

多爾脫著
杜若城譯

科學叢書

岩石發生史

商務印書館發行

科學叢書
岩石發生史

此書有著作權翻印必究

中華民國二十年二月初版

每冊定價大洋壹元陸角

外埠酌加運費匯費

原著者 多爾脫

譯述者 杜若城

發行人 王雲五
上海寶山路五〇一號

印刷所 商務印書館
上海寶山路

發行所 商務印書館
上海及各埠

Scientific Series

PETROGENESIS

By Dr. C. DOELTER

Translated by TU JO CHENG

Published by Y. W. WONG

1st ed., Feb., 1931

Price: \$1.60, postage extra

THE COMMERCIAL PRESS, LTD., SHANGHAI

All Rights Reserved

岩石發生史

導言

吾人在探究一自然物體之初，無不以該物體之發生，爲首應解決者之問題。在探究岩石時亦然，如最先探究岩石界者之亞里斯多德氏（Aristotles）當初即以岩石如何發生一問題自問。該氏憑岩石生成上的理由，分岩石爲火成的與水成的兩大類，然此無非言岩石之大別已耳。至對於某一岩石之發生，是否屬於火成的或水成的，自當研究一方法以決定之。

在未得精密方法以前，對於一岩石發生之問題，無不議論紛紛，莫衷一是，如對於花崗岩及玄武岩之發生，不知經若干年之爭執。研究此問題者，固不乏宏才大略之人，然終不免得如哥德氏所謂『消光陰於爭執』之結果。昔日之所以對於玄武岩之發生有不少爭執者，乃因未能指出玄武岩中之玻質物；若當時果有適當之方法以指出之，則對於玄武岩之發生，決無問題，然欲達此目的，必需另闢探究之途徑而後可。

最先須探究者，厥爲岩石之性質。迨其礦物成分及化學成分與其地質的產狀一經明瞭以後，其在成因上之研究，自不難繼是而發展。岩石如何生成之問題，必當列在兩個較重要的問題之後，此兩個問題卽何爲岩石？及與其他岩石之關係如何？然在探究岩石一切問題以前，首須定出研究方法，練成一種藝術。自顯微鏡下的研究發達以來，許多在成因上之爭執，遂迎刃而解，且關於成因之諸項問題亦連帶解決；一方面由比較多數岩石之化學性及礦物性，其在生成上相互之關係，於是明瞭。一方面因利用從化學及物理學導出之方法，吾人得能在研究岩石生成之工作上，達到良好之結果。凡五十年前因缺乏岩石知識未能解決者之問題，目下已圓滿解決之矣。然就別幾點言，吾人目下之知識仍在萌芽時代。凡導吾人解決岩石諸問題之途徑，不但滿地荆棘，益且遙遠。況吾人不願再以由推想而得之結果爲滿足，故祇得本地質的或純粹岩石的思想逐步研究之，並如研究物理學及化學然，尤當作適當之實驗。

在討論一問題時，且當注意不可使細微事物之範圍過分放大，如當研究岩石時，不必就每一岩石之個體設想，但當舉出依規則聯絡者之諸重要岩羣全盤討論之。本書係就岩石狹義而講，故礦物及石炭一概除外，尤其恐是書之篇幅過於擴張也。

