

環境講習效果統計分析

壹、背景說明

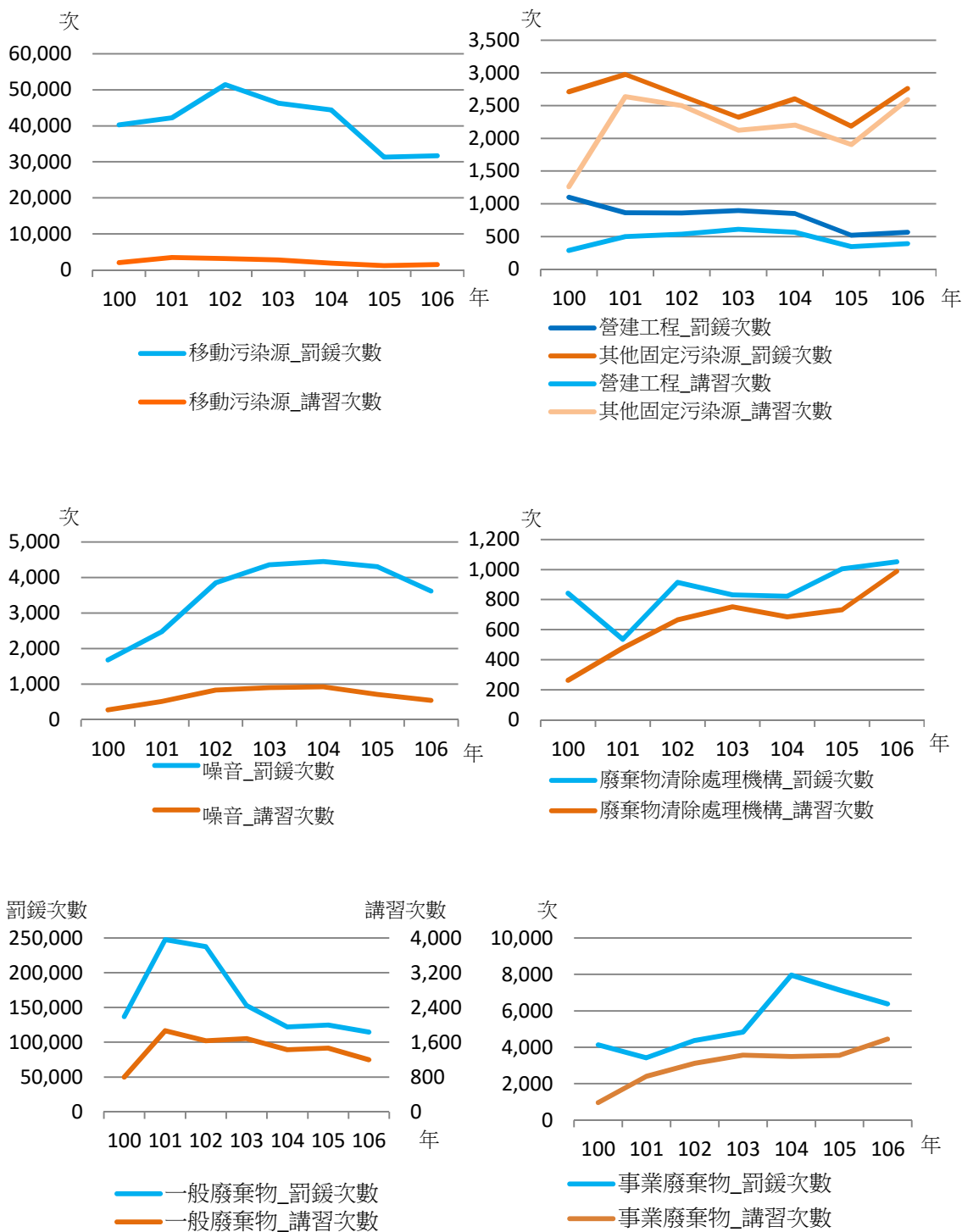
「講習是否有重複教育，教育後是否有效果」常為辦理講習所關注的，也是本分析的目的。

