

新日鐵住金(株)のチタン用途開拓

Expanding in Application of Titanium by Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation

時田 昌久*
Masahisa TOKITA捧 正道
Masamichi SASAGE武智 勉
Tutomu TAKECHI

抄 録

新たなチタンの総合展伸材メーカーとしてスタートを切った新日鐵住金(株)のチタン市場開拓への取り組みを紹介した。チタンが本来有する優れた特性を活用するとともに、加工性、耐熱性、意匠性などの機能を付加し、さらに溶接・接合技術や加工技術などの利用加工技術や、様々な環境での特性データを充実させることで、新たなチタン市場の創出や既存チタン市場の拡大を図ってきた。これらチタン市場の広がりを分野ごとに具体的に紹介するとともに、今後の市場開拓の方向性や課題について概説した。

Abstract

Approaches of Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation (NSSMC) for developing and expanding titanium market are mentioned in this article. NSSMC had succeed to add superior characteristic features to titanium like formability, heat resistance, fascinated surface, and so on, for creating newly titanium applications or developing titanium markets. Besides, NSSMC also innovates various usage techniques of titanium products like welding and forming techniques, or measures characteristic data in various conditions for the customer. These activities also help to expand titanium market. In this article, further trend of titanium market expanding and agendas are mentioned also.

1. はじめに

2012年10月、新日鐵住金(株)のチタン事業は世界トップクラスの総合展伸材メーカーとして新たなスタートを切った。これまで両社が培ってきた経営資源の結集と、それぞれの得意分野への取り組みを効果的に融合させることで、顧客のニーズに合った商品とサービスの提供はもとより、研究や技術開発を加速させ、チタンの持つ優れた材料特性をさらに引き出し、新しいチタンの市場を創出することを大きなミッションと捉えている。

これまで、チタン、チタン合金が持つ軽量、高強度、優れた耐食性を活用した用途展開に加え、成形性、意匠性、耐熱性等の新たな特性の付加や、接合、溶接、成形加工等の利用加工技術、材料特性データの整備等チタンを使う立場に立った技術開発も充実させ、チタンの市場拡大に貢献してきた。

本稿ではまず、チタン市場の現況を説明し、次にチタン市場の広がりを適用分野ごとに俯瞰するとともに、これらを踏まえ、今後の市場開拓の方向性を概説している。

新日鐵住金(株)は今後、統合効果をさらに発揮させるとともに、チタンの魅力をさらに引き出すための研究開発をさらに推進することで、優れたチタンの特性がさらに多くの分野で享受されるよう、チタン市場の拡大に一層の貢献を図る所存である。

2. チタンのマーケット状況

2008年のリーマンショック以降、世界経済は緩やかに回復し、チタン需要も航空機分野、一般産業用分野ともに順調に回復を遂げてきた。特に航空機分野においては、一時的にボーイング787の就航遅れによるマーケットの停滞が懸念されたが、今後、益々機体あたりチタン使用原単位の高い新鋭機の生産が増加することから、底堅い需要拡大が期待できる。

しかしながら、一般産業用分野においては、一昨年来、中国経済の減速と福島原子力発電所事故による発電所新設計画頓挫で、アジアを中心とした電力向けコンデンサー用チタン管需要のそれまでの順調な拡大に急速なブレーキがかかった。また、チタンの従来からの主要用途分野である

* チタン・特殊ステンレス事業部 チタン営業部長 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071

化学電解、板熱交換器用途においても、中国、及び欧州での経済活動の停滞による成長の鈍化が影響し、一般産業用チタンマーケット全体でも需要低迷が継続している。その結果、日本国内のチタン展伸材出荷は2012年度12千トン、対前年度-9千トン(-47%)と大幅な減退を余儀なくされた。

