

[Natural resources produced in the earth]

## 鉱床と鉱石 [Ore deposits and Ores]

我々人類は、地球上に存在する物質を高度に利用して生きています。その中で特に、金属を利用する術を見出したことが、文明の発展には不可欠でした。しかし、おもな造岩鉱物の中に含まれている元素の種類は限られています。日常生活で普通に利用されている多くの金属は、通常の岩石の中にはごくわずしか含まれておらず、そのままでは利用することができません(表1)。

地球上には、我々の生活にとって有用な物質が濃集している場所もあります。このような場所を鉱床とよび、その物質を鉱石とよんでいます。より正確には、鉱床とは、

「有用な鉱石鉱物が含まれる鉱石が、経済的に採掘を行うことが可能な規模を持って存在している集合体」です。一般に鉱石は、有用な元素を主成分とする鉱物(表2)の集合体ですが、鉱石全てが資源となる鉱石鉱物で出来ていることは少なく、それ以外の不要な鉱物(脈石鉱物)も多く含まれるのが普通です。有用鉱物に含まれる有用元素の含有量から、この鉱石中の品位(有用元素の重量/鉱石の重量)(%)が求められます。品位が高いほど、採掘する上で有望ですが、資源としての価値は、いろいろな経済的要素に影響されるものです。

表1:地殻中の金属元素の存在度と鉱床形成に必要な濃集度  
Abundance of metal elements in the earth crust and concentrations required for ore deposits

元素記号	元素名	地殻中の平均含有量	鉱石品位	濃集度
Al	アルミニウム	8.4%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 30%	1.9倍
Fe	鉄	5.8%	50%	8.6倍
Cu	銅	75ppm	1%	133倍
Ni	ニッケル	100ppm	1%	100倍
Mn	マンガン	1,400ppm	55%	400倍
Zn	亜鉛	80ppm	5%	630倍
Cr	クロム	185ppm	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 30%	1,200倍
Pb	鉛	8ppm	5%	6,300倍
Sn	錫	2.5ppm	1%	4,000倍
Ag	銀	0.08ppm	100-420ppm	1,250-4,300倍
Au	金	0.003ppm	6-8ppm	2,000-2,700倍

表2:主要鉱石鉱物  
Major ore minerals

対象元素	鉱物名	化学式	対象元素	鉱物名	化学式
Ag	自然銀	Ag	Hg	辰砂	HgS
	輝銀鉱	Ag <sub>2</sub> S	Mn	軟マンガン鉱	MnO <sub>2</sub>
Al	ベーマイト	AlO(OH)	Mo	輝水鉛鉱	MoS <sub>2</sub>
	ギブサイト	AlO(OH) <sub>2</sub>	Ni	ペントランダイト	(Fe, Ni)S
	ダイアスポア	AlO(OH)	Pb	方鉛鉱	PbS
Au	自然金	Au	Sn	錫石	SnO <sub>2</sub>
Cu	黄銅鉱	CuFeS <sub>2</sub>	Ti	ルチル	TiO <sub>2</sub>
	斑銅鉱	Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub>		イルメナイト	FeTiO <sub>3</sub>
Co	輝コバルト鉱	CoAsS	U	閃ウラン鉱	UO <sub>2</sub>
Cr	クロム鉄鉱	FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	W	灰重石	CaWO <sub>4</sub>
Fe	磁鉄鉱	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>		鉄マンガン重石	(Fe, Mn)WO <sub>4</sub>
	赤鉄鉱	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zn	閃亜鉛鉱	(Zn, Fe)S

## 鉱床の形成 [Formation of Ore deposits]

鉱床の形成には、いろいろな成分を含んだ流体(例えば、地殻熱水・温泉水・マグマ・地表水など;表3)が深く関係しています。この流体を介した元素の移動と濃集によりつくられた鉱石中に含まれる金属の濃集度は、地殻中の平均存在度の数倍から数千倍に達します。鉱床の形成は、地球表層部の進化の歴史と強く関連しており、鉱床が形成された時期と場所は種類によって異なっています(表4)。

