

Aus Wissen und Wissenschaft

— 9 —

DER GEOLOGIST, DARWIN

學藝彙刊 (9)

地質學者達爾文

張資平著

SHANGHAI COLLEGE
LIBRARY
上海滬江大學圖書館
Acc. No. 一三七〇四



華學藝社出版

1926

商務印書館發行

滬江大學
生圖書館
捐運動各
代表大會
贈十七年冬

上海图书馆藏书



A541 212 0022 4862B

中華學藝社
學藝叢刊(9)

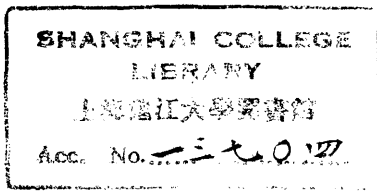
地質學者達爾文

張資平著



~~1500414~~

1500414



目次

地質學者達爾文	1
地球之年齡	47
地層剖面圖上之傾斜角及層厚之計 算	66
岩漿之分體	79
礦牀之五帶	112

地質學者達爾文

(I) 緒言

十九世紀自然科學界之泰斗達爾文 (Charles Robert Darwin) 氏所以得有今日之聲名者，其名著種源論 (The Origin of Species) 一書之力也。種源論 本身之問題本屬生物學範圍；但謂達爾文 氏僅以一純粹生物學者之資格，而能成此大著述，則吾未敢信也。

世之習博物學者只知達爾文 爲進化論 (Evolution theory) 之元祖，爲生物學大家；而不知達爾文 之從事於自然科學，實以地質學爲其研究之出發點；故不知達爾文 與地質學之關係而妄談進化論者，非真能識達爾文 者也。

種源論 一書，表面觀之乃以生物學爲根柢之著述，實則其根柢爲地質學；此不獨吾人，即達爾

文生長之邦之英國人亦鮮有承認其名著《種源論》爲建設於地質學上之書者。更進一步言之，則達爾文所倡之生物進化學說亦因地質學始得開其端緒。不僅此也，關於進化之事實，在達爾文之前，早有地質學者研究而討論之矣。

今欲說明《種源論》與地質學之關係，請先就達爾文當時之地質學界之大勢略述之。

(II) 達爾文時代之地質學界之大勢

地質學之歷史甚新，試比較天文學及地質學兩科，天文學有數千年之歷史，在數千年前之人民卽能利用天文以作曆及分別方位。至地質學之研究可得而追溯者，遠不出二百年。地質學之名稱之見於世也既新，在達爾文時代以前雖有研究地質之學者，然由達爾文時代上溯，實不甚遠也。

由十八世紀之末葉至十九世紀之初期，散見於歐洲各地之地質學之研究及學說極爲紛紜，然試綜取而清析之，得大別爲二大派。此兩派之旗幟皆極鮮明，互相對峙，絕不能相容也。其一派爲汎水論者（Neptunists），此派所主張，謂地球全體曾被一重

太洋所包圍，現今吾人所居住之地殼乃太洋之水由化學的及機械的作用 (Chemical and mechanical actions) 而生成者也。此種思想爲汎水論派所共遵守之重大原則。

第二派則爲汎火論者，或稱火山論者 (Plutonists or Volcanists)。汎火論者一派以「火」字爲其旗號，與汎水論相對敵。此派主張，謂地球上所生之諸現象，其根源全在於「火」。此火之原動力之實現，可以火山之噴發，熔岩之侵入地殼等現象證明之。此卽汎火論者所主張學說之真髓也。

(A) 汎水論

倡汎水論之元祖爲德國之淮拿氏 (Abraham Gottlob Werner)，故此學說又名淮氏說。淮氏於一千七百四十九年秋生於撒遜尼 (Saxony)。一千七百六十九年入富萊堡 (Freiburg) 之礦業專門學校。當時此學校僅開辦二年。在此學校中，研究甚深。至一千七百七十一年轉入賴卜棲 (Leipzig) 大學後，其天才日益煥發。卒業之後，於一千七百七十五年回母校之礦業專門學校當監督兼教授，擔任礦物學及採礦學。礦業專門學校以一村間之學校，一躍而

爲有名之大學，皆淮氏之熱心及努力有以使之也。自是淮氏之聲名日著，四方學子多負笈就之。

淮氏以富萊堡爲其大本營，睥睨一世，欲將地球上諸現象之說明，悉納之於彼所獨創之海洋中——汎水論中。

淮氏之著述中，曾按地質時代而爲地層之分類。彼以花崗岩 (Granite)，片麻岩 (Gneiss)，雲母片岩 (Mica schist)，黏板岩 (Slate)，石灰岩 (Limestone)，角閃片岩 (Hornblende schist)，石英岩 (Quartzite)，蛇紋岩 (Serpentine) 等所構成之地層爲最古之地層。其上則設推移層，即現今地質學上之古生層也。淮氏亦承認此層內有化石之存在。又其上，由中生層至第三紀層，悉冠以彼自己所擬之名稱而分類之。

淮氏不用地質學 (Geology) 之名稱，而以地球構造學 (Geognosy) 代之。當其在富萊堡爲教授時，以滔滔不竭之辯才，引學生自動的廣爲觀察，地質學有今日之發達，淮氏與有力焉。惜觀察之範圍過狹，其研究之一部不免陷於誤謬之結論。

淮氏謂花崗岩乃由原始時代之海水之化學的作用沈積而成之岩石也。至玄武岩 (Basalt) 占有

相當之面積，由其狀態判定之，謂為最模範的成層岩。淮氏在野外觀察亦常遇見有火山，因其與自己之主張有衝突也，謂火山乃由地下煤炭層之自然燃燒而生之現象。

嚴格言之，汎水論之思想非必為淮氏所獨創；但大膽固執自己之學說，及激烈痛詆他學說之非者，古往今來祇有淮氏一人，因此之故，盡知其為汎水論之急先鋒，名聞天下矣。

(B) 汎火論

反對淮氏學說之最激烈者為一千七百二十六年生於愛丁堡 (Edinburgh) 之哈頓 (James Hutton) 氏。哈氏先委身於醫學之研究，因醫學不能引起其研究之興趣，遂棄所學歸田里而從事於農業。其在愛丁堡及巴黎 (Paris) 所習得之科學的蘊蓄，暫時之間，未得表現之機會焉。

當哈氏棄既得學位之醫學歸娜霍庫 (Norfolk) 之田里與村中農人共度閑靜的田園生活時，年僅二十六歲也。在此閑靜期內，哈氏乃漫遊國內各地，其故鄉娜霍庫之地尤為熟悉。處治世而不忘亂，英雄之志也，哈氏亦然；彼在閑散期內，未常一日懈怠

而失其研究學理之精神也。其旅行時，各種岩石之相互關係，化石之產出狀態，及岩石內部之構造等，無一不引起其深厚之注意者。有一次偶遊東郭恩格利亞 (East Anglia)，哈氏遂決意委身於礦物及地質之研究；蓋在此地域，哈氏已發見能使其聲名揚溢內外，流傳後世而不朽之研究地點也。

得二三友人之獎勵，哈氏即擬整頓其數年來在各地觀察及見聞所得之多數材料，逐漸開始其研究之事業。適一千七百八十三年，愛丁堡有國立學士院之設，各種研究事項得提出由學士院之出版物揭載之。哈氏即從速整理其積年之研究，於一千七百八十五年提出於學士院初期之會議，即有名之地球論 (Theory of the Earth) 是也。此論文揭載於學問事項報告之第一卷後，復加以豐富之材料，作成兩卷，更題名為地球論及其實證與說明 (Theory of the Earth with Proofs and Illustrations)，於一千七百九十五年出版。

哈氏論文中，有地球之天然的活動之用語，其論文中所載，即由此地球之天然的活動而思索及研究之結果也。哈氏承認砂礫黏土構成之岩石及

石灰岩等之內部含有種種之生物遺骸，故同時承認此等岩石乃在湖沼或海水之下生成之堆積物。哈氏亦知地球表面之大部分曾被一面之海水所掩沒，並說明地層原為水平，及後乃漸變為傾斜。關於由堆積物構成之各種岩石之固結狀態，亦各就其原因為詳細之說明。但此種種事實，淮氏早詳述之矣，非哈氏之創說也。哈氏之得為汎火論泰斗，占有獨步之地位者；乃彼深信而努力宣傳之「地球內部有火之勢力」之學說使然也。哈氏之主張，謂地殼上所起之千差萬別之現象，幾全由地球內部存在之火之勢力之活動而生者也。

哈氏先認識火成岩與水成岩之區別，謂黏土質或石灰質之岩石為海底之堆積物。且謂礫岩(Conglomerate)乃由陸上運搬至海之砂礫(Sand and pebble)固結而成。石灰岩則為海棲動物遺骸介殼等所構成。此誠哈氏之獨特的進步思想也。

哈氏又於水成岩之外，尚注意及不溶解於水之硅酸鹽類(Silicates)，金屬礦物及含有此等物質之諸岩石；謂係由地熱之作用而生成。氏又分由「火」之作用而生成之岩石為二類，其一即吾人今日呼

爲深成岩之花崗岩等，其二卽屬噴出岩 (Effusive rock) 之各種熔岩。氏又說明海陸生成之原因，謂地球表面原被海水之掩覆，但海水下面堆積之岩石因地熱作用，漸次固結；地熱之活動尙繼續不息，既固結之海底在各部分被壓逼而隆起，故今日有海陸之別。

哈氏又謂地球自生成以至今日，其間所經過長久之歲月，決非吾人用數字所能計算；若不然，則地球表面之現象無從說明也。地球表面之過去的變遷之跡，固不難由其現在尙繼續發生中之現象而推察想像之也。

由上述觀之，哈氏之學說，較之淮氏說實爲進步。當時不獨多贊成其說之學者，且多熱心祖述其學說之門人。但當時淮氏之學說尙不易侮，學者間遂分爲水火兩派。在火派大本營之愛丁堡猶有淮氏說主張者之詹孫 (Robert Jameson) 氏，力鼓吹汎水論，組織淮氏說研究會。

(III) 災變說 (Catastrophic Theory or Convolution Theory) 與齊一說 (Uniformitarianism)

哈氏考察現今在地球表面尚進行中之各種營力 (Agency, 即使地表現象變遷之原生力), 且以之比較過去之地變, 而欲加以解釋, 但吾人能目擊之地表上的變動極緩, 其足與過去變動所遺留於今日之證跡——即今日所目視之山河變遷, 既成之地表外象——比較者實少, 故當時學者之一般思想, 誤以為 [過去之事變較之今日實數倍之激烈] 者, 無怪其然。即以哈氏為代表之一班學者間, 亦尚有極端主張此種思想者, 但哈氏則以 [地質時代較之當時一般所想像者尤為久遠] 之假定, 而說明現在地表上之現象, ——即在地質時代受地變而生之高低不齊之地形及其他一切地質的現象, ——此恐不能不稱為哈氏對進化論及地質學之最大貢獻也。不幸哈氏所舉以證明此種議論之實例未甚充足, 故其後地質學界之革命鉅子賴宜爾 (Charles Lyell) 氏提出內容豐富之理論的論文於學界時, 不甚得學術界之歡迎。

〔在地質時代, 地球上有一種極激烈之災變相繼而起, 其結果遂有今日不規則的地球表面之現象。〕主張此思想之最熱心者, 為劍橋 (Cambridge) 大

學之西周威克 (Adam Sedgwick) 氏。此學說則名曰災變說。據此學說則地球自成立至今，曾經幾次之大災變；每遇災變，則當時之生物界完全滅亡；至第二時代，再發生新種之生物。此因當時研究化石之學者智識尙屬幼稚，以爲地層中所產之化石即能完全表示當時之生物界狀態也。地層中之生物羣因地層之順序不同而異其性質，即從前有災變之證據，此災變說一派學者之主張也。

使學界知從來古生物學上之記錄之不完全，不足以完全代表地質時代之生物界者，達爾文氏之功也。此將於後節述之。

反對災變說者則有今日吾人所主張之齊一說。此說主張，即如哈氏曾教吾人者，謂「從前地質時代之地質的營力——如水，風等之破壞及建設等作用——實與今日吾人所目擊之營力同程度，不過經過非常長久之歲月，水滴石穿，故遺留一種足令人驚異之證跡於今日以示吾人。」此思想在十九世紀之初葉，可稱地質學界之第三潮流，此學說與從來博物學界之一般思想大異，且對達爾文之著「種源論」爲最有力之引導，故論達爾文與地質學

之關係之先，須略述之。

哈氏及其同論調之學者等，曾欲以古代希臘哲學者之思想中所表現之進化觀念，適用於無機界；然其不能即得十九世紀初葉之科學界之信仰者，固大有原因在也。當時基督教勢力，實已征服全歐，聖書中一字一句，不敢妄加非議，彼輩所信奉之天地創造史，即創世紀 (Genesis) 也。科學界之大多數，亦受聖書之支配。據創世紀以計算地球之年齡，謂地球經過年代僅有數千年之短時期，若無極激烈之天災地變，地球安能達今日之形狀？此即當時信奉基督教之學者對地質的現象之論調也。實則聖書紀錄中，在亞伯拉罕 (Abraham) 以前之史的材料，極不完全，不足以爲憑證。但當時之基督教勢力過大，故淮氏學說及災變說不獨學者間多人崇信，即一般民衆亦以爲災變說乃穩健之學說，極爲歡迎。職業的宗教家流得此學說，——災變說——尤爲狂喜，蓋其噉飯位置因之而益固也。

(IV) 賴宜爾之地質學原理

(Principles of Geology)

當時地質學界之思想既如此其頑腐，賴宜爾乃將哈氏等之思想稍爲訂改，加入進化之觀念，成一學說，提出示之學界，是爲地學史上之一大革命。與賴氏相前後有斯庫洛普 (George Poulett Scrope) 氏者，亦曾發表同樣之意見，但今日學界祇認有賴氏而斯庫洛普氏則沒沒無聞，豈非有幸有不幸歟？

賴氏與斯氏在青年時代，順應當時學界之形勢，而受反進化論的教育，但私心則非之。當其在各地方爲地質學的旅行時，每旅行一次，其對青年時代所學之信念益薄，及後竟至主張進化論，不能不謂彼等之創作也。

賴氏於一千七百九十七年生於蘇格蘭 (Scotland) 之賀化沙兒 (Forfarshire)。家頗富裕，多田地。其父爲隱花植物學者，且爲熱心之但丁 (Dante) 研究者。

賴氏生三個月後，即移居英倫之紹淡頓 (Southampton or Hampshire)。擇鄰而處之賢母，不僅東洋有之，西洋亦有其人。其人爲誰，即賴氏之母也。賴母爲英倫人，對於兒童之家庭教育極其注意。在蘇格蘭鄉間，豪農有嗜酒之惡習。賴母恐其子日後或習此惡習，遂棄其所有之田地而移居英倫，以純粹之

英國式教育法教育賴氏。

賴氏年十歲常與其他兒童遊戲於山坡之上，見白堊層中之水晶及玉髓 (Chalcedony) 等，極爲注意；是卽賴氏志望習地質學之最初動機。嗣後復熱心於昆蟲等之採集。至十七歲時入牛津 (Oxford) 大學後，對於地質學之興趣日益濃厚。當時之牛津大學教授乃極端之創世紀信奉者，——謂地球表面上之一切堆積物乃挪亞 (Noah) 之洪水時代生成者，——以災變說授賴氏。至二十二歲，牛津大學卒業後，入地質學會，其時會中亦爲災變說派學者占有最大勢力；但賴氏能不爲所惑，脫離舊派之範圍，別開發一新世界，決非凡俗所能及也。賴氏之新見解雖與哈氏相同，但事實上彼既臻於獨立之域矣。

賴氏注極大心血之研究結果，爲地質學原理 (Principles of Geology)。其第一卷於一千八百三十年出版，第二卷則於一千八百三十二年出版，第三卷則在第二卷出版之次年出版。至一千八百五十三年止，二十三年間，重版九次。賴氏欲公表自己之主張，不惜艱難困苦，在世界各地求多數之實證；單就

此一點，已足以使當時各種科學者歎服不已也。賴氏所主張之要點如次。

地球自成立以來，其表面曾受非常之變動，此得從地表各種事實之觀察而求其實證也。海變為山，山復陷沒於海水中之自然的實例固多；然謂此現象為受劇烈變動而起之結果則非也。地球之歷史，其年代決非如聖書所示之短促，其經過年歲，實甚綿長。地質時代所起之變動，亦與吾儕今日所目覩之風雨河海等作用相同。其作用在此長久之期間中，繼續不息，其結果遂生今日之大變化。

賴氏謂地球之歷史非常古遠，即有生物以來之歷史其久遠亦非吾人所能想像。氏並舉例為之證明。各方學者對於此點，大都首肯。尚有一層，即「吾人類為生物中最新之種類」之問題，學者間尚有異議；至千八百六十三年，賴氏之「人類史」(Antiquity of Man)——譯即古代人類之意——一書發表後，其論爭漸息。後日達爾文之學說比較的容易得學界之容納者，賴氏實先為之引導也。

以上所述，乃當論述「達爾文對地質學之關係」時極重要之參考，且上述各學者之思想實與達爾文

文氏之學有直接之關係，故不憚煩述之。

(V) 達爾文之修學時代

達爾文於一千八百零九年二月十二日生於英國沙洛普 (Salop or Shropshire) 之首區修路史北里 (Shrewsburg)。同年世界各地，多產偉人，例如英國之政治家格烈特斯東 (Gladstone)，詩人鄧尼孫 (Tennyson)，美國之政治家林肯 (Lincoln)，皆生於一千八百零九年。又創立進化論基礎之法國拉麥爾克 (Lamarck) 氏所著之《動物哲學》(Philosophie Zoologique) 亦於此年公表。

達爾文之父業醫，家頗富裕。其祖父埃拉斯模斯 (Erasmus Darwin)，著有《動物生活論》(Zoonomia) 之進化論先驅者，且為有名之科學家兼詩人也。有其祖始有其孫，信非偶然。

達爾文八歲時入本地之學校，次年即轉學他校，修業者七年，至十六歲，進愛丁堡大學學習醫學。愛丁堡大學之博物學教授詹孫氏曾留學於德國之富萊堡，師事淮氏，將淮氏之汎水論輸入英國，二十餘年間熱心為之宣傳，但達爾文對詹孫氏之講義，

極不滿意。愛丁堡地方附近，乃火山岩地域；有噴出岩之岩脈貫穿水成岩者，因之水成岩在岩脈之兩側，變質而硬化。詹孫氏對此岩脈，竟謂「在原水成岩之裂隙中流入有他種水成岩堆積而成。」最後對汎火論者尙加以一毀詆曰，「世間竟有人謂此岩脈乃由地球內部噴出之熔岩，其愚真不可及！」但具有慧眼之青年達爾文氏，以獨立之見解，得辨識此事實——岩脈與水成岩之關係——之真相。

達爾文在科學上之成功，亦不能不謂生逢其時。當彼專心研究科學時，歐洲各國學者皆逐漸唱新學說而排斥舊時之汎水論及災變說。達爾文遂得乘時而起，參考諸家之學說而大成之。豈非達爾文氏之達運耶？

達爾文時代地質學界分爲三大潮流，即汎水說，汎火說及更進一步之齊一說——或稱進化說——是也。其最足以引起吾人之興味者，則達爾文氏從此三種學說，均受有極大之感化焉。

達爾文氏在愛丁堡置自己之專門醫學於不顧，而從一博物學者熱心研究海產動物。其父因使之轉學劍橋習神學，欲使其子於畢業後作牧師也。

達氏在劍橋亦置自己專門學科不習，而熱心旁聽劍橋大學之科外講演，且研究甲蟲，尤注意於很時羅 (John Stevens Henslow) 教授之植物學及西周威克教授之地質學。嗣後益潛心研究博物學，受很時羅教授之親摯誠懇之指導；又從西周威克教授旅行穢爾斯地方，調查地質；博物之智識日進，達爾文至此時知淮氏之汎水論決非地質學之真諦矣。彼在劍橋大學中，喜讀天文學者哈細爾 (Herschel) 氏所著《自然哲學研究淺說》 (Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy) 及洪波兒特 (Humboldt) 氏所著之《人種講話》 (Personal Narrative) 兩書，自謂受益於此兩書者不少。哈細爾與賴宜爾爲好友，乃進化論之主張者，洪波兒特雖師事淮氏，但不喜汎水論，主張汎火論與其師對抗者也。

當地質學界之三大潮流互相奔流於達爾文氏之腦中時，其敬愛之師很氏勸達爾文委身於地質學之研究。其從西周威克氏旅行者，實由其師很氏之推薦。達氏在旅途中，得西氏熱心之指導，獲益甚大，對自然現象之觀察力日益敏銳，對地質學之研究亦益專心。西氏亦盡舉其所學，各地方之地質

的實例及地質學上之理論，悉以之授達爾文。

西氏本爲災變說之主張者，故達氏最初對災變說不免多少與之共鳴，及後在其故鄉沙洛普調查地質時，曾寄一信與其敬愛之師很氏，信內略謂，初尚以災變說爲有足研究；但熟思考之，果此等災變乃一朝一夕突然發生者，則此世界不早全歸於滅亡乎？

賴氏之《地質學原理》第一卷於一千八百三十年之正月出版，在地質學上創立新紀年之名著也。當初出世時，其價值僅足以引起世間之反對及懷疑而已。當時之地質學會會長西氏之反對尤激烈，即公平之判斷者很氏亦誡達爾文勿染習賴氏之主義。但關於此一項，達爾文竟背其師很氏之命；即達爾文氏乘貝哥爾 (Beagle) 測定船之航海途中，自始至終，《地質學原理》一書，未常釋手也。達氏受《地質學原理》之感化後，竟與敬愛之師很氏所指示之方向相背馳，在反對方面別開始其科學之新生命。其最初所踐之海外土地爲俾都窪特 (Cape de Verde) 諸島；氏觀察記錄之後，謂此目前之現象，正足以證明賴氏之說之真。由是衷心尊敬賴氏之偉大。達氏

後日之科學事業得地質學原理之助亦正不少，故達氏對賴氏之感謝終身不忘云。

(VI) 達爾文之海外研究

達爾文從西周威克氏由穢爾斯歸來後，得很教授來信一封，勸達氏出海外實地調查。因當時英政府欲測南美洲沿岸及太平洋諸島之時刻，派測定船貝哥爾號遊航各地，此時船長欲得一博物學者與之同行，因託很教授物色，很氏久留心於達爾文之才學，遂慫慂之使出海外研究。

