

萬有文庫

第二集七種

王雲五主編

地 形 學

(上)

花井重次郎著

謀亞達譯

商務印書館發行



地 形 學

(上)

花井重次郎著

謝亞達譯

自然科學小學叢書

目次

第一章 地形學的意義……………一

一 地形學的目的……………一

二 地形學的歷史……………二

三 地形學與其他科學的關係……………四

四 地理的輪迴……………五

五 地形變化的諸因素……………七

六 地形的說明的記載……………一一

第二章 喀爾斯特輪迴……………一二

一 喀爾斯特·····	一三
二 溶解作用·····	一四
三 KARST 地形·····	一五
四 KARST 輪迴·····	二一

第三章 冰蝕輪迴····· 一三一

一 冰河·····	二三
二 冰河作用·····	二九
三 冰河的分類·····	三〇
四 冰河的分佈·····	三五
五 冰河地形·····	三六
六 冰蝕輪迴·····	四三

第四章 乾燥輪迴……………四五

一 乾燥區域……………四五

二 乾燥作用……………四七

三 乾燥地形……………五〇

四 風蝕輪迴……………五九

第五章 火山地形……………六一

一 火山作用……………六一

二 火山地形……………七二

三 由火山作用生成的地形變動……………八五

四 火山的侵蝕地形……………九一

五 火山的分佈……………九七

第六章 海蝕輪迴……………一〇二

一 海岸……………一〇三

二 海蝕作用……………一〇四

三 波浪……………一〇六

四 海岸的分類……………一一二

五 海岸的 profiles……………一一五

六 海岸地形……………一二六

第七章 河蝕輪迴……………一四一

一 河川……………一四一

二	風化河蝕作用·····	一四七
三	河蝕輪迴·····	一五八
第八章	河谷地形·····	一六一
第九章	山地地形·····	二〇五
第十章	褶曲斷層地形·····	二四五

地形學

第一章 地形學的意義

一 地形學的目的

如文字所示，地形學 (Geomorphologie) 是論述地面形態的科學，是以說明方法來記載地面凸凹現象為目的的。通常包括在自然地理學的範圍內，原來也就是地質學的一種分科，但現在儼然形成一種獨立的學科了。

用科學方法記載陸地的凸凹，從前用的是定性的記載，漸次已成為定量的，頗有接近地球物理學 (Geophysics) 的傾向。野外的實地踏查和室內的讀圖法，越發成為數量的，將來再加上依據

實驗而得的部分，就可以成爲科學的完整體系了。

二 地形學的歷史

關於山川湖澤的記載，自古以來，就已盛行於世界各地，可是把牠來做科學的考察，乃是屬於最新近的事。

即是在十九世紀初期，英國的地質學家卜萊華 (John Playfare) 氏論述了河蝕的問題，賴爾 (Charles Lyell) 氏亦極力主張說明地質現象必須根據地質的考察。他有一句名言說：“The present is the key to the past. (現在是過去的鎖匙)”，就是同時暗示地形學的必要，與地質學的關係，及地形學發達的過程。在十九世紀的中葉，舊大陸的學者如拉姆塞 (A. C. Ramsay) 氏等人將海蝕作用認作陸面侵蝕的一個重要營力。反之，在新大陸，即美國的學者則主張陸上侵蝕是重要的，例如鮑威爾 (G. W. Powell) 氏關於準平原的研究，及吉爾伯特 (G. K. Gilbert) 氏確立下陸上侵蝕基本原則等屬之。

達維士 (William Morris Davies) 氏可以算是新大陸的第一個地形學家，他不但是科學的地形學體系完成的功人，並且是一個自然地理學教育家、宣傳家，使地理學能有今日的地位。達維士氏根據鮑威爾 (Powell) 氏的準平原論創出了侵蝕輪迴 (erosion cycle) 的原理。這樣，使地形記載化為簡潔明瞭和系統化，是有非常效用的。他用明白的理論和流暢的筆致貢獻給學界許多論文。

在英國附生於地質學內的地形學的嫩芽，等到渡到德國而得發育了。地形的分類與系統化，靠了許多學者得告成功。Morphologie der Erdoberfläche 1904即彭克 (A. Penck) 氏深刻地研究冰河的侵蝕地形，因而完成冰蝕輪迴的定律，S. Passarge 氏關於乾燥地形貢獻更大。不幸早死的 Walter Penck 氏更進一步的在地形研究上，考慮到地盤運動的強度，主張地形分析，使考察法更進一步。

在法國，有馬東男 (Emm. de Martonne)、馬幾里 (de Margerie) 等不斷的研究。在瑞典則有耶爾 (de Geer)、荷蘭的莫列格拉夫 (G. A. F. Molengraaf)、布羅瓦 (H. A. Brouwer)

等關於東印度羣島的研究，與日本地形的研究，是有密切關係的。

三 地形學與其他科學的關係

(1) 地質學(Geologie) 與地質學的關係如 Lyell 所說，是屬於不即不離的。地形是現在的地質，地質則是過去的地形。新近時代的地質知識，在解釋一地方的地形上，是必不可缺少的。又如地質學的一分科古代地理學(Palaeogeographie) 論述地質時代的水陸界變化的時候，對於現在的地形，倘沒有理解，絕對不能獲得正當解釋。又關於層序學上的不整合(unconformity) 的理解，倘沒有現在的侵蝕面堆積面的考察，也不能得到確切的說明。大地域的地質研究，往往也要利用到地形。

(11) 地誌學(Landeskunde) 地誌學上的山、川、湖、澤的記載，從來是非科學的，亂雜龐大的，到後來地形學發達了，一地方的地形，依靠確實的術語，而得簡潔明白的記載。因此可知地形及其他自然地理現象以至人文現象的整然配列與其分布。

(3) 測圖學 (Kartographie) 地形學隨着正確的地形圖的發達而得顯著的進步，反之，有了正確的地形知識，然後纔能製出完善的地圖。即是地形的特徵，是要由有豐富正確的地形知識的製圖家纔能發見或表現出來。

(4) 軍事地理學 (military geography) 不論古今東西的築城，總是巧妙地利用地形的。歐戰時北法戰場的地形學的研究，很有利於軍隊的策戰。

(5) 其他 地形學的知識對於遊歷家或欣賞風景的人們能使之獲得更深切的理解。關於風景的科學，東西各國都有優秀的著作。

四 地理的輪迴

(1) 地理輪迴的意義 (geographical cycle) 試看生物的生活，代代繼承祖先的血統而傳給子孫，在這永遠生命中，可以區別出一個體的生涯來。又在一個體的生涯中，像昆蟲那樣，幼壯、老相貌的變化非常明顯。地表的凹凸，好像是自太古以來在我們人類一生中不曾表示過什

麼變化，并且是亂雜分佈着的一樣，但若根據侵蝕地表的各種營力，即可指出從第一時代的特相到第二時代的特相，是規則正確地順次移變的。這是由於各先進學者的努力，尤其有賴於達維士 (Davis) 氏而得闡明的事實。又在地質學上認為即在同一地域，同樣的地形變化也不知重複過多少次。這種循環重複永遠傳遞的地形現象，實與生物的生命沒有什麼不同。惟其是不絕循環變化的相貌，所以不能追尋牠的始終，對於生物，可以分爲個體，同樣對於地形，我們也可以選定有某種特徵的地形作爲原形，漸次變化而終於達到終末的一回的系統的變化，規約爲下列的型式，這一個循環叫做一回的地理的輪迴或侵蝕輪迴 (geographical cycle, erosion cycle)，更將一個輪迴中的地形，根據相貌的變化而區分爲幼、壯、老三種。

(2) 地形的原形 (initial form, Urform) (1) 由地殼運動而變更位置的陸地面，(2) 從大洋中露出的地表面以及一部分沉沒於大洋中而生出之新海岸形態，(3) 由火山活動火山物質堆積而成的新地表面及氣候變化以前的地表面等，均定爲原形。

(3) 次地形 (sequential form) 在剝削侵蝕作用狀態下的上列原地面，因受種種外營

力，可使之變形。在此階段所表現的種種地表形態，可歸納為第二類的次地形。外營力的最後目的，為除去地表凸凹的均平作用 (planation)。地表的均平作用，是以每種地面為基準而舉行的。這叫做侵蝕的基準面 (base level of erosion) 基準面的高度依營力種類而有不同。

(4) 終地形 (ultimate form, end form) 地表的侵蝕剝削作用完全終結以後，那裏便能依據營力的種類呈現某種高度近於平坦的地面。這就是地形學上的準平原 (peneplain) 的終地形。換言之，諸種營力的作用，是要使地表受到準平原化 (peneplanation)。自原形開始，經歷次地形而達準平原時，稱為完成一回之侵蝕輪迴。準平原變位再加上新剝削作用的時候，他就立即成為原形，即再度現出同樣的地形變化。即其地域又將要進入第二次的侵蝕輪迴。像這種同一地域反覆循環的輪迴的事實，乃是地質學上可以實證出來的事實，依據張伯倫 (T. O. Chamberlin) 氏的意見，地球表面舉行的準平原化作用，大約是有週期性的。

五 地形變化的諸因素

支配某地域地形發達的因素：大約是（1）原形的形狀，（2）加於地表的營力的種類及強度，（3）營力作用的時間，（4）構成該地域的岩石的組織等。

（1）原形的形狀 原形的種類是決定次地形的。縱令同一原形，例如華平原隆起時，它的面積，隆起的速度、分量等，都成爲次地形、終地形所表現的形態的第一因素。

（2）營力(agency) 使地表生凸凹並使凸凹漸漸磨削爲平坦的兩作用是，造成地形的兩種原動力，又可分爲兩種：第一是內營力(internal agency)，第二是外營力(external agency)，這兩種營力在地殼上互相活動沒有一刻的休歇。

一、內營力 地球的內部包藏着能(energy)的根源，造成地表的凸凹，例如火山作用、地震作用及與此相連帶的斷層作用等，皆其最急激者，此外如互長久時間作用，緩慢地使斷層山地或皺曲山地蹶起的造山運動以及造成陸地的造陸作用等亦均屬之。地盤運動的強度使之變爲次地形與終地形。一般內營力就是地表形態的建設作用。

二、外營力 業經建設成功，或正在建設中的地表，立即從地球外側受着種種作用，徐徐磨削

其凸凹，這種營力叫做外營力。能的根源，發自太陽熱，除太陽熱自身而外，可使水與空氣運動。水與空氣的運動，以岩屑為工具而達其削磨作用。風化作用 (weathering) 是使地面凸凹破壞的最普遍的作用。可分為物理的 (physical) 與化學的 (chemical) 二方面。

水也成為普遍的侵蝕器械使地形變化，由河水而來的侵蝕作用叫做河蝕作用 (fluvial erosion)。一般河蝕作用的基準面是海水面，即是河水不能使地表的侵蝕達於海水面以下。

河蝕作用所引起的地形變化，每一循環系統叫做河蝕輪迴 (fluvial cycle)。因為這是在全地質時代全世界中的普遍的侵蝕作用，所以達維士 (Davis) 氏叫他做正規輪迴 (normal cycle)。倘氣溫寒冷，降水成為冰雪，則形成冰河而侵蝕地表。這便叫做冰河作用 (glaciation)。他的基準面就限於雪線範圍。這樣生成的地形變化的一系統，叫做冰蝕輪迴 (glacial cycle)。

陸地的周圍圍繞着海水。波浪的破壞作用可以侵蝕海岸，使他反覆成為特殊的地形變化。這種力量叫做波蝕作用 (wave erosion)。侵蝕的基準面，是略略近於海水面的平坦面。這種循環系統，叫做海蝕輪迴 (marine cycle)。

又在氣候乾燥風力卓越的大陸內部的盆地或沙漠地方發生特殊的地形變化，叫做乾燥輪迴 (Arid cycle)。

此外在石灰岩地方，因為石灰岩溶於雨水生成一種特殊形態的地形。於是給以喀爾斯特輪迴 (Karst cycle) 的名稱。火山地形也顯示了一種特殊的地形。喀爾斯特火山的侵蝕輪迴，雖可作正規輪迴之一例，但在這裏卻分別論述之。

(3) 岩石的組織 (structure) 在甲乙二塊不同的地方假定原形是相等的，外營力與時間也都一樣，但未必都能常常現出同樣的地形。

這就是由於組成地盤的岩石和地質構造不同的緣故。但是組織依營力的種類，次地形的時期，有很顯著的顯出或不顯出的時候。

(4) 時代 (stage) 地形變化的系統，隨着營力作用的年月，正確進行。在這時候，並不指示絕對的時間。依據營力的強弱，岩石的軟硬，從第一相貌至第二相貌變化的年月是長短不同的，地形變化的順序系列，卻是一定不變的。如同生物個體分爲幼、壯、老一般，把這千變萬化的地表形態，

依其特徵分爲幾種，這就可使記載化爲最簡單了。

原地形的表面從最初侵蝕變形起始，經過次地形到準平原，大別爲幼年期 (Young stage)、壯年期 (maturity)、老年期 (old stage) 三種。倘細別起來，還可加上早 (early)、滿 (full)、晚 (late) 這些形容詞。

這種區別，完全屬於人爲的外形。各個時期的時間，決不相等。或許幼年期最短，老年期則有幾倍的時間保持同樣的形態。所以彼此間的正確數量的定義，是很困難的。

六 地形的說明的記載

當着研究某地地形的時候，必須簡潔地記載出可認爲該地地形特徵的原形、營力、組織與時期。依着原形、組織、時期、營力，去推求順次現出的地形特徵時，預先要造出有系統的模範地形，再把各地地形與他互相對照比較，便能推知牠的發生的過去及其將來。達維士氏以爲根據這方法而作成地形的說明的記載 (explanatory description) 是最簡潔明瞭且合理的，所以他根據

許多事實發見了由各種營力而成的各種模範地形形態 (schema)。但在一地域，由同種營力完成一輪迴，並至現出準平原為止，在此種長時期內，必須要地殼平靜。這樣的事實，毋寧是極端稀少的，因為在侵蝕輪迴的中途，往往發生侵蝕狀態的中絕與頓挫 (interruption) 或是遭遇着營力的變化，不能得到地殼的平靜。

即是在我們周圍的許多地形，自從加於原形上的侵蝕作用的當時起，即以同一地面為基準，並以同一營力及同一強度作用，實在是很少有的。某地的地形，是由地盤運動的速度，剝削作用的強度以及經過的時間等複雜的組織而定，可稱為這些事項的函數。達維士氏固然承認地殼運動的速度變化，他的範例是假定原形完成後纔開始侵蝕作用，以後將地盤運動假定為靜止不動。故其他的地形變化，不能適用。彭克 (W. Penck) 氏在他的地形分析中，詳論地盤運動的速度與侵蝕作用對於地形變化的關係，對於達維士氏的不完備之點加以補充。

達維士的方式，固然是極端的一例，但是決乎沒有錯誤的。像在日本就有許多地殼運動顯著的地方，的確可以適用他的例證。所以我們贊成地形分析的考察法，希望改訂達維士氏的範例。

第二章 喀爾斯特輪迴 (Karst cycle)

一 喀爾斯特 (Karst)

亞得利亞海 (Adriatic sea) 濱 Dinaric Alps 的一部，有叫做 Karst 的地方，廣布着中世代的石灰岩。這裏隨着石灰岩的溶解，生成了特殊的地形。一般在石灰岩地方，由這種作用形成的地表形態都叫做 Karst 地形，他的一系列的地形變化就叫做 Karst 輪迴。Karst 地形雖依氣候乾溼而有多少不同，但一般則可稱為正規輪迴的一種特相。Karst 輪迴的基準面是地下水面。地下水面的高度與貫流附近的河床略略一致地變化着。所以 Karst 輪迴的終地形，普通是統一於河蝕輪迴的基準面的。

Karst 地形大規模的發達，除見於上記 Karst 地方外，在歐洲，則可見於法國中央高臺南部

侏羅紀的石灰岩地方。其他，英國的 Yorkshire 州，比利時的泥盆石灰岩地方，石灰岩 Alps 的一部分，分布於伊伯利亞半島各處，這些都發表有個別的研究。在北美洲，佛羅利達 (Florida) 半島，猶卡頓 (Yucatan) 半島，Kentucky 州，南 Indiana 州，這種地形也很發達。在亞洲，則有中國西南各省如四川、貴州、廣西、雲南等處，在日本則有長門的秋吉台等處。又在琉球、臺灣的隆起珊瑚礁，也可發見 Karst 地形的發達。

二 溶解作用

製造 Karst 地形的營力，雖則多少有風化河蝕的作用參加其間，但主要的作用，乃是滲透於地下的雨水。在雨水中，融解着空氣中的少量二氧化碳。石灰岩的主要成分為碳酸鈣 (CaCO_3)，容易溶解於弱酸中，所以在含有碳酸的雨水中就慢慢的溶解了。

被雨水融解和侵蝕的石灰岩的作用叫做溶蝕作用 (corrosion)。雨水通過石灰岩中的裂隙而行滲透，立即成為地下水，這樣就妨礙谿谷的發達，同時盛行着溶蝕作用而生成一種特殊的

