臺灣黑色土之研究 I

東臺灣黑色土之理化性狀

朱 惠 民

一、引 言

熱帶與亞熱帶之黑色土，由於地域不同，名稱各異，如印度之黑棉土 (Black cotton soil) 亦稱 Regur, 摩洛哥之 Tirs，爪哇之 Margalite，澳洲與南美洲之 Black earth 等等均是[1,2,3,4]*，其名稱雖異，實皆爲具特殊剖面之黑色土。此種黑色土在熱帶與亞熱帶之分佈面積，據估計在一百兆噸以上[5]。其剖面性態與理化性質經詳細調查研究者雖屬不少，然由於區域廣濶，環境變異甚大，故對其成土方式與分類地位之意見仍甚分歧，Robinson 氏認爲此種黑色土可以熱帶與亞熱帶之 Chernozems 視之[4]，Joffe 氏則認爲此種黑色土係昔日潛水所儲聚之有機質，後經氧化分解而成[7]。因之 Thorp 在其1949年之土壤分類中，未曾將此種黑色土納入其大土類之系統內，迨至1950年乃建議以 Grumusols 大土類包括此種黑色土之大部分，而將原屬於黑色石灰土之 Houston Black clay 作爲此大土類之典型[2]。其分類標準似偏重於土壤形態，而非成土方式。1960 年美國在其土壤新分類草案中，乃將此 Grumusols 與黑棉土Tirs 等歸納在 Vertisols 土綱 Aquerts 亞綱之下。

本省海岸山脈一帶亦有類似亞熱帶黑色土之分佈，其面積雖不大，且多成小片狀間存於其他土類中，惟其顏色特黑，故甚引人注目，據席連之氏謂此種黑色土頗似印度之黑棉土與摩洛哥之 Tirs[23]。梁鉅榮氏將其歸類爲火山灰土 (Volcanic ash soils) [24]。永田武雄氏謂之褐色岩石森林土[36]。惟其理化性狀，尙無詳細研究，作者過去曾從事於東臺灣土壤調查，與邊際土地調查，特選擇此類代表剖面四個進行部分理化分析，而參證土壤剖面形態與成土環境，對此種黑色土壤之生成略予申述，冀供從事土壤分類者之參考，尙祈賢達有以正焉。

本研究承國家長期發展科學委員會補助研究費，研究過程中蒙本所徐所長水泉農化系梁主任鉅榮督導指正，土壤研究室諸同仁鼎力協助，文成復蒙臺灣大學陳振鐸教授發冗斧正，特誌於此，以表謝忱。

二、成土環境與土壤分佈

東臺灣黑色土主分佈於海岸山脈一帶之低丘陵地，此一帶氣候狀況，若以玉里鎭爲代表，氣溫夏季約 27°C，冬季約 17°C，年平均 22°C 左右，雨量年平均在1,780公厘至 2,000 公厘之間，自十月至翌年三月爲寡雨季節。四月至九月爲豐雨季，而颱風季雨量達全年之60～70%[25][46][27]，是卽本區春冬略顯乾旱而凉爽，夏秋則酷熱而多雨，在此氣候環境下，土壤水份於夏秋上下移動均盛，而春冬則向上移動較顯，依朗格 (Long) 之氣候因子分類，應屬於棕壤類，惟事實此一帶多屬相當程度灰化之紅壤或黃壤類。

生成東臺灣黑色土之母質多屬集塊岩類，而以凝灰質集塊岩與安山質集塊岩爲主。凝灰質集塊岩係輝石安山岩、角閃石安山岩、綠色凝灰岩、黑色頁岩及石灰岩等碎塊經火山灰及火山碎屑凝結而成；安山質集塊岩主爲安山岩、礫質砂岩與鈣晶石灰岩等岩塊由火山灰凝結而成[28][29]。此種集塊岩因結合之岩石種類複雜，軟硬不一，對風化作用之感應亦異。若岩石鬆軟者多，風化較速，生成土壤亦較深厚；若岩石多堅硬者，則生成之土層較淺薄，且常有岩石碎塊殘留於地表及土壤剖面

*括弧內數字係參考文獻號碼

中。

然而東臺灣之此類集塊岩併不完全發育爲黑色土，而絕大部份分佈於海拔四百公尺以上之丘陵地者多屬石質土或棕壤類，黑色土僅發現於三百公尺以下之低丘陵地，其地形多屬較緩慢之波狀起伏，而緊接於高丘陵之極陡峻坡下，然在此同一地形與氣候環境中，此類集塊岩亦併不完全發育爲黑色土，如花蓮縣之富里與東里一帶，時可見到紅棕壤類亦發育於安山質集塊岩上，此二種性質完全不同之土壤竟共存於同一母質之上，其原因尚未能完全明瞭，可能由於土壤發育時期不同之影響也，據云印度與非洲之黑棉土亦常與紅棕壤發育於同一母質之上，Basu 認爲係由於所在地位之不同而影響土壤得水之機會也[18]。

由於地形與母質之限制，黑色土在海岸山脈之分佈多成小片狀，其中面積較大者，僅花蓮縣之月眉（壽豐對面），米棧、山崎（鳳林對面）、觀音山、羅織（玉里東北）及臺東縣之長濱、樟源一帶，其餘鹽水港、新社、豐濱、富里、中野、泰源、富岡一帶亦有小面積之分佈[34][35]。

三、土壤剖面形態分述

東臺灣黑色土之最引人注目者爲其剖面常具深厚之暗灰棕至黑色層，此層深度有者數十公分，有者達一公尺以上，多直接發育於灰白或灰棕色之半風化母質上。然覆蓋於暗棕、黃棕或橄欖灰色之底土上者時亦有之。土壤質地表土自砂粘壤土至壤粘土，底土則多屬粘壤土或壤粘土。具良好之中至細鈍角塊狀構造，碎之則成小團粒；經翻犁後多呈團粒構造。水田利用者，表土濕時粘稠，乾時龜裂成大塊，但易被擊碎成小鈍角塊狀，底土則成大塊或構造不明顯。結構濕時粘而帶塑性，乾時則堅硬難破碎。未受人工攪動之原生土壤氣水可在團塊之間隙中迅速移動，經耕犁操作後底土多粘結，透性不良。反應表土自中酸至中性，底土則多屬中性。有機質中等或稍高。茲將經精選之四個代表剖面性態分述如下：

1 剖面Ⅰ：

A 概況：安山岩質集塊岩母質，由於被凝集之岩塊種類複雜，風化速度不均，故剖面中或地表常具岩石碎塊，分佈於海岸山脈兩側之低丘陵地或斜坡地，面積頗廣，大部分均已開墾爲旱地利用。採集地點在臺東縣鸞山村中野山腰延伸地，爲經開墾數年之土地，現種甘藷、小米等作物。

B 剖面性態：

Alp 0～11公分：砂質粘壤土，暗灰棕（10 YR 4½ 乾）至極暗棕色（10 YR 2½ 濕），中鈍角塊狀混以團粒構造，結構乾時硬，濕時具塑性，透性中等，有機質5.82%，pH 6.4。

A_{12} 11～35公分：砂質粘壤土，灰棕（10 YR 5½ 乾）至極暗棕色（10 YR 3½ 濕），中鈍角塊狀構造，結構乾時硬，濕時具塑性，透性中，常有小點灰白色半風化母質散佈其中，有機質3.08%，pH 6.5。

A_{12} C 35～52公分：砂質粘壤土，淺棕灰（2.5 YR 6½ 乾），至暗灰棕色(10 YR 4½ 濕)，含頗多灰白或灰棕色之半風化母質，餘同上層，有機質1.37%，pH 6.6。

C Dr 52公分以下：半風化與未風化之母質。

2 剖面Ⅱ：

A 概況：凝灰岩母質，風化較易，質地較粘，面積較小，主分佈於六階鼻（鳳林對面）之丘陵地與鹽水港北端之傾斜地，採集地點在花蓮縣鳳林鎮對面六階鼻之小山丘上，坡度約二十度，生長小灌木及雜草之類，未經開墾。