讀洪波兒特之人種講話後，周遊世界，固達氏之夙望；得很氏信後，遂以示其父，欲乞其父之同意；不料其父竟不之許，達氏乃大失望；因作書寄很氏，謝不能行。

天將予之，誰能奪之。天既以科學上之重大責任委之達氏矣，又豈其父所能阻耶？達氏之父終感很教授對其子之熱心期望而許其子首途，很教授對學生之深情及期望，真足令吾輩學生羨慕而崇拜也。彼強不知以爲知，自命爲先進，專以壓抑後進有爲之青年學生爲能事者，當以很氏之精神書諸

紳。

欲述達爾文氏在貝哥爾船航途中之地質學的研究，須察達氏當時之生活經過及其周圍之情勢。達氏首途前，習地質學僅數月，地質學上之智識，尚不甚充足；故在航途中，縱云對地質學有多大之努力，其所得地質的智識，亦必甚僅。其次貝哥爾船之巡航，乃以測各地方之時刻為目的，在同一地點滯在之時間甚短促，不論至何地方，皆無充足之時間為詳細之研究，有僅數日者，亦有僅數小時者。但達爾文氏對此微少之時間，亦努力完全利用之。船一抵岸，即上陸蒐集各種標本，及觀察各種自然現象。其所採標本，一一加以說明，且附標札 (Card)，以為日後研究之準備，從中送寄很氏處。努力之上，加以氏固有之銳敏之觀察及判斷力，故其所得智識仍非常人所能及。赫胥黎 (Huxley) 謂：達爾文氏因未曾習有系統的動物學教育，故費絕大之努力所集得之動物學紀錄幾全為無用之物。但達爾文氏對地質學上之材料貢獻，則有足驚人者。今日吾人地質學上及礦物學上使用之吹管，簡易顯微鏡及手鎚 (Hammer)，傾斜儀 (Clinometer) 等用法，皆曾經達爾

文氏試用之方法也。

達爾文氏之科學嗜好，在博物學諸科中，亦以對地質學爲最熱烈。彼讀其祖父所著之《動物生活論》，乃無何等之感動；其在貝哥爾船航途中，則肆力於岩石及化石標本之採集。

達爾文氏初在倭都窪持羣島中觀察一火山島，見熔岩之表面既變爲腐爛；《地質學原理》第二卷中所述之風與水之營力之結果，其實證正在目前；達氏至此益歎服賴宜爾之偉大。故達氏回國後，即投賴氏門下，作賴氏最熱心之門人。就達氏之遺著讀之，知達氏之思想，受賴氏之感化者甚大也。

在達氏外遊之五年間，《地質學原理》第二卷第三卷相繼出版。每次出版，即郵送與達氏，達氏讀之，益進與賴氏之主義同化。

一千八百三十六年，達氏由南美洲回來，即拜謁其所仰慕之賴氏，與結深交，時相過從，得賴氏之啟發益多。同時達氏觀察之廣，見聞之富，亦助益於賴氏者不少。兩人互相協力，主張《無機世界之進化》之意見，在地質學會激烈與舊派論爭。當時在地質學界占有勢力之多數災變論主張者亦出而爲劇

烈之反駁。青年之達爾文氏湧其全身之熱血，爲有力之辯論，對賴氏之學說貢獻多數有益之材料。

當達爾文與賴宜爾相協力研究及鼓吹無機物世界之繼續原理時，——即反對災變說——達氏即注意且深信此同一之原理亦得適用於有機界。達氏初乘貝哥爾船首途時，尙以爲生物之種乃一定不變易者，然有時亦抱『種有變易』之懷疑。此種懷疑，至彼在南美洲大陸，由北至南旅行時，始略表現而爲事實。因達氏曾實地觀察各地之化石與現世之動物極相類似之實例不少也。

又加拉帕哥斯 (Galapagos) 羣島中之諸小島，各有特別之爬蟲類，鳥類及其他動物羣。此各島之動物，實不同種。但細考察之，則不獨島與島之動物羣間，有類似之緣；即與南美洲大陸之動物羣相較，亦有相通之點。此等動物羣有共通之祖先之思想，達爾文即在此時得其暗示。及讀賴氏之名著，並受其主張之『無機界進化大法則』之刺戟；此種思想遂變爲達氏之確實的信念。

地質學界之進化論先覺者賴氏雖主張無機界之進化，但對於生物界之進化則尙未見及也。彼

承認地表上棲息之無數生物之種，乃循自然界之普通法則而死滅；一種死滅後，則代以無數之新種，以繼前者。由此觀之，則所謂自然之法則者，乃謂生物係由一種非吾人意想所能及之方法而一一特別創造者也。此思想賴氏與達氏交際後，尚久持不變，直至《地質學原理》第九版時，——一千八百五十三年，——猶未加改正也。

當時學者之一般傾向，以為化石乃表示有史時代以前之生物界之完全材料，賴氏亦尚未能超越此種思想。然關於此點，賴氏所盡苦心不少矣。

達爾文在由賴氏得來之教訓上，更進一層，以賴氏之學說應用之於有機界；此即達爾文氏之大功績；其所以酬其師賴氏之恩者亦在此。達氏在《種源論》中劃出兩章詳細專論化石之性質，將有史時代以前之記錄——即古生物之記錄——不完全之點，示知學界，此乃達爾文氏對於生物學及地質學上之最大貢獻之一也。賴氏於一千八百五十九年讀達爾文所著書，始覺自己學說有欠妥之點。其後四年著《人類史》，乃略採達爾文之主張。至《地質學原理》第十版時，彼之態度始完全改變。此第十版合

三卷爲兩卷，第一卷於一千八百六十七年出版，第二卷則於次年出版，盡棄其長期間所固持之學說，而採納其門人達爾文之學說。爲探究真理起見，則一切均宜犧牲，賴氏對後進虛心坦懷之態度，足令吾人大受感動。渴求真理如賴宜爾之學者，求之今世，實不可多得。彼既欲攻擊舊學派之陳腐，又欲壓抑新學派之進步者，對賴氏寧無愧乎？賴氏之有此種足令人崇拜歎服之決斷與態度，不獨自己之聲名益高，對達氏之新學說之傳播亦爲極有力之原動力。《種源論》中所蘊蓄之深遠之思想，至近代雖不免有多少之毀譽褒貶，至介紹進化之觀念與社會各方面，使都能了解者，賴氏與有力焉。

(VII) 達爾文在地質學上所立之功績

欲將達爾文氏之地質學上之研究一一爲之說明，實非易事；今祇能將彼對地質學之貢獻大略述之。達爾文之地質學上之功績，大別之爲次之五項：

(A) 古生物學上之功績

節足動物 (Arthropoda) 門之甲殼類 (Crustacea)

綱中有蔓足類 (Cirripedia) 一目,此目內又有兩科,即茗荷兒科 (Lepadüdae) 及藤壺科 (Balanidae). 達爾文氏曾將英國沿岸所有屬此兩科之種類詳細紀述,同時又網羅產於英國之化石種類之全體,作成重要之論文,此等報告文於一千八百五十一年及一千八百五十四年出版,至今蔓足類化石研究之方面,達爾文尚占有一大權威 (Authority). 達氏在化石學上之功績,因其研究所得結果在古生物學 (Palaeontology), 地史學 (Historical geology) 及生物進化論等學科方面實為極堅固之根柢也。

種源論不僅為單純事實之記載,乃達氏對自然科學諸方面之銳敏觀察所生之深遠思想也,生物界之成立,分化,過去及現在之生物界間之相互關係,動植物之系統發生,個體發生,又系統發生及個體發生間之關係等之多數問題,皆以古生物學的知識為根據而詳為論述,更加以彼之特有之解釋,達氏之學術本以比較研究為主,故對於地質學之根本學科層位學 (Stratigraphy),實為一大貢獻。

(B) 火成岩之研究上之功績

達爾文之第二功績乃氏對世界各地分布之

火山之周密觀察，在火山研究上之貢獻不小也。

達氏每至火山地域，不僅細察該地岩石之構造及組成，更以數倍之熱心注意於岩石所示之地質變化之年代順序。有某火山島其初期為海底活動，其次漸出海面，終成為完全之火山。達爾文得追跡此火山之地質年代順序時，其欣喜有非言語所能喻者。又於古代熔岩間，發見石膏食鹽等之地層及海產介類之遺跡，知此熔岩乃由古代海底上昇者；其調查及研究之熱心又非吾人所能想像者也。

達氏尤熱心調查火山變化之現象——即近代地形學者稱為火山之輪迴 (Cycle of volcano) 之現象。古代熔岩因風雨及流水等之削磨作用，其結果遂生溪谷，由此生成之低窪部分，後復為新熔岩流所充填，且作流入於海之通路，關於此等變遷作用，達氏亦有明白之紀錄。

達氏在南美洲旅行期內，欲得過去火山活動之新紀錄，此長期間熱心與努力之成績，即為構成南美洲脊椎之火山作用之發見也。當其橫斷安的斯 (Andes) 大山脈時，知此山脈之構成，火山作用實占重要之部分。尚有足使達氏歡呼者，則在火山脈

山麓，發見有厚達七千尺至八千尺之安山岩質(Andesitic) 熔岩及礫岩之大累層；且與此累層相伴之地層中又發見有化石；由是遂得斷定此火山性岩石乃中生代白堊紀末葉之噴出物。與此熔岩相連接者，尚有第二種之熔岩噴出，其下部流入海水面下，其上部則噴出於空氣圈內；此固結之火山岩中，埋有既碳化之松柏類，木尚直立，又其上覆有厚達一千尺之玄武岩，更上一層，與第三紀之上部相伴，尚有一層玄武岩，發見於山打枯路滋河 (Santa Cruz) 流域地方。以上諸層之最上層，安的斯山脈上，今尚有繼續噴發之活火山。此等事實亦吾人由達氏之紀錄而後知者也。

如達爾文之實見火山現象之狂烈者，世實罕有。氏至此時，深信地質變動乃繼續的，長期的；而非突然的，一時的。遂棄當時最有力之災變說，而趨就勢力尚微弱之新學說。

達氏不僅為大體的觀察；關於噴出之諸種岩石之構造，組織等瑣細事項，皆一一研究。熱心採取其岩石及化石之標本，盡其所能所學而研究之；復加以吹管之分析，比重之測定，及簡單之化學分析。

厄善純 (Ascensien) 島產之帶狀粗面岩 (Banded trachyte), 黑曜石 (Obsidian) 及火山彈等之記事, 可稱爲現代岩石學之模範的記載, 久爲學界所稱賞。

達爾文 尙有一事足使吾人歎服者, 則氏乃岩石學上之最大問題 [岩漿之分化] (Magma differentiation, 或稱 [岩漿之分體]) 思想之先驅者。此種岩石學上之思想, 學理較爲艱深, 本不應在此敘述, 然爲表彰達爾文 氏之功績起見, 試簡單的略述之。

凡火成岩皆由地殼內部之熔岩瀦溜 (Lava reservoir) —— 卽岩漿瀦溜 (Magma reservoir) —— 上昇結成者也。地殼生裂隙時, 熔岩流或上昇噴出地表, 爲火山岩; 或僅侵入地殼之一定深處, 結爲深成岩 (Plutonic rocks)。現在吾人所能目擊之多種火成岩, 至少有二三種皆由同一岩漿瀦溜而出之岩漿也。岩漿本屬同源, 但上昇後所作岩石多不同者, 此現象謂之岩漿之分化。

火成岩含有種種之礦物, 但礦物之種類不同, 有限於一部之岩石則含有之, 他部分之岩石則否; 且此等岩石有順序之關聯; 故對此種現象, 只能以 [全體熔岩或岩漿內所含之成分作某種礦物則甚

速，而作他一種礦物則甚遲；即岩石中之礦物生成有一定之順序，解釋之。假定今有甲至癸之十種礦物，非甲礦物完全結晶生成後，乙礦物始開始結晶；此等礦物之結晶，乃循伏瓦狀之順序，在某時期中，有數礦物同時正在結晶者。由甲始至癸之結晶完成後為止。故由甲至丙之三種礦物結晶完成時，可構成一種岩石，由乙至戊之四種礦物結晶完成時，亦可構成一種岩石。至癸礦物生成時，岩漿之流溢範圍亦較最初甲乙礦物生成時廣大；故因部位不同生成異種之岩石；此謂之岩漿之分化。

達爾文謂岩漿分化之原因，乃熔岩中各礦物之比重不同，故各取其適當之位置而別為結晶。此思想達氏以後至近代學者多採用之。今試以富有硅酸 (Silica) 之粗面岩——石英粗面岩 (Liparite)，粗面岩 (Trachyte) 等——及缺少硅酸之玄武岩之兩種岩石為熔岩之兩端，其間生各種岩石；恰如水中之各種物質，比重大者沈積最下部，比重小者則在上部沈積。結晶大體沈積後，母液之濃度亦漸減，岩漿之母液，最後殆盡為硅酸熔液，冷結後即成黑曜石 (Obsidian) 等之玻璃質岩 (Glassy rock)。此岩漿

之分化不單限於噴出岩，在地殼深部固結而成之花崗岩亦同樣起岩漿分化之現象。

吾人若旅行於花崗岩地方，常見有各種貫穿於花崗岩塊之岩脈 (Dykes)，極爲發達；達爾文亦謂此得由岩漿分化之理說明之。

達爾文又謂火成岩有作薄片狀者，乃岩石有一種沿一定方向而生裂紋之性質——即岩石節理 (Joint)——也。就此一點，可知達氏在當時其想像力及觀察力實高出一般學者之上也。

(C) 研究地殼上下運動之功績

達爾文之地質學的第三功績，即對於地殼之上下運動，曾舉有最有效之證據。對此問題，達氏之長年月日間之觀察，及由此觀察演繹而得之結果，在動力地質學 (Dynamical geology) 之發達史上，久占有重要之位置。得廣大之地域，遂其觀察慾以研究此種問題，地質學界中間未有其人能與匹敵也。其本一己之經驗，得總括與此問題有關係之材料者，亦唯達氏始能之。當貝哥爾船之初停泊於俁都窪特羣島也，在散地阿哥 (Santiago) 島認識海島由海上昇之證跡；達氏研究地殼上下運動之動機，即

於此時發生，其後遂努力蒐集材料，不敢稍懈，終得成其空前之大業。其中著名者，則爲達氏對於南美大陸南部陸地之上昇及隆起，得有多數之證據也。巴西 (Brazil) 及烏魯圭 (Uruguay) 之海岸，僅高出水面數尺，其爲最新時代之上昇跡，可得明認。由海岸至山脈地方止，其間地域甚廣，發見有數多之明瞭的海岸段丘 (Terrace)，互相毗聯；此段丘低地，延長至南境之帕他哥尼亞 (Patagonia) 南部。

段丘者，沿河岸或海岸，自然生成之階段狀平地也。故段丘有河成與海成之別。其生成原因，在一定期間，沿岸被河水或海水洗削後成平坦狀；水再來時，所運砂石即堆積其上，遂成段丘。海岸地方之海水作用激烈，破壞海岸之岩石，其岩石碎片土砂等則堆積海岸，作段丘。水之破壞作用進行甚緩；今若陸地急隆起，則直接受水襲擊之部分較之原來地勢爲低；碎削物因水平的堆積其上；此種作用同樣數回反覆行之，則生數級之段丘。

達氏謂由大西洋岸至沿岸山脈間，至少有八個明瞭之段丘。各段丘向海，皆作急峻之高崖。漸近南方則漸高，有達九百五十尺至一千二百尺者。此

等段丘中有二三之較低者，其中發見有現代種之海棲介殼類；故吾人知此段丘地方爲比較的在新時代上昇而成者也。在帕拉圭 (Paraguay) 地方之段丘則漸高，故又知陸地之上昇在南方爲尤著。

向太平洋方面之南美大陸，山嶽臨海，故段丘之生成較爲困難。但由沿海高崖上之海蝕空洞，及在高處有介殼類之發見等事實推之；南美洲 太平洋方面亦得斷定其爲隆起也。且近海砂礫亦成數階段，及高出海面一千三百尺之地方亦發見有現代海產生物之遺跡；尤足以證明海陸之昇降。

南美洲之地質愈詳，則海陸昇降之證跡愈多。當達氏橫斷大山脈旅行於帕拉圭 (Paraguay) 時，覺拂面之清風，猶不及吾人所住居之地殼之不安定，感慨無限。

在海外辛苦勤勞者五年，研究旅行算告終結，歸國之後，即從事整理其在外觀察所得之紀錄，及檢查其採集品。後遂發表其對於大陸隆起之原動力之意見，一千八百三十八年三月七日提出論文，題爲「某火山之現象與山脈之構成及大陸上昇之結果」，由地質學會出版，乃達氏之最有光彩的著

述之一也。論文中謂，南美之地震，乃起因於熔岩或岩漿之侵入地層中。達氏又說明南美西海岸相聯續之火山列；謂此地帶狀，若浮漂於熔融體上。達氏又謂山脈不過大陸上昇之一附屬現象而已。但大陸之上昇，火山之噴發等現象，乃起因於現今亦尚在進行中之營力；故山脈之構成今仍在進行中；吾人不能明認此種地質的作用者，因其進行速度極緩故也。

爲求陸地上昇之證據，達爾文同時亦注意於海底之沈降。達氏之珊瑚礁成因論，即說明海底之沈降者也。散在太平洋中，微聳出水面之珊瑚島成因，從來亦有二三之說明法；然達氏之說獨能得多數之信用者，因其說簡單易說明也。後之地質學者登那 (Dana) 氏亦擁護達氏之珊瑚礁成因說，而與一班反對達氏說者相對抗；故又稱此成因說爲達氏登氏說。此說即小學兒童大都能了解之沈降說也。珊瑚乃淺水之海生動物，初附海岸而生存，作岸礁 (Fringing reef)。陸地一面沈降，珊瑚則一面蕃盛，故珊瑚礁與陸岸間爲水路所隔斷，是爲堡礁 (Barrier reef)。至陸島完全沈降，只存珊瑚礁浮出水面，作環

帶狀者爲環礁 (Atoll), 通稱珊瑚島者皆環礁也。

珊瑚礁成因說至近代有種種之爭論, 有擁護達氏之說者, 有反對達氏之說者, 有折衷於二說之間者, 衆說紛紜, 莫之所歸, 但據最近之地形學家, 地質學家及動物學家等之調查結果, 皆多左袒達爾文之學說者。

(D) 闡明南美洲地質之功績

達爾文之第四功績, 卽南美洲地質之種種方面之狀況皆由達氏闡明之, 彼之著書〔地質觀察記〕——Geological Observations, 於一千八百四十四年發表——其第三版於一千八百九十一年出版, 全部六百有餘頁, 其中四百頁爲南美洲之地質紀事, 橫斷安的斯山脈, 究其構造, 作斷面圖 (Profile), 附於卷末, 使彼所觀察, 一目瞭然, 達氏又決定構成柯爾的利拉斯 (Cordilleras) 脊髓之火山岩系之時代, 及其化石種類; 並將化石繪成圖譜, 附載於著書中, 在帕他哥尼亞廣漠領土內極發達之第三紀層之調查, 實以達爾文氏爲嚆矢。

尙有一重要事項, 卽達爾文在此地方發見有脊椎動物之遺跡, 達氏並決定其種類及數字, 此亦

達氏之一種事業也。達氏所採集之材料，由有名之脊椎動物化石學者奧文 (Owen) 氏鑑定之而報告於學界。脊椎動物之化石為古生物學上及地史學上之要素，新時代之地質調查時必要之參考品也。

(E) 鼓吹自然界之削磨作用之功績

最後達氏之第五功績乃彼以最新之想像力及奇妙之實例，說明自然界之削磨作用之偉大。達氏在海外親觀自然界削磨作用之實例不少，其後達氏決定地質學的時間之概念，此等經驗——即曾親見之自然界削磨作用之實例——實為重要之參考。不僅此也，且由此等實例，供給重要證據與其師賴宜爾氏，助賴氏反抗災變說。此等皆出達氏對自然營力之周密的觀察之賜也。

達氏在南美洲所得大自然力之印象頗強，尤其面對柯爾的利拉斯大山脈時，極力歎讚自然力之偉大；謂此大山脈曾受最激烈之斷層 (Fault)，及極明顯之徐緩的上下運動也。

達氏亦如其師賴氏，當其在地質學者生涯之初期，以陸地之崩壞雕蝕之原因，悉歸之海水之作用。此見解雖未免過偏，然亦不得已之事也。蓋彼常

與海相親近；其初平靜如鏡者，忽而狂濤怒號，浪擊岸壁，終成斷崖等之實景，固彼常親視者也。當其訪聖海峇那 (St. Helena) 島時，見超出海面一千尺至二千尺之絕崖，其原因不能不歸之海水之波濤作用也。又帕他哥亞尼 海岸有多數階段狀之高崖，達氏 亦深信此乃由海水之削磨作用而成。又澳洲 (Australia) 新南穢爾斯 (New South Wales) 之藍山嶽 (Blue Mountains) 中之廣幅深谷，其兩側為峻嶮之懸崖；達氏 一見，即知其為海水侵蝕之結果；彼深信當時一班地質學者衆口同聲，謂為川河作用之不合理也。

以上僅就達爾文 對地質學上之貢獻略述之，至其對生物學——尤其對於進化論——之貢獻，則凡習博物者皆既詳悉，無庸本書贅述，亦不入本書之範圍也。

一千八百八十二年四月二十日——星期四——自然科學界之一大偉人達爾文 氏薨於肯特 (Kent) 郡之倒翁 (Down) 村中，時年七十三歲。同二十六日，葬於淮斯特明斯德 教堂 (Westminster Abbey) 之一隅，「伊人宛在」，「雖死猶生」 (He being dead yet speaketh)，此吾人對達爾文 最適當之讚詞也。人類

未滅亡以前，達氏之名當不朽。

最後吾人應當注意者，即紀念達爾文時，不可不同時紀念其師很時羅及賴宜爾也。

附 錄 一

地球之歷史

(I) 太古代 (Archean era)

在此時代之地層中，無生物之遺骸。

(II) 古生代 (Palæozoic era)

(A) 堪布連紀 (Cambrian period)

此為生物初生時代，其地層中節足動物之遺跡甚多。

(B) 西魯連紀 (Silurian period)

此紀有無脊椎動物及原始魚類。

(C) 德旺紀 (Devonian period)

此紀有無脊椎動物及硬鱗魚類。

(D) 石炭紀 (Carboniferous period)

(E) 二疊紀 (Permian period)

此二紀為原始兩棲類時代。

(III) 中生代 (Mesozoic era)

(A) 三疊紀 (Triassic period)

(B) 侏羅紀 (Jurassic period)

(C) 白堊紀 (Cretaceous period)

合上三紀爲中生代。乃爬蟲類，鳥類，及原始獸類時代。

(IV) 新生代 (Cainozoic era)

(A) 第三紀 (Tertiary period)

此爲獸類，猿類及原始人類之時代。可稱爲哺乳類時代。

(B) 第四紀 (Quaternary period)

(1) 洪積期 (Diluvial epoch)

此爲高等哺乳類及人類時代。

(2) 沖積期 (Alluvial Epoch)

此爲人類時代。沖積期之最後，卽爲有歷史之時代。歷史上所謂石器時代，銅器時代，鐵器時代，皆包含於此期內。

附 錄 二

動物之分類

第一門 原生動物 (Protozoa) 例如阿美巴 (Amœ-

ba), 放射蟲 (Radiolaria), 有孔蟲 (Foraminifera) 之類.

