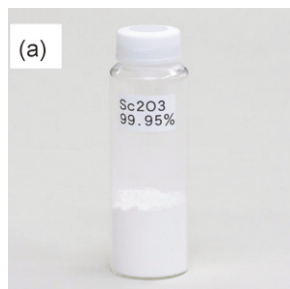


シリーズ「金属素描」

No. 37 スカンジウム (Scandium)

東北大学 竹田 修



元素名: Scandium, 原子番号: 21, 原子量: 44.96, 電子配置: $[\text{Ar}] 3d^1 4s^2$, 密度: $2.992 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (293 K), 結晶構造: 六方最密 ($\sim 1607 \text{ K}$), 体心立方 ($1607 \sim 1810 \text{ K}$), 融点: 1810 K , 沸点: $3105 \text{ K}^{(1)}$, 地殻存在量: $21.9 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}^{(2)}$ 【写真】 (a)酸化スカンジウム, (b)Al-Sc 母合金 (いずれも資料提供: 住友金属鉱山株式会社).

本誌60巻3号では原子番号60のネオジウム(Nd)⁽³⁾を, 63巻3号では原子番号62のサマリウム(Sm)⁽⁴⁾を取り上げた. 今回は, 同じ希土類金属(Rare earth metal)の一つであるスカンジウム(Sc)を取り上げる.

Scは, 1879年, ユークセン石(Euxenite)の中からスウェーデンの化学者 Lars Frederik Nilson によって発見された. 当初の目的は酸化イッテルビウムを単離することであったが, その過程で未知の酸化物として単離された. その後の研究で, この元素は, 1870年頃にロシアの化学者 Dmitrij Ivanovich Mendelejev によって予言されたエカホウ素に相当することがわかった. Mendelejev によって予言されたエカホウ素の性質と, スカンジウムの性質は見事に一致し, Mendelejev の提唱した周期表の妥当性が強められた.

金属 Sc は, 低密度で, 化学的に極めて活性であり, その化合物は化学的, 磁氣的に特異な性質を有している. また, Sc の酸化物や金属といった生産物の価格は, 他の希土類金属の価格と比較して桁違いに高い⁽⁵⁾.

希土類金属は, お互いに化学的性質が似ており, 一般的に地殻中に共存して賦存する. しかし, Sc は必ずしも共存せず, 地殻中に広く分散した状態で存在する. 資源量は希少と思われるが, 地殻存在量は 22 ppm 程度でベースメタルである鉛(Pb)や錫(Sn)よりも多い. 中間原料である酸化スカンジウム(Sc_2O_3)は, ウラン製錬, 希土類製錬, アルミニウム(Al)製錬, チタン製錬, タングステン製錬, ニッケル(Ni)製錬など, 様々な製錬の副産物として回収されている. 近年, Ni 製錬からの供給に注目が集まっており, 日本の住友金属鉱山社が積極的な供給を行っている.

金属 Sc の製造のためには, Sc_2O_3 をフッ化してフッ化スカンジウム(ScF_3)を得る. それを金属カルシウム(Ca)で還元し, 粗金属 Sc を得る. さらに再溶解や真空蒸留を行い, 高純度 Sc を得る.

現在, 金属 Sc は, 主に, Al 合金への合金元素として利用されている. Al-Sc 合金の用途は, 競技用自転車等の高級スポーツ用品が多い. 過去には, 戦闘機の構造材料として使用された. 他に Sc 化合物として, メタルハライドランプ, レーザー結晶などにも利用されている. 近年では, 固体酸化物

型燃料電池や半導体バリア材料, ルイス酸触媒などへの応用が期待されている.

合金元素として Sc を微量添加した Al-Sc 合金は, 高強度だけでなく, 結晶粒が微細で, 再結晶化しにくく, 耐食性が高いなどの長所がある. Sc は僅かな添加で Al 合金の強化に極めて効果的な元素である. 例えば, 純 Al (1000系) に Sc を $0.2 \text{ mass}\%$ 添加すると, 降伏強度が10倍以上になる. これは, Al_3Sc 相の析出強化によるものである. また, Al に Sc を少しずつ添加してゆき, Sc 濃度が $0.5 \text{ mass}\%$ を越えると, 結晶粒の大きさが急激に減少し, $1/10$ 程度になる. 結晶粒の微細化は, 強度や靱性の向上だけでなく, 溶接や鋳造時のひけ巣の発生が抑制できるため, 溶接部分の肉厚を薄くできるなどの利点がある. 一般に高強度 Al 合金は溶接が困難なものが多い. 航空機の構造材料として使用されている高強度 Al 合金は, リベットを用いた接合も行われている. Al 合金に Sc を添加することで溶接性が改善されれば, 部品接合コストの削減が期待できる. このように, Al-Sc 合金は非常に優れた特性を有しているため, 今後, 航空機や自動車等の構造材料への応用が期待されている. 日本の国家プロジェクト (NEDO 革新的新構造材料等研究開発) においても Sc 添加新規 Al 合金が開発されている⁽⁶⁾.

Sc はマグネシウム(Mg)合金にも応用されている. Sc を Mg に添加することで, マルテンサイト変態を実現し, 超弾性や形状記憶能を持つ合金が開発されている⁽⁷⁾. 熱処理による組成制御が可能で, 用途に合わせて材料設計が可能であり, 宇宙航空材料や医療材料への応用が期待されている.

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) 竹田 修: まてりあ, **60** (2021), 145.
- (4) 竹田 修: まてりあ, **63** (2024), 151.
- (5) 竹田 修, 岡部 徹: J. MMIJ, **137** (2021), 36-44.
- (6) 箕田 正: 表面技術, **73** (2022), 400-404.
- (7) Y. Ogawa, D. Ando, Y. Sutou and J. Koike: Science, **353** (2016), 368-370.

次号! 金属なんでもランキング! No.26 ビッカース硬さ