

臺灣之
火山活動
與
火成岩

莊文星 著

臺灣之火山活動 與火成岩

莊文星 著



國立自然科學博物館

臺灣之火山活動 與火成岩

莊文星 著



國立自然科學博物館

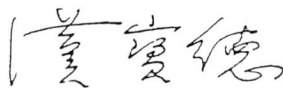
初版序

本館太空劇場正在上映「火山奇觀」影片，引起廣大觀眾的迴響。我們在觀賞時，常感受到各種火山地質現象的宏偉與震撼，也常讚嘆雄偉大地的奇妙，但卻往往不明白大自然的奧秘。

臺灣位處環太平洋島弧上，因此常有可怕的地震發生。但是臺灣並無活動中的火山，有些人不免懷疑這美麗寶島與火山帶的關係。在臺灣北部、東部以及西部澎湖群島，常有頗為特殊的火山地質景觀。大自然是如何營造這些變化無窮的地形地貌？往往得不到適切的答案。即使居住在當地的人們也未必能體會出其中的奧妙。

為使大眾瞭解臺灣火山地質特色，提供對火山地質有興趣的人們一份淺顯而完整的參考資料，特別請蒐藏研究組莊文星博士編撰「臺灣之火山活動與火成岩」一書，深入淺出介紹火山活動與火成岩的基本概念、臺灣的火山區與地質景觀和礦產資源及特殊的礦物岩石。書中並附有圖表、照片等資料，內容堪稱翔實。希望國人能認識鄉土環境，珍惜大自然留給我們的寶貴資產。同時也期望大眾能夠瞭解地質的構成，到野外中學習自然，觀察大地的消長。人類的生存是與環境息息相關的，大地的歷史，可予我們有限的生命以無限的啟發。

國立自然科學博物館 館長



中華民國八十一年七月

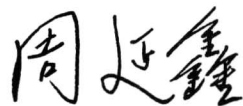
再版序

在我讀大學的時候，我們所知道的演化論或進化論只是達爾文(Charles Darwin, 1809~1882) 在描述生物時，物種經自然選擇如何由一個原物種進化成新物種的學說，因為自然科學的進步，在廿世紀末的今天，演化論這個理論不但在生物界已被多數的生物學家接受，就是在物理化學界、人類學界，也都認為這是我們人類文明史中，最重要的科學理論之一，因為應用現在的電子儀器分析，我們知道，不只是生物有演化，地球有演化，太陽系有演化，銀河系有演化，也就是說我們生活於其中的宇宙也正在演化，所以世界上是沒有什麼不變的東西。

今年五月廿九日，李總統登輝先生蒞臨本館視察，人類學組何傳坤主任向李總統報告我們在澎湖海溝如何發現古菱齒象時，李總統反問我們，澎湖海溝是如何形成的？澎湖群島與臺灣本島是何時浮現的？澎湖列島又是由何種岩石所構成？當時因為我們未有準備，所以無言以對，故李總統要我們以後多多研究研究澎湖玄武岩等的形成過程。

事後我們才發現本館莊文星博士早已有「臺灣之火山活動與火成岩」一書出版，在此書中提及，臺澎的成因是因為在二千多萬年前之中新世時代，因中國南海的擴張，而南中國陸地板塊斷裂形成裂隙與火山活動，因而才有臺澎。目前已知澎湖群島是由玄武岩所構成的熔岩臺地，而臺灣則是由東部火山區、西部火山區及北部火山區的爆裂火山口凹陷而成，北部火山區大家都看過，例如陽明山的小油坑等地都是。當然此書不只是能回答李總統的問題，其中的地質學知識，尤其是石頭礦物的演化，可說應有盡有，所以只要你將此書讀一遍，一定受益匪淺。又因原書已無存貨，故再版以饗讀者。

