



落實綠色化學— 推動環保綠色化學種子深根發芽

教育部
109 年 11 月 11 日

簡報大綱

壹

緣起

貳

化學課綱

參

替代研究

肆

推動綠色化學、辦理創意競賽

伍

結語

緣起(1/2)

高級中等以下學校
為什麼需要使用這麼多種類的毒化物？

307校/418校
!!!!!!

100年度

各級學校	核可文件(張)	毒化物種類(種)	結餘量(公噸)	學校(校)
國小	3	3	0.003	1
國中	373	24	2.787	105
高中	971	58	6.719	163
高職	327	65	1.981	38
專科	12	10	0.047	4
學院	180	80	0.520	14
科大	898	179	7.641	36
大學	2,695	232	30.702	57
總計	5,459	236	50.40	418

緣起(2/2)

- 本部從101年起，開始推動綠色化學環境保護理念，由**課綱安排、課程研發、教材編撰、師資培育及創意競賽**五大層面進行推廣
- 透過**夏令營、競賽活動**等系列規劃，激發創意將安全、環保、永續之綠色化學觀念應用於實驗中
- 同時**加強「綠色化學」之理念扎根**於教育中，並盡可能降低其化學反應後廢棄物之產生，以達到環境保護的目標

化學課綱

- 100年度**九年一貫自然與生活科技化學實驗**內容約有**23個**實驗活動，課程大綱中**未使用**列管的毒性化學物質；使用酒精、硝酸鉀、雙氧水、鹽酸、鈉、鉀、氫氧化鈉、硫酸等危害物質。
- 100年度**高中化學實驗**內容約有**21個**實驗活動，課程大綱中**使用到**3種列管毒性化學物質：**鉻酸鉀、二鉻酸鉀與甲醛**等。此外，也使用鹽酸、氫氧化鈉、硝酸鉀、**硫酸**、甲苯、乙醇、乙醚、丙酮、乙酸、硫酸銅、硝酸銀、硝酸鉀、二氧化氮、過錳酸鉀、甲苯、石灰、甲醇、丙醛、丁酮、硝酸銀等30餘種危害物質。

真的需要這麼多嗎(種類、數量)？

化學課綱

- 102年度高中化學實驗課綱微調

已導入列管毒化物
替代、選用概念~

高中選修化學實驗				
	實驗名稱	說明	技能	試藥
9	醇、醛、酮的性質	醇、醛、酮在水中溶解度的比較 醇、醛、酮與斐林試液的反應 - 以銀鏡反應區別一級醇和二級醇	定性有機分析技術	甲醇、 <u>甲醛(25%以下)</u> 、丙醛、丙酮、1-丙醇、2-丙醇、丁酮、硝酸銀溶液、過錳酸鉀溶液、斐林試液、硫酸、濃氨水、 <u>二錳酸鉀(選用)</u> 、鈉
10	化學合成	- 以乙酸與乙醇反應製備<u>阿司匹靈</u> - 耐倫的製備	簡單合成技術、產物鑑定與產率	丙酮、 <u>乙酸</u> 、 <u>乙醇</u> 、濃硫酸、飽和碳酸氫鈉溶液、濾紙、濃鹽酸、酒精、 <u>氯化鐵</u> 溶液、 <u>己二胺的氫氯化鈉溶液</u> 、 <u>己二酸的正己烷溶液</u>
補充說明：環保署列管毒性化學物質，需遵循學術機構運作毒性化學物質管理辦法，必要時得以演示實驗或播放影片教學。				

替代研究(1/3)