一方、供給面においては、一般産業分野向けチタンサプライヤーも増えており、価格面での競争が一段と激しくなっている。過去、チタンマーケットの拡大の過程において生じてきた需給ギャップによる価格の乱高下は、アジアを中心としたスポンジチタン生産能力大幅増強により緩和されており、チタンサプライヤーにとって厳しい状況と言えよう。

チタンマーケットの将来的展望に目を向けると、アジアを中心とした新興国の成長と世界的エネルギー需要の逼迫で、火力を中心に発電プラント開発の再開、大型海水淡水化プラントプロジェクト動き出し等明るい兆しも見えてきている。航空機分野は引き続き堅調な成長が期待できる。特に、需要の増分はアジアが中心であり、アジアにおける航空機、エンジン生産に対応したチタン合金製造体制の整備とスクラップリサイクルのネットワーク確立が今後の課題となろう。

より一層のチタンマーケットの拡大に向けては、継続的な新規需要開発努力により、世界に先駆けた日本国内でのチタン需要の開拓が不可欠である。例えば世界に誇る自動車、家電産業、また水処理等の環境・エネルギー技術、高齢化社会へ対応する医療・福祉関連産業などの分野まで視野を広げ新たなチタン需要を掘り起こすことと、不断のコスト削減努力を継続し他材料からの代替材となり得るチタンの需要を拡大する、という両輪を回すことで、さらなるチタンマーケットの拡大は可能と考えている。

3. チタンの適用分野開拓トレンド

前節ではチタンのマーケット状況と展望につき概説し、新規需要開発、用途開拓の必要性を述べた。本節ではチタン適用分野開拓トレンドと用途開拓への取り組みについて述べる。

チタンが工業規模生産を開始して60年余り、その用途拡大ステップは3つの分野に分けられる(図1)。

第1の分野は工業向けに定着したグループ(Current Application/既存分野)である。この分野の特徴は、チタンの3大特性である“軽い、強い、錆びない”を活かした用途で、現在のチタンの需要の大半を占めるポリウムゾーンである。ポリウムゾーンと成り得た理由として、ユーザーのチタン適用化の努力はもちろんであるが、新日鐵住金(株)をはじめとしたチタンメーカーもさまざまなユーザーニーズに対応し、チタン製品そのものの品質や製造技術向上を積み重ねたことがあげられる。これらについて以下に述べたい。

まず“Heat Exchanger/熱交換器(熱交)”用途である。この用途の主要なものにPHE(Plate type Heat Exchanger)がある。PHEでは冷却すべき高温液体と冷却用海水などをプレートの裏表に流すことで熱交換を行う。プレートは熱交換性能を高めるために波板状に張出成形される事から、不純物等の少ない材質が通常用いられるが、PHEメーカーのプレスパターンは複雑である事から、プレートの素材であるチタン薄板には優れた成形性が求められる。優れた成形性を得るには要求特性に応じた最適材質の選定に加え、圧延技術、熱処理技術を駆使した組織制御が重要となる。新日鐵住金(株)は豊富な製造データや経験に基づく製造標準化に加え、コンピュータシミュレーションによる組織予測

