

國立中央研究院地質研究所

叢刊

第七号

CONTRIBUTIONS

FROM

THE NATIONAL RESEARCH INSTITUTE OF GEOLOGY

ACADEMIA SINICA

No. 7.

商務印書館發行

中華民國三十七年七月

1948

國立中央研究院地質研究所

叢刊

第七號

CONTRIBUTIONS

FROM

THE NATIONAL RESEARCH INSTITUTE OF GEOLOGY

ACADEMIA SINICA

No. 7.

商務印書館發行

中華民國三十七年七月

1948

中華民國三十七年七月初版

(54716A)

國立中央研究院地質研究所叢刊第七號

定價國幣拾伍元

印刷地點外另加運費

版權所有
翻印必究

編輯者

國立中央研究院地質研究所

發行人

朱經農
上海河南中路

印刷所

商務印書館

發行所

各地商務印書館

THE PUBLICATIONS OF THE NATIONAL RESEARCH INSTITUTE OF GEOLOGY

MONOGRAPHS

- Series A, Vol. 1. The Ordovician Cephalopoda of Central China. By C. C. Yü. (in English with Chinese abstracts) (1930) (Price \$5.00)
- Series A, Vol. 2. Coral and Brachiopoda of the Kinling Limestone. By S. Chu. (in English with Chinese abstracts) (1933) (Price \$3.00)
- Series A, Vol. 3. Lower Carboniferous Corals of China. By C. C. Yü. (in English with Chinese abstracts) (1933) (Price \$12.00)
- Series A, Vol. 4. The Graptolites of the Lower Yangtze Valley. By S. J. Hsu. (in English) (1933) (Price \$5.00)
- Series A, Vol. 5. Fusulinidæ of South China. Part 1. By S. Chen. (in English with Chinese abstracts) (1934) (Price \$8.00)
- Series A, Vol. 6. Fresh-Water Gastropods from Tertiary and Quaternary Deposits of Kwangsi, South China. By S. J. Hsü. (in English with Chinese abstracts) (1935) (Price \$3.00)
- Series A, Vol. 7. Gastropods from the Siashu formation. By Singwu C. Hsü. (in English) (1936) (Price \$3.00)
- Series B, Vol. 1. The Igneous Geology of the Mountain Ranges between Nanking and Chinkiang. By L. F. Yih and T. Y. Yü. (in English and in Chinese) (1933) (Price \$5.50)
- Series B, Vol. 2. The Quaternary Glaciation in the Lushan Area, Central China. By J. S. Lee. (in Chinese and in English) (1947) (Price \$10.00)