3年完成14項實驗之替代研究~

實驗名稱	具體成果
1.平衡常數與勒沙特列原理(高中)	• 列管毒化物替代：使用氯化亞鈷水溶液替代列管毒化物鉻酸鉀與二鉻酸鉀。
2.化學電池	• 減量減廢：所有試劑體積減少為原實驗的0.1倍，且此試劑可以保存重覆使用。
3.鋅銅電池	• 減量減廢：所有試劑體積減少為原實驗的0.1倍，且此試劑可以保存重覆使用。
4.氧化還原之滴定(高中)	• 列管毒化物替代：使用過錳酸鉀替代列管毒化物二鉻酸鉀。
5.含氯漂白水與鹽酸的不相容反應	• 實驗安全：以日常生活中市售商品操作實驗，學習認識含氯漂白水與鹽酸的不相容反應，並學習簡易消除毒性氯氣方法
6.醇、醛、酮性質之探討(高中)	• 列管毒化物替代：使用低於24%的甲醛替代列管毒化物37%的甲醛。 • 列管毒化物替代：使用過錳酸鉀替代列管毒化物二鉻酸鉀。
7.簡單電解實驗	• 減量減廢：原使用試管試驗，現改用點滴實驗，實驗結果明顯且大幅降低藥品用量及廢污產量。 • 列管毒化物替代：使用辛烷替代列管毒化物環己烷。 • 實驗安全：使用塑膠針筒取代U型玻璃管，操作上較安全。
8.定性分析(高中)	• 列管毒化物替代：使用碳酸鈉代替列管毒化物二鉻酸鉀。 • 實驗安全：使用濃度由2 M 降低至0.5 M。

實驗名稱	具體成果
9.硝基苯還原反應苯胺的製備(高職)	• 減量減廢：原使用12.3g硝基苯進行反應，改用2.4g。 • 列管毒化物替代：使用乙醚替代列管毒化物苯。 • 危害物品替代：原使用強鹼氫氧化鈉做為萃取液之乾燥劑，現改用無水硫酸鎂為乾燥劑。 • 實驗安全：原使用蒸氣蒸餾進行分離，現改用簡單蒸氣蒸餾，裝置簡化，安全性提高。
10.物質的溶解與結晶	• 減量減廢：測量溶解度實驗，一組實驗原需使用硝酸鉀約20g，經實驗設計一組實驗需使用氯化鉀約17g。 • 危害物品替代：原使用強氧化劑硝酸鉀，現改用氯化鉀。 • 實驗安全：測量溶解度實驗，隔水加熱需操作至約80°C，經藥品替換後，隔水加熱需操作至約60°C。
11.有機物質的一般物性	• 減量減廢：部分實驗操作須使用有機化合物1 mL，設計實驗觀察方法，可降低使用有機化合物以「滴數」操作。 • 實驗安全：建議選用低毒性有機化合物乙醇、丙酮、乙酸乙酯，省略使用丙醛、乙酸、甲苯藥品，且不影響學生實驗結果的觀察與歸納。
12.反應熱的測量	• 減量減廢：使用強酸強鹼濃度1 M、100 mL，降至使用強酸強鹼濃度0.5 M、10 mL。 • 危害物品替代：原使用強氧化劑硝酸鉀，現改用硝酸銨。 • 實驗安全：使用強酸強鹼濃度由1 M 降低至0.5 M。
13.鐵生鏽(高職)	• 列管毒化物替代：使用碘酸鉀或草酸鈉替代列管毒化物二鉻酸鉀。 • 實驗安全：使用濃度由0.1 M 降低至0.0001 M。
14.醛類氧化(高職)	• 列管毒化物替代：使用苯甲醛替代列管毒化物乙醛、使用過錳酸鉀替代列管毒化物二鉻酸鉀。 • 實驗安全：使用濃度由10% 降低至0.5 %。

替代研究(3/3)



北一女

教育部
替代實驗成果
(北一女、台灣大學、松山工農)

綠色化學、創意競賽

類別	內容	101	102	103	104	105	106	107	108	109
教材研發	1.綠色化學實驗教材	●	●	●		●			●	
	2.高級中等學校化學課程綱要		●		●					
	3.高級中等學校化學品風險評估					●				
教育訓練	1.綠色化學教學觀摩研習營			●	●		●		●	●
	2.綠色化學種子教師培訓				●	●				
	3.教育部校園毒性化學物質減量研習營				●					
	4.綠色化學大手牽小手、夏令營							●	●	●
推廣	1.替代實驗影片			●						
	2.Green Chemistry 12原則影片中英文字幕					●	●	●		
	3.實驗室安全衛生宣導影片					●				
	4.綠色化學推廣專屬網站/FB				●	●	●	●	●	●
	5.臺灣化學教育電子期刊專題				●					
其他	1.專家諮詢會		●	●	●	●	●	●	●	●
	2.綠色化學創意競賽			●		●		●		▼
	3.廠商參訪							●		

教師研習營
學生夏令營

已辦理3屆
(103、105、107；
109刻辦理中)

