

圖 3-1 計畫區域及鄰近雨量站雨量變化趨勢圖



3-1-2 地下水位

本計畫蒐集計畫區域附近 7 個地下水位站(包括九如(1)、九如(2)、海豐(1)、海豐(2)、海豐(3)、彭厝(1)及彭厝(2))等，進行地下水位分析，基本資料如表 3-4 所示。

表 3-5 為計畫區域鄰近之地下水位站自 2010 年 5 月至 2012 年 9 月之月地下水位資料。由表中可知，7 個地下水位站中，水位平均最高為 9~10 月，平均最低為 4~5 月。其中地下水位最高是彭厝(2)在 2012 年 8 月、9 月，水位高為 34.4m；最低是彭厝(1)在 2011 年 3 月，水位高為 23.6 m。地下水位變化量最高月份是彭厝(1)2011 年 10-11 月，水位變化量為 8.9m；其次為九如(1)2010 年 10-11 月，水位變化量為 7.8m。

表 3-4 計畫區域鄰近地下水位站基本資料

井名	井號	地下水分區	河川局	井別	座標(TWD67)	
					X	Y
九如(1)	13080111	屏東平原	第七河川局	自記	196776	2515370
九如(2)	13080121	屏東平原	第七河川局	自記	196776	2515370
海豐(1)	13010211	屏東平原	第七河川局	自記	198476	2511130
海豐(2)	13010221	屏東平原	第七河川局	自記	198476	2511130
海豐(3)	13010231	屏東平原	第七河川局	自記	198476	2511130
彭厝(1)	13100211	屏東平原	第七河川局	自記	201104	2515658
彭厝(2)	13100221	屏東平原	第七河川局	自記	201104	2515658

資料來源：經濟部水利署及本計畫彙整。



表 3-5 計畫區域鄰近之地下水位資料

日期		地下水位置站						單位：m	
		海豐(1)	海豐(2)	海豐(3)	九如(1)	九如(2)	彭厝(1)	彭厝(2)	
2010 年	5 月	28.0	30.0	27.7	24.3	-	30.0	30.0	
	6 月	28.5	30.5	28.0	24.8	-	30.8	30.8	
	7 月	29.2	31.7	28.7	25.3	-	32.2	32.3	
	8 月	29.8	32.6	29.5	25.5	-	33.1	33.2	
	9 月	30.4	33.6	30.5	25.9	-	33.9	34.0	
	10 月	30.4	34.1	31.0	25.9	-	34.1	34.2	
	11 月	30.4	-	30.7	33.7	27.7	25.2	33.8	
	12 月	29.8	-	30.3	33.3	27.5	24.9	33.3	
2011 年	1 月	29.1	-	29.8	32.7	27.4	24.7	32.8	
	2 月	28.8	30.9	29.3	32.0	27.3	24.6	32.0	
	3 月	28.5	30.3	28.7	30.2	27.2	23.6	31.1	
	4 月	28.2	29.7	28.2	30.4	27.0	24.3	30.4	
	5 月	28.1	29.4	27.8	29.8	27.0	24.2	30.0	
	6 月	28.1	29.3	27.6	29.7	27.1	24.3	29.8	
	7 月	28.3	30.0	28.1	30.3	27.3	24.7	30.7	
	8 月	29.3	31.3	28.9	31.7	27.7	25.4	32.1	
	9 月	30.2	32.2	29.6	33.2	27.5	25.9	33.0	
	10 月	29.6	32.2	29.9	33.2	27.1	25.6	33.1	
	11 月	29.4	32.0	29.8	25.6	27.2	32.9	32.9	
	12 月	29.3	31.7	29.6	25.7	27.4	32.6	32.6	
2012 年	1 月	28.9	31.3	29.2	25.5	27.3	32.0	32.0	
	2 月	28.6	30.8	28.8	24.8	27.2	31.3	31.2	
	3 月	28.2	30.0	28.3	24.3	27.0	30.6	30.6	
	4 月	28.0	29.4	27.8	24.3	26.9	29.7	29.9	
	5 月	26.0	27.2	27.9	24.2	24.3	29.0	29.6	
	6 月	27.3	28.0	28.6	24.1	24.6	29.5	29.6	
	7 月	28.9	31.9	30.0	24.9	26.5	32.0	31.7	
	8 月	30.5	33.7	31.1	25.5	28.3	34.2	34.4	
	9 月	30.4	33.8	31.1	25.6	28.0	34.4	34.4	



資料來源：經濟部水利署 地理資訊倉儲中心及本計畫彙整。「-」：無資料。



3-1-3 溫度、風速

最接近本計畫區域且有較完整的溫度及風速資料的雨量站為三地門雨量站，其溫度及風速資料僅記錄至今年 9 月份，表 3-6 為三地門雨量站 2010 年 5 月至 2012 年 9 月之溫度及風速資料。從表中可看出，在溫度部分，最高為 2011 年 6 月(28.9°C)，最低為 2011 年 1 月(16.8°C)；風速最高 2010 年 7 月(0.9m/s)，最低為 2011 年 12 月及 2012 年 2 月(0.3m/s)。圖 3-2 為本計畫區域溫度變化趨勢圖，從圖中可看出，溫度變化介於 18.8~28.9°C 之間。圖 3-3 為本計畫區域風速變化趨勢圖，從圖中可看出，風速變化主要介於 0.3~0.9 m/s 之間。

表 3-6 三地門雨量站之溫度及風速資料

日期	溫度(°C)			風速(m/s)		
	2010 年	2011 年	2012 年	2010 年	2011 年	2012 年
1	-	16.8	18.9	-	0.4	0.5
2	-	19.7	19.7	-	0.7	0.3
3	-	20.6	23.3	-	0.4	0.6
4	-	23.7	25.9	-	0.5	0.6
5	27.9	28.6	26.8	0.4	0.5	0.6
6	26.1	28.9	27.1	0.6	0.7	0.7
7	27.5	27.5	28.5	0.9	0.6	0.6
8	27.8	28.0	26.9	0.7	0.5	0.7
9	26.5	26.9	26.5	0.6	0.5	0.5
10	25.6	25.9	-	0.5	0.4	-
11	22.9	24.2	-	0.4	0.4	-
12	20.1	19.3	-	0.6	0.3	-

資料來源：中央氣象局及本計畫彙整。 「-」：無資料。



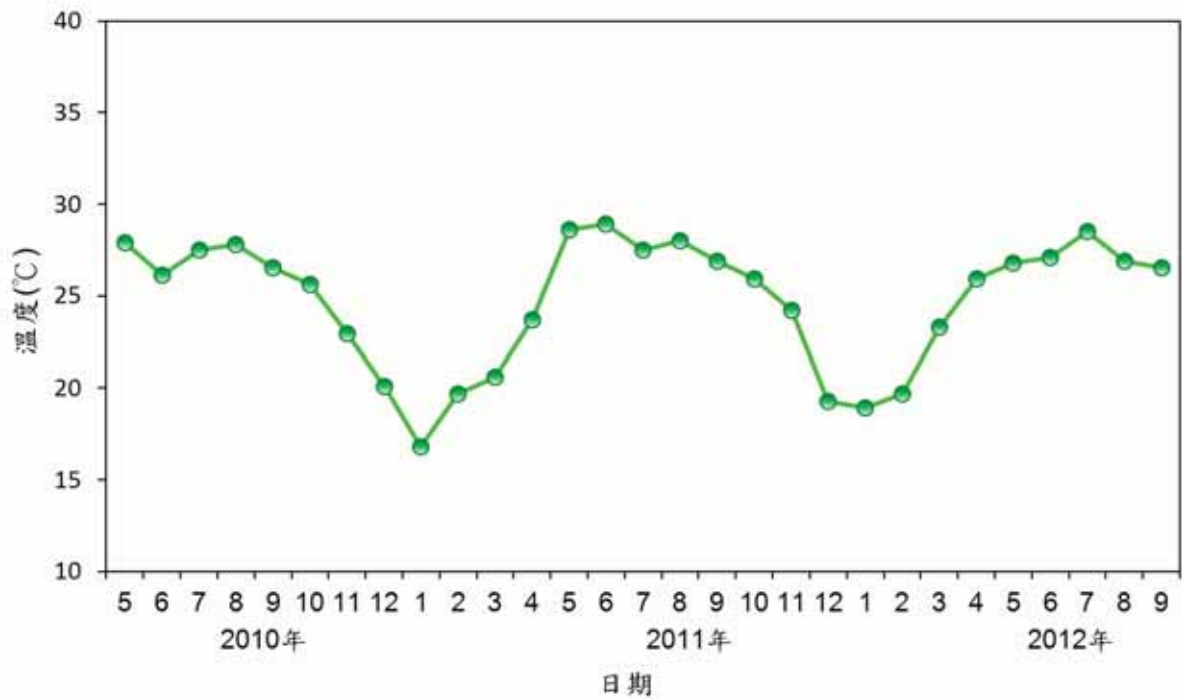


圖 3-2 水生螢火蟲棲地溫度變化圖

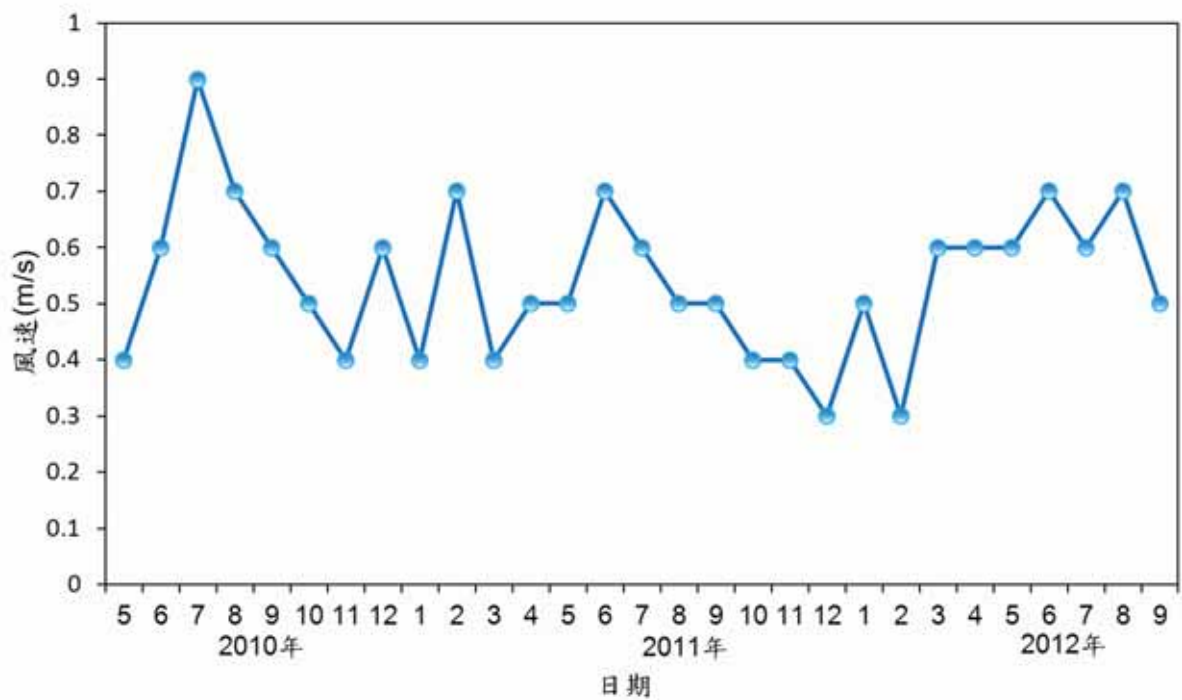


圖 3-3 水生螢火蟲棲地風速變化圖



3-2 流況監測與分析

由於黃緣螢幼蟲生活於水中，根據何健鎔(2002)指出黃緣螢棲地流況為緩流或止水，人工棲地營造之環境中，流速為 0.01~0.2m/s，水深為 2~15cm。本計畫欲瞭解黃緣螢棲地中流速、水深對黃緣螢幼蟲數之影響，故本計畫於計畫區域內進行水理環境調查，水理環境調查分為水深及流速等項目，量測方法為使用 FP111 手持式流速儀(如照片 3-1 所示)量測水深及水面下 10cm 之流速，每次量測 3 個地點，分別為渠道的起點、中點與終點。每兩週量測 1-2 次，量測時間約為下午 17:00 至 18:00 間。



照片 3-1 FP111 手持式流速儀



3-2-1 水深

圖 3-4 為本計畫從 2010 年 6 月至 2012 年 10 月針對計畫區域內渠道所量測之水深變化情況，從圖中可看出，棲地內水深在 3 個點位置量測的趨勢是非常相似的。水深量測結果發現，起點水深變化範圍介於 8.0~58.0cm 之間，平均值為 38.7cm；中點水深變化範圍介於 6.0~65.5cm 之間，平均值為 37.7cm；終點水深變化範圍介於 25.0~85.8 cm 之間，平均值為 58.6cm，除了在 2012 年 1 月至 3 月期間是中點水深最高外，其餘大都為終點水深最高。

3-2-2 流速

圖 3-5 為本計畫從 2010 年 6 月至 2012 年 10 月針對計畫區域內渠道所量測之流速變化情況。從圖中可看出棲地內流速在 3 個點位置量測的趨勢是非常相似的。流速量測結果發現，起點流速變化範圍介於 0.1~0.8 cm/sec 之間，平均值為 0.4 cm/sec；中點流速變化範圍介於 0.1~0.7 cm/sec 之間，平均值為 0.3 cm/sec；終點流速變化範圍介於 0.05~0.7 cm/sec 之間，平均值為 0.3 cm/sec，此外，每次流速量測結果，起點流速大多較中點及終點流速快。



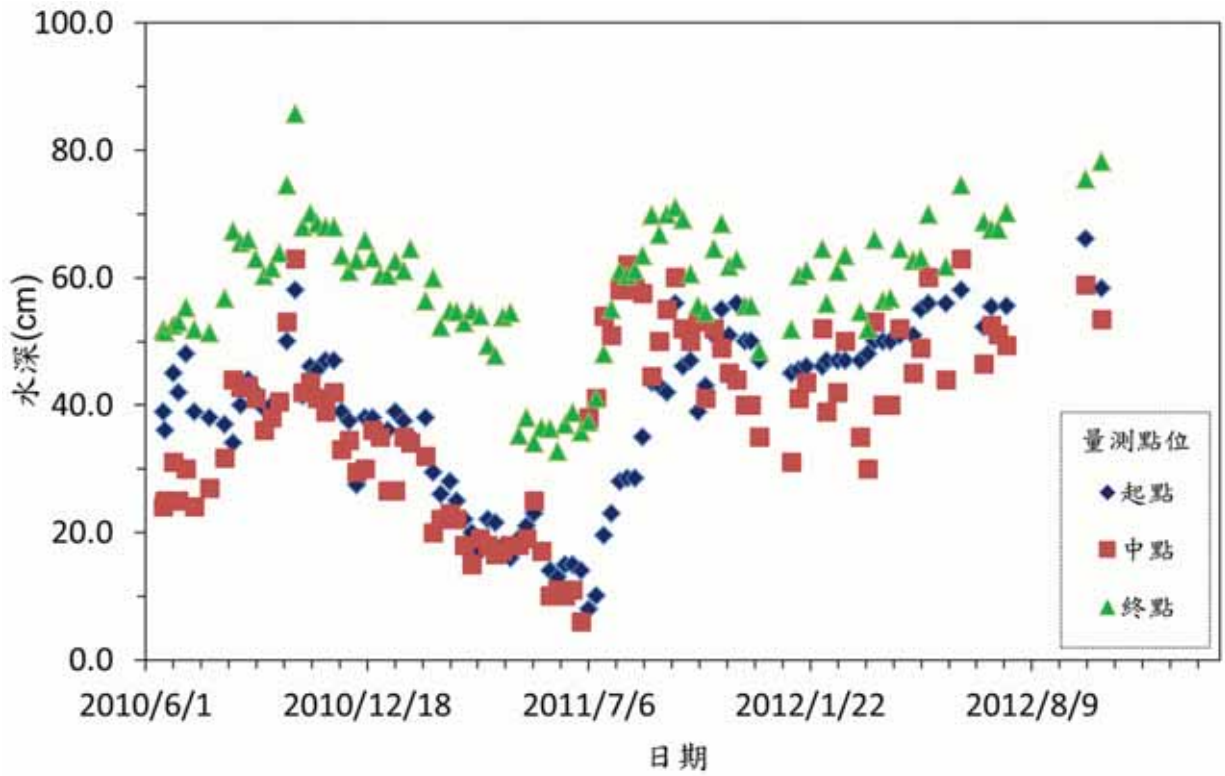


圖 3-4 水生螢火蟲棲地流況-水深量測結果

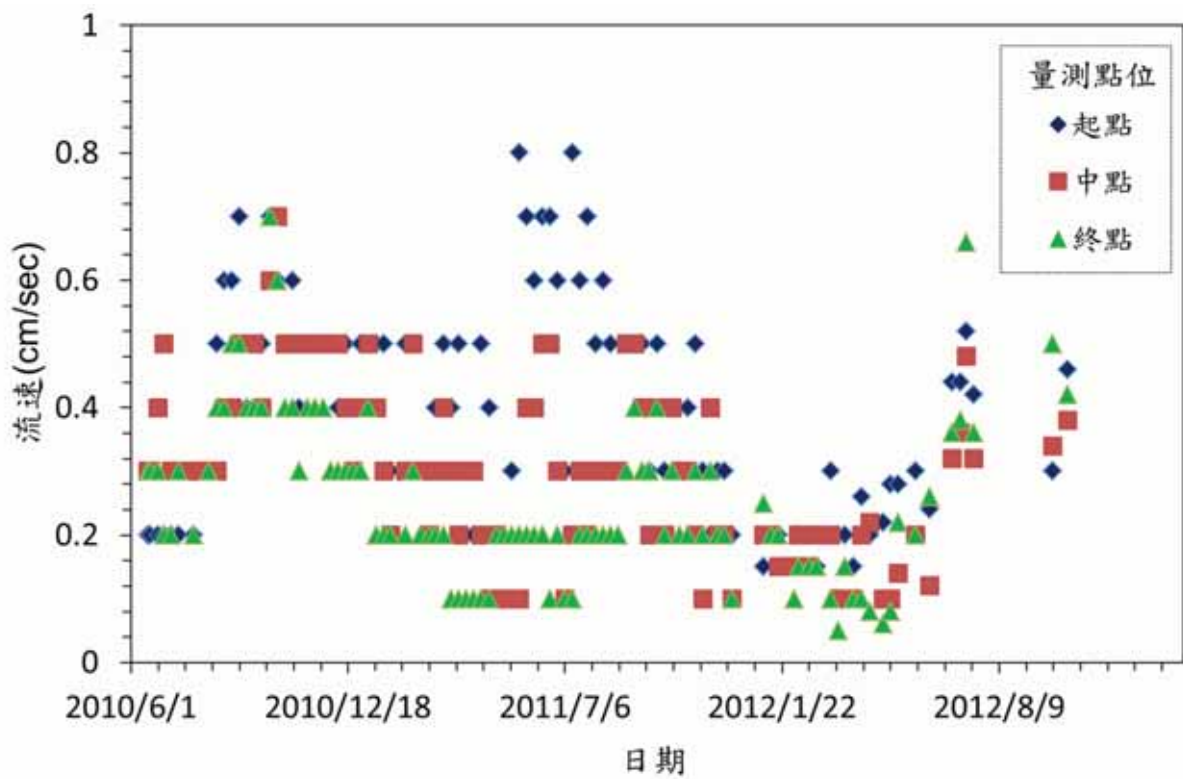


圖 3-5 水生螢火蟲棲地流況-流速量測結果





3-2-3 流況與地下水相關性討論

從本計畫於計畫區域量測水深及流速的結果與何健鎔(2002)營造黃緣螢人工棲地之環境條件比較後，本計畫區域內水深明顯較大，由此結果可得知，黃緣螢幼蟲可在水深較深的河流裡生存及活動，此結果可做為將來黃緣螢棲地復育可行性之參考。

