織を厳密にコントロールすることです。他の方法は、合金組成を根本から変えて、より高融点の合金を基本として新しい高温材料を開発することです。当研究所では、前者として、このために開発した計算機を用い

た合金設計手法を駆使してニッケル基超耐熱合金の耐用温度向上を着々と実現しています。しかしながら、融点から考えてニッケル基超合金では耐用温度上昇には限度があります。そこで、耐用温度の大幅な向上のために融点が著しく高いイリジウムなど高融点金属を基本とする新しい高融点超合金についても研究開発をおこなっています。

材料の軽量化のためには軽い元素から出来ていて、高温まで強度が高い合金が必要です。チタンとアルミを構成元素とする金属間化合物はこうした要求に応えるものとして研究が進められています。チタンとアルミの金属間化合物のなかでも原子比が1対1のTiAl合金は融点が1460℃と高く、現在最も注目されている軽量耐熱金属間化合物で、日本、米国、ECにおいて大型開発研究が進められています。実用上の課題は常温延性、靱性、高温強度や成形加工性を改善し、他の実用合金並にコストを抑えることです。さらに軽量で高温での耐酸化性の優れたAl<sub>3</sub>Tiは常温延性、靱性の欠如の克服が課題になっています。

Ti-Al系金属間化合物の問題点である常温延性を克服した軽量耐熱合金としてTi<sub>2</sub>AlNbを基本とした合金があります。本合金はNbを多量に含むため軽量化が十分でないこと、耐用温度が700~750℃であることで、今後の研究課題は、耐用温度の向上と軽量化です。

# 新しい高温構造材料を目指して



第3研究グループ  
信木 稔

## 軽量耐熱合金としてのチタン —アルミ系金属間化合物の開発

当研究所はTiAl基合金について常温延性、高温強度向上および製造プロセス改善のために変形メカニズムやマイクロ組織の解析、さらに、マイクロ組織制御と材料の特性評価の系統的な研究を実施してきました。また、TiAl基合金よりも一層軽く、特に高温酸化に対する優れた性質を発揮するAl<sub>3</sub>Ti基合金について、常温延性の向上やマイクロ組織制御技術の開発に関する研究を進めています。

チタンの原子比がわずかに高いTiAl基合金は、微量のTi<sub>3</sub>Al( $\alpha_2$ )を含み加工熱処理によって、そのマイクロ組織を様々に変えることができます。様々に変化するマイクロ組織の詳細な観察から組織形成のメカニズムを解明し、マイクロ組織の新たな制御法を開発しました。この成果は特に高温強度の向上や超塑性を利用した成形加工技術の開発に寄与しています。TiAl基合金を構成する $\gamma/\alpha_2/B2$ 等の金属間化合物相の比率やマイクロ組織の制御により8%以上の常温延性向上を達成し、さらに、他の金属間化合物相を分散して強化を図り、1100℃で降伏強度を250MPa以上へ改善しました。また、この合金を構成する各相が均一に分散し、結晶粒径10 $\mu$ m以下に加工熱処理で組織制御すると1000%以上の超塑性が現れ、鋳造材を加熱後に制御冷却する熱処理法でも結晶粒微細化でき、数100%の超塑性が現れることを明らかにしました。さらに、成形加工後の再結晶熱処理法を検討し、高温強度に著しく優れた特性を発揮するTiAl基合金の製造技術開発に成功しました。

Al<sub>3</sub>Ti基合金は構成元素アルミの一部をマンガン、クロム、ニッケル等の元素で

置き換えると、結晶構造が対称性のよい金属間化合物相( $\tau$ )に変わり、常温延性改善の可能性があります。このような第3、第4元素を添加したAl<sub>3</sub>Ti基合金について構成元素の量や温度と $\tau$ 相の存在領域および他の析出相の形態、さらに、構成相の物理的性質と延性や高温強度等の材料特性の関係を詳細に調べています。また、この合金に対してTiAl基合金と同様に浮揚溶解や加工熱処理法を適用して、不純物の極めて少ない均一微細なマイクロ組織に制御する等のプロセス技術の開発を進めています。それらの成果として、400℃では伸び3%以上の延性を示し、常温延性1%をクリアーする見通しを得ました。さらに、マイクロ組織の制御により高温で超塑性を利用した成形加工の可能性を見出し、約20kg程度の溶製材を用いて常温延性、高温の強度、変形特性および耐酸化性等の材料特性の確認試験に移りました。

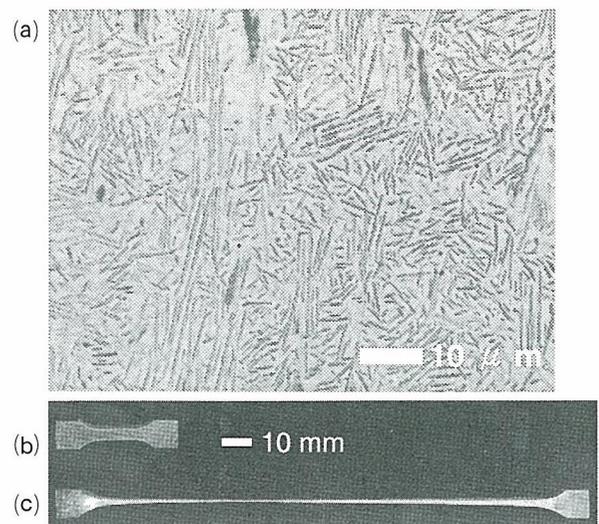


図1 TiAl合金の変形前のマイクロ組織(a)、同試験片(b)と超塑性変形後(c)を示す。

# 新しい高温構造材料を目指して

## 組成・金属組織の最適化、セラミック粒子の複合化による軽量耐熱Ti<sub>2</sub>AlNb系金属間化合物の開発



第3研究グループ  
萩原 益夫

航空機エンジンを初めとした各種のパワー発生機器では、軽く、かつ耐熱性に優れた材料が必要不可欠です。チタン系金属間化合物は、このような条件に最も適合した軽量耐熱材料です。そのため、現在各国では、その高性能化や実用化に向けた研究が活発に行われています。

