

介紹一種岩石新分類法

程 裕 淇

(英庚款留英研究員)

一 導 言

岩石之別爲火成，水成及變質三大類，乃一般學者所共同採用之分類；其中以變質岩一名創立較晚，研究亦未逮精詳，其成因及包含之岩石種類雖已粗定，然有待改正之處尚多。近巴斯氏 (T. F. W. Barth) 根據其研究美國紐約州東南部特欠斯郡 (Dutchess County, N. Y.) 下古生代變質岩之結果⁽¹⁾，深覺舊法未盡完善，時或不能適用，以變質岩一詞泛指火成水成以外之一切業已變換之岩石，過於籠統，不切實情，因建議一新分類法，⁽²⁾ 以匡此弊。按巴斯氏曾隨挪威變質地質學大師高爾德許密脫氏 (V. M. Goldschmidt) 工作多年，學識豐富，於變質現象有深切之認識，所創新法，固未能引爲定論，尙待修改，然其見解出衆，頗堪注意，因作短文介紹，並略加討論。

二 巴氏之岩石分類法及其所根據之理論

特欠斯郡位阿巴拉既掩山系 (Appalachian Mountains) 之東

-
- (1) T. F. W. Barth: Petrology and Metamorphism of the Paleozoic Rocks, Dutchess County, N. Y., Bull. Geol. Soc. Ame., Vol. 47 (1936), pp. 775—834.

- 2) 同 (1), pp. 834—846.

北端，區內變質岩之分佈極廣(3)，巴氏之研究專重寒武(?)與陶紀之哈特孫河粘土質岩(Hudson River pelite)。此類岩石之礦物成分並不一律，大致可分為三相(mineral facies)(4)，分佈頗有規則，各自成區，並約相平行，自西北而東南計有：(一)白雲母板岩相(Muscovite slate facies)；(二)藍晶石片岩相(Kynite schist facies)；及(三)矽線石片麻岩相(Sillimanite gneiss facies)與區域變質中之所謂變質區(metamorphic zones)者(5)相合。更前行遇大花崗岩侵入體，與圍岩之走向大致平行，近接觸帶處之片麻岩內，有眼狀片麻岩(Augen-gneiss)多層。據化學分析及顯微鏡下研究之結果，知上述五種岩石，關係密切，其礦物化學成分及岩石結構，乃逐漸變異，頗難得一確切之分界線，因可列成一連續之岩石系如後：板岩(及千枚岩)→片岩→片麻岩

- (3) R. Balk: Geologic Structure of Sedimentary Rocks, Dutchess county, N. Y., Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 47 (1936), pp. 685—774.
- (4) P. Eskola: The Mineral Facies of Rocks, Norsk Geol. Tidsskr., Vol. 6 (1920), p. 146.
- (5) 粘土質岩石受區域變質後，因所經溫壓變化之異而可分成綠泥石，黑雲母，柎榴石，(十字石)，藍晶石及矽線石等五六變質區，以矽線石區所受之變質最盛；本文內之藍晶石片岩相包含黑雲母柎榴石及藍晶石三區。關於變質區之重要文獻計有：(一) Barrow G., Proc. Geol. Asso., London, 23, 1912, p. 268, (二) E. B. Bailey, Geol. Mag., 60, 1923, p. 317; (三) C. E. Tilley, Q. J. Geol. Soc., London, 81, pt. 2, 1925, pp. 100—12; (四) G. L. Elles and C. E. Tilley, Trans. Roy. Soc. Edin., 56, pt. 3, No. 25, p. 621; (五) A. Harker, "Metamorphism", London, 1932, pp. 208—229.