表 3-7 為雨量、地下水位、水深及流速相關性分析結果，各項因子間之相關性、相關係數及影響因子敘述如下：

由表 3-7 可看出，雨量與地下水位及水深呈現正相關，相關係數分別為 0.498 及 0.517；地下水位與水深及流速呈現正相關，相關係數分別為 0.889 及 0.533；水深與流速呈現正相關，相關係數為 0.477。

雨量與地下水位及水深呈現中度正相關之原因為地下水來源為雨量補注，而本計畫區域的水深主要受到地下水補注，故三者呈現中度正相關。地下水位與水深呈現高度正相關之原因為，本計畫區域有著源源不絕的地下水源，水深變化主要受到地下水位影響，故地下水位與水深呈現高度相關；地下水位與流速呈現中度正相關，其原因為地下水位影響渠道內流量，故地下水位越高，流速越快。

表 3-7 雨量、地下水位、水深及流速相關性分析結果

量測項目	雨量	地下水位	水深	流速
雨量		0.498*	0.517*	0.434
地下水位	0.035		0.889*	0.533*
水深	0.028	0.000		0.477*
流速	0.072	0.023	0.045	

*表示顯著水準 $P < 0.05$



3-3 土壤採樣與分析

由於過去針對黃緣螢生活環境之研究皆針對水質環境，水生螢火蟲濕地目前並無進行土壤環境因子的相關文獻，故本研究進行黃緣螢棲地土壤環境因子的研究，並初步分析並探討土壤性質及對於黃緣螢成蟲分布之影響。

本計畫採樣 2 次，分別於 3 月至 4 月間進行第一次採樣，7 月至 8 月間再進行第二次採樣。採取點位分別位於左岸(土堤護岸)及右岸(景觀護岸)起點、中點及終點之地表下 0cm-15cm 土壤，各採取 2 個樣本，共計採取 12 個樣本，帶回室內實驗室，經過風乾與過篩(<2mm)後，進行土壤理化性質試驗，初步分析土壤顆粒密度、總體密度、孔隙率、有機質、全氮含量、電導度、鹽度及酸鹼度等，並與 100 年度所分析之數據進行比較，分析結果如下所述。

3-3-1 土壤顆粒密度

本計畫使用比重瓶法「比重瓶法(Pycnometer method)」(Blake and Hartge, 1986)進行顆粒密度(Particle density)的檢驗，其目的為使用顆粒密度與總體密度的檢驗結果進行孔隙率的計算。圖 3-6 為計畫區域內 100 年度與 101 年度採樣之土壤顆粒密度分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果差異性不大，範圍大都介於 2.58~2.80 g/cm³ 之間，平均值為 2.70 g/cm³，其中 101 年第一次採樣之土壤顆粒密度範圍介於 2.58~2.72 g/cm³ 之間；第二次採樣之土壤顆粒密度範圍介於 2.51~2.77 g/cm³ 之間。

根據郭魁士(1990)指出，一般礦質土之比重多在 2.60~2.80



g/cm^3 之間，平均值為 2.65 g/cm^3 。本計畫區域之土堤及景觀護岸檢驗所得之顆粒密度與上述之結果相當接近，其原因為景觀護岸填土時，是將渠道底部的砂土進行回填，故兩岸顆粒密度檢驗結果相當接近。

3-3-2 總體密度

本計畫使用金屬管法「金屬管法(Soil core method)」(Blake and Hartge, 1986)進行兩岸總體密度(Bulk density)的檢驗，其目的為使用顆粒密度與總體密度的檢驗結果進行孔隙率的計算。

圖 3-7 為計畫區域內 100 年度與 101 年度總體密度採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果趨勢相近，範圍大都介於 $1.10\sim 1.40 \text{ g/cm}^3$ 之間，平均值為 1.27 g/cm^3 ，其中 101 年總體密度之第一次採樣範圍介於 $1.19\sim 1.35 \text{ g/cm}^3$ 之間；第二次採樣之總體密度範圍介於 $1.03\sim 1.64 \text{ g/cm}^3$ 之間。

根據郭魁士(1990)指出，總體密度主要有機質含量、土壤質地、土壤構造、土壤深度及耕作影響。本計畫區域之土堤護岸總體密度明顯小於景觀護岸，其原因為景觀護岸於填土後，再進行壓實，而土堤護岸屬於自然發展形成的護岸，未經過人工擾動，故土堤護岸之總體密度檢驗結果明顯小於景觀護岸。



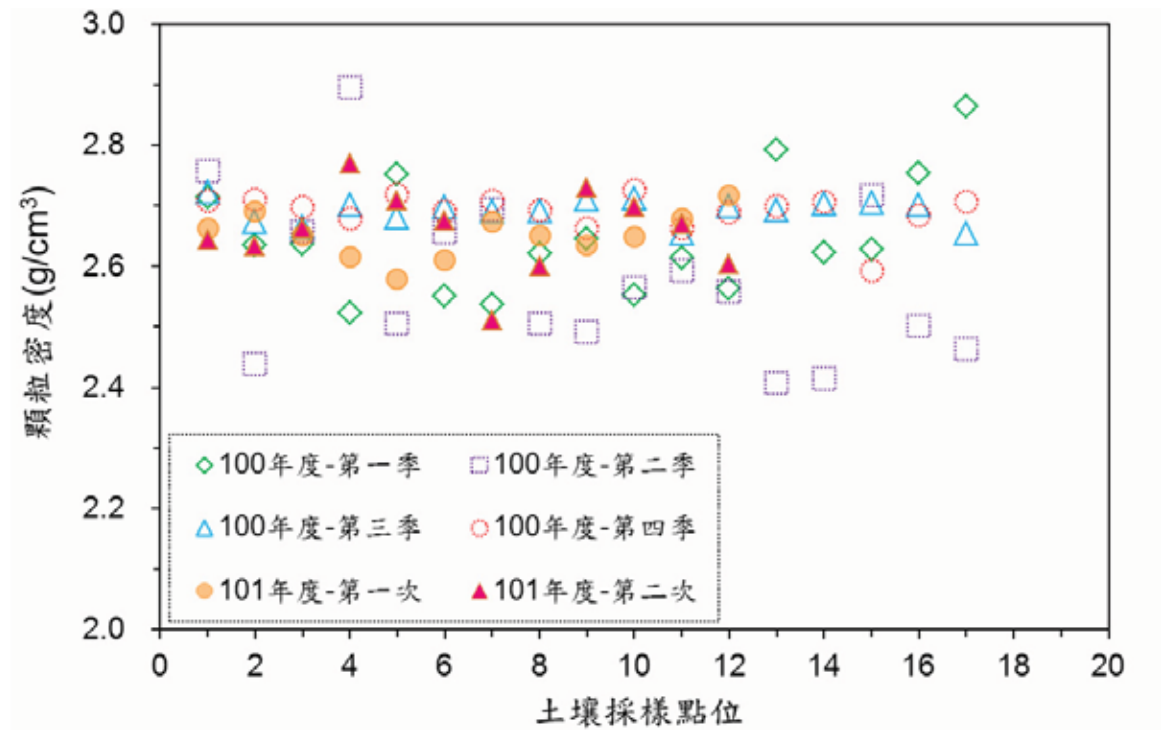


圖 3-6 水生螢火蟲棲地土壤-土壤顆粒密度分析結果

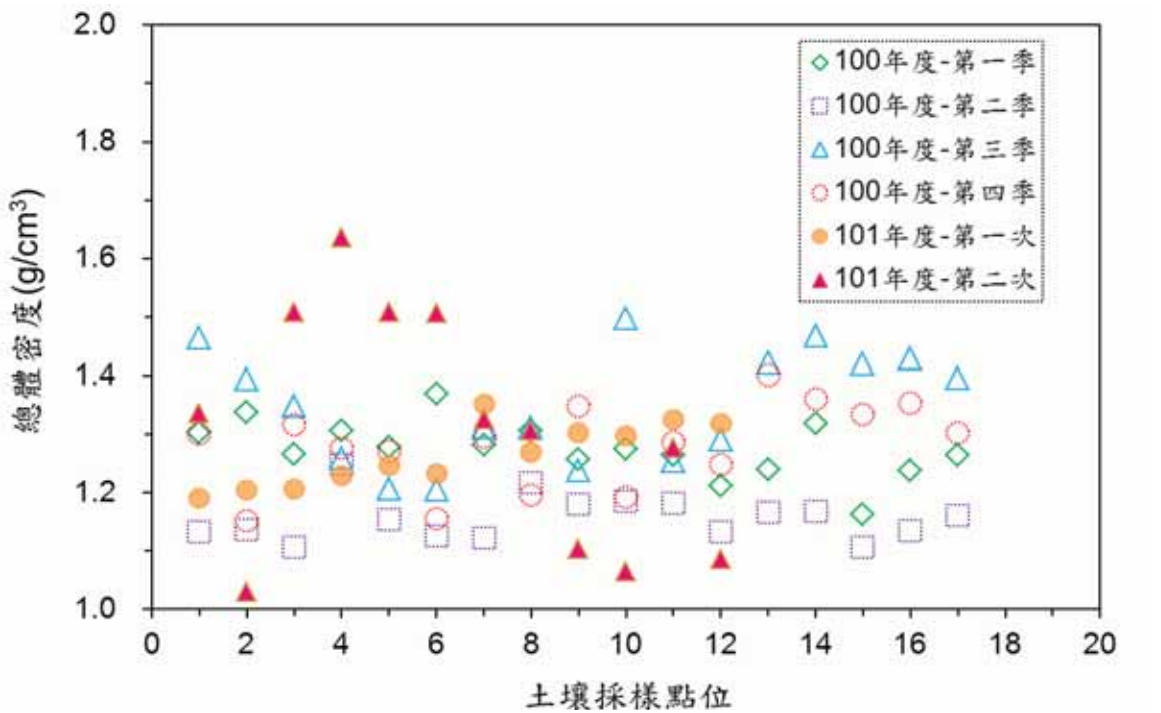


圖 3-7 水生螢火蟲棲地土壤-總體密度分析結果



3-3-3 孔隙率

本計畫將採樣點位之顆粒密度與總體密度進行計算後，可得知孔隙率(Porosity)。圖 3-8 為計畫區域內 100 年度與 101 年度孔隙率採樣分析結果。從圖中可看出，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果趨勢相近，範圍皆介於 40.95~65.0%，平均值為 52.2%，其中 101 年孔隙率第一次採樣範圍介於 49.5~55.2%之間，平均值為 52.3%；第二次採樣之孔隙率範圍介於 41.0~65%之間，平均值為 51.7%。

孔隙率之檢驗結果為由顆粒密度及總體密度檢驗結果計算得到。由顆粒密度檢驗結果可得知，兩岸顆粒密度差異並不大，但孔隙率在土堤護岸及景觀護岸的檢驗結果相差甚大，故影響原因為總體密度造成，而影響兩岸總體密度差距之原因為景觀護岸土壤於施工後有經過壓實，故造成兩岸總體密度及孔隙率檢驗結果差異。

3-3-4 有機質

本計畫使用濕式氧化法進行兩岸有機質(Organic matter)含量檢驗，其目的為腐植質在土壤中對土壤的物理性質及化學性質均有良好的影響，間接對於土壤的生產力具有深厚的影響，所以土壤含腐植質越多，土壤的性質越優。有機質為土壤中乾物質的部分，主要分為有機殘體(Organic residues)及腐植質(Humus)兩部分，腐植質為有機質去除有機殘體後之成分，在乾物質中可有兩種型態組成，第一種為元素組成，主要由碳、氫及氧所組成，約佔乾物質之 92.0%；第二種為化合物組成，去除植物殘體(纖維素及木質素等)後約佔 25.0%。

圖 3-9 為計畫區域內 100 年度與 101 年度有機質採樣監測分析



結果。從圖中可看出，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果分布範圍較分散，範圍介於 1.0~3.9%，平均值為 2.4%，其中 101 年有機質第一次採樣範圍介於 1.6~3.1%，平均值為 2.5%；第二次採樣之有機質範圍介於 0.4~2.0%之間，平均值為 1.2%。

土堤護岸有機質含量介於低腐植質至中腐殖質之間，景觀護岸有機質含量為低腐植質。由有機質檢驗結果得知，有機質有明顯上升趨勢，其原因為渠道內開始有水草於兩岸，蔓延並過濾部分水中有機鹽類，且兩岸水草生長茂盛，代表其植物殘體量可能增加，故此兩種原因造成的土壤有機質有明顯增加趨勢。



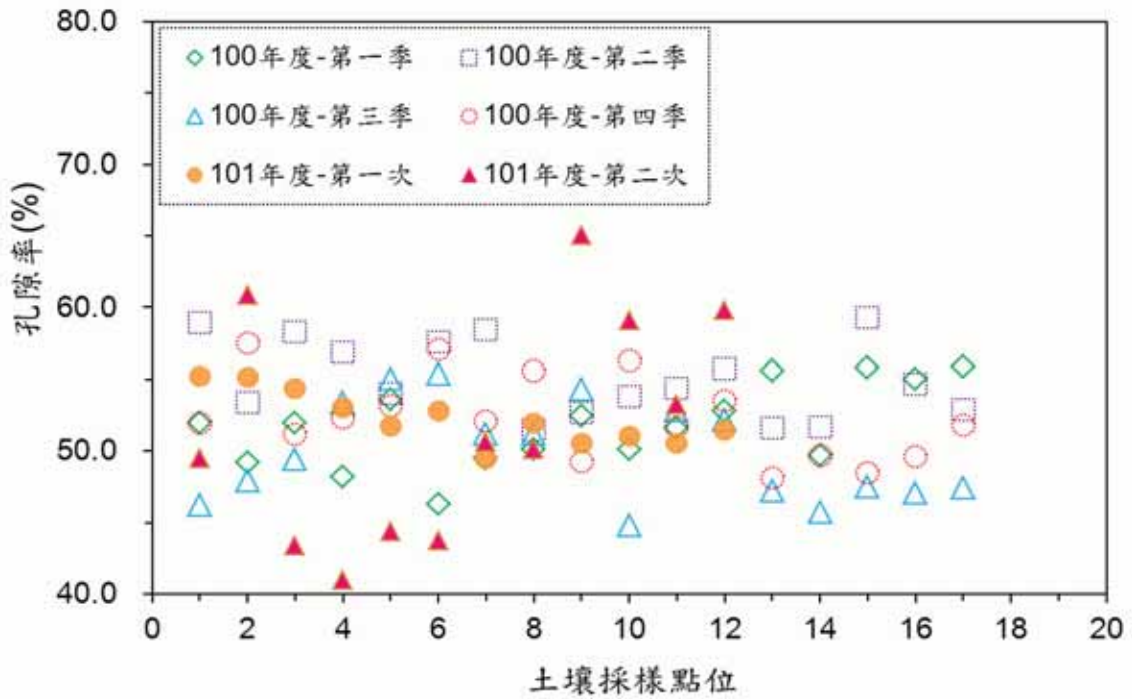


圖 3-8 水生螢火蟲棲地土壤-孔隙率分析結果

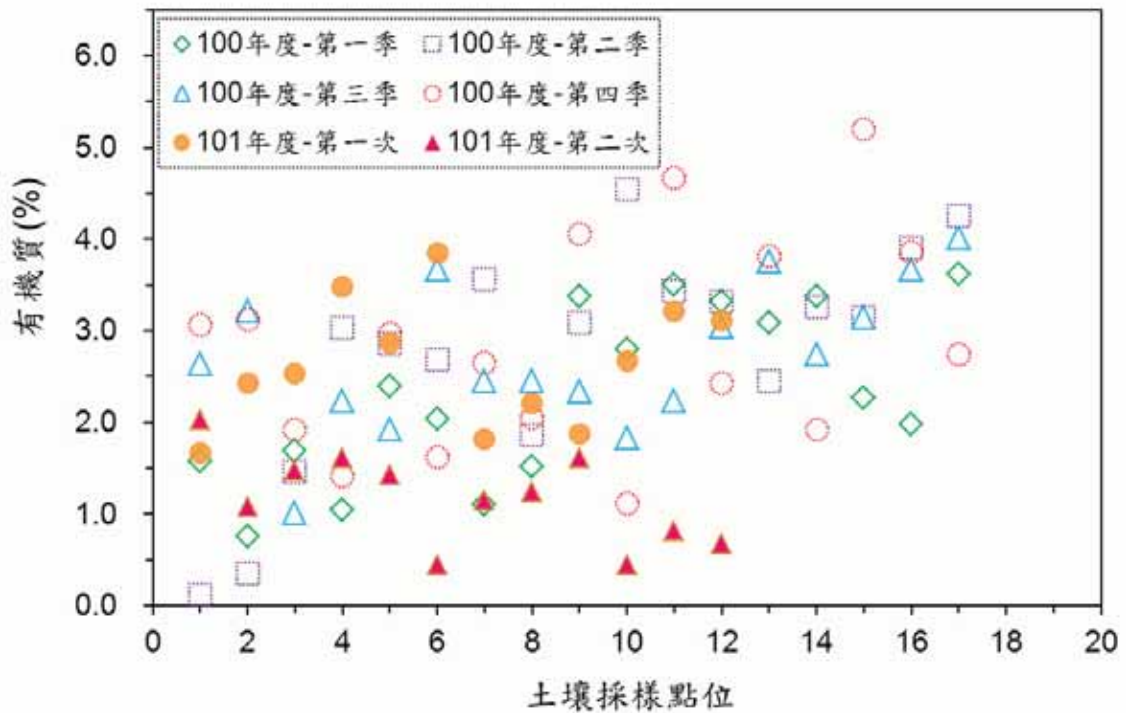


圖 3-9 水生螢火蟲棲地土壤-有機質分析結果



3-3-5 全氮含量

圖 3-10 為計畫區域內 100 年度與 101 年度全氮含量採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果，範圍大都介於 0.01~0.35%之間，平均值為 0.08%，其中 101 年全氮含量第一次採樣範圍介於 0.02~0.21%之間，平均值為 0.08%；第二次採樣之全氮含量範圍介於 0.01~0.06%之間，平均值為 0.03%。

3-3-6 電導度

圖 3-11 為計畫區域內 100 年度與 101 年度電導度採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果，範圍大都介於 0.35~5.60 mS/cm，平均值為 0.95 mS/cm，其中 101 年電導度第一次採樣範圍介於 0.45~3.90 mS/cm，平均值為 1.31 mS/cm；第二次採樣之電導度範圍介於 0.49~0.81 mS/cm 之間，平均值為 0.58 mS/cm。



