

## チタン需要動向と供給体制

### 1. 概要

現在、国内外を問わずチタンの需給は大変、逼迫しており価格も高騰している。まず需要増加の背景、新開発の民間航空機用需要の急増、化学プラントなどを中心とする民需用途の着実な需要増およびここ数年、急速に需要を伸ばしてきた軍用需要について概説する。一方、チタン素材供給においてネックとなる中間原料スポンジチタンメーカーの設備増設計画の状況について述べる。

### 2. はじめに

最初にチタンに関わる専門用語もあるので、チタンの製造法、種類および材質的特長について簡単に触れる。

#### 2. 1 チタン開発の歴史

チタンは工業的に生産されるようになってわずか60年弱のきわめて若い金属であり、世界で生産されるチタン展伸材（mill products のこと。量が少ないので鋳造品も含む）は年間で約7万トンである<sup>1)</sup>。約12億トンの粗鋼に比べることもできないほどマイナーな金属である。

チタンは酸素との親和力がきわめて大きく、融点も約1650℃と高いため、鉱石中の酸化チタンから酸素を分離して金属チタンを取り出すことが難しかった。1936年にW.J.Kroll（アメリカ）がまず、酸化チタンを塩素と反応させて生成させた四塩化チタンをマグネシウムで還元して金属チタン（スポンジチタンという）を取り出すことに成功した。これをクロール法という。第2次世界大戦後の1948年アメリカのDu Pont社がスポンジチタンの生産を開始した。わが国では翌1949年京大・阪大・神戸製鋼の3者で精錬について共同研究を開始した。1952年には日本でも工業的生産がスタートし、約55年経過したいま、やっと年間展伸材生産量が1.8万トン（世界の約25%）<sup>2)</sup>にまで成長した。

#### 2. 2 チタン展伸材製造方法

資源としては十分にある。地殻中に存在するチタンはアルミニウム、鉄、マグネシウムについて4番目に多い金属である。わが国でも砂鉄と一緒に酸化チタンTiO<sub>2</sub>は存在するが、その含有率が10～15%程度なので、現在は約90%のルチル鉱石や約50%のイルメナイト鉱石をインド、オーストラリア、南アなどから輸入して約95%にまで純度を上げて原料としている。

酸化チタンの主用途は白色のペイントや化粧品などに使われる顔料である。金属チタンに向けられるのは全体の約10～15%に過ぎない。チタン展伸材製造プロセスの概略を図2.2-1に示すが、酸化チタンからスポンジチタンを得るプロセスは約1000℃の

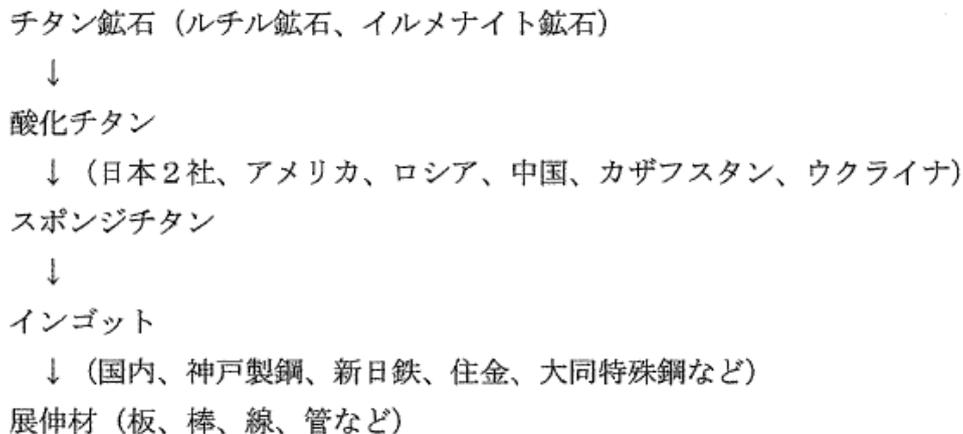


図2. 2-1 チタン展伸材製造の流れ

真空中で行われる下記の化学反応により、空隙の多いスポンジ状金属チタンを得ている。



このスポンジチタン製造設備の不足が現在のチタン需給逼迫をもたらしている主たる背景にある。

このスポンジチタンを真空中で2度、アーク溶解により円柱状の5～9トン程度のインゴットに溶製する。インゴットを処理して板、管などの展伸材をつくるプロセスは主として鉄鋼生産設備を利用している。絶対量が少ないため、専有の生産設備がもてないのも、工程が複雑化し、納期もかかるという状況にある。チタン業界としては絶対量を増やし、このようなコストアップ要因を除くことが悲願である。

