

土壤之粒度分析與研究

高中組地球科學第一名

恒毅中學

作者：周一伶·許鈺宗

楊國棟

指導老師：王雁萍

一、研究活動的目的：

大地孕育著萬物，「有土地就有生命」。對於這樣一片浩無邊際的萬物之母——大地，我們總是充滿著感激與神妙的情懷。

大地的生成，係經由無數細微顆粒，歷經漫長的歲月，逐漸沉積而成的。當其沉積的歷程中，由於粒子本身大小、質地的不同，以及環境因素的迥異或驟變，地層中的顆粒排列情形往往因時因地而有所不同。於是，造成了形形色色對生命有著不同貢獻的土地。

本研究活動的目的，係藉著簡單的科學方法，分析土壤中顆粒粒度及排列的狀況，以窺探土地之生成與環境的關係。進而藉此一細微的成果，激起人們對於土地的認識及親切的情感，而能善加珍惜利用。

二、研究活動的設備：

本研究的設備盡力限制在一般中等學校所能配備的範圍之內，以求平易，藉收推廣之效。

本研究的設備項目，可分為野外作業及室內作業兩種。

1 野外作業設備：地圖、羅盤、鏟子、採集袋、奇異墨水筆及筆記本等，以供野外採集標本及記錄之需。

2 室內作業設備：量斗、蒸發皿、吸管、烘箱、天平、氨水（

NH₄OH) 、蒸餾水及方格紙等。此為一般中等學校化學實驗室之基本設備。(如照片1)

附註：本實驗所採標本均為粉沙故採用以上設備，如所採得之標本為灘沙或礫石，則需用篩子、長管或大型量規。



照片1 實驗器材

三、研究活動的理論依據：

粒子的沉積動態對於地層之形成具有重大的影響力。因為粒子在沉積的過程中，由於本身粒徑、質地及水體溫度、粘度、比重等的不同，其沉降的速度將會受到影響而有所改變。大致而言，粒徑愈大，沉降速度愈快；水體溫度愈低、粘度、比重愈大，則沉降速度愈慢。粒子沉降速度之實驗公式為：

$$V = \frac{2}{9} g \cdot \frac{\sigma - \sigma_0}{\eta} \gamma^2$$

其中 V = 沉降速度 g = 重力 η = 溶液粘度
 σ = 粒子比重 σ_0 = 溶液比重 γ = 粒子半徑

1955年Krumbein 據此推算，作成粒子沉降速度與溫度、粒徑

關係表。如下表 1 所示：

表 1 粒子沉降速度與溫度、粒徑關係表

溫度 時間 ϕ	0°C	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
4	51"	43"	37"	33"	29"	25"	23"
5	3' 24"	2' 53"	2' 29"	2' 10"	1' 55"	1' 42"	1' 31"
6	13' 36"	11' 34"	9' 58"	8' 41"	7' 39"	6' 47"	6' 05"
7	54' 30"	46' 16"	39' 51"	34' 43"	30' 35"	27' 9"	24' 19"
8	3 : 38'	3 : 5'	2 : 39'	2 : 19'	2 : 2'	1 : 49'	1 : 37'
9	14 : 32'	13 : 20'	10 : 38'	9 : 15'	8 : 9'	7 : 14'	6 : 29'
10	65 : 18'	56 : 25'	48 : 30'	41 : 50'	35 : 30'	30 : 00'	26 : 40'
11	203 : 35'	183 : 20'	164 : 35'	148 : 54'	131 : 40'	113 : 20'	101 : 40'

此表較為平易，最適合中學生的程度使用，故本研究之粒度分析實驗，概以此表為主要依據。

四、研究活動的步驟：

本研究活動的主要步驟為：

- 1 標本採集
- 2 粒度分析
- 3 繪製圖表

茲依次敘述如下：

1 標本採集：

(A) 採集地點：採集地點的選擇得當與否對於研究成果的獲得具有重大的影響。本活動的標本，全採自林口台地，此因：

- (a) 林口台地堆積作用顯著，剖面深厚，較易找到代表性的成果。

(b)林口台地距本校較近，學生活動十分便利。

(B)採集方法：標本之採集應有規律的間隔，並注意剖面之新鮮程度，以提高成果之精確性，同時標本採得後必須立刻註明採集時間、地點，並加以編號以免混淆、散失。本研究活動所採集的標本計有五大類型。

(a)剖面採集：在東林村甄廠剖面，自表土以下每 20 cm 採 1 袋，共採 9 袋。

(b)沿河岸採集：在瑞樹坑附近，由上游至下游每隔 100m 在表土下 20 cm 處採 1 袋，共採 9 袋。

(c)地表採集：在東林村由東南向西北方向每隔 100m 在表土下 20 cm 處採 1 袋，共採 9 袋。

(d)對應採集：在瑞樹坑河岸兩側階地剖面各採集 6 袋加以比較。

(e)對比採集：在林口甄廠乾燥地及積水地各採集 5 袋加以比較。

2 分析實驗：

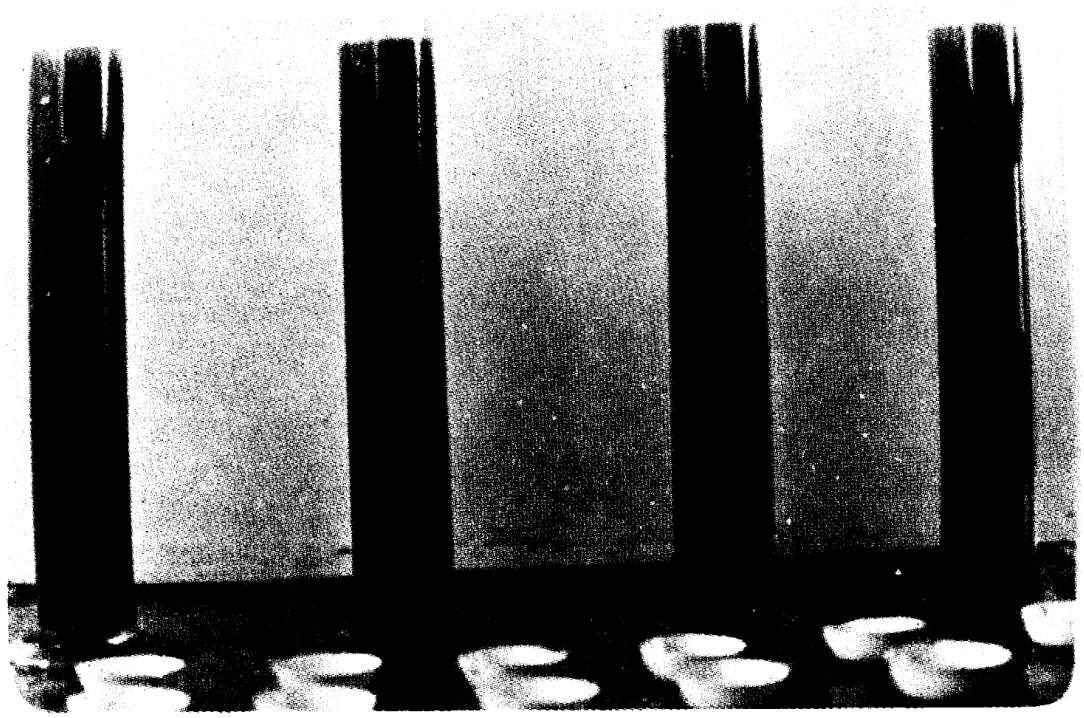
(A)將每一袋標本取出 30g 置於盛有蒸餾水的容器中，確實捏碎攪和，如有硬塊可加氨水化之，然後倒入量斗中，以蒸餾水稀釋至 1000 ml 備用。（註：此處使用蒸餾水係確保水的比重為 1）。