第二門 海棉動物 (Porifera)

第三門 腔腸動物 (Cœlenterata) 例如水母, 珊瑚之類.

第四門 蠕形動物 (Scolecida) 例如吸蟲, 條蟲, 蛭及蚯蚓之類.

第五門 棘皮動物 (Echinodermata) 如海盤車, 海膽, 海參之類.

第六門 軟體動物 (Mollusca) 例如蛤, 蜃, 蝸牛, 烏賊及一切介殼類.

第七門 節足動物 (Arthropoda)

第一綱 多足類 (Myriapoda) 例如蜈蚣之類.

第二綱 甲殼類 (Crustacea) 例如蝦, 蟹之類.

第三綱 昆蟲類 (Insecta) 例如蟻, 蠅, 蜂之類.

第四綱 蜘蛛類 (Arachnoidea) 例如蜘蛛, 癩疥蟲之類.

第八門 脊椎動物 (Vertebrata)

第一綱 魚類 (Pisces)

第二綱 兩棲類 (Amphibia) 例如蛙類.

- 第三綱 爬蟲類 (Reptilia) 例如蛇, 鱉之類.
- 第四綱 鳥類 (Aves)
- 第五綱 哺乳類 (Mammalia)
- 第一目 一穴類 (Monotremata) 例如鴨嘴獸.
- 第二目 有袋類 (Marsupialia) 例如袋鼠.
- 第三目 貧齒類 (Edentata) 例如食蟻獸.
- 第四目 齧齒類 (Rodentia) 例如鼠.
- 第五目 食蟲類 (Insectivord) 例如鼯鼠.
- 第六目 蝙蝠類 (Chiroptera)
- 第七目 游水類 (Cetacea) 例如鯨.
- 第八目 海牛類 (Sirenia)
- 第九目 有蹄類 (Ungulata) 例如牛, 馬, 羊, 鹿等.
- 第十目 長鼻類 (Proboscidea) 例如象.
- 第十一目 食肉類 (Carnivora) 例如犬, 獅, 虎, 豹等.
- 第十二目 靈長類 (Primates) 例如猿類及人類.

以上爲通俗的分類其不普通者皆從省略. 又動物之分類方法, 因學者而各有不同, 讀者不能執

附 錄 四

書中用字說明表

- Andes 南美洲西岸大山脈,由南端之漢奴岬(Cape Horn)至巴拿瑪地方止.
- Andesitic Andes 大山脈產之一種岩——火山岩,特名之曰安山岩(Andesite),有安山岩之性質者曰 Andesitic.
- Ascension 南大西洋中之火山島,在聖海峇那(St. Helena)之西北七百六十英里.
- Basalt 一種火山岩,缺少硅酸(Silica),不含石英礦物;譯名玄武岩.
- Brazil 南美洲之共和國,面積最廣,占有南美洲之東部,中部及北部之一部.
- Cambridge 離英京倫敦二十八英里之都會也,設有大學.
- Cape de Verde 斐洲(Africa)之西,北大西洋中之羣島.
- Chalcedony 一種潛晶質之石英.
- Conglomerate 此為一種水成岩,各種圓石由砂泥質膠結而成;譯名礫岩.

- Cordilleras 合南美洲之安的斯 (Andes) 山脈及北美洲羅基 (Rocky) 山脈之總稱, 西班牙語也。
- Dana 美國之地質學兼礦物學者 (1813-1895)。
- Dante 伊大利國之詩人 (1265-1321)。
- Down 英京倫敦南有肯特 (Kent) 郡, 倒翁 (Down) 村在肯特郡之西南。
- East Anglia 英倫古時之王國, 即今娜霍庫 (Norfolk)及紹霍庫 (Suffolk)兩郡地方, 在倫敦之東北方, 面海。
- Edinburgh 蘇格蘭之首都, 設有大學, 此大學乃詹姆士 (James) 六世所創立 (1582)。
- Effusive rock 噴出岩, 即火山岩 (Volcanic rock), 乃火成岩之一種。
- Forfarshire 蘇格蘭東海岸之一郡, 或單稱 Forfar, 其首都亦以 Forfar 名。
- Freiburg 德國西南部有巴登 (Baden)公國, Freiburg 乃此公國內之一都市。
- Galapagos 南美洲之西太平洋中之羣島, 正常赤道下。
- Gneiss 一種變質岩, 產於太古代, 譯名片麻岩。

- Granite 火成岩中之深成岩之一種,譯名花崗岩.
- Hampshire 此又名 Southampton,略名 Hauts, 英倫 南岸之一郡.
- Hornblende schist 一種結晶片岩,乃太古時代之岩石,變質岩也.
- Huxley 赫胥黎,有名之英國生物學者(1825-1895).
- Kent 查 Down 便知.
- Leipzig 德京柏林(Berlin)之南,有撒孫尼 (Saxony) 王國, Leipzig 即此王國內之一都市,設有大學.
- Limestone 石灰岩,為一種之水成岩.
- Liparite 一種之火山岩,一名流紋岩,又名石英粗面岩.
- Mica schist 一種之結晶片岩,產於太古代,變質岩也.
- Noah 舊約創世紀所載之人物,大洪水時,得上帝之預告,帶其家族乘舟避難,今日世界之民族,皆 Noah 之子孫(舊約參照).
- Norfolk 查 East Anglia 便知.
- Obsidian 一種之玻璃質熔岩,噴出後,急受冷卻,不能結晶者也;譯名黑曜石.

Oxford 英京倫敦東北之一郡,其首都亦名 Oxford, 有名之大學所在地.

Paraguay 南美洲中南部, Brazil 之南之共和國.

Paris 法國京城.

Patagonia 南美洲南部,亞根廷 (Argentine) 共和國東岸地方.

Plutonic rocks 深成岩,乃火成岩之一種,如 Granite.

St. Helena 查 Ascension 便知.

Salop 又名 Shropshire, 英倫西部之一郡.

Santiago 此乃 Cape de Verde 羣島中之一海島.

Saxony 查 Leipzig 便知.

Shrewsbury 此乃 Salop 郡之首都.

Shropshire 見 Salop.

Southampton 見 Hampshire.

Trachyte 一種之火山岩,譯名粗面岩.

Uruguay 南美洲東南海岸之共和國.

Volcanic rock 見 Effusive rock.

Westminster Abbey 泰晤士河 (Thames) 北岸,有 Westminster 自治市, Westminster Abbey 即在此市,有名之寺院也,乃 Edward the Confessor 所經營,至

十三世紀 Henry 三世及 Edward 一世改築之。

地球之年齡

(1) 地球之星的時代

地球自成立以來，其間得大別爲二大時代，一曰有光的星的時代，一曰無光的地質的時代。地球與水星 (Mercury)，金星 (Venus)，火星 (Mars)，木星 (Jupiter)，土星 (Saturn)，天王星 (Uranus)，海王星 (Neptune) 等爲同輩，亦一遊星 (Planet) 也；唯較其他遊星先失光耳。其初出現時，熱度極高，爲熔流狀體，故能發光，光呈白藍色。所含物質，盡爲元素，尙無化合物。卽元素亦爲數甚僅，其中尤以氫 (H) 爲最多量。此外爲 He, Mg, Ca, Na 及 Fe 而已。其後溫度漸降，光轉黃色。此黃光期內之物質，仍無化合物，唯元素之數較白光期內有增，如 Ni, Co, K, Si, Cu, Zn 等，均至黃光期始表現者也。經黃色光期後，溫度更低，光漸變爲紅色。在此紅光期中，始見化合物之發現，占最多量。

者爲碳氫化物 (Carbohydrate). 元素之數,亦漸次增加.

地球之星的時代,既由其所呈光色,別爲三期. 此三期中,以白光期爲最久,其次爲黃光期,紅光期最短. 地球至紅光期,溫度之下降,亦較急速,終失其光,遂成一黑暗體. 卽地殼已漸次固結也.

德國學者 Scheiner 氏謂恆星 (Fixed star) 發白光時期之溫度,達攝氏七千度以上. Vogel 氏則謂達攝氏一萬五千度. 至發黃光時期之溫度,約有攝氏六七千度. 紅光時期之溫度,由攝氏三千度至四千度之間. 此等溫度雖係對恆星而言,但地球在發光之星的時代,得適用之.

由此觀之,地球由紅光期變爲黑暗體之後,溫度當在攝氏三千度以下. 地質的時代,卽從此起計. 學者之論地球年齡,亦僅由地質的時代推算. 至有光的星的時代,不能爲實地的考察,徒聽學者之幻想而已. 卽所謂世界開闢說諸假說是也.

世界開闢之假說,亦有種種. 均能以其發現時代之文明程度示吾人. 換言之,卽一時代之世界開闢說,足表示該時代之民族想像力及天然觀測力

之多少大小,更換言之,即以該時代之智識爲根據之假說也。文明程度漸進,世界開闢之假說亦漸改良,漸趨就學理之域矣。與近代之新智識大相懸隔之古代假說,姑置不論,如 Kant Laplace 之星雲假說(Nebular hypothesis),乃以重力法則爲根據之學說也。其後復有以物質及勢能(Energy)不滅說爲根據之學說,又其後有受近來發見之輻射壓說之影響之學說。今後如復有新世界開闢假說出,其以放射能相對觀等新學說爲根據乎!

諸假說中,取其歷史的較著名者,摘記如次:

1. Descartes 之渦流說。
2. Kant 之開闢說。
3. Swedenburg 之開闢說。
4. William Herschel 之霞雲發育說。
5. Laplace 之星雲說。
6. Planetesimal 及 Poincare 說。
7. Birkeland 之開闢說。

以上諸說,係各學者對地球在星的時代之各種想像,非本篇範圍,姑從略焉。

(II) 地球之地質的時代

地球之星的時代既去，變為黑暗體之後，溫度降至攝氏三千度以下，較之星的時代之溫度雖覺低減，仍非生物生存適合之溫度，即地質的時代之初期，尚無生物發生。故地質的時代，得分為無生物時代及有生物時代之二大時代。次舉之表，曾讀地質史者當既熟悉，今不憚煩摘抄之者，為圖本篇敘述上之便利也。

I. 無生物時代……太古代 (Azoic era)

II. 有生物時代

1. 始生代 (Eozoic era)

2. 古生代 (Paleozoic era)

a. 最舊古生代 (Cambrian period) 寒武利
亞紀(註一)

b. 中舊古生代 (Silurian period) 志留利
亞紀

c. 中中古生代 (Devonian period) 泥盆紀

d. 中新古生代 (Carboniferous period) 石炭紀

e. 最新古生代 (Permian period) 二疊紀

3. 中生代 (Mesozoic era)

-
- | | |
|-----------------------------|-----|
| a. 古中生代 (Triassic period) | 三疊紀 |
| b. 中中生代 (Jurassic period) | 侏羅紀 |
| c. 新中生代 (Cretaceous period) | 白堊紀 |
4. 新生代 (Neozoic era)
- | | |
|--------------------|--|
| a. 第三紀 (Tertiary) | |
| i. 古成統 (Eogene) | |
| α. 曉新世 (Paleocene) | |
| β. 始新世 (Eocene) | |
| γ. 漸新世 (Oligocene) | |
| ii. 近成統 (Neogene) | |
| α. 中新世 (Miocene) | |
| β. 鮮新世 (Pliocene) | |
-

(註一)寒武利亞,志留利亞,泥盆,侏羅均爲日本之音譯名詞。因日人讀“寒武”兩字爲“Kambu”之發音,“志留”兩字爲“Shiru”之發音,“泥盆”兩字爲“Debon”之發音。(日人於b,v之發音,多不能區別,如讀“Violin”作“Baiolin”之類,故讀“Devon”爲“Debon”。)我國可否採用日本之地質時代命名,尙待研究。北京地質調查所遵採用之,且對讀者又不先事說明,似欠斟酌。不知日本人之漢字發音者,當然不明“寒武”等名詞爲意譯耶?抑音譯耶?對於地質的時代之命名,容後當爲詳細之討論。

b. 第四紀 (Quarternary)

i. 洪積期 (Diluvial epoch)……冰河期

ii. 沖積期 (Alluvial epoch)……現代

間有學者於古生代中之 Cambrian 及 Silurian 間,加增一時代,曰 Ordovician,以 Silurian 之最下部一部分之地層屬之。如必採用此時代,可試譯爲「次舊古生代」。但余仍主張歸併於 Silurian 內,較爲便利也。

(III) 各學者所測算之地球年齡

地球之年齡數,不但不能精密計算,即各學者所推算之數亦極相懸隔,莫知誰從,今將各學者名及其所推測之年齡數,列舉之如次:

學者姓名	地球年齡數
Phillips (1860)	96000000
Huxley (1896)	100000000
Croll (1889)	72000000
De Lapparent (1890)	90000000
Mc Gee (1893)	158400000
Walcott (1893)	45000000-70000000

Reade (1893)	95000000
Sederholm (1897)	35000000-40000000
Geikie (1899)	73000000-680000000
Joly (1908)	80000000
Sallas (1909)	80000000
Dana	48000000
Wallace	50000000
Lyell	240000000

此中 Croll 及 Reade 兩氏,是以削磨速度為標準而推測地球年齡者也。

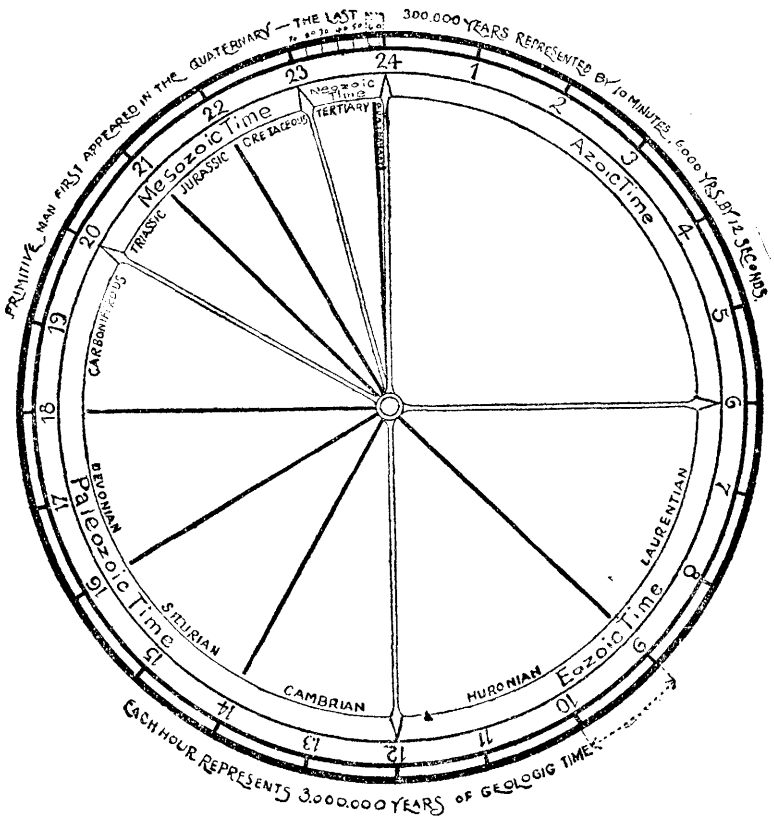
Edward A. Martin 氏,據各方面之觀察,則謂地殼成立以來,既經過 3250000000 年矣。因地層平均 700 年,可以增厚一呎 (Foot)。岩石愈古,則愈受壓縮,故亦愈薄。若以炭層之厚薄為標準,計算各地質時代之年數,則古代地層非加增年數不可也。今應用 Sollas 氏之計算,略測各地質時代之年齡,但 Devonian 以前之時代,因受壓縮,酌加增實測年數之百分之五十; Carboniferous, Permian 及 Triassic 則酌加 25%; Jurassic 至 Aligocene 加增 10%; Miocene 以後只照原層厚計算;遂得下表:

由無生代初期至 Cambrian 前	86100000 年
Cambrian	16800000 ,,
Ordovician	17850000 ,,
Silurian	15750000 ,,
Devonian	32100000 ,,
Carboniferous	21000000 ,,
Permian	10500000 ,,
Triassic	11775000 ,,
Jurassic	6150000 ,,
Cretaceous	10780000 ,,
Eocene	9540000 ,,
Oligocene	9540000 ,,
Miocene	6300000 ,,
Pliocene	3500000 ,,
Diluvial	2800000 ,,
合計	260485000 年

又去年正月出版之 “The Weekly Journal of Practical Information”, 載有地質年代圖表, 曰 Geologic clock. 假定地質的時代之全年數, 爲二十四小時, 各時代之時間分配如次:

太古代……六小時……代表 10800000 年
 始生代……六小時…… ,, ,, 10800000 ,,
 古生代……八小時…… ,, ,, 14400000 ,,
 中生代……三小時…… ,, ,, 5400000 ,,
 新生代……一小時…… ,, ,, 1800000 ,,

二四小時 代表 43200000 年



又新生代之1800000年,第三紀占去六分之五,第四紀占六分之一,即三十萬年,此最後三十萬年,始有人類生存之時代也,就此圖表觀之,不過十分鐘而已,有史時代至今日最多不過六千年,僅十二秒鐘耳,人生平均五十歲,適當十分之一秒,吾人攝影光度較強之物體,常用十分之一秒之露出時間,真一瞬耳,然則吾人又何暇嘲朝菌之不知晦朔,蟪蛄之不知春秋耶!

(IV) 測算地球年齡之學說及標準

(1) 達爾文 (Darwin) 氏說:

進化論大家達爾文氏,曾視察英國東南部地方 Kent 河之變遷,謂此河果係由今日之緩慢的浸蝕作用而成,則此 Kent 之發達,當既經過三億年,此年數僅地球年齡之一小部分耳,然則地球成立後經過之久遠,可想而知。

此說之錯誤,是誤解浸蝕作用為一定不變之作用,不知浸蝕作用常因地形之變遷而有緩急,一般地形在不安定之少年期 (Young valley) 內,其浸蝕破壞作用,最為急激,至中年期 (Mature),其勢較緩。

迨至老年期(Old),地形較爲平坦,無急速起伏之陵谷,此期內浸蝕作用極緩慢,達爾文氏所觀察之 Kent 河浸蝕作用,既達此老年期;因老年期之緩慢浸蝕作用,遂謂往昔少年期之浸蝕作用,亦如是之緩慢,不合理也。

(2) 以岩層爲標準之測算:

此方法之實驗,多就砂岩層,黏土層及介殼岩層等而爲研究,先測此等岩層在海底沈積一呎所要之期間,然後用以推算全地殼岩層成立之年數,其所得結果,亦因人而殊,英國某地質學會席上,有 Suffolk 氏者,曾演講謂英國之紅苔拉層 (Red crag) (註二)之沈積,須費三百萬年,但有一批評家評之曰:『若據海岸砂層堆積之種種統計而平均推算之,則此紅苔拉層厚,二星期間,即能堆積,非奇事也。』『三萬年與二星期!』專門外人聽之,其將謂地質學家言爲虛妄乎!