國立自然科學博物館 館長



中華民國八十八年五月卅一日

作者序

臺灣為環太平洋火山島弧的一分子，地處大陸板塊與海洋板塊的碰撞帶，為世界上研究地質問題極其少有的寶貴地區，因而臺灣火成岩的探討在地球科學方面實具有不平凡的意義。

「臺灣之火山活動與火成岩」一書之出版，著重於臺灣火山活動、火成岩等各方面資料之彙整編纂，希望能夠詳細說明臺灣之火山地質地形景觀，使國人認識鄉土環境，達到自然教學之目的。編者才疏學淺，本書不夠完備的地方甚多，希望讀者能夠將本書的缺點告知編者，以作為修訂時之參考。

本書共分兩個部分，第一部分為火成岩與岩漿活動，分別介紹基本的觀念(第一章～第二章)、火成岩的年代(第三章)和岩漿的形成機制(第四章)。第二部分為臺灣火山區之各論，包括三大火山區(第五章～第七章)和火山區之地質地形景觀(第八章)與礦產資源及特殊礦物岩石介紹(第九章)。

本書的編寫曾得到很多人的協助，才能順利完成。國立中央大學地球物理研究所顏滄波教授、國立師範大學地球科學系陳培源教授、國立臺灣大學海洋研究所陳汝勤教授和經濟部中央地質調查所朱倣祖博士的殷切指導與細心的審閱文稿，提出許多寶貴的意見，使本書更臻完善。

本書撰寫過程中，研究助理蔣翠英女士積極參與協助。經濟部中央地質調查所朱倣祖、謝凱旋、莊德永和本館何恭算等諸同仁，熱心提供照片。文句的修正有勞本館科教組前主任王維梅女士的幫忙及高慧芬、林美齡、蘇麗英、洪夙慶等多位同仁，以及義工朋友的費神審正與校閱，始得順利出書，謹此致最真摯的謝意。

本書第一版於八十一年初版，蒙廣大讀者之照顧，供不應求，故再版以饗愛好者。初版蒙中國時報推薦登載一周好書榜，並蒙國立臺灣大學地理系姜善鑫教授給予熱情的支持與深切的關懷，並提供寶貴的意見。再版撰寫過程中，研究助理黃妙霖、余欣怡積極參與協助，於此一并致謝。

莊文星

謹識於國立自然科學博物館
中華民國八十八年六月

目錄

初版序	2
再版序	3
作者序	4

第一部分 火成岩與岩漿活動

第一章 緒論	10
一、岩石	11
二、火成岩	14
三、岩漿	15
四、世界火山之分布	16
五、火山作用對人類的影響	21
六、臺灣的火山區	29
七、研究臺灣火成岩有何重要性	30

第二章 火山與火成岩	31
一、岩漿活動	33
二、火山作用與火山地形	38
三、火山的活動	51
四、火成岩之組織與構造	52
五、火山岩之特性	54
六、深成岩體之特性	60
七、火成岩之礦物組成	63
八、火成岩之分類	67
九、火成岩的化學特性	72
十、岩漿演化	75

第三章 火成岩的年代	78
一、時間的意義	79

二、相對時間·····	80
三、地層的對比·····	85
四、標準地層柱狀剖面·····	86
五、地質時間表·····	86
六、絕對時間的測定·····	87

第四章 板塊運動與岩漿活動·····	99
一、板塊構造運動·····	100
二、中洋脊岩漿活動·····	103
三、隱沒帶岩漿的生成與演化·····	104
四、隱沒帶的火成岩·····	112
五、大陸裂隙玄武岩之成因·····	117
六、矽質玄武岩與鹼性玄武岩的區別·····	120
七、北部島弧玄武岩與西部大陸裂隙玄武岩之區別·····	123