Ti-25Al-25Nb（数字は原子パーセント）の組成を中心としたTi<sub>2</sub>AlNb系金属間化合物は、最近発見されたチタン系の化合物です。この化合物は、既存のγ-TiAl金属間化合物と比較して、熱間及び冷間加工性に優れていることから、取り扱いが容易です。また、室温延性、破壊靱性値が高いことから、材料の信頼性も十分に確保されています。しかしながら、本系化合物は、γ-TiAlと比較して、重たい、剛性が低い、という欠点を持っています。また、最も優れた高温特性が得られる最適金属組織は、未だ、明確にされていません。

このことから、当研究所では、密度などの物理的特性値に及ぼす組成の影響や熱処理などに伴う金属組織変化とその高

温特性への影響を詳細に検討しています（図1）。また、本系金属間化合物の高温特性を、人為的により一層高めることを目的に、粉末冶金の製造手法を用いて、TiBなどの微細なセラミック粒子（粒径は1μm以下）を均一に複合化させた粒子強化型の複合材料の製造を試みています（図2）。以上のように、当研究所では、組成・金

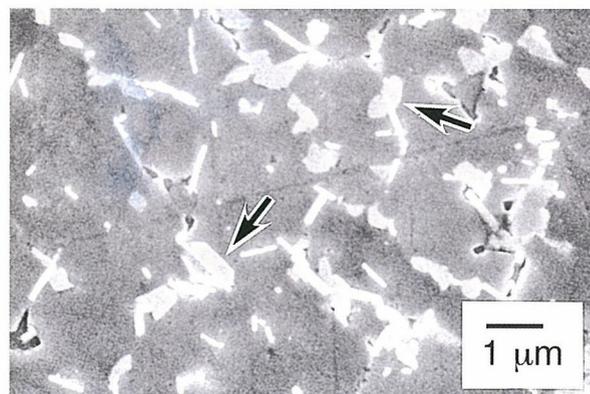


図2 TiB粒子を複合化した本系金属間化合物の金属組織（矢印がTiB）。

属組織の最適化、セラミック粒子の複合化により、1,000℃近くまでの温度域で使用可能な軽量耐熱Ti<sub>2</sub>AlNb系金属間化合物の開発を進めています（図3）。

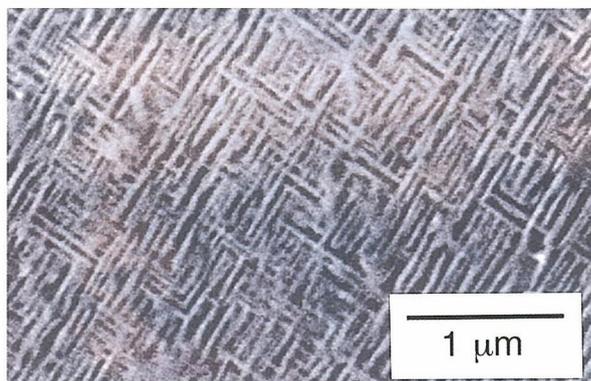


図1 当研究所で開発したTi-22Al-11Nb-4Mo金属間化合物の金属組織。この変調構造組織は高い高温強度を示した。

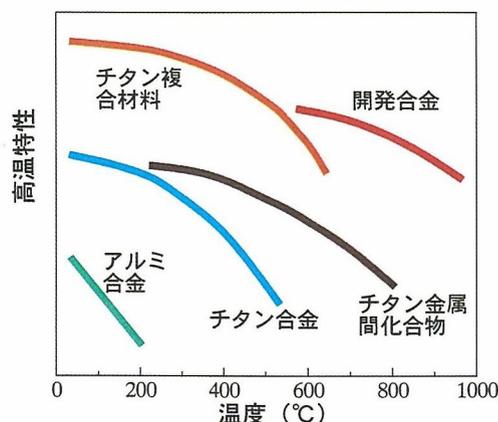


図3 各種軽量耐熱材料の高温強度

# 新しい高温構造材料を目指して



第3研究グループ  
原田 広史

## 超耐熱合金の設計開発

### (1) 材料設計による新合金開発

原子レベルの理論的な計算方法から、データベースを用いた経験論的な計算方法まで、いろいろな材料設計手法を用いて優れた高温特性を実現する合金の設計開発を行っています。

図1はモンテカルロシミュレーションを用いて多くの元素を含む新超合金の高温での安定原子配置を予測した結果です。合金原子が部分的に規則配置する様子が予測されています。このほか、クラスター変分法と呼ばれる統計熱力学計算でも、安定組織の予測が可能になっています。また、現時点で理論的な予測法が確立していない高温特性、たとえばクリープ強度などについては、実験データを解析して得られる実験式や経験式も用いて、材料設計を行います。