B 剖面性態：

A_{11} 0～12公分：壤質粘土，極暗灰棕（10 YR 3½ 乾）至極暗棕色（10 YR 2½ 濕），小

至中鈍角塊狀構造，破碎之則成團粒狀，結構乾時硬，濕時粘，透性中，植物根多，有機質4.87%，pH 6.8。

A_{12} 12～40公分：壤質粘土，顏色與上同，中鈍角塊狀構造，壓之較難破碎成小團塊，結構乾時甚硬，濕時粘，通透性中等，植物根多，含小點狀之灰白色半風化母質，有機質2.12%，pH 6.8。

C 40公分以下：半風化灰白色母質，間夾小量暗棕色物，植物根仍可見到。

3 剖面Ⅲ：

A 概況：安山質集塊岩母質，土層甚淺，常有岩石裸露地表，面積頗大，與剖面Ⅰ間雜存在，經常受翻動耕種，或已築成平臺堦段，種植甘蔗、甘藷與豆類，採集地點在壽豐鄉月眉村南側。

B 剖面性態：

Ap 0～24公分：砂質粘壤土，暗灰棕（2.5 Y 4/2 乾）至極暗棕色（2.5 Y 3/2 濕），小至大團粒構造，結構濕時具塑性，乾時微硬，通透性中，植物根少，有機質6.89%，pH 5.9。

C Dr 24公分以下：半風化母質與岩石，其表面披有極少量之暗灰棕色粘粒。

4 剖面Ⅳ：

A 概況：安山質集塊岩母質，分佈於緩斜地，土層深淺不一，自50至100公分以上，面積較大者有月眉、山崎、羅織、長濱與樟源等地，土壤因多年灌水種稻，剖面形態顯與原來之黑色土有別，採集地點在玉里鎮東北羅織與馬太林間之臺地水田，植双季水稻，採集時在晚稻收割後約一個月，田面龜裂頗深。

B 剖面性態：

Ap 0～15公分：粘質壤土，淺棕灰（2.5 Y 6/2 乾）至暗灰棕色（2.5 Y 4/2 濕），具棕色銹紋與銹斑，中至大塊狀構造，結構乾時微硬，潤時脆，中透性，具中量之植物根，有機質3.11%，pH 5.7。

B_{11}？ 15～25公分：壤質粘土，灰棕（2.5 Y 5/2 乾）至極暗灰棕色（2.5 Y 3/2 濕），具棕色銹紋，大塊狀構造，結構乾時硬，濕時實，通透性慢，植物根較少，有機質2.30%，pH 7.5。

B_{12}？ 25～60公分：壤質粘土，灰棕（2.5 Y 5/2 乾）至極暗灰棕（2.5 Y 3/2 濕），無銹紋，但偶有灰黑色條紋，植物根少，大塊狀構造或不明顯，結構乾時甚硬，濕時具塑性，通透性慢，有機質2.25%，pH 7.0。

BC 60～100公分：粘質壤土，灰棕（2.5 Y 5/2 乾）至暗灰棕（2.5 Y 4/2 濕），無銹紋，構造不明顯，含小量點狀之灰白色母質，結構乾時甚硬，濕時具塑性，有機質1.51%，pH 7.3。

以上四個代表剖面除剖面Ⅱ爲凝灰岩母質外，餘均屬安山質集塊岩母質，就不同母質之剖面形態予以比較，安山質集塊岩者含砂量較多，構造較不堅實，表土pH較低，而有機質較高，凝灰岩母質者則反是。若以同屬安山質集塊岩母質之剖面Ⅰ與Ⅲ予以比較，則剖面Ⅲ土層甚淺，構造體較鬆散 pH 較低。惟此二種剖面之土壤經常緊接共存，地勢平坦時，則變化無定，若地形爲波狀起伏時，在波峯者多屬極淺層Ⅰ之剖面，在波谷者則多屬剖面Ⅲ之類。然二者均經常受人工搬移攪動，或築梯堦，或建平臺，自然剖面形態甚少存在。至於剖面Ⅳ則因水田利用結果，表土粘粒減少，pH 與有機質均降低，且具銹紋與銹斑等；底土則粘粒、pH 與有機質均略增高，全剖面之土壤顏色均較淡，原有構造體亦轉變爲大塊狀或不明顯，而顯示淋洗沉積之跡象。

四、理 化 分 析

1 分析項目與方法：

A 物理分析：物理分析計有水分當量、機械組成、眞比重、假比重與分散度等五項。

a. 機械分析：用傾瀉法，土壤經過氧化氫與稀鹽酸處理後，用撓杯傾瀉法[11] 分離砂、坋砂與粘土。

b. 水分當量：遠心分離器測定[12]，以相當於一千倍之重力轉動四十分鐘後，求出土壤所保持之水分百分率。

c. 眞比重：比重瓶法[21]。

d. 假比重：通過二公糎篩之土壤，以銅匣法測定之[21]。

e. 分散度：置通過二公厘篩之土壤於水中經顚倒轉動二十次，用吸管法測定其坋砂加粘粒；計算其與機械組成之坋砂加粘粒百分比。

B 化學分析：化學分析包括 pH，有機質、全氮量、鹽基置換、全量分析、粘土成份分析與母質全量分析等。

a. pH 用玻璃電極法，水與土之比率爲 2.5:1[14]。

b. 有機質用 Walkley-Black 法[14]。

c. 全氮量 Kjeldahl 氏法[14]。

d. 鹽基置換用 Brown 氏法[14]。

e. 土壤與母質全量及粘土成份分析：(a) 矽酸用重量法[14]。(b) 鐵與鋁用 8-hydroxyquinone 與哥洛芳抽出後，用分光光電計比色[15][22]。(c) 鈦用過氧化氫法比色[14]。(e) 錳用過碘酸鉀氧化後比色[14]。(f) 磷用 Jackson 定磷第二法比色[14]。(g) 鈣與鎂用Versenate滴定。鉀與鈉於土壤經氟化氫處理後，用火炎分光光電計測定[14]。

2 分析結果：

A 物理性狀：以上四個土壤代表剖面之物理性狀經分析結果列如表一：

表一 東臺灣黑色土物理性狀（烘乾土）

Table 1. Physical properties of Black colour soils in East Taiwan

剖面代號 Profile No.	層次 Horizon	深度（公分） Depth (cm)	機械組成 (%) Mechanical composition 砂 0-0.02mm Sand	坋砂 0.02-0.002 mm Silty	粘土 <0,002 mm Clay	質地名稱 Texture name	水份當量 (%) Moisture equivalent	假比重 Apparent Specific gravity	眞比量 Specific gravity	分散度 (%) Dispersion ratio
I	1	0-11	53.38	20.39	23.82	砂粘壤土 S.C.L.	29.49	1.18	2.61	21.9
	2	11-38	57.97	19.01	19.97	〃	26.48	1.26	2.67	21.8
	3	38-52	63.42	16.73	19.66	〃		1.20	2.70	18.2
II	1	0-12	44.15	26.63	32.69	壤粘土 L.C.	34.71	1.19	2.72	9.7
	2	12-40	38.93	17.47	41.54	〃	39.06	1.17	2.73	10.6
III	1	0-24	55.79	17.39	21.94	砂粘壤土 S.C.L.	29.54	1.20	2.63	26.8
IV	1	0-15	45.55	27.44	24.70	粘壤土 C.L.	31.64	1.24	2.64	33.7
	2	15-25	44.65	28.51	28.92	壤粘土 L.C.	32.93	1.21	2.64	22.9
	3	25-60	36.77	30.20	30.50	〃	33.67	1.21	2.64	21.7
	4	60-100	51.23	23.37	24.28	粘壤土 C.L.	29.94	1.28	2.70	26.3

