

「パワーストーン (7) 物質の創成と鉄」

圓山 裕

店頭で売られているパワーストーン（貴石や宝石）には神秘的な霊力があり、これを身に付けると何か特殊な力が得られると信じられている様です。しかし、これは科学的に証明されている訳ではなく疑似科学の類と考えられます。一般的にパワーストーンと言われている物は個人的なお守りや癒しのアクセサリーと捉えるのが妥当だと思います。

一方、私は金属・非金属の鉱物資源として技術的・経済的に利用価値の高い鉱物がパワーストーンだと考えます。人類は先史時代から現代までに、様々の鉱物から有用な材料を造り出して、道具や資材、機械やデバイスなどに仕上げて文明と文化を築いてきました。人類は何と多くの恩恵を地球から得てきたことかと改めて思います。鉱物資源は太陽系 46 億年の人類への賜物です。

私は研究テーマのひとつに Fe-Ni 合金を選びましたので、特に、鉄という身近にある物質に興味を持ち続けています。鉄の旧字体である「鐵」は金・王・哉と分解できることから、「金属の王なるかな」と評される様に、鉄は金属材料を代表する物質です。

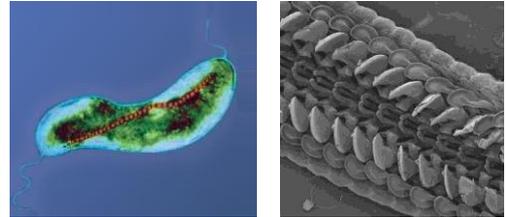
実は、生物も元素としての鉄を利用しています。血液中のヘム鉄（ヘモグロビン）は呼吸によるエネルギー代謝に不可欠です。また、鳥類（伝書鳩など）や魚類（鮭類など）の耳石には鉄化合物の磁性体が含まれており、地磁気を感知して帰巣や回遊に利用していると考えられています（原田康夫先生の耳石の研究が有名です）。走磁性細菌も小器官の中に単結晶の磁鉄鉱を合成して地磁気の感知に利用しています。軟体動物（サザエ、ヒザラガイなど）は硬度の高い磁鉄鉱を歯舌として合成しています。この様に、生物も鉄を上手に利用していると言えます。

（写真-1；（左）走磁性細菌の単結晶磁鉄鉱（赤色）、

<https://ja.wikipedia.org/>、

（右）ヒザラガイの歯舌、

<https://www.asahi-net.or.jp/>）



その鉄は地球の地殻に、そして宇宙にどれ程存在するのか「元素の存在度」をみてみましょう。地学の分野では、クラーク数（地殻に存在する元素の割合）から酸素、珪素、アルミニウム、鉄の順に多いことが分かっています。更に、『理科年表』（国立天文台編、丸善）の「地質および鉱物：元素の存在度」の項目に詳しく説明されています。これは、松井義人先生（岡山大学・地球内部研究センター元教授）の編纂による貴重な資料（表-1）です。

（表-1）にみられる様に、人類は地殻に豊富に存在する元素を利用してきたことが分かります。例えば、アルカリ金属（Na, K）とアルカリ土類金属（Mg, Ca）は生命の維持に必須のミネラルです。珪素は半導体として、アルミニウムと鉄は金属材料として現代社会に不可欠の元素です。勿論、その他の金属（銅、銀、金、白金、鉛など）も有用で不可欠ですが、何しろ希少性のために高価です。近年の金価格の高騰は世界的な経済金融上の現象で、元素の存在度とは無関係です。

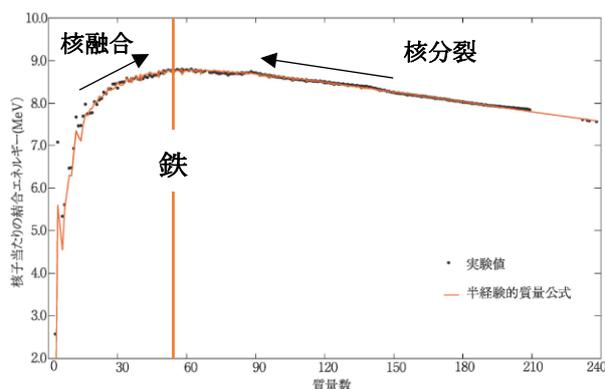
ところで、周期表は元素と物質に関する理解を深める資料として最適です。最近では、様々な工夫された周期表が発表されていますが、その中でも東京エレクトロン社が提供する周期表『世界のすべては、元素でできている』（<https://www.tel.co.jp/genso/>）が分かり易くて優れています。同社のホームページからダウンロードして見ることができます。