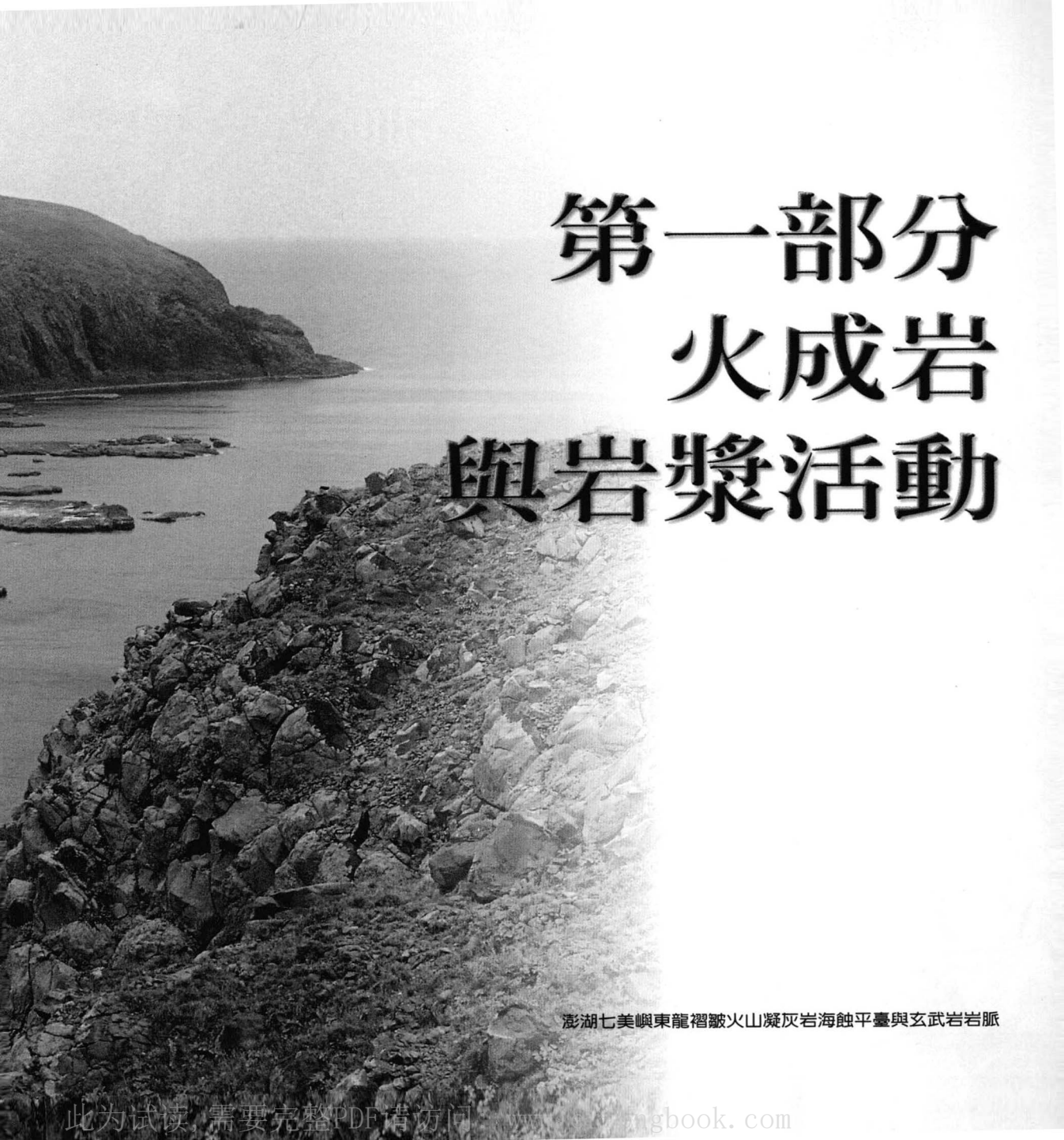
第二部分 臺灣新生代後期的火成活動

第五章 臺灣北部火山區·····	128
一、臺灣北部大地構造·····	129
二、彭佳嶼、棉花嶼、花瓶嶼·····	131
三、大屯火山群·····	137
四、觀音火山·····	159
五、草嶺山·····	164
六、基隆火山群、基隆島·····	167
七、龜山島·····	173

第六章 臺灣東部火山區·····	177
一、中央山脈變質雜岩區花崗岩 —— 花崗片麻岩·····	179
二、東部蛇綠岩系·····	184
三、東部島弧火山岩·····	188