(B)均勻搖動量斗後靜置（如照片 2）。

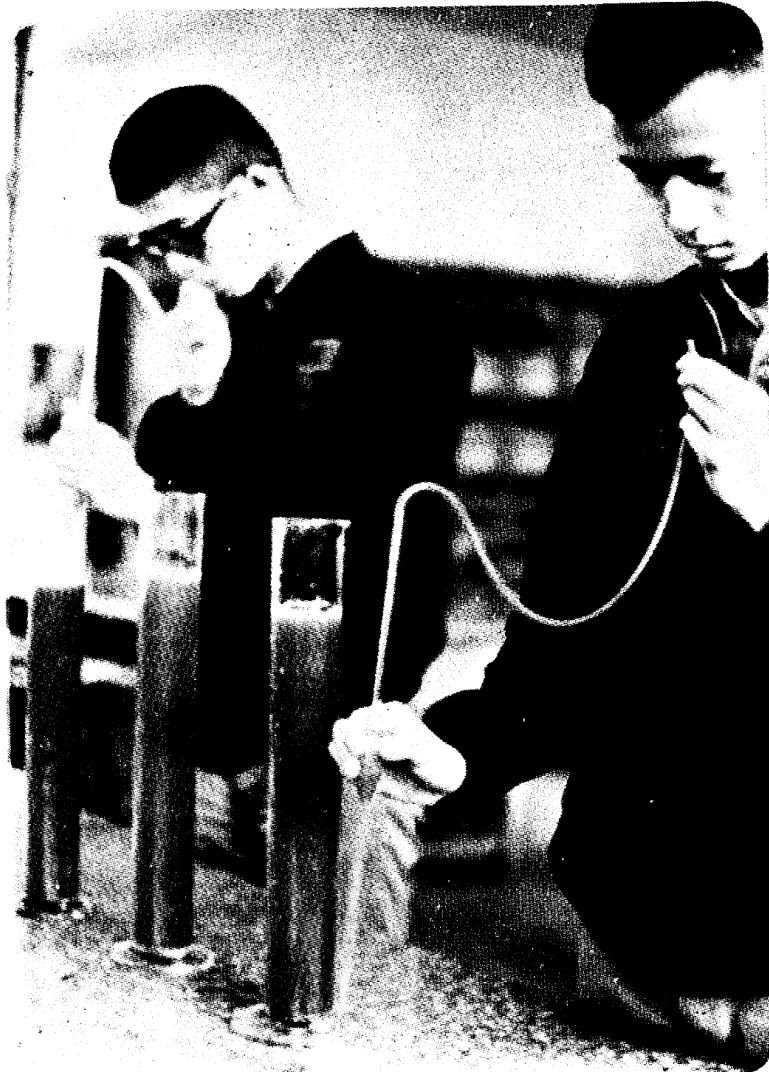
(C)依表 1 所列時間，以吸管每次吸上 20cc. 送入蒸發皿（如照片 3）。（※注意溫度變化）

(D)蒸發皿烘乾。

(E)稱重（蒸發皿之重量應事先秤好，以便得到粒子之淨重量）
。記錄方法詳見下表說明。



照片 2 標 本 靜 置



照片 3 定 時 定 量 吸 出

表 2 粒子沉降記錄表

67012353	皿號	皿重	皿土重	土重	吸出%	沉降%
總	N 59	21.2422	21.9107	0.6685	100	0
4 ϕ	N 62	25.0066	25.6495	0.6429	96.17	3.83
5 ϕ	N 63	23.9102	24.4767	0.5665	84.74	15.26
6 ϕ	N 65	24.0754	24.0870	0.0116	1.74	98.26
7 ϕ	N 67	23.6836	23.6891	0.0055	0.82	99.78
8 ϕ	N 69	23.4408	23.4417	0.0009	0.13	99.87
9 ϕ	N 70	23.6344	23.6349	0.0005	0.07	99.93
10 ϕ	M 60	—	—	—	—	—

