

計畫編號：TCSB-107-CP03-02-A021

永續思維綠色化學多元教育 推動計畫

【正式報告】
(定稿本)

受託單位：中原大學

計畫執行期間：107 年 5 月 15 日至 107 年 12 月 31 日

行政院環境保護署
毒物及化學物質局編印
中華民國 107 年 12 月印製

統一編號

* 本報告係受託單位或計畫主持人個人之意見，僅供化學局施政之參考，不代表化學局立場

* 本報告之著作財產權屬行政院環境保護署毒物及化學物質局所有，非經行政院環境保護署毒物及化學物質局同意，任何人均不得重製、仿製或其他之侵害

計畫編號：TCSB-107-CP03-02-A021

永續思維綠色化學多元教育 推動計畫

正式報告 (定稿本)

受託單位：中原大學

計畫主持人：王玉純

計畫共同主持人：林于凱、張育傑、徐宏德

執行期間：107年5月15日起至107年12月31日止

計畫經費：新臺幣參佰捌拾伍萬元整

行政院環境保護署

毒物及化學物質局編印

中華民國 107 年 12 月印製

計畫期末報告基本資料表

「永續思維綠色化學多元教育推動」

計畫期末報告基本資料表

委辦單位	行政院環境保護署毒物及化學物質局		
執行單位	中原大學		
參與計畫人員姓名	王玉純、林于凱、張育傑、徐宏德		
年 度	107	計畫編號	TCSB107CP0302A021
研究性質	☐ 基礎研究 ☒ 應用研究 ☐ 技術發展		
研究領域	教育推動		
計畫屬性	☐ 科技類 ☒ 非科技類		
全程期間	107 年 5 月～ 107 年 12 月		
本期期間	107 年 5 月～ 107 年 12 月		
本期經費	___ 億 3850 千元		
	資本支出		經常支出
	土地建築 0 千元		人事費 1585 千元
	儀器設備 0 千元		業務費 1915 千元
	其 他 0 千元		材料費 0 千元
			其 他 350 千元
摘要關鍵詞（中英文各三則）			
綠色化學		Green chemistry	
教育推動		Education promotion	
產業分析		Industrial analysis	

行政院環境保護署計畫成果中英文摘要

- 一、中文計畫名稱：
永續思維綠色化學多元教育推動計畫
- 二、英文計畫名稱：
Sustainable and green chemistry multi-education promotion project
- 三、計畫編號：
TCSB-107-CP03-02-A021
- 四、執行單位：
中原大學
- 五、計畫主持人（包括共同主持人）：
王玉純，林于凱，張育傑，徐宏德
- 六、執行開始時間：
107/05/15
- 七、執行結束時間：
107/12/31
- 八、報告完成日期：
107/12/31
- 九、報告總頁數：
報告內文 173 頁
- 十、使用語文：
中文，英文
- 十一、報告電子檔名稱：
TCSB107CP0302A021.DOC
- 十二、報告電子檔格式：
Word 5.0
- 十三、中文摘要關鍵詞：
綠色化學，教育推動，產業分析
- 十四、英文摘要關鍵詞：
green chemistry, education promotion, industrial analysis
- 十五、中文摘要

本計畫目標為透過多管道、跨部會之活動推動大專校院綠色化學。

已參照國內外大專校院課程設計，產出 1 門通識課程課綱，並經教材審議會議通過，完成綠色化學 12 項原則簡介介紹、農藥、化學物質安全及認識塑膠實驗等課程簡報及展示。亦試教 6 場次共回收 230 份試教回饋問卷。

代表團參加第 22 屆國際綠色化學&工程研討會，訪問 5 名國外專家及 5 名國內專家，專家建議永續化學教學必須加入現有的化學課程中，並認為綠色化學實施的最大挑戰是如何量化對社會環境的利益。

完成 30 間產業問卷訪談，包含：化學原料/塗料業、回收料再製/紡織業、紙相關製造/印刷業、電子製造業及材料/機械製造均各為 6 間廠商，產業訪談問卷調查統計生產與製程管理為最重要人才知識條件。

今年舉辦北中南共計 4 場次大專校院研習營（共計 280 名參與），2 場次小學教師研習營（共計 54 名參與），主題囊括綠色化學定義及環境永續介紹、化學與環境關聯、減毒、減廢，以及綠色化學循環經濟等。

與教育部共同辦理第一屆綠色化學競賽活動，共 46 隊報名參

賽，並於 12 月 18 號舉辦記者會，進行頒獎。

本年度辦理 2 場次專家諮詢會議，總結可增加生活實例、實驗實作或環境教育場區參訪等來增加學生修課的意願和興趣。

十六、英文摘要：

This project aims to develop green chemistry (GC) teaching syllabus, materials, and programs for advance education system; in addition, to develop GC education, academic research, and industrial developmental mechanism cross departments and institutes; moreover, to cooperate to promote GC in industries, governmental departments, education, and academics in Taiwan.

The project has proposed a general syllabus for general education of green chemistry in Taiwan based on international green chemistry-related online courses, experimental methods, and programs. And 8 courses materials, including Introduction to 12 principals of green chemistry, Pesticides, Chemical substances safety, Experiment for identifying plastics, and so on., were established and revised by the editorial committee, and 6 teaching demonstrations were performed.

This June, the delegation participated the 22nd Annual Green Chemistry and Engineering Conference, and interview the 5 international and 5 Taiwanese experts and scholars to learn the experience to promote the GC general education.

