

ニオブ・タンタルの製造と用途 — 現状と将来 —

Production and Applications of Niobium and Tantalum — Present and Future

西 村 山 治*

Sanji Nishimura

1. はじめに

Nbは1801年英国のHatchettにより、Taは1802年スウェーデンのEkerbergにより発見された。その後、この2つの新しい元素は同一と考えられてきたが、1844年にドイツのRoseはコロンバイト鉱物が2つの異なる元素NbとTaを含んでいることを証明した。1865年にMarignacは K_2TaF_7 と K_2NbOF_6 の溶解度の差を利用して分離できることを示した。長期間に亘って純粋な金属TaとNbの製造は不可能であったが、von Boltonによって純粋なTaは1903年に、Nbは1907年に製造された。TaとNbの工業的な生産はそれぞれ1922年と1925年である。

現在工業用原料としてはタンタライト、コロンバイト、ストルベライト、パイロクロアおよび錫精錬スラグなどが用いられる。処理法として弗酸処理および塩化処理が工業的に利用されている。工業的分離法としては溶媒抽出法と塩化精留法が主流をなし、両法で分離されたTa、Nb化合物からNa、Al熱還元法、炭素熱還元法、熔融塩電解法などによりTa、Nb金属が製造されるが、最近の新規用途に適応できる高純Ta、Nb金属は電子ビーム溶解法、水素プラズマ溶解法、浮遊誘導溶解法、熔融塩電解精製法などの高純度化法によって製造される。

Taの主用途はコンデンサーであるが、その他超硬工具、耐食鋼および耐熱材料として、Nbは鉄鋼添加用のフェロニオブが主用途であるが、超電導材料を始めとして原子炉材料、耐食材料などとして使用されてきたが、電子材料、原子力工業、精密工業、航空宇宙工業などの先端技術工業の急速な発展との関連で、その目的に応じた高度の要求を充たす材料として、NbおよびTaは脚光を浴び、既存の用途の拡大に加えて、

つぎつぎと新しい用途を開発しつつある。本稿においてはTa、Nbの製造法および最近の用途の動向について述べる。

2. ニオブ・タンタルの製造^{1~7)}

2.1 資源^{1, 2)}

地殻中に存在するNbおよびTaの量は24ppmおよび2.1ppmと推定されており、TaはNbの1/10に過ぎない。TaとNbを含む鉱物は90種以上といわれているが、工業的に広く利用されるのは、タンタライト、コロンバイト、ストルベライトおよびパイロクロアで、とくにパイロクロアはNb資源として鉱量も豊富である。またNb、Taの資源として錫精錬のスラグは重要な原料で、最近Ta原料の大部分の供給を行っている。ストルベライトは8~15% Ta_2O_5 を含有するチタン鉄鉱の一種で、錫鉱山の尾鉱を加工処理して回収されるが、Ta資源として重要度を増している。

タンタライトとコロンバイトは単独な鉱物として産することは少なく、Ta-Nb酸第二鉄 $[Fe(TaO_3-NbO_3)_2]$ として両方の鉱物が結合して固溶体の形で産出する場合が多い。 Ta_2O_5 が多いときはタンタライト、 Nb_2O_5 が多いときコロンバイトと呼ばれている。一方、パイロクロアの化学組成は $A_2-mB_2O_6(O, OH, F)_{1-n} \cdot pH_2O$ で表わされ、Aの位置にNa、Ca、K、Ba、R・E、Uなどが入り、Bの位置にNb、Taが入る。

タンタライトやコロンバイトは花崗岩やこれに関連の深いペグマタイトおよびこれらが風化分解して堆積した漂砂鉱床などに含まれているものが多いが、一方、パイロクロアはアルカリ複合岩に属するカーボナタイトや閃長岩中に発達する鉱床として産出する。

Nb、Ta資源はともに偏在する資源の代表的なもので、Nbの主要生産国はブラジル、カナダ、ロシア、ナイジェリア、タイ、Taの主要生産国はタイ、ロシア、カナダ、マレーシア、ブラジルで上位5カ国のシェ

