

1. クロム…(1)

平野 英雄 (金属鉱業事業団)

Hideo HIRANO

1. 鉱物学と地球化学

1) 概論

クロムはフランスの化学者 Louis Vauguelin によって 1797 年にシベリア産 クロコアイト (Crocoite: $PbCrO_4$) から発見された元素である。この元素の化合物は赤黄緑などに鮮かに着色するためギリシャ語の色を意味する言葉 Chroma が元素名として選ばれた。物理的性質は次の通り。

原子番号	24
原子量	52.01
同位体比及び存在比 (%)	
質量数 50	4.4
” 52	83.7
” 53	9.5
” 54	2.4
密度 (g/cm ³)	7.1
融点 (°C)	1930
色	灰色
結晶構造 (1830°C以下)	体心立方
イオン半径	
4 配位	0.30
8 配位	0.615

クロムは親石元素で天然ではその多くは正の 3 価の状態でもクロマイトとして濃集している。イオン半径は地殻存在度の大きな元素のそれとかなり近い (Cr³⁺, 0.615; Al³⁺, 0.53; Fe³⁺, 0.645; Fe²⁺, 0.78; Mg²⁺, 0.72; Ti⁴⁺, 0.605) それらを置換して多くの鉄マグネシウム珪酸塩鉱物にも少量含まれている。

地殻平均値として 200ppm (Goldschmidt, 1954) 110 ppm (Lee and Yao 1965) 112ppm (Ronov and Yaroslavsky, 1972) などが与えられている。

一般にクロムはマグマの分化過程の初期にクロマイトとして晶出し極端に濃集する傾向がある。そのため火成岩ではその SiO₂ が増加するにつれクロムの平均含有量は急激に減少しかんらん岩 (3000ppm) 玄武岩 (300-200ppm) 安山岩 (100-10ppm) 流紋岩 (<20ppm) となっている。

1987年10月号

砂岩 頁岩等の碎屑性堆積岩および現世の堆積物中のクロム含有量は後背地の地質により多少変動するが一般には 100ppm 以下である。化学沈澱岩 (炭酸塩岩 チャート マンガンジュール) の平均含有量はクロムの水への難溶性を反映し碎屑性堆積岩よりもさらに低く (20ppm 以下) になっている。

2) クロム鉱物とその産状

クロムを主成分として含む鉱物は第 1 表に示されたように多数存在する。その多くは酸化物 水酸化物 珪酸塩鉱物でありその中でクロムは 3 価の状態に含まれている。これらの他酸化帯の二次鉱物としてクロム酸塩鉱物 (Cr は正の 6 価の状態) がある。クロムの硫化物や合金は隕石のみから報告されている。

地殻中のクロムの大部分はクロマイトとして存在している。通常クロマイト (Fe²⁺ Cr₂O₄) はその成分中の Fe²⁺ が Mg により Cr が Al, Fe³⁺ により置換されており (Fe²⁺, Mg) (Cr, Al, Fe³⁺)₂O₄ の形の固容体を形成している。このためピコタイトまたはクロムスピネル (Chrome-rich spinel; クロムに富むスピネル族鉱物という意味) とよばれている。クロマイトはクロムの鉱物として価値のある唯一の鉱物である。それはクロマイトが他のクロム含有鉱物と比べ Cr を高濃度に含んでいること (第 2 表) 鉱物自身が岩石中に著しく濃集して産するためである。したがって“クロム鉱床”はクロマイト鉱床と同義語である。

クロマイトは通常超塩基性-塩基性マグマの早期晶出相として存在するが一部分はそれが集まってブッシュベルド (南アフリカ) グレートダイク (ジンバブエ) 等の層状貫入岩体中やアルプス型かんらん岩体中 (ソ連 アルバニア トルコ フィリピン) のクロム鉱床を形成している。わが国には鳥取県の広瀬・若松・高瀬 および北海道の八田・日東・新日東等の鉱床がありこのうち鳥取県下のクロム鉱床はアルミニウム含有量が高く北海道のものはクロム含有量が高いという特徴をもっている (番場 1963)。