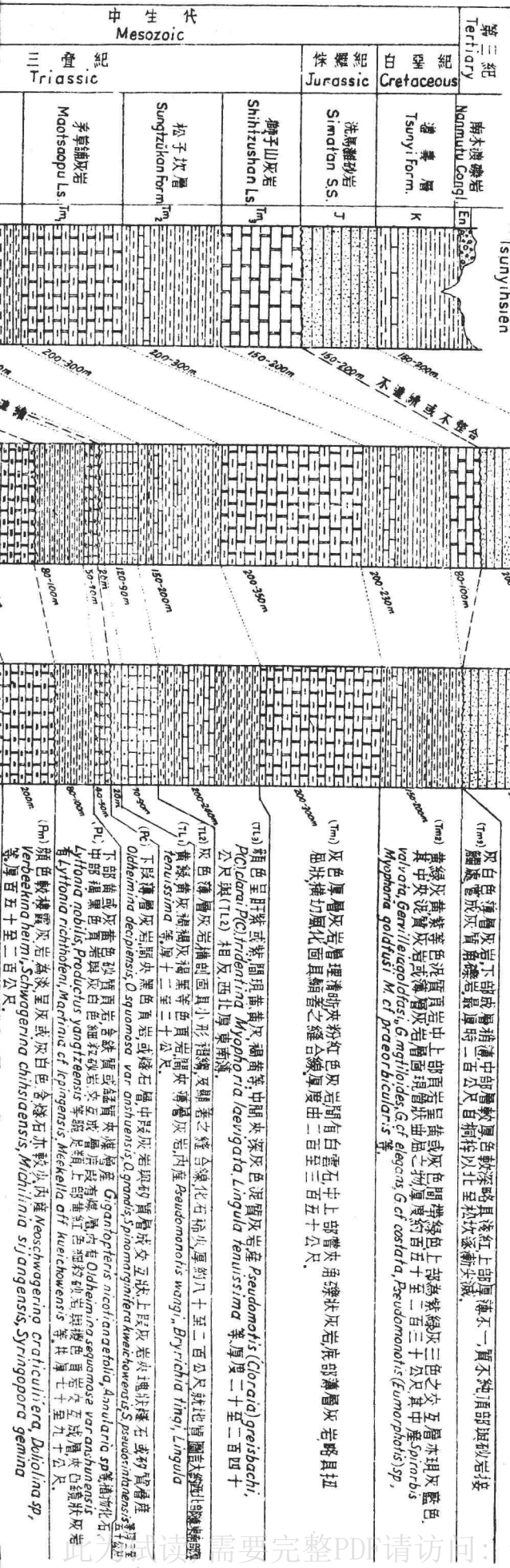
CONTRIBUTIONS

- No. 1. (a) The Sealstone of Tsingtien Hsien, Chekiang Province. By L. F. Yih, H. Li and K. Chang. (in Chinese)
- (b) Pflanzenreste aus dem Jura von Chinesisch Turkestan (Provinz Sinkiang). Von W. Göthan und H. C. Sze. (in German with Chinese Summary)
- (c) Die Höhlenablagerungen und Fauna in der Drachen-Maul-Höhle von Kiangsen, Chekiang. Von K. M. Wang. (in German with Chinese Summary)
- (d) Die Fossilen Rhinocerotiden von Chou-K'ou-Tien. Von K. M. Wang. (in German)
- (e) Three Textural Types of Granite In Southern China. By Arnold Heim. (in English) (1931) (Price \$1.50)
- No. 2. (a) Geology of Shao-hsing, and Its Neighbouring Districts in Chekiang Province, with Special Reference to the Lead-Zinc Deposits around Huangshan. By Hsien-Min Meng. (in English)
- (b) Geology and Mineral Resources of Western Chekiang. By W. P. Shu. (in English)
- (c) Geology of the Lower Parts of Ching River and Lo River, Shensi Provinces. By K. P. Chao. (in Chinese) (1931) (Price \$1.50)
- No. 3. (a) Comparison of the Lunshan Limestone at the Vicinity of Nanking with the Ordovician Rocks in Hupeh Province. By C. C. Yü. (in English with Chinese Summary)
- (b) Geology of the Neighbouring Districts of Sui-shui, North Kiangsi. By Y. Y. Lee. (in Chinese with English Summary)
- (c) Geology of Ho Hsien and Han-shan Hsien, Northeastern Anhui. By C. Y. Liu. (in Chinese)
- (d) Geomorphology of the Nanking Area. By G. B. Barbour. (in English) (1933) (Price \$3.00)
- No. 4. (a) Magnetite Deposits of the Tung-Kuan-shan, Tungling, Anhui. By H. M. Meng and K. Chang. (in English with Chinese Summary)
- (b) The Anorthoclase Perthite from Chu-chia-tsien Island near Puto-shan, Chekiang. By T. L. Ho. (in English with Chinese Summary)

C 順水縣溫水鎮 Wenshuichen Hsi-shuihsien

B 桐梓縣 Tunzihshien

A 遵義縣 Tsunghshien



中生代 Mesozoic

第三紀 Tertiary

白堊紀 Cretaceous

侏羅紀 Jurassic

三疊紀 Triassic

古 生 代
Palaeozoic

[illegible]

國立中央研究院地質研究所叢刊第七號

目 錄

記浙江北部火山灰層中之 BENTONITE 吳磊伯 李銘德	1
(附英文節要)	
從節理發育之狀況討論重慶北溫泉之地質構造及溫泉成因 谷德振	17
(附插圖六幅)	
岩層推劈理之初步觀察 陳 愷	37
(附二十一插圖)	
JOINTS AND INCISED MEANDERS IN THE RED BASIN, SZECHUAN T. C. Sun and Y. C. Hsu	77
(With 1 Plate and 2 Text-figure)	
黔北地層發育史 劉之遠	83
(附柱狀剖面圖二幅)	

記浙江北部火山灰層*中之 BENTONITE.

吳 磊 伯 李 銘 德

浙江北部各縣，噴出岩 (extrusive rocks) 分佈甚廣，在各種不同流紋岩之接觸地帶，或閃長岩體 (diorite body) 之邊緣，時有火山爆發時拋出之碎塊碎片及灰屑等 (ejectamenta) 存在，已固結爲所謂火山角礫岩及火山灰層等，呈略具層次之堆積，如爲水流作用 (reworked)，則火山灰層顯極薄之層片 (lamina) 三十六年初作者等迭於浙江北部各地見及，產狀不甚相同。

本文所述之 bentonite，大部係從杭縣之良渚，諸暨之楓橋，姚家庵及許村等處探得，時與火山角礫岩，凝灰岩及其他火山岩伴隨發生，經過初步光性檢查，化學測驗後，獲知皆爲 montmorillonite 一類粘土礦物組成。就吸水之程度言之，良渚附近之材料，較爲顯著，膨脹約達兩倍強，其次爲楓橋附近白毛尖之材料，膨脹亦可達四分之一。