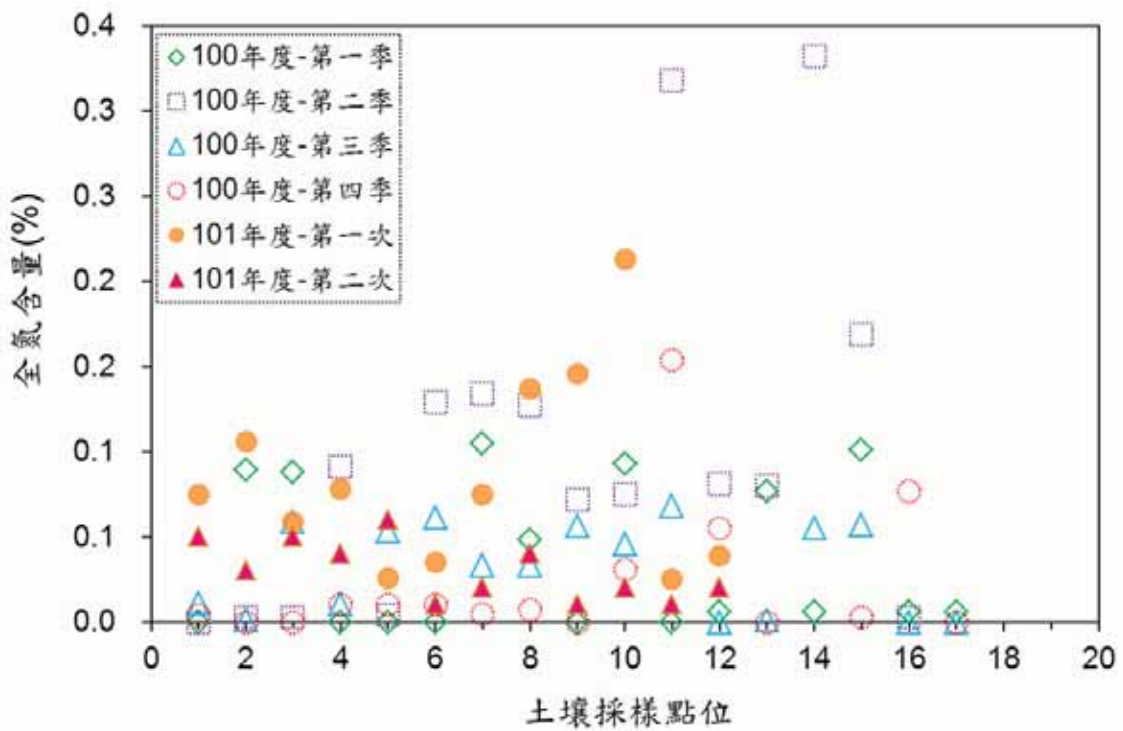


圖 3-10 水生螢火蟲棲地土壤-全氮含量分析結果

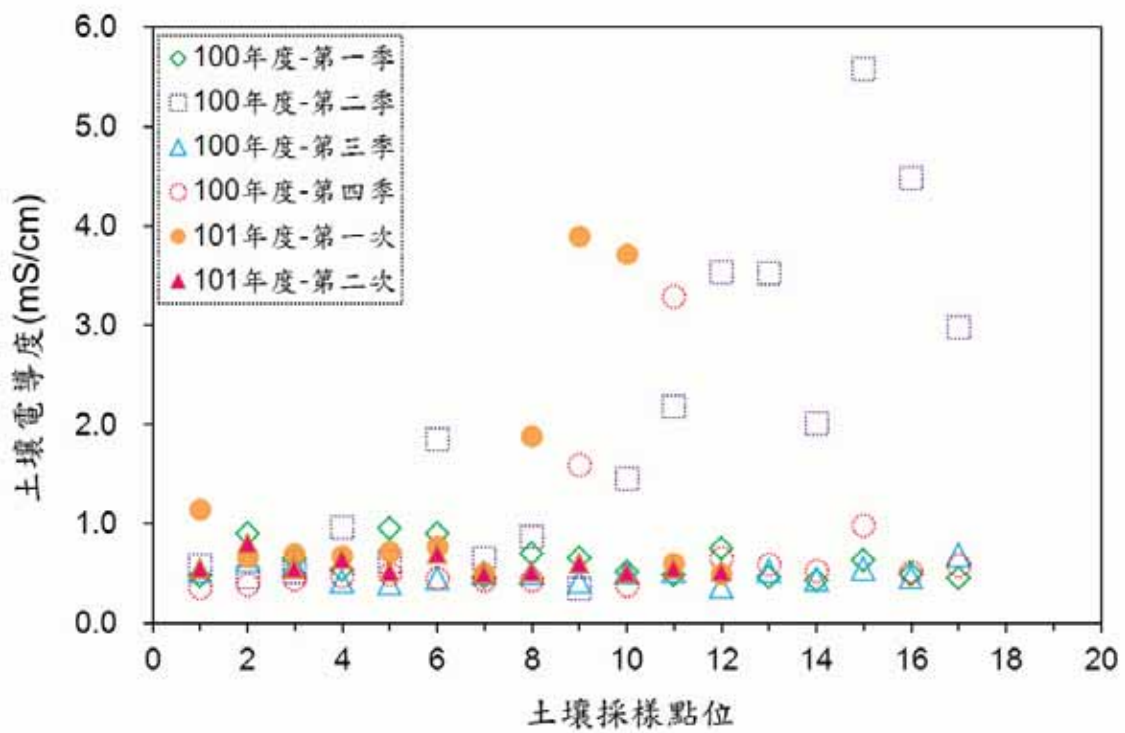


圖 3-11 水生螢火蟲棲地土壤-電導度分析結果

3-3-7 鹽度

圖 3-12 為計畫區域內 100 年度與 101 年度鹽度採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果大致相同，範圍大都介於 3.6~59.1%，平均值為 9.7%，其中 101 年鹽度第一次採樣範圍介於 5.2~35.0%，平均值為 12.5%；第二次採樣之鹽度範圍介於 5.1~8.4 %之間，平均值為 6.0%。

3-3-8 酸鹼度

土壤微生物之繁殖與活動亦與酸鹼度(Soil reaction)有關，一般而言，土壤中黴菌類活動範圍較廣，能在廣泛的酸鹼度環境中生活與活動，在酸鹼度 6~7 之間，細菌活動最旺盛。圖 3-13 為計畫區域內 100 年度與 101 年度採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度採樣結果，範圍大都介於 5.2~8.0，平均值為 6.98，其中 101 年第一次採樣酸鹼度範圍介於 6.6~7.3，其中以採樣點位 1、2 及 8 之土壤酸鹼度 7.3 為最高，平均值為 6.9；第二次採樣之土壤酸鹼度範圍介於 6.3 ~6.9 之間，平均值為 6.7。以整體來看，兩岸的酸鹼度介於微酸性至弱鹼性之間，根據郭魁士(1990)指出酸鹼度為 6~7 之間為細菌活動最旺盛之酸鹼度範圍，但本計畫區域位於台灣南部，年降雨量較大，酸鹼度應較低。相對的，本計畫區域酸鹼度卻介於微酸性至弱鹼性之間，其原因為計畫區域內水質及土壤養分較充足，螺貝類及蝸牛類較多，被螢火蟲幼蟲捕食後之外殼受到雨水淋洗後，溶解的碳酸鹽類被淋洗入土壤後，做為緩衝物質而把土壤中的酸性物質消耗掉，讓土壤中的氫離子(H^+)不致於增加，使得酸



鹼度得以維持於微酸性至弱鹼性之間。

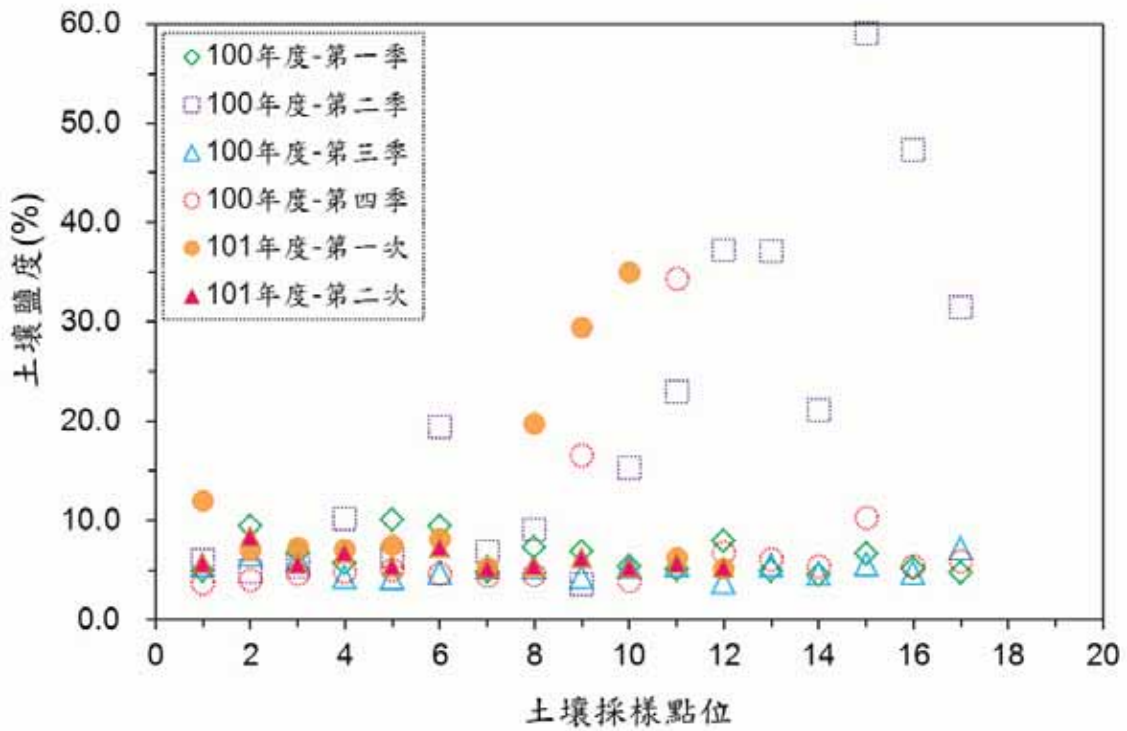


圖 3-12 水生螢火蟲棲地土壤-鹽度分析結果



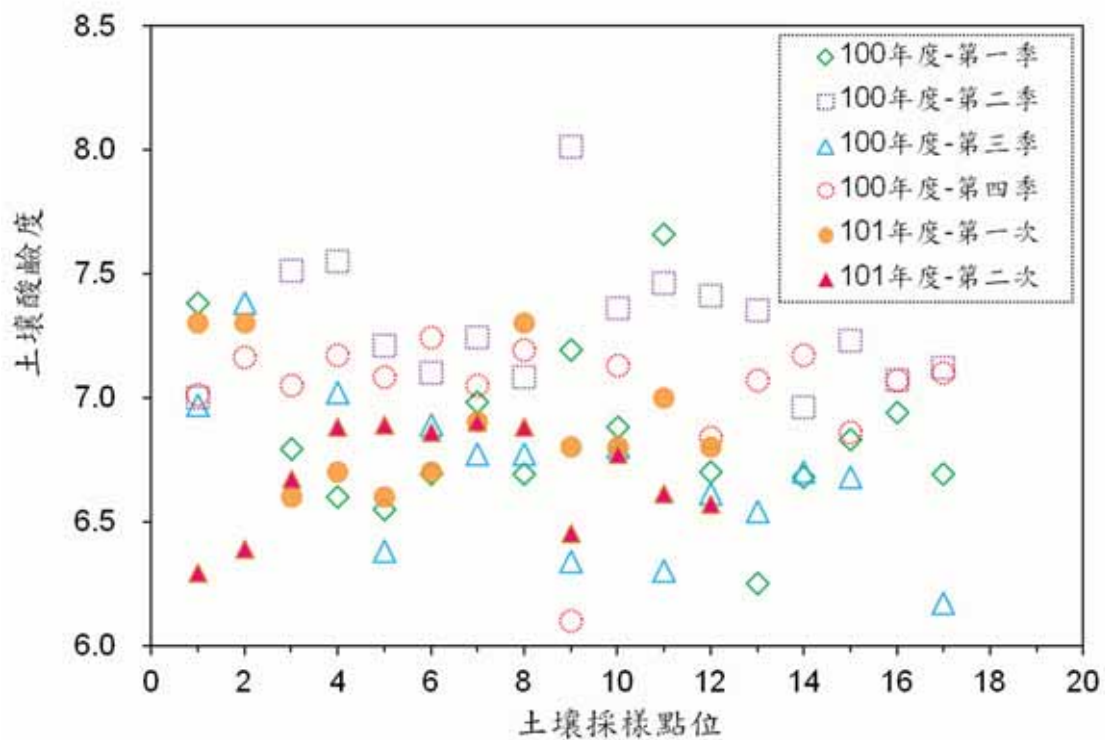


圖 3-13 水生螢火蟲棲地土壤-酸鹼度分析結果

3-3-9 土壤性質之獨立性與相關性分析

本計畫將計畫區域內各項土壤環境因子檢驗結果以 SPSS 統計分析軟體進行相關性分析及獨立性分析，各獨立性 T 檢定分析結果如表 3-8 及表 3-9 所示，土壤因子之相關性分析如表 3-10 所示，各土壤因子之相關性、相關係數、影響因子及獨立性 T 檢定分析結果將分述如下：

1. 獨立性 T 檢定分析結果

表 3-8 為上下游土壤因子獨立性 T 檢定分析結果，由表 3-8 可得知，五項土壤性質中，只有酸鹼度分析結果呈現顯著差異($P < 0.05$)，顆粒密度、總體密度、孔隙率及有機質皆無顯著差異($P > 0.05$)。由上下游分區之分析結果可看出，各項土壤因子平均值差異並不大，雖然



酸鹼度分析結果呈現顯著差異，但平均值統計結果仍為中性，故由此結果可得知，上下游分區對於土壤因子影響並不大。

表 3-9 為土堤及景觀護岸土壤獨立性 T 檢定分析結果，由表 3-9 可看出，五項土壤因子皆呈現顯著差異($P<0.05$)，造成兩岸土壤性質差異之原因為施作景觀護岸時，以渠道底部的砂土進行回填，故造成兩岸顆粒密度分析結果呈現顯著差異，但由於為同一區域內之土壤，兩岸顆粒密度變化範圍並無太大差距；造成兩岸總體密度及孔隙率分析結果呈現顯著差異的原因為景觀護岸於填土後，再進行壓實，而土堤護岸的土壤屬於自然發展形成的護岸，未經過人工擾動，故土堤護岸之總體密度檢驗結果明顯小於景觀護岸，而土堤護岸的孔隙率則明顯高於景觀護岸，影響土壤中有機質含量的主要原因為，孔隙率的多寡，而根據上述由於景觀護岸於人工覆土後，有在進行壓實，對於土壤性質的發展有相當的影響；酸鹼度的部分，影響酸鹼度的主要原因為土堤及景觀護岸有機質的差異，其原因為土堤護岸有機質含量較高，代表土壤養分較充足，螺貝類及蝸牛類較多，被螢火蟲幼蟲捕食後之外殼受到雨水淋洗後，可消耗土壤中酸性物質的碳酸鹽類增加，使得酸鹼度上升，故造成兩岸酸鹼度差異。

2. 各項土壤環境因子之相關性及相關係數

表 3-10 為各項土壤環境因子之相關性及相關係數的分析結果，由表中可看出，五項土壤環境因子經過相關性分析後，顯著性皆呈現相關顯著，即 $P<0.05$ ，各項土壤環境因子間相關性、相關係數及影響因子如下所述：



總體密度與孔隙率、有機質、酸鹼度皆呈現負相關，相關係數分別為-0.974、-0.509、-0.608；孔隙率與有機質及酸鹼度呈現正相關，相關係數分別為 0.487 及 0.624；有機質與酸鹼度呈現正相關，相關係數為 0.522。

3. 各項土壤環境因子之影響因子

影響以上四種土壤因子間之關係主要為有機質，其原因為土壤中有機質含量多寡，主要受到孔隙率影響，若孔隙率較多，則有機質含量較多，反之則較少，故孔隙率與有機質呈現正相關；孔隙率與酸鹼度並無直接關係，其相關性為間接受到有機質之影響，其原因為土壤採樣區域為草原型態，植物殘體產生之腐植質常為中性腐植質，影響酸鹼度偏高，故孔隙率與酸鹼度呈現正相關。酸鹼度變化受到有機質影響，根據郭魁士(1990)指出，地面上之植物如為草原型態，因草原植物殘體常產生中性腐植質，不助長土壤之洗滌，故影響土壤 pH 偏高，而本計畫區域採樣範圍屬於草原型態植被，故酸鹼度變化為中性偏弱鹼，故分析結果為有機質與酸鹼度呈現正相關。孔隙率與酸鹼度之關係間接受到有機質之影響，根據上述孔隙率、有機質及酸鹼度間之關係，可得知孔隙率與酸鹼度呈現正相關。孔隙率為由「總體密度」與「顆粒密度」計算得來，由於顆粒密度變化範圍並不大，故孔隙率間接受到總體密度影響，而孔隙率檢驗所得之結果與總體密度呈現負相關，故總體密度與有機質及酸鹼度亦呈現負相關。

表 3-8 上下游土壤獨立性 T 檢定分析結果

檢驗項目	區域		P 值
	上游	下游	
總體密度	1.42±0.15	1.35±0.16	0.186



孔隙率	46.01±5.14	48.14±4.67	0.203
有機質	1.66±0.74	1.69±0.92	0.913
酸鹼度	7.36±0.31	7.12±0.36	0.041

表 3-9 土堤及景觀護岸土壤獨立性 T 檢定分析結果

檢驗項目	區域 土堤護岸	景觀護岸	P 值
總體密度	1.26±0.08	1.51±0.10	0.000
孔隙率	51.03±2.40	43.24±3.67	0.000
有機質	2.20±0.79	1.16±0.50	0.000
酸鹼度	7.51±0.16	6.95±0.27	0.000



表 3-10 土壤相關性分析結果

檢驗項目	總體密度	孔隙率	有機質	酸鹼度
總體密度		-0.974*	-0.509*	-0.608*
孔隙率	0.000		0.487*	0.624*
有機質	0.002	0.003		0.522*
酸鹼度	0.000	0.000	0.002	

*表示顯著水準 P<0.05

3-4 水質監測與分析

由於黃緣螢為水生型螢火蟲，幼蟲生長於水中，在黃緣螢的生命週期中，約 7 成的時間為幼蟲期，與水的關係十分密切，故水質調查是一項十分重要的工作，故本研究進行計畫區域內長期水質調查，以探討水生螢火蟲黃緣螢棲地內水質變化情況。

本計畫使用 YSI-650 水質量測儀(如照片 3-2)進行計畫區域內渠道之水溫、電導度、鹽度、溶氧、pH 值(酸鹼度)等項目之量測。將水質量測儀置於離護岸 1 公尺範圍內，量測水面下約 10 cm 處。每次量測 3 個地點，分別為渠道的起點、中點與終點。每兩週 1-2 次，量測時間約為下午 17:00 至 18:00 間。





照片 3-2 YSI-650 水質量測儀

3-4-1 水溫

水溫主要受季節氣溫變化影響，但因計畫區域內為流動水體，且渠道寬度不大，故水溫受氣溫影響有限，極少部分受到其他水質因子影響，影響原因將在其他水質因子中做敘述。圖 3-14 為計畫區域內 100 年度與 101 年度起點、中點與終點之水溫監測分析結果，圖中可看出在 3 個不同點位之水溫變化趨勢非常相近。起點水溫介於 23.6~26.4°C，平均值為 24.8°C；中點水溫介於 23.5~26.2°C，平均值為 24.9°C；終點水溫介於 23.8~26.4°C，平均值為 24.9°C。