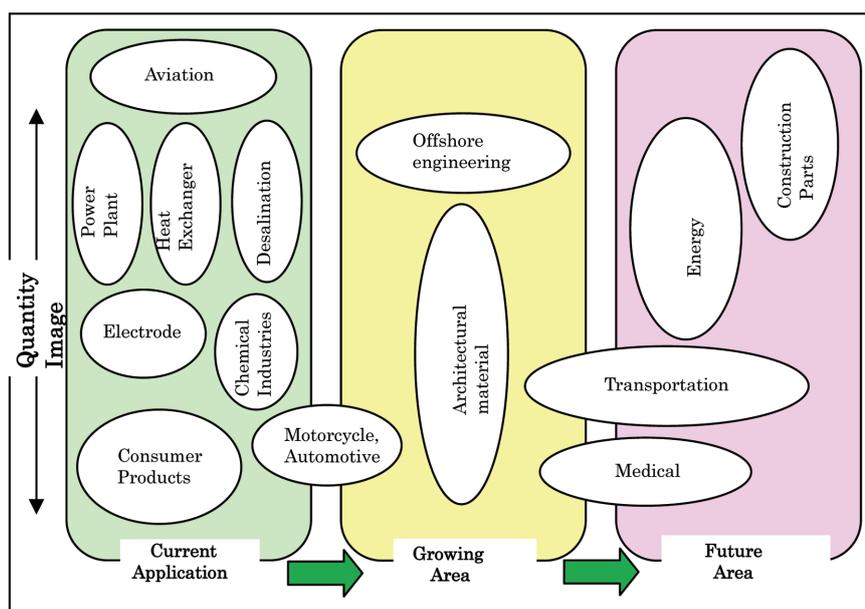


図1 チタンの適用分野別開拓マップ
Titanium products exploitation map by application

技術も活用し、ユーザーでのプレス成型に最適な成形性を持つチタン薄板を製造している。

また PHE は高性能化のためプレート薄肉化、大型化（広幅化）の傾向があるが、種々の製造技術・設備改善を行い、幅方向で均一な厚み、かつ平坦で美しい表面の“薄物－広幅材”の製造技術を確立している。本材料をユーザーに安定供給する事で、ユーザーの PHE 大型化、高機能化に寄与している。

次に“Desalination/海水淡水化（海淡）”用途と“Power Plant/電力”用途である。海水淡水化プラントでは、多段フラッシュ法（MSF:Multi Stage Flash）や多段効用法（MED:Multi Effect Desalination）の伝熱管として、発電所では“復水器”の伝熱管としてチタン溶接管が使用されている。これは元々耐海水材料として使用されていたニッケル銅合金管と比べ、耐エロージョン性が良くデポジットアタックやアンモニア腐食の心配がないことなど、機器安定性やメンテナンスフリーが評価されたことによる。最近ではチタン薄板製造技術向上による広幅薄板の製造と、薄肉溶接管の製造技術向上による薄肉溶接管の採用で、プラント全体の重量削減による構造部材コスト削減も図れ、高価なイメージのチタン溶接管も設備コストとメンテナンスコストを考慮すれば決して高い材料ではなくなって来ている。その他チタンは低温脆性に優れることによる液化天然ガスの熱交換器や気化器など、また耐食性から石油化学プラントにも用途を広げている。

“Electrode/電極”用途では、苛性ソーダ（NaOH）プラントが最も典型的である。苛性ソーダは塩水を電気分解することで塩素および水素とともに製造されるが、環境への対応からイオン交換膜を用いた“イオン交換膜法”が主流となっている。塩水の入る陽極にチタン、苛性ソーダが出来る陰極にステンレス鋼あるいはニッケルが用いられる。イオン交換膜を支える部分は高温・高濃度塩素イオン環境となり、純チタンでは隙間腐食が懸念される事から耐食チタン合金が使用されている。

一般的な耐食チタン合金は貴金属パラジウムを 0.12～0.25% 含有させたもので、JIS、ASTM にも規定されているが、パラジウムコストが高い事から新日鐵住金(株)では SMIACE™（Ti-0.06%Pd-0.5%Co：JIS 17-20 種/ASTM Gr.16,17,30,31）、TICOREX（Ti-0.05%Ru-0.5%Ni：JIS 21-23 種/ASTM Gr.13-15）の 2 種類の省コスト耐食チタン合金を開発、保有しており、苛性ソーダ電極でも採用されている。いずれも貴金属の使用量を一般的な耐食合金の 1/3 程に抑えながら、耐食性（耐隙間腐食性）はほぼ同等であり、ユーザーのコスト競争力強化にも寄与している。なおこれら耐食チタン合金の詳細は本誌別論文、“耐食チタン合金の特性と適用事例”を参照いただきたい。

