

大學叢書

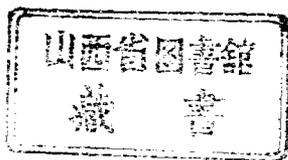
論因生床礦

加藤武夫著
張資平譯

商務印書館發行

大學叢書

礦床生成論



55366

大學叢書委員會

委 員

丁燮林君	王世杰君	王雲五君
任鴻雋君	朱經農君	朱家驊君
李四光君	李建勛君	李書華君
李書田君	李聖五君	李權時君
余青松君	何炳松君	辛樹幟君
吳澤霖君	吳經熊君	周 仁君
周昌壽君	秉 志君	竺可楨君
胡 適君	胡庶華君	姜立夫君
翁之龍君	翁文灝君	馬君武君
馬寅初君	孫貴定君	徐誦明君
唐 鈺君	郭任遠君	陶孟和君
陳裕光君	曹惠羣君	張伯苓君
梅貽琦君	程天放君	程演生君
馮友蘭君	傅斯年君	傅運森君
鄒 魯君	鄭貞文君	鄭振鐸君
劉秉麟君	劉湛恩君	黎照寰君
蔡元培君	蔣夢麟君	歐元懷君
顏任光君	顏福慶君	羅家倫君
	顏 頤君	顏 剛君

5757
7

大學叢書
礦床成因論

加藤武夫著
張資平譯

商務印書館發行

原 序

本書之第一目的是在以平易的文章釋明礦床學上之深遠的理論，並適宜地加以世界上各種實例，使學者明瞭礦床之生因及各種礦床之相互關係，由是獲得從事實際工事時所應備之智識，——特別是獲得探礦上之方針。因礦床探礦之基本智識，完全是在對於礦床之生因及各種礦床之相互關係須有充分的理解。第二目的是，將著者在世界各地，見聞所及，舉凡關於重要礦床之紀錄及意見，綜編成冊，使成爲有系統的文獻。本來凡欲研究礦床或從事探礦採礦之人，必須明瞭世界各地之有名實例，猶之政治家，外交家必須熟知歷史，其理完全相同。

礦石之產額及其他統計，除重要者外，皆不揭載。如需要此類統計，在紐約發行之“Mineral Industry”（每年出版），可取作參考。

讀過本書的人，一定會感着著者之獨斷的議論太多。這或許是本書的缺點，同時亦是本書的特徵吧。關於這點，希望讀者充分地加以玩味。

一九一七年七月 著者識。

改 版 原 序

本書出版以來，於茲二年餘矣。在此短期間中，重版至五次之多。然則余之著述對於學界及礦業界可謂有相當之貢獻。就此一點，差堪自喜。今當改版之際，擬將過去數年間所研究，發表之世界有名礦床實例及學說，編入本書，以之貢獻於同學，並將自己所研究事項加以訂正，以期不落於日新月異之學術界之後。總之，此次之改版，不外欲使此書成爲水準以上之礦床學專書，即以之與歐美之著述相較，亦決無遜色，以實現著者年來之希望而已。

一九二〇年一月 著者識

第八版原序

因礦床生因論之日見進步,本書理論之一部有加以修正之必要,故在第七章礦床之分類項中,略加述新理論之大概。本版所改訂之處,唯此一項而已。

一九三一年三月 著者識

譯 後 贅 言

(1) 原著者加藤武夫博士爲日本東京帝國大學地質學系主任,專擔該系之第三講座(應用地質學),本書卽其講義底稿也。原著者爲日本人,故所舉日本瑣例過多,經譯者刪去其繁瑣的大同小異的一小部分而外,其餘理論及世界一般實例之檢討,譯者深信其可以充我國大學理工學院之教材也。

(2) 原書中,關於氣化礦床,熱水礦床所特有之母岩變質作用似嫌簡略,經譯者參酌日本九州帝國大學教授木下龜城氏所著『岩石礦物及礦床之顯微鏡的研究』稍加增補。因譯者對於此項研究頗抱興趣,覺此種母岩之變質作用有加詳研究之必要也。

(3) 原書第八章中本有『共融熔點』(Eutectic point)之理論,經原著者於第八版時刪去。但譯者以爲此理論本爲研究『相律』(Phase Rule)之初步,故仍存之。

(4) 本書除作大學教材及探礦探礦業者必須取作參考而外,譯者以爲在地質礦物學之教學上,亦可以本書爲參考,因據譯者在數年前教學之經驗,深信以礦物之生因理論

說明礦物本身,其收效實遠勝於結晶學,礦物物理性,化學性等艱澀之理論也。

(5) 關於度量衡,仍如原本,隨項註明。其中稱尺者,皆指日本尺度,因其與中國尺度相同,故不加改算。

(6) 關於溫度,本書完全採攝氏之溫度,例如稱三十五度,即為 35°C .也。

(7) 最後必須一言者,本書蒙王雲五先生之贊助,得以出版,特此誌謝。

一九三三年冬 譯者識

礦床成因論

目次

緒論	1
礦床地質學.....礦床及礦石.....	1
構成礦床之礦物(礦石,脈石及中石).....	6
礦物之共生	11
礦物之生成順序.....	12
第一章 礦床之生成及其本源	16
(I)岩漿分化作用	18
(II)氣化作用	19
(III)接觸變質作用	21
(IV)交代作用及滲染作用.....	22
(V)化學的沈澱作用	23
(a)沿岩石裂罅而起之沈澱作用.....	23
(b)地表之沈澱作用	27
(VI)露天化作用.....	28
(VII)機械的堆積作用	28
(VIII)火成岩與礦床之關係.....	29

第二章	礦床生成之溫度	31
第三章	礦床之形狀及構造	37
	(A)同生礦床之形狀	37
	(B)後生礦床之形狀	38
	(C)礦床之構造	38
第四章	礦床之變化與次生的富化作用	43
	天水與地下水面	43
	礦床之變化與次生的富化作用	45
	(1)氧化帶……焦礦……氧化帶之延擴……氧化帶 中礦物之變化	46
	(2)次生硫化礦富化帶……次生硫化礦富化帶之 成因	54
	(3)不變硫化礦帶	58
	由上昇熱泉之作用而起之富化作用	61
第五章	礦床之富礦體	64
	富礦體之形狀	64
	富礦體之成因	66
	(1)壓力之低降與溫度之低降	66
	(2)母岩之性質	67
	(3)富礦體之交合	68
第六章	皺曲與斷層	70
	皺曲	70

斷層	72
斷層之種類	74
鉸節斷層與階段斷層	77
交叉斷層	79
地表上斷層之暴露	79
因斷層而消失之礦床之探礦	81
第七章 礦床分類法	87
第八章 岩漿分化礦床(又名火成礦床)	99
岩漿分化之原因	105
火成礦床之形狀	109
火成礦床之種類	110
(I)天然金屬及元素礦物之礦床.....自然鐵.....鎳 鐵礦.....橄欖岩中之鉑.....火成岩中之自然銅 及自然金.....金剛石之火成礦床	110
(II)氧化礦物之礦床.....橄欖岩及蛇紋岩中之鉻 鐵礦礦床.....斑禱岩,斜長岩,正長岩等岩石中 之鈦鐵礦及含鈦磁鐵礦之鐵礦床.....中性及 酸性火成岩中之鐵礦床.....鋼玉及金紅石之 礦床	114
(III)硫化礦物之礦床.....含鎳磁硫鐵礦礦床..... 黃銅礦及斑銅礦礦床..... 其他之硫化物礦 床	121

(IV)磷灰石之火成礦床	124
(V)偉晶岩岩脈中之礦物……石英、長石及白雲母 ……種種之寶石類……種種之稀有礦物……鋰 礦物……種種之金屬礦物……冰晶石之礦床…… ……磷灰石與金紅石……重石礦床	125
第九章 接觸變質礦床(又名接觸礦床)……	132
接觸變質作用與接觸變質礦床	132
接觸變質礦床之位置及其形狀	135
礦源溶液成分之變化	140
接觸礦床之氧化帶	141
接觸礦床之標式	142
(I)鐵礦床……磁鐵礦礦床……赤鐵礦(輝鐵礦)礦 床	143
(II)錫礦床	144
(III)銅礦床	145
(IV)鉛鋅礦床	150
(V)金礦床	154
(VI)石墨礦床	155
(VII)其他礦床……重石礦床……雲母礦床……石棉 礦床……鋼玉礦床	157
第十章 氣化礦床與水熱礦床	161

氣化礦床	161
氣化礦床所特有之母岩變化	164
氣化礦床之種類	173
水熱礦床	173
水熱礦床所特有之母岩變化	177
水熱礦床之種類	189
第十一章 礦脈論	191
第一節 總論	191
礦脈	191
礦脈之構造	192
礦脈之露頭	192
礦脈之形狀與種類	193
礦脈與其母岩	198
礦脈之交叉與尖端	199
礦脈之長度及深度	200
裂隙之生因	203
裂隙之充填及膨大	208
礦石及礦脈之帶狀分布	209
第二節 礦脈各論	210
(I)錫礦脈(附鎢礦脈及鉬礦脈)	共生之礦物
.....礦源岩與母岩(附礦脈之生成)	母岩
之變化及錫礦脈之實例	錫礦脈與其他礦

脈之關係……鎢錳鐵礦脈……鉬礦脈……	211
(II)銅礦脈……銅礦脈之種類……銅錫礦脈……電 氣石銅礦脈……石英銅礦脈……碳酸鹽銅礦脈 ……含接觸礦物之銅礦床……沸石銅礦床…… 層狀黃鐵礦銅礦脈……	223
(III)金銀礦脈……	232
(A)新地質時代之金銀礦脈……脈石與礦石…… 礦源岩及其變質……氧化帶與富礦體…… 礦脈之種類……以碲礦爲主成分之金銀礦 脈……以自然金爲主成分之金礦脈及金銀 礦脈……	232
(B)古地質時代之金銀礦脈……	242
(IV)含銀鉛及鋅礦脈(附銀礦脈)……	245
(V)銻礦脈……	249
(VI)鎳及鈷礦脈(附鉍礦脈)……	251
(A)硫化物及砷化物之礦脈……	251
(B)矽鎳礦脈……	252
(VII)汞礦脈……	254
(VIII)鐵及錳礦脈……	256
(IX)釩鈾鈣礦脈……	258
(X)非金屬礦物之礦脈……磷礦脈……菱鎂礦 脈……石棉礦脈……石墨礦脈……螢石礦脈……	

重晶石礦脈	258
(XI)含錳礦脈	260
第十二章 交代礦床(附洞穴充填礦床	
及網狀礦床).....	265
交代礦床之種類	267
(I)鉛及鋅之礦床	268
(II)鐵礦床	271
(III)銅礦床.....	274
(IV)金礦床.....	281
(V)銻礦床.....	282
(VI)硫化鐵礦床.....	283
(VII)錳及鐵礦床	283
(VIII)其他諸礦物之礦床.....	鈳礦床..... 磷礦床...
...明礬石礦床.....	石筆石, 蠟石及黏土礦床.....
菱鎂礦之礦床.....	滑石礦床
.....	284
第十三章 滲染礦床.....	290
第十四章 由化學的沈澱作用而生成之成	
層礦床(礦層).....	297
(i)鐵及錳之礦層	298
(II)硫化物之礦層	306
(III)岩鹽, 鉀鹽, 石膏及硬石膏之礦層.....	308
(IV)智利硝石之礦床.....	314

(V)其他鹽類沈澱物·····	315
(VI)硫黃礦層·····	317
(VII)鈳鈾鉀礦礦床·····	320
(VIII)磷礦層及其他磷礦礦床·····	321
第十五章 露天化礦床(或稱殘留礦床)·····	327
(I)殘留黏土·····	328
(II)水礫土之礦床·····	329
(III)鐵及錳之礦床·····	332
(IV)其他礦物之露天化礦床·····重晶石,鉛礦,鋅礦, 銅礦等·····	338
第十六章 砂礫礦床(附耐火黏土層)·····	339
(I)金之砂礫礦床·····	341
(A)淺砂礦床·····	342
(B)深砂礦床·····	348
(II)鉑之砂礫礦床·····	350
(III)錫石之砂礫礦床·····	351
(IV)鎢錳鐵礦之砂礫礦床·····	353
(V)砂鐵·····	353
(VI)獨居石之砂礫礦床·····	354
(VII)寶石類之砂礫礦床·····	355
(VIII)下盤黏土層·····	355

第十七章 動力變質礦床	357
(I)層狀含銅黃鐵礦礦床	357
(A)礦床之性質及其分布	357
(B)礦床之母岩及其時代	359
(C)礦床之實例及其生因	360
(D)結論	368
(II)層狀鐵礦床(滿洲式礦床)	370
(III)其他著名之礦床	374
附錄	1-13
重要金屬礦石表	
產於金屬礦床之重要脈石表	
地質時代分類表	
西文索引	
亞洲礦床索引	

礦床生因論

緒論

礦床地質學 礦床地質學爲地質學之一分科，專研究礦床之生因，形狀，含有物，及其在地質學上的關係等之學科也。

在往昔，單研究礦床之形態及其含有物之時代，礦床學尙未成立爲一科學，而只視爲採礦學之一部門。最近因地質學之進步，在研究礦床之形態及含有物之外，更進而研究其生因及地質學的位置與關係等。故礦床學在地質學上遂成立爲最有興趣之一分科矣。

礦床學與採礦學有密切之關係，固無論矣。即與礦物學，化學，物理，及地質學等其他分科，特別與岩石學有甚深的關係。故在研究礦床學之先，必先修上述諸學科也。

礦床(Ore Deposit) 一種或二種以上之礦物集合體，而其中含有有用礦物者，謂之礦床。狹義的礦床乃指含有有用之金屬礦床而言。但廣義的礦床則包括有用之金屬及非金屬礦物集合體。本篇所欲研究者爲廣義的礦床，即專論一般之有用礦物，如金屬礦物，岩鹽，鉀鹽，寶石類等集合體之種種

性質。至煤岩與石油之研究，則讓之燃料礦物專書，不入本書之範圍焉。

礦石(Ore) 由礦床所採掘之主要礦物或礦物集合體，謂之礦石。換言之，礦石為吾人所採掘之目的物，加以製鍊，能從之獲得利益之礦物或礦物集合體也。

礦石，一般僅適用於金屬礦物之例。但在廣義的礦床學，亦可適用之於非金屬礦物，例如硫黃礦及磷礦等是也。在礦物學，一切之自然金屬及金屬化合物皆稱礦石，不問其在經濟上有無利益也。至礦床學上之礦石則含有經濟的利益之意義。吾人所稱之礦石，其中有包括岩石者。即岩石中若有金屬及目的物，且含量極大時，亦可視為礦石而加以採掘。例如含有多量之小粒黃銅礦，方鉛礦等之岩石，亦可視作銅礦，鉛礦而處理之。在美國科羅拉多州(Colorado)之庫律普庫利克(Cripple Creek)金山有因風化而分解之花崗岩，或滲染有多量之金礦，或受微細礦脈之縱橫貫穿，故成為極重要之礦石。又花崗岩因滲染多量之錫礦而成為重要礦石之例亦不少。

黃鐵礦在礦物學上雖為鐵之礦石，但在今日欲從黃鐵礦製鍊純鐵，則難獲利益。故在礦床學上本不以黃鐵礦為鐵礦石矣。但焙燒黃鐵礦可以製硫化氫，並由是可以製造硫酸及硫酸化合物。故黃鐵礦遂成為一種重要之硫黃礦。近來在美國，除由黃鐵礦製造硫酸之外，更用濕式法以採取其中所

含之少量的銅分，並製鍊其殘滓，可以獲得上等的銑鐵，自此種製鍊法發明之後，黃鐵礦又變爲有用之鐵礦矣。

在玄武岩(Basalt)中常含有多量之微小的磁鐵礦結晶，若置其薄片於顯微鏡下，見有無數之黑色八面體結晶。最著名者爲美國科羅拉多州北公園(North Park)之玄武岩，鐵礦佔全岩石之55%。此種火山岩之例，實屬罕見。(註一)磁鐵礦雖顯然爲鐵礦石，但含磁鐵礦之玄武岩在礦床學上則不能稱爲礦石，因不能從此種火山岩製鍊有經濟的利益之鐵也。在此等岩石中，若含有極多量之磁鐵礦，加以選礦及鍊製後，在經濟上爲有利益時，則此等岩石亦可視作有用之礦石。例如瑞典國塔堡(Taberg)山爲一種火成岩(註二)所構成，其中常見有含鐵分達40%以上之部分，故視作鐵礦，加以採掘。但此種礦石因含鈦(Ti)過多，是其缺點。

石英在礦物學上並非礦石。但含金之石英，在礦床學上實爲重要的金礦。

在磁鐵礦，赤鐵礦，或褐鐵礦中，常含有多量之磷分。例如法國有名之鐵雲岩(Minette)，爲一種之褐鐵礦，含磷有達千分之十八者。又瑞典企爾那瓦拉(Kirunavaara)礦山，格利瓦拉(Gellivaara)礦山，孤蘭格斯堡(Grängesberg)礦山等，皆爲大鐵山，所產磁鐵礦，含有1%以上之磷分，其甚者有達5%以上者。在湯麥司式製鍊法(Thomas' process)未發明以前，此種礦石全無採鍊之價值。但在今日，則爲重要之鐵礦

石矣。

如上述之例甚多,不遑枚舉,總而言之,礦床學上之礦石種類數目,年見增加。從前視為無價值之礦物,因學問之進步,今日忽變為重要礦石之例亦不少。今試將現代所採掘之主要礦石中所含之金屬最低含量,表示如下:

(1) 鐵礦 35% (Fe)。普通製鍊所用礦石,含鐵約 40—65%。

(2) 硫化銅礦 2—3% (Cu)。又採掘及選礦容易時,即 1% 以下之礦石亦可獲利。

(3) 氧化銅礦 0.5—2% (Cu),但限於濕式製鍊。

(4) 鉛礦 2—5% (Pb)。

(5) 鋅礦 20% (Zn),若採掘及選礦便利,則含鋅量更低之礦石亦可利用。

(6) 銀礦(含銀鉛礦) 0.03—0.15% (Ag)。

(7) 銀礦(含於銅礦中的) 0.01—0.015% (Ag)。

(8) 銀礦(須用混汞法的) 0.1% (Ag)。

(9) 金礦 0.0005—0.0007% (Au)。即以百萬分之五或七之含金量為最低數。例如在一公噸之中,須有含金量五或七公分,始有利可圖。

(10) 金礦(砂金) 0.00001—0.000015% (Au)。有採掘此種低量之砂金者。

(11) 金礦(含於銅礦中者) 0.00015% (Au)。

(12) 錫礦 1.5—3% (Sn), 有時亦有採掘 1% 以下之礦石者。一般因錫石之比重大, 故易於選擇品位 (grade) 較高之礦石。但可入熔礦爐者, 以選礦後有 60% 內外之含錫量者為合格。

(13) 錫礦(砂錫) 1% (Sn)。

(14) 鎳礦 2—3% (Ni)。

(15) 鈷礦 1—2% (Co)。

(16) 白金(砂礦) 0.00005% (Pt)。

(17) 錳礦 30%。若為鐵礦中之錳, 則含量有 18% 以上即可用。但同時須含鐵 30% 以上。

(18) 鉻礦 35—40% (Cr_2O_3)。此數量只限於可採掘大塊礦石之場所。大多數之例須含量 45% 以上。

(19) 銻礦 15% (Sb)。採礦甚為容易, 則品位更低者亦可用。

(20) 砷礦 礦石若為硫砷鐵礦 (Arsenopyrite), 須含量 10—15% (As)。若為雄黃, 則含量 25% (As)。

(21) 汞礦 0.5%—1% (Hg)。

(22) 鉍礦 6—10% (Bi)。此限於選礦後入熔礦爐時所用。又 3—4% (Bi), 此限於選礦後濕式製鍊。

上表所示數字為現今所採掘各種礦石之最低限度含量, 且其中大多數皆易於採掘及選礦之礦石。一般礦石之金屬含量須高於上表數字。

構成礦床之礦物(礦石,脈石,及中石) 在金屬礦床中所發見之金屬礦物產於下列之各種化合物中。

- (1) 硫化物(Sulphides)。
- (2) 含硫鹽類(Sulpho-salts)。
- (3) 碲化物(Tellurides)。
- (4) 砷化物(Arsenides)。
- (5) 氧化物(Oxides)。
- (6) 氫氧化物(Hydroxides)。
- (7) 碳酸鹽類(Carbonates)。
- (8) 硫酸鹽類(Sulphates)。
- (9) 磷酸鹽類(Phosphates)。
- (10) 二三種之氯化物(Chlorides)。
- (11) 自然金屬(Native Metals)。

此外尚有鉻酸鹽類(Chromates),溴化物(Bromides),碘化物(Iodides)等礦石,但極稀罕。現今所採掘之礦石,其90%以上為硫化物,含硫鹽類,砷化物,氧化物,氫氧化物,碳酸鹽類及自然金屬等。

構成非金屬礦床之有用礦物中,有作單體產出者,有作化合物產出者,計有下之數種。

- (A) 燃料礦物(例如煤炭,石油,及天然燃氣等)。
- (B) 寶石類(例如鑽石,紅玉,黃玉等)。
- (C) 鹵石類(例如岩鹽,鉀鹽,及其副產礦物硼砂,天然曹

達,硝石等)。

(D) 其他如磷礦類, (肥料原料) 硫黃礦, 陶土及粘土等, (耐火原料, 砥磨材原料, 及其他種種工業原料)。

本書以研究金屬礦物為主。至非金屬礦物, 除燃料礦物之外, 亦略加論述, 燃料礦物之重要本不亞於金屬礦物。

礦床僅由一種礦物構成者稱之為單礦物礦床, 此類多屬非金屬礦床, 比較稀罕。通常礦床多為二種以上之礦物集合體, 即所謂混合礦床者是也。

構成礦床之礦物中, 礦石之外, 其無經濟的價值之礦物, 名為脈石。(Gangue Mineral, or Vein-stuff) 礦石與脈石之區別有時極不明瞭, 例如在多數礦脈中之菱鐵礦, 雖為脈石, 但作大礦床而產出時, 可作重要之鐵礦。又石英為最普通之脈石, 若為金礦脈中之含金石英時, 亦為重要之礦石。總而言之, 同一礦物, 視其有經濟上之利益與否, 或為礦石, 或為脈石, 均無不可。

脈石中最普通者為石英及玉髓。從前在礦床中常發見白色或灰色之緻密的氧化矽團塊, 並不深加研究, 概稱之為石英。但若將此種脈石作成薄片, 置顯微鏡下視之, 有一種微隱晶質 (Microcryptocrystalline) 之石英, 是為玉髓。日本火山岩常產含金石英脈, 其中多為玉髓。至蛋白石, 產於礦床中者甚少。混有玉髓之礦床, 一般接近地表, 由比較的低溫度之溶液沈澱產出。在幅員稍寬之礦脈中, 常見石英與玉髓作極規則

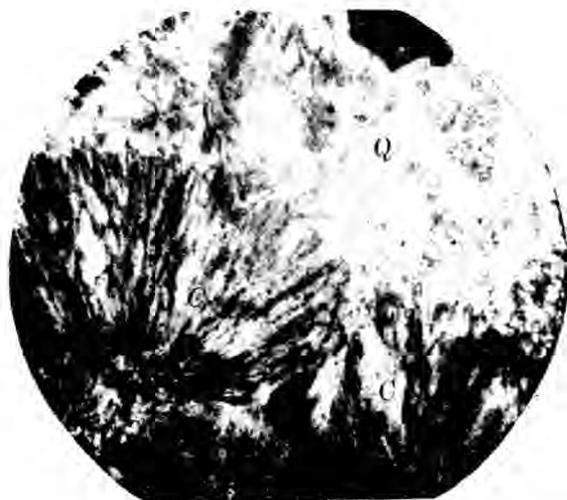
的分布，即近脈邊者多玉髓，中間則石英甚發達，此種礦脈，若為熱水溶液之沈澱，如後所詳述，矽酸分布之狀態完全與實驗室中之結果相一致，即由矽酸溶液沈澱為無水矽酸時，若溫度稍低，即生微隱晶質之玉髓，若為高溫度，則產結晶質之石英（石英有高溫度之沈澱物，亦有低溫度之沈澱物）。此因在脈石之周邊，岩石有低減熱水液溫度之作用。（參看第二章礦床生成之溫度）。

石英有帶乳白色者，有無色透明者，有作灰色者，此外，間有作紫色，蓋薇色者。一般石英作塊狀，製成薄片，在顯微鏡下檢之，知其為多數之不規則的粒狀個體集合物。（第一及第

第一圖



第二圖



上二圖爲日本但馬國明延礦山銅錫礦脈中之石英與玉髓。第一圖爲普通顯微鏡下之影片。第二圖爲在真空透克兒柱下之影片。Q爲石英，C爲玉髓。

二圖)玉髓爲緻密塊狀，外觀與石英頗難區別，但置顯微鏡下檢之，爲微晶質，由極微細之粒或纖維所構成之集合體也。原來由水溶液沈澱之非晶質矽酸、蛋白石質等，因時間之經過分子排列發生變化，而有變爲安定的石英之傾向。玉髓爲纖維狀隱微晶質之石英，多係由此類膠質(Colloidal Silica)氧化矽變成者(第一及第二圖)。

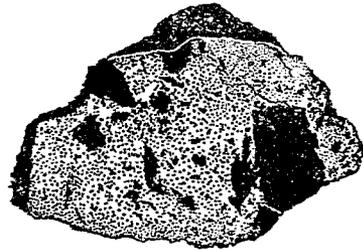
作脈石者除石英、玉髓等無水矽酸之外，其普通者爲碳酸鹽類，即石英之次，以方解石爲最普通。其他如菱鐵礦、菱錳

礦,菱鎂礦,(一名菱苦土礦)白雲石等,亦常作脈石而產出。其次作重要脈石者尚有重晶石及螢石。此外石膏,硬石膏,長石類,輝石類,(包括薔薇輝石)角閃石類,柘榴石,綠簾石,絹雲母,陶土,綠泥石等,皆常構成重要之脈石。

構成礦床之物質不單限於礦石及脈石,常見有母岩之破片或大塊,包含於礦床之

第三圖

中,特稱之爲中石,(Gangue-rock)或馬石。(Horse-stone)有時中石之量過多,礦石及脈石充填於此等母岩片塊之間,呈角礫岩狀之構造。(Brecciated Structure) (第三圖)。



以母岩破片爲中石作角礫岩狀之礦石

中石若極度分解變化,則有完全失去其原來岩石之構造組織,而其成分礦物亦不稍留原有面影者,亦有岩石全部化爲綠泥石之集合體者,是爲綠泥化作用(Chloritization)。

粘板質中石(Vein Clay Slate) 粘板岩地方之礦脈中常見有受壓力作用而呈杏仁狀之粘板岩中石。其混入礦脈中之原因,與一般中石受礦石,脈石之包圍而捲入礦床中者不同;乃作礦脈之本源的溶液通過粘板岩中之裂罅而循環時,其一部分岩石起分解作用,作成粘土,隨礦源溶液流至下盤(Foot wall)而沈積於下盤之裂隙中,略似粘板岩,作薄層

狀質甚柔,容易誤認爲粘板岩之分解物。(第四圖)

第 四 圖



粘板岩中石

礦物之共生(Paragenesis) 某種礦物與他種礦物,以相關係的原因而共同產生之現象,謂之共生,在礦床學上極重視此種現象,在探礦上之助力尤大。

例如雞冠石(Realgar)與雄黃(Orpiment)常相伴產出,又黃鐵礦,黃銅礦,磁硫鐵礦,硫砷鐵礦(一名毒砂)亦常共生,以下所示,爲共生礦物之例。

- (a) 黃鐵礦——金——石英。
- (b) 含銀方鉛礦——閃鋅礦。
- (c) 磁鐵礦——柘榴石——灰鐵輝石——黃銅礦。
- (d) 輝銀礦——脆銀礦——紅銀礦——黝銅礦——菱鐵礦——菱錳礦——薔薇輝石。
- (e) 錳礦——鐵礦。
- (f) 鉬石——鐵錳重石——輝鉬礦——螢石——黃玉。
- (g) 鈷礦——鎳礦——鈹礦——銀礦——瀝青鈾礦。
- (h) 種種碲礦(針碲金礦 Sylvanite 葉碲金礦 Nagyagite, 碲金礦 Calaverite, 碲金銀礦 Petzite 等)。——自然金——黃鐵礦——銀礦等。

此外,表示此種共生關係之例甚多,不遑枚舉。凡在礦床之中,種類多而礦物集合之狀態又甚複雜者,即礦脈也。礦脈在實際上為最重要之礦床。就礦脈作學術的分類,不單在研究學問上為重要工作;即在實際之採礦上亦為最需要之參考也。礦脈之分類即以比較規則的礦物共生關係為根據。其詳當讓之礦脈論中。

礦物共生之關係,應用於探礦上,效果最大。例如石英脈中若含有黃鐵礦,硫砷鐵礦或輝銻礦等硫化物時,則此石英礦中通常含有多少之金,此可由分析知之。有時且為品位甚高之金礦。又在此種礦脈之露頭焦礦部, (Gossan) 常可以發見自然金,無需藉顯微鏡之力也。日本但馬地方養父郡之明延礦山,有大小數十之礦脈,古時為有名之銅山,採掘甚盛。其礦脈中有作薄板狀之黑褐色礦物,從前誤認為銻礦,選出之後,視作無用之中石,棄之不顧。但在十餘年前,始知該礦物為鐵錳重石。同時檢查有無錫石與此礦物共生。因發見多量之顯微鏡的錫石滲染於石英礦中。嗣後,明延礦山遂變為日本有名之第一大錫礦山,每年可產數十萬日金之錫礦石。同時亦產若干之銅礦。但銅在今日反居於副產物之地位矣。

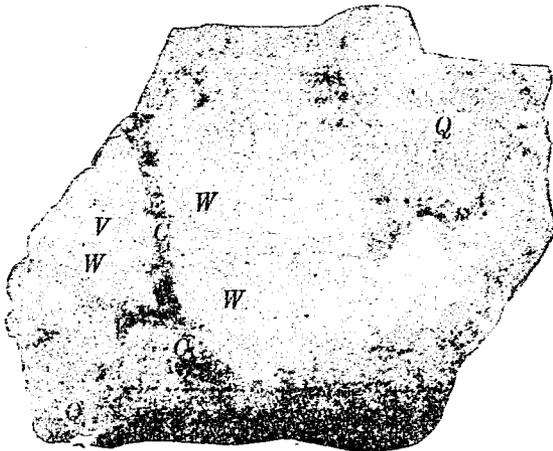
礦物之生成順序 (Succession) 在礦床中,常見甲礦物被包圍於乙礦物之中,或乙礦物被覆於甲礦物之上。又在礦床之空隙中常見有甲礦物樹立於乙礦物之上。有時又看見乙礦物中貫絡有甲礦物之細脈。此等事實皆證明作礦床本

源之溶液或其化學成分漸次變化，或溶液之溫度及其所受壓力發生變化，其結果所產礦物或先或後。由是知在上述各例，乙礦物之產出必先於甲礦物也。在一礦床中，其各種礦物或先或後產出之現象謂之生成順序。

礦物生成順序因礦床之種類不同而大有差別。至今日，尙未發見有足以通用之規則。但在某一地方，有可以適用於同性質的礦床之研究。今試舉其一二例如下。

在日本地方，凡花崗岩與石灰岩之接觸部分或其附近，常發見作塊狀之接觸礦床，極爲發達，產砂灰石，鈣鐵輝石，柘

第 五 圖

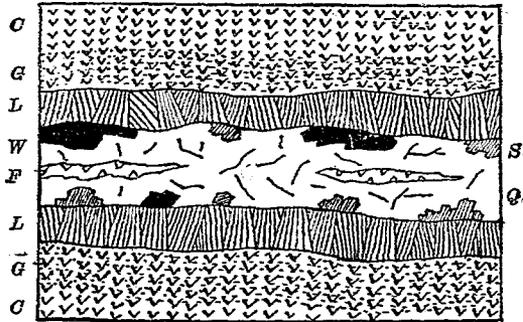


接觸礦床之礦物生成順序之標本（日本，山口縣，於羅礦山）Q爲砂岩。W爲砂岩交代之砂灰石。V爲貫絡砂灰石之維蘇威石。C爲貫絡一切礦物之黃銅礦脈。

榴石等脈石，與磁鐵礦，黃銅礦及其他礦石。在最多數之例，最先生成者為矽灰石，其礦塊中，貫絡有鈣鐵輝石，及柘榴石之脈狀集合體。磁鐵礦，一般，與柘榴石同時生成；而黃銅礦則或與鈣鐵輝石及柘榴石同時產出，或貫絡於此二種脈石之集合體中，作脈狀。後者之例，即黃銅礦，乃代表礦床生成之最後時代。(第五圖)

又德國之愛爾茲格堡格(Erzgebirge, Saxony)地方，在花崗岩中產錫礦脈。在此礦脈中最初產生者為鋰雲母。(紫鋰雲母)沿礦脈邊部排列作條紋狀。(第六圖)其次產出富於黃玉，錫石，鐵錳重石等之石英。最後在礦脈之中間產螢石，重石等結晶。

第六圖



C為花崗岩(母岩)。G為雲英岩(Greisen, 變質花崗岩也)。L為鋰雲母。

Q為石英。S為錫石。W為鐵錳重石。F為螢石，重石等小結晶。

礦脈中常產出種種之假品。例如作重晶石狀之石英，或作重晶石狀之方解石。由此現象可以推知礦物之生成順序，

同時亦可以推度礦源溶液化學成分之顯著的變化，即重晶石最先沈澱結晶，其次石英或方解石沈澱，被覆於重晶石之上。後因溶液之變化，極難溶解之重晶石終亦溶解為溶液，在此空隙中，遂產生假品。(Pseudomorph)

如上述，礦物之生成順序諸例，當說明礦床之成立時，頗為重要。但除特種礦床之外，尚未發見有可以應用於一般之例之法則也。

(註一) H. S. Washington and E. S. Larsen: "Magnetite basalt form North Park, Colorado", Journ. Wash. Acad. Sci., III(1913)449—52

(註二) 主要成分為橄欖石及磁鐵礦。有時兼含有斜長石及輝石。

第一章 礦床之生成及其本源

地球全體之比重約5.6,而構成地殼之岩石比重則平均為2.7。吾人由此可以推知地球內部尚貯存有多量之比重極大的物質。一般均信重金屬類為其主要成分,此中當以鐵為最要。在地殼中鐵與其他元素相化合而產出之量甚多。又在玄武岩及隕石中常含有多量之自然鐵及鐵分,有時且為全部以鐵分構成之隕石。此外地球賦有極大的磁性。由此種種事實推之,故知鐵在地球中實為重要之一成分也。

今試表列構成地殼之各元素平均量如下。(註一)

(此成分乃 Clarke 氏根據世界多數之岩石分析表而計算所得之百分率)。

氧(O)	47.33
矽(Si)	27.74
鋁(Al)	7.85
鐵(Fe)	4.50
鈣(Ca)	3.47
鎂(Mg)	2.24
鈉(Na)	2.46

鉀(K).....	2.46
鈦(Ti)	0.46
氫(H).....	0.22
碳(C)	0.19
磷(P)	0.12
硫(S)	0.12
鋇(Ba)	0.08
錳(Mn)	0.08
氯(Cl)	0.06
銻(Sr)	0.02
氟(F).....	0.10

此外鉻(Cr),鋯(Zr),鎳(Ni),鋰(Li),鈮(V),等元素,合計共占0.5%。

尙有不入上表中之其他元素,爲量甚微,實不足舉。總言之,在現今所知九十二元素中,作地殼之成分而能達至平均數列入上表者,爲數僅二十左右。不能達平均數爲量甚微之元素,尙有鉑,金,銀,銅,鉛,鋅,此等金屬有時積集一地,作極大之豐富礦床。故知足以滿足吾人之需要之任何礦床,皆由種種天然作用,將近地心部分或地殼中之僅量的成分,運搬至地殼之某一部分,而使之集中之金屬集合體也。

在某一地域,常見礦床特別發達。若分析此地之岩石,則含有種種金屬,爲量雖甚微,但已經爲多數學者所證明者也。

德國之山特堡格氏分析多數岩石中之鐵鎂礦物，(矽酸鹽)發見其中有少量之鉛，銅，錫，鎳，鉍，銀等金屬。(註二)又美國淑貝利阿爾 (Superior) 地方 (Keweenaw 半島) 銅礦產地之新鮮的輝綠岩 (Diabase) 中，平均分析含銅量為萬分之二。又蒙但那州 (Montana) 貝特 地方 (Butte) 之花崗岩中，亦含有銅分十萬分之一。在夏威夷島 (Hawaii) 之熔岩中，亦發見平均千分之一的氧化銅。又美國科羅拉多州 之勒特威爾 (Leadville) 礦山地方，在新鮮的石英斑岩中，亦含有七萬分之六以上之氧化鉛。(PbO) 此外由花崗岩或片麻岩析出微量之金之報告亦不少。此類岩石中含有銅，鉛，錫，鋅，金，銀等痕跡；本屬特別之例，一般甚罕。此等金屬通常不能達至平均數作岩石之平均成分。

稀有金屬或稀有元素，因天然的集中而構成礦床。此等天然的作用有次舉之數種。

(1) 岩漿分化作用。(2) 氣化作用。(3) 接觸變質作用。(4) 交代作用及滲染作用。(5) 化學的沈澱作用，此項又分為 (a) 裂罅或洞穴之充填作用，(b) 地表之沈澱作用。(6) 露天化 (風化) 作用。(7) 機械的堆積作用。

(I) 岩漿分化作用 (Magmatic Differentiation) 如岩石學中所述，某種元素，在酸性火成岩 (花崗岩，石英斑岩，石英粗面岩等) 中含量特富。其中亦有單限於酸性火成岩中始產出之元素。例如矽，鉀，鋰，鈹，鎳，鈾，錫，銻，鎳，鉍，銻，鉍，鉍，鉍等。又有一部分元素則專產於鹽基性火成岩 (橄欖岩，蛇紋岩，斑禰岩，輝綠岩，玄武岩等) 中。例如鈣及其他鹼性 (Alkali) 土金屬之鎂，鈉，及磷，氯，鐵，鉍，鉍，鉍等。此外如金銀等元素則同時產於酸性與鹽基性兩種岩石中。但此等元素在一切之酸性

鹽基性岩中，并非平均分布。例如錫多產於酸性岩之花崗岩中，而含鎳鈷之磁硫鐵礦則專產於紫蘇輝石斑禰岩(Nortie)及輝綠岩中。

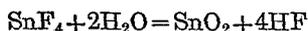
火成岩中所含有僅少的稀有元素，(包含種種金屬)一般當岩漿固結時，有作礦石或副成分而先結晶產出之傾向。試在顯微鏡下檢查火成岩之薄片，常見有種種礦石類作微粒或小結晶散點於岩石中，作副成分。例如在酸性岩及基性岩中均產磁鐵礦。鈦鐵礦則多產於基性岩中。至鉻鐵礦則幾乎限於極基性之橄欖岩，蛇紋岩中，始能發見。此等副成分通常在岩石中含量極少。但當岩漿冷卻固結之時，若因某種原因散在其中的副成分礦物，特別集中於一部份，構成有採掘價值之礦床。例如花崗岩或正長岩(Syenite)中之磁鐵礦礦床，紫蘇輝石斑禰岩中之磁硫鐵礦礦床，橄欖岩或蛇紋岩中之鉻鐵礦礦床，斑禰岩中之黃銅礦及斑銅礦礦床等，世界有名者不少。其實例當讓後章述之。

如上述，當岩漿圍結為火成岩時，其中所含礦石成分之集中亦為岩漿分化之一現象。以此原因而生成之礦床，稱之為岩漿分化礦床，或火成礦床(Eruptive Deposit)。

(II) 氣化作用 (Pneumatolytic Process) 由火山噴出之熔岩，當其固結時，噴出氣體(亞硫酸氣，水蒸氣，碳氧氣，氮氣，氯化物等)甚多，此吾人所常目擊者也。此等氣體原來貯存於岩漿中，當熔岩固結時，必放射其中所含之氣體。又當物體

由熔融狀態至冷卻團結之間，通常須放散其中所含氣體之大部分，此在物理化學上所常見之事實也。

岩漿在地下深處之固結與熔岩在地表之固結，其狀態不同。在地下深處者，雖在大壓力之下徐徐固結，但同樣放射其中所含之各種氣體及水蒸汽等。此時岩漿中所含氯、氟、硼等與少量之各類金屬相化合，構成氯化物、氟化物、硼酸鹽等。此等氣體雖非在高熱狀態中，但亦容易揮發，故與種種氣體及水蒸汽相混而放散。由此事實，氯、氟、硼等元素有從岩漿中析出金屬之作用；或於適當地點與水蒸汽起化學作用；或與附近之岩石起化學作用；集中金屬礦石而構成礦床。構成此類氣體之物質如氯、氟、硼、水蒸汽及其他氣體，統名之爲礦化素。(Mineralizer)由此種礦化氣體之作用而生成之礦床，名爲氣化礦床 (Pneumatolytic Deposit)。日本豐後大野郡尾平礦山有多數錫礦脈，貫絡於花崗岩中，大部分由纖維狀之電氣石及螢石構成之。其中混有多少之石英，亦產有少量之黃鐵礦等硫化物。因此礦脈中含有多少錫石，即視作錫礦加以採掘。此礦脈爲典型的氣化礦脈。當花崗岩岩漿貫入地下深處徐徐固結時，種種礦化素吸取金屬而放散，沿既固結之岩漿外殼部分之裂罅而上昇；在途中因各種化學作用，構成電氣石、螢石、錫石，及其他種種礦物，充填於此種裂隙中，遂成礦脈。試就錫石生成之化學作用考究之，可以次之化學方程式爲說明，此作用在實驗上亦得證明者也。



由此化學作用所析出之氟化氫，再與岩石中之鈣分相化合，遂產螢石。(CaF₂) 故通常知螢石，電氣石，斧石，黃玉及其他含有氟，硼等元素之礦物，為氯化礦床所特有之脈石。錫礦床之大多數皆由氯化作用而形成者也。

(III) 接觸變質作用 (Contact Metamorphism and Contact Metasomatism) 火成岩岩漿在地下深處貫入水成岩或其他火成岩中而團結時，放散多量之熱，同時亦發散多少之水蒸氣及各氣體，若由岩漿本身排出之物質為量甚少，而單發揮其熱力作用時，則原存岩石之分子排列狀態將起變化，而產生種種的變質岩。例如粘板岩可以變化為角頁岩，(Hornfels 一種之接觸岩) 雲母片岩，斑點粘板岩，及含有紅柱石 (Andalusite) 或堇青石 (Cordierite) 之粘板岩等。石灰岩則變化為結晶質之白色大理石。砂岩則有時變化為砂岩。又基性火成岩或凝灰岩常因酸性火成岩岩漿之接觸而變化為綠色的結晶片岩。如上述，因火成岩岩漿之接觸而引起岩石分子之再排列，在化學成分上雖無大變化，但外觀上則大異。此種現象謂之接觸變質。石灰岩為最容易受接觸變質之岩石。若其中含有矽，鐵，鎂，鋁等氧化物，當分子起再排列作用之際，則構成含有此等氧化物之矽酸礦物，例如矽灰石，透輝石，透角閃石，柘榴石等是也。此等礦物常散點於結晶質之石灰岩中，名為接觸礦物 (Contact Mineral)。

花崗岩，此種深成岩與石灰岩相接觸時，石灰岩不獨變質為純白之結晶質石灰岩，並且在接觸部或其附近之石灰岩中產柘榴石，灰鐵輝石，綠簾石等接觸礦物；與磁鐵礦，黃銅礦，黃鐵礦等之金屬礦物之集合體作不規則的塊狀。此種礦床名之為接觸礦床 (Contact Deposit)，常產豐富之礦石。此類礦床決非單由不純石灰岩分子之再排列作用而生成者。當花崗岩岩漿團結之際，排出有含矽，鐵及其他金屬之氣體或過熱水溶液。石灰岩受此等物質之交代作用，產生種種接觸礦物。同時金屬礦物作氧化物及硫化物而沈澱。當花崗岩或其他酸性岩漿爆發貫入於石灰岩或其他水成岩中時，常供給多量之金屬化合物，而構成所謂接觸礦床。

(IV) 交代作用及滲染作用 (Metasomatism and Impregnation) 交代作用者，依化學的作用，原有物質之一部與新物質成分之一部互相交換替代而產生含有新化學成分之物質之現象也。例如石灰岩 (CaCO_3) 中溶解有鎂質之溶液而起化學作用時，可以產出白雲岩 [$\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$]。此因石灰岩中之一部分鈣質與溶液中之一部分鎂質作化學的交代作用之結果也。

一般溶解有種種金屬化合物之溶液通過容易起化學的作用之岩石，例如通過裂隙較多之石灰岩，石灰質泥板岩或凝灰石等地方時，常發生盛大的化學的交代作用，而集中金屬礦物，在石灰岩中所產大塊狀之閃鋅礦，一般即由此交

代作用而生成之礦床也。由交代作用而生之礦床名爲交代礦床(Metasomatic or Replacement Deposit)。

滲染作用者，乃含有礦質之溶液浸滲於岩石中，略起交代作用而沈澱微細之礦石，散點滲染於岩石中之現象也。經過此種作用之岩石，有可視作礦床加以採掘者，稱之爲滲染礦床(Impregnation Deposit)。

(V) 化學的沈澱作用(Chemical Precipitation) 從含有種種金屬化合物之水溶液沈澱金屬礦物，因而構成礦床之現象，爲金屬集中之最重要的作用。

(a) 沿岩石裂罅而起之沈澱作用 礦脈爲普通的礦床，由地下深處上昇之熱水溶液（即一種高熱溫泉）通過岩石之裂罅，其中礦物成分遂沈澱而充填此等裂罅，因構成礦脈。此種熱泉中溶解有種種之成分，例如鹼化合物（硫化鹼，碳酸鹼，硫酸鹼等）之量至濃厚。故有極大之溶解力，並且在高壓之下，通常以爲不溶解之物質，如金或金屬硫化物，亦容易爲所溶解，此經實驗證明者也。在此熱水液中所含種種金屬及非金屬化合物，有由岩漿直接放散者，又有熱泉在地殼中之上昇途中，溶解岩石成分之一部而來者。溶解有此種種物質之熱水液，通過地殼之裂罅而上昇時，在途中，其物理狀態起種種變化，例如壓力之低減，溫度之降下等，故其中所有物質溶解度小者先行結晶，漸及溶解度之大者。又若遇着他種溶液而起化學變化時，有沈澱礦物之作用；或由富有碳質

物之岩石之還元作用,亦可沈澱礦物。

在地殼中運動之水有二種:其一爲岩漿水,一名初生水(Magmatic or Juvenile Water)。此乃由冷卻固結於地下深處之岩漿所排出之水蒸氣及其他氣體,因溫度之低下而生成之水溶液。其二爲天水(Meteoric or Vadose Water),即雨從天降,滲入地下,在地層中循環之水也。

關於礦脈之生成,其水溶液之本源爲何,實爲一論爭之焦點。古來有許多學者曾發表種種議論。現今一般所最信者厥爲岩漿水說。即大多數礦脈之本源溶液實從地下深處上昇之熱泉,即由岩漿所排出之岩漿水也。此種熱泉溶解有種種之金屬化合物,通過岩石之裂隙,其間因物理的及化學的狀態之變化,或由其他原因而沈澱礦物,此說謂之上昇說或熱水說(Ascension or Hydrothermal Theory)。

實際證明熱水說之實例爲溫泉中所沈澱之諸種礦物,就中最顯著者爲美國尼窪大州之汽船泉(Steamboat Springs, Nevada),及加利福尼亞州硫黃堤溫泉(Sulphur Bank, California)。前者湧出鹼性(Alkali)溫泉,沈澱多量之矽華(Geyserite),其中含有種種硫化物。今分析其一片,(重3403公分)得次表。

金	0.0034 gr.
銀	0.0012 ,,
硫化汞(HgS)	0.0070 ,,
硫化鉛(PbS)	0.0720 ,,

硫化銅(CuS)	0.0424 gr.
氧化鐵(Fe ₂ O ₃)	3.5924 ,,
硫化砷銻(Sb, As) ₂ S ₃	78.0308 ,,

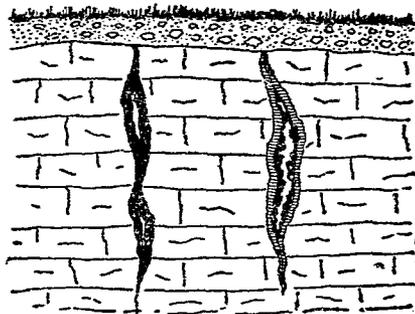
後者之硫黃堤溫泉有硫黃礦床,曾加採掘,向地下愈深掘,則辰砂之量漸次增加,最後遂變為辰砂之礦床,但再深掘至下層,溫泉之湧出甚烈,採掘困難,因放棄之。此處之辰砂及硫黃即溫泉之沈澱物也。

上述熱水說,現為一般所信奉,以之解釋礦脈之生因,但從前說明礦脈生因之學說則有下列之數種。

(1) 天水說或下降水說(Descension Theory) 此說之倡導者為德國地質學者偉那氏(Werner)。由十八世紀末期至十九世紀初期之間,頗得一般之信仰。(註三) 據此說,由地上滲入地中之天水,在下降期中,溶解岩石中之礦物成分,此等成分沿裂罅而沈澱,

遂構成礦床,實際雖有由此原因生成之礦脈,但極罕耳。例如在美國美蘇里州石灰岩極發達,其中有裂傷脈,乃由下降水作用而生成者也裂傷脈(Gash Vein) 乃礦質充填於石灰岩

第七圖



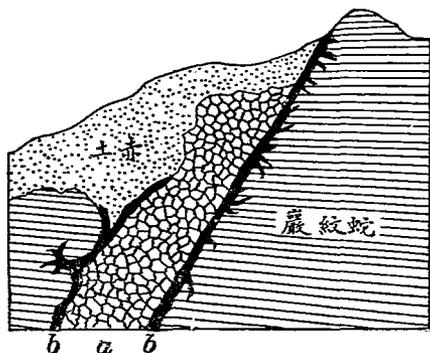
裂傷脈之斷面圖,脈在石灰岩中。

中之節理及小裂罅而成之礦脈，有接近地表存在於土壤下層者，亦有在地表附近作縱橫之節理者（參看第七圖）。

各礦脈皆含有方鉛礦及閃鋅礦，故視作銀鉛礦床，加以採掘。此種礦脈從產出狀態推之，其由地表滲入地中之天水，在途中溶解金屬成分，沿石灰岩之裂孔起多少之交代作用，遂沈澱而構成礦床之經過，至明顯也。

(2) 分泌說 (Lateral Secretion Theory) 按此說，則礦脈之含有物——即礦石及脈石之成分——皆由母岩所供給。天水通過母岩中向裂罅分泌時，溶解母岩中之礦物成分，在裂罅中沈澱，遂構成礦脈。此說從十八世紀末期起，有多數學者提倡之。至十九世紀中期，最有勢力。尤以德國之山特格堡氏從1877年至1880年，提出多數論文，謂一切礦脈均由此分泌作用而生成；並說明分析多數礦脈之母岩，其中皆稍含銅、銀及其他金屬成分；即證明分泌說為不變之學說。但由今日觀之，則山特格堡氏所分析之母岩中之金屬，恐係礦脈生成當時由熱泉作用而滲染之礦質也。故此分泌說在今日變為不重要之學說矣。但實際亦有一種礦脈，由分泌作用溶解母岩之一部而構成者，例如大洋洲新加勒頓尼亞 (New Caledonia) 島多產矽鎳礦脈。此地方之岩石以橄欖岩及其分解物蛇紋岩發達最廣。在蛇紋岩中發見含矽鎳礦之礦脈甚多。此乃沿蛇紋岩之裂罅，溶解岩石中所含微量之鎳及多量之氧化鎂 (MgO) 之水溶液，由分泌作用而構成者也（第八圖）。

第八圖



新加坡賴巴亞之砂鐵礦之一式。 a爲角礫狀礦床。b爲礦脈。

如上所述，礦脈中間有可以由所謂下降水說或分泌說加以說明者，但礦脈之大多數皆由上昇熱泉而生成者，在科學上既成定論矣。此種熱泉又多數從岩漿所排出之岩漿水也。即礦脈之生成與火成岩實有密切之關係。

(b) 地表之沈澱作用 由地表溶液亦可沈澱礦物，即在今日亦可以實際看見此種現象。例如湖底或沼澤底，常見有氫氧化鐵（沼鐵礦）之沈澱，即其證明。又如黑海之淺海底與淤泥相混，常有硫化鐵之沈澱，此一般所熟知者也。其他如美國南部半沙漠地帶及亞洲沙漠地方，在鹽湖中，常有氯化鈉（食鹽）礫砂等之沈澱，亦爲顯著之事實。故知淺海底及湖底之沈澱乃由地表水中所溶解之礦物沈澱而生成之礦床也。因此種礦床構成地層，故稱成層礦床，或礦層（Stratified Deposit, Ore Bed, Sedimentary Deposit）。

(VI) 露天化作用(或稱風化作用 Weathering) 凡岩石露出地表時,因雨水,空氣,氣溫之變化;生物之作用等;常分解,霉爛。吾人稱此種現象爲露天化。岩石由此作用,最後化爲粗鬆的土壤。

若岩石含有多量之長石,則由露天化作用,在地表構成極厚之耐火粘土,陶土,水礬土等之礦床。又若岩石中含有多量之鐵分時,除少量溶解水中流去後,大部分構成褐鐵礦或赤鐵礦,在地表土中作塊狀或瘤狀之結核;有時可視作鐵礦加以採取。由此種露天化作用生成之土壤中,殘留有有用礦物,集中而成礦床。故稱之爲殘留礦床(Residual Deposit)。

岩石中含有微量之金或含金細脈時,受露天化作用而成土壤,易溶解之物質隨滲入水流去,而地表輕物質又爲雨水洗去;唯有較重之金分殘留土壤中。此種富於金分之土壤,亦爲一種之殘留礦床。

(VII) 機械的堆積作用(Mechanical Sedimentation) 因露天化作用而生之土壤,遇大雨時,受雨水洗滌,流入溪谷中。此種沈積於谷中之土砂,常受流水之淘汰作用,質輕者遠流至下流,質重者仍在上流地方集中於河床。故在河流之上流地方,若有含金礦脈,則其河床砂中常產砂金。又若上流地方有含多量細粒磁鐵礦之岩石,則在下流構成砂鐵之礦床。此種由水之作用,作機械的堆積而集中之礦床,稱之爲漂砂礦床或砂礫礦床(Detrital Deposit or Placer Deposit)。由海水,即由

波浪作用而集中之海岸砂礫，亦屬漂砂礦床。現今在河床或海岸有砂礫礦床者，乃古地質時代由上述之作用而生成之同樣礦床也。此等礦床現今有作砂岩或礫岩夾介於地層中構成層狀礦床者。

火成岩與礦床之關係 若就上述由各種作用生成種種礦床，加以概觀。其中如火成礦床，氣化礦床及接觸礦床，皆由火成岩之噴騰而生成者固無論矣。即礦脈之大多數其本源亦仰給於岩漿水，與火成岩岩漿有密切之關係。又大多數之交代礦床及滲染礦床亦由上昇之熱水液向岩石起化學作用而生成之礦床。由此觀之，礦床之大多數，或由火成岩岩漿之直接分化，或由繼其噴騰而起之高熱氣體及熱水液之排泄，即由後水熱作用(Post Hydrothermal Process)而生成者。唯有少數礦床，如礦脈，滲染礦床，及交代礦床之少數，及成層礦床，殘留礦床，砂礫礦床等，與後火成作用(Post Eruption)無關係。與礦床之生因有直接或間接關係之火成岩，即作礦石本源之岩石，特稱之爲礦源岩(Ore Bringer or Ore Carrier)。

如前所述，大多數礦床之本源實爲火成岩。故知礦床多存在於火成岩發達之地方。換言之，富於大礦床之地方，大多數在地質學上之某一時代，在地下深處或地表附近，火成岩之噴騰爆發必極盛。若不見火成岩噴騰之地方，除特種礦床之外，一般不見有礦床之存在。通常在同一地質時代，由同一生因而生成之礦床所在地，稱此等礦床爲屬於同一礦床區。

(Metallogenic Province)。

總而言之,多數礦床之分布狀態與火成岩之分布狀態常一致。此在礦床學上實為重要之事實。在多數之例,一地方之火成岩與礦床有因果關係,本無庸疑。一言以蔽之,金屬礦物之大部分皆從地下深處,藉岩漿之力而運搬至上部,再藉種種作用而集中,遂構成礦床。

(註一) Clarke: Data of Geochemistry, U. S. Geol. Surv. Bulletin No. 616, 1916.

(註二) F. von Sandberger: Zur Theorie der Bildung der Erzgaenge B. u. H. Z. 1877 Nr. 44 Oct; Ueber die Bildung von Erzgaengen mittels Auslangung des Nebengesteins Z. d. D. G. G. 1880, s. 350-

(註三) A. G. Werner, Neue Theorie von der Entstehung der Gaenge.

第二章 礦床生成之溫度

礦床生成溫度之測定，在礦床學上實為重要之問題。唯不能直接測定，故先在化學實驗室中測定各種礦物生成溫度，然後在地質學上詳檢礦床之產出狀態及礦物共生關係。由是可以相當推定礦床生成之溫度。例如在某礦床，甲礦物與乙礦物有共生之關係時，在化學實驗室中測定甲礦物生成於百度乃至四百五十度之間，又決定乙礦物在零度至三百六十度之間皆可沈澱。然則吾人可以推定該礦床生成溫度當在百度乃至三百六十度之間。不過天然作用，其所受壓力大於實驗室中之壓力，而作礦物本源之溶液，其性質亦甚複雜。故此種推定非絕對可信。此須特別注意者也。又在化學實驗室中所研究之礦物生成溫度，其結果良好者，為數亦甚少。今僅就與礦床有關係之數種礦物記述之如下。

(1) 黃鐵礦、白鐵礦及磁硫鐵礦 此等硫化鐵為礦床所有最普通的礦物。黃鐵礦與白鐵礦若作結晶形而產出時，則容易區別。但若作塊狀產出時，則頗難區別也。欲在化學上區別此兩種礦物，以史鐸克氏 (H. N. Stokes) 方法最為便利。即使用硫酸鐵 $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$ 之稀溶液，使硫化鐵起氧化作用，

而生硫酸亞鐵 (FeSO_4), 硫黃, 及硫酸, 但若以同溶液氧化黃鐵礦與白鐵礦時, 則氧化程度略有不同。其結果所生三種物質之比例, 有大差異。故應用此種原理, 可以決定粉末狀硫化鐵之為黃鐵礦抑為白鐵礦也。若為白鐵礦則硫黃分僅 14% 可以氧化而生硫酸, 其他仍作硫黃之沈澱。若為黃鐵礦, 則硫黃分之 56% 可以氧化為硫酸。據此實驗法, 若黃鐵礦與白鐵礦相混時, 可以決定白鐵礦所混入之量。由種種之溶液, 使硫化鐵沈澱, 按史鐸克氏方法, 以決定其為黃鐵礦或白鐵礦。其結果可以測知此兩種礦物量實與溶液之溫度及酸性度 (Acidity) 有關係。即溶液之溫度愈高, 則黃鐵礦之沈澱愈多。又若酸性度愈低, 則黃鐵礦之產量亦愈大。溶液若為中性或鹼性, 則所生硫化鐵完全屬黃鐵礦。又若溶液含有 1% 以上之硫酸, 而溫度又在百度以下, 則所生硫化鐵之沈澱皆屬白鐵礦。在礦床中, 若常見黃鐵礦作初生礦物時, 即知礦源溶液為鹼性。至礦床中所產白鐵礦多屬由次生的下降水 (酸性) 生成者。

溶液之溫度若不甚高, (百度內外) 酸性度亦不甚大時, (硫酸 1% 以下) 則黃鐵礦與白鐵礦決無同時沈澱產出者。

據實驗, 若斷絕氧素之供給, 將白鐵礦熱至 450 度, 則變為黃鐵礦。但不能直接使黃鐵礦變為白鐵礦。故在 450 度以上之溫度, 不能生成天然的白鐵礦。又在礦床中, 白鐵礦中有作黃鐵礦之假晶者。故可以推知其礦床生成以後, 尚增熱至

三百度乃至四百五十度。(在三百度之溫度,白鐵礦不能變質為黃鐵礦,已由實驗上證明者也)。

置黃鐵礦於硫化氫中,加熱至 575 度,變為磁硫鐵礦,溫度愈高則喪失硫黃分愈多。在極高溫度所生成之磁硫鐵礦,若置硫化氫中,在較生成溫度低下之溫度範圍內熱之,則有漸次吸取硫黃分之性質。一般,磁硫鐵礦乃在高溫度生成之礦床中所特有之礦物,雖不限於 575 度以上之溫度始見生成,但曾一次作黃鐵礦沈澱後,因火成岩之爆發而變質為磁硫鐵礦之例,均有熱至 575 度以上溫度之證據。

(2) 石英 普通石英結晶(水晶)屬六方晶系之偏形四半面像,作特種的三角偏方體 (Trigonal trapezohedron) 之晶面。(例如右水晶左水晶等所表示之晶面)。將此水晶熱至 575 度以上,則礦物之物理性完全變化,特別在屈折率,複屈折,膨脹率等性質上,發生極大變化。即此 575 度為石英之移變點,由 α 石英移化為 β 石英(高溫生成物)之溫度。 β 石英屬六方晶系之偏形半面像,其結晶不具有三角偏方體之晶面。火成岩中(石英斑岩及其他)之石英多屬此類。若礦床之生成溫度在 575 度以上,則其中作脈石之石英皆屬 β 石英。但此種脈石事實上甚罕。作脈石之石英,大多數皆為 α 石英。

在各種礦床中,通常視為高溫度生成之礦床,有氯化礦床,接觸礦床等,但其中所產石英,多屬 α 石英。(屬此等例之石英,大都屬於礦床生成之末期)。偉晶岩脈中之石英亦多

數屬 α 石英

欲簡單的區別 α 石英與 β 石英，須研究下列諸性質。

(甲) 若具結晶形者，驗其是否三角偏方體。

(乙) 檢驗與結晶底面平行之晶面之蝕像，以決定其是否具雙晶性質。即 α 石英之雙晶間有明瞭的規則的界線。若原為 β 石英轉變為 α 石英之雙晶界線，極不規則。且作雙晶體，常區劃為多數小部分，而與外形無關。

(丙) 原為 β 石英移變為 α 石英者，因容積之變化，若檢其薄片，富有不規則的裂罅。

玉髓、瑪瑙及與此等礦物相類似之氧化矽，最初大都作蛋白石沈澱，最後始移變為結晶質者也。例如蛋白石等非晶質氧化矽，多屬低溫度之沈澱物，此可由實驗上證明之。達三百六十度以上，則不再生成蛋白石。

(3) 矽灰石與偽矽灰石(Wollastonite and Pseudo-wollastonite) 矽灰石 (CaSiO_3) 為極普通之接觸礦床脈石，屬單斜晶系。若將此礦物加熱至 1180 度以上，遂移變為偽矽灰石，兩者之成分雖同，但後者則屬六方晶系，在種種物理性上皆有差別。且此移變為非可逆的。偽矽灰石無天然產物。至矽灰石生成溫度之最低限雖未能明瞭決定，但約在三百度乃至四百度之間。故知產有矽灰石之接觸礦床生成溫度，當不在三百度以下，亦不在 1180 度以上也。

(4) 輝銅礦(Cu_2S) 輝銅礦為次生的硫化銅，多藉天

水作用而生成，(參看第四章)有時亦作原生礦物，產於銅礦床中。實驗上，普通之斜方晶系輝銅礦在九十一度之溫度移變為等軸晶系之輝銅礦，故由此溫度以上之溶液所沈澱之輝銅礦當屬等軸晶系。但因溫度之低降，原子之排列發生變化，又轉變為屬斜方晶系之性質。砥磨輝銅礦之晶面，用稀酸液腐蝕之，生一種交叉線模樣，即表示曾經移變性質之輝銅礦也。

(5) 石膏與硬石膏 據汎特鶴夫氏(Van't Hoff)及其他之研究，由水溶液沈澱硫酸鈣之時，在六十三度半以上之溫度，作硬石膏沈澱；在此溫度以下，則作石膏沈澱。但此移變點受共存於溶液中之其他鹽類之影響甚大。溶液中物質若有低減水之蒸氣壓之作用，則此移變點常低降。例如在氯化鈉所溶解之水溶液中，若在三十五度以上之溫度，硫酸鈣沈澱為硬石膏。又若溶液中含有氯化鎂，則在零度亦可沈澱為硬石膏。

(6) 其他礦物 據德國根涅希堡格氏(J. Koenigberger)及美拉氏(W. J. Mueller)之實驗，正長石由水溶液沈澱時，限於340度以上之溫度。沸石類則多數在百度內外之溫度，(常在250度以下)由水溶液沈澱。又據偉澤爾氏(W. Wetzel)之研究，螢石在普通氣溫之下，可從水溶液沈澱。故此礦物在氯化礦床與熱水礦床中，皆可作脈石產出。重晶石有從300度以上溫度之水溶液沈澱者，但又有產於藉天水作用而生成之

露天化礦床中者。

此外礦物之人工的製成實驗頗見盛行。關於礦物生成之溫度及其他諸性質之研究，當日見有進步也。

第三章 礦床之形狀及構造

礦床形狀之測定，在實際作業上，至為重要。當掘探時，常因礦床之形狀不同，則採礦法亦有根本的差異也。

一般礦床多作板狀，礦脈礦層之具此形體，固無論矣。即沿斷層面而生成之礦床及發達於岩脈兩邊之接觸礦床，亦具有板狀的形體。又花崗岩與石灰岩間所生成之接觸礦床亦略作板狀而延展。與石灰岩相交代之交代礦床略具板狀者亦不少。

一切礦床便宜上大別之為同生礦床 (Syngenetic Deposit) 與後生礦床 (Epigenetic Deposit)，前者與其母岩同時代生成之礦床，後者則在母岩生成後始生成者也。

(A) 同生礦床之形狀

(1) 火成礦床 通常作不規則的塊狀。有時作不規則的球狀。有時又作板狀或雙凸鏡狀。常漸次移變為其母岩之火成岩。此種礦床有完全包含於火成岩中者。有發達於火成岩塊之邊界附近者，亦有在火成岩中作脈狀產出者。

(2) 礦層 乃夾介於水成岩間之層狀礦床，故常作板狀，伸展於極廣之區域，有時作雙凸鏡狀。此種礦床在未受地

盤變動以前，作水平排列；但一般或作傾斜，或皺曲成波紋狀。

(3) 砂礫礦床 通常發現於河床或海濱之漂砂中。在前者之例，分布於河谷間，其幅員及層厚不一定。吾人須注意者，則此種礦床不產於現今之河床或海岸，因屬於古地質時代之砂礫礦床，故夾介於種種之地層間，形狀有完全與礦層相同者。

(B) 後生礦床之形狀

(1) 礦脈 不問其爲由熱水溶液生成者，或由氣成作用生成者，皆作板狀，大多數呈急傾斜而貫穿於岩石中。

(2) 交代礦床 通常作不規則的塊狀，有時略具與板狀相似之形狀，又有由不規則塊狀移變爲礦脈狀者。滲染礦床亦然。

(3) 接觸礦床 與交代礦床相同，多作不規則的塊狀，其中有具近似板狀者，則既如前述。

(4) 殘留礦床 通常在地表或地表附近作不規則的形狀產出。

(C) 礦床之構造 (礦石、脈石及中石之排列) 構成礦床之礦石、脈石及中石，排列成種種之狀態，並呈種種的構造。

(1) 塊狀構造 種種不同之礦石、脈石及中石作不規則的混合構造，名曰塊狀構造。此時各礦物之個體大小不一，雜亂相混，各個體生成之先後不易推知。此種構造當礦床生成時，有原生的礦物，亦有一部分之次生礦物滲入礦床中。例

如大多數之礦脈及交代礦床即多具此種構造。(第五圖)

粒狀構造為塊狀構造之一種。此類礦床乃由大小相同之礦物粒作緻密的集合體而構成之。日本有名之黑礦即屬此種粒狀構造，由閃鋅礦，方鉛礦，黃鐵礦，黃銅礦，重晶石等礦粒相混而成之緻密的集合體也。

(2) 帶狀構造 不相同之礦物互相作帶狀而排列，略呈條紋形，是為帶狀構造。此乃礦脈所特有之構造也。(第八圖)

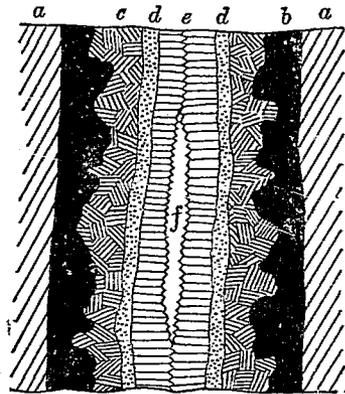
櫛狀構造此為帶狀構造之一種，即構成一條帶狀之礦物結晶，延長與帶狀方向垂直而排列成櫛狀；結晶個體間有為後來沈澱之礦物所充填者，亦有不受充填而向空間突出者，皆呈與櫛齒相似之外觀；亦為礦脈所特有之構造也。

(第九圖之c)

對稱的帶狀構造乃上述異種礦物之礦帶互作對稱的排列之構造，亦為礦脈所通有之構造也。(第九圖)

同心的帶狀構造 礦脈在磐肌 (Selvage 即礦脈與母岩之境面) 之突出部分或其上面，被覆有中石，常

第九圖



作對稱的帶狀之礦脈 a 為母岩，b 為礦石，c, d, e, 為脈石，f 為空隙。

發達爲同心的帶狀構造。此種構造常發見於白雲岩或石灰岩中之洞穴充填礦床或交代礦床中。

(3) 角礫狀構造 此種構造與角礫岩相似，多角狀之礦物破片受其他物質之膠結而成之構造也。又母岩之破片有膠結於礦石中者。又曾經一次生成之礦床，

因地盤之變動，破碎爲種種之破片，後來從地底上昇之礦質溶液卽在各破片間沈澱，生成石英，方解石及其他礦物以膠結此類礦石破片。此種構造通常表示地殼之變動與礦床之生成相伴而起之現象。(第三圖)若種種不同之脈石，礦石在

岩石或礦石破片之外部作同心球之被覆物時，稱爲輪礦。(Ring Ore) 日本明延礦山 大仙坑所產錫礦多屬輪礦。

(第十一圖)

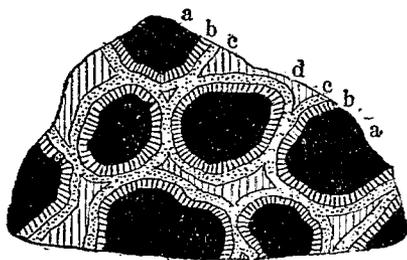
(4) 晶洞構造
礦床有具大小之晶洞

第十圖



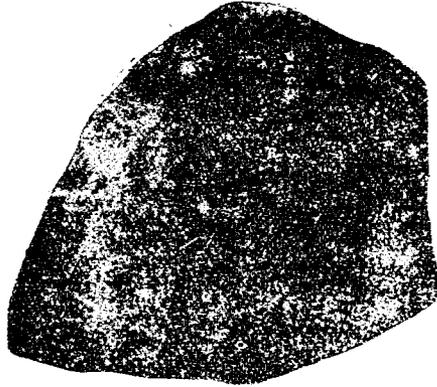
作同心的帶狀構造之礦石(切面圖)
德國亞恆市附近之樓册林恆礦山產硫化錳礦。

第十一圖



輪礦素描 a爲礦石；b, c, d爲他種脈石。

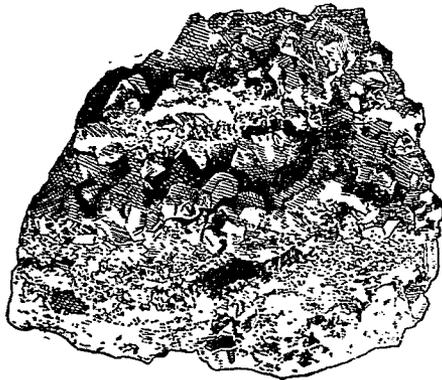
第 十 二 圖



日本明延礦山產輪礦。R爲母岩之破片，其上被覆有石英(Q)，錫石，(T)玉髓(C)等；作同心狀被覆物。

(Drusy Cavity) 者，稱之爲晶洞構造。此晶洞中簇生有作乳鐘石狀之礦石及脈石。又有結晶羣簇生於其中者。晶洞有原生的，(與礦床同時生成者) 又有次生的，(礦床生成後，因次生的作用，溶解而生成者)。如第十三圖。

第 十 三 圖



作晶洞構造之礦脈

以上所述種種構造有同時發現於同一礦床之中者,例如同一礦脈,因場所不同,有呈帶狀構造之部分,有作塊狀構造之部分,亦有作角礫狀構造及晶洞構造之部分。

第四章 礦床之變化與次生的富化作用

天水與地下水面 天水即雨水降至地面後，其一部分滲入土壤及岩石中，在礦床學上起重要的作用。例如有某種礦床，(石灰岩地方之裂傷脈，及蛇紋岩中之矽鎳礦脈等)，乃完全由天水作用而生成。又有原為貧弱礦床，後由天水作用而變為富礦床者。例如露天化殘留礦床，(第十五章)及淑貝利阿爾湖周圍之鐵礦層(第十四章)等是也。本章所欲述之礦床變化，即氧化帶及次生硫化礦富化帶之生成等，亦由於天水之一大作用。

由地表滲入地下之水，沿土壤岩石之間隙而下降至岩石受水飽和之點為止。試看掘井，達一定之深處後，常見其水面保持一定之高度，不論汲水多寡，水面仍在同一的水準，不增高，亦不低降。在此水準以下，即為受水所飽和之岩石。故稱此水準面(岩石為地下水所飽和之最上層面)為地下水面，或稱地下水準面(Underground Water Level or Water Table)。

岩石原來有多少之空隙，即相當有吸水之能力。岩石吸水之程度，完全視其有孔度(Porosity)之大小而決定。有孔度乃岩石空隙對岩石全體積之百分率。岩石空隙全部充滿水

分時，其岩石即爲水所飽和。一般岩石之有孔度因岩石種類而大有差異。例如砂及礫層之有孔度最大達 30% 至 40%。砂岩及礫岩之有孔度有達 5% 至 28% 者。花崗岩等之堅緻的塊狀岩有孔度不過 0.2% 至 0.5%。普通石灰岩之有孔度爲 0.5% 至 1%。

岩石之有孔度非一定不變的，常因壓力而起變化。又同一岩石，其近地表部分與地下深處者，因所受壓力不同，有孔度亦大異。即入地愈深，岩石僅以少量之水而飽和，更深則壓力更大，終至有孔度全等於零。即岩石完全不含水分。故知在同一岩石中之地下水量，以地下水面之部分爲最多。漸深進，則其量漸減。最深之處，岩石中完全不含水分。一般礦山之深豎坑，近地表之坑道湧出之水最多；但深入三四千尺之地下，則水之湧出量極少。

地下水面之深淺亦因地方而不同。若在多雨之地方，此水面通常在地表之下約深五十尺以內；在雨少乾燥之地方，則深至數百尺以至二三千尺之深處始見地下水面。又同一地方，地下水面因雨季與旱季不同，亦有變化。至於因岩石種類不同，地下水面有深淺之差，則無俟論矣。

地下水面之深淺，又因地形而有差異。在山上，其地下水準甚深。若在河谷之間，則幾與川河之水準一致。又地下水面之起伏不能完全與地形相一致，在川谷之間較高，在山地則甚低也。（第十四圖）地下水面常有多少變動，即由高處向低

處作緩慢的運動。

第十四圖



地形與地下水面之關係 A等為地下水面。

花崗岩或其他塊狀岩地方,岩石之有孔度極小,故不常見有地下水面。在此種地域,地下水沿岩石裂隙而循環。在石灰岩中亦有同樣現象。

礦床之變化與次生的富化作用 礦床露出地表之部分及近地表之部分,與普通岩石相同,因露天化作用及由雨水滲入地下而成之地下水作用,發生顯著之變化。天水,即地下水,含有多量之碳氧氣(CO_2)及氧素。故礦床受強烈的氧化作用。結果,硫化礦物遂變化為可溶性之硫酸鹽類而溶解。但因天水之益見深入,此類硫酸鹽類再失去其氧素,氧化的能力轉弱,反起還原作用;溶解於水中之金屬化合物遂還原沈澱,而集中次生的豐富的礦石。

原來礦床因氧化作用而起變化,與岩石之露天化作用相同,在不含硫化礦物之礦床中,此種變化甚簡單,即不外起霉爛,氧化,氫氧化等變化而已。例如菱鐵礦變為褐鐵礦,菱錳礦變為軟錳礦或硬錳礦,方解石溶解流去,種種之氧化矽礦物則化為陶土。放在此種礦床之地表,常見石英,褐鐵礦,錳礦,

陶土等礦物甚發達，磁鐵礦為較難變化之礦物，故磁鐵礦礦床混有少量之褐鐵礦而突出地表之例不少。反之，若為富於硫化礦物之礦床，特別富於黃鐵礦之礦床，常因露天化作用及天水作用而起顯著之變化。此種變化不特在學術上極有意義，即在礦業上亦有重要之意義也。

一般在含有多量硫化礦物之礦床，常從地表至地下深處，其間得分為三種礦帶，即(1)氧化帶(Oxidized Zone)，(2)次生硫化礦富化帶(Zone of Secondary Enrichment of Sulphides)，(3)不變硫化礦帶(Zone of Primary Sulphides)。

(1) 氧化帶 礦床露出地表之部分是謂露頭，受露天化作用後，起化學的及機械的作用。結果有顯著的變化。特別因由地表滲入之天水中，不單溶解有氧素，碳氧氣，及其他種種有機酸；此外尚含有少量之氯化銨，硫化氫等。此種天水侵入礦石，脈石中，起化學的作用。又礦床中普通金屬之硫化物受天水之作用，變化為種種之氧化物，氫氧化物，碳酸鹽類，硫酸鹽類，氯化物，自然金屬等。在此等氧化礦物之中，最普通者厥為氫氧化鐵，即褐鐵礦也。因此種礦物之存在，露頭部分化為褐色或暗褐色，狀如曾受火之焙燒者。故金屬礦床之露頭，一般通稱之為焦礦。在德法二國，稱此部分為鐵冠 (Eisener Hut, Chapeau de fer)。在英國康禾爾地方則稱 Gossan，亦有「焦頭爛額」之意。

焦礦 礦床之焦礦至重要，因大多數礦床皆由此焦礦

而發見，未來之礦床亦須賴此焦礦而發見也。但間有所謂盲脈 (Blind Lode) 者，完全無露頭，而為其他物質所掩覆；因偶然之發掘或開鑿隧道等工程而發見者亦有之，但不多耳。

焦礦之性質原來因礦床之礦物成分而大有差異。含硫化物不多之含金石英脈，其石英略呈褐色，露於地表。多含硫化物之石英脈則作褐鐵礦及多孔質之石英塊而露出。含多量之硫化物，特別含黃鐵礦最多者，則以多孔質之褐鐵塊而露出於地表。

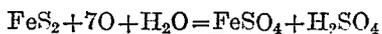
焦礦之露出，有作凸狀者，亦有作凹狀者，此現象實與礦床及母岩之性質有關係。例如含多量之黃鐵礦而缺少石英之礦床，其地表露頭常呈凹狀；此因多孔質之褐鐵礦容易受水蝕作用而被剝削也。至石英脈則常突起露出於地表。此無他，因石英對水蝕作用之抵抗力比其他岩石強也。

礦床，一般，因深入地下，而其體量有厚薄之變化。若礦石對水蝕作用之抵抗力比母岩強時，則礦床在露頭之部分厚，愈深入地下則愈薄。反之，若母岩對水蝕作用之抵抗力比礦床強時，礦床愈深入地下，則體量亦愈厚。因露頭部分乃經過長期地質時代之水蝕作用之結果，其對侵蝕作用抵抗力最強者即能保留至今日也。

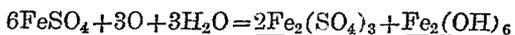
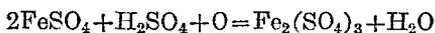
氧化帶之延擴 焦礦本為氧化帶露出地表之部分，但在地下尚延擴至相當之深度。天水中原含有多量之氧素，故氧化作用極盛，但此僅限於由地表降至水準面（地下水面）

之間,在此水面以下,通常不起氧化作用,而起還元作用,故知礦床之氧化帶僅發達於地表與地下水水面之間,至其延擴因地方而各有不同,少雨地方之地下水水面低,故氧化帶深厚。例如美國亞利梭那州比斯貝 (Bisbee Ariz.) 礦山之礦床,由地表深至1400尺之下,尚有氧化帶之發達,因此地方為半沙漠的地域,若在近海多雨地方,地下水水面甚高,又因山地地表土砂由水蝕作用而被運搬之量亦至大,故罕見氧化帶;即有之,亦鮮有能深達三百尺以下者,在洪積期受冰河作用之地方,礦床近地表部分為冰所削蝕,氧化帶幾不能發達。瑞典 礦山多有此例。

氧化帶中礦物之變化 硫化礦床中普通之黃鐵礦,常受含有氧素之天水作用,而化為硫酸亞鐵及硫酸。



由上述作用所生之硫酸亞鐵,容易變化為氫氧化鐵及硫酸鐵。

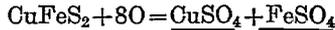


由上列方程式所生之硫酸鐵有極強之氧化力,向種種之氧化礦物發生作用,而作成金屬之硫酸鹽。總而言之,黃鐵礦受氧化作用,最後生成硫酸鐵,同時生成氫氧化鐵,即褐鐵礦。礦床氧化帶之所以富有褐鐵礦者,即此故也。

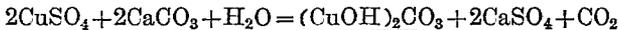
白鐵礦 (FeS_2) 及磁硫鐵礦 (FeS) 亦完全由同樣的作用

而分解。

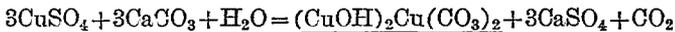
黃銅礦 (CuFeS_2) 受氧素, 硫酸, 及硫酸鐵溶液之作用, 容易氧化而生成硫酸銅及硫酸亞鐵。



如上所述, 硫酸亞鐵再氧化而生褐鐵礦之沈澱, 但硫酸銅甚易溶解, 故溶於天水中而下降。若礦床產多量之方解石脈石, 則在氧化帶下部發生種種之化學作用, 而沈澱豐富之氧化銅礦。

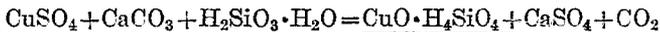


$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ 爲孔雀石 (Malachite), 碳酸鹽類礦石也。又



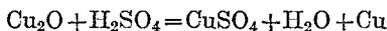
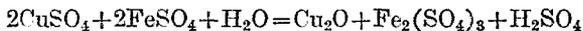
$(\text{CuOH})_2\text{Cu}(\text{CO}_3)_2$ 爲藍銅礦 (Azurite), 亦碳酸鹽類礦石也。

次當舉矽酸鹽類 (Silicate) 之例。



$\text{CuOH}_4\text{SiO}_4$ 爲矽孔雀石 (Chrysocolla), 矽酸鹽類礦物也。

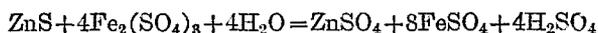
又硫酸銅之溶液由硫酸亞鐵及硫酸之作用而生成赤銅礦及自然銅。



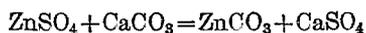
由上述之化學作用, 凡產多量之黃銅礦及方解石之礦床, 或發達於石灰岩與火成岩之接觸部之銅礦床, 其氧化帶, 特別在該帶之下部, 產多量之孔雀石, 藍銅礦, 矽孔雀石, 赤銅

礦,自然銅等;並混有褐鐵礦礦石甚爲豐富;是爲富化氧化帶。此類礦床之最有名者爲美國亞利梭那州比斯貝及格洛夫(Glove)地方之銅礦床,皆產於石灰岩中。前者由石英斑岩之接觸而生之接觸礦床,後者乃含有多數礦脈及塊狀之交代礦床。發達於此地方之輝綠岩則爲此等礦床之礦源岩。此地方雨量甚少,爲半沙漠的氣候,故氧化帶極發達,深入千尺以上。在此帶之褐鐵礦中,混有多量之孔雀石,藍銅礦,矽孔雀石,赤銅礦等之氧化礦物,品位亦高,極有價值。漸次探掘,現既達硫化礦之部分矣,但硫化礦之含銅量較氧化礦尤劣。

閃鋅礦亦因含有氧素之天水作用,容易產生硫酸鋅而溶解於水中。特別因硫酸鐵之存在,氧化作用之進行更爲急激。



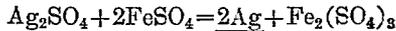
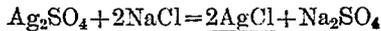
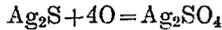
又若以方解石爲脈石,或以石灰岩爲母岩時,則與硫酸鋅之溶液相化合而沈澱菱鋅礦。若此溶液中稍溶解有氧化矽,則生異極礦(Calamine)。



方鉛礦抵抗含氧素天水之力較閃鋅礦強。但有時由方鉛礦沈澱硫酸鉛,因其有不溶解性,故常沈澱。又此化合物稍受天水之溶解,終沈澱爲白鉛礦。若含有磷及砷之成分,則生綠鉛礦。如上述,鉛及鋅礦床若含多量之方解石爲脈石,或由石灰岩與火成岩相接觸而生之礦床,同樣在氧化帶之下部,

有構成氧化礦物之富化帶者，例如美國勒特威爾(Leadville)礦山，日本之神岡礦山，德國亞很地方及西利西亞地方之氧化鋅礦床等皆是也。

產於銀礦床中之輝銀礦(Ag_2S)，不溶解於水及稀硫酸中；但受硫酸鐵之作用後，可以氧化而生硫酸銀。又由氯化鈉或硫酸鐵之作用而生氯化銀，(角銀礦)或自然銀。



此中之硫酸銀溶液有與硫化氫相化合而生輝銀礦，再沈澱於氧化帶中者，如上述，含有輝銀礦或其他硫化銀之礦床，在氧化帶中，常產角銀礦及自然銀。亦有與銅礦床之例相同，構成富化氧化帶者，例如日本陸中之小阪銀山產有一種名土礦之礦石，具黃，褐，綠，赤，白，灰等色；但無金屬光澤，外觀與土相同；唯比重甚大。此種土礦乃構成該礦山之黑礦氧化帶者也。現今上部之土礦既經完全採掘，單採取下部之黑礦矣。所謂黑礦，乃重晶石，閃鋅礦，方鉛礦，黃銅礦，黃鐵礦等之緻密的集合體。若受天水之氧化作用，其中重晶石雖極安定，不分解而存留，但其他之硫化物變化為硫酸鹽類，溶解水中，向下滲降。唯有一部分化為碳酸鹽及其他氧化礦物（菱鋅礦，異極礦，白鉛礦，硫酸鉛礦，綠鉛礦，孔雀石等）而沈澱，殘留氧化帶中。此等殘留物集合體即土礦也。原來方鉛礦及閃鋅礦中