綠色化學12項原則影片中文字幕翻譯及推廣



綠色化學12項原則

財團法人工業技術研究院 · 12 音

▶ 全部播放 < 分享

1



綠色化學12項原則—原則一(中文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

2



綠色化學12項原則—原則二(中文+英文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

3



綠色化學12項原則—原則三(中文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

4



綠色化學12項原則—原則四(中文+英文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

5



綠色化學12項原則—原則五(中文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

6



綠色化學12項原則—原則六(中文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

2018

05/29

綠色化學十二項原則介紹影片 NEW

2013年6月17日在華盛頓特區為綠色化學與工程專業的學生研討會上講授綠色化學十二項原則的12部影片(GREEN CHEMISTRY 101 VIDEO)，內容非常詳盡的介紹綠色化學的十二項原則，值得做為國內推廣校園綠色化學的啟始素材。

特別感謝中國化學會趙奕姝秘書長與楊吉水教授的協助取得美國化學會的同意，中央研究院化學所劉陵崗教授的幫忙審稿，完成了12部綠色化學教學影片翻譯與中文字幕製作，歡迎大家踴躍點閱參考。

參考網址：

<https://goo.gl/YmF6sB> 中文字幕影片

<https://goo.gl/8fcrEx> 英文字幕影片

7



綠色化學12項原則—原則七(中文+英文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

8



綠色化學12項原則—原則八(中文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

9



綠色化學12項原則—原則九(中文+英文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

10



綠色化學12項原則—原則十(中文+英文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

11



綠色化學12項原則—原則十一(中文+英文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

12



綠色化學12項原則—原則十二(中文字幕)

上傳者：財團法人工業技術研究院

製作中文字幕，置於網路平台供點閱推廣！

項目	影片名稱	時間(分)
1	原則一：事先防止廢棄物的產生勝於事後的清理 <u>Part 1 – The Problem of Waste (Green Chemistry Principle 1)</u>	16:38
2	原則二：設計合成方法時應盡可能將所有反應物質轉變為生成物 <u>Part 2 – We Use Too Much Stuff (Green Chemistry Principle 2)</u>	20:05
3	原則三：製程採用之原料及預期之生成物應盡可能無害於人類與環境 <u>Part 3 – The Situation is Acute (Green Chemistry Principle 3)</u>	20:27
4	原則四：設計低毒性但保持有效功能的化學產品 <u>Part 4 – Design It Out (Green Chemistry Principle 4)</u>	13:25
5	原則五：溶劑、分離試劑等輔助品須盡可能採用無毒害性的或不用 <u>Part 5 – All the Other Stuff in the Reaction (Green Chemistry Principle 5)</u>	21:20
6	原則六：採用常溫常壓下的反應 <u>Part 6 – An Inconvenient Truth (Green Chemistry Principle 6)</u>	21:32
7	原則七：使用再生原料 <u>Part 7 – Earth Wind and Fire (Green Chemistry Principle 7)</u>	14:51
8	原則八：盡可能避免製造原非必要之衍生物 <u>Part 8 – Blocking and Tackling (Green Chemistry Principle 8)</u>	17:51
9	原則九：優先考慮以觸媒性且選擇性盡量高的試劑進行反應 <u>Part 9 – A Little Bit Goes a Long Way (Green Chemistry Principle 9)</u>	23:53
10	原則十：化學產品用完後可以分解成無毒害性物質 <u>Part 10 – The Problem with Persistence (Green Chemistry Principle 10)</u>	19:15
11	原則十一：在製程中隨時偵測及控制 <u>Part 11 – Time to Get Real (Green Chemistry Principle 11)</u>	19:36
12	原則十二：選用本質安全之化學品為原料，降低製程危害 <u>Part 12 – Keeping it Safe (Green Chemistry Principle 12)</u>	20:48



103年度-綠色化學教學觀摩研習營及替代實驗影片拍攝



學校綠色化學 (減毒減量) 案例分享

- 【替代化學實驗影片】
- 【替代化學實驗研究範例】
- 【高中職/大專校院綠色化學
(減毒減量) 創意競賽得獎作品】



104年度-教育部校園毒性化學物質減量研習營

課程內容	5月23日、5月25日、6月01日	
時間	主題名稱	主講人
13:00-13:30	報 到	
13:30-13:40	政 詞	
13:40-14:10	綠色化學發展現況	趙奕婷秘書長 中國化學會
14:10-14:40	綠色化學創意競賽心得分享	姚月雲老師(台北場) 國立政治大學附屬高級中學
		蔡政錦老師(台中場) 明道中學
		洪鼎惟老師(高雄場) 高雄市立高雄高級工業職業學校
14:40-15:40	實作課程：綠色法拉第 廢電池的第二春	陳孟男老師 廖心妍同學 林群曜同學 國立大甲高級中學
15:40-16:10	校園推動化學實驗安全及 消防須知的課程設計	周芳妃老師 張永信老師 詹莉芬老師 臺北市立第一女子高級中學
16:10-16:30	綜合討論	教育部 工研院



