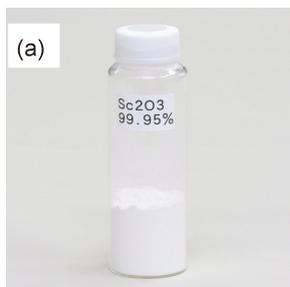


シリーズ「金属素描」

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：[Ar] 3d¹ 4s²，密度：2.992 Mg·m⁻³(293 K)，結晶構造：六方最密(～1607 K)，体心立方(1607～1810 K)，融点：1810 K，沸点：3105 K⁽¹⁾，地殻存在量：21.9 μg·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 Dmitriy 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(Sc₂O₃)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、Sc₂O₃ をフッ化してフッ化スカンジウム(ScF₃)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 mass% 添加すると、降伏強度が10倍以上になる。これは、Al₃Sc 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 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