所含之銀分，(似爲輝銀礦之微粒)，同樣受氧化作用，作氧化銀，自然銀等殘留於土礦中。又有微量之金分，不受氧化作用，殘留土礦中。故土礦較黑礦多含金銀。

金大多數作自然金產於石英脈中，常與黃鐵礦及其他種種硫化礦物共生。金不受天水之侵犯，縱有小量之硫化礦物受天水作用，但金則幾無變動。此時硫化礦物分解後，其中之金分殘留於氧化帶中，構成品位稍高之礦石。

在朝鮮所常見之金礦脈，伴有多量之硫化銅。金作微粒存在時，黃鐵礦因天水作用而分解，化爲硫酸鐵，溶解水中。此溶液有溶解金分之性質。但此現象僅限於含有多量氧素之天水，愈深降，則氧化作用愈減。此時由黃鐵礦之還元作用，再沈澱自然金。在此種金礦床之氧化帶下部，常見多量之自然金混於褐鐵礦中。

在金礦床之氧化帶若發見有錳礦時，則該部分常含多量之金。蓋天水中溶解有氯化物，例如氯化鈉（從海面吹來之風，常含多少之氯化鈉，）溶液與氧化錳稀硫酸等相化合，而生氯素。金則化爲氯化金而溶解水中，有多少移動，流至氧化帶下部，再還元而沈澱自然金。例如朝鮮慶尙南道之統營礦山是也。

硫砷鐵礦受天水之氧化作用，常變爲葱臭石(Scorodite)，或其他砷酸鹽類，產於氧化帶中。

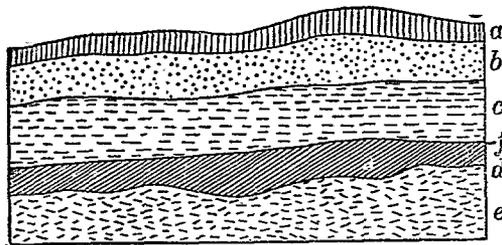
錫石雖受天水作用，亦不變化。故錫礦脈之氧化帶，常因

殘留之錫石而供給豐富之礦石。日本日向見立礦山之礦床，在磁硫鐵礦中，混有錫石，其氧化物礦石，即褐鐵礦質之礦石，常含有多量之錫石。

鎳及鈷之硫化物或砷化物因天水作用而變化為鎳華 (Nickel Bloom)，鈷華 (Cobalt Bloom)，或鈷土 (Asbolan) (含錳之氫氧化鈷礦)等。

綜合以上各種事實，在硫化物礦床之焦礦下面，有時殘留有金銀。但其他形成可溶性硫酸鹽類之金屬則盡被濾過溶解，唯僅留痕跡於此部分，故稱之為濾過流失帶 (Leached Zone)。在此帶下部，有曾經濾過溶解之金屬溶液，若遇因石灰質之脈石，或氧化矽礦物之分解而生之氧化矽溶液，遂相化合，常產出豐富的金屬氧化物，碳酸鹽，含水矽酸鹽等礦物，供給品位頗高之礦石，特別以方解石為脈石，或以石灰岩為

第 十 五 圖



硫化物礦床之分帶： a 為露頭(焦礦)。b 為濾過流失帶。c 為氧化礦富化帶。以上總稱為氧化帶。d 為二次硫化礦富化帶。e 為不變硫化礦帶。i 為地下水面。

母岩之銅礦床，在此部分，即在氧化帶之下部，產多量之孔雀石，藍銅礦，矽孔雀石，赤銅礦，自然銅等；作成品位極高之礦帶。一般稱此部分為氧化礦富化帶 (Enriched Oxidation Zone) 如第十五圖。

(2) 次生硫化礦富化帶 硫化礦富化帶位於氧化帶之下，而在不受變化之原生硫化礦帶之上，此乃富於品位極高之硫化礦石之部分；其與氧化帶之間界線明瞭，但皆無一定規則，凹凸不一。此礦帶在礦業上為最重要部分，特別以銅礦床之硫化礦富化帶最為豐富，產多量之輝銅礦，斑銅礦，銅藍等暗黑，暗藍等色澤之礦物集合體。故稱之為黑色銅礦帶。

硫化礦富化帶之延擴，因地方之氣候，地形，及礦床性質而大有差別，有厚僅數寸者，亦有厚達數十數百尺者。此礦帶與其下部之不變硫化礦物帶之間，界線明瞭；但或起或伏，極不規則，有沿不變礦帶中之裂罅或斷層面而深入富化帶之中者。此富化帶之上部境界，通常與地下水面一致。即地下水面以上為氧化帶，其以下則為硫化礦富化帶。

日本常陸地方日立礦山之盛鑛坑中，有約長五十尺之氧化帶，與其下面不受變化之含銅黃鐵礦之間，有約厚數寸以至一二尺之黑色銅礦帶。又上述之小阪礦山亦有與此種富化帶相當之部分，即在土礦之下，有富於銀及銅分之礦石。著者曾研究土礦下部之黑礦，磨光標本之表面，在顯微鏡下用反射光線檢查之，發見有顯微的斑銅礦，銅藍，輝銅礦等，皆

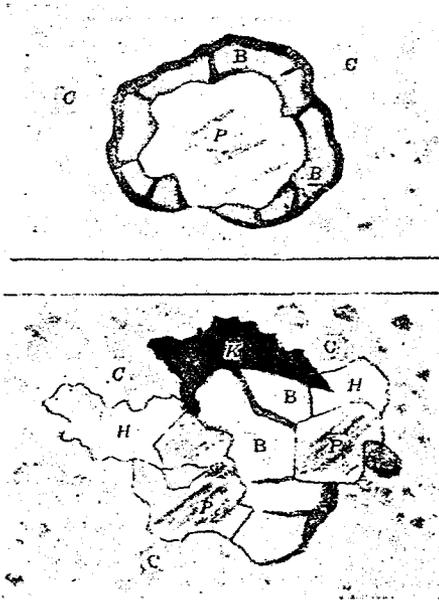
爲次生的礦物。(第十六圖)此礦石含銅量甚大,外觀上與不變的黑礦頗難區別。

美國滕尼胥州 達克棠地方 (Ducktown, Tenness) 有層狀含銅黃鐵礦礦床,在氧化帶之下,有極厚之黑色硫化銅礦帶,(參照第十七章)供給品位甚高之礦石。在此帶之下,有原存之含銅黃鐵礦礦石。又貝特地方 (Butte Montana) 之多數銅礦脈中,在氧化帶之下,皆由斑銅礦,輝銅礦,銅藍

等集合體所構成,有深達千尺以上者,可稱顯著的硫化礦富化帶。至日本之銅礦脈,在氧化帶之下,多爲富於斑銅礦之富化帶。

如上所述,世界到處皆有次生的硫化銅富化帶之存在,但硫化礦床不盡有此礦帶,有時在氧化帶之下,即爲原生硫

第十六圖



小阪礦山黑礦之顯微的二次硫化礦富化現象
(反射光線約二百五十倍放大) 黃銅礦黃鐵
礦爲斑銅礦輝銅礦所交代尙產有銅藍等。
C黃銅礦 P黃鐵礦 B斑銅礦 H輝銅礦 K銅藍

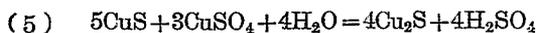
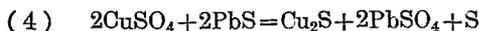
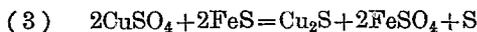
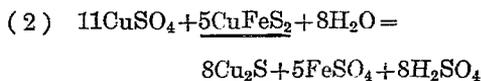
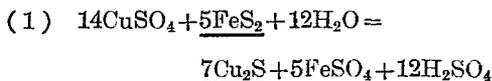
化礦帶，而缺此種重要之礦帶。

次生硫化礦富化帶之成因 在氧化帶，有種種金屬作硫酸鹽，溶解天水中，此天水滲入地中，下降至地下水面以下，即失去氧化能力，而呈還元作用，沈澱金屬之硫化物，最重要之還元劑為礦床中之黃鐵礦，故含多量黃鐵礦之礦床，常構成極大之硫化礦富化帶。

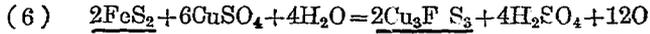
原來，次生硫化礦之生成為一種交代作用。黃鐵礦，黃銅礦，及其他硫化物常因金屬硫酸鹽溶液之交代作用而生新硫化金屬。此新生之硫化金屬通常含硫量稍減，故此種化學作用雖可視作氧化作用，若由硫酸鹽類溶液產生硫化金屬之一點觀之，實為一種還元作用也。

銅礦床之氧化帶產出硫酸銅，受天水之溶解，流至地下水面以下時，由黃鐵礦，黃銅礦，磁硫鐵礦等（有時由方鉛礦，閃鋅礦等）之還元作用，生成種種之次生的硫化銅。

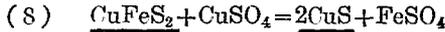
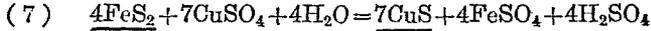
(A) 輝銅礦之生成



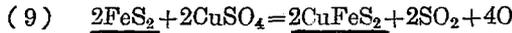
(B) 斑銅礦之生成



(C) 銅藍之生成



黃銅礦亦由硫酸銅溶液與黃鐵礦之化學作用而生成。但次生的黃銅礦產於次生硫化礦富化帶者甚罕。



硫砷銅礦及黝銅礦有時亦作次生的硫化礦物產出，但較罕耳。在實驗室中，將黃鐵礦粉末置稀硫酸中，即生硫化氫。又在實驗上硫酸銅溶液與硫化氫相化合，則得硫化銅之沈澱。此種反應，若加多少之硫酸，可以增加其沈澱量。此現象亦得應用於天然之化學作用。即因黃鐵礦之分解而生之硫化氫，與硫酸銅溶液相反應，而沈澱硫化銅；此亦可能之現象也。

據顯微鏡下(反射光線)之檢查，次生硫化銅礦因黃鐵礦，黃銅礦，閃鋅礦，方鉛礦等之變化而生斑銅礦，輝銅礦，銅藍等之現象，至為明顯。一般，次生的富化作用之最後產物為輝銅礦與銅藍。至斑銅礦則多為此種化學變化之中間生成物之代表的礦物。又斑銅礦有時亦作原生的礦物而產出。此須注意者也。(例如黃銅礦，斑銅礦之火成礦床)。

在銀礦床氧化帶之下，亦常見有豐富的次生硫化礦富化帶。即由氧化帶所濾過溶解之硫酸銀，在此部分，因黃鐵礦及其他礦物之作用，而沈澱輝銀礦。此外，鋅，鉛礦床與銅之例

相同，亦起硫化礦物之次生的富化作用。在氧化帶之下，常見有豐富的硫化礦，但一般不及銅礦床之顯著耳。

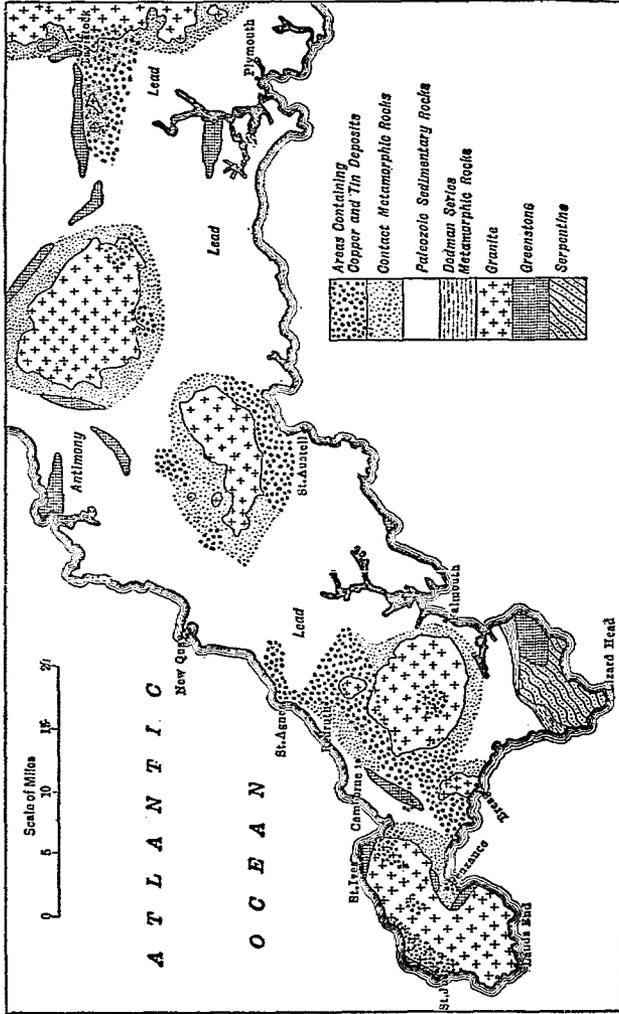
如上述，次生硫化礦富化帶，在銅礦床最爲發達，亦最重要。此帶之來源既爲氧化帶所濾過溶解之硫酸銅溶液；故在以方解石爲脈石，或以石灰岩爲母岩之礦床；此硫酸銅在氧化帶下部構成種種豐富的硫化銅礦，在達到地下水面之前，幾全部沈澱，不再向下流失，故有氧化礦富化帶之礦床常缺硫化礦富化帶。例如廣東蕉嶺羊子山之鉛礦山是也。

(3) 不變硫化礦帶 此爲帶礦床之最下部分，位於次生硫化礦富化帶下面之礦帶也，多含自礦床生成以來全不受變化之硫化礦物。

如多數硫化物礦床所常見者，在次生硫化礦富化帶之下，即在完全不受次生的變化之不變硫化礦帶中，因深淺不同，礦物成分亦大有差異。唯吾人今日所見之礦床，僅係切近地表之部分。世界中最深之豎坑，由地表計算，亦無達六千尺之深者。故須俟之將來能加深探掘的時代，始能究明因壓力溫度不同而起之原生的礦物之差異也。

在西班牙赫爾瓦州(Huelva)之利阿汀妥(Rio Tinto)地方附近，多產層狀含銅黃鐵礦礦床。在氧化帶之下，有次生硫化礦富化帶。在此帶下面之不變硫化礦帶，愈深進，則含銅量愈減，唯此種變化極徐緩耳。此性質與日本別子日立等銅山相似。但不變硫化礦帶之品位變化如何，尙未見有詳細之研

第十七圖



英國康采半島錫產地

究。又英國之康禾 (Cornwall) 地方，在多數礦脈中，原生的礦物之差異甚為明顯。在此地方與花崗岩塊相接觸之變質片岩及綠岩中，貫絡有礦脈時，雖多含黑銅礦及其他銅礦，但在脈之深處，即貫絡於花崗岩之部分，錫石之量陡增。故在礦脈上部祇作銅礦採掘；愈深入，則錫礦石之量愈增加。(第十七圖)此外，在礦脈或火成岩中，可以發見不少同樣的不變硫化礦帶之初生的差異之例。

不變帶中初生的深度之差異現象，不單限於礦石，脈石種類之發生差異者亦不少。例如有某種礦脈，在上部之脈石以方解石為主；但漸深入，則變為石英矣。又含有多量礦石之礦脈愈深入，則礦石之量愈減，最後完全變為脈石。

現今尚缺能深掘之礦床。關於不變帶之初生的深度之差異現象，研究尚未充分。故頗難下一般的定則。唯據從前種種經驗；在銅、金、銀、鉛、鋅等之硫化礦床，特別在礦脈之不變帶，有愈深入則金屬之含量愈減之傾向而已。

礦床今日之露頭並非礦床生成當時之地表。地表時時刻刻受天然作用之浸削，而礦床又因種種之地質作用而變其位置。斷層、皺曲，及地盤之昇降，與水蝕作用相呼應，使地中深處之礦床露出於地表。故知今日礦脈近地表之部分，在生成當時實存在於深極之地點也。例如日本之結晶片岩極發達，其中之含銅黃鐵礦礦床，(例如別子日立久根等礦山)，最少，曾有一次在地殼中深處受地方的變質作用也。

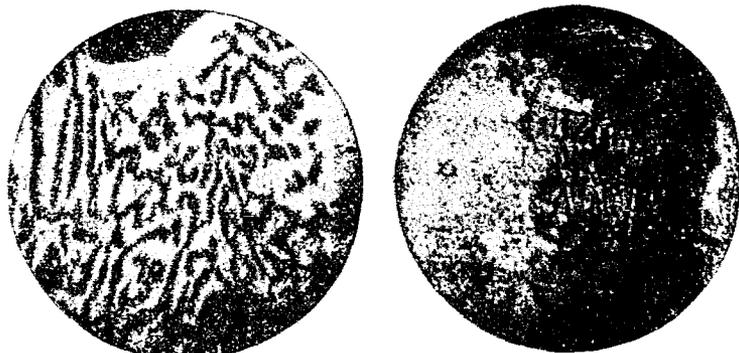
由上昇熱泉之作用而起之富化作用 天水由地表滲入，溶解及分解氧化帶中之金屬硫化礦物，而再流入深處，在富化帶沈澱為硫化物，此為一般之富化作用。此外尚有其他種類之次生的富化作用，即在不變硫化礦帶中，不藉天水之作用，唯通過礦床中之裂隙，有鹼性之熱泉上昇，其中所含之金屬化合物與不變帶中之黃鐵礦，或其他礦物相化合而沈澱，遂在該帶產出次生的富化礦。最顯著之例為美國蒙但那州貝特地方 (Butte, Montana) 附近之硫砷銅礦礦脈。據韋特氏 (W. H. Weed) 之研究，(註一) 此地方之礦脈並非全部同時生成者。古時代之石英，黃鐵礦礦脈因後來之地變而碎裂，其裂罅遂為含銅及砷之化合物之鹼性熱泉上昇之通路。此溶液與原有之黃鐵礦相化合，生成一種特有之礦石，即硫砷銅礦 (Cu_3AsS_4) 是也。此礦物在礦脈之上部產量較稀，愈深入則其量愈增，在地表下二三千尺之地點，產出最多。此地之硫砷銅礦最初誤認為由天水作用之生成物；及見深處之產量仍如此其多，又作礦源之黃鐵礦中完全不含砷素，故推定其非由黃鐵礦之分解而沈澱於氧化帶下之礦物，乃因上昇之鹼性熱泉而沈澱之結果也。即在實驗上，亦能證明含有金屬之鹼性溶液，由黃鐵礦之還元作用，可以生金屬硫化物。例如：

$$\begin{array}{l} \underline{2\text{FeS}_2 + 6\text{CuCO}_3 + 2\text{KHCO}_3 = 3\text{Cu}_2\text{S} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}} \\ \text{黃鐵礦} \qquad \qquad \qquad \text{輝銅礦} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \underline{8\text{FeS}_2 + 15\text{Ag}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 15\text{Ag}_2\text{S} + 4\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 16\text{CO}_2} \\ \text{黃鐵礦} \qquad \qquad \qquad \text{輝銀礦} \end{array}$$

如上述,不難推知由上之化學反應,可以生成多數之硫化物及含硫砷化合物。在貝特附近地方,含有多量輝銅礦斑銅礦之礦脈,其中之輝銅礦已由學術上證明其爲由上昇熱泉之交代作用而生成者。此種輝銅礦與斑銅礦表示一種特別的文象狀共生 (Graphic Intergrowth) 現象(第十八圖)。此得在顯微鏡檢查之。(註二)

第 十 八 圖



輝銅礦與斑銅礦之文象狀共生

又若次生的上昇熱泉爲酸性時,能溶解不變硫化礦帶中之金,銀,銅,等礦物,達至礦床之上部,即達至溫度較低之部分,再起沈澱作用。(註三) 唯實例較罕。

總而言之,含有黃鐵礦之礦床,因後日之地變而生裂隙時,若從地中深處有金屬鹼性熱泉上昇,則因此溶液與黃鐵礦之作用在不變硫化礦帶中沈澱金屬之硫化物,而構成豐富之礦帶。

-
- (註一) W. H. Weed: Ore Deposition and Vein Enrichment by Ascending Hot Water; Trans. Am. Inst. Min. Eng. 1903. ,
- (註二) A. F. Rogers: Secondary Sulphide Enrichment of Copper Ores with Special Reference to Microscopic Study. Mining Press, Vol. 109, 1914, pp. 680-686.
- (註三) Dr. Stokes: U. S. Geol. Surv. Bulletin No. 186.

第五章 礦床之富礦體

如前章所述，不獨礦脈，凡多數之硫化礦床，或在氧化帶之下部有氧化礦物之富化帶，或在該帶之下有次生的硫化礦物富化帶。此等富礦帶在礦業上甚為重要，可無俟贅述矣。但在礦床中尚有所謂富礦體 (Ore Shoot)。不單限於由天水作用而生成之次生的富化礦石，及上昇鹼性熱水溶液所沈澱之富化礦石；尚有其他種種原因可以生成富礦體，作種種之形狀而存在。

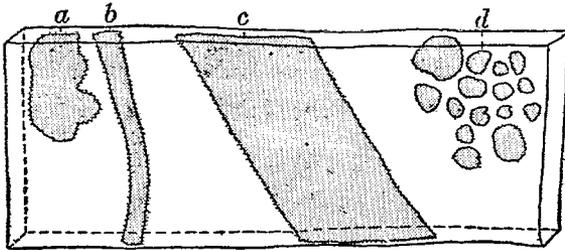
原來礦床不問其為礦脈或規則之塊狀礦床，礦床全體分布均等之礦石，無論任何部分皆有採掘價值之例極罕。有採掘價值之礦石或品位極高之礦石，常集中於礦床之某一部分，而作種種之形狀。一般稱此種有採掘價值之礦石集中部分為富礦體。

礦床中富礦體之測定，在礦業上極為重要，特別在礦脈中有採掘價值之富礦體之分布，常極不規則。故為測定礦石之量起見，常藉探礦以決定富礦體之分布狀態，形狀，及大小

富礦體之形狀 富礦體之作大塊狀者，大抵散在於礦脈或其他種類之礦床中。一般稱此大塊狀之富礦體為礦團

(Bonanza)。有時作小塊狀集中於一處或散點於廣寬之區域中，一般因其形狀而有礦巢(Nest)，礦房(Bunch)，礦囊(Pocket)等名稱。有時在礦脈中又有作帶狀由上至下傾斜而延長者，特稱之為礦磬(Ore Shoot, Ore Course)，極普通之形狀也。又有作圓筒狀由上連續至下面者，稱之為礦筒(Ore Chimney, Ore Pipe)。有時在礦脈及其他礦床中，有作細條狀之富礦體，則稱之為礦條(Pay Streak)。如上述，因種種形狀，即賦以種種之名稱。但在實際上，凡作塊狀者均稱之為礦團，作帶狀或條狀者則通稱之為礦條或礦磬；不再多立繁瑣之名稱也(第十九圖)。

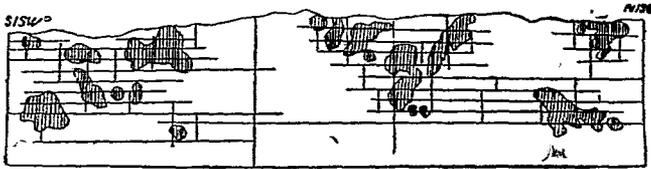
第 十 九 圖



礦脈中之富礦體。 a 為礦團。b 為礦筒。c 為礦磬。d 為礦巢。

此等富礦體之形狀，由既採掘之礦脈(或其他礦床)之斷面圖觀察其採掘遺跡，即可明瞭(第二十圖)。

第二十圖



美國康姆斯鐳克礦脈之重要部縱剖面，示明塊狀富礦體之分布。

富礦體有露出於地表者，亦有從事地心採掘之後始發見者。礦塊之分布一般甚不規則。唯有礦磐比較規則的向深處延續。

富礦體之成因 富礦體，如前章所述，有由天水作用而生成者，亦有在礦床成立後所生之裂隙中，因上昇鹼性熱泉作用而生成者。但除上述二原因之外，尚有種種之原因，可以生成富礦體。

(1) 壓力之低降與溫度之低降 作礦床本源之熱水液，由地中深部沿岩石之裂隙而上昇，在途中，其物理的狀態起種種的變化。即因壓力及溫度之低下，溶解度最小之礦物遂漸沈澱。在礦床上部則沈澱最易溶解之礦物。例如英國康禾地方之錫礦脈，在深處多錫石，故作錫礦採掘；上部多銅礦，則視作銅礦加以採掘，既如前述。又在鉛、鋅礦床，則上部多方鉛礦，漸深入則漸次多產閃鋅礦。至最後完全變為閃鋅礦礦床矣。故從前為鉛礦床者，今則變為鋅礦山之例甚多。此即因壓力溫度之下降，由熱泉沈澱異種之礦物在深度不同之地

點，構成異種礦石富礦體之好例也。

(2) 母岩之性質 作上昇熱水液之通路之岩石裂罅，其物理的及化學的性質，對於礦石之沈澱有顯著的影響。即在富礦體之分布上有重大的關係。某種岩石常與礦液之成分直接化合而沈澱礦石。又有某種岩石因礦液作用受交代而使礦石集中。例如容易受化學作用之石灰岩，在德國之阿恆地方 (Aachen)，有鋅礦床作脈狀貫穿於石灰岩之部分，礦石特別豐富，礦床之幅員亦較寬。有時，礦脈貫穿於富有炭質物或土瀝青之頁岩、粘板岩中，亦特別產生富礦帶。例如澳洲巴拉辣特地方 (Balarat) 之金礦脈。故在此地方稱粘板岩為指金石(indicator)。又岩石中若滲染有黃鐵礦之微晶時，通過該部分之礦床常構成富礦體。蓋礦液受黃鐵礦之還元作用而沈澱豐富之礦石也。

日本長門地方藥王寺礦山之礦床，產於類似石英閃綠岩之火成岩塊，石英二長岩 (Quartz Monzonite) 與古生層之砂質粘板岩之接觸部。貫穿此兩種岩石中，有多數之小礦脈。通常在火成岩中者，礦脈之容積甚大，而礦石亦極豐富。但礦脈入粘板岩之後，則容積忽狹小，礦質亦急變為貧弱，終至消滅。考其原因，雖有種種，但此地方之火成岩較之變質粘板岩，容易起交代作用，當為其一原因也。德國富萊堡 (Freiburg) 附近之礦脈，穿入片麻岩中時，含有豐富之礦石。但穿入雲母片岩中後，則化為貧礦。此一般所熟知者也。

礦床特別是礦脈貫穿於多孔質岩石與緻密的岩石時，常在前者之中產富礦體，因多孔質之岩石不獨能使礦液沈澱多量之礦石，且亦容易受交代作用也。

在種種之異類岩石中發生裂罅時，在某種岩石中構成極大之空隙，但在他種岩石中則僅作若干平行之裂隙，或岩石自成一碎裂帶。當礦液沿裂罅上昇時，碎裂帶較之明瞭的空隙容易沈澱礦石，及起交代作用。故富礦體常存，在於前者之中。

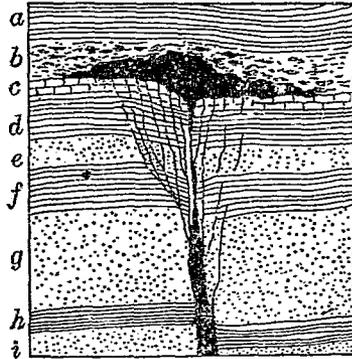
礦床若為斷層所切斷時，則沿斷層面產富礦體。因沿斷層之裂罅，礦液能再循環也。

第二十一圖

又透水性岩石中，若有礦脈，而上層又以不透水性之岩石為境界時，則該部分有極大之富礦體（第二十一圖）。

(3) 富礦體之交合

兩礦脈互相交叉之部分，常產極大之富礦體。挪威國康斯堡礦山(Kongsberg Mine)之礦脈，為貫穿於結晶片岩中之方解石脈與所謂滲染礦帶(Fahlbands)之礦層(受



美國科羅拉多州利柯地方鉛礦床之一標式（ $\frac{1}{120}$ 斷面圖）。在黑色頁岩之下作富礦體。a 為黑色頁岩。b 為礦床（黑色部 c 為富礦體）及石灰岩，d, f, h 為頁岩。e, g, i 為砂岩。

黃鐵礦及其他硫化物之滲染之片岩)相交叉之地點,胚胎多量之銀礦,有採掘之價值。又日本日光西澤礦山有多數之平行金銀脈,或相會合,或相分離,在相會之部分,常作巨大富礦體,存在於石英脈相交會之地點。

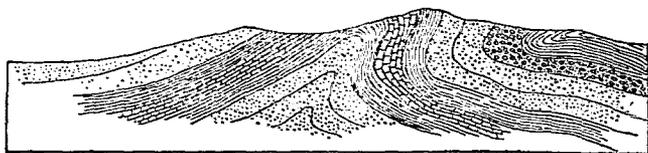
一般礦脈以銳角相交之部分常構成富礦體,此乃從兩處裂隙上昇之溶液相會於一處而起化學作用,遂構成礦石。又沿橫斷礦脈之裂縫,有礦液上昇時,則在該交叉點與古成礦脈中之物質起化學作用,遂沈澱多量之礦石。

與上述現象相似,多數細脈相集於一處作一大礦脈時,亦能產富礦體。反之,一礦脈若歧分為數小脈時,則終必失滅(Thinning Out),其礦石品位亦逐漸低減而消失。

第六章 皺曲與斷層

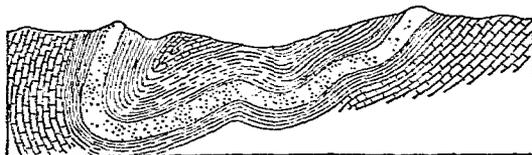
皺曲 成層礦床(礦層)或沿水成岩層面而生成之層狀礦脈,通常與水成岩相同,常起皺曲(Folding)作用,而彎曲成種種之形狀。測知此等彎曲之形狀,為探礦上極重要之事項。地層之皺曲常作波紋狀,稱波峯為背斜,(或層鞍)稱波谷為向斜。作皺曲之地層沿背斜軸向兩側傾斜,又沿向斜軸而形成谷形(第二十二圖及二十三圖)。

第二十二圖



地層之背斜

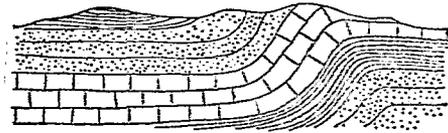
第二十三圖



地層之向斜

地層之皺曲,因其所受橫壓力之大小,或作單斜層(第二十四圖),或由緩傾斜之波,或作急傾斜之對稱的皺曲,或作複雜的非對稱的皺曲等種種形狀(第二十二,二十三,二十五圖)。又受極激烈之橫壓力時,有移變為衝上斷層(Ove-thrust Fault)者即逆斷層也(第二十六圖)。

第二十四圖



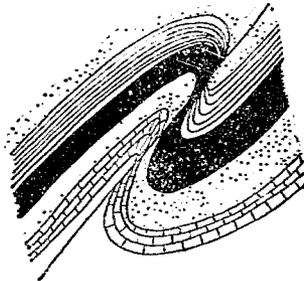
單斜層

第二十五圖



對稱的皺曲

第二十六圖

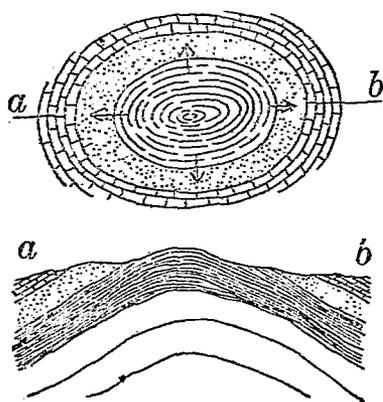


由皺曲變為衝上新層之狀態

地層有作覆鍋狀者，由中心向四方傾斜，稱為穹窿皺曲 (Quaquaversal fold) (第二十七圖)。

礦層作急傾斜之皺曲時，其皺曲部分特別膨脹作富礦體 (第二十八圖)。

第二十七圖



穹窿皺曲 (平面圖與斷面圖)

第二十八圖



皺曲部之礦層特別膨脹

斷層 斷層者，地盤沿岩石之裂隙而變更其位置之現象也。此裂隙即為斷層面。

礦床若為斷層所切斷，當採掘進行中，常因此忽然失去其礦床。為探求此種失去之礦床部分，常耗費極大之採礦費。故礦床之斷層為礦業家所最厭惡。

沿斷層面地盤所滑落之方向，有取水平之方向者，有沿上下之方向者；此可由斷層面之擦痕斷定之。但地盤滑落之

方向以傾斜爲最普通，即水平與上下兩方向之運動同時發生也。斷層面完全取垂直之方向者極罕。多數略作傾斜狀(第二十九圖)。

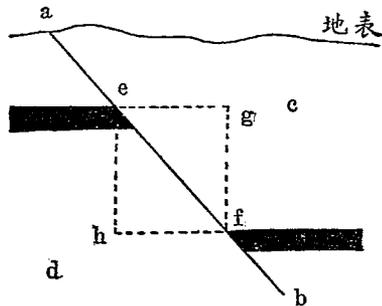
斷層面間鮮有作空隙而存在者。一般由摩擦而生之母岩破片，常充填其中。最普通者爲粘土充填物，呈粘土脈之外觀(Fault Clay, Clay Vein)。又常有受粘土及角礫狀之母岩破片之充填而呈角礫岩狀者(Fault Breccia, Friction Breccia)(第三十圖)。

斷層面日後爲礦液上昇之通路，在其間沈澱礦石及脈石而構成一種礦脈，稱之爲斷層礦脈(Fault-Vein)。

此礦脈含多量之母岩破片，固無俟論矣。

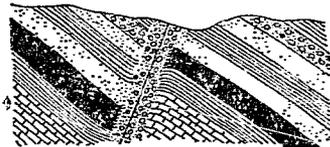
沿斷層面上下兩磬，常因受摩擦，生光滑如鏡之境面，稱之爲摩擦面(Slicken-Side)。此類斷層面常呈由冰河作用而生之擦痕。又充填斷層面間隙之斷層角礫岩中之岩片，呈同樣之擦痕者亦不少。

第二十九圖



斷層面說明。a, b爲斷層面。c爲上磬。d爲下磬。e f爲變位(Shift or displacement)。e h爲落差(Throw)。f h爲縱差(Heave)。

第三十圖



沿斷層面而生之斷層角礫岩

因斷層而生之粘土脈中有滲染種種之礦物者。又橫斷金礦脈之粘土脈在其交叉點附近含有多量之金。此須特別注意者也。

斷層之種類 斷層由斷層面與上下磬滑動方向之關係，分爲次述之三種。

(1) 正斷層(Normal Fault, Gravity Fault)。

此乃上磬沿斷層面而滑落之斷層也。大多數之斷層皆屬此類(第三十一圖上)。

(2) 逆斷層(Reversed Fault, Overthrust Fault)。

此乃上磬沿斷層面衝上之斷層也，常移變爲皺曲。較之正斷層則甚罕(第三十一圖中)。

(3) 垂直斷層(Vertical Fault)。

若爲此類斷層，則無上下磬之區別，亦爲極罕有之斷層(第三十一圖下)。

又由斷層面之層向與地層或礦脈之層向之關係，區別斷層爲次之三種類。

(1) 層向斷層(Strike Fault)。

此乃斷層面之層向與地層或礦脈之層向平行時之斷層也(第三十二、三十三圖)。

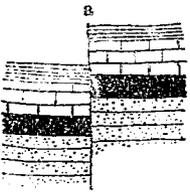
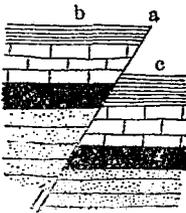
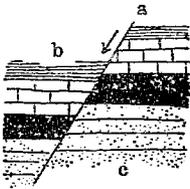
(2) 橫過斷層(Cross Fault, Dip Fault)。

此乃斷層面之層向與地層或礦脈之層向互作直角時之斷層也(第三十四圖)。

(3) 斜向斷層(Diagonal Fault. Acute-angled Fault)。

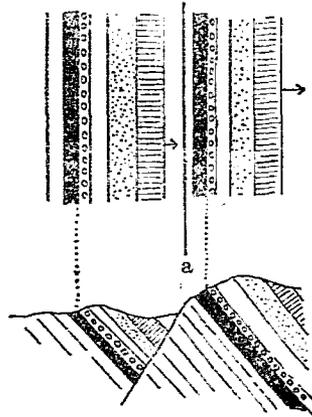
此乃斷層面之層向與礫脈或地層之層向,以某一角度相斜交時之斷層也(第三十五圖)。

第三十一圖



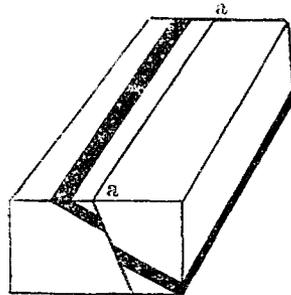
正斷層(上)逆斷層(中)垂直斷層(下)皆為斷面圖 a為斷層面。b為上盤。c為下盤。

第三十二圖



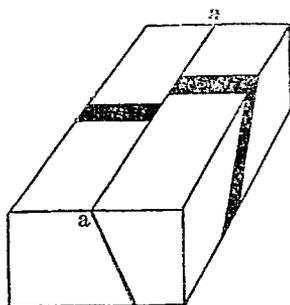
層向礫脈之平面圖(上)及斷面圖(下)a為斷層面。

第三十三圖



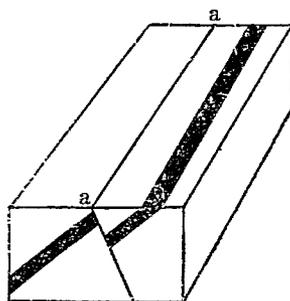
層向斷層之模型

第三十四圖

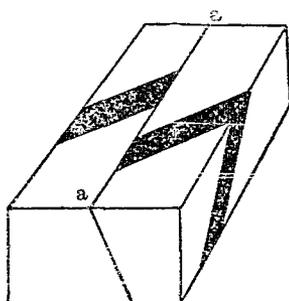


橫過斷層之模型

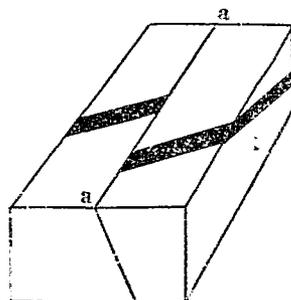
第三十六圖



第三十五圖



斜向斷層之模型

反斜之層向斷層(上)與反斜
之斜向斷層(下)

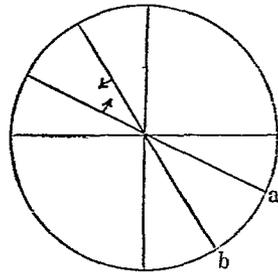
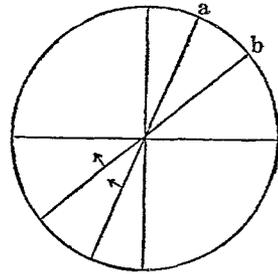
上揭三例中,層向斷層與斜向斷層,又因斷層面之傾斜方向與地層或礦脈之傾斜方向之關係,各再分為二類,即同斜斷層(Isoclinal Fault)及反斜斷層(Anticlinal Fault)是也,前者乃斷層面與礦脈或地層作同方向之傾斜,後者則兩者作反對方向之傾斜也(第三十六圖)。至橫過斷層,無同斜與反斜之區別。

層向斷層之爲同斜或反斜，一見明瞭，容易區別。但在斜向斷層頗難辨別其爲同斜或反斜也。此時須測定斷層面及礦脈或礦層之層向及傾斜方向，然後表之於圖面，則一目瞭然矣（第三十七圖）。

斷層有爲正斷層而兼斜向斷層者（第三十六圖下），有爲逆斷層而兼層向斷層（第三十三圖）或橫過斷層（第三十四圖）者。此外尚有種種瑣細之例，茲不列舉。

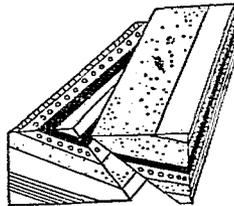
鉸節斷層 (Hinged Fault) 與 階段斷層 (Step Fault) 鉸節斷層 者，以垂直於斷層面之方向爲軸，兩盤移動，一向下降，一向上昇；故在軸之一方見上盤下降而下盤上昇，在軸之他一方則見上盤上昇而下盤下降也。在礦山之工事中，常遇見此種斷層。若斷層面稍作傾斜時，在軸之一方，外觀上，作

第三十七圖



同斜斷層（上）與反斜斷層（下）
〔斷層圖式〕 a 爲礦脈之層向與傾斜。
b 爲斷層面之層向與傾斜。

第三十八圖



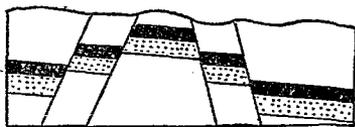
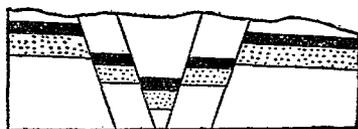
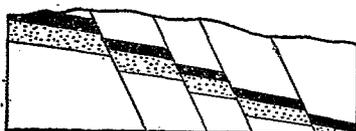
鉸節斷層之模型

正斷層；在他一方，外觀上，作逆斷層（第三十八圖）。日本佐渡相川礦山中之青磐坑，即有此種斷層。

階段斷層乃地盤按互相平行之多數斷層面向同一方面滑落之斷層也。若以二種相反之傾斜方面而成之階段斷層常作溝狀斷層（Trough Fault）或壘狀斷層（Horst Fault）（第三十九圖）。

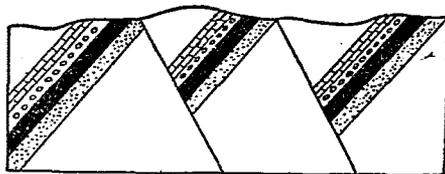
地層（包含礦層）及礦脈等因層向斷層數次露出於地表時，外觀上有若不相關係之數個地層或礦脈同時存在者。此須特別注意之事項也（第四十圖）。

第三十九圖



階段斷層（上）溝狀斷層（中）壘狀斷層（下）

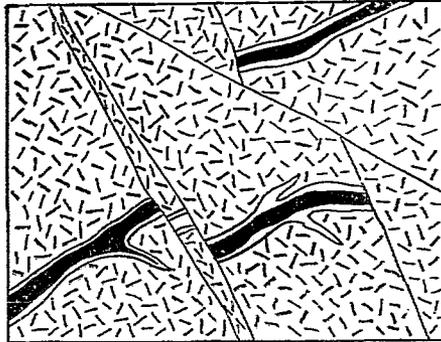
第四十圖



同一礦床或地層，因斷層關係，反覆向地表露出之狀態。

交叉斷層 (Intersecting Fault) 礦層, 礦脈及其他作板狀之礦床, 有由二三次以上之互相交叉的斷層分截為數個部分者。此種被分截之各部分完全分離而存在。在探礦上, 至為困難。如第四十一圖, 其一例也。

第四十一圖



因斷層之交叉, 火成岩中之礦脈分裂為不相聯繫之狀態。

地表上斷層之暴露 地殼上所起斷層, 有時作斷崖露出於地表。例如日本明治二十四年 (1891) 之濃尾大地震, 在美濃根尾谷造成一斷崖, 最高點之差約十八尺, 而延長於相當之距離間。一般稱此種斷層兩磐昇降之差為斷層崖 (Fault Scarp)。有作數百尺以至數千尺之斷崖者, 以構成斷層山脈。我國河北山西兩省間之太行山脈即其例也。斷層崖之小規模者其例甚多。唯因水蝕作用, 變其地形, 不容易辨認其為由斷層而生成之斷崖耳。

斷層面露出於地表之部分，地盤沿此斷層線而破碎，對於水蝕作用之抵抗力最弱，天水在其上川流不息，終為所削蝕而成谷，稱之為斷層谷（第四十二圖）。河谷若與地中之斷層一致時，則由礦山之地下工事可以明白辨認，日本佐渡（相川）礦山之夕白澤，其顯著之例也。又同國常陸日立礦山附近之宮田川亦為斷層谷。

斷層本為地盤之弱線，故溫泉或礦泉常沿此斷層線而湧出。一般，在某地方，若多數溫泉約在直線上排列時，則連結此等溫泉之線，即為斷層面之露出線，例如日本陸前鬼首村吹上澤之溫泉是也。

當斷層露出地表時，通常地層，礦脈及岩脈等皆為所截斷，在露頭部則上下兩磐發生高低錯雜之現象，此在礦床地質學上所重視之事實，若嚴密調查岩石，礦脈等之露頭，則容易辨認斷層之存在。但此時須特別注意者，如上所述，若為層向斷層，則同一地層或

第四十二圖



斷層谷

第四十三圖



圖中○及◎為溫泉湧出地點

礦脈等常因斷層關係，反覆向地表作平行的露出，此外，因斷層在地表露出，有岩磐碎裂，發生大小無數之平行裂罅，而作帶狀存在者（稱之為碎裂帶）。又有斷層角礫岩，斷層粘土脈，及摩擦面等露出於地表者。

沿斷層而消失之礦床之探礦 以下所述事項，適用於礦脈，礦層（包含煤層），層狀礦脈及一般作板狀之礦床。

沿層向探掘礦床時，礦苗有時忽然中斷，探掘無從進行，此謂之礦床之消失。其原因不外兩種，即一為斷層所截斷；一為礦脈急轉變方向，此必有細脈相連續。在此二者之中，必居其一。若為金屬礦床，特別限於礦脈，忽然縮小，必有微脈相連續，吾人沿此微脈探究之，即可以再發見大礦脈。此在探礦上甚重要之事項也。

若既測定礦床為斷層所截斷時，則須注意下述之種種事實。

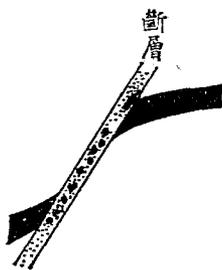
(1) 礦床為斷層面所截斷之部分及其所彎曲之方向。礦床有無漸次尖小而作彎曲狀之尾(tail)。若沿此彎曲方向（即礦苗尾）而探掘之，即可以再發見因斷層而消失之礦床（第四十四圖）。

(2) 斷層面之裂罅為粘土角礫岩等之碎屑物質所充填時，須檢查此物質中有無礦床之破片？（礦石，脈石等）若在礦床與斷層之交切點，一方面有礦床破片，他方面則無之；此時，應向有礦床破片之方面，沿斷層面探掘（第四十五圖）。

第四十四圖



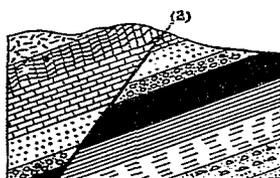
第四十五圖



(3) 沿斷層面，若摩擦面極發達，而其表面又有擦痕時；熟練之探礦者以手指撫摩擦痕，即能推知地盤所滑落之方向。當撫摩此擦痕時，循某一方方向撫摩之，有柔滑之感；若從反對方向撫摩之，則覺其有粗澀之感。故知平滑之方向即為反方面之岩盤所滑落之方向。

(4) 在礦層（包含煤層）及層狀礦脈之例，須用調查地表，及試錐，掘坑等方法；詳查礦床上下磐之岩石成層模樣，又作成地層之柱狀斷面圖。若有斷層，即可由

第四十六圖

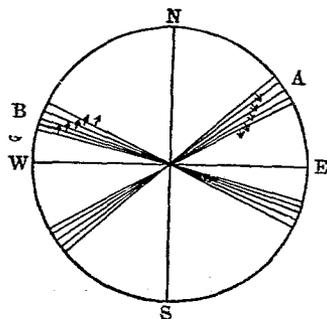


斷層斷面圖（上）與柱狀斷面圖（下）。比較兩者，即可以辨明斷層之性質及消失之礦床之位置。

此辨明其爲正斷層或逆斷層。卽若遇斷層時，須檢查斷層面反對方面之岩石居礦床之上，譬抑爲下，由是作成柱狀斷面圖，以決定所消失之礦床之方位(第四十六圖)。

(5) 在多斷層之地方，以測知該地方之斷層性癖，亦爲一重要事項。在同一地方，不獨多近似平行之斷層，且亦多屬同種類之斷層。例如有多屬正斷層之地方，又有多屬逆斷層之地方。測知此種性癖後，若遇有新斷層，則決定其爲屬同種類之斷層，大體無誤。在多斷層之地方，先測定斷層之層向，傾斜種類等，以作成所謂斷層圖式(第四十七圖)，則一覽之，卽可以知該地方之性癖。

第四十七圖



斷層圖式(N 45° — 60° E及N 60° — 75° W之斷層，爲此地方之性癖)。

(6) 在多數之例，斷層之上盤皆沿斷層面而滑落者，卽大數之斷層爲正斷層。故礦脈或礦層爲斷層所截斷時，大概向與礦床作鈍角之方向，沿斷層面採掘，卽可以再發見因斷層而消失之礦床(第四十八圖上)。此方法名曰鈍角之法則，祇限於正斷層之例適用之。但在正斷層之中，亦有例外。卽礦脈或礦層之傾斜若大於斷層面之傾斜之餘角(Complement)，且向反對之方向作傾斜時，則須應用上述法則之逆，卽向與礦床作銳角之斷層面之方向探礦，亦可再發見因斷層而消

失之礦床(第四十八圖下)。

(7) 浸姆爾曼氏之圖法

若上述諸方法仍不能適用時,則可採用浸姆爾曼氏(Zimmermann)之圖法。此法雖僅適用於正斷層之例,但斷層大多數之例皆屬此類斷層。故其應用範圍甚廣。

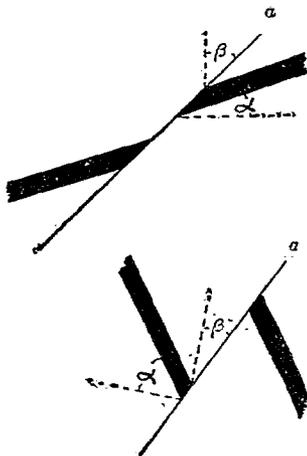
〔圖法練習一〕 用傾斜儀(clinometer)先測定礦層之層向與傾斜,及斷層面之層向與傾斜,並表示之於圖面。今假定第四十九圖之(2)(3)(4)為採掘中之礦床

之層向, A B 為斷層面之層向。又假定礦床之傾斜為向箭符之方向作 60 度,斷層面之傾斜為向箭符之方向作 45 度。

〔圖法練習二〕 其次按圖法畫礦床與斷層線之交叉線。

畫交叉線時,如(1)所示,先引與 \overline{ab} 線作 45° 及 60° 角之 \overline{ac} 及 \overline{ad} 二線。又作 \overline{ae} 垂直於 \overline{ab} 。由 \overline{ae} 上之任意點,引與 \overline{ab} 平行之線,此等線與 \overline{ac} 及 \overline{ad} 相交之長度假定為 x, y (或 x', y')。其次如(2), (3), (4)圖所示,以 y 及 x 之距離引與 \overline{CD} 及

第四十八圖

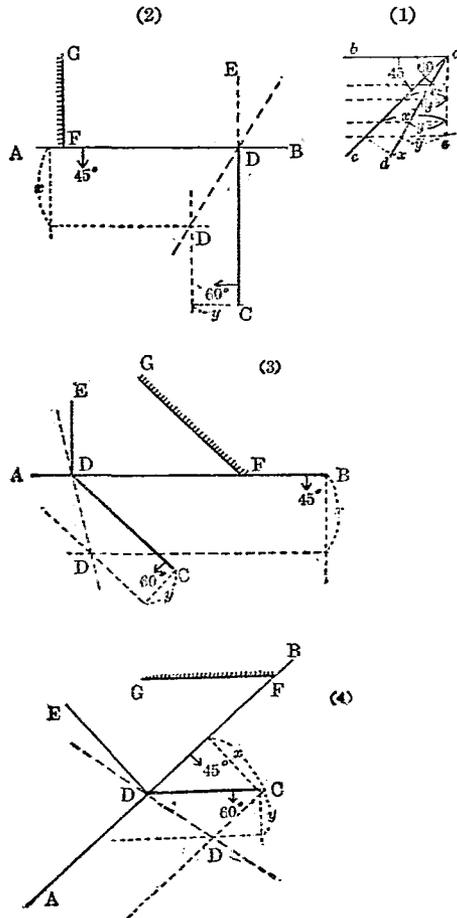


正斷層 $\beta > \alpha$ 之例(上)

正斷層 $\beta < \alpha$ 之例(下)

(斷面圖) a 為斷層面

第四十九圖



浸姆爾曼氏圖法之三例 (FG 爲消失部分)

\overline{AB} 平行之兩直線，其交點為 D' 。連結 D' 與 \overline{AB} , \overline{CD} 之交點 D 。此 $\overline{DD'}$ 線即為所求之交叉線也。

〔圖法練習三〕 由 D 點向斷層面垂直採掘之方向，即向與礦床相反之岩磬引 \overline{DE} 線。然後觀察此垂線 \overline{DE} 對 $\overline{DD'}$ 線之位置。向垂線 \overline{DE} 所在之方面，沿斷層面採掘，即可以再發見因斷層而消失之礦床。

應用以上所述種種方法，大體可以決定因斷層而消失之礦床之位置。唯富於經驗及常識者，則無需上述方法亦可以決定其探礦之方針也。

第七章 礦床分類法

礦物學上之礦物分類法，有自然的分類法與人爲的分類法兩種。例如以礦物化學成分及各礦物之相互關係爲基礎，作系統的分類，是爲自然的分類法。若不問礦物之相互關係如何，唯圖便於某一事項之分類法，是爲人爲的分類法。例如分礦物爲寶石類，礦石類，脈石類，造岩礦物類等之分類法是也。

礦物之性質與生物不同，故其相互關係及系統不如生物之明瞭。又礦物之化學成分至不一定，故其分類亦頗覺困難。但分類法不獨在實際上甚爲需要，即在研究上亦極重要也。

在礦床發達之初期，曾有多數學者按礦床中之礦物成分或礦床之形狀而爲分類。德國學者古洛特德克（A. von Groddeck）氏於1879年最初發表完全根據生因作礦床分類之方法。其後歐美多數學者以生因爲基礎，各創有特殊之礦床分類法。以生因爲根據之分類法雖與自然分類法相近似，但因學者不同，其分類法亦各自略具特徵及缺點也。今將重要之學者分類法列舉之如下。

(A) 瓦爾登斯坦茵氏 (Waldenstein) 之分類法(1824)。

(1) 板狀礦床, (礦層及礦脈)。Tafelförmige Lagerstätten (Lager und Gänge)。

(2) 塊狀礦床 Stockförmige Lagerstätten。

(3) 礦巢及礦囊 Lagerstätten, auf welchen nutzbaren Mineralien in einzelnen verstreuten Massen von ziemlich bedeutenden Dimensionen vorkommen。

(B) 柯塔氏 (B. von Cotta) 之分類法(1859)。

(1) 規則的礦床, (a) 礦層, (b) 礦脈。Regelmässige, (a) Lage, (b) Gänge。

(2) 不規則的礦床, (a) 礦塊, (b) 滲染礦床。Unregelmässige, (a) Stöcke, (b) Imprägnation。

(C) 古洛特德克氏 之分類法(1879)。

(1) 初生礦床。Ursprüngliche Lagerstätten。

(a) 成層礦床。Geschichtete Lagerstätten。

(b) 塊狀礦床。Massige Lagerstätten。

(c) 空隙充填礦床。Hohraumausfüllungen。

(d) 變質礦床。Metamorphe Lagerstätten。

(2) 砂礫礦床。Trümmerlagerstätten。

(D) 甘普氏 (J. F. Kemp) 之分類法(1892)。

(1) 岩漿分化礦床。Magmatic Segregation。

(2) 化學的沈澱礦床。Chemical Precipitation from

Solution.

(3) 機械的堆積礦床 Mechanically formed Ore Deposits.

(E) 波塞普尼 (Posepny) 之分類法(1893)。

(1) 裂隙充填礦床 Disziissionslagerstätten.

(2) 易於溶解之岩石中之礦床 Lagerstätten in auflö-slichen Gesteinen.

(3) 變質礦床 Metamorphische Lagerstätten.

(4) 後生礦床 Hysteromorphe Lagerstätten.

(F) 都勞涅氏 (De Launay) 之分類法(1893)。

(1) 火成岩中之礦床 Gîtes en inclusion dans des roches éruptives.

(2) 礦脈 Gîtes filoniens.

(3) 成層礦床 Gites Sédimentaires.

(G) 吉利希氏 (Gurich) 之分類法(1899)。

(1) 滲染礦床 Imprägnationslagerstätten.

(2) 火成礦床 Magmatische oder Erstarrungslagerstätten.

(3) 沈澱礦床 Präzipitationslagerstätten.

(4) 淘汰礦床 Aufbereitungslagerstätten.

(H) 北克氏 (R. Beck) 之分類法(1900)。

(1) 初生礦床 Primäre Lagerstätten.

(a) 同生礦床 Syngenetische Lagerstätten.

-
- (i) 岩漿分化礦床 Magmatische Ausscheidungen,
 - (ii) 成層礦床 Erze als Sediment Gestein.
 - (b) 後生礦床 Epigenetische Lagerstätten.
 - (i) 礦脈 Gänge.
 - (ii) 非脈狀礦床 Nichtgangförmige Lagerstätten.
 - (a) 層狀礦床 Epigenetische Erzlager.
 - (β) 塊狀礦床 Epigenetische Erzstöcke.
 - (γ) 接觸變質礦床 Kontakt Metamorphe Lagerstätten.
 - (θ) 洞穴充填礦床 Erzhaltige Hohraumauffüllungen.
 - (2) 次生礦床 (或砂礫礦床). Sekundäre oder Trümmerlagerstätten.
 - (I) 史特爾慈那氏及北爾格亞氏(Stelzner and Berges) 之分類法(1904—6)
 - (1) 初生礦床 Protogene Lagerstätten.
 - (a) 火成礦床 Eruptive (Syngenetische mit Eruptivgesteinen) Lagerstätten.
 - (b) 成層礦床 Schichtige (Syngenetische mit Sedimentärgesteinen) Lagerstätten.
 - (c) 礦脈 Erzgänge.
 - (d) 洞穴充填礦床. Höhlenfüllungen.

(e) 交代礦床(包含接觸變質礦床) *Metasomatische (auch Kontaktmetamorphische) Lagerstätten*。

(2) 次生礦床 *Deutero gene Lagerstätten*。

(f) 露天化礦床 *Metathetische (eluviale) Seifen*。

(g) 沖積礦床 *Alluvial (alluviale) Seifen*。

(J) 捌斯辣格氏庫爾修氏及賀格特氏(*Beyschlag Krusch Vogt*) 之分類法 (1910)

(1) 岩漿分化礦床 *Magmatische Ausscheidungen*。

(2) 接觸礦床 *Kontaktlagerstätten*。

(3) 礦脈洞穴充填礦床及交代礦床 *Gänge unregelmässige Hohlräumeausfüllungen und metasomatische Lagerstätten*。

(4) 礦層。Erzlager。

(K) 菱特格陵氏 (*W. Lindgren*) 之分類法 (1913) (此種分類法能參酌生成當時之溫度及壓力之一點,是其特徵,大有足取法也)。

(1) 由機械的集中作用而生之礦床 *Deposits produced by mechanical process of concentration*。

(2) 由化學的集中作用而生之礦床 *Deposits produced by chemical process of concentration*。

(a) 由地表水之沈澱。In bodies of Surface waters。

(b) 岩石中之集中。In bodies of rocks。

(i) 岩類中所含物質之集中 By concentration of Substances contained in the Geological body itself.

(ii) 由母岩外所供給之物質之集中 Concentration effected by introduction of substances foreign to the rock.

(c) 岩漿分化礦床 In magmas by processes of differentiation.

(L) 意蒙斯氏 (W. H. Emmons) 之分類法(1920)。

(1) 岩漿分化礦床 Deposits formed by magmatic segregation.

(2) 偉晶岩礦床 Pegmatite deposits.

(3) 接觸變質礦床 Contact metamorphic deposits.

(4) 深礦脈帶之礦床 Deposits of the deep vein zone.

(5) 中深部所生熱水礦床 Deposits formed at moderate depths by hot solutions.

(6) 淺處所生之熱水礦床 Deposits formed at shallow depths by hot solutions.

(7) 中深部及淺水處所生天水礦床 Deposits formed at moderate and shallow depths by cold meteoric waters.

(8) 沉澱堆積礦床 Sedimentary deposits.

(M) 尼格里 (P. Niggli) 及修奈大罕 (H. Schneiderhön) 兩氏之分類法(1925)

尼格里氏注重與火成作用有關之礦床，根據岩漿論爲之分類。修奈大罕氏則應用尼格里氏之分類法，發表與火成作用無關係之礦床種類。

(1) 與火成作用有關係之礦床。

(a) 與深成岩有關係之礦床。

(i) 熱水礦床。

(ii) 偉晶岩及氣化礦床(包括氣化交代礦床，即接觸變質礦床)。

(iii) 液體岩漿礦床。

(b) 與火山岩有關係之礦床。

(i) 噴氣及熱水礦床。

(ii) 氣化礦床。

(iii) 液體岩漿礦床。

(2) 水成礦床(由露天化作用，地下水及地表水之作用而生成之礦床)。

(a) 舊礦床之上部，即氧化帶及還原帶。

(b) 原地之砂礫礦床及漂砂礦床。

(c) 殘留礦床。

(d) 由地下水作用而生成之礦脈及交代礦床等。

(e) 礦層。

(3) 與變質作用有關係之礦床。(其中主要者，有由動力變質作用而再結晶生成之礦床；及與變質作用同時，

沿新裂隙分泌而生成之礦床)。

兩氏之分類法，特別與火成作用有關係之礦床分類法，乃以最近之岩漿之物理化學的研究為基礎，循確實可信之方針而作成者。本書亦以此分類法為基礎，按下述之方針，區別礦床為次述之諸種類。

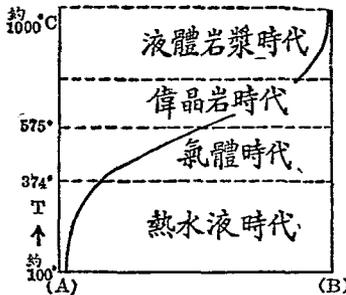
(I) 與火成作用有關係之礦床 因此部類之礦床與岩漿之冷卻固結有關係，故欲研究其生因，必須先明瞭岩漿之性質。岩漿，在高溫度之下，為非揮發性成分(即火成岩之成分礦物)與揮發性成分之混合溶液。當岩漿固化時，此揮發性成分之大部分先行排出。

當岩漿在地中深處徐徐冷卻固結時，若以曲線表示岩漿成分之變化狀態，則如第五十圖所示。圖中之橫線 \overline{AB} 中之 A，表示岩漿中之揮發性成分。例如 H_2O, CO_2, H_2S 等。B 則表示非揮發性成分。例如矽酸鹽類及礦石等。A 與 B 中間之各點表示 A 及 B 之百分率。即在 B 點，非揮發性成分為 100%。在 A 點，揮發性成分為 100%。在 AB 間之中點，揮發性成分與非揮發性成分各 50%。至縱線乃表示溫度。如圖所示，因岩漿溫度之低降，非揮發性礦物(造岩礦物)(B)先行結晶，岩漿成分亦隨之漸次變化，而增加揮發性成分。溫度愈低降，則岩漿成分幾全部變為揮發性成分(A)；最後遂變為水溶液。一言以蔽之，在地中深處，岩漿固化時之溫度在 1000° 前後，非揮發性成分之結晶最顯著。其殘漿因溫度之再低降，漸富於揮發性成分。最後則化為水溶液。

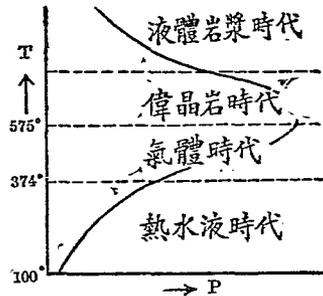
如第五十一圖所示，在 1000° 內外之部分稱之為液體岩漿時代。在 575° 內外之時代謂之偉晶岩時代，因其成分與偉晶岩成分相當也。偉晶岩實由富於揮發性成分之熔融體所生成者，即由殘漿生成者。其次溫度再下降至接近 374° ，即接近水之臨界溫度之部分，為氣體時代。以下則為熱水液時代。至各時代之岩漿蒸氣壓力，大不相同。如第五十一圖所示，即在

液體岩漿時代，岩漿之蒸氣壓力雖小，但因非揮發性成分之逐漸結晶，殘漿之蒸氣壓力亦逐漸增大；至偉晶岩時代及氣體時代為最強。溫度若降至熱水液時代，蒸氣壓力再減小。在偉晶岩時代及氣體時代，殘漿及氣體藉此種最大之蒸氣壓力而侵入岩石之裂孔中。

第五十圖



第五十一圖



(A) 火成礦床及偉晶岩礦床 岩漿侵入地殼中，在地中深處，漸次冷卻固結。溫度在 1000° 內外之時代，(即液體岩漿時代)，造岩礦物先行結晶，故生成火成岩。同時礦石亦結晶，集中於某一部分，遂構成礦床。此即火成礦床或岩漿分化礦床也。其次岩漿漸次冷卻至偉晶岩時代，因殘漿之固化，有多種之稀有礦物集中於一部分，而構成偉晶岩礦床。

(B) 氣化礦床 殘漿之溫度再低降至接近水之臨界溫度，即達至 374° 附近時，殘漿變為含有多量氣體之溶液。此時代即為氣體時代。種種之金屬與氟，氯，硼等元素相化合，作成高熱氣體。由此等氣體之作用，生成種種之礦床，是為氣化礦床。例如在錫礦脈中產含有硼，氟等元素之電氣石，黃玉等

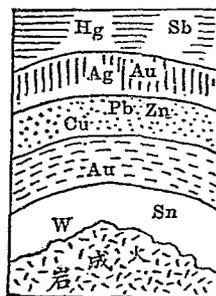
礦物爲脈石，卽其證明。

(C) 接觸變質礦床 此爲氣化礦床之一種，另具一種特徵，大抵產於石灰岩與花崗岩等酸性岩之接觸部。其成因乃由花崗岩漿迸出之殘漿與石灰岩之間所起化學的交代作用，此殘漿富於種種之熱氣體，故生成種種之接觸礦物，例如構成矽灰石、綠簾石、輝石、角閃石等所集中之礦物帶。又與此等矽酸鹽類礦物共生有種種之金屬礦物。卽當花崗岩侵入石灰岩中而固化時，造岩礦物先行結晶；其結果，殘漿中漸富於揮發性成分。其次石灰岩中之鈣分與此殘漿中之成分起化學的交代作用，而產生種種礦物。故知此種礦床乃生成於氣體時代。

(D) 熱水礦床 殘漿因溫度之漸次低降，達至水之臨界溫度 374° 以下，遂變爲溶解有種種成分之水溶液。此時謂之熱水液時代，乃產生普通礦床之最重要的時代。熱水液由地中深處沿岩石裂隙而上昇，因溫度之低降，其中難於溶解之成分先行沈澱。由熱水液沈澱之礦物充填於岩石之裂孔中，而構成之礦床，謂之礦脈。熱水液滲入岩石中，與岩石起化學的交代作用而生成之礦床，則謂之交代礦床。又岩石中有網狀之裂隙，若礦石充積其中，則構成網狀礦床。最後，礦石滲染散點於岩石中者，名之爲滲染礦床。總而言之，代表殘漿最後時代之熱水液，在 374° 至 100° 之間，作成之礦床，卽熱水礦床也。

如上述，與火成作用有關係之礦床，有上述之四種。其生成時代則與由岩漿固結初期至末期間之時代相當，而其成因即為廣義的岩漿分化作用。此即近來礦床學上之最重要的結論。但尚有一事須注意者，即當熱水礦床或氯化礦床生成時，礦物中溶解度小者，沈澱於礦源岩漿固結場所之附近；其溶解度大者，則沈澱於距礦源岩較

第五十二圖



遠之地點。換言之，即礦石有由深處向淺處之傾向。據從來之經驗及調查，距礦源岩最近之處，沈澱錫、鉛、鋅等礦石；其上部為金，又其上部為鈾、釷、銻、銻等礦石；再上部，沈積金、銀、銅、鉛、鋅等礦石。至最上部，即距礦源岩最遠之地點，則沈澱汞及銻之礦石。今略示其狀態，如第五十二圖。此現象經由多數之實例證明者也。例如在殺花崗岩或接觸部最近之處，產錫、鉛等礦脈；距離稍遠，則常見金、銅礦脈；更遠，為鉛、鋅礦脈；再遠，則為金、銀礦脈。距礦源岩最遠之處，則產汞及銻礦脈，生成溫度當在 100° 以下。一般與花崗岩等之深成岩有關係之礦床，作帶狀分布之各帶，其長度小於與火山岩有關係之礦床。此乃因與後者有關係之熱水液之冷卻固化較急速也。

(II) 與火成作用無關係之礦床 在此部類中，有由湖底、海底之化學的作用而沈澱之礦層；有由風化作用而生成之殘留礦床；有由河流及海浪之作用而堆積之漂沙礦床；又有由天水作用而生成之特殊礦脈。其次有原生礦床，(不問其與火成作用有無關係)，因受動力變質作用，而變為動力變質礦床者。

本書即依據上述之方針，按下列之礦床分類表，各設專章而詳述之。

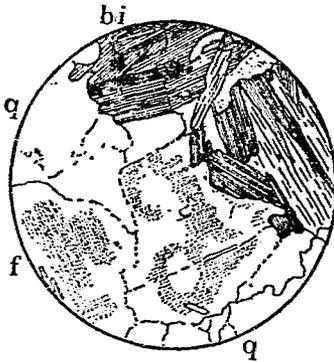
- (I) 與火成作用有關係之礦床 {
- (A) 岩漿分化礦床(火成礦床)
(偉晶岩礦床)
 - (B) 接觸變質礦床
 - (C) 氣化礦床
 - (D) 熱水礦床
- {
1. 礦脈
 2. 交代礦床
 3. 網狀礦床
 4. 滲染礦床
- (II) 與火成作用無關係之礦床 {
- (E) 礦層
 - (F) 殘留礦床
 - (G) 漂砂礦床
 - (H) 由天水作用生成之礦脈
- (III) 動力變質礦床

第八章 岩漿分化礦床

(又名火成礦床)

試在顯微鏡下檢查火成岩之薄片，即知構成該岩石之造岩礦物並非同時生成者。此等礦物乃以一定之順序，或先或後，由母岩漿結晶而產出。例如在花崗岩一類之酸性深成岩中，最先結晶產出者為副成分之磷灰石，鈾石，磁鐵礦，及其他金屬氧化物，硫化物等。在主成分中則黑雲母，角閃石等之鹽基性礦物先行結晶，表示自形；(idiomorphism, 即礦物固有

第五十三圖



雲母花崗岩(二十倍)
bi 為雲母。f 為長石。q 為石英，充填雲母及長石結晶之空隙。

第五十四圖



斑禱岩。(二十倍)大輝石塊填充於斜長石結晶片之間。

之晶形)正長石,斜長石等次之,表示半自形。(Hypidiomorphism)酸性石英之結晶最後,故石英在岩石中不作自形,常充填其他礦物結晶之間隙。(第五十三圖)反之,在斑禰岩或輝綠岩等鹽基性深成岩中,斜長石之結晶有時先於輝石,表示所謂輝綠式構造。(Ophitic Structure)(第五十四圖)。

今將在實驗上所測得重要造岩礦物之熔融點表示於下(數字表示攝氏溫度)。

石英(Quartz)(1710)

橄欖石(Olivine)(1445)

古銅石(斜方輝石)(Bronzite)(1400)

黑雲母(Biotite)(1240)

正長石(Orthoclase)(1200)

鈣長石(Anorthite)(1550)

鈉鈣長石(Laboradorite)(1490)

鈣鈉長石(Oligoclase)(1334)

中性長石(Andesine)(1394)

鈉長石(Albite)(1210)

輝石(Augite)(1200)

紫蘇輝石(Hypersthene)(1210)

異剝石(Diallage)(1210)

角閃石(Hornblendes)(1070)

磁鐵礦(Magnetite)(1538)

鉻鐵礦(Chromite)(1670)

白榴石(Leucite)(1370)

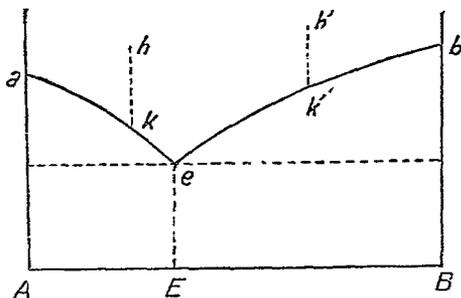
霞石(Nephiline)(1248)

磷灰石(Apatite)(1650)

如上表所示,黑色之鐵鎂矽酸鹽類礦物(Ferric Silicates)之熔融點,一般低於白色之酸性礦物。但在花崗岩等岩石中反先結晶,驟觀之似為不合理之現象。此可以由次述理由說明之。

在熔融中之岩石,即岩漿也,為矽酸鹽類之熔融溶液,即一種相互溶液 (Mutual Solution), 與其他種類之熔融溶液(例如硝石與智利硝石相互溶解之混合溶液)及水溶液等性質完全相同,亦完全循同一之理論化學法則。蓋岩漿亦如其他之混合物溶液,其中各成分之結晶先後順序,完全與各成分之熔融點無關係,而與岩漿混合溶液中之成分礦物之分量有大關係。即多數之礦物成分互相溶解而作成混合溶液,其中分量超過某一比率,即多於共融量比 (Eutectic Proportion)之礦物成分必先結晶而出。此為一般的規則。今試取最簡單之例為說明。假定今有A與B二成分構成岩漿,則如第五十五圖所示,A及B表示A礦物與B礦物混合體之百分率,a及b各表示A及B之固結點。(熔融點)今在A中逐漸混入B之微量,則A之固結點沿曲線 \widehat{ae} 而逐漸降低,同樣在B中漸加入微量之A,則B之固結點亦沿曲線 \widehat{be} 而降低,

第五十五圖



此 \widehat{ae} 及 \widehat{be} 二線並非直線，略作凸形之曲線也。此二曲線必然在某一點 e 相交，此 e 點即為共融點。(Eutectic Point) AB 之混合物具最低之固結點(即熔融點)時， A 與 B 之量比，即共融量比，以 \overline{BE} 及 \overline{EA} 表示之。(此量比之混合體，稱之為共融混體) 今試假定 h 點代表具有一定溫度及成分之溶液，(岩漿) 漸次冷卻而固結，然則其溫度逐漸低下之情狀可以 \overline{hk} 線表示之。此線與 \widehat{ae} 曲線交截於 k ，由 \overline{hk} 線所表示之時間中雖不見有結晶之固結，但達 k 點後， A 成分即開始結晶。因 A 之結晶溶液成分漸次變化，溫度亦逐漸低降，即沿 \widehat{ke} 線而移動。若溶液達到 e 點之狀態時，則 A 與 B 同時結晶而出，即全部固結也。其結果所生成之岩石之組織為 A 礦物之結晶被包圍於 A 及 B 之集合體中。今溶液(岩漿) 若由 h 點開始冷卻固結，則以同樣論法，結果所產出之岩石組織為 A 及 B 之集合體(共融混體) 中散點有 B 礦物之結晶。

如上述由兩種礦物而成之岩漿，其中礦物之結晶順序，完全與各成分礦物之固結點無關係，而與溶液中所存二者之量比，則大有關係。天然產之岩石中，有橄長岩(Allivelite)者，即爲此種理論之典型的標本。

橄長岩乃以橄欖石及鈣長石兩種礦物爲主成分之深成岩也。今試在顯微鏡下檢視其薄片，則見橄欖石之一部作自形先行結晶；其次見鈣長石與橄欖石同時結晶，但皆不作固有之晶形，只相混作結晶粒集合體。今再檢查他部分之橄長岩則見鈣長石作自形先行結晶，其次則鈣長石之一部與橄欖石之全部同時結晶。第三，有各礦物皆不表示固有之晶形，而僅作晶粒集合體者。第一之例乃橄欖石之量大於橄欖石與鈣長石之共融量比，故過量之橄欖石先行結晶，其餘岩漿達到二礦物之共融量比時，始同時結晶。第二例則兩礦物之量比與前者之例適相反。至第三之例乃兩礦物之比約與共融量比相等也。

三種類或三種類以上之成分共構成岩漿時，各成分之結晶順序雖甚複雜，但仍受上述原理之支配。即礦物成分，按大小之順序，陸續結晶。最後達到各成分之共融量比時，則同時結晶。

又成分複雜之岩漿，當其固結時，其成分礦物之結晶順序與岩漿溶液本身之溶解度大有關係，此須注意者也。例如磁鐵礦，磷灰石等副成分礦物在岩漿中難於溶解，故常先結

品。花崗岩漿爲酸性岩漿中之富有種種氣體（水蒸氣及其他）者。在此種岩漿中，石英極易溶解，故最後結晶。但當岩漿固結之際，一般因異質同像，固體溶液及過飽和等種種原因，成分礦物之結晶狀態亦極複雜，有未能一律論者。

以上所述共融原理，對於岩石礦床生成之研究，雖有多大的貢獻，但不能適用於一切之例。此原理只限於各成分礦物完全獨立，其化學成分不起變化時始能應用。例如在石英與長石，石英與錫石，蛇紋石與綠鐵礦等例是也。若多種之斜長石，鐵鎂礦物（黑雲母，輝石，角閃石，橄欖石等），及硫化礦物等構成岩漿時，則不能應用此原理。因此等礦物以種種成分常構成混體結晶及類質同像混體 (isomorphous mixture) 也。今試就此等礦物中之斜長石考察之。若岩漿中之鈣長石先行結晶，則此結晶與岩漿相作用，漸次化爲鈣鈉長石，最後變爲鈉長石。又在鐵鎂礦物之中，橄欖石最先結晶而與岩漿發作用，漸次化爲輝石，角閃石，最後變爲黑雲母。此原理名曰反應原理，(Reaction principle) 近來在實驗上已經證明者也，在岩石之研究上曾發生重大的影響。

在高熱熔融狀態中之岩漿爲一種溶液，與在化學實驗室中所處理之溶液完全受同一法則之支配。此在岩石學上礦床學上甚重要之事項也。

因某種原因，從同一岩漿產生礦物成分相異，即產生化學成分相異之分漿之現象，名之曰岩漿之分化。例如從花崗岩漿，其副成分之磁鐵礦相集中而構成磁鐵礦礦床，即爲顯著的岩漿分化之作用也。又從同岩漿產生富有雲母，角閃石等黑色礦物之暗黑色煌斑岩岩脈 (lamprophyre)，及富於白色礦物之偉晶岩或半花崗岩等淡色岩脈，亦爲顯著的岩漿

分化現象。有時，當岩漿固結之際，產富於礦石之岩石，或單由礦石構成之岩石而成爲有採掘價值之礦床。

由此種岩漿分化作用而生成之礦床即名之爲岩漿分化礦床或火成礦床。

岩漿分化之原因 據近來之研究，岩漿分化乃由次述之種種原因而起之分化現象。

(I) 擴散作用 (Diffusion of molecules in Solution)

岩漿侵入地殼之內部，在一定之地點，開始冷卻固結，因邊緣部分最先冷卻，故溶解度最低之礦物先行結晶。最近邊緣部分之液體岩漿中，遂漸缺少此種礦物成分。爲補充此種成分之缺乏，由中心部向邊緣部起擴散作用，此種礦物遂源源向邊緣部輸送，即在該部分結晶。最後，在岩漿所形成之火成岩塊周圍，生成此種礦物之集合體。由此擴散作用，礦石常集中於火成岩之邊緣部，構成礦床。例如美國東部諸州，由南至北，常發見之鋼玉礦床，乃由擴散作用，礬土 (Al_2O_3) 集中於橄欖岩及蛇紋岩邊緣部之礦物集合體也。

(II) 部分結晶 (Fractional Crystallization) 與重力分化 (Crystal Settling)。

當岩漿冷卻之時，在熔融溶液中難於溶解之礦物有先行結晶之傾向，是爲部分結晶之現象。作副成分之礦石類溶解度最小，故先結晶固化。又此類礦石之比重通常大於岩漿之比重，故漸次沈降集中於岩磐、岩株等之下部，而構成礦床。

此即重力分化現象也。此兩種作用爲岩漿分化最重要之原因，發生於地殼中之岩漿滯溜(Magma reservoir)中，進行甚爲緩慢。例如瑞典之企爾那瓦拉(Kiruna-waara)礦山之磁鐵礦床，即由此作用而生成之礦石集合體。

(III) 流動體之分裂 (Separation of Solution into two immiscible parts or liquation)。

如合金之熔融體及其他流動體之混合物，大體在一定之溫度以上，則相混合，因溫度之低降，遂分裂爲不能互相溶合之流動體，是謂液離作用(liquation)。岩漿亦然，因其溫度之逐漸低降，達至一定溫度後，遂分裂爲二種或二種以上之不能互相溶合之部分岩漿(或略稱分漿)。矽酸鹽類礦物在熔融點以上時，以種種之比率，互相溶合。但在矽酸鹽類與其他礦石(特別與氧化物等)所構成之岩漿，則液離現象最爲顯著，通常分離爲非矽酸鹽類礦物之岩漿，(例如單由硫化礦石構成之岩漿)與矽酸鹽類相混合之岩漿。同屬斑樞岩中，有含鎳磁硫鐵礦礦床，又有黃銅礦、斑銅礦礦床，即由此原因而生成者也。

由(II)(III)原因而起之岩漿分化現象，有在岩漿侵入今日火成岩所在位置以後，開始者；又有岩漿尚在地殼中深處之岩漿滯溜中時，即在未侵入地殼以前遂行其分化現象者。岩漿因此遂分化爲富有礦石之分漿及含有其他礦物成分之分漿。比重大者沉於岩漿滯溜之下部，比重小者則在上

部,作帶狀而存在。因地殼之變動及其他原因,此等分漿以一定之順序而侵入於上部既冷卻之地殼中。

例如美國紐約州亞蒂倫達克山脈 (Adirondaek Mts., New York) 地方,有含鈦磁鐵礦礦床,其大多數皆由斑禰岩岩漿侵入於今日之位置以後,即先結晶之含鈦磁鐵礦,因重力作用,集中於岩塊之下部,遂構成礦床。此外尚發見有多數富於此類礦石之鹽基性岩岩脈,其中有可以視作礦床者,但在另一方面,此地方又產有不含鹽基性礦物,單由鈉鈣長石 (Laboradorite) 構成之斜長岩 (Anorthosite),極為發達。此二種岩石之成分相加,即等於普通斑禰岩岩漿之成分。即此兩種岩石乃代表斑禰岩岩漿尚在岩漿滯留中時起分化作用而分化為富於鹽基性礦物之分漿與富於斜長石成分之分漿也。瑞典南部斯摩蘭州塔堡山 (Taberg, Smaland) 有含鈦磁鐵礦礦床,此亦由岩漿尚在岩漿滯留中起分化作用而生成之,富於礦石之分漿也。塔堡山在昌格平 (Jonköping) 市街之西,約五十英里,一小山也, (第五十六圖) 危立於此地方之高原的地形中。構成此山之物質為含鈦磁鐵礦及微櫟石所構成之岩石,視作鐵礦,採掘頗盛。在此磁鐵礦橄欖石岩之周圍及附近地方,有斑禰岩,挪賴岩, (紫蘇輝石斑禰岩) 及由斑禰岩變質而成之角閃片岩,皆極發達。又在此等岩石之外圍,亦產片麻岩狀花崗岩。此三種類岩石間皆有明瞭之境線,似按花崗岩,斑禰岩,磁鐵礦橄欖石岩之順序而迭發者。即此三種岩石皆由在同一岩漿滯留中之同一岩漿分化而出之分漿也。

(IV) 受一部分固結岩漿之壓搾,而流出之殘漿 (Expulsion of residual fluid Squeezing out)。

在地中深處,當岩漿之一塊冷卻固結時,行部分結晶作用,某種礦物先行結晶,但其各結晶個體間尚有未固結之殘漿,其狀態有如海棉中之含蓄水分。此時若遇地殼之變動而受壓搾,則殘漿流出,通過岩石之裂隙,在適宜之地點固結為

完全與原存岩石性質不同之岩石。此現象實爲偉晶岩生成之重要原因，在礦床學上則不甚重要也。

(V) 母岩之熔融同化說 (Assimilation Theory) 當岩漿侵入岩石中時，熔解母岩而同化之，結果，其成分發生重大之變化，故當其固結之際，產出性質完全不同之礦物成分結晶以構成種類

不同之岩石。此說在礦床之生成因上亦不甚重要。

(VI) 岩漿固結末期之礦化素之作用 (Ore formation in late stages of magmatic period i. e. "Pneumatolytic Theory")

近來杜爾曼 (Tolman) 及羅遮斯 (Rogers) 兩氏發表有硫化物礦床之研究，在礦床學上極有興味之學說也。(註一) 兩氏專門研究美國及加拿大等地之硫化礦物火成礦床，最後發表次述之結論。即：

(1) 當鹽基性岩漿固結之時，主要之造岩礦物，如橄欖石，輝石，長石等矽酸鹽類最先結晶產出。

(2) 其次，岩漿分化之結果，產出角閃石，黑雲母(間產電氣石，柘榴石等)等礦物。

第五十六圖



瑞典塔堡附近地質略圖

(3) 其次為種種礦石之生成及集中。礦石類侵蝕先結晶之矽酸鹽類礦物而行交代作用之證跡甚為明顯。又礦石類之生成順序為磁鐵礦，鈦鐵礦，赤鐵礦，磁硫鐵礦，硫鐵鎳礦，(Pentlandite) 黃銅礦，斑銅礦。先生成礦石有受後生成礦石之浸蝕交代者。

(4) 礦石因熱水液作用而起變化。又綠泥石，絹雲母及其他次生的矽酸鹽類礦物之生成期為最後期。

由上述(3)之礦石之集中，乃起於岩漿固結之末期。此時，種種之礦化素，特別以硫黃化合物之氣體，對於殘漿之作用甚強；故引起硫化礦物之生成及集中。據兩氏之說明，此等硫化物之火成礦床常由鹽基性岩漿分離而產出。但酸性，中性，鹽基性之火成岩中之磁鐵礦，鈦鐵礦等之集中，亦由於同樣之作用，次於矽酸鹽類礦物之結晶，在岩漿固結末期開始之作用也。