* 関西大学工学部化学工学科 教授
〒564 吹田市山手町3-3-35

アはそれぞれ、98%および78.6%である。1991～1993年度のNb鉱石の生産量(Nb₂O₅, t)は、1991年-22,670, 1992年-20,886, 1993年-17,700で、17,700tの中、ブラジルのCBMM社(10,430t)とCatalao(3,470t)で全体の約85%を供給し、カナダのCambior社は3,200t、その他600tを生産している。我が国の1994年度のNb鉱石の輸入量は1,450tで、1993年度(2,045t)の28%減であった。

1990年～1994年度の自由世界のTa鉱石生産量(Ta₂O₅, t)は表1に示される。

表1 自由世界のタンタル鉱石生産実績
(Ta₂O₅換算t, TIC資料および推定)

	スラグ	精鉱ほか	合計
1990年	420	319	739
1991	299	359	658
1992	195	352	547
1993	161	223	384
1994	59	285	344

精鉱の生産量の変化に比べて、錫新地金需要減少のため錫鉱石精錬が低調となり錫スラグの大巾な減少が目立っている。

2.2 鉱石の処理法¹⁾

鉱石の処理は他の希有金属鉱物と同様に、アルカリ処理、酸処理および塩化処理によるが、アルカリ溶融処理法はNb, Ta塩の汜過が煩雑で、コスト高の要因となり、現在この処理法は使用されていない。

(1) 酸処理法

Nb, Taの鉱石は硫酸、弗酸に溶解するが、溶解効率と後のNbとTaの分離工程から、弗酸または弗酸-硫酸混酸法が工業的に採用されている。Nb, Ta鉱の弗酸による直接疎解法は液中にNb, Taを弗化物に変換し、有機溶媒との接触で高純度Nb₂O₅, Ta₂O₅を抽出分離することによって、製造工程の削減および製造コストの低下を可能にする点極めて魅力的である。

(2) 塩化法

Ta, Nb鉱物は不純物としてSn, W, Fe, Ti, Zrなどを含み、これらの諸元素はTa, Nbと挙動を類似するものがあり、酸、アルカリ浸出の1つの問題点となる。Ta, Nb原料に炭素を混ぜ、高温で塩化を行うと塩化物となり、鉱石中の不純物もまた塩化されてそれぞれの塩化物となる。これらの塩化物はそれぞれ蒸気圧を異にするから、精留操作により純粋なTa, Nb

の塩化物を得ることが可能である。

2.3 ニオブとタンタルの分離法¹⁻³⁾

TaとNbの分離法としては、溶媒抽出法による分離が可能になるまで工業的に長期間使用されてきたK₂TaF₇とK₂NbOF₅の溶解度を利用した分別結晶法は、今日使用されておらず、溶媒抽出法と塩化精留法の2つのプロセスが工業的に使用されている。これらのプロセスの詳細に関しては、筆者が別の報告¹⁾を行っている。

SAW(表面弾性波)デバイスや光導波路に用いられるLiTaO₃(LT)やLiNbO₃(LN)単結晶の原料となるTa₂O₅, Nb₂O₅は4N以上の高純度が必要とされる。溶媒抽出法による分離精製によって高純度化が達成されるが、最近高純度化プロセスが報告されている³⁾。

鉱石を粉碎し、弗酸で溶解し、さらに硫酸を添加し、酸調整を行い抽出工程に供給する。溶媒抽出工程では2段プロセスが採用され、第1段の分離精製はMIBK(メチルイソブチルケトン)抽出剤を用いる溶媒抽出をカラム法により行い、鉱石からの浸出液を分離精製し、光学レンズ用、エレクトロセラミックス用の3N Ta₂O₅, Nb₂O₅を製造するとともに、第2段プロセスの原料に供している。第2段の高純度化プロセスでは、分離精製能力を優先するためにミキサセトラ法を採用している。カラム法により精製されたTa液は不純物としてのNb₂O₅をTa₂O₅に対して20ppm程度含有しているが、抽出工程により1ppm以下に精製される。またカラム法により精製されたNb液はNb₂O₅に対して100ppm程度のTa₂O₅を含有し、抽出工程により10ppm以下に精製される。