目次

導言

..... 一

第一章 地球內部及火山作用

..... 三

火山源

..... 六

緣邊火山源

..... 七

岩漿上昇之原因

..... 一一

岩漿之爆發能力

..... 一二

火山岩漿凝固時之情形

..... 一二

氣體之狀況

..... 一三

熔岩之溫度

..... 一六

火山源之溫度

..... 一七

最先須探究者，厥爲岩石之性質。迨其礦物成分及化學成分與其地質的產狀一經明瞭以後，其在成因上之研究，自不難繼是而發展。岩石如何生成之問題，必當列在兩個較重要的問題之後，此兩個問題卽何爲岩石？及與其他岩石之關係如何？然在探究岩石一切問題以前，首須定出研究方法，練成一種藝術。自顯微鏡下的研究發達以來，許多在成因上之爭執，遂迎刃而解，且關於成因之諸項問題亦連帶解決；一方面由比較多數岩石之化學性及礦物性，其在生成上相互之關係，於是明瞭。一方面因利用從化學及物理學導出之方法，吾人得能在研究岩石生成之工作上，達到良好之結果。凡五十年前因缺乏岩石知識未能解決者之問題，目下已圓滿解決之矣。然就別幾點言，吾人目下之知識仍在萌芽時代。凡導吾人解決岩石諸問題之途徑，不但滿地荆棘，益且遙遠。況吾人不願再以由推想而得之結果爲滿足，故祇得本地質的或純粹岩石的思想逐步研究之，並如研究物理學及化學然，尤當作適當之實驗。

在討論一問題時，且當注意不可使細微事物之範圍過分放大，如當研究岩石時，不必就每一岩石之個體設想，但當舉出依規則聯絡者之諸重要岩羣全盤討論之。本書係就岩石狹義而講，故礦物及石炭一概除外，尤其恐是書之篇幅過於擴張也。

第一章 地球內部及火山作用

地球內部之性質，迄今天文學者、地質學者及物理學者尙徒勞而不能解決。至對於地中物質之分配及溫度之情況，目下亦祇有若干假說可資參考已耳。地中溫度之情況，在地質學中誠爲一切要問題。吾人若能一旦對於此問題搜得較目前爲佳之資料，即不難對於地面下深處地層之綜合狀況，下一個切實意見。本書中對於地下增溫率 (goethermische Tiefenstufe) 不容作詳切之討論。是處所能說者，則以爲由觀察至深不過達二〇〇〇呎淺處之所得（視觀察又不一致），而定每三〇呎增攝氏一度之增溫率，並由此以揣測地球內部之溫度，誠屬鹵莽。現今所定之增溫率似僅對於近地面之地層適用，而地球內部溫度之遞增，當較爲緩慢也。

希姆斯達氏 (Hinstedt) 曾提出地球中諸成分之放射性是否能用資解決地熱之問題，此問題本多夫氏 (Bendort) 在美蘭 (Meran) 召集之自然學家及醫學家聚會中，亦提出之。李勃拿氏 (C. Liebnow) 昔日計算地層之傳熱能力爲每秒中 0.006 厘，而對於增溫率，該氏認定每增深三〇呎，地溫至少當增加一度；從地球內部放出之熱量，每秒鐘約爲萬兆 (1000000000) 廷卡路里。該氏以爲此熱量係

從放射性物質中放出。據著者之見解，鎔素恐祇存於近地面之地層中，李氏之言論，恐不落當，蓋如是溫度之增加祇以近地面之地層中爲限，然此則與事實不符。

施都倍爾氏 (A. Stübel) 堅決否認每增深三〇呎地溫至少當增加一度之增溫率。該氏憑正當之理由，認近地面淺處之增溫率與在地中深處之增溫率不同。在離地面一五呎至五〇呎之地層下，其增溫率恐三倍或五倍大於今日在地層浮面所覺察者，如是在離地面八〇呎之深處，岩石即可熔融，縱使有岩石熔點隨深度而增加之關係，然在二百呎深處之岩石，無不皆在熔融狀態中。此數或尙嫌大，惜無確實的事實以作張本耳。

融點隨壓力之遞增。凡因熔融而膨脹之物質，其融點莫不隨壓力而遞增。包魯施氏 (Barus) 曾由實驗證明輝綠岩之融點，每增一氣壓當遞增 0.025 度。在一萬氣壓或在與之相當之三七五〇呎厚之地層下，此岩石之融點當在一三五〇度（一一〇〇度加二五〇度）。然此計算非完全可靠，蓋溫度不與壓力爲比例的遞增，故其所估計之融點當遙過實際之當有者。塔曼氏 (G. Tammann) 由試驗多種容易熔融之物質之結果，證明物質融點之遞增率，迨物質所受之壓力達某種程度後，即迅行減少。吾人雖未曾見過一種表示硅酸鹽類融點與壓力之關係的曲線，但知其斜急無疑也。

