

24 チタン (Ti)

2 4 チタン (Ti)

2 4. 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 Illmenite)があり、このほか人工的に TiO_2 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。2005 年の酸化チタンの生産量は、168 千 t である。酸化チタンの 2/3 は国内で消費され、1/3 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あるいは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、景気の変動を受けながらも長期的トレンドでは増加傾向にあり、世界シェアの約 40%である。2005 年のスポンジチタン出荷量は、対前年比 16%増の 31 千 t と史上最高を記録し、同時に CIS から 2.9 千 t 輸入している。2005 年はインゴットの生産も過去最高を更新し前年度比 16%増の 20.9 千 t を記録した。

酸化チタンの用途は、約 2/3 は塗料、顔料に向けられ、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が、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 168 千 t に止まった。(表 1 参照)

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、最も使用量の多い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ます。

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おり、2005年も史上最高の出荷量の記録を更新した。

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2005年出荷量は、対前年比4%増で、スポンジチタンと同じく史上最高の約18.1千t（内需は増、輸出は微減）を記録した。（表2、3参照）

表1 酸化チタンの国内用途別出荷量（2005年）（単位 t）

塗料	76,597
ゴム	2,167
化繊	2,275
インキ・顔料	36,657
合成樹脂	18,333
製紙	14,483
コンデンサー	1,471
その他	16,299
合計	168,282

出典：日本酸化チタン工業会資料

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(t)

		2001年	2002年	2003年	2004年	2005年
スポンジ	生産	24,906	25,199	18,923	23,110	30,786
	出荷	25,107	22,652	18,617	26,233	30,549
	国内	14,328	16,801	12,908	18,013	21,346
	輸出	10,779	5,851	5,709	8,220	9,203
	輸入	9,102	9,209	5,715	5,570	3,930
インゴット	生産	16,343	17,756	13,624	18,622	20,925

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 (t)

		2001年	2002年	2003年	2004年	2005年
展伸材	出荷	14,434	14,481	13,838	17,387	18,147
	国内	7,307	7,256	6,812	8,573	10,086
	輸出	7,127	7,225	7,026	8,814	8,061

出典：日本チタン協会資料

2.4.2 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り、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が、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。

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	サイクル2)	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	(300t)	国内：再利用 輸出：リサイクル	(10年)	0%	B, C	<ul style="list-style-type: none"> ・スラグの一部は再利用(鉄鋼添加)。 ・輸出先(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。
		廃航空機			(20年)			
火力・原子力発電 (コージェネレーション、タービン)	純チタン管、板、鍛造品	廃パイプ 廃装置	(750t)	インゴット再生	(30年)	0%	C, G	<ul style="list-style-type: none"> ・リサイクルのサイクルが長いいため、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	(1,200t)	インゴット再生	20年以上	不明	C, G	<ul style="list-style-type: none"> ・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	(500t)	リサイクル	3～10年	70%	A, G	<ul style="list-style-type: none"> ・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	(500t)	インゴット再生	5～10年	60%	A	<ul style="list-style-type: none"> ・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	(80t)	インゴット再生	(50年以上)	0%	C, G	<ul style="list-style-type: none"> ・リサイクルのサイクルが長いいため、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	(3,500t)	一部リサイクル	数年～半永久	不明	F, G	<ul style="list-style-type: none"> ・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	(4,000t)	鉄鋼に準じる	鉄鋼に準じる	0%	A, B	<ul style="list-style-type: none"> ・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

- 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、ボトルネック等