從土壤之機械組成觀之，由凝灰岩母質所風化之剖面Ⅱ粘土含量最高，此因凝灰岩主由火山灰凝結而成，母質本身含較高量容易風化之粘粒成分也。同屬安山質集塊岩母質之粘土含量，則以水田利用之剖面Ⅳ爲最高，此可能由於土壤中含充足之水分以促進土壤風化，故在此剖面中之坋砂與粘粒均較其他同母質之二剖面者高。在剖面Ⅰ與Ⅲ常有大於二公厘以上之岩石碎塊存在，而剖面Ⅱ與Ⅳ則甚少見到，故知四個代表剖面之風化程度頗有不同，而以剖面Ⅱ與Ⅳ者爲較高。再就各剖面中之粘土分佈狀況觀之，剖面Ⅰ表土粘粒較之以下各層次爲高，表示此一剖面併無滲積現象；剖面Ⅱ底土粘粒顯較表土爲高，此可能由於母質風化之結果，而非從表土向底土之滲積，蓋土壤剖面並無滲積之跡象；剖面Ⅳ之坋砂與粘粒均自表層向下逐漸增高，而止於第三層，可知此種黑色土雖在長期浸水狀態下，其粘粒向下移動亦甚緩慢，僅止於六十公分左右。

土壤水分當量與土壤本身粘土含量，膠體礦物種類及有機質量等之關係甚爲密切。粘土成分高、有機質豐，膠體礦物多屬蒙特石類者，土壤吸水量必大[4]，東臺灣黑色土多屬粘壤土，有機質含量在中等以上，土壤脹縮力特大，故其吸水能力亦必大。從以上四個代表剖面所測得之水份當量數值觀之，最低爲 26.48%，最高達 39.06%，各剖面中粘土含量高者水份當量亦高。若與其他土類比較，如紅壤之西屯粘壤土僅 19.39%[33]，冲積土之員林坋土（原書謂之坋土）最高亦僅 30.30%[33]，臺北盆地之公舘粘土僅 28%[32]，而本土類之剖面表土可高至 34.71%，底土達 39.06%，故此高水份量當爲本類土壤最明顯之特性。

土壤眞假比重之測定，直接可求得土壤之孔隙度，由此孔隙度之多少，可推知土壤氣水流通狀況。東臺灣黑色土之假比重依表一測定結果在1.1至1.3之間，眞比重在2.6至2.7之間，其孔隙度均在50%以上，可見本類土壤之氣水流通不惡。從各剖面中之假比重觀之，粘土含量愈高者，假比重有愈小之趨勢，但不甚一致，可能受有機質含量不同之影響。各剖面中愈接近母質之土層，其眞比重愈大，此可能亦因土壤中有機質自表土向下逐漸減少也。再將不同母質之土壤眞比重加以比較，凝灰岩母質者較之安山質集塊岩者略大，此或由於凝灰岩母質具較多比重大之礦物，如磁鐵鑛之類。

土壤分散度小者，表示土壤本身之團聚力强，不易受雨水冲擊而分散，反之則表示容易分散流失，亦卽土壤對冲蝕之抵抗力較薄弱，影響土壤分散度之因子甚多，屬土壤本身者爲粘土含量，粘土礦物性質，有機質含量，鹽基飽和度以及鹽基種類等等；外界因子如植物種類，土壤中動物活動情形，人工之耕犂翻動，以及灌溉排水等等。故從土壤分散度之測定，對土壤之理化性質，可獲得有力之啓示。東臺灣黑色土之分散度依表一所示，自9.7至33.7%，差異頗大。其中以剖面Ⅱ之分散度爲最低，此因本剖面之粘土與鹽基含量均高，且屬原生土壤，未曾受人工攪動，構造體呈穩定狀態，故土壤團聚力大。若就剖面Ⅱ本身觀之，底土之粘粒含量較表土爲高，但其分散度反較大，此可能因表土含較多量之有機質與鹽基（見化學分析）之故。然而剖面Ⅰ之表層所含粘粒、有機質與鹽基等均較其以下各層爲多，其分散度則反較底層爲大，考其原因，可能由於表土受人工經常翻動，土壤原有構造體，遭受破壞，且部分鹽基流失，其飽和度乃較次層爲低，分散度遂比應有者爲大，至其底層土壤各成份雖不若表層利於低分散度之形成，但因未受攪動，經長期所形成之原有穩定構造體，仍能保持不散，而使其分散度較表層者爲低。再觀剖面Ⅲ之粘粒與有機質含量均與剖面Ⅰ之表土相差不多，而其分散度則高出將近5%，此乃因剖面Ⅲ係開墾利用較久之土壤，其置換性氫離子較高，飽和度大爲減低，具有團聚力之鈣鎂離子遂行稀少，再因土壤構造體受人工之破壞較頻，其分散度自然增大。土壤經長期浸水者，鈣鎂離子流失更甚，則其分散度尤大，剖面Ⅳ表土分散度之最大，卽是之故。

B　化學性狀：東臺灣黑色土之化學性狀經依上述方法予以分析結果列如表二、表三與表四。

表二　東臺灣黑色土一般化學性質分析表

Table 2. Base exchange, pH, organic matter and nitrogen of four Black color soils in East Taiwan.

剖面代號 Profile No.	層次 Horizon	深度 Depth (cm)	pH	鹽基置換 Base exchange				有機質 Organic matter (%)	有機C Organic Carbon (%)	有機N Organic nitrogen (%)	C/N
				置換性鹽基 Exchangeable base (m.e./100 g)	置換氫 Exchangeable H. (m.e./100 g)	置換能量 Exchange capacity (m.e./100 g)	飽和度 Base saturation (%)				
I	1	0-11	6.4	17.6	3.9	21.6	81.7	5.82	3.38	0.29	11.5
	2	11-38	6.5	15.3	3.2	18.5	82.5	3.08	1.78	0.16	10.9
	3	38-52	6.6	14.1	3.5	17.6	80.0	1.37	0.80	0.08	10.1
II	1	0-12	6.8	20.1	3.8	23.9	84.0	4.87	2.76	0.24	11.5
	2	12-40	6.8	18.0	3.9	21.9	82.2	2.12	1.23	0.15	8.2
III	1	0-24	5.9	18.5	7.4	25.9	71.4	6.89	4.00	0.26	15.1
IV	1	0-15	5.7	10.5	5.7	16.3	64.8	3.11	1.80	0.13	14.4
	2	15-25	7.5	16.8	2.1	18.9	88.9	2.30	1.34	0.10	13.8
	3	25-60	7.0	16.8	2.3	19.1	87.8	2.25	1.30	0.09	14.0
	4	60-100	7.3	14.4	2.3	16.7	86.1	1.51	0.88	0.08	10.5

從表二觀之，土壤反應表土多屬微酸性，底土則較接近中性，各剖面中之 pH 有向下略爲增高之趨勢，惟在剖面 I 與 II 則變異甚少，剖面 III 與 IV 表土均較酸，此係長時間耕犁利用之結果；剖面 IV 之第二層 pH 達 7.5，顯較其下各層爲高，此或因長期灌水種稻，表土之部份鹽基向下滲移，惟因土壤滲透性緩慢，故多積聚於此犁底層，其 pH 因而昇高。

鹽基飽和度除剖面 III 與 IV 之表土外，均在百分之八十以上，可知本類土壤尚未經劇烈之淋洗作用，故其飽和度能保持如是之高。從剖面 IV 各層次之鹽基飽和度變化狀況觀之，可知本類土壤雖經長期浸水灌溉，僅使表層十五公分內之土壤飽和度稍爲降低而已，故本類土壤之淋洗作用進行頗緩慢。各剖面之鹽基置換能量在 16 至 26 m.e/100 g 之間，其變異之趨向與粘土和有機質之變動頗相符合，即粘土與有機質含量高者，鹽基置換能量亦大，低者則反是。置換性氫除經長期耕作之剖面 III 與 IV 表土較高外，餘均甚低。置換性鹽基及其飽和度各剖面均有向上逐漸增高之趨勢，惟水田利用之剖面 IV 則以表土爲最低，而亞表土爲最高，向下復逐漸降低，可知水份曾將表土之鹽基淋洗至亞表土或較低之層次，此與粘土之移動頗類似。