本計畫區域內水溫變化範圍約介於 23~26°C 之間，影響水溫之主要原因為季節氣溫變化，但因計畫區域內為流動水體，且渠道寬度不大，故水溫受氣溫影響有限，極少部分受到其他水質因子影響，影響原因將在其他水質因子中做敘述。何健鎔(2002)針對黃緣螢進行人工飼養發現，水溫保持在 25°C 附近對黃緣螢之繁殖復育工作最佳，此分析結果與本計畫區域調查的結果相當接近，也就是說，本計畫區域



的水溫相當適合黃緣螢居住。

3-4-2 電導度

圖 3-15 為計畫區域內 100 年度與 101 年度起點、中點與終點之電導度監測分析結果。由圖中可看出，在 3 個不同點位之電導度變化趨勢非常相近，且 6~10 月較高，11 月至翌年 4 月較低。棲地內電導度整體的變化範圍不大，起點電導度介於 0.39~0.46 mS/cm，平均值為 0.42 mS/cm；中點電導度介於 0.41~0.45 mS/cm，平均值為 0.42 mS/cm；終點電導度介於 0.41~0.49 mS/cm，平均值為 0.42 mS/cm。調查結果發現，電導度受豐水期(7~9 月)與枯水期影響，豐水期時因區域內流量增加，同時也增加水中有機物、有機鹽類及無機鹽類含量，故電導度隨之增加；而水中有機物的多寡，亦會影響水中溶氧量及水溫的變化，原因為微生物消耗有機物時亦會消耗溶氧量及增加水溫。根據何鍵鎔(2002)進行室外無污染的黃緣螢棲地水質檢測發現，電導度保持在 0.21~0.60 mS/cm 之間，黃緣螢幼蟲可生存，此結果與本計畫調查結果相當接近。



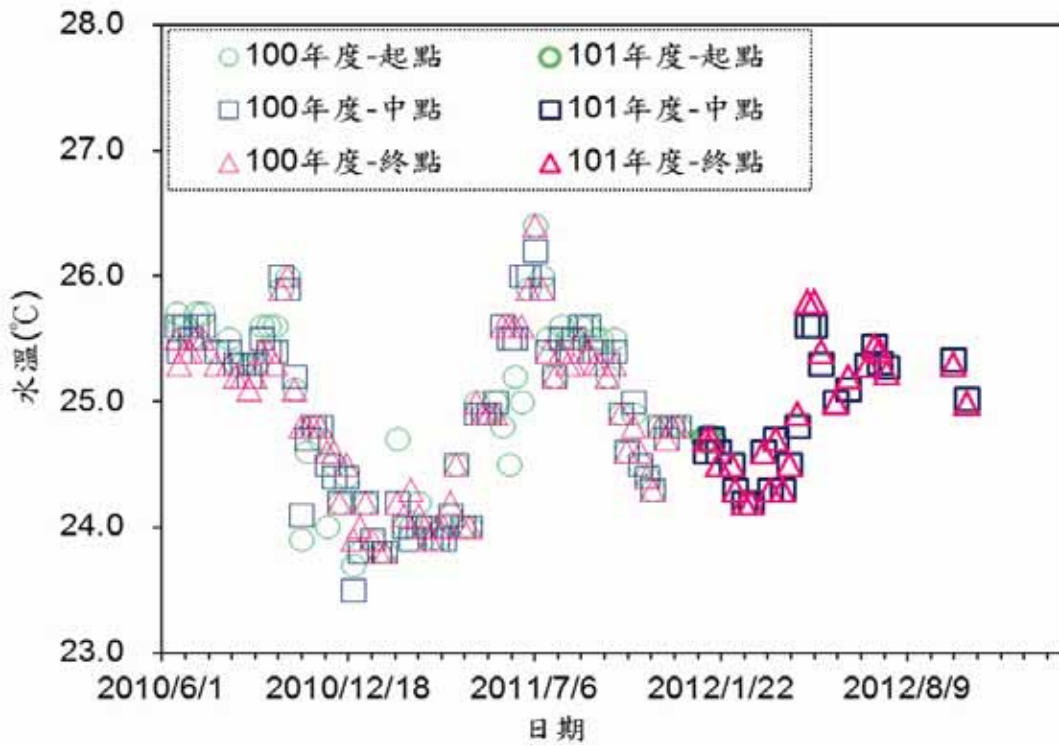


圖 3-14 水生螢火蟲棲地水質-水溫監測結果

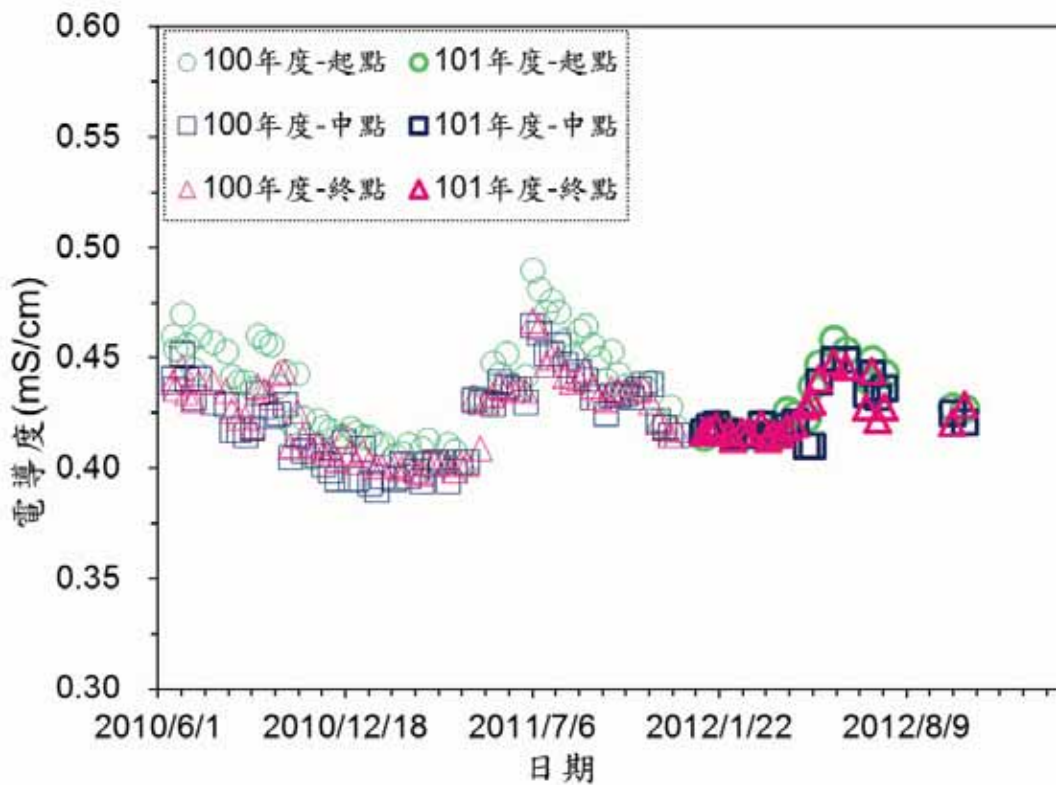


圖 3-15 水生螢火蟲棲地水質-電導度監測結果



3-4-3 鹽度

鹽度與電導度成正比關係，圖 3-16 為計畫區域內鹽度監測分析結果，由表中可看出，濕地內鹽度整體的變化範圍不大，起點鹽度介於 0.19~0.23 ppt，平均值為 0.21 ppt；中點鹽度介於 0.19~0.22 ppt，平均值為 0.20 ppt；終點鹽度介於 0.19~0.22 ppt，平均值為 0.20 ppt。計畫區域內鹽度變化情形顯示出 6~11 月水質鹽度含量較高，12 月至翌年 4 月較低。調查發現區域內流量增加，有機鹽類及無機鹽類的含量同時亦會增加，但由於此區域水質環境較好且有地下水補注，故鹽度量測結果上升並不明顯。

3-4-4 溶氧

圖 3-17 為計畫區域內 100 年度與 101 年度起點、中點與終點之溶氧監測分析結果。由圖中可看出，在 3 個不同點位之溶氧變化趨勢較為分散。起點溶氧介於 3.0~6.2 mg/l，平均值為 4.5 mg/l；中點溶氧介於 3.0~6.8 mg/l，平均值為 4.7 mg/l；終點溶氧介於 2.9~7.0 mg/l，平均值為 4.6 mg/l。調查結果發現溶氧下降主要因為進入枯水期時，農田排入崇蘭舊圳較營養的水源仍然不曾間段，增加了水中有機物，因此導致水中溶氧量下降。豐水期時因降雨及地下水補助，且因該時期水生植物生長茂盛，持續提供補充水中溶氧量，故水中溶氧量明顯增加。何健鎔(2002)針對黃緣螢進行人工飼養發現，黃緣螢幼蟲適合之溶氧環境為 5.55~5.58 mg/l，此分析結果與本計畫於螢火蟲棲地的調查結果有些許差異，本計畫區域的溶氧範圍較大。



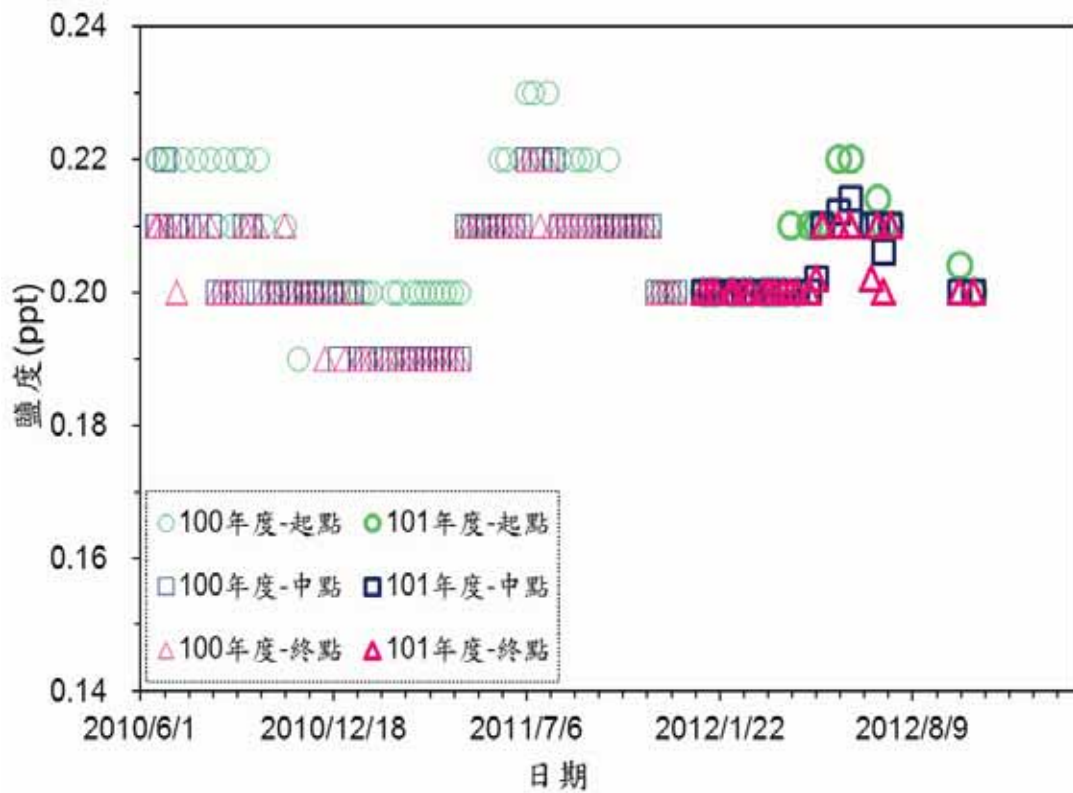


圖 3-16 水生螢火蟲棲地水質-鹽度監測結果

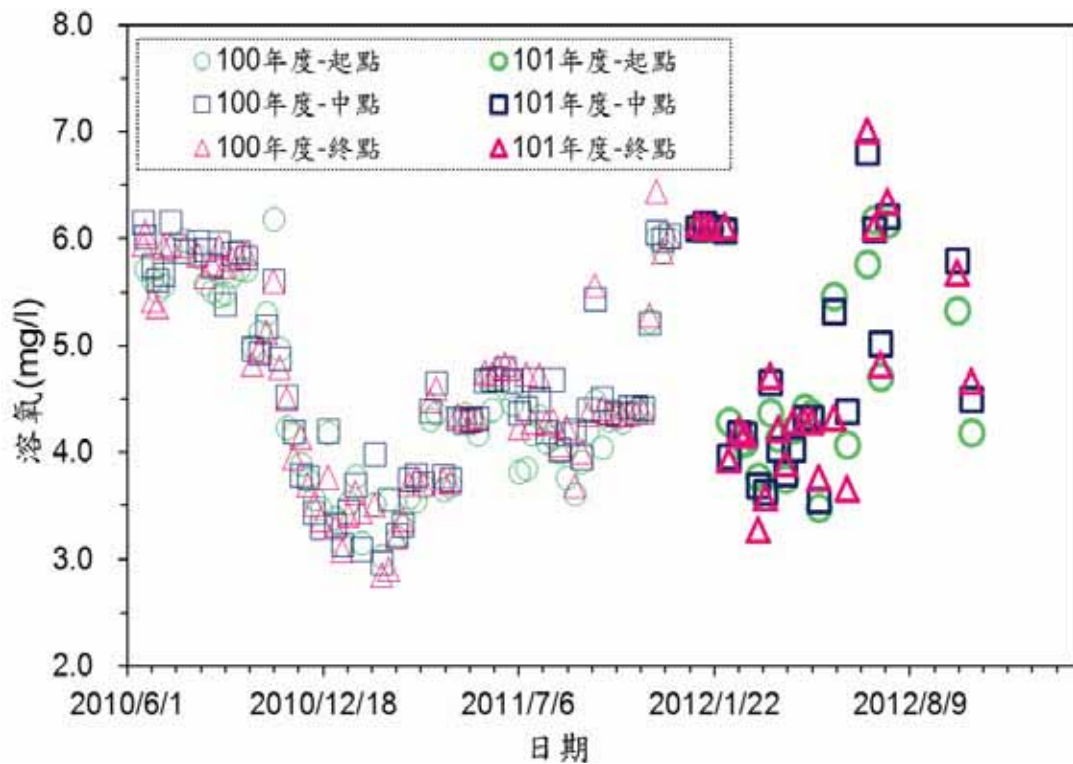


圖 3-17 計畫區域溶氧監測分析結果

3-4-5 酸鹼度

水質酸鹼度主要受到水中之氫離子與碳酸鈣含量所影響，水中氫離子主要來源為，微生物分解水中有機物產生氫離子致使水質酸鹼度偏酸性；水中碳酸鈣主要來源為，水中螺貝類的貝殼被水溶解出碳酸鈣致使水質酸鹼度偏鹼性，枯水期水質酸鹼度偏鹼性之原因為，由於地下水位降低，造成計畫區域內水量減少，進而使得水中有機物含量減少，導致微生物分解水中有機物所產生之氫離子少於螺貝類貝殼所溶解出之碳酸鈣含量，故枯水期時水質酸鹼度呈現弱鹼性；豐水期時，計畫區域內水量增加，上游地區帶來較營養的水源，微生物分解有機物量增多，導致水中氫離子含量大於碳酸鈣含量，故水質酸鹼度於豐水期時為弱酸性。

本區域內水質酸鹼度雖受到豐枯水期及其他水質因子影響，但其變化範圍仍維持為弱鹼性，為黃緣螢幼蟲適生之範圍。圖 3-18 為計畫區域內 100 年度與 101 年度起點、中點與終點之酸鹼度監測分析結果。由圖中可看出，在 3 個不同點位之電導度變化趨勢非常相似。起點酸鹼度介於 6.7~7.7，平均值為 7.2；中點酸鹼度介於 6.9~7.7，平均值為 7.2；終點酸鹼度介於 7.0~7.5，平均值為 7.2。

根據何鍵鎔(2002)針對黃緣螢進行人工飼養發現，酸鹼度保持在 7.2~7.6 之間，對黃緣螢之繁殖復育最佳，此結果與本計畫調查結果相當接近，也就是說，本計畫區域的酸鹼度環境相當適合黃緣螢居住。



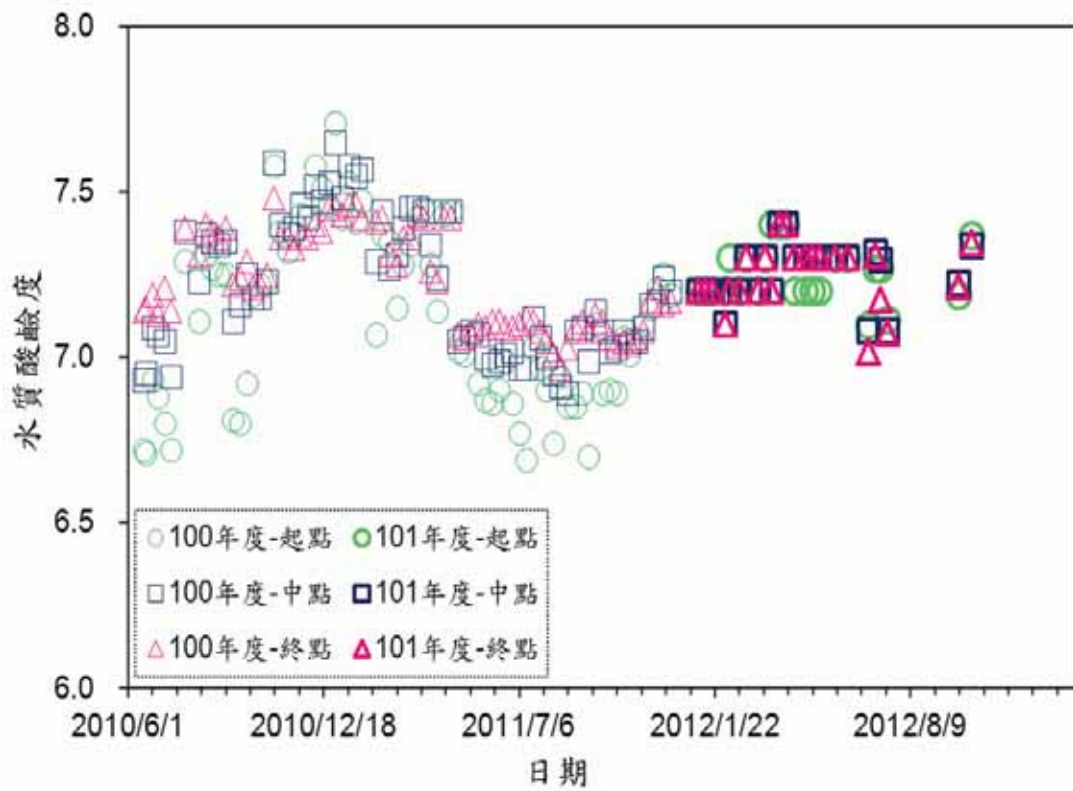


圖 3-18 計畫區域酸鹼度監測分析結果



3-4-6 化學需氧量(COD)