地形。

III Karst 地形

(1) Karrenfeld 雨水溶蝕石灰岩表面的結果，生成縱橫的小溝，好像幾千塊墓碑似的矗立着，這種地形，Heim氏稱爲“Karrenfeld”“Karren”是貨車的意思，這是說石灰岩地方的地形，好像是車轍縱橫地印在地表似的。普通小溝幅廣二三公尺，互相交錯，現出與墓石等大的林立的小塔。小溝的成因，與石灰岩的裂痕相關，許多裂痕集合的地方就能生出井狀的豎穴（Yaiba）。小溝又與石灰岩的成分有關。在石灰岩中，處處都混有矽質的部分，含有黏土質，而變成白雲岩質。不溶解性的不純物，仍然留存的結果，在石灰岩的表面，就會生出極微細的凸凹形狀。石柱因溶解作用的進行，漸漸破壞，在石灰岩中的不純物質化爲土壤充塞於低所。這種被覆着殘滓土的地方叫做被覆 Karst (Bedocktekarst)，露出石灰岩筋骨的地方叫做裸出 Karst (Nacktekarst)。

日本秋吉台的 Karrenfeld，大部分，都被殘滓土壤被蓋着。

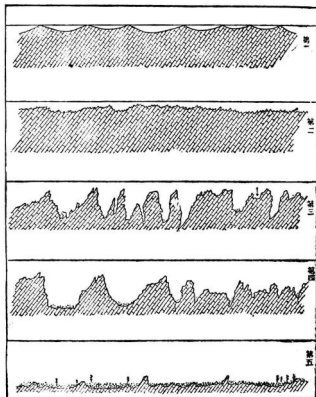


圖 1 Karrenfeld 的輪迴

- 第一 原地形
- 第二 幼年 Karrenfeld
- 第三 壯年 Karrenfeld (裸出 Karst)
- 第四 晚壯年 Karrenfeld (半裸出 Karst)
- 第五 老年 Karrenfeld (被覆 Karst)



圖 2 Polje 與 Cook-pit

(2) 凹洞 (doline, sink hole, swallow hole) 在隆起的石灰岩地域，雨水通過裂罅或沿着構造線滲透於地中而開始溶解作用。尤其在裂罅的交點上，溶蝕進行更加激烈，最初生成圓筒井狀的空洞。因為上部盛行溶蝕，漸次造成漏斗狀的廣大窪地，雨水集中於中央，這個叫做凹洞 (doline) 也有時因石灰窟的頂部陷落而生成的。又依形狀而分為皿狀 doline、漏斗狀 doline、

和井狀 *dorine* 三種。

(3) 殘滓土 (*terra rossa*) 含在石灰岩中的不純物，因石灰岩的溶解生成殘滓土，遺留在地上。殘滓土堆積於 *dorine* 的底部，在這裏形成了圓形乃至橢圓形的平地，在荒蕪的 *Karrenfeld* 內，祇有 *dorine* 的底部形成了肥沃的耕地。這是在秋吉台可以看到的現象。

(4) *Uvale* 多數 *dorine* 發生成長的時候，彼此相鄰接的境界則突起為峯狀。這個叫做 *cock-pit* *cock-pit* 漸次低下而互相連接時，則生成橢圓形或瓢箪形的窪地。在波希米亞 (*Bohemia*) 地方叫做 *Uvale*。

(5) *Polje* 在亞得里亞海沿岸的 *Karst* 地方，有個長約數十公里的盆地，周圍繞着 *cock-pit* 內部發達了許多聚落與耕地。這樣的地形便叫做 *Polje*。 *Polje* 的形狀乃是 *Uvale* 的擴大，但格隆特 (*A. Grund*) 氏把牠當作一個與地質關係有分別的而與其他 *Uvale* 不同。即是沿着新舊斷層線由溶蝕作用的結果而生成的大窪地。在 *Polje* 的底部，因為接近地下水面，流水盛行沈澱堆積新生地層的作用，在降雨的時候，有時潛水而現出臨時湖水的現象。

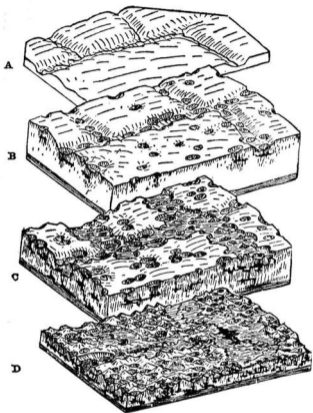


圖 3 Karst 輪迴

A 隆起前的原形

B 幼年期

C 壯年期

D 老年期

(9) Ponor Polje 與 Uvale 的底部，普通雖則生成河川，牠的末流往往成爲盲谷，消失而爲地下的伏流。地下水路入口的吸引洞穴叫做“Ponor”。在大雨的時候，盆地內的降雨不能吸收完盡而成湖水，有時地下水逆流溢出於地面。

(7) 鐘乳洞 (limestone cave) 滲入地下的雨水，通過裂罅而成爲地下河流，牠的通路由溶蝕而成廣闊的空洞，這叫做鐘乳洞。在鐘乳洞的頂上，一旦溶融的碳酸鈣，由水分的蒸發，再結晶爲鐘乳石 (stalactite)。由鐘乳石落下的水滴，在底下則形成石筍 (stalagmite)。鐘乳石的斷面混有不純物質，有同心圓狀的年輪，表示牠的成長的經過。在洞穴底部則有地下流水，有時成爲瀑布或深淵，到處都沈澱堆積着殘滓土。又有時通過洞穴上部的裂罅，可以看見從 *dorine* 映入的太陽光。北美洲南印第亞那州的曼摩斯石灰洞，深達四十哩。

(8) 湧泉 在 *Harar* 地方，雨水通過裂罅，立即滲透，所以地表是常常缺少河川的，滲透的雨水，成爲地下水，而造成地下複雜的水系。所以流下於大小石灰洞窟的地水下，至山麓則現爲湧泉排出。

四 Karst 輪迴

石灰岩地方一經隆起即開始溶蝕作用，依其組織而生成 *dorine*。這時代喚做幼年期，各 *dorine* 逐漸生長與增加，穿鑿地表為蜂窩狀，彼此相接，形成金字塔 (*pyramid*) 形狀的 *cock-pit*，終於相連結而形成 *Uvale* 與 *Polje*。這時叫做壯年期，*cock-pit* 逐漸低矮，接近水面現出平坦的地表，終於祇剩餘幾個殘餘的 *cock-pit* 小丘，這就進入老年期。也就由溶蝕而形成準平原了。

第三章 冰蝕輪迴

一 冰河

四季藏雪的地域與暖期溶雪的地域的界線，叫做雪線 (snow line)。一地域雪線高度往往是不同的。視降雪量與氣溫，略有變化。越到高緯度方面，雪線越低落。其實也并不表示着規則正確的變化。在北半球方面，通常東西山脈的北側，雪線北低而南高。這因南方日射可以防止積雪發達之故。又南北走向的山脈，通常東面低而西面高。這因受高空卓越西風的影響。

在雪線以上的地表，四季都被着積雪，這叫做萬年雪 (permanent snow, firn)。冬季的降雪，在夏期漸次溶解，萬年雪的雪量雖則一定，但殘雪逐年增加時，則堆積着年年的降雪，在下部的，因受自身的壓力而凝固，略透明帶青色，這與含有空氣的白色部分重疊而成爲帶狀構造 (banded



圖 4 冰河的末端與冰河冰的帶狀組織，縱的裂罅及伏流的流出。

structure) 牠的表面因受太陽熱略微溶解而生凸凹，有時且成爲小河流。冰層漸次成爲黏性而具可動性，隨着重力匍匐於溪谷中，降至雪線以下的地域，這便叫做冰河 (Glacier, Gletscher)。造成冰河的冰叫做冰河冰 (Glacier ice)。雪線以上的地域就是供給冰河冰的區域 (sammel Gebiet)，雪線以下的是消費溶解的區域 (abachmelz Gebiet)。冰河末端的高度，年年依着氣象狀態而生變化。反過來說，依冰河末端高度的變化，也可推測氣候變化的週期性。

冰河流動的速度，視谷底的廣狹、傾斜度、冰量以及氣溫的變化等而定，就是同一冰河或同一處所也是不定的。關於速度的調查與觀測，須要在各所舉行。計算冰河流動的速度，是在兩岸及冰河上以一直線散布目標而測定其變位的。據此，冰河的中央部的速較兩側的爲大，表面較底部的運動快。又約略與河水的運動相同略呈屈曲形。阿爾卑斯 (Alps) 的冰河，一年中約移動四〇至一〇〇公尺。

冰河徐徐地沿着溪谷流下時，隨着谷底傾斜的變化，冰河的表面是會生成橫斷的裂痕的。又兩側因速度較遲緩，也會生出斜的裂縫。

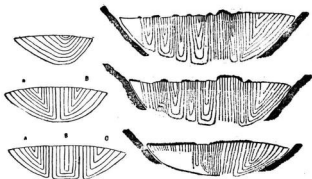


圖 5 冰河的断面

左：A, B, C 等支流併合時之冰河冰之褶曲構造

右：支冰河接合線上之中央堆石



圖 6 冰河裂罅的方向

a 側斜裂罅

b 橫裂罅

c 縱裂罅

冰河出到山麓，徐徐地向左右擴張的時候，與流動的方向相同，生出平行的縱裂痕。在冰河的內部含有許多岩屑，叫做堆石（Moraine）。堆石中與基底的岩石相摩擦成爲平滑狀，上面附着許多擦痕。在冰河中的堆石因位置不同，而有各種的名稱。混於冰雪供給區域的岩屑，雖散佈於冰河



圖7 有擦痕的堆石（裏部與外部）
擦痕的方向，裏外兩部不同，岩屑呈扁平狀。

中，因冰河的流動，反在冰河底得到，這種岩屑叫做冰河底堆石 (Ground moraine)。在流動的途中，從兩側岩壁落下的岩屑，叫做側堆石 (side moraine)。二冰河合流時，二列側堆石，在冰河中央散布成爲條紋叫做中央堆石 (median moraine)。在冰河消失的尖端包含的堆石堆積起來可

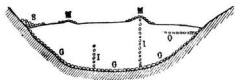


圖 8 堆石的種類。

- G 底堆石
- M 中央堆石
- I 內堆石
- S 側堆石

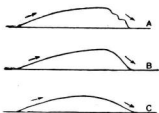


圖 9 隆特海加的斷面

- A. 左側受着 scouring, 右側受着抽度 (plucking)。
- B. 受着研磨 scouring 而形成平滑形狀。
- C. 漸次成爲對稱的, 而形低下 (箭頭表示冰河流動的方向)。

成爲隄防狀的地形，叫做終堆石（end moraine）。墜落於深裂罅中的岩屑或在冰河底可以得到的岩屑，伴同冰河慢慢流動，對於谷底及谷壁，有激劇的侵蝕作用。

二 冰河作用

凡是冰河的侵蝕運搬作用都叫做冰河作用（glaciation）。

豁谷的底岩，被蓋着厚冰，冰塊緩慢地流下時，冰河底部所含的底堆石，好像是砂紙的作用一般，在巨大壓力下磨削着岩面，使凸凹的表面成爲圓滑的丘陵。這種作用叫做研磨（scouring）。

冰河的流動是很緩慢的，數百呎的冰塊的壓力，視岩石的軟硬及地質的構造，對於谷底有相同的侵蝕作用，即所謂選擇侵蝕（differential erosion）。結果軟層部分便被剝取。等到氣候變化冰河消失，被挖去的谷底便生出一個湖泊，豁谷的 Profiles 就有凸凹了。

冰河流過凸凹的谷底時，隨着對於冰河底的冰河壓力的變化，破碎了底下的岩塊，那岩片便混入冰河中。這叫做捕獲（plucking）。由研磨而圓滑的丘陵下流的側旁，往往遺留着這種岩石

捕獲的痕跡。

由研磨及捕獲而混在冰河中的物質，與兩側所供給的堆石，藉冰河的流動徐徐地搬運着，終於堆積於冰河的末端。由研磨而成的岩粉 (rock flour) 混於水中成爲白色的冰河乳 (glacial milk) 流出，與砂礫一同沈澱於河床。這叫做冰河礫土 (boulder clay)。

三 冰河的分類

(1) 內陸冰 (inland ice) 在高緯度多量降雪的地方，冰河冰很多，互延於廣闊地域，被蓋了一層厚的冰層 (ice sheet)，這叫做內陸冰。內陸冰自中央徐徐流向四方，流入海洋則被波浪破碎成爲冰山 (iceberg)。冰山被海流搬送，徐徐移動溶解於海水中，原本含有的岩屑，則沈澱於海底。大規模的內陸冰現存於格林蘭與南極大陸。在格林蘭中央部高達三、〇〇〇公尺，露出冰原上的山峯，藉冰霜作用使牠尖銳地聳立着。內陸冰的發達，在第四紀冰期 (quaternary ice age) 時，被覆於北歐大部分，北美等廣闊地方。斯干的那維亞冰床 (Scandinavian ice sheet)，那布拉

圖 10 格林蘭 (Greenland) 的冰床與其高度(公尺)。

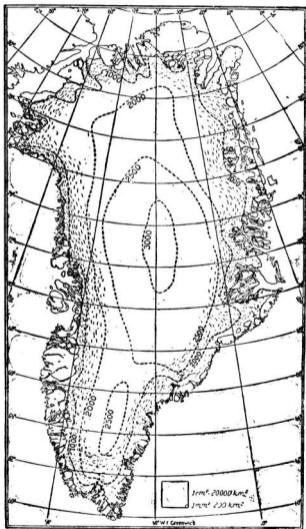




圖 11 南部德國高原的山麓冰河跡

多·可爾德列那冰床 (Labrador, Keewatin, Cordillera ice sheet) 即屬之。

(2) 山麓冰河 (piedmont glacier) 冰雪供給相當豐富，則山地的冰河，流出到平坦的山麓便形成廣闊的汎濫了。這種型式的冰河，叫做山麓冰河。如阿拉斯加的瑪拉斯必那冰河 (Malaspina glacier) 即屬此種。在冰期中，阿爾卑斯山脈的冰河，大概也都屬於這一類，這可由遺留在德國南部高原上的冰河末端堆石的分佈推察出來。

(3) 樹枝狀冰河 (dendritic glacier) 在亞洲南部大山系中許多支流冰河，匯成樹枝狀平面形的雄大的冰河，叫做樹枝狀冰河。在牠的表面，那合流的冰河中央部，有幾條中央堆石的條紋。喀喇崑崙山系中巴爾托羅喜斯巴爾冰河，天山山系的伊尼爾捷克冰河均屬之。

(4) Alpine 冰河 (Alpine glacier) 小規模的樹枝狀冰河，在牠源流合起幾個支流形成椰子樹形的平面形狀。這是現在阿爾卑斯地方常見的形狀，叫做 Alps 型冰河。

(5) 馬蹄形冰河 (horse shoe type glacier, Kargletscher) 爲小規模的冰河在，雪線附近的山腹填塞於馬蹄形的凹所發達而成。叫做圈谷冰河，或馬蹄形冰河。又冰雪流出於山地急斜

面形成瀑布的小規模冰河，叫做懸垂冰河 (hanging glacier)。

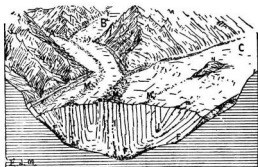


圖 12 A B C 由於冰河合流，合攏堆石而生成中央堆石的條紋。



圖 13 北美洲第四期冰期冰床的分布

山麓冰河的上部樹枝狀冰河、阿爾卑斯形冰河、圈谷冰河等，因存於山地的豁谷中，與大陸冰

相別，概稱爲谷冰河 (Valley Glacier, Talgletscher)。

四 冰河的分佈

現今被蓋冰雪的陸地面積，約佔陸面十分之一，大部分在於兩極及其鄰近地方，在低緯度地方，高山山頂也往往可以看見豁谷冰河。但在地質時代，就是溫暖地方，也發現有常常被蓋過大規模冰床或谷冰河的形跡。在第四冰期，北歐的大部分都被所謂斯干的那維亞冰床所被覆，在其南端，達北緯四十五度的南俄平原。阿爾卑斯冰期的冰河，經彭克 (A. Penck) Brückner 之手而得詳盡的調查，分爲 Günz Mindel Riss Würm 等四回冰河發達期 (Glacial age) 及其間的冰河退卻期 (interglacial age)。現在是該當着第四間冰期。在北美洲，以拉布拉多爲中心的大冰床，其冰蝕的影響，一直達到大湖地方。

在冰期的亞細亞洲，冰蝕作用沒有歐洲那樣規模浩大，但在最近，在大陸內部各處也都發現牠的痕跡了。

五 冰河地形

(1) kar, cirque 因馬蹄形冰河的發達，在山腹的谷頭可以生成半圓形的窪地。牠的背後則形成急峻的岩壁(Karwand)，前面是冰河的末端，形成了堆石隄。當氣候變化冰河消失時，其底部成爲凹地，積爲湖水。這樣的地形，叫做圈谷或 kar。kar 並立發達，剝削山地而增大時，中間的山稜次第剝削，周圍悉成絕壁而呈鋸齒狀地形。這叫做 *errat arctic comb-ridge*。山頂附近如發達有三個以上的 kar，則現作 *pyramid* 形的尖銳山峯，而成 *karling*。這種尖峯林立於冰河間，即形成 *Alpine* 的容貌。在亞爾卑斯

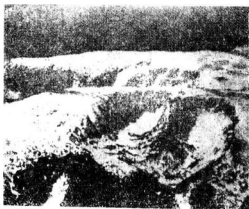


圖 14 Kar (德國里善山脈)