第七章 臺灣西部火山區	219
一、西部中新世之火山活動	220
二、公館凝灰岩	222
三、尖石火山活動期	230
四、角板山火山活動期	230
五、澎湖列島	236
第八章 臺灣火山地形景觀	256
一、陽明山國家公園的火山景觀	257
二、火山岩之柱狀節理	261
三、岩脈	272
四、海蝕洞	276
五、火山碎屑岩、集塊岩之風光	279
六、澎湖七美嶼東龍西虎（大獅風景區）	282
七、風稜石	288
八、臺灣火山之天然模擬——泥火山	289
第九章 臺灣火山之礦產與特殊礦物岩石	292
一、金礦	293
二、銅礦	298
三、雲母礦	302
四、黏土礦	304
五、火山岩石材與碎石骨材資源	305
六、地熱資源	307
七、澎湖文石	311
八、藍玉髓	312
九、特殊礦物與岩石	313
參考文獻	320





第一部分 火成岩 與岩漿活動

澎湖七美嶼東龍褶皺火山凝灰岩海蝕平臺與玄武岩岩脈

第一章

緒論

澎湖七美嶼玄武岩柱狀節理風光

一、岩石

岩石是在自然界中由一種或多種礦物或似礦物（如煤、玻璃物質、蛋白石等）聚合而成的固態集合體，但大部分的岩石都包含了好幾種不同的礦物。岩石常以岩

層或岩體形式而構成地殼及地函的固態部分。隕石與月岩也是岩石，但一般所易見的岩石，主要指組成地殼及少量上部地函的物質。構成地殼的岩石是由內力與外力等地質作用下的產物，也是地球化學、物理化學和部分生物作用的產物。傳統上，

表1-1. 火成岩、沈積岩與變質岩之一般特性

	火成岩	沈積岩	變質岩
	結晶質岩石	碎屑狀或低溫結晶質	結晶到部分結晶質
野外露頭與構造特性	火山及相關之熔岩流，略顯層狀	分布廣泛，由侵蝕風化之碎屑物堆積而成	為廣大區域可能具有與區域構造相關的劈理或漸進式的礦物變化或與火成岩體接觸常呈變質反應圈
	毗鄰岩石產生熱效應，如再結晶、顏色改變或反應圈等	具層理與淘選作用	礫、化石或礦物晶體可能受到扭曲現象
	侵入岩體周遭具有細粒的冷卻反應緣	具有波痕、交錯層或泥裂等沈積構造	廣大區域內可能具有礦物粒子平行排列或顆粒拉長現象的葉理
	塊狀岩石為主，缺乏化石與層理構造(火山碎屑岩除外)，一般除顆粒鑲嵌交鎖外無其他構造	岩石為半固結至固結，孔隙度高	具平行排列或部分為堅硬緻密顆粒交鎖之岩石
	常存在於島弧或造山帶及板塊內部	可能代表古代各種沈積體系，如三角洲、沙洲、河流、海洋等	時代上常存在於前寒武紀或新生代造山帶區域
組織	斑狀、玻璃質、多孔狀、杏仁狀、文象的、碎屑狀或交鎖聚集	碎屑狀、含化石的、鮞狀、豆狀、層理狀、交鎖聚集	角礫狀、變粒狀、變晶狀或角頁狀
特徵礦物	閃石類 長石(高含量) 白榴石 雲母類 霞石 橄欖石 輝石 石英	石英(高含量)、碳酸鹽(特別是方解石、白雲石)、燧石(微晶質石英)、海綠石、硬石膏、石膏、石鹽等蒸發岩礦物(少見)、長石(長石砂岩)、雲母、岩屑	閃石類、紅柱石、堇青石、綠簾石、斜長石、石榴子石、藍閃石、石墨、藍晶石、矽線石、十字石、矽灰石、透閃石—陽起石、雲母類、石英

岩石可以分為火成岩、沈積岩和變質岩三大類。由大部分的野外露頭或岩石標本去區分它們並未產生很大的困難，而且按照它們可能形成條件的分類方法仍有許多好處。根據美國地質學會所編定的「地質名詞辭典」對三大岩類所下的定義分別為：