このような材料設計法は、アトムプローブ電界イオン顕微鏡、各種電子顕微鏡、高温X線回折計などによるマイクロ組織の

実験実証と、クリープ試験などの高温特性の実験実証の結果と比較検証して精度を向上させて用いています。

図2はこうして設計された典型的なニッケル基単結晶超合金のマイクロ組織です。原子が規則的に配置した領域 ( $\gamma'$  相) が不規則な部分 ( $\gamma$  相) のなかに立方体状に生成しています。二つの領域の境界 (相界面) の存在が高温の変形が抑えられる原因です。この相界面のマイクロ構造の最適化設計により、高温強度のさらなる向上を図っています。

並行して、ニッケル基超合金の融点 (1453°C) を超える超高温で使用可能な“高融点超合金”などの設計研究を行っています。これまでに、1800°Cでも優れた強度と耐酸化性を有するイリジウム基高融点超合金を提案するとともに、材料設計などによる組織最適化など、特性のいっそうの向上を目指した研究を行っています。

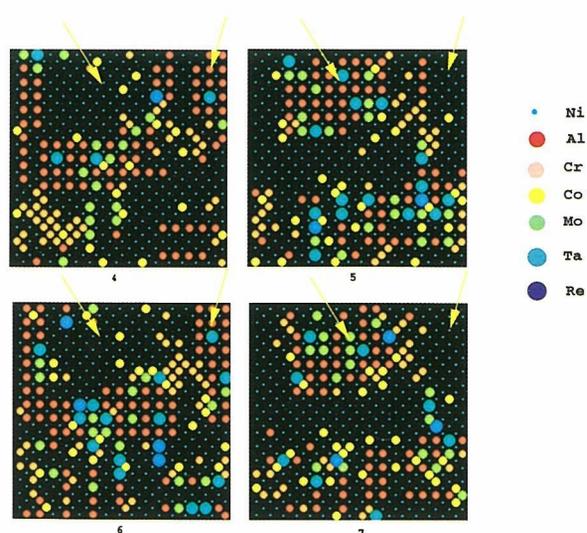


図1  $\langle 100 \rangle$  方向に垂直な連続する4層の2次元原子配置。矢印で示す部分が  $\gamma'$  相

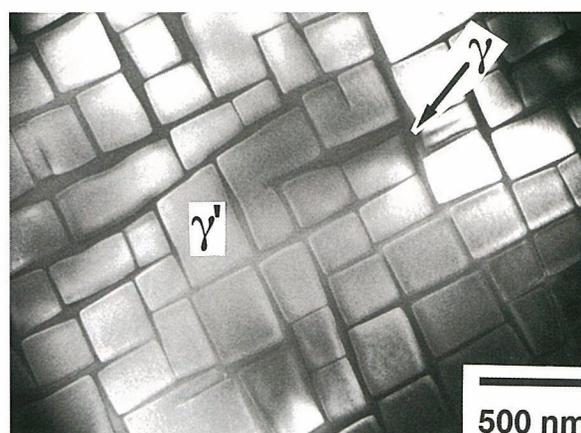


図2 ニッケル基単結晶超合金の電子顕微鏡組織

# 新しい高温構造材料を目指して

## 超耐熱合金の設計開発 (2)研究協力による成果の普及



第3研究グループ  
山縣 敏博

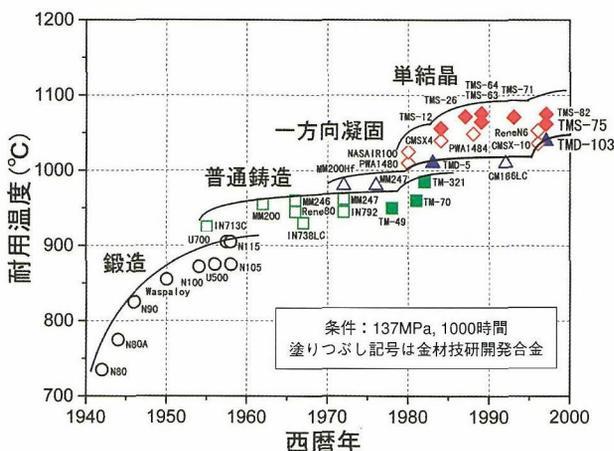


図3 ニッケル基超合金の耐用温度向上の歴史

以上のような合金設計開発の成果(図3)を種々のエネルギー機器(図4)に実用化するため、国内および海外の数多くの関連企業や研究機関との研究協力を行っています。

たとえば、熱効率60%以上を目指す大型複合発電用ガスタービンでは、国内企業との共同研究にて1075℃の耐用温度を有するTMS-82などの単結晶超合金を開発しています。高温特性のいっそうの向上、大型タービン翼への製造性評価や実機回転試験など、超高効率ガスタービンでの実用化を目指した研究が計画されています。

また、コージェネレーションを初め用途の多い中・小型の発電システムや船舶用ガスタービンエンジンなどの高効率化のため、国内企業との共同研究を行っています。これまでに、コストパフォーマンスのよい第3世代の一方向凝固合金TMD-103を世界で初めて開発し、各種高温特性評価試験を行っています。