良渚位於杭州之西北，相距約四十里，杭州至武康之公路從此經過。良渚西北不遠，公路之東北側有一小山，名曰苟山，由石英安山岩？(dacite) 一類之岩石組成。在石英安山岩之破裂帶中，此次發現 bentonite 與黑曜石 (obsidian)，前者質地疏鬆，呈白色，含少量正長石，其產狀或與後者相隨平緩伸展，或有時被後者穿插。可見其生成時期略早。惟此地粘土之純淨者，厚度自一公尺至二公尺不等。

楓橋居諸暨縣城之東北，相距約四十里，火山噴出物，在楓橋東北，廣泛出露於麒麟尖（又名十里尖）四週地區，多成厚層發育，顏色深淺及粗細程度，隨地略有變遷，其中最觸目之一種，顯灰白色至淺綠色，含雜質頗少，作粘土狀，此種粘土層歷見於楓橋全塘，湯村，山口，大竹園及白毛尖等處，又諸暨縣城南四十里之許村及塘口，楓橋以南之姚家庵，亦有同類淺綠色之粘土層出露，當地居民或稱之爲「白爛泥」，或稱爲「白土」。

用肉眼觀察，本類粘土呈塊狀，脆性大，以錘擊之，則碎爲無數尖峭之顆粒，顏色相差無幾，自灰白色至淺綠色，結構相當緊密，有時呈細密顆粒之狀，有時則表面粗

*此處所稱之火山灰層，係指火山噴發之灰塵或較細之塊屑堆積而成者，屬於 tuff 與 fine grained volcanic ash 一類之火山物。

糙，比較純淨者亦常見，如楓橋附近白毛尖等處是，亦偶有流紋狀者，此種情形，當緣於地域之不同及上下層位之差異，甚爲明顯，所採標本，曾——作光性檢定，獲知均由 montmorillonite 一類粘土礦物組成，應屬於 bentonite 或 bentonitic tuff. Bentonite 之意義，據 Ross 及 Shannon 兩氏所規定 (7)，乃爲『一種結晶質粘土狀礦物組成之岩石，由凝灰岩(tuff)及火山灰屑(volcanic ash)變化而成。』bentonite 之中，多少包含次要之礦物如正長石，鈣鈉長石(oligoclase)，黑雲母，石英，輝石及鉍石等。茲將各地所見本類粘土之產狀並其物理性質及光性檢定，分別述之。

分佈及產狀

此次在浙江北部所見之 bentonite，地點甚多，杭縣良渚附近者，質地純淨，而分佈之範圍最大者，則推諸暨之楓橋，楓橋以東，以迄麒麟尖之西麓，一望灰白色山嶺，幾全爲本類粘土層掩覆，厚薄無定，其基底岩石，爲紫灰色流紋岩，與灰白色粘土層接觸之處，流紋岩多顯焙烤(baking)之現像，且時含氣孔，孔徑大小二至五分。在麒麟尖西麓及南麓，流紋岩塊散亂分佈，覆於火山塊屑火山灰及所述粘土層之上，或夾於其中，大小由十數公分至二公尺以上，呈不規則之球狀及長條狀，頗無定則，焙烤跡像，亦稱顯著，火山區域，此項無根之岩塊，可謂爲火山塊礫(volcanic blocks)，常爲火山口噴出岩本身或其圍岩組成。由於火山塊礫及屑片之參雜，致 bentonite 有時不十分純淨，所居層位亦不同，就楓橋以東所見，在全部火山噴出物中，本類粘土層居於中下部，偶夾膠狀石英(opaline quartz)碎塊，其上爲角礫岩甚厚，由大小五至七公分之碎塊固結而成，粗具層次，大體向東傾斜，角礫岩往上，漸次見灰白色角礫岩及淺色細粒凝灰岩，凝灰岩中亦含 montmorillonite。

麒麟尖南坡，由楓橋往東經梓塘杜家嶺菩提山下，迄上金以西，同類火山噴發物陸續廣佈，粘土質之凝灰岩中，屢攜帶大小一、二公分之結核，曾經焙烤之流紋岩塊，亦見不鮮。對徑平均五十公分，大者二公尺以上，形狀不定，含氣孔，至菩提山下一帶，凝灰岩中，夾較純淨之 bentonite 一層，厚約兩三公尺，由上金至杜家塢及梓塘等處，淺綠色之粘土質凝灰岩(bentonitic tuff)，蔓延於山陵溝谷之間，其中夾深紫色之碎塊，集結爲不規則之條帶狀，與雜色火山灰屑拌雜，粗具層次，碧玉(jasper)之塊體偶然見及，爲粘土包裹。