In conjunction with the domestic industries, we visited 30 companies (including chemical substances manufacture, recycling of recycled materials, paper industries, and electronics manufacturing) and conducted the questionnaires to explore the implementation of GC and their needs about labors' working ability developed from to date advanced education. Production and process management is most important background knowledge they need.

In November, we held 4 GC general education workshops for college students (n=230) and 2 workshops for GC training for elementary school teachers (n=54). Interesting lectures, such as Definition of Green Chemistry and Introduction to Environmental Susceptibility, Relationship between Chemicals and Environment, Toxicity and Waste Reduction, Green Chemistry Circular Economics and so on were presented.

This year, the Toxic and Chemical Substances Bureau cooperated with the Ministry of Education to hold the green chemistry creative competition for nationwide colleges and universities, to provide a platform for college students to join the GC education activities. The winners for competition were public awarded in press conference in December 18, 2018.

Two special consultation meetings had been held, and scholars from industry and academia were invited to discuss the details of the GC general education syllabus and program, workshops, and the green chemistry college competition.

目 錄

計畫期末報告基本資料表	5
行政院環境保護署計畫成果中英文摘要	7
目 錄	目次 1
圖 目 錄	目次 4
表 目 錄	目次 5
報告大綱	
計畫成果報告摘要（詳細版）	I
第一章 前言	1
1.1 計畫緣起	1
1.2 計畫目的	1
1.3 計畫背景	5
1.4 永續綠色化學定義	5
1.5 永續綠色化學興起與發展	6
1.6 永續綠色化學內涵	15
1.7 永續綠色化學發展方向	19
1.8 美國總統綠色化學挑戰獎 (The Presidential Green Chemistry Challenge Awards) 得獎例子介紹	20
1.8.1 綠色反應條件獎	20
1.8.2 綠色合成路線獎	21
1.9 重要工作要項負責執行之人員資歷與專長	22
1.10 預定與實際進度及查核重點	23
第二章 本年度工作項目及成果章節簡介	31
2.1 永續思維綠色化學多元教育推動計畫啟動會議	38
第三章 建立國內大專校院通識教育綠色化學教材與課綱規劃	45
3.1 蒐集彙整綠色化學領域相關之國內外大專校院教育資料，包含綠色化學教育推動、課程資料、實驗活動資料	46
3.1.1 美國	46
3.1.2 德國	49

3.1.3	臺灣.....	51
3.1.4	綜整美國、德國、本國資料說明.....	57
3.1.5	產出文、法、理、商可適用之大專校院通識課程 1 堂.....	57
3.2	國內大專校院綠色化學相關學程資料彙整.....	60
3.2.1	國立暨南大學—綠色環保特色通識學程.....	60
3.2.2	中原大學—綠色科技學程.....	61
3.2.3	靜宜大學—綠色化學學程.....	63
3.2.4	明志科技大學—綠色化學製程學程.....	63
3.2.5	明新科技大學—綠色科技學程.....	65
3.2.6	修平科技大學—綠色科技學程.....	66
3.2.7	各校課程異同比較.....	67
3.2.8	針對學程討論及規劃書建議.....	68
3.3	大專校院綠色化學之通識教育課程相關會議.....	70
3.3.1	教材及課程大綱研商會議.....	72
3.3.2	大專校院綠色化學之通識教育課程教材審查會議.....	75
3.3.3	戶外課程規劃.....	79
3.4	綠色化學通識課程教材試教.....	80
第四章	國外研討會心得及國內外學者訪談紀錄.....	89
4.1	國外研討會心得.....	89
4.2	國外學者訪談.....	93
4.3	國內學者訪談.....	102
第五章	廠商訪談.....	109
5.1	產業應用綠色化學成果.....	109
5.2	訪談行前準備與標準作業程序.....	109
5.3	訪談成果.....	114
5.3.1	廠商訪談綠色化學成效與環境績效.....	114
5.3.2	廠商訪談綜合性分析.....	125
第六章	大專校院學生及小學教師綠色化學環境教育研習營.....	135
6.1	研習營規劃.....	135

6.2 研習營回饋統計.....	136
第七章 第 1 屆大專校院綠色化學創意競賽活動暨記者會	145
7.1 記者會規劃討論會議.....	146
7.2 綠色化學專區網頁架設.....	146
7.3 競賽活動網路宣傳.....	147
7.4 競賽活動規則與流程.....	148
7.4.1 競賽活動規則.....	148
7.4.2 競賽流程.....	149
7.5 第一屆大專校院綠色化學創意競賽評審規則會議.....	155
7.6 大專校院綠色化學創意競賽頒獎活動暨記者會.....	155
第八章 永續思維綠色化學多元教育推動計畫專家諮詢會議.....	157
8.1 第一次專家諮詢會議.....	157
8.2 第二次專家諮詢會議.....	164
第九章 結論與建議.....	167
9.1 結論	167
9.2 建議	170
參考資料.....	173