有機質與全氮量均以表土爲高，而向下逐漸減少，在剖面 I 與 II 均幾成級數下降，惟剖面 IV 之表土所含有機質及全氮量較其他表土爲低，而與其下第二與第三層之含量差異較不明顯，可能由於長期利用使表土有機質消耗較大，同時表土部份有機質向下滲濾，而積聚於第二及第三層之故。此一現象與粘土及鹽基之移動頗相似。

表三爲土壤與母岩之全量分析結果，表中代號 Dr 者爲各該剖面之母岩。剖面 IV 因未曾採集母岩，乃從缺。

表三 東臺灣黑色土母岩與土壤全量分析表（烘乾土）（%）

Table 3. Total analyses of Rocks and soils of Black colour soils in East Taiwan

剖面代號 Profile	層次 Horizon	燒失 Loss on ignition	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	CaO	MgO
I	1	9.42	53.23	4.93	15.23	0.51	4.93	3.49
	2	7.18	55.11	5.51	16.94	0.56	5.25	3.42
	3	6.71	54.42	5.35	19.01	0.56	5.54	3.85
	4 Dr	4.02	55.94	4.69	17.14	0.37	7.13	2.30
II	1	12.17	50.14	7.27	15.38	0.68	5.64	3.92
	2	10.94	49.84	8.92	19.67	0.72	3.73	3.08
	3 Dr	4.31	52.29	7.86	17.96	0.95	7.52	3.14
III	1	10.43	55.50	6.18	12.88	0.61	5.72	2.80
	2 Dr	3.27	56.64	6.98	15.49	0.56	7.55	3.36
IV	1	6.06	58.98	4.29	16.66	0.47	5.83	2.51
	2	6.63	55.33	5.67	17.71	0.56	5.35	2.00
	3	6.62	56.27	5.92	18.27	0.77	5.06	0.84
	4	5.32	56.12	5.63	17.80	0.58	5.46	0.45

剖面代號 Profile	層次 Horizon	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	SiO_2/R_2O_3	SiO_2/Al_2O_3
I	1	1.07	2.84	0.10	0.14	4.92	5.93
	2	0.88	2.55	0.10	0.08	4.58	5.52
	3	0.77	2.31	0.09	0.03	4.12	4.86
	4 Dr	1.33	2.86	0.07	0.12	4.72	5.54
II	1	0.33	1.17	0.14	0.05	4.25	5.53
	2	0.27	1.00	0.11	0.00	3.34	4.30
	3 Dr	0.25	3.13	0.17	0.05	4.04	4.94
III	1	0.82	1.83	0.12	0.02	5.60	7.31
	2 Dr	1.06	2.26	0.10	0.08	4.82	6.20
IV	1	0.44	3.26	0.06	0.05	5.16	6.01
	2	0.89	3.39	0.21	0.03	4.40	5.30
	2	0.51	2.94	0.10	0.02	4.33	5.29
	4	0.44	3.11	0.10	0.05	4.41	5.35

從表三所示，母岩中二氧化矽之含量，凝灰岩較安山質集塊岩者爲低，前者所形成之土壤亦含較少量之二氧化矽。土壤中之二氧化矽含量僅略少於母質，而各層次之含量亦甚少變異。惟水田利用之剖面IV，其表土所含之二氧化矽量略有增高，可能因長期灌水滲洗之結果，使含二氧化矽較豐之砂類相對增加所致。

鐵鋁氧化物之含量，凝灰岩較高於安山質集塊岩。土壤各層次平均含量與母質所含者甚爲近似，足見土壤形成過程中鐵鋁氧化物甚少流失。若比較土壤剖面各層次間鐵鋁氧化物之含量，似有向

下略爲增高之趨勢，可能因雨季時曾有部份鐵鋁氧化物隨滲濾水向下移動，唯此類土壤之膨脹力大，當水份稍爲增多時，土壤即行膨脹以阻塞水份之下滲，乃使此二種氧化物在土壤各層次間之差異仍不甚顯著。至於剖面Ⅳ此二種氧化物之滲積似較明顯，其移動情形與粘土，鹽基及有機質頗相似，均僅至第三層而止。母岩中之二氧化鈦含量，凝灰岩顯較安山質集塊岩爲高，而其在土壤剖面中之移動趨勢與鐵鋁氧化物至爲近似。

氧化鈣與氧化鎂之含量二種母岩頗相類似，而鈣量較鎂高出一倍以上，二者之和在10%左右。土壤中之氧化鈣在風化過程中頗有損失，故顯較母岩者爲少。而氧化鎂則土壤與母岩間無甚差異，土壤剖面各層次間鈣與鎂之變動似不甚一致；剖面Ⅰ鈣鎂均自下向上略爲減小，剖面Ⅱ與Ⅳ則自下向上略爲增高，此與置換性鹽基之變動趨向似未完全脗合，可能因土壤中尚具有多量不容易被置換之含鈣鎂礦物所致。惟據過去十四個樣品之分析結果[34]，均示此類土壤含有效性鈣甚豐，足見置換性鹽基中已含頗多之鈣鎂。

二種母岩中鉀之含量均低，鈉則高於鉀達一倍以上，尤其在凝灰岩者則高出十有餘倍，可知此二種母岩含鈉長石較鉀長石爲多。土壤中鈉之含量亦較鉀多出數倍，當係受母質所影響之故。就各剖面中鉀鈉之變動情形觀之，剖面Ⅰ與Ⅱ均自下向上略示增高，與置換性鹽基之移動趨向相似，其原因可能有二：其一爲土壤剖面中水份之移動以自下向上者較盛，但觀氣候情形，此可能性較少；其二爲植物根自下層吸取鉀鈉，而枯枝落葉使剖面上部含鉀鈉增高，此可能性較大。水田利用之剖面Ⅳ，鉀鈉均在第二層積聚較多，但第一層含量亦不少，可知此類土壤雖在灌水狀態下，鉀鈉之移動仍甚緩慢，僅止於第二層。至於土壤中有效性鉀量，據過去十四個樣本分析結果[31]，均在中等以下，母質中含鉀量低有以致之。

母岩中含錳以凝灰岩爲高。土壤剖面中錳之變動與鉀鈉具同一之趨向；而水田利用之剖面Ⅳ第二層錳之積聚甚明顯，此爲水田特性之一。

經分析之三個母岩中含磷自 0.05～0.12%，可見此類岩石之含磷量並不豐富。從土壤剖面中磷之變異觀之，皆有自下向上逐漸增高之趨勢，其趨向原因可能與鉀鈉之變動情形相似。再參閱有效磷之分析結果，在十四個樣品中有六個屬於略高等級，其餘八個亦均在中等之範圍內，是即此類土壤母質中之含磷量雖低，但其有效態磷則均在中等以上，此當與土壤含高量之石灰與有機質有關。

若將表三之二氧化矽與鐵鋁氧化物計算爲分子比，結果可以看到母質與土壤間差異甚微，但土壤各剖面層次間皆自上向下逐漸減低，水田利用者則於第四層又行昇高。由 SiO_2/R_2O_3 與 SiO_2/Al_2O_3 之變動趨向觀之，此類土壤似有灰化作用之趨勢；惟從粘土成份之分析結果與鹽基之分佈情形觀之，則並非如此。故全量分子比之變動可能由於機械淋積，使含鐵鋁較富之粘粒向下移動之結果。而並非純正之灰化作用。

