

江西更新統粘土之性質及其生成

熊 毅

(經濟部中央地質調查所)

附圖兩版

我國南部之紅色粘土層，分佈至為廣闊，湘贛皖鄂粵桂川滇黔幾無處無之，因其為未凝結之疏鬆性物質，可稱地層，亦可稱土壤。地質學家以其未經凝結，又乏化石可尋，多視若新風化之土壤，鮮作岩性之分別；土壤學家以其無剖面發育徵象，不曰土壤而稱成土物質，遂致此一重要地層及土壤，成為人所漠視而鮮聞系統之研討。筆者近在江西工作得機觀察更新統粘土之變化并曾略作化驗及涉獵有關書文，謹將一得之愚，臚列陳報，以求正於有道。

一、更新統粘土之性質

更新統粘土，多屬紅色，但亦有棕色黃色以至於灰白色者，土質粘細，乾時堅結，濕時黏韌，土層至為深厚，可自數公尺至數十公尺不等。地質學家以其色常呈紅而稱為第四紀紅土層，實則各地環境殊異，地形複雜，母岩不同，皆足致其性能發生變異，實未可一概而論也。黔桂兩省之更新統粘土，多屬石灰岩之風化物，質地較為粘細，火成岩區域之更新統粘土則常雜石英粒子，質地亦較輕鬆。湘贛一帶之紅色粘土，心土中多

具棕黃色或灰白色綹紋（地質學家稱為蟲狀 Vermiculation），黔桂則不多見而常於心土中得見硬磐鉄礫膠結鹽鐵子等物。地形低窪之處，可成黃色粘土，排水惡劣終年積水者，可生成灰白色土壤，土壤學家稱為潛漬土（Gley）。

更新統粘土多分佈於河旁階地，但山坡脚及山間盆地亦常有之。湘贛一帶之更新統粘土多覆蓋於第三紀或白堊紀之紫色岩層上（即紅色岩層註一註二），黔桂則多見於石灰岩之山間盆地中，分佈地勢高低不等，地形邱陵起伏侵蝕甚劇。

江西之更新統粘土，種類甚多，變化至繁，顏色可由暗紅至紅、棕紅、黃棕、黃以至於灰白，心土中或有硬磐或有鐵礫成有綹紋層，綹紋層之顏色及深淺，亦無一定。說者謂其來源不同，或將其母體分為二種或三種，筆者則認為同出一源，為確實起見，曾在野外及室內詳究此各種粘土之關係及其生成。關於棕色黃色及灰色諸種粘土，係由紅色粘土轉變而來，似無疑義，秦和吉安間之紅色粘土，常因微域地形之變異，致紅、棕、黃及灰白諸色之粘土，毗連而生，吾人并曾在秦和舉行紅色粘土浸水試驗（註三），紅色土壤確有徐徐變黃之趨勢。惟暗紅色與淡紅色諸種土壤，皆同在贛縣礫石層之上，其生成時期何先何後，則有研討之必要。

暗紅色粘土以千金坑系為主，性較堅固可見之分佈區域甚小，僅於較高平台或山坡侵蝕處見之，土壤中白色綹紋頗多，常露出地表。紅色粘土上杭陽系為主，白色綹紋亦頗多，土間蓋有疏鬆性土壤，但不甚厚。淡紅色粘土以小塘洲系為主，色多棕紅，性稍疏鬆，顏色均無白條，綹紋層深居底部約一公尺左右，分佈區域甚廣。筆者在秦和曾見此暗紅色粘土

，高居淡紅色粘土之上一台地，似因舊日沉積經沖蝕後之遺物（第一圖），厥後又在泰和上桃陽附近見此棕紅色土壤直接覆於暗紅色土壤之上，坡脚則因侵蝕而致暗紅色土壤露頭（第二圖），由此可證暗紅色土壤確較淡紅色者為古，淡紅色土壤之生成，當屬另一時期，其生成之前，必有一大侵蝕期將暗紅色土壤沖蝕，另行沉積，再經後一時期之成土作用，致成今日之淡紅色狀態。此種物質或屬暗紅色土壤的變或再參雜當時之岩石新風化物皆屬可能，吾人為明其關係，更作化學研究如後。