火成岩——由熔融或半熔融岩漿凝固

而成的岩石，如花崗岩或玄武岩。

沈積岩——由鬆散的沈積物固結而成的岩石；或地表附近之水溶液所產生的化學沈澱；或由植物或動物之殘骸及其分泌物所形成之有機質岩石，如砂岩、頁岩和石灰岩。

變質岩——在風化與膠結帶以下的任

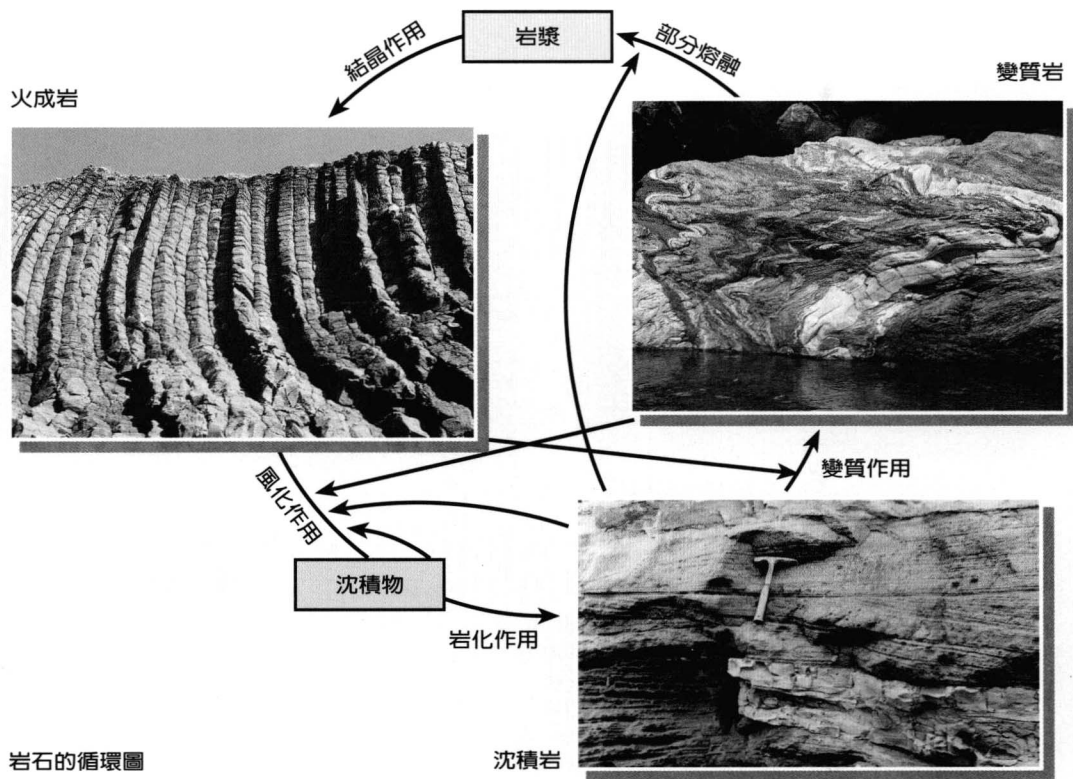
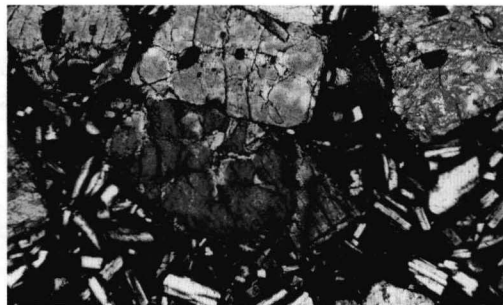
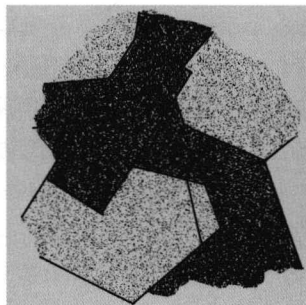
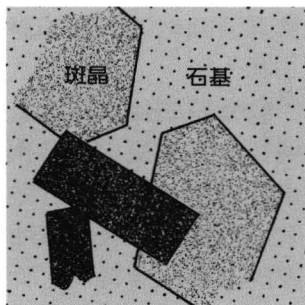
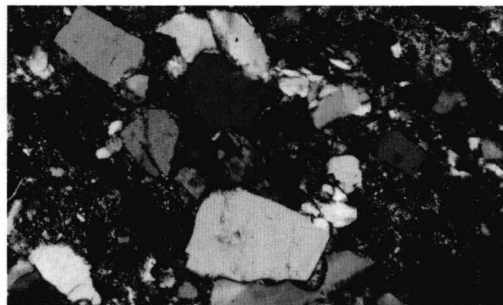
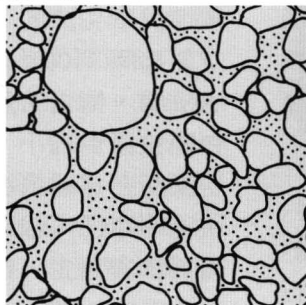
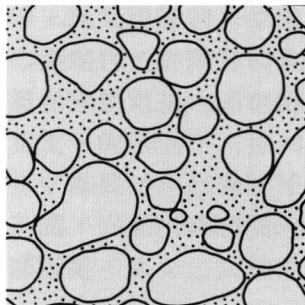


