論 説

金属チタンの生い立ちとこれから

安 田 卓 司*

History, Application and Future Technology of Titanium

Takuji Yasuda

Synopsis

Not more than forty years have passed since the production of titanium was industrialized.

Titanium has been increasing its importance as one of most indispensable materials in broader fields of demand, not only because it is light and strong, but also because it is superior in corrosion resistance.

The history, the development of application and technology for future with regard to titanium are described.

1. チタンの起源

チタンの発見は18世紀末、イギリスのウィリアム・グレイガーが海岸で採取した磁性のある黒色の砂の中に新しい金属の存在を発見したことに始まり、メカナン海岸の名にちなんでメカナイトと名付けられた。今日のイルメナイト (FeTiO_3) である。また1795年にドイツの化学者クラプロートはルチール鉱 (TiO_2) を分析し、これが特異な性質を持つ金属の酸化物であることを見いだした。この新しい金属はギリシャ神話のタイタン (TITAN, 巨人) の名にちなんで TITANIUM (チタン) と命名された。チタンの始まりである。しかしグレイガーもクラプロートもチタンの酸化物を鉱砂の中から抽出しただけにとどまり金属チ

タンとして取り出すことに成功したわけではなかった。チタンは空気中の酸素や窒素などと結合力が強く純粋なものを抽出することは困難なことであった。1910年アメリカの化学者ハンターは四塩化チタン (TiCl_4) を金属ナトリウムで還元してチタンを製錬する方法に成功した。その製法は「ナトリウム還元法」または「ハンター法¹⁾」と呼ばれ、これによって金属チタンがこの世に初めて誕生することになった。ついで1946年ルクセンブルグの冶金学者クロールが四塩化チタン (TiCl_4) をマグネシウムで還元してスポンジ状のチタンを作ること成功、これは「マグネシウム還元法」または「クロール法¹⁾」と呼ばれている製法で今日のスポンジチタン製錬において多く採用されている。

2. チタンの資源

チタンは地殻中の実用金属としては Al, Fe, Mg に次いで第4位を占める豊富に存在する元素である。現在採掘しているチタン鉱床は主として

1988年10月21日 受付

*大同特殊鋼㈱チタン事業部長

ブラジル、インド、カナダ、ノルウェー、南アフリカ、オーストラリア²⁾などにある。チタンの鉱物資源として広く利用されているのはルチル(TiO_2)とイルナイト(FeTiO_3)でルチルが最も多く産出されている国はオーストラリアついで、ノルウェーの順である。この他にもアナターゼやイルメナイトの変成品のリウコクシンなどがあり豊富に存在している。

3. チタンの特性と用途

チタンは軽くてしかも耐食性に優れた特性を持っている。さらに極低温性、生体適合性に加え他の金属との合金化により超電導性、形状記憶性、水素吸蔵性などの特性をあげることができる。比重は4.51で銅、ニッケルの2分の1、鋼の約6割である。比強度はステンレス鋼や普通鋼を上まわりアルミニウムの約3倍である。またチタン合金は特殊鋼と同等の強さをもち約500℃前後の高温でもその性質はほとんど変わらない。さらに耐食性ではステンレス鋼に比較して多くの場合極めて優れており特に海水に対する耐食性は白金に匹敵する。チタンは上記の特性からプラント用各種機器類の耐食材料をはじめ発電設備復水器、海水淡

水化装置など熱交換器材料の機体、宇宙航空機の機体、エンジン部品などに幅広く使用され各分野で不可欠な素材となっている。また最近では屋根や内外装用の建材、医療機器、レジャー用品、装身具などにも用途が広がり今後はさらに自動車、海洋、土木用にも需要拡大が期待される。チタン特性から見たチタン用途を図1³⁾に示す。

4. スポンジチタンの現状

現在世界でスポンジチタンを製造している国は、自由圏では日米英の3ヶ国であり共産圏ではソ連中国の2ヶ国計5ヶ国である。日本のスポンジチタン生産能力は、全世界の生産能力約11万tの4分の1強、自由圏の2分の1に当り米国とほぼ匹敵しており、日本のスポンジチタン産業の世界市場における役割は品質の優秀性とあいまってますます高まっている。表1に最近のスポンジチタンの生産能力と生産量を示す。製造法としては、クロール法が主流で一体化大型化しているが鉄、アルミニウムに比較していま一つ需要が伸びないのはコストが高く製錬法の改善、低コスト製錬法の開発などが強く望まれている。

表1 最近の世界のスポンジチタンの生産能力と生産量(昭和62年)

(単位：M.T./年)