→眼狀片麻岩→(花崗岩)。

其成因可簡述如次：造山運動發生時，大內斜中之原生沉積層因受橫壓力之擠迫磨擦，及花崗岩侵入之影響，溫度劇增，並有多量岩漿水及揮發質物體逐漸滲入，岩石內之一部物質，即漸溶解融化，(Deliquescence)而孔隙液體(Pore liquid)以此造成，其成分兼含岩漿及岩石之所有，是謂之分異復液作用(Differential anatexis)(6)，就其地史意義上言，亦可名之曰再造作用或岩漿再造作用(Palingenesis)(7)。溫度頻增，液體之量亦漸加多，終於在主要岩漿侵入體四週之廣大區域內，俱有此孔隙液體之存在，並得相互貫通。岩石內之分子，殆皆先後溶於此液，或僅重行結晶而增大礦物之體積，或相互發生複雜化學反應而造成新礦物，完成固液二體間之部分交換作用。液體之數量及成分，隨距侵入體中心之遠近而有變異，離此愈遠，所含之岩漿成分愈稀薄，而岩石溶融之部份亦愈少。今所見者，距侵入岩遙遠之板岩，受岩漿之影響最小，除石英脈外，實無他物足為明證；片岩內剩餘之鋁養(Excess of Al_2O_3)(8)稍減則其成分已有變異；片麻岩所受之影響更著，孔隙液體內之岩漿成分當甚多，近侵入岩處，殆無處無岩漿液體之浸入，其成分已近花崗岩，終而岩漿成片頁狀之侵入，及眼狀片麻岩之產生。

(6) 其意義見(3)第五段；P. Eskola, Min. petr. Mitt. (Tschermak) Vol. 42, 1932, pp. 455—481; Soc. géol. Finlande, C. R., 7, 1933, pp. 12—25.

(7) J. J. Sedgwick, Bull. Com. m. Géol. Finlande, No. 23, 1907 p. 89; 及 No. 77, p. 135.

(8) 乃供給組合長石所需之鋁養後所剩餘之量。

試就上述諸岩言，板片二岩，當可稱為變質之水成岩。片麻岩之成因，實有討論之餘地，就其化學成分言，與火成水成岩二者俱有相當關係，蓋經交換作用後，任一分子內，殆皆並含火成及水成岩之原料，且已相互結合，密不可分。至眼狀片麻岩內，所含岩漿成分更多，但亦不可與通常之變質火成岩同日而語。以此巴斯氏有下列之結論(9)：“為清醒眉目計，凡岩石之經來自岩漿或再造岩漿內液體之蒸發，因而改換其成分及結構者，均宜名之曰溶融岩或融混岩 (Syntectic rocks)；為適合現行習慣計，變質岩一詞，則指水成及火成岩之重經結晶而未受顯著之復液或交換變蝕 (Anatectic or metasomatic alterations) 者。故融混岩與火成水成及變質三類岩石皆不相同。”下列一表即為巴氏所擬之四體岩石分類法(見277頁)：

通常之所謂變質擴散 (Metamorphic diffusion) (10) 及變質分異 (Metamorphic differentiation) (11) 兩現象者，在融混岩中甚為重要。擴散可分二種：或由分子在固態中逐漸向旁移動，或

(9) 全(1)頁 834.

(10) F. L. Stillewell: The Metamorphic Rocks of Adelie Land, Soc. Rpts. Australian Antarctic Exped. 1911—1914, Ser. A, Vol. 3, pt. 1, (1918), pp. 193—121.; F. D. Adams Canad. J. Research, Vol. 2, 1930, pp 153—161; P. Eskola, Soc. Géol. Finl. nde, C. R. Vol. 8, 1934, pp 1—14; 程裕淇：水成岩之接觸變質，載地質論評一卷五期，頁 551—552; W. J. Mc Callien, Soc. Géol. Finlande, C. R., 8, 1934, pp. 11—27.

(11) F. L. Stillewell 之著作，同(10); P. Eskola, Soc. Géol. Finlande, C. R., 5, 1932, pp. 68—77; H. H. Read, Min. Mag., London, 23, 1933, pp. 317—328.