火山噴發物及淺綠色之粘土層，由楓橋經丹桂至上金以西循東西一綫以南，漸次絕跡，蓋已至紫灰色流紋岩及閃長岩露佈之區域矣。

由上金之西北向北行，至湯村全塘一帶，bentonite 夾於火山塊屑及火山灰層中，在麒麟尖之東側，時見露佈，湯村以南一帶山崗，高出附近平地約三十至六十公尺，概爲灰白色之火山角礫岩及火山凝灰岩組成，略顯層次，惟層面則隨地變異，有時走向北二十度西，向西傾斜，傾角三十度；有時走向北五十至六十度東，向東南傾斜，傾角十餘度；亦有時走向北七十度西，向南傾斜，傾角爲十五度。此種情形，想係火山爆發拋出之碎塊屑片及塵灰等，降及地表，其層次顯受當時之地形所控制，固無一致不變之方位也。bentonite 在湯村之南出露，淺綠色，呈顆粒狀，膠結緊密，內含許多白色小點，偶夾碎塊，對徑長數公分至十餘公分，該處較純淨之本類粘土岩上下，皆漸次有角礫狀之粘土質岩及角礫岩出露，碎塊參雜，非常散亂，在上金西北七里之處，且見黃灰色之火山灰層出現，淺綠色之本類粘土層漸次掩沒，上金附近，深綠色至深灰色之流紋岩，循北北東之方向廣泛露佈，發育甚厚，組成高山峻嶺，直達嵯縣西境。

角礫岩，凝灰岩及粘土岩等，在麒麟尖之東北，漫山遍谷，極目皆是，就全塘、山口、大竹園以迄梓塢嶺石嶺頭之西南一帶所見，其性質及結構不同，似可分層次：一，淺綠色至灰綠色之凝灰岩，夾 bentonite 層，凝灰岩中復含不同凝灰岩之碎塊，大者長達十至二十公分，質輕，富有氣孔；二，深紅色至暗色之角礫岩，質硬，粗細並存，大者直徑二十公分以上。

楓橋西北，火山噴出之塊礫屑片及灰塵等，組成小邱低崗，陸續展佈於江口，大小葉村，直達白毛尖香烟嶺之東麓，如江口附近，灰紅色火山灰之上，覆以泥土，大小葉村一帶，淺綠色之 bentonite 及火山角礫岩中，時夾大小五至十公分之塊礫，香烟嶺東坡，此項火山噴發物與下奧陶紀之灰岩頁岩層，呈走向北三十度東之接觸，在接觸帶內，偶見 bentonite 循岩層層面發育，且具片狀結構，與岩層面一致，其生成時期，是否與上述者相當，抑爲另一較老時期之產物，現尙不能決定，香烟嶺東南，白毛尖突出，高出附近平地約三百公尺，由紅灰色流紋岩組成，在流紋岩區域，時見灰白色至淺綠色之 bentonite 暴露，質細密，風化作用較著。

綜以上所述情形，杭縣良渚附近之 bentonite，當係發生於石英安山岩之後，與黑曜石同時發生而稍早，其化學成份應含鈉質較多；楓橋一帶之 bentonite，則富含鈣質，其含火山岩之小塊礫，在楓橋東北，有時顯流紋岩構造，均屬火山噴出物之最好證據。且本類粘土之從火山物變化而成，從 1917 年 D. F. Hewett 氏提出以來，直爲曾經證明與承認之事實。(4,7,8.)，如美洲西部火山區域，本類粘土分佈甚廣(3)，幾所有區域所有地質時代，皆有其踪跡，美國東部奧陶紀地層中，即富產鉀質甚多。

之 bentonite(8).

本類粘土岩及其他火山噴出物，雖在楓橋附近分佈普遍，惟仍限於一定範圍之內，出此界限，即行絕跡。從以上之敘述，由楓橋經丹桂至上金，循東西一線以南，與灰紅色流紋岩系接觸，上金湯村及石嶺頭以東遵南北向一線往東，似掩沒於深綠色流紋岩之下。在香烟嶺以西與奧陶紀之石灰岩頁岩接界，此項火山噴發物，在麒麟尖以南，即由上金經楓橋至香烟嶺以西，東西陸續伸展達二十餘里，由楓橋以東梓塘之北，至石嶺頭王村等處，就觀察所及，南北延伸亦達十餘里，但往北及東北如何分佈，尚不甚清晰，其分佈範圍大體東西長而南北略狹，總計楓橋一帶火山噴發物及本類粘土岩之分佈面積，當在一百數十平方里。在本噴發區域之內，如麒麟尖東側及白毛尖西北，有走向北二十至三十度東之擠壓線。