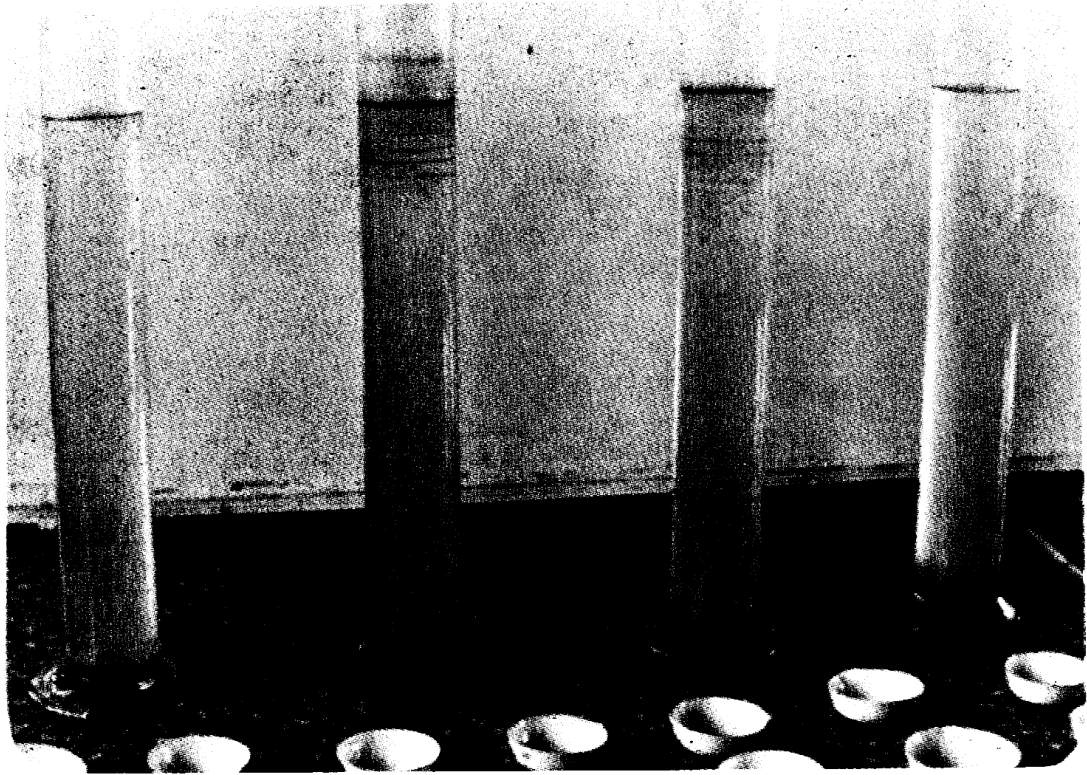
註：1 量斗底部沙土沉積為 40 ml，其上為清水，表示泥質極少。

2 本標本位置在林口甄廠湖岸地面以下—80 cm 處。

(F)將沉積管底之土量記錄下來，以供參考（如照片 4）。

3 將分析所得之數據繪成圖表：

以標本 67012350 為例：如表 2 所列，沉降%為縱座標，粒徑 ϕ 為橫座標，繪成累加曲線（如圖 1）。



照片4 標本澄清情況

$$\phi 4 \sim 5 = 11.43\% > \phi 4 = 3.63$$

$$\phi 5 \sim 6 = 83.00\% \quad \phi 4 \sim 8 = 96.04$$

$$\phi 6 \sim 7 = 1.52\% < \phi 8 = 0.06$$

$$\phi 7 \sim 8 = 0.09\%$$

$$\phi 8 \sim 9 = 0.06\%$$

註：粒徑 $\rightarrow \phi = \log_2 \frac{1}{D}$

$$\text{粒徑 } D = \frac{1}{2^\phi}$$

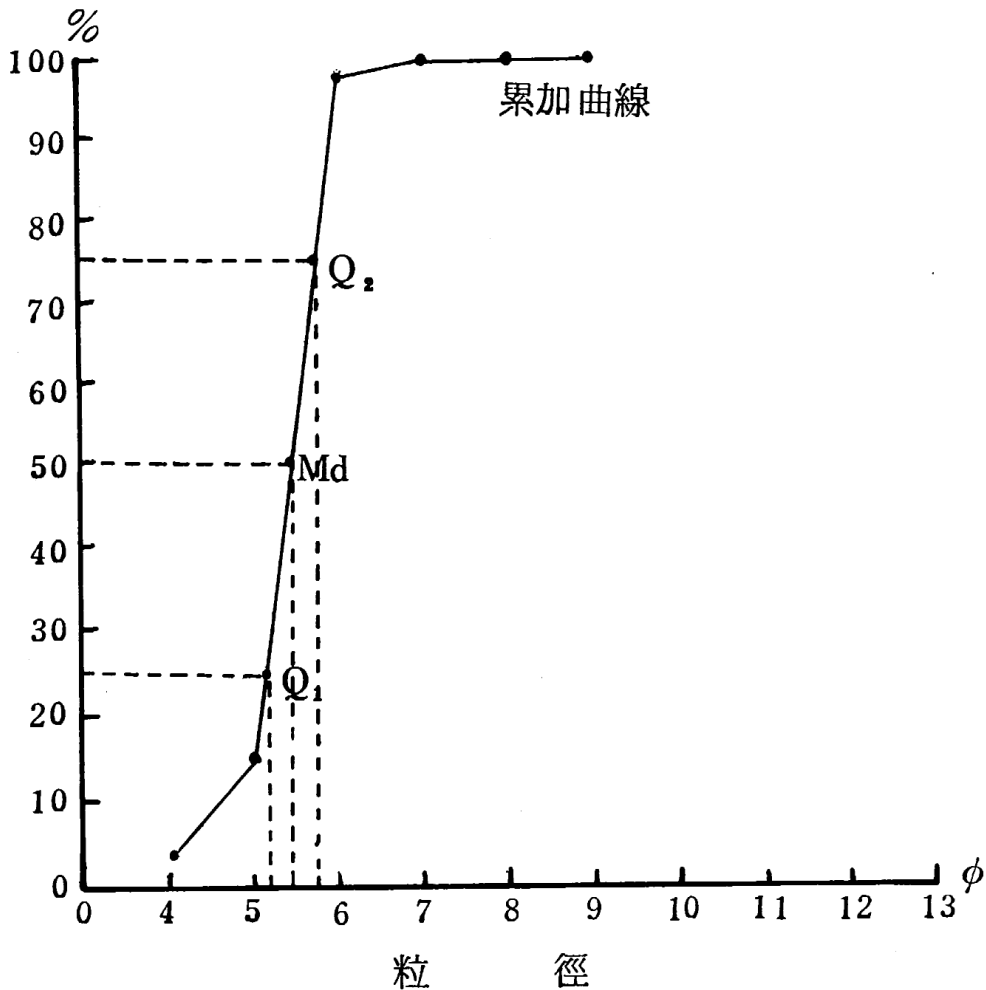


圖 1 林口甄廠 67012350 標本粒度統計圖

並據此累加曲線求得各項數據（四分差法）：

$$25\% \rightarrow Q_1 = 5.1(\phi) \quad 75\% \rightarrow Q_3 = 5.7(\phi)$$

$$\text{四分差數} \rightarrow QD\phi = \frac{Q_3 - Q_1}{2} = \frac{(5.7 - 5.1)}{2} = 0.3(\phi)$$

$$\text{平均數 } M\phi = \frac{Q_3 + Q_1}{2} = \frac{(5.7 + 5.1)}{2} = 5.4(\phi)$$

$$\text{中數 (50\%)} \rightarrow Md\phi = 5.4(\phi)$$

註： Q_1 ， Q_3 及 Md 均由圖上曲線直接讀得

再轉繪成粒度分析表（如表 3）（以林口甄廠標本 67012350 ~ 67012354 為例）。

表 3 林口 甄 廠 粒 度 分 析 表

標 本 號	採 集 地 區	粒 度					粒 度 組 成 累 積 百 分 比 (%)							
		Md ϕ	Q ₃ ϕ	Q ₁ ϕ	M ϕ	QD ϕ	< ϕ 4	4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11
								ϕ 4 ~ ϕ 8				> ϕ 8		
67012350	林口甄廠 - 20 cm	5.90	8.99	5.20	7.10	1.90	8.06	10.08	35.32	7.87	4.50	9.72	-	-
								58.07				9.72		
67012351	林口甄廠 - 40 cm	5.75	8.79	5.09	6.94	1.85	9.01	13.51	37.37	5.34	5.80	5.29	-	-
								62.02				5.29		
67012352	林口甄廠 - 60 cm	5.70	8.19	5.30	6.75	1.45	11.98	12.55	37.25	2.97	9.38	3.82	-	-
								62.15				3.82		
67012353	林口甄廠 - 80 cm	5.40	5.70	5.10	5.40	0.30	3.83	11.43	83.00	1.52	0.09	0.06	-	-
								96.04				0.06		
67012354	林口甄廠 - 100 cm	5.30	5.89	4.55	5.22	0.67	12.32	23.76	43.90	8.89	9.22	1.89	-	-
								85.77				1.89		