国名	メーカ名	還元方法	生産能力	生産量
日本	大阪チタニウム製造㈱	Mg	15 600	
	東邦チタニウム㈱	Mg	12 000	
	昭和タイタニウム㈱	Mg	2 400	
	日本曹達㈱	Na	(休止)	
	小 計		30 000	13 800
米国	T I M E T	Mg	12 700	
	R M I	Na	8 600	
	O R E M E T	Mg	4 100	
	I T I	Mg	—	
	小 計		25 400	17 900
英国	DEESIDE TITANIUM	Na	5 000	1 000
	自由圏 合計		60 400	32 700
ソ連			48 000	—
中国			3 000	—
	世 界 合 計		111 400	—

Mg：クロール法，Na：ハンター法

図1 チタンの用途と特性

5. チタン展伸材の現状

日本，米国，ECにおける昭和62年の展伸材の生産量と分野別使用比率を図2に示す。日本の展伸材の生産はスポンジチタンの製造開始に続いて昭和30年に開始され世界的に見ても早くから工業化された。しかし航空機用途を中心に発展してきた欧米と異なり，我が国は航空機産業が壊滅的な状態にあったため需要開拓は化学，石油精製など耐食材料にはじまり，ソーダ電解の電極材，発電

設備用の復水器や中近東の海水淡水化装置用伝熱管などが着実に伸び，また最近は航空機産業の成長に伴い機体並びにエンジン部品材料としても増加してきた。インゴットの製造面では1954年頃VAR溶解の工業化が成功し，最近になって低コスト化大型炉，日本では15トン，アメリカでは25トン炉も出現し，またスクラップリサイクルを目的としたEB炉^{4),5)}，プラズマ炉^{6),7)}が工業化した。主な炉の構造を図3に示す。さらに原価を下げるために新溶解技術の開発（大塊スクラップリサイク

図2 自由世界における展伸材の輸出入バランスと用途別需要量（推定）について

ル炉、電磁溶解法など）が要望される。

圧延、製管、鍛造、二次加工は鉄鋼、銅、ニッケルなどの設備及びその改善による高能率生産化によりコストダウンされてきた。またピレット製造面での加工性の悪いチタン合金では高速四面鍛造機（GFM）の出現、製品での歩留り向上策としてニアネット恒温鍛造技術⁸⁾、HIP との組み合わせの精密鑄造技術⁹⁾などが注目される。

6. チタン産業の課題と展望

現在のチタンの需要量はまだ鉄鋼の1%にも満たない状態で21世紀へ向けて需要拡大を図るためには

- (1) 低コスト化のプロセス開発
- (2) 他金属との組み合わせによる複合材料開発とその応用
- (3) 革新的成形加工技術（恒温鍛造、超塑性加工、拡散接合、粉末冶金など）
- (4) 高性能材料開発（耐摩耗材、900℃以上の耐熱材、快削材など）

などが主要課題である。

前述したごとく我が国のチタン産業は空よりむしろ陸の分野を中心に発展してきた。チタンの需要は陸の分野のみならず空に海にその規模はますます広がりを見せるだろう。航空宇宙産業の発展により新オリエントエクスプレスやスペースプレーン構想、深海艇をはじめ大陸棚開発、その他人工島、ウォーターフロント、海洋開発関係など最先端分野には不可欠の金属材料として重要性がますます高まると共に品質に対する要求性能も一段と高度化を加えると思われる。この他形状記憶合金⁹⁾、水素吸蔵合金⁹⁾、超電導材料^{9),10)}などとしての利用もまた発展が大いに期待される。

(文 献)

- 1) 木村啓造：金属チタンとその応用(1983), 6
〔日刊工業新聞社〕
- 2) チタニウム協会：チタンの世界〔チタニウム協会〕
- 3) 通商産業省基礎産業局：メタル・インダスト

(1) 現状の一般の溶解法

(2) すでに稼動している新溶解炉

水冷平床・るつば型EB炉の模式図
(A. JOHNSON社)

(3) 今後開発が予測される溶解炉

プラズマ・コールドハース溶解炉

図3 チタン溶解炉

- リー'88 (1988) [通産資料調査会]
- 4) W.E.Herman and V.K.Forsberg: 1986 International Conference on Titanium Products and Applications, 2 (1986), 904 [TDA]
- 5) H.R.Harker and C.H.Entrekin: 1986 International Conference on Titanium Products and Applications, 2 (1986), 939 [TDA]
- 6) S.Stocks and D.Hiatt: 1986 International Conference on Titanium Products and Applications, 2 (1986), 918 [TDA]
- 7) T.Yajima and O.Tamari: 1986 International Conference on Titanium Products and Applications, 2 (1986), 985 [TDA]
- 8) 草道英武: 金属, 57 (1987) 2, 2
- 9) 和泉 修: 金属チタンとその応用 (1983), 71 [日刊工業新聞社]
- 10) 草道英武: 鉄と鋼, 72 (1986), 538