圖 目 錄

圖 1.2-1	106 年度與 107 年度永續綠色化學推動進展	2
圖 1.2-2	本計畫年度目標與工作項目關聯性.....	3
圖 1.2-3	106-107 年綠色化學教育推動計畫活動時間圖.....	4
圖 1.5-1	循環經濟系統圖[5]	7
圖 1.5-2	Green ChemisTREE-綠色化學樹狀圖[6]	9
圖 1.8-1	淄博海益精細化工廠.....	21
圖 2-1	各項會議簡易說明圖.....	34
圖 3.1-1	美國綠色化學 12 原則的口袋指南	46
圖 3.1-2	美國非技術綠色化學的口袋指南	47
圖 4.1-1	研討會贊助商（左）與攤位照片（右）	92
圖 5.2-1	產業訪談標準作業程序流程圖.....	110
圖 5.2-2	訪談事業機構行前之 SOP 流程圖.....	111
圖 5.3-1	30 家廠商綠色理念認知統計	125
圖 5.3-2	各產業廠商綠色理念認知統計	126
圖 5.3-3	30 家廠商綠色執行評估統計	128
圖 7.2-1	綠色化學專區網頁.....	146
圖 7.3-1	綠色化學競賽於社群網站上張貼.....	147
圖 7.6-1	記者會局長致詞（左）與長官與參賽者合影（右）	156

表 目 錄

表 1.4-1	綠色化學與永續化學差異[3]	6
表 1.5-1	綠色化學樹狀圖 12 項原則分支及相關的研究和領域	10
表 1.8-1	Spinosad 和 Spinetoram 殺蟲劑介紹	20
表 1.9-1	主持人及相關研究人員分工配置	22
表 1.10-1	預定進度與實際進度彙整表	23
表 1.10-2	查核點說明	29
表 2-1	工作項目章節對應與計畫成果對照表	35
表 2.1-1	化學局意見及辦理情形	38
表 3.1-1	斯克蘭頓大學綠色化學教學模塊課程簡介	48
表 3.1-2	美國化學學會所建議實驗及活動主題分級內容	49
表 3.1-3	教育部課程資源網 97-105 學年度綠色化學相關通識課程資料	51
表 3.1-4	106 年「大專校院綠色化學教育推動計畫」建議綠色化學課程大綱規劃方案	54
表 3.1-5	綠色/永續化學網路資源共享網公開之資料	56
表 3.1-6	107 年本計畫提出綠色化學通識課程大綱主題初稿	58
表 3.2-1	國立暨南大學—綠色環保特色通識學程課程	60
表 3.2-2	中原大學—綠色科技學程課程	61
表 3.2-3	靜宜大學—綠色化學學程課程	63
表 3.2-4	明志科技大學—綠色化學製程學程課程	64
表 3.2-5	明新科技大學—綠色科技學程課程	65
表 3.2-6	修平科技大學—綠色科技學程課程	67
表 3.2-7	各校綠色學程課程領域比較表	67
表 3.2-8	綠色化學通識微學分學程課程建議規劃	69
表 3.2-9	綠色化學專業學程課程建議規劃	70

表 3.3-1	教材及課程大綱研商會議委員意見.....	72
表 3.3-2	綠色化學課程大綱重要性調查統計表.....	74
表 3.3-3	教材審查會議委員意見.....	75
表 3.3-4	戶外學習課程規劃說明.....	79
表 3.4-1	教材試教問卷回饋統計.....	81
表 4.1-1	研討會議說明.....	89
表 4.2-1	國外訪談學者資料.....	93
表 4.2-2	德國學者 Burhard Koenig 訪談問卷紀錄.....	94
表 4.2-3	德國學者 Daniel Pleissner 訪談問卷紀錄.....	96
表 4.2-4	美國學者 Paul Anastas 訪談問卷紀錄.....	99
表 4.2-5	美國學者 Julie Zimmerman 訪談問卷紀錄.....	100
表 4.2-6	美國學者 Jim Huchison 訪談問卷紀錄.....	101
表 4.3-1	國內訪談學者資料.....	102
表 4.3-2	訪談專家學者建議回覆表-周芳妃老師.....	104
表 4.3-3	訪談專家學者建議回覆表-劉廣定教授.....	105
表 4.3-4	訪談專家學者建議回覆表-蔡朋枝教授.....	106
表 4.3-5	訪談專家學者建議回覆表-張子超教授.....	107
表 4.3-6	訪談專家學者建議回覆表-黃琴扉教授.....	108
表 5.2-1	產業訪談時程.....	112
表 5.2-2	30 家廠商訪談之五大產業分類彙整表.....	113
表 5.3-1	廠商訪談綠色化學成效與環境績效.....	114
表 5.3-2	30 家訪談廠商綠色化學 12 項原則執行成效評估表.....	129
表 5.3-3	30 家廠商人才需求統計表（單位：廠商數）.....	131
表 5.3-4	產業別人才需求統計表-知識條件（單位：廠商數）.....	132
表 5.3-5	產業別人才需求統計表-技能條件（單位：廠商數）.....	133
表 5.3-6	產業別人才需求統計表-能力條件（單位：廠商數）.....	133

表 6.1-1	4 場大專校院綠色化學研習營規劃	135
表 6.1-2	2 場小學教師綠色化學研習營規劃	136
表 6.2-1	大專校院研習營各場次問卷回饋統計（單位：份數）	137
表 6.2-2	小學教師研習營各場次問卷回饋統計(單位：份數)	142
表 7.4-1	文創組複選評分項目與配分表	148
表 7.4-2	教材與實驗組複選評分項目與配分表	148
表 7.4-3	綠色化學創意競賽報名組別彙整表	149
表 7.4-4	綠色化學創意競賽複選入圍組別彙整表	152
表 7.4-5	綠色化學創意競賽文創組決選議程	153
表 7.4-6	綠色化學創意競賽教材與實驗組決選議程	153
表 7.4-7	綠色化學創意競賽優勝組別排名彙整表	154
表 8.1-1	第一次專家諮詢會議 (8/27) 委員建議及後續作法	157
表 8.2-1	第二次專家諮詢會議 (11/30) 委員建議及後續作法	164