依據環境教育法第 23 條規定，違反環境保護法律或自治條例之行政法上義務，經處分機關處停工、停業或新臺幣 5,000 元以上罰鍰者，必須接受 1 小時以上 8 小時以下之環境講習。環境教育法自 100 年 6 月 5 日實施以來，截至本年 1 月底，行為人（公司或個人）接受環境講習次數達 9 萬 8,431 人次，經比對有 4 萬 4,746 人接受環境講習，顯示存在重複教育。爰此，本分析觀察各污染類別分布、參加講習對象次數分配，並透過長期定群追蹤，以 101-103 年及 104-106 年參與環境講習對象之成對兩群體進行檢定，分析講習教育效果。

貳、統計分析

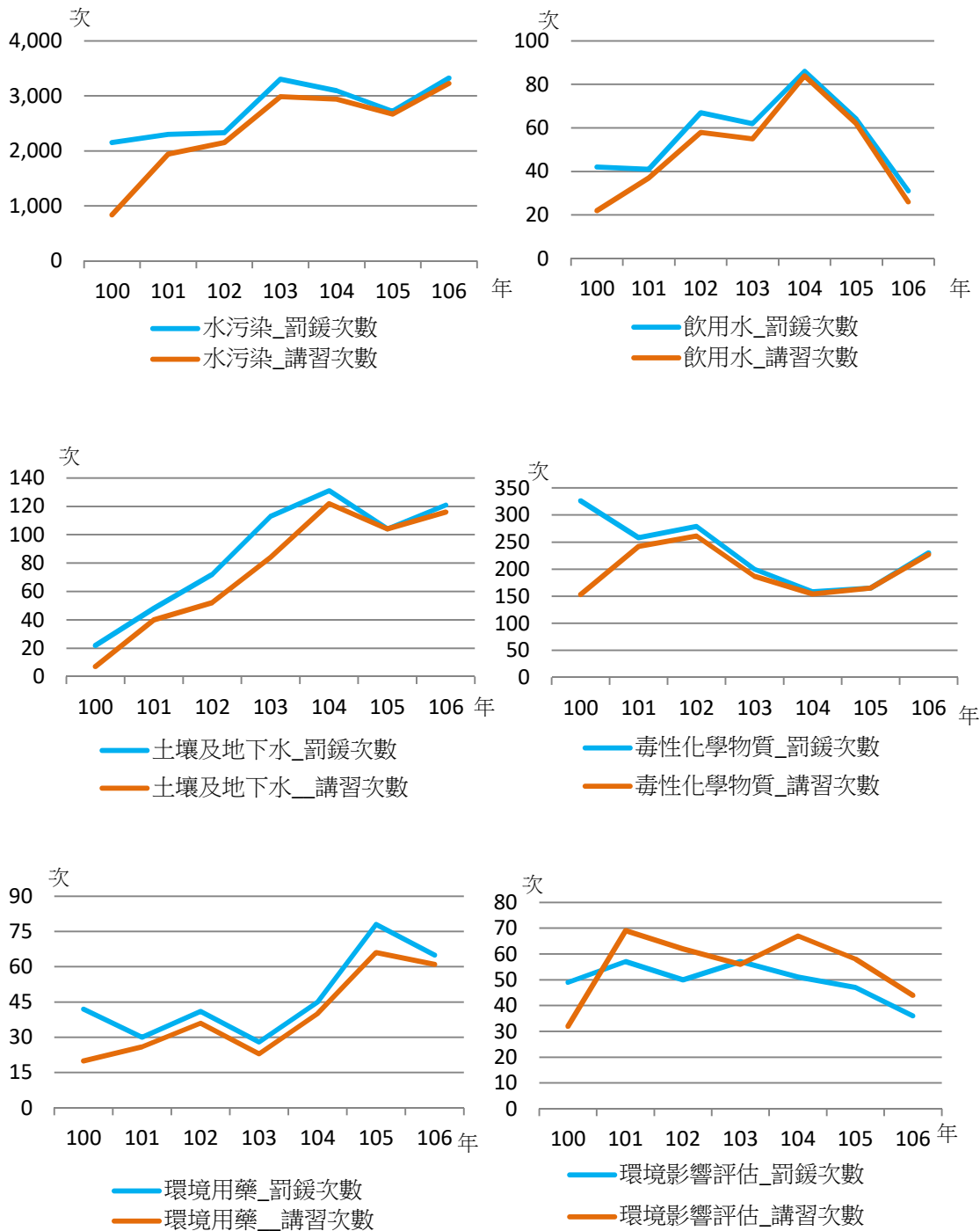
一、參加環境講習次數按污染類別分

- (一) 各污染類別罰鍰次數及參加講習次數：觀察歷年各污染類別罰鍰次數及講習次數（100 年 6 月起）分布，由於參加講習者以罰鍰居多數，故罰鍰次數與參加講習次數呈正相關，又各類別罰鍰金額不同，裁罰金額較小者，應接受環境講習占比較低，如移動污染源、一般廢棄物等（圖 1）。