融點之遞增率在高壓下變小，其時熔點且立即達其最大之數；嗣後融點線取向向下之方向，而融點於是

反因壓力增加而遞減，故最重要者，乃在知物質之最大融點及當時之壓力。塔氏曾由實驗而得甲基丁醇 (Dimethylcarbinol) 之最大融點，並測得當時所用之壓力為四七五〇氣壓。該氏並測定碳酸在最大融點時所受之壓力為一三〇〇〇呎。

融點隨壓力之遞增率，自然視物質而異，但就會經實驗者之諸物質而言其數不出於〇・〇〇九度與〇・〇三度之間。對於岩漿（其中之水分亦注意及之）之遞增率，吾人尙無張本可資引證，且不知其最大融點是否在四萬氣壓或十萬氣壓下而發生，職是之故，其最大融點是否比較在一氣壓下當高二百度或五百度或猶過之，實無從決定。至最大融點實現時之深度能在地面下一五〇至三〇〇呎之間，而第一數似較近實際。準此，地殼之固體部分可有百呎之厚，但至深在三〇〇呎處，岩石定必熔融，故岩漿所在地之深度決不如當初所料想者。許多地質學者當初亦同物理學者共認地球為一完全固體。若輩之所以抱如此之見解者，一則因信物質之融點隨壓力而具繼續遞增性，一則因以為一個薄的地殼是一種不可能的事。吾人現今已知地中存有一個最大融點，並知自某一深度以下，地球內部必在熔融狀態中，其岩漿質具有極強黏着性，而在多數特點上，與固體無多大差別。在固體與具黏着性之岩漿間，每有與固體相近似之過渡岩體。

最大融點實現處之探究，雖極重要，但現下所得者不過相差遙遠之數限界而已。華脫氏 (J. L. Vogt) 曾言包魯施氏所得之結果並非真確，蓋當該氏示溫度隨壓力而遞增時，其公式中所假定之熔融熱比實

際要大五倍，依此每增一氣壓，融點之遞增不過爲〇・〇〇五度。包氏所假定之熔融熱之過高焉，固早已有
人提及之，然華氏之計算是否真確，亦不無疑問。對於此疑問，祇能由實驗直接解釋之。

● 此公式爲
$$\frac{dp}{dT} = \frac{(V - V_1)T}{q}$$
 其中T爲絕對溫度，q爲熔融熱，V，¹V爲固體與液體之體積。

火山源

一個與前節直接相關之問題，卽爲在熔融狀態中之地球內部能否與地面相連絡是也。吾人一方面雖不以直接的連絡爲可能，但一方面若謂其各種連絡絕對不可能，則火山作用恐不得實現。岩漿未必沿直接通達地面之裂縫從一五〇杆至三〇〇杆深處昇達地面；火山源之所在，當不爲如此之深也。吾人對於直接的火山源（卽次生火山源）與原來的熔融內部（卽原生火山源）應加以區別。直接的火山源恐係存在二五至三五杆厚之水成岩層下，其中所含之岩漿係從熔融內部噴出，而爲火山第一次破裂後之產出物，其質恐甚輕，並含石英，故與花崗岩之岩漿相似。在此層以下，則爲另一岩漿層，此層因壓力關係，其熔點增高，故爲固體。

據施都倍爾氏之意見，以爲在地中存有一種厚約五〇杆之岩漿層，致熔融內部與地面之連絡爲之隔

斷。該氏揣想在地球構造史中，當有一個火山作用全盛之時期，此時期必遠在太古代以前。當時火山物之產出因過於旺盛，致地面與熔融內部之連絡全然停止；結果，此後火山作用自必停息。施氏並信在此岩漿層中，當有一部分岩漿迄今尚在熔融狀態中。此岩漿層因存在一百呎以下之深處，其溫度係近融點，故其所受之壓力若因上面岩層之剝去而減少，則岩漿之溫度必達融點，而此岩漿層則變為可迸達地面之熔融體矣。在施氏之見解中，故亦認有一種次生火山源。