若據原著者(加藤氏)之見解，則此種火成岩中之硫化礦物之分化集中，似以(II)之重力分化及(III)之液離作用說明之為適當。

火成礦床之形狀 一般之火成礦床：(一)作不規則之塊狀存在於火成岩中，(Irregularly distributed masses) 又有作與板狀相似之形狀。(二)產於火成岩之岩盤，岩株，岩塊之邊緣部分，(Along the borders of igneous masses) 有時又集中於其下部。在此等之例，礦石與母岩間有漸次移變之現象。例

如鉻鐵礦床有漸次移變爲蛇紋岩者。其產出狀態極不規則。故當探礦及估價時，頗感困難。(三)由岩漿滲溜中之分化作用迸發而生成之礦床有作不規則之塊狀者，亦有作岩脈形狀者。(As dykes in igneous masses) (四)礦石粒在岩石中作不規則之滲染者，(dissemination) 例如金鋼石之散點於火成岩中是也。

火成礦床之種類 因岩漿分化而生成之礦床，概括之，有次之五種類。(I)天然金屬及元素礦物之礦床。(II)氧化礦物之礦床。(III)硫化礦物之礦床。(IV)磷灰石之火成礦床。(V)偉晶岩礦床。

(I) 天然金屬及元素礦物之礦床 此種礦床，本甚稀罕，在學術上固極有興趣，但在經濟上則殊少價值。其中唯金剛石礦床在經濟上有重要之價值也。

(A) 自然鐵(Native iron) 天然隕石中常含有鐵，又有全部由鐵構成者。但構成地殼之岩石中則自然鐵之發見甚罕也。

格林蘭西海岸蒂斯柯島(Disko Island)之阿偉法克(Ovifak) 地方有玄武岩質之岩石，其中產大小無數之自然鐵，有重二十五噸以上者。此地之自然鐵含有 1.5%—2.75% 之鎳，0.3%—0.8% 之鈷，及 0.12%—0.40% 之銅。鐵中常含有若干之碳素，其量由 1.2% 至 4%；有時又含微片之石墨。

德國展塞爾市(Cassel) 附近之玄武岩亦有含自然鐵之部分。此外各國皆有產自然鐵之報告。但不如格林蘭之顯著耳。且產生限於玄武岩質之鹽基性火成岩中。此有注意之價值也。

(B) 鎳鐵礦 (Awaruite) 此乃鐵與鎳之天然合金,含有67%以上之鎳,31%以上之鐵,尚混有微量之鈷及其他元素,與 NiFe 之化學式相當。此礦物單發見於橄欖岩及其分解物之蛇紋岩中。其產出國雖常有報告發表。但與自然鐵相同,在礦床學上無甚價值也。

太平洋紐西蘭 (New Zealand) 西海岸亞瓦魯亞灣 (Awarua Bay) 附近,橄欖岩及蛇紋岩極發達,鎳鐵礦即在此等岩中作小塊產出。又亞爾卑斯山 (Alps) 中,律菲埃爾荷隆山 (Riffelhorn near Zermatt) 之蛇紋岩中,亦發見有此種鎳鐵礦。其次在美國阿列剛州,卓細芬及傑克遜郡 (Josephin and Jackson Counties, Oregon) 亦產與鎳鐵礦成分相似之卓細芬礦 (Josephinite Ni_5Fe_2), 爲鎳鐵之另一種天然合金,產於砂礫中,爲量甚多,一部分則在蛇紋岩中與鉻鐵礦共生。

(C) 橄欖岩中之鉑 鉑,及與之相類似之金屬鈳 (Ruthenium), 銠 (Rhodium), 鈀 (Palladium), 銱 (Osmium), 銇 (Iridium), 等皆作砂礦而產出。天然鉑常含有此等金屬。鉑之大部分由烏拉山地方之砂礦供給。其他少量則取給於英領哥倫比亞, 南美巴西國, 紐西蘭, 婆羅洲等地方。日本北海道 (夕張川 兩龍川等) 之砂金地亦常見有少量之鉑與金共生。以上所述各地之鉑皆與橄欖石之成分鉻鐵礦礦砂共同產出。在烏拉山及英領哥倫比亞之利阿亞貝特 (Rio Abeate) 地方亦於橄欖岩之砂中發見有鉑。約三十年前,在哥洛布拉哥達慈克地方 (Goroblagodatsk) 發見白金產於橄欖岩中,可視作一種火成礦床。其豐富之部分,每噸岩石中含一百公分左右之鉑 (即品位萬分之一)。

(D) 火成岩中之自然銅及自然金 火成岩中含有金及銅，既見於多數之學術的報告中。但大部分為顯微鏡下之發見，或由化學分析之證明。其中有在充填火成岩之顯微的細隙之微脈中產出者，又有作次生的礦物滲染於岩石中者。一般金與銅作火成岩之成分而結晶，則為極罕之現象。

南美智利國海岸山脈地方，在花崗岩中有含金之報告。(註二)又據韋特氏(W. H. Weed)之研究，美國蒙但那州，海峇那(Helena, Montana)附近之溫斯各礦山，(Winscott Mine)在半花崗岩岩脈中，發見有金。但此或係次生的滲染礦石也。

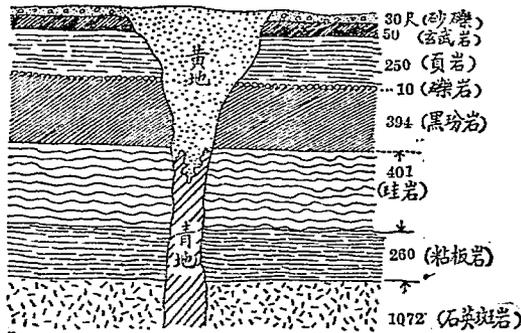
自然銅之產於火成礦床者亦甚罕。南斐洲有正長岩貫穿於結晶片岩中，其角閃石及長石均有含銅之報告(F. W. Voit, 1908)。此外，其他各地方亦有此例。但即速斷其為由火成岩岩漿分化而結晶之初生的自然銅，則恐未可盡信也。

(E) 金剛石之火成礦床 最初，金剛石皆由砂礫層中採取。印度，巴西，澳洲，婆羅洲，美國之加利福尼亞州及阿哉塞州(Arkansas)等為其重要產地。此等砂礫大部分為蛇紋岩及橄欖岩之分解物，曾受水之淘汰作用者也。唯巴西產之金剛石發見於一種富於雲母之軟砂岩(Itacolmite)所分解之砂礫層中。

1871年，在南斐洲海角殖民地之北部金貝勒(Kimberley)地方，發見有金剛石之大礦床。此外，在同洲阿連芝殖民地(Orange Colony)之耶格梵汀(Jagerfontein)地方及杜蘭斯窪之普勒杜利亞(Pretoria)附近之普勒米耶礦山(Premier Mine)亦為金剛石產地。現今世界之金剛石大部分皆由南斐洲供給也。

此地方之金剛石礦床完全屬同一種類。今試就最有名之金貝勒地方之產狀略述之。金貝勒地方為海拔四千尺之高台地，由幾完全作水平排列之三疊系乃至石炭系之粘板岩，砂岩，頁岩，及其他之水成岩床，與作岩床狀之黑紋岩，玄武岩，石英斑岩等之累層構成之。又有多數之火山頸，貫穿此等岩石中，上部作漏斗狀，下部作圓筒狀。金剛石即產於此種火成岩岩頸中(第五十七圖)。此地方之最大礦山即為金貝勒礦

第五十七圖



金貝勒礦床剖面圖

山，探掘此地最大之金貝勒火山筒。現在，直徑五百尺者，已經由地表掘入至二千餘尺之深矣。構成此火山頸或火山筒之岩石為一種之雲母橄欖岩，特稱之為金貝勒岩 (Kimberite)，以蛇紋石，橄欖石，黑雲母，石榴石，斜方輝石等為重要成分；混有鐵礦，磁鐵礦，鉻鐵礦等；又常含有頁岩及其他岩石之岩片。但在火山頸上部則既分解為黃色之柔土，稱之為黃泥 (yellow ground)；在深處，則移變為未氧化之青色堅硬之岩石，稱之為藍泥 (blue ground)。現今專探掘藍泥之部分。探出後，置之地表，數月之後，遂變化為粗鬆易碎之泥土。故搗碎此種柔脆之岩石，在水中淘汰之，可以選取金剛石。

金剛石多為八面體結晶，其晶面常略呈彎曲狀，其色澤有無色，黃色，綠色，淡紅等種種。關於金剛石之成因有種種之

學說。構成火山筒基底之頁岩，富於碳質物，岩漿捕捉此頁岩破片而熔融之，遂構成金剛石結晶。劉易士(C. Lewis)及其他研究者即創此說。但又有其他學者，如 Bonney, Stelzner 等，則謂碳素原為岩漿之一成分，而熔融於岩漿中者。在金貝勒地方常發見金剛石為柘榴石及其他鐵鎂礦物所包裹，即證明此金剛石實為岩漿之一成分也。實驗上，熔解碳素於岩漿中，可以產金剛石之結晶。又在熔融狀之鐵中或橄欖石中熔解碳素，亦可以得人造金剛石結晶。此已由多數學者在實驗上證明矣。在隕石中亦曾發見金剛石之小晶。此亦係由岩漿可以產出金剛石之證明。

南美普勒米耶礦山因產出最大之金剛石，(名卡利南，(Cullinan,) 故有名。此金剛石重 $3024 \frac{3}{4}$ 加勒，(carat, 每 carat 重 205 milligram)。又美國阿戡塞州派克郡(Pike County, Arkansas) 地方，有小橄欖岩，岩脈侵入於白堊系之地層中，亦屬金貝勒岩式，金剛石即產於此岩脈中，現亦在採取中。(1906年發見)加拿大英屬哥倫比亞之杜拉明地方(Tulameen) 產之銘鐵礦標本中，發見有金剛石之小晶。此銘鐵礦則在橄欖岩中作塊狀產出。(1911年發見)總而言之，金剛石多發見於橄欖岩，蛇紋岩，輝綠岩等極鹽基性，而富於鎂分之火成岩中。我國山東膠州藍之砂礫礦床，曾有發見金剛石之報告，但以後無所聞。

(II) 氧化礦物之礦床

(A) 橄欖岩及蛇紋岩中之銘鐵礦礦床 銘 鐵 礦

(FeOGr_2O_3)作副成分產於橄欖岩及其分解物之蛇紋岩中。此礦物有時因岩漿分化集中於此等岩石中構成有採掘價值之礦床。故此礦物皆發見於富有鎂分之岩石中。即一種火成礦床也。銘鐵礦與少量之岩石相混，作極不規則之礦巢或大塊，散在於火成岩岩株或岩脈之邊緣部或其內部，有時亦作條狀，脈狀或墨流狀存在於母岩中。又常與蛇紋岩互作帶狀

之岩塊。與鉻鐵礦共生之礦物，有磁鐵礦，鉻雲母，鉻柘榴石等，至次生的礦物則有白雲石，菱鎂礦，滑石，石棉，鉻華，及堇泥石 (Kümmererite) 等。有製鍊價值之礦石大抵含有40-50%之 Cr_2O_3 。一般，大礦床甚罕，且其產出狀態極不規則，故在探礦採礦上均感困難。

近年鉻鐵礦皆由小亞細亞供給。例如布魯莎 (Brussa) 附近之達格阿蒂礦山 (Daghardy Mine) 每年約產15000噸之礦石。此礦山中有長七十公尺，寬二十五公尺，厚二十公尺之大礦塊。在此地方，此類礦山尚多。但因世界不景氣影響，工事多停頓矣。

大洋洲之新加勒頓尼亞島 (New Caledonia) 及非洲之羅得西亞亦為鉻鐵礦之大產地，紐加勒頓尼亞為現今鉻鐵礦之最大產地，礦石產於侵入白堊系之橄欖岩，蛇紋岩，及滑石片岩中。全島發達甚廣。羅得西亞 (Rhodesia) 之鉻鐵礦礦床則在蛇紋岩及滑石片岩 (由蛇紋岩變質而成者) 中作扁豆狀產出，全國分布甚廣。但最有名者為羅馬罕地及塞魯圭 (Loma-gundi and Selukwe) 兩地方。

(B) 斑禰岩，斜長岩 (Anorthosite)，正長岩 (Syenite) 等岩石中之鈦鐵礦及含鈦磁鐵礦之礦床 在橄欖岩中，鉻鐵礦常作副成分而存在。在斑禰岩，輝綠岩，及其他鹽基性火成岩中常含有多少之鈦鐵礦 ($FeTiO_3$) 微粒，作副成分產出，皆早期結晶之礦物也。此礦物常與磁鐵礦共生。有時二者相密雜以構成含鈦磁鐵礦。此等礦物，由岩漿分化作用，作局部的集中而形成礦床。

此礦床通常在斑禰岩及挪賴岩 (即紫蘇輝石斑禰岩) 中作不規則的塊狀而產出。但有時由斑禰岩岩漿分化而來

之斜長岩(全部幾由鈉鈣長石構成之)中亦發見此類礦床,作岩脈狀產出。此乃斑禱岩岩漿在地殼中之岩漿滲溜中分化爲富於斜長石之酸性分漿,及富於鈦鐵礦之基性分漿,相繼向上部地層侵入。又此種礦床間有產於輝石正長岩或他種之正長岩中者。

鈦鐵礦及含鈦磁鐵礦礦床既係從岩漿分化而出之鹽基性分漿,故通常含有多少之橄欖石及輝石。此種斑禱岩,由富於礦石者以至幾全部由礦石構成者,其間種類不少。

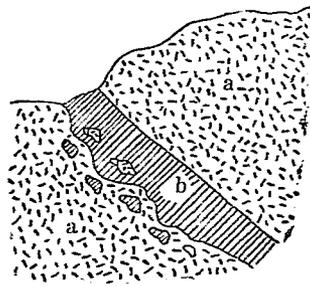
鈦鐵礦一般含 31.6% 之 Ti 及 31.8% 之 Fe。至含鈦磁鐵礦則鈦之含量不一定,有僅 5% 以下者,亦有含 20% 以上者。此乃鈦鐵礦之微粒在磁鐵礦中作機械的混合。若粉碎此礦石,用磁選法,可以分離爲磁鐵礦與鈦鐵礦兩者。鈦鐵礦爲無磁性礦物。其礦床發見於世界各地,但無大規模採掘者。因此種礦石頗難製鍊。但若含 35—40% 之 TiO_2 與約略同量之 Fe 之礦石,可爲鈦鐵合金(Ferrotitan)之原料,製鋼時需此種合金。今後冶金學日見進步,則此礦石之用途當日見推廣也。

美國紐約阿蒂翁達克山脈地方產含鈦磁鐵礦礦床甚多,爲磁鐵礦與鈦鐵礦之粒狀混合體,作不規則的塊狀,或略呈板狀,逐漸移變爲母岩之斑禱岩;又有作岩脈產於斜長岩及斑禱岩中者。此地方礦石之 TiO_2 含量有達 15% 以上者。

瑞典塔堡山(第五十六圖)爲一種挪賴岩所構成,含有多量之含鈦磁鐵礦礦石,集中於山之中心部附近,作成礦床,品位甚低,但曾視作鐵礦加以採掘,平均約含 6% 之 TiO_2 。

挪威憶卡遜(Ekersund)地

第五十八圖



挪威憶卡遜地方之鈦鐵礦脈。
a 爲斜長岩。b 爲鈦鐵礦脈。

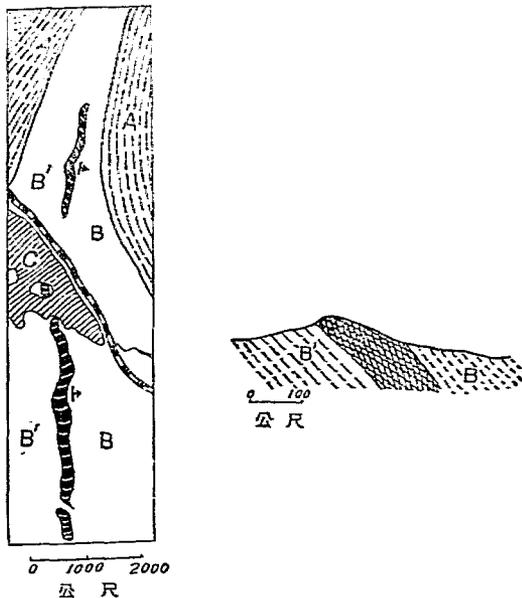
方亦多產鈦鐵礦。礦床最大者長三公里 (Kilometer), 寬三十乃至七十公尺, 作岩脈狀, 侵入於斜長岩中。此岩石之成分有 21% 之斜長石, 41% 之紫蘇輝石及 38% 之鈦鐵礦 (第五十八圖)。

(C) 中性及酸性火成岩中之鐵礦床 (主要者為磁鐵礦, 常混入有少量之赤鐵礦, 輝鐵礦) 從正長岩, 花崗岩及其他中性, 酸性火成岩岩漿分化而成之鐵礦床, 與斑禱岩及其他鹽基性岩漿所生之礦床不同, 不含鈦素, 而產品質極佳之礦石, 常與多量之磷灰石共生, 故多含磷分。若用湯麥司式製鍊法, 仍屬優良之礦石也。此種礦床之大者多產於瑞典國北部, 最有名者為企爾那瓦拉 (Kirunaavaara) 礦床及格利瓦拉 (Gellivaara) 礦床。

企爾那瓦拉礦床為世界第一之磁鐵礦礦床。據近來之估計, 有四億八千萬噸每年可採二百萬噸, 皆為露天採掘。大部分向英德兩國輸出。此礦山約在北緯六十八度之地點, 在高原性地域中, 礦床作一小山脈, 向南北之方向, 延長二公里半。礦床作岩脈狀, 幅寬三十乃至一百五十公尺。礦石為緻密之磁鐵礦, 含有多少之磷灰石。因部位不同, 有含輝石者。平均含 60% 以上之鐵分, 2—5% 之磷分。礦床向東方作急傾斜。其下磐岩石為一種正長角斑岩 (Keratophyre), 含有約 61% 之 SiO_2 , 及約 71% 之 Na_2O , 常呈流紋狀構造, 由其中鐵鎂礦物之分解變化為綠泥石, 綠簾石等。礦床與下磐之境界雖極明確, 但常見有磁鐵礦之微脈作不規則的形狀, 貫穿於角斑岩中。又有磁鐵礦, 角閃石, 磷灰石, 磷礦等集合體, 發達於兩者之間。至礦床之上磐為帶紅色之斑岩, 性質與下磐之斑岩相似, 但含 SiO_2 達 1% 以上, 屬於石英角斑岩之種類。在礦床附近, 此岩石包含有鐵礦之破片, 此須特別注意之現象也。又在上磐火成岩床之上, 有砂岩, 粘板岩, 礫岩 (含有鐵礦及上下磐火成岩之砂礫) 等累層, 屬前寒武系之上部。關於此種礦床之

成因，有種種之學說。但最得一般之信用者，乃由地下深處之岩漿分化而生之磁鐵礦分漿之侵入也。但有人(P. Gejor)以爲上下磐之火成岩及礦床皆爲流出地表之熔岩流。又有人(O. Stutzer)謂此三者皆爲岩脈，下磐之角斑岩最先侵入，其次爲磁鐵礦磷灰石之岩漿之侵入，作上磐之石英角斑岩爲最後生成之岩脈。得里氏(Daly)則謂上磐之石英角斑岩乃作岩磐(Laccolith)而侵入者，在該地點起岩漿分化作用，磁鐵礦集中於下部，遂構成此大礦床。至石英角斑岩下部多磁鐵礦包裹物者，乃由重力分化作用，磁鐵礦粒集中作小塊也。至下磐之角斑岩之侵入則先於石英角斑岩，即此兩者構成裂成

第 五 十 九 圖



企爾那窪拉礦山附近地質圖(黑色部分爲磁鐵礦之露頭)及斷面圖。

(右) A 爲水成岩層。B 爲石英正長斑岩。B' 爲正長斑岩。C 爲湖水。

岩礫也。(Compound laccolith)。得里氏之說明，最爲可信(第五十九圖)。

格利瓦拉礦山在企爾那瓦拉礦山之南，(北緯約 67 度)每年產約一百五十萬噸之礦石。在此地方，赤色片麻岩甚發達。礦床或與片麻岩之層理平行作層狀，或扁豆(lens)狀。片麻岩之成分有鈉長石，鈉鈣長石，石英，黑雲母，輝石，角閃石，綠泥石，磷灰石等；又常貫絡有磁鐵礦之小脈。至礦床成分完全與企爾那瓦拉礦山相同，由磁鐵礦及磷灰石構成之。但一般多爲粗粒質，表示多少之片狀層理。在礦床與母岩之境界，常見有角閃石之粗粒集合體。此礦床亦與企爾那瓦拉者同生因。由岩漿分化而生兩種分漿，一爲富於鈉分之火成岩岩漿，一爲磁鐵礦，磷灰石分漿。兩者相前後侵入，其後受動力變質作用，前者變質爲片麻岩。故格利瓦拉之礦床可以視爲受動力變質後之企爾那瓦拉礦床也。

俄國烏拉山中哥拉布拉哥達(Gora Blagodot)地方有磁鐵礦礦床，產於正長斑岩中。在其附近發見有由綠簾石及柘榴石構成之接觸礦物帶，甚爲發達。故有人謂係屬接觸礦床。但礦床存在於火成岩中，且以墨流的狀態漸次移變爲母岩。此乃在該地點起岩漿分化作用而集中礦石之證明也。此地方之礦石與瑞典產者不同，以不含有磷灰石爲其特徵(第六十圖)。

第六十圖



哥拉布拉哥達礦床剖面圖。

a 爲綠簾石柘榴石(接觸礦帶)。b 爲正長斑岩。c 爲磁鐵礦。

(D) 鋼玉及金紅石之礦床 鋼玉 (Al_2O_3) 集中於種火成岩中,而構成礦床。但通常多與正長岩斜長岩等(含30%以上之 Al_2O_3)富於礬土之岩石,及橄欖岩等(含1—10%之 Al_2O_3)缺乏礬土之岩石,相伴而產出。

鋼玉常集中於富有鎂分之鹽基性火成岩(例如橄欖岩蛇紋岩等)之大岩塊周圍,構成大礦床。在美國此例最多。東部由馬薩諸塞州(Massachusetts)至阿拉巴馬州(Alabama),互極廣之地域,有此種鹽基性岩岩帶之露出,特別在加洛賴那州(Carolina)及卓支亞州(Georgia),此種岩石最發達。在此等地方,橄欖岩侵入於片麻岩及結晶片岩中,鋼玉集中於兩者之接觸部附近,構成多數之大礦床。美國產之鋼玉,砥磨材料等多由此地方取之。

鑽鐵,又名剛玉粉,或金剛砂(Emery),乃鋼玉與磁鐵礦等之黑色混合體,亦分化集中於橄欖岩,挪賴岩等火成岩中。例如美國紐約州西澤斯太郡(Westchester County)所產之礦石是也。但世界最大之鑽鐵礦床則在希臘之納梭斯島(Naxos),為一種之接觸礦床,發達於變質石灰岩中。

加拿大安太利阿州(Ontario)到處有鋼玉礦床,集中於正長岩中。此岩石侵入片麻岩中,其豐富部分,含有12—15%之鋼玉。結晶之大,有達二三寸者。美國蒙但那州喀拉汀郡(Gallatin County)亦發見有正長岩之小礦床,以正長石,黑雲母,及鋼玉為其成分。

橄欖岩斑禰岩等富有鎂分之火成岩,受動力變質後,常變為角閃片岩。鋼玉受變質作用之影響甚少,故在角閃片岩中常發見有鋼玉之礦床,乃變質火成礦床也。

鋼玉礦床之重要者為火成礦床及接觸礦床。後者產於與火成岩相接觸之石灰岩中。火成礦床所產鋼玉中,有時發見有紅玉(Ruby)及藍玉(Sapphire),寶石也。

金紅石 (Rutile TiO_2) 在火山岩,深成岩中皆作副成分產出。大礦床多發見於深成岩中。花崗岩及其隨伴物偉晶岩中,亦見金紅石之集中。此礦石又常產於斑禰岩及斜長岩中。

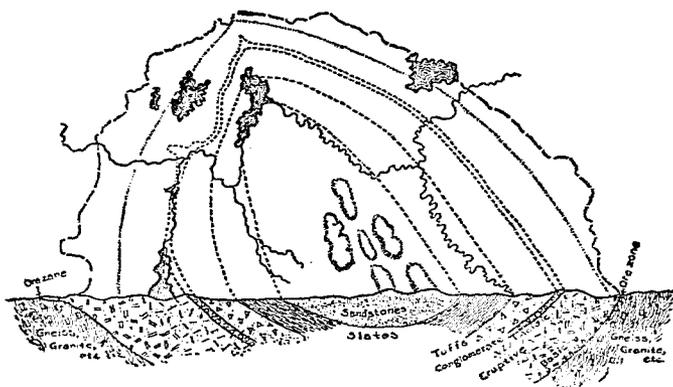
挪威庫拉格勒 (Kragers) 地方附近之花崗岩中有含 10—50% 之金紅石之部分,略作墨流狀。又在偉晶岩及半花崗岩岩脈中,亦含多量之金紅石。在同國之斑禰岩中常產磷灰石脈,含金紅石甚富。美國瓦爾尼亞州納爾遜郡 (Nelson) 羅斯蘭 (Roseland) 地方附近,產種種火成岩,含金紅石,鈦鐵礦,及磷灰石,甚發達,即侵入石英二長岩 (Quartz Monzonite),片麻岩,及結晶片岩等岩石中;有 (1) 正長岩, (2) 斑禰岩, (3) 納爾遜岩 (Nelsonite) 等火成岩皆含有多量之鈦礦物。特別是納爾遜岩,乃由斑禰岩漿所生之一種鈦鐵磷灰岩偉晶岩,含有石英,正長石,斜長石,輝石,金紅石等,視作金紅石礦石,加以採掘。

(III) 硫化礦物之礦床 據實驗,熔解矽酸鹽類,不論以如何之比率,皆能相混合而作成溶液,但矽酸鹽類與硫化物之熔融體,及矽酸鹽類與金屬類之熔融體,則其可溶性有一定之限度。即岩漿中若溶解有硫化物,溫度低下達至某一程度時,岩漿遂分化為不互相溶解之矽酸鹽岩漿與硫化礦物岩漿。當製鍊銅時,分化為硫化銅與磷滓(矽酸鈣鐵),因此比重不同,而沈積於前爐。此因在一千二百度之高溫度兩者不能作液體而互相混合也。

溶解硫化礦物之力,在鹽基性岩漿中大於在酸性岩漿中。但溶解有硫化礦物之鹽基性岩漿,因溫度之逐漸低下,遂分離為兩種不互相溶解之液體。因比重不同,硫化物岩漿有沈降於下部之傾向。故與鹽基性火成岩有關係之礦物之火

成礦床實有存在之可能，此須注意者也。其最顯著之例為斑禰岩及與之相類似之鹽基性岩中所發達之含鎳磁硫鐵礦礦床(第六十一圖)。

第六十一圖



莎特貝里礦山平面及斷面圖

加拿大、挪威、瑞典等國及其他地方所產含鎳磁硫鐵礦礦床皆有同樣之礦物成分，亦表示同一的地質學的關係，成一種有特色之礦床。此等礦床皆產於斑禰岩質之岩石中，特別多產於挪賴岩(Norite)中，在岩漿侵入固結之地點起分化作用之證據，甚明顯也。

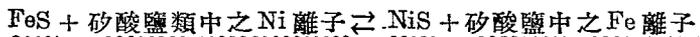
加拿大安太利阿州之北方，休倫湖(Huron)之北，有莎特貝里礦山(Sudbury Mine)乃此類礦床之最大者。現今世界之鎳，90%以上，由此地方供給。

構成此地方之基底者為片麻岩系。在此系之上有屬於休倫系(Huronian System)之凝灰岩、粘板岩、結晶片岩及其他成層岩，作大規模之向斜層(第六十一圖)。在基底岩與上面之累層間，侵入有極厚之火成岩岩漿。此火成岩表示顯著之分化現象，由顯微的偉晶岩質花崗岩漸次變為挪賴岩質斑禰岩，亦有部分的變為角閃岩者。此火成岩漿沿橢圓形之周

邊而露出，長徑約六十公里，短徑約二十五公里。礦床作不規則之塊狀，板狀，扁豆狀等，產於挪賴岩質岩石中。特別在與基底底部相接之地點，產量最富。礦塊之大者長百公尺，寬三十公尺，深八千公尺。礦石之大部分混有磁硫鐵礦與黃鐵礦；亦含有母岩之成分輝石，紫蘇輝石，斜長石等礦物。礦石之鎳分含量約25—5%，銅分之含量達2%者亦不少。近來有磨光(Polish)此種礦石，在金屬組織學之顯微鏡下檢查研究之，其中之鎳分大體為硫鐵鎳礦(Pentlandite)之小粒或微脈，包含於磁硫鐵礦中。硫鐵鎳礦本為與磁硫鐵礦相似之隕石，但不受氫氯酸之侵蝕。至磁硫鐵礦則容易受氫氯酸之侵蝕。除上述礦物之外，尚產少量之磁鐵礦，含鈦磁鐵礦，方鉛礦，閃鋅礦，輝鈷礦，輝銅礦等。此礦床之生成乃硫化礦物由岩漿分化作用，沈降集中而生成者。但岩漿固結之後，曾受多少之熱水作用。此則可由種種事實證明者也。

挪威亦有含鎳磁硫鐵礦礦床，產於斑岩及挪賴岩之岩株，岩塊中，其數超出五十以上。其中最大者在北緯五十八度半之富羅特地方(Flood in Euje in Sättersdalen)。在片麻岩及結晶片岩中，侵入有烏拉石(Uralite)斑岩。礦床即在此火成岩之邊緣部集中。此斑岩露出於約七十五平方公里之區域，礦石品位劣於莎特貝里產，含鎳量達2.5%以上者甚少，但在加拿大之礦床未發見以前，鎳多由挪威供給。

據挪威國霍特教授(J. H. L. Vogt)之研究，富有鎳分之岩漿，例如橄欖岩，挪賴岩等岩漿皆含有鎳，以矽酸鎳或含鎳矽酸鹽之形體溶解其中。此岩漿與硫化鐵在某溫度以下分離為不互相溶解之兩種分漿。硫化鐵岩漿與含鎳矽酸鹽岩漿相作用而生硫化鎳，包含於硫化鐵中。此化學作用為可逆的反應，以次之方程式表之。即化學反應，由高溫至低溫時，其作用由右而左，反對之例，則由左而右。



含鎳磁硫鐵礦礦床之外，以硫化物及其類似礦物構成礦床之例，尚有西班牙之羅遮拉爾 (Los Jarales) 地方蛇紋岩中之鎳鐵礦及紅鎳礦 (Niccolite) 小礦床。南非洲海角殖民地之西北部阿俄普 (O'okiep in Namaqualand) 地方在挪賴岩質火成岩中，有作大小礦塊之銅礦床。此礦床以斑銅礦及黃銅礦爲主要礦石。此外尚混有少量之磁鐵礦，磁硫鐵礦，輝銅礦，斑銅礦等。

又美國加里福尼亞洲普魯瑪斯郡恩格斯礦山 (Engels Mine, Plumas County, California) 之礦床亦產於挪賴岩質之閃綠岩中。礦石以斑銅礦，黃銅礦爲主，混有磁鐵礦及赤鐵礦。此與阿俄普礦床相同，銅礦之火成礦床也，頗有名。(註三)

但據以後之研究，則阿俄普及其附近之礦床與恩格斯礦床同爲鹽基性火成岩，受熱水溶液之交代作用而生成之礦床，非火成礦床也。

硫化礦物之火成礦床雖有種種，但在經濟上有價值者，以斑銅岩及其類似之鹽基性岩中所產之含鎳磁硫鐵礦礦床爲主。至鹽基性岩中之黃銅礦及斑銅礦礦床之生因尙未斷定其必爲岩漿分化作用也。

(IV) 磷灰石之火成礦床 岩漿分化之結果，磁鐵礦與磷灰石共作多量的集中而構成富於磷分之鐵礦床。此在前述瑞典企爾那瓦拉及格利瓦拉兩礦山項中，既說明矣。又在美國之阿蒂倫達克山脈地方亦有由磁鐵礦與磷灰石構成

之火成礦床。此等礦床之某一部分產磷灰石甚多，故視作副產物加以採掘。

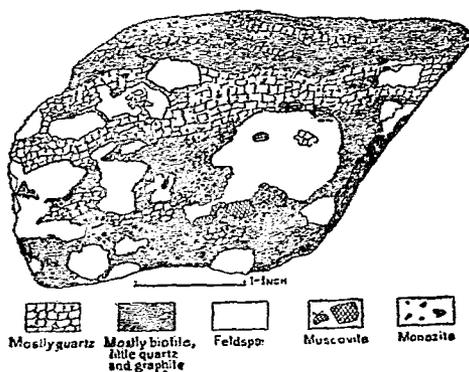
西班牙南部之喀太岬 (Cabo de Gata) 有由火山岩構成之一小丘。此火山岩爲鹽基性之粗面岩 (Trachyte) 質岩石，名優美梨岩 (Jumillit)，其成分爲玻璃長石，橄欖石，褐色雲母等。此外尙含有顯微的輝石，角閃石，白榴石。此岩石不獨含有多量之磷灰石結晶，且受磷灰石微脈之縱橫貫絡。後者之生因似爲氯化作用。此岩石平均含 15% 之磷灰石。氧化鉀含量有達 10% 者。視作肥料原料而採取之。

(V) 偉晶岩 (Pegmatite) 岩脈中之礦物 試檢查作底地 (Batholite) 之深成岩露出部分。常見有種種岩脈貫穿其中。此等岩脈中有含多量黑色礦物之煌斑岩暗色岩脈，又有大部分由白色礦物構成之淡色岩脈，例如半花崗岩 (Aplite) 或偉晶岩 (Pegmatite) 是也。此等暗色岩脈或淡色岩脈乃由原存岩漿分化而生之鹽基性分漿與酸性分漿，通過既固結之岩漿邊緣部之裂罅而侵入者，爲極顯著之岩漿分化之產物。

偉晶岩爲礦物巨晶之集合體，主要者爲白色礦物，(石英，長石及其他) 一般作岩脈在火成岩中產出。但有時又在附近之他種岩石中構成岩脈。偉晶岩有由鹽基性岩漿分化而生成者，又有由酸性岩漿分化而生成者。例如由斑纒岩岩漿分化而生成之偉晶岩岩脈，由斜長石及輝石之巨晶構成

之；由閃綠岩岩漿分化而生成者，則以斜長石，角閃石之巨晶構成之。但此等實例本極罕。最普通者為由花崗岩岩漿分化而出之偉晶岩，其成分以正長石，白雲母及其他長石為主。故吾人所稱偉晶岩，大體指巨晶花崗岩也。作有用礦物之礦床，以花崗岩質偉晶岩為最重要。在此種偉晶岩中，常產電氣石，錫石，褐簾石 (Allanite)，獨居石 (Monazite)，黃玉及其他含有種種稀有元素之礦物 (第六十二圖)。

第 六 十 二 圖



產 獨 居 石 之 偉 晶 岩

偉晶岩岩脈，及岩漿中之酸性礦物成分所聚集之部分，即所謂殘餘分漿之固結物也。此分漿除上述礦物成分之外，尚以含有多量之礦化素為其特徵。即 H_2O 及 B, Cl, F, P, S, C, As 等元素之化合物，皆作氣體為其含有物。富於此等礦化素之岩漿有極強之流動性，不獨與水溶液性質相同，其溫

度低於通常之岩漿，多未超過五百度。偉晶岩中所產含稀有元素(Sn, W, Ta, Cb, Ce, Be, Mo, Li 等)之礦物，通常生成於石英變質點(575°)以下之溫度。今試舉由偉晶岩岩脈所採取之有用礦物之重要者列舉之如下。

(A) 石英、長石及白雲母 此三礦物普通為偉晶岩之主成分，常作巨晶。石英之用途為裝飾品(水晶、煙水晶、薔薇水晶、紫水晶、草水晶)，及作砥磨材陶磁器等之原料。長石之用途亦為陶磁器及其他工業上之原料。偉晶岩中所產白雲母為六角板狀之結晶，亦有作不規則晶形者，亦常有直徑達一尺以上者。白雲母為電氣之不良導體，故用於發電機之製造，又可代用窗上之玻璃。此外用於煤氣燈罩及暖爐之窗扉。由膠結雲母小片而加壓，製成雲母板(Micanite)，亦用於發電器之製造。印度及加拿大為最有名之雲母產地。印度之雲母多為偉晶岩之白雲母。加拿大產者則略帶褐色，為一種鎂雲母，(金雲母 Phlogopite)作電氣絕緣體，勝於白雲母。此種雲母與磷灰石共產於侵入於片麻岩及石灰岩中，富於輝石之偉晶岩岩脈中。此種偉晶似屬鹽基性岩之岩脈。朝鮮到處產白雲母，乃灰白或淡褐色之金雲母，質良而結晶大者不少，唯缺少豐富之礦床，多發見於貫穿石灰岩及花崗岩之偉晶岩質岩脈中。朝鮮產地有咸鏡南道新興郡，黃海道安岳郡，信川郡，平安南道平原郡，忠清南道公州郡，慶尙北道尙州郡，安東郡，江原道橫城郡等地方。金雲母之佳者，多產於接觸變質礦床

中(參看第九章)。

(B) 種種之寶石類 偉晶岩岩脈含有種種之寶石類,例如黃玉,綠柱玉,紅玉,藍玉,紅綠等色之電氣石,及其他寶石類,通常產於偉晶岩岩脈中,美國加利福尼亞州山蒂哥地方(San Diego)多產紅綠色之電氣石,同時產鋰紫玉, (Kunzite) 黝輝石之一種也,化學成分爲 $[\text{LiAl}(\text{SiO}_3)_2]$,有名之美麗礦物。其礦源雖爲偉晶岩,但採取地則爲此等岩石由天然作用分解淘汰而成之砂礦床。

(C) 種種之稀有礦物

(a) 鈷鐵礦(Columbite, $[\text{Fe}, \text{Mn}][\text{Nb}, \text{Ta}]_2\text{O}_6$)

(b) 鉭鐵礦(Tantalite, $[\text{Fe}, \text{Mn}][\text{Ta}, \text{Nb}]_2\text{O}_6$)

(c) 鈾鈾鈷礦(Samarskite, (U, Fe, Ce, Y之Nb, Ta 酸鹽))

以上礦物一般產於偉晶岩中,唯爲量不多耳。

(d) 矽鉍鐵礦(Gadolinite, $\text{FeBe}_2\text{Y}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$)

(e) 矽鈮鈾礦(Yttrianite, Y及Th之矽酸鹽)

(f) 磷酸鈮礦(Xenotime, Y之磷酸鹽)

(g) 矽酸鈾礦(Thorite, ThSiO_4)

(h) 含Y(鈮)Th(鈾)之稀有礦物

以上礦物,產偉晶岩中,視作鈾化合物原料而採掘之,例如挪威之希特羅(Hitterö),瑞典之憶德碑(Ytterby),芬波(Finbo),及美國德薩斯州(Texas),巴陵格山(Baringer Hill)等地方皆產之。

獨居石 [(Ce, La) PO₄ 含多少之 Th] 及鋯礦 (Zircon, ZrSiO₄) 常作花崗岩及閃綠岩質火成岩之副成分,多產於偉晶岩中。但此等礦物多由砂礦中採掘之。特別因獨居石含有鈾,作白熱煤氣燈罩之原料,比較重要,其大部分由巴西及美國之加羅賴那州,愛大呵州之砂礦採取之。日本磐石常陸等地方之偉晶岩中,略產此類礦物。

(D) 鋰礦物 含鋰礦物常作偉晶岩岩脈之成分而產出,其重要者爲紅雲母 (Lepidolite, Fe₂ [K, Li]₂Al₂Si₃O₉ 含 40% 之鋰),黝輝石 (Spodumen, LiAlSi₂O₆ 含 8% 之鋰),葉長石 (Petalite, Li₂Al₂Si₃O₂₀ 含 5% 之鋰) 磷鋰礦 (Triphylite, FeLiPO₄, 含 9% 之鋰),磷鋁鋰礦 (Amblygonite, Li[Al, F]PO₄, 含 10% 之鋰)。此等礦物皆視作鋰之原料,加以採取。

(E) 種種之金屬礦物 偉晶岩中有時含有輝鐵礦,磁鐵礦,鈦鐵礦,錫石等;但罕有礦床之上之礦價值,不值採掘也。美國達柯太州黑山地方 (Black Hills, Dakota) 產有含錫石之偉晶岩,雖加採掘,但無利益。日本近江田上山之偉晶岩亦產錫石,爲量稍多。

鎢鈳鐵礦,重石及輝銅礦等亦常發見於偉晶岩脈中,間有採掘之價值(詳後重石之H項)。

偉晶岩中亦常產種種硫化物,砷化物,但不聞有顯著之例。

自然金雖產於偉晶岩中,但極罕。有亞拉斯加岩又名白

花崗晶 (Alaskite) 者,乃由偉晶岩所移變,富於石英之岩石也。最後移化爲含金石英脈之例,時有所聞。美國蒙但那州,海芬那地方附近之溫斯各礦山 (Winscott Mine) 礦床爲偉晶岩質之岩石,由正長石,鈉長石,電氣石,黃鐵礦,石英等構成之;並含有黑雲母,榭石 (Titanite or Sphene),磁鐵礦等爲副成分。金常作美麗之結晶出現。朝鮮多產花崗岩或片麻岩,其中有含金石英脈,爲花崗岩漿之酸性殘餘分漿之代表,即亞拉斯加岩質石英脈也。

(F) 冰晶石之礦床 冰晶石 (Cryolite, $3\text{NaF}\cdot\text{AlF}_3$)

爲白色至褐色之礦物。世界最大之礦床爲格林蘭西部之伊偉格杜地方 (Ivigut),產大塊狀之冰晶石,占長約 600 尺寬約 200 尺之區域,包含於粗粒花崗岩中。此明明爲一特種偉晶岩也。礦塊由巨晶質冰晶石與多少之菱鐵礦,方鉛礦,黃銅礦,黃鐵礦,螢石,黃玉等礦物構成之。硫化物中含有微量之金。此礦塊侵入花崗岩中之證跡甚明顯。即附近之花崗岩略受變質也。故此礦床爲花崗岩漿之特種殘留分漿 (含多量之氟素) 之代表。

在水礬土 (Beauxite) 未發見之前,此地之冰晶石爲鋁之唯一礦石。即在今日亦以之作製鍊水礬土之熔劑,又作漆塗鐵器之磁料 (Enamel)。

(G) 磷灰石與金紅石 此兩種礦物有集中於鹽基性岩之偉晶岩中者。

加拿大渥太華市之北方多產鹽基性偉晶岩脈。此岩石之主要成分爲磷灰石，角閃石，輝石，金雲母，榭石，方解石等，貫穿於片麻岩及石灰岩中。此地方以磷灰石爲金雲母之副產物而採取之；挪威多產磷灰石，柱石 (Scapolite) 礦脈，爲斑糲岩中之岩脈，由磷灰石及種種磷酸鹽，金紅石，鈦鐵礦，角閃石，透輝石，頑火石，輝鐵礦，磁鐵礦等構成之。由其構造推之，乃由斑糲岩分化而來之一種偉晶岩，產於挪威京城基利斯坦尼亞之南方。

美國瓦振尼亞州鈦鐵磷灰岩 (Nelsonite) 之產金紅石則既於本章(II)氧化物礦床項中詳述之矣。金紅石用之於製弧燈電棒之原料。

(H) 重石礦床 日本之偉晶岩岩脈中有產重石者。

日本甲斐地方乙女坂及倉澤，重石產地也；在中央線鐵道鹽山驛之西北方，約四十里之山中；原爲水晶出產地，多產角閃花崗岩，其中縱橫貫絡無數之偉晶岩脈，及同岩質之石英脈。此石英脈中不單產美麗之水晶，且常混少量之硫化礦物。(黃鐵礦，黃銅礦，磁鐵礦，方鉛礦，閃鋅礦，碲鐵礦等)。又產鈣重石及其分解物之鈎鐵礦 (Ferferite FeWO_4)，間混有輝銅礦；亦有電氣石，雲母與之共生。

又日本宮崎縣有中村重石礦山，亦爲典型的偉晶岩脈。在石英，長石，雲母等之集合體中含有重石。石英常在晶洞中作帽狀構造之結晶，亦混有多少之硫化物，微量之鈷及鈎鐵錳礦等。在此地附近頗多重石礦床。

(註一) C. F. Tolman and A. F. Rogers: "A Study of Magmatic Sulphides Ores" (Leland Stanford Junior University Publications 1916)

(註二) Prof. H. Schulze 1890

(註三) H. W. Turner and A. F. Rogers: "A Geologic and Microscopic study of a magmatic copper sulphide deposit in Plumas County; California and its modification by descending secondary enrichment, Econ. Geol. IX, 359—391 (1914)

第九章 接觸變質礦床

(又名接觸礦床)

接觸變質作用與接觸變質礦床 一般火成岩漿侵入水成岩中時，後者之性質發生顯著之變化，特別以水成岩與深成岩相接觸部分之變質為尤著。煤層與火成岩相接時，變為無煙炭或燧石。含不純物極少之石灰岩受接觸變質作用後，變化為純白色之大理石（結晶質石灰岩）。若混有氧化矽、礬土、鐵分等不純物之石灰岩，受同樣之接觸變質後，變為結晶質石灰岩，且其中散點有種種之矽酸鹽礦物，即所謂接觸礦物也。此時所生之著名接觸礦物為矽灰石、透角閃石、柘榴石、透輝石等。頁岩、粘板岩等之粘土質岩石受深成岩之接觸作用後，變化為含有紅柱石（空晶石）、堇青石等之粘板岩、斑點粘板岩、雲母片岩，或角頁岩（Hornfels）。砂岩雖不因接觸變質而起顯著之變化，但亦常因此而變為砂岩。上述之變質作用為吾人所常目擊者也。當岩漿侵入地層中時，發散多量之熱，促起水成岩分子排列狀態之變化。即原來之水成岩成分因熱而起再結晶作用也。在變質之前後，岩石之化學成分無大變化，唯因熱之作用稍減少其中容易揮發之物質而已。又有少量成分，化為氣體，加入水成岩中。例如變質粘板岩中所

產之針狀電氣石，乃因少量之硼素，作氣體化合物，由岩漿侵入水成岩中者。故知通常之接觸變質單發生物理狀態之變化，在化學上無顯著之變化也。

岩漿，特別為酸性或中性之岩漿，(如花崗岩，石英閃綠岩，閃綠岩等之岩漿)，含有種種之礦化素。(如硼，氟，氫等之化合物及水蒸氣等)。當岩漿冷却固結時，此等礦化素與金屬相化合，作種種之金屬化合物而放散，既如前述，例如矽素亦與氟，氯等相化合作氣體而發散。當此等岩漿侵入水成岩之累層中而冷却固結時，發散含有種種金屬化合物之氣體溶液或含多量氣體之熱水溶液。此兩種溶液，向周圍之岩石發生作用，而引起種種之化學的變化。此種化學作用特別以石灰岩之例為最明顯。即由岩漿所放散之氟化矽，氯化矽，及熱水溶液中之氧化矽，以種種形態與從岩漿遊離而出之鐵分相合向石灰岩發生化學作用，而構成含鐵及石灰之各種矽酸鹽類，同時沈澱鐵銅等礦石。如上述，酸性或中性之岩漿與水成岩，特別與石灰岩相接觸時，在接觸部附近起一種交代作用，構成種種含鐵及石灰(氧化鈣 CaO)之矽酸鹽礦物及有用礦石之集合體。吾人稱此種礦床為接觸變質礦床，(Contact metamorphic deposit)或單稱接觸礦床。此種礦床之生成與尋常之接觸變質作用不同，由岩漿供給多量之氧化矽，鐵，及其他金屬；在極高溫度之下，此等物質與石灰岩或其他岩石之間起一種交代作用(第六十三圖)。

接觸變質礦床所特有之矽酸鹽類脈石特稱之爲接觸脈石礦物(Skarn mineral)。因其在高溫度之下生成者，故又稱高溫礦物 (high temperature mineral)。接觸脈石礦物之集合體又可簡稱之爲接觸脈石(Skarn)。茲列舉其種類如下。

(1) 柘榴石，多數爲鐵鈣柘榴石(Andradite)。有時爲鈣鉻柘榴石(Grossularite)。

(2) 鐵鈣輝石(Hedenbergite)及透輝石(Diopside)。

(3) 矽灰石(Wollastonite)。

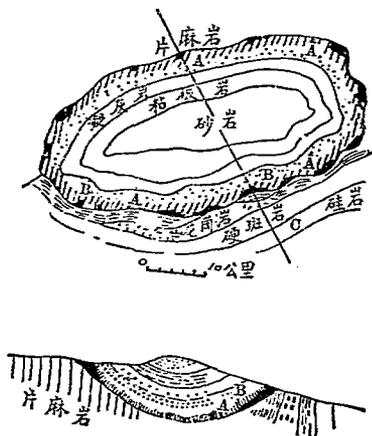
(4) 綠簾石(Epidote)。

(5) 矽鈣鐵礦(Liëvrite)。

此外有角閃石，黑雲母，維蘇威石，電氣石，斧石，柱石，硼鈣礦(一名塞黃精)(Danburite)，硼沸石(Datolite)，等螢石，重石與此等矽酸鹽類礦物相伴產出。石英則與方解石常共生。

產於接觸變質礦床中之礦石有氧化物，硫化物及與此等相類似之礦物。其中重要者有磁鐵礦，赤鐵礦(鏡鐵礦及

第六十三圖



日本福岡縣田川郡磁石山石灰岩(L)，其一部分爲柘榴石(G)所交代。

雲母鐵礦), 黃銅礦, 斑銅礦, 黃鐵礦, 硫砷鐵礦, 渣硫鐵礦, 閃鋅礦, 方鉛礦。有時間產黝銅礦, 輝銻礦, 鉍及輝鉍礦, 輝鈷礦等。此外亦見金銀礦之共生。

接觸變質礦床之位置及其形狀 接觸變質礦床, 即鐵鈣等之矽酸鹽類(接觸脈石礦物)與礦石之集合體, 大部分, 常產於酸性或中性之深成岩與水成岩, 特別與石灰岩或石灰質岩石之接觸部及其附近(第六十四圖)。至其產狀則無一定。有種種之標式。茲舉其重要者如下。

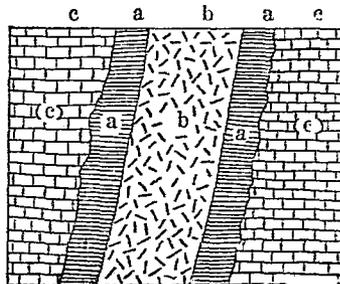
第 六 十 四 圖



(I) 最普通者為存在於火成岩與石灰岩之接觸部之

礦床 日本山口縣美禰郡之太田村花山附近及阿武郡之藏目喜地方即有此種典型的礦床。在藏目喜地方, 石英斑岩或石英粗面岩頗發達, 多數岩脈侵入古生層之石灰岩中。沿此兩者之接觸部, 作

第 六 十 五 圖



日本藏目喜地方之朝日礦床断面圖。a 為礦床。b 為石英斑岩(厚三尺至五十尺以上)。c 為石灰岩。

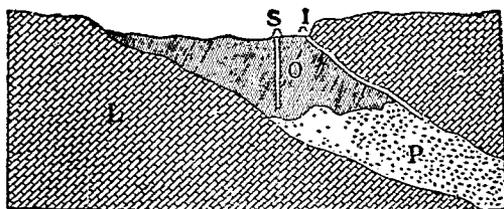
板狀之接觸變質礦床甚多，例如其中之朝日礦床之產狀最爲規則(第六十五圖)。

此地方之礦床亦爲鐵鈣輝石、柘榴石、矽鈣鐵礦等之集合體。其中混有黃銅礦、黃鐵礦、閃鋅礦、方鉛礦等；視作銅礦，加以採掘。

(II) 接觸變質礦床常產於水成岩與火成岩之接觸部附近之石灰岩中 例如日本山口縣花山之西北，有梅之窪礦床完全產於石灰岩中，作不規則的扁豆狀。主要部分爲矽灰石與柘榴石之集合體，含有少量之透輝石、磁鐵礦、黃銅礦、斑銅礦、矽孔雀石，及其他之氧化銅礦，故視作銅礦床而採掘之。此礦床生因，乃由構成花山之花崗岩岩漿發散多量之氣體溶液，通過石灰岩之小裂罅至適當之地點，起交代作用，遂作成接觸礦床。在石灰岩中常發見有矽灰石之細脈，其爲氣體溶液之通路歟。

又同地方，離花山約二公里，有名北平坑之礦床，位於石灰岩之台地上(第六十六圖)，亦爲同樣性質，完全產於石灰岩中，作徑長約一百公尺之大筒狀，全部爲鐵鈣輝石、矽鈣鐵礦、柘榴石之集合體。其中含有黃銅礦、磁硫鐵礦、砷硫鐵礦等；視作銅礦床而採掘之。其地表附近氧化作用甚發達，產多量之褐鐵礦，則視作鐵礦而採取之。此礦床與其附近之閃綠紋岩岩脈有生因之關係。由此種岩漿散發之溶液，通過裂隙，至礦床生成地點，起交代作用，遂作成此筒狀礦床也。

第 六 十 六 圖

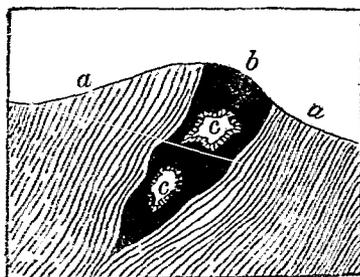


日本北平礦床断面圖。L 爲石灰岩。O 爲礦床
氧化帶。P 爲未氧化礦床。I 斜坑。S 堅坑。

又同郡之於福礦山(第六十七圖)在學術上極有興趣之礦床也。此地方由砂岩之累層所構成,其中含有扁豆狀之石灰岩塊。貫穿此累層者則爲一種之石英閃綠岩塊。礦床之主要部分距接觸部保有相當之距離。砂岩因接觸而受變質者少。但其中所夾之扁豆狀石灰岩則多完全變質爲砂灰石, (含少量之透輝石, 柘榴

石等), 混有黃銅礦, 黃鐵礦, 硫砷鐵礦, 磁硫鐵礦, 斑銅礦, 輝銅礦等。此因在冷卻固結中之岩漿, 發散氣體溶液或過熱水溶液, 通過砂岩之小裂隙而上昇, 與石灰岩塊相遇, 遂起交代作用, 構成砂灰石及其

第 六 十 七 圖



日本於福礦山一礦塊露出之速寫。a 砂岩 b 礫鐵礦。c 周圍生孔雀石之砂灰石。

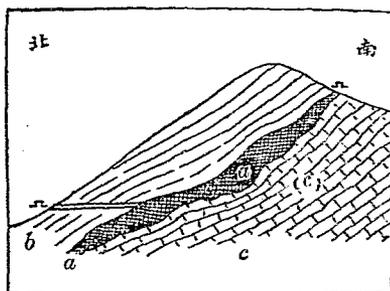
他矽酸鹽類，同時沈澱礦石。

(III) 接觸礦床有時稍離接觸部，沿石灰岩與其他水成岩(粘板岩等)間之層面而發達。

日本九州福崗縣企救郡吉原礦山之礦床，即屬此類，沿變質粘板岩(綠色接觸岩)與石灰岩之層面而發達(第六十八圖)，作不規則的層狀礦床。有時在石灰岩中作小脈。主要部分為緻密的柘榴石，混有少量之綠簾石及矽灰石。礦石則以黃銅礦，黃鐵礦為主，間有黝銅礦，輝銻礦之產出，在此礦床附近，不獨有花崗岩質岩石岩株之露出，在礦坑中亦見有石英斑岩之岩脈。故知

此礦床之礦源岩為花崗岩質之岩石無疑也。即由岩漿發散之氣體溶液或過熱水溶液，沿石灰岩與粘板岩間之裂隙而上昇，在此等地點，起一種交代作用，遂構成礦床。

第六十八圖



日本吉原銅山礦床剖面圖。a 為礦床。b 變質(角狀)粘板岩。c 石灰岩。

(IV) 接觸變質礦床有完全產於非石灰岩之水成岩中者。

此種礦床通常作不規則之塊狀或板狀，多由暗褐色柘榴石而成，混有少量之綠簾石礦石。除產多量之黃鐵礦外，尚

有黃銅礦，及少量之磁鐵礦作極不規則的塊狀，產於綠色粘板岩（角頁岩）中。此礦床離花崗岩之接觸部約數百公尺。日本京都府吉野郡洞川附近之磁鐵礦床，即屬此例。其生因乃由花崗岩質岩石所發散之過熱水溶液通過岩石之裂隙而上昇，至礦床地點，遂起交代作用。構成礦床之鐵鈣矽酸鹽類脈石類之成分大部分含於礦源溶液中。石灰分則似該溶液由附近之石灰岩中所採取溶解者。至粘板岩中則並不含量之石灰分。

（V）接觸變質礦床有存在於礦源岩之火成岩本身中者。此例較少。但美國愛達荷州麥奇地方（Mackey, Idaho）之接觸礦床為柘榴石之集合體。礦床作管狀不規則塊狀或板狀，存在於石英閃綠岩質之岩石中。當岩漿冷卻固結之時，在岩株之邊緣部，先行固結。當其生節理時，內部之岩漿所放散之過熱溶液即沿此裂隙而循環，至適當之地點，（特別在裂隙之交叉點），起多少之交代作用而構成礦床。

如上所述，接觸變質礦床不單產於石灰岩與火成岩之接觸部，或接觸部附近之水成岩中；且有存在於火成岩本身中者。故知接觸變質礦床之特徵不在其位置或形狀，而是在其礦物成分也。蓋柘榴石，石灰石，鐵鈣輝石，及其他接觸礦物乃由極高溫度之氣體溶液或過熱水溶液所供給之礦質，大部分藉交代作用而生成之礦物。（稱之為高溫度礦物）。其礦源岩（火成岩）必距離礦床不遠，若在非石灰質之水成岩或

火成岩本身中產有鐵鈣柘榴石之礦床，則由於礦源溶液當通過岩石中之裂隙時，其中原溶解有多少之石灰分，故其溶液含有鐵、鈣、矽等氧化物，即含有普通接觸脈石之成分，在適當之地點，藉比較稍少之交代作用，遂構成此種礦床。總而言之，此種礦床之採礦方針是在沿接觸脈石帶而探求礦石也。

礦源溶液成分之變化 構成接觸礦床之各種礦物非同一時期生成者。一部分礦物生成於礦床成立之初期，其他礦物則在礦床生成末期始行沈澱。若就實地研究礦床，或在顯微鏡下檢查其標本，則可以發見構成此種礦床之礦物生成順序實具有明顯之特徵。

一般不含鐵分而富於矽酸之接觸脈石礦物，例如透輝石、矽灰石之類，生成於礦床成立之最初時代。其次生成者為矽灰鐵礦、鈣鐵輝石、柘榴石、綠簾石等。此等礦物常作集合體，又常貫絡於前時代之生成物，如矽灰石、透輝石之集合體中作脈狀，又有侵入後者之中作不規則的塊狀者（六十九圖）。礦石之類明明生成集中於礦床成立之後期。例如磁鐵礦通常與柘榴石同時產出。黃銅礦、黃鐵礦、磁硫鐵礦及其他硫化物亦有一部沉澱於柘榴石、鈣鐵輝石等之生成時代，或充填此等接觸脈石礦物之間隙。唯按一般原則，硫化物，特別為黃銅礦之大部分乃沉澱於礦床成立之最終時代。黃銅礦常作大小之脈狀橫斷接觸脈石之集合體（第五圖）。故知作接觸礦床之礦源溶液，最初富於氧化矽而不含鐵分，此種礦液與

石灰岩相作用，構成砂灰石；其後因化學成分之變化，至第二時代，則含有多量之鐵分與氧化矽。此外其中尚溶解有硫黃及其他金屬等成分。此第二期礦液與石灰岩，或與前時代生成之礦物，發生化學作用及交代作用，遂產含鐵及石灰之種種矽酸鹽類，並沈澱若干之礦



石榴石作脈狀貫穿石灰岩中之標本。L 爲石灰岩。
G 爲石榴石。

石類。至最後之時代溶液之變化益甚，遂變爲鹽基性溶液，氧化矽之量甚微，而含多量之黃銅礦等成分。此溶液之變化狀態，亦即構成礦床之礦物生成順序，與大多數接觸礦床之例實相符合也。

接觸礦床之氧化帶 接觸礦床中，其富於硫化礦物者，因受由地表滲入之天水作用，而起激烈之變化。即因含多量氧素之天水之作用，黃鐵礦，黃銅礦遂分解而生褐鐵礦。同時，所生硫酸銅溶解於天水中，逐漸深滲。此等變化已詳述於第四章中。在此種礦床中，石灰岩受交代作用之時，不獨含多量之殘餘方解石，且母岩中又有石灰岩，故此種硫酸銅溶液與

碳酸鈣之間起化學作用，而沉澱孔雀石，藍銅礦等。又硫酸銅溶液因硫酸亞鐵及硫酸之作用而生赤銅礦及自然銅。且接觸脈石等受含有硫酸之天水之作用，因之分解而生遊離之氧化矽。此氧化矽再與硫酸銅，碳酸鈣等相作用，遂生矽孔雀石。故在礦床氧化帶之上部所溶解之硫酸銅，滲至該帶之中部及下部，皆沉澱孔雀石，藍銅礦，赤銅礦，自然銅，矽孔雀石等品位甚高之氧化銅礦，供給豐富之礦石。美國阿利梭那州比斯貝附近之銅礦床即屬此類，產多量之氧化銅礦。前述之日本山口縣太田地方附近之花山礦床，亦屬此類，唯規模小於比斯貝礦山耳。產多量氧化銅礦之礦床，其次生的硫化礦富化帶大抵不發達，既詳述於第四章中矣。因全部硫酸銅皆在氧化帶作氧化銅礦而完全沉澱也。

接觸礦床之標式 如上述，接觸變質礦床乃在種種之接觸脈石集合體中混有種種之礦石，有含多量之磁鐵礦，赤鐵礦（鏡鐵礦）等氧化礦物者；又有含多量之黃銅礦，黃鐵礦，磁硫鐵礦，硫砷鐵礦及其他硫化物，砷化物等礦石者。但在磁鐵礦，赤鐵礦之礦床，有時亦稍產硫化礦物。又硫化礦物之礦床亦常伴有少量之氧化礦物。兩者乃互相移變者也。位於二者中間之礦床亦不少。其實硫化礦物與初生的氧化礦物常共生，此即為接觸礦床之明顯的特徵。至在其他種類之礦床，則此兩者共生之例甚罕。

接觸礦床，因其礦石之性質，分為下記之數標式。

- (I) 氧化礦物之礦床 { (A) 鐵礦床 { (1) 磁鐵礦礦床
(2) 赤鐵礦礦床
(B) 錫礦床
- (II) 硫化礦物之礦床 { (A) 銅礦床(黃銅礦)
(B) 鉛及鋅礦床(方鉛礦及閃鋅礦)
(C) 金礦床(與種種之硫化物共生)
- (III) 石墨(黑鉛)礦床
- (IV) 其他礦床(重石, 雲母, 及石棉等)

(I) 鐵礦床

(A) 磁鐵礦礦床 以磁鐵礦為主要礦石之接觸礦床, 在世界各地, 其例甚多, 供給鐵礦之重要礦床, 多屬此標式。

第一, 在學術上有名者為挪威京城克利斯坦尼亞地方及匈牙利之巴那特地方(Banat) 在極廣之區域內, 有大小無數之花崗岩株及石英閃綠岩質岩株侵入石灰岩中, 在兩者之接觸部附近產多數礦床, 在柘榴石, 鈣鐵輝石, 綠簾石及其他接觸礦物之集合體中, 混有種種之礦石。有作銅礦山者, 亦有磁鐵礦礦山者, 種類不一。

俄國烏拉山地方, 到處皆有此種磁鐵礦礦床, 以在威蘇卡阿哥拉(Wyssokaia Gora)地方者為最有名。

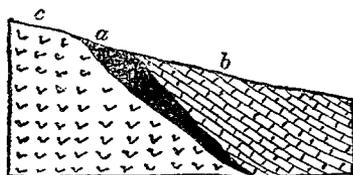
德國, 撒遜尼, 堡吉斯休貝爾(Berggieshübel)之礦床, 由磁鐵礦及種種之變質礦物構成之, 距與花崗岩之接觸部有相當之距離, 在石灰岩層中起交代作用, 作層狀產出。此礦床介居於角閃片岩, 雲母片岩及其他變質岩之累層中, 其屬於接觸變質之區域內也甚明, 在學術上頗有意義, 但缺少經濟的

價值耳。

美國猶太州鐵泉地方 (Iron Spring, Utah) 產有含石英之一種紋岩, (有一部分學者則謂係一種安山岩), 侵入石炭紀, 白堊紀, 及第三紀之水成岩中, 作岩磐狀。在石炭紀之石灰岩與此火成岩之接觸部, 塊狀之磁鐵礦礦床甚發達。磁鐵礦之外, 尚產少量之石英, 柘榴石, 透輝石, 角閃石, 磷灰石等。

我國之此種礦床頗多。唯多未開發。山東省金嶺鎮鐵礦床 其適例也 (第七十圖)。

第七十圖

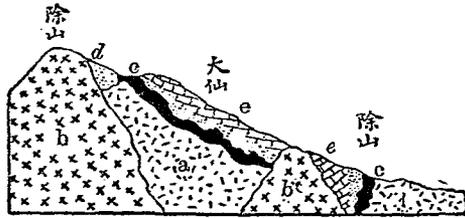


金嶺鎮鐵礦床斷面圖 a 爲礦床 b 爲石灰岩
c 爲正長岩

乘膠濟鐵道至金嶺鎮車站, 改乘支線之火車行約三十分, 卽至礦床所在地。在奧陶紀之濟南石灰岩上, 鑿與正長岩及正長斑岩(下盤)之接觸部, 礦床作楔狀產出。主要部分爲緻密之磁鐵礦。但含有多少之赤鐵礦及柘榴石等接觸礦物。礦床之最厚處約二十公尺, 漸深進則漸薄。礦床層向爲西南, 向西北作二十度乃至三十度之傾斜。估定礦量約一千萬噸。

日本之釜石礦山爲此類礦床之最大者, 在岩手縣上閉伊郡甲子村, 距太平洋岸釜石港約二十公里之西方。地質爲花崗岩及閃綠岩侵入於古生層之粘板岩石灰岩累層中。主要礦石爲磁鐵礦, 作厚板狀, 或爲相連續之扁豆狀。地形險峻, 達千公尺以上之高嶺相連續。礦床散見於此山中各地方。但最著名者爲除山附近各礦床, 或斷或續, 綿亙五公里以上, 幅員約占一公里。鐵礦之厚有達七十尺以上者。鐵礦介在於柘榴石, 透輝石, 綠簾石等變質礦物之大帶中, 有完全爲此等礦物所包圍者。此等變質礦物卽證明石灰岩曾受交代作

第七十一圖



日本釜石大仙礦山及除山斷面圖，a 爲花崗岩

b 爲閃綠岩。c 爲鐵礦。d 爲接觸礦物帶。

e 爲石灰岩。

用也。故知發達於此地方之石灰岩因花崗岩之侵入而構成礦床，因其抵抗水蝕作用之力大，故附近之水成岩完全受侵蝕之後，此礦物帶仍然存在。礦床之性質良好。因地點不同，間有少量之黃鐵礦及其他礦化物夾雜其中(第七十一圖)。

(B) 赤鐵礦(輝鐵礦)礦床 以輝鐵礦爲主要礦石之接觸礦床其例亦甚多。在鐵礦之供給上，實占有重要之位置。最著名者爲我國之大冶礦山及意大利之埃爾巴島礦床。

大冶礦山之地質爲花崗岩質之岩石(正長岩)岩株侵入於石炭紀之石灰岩中，後者遂變質爲白色結晶質之石灰岩。其接觸部礦床甚發達。主要礦石爲輝鐵礦及赤鐵礦，混有少量之磁鐵礦。礦床之某一部分含有多量之磁鐵礦，並混有接觸礦物及硫化礦物，但爲量甚少。火成岩與石灰岩之接觸部大體取東西之方向。礦床之厚有達二百尺以上者，通常多直立，但亦有稍向北傾斜者。大冶附近此種礦床尙多，但未加採掘耳(第七十二圖)。

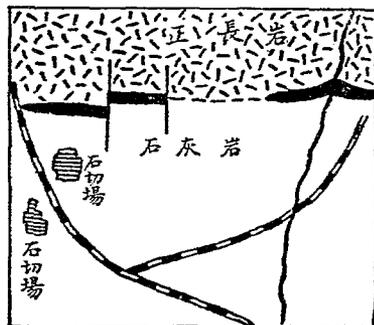
蕪湖附近之桃冲鐵山亦屬同種之礦床，有望之鐵礦地也，惜採礦工事不甚發達耳。

挨爾巴島 (Elba) 爲接近意大利之西海岸中央稍北之一小島，古來有名之鐵產地也。各地質時代之地層均發達。(有志

留連紀以前之地層，志留連紀，二疊紀，侏羅紀，第三紀及第四紀各地層)。侵入於此等地層中者有花崗岩，石英斑岩，斑輝岩，輝綠岩，蛇紋岩等火成岩。礦床發達於古生層中生層之石灰岩與花崗岩質之火成岩相接觸之部分。重要之礦床有三，即利啊阿爾巴娜 (Rio Albano) 利啊瑪利那 (Rio Marina) 及加拉美塔 (Calamita) 之三處 (第七十三圖)。礦床作不規則之塊狀，一部分則作礦脈狀，礦石大部分爲輝鐵礦之集塊，產美麗的之結晶及混有少量之磁鐵礦及硫化物。在露頭部則產褐鐵礦。又產種種之接觸礦物，如輝石，矽灰鐵礦，石榴石，綠簾石等，特別以加拉美塔之礦床爲著。至利啊瑪利那之礦床則此等矽酸鹽類礦物較少。

(II) 錫礦床 接觸礦床之含錫礦者甚罕。故接觸礦床以產錫礦知名者極少也。唯事實上錫石有產於接觸礦床中

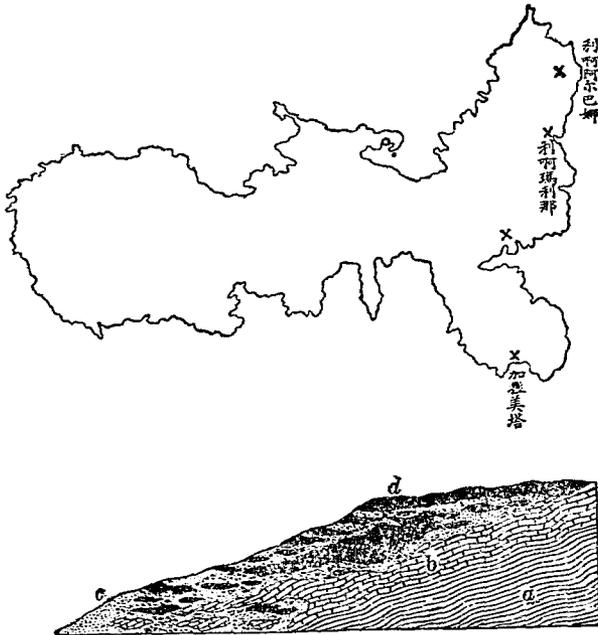
第七十二圖



大冶礦床略圖(黑色部分爲礦床)

者。此證明接觸礦床與錫礦脈亦有密切之關係，此在學術上極有興趣之問題也。

第 七 十 三 圖



埃爾巴島鐵礦產地圖。(縮尺三十萬分之一)×符號為礦床所在地。(上)

及加拉美塔礦床想像斷面圖。(下) a 為志留紀以前之粘板岩。b 為白雲質石灰岩。c 為接觸礦帶。d 為鐵礦。

含錫石接觸礦床最好之例為澳洲之北卡威爾礦山 (Bakerville Mine in the Herberton District, Queensland) 此礦床存在於黑雲母花崗岩與石英片岩之接觸部，礦帶之幅寬約十公尺至二十公尺，為石英及放射狀黑色電氣石之集合體，其中

包含有褐色之錫石，與少量之黃鐵礦，磁硫鐵礦等共生。

同澳洲塔斯曼尼亞之棲塞地方(Zeehan District, Tasmania)，花崗岩大地侵入於志留紀之岩層中。其接觸部產多量之磁硫鐵礦，但因地點不同，有含多量之其他硫化礦者，又有磁鐵礦與錫石共生之部分。

芬蘭之辟克閱塔(Pitkäranta, Finland)地方亦有接觸礦床，所產礦物成分極為複雜，有銅、鐵、錫，等。花崗岩底地與前寒武紀之角閃片岩相接觸，夾於後者中之石灰質岩層遂變質而構成礦床。此地方有二個重要之層狀礦床，故得分別稱為上部與下部。下部礦床之接觸礦物甚發達，由綠透輝石(Salite)及柘榴石帶成之，所採礦石則為磁鐵礦及黃銅礦。但其中一部分有單採掘銅礦及黃錫礦(錫石)者。常見有偉晶岩脈貫穿於此部分之礦床中。此岩脈中亦含有少量之錫石與黃銅礦。此外尚含有少量之重石，輝銅礦，自然鉍，螢石，及顯微鏡的黃玉等。

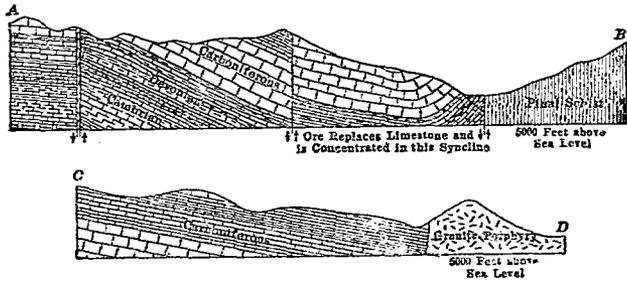
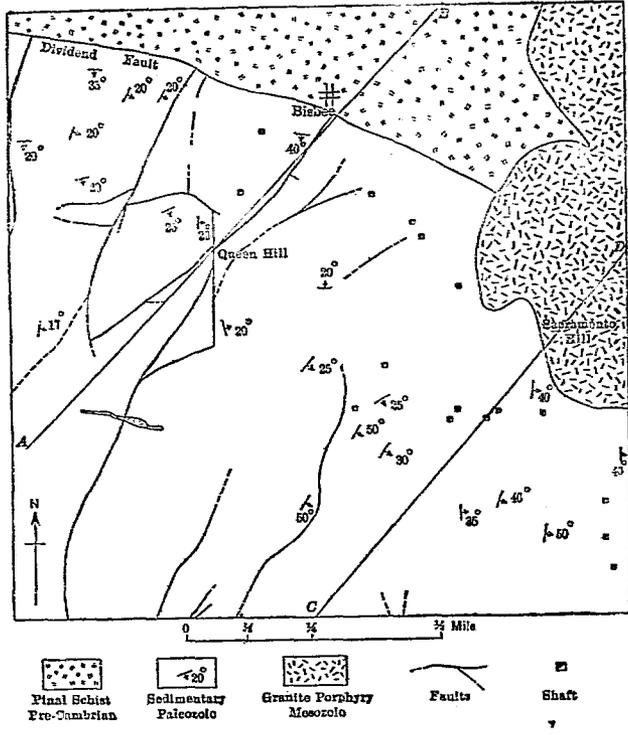
(III) 銅礦床 在接觸礦床中，常見磁鐵礦，輝鐵礦等氧化物與黃銅礦，黃鐵礦，磁硫鐵礦，硫砷鐵礦，方鉛礦，閃鋅礦等硫化礦物共生。此本為接觸礦床之一特徵，既如前述。若含多量之硫化銅即含黃銅礦甚多時，可作銅礦床而採掘之。美國、日本均多此種銅礦床。

在美國，特別在阿利梭那州之半沙漠的地方，此種礦床之氧化帶甚為發達，以產豐富之氧化銅礦而有名。

庫利英頓摩塔茵地方(Clifton-Morenci)之花崗岩及閃綠岩質火成岩甚發達，侵入於古生層之石灰岩及粘板岩中。故此等水成岩之變質甚顯著。且距兩種岩類之接觸部約650公尺之地點，接觸礦物帶甚發達，產柘榴石，綠簾石等礦物，其中有含多量磁鐵礦之部分。但一般常含多量之銅、鋅等硫化礦物。在氧化帶中則產多量之孔雀石，藍銅礦，赤銅礦，矽孔雀石，異極礦等，構成重要之礦床。

又比斯貝地方之礦床亦屬此類之接觸礦床。此地方之

第七十四圖



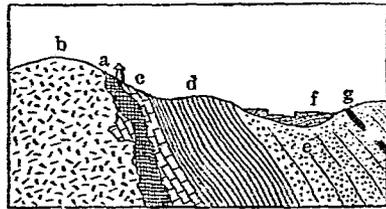
比斯貝礦山之地質圖(上)及其斷面圖(中下)

古生代石灰岩甚發達，成層亦極厚。花崗斑岩侵入此石灰岩中，遂構成礦床，大部分作不規則的塊狀或板狀，存在於石灰岩中。亦有沿石灰岩之成層面而發達者。此礦床由地表至地中一千四百尺以下，皆屬氧化帶，產多量之孔雀石，藍銅礦，赤銅礦及其他豐富之氧化銅礦。故世界有名。錳鐵礦亦豐富，與輝銅礦相混。接觸變質之現象雖不顯著，唯在近火成岩之石灰岩中，含有多量之透角閃石，透輝石，石榴石，維蘇威石，石英等與黃鐵礦，斑銅礦，黃銅礦，閃鋅礦等共同產出（第七十四圖）。

日本之此類銅礦床既詳本章之“接觸礦床之形狀及位置”項中，茲不再贅述。

(IV) 鉛及鋅礦床 接觸礦床通常亦產少量之方鉛礦及閃鋅礦，若其產量激增時，則可以視作鉛及鋅礦床而加以採掘。

我國湖南省水口礦山為鋅及鉛之接觸礦床。從前每年產精礦約三萬噸。今則因種種經濟的關係，日趨衰落。由長沙至衡州，再至松柏市，其間約五百五十里。由松柏市至水口山約十一里。製鍊所則在松柏市。礦床之上部為古生層石灰岩，與黑雲母花崗岩相接觸，遂構成礦床。主要礦石為閃鋅礦及方鉛礦，稍含黃銅礦及黃鐵礦。接觸礦物有鈣鐵輝石與石榴石，但為量甚少（第七十五圖）。



第七十五圖

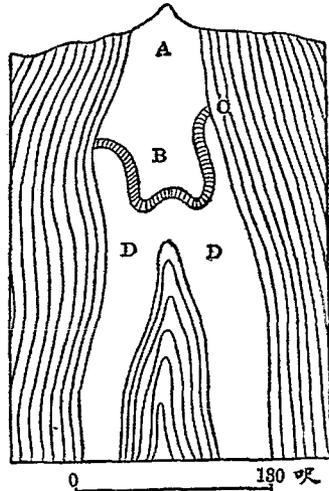
水口山礦床斷面圖 a 為礦床。b 為花崗岩。
c 為石灰岩。d 為赤色砂岩。e 為含碳砂岩層。f 為赤色砂岩層合地。g 為煤層。

澳洲博羅京山地方(Broken Hill New South Wales Australia)片麻岩最發達。其中夾有砂岩，雲母片岩，角閃片岩，石英石榴岩等。此等岩石變質頗烈。地質時代未詳，似屬下部志留紀。岩

層亦發生急激的彎曲。有花崗岩及鹽基性閃綠岩。岩脈縱橫貫穿地層中。有名之博羅京礦脈(Broken Hill Lode)在此彎曲之片岩中，互相整合(Conformity)，但其為次生礦脈之證據甚明顯也。在此地方附近有四個礦床。即主部博羅京山(Main Broken Hill)東部博羅京山(Eastern Broken Hill)北部博羅京山(Northern Broken Hill)及西部博羅京山(Western Broken Hill)。

礦床作鞍狀，因彎曲激烈，在背斜部發生鞍狀之裂隙，礦質充填其中，遂成一種之鞍狀礦脈。此地方之任何礦床，在地表附近之氧化帶皆有褐鐵礦，粘土及種種之氧化礦物。漸化深掘則漸移變為硫化礦，最後遂變為粗粒質方鉛礦，且為量極富。又除方鉛礦外，尚有黃鐵礦，黃銅礦，磁鐵礦，黃銅礦，砷鐵礦等。此礦床之礦石含鉛5—7%，含鋅14—30%，含銀萬分之1.5乃至千分之1.2。世界首屈一指之銀鉛鋅礦山也。從前有認此礦床為礦層者(Stelzner)。又有認為層狀礦脈者(如Beck氏)。但從其中所產脈石觀之明明有接觸礦床之性質故可稱為接觸礦床也(第七十六圖)。

第七十六圖



博羅京山礦床斷面圖 A為石英，粘土，褐鐵礦，黑色錳礦之部分。B為鉛，鋅氧化礦，氯化銀，自然銀等，混有既分明之長石，石榴石。C富於銀礦之次生的硫化礦帶。D不變帶礦帶。(方鉛礦，閃鋅礦，石英，石榴石，薔薇輝石，黃鐵礦及其他硫化礦物)。

鋅礦床中尚有以特種礦物紅鋅礦(Zincite)為主要礦石

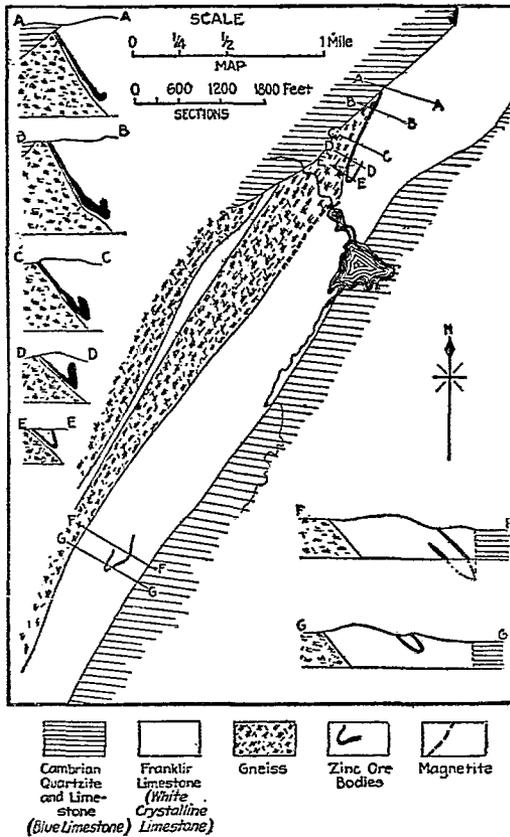
者。

紅錳礦及錳鐵礦(Franklinite)兩礦物爲稀有礦物。在美國紐述西州佛蘭克林煥涅斯及斯太林格山(Franklin Furnace and Stirling Hill)兩地方構成極大之礦床。其生成尙未判明。但一般皆信爲接觸礦床也。此地方地質,在花崗岩質片麻岩之上,被覆有結晶質石灰岩(寒武紀)。礦床即產於此石灰岩中。下部之花崗質片麻岩,似即爲侵入此石灰岩層之火成岩,而使石灰岩變質,遂構成接觸礦床。又在此地方附近,偉晶岩脈甚多。石灰岩中常富錳分。在石灰岩與片麻岩之接觸部產錳鐵礦床。距接觸部稍遠之上部則有紅錳礦及錳鐵礦之礦床。兩礦山相距不遠,但礦床則非相連續者。其中以佛蘭克林煥涅斯礦床爲最有名,厚約四十尺,略如層狀,夾於石灰岩層中,作一大傾斜。礦石除上述二礦物之外,尙有矽錳礦、方解石、角閃石、輝石、螢石、錳尖晶石(Zinc Spinel)等。在花崗岩與片麻岩之接觸部附近則產柘榴石、斧石等。據近來之研究,最初,石灰岩由熱水作用而與礦液相交代,遂產錳礦床。後再受花崗岩床及偉晶岩脈之接觸變質作用,遂有今日之狀態。即在礦床中接觸礦物之生成,有後於礦石之形跡也(第七十七圖)。

日本之神崗礦山(岐阜縣吉城郡)在神通川之上流高原川流域,距富山市南約八十餘里。礦山附近爲飛驒高原之一部,雖多數受深谷之彫蝕,但山頂之地勢起伏平緩,即爲高性地形也。地質大部分爲片麻岩系及花崗岩,尙有屬侏羅紀之水成岩,頗發達。與接觸礦床有關係者爲片麻岩系及花崗岩,片麻岩亦由花崗岩岩漿之侵入而生成者,亦有完全由花崗岩生成之正片麻岩,常侵入水成岩之層面間,構成所謂注入(injected)片麻岩,或稱變性片麻岩(Metagneiss)。又有完全由水成岩變質而成之準片麻岩。此片麻岩系中含有結晶質石灰岩,本爲水成岩之代表者,有時完全被包圍於正片麻岩中,或一部分爲所侵蝕。花崗岩(非片麻岩質的)之侵入片麻岩中者爲角閃花崗岩。此外尙有花崗質斑岩,斑糝岩,輝綠岩脈,甚發達。但與接觸礦床之生成無關係。

本礦山區域甚廣,礦床之數亦甚多。今僅就其中之捩洞坑一礦床述之。捩洞礦床之所在地,距鹿間地方之東北約三四里。此處有高聳地面之摺鉢山及二十五山兩山。在此兩山之山頂及腹部有礦苗之露頭。又此兩山爲東西大斷層所截

第七十七圖



佛蘭克林埃那斯地方之地質斷面圖

斷。在礦坑內猶能審知此斷層之形跡。礦床分為南北二部分。北部名北盛，南部名東平。母岩以片麻岩為主。有時亦見石灰岩塊被侵蝕之遺跡。片麻岩富有種種方向之裂隙，其中充填有各種礦物，呈礦脈狀。最顯著之裂隙走南北之方向，及 130