高純度に分離精製されたTa液とNb液から標準品(3N)の製造工程と基本的に同じ工程にて生成された水酸化物は、電気炉で焙焼し、高純度(4N)のNb₂O₅, Ta₂O₅が得られるが、高純度品を得るためには工程環境からの汚染の防止と、設備の材質に注意が肝要である。さらに、沈殿物の洗浄に用いる脱イオン水の管理と単結晶の製造は約1400℃の高温下で行われるために、原料の焙焼温度が低いと揮発成分が残る、単結晶製造時に揮発し問題をおこすので、できる限り高温で焙焼することが必要である。

2.4 金属ニオブ・タンタルの製造^{1,2)}

金属Taの工業的製造法は、溶融塩電解法とK₂TaF₇の金属Na還元法であり、ほかにTa₂O₅の炭素還元法、酸化物の活性金属による還元法、塩化物の水素または

活性金属による還元法などがあるが、これらの製造法は工業的には用いられていない。

金属Nbの製造法としては、金属Taの製造と同様に塩化物の活性金属による還元法、水素還元法、 K_2NbF_7 のNa還元法、 K_2NbF_7 の溶融塩電解法、酸化物の炭化物、炭素および活性金属還元法などがあるが、現在工業的に使用されている製造法は、酸化物の炭素熱還元法、酸化物のAl熱還元法、フェロニオブあるいは炭化ニオブの塩素化により得られる塩化物のMg還元法による3つの方法で、いずれの場合も粗Nb金属が得られ、後述される電子ビーム溶解法などによる高純度化法によって精製される。金属Ta、Nbおよび炭化物の製造法の詳細については筆者は別の報告¹⁾を行っている。

2.5 ニオブ・タンタルの高純度化^{4~7)}

前項で得られる粗金属は多種にわたる金属および非金属不純物を含んでいるので、今後耐食用、高温耐熱用構造材料、高機能性材料などとしてその需要を増大するためには高純度化が必要である。粗金属の精製法としては電解精製法、ヨウ化熱分解法などがあるが、最終的に塊状製品を得るためには溶解工程が必要であり、溶解工程における脱金属不純物および脱ガス精製にて成果を挙げる電子ビーム溶解や真空アーク溶解が工業的に用いられてきた。近年、水素プラズマ溶解法、超真空電子ビーム浮遊帯域溶解法、浮遊誘導溶解法、溶融塩電解精製法などが開発され、各法による精製効果が報告されている。

(1) 電子ビーム溶解法 (EBM)⁴⁾

EBMは高真空(到達真空度 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ torr)下での溶解法であり、蒸気圧の差を利用する精製法として確立されている。EBMによる脱酸、脱窒効果はNb、Taでは有効であり、NbO、NbO₂、TaO、Ta₂O₅などの酸化物の蒸発により良好な脱酸結果が得られ、溶解原料の品位、溶解条件などは異なるが、NbではO = 50~100ppm、N < 50ppm、TaではO、Nともに50ppm以下に低減される。高温におけるFe、Alの蒸気圧はNb、Taの蒸気圧と較べ $10^2 \sim 10^3$ 倍以上大きく、Fe、Alは容易に蒸発除去され10ppm以下に低減される。低蒸気圧のMo、Wの蒸発除去は困難で、Nb中のTa、W、Moの除去はEBMでは不可能であり、電解精製法やヨウ化熱分解法により除く必要がある。EBMは脱Alに効果的であり、Alテルミット還元とEBM処理を組み合わせ、99.9%以上の高純度Nb、Taが得られる、EBM処理によりAlはNb、Taでは20ppm以下にまで

除去され、さらにAl₂O₃などの蒸発により脱酸が効率的に行われる。しかし、精製効果を高めるために溶解時間を増すと、金属自体の蒸発損失も増加し、回収率の低下、電力消費量の増加などの問題点がある。