當解釋火山作用時，吾人即利用此種在一定深處存在而有近熔點溫度之岩漿層，並認當上面之壓力一部分減去時，此岩漿因熔點降低變為熔融體，岩漿自變為熔融體後，即能流動，且因受其中所含之氣體之壓迫，能沿岩石中裂縫上昇。至當時所必須之一部分之壓力之減去，為地中構造作用之一部分的結果。熔融岩漿與其所含之氣體皆具有腐蝕性；氣體有與吹管火同樣之作用。

緣邊火山源

地中岩漿層與原生火山源之連絡，無論謂其現今已完全斷絕，或謂藉構造作用尚可連絡，或謂不多時以前曾經連絡者，然無一不許人意料在地面下二〇至一〇〇呎深處，存有多數岩漿滯溜或緣邊火山源。此意見多數火山學者皆公認之。對於緣邊火山源之深度雖有人曾作一度之實驗，然所得之結果不免具有幾

分假定性。大多數火山源有在五〇杆以上之深度，如克刺卡士亞（Krakatau）火山源之深度是；又羅蘭氏（delorenzo）以爲牛華山（Monte Nuovo）火山源之深度尙不達一二〇〇杆。又據撒排的尼氏（Sabbatini）之計算，火山源之深度當在一五至六〇杆之間，緣邊火山源中之岩漿受壓迫而上升。若在上層中有裂縫存在，則是等裂縫爲之填充；若當時岩漿之膨脹力極大而抵抗力較小，則發生火山之爆發現象。火山之地理的分布既然依地面上之斷裂帶，則固體岩漿自必因減受壓力而熔融。

因所受之壓力減小，地中固體岩漿層熔融並向上移動，但未能即昇達地面。此岩漿遂填充於預先存在之岩隙中，致發生緣邊火山源，即實際的火山源是也。

當固體岩漿層中之岩漿由極深處（約在地面下一〇〇杆）上昇時，直接在上層之岩石首先感熱而熔融，較上層之岩石，因岩漿之溫度當達此層之際，已不如在深處時之高，故所受之影響有限，然在深處之地層，因是種岩漿之侵入感受極劇烈的影響。

據施都倍爾氏之揣想，以爲緣邊火山源已不與地中熔融內部發生連絡，且謂二者間之斷隔係始自極古之地質時代。此揣想以不能迎合各種理由恐非可靠，蓋吾人頗難望此種岩漿滯溜能歷如此久長之時期仍保其較四周爲高之溫度者，其岩漿勢非如四周岩石然，其變爲固體不可；且滯溜中之岩漿亦須告罄，結果火山作勢必逐年消衰，然回顧第三紀時之火山作用似適與此相左。施氏假說之所以不能立足即以此故。其

假說不能說明火山作用之輪迴。對於多火山現象之第三紀，該氏則以災變期目之。

岩漿之能否昇達地面，自然當視其現今所在處之深度。若如亞漢尼歐司氏（Arhenius）然，假定熔融岩漿之所在係在四〇杆以下，則岩漿之上昇尙不成問題，但此數必定較實際爲小，蓋卽在一〇〇杆以下恐難望有岩漿存在。岩漿之從如此深處以達地面，誠爲一個疑問。

緣邊火山源或岩漿滯溜之存在，天然爲一個假定。吾人雖可揣想在地面下之固體岩漿層中尙有一部分岩漿未曾凝固，而以後充填緣邊岩洞者卽爲此部分，但此恐不可能，蓋吾人實無從明白爲何一部分岩漿常有異於別部分也。地中內部之岩漿或許有向上移動之傾向，並利用地殼中之裂縫而填充於近地面之洞穴中，成爲近地面之滯溜或緣邊火山源，其中所含之岩漿可由地球內部源源給濟。多年在活動中之火山勢非有持久之給濟不可。觀此，地面與原生火源雖無直接的連絡，然原生火山源確與次生火山源發生相當之連絡。