更引一例,即 Prof. A. Winchell 曾以 Niagara 瀑布 之退却率,及 米西西比河三角洲 (Delta) 之發達率

(註二)英國之第三紀鮮新代中部地層,最厚處約十二公尺 (Meter),鐵紅色之砂層也。

爲標據,亦謂地殼成立以來既經三百萬年。

有名之 Sir Archibald Geikie 氏,亦謂陸地平均一呎厚之浸蝕率,約七百三十年至六千八百年不等。地球上之水成岩層厚,平均約十萬呎,故其成立以來,經過之期間,約七千三百萬年至六億八千萬年 (73000000-680000000)。

此以地層一呎之沈積所要之年數爲標準之方法也。忽略次舉諸項,是此方法之根本的錯誤。

(a) 年數超過一定數以上,再不能爲正確之計算。且河口港灣之沈積率,較其他地方急速。例如 Falmoth 港百五十年間,沈積四十二呎之厚,尼羅河(Nile)三角洲,則三百二十年間,僅積一呎。至平靜海底,即一時 (Inch) 之沈積,亦有費數千年者。且陸上河流,一年之間,平均運搬若干沈積物至海,極難測定。從前曾有學者,以米西西比河,萊因河及波河(Po)三河流之運搬量爲根據,推測得全地球每年由陸流入海之物質(合砂黏土等之固形物質及水中溶解之物),平均約 9,000,000,000 噸。但運搬至海之量,因河而異。如米西西比河流域,較尼羅河略寬耳;而運搬量竟達尼羅河之六倍。如此等差異,欲強爲平均,不特

不能得正確之數，亦不可能也。

(b)其次須考慮者，即如第三節所述，凡沈積物經年代久遠者，多受壓縮，故其質漸堅，岩層亦薄減，若合新岩層同樣推算，則其真確年數，必不可得。即欲酌加年數，亦無一定可循之率，第三節所舉列各舊地層厚所增之百分率，亦不過一種之推測耳。Z. W. Gregory 教授至謂古沈積層之厚，平均約當沈積層當時之厚之四分之一或五分之一者，不鮮也。

(c)由地質的時代言之，地殼比較的在近代，多起變動，造山作用，其一例也，如希馬拉耶山脈，安的斯山脈 (Andes) 現今仍在隆起，未達安定狀態。至太古代以後至第三紀以前，其間地殼之變動較少，當在靜穩狀態，故以現代變動繁盛時代之沈積率，推古代靜穩時代之沈積，亦不合理也。若強以此方法略推算地球年齡，則唯謂〔地球年齡在三百萬年至六十億年 (3000000-6000000000) 間〕可也。

(3)以海水中鹽分爲標準之測算：

此方法係1715年以Halley彗星得名之天文學者Halley氏所提倡，其後Joly教授，G. F. Becker博士等諸氏繼用此法，以研究地球之年齡。

河水中溶解有種種物質，其較重要者，為碳酸石炭，硫酸石灰，食鹽，硅酸，氯化鉀 (KCl) 等，此外尚有 Fe, Mg 等鹽類。然則此等物質，每年由河流入海之平均量如何？據泰晤士河 (Thames) 之研究結果，謂一年間由河運搬至海之溶解物質總量，約十五萬噸。其三分之二為碳酸石灰 (CaCO_3)，所餘大部分為硫酸石灰 (CaSO_4)，食鹽約四萬二千噸而已，為數至僅也。

此等物質中，如石灰分，供動植物之攝取，作介殼及骨骼等。硅酸亦然。Fe 及 K 等，作一種名 Glauconite 之礦物，沈積海底。獨食鹽 (NaCl) 存留，溶蓄水中。現今海水中所有 NaCl 之總量，實有 12000000000000000 噸以上，而一年間由河流入量約 156000000 噸。若海水當初全係淡水，且以前之地質時代亦與今日同，每年注入同量之鹽分，則以後數除前數，得年齡之數為 77000000 年。但以 KCl 之量為標準同樣計之，則僅得 1200 年。縱謂 KCl 之一部，化為 Glauconite，然其年數之懸隔，亦當不如是之甚也。

此方法仍不免遇着次舉之數困難問題：

(a) 據一般地質學家言，則始原海 (Primeval

ocean) 非淡水海,亦如今日之海,含多量之鹽類。若謂海中鹽類,悉由河水運搬而來,則海中所有鹽類間之比,當與河中所有鹽類間之比同值;但事實上則反是,即河水中之鹽類,大部分為 CaCO_3 ,而食鹽(NaCl)為量反甚僅也。

(b) 全地質時代間,世界上各大河運搬至海之鹽分,是否同一比例?

(c) 前地質時代之水陸分布及降水量等,是否全與近代同?

(d) 據 Becker 博士之說,謂前地質時代火成岩之露出區域較廣,此等火成岩,富有鹽分,故前地質時代由川河流入海之鹽分,當較近代為多。

(e) 海底沈積中,亦藏有鹽分,其量不明。

有此種種理由,故以海水中之鹽分為標準之推算,仍不能得滿足之結果。Joly 氏費種種苦心,多方計算,所得結果,謂海之年齡為 80000000 年至 100000000 年間。Becker 博士則以為 70000000 年,其後 Holmes 更精密計算之,得數為 210000000 年至 340000000 年間。

(4) Kelvin 及 Tait 之說:

有名之物理學者 Kelvin 氏,由太陽之放射熱作

用,推得太陽之年齡,尙在一億年以內.地球發現在太陽之後,故地球年齡數當更減少.又同時氏更以地熱增溫率爲根據,推算地殼年齡數大於二千萬年,而小於四億年,因約定爲一億年.至 1876 年,減其數爲五千萬至九千萬年.至 1897 年,更減其數爲二千萬年乃至四千萬年.

又植物學大家 Tait 氏,於 1875 年,發表『地殼冷卻後,發生最下等植物以來,其經過僅一千萬年』之說.較之 Kelvin 所主張之地球年齡,更爲短少.由地質學上之種種事實觀察之,斷不能承認地球年齡爲僅一千萬或二千萬年之短期也.

Kelvin 乃以『熱在地球內部及地殼岩層中,其傳導力相同』爲根基,爲計算者也.其後種種之研究,既證明地球內部之傳熱力,較地殼岩層之傳熱力爲大.據 Perry 氏之說,謂四哩 (Miles) 深處之傳熱力,十倍於其表面之岩層.故由增溫率推算地球年齡,其數亦當達 10000000000 年也.

(5) 以放射能 (Radioactivity) 物質爲標準之測算:

上述之太陽放射熱說及地熱增溫說,雖一時盛行;然自 Radium 發見以來,殆不值一顧.因地球之

熱，全恃此放射能物質維持之也。即 Kelvin 氏所謂原因不明之熱源問題，Radium 發見後，遂得解決。即太陽自身所有之熱，亦類有此放射能物質爲之供給也。故 Radium 之發見，不僅解決熱之來源之疑問，且亦爲推算地球年齡之直接方法也。

Uranium 礦常分解而爲種種物質，如 Helium 元素，其一也。此 Helium 元素，更經種種之變化，遂化爲鉛。故若 Uranium 徐化爲鉛，則 Uranium 愈舊，其含鉛量亦愈多。Helium 亦同。故得以 Uranium 中之 Helium 及鉛之量，以推測 Uranium 之年齡也。

由 Uranium 礦計算所得各地質時代之年齡如次：

太古代……1000000000-1600000000 年前

中舊古生代……430000000 年前

中中古生代……370000000 年前

中新中生代……340000000 年前

由 Radium 推算地球年齡者，英國中有數人。就中如 Lees 氏，謂地球冷却減溫 1°C ，須經五百四十萬年。今推定地中之 Uranium 及鉛 (Emanation 之殘滓物) 之存在量，推算得地球因化以後，既經 700000000 年。

但由熔液因化爲固體之溫度，假定爲 1360°C .

此以放射能物質爲根據之地球年齡計算法也。雖屬最新最有望之方法，然仍難得確實之結果。如 Becker 氏在 Texas 州，於同地方發見同時代之 Uranium 礦，因研究其所含鉛量，則一方所含之鉛量爲他部含量之七倍。此現象唯能以 [Uranium 生成後，受種種之變化，失去鉛之一部] 解釋之。故以放射能物質推算地球年齡，仍不可靠也。

(V) 結 論

地質學者中非無傾向 Kelvin 及 Tait 兩氏之短期年齡說者，特少數耳。由地質學上之種種現象觀察之，無論地球如何急速冷卻，地層如何急激沈積，亦決非數百萬年所能成立。多數之動物學者，亦謂地球上之動物進化發達，當既經百萬年之數百倍矣。1896 年，Poulton 在英國科學協會演講，略謂：[假令地質學者全數，盡聽從物理學者之說，贊成地球年齡短期說，單依動物學上之論據，猶足以攻駁之也！]

要言之，關於地球年齡之議論，學者間所主張，既不一致，又無確實可據之標準。且生物之發生滅

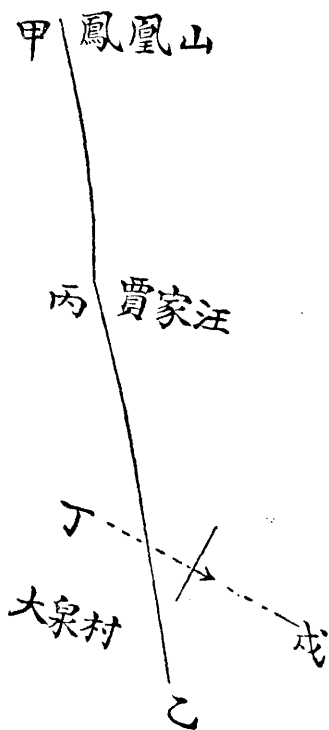
亡，亦爲漸次變遷的，非驟然發生，亦非突然絕滅，其間所經過年代，極其久遠，不能以年數計也。故地質學者述地球之歷史，不以年數計，唯別其時代之新舊而已。

一九二一年四月櫻花落後脫稿於東京旅次。

地層剖面圖上之傾斜 角及層厚之計算

昨閱北京地質調查所出版之地質彙報第一號內有賈家汪煤田地質圖，沿甲丙乙線(第一圖參照)作剖面圖(Profile)，近乙端之地層走向(Strike)，幾走南北之方向，而地層傾斜(Dip)方向略指正東，作二十二度角，因測地質圖上所示之剖面線丙乙，及地層傾斜方向丁戊間所含角度約近四十五度；故沿乙丙線之剖面上所表現之地層角度，不能以真傾斜角二十二度表之，其理甚明，乃該彙報第五十二頁之剖面圖，東南端向東南傾斜之地層，仍與水平作二十二度角，地質彙報非尋常雜誌可比，其編輯也，當甚慎重，故謂為一時作圖之疎忽，吾弗敢信；無已，其任調查者之缺少數理智識乎！不僅賈家汪

煤田地質圖，該彙報中此類不正確之剖面圖尚不少也。



第一圖

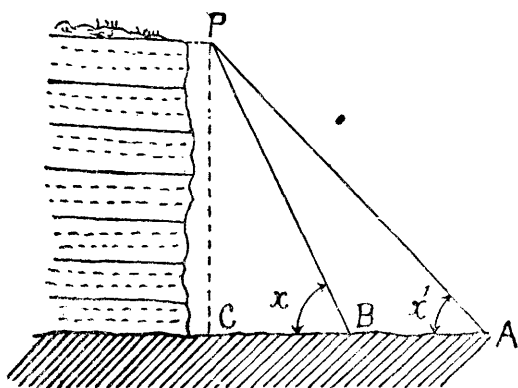
地層厚薄之確算，地層走向傾斜角度之嚴密測定，為地質調查上重要事項之一。若不注意，則不能得精密之地質圖，及剖面圖。僅將列舉調查區域內之岩石種類，示其約略之分布，及構造關係；對於層厚及角度，多敷衍了事；此不獨北京地質調查所中人有此弊，即日本學生亦多作似是而非之地質圖及剖面圖，以圖敷衍。換言之，即不將野外實在情

形切實報告，唯一任自己之空想，遇有難決問題，則避難就易，以圖速事解決；其甚者，往往不惜變既定之事實，以循自己之謬想也。地質剖面圖，本半屬想像，若仍不深加注意，則其價值全失。近日列強對燃

料問題,研究極盛,煤層油層之探測,極其注意.夫研究煤層油層,在明辨地層間之關係而已,故層厚之確算,傾斜走向角度之嚴密測定,為研究油層煤層所應最留意者也.稍一不慎,其所受損失,影響於經濟者甚大,茲將散見於各雜誌書籍,關於地層之計算數則,類集之,分記如次.

第一 層厚之計算.

- I. 地層水平,不作傾斜,如第二圖,可用普通三角術以求層厚 PC .

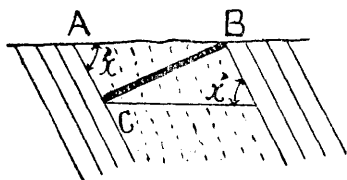


第 二 圖

- (a) 能測 BC 距離,故所用之公式為 $PC = BC \tan x$.
- (b) 若 C 為不可達之地點,不能測 BC 距離,則用次之公式:

$$PC = AB / (\cot x' - \cot x).$$

仰角 x 及 x' 均易測定者也。



第 三 圖

II. 次為地層傾斜,地表水平,如第三圖,地表 AB 略近水平,其距離易測,地層傾斜角 x 亦易測,故層厚

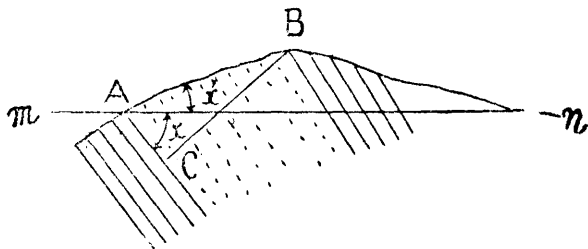
BC 得以

$$BC = AB \sin x$$

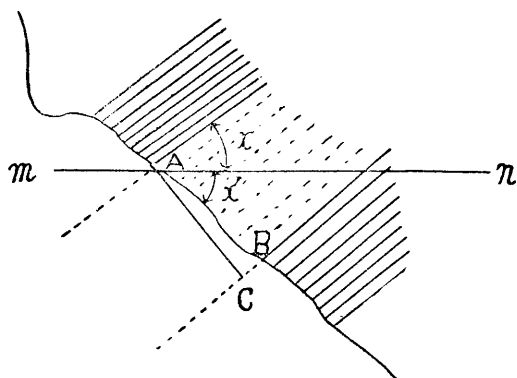
之公式求之。

III. 如第四圖,地表 AB 之傾斜方向與地層之傾斜方向反對時;須測定地層之傾斜角 x , 及地表與水平(如圖中之 mn) 所作之角度 x' , 故層厚 BC 得以次之公式求之:

$$BC = AB \sin (x + x').$$



第 四 圖(甲)



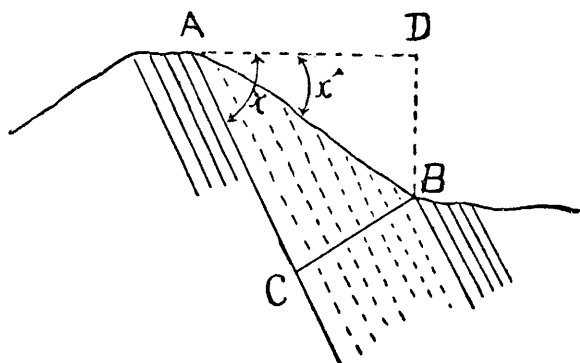
第四圖(乙)

- IV. 地表 AB 之傾斜與地層 AC 之傾斜同方向
 時(如第五圖);亦求地層之傾斜角 x , AB 距離,及
 地表與水平所作之角度 x' 後;以

$$BC = AB \sin(x - x')$$

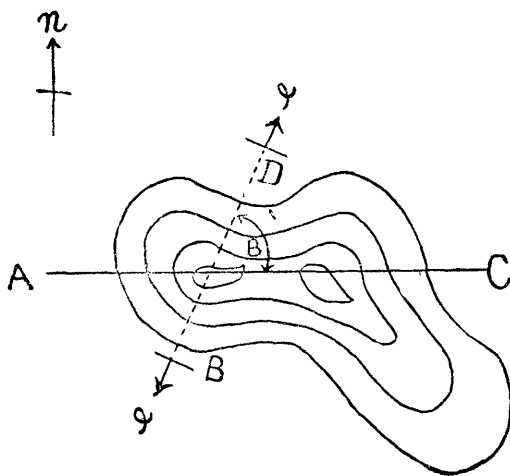
之公式求 BC 之層厚.

第二 論地層剖面圖上之傾斜角.

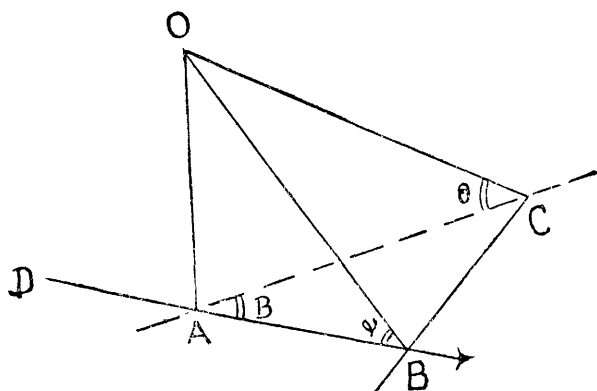


第五圖

假定第六圖(甲)爲地形圖之一部分,如傾斜走向標記 \swarrow 所示,該地爲一背斜(Anticline),地層傾斜角爲 α ,走向方向爲西北西或東南東,今若沿 DB 線即與走向方向爲垂直之方向設剖面線,則此剖面與傾斜方向一致;故所作剖面圖中所示之地層傾斜角,得以真傾斜角 α 表之,但若沿正東西方向,如圖中之 AC ,設剖面線;則所作之剖面圖中所表現之傾斜角,必不與 α 一致;因 AC 與 BD 間之角,幾達六十度以上,今假定此角爲 β ;更以第六圖(乙)爲立體的說明。



第 六 圖(甲)



第 六 圖(乙)

第六圖(乙)之 OBC 為傾斜地層面之一部, ABC 為水平面, O 為地層面上之一點。由 O 作垂線 OA 與水平面 ABC 垂直, OB 表地層之傾斜, 其在水平面上之正射影 AB , 表示傾斜之方向, 故 ABO 角, 即地層傾斜角 α 也。次由水平面內之 B 點, 作與 AB 垂直之線 BC ; 又由 A 作與 AB 成 β 角之線 AC , 與 BC 交於 C 點。聯結 OC , 則三角形 AOC 者, 即與傾斜方向作 β 角之剖面之一部也 (第六圖乙)。沿 AC 線所作之剖面之一部 ACO 角, 即剖面上所表現之地層傾斜角也, 亦即吾人所欲求之角度也。今假定此角為 θ , 由第六圖(乙), 得次之關係:

$$\tan \theta = \frac{\overline{AO}}{\overline{AC}} = \frac{\overline{AO}}{\overline{AB}} \cdot \frac{\overline{AB}}{\overline{AC}},$$

$$\therefore \tan \theta = \tan \alpha \cos \beta.$$

式中之 α 及 β , 均可以實測而得者也。茲舉一二例以明之。

- (1) 地層之傾斜角 α 為六十度, 其方向與剖面線之方向在圖上作三十度, 即第六圖之 β 為三十度; 表現於剖面上之地層傾斜角如何?

$$\tan \theta = \tan 60^\circ \cos 30^\circ = 1.7321 \times 0.8666,$$

$$\therefore \theta = 56^\circ \text{ 或 } 57^\circ.$$

- (2) 地層之真傾斜角 α 為六十度, 其方向與剖面線間之角 β 為四十五度; 表現於剖面上之地層傾斜角如何?

$$\tan \theta = \tan 30^\circ \cos 45^\circ,$$

$$\therefore \theta = 51.1^\circ \text{ 或 } 51.2^\circ.$$

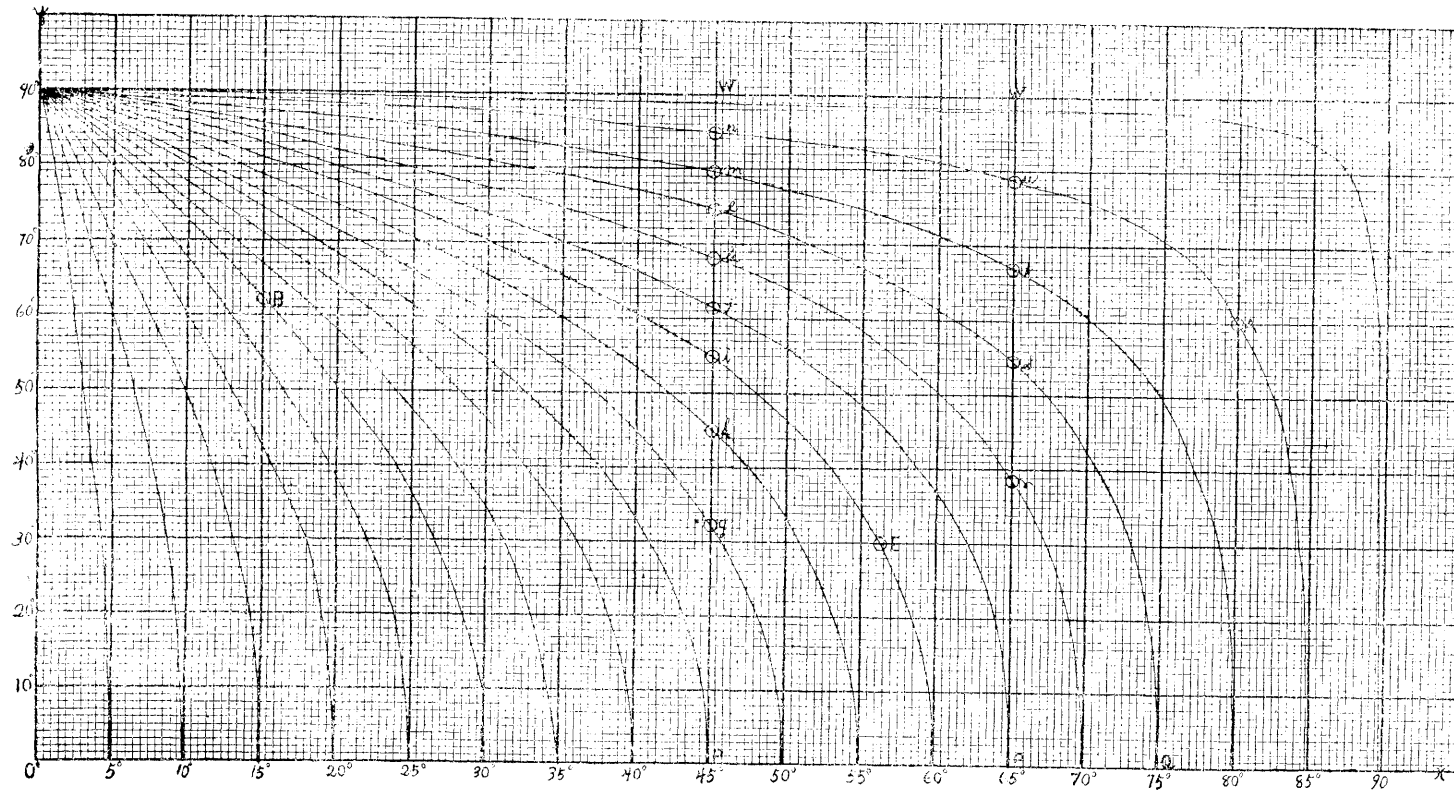
上舉之 $\tan \theta = \tan \alpha \cos \beta$ 式雖簡單, 實際之運算, 則甚繁難, 因一一須按索三角術用之對數表, 轉折乘除, 不易得正確之結果。日本理學博士河村幹雄氏, 為便以檢索起見, 以 $0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, \dots, 90^\circ$ 諸度數代 α 及 β , 以求 θ 之值, 並以曲線表之, 如第七圖。

圖中有線三種：

- (i) 橫線，即與 ox 軸平行之線，其數九十，線間距離，表 β 之度數（每兩線間之距離表一度）。
- (ii) 縱線，即與 oy 軸平行之線，其數有百八十，線間距離表 θ 之度數（每二線間之距離表半度）。
- (iii) 曲線，沿此等曲線，可以追索 α 角度於 ox 軸上，即 α 與 θ 之度數，同列於 ox 軸上。