(表-1：元素の存在度、「理科年表」からの抜粋)

	元 素		原子番号	地殻存在度		宇宙存在度
				重量比(%)	原子比(対数)	原子比(対数)
1	O	酸素	8	46.6	6.47	7.33
2	Si	珪素	14	27.72	6.00	6.00
3	Al	アルミニウム	13	8.13	5.48	4.92
4	Fe	鉄	26	5.00	4.96	5.94
5	Ca	カルシウム	20	3.63	4.96	4.85
6	Na	ナトリウム	11	2.83	5.10	4.77
7	K	カリウム	19	2.59	4.83	3.58
8	Mg	マグネシウム	12	2.09	4.94	6.02
9	Ti	チタン	22	0.44	3.97	3.38
10	H	水素	1	0.14	5.15	10.50

(注：原子比の対数は、Siを6とする自然対数で示されている)

では、なぜ鉄の存在度が特異的に高いのか、それは原子核物理学では核子1個当たりの結合エネルギー(図-1)で説明されます。鉄の質量数(陽子と中性子の合計数)は56で、核子1個当たりの結合エネルギーが8.8 MeVと全核種の中で最も大きな値です。結合エネルギーが大きい原子核ほど核子の結び付きが強いので、壊れにくい安定した原子となります。つまり鉄より軽い元素は核融合(結合)することで、また、鉄より重い元素は核分裂(分解)することで、より安定な元素に変わっていきます。その両方からの変化の行きつく先が鉄となるので、宇宙には鉄がたくさん存在する訳です。



(図-1：核子当たりの結合エネルギー、「原子核の物理」

<https://atomica.jaea.go.jp>)

その核融合が宇宙で繰り返される場が恒星です。水素からヘリウム、炭素や酸素から珪素などを経て更に核熱反応が進みますが、結合エネルギーが最大の鉄で核融合は終結します。比重の大きな鉄は恒星の中心に沈み込んで行き、恒星は不安定な老いた赤色巨星となり、ある時に大爆発を起こして崩壊します。これが超新星爆発で、夜空で一瞬明るく光る星は恒星の最期の姿です。超新星爆発の残骸であるカニ星雲を捉えたNASAのハッブル宇宙望遠鏡の画像が写真-2です。星雲の中心には小さな白色矮星が写っています。

(写真-2：カニ星雲、メシア番号 M1、1054 年に出現した超新星の残骸。 <https://hubblesite.org/> 藤原定家の日記「明月記」にも記録されています。)



核融合で生成された質量数が鉄以下の物質は、巨大な超新星爆発によって宇宙空間に撒き散らされます。また、超新星爆発の巨大なエネルギーによって陽子と中性子の結合が増強されて、鉄よりも質量数の大きな重原子（ニッケルからウランまで）が生成されますが、これらの重原子も宇宙に飛び散って行き、いずれは核分裂を繰り返して鉄に変わって行く訳です（図-1）。地球に原子番号が鉄より大きい元素（金や白金、鉛などの重金属）も存在するのは、超新星爆発の残骸が太陽系形成の材料でもあったことの証です。

超新星爆発の痕跡のカニ星雲が位置するのはおうし座です。（図-2）は冬の星座の星図（一部）で、おうし座の牡牛の角の先端にあたる星の傍にカニ星雲（赤丸）とオリオン座の右肩にあたる1等星ベテルギウス（白丸、冬の大三角形の一角）が示されています。カニ星雲は超新星爆発の残骸ですが、ベテルギウスはブクブクと膨れて不安定になった赤色巨星（写真-3）で、超新星爆発が近いのではないかと話題になっています。私達の時代にベテルギウスの超新星爆発が観察できたらと思うと大変興味深いですね。物質創成の瞬間を目の当たりにすることになる訳です。

（図-2：冬の星座の星図の一部、下半分はオリオン座、上側におうし座の一部。筆者が中学生の時にチェコスロバキアから輸入したベクバル星図1950年版より）

（写真-3：ベテルギウス、アルマ望遠鏡の画像

<https://alma-telescope.jp/gallerytag/>）

今回はパワーストーンというよりも、元素としての鉄の起源について書いてみました。改めて、「世界のすべては、元素でできている」ということだけではなく、私達も含めて万物は「星のかけらでできている」と言えそうです。そこに神秘的なパワーがあるのかも知れません。

（2021年11月19日）