地方，這類尖峯叫做 horn，或 aiguille。如瑞士的 matterhorn 即屬之。

(c) 冰河渠 (glacial trough U-shaped valley) 供給 kar 的冰量過多，當徐徐流出成爲谷冰河。冰期以前的河蝕谷，一度受有冰河流入，則與此相接的谷底與谷壁，受強烈的剝削作用，開始向下侵蝕，受了過度的下刻作用 (overdeepening)，最初本作 V 形的橫斷面，由岩壁而形成 U 形谷。這叫做冰河渠。冰河渠下底的岩石，因其組織而生成圓頂的丘陵羣，在其表面上與冰河流動方向相平行，生出許多擦痕。好像羊羣的背部一般，所以叫做羊背岩而 (Roches

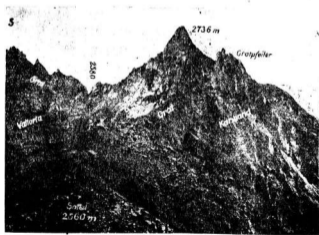


圖 15 金字塔(Pyramid)形的尖峯(Karling)，kar 壁 Grät。

mountonnées) 或 Rundhücker

(c) 切斷山腳 (truncated spur) 在冰期前的山谷，普通略有屈曲，山腳從兩側分出交互組合。這樣的山谷一度被冰河填滿而流動的時候，因冰河不像河流那樣的輕快，在途中侵蝕山腳的先端，冰河渠次第逼直，被切斷的山腳遂形成爲高峻的削壁。

(4) 渠頭 (Trogschluss) 從亞爾卑斯型冰河的冰河渠溯上，其谷頭都因岩壁的包圍而致成爲袋狀。這部分就叫做渠頭 (Trogschluss)。又因幾個小冰河在這裏集合，冰雪量遽然增加，於是谷底剝削更深。渠頭上則常橫有幾個 Kar。

(5) 懸谷 (hanging valley) 設想有一冰河，另外有一條小支流注入那裏，在侵蝕的初期，本流冰河較支流冰河侵蝕力更強，底部下掘甚速，支流冰河到達合流點近處，本流冰河勢必以瀑布的急傾斜，與之合流，後來本流冰河侵蝕力漸漸衰減，支流冰河終至與之成爲同一表面而相合流。但因兩者厚度不同，本流底部在於支流底部之下，其相差恰等於冰河厚度。如冰河融解，這裏就能生出懸谷了，但冰河厚度達數百呎，懸谷高度也有數百呎的落差。到得冰期以後，在這裏就成

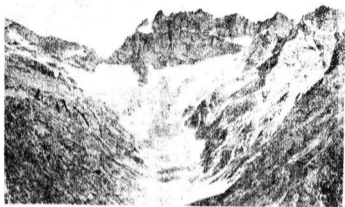


圖 16 第頭的地形



圖 17 挪威的峽谷 Fjord、懸谷、瀑布 (Geiranger)。

爲瀑布。

(6) 冰河湖 (glacial lake) 在冰河融解後不久的地方，那冰河渠內由選擇侵蝕而生的窪地就會貯積着河水而成連珠形的湖水。這種湖水叫做冰河湖。冰河湖的開端，是從 *kar* 底生出的小湖開始的。接近冰河末端的舌狀窪地 (*Zungen becken*)，常常遺流細長的湖沼。排列在亞爾卑斯山麓或斯干的那維亞地方山麓的湖羣，即屬於此例。

(7) 峽谷 (fjord) 冰河靠近海岸流出海中的時候，依冰河自身的重力，可使冰河渠底低落到海面以下，倘氣候變化，冰河融解了，海水便侵入冰河渠而成深奧的彎入，兩岸圍繞以數百呎的絕崖，從高聳的懸谷瀉爲飛瀑，直接注入海中。這種地形最發達的處所，是在挪威西海岸，叫做峽谷。在蘇格蘭也有這種地形。峽谷的發達影響到地質及構造，陸地的沈降，即其最顯著之例。

(8) 末端堆石隄 (end moraine) 被冰河搬運的岩屑，在冰河末端冰河消失處，堆積成爲隄防狀的地形，叫做末端堆石隄。當冰河消失時，遺棄在地表的堆積物，叫做冰河漂土 (glacial drift)。接於冰河壁而來的堆石，一面印着釘頭狀的擦痕 (nail-head striae)。牠的構造沒有河成

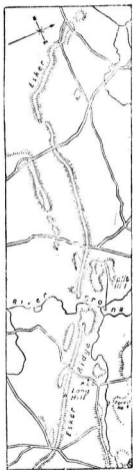


圖 18 Eker (Asar) 的地形 (愛爾蘭的中央平原)。

岩那樣的淘汰作用 (assorting)。裏面混合着岩屑與由研磨而成的岩石粉末的黏土。這種堆石隕在冰河的末端很爲發達好像掛着口水布的一般，在冰河融解以後，可以表出冰河末端的位置。

(9) drumlin 氣候變化冰河消失時，由冰河漂土構成徑數十公尺的橢圓形圓頂丘陵羣，殘留下來，其長軸大約順着冰河流動的方向配布着，這叫做 drumlin。

亞爾卑斯北麓的南德高原、愛爾蘭、芬蘭、北美紐約州的平原，均有無數的 drumlin，好像波紋似的散布着。

(10) esker, eskar 有種長的隄防狀丘陵，發達於冰河漂土的地形內，愛爾蘭人稱之爲 *esker*，具有比較平坦的頂部，斷面爲對稱的。牠的構造，與其說是成爲規則正確的層狀砂礫層，毋寧屬於河成的沈澱物。大約係在冰河的末端，通過裂罅侵入的水，成爲冰河底流，在其河床上沈澱堆積而成。

(11) 漂移岩塊、迷岩塊 (*erratic blocks, perched blocks*) 無論是內陸冰河或谷冰河，其中含有的岩石大塊，被連搬着，在冰河消失後，被放棄在地質全然不同的遠隔地方。這樣的岩塊，可稱爲漂移岩塊。在冰期時，斯干的那維亞冰床，曾經搬出了斯干的那維亞發達的片麻岩、花崗岩的大塊，遺棄到數千公里距離的低平的北德平野。這種

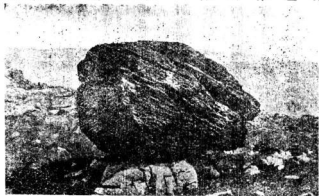


圖 10 漂移岩塊 (英國 Yorkshire)。

大岩塊，可作大自然的紀念碑，記明其來歷。

(12) 由氣候變化而生成的段丘地形 冰河的侵蝕作用，常使從末端流出的河水成爲混濁，成爲含着砂礫的黏土層沈澱堆積於河床中。這種堆積物叫做河川冰河堆積物 (Fluvio-glacial deposit)。等到冰河退卻，冰蝕作用衰弱，岩層量減少，河水再行侵蝕堆積層而使之成爲段丘地形。因此，對於數次的冰期，河岸可以生起砂礫段丘。Alps 的四回冰期，各有對應段丘地形印留在河岸。

(13) 因冰河消長而生成的河系變化 在斯干的那維亞冰床先端發達的河川，隨着冰河的消長，牠的流路是變化的，這種現象，在北德平原能認識出來。這是由於冰床的重量而生的地盤變化的結果。

六 冰蝕輪迴

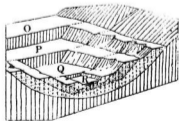


圖 20 氣候段丘的發達(堆積侵蝕兩作用交互結果而生起的氣候段丘)。

冰河發達以前的地表當作原形。後因氣候變化，進入冰期，即開始生成 *Peri*，但彼此隔離，還是殘留大部原形面，這便是幼年期。再後漸次行使剝削作用，蠶食原形面，以至造成 *pyramid* 型式的山峯，這可歸入壯年期。*Grat* 的高度漸次減少，磨



圖 21 由 Kar 冰河而成的冰蝕輪迴。

削為尖峯，殘留下矮的岩峯成為臺地 (*monumented upland*)，這時代叫做老年期。終至雪線以上的地方，生成由冰蝕而成的平坦面。

如由河蝕輪迴所造成的準平原的實例，在冰蝕輪迴中還不曾發見過。這是由於冰蝕輪迴的地形變化，在沒有達到老年期，因氣候變化而中絕的緣故。在南極的，雖有巨大的冰河作用，山地有巨大起伏的事實，大概因冰蝕作用，還沒有充分延長的緣故。

第四章 乾燥輪迴

一 乾燥區域

氣候有種種週期循環變化，這由觀測而得的統計的事實可以證明出來。大凡氣候寒冷或降水量豐富，那裏便生成冰河，這已在前面記述了。

在一地方，倘乾燥氣候 (arid climate) 相當延長繼續起來，那裏就會生特殊的地形；明示系統的變化，在這地域所舉行的地形進化的一個循環，叫做乾燥輪迴。

現在假定有個乾燥氣候卓越的地方，發生盆地構造那樣的運動。若是在雨澤豐沛的地方，河水立即搬運岩屑，填埋盆地，但在乾燥地帶，地形的變化，卻不會那樣顯著的。尤其是盆地構造運動繼續的時候，那內陸盆地是要長久的殘留的。內陸盆地藉四周山地而斷絕海洋的影響，形成一個

乾燥盆地。

這盆地內部的地形變化，大都由風營力而來。但在世界上完全沒雨水的地方幾乎是沒有的，尤其是盆地周圍山地的頂部常常下雨，或積載着冰雪，冰雪融解後，臨時的河水便流入內陸盆地，牠給與乾燥地帶的地形變化以相當強大的影響。

乾燥輪迴的終地形為風蝕準平原，高度是不一定的。倘在非常長久時間內，地盤平靜，又不曾有氣候的變化，則圍繞乾燥地帶的河蝕作用，可使風蝕地形，接受四周的破壞，終於統一於正規的輪迴，而風蝕輪迴，就不免成爲一個插話了。現在分佈於世界的乾燥地帶，有相當廣大的面積。又在現在正規輪迴的上方中，在過去時代有過乾燥氣候卓越的也不在少數。反之，在現在乾燥地域中，可以發現牠在過去有正規侵蝕或冰蝕作用的

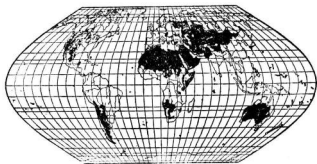


圖 22 乾燥地域分布圖(黑色部分屬之)。

痕跡。如戈壁沙漠、亞拉伯沙漠即屬於此例。四川盆地的赤色砂岩層，在地質時代也度過乾燥氣候的。

二 乾燥作用

(1) 乾燥侵蝕作用 (arid erosion) 在乾燥氣候地方，植物稀少，地下水深而且少，對於岩石的主要的風化作用，為物理的、化學的分解作用實在極其微弱。因為缺少調劑氣溫的水分，一日中氣溫的較差，和四季氣溫的變化都非常巨大。由太陽熱而發生的地表岩石的收縮膨脹，遂成為激烈的破壞作用，而造成岩層。又由氣溫的顯著變化，往往引起旋風和烈風。在乾燥地域的強大風力，以岩層當作工具，盛行地表的刮削，搬運堆積着土砂，因而造成特殊的地表形態。

(2) 風蝕作用 (wind erosion) 風的侵蝕搬運堆積作用，總稱為 Deflation。我們往往發

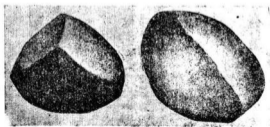


圖 25 三稜石

見有砂原，或見散在硫黃島砂浜中之岩石片表面，削磨成爲幾個平面。這叫做三稜石（Dreikanter, faceted pebble）是被卓越風將砂粒吹到同一方向，削磨岩石面而成平滑的表面。狂風捲砂，對於旅行海岸的人們給與一種痛苦，這是常常經驗到的事實。

藉風力移動的岩屑中，質量輕鬆的細粒被運搬空中，破壞力大的砂礫，則匍匐於地表，摩擦地表移動。凸出於地表的小岩塊下部因受剝削，結果成爲菌狀的岩塊。終於顛落下來，在平坦的岩石平面上橫臥着。不絕的風蝕作用，使這石塊粉碎削磨盡淨。風蝕作用的強弱，由地層的硬軟而定，這等現象，在海岸絕壁可以明白地識別出來，在沙漠地方則造成巨大的風蝕盆地。



圖 24 風蝕作用生成的黏土層

(3) 風之運搬堆積作用 由風化風蝕作用而生成的岩屑或由周邊山地流入的岩屑，粉碎成爲砂粒與砂塵。砂粒受風力而集合，又爲風搬運而成砂丘，在廣大的沙漠地方，沙粒的搬運作用非常顯著，常常給與橫斷沙漠的隊商以很大的危害。在蒙古沙漠中所謂 Kara-Burun 的暴風便是。由風生成的沙粒搬運堆積的現象，在海岸砂浜也是可以看到的。沙丘與卓越風方向相平行，或配列成爲直角，其進行與發達，影響於人生很大。

砂丘的發生發達與其配列，雖與風力土地溼潤程度，沙粒供給之良否相關，但正確的物理的說明，還是不充分的。

在沙漠地方常常發生的旋風，把砂塵吹揚於高空而把牠搬運到遠隔的地方堆積着。這由卓越風在長年月中盛行這種作用，砂塵堆積於一地方的時候可以形成一個特殊的厚的風成堆積物。在華北發達的所謂黃土 (Loess) 以及從中亞內陸盆地由西風搬送而堆積於沙漠周邊的草地即屬此種，這現象現在還是繼續着滿洲的霾的現象也是這樣。

三 乾燥地形

(1) 乾燥盆地 塔里木盆地 (Tarim basin) 在天山南部與崑崙山北部，是一個東西一、〇〇〇公里，南北七〇〇公里的橢圓形的大盆地。位於大陸內地，雨量稀少，內部包有 Taklamakan 與 Lob 沙漠。這是一個標式的乾燥盆地。

周圍的山地，達到六、〇〇〇公尺的高度，四時披載了冰雪。冰雪融解後，流降到急峻的山腹，同時搬運了很多的岩層，向盆地中心為其心狀流入。結果山麓由岩層而形成大規模的混合扇狀，盆地內部則被砂礫充塞着。流入的河流，一部蒸發，一部滲透，不能達到中心。其末端常由水量變化。唯有支流較多的塔里木河縱貫着盆地東流形成羅布泊 (Lobnor)。這湖水的位置和水位，隨着時期而不同，這是歷史告訴我們的水量增減的形跡，印留在湖岸。在盆地內部的沙漠，砂丘非常發達。喀什噶爾 (Kashgar)、葉爾羌 (Yarkand) 等聚落，發生於沙漠與山地界線上，即地下水湧出的所謂沙漠島 (oasis) 的位置上。交通路線亦連絡這些 oasis 圍繞山麓成環狀。

(2) Bolson 在構造盆地的內部，如塔里木河地那樣，往往從四圍山地運搬到多量岩層，充滿了厚的堆積物。這種盆地，在墨西哥叫做 Bolson。北美洲的 Great Basin 四圍的斷層，充填了岩層的盆地羣，到處都可以發現着。

(3) 鹹湖 (salt lake) 從乾燥盆地四週流入的河川，有時達到盆地低處，形成湖水。湖水的水位隨着雨水大小而生出不同的變化，有時湖岸殘留着湖岸段丘 (Lacustrine terra)。流入沒有出口的内陸湖 (Binnen See) 的河水，因為能融解岩石中的鹽分，依藉水分的蒸發，湖中的鹽分，漸次濃厚，形成鹹湖。鹹湖的鹽分，在乾湖，水分蒸發後，越發加多，因而不適於生物的生活。終於結晶，與湖底黏土一同沈澱形成乾燥平原。一到雨期又復成爲淤淺的鹹湖。這樣的地方叫做 Playa。這種鹹湖以中央亞細亞、西藏高原、伊蘭高原、北美洲 Great Basin 最多。在南美洲 玻里維亞 (Bolivia) 高原上，則有披蓋面積四、〇〇〇平方哩，含鹽四呎的黏土層的鹽原 Salinas。

(4) 沙漠 (desert) 在太陽直射的熱帶地方，因受貿易風的影響，常常生成高氣壓，氣候乾燥，幾乎呈現不毛荒涼的地景，而現出所謂沙漠，如非洲的 Sahara Desert 及 Arabian Desert

即屬於此例。

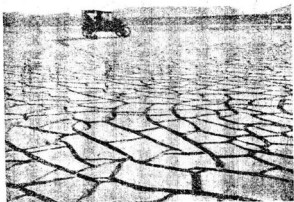


圖 25 乾涸的鹹湖 (Playa)。

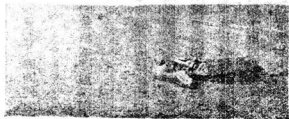


圖 26 Hamada (Algeria 阿爾及利亞)。

又在大陸內部很少受到海洋影響，也會變成乾燥，尤其是四周被圍以褶曲山地的內陸盆地，常常發生着沙漠。亞洲內部的戈壁沙漠、塔里木盆地、波斯高原、北美洲 Great Basin 地方、墨西哥 山地、南美洲阿塔卡瑪 (Atacama) 沙漠等屬之。

又廣義的不毛礫确的沙漠地形，在乾燥地域之外，還可分為高山中的高位沙漠 (high altitude deserts) 與高緯度沙漠 (high latitude deserts)。

所謂沙漠地方，未必都是砂地，其中也有大山脈，也有平坦的臺地。凡岩盤露出或岩層散亂的礫确的沙漠，在 Algeria 稱為 “Hamada”。

在 Taklamakan 沙漠中，有的形成高度數百呎的砂丘，如同波濤似的連續着沙漠，這種砂地在中央亞細亞，叫做 “kum”。在荒涼的沙漠中，有時也湧出地下水而形成青綠的草原。這叫做 “Oasis”。橫斷沙漠的隊商，是需要這 Oasis 的。