(2) 水素プラズマ溶解法 (H₂-PAM)⁵⁾

通常のアーク溶解はAr雰囲気数百torrから1気圧下で行われ、蒸気圧の差を利用した精製効果は小さい。しかし、溶解雰囲気に水素を添加し、水素プラズマを形成することで状況は著しく異なる。アーク高温内でH₂の大半は解離し、HやH⁺が生成し、この活性化したHには表面清浄効果、再結合熱発生による熱伝達の向上(溶解温度の上昇)などの効果があり、さらに、非金属不純物に加え、金属不純物の除去が可能である。EBMの蒸気圧差を利用した物理的精製法と異なり、活性化したHが関与する物理化学的精製法である。

炭素溶融還元で得られたO/Cモル比 ≥ 1 の粗Ta(O: 0.4~1.2%, C < 0.02%)をH₂(10%, 20%) - PAM処理した時、20分でO量は50ppm以下に低減し、Hv = 90~100の延性に富むTaが得られる。H₂-PAMではTa自体の蒸発損失は小さく、TaO、Ta₂O₅の蒸発による脱酸よりも、Hによる脱酸が支配的と推定されている。

H₂-PAM処理でNbの顕著な脱酸効果が認められている。Nb-Fe(5, 10, 20%)合金をArまたは20% H₂-PAM処理した結果、ArだけではFe蒸発は殆んど見られないが、PAM処理ではFe量は100ppm程度にまで減じた。H₂-PAMの選択的な脱鉄機構としては、脱酸と同様に活性化したHが関与すると考えられる。Feと同様にAlも高温ほどH₂溶融度が増すことから、脱Al精製工程へのH₂-PAMの利用も有望と考えられる。

(3) 超真空電子ビーム浮遊帯域溶解法 (EBFZM)⁶⁾

Nb、TaからO、Nを低減するにはEBFZMが有効であり、Nbではパス3回でOを510ppmから27ppmに、さらにパス15回以上で150ppmから0.1ppm以下にまで減じている。また、Nbから脱炭の目的でPo₂ = $10^{-5} \sim 10^{-6}$ torrにて数回処理でCを51ppmから9ppmまで減じている。同様な手法でTaの高純度化を試み、C+O+N+H < 1ppmのTaを得ている。金属不純物に対し、Fe、Alなどは数ppm以下に低減される。EBM法に対しEBFZM法は少量(Kg以下)の超高純金属の製造に適した精製法で、経済性に難点はあるものの、超高純度化の優れた要素技術として最近注目さ

れている。

(4) 浮遊誘導真空溶解法⁶⁾

スリットの入った銅製水冷坩堝中で金属を浮揚、溶解する方法で、溶解中に坩堝からの不純物の汚染が防止でき、高周波誘導加熱であるため、高融点金属が溶解でき、誘導攪拌がよく行われる。Nbの浮遊溶解では、 $6.6\sim 13.2\times 10^{-3}$ Paの真空下で、O、Nともに初期の0.0260、0.0026mass%から、それぞれ0.0052、0.0001mass%へと短時間で減少し、Nb中のO、N除去に浮遊誘導真空溶解法は有望である。

(5) 熔融塩電解精製法⁷⁾

粗NbをEBM法によって高純度化を策する場合、Ta、MoおよびWなどの高融点金属不純物の除去は困難で、予め除去する必要がある。塩化物電解においては粗Nb中の金属および非金属不純物の除去は可能であるが、Ta、WおよびMoの精製効果は不明である。一方、弗化物浴電解においてはFe、AlおよびCrなどのNbより蒸気圧の高い金属不純物の除去率は低いが、Ta、WおよびMoなどの高融点金属不純物の除去は容易である。粗Nbを高純度化する方法として化学的、物理的精製法を組み合わせた熔融塩電解精製法およびEBM法の2段階精製法が試みられている。

Nb₂O₅のAl還元により97~98mass%の粗金属が製造される。この粗金属中にはAl、Ta、W、Si、FeおよびMoなどの金属不純物とO、Nなどの非金属不純物が含まれている。これらの不純物の中でAl、Si、Fe、OおよびNはEBM法により除去できるが、Ta、WおよびMoの除去は不可能であるため、つぎの工程でこれら金属不純物の除去を目的に粗Nbの溶解塩電解精製が行われた。弗化物浴を支持塩に用い、カソード電流密度48~70mA/cm²で電解を行うと、電流効率80~95%と比較的高く、製造される金属Nbの純度は99.9mass%で、主な不純物としてFe、100~1000mass%、O、1000~3000mass%である。これらの不純物は最終工程としてEBM精製処理を行うことにより除去でき、99.99mass%の高純度金属Nbの製造が可能である。