再依表 3 數值繪成下圖（如圖 2）

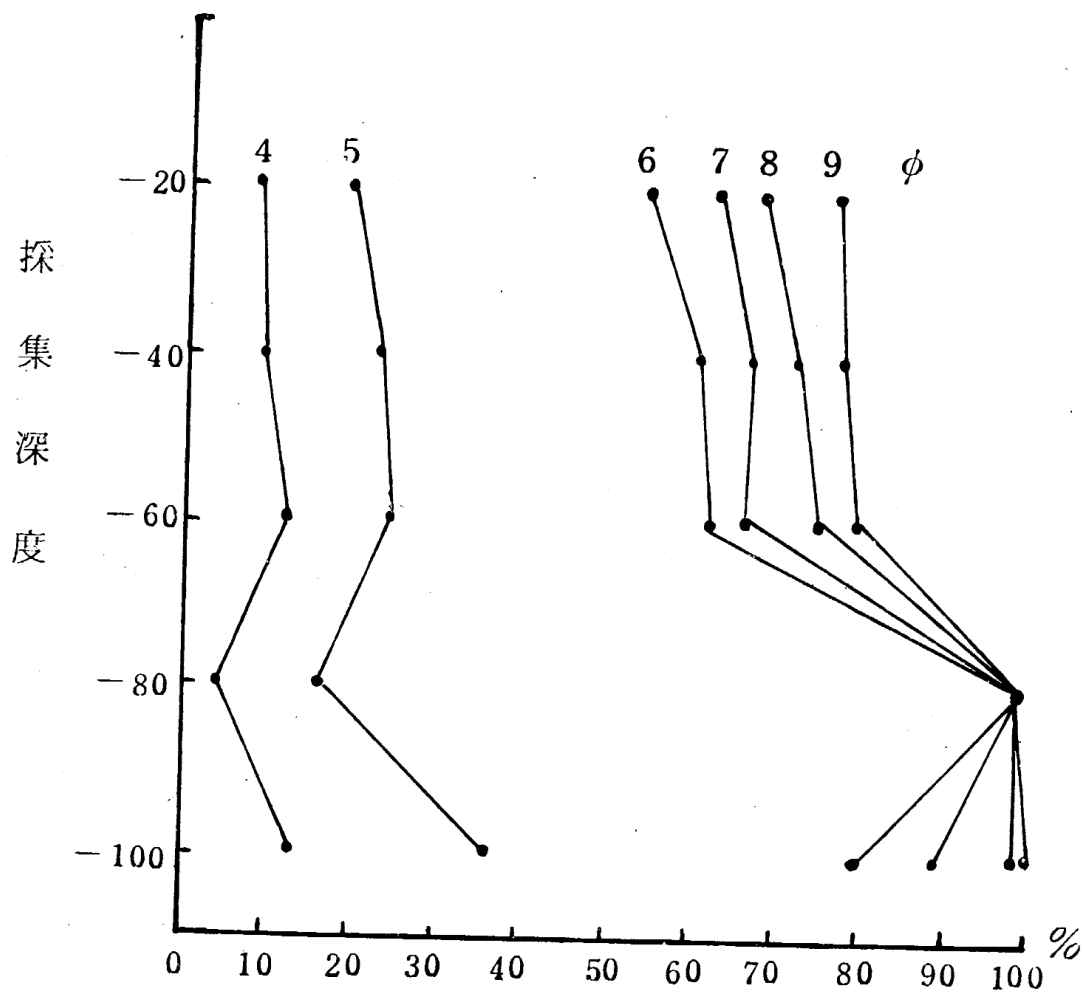


圖 2 林口甄廠紅土剖面粒度分析圖

依此過程，將全部標本繪成圖形以便觀察比較。（各圖詳見下述五、研究成果說明內所示）

五、研究成果說明：

1 剖面採集：如圖 3 九袋標本分析結果顯示：

- (A) 粒子排列順序大致由上至下粒子愈來愈粗，此為常態沉積。
- (B) 上層至下層粒徑大小相差甚微，故整個剖面可以判定為同期之沉積所成。

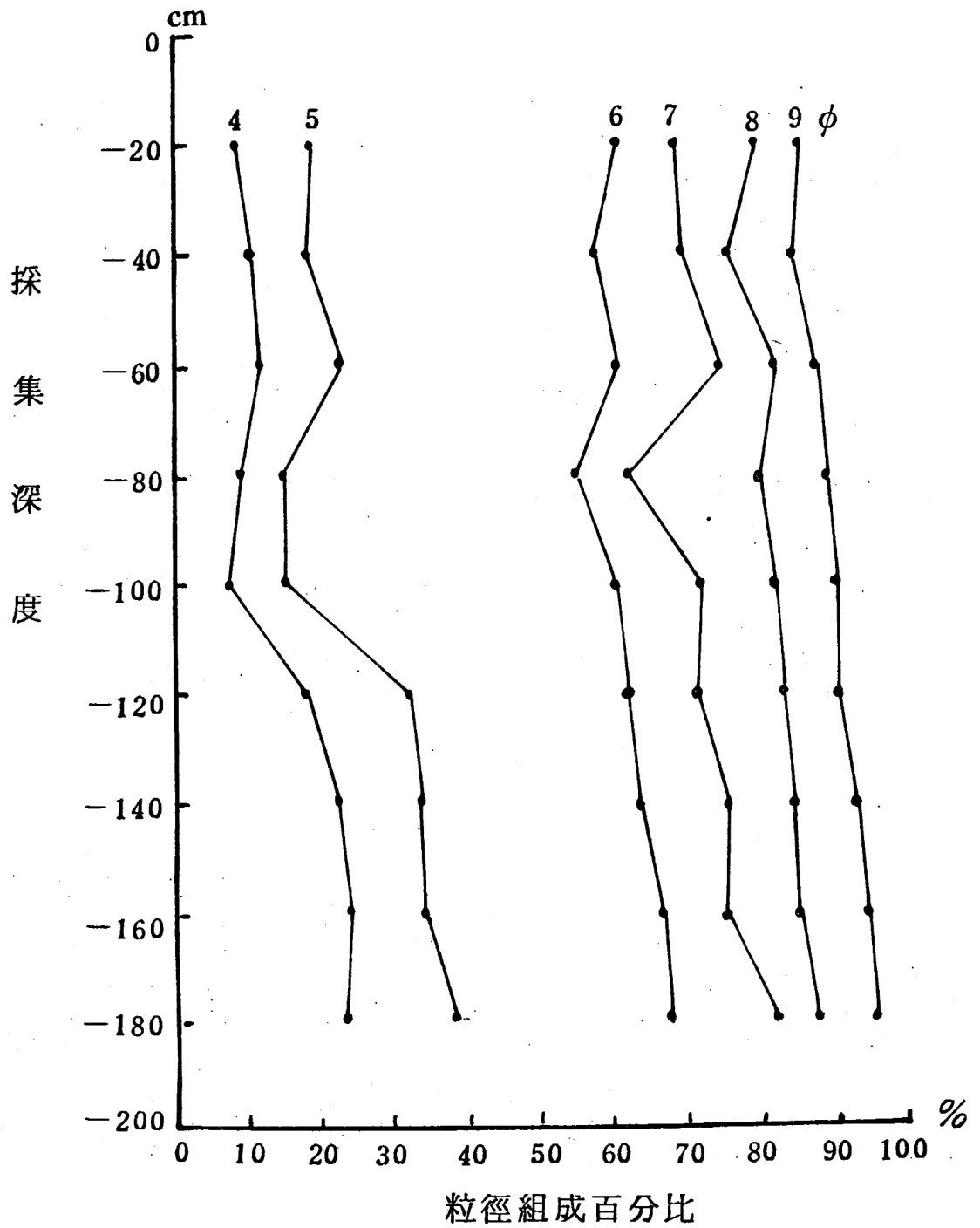


圖3 東林村紅土剖面粒度分析圖

(C)剖面-80~-100 cm 處略有波折，此顯示沉積時受到擾動，但擾動力甚為微小。

2 沿海採集：如圖4九袋標本分析結果顯示：