土壤間之變化雖甚複雜，但簡言之，亦不過等電風化 (Isoelectric Weathering) 及還氣風化 (Redoxic Weathering) 而已（註四、註五）。暗紅色粘土乃等電風化中鹼性水解之產物。等電風化者何？乃風化物之性質係按其媒液之 PH 而演變，其最後結果在得一最穩固最不活潑之物體，即所謂老化。鹼性水解乃淋媒之 PH 高於土壤之等電點，而在土壤膠體為適應環境，亦逐漸增高其等電點，其進行步驟有二：一為陰離子之解離 (Anionic Solvation)，二為酸性膠體之溶提 (Eluviation of acidoid)，此等作用又稱為紅化作用 (Laterization)。按其膠粒部之化學成分（註六）其逐步變化可示為

$3\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ (微晶高嶺酸 Montmorillonitic acid)

$3\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ (葉臘酸 Pyrophyllitic acid)

$3\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ (多水高嶺酸 Halloysitic acid)

$3\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ (鋁英酸 Allophanic acid)

$3\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (氫氧化鋁 Aluminium hydroxide)

筆者曾取我國南部各地之紅色粘土，分析其膠粒成分（註

四、五、六、)，舉凡江西之梅林湖南之喻家沖，四川之雅安，皆有標本。據分析結果，各地粘土之膠粒部化學組成，皆未能盡相類同及示一定之規律，此或因母岩殊異及環境變遷所致，但其矽鋁鉄率均一、五至二、〇之間，謂之爲紅化產物，固無疑義。

最近在江西曾選取幾種土壤，分析其活性膠體之礦質成份及游離鐵質，（假設弱酸及弱鹼溶出物爲活性膠體之礦質成份，硫化氫提出之鐵質爲游離鐵質）得知三個事實：（一）更新統粘土，不論其顏色如何，鹼性水解作用（紅化作用）皆較現代氣候下之新風化物爲深，如第一表所示，第七第八兩號標本屬更新統粘土，其活性膠體之矽鋁鉄率在〇、一以下而岩石新風化物之活性膠體之矽鋁鉄率則較高，石灰性土壤約〇、四左右，酸性土壤約〇、二九至〇、一四之間，由此證此更新統粘土決非現代產物，其生成時之氣候當較現代更爲濕熱。（二）土壤

第一表 江西幾種重要土壤之化學性質 *

號碼	土色	母 岩	土 系	活性膠體之礦質成分*				游離鐵†
				SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ /R ₂ O ₃	
1	灰	二疊紀頁狀灰岩	石 烏	1.50	4.45	2.40	0.42	0.64
2	紫	白堊紀石灰性頁岩	桑光山	2.38	7.86	2.99	0.41	0.29
3	紫紅	第三紀紫紅色砂層	天馬山	1.31	5.49	8.49	0.29	1.85
4	棕	新沖積層	贛 江	0.97	4.63	2.70	0.26	1.15
5	紅棕	泥盆紀砂岩	廖仙嶺	0.71	3.99	2.59	0.21	1.27
6	棕	泥盆紀砂岩	石陵子	0.58	4.79	3.39	0.14	1.44
7	暗紅	更新統粘土	千金坑	0.33	2.78	4.85	0.10	2.32
8	棕紅	更新統粘土	小塘洲	0.20	3.24	2.99	0.07	1.66

陶端按分析， 由 NHCl 及 N NaOH 浸出，†H₂S提出。

顏色與紅色作用無關，即紅色土壤之紅化程度不必一定比棕色者為高，例如第一表色中之第五號標本呈棕紅色第六號標本呈棕色，第七號標本呈暗紅色，第八號標本呈棕紅色但其活性膠體中之矽鋁鐵率，第五號反較第六號為高，第七號反比第八號為高。或有謂土壤顏色呈紅係游離鐵之所致，但經此次分析結果（第一表），游離鐵之含量實與土色無密切之關係。（三）按活性膠體之礦質成分，淡紅色更新統粘土（第一代之第八號標本）之矽鋁鐵率，尤低於暗紅色之更新統粘土（第一表中之第號標本），

第二表 江西土壤酸性膠體及鹼性膠體之活動度 *

風化物	土色	土系	母質	酸性膠體之強度 *	鹼性膠體之強度 *
更新統之風化物	暗紅	千金坑	更新統粘土	13.81	0.76
	紅	上桃陽	同上	13.21	1.05
	棕紅	小塘州	同上	12.61	1.81
	黃	背山面	同上	12.41	1.38
	灰白	冬子溪	同上	11.32	1.62
現代之風化物	棕	玉翠山	砂岩	15.90	2.58
	棕紅	袁山	石灰岩	19.09	3.34
	紅棕	廖仙嶺	砂岩	15.40	2.20
	紅棕	岱山	花崗岩	16.85	2.20
	灰棕	六角峯	千枚岩	22.69	8.12