### 2. 3 チタンの種類と材質的な特徴

日本工業規格により工業用純チタン（以下 CP チタンと略称する）とチタン合金に分類されている。チタンの最大の特徴は通常環境では錆びないことにある。

CP チタンはトータル約1重量%以内の酸素、鉄など不純物元素を含有するチタンで、その特徴は耐食性、加工性、価格などにある。国内では全体の約90%を占め、主として耐食性を活かした用途に多用されている。航空機機内の水周りにも使われている。

チタン合金には耐食チタン合金と耐熱高強度チタン合金がある。

耐食チタン合金は高温高濃度塩化物を扱う化学プラントなどで CP チタンでは腐食を生じる箇所、とくにフランジなどの隙間部に使用される Ti-0.15Pd 合金などである。

耐熱高強度合金は主としてアメリカ、イギリスなどで航空機用に開発され、図 2. 3-1 に示されるように比強度（強度を比重で割った値）が大きいのが特徴である。約 600℃ ちかくまで使用可能なチタン合金 IMI 834 も開発実用化されている。量的には材質的にバランスのよい Ti-6Al-4V 合金が最も多く用いられている。これらの合金は主として軍用機、民間機の機体およびエンジン部品として使用されてきた。わが国ではボーイング社やエアバス社のような航空機メーカーがないことおよび武器

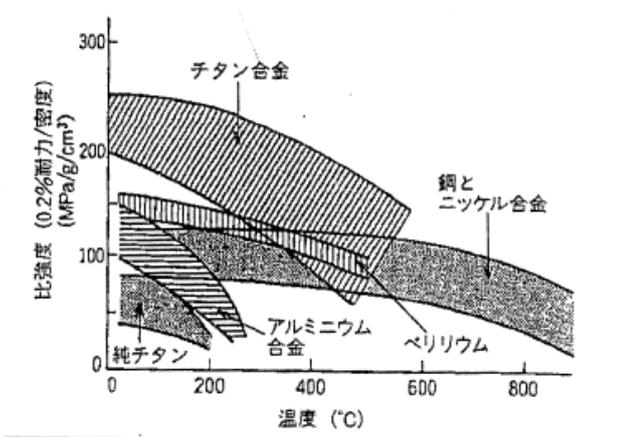


図 2. 3-1 各種金属材料の比強度と温度の関係

輸出が不可能であるため、その開発製造がビジネスになりにくいことなどが理由で耐熱高強度チタン合金も使用される機会が少なかった。したがって、チタンメーカーも合金より CP チタンに力を注いできた。わが国のチタンメーカーの主眼は製造コストダウンと耐食性などを活かした新米需用途開発であった。

一方、アメリカでは軍用機用にチタン合金開発、実用化を行い、その実績をみて民間機に技術移転してきた。軍用機用であるから政府からの助成が大きいことは言うまでもない。わが国の航空機製造業、高強度チタン合金の発展が遅れている大きな理由がここにあると考えている。

### 3. チタンの需要分野

#### 3. 1 これまでの需要分野

図 3. 1-1 に日本チタン協会が作成した 2005 年の世界全体とわが国のチタン展伸材の用途別推定出荷量を示す。

これまでわが国におけるチタン需要は CP チタンの耐食性を活かした用途が 90% 以上を占めてきた。図 3. 1-1 から分かるように、化学プラント、ソーダ電解陽極、発電所復水器、建築物屋根・壁、プレート熱交、二輪車マフラー、人工骨（合金が多い）、ゴルフクラブヘッド（合金が多い）などが代表的なチタン製品分野である。航空機用は年間約 500～600 トンぐらいで、日本航空宇宙工業会の資料によれば日本の航空機関連企業は国内調達量に加えて海外から約 1,200 トン（2006 年予測値）輸入している。これは材質とか寸法とか特殊なもので国内ではコストアップになるものかと推定される。

日本以外の外国のチタン使用分野は、データ未整備のため推定の域を出ないところもあるが、図 3. 1-1 に見られるように日本とはほぼ逆である。数年前までは民間航空機、