(A)粒子排列順序大致由上游向下游愈來愈細，此為常態沉積。

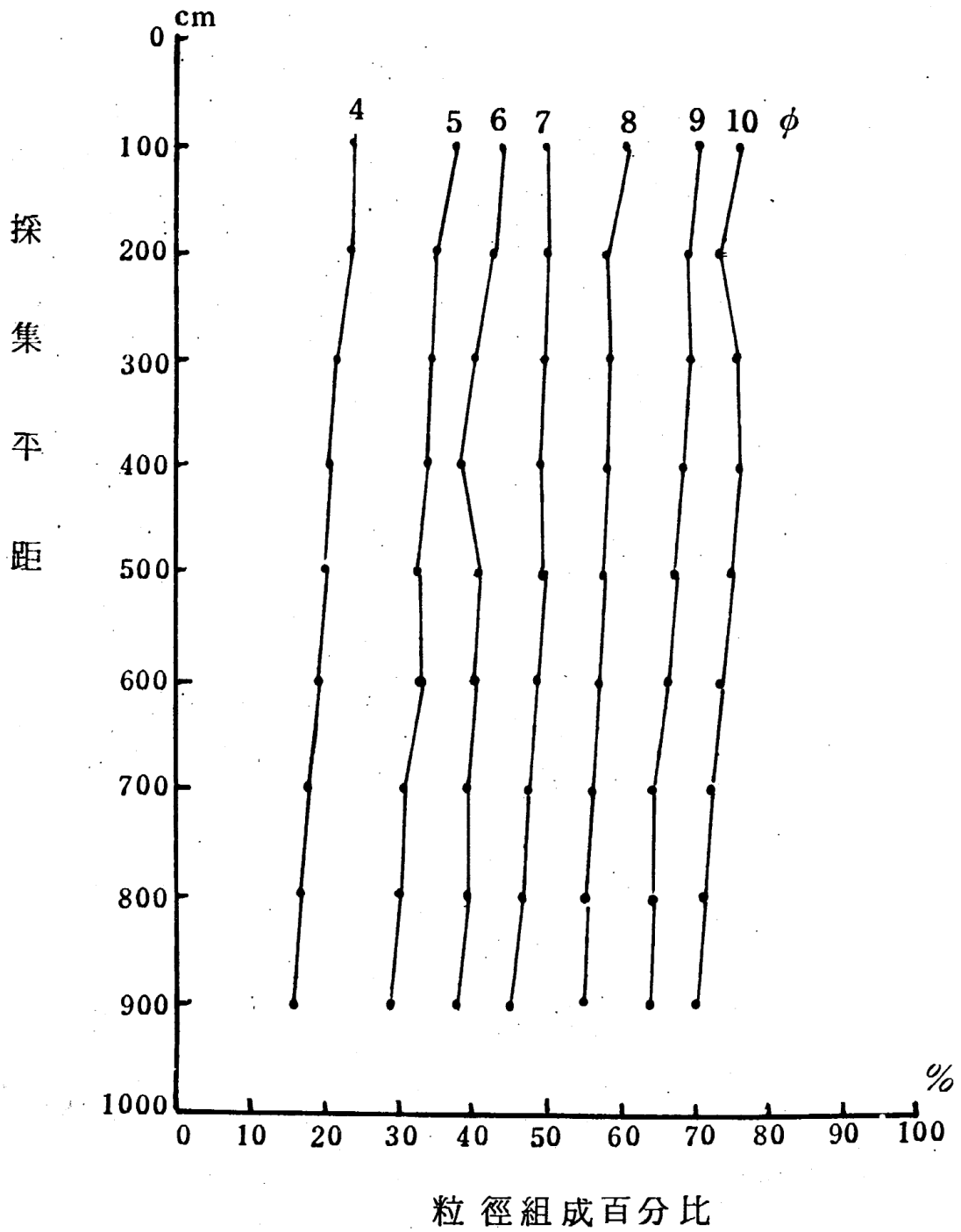


圖 4 瑞樹坑沿河粒度分析圖

(B) 100m 及 500m 附近有相反的沉積現象，此顯示可能有環境驟變之情形發生，比如山洪暴發，突然帶來大量不分層次之沉積。

3. 沿線採集：如圖 5 九袋標本分析結果顯示：

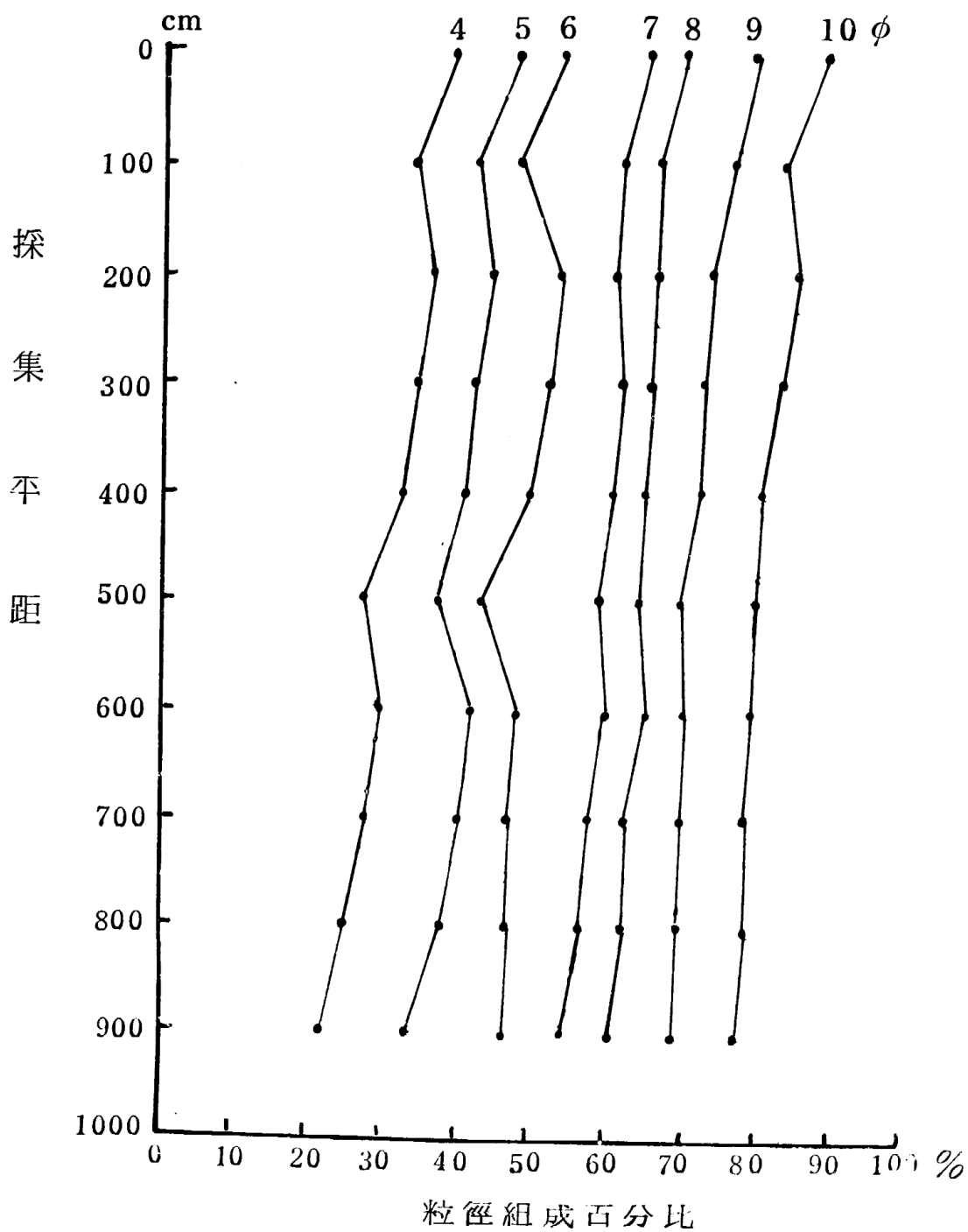


圖 5 東林村地表粒度分析圖

- (A) 顆粒沉積由東南向西北愈來愈細，此與林口台地的沖積方向兩相吻合。一般而言，沖積扇扇頂的顆粒較比扇端為粗。
- (B) 由圖中發現各段粒徑雖略有波動但粒徑相差甚微，故亦屬於同期沉積所成。