在沙漠地方，雨期常降雨。急雨則形成一時的河川而流降低所，但雲時又復乾涸，僅殘剩河原。形成這種間歇流 (intermittent stream) 的空谷，在 Algeria 沙漠中叫做 Wadi。在草木稀少



圖 27 砂丘發達的沙漠(Kum)。



圖 28 被覆沙漠窪地面的礫層的成因。

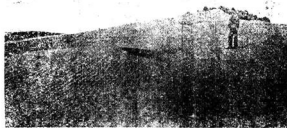


圖 29 哈爾淪

時沙漠地方，一遇急雨，瞬息間竟惹起洪水，因而釀成災害。

(5) Tala 戈壁沙漠位於中亞的東部，在其內部，雖有許多山脈、盆地，但從全體看來，形成較淺的內陸盆地。其東方的興安嶺，高達三、〇〇〇公尺，內部則有一、五〇〇公尺內外的高度。西部遠接着阿爾泰，天山的斷層山地。平坦的盆地，侵入這些山地間，而與塔里木、噶準爾等乾燥盆地相連。斷層作用的餘波，在戈壁沙漠內驟起為大小斷層山地。在山間則有細長的地溝或由繞曲生成的低下盆地。這種盆地，在蒙古地方叫做“tala”。最大的 tala 為 Dalai tala, Iren tala, Gashin tala。其最低處則瀦積為同名的湖水。在 tala 內部，堆積着軟柔的地層，這就是蒙古語戈壁 (Gobi)。

(6) 沙漠窪地 (Desert hollow) 在戈壁沙漠平坦的侵蝕面中，有較低矮的直徑數十公尺，並由數十公尺急崖圍繞着的窪地。這叫做 desert hollow。牠是由於風蝕作用而形成的窪地底部，往往發生砂塵飛揚，天日晦暗的現象。

在戈壁中比較的沒有凝結的砂土與黏土的地層，因過於乾燥的結果，很容易為風吹送，造成

一段較低的窪地。這窪地深度四〇〇呎，邊緣部繞有急劇的圍壁。窪地的深度好像深度有一定限



圖 30 山 山



圖 31 砂丘上的窪地



圖 32 切開黃土的峽谷與段丘狀耕作地

制似的。風的下掘作用倘到達地下水，則窪地底便生長植物，爲防止砂粒飛散，結果風的開鑿作用就停滯了。又會在軟層中的砂礫，因爲不能被風搬運，故堆積在盆地底而生成礫層，被蓋軟層的結果，也能妨礙風的開鑿作用。

(7) 島山 (Inselberg) 在乾燥地帶中橫臥着的山地，因爲沒有被覆什麼植物，所以地面上的風蝕作用，就能直接破壞山骨，而使岩石顯露出來。因此牠的地質構造從遠方可以觀察出來。風蝕作用長久繼續的時候，則山地的大部分不免被削磨成爲平坦的岩石平原，殘留着堅固岩石聳立成孤獨的丘陵。這種丘陵，在廣闊的沙海中，到處散布着，叫做島山。

(8) 風蝕準平原 在乾燥地域裏島山地形終於被侵蝕去的時候，會形成了廣大的岩石平坦面。這便叫做風蝕準平原。而風蝕準平原的高度是受着最初盆地的高度和地下水面高度的支配的。

(9) 砂丘 乾燥地方的岩層，逐漸粉碎成爲微細的細塵，這砂粒被風在接近地面上展轉運送成爲砂丘。倘細塵高飛時則被運送到遠隔的地方堆積着。

由風運送的砂粒，在地上倘遭遇少許障礙物，例如小草叢，因風力減弱，結果砂粒即開始堆積，生成小砂丘。其次小砂丘自身也成爲障礙物，以堆積砂粒，造成高度數百呎的砂丘。向風的斜面，與砂丘形態相同，有高數吋的凸凹這叫做漣痕 (ripple mark)。砂丘依藉風力及砂粒供給的關係，漸漸成長，而且漸漸移動。其配列係與卓越風的方向平行，或與其相交爲直角。

在沙漠地方，砂丘內有種名叫 *Barchan*，形如蛾眉。半圓形的外圓向着風上作緩傾斜，內圓向着風下作急傾斜。這是由於兩翼砂粒稀少的部分，早就移動了的緣故。

(10) 黃土 (loess) 在華北尤其是沙漠邊境地方，被覆有黃色細塵深厚的堆積物，叫做黃土。牠有縱的裂罅，內中只包有陸上軟體動物的化石，幾乎是無理層，又有叫做 *loess kinder* 的

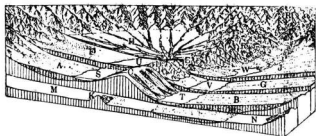


圖 33 乾燥盆地的侵蝕輪迴

團塊 (nodule) 頗類泥人。

關於黃土的成因，據 Richthofen 說明，是一種風成陸上堆積物，由亞洲內部戈壁沙漠的微塵藉西風送來堆積在沙漠邊緣的草原地方而成。固然有一部分是由河水運搬之後，再堆積於盆地或河床而成。在華北深厚的黃土地層，有時因受氣候變化，侵蝕復活，遂現成急崖。山西省內往往在這急崖內有穴居的人民，峽谷則被利用作進入山地的交通路線。

黃河集合黃土地方的水，故溷濁而帶黃色。迂繞河套當作流出華北平原則堆積為多量黃土，填高河床，在歷史時代常常變更了流路。海水亦因黃河之水變成黃色，因有黃海之名。

Loess 不僅限於華北地方，在中歐及北美 *Mississippi* 河岸亦有之。在中歐則有 *Rhine* 河岸、多腦河岸及兩俄黑土地方等，其地恰當第四期冰河時代的 *Scandinavian* 冰床的外側。

四 風蝕輪迴

現在假定有兩個互相連接的乾燥盆地。從這盆地的周圍山地向中心，有求心狀的河川把

許多砂礫運搬堆積於盆地中，這個時代就是幼年期。

若是二盆地界限的山地，低下的時候，則兩盆地的岩層就會埋沒界限的山脈，那麼兩盆地也就互相連絡了。又如兩盆地底的高度不同，如圖三十三所示，在高位位置的盆地H的岩層，破壞境界山地的最低所E，向盆地W流入的結果，H盆地的堆積層，就會漸次搬入於低位位置的盆地。這麼一來，有數個盆地的時候，就漸次會被低矮的盆地所併合。這時候便是乾燥盆地的壯年期。

盆地內部的風蝕作用，使形成的堆積層徐徐搬出盆地外，削磨山地而成底闊平原。僅餘山骨部分，散作島山地形存留而已。這就達到老年期了。從此以後，島山地形也被除去，這裏就會形成廣闊的風蝕準平原。

第五章 火山地形

一 火山作用

火山作用 (igneous action) 就是地球內部的岩漿 (magma) 運出到地殼內部或地表的現象。岩漿在地殼內部噴出及固化的現象叫做貫入作用 (intrusion) 岩漿噴出於地表則叫做逆流作用 (extrusion)。

(1) 貫入作用 這雖是地下的現象，但牠的大規模的活動可使地殼上層凸起 (uplift) 成爲大山地形形成的原因。就是小的現象，隨着地面的剝削，露出地表而生成種種特色的地形。

一、岩脈 (dike) 這是充塞於水成岩、火成岩的裂罅中而固化的岩漿，尤其在火山體的內部，以火口爲中心配列爲輻射形狀，這岩漿若達地表，成爲溶岩或溶岩破碎物噴出，則形成一種側火

山岩脈因地表的剝削，露出成爲塹狀的突起，叫做岩脈丘 (like ridge)。

二、岩床 (sill) 這是貫入地層間的岩漿，好像一塊溶岩層似的，使地層兩側略起接觸變質，此點與溶岩流不同，故可用作兩者之區別。

三、餅盤 (laccolith) 岩漿通過地下的裂罅，上昇侵入地層間，并使地層彎曲 (flexure)，貫入爲鏡餅狀，其周圍往往化爲岩床。這現象發生於地表近處的時候，使地表突起 (upwarping) 成爲鐘狀，形成穹窿狀的山地 (domed mountains)，美國的亨利山 (Henry mt.) 屬之，受剝削作用除去表層，在山地中央有火山岩塊露出。

四、底盤 (batholith) 貫入了的大岩漿塊，牠的基底不能發現，上層則有顯明的接觸變質。在大山脈的内部常常可以發見有這種岩漿的貫入，形成落磯山脈 (Rocky mts.) 安第斯山脈 (Andes mts.) 的核心，卽爲此種火山岩塊。

(2) 迸流作用 (extrusion) 在火山地方噴出地表的物質，大別之爲氣體、溶液、水、熔岩流、



圖 34 伴連着岩脈、岩床的餅盤的斷面

熔岩及其他基盤岩層的碎片拋出物等。

一、氣體 (Gas) 在氣體體中，最多量的是水蒸氣，火口噴出的大部分白煙，便是牠的凝固物。水蒸氣常常成爲火山爆發的原因。噴火時放出的其他的氣體之中，有二氧化碳 (CO_2)、硫化氫 (H_2S)、二氧化硫 (SO_2)、氯 (Cl)、氫 (H)、氫 (H)、氫 (H) 及其他種種毒氣。又當火山作用的後期活動，亦可由噴氣孔中噴出種種氣體。僅噴出水蒸氣的，叫做水蒸氣孔 (Fumarole)，放出多量二氧化硫的，叫做碳酸孔 (Mofette)，放出二氧化硫的叫作硫氣孔 (Solfatara)。二氧化硫與水相混而爲硫酸，腐蝕了噴氣孔附近的岩石，往往更經雨水剝削之後，遂成爲深深的窪地。

二、水 (Water) 火山活動時生成的水，由於噴出水蒸氣的凝固，火山體內的地下水，以及地表積雪的熔解等而來。又與火山破碎物相混，而成泥流 (Mud Flow) 因此往往釀成大災。

三、熔岩 (Lava) 噴出地表的岩漿叫做熔岩。火山體的大部分是由熔岩流 (Lava Flow) 和破碎物質構成的，熔岩的種種性質尤其是黏着度 (Viscosity) 在決定火山原形上有着密切的關係。熔岩的流動度也與牠的化學成分，氣體含量及熔岩溫度等相關。茲就熔岩性質略述之：

熔岩可就其化學成分區分為酸性、中性及鹼性三種。酸性熔岩 (acidic lava) 含有矽酸 70—75%，一般近於白色，流紋岩 (liparite)、黑曜石 (obsidian) 等屬之。反之，含有多量之鹼者，其矽量為 45—55%，一般呈濃色的，叫做鹼性熔岩 (basic lava)。玄武岩屬之。矽酸分量在兩者之間的為中性熔岩，安山岩 (andesite)、粗面岩 (trachyte) 等屬之。

一般屬於酸性的熔岩，噴出時黏性較大，鹼性者較小。

熔岩噴出當時的溫度，與黏着度有密接的關係。雖為同一岩石，高溫時很富於流動性。熔岩溫度由直接或間接的方法可以測定出來：間接方法是由熔岩和含有礦物的熔點的研究及被溶岩流捕獲熔解的種種物質的熔點的研究去推定。大概有攝氏 1,000 度內外的溫度。熔岩的溫度亦因火山而有不同，即同一火山，各噴火時亦有不同，在夏威夷 (Hawaii) 的 Mauna Ioa 熔岩湖觀測，為 1,500 度。大量的熔岩流出後數十年間仍然保持此溫度為該地人民日常生活所利用。

熔岩流的速度，隨其黏度、容積、地面傾斜而異。最初好像白熱蜜蠟似的，噴着白煙而流動，漸次變為赤色，終於成為暗黑色。其表面載負着金鏢狀的岩塊向前徐徐進行。終於前面的岩塊噴着白

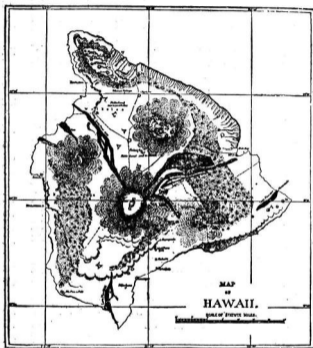


圖 35 夏威夷島

(中央爲 Mauna Loa 其東東南部爲 Mauna Kea)

煙落下，由此可辨別其運動。表面雖已冷卻固化，內部還是保持高熱的狀態。富於流動性的熔岩好似水一樣，在豁谷中流過。Mauna Loa 在一八五二年噴火時流出的熔岩，在二小時內流下十五哩。熔岩噴出後壓力減少的結果，放出氣體，成爲許多氣泡。含有多量氣體的岩石，成爲浮石質（Pumiceous），破碎後成爲細片，其量較少者愈較精緻，流動性亦強。雖爲同一之熔岩層，但因其表部放出氣體後遂成爲多孔質。

富於黏性的熔岩流，當噴出時，呈現暗黑色金鏢狀粗雜的表面。逐漸流降山麓，幅廣與厚度即隨之增加，且呈現特有的熔岩末端（lavaflow end）。此種熔岩特稱爲塊狀熔岩（block lava）。夏威夷土人叫牠做（Aa lava）。塊狀熔岩的表面一見呈爲不規則的凸凹，表面被覆着金鏢狀的塊片，但如從遠方看來，有時頗像牛糞狀的皺曲。

反之，流動性強大的熔岩，冷卻後表面就生起圓滑的薄皮，常常形成皺縮。在山腹急傾斜部如同瀑布似的流下，造成繩狀的凹凸表面。這叫做繩狀熔岩（roky lava），夏威夷叫做（Pahoehoe）。以上是基於熔岩表面狀態而區別的，有時雖屬同一成分的熔岩流，二者互相混合存在，不易分別。

凡是熔岩都先從外部冷卻凝固而生成皮殼，雖徐徐收縮，內部如仍是高溫而有流動性的時



圖 36 繩狀熔岩流 (Mauna Kilauea)

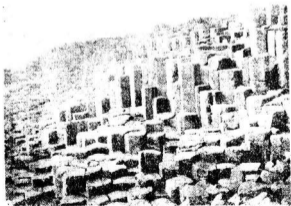


圖 37 柱狀節理 (玄武岩)

候，則因受外側壓力與自己的重量的作用，有時通過裂罅，內部的熔岩被絞出而形成第二次的流出。在熔岩流流出的痕跡便殘餘着空洞。這叫做熔岩隧道 (Lava-tunnel)。隧道的底部傾斜於流出方向，頂部的熔岩滴下而成由熔岩造成的鐘乳石 (Lava stalactite) 與石筍 (Lava stalagmite)。

又樹幹被熔岩流埋沒時，則留下熔岩樹型 (ree moulds)。

熔岩或岩脈往往有規則正確的裂痕，這叫做節理 (joint)，可區分為柱狀 (columnar) 板狀 (platy) 及弧面狀 (arched Surface) 等。往往相伴發達，造成特有的景色。

四、火山拋出物 (volcanic ejector) 火山噴火時由火山體拋出的物質，可由其形狀、體積上，得種種的區別。熔岩成爲半固體放出於空中，作紡錘形的叫做火山彈 (volcanic bomb) 普通大小與人頭相等。火山彈中，放出多量氣體，內部爲多孔質，表面精緻，各處有刻痕的，叫做麵包狀火山彈 (bread crust bomb)。大都由酸性熔岩構成。作不規則的拳形的拋出物，叫做 scoriae。阿蘇火山中的胆石，即屬於 scoriae 的變種。又有稱爲 lace scoriae 者，係放出極多量的氣體，好像是海綿般的構造一樣。較 scoriae 更形細小的拋出物，叫做火山礫 (lapilli)。火山礫漸次遠離噴火

中心，即漸漸改變顏色，並減少體積而成火山砂 (volcanic sand)。降落火山麓的火山礫，往往被蓋住附近的山地，並流入河中形成深厚的堆積層。火山礫中往往含有礦物的結晶片。三宅島的灰長石，硫黃島的灰質長石，Etna 火山的輝石的結晶，均屬之。火山砂是從火口射出的拋出物，形如砂粒也有時是火山爆發時由山體破碎生成的。在顯微鏡下窺視起來，火山灰呈現與玻璃碎片般的形狀。當火山爆發時，與水蒸氣同被噴入上空，被高空的卓越西風速搬到遠方然後堆積下來。火山拋出物的性質，連同熔岩，對於火山體原形的形定，具有密切的關係。

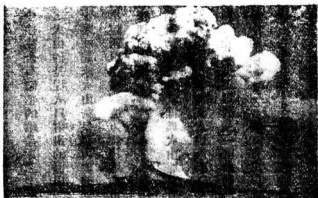
(3) 火山噴火的型式 (eruption type) 熔岩與拋出物噴出的式樣，與火山原型有密切關係。縱令是同一火山其噴火形式，亦視噴出岩山的種類及火山的年齡而異。火山活動旺盛時期的火山叫做活火山 (active volcano)。其次有經過長期靜止後，突然地發生一次劇烈活動，致令山體破壞而為爆發的噴火 (explosion) 者。東印度羣島中的 Klakatoa 屬之。有史以來雖曾有活動的歷史，但現在則已成爲休息狀態的，叫做休眠火山 (dormant volcano)。終於到得活動力衰弱，僅僅保持噴氣孔或溫泉的，這叫做死火山 (extinct volcano)。

