

## 24 チタン (Ti)

## 24 チタン(Ti)

### 24.1 マテリアルフロー分析

チタンの主要な原料としては、ルチル鉱石とチタンと鉄の複合酸化物であるイルメナイト鉱石さらにイルメナイトを高純度化処理した UGI(Up Graded Ilmenite)があり、このほか人工的に TiO<sub>2</sub> 分を濃縮処理した合成ルチルおよびチタンスラグがある。これらのチタン原料はすべて輸入され、国内では約 7%が金属に、残りの 90%以上が酸化チタンとして使用されている。

酸化チタンは、UGI をさらに精製して作られる。2008 年の酸化チタンの生産量は、225 千 t である。酸化チタンの 69%は国内で消費され、31%が輸出される。

金属チタンは「クロール法」と呼ばれる製錬プロセスで生産される。クロール法では、原料の UGI を塩素ガスと反応させて四塩化チタンとし、次にそれを溶融マグネシウムと反応させて金属チタンを還元分離する。製錬されてできた金属チタンの形状が海綿状であることからスポンジチタンと称される。大部分のスポンジチタンおよびチタンスクラップは、真空アーク溶解法(VAR)、電子ビーム溶解法(EBR)、プラズマビーム溶解法(PBR)によって溶解され、インゴットとなる。

スポンジチタンの出荷量は、航空機、化学プラント、海水淡水化装置向けなど主要需要分野での活況を受け、ここ数年逼迫している状況にある。日本での溶解能力は国別では世界一であったが、中国、CIS 地域(ロシア・カザフスタン・ウクライナ)の伸びも顕著であり、2008 年現在、3位に後退している。米国でも一旦撤退していた OREMET 社の再参入と需給関係にやや軟化の兆しも出てきている。我が国のスポンジチタン生産能力は、大阪チタニウムテクノロジーズ(旧住友チタニウムは 2007 年 10 月より新社名に改称)の 24,000t/年および東邦チタニウムの 16,000t/年である。

スポンジチタンの 2008 年出荷量実績は対前年比 0.8%増の 38,826t と史上最高を更新し、同時に CIS 等から 8.5 千 t 輸入している。2008 年はインゴットの生産も過去最高を更新し、前年度比 4.1%増の 26,999t を記録した(うち 3,342t は合金塊)。

酸化チタンの用途は、約 2/3 が塗料、顔料である。他の白色顔料とは比較にならない純白性と高屈折率を有しており、塗料、インキ、紙等に、また最近では、半導体や光触媒等にも使用されている。酸化チタンの需要は、1987 年より急激な伸びを示し、史上最高の生産量となって以降、大きな変動はなかった。2004 年に入り、世界の需要は中国の需要増などで 5~7%の伸びを記録したが、日本では微増の 2006 年 164 千 t、2007 年 160 千 t、2008 年 150 千トンに止まった。(表 1 参照)

表 1 酸化チタンの国内用途別出荷量

単位:t

	2006 年度	2007 年度	2008 年度
塗料	76,142	73,830	69,000
ゴム	2,008		
化繊	2,593		
インキ・顔料	36,484	35,020	34,000
合成樹脂	18,579		
製紙	11,630		
コンデンサー	1,598		
その他	15,453		
合計	164,487	160,486	149,778

出典:日本酸化チタン工業会よりヒアリング

金属チタンは、耐食性に優れ、その上、比強度が高いことから、石油および化学工業の分野では配管、塔槽類、熱交換器等の設備材に純チタンの管、板が使用され、火力および原子力発電の復水器用チューブなどには純チタンの管、板そしてタービンのブレードにはチタン合金がつかわれている。

さらに、海水淡水化プラント、航空機材料用などに使用されている。最近では、屋根などに純チタンの建築材料、自動車のエンジン部品に粉末冶金や鋳造によるチタン合金素形材や鍛造合金、二輪車の純チタンマフラー、眼鏡フレーム、腕時計、ゴルフヘッド、IT 部品、装飾品など、民生品に新しい用途が広がりつつあり、販売業者向けに純チタン板、棒など流通し始め、各種二次加工用途などに向けられている。

さらに、生体適合性や金属アレルギーなどの生体為害性に優れていることから、人工骨、人工歯根などの生体材料をはじめとする医療・福祉材料医療用材料としても使用されはじめている。

日本における金属チタンの需要は、景気の変動に左右されながらも長い目で見ると年間約 8%の伸び率で成長を続けているが、2006 年においては需要増に原料が追いつかない状況から減産を余儀なくされた。2007 年には、国内スポンジメーカーがフル操業を継続し、金属チタンの需要は堅調に推移した。2008 年には国内スポンジメーカーの増産により、スポンジチタンの供給不足は完全に解消した。