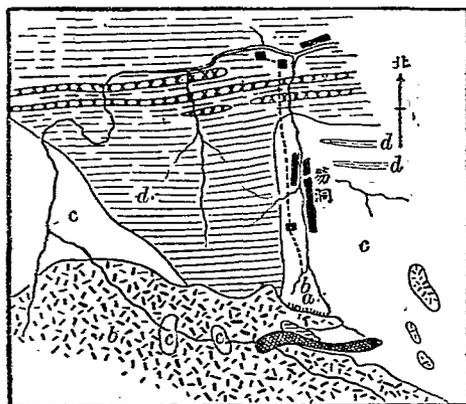
度之方向(東平區)。此外亦有走五十度之裂隙,極發達。(在北盛區,大部分爲南北及五十度之方向,極發達。)此等裂隙中常發見有摩擦面。又此等脈狀礦床雖有相當礦石,但一般礦質貧弱。唯常有塊狀礦床沿此裂隙而膨脹,頗爲發達。特別在南北方向與一百三十度之方向,及各種方向相交之處,產大礦塊,供給豐富之礦石。故沿此等裂隙探礦,可以發見大礦床也。北盛礦床爲花崗質之岩脈所截斷,大礦塊則多以富礦體之形狀沿東南方向繼續發達。礦床之大部分爲鈣鐵輝石及少量之石榴石,綠簾石等之集合體。其中包含有閃鋅礦,方鉛礦,黃鐵礦,及其他硫化物等。有時又看見方解石中散點有少量之閃鋅礦,方鉛礦等。外觀上,石灰岩曾受礦石之交代作用。片麻岩則實有受鈣鐵輝石及礦石之漸次交代之形跡。總而言之,此礦床乃由花崗片麻岩之本源花崗岩漿所放散之氣體礦液,與片麻岩及包裹於其中之石灰岩等該相交代,而生成者。由其礦物成分推之,明明爲接觸礦床也。

(V) 金礦床 接觸礦床中所產硫化物,特別爲硫砷鐵礦,黃鐵礦,黃銅礦,磁硫鐵礦等皆含有多少之金。此恐係細金粒以機械的作用含入於此等礦物中者。若此種金量稍大,可以視作金礦採掘之。高麗之遂安金山 (黃海道遂安邑笏洞金山) 卽屬此例。

遂安邑笏洞金山 在平壤之東約 120 餘里, 產真山 之北麓。產真山爲斑狀花崗岩所構成。又在此地方,屬古生層之石灰岩,變質精板岩,千枚岩,綠泥片岩等極發達。花崗岩侵入此等岩層中,礦床則發達於石灰岩與花崗岩之接觸部,作不規則的塊狀(第七十八圖)。在石榴石,透輝石,矽灰鐵礦等之集合體中,產有斑銅礦,黃銅礦。金分大部含於銅礦中。礦石之含金平均品位達十萬分之一以上。又本礦山由混鍊製鍊之,實收率亦達 75% 而有餘。至礦石之金,銀,銅等百分率如下表。

金	0.00128.....0.00084%
銀	0.004.....0.0049%
銅	3.16.....5.19%

第七十八圖



頁板岩a-雲母片岩d-石灰岩c-角閃花崗岩b-綠泥a-玄武岩 e-閃綠岩

遼安金山附近地質圖(縮尺三萬分之一)

(VI) 石墨礦床 石墨為碳素之六方晶系結晶,黑色,質柔而有脂感。最純粹者通常含少量之揮發分,及1%內外之灰分。錫蘭島所產上等石墨有5%內外之揮發分及少量之灰分。又有所謂土狀石墨者,則為非晶質之石墨,大部分由煤礦之碳化而成,或由頁岩質煤礦變化而成。在高麗黃河道,忠清道等地方有此種石墨。

若加強硝酸煮結晶質之石墨,然後燃燒之,則有顯著之膨脹性。若為土狀石墨或非晶質炭素則無此性質。

所謂結晶質石墨常作鱗片狀或葉狀纖維狀之集合體而產出。

石墨多產於曾受激烈的接觸變質或地方的(動力)變

質之岩石中。今列舉其主重的產出狀態如下。

(1)作火成岩之成分而結晶。例如日本山口縣大隅地方之閃綠岩，花崗岩中含有鱗片狀之石墨。此乃當岩漿侵入地層中時，從富於碳質之粘板岩及其他岩石，吸取碳素而溶化之，使再結晶而生成者。但在經濟上並不重要。

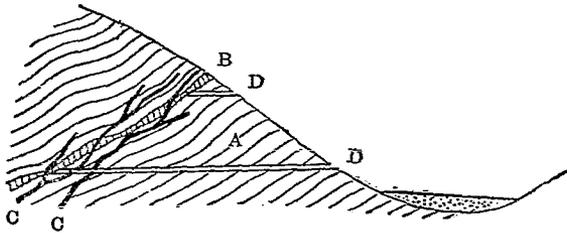
(2)石墨以礦脈之形狀而產出。其幅員由一二寸至二三尺者不等。品位多甚優者。普通作纖維狀或葉狀之構造。其纖維常與礦脈之兩壁垂直。此種礦脈有發見於火成岩中者（花崗岩或偉晶岩）。又有發見於近火成岩之變質岩（片麻岩，結晶片岩等）中者。在錫蘭，加拿大，高麗等地方，此例甚多。高麗，平安北道之片麻岩中產石墨之礦脈不少。有人以為此類礦脈乃由花崗岩漿所放散之氣體碳素化合物。例如由一氧化炭或氫之化合物等所構成者。

(3)石墨有作接觸礦床而產出者。其主要者乃富於碳質物之水成岩（煤層，碳質頁岩等）與火成岩相接觸而再結晶。此時若受氣體遊離物之作用，則結晶成優等之石墨。共生礦物不獨有石榴石，砂灰石，透角閃石，輝石類，柱石，矽鐵石等，亦產多少之黃鐵礦及其他礦化物。此類礦床有時與上述(2)項之礦脈共同產出。在高麗頗發達。大者亦不少，今試舉佛木里礦山之例說明之。

高麗，平安北道，朔州，郡水，豐面，佛木里之石墨礦床為現今高麗諸石墨礦床中之最大者。地質之大部分為片麻岩系，即由花崗岩及片麻岩構成之片麻岩系中，有正片麻岩，注變性片麻岩及準片麻岩等。此外到處尙看見變質水成岩（千枚岩，雲母砂岩，及其他）之殘餘。佛木里礦床夾介於雲母砂岩（變質砂岩質砂岩）中，作礦層；而此雲母砂岩則為片麻岩所包圍。此恐係由煤層或碳質頁岩之變質而成。據日本之村氏之研究，則此地方之片麻岩及花崗岩明顯屬太古代之產物。因在平安北道東北部所發見之含三葉蟲寒武系地層，覆於此片麻岩及花崗岩之上，且不相整合。然則此地方之石墨礦層乃由太古界水成岩累層中富於碳質之岩石，受接觸變質後而生成者也。此變質水成岩為最古之地層，與北美之庫達（Couchiching）系相當。花崗岩及片麻岩之大部分則與羅連（Laurentian）相當。

佛木里礦床之母岩乃含有多少黑雲母鱗片之緻密的微粒狀砂岩質地層(第七十九圖)。層向約N 20°—40° W, 向西南作緩傾斜, 至露頭部傾斜稍急, 達三十度以上。但深入下部, 則僅十度至二十度而已。礦層薄者在一尺以下。但厚者則達十尺以上。構成礦層之石墨呈美麗光澤, 為緻密微細之鱗片集合體, 混有多少之不純物。但大部分均含50%以上之石墨。礦床之特別部分, 例如為偉晶岩, 半花崗岩, 石英岩等岩脈所貫穿之部分, 石墨之結晶甚佳, 作葉狀, 大鱗狀, 或纖維狀等之集合體。礦層中所產礦物, 特別在石英脈中所產礦物, 有榧石, 鈣鐵輝石, 柘榴石, 柱石, 綠簾石等。總而言之, 此礦層乃富於礦質物之地層, 因花崗岩底塊之侵入, 起變質作用, 遂生優良之葉狀, 纖維狀石墨, 及種種之接觸礦物。

第七十九圖



佛木里礦床断面圖

a 為榧質砂岩。b 為石墨礦床。c 為偉晶岩。d 為坑道。

(VII) 其他礦床

(A) 重石礦床 接觸礦床中常產多量之副產物鈣重石, 此時可視作鎢礦石而採掘之。

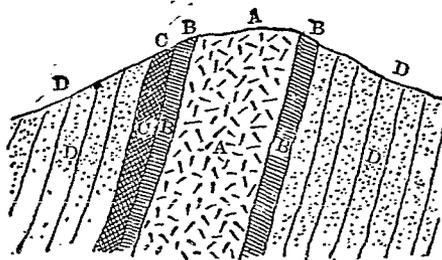
日本喜和田礦山之地質為屬秩父古生層之粘板岩硬砂岩(Graywacke)及作扁豆狀之石灰岩, 有變質為接觸角岩者。礦床附近雖無大塊花崗岩之露出, 但半花崗岩及煌斑岩

之岩脈頗發達，散見於各處。此即證明地中深部有花崗岩株之存在。礦床大部分在角頁岩中作大小不規則的塊狀而產出。礦床與母岩（即角頁岩）之界線明瞭，亦有移變為滲染礦床之部分。礦石以磁硫鐵礦為主，並含石英及重石。但有一部分則產多量之石英，混有多少之重石，黃鐵礦，磁硫鐵礦，閃鋅礦，方鉛礦，黃銅礦等。又有在柘榴石及輝石之集合體（接觸礦物）中混有少量之硫化物，重石，石英，螢石等之部分。礦石中亦有含白雲母之鱗片者。重石作大小之結晶或大小之塊狀物，產於礦床中，顏色由淡黃至淡白不等，其集中之部分有含數十%者，且有集中於近礦床邊界之傾向。在主要之礦床附近，有煌斑岩脈之露出。在礦床中則有作扁豆狀之石灰岩，不發生何等之變化。又貫穿此典型的塊狀接觸礦床之石英脈中有含少量之重石者，亦有純由石英構成者。故知此石英脈之生成後於接觸礦床也。即塊狀礦床生成後，其中發生裂罅極酸性之礦質溶液遂沿此裂罅上昇而構成石英脈。重石則多集中於礦床與石英脈相交之部分。

美國加利福尼亞州，尼瓦大州，猶太州，皆有此種接觸礦床，皆發達於花崗岩或石英閃綠岩與古生層石灰岩相接觸之部分，由柘榴石，透輝石，綠簾石，維蘇威石，角閃石，石英，方解石等構成之。接觸脈石中產黃鐵礦，黃銅礦，磁硫鐵礦，輝銅礦，閃鋅礦，赤鐵礦，磁鐵礦等。有時含多少之重石。1918年由此礦床採得60% (WO_3) 之重石，約5000噸。

(B) 雲母礦床 良質之金雲母(暗褐色乃至淡灰色,透明)有作接觸變質礦床而產出者。高麗之金雲母礦床多產於角頁岩中,此角頁岩則由花崗岩質火成岩與白雲岩質石灰岩之接觸作用而生成者。礦床作礦條,礦巢,礦囊,礦脈,或散亂之結晶等種種狀態,產於母岩中。其主要者產於屬前寒武紀之變質岩中。此類優良礦床之大部發達於咸鏡南北道境上之摩天嶺山脈之東西兩側(第八十圖)。

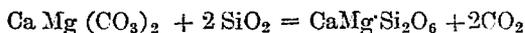
第八十圖



高麗端川郡北斗且面鍊洞雲母礦山第三露頭。A爲正片岩質偉晶岩。B爲纖維狀金雲母。C爲雲母片集合體。d爲砂灰質(透輝石)結晶質石灰岩。

高麗端川郡北斗且面鍊洞雲母礦山,在摩天嶺山脈之西側。鍊洞原爲狹谷之一突村。其附近地質由含金雲母結晶質石灰岩,含金雲母,透輝石之結晶質石灰岩,金雲母透輝石岩(接觸角頁岩或接觸脈石),金雲母透輝石片麻岩,透輝石角閃石片麻岩,雲母片岩等之互層所構成。層向爲 $N20^{\circ}-30^{\circ}E$,向西北作 $30^{\circ}-50^{\circ}$ 之傾斜,有無數之偉晶岩脈及新期之紋岩脈,侵入此等累層中。在鍊洞溪谷之北,金雲母礦床之露頭有七處排列成寬600尺之礦帶。礦床產於含有多量透輝石之石灰岩中,或與偉晶岩脈相接近,或沿偉晶岩脈而產出,呈脈狀,礦塊,礦巢,及滲染礦床等種種形態。

(C) 滿州金州和尚屯之石棉礦床 距金州車站東約二十里，董家溝和尚屯地方，有角閃石，石棉礦床，在大和尚山之東麓，由波狀之丘陵地而成。此地方一帶地質為下部寒武紀石灰岩及粘板岩，層向走東北，向東南作 50° 左右之傾斜。石灰岩大都呈灰暗色，因部分之不同，有砂質泥灰岩或白雲岩質石灰岩不等。侵入石灰岩中者為閃綠岩，在地層中作岩床狀。故其上下壁皆受變質作用。石灰岩變化為軟玉(Nephrite)質岩石，在其裂隙中，則充填有石棉脈，與地層面平行，厚約一二分乃至一寸，或斷或續，極不規則。至橫截地層面者則極少且薄。石棉為含石灰分之角閃石質石棉，其纖維與裂隙垂直而發育，絲短，呈絹絲光澤，質甚柔，良品也。此礦床生因乃當閃綠岩侵入地層中時，放散礦質之過熱溶液，與白雲岩質之石灰岩相作用，遂生成一種接觸礦床。其化學作用以次之方程式表示之。



角閃石(軟玉及石棉)

白雲岩質石灰岩發達之地方常產此類變質礦床。高麗平安北道義州郡有同樣之礦床。又滿洲岫巖地方之玉(岫巖玉)亦有同樣之生因。

(D) 鋼玉礦床 詳前章岩漿分化礦床之“鋼玉及金紅石礦床”項中茲不再贅。

第十章 氣化礦床與水熱礦床

氣化礦床 侵入地殼中之岩漿,當冷却固結時,放射其中所含之種種熱氣。此等氣體在極高壓力之下,具有臨界溫度以上之溫度。在此等岩漿放射氣體中,含有金屬之氯化物,氟化物,硼酸鹽等種種物質,在比較的低溫度,仍能作氣體而存在。今試將與礦床生因有重大關係之數種化合物及其臨界溫度, (在此溫度以上,無論如何高壓力之下,皆作氣體而存在),表示之如下。(數目示攝氏之溫度)。

氯氫酸 (HCl)	52°C.
氯化砷 (AsCl_3)	356°C.
氯化矽 (SiCl_4)	230°C.
氯化錫 (SnCl_4)	319°C.
氯化鈦 (TiCl_4)	355°C.
水 (H_2O)	364°C.
硫化氫 (H_2S)	100°C.
二氧化硫 (SO_2)	157°C.

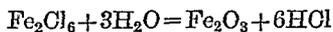
金屬之氯化物大抵與氟化物有相近似之臨界溫度。一般若無礦化素之存在,即若無氯,氟,硼等能與金屬相

化合構成容易揮發之物質之氣體之存在除金屬本身能化爲容易揮發之氣體外，單由岩漿所放散之氣體決不能生成礦床。此時岩漿中所含金屬類作岩石之副成分結晶爲氧化物，硫化物，或矽酸鹽等。有時亦由岩漿分化作用而構成礦床，故氣化礦床，乃限於金屬作氣體化合物，由岩漿向外發散之時而生成之礦床也。

據化學實驗上及實地之研究，由熱氣體生成礦物，有次述之種種化學作用。

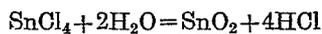
(1) 昇華作用 此乃因熱，曾經一次化爲熱氣之物質，在其他場所因溫度之低下，再變爲化學成分相同之個體之現象也。即此作用有礦物之位置的變化之意義。空氣中之氧素，有與此種熱氣體之物質起極強之化學作用，而作成氧化物之傾向。故昇華作用乃限於無空氣之場所或空氣爲他種氣體所替代置換之場所而起之現象也。由此作用可以生成硫黃，砷素，方鉛礦，閃鋅礦，辰砂，輝銻礦，硫鑷礦 (Greenockite)，雞冠石，雄黃，及其他種種之造鹽素化合物，此在實驗上已經證明之事實。但此種化學作用與礦床之生因無何等重大之關係。

(2) 兩種熱氣之化合 格柳撒克氏 (Gay Lussac) 於 1823 年，在高熱之下，使氯化鐵與水蒸汽相作用而造成輝鐵礦。



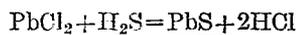
此種化學作用亦作天然作用發生於火山之噴火口。由

火口噴出之氯化鐵氣體與水蒸汽相化合，常在火口壁上生成輝鐵礦之小結晶。特別在意大利之維蘇威火山於1817年，被裂當時，在火口壁之小裂隙中，由氯化作用產生輝鐵礦，作成礦脈。其後都布列氏(Daubrée)化氯化錫為氣體，使與水蒸汽相作用，遂作成錫石之小結晶。此乃關於氯化礦床之重要實驗也。



都布列氏以同樣方法曾造成金紅石，板鈦礦，鋼玉，磁鐵礦，鋅尖晶玉等。又在此種化學作用上，以氯化物氣體替代氧化物，亦可得同樣之結果。

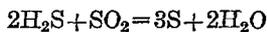
今若在前述之化學作用上，以氮氫氣替代水蒸汽時，則生硫化礦物。此事實於1881年曾經滴洛儕氏(Durocher)證明者也。例如使氯化鉛之氣體與硫化氫相作用，則生方鉛礦。



在閃鋅礦，輝銀礦，輝銻礦，輝鉍礦，黃鐵礦等簡單之硫化物外，黝銅礦，紅銀礦等含硫鹽類亦可以由同樣之作用製成之。例如：



在火山火口，由硫汽孔噴出之亞硫酸氣與硫化氫氣相作用，遂生硫黃。此為吾人所常見之現象。



(3) 氣體與固體間之化學作用 據都布列氏之實驗，

在高熱之石灰岩上通過氯化磷之氣體，可以生磷灰石之小結晶。同樣，由金屬氧化物之氣體與硫黃或硫化氫相作用，亦可以製成方鉛礦，輝銀礦，輝銅礦，砷鐵礦，黃銅礦，黃鐵礦等。

偉拉氏 (Wöhler) 於 1836 年已由氧化鐵與氯化氮及硫黃氣之作用而製成黃鐵礦，又由氧化鋅與氟化矽等氣體之作用而生矽酸鋅礦 (Willemite)。同樣由金屬氟化物或氯化物之氣體與其他之氧化物相作用，可以生錫石，金紅石，輝鐵礦，鋼玉等。

1887 年 富利德爾氏 (Friedel) 及 撒拉珊氏 (Sara-Sin) 混合氟化矽酸，石英，及礬土質物質，熱至 500 度之溫度，遂製成美麗之黃玉小結晶。

硫化氫氣與自然銀相作用，可生輝銀礦。反之，過熱之硫化氫與輝銀礦相作用，亦可還原為自然銀。挪威康斯堡銀山 卽此例也。

一般，氟，氯，硼，硫等化合物受熱之後，可化為氣體，再與氧化物，矽酸鹽類等之礦物相作用，可以生成種種之新礦物。

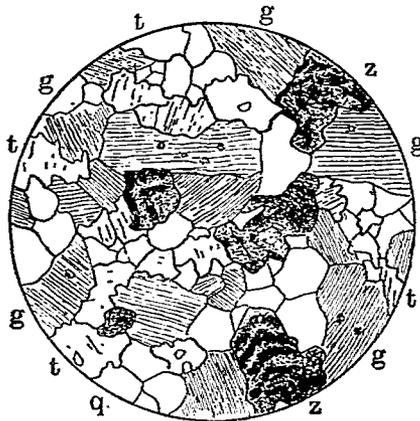
以上所舉種種化學作用皆為氣化作用。由此氣化作用可以集中有用礦物而構成礦床，是謂氣化礦床。氣化作用，如維蘇威火山中所見之例，在地表雖有此作用，但不顯著，唯與深成岩之生成有關係，常構成多數特徵之礦床。

氣化礦床所特有之母岩變化 金屬氟化物，氯化物，硼酸鹽類等以高熱之形體與其他種種高熱氣體相混合。由岩

漿放射,沿既固結之岩漿邊緣部或其周圍之水成岩節理及裂隙而上昇,在途中由種種理化作用而生成礦物,充填裂隙中,構成氣化礦床,同時滲入母岩中,行其交代作用,引起母岩發生特有的變化,氣化礦床之母岩變化有次舉之種種。

(I) 雲英岩化作用 (Greisenization) 礦床之母岩若爲花崗岩或石英斑岩,則由高熱氣體之交代作用,變化爲名雲英岩 (Greisen) 之岩石。雲英岩外觀與花崗岩相似,但完全不含長石而代以多量之雲母(鉀雲母),即石英與鉀雲母之粒狀集合體。此外尚含有黃玉,錫石,螢石等(第八一圖)。今試比較雲英岩與花崗岩之礦物成分如次。

第 八 十 一 圖



雲英岩薄片(五十倍)

q = 石英 g = 雲母 t = 黃玉 z = 錫石

(a) 花崗岩之成分爲石英, 正長石, 斜長石, 及黑雲母。
(有時含白雲母及角閃石)。

(b) 雲英岩之成分爲石英, 鉀雲母, 及黃玉, 錫石, 螢石等。

雲英岩化作用乃花崗岩等之長石類, 雲母類, 角閃石類等受高熱氣體之作用, 變化爲鉀雲母, 同時產少量之黃玉, 螢石, 錫石, 磷灰石等。石英不僅不起變化, 且因此種作用而生多量之新石英。

其實此種作用卽爲以下所述黃玉化作用及電氣石化作用之更複雜的特種變化。此等礦物雖作次生的分泌物存在於裂孔中, 但與由水熱作用而生成之矽酸鹽礦物完全不同。卽雲英岩化作用之母岩爲粗晶質。至如後所述由熱水作用之青磐化作用及絹雲母化作用之母岩, 則爲隱微晶質。此因氣化作用含多量之礦化素, 新作成之礦物有極強之結晶力也。雲英岩中之錫石有時作滲染礦床之形成, 有時與石英共生。英國康禾地方有少數石英與錫石作長石之假晶。

鉀雲母爲雲英岩特有之礦物, 大都無色, 有時含鐵分, 則稍呈褐色, 卽所謂鴉雲母 (Raben Mica) 是也, 此雲母在顯微鏡下罕有呈高段之色澤者, 大多數爲淡褐以至淡灰, 綠色, 又常與鐵雲母共生。

磷灰石亦爲雲英岩所特有之新生礦物, 生成於此種作用之最後期。雲英岩中之石英常富於液體包裹物, 或作成一列, 橫斷數個石英結晶, 或作羽毛狀而分枝。石英內部常見有極小之長石包裹物, 由周圍之石英而與氣體或溶液之作用相隔離。

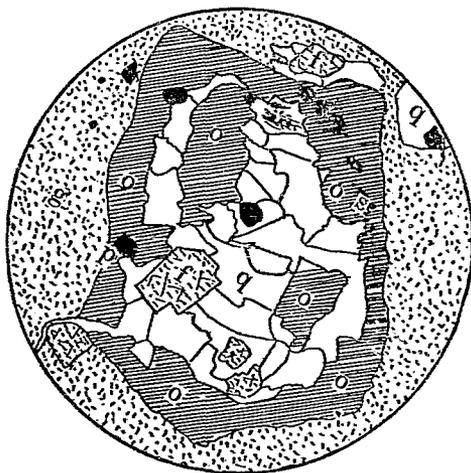
多數之雲英岩中產紫色螢石。例如德國愛爾慈堡格之奈窪爾特 (Zinnwald) 地方所產者是也。螢石有充填黃玉中者, 故知其生成後於黃玉。

適漫氏 (Dittmann) 分雲英岩化作用爲三種。卽 (a) 撒克遜尼亞式 (石英, 黃玉), (b) 康禾式 (石英, 電氣石), 及 (c) 杜蘭斯窪式 (石英, 白雲母) 之三者。鉀雲母及錫石則爲三者共有之

礦物。但三者間無明確之界線，而為互相移變者也。

由雲英岩化作用所引起之化學作用，其間有大不相同者。但通常鉛量為一定不變。鈉及鉀常減少。鐵分則增減不定。鎂及鈣在岩漿中為量本極微少，經此種化學作用後，幾完全消失。除純粹之螢石雲英岩化作用之外，以下所述由氣化作用而起之種種變質作用皆常發生於錫礦床，重石礦床及銅礦床中，哈五斯 (Harworth) 氏研究愛倫頓 (Iron-ton) 地方之銀鉛脈，謂其中亦有雲英岩。此礦脈含有少量之黃玉，錫、銻、鐵礦，及多量之鉍雲母；與錫礦脈極相似。

第 八 十 二 圖



正長石(o)受石英(q)斜長石(f)絹雲母(s)及黃鐵礦等之交代作用(六十倍)

(II) 黃玉化作用 (Topasization) 氣化礦床之母岩若為花崗岩，石英斑岩或相類似之火成岩時，在岩石中產多量之黃玉小結晶或小粒，而變為極堅固之岩石。此時原有之長

石、雲母則完全消失。吾人稱此種變化為黃玉化作用，稀罕之化學作用也。

此作用起於酸性岩漿所放射之高熱氣體與附近岩石間所起之交代作用，此時長石變為石英與黃玉，或石英、黃玉、鉍雲母等之集合體，由長石之黃玉化所引起之顯微鏡構造之變化為純粹之塗狀構造(Plaster Structure)。但有時亦如第八十三圖所示，黃玉結晶集於長石之周圍，由是向內侵入。

此時在晶簇中心部，兩者之集合體充填於多角形的黃玉結晶之間隙。但一般由長石變化為黃玉、石英及鉍雲母時，則此變化由貫絡於長石中之網狀的裂口開始。故在變化初期尚殘留有長石也。

又因地方不同，有先生成鉍雲母，然後由黃玉交代作用者，亦有黃玉變為次生的雲母之現象。至大多數之例則黃玉變化為隱微晶質之高嶺土，或真珠陶土(Nakrite)。荅

特格陸氏(Lindgren)則謂長石之黃玉化作用在化學上與高嶺土化作用相同，所異者，唯有鉍素與之相結合之一點而已。作長石假晶之黃玉常作微小之針狀結晶或同心圓構造，以至累帶構造之結核的集合體。驟視之，似為長石之高嶺土化者。但在顯微鏡下察之，始知其為黃玉化作用。黃玉有空晶者，亦有作該晶者，但仍表示同一之光學性。

雲英岩中之黃玉空晶中，常見有液體包裹物。此液體有屬碳酸者，有屬某種水溶液者，有時有食鹽、鉍化鈉等之液體。結晶產於此空晶中。又常見針狀之微小黃玉被包裹於黃玉之大結晶中。此現象乃證明有二回之黃玉化作用。黃玉與

第八十三圖



作長石假晶之黃玉

石英替代長石時，則黃玉充填於排列成格子狀之石英間隙中。

若為典型的黃玉化作用，有岩石之三分之一以上化為黃玉者，亦有全體幾化為黃玉者。在此種作用之下與黃玉相伴之礦物有黃鐵礦，硫砷鐵礦，錫石，輝鐵礦，鉍雲母，電氣石等。

日本茨城縣高取礦山之礦床為侵入古生代砂岩及砂岩之重石礦脈。母岩受黃玉化之部分產黃玉與小量之螢石及白雲母。

石英斑岩一類岩石受黃玉化作用時，作斑晶之石英並無變化。故黃玉之作石英假晶者甚罕。撒克生國之阿爾登堡 (Altenberg) 之花崗斑岩中，則有石英因受黃玉化作用而變化者。

(III) 電氣石化作用 (Tourmalinization) 及 斧石化作用 (Axinitization) 此兩種礦物皆為含有硼素之矽酸鹽類，即由含硼素之高熱氣體之作用而起之母岩變化也。不問母岩為水成岩或火成岩，有時其中產多量之針狀電氣石，或由交代作用滲染多量之斧石，特別以黏板岩花崗岩之電氣石化作用及砂岩之斧石化作用為最普遍。日本大分縣尾平礦山產多數以電氣石及螢石為主要脈石之錫礦脈，母岩為花崗岩，受電氣石化作用之範圍甚廣，多量針狀電氣石之放射狀集合體滲染於母岩之中。又常見有單由石英與電氣石所構成之電氣石雲英岩之部分。

此種作用與黃玉化作用相似，故兩作用有同時並行者。有先起電氣石化作用，然後生成黃玉者。此現象可由電氣石受黃玉之交代證明之。電氣石化作用與黃玉化作用同樣，幾使岩石之成分全部變質。所不同者，唯由前者之作用稍產碳酸鹽類礦物之一點而已。普通電氣石富於鐵分，呈濃褐色或

暗青綠色。電氣石有在菱鐵礦中作完美之結晶者。又菱鐵礦與電氣石有時作微偉晶岩式 (Micro-pegmatite) 之構造，此證明兩者為同時生者。有時淡褐色與暗褐色之電氣石互作累帶構造。

電氣石角岩 (Tourmalinefels) 普通含放射狀之電氣石。在嚴密之意義上，此放射狀電氣石雖不作長石假晶，但產放射狀電氣石之岩石常見長石成分之減少，而增加放射狀電氣石。斑岩受電氣石化作用時，石英斑晶常殘留其中，但一般較之黃玉化作用之例，則石英斑晶受侵蝕之程度較大也。此時之石英或受單一的電氣石，或受微細電氣石集合體之縱橫貫絡。若為變化激烈之岩石，則其中石英完全消失。

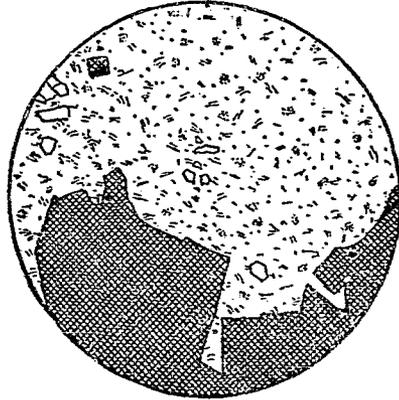
電氣石岩中之長石常分解而消失，又常受電氣石、錫石、鎢、錳鐵礦、黃銅礦、磷鐵礦、磁鐵礦、黃鐵礦、螢石、鉀雲母等混合物之交代作用。當起電氣石化作用時，最初生成者為鉀雲母。受電氣石化之片岩若變質作用不顯著，則電氣石與片狀構造平行，若變化激烈，則變為電氣石與石英之不規則集合體。通常完全不受電氣石化作用之變化者唯錯石 (Zircon) 而已。電氣石若分解則變為白雲母之集合體。

斧石化作用與電氣石化作用稍異，其岩石幾全部不變質，唯在岩石內縱橫貫絡有斧石之細脈。若為石灰岩，則常受斧石之交代。在化學上，其礫素矽酸鹽礦物之生成與電氣石化作用相似。歐洲最重要之斧石產地為撒克生園之杜姆 (Thum) 地方據赫爾涅氏 (Heerner) 之研究，斧石與黝矽石化之長石，共生於角閃岩中。岩石中之石英則為針狀角閃石所橫斷。斧石附近常產多量之綠簾石，不單產於母岩中，且產於裂隙中。斧石之生成，後於綠簾石，但先於共生之次生的石英。綠簾石不因斧石化作用而受溶液之侵蝕。有時亦見黃銅礦、黃鐵礦、閃鋅礦、含銀方鉛礦，及磷鐵礦等之共生。此等礦物之生成皆先於斧石，但不受斧石化作用之侵蝕。

(IV) 螢石化作用 (Fluoritization) 雲英岩化作用達到極端時，遂變為螢石化作用。但此非真實的氣化作用，乃熱水作用或氣化熱水作用所引起之礦化作用 (Mineralization) 也。

故美國科羅拉多州庫律普庫利克(Cripple Creek)之礦脈因螢石化作用,長石有受石英與螢石之集合物之交代者。此礦山中產有所謂紫石英(Purple quartz),即螢石化與矽化作用同時舉行之結果也。據荅特格陵氏之意見,此作用乃後於絹雲母化作用及高嶺土化作用,與紫石英之生成同時,亦新生若干之正長石。據菲爾克斯氏(Fireks)之報告,在比蕭夫山中(Mt. Bischoff)受絹雲母化作用後之岩石中,新產有紅薔薇色之螢石八面體結晶。故知螢石化作用不限於氣化作用之母岩變

第 八 十 四 圖



石灰岩受螢石之交代(七倍)。小結晶則為石英。

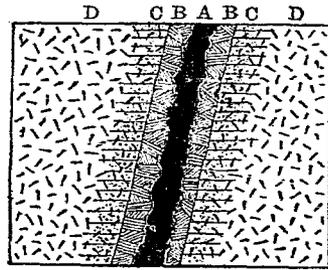
化也。其中特別重要者為石灰岩受矽化作用,同時亦受螢石化作用之現象(第八十四圖)。

(V) 黑雲母化作用(Biotitization) 據荅特格陵氏研究,英屬哥倫比亞之羅斯蘭地方(Rossland)之黑雲母化作用謂與電氣石化作用有密切之關係。但此處之鹽基性矽酸礦物,特別為角閃石,最先變化為黑雲母,長石,與電氣石化作用同時,受硫化礦物之交代。此交代作用先從長石之裂口開始,最

後全體化爲硫化礦物。礦塊發達之部分，礦石受石英與黑雲母或綠泥石之包圍，故受黑雲母化作用後之岩石變爲角頁岩構造之石英與黑雲母之集合體。據霍特教授之研究，第勒馬克 (Telemark) 地方之銅礦脈先起黑雲母化作用，結果生成黑雲英岩。其次長石變爲絹雲母，與石英。黑雲母亦分解爲絹雲母與綠簾石。故此種熱變質 (Thermal Metamorphism) 之最後生成物雖有電氣石，但令人有絹雲母化作用之感。

(VI) 柱石化作用 (Scapolitization) 柱石 (Scapolite, $\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_9\text{O}_{24}\text{Cl}$) 爲含有氯素之礦物，大體由氣化作用而生成。斑禱岩中產有磷灰石礦脈時，脈之上下兩壁常滲染多量之柱石而變爲柱石岩。此種變化通常與斑禱岩等之鹽基性岩石相關係而發生者也。挪威之斑禱岩中多產磷灰石脈，其上下磐皆受柱石化作用之變化(第八十五圖)。

第八十五圖



斑禱岩中之磷灰石礦脈斷面圖。

A爲磷灰石。B爲黑雲母及角閃石。

C爲柱石。D爲斑禱岩。

此作用酷似錫石之氣化作用，即以氯素替代氟素而已。柱石不產於礦脈中，而產於不含礦石之磷灰石脈中，蓋磷灰石脈與斑禱偉晶岩之關係，猶之花崗偉晶岩與錫石脈之關係也。此磷灰石脈含有磁硫鐵礦及輝鐵礦。作鎂質礦物者有頑火石 (Eustatite) 及黑雲母。作氯質礦物者有柱石及氯素磷灰石。又共生礦物有多數之金紅石，加拿大之磷灰石脈即

有此等成分。其中除氟素磷灰石外，尚有多量之內生固的 (Endogenetic) 與外生固的 (Exogenetic) 之柱石。母岩常為斑禰岩。但在分化作用最後期所生之溶液使脈之上下壁起變質作用。異剝石 (diapirite) 變為角閃石，橄欖石則變為頑火石及黑雲母，斜長石變為柱狀之柱石集合物，有時變為頑火石，黑雲母或金紅石。至柱石先由斜長石之四周侵入，沿雙晶面起變質作用。因柱石之生成，斜長石分子中必須加入氫及氧之分子，此與黃玉化作用時，正長石分子中必須加入氟素及水分，同一理也。鐵分則因柱石化作用而激減。

氣化礦床之種類 當岩漿冷卻固結之際發散種種高熱氣體。由此等高熱氣體之作用而生成之礦床謂之氣化礦床。其存在之場所則或為礦源岩之火成岩，或為與礦源岩接觸之水成岩。在前者，多充填其裂隙，作礦脈狀，但有時亦沿裂隙而滲染於岩石中，構成滲染礦床，或又充填於縱橫貫絡岩石中之裂罅而形成所謂網狀礦床。總而言之，氣化礦床與下節所述由熱水作用而生成之礦床相同，但此等礦床得由其中所含特種礦石，脈石 (參看第十一章之錫礦脈) 及當其生成時母岩所受之特種變化等現象，而與其他生因之礦床相區別。含錫石之礦脈為最重要之氣化礦床。在嚴密之意義上，前章所述之接觸礦床亦多由火成岩漿所發散高熱氣體之交代作用而生成者，雖可以稱之為氣化礦床，唯因其中之礦石，脈石，及形狀，位置等之特徵殊多，與其他種類之礦床有別，故特為之另立一類。但兩者之間常見有逐漸移變之證據，而位於兩者之間之礦床亦不少，此須特別注意者也。

水熱礦床 由岩漿遊離而出之過熱氣體，通過周圍既

冷卻之岩石裂隙而上昇，因溫度之降低，遂變化為水溶液。此溶液中尚溶解有多量之氣體化合物。即由岩漿遊離而出之岩漿水中，不僅溶解有種種之金屬化合物，在通過岩石裂隙之上昇途中，亦從母岩採取種種礦物成分而溶解之也。又此種上昇岩漿水在途中常與循環地下之天水相混合而繼續上昇。

一般以為不溶解之金，據德爾太氏 (G. Doelter) 之實驗，含有碳酸鈉 10% 之水溶液，在二百度之溫度，可以溶解 1.23% 之金。又金尚可以溶解於種種鹽類之溶液中。貝卡氏 (G. F. Becker) 在實驗上測知鹼性硫化物之溶液中，亦可以溶解少量之金。又汞、鐵、銅、鋅等之硫化物亦能溶解於飽和硫化氫之鹼性硫化物溶液中。此經實驗上證明者也。多數金屬之硫酸鹽類、碳酸鹽類、氯化物等比較容易溶解於水中，此在實驗室中所常見之事實也。

上昇熱水溶液以如何之狀態溶解金屬，此問題之解答，頗為困難。但綜合化學上之實驗及金屬礦物沈澱中之溫泉（例如美國之汽船泉，見第一章“化學的沈澱作用”項內，）之實證加以考察，上昇熱水液幾全部為鹼性溶液，其中溶解有鹼之硫化物、碳酸鹼，及其他鹼性金屬之化合物等甚多量。故金作金屬單體而溶解。至其他多數金屬則作硫化物而溶解，或又作硫酸鹽、碳酸鹽等溶解度甚大之化合物而溶解。據實驗含有硫化氫之鹼性溶液中，有種種之金屬硫化物，作成膠

狀(Colloidal)溶液。若以石灰或黏土加入此種溶液中，則金屬溶化物作膠狀體而沈澱。(註一) 因有某一種礦床特別生成於地表附近，金屬硫化物由膠狀溶液而沈澱，然後移變為結晶質者不少也。

如上述，溶解有種種金屬化合物之熱水液，通過岩石之裂隙而上昇，在途中沈澱其中所溶解之礦物，遂構成礦床。吾人稱此種礦床為水熱礦床(Hydrothermal Deposit)，礦石及脈石從此種溶液而沈澱之原因，有下述之種種。

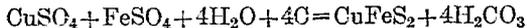
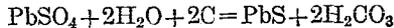
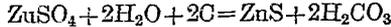
(I) 物理的狀態之變化 在地中深處，溶液在高溫高壓之下，其溶解力甚強，不容易達至飽和狀態，故全無礦物能從此種溶液沈澱，反由母岩採取種種物質而溶解之。但此種高熱溶液上昇至接近地表之處，溫度壓力皆漸低降，及超飽和狀態時，溶解度最小之礦物先行沈澱。在礦床與礦脈之不變帶，其近地表之部分與深處部分之礦物種類大有差異者，即其證明。例如鉛及鋅之礦脈中，近地表之處多方鉛礦，漸深進則閃鋅礦之量漸次增加，最後變為富於黃鐵礦之礦帶，此在各處礦山所能實察之現象也。美國加利福尼亞州硫黃堤之溫泉沈澱物在表面全為硫黃，漸深掘則辰砂之量漸多。此即在鹼性溶液中溶解有多量之硫黃及硫化汞，按溶解度之大小，由下部至上部逐次沈澱之證明。

(II) 溶液稀薄後所起沈澱 金及種種硫化金屬極易溶解於含有多量之硫化鈉或其他鹼性金屬化合物之溶液

中。此種溶液在上昇途中，與天水相混合，遂變為稀薄溶液，不能再充分溶解其中之金及硫化金屬經過飽和狀態後，即開始沈澱。

(III) 溶液與其他化合物相遇時，起化學變化而沈澱礦物。 溶解有金屬之碳酸鹽硫酸鹽等之溶液，若與含有硫化氫之溶液相遇即沈澱金屬硫化物。此種化學作用為吾人在實驗室中所能實證者，乃極普通之沈澱作用也。

(IV) 因含有碳素或碳氫化合物之物質而起還原作用，遂沈澱礦物。 若母岩中含有碳質物，瀝青等物質當溶液通過其中時，金屬硫酸鹽等遂起還原作用而沈澱硫化物。



在通常礦脈中，作脈石之普通石英類原在溶液中作膠狀矽酸而溶解，初作膠狀體而沈澱，後多結晶成玉髓或他種石英。其他脈石雖亦有作膠狀溶液沈澱者，但關於此方面尚無充分之研究。方解石之原料碳酸鈣，容易溶解於鹼性溶液中。其他種種不易溶解之脈石在此種溶液中亦比較容易溶解。鋇之碳酸鹽亦稍可溶解，例如重晶石似依硫酸鹼之化學作用，從碳酸鋇沈澱而生成者。但構成天然礦床之礦物，其生因繁多，欲以同一方法為說明，固極困難也。礦床中常發生帶

狀構造,在此種構造之空隙中,若非由異種礦物按順序沈澱時,例如在玉髓脈石中有微細之硫化物作帶狀,或在黏土中硫化物排列成帶狀時,可以李則綱氏之週期的沈澱現象說明之。即在膠狀體中溶解有種種物質之溶液,當其擴散時,可以構成此種帶狀之沈澱。此在實驗上亦已經證明者也。(註二)

水熱礦床所特有之母岩變化 由熱水溶液生成礦床時,該溶液常滲浸母岩中而使之變質。此時無氣化礦床所特有之氟,氯,硼等元素之作用;唯溶液本身滲入岩石中起交代作用而已。

(I) 青磐化作用(Propylitization) 若礦床之母岩為安山岩,石英安山岩等火山岩時,常因含有多量硫化氫,碳酸鹼等物質之熱水液之交代作用而變質。此現象謂之青磐化作用。即母岩由此作用變質為青磐岩,或稱粒狀安山岩(Propylite)。此岩石有緻密之組織,呈暗綠乃至淡綠色。通常滲染有多量之黃鐵礦微晶,又常見有方解石,沸石等結晶之大小晶洞,頗發達。原有之斜長石斑晶亦失去其玻璃光澤,而呈鈍光澤。輝石,角閃石,黑雲母等之鐵鎂礦物則完全變質為綠泥石。此即為岩石呈綠色之原因。若在顯微鏡下檢之,在原來石基中之玻璃質物質亦起脫璃化作用(Devitrification)而變為略表重複屈折之粒狀長石集合體,但輪廓不明瞭,因綠泥石之碎屑而着色。此外尚有綠簾石之小粒小晶,頗發達。礦床母岩之青磐化本屬極普通之現象。特別以金銀礦脈之母岩為尤著。

青磐岩又名綠安山岩，或粒狀安山岩，又有學者名之爲朽安山岩。此青磐岩作用係屬近年之新研究。至“Propylite”此名字之來源，則爲匈牙利愛爾慈堡格地方附加於某種火成岩之名稱，爲此地最古之火山岩。後來經一般之研究，始知此青磐岩實爲普通安山岩之次生的變質物。然據印琪氏 (Inkey) 及修麥赫爾氏 (Schumacher) 之研究，則謂青磐岩之一部分有屬初生的，可以與其周圍之岩石相區別。

此種變化作用，除上述安山岩，石英安山岩之外，有時粗面岩及石英粗面岩以至玄武岩均有此種變質作用。礦脈之上下磐完全化爲青磐岩之例甚多。最著名者爲美國之康姆史鐸克礦脈 (Comstock Lode)。

青磐岩與普通安山岩之外觀不同，即前者之石基爲粒狀與閃綠岩之外觀相似，但各粒間之境線不明瞭，則與變質閃綠岩 (Epidiorite) 或綠岩之石基相似。

鐵鎂質礦物中最先分解變質者爲角閃石變爲纖維狀之綠泥石。其次輝石變爲次生的角閃石，即烏拉石 (Uralite)，或稱纖維角閃石。但其中最易變化者爲紫蘇輝石。故青磐化之有無可先查檢此礦物之存在與否以決定之。

此外，青磐岩中之礦物尚有方解石與綠簾石。後者富於鐵分，故呈澀綠色。角閃石常受黑色不透明之鐵礦集合體之包圍。此集合體名鐵質分解物 (Opazite)。角閃石及石基完全變化爲綠泥石之後，此鐵質分解物依然存在。故在綠泥石，方解石或綠簾石中發見有此種鐵質物時，即知原來有角閃石之存在也。輝石則無此種鐵質邊緣 (Opazite Margin)，故若變質之後，則難覓其存在之證據。又原岩石中若含有鈦分，則當起青磐化作用時，構成釷石 (Titanite) 或金紅石，此即與露天化，風化及動力變質作用相區別之點也。

黑雲母亦常發見於青磐岩中，爲初生的礦物，頗難分解。但若分解，則變爲綠泥石，有時亦變化爲鐵質分解物，由此可以測知母岩中有黑雲母之存在。據蒼特格陸氏 之研究，若黑雲母中含有鈦分時，則在青磐岩中不生榭石而生鈦鐵礦 (Anatase)。又澤克爾氏 (Zirkel) 謂瓦崗峽谷 (Wagon Canyon) 之青磐岩中有方解石，沿雲母之劈理而侵入。

安山岩之石基一般由此種變質作用變化爲石英，綠泥

石，綠簾石，方解石，沸石等之粒狀集合體。又一部分則變為類似冰長石之長石（正長石或鈉長石）。一般，安山岩變化為青磐岩之後，失去其玻璃基流晶質構造（Hyalopilitic Structure）而變為不明瞭之粒狀構造。

長石當此變質作用之際徐徐分解。據印琪及修麥赫爾兩氏，則謂長石之分解並非由於真正之青磐化作用，乃由於同時發生之絹雲母化作用及高嶺土化作用。但一般均信青磐化作用激烈時，長石亦必分解變質。斜長石及正長石分解後構成污濁的累帶構造，有一部分累帶分解，其他部分之累帶則仍鮮明存留其中。長石中之氣體包裹物必完全消失。唯石英及磷灰石則不因此種變質作用而起變化，常殘留於岩石中。

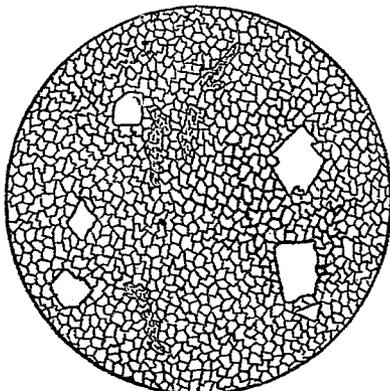
在此種變質作用中，特別須注意者，則在岩石中產準斑狀的（Porphyroblastic）黃鐵礦結晶，其鐵分為岩石所原有者；至礦黃來源則為外的生成。故原岩中之磁鐵礦皆變為黃鐵礦。含鐵矽酸鹽礦物或受黃鐵礦所包圍，或為其所貫結。此現象以富於鐵分筆容易分解之紫輝石者為尤著。就黃鐵礦之生成一點考究之，引起青磐化作用之熱水溶液，非含有礦化氫及遊離酸不可。因有黃鐵礦，得與由地表風化作用或由礦床氧化帶溶液之作用而生成之岩石相區別。受動力變質作用之岩石雖含有初生的黃鐵礦，亦有多量偶然作局部集中的者。但此等黃鐵礦並非由磁鐵礦或含鐵矽酸鹽礦物變化而成，且有極明顯的破碎作用之遺跡。又在此岩石中，基性之斜長石常受若干之點簾石化作用。

青磐化作用與後述之絹雲母化作用頗難區別，特別因此作用之發生，同時產多量之碳酸鹽類。此碳酸鹽類再受純粹之絹雲母化作用時，則尤難區別。據荅特格陸氏研究美國科羅拉多州銀崖地方（Silver Cliff）之青磐岩，謂青磐化作用與絹雲母化作用乃互相遷移者。又青磐化作用與高嶺土化作用有嚴密區別之必要。高嶺土化之青磐岩中不含黃鐵礦而含獨鐵礦，此蓋由地表風化作用之結果也。

因青磐化作用而新生成之礦物中，尚有石英，若為量甚多時，頗難與矽化作用相區別。日本島根縣鶴峠礦山之輝石，安山岩中有色礦物完全分解為綠泥石，次生的石英，及少量

黃鐵礦之集合體(第八十六圖)。

第八十六圖



砂化青磐岩(40倍)之砂質石基中,有受溶
液侵蝕之石英,黃鐵礦及絹雲母。

青磐化作用之化學的變化,在顯微鏡下觀之,亦極明瞭,即鎂及錳之氧化物大都消失。石灰若不構成碳酸鹽類,則亦減少。磷酸及氧化鈦則全無變化。氧化鈉稍減少。若移變為絹雲母化作用,則氧化鉀之量激增,否則亦減少。繼令產多量之黃鐵礦,氧化鐵亦見減少。至黃鐵礦之原料鐵,並非由外部供給,唯發見有輸入硫化氫之證據甚多。故在青磐化作用,除砂酸之外,所有氧

化均見減少。因砂酸之極端增加,其結果有變為含黃鐵礦之緻密石英岩者。據拉莎列威齊氏(Lazarevich)之研究,青磐化有二種。其一為含硫化物之沸石青磐化作用,與礦床無重要之關係。其二為黃鐵礦青磐化作用,此不含絹石而多含金紅石,若與明礬化作用關係時,長石之分解甚烈。沸石青磐化作用則起因於含碳酸熱水溶液之作用,黃鐵礦青磐化作用則起因於含硫化氫熱水溶液之作用。

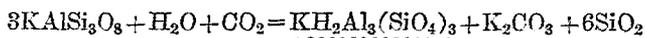
青磐化作用有漸次移變為自然錫之輝綠岩或黑紋岩等之變質作用者。若係此種變質作用,含鐵砂酸礦物變為綠泥石,並產多量之綠簾石與種種沸石,又新構成鈉長石及正長石之一點,亦極相似。

匈牙利之金礦脈及其他礦脈之青磐岩內部產有綠泥質礦物(Glauch)。此在空間上與時間上均與青磐化作用無關係,乃受機械的破碎作用而存在者,呈暗綠色以至黑色,由綠泥石分解物及貫絡其中之次生的碳酸鹽礦物構成之。此外尚有未分解之母岩破片,圓形小石英,及新生成之黃鐵礦結晶。拉莎列威齊氏謂青磐岩中有多量之粘土質殘留物作脈

狀，此由於機械的破壞作用之外，氣體之浸潤亦為其一大原因。匈牙利之綠泥質礦物(Glauch)多產於破碎激烈容易侵蝕之部分。哈爾慈(Harz)地方鉛礦脈之綠泥質礦物，亦為同樣之物質。但母岩之變質並非由於青磐化作用，而為絹雲母化作用。在石基中，除絹雲母之外，尚含多量之綠泥石及少量之輝鐵礦，高嶺土等。

(II) 綠泥石化作用 (Chloritization) 因熱水液之作用，礦床母岩中常滲染多量之綠泥石小鱗片，使變為綠色岩石之作用，謂之綠泥化作用。不問火成岩或水成岩均有此種變質，極普通之現象也。通常在此岩石中，散點有多少之黃鐵礦及其他硫化物。若此變質作用發生於火山岩，則為前述之青磐化作用。

(III) 絹雲母化作用 (Sericitization) 因鹼性熱水液之交代作用，母岩中之長石類變化為一種白雲母，絹雲母之鱗片，是謂絹雲母化作用。



此外加以熱泉中所含氧化鉀與其他矽酸鹽類相作用，產多量之絹雲母。有時母岩幾全體化為絹雲母之集合體。礦床之母岩若作土狀而有脂感者，或狀似滑石者，大概皆曾受絹雲母化作用。

絹雲母化作用為極普通之變質作用，礦床母岩若變化為外觀似黏土質之岩石，今取此似黏土之物質在顯微鏡下觀之，發見多量之絹雲母微片，複屈折性極強。

粘板岩，例如哈爾慈地方之苦龍粘板岩(Kunlm Slate)並無

何等顯著之變化，最初即含有多量之絹雲母，唯因其中綠泥石變質為絹雲母，故岩石全體色為白色，且鐵之含量亦減少。在結晶質之岩石，長石與雲母先行分解，最先變化者為雲母。若為鉀雲母則在化學上與絹雲母為同物，即鎂雲母在化學上亦與絹雲母非常相似。長石之變質為絹雲母，非從其裂隙先行開始，乃由於偶然之分解在長石內部先生成絹雲母之小片，以後逐漸增長，遂及於長石全體。在斜長石中，由斜長石至鈣鈉長石(laboradorite)之變質，若稍含有氧化鉀亦變為鉀絹雲母。但在阿拉斯加之杜勒都威爾礦山(Treadwell Mine)曹達正長岩(Soda Syenite)中之鈉長石則不變質為絹雲母而變為含絹雲母之碳酸鹽礦物及石英之集合體。若有鐵分則先變化為富於鐵分之綠泥石。此綠泥石超出原有之鐵鎂礦物之界限，向外突出，或又變質為絹雲母及方解石。此等絹雲母方解石之集合體，在方解石之石基中，作橫斜狀構造角(Orthoh Structure)即此中之絹雲母或作十字狀，或作斜角平行之狀態。日本鹿兒島縣之磐山礦山，有絹雲母及綠泥石充填於石英與錫石之間者。

如前所述，有長石之部分，特別產多量絹雲母之部分，常見有球狀結核集合體，或又作六角形或無定形鱗片狀之不規則集合體。此等集合體之輪廓極大，不能辨別其結晶之個體。

黑雲母亦變化為綠泥石，其中若含氧化鈦，通常作柱狀金紅石而產出。日本岩手縣仙人礦山附近有產網狀金紅石(Sagenite)之例。由此方法可以推知受絹雲母化岩石中之氧化鈦含量。因在後期，由長石之分解而生之鈦酸，常作銳鈦石之晶形而產出故也。據芬特格陵氏，美國加利福尼亞州金礦脈之母岩中，有由鈦鐵礦(ilmenite)變化為金紅石者。至鈦鐵礦及磁鐵礦中之鐵分，則變為菱鐵礦。

石英亦如多數熱水變質之例，最初並不發生變化。但至絹雲母化激烈時，特別以伴有方解石之時，石英常受絹雲母之交代。絹雲母先從裂口侵入，漸次及於內部。有時作管狀之絹雲母產於石英塊中(第八十七圖)。

受絹雲母化作用後之岩石中，到處有新生成之黃鐵礦，有時為磁鐵礦。日本有名之足尾銅山，其礦脈之母岩中，貫

第 八 十 七 圖



石英受絹雲母及方解石之交代(五十倍)

絡有黃銅礦之細脈。峇特格陵氏研究美國科羅拉多州之聖周安 (San Juan) 之含金硫化鐵礦脈，其侵入母岩中之黃鐵礦則完全不含金分。富萊堡格地方之黃鐵礦，閃鋅礦礦脈之脈壁中，有完美之硫磺鐵礦結晶產於絹雲母中者，但受石墨片之包圍；此即後來始生成者之證明。此外各點大都與石英銅礦脈母岩之絹雲母化作用相似，又在某一點則與青礬化作用有多少之關係，即磁鐵礦因硫化氫而變為黃鐵礦。

絹雲母化作用之最後產物為石英，絹雲母，碳酸鹽類，及黃鐵礦之隱微晶質等之集合體。絹雲母化作用之化學的性質，一般氧化鈉減少，反之氧化鉀，矽酸，氧化鎂等比較的增加，石灰則激減。

(IV) 高嶺土化作用 (Kaolinization) 從來，在礦床深處，一般認為母岩有受高嶺土化作用者，即認深處之母岩有變為高嶺土之集合體者。但加以顯微鏡之檢查及化學分析之後，始知其大部分皆為絹雲母化作用。因上昇之鹼性熱泉在地下深處不能發生高嶺土化作用，而反構成含鉀分之絹雲

母也。但絹雲母在稀硫酸中容易分解，失去其鉀分，而變為高嶺土。在礦床之氧化帶中，硫化礦物受氧化作用而生硫酸，溶解於下降天水中，故在此部分，受絹雲母化作用之母岩常變化為高嶺土。含有硫酸之天水再滲入母岩中，分解其中之長石，又構成高嶺土。母岩若為火成岩，有全體變為高嶺土之集合體者。

近地表之處，由鹼性熱泉之作用，母岩不起絹雲母化作用而化為高嶺土。放在高嶺土化作用中有由上昇熱泉之變質作用者，亦有由氧化作用者，二者頗難區別也。

在顯微鏡下，高嶺土之干涉色低於絹雲母，故容易區別，但作極微粒之集合體時，則頗難辨認。

高嶺土有時為黃玉之分解物，產於靈英岩中。在庫律普庫利克地方，高嶺土化作用為青磐化作用之一異相。在日本之小坂礦山及花崗礦山，高嶺土則與絹雲母共生。然則高嶺土化作用為近地表之變質作用歟，抑為熱水變質作用之局部之一異相歟？頗有足研究者。

柯爾北克氏 (Kolbeck) 研究納格耶格 (Nagyag) 地方青磐岩中之金礦脈附近之高嶺土，用重液析出其中之重晶石，磷灰石，鉛石，及黃鐵礦。此黃鐵礦中含有金，銀及砷。分析之結果，岩石中除去鎂，鉀及鈉等之後，即構成高嶺土。

拉莎列威齊氏以高嶺土化作用為青磐化作用之地表相，加以研究，亦區分之為兩種；其一為黃鐵礦式，有金紅石，明礬石及石膏等之生成；其二為非黃鐵礦式則無金紅石，而代以矽石。長石雖完全分解，但磷灰石，磁鐵礦及黑雲母之一部分則依然存留。又角閃石則或僅褪色為淡綠，或完全無變化。

(V) 矽化作用及矽灰化作用 (Silicification and Calcsilikate

Formation) 熱水溶液中,若溶解有多量之矽酸時,母岩常受此種溶液之滲染而變爲堅密之矽質岩。又石英粗面岩,石灰岩等常起矽化作用,此吾人所熟知者也。若在顯微鏡下檢查矽化岩石,見有微細石英粒充填於岩石之細隙中。又原存之礦物有受石英之交代而保持原有之外形者。又有由隱微晶質之玉髓而行交代作用者。熱水礦床之母岩所常有之變質現象也;

智利國關那珂(Guanaco)地方之岩石,在青磐化作用之最後期,產生矽酸溶液,由是再起矽化作用。此種作用有時與特種岩石大有關係。原著者加藤氏亦曾研究,有砂岩及粘板岩不起雲英岩化作用而代以矽化作用者。據加藤氏之研究,日本青森縣安部城礦床之母岩爲石英粗面岩,因矽化作用,故與礦床之間,有矽石質之中間帶,石英粗面岩原有之斑晶兩錐體結晶,在此帶中,受微粒狀隱晶質石英與黃鐵礦之膠結,此爲有趣之現象。

據拉瑟列威齊氏之研究,若爲石英安山岩,石英先行矽化作用,長石則化爲高嶺土,其次長石亦受矽化之侵進,最後雙錐體石英散點於含有高嶺土之次生的石英塊中。但有時亦有殘留高嶺土者。此即表示原有長石之部分。

在多數之例,因矽化作用常生純粹之石英脈。此石英脈不僅充填於母岩之裂隙中,並與其他種種礦物共生。例如美國貝特地方產黃鐵礦及磷鐵礦。石灰岩中亦常見純粹之矽化作用,其中原有之有機物,例如有孔蟲,則仍存在不變。

由矽化作用而生之石英粒常較純粹之初生的脈石英爲微細。天然之矽灰化作用與交代作用之間,有種種的遷移。特別以作局部的矽化作用時,與白雲石化作用同時進行,矽酸則在石灰岩中沈澱爲蛋白石。

矽灰化作用者,在石灰岩中加入矽酸之作用也。嚴格言之,此非熱水變質而爲接觸變質,即接觸脈石之生因也,既詳述於前章中矣。

(VI) 碳酸鹽化作用 (Carbonization) 礦床母岩中常因受熱水之滲染交代而產多量之方解石或菱鐵礦。此變化謂之碳酸鹽化作用。母岩經此種變化之後，變為柔脆緻密之岩石，遇氫氯酸則發生碳氧氣之氣泡。此變化乃溶解有碳酸鈣及碳酸鐵之熱水溶液侵滲岩石中，其礦物成分遂沈澱於岩石之空隙中。又溶液中所含之碳酸鹼類與造岩礦物中之鈣鐵質相化合，遂生方解石與菱鐵礦。

美國加利福尼亞州石英金礦脈之母岩有受激烈之碳酸鹽化作用者，其中含多量之方解石。但礦脈本身中幾全缺方解石。此因充填母岩之裂隙時，溶液中之矽酸作膠狀體而沈澱故不能滲入岩石中。但碳酸鹼類之溶液則容易滲入岩石中也。

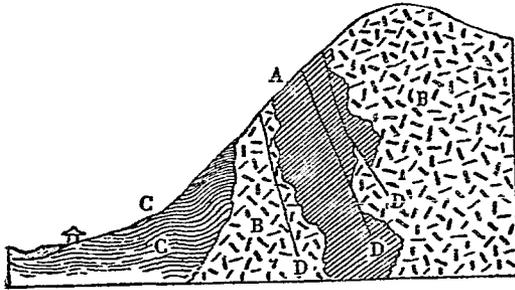
碳酸鹽化作用中尚有白雲石化作用及菱鎂礦化作用 (Dolomitization and Magnesitization)。前者之中，亦有兩種不同之作用。第一，碳酸鈣溶解流失而代以碳酸鎂，故由石灰岩可以變化為白雲岩。第二則富於鎂鐵之岩石中，若遇碳酸，則矽酸溶解流失，亦生白雲岩。

(VII) 明礬石化作用 (Alunitization) 熱水液若含亞硫酸氣，或溶解有遊離硫酸時，其母岩特別含有多量長石類之火山岩，由交代作用而生明礬石 (Alunite)。有時母岩全部化為明礬石。接近地表之礦床之母岩，特有此種變化，在深處無氧素之供給，上昇熱水液常不含遊離硫酸。此種酸性熱水液不獨能使母岩化為明礬石，即在礦床中，亦常有沈澱明礬石

爲脈石者。台灣金瓜石之金銅礦脈卽此例也。

日本兵庫縣栃原明礬礦床雖與金屬礦床無關係，但爲岩石之明礬石化作用之適例。此地方明礬石之大塊產於暗色石英粗面岩中，明礬石與母岩互相移化。最外層爲新鮮之石英粗面岩，其次略呈明礬化作用而漸變爲含多量石英斑晶之淡紅色中間性岩石，最後全部化爲品位極高之明礬石，幾不見石英之斑晶（第八十八圖）。

第 八 十 八 圖



日本栃原明礬礦床斷面圖。

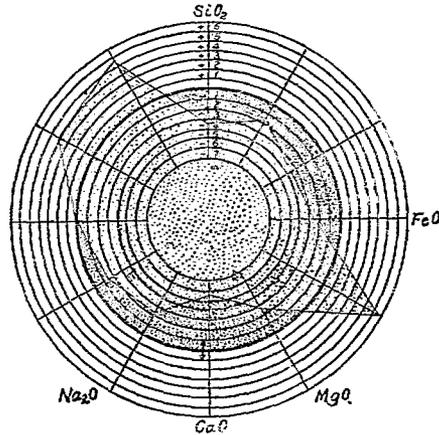
A=礦床。B=石英粗面岩。C=第三紀層。D=斷層。

此明礬石礦床乃由含亞硫酸氣或硫酸之熱泉，通過石英粗面岩之裂隙而上昇，向母岩行交代作用而生成者也。

明礬化作用實與青礬化作用有密切的關係，此兩作用常相伴而發生。此種變質作用雖起因於硫化氫溶液，但非鹼性之硫化氫溶液，乃含有碳酸之酸性溶液也。此作用雖爲礦脈所特有之一現象，但亦有與礦石全無關係，分布頗廣者。例如後火山作用之硫氣孔中亦見有明礬化作用，而不見礦石

之產出。其新生成黃鐵礦之一點，則與青礬化相同。鎂、鈣、鈉、鉀等減少，而增加硫黃及二氧化硫。據普特格陸氏所研究之明礬化岩石，有50%之石英，24%之高嶺土，16%之明礬石，7%之黃鐵礦，及3%之水。又據蘭森氏(Ransome)之研究，由明礬化作用，不見容積之增減(第八十九圖)。

第八十九圖



石英安山岩因明礬化作用而引起之成分增減圖表

由此變化而生成之明礬石，在顯微鏡下與高嶺土極相似，即呈板狀，略帶圓形，邊緣輪廓明瞭，干涉色頗高，由黃色至紅色不等。若係與底面平行之薄片，表示單軸性之黑十字干涉圖，在光學上為正性，由此可以與頁性之絹雲母相區別。明礬石化岩石之石基由高嶺土，石英，明礬等構成之。黃鐵礦或作小晶，或作細脈貫絡其中。

由此變質作用，長石之分解甚激烈，與石基相同，變化為明礬，高嶺土，及石英。此中之石英量因再受矽化作用而增加。高麗全羅南道海南郡黃山面玉洞里有明礬與蠟石共生之例。富於明礬之薄片，在明礬化石基中，常見有長石之假晶(第九十圖)。

第 九 十 圖



石英安山岩中之明礬化長石。(四十倍)

a=明礬石。o=蛋白石。有平行線者示既變化之長石。

有含鐵矽酸鹽礦物之部分，特別以多產黃鐵礦並含有多量之石英及若干明礬之礦脈。邊緣部分，常見有巨大之高嶺土結晶。據拉莎列威齊氏之研究，此礦物乃由機械的作用集中於此部分。又石灰岩質岩石變質之後，亦產石膏，硬石膏，明礬等礦物。

明礬化作用雖不能謂係地表附近之青礬化現象，但由此作用常產碳酸鹽類。故知礦源溶液為酸性也。又明礬化作用達極端時，遂移變為矽化作用。

(VIII) 沸石化作用 (Zeolitization) 由熱水液之交代作用，常在礦床之母岩中產多量之沸石，唯此種變質作用較罕見，有時亦與青礬化同時進行。美國之琪溫那萬 (Keweenaw) 半島之銅礦床母岩中，即多產沸石為一種脈石。

水熱礦床之種類 熱水液通過岩石之裂隙而上昇，在

途中沈澱其中所溶解之礦物，充填裂隙中，是謂礦脈，其形狀與由氣化作用生成之礦脈相同。又溶液由裂隙侵入母岩中遂在母岩中滲染多量之礦石，此亦與氣化礦床相同，稱之為滲染礦床。此外有充填岩石之洞穴者謂之洞穴充填礦床。礦石、脈石充填於縱橫貫絡岩石中之小裂隙者，則稱之為網狀礦床，此亦與氣化礦床之例相同。

又熱水液通過容易受化學作用之岩石裂隙時，溶液常與母岩作大規模之交代而構成不規則的大塊狀礦床，通稱此種礦床為交代礦床，重要之礦床也。此等礦床之本源皆為相類似之熱水液，唯因母岩之性質狀態不同，故以相異的形狀而產出。又此等礦床互相移變者亦不少。即如礦脈可以移變為網狀礦床，塊狀交代礦床可以移變為網狀礦床，或再移變為礦脈，此等皆常見之例也。

(註一) J. D. Clark and P. L. Menaul: The rôle of colloidal migration in ore deposits. Econ. Geol. 1916

(註二) Liesegang: Geologische Diffusionen

第十一章 礦脈論

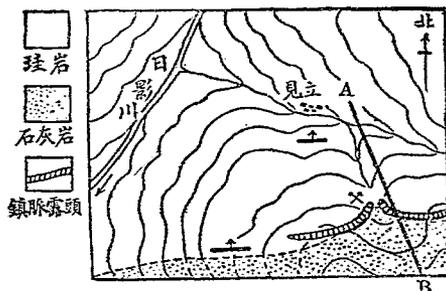
第一節 總論

礦脈 礦脈爲板狀之礦床,充填岩石之裂隙,故又稱之爲裂隙充填礦床。如前章所述,礦脈之大部分乃由岩漿放散之過熱氣體或熱水溶液,通過岩石之裂隙而上昇時,陸續沉澱結晶,充填其中,而生成者,有時亦因下降天水通過岩石裂隙而運動,其中所溶解之礦物質亦陸續沉澱而構成所謂裂傷脈。(參看第一章『天水說』之項,及第七圖)。又蛇紋岩之母岩中所合金屬成分,常在其裂隙中分泌而充填之,亦構成此類之矽鑛礦脈。(參看第一章『分泌說』之項及第八圖)。一般所謂礦脈乃由其形態而附加之名稱,與其生因無關係。但礦脈之大多數皆屬氣化礦床及熱水礦床則爲無庸疑之事實。

礦脈與岩脈相同,作水平之位置者極罕,通常與水平面作若干之角度,大部分皆成急傾斜。礦脈之層向及傾斜亦可以用普通傾斜儀測定之,其表示方法亦與地層岩脈之例相同(第九十一圖)。但有時單以角度亦可以表示礦脈之層向,即走南北方向者其角度爲零度,走東西之方向者其角度爲 90° 或 270° ,走東北之方向者爲 45° ,走東南之方向者爲 135° ,在

圖面上表示礦脈與傾斜，與地層之例相同。例如第九十一圖之礦脈方向略走東西，而向北傾斜，由圖上記號可以知之。

第九十一圖



(B A) 断面圖



日本見立礦山地質圖

礦脈之構造 礦脈由單一礦物構成者極罕，通常為多數礦脈之集合體。有礦石與脈石不規則相混者，有含大小之中石者，有呈角礫構造者，有作帶狀構造及晶洞構造者。後二者為礦脈之最普通之例。(參看第三章)

礦脈之露頭 礦脈之露頭因其成分礦物及地方氣候不同而有顯著之差異，既如第三章所述。在水蝕作用不激烈地方，礦脈露頭亦不顯著，常為一重含氧化礦物(褐鐵礦)破片之土砂所被覆。至在水蝕作用激烈地方，含有多量石英之

礦脈露頭常突起地表，以長距離相連續，例如日本佐渡（相川）礦山之道遊坑及高麗雲山金礦大岩坑之露頭是也。

第 九 十 二 圖



高麗平安北道雲山金礦大岩坑

一般以多量之方解石及其他碳酸礦物為脈石時，則礦脈較之母岩，容易風化，其露頭多呈陷入狀而露出於地表。含多量硫化物之礦脈，其露頭部因褐鐵礦之生成，構成暗褐色之『集礦』，而陷入母岩中，露出地表。礦脈之最普通者即為硫化物與石英之集合體，其集礦常由粗鬆之褐鐵礦與多孔質石英構成之。

礦脈若不露出地表而為其他岩石土砂所掩覆時，謂之潛伏露頭(Hidden Outcrop)。

礦脈之形狀與種類 礦脈略作板狀，多以相當之層厚

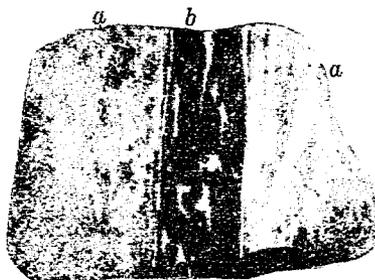
延長於極廣之範圍內。但其脈厚之變化頗激烈。礦脈或薄減 (Pinch) 或膨脹, (Swell) 在同一脈中, 反覆無定, 有時漸次薄減, 終至於尖滅 (Thin out) 但有經一次之消失後, 又在前方表現而膨脹者。

礦脈因其形狀及產出狀態不同, 有種種之名稱。今舉其重要之種類如次。

(A) 單礦脈 (Simple Vein) 此為通常之礦脈, 充填於簡單之裂隙間者也 (第九十三圖)。

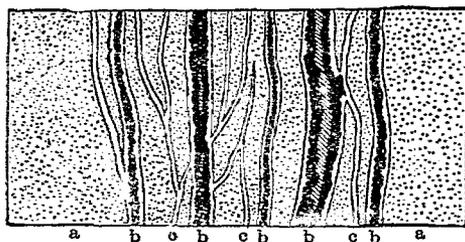
(B) 複成礦脈 (Composite Vein, or Lode) 岩石受他種力之作用而被壓碎時, 遂生多數平行之裂隙, 或不規則相連續之裂罅。此碎裂帶在某一方向相連續, 而其中充填有礦石, 脈

第九十三圖



單礦脈之標本。(約五分之一) a 為母岩。
b 為銅礦脈。(日本大森礦山佐藤坑)。

第九十四圖

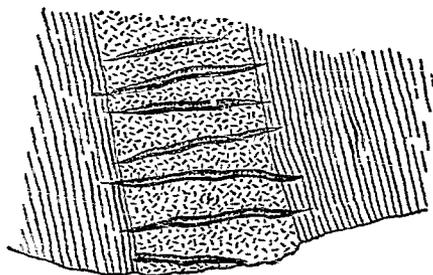


複成礦脈斷面圖。a = 母岩。b = 礦脈。c = 石英細脈。

石時，稱之爲複成礦脈(第九十四圖)。夾介於複成礦脈間之母岩亦滲染有礦石，構成有價值之礦帶，有厚達數十尺至數百尺者。日本山口縣藥王寺地方在多數含電氣石之礦脈叢中，有由狹小之單礦脈漸次移變爲複成礦脈者，構成幅員達二十尺以上之礦帶。

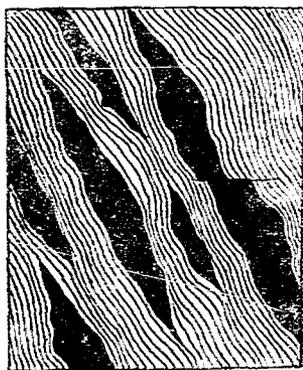
(C)梯狀礦脈 (Ladder Vein) 常見有橫截火成岩岩脈之無數小礦脈作平行排列(第九十五圖)，大多數皆由於岩漿固結，即岩脈生成當時，因容積之收縮而生之裂隙，礦物在其中沉澱，遂構成礦脈。

第九十五圖



梯狀礦脈

第九十六圖



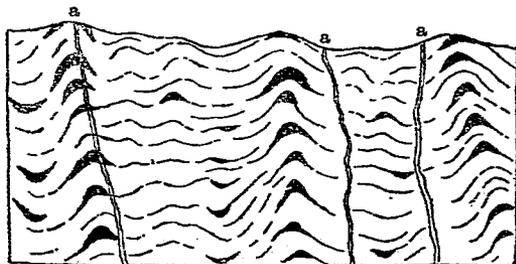
扁豆狀礦脈断面圖

(D)扁豆狀礦脈 (Lenticular Vein) 礦脈在層向與傾斜雙方皆不延長，而漸次尖滅者謂之扁豆狀礦脈(第九十六圖)。

(E) 層狀礦脈(Bedded Vein) 沿水成岩或結晶片岩之成層面而充填裂隙,作層狀之礦脈,謂之層狀礦脈。此種礦脈在層向與傾斜雙方皆能延長至相當範圍。但亦常有作小扁豆狀而產出者。蓋扁豆狀礦脈多為層狀礦脈之一特種。層狀礦脈有時與礦層之間頗難區別。礦層之沉澱新於下部之地層,而先於上部之地層。但層狀礦脈之生成則均後於其上下部之地層也。即礦物充填於上下地層間之裂隙,遂構成層狀礦脈。故有在地層之裂隙中分歧為小枝者。又有以上下地層之破片為中石者。

(F) 鞍狀礦脈(Saddle Reef) 鞍狀礦脈為層狀礦脈之一種。水成岩,變質岩等發生皺曲之後,在背斜部分生鞍狀之裂隙。礦物沉澱其中,遂構成鞍狀礦脈(第九十七圖)。澳洲本第哥(Bendigo Gold-Field, Victoria, Australia)地方即有此適例。又礦物在皺曲向斜部之裂隙沉澱,亦常構成礦脈。

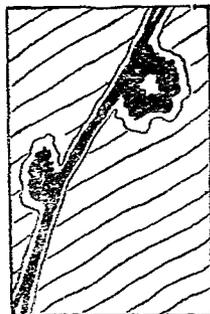
第九十七圖



鞍狀礦脈(澳洲本第哥金礦山) a 為岩脈。黑色部分為礦脈。

(G) 裂傷脈 (Gash Vein) 此種礦脈之大多數乃由礦物充填石灰岩中之裂隙而生成者，多發達於切近地表之處。美國美蘇里州，危斯康辛州，多產方鉛礦閃鋅礦礦脈，乃典型的裂傷脈也。以下降天水作用為其生因（第七圖）。

第九十八圖



囊狀礦脈

(H) 囊狀礦脈 (Chambered Vein) 沿礦脈隨處產呈囊狀之礦塊稱之為囊狀礦脈(第九十八圖)。

(I) 連鎖礦脈 (Linked Veins) 多數略相平行之小礦脈，其間有斜行小脈為之連絡者，是謂連鎖礦脈（第九十九圖）。

第九十九圖



連鎖狀礦脈羣斷面圖

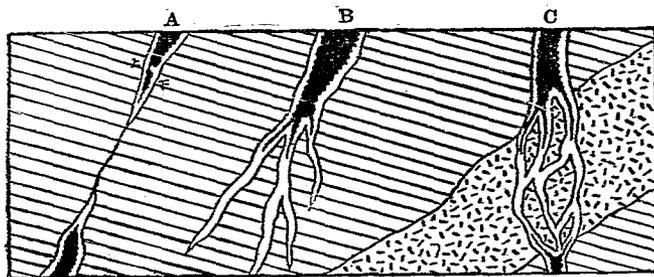
(J) 重膜礦脈 (Sheeted Veins) 此乃薄小礦脈相連接而平行排列之礦脈羣，即由礦物充填於岩石碎裂帶之裂隙中而生成之礦脈也。

此外礦脈作放射狀排列者謂之放射礦脈羣 (Radiated

Veins)。又多數礦脈在某區域內作平行排列者謂之平行礦脈羣(Parallel Veins)。礦脈單獨存在者甚罕。通常有大小無數之礦脈相平行發達。

礦脈與其母岩 含有礦脈之岩石稱之為母岩(Country Rock)。在礦脈之上部者名之為上盤(Hanging Wall)，在其下部者則名之為下盤(Foot Wall)。礦脈與母岩之鏡面謂之磐肌(Selvage)，有時呈光滑之面，有時在磐肌上常產粘土之薄膜，是為粘土皮(Clay Gouge)。礦脈若沿斷層而發達，則磨擦面(Slicken Side) 甚發達。有一部分之礦脈則無明顯的磐肌，唯由礦脈漸次移變為滲染礦石之母岩而已。礦脈貫穿於異種之岩石中而發達時，通常在形態上必因岩石之不同而有差異。例如在堅硬之岩石中，礦脈分歧為多數之細脈，通過堅硬之岩石後，再合而為原脈。此吾人所常見之現象也（第一百圖）。

第 一 百 圖



A = 礦脈之尖滅。B = 礦脈分歧為細脈而尖滅。C 礦脈進入堅硬岩石，歧分為細脈，出堅硬岩石後，再合為一厚脈。

若礦脈通過硬砂岩一類之岩石與柔脆之粘土質岩石（頁岩）所構成之累層時，在砂岩中之礦脈其幅員甚廣，盤肌亦極明瞭，但進入頁岩中之後，脈幅轉薄，此因粘土質岩石較之砂岩等容易因力之作用而變其形狀也。故在砂岩中生裂隙時，在粘土質岩石中之裂隙則不如砂岩中之顯著。日本鹿兒島錫礦山之礦脈即貫穿砂岩與頁岩之累層，在砂岩中礦脈甚大，礦石之品位亦極高；但在頁岩中則礦脈狹小，品位亦甚貧弱。又同國新瀉縣草倉銅山之礦脈，產於第三紀層及侵入此地層中之安山岩，石英粗面岩等岩石中，其屬於砂岩之部分，礦量最富，在頁岩及凝灰岩中者則礦量貧弱。因粘土質岩石不易發生裂隙。至在粘土質岩石下部之砂岩，因容易發生裂孔，礦液上升至兩者之接觸部，難於再進，故在此粘土質岩石下部沉積豐富之礦石。

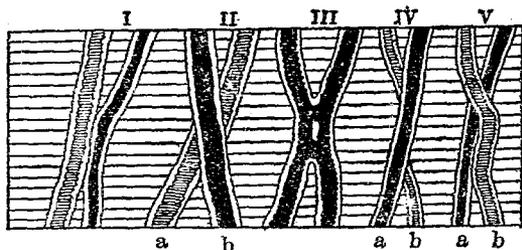
礦脈之交叉與尖端 二個或二個以上之礦脈共同存在時，或相接近而成一礦脈，或相分離而為各別之礦脈（第一百零一圖之I）。

若二個礦脈相交叉時，則先成之礦脈為後生成者所截斷（第一百零一圖II及V）。又被截斷之礦脈因後成礦脈而變位時，則新礦脈乃由上昇礦液沿斷層面沉澱而生成者（第一百零一圖之IV）。互相交叉之裂隙，因同一礦液之沉澱充填而生成交叉礦脈時，其在交叉點，其礦物成分不見有特別的變化，有時唯在該部分產晶洞而已（第一百零一圖

之III)。

礦脈在母岩中不僅漸次薄小終於尖滅,且有時在尖端

第一〇一圖



礦脈之接合與交叉

歧分爲多數之細脈 (Stringer) 而消失者 (第一〇一圖)。但亦有歧分爲數枝脈後,再合而爲一厚脈者 (第一〇一圖)。

礦脈之長度及深度 一礦脈罕有能長達數公里者。美國之媽太脈 (Mother Lode) 爲含金石英脈羣,其中有長七公里以上者。又德國哈爾茲山中有長十五公里,在層向之方向延長之銀鉛脈,唯此種礦脈至罕,不常見。

礦脈之大多數皆不甚長,通常不達二公里。在礦脈發達之地,一般平行礦脈甚發達,並且在層向之方向,一礦脈若尖滅,則沿此方向前進,可以再發見礦脈,若再尖滅,更前進若干距離,仍可以在同方向發見第三次之礦脈。即知礦脈之延續能達極長之距離也。例如在澳洲本第哥地方,鞍狀礦脈極發達。在背斜帶上,有達二十公里以上者。日本太古代三波川系

之結晶片岩中，產有含銅黃鐵礦之層狀礦床，由遠江久根礦山附近起，中經紀伊半島，以至四國，構成橫斷東西之一大礦帶。其中以別子銅山執其牛耳。前述之媽太礦脈羣亦為沿變質粘板岩及其他變質岩層面之層狀礦脈，走西北東南之方向，有無數礦脈或斷或續，構成長達 150 公里之大礦脈帶。

礦脈之深度亦與長度相同，極不規則。例如裂傷脈，其傾斜方向極短。但又有礦脈深達 1600 公尺以下者。例如南美巴西之摩羅偉爾荷(Morro Velho)礦脈是也。但通常礦脈愈深進，不單其幅員愈狹小，且其礦石品位亦愈趨貧弱。又因探礦費之增大，得不償失，不得已而停止工事者比比也。故礦脈究竟發達至如何之深度，尚無充分之研究。至在理論上，由地殼上部至深十二公里以下之深處為可以生成裂隙之地帶，稱之為裂隙帶(Zone of Fracture)。故知在此地帶內有礦脈之存在，在此帶以下，壓力過大，岩石性質與粘土相似，因力之作用而變其形狀，雖有裂隙之生成，但立即相粘合，故無礦脈生成之餘地。吾人稱此地帶為岩流帶(Zone of Rock Flowage)。在上述二帶之間有極薄之裂隙岩流帶(Zone of Fracture and Flowage)。在此部分，岩石之質若堅脆則生裂隙，若為粘土質之岩石，則因力之作用而常變其形體也。

日本別子銅山之第四坑道，由礦床露頭起計，深約 1500 公尺。在此深處有水平坑道。由坑口至礦床地點，約有 4500 公尺之距離。礦床為幅員約寬二公尺之富礦體。蓋在含銅黃鐵

礦礦床中實爲極大之礦床也。其層向延長約 1500 公尺弱。

礦脈之深度與長度常不相比例。今將採掘中之世界有名礦脈之堅坑深度列舉如下。

(1) 英國多爾科斯礦山 (Dolcoath Mine, Cornwall, England), 約長 1000 公尺。

(2) 捷克斯拉夫(波威米亞)普利布藍礦山 (Pribram Mine, Bohemia), 約長 1200 公尺。

(3) 澳洲本第哥礦山 (Bendigo Mine, Victoria Australia.), 約長 1600 公尺。

(4) 巴西摩羅偉爾荷礦山 (Morro Velho or St. John del Ray Mine, Brazil), 約長 2000 公尺。

礦脈之傾斜通常甚急,亦有僅作數度之傾斜者,名曰橫臥脈 (Blanket Vein), 但罕有甚大者。例如 高麗平安北道龜城礦山 之含金石英礦脈是也。

礦脈中之富礦體與探礦方針,既如第四章所述,在一礦脈中非任何部分皆產豐富之礦石,通常限於其中一部分,礦石之產量特多,是爲富礦體。但亦有礦脈全體皆可視作礦石加以採取者。例如層狀含銅黃鐵礦是也。唯此乃屬於特殊種類之礦脈。

礦脈中之富礦體狀態至不一律,有以一定之長度向地下深處作傾斜延長者;作不規則礦團或礦巢,礦房,礦囊等形體散點於礦脈中者;有作礦筒向下部下延長者;又有礦條之

細脈分散於礦脈中者。故當採掘礦脈時，固須沿礦脈層向之方向進行，同時亦須沿傾斜之方向，或上或下，多加採掘，以探究富礦體之形體及分布狀態。又礦脈通常作礦羣而存在，且多平行脈，故沿與層向作直角之方向亦須採掘，以探究有無平行礦脈。特別限於金銀礦脈之例，單靠肉眼不能決定礦石之品位，故探礦與分析並重。富於硫化物之礦脈，特別為銅礦脈，其脈石若為石英，則在氧化帶之下常有次生硫化物富礦帶之存在。反之，若以方解石為脈石時，則由天水所溶解之硫酸銅，皆在下部氧化帶，與碳酸鈣及遊離矽酸相化合，沉澱孔雀石，矽孔雀石，藍銅礦，赤銅礦等氧化礦物，而構成豐富之氧化帶。此時常缺次生硫化礦富化帶。

金礦脈之氧化帶中亦產豐富之礦石（參看第四章）。此外含鉛，鋅，銀等礦石之礦脈中，亦常見有次生硫化礦富化帶或氧化帶，但不及銅礦脈之顯著耳。

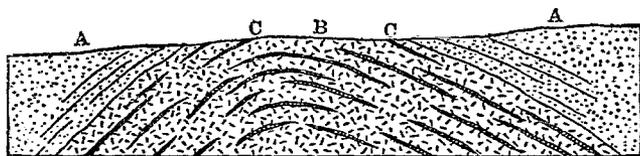
裂隙之生因 (Origin of Openings) 礦脈乃由礦物充填岩石之裂隙而生成者。此等裂隙之生因，有起於岩石本身者，是為內力的裂隙；有由岩石受外部之力的作用而生成者，是為外力的裂隙。