火山的噴火，可就其活動力的盛衰，噴出岩漿的變化，噴出的位置，以及各火山噴火的習性等，分爲種種的類別。

1、中心噴出 (central eruption)

(A) 靜穩熔岩溢流 夏威夷島各火山屬於此例。多噴出鹼性的流動性熔岩，中央部有大火口。爆發力雖小，但常有較小規模的活動，湧出熔岩并拋出火山彈。水蒸氣量少，噴火時不很噴出許多火山灰，火山週期短促，成爲扁平的火山體。

(B) 噴出激烈的灰砂 意大利維蘇維士火山 (Vesuvius)、日本的淺間山、櫻島等噴火型式屬之。一九〇二年西印度羣島的 Martinique 的白勒火山 (Mont



■ 38 維蘇維埃斯火山 (Vesuvius) 的噴火 (一八七二年)

Pelée) 的噴火，亦屬之。在活動開始前，暫時祇有水蒸氣噴出，其後則與噴火同時噴出多量水蒸氣與火山灰，上騰高空。噴煙外形明瞭，生出葡萄狀的黑雲，噴出酸性熔岩的火山中多屬於此例。噴火週期稍大，爆發力亦旺盛。

在噴火的前後，常常伴連着地震的現象，屬於此種噴火形式的火山體多為圓錐形。上述兩種噴火形式，互相混合的火山，亦頗有之。

(C) 爆發 (explosion) 在長久休息時期中，突然在山體的上部或山側發生爆裂，一八八三年南洋 Krakatoa 島即屬於此例。巨大 (caldera) 的成因之一，也就是火山體頂上部爆發的結果。

1. 裂罅噴出 (Fissure eruption) 此乃沿着幾條並行或雁行的裂罅噴出熔岩的形式。例如一七八三年冰島 (iceland) 的噴火 (Laki fissure) 的裂罅，長互九〇公里，湧出的玄武岩，被蓋了三、五六五平方公里的面積，形成巨大的熔岩臺地。此種形式在第三紀山前的地質時代，世界各處都曾發生過，例如美國西部的 Aidaho，印度特坎半島 (Deccan Trop) 等。

三、地城噴火 (areal eruption) 地殼上的一地域，全部成爲湧出口，噴出多量熔岩之稱，美國的黃石公園 (Yellow Stone Park) 中的流紋岩臺地，據說是在鮮新时期時，由數百平方哩的地域噴出熔岩，地表的岩層，亦被熔化於溶岩中，因此沈下所致。

二 火山地形

從成因的差異上，火山地形可分爲二種討論之。其一是由內營力而成的建設的或創造的地形，即是火山體自身所有的各種原形以及由火山作用引起變形後的附近的地形。又其一則爲上述地形的侵蝕形態。

火山的噴出，發生於侵蝕輪迴進行途中具有各種形態的地表上，並被覆在牠的一部分上，俾於比較的短期內，完成原形。火山活動終熄以後，由侵蝕作用而被破壞，不久又從地表上消去，這可當做侵蝕輪迴中的一種事變 (volcanic accident) 而看。但也有像印度特坎高原那樣大規模的火山作用，又如日本各地方有許多的火山和多量的火山堆積物，所以火山地形在地形構成

要素之中占有很重要的地位。

(1) 火山的原形 關於一座火山體原形的成立，不易得着完全的觀察或紀錄，現在且把意大利奴歐波山 (Mont Nuovo) 噴火的經過，當做一個實例來記述一下吧。

在奈波里 (Napoli) 的西方，有叫做卜列谷列安的火山地域 (Phlegraean Field) 以塞列匹斯 (Salerpe) 殿堂而聞名的勃索里 (Izzuoli) 市鎮，在於這地方的南方海岸，毗鄰着勃索里，在魯克林 (Lucrine Lake) 的火口湖的一部，於一五三八年，建設了一座新火山錐。約在二年前的時候這裏常常遭遇着地震，在同年九月二十七日、二十八日，在勃索里幾乎繼續地感着，同時由於海水的後退可以推知附近地盤的隆起。終在二十九日的清晨，地面上發生了裂罅，同時發

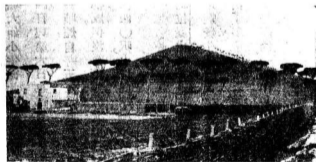


圖 39 意大利 Puzzuoli 附近奴歐波火山 (Mont Nuovo)

見水蒸氣的發散，接着是火山砂礫的發出，如同電鳴，噴出熔岩塊大如小牛。從此不到十二小時，就造成同現在一樣大的一個火山圓錐。大噴火繼續了三日，在第四日與第六日也都有較小的活動。在大噴火的時候，火山灰到達了隔離九哩的 *Naples*，其後繼續噴煙，自一五三八年以來，一直到現在已經沒有表示過一回活動徵候。圓錐丘全都由火山砂礫構成，但沒有熔岩流出。火口周圍約四分之一哩，內壁形成急激的傾斜，底部凹下成碗形。山高約四四〇呎，火口底較海面高約一九呎。山腹部現在已有粗生的草木。

與奴歐波同樣的現象，又有墨西哥市西方中央高原一端約拉羅山 (*Jorullo*) 的噴火。這是洪保德以來許多地學教科書中記載有的一件事實。此處也有地震發生在噴火之前，並且有三、四哩廣闊的土地隆起。自一七五九年九月二十九日夜間開始噴出了多量的熔岩與火山砂礫，爆裂的噴火繼續至半年之久，形成了六個火山錐。約拉羅山就是其中最高的一個。從基底熔岩流測起，約有七〇〇呎的高度。

太平洋中的海底火山 (*submarine volcano*)，常常發生大活動使火山錐建築於海面上。一

八六七年南太平洋東加(Tongu)羣島附近的海底火山，即屬其一例。但大洋的波浪侵蝕作用可使由岩鏢造成的火山錐，忽被破壞而消失於海面下。

以上是幾個極端的實例，至若形成數千公尺的大火山體則需要循環多次的大活動，與長久的年月。所以在成長途中，在牠表面上，雖則有多少侵蝕作用，但有新的噴出物加覆於其上，在火山活動繼續進行中，總會維持新鮮的原形。

(2) 火山體的分類 火山的原形，隨着火山活動力的強弱，噴出物的性質，以及噴火的形式，而有不同。

許奈達(Schneider)氏考察火山的形態與構造，提出一種火山分類法。但因火山原形的種類繁多，僅靠這分類的定義，是不充分的。現在以其分類為基礎，再加入多少變形，來敘述火山原形的名稱與定義。

1. 哥立特(Konide) 日本的富士山可作代表的形態，牠的特點是有極優美的原錐形，頂上與基底比較起來，有小的噴火口(Crater)。山頂傾斜頗急，達三五度，中腹僅約二〇度，山麓部

(piano) 更行緩慢，不過五度內外而已。

構成的物質，是熔岩流與火山拋出物相間而成，牠的成層狀態，從噴火口壁或山側爆裂火口可以明顯地看出來。造成這樣的形態與構造的主因，是中心噴火的循環，以及有適當粘度的熔岩與火山拋出物交互噴出的緣故。倘熔岩流動性強大，而且多量流出，則成爲後面敘說的 *Aspite* 的形式。反之，熔岩的黏性強烈則一變爲 *Tholoide* 式。又岩火山拋出物分量過多，則會成爲 *Holmate* 形式的火山體。

哥立特是世界上最普通的火山體，意大利的阿特納 (*Atna*)、維蘇非埃斯 (*Vesuvius*) 火山等均屬之。

11. *Tholoide* 鐘狀火山體的山頂，略成扁平，或小有凹凸不甚規則的表面，周圍傾斜頗急，露出岩石，倘露岩下落，則於山麓部堆爲巨大的岩錐 (*cones*)。從平面地形圖看起來，山麓的等高線，略成圓形，間隔漸次接近，到達山腹，突相重疊，而呈露岩。山頂的等高線，配列稍粗，可以看出許多圓形閉塞等高線而成的小凸起與小陷沒。

構成這火山體的熔岩，黏性甚強，雖從火口噴出，但并不流出，僅在火口上堆成很厚的鐘狀火山體，山頂部因此沒有噴火口，一般容積亦小。岩石屬於酸性熔岩者頗多，鹼性熔岩中也有因為噴出當時的狀態，減少了流動性，成為 Tholoide 形式的。至其內部構造，當然完全是由熔岩構成，一般並未混有碎片物質。

Tholoide 之中，有的只由一回的熔岩噴出而成，其形態與構造均極簡單，有的則有幾個噴出口，或由數回的噴出，使熔岩重疊而成複雜形態。所謂塊狀火山、鐘狀火山，均屬之。又有所謂乳房山、Mammon、熔岩丘、圓頂丘等類側火山，均屬於小型 Tholoide。

三、Konitholoide 以 Konide 火山為基礎，在山頂或中腹附加 Tholoide 而形成特殊的火山形態。山頂上噴出 Tholoide 的時候，則生成頭頂尖端的火山圓錐，如在山腹，則 Tholoide 的一部分在 Konide 腹部呈現着急斜面，生成高的階段地形。



圖 40 單成 Tholoide 的斷面

四. *Aspito* 爲極扁平的圓錐形，從山麓部至頂

上部造成幾乎不能識別其傾斜的緩梯度。別名楯狀火山 (*Schild Volcano*)。本火山構造爲熔岩的累層，與 *Tholoide* 相反，爲富於流動性的玄武岩，以一火口爲中心，噴出多量而溢流於遠距離，由此堆積而成。在山頂部有熔岩噴出口的火口，牠的邊緣，往往因鍋狀的陷沒，成爲階段狀的低落，造成大火口。這是火山活動旺盛時期形成的，但也不乏新生的實例。夏威夷島的火山即其代表式，夏威夷島海拔四、一六八公尺，周圍洋底深達四、五〇〇公尺，故此島可以算是近於高度一萬公尺的大火山體。雖則有這麼大的高距，但山腹傾斜極其緩慢，平均只是五度內外。頂上的 *Mauna Ioa*，有長三哩、廣二



圖 41 夏威夷島的火口

哩，深一、〇〇〇呎的 caldera，在牠的側壁，有由鍋狀斷層而成的幾個階段。在這個大火口內，充塞着鹼性熔岩，中心常常有沸騰着的熔岩池 (lava lake)。平均每七年發生一次旺盛的活動，熔岩池的水位漸漸上昇因而熔岩泉可以噴至數百呎的高度。有時熔岩布滿於火口，火口壁因受巨大的熔岩的大壓力而生裂罅，通過這裏使熔岩流流出到山腹。

五、Aspikonide 以扁平形的

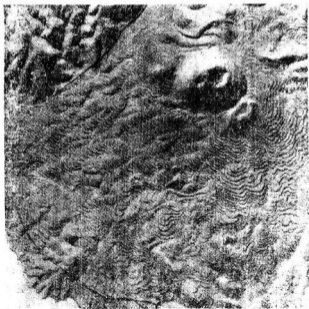


圖 42 先 原

Aspite 火山為基礎，在牠中央或山腹部形成 Konite 的形式。當 Aspite 的大規模而且靜穩的噴出熔岩生成楯狀火山之後，再由別種原因使熔岩黏性發生變化，同時噴火形式也發生異變，成為爆發性，因此拋出火山片，便生成 Aspi-konide 的火山了。

六、Homate 此種火山中央部有大火口，為低平火山體，在爆發性火山活動的時候，拋出破碎的熔岩，火口周圍幾乎都堆積着這種物質。拋出物以火口邊緣為境，堆積於兩側，火口的內側斜面與外側斜面略等，火山砂礫成極優美的形層狀態，往往被誤認為水中沈澱物。

熔岩屬於酸性的，流紋岩、石英安山岩、粗面岩等，本來已固化於地下，被破碎後噴出。這類火山體，不易生成很大的形狀，從構造上考察起來受侵蝕很快，大都由近代生成的。

在意大利奈波里西方的火山區域，這種火山體是很多的，在地形圖上，儼然同月球表面似的分佈着大火口的火山體，有的還形成火口湖。這裏的魯歐波山，就是 Homate 的適例。

七、Homatholoide Homate 生成後，在火山體的一部因有 Tholoide 噴出，被蓋住火口和火口邊緣由此發達後就叫做 Homathoide。

Homate 在噴火初期，就已形成，倘火山活動，即此終熄固可成爲一個火山體保存着。但是通過火口，噴出流動性岩漿的時候，熔岩並不破碎，成爲塊狀，填塞於火口，即成 Homathoide。意大利里巴利島的別拉特山，就是白色流紋岩層的 Homate，其一部噴出紅色熔岩，流入海中，好像從白盤中流出赤褐色液漿一般。此時熔岩流動頗盛，好像是不會形成過 Tholoide 似的。

八、Pedionite 造成較 Aspite 更扁平的臺地狀平坦面，湧出流動性極大的玄武岩等類鹼性熔岩時生成的。沿着地殼的裂罅，源源流出，氾濫於廣闊的地域上，以前的山地，好像岬角一樣，突出於海中，山頂部則形成島嶼，而浮現於海上。

熔岩的汎濫常常循環重複，形成成層的構造。印度特坎 (Deccan Trop) 即屬於此例。又在北美西部諸州也有這樣廣大的熔岩臺地。

九、Belonise 高度與基底直徑等大，好像尖塔似的火山體，在火口內，有近於固體化的熔岩塊緩慢上昇形成柱形的峻峭岩塊。這火山體的實例，在世界中是很少有的。其成因全然是塊狀的構造，故必爲單性的小火山體無疑。這標準的實例，就是西印度羣島中的 Martinguo 島上的百

里火山 (Mt. Pelée) 在一九〇二年噴火時，噴火口處的熔岩，徐徐上昇，從火口壁與熔岩塊的間隙噴出的熱煙，傳達到山腹，侵襲 St. Pierre 市鎮，轉瞬竟喪失了二萬八千的生靈。Pelée 火山的尖塔徐徐增加了高度，在一九〇三年四月，達到三六七公尺的高度，形成尖塔。其後又漸次破碎崩壞，以致完全消失。

十馬爾 (Maat) 在火山地域或水成岩地域，地下火山活動微弱的時候，岩漿便不能達到地表，僅有蒸氣的噴出，破壞附近的岩層而使牠生成圓形或橢圓形的凹地，岩石片，堆積於火口的



圖 43 Mt. Pelée 山的尖塔

邊緣，由破碎物成爲低矮的環狀丘。這種火山體便叫做 *Maar*。若是爆發力旺盛，就會混有若干熔岩或破碎物。噴火一經終熄，火口有時瀦積水分而成湖泊，有時水分枯涸成爲圓形的草原。所以 *Maar* 可以說是火山的胚胎 (*embryo*)，反過來也可以說是在火山活動衰頹期生成的火山體。

在德國萊茵山地 (*Eifel Plateau*) 上，發達有這種 *Maar* 可以看到好像藕一樣的洞穴的圓形火口，其中瀦積着 *Laacher see* 那樣的圓形碧浪湖。

十 *caldera* 語源出於 *Canary* 羣島地方的土語，指示豁谷地形，凡在火山體頂部生存的大圓形火口以及與火山體沒有直接關係的，凡存在火山地方的圓形大凹地，均適用這名稱。這種地形的成因，可分爲三種：其一，在某個火山體形成後，其

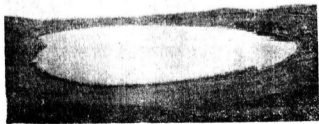


圖 44 Maar 與火口湖

上部由爆發而被吹散時；其次，由陷沒現象，山頂部沈降時；以及其三兩種混合時。

無論爆發陷沒，均在火山體原形生成以後，再由破壞作用而成，所以不能當作火山原形的獨立基本形狀。

切開火山體的巨大 *caldera* 的內壁觀看，傾斜都頗急，與外側恰成顯著的對照，陷落性質的 *caldera*，其內壁附有由鍋狀陷沒而成的階段地形。*caldera* 的內部往往噴出新火山體，成爲重二式的火山體。此種新火山體叫做中央火口丘 (*central cone*)，*caldera* 壁叫做外輪山 (*somma*)。中央火口丘與外輪山間的平原，叫做火口原 (*atrio*)。這裏

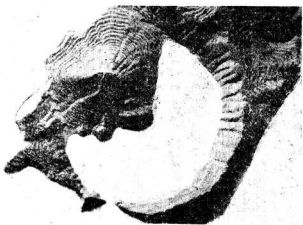


圖 45 普洛頓嶺

貯積雨水則成爲火口原湖 (atlio lake)，若僅貯水於火口，則名火口湖 (crater lake) 以示區別。火口原湖的水，冲破外輪山流出時，叫做火口瀨 (baranow)。

三 由火山作用生成的地形變動

(1) 谷中的熔岩流 與火山噴出相伴，火山體徐徐成長，被覆附近山地，終於埋沒分水嶺，使火山斜面直接連絡河谷的谷頭，噴出的熔岩流，往往流入谷中，因而生起種種地形的變化。河水經由谷壁與熔岩的境界處流過，從兩岸流入的支谷水，在熔岩流兩側並行流下，至熔岩末端，始行合流。熔岩流末端的傾斜，比較急峻，所以河水在這裏往往形成瀑布與急湍。如有多量熔岩，溢流於本流的時候，支流一時被其堵塞，形成大小的堰塞湖……。