次に造岩鉱物中のクロムの挙動をみてみよう。かん

第1表 クロム含有鉱物

鉱物名	化学式
酸化物	
水酸化物	
炭酸塩	
Chromite	$FeCr_2O_4$
Chromian spinel, Picotite	$(Fe^{2+}, Mg, Cr, Al, Fe^{3+})_2O_4$
Donathite	$(Fe^{2+}, Mg, Zn, Cr, Al, Fe^{3+})_2O_4$
Eskolaite	Cr_2O_3
Stichtite	$Mg_{18}Cr_6(OH)_{48}[CO_3]_3 \cdot 12H_2O$
硫化物	
Daubreeelite	$FeCr_2S_4$
Brezinaite	Cr_3S_4
Heideite	$(Fe, Cr)_{1+x}(Ti, Fe)_2S_4$
窒化物	
Carlsbergite	CrN
クロム酸塩	
Chromatite	$Ca[CrO_4]$
Crocoite	$Pb[CrO_4]$
Phoenicochroite	$Pb_2[CrO_4]O$
Dietzeite	$Ca_2[IO_3][CrO_4]$
Embreyite	$Pb_5[CrO_4]_2[PO_4]_2 \cdot H_2O$
けい酸塩	
Knorringite	$Mg_3Cr_2[SiO_4]_3$
Uvarovite	$Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$
Tawmawite	$Ca_2(Al, Cr)_3[SiO_4]_3OH$
Kosmochlor (Ureyite)	$NaCr[Si_3O_6]$
Fuchsite	$K_2(Al, Cr)_4[Al_3Si_6O_{20}](OH)_4$
Kammererite	$(Mg, Al, Fe, Cr)_6[(Si, Al)_4O_{10}](OH)_8$

らん石は比較的クロムに富んだマグマから晶出するにもかかわらず クロム含有量は極めて低い。地球上のかんらん石には 玄武岩包有物のもので 24ppm キンバライトを含めた超苦鉄質岩中のもので 最高750ppm Crしか含まれない。しかし 月の玄武岩中のかんらん石には

1900-2700ppm も含まれている。その原因として極めて低い酸素分圧下でクロムは Cr^{2+} となり かんらん石と似たオルソシリケート Cr_2SiO_4 を形成し固溶されていると考えられる。したがって かんらん石中のクロム含有量は酸素分圧のインディケータとなり得るだろう。

第2表 クロマイトの Cr_2O_3 含有量

産 状 (サンプル数)	範囲 (%)	平均 (%)	文 献
クロマイト カンボデルシエロ鉄隕石	74.0		Bunch et al. (1970)
クロマイト 世界各地のダイヤモンド中(6)	61.1-67.2	63.8	Meyer and Boyd (1972)
クロムスピネル 世界各地の玄武岩中のレルゾライト包有物中(9)	11.47-34.87	22.1	Ross et al. (1954)
クロムスピネル 九州高島 アルカリ玄武岩中の超苦鉄質包有物中(5)	31.0-48.17	43.0	Ishibashi (1970)
クロマイト 南アフリカ ブッシュベルド岩体中のクロマイト鉱層(5)	47.12-49.31	47.6	Cameron and Emerson (1959)
クロマイト カリフォルニア ビュローマウンテンのダナイト岩体(1)	26.9-58.0	45.9	Loney et al. (1971)
クロマイト カリフォルニア ビュローマウンテンのハルツバージャイト岩体(4)	32.7-45.7	38.2	Loney et al. (1971)
クロムスピネル スイス ベリナゾーナのざくろ石かんらん岩体	7.29		Mercy and O'Hara (1967)
クロマイト ハワイ島玄武岩(6)	38.4-43.8	41.6	Evans and Wright (1972)

第3表 超苦鉄質岩中のクロム存在量

岩石	サンプル数	平均含有量 ppm Cr	範囲 ppm Cr	文献
超苦鉄質岩体				
超苦鉄質岩	113	2,980	205-15,300	Stueber & Goles (1967)
ダナイト	15	3,440	1,190-10,700	
輝岩	8	2,690	920-4,730	
かんらん岩	20	2,410	410-4,550	
ざくろ石かんらん岩	5	2,660	1,990-3,950	
蛇紋岩	44	3,560	670-15,300	
玄武岩中のスピネルレルゾライト中の包有物				
世界各地	54	2,440	137-4,580	Kuno and Aoki (1970)
フランス マッションセントラル	150	3,050		Hutchison et al. (1970)
ドイツ	9	2,500	1,900-3,500	Wedepohl (1963)
キンバライト中のざくろ石レルゾライト中の包有物				
南アフリカ	41	2,410	1,460-4,250	Chen (1971)

ざくろ石には 地下深所で形成されたもの(たとえばキンバライト中の包有物中のもの)に 0.1-17% Cr₂O₃ 程度含まれている。この値は共存する単斜輝石よりも大きい。しかしやや低圧のエクロジヤイト中ではこの関係は逆になり Cr は輝石の方に多く含まれるようになる。灰クロムざくろ石(Uvalovite)はクロム緑泥石(Kammerelite)とともに クロマイト鉱床が熱水変質をうけた部分に産出する。

