



元素名：Tin, 原子番号：50, 原子量：118.71, 電子配置：[Kr] 4d<sup>10</sup>5s<sup>2</sup>5p<sup>2</sup>, 密度：7.285 Mg·m<sup>-3</sup>(298 K), 結晶構造：正方晶 (室温～融点), 融点：505.063 K, 沸点：2753 K<sup>(1)</sup>, 地殻存在量：1.7 μg·g<sup>-1(2)</sup> 【写真】(a)明延産の錫鉱(生野銀山文化ミュージアム写真提供), (b)錫溶湯および(c)錫ボール(三菱マテリアル株式会社写真提供)。

錫は人類がもっとも古くから使用してきた金属のひとつであり、その歴史は紀元前まで遡る<sup>(3)</sup>。柔らかすぎて道具や武器に向かない銅に、おなじく柔らかい金属である錫をまぜると、硬い合金「青銅」が得られる。当初は、錫鉱物を多く含んでいた銅鉱石から、青銅がたまたま得られていたものと考えられる。しかし、少なくとも紀元前1000年ごろには、金属銅と金属錫を出発原料として青銅の鑄造が行われていた。青銅器時代という言葉に示されるように、錫はエジプトやメソポタミア、中国、南米の古代文明を支えた金属元素である。

錫は、毒性の低さや耐食性・加工性の良さから、食器やブリキを含め様々な製品に用いられてきた。また現代社会では、錫はエレクトロニクス産業を支えている。電子部品の実装のためのはんだや、コネクタ端子の電気的信頼性を保つためのめっきが、錫の需要の多くを占めている<sup>(4)</sup>。また、液晶ディスプレイや有機 EL の電極には、電気伝導性と透明性に優れることからインジウムと錫の複合酸化物(ITO)の薄膜が用いられている。ICT や車の電動化の進展にともない、錫の需要は今後高まる可能性がある。

錫の主要な鉱石は、錫石(cassiterite, SnO<sub>2</sub>)である。製錬の基本的な流れは次の通りである。まず、比重選鉱などの物理的な選別法によって精鉱を得る。次に、コークスを用いた還元溶錬によって粗錫を得るが、精鉱中に共存する物質によっては事前に焙焼を行うことも多い。その後、乾式法あるいは湿式電解法によって、用途に応じた純度の錫を得る。過去には、国内で錫鉱石が採掘され、その製錬処理が活発に行われていた。そのため我が国には、錫の抽出冶金に関して優れた知見・技術が蓄積されている。例えば、東北大学そして岩手大学で教鞭をとられた渡辺元雄教授が執筆された書籍「錫製錬」<sup>(5)</sup>は、錫の元素抽出や電析に関わる現在の技術者・研究者にとっても必読の一冊となっている。錫は低融点かつ

コークスで還元できるため製錬が容易と言われることが多いが、被還元性が近いため不純物として混入する鉄を還元溶錬にて分離除去することは難しい。本書や先達の技術開発をみると、「如何にして、錫の回収ロスを最小限にしつつ、不純物である鉄を分離除去するか」など、産業的なモノづくりの工夫に感銘を受ける。残念ながら、国内の錫鉱山はすべて閉山した。また、海外から輸入した錫精鉱の製錬も現在は行われていない。しかし、国内の複数の製錬所では、蓄積された知見や技術を活かして2次原料からの錫の回収が行われており、錫の資源供給を支えている。

錫は、ニッケルと同程度に高価である。またその天然資源の供給は、中国やインドネシアといった限られた国が担っている。錫は利用の歴史の古さ故、レアメタルとして扱われないことが多い。しかし、現在の需要量や用途、産業重要性を踏まえると、レアメタルとして扱う方が適当と思われる。エレクトロニクス製品を持続的に利用する上で、錫もまた重要な金属元素のひとつである。その資源循環を高度化するために、電気的信頼性や接合強度だけでなくリサイクルし易いことを特徴とするはんだ材料や、廃電子基板からのより効率的なりサイクルプロセスなど、様々な面での技術開発が今後も望まれる。

## 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) 元素大百科事典: 渡辺 正(監訳), 朝倉書店(2007).
- (4) 石油天然ガス・金属資源機構 金属資源情報, 鉱物資源マテリアルフロー2022, 4., 錫(Sn), (2022).
- (5) 渡辺元雄: 錫製錬, 錫製錬出版をまもる会, (1979).

次回! 金属素描 No. 37 スカンジウム