軍用機および一般工業用が主用途であった。ここ2、3年急激に増えてきたのは軍用機以外の軍需用である。

■チタン展伸材の世界と日本の用途別出荷(2005年)  
Worldwide Titanium Markets 2005-by Volume

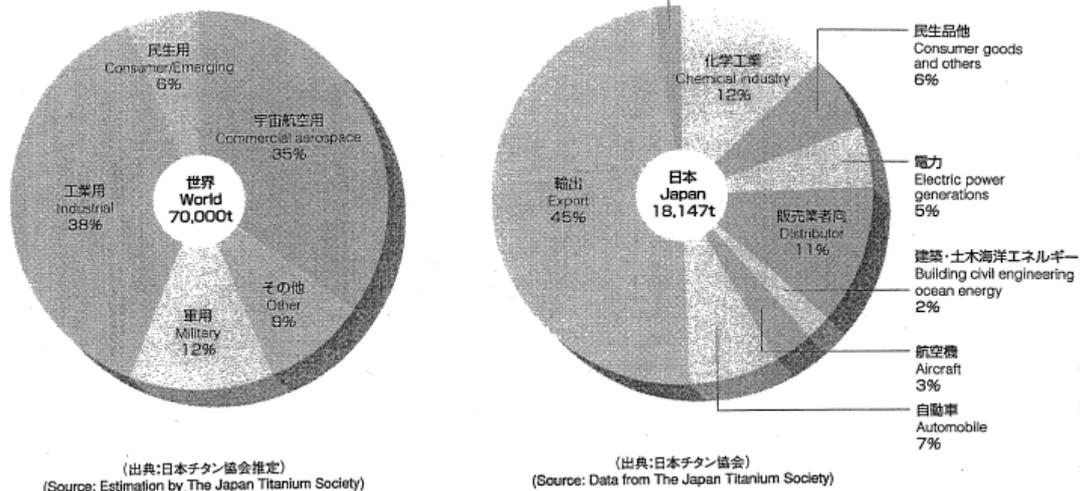


図3. 1-1 世界と日本の展伸材出荷の用途構成の比較(2005年予測)  
(チタン協会)

### 3. 2 今後の需要動向

今後のチタン需要はどうか。アメリカ大手のチタンメーカーTIMET社の2015年までの展伸材需要予測を図3. 2-1<sup>1)</sup>に示すが、2006年に比べ2015年には約4万

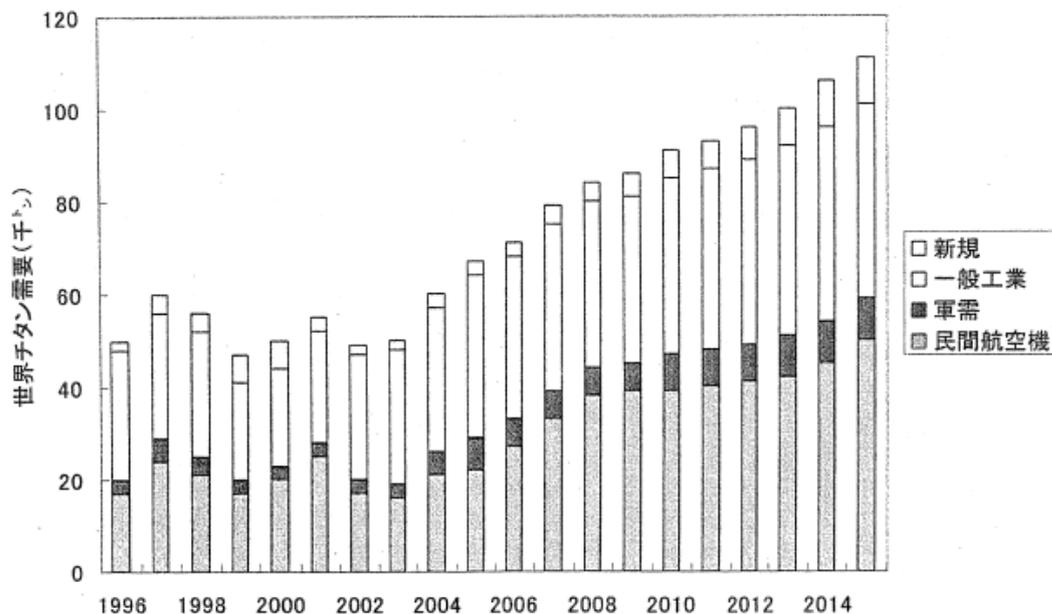


図3. 2-1 TIMET社(J.Buch)による世界のチタン需要予測  
(ITA Conference & Exhibition, San Diego, USA, Oct.2~3,2006)

トン増えて11万トン強に達すると予測しているが、約14万トンになるという予測もある<sup>3)</sup>。絶対量増加の主因は民間航空機用および一般民需用需要にある。