コスモクロア(NaCrSi₂O₆)はその名のように 鉄いん石から発見されたが地球上の輝石は最大2% Cr₂O₃ までしかクロムを含有しない。共存する輝石間では火成岩 変成岩ともに 単斜輝石の方が斜方輝石よりもクロムを多く含む。

角閃石と雲母中のクロム含有量は晶出時の環境を反映し Mg に富む鉱物ほど Cr 含量も高い。火成岩中の角閃石は共存する雲母よりクロムに富んでいるがそれは角閃石の方がより早期にマグマから晶出したためであろう。変成岩中では逆に 雲母の方がよりクロムに富んでいる。クロム雲母 フクサイトは超苦鉄質岩を源岩とする変成岩の中に生じている。

Al₂SiO₅ の多形(らん昌石 珪線石 紅柱石)では らん昌石のクロム含有量が最も高いが それでも通常0.3% Cr₂O₃ を越えない。

3) 火成岩のクロム含有量

各種の火成岩のクロム含有量は 一般に SiO₂ が増加するにつれ 急激に減少する。超苦鉄質岩のクロム平均含有量の見積りは 各研究者の間でかなり一致しており 2,000ppm 以上(Rankama and Sahama, 1950)

1,000-4,000ppm(Goldschmidt, 1954) 2,400ppm (Goles, 1967) 等の値が示されている。超苦鉄質岩の Cr 含有量は クロマイトの含有量によって著しく変動するため異常に高い値を除くと その平均含有量は 3,000ppm (Stueber and Goles, 1967) や 3,300ppm (Fisher et al., 1969) とみて良いであろう(第3表)。玄武岩中やキンバライト中のレルゾライト包有物は 塩基性マグマが取り去られた残留マントルの破片と考えられているが その平均値は 2,600ppm である(Shiraki, 1978)。

世界各地のクロマイト鉱床は 超苦鉄質岩中に 局所的に存在している。そのほとんどはダナイト(ほぼかんらん石からなる岩石)中に そして 例外的に輝岩(ほぼ輝石からなる岩石)中に存在するが 詳しくは第2章で述べる。

苦鉄質岩中のクロム含有量は 1,000-数10ppm の広範囲にわたっている。苦鉄質岩の平均含有量として 220 ppm (Fairbairn et al., 1953) 100-400ppm (Goldschmidt, 1954) 170ppm (Turekian and Wedepohl, 1961) 168 ppm (Prinz, 1967) 等が見積られている。クロムはマグマの分化の程度を最も反映する元素の1つであるが 岩石タイプごとの平均値の多くは以下のように 300-100 ppm の範囲に入る(Prinz, 1967)。

全ソレアイト	162ppm
ノルムオリビン含有ソレアイト	218ppm
ノルム石英含有ソレアイト	153ppm
全アルカリ玄武岩	187ppm
ノルムネフェリン含有玄武岩	190ppm
オリビン含有アルカリ玄武岩	185ppm
全ノルムオリビン含有玄武岩	199ppm

貫入の場で分化したとされている貫入岩体のクロム含

第4表 分化岩体のクロム含有量

岩体名	サンプル数	平均含有量	
		Cr ppm	MgO/Σ FeO
スケアガード層状貫入岩体 (東グリーンランド) Wager & Michell 1951			
はんれい岩質急冷相	2	150	0.80
はんれい岩質ピクライト	1	2,000	2.09
シソ輝石-オリビンはんれい岩	1	175	0.81
中央はんれい岩	2	<1	0.40
グラノフィア	2	<1	
バリセード シル (ニュージャージー州) Walker, 1969			
ドレライト質急冷相	1	315	0.75
古銅輝石ドレライト	1	715	0.96
ビジョン輝石ドレライト	2	43	0.54
グラノファイア質ドレライト	1	7	0.10
ジョンキンサッグ岩体 (モンタナ州) Nash & Wilkinson, 1971			
急冷相	2	128	0.98
ジョンキナイト	4	246	1.11
閃長岩	3	32	0.45
ソーダ質閃長岩	3	8	0.22

含有量は第4表に示されている。この表から 分化初期の岩石は高いクロム含有量を表わすことが容易に読み取れる。

地質環境で区分された苦鉄質～珪長質火山岩の平均値は第5表に示されている。海底山脈および大洋底の玄武岩の主要化学組成はほぼ一定の値を示すことが知られているが 微量成分のクロムもほぼ一定しており 平均 300ppm Cr である。一方、中性火成岩のクロム存在量は 25-80ppm (Goldschmidt, 1954) 56ppm (Taylor, 1969) 103ppm (Baragar and Goodwin, 1969) と見積り値にかなりの幅がみられる。その原因の一つに、島弧のソレライト安山岩の低い値 (16ppm) があげられる。一般に、島弧のソレライト系列の火山岩は他の地質環境のものとは比べ、クロム含有量が低い (第5表)。