今舉數例以明其用法：

- (i) 既知 α 及 β ，求 θ 。今就 $\tan \theta = \tan 60^\circ \cos 30^\circ$ 之例言之，則 $\alpha = 60^\circ$ ， $\beta = 30^\circ$ 。第七圖中，由曲線表 α ，橫線表 β ；故於圖中先覓 60° 之曲線與 30° 之橫線相交之點 E ，由 E 點沿縱線追索至 ox 軸上，得五十七度，故 $\theta = 57^\circ$ 。
- (ii) 既知 θ 及 β ，求 α 。今假定 $\beta = 60^\circ$ ， $\theta = 80^\circ$ ，即斷面線與傾斜方向間為六十度，斷面上所表現之地層傾斜為八十度，求地層之真傾斜角。
先覓六十度之橫線與八十度之縱線之交點 A ，由 A 點沿曲線追索至 ox 軸上，得八十五度。故地層之真傾斜角 α ，為八十五度角。
- (iii) 既知 α 及 θ ，求 β 。例如炭坑壁所表示之傾斜角



第七圖

爲十五度，由傾斜儀(Clinometer)實測得之地層傾斜爲三十度；問坑道與地層傾斜方向作若干度角？

先覓十五度之縱線與三十度之曲線之交點 B ，由 B 點沿橫線追索至 oy 軸上，得六十二度，即所求之 $\beta = 62^\circ$ 也。

至如地質彙報所載之賈家汪煤田地質圖(第一圖參照)，地層之真傾斜約等於二十度(註一)，剖面線(如第一圖之乙丙)與地層傾斜方向間約四十五度；若由第七圖求 θ 之角度，約得十四度半，即該彙報第五十二頁之剖面圖東南端所示之地層傾斜，當較二十二度更險急也。

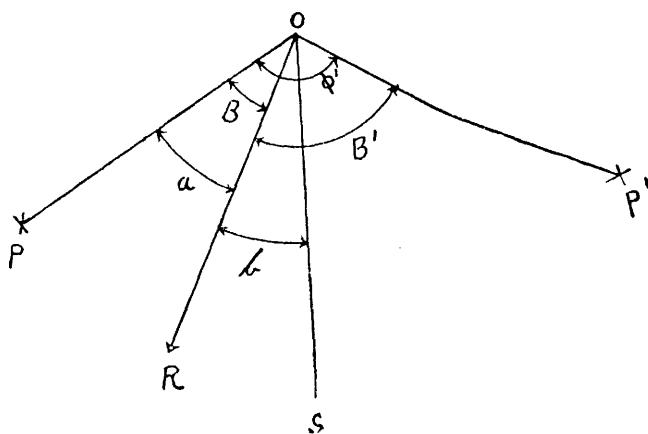
又在野外常遇無剖面之露出，即絕無安置傾斜儀地位，難測地層之真傾斜角時；則唯就地層之露出部分，測其外觀上之傾斜角方向，由圖上決定其真傾斜角及方向。

第八圖之 OP 及 OP' ，爲在 P, P' 二地點所測得之

(註一)第七圖中之曲線，以每五度爲最小限度，無 $\tan \phi = \tan 22^\circ \cos 45^\circ$ 之曲線，其實每一度作一曲線，亦不難求，但所作成之圖表，反不明瞭也。

外觀上之傾斜方向，假定 POP' 角 = ϕ 。又在 P, P' 二地點所測得之外觀上之傾斜角為 θ 及 θ' 。

具有上舉之數條件，得利用第七圖之曲線圖以決定地層之真傾斜角及方向。其法先在 ox 軸上取 θ 及 θ' 二縱線，此二縱線必與數曲線相交，其中有僅與一縱線相交之曲線，亦有與二縱線均相交



第八圖

之曲線，捨前者而取後者。由後者與曲線相交之二點，沿橫線追索至 oy 軸上所得之角度，假定為 β 及 β' 。若此 $\beta + \beta' = \phi$ ，則此曲線即所求之曲線也。由此曲線追索至 ox 軸上，得真傾斜角 α 。又在 oy 軸上索得 β 及 β' ，即 OP 及 OP' 與真傾斜方向所作之角

度也。故得於由圖上決定真傾斜方向。今以例明之。假定 $\theta = 45^\circ$, $\theta' = 65^\circ$, $\phi = 130^\circ$ 。先在第七圖中 ox 軸上 45° 之 P 點, 及 65° 之 P' 點, 各作垂線與 oy 軸平行, 得 PW 及 $P'W'$ 二縱線, PW 縱線與曲線之交點為 g, h, i, j, k, l, m, n 等; $P'W'$ 縱線與曲線之交點為 r, s, t, u 等。與縱線有二交點者, 僅 kr, ls, mt 及 nu 四曲線也。

(i) kr 曲線之 $Pk + P'r = 68^\circ + 38^\circ = 106^\circ \neq \phi = 130^\circ$

(ii) ls 曲線之 $P'l + P's = 75^\circ + 55^\circ = 130^\circ = \phi$

(iii) mt 曲線之 $Pm + P't = 80^\circ + 67^\circ = 147^\circ \neq \phi$

(iv) nu 曲線之 $Pn + P'u = 85^\circ + 79^\circ = 164^\circ \neq \phi$

此四曲線中唯 ls 曲線能滿足 $\beta + \beta' = \phi$ 之條件, 故由此曲線追索至 ox 軸上, 得七十五度, 即地層之真傾斜角也。又在圖上作 $POR = \beta = 55^\circ$ 及 $P'OR = \beta' = 75^\circ$, 則求得之 OR , 即真傾斜方向也。

此法亦得以算式求之如次, 即:

$$\tan \theta = \tan a \cos \beta \dots \dots \dots (I)$$

$$\therefore \tan \theta' = \tan a \cos \beta' \dots \dots \dots (II)$$

今 $\beta' = \phi - \beta$,

故由 (I) 及 (II) 得

$$\tan \beta = (\tan \theta' \cot \theta - \cos \phi) \sin \phi \dots \dots \dots (III)$$

即得真傾斜方向與 OP 間之角度，次由 (I) 得真傾斜角 a 。

若作 POP' 角之等分線 os ，則

$$\phi/2 = a, \text{SOR} = b,$$

故從 (I) 式

$$\tan \theta = \tan a \cos(a - b) \dots \dots \dots (IV)$$

$$\tan \theta' = \tan a \cos(a + b) \dots \dots \dots (V)$$

$$\therefore \frac{\tan \theta}{\tan \theta'} = \frac{\cos(a - b)}{\cos(a + b)}$$

$$\therefore \frac{\tan \theta - \tan \theta'}{\tan \theta + \tan \theta'} = \frac{\sin a \sin b}{\cos a \cos b}$$

$$\therefore \frac{\sin(\theta - \theta')}{\sin(\theta + \theta')} = \tan a \tan b$$

$$\therefore \tan b = \frac{\sin(\theta - \theta')}{\sin(\theta + \theta')} \cot a \dots \dots \dots (VI)$$

由此 (VI) 式，得 b 之角度，可定真傾斜方向。次以 b 代入 (IV) 或 (V) 式，得求真傾斜角 a 。

一九二一年六月十四日脫稿於日本東京帝國大學地質教室。

岩漿之分體

日本 渡邊萬次郎 著

構成地殼之各種火成岩 (Igneous rocks), 悉由岩漿之分體 (Magmatic differentiation) 而來; 岩漿 (Magma) 乃一切岩礦之源也。治岩礦之學而不明岩漿之分化, 猶治生物學而不研究發生學也。此篇載 日本雜誌 [理學界] 第十七卷第一第二號。譯者喜其敘述簡要, 說理明晰, 故不揣鄙陋, 譯之以貢同好。海內同志, 讀此篇後, 更進而爲高深之研究; 是譯者所希望也。

(I) 緒言

當岩漿冷却固結時, 常變其成分, 別爲部分, 作成異種之火成岩。此現象稱之曰 [岩漿分體]。此 [岩漿分體] 之存在, 今日學。者間, 仍爲一種疑問, 尙待解決,

至關於〔岩漿分體〕之生成原因及其作用等之詳細理論，則不爲不多，即本篇所欲摘述者也。

(II) 岩漿分體之證跡

足以使吾人深信岩漿分體之事實的存在之證跡不鮮。試先察地球上各地之貫入岩 (Intrusive rocks)，明係僅由岩漿一回之貫注而生成之岩石，因部分不同，成分遂異。其中最易察知者，即愈近邊緣部分，則硅酸(SiO_2)之量愈減。例如作大饅頭狀之餅磐 (Laccolith)，其中心部若爲石英斑禰岩 (Quartz gabbro)，漸達外緣，則石英從之漸失，迨至外部，硅酸愈缺，遂變爲一種富有鑄鐵礦 (Illmenite) 之斑禰岩 (Cumberlandite，據 Harker 氏之說)。或又中部爲以亞爾加里長石 (Alkali feldspar) 爲主要成分之閃長岩 (Syenite)；漸達周圍，輝石 (Pyroxenes) 漸多，遂變爲一種之尙京岩 (Shonkinite)；更出外部，硅酸之量愈減，有變爲含多量白榴石 (Leucite) 之玄武岩 (Basalt) 者。美國之 Montana 州 Shonkin Sag 之岩石，其實例也 (據 Weed 及 Pirsson 兩氏之說)。又如日本常陸太田町東部 (機初村字西堂平) 之火成岩，其中部爲全缺長石及石英，

單以角閃石(Hornblende),輝石及橄欖石(Olivine)爲主成分,頗缺硅酸之Cortlandite岩;漸達北方邊部,先失橄欖石,代以長石,變爲斑糲岩狀(Gabbroic)之岩石;次失輝石,變爲以斜長石(Plagioclase)及角閃石爲主成分之閃綠岩(Diorite);迨至邊部一二尺間,多含石英,成一種花崗岩(Granite),如此極端鹽基性岩石(Basic rock),漸出外部,漸增酸性之例,本尠;此著者曾視爲深有趣味之問題,而自爲觀察者也。此等部分的變化,全係漸次變遷的,不能明認各部之界別;以「異成分之岩漿按次貫入」爲解說,固難;以「異成分之數種岩漿,同時貫入同一場所,並不混和,且無接觸界線,自然排列成一規則的同心層狀」爲說明,尤難;故以「充滿一定場所之單一岩漿,漸次擴張,因其擴張之遠近不同,遂漸次異其成分」解釋之,較近理也。

次則同一火山中流出之熔岩(Lava),其成分亦常有變化。日本大井上氏謂介居陸中陸前兩地之栗駒火山之熔岩中,其最古者爲角閃複輝石流紋岩(Hornblende two pyroxenes liparite),例如巖美及砥澤兩地之熔岩是也。次爲輝石安山岩(Augite ande-

site), 例如天下川, 柱川兩地熔岩是也。次爲橄欖石安山岩 (Olivine andesite), 例如策森馬糞岳, 大日岳各地熔岩是也。最後純爲玄武岩, 例如劍山熔岩是也。此由同一源流, 生成種種異成分之火成岩者, 蓋地中既先起岩漿分體之作用, 成各種異成分之部分, 按次流出也。此種解說, 似較合理。

又巨大貫入岩之周圍, 常枝生多數岩脈(Dyke)。其中有全與貫入岩本體同成分者, 有與貫入岩本體異其成分者。例如花崗岩之周圍, 常有成分類似之石英斑岩 (Quartz porphyry) 或微花崗岩 (Microgranite) 等之岩脈。但最普通者, 多係較花崗岩更富有硅酸之半花崗岩 (Aplite) 或字紋花崗岩 (Pegmatite), 缺少黑雲母 (Biotite), 角閃石 (Hornblende), 輝石等之有色成分 (Mafic) 之岩脈; 然有時又爲富有此等有色成分, 反缺石英及長石之岩脈; 如輝斑岩 (Lamprophyre) 等伴花崗岩作岩脈之例不鮮也。今若混合此兩種岩脈, 而取其平均成分, 則與花崗岩原成分等。故謂此兩種岩脈, 均由花崗岩漿 (Granitic magma) 之分體而成, 其生因較易說明也。

由此觀之, 同一火山流出之熔岩, 同一貫入岩

分出之岩脈，其成分尙多差異；然則同一地方之火成岩間，其有不同之點，固無待言矣。唯與他地域之岩羣比較，則同地方之火成岩，其成分上互有明顯之類似特徵，而爲區別也。如太平洋岸之火成岩中，有玄武岩，有花崗岩，有輝綠岩 (Diabase)，其性質千態萬狀，但皆乏亞爾加里 (Alkali) 及富有石灰分；此二特點則同一也。較之太西岸之岩羣，多含亞爾加里者，顯有區別也。又日本北部之火山岩，多輝石安山岩，南部之火山岩，則多係角閃安山岩 (Hornblende andesite)，或斜方輝石安山岩 (Rhombic pyroxenes andesite)。此所謂岩石區 (Petrographical province) 者是也。此種現象，所以證明火成岩之根源實皆同一，各種岩類，悉由其分體而成；猶生物之起源，同一進化而爲各種類別也。此種假說，現今學者多主張之。

(III) 岩漿分體學說之沿革

如上所述，岩石學上之種種現象及事實，得以岩漿分體之假說說明之。至其實際方法，如直接觀察，固不可能；欲爲擬做的實驗，亦不可能；不得已，僅由其他類似現象而推測之而已。茲將各學者說明

此現象之學說，分述於次。

最初倡此學說者，即著名之達爾文 (Darwin) 氏也。氏於千八百四十四年，著《火山羣島》，謂岩漿中，僅一部分成分可以結晶，此結晶部分沈降，或其殘餘部分流出之際，可由同一母岩漿，生二種之火成岩。故達爾文實為倡岩漿分體說之元祖。氏本唱動植同源說，其對火成岩當然有此見解。唯有岩漿之部分的結晶之假說，則誠氏獨有之卓見也。

次為有名之本生 (Bunsen) 氏，於一八五一年，倡火成岩二源說，假定為粗面岩質岩漿 (Trachytic magma) 及玄武岩質岩漿 (Basaltic magma)，因此二者混合之程度不同，遂生種種火成岩。

至一八五三年，Waltershausen 氏則謂地球內部之岩漿，因比重之差異而成層狀。假定愈在內部，則愈為鹽基性 (Basic)；岩漿之流出有深淺，故其鹽基性程度亦生差別，遂成為各種火成岩。Durocher 氏之主張，亦類此說。至一八五八年，Von Cotta 氏則謂地殼大部分以硅酸質之岩石構成，故其內部多硅酸鹽類之岩漿，此岩漿貫地殼上昇時，地殼一部分為所熔解，遂生種種之岩石。此兩說與今日 Daly 氏等

所主張之〔地球比重的成層說〕,及〔岩漿之熔解同化作用之分體說〕,大有吻合之點。

但至一八八八年, Teal 氏則應用 Soret 氏原理,以推論岩漿,謂由溫度之部分的變化,純岩漿中其成分亦生部分的變化。倡此新岩漿分體說。

次年,即一八八九年,岩石學大家 Rosenbusch 氏倡有名之核說 (Kern theory)。假定岩漿為可分為不互相混和之數部分。此說及〔岩漿因溫度之下降得分為不可混性之二種岩漿說〕, Daly 氏等均主張之。

以上所舉,為種種火成岩起源之學說中之代表的學說也。大別之如次:

(I) 由單一岩漿而為分體之說。即岩漿分體說 (Theory of magmatic differentiation)。

(a) 結晶生成以前為分體之說。

(1) 因溫度差異而為分子的擴散之說。

(2) 因比重差異而成層之說。

(3) 因溫度下降而分離為不可混性岩漿羣之說。

(b) 岩漿中主成分結晶後,因其局部的集中而為分體之說。

- (1) 因結晶之沈降積集,或浮游積集而爲分體之說.
- (2) 因殘餘岩漿(不結晶部分)迸出而爲分體之說.
- (3) 因對流作用,最初一部分結晶成分集於邊緣部分之說.
- (4) 因分子擴散作用,最初一部分結晶成分專集於邊緣部分之說.
- (II) 有二種母岩漿,由其混合而成分體之說,即岩漿混合說 (Theory of mixed magma).
- (III) 因岩漿熔解同化其他岩石,而爲分體之說,即岩漿熔融同化說 (Theory of magmatic assimilation).
- (II) 與(III)雖非岩漿分體說,欲互爲比較,故略述其梗概,今試將上舉諸說一一分述之.
- (IV) 因溫度差異而爲分子的擴散之分體說(即根據 Soret 氏原理之分體說)
- 鹽基性礦物,多集中於岩脈或餅幣之貫入岩塊之邊緣部分,此岩漿分體事實中,人所熟知者也.

常用以說明此種現象者爲 Soret 氏之原理 (Soret's principle)。氏之實驗，入種種鹽類之溶液於直立管中，熱管之上端，使保有攝氏八十度，下端保有攝氏二十度之溫度，此狀態保持約五十日間，則常見鹽類之分子，擴散於溶液中，漸次集於冷却部（一八八一年），最先應用此實驗於岩石學者，爲 Lagerio 氏。氏當時據本生氏之說，以岩漿爲一種溶液，故謂 Soret 氏之實驗結果，可適用於岩漿。〔由岩漿中，應先結晶之鹽基性礦物，集中於冷却面附近之邊緣部者；〕與〔由水溶液中，應先分離之鹽類，當冷却之際，集於冷却部者；〕同一理也。此假想，Teal 氏所著之岩石學中（一八八八出版），力主張之。其第三六九頁載：〔均質的溶液者，限於溫度平衡時始能保其均質。若溫度失其平衡，則溶液亦失其均一性。此溶液中，將飽和之一種或二種以上之化合物，自凝集於冷却部。此重要原則，爲 Soret 氏所確立，稱曰 Soret 氏原則。〕又四〇三頁明載：〔Soret 氏原則，可適用於深成岩 (Plutonic rocks)。均質之熔融體，亦因冷却途中，一部分成分擴散之故，變爲不均一也。故中性岩漿，亦得分爲鹽基性岩漿及酸性岩漿也。〕其後此假說，Iddings 氏等

亦主張之，一時大得勢力之學說也。

但此假說，實有數謬誤之點。

- (1) Soret 氏實驗，可施於稀薄之水溶液，至如岩漿之濃厚溶液，實難同樣適用。
- (2) 據此實驗，水溶液中之各溶質之絕對濃度，雖因部分或為變化；但各種鹽類濃度之相互的比，決無大變化，況岩漿之中，孰為溶質，孰為溶媒，不能明認也。

以上二項，乃一八九三年 Bäckström 所提出之反駁論之要點也。

至一八九七年，Becker 氏亦極力反對分子擴散說。Becker 氏贊同 Bäckström 之說外，更加以第三反對說，即

- (3) 對流作用之存在，實為分子擴散作用之一大障礙。
- (4) Harker 氏亦謂，即使此現象成立，其分量當甚僅也。
- (5) Michel Levy 氏等亦謂岩漿之黏度過大，縱使此現象有效，亦需長久之期間。

以上均據 Soret 氏原理，而否定分子擴散說者

也。

如 Teal 氏之說，用於說明「岩脈或堆磐之邊緣部分富有鹽基性礦物」之理由，實有兩重誤點。

(I) Soret 氏原理之本義，非必指「由溶液將飽和結晶而出之物質集中」而言，例如入稀薄之食鹽水溶液於直立管中，上下兩端溫度，使有差等，後漸次使之冷卻，此時先在冷卻部分結晶者，冰也；且集中於此部分者，乃尚未達飽和之食鹽。此 Teal 氏對 Soret 氏原理，誤其解釋也。

(II) 今姑措 (I) 之誤點勿論，但岩漿中先結晶而出者，亦非必限於鹽基性礦物也。故欲據 Soret 氏原理，以說明此事實，則 Teal 氏所說，非根本的改變不可。

Harker 氏則捨 Soret 氏原理；合分子擴散作用，及部分的結晶作用，而為一說。此偏重部分結晶作用，非本節之範圍，容後述之。

(V) 因比重差異而成層之分體說

構成溶液之各物質，比重不同，則由上部至下部，其成分漸次變更。比重大者，集於下部，成漸次變

遷之層狀。Goup 及 Chaperon 兩氏研究熱力學所用食鹽水溶液，既呈此現象；唯所用水溶液，至少須達百公尺之深，始能明認。至就岩漿而論，此影響能達至何程度，雖不可知，但 Harker 氏則明記有「岩漿較之水溶液，其重力影響更大，此由實驗方面得有可信之積極的證跡」一節；且引有名之 Morozewicy 氏之實驗爲證，並論曰：「就此一點，玻璃製造工業的操作，實有足以資益吾人者也。」即一八九九年，Morozewicy 氏取花崗岩之粉末約二磅，熔解於坩堝(Crucible)中，冷卻之後，其上下兩部，別爲分析，則上部含硅酸之量極多，其他成分集積下部；且鐵，鎂，石灰等成分，較之亞爾加里，尤趨積下部；此明示比重大者集中於下部也。又通常製光學用玻璃時，混和之法若不適當，則下部較上部之屈折率大，欲求其性質均一，本非易易，人所熟知也。

但據最近 Bowen 氏在戰時用光學玻璃工場之精細研究，玻璃之所以生不均一性者，非均一之熔融體內所起之變化；乃因先熔解之物，沈降於未熔解之固體間，或因熔解後之餘剩固體，昇浮於熔解物中，而起因者也。由此作用所生上下兩部分之差

異，因擴散作用不充分，不能消失；若與以充分擴散之時間，則此不均一性，自然消滅。即上記之不均質，乃因固體與液體共存之際所生之現象，決非液體自身內所起之現象也。故全然熔解之後，經時愈久，則此不均一性，亦逐次減少。此明與Goup及Chaperon兩氏之現象，正成反對。據此現象，實難說明玻璃之不均質之明證也。又據Morozewicy氏之實驗，熔融體上部，尚有石英殘存。由是觀之，以前述之不均一性原因，歸之於此等石英之昇浮可也。且上下兩部氧化鐵之分量，反較原岩石為多，謂係坩堝一部分熔解亦可也。此點亦有待充分研究之餘地。