據此次調查，諸暨縣境，有火山遺跡多處，如楓橋以南二十餘里之姚家菴以及小溪塢等處，各有火山爆發物存在，乃火山塊及深灰色之火山燄屑及火山灰組成，且有小規模之玄武岩流流出，與楓橋所見情形不同，楓橋火山之時代，擬暫定為白堊紀，根據有二：其一，楓橋火山之噴發物，常掩覆於紅灰色流紋岩系之上，且包含此類流紋岩塊，流紋岩塊每顯焙烤之現像，故其噴發之時期，顯晚於紅色流紋岩；又楓橋火山之噴發物在上金東南漸次向深綠色流紋岩尖滅，在接觸地帶綠色流紋岩未變化，噴出物中亦未見包含綠色流紋岩塊，其噴發時期，似較綠色流紋岩為早。由此推測，楓橋之火山塊礫及灰屑，應屬於所謂間流紋岩期 (intra-rhyolite eruptions,) 之噴發物。其次閩浙一帶，上述紅色流紋岩系之中，常有魚化石層及植物化石層成盆地狀分佈，此層陳愷先生稱之為坂頭系(11)。其中化石歷經地質學者提及，據斯行健先生研究福建永安附近本層之松柏科及蘇鐵科植物化石(9)，定其時代為下白堊紀，含植物化石及魚化石之岩層，皆為薄紋狀之灰白色細緻頁岩，富粘土質，極似冰期之紋泥 (valve clay)，有時夾薄層狀之黃灰色凝灰砂岩及黑色泥頁岩，灰白色之紋泥狀頁岩，經用光性檢查，得知由 montmorillonite 一類粘土礦物組成，其係另一時期火山噴發之產物，以後經過水流之搬運而成為湖相沈積似無疑義。據作者等觀察，所述化石層，實包括於紅色火山岩系之中，並非位於所有中生代流紋岩之上，此點與陳愷先生之所見微有不同(11)。紅色火山岩系，亦即劉季辰趙亞曾兩氏所稱之建德系，由紫色砂頁岩，凝灰質砂岩，凝灰岩，流紋岩，角礫岩及礫岩組成，其上部相當於孟憲民先生所稱之虎頭山礫岩。據此，楓橋火山爆發物之時代，當在下白堊紀建德系以後，深綠色流紋岩噴發以前楓橋之火山，為大規模爆發之性質，由火山塊及火山灰屑所代表，繼之雖不無基

性岩流之外溢，但不甚顯著，故此類火山或近於通常所稱之 Pelàen 式。

物理性質之檢討

此次在浙江北部所採之 bentonite，曾經——作光性檢查，並將少許樣本碎成粉末，用浸油法定其折光率，並察看干涉色及其他光性，室內觀察時，承趙家驥先生借予美國各地之 montmorillonite 薄片，得參考比較，獲幫助不少。

按 montmorillonite 一類礦物，晶片異常微細，甚薄，厚度常僅相當於一個分子層 (molecular layer) (8)，缺乏結晶形態，其光性極近於均質體。干涉色圈不易察出，致顯微鏡下之檢查工作，相當困難，本類粘土礦物，成分較 kaolinite 複雜，多含游離之矽質 (free silica)，鋁質及三氧化鐵 (1, 5)。良渚楓橋等處之標本，為極細之鱗片，或結晶質之聚集體，呈纖維狀及碎片狀，有時呈顆粒狀，帶污斑 (smear-like)，鏡下觀察干涉色甚高，一般顯黃褐色黃綠色及灰色，與雲母之干涉色相似，其中偶夾殘餘之鈉長石，具微弱之鈉長石雙晶 (albite-twinning)，由鈉長石變成本類粘土礦物，亦屬常有之事。茲將杭縣之良渚及諸暨之楓橋湯村大竹園白毛尖姚家巷許村塘口壽昌縣含植物及魚化石之粘土頁岩，就其中所合同類粘土礦物之折光率及干涉色等項列為一表，藉資比較：

地 名	良 渚	楓 橋	湯 村	大竹園	姚家巷	白毛尖	許 村	塘 口	壽 昌
平均折光率	1.505	1.547	1.545	1.536	1.549	1.543	1.543	1.548	1.548
干 涉 色	黃 色	黃褐色	黃褐色灰色	灰 色	黃灰色	黃褐色	深灰色	黃 色	黃褐色

謝家榮教授最近演講指出方山火山礫岩下之灰質白土，經實驗證明含磷，作者等亦曾用鉬酸鉍測驗各地 bentonite 是否含磷；得知諸暨楓橋一帶樣本，含量甚微，用鹽酸試驗，亦無碳酸鈣之反應，查 bentonite 常多少含磷，惟量甚微耳。

經觀察各處標本中無數鱗狀之晶片，未能察見干涉色圈，因其品質過於微細，在鏡下本不易發生適應之干涉色圈現像，此種情形，早經許多治粘土礦物學者 (clay mineralogist) 指出，如用適當之方法 (2)，可將本類礦物製成薄膜 (thin films)，然後在顯微鏡下查看，其光性宛若一單純的二軸晶體，負光性，光軸角頗大，在乾膜 (dried films) 中，無數排列不甚一致之晶片，則顯假一軸晶干涉圈 (pseudo-axial figure)，然加以壓力，能使之變為二軸晶干涉圈。因此粘土礦物，尤其是 montmorillonite 一類之粘土礦物，因光性檢定相當困難，非利用其他各種方法，綜合研究不