花崗岩および流紋岩の Cr 含有量の平均値として 4.1 ppm (Turekian and Wedepohl, 1961) が見積られている。花崗岩中のクロム含有量は Mg や Ca と相関することが明らかにされており (Carr and Turekian, 1962) 日本の23個の花崗閃緑岩と17個の花崗岩の平均 Cr 含有量は それぞれ 15.5ppm と 2.3ppm である (Shiraki, 1966)。

4) 堆積岩および風化土壤中の含有量

堆積岩および現世の堆積物中のクロム含有量は 一般に粘土分が多いほど高くなる (例えば Ueda, 1957; McLaughlin, 1958; Moore, 1963)。現世の堆積層中の平

均クロム含有量は 浅い水底に堆積した砂層 26ppm; 粘土層 60ppm そして 遠洋性粘土層ではさらに高く 80ppm となっている (Shiraki, 1978)。地質時代の碎屑岩も同様な規則性が認められ 世界各地の砂岩の平均値は 27ppm 頁岩では 83ppm となっている (第6表)。その原因として クロムイオンが粘土鉱物に吸着・固定されたと考えられている。化学沈澱岩の平均クロム含有量は 一般に碎屑岩のそれより低く 石灰岩 6-16 ppm; チャート 20ppm; マンガンノジュール 15ppm となっている。

石炭・原油中の平均クロム含有量は多くの場合碎屑性堆積岩よりも低いが 一部の原油やアスファルトの灰には 3,000-50,000ppm も含まれていたり ゲルマニウムに富むリグナイトに 1,000-8,000ppm のクロムが含まれることが知られている (Erickson et al., 1954)。

風化過程で クロムは最終的には粘土中に濃集する。たとえば石灰岩を覆う残留ボーキサイトのクロム含量は 300-800ppm と高くなっている (Frohlich, 1960)。クロマイト 磁鉄鉱 イルメナイト中のクロムも風化過程で残留・濃集し 超苦鉄質岩を覆うラテライトには しばしば 数%の Cr₂O₃ が含まれる。酸化が進むと Cr は可溶性のクロム酸塩 (CrO₄²⁻) となる場合がある。

5) 変成岩中の含有量

堆積岩起源の変成岩中の平均クロム含有量は 緑色岩相のもの 89ppm; 角閃岩相のもの 65ppm; グラニュ

第5表 苦鉄質—珪長質火山岩中のクロム含有量

地質構造区岩石名	地域数または用いた平均値の数	分析値の個数	地域ごとにグループ分けして求めた平均値	
			ppm Cr	MgO/Σ FeO
太平洋中央海嶺				
ソレライト質玄武岩	18	110	307	0.84
太平洋中の島				
オンチャナイト ピクライト	7	18	1,270	1.71
アンカラマイト	6	15	448	1.06
玄武岩 ベーサナイト	32	195	245	0.66
粗面玄武岩 ハワイアイト	12	66	30	0.39
粗面安山岩 ミュジアライト	9	33	11	0.28
粗面岩 フォノライト 流紋岩	22	109	5	0.14
島 弧				
玄武岩	30	238	191	
安山岩	28	308	55	
デイサイト	14	62	16	
流紋岩	5	36	4	
ソレライト系列玄武岩	8	45	100	0.60
ソレライト系列安山岩	9	53	16	0.39
ソレライト系列デイサイト	6	23	4	0.25
カルクアルカリ系列玄武岩	12	50	179	0.71
カルクアルカリ系列安山岩	16	188	67	0.56
カルクアルカリ系列デイサイト	6	21	30	0.47
アルカリ玄武岩	5	51	231	0.76
大陸縁辺				
カルクアルカリ系列玄武岩	10	44	235	0.80
カルクアルカリ系列安山岩	16	103	56	0.51
カルクアルカリ系列デイサイト	10	51	20	0.41
流紋岩	12	68	4	0.19
アルカリ玄武岩・粗面岩	6	24	248	0.86
粗面岩質安山岩	4	9	90	0.59
レータイト	3	9	23	0.36
バンテラライト コメンダイト	4	24	<1	0.06
大陸内部				
コロンビアリバー玄武岩	4	21	115	0.46
スネークリバー玄武岩	4	12	303	0.67
イエローストーン流紋岩	2	16	2	0.07
ドレライト質玄武岩	5	116	260	0.72
北米東部玄武岩 (バッフィン湾)	1	77	1,190	1.45
デカン玄武岩	4	21	133	—
カルー玄武岩	5	70	320	0.63
カタンガイト マフライト ウガン ダイト (東アフリカ地溝帯)	6	36	1,000	1.37
アルカリオリビン玄武岩 (東アフリカ地溝帯)	4	22	227	0.68
ベーサナイト (東アフリカ地溝帯)	3	31	200	0.61
メリリライト リューンタイト ネフェリナイト (東アフリカ 地溝帯)	7	75	110	0.57

