

萬有文庫

第二集七百種

王雲五主編

岩礦化學

(下)

渡邊萬次郎著

張資平譯

商務印書館發行

岩 礦 化 學

(下)

渡邊萬次郎著

張資平譯

編主五雲王  
庫文有萬

種百七集二第

學 化 礦 岩  
冊 二

究必印翻有所權版

中華民國二十五年三月初版

原著者 渡邊萬次郎

譯述者 張資平

發行人 王雲五

印刷所 上海河南路商務印書館

發行所 上海及各埠商務印書館

六七二上

詳

(本書校對者王煊養)

萬有文庫

第二集七百種

總編纂者  
王雲五

商務印書館發行

## 第十一章 正規岩漿性礦物之生成——火成岩之化學

由液相生成礦物，其最主要之例計有次舉之三種：

(I) 從天然之灼熱融體——即以二氧化矽爲主成分之岩漿，生成礦物之例。

(II) 岩漿中之水及其他揮發性成分，由岩漿分離而相凝集，變爲以熱水爲主成分之高溫溶液，——即水熱溶液；而從此種水熱溶液生成礦物之例。

(III) 由地表水 (Surface water) 生成礦物之例，特別從湖水及海水生成礦物之例。

本章先從第一之例說明之。

岩漿 (Magma) 爲生成於地殼內部之灼熱高溫熔融體。其流出於地表者謂之熔岩 (Lava)。  
岩漿既冷卻固結者，則總稱之爲火成岩 (Igneous rock)。其中如安山岩 (Andesite)，玄武岩 (Basalt) 等在地表凝固者稱之爲火山岩 (Volcanic rock)。又如花崗岩 (Granite) 等在地殼

深處凝固而成之火成岩稱之爲深成岩 (Plutonic rock)。若接近地表，在地殼中較淺部分凝固而成者，則特稱之爲半深成岩 (Hypabyssal rock)。

當岩漿凝固之際，水及其他揮發性成分即從其中逃出。故由任意之岩漿所生成之火成岩組成雖與原有之岩漿不完全一致，但仍可以代表其大部分。據多數火成岩之化學分析，其50~60%或以上之重量通常皆爲  $\text{SiO}_2$  所獨佔。其餘 40~50% 之大部分則爲  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  等七種氧化物。此外  $\text{H}_2\text{O}$  亦常超過全重量之1%。

上述種種氧化物一般作成下列諸種礦物而產出，即火成岩之主成分礦物 (Essential component) 也。

(1) 石英 (Quartz)  $\text{SiO}_2$

(2) 長石類 (Felspar)

(a) 鉀長石 (K-felspar)  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \dots\dots\dots$

正長石 (Orthoclase) 及微斜長石 (Microcline)

(b) 鈉長石 (Na-felspar)  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \dots\dots\dots$

(c) 鈣長石 (Ca-felspar)  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \dots\dots\dots$

(3) 準長石類 (Felspathoids)

(a) 白榴石 (Leucite)  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$

(b) 霞石 (Nepheline)  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  等

(4) 輝石類 (Pyroxenes)

(a) 斜方輝石 (Rhombic pyroxene)  $(\text{Mg, Fe})\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \dots\dots\dots$  頑火石 (Enstatite)

古銅石 (Bronzite) 紫蘇輝石 (Hypersthene)

(b) 透輝石 (Diopside)  $\text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$

(c) 普通輝石 (Augite)  $m[(\text{mg, Fe})\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2]$

$n[(\text{Mg, Fe})\text{O} (\text{Al} \cdot \text{Fe})_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2]$

(d) 鈉輝石 (Na-pyroxene)  $\text{Na}_2\text{O} \cdot (\text{Fe, Al})_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \dots\dots\dots$  Aegirine 等

(5) 角閃石類 (Amphibole)

(a) 普通角閃石 (Hornblende)  $m[(3Mg, Fe)O \cdot CaOSiO_2]$

$n[Mg, Fe]O[(Al, Fe)_2O_3 \cdot SiO_2]$

(b) 鈉角閃石 (Na-amphibole)  $(Na_2, Fe)O \cdot (Al, Fe)_2O_3 \cdot 4SiO_2$ , Riebeckite,

Arfvedsonite 等。

(6) 橄欖石類 (Olivines)  $2(Mg, Fe)O \cdot SiO_2$

(7) 雲母類 (Mica)

(a) 白雲母 (Muscovite)  $2H_2O \cdot K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$