金属チタンの製品形態は、板、条、棒、管の展伸材とその加工品が大部分を占め、鋳造品や粉末冶金製品などの素形材は少量である。

展伸材の 2008 年出荷量は、対前年比 3.8%増の 19.7 千 t(前年は 19.1 千 t 内需減を輸出増でおぎなった)を記録した。(表 2、3 参照)

チタン鉱石の輸入価格推移を図 1 に示す。近年大きく値上がりしている。

表 2 日本のスポンジチタンの生産、出荷、輸入及びインゴット生産推移

		単位:t				
		2004	2005	2006	2007	2008
スポンジ	生産	23,110	30,786	37,809	38,865	38,826
	出荷	26,233	30,549	36,995	38,533	38,826
	国内	18,013	21,346	24,328	27,108	27,184
	輸出	8,220	9,203	12,667	11,425	11,642
	輸入	5,570	3,930	3,397	6,408	8,509
インゴット	生産	18,622	20,925	24,241	25,292	26,999

出典: 日本チタン協会資料、財務省通関統計

表 3 日本のチタン展伸材の出荷量推移

		単位:t				
		2004	2005	2006	2007	2008
展伸材	出荷	17,387	18,147	17,317	19,087	19,727
	国内	8,573	10,086	9,577	10,984	10,164
	輸出	8,814	8,061	7,740	8,103	9,563

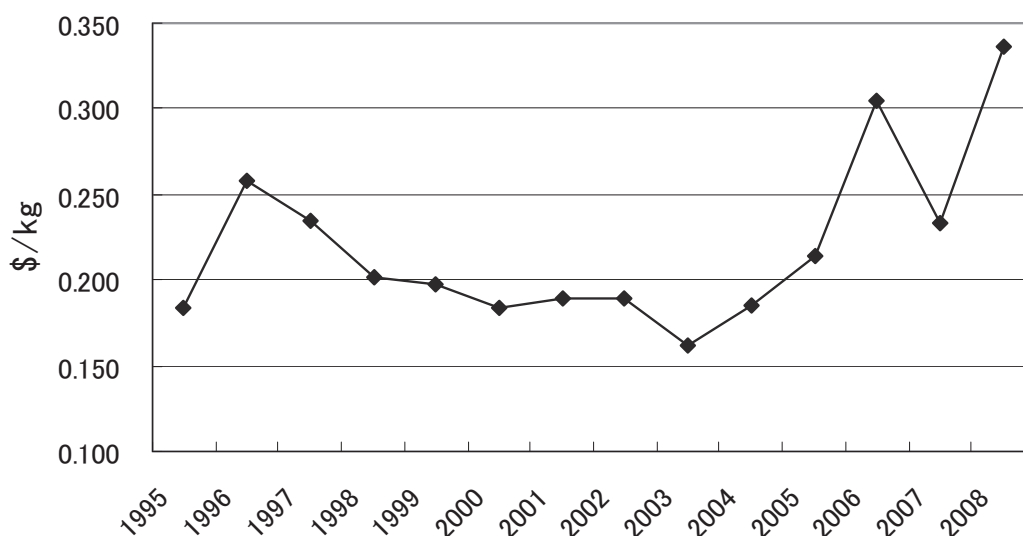


図 1 Ti 鋇輸入価格推移

中間生産物に係る我が国の主要生産者及び生産品目は次のとおりである。

表 4 中間生産物に関する主要生産者及び生産品目

主要生産者	生産品目
大阪チタニウムテクノロ ジーズ	スポンジチタン、チタンインゴット、フェロチタン、高純度チタン、チ タン粉
東邦チタニウム	スポンジチタン、チタンインゴット
神戸製鋼所	チタンインゴット、展伸材
住友金属工業	チタンインゴット、展伸材
大同特殊鋼	チタンインゴット、展伸材
三菱マテリアル	展伸材
古河ケミカルズ	酸化チタン
新日本製鐵	展伸材
JFEスチール	展伸材
愛知製鋼	展伸材
石原産業	酸化チタン、チタン化合物

出典: 各社ウェブサイト

## 24. 2 リサイクルの現状と評価

チタンの利用状況からみて塗料や顔料などで消費される酸化チタンについては、チタン純分量は金属チタンの約 10 倍であるがリサイクルの対象とはなりにくい。

リサイクルの対象となるチタンは金属チタンである。金属チタンは、アルミニウムなどと同様、エネルギー多消費型金属の一つである。従って、金属チタンのリサイクルは重要課題である。しかし、チタンの特性から非常にそのライフサイクルが長いこと、および市場規模が小さいことから、スクラップ市場としてはまだ未成熟である。