3. ニオブ・タンタルの用途^{8~13)}

近年、電子工業、オプト工業、原子力工業、精密工業、航空宇宙工業などの先端技術工業の急速な発展との関連で、その目的に適合できる高度な要求を満たす材料として、NbおよびTaは脚光を浴び、既存の用途の拡大に加え、つぎつぎと新しい応用面を開発しつつ

ある。

3.1 ニオブ金属の用途^{8~11)}

ニオブ金属はフェロニオブ、超電導材料を始めとして管球材料、化学工業用耐食材料、原子力工業、航空宇宙工業用など多岐多様な用途に使用されているが、本稿ではNb金属の主用途であるフェロニオブ、超電導材料について概説する。

(1) フェロニオブ

Nb金属の最大の市場はフェロニオブの形で鉄鋼に添加される耐熱鋼、低合金高張力鋼、ステンレス鋼の分野である。1970年代にラインパイプ、造船用厚板などの高張力鋼に積極的なNb添加が行われ、その年間需要は2,000tの大きに乗ったが、1980年代には自動車用薄板の深絞り特性の改善のためNb添加を開始し、その需要は3,000tの大きに乗り、1990年代には含ニオブ鋼の成熟期に入り、4,000tの大きに乗った。

フェロニオブの国内での消費は1994年度は4,417tと前年(4,574t)より3%減じた。分野別用途はステンレス30%、大口径鋼管27%、高抗張力鋼薄板、厚板40%、その他(鋳鋼ほか)3%で、1980年初めの分野別用途に比べて自動車排気ガス系ステンレスや高抗張力鋼薄板部門が伸びている。ステンレスはフェライト系(SUS430系)が中心で、自動車の排気ガス系のエキゾースト・マニホールド、マフラーなどに使用され、高抗張力鋼厚板は石油、ガス輸送の大口径鋼管(ラインパイプ)、造船、石油掘削装置などに使われる。自動車用に使われる起深絞り用鋼板IF(Interstitial Free)鋼は不純物のCとNを極限まで下げ、Nb、Tiの添加量を0.02%以下に少なくして、プレス成形性を高めた冷延鋼板で、自動車の軽量化ニーズから高強度と優れた成形性を有するIF鋼の需要は拡大している。

(2) 超電導材料

超電導の主な特性は、1. 直流抵抗がゼロ、2. 完全反磁性、3. 量子効果の3つである。これらの特性に基づくすぐれた機能の応用がエネルギー、運輸、医療、情報および基礎科学などの幅広い分野で進められている。超電導ケーブルによる低損失送電、超電導コイルによる高効率電力貯蔵、磁気浮上列車、電磁気推進船舶、磁気冷凍機、結晶成長装置、NMR-CT、高エネルギー物理学実験装置などと多方面に亘っている。温度、磁界および電流密度がそれぞれの臨界値T_c、H_{c2}およびJ_cを超えると超電導は破れるので、実用材料としてはこれらの臨界値の高い材料が求められる。

超電導現象を示す物質は元素、合金、化合物など

表2 実用超電導材料とその特性

材料名	Tc (K)	Hc ₂ (K)	Jc (10A/cm ²)	備考
Nb-46.5Ti	9.7	11.5	2.0 (6T)	wt%
Nb-25Zr	10.8	8.5	0.5 (6T)	at%
Nb-62.5Ti-2.5Zr	9.0	11.3	2.0 (6T)	at%
Nb-43Ti-25Ta	9.5	11.8	2.0 (6T)	wt%
Nb ₃ Sn	18.0	22	5.0 (10T)	拡散法
Nb ₃ Sn	17.5	20	2.0 (10T)	bronze 法
V ₃ Ga	15.0	22	3.0 (10T)	拡散