報告大綱

本計畫目的在於收集、瞭解、分析國內外既有之綠色化學課程及相關推動策略，彙整分析目前綠色化學實際應用的產業現況、特色與執行成果，以及訪談國內外綠色化學相關專業的專家學者，瞭解本國既存之綠色化學教育推動策略與實施困難處，研擬適合之人才培育措施及教材，建立課程教材簡報，辦理研習營與競賽活動，持續推動綠色化學教育並提出具體建議及活動成果。報告本文依計畫工作項目之次序說明各工作項目執行狀況。

報告本文第一章為前言，主要述明計畫由來及目的、背景與綠色化學內涵與發展方向，簡述美國總統綠色化學挑戰獎得獎作品，本計畫重要工作要項負責執行之人員資歷與專長及計畫預定與實際進度與查核重點。有鑑於臺灣地區化學製造、食品生產與廢棄物減毒、減廢等要求日漸受到民眾之重視，且為與國際化接軌，符合國際產品生產與貿易的規範與要求，有必要針對產業製造與生產等可能引起的化學品生產及環境要求進行系統性的研究。

第二章為本年度工作項目及成果章節簡介。並說明此計畫啟動會議，討論後續工作事項事宜，奠定預計辦理活動情形及建議邀請與會之單位基礎架構。今年預計舉辦 4 場次大專校院研習營，2 場次小學教師研習營，2 場次專家諮詢會議，以及邀請適合之廠商訪談，達到兼具產、官、學功能。

第三章說明彙整國內外現有綠色化學教程現況與特色，建立國內大專校院通識教育及環境教育之綠色化學教材資料、課程大綱、學程規劃及實際示範教學。3.1 節為蒐集彙整綠色化學領域相關之國內外大專校院教育資料，包含綠色化學教育推動、課程資料、實驗活動資料 3.2 節為國內大專校院綠色化學相關學程資料彙整，分析各校學程異同處，作為綠色化學專業與通識學程規劃書參考。3.3 節整理關於推動綠色化學教育課程會議，包含教材及課程大綱研商會議，此會議綜整專家建議，對於環保署所預計推廣的通識綠色化學課程的範疇，同意依照執行團隊所規劃，分為環境關懷、環境關聯、環境永續三構面。通識課綱以模組化方式規劃，以供不同學校與授課教師配合實際狀況選用；以及課程教材審查會議，邀請專家審查 4 門綠色化學教材，並給予教材編修建議，委員們皆建議教材課程須更深入淺出（生活化、口語化），多利用生活實例和新聞來傳達並灌輸正確觀念。3.4 節為大專校院通識課程實際試教，由本團隊設計試教問卷，統計學生在此授課中學到之綠色化學 12 原則項目及對此授課活動滿意度調查，進而改善課程規劃設計。

第四章說明工作項目『建立綠色化學大專教育推動課程策略及建立國際環境教育綠色化學鏈結』，藉由參與美國第 22 屆綠色化學研討會，瞭解國外相關化學教育背景與產業界實施成果，與訪談 5 名國際學者和 5 名國內學者，瞭解推動綠色化學課程推動之策略、成果及曾遭遇之困難，探討國內外可行之綠色化學推動策略及實際執行方面等建議，作為本工作團隊建立課程推動策略之重要資料。

第五章說明訪談 30 家產業，瞭解產業現況、特色與困境，並彙整產業應用綠色化學之成果，研析與國內大專校院教育關聯重點，針對綠色化學未來因應產業發展可在大專校院之專業課程落實的設計規劃策略。

第六章為辦理大專校院與小學教師綠色化學研習營規劃與成果說明，本案分區及學員對象類別於北中南舉辦研習營，敬邀專家學者及分享綠色化學相關知識，部分研習營帶學員參訪環境園區，並徵得講座同意後現場錄影，以供後續規劃教材及分享。藉由與會學員問卷回饋，統計分析活動舉辦狀況。

第七章說明 107 年第 1 屆大專校院綠色化學創意競賽活動暨記者會，藉由與教育部共同辦理綠色化學競賽活動，擬定大專校院參賽規則規劃與辦理事宜，並於網路架設綠色化學專區與競賽網路宣傳，以擴大學生與民眾對綠色化學的重視。配合研習營及競賽活動，並辦理 1 場次記者會，說明 107 年度綠色化學推動策略及競賽頒獎。

第八章說明永續思維綠色化學多元教育推動計畫專家諮詢會議，簡述目前推動計畫進度與執行方法，並討論建立國內大專校院通識教育之綠色化學教材資料、課程大綱、學程規劃及實際示範教學等實行方法規劃、研習營主題及活動安排、大專校院綠色化學創意競賽推廣事宜。

第九章為結論與建議，根據本案蒐研之大學綠色化學相關課程資料與辦理諸多活動（國外研討會、國內外學者訪談、廠商訪談、研習營、競賽等）之回饋，結合產、官、學三方建議與需求，設計綠色化學課程大綱、教材等，並擬定綠色化學通識微學分學程與專業學程課程規劃。本案建議多推廣平臺使用，訪談綠色化學、設計等相關技職校院授課教師，後續研習營繼續搭配園區/廠區實境導覽，訪談廠商掌握市場面需求、加強內部環境管理改善、化產業競爭力為綠色商機等三方面進行，以符合社會脈動與環境趨勢，追求永續經營。