*張修植測定

×每百公分局土壤中克之公絲當量

豈前者之紅化作用反較後者為甚歟。但由活性膠體之礦質成分觀之，矽鐵皆有減低之情勢，或為水化及還氧作用繼續進行之所致。吾人為解答此項問題起見，更將更新統粘土所演變之各種標本，分別測定其酸性膠體及鹼性膠體之活動度，據試驗結

果(第二表)得知現時風化土壤中酸性膠體及鹼性膠體之活動度，皆較更新統粘土為大，並且暗紅色之土壤如經水化而逐漸變黃，如排水惡劣長期積水可變灰白，同時活性的酸性膠體，因水化而逐漸降低，鹼性膠體之活動度反逐漸增高，此項結果可示暗紅色土壤中近於等電性的兩性膠體因水化將土色轉變為淡紅或黃之後，可由穩固(或稱老或稱死)變成活潑，是所謂反老還童。淡紅色土壤似為暗紅色土壤經還氧作用之產物或再難以當時之岩石新風化物，而是時之氣候當不如暗紅色土壤生成時之濕熱，其等電風化之劇烈，前者當亦不逮後者遠甚。筆者更欲明悉此兩種物質之等電性質，再作鹼液分散試驗，法將一立方公分(C.C.)之土壤，浸於二十立方公分之各種濃度之鹼液中，振搖後視其分散狀況，如第三表，棕紅，黃及灰白之更新統粘土無論在何濃度之鹼液內，皆混濁不清，但暗紅色生成，屆時

第三表 更新統粘土在鹼液中之分散狀況

土 色	土 系	水	氫氧化鈉之濃度*			
			0.02	0.04	0.10	1.00
暗 紅	千金坑	澄 清	澄 清	混 濁	混 濁	混 濁
紅	上槐陽	“ ”	“ ”	“ ”	“ ”	“ ”
棕 紅	小塘州	“ ”	混 濁	混 濁	混 濁	混 濁
黃	青山面	“ ”	“ ”	“ ”	“ ”	“ ”
灰 白	冬水溪	“ ”	“ ”	“ ”	“ ”	“ ”

*20C.C.中氫氧化鈉之公絲當量

之土壤僅在○、一公絲當量氫氧化鈉液中呈分散態，一、○○及○、○四公絲當量之鹼液，皆澄清不混，可證此色紅暗土壤較近於等電狀態，紅化作用亦相當強盛，其生成時之氣候當較濕熱而非淡紅色土壤生成之時可比，此兩種土壤，究在何時

屆時之氣候如何，殊亦有趣之問題，留待於後。

二、更新統粘土之生成及第四紀間冰期之氣候

關於更新統粘土之生成，卜李(註一)根據廣西八步探得之劍齒象牙，定為上上新統或下更新統。李四光(註七)謂為第四紀冰期中之泥礫。李春昱(註九)認為四川之雅安層為冰川礫石再經洪沈沉積而成，較北方之三門期為新，而屬於洪積統(即更新統)。更有人認為更新統粘土為現代氣候下之產物。

筆者贊同二李之說，認為此等紅化粘土之生成，乃屬更新統某一間冰期之產物，決非現代之氣候性土壤，請述其理由焉。現以江西土壤之分佈情形為例，遂川以南砂頁岩及酸性岩所發育之土壤，多以紅壤為主，遂川以北砂頁岩則多風化為棕色土壤(註二，註十)，但更新統粘土無論南嶺北皆有分佈，并均呈紅壤狀態，不分地勢高低，不論地形起伏，不問土色之或棕或黃，不論土質之鬆緊粘韌皆具有較高紅化之徵，如第一表及第二表所示，其紅化程度之深，決非現時氣候下任何岩石之新風化物所可伯比，由此可知更新統粘土決非現時之風化產物，而過去不久必有一較濕熱之氣候，致有此紅化物之生成，欲求此一時期，不得不追尋更新統之氣候，欲論更新統氣候，又不得不談第四紀冰川。

