



シリーズ「金属素描」

## No. 31 バナジウム (Vanadium)

太陽鋳工株式会社 吉永英雄



元素名：Vanadium，原子番号：23，原子量：50.94，電子配置：[Ar] 3d<sup>3</sup>4s<sup>2</sup>，密度：6.09 Mg·m<sup>-3</sup>(303 K)，結晶構造：体心立方(室温～融点)，融点：2108 K，沸点：3673 K<sup>(1)</sup>，地殻存在量：138 μg·m<sup>-1(2)</sup>。【写真】(a) 純バナジウム，(b) フェロバナジウム(写真提供 太陽鋳工株式会社)。

バナジウムは、鉄鋼スラグからの副産物として中国、南アフリカから、フレーク状のV<sub>2</sub>O<sub>5</sub>として多く輸入される他、鉄鋼添加剤として使用されるFe-V合金も、世界で多く流通している。また、バナジウムの価数変化を利用したレドックス電池用に硫酸バナジウム溶液が使用されている。国内では、石油精製で使用された使用済水素化脱硫触媒由来のバナジウムや、重油燃焼灰由来のバナジウムが酸化物として回収されている<sup>(3)</sup>。

バナジウムの需要は、鉄の合金化元素として工具鋼、高張力鋼に多く用いられている。また、Ti, Al, Zr合金等の有力な添加元素としても広く用いられている。特に、航空機用高強度チタン合金Ti-6Al-4Vの他、眼鏡フレーム等に用いられるTi-22V-4Al合金が使用されている。これらの用途に使用されるFe-V合金、Al-V合金は、酸化バナジウムをAl等で還元して合金を作製するテルミット反応のみで製造される。

一方、純バナジウムは、テルミット反応で作製したAl-V合金(V含有率：70～95%)を原料として、電子ビーム溶解炉を用い、高温高真空下でAlを蒸発除去する工程を複数回繰り返すことによって純度99.9%相当のインゴットを製造している<sup>(3)</sup>。純バナジウムの国内需要量は年間1t程度であるが、その特異な性質が利用されている。例えば、バナジウムは破壊靱性や低放射化特性に極めて優れ、高温強度や熱応力因子が高く、中性子照射による膨れ(スエリング)が小さい等のために、1960～70年代に高速増殖炉の燃料被覆管材料として、1980年代以降は、核融合炉第一壁・ブランケット用構造材料としてV合金の開発研究が行われてきた<sup>(4)</sup>。また、中性子回折プロファイルにおけるバックグラウンドが少なく、且つ、ブラッグピークの発現が小さい金属としてバナジ

ウムが知られており、この性質を用いた純バナジウム試料容器、および、少量の合金元素を添加したNull-Alloy試料容器がJ-PARCの中性子設備等で利用されている。

近年、脱炭素社会の実現に向けて、水素エネルギー利用への期待は非常に大きい。バナジウムは、パラジウム以外で唯一常温・常圧付近で大量の水素を吸放出できる金属であり、バナジウム中の水素の拡散が速く、且つ、水素固溶域が広いなどの特徴がある。これらの優れた基本特性のため、水素吸蔵合金や水素分離膜などの水素エネルギー関連材料として盛んに研究が行われている<sup>(5)</sup>。

バナジウムは、水素の他に酸素や窒素のガス成分不純物が固溶し易く、これらガス成分不純物の固溶量は水素に対する特性に大きく影響を及ぼす。特に、不純物酸素量の増大は、バナジウム中水素の拡散係数を低下させるとともに、水素固溶量を著しく低減することが知られている<sup>(6)</sup>。また、バナジウム中の窒素、酸素濃度の低減は、バナジウム材の硬度を下げ柔らかくするため<sup>(7)</sup>、水素分離膜などへの適用のためには加工性の観点からも有意義である。当社では、水素関連材料に使用するバナジウム材には、不純物として含まれる酸素および窒素濃度を低減した材料を適用している。

### 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) 吉永英雄：Journal of MMIJ, **123**(2007), 768-771.
- (4) 長坂琢也ら：日本原子力学会誌, **55**(2013), 48-52.
- (5) 吉永英雄ら：まてりあ, **57**(2018), 23-25.
- (6) D. T. Peterson *et al.*: Met. Trans., **19A**(1988), 67-72.
- (7) T. Nagasaka *et al.*: J. Nucl. Mater., **283**(2000), 816-821.

次号！ 金属なんでもランキング！ 純金属の拡散係数の活性化エネルギー