註：講習時間以處分開立日期為準，與實際完成環境講習件數有出入。

圖 1 違反環境保護法之罰鍰及講習次數—主要類別



註：講習時間以處分開立日期為準，與實際完成環境講習件數有出入。

圖 1 違反環境保護法之罰鍰及講習次數—主要類別 (續)

(二) 違反空污、水污及廢棄物污染占比逾 8 成：100 年 6 月至 107 年 1 月各污染類別參加環境講習次數計 9 萬 8,431 次，主要以事業廢棄物 2 萬 1,950 次（占 22.3%）最高，水污染 1 萬 7,136 次(17.4%)次之，其餘依序為移動污染源 1 萬 6,227 次(16.5%)、其他固定污染源 1 萬 5,517 次(15.8%)及一般廢棄物 1 萬 211 次(10.4%)，5 項合計占 82.3%（圖 2）。

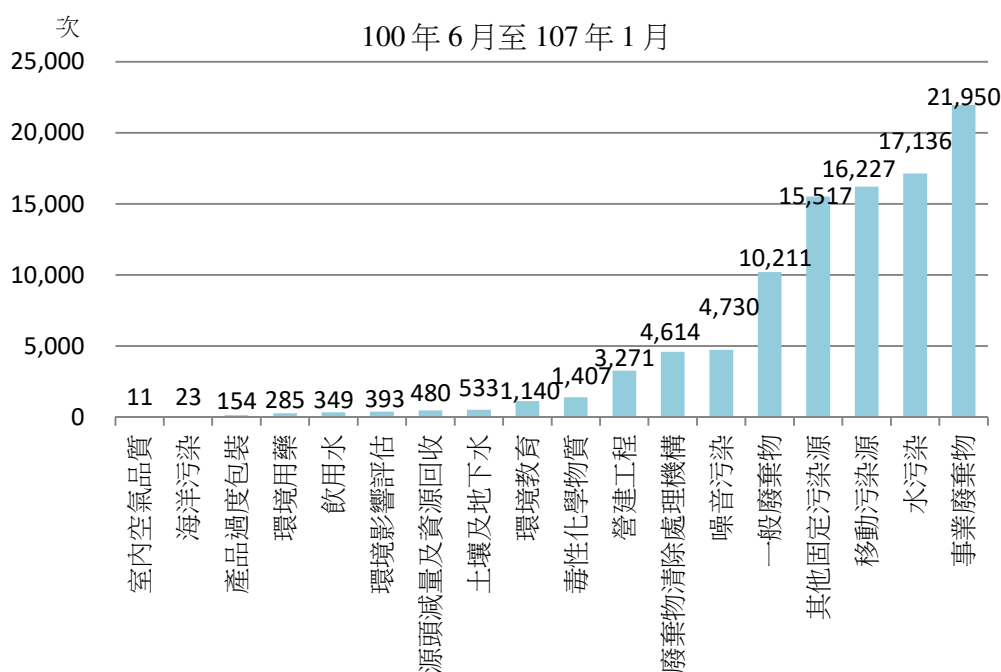


圖 2 違反環境保護法參加講習次數按污染類別分

(三) 近 5 年參加環境講習次數平均年增 1.2%：101 年至 106 年參加環境講習次數平均年增率 1.2%，惟增減落差明顯；若就上述 5 項主要污染類別觀察，以事業廢棄物及水污染增幅較大，平均年增分別為 13.0%及 10.7%，而移動污染源、一般廢棄物及其他固定污染源均呈減少，平均年減 15.1%、8.5%及 0.4%。其他增幅較大類別包括土壤及地下水污染、環境用藥污染及廢棄物清除處理機構，平均各年增 23.7%、18.6%及 15.7%（表 1）。