計畫成果報告摘要（詳細版）

計畫名稱：永續思維綠色化學多元教育推動計畫

計畫編號：TCSB-107-CP03-02-A021

計畫執行單位：中原大學

計畫主持人（包括協同主持人）：王玉純，林于凱，張育傑，徐宏德

計畫期程：107 年 5 月 15 日起至 107 年 12 月 31 日止

計畫經費：3,850,000 元

摘要

本計畫目標為透過多管道、跨部會之活動推動大專校院綠色化學。

已參照國內外大專校院課程設計，產出 1 門通識課程課綱，並經教材審議會議通過，完成綠色化學 12 項原則簡介介紹、農藥、化學物質安全及認識塑膠實驗等課程簡報及展示。亦試教 6 場次共回收 230 份試教回饋問卷。

代表團參加第 22 屆國際綠色化學&工程研討會，訪問 5 名國外專家及 5 名國內專家，專家建議永續化學教學必須加入現有的化學課程中，並認為綠色化學實施的最大挑戰是如何量化對社會環境的利益。

完成 30 間產業問卷訪談，包含：化學原料/塗料業、回收料再製/紡織業、紙相關製造/印刷業、電子製造業及材料/機械製造均各為 6 間廠商，產業訪談問卷調查統計生產與製程管理為最重要人才知識條件。

今年舉辦北中南共計 4 場次大專校院研習營（共計 280 名參與），2 場次小學教師研習營（共計 54 名參與），主題囊括綠色化學定義及環境永續介紹、化學與環境關聯、減毒、減廢，以及綠色化學循環經濟等。

與教育部共同辦理第一屆綠色化學競賽活動，共 46 隊報名參賽，並於 12 月 18 號舉辦記者會，進行頒獎。

本年度辦理 2 場次專家諮詢會議，總結可增加生活實例、實驗實作或環境教育場區參訪等來增加學生修課的意願和興趣。

Abstract

This project aims to develop green chemistry (GC) teaching syllabus, materials, and programs for advance education system; in addition, to develop GC education, academic research, and industrial developmental mechanism cross departments and institutes; moreover, to cooperate to promote GC in industries, governmental departments, education, and academics in Taiwan.

The project has proposed a general syllabus for general education of green chemistry in Taiwan based on international green chemistry-related online courses, experimental methods, and programs. And 8 courses materials, including Introduction to 12 principals of green chemistry, Pesticides, Chemical substances safety, Experiment for identifying plastics, and so on., were established and revised by the editorial committee, and 6 teaching demonstrations were performed.

This June, the delegation participated the 22nd Annual Green Chemistry and Engineering Conference, and interview the 5 international and 5 Taiwanese experts and scholars to learn the experience to promote the GC general education.

In conjunction with the domestic industries, we visited 30 companies (including chemical substances manufacture, recycling of recycled materials, paper industries, and electronics manufacturing) and conducted the questionnaires to explore the implementation of GC and their needs about labors' working ability developed from to date advanced education. Production and process management is most important background knowledge they need.

In November, we held 4 GC general education workshops for college students (n=230) and 2 workshops for GC training for elementary school teachers (n=54). Interesting lectures, such as Definition of Green Chemistry and Introduction to Environmental Susceptibility, Relationship between Chemicals and Environment, Toxicity and Waste Reduction, Green Chemistry Circular Economics and so on were presented.

This year, the Toxic and Chemical Substances Bureau cooperated with the Ministry of Education to hold the green chemistry creative competition for nationwide colleges and universities, to provide a platform for college students to join the GC education activities. The winners for competition were public awarded in press conference in December 18th, 2018.

Two special consultation meeting had been held, and scholars from industry and academia were invited to discuss the details of the GC general education syllabus and program, workshops, and the green chemistry college creative competition.

前言

有鑑於本國於食品及化學等產業日漸重視減毒、減廢等要求，且為符合國際產品生產與貿易的要求與規範，與國際化接軌，有必要在生產鏈中針對可能引起對環境有不好影響之化學品及環境要求進行系統性的研究，而其中最為有效的就是以教育的方式，建立未來人才與產業經營管理者環保概念與知能，以達減毒、減廢之功效。

執行方法

本計畫工作內容主要先統整國內外現有相關綠色化學教程現況與特色，並配合蒐研之產業現況分析報告，舉辦研習營、專諮會、訪談廠商，取得活動回饋融入綠色化學專業教材與學分學程之內容設計；以及統整彙集現有大專校院綠色科技相關學程，規劃綠色化學通識課

程融入策略；並辦理大專校院綠色化學創意競賽，供學生一良性的競爭平臺。

此外，也將強化企業合作及實際場域的觀摩與學習，邀集學界代表辦理 6 場研習營、2 場專諮會及訪談廠商，深化產學鏈結與合作。以下為各工作項目詳細說明。

本計畫首先統整彙集國內外現有相關綠色化學教程與學程現況與特色，收集的資料結果顯示臺灣大專校院綠色化學教育的課程雖有初步雛型，但仍屬小規模推動。

舉辦永續思維綠色化學多元教育推動計畫啟動會議，討論後續工作事項事宜，奠定預計辦理活動情形及建議邀請與會之單位基礎架構。今年舉辦北中南共計 4 場次大專校院研習營，2 場次小學教師研習營，2 場次專家諮詢會議，邀請 30 家適合之廠商訪談達到兼具產、官、學功能，以及辦理第一屆大專校院綠色化學創意競賽。