(I) 內力的裂隙 (Entokinetic fissures)

(A) 收縮裂隙 (Contraction fissures) 當岩漿冷却固結之際，因容積之縮小而生裂隙。火成岩之節理 (joints) 皆為收縮裂隙。其中之大者，因礦液沿之上升，遂構成礦脈。梯狀礦脈

(第九十五圖)即由此原因而生成者。例如澳洲威瓦勒礦山閃綠岩脈中之梯狀礦脈(Waverley Mine, Victoria, Australia)是也。又日本山口縣藥王寺銅山之電氣石銅礦脈發達於石英二長岩與砂質粘板岩層之接觸部,多產相平行之小脈,其大部分則產於火成岩中,亦有突入水成岩中者。但侵入水成岩之後,脈幅狹小,礦石品位亦貧弱,終至尖滅。此等平行礦脈明明爲火成岩漿冷卻固結時所生之收縮裂隙,由礦液之上昇,沉澱其中而生成者也。又德國撒遜尼泰瓦爾特之錫礦脈產於侵入石英斑岩中之花崗岩中,與花崗岩岩株之接觸面相平行,作同心圓狀之收縮裂隙(第一百零二圖)。又在花崗岩中常發見網狀錫礦脈亦多屬收縮裂隙。

第 一 百 零 二 圖



泰瓦爾特錫礦脈地方断面圖。約(1/7000) A爲石英斑岩。B爲花崗岩岩株。C爲礦脈。

收縮裂隙亦存在於水成岩中,即當水底堆積物固結時,因容積之縮小,發生規則的節理,或不規則的裂隙。砂岩層中常見有與層面垂直,互相直交之節理。石灰中之裂隙亦多屬收縮裂隙。裂傷脈之大部分皆由於礦液沿石灰岩節理下降,溶解母岩,擴大其裂隙,同時沉積礦物而生成者。

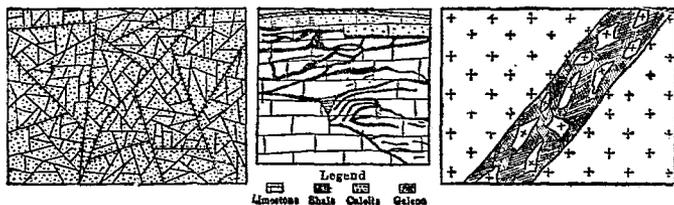
(B) 膨脹裂隙 (Expansion fissures) 橄欖岩受天水作用，變化為蛇紋岩而增大其容積。此種膨脹之結果，在蛇紋岩中生大小無數之裂隙。例如新加勒頓尼亞島及其他地方，蛇紋岩中之矽鎳礦礦脈，乃天水沿此種膨脹裂隙而下降，從母岩中所採取及溶解之鎳分遂分泌而生成之礦脈。總而言之，此種裂隙與礦脈之生成無甚重要之關係。

(II) 外力的裂隙 (Exokinetic fissures)

(A) 斷層裂隙 (Fault fissures) 礦液沿斷層之裂隙而上升，在其中沉澱礦物，遂生成所謂斷層礦脈。此種例最為普通。在礦脈之上下兩壁，不單摩擦面甚發達，即礦脈自身亦呈角礫構造，或構成黏土脈。

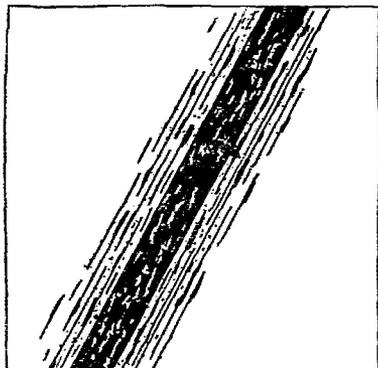
(B) 岩石碎裂帶 (Shear Zone and Sheeted Zone) 岩石沿某一弱線而被壓碎時，在此方向發生無數之平行小裂隙，名之為碎裂帶。重膜礦脈 (Sheeted Veins) 率即在此種裂隙中由礦液之沉澱作用而生成者也(第一百零三至第一百零五圖)。

第 一 百 零 三 圖



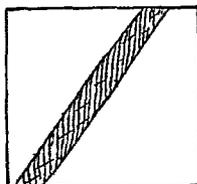
礦脈之角礫構造

第一百零四圖



岩石碎裂帶(Sheeted Zone)

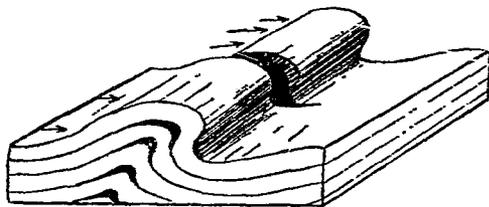
第一百零五圖



岩石碎裂帶(Shear Zone)

(C) 皺曲裂隙(Fold fissures) 水成岩結晶片岩等受皺曲作用時,沿成層面或片狀層理而生裂隙。此與從書冊之兩端加以壓力,則頁與頁之間發生裂隙之理相同(第一百零六圖)。此時在背斜與向斜之部分所生裂隙尤大。此得由實

第一百零六圖

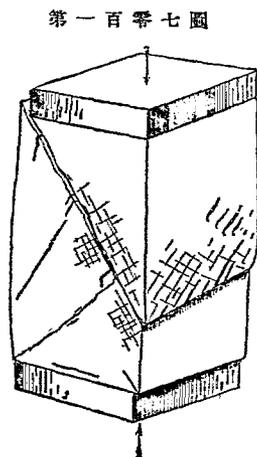


沿背斜軸及皺曲軸垂直之方向而生裂隙之模型。

驗上測知之澳洲本第哥礦山之鞍狀礦脈(第九十七圖),即由礦石充填此種裂隙而生成者。又成層岩起皺曲時有與皺

曲軸成直角之方向發生裂隙者。

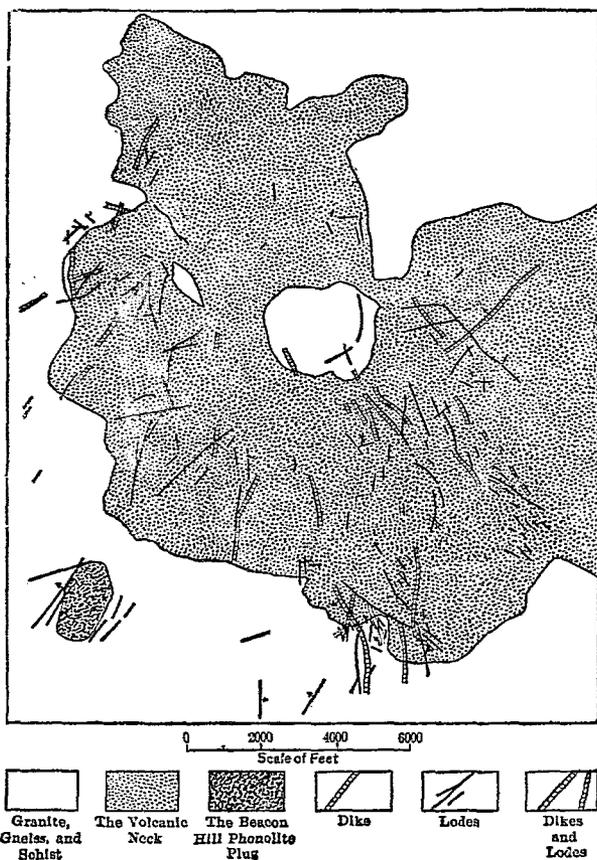
(D) 壓迫裂隙 (Compressional fissures) 堅硬之火成岩岩質較之黏土質水成岩極脆弱。若受橫壓力之作用，不起皺曲現象，而多生裂隙。法國之都布勒氏 (Daubree) 用蜜臘石膏及樹脂之混合物作成短柱，從柱之兩端加以壓力，則與壓力方向作45度角之方向發生極大之裂隙。又與此裂隙平行或垂直之方向亦生無數之小裂隙。此已經實驗上證明者也(第一百零七圖)。火成岩中有種種方向之平行的礦脈羣，即由此壓力作用而生成者。例如日本足尾礦山之礦脈羣是也。



都布列氏之實驗。

此外有因地盤之陷落而生裂隙者。例如在石灰岩或岩鹽層極發達之地方，因地下之洞穴，上部地層有時陷落，遂發生同心圓或放射狀之裂隙。唯礦液在其中沉澱者較罕。但以大火山頸為中心之地方，常見有放射狀礦脈，極發達。例如美國科羅拉多州庫律普庫利克地方之金礦脈羣是也(第一百零八圖)。蓋此種裂隙乃岩漿通過大火口道而溢出，當其冷卻凝固時，充填於火口道之石塊遂向下沉降，由此種力的作用，遂發生放射狀裂隙。

第一零八圖



庫律普庫利克之放射狀礦脈羣

裂隙之充填及膨大 如前節所述,裂隙因種種之原因
而生成.但在礦脈生成當時,此等裂隙之幅員並非即有數尺

乃至數十尺之巨，礦液亦非能在其中自由循環也。在地中深處，壓力極大，此等巨大空隙決不能長久存在。即在地表附近，因石灰岩之溶解而生成大空隙之外，其他岩石中亦罕有此種大空隙也。前述原因最初僅發生空間狹小之裂隙，後因礦液沿此弱線而循環，逐漸沉澱礦物，其結晶力(Force of Crystallization)，有排擠母岩及前期沉澱結晶之礦物之作用，或由侵蝕及交代母岩礦物等作用，漸次增大其容積，最後遂作成大礦脈。但作對稱的帶狀構造及有晶洞之礦脈，則由礦液沿有相當空間之裂隙而沉澱構成者。(註一)

史帕爾(Spurr)氏謂(特別為富於石英之礦脈)有富於黏性之礦石岩漿(Ore Magma)受熱氣體之壓力，沿岩石中小裂隙而侵入母岩中，遂生成礦脈。其作角礫狀構造者，乃因礦石岩漿之黏性過大，岩塊之沉降為其所妨礙，仍殘留於礦脈中故也。

礦石及礦脈之帶狀分布 以火成岩為中心，礦石類常發達成帶狀。例如英國康禾地方在火成岩(花崗岩)中及其附近，錫礦脈甚發達。距火成岩漸遠，則漸移變為銅礦脈。距火成岩更遠，則又移變為鉛鋅礦脈(第十七圖)。又美國蒙但那州貝特地方附近之礦床亦以花崗岩為礦源岩，近火成岩者為銅礦脈，距火成岩漸遠則漸多鉛、鋅、鐵等礦脈。世界到處皆有此例。即礦石之帶狀發達(Zonal distribution of ores)為極明顯之事實。此種帶狀發達之限一礦脈者，則礦石種類由深

進淺漸次變化。此現象本容易觀察。但欲以一般的說明表示此種帶狀發達，頗爲困難。就多數之例言之，區別爲次之六帶。（以礦源岩之距離由近至遠爲準）。

(I) 偉晶岩帶（包含錫，鉬，鎢礦等礦脈）。

(II) 石英金礦脈帶。（石英粗大，爲結晶質，及混有黃鐵礦等硫化物）。

(III) 銅礦脈帶含有黃銅礦，黃鐵礦，及其他硫化物。

以上爲深處之礦脈。

(IV) 方鉛礦，閃鋅礦脈帶。（一般之例，閃鋅礦發達於下部，方鉛礦發達於上部，含銀量甚多）。

(V) 金銀礦脈帶。（富於種種之銀礦，並含有銻，鉍，砷，碲，硒等之化合物，以石英爲最普通之脈石，又常以玉髓爲其代表）。

(VI) 非金屬礦脈帶。（以石英，玉髓，方解石，重晶石，螢石等爲主之礦脈）。

以上爲中深處及淺處之礦脈。

第二節 礦脈各論

多種之礦石與脈石相混而生成礦脈時，其種類至爲繁雜。但若礦脈中之礦物，並非作不規則之混合，而略呈規則的共生之現象，如緒論所詳述，利用此種共生之關係，可以區別爲若干之脈型。此種分類不獨在探礦上，即在探礦上，亦頗重

要也。今試舉重要之礦脈標式如次。

- (I) 錫礦脈(附鎢礦脈及鉬礦脈)
- (II) 銅礦脈
- (III) 金銀礦脈
- (IV) 含銀、鉛及鋅礦脈(附銀礦脈)
- (V) 銻礦脈
- (VI) 鎳及鈷礦脈(附鈹礦脈)
- (VII) 汞礦脈
- (VIII) 鐵及錳礦脈
- (IX) 鈾鈾鈣礦
- (X) 非金屬礦物之礦脈
- (XI) 含鎘礦脈
- (I) 錫礦脈(附鎢礦脈及鉬礦脈)

錫產於世界各地，但產額大者甚罕。錫礦脈之重要產地爲英國之康禾地方，南美波利維亞等。其次爲澳洲之塔斯瑪尼亞。至世界最大之錫產地爲瑪萊半島及其屬島(Bangka及Billiton)，但非礦脈而爲砂錫。

錫礦脈爲重要之礦脈，多表示特種之礦物共生與母岩變化，乃在極高溫度之下生成者。即，此種礦脈多由在水之臨界溫度以上之氣化作用或高溫度之過熱水溶液作用而生成，一方移化爲接觸變質礦床，一方則移化爲生成溫度稍低之熱水礦脈，而位兩者之間之礦脈也。

共生之礦物 錫礦脈之主要礦物爲錫石。(SnO₂)此外作錫礦石而產出者有黃錫礦，但爲稀有礦物。與此等錫礦物共生者，有下列之種種礦物。

脈石有石英,螢石,電氣石,銻雲母,黃玉,斧石,磷灰石,綠泥石,菱鐵礦,長石,綠柱石(較罕)等。礦石有黃鐵礦,硫砷鐵礦,磁硫鐵礦,黃銅礦,方鉛礦,閃鋅礦,輝銅礦,錳鐵錳礦,鈣重石,磁鐵礦,輝鐵礦,鈦鐵礦,鈹礦等。

在此等礦石中,含硼素者有電氣石,斧石等。含氟素者,有螢石,黃玉等。含氯素者,有磷灰石等。皆為特種之礦物。當錫礦脈生成時,溫度甚高,(在水之臨界溫度以上)錫及其他多數金屬以氯化物,氟化物硼酸鹽等之氣體而發散,如第十章所述,常由化學的作用而結晶。若在此種混合礦脈中含有多量之硫化物,而缺少特種之含硼,氟等原素之礦物,或為量甚少,反以多量之菱鐵礦,綠泥石等為脈石時;則未能速斷此錫礦脈為完全由氣化作用生成者;或係由過熱水溶液而沉澱生成者,亦未可知也。至於錫或作容易揮發之化合物以熱氣之形體溶解於水溶液中,或以其他之成分比例作容易溶解之物體而溶解於水溶液中。英國康禾及德國撒遜尼等錫礦脈地方,在礦源岩之花崗岩附近,產有錫礦脈。在距花崗岩稍遠之處,則產銀,鉛礦脈。在兩者之間亦有中間性之礦脈。由此觀之,錫礦脈或由氣化作用,或由熱水作用,皆可生成。唯錫礦石較之其他金屬礦石容易結晶沉澱,故不能如其他金屬礦物由礦源岩漿運搬至遠距離之地點也。

礦源岩與母岩(附礦脈之生成) 錫礦脈大多數與酸性火成岩有密切之關係,此為其顯著之特徵,即錫礦脈幾全體

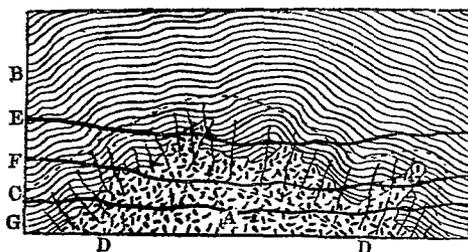
產於花崗岩中或其附近地點。此花崗岩侵入於周圍之岩層中，而礦脈之生成則由於花崗岩噴發之後火成作用也。一般錫礦脈之礦源岩爲花崗岩，或與之相類似之酸性岩。花崗斑岩，石英斑岩亦有爲錫礦脈之礦源岩者。有時亦以石英粗面岩爲礦源岩。（例如墨西哥之某錫脈）。此外錫礦脈有與石英閃綠岩相伴產出者。唯一般與中性或鹽基性之火成岩有生因關係之錫礦脈則未有所聞。例如南美波利維亞之錫礦脈從前信爲與安山岩有生因之關係，但據後來之研究，始知該礦脈與花崗岩及石英斑岩有密切之關係。故知凡錫礦脈之礦源岩皆爲酸性火成岩也。

此等礦源岩之侵入時代，即錫礦脈生成之地質時代，至不一律，由太古時代至第三紀皆有此種礦脈之生成。至此等火成岩大都作底塊，岩株，岩磐，岩脈，岩床等種種產狀而侵入地層中。墨西哥錫礦脈礦源岩則爲石英粗面岩，流溢地表而產出，爲一特異之現象也。

錫礦脈有充填於其礦源岩中之裂隙者，亦有充填於礦源岩所侵入之其他岩石中之裂隙者，但皆發達於兩者之接觸部附近（第一百零九圖）。距接觸部漸遠則在花崗岩與被侵入之岩石中皆無錫礦脈之存在。當岩漿侵入之際，其接觸部之冷卻固結較速，因收縮而生裂孔。此等裂孔直達周圍之岩石內部，到處發達。但岩漿之中心部則尙未固結，仍繼續放射種種之金屬化合物，通過其外部所生之裂孔而上昇，在途

中遂結晶，充填其中。一般錫礦脈發達於花崗岩岩株之頂部，若水蝕作用激烈之地，則錫礦脈之主要部分既被削蝕，故鮮有錫礦脈，但在下遊地方則常見砂錫也。

第 一 百 零 九 圖



花崗岩侵入之接觸部，錫礦脈甚發達。但因水蝕作用，礦脈漸次露出。A 爲花崗岩。B 爲水成岩。C 爲接觸變質區域。D 爲花崗岩中錫脈發達之界限。E, F, G 示水蝕作用之順序，即表示地盤被削蝕之階段。

試廣查世界之例，錫礦脈有以其礦源岩之花崗岩爲母岩者，有以受花崗岩侵入之結晶片岩爲母岩者，有以黏板岩，砂岩，石灰岩等爲母岩者，有以片麻岩或古時代之花崗岩爲母岩者，又有以其他火成岩爲母岩者。總而言之，錫礦脈之生成雖與侵入岩之火成岩有生因之關係，但與被侵入之岩石性質則完全無關係也。

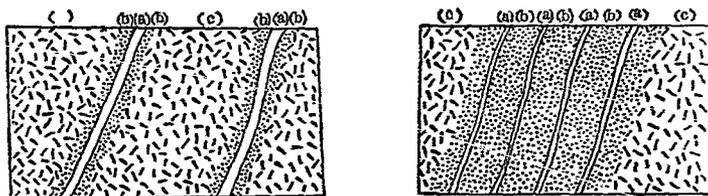
母岩之變化及錫礦脈之實例 錫礦脈之第一特徵爲與礦脈相接之母岩之變化。

最普通之母岩變化爲雲英岩化。礦脈若貫穿於花崗岩或其他火成岩之中時，母岩中之長石類因氯化作用而完全

分解，又受石英及其他礦物之交代，不留餘跡；同時黑雲母亦變化為鉀雲母及鈉雲母。由此種作用而生成之岩石是為雲英岩，以石英及鉀雲母為主成分，含有多少之錫石，黃玉，螢石，電氣石等。此變化通常限於接近礦脈部分，厚數寸乃至數尺，罕有佔極大之區域者。但多數礦脈若相平行而產出時，則此等礦脈間之母岩有全部化為雲英岩者(第一百十圖)。

德國(撒遜尼)愛爾慈格堡格地方之錫礦脈。撒遜尼與波成米亞相接之地方，產多數錫礦脈，古來有名。但現今則不產錫礦矣。在阿爾登堡(Altenberg)地方，礦脈以極大之網狀礦床形式而產出。其地質為新舊兩種花崗岩。新者侵入舊者之中。兩者皆貫絡有無數之小礦脈。其附近，母岩之雲英岩化範圍甚廣。產於小脈中之礦物，除錫石之外，有石英，鉍礦，輝鉍礦，黃鐵礦，黃銅礦，輝鉍礦，碲鉍鐵礦，閃鋅礦，鎢鉍鐵礦，螢石，黽網礦，磁鐵礦，輝鐵礦等。今表示此地方之花崗岩與雲英岩之化學成分如次。(旁)

第一百十圖



錫礦脈與母岩之雲英岩化。a 為錫礦脈。b 為雲英岩。c 為花崗岩。

(氧化物)	(花崗岩)	(雲英岩)
SiO ₂	74.68	70.41
TiO ₂	0.71	0.49
SnO ₂	0.09	0.49
Al ₂ O ₃	12.73	19.86

Fe ₂ O ₃	—	1.42
FeO	3.00	5.69
MnO	—	0.29
MgO	0.35	0.69
CaO	0.09	0.21
K ₂ O	4.64	3.01
Na ₂ O	1.54	0.98
F	—	3.10
H ₂ O	1.17	—
合計	99.50	100.44

又雲英岩中之礦物成分比率如次表。(%)

石英	50.28
黃玉	12.14
鉍雲母	36.80
錫石	0.43
合計	99.61

阿爾登堡之花崗岩，因地點不同，有受黑色細脈之貫絡者，名曰黑線帶(Zwitterband)，在顯微鏡下觀之，為錫石，白雲母，石英，黃玉等小粒之集合體。

近阿爾登堡之泰瓦爾特地方(Zinnwald)亦有多數錫礦脈產於侵入石英斑岩之花崗岩岩株中，充填與兩者之接觸面相平行之收縮裂孔。(第一百零二圖)脈幅由數寸以至數尺不等。脈之上下兩壁常變化為雲英岩。(第六圖)礦脈之構造作帶狀，白雲母沿壁甚發達。其內部產有石英帶。錫石之外，尚產錳銻鐵礦，鈣重石，螢石等礦物。

在錫礦脈之母岩中，電氣石化與雲英岩化為同樣之變化，所異者唯岩漿之發散物中富於硼素之一點而已。由此種熱氣體之交代作用，在母岩中產多量之電氣石。在火成岩與水成岩均能發生此種變化，例如英國康禾地方在錫礦脈附近，電氣石花崗岩甚發達，大部分為石英與放射狀電氣石之集合體，長石及雲母之大部分皆受電氣石之交代，其產出狀

態完全與一般之雲英岩同樣。故此岩石又稱爲電氣石雲英岩。日本大分縣尾平礦山大藏鋪附近，產多數含錫礦之電氣石微脈，縱橫貫絡於花崗岩中，曾視作錫礦，加以採掘。母岩之變化範圍甚廣，變爲一種之電氣石花崗岩，幾完全爲石英與電氣石之集合體矣。

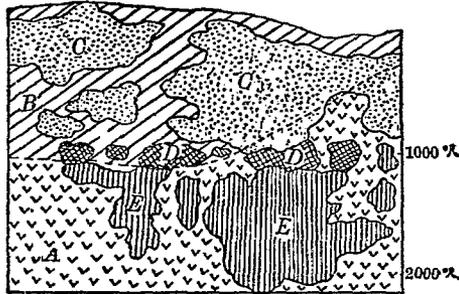
黏板岩中貫絡有石英、錫石、電氣石等礦脈時，有受電氣石化作用極激烈者，變爲電氣石黏板岩。在英國康禾地方不少此例。

英國康禾半島之錫礦脈。

此地方主要地質爲古生層之水成岩，各處皆有花崗岩株之侵入。錫礦脈發達於花崗岩與古生層黏板岩之接觸部。兩種岩石中皆產有之。（第十七圖）花崗岩之侵入期在石炭紀與三疊紀之間。尚有所謂愛爾萬（Elyan）岩脈（一種花崗斑岩岩脈）貫穿於花崗岩與黏板岩兩者之中，極發達。此地方之錫礦脈乃由愛爾萬岩脈迸發後之後火成作用而生成者。錫礦脈雖有作單礦脈者，但一般多作複成礦脈，亦有以小脈相集而構成礦帶者，有時多數細脈以不規則之方向相錯綜，構成網狀礦床。試檢查各礦脈外層，以石英爲主，排列成帶狀，混有錫石、鎢、鉍、鐵礦，及其他礦物。內部多係黃銅礦、方鉛礦、硫磺、鐵礦、石英之集合體。有時亦發見綠泥石、螢石、重石、閃鋅礦、輝鉬礦、輝鉍礦、磁鐵礦等。母岩一般受電氣石化作用，花崗岩變化爲石英與電氣石之集合體。黏板岩亦同。電氣石之針狀小結晶，在礦脈兩側，構成集合體，又常沿成層面滲浸極廣，發達於脈之兩側。此地方亦產銅礦脈。其中有同時含多量之錫與銅者。脈之上部作銅礦脈採掘之，愈深掘，錫石之量愈增，則視作錫礦脈加以採取。最有名者爲多爾科斯礦山（Doleath Mine）。主要礦脈之最大者，幅達五尺以上，長約二英里。其上部在黏板岩中，多銅礦。（約長千尺）掘至下部，錫礦之量漸增加。進入花崗岩中之後，幾完全化爲錫礦矣。現今已掘入約三千尺以

上之深。礦脈之幅仍極大。構成複成礦脈之部分，其有探掘價值者，脈幅達二十尺以上(第一百十一圖)。

第一百十一圖



多爾科斯礦脈之一部断面圖A以花崗岩爲母岩之部分。B以黏板岩爲母岩之部分。
C銅礦之探掘跡。D銅錫礦之探掘跡。E錫礦之探掘跡。

日本大分縣尾平礦山附近之錫礦脈。

此地方有花崗岩質之大岩株侵入古生層中。礦床即位於岩株之邊緣部，多爲接觸變質礦床。有名薑礦脈者，貫絡於花崗岩中，以電氣石，螢石，及石英爲主成分之電氣石錫礦脈也。混有少量之黃鐵礦。錫石多爲顯微鏡的小結晶，混於電氣石中。其母岩之花崗岩有變化爲電氣石花崗岩者。大燕舖附近之錫礦脈幅員雖不及薑礦脈之大，但脈數較多，花崗岩中貫絡有無數之電氣石小脈，其中含有多少之錫石，曾加探掘。此附近地方，花崗岩之電氣石化程度甚盛。在廣大區域間，變質爲電氣石與石英之集合體。

錫礦脈之母岩有受黃玉化或斧石化作用者唯較罕見

耳。日本大分縣西白杆郡見立礦山即屬此例。

此地方地質爲古生層之水成岩，到處有花崗岩質岩株，岩脈之侵入。接觸變質所及之範圍甚廣。礦山附近地質爲砂岩及石灰岩，層向略走東西，向北作急傾斜。錫礦脈之脈幅甚寬，成一條帶，以砂岩爲上盤，石灰岩爲下盤，而與層面平行之

層狀礦脈也。(第九十一圖)脈幅最大之部分達三十尺以上。礦床全部由磁鐵礦構成之,其中含有少量之錫石,但因部分不同,有產品位甚高之錫礦者。外觀似完全爲錫石集合體,但混有少量之黃銅礦,硫砷鐵礦,閃鋅礦,石英,綠泥石,柘榴石,方解石等。其母岩之變質狀態呈一種特徵,即構成上盤之砂岩中,特別在礦脈附近,常發見有矽灰石,柘榴石,鈣鐵輝石等之集合體,或條帶;有時發見由交代作用而生成之斧石結晶。總而言之,此種礦脈屬於稀有之種類,乃由含硼素及其他礦化元素極少之高熱氣體之作用而生成者。可視爲一種礦脈狀之接觸變質礦床。一般,脈石缺少石英,爲其一特徵。

上述各種錫礦脈之例由其礦物成分及母岩之變質推之,明明屬氣化礦床也。但由其他種類錫礦脈之成分礦物及母岩之變化各點觀之,又非完全由於氣化作用,而純係由高溫熱水溶液之作用生成者。例如以蛋白石,玉髓等爲脈石,以木狀錫石爲礦石之錫礦脈,乃明明由熱水作用而沉澱之礦床。日本多此類例。如下述之明延礦山錫礦脈是也。

美國尼瓦大州北部之木狀錫石(Wood Tin)礦脈爲熱水礦床之好例。今述之如次。

美國尼瓦大州蘭陀郡(Lander County, Nev.) 北部發見有錫礦脈,在學術上極有興趣之礦床也。母岩爲噴發於第三紀中期之石英粗面岩。礦脈之幅員甚小,亦有分歧爲微脈者。錫礦石皆爲木狀錫石,(塊狀,非晶質,成分與錫石相同),與輝鐵礦,玉髓,纖維石英(Lussatite,似玉髓)鱗砂石,蛋白石等共生。此礦脈非氣化礦床,而爲熱水礦床,此得由蛋白石之產出證明之。因此種非晶質矽酸,在三百六十度以上之溫度不能生成。玉髓及纖維石英乃由非晶質矽酸之蛋白石變質而成。

木狀錫石則由礦液沉澱之膠狀體氧化錫也。

錫礦脈中有以錫之硫化物，黃錫礦 (Cu_2FeSn_4) 爲主要礦石者。此礦物有時在通常之錫礦脈中作副成分產出，爲量至尠。在世界中僅有兩地方以此礦物爲主要礦石，即南美波利維亞之細羅都婆多西(Cerro de Potosi)地方及澳洲塔斯瑪尼亞之棲寒山(Zeehan Mt.)地方之錫礦脈是也。

南美波利維亞國之錫礦脈。

此國內到處產有錫礦脈，與侵入古生層及中生層之花崗岩，石英斑岩，石英粗面岩，及粗面岩等火成岩有生成之關係。此等火成岩皆係由中生紀末期至第三紀初期間之火成作用之結果。不問其爲深成岩或火山岩，皆由同一岩漿，在同一時期所迸發者。大多數礦脈爲與花崗岩類有關係之氣化礦脈，含有錫石，石英，電氣石，黃玉，螢石，磷灰石等氣化礦物；且母岩亦呈氣化變質之現象。至發達於細羅都婆多西地方之婆多西式錫礦脈與石英斑岩，石英粗面岩有密切之關係，唯不產特種之氣化礦物，母岩亦不呈氣化變質現象。礦石除黃錫礦及錫石之外，產少量之含銀黝銅礦及鉛，銅，鎳，鉍等硫化礦物；故視作銀礦及錫礦加以採取。此種礦脈明明爲熱水溶液沈澱物，大部分爲特種礦物之黃錫礦。

錫礦脈由氣化作用產於岩源岩中或其附近，但距礦源岩愈遠，溫度愈低，高熱氣體溶液遂變爲熱水溶液，在此種溶液中，尚含有錫之化合物，構成含錫石或黃錫礦之礦脈。

其次爲塔斯瑪尼亞島棲寒山地方之錫礦脈。

塔斯瑪尼亞島棲寒山地方之地質爲志留連系黏板岩，砂岩，礫岩等水成岩，及黑紋岩之岩脈岩床等。此外尚有蛇紋岩及斑柵岩頗發達。侵入上述諸岩石中者，有花崗岩之大岩株。在水成岩及其他古期岩類之接觸部皆起變質現象。由花崗

岩塊構成之歆斯卡克山 (Heemskirk Mt.) 之邊緣, (花崗岩中) 產多數之錫礦脈, 以錫石爲主要礦石, 並產鎢錳鐵礦, 自然銻, 輝銅礦, 黃鐵礦, 電氣石等此爲氣化礦脈。

在此錫石礦脈帶之周圍, 卽花崗岩與其他岩石之接觸部, 及接觸部附近, 在花崗岩範圍外狹小之地帶間, 產生多數之接觸礦床。礦石以磁鐵礦爲主, 兼混有多少之硫化礦物。但亦有以硫化礦物爲主要礦石之礦床。在此種礦床中, 作磁鐵礦之附隨物, 產少量之錫石。

在此種接觸礦床帶之外帶爲硫化礦帶, 含有多數之熱水礦脈, 在此等礦脈中, 有含多量黃鐵礦之礦脈與含多量菱鐵礦之礦脈。其中黃鐵礦常與多量之黃錫礦, 黃銅礦, 方鉛礦共生; 亦有含少量之鎢錳鐵礦, 輝銻礦, 及其他礦物者。間有含錫石與黃鐵礦之錫礦脈, 唯極罕耳。

如上所述, 在棲寒山地方, 不獨由氣化礦床轉化爲熱水礦床之狀態極爲明瞭, 並可以證明由氣化作用及熱水作用均可以生成錫礦脈也。

錫礦脈與其他礦脈之關係 錫礦脈常以多少之銅礦爲副成分, 既如前述。但有時產銅礦與多量之錫礦共生而構成銅, 錫之礦脈。例如英國康禾地方之礦脈, 及日本但馬地方明延礦脈是也。此種中間礦脈之存在, 卽表示錫礦脈與銅礦脈乃互相移變者。

錫礦脈有移變爲銀, 鉛, 鋅等礦脈者。銀礦, 鉛礦, 鋅礦與錫礦相混而產出之礦脈, 在南美波利維亞, 德國之富萊堡及其他地方均有此例。

錫礦脈中本含有少量之鎢錳鐵礦, 輝鉬礦等。但有時其含量激增, 與錫礦共生時, 亦可視作純粹之鎢礦脈鉬礦脈者。

鎢錳鐵礦脈 鎢錳鐵礦(俗稱狼鐵礦)與錫石更有密切之關係。此礦物常產於火成岩中, 尤多產於偉晶岩中, 亦有

產於錫礦脈中者。但主要者仍爲此礦石與石英所構成之礦脈，與錫礦脈相同，乃在高溫度之下生成者。氣化礦脈常產特種礦物，其母岩亦多表示特有之變化，共生礦物有重石，螢石，黃玉等；有時含有鎢鐵礦，鎢錳礦等鎢礦石。我國湘贛兩省南部及粵之北部一帶，此種礦床甚發達。粵東江東北部有鎢錳鐵礦之砂礫礦床，足徵其上游之贛省境上多此種礦脈也。鎢錳鐵礦又常產於普通之水熱礦脈中。例如金銀礦脈與銅礦脈中常發見有鎢錳鐵礦。

太隈地方(緬甸)之鎢錫礦礦脈。

太隈地方(Tavay)在緬甸之太隈河沿岸，爲一帶山地，占有長150英里，幅60英里之面積。此地方之鎢礦由1910年至1914年間，產2300噸之礦石。(此期間內，世界全產額爲8000噸)。至1917年，在世界產額28000噸中，4500噸實由此地方所供給。地質屬邁庫伊層(Mergui Series)，由泥板岩，礫岩，石灰岩等構成之。(古生層?)有花崗岩岩株侵入此地層中。水成岩受接觸變質作用，變爲千枚岩，結晶片岩等。此地方之鎢錳鐵礦及錫石皆與花崗岩有生因的關係。其產狀如次。(1)集中於白雲母花崗岩中，(2)產於偉晶岩礦脈中，(3)與雲母，螢石，及矽化物共生於石英礦脈(氧化)中，(4)與雲母，黃鐵礦等滲染於雲英岩中。此外鎢錳鐵礦與錫石亦發見於露天化砂礫礦床中。(殘留於土壤中之者)。瑪萊半島探掘最盛之錫石卽屬此類礦床也。(3)之礦脈產於花崗岩中，所含礦物有石英，鎢錳鐵礦，錫石，黃鐵礦，黃銅礦，輝鉬礦，方鉛礦，閃鋅礦，硫磺，輝鉍礦，輝鉍礦，自然鉍，雲母，黃玉，螢石，菱鐵礦，方解石等。

鉬礦脈 輝鉬礦亦爲與錫石共生之礦物，產於花崗岩及偉晶岩中，又常產於錫礦脈中，亦有產於接觸礦床中者。但產量最多者仍爲產於花崗岩或其他酸性火成岩中之輝鉬

礦石英脈。此與錫礦脈有密切的關係。兩者有互相移變者。又與鎢錳鐵礦脈有密切的關係。在此兩者間，不少中間性礦脈。高麗江源道金剛山地方多鎢錳鐵礦，輝鉬礦，及兩者間之中間物，又有與錫脈相混之脈型等。德國阿爾登堡之錫礦脈地方附近之沙第斯多爾夫村(Sadisdorf)產不含錫石之鎢錳鐵礦——輝鉬礦石英脈等。其中之共生礦物有少量之黃銅礦，硫砷鐵礦，螢石，磷灰石等。在石英脈中，雖有含多量鎢錳鐵礦，輝鉬礦等之礦脈，但達地中深處，仍產豐富礦石之礦脈則甚罕也。

日本島根縣山佐礦山在花崗岩山地中，到處發見有含輝鉬礦之石英脈。礦石在脈中作大小之薄膜。石英有沿此礦物膜片而裂開之傾向。有時石英脈中含有黏土脈，有中亦產輝鉬礦之細鱗片。又富山縣新川郡富山礦山亦產美麗六方板狀之輝鉬礦結晶。

高麗金剛山(江原道淮陽郡)中之金剛礦床，在山嶽中。地質為花崗岩及片麻岩所構成。侵入此等岩石之石英脈中，產鎢錳鐵礦，錳石，輝鉬礦，及少量之黃銅礦，方鉛礦，閃鋅礦等。有時又發見有長石與黃玉。此礦脈明明為偉晶岩質礦脈也。礦脈之數達二十餘，幅寬由三寸至一尺二三寸不等，走向有延長至二千尺以上者。在高麗，此類之例尚多，如青陽礦山長水礦山等是也。

(II) 銅礦脈 銅礦脈之礦石多為硫化物。脈石則以石英為最普通。此外亦產方解石，菱鐵礦等之碳酸鹽類及電氣石，螢石，重晶石等。銅礦石之最重要者為黃銅礦，因銅礦脈大都以此礦物為主要礦石。通常附帶有多少之黃鐵礦或磁鐵礦。至斑銅礦及輝鉬礦則多屬次生的礦物，產於硫化礦富

化帶，有時亦有作初生的礦物產出。在通常之銅礦脈中，硫酸銅礦本甚罕，但有時產量極富，變為主要之礦石。例如美國蒙但那州貝特地方 (Butte) 之某礦脈及臺灣金瓜石之金銅礦脈(參看本章金礦脈之項)是也。黝銅礦產於銅礦脈者亦甚罕，但有時構成重要之礦石。

自然銅常發見於銅礦脈之酸化帶。但以此礦物為初生的礦石之礦床則甚稀。唯在美國淑貝利阿爾湖地方之銅產地有以此礦物為主要礦石之礦脈，極罕觀之脈型也。

銅礦脈通常含有多少之方鉛礦，閃鋅礦等。同樣，鉛，鋅礦脈中，除方鉛礦，閃鋅礦，銀礦之外，亦常含多少銅礦。故知鉛鋅礦脈與銅礦脈為互相移化者。兩者間之中性礦脈，即同時產多量之銅，鉛，鋅等礦石之礦脈亦不少。

銅礦脈中有含金銀量較多者，又有金銀礦脈同時產銅礦者。在此兩者之間，亦有中間性礦脈。故知金銀礦脈與銅礦脈亦為互相移化者。

錫礦脈中常含有微量之銅礦為副成分。若其量增加，則視作銅及錫之礦床採掘之。英國康禾地方之錫，銅礦脈，古來有名之此種礦脈也。在銅礦脈與錫礦脈之間，不單有中性礦脈之存在，並且兩者乃互相移化之礦脈。

就下所述各例觀之，銅礦脈之礦源岩有為花崗岩，石英閃綠岩等酸性或中性之深成岩，又有為石英粗面岩，安山岩等之酸性或中性之火山岩。但以蛇紋岩，斑禰岩，玄武岩，輝綠

岩等鹽基性火成岩爲岩源岩者則甚罕。其生因以熱水液之作用爲主。間有由氯化作用而生成者。由熱水液生成者，其母岩常起青磐化，（綠泥化）絹雲母化，矽化，碳酸鹽化等變質作用。

銅礦脈之種類 如前所述，銅礦脈混有種種礦物，狀甚複雜。若就各礦脈作精細之調查，常發見脈石礦石有特種的共生關係。由此等共生關係，區別銅礦脈爲次述之數種。

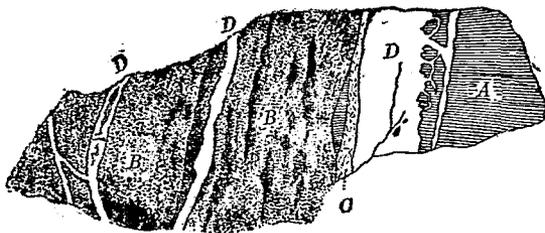
(A) 銅錫礦脈 此種礦脈可視作錫礦脈之一種，同時其中混有多量之銅礦，故又可視作銅礦加以採取。主要礦石爲錫石及黃銅礦，而以石英爲重要脈石。此外尚混有錫礦脈中所共生之種種礦物。此種礦脈通常與花崗岩及與之相類似之酸性火成岩有生因的關係，皆在高溫度之下，由氯化作用或由含有多量礦化素氣體之熱水溶液之作用而生成者。英國康禾地方多此種礦脈，既如前述，又日本但馬地方養父郡明延礦山之礦脈亦屬此類。

明延地方地質以古生層之黏板岩，砂岩爲主。亦有似中生層之黑色泥板岩，砂岩，礫岩（間有多少石灰岩）等累層，甚發達。在南部，閃綠岩及片狀閃綠岩之發達區域甚廣。此外，在各處皆發見有作小塊之閃綠岩質火成岩。侵入古生層中者爲斑輝岩質之鹽基性岩，或幾全由長石及石英構成之分漿酸性岩，作小塊狀，到處露出。又因褪色變爲白色之石英粗面岩脈亦甚發達。礦脈有存在於閃綠岩及中生層中者。但主要者則產於古生層中。其方向不一定，以NW→SE及東西方向之層向爲最多。一般向東北或北方作急傾斜。

礦脈除一二之例外者以外，大多數賦有同樣之性質。即在石英脈中，含有多量之黃銅礦，鎳錳鐵礦，及其他礦物。其中

之大仙礦脈，脈幅有大至數尺者。綿之，此種大礦脈決非由一次之礦化作用所能生成，乃沿母岩之碎裂帶而構成。最後脈。礦脈每裂開一次，則新礦液沿之上升而作成新礦脈。最後生成極複雜之複成礦脈。例如大仙礦脈(第一百十二圖)在石英中含多量之黃銅礦，呈暗褐色之部分為錫石之微粒及微結晶。(在顯微鏡下可以發見多量之錫石)。在未知識石中含有錫石時，只視作銅礦而採鍊之，含15%以上之銅與5%以上之錫。有含黃銅礦極罕之石英脈，橫斷此銅錫礦脈。在此石英脈中，特別在礦脈兩側部分，作薄片狀之錳鐵礦，甚發達，且含多量暗褐色之錫石微粒結晶，故為品位甚高之錫礦。但礦脈全體並非表示此種再裂開再充填之現象，唯見黃銅礦、錳鐵礦、錫石等散在於石英中，無規則的排列。又礦脈中，除少量之黃銅礦外，尚混有黃鐵礦、斑銅礦、閃鋅礦、方鉛礦等礦化物及自然鉍、螢石、重石等。原著者加藤氏在顯微鏡下發見銅錫礦中有黃玉微晶之存在。同時又發見少量之菱鐵礦混於礦石中。此等礦脈之母岩(以黏板岩為主)呈綠色，含多量之綠泥石物質，有時又見有多量之綠泥石，呈接觸變質之現象；但與礦脈相接之部分，褪色至淡綠、淡褐、灰色等色澤，且常有受矽化作用而變質為堅密之岩石者。在此部分，常貫絡有無數之微脈，在顯微鏡下檢之，為菱鐵礦與綠泥石之混成體，間有白雲母、石英及錫石等。由大仙礦脈所產含錫石輪礦(參看十二圖)中，有含玉髓為脈石者。玉髓之生成溫度在360°以下，即為氣化礦物與熱水礦物之中間物。蓋由岩漿所發散之氣

第一百十二圖



明延礦脈之標本 A為母岩。B為含銅錫礦石之礦脈。C為含錫石及錳鐵礦之石英脈。D為石英脈。

體溶液，侵入黏板岩中之裂隙，溫度漸低降，達至水之臨界溫度以下時，遂變為過熱水溶液，然其中尚含多量之礦化素氣體，故礦脈中含有錫石，螢石，鎢，鉍，鐵礦，重石，黃玉及其他氣化礦脈所特有之礦物。但母岩則通常變質呈熱水礦床之外觀。其礦源岩當係閃綠岩質岩漿，乃稀有之含錫礦脈標式也。

(B) 電氣石銅礦脈 此種銅礦脈以石英及電氣石為主要脈石，以黃銅礦為主要礦石，不含錫石，但其中混有錫礦脈所特有之種種礦物，即常與重石鉍礦等共生，並產少量之黃鐵礦及其他硫化物，一般以花崗岩及其他酸性深成岩為其礦源岩。在挪威之狄勒瑪爾慶 (Thelemarken) 地方，此種礦脈極發達，產於花崗岩中。日本山口縣藥王寺礦山之礦脈亦屬此類。

日本藥王寺礦山之地質由屬秩父古生層之黏板岩，砂質黏板岩，與秩父古生層下部之輝岩，及其他變質岩構成之。接近兩層之境面，石英二長岩(花崗岩與石英閃綠岩之接觸間物)，岩株甚發達。礦脈產於火成岩與砂質黏板岩之接觸部，有互作平行之十餘礦脈貫穿於兩者之中。但多數礦脈侵入火成岩中之後立即消失，縱不消失，脈幅亦減小，礦石品位亦低降，不值採掘。此等礦床之礦石以黃銅礦為主，混有多少之磷鉍鐵礦，黃鐵礦，輝鉍礦，自然鉍，方鉛礦，閃鋅礦等。脈石則以石英及放射狀之電氣石針狀結晶為主。又常產多量之綠泥石及重晶石。間有混少量之方解石者。礦脈兩側之石英二長岩通常變化為綠泥石之集合體，唯不見電氣石化之痕跡。總而言之，此乃石英二長岩岩漿冷卻固結時，在其外殼中生成無數之收縮裂隙，礦液充填其中，遂構成礦脈。其生成乃由於含多量礦化素氣體之過熱水溶液之作用。因溶液中所含礦化素化合物及其他礦化素氣體先在裂隙之兩側起交代作用而生電氣石，同時亦起熱水液之交代作用，而延長至礦化素氣體作用之最後期。由熱水液之交代作用而生成之主要產物為綠泥石，絹雲母等。如上述，由溶液之交代作用，裂隙漸次

擴大，在此期間中，沉澱種種之礦石與電氣石，綠泥石等，充填此等裂隙中。

(C) 石英銅礦脈 以石英為主要脈石之銅礦脈不含電氣石而含方解石，螢石，重晶石，及少量之其他礦物。通例以黃銅礦為主要礦石，但間有以硫砷銅礦，斑銅礦等為主要礦石者。混有多少之黃鐵礦，方鉛礦，閃鋅礦，又常見種種之稀有礦石及脈石，美國蒙但那州貝特地方附近之銅礦脈多屬此種類。澳洲南部蒙太(Moonta)地方亦多此種礦脈。日本之大多數銅礦脈皆屬此類。日本之石英銅礦脈中常產多量之土狀綠泥石。此乃母岩中之鐵鎂礦物受礦液之分解採取而沉澱者，有時在其中發見既完全綠泥石化之母岩破片，又混有似初生的粉狀赤鐵礦或雲母狀赤鐵礦。礦石中含金銀量甚富者視作銅，金，銀之礦石而採取之。例如日本茨城縣上都賀郡足尾銅山之礦脈是也。

足尾銅山地方之地質由古生層(黏板岩，砂岩，石灰岩與石英粗面岩，)構成之。石英粗面岩侵入古生層，以直徑約二英里之大火山頸露出地表。礦脈大抵侵入石英粗面岩中。但有少數礦脈則侵入水成火成兩岩中，或單產於水成岩中，其數甚多，達二百以上。層向略有一定(取二種方向，即分為二種平行礦脈羣。(1)N50°—60°E，(2)N80°—85°W。此礦脈在目前乃東洋第一之銅礦脈也。主要成分礦物為石英，黃銅礦，及黃鐵礦，混有少量之磁鐵礦，閃鋅礦，方鉛礦等。在氧化帶及其下部，產斑銅礦，輝鉬礦，赤銅礦，孔雀石，藍銅礦，自然銅等。又產多少之方解石及石膏。與石英共生，間產螢石，藍銅礦，鎳銻鐵礦，磷灰石及其他礦物，唯甚罕耳。足尾銅山中除此等礦脈之外，尙有名『小魚』(Kajika)之礦床，此乃在礦脈附近之母岩中作不規則的滲染之黃銅礦集合體，其與礦脈之外觀，有若小魚

從河流中上躍河岸而採取此種礦床則猶之從河中登岸捕捉小魚也。由是凡非礦脈而作不規則的產狀之礦石，皆名之曰『小魚』。此地方有大規模之筒狀小魚礦床，既完全絹雲母化，包含於呈脂感之土狀母岩中，乃傾向由東北以至西南之黃銅礦礦塊。其斷面極不規則，發見多數小裂隙，作放射狀，甚發達。蓋此筒狀之『小魚』礦床適當多數裂隙之交叉點。通過此裂隙之礦液途在裂隙之交集處沉澱豐富之礦石。母岩之絹雲母化即證明礦液從多數之裂隙而浸滲母岩中也。

在此礦山中，近又發見砂岩中產有塊狀礦床，同樣稱之為『小魚』礦床。其詳當讓之下述交代礦床章中。

(D) 碳酸鹽銅礦脈 以方解石，白雲石，菱鐵礦及其他碳酸鹽類為主要脈石，有時混少量之石英，重晶石等。礦石亦以黃銅礦為主。此外尚產黃鐵礦，磁硫鐵礦，方鉛礦，閃鋅礦等。有漸次移變為石英銅礦脈之性質。有時含少量之金銀，較之石英銅礦脈，其例甚罕。日本島根縣大森礦山即屬此類。

日本島根縣之大森礦山附近地質為侵入第三紀層中之石英頰火石安山岩，及其集塊岩(Agglomerate)，朽安山岩等。主要礦脈有五大條相平行，層向略指東西，向北作 45° 至 80° 之急傾斜，間有向南傾斜者。脈寬由數寸以至十尺左右。富礦體多作極不規則的礦團，亦有作礦筒之形式者。礦脈以含金銀黃銅礦，菱鐵礦為主成分。又常混有多量之重晶石及少量之石英。間產方鉛礦，閃鋅礦，赤鐵礦等。

(E) 含接觸礦物之銅礦床 此為充填裂隙之礦床。但其磐肌略呈不規則的狀態。礦石以黃鐵礦為主，常與磁硫鐵礦黃鐵礦等共生。脈石中有鈣鐵輝石，柘榴石，及其他接觸脈石。此外亦產石英與方解石。此類礦脈常產於中性或酸性之深成岩岩株與水成岩之接觸點附近，而多發達於後者之接觸變質帶中，與普通之接觸變質礦床有密切的關係，因此可

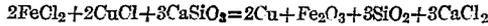
以稱之爲沿裂隙而生成之脈狀接觸礦床。唯此例甚稀。日本岡山縣川上郡吹屋町之吉岡礦山中，卽有此種礦脈。

日本吉岡礦山地方之地質以古生層之黏板岩及硬砂岩之累層爲主。在此地方南部，有紋岩質火成岩，故地層受接觸變質作用而變爲角岩者不少。吉岡礦床卽以此種黑褐色之角岩及呈美麗條紋狀之綠色變質黏板岩爲母岩之礦脈，共有十餘條，其重要者層向取東西與南北之兩種，傾斜由 50° — 70° 不等。礦脈厚薄不一定，膨大者達七尺以上。磐肌一般甚明顯。又常見有糜擦面，甚發達。礦脈中產磁硫鐵礦，黃銅礦，閃鋅礦，硫砷鐵礦，石英，方解石，又有母岩之破片充填其中。有二三礦脈則產多量之鈣鐵輝石，卽此種礦脈乃在高溫度之下生成者，位於普通礦脈與接觸礦床中間之特別標式也。

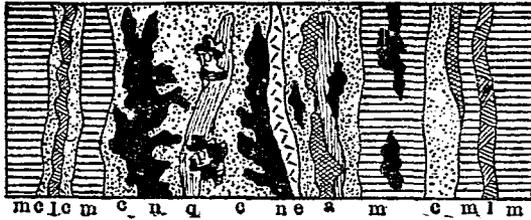
(F) 沸石銅礦床 此類礦床爲稀有之種類。其礦物之共生狀態亦有特徵。卽礦石以自然銅爲主，混有極少量之自然銀。脈石有方解石，濁沸石(Laumontite)，葡萄沸石(Prehnite)，魚眼石，鈉沸石，束沸石，礮沸石，石英，螢石，綠簾石，綠泥石等。世界中唯美國淑貝利啊爾湖之產銅地有此種礦脈。

在淑貝利啊爾湖之南岸，有突向湖中之琪偉鄒半島，(Keweenaw Peninsula)多數銅礦床之產地也。此地銅礦床作三種形態產於前寒武系之岩石中。(1)自然銅與沸石散在於黑色紋岩岩床中之大小之圓形空隙中。(2)此等礦物作礫岩之膠着物，充填於大小礫之間。(3)同礦物以礦脈之形狀充填岩石中之裂隙。在此三種礦床中，以(1)及(2)爲最重要。(3)之礦脈因產銅不多，無甚重要。有一部分學者以爲此等礦床雖由同一礦液而生成者，但其溶液非礦源岩之熱水液，而爲黑紋岩中之少量銅分溶解於天水中，後由分泌作用，遂生成礦床。另有一部分之學者則以爲此地方之鹽基性熔岩(黑紋岩)卽爲銅之礦源岩，因分析此熔岩之任何部分，皆必含微量之銅分。此熔岩流入海底及湖底，當其固結時，吸收多量之水分，此水分與熔岩之放散物相混合，而與熔岩中所有之含銅砂膠

鹽礦物或碳酸鹽類起化學的作用，遂生成氯化銅。含鐵矽酸鹽亦以同樣之作用，作成氯化鐵。此等氯化金屬由含鈣矽酸鹽礦物之作用而分解，生自然銅，氧化鐵，氯化鈣等。此得以下記之化學方程式表示之。



第一百十三圖 沸石銅礦脈之標式的斷面圖



m爲黑紋岩。c爲方解石。l爲沸澗石。q爲石英。p爲葡萄沸石(含自然銅)。a爲魚眼石。e爲綠簾石。n爲自然銅。

尙有一部分學者則謂產於此種礦床中之礦石，脈石皆生成於百度內外之溫度。故岩漿水或岩漿水與天水之混合物向既固結之縞岩及縞岩起化學作用，遂生成此等礦物。近來又有多數學者則謂此種礦床由岩漿水(即上昇熱水液)之循環作用而生成之證據甚多。此地方多極深之堅坑。有名之加魯密赫克拉礦山(Calumet and Hecla Mine)之堅坑近五千尺。塔瑪辣克礦山(Tamarack mine)之堅坑則達五千尺以上。

(G) 產於結晶片岩及其他變質岩中之層狀黃鐵礦銅礦脈 例如日本四國別子銅山之礦床乃沿結晶片岩或千枚岩之層理而作層狀之含銅黃鐵礦礦脈，在世界各地皆產之。但此非充填岩石裂隙之層狀脈，乃由其他原因而生成者，並且在礦床生成後，受動力變質作用，故全體呈同樣之外觀。關於此類礦床當在第十七章詳述之。

(III) 金銀礦脈 金與銀爲常共生之金屬，茲所謂金銀礦脈之大多數乃同時產此兩種金屬之礦脈。但其中有產銀量特多而含金量甚少者。又有與此相反，含金量甚多而含銀極少者。

今爲敘述之便利計，區分金銀脈爲次之兩大類。

(A) 以新地質時代之火山岩爲礦源岩之金銀脈。

(B) 古地質時代之金銀脈。

(A) 新地質時代之金銀脈 此種金銀礦脈與第三紀時代所噴出之種種火山岩有生因的關係，礦脈或發達於火山岩本身中，或充填火山岩附近之裂隙。

此種礦脈頗爲重要，世界中到處皆有此例，同時產金與銀。但兩者之比例常因礦脈而大有差異。

此種礦脈之母岩若爲火成岩，則青磐化爲最普通之現象，此爲其一特徵。有時亦見母岩之絹雲母化，矽化，碳酸鹽化，明礬石化等作用，甚發達。

脈石與礦石 此種礦脈大部分由石英構成之，多作乳白色或灰色之緻密的塊狀，有時產無色及紫色之石英。在顯微鏡下檢查此塊狀石英，知爲大小之多角粒狀集合體。玉髓（有時爲蛋白石）常構成主要脈石，產於近地表部分之石英脈中。日本筑後地方八女郡星野地方之金礦脈多以玉髓爲脈石。有時混有方解石，白雲石，菱鐵礦等，但通常爲量不多；唯特別之例有以此等礦物爲主要礦石者。菱錳礦，薔薇輝石，

錳化合物常與石英共生，亦有產正長石者，至螢石則較罕。但特別之例，如庫律普庫律克之礦脈則產多量之螢石。此地方之礦脈脈石中，石英佔60%，螢石佔20%，白雲石佔20%。間有閃礬石產於母岩中，作脈石。但此例較罕。例如美國尼瓦大州，戈爾登斐爾特 (Goldenfield) 地方及臺灣金瓜石地方之礦山即屬此類礦床也。

自然金為最重要之礦石。又某地方之礦脈則以金及銀之碲化物(參看後面礦石表)為主要之礦石。間有產金之硒化合物者。又產於此種礦脈中之黃鐵礦，黃銅礦，硫砷鐵礦，輝銻礦，及其他硫化物皆含有金分。銀之礦石則有紅銀礦，輝銀礦，脆銀礦，含銀黝銅礦，含銀方鉛礦，含銀閃鋅礦等。此外有混產辰砂，鎢錳鐵礦，及鉍礦者，唯較罕耳。

金與銀之量比，因礦脈不同而大有差異。在某礦脈有產約略同量之金銀者。但在他一地方，則多產金而銀量則甚微。又在某一地方則銀多於金。日本之金銀礦脈中所產金銀量比由1:5至1:100。匈牙利之納格耶格 (Nagyag) 地方所產金銀之平均比例為1:1。同國之修姆涅慈地方 (Schemnitz) 之金銀比例為1:50。美國康姆斯鐸礦脈產之金銀平均比例為1:25。庫律普庫律克礦脈所產之金銀平均比例則為1:0.1。

礦源岩及其變質 此類金銀礦脈多以第三紀時代所噴出之火山岩為礦源岩，亦有與中生代之火山岩有生因的關係者。此等火山岩或作火山頸，或作岩脈，或作熔岩流而產

出。礦脈大部分充填於礦源岩本身之裂隙中。但亦有充填接近火山岩之火成岩中之裂孔者。最普通之礦源岩爲安山岩及石英安山岩，有時爲石英粗面岩，粗面岩，及響岩等。至以玄武岩等鹽基性岩類爲礦源岩者則甚罕見。若水蝕作用激烈，火山岩塊之上部全遭削蝕，其餘部分常呈粗粒狀構造，外觀與深成岩相似。例如美國之康姆斯鐸礦脈(Comstock Lode)之母岩雖爲閃綠岩質之岩石，但在他一方面移化爲安山岩之證據甚明顯也。

此等金銀礦脈之生因爲各種火山岩噴發後之後火山作用(Post Volcanism)。在某一地方，有多種火山岩之噴出故該地方之礦脈亦以各種火山岩爲其礦源岩也。

礦脈中或其附近，常見有溫泉之湧出，此即後火山作用之遺物。換言之，此溫泉即構成礦脈之熱水液之面影。前述之康姆斯鐸克礦脈在地中深九百公尺之處，湧出溫度七十五度之溫泉，因此在礦坑內不能工作，終至放棄此世界第一之豐富礦脈矣。此外有在採礦工事中發見碳氧氣之噴氣孔者。例如美國科羅拉多州斯麥格拉優尼安礦山(Smuggler Union Mine)，在地中深六百公尺之處，發見此種噴氣孔。又同州之庫律普庫利克地方之金礦山，亦發見碳氧氣之噴出，工事常因之停頓。蓋碳氧氣之噴出可以視作後火山作用之最後階段也。

如上述，因金銀之含量大有差別，故此類礦脈可以區別

爲金礦脈,金銀礦脈,及銀礦脈之三大種類。

氧化帶與富礦體 北美之中部,南部,美洲之中部,及南美洲各地之乾燥地帶(半砂漠地帶)之金銀礦脈,多受日射作用及風蝕作用,而富化於地表附近。即礦脈之露頭部因上述兩作用而分解,質之輕者爲風吹去,金及銀礦因比重大而殘留於地表構成富於金銀之富化帶。又在氧化帶下,亦常構成富化帶,特別以富於硫化礦物之礦脈,受天水作用,硫化物分解爲硫酸鹽類,其他可溶性之礦物溶解後,隨天水流去,唯難溶解之自然金殘留於爲褐鐵礦所染色之石英中,構成品位甚高之礦石在還元帶中之富化,比較稀罕。但富於硫化物之礦脈,特別富於黃鐵礦之礦脈,則有時在還元帶亦起富化作用。此因天水作用,黃鐵礦分解之後,化爲硫酸鐵($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)而溶解,此溶液比較有溶解金之性質,故此種溶解有金之溶液下降至還元帶,因黃鐵礦之作用而還元,遂沉澱純金。石英脈中多黑色錳礦污點之部分,或石英脈之氧化帶下部,含金量最富。在氧化帶,含有硫酸之天水與脈中之氧化錳,或與由風之運搬,溶解於天水中之氯化鈉(在海岸地方則由海水之滲入而含有氯化鈉,)相化合;故生氯氣。此氯氣與自然金相化合,遂生成氯化金而溶解天水中,下降至氧化帶之下部,或不變帶之上部,起還元作用,而沉澱自然金。

非由次生的富化作用生成之富礦體,其分布極不規則,有作礦團之形狀者,又有似礦巢之形狀而相集,或又以比較

規則之形狀，具有相當長度之礦筒，向地中延長者，或又沿層向之方向作具有相當幅員之礦條，故富礦體之探礦最爲重要。特別限於金銀礦脈爲尤然也。若不詳細調查其分布及決定其品位而貿然從事探掘，則必多失敗。

礦脈之種類

(a) 以碲礦爲主成分之金銀礦脈 此以針碲金礦 (Sylvanite)，葉碲金礦 (Nagyagite)，碲金礦 (Calaverite)，及其他金、銀、鉛等之碲化物爲主要礦石。在歐美地方，最多此種脈型，且在金銀礦上占有重要之位置，以石英、方解石、白雲石、菱錳礦等爲脈石，有時混有多量之螢石。初生礦物中有含自然金者，亦有不含自然金者。共生礦物有種種之硫化物。茲舉二三之例如次。

第一，美國科羅拉多州庫律普庫利克 (Creepie Creek) 之礦脈。

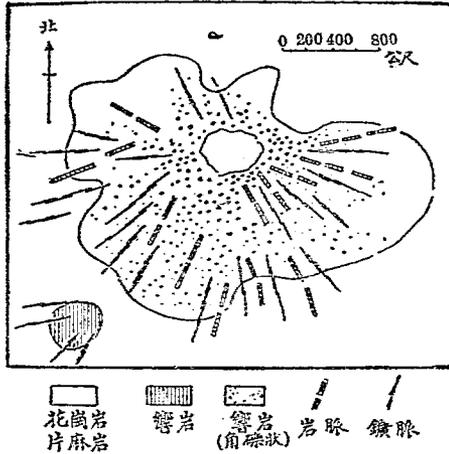
此地方爲海拔一萬尺之高地，全無草木，爲圓頂小山相集之地形。礦山區域被包圍於僅長三英里半之圓形中。在地勢上爲最高，其中心爲一火山頭，乃第三紀時代之噴出物，由礫岩質之岩石構成。由此等火山岩塊及碎片物相集而成之角礫狀集塊岩甚發達，其中貫絡有同種類或鹽基性之岩脈。此火山頭則貫穿於花崗岩、片麻岩等古岩石中。礦脈之大多數皆在此火山頭中，大體排列成放射狀，又常呈重膜構造。在周圍之花崗岩中，亦有少數之礦脈，多直立，不論在層向或在傾斜之方向，皆甚短促。重膜礦脈之脈幅有達數尺者。

(第一百十四圖)

金礦石完全爲碲金礦及針碲金礦。此外尚產少量之碲化物。自然金則爲次生的產物。共生礦物以黃鐵礦爲最普通，

有時亦稱產鉛銅礦，輝銻礦，方鉛礦，閃鋅礦，輝鉬礦等。此礦脈之金銀量比約為十與一之比例，即含銀量甚微也。此礦山之礦石品位最高，故有名，於 1891 年開始採掘，至 1910 年止，二十

第一百十四圖



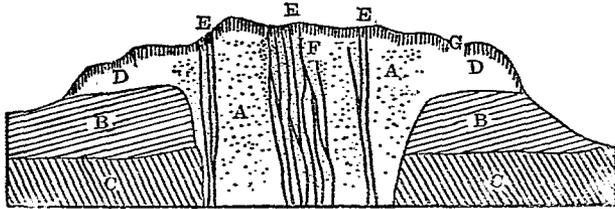
庫律普庫利克金礦脈地方地質略圖

年間，約產價值二億二千萬美金之金。由 1891 年以後之三年間，平均含金量為一萬分之 15。其後品位日見低下。至近來，礦石品位僅約十萬分之三而已。脈石以石英(混多少之玉髓)為最多，約佔 60%。其次為螢石，約佔 20%。又其次為白雲石，約佔 20%。此外尚有少量之菱錳礦。一般裂隙甚狹小，故脈石之量亦甚微。礦脈上部約二百尺之間，為氧化帶，礦化金大部分變化為自然金，混有含氧化銻之陶土，黏土，明礬石等，產出品位甚高之礦石。

其次為匈牙利納格耶格(Nagyag, Transylvania, Hungary)附近之金銀礦脈。(杜蘭雪爾萬尼亞於大戰後，劃為羅馬尼亞國屬地。)

此地方礦脈胚胎於侵入第三紀層之石英安山岩火山頸中。(第一百十五圖)在長 1000 公尺,寬 950 公尺之地域中,有作南北層向,作急傾斜之平行脈羣。大多數之脈幅由一公分

第一百十五圖



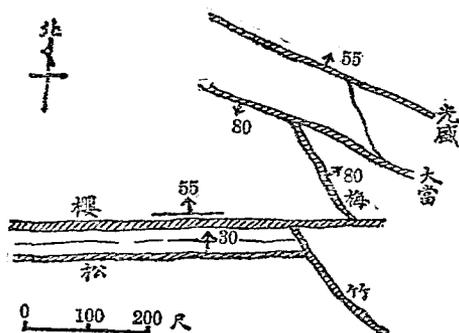
納格那格礦脈地想像斷面圖。A 青磐岩。B 爲第三紀層。C 爲干枚岩層。D 爲石英安山岩。E 爲礦脈。F 爲高嶺土化之部分。G 爲露天化部分。

至三公寸,無極大之礦脈。母岩爲石英安山岩。青磐化作用極明顯。尤以上下兩磐爲著。主要礦石爲針碲礦及葉碲礦。自然金多屬次生的產物。脈石因礦脈而略有不同,有以石英爲主者,有以菱錳礦或方解石爲主而稍混石英者。不見有螢石。此外之共生礦物有黃鐵礦,黝銅礦,方鉛礦,閃鋅礦等。

(b) 以自然金爲主成分之金礦脈及金銀礦脈 此類礦脈通常缺碲化物,乃純含自然金之脈型,以石英爲主要脈石,屬此類之礦脈,石英中常含肉眼的或顯微的自然金,此外尚含多少之銀礦,(輝銀礦,脆銀礦,濃紅銀礦及淡紅銀礦),故可視作金銀礦採取之。又共生礦物有種種之硫化物,最普通者爲黃鐵礦,黃銅礦,硫砷鐵礦,輝銻礦等。若含有多量之黃銅礦,或硫砷銅礦,則視作金,銀,銅礦加以製鍊。此等硫化物常合金分,恐係硫化物以機械的作用而含有金之微粒也。含金石英脈之共生礦物以黃鐵礦爲最普通。

淡金色。礦坑內斷層雖多，但多與櫻脈平行之層向斷層，其結果坑內之摩擦面甚發達。沿花崗岩與角礫質安山岩之境界，亦常見有斷層面。厚黏土脈亦甚發達。在此礦區中，金礦脈胚胎於角礫質安山岩中者亦不少。

第一百十六圖



馬上金山第一區礦脈分布圖

其次為臺灣之金瓜石礦脈，在基隆港東約二十五里之地。現在日本人所經營金礦山，以此為第一。此礦山又產多量之銅。地質屬第三紀層，由砂岩及頁岩而成。其中夾有煤層。石英安山岩侵入此地層中，甚發達。屬於金瓜石礦山之礦床其數甚多。有為純粹之礦脈，亦有交代礦床。今舉其重要者如下。

(1) 礦脈 金瓜石 本山之礦脈，有金生坑，新坑：(以上產火山岩中)。梅樹坑，(產水成岩中)。

(2) 交代礦脈 第一長仁坑，(產於火山岩及火山岩與水成岩之接觸部)。第二，第三，第四長仁坑等。(產於水成岩中)。

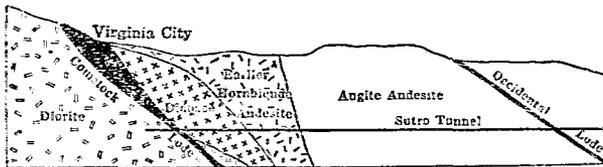
除上述金生坑，新坑之外，其他礦床皆為與硫磺銅礦共生之特種礦床。混有自然金。

金瓜石 本山之礦脈，(略走南北方向之二條平行脈)，及梅樹坑礦脈為含硫磺銅礦之金銀礦脈。礦石為石英中所含之硫化鐵礦及黃銅礦等，似混有自然金及輝銀礦，故金銀之含量甚著。在富礦帶及氧化帶，產含萬分之一之金，而與重

晶石共生。金之品位與重晶石成正比。在長仁坑等礦脈，有明礬石，硫黃之共生。此證明當礦床生成之際，最後之礦化溶液為含有多量之硫酸及亞硫酸氣之酸性礦液也。

最後當舉美國尼瓦大州康姆斯鐸克礦脈，地點在羅基山脈與西拉尼瓦大山脈之間，在後者之高點附近。母岩為青磐石，（輝石安山岩，因礦液之作用而變質者）。此岩石之下部尚為完晶質，終移化為閃綠岩質之岩石。脈幅由百尺至三百尺不等。延長至二英里以上之大礦脈也。（第一百十七圖）在石英母岩破片（中石），方解石，石膏，沸石等脈石中，含有自然金及種種之銀礦，〔輝銀礦，脆銀礦，含銀方鉛礦，紅銀礦，條面銀礦（Polybasite）自然銀等〕。此外稍含閃鋅礦，黃鐵礦，黃銅礦等。金與銀之含量比為 1:22.5。此礦脈之特徵為多產大塊狀之富礦體，占全礦脈之容積約六百分之一，分布極不規則。但一般多沿傾斜方向連續產大礦塊。此礦脈實為世界第一之礦脈。由 1859 至 1889，僅三十年間，產金 214 噸，產銀 4820 噸，價值約四億美金。但至 1892 年，因不得已事故，工事停頓。此大礦脈約長二英里。由地表掘至約二千尺之深。在此部分以下，尚有多量之金，惜未繼續採掘也。今略述此大礦脈之歷史。

第一百十七圖



康姆斯鐸克礦脈斷面圖

1856 年在此地方初發見含金之砂礫，即在礦脈附近淘取之。次年（1857）始發見礦脈。至 1859 年遂開始採掘。最初僅採取自然金，置銀礦於不顧。及後，則銀亦變為主要之目的物矣。因此礦脈之開採，砂漠的地方頓變為繁華之城市。瓦振尼亞及戈爾特希爾（Virginia and Goldhill）兩市之人口亦急激增加。至 1878 年，有名之斯杜羅坑道（Sutro Tunnel）之工事完成，礦業

容見發達。截至 1881 年止，尙向下深掘，但掘至九百公尺之坑道，忽遇溫泉之湧出，(七十五度)一年間湧出七百萬立方公尺之水，又坑底溫度約四十度，不能再加深掘。唯將其上之富礦體完全加以採掘，亦需七年之歲月。至 1892 年工率業完全停止。唯有小規模之採掘及製鍊而已。☉

(B) 古地質時代之金銀礦脈 前述之金銀礦脈與第三紀火成岩有生因之關係。本項所述之金銀礦脈則存在於第三紀以前之岩類中，或與花崗岩，石英斑岩，閃綠岩及其他類似之火成岩共同產出；或在其附近完全不見火成岩。

一般，第三紀之金銀礦脈與母岩之境界不明，或以多數之細脈相聯絡。又因母岩變質而生成礦石滲染帶之例亦甚多，但古地質時代之金銀礦脈爲單一之礦脈，與母岩之境界明瞭，礦石罕有在母岩中滲染者，在層向之方向延續甚長，在礦帶中，或現或滅。例如美國加利福尼亞州之媽太礦脈，在礦帶中延續至約 250 哩之長，脈厚有達數十尺者。至屬第三紀礦床，有採掘價值之礦脈及礦石滲染帶罕有達百尺以上者。

礦脈之充填物甚簡單，常係石英脈，含有自然金。大多數之例含有黃鐵礦及其他硫化礦物。(方鉛礦，硫砷鐵礦，閃鋅礦，黃銅礦等)。產多量硫化礦物時，金即存於此等硫化物中，自然金之產出則較罕也。有時黃鐵礦及其他硫化物之量激增，而構成硫化物礦脈，此時含金量亦增加。

在此種礦脈下部之氧化帶，常發見多量之自然金。此因天水之作用含金黃鐵礦(或其他硫化物)分解爲硫酸鐵 $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$ 而溶解，此時金亦溶解於此溶液中，天水中之氧

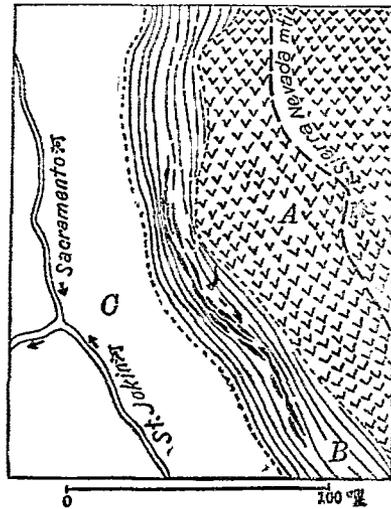
素量過多時，金之溶解作用亦能繼續。但因溶液之下降，漸失去其氧化力，因硫化鐵之還元作用，再沉澱自然金。故金，在氧化帶中，與由硫化鐵變化而成之褐鐵礦共同產出。在氧化帶之下部受褐鐵礦染色之赤褐色石英中，亦發見自然金。或又在與氧化帶相接觸之次生的富化帶中，自然金沉澱於黃鐵礦等之裂隙中。如上述，在古地質時代之金銀礦脈中分爲三帶。(1)氧化帶，(合金最多)，(2)次生的富化帶，(合金亦多)，(3)不變帶，(多硫化物，品位不高)。三帶皆極發達，此應注意者也。不變帶之含金量甚少，不值採掘。但亦有深掘至 3500 尺以下，尙加以製鍊者。在美國不少此例。一般，古期礦脈富於金而缺乏銀，含銀量鮮有達金銀全量之 10% 者。例如高麗雲山金山之金，僅含 3% 之銀。總而言之，此種礦脈不能如第三紀時代之礦脈可以汎稱之爲金銀礦脈，應單獨稱之爲金礦脈者不少也。

古期金礦脈有產電氣石者。碲化金則甚罕。此種金礦脈，從古地質時代，即受水之削蝕，露出於地表之年月甚久，故在礦脈附近，常構成大砂金地，(以洪積層，沖積層爲主)。高麗多砂金地，其本源即仰給於此種金礦脈也。

此種金礦脈之母岩及形狀種種不一，有存在於花崗岩，片麻岩中者，有存在於結晶片岩及變質水成岩中者，又有存在於古水成岩中者，有充填普通之裂隙者，有作層狀礦脈者，又有作鞍狀礦脈者。今試舉二三有名之例如下。

美國加利福尼亞州之金礦脈。此地方多金礦脈，特別在西拉尼瓦大山中，尤發達。在此山脈之山頂部有地質穿中生層及古生層之變質作用甚激烈，且受火成岩之作用，大部變為片岩等岩。達於山脈之西側，水成岩層中夾有花崗岩，閃綠岩，斑岩等。構成山脈之小岩株，露出地表。在此變質岩中，到變質帶中，胚胎無數之金礦脈。其最主要者為錫太脈 (Mother Lode)，此錫太脈非單一之層面而發達，層長至150英里，通常沿變質黏板岩及綠岩之層面延至一英里，乃向略走西北，急傾斜。此礦帶中有單一脈延至一英里，乃至二千尺者。礦質亦極佳，脈不一，由數寸至二十尺不等。富礦帶因礦脈不一，分布不定，有作塊狀者，有傾斜之形狀者，向斜上方，又延長至三千尺，而由延攆者。礦脈全所構成者，其色多為乳白色，包裏亦不少。此外，方解石、菱鐵礦、重碳酸鹽類；而一方面母岩受碳酸鹽之方解石，故母岩呈顯著之粒狀分布之力亦可以

第一百十八圖

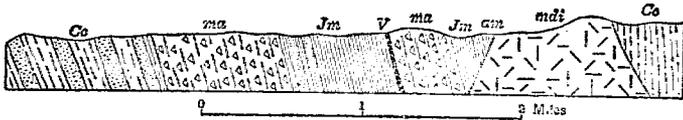


美國錫太礦脈地質圖

- A = 花崗岩質岩類。
- B = 變質黏板岩及結晶片岩類。
- C = 第四紀層。

之自然金。此外尚產少量之硫化物，（黃鐵礦，黃銅礦，方鉛礦，閃鋅礦等），散佈於脈石中；亦稍發見黝銅礦，但至罕耳。間產有碲金礦，碲金銀礦，及其他碲化合物，與自然金共生。（第一百十八，一百十九圖）

第一百十九圖



同上斷面圖

澳洲維多利亞殖民地之金礦脈。（參看澳洲東南部地圖）。

澳洲產古期金礦脈甚多，分布於維多利亞州，新南韋爾斯州（New Wales），慶斯蘭州（Queensland）等地方。最著名者為維多利亞州之巴拉辣特地方（Ballarat District）及本第哥地方（Bendigo District）此地方地質下部為志留連系之黏板岩及砂岩，分布甚廣，且多皺曲。侵入此累層者為花崗岩質岩石。（石英二長岩）礦脈通常為含金石英脈，產於皺曲極盛之水成岩中。一般沿層面而發達。但橫截層面者亦不少。

本第哥附近之礦脈為特殊的鞍狀礦脈。礦物充填於鞍曲背斜部之空隙中。又有充填向斜部之裂隙中者。（第九十七圖）

作礦床之背斜軸者計有四條，其中有探掘至五千尺之深者。鞍狀礦脈之枝脈常橫截層面。名之為刺脈（Spurs）礦脈以乳白色石英為主，中含自然金，尚產少量之黃鐵礦，碲砷鐵礦，方鉛礦，閃鋅礦，輝鉍礦，輝鎳礦等。脈石亦混有微量之方解石，絹長石，綠泥石等。帶狀構造不甚發達。在巴拉辣特地方，富礦體常產於石英脈與富於黃鐵礦及碳質物之薄黏板岩層相交叉之部分。在此地方，稱此黏板岩為指金石。（參看第五章「母岩之性質」中）。

(IV) 含銀，鉛及鋅礦脈（附銀礦脈） 此類礦脈之主要礦石為方鉛礦與閃鋅礦，常含多少之銀。此外，尚產少量之黃鐵

礦，黃銅礦，及其他硫化物。有時亦產多少輝銀礦，脆銀礦，濃紅銀礦，淡紅銀礦等。總而言之。此種礦脈乃包括由含有微量以至含多量之銀之銀，鉛，鋅礦等，種種不一。在他方面則有移變為銀礦脈之性質。

脈石有以石英為主者，有以碳酸鹽類(方解石，菱鐵礦，菱錳礦等)為主者，有時又以重晶石為主要脈石。總之，此等脈石通常以少量相混而產出，又間有產螢石者，唯為例甚罕耳。

礦脈上部多方鉛礦，漸深掘則閃鋅礦之量漸增加，即礦山初為銀鉛礦床，及後則變為鋅礦床之例不少也。因為當礦脈生成之初比較難溶解之閃鋅礦在深處沉澱，方鉛礦則多沉澱於上部。

在氧化帶，方鉛礦，閃鋅礦變化為白鉛礦，菱鋅礦及異極礦等，構成品位甚高之鉛鋅礦石。在氧化帶之下部，鉛及鋅則作硫化物而構成富化帶，唯不顯著耳。反之，硫化銀等充填於小裂隙中，作成品位頗高之銀礦。一般此種礦脈之富化帶，由含豐富之銀之一點，常可與下層之不變帶相區別。

在不變帶方鉛礦較之閃鋅礦遙富於銀分。前者常含萬分之五以上之銀。至後者能含銀至十萬分之五以上之例亦甚罕。在硫化物富化帶則常有含銀(自然銀及輝銀礦)，千分之五以上者。此種礦脈或完全不含金分，或稍含微量之金，無一定。

此種礦脈發達於各種地質時代之岩石中，不問太古界，

古生界,中生界,第三紀,皆有作此種礦脈之母岩者。此外,有接近火成岩而存在者。有完全產於火成岩中者。又有產於附近完全不見火成岩之地方者。但大多數皆以某種火成岩(花崗岩,閃綠岩,安山岩,石英粗面岩等),爲礦源岩。

德國學者區分含銀,鉛礦脈爲次之三部類。

(a) 以石英爲主要脈石者 脈石除石英外,尙混有少量之他種脈石。礦石除方鉛礦,閃鋅礦外,尙混有種種之硫化物,(黃鐵礦,黃銅礦,硫砷鐵礦等,)及少量之富銀礦,(輝銀礦,脆銀礦,紅銀礦及其他。)德國撒遜尼富萊堡市附近,歌姆爾斯法爾特礦山,卽屬此類。

(b) 以碳酸鹽爲主要脈石者 此以方解石或菱鐵礦爲主要脈石,並產有多少之菱錳礦,石英等。礦石有方鉛礦,閃鋅礦,及少量之其他硫化物;亦稍產富銀礦。前述德國之歌姆爾斯法爾特礦山,哈爾惹山中之庫勞斯塔爾礦山,波漢米亞之普西布蘭礦山等卽屬此類。

(c) 以重晶石爲主要脈石者 脈石除重晶石外,尙混有其他脈石。礦石類則與前者相同。此爲較罕見之標式。德國富萊堡附近之哈爾斯布綠克(Halsbrücke)地方之礦脈卽屬此類。

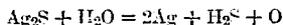
此類礦脈,除由熱水液生成者外,有由天水作用而生成之鉛,鋅礦脈。例如美國米西西皮河上流地方之裂傷脈是也。關於此項,詳見下章之『交代礦床』項中。

銀礦脈 含銀鉛鋅礦脈中之富銀礦,爲量本甚微。但有時以此等富銀礦,如自然銀,輝銀礦,脆銀礦,濃紅銀礦,淡紅銀礦,及其他礦物爲主要礦石而發達之礦脈。其有逐漸變爲含銀,鉛,鋅礦脈之傾向則無俟論矣。此種銀礦脈中有以石英爲主要脈石者,有以方解石及其碳酸鹽類爲主要脈石者。又以

少量之螢石，重晶石爲共生礦物之例亦不少。除富銀礦之外，不獨產含銀方鉛礦，閃鋅礦，黃鐵礦，硫砷鐵礦等；有時亦產多量之黃銅礦，黝銅礦。故常視作銀，銅礦而製鍊之。因地方不同有同時產多量之鈷礦，鎳礦，鉍礦等之特別銀礦脈。（參照鈷鎳礦脈之項）。此種脈型又常含鈾礦，則視作錳之礦石而採取之。（參照附篇錳礦脈之項）。一般，銀礦脈中常含微量之金。上述各礦脈有以古地質時代之變質岩，水成岩，火成岩等爲母岩者。又有以第三紀時代之水成岩爲母岩者。故其礦源岩有花崗岩，閃綠岩，石英粗面岩，安山岩等，不限定於一種岩石也。

康斯堡 (Kongsberg) 銀礦脈。

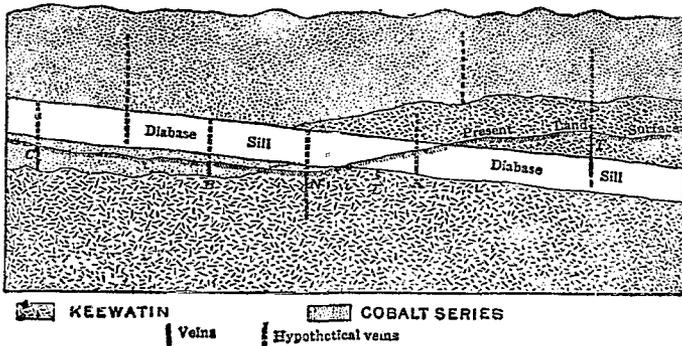
康斯堡在挪威國之南部。此地方地質以片麻岩，雲母片岩，角閃片岩，英片岩等構成之。有閃綠岩，斑岩，及其他深成岩侵入此等岩層中。雲母片岩中有所謂滲染礦帶 (Fahlband) 者，乃滲染有多量之黃鐵礦及其他硫化物之層帶也。主要礦條共有六條。其中混有微量之黃銅礦，鈷礦，銀礦。脈幅由數尺至數百尺不等。此地方之礦脈由微細之礦脈至幅寬二尺左右之礦脈甚多。大都以方解石爲脈石。礦脈大部分走向西北，而橫截礦條。在礦條與礦脈相交叉之部分，產富礦體。至其他部分全無採掘價值。富礦體中，除方解石之外，尚混有多少之斧石，螢石，石英，白雲石，重晶石。亦常見有正長石，斜長石，石叢，及種種之滯石類。最重要之銀礦爲針狀自然銀。有時亦稍產紅銀礦，輝銀礦。此外尚有微量之鈷礦，自然砷，方鉛礦，閃鋅礦，黃銅礦，輝銻礦等。自然銀與其他金屬礦物之比例約爲 10—20:1。當礦脈生成當時，產出銀之硫化物或含硫黃鹽類，後受過熱水蒸汽之作用，以下記之化學作用，產自然銀。