104、105年度-綠色化學種子師資培訓

104年綠色化學教育種子教師培訓課程研習營

主辦單位 教育部
承辦單位 工業技術研究院
協辦單位 中國化學會、臺灣師範大學、北一女中、化工群科中心
上課地點 中科管理局工商服務大樓四樓402會議室(台中市大雅區中科路6號4樓)

9月17日(第一天)		
時間	內容	主持人/主講人
9:00-09:30	報到	
09:30-09:40	開幕致詞	教育部資訊及科技教育司 邱仁杰專門委員 邱仁杰專門委員
09:40-12:00	環境倫理與永續發展	國立臺灣師範大學 張子超教授
12:00-13:00	午餐	
13:00-15:00	綠色化學發展歷程與挑戰	中國化學會 趙奕珍秘書長
15:00-15:20	休息20分鐘	
15:20-16:30	大家來找碴 綠色化學十二項原則介紹	中國化學會/北一女中/工研院 趙奕珍秘書長/周芳妃老師/廖慧娟資研
16:30	散會	

9月24日(第二天)		
時間	內容	主持人/主講人
09:30-10:30	實驗室常見的意外事故與安全衛生注意事項	中山醫學大學 劉宏信教授
10:30-10:40	休息10分鐘	
10:40-11:40	實驗室廢棄物處理及分類	國立成功大學環資中心 吳重霖廠長
11:40-12:00	課綱實驗與綠色化學	國立臺灣師範大學 葉名會教授
12:00-13:00	午餐	
13:00-14:30	硫酸鎂水合物(實作)	
14:30-14:50	以家庭用品演示(實作)	
14:50-16:20	Q&A	
16:20-16:30		

105年綠色化學教育種子教師培訓課程研習營

主辦單位 教育部
承辦單位 財團法人工業技術研究院
協辦單位 中國化學會、臺北市立第一女子高級中學、化工群科中心(國立沙鹿高工)
上課地點 台中翔園航空太研習園區(台中市沙鹿區忠貞路20巷176號)

第一天(4月21日)		
時間	內容	主持人/主講人
09:10-09:40	報到	
09:40-10:00	開幕致詞	教育部資訊及科技教育司 邱仁杰專門委員 國立沙鹿高工 許耀文校長
10:00-12:00	綠色化學原則與願景	中國化學會 趙奕珍秘書長
12:00-13:00	午餐	
13:00-15:00	綠色化學一探究與實作 I 彩虹珠玩實驗	北一女中 周芳妃老師 張永信老師
15:00-15:30	休息20分鐘	
15:30-17:30	綠色化學一探究與實作 II 小綠珠晶體與藍印術	北一女中 周芳妃老師 陳祖望老師
17:30-18:00	辦理住宿事宜	
18:00-19:00	晚餐	
19:00-21:00	立足土地上的探索— 談農業怎樣無毒	花蓮有機生農農場 廖美菊老師
21:00	就寢	

第二天(4月22日)		
時間	內容	主持人/主講人
08:00-09:00	早餐、退房	
09:00-09:50	高中綠色化學教育起飛	北一女中 周芳妃老師 詹莉芬老師
09:50-10:00	休息	
10:00-10:50	實驗室常見的意外事故與安全衛生注意事項	中山醫學大學 劉宏信教授
10:50-11:00	休息	



106、108、109年度-綠色化學教師研習營

106年度

教育部「綠色化學創意競賽」分享研習營

主辦單位 教育部

承辦單位 財團法人工業技術研究院

協辦單位 臺北市立第一女子高級中學、國立大甲高級中學、高雄市立高雄高級中學

上課地點 工研院(台北學習中心)(台北市館前路65號7樓702教室)
國立大甲高級中學(台中市大甲區中山路一段720號)
高雄市立高雄高級中學(高雄市三民區建國三路50號)