圖1-1. 岩石循環與火成岩、沈積岩和變質岩等三大岩類之岩石構造特徵。

(1)火成岩 顆粒鑲嵌交鎖



(2)沈積岩 碎屑顆粒點與點或面與面的接觸



(3)變質岩 顆粒變形拉長褶皺

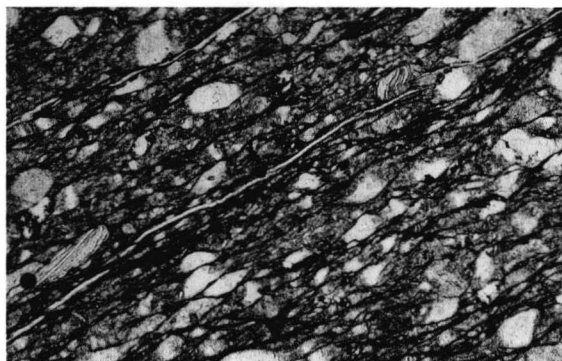


圖1-2. 火成岩、沈積岩和變質岩等三大岩類之岩石組織特徵：

(1)火成岩，礦物顆粒彼此緊密鑲嵌顆粒交鎖；(2)沈積岩，磨圓的顆粒，空隙處有膠結物充填，顆粒間以點對點或面對面的接觸；和(3)變質岩，礦物顆粒有變形拉長現象，有些長形或片狀礦物顆粒呈平行排列。

何岩石，特別是地殼深部的固態岩石，為因應溫度、壓力和化學環境的變化，而改變其原有的礦物種類(再結晶)、化學組成與岩石組織和結構，所產生的岩石，稱之為變質岩，如板岩、千枚岩、片岩和片麻岩。

為了便於將一岩石劃分到三大類中，我們首先提出一劃分的規格表(表1-1；參考圖1-1與1-2)，列出其分別的特點。表中也涉及野外露頭的構造和岩石的組織和特徵礦物。當然只憑單一的特點尚不足以作為劃分的依據，但若是由數點加以配合應用，那就雖不中亦不遠矣！

二、火成岩

在地下深處有一些熱源，足以使岩石熔融產生岩漿。一般相信在地球生成的初期是灼熱熔融的狀態，在逐漸冷卻之後將有一部分物質凝固出來，其餘部分仍然維持熔融狀態。已知地球生成於四十六億年前，當時由熔融狀態首先生成的岩石應為火成岩。

今日的地下深處仍有灼熱的部分。科學家認為這些熱源不外乎是由遺留下來的原始熱源或是地球物質中放射性元素蛻變過程中所釋放出來的熱能。地球的上部聚集了這些熱能足以融化任何種類的礦物。無論是存在於上部地函的原始物質，或由