Shiraki, 1978

第6表 堆積岩中のクロム含有量

岩石名 産状 (サンプル数)	ppm Cr	文献
泥岩 西シベリア 中—新生界 (894)	83	Kontorovich (1965)
シルト岩 西シベリア平原 (364)	61	Kontorovich (1965)
泥岩 日本 第三系 (34)	45	Shiraki (1966)
頁岩 日本 中—古生界 (51)	46	Shiraki (1966)
粘土 カスビ沈降帯下部白亜系—ジュラ系 (467)	100	Lebedev (1967)
頁岩 北米西部内陸ビーレ頁岩 (107)	88	Tourtelot (1964)
頁岩 イングランドウェールズ シルリア系 (27)	185	Spencer (1966)
泥質岩 アメリカグレートベースン エオカンブリア系 (44)	100	Sterwart (1970)
砂岩 西シベリア平原 中—新生界 (443)	42	Kontorovich (1965)
砂岩 日本 古生界—第三系 (20)	38	Shiraki (1966)
砂岩 アメリカロッキー山脈地域 古第三系 (216)	13	Vine and Tourtelot (1973)
砂岩—硬砂岩 アメリカグレートベースン南部エオカンブリア系 (14)	20	Stewart (1970)
硬砂岩 アメリカ アイダホ モンタナ (82)	14	Harrison and Grimes (1970)
石灰岩	11	Turekian and Wedepohl, 1961
層状チャート コルディオレラ地向斜	20	Ketner 1969

第7表 世界のクロム鉱石精鉱生産量

(単位: 1,000トン)

国名	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
アルバニア	611	715	744	830	880	989	1,016	1,080	1,143	1,198
ブラジル	73	88	91	186	310	958	892	834	926	953
コロンビア	12	12	12	5	5	5	5			
キューバ	20	20	20	32	32	29	28	29	21	27
キプロス	30	34	27	9	15	15	15	16	10	10
エジプト	1						1			
フィンランド	148	154	164	175	169	407	439	341	412	399
ギリシャ	18	10	23	34	42	37	45	43	43	42
インド	288	394	499	402	353	266	310	321	336	340
イラン	140	175	172	160	233	198	136	82	32	41
日本	24	26	24	22	18	9	12	14	11	11
マダガスカル	158	156	194	222	165	138	128	180	100	91
ニューカレドニア			1	10	8	8	12	2	3	23
パキスタン	17	10	10	11	8	11	3	3	1	1
フィリピン	581	530	520	431	538	540	556	496	439	354
南アフリカ	1,649	1,877	2,076	2,410	3,059	3,144	3,297	3,414	2,870	2,164
スーダン	32	20	15	22	17	18	28	25	26	27
トルコ	436	666	670	581	508	381	372	391	423	372
ソ連	1,905	1,950	2,077	2,087	2,177	3,302	3,200	3,400	3,300	3,402
ベトナム				9	10	13	14	15	15	15
ユーゴスラビア	10	1	2	2	2	2				
ジンバブエ	544	590	590	864	678	478	542	552	536	426
合計	6,696	7,427	7,931	8,502	9,228	10,944	11,041	11,237	10,647	9,895

Minerals Year Book 1973-1982.

ライト相のもの 115ppm で 前2者は非変成堆積岩のそれと変わらないが グラニュライト相のものは高い値を示している。 苦鉄質火成岩起源の変成岩では 堆積岩起源のものよりもクロム含有量は一般に高く 緑色岩相 210ppm; 角閃岩相 220ppm; グラニュライト相 280ppm; エクロジヤイト相 660ppm である。 これらの値は Prinz (1967) による玄武岩の平均値 (168ppm) よりも高いが 中央海嶺の玄武岩 (307ppm) よりも低い値である。 エクロジヤイトのクロム含有量が高いのは分化初期の岩石 (MgO/Σ FeO 比が高い) が多いためである (Shiraki, 1978)。