表四爲粘土成份分析結果：二氧化矽之含量在剖面Ⅰ與Ⅲ各層次均甚相似；剖面Ⅱ底土略有積聚；剖面Ⅳ除表層略高外，以下各層變化甚微，惟其含量則顯較其他三剖面爲高。三氧化二鐵之含量：剖面Ⅰ顯較低；剖面Ⅱ、Ⅲ與Ⅳ則頗相似，惟剖面Ⅳ之表層略顯較高而已。三氧化二鋁以剖面Ⅰ之含量爲最高，剖面Ⅱ與Ⅲ較相近，剖面Ⅳ最少；各剖面三氧化二鋁似均有向下移積之現象，惟水田利用之剖面則以第二層之積聚較多。是即各剖面中此三種成份之變異並不甚一致，大體上剖面Ⅰ、Ⅱ與Ⅲ比較近似，剖面Ⅳ則較特殊。

從粘土成份之 SiO_2/R_2O_3 比率觀之，剖面Ⅰ、Ⅱ與Ⅲ均在2.2左右，差異頗少，但剖面Ⅳ則在2.7左右，可見水田利用後二氧化矽有明顯之增高。再就 SiO_2/Al_2O_3 之比率觀之，剖面Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ爲2.4至2.8，剖面Ⅳ則爲3.3至3.6，可知經浸水後粘土中之三氧化二鋁有明顯之減低，又觀 SiO_2/R_2O_3 與 SiO_2/Al_2O_3 在各剖面各層次間之變動情形，剖面Ⅰ與Ⅱ無甚明顯之變異，可見此二剖面

並無淋洗澱積之現象，故其矽、鐵與鋁在各層次間之變動顯係機械溶積之結果。剖面IV之 SiO_2/R_2O_3 與 SiO_2/Al_2O_3 之比率在其第二層爲最低，次爲第三層，表示鐵鋁有從表層移至第二與第三層沉積之現象，若參照置換性鹽基、有機質與粘土之移動情形，顯示此一剖面由於長期灌溉浸水之結果，已略具浸水灰化之現象矣。

表四　東臺灣黑色土粘土成份分析表

Table 4. Chemical Composition of the Clay Fraction of Black Colour Soils in East Taiwan

剖面代號 Profile	層次 Horizon	深度 Depth (cm)	SiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)	SiO_2/R_2O_3	SiO_2/Al_2O_3
I	1	0-11	51.98	9.37	34.56	2.18	2.55
	2	11-38	51.24	9.67	34.71	2.13	2.51
	3	38-52	51.67	7.63	36.00	2.15	2.44
II	1	0-12	51.64	11.15	31.24	2.28	2.81
	2	12-40	53.52	11.25	32.30	2.30	2.81
III	1	0-24	51.42	11.76	32.49	2.18	2.69
IV	1	0-15	56.06	13.96	26.14	2.71	3.64
	2	15-25	54.91	11.23	28.20	2.64	3.31
	3	25-60	54.95	11.14	27.39	2.70	3.41
	4	60-100	54.93	12.41	26.01	2.74	3.58

五、討　　論

1　東臺灣黑色土成土作用之檢討：

從東臺灣黑色土之成土環境與土壤理化性質分析結果以觀，此種黑色土之生成主由於母質中含有多量之鈣鎂與粘粒成份，使其風化成具高量之鈣鎂鹽基與多粘土之土壤，而氣候環境容許土壤保有相當量之鹽基，粘土含量之高亦足以增進土壤對鹽基流失之抗力；地勢必須緩和使土壤得有積聚之機會。在此諸條件下所生成之土壤具有充足之鈣鎂離子可與由有機質羡生之腐植質結合成不溶性之鹽。因腐植質之主要成份爲具「黑色至暗棕色之有金屬光澤腐植素酸」[31]，西蒙氏等謂腐植素酸不但與鈣且亦與鹼性矽酸鹽結合成最穩固而持久之腐植質鹽，此種黑色腐植質鹽與土壤結合，而使其呈現令人注目之黑色。然而有謂此種黑色土之所以呈黑色係因其含多量之具暗色之鐵鈦鑛物與小量有機質之作用而成者，蓋熱帶與亞熱帶有機物分解甚速，故大部份此類黑色土均含甚低量之有機質，如摩洛哥之 Tirs，有機質有低至 0.6%[2]者，爪哇之 margalite 有低至1.5%者，Raychaudhuri 所分析之黑棉土有機炭亦僅 2.45～0.18%，較之同母質之紅棕壤僅多 0.01～0.71%之有機炭，故氏亦懷疑如此小量之有機質竟能使此種黑棉土變成黑色，實難置信。Harrison 等曾就黑棉土之黑色問題作較詳細之研究[1]，結果認爲黑棉土一般含暗色礦物之量並不多，而經分離之坋粒以下之黑色部份用氟化氫處理後，尙存有濃鹽酸或鹼不能退色之黑至灰色，但用熱濃硫酸處理或燒灼之，卽可使全部變成白色，故氏認爲此種黑色物屬於有機質無疑。Joffe 亦認爲熱帶與亞熱帶黑色土之黑色物係屬昔日之有機質經氧化分解後所遺留之 humin 與 bitumen 之有機物。東臺灣黑色土有機質含量表土較高，但底土亦有低至 1.37%者而仍能具暗灰棕顏色，是否完全由於有機質之作

用，作者曾從機械分析，熱濃硫酸處理與燒灼時加以觀察：在機械分析時，土壤用過氧化氫處理三至五次後，底土多成灰黃色，而表土則仍帶暗棕色，經粘土與坋砂分離後，剩餘之砂粒僅極小部份爲暗棕或黑色，絕大部份爲白色，灰白色與棕色。是卽不爲過氧化氫所分解之黑色物多屬粘粒或坋粒狀態存在於土壤中。若將土壤於高溫燒灼之，其顏色均成紅棕色，黑色部份完全消失，可知此種黑色物均屬可燒失者，而用熱濃硫酸處理後，剩餘之殘渣絕大部份爲白色或灰白色，黑色者甚少。此與 Harrison 氏所試驗者相似，故此類黑色土之所以呈黑色，當係屬於某種有機質與粘土結合而不易爲過氧化氫所氧化者。

然黑色土之最重要特徵在其具良好之構造體與高鹽基置換能量，據 Mattson 氏[31]之研究，充足之鈣或鎂離子可使土壤膠體生成富於矽酸之複合物，東臺灣黑色土粘粒成份之 SiO_2/Al_2O_3 在 2.4 至 3.6 之間，其置換能量與置換鹽基較一般紅棕壤或黃棕壤高達一倍以上[24]，土壤乾濕時縮脹力特大等諸特性與具蒙特石類之粘土礦物頗相似，惟此當有待粘土礦物分析予以證實。由於土壤中具高量之鹽基，使從有機質分解所產生之碳酸可與鈣離子結合而成酸性碳酸鈣溶液，鈣粘土在此種溶液中團聚力最大，故使土壤成爲良好之團粒甚至核粒狀之構造，若無其他因子之破壞，其分散度均甚低。

土壤含高量鹽基時化學風化則受阻滯，因土壤溶液中缺乏氫離子以毀壞原生矽酸礦物也[31]，東臺灣黑色土爲具高鹽基之土壤，故其化學風化可能仍淺，H. Jenny 氏曾用土壤之滲濾值 β 以比較土壤之化學風化程度，其求法係以全量分析結果之 $(K_2O+Na_2O)/Al_2O_3$ 爲 ba_1，再以母岩或母質 ba_1 除土壤之 ba_1 而得，茲將東臺灣黑色土之 β 值計算結果列如表五。

表五　東臺灣黑色土之滲濾值 β

Table 5. Leaching value β of Black colour soils in East Taiwan

剖面代號 Profile / 層次 Horizon	I				II			III	
	1	2	3	Dr	1	2	Dr	1	Dr
$\frac{K_2O+Na_2O}{Al_2O_3}=ba_1$	0.40	0.30	0.24	0.36	0.15	0.10	0.30	0.27	0.31
$\frac{\text{Soil } ba_1}{\text{Rock } ba_1}=\beta$	1.10	0.85	0.68	1	0.49	0.32	1	0.87	1