可。憶六年以前，本所遷居桂林良豐期間，浙江建設廳曾寄呈李四光教授數盒粘土礦物標本，當時經孟憲民先生與作者檢定，知屬 montmorillonite 一類之粘土，除折光率及干涉色外，未嘗察見其他之光性，產地亦不詳，或係從諸暨及江山等地採來，因三十一年陳愷先生在福建時，將某機關從江山採來之白色粘土，加以研究後，歸為斑脫岩 (bentonite) (11)，疑與火山岩有密切之關係。近承面告，謂該項粘土礦物，在鏡下觀察時，具完美之晶體，若此則甚有意義，惜未能見到標本，藉資比較。為應工業上之用途，陳先生曾往閩北之崇安、浦城、松溪、政和、等縣調查，未見同類粘土岩存在，中國東南部，陶瓷業之粘土原料，分佈相當普遍，然粘土礦物之研究尚不普遍者，想非人力之不逮，或事實之困難，有以致之。

為便於明瞭粘土礦物之性質起見，藉此擬將前人研究情形，作一敘述。考粘土礦物在歐美各國，用進步的方法，從事研究，已有二十餘年之歷史(8)，從事此項工作者甚多，其中如 E. V. Shannon, J. W. Gruner, R. E. Grim, C. E. Marshall, W. P. Kelley, P. F. Kerr, Ulrich Hofman, Martin Mehmel, W. Noll, Gunter Nagelschmidt, S. B. Hendricks, 及 C. S. Ross 諸氏，貢獻甚大，粘土礦物一般分為三大類：第一類為高嶺石 (kaolinite)，包括 kaolinite, halloysite, dickite, nacrite, endellite, allophane 等種 (mineral species)；第二類為 montmorillonite，包括 montmorillonite, beidellite, nontronite, hectorite, saponite 等種；第三類為含水雲母 (hydrous micas)，相當之名稱有 illite, glimmerton, bravaisite 等，意義大體相同。高嶺石類礦物，化學成份比較固定，結晶程度亦較完善，故研究時困難不多，含水雲母除 bravaisite 在美國東部奧陶紀地層中發育，研究較詳外，其他種屬之性質，一般不甚清楚，獨 montmorillonite 一類粘土礦物，直為礦物學上之難題，已如前述，以其晶片之極度微細，無固定之晶形，且化學成份又變化不定。如 montmorillonite, beidellite, nontronite 等，常屬同像性質 (isomorphism)，結晶水在其凝集過程中之作用甚大，本類礦物，並具極強之鹽基交換作用 (base exchange)，故通常有賴於礦物學上之各種方法，比較綜合，始能獲一定之根據。

粘土類礦物，特別 montmorillonite 一類之粘土礦物，除化學分析及光性檢查而外，近多少年來之趨勢，每利用下列各種方法 (6,7)，進行研究：(一) 高溫去水法 (dehydration tests) 粘土礦物中常含一種或兩種形態之水，此種水份或為吸收水 (adsorbed water) 或為間隔水 (interlayer water)，可將礦樣加熱處理，於一定溫度，反覆衡其重量，直至在該溫度下達一定之平衡量為止；其次繼續加熱，俟所有水分

去盡，如是將溫度對比水份之消失量作一曲線，利用此種曲線之形狀，爲習常區別粘土礦物之一種方法。montmorillonite 之去水曲線 (dehydration curve) 在攝氏300°左右變化最大。(二)差熱分析法 (differential thermal analysis) . 此法爲檢查粘土，鋁土 (bauxite) 及其他原料之有效方法，已經趙家驥先生介紹 (12)，前人利用此法檢查之結果，知 montmorillonite 之差熱曲線中，攝氏300°以下，有一低溫曲線，表示礦物中含有吸收水所致；850°左右，有一高溫曲線，表示結晶格式，已完全破壞；最後之高溫曲線，表示含鐵愈低，則此曲線之高度愈大，利用差熱曲線之型式，可分別粘土類之礦物。(三)X光透視法，若礦物無一定之外形，作極微細之結晶質，且化學成分變化不定者，如 montmorillonite 一類，常用 X 光照相法，探求其結晶格式 (crystal lattice) 之形態，結晶格式中離子 (ions) 彼此替代之情形及矽酸層 (silicate layer) 之重疊關係。因礦物品格排列之不同，X光線射入後繞折之型式 (diffraction pattern) 自異，比較此類品格型式，則可分辨礦物之種屬，所有粘土礦物之結晶間隔，若等於 $1.49\text{\AA}$ *時，常發生極強烈之反射現象 (2)。粘土礦物之構造格式，一般甚薄，若用 (四) 電子繞射法 (electron diffraction method)，較用 X 光線法易於探求薄格式 (thin lattice) 之展佈關係，因電子之分散性 (dispersion) 更強也。具層片構造 (sheet structure) 之礦物，如 kaolinite, montmorillonite 等，可能顯示一種混合之層片構造，即兩種不同型式之分子層 (molecular sheets)，組合於一單個礦物體中，惟前者鹽基交換不易，結晶格式相當穩固，極少離子替代之現象，後者之性質則反是，且與含水雲母類屬於所謂三層結晶格式 (three layer lattice)，層間之黏着力甚強，其中鐵離子替代鋁離子之傾向甚大。據過去分析 bentonite 之成份，含鐵成份可達百分之 1.5-4.0。粘土礦物中，常摻有雜質，提淨不易，故僅用 X 光照相法，並不能予以確斷，況不少粘土礦物，其基本之結晶格式相同，如 kaolinite, dickite 及 halloysite 等是 (4,7)；或結晶發育不全，如 montmorillonite 是；或無一定之結晶格式，如 allophane 是 (5)。因此此法更難作有效之應用矣。(五)色試法 (color reaction)，粘土類礦物，與有機化學藥品發生作用時，容易發生一定之顏色，其中常用之一種藥品爲 benzidine，若與 montmorillonite 作用時，則起藍色，藉此可與 kaolinite 區別，因在同樣處理下，後者不生藍色也。