6) 天然水中の含有量

水に溶けているクロム含有量は極めて低く 平均含有量 (単位: ppb Cr=10⁻⁹) として 海水 0.4-0.5; 河川水 1.4; 温泉水や油田地帯の地下水 1-10 等の値が報告されている。

2. 生産量 埋蔵量 資源量

1) 生産量

最近10年間の各国別クロム鉱石精鉱生産量を第7表に示した。 世界の総生産量は 1980年をピークに僅かずつ減少してきている。 これは鉄鋼生産量の減少による需要の落ち込みによる。 しかし 社会主義国では伸び率は低いものの生産量は増加している。

現在クロム生産量の多い国は 1. ソ連 2. 南アフリカ 3. アルバニア 4. ブラジル 5. ジンバブエの順で 上位5ヶ国の生産量は 世界の総生産量の82%をしめている。

2) 埋蔵量 資源量

クロマイトは Cr, Al, Fe, Mg 成分の割合が産地により異なり それによって物理化学的性質と用途も異なっている。 そこでクロム鉱石は 主に化学成分に基づいて 次のような3つの級 (グレード) に区分されている。

金属級: 46%以上の Cr₂O₃ を含む高クロム鉱石
 かつ Cr:Fe (重量比) が2以上の鉱石。

化学級: 高 Fe・Cr 鉱石で 46-40% の Cr₂O₃ を有し Cr:Fe が 1.5-2 のもの。

耐火物級: 高 Al・Cr 鉱石で 20%以上の Al₂O₃ を含み かつ Al₂O₃+Cr₂O₃ が60%以上のもの。 耐火レンガの原料として使用されるため 化学成分だけでなく 鉱物集合体の物理性 (堅硬で 中-粗粒鉱物か

らなる) も要求される。

第8表に国別の埋蔵鉱量見積りが また第9表には鉱石品質別 (グレード別) の埋蔵鉱量見積りが表わされている。

第8表の各国別見積り量は A, Bと2つに区別されているが 同表の注に表わされているように 調査機関ごとにそれぞれの表現が異なっている。 例えば USGS (1973) ではA,Bとして それぞれ Reserve と Others に Roskill (1978) では Economic と Uneconomic に区別されている。 これらの区別の基準はかならずしも明らかでないが USGS (1973) と Roskill (1978) の数値を見比べると グリーンランドを除けば両者はほぼ完全に一致している。 したがって Roskill (1978) の Economic, Uneconomic は それぞれ USGS (1973) の埋蔵鉱量 (Reserves) と資源量 (Others) を意味していると思われる。

第8表の USBM (1980) の埋蔵鉱量見積りによれば 南アフリカ ジンバブエ フィンランド (いずれも層状タイプのクロム鉱床に属する) の上位3ヶ国の埋蔵鉱量の合計は約33億トンで世界埋蔵鉱量の98%にあたる。 また品質別の埋蔵鉱量 (第9表) を見ると 耐火物用として重要な高アルミナ質クロム鉱床の埋蔵量は

ソ連	1,000万トン
フィリピン	400万トン

で 両国を合わせると世界の高アルミナ質クロム埋蔵鉱量の97%を占める。 (これら高アルミナ質クロム鉱床はすべてポディフォームエンドウ豆等のさやに似た形態タイプに属する。) これらのことからクロム鉱床は広く世界に分布するが 主要なものは西半球には存在せず 地域偏在性の著しい鉱物資源の1つであることがわかる。

次に 埋蔵鉱量・資源量の見積りについてふれる。クロムの埋蔵鉱量・資源量のデータの多くは ベースメタル (銅・鉛・亜鉛等のように存在度が比較的大きく化学的に活性な非鉄金属をさす) のものと比べ大きな不確かさを含んでいる。 ポディフォームタイプの鉱床に関しては特にそうである。 それは鉱床の規模 形態 連続性 品質の推定に多くの困難が伴うためである。 第8表で各機関の埋蔵鉱量・資源量がほぼ一致している インドイラン マダガスカル フィリピン等の例は データの正確さを示すというよりは 他の理由 たとえば 探査の困難さ 探査活動の停滞による信頼データの不足の現われとみることができるともかもしれない。

比較的新しい見積りである USBM (1980) と Duke (1982) の結果を比べると 南アフリカ トルコ ソ連

第8表 クロム鉱石埋蔵量と資源量

(単位：1,000トン)

