

## 24.チタン(Ti)

### 24.1 需給動向

チタンは比重が鉄の約 60%、比強度は鉄の 2 倍、アルミニウムの 6 倍であり、軽くて強いという特性を持つ金属である。チタンの主要な原料はルチル鉱石とイルメナイト鉱石、この他人工的に TiO<sub>2</sub> 分を濃縮処理した合成ルチル(別名:Up Grade Ilmenite(UGI))及びチタンスラグがある。合成ルチル(UGI)はピーチャー法、ベネライト法などの湿式法により製造され、イルメナイトから酸などにより選択的に鉄分を抽出することでTiO<sub>2</sub>の品位を高めるものである。合成ルチルのTiO<sub>2</sub>品位は90~95%まで高められる。チタンスラグは乾式法である高チタンスラグ法により製造される。イルメナイトを電気炉で還元剤の炭素及び造滓剤を加えて熔融し、TiO<sub>2</sub>は80~95%まで高められる。

日本はチタン原料を全て輸入しており、約 7%が金属チタン、90%以上が酸化チタンとして多くの分野で使用されている。世界の鉱石生産量は表1に示す通りで、イルメナイトはオーストラリア、南アフリカ、カナダ、中国の4国で全体の約6割を占める。ルチルについてもオーストラリアの生産が最も多く、次いで南アフリカ、シエラレオネと続く。

表1 チタンの鉱石生産量

単位:純分千t

		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2011比	11/05比
イルメナイト	米国	300	300	300	200	200	200	300	5%	100%
	オーストラリア	1,180	1,330	1,400	1,320	1,020	991	900	2432%	76%
	ブラジル	130	130	127	54	43	45	45	1%	35%
	カナダ	731	791	816	850	650	754	700	12%	96%
	中国	450	500	550	600	500	550	500	8%	111%
	インド	297	313	378	432	420	540	550	9%	185%
	マダガスカル	-	-	-	-	47	172	280	5%	-
	モザンビーク	-	-	14	197	283	407	510	9%	-
	ノルウェー	381	380	377	410	302	300	300	5%	79%
	南アフリカ	867	1,050	1,100	1,050	1,050	952	1,030	17%	119%
	スリランカ					30	32	60	1%	-
	ウクライナ	218	273	290	300	300	300	300	5%	138%
	ベトナム	95	230	254	330	412	485	490	8%	516%
	その他	136	108	115	55	34	37	37	1%	27%
	合計	4,800	5,400	5,720	5,800	5,300	5,800	6,000	100%	125%
ルチル	米国	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	オーストラリア	163	207	297	309	266	361	400	57%	245%
	ブラジル	3	3	3	2	3	3	3	0%	100%
	インド	18	18	20	20	20	24	24	3%	133%
	マダガスカル	-	-	-	-	2	5	8	1%	-
	モザンビーク	-	-	-	6	2	2	6	1%	-
	シエラレオネ	-	13	79	75	61	65	60	9%	-
	南アフリカ	105	117	108	121	127	145	131	19%	125%
	スリランカ	-	-	-	-	11	2	2	0%	-
	ウクライナ	57	57	57	57	57	57	57	8%	100%
	合計	351	415	564	590	550	670	700	100%	199%

出典:USGS

注1)米国のイルメナイト鉱石生産量にはルチルを含む。

輸入されたチタン鉱石及び UGI から酸化チタンが製造され、金属チタンは中間原料であるスポンジチタンを経てインゴット、チタン鑄造品、チタン粉末、フェロチタン等に加工されている。表2に世界の酸化チタンの生産能力を示す。USGSの統計によれば、世界全体の生産能力は655万tとなっている。