	高 溫	低 溫
(一) 火成類	火成岩 由岩漿凝固而成 例：輝長岩，玄武岩	脈石或脈岩 由熱水溶液(Hydrothermal solutions)沉澱而成 偉晶花崗岩——石英脈
(二) 溶融混合類	融混岩 業已固結之岩石，復受來自岩漿及再造岩漿內液質之蒸餾因而改換其成分及結構者 例：溶融混合之岩石	交染岩(Metasomatic Rocks) (及“逆向變質岩(Diaphthritic Rocks)之一部？) 岩石在外來低溫液體內蒸餾後因而改變其成分及結構者 ——長石化片岩——鮎長石玄武岩(Spillite)
(三) 變質類	變質岩 業已固結之岩石重行結晶而成，全體化學成分大致未變，分子大體未經顯著之融化或溶解。 例：角頁岩——板岩	黏結岩(Diagenetic Rocks) 沉積層深埋地內，上荷重載，而成逐漸黏合固結為岩，礦物多未重經結晶(Diagenesis)。 ——堅結之粘土
(四) 水成類(沉積類)		水成岩(或沉積岩) 細碎岩末沉積而成

溶於孔隙液體內，散為離子，復向他處行動，前者名曰固態擴散(Solid diffusion)，僅發生於變質岩之變異中，不常見，亦不重要；後者名曰液態擴散(Liquid diffusion)，在變質岩及融混岩生成之過程中，甚為重要。變質岩及融混岩中之液態擴散，甚難辨別，據巴氏之意見(12)，二岩中之孔隙液體，俱有促成再結晶之功能，但前者所含之液體，僅為觸媒劑，不能改變其化學成分，後者之液體，與溶質發生化學反應，有交染之功，因得改變岩石之原來化學成分；故其辨別之主要關鍵，乃在孔隙液體之化學功用，此則與液體成分及溫壓之高低，又有相連之關係。變質作

(12) 同(1)，842 頁，附註 94。

用進行中，岩石內溶劑之量極微，擴散之進行甚緩(13)；而融溶岩造成時，有外來熱液之浸入，岩石又生復液作用，擴散之進行頗速；是又爲二者相異之點也。試以變質現象喻岩石之代謝作用，以融混現象喻交換作用，可稱恰切。至若變質分異現象，巴氏意謂幾全屬於融混範圍內，與變質現象之關係甚少，作者對此殊不敢全部贊同，俟有機會時，當再詳論。凡此皆爲理論上之探討，以別變質岩及融混岩者，實地鑑別時，殊非易事；然融混岩分佈之尚廣，固無疑義也。

交染岩所含之種類亦尚多，凡石灰岩經海水交換作用後造成之白雲岩，鈉長石玄武岩(14)，鈉長石花崗岩(15)，特種之偉晶花崗岩(16)與Keratophyre(17)，以及其他屢經熱液變蝕之岩石，皆應歸入。“逆向變質岩”之一部，或亦屬之；在正常之情形下，逆向變質不易完成(18)，如有熱液爲助，分子活動能力大增，新平衡不難到達，時或發生部份交換作用，使岩石化學成分略有改變，則嚴格論之，已屬交染岩範圍以內矣。

(13) 程裕淇：水成岩之接觸變質、地質論評一卷五期，550頁

(14) P. Eskola, U. Vuoristo, and K. Rankama, Soc. Géol. Finlande, C. R., 9, 1935, pp. 1—8.

(15) J. Gilluly, U. S. Geol. Sur. Prof. Pap. 175—c, 1933, pp. 68—81.

(16) F. L. Hess, Eng. and Min. J. Press, Vol. 120, 1925, pp. 3—12;
W. T. Schaller, Am. Jour. Sc. Vol. 10, 1925, pp. 269—279.

(17) J. Gilluly, Am. J. Sc., 29, 1935, pp. 225—253, 336—352.