本計畫所計算出的化學需氧量是採取水中底泥進行室內試驗。圖 3-19 為計畫區域內化學需氧量採樣分析結果。由圖中可看出，化學需氧量分析結果的範圍介於 7~52mg/l，平均值為 30mg/l，整體而言，第一次與第二次之採樣時間相隔 3 個月，但實驗結果差異不大，第一次平均值約為 30.01 mg/l，第二次平均值約為 30.12 mg/l。

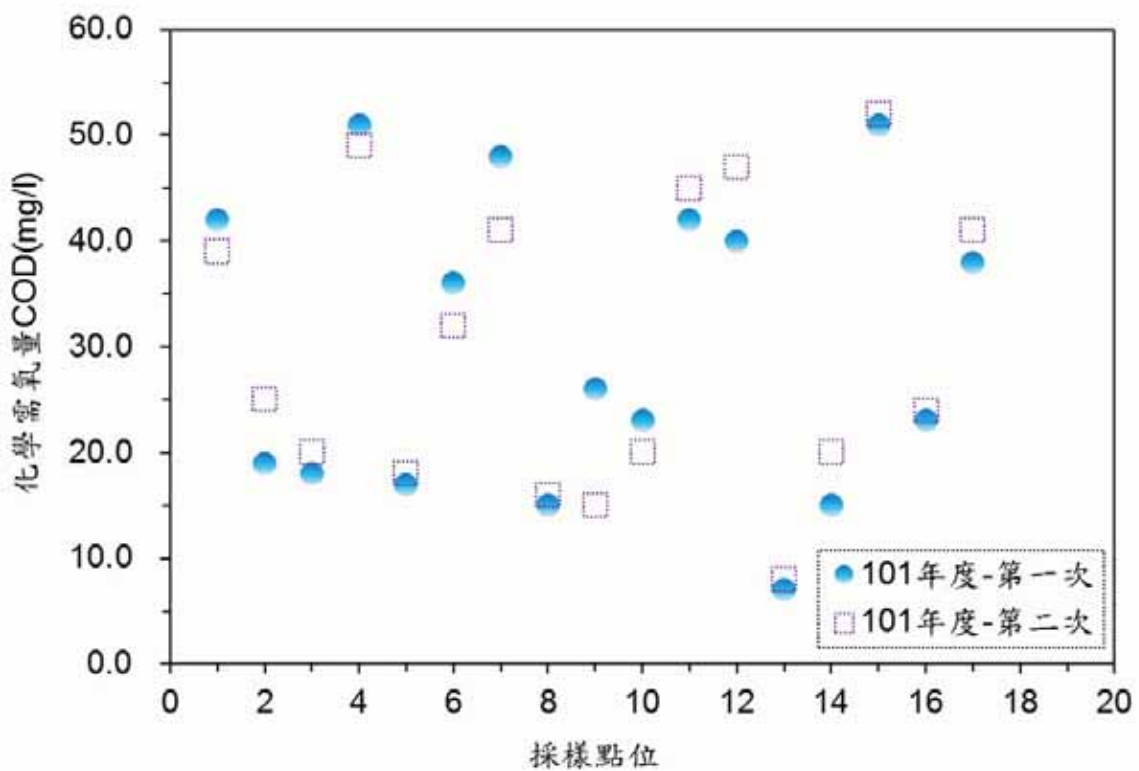


圖 3-19 計畫區域化學需氧量(COD)監測分析結果



3-4-7 水質獨立性與相關性分析

表 3-11 為各項水質調查結果與前人研究結果比較表，由表 3-11 可看出，何健鎔分別於 2002 年、2006 年及 2010 年飼養及復育黃緣螢時，進行作為飼養幼蟲水源的水質調查，並將許仁財(2008)於東勢林場進行黃緣螢多樣性復育的水質調查結果統整後，與本研究於 2010 年 6 月至 2011 年 12 月的野外黃緣螢棲地的各項水質調查結果進行比較後，各項水質的差異性並不大，本研究同時參考何健鎔(2002)描述黃緣螢人工棲地之環境條件，與本研究各項水質調查結果相當接近，也就是說，本計畫區域的水質環境相當適合黃緣螢居住。

本研究將計畫區域內量測所得之各項水質以 SPSS 統計分析軟體進行相關性及獨立性 T 檢定分析，獨立性 T 檢定分析結果如表 3-12 及表 3-13 所示，相關性分析如表 3-14 所示，各水質因子之相關性、相關係數、影響因子及獨立性 T 檢定分析結果將分述如下：

1. 獨立性 T 檢定分析結果

本研究將計畫區域內水質調查結果分為兩部分進行獨立性 T 檢定，第一部分為進行上下游分區進行獨立性 T 檢定，第二部分為進行土堤及景觀護岸分區進行獨立性 T 檢定，獨立性 T 檢定分析結果如下所述：

表 3-12 為上下游水質 T 檢定分析結果，由表 3-12 可看出，水溫及溶氧皆無顯著差異($P>0.05$)，電導度、鹽度及酸鹼度皆呈現顯著差異($P<0.05$)，其原因為計畫區域內水質環境良好，且有地下水提供潔淨的水源，故水溫及溶氧進行上下游獨立性 T 檢定後無顯著差異；造



成上下游電導度、鹽度及酸鹼度呈現顯著差異的原因為，影響電導度、鹽度及酸鹼度變化之多數因子之一為有機及無機物質含量，而有機及無機物質受到水中草類攔阻，故下游電導度、鹽度及酸鹼度與上由量測值呈現顯著差異。

表 3-13 為土堤及景觀護岸水質 T 檢定分析結果，由表 3-13 可看出，水溫、溶氧、電導度、鹽度及酸鹼度皆無顯著差異($P>0.05$)，其原因為計畫區域渠道兩岸寬度不大，故兩岸水質變化範圍並不明顯。

2. 水質因子之相關性及相關係數

表 3-14 為水質相關性分析結果，由表 3-14 可看出，水溫與溶氧、電導度鹽度及懸浮固體呈現正相關，相關係數分別為 0.514、0.802、0.642 及 0.526，水溫與酸鹼度呈現負相關，相關係數為-0.703；溶氧與電導度及鹽度呈現正相關，相關係數分別為 0.369 及 0.286，溶氧與酸鹼度呈現負相關，相關係數為-0.300；電導度與鹽度及懸浮固體呈現正相關，相關係數分別為 0.904 及 0.601，電導度與酸鹼度呈現負相關，相關係數為-0.805；鹽度與懸浮固體呈現正相關，相關係數為 0.485，鹽度與酸鹼度呈現負相關，相關係數為-0.804；酸鹼度與懸浮固體呈現負相關，相關係數為-0.701。

3. 水質環境之影響因子

本計畫區域水溫主要受到氣候變化影響，但由於此地區有地下水源補助故水溫變化不明顯，而水溫變化次要受到水中有機物被微生物分解導致水溫上升所影響，故水溫與電導度及鹽度呈現中度至高度相關，而水溫與溶氧量之相關性雖呈現中度正相關，但水溫變化對於溶



氧量並無明顯影響，其原因為水溫變化範圍約為 2°C，此變化僅影響溶氧約 0.3~0.5mg/l，水中溶氧量的增減主要受到水中水生植物的多寡及氣候變化影響，次要影響原因為水中有機物被微生物分解時亦會消耗水中溶氧量；水溫與酸鹼度及懸浮固體並無直接相關，主要由電導度及鹽度影響酸鹼度及懸浮固體變化，故水溫與酸鹼度呈現中度負相關。

溶氧經過相關性分析後，雖然與電導度、鹽度及酸鹼度有相關性，但皆為低度相關，其原因為本計畫區域水質環境良好，溶氧受到其他水質因子影響程度極小，主要受到水中水生植物的多寡及氣候變化影響。

電導度經過相關性分析後，與鹽度呈現高度正相關，其原因為影響電導度測值之因子中，有機及無機鹽類為影響電導度測值之因子之一，但有機及無機鹽類為影響鹽度測值之主要影響因子，故電導度及鹽度呈現高度正相關；電導度、鹽度及懸浮固體與酸鹼度呈現高度負相關，其主要原因為導致水質酸鹼度偏酸性的因素為氯離子增加，而水中氯離子的來源為微生物分解有機物後之產物，影響電導度、鹽度及懸浮固體測值因子之一為有機或無機性顆粒，故電導度、鹽度及懸浮固體增加時，酸鹼度則會下降；電導度及鹽度與懸浮固體呈現中度正相關，其原因為影響量測懸浮固體時主要為量測水中呈懸浮狀態之有機或無機性顆粒，而有機及無機性顆粒為影響電導度及鹽度測值原因之一。



表 3-11 各項水質調查結果與前人研究結果比較表

研究地點	項目	水溫(°C)	溶氧(mg/l)	電導度(mS/cm)	酸鹼度
特生中心 (2002)		25.0	2.58~2.85	0.05~0.06	7.15~7.60
特生中心 (2006)		25.0	2.58~2.85	0.05~0.06	6.80~7.10
特生中心 (2010)		25.0	2.58~2.85	0.05~0.06	6.80~7.10
東勢林場 (2008)		24.6	4.26~5.27	0.15~0.82	7.35~7.74
本研究調查 (2010~2011)		24.9	3.20~6.10	0.39~0.49	6.69~7.71

表 3-12 上下游水質 T 檢定分析結果

量測項目	分區		P 值
	上游	下游	
水溫	24.88±0.67	24.88±0.62	0.957
溶氧	4.55±0.91	4.64±0.92	0.555
電導度	0.435±0.022	0.423±0.017	0.000
鹽度	0.21±0.01	0.20±0.01	0.001
酸鹼度	7.12±0.25	7.22±0.17	0.009

表 3-13 土堤及景觀護岸水質 T 檢定分析結果

量測項目	分區		P 值
	土堤護岸	景觀護岸	
水溫	24.88±0.62	24.88±0.62	0.952
溶氧	4.60±0.91	4.67±0.93	0.630
電導度	0.426±0.017	0.422±0.017	0.202
鹽度	0.20±0.01	0.20±0.01	0.390
酸鹼度	7.20±0.17	7.22±0.18	0.337



表 3-14 水質相關性分析結果

量測項目	水溫	溶氧	電導度	鹽度	酸鹼度
水溫		0.514 [*]	0.802 [*]	0.642 [*]	-0.703 [*]
溶氧	0.000		0.369 [*]	0.286 [*]	-0.300 [*]
電導度	0.000	0.001		0.904 [*]	-0.805 [*]
鹽度	0.000	0.011	0.000		-0.804 [*]
酸鹼度	0.000	0.007	0.000	0.000	

*表示顯著水準 $P < 0.05$ 

3-5 黃緣螢成蟲數量與分析

3-5-1 黃緣螢成蟲數量統計

本計畫以 2 人為 1 組，手持手握式計數器，從渠道起點走到終點，分別紀錄左岸及右岸黃緣螢成蟲數量。每兩週 1~2 次，紀錄時間分為 3 個時段，分別為晚上 19:00、19:30 及 20:00。

圖 3-20 為計畫區域內 100 年度與 101 年度黃緣螢成蟲數量監測分析結果。由圖中可看出，計畫區域內黃緣螢成蟲數量變化情形，活動的高峰期為 7~8 月、10~12 月及 3~4 月。黃緣螢成蟲在 19:00 最大約為 360 隻，19:30 最大約為 200 隻，20:00 最大約為 150 隻，黃緣螢成蟲數量大致上在 19:00 的時候最多，隨後隨著調查時間的增加而減少，換句話說，黃緣螢成蟲每天活動的高峰期約在日落後 30~60min，隨後活動數量慢慢減少。

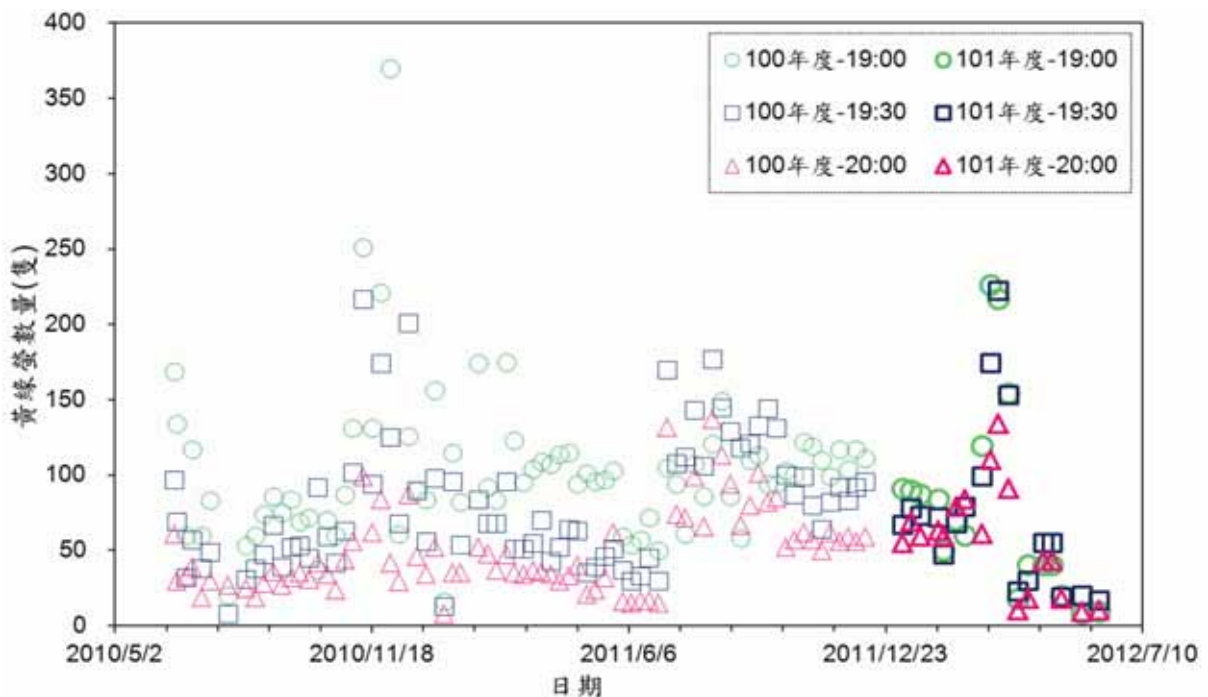


圖 3-20 計畫區域黃緣螢成蟲數量監測分析結果

3-5-2 黃緣螢成蟲數量獨立性分析

本研究將黃緣螢成蟲數量調查結果以兩種分區進行獨立性 T 檢定分析，第一種分區方法為上游及下游分區進行獨立性 T 檢定分析，第二種分區方法為土堤及景觀護岸分區進行獨立性 T 檢定分析，兩種分區由獨立性 T 檢定分析結果如下所述：

1. 黃緣螢成蟲數量上下游分區獨立性 T 檢定分析結果

本研究將黃緣螢成蟲數量調查結果，以上下游分區進行分析之原因為，本研究之計畫區域於中點調查點有一小型排水渠道，此排水渠道為周遭農地排水之用，故本研究探討上下游黃緣螢成蟲數量是否有顯著差異。

表 3-15 為上下游黃緣螢成蟲數量獨立性 T 檢定分析結果，由表 3-15 可看出，在 19:00、19:30 及 20:00 三個時段皆無顯著差異 ($P < 0.05$)，其原因為本計畫區域有著豐富且潔淨的地下水源供給，使得由此排水渠道排入的水源對於上下游黃緣螢成蟲數量影響並不大。

2. 黃緣螢成蟲數量土堤及景觀護岸分區獨立性 T 檢定分析結果

本研究將黃緣螢成蟲數量調查結果，再以土堤及景觀護岸分區進行分析，由於土堤護岸為自然發展之黃緣螢棲地，而景觀護岸為施作水工構造物後之模擬黃緣螢棲地，故本研究將探討土堤及景觀護岸黃緣螢成蟲數量是否有顯著性差異。

表 3-16 為土堤及景觀護岸黃緣螢成蟲數量獨立性 T 檢定分析結果，由表 3-16 可看出，在 19:00、19:30 及 20:00 三個時段皆



呈現顯著差異($P<0.05$)，其原因為黃緣螢成蟲數量分布受到棲地環境因子的影響，根據本研究所探討的棲地環境因子，可能造成土堤及景觀護岸黃緣螢成蟲數量差異的原因可能為水質環境因子及土壤環境因子，兩種環境因子由土堤及景觀護岸影響黃緣螢成蟲數量之程度將在下一節再進行探討。

表 3-15 上下游黃緣螢成蟲數量獨立性 T 檢定分析結果

量測時間	分區		P 值
	上游	下游	
19:00	52±29	50±27	0.744
19:30	43±27	38±21	0.223
20:00	25±16	25±14	0.544

表 3-16 土堤及景觀護岸黃緣螢成蟲數量獨立性 T 檢定分析結果

量測時間	分區		P 值
	土堤護岸	景觀護岸	
19:00	78±36	25±14	0.000
19:30	61±31	19±12	0.000
20:00	37±20	13±8	0.000

3-5-3 流況與黃緣螢成蟲數量分析

1. 獨立性分析

本研究將流況與黃緣螢成蟲數量以上下游分區進行獨立性 T 檢定分析，分析結果如下所述：

表 3-17 為上下游流況與黃緣螢成蟲數量 T 檢定分析結果，由表可看出，水深及流速均呈現顯著差異($P<0.05$)，但黃緣螢成蟲數量於



上下游分析過後，並無顯著性差異($P>0.05$)，由此結果可得知，上游至下游的水深及流速變化並不會影響黃緣螢成蟲數量的分布。

2. 相關性分析

表 3-18 為流況與黃緣螢成蟲數量相關性分析結果，由表 3-18 可看出流速與黃緣螢成蟲數量呈現負相關，相關係數為-0.222，雖然相關係數顯示為低度相關，但由結果可看出，流速過大會影響黃緣螢成蟲數量分布。

表 3-17 上下游流況與黃緣螢成蟲數量 T 檢定分析結果

量測項目	分區		P 值
	上游	下游	
水深	35.4±12.2	56.6±10.9	0.000
流速	0.42±0.17	0.26±0.12	0.000
黃緣螢成蟲數量	52±29	50±27	0.744

表 3-18 流況與黃緣螢成蟲數量相關性分析結果

量測項目	水深	流速	黃緣螢成蟲數量
水深		0.358	0.069
流速	0.001		-0.222
黃緣螢成蟲數量	0.546	0.049	

*表示顯著水準 $P<0.05$



3-5-4 水質與黃緣螢成蟲數量分析

本研究將水質環境調查結果與黃緣螢成蟲數量調查結果以分區進行獨立性 T 檢定以及相關性分析，分析結果如下所述：

1. 獨立性分析

本研究將水質環境因子與黃緣螢成蟲數量分為兩部分進行獨立性 T 檢定，第一部分為上下游水質環境因子與黃緣螢成蟲數量獨立性 T 檢定，第二部分為土堤及景觀護岸水質環境因子與黃緣螢成蟲數量獨立性 T 檢定，分析結果如下所述：

表 3-19 為上下游水質與黃緣螢成蟲數量 T 檢定分析結果，由表 3-19 可看出，僅電導度、鹽度及酸鹼度呈現顯著性差異($P < 0.05$)，但黃緣螢成蟲數量於上下游分析過後，並無顯著性差異($P > 0.05$)，由此結果可得知，上游至下游的電導度、鹽度及酸鹼度的變化並不會影響黃緣螢成蟲數量的分布。