上列數端，乃近來檢定粘土礦物如 montmorillonite 等習用之方法，如同時備用，比較觀察，自可獲確定之依據，惟在普通條件下，光性檢定仍不失爲鑑定粘土礦物

* $\text{\AA}$ 即 Angstrom units, 係一種量長度之微小單位，等於一耗 (mm) 之百萬分之一。

一種初步而必要之步驟，於此分別將 Winchell 所列美國各不同地點本類粘土礦物之折光率(10)，Hendricks 及 Ross 諸氏研究美國本類粘土礦物時所綜合之特徵(8)，表列於下，以資參考：

Montmorillonite 之折光率 (採自 Winchell)

地 點	1	2	3	4	5	6	7
Ng	1.517	1.515	1.513	1.514	1.535	1.545	1.565
Nm	1.517	1.515	1.513	1.514	1.535	?	1.565
Np	1.494	1.492	1.492	1.487	1.512	1.525	1.543
Ng-Np	0.023	0.023	0.021	0.027	0.023	0.020	0.022

粘土礦物之光性 (採自 Hendricks 及 Ross)

礦 物 名 稱	結 晶 習 性	折 光 率 平均數
Kaolinite	片狀，平行消光	1.560 1.566
Dickite	單斜晶系，片狀，斜消光	1.560 1.566
Halloysite	介殼狀破裂，均質體	1.552
Mica-like Mineral	似片狀，平行消光	1.557 1.573
Bravaisite-type Material	似雲母狀，平行消光	1.525 1.567
Bravaisite (Ordovician Bentonite)	片狀，條片狀	1.535 1.576 1.555
Montmorillonite (Low iron)	極細小之晶片，結晶質中，偶夾長形晶片	真平均折光率 1.53
Montmorillonite (High iron)		真平均折光率 1.55
Nontronite	極細粒之條片，結晶質中，偶夾長形晶片	真平均折光率 1.61

由上可知 kaolinite 一類之折光率，較 montmorillonite 為高，後者之折光率，有時較低，有時較高，隨層位與地點而異。如良渚之礦物，折光率為 1.505，而楓橋等處之礦樣，平均折光率，在 1.536 至 1.547 之間。僅藉折光率雖不足為據，然在粘土礦物範圍以內，其折光性彼此常各有一定之等級，前人早經指出，故良渚楓橋等之粘土礦物，就其折光率干涉色及結晶習性言之，屬於 montmorillonite 一類，似無可疑。有一點須提出者，即此次所檢查之標本中，常有折光率較高之晶粒滲雜，想係 kaolinite 一類之物，此或從 montmorillonite 變化而來，因 montmorillonite 與 beidellite 多係低溫狀態下，從火山灰演變而成，其中所含之鹽基，在某種條件下若行消失，則極不穩定而易於變成他種礦物。楓橋一帶之粘土岩，除偶含 kaolinite 之外，且見長石雲

母石英及其他雜質，惟爲量均微。

在光性檢定之後，作者等並曾作一測驗，即將各地之粘土岩磨爲粉末，加水測其膨脹現象 (swelling)；結果良渚附近之粘土，膨脹約達兩倍，楓橋白毛尖之粘土，膨脹可達4倍，已如前述。此種現象，有人解釋乃水之分子透入晶質中未荷電層 (un-charged layer) 致之 (2)，若分散性甚大，常稱之爲“一度之膠體” (one dimensional colloids)。據過去研究，如鈉質爲其中之交換鹽基，吸水甚易，而膠性甚大；反之如鈣質爲其中之替代成份，膨脹通常不顯著。準此推測，楓橋一帶之 bentonite，似富於鈣質。而良渚附近之粘土似富於鈉質。此外並將各地所採之礦樣進行顏色試驗，即依法加 benzidine 以後，皆作淺藍色。深淺各地不同，bentonite 之存在藉此或可多獲一證。