(18) 同(13), 549頁第一段

三 融混作用 (Syntexis) 一詞之由來及新分類法之討論

造成融混岩之步驟曰融混作用，巴氏之定義 (19) 爲：“Syntexis 意謂融合，其作用指岩石內固體部份之幾於全爲岩漿液體所同化而言，岩石內所含液質部份，實不甚多。但當發生此作用時，至少岩石之一部，必爲液體。如液體部份過少，於新岩石之形成無甚影響時，造成者似宜名曰變質岩”。

按 Syntexis 一詞係俄學者洛雲孫藍惜氏 (F. Loewinson-Lessig) 於一八九八年所創立，又名融混液化分異說 (Syntectic liquational hypothesis)，包括復融 (re-fusion) 同化及分異三作用，意謂岩漿將圍岩及包體之一部鎔化，相互混合，並發生複雜化學反應，造成一新岩漿，然後復經分異作用而產生各種不同之火成岩 (20)。與巴氏定義相異之點有五：(一) 岩漿之溫度甚高，否則不足以鎔化大量固體岩石；(二) 鎔化 (或融解) 爲岩石與岩漿混合之主因，溶解作用並未提及；(三) 岩漿與岩石之混合體性質大致均一，能分異而成各種“火成岩”，初與原生岩漿無異，僅成因不同而已；(四) 多種火成岩可由此造成，與導源於岩漿者，不易辨別；及(五) 兼含岩漿分異作用。

戴來氏 (R. A. Daly) 於 Syntexis 一詞提倡甚力，彼之定義爲“凡岩漿內熱力所促成之鎔化及岩漿對於外來包體所生之同化作用皆得以融混現象一詞包括之 (21)。”與洛氏不同之處在除去分異作用不談，蓋原生岩漿與融混岩漿 (Syntectic magma; Syn

(19) 同 (1)，頁 840—841.

(20) F. Loewinson-Lessig, Geol. Mag., 8, 1911, pp. 293—295.

(21) R. A. Daly: Igneous Rocks and Depths of the Earth, N. Y., 1933, p. 288

tectics) 所生之分異現象略同，可混爲一談，不必強使“融混”兼含此義也。

芬儒賽斗霍 (J. J. Sederholm) 氏亦曾提及此名：“……數經溶解及再結晶……基性岩石碎塊與花崗岩漿之混合體已達均一結構，爲一成分與閃綠岩相當之融混岩 (a syntectic rock of dioritic composition) (22)。”雖未下確切定義，但已明示溶解作用之重要，與巴氏定義相接近。

與融混現象相關之復液作用及再造作用，由賽氏所創，彼之解釋爲“Anatexis (復液) 意謂 (再融)，但時或作 (再溶) 解，當更適切……乃受深造岩漿噴發之影響所造成。……再造作用一詞常與復液並提，意謂業已重造 (或再生)，獲得一新之噴發力，是乃就其地質時代上之意義而言者 (23)。”據愛斯可拉氏 (P. Eskola) 之意見 (24)，復液作用乃一有選擇性之復溶現象，侵入岩內之液體，滲入附近岩石後，在適當情況下，某一部份 (非任一部份) 物質即被溶解，但其溫度不必甚高。溶液內之物質，或積於本土，或流至他處而逐漸沉澱凝結造成後者之作用，可歸入愛氏之所謂變質分異現象內。在普通矽酸鹽岩石內，被溶部份成分約與花崗岩漿相當，含鐵固富，而苛性鉀及矽石之量更豐。巴氏之見，與之略同，惟哈得孫粘土岩內被溶之物質，含鐵最多，苛性鉀亦尚豐，而矽石極爲貧乏，其主要礦物成分爲黑雲母及柘榴石 (25)，與花崗岩迥異，此或以岩石內所含之鋁鐵鎂諸質過多之

(22) J. J. Sederholm, Bull. Comm. Géol. Finlande, No. 77, 1926, p. 107,

(23) J. J. Sederholm, Bull. Comm. Géol. Finlande, No. 77, 1926, p. 135,

(24) P. Eskola, 全 (6)