(b) 黑雲母 (Biotite)  $m[2H_2O \cdot K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2]n[2(Mg, Fe)O \cdot SiO_2]$

但上舉礦物非必盡存在於一切火成岩中。例如石英與準長石類決不能共存在於一種岩中。又石英與橄欖石亦同有此種關係。在前記之化學組成中，輝石，角閃石之  $FeO$  之一部分可與  $MnO$  相交換。輝石及鈣長石之  $CaO$  亦可與  $BaO, SrO$  等相交換。此等特種礦物亦常發見於火成岩中也。



此外在火成岩中，常發見有少量之 $P_2O_5$ ， $TiO_2$ ， $ZrO_2$ ， $Cl$ ， $F$ 等。有時且含有 $S$ ， $CO_2$ ， $Cr_2O_3$ 等，因生成下列諸礦物。

磷灰石 (Apatite)  $m[3Ca_3P_2O_8 \cdot CaCl_2]_n[3Ca_3P_2O_8 \cdot CaF_2]$

鈾石 (Zircon)  $ZrO_2 \cdot SiO_2$

榍石 (Titanite)  $(CaO \cdot TiO_2 \cdot SiO_2)$

鈦鐵礦 (Ilmenite)  $FeO \cdot TiO_2$

磁鐵礦 (Magnetite)  $FeO \cdot Fe_2O_3$

鉻鐵礦 (Chromite)  $FeO \cdot Cr_2O_3$

黃鐵礦 (Pyrite)  $FeS_2$

準長石類所富有之成分其與霞石相當之 $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ 之一部則變爲下列諸礦物而產於天然界。

方鈉石 (Sodalite)  $3(Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2) \cdot 2NaCl$

黝方石 (Nesean)  $3[\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2] \cdot 2\text{CaSO}_4$

藍方石 (Hauyn)  $3[\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2] \cdot 2(\text{Ca} \cdot \text{Na}_2)\text{SO}_4$

灰霞石 (Cancrinite)  $3[\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2] \cdot 2\text{CaCO}_3$

此等礦物在普通火成岩中含量甚微，故稱之為副成分礦物 (Accessory component)。但準長石類中之某種礦物往往替代霞石而為火成岩之主成分。

一切火成岩皆為上述諸礦物所作成之種種配合物。其中  $\text{SiO}_2$  佔全重量 66% 以上者謂之酸性岩 (Acidic rock)。在 52% 以下者謂之鹽基性岩 (Basic rock)。介於此兩者之間者謂之中性岩 (Intermediate rock)。若  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  之量大於  $\text{CaO}$  之量，則含有準長石，鈉輝石，鈉角閃石等。故特稱此種岩石為鹼性岩 (Alkali-rock)。但所謂酸性岩或鹼性岩決非呈酸性反應或鹼性反應之意義也。普通石英代表酸性岩，橄欖石則代表鹽基性岩。例如普通之花崗岩 (Granite)，石英斑岩 (Quartz porphyry)，流紋岩 (Liparite) 等為酸性火成岩。閃長岩 (Syenite)，閃綠岩 (Diorite)，安山岩 (Andesite) 等為中性火成岩。輝長岩 (Gabbro)，玄武岩 (Basalt) 等為鹽基性火成岩。橄欖

岩 (Peridotite) 則大部分由橄欖石構成之含  $\text{SiO}_2$  之量極少，故稱之爲過鹽基性火成岩 (Ultra-basic rock)。

今試按普通之化學分析法，以各種氧化物之百分率表示各種火成岩之組成如次。

岩種	酸性岩		中性岩			鹽基性岩		
	花崗岩	流紋岩	閃長岩	閃綠岩	安山岩	輝綠岩	玄武岩	橄欖岩
產地	日本兵庫縣住吉村	日本靜岡縣下田村	蘇格蘭島	美國黃石公園	日本長野縣御嶽村	俄國烏拉山	日本兵庫縣玄武洞	俄國烏拉山
$\text{SiO}_2$	76.71	73.03	58.81	58.05	63.68	46.97	49.29	31.84
$\text{Al}_2\text{O}_3$	12.81	12.97	14.81	18.00	16.18	16.16	18.49	1.37
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.86	0.65	4.58	2.49	0.93	10.66	2.38	15.63
FeO	1.72	0.79	4.21	4.56	4.62	4.38	6.77	14.25
MgO	0.40	0.53	0.80	3.55	2.25	4.56	6.09	33.10
CaO	1.90	0.78	2.36	6.17	4.84	9.02	8.14	0.91
$\text{Na}_2\text{O}$	1.76	3.79	5.60	3.64	3.31	4.76	3.93	.....