其次為加拿大安太利啊州鈷巴爾特地方之銀礦脈。

近來有名之加拿大鈷巴爾特(Cobalt)地方之銀礦脈,於1903年因開築鐵路而發見。礦脈甚多。唯大部分產於下部休倫系(即鈷巴爾特系)之硬砂岩,黏板岩及礫岩中。有小部分則產於輝綠岩岩床中,及琦瓦汀系(Keewatin Series)之結晶片岩中。礦脈大體與岩層垂直,而充填於界線明瞭之裂隙中。但其形狀方向極不規則,或分岐,或脹縮,變化不一。以方解石為主

第一百二十圖



加拿大鈷巴爾特地方礦脈斷面圖

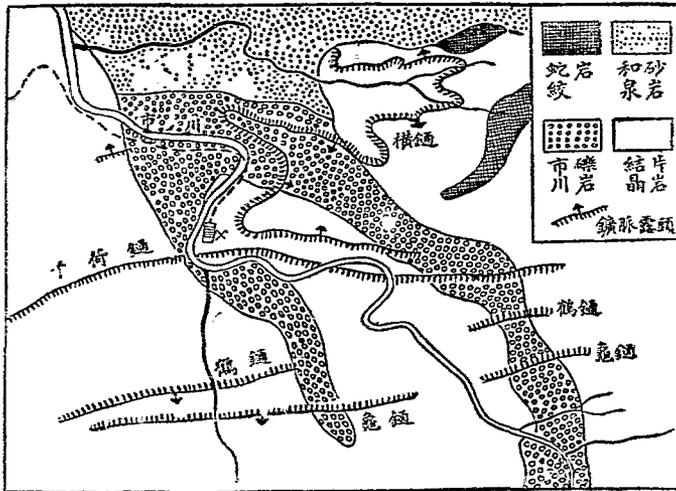
要脈石,以自然銀,輝銀礦,及其他銀礦為主要礦石而外,共生礦物有砷鈷礦,紅砷鎳礦,輝鈷礦,自然鈷等。此即其特徵也。自然銀作大小之板狀及不規則之針狀,或小塊狀,常混雜有鎳及鈷之礦石。自然銀似為次生的沉澱物,即溶解於天水中之硫酸銀及其他礦物,與紅砷鎳礦,砷鈷礦等相作用而沉澱。在實驗上,亦經證明紅砷鎳礦及其他砷化物與含銀溶液相作用,即可以使銀沉澱。此地方礦脈有時完全不含有銀,唯以鈷鎳礦為主要礦石。(第一百二十圖)

(V) 錫礦脈 錫礦脈多以石英為主要脈石,混有少量之重晶石,方解石,及其他碳酸鹽類礦物。礦石以輝錫礦為主。此外尚產多少之硫砷鐵礦,方鉛礦,閃鋅礦,黃鐵礦,黃銅礦,雞

冠石,雄黃等。輝銻礦多作細粒緻密集合體而產出。又有作纖維狀或柱狀放射狀之集合體者。晶洞中常產美麗之柱狀巨品。日本四國伊豫地方市川礦山所產輝銻礦,多美麗之巨品,世界有名。又輝銻礦中常混有金。若含金量稍多,可以視作金礦採取之。總而言之,輝銻礦脈與金礦脈乃互相移化者也。

在輝銻礦礦脈之氧化帶,常產黃色,灰色之氧化銻礦,例如銻土銻華 (Valentinite) 方銻礦 (Senarmonite) 等。

第 一 百 二 十 一 圖



日本市川礦山地質略圖(1:15000 之縮圖)

此種礦脈之形狀頗簡單,具滲染礦床之現象者甚罕。脈長及脈深均不甚顯著。或膨大,或縮小,作不規則之形狀。其幅大者亦罕有能達三尺以上。

我國亦多此類礦脈，惜交通不便，多未開發耳。就中以湖南廣西等西南諸省爲最發達。若加開發足稱世界之最大產地。其次法國亦多此類礦脈。（中部高原地方）又其次爲奧大利，匈牙利，美國，澳洲等國。西班牙亦稍產之。

日本市川礦山之地質爲太古層三波川系之雲母片岩，石墨片岩等之累層。又有由此等岩石破片所構成之礫岩，特稱之爲市川礫岩。此似由於石墨片岩中之大斷層而生成之斷層角礫岩。礦脈大小不一，貫絡於片岩及礫岩中，多屬沉澱於斷層面間之礦脈。故礦床與母岩相接之磐肌上，多摩擦面，幅寬數寸以至二三尺不等。石英脈中產有柱狀之輝鎳礦。晶洞中則產美麗之結晶，世界有名。

(VI) 鎳及鈷礦脈（附鈹礦脈） 鎳與鈷之礦石有共生之性質。在含有此兩種金屬之礦脈中，兩者皆作硫化物，砷化物或其他種類之化合物而存在，此爲一類型。其次鎳有作特別之化合物，即作矽鎳礦（鎳及鎂之含水矽酸鹽類）而存在者，此爲第二種之類型。

(A) 硫化物及砷化物之礦脈 以上所述金銀礦脈，銅礦脈，鉛鋅礦脈，錫礦脈，銻礦脈，及後述之汞礦脈等，皆不產鎳與鈷。即有時產之，爲量亦極微。但銀礦，銅礦與鈹礦共生時，礦脈中產鎳，鈷硫化物砷化物之量稍多。例如德國撒遜尼之史捏堡（Schneeberg），加拿大，安太利阿州之鈷巴爾特等地方之礦脈是也。但又有全不產銀鉛礦而產多量鎳及鈷礦石之礦脈。（常有銅之共生）。例如在加帕西亞山脈中匈牙利國之多布紹（Dobschau）地方之礦脈是也。

礦石多爲**砷鎳礦**，**紅砷鎳礦**，**硫砷鎳礦**，**針鎳礦**，**砷鈷礦**，**硫鈷鎳礦**等。**輝鈷礦**反甚罕。在此等礦物中，常發見**瀝青鈾礦**（Pitchblende，**錳礦石**）。例如耀歆斯塔爾地方之礦脈是也。（參看附篇含錳之礦脈）。又常產**鉍礦**。脈石以方解石及其他碳酸鹽爲主。又有以石英爲主要脈石者。此外常混有多少之重晶石，螢石等。至次生的礦物則有**鎳華**，**鈷華**及**鈷土**。

此種礦脈在經濟上殊鮮價值，因供給**鎳**，**鈷**及**鉍**等之量甚小也。現今**鎳**之大部分取給於加拿大之莎特貝里礦山（含**鎳磁硫鐵礦**之火成礦床）及新加勒頓尼亞（見次述之**砷鎳礦**礦脈礦山）。

匈牙利多布烈礦脈產於變質黏板岩及石灰質片岩中。鑿入於此岩層中之閃綠岩岩株與礦脈有生因的關係。此等變質岩上部覆被有石炭紀之石灰岩。礦脈亦有產於此石灰岩中者。一般礦脈雖小，但爲數甚多。脈石有菱鐵礦，方解石，石英，菱鐵灰礦，及少量之電氣石，重晶石。礦石則有銅礦，鎳礦，鈷礦，及種種之硫化物。德國史涅堡地方之礦脈多視作銀，鉛礦，加以採取。但其中混有多量之鎳及鈷礦。此地方之礦脈產於變質黏板岩及片岩中，以花崗岩爲礦源岩。

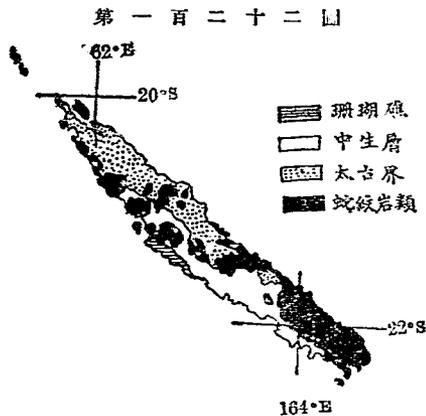
捷克國（波漢米亞）之耀歆斯塔爾礦脈爲**錳礦**（瀝青鈾礦）與**鉍**，**鎳**，**鈷**等礦石共生，最有名。詳見銀礦脈項中，及下述之錳礦脈。

加拿大鈷巴爾特地方之礦脈或視作銀礦，或視作鈷，鎳礦石，加以採掘。

(B) **砷鎳礦**礦脈 此爲特種的礦脈，幾全部發見於蛇紋岩化之橄欖岩中。（有時與橄欖石共生於輝岩中）。在世界中最有名之此種礦脈產於新加勒頓尼亞島，又德國之富蘭

肯斯丹(Frankenstein, Silesia)地方及美國之律多爾斯(Riddles, Oregon)地方,韋卜斯大(Webster, North Carolina)地方,及烏拉山中之勒武大(Reyda)地方均產有此種礦脈;唯較之新加勒頓尼亞者則甚小也。主要礦石爲綠色之矽鎳礦。〔Garnierite, $H_2(Mg, Ni)SiO_4$ 〕, 鎳之含量有達 5%—15% 以上者, 有時與多量之鈷土共生。此礦脈中兼產種種之含水矽酸鎂礦物, 例如針泥礦(Gymnrite)海泡石(Meerschaum)等是也。此外尙含少量之菱鎂礦, 有時亦兼產多少之土狀褐鐵礦, 石英, 玉滴石, 玉髓, 蛋白石等, 此等礦物即證明此類礦脈乃由低溫度之水溶液而沉澱生成之礦床也。礦脈普通不大。蛇紋岩中有多數小脈羣常錯綜成網狀礦床。母岩之蛇紋岩中常含多少之鎳分。例如新加勒頓尼亞之礦床母岩中, 有含 1% 之 NiO 之部分。

由上述事實觀之, 此種礦脈之生因乃蛇紋岩中所含鎳分受天水之溶化, 向岩石裂孔中分泌沉澱, 遂構成礦脈。至此等裂隙乃當橄欖岩吸收水分而分解, 化爲蛇紋岩時, 因容積之增大而生成者。此既詳述於本章之通論中矣。



新加勒頓尼亞島地質略圖

新加勒頓尼亞島之蛇紋岩(橄欖岩)分布甚廣,似屬白堊紀時代所噴發者。在此岩石中,產矽線礦礦床甚多,既發見者計有一千二百處以上。脈幅罕有達三尺以上者。母岩中縱橫貫絡有無數網脈,呈角礫狀。又有作網狀礦床者。礦床之母岩,即蛇紋岩表面一般都被覆有甚厚之赤土層。此土中含有2-3%之錳。(第八圖及一百二十二圖)

(VII) 汞礦脈 汞礦之最普通及最重要者厥為辰砂。(硫化汞)有時亦產黑珠石(Metacinnabarite,黑色硫化汞)自然汞,及含汞黝銅礦等。

汞礦產於種種地質時代之新古岩石中,不單作小礦脈或複成礦脈,網狀礦脈等而產出,又常沿砂岩,砂岩中之微細裂隙而滲染,構成滲染礦床,有時與礦脈相移化。

汞礦脈以石英及玉髓為主要脈石,亦兼產蛋白石,方解石,白雲石,重晶石,石膏,螢石,及種種瀝青質物質等。金屬礦物除汞礦之外,有黃鐵礦,白鐵礦,黃銅礦,輝銻礦,硫砷鐵礦,鷄冠石等。汞礦尚有產於金銀礦脈,銅,鉛,鋅礦脈中者,唯甚少量耳。

汞礦脈之礦物成分多產於近地表之淺處,此證明其由非極高溫之溶液沉澱而生成者。美國硫黃堤及汽船泉地方,有汞礦由現時之溫泉沉澱而產出者,既如前述。汞以 HgS , $4Na_2S$ 之形式,極容易溶解於鹼性溶液中,或由溶液逐漸稀薄,或由瀝青質物體之作用,遂作硫化汞而沉澱,此經實驗證明者也。

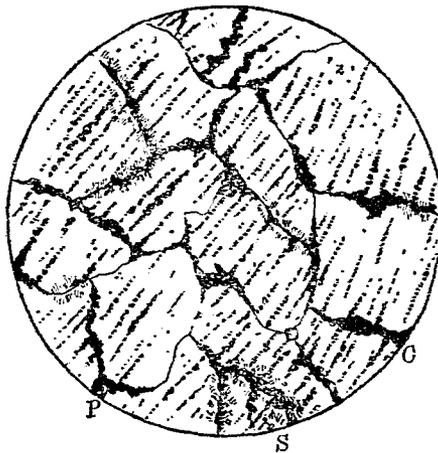
汞礦床與種種之火成岩有生因之關係。重要者為輝安岩,(例如西班牙之阿爾瑪登地方)安山岩及玄武岩。(美

國加利福尼亞) 石英粗面岩, (加利福尼亞之新阿爾瑪登) 等。有時亦與花崗岩有生因的關係。(柯爾西加島)

汞礦床之最大者產於西班牙之阿爾瑪登地方。(每年產汞千噸以上) 美國加利福尼亞州亦多汞產地。又意大利之伊特利亞 (Idria in Krain) 及塔斯加尼地方亦產汞礦。我國雲南, 山東(膠州) 均有汞礦床, 唯未有詳細之報告耳。

西班牙南部有摩勒那山脈 (Sierra Morenā) 阿爾瑪登 (Almaden) 礦床即在此山中。此地方地質為志留連系之頁岩, 砂岩等。侵入此地層中者有輝綠岩, 及黑紋岩。辰砂多滲染於砂岩中。(第一百二十三圖) 又有微細礦脈作網狀, 貫絡於此

第一百二十三圖



西班牙阿爾瑪登產上等礦。(滲染砂岩中者) C 為辰砂。S 為絹雲母。P 為黃鐵礦。

岩石中。共生礦物有少量之自然汞, 黃銅礦, 黃鐵礦等。尚有多少重晶石及瀝青質物。此地方之頁岩及石灰岩中產汞礦者

甚罕。火成岩中則完全無之。

意大利伊特利亞之礦床產於三疊系之石灰岩，白雲岩，頁岩，凝灰質砂岩，礫岩等岩石中。品位最高之礦石則產於白雲岩質之角礫岩及礫岩中。構成幅寬約三尺之複成礦脈。此外在白雲岩中多產汞之滲染礦床。辰砂之外，兼產黃鐵礦，自然汞等。脈石則有石英，方解石，（次生的）白雲石，螢石，及稍多量之瀝青質物質。

美國加利福尼亞州之硫黃堤地方，新阿爾瑪登地方，新伊特利亞地方均產汞礦。大部分散在於海岸山脈中。此地方地質有花崗岩，石英斑岩，安山岩，石英粗面岩，玄武岩等侵入於白堊系之黏板岩中。礦床大體與火山岩有關係。主要礦床為辰砂細脈之集合體，屬於複成礦脈之種類。又網狀礦脈及滲染礦床亦頗發達。

(VIII) 鐵及錳礦脈 產多量鐵礦之礦脈本甚稀罕，且亦無大者。鐵礦通常取給於火成礦床，接觸礦床，交代礦床，露天化礦床，及成層礦床。由礦脈所產之鐵礦，其量甚少，在經濟上亦不重要。

鐵礦脈之中，有菱鐵礦與赤鐵礦之二種。此外間有產磁鐵礦之礦脈，但多藉接觸作用，由赤鐵礦或其他礦物變化而成者。又有以柘榴石為共生礦物之脈狀接觸礦床，非真正之磁鐵礦礦脈也。

菱鐵礦礦脈之主要成分為菱鐵礦，石英，方解石。此外混有少量之黃鐵礦，黃銅礦，及重晶石。在氧化帶，菱鐵礦變化為褐鐵礦及赤鐵礦。同時，原存多少之碳酸錳亦常分解而變化為軟錳礦，硬錳礦，水錳礦，錳土等。在德國哈爾慈山中韋斯特化利亞州（Westphalia）南部之西梗（Siegen）地方多此類小礦

脈，甚發達，多產於泥盆系之水成岩中，視作鐵礦而採掘之。又匈牙利之西部加帕西亞山脈中之第普斯及格姆爾地方之泥盆系黏板岩，砂岩及綠岩（火成岩）中，亦產菱鐵礦礦脈。在其他地方，亦常發見有此類礦脈，唯大規模採掘者則僅上述兩地方之礦床而已。

赤鐵礦礦脈較之菱鐵礦礦脈更稀少，且甚小，鮮有足值大規模採掘之例也。赤鐵礦多呈暗紅色及作緻密或纖維狀構造。礦床中兼產少量之石英，碧玉，鐵石英等。又常混有碳酸鹽礦物，重晶石，及種種之錳礦。有時產輝鐵礦，但為例甚罕耳。德國受爾慈格堡，史瓦爾曾堡（Schwarzenberg）地方附近，在花崗岩中，或沿花崗岩與結晶片岩之接觸部，此種小礦脈甚發達。此外哈爾慈山中老塔堡（Lauterberg）及聖安得列斯堡（St. Andreasberg）附近亦發見有此類礦脈。

錳礦脈本屬稀有之物。世界之錳礦年產額略超過二百萬噸，（至鐵礦之年產額約二億噸，）而其90%則仰給於高架索斯，俄國南境，印度及巴西等地方之層狀礦床。此外交代礦床及露天化礦床之錳礦亦甚重要。至從礦脈採取者，其量則甚少，幾不足道也。錳礦脈中之礦石，以軟錳礦，水錳礦，褐錳礦，及其他氧化錳礦，硬錳礦，錳土等為主，兼產有多少之赤鐵礦。以重晶石，石英，方解石等為脈石。母岩不問其為水成岩或火成岩，通常變化激烈，不獨磐肌不明瞭，且母岩常受礦石之交代。錳礦脈多產於酸性火成岩中。（花崗岩，石英斑岩，石英

粗面岩)。其生因乃母岩中之錳分受天水之溶化，循環至適當之裂隙，遂沉澱而構成礦脈。此類礦脈亦有由熱水液之作用而生成者。

德國杜荅格瓦爾特 (Thüringer Wald) 地方及哈爾茲山中伊爾費爾特地方均有此種礦脈。

(IX) 鈳鈷鈣礦 (Tyuyamunite) 礦脈 關於由天水作用而生之鈳鈷鈣礦，當於第十四章鈳鈷鉀礦中詳述之。

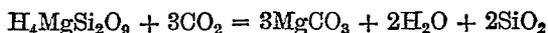
(X) 非金屬礦物之礦脈

磷礦脈 產於斑禱岩及其他鹽基性火成岩中之氣化磷礦脈，既詳述於偉晶岩礦床項中矣。茲僅就南西班牙所產之特種礦脈而略述之。

南西班牙之埃斯杜勒瑪丟拉州 (Estremadura) 產特異之磷礦脈，分布甚廣。特別以加塞勒斯 (Caceres) 市附近為尤著。此地方地質，在前寒武紀之結晶片岩系之上，被覆有寒武紀以至泥盆紀之水成岩。侵入此地層中者有大花崗岩株。此外尚產正長岩，閃綠岩等。古生層略受接觸變質作用。磷礦脈發達於古生層之黏板岩，石灰岩中。在花崗岩中亦稍產之。但最重要者，仍以泥盆系石灰岩為母岩也。礦脈由石英，方解石及磷礦石構成之，愈深進則石英之量愈增加。礦石之大部分為磷灰土 (Phosphorite)。有白，灰，黃，褐等色。由放射纖維狀以至土狀，種類甚多。至磷灰石之結晶則甚罕，唯在磷灰土之裂孔中作小晶簇而已。但產於花崗岩中之礦脈則有含磷灰石者。故

知此地方礦脈當與花崗岩有生因的關係，由溫度較低之熱水液而生成者。

菱鎂礦礦脈 充填蛇紋岩之裂隙而產菱鎂礦之礦床，有時作脈幅極寬之礦脈，有時充填碎裂帶之小裂隙。產於此種礦床中之菱鎂礦多作堅密之土狀集合體。其斷口酷似一般之陶磁。此種礦脈之生因乃蛇紋岩受含有碳氧氣之天水作用而分解，其中碳酸鎂溶解天水中，沿裂隙而沉澱，遂構成礦脈至其化學反應得以次之方程式表之。



石棉礦脈 石棉有二種，即角閃石質石棉及蛇紋岩質石棉是也。前者多產於角閃岩中，作薄層或條線狀。通常產於角閃岩受壓逼及變動極烈之部分。其化學成分為含鎂及鈣之矽酸鹽，缺乏撓性，非佳品也。（參看第九章之石棉礦床）石棉之優者多係蛇紋岩質之石棉。

蛇紋岩質石棉產於蛇紋岩中，作平行小脈狀。其脈幅能達五寸以上者甚罕也。其纖維通常與脈之兩壁垂直而排列，但有時亦與兩壁平行，或斜交。不特能剝成細絲，且富於撓性及耐火性，故用途甚廣。成分與蛇紋石相同，為含水矽酸鎂。世界各地皆有此種礦脈產地而以加拿大之闕北州塞特福特及黑湖地方 (Theford and Black Lake, Quebec, Canada) 為最有名。

此種礦脈之大多數皆由天水作用而生成。但其中亦有

以溶化有矽酸之熱水液作用爲其生因者。

石墨礦脈 此詳於第九章之石墨礦床項中矣。

螢石礦脈 螢石作脈石產於種種之礦脈中。又在接觸礦床中常見有多量之產出。此外在花崗岩及其類似之岩石中，常見單獨以螢石構成脈形者。

重晶石礦脈 常見有礦脈幾全部由重晶石構成者，視作鋇礦而採掘之。

滿洲普蘭店長山寺附近，在片麻岩及花崗岩中，多產重晶石礦脈。其中兼產多少之石英。

高麗江原道昌道礦山地方之地質爲古生層及侵入其中之火成岩類。古生層，由其岩石性質，似可區分爲寒武系及奧陶系。但無化石，故時代未明。今舉其由下部至上部之地層如下。(1)砂岩，(2)青綠色千枚岩及砂岩，(3)變質石灰岩，(4)含鎂石灰岩，(5)黑色千枚岩，(6)灰色板狀石灰岩。又此地方之火成岩類如下。(a)閃綠岩及綠岩作岩床及岩脈侵入於地層中。重晶石礦床附近即多此類火成岩。(b)石英斑岩作岩脈狀產出。因部位不同，有變質爲矽石者。(c)黑雲母花崗岩作一大塊侵入古生層中。故古生層呈顯著之接觸變質現象。

重晶石礦床產於含鎂石灰岩中，構成礦脈。又有沿成層面作扁豆狀之塊狀礦床者。現今既發見者有二十餘礦脈。其中一礦脈幅寬四十八公尺，長一百六十公尺。沿附近河谷之沖積層中有重晶石之砂礫礦床。礦脈由白色緻密或粒狀之重晶石構成之。品位頗高。混有少量之石英，黃鐵礦，方鉛礦，閃鋅礦。此礦脈乃由上升熱水液之充填裂隙與交代作用之兩作用而生成者。

(XI) 含鍍礦脈

據最近學說，鍍元素乃由鉍元素之崩壞分解而生成者。

鐳與鈾常保持 1:3400000 之平衡。此元素本屬鹼土金屬之種類，與鋇等爲同一族。鐳常崩壞分離而放散微細之物質，是卽鐳射氣 (radium emanation)。若嚴密言之，鐳常自然放散一種勢能，而此種勢能以三種不同的形式而表現。卽 α 放射線， β 放射線及 γ 放射線是也。 β 放射線爲電子之放射，卽電子流，亦卽陰電氣之流動也。 α 放射線爲賦有陽電氣之氦元素之遊離物，卽可以視作陽電氣之流動。 γ 放射線與前兩者不同但爲以太 (ether) 之波動之一點則與 α 放射線相同，且必與 β 放射線相伴而起之現象也。含鐳物體初發出 α 放射線 (氦)，同時分解而變爲新物體，卽鐳射氣 (又稱 niton)。鐳射氣再分裂爲 α 放射線 (氦) 與鐳 A，由是仍進行其分解而變化爲鐳 B，鐳 C 等物體。此等鐳射氣之發散至爲遲緩。據物理上之計算，鐳發散其勢能之一半，需二千四百餘年之久。若耗散其全部，則需二萬年以上云。此鐳射氣有種種之特性。最顯著者爲一與空氣接觸，卽起離子化作用。既離子化之空氣卽放電，成電流。其放電之速度與離子量成正比。然則與鐳射氣之量常作正比例之鐳量，得由計電器 (electroscope) 測定之。卽先使計電器帶有一定量之電氣，按一定量之放射能性物質而放電，使空氣離子化，由放電之遲速可以測知放射能之量，卽可以測知鐳射氣之量也。鐳不單在學術研究上之功用甚大，近來在醫學上之用途亦廣，故價值甚高，一公分之溴化鐳約值三十萬圓以上。地殼中含鐳量雖極少，但到處有其痕跡。若用測定器檢查之，則大多數之岩石，溫泉，礦泉中皆有鐳之痕跡。例如日本各地溫泉多有鐳射氣之痕跡。又如臺灣北投溫泉之沉澱物，及日本羽後澀黑地方所產之往昔溫泉沉澱物，(皆爲碳酸鉛與碳酸鋇之混合體，特稱之爲北投石)，皆表示放射能性質。又日本岐阜縣苗木地方所產苗木石，暗光石 (fergusonite)。同國磐城，石川山地方產之獨居石，鈾鈾錳礦 (samaraskite) 等皆具有極強之放射能。唯此等溫泉及礦物中之含鐳量甚微，無從採取單獨之鐳素也。

現今鐳礦之主要礦石爲鈾礦，卽澀青鈾礦。此外，鈾鉍錳礦 (carnotite) 亦爲重要之鐳礦石。鈾靈母及其他礦物雖含有鐳，但其產量甚少。(參看書後之礦石表) 今試列舉澀青鈾礦脈之主要標式，以明此種礦物之發見於何種礦脈也。澀青

鈾礦之次爲鈾鈾鉀礦，則詳見第十四章之成層礦床項中。

1913年之溴化鐳產額，美國占16.4公分，歐洲全部約占四公分，澳洲約占二公分。又由1909年至1922年間，捷克斯拉夫產鐳鹽量約二十五公分。1917年美國產約八公分之金屬鐳。1923年美國產約十二公分之溴化鐳。

(A) 錫礦脈中之瀝青鈾礦 在錫礦脈項中既述英國康禾地方及南德旺(South Devon)地方水成岩之變質甚激烈。有花崗岩之大塊侵入此地層中。在兩者之接觸部附近，產無數之錫及銅礦脈。其中所產礦石，有錫石，黃錫礦，硫砷鐵礦種種之銅礦，鎢礦，以及鉛，鋅，鈹，銀，鈷，鎳，錳等礦石。此外尚產少量之瀝青鈾礦及其分解物之種種鈾礦。脈石則常產石英，綠泥石，電氣石，螢石等。在此地方產最多量之鈾礦者爲鈾礦山(Uranium Mine near Gram-pound)。每年出產二十噸以至三十噸之礦石(鈾礦)。此種礦石產於不規則之脈中，其含鐳量遠遜於波漢米亞(即捷克)所產者。(波漢米亞產瀝青鈾礦含有千萬分之一以至二之鐳)。

(B) 銀鈷鎳礦脈中之瀝青鈾礦 既如銀礦脈中所詳述，瀝青鈾礦與銀，鈷，鎳，鈹等礦物共生於同一礦脈中。德國，撒遜尼與波漢米亞交界之處，即愛爾慈格堡地方，產此種礦脈特多。其礦脈性質既詳於前述之鈷，鎳礦脈項中，耀欽斯塔爾爲最有名之鐳產地，瀝青鈾礦作不規則小脈狀，或小塊狀，散點於礦脈中。

(C) 美國，科羅拉多州，紀爾平(Gilpin)地方之瀝青鈾礦。

此地方與耀歆斯塔爾及康禾地方，爲世界有名之瀝青鈾礦三大產地。

此地方地質由前寒武系之水成岩及火成岩(花崗岩)構成之。侵入此地層中，有第三紀之火成岩，作岩脈或岩株，甚發達。最古之前寒武紀岩類以雲母片岩爲主，卽變質水成岩也。在花崗岩之接觸部，雲母片岩變化爲角閃片岩。第三紀時代之侵入岩則爲二長斑岩，波斯頓斑岩(白鹼性正長斑岩)等。此地方多金銀礦脈貫穿於前寒武系及第三紀之侵入岩中，得區別爲二種之標式。卽一爲黃鐵礦式，一爲鉛鋅礦式是也。前者以石英、黃鐵礦爲主成分，尙混有多少之黃銅礦及黝銅礦，有時亦含有硫磺、銅礦、螢石、菱錳礦等。後者則以方鉛礦、閃鋅礦、黃鐵礦、黃銅礦、石英、方解石等爲主成分。亦有兩者之混合式礦脈但皆不產瀝青鈾礦。富於瀝青鈾礦之礦脈單產於波斯頓岩岩脈之附近。且此岩脈略表示多少之放射能性質，含錳礦脈雖兼產黃銅礦、方鉛礦。但含銀量不如前述二標式之大。且其生成先於上述之兩種礦脈。常見有受後期生成之兩種礦脈之交截貫絡者。

勞特礦山(Wood Mine)與卡克礦山(Kirk Mine)在此地方亦爲瀝青鈾礦之著名產地。

(D) 偉晶岩中之瀝青鈾礦

在偉晶(花崗)岩中，有時亦發見瀝青鈾礦。在東部非洲烏爾烏路格堡(Ulgrugebirge)地方之花崗岩中，貫絡有偉晶岩脈。其中之雲母結晶中含有瀝青鈾礦之大小結晶。

其次挪威國庫里斯天山(Kristiansand)之北，有埃孚夷(Evje)地方亦發見有瀝青鈾礦，產於偉晶花崗岩中，視作副產物採取之，既產出一百五十公斤之礦石矣。又同國斯塔萬格(Stavanger)地方附近亦發見偉晶岩中，產少量之瀝青鈾礦。

綜合上述各事例觀之，鈾礦，卽錳礦之初生礦床皆與花

崗岩質(酸性)或中性之火成岩有生因的關係,產於偉晶花崗岩錫礦脈及含銀,鈷,鎳,銅,鉛等硫化物之礦脈中。

(註一) S. Taber: "The Mechanics of Vein Formation." Trans. Am. Inst. Min. Eng. (1918)

第十二章 交代礦床

(附洞穴充填礦床及網狀礦床)

交代作用乃原有物質與新物質相替代交換而構成新物質之作用。因此作用而集中之礦床謂之交代礦床。

嚴密言之，交代作用常發生於礦脈之母岩中，而引起礦脈及母岩之種種變化。例如青磐化，絹雲母化，矽化，及其他變質皆起因於交代作用。礦脈本身亦常因交代作用而富化，並增大其脈幅。但礦脈為充填岩石裂隙之礦床作脈狀，此與礦床相異之點也。

又接觸礦床之生成亦為高溫度氣體或過熱水溶液之交代作用，故亦可以視為一種之交代礦床。唯因有一部分之接觸礦物乃在極高溫度之下生成者，產於接觸脈石中，具有特殊之性質。由此可以與普通之交代礦床相區別。蓋普通交代礦床之礦源溶液不知接觸礦床礦源溶液溫度之高。即交代礦床乃由熱水液或冷水液而生成者。即以不產接觸礦物為其特徵。

交代作用乃原有物質漸次溶解，新物質則替代其位置而沈澱。故由此作用而構成之交代礦床，必以受金屬化合物溶液之作用後，易起變化之岩石為要件。一切岩石常受礦液中最普通之鹼性溶液之侵害。富於矽酸之岩石較之石灰岩、白雲岩等之碳酸鹽類岩石，不容易起化學的變化。實際上世界中大多數交代礦床皆胚胎於石灰岩、白雲岩等岩石中。

當礦液向岩石集合體作用時，容易起化學的變化之石灰岩，白雲岩或富於石灰質之泥灰岩等，與難起化學的作用之砂岩，砂岩等，其所受化學作用，在程度上，當大有差別。故因交代作用而起之礦物集中，有單限前者，而不起於後者。此種選擇交代作用 (Selective Metasomatism) 之現象，在探礦上之應用甚重要也 (第一百二十四圖)。

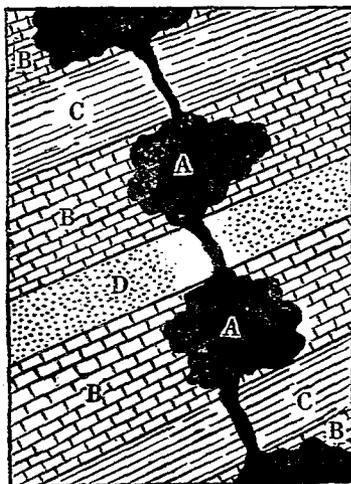
黏板岩有時亦受交代作用而構成礦床。例如日本所特有之黑礦礦床，

乃凝灰岩，頁岩，石英粗面岩及其他火成岩受交代作用後而生成者。

此類礦床之礦源溶液與作礦脈生因之礦液相同，有為岩漿水，有為天水，又有為兩者之混合物。其溫度由過熱狀態以至冷液，有種種之程度。但皆不能超過水之臨界溫度，即不能超過 364°C 以上。有時由地表滲入之天水，起顯著之交代作用，而構成甚大之礦床。

交代礦床有時呈規則的形狀，原有地層有全體變化為礦石，而構成層狀礦床者。或又因交代作用沿成層面而擴張

第一百二十四圖



因選擇交代作用，礦床在石灰岩中作富礦體。
A為礦床。B為石灰岩。C為頁岩。D為砂岩。

者,但大多數之例皆呈不規則的形狀,作礦塊或礦囊而產生,又有作極大之礦塊者。

洞穴充填礦床大抵以石灰岩白雲岩等在水中易於溶解之岩石爲母岩。因在此等岩石中多不規則的洞穴,其成因多與礦脈相同。所不同者,礦脈在岩石裂隙中受礦物之充填,常作板狀。至洞穴充填礦床則由礦物充填於岩石中之不規則的裂隙或洞穴中,而構成礦床也。故此類礦床不獨與交代礦床相同,作不規則的礦床,且在洞穴之周壁上,因礦液之循環而起交代作用,有移變爲交代礦床者。實際上交代礦床亦常與洞穴充填礦床有生因之關聯,而互相移化,故兩者之間有難於區別者。

網狀礦床者,細脈縱橫相交錯作網狀構造,常發達於極不規則之廣大的區域中。此時常須採掘母岩之全體。網狀礦床有與交代礦床互相移化者。蓋網狀礦床可以代表交代礦床生成之初期也。

由上述,吾人知交代礦床不獨常與洞穴充填礦床及網狀礦床共生,且互相移變;又常移變爲礦脈狀之裂隙充填礦床。原來循環於岩石裂隙中之礦液,在最易起交代作用之處,即在易被侵蝕之岩石中,特別在多裂隙之部分沈澱,遂構成礦床。故由塊狀之交代礦床移變爲裂隙充填礦床,固毫不足怪也。

交代礦床之種類 交代礦床,按其礦物成分爲分類,有

次之數種。

(I) 鋅鉛礦床, (II) 鐵礦床, (III) 銅礦床, (IV) 金礦床, (V) 銻礦床, (VI) 硫化鐵礦床, (VII) 錳礦床 (VIII) 其他礦床。

在上述八種類中, 以 (I), (II), (III) 三種為最重要。

(I) 鉛及鋅之礦床 此類礦床屬世界的標式, 因在世界各地到處皆產有此種礦床。其主要部分乃與石灰岩及白雲岩起交代作用而生成之方鉛礦, 閃鋅礦, 及鋅石 (Wurtzite 與閃鋅礦同化學成分, 屬六方晶系, 通常為纖維狀集合體), 之集合體。一般作不規則的礦塊, 又常移變為滲染礦床, 網狀礦床等。母岩之地質時代不一定, 由太古代以至新生代, 有種種之例。石灰岩與黏板岩或頁岩之黏土質岩石作互層之地方, 此種礦床若發達, 則沿兩者之境面而作薄層。若下盤為黏土質岩石時, 此性質尤顯著。

在礦床之不變帶, 除方鉛礦, 閃鋅礦, 鋅石 (通常皆含有多少之銀) 之外, 尚混有白鐵礦, 黃鐵礦等。又鋅石常充填洞穴作鐘乳狀, 乳房狀, 其斷面則呈纖維狀集合體之同心的帶狀構造 (第十圖)。脈石甚罕, 除交代作用之遺物方解石, 白雲石之外, 混有少量之重晶石, 硬石膏等。

在礦床之氧化帶, 方鉛礦變化為白鉛礦, 硫酸鉛礦。又閃鋅礦及鋅石則變化為菱鋅礦, 異極礦。既氧化之鋅礦, 例如菱鋅礦, 異極礦等之密雜物, 特稱之為鋅礦石 (Galmei), 甚重要之礦石也。此種礦床之氧化帶一般極發達。且以多產此類豐

富之礦石，故極有價值。

全世界鋅產額之三分之二以上皆爲此種礦床所供給。世界中，此類礦床甚多，今僅舉其最有名之數例如下，皆以石灰岩或白雲岩爲母岩之礦床也。

瑞典之撒拉(Sala)礦山，希臘之羅淋(Laurium)礦山，(以上產於太古代石灰岩中)，羅淋礦床之一部產於白堊紀石灰岩中。

美國蒙但那州之猶勒加(Eureka)礦床。(產於寒武紀石灰岩中)。

莎丁尼亞島 Sardinia)之礦床。(產於志留連紀之石灰岩中)。

美國科羅拉多州勒特威爾(Leadville)礦床及美蘇里州所有之多數礦床。德國亞恆(Aachen)附近之礦床。(以上產於古生代(泥盆紀及石炭紀)之石灰岩中)。

上部西利西亞(Oberschlesien)地方(德國及波蘭國境地方)之礦床。(產於三疊紀石灰岩中)。

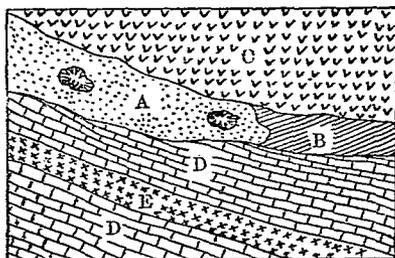
今僅就其中之二三有名者而詳述之。

第一，美國科羅拉多州勒特威爾礦床 (第一百二十五圖)

此礦山在科羅拉多州羅基山中之亞瑟塞斯(Ar Kansas)河流域，以勒特威爾市爲中心，開掘有多數豎坑。礦床發達於石炭紀之石灰岩中，作不規則的塊狀，常位於石英斑岩質之白色侵入岩之下。但有少數礦床散在於其下部之泥盆紀之砂岩，志留連紀之灰白色石灰岩，及寒武紀之砂岩中。此礦山在開掘初期，產品位甚高之氧化礦，故有名。氧化礦之礦石有

碳酸鋁礦，氯化銀礦，含銀方鉛礦等；及混有石英與黏土。此外共生礦物尚有褐鐵礦，氧化錳，及少量之重晶石。此等礦石及脈石常形成微細物質之審雜物，呈白，灰，褐等色，狀若土塊，產於礦床中。此種特有礦石明明由下降水之氧化作用而生成之次生的礦物也。至其原來礦石則為硫化物。氧化帶之下部漸次移變為不變帶。其中成分礦物有含銀方鉛礦，閃鋅礦，黃鐵礦，及少量之黃銅礦等。

第一百二十五圖



美國勒特威爾礦床斷面圖 A為氧化礦。B為硫化礦。

C為白色斑岩。D為石灰岩。E為灰色斑岩。

德國亞恆地方之鋅礦床，有作不規則的礦塊之交代礦床者，有略作板狀之礦脈者。此等礦床乃有生因的關係而互相移變者。礦床產於泥盆系及石炭系之石灰岩中，為多數之斷層所截斷。礦床之生成實與此斷層有關係。蓋礦液沿此斷層面而上昇，有充填斷層面間作礦脈狀者。斷層與石灰岩交叉之部分，則多由交代作用而生成礦塊狀礦床。在此地方有名之第朋林恆礦山(Diepenlinchen Mine)在石灰岩中有大礦塊及脈幅寬大互相連續之脈狀交代礦床，在上部之氧化部有鋅礦石(Galmei)，白鉛礦，方鉛礦，及少量之黃鐵礦。由地表至深二百九十尺之地點，鋅礦石移變為閃鋅礦。在此地點以下，則不產氧化礦。又同地方之亞爾登堡礦山(Altendorf Mine)為氯化鋅，即鋅礦石(Galmei)產地，世界知名。

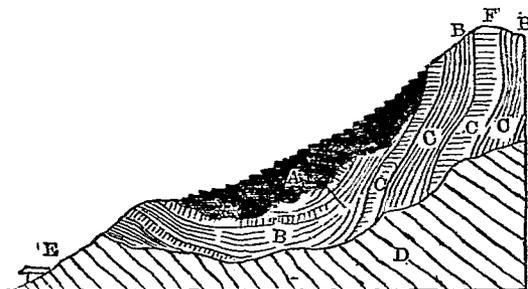
同國上部西利西亞地方之鋅礦床。

此地方在三疊紀之石灰岩中，鉛鋅交代礦床極發達。在氧化帶，產品位甚高之鋅礦石(Galmei)。此地方與亞恆地方同為德國之二大鋅產地。我國亦多此種礦床，但未見詳細之報告耳。今試舉其一例，以遼寧鳳城縣青城子附近之鋅礦床為比較有名。

此礦床附近地質為前寒武系下部之結晶質石灰岩，分布極廣。因地點不同，有夾絹雲母片岩及閃片岩滲層之部分。又花崗岩岩株及與之有關係之石英斑岩，半花崗岩，煌斑岩等岩脈亦甚發達。礦床雖與花崗岩，石英斑岩等有生因的關係。但皆胚胎於石灰岩中而發達於兩者之接觸部附近。產狀有塊狀交代礦床，礦脈，網狀礦床，及礦囊等，不一而足。礦石以黃鐵礦及方鉛礦為主。在火成岩附近，產黃銅礦，閃鋅礦，硫磺，磁鐵礦，磁礫鐵礦等。距火成岩稍遠，則產黃鐵礦，方鉛礦，石英等之混合物。最後則移變為由石英，方鉛礦而成之礦脈。脈石有方解石，白雲石，但不見持鈣礦物。故知此種礦床為熱水礦床也。

(II) 鐵礦床 奧國之史太埃爾馬克地方愛生愛爾慈附近之愛爾慈堡(Erzberg bei Eiseners in Steiermark)之菱鐵礦礦床(第一百二十六圖)。

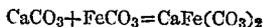
第一百二十六圖



愛爾慈堡礦床斷面圖 A為礦石。B為鐵礦及菱鐵礦。C為石灰岩。

D為硬砂岩。E為焙燒工場。F為愛爾慈堡礦山。(1537公尺)

此礦山在亞爾卑斯山中。礦床所在地之愛爾慈堡山，海拔 1537 公尺，山之基部由外狀似片麻岩之硬砂岩構成之。其上部被覆有極厚之古生層石灰岩累層。此石灰岩受交代作用之程度甚深，變化為菱鐵礦，構成廣大之礦床。礦床之厚有達四百尺以上者。礦床之一部分產多量之菱鐵灰礦(Ankerite, $\text{Ca Fe}(\text{CO}_3)_2$)。由菱鐵礦移變為菱鐵灰礦，再由菱鐵灰礦移變為石灰岩之證據甚明顯。因地點不同，礦床有完全由菱鐵灰礦之礦塊代表者。菱鐵礦平均含 40% 之鐵。其中含硫化物極少，有時混有少量之黃鐵礦，黃銅礦，方鉛礦，黝銅礦，及辰砂。又在空穴中有產珊瑚狀之鐵石者。此礦床與附近露出之紋岩有生因的關係。即由其後火成作用之熱水液與石灰岩起交代作用，遂生成菱鐵礦及菱鐵灰礦。其化學反應如下。

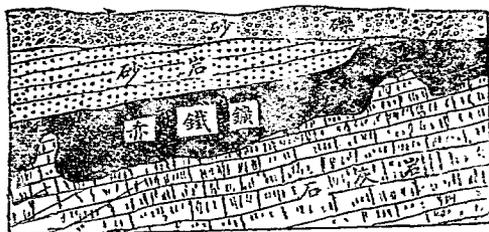


其次為美國北部之鐵礦床。

在美國北部大罕姆(Durham)北亞姆巴蘭(Northumberland)及甘巴蘭(Cumberland)諸州有與石炭紀石灰岩相交代之種種鐵礦床。其中有菱鐵礦礦床，有品位甚高之赤鐵礦礦床。例如甘巴蘭州荷鐵赫文(Whitehaven)地方之赤鐵礦，品質甚佳之礦石也。礦床形狀有作極不規則之礦塊者，又沿石灰岩層與其他地層之層面間，行交代作用者。故礦床呈礦層之形狀。第一百二十七圖為碧古律格(Bigrigg)地方附近白克塞特(Parkside)礦山之礦床想像斷面圖。考此等礦床之生因，似為天水滲入上部各種石炭紀地層中，溶解其鐵分，入石灰岩中後，起交代作用而生赤鐵礦。此菱鐵礦更受氧化作用，遂變為赤鐵礦。

高麗黃海道安岳鐵山位於戰寧江畔平野西部之丘陵地帶。地質由片麻岩，古生層(寒武系)，中生層(白堊系)，及沖積層構成之。此中之中生層為含有礦床之岩類，層向大體走南北，被覆於古生層之水蝕面，而以大斷層與片麻岩分界。中生層之傾斜緩慢，在中央部向斜甚顯著。(第一百二十八圖)中生層與片麻岩相接之部分，以礫岩，砂岩為主，似因斷層而既變其位置。礦床即沿此境界面作層狀而發達。內容為赤鐵礦

第一百二十七圖



白克塞特礦床斷面圖

(輝鐵礦)間有呈雲母狀者。礦石中產多少之石英，方解石，重晶石。礦床走南北之方向，而向東略作三十度之傾斜。其厚由二三尺至三十尺，或脹或縮不等。沿層尚有延長至4000尺以上者。沿傾斜之方向，愈深掘則黃鐵礦之量愈增加。因地位不同，礦質有甚貧弱者。上盤之礫岩通常起砂化作用而化為砂岩質，其中常貫絡有輝鐵礦，重晶石，方解石等之綑脈。總而言之，此礦床乃由上昇熱水液沿片麻岩與中生層間之斷層面裂隙帶，砂化其礫岩，其次由交代作用而生成層狀輝鐵礦礦床；同時沿小裂隙生成多數之小礦脈。後又沿此斷層面再生斷層，結果，礦床有今日之產狀，即與下盤之片麻岩間有甚明瞭之境界也。此熱水礦液之本源，恐係侵入片麻岩中之閃綠岩或其他更新之深成岩也。

第一百二十八圖



安岳礦山附近斷面圖

鐵之交代礦床亦多產於西班牙及德國。大體皆為石灰岩受菱鐵礦之交代，菱鐵礦礦床再受氧化作用而變化為赤

鐵礦，褐鐵礦等，常構成重要之礦床。高麗 價川鐵山 (平安南道) 之褐鐵礦礦床，乃先由交代作用而生成菱鐵礦，再受露天化作用，遂變成褐鐵礦。

石灰岩中多洞穴裂隙，種種鐵礦遂充填其中。此等空隙之形狀亦種種不一，有作不規則之洞穴者，有作管狀而延續極深者。此等洞穴常含有黏土及赤鐵礦或褐鐵礦，有採掘價值（豆狀褐鐵礦等）。鐵礦溶液流入空洞中，常作結核的沈澱，又沈澱於石灰岩表面之褐鐵礦，亦常因機械的作用變為鐵砂而流入洞孔中。有時又見充填有鐵礦之洞穴，四壁受水蝕作用後，而留光滑之面影，在中歐地方，不少此種礦床，例如德國之修瓦爾慈瓦爾特地方 (Schwarzwald) 侏羅山脈 (Jura) 地方，亞爾卑斯山中之提羅爾 (Tyrol) 地方，瑞士國等是也。

(III) 銅礦床 銅之交代礦床產於石灰岩或白雲岩中者不少，常與礦脈相關聯而產出。即通過裂隙而上昇之礦液，進石灰岩或白雲岩中後，起交代作用，遂構成不規則的塊狀礦床。其不變帶中之礦石以黃鐵礦及黃銅礦為主。混有多少之閃鋅礦，方鉛礦等。在氧化帶中，亦常產豐富之氧化銅礦，(孔雀石，藍銅礦，矽孔雀石等)。意大利之妥斯加那州，麥撒瑪利提瑪地方 (Massa Marittima in Toskana)，非洲西南部 (舊德屬殖民地)，啊太衛地方 (Otavi)，比利時屬剛果 (非洲) 之甘太略地方 (Kantaga, Congo) 皆有此類礦床。

在日本有名之黑礦，為一種特別之銅礦交代礦床。黑礦

者，乃閃鋅礦，方鉛礦，黃鐵礦，黃銅礦（有時亦含有硫砷銅礦，黝銅礦），重晶石，石膏等之混合物；常含多少之金及銀。其混合狀態亦種種不一。有作緻密之集合物者，有呈粗粒狀構造者。因含多量之閃鋅礦，故多呈黑色。但又有因含多量重晶石或石膏而呈白色者。若含黃銅礦或黃鐵礦過多量，則呈黃色，特稱之為黃礦。黃鐵礦及其他硫化物滲染於既矽化之母岩中。又富於石英脈石之礦石則特稱之為矽礦，與黑礦相伴，產量極多。矽礦通常含銀、銅量甚少，但可為製鍊黑礦之熔劑。

黑礦之成分 此因礦山而略有不同，閃鋅礦多而黃銅礦少時，可視作鋅礦床採掘之。通常若含有 2% 內外之銅，則視作銅礦，加以製鍊。

黑礦礦床 此與第三紀層之凝灰岩，頁岩等相交代，多作不規則之塊狀。又常見有安山岩，石英安山岩，或石英粗面岩等之侵入，故知此等火山岩為礦源岩。礦床有時由此等礦源岩本身起交代作用而生成者。塊狀礦床常向下部縮小，最後作亞美巴（Amoeba）之偽足狀而消滅。在塊狀礦床之周圍，網狀礦床甚發達。有兩者互相移變者。又礦脈狀之礦床有移變為塊狀礦床者。由礦脈或網狀礦床移變為礦塊，在礦床性質上所應有之現象也。黑礦多呈微粒狀成粗粒狀之塊狀構造。有時又呈小帶狀之構造，或角礫狀構造。

在黑礦礦床中，除黑礦，黃礦，矽礦之外，常產多少結核體，由黏土質物質，石膏，塊鐵，石英及其他種類之矽酸鹽類，重晶

石等構成之。

黑礦礦床之氧化帶與次生的硫化礦富化帶 關於此項既詳述於第四章中。黑礦之氧化帶常變爲土色及淡色之礦石，富於金及銀分，是即所謂『土礦』也。日本小坂礦山，此種土礦甚發達，故最初視作銀山加以採掘。土礦與不變帶之間，即在土礦之下部，常產多量含銅、銀之硫化礦物。小坂礦山其著例也。此乃在氧化帶受地下水之溶解流集之硫酸銅、硫酸銀等，至此地點，再受黃鐵礦之作用而還元，遂沈澱硫化銅、硫化銀等，即在今日之小坂礦山亦常在黑礦、黃礦之裂隙中發見有次生的美麗銅藍結晶也。

日本黑礦礦床之分布 此類礦床多發見於本州東北地方，在其他地方則較少。詳言之，即多產於北日本之內帶，在南日本之內帶，僅有島根縣之三四礦床。在九州大分縣，亦只有一黑礦礦床。至南北日本之外帶，即太平洋沿岸則未聞有黑礦床之產出。由此觀之，日本黑礦之分布狀態，正與第三紀時代所產出之火山岩類，（石英粗面岩，輝石安山岩，石英安山岩等）之分布一致。故知黑礦礦床乃由此等火山岩噴出後之後火山作用而生成者。其分布決非偶然也。

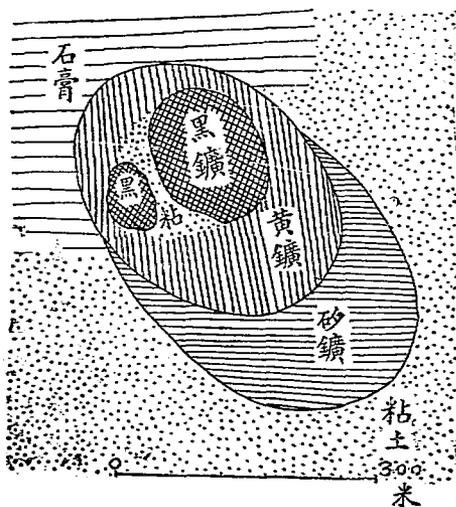
今試就日本奧羽地方之花崗礦山之礦床而詳述黑礦之產狀及生因。此礦床附近地方地質爲輝石安山岩，及似屬第三紀之凝灰岩所構成。在花崗川之兩岸，洪積層（浮石質砂礫）之段丘甚發達。

礦床胚胎於既分解之凝灰岩質岩石中。常發見於安山岩之接觸部附近。母岩之分解甚烈，多變爲黏土狀。但角礫狀

構造亦頗發達。礦床即在此種既分解之母岩中作不規則的石膏塊。因地點不同，有純白如雪者，有因滲染多少之硫化物（黃鐵礦及其他）而變色者，或又因含過量之硫化物而呈所謂黃礦、黑礦之外觀者。此部分（特別限於黑色部分）含3%以上之銅礦。本礦山礦床由大小二三礦塊構成之，皆具同一性質，產有石膏、黃鐵礦、黃銅礦、閃鋅礦、方鉛礦等，不產重晶石。其母岩（黏土）及既分解之凝灰岩中縱橫貫絡有無數之石膏脈。此礦床之下部產有塊狀之硬石膏，混於石膏中。本礦山之西北有名石佛礦床者，乃混有重晶石之標式的黑礦也。

近來在本礦山發見之堂屋數礦床，在花崗礦床之西北，約千公尺之處，一大黑礦體也。在花崗川段丘之下，礦床上部受水蝕作用，被覆有厚約三十公尺之砂礫層及浮石層。礦床在東西南北兩方向，皆約寬三百公尺。其水平斷面乃以西北、東南之方向為長軸之橢圓形。現已探礦至約百尺之深。礦床之中央部為黑礦塊。在黑礦塊之周圍為含有多量黃銅礦之

第一百二十九圖



日本花崗礦山堂屋數礦床水平斷面圖

黃礦，甚發達。又在東南部，有矽礦塊，圍繞黃礦，亦甚發達。在礦床之西北境以石膏塊為境界，在東南境則以黏土為境界。母岩為第三紀凝灰岩。（第一百二十九圖）此礦床之次生的富化作用甚顯著。在重晶石，黃鐵礦，閃鋅礦等之間，以黑礦為膠結物，其中含多量之斑銅礦及其礦塊。又黃礦亦有含多量之銅藍者。

在此類礦床，最先產出者為矽礦，黃礦次之，最後則生黑礦。在矽礦之碎裂帶中，有黃礦之沈澱。重晶石脈則貫穿於矽礦及黃礦中。此皆為顯著之事實。礦床中及周圍，含少量黃鐵礦之黏土甚發達，其中常產黑礦及黃銅礦之小瘤塊。

黑礦礦床之生因 關於黑礦礦床之生因，有種種之學說。（註一）但據原著者加藤氏之見解，謂黑礦礦床之母液為鹼性溶液，不獨含有多量之硫酸鹽類，（特別為硫酸鹼）硫化鹼，且含有鋇、鈣等之碳酸鹽，或其他化合物。此外尚含少量之硫化氫。金屬類或作易溶解之化合物，或作硫化金屬。此硫化金屬亦比較容易溶解於此種礦液中。故此種熱水液上昇至容易起交代作用之地點，即至容易受侵蝕之岩石中，特別在因地盤之變動，岩石碎裂成碎裂帶之處，逞其侵蝕作用，引起種種之複雜的化學變化，其中所溶解之成分遂沈澱而構成塊狀礦床。就多數實例觀之，不獨有由礦塊移變為礦脈或網狀礦床之現象。且礦床亦常呈角礫狀，此即證明其胚胎於作角礫狀之母岩中也。至礦化作用之第一期為矽化作用，（有少量黃鐵礦之沈澱），第二期為黃鐵礦及黃銅礦之沈澱，第三期則為閃鋅礦，方鉛礦及其他硫化物，重晶石等之沈澱。此第三期之礦化作用完成後之部分，即為黑礦。至矽礦及黃礦

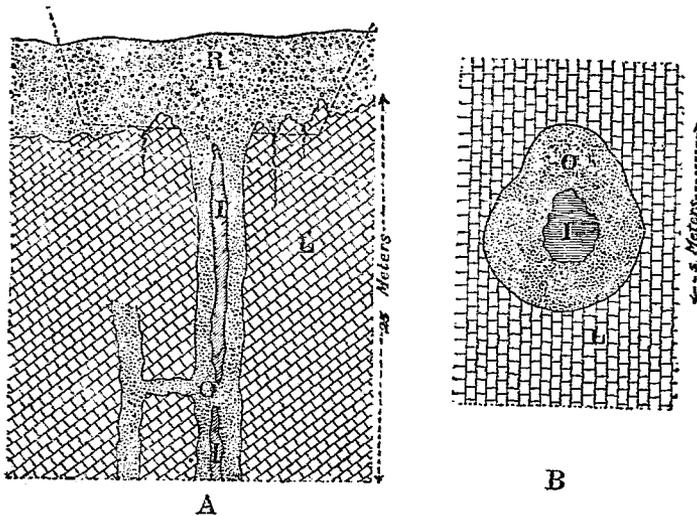
乃代表此等礦化作用尙未完成之部分。石膏通常代重晶石而沈澱。〔鹼溶液中溶解有硫酸鹼及碳酸鋇之時，溶液之溫度稍降低，硫酸鋇即沈澱。此在實驗上已經證明者也。黑礦中之所以產多量之重晶石，即由此作用而沈澱者。〕

日本秋田礦山學校之大橋良一教授（註二）謂黑礦乃與包圍黑礦之黏土同期沈澱於海底之礦床。在其中常發見有黑礦之膜狀構造，即其證明。（海底沈澱說）其母液則爲因含有硫酸或鹽酸而呈強酸性反應之溫泉，其中以含有多量硫化氫爲必要條件。金屬則作硫化物，氯化物，及硫酸鹽溶解其中。鋇則以硫酸鹽爲主，溶解母液中，至黃鐵礦當係從另一種不同之礦液所產出，即爲富於鹼之矽酸鹽或碳酸鹽，及含有硫化氫及遊離矽酸之中性或弱鹼性溫泉沈澱物。但加藤氏不贊同大橋氏之說明，而仍主張交代作用說。加藤氏謂，試精查各黑礦礦床，不單交代作用之證跡甚明顯，且閃鋅礦及其他硫化物，由酸性溶液沈澱於地表（水底）之量竟如此其大，實不合理也。據加藤氏之研究，黑礦礦床仍屬交代礦床，曾經三段之交代作用而生成者。即矽礦，黃礦，黑礦實代表交代作用之順序。最初期爲矽化作用，產多少之黃鐵礦，黃銅礦。第二期爲黃礦之生成期，多量之黃鐵礦，黃銅礦起交代沈澱之作用。最後受交代作用之部分則沈澱多量之方鉛礦，閃鋅礦，重晶石等，是即黑礦也。矽礦，黃礦，黑礦三者，決非由三種不同之溶液而沈澱者。

又在石灰岩地方，有充填洞穴之銅礦交代礦床。例如日本山口縣太田地方長登礦山是也。

長登礦山之宮濱坑位於古生層石灰岩之高台地上。在此地方附近之地表，覆有一重之褐色黏土質土壤，其中不特含多少之褐鐵礦及矽孔雀石之小塊，且有作圓筒狀之含銅黏土礦床，深入石灰岩中。此乃石灰岩之裂隙再受水之溶解而生成之圓筒狀洞孔，黏土質土壤充填其中，且滲入鐵銅等溶液，(硫酸鐵及硫酸銅)遂沈澱孔雀石，矽孔雀石，及褐鐵礦。此礦床之中心部，褐鐵礦狀如水莖之髓，甚發達。其周圍則為含銅礦結核物之赤褐色黏土(第一百三十圖)。礦床之四壁中，即石灰岩中，滲染孔雀石而呈淡綠色之部分不少也。此地方附近有四五個之圓筒狀礦床，皆含有平均1—2%之銅分。

第一百三十圖



濱宮坑之礦床縱面圖 (A)及断面圖(B)。L為石灰岩。

R為含銅露天化土壤。O為含銅黏土礦。I為褐鐵礦。

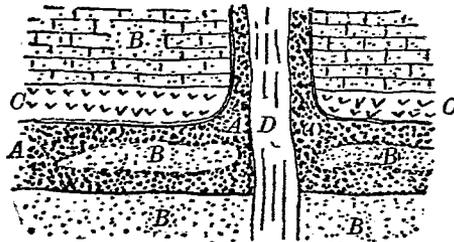
間有含物之銅之部分。圓筒之大者其橫斷面之長徑達十尺以上，延長至深八十尺以下之地點。

此礦床乃因石灰岩之露天化，地表土壤及充填洞穴之黏土質土壤中含有銅及鐵之成分，因天水之滲透，故洗滌銅礦及鐵礦。含有此等金屬之溶液似來自其附近之銅礦床。如北平礦床，不獨與濱宮礦床相接近，且其露頭部高於濱宮礦床之露頭部，此亦一證明也。

(IV) 金礦床 金礦之交代礦床較罕。但亦有一二之著例。有產於石灰岩，白雲岩等之碳酸質岩石中者，亦有產於砂岩，黏板岩，砂岩等岩石中者。交代作用常屬砂化作用，在母岩中滲染多量之石英，同時亦滲染金分。南非洲杜蘭斯哇之雷登堡 (Lydenburg) 礦床及澳洲慶斯蘭摩爾根 礦山 (Mount Morgan Mine, Queensland) 皆為顯著之例。

雷登堡之礦床地方有白雲岩，砂化之後，變質為砂石層。此砂質岩石含有多少之硫化鐵及金分。有時金之含量達十萬分之三以上。此礦床受輝綠岩之侵入，砂石層有受輝綠岩脈之壓迫而騰出地表者。(第一百三十一圖) 其礦源岩雖不明瞭，但白雲岩受礦液之交代作用而生成此礦床，則無容疑也。

第一百三十一圖

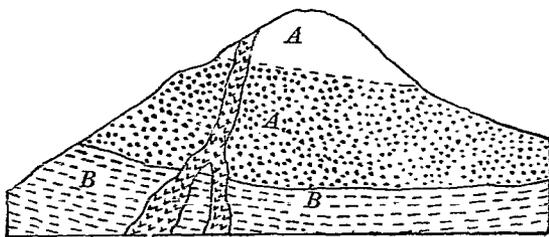


雷登堡礦床斷面圖 A為礦床。B為白雲岩。

C為輝綠岩岩床。D為輝綠岩岩脈。

澳洲摩爾根礦床位於慶斯蘭之中央部(第一百三十二圖),乃世界稀有之標式礦床。立於起伏無定之丘陵地方,有約高500尺(海拔1225尺)之山崗。崗頂被覆有白堊系之砂岩。其下部則為砂岩,硬砂岩,黏板岩,及蛇紋岩等所構成之累層。閃綠岩質之侵入岩貫穿於此累層中。崗頂(摩爾根山)上部全為礦床,覆於基底岩(滲染有黃鐵礦)之砂岩上面,故礦床與砂岩皆為岩脈所貫穿。礦石容易碎裂,性質亦至不一樣,有為碎屑之石英質,有為砂質之赤鐵礦塊,有呈褐鐵礦之外觀者,金粒甚微小,普通眼力所能察見者甚罕。此礦床成因尙未明瞭。一般以為硬砂岩,砂岩等受含金鈣礦液之交代及滲染,遂構成此類世界罕有之大礦床。

第一百三十二圖



摩爾根山礦床剖面圖 A為礦床。A'為既採掘部分。

B為砂岩滲染有黃鐵礦。C為火成岩脈(閃綠岩)。

(V) 銻礦床 石灰岩或白雲岩有時亦受交代作用而產生銻礦床,但較罕見耳。礦石為輝銻礦。脈石極少,或完全缺如,此其特徵。近地表之氧化帶,常產白色或黃色之氧化銻礦,意大利之仙那州,塞提那第柯妥爾尼阿娜地方(Cetina di Cotorniana, Siena)德國之偉斯特發利亞州之加斯帕利慈赫地方(Casparizeche bei Arnsberg in Westfalen)皆有此類礦床,但不顯著耳。

(VI) 硫化鐵礦礦床 硫化鐵礦(黃鐵礦)有作塊狀交代礦床而產出者。其礦石酷似層狀含銅黃鐵礦礦床。又常含多少之銅分。當研究結晶片岩中之層狀礦床之生因，常藉此類礦床之研究爲其學術上之一階段，至有興趣之研究也。日本美作國柵原及久木礦床爲此類之標式的礦床。

柵原礦床與久木礦床，中隔吉井川，遙遙相對。此地方之地質有中生系(三疊系)之黏板岩及其變質物之角頁岩，輝綠岩之變質物綠岩(變化爲角閃岩者亦不少)等，極發達。又石英斑岩多作岩脈侵入於此等岩石中，亦有紋岩之岩脈。作角礫狀構造之石英粗面岩被覆於此等岩石之上，占面積甚廣。吉井川西岸之久木礦床產於侵入角閃岩質輝綠岩及角頁岩內之石英斑岩中，作塊狀交代礦床，在南北方向有數個礦塊相連續而發達。礦床內部爲緻密之黃鐵礦塊，混有少量之磁硫鐵礦。圍繞此黃鐵礦塊，有狹小之磁硫鐵礦礦帶。最外層則爲黃銅礦礦帶所包圍。外亦稍產磁鐵礦。礦床之境界比較明瞭。距礦床愈近則母岩中黃鐵礦之滲染量亦愈多。至吉井川東岸之柵原礦床則爲輝綠岩質岩石受交代作用而成之純黃鐵礦塊，僅含銅之痕跡而已。磁硫鐵礦極少。侵入礦床中之白色岩脈甚多，此乃由某種岩石之變質體色而成者，其前身爲何種岩石，無從查考也。此岩脈或作緩傾斜，或作急傾斜，又或相分歧，或相合併，產狀至不一定。黏土脈亦甚多，蓋斷層之遺物也。

(VII) 錳及鐵礦床 石灰岩及白雲岩有胚胎錳礦之交代礦床者，大多數與褐鐵礦共生，其形狀有作不規則之塊狀者，有略作板狀者。礦石以軟錳礦及硬錳礦爲主。

日本地方有火山岩貫穿於第三紀層中。錳礦床卽在此岩石中作塊狀產出者不少，皆交代礦床也。

日本，陸奥地方，西津輕郡深浦村湯澤礦山之錳礦床爲一種之交代礦床，產於凝灰岩中，作層狀。此地方地質屬第三紀層，層向走南北，向西作五度至七度之傾斜。礦床層厚由六尺至八尺不等。礦石大部爲硬錳礦，夾雜有少量之軟錳礦。由其探掘之跡推之，此礦床當有千尺之長，三百尺之幅，由NEN向SWS之方向延長。幅員較大部分早經探掘。現今僅存厚約二尺之礦床而已。在礦床中尙產有一種不純之砂石（碧玉），作黃褐色而帶紫黑色之斑紋。此地方人稱之爲虎石。此種錳礦床常產碧玉，蓋與礦石同時沈澱之殘留矽酸也。

錳礦床之生因以天水爲最重要之作用，此須特別注意者也。

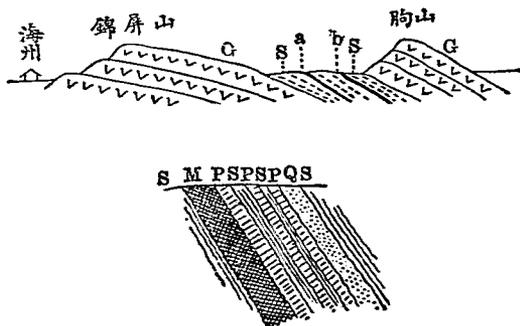
(VIII) 其他諸礦物之礦床

(A) 釩礦礦床 釩礦之產出甚少。其世界唯一之礦山在南美秘魯國，名美那斯辣格拉礦山，現今全世界之釩礦均由此礦山供給，礦石爲硫釩礦，(Patronite $V_2S_5 + nS$) 暗黑綠色之礦物也。(比重 2.65—2.71，硬度 2.5)。礦床作一大扁豆狀(長約三百尺，幅約三十尺)，產於中生層之含石膏泥板岩累層之碎裂帶中。(礦床之層向爲 $N20^\circ W$ 向西作 75° 之傾斜)。此礦床非單由硫釩礦構成之，尙產多量之黑色瀝青質物，名瀝青炭(Quisqueite) 及多孔質之骸炭質物，此外有少量之黏土質物質。硫釩礦產於礦床之中心部，其外部則爲瀝青炭及骸炭質物。其母岩之泥板岩中，多石膏及硬石膏之細脈，漸次移變爲不受變化之泥板岩。此礦床之成因尙未明瞭。一般均信爲由於溫泉之作用，瀝青質物先沿裂隙而沈澱，然後硫釩礦由交代作用而沈澱。硫釩礦在地表附近，氧化之後，變爲赤褐

色礦物(似爲鈦酸鈣)。

(B) 磷礦床 我國江蘇海州之南錦屏山附近,磷礦床甚發達。此地方地質乃隆起於沖積平原中之前寒武系岩類丘陵地,由片麻岩結晶片岩等構成之。磷礦床即夾介於結晶片岩中,作層狀礦床爲呈粒狀構造之磷灰石集合體,常與白色雲母共生,略作片岩構造。此磷灰岩礦床不單常呈大理石狀構造,並且移變爲結晶質石灰岩,(貫絡有多數磷灰石粒集合體之細脈)。此種磷灰石屬於含氮素之種類。此地方片麻岩似爲貫穿於結晶片岩中之正片麻岩。石灰岩與結晶片岩受氣體溶液(與片麻岩之火成作用有關係者)之交代作用,遂構成磷灰石礦床。與磷礦床共生者有黑色錳礦層狀礦床,甚發達。此礦床可以變化爲含錳燧石層之露天化礦床。

第一一三三圖



海州附近之南北斷面圖(上),及a部分之精細斷面圖(下)。

G爲花崗片麻岩。S爲結晶片岩。a, b爲礦床又爲石英脈。

P爲磷灰石礦床。M爲錳礦床。(厚約一公尺)

(C) 明礬石礦床 安山岩石英粗面岩等火山岩中常產有明礬石(Alunite)之塊狀礦床,其生因乃由於此等火山岩噴發後而起之後火成作用。詳言之,即含有亞硫酸氣或遊離硫酸之酸性溫泉通過火山岩之裂隙而上昇,在途中與岩石(特別是與其中之長石)起交代作用,遂生成鉀鋁之硫酸鹽(明礬石),在地表附近集中成礦床。匈牙利及美國科羅拉多州多塊狀明礬石礦床,乃與粗面岩相交代而生成者。日本播摩地方之朽原明礬石礦床亦有名(第八十八圖)。

朽原地方地質爲第三紀層, (以頁岩爲主) 有石英粗面岩貫穿此岩層而噴發。礦床即產於此火山岩中, 作不規則之塊狀。礦床附近之石英粗面岩因風化而褪色至白色及淡紅不等, 雖含有少量之明礬石, 但因石英不分解而構成斑晶。母岩與礦床之間無明瞭之界線, 因兩者乃漸次移變者。礦石, 即既明礬石化之岩石, 其色澤種種不一, 以淡紅色爲最普遍。紅、白、灰、暗灰次之, 亦間有作黃色者。

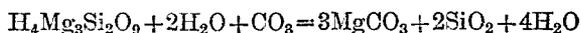
最良質之礦石完全不含石英, 質緻密, 略作脂感, 有淡紅、淡灰等色。礦石之大部分產於既完全明礬石化之岩石中。唯石英斑晶不變化。良礦與次礦不單互相漸次變化, 亦有移變爲母岩者。母岩與礦石之裂隙中, 有硫黃作被覆物產出, 有時亦產少量之雞冠石。礦床中又常產黃鐵礦之微晶六面體, 或散點其中, 或多數相集而構成小塊。在母岩及礦體中, 斷層甚多, 有構成黏土脈者。其中沈澱黃鐵礦之小晶者亦不少。此等事實乃證明由溫泉作用而生成之交代礦床也。

(D) 石筆石、蠟石及黏土礦床 由熱水作用, 或特別由高溫之酸性溫泉, 常構成蠟石(Agalmatolite, 含水矽酸鉛)及相類似之黏土質礦物。在石英粗面岩中, 常產此類礦床, 或作脈狀, 或作交代礦床。日本岡山縣三石地方有此種礦床, 產於

石英粗面岩中，同縣之勝光山亦有此類礦床，則產於石英粗面岩及紋岩中。皆產多少之黃鐵礦。又交代作用最完成之部分，產水礬石 (Diaspore, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 結晶集合體，或同礦物之瘤塊。

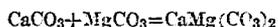
石英粗面岩受溫泉作用，常構成不規則塊狀或脈狀之高嶺土礦床，其中兼產少量之硫化鐵。

(E) 菱鎂礦之礦床 蛇紋岩常受含有碳酸氣之天水而分解，遂生成菱鎂礦 (Magnesite, MgCO_3) 在同岩石中，作不規則之塊狀或脈狀。此礦物乃外觀略似粗燒之磁器，白色之堅硬土狀物也。即所謂非結晶質之菱鎂礦。其生成經過，得以下列之化學方程式表示之。



此種礦床在世界中分布甚廣，但罕有大者。世界最大之菱鎂礦礦床在奧國境內，由偉那娜伊斯塔德 (Wiener Neustadt) 至提羅爾 (Tyrol) 間之亞爾卑斯山中，全世界製鐵用之菱鎂礦皆由此地方礦床供給之，屬交代礦床，並產菱鎂礦結晶。

此地礦物即所謂斯堪連菱鎂礦 (Styrian Magnesite)，產於石炭紀之地層中。在硬砂岩之累層中，夾有大小之石灰岩及白雲岩之岩層或扁豆狀物。礦床即由此等碳酸鹽類岩石受交代作用而生成者。石灰岩似先由碳酸鎂溶液之作用而變為白雲岩，再進行其交代作用，遂產菱鎂礦。



實際在此地之礦石中，與白雲岩共生。與白雲岩相交代

而生成之菱鎂礦之標本甚多。又此礦床尙產有多少之菱鐵礦，黃銅礦，鉛銅礦，石英及辰砂等。一般皆信此地方之菱鎂礦礦床與同地方之菱鐵礦大礦床(例如愛爾慈堡之礦床)有密切的關係。

滿洲大石橋及海城附近，產有酷似斯提連菱鎂礦之結晶質菱鎂礦，分布甚廣。礦床之規模亦大。蓋此地方之白雲岩層甚發達，受交代作用後，遂生成此種礦床。其生因與此地方之鹽基性岩岩脈有關係，乃熱水作用之交代礦床也。最顯著之產地爲官馬山(在大石橋東十一二里之處)與牛心山(距太平車站東北約數里)附近地方。

(F) 滑石礦床 上述滿洲大石橋及海城地方附近之地質爲寒武紀之白雲岩，其中產斯提連菱鎂礦之外，兼產多量之滑石。例如下列各地產有顯著之滑石礦床。

聖水寺方面，西大山，大嶺，宋家堡子，賈家堡子，審子峪，馬家堡子，楊家甸子，馬峪等地方。

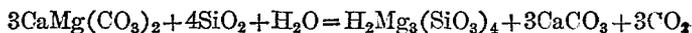
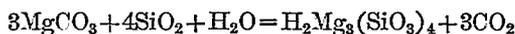
關於此等礦床之一般性質，略舉之如次。

(1) 滑石礦床常產於白雲岩或菱鎂礦中不產於石灰岩中。礦床作扁豆狀，沿母岩之成層面而發達。有時發達於菱鎂礦與石灰岩之接觸面。

(2) 產於菱鎂礦中者，品質最佳。

(3) 礦床多發達於母岩之碎裂部分及斷層部分。但在深處則不發達。

滑石礦床似由菱鎂礦及白雲岩，受含有膠狀矽酸之天水之交代作用而生成者。其化學作用可以次舉之化學方程式表示之。



(註一) 平林武:黑礦礦床調查報告文第一回 23—27 頁。

岩崎重三:『黑礦之成因』(東京地質學雜誌大正三年十二月號及同四年四月號)

加藤武夫:『黑礦礦床之成因』(同上大正二年四月及六月號)

(註二) 大橋良吉:『論小坂礦山黑礦之成因』(東京地質學雜誌大正八年三月號)

第十三章 滲染礦床

礦液一般沿岩石之裂隙，向地層或岩塊全體而滲浸，遂在岩石中沈澱滲染多量之礦石，是謂滲染礦床。其生因乃一種次生的作用也。

礦液沿岩石之裂隙，向兩側滲浸，若此種滲染礦床極發達，則有漸次移變為礦脈或網狀礦床者。此種礦床常須採掘其母岩全體。

滲染作用比較容易起於多孔質之岩石中。（例如砂岩，礫岩，凝灰岩，石英粗面岩等）。又如在石灰岩等容易溶解之岩石中，礦液亦常起交代作用而滲染礦石。此等之例常移變為交代礦床。例如日本黑礦礦床中之矽礦，乃硫化物滲染於既矽化之母岩中之礦石，代表黑礦之初期生成物。

美國科羅拉多州銀崖地方 (Silver Cliff)，在多孔質之石英粗面岩中，滲染銀礦而構成滲染礦床。又同國之米支干州琪偉娜半島 (Keweenaw) 為世界有名之產銅地。其中最重要之礦床乃在輝綠岩之杏仁狀孔隙中，充填有自然銅及種種之沸石類。在礫岩之空隙中，亦充填膠結有同樣之礦物。皆作層狀礦床。含有礦物成分之溶液，在此等多孔質岩石中，容易起滲浸作用，故構成顯著之滲染礦床也。

滲染礦床中之最重要者，乃礦石滲染於地層或岩塊之

全體，有時產極大之礦床。前紀二例，固為世界有名者。此外，再舉二三顯著之例如次。

第一為南非洲杜蘭斯哇之偉特禾大斯蘭(Witwatersrand in Transvaal)之金礦床。

偉特禾大斯蘭或單稱蘭特(Rand)之產金地，以約翰堡(Johannesburg)市為中心，占有廣大之地域。此地方地質最發達者為古生代之偉特禾大斯蘭層，其累層之一部為含金礫岩層，即礦床也。地層作大向斜。偉特禾大斯蘭層大部分為砂岩，稍含黏板岩，厚約7500公尺，現已發見者有七層之含金礫岩層。此中最大者名曰主脈(Main Reef)，厚約三十公尺，連續延長至一百公里。含金礫岩由石英及砂岩礫所構成，有時混有少量砂質黏板岩之礫。膠結此等礫石之物質為微細之石屑，有英砂、黃鐵礦及自然金。此自然金與砂金不同，即非圓粒或扁平之金粒，乃微細之結晶，及角礫質之結晶集合體。黃鐵礦亦為美麗之微細結晶，間有被壓碎而損壞其晶形者。黃鐵礦之量甚大，占全岩石之3%以至5%者不少。膠結物質中，除自然金、黃鐵礦之外，尚含有少量之黃銅礦、方鉛礦、閃鋅礦、輝鎳礦等。此外亦產有綠泥石、角閃石、雲母、滑石、金紅石、鋼玉等。黃鐵礦中常含有少量之金。但其中完全不含磁鐵礦粒。此須特別注意之現象也。

關於此種礦床之生因，從來學說紛紜，其中比較重要者，為滲浸說，及再沈澱砂礫礦床說。據前說，乃在礫岩生成之後，溶解有金及種種礦物成分之礦液，滲浸該岩石中，遂生成礦床。實際上，在石英礫與膠結物之間，亦發見自然金、黃鐵礦及其他礦物之微脈。但所可疑者，此種自然金僅產於礫岩中，其他砂岩及砂岩中，唯含極微量之金分。揚格氏(註一)曾取蘭特地方之岩石加以顯微鏡的研究，最後下結論曰：「此地方之含金礫岩層為大河之淺海堆積物，含有多量之砂金、磁鐵礦，及其他比重甚大之礦物粒。其後，此累層表面漸次受新成曲褶堆積物之被覆，受砂質物之膠結，又因地盤之變動而起曲褶斷層等變化。此外受種種火成岩之侵入。在受此等變化之期間內，含金礫岩遂起顯著之化學的變化。金溶解之後，遂再

沈澱。磁鐵礦因含硫化物之礦液而變為黃鐵礦。同時從該礦液本身亦沈澱黃鐵礦之結晶。至綠泥石等矽酸鹽類礦物及種種之硫化礦物之生因，則由於岩脈及其他火成岩等侵入後之後火成作用。』此即最新之砂金再沈澱說。

巖岩之平均含金量為十萬分之二以上。有時達一萬分之三以上。此地方為世界第一之產金地，有一百以上之金山。(最大者名魯濱遜礦山，產額佔全體十分之一以上)。

其次為德國萊茵州康姆龍 (Commern in Rheinprovinz)

附近之斑點砂岩(銀鉛礦床)。

在亞恆與蚌(Bonn)兩市之中間，有墨赫爾尼希(Mechernich)車站。礦床即在此車站附近。該地方之地質為泥盆紀，地層甚發達。在此累層之上，覆有斑砂岩(三疊紀)之厚層。此砂岩之下部，滲染多量之方鉛礦，分布甚廣。故有斑點砂岩之稱。由石英粒構成之脆質白色砂岩，以粘土質或多少之碳酸鈣質等物質為膠結物，其中含多量之粒狀或粒狀體集合物之方鉛礦，有時亦發見白鉛礦，及氧化銅礦之斑點。此等礦物皆為結核的沈澱物，通常有一公釐至三公釐之直徑，又常散點多量之方鉛礦小結晶。因此等礦作斑點狀之散布，故名斑點砂岩。又在此岩石中常見作小脈狀之方鉛礦，在斷層之裂孔中，充填有方鉛礦。砂岩所含之隙中亦含有方鉛礦。又沿隙中之裂隙，亦見該礦物之沈澱。由上述事實，故知礦床之生因為次生的作用。即礦液浸染於砂岩中沈澱礦石，遂構成此種大礦床。斑點砂岩有採掘價值者平均含鉛量1.5%乃至2%，含銀量則為百萬分之一乃至六。此本貧礦，但產量甚多，採掘費亦省，又易於選礦，因容易粉碎，故採掘製鍊極盛。

美國猶太州之含銀砂岩。

猶太州與阿里梭那州之境上，近華盛頓郡(Washington County)地方，屬三疊系之頁岩及砂岩之累層甚發達。岩層之變位激烈，其中有二層之砂岩，含多量之植物化石，且大部分滲染有氯化銀及自然銀，散布甚廣。其含銀量達一萬分之八。此累層之下部則滲染有銀及銅之硫化物。

此外，金、銀、銅、鉛之礦石滲染於砂岩、礫岩等多孔質地層中之例亦不少。例如美國新墨西哥州之那西楠陀山(Nacimiento Mountain, New Mexico)在三疊系之砂岩及礫岩中，滲染有銅之碳化物及氧化物之礦床。又阿里梭那州耶瓦北郡銅盆地方(Copper Basin, Yavapai County)有時代不明之砂岩及礫岩，其中亦產銅礦之滲染礦床。此類之例甚多。產於所謂赤色層之特種累層中。今試略述其性質。

美國、英國、波利維亞及其他地方皆有含銅赤色層(Red Beds)

美國之西南地方，含銅地層發達甚廣，稱之為赤色層。稱成特種之礦床。此種礦床發見於狄撒斯(Texas)，喇庫拉荷馬(Oklahoma)，新墨西哥，阿里梭那，科羅拉多，韋啊明(Wyoming) 猶太(Utah) 愛達喇(Idaho) 諸州。礦石品位一般貧弱，有採掘之價值者甚少。採取最盛之地方為新墨西哥州。其他各地亦稍產良礦。礦石多作小粒或瘤塊，散點於砂岩、礫岩、黏板岩、頁岩中，常與植物化石(大部分為碳化物)相交代。此赤色層系(Red Bed Series)為石炭紀，二疊紀，以至三疊紀(間有侏羅紀)之淺海沈澱物。地層中散點有種種礦石。其重要者：(1)赤鐵礦，(2)黃鐵礦，(3)斑銅礦，(4)輝銅礦，銅藍，及黃銅礦，(5)銅黑(Melaconite)，(6)次生的赤鐵礦，褐鐵礦，(石英)(7)藍銅礦及孔雀石等。用透光及反射光檢查此等礦石，(1)常受(2)之交代。以下按(3)，(4)，(5)，(6)，(7)之順序而生成。當母岩之赤色層沈澱時，此地方有沙漠的氣候，其中赤鐵礦或在此種狀態之下由岩石之分解而生成，或由含鐵之溶液沈澱而混入地層中。此地層生成後，受含硫化氫或硫化鹼之水溶液而沈澱黃鐵礦。其次又由溶解有銅分之溶液而沈澱種種之銅礦。此等礦物再氧化為褐鐵礦，藍銅礦，孔雀石作斑點狀散布於地層中。故知此類礦床乃由天水作用而生成之一種滲染礦床。

在英國在地質時代略相同之水成岩中，常發見同樣之滲染礦床。又南美波利維亞之柯羅柯羅(Corocoro)礦山亦為同類之礦床。亞拉斯加之韋廉桑特親王地方(Prince William Sound, Alaska)有多數之銅礦山。此地方有侵入中生層中之綠岩類。礦床即沿此等綠岩及水成岩本身之碎裂帶而生成之

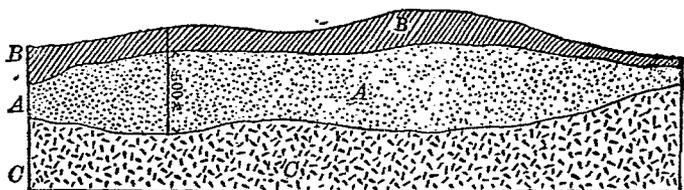
交代礦床及滲染礦床也。銅礦石除黃銅礦之外，尚產多量之鎰銅礦 (Chalmersite)，為稀有礦物。此外共生礦物尚有黃鐵礦，磁硫鐵礦，閃鋅礦，方鉛礦，碲砷鐵礦等。巴西國之摩羅偉爾荷 (Morro Velho) 金礦山亦稍產鎰銅礦 (Cu Fe S₂)。其次自然銅之滲染礦床產於美國汲貝利阿爾湖南岸之琪偉娜半島 (Keweenaw) 礦床產於前寒武系之鹽基性熔岩(黑紋岩)之杏仁狀空隙中，有自然銅，沸石類及其他礦物，狀似滲染礦床。又同系之樂岩膠結物中亦含同類之礦物。此則詳於沸石銅礦脈項中。

