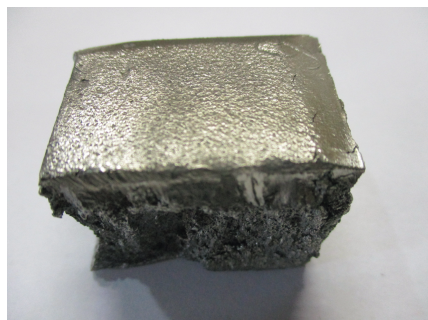


シリーズ「金属素描」

No. 40 イットリウム (Yttrium)

東北大学 竹 田 修



元素名: Yttrium, 原子番号: 39, 原子量: 88.91, 電子配置: $[\text{Kr}]4d^1 5s^2$, 密度: $4.475 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (293 K), 結晶構造: 六方最密 ($\sim 1783 \text{ K}$), 融点: 1783 K , 沸点: 3610 K ⁽¹⁾, 地殻存在量: $19 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ⁽²⁾ 【写真】金属イットリウム (資料提供: 株式会社三徳)

本誌60巻3号で原子番号60のネオジウム(Nd) ⁽³⁾, 63巻3号で原子番号62のサマリウム(Sm) ⁽⁴⁾, 63巻11号で原子番号21のスカンジウム(Sc) ⁽⁵⁾を取り上げた。今回は、同じ希土類金属(Rare earth metal)の一つであるイットリウム(Y)を取り上げる。

Yは、1787年、ストックホルム郊外のイッテルビーにある長石の採石場において、スウェーデンのアマチュア鉱物学者(本職は軍人)Carl Axel Arrheniusによって、これまで知られていない黒色の石として発見された。その後、1794年、フィンランドの化学者 Johan Gadolin が化学分析で黒色石に未知元素の酸化物が含まれていることを明らかにした。Yの発見の栄誉は、Arrhenius と Gadolin の両者に与えられている。その後、パリの Louis-Nicolas Vauquelin, René-Just Haüy, ベルリンの Martin Heinrich Klaproth による追試を経て、鉱物はガドリナイト(Gadolinite)とされ、未知の酸化物はイットリア(Yttria), 新元素はイットリウム(Yttrium)と命名された。

金属Yは、銀白色で、化学的に活性であり、その化合物は光学的、電気的に顕著な特徴がある。融点(1783 K)は、希土類金属の中で最も高い部類に入る(スカンジウム 1810 K , ルテチウム 1934 K)。酸化物(Y_2O_3)の標準生成ギブズエネルギーは希土類酸化物の中で最も低く、化学的に安定である。

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。イットリウムは、重希土に近い化学的特徴を有するが、比較的多種の希土類鉱石に含有される。資源量は希少とされているが、地殻存在量は 19 ppm 程度でベースメタルである鉛(Pb)や錫(Sn)よりも多い。

金属Yの製造のためには、 Y_2O_3 をフッ化してフッ化イットリウム(YF_3)を得る。それを金属カルシウム(Ca)で還元し、粗金属Yを得る。さらに再溶解や真空蒸留を行い、高純度Yを得る。Yは高融点であるので操作温度を高くせざるを得ない。そこで、操作温度の低下も試みられた。金属マグネシウム(Mg)を添加してCa熱還元を行い、低融点のY-Mg合金として分離、回収した例もある ⁽⁶⁾。得られた合金は、真空蒸留によってMgを蒸発除去し、Yスポンジを得て、それを再熔融してインゴットとされた。

Yの用途として、耐酸化性を高めるために耐熱ステンレ

ス鋼に添加されることがある。また、酸化物分散強化(Oxide dispersion strengthened, ODS)鋼に用いられる ⁽⁷⁾。例えば、12Cr ODS フェライト鋼では、 Y_2O_3 粉末と合金粉末をボールミルでメカニカルアロイング処理した後、熱間押出で固化成形する。その後、冷間圧延や熱処理を繰り返して部材にする。材料内部では、微小な Y_2O_3 粒子が転位の移動を阻害して、高温でのクリープ強度を高める。

酸化ジルコニウム(ZrO_2)に Y_2O_3 を添加し、イットリア安定化ジルコニア(YSZ)を形成することも行われる。YSZは、高強度セラミクスとして構造物材料に使われると共に、発電機やジェットエンジンのタービンブレードのコーティング材料(トップコート)としても使われる ⁽⁸⁾。また、酸化物イオン伝導体として酸素分圧測定素子などの機能性材料にも使われる。

電気的機能性材料としては、超電導材料の $\text{Ba}_2\text{YCu}_3\text{O}_7$ の構成成分として使われている。液体窒素の沸点(77 K)を初めて越える転移温度(90 K)を有する超電導材料として発見され ⁽⁹⁾、高温超電導の分野が切り拓かれた。

Yは、非常に強い還元力を利用した脱酸剤としても研究されている。チタン(Ti)にYおよび YF_3 を添加・溶解することで、Ti中の酸素が極低濃度(200 mass ppm 水準)まで除去されている ⁽¹⁰⁾。ここでは、Yの酸化フッ化物(YOF)の形成が低酸素化の重要な役割を担っている。

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, 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: まてりあ, **63**(2024), 751.
- (6) 小西功: 資源と素材, **4**(2019), 75.
- (7) 鶴飼重治: 日本原子力学会誌, **61**(2019), 38.
- (8) 松本一秀, 川岸京子, 原田広史: まてりあ, **52**(2013), 469-474.
- (9) M.K. Wu, et al.: Phys. Rev. Lett., **58**(1987), 908.
- (10) T.H. Okabe, G. Kamimura, T. Ikeda and T. Ouchi: Nat. Commun., **15**(2024), 5015.

次回! 金属なんでもランキング! No. 28 引張強さ