Hc₂ は4.2Kの時の値

3,000以上の物質のうち、既に実用化されているか或いは近い将来実用化される可能性の大きいものは十指で数えられる程度にすぎない。工業的な意味で実用化されたのはNb-Ti、ついでNb₃Snが後続している。既に実用化された材料の代表的な超電導特性を表2に示す。

1994年度の金属ニオブの需要はEU、日本、ロシア、アメリカが共同に開発を進めている国際熱核融合実験炉 (ITER) 向けの超電導線 (Nb-Ti, Nb₃Sn)、磁気共鳴断層診断装置 (MRI)、超電導エネルギー貯蔵装置 (SEMS) などであるが、国内の金属ニオブの消費は17tで1993年度の20tから減少している。

3.2 ニオブ酸化物の用途^{8~11)}

(1) 光学用ガラス

光学レンズ用のNb₂O₅は99.9%の純度を必要とし、Fe, Mn, Crなどの有色イオンを発生する元素を10ppm以下にする必要がある。1993年度の高純度Nb₂O₅の国内需要量は85t (メタル換算)で前年度 (75t)の13%増であった。主要用途の一つである光学ガラスについては、高級一眼レフ・交換レンズ、VTRを主体とした需要は低調であったが、世界的な環境対策面から鉛フリーの動きから酸化鉛から高純度Nb₂O₅への代替が始まりつつある。近年、光学ガラスにおいても、高屈折ガラスが需要の中心となりつつあり、今後需要全体の回復が期待されている。

(2) 電子・オプト材料

99.99%の高純度Nb₂O₅とLiCO₃をコングルメント組成 (引き上げられた結晶の組成が融液の組成に等しい)になるように調合した混合物を、900~1,000℃で8時間以上反応させた生成物を、引上げ法 (CZ法)により育成された単結晶LNは圧電効果、焦電効果、電気光学効果、音響光学効果、非線形光学効果などに

すぐれた特性を示すので、テレビ、ビデオ用SAWフィルター、バルク波トランスデューサ、レーザ用Qスイッチ、光導波路用基板など多方面で使用されている。移動体通信機器のキーデバイスのうち、通信機が受信した信号から特定の周波数成分だけを取り出し、不要な成分を減らして通信状態をよくする役目を果たす周波数選択機能素子として、従来の誘電体フィルターや水晶フィルターに代わり、SAWフィルターの採用が急激に増加している。LiNbO₃は工業材料としては、そのすぐれた圧電特性を利用したSAWフィルター用に大量生産されているが、光通信、光計測などの光分野が実用化されるにつれて光用の需要も拡大している

3.3 タantal金属の用途^{12,13)}

Taは耐熱、耐食性、電気特性など優れた特性を備えた金属で、エレクトロニクスなど需要産業で技術革新がおきた場合に、キーマテリアルとしての役割を担ってくると考えられている。例えば半導体分野では、256メガ以降のDRAMのキャパシターに、従来のSiO₂系に代わる材料としてTa₂O₅薄膜 (CVD法またはTaターゲットによるスパッター法)の需要増大に期待が寄せられている。1994年度の自由世界のTa製品の需要 (Ta₂O₅換算, t)は電解コンデンサー用 (メタル粉)601, 超硬工具用炭化物141, 圧延加工品, 合金添加用, 酸化物その他449 合計1,241t。コンデンサー用のメタル粉は601tで前年度の576tに比べて増加している。

TaコンデンサーはTaの高融点 (2,997℃)により、コンデンサーの陽極焼結成形が高温ででき、Ta表面の純化保持が可能で、高性能、高信頼性が得られる。耐食性が良好で、化成液に電導度のよい強酸が使用でき、ち密な酸化膜が得られ、小型化が可能である。各種Taコンデンサーが商品化されてきたが、結局1955年にBell研究所で開発された固体電解質焼結型に集