從表五觀之，剖面 II 之 β 值爲最小，亦卽表示在土壤風化過程中，此一剖面之鉀與鈉流失最多，是以其風化程度最深。剖面 I 之第一層 β 值爲1.1，而第三層爲0.68，第二層之數值則界於上下層之間爲0.85，可知鉀與鈉有自底層向表層移積現象，剖面 III 之 β 值與剖面 I 頗相似，此二剖面之鉀與鈉流失均甚少，亦卽其化學風化均甚淺。

又從土壤中各化學成份流失狀況，對土壤之化學風化程度，亦可獲得明確之指示。其計算方法係假定在土壤風化過程中 Al_2O_3 爲不被流失，其餘各成份依此 Al_2O_3 之比率換算爲流失百分率，假定A代表母質(或母岩) 中各化學成份，B 代表土壤中各化學成份，R代表母質之 Al_2O_3 數值，S 代表土壤之 Al_3O_2 之數值，(各化學成份之數值係先將全量分析結果之各化學成份計算成百份之一百)。其計算公式如下[11]。

$$A-(B\times\frac{R}{S})=\text{母岩各化學成份風化爲土壤後總流失量。}$$

$$(1-\frac{BR}{AS})100=\text{土壤各化學成份對母岩各化學成份之流失百分率。}$$

依上列公式將表三之剖面 I、II 與 III 各化學成份之流失量計算如表六。

表六　東臺灣黑色土化學成份流失表

Table 6. Loss of constituents of Black colour soils in East Taiwan.

剖面代號 Profile	層次 Horizon	流失別 Loss	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	TiO_2	CaO
I	1	對母岩之流失量 Loss for entire rock	0	0		0	1.65
		對母岩各成分流失% % of each constituent lost	0	0		0	22.21
	2	對母岩之流失量 Loss for entire rock	0.20	0		0	2.20
		對母岩各成份流失% % of each constituent lost	0.34	0		0	29.60
	3	對母岩之流失量 Loss for entire rock	7.15	0		0	2.22
		對母岩各成份流失% % of each constituent lost	12.26	0		0	29.87
II	1	對母岩之流失量 Loss for entire rock	0	0		0.17	1.07
		對母岩各成份流失% % of each constituent lost	0	0		17.52	13.89
	2	對母岩之流失量 Loss for entire rock	7.73	0		0.31	4.26
		對母岩各成份流失% % of each constituent lost	14.43	0		31.95	55.32
III	1	對母岩之流失量 Loss for entire rock	0	0		0	0.70
		對母岩各成份流失% % of each constituent lost	0	0		0	9.02

剖面代號 Profile	層次 Horizon	流失別 Loss	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	P_2O_5	總流失 Total Loss %
I	1	對母岩之流失量 Loss for entire rock	0	0.13	0	0	0	1.78
		對母岩各成分流失% % of each constituent lost	0	9.35	0	0	0	
	2	對母岩之流失量 Loss for entire rock	0	0.46	0.29	0	0.05	3.00
		對母岩各成份流失% % of each constituent lost	0	33.09	9.77	0	38.16	
	3	對母岩之流失量 Loss for entire rock	0	0.67	0.81	0	0.10	10.95
		對母岩各成份流失% % of each constituent lost	0	48.20	27.18	0	76.92	
II	1	對母岩之流失量 Loss for entire rock	0	0	1.83	0.01	0	3.08
		對母岩各成份流失% % of each constituent lost	0	0	57.00	5.88	0	
	2	對母岩之流失量 Loss for entire rock	0.39	0.02	2.30	0.07	0.05	15.13
		對母岩各成份流失% % of each constituent lost	12.11	7.69	71.65	41.17	100.00	
III	1	對母岩之流失量 Loss for entire rock	0	0.07	0.06	0	0.06	0.89
		對母岩各成份流失% % of each constituent lost	0	6.42	2.59	0	75.00	

表六剖面Ⅱ之底土流失化學成份種類爲最多，流失總量爲最大，達15.13%。次爲剖面Ⅰ之底土，爲10.95%，剖面Ⅲ最少，僅0.89%而已，是卽剖面Ⅱ之化學風化程度最深，次爲剖面Ⅱ，剖面Ⅰ最淺，此與各剖面形態之表現頗相符合。再觀土壤各化學成份對母岩之流失百分率，各剖面均以磷之流失百分率爲最高，次爲鈉、鉀與鈣，其他成分之流失量均甚少，故本類土壤之流失成份除部分鹽基外，其餘成份均流失甚少。而總流失量最高僅15%左右，再參證土壤剖面中常含半風化母質，且皆無發育層次等事實，知本類土壤之風化程度均尙淺，屬未成熟之土壤。

2 熱帶與亞熱帶黑色土壤性質之比較及其分類之檢討：

熱帶與亞熱帶黑色土之一般性態爲，鹽基飽和度高，接近中性至微鹹性，具深層之暗灰棕至黑色剖面，質地粘重，層次不明顯，收縮與膨脹性大，構造良好，有機質常低等特性，惟因母質、地形與氣候等因子之變異，剖面性態與理化性質亦多未能完全一致。如印度之黑棉土[2][4]剖面顏色爲棕至黑色，質地粘壤至粘土，土層深度多在一公尺以上，唯隨位置而不同，位於低地者深可達三公尺以上；酸性至微鹹性反應，有機質低，剖面乏發育層次，但有者底土含粘粒較高，具碳酸鈣結核，乾時裂隙深，濕時膨脹，母質有覆於其他岩石上之擬黃土 (Loesslike)、砂岩、片麻岩與玄武岩等。而非洲 Kenya 黑棉土[4]之質地粗細無定，亦有表土自黑色退化成灰色，而呈酸性並含低量置換性鈣者。黑棉土之化學性質據 Raychaudhuri 氏[18]分析之剖面 SiO_2/Al_2O_3 自 2.38～2.75，SiO_2/R_2O_3 爲 1.75～2.02，有機碳0.18～2.45%，全氮量0.021～0.16%，置換鹽基總量13.3～16.0me/100 g，置換能量 14.0～23.1 me/100 g，飽和度 60～114 %，pH 6.0～7.2。東臺灣黑色土與之比較，其較明顯不同者，爲東臺灣黑色土之土層較淺，無碳酸鈣結核，而有機質、粘土成份之分子比與置換鹽基總量均較 Raychaudhuri 所分析之黑棉土爲高，是卽此二種黑色土相似處雖頗多，但不同點亦不爲少。

爪哇之 Margalite，據 Dames[3] 之敍述爲具灰至黑色之極淺至一公尺以上之土層，壤質至重粘土，濕時具極高塑性與粘性，乾時收縮成濶而深之裂隙，分散困難，鹽基置換能量自 50～100 m. e./100 g，有機質一般1.5～4.0%，林地可高達 10%，pH 6.0～8.1，常自表土向下逐漸增高，含石灰多者色最黑，酸性者灰色且無石灰結核，鐵結核時可見到，母質包含砂岩、石灰質頁岩、凝灰岩、火山碎屑凝灰岩、火山灰、安山質凝灰岩與集塊岩等，年平均溫度 24.0°-26.3°C，雨量 1,000～2,500 公厘，地形爲 250 公尺以下之丘陵地與平原。東臺灣黑色土與 Margalite 之地形、氣候與母質等均有相似之處，剖面性態除石灰與鐵結核在東臺灣黑色土未曾見到外，其餘性態則似無甚不同，惟鹽基置換能量方面 Margalite 高出甚多。