金属チタンの製造過程で生じる自家発生スクラップは、約 4 千 t 程度と推定され、その多くはインゴット再生用と鉄鋼添加用に再利用されている。ただし、合金のスクラップは、国内ではインゴット原料としての再利用は殆どされず、アメリカ等へ輸出されるか、鉄鋼添加用として再利用される。

二次加工や最終製品加工メーカーで発生するスクラップは、原則的には、素材メーカーへのリターンスクラップとして扱われているため、再利用率は高い。設備部品など応用製品として使用後に発生するスクラップについては、リサイクル率は必ずしも高くない。しかし、チタンの主要用途である各種化学プラントの場合、装置の補修やリプレースの際は素材メーカーと連携して進めることが多いことから、統計上に現れないリサイクルも多いものと推定される。苛性ソーダプラント用の純チタンに貴金属を表面処理した板や Ti-Pd 合金板の電極材のように、リース契約で使用済み電極をリサイクルして再利用している例もある。

航空機の場合、使用済みエンジンおよび機体材料の形で発生するが、中古機として発展途上国へ売却することが多いため、スクラップとなるケースは稀である。

一方、ゴルフクラブのヘッド、眼鏡のツル、時計などの民生品については、様々な形態に加工されているが、チタンが使用されはじめて日が浅いことや一品の重量が小さいなどのため、リサイクル市場を形成するまでに至っていない。

市場で発生する使用済み品については、一部、鉄鋼添加用のフェロチタン原料として再利用されているものの、ライフサイクルが長いこと、スクラップ市場に出回る量が未だ少ないことなどのため、分別リサイクルの流通システムが市場として確立されていない。中でも合金については、品質保証上の問題も加わり、使用済み品のリサイクルは極めて小規模である。

鉄鋼添加用として使用されるチタンは、添加量が微量で、分離が不可能のため、チタンのリサイクルの対象とはならず、一般の鉄のリサイクルとして扱われる。

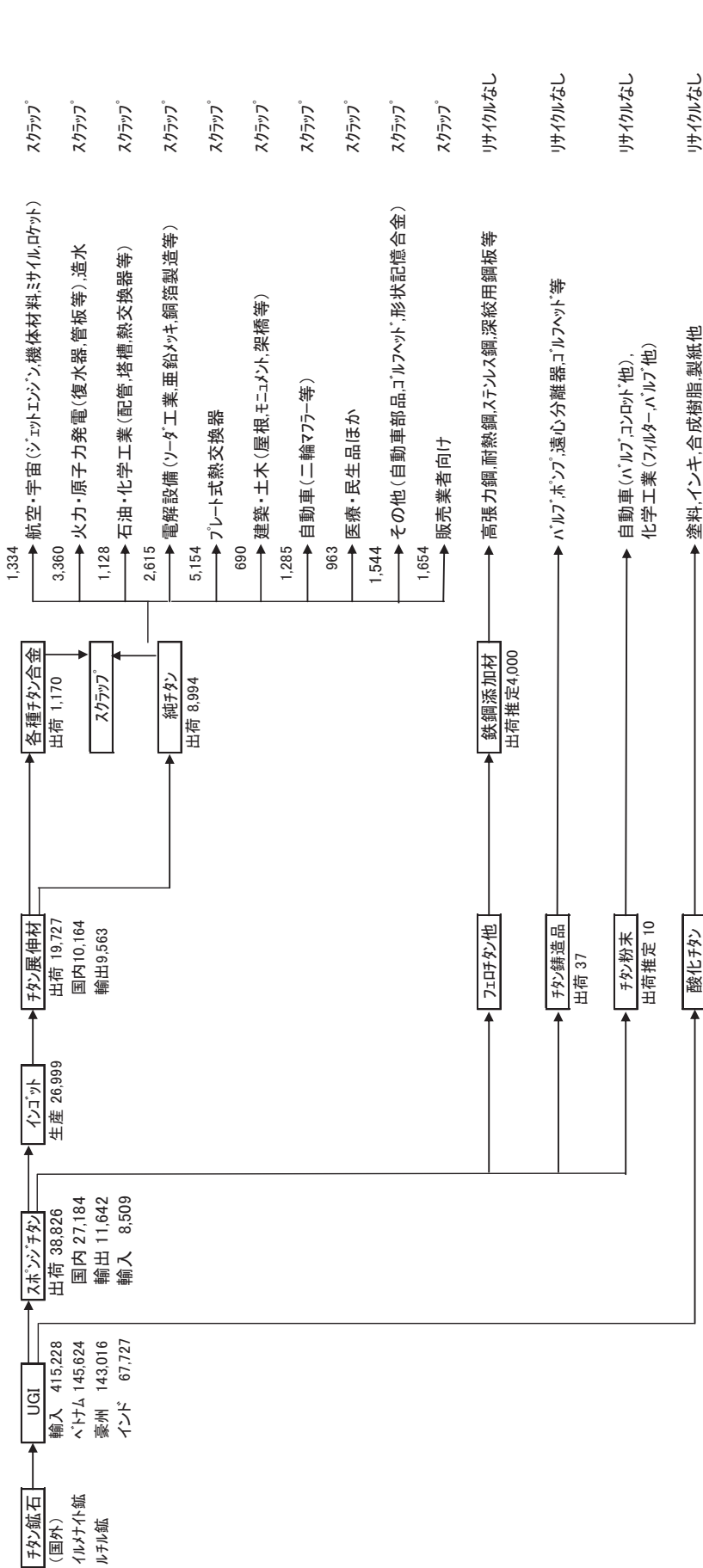
# チタン(Ti)