#### (1) 民間機市場

B777も1機当たり機体およびエンジンで約60～70トン<sup>4)</sup>(ボーイング社およびエンジンメーカーがチタンメーカーから購入する量で実際に機器部品に加工されて機体あるいはエンジンの一部として使用されるのは約20～25%程度である。)のチタン需要があったが、大幅にCFRP(炭素繊維強化樹脂)の使用量を増やした新規開発のA380や開発中のB787やA350がチタンの使用量をも大きく増やしている。機体およびエンジンメーカーの購入量は1機当たりB787は約90～120トン、A380は約80トン、A350は約90トンのチタン素材が必要と言われている<sup>3),5)</sup>。これはCFRPとチタンの相性がよいため、チタンが増えた分、アルミニウム合金あるいは鋼使用量が減ることになった。CFRPは導電性があり、アルミニウム合金と接触すると電池を形成し、アルミニウム合金の腐食が促進される、いわゆるガルバニック腐食が生じる可能性が大きくなるためである。さらに飛行中と地上との温度差が大きいときは100度近くにも達するが、これを繰り返すと熱膨張率の差が大きいアルミニウム合金とCFRPではズレ、ファスナーの緩みなどを生じやすくなる。このガルバニック腐食と熱膨張率差の点でチタンはアルミニウム合金より適合性があるのが、チタン使用割合が増えた理由である。

#### (2) 民需用

民需用の主たる用途は化学プラント、発電所復水器、中近東を主たるユーザーにする海水淡水化装置、ヨーロッパでの需要が多いプレート式熱交換器、股関節、膝関節を主とする人工骨(高強度合金が多い)、歯科用インプラント、ゴルフクラブヘッド(合金)、自動車とくに二輪車用マフラーなど多方面にわたっている。さらに海外では高深度ガス掘削用パイプなどにもチタン合金が用いられ始めている。さらに深く掘削しないとガスが採取できなくなり、腐食性が厳しくなり、比強度の大きいチタン合金が必要になっているためである。このように多くの用途が生み出され着実に需要を伸ばしているが、価格の高騰がその拡大の妨げにならないか懸念されている。とくにわが国ではこの市場が圧倒的に多いので注意を要するところである。

#### (3) 軍用—チタン需要の第3の市場

あまり歓迎すべきでないがここ2～3年、軍需用市場が注目されはじめた。これまでも軍用機にはかなり使われていたが、現在は陸上戦闘用および軍艦にもかなり使用されはじめている<sup>6),7)</sup>。この需要が今後、さらに伸びてくるものと著者は考えている。錆びないのでメンテナンスが容易で弾丸の貫通抵抗性がよく、比強度が大きいので移動、輸送が容易になる利点がある。

## 軍用機

最近の軍用機 1 機あたりのチタン素材購入量は以下のように報じられている。<sup>5),6)</sup>

### アメリカ

FA-22Raptor : 27トン (機体重量の39%)、179機製造予定

Joint Strike Fighter : 27トン以上、2,600機製造予定

### ヨーロッパ

Eurofighter-2000 : 7トン、2006～2011年までに295機

Rafale : 4トン、上記同期間中に102機

Gripen : 7トン、上記同期間中に79機

A-400 輸送機 : 9トン、上記同期間中に26機

ロシアでも Su-27 や Su-30 などの戦闘機に使われていると言われている。

## 陸軍用武器

地上での戦闘用チタン製車両・装置機器はタンク、装甲車、軽量曲射砲 (Howitzer) などである<sup>6)</sup>。軍用機ではあまり強調されていないようだが、弾丸の貫通抵抗性もあるためである。著者は約10年前にモスクワで約6～7mmの厚みのチタン合金を使った防弾チョッキを試着させてもらった。カラシニコフ銃弾でも有効であるということであった。

## 軍用艦

かつてソビエトの潜水艦に1隻当たり約3000トンものチタンが使われているとの報道があった。3000トンという数字の詳細は不明であるが、錆びない、比強度が大きいのでより深く潜水可能、潜水艦探知の超音波に反応しにくいなどが採用理由にあげられている。

軍用艦の種類は不明であるが、少ないもので Ship Class: CVN68 で1隻あたり約7.5トン、多いものでは LPD17 で約60トン必要との報告がある<sup>7)</sup>。

既述のような市場動向を考えると、東邦チタニウム社ではスポンジチタン需要量を2010年には約13万トン、2014年には17万トンと予測している<sup>8)</sup>。