總之〔結晶未生成之先，因各成分比重不同，岩漿中遂生部分的變化〕之說，不獨無確實之證跡，且遇多數之反駁也。

(VI) 因溫度下降而分離為不可混性 岩漿羣之說(即Liquation說)

以上諸說皆默認〔岩漿不拘溫度如何，互能完全溶解〕，且假定〔分體作用全非岩漿自身因分子之運動，分離為區界明瞭之二液相〕也。但一八八九年

Rosenbusch 之〔核說〕發表後,岩漿分體說又別立基礎矣.氏謂岩漿中有數個含有一定成分之化合物,即氏所假定之核也.故〔岩漿者,在高溫度之下,種種之核互為溶解狀態時之物也.〕此即 Rosenbusch 氏之見解.氏曾分析多數之岩石,由所得結果,計算其原子之比,因定次列之各核:

1. (Na K) Al Si₂ 核
2. Ca Al₂ Si₄ 核
3. (Mg Fe)₂ Si 橄欖石核 (Olivine kern)
4. (Mg Fe) Si 輝石核 (Pyroxene kern)
5. Na Al Si 霞石核 (Nephiline kern)
6. Ca Al₂ Si₂ 灰長石核 (Anorthite kern)

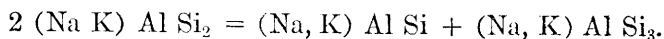
上之各核互有有限混溶度 (Limited miscibility), 隨溫度之下降而分離,分化作各種岩漿羣.其主要者如次:

岩漿名	主要之核	相當岩石
1 霞石閃長岩漿 Nephiline-syenite magma	(Na K) Al Si ₂	霞石閃長岩,響岩(Phonolite)等
2 花崗岩漿	(Na K) Al Si ₂ + Si	亞爾加里花崗岩(Alkali granite), 亞爾加里閃長岩等

3 花崗閃綠岩漿 Granodiorite magma	$(\text{Na K}) \text{Al Si}_2 + \text{Ca Al}_2 \text{Si}_4$ 及少量之 $(\text{Mg Fe})_2 \text{Si} + (\text{Mg Fe}) \text{Si} + \text{Si}$	黑雲母花崗岩 (Biotite granite), 角閃石花崗岩 (Hornblende granite), 同閃長岩, 同閃綠岩
4 斑 綱 岩 漿 Gabbro magma	$(\text{Mg, Fe})_2 \text{Si} + (\text{Mg, Fe}) \text{Si} + \text{Ca Al}_2 \text{Si}_4 + (\text{Na, K}) \text{Al Si}_2$	斑綱岩 (Gabbro) 等
5 橄 欖 岩 漿 Peridotite magma	$(\text{Mg, Fe})_2 \text{Si} + (\text{Mg, Fe}) \text{Si}$	橄欖岩 (Peridotite), 輝岩 (Pyroxenite) 等
6 Theralite 岩漿	Na Al Si_2 或 $\text{Na Al Si} + \text{K Al Si}_2 + \text{Ca Al}_2 \text{Si}_4$ 或 $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2$	Theralite, Essexite, Shonkinitite 等

(其後氏自己復否定 Na Al Si 及 $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2$ 之二核, 單重視其他四核, 且以 (3) 附屬於 (1), 並合 (4) 及 (5) 爲一類, 又將 (2) 除去, 實僅有三個主要岩漿羣。)

此等既分體之岩漿, 由其成分核之氧化物 (Oxides) 結晶, 作種種礦物。例如霞石閃長岩漿之 $(\text{K Na}) \text{Al Si}_2$ 核之氧化物爲 $(\text{K Na}) \text{Al Si}_2 \text{O}_4$, 即產白榴石 (Leucite), 或此核更分化爲二, 所產氧化物爲霞石及正長石, 其化學方程式爲:



因是各構成其相當之岩石，故據 Rosenbusch 氏之核說，岩漿因溫度之下降，常分爲互爲不可混性之二個或二個以上之岩漿羣，因惹起岩漿分體作用也。至其分離狀態究竟如何，又因如何方法各自別爲集合，則 Rosenbusch 氏並無言及也。

尙有與 Rosenbusch 氏之說相類似之假定，一八九七年 Backström 氏倡之。據此假定，對岩漿分體，能爲更平易之說明，氏謂水與 Aniline 之混和比量不論如何，若溫度達 166°C . 以上，二者互能溶解。但溫度漸次下降，則二者之混合液亦漸分爲上下兩層。例如下降至

150°C . 時， 上層混合液 Aniline 占 14 %，水占 86 %；

下層混合液 Aniline 占 76 %，水占 24 %。

100°C . 時， 上層混合液 Aniline 占 4 %，水占 96 %；

下層混合液 Aniline 占 91 %，水占 9 %。

至尋常溫度，則上層混合液僅含約 1 % 之 Aniline，幾爲純水；下層則不過含 2 % 之水，幾爲純 Aniline。水及油亦呈同樣之現象，人所熟知者也。Backström 氏謂在不發生化學反應範圍內，此現象爲一切液體混

合物之通有性，乃謂構成岩漿之化合物，獨無此性，不敢信也。氏復論 Iceland 之火山岩 (Volcanic rocks)，謂僅有玄武岩 (Basalt) 及流紋岩 (Lipinite)，而無中間性之岩石，此最適合於本說明也。氏又指摘 Soret 氏原理到底不能說明多數火成岩中存在之鹽基性團塊。唯依本說，始能解決也。如「僅礦物一部分之產品 (Crystallized out)，為機械的聚集，遂成岩漿分體之原因」說，乃限於極小規模，始可行之現象。故 Backström 氏不以為然。氏以「分體作用，起於岩漿尚全在液體狀態時之思想，較為近理，故贊成者亦衆」為前提。次力論：「以不可混性之岩漿分羣說為構成岩漿分體說之基礎，較之分子擴散說更有效力也。」

若據此種原因，則既分體之一部分，其境界當明瞭而且確實。然實際則否。由同一岩漿中分體而出之各部分間，有中間性岩石存在，其間難認何等之境界。且據 Vogt 氏之實驗結果，則凡硅酸鹽類熔融體尚完全溶合，二液相決無分離之事。故僅用此說仍難說明岩漿分體也。

然今日如 Daly 氏仍信此說。一九一四年，其所著「火成岩及其起原」之二百二十五頁，論鉀，鈉，冰，黃

磷等由液相變固相時，引用次之各說：

- (1) Tammann 氏之說，即經過〔黏性結晶〕之狀態說。
- (2) Schade 氏之記事，即 Cholesterol 由酒精溶液 (Alcoholic solution) 中結晶之前，先作液滴與原液分離。
- (3) Buchanan 氏之說，即由氯化鉀溶液，其結晶分出之前，先增容積，乃暗示新物質之生成。

後復論曰：〔由此類推，極緩冷却之岩漿，當其凝結時，需長時間，其間必有一個或二個以上之化合物生液滴或液品。〕並述：〔均質的岩漿，亦於一定溫度及壓力之下，不可不認為有分裂為互為不可混性各部分之事實。此等各部生成之當初，岩漿當為一種之乳狀液 (Emulsion)。謂主要造岩礦物之熔融體，不論比量如何，皆能混溶之記事，固不見有人深注意及之也。縱謂溫度極高，此現象將現為事實，然漸次冷却，在其成分礦物正將結晶而出時之溫度，又則全不可恃矣。既欲在如此狹小範圍之溫度，求確定之結論；又欲於長期間中，保持硅酸鹽類之混熔體者；未之有也。〕且謂鹽基性分泌物 (Basic segregations)，球顆花崗岩 (Orbicular granites) 之存在等，均足為乳狀液體狀態之證。並主張霞石閃長岩，斑禰岩

等之帶狀構造,及 Sudbury 地方之餅磐等之分體現象,亦得由此說而爲說明也。Daly 氏更引玻璃之例爲證,謂既分體之各部間有漸遷變的關係者,因黏度大之故,各部不能完全分離也。最後結論曰:「對天然之岩漿,野外及實驗室內之多數視察,皆明教吾人以信有限混溶度 (Limited miscibility) 說爲當,而無一矛盾之事實也。物理化學者不獨不否定此說,且於若何條件之下,力圖確定此現象之可能也。」

Daly 氏雖有此主張,然岩漿得分爲不可混性之岩漿羣說,著者由實驗的而被否認,尤以近年 Carnegie 研究所之人工岩漿之詳細的實驗研究結果爲然。Vogt 氏之「普通岩漿,不論溫度如何,雖長時間內保存,決不分爲二個之液相」說,今更爲一班所確認矣。一方面 Bowen 氏在光學用玻璃製造所之精細研究結果,謂玻璃所以生不均質者,不過未熔融之殘留固體,與既熔融部分之間所起之重力的調整作用之結果而已;若既全然熔融終了,則因時間之經過,反變爲均質,確認其決無分離爲二部分之現象。由此方面觀之,正與前記之說反對。又如 Bowen 氏之主張,若假定液滴有分離,則岩漿急激冷卻時,液滴

將各成爲一玻璃滴，散在於由他部分生成之玻璃中；然實驗的產物及天然熔岩中，均未發見有此種實例也。至若球顆構造，帶狀構造之說明，其道尙多。

因此普通之硅酸鹽類礦物熔融體，不論比量如何，常能任意熔解。以此等礦物爲主成分之普通岩漿，單因溫度之下降，分體爲不可混性之二岩漿說，今日不見信於一班矣。

但當深注意者，即硫化金屬若存在，與硅酸鹽類礦物相熔融，則金屬成分較易分離，此現象在普通之熔礦爐中所常見者也。Vogt氏亦於硅酸鹽類岩漿與硫化礦物岩漿間，承認有限可混性之存在，所謂岩漿分化礦牀，即歸因於此。此說極能與此種礦牀之現出狀態相符合。Hark氏於一九〇九年著《火成岩誌》，亦承認此說。且謂如鋼玉之氧化物，及如尖晶玉 (Spinel) 類之硅酸鹽類以外之物，與普通硅酸鹽類礦物間，亦有此種關係存在。此等雖未經詳細實驗之證明，不可過信，然今後或能得實驗的證明之希望，不可輕而忽之也。

尙有一事應當思考者，即發揮性物質存在之影響是也。如 Arrhenius 氏，曾假定水與硅酸鹽類岩漿

間,有前記之關係.故由多量之水及少量之特殊硅酸鹽類構成之岩漿,能由缺少水分之一般岩漿分離而得之.然據 Barus 氏之實驗,則可稱為過冷卻之岩漿之玻璃,在 200°C . 以下之溫度,猶能以任意比量與水相混溶.然則 Arrhenius 氏之說,亦似不能成立也.要言之,此問題尚待今後之大研究也.

(VII) 與部分的結晶作用(Fractional Crystallization)相伴之分子擴散作用說

以上諸說,皆主張岩漿尚全在液體狀態間,營分體作用之說也.尚有多數學者,則主張謂:「岩漿分體者,乃其內之某成分先結晶而出,此結晶與殘留之岩漿共存時,始能發生之現象也.」一般岩漿凝結之際,其各成分非同時結晶,或先或後,按一定之順序,結晶而出.此由岩石之構造觀之,及徵之於人工岩漿之實驗,可無疑也.因是先產品之礦物,單集於岩漿中之一局部,凝結而生之火成岩,較之由他部分所生之火成岩,其成分既異,則分體作用當然發生也.故先產品之礦物成分之集合方法,亦得別為種種而思考之.

第一 Harker 氏之思考，謂貫入岩漿 (Intrusive magma) 之各部，其溫度有差異，即先產品之礦物，例如 *A*，先開始結晶於比較的易冷卻之邊緣部分，故在此部分，岩漿中之 *A* 之量，較之 *A* 未分離以前之中心部，當然減少，因之在中心部之 *A* 之一部分，將向邊緣部擴散，故先結晶之礦物成分 *A*，集於邊緣部，以後結晶之成分，漸集於中心，乃必然之結果也，唯因黏度之漸次增大，及溫度之部分的差異之減少，此作用之力漸微，至 Harker 氏則仍主張，謂有相當黏度之岩漿中，亦有此種作用，若壓力增加，則作用益盛。(一九〇九年火成岩誌第三百十七頁。)

氏據此說，謂通常先結晶之鐵鎂質 (Ferromagnesium) 礦物，特別集合於邊緣部，作鹽基性外緣，且分體之各部互有漸遷變的關係，亦能說明無礙。

此說驟觀之，與以 Soret 氏原理為基礎之分子擴散說相似，但以 Soret 氏原理為基礎之分子擴散說，乃岩漿尚全在液體狀態時，因溫度之差異而生之分子擴散說也，至本說，則岩漿之一部分先分離結晶，岩漿之組成遂生不均一，為補充此不均一而生之分子擴散作用之說也。

雖然,對此說爲一大妨害者,即岩漿爲一種黏稠溶液,在此液中之擴散作用,實甚緩慢,且有對流作用及結晶之沈降等妨害擴散作用之進行,果如此說所主張之分體作用實現,則冷却部僅生少數之大結晶而已,更無所謂結晶中心之發生也,然證之實際之現象,非必盡然,亦足爲其反對證據之一也。

(VIII) 部分的結晶作用與對流作用

(Convection Current)之結合說

在化學實驗室觀察某成分在溶液中之分離狀態時,常見因溫度下降,先在周圍壁上生結晶,其殘留液中遂起對流作用,周壁之結晶量漸次增大,故殘留液中之某成分亦益缺少,此吾儕所常見之例也,同樣,均一之岩漿作岩脈或餅磐狀貫入時,其周壁先冷却,此時某成分例如 *A*, 先行結晶,同時岩漿沿周壁之冷却部下降,經中心部後再行上昇,盛呈對流作用,故新岩漿經過周壁,通行不止, *A* 成分從之分離而出,因之在周緣部生富有 *A* 成分之岩石,至殘餘部分則缺少 *A* 成分,此說有多許學者主

張之。如一八九七年 Becker 氏公表之論文，即此說之代表也。

雖然，若有此種對流作用，則周緣部附近所生之結晶，除固着於側壁者外，其他亦同時向下方流去，且多沈降之虞，故實際聚集於邊緣部者，僅為固着於側壁之物。由此作用所生之結果，當與普通所見之礦脈有同樣之構造，此與事實不符，故 Bowen, Daly 諸氏皆不贊成此說。

又在巨大之貫入體 (Intrusive body)，溫度之部分差異極大，但限於貫入當時，周圍岩石為所灼熱，因之溫度差異稍殺。且岩漿黏度因逐漸增大，故縱令能起對流作用，亦限於短期間內。謂由此能引起大規模之分體作用，亦不敢信也。

(IX) 結晶之沈降或昇浮說

當岩漿凝結之初期，既分離之結晶在岩漿中沈降或上昇，因得集中於一局部，此最易思考得之者也。Charles Darwin 氏既於一八四四年觀測熔岩中之斑晶沈降，謂此事實足以說明玄武岩質熔岩及粗面岩質熔岩之分離現象以來，Lyell 氏 (1855)，

Scrope 氏 (1872), King 氏 (1878) 等初期的地質學者火山學者,均贊成此說,亦有反對此說之學者,如 Iddings 氏等是也,氏列舉次之各項以反對之,即:

(1) 結晶生成當時岩漿之黏度必大.

(2) 結晶通常呈板狀或柱狀,則岩漿之抵抗必大.

(3) 結晶形小與體積相較,則被抵抗之面積未免過大.

(4) 岩漿冷却迅速時,起過度之冷却作用,固無論矣.冷却緩慢時仍起過度之冷却作用,故結晶生成後無幾,岩漿滿含多量之結晶,妨礙沈降.

又謂火成岩上下部之成分礦物,實際上無大差異者多.至如 Darwin 氏所觀察之結果,或係指上部為玻璃,結晶單生於下部而言.單就二三之岩床,摘取其中輝石橄欖石單集中於下部之事實,毋寧屬之例外.要言之,結晶體之沈降,決非分體作用之主因也.(1909, [火成岩] 第一卷第二九六頁.)

Harker 氏亦謂 Darwin 氏之觀察,特認流動性大者之特殊熔岩中,所發生之現象.一般熔岩流中之結晶沈降作用,實為例外.但氏仍是認結晶之沈降,

謂冷却之速度若緩慢，則結晶沈降之影響亦大。氏主張謂在地中深處之岩漿貯蓄部，此作用爲岩漿分體主要原因之一。並謂花崗岩中存在之黑色團塊，即由此原因，原係下部所產之物被移至上部者也。此種說明與 Iddings 氏之主張大異。(1909,《火成岩誌》第三二一頁。)

Daly 氏雖以結晶之沈降爲岩漿分體之最大原因；但氏不明述由重力而生之分體作用，在結晶生成後進行至如何程度，亦不明記是否如氏所信，作不可混性岩粒而營分體作用；唯概括二者，而深注意於重力的分體作用而已。(《火成岩及其起源》二二九頁。)

然結晶沈降說之最近而最有力之主張者，厥爲 Bowen 氏。氏以多數之確實的實驗爲基礎，發表其極大膽而且熱烈之思想。火成岩成因論之全體，均被其影響。第一，氏近據 Carnegie 研究所所得之人工岩漿實驗之結果，能比較的精確測知岩漿中種種成分之產品狀態。關於岩漿之部分的結晶，創立不可拔之基礎。第二，氏於 1915 年在坩堝中自作透輝石 (Diopside)，鎂質橄欖石，及無水硅酸合成之人

工熔融體，確認其中所生之橄欖石及輝石則沈降，磷石英(Tridymite)則昇浮，又其次氏自入一大玻璃製造廠，研究大規模的硅酸鹽類之熔融體狀態，目擊石英之結晶在熔融體中上昇集於上方，實驗的證明結晶體在岩漿中能沈降或上昇，第三，氏據以上各種實驗結果，斷定岩漿尙未開始結晶之先，所謂分爲不可混性岩漿羣之現象，全不存在，第四，氏據上之實驗結果，及種種學理的研究結果，謂岩漿中結晶能沈降，其結果不單使上下兩部各成分互生差異，且往往能使上下兩層之殘液之凝結完成時之溫度生差異，及生異種之礦物，並據此作用，證明分體作用所行之範圍極廣，第五，氏列舉多數之岩床及餅磐中各部分之異點，皆得由結晶沈降說而爲說明也。

如上所述，Bowen氏因結論曰：一切火成岩皆由玄武岩質岩漿分體而生者也，彼復調查各地方之火成岩，論其母岩漿之爲玄武岩質，又述 Adirondack地方之斜長岩及閃長岩之關係，謂前者爲沈降之斜長石，特別集中之部分也，更進而論其他岩石，如橄欖岩之單一成分岩，亦屬同樣之成因，以此種大

膽之論調，敷衍貫徹其主張。

(X) 殘餘岩漿壓搾而出之說

先生成之結晶在殘餘岩漿中沈降或昇浮，僅限於結晶尙屬少量之期間內，若大部分既結晶完了，則其運動互爲妨害，故欲沈降或上昇，有不可能。但此時若由外部加以絕大之壓力，則充積結晶間之殘漿被壓搾而出，故原有之結晶部分，及被壓搾而出之殘漿，其成分當然大異，因作不同類之火成岩，此作用常可爲岩漿分體之主因，此 Harker 氏，Bowen 氏等諸學者，均所同認者也。Harker 氏謂花崗岩周圍所生之字紋花崗岩，卽歸因於此，並舉次之二個有興味之實例，卽據一八九〇年 Judd 氏之報告文，謂英國第三紀之安山岩 (Andesite) 中，比較的酸性之安山岩，其內含多量之玻璃，此玻璃往往在安山岩中作纖維狀聚集一處，因之安山岩中一般部分，常乏玻璃質，在岩脈之安山岩中，玻璃質尤爲缺乏。玻璃別作松脂岩 (Pitchstone)，貫安山岩中，故知鹽基性之安山岩與酸性之松脂岩之關係，不外成分位二者間之安山岩中殘留之松脂岩質殘漿，被壓搾

而出，作獨立之岩脈也。又據 Barrow 氏之報告，Scotland 東部之花崗岩，係向南方有強大之地體移動時，貫入者也。其結果：在北部者，富有石英，微斜長石 (Microcline)，白雲母 (Muscovite)，黑雲母 (Biotite) 及斜長石之結晶，且有因受壓力變質而作片麻岩狀花崗岩者；但漸趨南部，漸變為與壓搾而出之殘漿相當之字紋花崗岩，不含黑雲母及斜長石，且地體移動時，尚未成結晶，故不呈片狀。此等現象，應用殘漿壓搾而出之說，似易說明也。

(XI) 邊緣部之急激冷卻說

關於多數之岩床餅磐等之邊緣部，尚有 Daly 氏之一說，尤注重於賦鹽基性現象。Daly 氏謂此部非因分體作用而成鹽基性；乃因急激冷卻，無充分餘暇營分體作用，原岩漿自然凝結而成者也。反之在內部者，因鹽基性成分之結晶及沈降，漸次變為酸性也。Bowen 氏亦贊成此說，謂例如岩脈，因地中之分體作用，漸次增加酸性之岩漿，順次通過兩側漸次冷卻凝結之岩脈內部，故愈進內部，則愈屬酸性物也。

(XII) 熔融同化說(Assimilation Theory)及 岩漿混合說(Theory of Mixed Magma)等

以上所述,皆爲假想單一之岩漿,不附加以他物質,按前記各方法,分爲二個以上之相異成分之學說也。有一部分學者反對之,又有一部分學者,雖承認單一岩漿,然同時主張岩漿能熔解接近之岩石,以此被熔融之岩石爲自體之一部,並謂此即單一岩漿能胚胎種種岩石之主要原因也。例如 Fouque 氏, Wichel Levy 氏, Lacroix 氏, Barrois 氏等法國學者,及 Loewinson Lessing 氏, Suess 氏, Colemann 氏等皆主張此說者也。近來 Daly 氏亦贊成此說,謂岩漿先攫取周圍之岩石破片,待其沈降至深部後,始與之熔融同化。雖然,能熔融周圍岩石之程度,果足以支持此說耶?借曰能之,亦能更使之充分擴散,作普通之火成岩否耶?關於此點,重大問題尙多,不能詳述,介紹當俟他日也。

又 Bunsen 氏調查 Iceland 地方之火成岩所得結果,謂內部有二個之獨立岩漿源,一爲粗面岩質岩漿(Trachytic magma),一爲輝石岩質岩漿,其化學成分之百分率如次:

化學成分	粗面岩質岩漿	輝石岩質岩漿
SiO ₂	76.67	48.24
Al ₂ O ₃ } Fe ₂ O ₃ }	14.23	29.96
CaO	1.44	11.57
MgO	0.28	6.89
K ₂ O	3.20	0.62
Na ₂ O	4.18	1.96

氏謂一切火成岩,皆由此二種岩漿之種種比量混合而成者也。(1851)

其後 Durocher 氏 (1857) 假定地球內部,有作同心層狀之鹽基性岩漿層及酸性岩漿層;以代互為分離之二岩漿源說,由此兩層岩漿,相互反應,因生種種之岩石,但此說今日無信之者。

又一八八〇年, Lawson 氏論 Canada 地方之深成岩類之成因,謂係水成岩達地心深部,因受地熱作用而化為熔融體,又如 Chamberlin 氏,主張地球之成因為微遊星說 (Planetesimal theory)。此等學者皆以為火山之熔岩,乃構成地球內部之固體中之最易熔化之物質,漸次熔解,作絲狀上昇,果如此說,則

火成岩之起源，皆各獨立存在，其數繁多，此誠難解決之大問題，不能輕率採用也。

(XIII) 結論

現今岩石學者，莫不承認有岩漿分體之現象。但其中有由分體而生之各部分，互為漸遷變的關係，構成同一貫入岩塊者；有在地中深部，分體而生之各部，別為貫入或噴出，作獨立之火成岩塊者；不能同樣而論也。又關於分體之原因，學說紛紛，不知誰從。唯岩漿凝結之初期，所生成結晶之沈降；及岩漿之大部分結晶後，殘餘岩漿之逃出；皆為岩漿分體重要之原因，則似無疑也。此外與岩漿之部分的結晶作用相伴之擴散作用，及岩漿凝結之際之對流作用，有時或亦為岩漿分體之一因；但謂岩漿之分體起於岩漿尚未開始結晶以前，則無信之者矣。一時占有大勢力之 [以 Soret 氏原理為根據之分體說] 今日學者中亦無採用之者矣。又岩漿分體為不可混性之二岩漿羣說之思想，除流化物等例外者外，學者間信者亦絕少；但不能謂為全無考究之價值也。又由岩漿熔化他種岩石之結果而生之影

響,亦不能輕而不顧也。

此等各原因中,何者爲主,何者爲從,依各岩體具有之條件而定。例如有作狹小之岩脈或岩床者,有作大岩株者,有作熔岩流急激冷却者,有作底盤漸次凝結者,各異其分體之狀況。欲解決時,當先精察其地質的關係,及現出之狀態。例如是否有漸遷變的關係?向下部有結晶體沈降之證跡否?此等皆不可不詳細調查也。

又岩漿分體之現象,大概起於岩漿凝結之際。即由結晶之分離起,至殘留岩漿結晶完了之後止,其間即營岩漿分體作用之時期也。故求知岩漿凝結之順序,——尤以求知成分礦物之產品及殘留岩漿之變化之順序,——乃研究岩漿分體時不可缺乏之一要素也。故一方須由岩石之顯微鏡的構造推論,他方又須據關於人工岩漿凝結之實驗的研究而確定之。然則考究岩漿分體之現象則似易,至欲確定其詳細之分體方法,今後尙待大研究也。

I-V…………一九二〇年十一月譯完。

VI-XIII……一九二二年四月譯完。

一九二二,四,二〇,於東京。

礦床之五帶

(I) 天水及地下水

欲說明礦床之五帶，須先說明天水及地下水。雨水——或稱天水 (Meteoric water)——降至地面，其一部分滲入土壤岩石中，對礦床為一種重要之營力 (Agency)。例如石灰岩地方之裂傷脈 (Gash vein)，蛇紋岩 (Serpentine) 中之硅鎳礦 (Garnierite) 礦脈等，均由天水作用而生成者也。又天水作用往往能使貧弱之礦床化為豐富，如普通露天化礦床 (Weathering deposit) 及美國 Superior 湖四近之鐵礦層，即其例也。礦床之分帶，亦由天水作用而生之變化也。

由地表滲入地下水，沿土壤岩石之孔隙下降，達一定地點而止。此一定地點以下之岩石，均受水之飽和，再無吸收水分能力。掘井達一定之深，其井水常保有一定之水準面，無論汲取程度多寡，其

水面常滿湧達一定點。此水準面以下之岩石，受水飽和，吾人名此水準面曰地下水水準面(Underground water level)，或簡單稱之曰地下水面(Water table)。

岩石本有多少孔隙，其吸水程度，視其所有之孔隙數而定。孔隙全容積對岩石全容積之百分率(Percentage)曰有孔度(Porosity)。岩石之孔隙全部均滿貯水時，則此岩石為水所飽和，再不吸水。岩石中之孔隙量，因岩石之種類而異。砂層礫層之有孔度，達30%至40%不等。硬結成岩之砂岩(Sandstone)及礫岩(Conglomerate)之有孔度則由5%至28%不等。石灰岩之有孔度為0.5%至10%。至如花崗岩(Granite)等之塊狀岩石(Massive rocks)，則不過0.2%至0.5%而已。又雖係同一種岩石，其有孔度有因所受壓力不同而變化者。例如近地表之岩石及深藏地心下部之岩石，其所受壓力有差，故其有孔度亦異。深埋地中之岩石，飽和少量之水，且所受壓力又大，其有孔度終等於零，殆不含水。故同一岩石，其近地下水部分者，含地下水量最多，漸深進則其含水量漸減，達極深部分，反不含水矣。有深鑿坑之礦山，其近地表坑道，湧水量多，達三千尺至四千尺之下部，其

湧水量反極少,此吾人所常見之實例也。

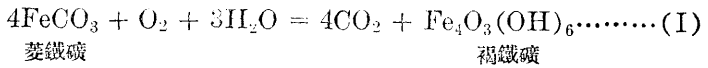
地下水之深淺,因地方而異。多雨地方,通常由地表下掘至五十尺內外,即達此水準面。少雨乾燥之地,則達數百尺乃至二三千尺之深,始見地下水。又同一地方,其地下水亦因雨季及旱季而稍有變化。此外因岩石之種類不同,地下水亦別深淺。又地下水常為地形所左右,由山上之地表計算則極深,至河流溪谷間,則有與河谷之水面同一水準面者,此又無待言也。

(II) 礦床之分帶

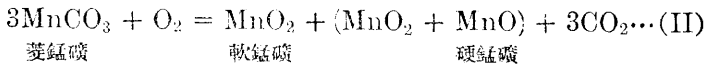
礦床上部,切近地表,受露天化作用 (Weathering) 及滲入地中之天水作用,呈一種明顯之變化。因天水多含碳酸瓦斯及氧素,礦床受此溶液之強酸化作用,硫化礦物化為溶解性之硫酸鹽類 (Sulphates)。此鹽類溶解天水中,逐漸下降達一定深處,失所含之氧素,酸化力減少,反呈還元作用。其溶液中所含之金屬化合物,受此還元作用,沉積作二次的 (Secondary) 豐富礦石。

礦床受酸化作用所生之變化,與岩石之露天

化作用全同,不含硫化礦物之礦床,其變化極簡單,即起霉爛,酸化,水酸化等作用而已.菱鐵礦(Siderite)化爲褐鐵礦(Limonite):



菱錳礦(Rhodochrosite)化爲硬錳礦(Psilomelane)或軟錳礦(Pyrolusite):



方解石(Calcite, CaCO_3)則溶解流去,種種之硅酸礦物則化爲陶土,此種礦床之地表常見石英,褐鐵礦,錳礦,陶土等之發達,即此故也.

磁鐵礦(Magnetite)較難變化,故磁鐵礦礦床雖稍混有褐鐵礦,但罕表現於地表.至硫化礦物礦床,受露天化及天水等之作用,則生此種變化,黃鐵礦(Pyrite)礦床,尤爲明顯.此種變化,不獨爲學術上有興味之問題,其關係礦業者亦頗重大,不可輕而忽之也.

普通含多量硫化礦物之礦床,由表面至深部,其間得明別爲五礦帶:

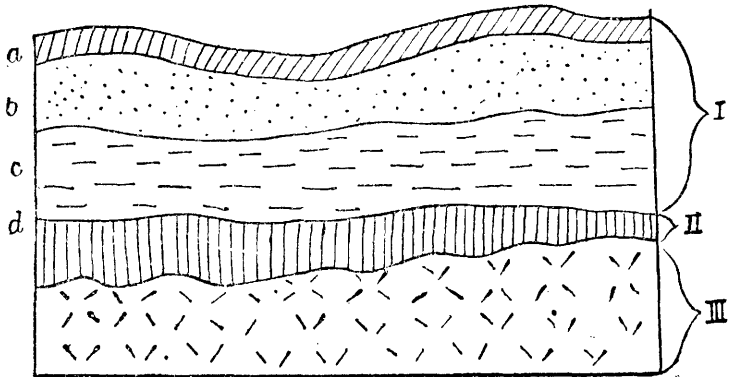
- (1)露頭礦帶(Zone of gossan),
- (2)濾過流失帶(Leached zone).

(3)酸化礦富化帶(Enriched oxidation zone).

(4)二次富礦帶(Zone of secondary enrichment)或稱二次硫化礦帶(Secondary sulphide zone).

(5)初生礦帶(Zone of primary ore)或稱初生硫化礦帶(Zone of primary sulphides).

又合(1),(2),(3)三帶綜稱之曰酸化帶(Oxidation zone).故簡單別為(I)酸化帶,(II)二次富礦帶及(III)初生礦帶之三帶,亦無不可也.圖示如次.



- | | | | |
|---------|---|------------|------------|
| (I) 酸化帶 | } | (a) 露頭礦帶 | |
| | | (b) 濾過流失帶 | (II) 二次富礦帶 |
| | | (c) 酸化礦富化帶 | (III) 初生礦帶 |
| | | (d) 地下水水準面 | |

(III) 酸化帶

如圖所示,地下水面以上之部分爲酸化帶,前既言地下水面常因地方之雨旱,地勢之高下,岩石之性質等而異其深淺;酸化帶之最下部,以地下水面爲界,故其厚薄不一,高下無定,又無待言矣。

曾受冰河磨削之洪積地方,近地表之礦床,被冰河洗去,故酸化帶全缺,瑞典地方卽多此例。

酸化帶之礦物受露天化及天水等之化學的及機械的作用,酸化分解作別種礦物,或溶解天水中滲入內部。硫化礦物種類本繁,故其酸化之遲速,分解之先後,亦有差等。金屬硫化礦物之酸化順序,學者間所主張,各有不同。今列舉之,以備參考。由易至難,排爲順序,如 Emmens 氏謂白鐵礦最易酸化,閃鋅礦則最難。其順序爲白鐵礦 (Marcasite), 黃鐵礦 (Pyrite), 磁硫鐵礦 (Pyrrhotite), 黃銅礦 (Chalcopyrite), 斑銅礦 (Bornite), 針鎳礦 (Millerite), 輝銅礦 (Chalcocite), 方鉛礦 (Galena), 閃鋅礦 (Zinblend).

Emmons 氏之順序爲

閃鋅礦, 輝銅礦, 磁硫鐵礦, 黃銅礦, 黃鐵礦,
方鉛礦, 硫砒銅礦 (Enargite).

Van Hise 之順序爲

黃鐵礦，輝銅礦，閃鋅礦，方鉛礦，輝銀礦
(Argentite).

Vogt 氏之順序爲

輝銅礦，斑銅礦，磁硫鐵礦，黃銅礦，黃鐵礦。

Lindgren 氏之順序爲

閃鋅礦，黃銅礦，輝銅礦，黃鐵礦。

Gottschalk 氏之順序爲

閃鋅礦，輝銅礦，方鉛礦，黃鐵礦，黃銅礦，
輝銀礦。

Wells 氏之順序爲

磁硫鐵礦，閃鋅礦，方鉛礦，黃銅礦，黃鐵礦。

日本平林武 氏之順序爲

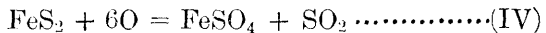
白鐵礦，磁硫鐵礦，閃鋅礦，黃銅礦，輝銅礦，
黃鐵礦，方鉛礦。

又有學者以白鐵礦，毒砂 (Arsenopyrite)，黃鐵礦，磁硫鐵礦，黃銅礦，閃鋅礦，方鉛礦，輝銅礦等爲酸化順序者。

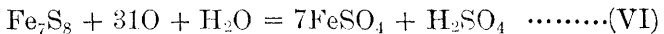
上舉諸順序，均由各學者準自己之經驗而爲推測，孰是孰非，未能遽下評斷也。

茲更列舉各硫化礦物之酸化方程式如次：

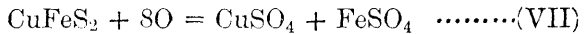
白鐵礦與黃鐵礦之分子式同為 FeS_2 ，其酸化方程式為



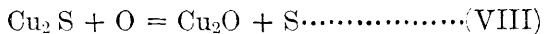
磁硫鐵礦 (Fe_7S_8) 之酸化方程式為



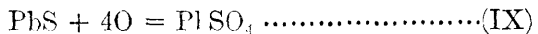
黃銅礦 (CuFeS_2) 之酸化方程式為



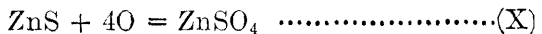
輝銅礦 (Cu_2S) 之酸化方程式為



方鉛礦 (PbS) 之酸化方程式為



閃鋅礦 (ZnS) 之酸化方程式為



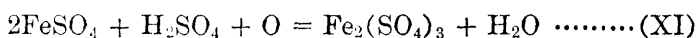
以上均直接受含有氧素之天水作用而為酸化者也。此外受硫酸鐵及其他之酸化作用，構成種種之酸化礦物。茲按各帶順序，再詳述之。

(a) 露頭礦帶

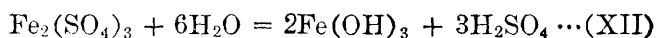
此帶爲酸化帶之最上部,直接與露天接觸,酸化作用最強,故又稱完全酸化帶,由地表滲入之天水,不僅含氧素及碳酸瓦斯已也,尚含有種種之有機酸,及少量之氯化安謨尼亞 (NH_4Cl), 硫化氫素 (H_2S) 等,礦床中礦石受此天水之作用,因生化學的變化,如金屬硫化物受天水作用,化爲種種之酸化物 (Oxides), 水酸化物 (Hydroxides), 碳酸鹽類 (Carbonates), 硫酸鹽類 (Sulphates), 氯化物 (Chloride) 及自然金屬等,本帶最常見之酸化物爲水酸化鐵之褐鐵礦,若礦床多含此種礦物,則其露頭部分呈褐色或暗褐色,若曾受火之焦灼者,故日本人稱之曰「燒ヶ yake」,意謂焦礦也,德人稱此焦礦曰“Eiserner Hut”,法人稱之曰“Chapeau de fer”,均「鐵冠」之意,意謂露頭產鐵也,英人稱之曰“Gossan”,著者無適當之名稱譯之,暫稱之爲焦礦,大多數礦床均賴此焦礦而發見,決不可輕忽之也。

焦礦性質,因原礦床之礦物成分不同,故亦稍有差異,含硫化物極少之含金石英脈 (Quartz vein) 等之露頭部分,多係稍帶褐色之石英,至多含硫化物之石英脈,則其露頭部分爲褐鐵礦,及多孔質之

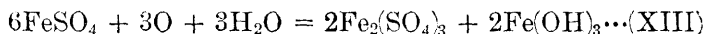
石英塊。若硫化物爲多量之黃鐵礦，則焦礦爲多孔質之褐鐵礦塊。此由(III)，(IV)，(V)之方程式所得之第一硫酸鐵 (FeSO_4) 再遇天水中之氧素，呈酸化反應式如次：



此第二硫酸鐵 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ，重要之酸化劑也。變種種硫化礦物爲硫酸鹽類，亦爲 $\text{FeSO}_4 \rightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_3$ 之中間物，即



$2\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，即褐鐵礦也。由



之反應式，亦得褐鐵礦，且式中之 $2\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ，再起(XII)式之反應。

要言之，黃鐵礦受酸化作用，最後生第二硫酸鐵，同時又生水酸化鐵，即褐鐵礦，亦即所謂焦礦 (Gossan) 者是也。

白鐵礦及磁硫鐵礦受同樣之酸化作用，分解爲第一硫酸鐵，且由此硫酸鐵生同樣之結果。

焦礦有突起露出於地表者，有凹陷露出於地表者，此因礦床及母岩 (Country rock) 之性質不同而

生之地形的差異也。例如多含黃鐵礦，少含石英之礦床，則其露頭凹陷，此因多孔質之褐鐵礦塊，易受水之侵蝕，地表盛遭磨削也。若石英脈之焦礦，則常突起露出，此因石英脈對水蝕作用之抵抗力，較其他岩石強也。(礦床對水蝕作用之抵抗力較母岩弱，則礦床愈深愈厚；反之，則漸深漸薄。)

(b) 濾過流失帶

露頭礦帶之次為濾過流失帶。硫化物在此帶受天水作用，化為硫酸鹽，仍溶解於天水中，向下滲入，故此帶礦量極貧弱，僅留痕跡(Trace)而已。此外則有僅少之褐鐵礦及石英。更詳言之，則礦床中可溶性之金屬礦物均溶解，經此帶之濾過，流入深部，缺少礦質之帶也，故名之曰濾過流失帶。此別為脈石(Gaugue)及礦石(Ore)論之。

(i) 脈石不易溶解，且較硫化礦物多量時（如重晶石 Baryte），硫化礦物溶解向下部滲透，遺硅石(Silica)及重晶石作濾過流失帶。

(ii) 礦石之大多數均係硫化物，唯有難溶解及易溶解之別：

(a) 易溶解者如黃銅礦，閃鋅礦等，溶解後滲流

深部,上部之金屬礦質全失,故作濾過流失帶。

(b)難溶解者如錫石 (Cassiterite), 辰砂 (Cinnabar), 鎢礦 (Wolframite) 等,仍留存原處,不作濾過流失帶。

故濾過流失帶之生成,當具有次舉之二條件:

(甲)具有多量之不溶解性脈石,若重晶石等類。

(乙)具有溶解性之硫化礦物,能滲入深部。

金,銀礦礦床之露頭礦帶相鄰下部,常有金銀殘留,此因金銀有不溶解者,不能滲入下部,故金銀礦床有無濾過流失帶者。

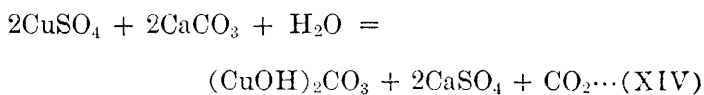
(c) 酸化礦富化帶

此帶位二次富礦帶之上層,酸化帶之最下部也,此帶之酸化程度,不及露頭礦帶之完全,故所含礦石,酸化物之外,多碳酸礦物,硫酸礦物及自然金屬元素等,但有時亦多良好之酸化礦石,若母岩或礦床之脈壁為石灰岩 (limestone, CaCO_3) 時,則良好之酸化礦石尤為發達。

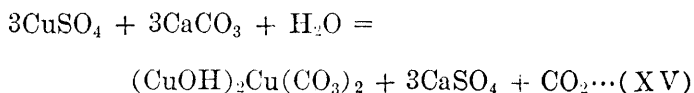
方鉛礦,黃銅礦,閃鋅礦及其他金屬硫化物,受酸化作用後,不發生酸類,即生硫酸鹽類,例如(VII),

(IX),(X)三方程式中之 CuSO_4 , FeSO_4 , PbSO_4 及 ZnSO_4 是也。

硫酸鹽類之外為碳酸鹽類,如(VII)式所示,黃銅礦酸化後,分解為第一硫酸鐵及硫酸銅,第一硫酸鐵雖再受酸化作水酸化鐵,至硫酸銅則溶解於水中,下降深部,若礦床之脈石為多量之方解石,或母岩為石灰岩,則酸化帶最下部生種種化學的作用,沈積豐富之碳酸化銅礦,如

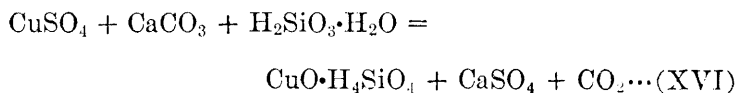


$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ 為孔雀石 (Malachite),碳酸鹽類礦石也。又



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

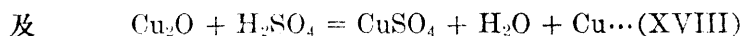
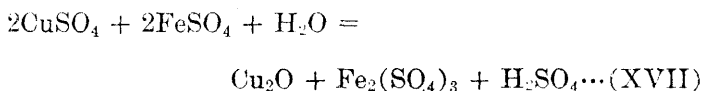
次當舉硅酸鹽類 (Silicate) 之例:



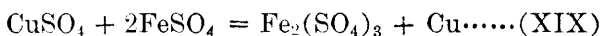
之 $\text{CuO} \cdot \text{H}_4\text{SiO}_4$ 為硅孔雀石 (Chrysocolla),硅酸鹽類礦

物也。

次當舉酸化礦物及自然元素之例，即硫酸銅溶液因第一硫酸鐵及硫酸之作用而生赤銅礦(Cuprite)及自然銅(Native copper)。其反應式如次：



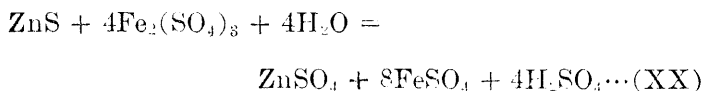
Cu_2O 即赤銅礦，Cu則自然銅也。或作簡單方程式如次：



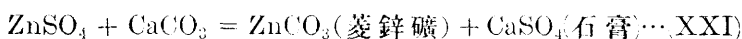
有多量之黃銅礦為礦石，有多量之方解石為脈石之礦床，或石灰岩與火成岩之接觸部所生之銅礦床，由上舉之諸化學作用，酸化帶下部產多量之孔雀石，藍銅礦，硅孔雀石，赤銅礦，自然銅等，斯即酸化礦富化帶之好例也。銅礦之酸化礦富化帶所有礦物，除上舉之外，尚有銅黑(Melaconite, CuO)，水硫酸銅(Brochantite, $:\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CuSO}_4$)，氯鹽銅礦(Atacamite, $\text{Cu}(\text{CuCl})(\text{OH})_3$)及膽礬($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)等。

閃鋅礦遇含有氧素之天水，酸化為硫酸鋅，溶解天水中，既如(X)式所示。但遇第二硫酸鐵，則其

酸化作用尤急激:

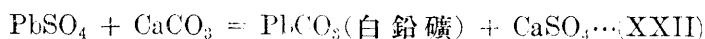


若脈石爲方解石,或母岩爲石灰岩,則與此硫酸鋅之溶液化合生菱鋅礦 (Smithsonite) 之沈澱:



若水溶液中稍含硅酸,則生異極礦 (Calamine, $\text{H}_2\text{Zn}_3\text{SiO}_5$) 之硅酸礦物。

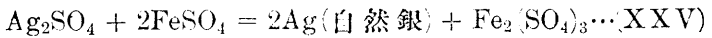
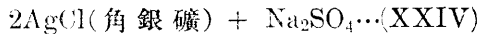
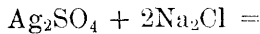
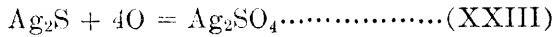
方鉛礦對含氧素天水之抗力較強,換言之,即不易受天水之酸化也,然間亦生硫酸鉛礦,如 (IX) 式所示,此硫酸鉛礦 (Anglesite),不易溶解,故多沈澱,其微量溶解天水中者,則生白鉛礦 (Cerrusite),亦遇方解石或石灰岩之反應也:



若遇有磷,氯,砒等之成分,則生綠鉛礦 (Pyromorphite, $\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$) 等,故有多量之方解石爲脈石,或在石灰岩與火成岩之接觸部所生之鋅或鉛礦床,其酸化帶下部亦多酸化礦物,沈積作富化帶。

銀礦床所產之輝銀礦 (Ag_2S),不溶解於水,亦不溶解於稀硫酸,唯遇第二硫酸鐵則酸化爲硫酸

銀,更因氯化鈉或硫酸鐵之作用,化爲角銀礦(Horn silver ore, AgCl)或自然銀(Native silver).