航空機エンジン用には、第3世代単結晶超合金TMS-75の改良を、通産省・NEDOおよび国内企業とも協力して進めています。また、英国のジェットエンジンメーカーに合金設計ソフト(国有特許)を実施許諾するなど、海外の機関とも研究協力関係を深めています。

イリジウム基高融点超合金に関しては、宇宙衛星の姿勢制御、軌道制御などに用いる高性能小型ロケットノズルへの利用なども検討されています。

金材技研では、以上のような超耐熱材料に関する研究成果のより円滑な移転・実用化を図ることを目的に、「新世紀耐熱材料研究プロジェクト」を1999年度開始の予定で計画中です。予算の弾力的運用、外部研究者の招聘などを盛り込んだ大型研究開発システムにより、エネルギー資源の有効利用、地球温暖化防止など重要課題の解決につながる画期的な研究成果を生み出したいと考えています。

### 超高効率発電の実現と周辺技術への波及効果

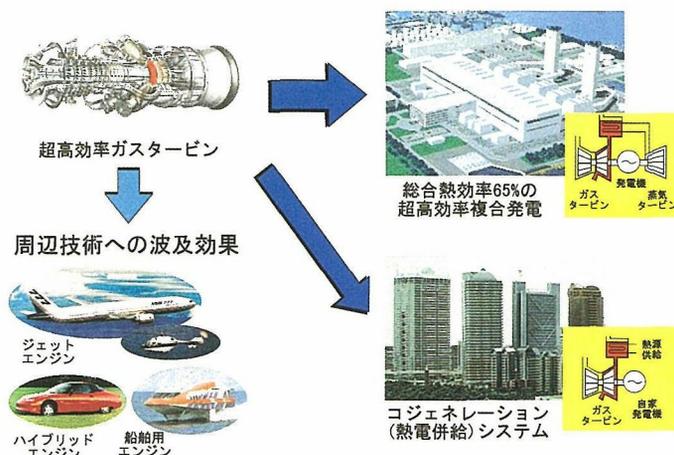


図4 ニッケル基超合金の耐用温度上昇によるエネルギー技術分野への寄与

## 高効率大型ガスタービン 発電用Ni基単結晶合金の開発



第3研究グループ  
小泉 裕

地球温暖化問題への対応策の一つとして化石燃料のより効率的な利用技術が緊急に求められています。日本国内の発電施設から発生するCO<sub>2</sub>量は国内で発生する全CO<sub>2</sub>量の約30%とも見積られるほどで、その98%は石油、石炭、天然ガスなどを用いた火力発電によるものです。CO<sub>2</sub>発生量の点では水力発電や原子力発電が有利ですが環境問題、立地条件などを考慮すると短時間でこれらの発電への移行は現実的ではありません。

現在、火力発電の熱効率は平均で40%、ガスタービンとその廃熱も利用した複合発電によるものでも50%に満たない効率です。このため化石燃料の大半は熱的に有効利用されないまま大量のCO<sub>2</sub>ガスを発生させています。

最近のタービン材料ではNi基単結晶合金にレニウム (Re) という高価な元素を6%程度含んでる合金もあります。このReを加えることで1000℃程度までの高温強度を改善することができますが、既存合金では特性を引き出すための熱処理が非常に複雑で困難になりコスト高要因となっています。また1000℃以上ではReを含むTCP相という有害相を析出して強度を低下させることや大型のガスタービン動翼を製作する際、Re量が多いと鑄型と反応するなど問題となっています。

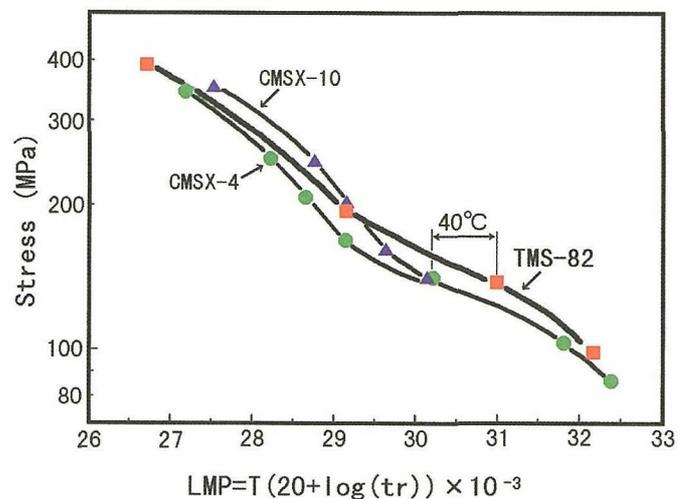
そこで先進耐熱材料研究グループではガスタービンメーカーと共同で発電ガスタービン用単結晶超合金の開発を行っています。この開発には合金設計プログラムや原子配置計算プログラムなどを用いてコバルト、クロム、モリブデン、タングステン、アルミ、チタン、タンタル、

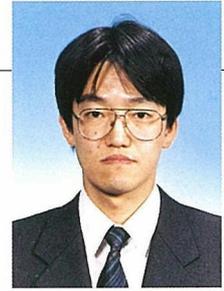
ハフニウム、そして2.5%程度のReからなるTMS-82合金を開発しました。

図は高温材料の比較によく用いられるラーソンミラーパラメーターで整理して示してあります。縦軸は応力を示します。この図では同じ応力で比較すると右へ行くほど高温で長時間使用できる優れた合金であることを示します。第2世代の合金と呼ばれているCMSX-4(6.5Cr,3Re)や第3世代のCMSX-10(2Cr,6Re)と比較すると低温高応力側ではReの効果でCMSX-10の強度がやや優れているものの開発合金は低温側から高温側まで優れた強度を示した非常にバランスの良い合金であるといえます。応力137MPaでは既存合金に比べ耐用温度は40℃も上昇しました。