根據蒐集之大專校院之綠色化學（科技）相關學程課程，可發現目前相關學程多開設於專業相關系所，可作為本計畫所規劃之推動對象（非專業學生）之學程設計參考規劃。另根據化學局送行政院核定之「國家化學物質管理政策綱領（核定本）」，以「有效管理化學物質，建構健康永續環境」為化學管理之願景，對於本計畫所規劃綠色化學之範疇與推動方式，亦應將化學物質管理與永續環境之目標納入考量。

本團隊邀請專家設計綠色化學通識課程四門教材，並於大學進行試教，取得學生問卷回饋，統計學生在此授課中學到的綠色化學 12 原則項目及對此授課活動滿意度調查。

參與國際研討會與訪談國內外學者，以建立綠色化學大專教育推動課程策略及建立國際環境教育綠色化學鏈結，探討國內外可行之綠色化學推動策略及實際執行方面等建議，作為本工作團隊建立課程推動策略之重要資料。

後續蒐研並綜整分析國內外產業實際應用成果及期望，依據國內綠色工廠標章 (Green Factory, GF) 獲證廠商、符合清潔生產評估系統符合性判定 (Cleaner Production, CP) 廠商、或是產業相關概念、製程、成果能契合本計畫內涵，未來可參採融入綠色化學教育課程者；彙整國內應用綠色化學成果之事業機構，並由環保署化學局選定 30 家訪談名單依序拜訪，採用問卷進行面訪，用以得知廠商實施綠色化學成果

概況與人才需求條件。

專家諮詢會議主要討論國內大專校院通識教育之綠色化學教材規劃、舉辦大學生和小學教師研習營、大專校院綠色化學創意競賽等提案，藉由諮詢委員建議彙整，並交換彼此心得和經驗，強化團隊和校園第一線工作的老師和教學人員彼此溝通的管道。希冀藉由研習營、專諮會、參訪與競賽可以媒合產業與學校教育，後續將持續推動課程、學程規劃及產學合作。

結 果

蒐研美國與德國綠色化學教育推動概況與課程資料，以及臺灣 6 所大專校院開設綠色化學（科技）相關學程資料，產出綠色化學通識微學分學程與專業學程規劃書。設計編纂綠色化學通識 4 門室內課程與 4 門室外課程，並完成 6 場次室內課程試教，收集超過 200 份回饋問卷。至美國參與國際研討會，以及訪談 5 位國外專家學者與 5 位國內專家學者。於北、中、南共辦理 4 場次大專校院研習營與 2 場次小學教師研習營。舉辦第一屆大專校院綠色化學創意競賽活動，並辦理記者會，請優勝組別於化學局記者會進行經驗分享。配合計畫目標及內容共辦理 2 場專家諮詢會議。

結 論

1. 彙整國內外現有綠色化學教程現況與特色，建立國內大專校院通識教育及環境教育之綠色化學教材規劃及示範教學部份：

本計畫接續 106 年蒐集國內外綠色化學相關教材資料，進行課程編纂與設計。綜整美、德之相關教學資料，分析選擇可融入國內綠色化學教育之相關資訊，主要以綠色化學 12 原則及融入生活相關議題為主。發現目前美國蒐研之綠色化學相關資料最為完整，除教學資料外，也有相關學術論文說明教學模塊之應用。德國目前僅蒐研相關實驗案例介紹，並無實際教學之課程材料，預計後續連絡相關外籍教師尋求綠色化學教學資源幫助，以達融入本國綠色化學課程之需求。依據蒐研之綠色化學教程現況與特色以及國內綠色化學（科技）相關大學學

程，比較分析其課程領域，做為跨學院與通識綠色化學學程設計之參考。

根據教材協商會議等多場會議結論，推廣通識類綠色化學課程，範疇可分為「環境關懷」、「環境關聯」、「環境永續」三構面，作為設計教材及課程大綱之參考依據。通識綠色化學之課綱，建議以模組化方式規劃一原則，以供不同學校與授課教師配合實際狀況選用。模組原則上至少應包含整體觀念、技能與行動（先備/基礎知識）、個別主題多元學習等。本計畫邀請各領域專業教師與指標廠商、環境教育場域單位協助編纂大專校院綠色化學通識教育教材，共計 4 門室內課程教材，包含綠色化學概論、農藥、化學物質安全、實驗/實習課程(認識塑膠)等主題，並完成 6 場次試教。亦完成 4 門室外參訪課程教材，包含技嘉科技股份有限公司、中臺資源科技（股）公司環境資源教育中心設計、焚化廠與污水廠，可作為臺灣各區域大專校院教師推動永續化學之戶外教學場域。

2. 建立綠色化學大專教育推動課程策略及建立國際環境教育綠色化學鏈結部份：

參與美國化學會辦理之第 22 屆國際綠色化學&工程研討會 (GC&E)，會議主題為「使用綠色化學品進行產品創新 (Product innovation using greener chemistries)」蒐集該會議綠色化學推動策略、相關研究及成品最新進展、並與專家學者交流。於研討會觀察得知藥品設計、美妝、清潔劑、生活品設計、乾洗業為美國目前較多探討的議題，關於綠色化學教育和推廣上，需有更多領域的合作和推動，有時不以綠色化學行銷，而以生活語言來導入觀念及行銷。綠色化學產業及工作發展，用來引導學生學習更廣的化學教育。