表 1 違反環境保護法參加環境講習次數

單位：次

污染類別	100年 6-12月	101年	102年	103年	104年	105年	106年	107年 1月	101年至 106年平 均年增率 (%)
總計	7,041	14,685	15,465	16,006	14,860	13,243	15,572	1,559	1.18
移動污染源	2,033	3,448	3,170	2,802	1,901	1,216	1,524	133	-15.07
營建工程	288	499	535	611	563	346	391	38	-4.76
其他固定污染源	1,262	2,637	2,501	2,124	2,200	1,902	2,590	301	-0.36
噪音污染	274	511	835	900	923	706	543	38	1.22
室內空氣品質	-	-	-	-	5	5	1	-	-
一般廢棄物	804	1,867	1,635	1,686	1,427	1,467	1,196	129	-8.52
事業廢棄物	970	2,416	3,123	3,567	3,490	3,550	4,451	383	13.00
廢棄物清除處理機構	263	478	666	752	685	733	989	48	15.65
源頭減量及資源回收	52	177	102	35	45	43	25	1	-32.39
產品過度包裝	19	69	10	20	22	10	4	-	-43.42
水污染	841	1,939	2,149	2,985	2,939	2,668	3,227	388	10.72
飲用水	22	37	58	55	84	62	26	5	-6.81
海洋污染	-	5	7	4	4	-	3	-	-9.71
土壤及地下水	7	40	52	84	122	104	116	8	23.73
毒性化學物質	153	242	261	187	154	165	227	18	-1.27
環境用藥	20	26	36	23	40	66	61	13	18.6
環境教育	1	225	263	115	189	142	154	51	-7.3
環境影響評估	32	69	62	56	67	58	44	5	-8.61

註：5年（101年至106年）平均年增率係以幾何平均計算。

二、參加環境講習對象之次數分配

（一）參與環境講習 1 次者占 65.3%，參與 5 次及以上者近 1 成：100 年 6 月至 107 年 1 月間總計有 4 萬 4,746 行為人參與環境講習，其中以參與環境講習 1 次之 2 萬 9,218 人居多，占 65.3%，參與 2 次者 7,320 人

(占 16.4%)、3 次者 2,973 人(6.6%)、4 次者 1,618 人(3.6%)，參與 5 次及以上者 3,617 人近 1 成(8.1%) (圖 3)。