K <sub>2</sub> O	1.48	3.38	4.86	2.18	2.59	1.26	1.79	.....
H <sub>2</sub> O+	0.77	3.49	0.82	0.86	0.31	1.74	0.88	2.49
H <sub>2</sub> O-	0.33	.....	2.00	.....	.....	.....	.....	.....
TiO <sub>2</sub>	0.14	0.05	0.76	1.05	0.93	0.14	2.22	.....
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.48	痕跡	0.20	0.17	0.38	.....	痕跡	.....
MnO	0.27	0.13	0.27	.....	0.02	0.75	0.22	.....
ZrO <sub>2</sub>	0.03	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
S	0.06	0.04	.....	0.07	.....	.....	.....	.....
合計	99.66	99.83	100.18	100.79	100.02	100.40	100.20	99.59

上表僅就各種岩石示其一例而已。同屬一種之岩石或同屬一系之岩石，亦常因部分不同，其成分亦隨之起若干之變化；不能與礦物同樣可以一定化學式表示之也。

此等火成岩由其母岩漿凝結為岩石之過程亦因母岩漿之組成及其冷卻狀態而有差異。今假定其冷卻作用為極緩慢，則當發生下列之種種現象。

(I) 僅熱一種礦物至化爲融體而冷卻之。(但若爲兩成分以上所構成之固溶體礦物，則視作兩種以上。)

(1) 熱之至一定融點即完全融解之礦物融體之冷卻。  
達至該點即全部變爲該礦物之結晶之集合。

【例】透輝石(Diopside)  $\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$  1391°C.

(I) 鎂橄欖石(Forsterite)  $2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$  1890°C.

(I) 鈣長石(Anorthite)  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  1550°C.

(I) 鈉長石(Albite)  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$  1100°C.

(I) 白榴石(Leucite)  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$  1860°C.

(2) 在未完全熔融之前，析出他種礦物後之礦物融體之冷卻。此例應視作二成分系。

【例】正長石(Orthoclase)  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_4$

(I) 鎂輝石即斜頑火石(Clinoenstatite)  $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$

(3) 在熔融之前，先移轉為他種礦物之礦物融體之冷卻。此時先生成具有正真融點之高溫種類。因溫度之低降，或生成原礦物，(可逆的移轉之例) 或完全不回復為原礦物。(非可逆的移轉之例)

【例】 融體  $\updownarrow$  白矽石  $\updownarrow$  磷矽石  $\updownarrow$  石英

融體  $\updownarrow$  斜頑火石  $\updownarrow$  頑火石

(II) 由兩種礦物所構成之融體之冷卻。(含有由兩種成分而成之一種固溶體。)

(1) 保有單純的共融關係 (Eutectic relation) 者。

【例】 透輝石 (Diopside) 之融點  $1391^{\circ}\text{C}$ 。

鈣長石 (Anorthite) 之融點  $1550^{\circ}\text{C}$ 。

共融點重量比：透輝石：鈣長石 = 58 : 42 ( $1278^{\circ}\text{C}$ .)

透輝石之融點  $1391^{\circ}\text{C}$ 。鎂橄欖石 (Forsterite) 之融點  $1890^{\circ}\text{C}$ 。

共融點重量比：透輝石：鎂橄欖石 = 88 : 12 ( $1378^{\circ}\text{C}$ .)

融體之初成分中，其較多於共融點之成分先開始結晶，且隨冷卻作用而繼續結晶。其餘融體漸次接近共融點。達至此點後，兩者即同時結晶。殘餘融體遂全部凝結。例如第五圖所示，若最初之組成爲P之時，則沿 $2_0$ 線先分離透輝石，達至e點，則殘餘融體全部凝結爲透輝石與鈣長石之共晶。

(2) 包晶反應 (Peritectic reaction) 之例。即在兩成分中之一方面不具真正之熔融點，在未完全融解之前，分離爲其他一方面之礦物與融體兩者。

【例】白榴石  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$  (熔點  $1860^\circ C.$ )