此類礦床尚產於紐遮西州(New Jersey)啊列剛州(Oregon)亞拉斯加之白河 (White River) 地方，挪瓦斯柯西亞 (Nova Scotia)，新幾尼亞 (New Guinea)，巴西，挪威，德國等地方，唯規模甚小，不值採掘。至上述琪偉那半島之大礦床，則誠有足令驚歎者。

今試述美國，尼瓦大州，挨里地方 (Ely, Nevada) 之銅礦床。

有二長斑岩 (Monzonite pyre) 之岩株侵入於此地方之古生層石灰岩中。此斑岩侵入後，受礦液之作用，滲染有黃鐵礦及少量之黃銅礦，分布甚廣。岩石全體既起絹雲母化作用，又受水蝕作用，滲染有礦石之斑岩遂露出地表；後再因露天化作用及天水之氧化作用，由地表至五十尺以及二百尺之深處，岩石皆變為因褐鐵礦而染成赤褐色之脆弱岩塊(氧化帶)。由此部分以下至深五百尺之處止，是為富化帶。斑岩中滲染多量之輝銅礦微粒及小片，亦含有黃鐵礦，構成平均含銅 2% 之礦石。再下部則為不變帶之滲染礦床，品位甚低，無採掘價值。因次生的作用而受輝銅礦滲染，富化之部分，估算其礦量有四千萬噸，每日露天採掘約一萬噸之礦石(第一頁三十四圖)。

第一一三十四圖



拔里地方之輝銅礦滲染礦床断面圖 (A)輝銅礦滲染礦帶。
(B)氧化帶。(C)不變帶。(爲黃銅礦,黃鐵礦所滲染之二長岩)。

其次爲美國猶太州賓甘 (Bingham, Utah) 地方之銅礦床。

此地方爲有名之銅產地,產多數之交代礦床及礦脈。在此地方之中央部,產有極大之二長岩岩株。此岩石中有一礦帶,滲染少量之黃鐵礦及黃銅礦,酷似拔里地方之礦床。由地表至深約七十尺之間,礦石因氧化作用而變爲赤褐色之脆弱礦塊。其下部爲散點有輝銅礦小粒之礦帶。此部分平均含1.7%之銅。愈深掘則品位愈低。最後變爲完全不變化之滲染礦床,無採掘價值。其大規模採掘之部分,礦石品位含18%之銅,用反射爐製鍊之。

結晶片岩中常滲染有黃鐵礦,黃銅礦等硫化物,作帶狀,夾於母岩中,沿層向而延長,特稱之滲染礦帶 (Fahlbands),常移變爲層狀黃鐵礦礦床,通常兩者相伴而產出。日本別子礦床之一部分,亦由於滲染作用之結果。(參看第十七章別子礦床之項)。

瑞典最古而最著名之銅礦山爲化龍地方 (Falun) 之礦山,乃層狀含銅黃鐵礦礦床也。此地方有所謂砂質礦,石灰質礦者,乃滲染於砂岩及石灰岩中之礦石也。此外在陽起石之集合體中,有滲染多量黃鐵礦,黃銅礦之部分。此等滲染礦床

與層狀含銅黃鐵礦礦床或相伴產出,或互相移變。

挪威國南部摩丹姆州 (Modum) 屬下之史庫大魯特 (Skuterud) 及史那龍 (Snarum) 兩地方,產有名之鈷礦滲染帶。此地方地質爲黑雲母片岩,砂岩,角閃岩,及其他結晶片岩。在此等岩石中產多數之滲染帶。就中以砂岩質之滲染帶最爲豐富,含多量之輝鈷礦結晶。此外尚滲染多量之他種礦化物。

(註一) R. B. Young: The Banket, 1917。

第十四章 由化學的沈澱作用 而生成之成層礦床(礦層)

溶解有多量礦物質之水溶液,在海底或湖底起化學的沈澱作用,遂構成礦床,作層狀夾於地層之間,蓋為一種同生礦床也。其生成後於下部之地層,而先於上部之地層。

此種礦床之外形雖與層狀礦脈相同,但尚有其他種種性質可以區別此兩者。即(1)礦層常占有同一之層位。至層狀礦脈則常橫斷成層面或分岐為多數之小脈。(2)礦層不含有其兩盤之破片(絕對不含上盤之破片)。至層狀礦脈常含多量之上下盤破片,呈角礫狀。(3)層狀礦脈之兩盤常受礦液之作用而起變質作用。(如矽化,絹雲母化等作用)。但礦層則無此種變化。特別為其上盤,絕對不起變質作用。

由地表水沈澱礦物而構成礦床之主要原因為蒸發與化學的作用。

在沙漠地方之鹽湖,因水分之蒸發,溶解於其中之氯化鈉,碳酸鈉,硼砂等常沈積湖底。此為吾人所常見之事實。少雨及蒸發作用極盛之地,與海相接之港口,亦起同樣之沈澱作用。現今之死海及裏海等鹽分最強之湖

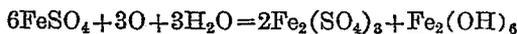
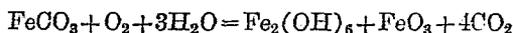
底，在適宜狀態之下，溶解於其中之礦物質常起沈澱作用。地球上，在種種地質時代，所產之岩鹽層，鉀鹽層，礫砂層等，皆在此種狀態之下生成者。又溶解於水中之物質與他種物質相遇，起化學作用，遂沈澱不易溶解之物質，而構成礦床。例如含有硫酸鐵等之溶液，與硫化氫或有機物相作用，遂生硫化鐵。此在化學實驗室中所能證明者也。在自然界亦常起此種化學作用。由含鐵分之水溶液沈澱褐鐵礦之現象，可以在沼澤地帶觀察之。此種作用亦盛行於古地質時代，為大礦床之生因。

礦層中有生成常甚貧弱，及後因地下水之作用而富化者，因構成品位極高之大礦床。後述之美國淑貝利啊爾湖附近之鐵礦床，即其一例。

(I) 鐵及錳之礦層 湖底及沼澤低地，常見有褐鐵礦(沼鐵礦)之生成。此沼鐵礦乃由溶解有鐵分之溶液，因某種藻類及菌類之作用而沈澱者。

某種藻類及菌類(Iron bacteria)常從碳酸鐵，硫酸鐵之溶液作成氫氧化鐵。又由其所呼出之氧素，以氧化含鐵溶液，使沈澱氧化鐵，或氫氧化鐵。

沼鐵礦亦可由鐵溶液之簡單的氧化作用而生成。



又在沼澤地或泥炭地方，鐵溶液常由有機酸之作用而生沼鐵礦。此種有機酸則由水草等之腐敗而生成。

含鐵冷泉噴出地表，與雜草相作用，遂生褐鐵礦。例如北海道蛇田地方及東俱知安鐵山地方皆有此種實例。

瑞典中部斯摩蘭(Smaland)地方之沼澤中有多量之泥質褐鐵礦沈澱，乃泥狀之氫氧化鐵與膠狀矽酸之密雜物。因藻類之作用而沈澱此藻類(Gallionella屬)，生植於由湖岸線起向湖中約三十尺之範圍內。深三十尺以上則不見此藻類。故鐵之沈澱只限於湖岸之淺處，厚約數寸至一尺五寸不等。有作魚卵狀或豆狀礦石之沈澱。此地方每十五年至三十年即採集湖中所沈積之多量沈澱物。

沼鐵礦之沈澱及生成不僅限於現代。在古地質時代亦常由同樣之作用而生沼鐵礦礦層。(參照本章下述各例)在古地質時代之淺海底亦有因類似的作用而沈澱大規模之褐鐵礦或赤鐵礦，作礦層夾介於頁岩，砂岩，石灰岩等之淺海性水成岩累層中。由此事實，即可以證明其生因也。其實此種礦床乃鐵礦床之最重要者。礦量之多，超過其他種類之礦床甚大。例如美涅特礦層(Minette)，庫令頓鐵礦層(Clinton Iron Ore)，瓦巴拿鐵礦層(Wabana Iron Ore)等，皆為著名之此類礦床。赤鐵礦之沈澱起於氧化作用極強烈之時，即含鐵溶液。在熱帶的氣候之下，起氧化作用之時，遂沈澱赤鐵礦。

碳酸鐵亦有作礦層而產出者。蓋溶解有多量碳酸氣之水，有溶解碳酸鐵之能力。若發散其中所含碳酸氣，則碳酸鐵立即沈澱。又在煤層中有作層狀或瘤狀之黏土鐵礦及碳質鐵礦，亦以此狀態而沈澱，產於各國之煤田中。就中以英國之煤田所產者為最發達，常加以大規模之採掘，及製鍊。但現今在蘇格蘭及史塔霍爾沙(Staffordshire)所採取，合計每年不

過約百萬噸而已。在滿洲撫順煤層中，產多數之此類礦層。在古子城地方有露天探掘者。碳酸鐵則不與夾煤層共產，為淺海沈澱之礦層，分布區域甚廣。英國約沙地方之庫利烏蘭 (Cleveland, Yorkshire) 鐵礦，是其例也。

有種種含水矽酸鐵亦作礦層而產出。例如海綠石(Glaucosite) 為一種含水矽酸鐵礦物，不獨作現今之海底沈澱物，分布甚廣；且有地層含多量之海綠石者。例如歐美之白堊系中，海綠石甚為發達。德國及波漢米亞之志留連系中，有含鐵矽酸鹽礦層，分布甚廣，其中礦物為羚羊石 (Chamosite)，綠鐵石 (Thüringite) 等。美國 淑貝利 啊爾湖 附近產鐵綠砂 (Greenalite) 與菱鐵礦所構成之礦層。前者亦為一種含鐵矽酸礦物也。此地層因天水之作用而分解，變為氧化鐵，集中而成礦床。

錳亦與鐵同樣，作氧化錳及氫氧化錳（軟錳礦，硬錳礦，及錳土等）而沈澱。在美國及挪威有沈澱於沼澤中之錳土，軟錳礦等之礦層。產於第三紀層中之錳礦層，在俄國有最顯著之例。

世界大戰前，俄國為世界第一之錳產國。1913年，錳礦之產額為1289370噸。至現在狀況如何，無從調查。其產額或稍減。但仍不失為世界第一錳產國則無疑。因其礦床甚大，又適於探掘，且在交通便利之地方也。

錳礦床之最顯著者為礦層，在高加索地方，(Transcaucasia) 連絡裏海與黑海之間，有由婆提地方 (Poti) 至堤夫利

斯(Tiflis)地方之鐵路,其間有一車站,名庫夫利里(Kvrilli)。在此車站之北約四十二公里,即礦山所在地。地名茶杜里(Chiaturi)。在花崗岩與正長岩所構成之岩基上,覆有白堊系及第三紀之地層,構成高台地,同時亦彫鑿有深谷。礦床在中新期之褐色砂岩中,作層狀,厚約二公尺,礦量當在一億噸以上。礦石爲黑色土狀之軟錳礦,常作魚卵狀構造。錳之含量平均40%內外(第一百三十五圖)。

第一百三十五圖



俄國茶杜里之錳礦層斷面圖 A爲砂岩。(中新期)
B爲礦層。C爲石灰岩。(白堊系)

烏克賴那國,埃加堤利娜斯拉夫州(Ekaterinoslav, Ukraine),都尼布河(Dniepr),之中流地方,第三紀漸新期之砂質黏土層中,含多量之黑色錳礦瘤塊,分布甚廣,採掘亦盛。

巴西國美那斯遮勒斯州(Minas Geraes)之錳礦床爲有名之礦床,在寒武系之結晶片岩質岩類中作礦層;與千枚岩,石灰岩含鐵礦之雲英片岩(Itabirite)等作互層而產出。

印度之剛帶層(Gondite Group)爲一種之古變質岩類,中含錳礦層,在崩哥爾(Bengal)孟買(Bombay)等地方,分布甚

廣。此等礦床乃由含錳礦之片岩受露天化作用後而生成者，應列入露天化殘留礦床之部類，故讓諸第十五章詳述之。

如上所述，鐵及錳礦在新舊各地質時代皆以類似之作用而沈澱，常構成大礦層。鐵與錳之礦石大部分取給於此類礦層也。

(A) 庫利烏蘭之鐵礦層(Cleveland Iron Ore Bed)。

英國約沙之庫利烏蘭地方產鐵礦層，為英國鐵礦之重要供給地，每年產約六百萬噸之礦石，為不純粹之碳酸鐵。(菱鐵礦)。近露頭部則變化為褐鐵礦。礦層散在於圖侏羅系(Lias Series)之頁岩、砂岩等岩層中。此地方共有三礦層，一為厚四尺至十二尺者，一為厚二尺五寸者，一為厚一尺五寸者。此中唯最上部之厚四尺至十二尺者有採掘價值，分布面積亦甚廣。今假定此礦層平均厚四尺以推算其礦量，亦有四億五千萬噸之多。礦石之平均成分如次表。

Fe.....	25—35%	P.....	0.6—1.5%
SiO ₂	6—15%	Al ₂ O ₃	3—8%
CaO 及 MgO.....	7—8%	CO ₂ 及 H ₂ O.....	25—30%

此礦石在入熔礦爐之前，須焙燒至約含40%之鐵。

(B) 美涅特鐵礦層

德法兩國境上，由羅連州地方（現屬法國）至盧森堡(Luxembourg)，在極廣之區域內，產有所謂美涅特之礦石，呈魚卵狀或土狀之褐鐵礦也。有褐、灰及黃等色，其實柔脆，作礦層產出；其量豐富，為重要之礦石。在全法國屬內，估計約有五十億噸。美涅特礦為貧礦，通常含30—40%之Fe，1.3—1.8%之P，7—8%之SiO₂，5—12%之CaO。用湯麥司製鐵法處理此種礦石。

此礦層屬於中部侏羅系之地層，與頁岩、砂岩、泥灰岩等作互層，共有相接近之數礦層，就中有厚達十五尺者。不單在其上下層中產菊石及其他化石，即在礦層中亦產有此等礦

物化石。地層之傾斜極緩，礦層中混有多少之方解石，菱鐵礦，黃鐵礦，閃鋅礦，方鉛礦，黃銅礦等。此礦床恐係沈澱於淺海底之菱鐵或綠砂(鐵之含水矽酸鹽)之礦層，略受氧化作用及交代作用，遂變化為褐鐵礦。

(C) 庫令頓鐵礦層(Clinton Iron Ore)

美國之庫令頓鐵礦為土狀或魚卵狀之赤鐵礦，呈暗赤色，含35—40%之鐵，及0.5—1%之磷，品位甚低，僅能用湯麥司法製煉之。但此礦石分布甚廣，故為重要礦石。紐約州猶狄加(Utica)附近之庫令頓地方，採掘最盛，故有此名。其上部屬志留連系，為石灰岩，砂岩及頁岩之互層。其中共有三四枚之礦層。

此礦由紐約州西部，經朋雪爾文尼亞州，瓦振尼亞州，肯達幾州，滕尼西州，卓支亞州，以至阿拉巴瑪州，發達於極廣之區域內。在阿拉巴瑪州之巴明甘(Birmingham)附近，礦層最厚。在庫令頓附近有三礦層。上部之礦層厚四尺至六尺，因品質貧弱，無採掘價值。中部厚二尺之礦層，品質最佳，可以採取。在巴明甘附近之同礦層，則增厚至二十尺以上，礦層中埋藏有種種之化石。庫令頓鐵礦有為魚卵狀或土狀之赤鐵礦，有為膠結砂岩及礫岩之赤鐵礦，有包裹砂礫之赤鐵礦；有種種化石，如三葉蟲介殼類等，或受赤鐵礦之交代作用，或受其包裹。關於此礦層之成因，有種種之學說。有人以為係由石灰岩層受交代作用而生成鐵礦層。又有人以為溶解有鐵分之水溶液，在淺海底，徐徐氣化及沈澱，或被覆於介殼砂礫之上，或與之相交代，遂構成此種礦層。一般均信後說。

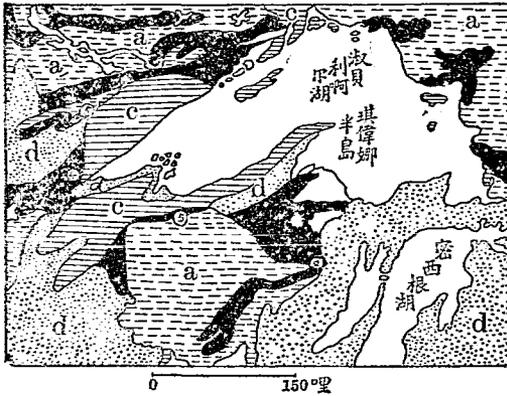
我國河北省龍門新窪子之赤鐵礦層。

此地方之礦床酷似庫令頓地方之礦層，多呈魚卵狀構造，又有呈礫岩狀構造者，此等岩石之粒或礫皆由暗赤色之赤鐵礦構成之。其中心有砂粒。此事實即證明其為結核狀沈澱物也。至膠結物則為黏土與赤鐵礦之混合物。礦層夾介於似古生層之黏板岩砂岩等累層中。品位甚低，但礦量甚多，故有開採者。

(D) 美國淑貝利阿爾湖地方(Lake Superior District)之鐵礦。

淑貝利阿爾湖之南岸及西岸地方爲美國之最大鐵產地，亦爲現今世界第一之鐵產地。此地方有五個礦區。即瑪格特(Marquette)、姆那美尼(Menominee)、哥格畢克(Geogebie)、瓦美里安(Vermillion)及墨撒比(Mesabi)是也。(第一百三十六圖)近來在墨撒比之西，球猶那(Cuyuena)地方開採亦盛。此等礦床大同小異。今僅就墨撒比地方之礦床詳述之。

第一百三十六圖



- 淑貝利阿爾湖附近地質略圖 a 爲太古界。(經連系，即黑色部分)
 b 爲休倫系(含鐵層)。c 爲琪傑那系(含銅層)。d 爲古生層等。
 (1)爲瑪格特礦床。(2)爲姆那美尼礦床。(3)爲哥格畢克礦床。
 (4)爲墨撒比礦床。(5)爲瓦美里安。

墨撒比地方之地質爲太古界及阿爾剛幾系之岩類。其層位順序如下。

- | | | |
|-----|---|----------------------------------|
| 太古界 | { | 琪五丁層(Keewatin Series)以綠岩類綠色片岩斑 |
| | | 岩類爲主。 |
| | | 羅連系(Laurentian System)以花崗岩及斑岩爲主。 |

阿爾剛巖系 (Algonkian) { 下部及中部之休倫層 (Lower and Middle Huronian)以黏板岩,硬砂岩,礫岩等爲主。亦有花崗岩。
 上部休倫層(以黏板岩,砂岩,砂岩等爲主。夾有鐵礦層。
琪偉恩層(Keweenaw Series)以斑瀉岩,花崗岩輝綠岩等爲主,含有銅礦床。

鐵礦層存在於上部之休倫層中,即以含鐵砂岩,含菱鐵礦岩層,黏板岩及含綠鐵礦岩層(Greenalite rocks),等爲母岩。綠鐵礦爲含鐵,鋁及鎂等氧化物之含水矽酸鹽,非晶質之礦物也。含綠鐵礦及菱鐵礦之岩類,因滲下天水之作用而分解,遂生成赤鐵礦(含多少水分),由暗褐色至暗赤褐色,質粗鬆,但品位頗高。在該地方多大規模之露天採掘(第一百三十七圖)。

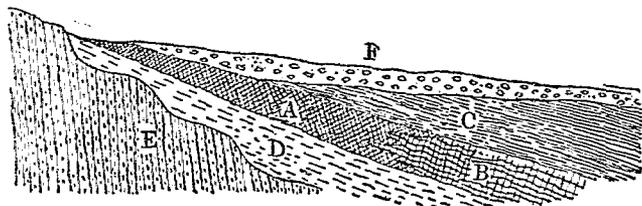
第一百三十七圖



拔貝利阿爾湖鐵礦床之產狀。(在含鐵層與其他岩石之接觸部,由天水作用構成礦床)。G爲綠岩。D爲岩脈。I爲礦床。S爲肥皂石。Q爲砂岩。Ob爲含鐵層。SI爲黏板岩。

今試考究由綠鐵礦變爲此類礦石之經過。綠鐵礦先分解爲氧化鐵(FeO),無水矽酸(SiO₂),及水分。次由氧化作用及加水作用,生赤鐵礦質之礦石。無水矽酸常作膠狀矽酸溶解流去。又礦床下部有多少變化,移變爲含多量氧化鐵之岩石。鐵礦在岩石之空隙中作鐵乳狀及其他形狀。礦床下部之含鐵岩層(貧礦)中有砂石之沈澱。由此等事實,可以推知由綠鐵礦生成礦石及矽酸之經過也(第一百三十八圖)。

第一一三十八圖



黑海地方一部之斷面圖 A 爲礦床。B 爲含鐵砂岩。(貧礦)
C 爲黏板岩。D 爲砂岩。E 爲變質岩。F 爲砂礫層。

上述之礦層品位甚低，完全不能利用。但受露天化作用，鐵分作次生的集中之部分，可以產品位極高之礦石。此類礦床當詳述之於次章之露天化礦床項中。

(II) 硫化物之礦層 生活於水中之微生物有分解溶化於水中之硫酸鹽類而使之發生硫化氫之作用。此氣體與金屬化合物之溶液相作用，生金屬硫化物。銅、鋅、鉛等之硫化物即由此等金屬溶液與硫化氫相作用而造成。

金屬之硫酸鹽類溶液因腐敗植物之作用而還元，遂生硫化金屬。在實驗室中不容易作成之黃鐵礦，常散點於礦山之腐敗坑木中，即由硫酸鐵還元之結果也。

現在黑海水底，亦因微生物之作用而生硫化氫。在該處淤泥中常見有少量硫化鐵之沈澱。

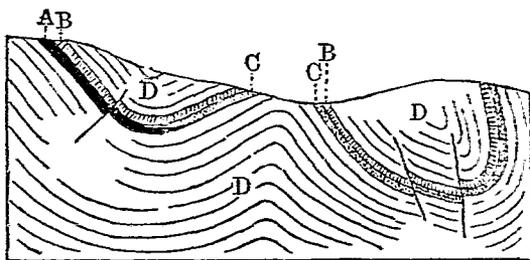
在古地質時代之產物中，亦常見有黃鐵礦作薄層狀或小扁豆狀，或散點於黏板岩或頁岩之中。此種黏板岩或頁岩特稱之爲明礬板岩(Alum Slate)，爲製造明礬之原料。因將此

岩石曝置空氣中，由黃鐵礦之分解，可生硫酸鋁(礬土)也。

德國墨根(Meggen)地方之黃鐵礦層。

此地之黃鐵礦礦層與泥盆系黏板岩層相整合，以石灰岩之薄層爲上盤，與重晶石之薄層共生。黃鐵礦常作魚卵狀構造，混有少量之銅、鋅及鉛。一般皆信此礦層爲淺海底沈澱物。礦石之魚卵狀構造卽爲有力之證據。但另有一派之學者則謂石灰岩層因熱水液作用而受交代，故生黃鐵礦及重晶石(第一百三十九圖)。

第一百三十九圖



墨根礦床斷面圖 A爲黃鐵礦礦層。B爲石灰岩。
C爲重晶石層。D爲泥盆系黏板岩。

黃鐵礦，如上述，有在黏板岩中作層狀者。但其他金屬硫化物作礦層者則極罕。最重要之例爲德國之含銅黏板岩層。
德國曼斯斐爾特之含銅黏板岩層。

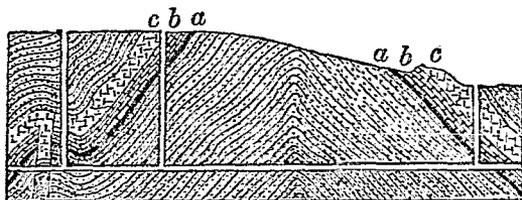
德國，哈爾慈山脈之東南邊上，有曼斯斐爾特地方，產含黏板岩，採掘甚盛。礦床爲濼青質頁岩，(或黏板岩)屬二疊紀，介居於屬銻灰層(Zechstein)之石灰岩上部與礫岩下部之間。此黏板岩富於動物之化石，尤富於魚類之化石(古長魚石，Palaeoniscus及其他)及棘皮動物。此卽證明爲淺海性之沈積物也。含銅黏板岩之採掘部分厚一尺六七寸，含有多少之黃銅礦。但品位最高，有製鍊價值之部分，通常僅厚三寸至六寸。

此部分之黃銅礦作薄層，薄膜，條線狀，小扁豆狀，小粒狀，產於黏板岩中。此外尚產斑銅礦及少量之黃鐵礦，方鉛礦，閃鋅礦，輝銀礦，紅錒鎳礦，輝鈷礦等，皆作微粒產出。特別以銀分爲多，常與銅共同製鍊。礦石之銅分平均品位爲2—3%。精銅一噸中約有五公斤(Kilogramme)之銀。

此種礦石品位既低，礦層又薄，但仍加以採掘者，因礦層之延長極遠，礦量甚大，且採掘費低廉故也。此地方爲德國之一大銅產地。

含銅黏板岩現僅在曼斯斐爾特地方採掘之。至其分布區域頗廣。德國中部全體皆有此種岩石之分布，佔有區域東西約一百二十英里，南北約六十英里至九十英里。在哈爾慈山脈一帶，及社舍格瓦爾特(Thüringer Wald)地方之大部分，皆有此種岩石之露出。雖含有多少之銅，但品位貧弱，不值採掘。

第一百四十圖



曼斯斐爾特地方含銅黏板岩(頁岩)斷面圖 a 爲礦層。

b 爲石灰岩，c 爲石膏及岩鹽。

礦層所佔區域既如此其廣，且常能維持其一定之層位，故除海底之化學的沈澱說以外，實無他學說可以釋明其生因也。但海水中通常含銅分極少，故知該礦層決非在通常狀態之下生成者。據一般推測，在二疊紀時代，此地方實爲淺海區，堆積有多量之腐敗動物。又從陸地之古礦床，流來多量之硫酸銅及其他化合物之水溶液。因此等有有機物而起還元作用，遂沈澱種種之硫化礦物。

(III) 岩鹽，鉀鹽，石膏及硬石膏之礦層 海及鹽湖中之水得大別之爲二種，即海洋式與火山式是也。海洋式之水中

氯化鈉之含量最多。海水及水成岩地方之鹽湖水即屬此類。美國猶太州之大鹽湖 (Great Salt Lake) 裏海等,其著例也。至死海之水則爲此類之水,蒸發極烈者。火山式之水通常作小湖,多在火山活動激烈之地方,含多量之碳酸鈉,硫酸鈉,硼砂,及少量之氯化物。美國加利福尼亞州,摩娜湖 (Mono Lake) 之水是其適例。今將兩種標式之水之分析表列後(單位%)。

〔成分〕	〔大鹽湖之水〕	〔摩娜湖之水〕
Cl	55.69	23.34
Br	痕跡	—
SO ₄	6.52	12.86
B ₄ O ₇	—	0.32
CO ₃	—	23.42
Li	0.01	—
Na	32.92	37.92
K	1.70	1.85
Ca	1.05	0.04
Mg	2.10	0.10
SiO ₂	0.01	0.14
合計	100.00	100.00

海洋式之水,蒸發後,可以沈澱石膏,硬石膏,岩鹽,鉀鹽,及鎂鹽等。由火山式之水則可以沈澱碳酸鈉,硼砂,硼酸鹽,硝酸鹽,及多少之岩鹽。故知岩鹽乃海底或湖底之沈澱物也。溶解

有種種礦物質之水溶液，當其蒸發時，最初沈澱者為最難溶解之鹽類。最後則沈澱最易溶解之鹽類。在實驗室中，蒸發海水而察其中所溶解礦物成分之沈澱順序，最初沈澱者為溶解度最小之碳酸鈣及碳酸鎂，其次為石膏，其次為硫酸鈉及碳酸鈉，又其次為氯化鈉及硫酸鎂，最後殘留於溶液中者有氯化鈣，氯化鎂，及氯化鉀等。

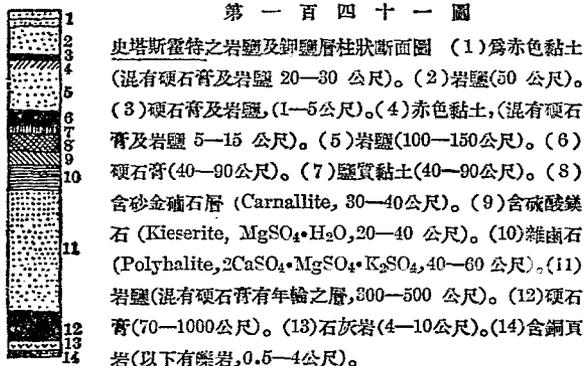
實際由海水蒸發而沈澱之鹽類層，雖有上述之順序。但一般能全部沈澱者則極罕。大部分皆以其一部分之沈澱作地層而產出。有石膏層甚發達，而缺少岩鹽以下之沈澱層。又有石膏與岩鹽均極發達，而鉀鹽則完全不發達者。

世界中最大之鉀鹽礦床產地為德國之史塔斯霍特 (Stassfurt) 附近之鹽類層。此外現今既知之鉀鹽層產地有法國之阿爾薩斯州，魏提爾斯巴哈 (Wittelsbach) 地方。(在第三紀層中，發見於1904年)。西班牙之斯利亞 (Sorea) 及加爾頓那 (Cardona) 地方，亦產於第三紀層中。

德國，史塔斯霍特之岩鹽及鉀鹽之礦層。

德國中部，即在哈爾慈山之南北，二疊系之累層極發達。在此累層中，不獨產含銅黏板岩層，且產鉀鹽層，為德國之一大富源，此礦層現在由五十餘家公司經營之。全世界之鉀肥料及鉀化合物之原料，皆由此礦層供給。其礦業中心地即史塔斯霍爾特。鉀鹽層較薄，被覆於岩鹽層之上。在上部有二疊紀之砂岩，及石灰岩，甚發達，再上部則有第三紀及第四紀層。礦層略起皺曲。由多數斷層分切為數塊。有一部分接近地表。但大部分皆在深處。由千尺至二千五百尺之豎坑採取之。今將在三疊系砂岩下之主要鉀鹽及岩鹽層之柱狀斷面圖

表示之,如第一百四十一圖。此地方以鉀鹽爲主要礦石,岩鹽乃副產物耳。



關於此種岩鹽、硬石膏、鉀鹽之礦層生因,第一有砂洲說(Bar Theory)據此說,則此種岩類地層乃港灣之沈澱物,而此港灣則以高約近水準之砂洲與大海相隔絕。且此港灣爲少雨及無淡水流注之地域。又蒸發之水量亦與超越砂洲而流入港灣內之海水量約相等。在此等條件之下,超越砂洲而滲入之新海水,常供給新鹽分。又灣內溶液常因蒸發而日見濃厚,有沈向灣底之傾向。故灣底常有鹽類之沈澱。當石膏、岩鹽等向灣底沈澱時,其容易溶解之鉀鹽、鎂鹽等溶液則有上昇之傾向。若一旦砂洲上昇,使港灣與大海完全相隔絕時,則鉀鹽鎂鹽亦相繼沈澱,即可以構成德國中部所有之大礦床。唯大多數之例,上浮之鉀鎂鹽及其他溶液,常超越砂洲而流出大海,不沈澱於港灣之中。此即世界多石膏及岩鹽礦層,而罕與鉀鹽層共產出之理由也。裏海東部之加拉波格斯灣(Karaboghas)亦可爲此種說明之佐證。即由砂洲所隔絕之內部其含鹽量極大也。

岩鹽、鉀鹽及其他副礦物所構成之地層,若稍薄而又占有廣大之面積時,則可以用砂洲說爲說明。至史塔斯霍特之鹽層乃極厚之累層,單藉砂洲說,不能爲充分的說明也。且若依砂洲說,則其地層中必同時含海棲生物之化石,今則無之,

故此種鹽類累層唯能以『絕緣之大海』沈澱物說明之，即所謂『斷絕海說』(Cut-off Sea Theory)是也。在兩少乾燥之地域，大海之一部，因地殼變動或其他原因，與大洋相隔絕而為陸地所包圍，變成一大鹽湖。例如裏海在長年代之間，水之蒸發量大於雨水之流注量，結果湖水漸次減少，在盆地之一部分構成濃度極大之鹽湖。盆地傾斜面之鹽類沈澱亦因雨水而溶解流入湖心。最後原來絕緣海水中之鹽類，幾全部集中於比較狹小之鹽湖中，按石膏，岩鹽，鉀鹽等之順序而沈澱，故構成此類之大礦層。

今假定絕緣海有五十萬平方公里之面積(較裏海稍大)，平均深百公尺，中貯千分之三十五之鹽水。然則此五萬立方公里之海水中，含有十七億五千噸之鹽分，其中77.75%為氯化鈉。假定鹽類之平均比重為2.22，故有

$$\frac{17500}{2.22} \times 10^{10} \text{ 立方公尺之鹽類。}$$

假定有此容積之鹽類集中沈澱於18350平方公里(即與現今加拉波格斯灣同面積)，則可以得平均厚42.95公尺之鹽層。又若使此容積之鹽類沈澱於一千平方公里之面積上，則可以得平均厚788.3公尺之鹽層。(此中岩鹽之厚為613.06公尺)。

在此種鹽湖之最後期，其中生物不能生存，故在此類鹽層中不見有化石也。

硬石膏厚層生成當時，水溫尚高。實驗室中，石膏在氯化鈉之溶液中甚易溶解，在三十度之溫度即蒸發而沈澱。硬石膏在海水中約二十五度之溫度，亦起此種變化。蓋硬石膏之生成當時，該地方之海水溫度似約在二十五度以上，即與現今熱帶地方之溫度相同也。

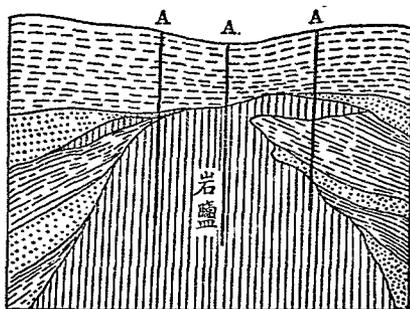
美國之岩鹽層甚發達，採掘亦盛，但採取原鹽者甚少。多掘井達岩鹽層而汲其中之鹽水，或加水井中，使溶解其岩鹽，然後汲取其鹽水，再蒸發之以製食鹽。美國亦與歐洲相同，此種鹽層多屬二疊系及三疊系。唯在紐約州有產於志留連系地層中者。石膏，硬石膏常與岩鹽共生，但無鉀鹽。美國之最大

產鹽地在米支干州(Michigan)。

美國之路易宣那州(Louisiana)及狄撒斯州(Texas)之海岸地帶,由試錐法,發見多數之岩鹽礦床。在此地方之海岸平野中,有多數之小丘,散點其間。在此等小丘之下,即有岩鹽礦床,此種岩鹽不作規則的層狀,而構成極大之圓丘狀(dome),為第三紀及第四紀層之黏土砂層等所包圍(第一百四十二圖)。因地點不同,有屬白堊紀之石灰岩,露出地表,石油,天然煤氣,硫黃等與岩鹽共產出。又有石膏,硬石膏作厚層,覆被於岩鹽礦床之上者。此種特異之礦床乃由溶解有氯化鈉上昇水而沈澱者。上盤地層之傾斜即由此種水壓力作用之結果。有人作此種說明者,但此地方之真正構造尙未明瞭,或係原來之岩鹽礦層,受橫壓力之作用而變為圓丘狀,亦未可知也。德國中部之岩鹽層,即有一部分受壓迫而變成圓丘狀者。

又因力的作用,岩鹽較其他地層容易變形,此須特別注意者也。羅遮氏(註一)謂狄撒斯州及路易宣那州之圓丘狀岩鹽礦床乃深埋地下之岩鹽層,因壓力作用,變為撓性,沿岩層之裂罅而突出者。此種說明已博得一般之信讚。

第一百四十二圖



路易宣那州之岩鹽礦床想像斷面圖 A為試井錐。

岩鹽、石膏等礦層產於由古生代至第三紀種種地質時代之地層中，我國四川省多產岩鹽，性質當有與此等礦床相類似者。

(IV) 智利硝石之礦床 硝酸鈉即智利硝石，其有名產地為智利國北部阿達加瑪(Atacama)之沙漠地方，位於安得斯山脈與海岸山脈之間。由南緯十九度至二十六度皆產此種礦石。現在世界所需要之智利硝石皆取給於此地方，每年約產二百萬噸。

礦石產地為植物稀少之曠野(Pampas)，在地中深二尺至十尺之處，作礦層。在其上部，尚有種種之薄地層。在地表之砂礫層下，有石膏及砂粒之混合物，再下部則有混合黏土礫之各種硫酸鹽層。又再下則為硫酸鈉，岩鹽，氯化鎂等各礦層。最下部為智利硝石層，層厚約一尺至十尺不等，現由露天採掘。智利硝石混有多少黏土及砂，此外亦混雜有硫酸鈉，石膏，岩鹽等礦物。含有25%以上之硝酸鈉者為上礦。此種智利硝石，在該地方稱之為加利支(Caliche)。今試將加利支層中所產礦物種類及其分析表，列舉之如下。

加利支層中所含礦物有智利硝石，硬石膏，石膏，岩鹽，無水芒硝(Thenardite, Na_2SO_4)，芒硝(Mirabilite, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)，硫酸鈉鎂礦(Bloedite, $\text{MgSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)，金剛鹽(Epsomite)，石灰芒硝(Glauberite, $\text{Na}_2\text{Ca}[\text{SO}_4]_2$)，礬灰石(Lautarite, CaI_2O_6)，礬鈣灰石(Dietzeite, $7\text{CaI}_2\text{O}_6 \cdot 8\text{CaC}_2\text{O}_4$)。

其次爲加利支之分析表。

硝酸鈉……29.35%	硫酸鈉…… 4.72%
氯化鈉……42.72%	過氯酸鈉…… 0.18%
硫酸鈣…… 3.63%	水分…… 1.03%
硫酸鎂…… 0.61%	不溶解物 ……17.59%
碘化鈉…… 0.10%	

關於此種智利硝石大礦床之生因,有種種之學說,尙無定論。有謂係由鹽湖之蒸發而生成者。有謂由紋岩類之露天化,其長石中之鈉與空氣中之氮所作成之硝酸相化合而生成者。又有人謂係地下水中溶解有硝酸鈉,流至適當之地點,遂沈澱構成礦床。

尙有一新說則謂,加利支礦石之來源爲發達於安得斯山西部之凝灰岩中所含之火山性鹽類,在長時代中,爲雨水所溶解,集中於中央部之低地,構成一時的淺水湖(Playa),鹽類遂在其中堆積沈澱。

(V) 其他鹽類沈澱物 硼砂及碳酸鈉,亦由蒸發作用而沈澱。

砂漠之鹽湖中,常含多量之碳酸鈉,蒸發之後,遂在湖底作殘留沈澱物而產出。蒙古地方多此種沈澱物,古來有名。

蒙古 四平街之西,渡遼河至三江口,即看見有天然曹達之結晶,覆地面上,唯無採取之價值。又鄭家屯之西北有玻璃碱池,及東北北有太布蘇碱池(碱即碳酸鈉,池即池也)。亦產天然曹達。由鄭家屯向北沿洮南街道約行百餘里,左折再行

數里，即至玻璃碱泡。此處爲沼澤地，夏期多水，到處有小池沼。在旱地上則見曹達遍覆地表，有如晨霜。曹達之沈澱地點，草木全無。但其他部分，則雜草叢茂也。再沿洮南街道行約三百里之處，至太平川，爲僅五六人家之部落。由此向右折，經華江鎮，遂達大布蘇碱泡。華江鎮附近遍地皆有曹達之沈澱。大布蘇碱泡爲大湖水，長二十四五里，幅寬十二里以上。湖之南半，蘆荻繁茂，北半則否。湖水頗深。分析其水分，含 1.3% 之碳酸鈉，及 2.7% 之氯化鈉。

美國加利福尼亞州之奧文斯湖 (Owens Lake)，尼瓦大州，辣堂湖 (Ragtown Lake)，韋約明州之曹達湖 (Soda Lakes, Wyoming)，皆含多量之硫酸鈉。故有採集之者。此種鹽湖中，溶解有硫酸鈉，氯化鈉，及少量之鉀，鎂等之氯化物及硫酸鹽類。

硼砂 ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 不單作溫泉之沈澱物而產出。火山地方之湖水中亦常有硼砂之沈澱。西藏之硼砂沈澱 (溫泉沈澱物) 甚發達，古來有名。溫泉含有硼砂者常流入小盆地，構成小湖，因蒸發作用，遂沈澱硼砂之結晶。加利福尼亞之硫黃堤地方，有硼砂湖 (Borax Lake) 卽其適例。約四十年前，曾從此湖底採集多量之硼砂。此湖中之沈澱物，含 62% 之曹達，20% 之氯化鈉，及 18% 之硼砂。

硼砂之外，尚有硼酸鹽類，亦作海底或湖底之沈澱物，產於各地質時代。例如德國史塔斯霍特地方之鉀鹽層中，產有少量之方硼石，($\text{Mg}_7\text{Cl}_2\text{B}_{16}\text{O}_{33}$) 作小結晶或大小之結核沈澱物，稀有之海產礦物也。

美國加利福尼亞州南部茵約郡 (Inyo County), 及珊伯納汀娜郡 (San Bernardino County), 尼瓦大州及啊烈剛州等之砂漠地方,多產硼酸鹽類之堆積物。在此地方,唯限於短少之雨期中滯溜淺水,但於旱季,則完全乾涸。在地表覆有一重之白色沈澱物。(此種淺水池沼名曰沼地 (Playa),其成分有12%之硼砂,10%之曹達,16%之硫酸鈉,12%之氯化鈉,及50%之砂。此地方所產硼砂量雖不少,但受近來所發見之硼灰石(Colemanite, $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)礦床之壓迫,終至全無採掘。

此地方所產硼砂之本源,為發達於該地方之第三紀湖成層中之硼灰石礦層。此種礦層亦發見於加利福尼亞州之南部諸地,尤以茵約郡之汎涅斯庫利克 (Furnace Creek)地方為最豐富,採掘甚盛。此地方無化石之第三紀層,厚達四千尺,作二十度至四十五度角之傾斜。此累層上部,以黏土為主,夾有玄武岩之岩床。在黏土層中,則夾有硼灰石石膏及薄石灰岩層。硼灰石含於厚約五十尺之青色黏土層中,作薄層,或結核塊。此礦石有厚達十五尺者。其生因乃在第三紀火山活動極盛時代沈澱於湖底者也。至硼素之原料似仰給於流入此湖中之多數溫泉。

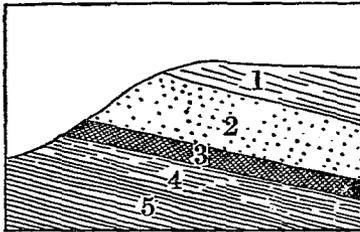
(VI) 硫黃礦層 硫黃常作礦層,產出地以西西利島為最有名。

意大利西西利島由中部至西南部,產硫黃層,分布甚廣,皆含於第三紀層中(中新世)。含有硫黃之地層常覆於一種砂藻土層之上。在此礦層之上,則覆有互相整合之石膏層。此

石膏層中又有硫黃塊，作不規則的扁豆狀。此即證明由石膏之還元而變為硫黃之狀況。但此種礦床罕有採掘價值者。

硫黃層之厚不一定，平均達三四公尺。在某一地點，此種地層發達至三四層不等。其間夾有瀝青質頁岩（含有岩鹽），但罕有厚達三尺以上者。含硫黃層為一種石灰岩（瀝青質），硫黃不獨在此岩石中作大小斑點，有作一寸以內之薄層與層理相平行者，呈美麗之帶狀。

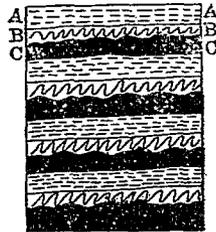
第一百四十三圖



西利島中部一硫黃礦山之断面圖

1石膏層。2有孔蟲石灰岩。3硫黃礦層。4砂藻土。5泥灰岩。

第一百四十四圖



帶狀成層硫黃。A為石灰岩。

B為方解石。C為硫黃。

關於此種硫黃層之成因，亦有種種之學說。有人以為由石膏層之還元而生硫黃者。有人以為由於硫黃本身之化學的沈澱。又有人以為與火山活動有關係。但若由其產狀考之，以硫黃之化學的沈澱說為最妥當，與火山無關係也。此礦層明明係淺海底之沈澱物。硫化氫氧化之後，化為硫黃而沈澱成礦層（ $H_2S + O = S + H_2O$ ），但硫化氫之來源為何？此必須解決之問題也。溶解有硫酸鹽類之水中，由一種微生物之作用而分解還元，遂生成硫化氫。此曾經在實驗室中證明者，且在自然界所常見之現象也。最明顯之例，如黑海海底，因有遊離硫化氫之存在，魚類及其他動物有不能生存者。根據上述各事實，試說明此種硫黃層之生成狀況如下。

在第三紀（中新世），此地方為以砂洲與遠海相隔離之淺灣，氣候比較溫暖，故海水中溶解有多量之硫酸鹽類，及其他礦物。因生物之作用，發生多量之硫化氫氣，不單在海底附

近達到飽和狀態，且起種種之重要的化學變化，即不單由硫化氫之氧化而沈澱硫黃，同時因硫化鈣之還元而生 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 及 $\text{Ca}(\text{SH})_2$ 等化合物。此等化合物再受碳酸氣之作用，遂沈澱硫黃及碳酸鈣。



當此種還元作用進行中，蒸發亦甚盛，終達至碳酸鈣之飽和點而沈澱石膏。由此學說，不單可以同時說明散點於石灰岩中之硫黃塊及與石灰岩互作帶狀之硫黃層之生因，並可以說明硫黃層上部之石膏層之生因也。西西利島之粗礦，平均含 8%—25% 之硫黃。意大利在數年前，尚為世界第一之硫黃產地。現在則推美國為第一，意大利降至第二矣。

美國路易宣那州及狄撒斯州之礦床。

此等地方沿海岸一帶，有與西西利島相似之硫黃礦床，在第三紀及白堊紀中作層狀。路易宣那州之礦層，位於黏土砂層及石灰岩之下，平均含硫黃 70% 以上，有厚達百尺之良質礦層，下繫為石膏及石灰岩所構成。自此良質礦層發現以來(1865)，在世界上有獨佔之概。西西利島之硫黃礦，遂受大打擊。美國現為世界第一之硫黃國，每年約產一百四十萬噸。

世界第三之硫黃產國為日本，產額遠不及前述二國。近來每年僅產三萬五千噸內外。日本所產硫黃皆與火山有關係。此點與前二者大不相同。且日本之硫黃製鍊法尚屬幼稚，含硫黃在 40% 以下者皆不能視作礦石利用之。

日本所產硫黃之生因有次述之種種。

(a) 火山硫氣孔所噴出含硫黃熱氣之昇華。又此種熱氣侵入岩石中而腐蝕之，與之相交代，遂在岩石中滲染大小不等之硫黃塊。台灣大屯山，九州之九重山，硫黃島，本州之沼尻山，劍山，登澤等礦山皆屬此例。

(b) 熔融狀之硫黃流，或與泥土相混之硫黃泥流，當火山爆裂之際，作硫黃片從火山口拋出。此類硫黃雖屬罕見。但在北海道地方不乏其例。

(c)最重要者爲沈澱於火口湖中或其他池塘中之硫黃層。最重要者爲由池底所噴出之硫化氫，因氧化作用而沈積硫黃，故呈明瞭的層狀。日本北海道渡島地方之三井古武井礦山即屬此例。此地方之硫黃層覆於暗綠色石英粗面岩之上。在其上面一部分覆有安山岩質之熔岩礦層。又黏土質物質之混合程度不同，呈種種之外觀。品位最佳者呈灰色，脂狀光澤，及介殼狀斷口。北海道地方尙多此類硫黃礦床。

(VII)鈳鈾鉀礦礦床 鈳鈾鉀礦 (Carnotite, $K_2O \cdot 2UO_3 \cdot V_2O_5 \cdot xH_2O$) 爲黃色土狀之非晶質礦物，乃鐳及鈾之重要礦石也。此雖爲稀有礦物，而多產於美國科羅拉多州及猶太州，其他地方則甚罕。現今既知產地，除上述者外，尙有四處。即美國之朋雪爾文尼亞州，冒齊昌克地方 (Mauch Chank)，澳洲南部之奧拉里 (Olary) 地方，南美洲巴西國 (產地未明) 及俄國中央亞細亞 (土耳其斯丹) 之周亞夢地方 (Tjua-Mujun Andijan District, Ferghana Government)。最後之產地所產礦物，以鈳分代鈳鈾鉀礦中之鉀分，故爲鈳鈾鈣礦 (Tyuyamunite)。此礦物非作礦層產出，唯因其與鈳鈾鉀礦相似，故附述於本項中。

科羅拉多州及猶太州之產地爲兩州境界上之高原地方。以帕拉琢克斯村 (Paradox Valley) 附近爲最豐富之礦床。

(1) 母岩 鈳鈾鉀礦產於白色砂岩 (厚十尺至五十尺不等) 中，同時發見有木之化石 (砂化木) 及既碳化之木幹草莖甚多。此外尙含多量之骨類。化石木 (砂化木) 常作大木幹產出，直徑有達六尺之巨者。木幹之部既碳化。砂岩屬侏羅紀之地層。

(2) 產狀 鈳鈾鉀礦礦床作扁平之扁豆狀，間有幅達百尺以上者。但一般幅寬僅數寸至數尺，常與化石木共產出。

礦石有充填砂岩中之裂隙者,有充填化石木中之裂孔者,亦有充填岩石,化石木,及礫化草莖中之空洞者,或又與木幹全體相交代,作較堅實之礦塊。

(3)成因 試查鈾鈾鉀礦之產狀。此礦物之量與植物砂化前所起之礫化程度大有關係。在礫化程度較高之植物附近,則礦物之集中量較大。由此事實推之,作礦石本源之礦液,遇礫化植物,遂還元而沈澱。此種礦石恐係在砂岩之沈積時代,即在砂岩尙未固結以前生成者。另一方面,在此地方附近,侏羅紀以前之地層(古生層及太古界)中,亦發見有二三之鈾及鈾礦脈。此可注意之事也。此等礦脈在地表附近,受氧化作用,黃鐵礦及其分解物之硫酸與鈾,鈾,銀及其他物質相化合,構成硫酸鹽類。此等鹽類溶解水中,流入侏羅時代之淺海而滲入砂中,遇礫化植物,遂還元而生種種之硫酸物。此即作鈾鈾鉀礦之本源之礦物也。後因地殼變動上昇,淺海性之砂化爲砂岩,受天水作用後,鈾等之硫酸物受氧化作用而構成鈾之氧化物,再與鈾鉀等相化合,遂構成鈾鈾鉀礦。

俄屬土耳其斯丹之法喀那州之東南部,距奧斯 (Osh) 部落之西南三十公里附近,發見有鈾鈾鈣礦 (Tyuyamunite) 之礦床,充填於古生層石灰岩之裂隙及空洞中。此恐係由地下水之循環作用而沈澱者。構成此礦床之礦物,除方解石外,尙有次舉之諸礦物。

鈾鈾鈣礦 (Tyuyamunite, $\text{CaO} \cdot 2\text{UO}_3 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$);

鈾銅礦 (Tuvanite, $5\text{CuO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$);

銅之鈾酸鹽,銅鈣之鈾酸鹽,及放射性能之重晶石。

(VIII)磷礦層及其他磷礦礦床 作磷及磷酸肥料等原料之礦石,有磷灰石(結晶質),磷灰土,及成分與此等相類似之糞化石。磷灰石之成分皆爲磷酸鈣(含有少量之氟或氯)。

至磷灰土則大部分由含水磷灰石(Collophanite, $9\text{CaO}\cdot 3\text{P}_2\text{O}_5$, $\text{CaOCCO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$, 含多少之氟)之非晶質, (或隱微晶質) 磷酸化合物所構成。其純粹者含有 40—45% 之 P_2O_5 。結晶質之磷灰石已詳述於岩漿分化礦床項中, 間有產於石灰岩之交代礦床中者。至磷灰土及與之相類似之磷礦則有作水成岩層者, 有由動物之糞堆積而生成者。(南洋諸島之海鳥糞常礦化固結爲糞化石。又石灰洞中之蝙蝠糞亦礦化爲糞化石, Phosphatic Guano) 又有石灰岩因磷酸鹽溶液 (主要者爲糞化石, 因天水而分解, 遂溶解其中) 之交代作用而生成者。(Guano Phosphorite) 現在加拿大, 挪威, 瑞典及其他地方雖產出多量之磷灰石, 但與其他種類之磷礦相較, 則產額甚少也。美國 (佛羅利達, 滕尼西, 及南加羅賴那三州) 之產額, 每年有四百萬噸以上, 其次爲阿爾者利亞 (Algeria) 及洞尼斯 (Tunis) 兩地, 每年約產二百萬噸, 德國 亦年產五十萬噸, 太平洋 (南洋諸島) 之產額雖未明瞭, 但爲將來有望之產地。又南美智利 及祕魯 等國亦爲糞化石之有名產地, 固無俟贅述也。

磷礦之成因 一切動物之骨不單以磷酸鈣爲主成分, 動物之糞中亦含有多量之磷酸鈣。故在動物羣棲之地, 有磷礦之生成, 固不難想像也。又在古時代之水成岩中, 常有含多量之動物遺骨之骨層 (Bone Bed)。又蝙蝠糞化石乃由蝙蝠糞固結礦化而成之暗褐色礦物, 呈樹脂狀光澤, 堆積於石灰洞中。(美國印第阿那州及其他地方亦有此例)。石灰洞中多

蝙蝠,此吾人所常見之事實也。此種糞化石可以利用之爲肥料。最重要之糞化石爲海鳥糞所構成。在南美祕魯及智利沿岸,印度洋中之庫里斯麥斯島西印度諸島,及南洋諸島,棲息有無數之海鳥。故鳥糞構成極厚之堆積物。其中有層厚達百尺以上而被覆於地表者。此等糞化石因地方不同,其色及裂紋亦有差異。但大多數皆呈多孔狀成粒狀,有淡灰,褐灰等色,含有平均27%以上之磷酸鈣,10%以上之氮素,2—3%之鉀。日本小笠原羣島之南鳥島有此種堆積物。其產於南美海岸少雨之乾燥地帶者,則仍視作磷礦石而利用之。

海鳥羣多生息於熱帶地方多雨之珊瑚島,由鳥糞分解而生之磷酸化合物,溶解雨水中,滲入地下與構成珊瑚礁之碳酸鈣相交代,遂生磷礦。磷礦質糞化石(Phosphatic Guano)及糞化石質磷灰土(Guano Phosphorite)卽由此等作用而生成,質硬而脆,有淡黃,淡灰,淡褐等色。通常爲多孔質。南洋諸島,琉球沙拉島等之磷礦,卽屬此類。糞化石質磷灰土之質最佳,含有80%以上之磷酸鈣,多產於舊期(卽第三紀或洪積期)之珊瑚島。其珊瑚礁(石灰岩)通常多受白雲化作用。(Dolomitization)

成層磷礦床之本源亦仰給於生物,介殼之大部分常含多量之磷及氮。此等成分之集中,卽爲磷礦層之生因。磷酸鹽有作魚卵狀之小結核物,產於礦層中者,有含於介殼中者,又有作大小瘤塊產於礦層中者。卽在現代海底之泥土中,亦有

磷灰土瘤塊之生成。磷礦層除黏土砂之外，尚含有碳酸鈣，磷酸鈣，介殼破片及綠砂等。若僅含少量之磷礦，則因其性質不同而有磷灰砂，磷礦質泥灰岩，磷礦質石灰岩等之名稱。又品位較高之磷礦層多作魚卵狀構造，及呈灰暗色，鑒觀之，雖難區別，但比重大於石灰岩。(平均2.9)美國西部地方，即愛大荷，韋啊明，猶太，蒙但那諸州，皆產此種礦石。分布甚廣，屬於石炭紀之上部地層中，磷礦質石灰岩層因地盤之上昇而露出地表，受露天化作用後，碳酸鈣溶解流去，磷酸鈣益見富化。例如美國滕尼西州中部之磷礦床，即磷礦質石灰岩受露天化作用而生成者。又法國北部白堊系中之磷礦層亦有因受露天化作用而日見富化者。

(例一)法國西南部之羅特(Lot)地方及羅特喀朗奴(Lot-et-Garonne)地方之侏羅系石灰岩中，多不規則裂隙，黏土與磷灰土即充填此等裂隙中。由磷礦層產生磷酸鹽，溶解有此鹽類之下降水與石灰岩起交代作用，遂生成此礦床。

(例二)阿爾者利亞及洞尼斯之國境上，有大規模之磷礦床，為第三紀始新期之地層，在泥板岩中，含有多量之磷灰土瘤塊。又磷灰土小粒則為方解石所膠結(含多數之化石)而作黃褐色之地層。磷礦則唯作薄層混此地層中，品位最高之礦層有厚達十五尺者。

(例三)美國之磷礦層最大者產於佛羅利達(Florida)，產額居世界第一。此地方有所謂硬磷礦者(Hard rock phosphate)，覆於奧加拉石灰岩(Ocala limestone)之上。此石灰岩乃屬第三紀下部之漸新期。硬磷礦即與此石灰岩相交代而生成者，為大小磷礦塊，砂黏土，燧石瘤塊等之混合物。此奧加拉石灰岩之上部，覆被有中新时期之石灰岩及砂岩層，(Chattahoochee limestone and Alum Bluff Sands)而不相整合。此特種砂岩層明明為磷礦質之水成岩。此種磷礦質砂岩分解之後，磷酸分溶解

於天水中而下降，與奧加拉石灰岩起交代作用，遂生硬磷礦，層厚由三十英尺至五十英尺不等。間有達百呎以上者。上礦含有77—80%之磷酸鈣。

在此地方除硬磷礦之外，尚有兩種磷礦床。其一為磷礦之礫層(Land Pebbles)在砂中混有多量之磷礦礫，覆於黏土層之上，在此礫層之土尚有含石灰岩塊之砂層，厚一尺至二十五尺，此礫層含有10—25%之磷礦。其二，在河中作沙洲，即多量之磷礦礫與沙相混，產於河流之砂洲中(River Pebbles)。此乃磷礦為河流所運搬而沈積於沙洲中者。採掘頗盛，淘洗此礦，可以得65—80%之磷礦。

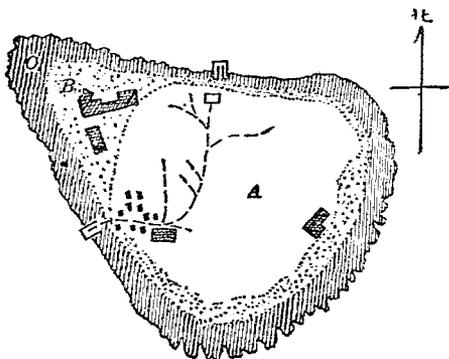
(例四)美國加羅賴那州之大西洋沿岸一帶，在第三紀層中產磷礦層。在滕尼西州之泥盆系及志留系岩石中，亦產堅固之磷礦層。又在猶太州及愛達荷州產極厚之磷礦層，與石炭系之石灰岩作互層。此地方之一磷礦層有厚達七十五尺者，含30—50%之磷酸鈣($\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$)。

(例五)日本之磷礦層皆屬第三紀層，但產量不多，品位亦低。在能登半島之第三紀砂岩、凝灰岩中，磷礦構成一岩層，有以安山岩為下盤，占有廣大之面積。最顯著之例，在半浦地方，此處礦石乃由生物遺骸而生成。在礦層中發見有種種化石。宮崎縣內，在第三紀層中亦發見有球塊之磷礦，其分布雖廣，但品位甚劣。

南島之磷礦為糞化石，乃鳥糞堆積於地表者。現在採掘至盛之重要磷礦產地，乃甌琉球東南二百五十餘海里之沙拉島。又南洋諸島(原為德屬地，刻歸日本統治者)，亦埋藏有極大之磷礦。

拉沙島乃略作三角形之小島，面積約三十三萬坪(每坪為六尺平方)，內部為台地狀地形，北方最高，超出水準一百六十尺，此為舊珊瑚礁之隆起地帶，周圍低地為新珊瑚礁，磷礦即產於內部舊珊瑚礁之部分，面積占二十八萬坪，厚二十尺至七十尺，礦量達一千萬噸以上。良好礦石含有39.27%之磷酸，即含有85.77%之磷酸鈣($\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$)。此地礦石為糞化石質磷礦(Guano Phosphorite)，即鳥糞分解溶解，變為含磷酸鹽之水，滲入地下，與構成珊瑚礁之碳酸鈣相化合，起交代作用，遂生磷礦，呈淡灰，淡黃，褐等色，作多孔質塊狀，有時產叢狀之礦石(第一頁四十五圖)。

第一四十五圖



拉沙島磷礦分布圖(縮尺二萬四千分之一)

A爲磷礦。B爲貧礦。C爲珊瑚礁。

(例六)南洋諸島中,與拉沙島同樣,產磷礦之舊珊瑚礁甚多,礦質亦佳,雖有多數新珊瑚礁,海島羣集,積糞豐厚,但較之舊珊瑚礁之澱化石質磷灰土則極貧弱。舊珊瑚島產豐富之磷礦,有名者爲次之四島。

(a) 蘭魯島(Nauru)原爲德國殖民地,屬瑪沙爾羣島(Marshall Islands)之一,爲南洋第一磷礦產地,礦量在二千萬噸以上。

(b) 安謐爾島(Angaur)爲加羅拿羣島(Caroline Island)西方,帕勞(Palau)羣島之一島。礦量達二百五十萬噸,曾由德人開採,現歸日本人管理。

(c) 英屬海洋島(Ocean Island)屬吉爾柏羣島(Gilbert Islands)磷礦之採掘甚盛,礦量達一千五百萬噸。

(d) 法屬瑪加狄亞島(Makatea)爲泡莫杜羣島(Paumotu Islands)之一島,在南洋羣島之東邊,礦床由法國人經營之。

以上各島皆爲高百尺至二百尺以上之古地。澱化石質磷灰土作厚層,被覆於地表上。下部則漸次移變爲尙未磷礦化之珊瑚礁岩。此等珊瑚礁岩原爲石灰岩。磷礦產地之白雲石化作用甚顯著,此爲其特徵。

(註一) G. S. Rogers (Economic Geology, Vol, VII No. 6, 1918)

第十五章 露天化礦床

(或稱殘留礦床)

凡岩類露出於地表之部分,常因天然作用,分解霉爛而化爲土壤。吾人稱此種天然作用爲露天化作用(或風化作用),此種變化乃與水及空氣之作用,氣溫之變化,生物之作用等相合而發生者。就中以水之作用爲最重要。若無水,則岩石不起分解作用也。更詳言之,則雨水與滲入水中皆含有氧氣及碳酸氣,與岩石相作用,使其礦物成分起氧化或碳酸作用,以促岩石之分解。又因氣溫之變化,礦物成分脹縮無定,因其膨脹率之差異,岩石日見脆弱。其次,因岩石中所含水分之結冰而促進岩石之碎裂,又植物不僅其根對於岩石有機械的破壞作用,由植物分泌之有機酸,及碳酸亦有促岩石霉爛之作用也。

岩石受露天化作用後,其成分礦物起複雜之化學的變化。例如黑雲母,角閃石,輝石等先變化爲綠泥石。此綠泥石更分解爲溶解性之碳酸鹽類,膠質褐鐵礦,含水矽酸礬土(黏土)及二氧化矽。長石類亦變化爲高嶺土或相類似之膠質物(黏土)。沸石類則容易變化爲溶解性之二氧化矽及矽酸

鹽類、白雲母及絹雲母亦因此作用而徐徐分解。磁鐵礦之變化較難，但終亦變化為赤鐵礦及褐鐵礦。其次黃鐵礦亦極易分解而變為褐鐵礦及硫酸。磷灰石亦比較容易分解及溶解於含碳酸之地下水中。至鈾石、柘榴石、電氣石等則幾全不變化。石英亦極難分解，有抵抗露天化作用而殘留於地表之性質。總而言之，普通岩石受露天化作用而生土壤，變為黏土質物質與砂質物質之混合體。若以原來岩石與所生土壤相比較，其在化學成分上之差異，一般後者之礬土及水分之百分率大於前者。二氧化矽，(SiO₂) 石灰 (CaO)，苦土 (MgO)，鉀灰 (K₂O)，曹達 (Na₂O) 則小於前者。但若係富於石英之岩石則受露天化作用後，二氧化矽之量不見有顯著的減少。

由此種露天化作用，原來岩石中所含成分或殘留於土壤中，或作化學的集中而構成有用之礦床。吾人稱此種礦床為露天化礦床或殘留礦床。

(I) 殘留黏土 (Residual Clay) 岩石經長期間之露天化作用，其表面一部分化為黏土。若不因強烈之水蝕作用或冰河作用而流失時，則仍堆積於原來地表。此種黏土謂之殘留黏土。在地球表面分布甚廣，到處皆可看見。但最良之黏土則為酸性火成岩（例如花崗岩、正片麻岩、石英斑岩、石英粗面岩等）之分解物，特別如偉晶岩等含多量之長石而缺乏鐵鎂質礦物之岩類，是為最良黏土之本源。但此亦須經過充分之洗鍊，淘汰，去其中之石英、褐鐵礦等雜質，然後可以稱為

優良之黏土也。一般深掘此等殘留黏土至下部，發見其中混有岩石之碎片，最後移變為全無變化之岩石。

殘留黏土可為耐火磚瓦及陶器等之原料，普通陶土(又稱高嶺土)之一部分，即為純粹優良之殘留黏土。黏土之必要性質即為黏性，可以捏成各種形狀。但一切之黏土，陶土非盡具有此種性質，且因種類不同，此種黏性亦有強弱之差。至黏性之原因，則一般信為黏土中含有膠質含水矽酸礬土故也。

(II) 水礬土之礦床 最普通之岩石分解物，即黏土，含有 39.8% 之氧化鋁，即礬土 (Al_2O_3)。但一般不能作鋁之礦石而利用之。冰晶石 (Na_2AlF_6) 產於格林蘭之一種偉晶岩中(參看第八章)，從前即以冰晶石為鋁之唯一礦石。現今雖仍視作礦石利用之，但其主要用途則變為製鍊水礬土之熔劑矣。

現今視作鋁礦石而利用之者，皆以氫氧化鋁為主。次舉諸礦物即有此種成分。

1. 水礬石 (Diaspore) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 含 85% 之 Al_2O_3
2. 水礬礦 (Gibbsite) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 含 65% 之 Al_2O_3
3. 水礬土 (Beauxite) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 含 74% 之 Al_2O_3

此三種礦物中，前二者為結晶質，產出不多。最後之水礬土為鋁之主要原料，非晶質礦物也。但置此礦物於顯微鏡下檢之，混有少量非晶質之氫氧化鋁，水礬石，及水礬礦等。

水礬土有淡灰，灰黃，褐等色，作土狀，魚卵狀，豆狀等種種構造。作土狀者外觀似黏土而質稍堅。通常混有多少之鐵分

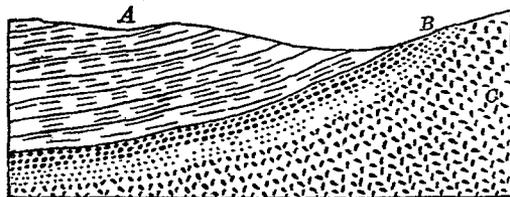
及二氧化矽等不純物質。

此等氫氧化鋁在某一特別狀態之下，產於岩石露天化之土壤中，通常在溫帶地方，此種礦物由露天化作用而產生者甚罕。但在熱帶地方，由火成岩而生成之露天化土壤（即赤土）中，則含有氫氧化鋁。唯其中混有多量之鐵及黏土，不適於作鋁之礦石。作水礬土之本源之岩類，有屬花崗岩質者，亦有屬輝綠岩，玄武岩者。有時由石灰岩，白雲岩，結晶片岩亦生水礬土。

一般黏土分解之後，化爲氫氧化鋁，與溶解性矽酸鹽，此即水礬土之露天化礦床之生因也。至黏土何以分解，有人以爲係在熱帶地方，雷雨之際，所生硝酸之化學作用。但水礬土之重要礦床不論在現代或古地質時代，皆由露天化作用而生成者則無容疑也。顯著之例，美國有之。（美國現在爲世界第一之水礬土產地，1923年產額爲522,690噸）。

美國阿瑟塞斯州 (Arkansas) 之水礬土礦床(第一百四十六圖)位於正長岩質與第三紀層之中間，構成厚約十尺之礦

第一百四十六圖



阿瑟塞斯州之水礬土礦床。A爲第三紀層。B爲礦床(上部作魚卵狀或豆狀構造，愈深入則愈表示其正長岩構造。C爲正長岩。

層。礦床上部，豆狀或魚卵狀之構造至爲明瞭。愈近下部，則漸次變爲塊狀，終移變爲正長岩。此即證明在第三紀層沈澱以前，正長岩在地表受露天化作用，遂生成此種殘留礦床。其後地盤漸次沈降，沈沒於水底，第三紀層遂沈積其上。

法國南部之瓦縣 (Var) 及赫羅縣 (Herault) 產多量之水礬土，特別以寶特地方 (Beaut) 附近爲最有名。此即 Beauxite 之名所由來也。此地方礦石產於白堊紀層中，有石灰岩，砂岩，黏土層等與之共生。此礦床之生成經過，一般均信當白堊紀時代，水成岩沈積之期間中，其岩層一時露出地表，特別爲黏土層，受露天化作用後，遂生成水礬土。其後地盤再沈降，在水礬土層上，復沈積新岩層。另有一派學者則謂係此礦床之生因爲次生的熱水液作用。此不足信也。

在法國中部普狄瑞姆 (Puy-de Dome) 地方亦有水礬土之礦床，與片麻岩玄武岩等共生。此亦明明由此等岩石之露天化作用而生成者。

意大利 各地亦有水礬土礦床，與法國 南部者相同，產於白堊紀層中。

英國，愛爾蘭，奧特林 (Autrim) 地方多水礬土產地，乃第三紀古期之玄武岩及其他火山岩，受露天化作用而生成者。通常水礬土與黏土共生，覆於古玄武岩熔岩之上。在礦床上面，再覆有新玄武岩。故知此地方之水礬土乃古玄武岩受露天化之結果也。因地點不同，亞炭層及豆狀褐鐵礦有與水礬土礦床共生者。

在印度地方發達甚廣之赤土 (laterite) 亦爲露天化之產物。其一部分則構成良好之水礬土礦床。例如印度中部加多尼地方 (Katni) 所產結核的(豆狀)水礬土是也。現在採掘規模雖小,唯將來有望之重要礦床也。同樣之礦床亦發達於非洲西部。

(III) 鐵及錳之礦床 鐵礦床在露天化礦床中爲最重要之礦床,常作大礦床而產出。

在露天化土壤中,因岩石中原有之含鐵矽酸礦物之分解,其鐵分溶解水中,一部分雖向他處流失,但大部分仍作褐鐵礦($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$),針鐵礦($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$),或赤鐵礦,沈積於土壤(黏土)中,作不規則的塊狀,結核狀,乳房狀等。有時亦在土壤中作厚礦層,但皆爲黏土與鐵之密雜物。當行此種集中作用時,氫氧化鐵似作膠狀體而被運搬至適當地點,沈澱固結,或變化爲結晶質,呈放射狀構造。其尤甚者,則變化爲輝鐵礦(雲母鐵礦等)。

錳亦與鐵相同,由同樣之作用集中於露天化土壤中,作塊狀或瘤狀。錳礦(軟錳礦,硬錳礦等)則常與褐鐵礦共生。

(一) 富於黃鐵礦,磁硫鐵礦之礦床,氧化帶有變爲褐鐵礦者,有視作鐵礦石加以採取之價值。此亦一種露天化礦床也。例如日本,山口縣,長登礦山,北平坑之褐鐵礦(接觸礦床之氧化帶)是也。

(二) 含有少量之碳酸錳,碳酸鐵之石灰岩,富於鐵分之

頁岩,砂岩(如菱鐵礦,含鐵矽酸礦物等)及富於鐵鎂礦物之火成岩等地方,其露天化土壤中有褐鐵礦,錳礦之沈澱集中,構成大小塊或結核的瘤塊者不少。

我國廣西省宣武及廣東省防城縣,欽縣一帶地方,此種錳礦床甚發達。礦質既佳,為量亦大。此等地方古生層之砂岩,砂質泥板岩等之累層受露天化作用而生成土壤,錳礦(大部分為硬錳礦,混有少量之軟錳礦),即沈澱其中,而構成露天化礦床。礦石作大小之腎臟狀,葡萄狀,乳房狀等結核體,混於土壤中。且在土壤下部,因砂岩之碎裂,錳礦細脈即貫絡其中,產角礫狀之礦石。此部分之砂岩分解後,變為粉狀之二氧化矽者不少,亦兼產少量之結核狀褐鐵礦。又有硬錳礦與褐鐵礦作同心的結核體而沈澱者。此礦床之生成乃砂質水成岩中所含微量之錳分,因露天化作用溶解於天水中,略事流動,最後仍沈澱於土壤中,遂構成露天化礦床。

俄國為錳之第一產地。印度為第二產地。在印度有三種錳礦床,二種產於古地質時代之變成岩中,一種則產於赤土(土壤)中,作結核狀瘤塊之礦床。但皆由露天化作用而生成者。

(一)剛帶系(Gondite Series)中之礦床 此為印度最重要之錳礦床。剛帶系發達於印度西部及中部之變質岩系,由含錳結晶片岩及片麻岩構成之,乃由前寒武紀之含錳水成岩變質而成者。此岩系之最標式的岩類為錳柘榴石,石英,磷灰石,薔薇輝石等所構成之變質岩,含有10%之錳分。此種變質岩由露天化作用或地下水作用而分解之部分,終變化為硬錳礦,褐錳礦(Braunite)等之集合體,而構成品位甚高之錳礦床。其上礦之分析表如下。

Mn .....50—54%	Fe.....6—8%
SiO ₂ 6—8%	P .....0.07—0.11%

(二)柯都萊系(Kodurite Series)中之礦床 印度東海岸地方(特別在 Vizagapatam 及 Ganjam 等地方)錳礦床極發達。此岩系大部分為深成岩類,侵入於片麻岩及結晶片岩中,由酸性岩至極基性岩之間,有種種之火成岩,甚發達,皆含有錳礦,特別以含錳輝石為其特徵。蓋此等火成岩乃由同一岩漿分

化而來者，構成一明顯之岩石區 (Petrographical Province)。此等火成岩之重要礦物成分有石英，鉀長石，薔薇輝石，及種種之錳輝石，錳柘榴石等。作副成分者則有磷灰石，黑雲母，石墨，磁鐵礦等。此中之石英單產於酸性岩(花崗岩)中。又極鹽基性之岩石中，則不產長石。最標式的柯都萊系為鹽基性岩，由正長石，柘榴石，輝石等構成之，一種之斑糲岩也。此岩石之新鮮部分約含10%之錳分。但通常皆稍分解。此岩石到處變質，構成黑色錳礦之塊狀礦床。至此變化則由於含有碳氧氣之天水作用。含錳柘榴石及輝石因此分解，遂構成礦床。礦石為軟錳礦，硬錳礦，褐錳礦等之混合物。礦床在片麻岩中作細長之帶狀。又其礦石之分析表有兩種。

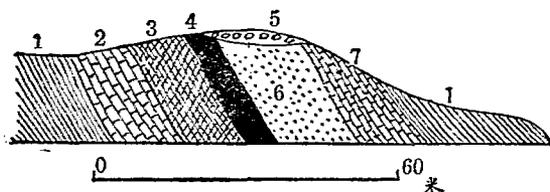
[成分]	第一種分析	第二種分析
Mn	44.34%	36.75%
Fe	9.08%	15.20%
SiO ₂	4.15%	5.72%
P	0.32%	0.33%

(三)產於赤土中之礦床 在南部美梭爾州 (Mysor) 及其他地方，錳礦床分布甚廣。在熱帶特有之赤土 (laterite) 中產瘤塊狀之礦石(以黑色錳礦及褐錳礦為主)南美洲巴西之錳礦床。

巴西在歐戰前為世界之第三錳產國，在將來或有凌駕印度之可能。1917年產出53,200噸之礦石。現因交通不便，故礦業不甚發達。最有名之產地為美那斯者萊斯州 (Minas Geraes)。其地質礦床皆酷似印度者。在此州內，產錳地有二其一為美格爾班尼亞 (Miguel Burnier) 一為在美格爾班尼亞之南，約二十英里之拉飛挨特 (Lafayette) 地方。前者之礦床與前寒武紀之含鐵片岩(即含鐵雲英片岩, Itabirite) 共生，介於赤鐵礦片岩，雲母片岩，石英片岩，石灰岩等所構成之累層中。有人以為作扁豆狀之黑色錳礦床(以硬錳礦為主，並含少

量之軟錳礦),乃由石灰岩受交代作用而生成。但也有人則謂係與印度剛帶系礦石同性質,乃由含錳片狀岩之分解而生成者。礦石之平均品位含錳 50%。此外二氧化矽佔 1%,磷佔 0.03—0.05%。

第 一 百 四 十 七 圖



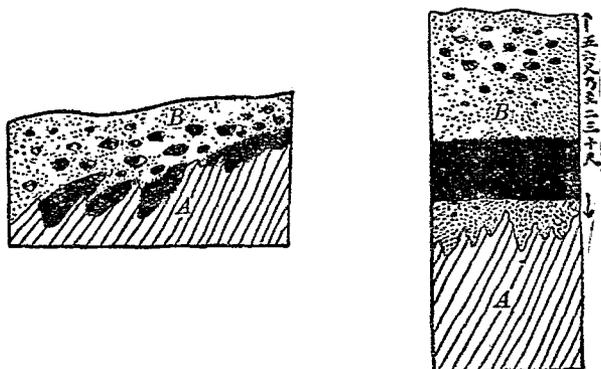
巴西美格爾班尼亞之錳礦床断面圖 1 雲母片岩。
2 白色石灰岩。3 鐵及錳質礦床。4 錳礦床。5 含鐵
礫岩。6 含鐵雲英片岩。7 灰色石灰岩。

拉飛換特地方之礦床雖在含鐵層地域以外,但同樣產錳礦之扁豆狀礦塊礦石中,含有柘榴石等。平均品位含 50% 之 Mn, 3% 之 Fe, 1.75% 之 SiO_2 , 0.07% 之 P。此礦床與印度之剛帶礦床相同,最初為含碳酸錳之砂質及泥質水成岩,後變質為含錳柘榴石,薔薇輝石,及灰錳石(Tephroite)等所構成之變質岩,再受地下水之作用而分解變化,遂生成礦床。在此地方到處皆可發見此種未分解之變質岩。

高麗黃海道兼二浦之鐵礦床。

礦床在兼二浦車站之東北約六里之地點。在此附近有由石灰岩構成之高台地。礦石為褐鐵礦,散在於東西長約六七里,南北寬約一里之區域內。由地表至五六尺以至二三十尺之深處,其間赤色之露天化土壤甚發達。在其下部,則為未分解之石灰岩,作齒齒狀。褐鐵礦作大小塊,散在於赤色土壤。在土壤之下部,間有作大塊及礦層者。其分布狀況甚不規則。礦石除褐鐵礦之外,尚混有少量之輝鐵礦。又有重晶石作薄板狀,雜產其中(第一百四十八圖)。

第一百四十八圖



兼二浦礦山，背石里附近断面圖（右）與丸山採礦場之露出。

（左）（A）石灰岩。（B）露天化土壤，黑色部分為褐鐵礦。

西印度，古巴島之鐵礦床 此為由火成岩之露天化而生成之著名礦床，位於古巴島東部，瑪耶里地方（Mayari District），蛇紋岩受露天化作用而構成廣大之鐵礦床。此地方為海拔 1500—2000 尺之大高原地。橄欖岩之分解物，蛇紋岩甚發達。在此種鹽基性火成岩之上，由露天化作用而生成厚由數寸至八十尺之鐵礦床。此礦床幾完全不受水蝕作用而殘留於地表。礦床漸深，則漸次移化為基底之蛇紋岩。即塊狀蛇紋岩之上有多孔質柔軟的土質物。（黏土與氫氧化鐵之混合物）呈黃綠色，其中混有蛇紋岩之碎片。再上部則有微粒狀之黃色鐵礦。在深十三四尺以上，鐵礦呈暗褐色，其中含多量之赤鐵礦及少量之磁鐵礦小粒。赤鐵礦小粒呈同心圓狀及纖維狀構造，愈接近地表則此赤褐色愈濃厚，鐵礦粒容積

亦愈大。又常有互相膠着之鐵礦塊。

蛇紋岩由露天化作用，漸次變化為鐵礦之狀況，可由次舉之分析表推得之。(此表乃按每深一英尺所採取之材料，加以分析，所求得之各成分之百分率)。

深 (呎)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe
0—1	2.58	15.71	46.37
1—2	2.38	20.81	45.34
2—3	1.60	17.43	47.81
3—4	1.42	14.23	48.09
4—5	1.56	8.47	49.46
5—6	2.90	10.24	50.56
6—7	2.20	8.29	51.00
7—8	2.68	4.92	50.28
8—9	3.30	7.25	50.15
9—10	2.44	6.31	50.63
10—11	3.42	6.81	49.94
11—12	2.72	7.05	49.46
12—13	2.56	6.77	49.08
13—14	2.52	6.23	46.46
14—15	2.76	6.53	50.22
15—16	2.78	6.43	48.98
16—17	2.98	6.43	48.84
17—18	3.20	5.53	49.32
18—19	3.66	6.51	48.42
19—20	6.84	8.41	44.32
20—21	7.44	5.13	46.58
21—22	8.46	4.91	40.47
22—23	11.04	8.30	43.49
23—24	15.86	4.70	44.62
24—25	17.40	4.00	40.00
25—26	22.54	4.57	35.12
26—27	28.90	4.18	23.00
27—28	35.64	2.33	12.78
28—29	39.80	1.39	7.10

(IV) 其他礦物之露天化礦床 重晶石有作殘留礦床產於露天化土壤中者，作塊狀或結核狀而集中。碳酸鋇原屬比較容易溶解之礦物。若碳酸鋇之溶液在土壤中與硫酸鹽類之溶液相遇，遂沈澱硫酸鋇。美國瓦振尼亞州，卓支亞州，美蘇里州各地多產此種礦床。

又石灰岩中若滲染有方鉛礦，閃鋅礦，黃銅礦等則其地表之露天化土壤中常產白鉛礦，菱鋅礦，異極礦，孔雀石，矽孔雀石等。間有可視作鉛，鋅，銅等之礦床加以採掘者。

美國瓦振尼亞州西部，滕尼西州東部皆有寒武系及志留系之石灰岩。其中即產有此種鋅礦床。

日本山口縣 美禰郡 長登礦山之 濱宮坑在石灰台地上。在露天化土壤中，產大小塊之孔雀石，為量甚富。又有可視作銅礦之含銅黏土，亦頗發達，露天採掘甚盛。

第十六章 砂礫礦床

(附耐火黏土層)

一般岩石受露天化作用之後，遂變爲粗鬆之物體，最後則化爲土壤。此等粗鬆物質常因風力、重力，及雨水等由高處沿斜面而流入溪谷之中。特別在大雨之時，常見多量之土砂，岩塊，湧流至河谷之間。再由流水運搬至下流地方。在運搬途中，此等土砂、礫塊因其大小比重大有差，所受自然淘汰作用亦有輕重之別。大岩塊及重礦物停留於上流地方。微細之土砂及輕礦物則流至下流地方。

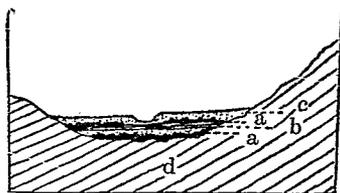
由水之淘汰作用，金屬礦物混砂礫中而集中，亦構成一種礦床，是謂之砂礫礦床，或稱漂砂礦床 (Placer)。

漂砂礦床有產於川河兩岸之平地者，即集中於沖積平原者，又有產於川河兩岸之段丘，即集中於古昔之河床者。此等礦床特稱之爲淺砂礦床。(Shallow Placer) 漂砂礦床有爲熔岩流(Lava Stream)所被覆者，又有古地質時代之砂礫礦床受其他地層之覆蓋者，此等礦床特稱之爲深礦礦床 (Deep Placer) 漂砂礦床亦有發達於海岸線附近者，此亦爲淺砂礦床之一種，特稱之爲海濱砂礦床 (Beach Placer)。

海濱砂礦床大體皆由海浪之破壞作用及淘汰作用而生成者。詳言之，若構成海岸之岩石中含有礦石或海岸地方埋藏有礦脈時，則由海浪之破壞及淘汰作用可以使重礦石集中於海岸附近。

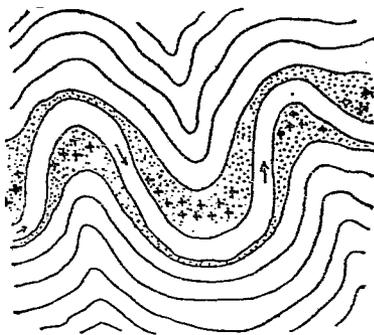
構成漂砂礦床之礦物，除金、鉑等貴金屬之外尚有錫石、磁鐵礦、獨居石等之稀有礦物及寶石類。就中以產貴金屬之沖積平原及舊成段丘 (Terrace) 漂砂礦床為最重要。此種砂礦(金屬礦石)多集中於砂礫之深處，即多集中於砂礫與基岩 (Bed Rock) 之境界，此理固甚明瞭也。(第一百四十九圖) 又因川河之彎曲，其凸向河流之部分，速力急減，礦石容易集中，此亦容易了解之事實也(第一百五十圖)。

第一百四十九圖



河成淺沙礦床斷面圖 a 為砂金。
b 為偽基岩(黏土層)。c 為砂礫岩。
d 為基岩。

第一百五十圖

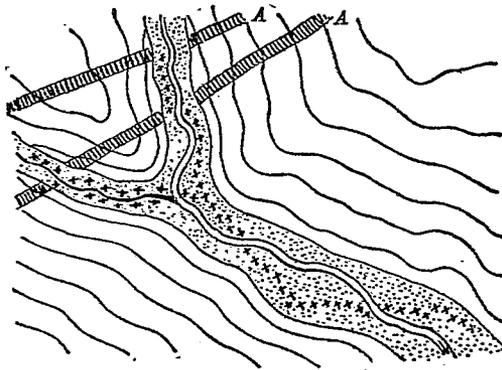


因川河之彎曲，砂礦沈澱集中於凸向河流之部分。

構成今日河床之沖積層(砂礫)，乃藉其本流或支流，從上流地方運搬而來者。故由此堆積物之種類可以推知上流

地方岩石種類之大略。礦床或煤層之發見多係先檢查其下流川河中之石礫種類，然後確定其上流地方有無礦床或煤層之存在。此乃在新開地探查礦床之方法也。產砂金之河流其上流地方常有金礦脈(第一百五十一圖)。