(2) 堰塞湖 (dammed lake) 熔岩流在水系中流發生的時候，上游的河水被堰塞而爲湖水。堰塞湖水的深度與大小，視原地形的起伏，熔岩流的厚度等而定，湖形細長，湖岸現出溺谷的地形，在堰塞處附近，深度最大，漸遠則漸淺，其先端因河水的注入，形成三角洲。湖水尋求低所流出，

在熔岩流的前端，往往成爲瀑布落下。

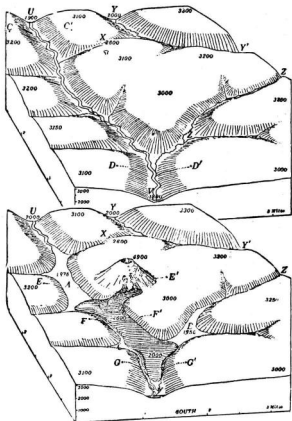


圖 46 熔岩流與堰塞湖

倘熔岩流的流出是多量的，堰塞湖的水位超過了其他水系與水分嶺的時候，河谷便被堵截，上流便和全然不同的水系結合。

在新火山體與連着基盤的山地的山麓間，往往形成大小的堰塞湖。這樣的湖水，未必一定有流出。

這是因為通過粗雜火山物質層，湖水互相連絡，滲透地下而消失的緣故。

(3) 泥流與地形變化 有時遭遇激烈的噴火，火山體的一部分就與地下水混合成爲泥流流出。泥流往往以很大的速度流落山腹釀成大災，同時與熔岩流的情形一樣，惹起地形變化。

(4) 火山體的爆發 在長期火山活動休止之後，常常發生爆裂作用，而使火山一部分或大部分變更形狀。爆裂火口略成圓形，露出內部構造。但是在火山體的一部常常見到的圓形窪地，卻不能認牠就是爆裂火口。

在硫氣孔的周圍，因岩石腐蝕而成黏土，受水流的彫刻，常常生成圓形窪地。

爪島與蘇門答臘 (Sumatra) 間的喀刺喀多亞島 (Krakatoa) 在一八八三年八月二十七

日發生強烈的爆裂作用，全島容積三分之二都被飛散分割成爲小島，島的中心部分，在噴火後成了一六四尋的深海。附近海底，常常呈現火山活動的現象，使火口出沒於海中。在大爆裂的時候，火山灰高飛上空，被蓋三萬平方哩面積，高五十呎的海波，襲着附近各島的沿岸，因此溺死者達三萬人。

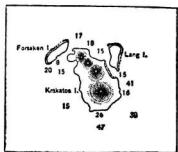


圖 47 噴火以前的 Krakatoa (喀刺喀多亞島)

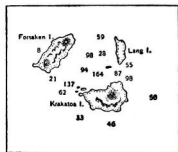


圖 48 噴火以後一八三六年的喀刺喀多亞島深度以尋爲單位

(5) 切開火山體的斷層 火山的噴出，既係沿地殼弱線，故多表示着線狀的配列，此項弱線

常常表現成爲斷層出現於地表，切斷火山體，火山作用也就沿着這線上復活。紐西蘭的底拉溫那，在一八八六年發生大噴火，從東北至西南生出了一直線狀的大裂罅，橫切山谷與湖水，劈開山頂至九哩的長度，發生自三〇〇呎至一、四〇〇呎無數的小火口，並噴出砂礫使附近遭遇非常的慘害。

臺灣的大屯火山羣，依東北至西南走向的大斷層線而分爲二部，其一端切斷了洪積期的礫層臺地，那斷層角上形成臺北盆地，七星山、紗帽山等火山體，是在與這線並行的破碎帶上噴出的，北投、草山溫泉、小爆裂火口也分佈在這地帶內。

(6) 火山周圍的沈降 因火山的噴火惹起附近地域的地盤變動，這是一種普通的事實。濟州島是當着形成中國海底的淺海底的東端噴出的大火山島，其沿岸圍繞着環狀海溝，從海圖上可以看到的。

(7) 火山拋出物的堆積 火山噴火時或爆發時噴出的火山灰、火山砂礫，降落於附近地域，可使河水運搬物質過剩，同時在谷中，可使火山物質開始堆積，較輕的火山灰，被搬送到下流，堆積

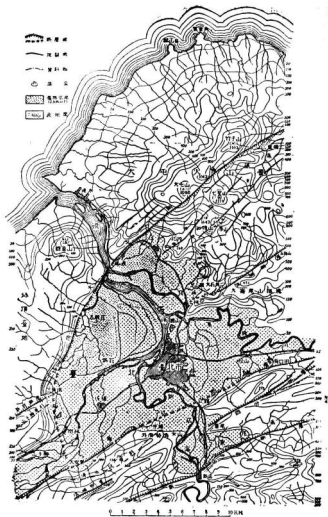


圖 49 臺灣大屯火山羣

於氾濫平原上。這現象永續下去，就可由火山砂礫累積為厚層，倘火山作用衰退，同時物質減少，則有與此相同的其他事情，即河水侵蝕復活，在這裏就可生起段丘的地形。

〔附〕泥火山 (mud volcano) 沿地中裂罅生出洞穴，噴出泥土、氣體等，形成十數公尺的圓錐體，叫做泥火山。其原因多與火山無關。綜觀其分佈情形，在世界中，以油田地方為多，有可燃性氣體與泥土同時噴出。

四 火山的侵蝕地形

火山體的原狀，種類繁多，牠的傾斜構造亦復各不相同，故火山體的侵蝕地形有種種區別。此外，牠的侵蝕輪迴的遲速難易，亦因營力種類，火山體大小，位置高低，都是互有差異的。

(1) Konide 的開析 散亂着熔岩流與拋出物的圓錐斜面，依着凸凹與傾斜生出雨裂 (ravine)。因頭部的侵蝕，雨裂漸次逼近山頂，谷壁生出支谷，在 insequent 的方向上侵蝕山側。這時候就算是幼年期的初期。這樣便成生輻射狀谷系 (radial valley) 的基礎。從此漸向下方

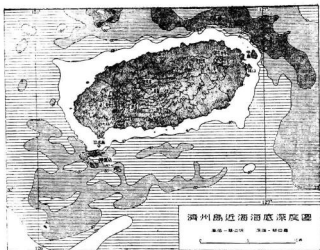


圖 50 濟 州 島

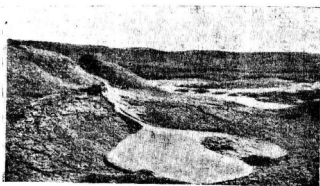


圖 51 泥火山與泥流

侵蝕，谷底愈深，終於達到地下水面生成永續性的河川，谷底在中腹顯示最高的高度，河底露出的熔岩層往往懸着瀑布，谷壁呈現溶岩與拋出物的成層狀態，在熔岩層下部常常露出形成絕壁。山側的谷頭，愈近山頂，愈互接近，密度亦愈大，粗雜的拋出物，既受其洗刷，又經風化，水蝕的破壞，結果使頂上的巖紋加細，露出岩石，現出巍峨的山容。

但在廣大的山麓部，拋出物甚厚，雨水滲透，豁谷密度配列甚為稀疏，故在中腹以下，殘留着廣闊的三角形地面。

在殘留於山麓的原形面上，新生豁谷，後來谷壁漸次增加高度，便破壞了互接近的原形而化為完全尖銳的山稜。河源的長短和配列，雖因水量構造不同，略有移動，但其程度總是逐漸加深的。並且維持着最初的輻射狀水系，到得火山體的原形面，完全被剝削的時候，便達到侵蝕輪迴的壯年期。

這樣看起來，火山體的侵蝕，漸次進行達得連火山原形都不容易想的境界，就只剩餘火山的廢墟 (ruined volcano) 了。

在壯年期的火山體的輻射狀河系谷底，從下游部漸次露出基盤岩層，顯示緩慢的起伏。並且露出火山體內部的火山現象的痕跡。火道 (Volcanic pipe) 中的熔岩塊好像鉛筆心似的突出，成為火山頸 (volcanic neck)。以火山頸為中心，通過輻射狀的裂罅進入的岩脈，好像屏風似的突出着。火山體現在已經只殘留了核心而從地表剝除了，因此火山事變得以告一終結。

(2) Tholoide 的開析 Tholoide 火山

體，雖則都是由熔岩構成的，但牠的開析，一般好像是迅速似的。這因半固體的熔岩塊，從噴出最初時，在火山體內就有許多裂罅，噴出後因熔岩冷卻，容積變化，火山體自身現出大小塊片的構

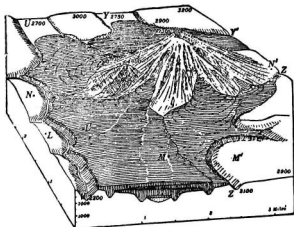


圖 52 幼年期火山錐

造，結果有急峻山腹的岩塊落下，生出岩錐，又受水蝕作用侵入裂罅，不久山體歸於破壞。一方面因為火山體自身容積細小，與那開析速度也是有關係的。

(c) *Aspito* 的開析 像 *Aspito* 這樣的扁平火山體，山頂部與山麓部的傾斜，都沒有什麼大差別。當開析開始時，毋寧是從山麓熔岩層與基盤山地的界線上起始的，因頭部侵蝕，破壞火山體的結果，山頂部的原形，在比較的長時間內保存着。谷系大都成為 *insequent*，雖為輻射狀，卻不像 *Konide* 或 *Tholide* 那樣的明瞭。許多開析 *Aspito* 的火山體，祇是頂上部保持平坦的原形。熔岩流入有起伏性山地，便深厚地堆積於谷底一帶。在熔岩與沒有埋沒的殘餘的山地之間發達的河流，若其基盤山地是由軟岩構成的時候，僅餘下受熔岩保護的本谷部分，其餘皆被侵蝕，山與谷之位置因此互相顛倒。

在這樣生成的水系間，就會餘留着戴有平坦熔岩層的臺地狀地形。在臺地的邊緣，露出柱狀節理的熔岩絕壁，其下有以前多次堆積谷底的礫層，下部為基盤岩石，岩錐即被覆在這裏。這種特殊的山形，叫做 "*Mesa*"。 *Mesa* 因受風化侵蝕等作用，面積漸次縮小，終於形成完全孤立平頂的

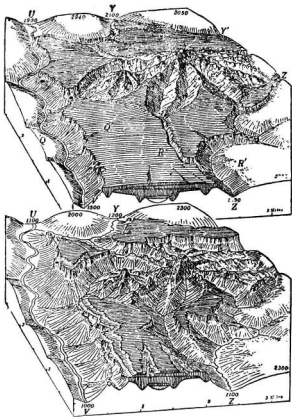


圖 53 壯年期的火山錐及 Mesa 地形

五 火山的分佈

從來各學者認為火山體及火山岩的分布，不僅限於一定的地域，並且成為帶狀或線狀的排列。因其地理位置的接近，與地帶構造，遂設立火山脈或火山帶的名詞。近來因得火山岩石學的進步，遂從岩石性質與噴出順序去決定火山脈。即是地理位置互相接近或有性質近似的岩石的諸火山，均假定是由地下同一岩漿導透出來的事實。現在世界四百個活火山，以及其他無數的休眠火山、死火山，大部分佈於大陸的周邊，而且大多數分佈在北半球以及赤道地方。太平洋也可以說是被火山環繞着的。其東邊連接兩美的西海岸而達南極洲，西邊自日本羣島接連着太平洋中諸火山島，噴出一百五十以上的活火山。沿赤道東西分佈的，則自西印度羣島至南歐達於南亞之東印度羣島，其他在大西洋排列成S字形。又在大陸內部，各處都點綴着火山體。與造山帶及地震帶，是有密接關係的。

形成四面部的地球，也決定了大山系的位置。塞拉內華達 (Sierra Nevada)、落磯 (Rocky)

安第斯 (Andes) 喜馬拉耶 (Himalayas) 印度苦斯 (Hindu Kush) 阿爾卑斯和比里牛斯

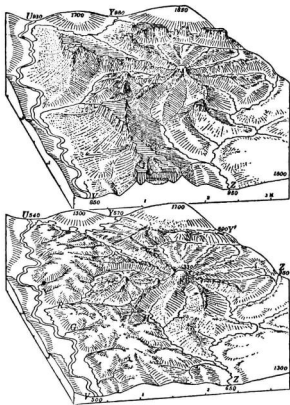


圖 54 老年期火山錐奧必特,火山頸,岩脈丘的地形。

(Pyrenees) 諸山脈都聳峙於各大陸一側或二側，與地球的四面體隆起帶多少並行着。故這等山脈爲彎曲或裂罅的連續處，也就容易生起火山噴出或地殼的變動了。而且這種地震輒在深海至高山脈間頻頻發生。由此發生的地震多在南北二美洲的西岸與太平洋彼岸的堪察加直至紐西蘭一帶海岸。世界地震的分佈與火山的分佈約略一致。我們可以推知伸入大陸南方的舌，即沿着所謂四面體各隆起帶的澳洲與非洲東海岸，南美洲西海岸方面配布着多數火山與地震。

同樣起於東南亞西亞，經過喜馬拉耶山脈，小亞西亞直抵地中海北岸的維蘇維埃士 (Vesuvius) 和阿特那 (Aetna) 二活火山，自此更飛渡至冰雪封鎖着的無數火山與溫泉的冰島的一條連續，該當四面體的其他隆起帶。

地震使地殼震動，有時雖伴着鳴動，通常是不至釀成巨大災害的。

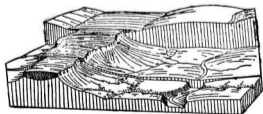


圖 55 地形的顛倒

但有時倒壞都市，竟惹起大規模的火災，致使全國沈淪於恐怖的世界。美國直至近時止唯一活火山 Mount Lassen，聳峙於接近太平洋深淵的，塞拉內華達山脈中，離那裏不遠的舊金山近時發生的大地震也是值得我們注意的。

惹起地震及火山現象的內生力 (Internal forces) 同樣因使四面體的地球膨脹而成爲許多隆起帶，除南極外，各大陸全然成爲繼續一貫的系統，故自南美南端至白令海峽，再由隧道橫渡亞洲，經過蘇彝士，直抵非洲南端，可以建築一大鐵路。再延長分爲二支線。其一接連里斯本 (Lisbon) 或由隧道貫通英格蘭、愛爾蘭以達大西洋。又其一縱斷亞洲進入馬來半島，中間藉渡可以經過東印度羣島以達澳洲。

綜看起來，世界火山——活火山可分爲四帶：



圖 56 昆 蟲

一、太平洋西岸，由白令海峽（Bering Stra）直至南極圈之火山帶，延長約一萬哩，合支脈百五十餘。而主要者則屬日本。日本火山配列，多與本島幹線平行。

二、太平洋東岸，北由阿拉斯加（Alaska）之北，南至南美洲之南，其在墨西哥之南，則分二脈，一走西印度羣島入安特山，一經中美入南美，二者再相會。約長八千哩，合活火山一百許。

三、環赤道圈。

四、非洲東岸，比較前三者為小，非洲東岸及江海火山屬之。

第六章 海蝕輪迴

一 海岸

進退起伏不絕的波浪的運動，實是改變海岸形狀的一種強大的侵蝕營力。波浪與河水冰河風以及其他營力相同，牠把岩石碎片當作工具，破壞堅固的岩礁，造成高峻的海崖，海流運搬泥沙使之沈澱堆積於海底深所。

現在要討論的海岸地形，是以海水面與陸水面相接的線為中心，以及存在牠的兩側的陸上海中的帶狀部分的地表形態。

關於海岸的定義，各學者意見並不一致。今依約翰遜 (D. Johnson) 氏的說明，海岸地域的要素如圖五七、五八所示。

以下論述的海岸，均以 Johnson 為標準。

二 海蝕作用

圍繞陸地外邊的海岸形態，種樣很多，今考察這裏所生的地形變化發達，就可發現以幾個原形為基礎，有一種系統進化的順序。這種現象便叫做海蝕輪迴 (marine cycle)。在海蝕輪迴中，侵蝕搬運的主要作用便是波浪與海流，這叫做海蝕作用 (abrasion, marine erosion)。海蝕作用的基準面，是波浪運動所能達到的海底，位於海水面以下若干深度。普通波浪都襲擊海岸岬角的先端而使陸地後，退這叫做 retrogradation。反之，陸上大



圖 57 在發達初期的海岸諸要素



圖 58 發達的海岸諸要素

小河流運搬砂礫，在河口形成了三角洲，同時把砂礫向着沿岸方面運搬，波浪也把牠打向海岸，因着這種情形，就可促成海岸的前進。這叫做 *progradation*，這兩種作用互相競爭，可以除去海岸外形的凸凹而使之平滑單純化。

在從前，舊大陸的地學者親自看見英倫海峽的激浪與顯著的海蝕作用，就以爲那廣闊的平坦削剝面是由這種作用形成的，但是經過後來研究，知道對於這平坦面的形成，陸上的削剝作用比較海岸一帶的海蝕作用，還要強烈些。

由最近的實證，即比較夏威夷開析火山島的兩營力，雖則本島孤立於大洋上，與陸地單位面積相比較，有較長的海岸線，陸地上的剝削量比起沿岸的海蝕量還要巨大。高度低矮的陸地周圍所受的海波作用，卻也有相當之大，同時由海蝕而成的廣大的削剝面也是