## 4. チタンの供給体制はどうなっているか

### 4.1 スポンジチタンの製造設備増強計画

チタン展伸材の製造でネックになるのはスポンジチタンの製造工程である。簡単に設備増強がしにくいからである。表4.1-1<sup>7)etc.</sup>に世界のスポンジチタンメーカーの現有生産能力と増設計画を示す。この表の数字は東邦チタニウム社の資料に他資料の数字を加えたものであるが、資料によって数字が異なる場合があるので、おおよそのものと理解してもらいたい。数字の上では上記需要に余力をもって応えられると考えられる。

表4. 1-1 世界のスポンジチタン生産能力と増設・新設計画（トン/年）  
 (7) の資料ほかにより作成)

企業	国	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年
住友チ	日本	24,000	24,000	24,000	34,000	34,000
東邦チタニウム	日本	15,000	16,000	16,000	28,000	28,000
(小計)		39,000	40,000	40,000	62,000	62,000
VSMPO	ロシア	28,000	28,000	28,000	44,000	44,000
Ust-Kamenogorsk	カザフスタン	23,000	23,000?	23,000?	23,000?	25,000
Zaporozhye	ウクライナ	9,000	9,000?	9,000?	9,000?	12,000
Timet	USA	8,600	9,000	9,000?	9,000?	13,000
Allvac	USA	2,000	2,000?	2,000?	2,000?	18,000
Alta Group	USA	300	300	300	300	300
(小計)		10,900	11,300?	11,300?	11,300?	31,300
Zunyl	中国	10,000	10,000	10,000	10,000	20,000
Fushun	中国	6,000	6,000	6,000	6,000	10,000
Chaoyang	中国	5,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Tianjin	中国	3,000	5,000	5,000	5,000	10,000
その他中国	中国		23,000	26,000	46,000	71,000
(小計)		24,000	54,000	57,000	77,000	121,000
総計		133,900	165,300	168,300	226,300	295,300

現在、スポンジチタンを製造している国は表4. 1-1<sup>7)etc.</sup>に示すように日本、アメリカ、ロシア、カザフスタン、ウクライナと中国の6カ国に過ぎない。製造企業も少なく寡占状態である。かつてイギリスも生産していたが、赤字続きに撤退している。わが国でも現在は住友チタニウムと東邦チタニウムの2社であるが、過去に数社が参入したがすべて撤退している。きわめて厳しいビジネスであることを示している。

現在、スポンジチタンは世界で約10万トン生産されている（設備は約14万トン）。上記のように増設は計画されているが、チタンの需要が増加傾向にあり、ロシアで世界最大のスポンジチタンメーカーVSMPO社の国有化などもあり、単純に考えることができない。すなわち

- ① VSMPO社はエアバス社にも輸出している。
- ② 中国は現在でもほとんど国内向けのみで輸出されることは近い将来は考えられるだろうか。新規スポンジメーカーの参入も計画され、大幅な増産を考えているようであるので将来は輸出もありうる可能性はある。
- ③ カザフスタン、ウクライナも増設は予定しており、今後もアメリカをはじめ需要国への輸出は継続されるのではないかと。
- ④ アメリカは国内のスポンジだけでは不足で余裕のある日本からの輸入を期待している。

- ⑤ 日本の2社は2009年には現在より約50%増強するが、民間航空機が順調に生産されれば、どうなるだろうか。とくにB787が初飛行予定の2008年以降はさらにタイトになることが予測される。

#### 4. 2 スポンジチタンの価格

図4. 2-1<sup>1)</sup>に過去のスポンジチタンおよび展伸材の通関価格の推移を示す。スポンジチタン価格は概ねkg当たり約1000円前後の価格が続いてきたが、2006年から上昇し2007年の輸出価格は約2,000円と報じられている。このようにkg当たり1,000円の時代でもチタンは高いと一般に言われてきたのに、2倍にまで跳ね上がってこれからどうなるのかはスポンジチタン供給量およびアルミニウムやバナジウムのような合金元素市場に依存していると考えられる。