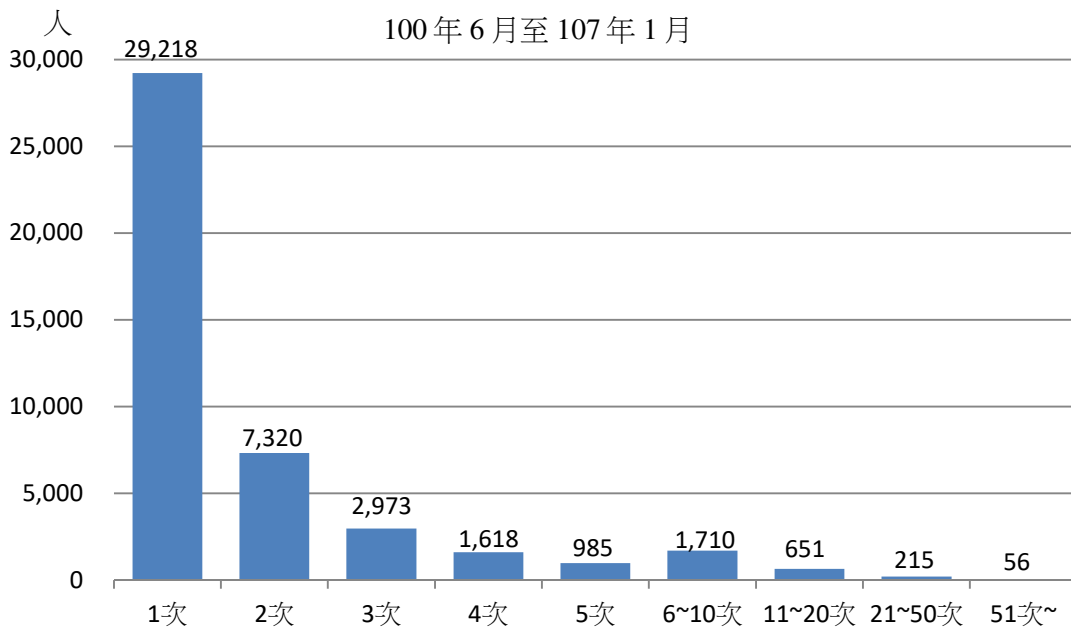


圖 3 違反環境保護法參加環境講習對象之次數分配

(二) 參與環境講習對象及參與 5 次及以上者，仍以違反空污、水污及廢棄物污染為主：若分別觀察各污染類別於 100 年 6 月至 107 年 1 月間參與環境講習對象，主要仍以事業廢棄物 1 萬 2,549 人 (參與 5 次及以上者 604 人，占 4.8%) 最高，其他固定污染源 1 萬 601 人 (313 人，3.0%) 次之，其餘依序為移動污染源 1 萬零 8 人 (460 人，4.6%)、水污染 9,567 件 (522 人，5.5%) 及一般廢棄物 3,068 人 (276 人，9.0%)；而噪音污染 1,081 人中，參與 5 次及以上者 190 人，占 17.6%，為占比較大者 (表 2)。

表 2 違反環境保護法參加環境講習對象之次數分配

100 年 6 月至 107 年 1 月

單位：人

污染類別	合計	參加環境講習之次數組別						占比(%)
		1 次	2 次	3 次	4 次	5 次 (含)以 上		
全體不分類	44,746	29,218	7,320	2,973	1,618	3,617	8.08	
分配比(%)	100.00	65.30	16.36	6.64	3.62	8.08	8.08	
移動污染源	10,008	7,355	1,389	528	276	460	4.60	
營建工程	1,801	1,457	181	52	23	88	4.89	
其他固定污染源	10,601	8,461	1,265	391	171	313	2.95	
噪音污染	1,081	581	173	95	42	190	17.58	
室內空氣品質	7	5	1	-	1	-	-	
一般廢棄物	3,068	2,202	377	146	67	276	9.00	
事業廢棄物	12,549	8,645	2,210	733	357	604	4.81	
廢棄物清除處理機構	2,137	1,241	407	213	104	172	8.05	
源頭減量及資源回收	293	210	44	17	5	17	5.80	
產品過度包裝	75	53	9	3	1	9	12.00	
水污染	9,567	6,174	1,708	754	409	522	5.46	
飲用水	295	272	15	4	-	4	1.36	
海洋污染	20	17	3	-	-	-	-	
土壤及地下水	316	236	38	25	6	11	3.48	
毒性化學物質	1,136	955	127	36	9	9	0.79	
環境用藥	269	256	12	-	-	1	0.37	
環境教育	869	721	98	26	9	15	1.73	
環境影響評估	282	219	38	16	4	5	1.77	

註：因行為人（公司或個人）違法而參加多次環境講習者，可能跨多項類別，故類別縱向加總不等於全體不分類。

三、參加環境講習之效果分析

以參與環境講習對象（同一家公司或個人）接受講習次數的時間序列資料，利用統計檢定分析其講習效果，長期而言如果接受講習次數有逐年遞減趨勢，則可能存在講習效果，反之講習無效果。

本統計假設檢定之設計，以違反環境保護法律或自治條例之類別（污染類別），區分成 17 個子母體（檢定之群體），分別為「移動污染源」、「營建工程」、「其他固定污染源」、「噪音污染」、「一般廢棄物」、「事業廢棄物」、「廢棄物清除處理機構」、「源頭減量及資源回收」、「產品過度包裝」、「水污染」、「飲用水」、「海洋污染」、「土壤及地下水」、「毒性化學物質」、「環境用藥」、「環境教育」及「環境影響評估」等群體，每一群體內之樣本可以區分為 101 年至 103 年間接受講習次數(S_1)及 104 年至 106 年間接受講習次數(S_2)的兩個觀察時點，因同一組樣本的兩個觀察點具有高度相關性（非獨立性），即為一成對樣本之假設檢定，另考量群體分布不一定符合常態假設，爰採用無母數統計方式進行，即成對樣本符號檢定(Sign Test for Paired-sample)與成對樣本魏克生符號等級檢定(Wilcoxon Signed-Rank Test)。