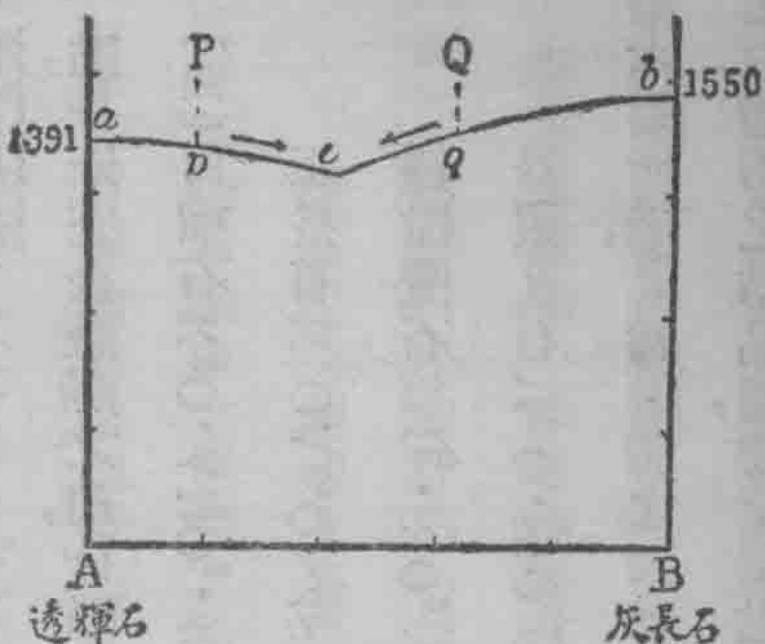
正長石  $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$  (包晶點  $1170^\circ C.$ )

鎂橄欖石  $2Mg \cdot SiO_2$  (融點  $1890^\circ C.$ )

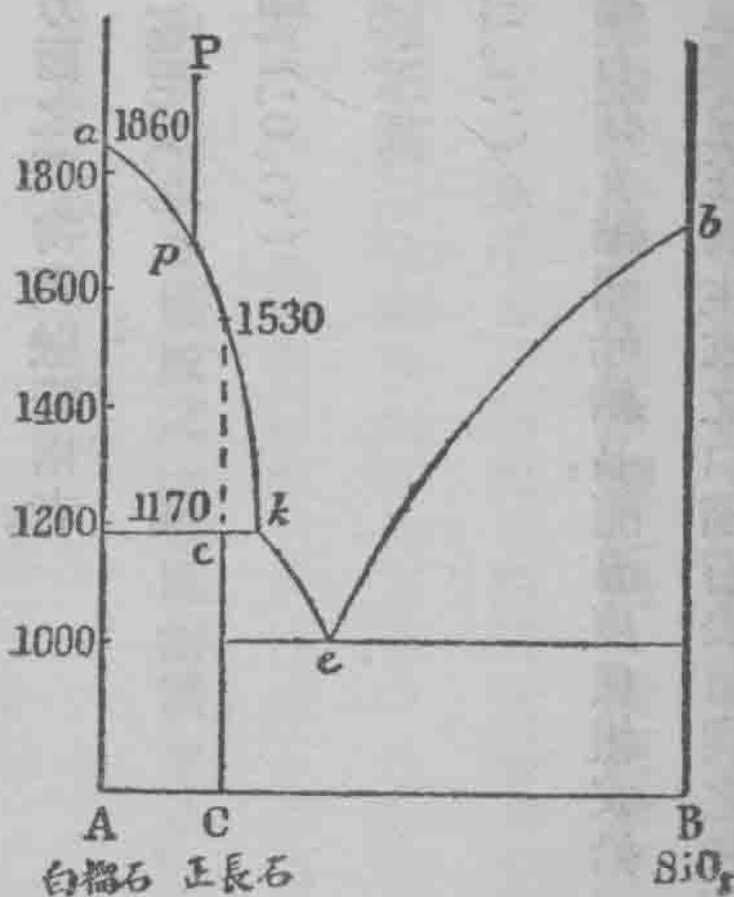
斜頑火石  $MgO \cdot SiO_2$  (包晶點  $1557^\circ C.$ )