表 3-20 為土堤及景觀護岸水質與黃緣螢成蟲數量 T 檢定分析結果，由表 3-20 可看出，僅黃緣螢成蟲數量呈現顯著差異($P < 0.05$)，水質環境因子皆無顯著差異($P > 0.05$)，由此結果可得知，水質並非為兩岸黃緣螢成蟲數量差異的主要影響因子。

2. 相關性分析

表 3-21 為水質與黃緣螢成蟲數量相關性分析結果，由表 3-21 可看出，黃緣螢成蟲數量與各項水質環境因子皆無相關性($P > 0.05$)，其原因為本計畫區域之水質環境相當適合黃緣螢生存，故水質環境與黃緣螢成蟲數量相關性分析結果並無相關性。



表 3-19 上下游水質與黃緣螢成蟲數量 T 檢定分析結果

量測項目	分區		P 值
	上游	下游	
水溫	24.88±0.67	24.88±0.62	0.957
溶氧	4.55±0.91	4.64±0.92	0.555
電導度	0.435±0.022	0.423±0.017	0.000
鹽度	0.21±0.01	0.20±0.01	0.001
酸鹼度	7.12±0.25	7.22±0.17	0.009
黃緣螢 成蟲數量	52±29	50±27	0.744

表 3-20 土堤及景觀護岸水質與黃緣螢成蟲數量 T 檢定分析結果

量測項目	分區		P 值
	土堤護岸	景觀護岸	
水溫	24.88±0.62	24.88±0.62	0.952
溶氧	4.60±0.91	4.67±0.93	0.630
電導度	0.426±0.017	0.422±0.017	0.202
鹽度	0.20±0.01	0.20±0.01	0.390
酸鹼度	7.20±0.17	7.22±0.18	0.337
黃緣螢 成蟲數量	78±36	25±14	0.000



表 3-21 水質與黃緣螢成蟲數量相關性分析結果

量測項目	水溫	溶氧	電導度	鹽度	酸鹼度	黃緣螢 成蟲數量
水溫		0.514*	0.802*	0.642*	-0.703*	0.011
溶氧	0.000		0.369*	0.286*	-0.300*	-0.217
電導度	0.000	0.001		0.904*	-0.805*	0.237
鹽度	0.000	0.011	0.000		-0.804*	0.057
酸鹼度	0.000	0.007	0.000	0.000		-0.162
黃緣螢 成蟲數量	0.956	0.288	0.243	0.783	0.429	

*表示顯著水準 P<0.05



3-5-5 土壤與黃緣螢成蟲數量分析

本研究將土壤性質調查結果與黃緣螢成蟲數量調查結果以分區進行獨立性 T 檢定以及相關性分析，分析結果如下所述：

1. 獨立性分析

本研究將土壤性質與黃緣螢成蟲數量分為兩部分進行獨立性 T 檢定，第一部分為上下游土壤性質與黃緣螢成蟲數量獨立性 T 檢定，第二部分為土堤及景觀護岸土壤性質與黃緣螢成蟲數量獨立性 T 檢定，分析結果如下所述：

表 3-22 為上下游土壤性質與黃緣螢成蟲數量 T 檢定分析結果，由表 3-22 可看出，僅酸鹼度呈現顯著差異($P < 0.05$)，總體密度、孔隙率、酸鹼度及黃緣螢成蟲數量皆無顯著差異($P > 0.05$)，由此結果可得知，雖然酸鹼度有顯著差異，對於黃緣螢成蟲數量並無影響。

表 3-23 為土堤及景觀護岸土壤性質與黃緣螢成蟲數量 T 檢定分析結果，由表 3-23 可看出，總體密度、孔隙率、有機質、酸鹼度及黃緣螢成蟲數量皆呈現顯著差異($P < 0.05$)，由此結果可得知，於土堤及景觀護岸黃緣螢成蟲數量分布差異的因素之一可能為土壤性質的差異所造成。

2. 相關性分析

表 3-24 為土壤性質與黃緣螢數量相關性分析結果，由表 3-24 可看出，黃緣螢成蟲數量與各項土壤環境因子之相關性及相關係數如下所述：

黃緣螢成蟲數量與總體密度呈現負相關，相關係數為-0.809；黃



緣螢成蟲數量與孔隙率、有機質及酸鹼度皆呈現正相關，相關係數分別為 0.803、0.434 及 0.734。

黃緣螢成蟲數量與總體密度呈現高度負相關，並與孔隙率呈現高度正相關之原因為，由於總體密度越大則土壤孔隙越少，故黃緣螢幼蟲上岸化蛹時可利用的空間也就越少，故黃緣螢成蟲數量與總體密度呈現負相關，而與孔隙率呈現正相關；黃緣螢成蟲數量與有機質呈現中度正相關之原因為，土壤中有機質含量越多，其保水力越強，故黃緣螢幼蟲於終齡時上岸化蛹較不容易因脫水而導致死亡；黃緣螢成蟲數量與酸鹼度呈現高度正相關之原因為，酸鹼度會影響土壤中生物活動、有機質含量、微生物活性等，由此結果可得知，黃緣螢幼蟲上岸化蛹時可能選擇偏弱鹼性土壤進行化蛹。

表 3-22 上下游土壤性質與黃緣螢成蟲數量 T 檢定分析結果

檢驗項目	區域		P 值
	上游	下游	
總體密度	1.42±0.15	1.35±0.16	0.186
孔隙率	46.01±5.14	48.14±4.67	0.203
有機質	1.66±0.74	1.69±0.92	0.913
酸鹼度	7.36±0.31	7.12±0.36	0.041
黃緣螢 成蟲數量	52±29	50±27	0.744



表 3-23 土堤及景觀護岸土壤性質與黃緣螢成蟲數量 T 檢定分析結果

檢驗項目	區域		P 值
	土堤護岸	景觀護岸	
總體密度	1.26±0.08	1.51±0.10	0.000
孔隙率	51.03±2.40	43.24±3.67	0.000
有機質	2.20±0.79	1.16±0.50	0.000
酸鹼度	7.51±0.16	6.95±0.27	0.000
黃緣螢 成蟲數量	78±36	25±14	0.000

表 3-24 土壤性質與黃緣螢數量相關性分析結果

檢驗項目	總體密度	孔隙率	有機質	酸鹼度	黃緣螢 成蟲數量
總體密度		-0.974*	-0.509*	-0.608*	-0.809*
孔隙率	0.000		0.487*	0.624*	0.803*
有機質	0.002	0.003		0.522*	0.434*
酸鹼度	0.000	0.000	0.002		0.734*
黃緣螢 成蟲數量	0.000	0.000	0.010	0.000	

*表示顯著水準 P<0.05



第四章 陸生螢火蟲(邊褐端黑螢)棲地環境調查與監測

陸生螢火蟲-邊褐端黑螢的生命週期皆生長於陸地中，與土的關係十分的密切，土壤性質的改變會直接影響幼蟲的生存，因此土壤性質的調查是一項非常重要的工作。吳婉君(2005)針對台灣窗螢棲地環境因子進行調查中，調查項目包括氣溫、地溫、濕度、土壤含水率等。在氣候因子方面，楊平世等人(1997)表示遮蔽度高的棲息環境，可防止水分過度散失，並可避免陽光直射使地溫過度升高。何健鎔等(2004)提出，土壤腐質層的保護，減少表土的壓力，增加孔隙度，為小生物生存的必要條件。表土層保持濕潤，在高溫多濕的環境，可加速進行有機質的分解作用，何健鎔等人(2006)於嘉義山區螢火蟲資源調查中，採用穿越線法進行調查，定期前往紀錄區域螢火蟲種類及數量。本計畫參考上述學者在調查螢火蟲棲地環境時的調查方法、項目等，由於螢火蟲除成蟲時期大多時間都生活於土壤中，因此本計畫針對陸生螢火蟲棲地的土壤環境因子進行調查，藉此瞭解螢火蟲喜歡何種土壤環境。

4-1 氣象監測與分析

本計畫將 2011 年 3 月至 2012 年 10 月間所調查的氣候環境資料，包含降雨、溫濕度，並依據棲地類型將其分為森林區及草原區。

4-1-1 溫濕度

本計畫使用 LM-8000 氣象量測儀(如照片 4-1 所示)進行計畫區域內各樣區之溫度及濕度等項目之量測。將氣象量測儀設置於森林區及



草原區各個樣點上，並進行 5 重複量測。每兩週 1~2 次，量測時間約為 17:00 至 18:00 間。

圖 4-1 為陸生螢火蟲棲地之溫度監測分析結果，從圖中可看出，草原區的溫度大都比平均值來的高；而森林區則大都比平均值來的低，因草原區較為開闊，當陽光照射時，其溫度變化較為迅速。

圖 4-2 為陸生螢火蟲棲地之濕度監測分析結果，從圖中可得知，森林區的濕度大都比草原區高，主要是因為森林區為高大喬木遮蔽，水分散失相較於草原區緩慢，故濕度方面森林區通常會較草原區高。8 月及 10 月的濕度草原區較森林區高些，可能因為觀測期間前有降雨使得空氣中濕度提升。



照片 4-1 LM-8000 氣象量測儀



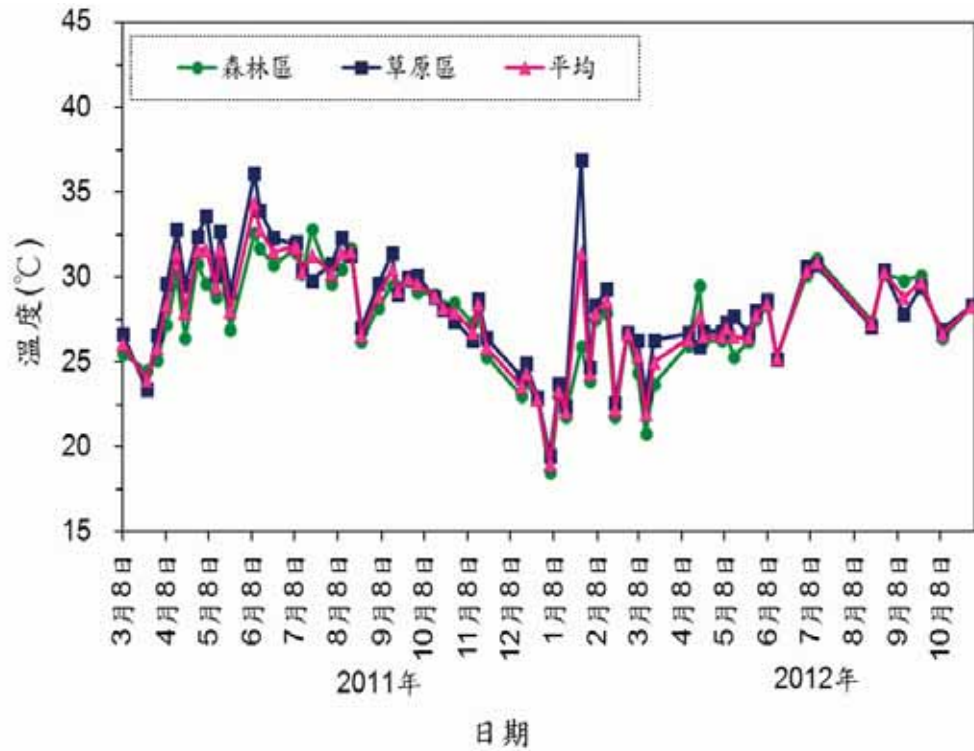


圖 4-1 陸生螢火蟲棲地氣象-溫度監測結果

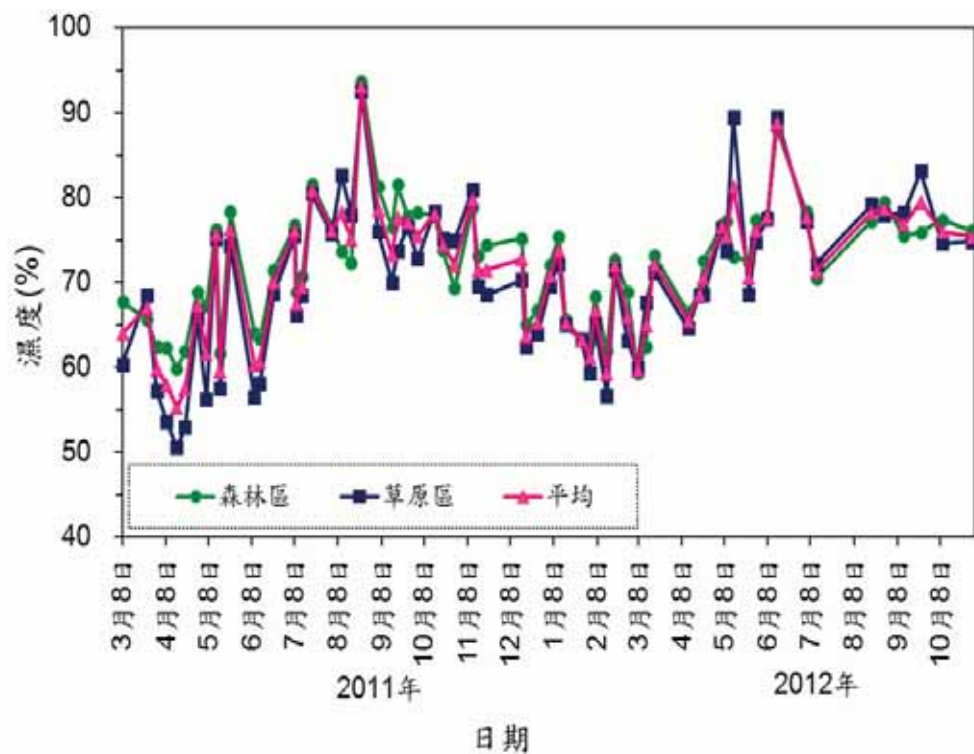


圖 4-2 陸生螢火蟲棲地氣象-濕度監測結果



4-2 土壤採樣與分析

根據何健鎔(2002)提出螢火蟲棲地土壤環境的保護，由於人類到棲地踐踏或活動，不但會影響螢火蟲棲地環境，另外對於表土的壓實，造成孔隙度的減少；表土層是保水的最佳場所，在高溫多濕的環境下，可加速進行有機物質的分解作用。

本計畫針對陸生螢火蟲-邊褐端黑螢棲地進行監測，每兩週量測 1-2 次，量測時間約為 17:00 至 19:00 間，主要監測土壤溫度及土壤含水量，主要因為這兩項因子容易受到外在環境而改變，需進行長期監測，以便於隨時掌握土壤狀態。

為深入瞭解棲地土壤基本理化性質對螢火蟲(邊褐端黑螢)之影響，本計畫另預計於 3 月至 4 月間進行第一次土壤採樣，7 月至 8 月間再進行第二次採樣。採取點位分別位於草原區及森林區內，各採取 4 個樣本，共計採取 8 個樣本，帶回室內實驗室，經過風乾與過篩(<2mm)後，進行土壤理化性質試驗，初步分析土壤顆粒密度、總體密度、孔隙率、有機質、全氮含量、電導度、鹽度及酸鹼度等。

4-2-1 土壤溫度

本計畫使用 PTM-816 筆型溫度計(如照片 4-2 所示)進行計畫區域內各樣區之土壤溫度之量測。將筆型溫度計設置於森林區及草原區各個樣點上，並進行 5 重複量測。每兩週 1~2 次，量測時間約為 17:00 至 18:00 間。



圖 4-3 為計畫區域內 2011 年 3 月至 2012 年 10 月，森林區與草原區土壤溫度採樣監測分析結果。從圖中可以發現，森林區與草原區採樣結果趨勢大都是相同的，且發現草原區的土壤溫度大都大於平均值；森林區則是小於平均值因森林區有高大喬木遮蔽，陽光直射地表不易，故其地溫較低。森林區土壤溫度採樣範圍介於 16.8~29.5°C 之間，平均值為 25.1°C。草原區土壤溫度採樣範圍介於 18.3~29.6°C 之間，平均值為 25.8°C。



照片 4-2 PTM-816 筆型溫度計



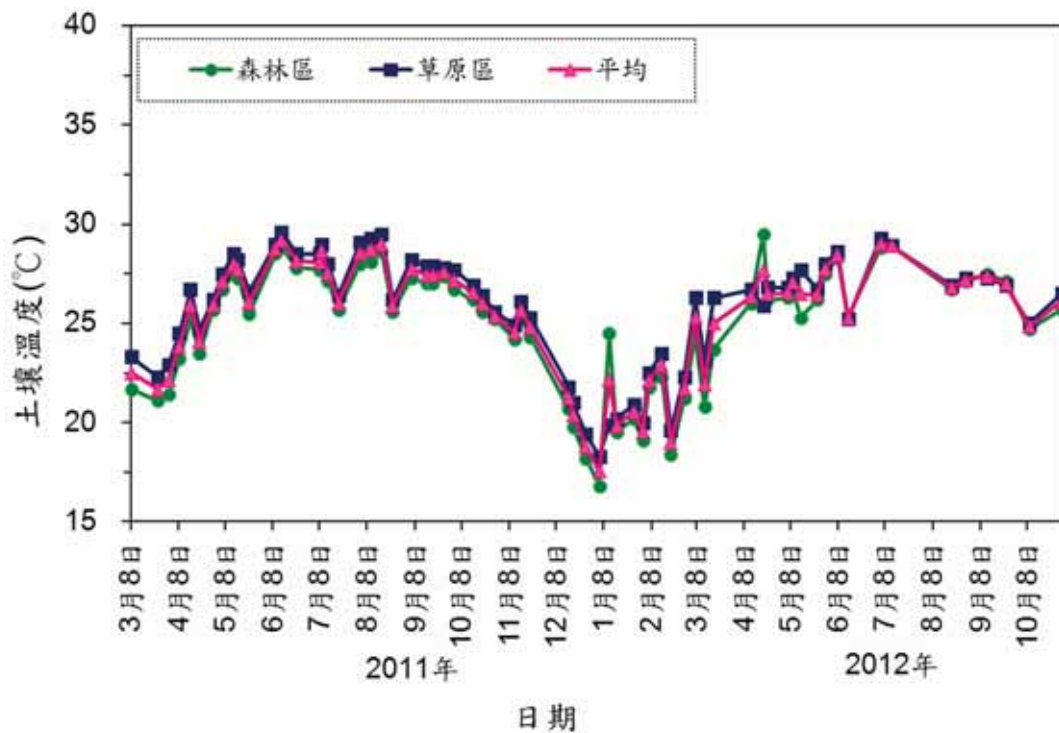


圖 4-3 陸生螢火蟲棲地土壤-溫度監測結果

4-2-2 含水量

本計畫使用 CS-620 土壤水分測定儀(如照片 4-3 所示)進行計畫區域內各樣區之土壤水分之量測。將土壤水分測定儀設置於森林區及草原區各個樣點上，並進行 5 重複量測。每兩週 1~2 次，量測時間約為 17:00 至 18:00 間。

圖 4-4 為計畫區域內 2011 年 3 月至 2012 年 10 月，森林區與草原區含水量採樣監測分析結果。從圖中可以發現，森林區含水量範圍介於 15.7~34.9%之間，平均值為 23.5%。草原區土壤含水量範圍介於 5~36.2%之間，平均值為 21.5%。整體而言，森林區與草原區採樣結果部分分布趨勢相似，因草原區因較開闊、溫度較高，其水分散失較森林區迅速，故大部分森林區的土壤含水率較高。