また、燃料中のイオウと燃焼空気中に混入される塩などによる硫化腐食に対しても開発合金は長時間腐食されることなく耐えることが確認されました。

今後、大型ガスタービン翼を製造する際の鑄造性などを評価し、複合発電での実用化を目指します。





プロセス制御研究部  
眞岩 幸治

## 包晶合金における 結晶成長、溶解機構

結晶には、温度を上げると、ある温度で別の組成の結晶相と液相に分解するものがあります。このような現象を分解溶解、あるいは非調和融解と呼びます。逆に、高温で液相と安定に共存する結晶相は、温度を下げると液相と反応してもとの結晶相を生じます。反応は液相と接する高温相の表面で起こり、その周りを囲むよう低温相が生じることから、これを包晶反応と呼びます。このような結晶の例としては、鉄鋼材料や金属間化合物、さらに最近発見された超電導酸化物などがあります。しかし、このような現象は、平衡に近い条件下でのみ起こりうるもので、現実的な条件下で結晶がどのようにして形成されるのかは明らかではありません。これまでの研究では、主に得られた試料の組織観察をもとに、その生成過程を推測する方法がとられてきました。

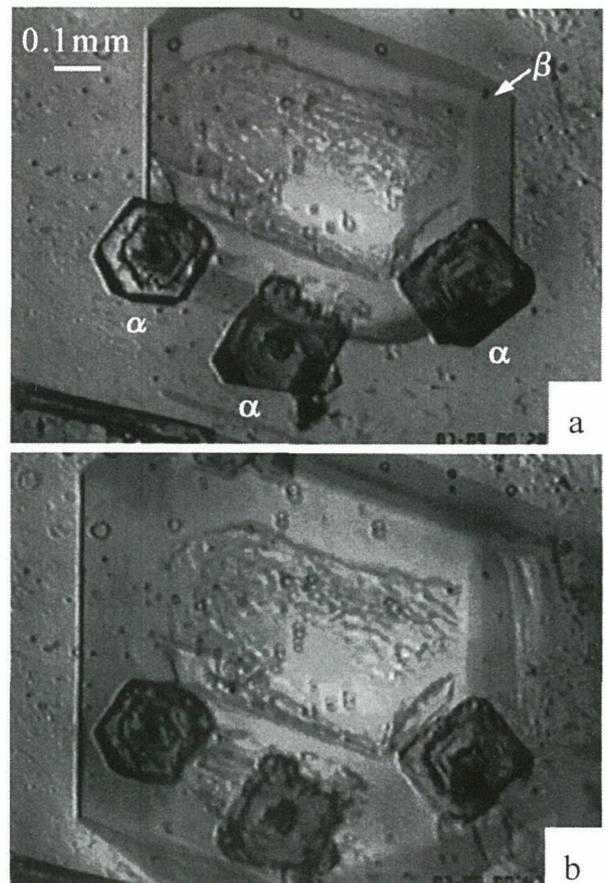
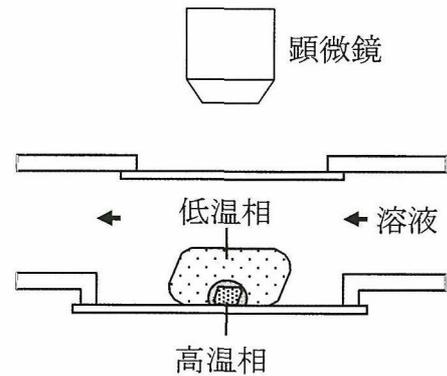
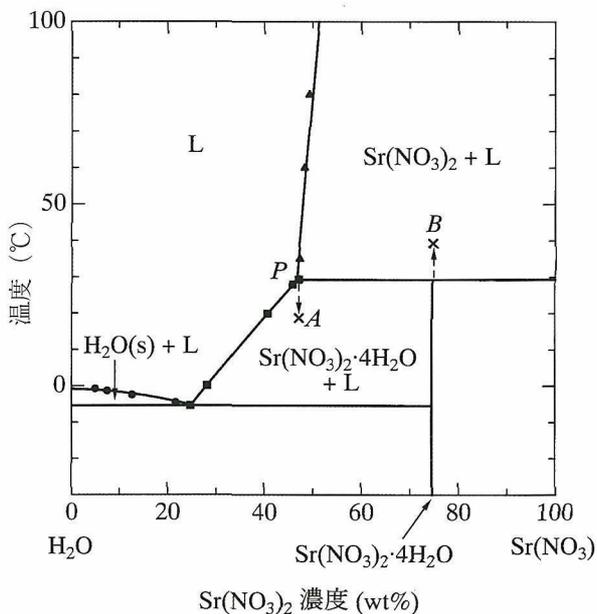


図2 結晶成長過程.(b)は(a)の10分後.  $\alpha$  : 高温相、 $\beta$  : 低温相.