板塊的隱沒作用帶入地下深處的沈積岩、變質岩，甚至火成岩，受到地下熱源的影響都可能再熔融。

地下的這些礦物或岩石的熔融體也就是岩漿。岩漿冷卻得快或慢，決定了晶出物質顆粒的大小。岩漿侵入地殼較深的地方，四周有岩石包圍，散熱不似在空氣中或水中那樣容易，因此冷卻較為緩慢，而結晶成顆粒較大的礦物。花崗岩就是在這種情況下生成的。如果岩漿噴出地表，與空氣接觸；或火山在海底噴發，岩漿與海水接觸，則岩漿急驟冷卻，這樣生成的礦物顆粒極為細小，肉眼常不能辨識。玄武岩就是在這種情況下生成的。如果岩漿更快速的冷卻，以致未能有礦物晶出，而以玻璃物質為主，則生成火山玻璃。黑曜岩就是這樣形成的。

為了瞭解礦物晶體如何自岩漿中晶出，我們用樟腦球作一個模擬岩漿冷卻的實驗。

材料：樟腦球六粒、深色蠟筆一支、玻璃試管三支、木塞三個、燒杯三個、電爐、熱水、冷水、沙、放大鏡和毛巾。

實驗步驟：1.每支試管中分別放入樟腦球二粒（太大時可以打碎）和蠟筆1/3支。

2.將三支試管放入裝有熱水的燒杯中，待樟腦球及蠟筆融化後，這些融化的物質代表岩漿。

3.將第一支試管取出，放入裝有冰水或冷水的燒杯中；將第二支試管放入裝有沙的燒杯中；留下第三支試管在熱水中，分別貼上標籤（圖1-3）。

4.待三支試管冷卻後，取出並用毛巾擦拭，此時試管內的樟腦材料已凝固成固體材料（代表火成岩）。

5.觀察比較三支試管內結晶顆粒的大小，顆粒間鑲嵌生長的情形。若打破試管，取出模擬之「岩石」，利用放大鏡可以觀察得更詳細。若在低倍的顯微鏡下，更可觀察到放大鏡看不到的現象，效果更佳。

結論：在熱水試管內的樟腦，因為冷卻慢，晶體成長得大，類似花崗岩的情形；沙中者，冷卻得稍快，晶體顆粒類似

玄武岩的情形；而在冰水或冷水中者，冷卻最快，類似黑曜岩的外觀。

三、岩漿

關於岩漿的概念是經由火山活動的觀察與研究建立起來的。有些火山噴發時，不但有氣體和固態碎屑的爆發，同時還有灼熱的熔融物質從火山口溢流出來。前者稱為揮發分和火山碎屑，後者稱之為熔岩流，這說明了地下深處有一種高溫熾熱的熔融物質存在，這種物質稱為岩漿。熔岩流來源起自於岩漿，雖然接近於岩漿成分，但岩漿在噴發過程中，壓力驟減，揮發分已大量逃逸，所以熔岩流成分，已不能真正代表地下深處的岩漿成分。

曾經一度有人認為地下深處有一個持久綿延完整的岩漿層。但是根據地球物理的資料分析，地下並不存在一個液體層，而主要是結晶狀態的固體。因為地下深處，雖然溫度較高，但負荷壓力也很大，使地下深處的組成成分與該處溫度、壓力相搭配，處於穩定或介穩狀態，只有構造運動所引起的斷裂達到一定部位，壓力突然變化或溫度局部升高，才會導致地殼深處及上部地函的低熔點組成成分產生部分熔融，轉變成液體成分，從而產生岩漿，並沿著壓力釋放的斷裂上升，形成岩漿活動。

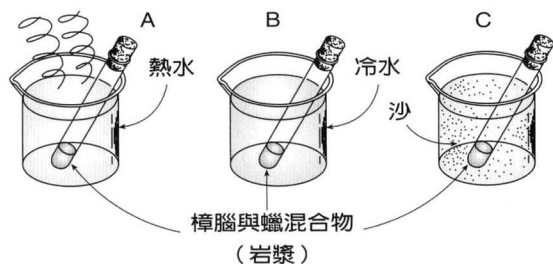


圖1-3. 模擬岩漿冷卻實驗

1. 模擬之岩漿在熱水中冷卻較慢，晶體顆粒較大（類似花崗岩）。
2. 模擬之岩漿在冷水中冷卻較快，晶體顆粒很小或無（類似黑曜岩）。
3. 模擬之岩漿在沙堆中冷卻速率在前二者之間，晶體顆粒度較小（類似玄武岩）。