“Chemical/化学”用途でのチタン製品にはプラント用途の厚板がある。プラントの反応機器用途として上述の省コ

スト耐食チタン合金をそのまま使用する場合もあるが、銅等とチタンを接合させたクラッド厚板の場合もある。クラッド厚板の製造には爆着法、圧延法があるが、いずれの場合も厚板の平坦度と合わせ面の清浄性が厳格に求められる。新日鐵住金(株)はこれらの要求に的確に対応する製造方法を確立、ユーザーの要望に答えている。

“Aviation/航空機”用途は特に欧米でポピュラーなチタンの用途である。新日鐵住金(株)の Ti-6Al-4V 合金棒は航空機エンジンブレード素材としてロールスロイス社の認定を取得している。また国産ロケット H2A/B で段切離しの為の Ti-6Al-4V 製分離ばねも提供している。機体用途ではエアバス社に純チタン薄板を供給している。軽量で比強度が高く、耐食性もあり低温で脆くならないなどのチタン本来の特性が発揮された用途である。なお航空機用チタンの詳細については本誌別論文“航空機用チタンの適用状況と今後の課題”を参照いただきたい。

“Consumer Products/民生品”用途はチタンの優れた特性を活かすべく適用開拓されたもので、古くは腕時計やメガネフレームなどに始まるが、ここでは新日鐵住金(株)が主導して開拓してきた適用先についていくつか紹介したい。

まずは IT 機器筐体である。チタンの持つ肌合い、質感、色彩が、高精度な IT 機器ボディ素材として適していると評価される事に加え、軽くて強い、腐食しない、金属アレルギーがないという優れた性能から、チタンは IT 機器筐体に適していると考えられていたが、厳しい加工性が課題であった。これに対し“超深絞り用チタン材：Super-PureFlex™”の開発に加え、プレスシミュレーション技術も駆使したユーザー支援を行い、2003 年にソニー(株)製ネットワークワークマン筐体、2006 年にソニー(株)製リニア PCM レコーダー筐体（写真 1）、同年キヤノン(株)製デジタルボディ外装（写真 2）、そして 2008 年にソニー(株)製デ



写真 1 チタン製ボディのリニア PCM レコーダー
（提供：ソニー(株)）
Linier PCM recorder with titanium body
Provided by SONY Corp.



写真2 チタン製ボディのデジタルカメラ
 キヤノン IXY (提供: キヤノン(株))
 Digital camera with titanium body
 Canon IXY, provided by CANON, Inc.

デジタル HD ビデオカメラレコーダーと、続けて新日鐵住金(株)のチタン薄板が採用された²⁾。

次いでスポーツ分野である。代表的なゴルフクラブ用途では、2008年に導入されたドライバーのクラブフェース反発係数規制ルール(SLEルール)により、それまで高反発なため主流であったβ型チタン合金が適用できなくなった。これに対し、軽量、高強度、高ヤング率の独自開発合金“Super-TIX®51AF”を提案し、SRIスポーツ(株)(現ダンロップスポーツ(株))製ゴルフクラブに採用されている(写真3)³⁾。本合金の詳細については本誌別論文“Ti-Al-Fe系チタン合金 Super-TIX®51AF 熱間圧延ストリップの開発”を参照いただきたい。

一方野球では、2004年に(株)ナイキ・ジャパンのチタン製野球スパイク(写真4)に新日鐵住金(株)の航空機用チタン材が採用された。この野球スパイクは、チタン製としては世界で初めての量産モデルとなった。

また新日鐵住金(株)独自のβ合金として、SSAT™-2041CF (Ti-20V-4Al-1Sn)がある。本合金は当初自動車エンジン部材として開発されたが、現在はその良好な冷間加工性を活かして高級自転車ギアや、溶接管に加工された後スキーストックに使用されている。スキーで突き刺した時の衝撃吸収や適度なしなりが高評価となり、2010年冬季オリンピックでも日本代表選手に使用された。2014年冬季オリンピックでの活躍も是非期待したい。本合金の詳細については本誌別論文“新日鐵住金(株)の独自チタン合金”を参照いただきたい。