国名	USGS, 1973	Roskill, 1978	USBM, 1980	Duke, 1982
Albania A	—	—	2,000	6,500
B	—	—	15,000	15,000
Brazil A	6,100	6,100	2,000	4,915
B	5,150	5,150	20,000	12,241
Canada A	—	—	—	—
B	2,600	2,600	9,900	—
China A	—	—	—	1,000
B	—	—	—	—
Cuba A	250	250	3,000	6,500
B	1,100	1,100	11,000	10,000
Finland A	10,000	10,000	25,000	16,300
B	5,000	5,000	50,000	—
Greece A	100	100	—	5,000
B	100	100	—	5,000
Greenland A	—	10,000	—	—
B	10,000	—	9,900	very large
India A	7,000	7,000	5,000	13,000
B	6,000	6,000	25,000	—
Indonesia A	—	—	—	nil
B	—	—	—	med/large
Iran A	1,500	1,500	2,000	1,360
B	1,000	1,000	9,900	1,850
Madagascar A	5,000	5,000	2,000	7,400
B	5,000	5,000	9,900	—
Pakistan A	—	—	—	120
B	—	—	—	500-4,000
Philippines A	4,700	4,700	3,000	9,930
B	2,500	2,500	20,000	large
S. Africa A	1,050,000	1,050,000	2,250,000	2,312,000
B	2,050,000	2,050,000	2,000,000	676,000
Sudan A	—	—	—	1,500
B	—	—	—	—
Turkey A	5,000	5,000	5,000	20,500
B	5,000	5,000	20,000	36,300
USA A	—	—	—	—
B	5,450	5,350	9,900	—
USSR A	21,000	21,000	15,000	215,160
B	22,000	22,000	90,000	176,000
Zimbabwe A	550,000	550,000	990,000	12,300
B	550,000	550,000	9,000,000	27,000
Others A	2,000	2,000	2,000	—
B	2,000	2,000	9,900	—
total A	1,662,700	1,662,700	3,330,000	2,633,500
(Rounded) B	2,672,900	2,672,900	28,800,000	964,200
	A：埋蔵鉱量 B：資源量	A：経済限以上 B：経済限以下	A：埋蔵鉱量 B：資源量	A：埋蔵鉱量 B：資源量

第9表 品質別クロム鉱石埋蔵鉱量と資源量

(単位: 1,000トン)

国名	High-chromium		High-iron		High-aluminium		合計	
	Reserves	Others	Reserves	Others	Reserves	Others	Reserves	Others
Brazil	2,500	3,000	3,500	2,000	100	150	6,100	5,150
Canada		100		2,500				2,600
Cuba		100?			250?	1,000?	250	1,100
Finland		10,000	5,000				10,000	5,000
Greece	50	50			50	50	100	100
Greenland			10,000					10,000
India	5,000	4,000	2,000	2,000			7,000	6,000
Iran	1,500	1,000					1,500	1,000
Madagascar	4,000	3,000	1,000	2,000			5,000	5,000
Philippines	700	500			4,000	2,000	4,700	2,500
S. Africa	50,000	50,000	1,000,000	2,000,000			1,050,000	2,050,000
Turkey	5,000	5,000					5,000	5,000
USA		350		5,000		100		5,450
USSR	10,000?	10,000	1,000?	2,000	10,000?	10,000	21,000	22,000
Zimbabwe	500,000	500,000	50,000	50,000			550,000	550,000
Others	1,000	1,000	1,000	1,000			2,000	2,000
total	579,750	578,100	1,068,500	2,081,500	14,400	13,300	1,662,650	2,672,900

USGS Prof. Paper 820, 1973.

High-chromium ore : 46% Cr₂O₃ 以上で Cr : Fe が 2 以上High-iron ore : 46% Cr₂O₃ 以下で Cr : Fe が 2 以下High-aluminium ore : 20% Al₂O₃ 以上で Al₂O₃+Cr₂O₃ が 60% 以上

Reserves (Identified deposit) : 現在の技術・経済状態で採算に合う鉱量

Others (Conditional resources) : 潜在的に採算に合う既知鉱量

ジンバブエの4ヶ国の埋蔵鉱量・資源量の見積りに大きな違いがみられる。それは以下に述べるような各国ごとに事なる理由が挙げられる。

南アフリカ：この国のクロム鉱床はすべて地上最大の火成岩体 ブッシュベルト岩体中に存在し 層状タイプに属するため 探査・鉱床評価はポディフォームタイプと比べ容易であり 多数の研究がある。そのため両者の埋蔵鉱量の見積りは 23億トンと一致している。しかし 資源量の見積りに違いがあり Duke (1982) の見積りは USBM (1980) の約 1/3 の7億トンとなっている。これは Duke が資源量の限界を深度 1,200m の鉱層までとみなしたためであろう。

