

金属チタン(Ti)の創世紀

草道英武(理博)

元 神戸製鋼理事

Genesis of Titanium Development in Japan

Dr. Hidetake Kusamichi

1. チタン(Ti)研究の始まり

1790年(寛政2年)英国オックスフォード大学出身の若い牧師グレガー(R. W. Gregor)は教会近くの海岸で採取した砂の中に新元素のあることを発見した。

その5年後の1795年ナポレオン世時代、ベルリン士官学校教官をしたこともあり、ウランの発見などで有名な化学者クラポロート(M. H. Klaproth)がルチル鉱を分析して新元素を発見し、その後ギリシャ神話の巨人の神の名をとって【Titan】と命名した。

グレガーとクラポロートの発見した新しい元素は実は同一のものであったが、その後は世界的にTitanの名が普及し、英語では(Titanium)、日本ではチタニウム、タイタニウム、チタンなどと呼称され、学会でも一時期混乱したこともあった。神戸製鋼では文部省制定の学術用語集にしたがい、社内的に「チタン」を正式名として使用することとなった(1964年)。社内統一後は日本金属学会、さらに日本鉄鋼協会にも提案した結果、現在、学会ではチタンに統一して呼称するようになっている。

(社)チタニウム協会は1994年以降は「(社)日本チタン協会」と改称されているが、歴代会長の指導のもとで世界の業界の発展に寄与しつつあることは衆知のとおりである。

砂鉄は日本に無尽蔵にある鉄とチタンの資源である。1930年、本多光太郎・東北大学金属材料研究所長は砂鉄研究部を創設。恩師・岩瀬慶三教授が部長に就任され砂鉄の研究が金研で始まった。

1937年、熔融塩電解による[金属チタンの製造研究]が実施されたことはその著書【砂鉄の研究】に記載されている。しかし残念ながら金属チタンの採取は不成功であった。

同時期にドイツではクロール博士(W. J. Kroll)が、
$$\text{TiCl}_4 + 2\text{Ca} = \text{Ti} + 2\text{CaCl}_2$$
の化学反応を高温ステンレス製の真空容器中でおこない、後にCaをMgに切り替え、1回わずか3ポンド(1.36kg)の可鍛性チタンの製錬採取に成功した。

1942年、米国鉱山局のディーン博士(Dr. R. S. Dean)はSalt Lake Cityでクロール法による金属チタンの製造研究を開始し、これが現在の金属チタン産業発展の基礎となった。

2. 神戸製鋼のチタン研究

戦後、いち早く米国のチタン産業の勃興を知り、青森県浜代鉱区の砂鉄からチタンを取出し、これを輸出して外貨を獲得しようと考えたのは、当時GHQから追放中

の神鋼(第6・8代)社長(故)浅田長平その人であった。

チタンは資源豊富で軽くて強く耐食性にも優れ、米国では軍用航空機や兵器用に急速に開発が進んでいた。

1949年(昭和24年)11月26日、神鋼、京都大学、大阪大学、(株)新日本金属化学(後に太陽産業(株)・現在の太陽鉱工(株))は産学共同研究を開始し、第1回『稀元素研究委員会』が神鋼本社で開催された。これが日本で本格的にチタンの研究に着手した最初の試みである。

まだ日本ではチタンの姿を誰も見ていないとき、当時の浅田社長の提唱で始まった研究会には早くチタンを見たいという出席者全員の願いが溢れていた。研究テーマの分担で紛争したが浅田社長の一喝で分担が決まった。提案者・京都大学冶金学教室の(故)西村秀雄・(故)久島亥三雄先生はクロール法、大阪大学物理学教室(故)浅田常三郎先生はヨード法、神鋼(故)高尾善一郎研究部長(後に神鋼および大阪チタニウム製造(株)取締役)・(故)高橋孝吉技術課長(後に神鋼第13代社長・チタニウム協会理事長)は熔融塩電解法とし、皆で協力してかかれとの命令であった。

一番末席にいて町永三郎第7代社長、西村秀雄先生を初め諸先生・諸先輩の顔を見ていた筆者は、この活気に満ちたチタン研究会は必ず成功すると確信した。

1950年11月8日、日本で初めてのクロール法スポンジチタンの製造実験に京都大学(森山徐一郎名誉教授、(故)亀井清関西大学名誉教授など)が成功した。非常に苦しい戦後の経済状況の下でのこの研究の成功は、日本の産業界、学会に大きな希望と夢を与えた。

ただちに神鋼は京都大学と同じクロール法製錬装置を、神鋼旧中央研究所の前身である大石研究室に設置し、生産したスポンジチタンを粉砕酸洗し、当時はまだ金属チタンの溶解炉がなかった時代なので約8×8×80mmの角棒に真空焼結し可鍛性を調査した。

その際、日本最初のチタン製果物ナイフを試作したが海外でも評判が非常に良かったと(故)居長龍太郎造機部長(後に常務)からお褒めいただいたことを今も覚えている。

その後神鋼のクロール法の工業化については通商産業省の指針にしたがって中止し、大阪チタニウム製造(株)に協力することとし、以後は後述のとおりチタンおよびチタン合金の溶解加工の工業化研究に専念した。