成 因

Montmorillonite 之成因，曾經許多治粘土學者解釋，大都以其產生狀況，物理化學之性質等爲立論之根據。譬如楓橋一帶之本類粘土礦物，係火山噴發之物經變化而成者，實爲事實上之證明 (substantial evidence) 當否應待後來之觀察，予以確斷，暫撇去此點不論。所述之 montmorillonite 一類粘土礦物，既係火山噴發之產物，則有兩個問題須加考慮：第一，本類礦物造成以前，火山噴發物之性質；第二，由此種噴發物變成本類粘土礦物之化學環境。有見於此，無妨將前人關於本類粘土礦物成因之解釋 (5,7,8)，約略敘述，以便了解楓橋一帶同類粘土礦物生成時之環境。惟良渚附近之粘土，產狀與楓橋不同，情形已如上述，其成因自亦稍異耳。

Kaolinite 與 montmorillonite 之生成環境，各不相同，前者在比較酸性之條件下，經浸濾作用 (leaching) 而成，即在氧化環境及母岩中有游離之三價鐵質，易於變爲 kaolinite。反之，後者生成過程中，鹽基之作用頗大，特別兩價鐵有重要之影響，因此還原條件之存在，至少氧化作用不劇烈之情況，始有助於 montmorillonite 之形成。

按 montmorillonite 之產狀不一，約有下列數種：(1)組成土壤之主要礦物，與其他粘土礦物共生；(2)構成 bentonite 之成份礦物；(3)在偉晶岩脈中，由其他粘土礦物換質而成；(4)在礦脈中或爲脈石或爲一種粉土 (gouge clay)；(5)水成頁岩中一主要之組成礦物。

本類粘土礦物之生成期間，既有賴鹼性之環境，即需鹼族 (alkalies) 與鹼土族

(alkaline earth) 元素之存在,含鉀鈉等之溶液,可以增加矽質之溶解度,洗滌以去,因在粘土生成時無需過量之矽質也。而大量之鉀質,亦不適宜, bentonite 之化學成份,過去分析甚多,取美國密士失必洲某處所產純淨之本類粘土為例;其成份之百分數爲 SiO_2 50.37; Al_2O_3 17.11; Fe_2O_3 2.68; FeO 0.20, MgO 4.59; CaO 1.23; Na_2O 0.56; K_2O 0.09; H_2O 1.29; H_2O_+ 10.93, 可知其基本成分除適量之矽鋁之外,鎂鐵及鈣之比例甚大。

若干之 bentonite, 已知較其原來之玻璃質火山物,包含更多之鎂質,此種元素之供給,如換質作用發生於海洋中,可由海水之供給;如換質作用發生於火山岩體埋藏時,可爲潛水之供給,因海水具弱鹼性,而潛水則爲鹼性或中性也。

海水中之鉀質,適合產生 bravaisite, 或爲海相沉積之最後產物。如雲母一類之礦物,當由玻璃岩質換質爲 montmorillonite 時,屢受淺水或潛水作用,甚少受海水之作用,即其生成時,雖有賴鉀質之溶液洗滌過多之矽質,但通常多在鉀質不存在時,始克形成。正長石白雲母所含鎂鈣鐵等基性元素甚少,對於本類粘土礦物之形成不甚適宜,惟有含水熱汽體存在,加入此種基性元素,則可移離鉀質,中性或弱鹼性媒質,有助由長石風化中移離矽質,但對於移離基性元素,不及酸液影響之大,是故在中性及鹼性之環境,由鈣系長石 (calcic-feldspars) 換質爲 montmorillonite 易,而換質爲 kaolinite 則難。

從事實歸納,可知在某種風化條件下,若能供給充分之鎂質及兩價與三價鐵質時,在鹼性環境之下,與適量之矽質及鋁質結合,爲構成 montmorillonite 之主要因素;同時在氧化條件下或母岩中有三價鐵質游離時,則多形成 kaolinite. 至於氣候及生物作用,似爲次要之因素。

Montmorillonite 生成時期之溫度,普通在攝氏 200° 左右,由於風化作用及熱水作用 (hydrothermal process) 或火山汽體作用成之。可能曾經長時期之穩定,然非正規風化作用之最末產物 (end products). 若繼續經過酸液之浸滲,或在氧化條件下,中性溶液之長期浸滲,則高嶺土礦物趨於生成。

由此可知 kaolinite 與 montmorillonite 之母岩應有區別,鹼系長石 (alkalic feldspars) 之岩石,特別偉晶岩與花崗岩一類,經風化後易變成 kaolinite,而鈣系長石 (calcic feldspars) 之岩石經風化後,易變爲 montmorillonite. 考 bentonite 一類粘土岩中,除黑雲母外,通常含其他鎂鐵礦物不多,此或可表示原來之母岩非玄武岩且一般非安山岩。因在玻璃質之火山灰中,本含鐵鎂礦物不多耳。但亦有例外情形