結晶生成過程をそのものを直接観察することができれば、さらに詳細な情報が得

られます。私たちは、下に述べる $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ 系を一つの例として、結晶生成過程をその場観察し、これを通じて多くの材料に共通する結晶化現象を明らかにすることを目指しています。

図1に $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2\text{-H}_2\text{O}$ 系の平衡状態図を示します。この系の包晶温度は約 $29^\circ\text{C}$ にあり、これより高温では立方晶系の $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ 相が、低温では単斜晶系の $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 相が液相と平衡に共存します。液相および二つの結晶相は透明であり、また反応温度は室温にあるので、液中での結晶の変化を光学顕微鏡で容易に観察することができます。観察部分の模式図と結晶成長過程の観察例を図2に示します。これは、液の組成を図1の包晶点Pに保ったまま、温度をA点まで冷却した場合の結晶の変化を示したものです。平衡温度以下に冷却された液中では、二つの結晶相が同時に成長しています。その成長速度は、図3に示すように温度の低下、つまり過冷度とともに大きくなります。また両者の成長速度の差も、温度低下とともにしだいに大きくなってゆき、成長の遅い高温相が、成長の速い低温相に覆われてゆきます。

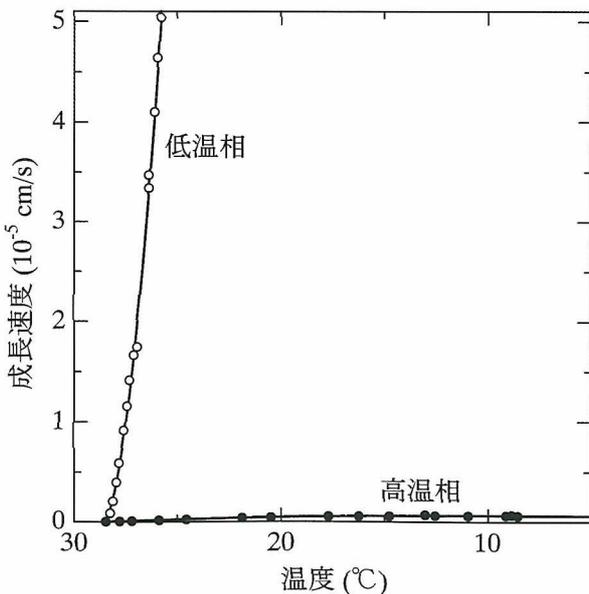


図3 高温相 (●) と低温相 (○) の成長速度

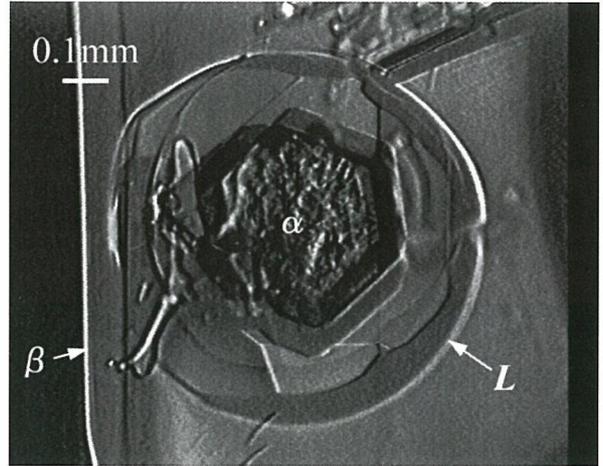


図4 分解溶解.  $\alpha$ : 高温相、 $\beta$ : 低温相、L: 液相

このように、平衡温度からずれた条件下では、個々の結晶や組織の形成に包晶反応は寄与していないことが分かりました。

また、両結晶相は平坦な結晶面で囲まれた多面体として発達するのが特徴です。結晶面の成長は転位から生じたらせん成長層による成長であることが観察されました。このような成長機構では、溶液中で水和状態にある溶質分子が、結晶に組み込まれる際に脱水和される必要があります。これが成長の律速過程になると考えられています。組成の異なる両結晶相では、このような過程の活性化エネルギーが異なり、これが成長速度の差を生じる原因になると考えられます。

次に、分解溶解の様子を図4に示します。これは次のような2つの過程からなることが分かりました。まず低温相の単結晶を加熱し、温度をしだいに上げてゆくと、図1、B点で液化し始めます。この温度は包晶温度よりわずかに高く、また固相と同じ組成の液相が生じているので、低温相は調和融解していることとなります。この後、生じた液中に高温相が生成します。低温相の融解によって生じた液の温度は、高温相の液相線上の平衡温度より低いので、高温相に対しては過冷された状態となります。これが駆動力となって高温相の成長が起こると考えられます。



