



シリーズ「金属素描」

No. 19 タンタル(Tantalum)

TANIOBIS GmbH (JX Group) 野瀬 勝弘



元素名：Tantalum，原子番号：73，原子量：180.95，電子配置： $[\text{Xe}]4f^{14} 5d^3 6s^2$ ，密度： $16.67 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (293 K)，結晶構造：体心立方，融点：3263 K，沸点：5773 K⁽¹⁾，地殻存在量： $0.7 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1(2)}$ 【写真】 (a) タンタル粉末とタンタル鉱石(タンタライト)，(b) アディティブ・マニファクチャリングにより造形されたタンタル製スラスター (TANIOBIS GmbH 写真提供)

タンタルの工業生産が始まったのは20世紀の初めに遡る。人類が初めて利用した金属は銅で紀元前7000年頃と言われる一方、人類がタンタルを利用し始めてから100年程度しか経過していない。1903年にドイツの化学者 Werner Bolton (1868–1912) が十分に延性を有する高純度なタンタルの製造に成功し、従来のカーボン製フィラメントをタンタル製フィラメントに置き換えたことからタンタルの利用は始まった。Bolton は、まず Ta_2O_5 をパラフィンワックスで混練し、ワイヤー状に成型した後、カーボン粉末中で加熱して褐色の導電性 Ta_2O_4 ワイヤーを製造し、これをフィラメントとして真空中で通電加熱・白熱させて99%のタンタルメタルを製造したと記録があるが、実際の反応メカニズムの解釈は不確かな部分が多い。

タンタルの主な性質は次のようなものである。単体金属としてはタングステン、レニウムに次いで高い融点 (2990 °C⁽¹⁾)、優れた耐食性、展延性に富み優れた塑性加工性、きわめて安定なアノード酸化皮膜、生体親和性などである。20世紀初頭の Bolton による高純度タンタルの製造の成功以降、今日では、これらのタンタル固有の物理的・化学的性質は様々な用途へ利用され、年間の需要は1600 t から2000 t にのぼる。その用途は電子工業用、耐食材料、耐熱材料、超硬材料、医療用に大別することができる。

需要の3分の1を占めるのがタンタル電解キャパシタ(コンデンサ)の焼結アノードである。タンタル電解キャパシタは他のキャパシタに比べ単位体積当たり最大の静電容量を有するため、小型大容量の目的に適している。さらに、誘電体となるタンタルアノード酸化皮膜が他の電解キャパシタと比較して化学的に極めて安定であることから信頼性の高い素子の実現に至っている。航空宇宙機器や医療機器等の過酷な使用環境下においても特に高い信頼性が要求される電子機器にはタンタル電解キャパシタが積極的に選択される。

タンタルは今日の半導体製造にも欠かせない。LSIの銅配線の熱拡散防止のため Ta/TaN 層がバリア層として銅と誘

電体の間に成膜される。数 nm の厚みのバリア層は物理蒸着 (PVD) 法によって形成されており、99.995%以上の純度のタンタルスパッタターゲットが必要とされる。

近年、製造業における次世代製造技術として金属材料のアディティブ・マニファクチャリング (AM) 技術が注目されている。AM は従来の切削加工や鋳造加工では不可能であった複雑形状、多重構造を実現可能にし、少量、多品種、ユーザーに応じたカスタム製造に秀でる。AM による金属材料の造形は、鉄系合金、ニッケル基超合金およびチタン系合金を対象とし、造形装置や粉末製造技術の開発から始まったが、タンタルやニオブ系合金における AM 造形技術の開発も盛んになってきている。AM によって造形された複雑形状のタンタルやニオブ系合金部材は、化学工業、超電導、超高温材料、生体用インプラントへの利用が期待されている。

金属 AM の技術開発では造形装置の開発と併せて、金属粉末の開発も重要な課題となる。一般的な粉末床溶融 (PBF) 方式の AM では、高純度で流動性の高い真球形状および特定の粒度分布を有することが粉末特性として要求される。さらにタンタルやニオブなどの酸素親和性の高い金属においては酸素濃度を低く抑えた粉末製造技術が必要となる。無容器溶解法である電極誘導溶解不活性ガスアトマイズ (EIGA) は、高融点かつ高活性な金属の粉末製造に適しており、真球状のタンタルやニオブ系合金が製造されている⁽³⁾。

急速な進歩を見せる金属 AM 技術は、タンタルの有する潜在能力を最大に引き出し、これまで利用されてきた領域を飛躍的に押し広げる可能性を秘めている。

文 献

- (1) 金属データブック改訂4版：日本金属学会，丸善，(2004)。
- (2) R. L. Rundnick and S. Gao: “The Crust”，Elsevier Ltd., (2004)，1–64。
- (3) I. Kaczmarek, M. Weinmann, M. Stenzel and C. Schnitter: Int. J. Powder Metall., **55** (2019)，23–34。

次号 金属なんでもランキング！ No. 17 純物質液体の表面張力