有時此硫酸銀液更與硫化水素相化合,作輝銀礦,再沈積於酸化帶中,但普通含有輝銀礦或硫化銀之礦床,其酸化帶下部皆沈積多量之角銀礦及自然銀等,作豐富之酸化富化帶。

金礦床多自然金,常與黃鐵礦及其他種種硫化礦物共產於石英脈中,金不溶解於天水,唯與自然金共產之少量硫化物,分解下流,金則仍存原處,作品位稍高之金礦石。

與金粒相混之黃鐵礦,經天水分解之後,化爲第二硫酸鐵,溶解水中,此溶液有溶解金之性質,唯此限於天水中含過量之氧素時,始呈反應,若溶液下降深部,酸化作用消失後,反由黃鐵礦之還元作用,再沈澱爲自然金,故此種金礦床之酸化帶下部,常有多量混有褐鐵礦之自然金。高麗大多數之金

礦脈均屬此例。

金礦床酸化帶內若發見有錳礦，則該部分屢含多量之金，因有氯化物例如氯化鈉(由海面吹來之風含多量之鹽分)溶解天水中，此溶液與酸化錳礦，稀硫酸等相化合，發生氯氣，其金分則變為氯化金(AuCl)，溶解水中，流入下部，再還元沈澱。

毒砂受天水酸化作用常作葱臭石 (Scorodite, $\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)，或變為砒酸鹽類 (Arsenate)。

錫石不因天水而生變化，故錫礦脈之酸化帶殘留多量之錫石，為豐富之礦床，無所謂露頭礦帶，濾過流失帶等之區別也。

鎳及鈷之硫化物，遇天水酸化為鎳華 (Nickel bloom) 或鈷華 (Cobalt bloom)，或又變為水酸化錳鈷礦 (Asbolan)。

(IV) 二次富礦帶

此帶位酸化帶之下，初生礦帶之上，富有品位良好之硫化礦物，其與酸化帶間之界線，大略明瞭，唯罕有整然之規則的界線，其間界面，類皆突陷無常，凹凸不一，此礦帶關係於礦業者甚重，尤以銅礦

床爲然。銅礦床之硫化礦富化帶，多爲輝銅礦，斑銅礦，銅藍等之暗黑色或暗藍色礦物之集合體，故有稱此帶爲黑色銅礦帶者。

硫化礦富化帶之範圍及厚薄，因地方，氣候，地形及礦床性質等之不同而生差異。其厚有僅數寸者，有達數十尺至數百尺者。此帶與相鄰下部之初生礦帶間之界線，雖有能明認者，唯通常多不規則。且此帶常有沿初生礦帶中之裂罅或斷層面，深入初生礦帶內部者。

此帶上部界面，常與地下水面一致，即地下水面以上爲酸化帶，其下則爲硫化礦富化帶，前既述之矣。

美國 Tennessee 州 Ducktown 之層狀含銅黃鐵礦礦床，其酸化帶之下有所謂黑色硫化銅礦帶者極厚，皆品位良好之礦石也。此帶下面，則爲初生之含銅黃鐵礦石。又同國 Montana 州 Butte 地方之多數銅礦脈中，酸化帶之下，均斑銅礦，輝銅礦，銅藍等之集合體，深達千尺以上，著名之硫化礦富化帶也。

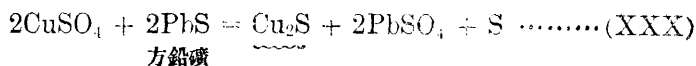
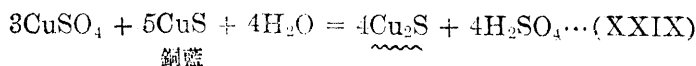
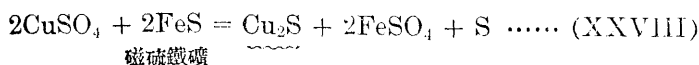
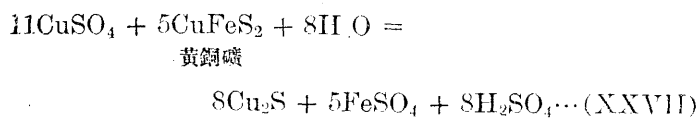
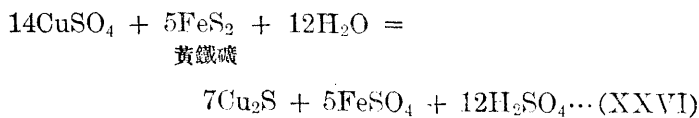
但有一事須當注意者，則凡硫化礦床，非必有此二次的硫化礦富化帶也。間有全缺此重要礦帶，

酸化帶之下，即為初生硫化礦帶之礦床。

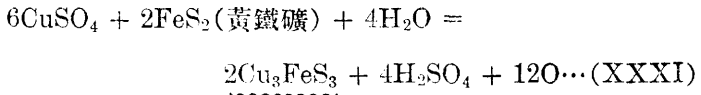
含有種種金屬硫酸鹽之天水，由酸化帶漸次降下至地下水面，遂失其酸化能力，反呈還元作用，既溶解之金屬硫化物，再次沈澱，其最重要之還元劑為礦床中之黃鐵礦，故一般礦床含黃鐵礦愈多，則二次硫化礦富化帶愈發達。

如前所述，銅礦床之酸化帶先產硫酸銅，溶解水中，流入地下水面，由黃鐵礦，黃銅礦，磁硫鐵礦，方鉛礦，閃鋅礦等之還元作用，生種種之二次的硫化銅。

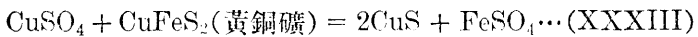
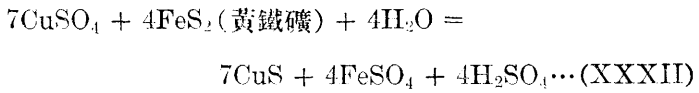
(1) 輝銅礦之生成：



(2) 斑銅礦之生成:



(3) 銅藍之生成



由黃鐵礦及硫酸銅之化學作用,亦可生黃銅礦,唯事實上二次硫化礦富化帶中之二次的黃銅礦 (Secondary chalcopyrite) 甚稀。

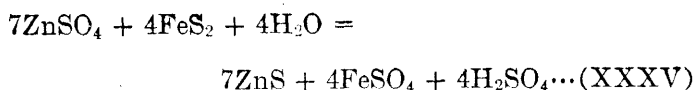


除上舉諸硫化銅礦外,尚有二次的硫砷銅礦 (Enargite), 黝銅礦 (Tetrahedrite) 等。

銀礦床酸化帶之下,常有豐富之二次硫化礦富化帶,此即由酸化帶溶解濾過之硫酸銀 (Silver sulphate), 受黃鐵礦及其他還元作用,再沈澱為輝銀礦也。

此外鋅鉛礦床,亦與銅礦床同樣呈硫化礦物之二次的富化作用,在酸化帶下沈積豐富之硫化礦石,唯一般不及銅礦床之二次硫化礦富化帶之

發達耳。



綜上觀之，銅礦床之二次硫化礦富化帶最發達，亦最重要明矣。唯此二次硫化礦富化帶之來源，全賴經酸化帶濾過流下之硫酸銅液，若脈石為方解石，或母岩為石灰岩之礦床，則此硫酸銅液不待下達地下水面，在酸化帶下部，即全部沈澱，作種種之豐富酸化銅礦。故酸化礦富化帶發達之礦床，則二次硫化礦富化帶非必發達也。著者刻從事調查之日本山口縣美禰郡於福礦山，似屬此類。

(V) 初生礦帶

初生礦帶位硫化礦富化帶之下，自生以來，不受何等化學的變化之硫化物礦帶也。同為不受二次的變化之初生硫化礦床，亦因深淺不同，礦物成分遂異。今日實際能探掘之礦床，僅近地表之一部分而已。世界最深之豎坑，尚無達六千英尺者，故初生礦床之性質，尚無詳確之研究。將來苟能再事深掘，則所發見之初生礦物，必因壓力溫度之差異而

異其成分或性質也。

西班牙國 Huelva 地方 Rio Tinto 附近盛產之層狀含銅黃鐵礦礦床，其酸化帶之下，爲二次硫化礦富化帶，又其次爲不受變化之初生礦帶，漸深進則含銅量漸減。日本之別子 礦山，日立 礦山，均賦有此性質。又英國 Cornwall 地方之多數礦脈中，亦有此例。卽此地方之變質片岩 (Metamorphic schist) 與花崗岩相接觸中貫礦脈，多黃銅礦，漸近花崗岩部分，黃銅礦漸減少，至貫花崗岩中之礦脈，則多錫石 (Cassiterite) 矣。故礦脈上部爲銅礦，深進後探錫石不尠。

初生礦帶，不僅礦石因深淺而生差異，脈石亦然。有礦脈上部之脈石爲方解石，迨至下部，則變爲石英者。又有礦脈上部含多量之礦石，漸深進則漸減，終至礦石失去，全體化爲脈石者。此均脈石因深淺而生變化之例也。

初生礦帶尙無充分之研究，故其部分之深淺與礦物成分之關係，無從確立定則。唯綜記今日所有之金，銀，銅，鉛，鋅等硫化礦床之初生帶，均係漸深進則金屬之含量漸消失，尤其以礦脈之初生帶爲

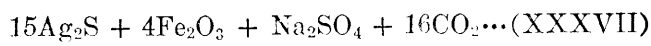
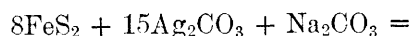
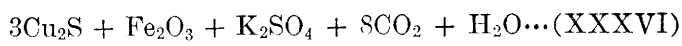
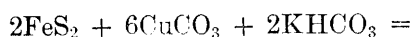
然。

礦床現今之露頭 (Outcrop), 非礦床生成當時之地表也。地表時時刻刻, 均受磨削, 又斷層 (Fault), 縐曲 (Warping), 地盤昇降等種種地質的作用, 及水蝕作用等, 變遷礦床之位置, 使深處部分, 露出地表。今日近地表之礦脈, 或為生成當時極深部分之礦脈, 亦未可知也。

天水由地表滲入, 分解酸化帶中之硫化礦物, 運至下部, 至二次硫化礦富化帶, 再沈積為硫化礦物, 此二次富化帶之富化作用 (Enrichment) 也。此富化作用, 不限於二次富化帶, 有時初生礦帶亦呈此現象, 但其原動力不賴天水, 乃循礦床裂罅上昇之熱泉。此熱泉賦亞爾加里 (Alkali) 性, 含有金屬化合物, 與初生礦帶之黃鐵礦及其他礦物相化合, 而生金屬硫化物, 故謂初生礦帶中亦產二次的富化礦, 亦無不可也。例如美國 Montana 州 Butte 地方附近之硫砒銅礦礦脈是也。據 Weed 氏之研究 (註一), 謂此地礦脈, 非同時生成者, 舊石英黃鐵礦礦脈生成後,

(註一) W. H. Weed: Ore Deposition and Vein Enrichment by Ascending Hot Waters, Trans. Am. Inst. Min. Eng., 1903.

因地變生無數裂隙，地中熱泉，即沿此等裂隙上昇，此熱泉含有銅及砷素之化合物，與原來之黃鐵礦相化合作一種特有之硫砷銅礦(Enargite, Cu_3AsS_4)。此礦物在礦脈上部，產量雖稀，但愈深進則其量愈增，地表下二三千尺地點，產量最豐，其初以為由天水作用產出之礦物，後見地點愈深，產量愈多，且作礦源之黃鐵礦，又不含砷素，遂生疑問，進而研究，然後知其非酸化帶下之沈澱，乃由上昇之亞爾加里性熱泉所生之礦物也。此種化學作用，實驗室中亦所常見，即含有金屬之亞爾加里液，常因黃鐵礦之還元作用而生金屬硫化物：



Cu_2S 輝銅礦也， Ag_2S 輝銀礦也。由此同樣之化學作用，能產多數之硫化物及含硫或砷素之化合物，不能謂為不可能也。

若二次的上昇熱泉係酸性，則溶解初生礦帶中之金，銀，銅等，使沈澱於礦床上部既冷却之位置

(註二).唯此種實例極少耳.

要言之,若黃鐵礦礦床,後因地變生無數裂罅,地下上昇之亞爾加里性熱泉,與黃鐵礦化合,因之初生硫化礦帶中,亦沈積金屬硫化物,作豐富之礦帶.

同為一種金屬硫化物,時為初生的,時變二次的,甚難明辨;近用反射光線顯微鏡以研究之,二者間之關係漸明.據研究結果,知二次的硫化物,不限於輝銅礦,斑銅礦,銅藍等,時亦有二次的黃銅礦,硫砒銅礦等.

銅脈中所產之初生的礦物,唯黃鐵礦,砒黝銅礦 (Tennantite), 方鉛礦,閃鋅礦之四種.至黃銅礦,斑銅礦,輝銅礦及銅藍四者,有初生的,亦有二次的.其中斑銅礦,輝銅礦,銅藍三者最常見,最普通之二次的硫化銅礦也.

茲將礦物之初生的及二次的類別如次,以供參考.

(1) 單限於初生的者:

Amphibole(角閃石類) Anhydrite(硬石膏)

(註二) Dor. Stoke: U. S. Geol. Surv. Bulletin, No. 186.

Apatite(磷鈣石)	Biotite(黑雲母)
Bismuthinite(輝鉍礦)	Cobaltite(輝鈷礦)
Franklinite(鋅鐵礦)	Garnet(石榴石)
Graphite(石墨)	Arsenopyrite(毒砂)
Cassiterite(錫石)	Chromite(鉻鐵礦)
Cryolite(冰晶石)	Diamond(金剛石)
Fluorite(螢石)	Ilvaite(Lievrite)(矽 灰鐵礦)
Lepidolite(紅雲母)	Monazite(鈾銀鐳礦)
Niccolite(紅鎳礦)	Pentlandite(硫鎳礦)
Native platinum(自然鉑)	Pyroxene(輝石類)
Rutile(金紅石)	Ilmenite(鎔鐵礦)
Iron(自然鐵)	Molybdenite(硫水鉛礦)
Mascovite(白雲母)	Orthoclase(正長石)
Petzite(鎔銀礦)	Pyrrhotite(磁硫鐵礦)
Rhodonite(薔薇輝石)	Scapolite(柱石)
Sillimanite(鋁硅礦)	Topaz(黃玉)
Stibnite(輝銻礦)	Tourmaline(電氣石)
Wolframite(錫礦)	Titanite(榿石,鎔硅鈣石)
Wollastonite(硅鈣石)	Zincite(紅鋅礦)

(2)單限於二次的者:

Anglesite(硫酸鉛礦)	Antimony(銻礦)
Arsenic(砒礦)	Atacamite(氯鹽銅礦)
Bromyrite(溴銅礦)	Calomel(甘汞)
Cerargyrite(角銀礦)	Chrysocolla(硅孔雀石)
Cupryrite(赤銅礦)	Azurite(藍銅礦)
Calamine(異極礦)	Cerussite(白鉛礦)
Chalcanthite(膽礬)	Malachite(孔雀石)
Mercury(水銀)	Molybdate(水鉛華)
Pyrolusite(軟錳礦)	Lead(鉛)
Manganite(水錳礦)	Melaconite(黑銅礦)
Psilomelane(硬錳礦)	Pyromorphite(綠鉛礦)
Witherite(毒重石, 碳酸鋇礦)	Talc(臘石)
Tin(錫)	Smithsonite(菱鋅礦)

(3) 初生的及二次的均產出者:

Alunite(明礬)	Aragonite(霏石)
Argentite(輝銀礦)	Baryte(重晶石)
Celesite(天青石)	Chlorite(綠泥石)
Dolomite(白雲石)	Epidote(綠簾石)
Bismuth(鉍)	Calcite(方解石)
Chalcopyrite(黃銅礦)	Cinnabar(辰砂)

Enargite(硫砒銅礦)	Galena(方鉛礦)
Gold(金)	Gypsum(石膏)
Hematite(赤鐵礦)	Magnesite(菱鎂礦)
Marcasite(白鐵礦)	Orpiment(雄黃)
Quartz(石英)	Rhodochrosite(菱錳礦)
Scheelite(鈣重石)	Sericite(絹雲母)
Magnetite(磁鐵礦)	Opal(蛋白石)
Pyrite(黃鐵礦)	Realgar(雞冠石)
Siderite(菱鐵礦)	Zeolite(泡沸石)
Zincblende(閃鋅礦)	Sulphur(硫黃)
Willemite(硅酸鋅礦)	Tetrahedrite(黝銅礦)

(4)常爲初生的礦物但間作二次的產出者:

Chalcedony(玉髓)	Chalcocite(輝銅礦)
Covellite(銅藍)	Bauxite(鐵礬土)
Native copper(自然銅)	Kaolin(高嶺土)
Proustite(淡紅銀礦)	Pyrargyrite(濃紅銀礦)
Limonite(褐鐵礦)	Stephanite(脆錳銀礦)
Selenite(透石膏)	Serpentine(蛇紋石)
Silver(自然銀)	Barnite(斑銅礦)

一九二一年夏在日本長門山中研究銅礦,此

篇即從事調查之先閱各種參考書時所抄集者也。一般礦床之內部性質，略具於此，故特整理之以供同好。

一九二一年九月六日脫稿。

上海图书馆藏书



A541 212 0022 4862B

Aus Wissen und Wissenschaft
Der Geologist, Darwin
 The Commercial Press, Limited
 All rights reserved

—————
 學藝彙刊
 □ 地質學者達爾文一冊
 中華民國十五年一月初版



(每冊定價大洋伍角)
 (外埠酌加運費匯費)

著	者	中	華	學	藝	社	張	資	平
發	行	上	海	棋	盤	街	中	市	商
印	刷	上	海	寶	山	路	商	務	印
									書
									館

發 行 所

上 海 棋 盤 街 中 市

商 務 印 書 館

北京天津保定奉天吉林龍江濟南太原開封西安南京杭州蘭谿安慶蕪湖南昌九江
 漢口長沙常德衡州成都重慶廈門福州廣州潮州香港梧州雲南貴陽張家口新嘉坡

商 務 印 書 館 分 館

刊彙藝學

本誌發行以來其中佳作不在少數
 唯以前所出各號間經售盡致殘闕
 不能彙成整部購者每感不運用特
 擇其精者彙成小冊分別印行茲將
 已出版各冊列舉於下

相對律之由來及其概念

昌周壽著 三角五分

教育哲學

范壽康著 三角五分

杜里舒及其學說

費鴻年著 五角

詩論

潘大道著 二角

內燃機關

劉振華著 二角五分

社會教育概說

馬宗榮著 四角五分

元又(1842)

版出館書印務商

書用學中級高

自然科學

- | | | |
|-----------|-----|------|
| 高等植物學 | 鄒秉文 | 二元五角 |
| 實用植物學教科書 | 馬君武 | 三元 |
| 近世動物學 | 薛德燾 | 二元 |
| 實用動物學教科書 | 馬君武 | 三元 |
| 主義動物學 | 馬君武 | 三元 |
| 新學制中地質礦物學 | 張資平 | 二元五角 |
| 高等礦物學講義 | 張錫田 | 二元 |
| 密爾根實用物理學 | 周昌壽 | 二元 |
| 最近物理學概觀 | 鄭貞文 | 一元二角 |
| 英初等物理學實驗 | 鄭貞文 | 六角五分 |
| 文初等物理學實論 | 鄭貞文 | 六角五分 |
| 新高等化學通論 | 鄧恂立 | 三元 |
| 化學理論化學 | 孔慶萊 | 八角 |
| 集成無機化學 | 同上一 | 一元五角 |
| 中等學校有機化學 | 杜亞泉 | 三角五分 |
| 教科書 | 李駿惠 | 一元五角 |
| 英化學綱要 | 王守成 | 一元 |
| 新學制公民生物學 | 王守成 | 一元 |
| 高 | 薛德燾 | 二元 |
| 生物學 | 鄒秉文 | 二元五角 |
| 高等植物學 | 鄒秉文 | 二元五角 |

元2016(一)

高等礦物學講義

二二

全書分三編第一編通論第二編特論第三編吹管分析法凡普通礦物之成分形態性質產地用途及其分析試驗與區別同樣礦物等方法詳述無遺可作中學及初級師範之參考書或高等師範及採礦冶金專科之教科書全書共六百餘頁插图五百餘幅

商務印書館發行