例如第六圖所示，P爲融體之最初組成，則白榴石在p點開始結晶，隨溫度與組成沿pk線繼續析出白榴石之結晶體，達至k點時，其殘餘融體遂在既生成之白榴石表面與之相作

第五圖



第六圖

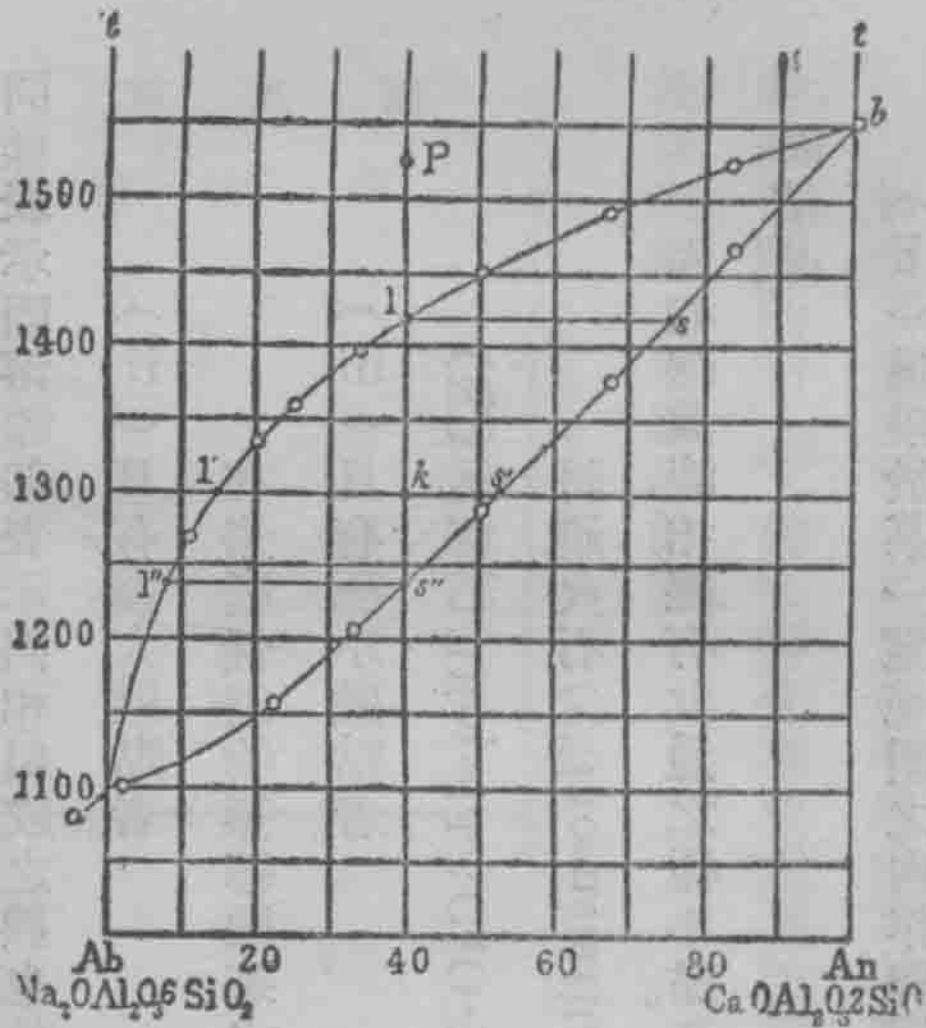


用，而生成正長石，將白榴石結晶包裹其中。故稱此時之溫度為包晶點 (Peritectic point)。反之，若從低溫度將正長石加熱，則其成分之一部在此溫度融解為融體，一部分則凝結為白榴石之結晶。故又稱此溫度為正長石之分裂融點 (Incongruent melting point)。

(3) 作成固溶體 (Solid solution) 之例。



第七圖



(a) 無論以任何量比，皆可混溶，即有完全溶度 (Perfect miscibility) 之例。  
 (i) 無極大或極小融點之例。

成則沿  $bs$  線，由  $s$  向  $s''$  而變化，與最初之組成  $P$  同樣達至  $s''$  點時，即全部凝結。故知圖中之

【例】鈣長石  $CaAl_2Si_2O_8$  } 斜長石 (Plagioclase)

鈉長石  $NaAlSi_3O_8$  }

鎂橄欖石  $Mg_2SiO_4$  }

鐵橄欖石  $Fe_2SiO_4$  }

橄欖石 (Olivine)

例如第七圖為斜長石之平衡圖。假定融體之最初組成爲  $P$ ，因冷卻而達至  $l$  點之時，組成  $s$  之固溶體遂分離而出。其後因冷卻之進展，殘餘融體之組成沿  $bs$  線，由  $l$  向  $s''$  而變化。同時新生成之固溶體及以前既生成之固溶體之組