生体融和材料研究チーム  
埴 隆夫

## カルシウムイオン注入 によるチタンの生体活性化

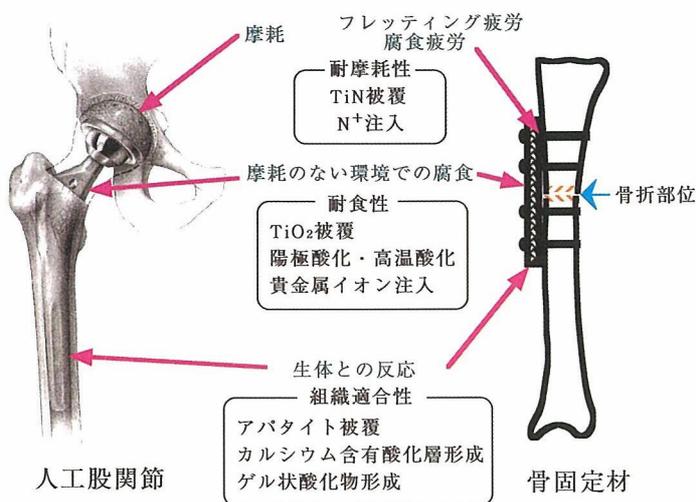


図1 生体中で金属材料に起きる問題とその対策として行われる表面処理。

金属材料はバイオマテリアルとして、人工骨、人工関節、骨固定材、人工歯根などの硬組織代替材料および人工心肺や人工心臓のペースメーカーとして使用されています。図1は金属材料を人工関節や骨固定材として使用したときに起こる問題を示しています。生体内に有害な金属イオンが材料から長期に渡って溶出すれば、毒性やアレルギー性のような障害を引き起こすので、生体用金属材料には耐食性が要求されます。このため、生体用としては、歯科用合金を除けばステンレス鋼、コバルト-クロム-モリブデン系合金、純チタンあるいはチタン合金が使用されてきました。また、人工関節において、摺り合わせ部分の摩耗量が多いと関節としての機能を損なうだけでなく、摩耗粉自体も生体に対して有害に作用します。そのため、人工関節の摺り合わせ部分には耐摩耗性が要求されます。さら

に、骨に完全に埋入する材料では、材料周囲の骨形成が迅速に行われ、骨と密着あるいは結合すること（良好な硬組織適合性あるいは骨伝導性）が要求されます。以上のような要求を満たすために、その目的に応じて表面処理による必要性能の改善あるいは付与が行われています。図1には各目的に応じて行われている表面処理方法を示しています。

金属材料、特にチタンとその合金の硬組織適合性を向上させるために、骨組織の構成成分であるハイドロキシアパタイト ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) 薄膜の被覆が行われていますが、ハイドロキシアパタイト膜自体の強度および膜と下地金属との界面の結合強度が不足しているために、生体内での破壊が起こり得ます。そのため、ハイドロキシアパタイト薄膜を形成することなくチタンの硬組織適合性を向上させるために、カルシウムイオン注入による改質法を考案

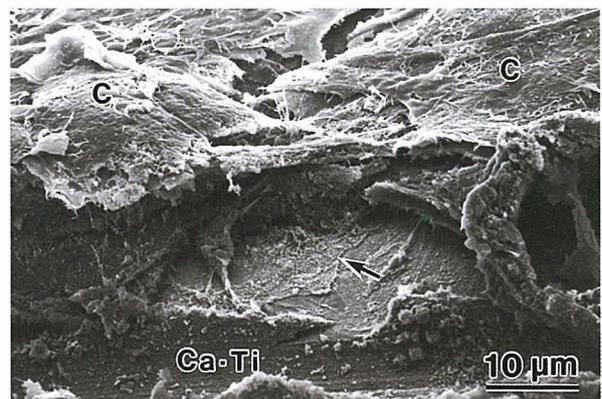


図2 カルシウムイオン注入チタン上で骨芽細胞様細胞を培養した後、引き剥がしたところ。C：細胞層、Ca-Ti：カルシウムイオン注入チタン、矢印：骨様組織。

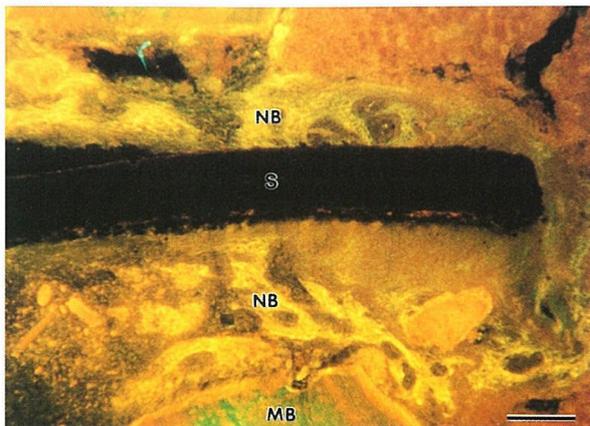


図3 ラット頸骨に2日間埋入したカルシウムイオン注入チタンと周辺組織の蛍光顕微鏡像。MB：既存骨、NB：新生骨、S：試料。スケールは200  $\mu\text{m}$ 。試料上面はカルシウムイオンを注入、下面は未注入。カルシウムイオン注入面の方が速く骨形成が始まり、新生骨が試料と接触しているのがわかる。

しました。この方法は、チタン自体の硬組織適合性が他の金属材料と比較して比較的良好であり、体液中でその表面にリン酸カルシウムが析出するというチタンの性質を利用しています。

カルシウムイオンを18 keVという比較的低エネルギーでチタンおよびチタン合金に注入しますと、厚さ約10 nmの組成の傾斜したチタン酸カルシウムと酸化カルシウムからなる表面改質層を作ることができます。この層の極表面は水酸化カルシウムからなっています。カルシウムイオン注入によって、疑似体液浸漬中、骨芽細胞様細胞（骨形成を起こす細胞と同じ働きをする細胞）培養中およびラット頸骨埋入中のチタン周囲のリン酸カルシウム析出が促進されました。図2は、カルシウムイオン注入チタン上で骨芽細胞様細胞を14日間培養した後に、細胞を引き剥がしたところの写真です。骨組織に類似した組織が形成されており細胞が強く材料表面に着いていることがわかります。ラット頸骨への埋入では、カルシウムイオン注入面は非注入面と比較して、骨組織の形成が速く新生骨は材料に密着して

