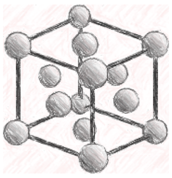
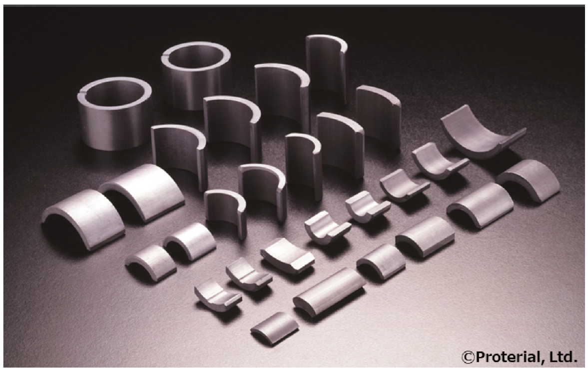


シリーズ「金属素描」

No. 35 ストロンチウム(Strontium)

東北大学 竹 田 修 明治大学 小 原 学

(a)

(b)


元素名：Strontium，原子番号：38，原子量：87.62，電子配置：［Kr］$5s^2$，密度：2.583 Mg·m^{-3}(298 K)，結晶構造：面心立方(～521 K)，六方最密(521～887 K)，体心立方(887～1047 K)，融点：1047 K，沸点：1639 K(1)，地殻存在量：320 μg·g^{-1} (2)
【写真】(a)純ストロンチウム塊，(b)フェライト磁石(株式会社プロテリアル 写真提供)．

第63巻 第1号の本コーナーにおいて，アルカリ土類金属のカルシウム(Ca)が取り上げられた(3)．本稿では，同族のストロンチウム(Sr)を取り上げる．

1787年，スコットランドのストロンチアンにある鉛鉱山で未知の鉱物が見つかった．1790年，ロンドンの医師 Adair Crawford は，当該鉱物は炭酸バリウムに似ているが，バリウムと異なる元素が含まれていることを発見し，ストロンチウムと命名した(当該鉱物は炭酸ストロンチウムであった)．1808年，ロンドンの王立研究所の Sir Humphry Davy は，酸化ストロンチウムを溶融塩に溶解させ，水銀カソードで還元析出させ，得られたアマルガムから水銀を蒸留除去，金属ストロンチウムを単離することに成功した．この研究には，スウェーデンの Jöns Jacob Berzelius と Magnus Martin Pontin による研究・助言が大きく貢献したとされている．

ストロンチウムは相変態が多く，室温では面心立方構造であるが，昇温すると521 K で六方最密構造に，さらに昇温すると887 K で体心立方構造になる．

ストロンチウム化合物の原料として使用されるのは天青石($SrSO_4$, Celestine)やストロンチアン石($SrCO_3$, Strontianite)である．ただし，ストロンチアン石の埋蔵量は非常に少なく，商業利用は限定的である．2023年における世界の鉱石生産量(主に天青石)は，スペイン(20万 t)，イラン(20万 t)，中国(8万 t)，メキシコ(3万5千 t)，アルゼンチン(700 t)と報告されている(4)．鉱石から主要中間製品として炭酸ストロンチウムを生産する．その生産方式には還元焙焼法(ブラックアッシュ法)と湿式法(ソーダ法)がある．塩化物やその他の化合物は，炭酸ストロンチウムから製造する．

金属ストロンチウムは，古くは塩化ストロンチウムと塩化カリウムの混合塩を，溶融塩電解することで生産されていた(5)．現在は，炭酸ストロンチウムから高純度な酸化ストロンチウムを合成し，金属アルミニウム細粒と混合，団鉱にする．密閉容器に装入し，真空下，高温(1000℃以上)で酸化ストロンチウムを還元する．蒸気として生成したストロンチウムを低温部に導き，凝縮させて金属ストロンチウムを得る(6)．

ストロンチウム化合物は，その赤色燃焼性を利用して花火や発煙筒などによく用いられる．そのほかガラス材料に対する添加物にも使用されているが，重要な用途の一つとしてフェライト永久磁石が挙げられる．ストロンチウムを用いたフェライト永久磁石は基本組成式が $SrFe_{12}O_{19}$ で表され，モル比で見るとストロンチウムが陽イオンに占める割合は1割にも満たない．しかし，遷移金属イオンに比べて大きなイオン半径を有しているストロンチウムイオンは，結晶構造中において最密構造を形成する酸素イオンの一部に置き換わり，永久磁石の重要なパラメータである「保磁力」を発生させるための「磁気異方性」を生み出す結晶ブロックの形成に一役買っている．

フェライト磁石は，金属系磁石に比べると最大エネルギー積は及ばないが非常にコストパフォーマンスが良く，また化学的にも安定しており，吸着用途だけでなく小型モータにも多く使用されている．例えば現在の自動車にはワイパーや電動シートをはじめとして，多くのフェライト磁石モータが搭載されており，フェライト磁石なくして自動車の生産は難しいと言っても過言ではないほどである．

ストロンチウム系フェライト磁石が1960年代前半にアメリカで発表されて以来(7)世界中で実用化に向けた開発競争が行われた中，勝ち上がったのが日本のメーカーであった．1990年代以降，La–Co 置換ストロンチウムフェライト(8)(9)などのさらなる高性能フェライト磁石も開発され，現在でもフェライト磁石に関しては，日本のメーカーが一日の長を有している．自動車産業だけに留まらず，多くの産業分野にとって，フェライト磁石について日本が今後も世界を牽引していくことは重要であろう．

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) 大内隆成：まてりあ，**63**(2024), 5.
(4) USGS, Mineral commodity summaries 2024 (2024), 170–171.
(5) C.L. Mantell: Rare metals handbook 2nd ed., (1961), 15–31.
(6) 竹田 修：レアメタル便覧 Vol. I，丸善，東京(2011), 210–230.
(7) A. Cochardt: J. Applied Physics, **34**(1963), 1273–1274.
(8) Y. Ogata *et al.*: IEEE Trans. Magn., **35**(1999), 3334–3336.
(9) K. Iida *et al.*: J. Magn. Soc. Japan, **23**(1999), 1093–1096.

次回！ 金属なんでもランキング！
No.25 銅における不純物拡散係数の活性化エネルギー