(2008年ベース, 単位:t, 全てマテリアル量で表示)  
( リサイクル )

( 最終製品 )

( 中間製品 )

( 原料 )



鉱石埋蔵量 (Reserves, 千トン)

イルメナイト鉱	680,000
ルチル鉱	45,000
(USGS: MCS 2009)	

純分換算比率

TiO <sub>2</sub>	55%
イルメナイト鉱	33%
ルチル鉱	58%
UGI	58%

出典:  
財務省通関統計  
(社)日本チタン協会資料  
日本酸化チタン工業会資料

## 金属チタンのリサイクルの現状

主な応用製品	利用形態	使用済み品の形態・量		リサイクル形態			リサイクル現状評価 (A~G)4)	備考5)
		形態	量1)	リサイクルの実態	リサイクル2) サイクル	リサイクル率3)		
航空機 ロケット (エンジン、機体)	各種チタン合金 (Ti-6Al-4V等)	廃エンジン		国内: 再利用 輸出: リサイクル	(10年)	0%	B, C	・スクラップの一部は再利用(鉄鋼添加)。 ・輸先(主に米国)で再溶解。 ・合金の国内リサイクルは、リサイクル市場が未成熟、品質保証問題から皆無。
	純チタン管、板、鍛造品	廃航空機			(20年)			
火力・原子力発電 (コンデンサーチューブ、タービン)	純チタン管、板、鍛造品	廃パイプ 廃装置		インゴット再生	(30年)	0%	C, G	・リサイクルのサイクルが長いため、まだ殆ど使用済み品として市場に出ない。
石油等化学工業用 (配管、塔槽類、熱交換器)	純チタン管、板	廃パイプ 廃装置		インゴット再生	20年以上	不明	C, G	・ユーザー/メーカー間の直接取引のため市場に出ないが、リサイクル率は高いと推定。
電極、電解槽	純チタン (Pd, Ru, Ta入り) 板、管	廃パイプ 廃装置		リサイクル	3~10年	70%	A, G	・一部、電解液に溶出、消耗。 ・ユーザー/メーカー間で再利用システム確立。
プレート式熱交換器	純チタン板	板		インゴット再生	5~10年	60%	A	・一部、鉄鋼添加用として再利用。
建築・土木 (屋根、外装、管)	純チタン板	板		インゴット再生	(50年以上)	0%	C, G	・リサイクルのサイクルが長いため、まだ殆ど使用済み品として市場に出ない。
その他 (民生品、流通向け等)	各種チタン合金、純チタン	各種形状		一部リサイクル	数年~半永久	不明	F, G	・用途市場が多角で未成熟が多くリサイクルの実態未掌握。
鉄鋼添加材 (高張力鋼、ステンレス鋼等)	フェロチタン、純チタン	廃鋼管 廃鋼板		鉄鋼に準じる	鉄鋼に準じる	0%	A, B	・鉄鋼の再溶解過程でチタン分は大半がスラグへ。

(注)

- 1) ()内はチタン使用量
- 2) ()内は推定リサイクル年数
- 3) ()内は推定リサイクル率

4) A:応用製品が消耗品

B:添加剤として使用

C:リサイクルの流通システムなし

F:需要開発が不十分

G:その他

D:効果的なリサイクル技術なし

E:経済性なし

F:需要開発が不十分

G:その他

5) リサイクルの実態、ホテルネットワーク等