訪談國內外學者：本計畫訪問 3 位美國學者、2 位德國學者，及 5

名國內學者，瞭解推動綠色化學課程之策略、成果及遭遇的困難，並綜整經驗產出推動課程策略規劃與做法。於國外學者訪談得知，目前歐盟地區政府已有制定相關政策，如：REACH，支持永續發展，政府發起許多關於永續化學的計畫，支持學術和應用技術上的研究。而美國目前還未有相關政策實施，美國學者 Paul Anastas 認為若以永續發展為目的，從綠色化學延伸制定具體法律較為合適。德國學者認為綠色化學應融入現有化學課程中，美國學者提及綠色化學在社會上推動之困難性，認為綠色化學實施的最大挑戰是如何量化社會對環境的利益。在學術研究和永續化學方面的意識提升，但在技術移轉至工業應用上速度仍緩慢。於國內五名學者訪談結論為：1.綠色（永續）化學教學可從生活或實驗中導入，以增加學生之學習興趣。2.對於大學新生或非化學專業學生，可以著重教導觀念，並在教課時用與永續發展相關的實例補充教科書的知識。3.教育界跟產業界應該要有一個會談平臺，讓學生們瞭解目前產業。4.說明目前產業應用綠色化學的現況，提升學生求學興趣並在未來在職場上能發揮影響力。

3. 瞭解產業推動綠色化學融入現況，綜整分析以提升校園連結產業之調適能力部份：

已拜訪 30 廠商，並藉由設計之訪談問卷進行面訪，分析產業現況、特色及困難，並研析與國內大專校院教育關聯重點，分析業界對於綠色化學現況瞭解程度及施行策略。彙整訪談 30 家廠商問卷回饋資料，多數廠商對於綠色化學與 12 原則理念認知清楚瞭解。在知識需求方面，多數廠商著重人才應具備生產與製程管理及專案管理之知識。技能條件需求中，多數廠商皆認為產業人才需求為製程設計能力、資料蒐集與分析、問題分析與解決的能力。

配合產業現況分析報告、產業因應綠色化學政府策略與可行方案、產業專業人力培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程之內

容設計，以增進化學研發相關專業領域之綠色化學調適知能融入為目標，確認學群課程架構，並擬定綠色化學專業課程融入策略與行動方案。

4. 大專校院學生及小學教師綠色化學環境教育研習營活動部份：

本計畫延續 106 年計畫辦理大專校院綠色化學研習營，共 4 場次，今年更擴及辦理 2 場小學教師研習營，以促進教師對綠色化學的瞭解，而能應用在教學上。本案研習營共邀請 8 位專家擔任講座分享，並參訪 3 家環境教育園區。主題為綠色化學永續教育推動相關議題，4 場大專校院研習營主軸分別為綠色化學、減毒減廢、綠色循環經濟與生活化學，小學教師研習營主軸為綠色化學教學經驗分享，以增加學生與小學教師瞭解綠色化學永續教育推動內涵發展及創意回饋。

5. 綠色化學競賽活動及協助辦理記者會：

與教育部共同辦理綠色化學競賽活動，負責大專校院參賽規則規劃及相關活動辦理事宜。報名參賽組別總數共 46 組，10 月底進行複選評選，共 23 組進入決選，12 月 10 日進行現場決選與展示。在邀約各大專校院化學相關領域教師指導學生參與此競賽，發現部分老師已有著手進行綠色化學相關研究。配合大專校院綠色化學創意競賽活動，於 12 月 18 日辦理頒獎暨記者會，說明 107 年度綠色化學推動策略及成果展示，並邀請優勝參賽者說明作品成果發表，達到推廣綠色化學目的。

6. 專家諮詢會議部份：

本年度計畫舉辦 2 場專家諮詢會議，邀請專家學者委員與各部門代表討論計畫規劃，針對課程教材簡報、課程大綱規劃、訪談學者、產業及研習營等細節進行討論，藉由議題討論，與諸多先進交換彼此

心得和經驗，強化團隊和校園第一線工作的老師和教學人員彼此溝通的管道。

第一次會議結論為：1.教材設計課程依照本團隊規劃進行設計（綠色化學概論、農藥、化學物質安全、實驗/習課程）。2.委員建議專有名詞並非全部加入課程中，但需將其精神呈現出來，並配合生活實例並進行實驗實作或環境教育場區參訪等方式，以增加學生修課的意願和興趣。3.研習營活動規劃上，4 場大專校院研習營主軸分別為「綠色化學」、「化學與環境關聯」、「減毒、減廢」、「綠色化學循環經濟」。4.建議小學教師研習營課程，可介紹使用化學品安全等概念，以建立正確的知識和觀念，並參訪環保署已認證的場域進行觀摩。

第二次專諮會議結論為：1.綠色化學通識課程建議以微學分/學程設計，並依「環境關懷」、「環境關聯」、「永續環境」三構面規劃。2.未來室外參訪課程，除了環保設施之外、也可至與民眾生活直接相關的場域，如與農藥議題或食品添加物有關的場域，如：好時節休閒農場（桃園）、頭城農場（宜蘭）與郭元益博物館等等。可整理環境教育場域（如：八里焚化廠、中科友達光電、南科園區、臺東環教中心等）課程單元與綠色化學 12 原則關聯性。3.未來研習營的規畫可分為非正規教育體系，包含業者與通過認證的環境教育場域；對於正規教育體系：包含大專、高中、國中小，可以尋求教育部協作辦理。其中，已通過認證的環教場域，可透過工作坊方式協助場域開發綠色化學（永續化學）教案。4.大專校院綠色化學創意競賽期程建議延長至一年辦理，以供有興趣團隊足夠時間準備。