表2 酸化チタンの生産能力

単位: 純分千t

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
アメリカ	1,580	1,580	1,580	1,580	1,480	1,480	1,470
オーストラリア	241	241	241	241	241	281	281
ベルギー	74	74	74	74	74	74	74
カナダ	90	90	90	90	90	90	90
中国	500	500	500	900	1,100	1,100	2,000
フィンランド	130	130	130	130	130	130	130
フランス	225	225	225	125	125	125	125
ドイツ	440	440	440	440	440	440	440
イタリア	80	80	80	80	80	80	80
日本	317	317	317	317	309	309	309
カザフスタン	1	1	1	1	1	1	1
メキシコ	125	125	125	125	130	130	130
ロシア	20	20	20	20	20	20	20
スペイン	80	80	80	80	80	80	80
ウクライナ	120	120	120	120	120	120	120
英国	290	290	290	290	300	300	300
その他	670	670	670	670	900	900	900
合計	5,000	5,000	5,000	5,280	5,620	5,660	6,550

出典: USGS

スポンジチタンは製錬された後の形状が海綿状であることから称されており、クロール法で生産される。クロール法では、UGI 等の原料を塩素ガスと反応させて四塩化チタンとし、次に溶融した金属マグネシウムと反応させて金属チタンを還元分離する。また、大部分のスポンジチタン及びチタンスクラップは、真空アーク溶解(VAR)、電子ビーム溶解法(PBR)によって溶解され、インゴットとなる。

我が国のスポンジチタンの溶解能力はかつて世界一であったが、近年では顕著な伸びを示す中国、CIS 地域(ロシア・カザフスタン・ウクライナ)に抜かれ、3 位に位置している。国内のスポンジ 2 社の生産能力は、大阪チタニウムテクノロジーズが 38,000t/年、東邦チタニウムが 28,000t/年となっている。

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、鋳造品や粉末冶金生品などの素形材は少量である。近年では軽くて強いという特性を生かし用途が拡大している。純チタンはその高い耐食性から、石油及び化学工業分野の設備材、建築材料に使用され、チタン合金は軽量で高強度であることから高圧コンプレッサー、海水淡水化プラント、航空機材料に使用される。このほか、人工骨、人工歯根などの生態材料をはじめとする医療・福祉材料、医療用材料、眼鏡フレームや腕時計、IT 部品などの民生品に用途が拡大している。

表3 世界のスポンジチタン生産、展伸材出荷量推移

単位: 純分t

		2005	2006	2007	2008	2009	2010
スポンジチタン 生産	アメリカ	8,000	9,000	14,000	17,000	8,700	10,000
	日本	31,000	37,000	38,500	39,000	25,000	36,000
	ロシア	27,000	27,000	32,000	35,500	22,600	25,600
	ウクライナ	-	9,000	9,742	9,930	7,000	10,000
	カザフスタン	18,000	25,000	25,000	23,000	17,000	14,000
	中国他	5,500	13,200	45,200	49,632	40,785	57,770
	計	89,500	120,200	164,442	174,062	121,085	153,370
展伸材出荷量	アメリカ	23800	30,200	33,200	34,800	-	-
	日本	18,147	17,317	19,087	19,727	11,999	13,783
	中国	10,126	13,879	23,640	27,737	24,965	38,323
	EU	9,000	10,000	11,000	10,000	-	-
	ロシア	20,730	23,700	27,540	25,620	-	-
	計	88,903	100,996	119,467	122,784	-	-

出典: 日本チタン協会、工業レアメタルNo.127

## 24.2 輸出入動向

表4 にチタンの輸出入動向を示す。2009年のスポンジチタンの輸出は、世界的な金融危機による景気後退の影響を受け、航空機や化学プラントなどの生産計画の見直しが相次いだことから需要が急減。2010年には化学プラント、海水淡水化装置向けや民生用途の市場が好調であったことから、2006年の輸出量を上回っている。展伸材の輸出は、発電所建設が多かった中国向けが牽引し、前年から10.6%増の1万228tとなった。このうち中国は3,962tで39%をしめる。輸入は20.6%減の1,061tと減少している。

