



シリーズ「金属素描」

No. 34 シリコン (Silicon)

千葉工業大学 永井 崇



元素名：Silicon，原子番号：14，原子量：28.09，電子配置：[Ne]3s² 3p²，密度：2.329 Mg·m⁻³ (293 K)，結晶構造：ダイヤモンド形構造(～1687 K)⁽¹⁾，融点：1687 K⁽²⁾，地殻存在量：60.6 mass% (SiO₂ 換算)⁽³⁾ 【写真】金属シリコン(田鍋恭大写真提供)

シリコンは、地球地殻の質量の27.72%を占め、酸素に次いで2番目に多く、シリカ(二酸化ケイ素)などとして地殻を形成する主要な物質となっている。1787年にフランスの化学者 Antoine-Laurent de Lavoisier がシリカを単一物質の一つとしてラテン語の「silex」あるいは「silicis」(火打石)にちなんで「Silicon」とした。のちに、イギリスの化学者 Sir Humphry Davy によりシリカが化合物であることが示され、1811年に、フランスの化学者 Joseph Louis Gay-Lussac と Louis Jacques Thénard がアモルファスシリコンの分離に成功したとされている。

シリコン単体は、光沢のある灰色の物質で、二酸化ケイ素の結晶である石英などとともに、パワーストーンの一種としても一般に販売されているため、入手することは容易である。シリコンは、標準状態では 1.12 eV のバンドギャップを持つ半導体であり非金属元素であるが、加圧すると構造相転移して β -Sn 構造の金属になる。高純度シリコンはホウ素やリンを微量添加することで p 型、n 型半導体のいずれにもなる。

シリコンの用途は多岐にわたる。工業的には、シリコンは珪石中のシリカを還元して金属シリコンとした後、これを用途に応じて精製して利用する。精製の程度により、金属級シリコン(MG-Si)、太陽電池級シリコン(SOG-Si)、半導体級シリコン(SEG-Si)に分類される。SOG-Si および SEG-Si は、シリコンの半導体としての特性を利用するため高純度化されている。

SOG-Si は、99.99999% (7N) 程度まで精製したシリコンで、太陽電池パネルに利用される。太陽電池にはシリコン系、化合物系(CIS, CdTe など)、有機系、量子ドット系などがあるが、シリコン系は最も一般的で、太陽光発電が開発された当時から使われており、実用化されているものでは発電効率がよく、経年劣化に強い。

SEG-Si は、99.999999999% (11N) 以上まで精製されたシリコンで、半導体チップの原料として使用される。半導体チップは、パソコンやスマートフォンをはじめとする電子機器、自動車、家電製品、事務機器などに内蔵され、デジタル社会を支える重要な部材となっている。SEG-Si は、MG-Si

を塩化水素と反応させ、シリコンを塩化トリクロロシラン(SiHCl₃)とし、副生物との沸点の差を利用した蒸留により不純物を除去、トリクロロシランを高温で熱分解・水素還元して高純度シリコンとするシーメンズ法により生産されている⁽⁴⁾。

MG-Si は、99～99.9% 程度の純度まで精製されたシリコンで、鉄鋼材料、アルミニウム材料などの各種合金の添加物として利用される。鉄鋼材料では電磁鋼板(電気機器の鉄芯材料など)、アルミニウム材料では4000系アルミニウム合金(鍛造ピストン材料など)、6000系アルミニウム合金(建設用サッシ材料)などに添加されている。

シリコンを使用した化学原料としては、シリコンが有名である。シリコンは、金属シリコンと各種有機物に複雑な化学反応を加えて生成する合成樹脂である。ケイ素と酸素が交互に結び付いたシロキサン結合からなるシリコンに有機基を結びつけることで、耐熱性、耐冷性、化学的安定性、絶縁性など様々な特性を発生させることができる。また、オイル、樹脂、ゴムなど多様な形態のシリコンが製作可能であるため、機械、自動車、電気電子、化学、食品、建築、医療、化粧品、繊維などあらゆる分野で広く利用されている。身近なものでは、調理器具、文房具、スポーツ用品、スマートフォンケースなどがある。実験室で使用するゴム栓やオイル、グリスなどもシリコン製のものがある。シリコンの他にも、ガラス、ゼオライト、シリカゲルなどシリコンが原料のひとつとなっている製品は多い。

シリコンは、地球地殻にたっぷり存在し、我々の身近にたっぷり利用されており、我々はその恩恵をたっぷり受けているということである。

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) A.T. Dinsdale: Calphad, **15** (1991), 317-425.
- (3) R. L. Rundnick and S. Gao: "The Crust", Elsevier Ltd., (2004), 1-64.
- (4) 佐藤修彰，柴田浩幸，柴田悦郎編：乾式プロセス，内田老鶴圃，(2021)。

次回！ 金属素描 No. 35 錫