（一）成對樣本符號檢定

首先定義成對樣本 104 年至 106 年間接受講習次數減去 101 年至 103 年間接受講習次數為成對樣本講習次數之差異量($D=S_2-S_1$)，每一成對樣本差異量之符號可以進行成對樣本符號檢定，其假設檢定為：

$$H_0: \eta_D \geq 0$$

$$H_1: \eta_D < 0 \quad \text{其中成對母體中位數之差異為 } \eta_D = \eta_2 - \eta_1$$

當講習存在效果時，其成對母體中位數之差異(η_D)應該小於 0，故採單尾檢定，檢定結果彙整如表 3。

依各污染類別檢定結果，其中「移動污染源」、「營建工程」、「其他固定污染源」、「一般廢棄物」、「源頭減量及資源回收」、「產品過度包裝」、「毒性化學物質」及「環境教育」等 8 類檢定結果呈現減少趨勢，可能具有講習效果；而「噪音污染」、「事業廢棄物」、「廢棄物清除處理機構」、「水污染」、「飲用水」、「海洋污染」、「土壤及地下水」、「環境用藥」及「環境影響評估」等 9 類無證據顯示具有效果。

表 3 101-103 年與 104-106 年參與環境講習成對群體檢定中位數差異結果
—成對樣本符號檢定

污染類別 (子母體)	符號次數				符號檢定	
	總和	負差異 個數(D ⁻)	正差異 個數(D ⁺)	等值結	Z 檢定值	顯著性(單 尾 P-value)
移動污染源*	8,959	5,720	2,717	522	-32.683	0.000
營建工程*	1,645	834	733	78	-2.526	0.012
其他固定污染源*	9,593	5,023	4,233	337	-8.201	0.000
噪音污染	997	521	462	14	-1.850	0.064
一般廢棄物*	2,758	1,559	1,155	44	-7.736	0.000
事業廢棄物	11,872	5,161	6,217	494	9.891	1.000
廢棄物清除處理機構	2,016	810	1,045	161	5.433	1.000
源頭減量及資源回收*	268	177	91	0	-5.192	0.000
產品過度包裝*	67	49	16	2	-3.969	0.000
水污染	8,988	3,454	4,882	652	15.630	1.000
飲用水	277	127	145	5	1.031	0.697
海洋污染	20	13	5	2	**4	0.096
土壤及地下水	314	98	205	11	6.090	1.000
毒性化學物質*	1,005	537	426	42	-3.545	0.000
環境用藥	240	79	159	2	5.121	1.000
環境教育*	825	468	340	17	-4.468	0.000
環境影響評估	264	136	119	9	-1.002	0.316

註：

1. 負差異個數(D⁻)：成對樣本 104 年至 106 年間接受講習次數減去 101 年至 103 年間接受講習次數 (D=S₂-S₁)符號為負之個數；反之為正差異個數(D⁺)。
2. 等值結：成對樣本 104 年至 106 年間接受講習次數減去 101 年至 103 年間接受講習次數(D=S₂-S₁)符號為 0 之個數。
- 3.*表示在顯著水準 $\alpha=0.05$ 下單尾檢定具有顯著性，並以黃底標示。
4. 小樣本數採二項分配直接計算 P-value，無需依大樣本數計算近似 Z 值。

(二) 成對樣本魏克生符號等級檢定

同樣定義成對樣本 104 年至 106 年間接受講習次數減去 101 年至 103 年間接受講習次數為成對樣本講習次數之差異量(D=S₂-S₁)，每一成對樣本差異量進行等級排序並保留符號，可進行成對樣本魏克生符號等級檢定，其假設檢定為：