照片 4-3 CS-620 土壤水分測定儀

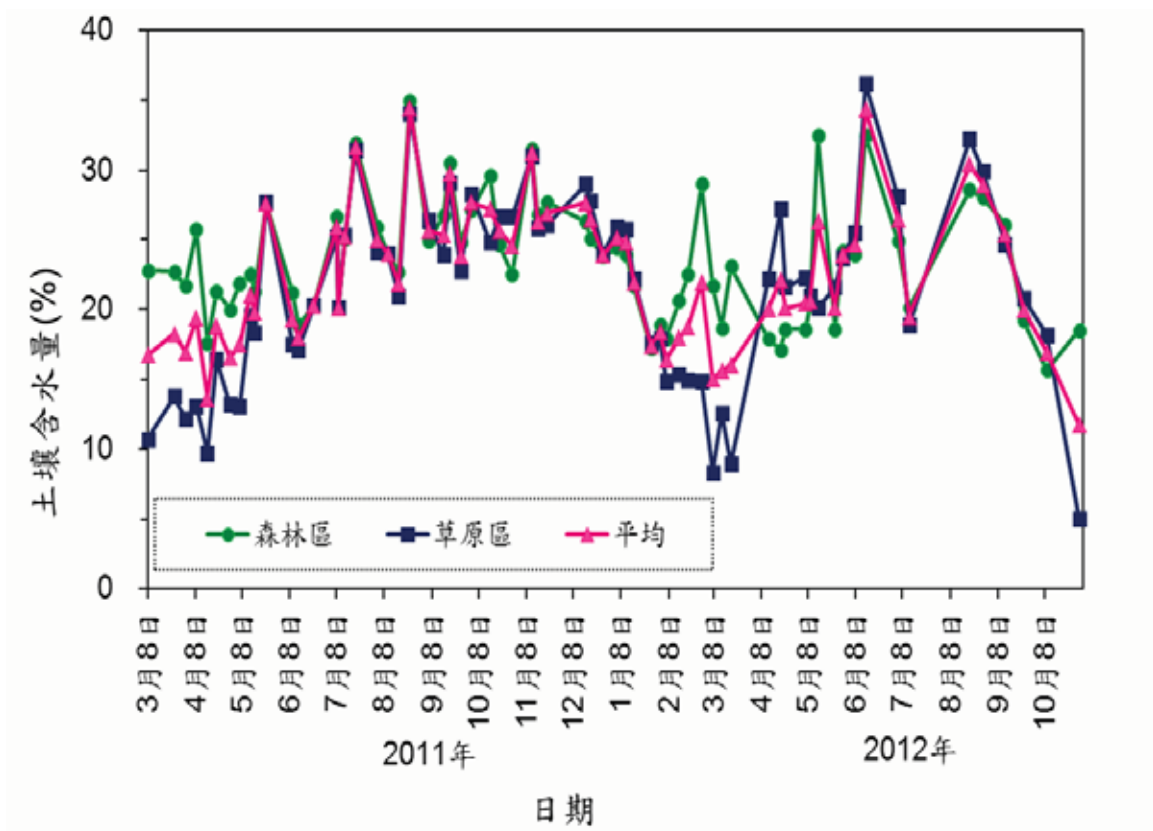


圖 4-4 陸生螢火蟲棲地土壤-含水量監測結果

4-2-3 顆粒密度



本研究使用比重瓶法進行土壤顆粒密度(Particle density)的檢驗，利用顆粒密度與總體密度的檢驗結果進行孔隙率的計算。圖 4-5 為計畫區域內 100 年度 101 年度森林區土壤顆粒密度採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果差異性不大，範圍大都介於 $2.00\sim 2.70\text{ g/cm}^3$ 之間。101 年土壤顆粒密度第一次範圍介於 $2.10\sim 2.80\text{ g/cm}^3$ ，平均值為 2.40 g/cm^3 ；第二次範圍介於 $2.11\sim 2.70\text{ g/cm}^3$ ，平均值為 2.50 g/cm^3 。

圖 4-6 為計畫區域內 100 年度與 101 年度草原區土壤顆粒密度採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果相近，範圍大都介於 $2.00\sim 2.50\text{ g/cm}^3$ 之間。101 年土壤顆粒密度第一次範圍介於 $2.10\sim 2.50\text{ g/cm}^3$ ，平均值為 2.20 g/cm^3 ；第二次範圍介於 $2.49\sim 3.17\text{ g/cm}^3$ ，平均值為 2.61 g/cm^3 。

根據郭魁士(1990)指出，一般礦質土之比重多在 $2.6\sim 2.8\text{ g/cm}^3$ 之間，平均值為 2.65 g/cm^3 ，本計畫區域之森林區及草原區所得之顆粒密度與上述之結果相當接近。整體而言，森林區的土壤顆粒密度小於草原區土壤顆粒密度，由於顆粒密度的大小會影響孔隙率多寡，間接影響螢火蟲在土壤的生存空間。



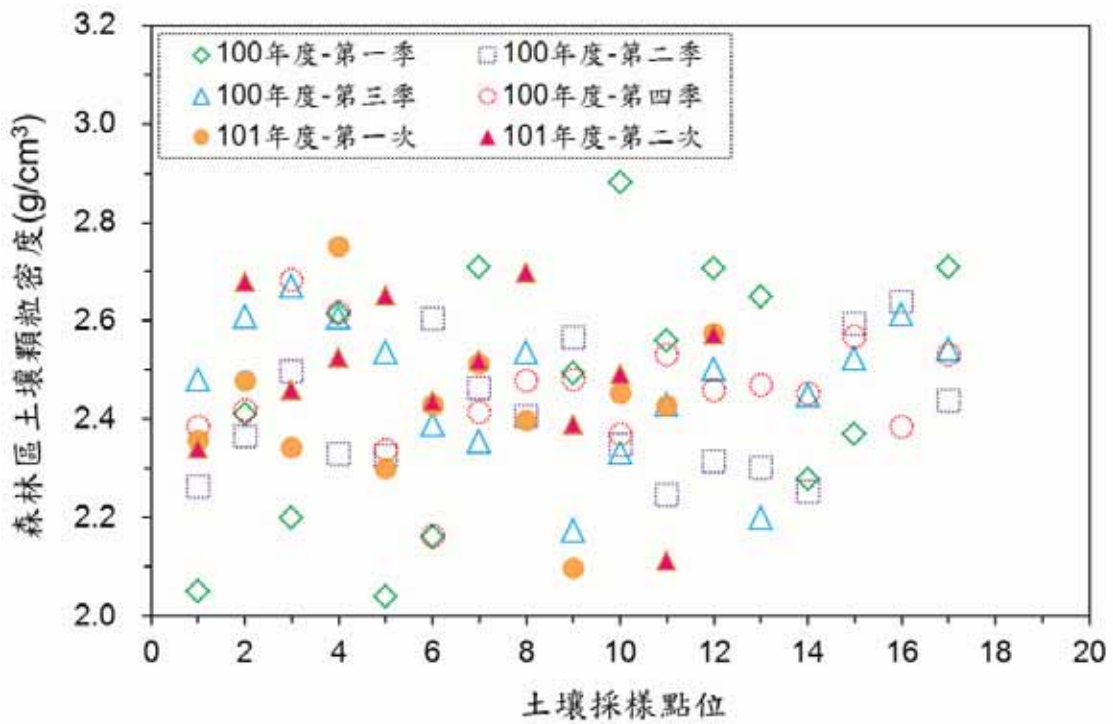


圖 4-5 陸生螢火蟲棲地(森林區)土壤-顆粒密度分析結果

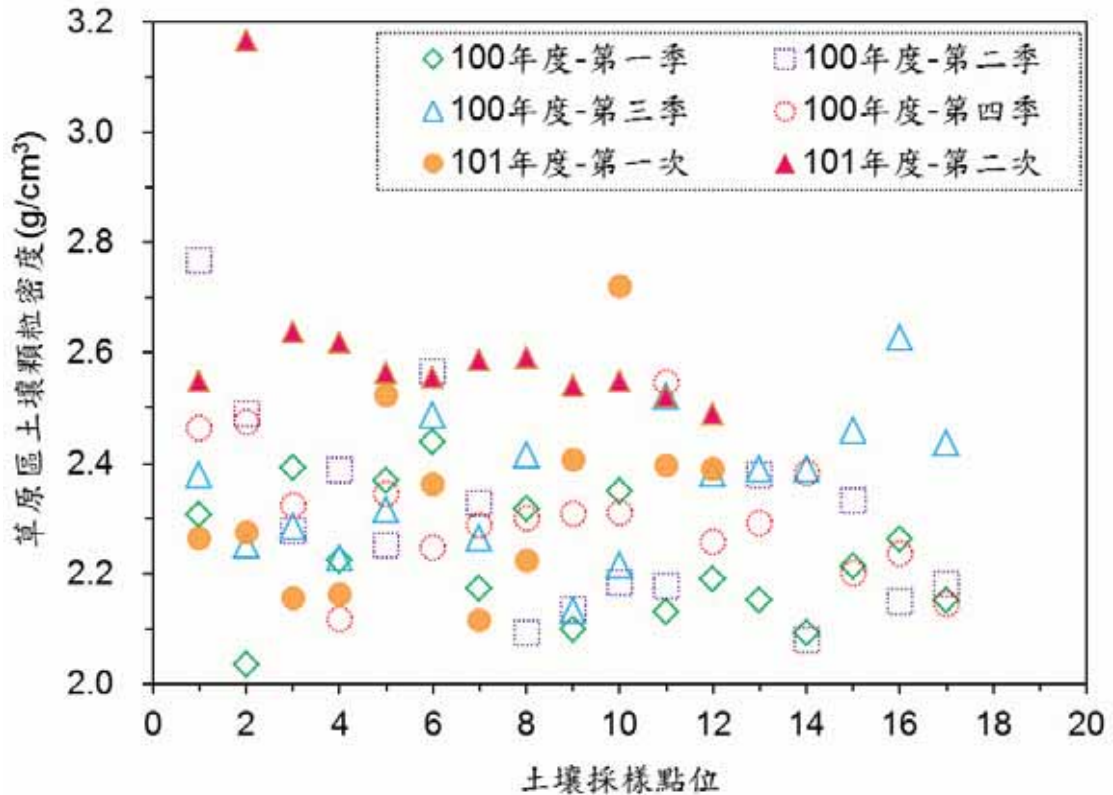


圖 4-6 陸生螢火蟲棲地(草原區)土壤-顆粒密度分析結果

4-2-4 總體密度

本研究使用金屬管法進行土壤總體密度(Bulk density)的檢驗，利用顆粒密度與總體密度的檢驗結果進行孔隙率的計算。圖 4-7 為計畫區域內 100 年度與 101 年度森林區總體密度採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果，範圍大都介於 $1.30\sim 1.50\text{ g/cm}^3$ 之間。101 年總體密度第一次範圍介於 $1.30\sim 1.50\text{ g/cm}^3$ ，平均值為 1.40 g/cm^3 ；第二次範圍介於 $0.97\sim 1.51\text{ g/cm}^3$ ，平均值為 1.32 g/cm^3 。

圖 4-8 為計畫區域內 100 年度與 101 年度草原區總體密度採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果，範圍大都介於 $1.10\sim 1.60\text{ g/cm}^3$ 之間，比森林區採樣結果來的高。101 年總體密度第一次範圍介於 $1.10\sim 1.40\text{ g/cm}^3$ ，平均值為 1.30 g/cm^3 ；第二次範圍介於 $0.91\sim 1.61\text{ g/cm}^3$ ，平均值為 1.26 g/cm^3 。

根據郭魁士(1990)指出，總體密度主要有機質含量、土壤質地、土壤構造、土壤深度及耕作影響。整體而言，森林區總體密度略大於草原區。



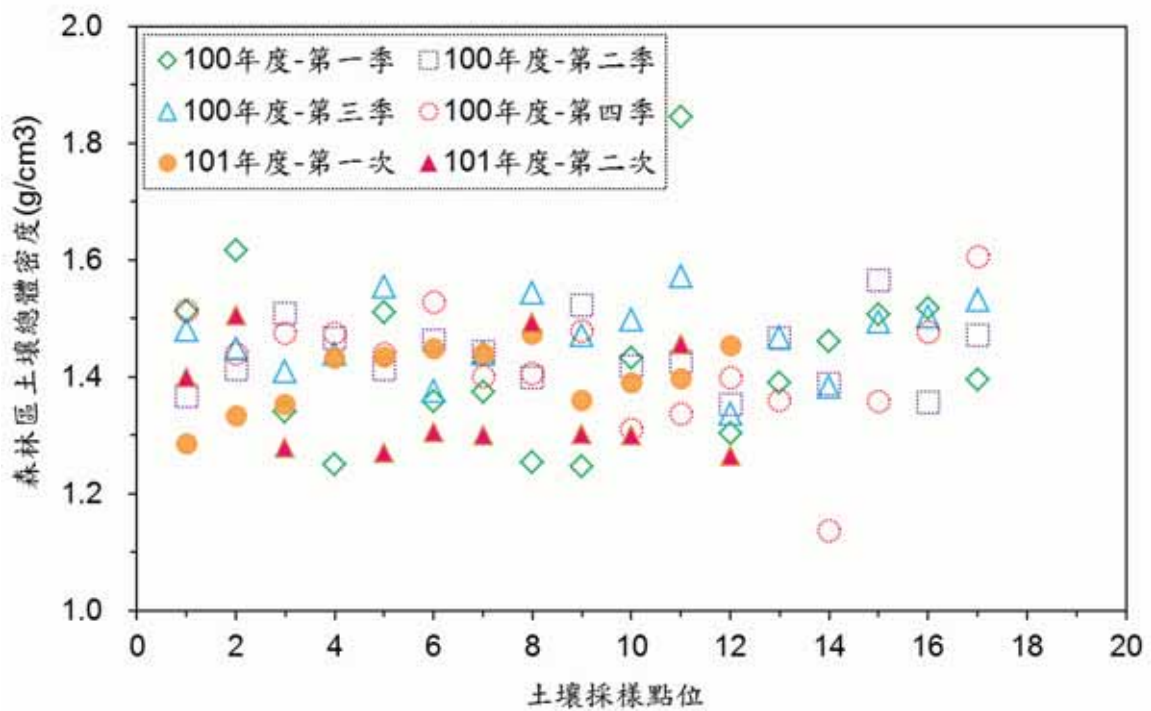


圖 4-7 陸生螢火蟲棲地(森林區)土壤-總體密度分析結果

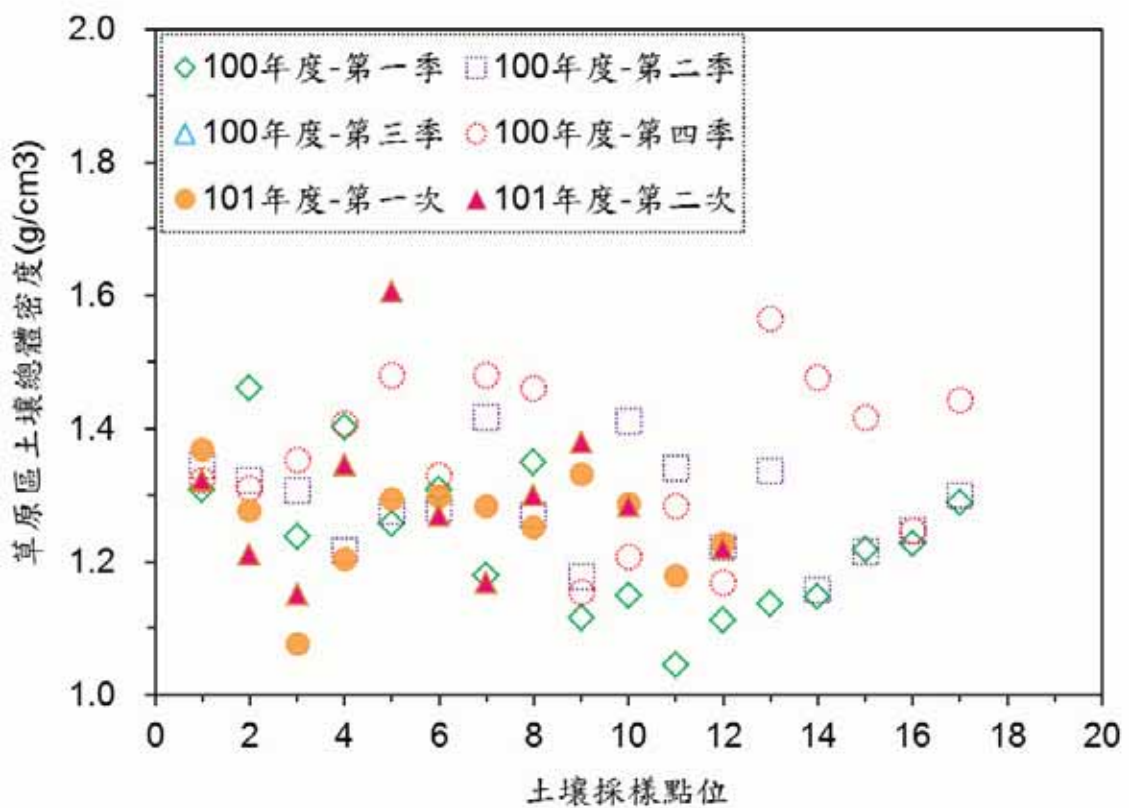


圖 4-8 陸生螢火蟲棲地(草原區)土壤-總體密度分析結果



4-2-5 孔隙率

孔隙率之檢驗結果是將顆粒密度除以總體密度計算得到，郭魁士(1990)指出土壤中有機質含量越多，則孔隙率越大。

圖 4-9 為計畫區域內 100 年度與 101 年度森林區孔隙率採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果大致相同，範圍大都介於 30.2~68.4%之間，平均值為 42.3%。101 年孔隙率第一次範圍介於 32.3~46.4%，平均值為 40.7%；第二次範圍介於 41.1~54.8%，平均值為 44.6%。

圖 4-10 為計畫區域內 100 年度與 101 年度草原區孔隙率採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果，範圍大都介於 31.7~57.5%之間，平均值為 44.3%，比森林區採樣結果來的高。101 年孔隙率第一次範圍介於 39.3~50.1%，平均值為 44.2%；第二次範圍介於 41.1~57.5%，平均值為 46.9%。