表4 チタンの輸出入

単位: 純分t

			2005	2006	2007	2008	2009	2010
原料・半製品	鉍石	輸入	183,527	150,120	124,386	149,482	87,558	117,089
		輸出	30	35	28	17	2	3
	くず	輸入	647	784	971	686	104	472
		輸出	5,407	4,192	3,913	3,948	1,953	2,412
	塊および粉	輸入	3,929	3,397	6,461	8,509	2,168	2,977
		輸出	9,242	12,470	11,289	11,181	9,314	14,974
	塊以外	輸入	0	0	0	0	0	0
		輸出	246	165	173	129	27	25
	製品	輸入	1,348	1,556	2,022	3,091	1,337	1,061
		輸出	10,335	9,890	10,343	12,765	9,246	10,228
小計	輸入	189,451	155,857	133,840	161,768	91,167	121,599	
	輸出	25,260	26,752	25,746	28,040	20,542	27,642	
	輸入-輸出	164,191	129,105	108,094	133,728	70,625	93,957	
顔料	酸化チタン	輸入	7,724	8,926	9,454	8,248	8,089	11,389
		輸出	15,537	15,538	18,557	14,249	11,508	12,271
	チタン顔料	輸入	34,593	35,497	36,374	37,415	33,261	40,634
		輸出	43,666	44,159	44,608	38,240	29,889	43,868
	小計	輸入	42,317	44,423	45,828	45,662	41,351	52,023
		輸出	59,204	59,697	63,165	52,489	41,397	56,139
輸入-輸出	-16,887	-15,274	-17,337	-6,827	-46	-4,116		
合計	輸入	231,768	200,280	179,668	207,431	132,518	173,623	
	輸出	84,464	86,449	88,911	80,529	61,939	83,781	
	輸入-輸出	147,304	113,831	90,757	126,901	70,579	89,841	

出典: 財務省貿易統計

換算率: Ti鉍石36%、Ti酸化物59%、金属チタン100%

注) 塊及び粉は主にスポンジチタンとみられ、一部インゴットが含まれる。

### 24.3 価格動向

表 5、図 1～3 にチタンの輸出入価格を示す。塊及び粉についてはスポンジチタンが大半を占めているとみられるが、2005 年を境に価格が上昇し、2008 年以降は続落している。国内のスポンジメーカー2社は、海外のチタン展伸材メーカーと価格交渉を行い、年間契約価格を決定する。輸出価格はこの価格決定により変動しているものとみられる。また、この価格が国内価格のベースとして用いられている。チタン製品に分類されているのは主に展伸材であり、これについても 2009 年から続落している。展伸材の価格は、原料であるスポンジやインゴットの価格に影響を受け変動している。

表5 チタンの輸出入価格

単位:特記以外\$/t

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
鉱石	輸入	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.4	0.4
	輸出	2.9	2.8	2.6	2.8	3.0	2.9	3.1	2.9	3.3	3.3	3.9
酸化チタン	輸入	1.4	1.4	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	2.1	2.1	2.1
	輸出	2.0	1.8	1.6	1.8	1.8	1.9	1.5	1.8	2.2	2.4	2.6
チタン顔料	輸入	2.2	2.1	1.8	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.6	2.7	2.9
	輸出	6.3	7.0	7.8	7.3	8.0	11.3	19.6	20.0	18.5	13.3	9.7
塊および粉	輸入	7.7	7.4	7.2	6.8	6.9	10.0	12.0	13.8	14.2	11.7	10.3
	輸出	4.8	4.3	13.2	31.5	37.7	23.2	41.5	43.7	48.2	126.7	115.3
塊以外製品	輸入	46.7	42.2	36.8	43.9	60.0	70.1	94.6	100.4	78.0	81.9	86.1
	輸出	27.8	24.0	23.2	24.6	25.8	30.7	41.2	47.3	48.3	47.8	39.8
くず	輸出	-	-	2.6	3.1	5.6	12.4	13.9	7.6	5.7	2.9	6.2
	輸入	-	-	5.1	5.1	7.7	19.5	16.4	11.6	10.6	9.9	5.4