$$H_0 : \eta_D \geq 0$$

$$H_1 : \eta_D < 0 \quad \text{其中成對母體中位數之差異為 } \eta_D = \eta_2 - \eta_1$$

與前項目的相同，採單尾檢定，檢定結果彙整如表 4。

**表 4 101-103 年與 104-106 年參與環境講習成對群體檢定中位數差異結果
—魏克生符號等級檢定**

污染類別 (子母體)	等級分布				等級檢定	
	負等級 個數 (R ⁻)	負等級總和 (Sum R ⁻)	正等級 個數 (R ⁺)	正等級總和 (Sum R ⁺)	Z 檢定值	顯著性(單尾 P-value)
移動污染源*	5,720	25,011,552.5	2,717	10,584,150.5	-34.823	0.000
營建工程*	834	657,977.5	733	570,550.5	-2.654	0.008
其他固定污染源*	5,023	22,711,966.5	4,233	20,129,429.5	-5.470	0.000
噪音污染	521	249,619	462	234,017	-0.897	0.369
一般廢棄物*	1,559	2,111,264.5	1,155	1,572,990.5	-6.960	0.000
事業廢棄物	5,161	29,228,608	6,217	35,506,523	9.487	1.000
廢棄物清除處理機構	810	736,911.5	1,045	984,528.5	5.614	1.000
源頭減量及資源回收*	177	25,642	91	10,404	-6.307	0.000
產品過度包裝*	49	1,713	16	432	-4.494	0.000
水污染	3,454	14,536,945	4,882	20,211,671	13.675	1.000
飲用水	127	17,121.5	145	20,006.5	1.256	0.791
海洋污染*	13	126	5	45	-1.964	0.050
土壤及地下水	98	13,675.5	205	32,380.5	6.614	1.000
毒性化學物質*	537	263,339	426	200,827	-4.010	0.000
環境用藥	79	9,638	159	18,803	4.902	1.000
環境教育*	468	188,981	340	137,855	-4.189	0.000
環境影響評估	136	17,207	119	15,433	-0.821	0.412

註：

1. 負等級個數(R⁻)：成對樣本 104 年至 106 年間接受講習次數減去 101 年至 103 年間接受講習次數 (D=S₂-S₁)後等級排序，符號為負之等級個數；反之為正等級個數(R⁺)。
2. 負等級總和(Sum R⁻)：成對樣本 104 年至 106 年間接受講習次數減去 101 年至 103 年間接受講習次數(D=S₂-S₁)後等級排序，符號為負之等級加總（單位有小數點係同等級拆分）；反之為正等級總和(Sum R⁺)。
- 3.*表示在顯著水準 $\alpha = 0.05$ 下單尾檢定具有顯著性，並以黃底標示。

檢定結果若與前項比較，各污染類別檢定顯著性結果中，除「海洋污染」的檢定具有講習效果外，其他與成對樣本符號檢定結果相同，惟理論上魏克生符號等級檢定之檢定力較樣本符號檢定為強。

參、結論與建議

一、透過長期定群追蹤，以101-103年及104-106年參與環境講習對象之成

對兩群體進行檢定，若採檢定力較強的魏克生符號等級檢定結果，以污染類型中空氣3類（移動污染源、營建工程、其他固定污染源）、廢棄物3類（一般廢棄物、源頭減量及資源回收、產品過度包裝）、海洋污染、毒性及化學物質、環境教育等9類具有講習顯著效果，其餘8類無證據顯示具有效果。經檢視無證據顯示具有效果之8類污染類型中，事業廢棄物、廢棄物清除處理機構、水污染、土壤及地下水、環境用藥等5類其檢定統計量Z值大於4.9，P-value接近1，表示樣本分布與對立假設呈相反的現象。

- 二、近5年參加環境講習次數呈微幅成長，平均年增1.2%，前項9類具有講習教育效果之平均年增率介於-43.4%至-0.4%之間；另8類無證據顯示具有效果者，其中5類與對立假設呈相反現象之平均年增率介於10.7%至23.7%間（表1），顯示整體講習次數增減趨勢與成對樣本檢定結果方向多呈一致。
- 三、進一步檢視5類與對立假設呈相反現象之個別資料，其中參與講習次數較高之對象，多數呈次數上揚現象；另對於初犯者，有部分原因可能為修法加嚴所致，例如104年修正水污法及106年修正廢清法，加嚴刑責罰則及鼓勵檢舉不法，致水污染、事業廢棄物、廢棄物清除處理機構等講習人數增加。
- 四、參與環境講習對象多數以1次（占65.3%）為主，惟參與5次及以上者近1成，值得關注；對於前述5類污染類別中參與講習次數較高之累犯，其不斷重複違法情形，建議進行差異化管理，期能收到事半功倍的效果。本統計分析可協助環保主管機關判定數據之變化，作為業務改進參考。