整體而言，森林區與草原區之孔隙率相近，森林區略低高於草原區。



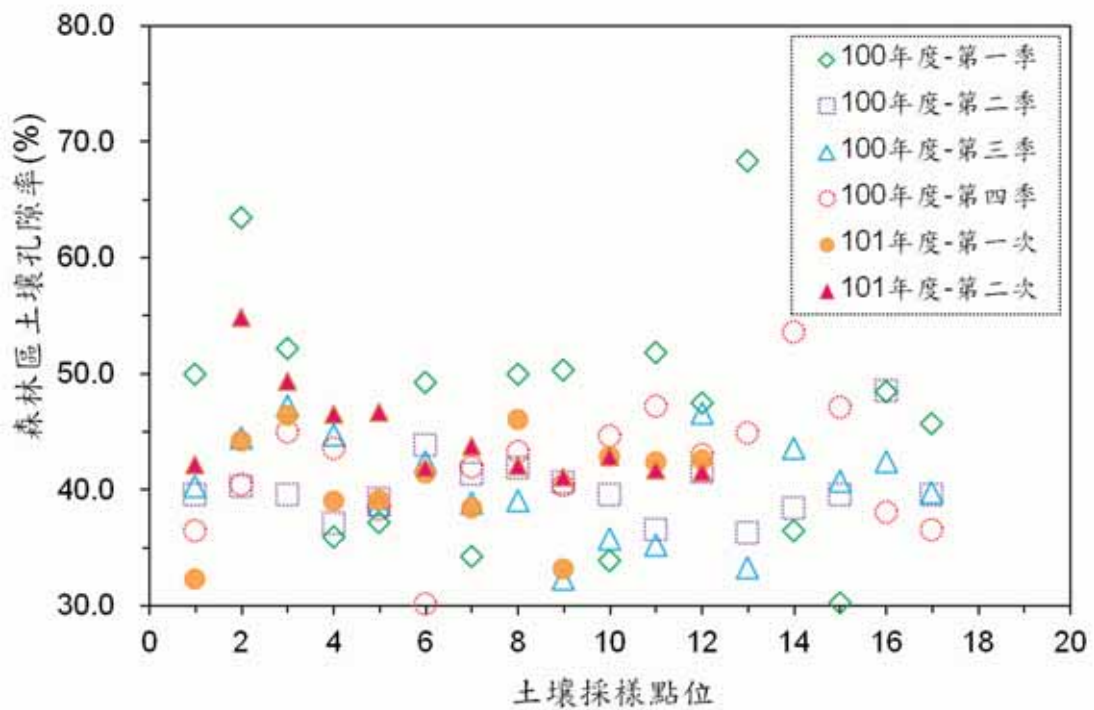


圖 4-9 陸生螢火蟲棲地(森林區)土壤-孔隙率分析結果

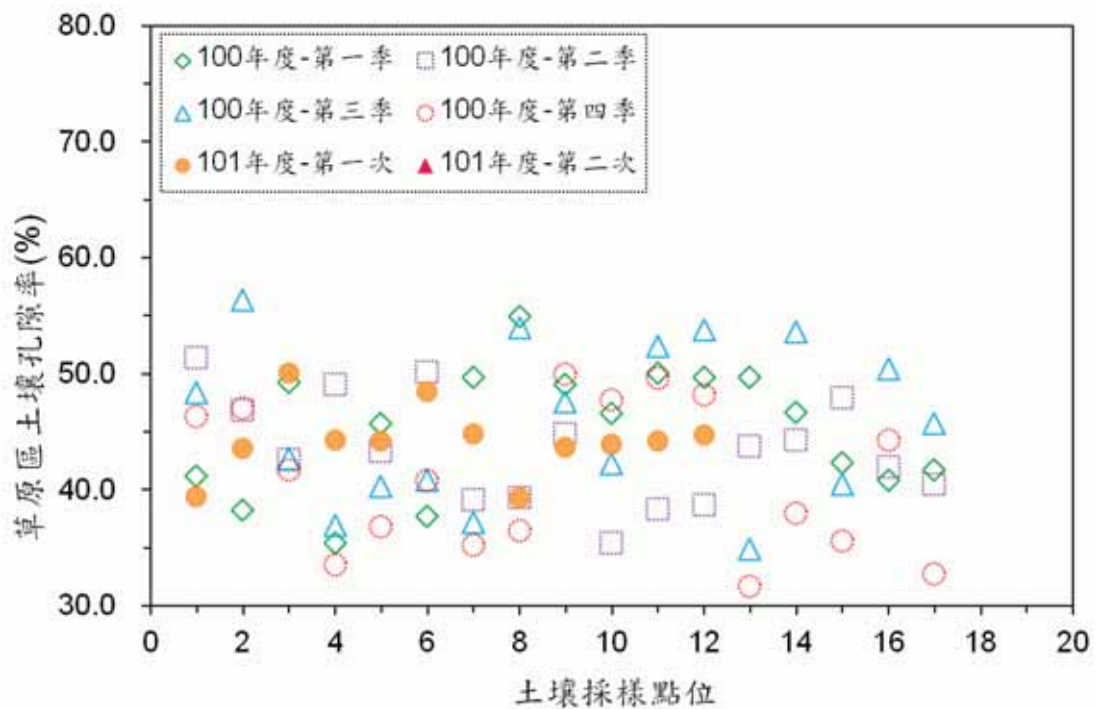


圖 4-10 陸生螢火蟲棲地(草原區)土壤-孔隙率分析結果



4-2-6 有機質

本研究使用濕式氧化法進行土壤有機質(Organic matter)含量檢驗，其目的為腐植質在土壤中對土壤的物理性質及化學性質均有良好的影響，間接對於土壤的生產力具有深厚的影響，所以土壤含腐植質越多，土壤的性質越優。

圖 4-11 為計畫區域內 100 年度與 101 年度森林區有機質採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果大致相同，範圍大都介於 0.7~3.1%之間。101 年第一次採樣之有機質範圍介於 0.9~2.5%，平均值為 1.6%；第二次採樣之有機質範圍介於 1.0~2.4%，平均值為 1.6 %。

圖 4-12 為計畫區域內 100 年度與 101 年度草原區有機質採樣分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果，範圍大都介於 0.6~3.8%之間，與森林區採樣結果相似。101 年有機質第一次範圍介於 0.6~2.3%，平均值為 1.3%；第二次採樣之有機質範圍介於 0.9~4.4%，平均值為 2.1 %。

整體而言，草原區有機質含量略大於森林區，主要原因為草原區會定期除草，且割下的殘株會直接覆蓋在草地上，植物殘體量增加，土壤中有機質含量增加，有機質含量越大，則顯示土壤愈疏鬆，且土壤中保水能力愈好，對於化蛹期的幼蟲而言，濕潤的土壤相對於乾燥的土壤柔軟。



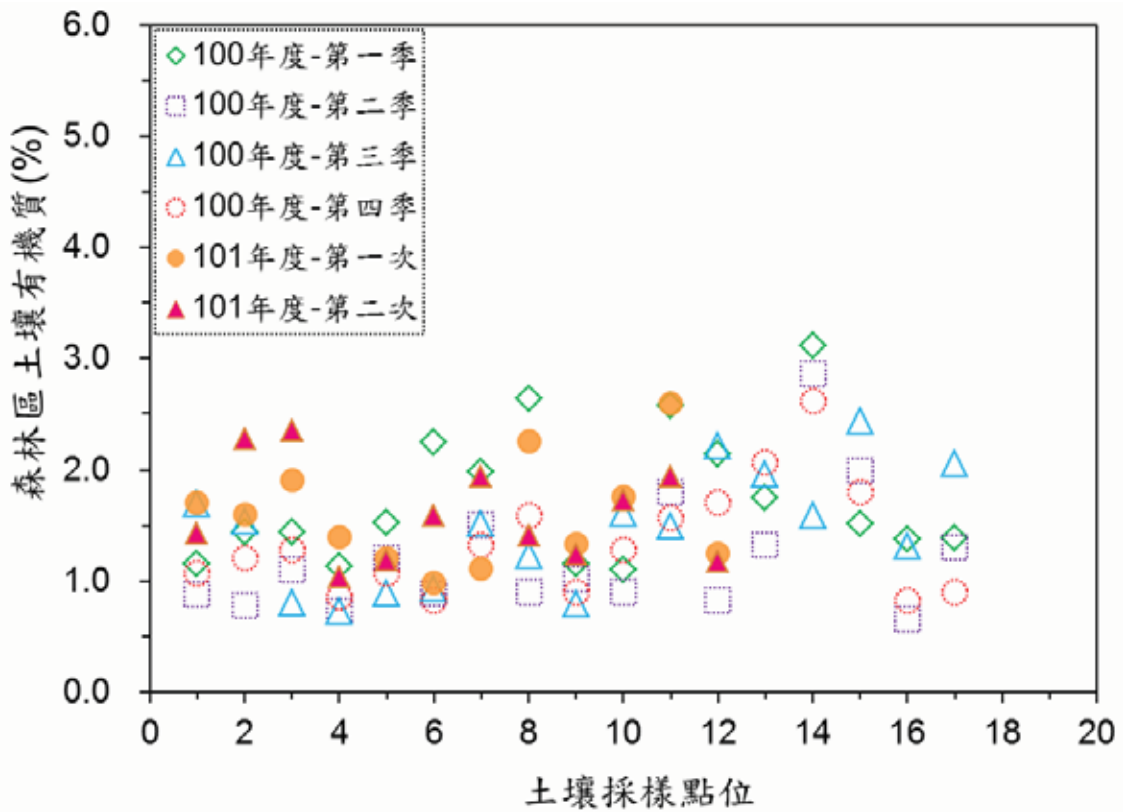


圖 4-11 陸生螢火蟲棲地(森林區)土壤-有機質分析結果

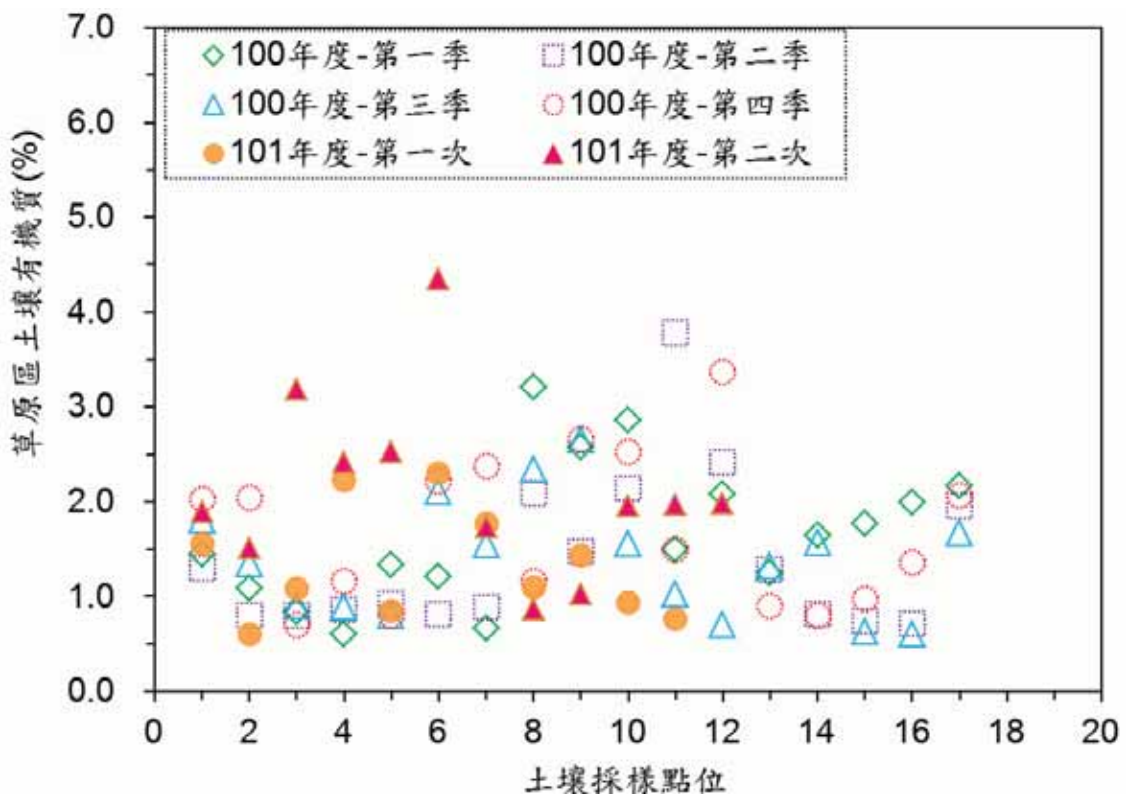


圖 4-12 陸生螢火蟲棲地(草原區)土壤-有機質分析結果

4-2-7 全氮含量

氮為植物生長必要之營養素，而土壤中全氮含量的多寡將會影響植物生長情形，間接影響食源、光照等環境因子。圖 4-14 為計畫區域內 100 年度與 101 年度森林區全氮含量採樣分析結果。從圖中可以發現，101 年度與 100 年度四季的採樣結果，範圍大都介於 0.1~0.9%之間。101 年全氮含量第一次範圍介於 0.1~0.8%，平均值為 0.3%；第二次採樣之有機質範圍介於 0.1~0.3%，平均值為 0.1%。

圖 4-15 為計畫區域內 100 年度與 101 年度草原區全氮含量採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果，範圍大都介於 0.1~0.9%之間，與森林區採樣結果相同。101 年全氮含量第一次範圍介於 0.1~0.3%，平均值為 0.2%；第二次採樣之有機質範圍介於 0.1~0.3%，平均值為 0.1%。

整體而言，森林區全氮含量與草原區全氮含量相近。



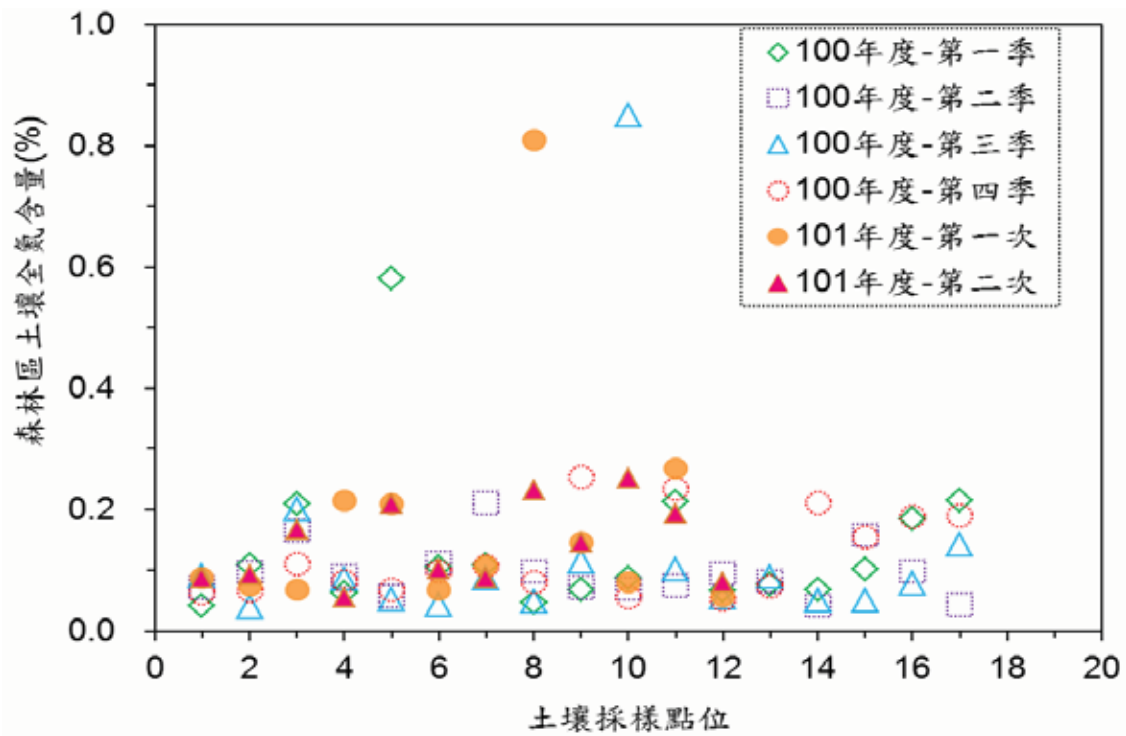


圖 4-13 陸生螢火蟲棲地(森林區)土壤-全氮含量分析結果

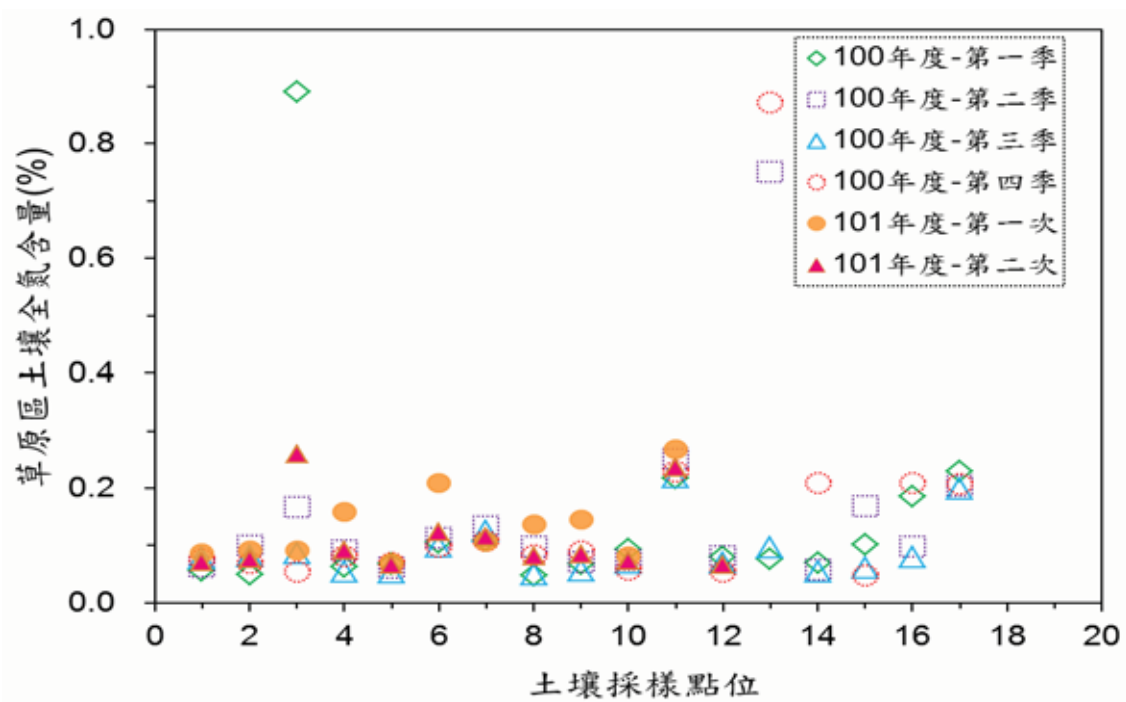


圖 4-14 陸生螢火蟲棲地(草原區)土壤-全氮含量分析結果



4-2-8 電導度

土壤中的電導度與鹽度是呈正比關係，鹽度愈高則電導度愈大。因此，野外常以電導度的測定求出土壤的鹽害程度。

圖 4-15 為計畫區域內 100 年度與 101 年度森林區電導度採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果，範圍大都介於 0.5~2.7 mS/cm 之間。101 年電導度第一次範圍介於 0.6~2.5 mS/cm，平均值為 1.0mS/cm；第二次範圍介於 0.3~0.7 mS/cm，平均值為 0.4 mS/cm。

圖 4-16 為計畫區域內 100 年度與 101 年度草原區電導度採樣監測分析結果。從圖中可以發現，101 年度採樣結果與 100 年度四季的採樣結果，範圍大都介於 0.1~3.5 mS/cm 之間，與森林區採樣結果相近。101 年電導度第一次範圍介於 0.4~2.0 mS/cm，平均值為 1.0 mS/cm；第二次範圍介於 0.3 ~0.8 mS/cm，平均值為 0.5 mS/cm。

郭魁士(1990)指出電導度超過 2 mS/cm 以上，其土壤之含鹽量對於某些對鹽分敏感度高之作物生長會阻。整以而言，森林區與草原區之土壤鹽度等級皆屬於無鹽害等級，即對作物生長不會有所影響。