我國第四紀冰川近數年來頗多研究。李四光(註十一)謂中國南部可有三個冰期，即邵陽，大姑及廬山，此三冰期間皆隔

1. 泥河灣口楊氏等之上上新統，Paterson 稱為下更新統；周口店楊氏等之下更新統 Paterson 稱為中更新統。

以間冰期，各間冰期之氣候不同，沉積物所受之紅化作用，程度亦各不相等。李四光(註七)謂此紅色粘土爲冰川泥礫，并分深紅色及鮮紅色兩種，深紅色泥礫之泥土，含氧化矽百分之六十五，氧化鋁約百分之十三，氧化鐵約百分十二；色淡者含氧化矽可百分之八十八，氧化鋁約百分之七、五，氧化鐵約百分之四、七。李氏并稱此深紅色泥礫較古於鮮紅色泥礫，深紅色泥礫發生之後，必有相當時期，堆積深紅色之泥土，同時又必經溫熱之氣候促成紅化作用，此項氣候變熱之時期，必在鮮紅色泥礫發生之前。李氏亦曾謂此二類紅色粘土之地形稍有不同，深紅色之泥礫僅見於低窪之處或低山之旁，其所占面積亦不甚大，鮮紅色者則形成崗阜，高者達五十餘公尺，揆言之即礫積之阜，尙能部分保存，與筆者所見，頗相類似，是則暗紅色之泥礫較古，紅色及淡紅色者較新，固無可疑。由此三類紅土之生成，更可推斷前後共有三次冰流發生，其間有較長時期爲之隔絕，而此時期之氣候較現今尤暖。此時究屬何期，按李四光所述(註七)，鄱陽大姑間之間冰期，時期較長而較熱，或卽爲此暗紅色冰土之生成期，紅色冰土之生成，或在大姑廬山間之間冰期。淡紅色粘土或爲廬山冰期後，泥礫中之泥質經風力吹送而成(註八)。

馬廷英(註十一)謂亞洲第四紀中葉，有較大理冰川規模更爲宏大的冰川，其間冰期或屬周口店時期，是時氣候應屬亞熱帶或溫帶，吾人證以周口店時期所發育之紅色土壤及熱帶動物化石之發現，此一間冰期，氣候應屬溫熱狀態或可無誤。

李春昱(註九)根據萬縣鹽井溪層及叙永高木頂層所含之化石應屬上新統之後期，認爲較新之雅安層不應亦生成於上新統

，應較北方三門期爲新而屬於更新統。如三門期與望井溪相當，則雅安期相當於周口店期或馬蘭期。李氏雖未述及生成雅安層時期之氣候，但由分佈地位之寬闊及地勢高低之不等，與夫礫石中，常多黏土或粘土中雜以礫石證明此更新統粘土物質，非地盤上升之河流沉積物而屬冰水冲積層。

Paterson (註十三)於一九四〇年對於世界更新統之地層作一系統比較，並於更新統自然環境之變遷略加解釋，按其附表所示三門期屬 Günz 與 Mindel 之間冰期，周口店屬 Mindel 與 Riss 之間冰期，馬蘭屬 Riss 與 Würm 之間冰期，三門與周口店時期溫度既高，爲期亦長，馬蘭期之溫度較低，時期亦較短，此說與李四光論第四紀間冰期之氣候正相吻合，准此而論，鄧陽或等於 Günz (第一冰期)，大姑或等於 Mindel (第二冰期)，廬山或等於 Riss (第三冰期)。暗紅色粘土生成於更新統初葉第一間冰期(三門)，紅色土壤生成於更新統之中葉即第二間冰期，(周口店)，淺紅色土壤生成於更新統之末爲馬蘭期之風成物。此三類紅壤之生成雖不無雜與當時之岩石新風化物，但大部皆屬冰積物，屢經冰流之移積及風運，各按間冰期之氣候，誘致不同之成土作用而造成各種性態之紅壤，厥後更經洪流搬運作用，造成現時之堆積狀態。