トルコ：トルコ国のクロム鉱床はすべてポディフォームタイプに属し Eskisehir, Mugla (以上アナトリア西部) Elazig (アナトリア南東部) の3地区に大きな鉱床が知られている。Duke (1982) は USBM (1980) の見積りと比べ 埋蔵鉱量で4倍 資源量で2倍の値を推定している。トルコでは 鉱物調査開発研究所 (M. T. A.) により1970年代末よりクロム鉱床探査が積極的に進められているが Duke (1982) はその成果の一部を取り入れた

可能性が強い。

ソ連：ソ連には東のサハリンから西のアルメニアまでクロム鉱床が散在するが 埋蔵鉱量に関するデータの公表はほとんどないらしい。生産量でみると 年産300万トンの精鉱の90%は南ウラルのケンピルサイ地区のポディフォームタイプの鉱床から 残り10%はウラルのサラノプスクの層状タイプの鉱床から産出している。Duke (1982) は 従来の埋蔵鉱量の約10倍の2億トンの値を与えているが 彼は Smirnov (1977) がケンピルサイ地区の2つの鉱床の埋蔵鉱量を1.15トンとした値をもとにして ケンピルサイ地区全体で2億トン サラノプスク地区の値を1千万トン程度と考えた。これらの値はすでに公表されている Buros (1976) の推定値と良く一致していた。しかも Buros のデータの内訳が詳細であるため Duke は Buros の値を採用した。

ジンバブエ：主要な鉱床はグレートダイク岩体中の層状タイプのものとセルクウェ地区のポディフォームタイプのものがある。Duke (1982) の見積りが従来の公表値と大きく異なるのは 層状タイプの見積り量の違いによる。グレートダイク全体の埋蔵鉱量は 従来3億トン (Worst, 1960) 4.9億トン (Gruenewaldt, 1977)

の見積りがされているが Duke (1982) は 鉱層の厚さが 20cm 程度の薄いものは採算に合わないとしてある厚さ以下の鉱層を除き かつ深度の限界を 150m と仮定して 815 万トンという従来の推定値の 3% にも達しない埋蔵鉱量を推定した。

Duke (1982) の見積った資源量は 2,800 万トンで 彼

の埋蔵鉱量の 2 倍になっているが 他機関による資源量の見積りの 1/20~1/300 程度で やはり低い値となっている。その根拠は明らかでないが 前述の南アフリカの項で述べたことと同様に Duke (1982) は深度の限界 (1,200m) と鉱層の最低の厚さを考慮したためであろう。
(つづく)

~~~~~ 地学と切手 ~~~~~



ユーゴスラビアのスコピエとモロッコのアガジール地震復興切手  
P. Q.

**スコピエ** スコピエ市はユーゴスラビアのアドリア海に面した都市で その歴史は意外に古い。アドリア海の沿岸は昔から地震の多い所で 紀元 518 年には一度完全に地震によって破壊され放棄された。のちにユスティニアウス帝によって現在の地より東に新しい市が作られた。この地震は非常に誇張されて 市が住民と共に沈んだとか 木の先だけがみえたとか 幅 4m の割れ目が出来たとか伝えられている。それ以来現在まで 25 回ばかりの地震が記録されていて その最高震度は 6 であると言われる。1921 年 8 月 10 日の地震では スコピエ市の北に新しい断層が発生した。

・ 標題の地震は 1963 年 7 月 26 日 5 時 17 分の地震で 前震がなく突然マグニチュード 6.0 の地震が発生した。ビルの 10% が破壊され その 65% は修復不能であり 1,200 名の人命が失われた。火災がなかったのも幸であったが 学校と役所が開かれていない明け方に発生したのも幸だった。何故なら学校と役所はほとんど破壊されてしまったから。復興には早速国連の

手がさしのべられた。

切手は丁度 1 年後に発行され 復興の足場と国連旗が画かれている。

**アガジール** モロッコは北アフリカのアトラス山脈にあり造山帯としての年代も若い。最近のプレートテクトニクスで言うならば アフリカプレートの最北端にあり 地中海をほとんどユーラシア大陸と相対しており プレート相互間の確執の場となっている。このようなところでは地震はアルジェリアと共に数・規模ともに多い (本誌 257 号 アルジェリアの地震被害者救援切手の項参照)。

地震はマグニチュード 5.5 で 1960 年 2 月 29 日に起った。切手は 1963 年 6 月に復興を記念して発行され 20 fr は地震前のアガジール市 30 fr は同じデザインに X をつけて地震被害を表わし 50 fr は復興したアガジール市を示している。