圖 59 英國東南部海岸的白堊海崖與懸谷

有的，這是約翰遜氏主張的事實。

三 波浪

(1) 波浪的運動 普通的波浪，是由海面的風生成的。最初是海面的漣 (ripple wave)，因風力增大漸次成爲風波。這叫做 forced wave。漸次傳到周邊的海水，更傳達無風的海面生成自由波 (free wave, swell)，可由水分子的軌道運動 (orbital motion) 說明 (圖六〇)。試注視由船上投入的軟木一片的運動時，即見與水分子同時運動的軟木片，在波浪進行方向的垂直面中，畫着圓形。在圖六一，波峯在 A 時，軟木片 (一水分子) 的位置，在於 a 處，波峯移向 B 處，軟木片亦自 a 移自 b，波峯進至 C 時，軟木片已上昇至最高點 c。這樣，照樣波峯經過 D 而至 E，木片亦經過 d 而再回到 a 處，故完全形成一種圓周運動。

(2) 波浪各部的名稱 波浪最高部叫做波峯 (wave crest) 最低部叫做波谷 (trough)，波峯與波谷的間隔叫做波高 (wave height)，波峯 (或波谷) 通過一點至返到其次的波峯 (波

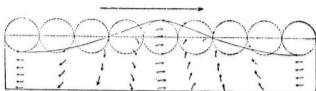


圖 60 自由波的各水分子的運動
大箭符號為波浪進行的方向，小箭符號為波浪各部分的水分子的運動方向。



圖 61 一波浪通過時一水分子所示的運動
(波浪的方向從 A 至 D)。

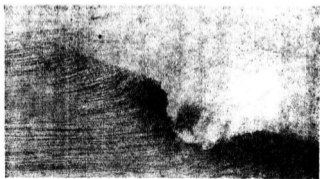


圖 62 破波 Breaker

谷)同一點的時間,叫做週期(Period)。以週期除波長則得波的速度。換言之,波高爲一水分子的圓運動的直徑,完成一圓周運動所需要的時間則爲週期。

(3)波浪運動所達到的深度 海面水分子的運動,同時能傳達到某種深度的海中,但因受上層水分子的壓力,圓周運動的直徑即縮小,在與波長等深的海底中,水分子的運動,差不多就沒有了。所以一般自由波所生出的侵蝕作用的極限,祇能達到與波長相等的深度。

(4)波浪的大小 波浪的大小沒有一定的標準,他的極量視海面的大小,卓越風的強弱,海岸的地形而定。波浪大的地方,是面着外洋的岬崎尖端處,如南美洲合恩角(Cape Horn),非洲的好望角(Cape of Good Hope),錫蘭(Ceylon)島的南岸便是。大洋中波高的紀錄達到六〇呎,普通的自由波自六至三〇呎,波長自二〇至五〇〇呎內,週期自六秒至一〇秒。

(5)特殊的激浪 以上屬於普通的自由波,但因颶風而生的暴浪(storm wave),海底火山的爆發,海底地震所生出的海嘯,那就非常巨大了,對於海岸,往往加以驚人的破壞作用。例如在一八八三年南洋喀拉加托亞(Krakatoa)火山爆發時,襲擊蘇門答臘(Sumatra)南部的海嘯,

波高達七〇呎，爪哇海岸的 Merak，達到一一五呎至一三五呎。

(6) 水邊的波浪 自由波傳播到比波長更淺的海中，海底水分子運動受妨礙，波浪速度雖則減少，但因海水大量運動，傳播到少量的海水中，結果波高反會增大的。即是普通波浪越接近海岸越見高大。但像荷蘭那樣的海岸，極緩慢地傾向海底，波浪的動能的大部分，消磨於海底摩擦，達到水邊的波浪，就不免減弱了。波浪接近海岸，到達略略與波高等深的所在，便急激的成爲破碎的礫波 (Breaker) 沖擊海岸的上部。海底的摩擦僅妨礙下層水分子的運動，對於表面的運動則自由傳達，結果使波峯向岸突進，達到波高等深的處所，因前面水量減少，不足以造成自由波的波峯，那表層的海水就好像瀑布似的，急激落下，成爲礫波粉碎。分佈於水邊的砂礫，被波浪捲來再向岸撲打，就是堅固的岩石，也不免於粉碎。一方面因波峯前進，而感不足的水量，卻由海底的底流 (Drift flow)，得其補充。底流便把細碎的砂礫徐徐運搬到深海底。

(7) 波浪的折射 (refraction of waves) 在彎曲的海岸，自由波從正面湧來時，在岬崎的先端，海底往往很淺，不免立即減少波浪進行的速度，漸次生成與海岸線平行的傾向。這叫做波



圖 63 機波的現象

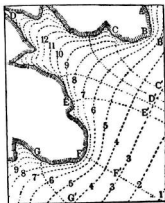


圖 64 波浪的折射

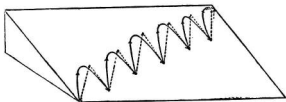


圖 65 因受砂礫的海濱漂流而採取閃電閃形的移動

浪的折射作用。其結果使波浪所有的能，集中於崎岬，通過灣口的波浪，分配於廣闊的灣內，破壞力大見衰弱。這樣岬角的先端，便急速地受着侵蝕而形成險崖 (sea cliff) 和海面下的平坦岩石面。

(8) 海濱漂流 (beach drifting) 如上所述，波浪雖有折射作用，但因受海岸線方向地方風的影響，卻有多少斜着撲擊海汀線的時候。即是磯波斜着衝擊陸上，再回復到海岸傾斜的方向。這樣，與波浪同時沖上的砂礫，每一波浪都使海濱採取閃電形路移動，從最初的位置運到遠方。至於移動的速力，是依據物質大小而不同，這叫做海濱漂流。

(9) 海流 海流是由於潮汐卓越風，海水溫度的差別，及鹽分的差別等原因而生成的。牠在距着海岸若干距離的海洋上有最大的速力，在海岸地方，因為受海底的摩擦及岬崎的凸出，速力漸形遲慢。在大洋中的海流，流入灣內成爲地方的小流，接近海岸。這叫做沿岸海流 (littoral current)。沿岸海流依海岸的地方，往往與主流成爲反方向。依潮汐干滿而成的海流，叫做潮流 (tidal current)。潮流與沿岸流對於海岸都有很大的破壞作用。但是一般海流的作用能把波浪侵蝕的物質運搬於遠方深所的海中，而使之沈澱堆積起來。這與海濱漂流相同，叫做沿岸漂流。

(shore drift)。由波浪與海流而成的物質的漂流，成爲海濱 (beach)、洲 (bar)、砂嘴 (sand spit) 的成因。

四 海岸的分類

關於海岸的分類，曾經有許多地學家試行各樣的方法。其中有的祇注重牠的位置，有的把地質構造作爲基礎。也有的以外形爲基礎，而置重於海岸的成因。但這許多僅屬於記載的羅列，而不是發生的。Johnson 氏則以地殼運動爲基礎，考慮到海岸地形及其發達的情形，得到下記的一個分類。由海面升降而成的 eustatic movement of sea level 的概念也包括在內。

一、沈水海岸 (shore-line of submergence) 由陸地昇降，或海面上昇而成的沈水海岸，可分爲 Ria coast 及 Fjord 二種。

二、離水海岸 (shore-line of emergence) 由陸地面的隆起或海面的低下而生的新陸地海岸。

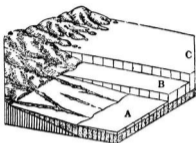


圖 66 由海面昇降而成的離水海岸(A)
及沈水海岸(B)

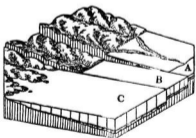
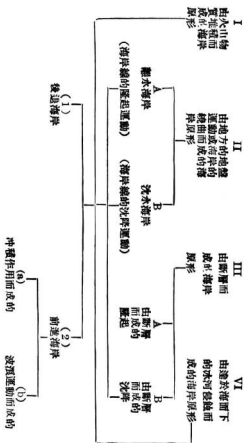


圖 67 由陸地昇降而成的隆起海岸(A)
與沈降海岸(B)

三、中性海岸(Neutral shore-line) 與地盤運動或海面昇降無關的海岸，三角洲海岸(delta shore-line)冲積平野海岸(alluvial plain shore-line)及冰河末端生成的 outwash plain shore-line 火山海岸(volcano shore-line) 珊瑚礁海岸(coral reef shore-line)等屬之。

四、合成海岸(compound shore-line) 凡由前述海岸兩種以上合成者屬之。又 C. A. Cotton 氏對於紐西蘭的海岸，曾分爲下表：



以下依 Johnson 氏的分類來說明海岸地形，但除開了沈水海岸中的 Fjord 海岸，及屬於中性海岸的沖積平野海岸，火山海岸，outwash plain shore-line 等，至於合成海岸的情形很複雜，祇能論述幾個特殊的實例。

五 海岸的 profiles (即 coastal profiles)

海岸原形之種類極多，海岸的 coastal profiles 也多。某種斷層海岸近於垂直，在沈降海岸的新海底，有許多凸凹，又隆起海岸的 profiles，有時近於水平。其傾斜度各不相同。在急峻的海岸，由風化而生成的岩屑，因為立即顛落海中的結果，波浪是不能把牠當作工具來起海蝕作用的，但海底堆積岩屑而達到近於海面的海中，波浪便會衝擊岩屑，開始海崖下部的侵蝕。一方面在傾斜緩慢的海底，礫波破壞岩屑，把泥沙堆積起來，而生成砂地，又由侵蝕生出的物質，河流徐徐地把泥土運搬到深海，改變了海岸 profiles。因此情形物質被底流與海流緩慢地搬運而去，沈澱堆積於大陸段的邊緣，最初種種傾斜的原形也就變成平滑面了。接近海岸的斷面略急，對於海洋方面，不過略作凹曲而已。在供給岩屑與搬運兩者之間成立平衡時，叫做平衡的 profiles of equilibrium 或 grade profile。在受海蝕作用的範圍內，是徐徐的低下的。

六 海岸地形

A 隆起海岸

(1) 隆起海岸的原形 地盤隆起的形式種樣繁多，並且在隆起前的海底地形也不一致，因離水的結果，露出隆起海岸的原形，也就不免千差萬別了。在這裏，且把由海底或湖底離水而得的海岸平野所有的海岸 (coastal plain shore-line)，當作原形。通常的海底受波浪與海流作用，不規則的凸凹均被削平，表面有若干砂礫堆積層，並且非常平滑。這樣的海底倘若起隆，則汀線狀將向海外前進。從海外看來，因為是後退，所以稱海面的負運動。新生的汀線，一般略有凸凹，陸地上則有平坦的海岸平原，沿海淤淺。牠的 profiles，雖然由原來的海底傾斜，地殼運動而有不同，但往往不是近於水平的平衡狀態。這種的形岸地形，從外形上，又叫做平岸 (Flach Kiiste)。

(2) 沿岸洲 (off-shore bar) 隆起海岸的地形，無論是原形與次地形，都比較的簡單。倘新生的海岸 profiles 過於遲緩，則磯波未達汀線之前，已在海上破碎。海底的土砂受擾，一部分由底

流搬運於海中，只一部分在前面堆積起來，形成與汀線並行的沙堆 (Bank)，偶遇襲來的高浪，把土沙堆積起來，終於露出海面，形成與波線並行的帶狀砂地。這叫做沿岸洲。這樣，在陸地間就能形成狹長而淤淺的瀉湖 (Lagoon) (圖六九、圖七〇)。

在沿岸洲的外面，加上被前面海底砂泥與沿岸送來的物質，達到平衡的 Profiles 為止，漸漸增加牠的幅廣，一方面又由流入瀉湖內的河流形成三角洲，漸次埋沒而為溼地 (marsh)，繁茂蘆葦等類植物而堆積泥炭。

在沿岸洲各所，隨着潮汐的干滿，就生出



圖 68 平衡海岸種的 Profile

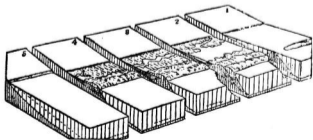


圖 69 隆起海岸的沿岸洲發達的各時期

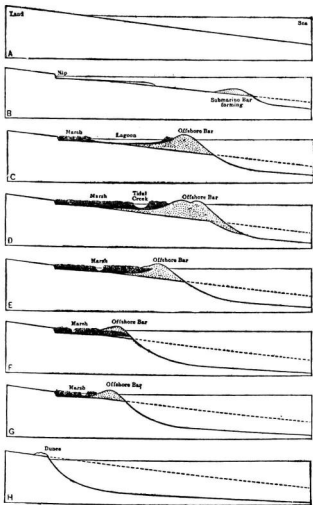


圖 70 沿岸洲發達的各時期的断面表示

便於海水出入的切痕 (inlet)。從這切痕流入瀉湖內的潮流，輸入砂泥而成潮流三角洲 (tidal delta) (圖七一)。沿岸洲向着海的一面，雖由沿岸流而得平滑，但在瀉湖方面則有不規則的外形。砂洲連續的距離，與由波浪及沿岸流所供給的物質好壞，潮流強弱及注入瀉湖內的河水量多少相關。在河口等砂粒豐富的根原處，幅員廣闊連續，漸遠漸細最後竟被切斷。沿岸洲前面的海底 profiles 若達平衡的狀態，波浪即漸次破壞砂洲前面，發生 retrogradations，終於侵蝕去泥炭層，完全消失其瀉湖的形跡 (圖七二)。

沿岸洲的發達，不僅限於隆起海岸，只要海底 profiles 與物質供給狀態適當，也能發生於沈水海岸的。

(3) 海岸平野的幅員 海岸地方的隆起運動，各部分未必一樣。今假定海底 profiles 略略相等，表示最大隆起量的部分，海岸平野的幅員最廣，漸至兩側漸減少而達於零。此一點恰與靜止位置相當，在此點以前反而發生沈降運動，呈現後述的沈降地形。

(4) 海岸段丘 (marine terrace) 倘隆起海岸平野前面海底，有急傾斜，不便於砂礫供給

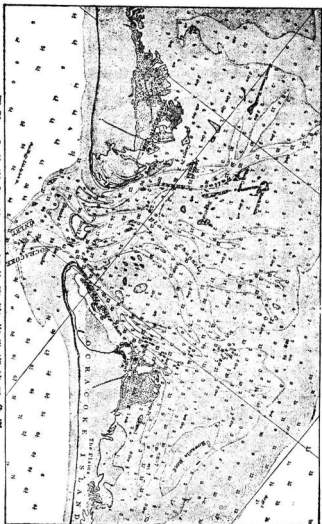


圖 71 北美洲 Carolina (加羅林那州) 海岸潮流三角洲

的時候，即不會有沿岸洲的發達，因而海蝕作用立即攻擊新汀線，就會生出連續的海崖。

又在沿岸洲發達的海岸，因時間的經過，波蝕作用再度破壞沿岸洲及其相連的溼地，而使海岸平原生出海崖，形成與前者相同的臺地狀的地形，延長河便切開軟柔的地層，而重新回到原地形了。這種地形叫做海岸段丘。

若是間歇的發生隆起作用，波蝕作用，在新的海岸平野的先端，生成海崖的時候，在幾個相間的崖面間，就形成階段的段丘。這舊汀線與現在汀線高度的差別，也就會立即表示隆起的程度。

(5) 新鮮的隆起波蝕臺地 因受波蝕作用而切掉平坦面叫做波蝕臺地 (wave-cut bench, wave-cut

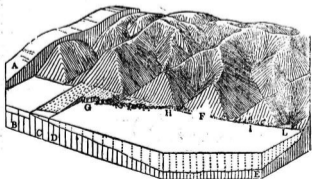


圖 72 由差別隆起的結果而生成的海岸平野及其侵蝕地形

platform)。有許多實例表示着新近隆起，使岩石表面顯露於高潮面上，有時岩面還附有蠟殼，證明牠的隆起，是極新近的事情。在隆起波蝕臺地的先端，還沒有形成海崖。但在舊汀線之後，卻有海崖的發達，顯示原來汀線的位置。

(6) 對置海岸 (contraposed shore-line) 海岸平野末端的海崖，倘逐漸退卻，則被覆於軟鬆水平層下的硬岩，就會露出段丘崖的下部。這部分因為海崖退卻遲緩，故形成突出的小岬角。海崖愈退露出的岩石即次第增加。這樣的海岸，稱為對置海岸。

(7) 隆起海岸的海蝕輪迴 以海岸平野為原形，汀線附近附有沿岸洲的時代，作為幼年期。沿岸洲侵蝕去後形成海岸段丘，則為壯年期。海岸後退到背後山地，陸上剝蝕進行，海崖低下而形成廣闊的海蝕面的時候，就算是老年期了。隆起海岸線是平滑的，發達着沿海洲的時候，也因沿岸流而呈現平滑的外形，但在海岸段丘的下部，露出床岩形成對置海岸的時候，就有多少屈曲了。達到壯年期，海崖的發達顯著的時候，一般沒有大的出入，祇是呈現由岩山硬軟而成的小規模的凸凹罷了。