その他の民生品用途としてオーディオスピーカーがある。新日鐵住金(株)は最薄20μmからのチタン箔を製造しているが、チタン箔の高耐食性や非磁性の特性が、オーディオスピーカーに適しているためである。写真5にスピーカー成形例を示す⁴⁾。スピーカー用途には、素材の成形性と良質な音の再生が求められるが、材質と製造条件の最適化により成形性確保と均質化を図り、安定した音質特性を持つスピーカー製造に寄与している。詳細については本誌別論文“特殊ステンレス鋼、純ニッケル及び純チタンの極薄板の特性と用途”を参照いただきたい。



写真3 Supet-TIX® 51AF 適用ゴルフクラブ
 ゼクシオ7 (提供: ダンロップスポーツ(株))
 Super-TIX®51AF applied Golf club
 “XXIO7”, provided by Dunlop Sports Co, Ltd.



写真4 チタン製野球スパイクシューズ
 “NIKE Air Zoom Vapor J Leather” (提供: (株)ナイキ)
 Baseball shoes with titanium spikes
 “NIKE Air Zoom Vapor J Leather”, provided by NIKE, Inc.

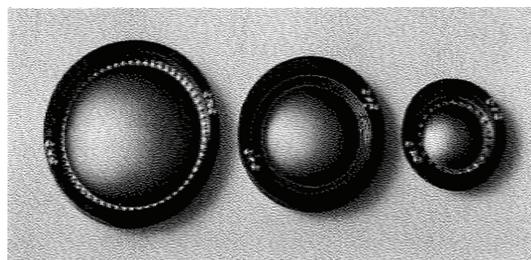


写真5 チタン製スピーカーコーン 外観
 Appearance of titanium speaker cone

次に図1の第2の分野に移る。第2の分野はチタンのもつ特性をさらに改善し、現在成長しているグループ(Growing Area/成長分野)である。

この分野の代表的な用途は“建材”である。チタンは耐食性と意匠性に優れていることから建材への適用が開始されたが、その後チタンが部分的に変色する問題が顕在化、原因解明と対策が急務となった。1997年より本現象解明に取

り組み、チタン表面にTiCなどが付着すると酸性雨によって表面酸化被膜が成長し、その結果干渉色が発生する事により生じる事を解明し^{5,6)}、その後耐変色技術を確立した。詳細は本誌別論文“耐変色性に優れた建材用チタン板の開発とその適用例”を参照いただきたい。なおこの技術は、2004年日本金属学会技術賞を受賞している⁷⁾。

またチタンを大型物件に適用する場合、見た目の均一性確保が重要となる。このため製造工程を一から見直し、当該物件用素材を特別管理する事で対応した。その結果見た目が均一な素材を量産できるようになり、その素材をベースに均一なブラスト表面、発色表面も量産化し、多彩な表面仕様を施主、設計者へ提供できるようになり、チタン建材の適用範囲を広げた。代表的な実施例として浅草寺宝蔵門や本堂(写真6)、九州国立博物館(写真7)などがあり、伝統建築から近代建築まで幅広い用途で使用されている事がわかる。またチタン建材は意匠性だけでなく、例えば浅草寺ではチタンの採用により屋根重量が1/5に軽減され、耐震性の向上にも寄与している。なお宝蔵門は2006年度大谷美術館賞を、清水建設(株)、(株)カナメ、ルーフシステム(株)、(株)響コーポレーションと5社共同で、本堂は2010年度大谷美術館賞を浅草寺、清水建設(株)と3社共同で受賞している。

“海洋土木”用途では、チタンの優れた耐海水性を活かし、

橋梁や海洋構造物の防食に利用している。例えば日鉄住金防蝕(株)と共同で、海洋鋼構造物(栈橋鋼管杭など)の防食工法として“TP工法”(チタンカバー方式のペトロラタムライニング工法)を開発している。従来のFRP防食法と比べ高寿命であり、ライフサイクルコストに優れているのが特長であり、2003年に電力会社向けとして初採用された(写真8)。以降、多数の施工を実現している。