摩洛哥之 Tirs 據 Dal Viller 氏[2] 之分類包含甚廣，其較重要者有灰粘 Tirs、黑色 Tirs、深 Tirs 與結壳 Tirs 等；此類 Tirs 多生成於冲積土或石灰性岩石之母質上，地位低者色較黑，地位較高者則成灰色，多雨時顯浸水狀態，極乾燥時地下水可低至六呎以下，裂隙深可達數呎，粘土有多至75%者，中至弱鹹性，有機質 0.6～2.7%，亦有高至5.5%者，結壳Tirs土層較淺，質地較粗，而具石灰質硬盤。東臺灣黑色土經水田利用者部分性質與 Tirs 相似，但粘土含量則僅30%左右，而土層淺者又無石灰質硬盤，故與結壳 Tirs 有別。

Thorp 等[2]於1950年建議將熱帶與亞熱帶之具深層黑色粘土，成立爲一 Grrumusols (核粒土) 大土類，而以美國原屬於黑色石灰土之 Houston[5] 與 Saba[17] 黑粘土爲此一土類之典型。據 Templin[5][6] 等之敍述，Houston 黑粘土之母質爲石灰質與白堊質之沉積粘土，屬猪滾 (gilgai) 地形，年平均雨量 700～1,000 公厘，平均溫度 64°-69° F，土層深可達六至十呎，爲 AC 層土壤，A層土色爲黑，極暗灰至灰棕色，在凹下地形此層深達3～5呎，土色頗一致，在凸起地形者則暗色隨深度之增加而逐漸減少，構造爲强中圓粒，向下逐漸粗大而減弱，濕時無構造而粘稠，極乾時表層1～2吋爲硬而分散之小團粒 (大約 1 mm.) 敷蓋，以下約至18吋爲 2-10 mm. 之略成

圓形團粒，18吋之下裂隙潤可達 10–25 Cm。40吋以下土色漸轉爲橄欖灰至黃棕色之C層，有者在4呎以下具較灰或較濃之斑紋。粉白色之 $CaCO_3$ 可在3～5呎中見到，全剖面粘土多在50%以上，pH 7.6–8.2，鹽基置換能量 50 m. e./100 g 以上，表土$CaCO_3$爲 5.4～32.8%隨深度而增多，有機質 3.06～8.34%，每加深18吋減少約二分之一，粘土礦物大部分爲蒙特石類。東臺灣黑色土之所處氣候、地形與母質顯與 Houston 黑粘土有別，但其剖面形態則頗多相似之處，惟粘土含量鹽基置換能量與碳酸鈣含量則相差甚多，故距典型之 Grumusols 頗遠。

美國於1960年所提出之土壤新分類草案，將此 Gumusols 與部分之 Regur、Tirs 黑棉土、熱帶黑色粘土等歸類於 Vertsols 土綱中，依該土綱之規定粘土含量須35%以上，鹽基置換能量須在30 m. e./100 g 以上，如此不但東臺灣之黑色土皆未能達到 Vertsols 之標準，而熱帶與亞熱帶之較低鹽基置換能量之黑棉土，具壤質之 Margalite，以及結壳之砂性 Tirs 等均不能納入於此土綱中。若以東臺灣黑色土之粘土含量較少，但已具 Mollic 表層之特性，而將其歸屬於新土壤分類之 Mollisols 土綱，在此土綱中有二亞綱與東臺灣黑色土較接近：其一爲 Rendolls，即從前之黑色石灰土，但此亞綱規定在 Mollic 表層以下須含有40%以上碳酸鈣相當之物質，東臺灣黑色土母質之含碳酸量雖未經測定，但其全量之鈣、鎂、鉀與鈉之總和均僅在10%左右，其碳酸鈣相當物質似不可能達到40%，故不能歸納於此亞綱中。另一可能之亞綱爲 Altolls，惟此亞綱規定年平均溫度須低於 8.5°C，係包括從前之 Chernosems · Marbut 與 Robinson 氏[4] 雖曾建議以熱帶或亞熱帶之 Chernosems 爲此類黑土之依歸，蓋其剖面性狀與 Chernosems 確有甚多相似之處，然因熱帶與亞熱帶黑色土之有機質一般均甚低，而其土壤之生成主係由於母質含多量之鈣鎂鹽基之作用，屬不定域土 (Intrazonal Soil)，而 Chernosems 則爲溫帶之氣候性土壤，屬定域土 (Zonal Soil)，二者成土方式不同，故未爲美國土壤分類學家所採納，因之在新分類草案中特以溫度限制 Altolls 亞綱，其用意恐即爲此也。

從以上土壤分類之檢討，知東臺灣黑色土在美國之新舊土壤分類系統中，均尚無其適當之位置，故其分類方法，當尚有待於土壤分類專家們之研究檢討也。

六、摘　　要

東臺灣黑色土分佈於海岸山脈之低丘陵至緩斜地帶，成小片狀與他類土壤間什存在，母質屬安山質集塊岩與凝灰岩，氣候年平均溫度約 22°C，雨量 1,700～2,000 公厘，本研究冀自土壤理化性與相關因子以探索其成因。

土壤剖面性態爲深或淺層暗灰棕至極暗灰棕之黑色土直接覆蓋於母質之上，質地屬粘壤類，構造良好，多成細至中之鈍角塊狀或團粒狀，結構濕時粘而帶塑性，乾時甚硬，呈深而潤之裂隙，中酸至微鹹性反應，中至緩透性，有機質尚豐。研究剖面有四：其一由凝灰岩母質所形成，未經墾耕，餘爲安山岩質集塊岩所形成，均已被開墾，旱作利用者分尚深與淺二剖面，水田利用者爲深土層。

土壤物理性尚良好，水份當量頗高，此與粘土性質及含量和鹽基飽和度有關；未經利用者分散度甚小，而經人工利用者則增高達三倍以上；假比重在 1.2 左右，眞比重約 2.7，凝灰岩形成之土壤較大，接近母質之土層亦較大；粘土含量在20～40%之間，以凝灰岩形成之土壤爲高。

化學分析結果，置換鹽基總量，置換能量與飽和度均高，置換性氫則甚少，耕作地之表土鹽基飽和度一般均較低，從水田利用之土壤尚能具高鹽基置換能量觀之，知此類土壤雖經長期浸水其粘土礦物仍無甚變異。

土壤有機質表土在3～6%之間，底土則低至 1%，水田利用者有機質含量顯較低。

全量矽在凝灰岩及其土壤均顯較低於安山質集塊岩者，粘粒中之矽與全量矽含量差異甚大，

但在各剖面中均無甚變動，惟水田利用者黏較高。全量鐵與鋁均較粘土成分者低，土壤與母質間無甚差異，但在各剖面中略有向下移積之趨向，水田利用者止於第三層。其餘化學成分僅鹽基與磷略有變異而已。

生成熱帶與亞熱帶之黑色土主由於母質含高量之鈣鎂鹽類與粘土成份，氣候因子不足使土壤中之鈣鎂離子迅速移去，有機質與鈣鎂離子及鹼性矽酸鹽結合成安定隱固之鹽類，因而使土壤呈其特殊之黑色，由於鈣粘土在酸性碳酸鈣溶液中團聚力最大，故使此土壤成爲良好之團粒或核粒構造。

從土壤與母質之 $(K_2O+Na_2O)/Al_2O_3$ 所得之β值，知東臺灣黑色土多屬發育尚幼稚之土壤，從土壤化學成份之流失量計算結果，知道各剖面之總流失量均甚少，而流失成份除磷，鈣、鉀與鈉外，其餘各化學成份之流失百分率均甚微，故本類土壤應爲未成熟之土壤。