いました（図3）。これらの結果から、チタンの硬組織適合性はカルシウムイオン注入によって改善されていることがわかります。この適合性改善の機構ですが、これは、(1)カルシウムイオン注入チタンの表面には、チタンよりも多くの表面水酸基がある、(2)水酸基は水溶液中で電離する際チタンよりも正に帯電している、(3)表面改質層中のカルシウムは水溶液中で徐々に放出される、という研究結果で説明できます。つまり、体液中でカルシウムイオン注入チタン表面にチタンよりも多くのリン酸イオンが吸着し、放出されたカルシウムによって、材料表面近くはリン酸カルシウムに対して過飽和となりリン酸カルシウム析出が加速されたと考えられます。この機構を模式的に図4に示します。また、効率よくカルシウム酸化物含有表面改質層を形成するために、カルシウムを真空蒸着し、そこへアルゴンイオンを注入するカルシウムミキシング法も考案されています。

以上のように、生体中でのチタンの性質を利用することで、チタン周囲の骨形成を速くすることができました。21世紀は高齢化社会となり、高度医療が必要とされます。生体の機能を補助あるいは代行する金属材料の開発をこれからも進めていきます。

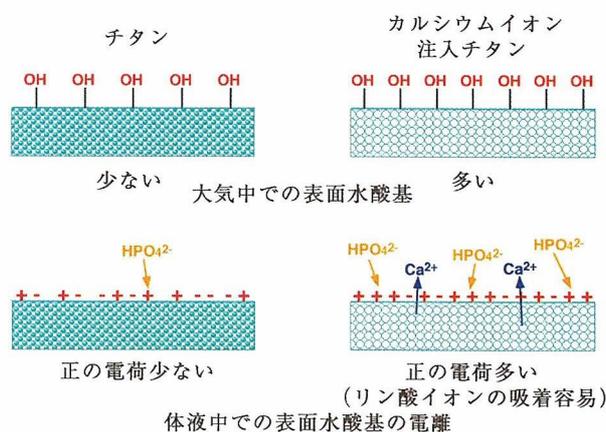


図4 カルシウムイオン注入チタンの骨形促進機構模式図。

お知らせ

第3回超鉄鋼ワークショップ「超鉄鋼材料実現への期待と課題」

1. 第3回超鉄鋼ワークショップ開催の趣旨

21世紀の鉄鋼材料の実現に向けて、産学官の研究機関でいくつかのシーズが提案されてきております。このような状況のもとに、金属材料技術研究所では、16学協会の協賛を得、鉄鋼材料を使用する側の研究者・技術者にも参加いただいて21世紀の鉄鋼材料の実現にむけた研究の現状、期待と課題について討論することを目的に、今回のワークショップを企画しました。

2. 開催日時：平成10年12月3日(木) 10:00~17:15  
4日(金) 9:00~15:00

3. 場 所：科学技術庁 金属材料技術研究所(つくば)

4. ワークショッププログラム

■平成10年12月3日(木)

10:00~12:00 基調講演

- ① 21世紀の建築・土木構造物と超鉄鋼材料(大阪大学 豊田 政男 教授)
- ② 21世紀の環境問題と超鉄鋼材料(住友金属工業株式会社 大谷 泰夫 技監)
- ③ 超鉄鋼材料創製の現在(金属材料技術研究所 福澤 章 総合研究官)

12:30~14:15 ポスタープレゼンテーション 約80件(所外から約25件)

14:15~16:00 技術討論会

「超鉄鋼材料実現への期待と課題」と題して、①80キロ鋼、②150キロ超級鋼、③耐熱鋼、④耐食鋼の4分野に分かれて行います。

16:15~17:15 総括討論 —4課題単位の技術討論会の概要報告と討論—

17:30~ 懇談会

■平成10年12月4日(金)

9:00~15:00 課題別討論会及び見学

超鉄鋼材料の産学官における研究成果の紹介と討論を4分野に分かれて行います。

5. 参加費：無料。但し、懇談会は会費制。

6. 申し込み：当日会場受付(懇談会出席希望の方は下記FAXにて11月20日(金)までにご連絡下さい。)

7. 問い合わせ先：金属材料技術研究所 フロンティア構造材料研究センター 業務室  
TEL:0298-59-2210,FAX:0298-59-2213 ホームページ：<http://www.nrim.go.jp>

表紙説明

当研究所では5%Re添加の高温強度、耐食性ともに優れたNi基超耐熱合金を開発しています。写真は精密鍛造したガスタービン用空冷動翼で、左は単結晶(TMS-75合金)、右は多数の結晶を一方に成長させた一方凝固(TMD-103合金)です。

左：単結晶合金(超音速旅客機用第1段)

右：一方凝固合金(小型発電機用第1段)

■編集後記

耐熱合金と聞くと熱さに耐えることのできる合金と思いますが、単にそれだけではなく、環境にもやさしい合金なのです。この合金は身近なところで我々の快適な生活を支えています。

発行所 科学技術庁金属材料技術研究所  
〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1  
TEL.(0298)59-2045 FAX.(0298)59-2049  
ホームページ <http://www.nrim.go.jp>

通巻 第479号 平成10年10月発行  
編集兼発行人 細川洋治  
印刷所 前田印刷株式会社