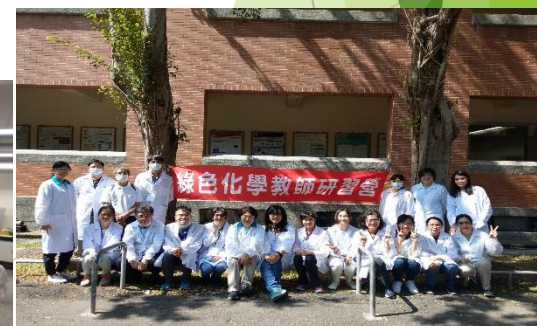
課程內容			5月23日、5月25日、6月01日
時間	主題名稱	主講人	
13:00-13:30	報 到		
13:30-13:40	致 詞		
13:40-14:10	綠色化學發展現況	趙奕珍秘書長 中國化學會	
14:10-14:40	綠色化學創意競賽心得分享	姚月雲老師(台北場) 國立政治大學附屬高級中學	
		蔡政錦老師(台中場) 明道中學	
		洪鼎惟老師(高雄場) 高雄市立高雄高級工業職業學校	
14:40-15:40	實作課程：綠色法拉第 廢電池的第二春	陳孟男老師 廖心妍同學 林群曜同學 國立大甲高級中學	
15:40-16:10	校園推動化學實驗安全及 消防須知的課程設計	周芳妃老師 張永信老師 詹莉芬老師 臺北市立第一女子高級中學	
16:10-16:30	綜合討論	教育部 工研院	

108年度



- 綠色化學創意競賽成果心得分享
- 108年安排至獲第1屆綠色化學應用及創新獎團體組-永光化學工業(股)公司、中國石油化學工業開發(股)公司大社廠參觀，分享綠色化學應用實績

109年度





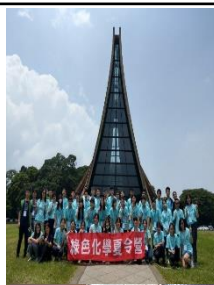
108、109年度-綠色化學夏令營

109年度

108年度

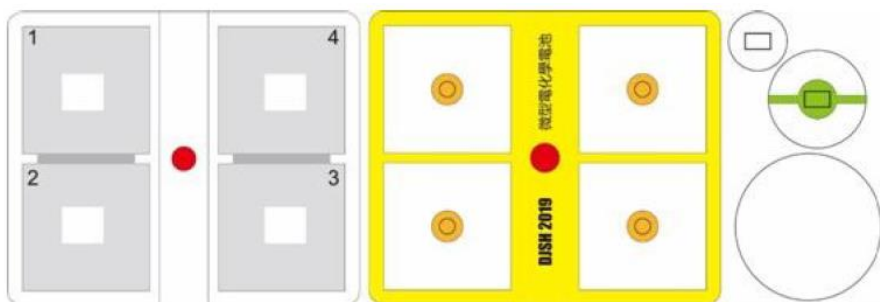
中部場		
時 間	行 程	講 師
09:00-09:30	報到(台鐵臺中車站新站集合)	
09:30-10:30	➤ 台鐵台中站-大甲高中	(遊覽車)
10:30-12:00	➤ 綠色化學創意競賽作品分享	梁文傑教授 國立臺灣大學化學系
12:00-13:00	午餐	
13:00-15:40	➤ 綠色化學創意實作教學	廖旭茂老師 臺中市立大甲高級 中等學校
15:40-16:00	➤ 綜合座談	教育部 工研院
16:00-16:30	➤ 大甲高中-台鐵台中站	(遊覽車)

時 間	主題名稱	講 師
08:30-09:00	➤ 報到	
09:00-09:10	➤ 開場致詞	教育部
09:10-09:30	➤ 綠色化學創意 競賽辦法說明 ➤ 環境荷爾蒙、 石綿、限用一 次用產品等知 識宣導	工研院
09:30-12:00	➤ 綠色化學動手 做(薄層層析法) ➤ 應用範圍: ➤ 監測反應進程 ➤ 鑑定特定化 合 物 ➤ 測定物質純度	臺灣大學化學系 余瑞琳老師
12:00-13:00	➤ 午餐	
13:00-14:00	➤ 探究與實作- 創意集點	臺北市立第一女子高級 中學周芳妃老師、詹莉 芬老師
14:00-15:00	➤ 探究與實作- 小論文設計	
15:00-15:10	➤ 休息	
15:10-17:00	➤ 成果發表	臺北市立第一女子高級 中學周芳妃老師、詹莉 芬老師