在土壤分類方面，Grumusols 僅能包括部分之熱帶與亞熱帶之黑色土，東臺灣黑色土即在美國最新土壤分類草案中亦難獲得其適當之分類位置。

七、參 考 文 獻

(1) W.H. Harrison &.M.R. Ramaswami Sivan 1911-13 A Contribution to the knowledge of the Black Cotton Soils of India. Memoirs of the Dept. Agri. Chem. Series Vol II 261-280.
(2) H. Oakes and J Thorp 1950 Dark-Clay soils of warm regions variously called Rendzina, Black cotton soils, Regur, and Tirs. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Vol. 347-354.
(3) T. W. G. Dames. 1955, The soils of east Central Java. C.G.A.R.S.B. No 141 69-94.
(4) Robinson 1951, Soils their Origin, constitution and classification.
(5) E. H. Templin, I.G.Mowery and G.W. kunge 1956, Houston black clay, the type Grumusol: I, Field morphology and geography,S.S.S.A.P. Vol.20 88-90.
(6) G.W. kunze and E.H. Templin, 1956, Honston Black clay, the type Grumusol: II, Mineralogical & chemical characterization. S.S.S.A.P. Vol. 20 91-96.
(7) J.S. Joffe, 1949, The A B C of Soils. P160-161.
(8) J. Thorp and G.D.Smith, 1949, Higher categories of soil classification, order, suborder and great soil groups, soil Sci 67:117-126.
(9) U.S.D.A. Soil Survey staff, 1960, Soil classification, A comprehensive system. (7th Approximation). p 124-135 168-191
(10) U.S.D.A. 1951, Soil survey manual.
(11) C.S.Piper 1950, soil and plant analysis 75-77 135-136.
(12) C.H. wright, 1939, soil analysis 16-18 30-32.
(13) H.E. Middleton, 1930, Properties of soils which influence soil erosion, washington D.C. U.S.D.A. Tech.bul 178:2-3.
(14) M.L. Jackson, 1958, soil chemical analysis
(15) E.B. Sandell, 1950, Colorimentric determination of traces of metals, Inter. Pub. Inc. New York. 141-162.
(16) F. J. Stevenson, 1959, cabon-Nitrogen relationships in soil. soil Sci Vol. 88 201-208.
(17) L.A. Nelson, G.W. kunze and C.L. Godfirey, 1960, chemical and mineralogical properties of Saba clay, a Grumusol. soil Sci Vol. 89: 122-131.
(18) S.P. Raychaudhuri 1941, studties on the physico-chemical properties of associated Black and Red soil of Nyasaland Protectorate, British Central Africa (with two text-figures). Indian J of Agric. Sci. Vol. 11, Part 1: 100-109.
(19) G.P. Merrill, 1906, Rocks, Rock-weathering and soils. The Machillan comp. New York 188-189.
(20) H. Jenny, 1941, Factors of soil formation Mcgrani-Hill book comp, Inc. P26-27.
(21) 船引眞吾，與青峯重範 1953，土壤實驗法 221～224。
(22) 日本分析化學會編集 1960，有機試藥用爲分離之分析法，14～42。
(23) 席連之，徐玉標，彭忠澤 1955，臺灣海岸山脈中段之土壤，中華農學會報新12期 77～78。
(24) 梁鉅榮，陳振鐸，1957 臺灣之土壤，中華農學會報新第 20 期。
(25) 王益厓 1952，臺灣之氣候區，臺灣銀行季刊5卷3期1～15。

(26) 陳正祥 1948，臺灣農業氣候，臺灣大學農學院研究報告Ⅱ～1。
(25) 大谷光瑞 1935，臺灣島之現在。
(23) 阮維周 1953，臺灣的地質，臺灣經濟年報 15～20。
(29) 臺灣總督府殖產局 1911，臺灣地形地質礦產圖說明書。
(30) 席連之 1961，土壤分類的新發展，農業科學第九卷1～4期。
(31) 王世中譯述 1946，土壤學之新發展，正中書局。
(32) 陳振鐸，朱惠民 1950，焦石膏塊電極測定土壤水份之研究，農試所報告第四號。
(33) 濁水溪北岸灌溉區土壤及需水量調查研究報告，1961 經濟部水資會濁水溪工作處29～灌～128 第27頁。
(34) 朱惠民等，花蓮縣之土壤（未刊印）。
(35) 曾浴沂等，臺東縣之土壤（未刊印）。
(36) 永田武雄 1940，東部臺灣的褐色岩石森林土壤，熱帶農學會誌 Vol Ⅻ No.2

STUDIES ON BLACK COLOUR SOILS IN TAIWAN I

The Physico-Chemical Properties of Black Colour Soil in East Taiwan

by

H. M. CHU

SUMMARY

Black colored soils derived from andesitic or tuffic agglomerates occur in patches in association with other soils on rolling land and gently sloping hillside of coastal mountain ranges of East Taiwan. They have been formed under 22°C of average annual temperature and 1,700–2,000 mm. of annual precipitation.

With the intention of studying the formation and classification of these soils a research on soil chemistry, physics, morphology and forming factors has been carried out.

Soil profiles overlying parent rocks range from 20 to more than 100 cm. in depth and from dark grayish brown to very dark brown in color. They are mostly clay loam in texture, sticky and plastic when wet and hard and highly shrinkable when dry, moderately to slow permeable, moderately acid to slightly alkaline in reaction and high in organic content, and they posses strong fine- to medium-sized pads of structures which are granular or subangular blocky. Soils studied consist of four profiles, one derived from tuffic agglomerate being virgin and three developed from andesitic agglomerate being cultivated.

The desirable physical properties and high moisture equivalent of these soils are related to their clay content, characteristics of clay mineral and base saturation. Degree of dispersion of virgin soils is low but that of cultivated soil is three times higher than that of the former. Soil density is about 2.7 and apparent density around 1.2, the former is higher for soils derived from tuffic agglomerate than for those derived from andesitic agglomerate and is also higher for horizon near parent material than for overlying horizons. Clay content ranges from 20 to 40 per cent and it is richer in soils developed from tuffic material than those from andesitic.

Chemically, total exchangeable base, exchange capacity and base saturation are all high, meanwhile exchangeable hydrogen is low. But base saturation of surface soil of cropped land is reduced. The maintenance of fair base exchange capacity of paddy soil indicates that clay mineral have not been visibly altered by water-logged condition for a long time.

Organic content of surface soil ranges from 3 to 6 per cent of subsoil is reduced to 1 per cent and that of paddy field is somewhat lower than that of other soils.

Total analyses indicate that silica content is higher in andesitic agglomerate than in tuffic agglomerate and soils follow the tendency of their parent materials. Both total and clay fraction analyses show that there is not visible variation of silica content through the profile but it is higher in paddy soil. In total analyses the content of Fe_2O_3 and Al_2O_3 of soils are similar to that of their parent rocks and soils derived from tuffic agglomerate are richer in these elements. Within soil profile data of Fe_2O_3 and Al_2O_3 from total and clay fraction analyses very irregularly but show a faint tendency of increase with depth, whereas for paddy soil these two elements accumulate in third layer.

Results of physical and chemical analyses indicate a tendency of ascending of base and soluble salts and little differentiation of horizons in the profile except some evidence of gleization of paddy soils.

Black colored soils of tropical and subtropical regions are developed from parent material rich in calcium and magnesium salts and sources of clay minerals under a climate not able to remove off these bases before the formation of stable salts by the combination of organic matter and basic silicates which makes these soils black in color, meanwhile, calcium-clay coagulate in calcium bicarbonate solution which promote the formation of stable granules or subangular blocks.

By comparing leaching value β of black colored soils of East Taiwan are young. The per cent loss of soil components reveals that in the process of soil formation only calcium, potassium, sodium and phosphorous have been lost to some extent, while other components do not show evidence of loss. It also explain the immaturity of these soils.

Mophologically, black colored soils of tropical and subtropical regions are similar in most aspects one another but owing to the broad area of distribution and different environments of formation the differences among them are still evident.

Concerning soil classification a part of dark colored soils in Tropics and Subtropics may be classified as Grumusols while most of them can not be put in any group of suggested system of soil classification of U. S. A. in 1960, and Black color soils in East Taiwan can not either too.