出典:財務省貿易通関統計

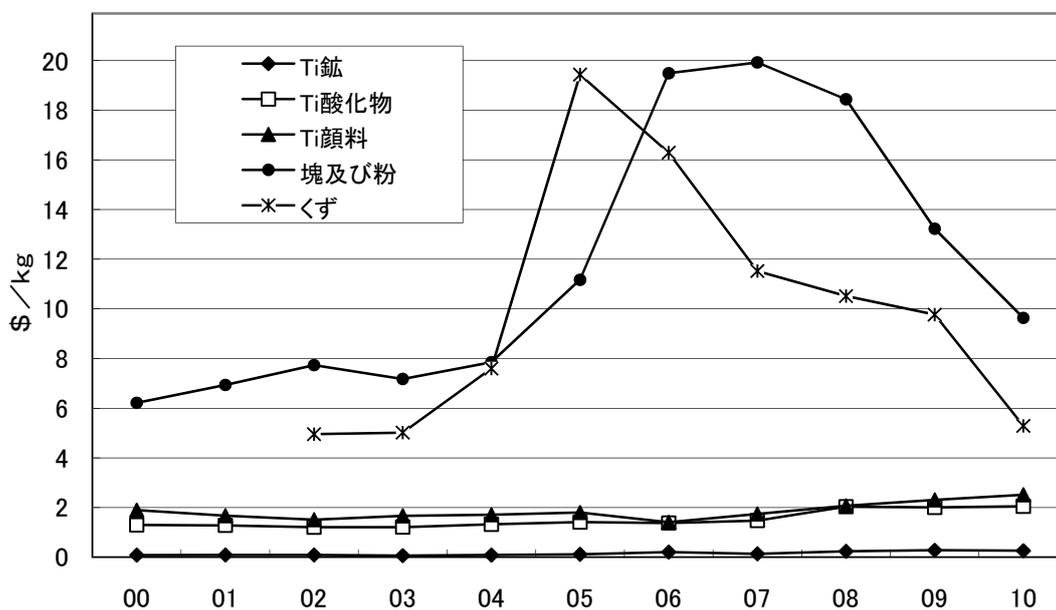


図1 Ti原料、中間製品の輸入価格

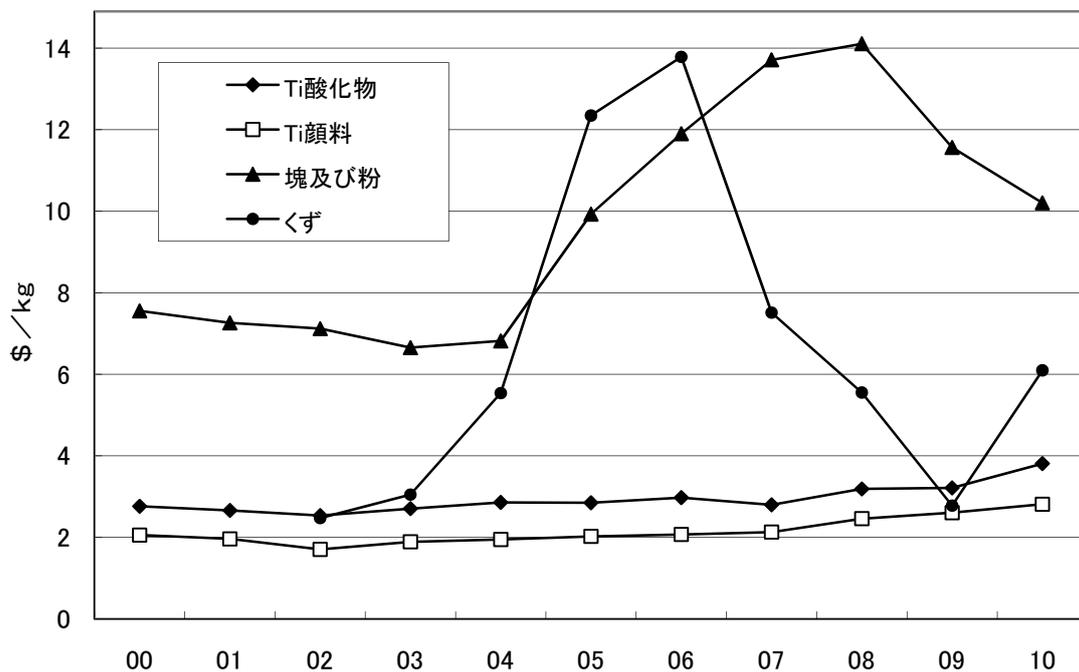


図2 Ti原料、中間製品の輸出価格

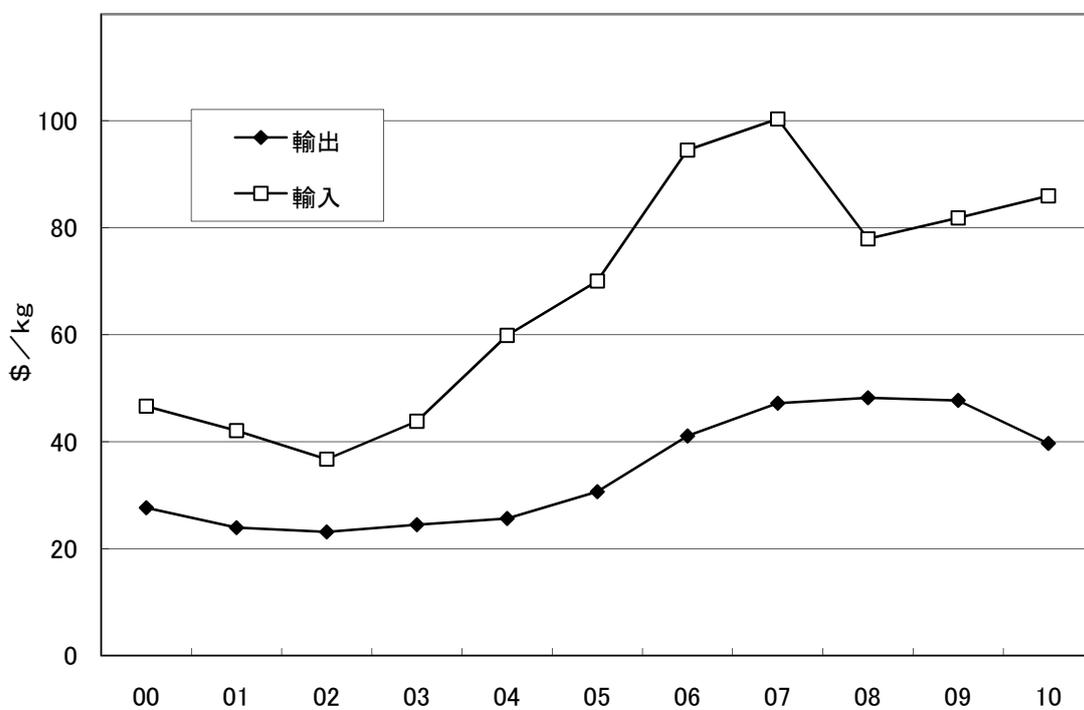


図3 Ti製品の輸出入価格

## 24.4 国内市場

チタンの国内需給を表6に示す。酸化チタンは、用途の3分の2が塗料、顔料であり、その他にはインキ、製紙、半導体や光触媒等に使用されている。酸化チタンの2010年の国内出荷量は、金融危機の影響を受け落ち込んでいた2009年から回復に転じ、前年比7%の増加。展伸材は輸出向けの好調を背景に前年比9%増となったが、2008年の4割程度に落ち込んでいる。表7にはスポンジチタンの出荷動向を示す。2010年は輸出を中心に増加し2万t台となり、前年から47%の大幅増となった。