約されるようになったので、コンデンサー用Taの開発は主として粉末の開発が中心になってきている。

Taコンデンサーの高容量化、小型化により使用されるメタル粉の高CV値化（現在CV値4万～5万、限度は7万位）が進み、その容積は当初の約1/20まで小型化されている。しかしメタル粉の需要の増大は世界的なTa粉需要の増大を示している。日本のTa需要は化合物を除くと、ほとんどがコンデンサーあるいはこれに関連する設備用に使われており、コンデンサーの陽極用の粉末およびリード線用のTa線加工品の占める比率が圧倒的に大きく、1994年のコンデンサー用粉末、線の需要量はそれぞれ112t、41tと推定されている。第4世代のTaコンデンサーとして、陰極に従来のMnO₂に代えて、高導電性高分子材料ポリピロールを使用することにより、高周波帯域で小型、大容量、低インピーダンスを実現する「NEOCAPACITOR」の開発が注目を浴びている。

3.4 タantal酸化物の用途^{12,13)}

過去には酸化物需要の90%を占めていた光学レンズ用の分野は、エレクトロニクス産業からの需要により様相が変化しつつある。LNと同様な製法で製造できるLiTaO₃ (LT) の単結晶は、テレビ、ビデオなどの中間周波数フィルターのウェハーとして実用化され、また光変調素子としても利用されるが、使用中の光損傷が問題となった。一方、不純物添加を強制的に行って光損傷効果を大きくして可逆的光記録材料としての利用が期待されている。単結晶基板のLT（中間周波帯域用）、LN（広帯域低損失用）は各特性ごとに使い分けが行われているが、LT、LNの使用比率は1994年では3：1とLTの比重が高いが、LNは価格面の優位性や広帯域での用途が増えるに従いLNの採用が増える傾向にある。

1995年には光学ガラス工業界の立ち直りの状況が顕著なこと、PHS（簡易型携帯電話）を中心とした移動体通信向けのLT単結晶基地や中継局用の高周波フィルターの需要の増大で、需要量は約32tと考えられている。

4. おわりに

前報¹⁾以来、10年の年月が経過したが、Nb、Taを

含む鉍石、錫精錬スラグなどから、既存の用途に適合できるNb、Taの金属および化合物の基本的な製造法に関しては抜本的な変革はほとんど認められない。しかし、近年、急速な発展を続ける先端技術工業を支える超電導材料、電子、オプト材料などを始めとする高性能機能材料のキーマテリアルとして、高純度Nb、Ta金属および化合物は不可欠で、そのための新しい高純度化技術が開発され、実用化されてきている。今後ますます発展が期待される要素技術との関連で派生する新しいニーズに適応できる材料として、高性能Nb、Ta金属および化合物の需要は高まり、新しい応用面を拡大するであろうが、その目的を達成するための斬新な製造法開発のためまい努力が必要とされる。

参考文献

- 1) 西村山治；エネルギー・資源，6巻，5号（1985），461～468.
- 2) 門 智；日本鉍業誌—特殊金属小特集，（1984），141～152.
- 3) 瀬戸英昭，築城修治；素材プロセッシング第69委員会，合同シンポジウム資料，高純度化，（1989），36～45.
- 4) 南条道夫，三村耕司；総合研究(A)研究成果報告書，昭和60,61年度（1987），16～19，昭和63年度（1989），49～52.
- 5) 一色 実；素材プロセッシング第69委員会，合同研究会資料，（1994），38～43.
- 6) 月橋文孝，佐野信雄；素材プロセッシング第69委員会，合同研究会資料，（1993），60～65.
- 7) 嶋影和直；資源素材'93，（1993），T-7，23～26，素材プロセッシング第69委員会，合同研究会資料，（1994），44～49.
- 8) 野口照夫；資源・素材'90，（1990）U，9～12.
- 9) 工業レアメタル，No. 103（1991），139～141，No. 109（1994），111～113，No. 111（1995），9～12，115.
- 10) レアメタルニュース，No. 1724（1994），2，No. 1746（1994），5，No. 1759（1995），5，No. 1777（1995），2～3.
- 11) 金谷泰宏，井本裕樹；素材プロセッシング委員会，合同研究会資料，（1988），36～41.
- 12) 工業レアメタル，No. 109（1994），36～40，No. 110（1995），41～45，No. 111（1995），9～12，45～49.
- 13) レアメタルニュース，No. 1737（1994），8，No. 1746（1994），4，No. 1763（1995），8，No. 1787（1995），1～4.