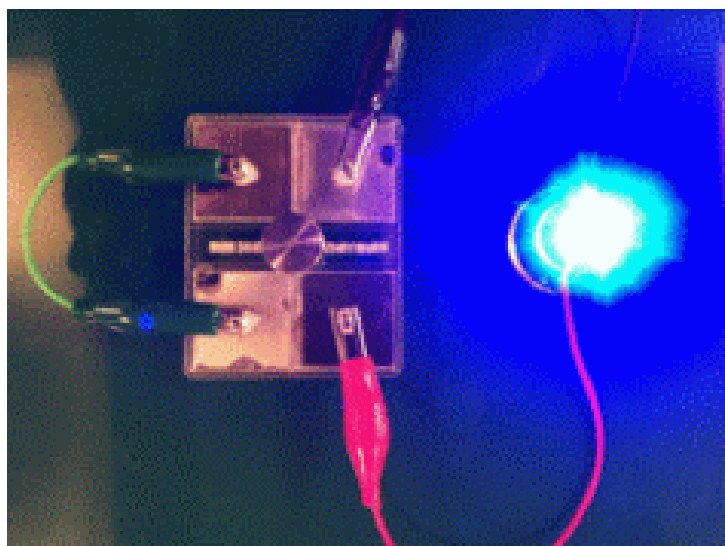


微型實驗研究

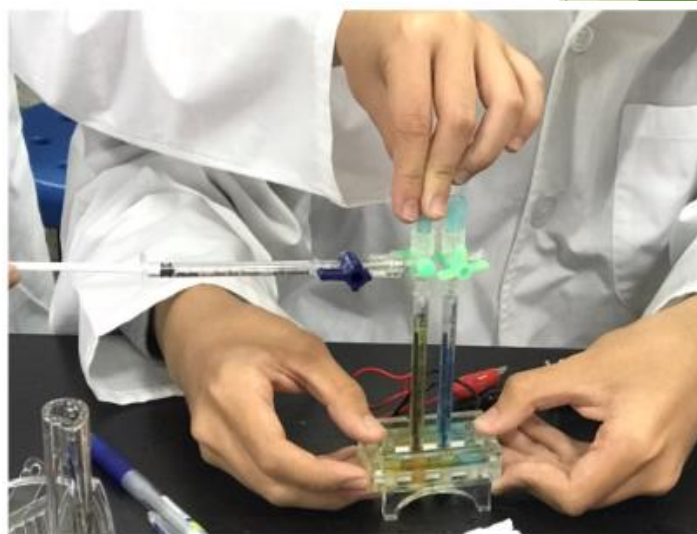
微型電化學電池模組



微型電池的底座（左）、上蓋（中）以及燈座（右）



微型電解水模組



綠色化學創意競賽特殊獎



對象：
高級中等
學校

已辦理3屆
(103、105、107)



綠色化學 創意競賽 頒獎典禮



第4屆刻辦理中
共242組隊伍
報名參與，
109/10/16完成
初選程序，44組
隊伍進入複選

結語(1/2)

高級中等以下學校，運作有毒化物校數
已由100年度之**307校**，降至**42校!!!**

42校/124校
!!!!!!

109年第三季

各級學校	核可文件(張)	毒化物種類(種)	結餘量(公噸)	學校(校)
國小	0	0	0	0
國中	4	6	0.023	3
高中	145	34	0.310	31
高職	41	18	0.059	8
大專校院	2,575	262	44.586	82
總計(109年)	2,765 ^註	262	44.978	124
總計(100年)	5,459	236	50.40 ²¹	418

註：配合「一物質一證」改為「多物質一證」，學校配合地方環保單位作業期程進行毒化物證件整併。

結語(2/2)

- 維運與精進本部綠色化學推廣網站
- 透過**師資培訓**，推動環保綠色化學**種子深根發芽**，融入學習中，激發學生探索能力
- 透過**學生夏令營**，引導對化學領域有興趣的學生，發揮巧思與創意，將綠色化學觀念應用於實驗中
- 持續研發高級中學化學科微型實驗課程
- 與行政院環境保護署**共同辦理綠色化學創意競賽**，強化高級中等學校、大專校院學生對綠色化學之興趣，培養靈活思考、多元學習的精神