(C)利用(A)之現象：對於尋找地層原面的冲積方向當有裨益。

4. 對應採集：本類採集係在瑞樹坑附近河岸兩側之階地（如圖 6）取得，分析的結果如圖 7 左右二圖所示：

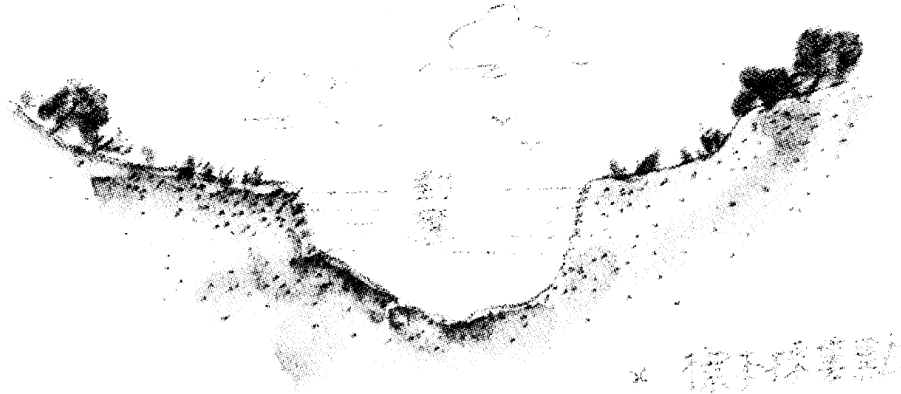


圖 6 瑞樹坑階層標本採集位置圖

(A)兩者粒徑分佈大略相當，差異甚微，故應屬同期之產物。

(B)利用(A)的結果對於許多疑似對應的孤立地塊加以粒度分析後，當可判定真偽。

5. 對比採集：圖 8 所用之標本係在同地區（林口軋廠）所採集者，但前者為乾燥地後者為積水地，故分析後在圖中所顯示出來的結果亦有明顯的不同。

(A)在 -40 cm 以下的粒徑排列兩者相同，但在 -40 cm 以上，則積水地粒徑較小，因此可知積水地的粒徑在表層，均遠比同高度之乾燥地為細。

(B)依據(A)之結果，在一片乾燥地上可用此法尋出往日的湖泊所在地。

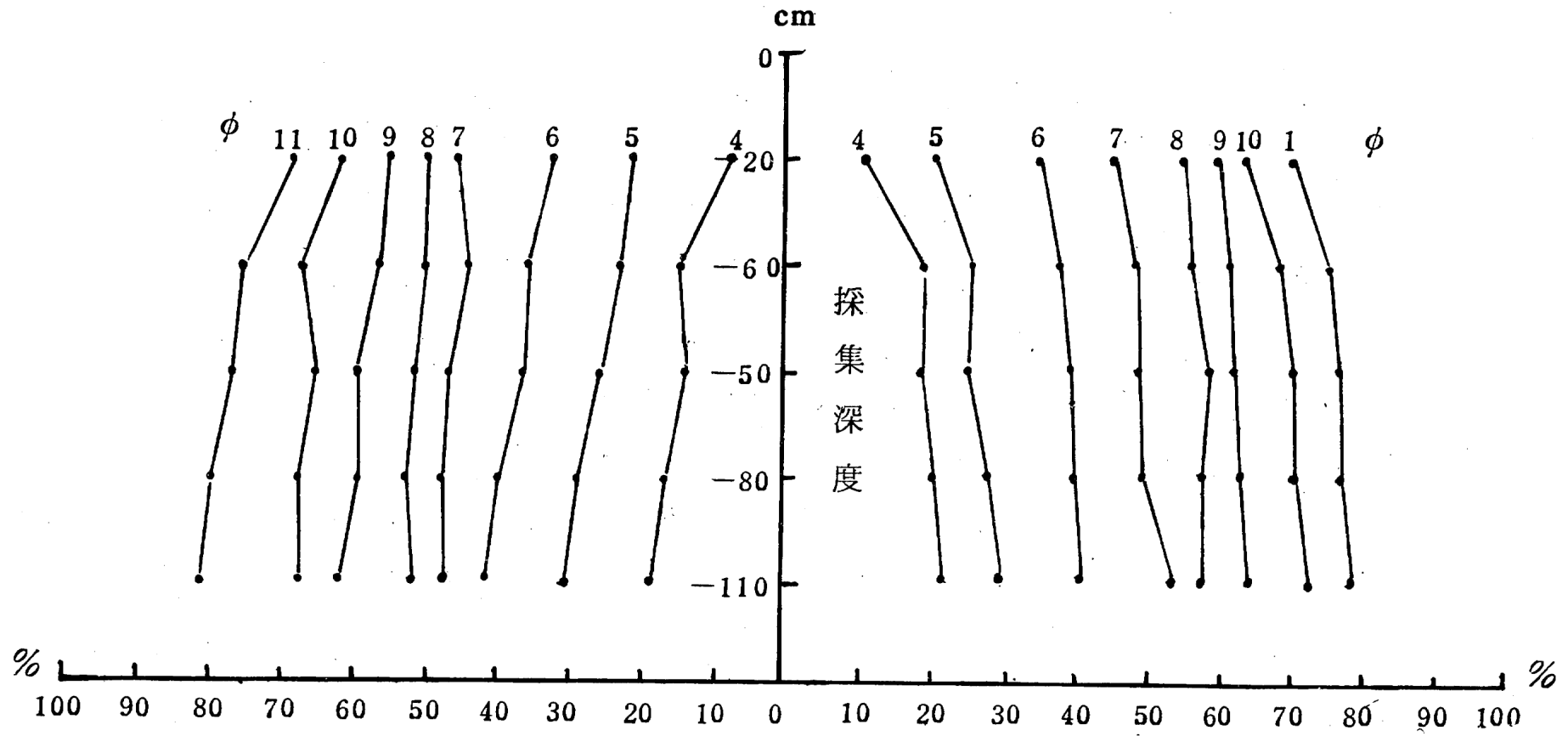
綜合以上實驗分析的結果，可得下列結論：

在常態之沉積條件下：

- (1)粒徑大小與地層深度成正比，即上層較細，下層較粗（如圖 9 所示）。
- (2)河流流域上游顆粒較粗，下游較細（如圖 10 所示）。
- (3)冲積扇上，扇頂顆粒較粗，扇端較細（如圖 11 所示）。