表6 チタンの国内需給

単位: 純分t

		2005	2006	2007	2008	2009	2010
供給	鉱石輸入	183,527	150,120	124,386	149,482	87,558	117,089
	くず輸入	647	784	971	686	104	472
	半製品輸入	183,527	150,120	124,386	149,482	87,558	117,089
	うち塊および粉	3,929	3,397	6,461	8,509	2,168	2,977
	うち製品	1,348	1,556	2,022	3,091	1,337	1,061
	うち酸化チタン	7,724	8,926	9,454	8,248	8,089	11,389
	うちチタン顔料	34,593	35,497	36,374	37,415	33,261	40,634
	合計	367,701	301,024	249,743	299,650	175,220	234,651
需要	国内消費	178,368	174,064	171,470	159,942	114,350	122,666
	うち展伸材	10,086	9,577	10,984	10,164	4,194	4,588
	うち酸化チタン	168,282	164,487	160,486	149,778	110,156	118,078
	輸出	69,539	69,587	73,508	65,254	50,643	66,367
	うち製品	10,335	9,890	10,343	12,765	9,246	10,228
	うち酸化チタン	15,537	15,538	18,557	14,249	11,508	12,271
	うちチタン顔料	43,666	44,159	44,608	38,240	29,889	43,868
	合計	247,907	243,651	244,978	225,196	164,993	189,033
需要－供給	-119,794	-57,373	-4,765	-74,454	-10,227	-45,617	

出典: 財務省貿易統計、工業レアメタルNo.127

換算率: Ti鉱石36%、Ti酸化物59%、金属チタン100%

表7 スポンジチタンの国内出荷量推移

単位: 純分t

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
国内出荷量	21,346	24,328	27,108	27,184	15,686	23,026

出典: 日本チタン協会

## 24.5 国内主要生産者・海外投資

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通りである。

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
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
堺化学工業	酸化チタン
チタン工業	酸化チタン
テイカ	酸化チタン
富士チタン工業	酸化チタン
古河ケミカルズ	酸化チタン