最近の事例では、チタンの耐海水性を活かした“チタンカバープレート”がある。この“チタンカバープレート”は、2010年12月に運用開始された東京国際空港D滑走路に使用されている。カバープレートは、チタン薄板と塗装鋼板の間に不燃ウレタン芯材をサンドイッチしたパネル状のもので、滑走路栈橋部の下面、側面に設置されている(写真9)。海上という高腐食環境において、滑走路を支えるジャ



写真6 浅草寺本堂 概観
Titanium roof of Sensouji Temple main hole



写真7 九州国立博物館 概観
Titanium roof of Kyusyu National museum



写真8 TP工法適用事例
Example of employment of TP construction method

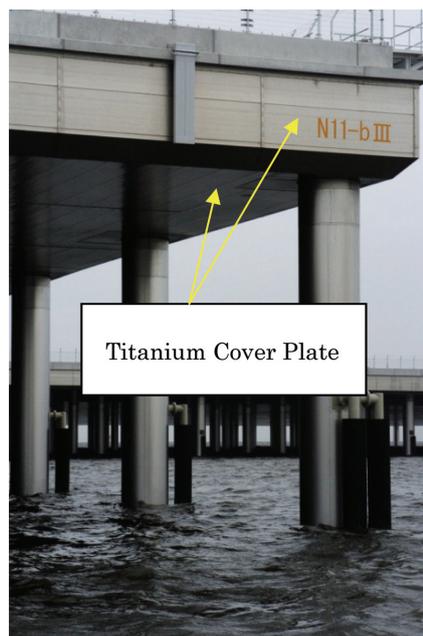


写真9 羽田空港D滑走路のチタンカバープレート
Titanium cover plates for corrosion protection installed on the rear and the side walls of Runway D of Haneda, Tokyo International Airport



写真 10 Super-TIX®10CUNB 適用マフラー (2 輪車用)
(提供: AKRAPOVIC 社)

Super-TIX®10CUNB applied muffler example for motorcycle
Provided by AKRAPOVIC

ケット上部の銅桁部をチタンカバープレートで覆い、内部空間の湿度を管理することで鋼材の腐食を防ぐのが目的であり、チタンの優れた耐食性を活かしたものである。施工面積は 570 000 m²、チタン使用量は約 1 000 トンの世界で初めての大型物件であった。

チタンの自動車分野への適用検討例にはサスペンション、スプリング、エンジンバルブ、コンロッドや内装部材などがあるが、最も普及したのは 2 輪車を中心としたマフラー用途である。本用途には当初純チタンが用いられていたが、触媒効率向上の為排ガス温度が上昇したことにより、耐熱チタン合金が必要となった。これに対し 700 - 800℃での使用を想定した独自耐熱合金: Super-TIX®10CU および Super-TIX®10CUNB を開発した⁸⁻¹⁰⁾。常温で JIS-2 種並みの機械的特性値を有し加工性良好、かつ高温で純チタンの 2 倍程度の強度を示す特性を有しており、これら開発合金は 2 輪用途のみならず国内、海外で 4 輪車マフラーにも採用されている(写真 10)。

なお新日鐵住金(株)は自動車部品用途への展開功績として、ITA(米国チタン協会)の第 1 回用途開発賞(Titanium Application Development Award)を 2007 年に、Super-TIX®10CU および Super-TIX®10CUNB は日本金属学会技術賞を 2010 年に受賞した。

最後に図 1 の第 3 の分野は、今後成長が期待されるグループ(Future Area/新規分野)である。この分野の特徴は、潜在的需要の拡大が見込まれ、安価製造技術開発と相まって大きなマーケットとなることが期待される事である。