左岸河階

右岸河階



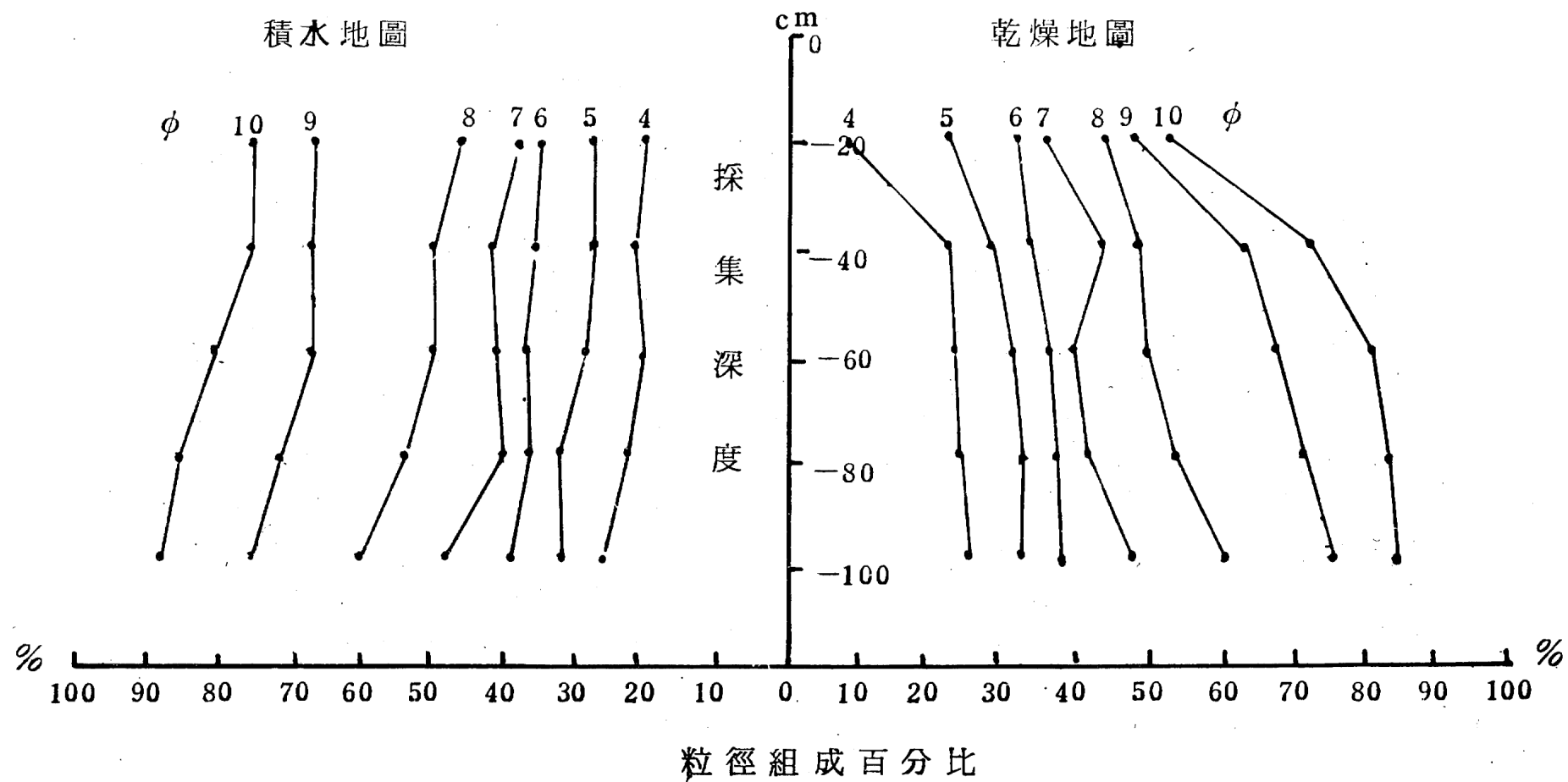


圖 8 林口軋廠積水地及乾燥地粒度分析表

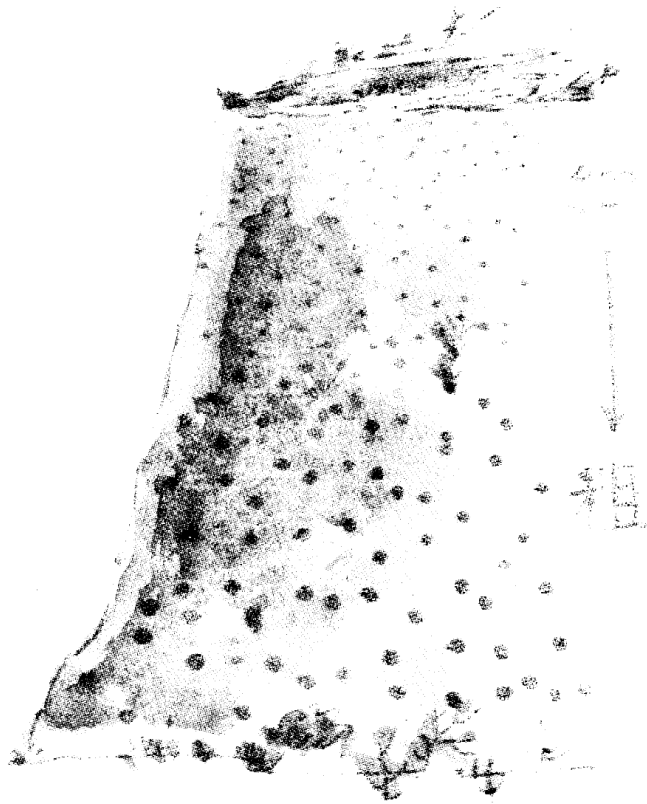


圖 9 剖面常態分析圖

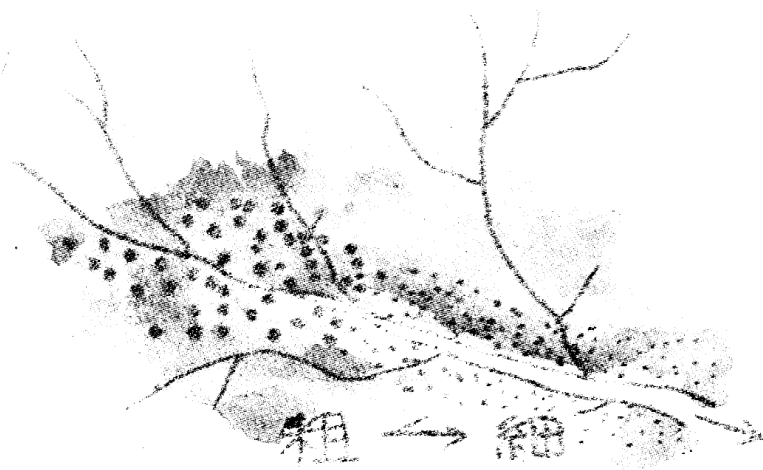


圖 10 河流沿岸常態沉積圖

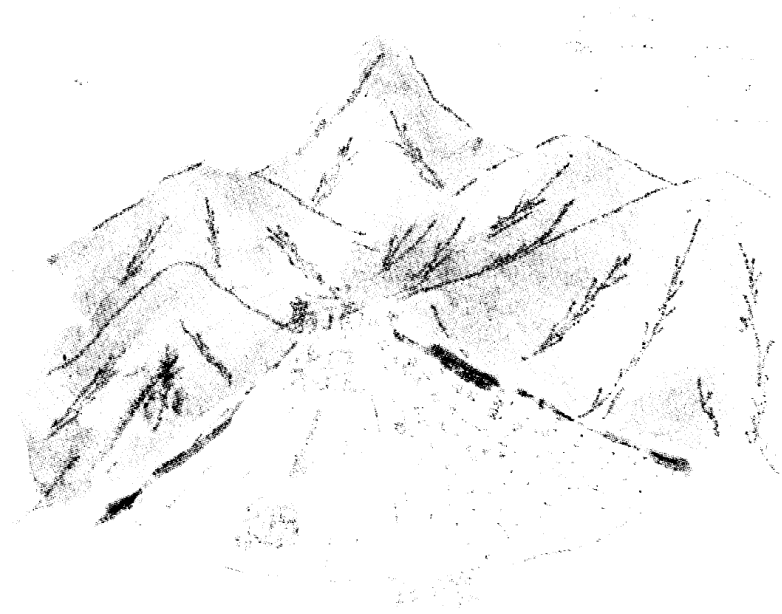


圖 11 冲積扇常態沉積圖

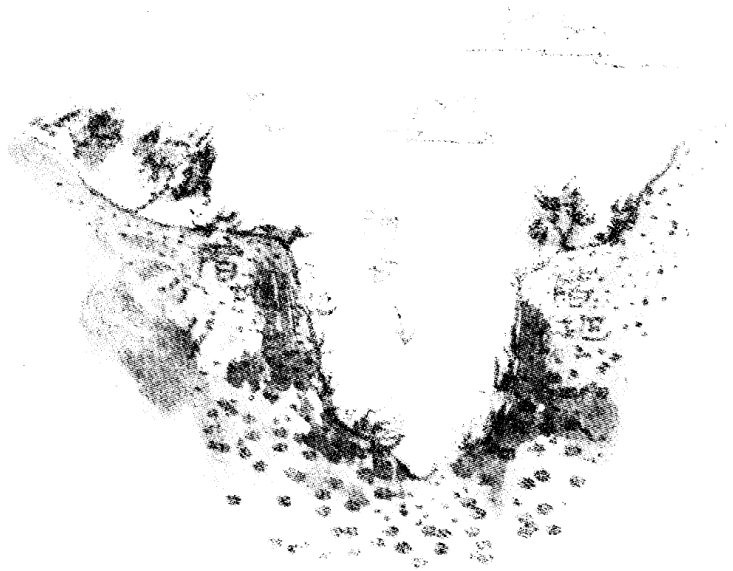


圖 12 河階常態沉積圖

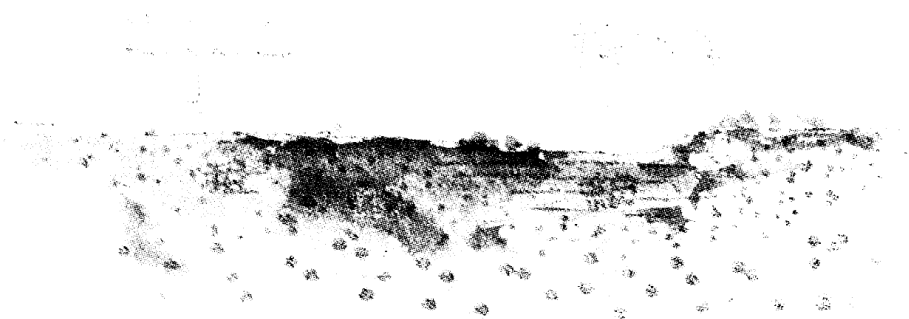


圖 13 乾燥地與積水地常態沉積圖

(4)對應之河階，粒徑大小相互對應（如圖 12 所示）。

(5)同期之地層積水地粒徑較乾燥地爲細（如圖 13 所示）。

六、研究活動的展望

土壤粒度分析的研究，除了如上所述對於地形學上的研究有直接的助益外，若加以推廣，至少有以下幾項具體貢獻：

1. 將本島各地海灘砂礫作全面之粒度分析實驗，則適合人體活動的沙灘位置就能標定出來，以之提供觀光當局作規劃的參考，如此將不會再有「風沙裂膚」之美中不足的海濱遊樂場出現了。
2. 將本島各地河川礫石及濱沙之粒度記錄下來，備供各種不同強度的建材需求。
3. 可在可耕地之粒度分析實驗中提供土壤之孔隙度及鬆軟度，以爲作物種植的參考。
4. 對於海埔地之粒度分析，可提供理想的鹽田預定地。（註：顆粒太粗導致鹽水大量滲漏，顆粒太細，鹽水中泥質過多，影響結晶品質）。