当時発展しつつあった合成繊維とともにチタンを戦後の新産業として発展させたいとの考えは国の産業育成方針となり、通産省から1951年~1958年、多額のチタン工業化試験、応用研究補助金が合計33の会社、大学、研究所に交付され、戦後の日本に画期的なチタン・プー

ムをもたらした。

神鋼は1953年に通産省から最高額の1700万円を交付され、チタンの新溶解法の研究と工業化を推進した。

3. クロール博士の神鋼指導

1952年、林立状態のチタン製造会社をまとめチタニウム懇話会が発足し(故)中川路貞次大阪チタニウム製造協社長が理事長に就任された。1953年、チタニウム懇話会は通産省の斡旋で米国鉱山局顧問のクロール博士を招聘した。

神鋼は同年5月13日、大石研究室で親しくクロール博士の直接指導を受け、操業中の高周波真空溶解炉と非消耗電極式(炭素電極)真空アーク溶解炉の運転状況を見ていただいた(写真1)。その結果、当時鉱山局でZr用に開発研究中の消耗電極式真空アーク再溶解炉を検討するよう勧告があり、ギルバート技師を住友金属工業(株)と協議して招聘した。

ギルバート技師は消耗電極式真空アーク再溶解法の全貌を詳細説明、これによって住金と神鋼は早期に新溶解法によるチタンの工業化に成功した。

4.(故)ギルバート技師のこと

クロール博士とギルバート技師の指導で日本のチタン産業はその製造技術の基礎を固め、将来の大発展に夢を膨らませて船出したのである。心から深謝している。

1958年、高砂に神戸法(チャージ法)による工業用純チタンの最新鋭溶解工場を自社で設計新設したが、その後住友シックス(株)も同一プロセスを採用し、協力して合理化を推進した。

1960年、ハーベイ社チタン溶解工場長に就任していたギルバート氏をLos Angelesに訪ね、旧交を温め、高砂工場の神戸法について報告したが非常に喜んでくれた。後年Los Angelesのチタン加工会社訪問時ギルバート氏の友人から、工場に飾ってあった“大型の写真”をはずし、筆者が保管するようにと寄贈された。神戸大震災を経た今でも自宅でその写真を大切に保管している。

現在までに世界最低コストの神戸法による工業用純チタン鑄塊の生産量累計は10万トン以上に達している。

世界最大、最高品質のチタン合金鑄塊を生産している米国のRMI(社)は、神戸法ではないが、1982年以降神鋼と親しい関係にあり、表面肌が平滑で美しい高砂工場の純チタン鑄塊をモデルにして合理化を進めて成功した。

5. コンセル溶解の発明

研究室で最初に試作した消耗電極式真空アーク溶解炉の試運転を始めるにあたり、チタンの電極の代わりに安価な棒鋼を使用することとし、旧脇浜工場の坪根勝枝師(後に加古川製鉄所長・常務)に申し出て砂疵のある廃却圧延材を借り出し使用した。

この時偶然溶湯中から不純物が浮上分離(Floatation Refining)する現象を発見し、実用化するべくただちに特許を申請し、(故)京都大学理学部小川和彦助教授の指導を仰ぎその現象を理論的に解明し【高純度金属および



写真1 クロール博士大石地区・チタン研究室に入室、試験中の真空高周波溶解炉を見学(1953年5月13日)
左から居長隆太郎氏(後に常務)、高橋孝吉氏(のちに第13代社長)、クロール博士と筆者

合金の溶解造塊法ならびにその性質に関する研究】を作成し報告した。これが1957年、学位論文となった研究報告書(国立国会図書館・理37-208)である。

研究室ではこの発明をコンセル溶解(神鋼登録商標)と名付けた。Ni基合金をはじめ高級な特殊鋼の溶製法としては最高の技術で、(元)ソ連パトン研究所メドワール博士(Dr. B. I. Medovar)の発明したエレクトロスラグ(ESR)溶解法とともに、現在も世界中で広く利用されている。

当時の神鋼研究部には研究員各自が自由に実験研究する習慣があり、そのため成功実験より失敗実験が遥かに多かったが実験結果はすべて研究所に残した。

1930年(昭和5年)以降の研究報告・参考資料は技術開発本部中央研究所によって整理され、現在の技術開発本部に保管されている。1949年以降のチタンに関する創世紀資料もすべて含まれており、特別許可があれば閲覧可能である。チタン科学技術史研究上、これらの資料は国の文化財としての永久保存にも値する。

先日も許可をえて閲覧し、必要文献を複写してもらったがチタンの実験報告は失敗報告が面白い。申し訳ない次第であるが当時の関係者が集まると成功談よりも“失敗談”に花が咲く。失敗を恐れては成功はない。