出典：各社ウェブサイト

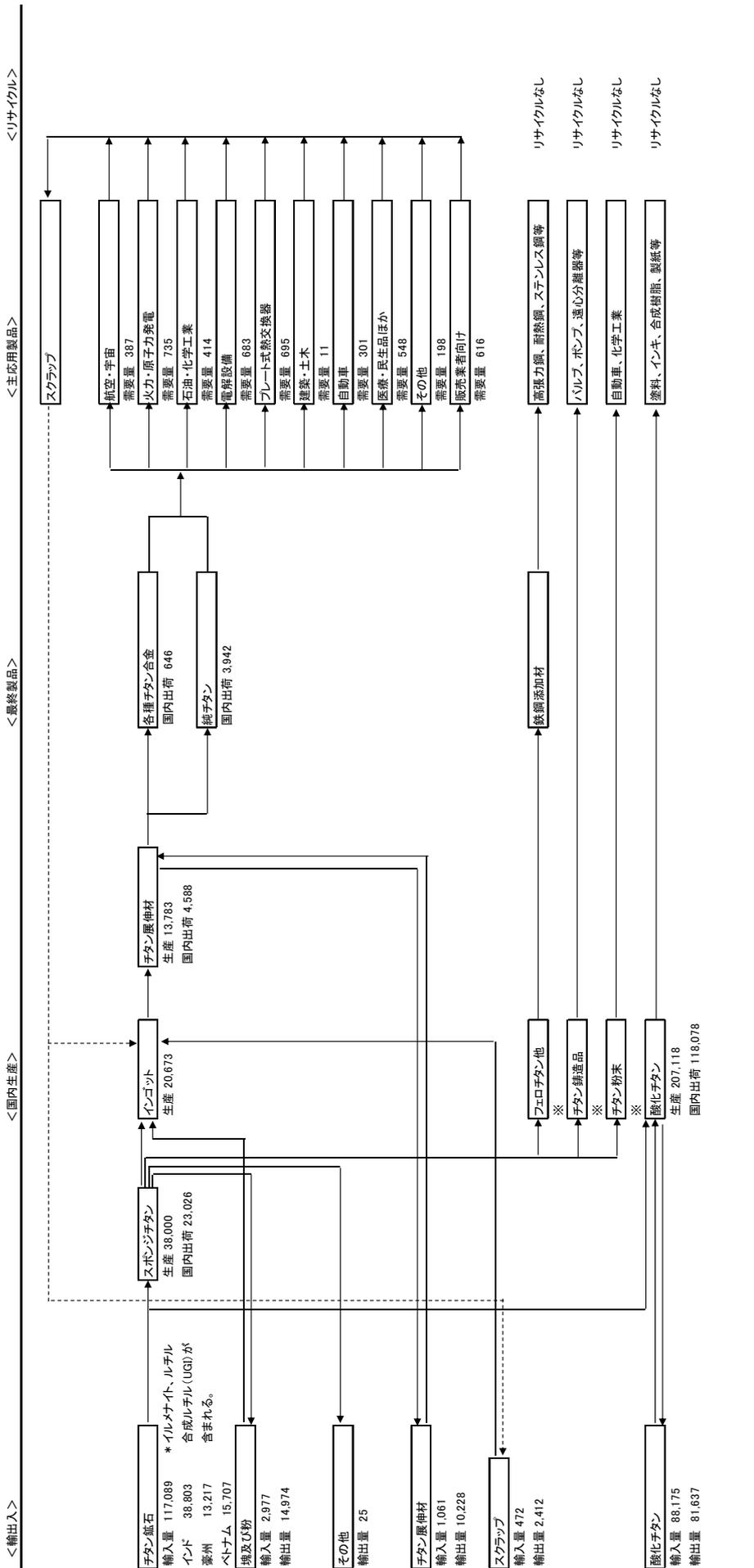
## 24.6 リサイクルの現状と評価

酸化チタンはチタン純分が金属チタンの約 10 倍であるが、塗料や顔料などで消費されるため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のは金属チタンであり、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、チタンの特性の一つでもあるライフサイクルの長さや、小規模な市場規模から、スクラップ市場としては未成熟である。

金属チタンの製造工程内で生じる自家発生スクラップは、年間約 4 千t程度と推測され、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。但し、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、米国等へ輸出されるか、鉄鋼添加用として再利用されている。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再利用している例もある。

また、航空機の場合、使用済みエンジン及び機体材量の形で発生するが、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 1 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。市場で発生するスクラップについては、一部が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まだ少ないこと等のため、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、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、一般の鉄リサイクルとして扱われる。

チタン(Ti)のマテリアルフロー(2010)



出典：財務省貿易通関統計、(社)日本チタン協会資料、日本酸化チタン工業会資料  
 鉱石埋蔵量(Reserves,千トン)：イルメナイト-鉱650,000、ルチル鉱42,000(USGS/MGS2012)  
 純分換算率：鉱石36%、酸化物59%、金属チタン100%  
 ※インゴット生産からチタン展伸材生産を差し引いた約7,000tがこれらに振り向けられていると考えられる。

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		国内:再利用 輸出:リサイクル	(10年)	0%	B,C	・スラッグの一部は再利用(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。
		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。
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		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。
		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。
電極,電解槽	純チタン (Pd,Ru,Ta入り) 板,管	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。
		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。
プレート式熱交換器	各種チタン合金,純チタン	各種形状		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ッグへ。
		鉄鋼添加材 (高張力鋼,ステンレス鋼等)						

(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