(25) 全 (1) 831 頁

故，

商海曼氏(H. Seng)之所謂 Syntectonic imbibition (26)，衛格曼(C. E. Wegmann)之混合作用(Migmatism)(27)，高爾德許密脫之侵染變質(Injection metamorphism)(28)，與鐵雷耳(G. W. Tyrrel)之 Additive metamorphism(29)，約可與融混現象相當；Contamination 及 Hybridization(30)，亦可視為融混作用之一部。Ultrametamorphism一名，可包括融混現象，或竟與之同義，惟其意含混不清，以勿用為宜，且霍貴司脫(P. J. Holmquist)賽斗霍二人對此各有講解之法，亦莫可適從也。

今吾人可概述一結論如後：業已固結之岩石在適當情況下——大致須達相當溫度，及在高壓之下——為來自附近侵入岩漿內液體所浸染或滲入，一部固質經溶解融化而與之混為一體，儲於岩石內固體間之孔隙內，是謂之復液作用，意謂已經固結之岩石，復有一部恢復液態也。此種液體類能自由緩流，在特殊情態中，異常活躍，一若原生之岩漿然，因有再造作用一詞，以誌“復液”之功！流體凝固後，岩石之成分已異於前，新加者來自岩漿，溶融於液者或已部份遠流凝於他處，可名之曰融混岩或混合

(26) H. Seng, Min. petr. Mitt, 45, 1934, p. 412,

(27) C. E. Wegmann, Geol. Randschau, Bd 26(1936) pp. 305-350

(28) V. M. Goldschmidt: Die Injektionsmetamorphose im Stavanger-Ge-biete, Vid. Akad. Skr I Oslo, No. 101 1921 pp. 1-142

(29) G. W. Tyrrel: Principles of Petrology, 2nd Edt, 1929, Chap. 21

(30) Contamination 及 Hybridisation 二字意義相近，據創立 Contamination 一詞之呂德(H. H. Read)教授意見，前者當指岩漿與水成岩包體或圍岩間所生之複雜化學反應及機械混合而言，包體或圍岩為火成岩時，或兩岩漿混合時所生之物理及化學之變化，宜以 hybridisation 名之，但二詞常被誤用。

岩 (Migmatite)⁽³¹⁾，以示其成因。按 Syntexis 一字引用已久，各人所指之義互有出入，不若以 Migmatism 名此造成混合岩（或融混岩）所經歷之各現象爲愈，巴氏似有改名之意⁽³²⁾，豈與作者有同感歟？

綜上所述，融混岩之成因，確與衆不同，有自立門戶與火成水成變質三岩各相對立之必要，故巴氏之分類法實有充分之根據，非粗率從事者可比。據個人意見，此新法之建立，於岩石學之進展，至少有下列二影響：

（一）明示溶融混合類岩石之重要，並引起對此研究之興趣。

在舊分類法中，此類岩石多屬變質岩內，少數歸入火成岩類，故其真正成因易被忽略；新法傳誦後，某一岩石有屬此類之可能時，自可使學者特別注意，小心研究，其成因賴此以明。如斑狀片麻花崗岩之含有長約一寸之正長石斑晶者，通常多以高壓下侵入之花崗斑岩目之，近據作者研究，其成因時或與浸染作用（即融混作用）有關，大長石之生成，尤有賴於復液流體之活躍，則今後復見此類岩石時，固不得以變質之火成岩論，當慎求其成因。又如據海斯 (F. L. Hess) 及夏樓 (W. T. Schaller) 之意見⁽³²⁾，偉晶花崗岩類岩石，殆皆經交換變蝕，其所含礦物，除大部鉀長石及石英外，莫不由熱液交換作用所生成，即鉀長石與石英共生所呈之文像組織，或亦爲同期產物，但學者多斥爲詭論，近夏馬君 (N. L. Sharma)⁽³³⁾ 研究印度雲母礦區內偉晶花崗岩之