“I like mistakes”と唱えた有名な科学者もいる。

6. 宇宙から深海まで、チタンの新市場開拓

1959年【チタン物語】カラー刷、表紙は美しいチタン鑄塊表面写真、15頁の小冊子)がアグネ社・戸波親平社長のご尽力で神鋼から出版された。

外島健吉社長と直木賞作家平岩弓枝さんの対談にはチタン食器とチタンカメラが、(故)日本曹達(株)・大我勝躬常務と高尾善一郎研究部長の対談『チタン夜話』では、化学工場をはじめとして、あらゆる分野での現在のチタン需要が予測されている。福井政男通産省鉱山局長は『チタンの育成と将来』で、生産価格の低下と用途拡大を示唆されているが、現在はその予測どおりとなっている。

チタンの偉大なる開拓者である先人に習い、神鋼は新市場の開拓に、各社の先頭に立って尽力した。

・1975年、創立70周年記念にはチタン製社章の採用、



写真2 1960年、米国GE社副社長ジェフリース博士訪問時の記念写真、同伴者：豊田勝業氏（日商岩井（現）豊田インターナショナルセールス社長）



写真3 社団法人発明協会全国発明表彰（日本商工会議所会頭賞）記念写真（東京プリンスホテルにて）
前列左から松下幸之助氏、常陸の宮殿下、
後列左から湯河透氏夫妻、八木芳郎氏夫妻、
筆者夫妻、高尾善一郎氏夫妻（1970年4月14日）

第1表 チタン研究開発関連の各種受賞歴

1956年	チタン及びチタン合金の研究	日本金属学会 ジェフリース賞
1958年	チタン溶接技術の確立と実用化	日本溶接学会 佐々木賞
1959年	チタン研究とチタン溶解製造技術の確立	兵庫県 昭和34年度 科学技術賞
1960年	金属チタン加工技術の開発と実用化	第1回宮賞（金賞・銀賞・銅賞） （浅田長平会長以下5名）
1963年	チタンの化学工業への応用	第9回 大河内記念生産賞
1963年	特殊鋼の製造技術 （コンセル溶解ほか）	紫綬褒賞 高尾善一郎博士
1974年	チタンの新溶解法 （神戸法）の発明	紫綬褒賞 草道英武博士・ 八木芳郎博士・湯河透博士
1982年	火力原子力発電所用薄肉チタン溶接管の開発と実用化	第28回 大河内記念生産賞

・1985年、創立80周年記念には3万人の社員に世界最初のチタン製腕時計を配布し、市民に密着した分野へチタンが利用されるように道を開いた。

肥料、合繊、 MnO_2 、ソーダ電解、石油化学、火力・原子力発電、海水淡水化、カメラ、時計、眼鏡、食器、ゴルフクラブ、オートバイマフラー、自転車、自動車、建築、装飾、医療、深海調査船、宇宙航空機などのチタン新市場開拓には、神鋼はじめ生産各社および利用各社の高い技術力が貢献した。

7. 灘の酒 / 神戸ステーキ / KS-チタン

1982年までに神鋼チタン関係者の受賞した研究開発技術は第1表に示すとおりである。会社全体から見ると一握りの砂に等しいが、将来は神鋼発展の基礎となることを期待している。

1982年、チタニウム協会創立30周年記念国際シンポジウム（高橋孝吉大会委員長・土居寧文実行委員長）が【チタンの応用と文明の進歩】を主題にして内外から825名が参加し神戸で開催され、安倍晋太郎通商産業大臣と宮崎辰夫神戸市長から祝辞を頂戴した。

一般工業用チタン部門は【海とチタン】を主題とし佐藤廣士博士（現 神鋼常務執行役員・技術開発本部長）と



写真4 神鋼チタン本部、米国RMI社を表敬訪問
ギエグ(L. Frederick Gieg)社長・米国チタン協会(TDA)
会長以下RMI全幹部歓迎記念写真
（1983年2月23日、RMI本社前にて）

筆者（実行副委員長）らが担当した。

その後RMI社長の来社があり、懇談した際「神戸に有名なものは三つ。酒とステーキとKS-チタン」といわれ、スエーデンのAvesta社の一行からも同じ発言があった。

アテネの神殿補修、神戸市立須磨海浜水族園の屋根の利用などで1987年米国チタン協会（TDA）から開発賞を受賞し、世界に誇れる神鋼のチタンの姿の一端を示した。来世紀には『世界一有名なKobe Titanium』であって欲しい。そのときは『第3の金属』へと発展しよう。

〔事務局追記〕

上記表に記載のほかに、その後“しんかい6500”用チタン合金耐圧殻の研究に対し、日本造船学会賞、日本海事協会賞、日本船舶振興会会長賞（以上1986年）、ならびに防衛技術論文賞（1988年）を受賞し、また、製造成果に対し、第19回日本産業技術大賞総理大臣賞（12団体共同受賞、1991年）を受賞し、また、勲四等瑞宝章（草道英武博士、1996年）、科学技術庁長官賞（科学技術功労賞）（西村孝博士、1995年、および佐藤廣士博士、1997年）の受賞があることを付記します（関連写真：写真2～写真4）。