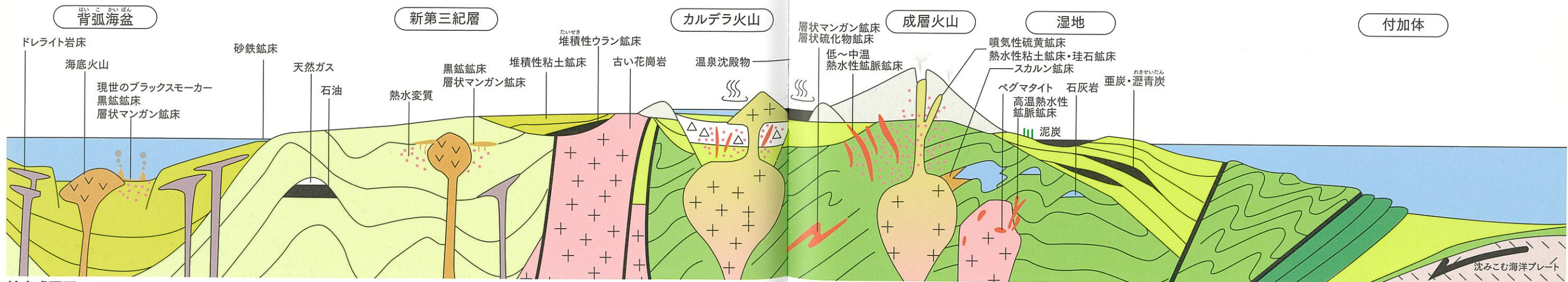
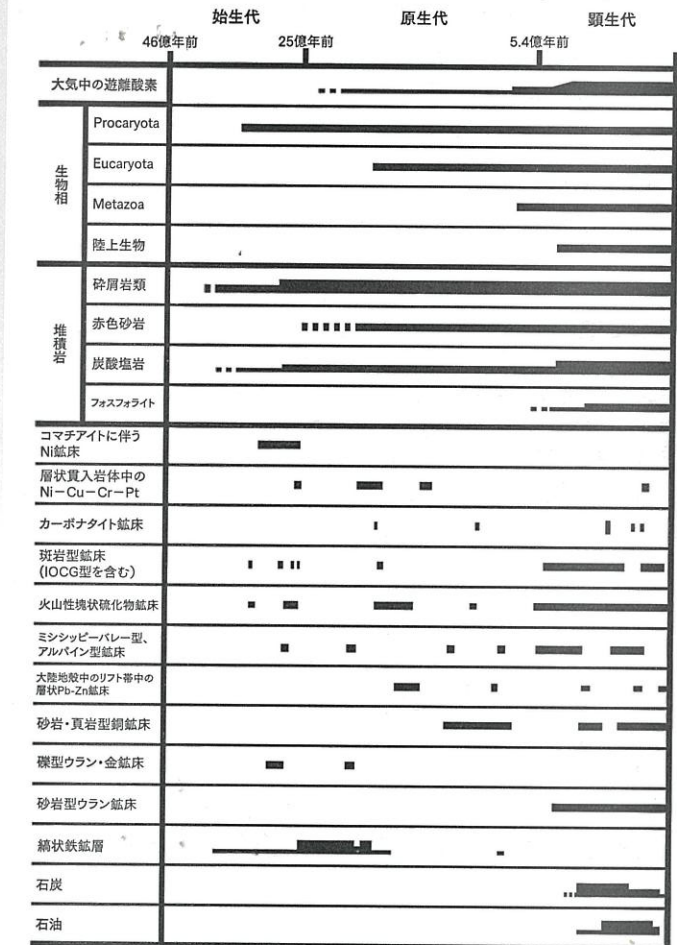
## 金属の利用 [Use of metals]

人類は、遅くとも紀元前6000年ごろからメソポタミアやエジプト文明において金属を利用し始めていたとされています。はじめは、自然銅を溶かして利用する程度だったかもしれませんが、金属の有用性が広く認められると、金属鉱床を探し、採掘した鉱石から金属を抽出するようになりました。銅鉱石から金属銅を抽出する技術が生まれたのは紀元前4000年ごろからとされています。鉄を抽出する技術は、銅や錫よりもはるかに新しく、紀元前約1000年前以降に開発されました。銀・鉛・亜鉛・水銀・アンチモン・ビスマスなどの金属も16世紀までにはその存在が認識され、利用が始まりました。19世紀末までにほぼすべての元素が発見されましたが、あらゆる金属を高度に利用し始めたのは、20世紀半ば以降のことです。

表3:温泉水・地殻熱水中の主要溶存成分と含有量(単位: ppm)  
Major dissolved components in geothermal waters (ppm)

	温度(°C)	pH	Na	K	Ca	Cl	Cu	Zn	Pb
油田塩水、ミシシッピ、アメリカ	135	—	76,200	905	37,700	190,100	—	367	101
ソルトンシー、カリフォルニア、アメリカ	220	5.5	51,000	25,000	40,000	185,000	10	970	104
アトランティスIIくぼ地、紅海	56	5.0~5.5	96,600	1,870	5,150	156,030	0.26	5.4	0.63
玉川温泉、秋田県、日本	98	1.2	114	65	210	3,240	0.01	2.8	1
ウイラケイ、ニュージーランド	260	8.4	1,320	225	17	2,260	0.08	0.01	0.002

表4:地球進化史と鉱床形成の関係  
Formation of ore deposits in the earth's history



鉱床成因図  
Schematic cartoon showing distribution of ore deposits