第一百五十一圖



圖示砂金之分布與河流方向不同之狀況。×為砂金分布地點(舊河床)△為含金石英脈之露頭。

(I) 金之砂礫礦床 在一切砂礫礦床中，以金之砂礫礦床為最重要。

熱帶及亞熱帶地方，因露天化作用，在地表產多量之土壤。若岩石中含有少量之金或有含金石英脈之存在，則金本身不因露天化作用而起變化，仍混入土壤之中。此種含金土壤受風雨之機械的及化學的作用而被運搬或溶解，但其中所含少量之自然金因比重大，故不致流去而漸次集中於地

表土壤中。吾人稱此種砂礫礦床爲露天化砂礫礦床，或原地砂礫礦床。法屬及英屬幾阿那 (Guiana) 巴西，瑪達喀斯加島，印度等地方均多此例。此等地方之礦床，多產於被覆高原地之赤土中，而此種赤土則爲閃綠岩，輝綠岩，角閃岩，角閃片岩之分解物。含金脈發達之地方不少此類礦床也。

原地砂礫礦床限於熱帶及亞熱帶地方始有之。故比較罕見。至集中於河床及海濱之漂砂礦床，在經濟上最爲重要。特別在新開地，最先開發者卽此種礦床也。加拿大之柯朗帶克 (Klondike) 砂金地，阿拉斯加之娜姆 (Nome) 地方砂金礦，日本北海道 枝幸地方之砂金礦，皆爲顯著之例。唯此種礦床之壽命甚短，須注意也。

(A) 淺砂礦床 此有產於河岸之沖積層及河成段丘地者。又有產於海岸之沖積層及海岸段丘地者。在此等淺砂礦床，金砂多集中於砂礫層之下部，卽集中於基底岩之附近。又河成之漂沙礦床，其砂金分布狀態與今日之河流方向不一致，卽常在沖積層中以特異之方向而分布，但亦作彎曲之方向，唯不與現今之流水方向一致耳。卽此方向蓋代表舊昔之河床也(第一百五十一圖)。故當探礦之時，必在河岸之沖積層中，取相隔等距離之地點，或試錐，或穿井，以測其有無砂金之集中。又須分析接近基底岩之砂礫層，然後可以確定砂金礦之分布狀態也。

高麗,平安南道,順安郡之砂金集中於舊河床,其方向與今日之水流方向稍異。上部有厚二十尺至三十尺之砂層。在此砂層之下則有厚二三尺之含金砂礫層。此含金層名曰甘土,被覆於既分解之基底岩(片麻岩及結晶片岩)之上。甘土爲石英砂礫所構成,混有少量之黏土。砂礫中混有略帶青色之石英塊,爲量甚多,是其特徵。取此土砂而淘選之,最後得重砂,其中混有多量之金粒。此最後之砂大部分爲欽鐵礦之砂,混有多量之銻石及鋼玉粒。

一般當調查砂金地時,須先由試錐及穿井以測定其分布狀態及品位。並研究含金砂層之深距及基底岩之性質,又須調查有無適當之土砂堆積地,及水之供給是否便利,砂礦之含金量本遠不及山金。但因採掘省費,仍可獲利。今將世界各地之砂金品位表示如下。

地 名	土砂每噸中之含金量(公分)
<u>亞拉斯加</u> , <u>娜姆地方</u>	43.09—86.18
<u>澳洲</u>	0.17 平均
<u>烏拉山地方</u> (1861)	0.57—26.00
<u>北海道</u> , <u>北晴川</u> (1900)	0.56—20.87 (平均 6.86)
<u>台灣</u> , <u>基隆川</u>	0.26—1.18 (平均 0.88)

砂金之本源有爲含金石脈之碎礫,有爲含黃鐵礦及其他硫化物氧化分解之後,由機械的作用而含有微金粒,又有爲火成岩變質岩及其他含有微量之金之岩石,分解之後而生成者。含砂金之砂礫層雖無顯著之特徵,但多石英粒,在水中淘汰之,去其粗礫輕砂,其餘爲黑色之砂,比重甚大之礦

物粒也。其中混有金粒。此黑色砂中含有磁鐵礦、鈦鐵礦、鐵錳礦、重石、錫石、柘榴石、鉛石、獨居石等。有時含有鋼玉及其他寶石、鉑、鈦、鈾礦等。

砂金通常作薄鱗片狀，又有作凹凸不平之不規則的粒狀者。但皆受流水之淘汰、磨削，其表面常略呈圓形。大多數之例皆呈美麗之黃金色。因砂金品位一般高於山金也。金常與銀相混而產出。今略舉數地之砂金品位如次表。

〔產地〕	〔品位〕(千分中)
<u>澳洲維多利亞地方</u>	938
<u>加利福尼亞州</u>	890
<u>烏拉山</u>	910—990
<u>高麗</u> (由明治十四年至三十三 年之平均數)	796.9
<u>北海道天鹽濱沙金</u>	838
<u>空知川(北海道)</u>	843—884.8
<u>北海道枝幸</u>	848

在砂金礦中有時產大塊之金名曰金塊(Nugget)為表面有凹凸之圓體物。澳洲維多利亞殖民地之旦娜里(Dunolly)地方，於1858年發見一大塊金，名 Welcome Stranger，約重155磅。同年在同國巴拉辣特地方(Ballarat)亦發見一大金塊名 Welcome Nugget 約重152磅。又1842年在烏拉山之美亞斯克(Miask)附近亦發見重三十六斤之金塊。美國加利福尼亞州則於1854年發見約重160磅強之金塊。

因此種大金塊之發見，故知此等金塊並非岩石或礦脈中之山金，受水之機械的作用而被碎淘汰集中者；乃金之溶液循環於砂礫中，在途中還元為砂金或金塊而沈澱者也。有多數學者提倡此種化學的沈澱說，而次述事實又皆足為此說之佐證。

(1) 合金石英脈從來無產此種大金塊者。

(2) 恩古勒棠氏（註一）既在實驗上證明金之溶液，因有機化合物及泥炭之作用，可以還元沈澱。

(3) 加利福尼亞州及澳洲等地方之砂金層中混有木片及其他植物性物質。

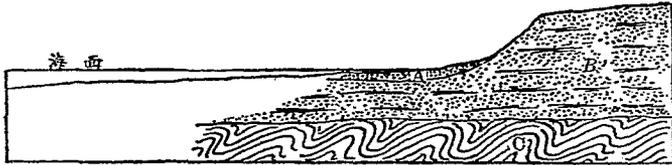
(4) 在烏拉山地方及西比利亞地方，含砂金之砂礫層常受泥炭層及苔蘚層(Tundra)之被覆。

但塊金有時與石英共生，又受水之淘洗而略呈圓形，以及其他種種事實則又證明砂金塊乃由山金之淘汰集中而來者，並且在合金石英脈中亦常產極大之金塊。例如加利福尼亞州之蒙紐門塔爾礦山（Monumental Mine in the Sierra Buttes）常產四十公斤之山金。但事實上砂金地方較之礦脈產大塊金之量過多，此何故耶？曰砂金礦乃合金石英脈及其他金礦床經幾十萬年之長時代，受水之破壞淘汰等作用，極多量之礦石遂集中而構成砂礫礦床也。

例如阿拉斯加之娜姆海濱地方，此種海岸砂礫礦床甚為發達，世界知名（第一百五十二圖）。此地方海岸約寬二百

尺,含金層延長於相當之區域中,表面覆一重砂礫層,則完全不含砂金。在下部有約厚四寸之含金層,呈微赤色,甚發達。基底岩爲雲母片岩及其他結晶片岩。

第一百五十三圖

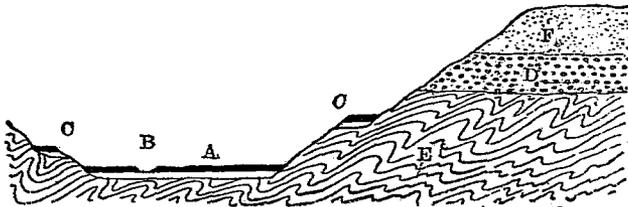


阿拉斯加, 錫姆地方之海岸砂金地斷面圖 A爲砂礫層及砂金層。

B爲洪積層海岸段丘(砂礫及黏土)。C爲基底岩(結晶片岩類)。

其次亦爲世界著名之柯朗帶砂金礦床,在加拿大地方亞庫河(Yukon)之一支流柯朗帶克河,由加拿大流至阿拉斯加。礦床即在此支流沿岸。此地方之基底岩爲種種之結晶片岩及古生層黏板岩,石英片岩等。在此等岩石中,貫絡有多數微細含金石英脈及偉晶岩脈。含金砂礫層共有三種。即谷間之砂礫層,低段丘之砂礫層,及高段丘之砂礫層(第一百五十四圖)。在高段丘之砂礫層上面,被覆一重完全不含砂金之褐色砂礫層。其下面有白色之含金砂礫層, (White Gravels Channel)乃此地方最古之含金砂礫層也。

第一百五十四圖



克朗帶克之波南達谷橫斷面圖 A爲谷間砂礫層。B爲河流。

C爲低段丘砂礫層。D爲高段丘砂礫層。E爲結晶片岩及其他變質岩。F不含砂金之砂礫層。

日本國內亦多砂金礦床，唯多產於沖積層中。間有產於洪積層之河岸段丘中者。北海道枝幸地方在明治三十二年，產多量之砂金，有日本之柯朗帶克之稱。但現已衰頹，僅留昔日之面影而已。台灣基隆川之砂金地，在瑞芳金山之下流，約二十里之間，砂礫層相重疊，厚達十尺至三十尺，常在河畔作斷崖。砂金層位於此砂礫層之最下部。此外高麗，樺太亦產砂金，尤以高麗之順安，稔山，端川，長津，甲山等地方為有名。

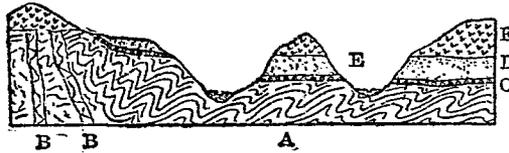
(B) 深砂礦床 古地質時代之砂礫礦床，受其他地層之掩覆，固結之後，變為含砂金之砂岩或礫岩，或又因受後來噴發之熔岩流所掩覆，而深埋地層之下。此等砂礫礦床名曰深砂礦床。淺砂礦床多產於沖積層及洪積層中。至深砂礦床則多產於第三紀層或其以前之地層中。此種礦床之採礦費較之淺砂礦床為高，且需要更大之選礦費。但有時可以構成品位極高之礦床。故一般堆積於古地質時代之火成岩或變質岩之剝蝕面上之礫岩層，皆有採礦及分析之價值。

今試舉有名之二三實例如次。

第一為美國，達柯塔州，黑山地方 (Black Hill, Dakota) 附近之礦床。此地方地質由角閃片岩，綠泥片岩等變質岩構成之。阿爾剛幾系在其上部，覆有寒武系之溥慈丹砂岩層 (Potsdam Sandstone) 不相整合。此砂岩層之下部有一層之礫岩，含有結晶片岩之礫及微細之砂金。此即證明砂金之來源乃下部變質岩中所有之無數含金石英脈也。受機械的破壞作用及天然淘汰作用後，遂集中成砂礫礦床，即代表寒武紀時代之漂砂礦床也。現在此溥慈丹砂岩層上面覆有極厚之

斑岩,沿河谷之砂礫層中,有由含金層之崩壞及淘汰而生成之淺砂礫床,甚為發達。(第一百五十五圖)

第一百五十五圖



美國黑山之深砂礫床。A為基底岩之變質岩類。(阿爾剛幾系)
B為含金石英脈。C為含金礫岩層。D為博茲丹砂岩層。E為
沖積層(含金)。F為斑岩。

同樣,礦床亦發達於同國之挪瓦斯柯西亞(Nova Scotia)及其他地方(石炭紀),又印度之剛柔瓦那系(Gondwana System)中,(石炭紀)及澳洲之新南偉爾斯(New South Wales)石炭系以前之岩層中,均產此類含金礫岩層。

南非洲,杜蘭斯哇之蘭特地方含金砂礫層,近有多人謂亦係略受變質作用之深砂礫層。

美國,加利福尼亞州之桌形山(Table Mountain)地方,產第三紀之深砂礫床,乃堆積於該地質時代河床中之砂礫礦床,其上部覆有玄武岩質之熔岩流,故未受激烈之水蝕作用。礦床產狀如第一百五十六圖所示。

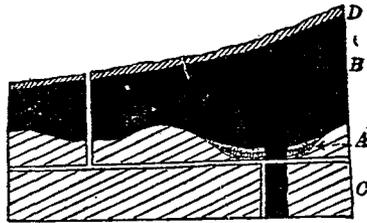
第一百五十六圖



美國桌形山斷面圖 a為含金砂礫層。b為玄武岩。
c為第三紀層(黏土及砂)。d為坑道。e為片岩類。

澳洲維多利亞殖民地之巴拉辣特地方(Ballarat District, Victoria)亦多此類礦床。第一百五十七圖所示斷面圖爲其一例，在第三紀層之上被覆有玄武岩質熔岩層。

第一百五十七圖



澳洲巴拉辣特之深砂礦床斷面圖 A爲含金砂礫層。
B玄武岩。C爲黏板岩。D爲露天化土壤。

(II) 鉑之砂礫礦床 鉑產於各種砂礫礦床中，俄國烏拉山幾爲全世界之鉑之供給地，美國之加利福尼亞州，阿勒剛州，英屬哥倫比亞等地方皆產多少之鉑。但較之烏拉山地方則爲量甚少也。此外在南美哥倫比亞，紐西蘭，塔斯瑪尼亞，澳洲新南偉爾斯等地方，亦略產鉑。在亞洲方面之產地則有婆羅洲及日本北海道之夕張川流域。歐洲中部，鉑之產出極少。唯羅馬尼亞之西朋堡根(Siebenbürgen)地方稍有名。

烏拉山地方之主要產地爲哥洛布拉哥達慈克(Goroblagodatsk) 尼史涅塔古利斯克(Nischne Taglisk) 貝梭挨爾斯克(Bisoersk) 諸州，大體產於杜拉河(Tura)之一支流意斯河(Iss)之流域。1901年之產額爲1328公斤。1912年急增至8490公斤。此年之其他產地南美哥倫比亞，美國新南偉爾斯，加拿大，

婆羅洲及其他地方,)之總產額,僅417公斤而已。大戰以後,俄國之鉑產額激減,僅當戰前之十分之一,尚不及南美哥倫比亞之產額。但將來仍能恢復世界第一之地位則無疑也。

俄國烏拉山之鉑產地地質,大體由橄欖岩及其分解物之蛇紋岩所構成,其中兼產鉻鐵礦,此既述於第八章之火成礦床中。此地方之貧弱火成礦床,受天然力之粉碎及淘汰,遂集中而成砂礫礦床。在上流地方,砂鉑粒比較不受水削作用,故多呈角礫狀。在下流地方,鉑粒受水削作用之程度較大,故產狀略與砂金同,常與鉻鐵礦砂及少量之金、銻、銻礦等共生。鉑有時混於褐鐵礦鉻鐵礦之小塊中而產出,或又散點於橄欖岩之小礫中。此外亦發見有略帶圓形之鉑塊(Platinum Nugget)曾獲得重十公斤之礦塊,唯甚罕見耳。此地方砂礫發見於1822年,為構成河岸沖積層及段丘之砂礫層,其一部分為洪積期時代之沈澱物。在砂礫層中產有象(Mammoth)之化石。砂礫品位至不一律,但一般平均每噸砂礫中含有三公分之鉑。(百萬分之三)又所採取之鉑含有種種不純物,其平均成分如次表。

鉑(Pt).....	76.4%	金(Au).....	0.4%
鐵(Fe).....	11.7%	銻(Ir).....	4.3%
銻(Os).....	0.5%	銅(Cu).....	4.1%

(III) 錫石之砂礫礦床 世界有名之錫產地在錫礦脈之外,必有砂礫礦床。即該地方之含錫礦脈花崗岩或變質岩

受天然之破壞淘汰等作用而生成者。錫石與產於一般砂礫中之礦物相同，對於天然之分解作用抵抗力甚強，且比重亦甚大。(約7)故容易因天然之淘汰作用而集中，雖屬微粒之礦石，亦極便於選礦。現今世界上之錫產額約十萬餘噸，其中四分之三皆取給於砂錫也。

錫之砂礫礦床中最重要者為構成河岸或海岸沖積層及河岸段丘之砂礫層。有第三紀時代之砂礫礦床埋藏於熔岩流之中，作深砂礫床者，唯較罕耳（澳洲，新南偉爾斯即有此例），亦非重要之錫礦床也。淘汰錫之砂礫，去其輕砂（大部分為石英，長石，雲母），大礫，最後亦與砂金相同，祇留黑砂，其中有略具圓形之錫石粒，是為水錫。（錫米）此外尚有磁鐵礦，鈦鐵礦，獨居石，重石，鎢錳鐵礦，柘榴石，電氣石，斧石，綠簾石，黃玉石等。有時亦含多量之螢石，或又與金及種種寶石類共生。

世界最大之錫產地為馬來半島及其屬島，例如邦卡島（Bangka）貝利頓島（Billiton）皆為砂礫礦床。此等地方之錫產額每年達七萬五千噸以上。地質以花崗岩為主，屬二疊系。石炭系之石灰岩亦發達。且錫礦有作花崗岩之一成分而產出者。又雲英岩化之花崗岩中，有產錫礦脈者。此外亦發見有含錫石之偉晶岩。有產於石灰岩中之錫礦脈，有在花崗岩中作網狀礦床者。此等原生礦床皆與石英，硫砷鐵礦，黃鐵礦，黃銅礦，電氣石等共生，雖可視作礦石加以採取，但為量甚小耳。此地方所產錫礦，大部分由砂礫礦床採取，即由上述諸原生

礦床之分解粉碎及淘汰而生成之砂礫礦床也。計有露天化砂礫礦床及河岸之淺砂礦床，而又以後者為最重要。在邦卡島及貝利噸島之地表有厚由四公尺至十公尺之砂礫礦層(貧礦)，含極少量之錫石。在此層之下部，則有厚約十公尺至二十五公尺之礫砂層，其中含錫量甚富。故為品位甚高之礦石。含錫石量約2%—4%。在馬來半島，此富礦之砂礫層平均含0.1—0.15%之錫石。半島之中央部霹靂(Perak)地方，錫礦業最盛。

(IV) 鎢錳鐵礦之砂礫礦床 我國廣東、湖南境上及江西、廣東境上之沖積層中，多鎢錳鐵礦之砂礫層。在歐戰中，採掘最盛。皆向美國輸出。我國實為世界第一之鎢產地，惜調查不詳，交通不便，未完全開發耳。此等地方地質大體屬古生層及侵入其中之花崗岩。在兩者之接觸部，尤以在古生層中，多產含鎢錳鐵礦之石英脈。此等礦脈受天然之破壞淘汰等作用，遂集中於沖積層中作成砂礫礦床。

(V) 砂鐵 磁鐵礦及鈦鐵礦常產於種種火成岩中，作副成分。此等火成岩受露天化作用而崩壞，再受流水或海浪之淘汰作用，遂構成含多量鐵礦粒之砂鐵礦床。

日本多產砂鐵，為一種含鈦磁鐵礦。最著名者為北海道之噴火灣沿岸，渡島國，古武井附近海岸地方。此砂鐵乃由安山岩之分解而生成。尚有產於花崗岩及花崗斑岩中者。此等岩石由露天化作用而生土壤，若灌水其中，而淘汰其土砂，即

得礦石。故又可以視作一種之露天化砂礫礦床。

意大利,拿波利灣沿岸,有大規模之含鈦磁鐵礦砂堆,加拿大之聖羅連士河(St. Lawrence)之下流北方一帶,含鈦磁鐵礦之砂礦極發達,乃由紫蘇輝石斑禰岩變化而生成者。其中有含礦石7.0%以上者,既選礦之礦石平均含55.3%之鐵及16%之 TiO_2 。

美國,加利福尼亞州海岸亦產含金磁鐵礦之砂礦,分布甚廣。紐西蘭之北島西南海岸一帶,亦產多量之含鈦磁鐵礦之砂礦。

此外世界各處海岸及河岸之沖積層中,皆產多少之砂鐵,但適用於製鐵原料者甚罕。因砂鐵中,通常多含鈦分,由純粹之磁鐵礦構成者極少也。

鐵之砂礫礦床中亦常有含褐鐵礦或赤鐵礦之淺砂礦床與深砂礦床。但規模甚小,品位亦貧弱,無顯著之例也。

(VI) 獨居石之砂礫礦床 獨居石(Monazite)呈樹脂光澤,乃黃褐色至暗褐色之礦物也。比重由4.9至5.3不等,為含有銻,釷,鏷等之磷酸鹽,通常兼稍含鈦,錳,鉍等。其中含氧化鈦(ThO_2)有達6.5以上者,為製造白熱煤氣燈罩之唯一原料。因其需要大,故價值甚高。此礦物產於變質岩,花崗岩等酸性火成岩中,特別多產於偉晶岩脈中。最重要之礦床仍為砂礫礦床,乃由此等岩石受天然作用而崩壞分解之結果也。

最有名之產地為南美巴西國,美國之南北加羅賴那州

(N. and S. Carolina)及愛達荷州 (Idaho) 次之。在俄國烏拉山地方亦稍產此礦石。在此等地方，獨居石砂礫與金、鉛、錳、鐵、鈦、鐵、柘榴石等共生，兼產有磷鉍礦 (Xenotime)，暗光石 (Ferugusonite)，砂鉍鐵石 (Gadolinite)，鈾鉍鈣礦 (Samarskite) 等。

獨居石呈褐色，有誤認爲柘榴石者。當鑑定時，須加以化學分析及注意磷及種種稀有元素之存在。最簡單之鑑定法，用『簡易分光器』(Pocket Spectroscope)，以察其由礦砂所反射之太陽光線，若起特種之吸收景，即爲獨居石。

(VII) 寶石類之砂礫礦床 有種種之寶石類作砂礫礦床產出者。例如金剛石之砂礫產於南美巴西，印度，南非洲，比利時，剛果，澳洲，新南偉爾斯，婆羅洲，及我國山東省等地方。藍玉 紅玉等之砂礫則產於錫蘭島之某部分，及美國，北加羅賴那州等地方。黃玉亦同，有發見於砂礫中者。

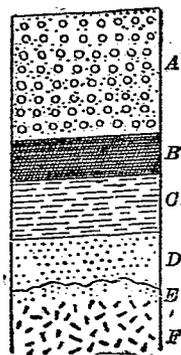
金剛石以巴西國之美那斯喉爾斯 (Minas Aires) 之巴喀詹 (Tagagem) 地方爲主產地，產於巴拉圭河之上流砂礫礦床中。印度 哥爾康大市 (Golconda) 之東及東南之亥大拉巴德 (Haidarabad) 地之砂礫中亦產金剛石。此外澳洲之大林河 (Darling) 支流之麥奎里河 (Macquarie) 地方，婆羅洲西南部之加布拉斯河 (Caplas) 流域，及東南部之瑪爾塔布拉 (Martapura) 地方皆產金剛石砂礫礦床。

(VIII) 下盤黏土層 (Underclay) 構成古地質時代之石炭層，下盤之黏土層或頁岩層(或砂質頁岩層)，通常耐火性極強，故用於製耐火黏土，或陶磁器之原料。此黏土在煤之生成時代，實代表植物生長基礎之泥土。其驗質完全爲植物所

吸收，黏土中之鐵分受腐植物之作用而還元，變為可溶性之硫酸亞鐵而流去，故殘留缺乏鐵分及鹼質（即耐火性）之黏土。世界各國石炭紀煤層之下礮黏土皆為此種耐火黏土層。在英國名 Garnister 之耐火原料則為黏土質砂岩，含有10%之黏土，同樣，沿煤層之下礮而與下礮黏土共產出。

日本之上部第三紀層中，有木節黏土，與亞煤層共產出，亦為一種下礮黏土，用於製鍊耐火磚瓦及陶磁器之原料，採掘頗盛，因黏土中含有碳化植物，故稱木節黏土。

第一百五十八圖



日本木節黏土層一般剖面圖 A為砂礫層。B為亞煤層（厚三四尺）。C為木節黏土。D為長石砂岩（分解之後為粗黏土）。E為粗黏土。F為花崗岩。

第十七章 動力變質礦床

動力變質礦床者乃礦床生成後,受重大之動力變質作用(或地方的變質作用)。(Dynamo-metamorphism or regional metamorphism)其母岩不單受壓碎作用及起再結晶作用,即礦床本身亦被壓碎,同時亦略起再結晶作用,故此種礦床一般產於結晶片岩及其他之變質岩中,大多數皆與片狀層理平行。即礦床本身亦略呈片狀層理。受此種作用而生成之礦床中,最顯著者為層狀含銅黃鐵礦礦床及層狀鐵礦床。此二種皆為世界的標式的礦床。

(I) 層狀含銅黃鐵礦礦床

(A) 礦床之性質及其分布 層狀含銅黃鐵礦在德文為 Kieslager 在英文為 Pyritic Bedded Deposit 或 Pyritic Bedded Vein。所謂世界的標式礦床,全世界皆產出之。最近之例為日本別子銅山,世界有數之大礦床也。

此種礦床有產於略受變質之水成岩中者,有產於由水成岩或火成岩所變質之結晶片岩中者,皆與母岩互相整合,發達成層狀。又有作大扁豆狀者。大多數之例為黃鐵礦之緻密集合體,常混有多少之黃銅礦,有時與磁硫鐵礦,方鉛礦,閃

銻礦及其他硫化物共生。普通不產脈石，唯有少量之石英、綠泥石等而已。間有含柘榴石及其他接觸礦物者。例美國達克棠 (Ducktown) 礦床及日本之日立礦床，亦有以母岩為中石者。有時中石之量過多，呈角礫狀構造。一般以缺少晶洞，及黃鐵礦常作微細之結晶或粒狀之緻密集合體為其特徵。但亦有作極大之黃鐵礦結晶集合體者。此礦床之銅分乃黃銅礦藉機械的作用或與黃鐵礦相混合，或充填黃鐵礦細粒及結晶之間隙中。此種狀態亦得藉肉眼之力識別之。外觀上雖為黃鐵礦之緻密集合體，但磨光之後，用反射光線檢查之，則見有無數黃銅礦充填於黃鐵礦之間隙中。

此類礦床有時又以磁硫鐵礦之塊狀集合體為代表。例如德國之巴哇利亞 (Bavaria) 之錫爾巴堡 (Silberberg) 礦床是也。此種礦床之含銅量甚少，亦有以豐富之黃銅礦塊狀集合物為代表者。例如日本別子礦床之一部是也。但最普通之礦石含量至不均一，通常有 2-5% 之含銅量，有時含更多量，但亦有未滿 2% 者。其甚者則完全不含銅分，唯以之作硫酸製造之原料而採掘之。

如上述，此類礦床雖有種種之性質，但一般皆為銅礦之最重要礦床。在現今世界各地採掘甚盛。今試舉在經濟上或學問上最有名之礦床如下。

1. Rio Tinto Mine Huelva Province, Spain
2. Falun, Sweden

3. Chessy et Sain-Bel, near Lyon, France
4. Sulitjelma Norway
5. Røros, Norway
6. Schmöllnitz, Hungary
7. Ducktown, Tennessee, U. S. A.
8. Silberberg Bodemmais, Germany
9. Rammelsberg, Germany
10. Klingenthal, Germany

此外規模小者爲數尙多，茲不再舉。德國之藍姆爾斯堡礦床，因地點不同，方鉛礦甚爲發達，視作含銀鉛礦而採取之。

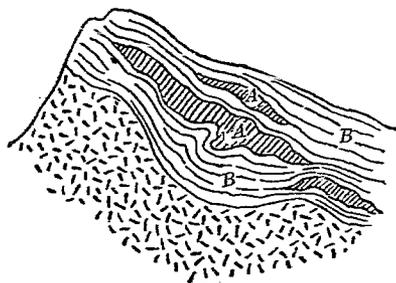
(B) 礦床之母岩及其時代 如上述，此類礦床多作扁豆狀或層狀，產於略受變質作用之岩石中。其最普通之母岩爲變質黏板岩，千枚岩，雲母片岩，綠泥片岩，石墨片岩，角閃片岩，石英片岩，及其他結晶片岩。間有以片麻岩爲母岩者。因其母岩之種類不一，故地質時代亦無一定。在各種地質時代似皆有此類礦床也。唯在性質上以受動力的變質之地方爲其特徵。故大多數產於太古代及古生代之岩類中。例如藍姆爾斯堡礦床產於泥盆系之變質黏板岩中。利啊汀妥(Rio Tinto)附近之礦床，則以古生代之變質黏板岩及其他岩石爲母岩。日本之日平，檜峯等礦床則存在於古生代變質黏板岩（千枚岩）中。美國達克棠礦床則產於寒武紀之結晶片岩中。挪威國之多數礦床則產於古生層之結晶片岩中。其次產於太

古界之岩石中者有挪威之花隴 (Falun) 礦床 (以白粒岩, 片麻岩, 雲母片岩, 砂岩石灰岩等爲母岩), 及德國之錫爾巴堡 礦床。日本之別子 礦床, 久根 礦床等多數礦床則產於古生代三波川系之結晶片岩中。其次發達於九州 西南部以及琉球, 台灣 東海岸地方之礦床則以綠泥片岩爲母岩。此岩系恐係與阿爾剛幾系 (即前寒武系) 相當。日立 礦床則以下部古生層之輝岩角閃岩, 雲母片岩, 變質黏板岩, 變質砂岩, 石灰岩等累層爲母岩。

(C) 礦床之實例及其生因 關於此種礦床之學說, 因多數之研究者而不相同。有人主張, 此類礦床爲與母岩同時代之洗滌物。有人則以爲與普通礦脈相同, 乃由深處之上昇熱水液洗滌於岩層間之空隙而生成者。或又謂係由於交代作用, 或則以爲由於岩漿之分化作用。且有人謂爲接觸礦床者。蓋各人皆欲以自己
所研究之礦床生因適用於一切礦床也。今試舉二三之著例而推論其原因, 最後作一結論, 以明此類礦床之一般的生因。

第一, 德國巴哇利亞 之錫爾巴堡 礦床。

第一百五十九圖



錫爾巴堡礦床斷面圖 A爲礦床。

B爲堇青石片麻岩。C爲花崗岩。

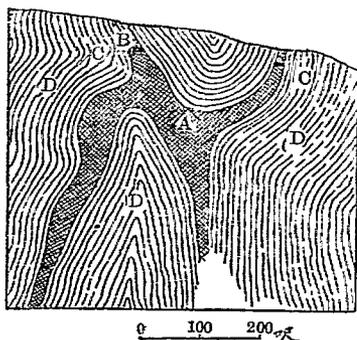
此礦床在巴哇利亞之東部，與波漢米亞爲界之巴哇利
亞森林山地中。此地方地質以花崗岩及片麻岩爲主，而片麻
 岩乃所謂堇青石片麻岩，或堇青石柘榴石片麻岩，以產堇青
石有名。據萬聖克氏 (Weinschenk) 之研究，此片麻岩乃一種注
 入片麻岩，即花崗岩岩漿注入於水成岩層中而生成者。堇青
 石等則因水成岩受花崗岩漿之侵蝕熔化而生成之礦物。此
 片麻岩之一部分，散點有多量之硫化鐵，有時礦石作大塊狀，
 有採掘價值。礦床作不規則的大扁豆狀，大體與層理平行。但
 礦床不限於一個層位，其數甚多，大部分與花崗岩塊相接近。
 構成礦床之主要礦物爲磁硫鐵礦，(不含錳，唯含少量之鎢
金及銀)，及黃鐵礦，混有多少之黃銅礦，閃鋅礦，方鉛礦，錫石，
磁鐵礦等。此外尙產石英，堇青石，長石，鉍尖晶石，黑雲母，紫蘇
輝石，角閃石，紅柱石等。次生的礦物則有沸石類，藍鐵礦，石膏，
重晶石等。礦床之厚由二、三公尺至二十公尺以上。此礦床與
 片麻岩相整合，故至十九世紀中葉爲止，尙有人(特別以Gümbel
氏主張尤力)，謂係太古代原始海之沈澱物。至十九世紀末
 期，列曼氏 (Lehmann) 研究此地方，始知此礦床爲次生的礦床。
 至近來，經萬聖克從岩石上之見地爲研究，又知此礦床乃當
 花崗岩侵入地層中時，由該岩漿之分化作用而構成之硫化
礦物礦床也。萬聖克之說似最妥適。試檢查礦床沿層理與母
 岩同樣起變位及皺曲作用之事實，即證明礦床生成後曾受
 極大之動力的變質作用也。

第二.美國達克棠 (Ducktown) 礦床。

此礦床在南部阿帕拉西安山脈中。此地方，寒武紀之變
 質岩(干枚岩質)甚發達。其中含極薄之石灰岩。礦床作層狀或
 扁豆狀，與母岩之層面平行，層向走東西，大體向東南傾斜。礦
 床之厚達八十餘尺。礦石爲磁硫鐵礦與黃鐵礦之集合體。此
 外產黃銅礦，閃鋅礦，輝鐵礦，磁鐵礦，陽起石，透角閃石，石英，輝
石，柘榴石，綠泥石，雲母，石墨，礬石，長石等。有時沿層向之方向，
 掘至深部，移變爲富於柘榴石等之接觸脈石。最後則移變爲
 結晶質石灰岩。由礦物成分推之，此礦床明明由接觸變質而
 生成，在極深地點，由高溫度之氣體溶液或過熱水溶液與石
 灰岩起交代作用，遂生成此類礦床。當此礦化作用進行中及

進行後，受極大之動力的變質作用，故有今日之狀態。此地礦床在氧化帶之下，不變帶之上部，產豐富之輝銅礦帶，甚有名，蓋為次生的硫化物富化帶也。

第一百六十圖

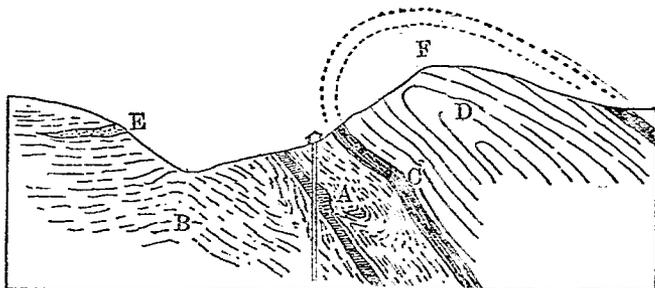


達克堂之瑪利礦床断面圖 A為不變帶礦石。B為氧化帶礦石。C為輝銅礦帶。D為片岩(母岩)。

第三，德國藍姆斯堡礦床。

此礦床在哈爾慈山脈之北邊，由第十世紀起開始採掘，故有名。礦床為閃鋅礦，黃銅礦，方鉛礦，黃鐵礦，磁硫鐵礦及其他礦物之集合體。因部分不同，有多含銅分者，(黃鐵礦及黃銅礦)有由閃鋅礦方鉛礦所構成而不含銅分者。礦床產於泥盆紀之變質黏板岩中，與層面平行(第一百六十一圖)。地層因皺曲而常變其位置。礦床本身亦常被壓毀，其他硫化物似受延展作用而包圍黃鐵礦塊。礦床在外觀上與成層面相整合，但亦有橫斷母岩之部分。關於此礦床之生因，有種種之學說。或謂係沈澱礦床，或則稱之為層狀礦脈。總合各種事實觀之，此礦床乃充填沿成層面之裂隙而生成之層狀礦脈。曾略起交代作用則無容疑也。至其礦源溶液似為花崗岩漿，因離礦山約三公里之處，有花崗岩之露出也。又因產多少之重晶石，即證明此礦床非生成於極深之地點，且在礦床生成後受動力的變質作用也。

第一百六十一圖

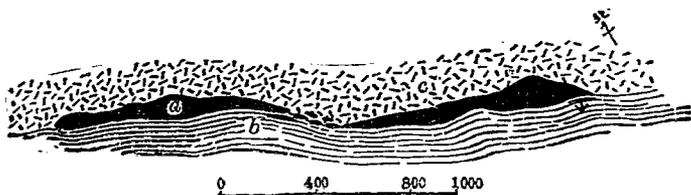


藍姆爾斯堡礦床断面圖 A 爲礦床。B 爲變質黏板岩(泥盆系)。C 爲盒珊瑚(Calceola)黏板岩(泥盆系)。D 爲石燕(Spirifer)砂岩(泥盆系)。E 爲輝綠岩岩床。F 爲藍姆爾斯堡山。

第四,西班牙利啊汀妥地方之層狀黃鐵礦礦床。

此地方之黃鐵礦作扁豆狀者爲數達五十以上,長1200尺以至6500尺。闊最大者達250尺。深掘至1800尺以上。泥盆系及石炭系之水成岩(黏板岩及硬砂岩)極發達。侵入此等水成岩層者有種種之花崗岩類,斑岩類,及輝綠岩岩脈等。變質作用極明顯,故多呈片狀者。礦床爲緻密的塊狀黃鐵礦,混有少量之石英及其他脈石。黃銅礦作線條狀及小粒,充填於黃鐵礦之隙中,與微量之方鉛礦,閃鋅礦,重晶石等共生。在氧化帶之下,有豐富之次生的硫化礦富化帶,含3—12%之銅。由

第一百六十二圖



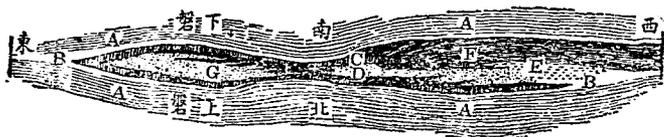
利啊汀妥礦床平面圖 a 爲礦床。b 爲變質黏板岩。c 爲斑岩。

地表至此帶深由三百尺至千尺不等。不變帶之重石亦含有0.5—2%之銅。礦床通常產於變質黏板岩與斑岩之接觸部，亦有產於斑岩中者，或又完全產於黏板岩中。後者之例，一般與層面平行，但亦有橫切層面者。關於此礦床之生因雖有種種之學說。最可信者乃由熱水液的作用與母岩相交代而生成之次生的礦床。但亦有學者謂係沿裂隙而沈澱之礦床。至其礦源岩則為斑岩。

第五，日本別子礦山之礦床。

此礦床產於三波川系之結晶片岩中，與層面相平行之層狀礦床也。礦床大體胚胎於石墨片岩，綠泥片岩中，混有多少之石英片岩，紅簾片岩，絹雲母片岩等。礦床層向為 $N60^{\circ}W$ ，有延長約五千尺之部分。上部向北約作 45° 之傾斜。至下部則增加至約 60° 。層厚不一定，由二、三尺至二十尺以上不等。現既深掘至二千尺以下。世界有數之大礦床也。礦石以含銅量由3%至5%不等。其中有完全由黃銅礦構成之部分，供給品位最高之礦石。礦石之種類雖不一，但其分布狀況則極為規則，如第一百六十三圖所示。

第一百六十三圖



別子礦床平面圖 礦床東西約五千尺，厚二三十尺，此圖因篇幅關係，長度比例大加縮小。A為石墨片岩。B為石英片岩等。C為緻密黃鐵礦。D為帶狀礦石，=在綠泥片岩中作帶狀之黃鐵礦黃銅礦。E為白千枚岩。此中有石灰岩作薄層。F為青石。（綠泥片岩）G為黃銅礦脈。

緻密塊狀或粒狀之黃鐵礦集合體，沿礦床之上下鑿而發達，在東部相合成一枚。

帶狀礦石乃作帶狀之硫化鐵礦，夾於黃鐵礦集合體之

中間。在石英質綠泥片岩中，沿層理而浸染黃銅礦及黃鐵礦之礦石，即由一種之滲染作用而生成之礦床也。其次黃銅礦脈爲品位甚高之黃銅礦，有純粹由黃銅礦構成者，名曰上鉞。又有在黃銅礦中混有多少之綠泥片岩條線及斑點等之礦石。石英塊則以受腐蝕之形狀而混入於此等富礦中。又黃銅礦結晶有略具圓形而混入其中者。黃鐵礦集體亦然。此等上礦作脈狀橫斷帶狀礦石，在東部切近下盤，在西部切近上盤，與塊狀礦相接近可發達。與上鉞相接之帶狀礦石，富於黃銅礦，品位甚高。

此外有所謂黑鉞者，爲磁鐵礦之集合體，常沿上鉞而發達。礦石之外，有石英，石英片岩，絹雲母片岩等之脈石，脈岩。有時又在礦床中發見有石灰岩及含顯微鏡的柘榴石之石英。總而言之，此礦床乃上昇礦液通過沿層理而生之裂隙，一部分與扁豆狀石灰岩及片岩類相交代，同時沿裂隙而沈澱礦物。又在綠泥片岩中遇其滲染作用。最後充滿此帶狀礦石中之裂隙而生成黃銅礦脈。此等事實乃證明此礦床爲次生的礦床，交代，滲染，及裂隙充填等作用同時並起。礦源岩雖不明瞭，但在礦坑底有發達於深約2900尺間之一種角閃岩（淡綠色之脆粗粒質）。此明明爲鹽基性火成岩之變質物。似即礦床之礦源岩也。

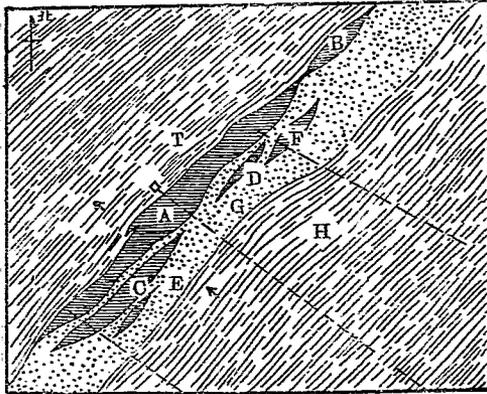
在礦床生成以前，動力變質作用最激烈，並繼續至礦床之生成以後。

日本之含銅黃鐵礦礦床之生因大同小異，有由後生的作用而生成者，有由動力的變質作用而生成者，但皆構成有互似性質之緻密黃鐵礦。此等多數礦床中，含銅量甚大。故視作銅礦加以採掘。若含銅量甚少，則用作硫酸原料。

其次略述久根礦山之性質。此礦山附近地質以石墨片岩爲主。礦床作扁豆狀，與層理平行，常與『白石』共生。『白石』者淡綠色之綠泥片岩也。（第一百六十四圖）礦床占有上中下之三層位，皆相平行，層向走東北而向西北作急傾斜。礦床之最長者達一千五百尺，厚由四十五尺以至百尺（甚稀）。礦

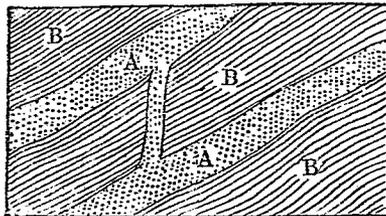
石多屬緻密狀之含銅黃鐵礦，酷似別子銅山所產者。含銅量約5%內外者不少。此外尚混有石英，磁鐵礦，磁硫鐵礦等。

第一百六十四圖



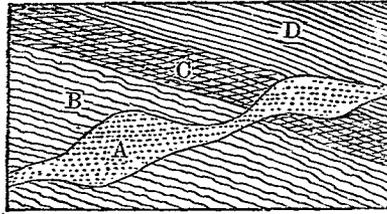
久根礦床平面圖(1/700) A爲內坑。B爲東一號坑。
C爲西中坑。D爲中坑。E爲西前坑。F爲前坑。G爲
白石(綠泥片岩)。H爲石墨片岩。

第一百六十五圖



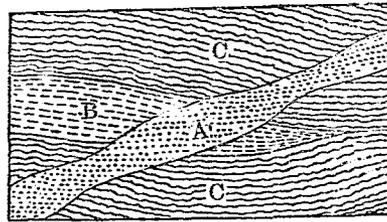
日本持部礦山 A爲礦床。B爲綠泥片岩。

第一百六十六圖



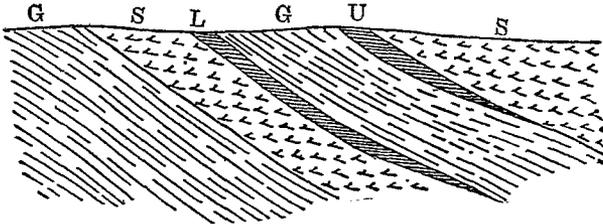
日本川田山礦山 A為礦床。B為淡氣綠泥片岩。C為褐色綠泥片岩。

第一百六十七圖



千原礦山 A為礦石。B為綠泥片岩。C為紅糜綠泥片岩。D為紅糜片岩。

第一百六十八圖



日本志生木礦山東山礦床断面圖 S為蛇紋岩。G為綠色片岩。

U為上磐礦床。L為下磐礦床。下磐蛇紋岩床厚約八十公尺。

(D) 結論 綜合以上所述事實，吾人知所謂含銅黃鐵礦礦床之生因甚爲複雜，有由岩漿之分化作用而生成者，有屬純粹之裂隙充填礦脈者，有充填沿層面之間隙而作層狀礦脈者，有屬接觸礦床者，又有屬滲染礦床或交代礦床者。

原著者加藤氏對於日本含銅黃鐵礦礦床之生因略有意見，今試爲譯述之如次。

氏謂，不獨日本之含銅黃鐵礦礦床，即世界中凡產於變質岩中之同類礦床，大部分亦與日本之含銅黃鐵礦礦床有同樣之生因。在日本三波川系結晶片岩中別子式礦床分布甚廣。綠色片岩，角閃岩，蛇紋岩，輝榴岩 (Eclogite) 等鹽基性火成岩之變質岩中均產此類礦床。亦有產於花崗岩等之酸性岩中者。此等鹽基性火成岩似迸發於前寒武紀之末期。因當時之地殼運動(造山作用)，故發生火成現象 (Eruption)。又因造山作用，此等鹽基性岩石亦與母岩同時變質，呈剝狀構造。礦床之生因以熱水作用爲主，爲此時代火成作用最後之遺物。又此等礦石與結晶片岩之成分礦物相交代。唯此期之造山作用尚繼續至礦床生成之後。此得由礦床與母岩同起皺曲及變形之現象證明之也。

故知日本之含銅黃鐵礦礦床之大多數(或全體)乃由熱水的交代作用而生成，同時略起裂隙之充填作用及滲染作用。地質時代亦種種不一，有屬前寒武紀者，有屬古生代者。有生因關係之岩石亦不一定，有屬鹽基性岩者，又有屬酸性

岩者。但一切時代所產礦床皆有同一性質，同一名稱，即含銅黃鐵礦礦床。此因母岩在礦床生成以前即受同樣之動力變質作用，且繼續至礦床生成以後。更詳言之，即礦石之沈澱作用乃與某時代之造山作用相伴而起之火成作用之最後現象。此造山作用尚繼續至礦床生成以後，則既如上述。

原來地殼之厚約四十公里（據阿勒紐斯之計算），其外部與內部之物理的性質大有差異。美國之萬海斯氏（Van Hise）分地殼為三部。上部，即接近地表之部分名曰裂隙帶（Zone of fracture）。中部名曰裂隙岩流帶（Zone of combined fracture and flowage）。下部名曰岩流帶（Zone of rock-flowage）。在上部壓力不大，故岩類與地表之岩石相似，黏着性甚小，即具有一般之脆性。此部分因橫壓力之作用，生大小無數之裂隙。例如斷層裂孔等為此帶之特徵。在此帶地層雖起皺曲現象，但其大部分外觀上為多數小規模之平行斷層所構成之皺曲。其次在地殼最下部之岩流帶，因其位置甚深，所受壓力甚大，故岩石性質與地表岩石不同，稍具撓性。即此帶之岩石受橫壓力之作用後，雖起粉碎作用，但不生裂隙，皺曲作用甚盛，而無斷層。又因橫壓力之作用而發生極大之熱量，及由岩類中所含水分之作用引起岩石之再結晶作用（Recrystallization）因地方的或動力的變質作用乃在此岩流帶所起之現象也。

位於裂隙帶與岩流帶之中間之地殼部分即裂隙岩流帶，亦即由裂隙帶移變為岩流帶之部分。在此帶中，頁岩等柔軟岩類雖起岩流現象，但花崗岩等岩類則不呈岩流現象，反因橫壓力而生裂隙。且此部分一面生裂隙，一面則因岩流作用而立即充填其裂隙。

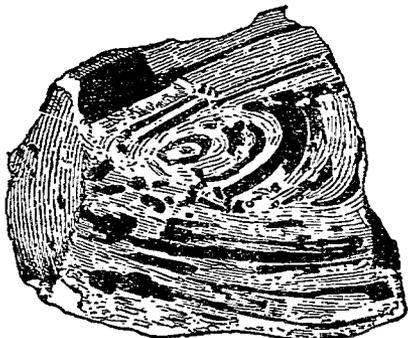
如上述，故知結晶片岩特別因動力變質而生成之片岩乃火成岩或水成岩在地殼深處，即在裂隙岩流帶受壓碎作用或再結晶作用而生成之岩石。若在此等岩類中包含有礦物礦床，則礦床亦同樣略受動力變質作用，故礦床中之含有物亦受壓碎作用，一部分起再結晶作用，含銅黃鐵礦之外觀，似黏土之受壓力而延展者。黃鐵礦亦有受壓力而變形者。

此皆由於壓碎作用。又微細黃鐵礦及其他集合體之生成，最少一部分為再結晶之結果。既受此等作用之礦床，無對稱的帶狀構造，亦無晶洞之存在（但有具次生的晶洞者）。

(II) 層狀鐵礦床（滿洲式礦床） 在結晶片岩或既受其他動力變質作用之岩石中，常產磁鐵礦或赤鐵礦輝鐵礦等之層狀礦床。此等礦床常在廣大之區域內占有一定之層位而發達。又褐鐵礦、菱鐵礦、赤鐵礦及含水矽酸鐵亦作種種地質時代之礦層而產出。此等事實乃證明此類礦床之大多數實由某種礦層受動力變質作用後而再結晶生成者。滿洲廟兒溝礦床是其適例。

南美、巴西之美那斯遮勒斯州有由赤鐵礦及石英構成之結晶片岩，甚發達，供給多量之礦石，品位亦高。此種岩石名雲鐵石英片岩（Itaberite），屬前寒武紀，沈澱於水底之礦層，受動力變質作用後，遂有今日之狀態。礦床之數甚多。最大之良礦床厚一尺以至三百尺。其長有逾一英里以上者。良礦總量估計約有五十億噸（第一百六十九圖）。

第一百六十九圖



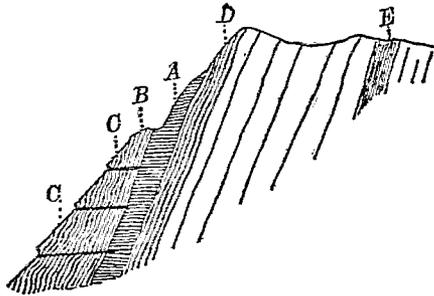
雲鐵石英片岩之標本

第一,廟兒溝鐵礦床。

此礦床露出於高峻之山嶺上,乃產於前寒武系累層(結晶片岩滑石片岩石英片岩雲母片岩及其他)中之層狀礦床,層向走南北,向西作四十五度之傾斜(第一百七十圖)。寒武紀之地層(以白色砂岩,及青色赤色黏板岩等爲主),被覆其上,不相整合。後者在此地方略走南北之方向,而向西作極緩慢之傾斜。

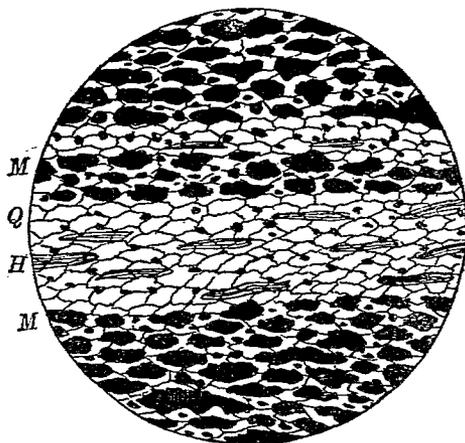
礦床爲一種之磁鐵礦石英片岩,其露頭延長至五英里以上。礦石大部分爲含鐵0—40%之貧礦。但礦量甚富,有採掘價值。現在本溪湖鍊鐵所所製煉之礦石即此磁鐵礦石英片岩中之一部分,磁鐵礦特別集中之部分也。此富礦爲磁鐵礦粒之集合體,其中含鐵60%以上者不少。石英之含量不多,性質柔脆,所含黃鐵礦有作微脈狀斑紋狀者。此富礦部厚達數十尺,向上下兩端漸次移變爲貧礦(即磁鐵礦石英片岩)。合貧礦部與富礦部礦床之厚多有達二百尺以上者。總之,此礦床爲太古代之成層礦床。其本源則爲含多量之某種鐵礦(褐鐵礦,赤鐵礦,菱鐵礦)或含水矽酸鐵之礦層,受動力變質作用後,與母岩同起再結晶作用,遂變質爲石英磁鐵礦片岩(第一百七十一圖)。

第一百七十圖



廟兒溝礦床斷面圖 (A)富礦。(B)貧礦(磁鐵礦石英片岩)混有綠泥片岩等。(C)滑石片岩。(D)貧礦。(磁鐵礦石英片岩)(E)嶺南礦床。

第一百七十一圖



廟兒溝鐵礦(貧礦)之顯微的構造(約四十倍)。

M爲磁鐵礦。Q爲石英。H爲角閃石。

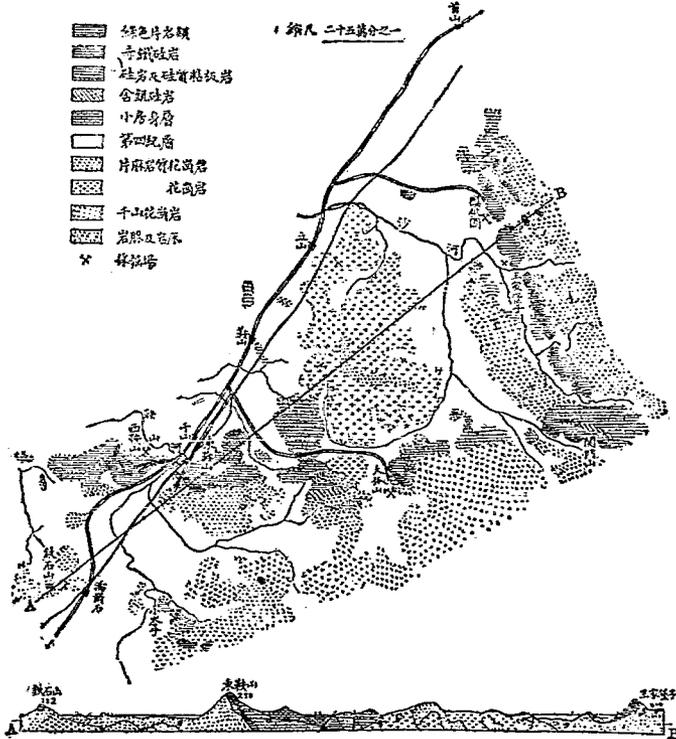
此種礦床尚發達於滿州各地。鞍山車站附近之鞍山鐵礦山亦爲同類之礦床也。

第二, 鞍山鐵礦床(第一百七十二圖)。

此地方一帶地質乃屬前寒武系之砂岩累層,甚爲發達,其間夾有深褐色之頁岩層。地名大孤山,長約二萬餘尺。高近千尺之孤山也。全部由含鐵砂岩(磁鐵礦及赤鐵礦)及石英片岩所構成。礦石性質與廟兒溝者相酷似。礦床之厚有達三百尺以上之部分。但沿層向之方向不盡有採掘之價值。上礦在貧礦中作數尺之礦層。又由天水作用,有赤鐵礦作次生的集中富化之部分。一般接近上盤(砂岩)者爲片狀層理不甚發達含鐵礦砂岩,唯作狹小之帶狀構造。在此下面,則有層理甚發達之鐵礦及含鐵礦石英片岩,其中有夾褐色角閃片岩者。下盤則爲無採掘價值之含鐵砂岩及石英片岩。礦石品位之最高者含有50%之鐵,但爲量甚少。故通常以含鐵40%內外之

礦石爲目的物而採取之。將來若含鐵30%之礦石亦可製鐵，則其礦量當甚大也。

第一百七十二圖



鞍山鐵礦床地質圖

在高麗亦到處有此種礦床大部分產於前寒武紀或古生層之砂岩及砂質片岩中有屬赤鐵礦石英片岩者。又有含多量之磁鐵礦者。利原鐵礦山其著例也。

第三，高麗，咸鏡南道利原鐵山之礦床。

此地方高山重疊，由三百公尺至五百公尺不等。但其間有走南北方向之河谷。其附近平地甚發達。地質屬古生層水成岩（略受變質作用），即以白色或淡灰色之砂岩層為主，僅夾有若干之千枚岩及千枚岩質黏板岩層。礦床為含赤鐵礦（雲母鐵礦）砂岩之礦層，夾於砂岩層中。因地點不同，有所謂赤鐵礦石英片岩或赤鐵礦片岩者，甚發達。礦質良好之部分含鐵達50%以上。間有含多少之磁鐵礦者。礦層之厚由一公尺內外至十公尺，普通多二、三公尺之部分。此地方礦床原為某種鐵礦沈澱而生成者。受動力變質作用後，遂變質為雲母鐵礦層。

第四，瑞典及挪威之鐵礦床。

此兩國內產此類礦床甚多，與結晶片岩，特別與微粒變質岩（Leptite）相伴而產出。此類礦床在挪威之北部尤為發達，與俄國相接之處，在哇蘭略地方（Varanger）地方產極厚之帶狀磁鐵礦礦床，連續至數里之遠。平均約含鐵35%者不少也。此礦床或為岩漿分化礦床，或為礦層，尚無定論。總之，受動力變質作用之後，變為含磁鐵礦之片岩則無疑也。

在瑞典，除此種片岩中之變質礦層外，尚發見有作層狀之磁鐵礦礦床，其中含有接觸脈石及接觸礦物。例如鄧涅摩拉（Dannemora），帕斯堡（Persberg）等地方之礦床明明係產於石灰岩中之接觸礦床，受動力變質作用之後，起碎裂及再結晶作用，遂生成此種層狀鐵礦床也。

(III) 其他著名之礦床 瑞典，穢大湖（Veller）之北邊，有

安姆堡（Ammeberg）礦山，為鋅之動力變質礦床。

安姆堡礦床作層狀或扁豆狀，產於彎曲作用極大之片麻岩，白粒岩中。又有在此岩層中作滲染礦床者。此礦床與碎裂之斑糝岩，結晶質石灰岩，石榴石岩等相重疊，礦石以閃鋅礦為主，混有少量之方鉛礦，其他礦物甚少。礦床在生成之後，與母岩同受激烈之動力變質作用，壓碎作用，及再結晶作用。故有今日之狀態。至其生因為同生的，抑為後生的，則尚未決定。就其產狀觀之，似屬後生的礦床也。有含多量綠色長石之偉晶岩，貫穿於礦床中，頗發達。

DIVISIONS OF GEOLOGICAL TIME. 地質時代分類

Era 代 Group 大統	Period 紀 System 系		Epoch 期 Series 統					
Cainozoic..... 新生代	Quaternary	第 四 紀	.....	Alluvium (Holocene, Recent, Present, Modern)	沖積	積	期
				Diluvium (Pleistocene)	洪積	積	期	
	Tertiary	第 三 紀	Neogene 新 第 三 紀	Pliocene	鮮新	新	期	
				Miocene	中新	新	期	
				Oligocene	漸始	新	期	
				Eocene	始新	新	期	
				Palaeocene	漸始	新	期	
	Mesozoic..... 中生代	Cretaceous	白 堊 紀	Upper Cretaceous 上部白堊紀	Danian	丁上	林	期
					Senonian	上中	亞	期
Lower Cretaceous 下部白堊紀				Coniasian	中底	亞	期	
				Turonian	後中	亞	期	
Jurassic		侏 羅 紀	.....德國式.....	Cenomanian	綠	砂	期
				Albian (Gault)	綠	砂	期	
				Neocomian	綠	砂	期	
				Malm (White Jurassic)	球	羅	期	
				Dogger (Brown Jurassic)	球	羅	期	
				Lias (Black Jurassic)	黑	羅	期	
Triassic		三 疊 紀	.....英國式.....	Upper Oolites	上	狀	期
				Middle Oolites	中	狀	期	
				Lower Oolites	下	狀	期	
				Liassic	利	亞	斯	
				Upper Triassic 上部三疊紀	利	狄	期	
				Middle Triassic 中部三疊紀	勒	利	期	
Triassic		三 疊 紀	.....德國式.....	Norian	挪	加	期
				Carnian	拉	尼	期	
	Ladinian			阿	定	期		
	Anisian			尼	西	期		
	Campil			尼	爾	期		
	Seis			皮	斯	期		
Palaeozoic..... 古 生 代	Permian	二 疊 紀	.....	Zechstein	上	殼	期
				Rotliegendes	殼	砂	期	
	Carboniferous	石 炭 紀	.....	Coal-Measures	苦	灰	期
				Subcarboniferous	赤	底	期	
	Devonian	泥 盆 紀	Upper Devonian 上部泥盆紀	.....	夾	炭	期
				Middle Devonian 中部泥盆紀	石	炭	期	
				Lower Devonian 下部泥盆紀	炭	期		
	Silurian Ordovician	志 留 利 亞 紀	.....	.....	石	炭	期
				.....	炭	期	
	Cambrian	寒 武 利 亞 紀	Upper Cambrian 上部寒武利亞紀	.....	石	炭	期
Middle Cambrian 中部寒武利亞紀				炭	期			
Lower Cambrian 下部寒武利亞紀				期				
Proterozoic (Eozoic, Algonkian) 原生代 Archaean (Azoic, Archaeozoic) 太古代	.....	.....	.....	.....	期	期	
				.....	期	期	
				.....	期	期	
				.....	期	期	

重要金屬礦石表

I. 金之礦石

礦石	成分	百分中含量
含金黃鐵礦 (Au-bearing Pyrite)	FeS ± Au	不定
含金黃銅礦 (Au-bearing Chalcopyrite)	CuFeS ₂ ± Au	不定
含金碲砷鐵礦 (Au-bearing Arsenopyrite)	FeAsS ± Au	不定
含金碲錫礦 (Au-bearing Stibnite)	Sb ₂ S ₃ ± Au	不定
自然金 (Native Gold)	Au	40-99%
碲金礦 (Calaverite)	(Au, Ag) Te ₂	39.5%
針碲金礦 (Sylvanite)	(Au, Ag) Te ₄	24.2%
斜方碲金礦 (Krennerite)	(Au, Ag) Te ₂	39.5%
碲金銀礦 (Pettzite)	(Au, Ag) ₂ Te	25.4%
葉碲金礦 (Nagyagrite)	Pb _x Au _y (Te, Sb, S) _z	6-13%

II. 鉑之礦石

自然鉑 (Native Platinum)	Pt	不定
神鉑礦 (Sperryllite)	PtAs ₂	含種種不純物

III. 汞之礦石

自然汞 (Native Mercury)	Hg	100%
辰砂 (Cinnabar)	HgS	86.2%
含汞鉛銅礦 (Hg-bearing Tetrahedrite)	4Cu ₂ S(As, Sb, Hg) ₂ S ₃	不定

IV. 銀之礦石

含銀方鉛礦 (Ag-bearing Galena)	PbS ± Ag	不定
含銀閃鋅礦 (Ag-bearing Zincblende)	ZnS ± Ag	不定
含銀黃鐵礦 (Ag-bearing Pyrite)	FeS ₂ ± Ag	不定
含銀輝銅礦 (Ag-bearing Chalcocite)	Cu ₂ S ± Ag	不定
含銀黃銅礦 (Ag-bearing Chalcopyrite)	FeCuS ₂ ± Ag	不定
自然銀 (Native Silver)	Ag (含其他不純物)	72-100%
輝銀礦 (Argentite)	Ag ₂ S	87.1%
錫銀礦 (Antimonial Silver)	Ag ₃ Sb (?)	64.3-94.1%
碲銀礦 (Arsenargentite)	Ag ₃ As (?)	不定
陰面礦 (Polybasite)	Ag ₅ SbS ₆	34-72%
脆銀礦 (Stephanite)	Ag ₃ SbS ₄	68.4%
含銀鉛銅礦 (Ag-bearing Tetrahedrite)	4(Cu ₂ , Ag ₂ , Fe, Zn) S·Sb ₂ S ₃	32% (Ag) 38% (Cu)
溫紅銀礦 (Pyrargyrite)	Ag ₃ SbS ₃	60.6%

淡紅銀礦 (Proustite)	Ag_3AsS_3	65.4%
輝銀銅礦 (Silver Copper Glance)	$CuAg_2S$	53.1% (Ag) 31.1% (Cu)
角銀礦 (Horn Silver Ore)	$AgCl$	75.2%
溴化銀礦 (Silver Bromide)	$AgBr$	57.4%
碘化銀礦 (Silver Iodide)	AgI	45.9%

V. 鉛之礦石

方鉛礦 (Galena)	PbS	88.6%
破錫鉛礦 (Boulangerite)	$Pb_5Sb_4S_4$	55.4%
車骨礦 (Bournonite)	$(Pb, Cu)_3Sb_2S_8$	42.6%
毛礦 (Jamesonite)	$Pb_2Sb_2S_5$	50.8%
白鉛礦 (Cerussite)	$PbCO_3$	83.5% (PbO)
硫酸鉛礦 (Lead Vitriol)	$PbSO_4$	68.53%
角鉛礦 (Phosgenite)	$PbCl_2 \cdot PbCO_3$	74.2%
錳鉛礦 (Pyromorphite)	$Pb_5Cl(PO_4)_3$	75.57%
黃鉛礦 (Mimetite)	$Pb_5Cl(AsO_4)_3$	69.6%

VI. 鋅之礦石

閃鋅礦 (Zincblende)	ZnS	50-67%
鋅鐵礦 (Franklinite)	$(Zn, Mn)Fe_2O_4$	17-25% (ZnO)
鋅礦 (Zincite)	ZnO	72-80%
紅鋅礦 (Willemite)	Zn_2SiO_4	73% (ZnO)
矽鋅礦 (Calamine)	$H_2Zn_2SiO_5$	64.2%
菱鋅礦 (Smithsonite)	$ZnCO_3$	52%

VII. 銅之礦石

含銅黃鐵礦 (Cu-bearing Pyrite)	$FeS_2 \pm Cu$	不定
含銅磁硫鐵礦 (Cu-bearing Pyrrhotite)	$FeS \pm Cu$	不定
黃銅礦 (Chalcopyrite)	$CuFeS_2$	34.5%
鎔銅礦 (Chalmersite)	$CuFe_2S_3$	25%
自然銅 (Native Copper)	Cu (混有 Ag 等)	100%
輝銅礦 (Chalcocite)	Cu_2S	70.8%
矽銅礦 (Tetrahedrite)	$4Cu_2S \cdot Sb_2S_3$ (or As_2S_3)	30-55%
鋅銅礦 (Bornite)	Cu_3FeS_3	55.5%
氯化銅礦 (Atacamite)	$CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2$	59.48%
藍銅礦 (Azurite)	$2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	55.2%
孔雀石 (Malachite)	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	57.4%
矽孔雀石 (Chrysocolla)	$H_2CuSiO_4 \cdot H_2O$	45.23% (CuO)
赤銅礦 (Cuprite)	Cu_2O	88.8%
銅藍 (Covellite)	CuS	66.4%
碲銅礦 (Enargite)	Cu_3AsS_4	48.4%
黑銅礦 (Tenorite)	CuO	79.86%

VIII. 鐵之礦石

磁鐵礦 (Magnetite)	Fe_3O_4	72.41%
赤鐵礦 (錳鐵礦) (Hematite, Specularite)	Fe_2O_3	70%
褐鐵礦 (Limonite)	$2 Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$	69%
菱鐵礦 (Siderite)	$FeCO_3$	43.3%
粘土質鐵礦 (Clay Iron Stone)	$FeCO_3$ 褐鐵礦及粘土之混合物	不定
炭質鐵礦 (Black Bands)	$FeCO_3$ 粘土及炭質物之混合物	不定

IX. 錳之礦石

錳鐵礦 (Polianite)	MnO_2	63.19%
硬錳礦 (Psilomelane)	$MnO_2 + MnO$ + 1-6% H_2O	49-62%
軟錳礦 (Pyrolusite)	MnO_2	63.19%
水錳礦 (Manganite)	$Mn_2O_3 \cdot H_2O$	89.76% (Mn_2O_3)
錳鐵礦 (Irasmitite)	Mn_2O_3	69.6%
輝錳礦 (Hausmanite)	Mn_3O_4	72.03%
菱錳礦 (Rhodochrosite)	$MnCO_3$	47.8%
蔷薇輝石 (Rhodonite)	$MnSiO_3$	54.15% (MnO)
錳土 (Wad)	$MnO_2 + nMnO$ + 10-15% H_2O	不定

X. 鎳之礦石

含鎳硫砷鐵礦 (Ni-bearing Pyrrhotite)	$FeS \pm Ni$	有達 5% 以上者
矽鎳礦 (Garnierite)	含 $MgNi$ 之含水矽酸鹽	25% (NiO)
砷鎳礦 (Chloanthite)	$NiAs_2$	28.1%
碲砷鎳礦 (Gersdorffite)	$NiAsS$	3.54%
紅(砷)鎳礦 (Nicolite)	$NiAs_3$	43.9%
鎳華 (Nickel Bloom)	$Si_3As_2O_8 \cdot 8H_2O$	37.4% (NiO)
針鎳礦 (Millerite)	NiS	64.7%
砷砷鎳礦 (Pentlandite)	$FeNiS$	不定

XI. 鈷之礦石

砷鈷礦 (Danaite)	$(Fe, Co) AsS$	6-25%
輝鈷礦 (Cobaltite)	$CoAsS$	35.4%
砷鈷礦 (Smaltite)	$CoAs_2$	不定
砷鈷鎳礦 (Linnaeite)	$(Co, Ni)_3S_4$	不定
含鈷黃鐵礦及磁鐵礦 (Co-bearing Pyrrhotite & Pyrrhotite)	$FeS_2 \pm Co$	少量不定
鈷華 (Cobalt Bloom)	$FeS \pm Co$	37.5% (CoO)
鈷土 (Asbolan)	$Co_3As_2O_8 \cdot 8H_2O$ 含鈷氫氧化錳	不定

XII. 鉻之礦石

鉻鐵礦 (Chromite) $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ 混有 Mg, Al 等 52-60% (Cr_2O_3)

XIII. 錫之礦石

錫石 (Cassiterite) SnO_2 78.62%
 黃錫礦 (Stannite) $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ 27.6% 含有銅

XIV. 銻之礦石

輝銻礦 (Stibnite) Sb_2S_3 71.35%
 精銻礦 (Cervantite) Sb_2O_4 79%
 碲氧銻礦 (Kermesite) $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$ 75%
 白銻礦 (Valentinite) Sb_2O_3 83.3%
 銻土 (Antimony Ocher) $\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_5$ 74.52%
 自然銻 (Native Antimony) Sb 100%

XV. 鉍之礦石

輝鉍礦 (Bismuthinite) Bi_2S_3 81.22%
 自然鉍 (Native Bismuth) Bi 95-100%
 氧化鉍礦 (Bismite) Bi_2O_3 89.66%
 泡鉍 (Bismutite) $(\text{BiO})_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 88-90% (Bi_2O_3)

XVI. 砷之礦石

砷硫鐵礦 (毒砂) (Arsenopyrite) FeAsS 46.02%
 雄黃 (Orpiment) As_2S_3 60.96%
 雞冠石 (Fealgar) AsS 70.08%
 自然砷 (Native Arsenic) As 90-100%
 砷鐵礦 (Arsenical Pyrites) FeAs_2 72.8%
 砷華 (Arsenic Bloom) As_2O_3 75.8%

XVII. 鎢之礦石

鎢鉍鐵礦 (頂鐵礦) (Wolframite) $(\text{Fe, Mn})\text{WO}_4$ 75% (WO_3)
 鈾重石 (Scheelite) CaWO_4 80.56% (WO_3)
 鎢鉍礦 (Hübnerite) MnWO_4 76.6% (WO_3)
 鎢鐵礦 (Ferberite) FeWO_4 76.3% (WO_3)
 鎢華 (Tungstite) WO_3 100% (WO_3)

XVIII. 鉬之礦石

輝鉬礦 (Molybdenite) MoS_2 99.99%

XIX. 鈾 錳 鈾 等 之 礦 石

徑青鈾礦 (Pitchblende)	$(U, Pb)_3U_2O_{12}$	80-85% (UO_2)
鈾土 (Uranium Ocher)	不定	不定
鈾銅雲母 (Torbenite)	$CuO \cdot 2(UO_2)O$	61% (UO_2)O
	$P_2O_5 \cdot 8H_2O$	
	$CaO \cdot 2(UO_2)O$	
鈾灰礦 (Autunite)	$P_2O_5 \cdot 8H_2O$	62.7% (UO_2)O
鈾鈷鉀礦 (Carnotite)	含鈷之鉍酸鹽	不定
獨居石 (Monazite)	含 (Ce, La, Di)PO ₄	18% (ThO_2)
鈾石 (Thorite)	ThSiO ₄	81.5% (ThO_2)

XX. 鋁 之 礦 石

水礬土 (Bauxite)	$Al_2O_3 \cdot 2H_2O$	50-70%
水礬石 (Diaspore)	$Al_2O_3 \cdot H_2O$	85% (Al_2O_3)
水礬礦 (Gibbsite)	$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$	65.43% (Al_2O_3)
冰晶石 (Cryolite)	Na_3AlF_6	12.85%

(附) 硫 黃 之 礦 石

黃鐵礦 (Pyrite)	FeS ₂	53.37%
白鐵礦 (Marcasite)	FeS ₂	53.37%
自然硫黃 (Native Sulphur)	S	100%

產於金屬礦床之重要脈石表

I. 氧化物及氫氧化物

礦物	成分	性狀
蛋白石 (Opal)	$\text{SiO}_2 + \text{水}$	非晶質
石英 (Quartz)	SiO_2	六方柱狀
玉髓 (Chalcedony)	SiO_2	隱微晶

II. 素化合物

螢石 (Fluorspar)	CaF_2	等軸六面體八面體
----------------	----------------	----------

III. 酸鹽類

方解石 (Calcite)	CaCO_3	六方菱面體十二面 構
白雲石 (Dolomite)	$(\text{Ca, Mg})\text{CO}_3$	六方菱面體
菱鎂礦 (Magnesite)	MgCO_3	六方菱面體
菱鐵礦 (Siderite)	FeCO_3	六方菱面體
菱錳礦 (Rhodocrosite)	MnCO_3	六方菱面體
毒重石 (Witherite)	BaCO_3	斜方

IV. 硫酸鹽類

硬石膏 (Anhydrite)	CaSO_4	斜方
石膏 (Gypsum)	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	單斜板狀
明礬石 (Alumite)	$3(\text{Al}_2\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	六方
重晶石 (Baryte)	BaSO_4	斜方板狀柱狀

V. 磷酸鹽類

磷灰石 (Apatite)	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$ 含 Cl, F 等	六方柱狀
---------------	--	------

VI. 矽酸鹽類

黃玉 (Topaz)	$\text{Al}_2\text{Si}(\text{O F}_2)_5$ 稍含 H	斜方柱狀
養黃精 (Danburite)	$\text{CaC}_2(\text{SiO}_4)_2$	斜方柱狀
電氣石 (Tourmaline)	含 Al, B, Mg, Fe, Li 等之矽 酸鹽	六方柱狀

斧石 (Axinite)	含 H, Ca, Fe, Mn, Al, B 等之矽酸鹽	三斜桶狀
綠簾石 (Epidote)	含 H, Ca, Al, Fe 之矽酸鹽	單斜柱狀纖維狀
維蘇威石 (Vesuvianite)	含 H, F, Ca, Al 等之矽酸鹽	正方柱狀
石榴石 (Garnet)	含 Al, Ca, Mg, Fe, Mn 之矽酸鹽	等軸
矽灰鐵礦 (Liéovrite)	含 H, Fe, Ca 等之矽酸鹽	斜方柱狀
神灰石 (Wollastonite)	$CaSiO_3$	單斜板狀纖維狀
透輝石 (Diopside)	$CaMgSi_2O_6$	單斜柱狀
鉻鐵輝石 (Hedenbergite)	$CaFeSi_2O_6$	單斜柱狀
薔薇輝石 (Rhodonite)	$MnSiO_3$	三斜
透角閃石 (Tremolite)	$CaMg_3Si_4O_{12}$	單斜柱狀纖維狀
角閃石 (Hornblende)	含 Ca, Fe, Mg, Al 之矽酸鹽	單斜短柱狀
正長石 (Orthoclase)	$K_2Al_2Si_6O_{16}$	單斜板狀柱狀
斜長石 (Plagioclase)	含 Al, Na, Ca 之矽酸鹽	三斜板狀柱狀
沸石類 (Zeolite)	含 Ca, Na, Al 等之含水矽酸鹽	不定
雲母類 (Micas)	含 H, K, Fe, Mg, Al, Li 等之矽酸鹽	單斜六角片狀鱗狀
綠泥石 (Chlorite)	含 H, Mg, Al 之矽酸鹽	單斜六角片
蛇紋石 (Serpentine)	H, Mg 之矽酸鹽	隱微晶
滑石 (Talc)	H, Mg 之矽酸鹽	隱微晶
高嶺土 (Kaoline)	$H_4Al_2Si_4O_2$	隱微晶

VII. 元素礦物

石墨 (Graphite)	C	六方板狀
---------------	---	------

Laterite (赤土) ... 232
 Leadville (勒特威爾礦山) ... 269
 Lenticular Vein (扁豆狀礦脈) ... 195
 Leptite (微結晶質岩) ... 374
 Linked Veins (連鎖狀礦脈) ... 197
 Liqutation (液離作用) ... 106
 Lode (蘊礦脈, 礦脈羣) ... 194
 Louisiana (路易宜那岩鹽) ... 313
 Lussatite (羅維石英) ... 219
 Lydenberg (雷登堡礦山) ... 281

M

Malay (馬來半島之錫砂) ... 352
 Magma Reservoir (岩漿湖) ... 106
 Magmatic Differentiation (岩漿分化作用) ... 18
 Magmatic Water (岩漿水) ... 24
 Mansfield (曼斯斐爾特礦山) ... 307
 Massive Structure (塊狀構造) ... 38
 Mechanical Sedimentation (機械的堆積作用) ... 28
 Meggan Mine (墨根礦山) ... 307
 Metalogenic Province (礦床區) ... 30
 Metasomatism (交代作用) ... 22
 Meteoric Water (天水) ... 24
 Microcryptocrystalline (隱微晶質) ... 7
 Mignol Burnier (美格爾班尼亞礦山) ... 334
 Mineralization (礦化作用) ... 170
 Mineralizer (礦化素) ... 20
 Monazite Placer (獨居石砂礦) ... 354
 Mono Lake (摩羅湖) ... 309
 Monzonite (二長岩) ... 67
 Morgan Mine (摩爾根礦山) ... 281
 Mother Lode (媽太礦脈) ... 200
 Mutual Solution (相互溶液) ... 101

N

Nagyag (納格耶格礦山) ... 184
 Nelsonite (納爾遜岩, 鈦鐵磷灰岩) ... 131
 Nest (礦巢) ... 65
 Norite (輝綠岩, 紫綠輝石斑輝岩) ... 122
 Normal Fault (正斷層) ... 74
 North Park (北公園之玄武岩) ... 9
 Nugget (金塊) ... 345

O

Ocala Limestone (奧加拉石灰岩) ... 324
 Opal (蛋白石) ... 7
 Opazite (鐵質分解物) ... 178
 Opazite Margin (鐵質邊緣) ... 178

Ophitic Structure (輝綠式構造) ... 100
 Ore (礦石) ... 3
 Ore Bed (礦層) ... 27
 Ore Bringer (礦源岩) ... 29
 Ore Chimney (礦筒) ... 65
 Ore Course (礦鑿) ... 65
 Ore Deposit (礦床) ... 1
 Ore Magma (礦石岩漿) ... 209
 Ore Pipe (礦筒) ... 65
 Ore Shoot (富礦體) ... 64
 Origin of Openings (鑿孔之生因) ... 263
 Over-thrust Fault (逆斷層) ... 71
 Ovikak (阿偉法克地方玄武岩) ... 110
 Oxidized Zone (氧化帶) ... 46

P

Paragenesis (共生) ... 11
 Parallel Veins (平行礦脈羣) ... 198
 Parkside (白克塞特礦山) ... 272
 Patronite (碲鉍礦) ... 284
 Pay Streak (礦條) ... 65
 Pentlandite (磷鐵錳礦) ... 123
 Petrographic Province (岩石區) ... 334
 Pitkaranta Mine (辟克蘭塔礦床) ... 148
 Placer (砂礦礦床) ... 339
 Pneumatolytic Deposit (氣化礦床) ... 20
 Pneumatolytic Process (氣化作用) ... 19
 Pocket (礦囊) ... 65
 Porosity (有孔度) ... 45
 Post Volcanism (後火山作用) ... 234
 Post Hydrothermal Process (後熱水作用) ... 20
 Propylitization (青磐化作用) ... 177
 Pseudomorph (假晶) ... 15
 Pseudo-wollastonite (假透灰石) ... 34
 Pyritic Bedded Deposit (層狀黃鐵礦床) ... 357

Q

Quaquaversal Fold (穹窿皺曲) ... 72
 Quartz (石英及其生成溫度) ... 100
 Quisqueite (羅奇灰) ... 284

R

Radiated Veins (放射礦脈羣) ... 197
 Ragtown Lake (辣堂湖礦床) ... 316
 Rammelsberg (羅姆爾斯堡礦床) ... 359
 Rand (蘭特礦床) ... 291

Rasa (拉沙島磷礦)	325
Reaction Principle (反應原理)	104
Recrystallization (再結晶作用)	369
Red Beds (赤色層)	243
Replacement Deposit (交代礦床)	23
Residual Deposit (殘留礦床)	28
Reversed Fault (逆斷層)	74
Ring Ore (輪礦)	40
Rio Tinto (利阿汀安礦山)	358
Rock Flowage Zone (岩流帶)	201

S

Saddle Reef (鞍狀礦脈)	166
Scapolitization (柱石化作用)	172
Secondary Enriched Sulphides Zone (次生硫化礦富化帶)	46
Sedimentary Deposit (礦層)	27
Selective Metasomatism (選擇交代作用)	266
Selvage (鑿肌)	198
Sericitization (絹雲母化作用)	181
Shallow Placer (淺砂礦床)	339
Shear Zone (岩石碎裂帶)	205
Sheeted Veins (重膜礦脈)	197
Sheeted Zone (岩石碎裂帶)	205
Sicily (西西利島硫黃礦床)	317
Silberberg (錫爾巴堡礦床)	358
Silicification (矽化作用)	184
Silver Cliff (銀崖礦床)	179
Simple Vein (單礦脈)	194
Skarn (接觸脈石)	134
Slicken Side (摩擦面)	73
Soda Lakes (曹達湖)	316
Spurs (刺脈)	245
Stassfurt (史塔斯達特)	310
Step Fault (階段斷層)	77
Stratified Deposit (成層礦床)	27
Strike Fault (層向斷層)	74
Styrian Magnesite (斯提連麥鎂礦)	287
Succession (生成順序)	12
Sulphur Bank (硫黃堤礦床)	175
Symmetric Banded Structure (對稱 的帶狀構造)	39
Syngenetic Deposit (同生礦床)	37

T

Taberg (塔堡山之岩漿分化)	3
Table Mountain (桌形山)	349

Tail (礦苗尾)	81
Tavoy (太隈礦脈)	222
Terrace (階丘)	340
Texas (狄撒斯州硫黃礦床)	263
Thinning Out (尖滅)	69
Thomas Process (湯麥司製鍊法)	3
Tjua Mujun (周亞夢鎳礦脈)	320
Topazization (黃玉化作用)	167
Tourmalinization (電氣石化作用)	169
Trough Fault (溝狀斷層)	78

U

Underclay (下礫粘土)	355
Underground-water Level (地下水 準面)	43
Ural (烏拉山之鉀)	351

V

Vein (礦脈)	193
Vein Clay Slate (粘板質中石)	10
Vein Stuff (脈石)	7
Vertical Fault (垂直斷層)	74

W

Water Table (地下水面)	45
Weathering (露天化作用)	28
Werner (偉那氏之天水說)	25
Witwatersrand (偉特不夫斯蘭礦床)	291
Wollastonite (透灰石)	34
Wood Tin (木砵錫石)	219
Wysokaia Gora Mine (威蘇卡阿哥 拉礦山)	143

Y

Yellow Ground (黃泥)	113
---------------------------	-----

Z

Zechstein (錳灰層)	307
Zechan Mt. (捷寒礦山)	220
Zoolitization (沸石化作用)	189
Zimmermann (沒姆爾曼氏圖法)	84
Zonal Distribution of Ores (帶狀分 布)	209
Zwitter Band (黑線帶)	216

亞 洲 礦 床 索 引

三 畫		花崗銅山 (日本) 276
		明廷錫鐵礦床 (日本) 225
大冶鐵山 (中國) 145		九 畫
大森銅山 (日本) 229		馬上金山 (日本) 239
山佐銅山 (日本) 223		榑原鐵山 (含錳, 日本) 283
四 畫		神岡鉛山 (日本) 152
水口鉛山 (中國) 150		十 畫
太布蘇鐵泡 (中國) 315		桃冲鐵山 (中國) 146
久根銅山 (日本) 365		芻洞金山 (高麗) 154
七 畫		釜石鐵山 (日本) 141
利原鐵山 (高麗) 373		海州磷礦床 (中國) 285
見立錫山 (日本) 218		十二 畫
佛木里礦山 (石叻, 高麗) 156		喜和田礦山 (重石, 日本) 157
尾平錫山 (日本) 218		順安金山 (高麗) 343
八 畫		十五 畫 以上
金鑛鐵山 (中國) 144		廟兒溝鐵山 (中國) 372
玻璃鐵泡 (中國) 315		鞍山鐵山 (中國) 372
和尙屯石棉礦床 (中國) 169		蘇洞礦山 (雲母) 159
金瓜石金山 (台灣) 240		
金剛錫鉛礦山 (高麗) 223		
長登銅鐵礦床 (日本) 208		

中華民國二十四年五月初版

大學叢書 (G1021平)
平本 鑛床生因論一冊

裝每冊定價大洋壹元柒角
外埠酌加運費匯費

* 版 翻 *
* 權 印 *
* 所 必 *
* 有 究 *

原 著 者	加 藤 武 夫
譯 述 者	張 資 平
發 行 人	王 雲 五
發 行 所	上海河南路
印 刷 所	上海河南路
發 行 所	上海及各埠 商務印書館

(本書校對者 王義香 徐壽齡)