(31) 同 27；J. J. Sederholm, Bull. Comm. Géol. Finl. nde, No. 23
1907 p 110

(32) 全(1)，頁836，註 71。

(33) 未刊稿

結果，有相似之結論，可見海夏二氏之說，未必玄妙不可信，若能排除舊分類法所賜予之成見，小心探求真理，此謎自不難迎刃而解。

(二)變質現象之定義及範圍已被確切劃定，無含糊不清之弊。
溫海斯，(Van Hise)，李施 (C. K. Leith) 與梅德 (W. J. Mead)⁽³⁴⁾，等一部美國學者以變質作用一詞兼包風化及黏合等現象，而多數學者皆除此不談，名稱涵義不一，足為學術發展之障礙。今巴氏於變質類岩石中依溫度之高低大別為變質岩及黏結岩二類，以示二者生成時之物理情況及變化相異，確尚適合實情。火成類之分為火成岩及脈石二類，亦甚切要。

雖然，此新類法，實未盡善，可供評論之處尚多，茲就管見所及，略述於後：

(一)融混作用(混合作用)與變質現象有密切關係，但未能充分表現。通稱之浸染變質作用，大致可與融混作用相當，而嚴格言之，實為變相之接觸變質作用。浸染及接觸變質之發生，俱與侵入岩有連帶之關係，而溫壓情況則互異：如圍岩之溫度甚高，定向壓力——橫壓力——之勢猛烈，岩漿即成“片狀侵入”及“浸入”，與圍岩互起作用，造成各種浸染岩石(混合岩)；若岩漿侵入時，圍岩之溫度尚未劇增，液質即不易“浸入”及“片狀侵入”，僅有各種角頁岩之產生，礦物及岩石結構雖已改換，而化學成分殆無變異，是為接觸變質之特徵⁽³⁵⁾。然在近接侵入岩邊緣處，時有局部交換作用，正常接觸圈內偶有一部岩石呈明顯之

(34) C. R. Van Hise: Treatise On Metamorphism, Mon. 47 U.S. Geol Surv, 1904; C. K. Leith and W. J. Mead: Metamorphic Geology 1915,

(35) 全 13, 頁345-546

浸染現象(36)，則二者關係之密切可知。至若區域變質與浸染變質(混合作用)之關係正復類此，哈得孫河粘土岩系內板岩片岩之漸變為片麻岩——混合岩——是為明證。巴氏分類法中，將融混岩與變質岩截分為二，而未示二者之相互關係，似難免圭污之譏，或將有更詳細之分類問世以匡此弊，亦未可知。

(二)火成岩與融混岩間宜有明析之人為界限。如岩石之全部為再造岩漿所溶融時，其質或近均一，與原生岩漿相似，巴氏對此似未加特別注意。鄙見當明言：凡岩石經復液作用之活動而終於全部均達液態時，當歸入火成岩類，以不易與原生岩漿分別故也。此雖未免牽強，但為確定融混岩之意義計，實有添註之必要。

(三)黏結岩與變質岩同屬變質類，與通行之習慣不合。通稱之水成岩多為經黏結作用固結而成之沉積層，據巴氏之分類，將歸入變質類內，而表中之“水成岩”殆皆為未經固結之沉積物，與通行之習慣不合，應否如此，實有慎重考慮之必要。

巴氏積多年之經驗，集前人工作之大成，遂有此新分類法之建議，使學子於岩石之真諦有更深切之認識，行將見此學術園地，日漸榮茂，而無止境，雖所擬者僅為大綱，且待修正補充，其創立之功，誠不可沒！惜所述者多為理論上之探討，轉使實地工作時，平添巨大困難，蓋岩石之種類頻增，而辨別之標準難定，若草率從事，徒費勞力，不易見功，故實際採用，尚有待時日。

二十六年一月十七日，利物浦。

(36) Bosworth, Q. J. Geol. Soc., London, 66, 1910, pp. 380-5 (Ross of Mull) Sugi, J. J. Geol. and Geog. 8, 1930, pp. 29-112 (Isukaba District.)