三、更新統粘土之相關問題及將來研

究之途徑

華北周口店時期之紅色土，頗似紅化產物，但其理化性質均與華南之紅色壤土不同，(研究結果，俟後當另文發表)，豈

其生成之始，蓋經鈣之作用，致其紅色化作用於其間，
 粘土之氧化為紅色之，土中已具石灰質之成分，經
 經常地於粘土礦物 (Clay mineral) 之分析。後經粘土之黃
 土之生成，或同一時期，或同種之說，則未可為信，蓋以土
 中之石灰結核及土之化學成分，而能與黃土同口
 一類，且其 Basis 成分之約，自能得此結論。河谷間之土壤，
 亦未始不可作局部之分析。此項問題之研究，似亦可藉重粘土
 之分析，蓋不同氣候下岩石風化物之粘土礦物略有不同，
 但在化學成分中則無分別也。土壤風化物(指化學風化)，大
 都屬於細小之顆粒，亦可稱之為粘粒，在美國局部土壤局，稱
 粘粒之一部為膠粒，其內部組成計三分之(一)原生的砂礫石，
 (二)粘土礦物，(三)Alisic。粘土礦物屬微晶體(註十四)，各
 有晶體結構，可用 X 光譜鑑定，粘土礦物又分為微晶高嶺土
 (Montmorillonite) 高嶺土 (Kaolinite) 及雲母土 (Illite) 三
 類。微晶高嶺土類之晶形構造係由一 Gibbsite 式鋁族晶面
 和兩個矽族晶面所合成，雲母土之晶形與微晶高嶺土中類同
 惟鋁族晶面中，鋁可以鐵相換，矽族晶面中之矽可以鋁為鋁，
 由是可見雲母土類為再生物，宜其多見於風化之土壤中，高嶺
 土類之晶形為一 Gibbsite 式鋁族晶面和一個晶族晶面相合成鋁
 族晶面中之鋁不為鐵所換，但矽族晶面中矽可為鋁所換，故
 粘土礦物中矽鋁率常不一致。熱帶土壤中以高嶺土類及 Alisic
 為主，溫帶則多以高嶺土及雲母土類為主，漠境土以微晶高嶺
 土類為主。周口店紅土及成都粘土，其生成之程序及時期，既
 不能由化學組成成分以推論，似可由粘土礦物之分析着手或可略
 窺端倪。

下蜀層是否黃土所成，固為一有趣之問題，楊鍾健（註十五）認為無一可相當於真正之黃土，僅信其為同類之物。吾人由其土壤性質亦難信其為黃土物質，蓋就湖北所採紅色土層（相當於下蜀層）研究之結果，亦有顯著之紅化作用，如其生成時期在第二間冰期，則黃土之生成較彼為後，如以此紅壤之下蜀層為黃土所變，則在馬蘭黃土期後，必更有一濕熱氣候以資紅化作用之發生，此則無法證實，故下蜀層為黃土所變一節，實甚可疑，謂之為廬山冰期後之局部風成物尚可，謂之為華北黃土吹積物則大有問題。

更新統地層界於土壤與地質之間，研究之，似口實方並進，共同努力。譬如筆者此次所見之紅壤，如暗紅色紅壤及淡紅色諸種，李四光及楊鍾健等皆有同樣敘述，僅是否同一物，則不可知，並且新生代地層中很難找到化石，時代之確定及各地地層之比較，皆甚困難，如由土壤精細研究推測生成時之氣候及母岩之性質，或有助於新生代地層之研究。因此個人對於更新統粘土之研究途徑，有兩個建議：（一）地質學家與土壤學家密切合作，（二）進行土壤膠體之精細研究及分析粘土礦物。

參 攷 書 文

1. Young, C. C., Bien, M. N. and Lee, Y. Y. 1938 "Red beds" of Hunan, Bull. Geol. Soc. China, Vol. ⅩⅧ. Nos. 3-4.
2. 熊毅傳徵第 三十二年 贛西之土壤 江西地質調查所土壤專刊第五號（印刷中）
3. 傅徵第 三十一年 江西紅壤改良試驗：（三）紅壤種

植水稻後形態變化之初步觀察 江西地質調查所土壤專刊第三號。

4. Hseung Yi and Chen Chih, 1942 Mineral composition of soil colloids and its bearing on the genesis and classification of soils. science Record Vol. 1. Nos. 1-2.
5. Hseung Yi and Chen Chih, 1942 Composition of lithocols and soil ge-esis (Mss.)
6. Hseung Yi and Shen, T. C. 1938 The composition of the colloids of the great groups of China. Nat. Geol. Surv. of China. special soil publ. series B. No. 4.
7. 李四光 三十一年 中國冰期之探討 中央研究院學術匯刊 一卷一期
8. 李四光 三十二年 冰期之廬山 中央研究院地質研究所專刊乙種第二號
9. 李春昱 雅安期與江北期礫石層之生成及其所含砂金 (未發表)
10. 熊毅 朱顯謨 贛西南之土。(尚未刊印)
11. Lee, J. S. 1939 The geology of China. Thomas murby co. London.
12. 馬廷英 三十年 論亞洲第四紀中葉氣候變遷與冰川的原因 地質論評第六卷第三期四期。
13. Paterson, T. T. 1940 Geology and early man: Nature 146.
14. Trask, P. D. 1939 Recent marine sediment, Thomas, murby Co. London.
15. 楊鍾健 三十年 說黃土 圖書月刊第二卷第五期。