エネルギー分野では、石油代替エネルギー分野で使用される有力素材となる事が期待される。例えば耐食性を活かした地熱発電用途や、海洋エネルギー発電などへの適用である。また太陽光発電や燃料電池などにも活用される可能性がある。いずれも実現の際には多くの設備投資を伴う事から、実現すればチタンの大きな需要が期待される。

輸送機器分野では今後ますますの軽量化が求められることから、安価製造技術開発が成されれば、軽量、高強度であるチタンは多様な交通輸送機器の必要部材として、適用が進む事が期待される。

チタンの生体適合性を活かした医療分野は、高齢化社会

の成長にともない既に成長しつつあるが、今後も大きく成長する市場と考えられる。この分野は諸外国でのチタン適用が進んでおり、例えば人工骨や人工関節では我が国の需要の 8 割が外国製と言われているが、今後ますますの高齢化社会となる我が国において、安価で良質な医療部材の需要は確実に増加が見込まれるため、将来は国産チタン医療部材のマーケット拡大が期待される。

さらに将来のチタン適用分野には、地震の多い我が国の安全・安心社会の構築のため、チタンによる構造部材の開発が考えられよう。軽量、高強度のチタンの特性により、高層ビル、橋梁などの軽量化と安全性の向上が期待される。

またこれら第 3 の分野の適用用途共通の課題として、適用分野での開発のみならず国家規模での技術開発や関係法整備などの取り組みを含めた環境整備も必要である。

4. まとめ

新日鐵住金(株)のチタン用途開発について概説した。新日鐵住金(株)は昨年 10 月、日本最大のチタンメーカーとして発足した。これにより独自開発材等の商品ラインナップ充実や製造可能範囲が大きく拡大したことに加え、シナジー効果による製造技術の向上や、用途にあった新機能の開発力がさらに強化された。これらの資源をフルに活用し、マーケットやユーザーの新しい需要に応え、チタンのさらなる用途開拓を進めていく所存である。チタンは今“レアメタル”と言われているが、将来チタンは“コモンメタル”と呼ばれるよう、世の中にさらに多く広く使用されるべく技術開発を続けていく。

参考文献

- 1) 滝千博, 坂爪孝郎, 高橋一浩, 進藤卓嗣, 金子道郎: 新日鉄技報. (375), 73 (2001)
- 2) 小田高士: 金属. 125, 78 (2008)
- 3) 藤井秀樹, 佐賀誠: 新日鉄技報. (391), 169 (2011)
- 4) 鋸屋正喜, 小島寿男, 松下哲, 藤沢一芳: 日本ステンレス技報. 137, 23 (1988)
- 5) 高橋一浩, 金子道郎, 林照彦, 武藤泉, 為成純一, 徳野清則: 鉄と鋼. 90, 278 (2004)
- 6) 金子道郎, 高橋一浩, 林照彦, 武藤泉, 徳野清則: 鉄と鋼. 89, 833 (2003)
- 7) 金子道郎, 高橋一浩, 林照彦, 徳野清則, 武藤泉: までりあ. 43, 61 (2004)
- 8) 大塚広明, 藤井秀樹, 高橋一浩: チタン. 55, 282 (2007)
- 9) Otsuka, H., Fujii, H., Takahashi, K., Ishii, M.: Ti-2007 Sci. and Tech., Ed Niinomi, M., Akiyama, S., Ikeda, M., Hagiwara, M., Maruyama, K. JIM, 2007. p. 1391
- 10) 大塚広明, 藤井秀樹, 橋一浩, 正木基身, 佐藤麻里: までりあ. 49, 75 (2010)



時田昌久 Masahisa TOKITA
チタン・特殊ステンレス事業部
チタン営業部長
東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



武智 勉 Tsutomu TAKECHI
チタン・特殊ステンレス事業部
チタン技術部 チタン商品技術室長



捧 正道 Masamichi SASAGE
チタン・特殊ステンレス事業部
チタン営業部 部長