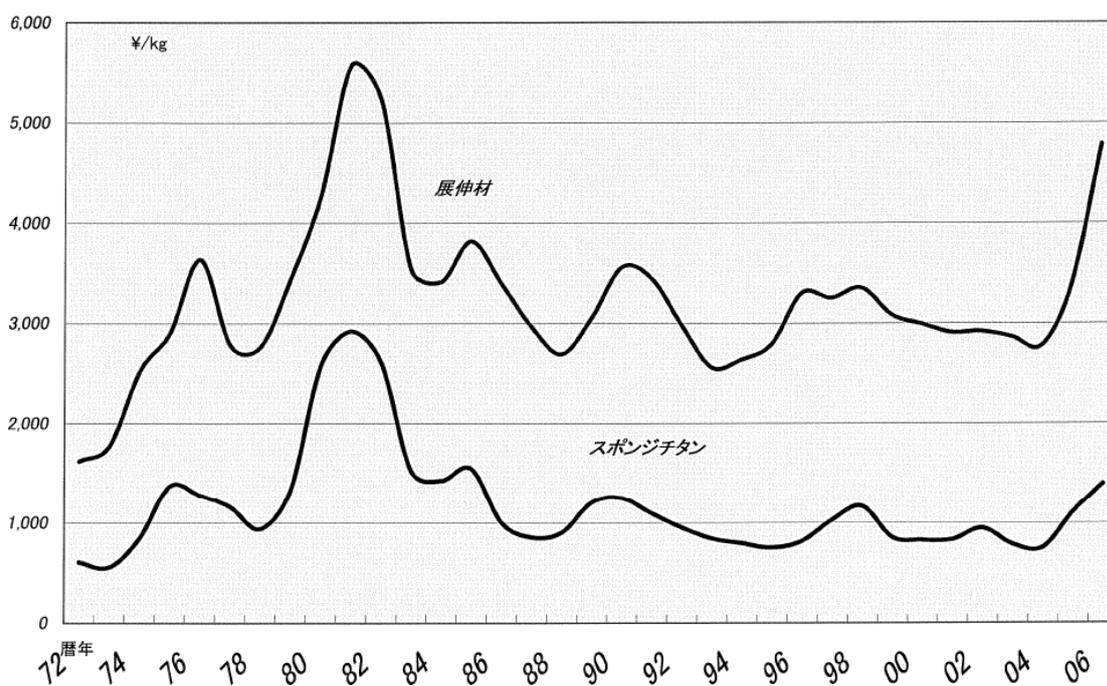


図4. 2-1 金属チタンの価格推移 (通関統計による)

#### 5. まとめ

現在、チタンの入手がきわめて困難な状況が続いている。価格も高騰している。このような状態は約50年のチタン工業史上はじめてのことで、チタン関係者もとまどっているのが現状である。需要が供給を上回っているからであるが、高い、高いと言われてきたチタンが2倍に跳ね上がってこれまでの考え方では対応しにくいと考えられる。

チタンが軍需品としての位置づけがあがったことも一因と考えられる。軍用機のみなら

ずタンクや軍艦にも及ぶ軍用需要の伸び、ロシアのチタンメーカー国有化もそれを示しているのではないかと考えられる。チタン大国を目指していると思われる中国は現在はあまり輸出していない。中国は発電所向けなどにもまだ必要であるようだが、いずれ軍用にも使うことは必至と考えている。インドもスポンジチタンを製造するとの話もある。

スポンジチタン生産各国は国内優先でいくことは間違いなさそうである。残るのは CIS のカザフスタンおよびウクライナである。これら両国がどのような戦略で望むかもよく考えておく必要があるのではないか。このように考えるとわが国のスポンジチタン需要の多くは国内 2 社に依存することになる。

#### 引用文献

- 1) チタン協会主催 “第 13 回チタン講習会” テキスト、2006 年 11 月 16～17 日、諏訪簡保保養センター
- 2) 鈴木敏之、森口康夫：チタンのおはなし、p.79、日本規格協会発行、1995 年 3 月
- 3) T,G,Rupert : “Market Outlook Summary”, ITA 22<sup>nd</sup> Annual Conference & Exhibition, San Diego, USA, Oct.2~3,2006
- 4) 森口康夫：チタン、Vol.53, No.3, p.218 (2005) ほか
- 5) M.Holz : “European Titanium Market Current and Future Scenario”  
ITA 22<sup>nd</sup> Annual Conference & Exhibition, San Diego, USA, Oct.2~3,2006
- 6) T,G,Rupert : “Military Titanium Market” ITA 21<sup>st</sup> Annual Conference & Exhibition,, Sept.26,2005,Scottsdale,USA
- 7) E.Czyryca & M.Wells : “Titanium Research & Development For Naval Applications”  
ITA 22<sup>nd</sup> Conference & Exposition, San Diego, USA, Oct.2~3,2006
- 8) 金属時評、No.2005, 2006 年 12 月 5 日号

▶ 解説概要一覧に戻る

この解説概要に対するアンケートにご協力ください。

▶ アンケート開始