許多地質學者對於岩漿沿地殼中罅裂之上升，唱反對之論調。若輩所持之主要理由，謂地殼具有極大厚度，並謂岩漿在深處具有可塑性。對於地殼之厚度吾人所知極微，據新近理化學的理由，不必假定地殼有自五〇〇以至一〇〇〇杆之厚度，因岩石融點有其最大限度，此數目恐難免過大。反對派以深處地層具有潛塑性爲理由，否認岩漿能逐漸穿過一〇〇至一五〇杆厚之地殼或至少昇達地面下二〇杆至六〇杆深

處之洞穴中。洛爾氏 (Löwl)、翁斗氏 (Günther) 等曾特行聲明不認地中存有罅裂之可能，蓋在岩漿未及侵入罅裂中以前，罅裂必早已閉合也。物質在高壓下之可塑性既已無多大疑問，故深處之罅裂頗出人意料。岩石如其他物質然，固具有可塑性，然此非在極深之處不能發生。對於爲可塑性所必須之壓力，迄今尙無實驗，然必甚大。準此以觀，地中罅裂雖不能通達地中極深之處，然能通達深處。在壓力較小之處，亦即爲可塑性停止之所。

據密爾許氏 (Milch) 之意見，以爲欲解釋褶曲山中常見之深成岩大塊，不必假定從地球內部有通達褶曲部分之罅裂，因經壓迫作用，岩漿亦能被逼而昇達密度較低之處。由測驗而知，在褶曲山下之地殼部分呈疏鬆狀態，是處密度低下。凡褶曲山幾無一不呈低下之密度，而在最高褶曲山下，亦即爲密度最小之處。

岩漿之上升係爲解釋火山作用之必要條件。岩漿迨所受之壓力減低後，即有昇達地面之傾向，且能填充孔穴。在是種狀況下，原生火山源中之岩漿即有昇達地面處之機會而發生次生火山源。在次生火山源中之岩漿以後經擾動而達地面。

同時一方面認地球爲在固體狀態中而一方面解釋火山作用者，亦有其人。萊耶氏 (Reyer) 認當地面發生罅裂時，固體岩漿即變爲熔融體，且因所含氣體膨脹之結果，致向地面上昇。各種假說：如（一）固體岩漿，（二）在四〇呎深處變爲熔融體之岩漿，（三）在一〇〇至三〇〇呎深處變爲熔融體之岩漿皆認火山作用

可由岩漿之上昇解釋之。然熔融岩漿體之所在不能假定過深，否則藉罅裂以與地面之連絡勢必難以維持，因據別一假說言，深處之罅裂，因可塑性之關係，頗難發生。

岩漿上昇之原因

對於岩漿上昇之原因，意見紛歧。岩漿飽含氣體（其中尤以水蒸氣為主），在高溫時，此種氣體發生與吹管火同樣之融解作用，致一部分固體岩漿融解。岩漿若經構造作用被壓迫而上昇，則在上面之岩層易被融解，岩漿至是能逐漸昇達地面。

就火山依地面上罅裂而排列觀之，火山岩漿上昇之主要原因似為從地面開始之造裂作用。此種罅裂能否深達地中吾人雖不得而知，但此問題與造火山之作用想無甚關係。在發生罅裂之處壓力定然不大，其在下面深處之岩漿於是變為熔融體而昇達地面。

施都倍爾氏曾倡別種學說以解釋火山之生成。其學說係以由一次或至多二次破裂所成之單成火山為根據。據此說言，火山之生成，係出於緣邊岩漿源，且謂祇由一次破裂生成之火山，其源決不在極深之處。此誠如其言，但緣邊火山源自身為一種次生火山源而係由深處岩漿昇達上層時發生。單成火山雖定能由此種緣邊火山源發生，但其數斷不能如施氏所信之多。維蘇威與伊的那皆非單成火山。單成火山其實為一種