圖 73 對置海岸的發達

初期海岸段丘

中段對置海岸

下段是海岸堆積層完全被除去了

在其下部岩林露出的狀態



圖 74 里亞士式海岸(Rias type)在北美洲

B 沈降海岸

(1) 沈降海岸的原形 由海岸附近地盤沈下而生成的海岸形狀，種類頗多。這是因為沈降前的陸面起伏種類繁多以及沈降運動各部分並不一樣的緣故。在陸地面，至少因為冰河剝削作用，略有凸凹，地盤沈下後，海水侵入低處自然就生出屈曲繁多的海岸。在某種海岸地方，倘使有了一〇〇公尺的沈降運動，則沿地形圖上的百公尺等高線，即成為新海岸線，谷中陷入海水，成為溺谷 (crowned valley)，山脊成為岬角 (head land)，山峯成為島嶼。這種簡單的事實，已由美國地質學家達那 (Dana) 氏指示過。沈降海岸出入的程度，與沈降前陸地面起伏相關，又為沈降運動的樣式及分量所左右。老年期山地，因少量的沈降，深度較淺，但能形成凸凹極深的溺谷，倘再增加沈降量，殘丘的部分便成島嶼，遼東半島南部的長山列島屬之。壯年山地的沈降，可以生出深的溺谷，突出高峻的岬角。灣入的長度，要受豁谷梯度的支配，沈降量增加後，雖可達到極大的長度，但以後反而漸次減少。就一山脈說來，一般縱谷造成的溺谷，恆較橫谷造成的為長。

沈降運動的速度和樣式，都有種種不同，其範圍亦不一致，頗少有整個海岸地域作均等的運

動者。如着眼於地形上的影響，從地盤的傾斜爲之分類，可得兩種：一爲受地殼運動的結果，海岸傾斜爲之增加，一與此相反，轉而減小，卽有減傾斜沈降海岸，增傾斜沈降海岸之別，同樣對於隆起海岸，亦有此兩種區分。假定其他條件完全同一，則減傾斜沈降海岸之溺谷，灣入當較長。

此種海岸的代表者，當推西班牙西北部海岸。在康泰布利阿 (Cantabria) 山脈西端，有多數縱谷，沈降成爲深奧的溺谷。這灣入因有 Ria 的地名，故 Richthofen 氏就把這種沈降海岸叫做利阿海岸 (Riasque)。

沈降海岸的另一形式則爲 Fjord coast。豁谷的冰河向海岸流下侵蝕到海面以下，後來隨着氣候變化，冰河融解，海水便深深灣入陸地內。

(2) 沈水谷系 因沈水運動，海水侵入陸地的一部分，陸上的谷系，依照原狀沈沒於海底而成沈水谷系。一河系消失了下流的根幹部，成爲 Beitrunked river，支流因而減少其數目。沈水谷系本與陸上谷系連絡，因河川的堆積作用，而被埋沒，又由海底的海蝕作用，漸次便成爲不明瞭的狀態。

試讀日本近海的海圖，就可發見許多與陸上河川連絡着的海底渠 (submarine furrow)。那標式的實例，就是臺灣海峽的海底，福建省的河川，與臺灣西岸的河川，直至新近的地質時代為止，應該是互相連絡的。此外大規模的沈水谷系則有馬來的 Sunda 陸棚，英國近海的北海海底等處。

(3) 隆起後的沈降海岸 雖則屬於合成海岸，但為便利起見，插入此處。隆起海岸的一部，後來反而作沈降運動時，在隆起海岸平野面，刻穿的延長河谷中有海水侵入，就成為溺谷。隆起海岸平野的開析愈細小則灣入就會分歧而形成複雜的海岸線。

倘此種海岸是由軟鬆的物質構成，則低矮的岬角不久即被波浪破壞，不能保持長久的生命。美洲東海岸廣闊的隆起海岸平野，由最近的沈水，生出許多的小灣入。

島嶼羣與羣島 由沈降而形成的羣島，有不可缺少的特別條件。像開析準平原或開析臺地那樣的地，倘各部一樣的沈降適當分量，則會形成多數的小島羣，倘沈降量增加，大部分島嶼沒入海面下，僅留最高峯的部分，點綴而為孤島。

褶曲的山脈沈水的時候，往往形成着列島。這種大規模的地形，以 *Dinaric Alps* 在南端沈降於多島海而生成的列島為最著。

(5) 海崖 (sea cliff) 在沈降海

岸岬角的先端，接近汀線的岩岸下部，最初形成「」形的刻痕 (notch)，上部崩塌為海崖，海崖漸漸後退，並增加高度。牠所供給的岩屑，被波浪破碎化為圓礫，漸次成為細粒，泥砂，為底流海流所搬運，在海崖的前面就形成平坦的波蝕臺地。海崖的高度與傾斜，與波蝕作用的強度，後背山地的高度，都與地質構造相關，往往達到一〇〇至三〇〇公尺的高度。



圖 75 N tch

倘海崖漸高，則風化的岩層漸增，淺波蝕面發達，則波浪的大部分的能量，因通過此一部分受摩擦而耗費，搬運作用頓形減弱，結果落下的岩屑，不能運搬完全，因而蓄積岩下，又由滾的發達也能漸次減弱海崖後退的速度。傾斜減小後，風化岩屑被覆於其表面，就成爲砂濱 (beach)。砂礫受海濱漂流的運搬，故砂濱的發達，漸次擴大於附近海岸一帶。

在海崖形成顯著的時代，露出的岩石，因其組織而呈海蝕洞 (sea cave)、顯礁 (stack)、煙筒岩 (chimney stack)、陸橋 (land bridge) 等。又隨岩石的軟硬，受海蝕作用而生成細微的凸凹與出入。由這原因生成的小灣入，叫做浦 (cove)。

(6) 海蝕棚 (abrasion platform) 海崖下的波蝕臺地，因受波蝕漸次增加而積，上面被蓋一層薄砂礫層。砂礫因波浪與海流，摩擦岩面，使之漸次低下，終於改成 grade 的傾斜。這樣生成的廣闊平坦面，叫做海蝕棚。

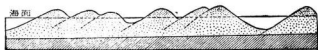


圖 76 濱隄列的橫斷面

(7) 海蝕準平原(marine peneplane) 海蝕棚幅員漸增，在海面下若干深處徐徐傾下而成廣闊平坦面叫做海蝕準平原。欲其成為廣闊的海蝕準平原，陸地要長久靜止，波力要強大，陸地起伏及高度均要小，由河川搬出的岩屑分量也要少。

(8) 海濱隄列 (beach ridge) 在前進中的海濱表面上有時有砂礫小丘列，與汀線略略並行，分配異常整齊時，叫做海濱隄列，表示出海岸線的 *progradations* 的痕跡。組成的物質，可分為礫塘 (shingle beach ridge) 及砂丘塘 (dune ridge) 兩種。各列間的谷，叫做 *swales*，*furrows*，*dune Valley*。

關於海濱隄列的成因，有種種的學說。有的以為是由海流速度變化而堆積起來的物質，被大暴風把他捲起來的，各個排列就不會是各個暴風的紀錄。又有的以為當着沿岸洲成長時，那淺海底的物質受着暴浪的擾亂，因而附加於牠的前面。但約翰遜 (Johnson) 氏卻認為暴風毋寧有破壞濱隄的事實，這並不是第一個原因，他以為普通的波浪是一個重大的作用，主張物質搬運的原因，應以沿岸漂流為主。其他並注重到與月齡關係，認為是四季大潮小潮的影響，一方面又將海濱

隕列的並行性，解釋作由氣候變化而來。即砂丘塘之丘，成於乾燥期內，而豁谷則成於溼潤期內。在乾燥期內砂粒自由的飛散集合而成砂丘，但在溼潤時期，前進的陸地，立即為植物所被覆，因而妨礙砂粒的集合，故成豁谷。

(c) 砂嘴 (sand spit) 沿岸的砂礫，因沿岸漂流而起移動，因海流的關係，離開海岸突出於海中，築成一種砂洲，叫做砂嘴。

砂嘴的先端，往往向着內部灣曲，成為鉤狀的砂嘴 (hooked-spit, recurved-spit)。

在灣口造砂嘴時，若岬角先端，因海蝕逐漸退卻，則鉤狀砂嘴的方向，也會跟着變動，在內側成功突起的分枝砂嘴 (compound spit) (圖七七)。砂嘴次第延長，由海灣的一方達到對岸時，就叫做砂洲 (bar)。灣內為砂洲閉塞，則成為瀉湖。砂洲由其發達位置不同，有灣口砂洲 (bay-mouth bar)，灣頭砂洲 (bay-head bar) 之分。

(10) 陸繫島 (land-tied island) 砂濱的發達，在物質供給狀態良好的時候，則接近陸岸的島嶼，有時是會因砂洲而得連結的，這就叫做陸繫島，大意大利陸繫砂洲，叫做 Tomolo。沿岸

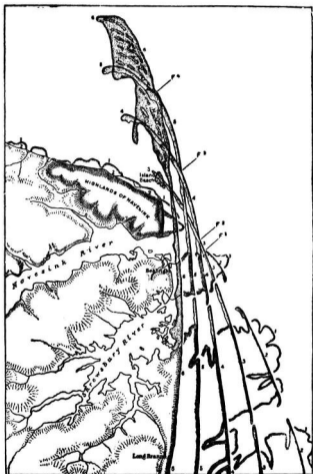
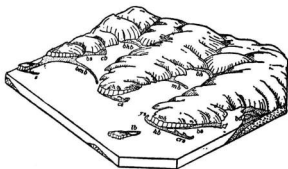


圖 77 分枝砂嘴的發達
(北美紐約市南部的 Sandy Hook)

海流從陸繫的方面運搬砂礫，有時在其與陸地之間夾着三角形的瀉湖。

在這時期的海岸，有時會突出泥砂的平地，叫做尖頭岬 (cusped foreland)。有人以為這是沿岸流沿着屈曲海岸流過，在各處發生小環流，結果在靜穩的處所，砂泥沈澱而生的。又有人以為是由於流向反對方向的沿岸漂流相會而向外海在那裏建設起來的。

流入於沈降谷的河川，雖可運搬砂礫，造成三角洲，但最初攻擊岬崎尖端的波浪，隨着海崖後退，又將三角洲的堆積物蠶食而去，終於海蝕達到灣內，將沈降海岸的凸凹削去，成



- | | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| S=沙嘴.....Spit. | mb=灣尖砂洲.....Mid-bay bar |
| t=陸架砂嘴.....Tombolo | bh=灣頭灘.....Bay head beaches |
| bmb=灣口砂洲.....Bay mouth bar | lb=環狀砂洲.....Looped bar |
| bs=灣側灘.....Bay-side beaches | rs=彎曲砂洲.....Recurved spit |
| cb=尖頭砂洲.....Cusped bar | hb=岬先灘.....Head land beach |
| hbb=灣頭砂洲.....Bay-head bar | crs=分枝砂嘴.....Compound recurved spit |
| cs=複合砂嘴.....Complex spit | cb=尖頭岬.....Cusped foreland |
| ch=有礁岬.....Chiffed head land | bd=灣內三角洲.....Bay-delta |

圖 78 沈降海岸發達的種種的砂洲

爲屈曲不多的汀線，結果遂在連續低矮的崖下，形成平滑的砂濱海岸。

(11) 平衡狀態 海崖的高度超過最高狀態，砂濱發達達到了最盛的時候，海崖下部便不會被波浪直接洗刷，傾斜轉緩，被有岩屑，岩石的露出就稀少了。自此以後，波蝕作用成爲平衡狀態，海崖徐徐後退，同時陸上起伏減少，海崖高度也隨着減少。

(12) 沈降海岸的海蝕輪迴 從屈曲溺谷的原形起始，至海崖發達以及砂嘴砂洲三角形等發達時代，可以當作幼年期。其次從海崖後退，達到灣內的內部，海崖連續發達，在前面發生平滑砂濱的時代，就是壯年期。自此以後，與隆起海岸相同，使陸地的大部分，改造爲廣大的海蝕棚，使海崖漸次低下就達到了老年期。這樣便完全那種廣大的海蝕準平原。

C 中性海岸

(1) 三角洲海岸 (delta shore-line) 河流注入湖海等靜水的時候，流速驟減的結果，可

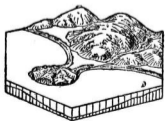


圖 79 陸繫島與瀉湖

使搬運來的物質，堆積於河口附近。這些堆積物假如不能由沿岸流及波浪等運去，當漸漸露出海

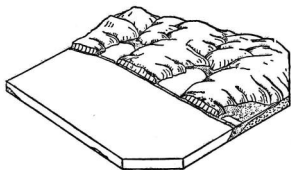


圖 80 呈現着平滑海岸線的沈降海岸

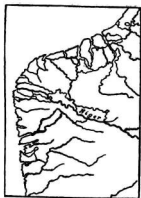


圖 81 中圓形的三角洲

面上，就在這裏生成三角洲的海岸。三角洲的名稱，是由於河口附近河川的分流挾着三角形的平

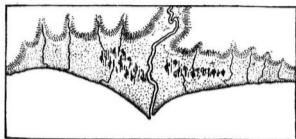


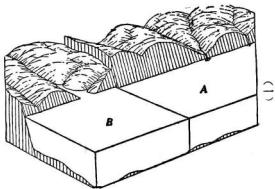
圖 82 Cuspate Delta



圖 83 樹枝狀的三角洲〔密士失必 (Mississippi) 河〕

野，像似希臘字母的 Δ ，又有人以為全體的平面形，像似 Δ 一樣。

三角洲的平野，要是沒有沿岸流及波浪的妨礙，必將以河口為中心，作平等的發達，恰與陸上的扇狀地一樣，成為半圓狀的外形。但在對着大洋的海岸，因有波浪沿岸流及海濱漂流等運搬砂礫，結果就祇有物質供給最便的河口部分，突出為尖形三角洲 (cusped delta)。海蝕作用如更加強，則三角形的前方不能成長，遂成為平滑的海岸線，注入波浪海流等運動軟弱的處所如灣內，於是搬運

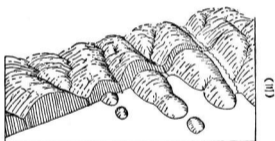


岸原型的種種

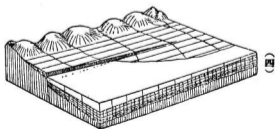
細微物質的河川，遂在海中造成狹長的自然隄防 (natural levee)，再分歧成樹枝狀的三角洲。注入墨西哥灣的 Mississippi 河，即屬此例。

(2) 斷層海岸 (fault shore-

ore-line) 斷層海岸的原形，是面海岸壁立的，可豫想出有種種的情狀。或是一個斷層地塊完全沈沒於海中，或是沈沒並不完全，或是兩地塊成爲傾斜，或相對的隆起地塊也顯示出沈降。又陸地面的起伏狀態，對於斷層海岸，也與以種種的特徵。



(III)



(IV)

圖 84 斷層海岸

斷層海岸的特徵，普通是在簡單的線狀上有急激的海崖屏立着。海底的 *profiles*，最初因為過於急激，岩屑沈落於深所，固然不致受波蝕的影響，但到得岩屑漸漸堆積到海面近旁時，波蝕作用即開始破壞斷層崖的下部，漸次成爲類似壯年期似海崖地形。

(c) 珊瑚礁海岸 (*coral reef shore-line*) 這是發生於熱帶地方的沈水海岸的特殊形態，由珊瑚蟲 (*coral*) 排出的碳酸石灰蓄積而成。珊瑚蟲生育在攝氏二〇度內外的溫度及四〇公尺內外深度的清澈海水中。這些生活條件與珊瑚礁海岸成因說，有密切關係。在多泥土的三角洲海岸，是不易生存的，又氣候變化或海流變化以及水溫低下時，均不免於死滅。又陸地下沈至四〇公尺以下的深海中，生存也是困難的。

珊瑚礁普通有不規則的表面，在干潮時似露出牠的一部分，幅員往往達數千公尺(圖八五)。珊瑚礁，從發育順序上，可區別爲三種：

1、**裾礁** (*fringing reefs*) 附接着島嶼的岬崎，即圍繞着島嶼而發達的。

2、**堡礁** (*barrier reefs*) 圍繞着陸地發達的，其間成爲淺瀉湖，礁上各處，都有裂口。有以上



圖 85 干潮時露出的珊瑚礁

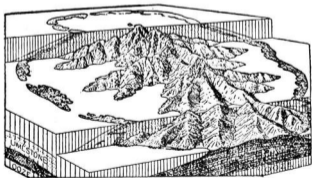


圖 86 由沈水而成的種種珊瑚礁的發達

外面爲環礁，中央爲堡礁，後部爲環礁。

二種礁的海岸，大部分是屬於沈水的形式。

三、環礁 (atoll) 在海洋中成爲環狀，外形有各種不同。與堡礁一樣，各處都有裂口，內部不受海洋波濤，成爲風平浪靜的狀態。水深處約爲二五至三〇尋。底質由珊瑚破片及砂泥而成。

關於珊瑚礁的成因，學者間有種種論爭。大別爲沈水說 (subsidence theory) 與靜止說 (stillstand theory) 兩種。有種珊瑚礁，雖可發育於靜止海岸，但大部分因爲受着地殼沈水的影響，故後說沒有充分信賴的價值。沈水說又分兩種，一爲達爾文 (C. Darwin) 及大衛 (W. M. Davis) 氏所主張用地盤的沈降運動與珊瑚的上昇發育間的調整，來說明上列三種珊瑚礁。另一種爲特里 (Daly) 的冰河制約說 (glacial control theory)。依據 Daly 的說明，在檀香山 火島山頂附近，留下有冰河地形，礁量也不很大，礁內湖深略等，由此種種暗示，認爲在洪積期初期的冰河時代，地球上多量海水，在極地方凝爲冰雪，海水被牠牽引，赤道附近的海面，低下數十公尺，水温也低下五六度，結果大部分珊瑚因而死滅。後來在冰期以後，極地冰雪融解，水温亦上昇，珊瑚徐徐發生，各種礁伴隨着海面上昇也就發達起來。