建議事項

1. 建置綠色化學知識平臺：本案建議可由化學局規劃官方知識教材及

- 課程影音平台，提供及分享綠色化學相關之成果。平台上亦可提供彙集臺灣各區域不同領域（化學專業、通識、化學類環境教育）之專家資料庫，協助各地各領域辦理永續化學推動活動。
2. 蒐研大專校院理工科系專業課程與綠色化學 12 原則符合度。根據專家諮詢會建議，後續宜針對大專校院理工科專業課程與綠色化學 12 原則進行分析，以瞭解各課程教學與綠色化學之關聯性，找出各化學專業領域在永續綠色化學面向之教育缺口，以利化學局及教育單位，規劃相關補充知識及教育素材，提升產業面未來推動永續化學之發展潛能。
 3. 蒐研臺灣現有環境教育場域設計課程與綠色化學 12 原則符合度：建議應延伸應用現有環境教育之資源，調查已認證之環境教育廠區設計課程與綠色化學關聯性，後續可協助環教園區進行設計與綠色化學相關課程，以達綠色化學教育推廣目的。
 4. 大專校院綠色化學通識教育教材設計與推動落實，本計畫已完成 4 門室內課程教材與 4 門室外課程教材，未來建議以本案提出綠色畫學教育素養之三個構面：「環境關懷」、「環境關聯」、「永續環境」進行規劃，持續邀請專家編纂適合本國大專校院通識課程教材，增加永續綠化之教材廣度與深度，。為落實於大專校院通識教育進行綠色化學教學，建議可規劃課程推動補助計畫，提供大專校院教育支援，鼓勵授課教師。
 5. 大專校院綠色化學競賽活動：競賽活動目的為提供大學生一個良性競爭的環境及成果發表的園地，並提供對此有興趣的民眾觀摩機會，為社會種下綠色化學的種子。建議競賽未來辦理時程至少為一年，其中，至少 3 個月宣導期，參賽對象可為化學類、環境類及設計類（商品設計與室內設計）科系，是否有更細緻的專業分組，可視逐

年辦理收件情形再修訂。宜辦理臺灣各區域多管道宣導活動，提供足夠時間讓有興趣的學生進行準備。建議競賽規則訂定應邀請相關領域專家及綠色化學專家共同擬定，並邀請產業界人員擔任評審委員並給予建議，活動過程應完整側錄。

6. 綠色化學推廣研習營：建議持續辦理大專校院學生與小學教師研習營，並帶領參與學生或教師至綠色化學相關環境場域進行參訪。大專校院研習營宜持續辦理通識教育性質，活動主軸建議以今年設計規畫之「綠色化學」、「減毒、減廢」、「綠色化學與循環經濟」與「化學與環境關聯」進行規劃。小學教師研習營宜著重於校園化學安全教學與綠色化學教育經驗分享，建議邀請具中小學相關教學經驗之教師進行講座分享。本案建議未來可持續辦理產業界綠色化學研習營，宜就不同產業之需求，邀請學界專家與績優廠商分享，使產業人員瞭解綠色化學原則如何於生產過程中實施，同時達到友善環境與綠色商機雙贏局面。

7. 產業經營追尋的是整體經營績效與獲利，但若要追求永續的經營，則即須符合社會脈動與環境趨勢。因應國際環境永續管理趨勢與挑戰，則可就掌握市場面需求、加強內部環境管理改善、化產業競爭力為綠色商機等三方面說明：

- (1)掌握市場需求：由綠色化學趨勢所衍生的國內外市場需求不勝枚舉，如產業對通過的綠色供應商提出採購優惠、或是增加採購量等，以提升業者推動綠色化學或發展環保產品更強大誘因。

- (2)加強內部環境管理改善：國內產業界推動綠色化學，並取得環境管理驗證、環保標章的主要目的，是為了化解市場壓力、採購威脅；除了可以提高環保績效與經營效率，進而可以改善產業經營體質，真正強化內部的管理機制並獲致具體成效。

- (3)化產業競爭力為綠色商機：產業須從提升綠色化學效率做起，採用以少變多的生產新技術，整合環境綠色化學之績效，創造產

業經營契機，並藉由使用無毒/減毒原物料、資源循環利用、採用再生性的能源或開發導入省能設備、改善製程等，對內導入綠色化學生產技術，對外推動綠色產品行銷，以創造更多的綠色商機。



6月17日至20日於美國參與第22屆國際綠色化學&工程研討會（GC&E）



8月31日大專校院綠色化學之教育課程教材審查會議



11月7日南部小學教師研習營



11月8日北部小學教師研習營



11月15日臺北市立大學場研習營



11月20日中興大學場研習營



11月21日成功大學場研習營



11月23日中原大學場研習營



12月10日大專校院綠色化學創意競賽



12月10日大專校院綠色化學創意競賽



12月18日記者會局長致詞



12月18日記者會長官與競賽者合影

第一章 前言

1.1 計畫緣起

有鑑於本國於食品及化學等產業日漸重視減毒、減廢等要求，且為符合國際產品生產與貿易的要求與規範，與國際化接軌，有必要在生產鏈中針對可能引起對環境有不好影響之化學品及環境要求進行系統性的研究，而其中最為有效的就是以教育的方式，建立未來人才與產業經營管理者環保概念與知能，以達減毒、減廢之功效。因此，本計畫目的在於收集、瞭解、分析國內外既有之綠色化學課程及相關推動策略，彙整分析目前綠色化學實際應用的產業現況、特色與執行成果，以及訪談國內外綠色化學相關專業的專家學者，瞭解本國既存之綠色化學教育推動策略與實施困難處，研擬適合之人才培育措施及教材，建立課程教材簡報，辦理研習營與競賽活動，持續推動綠色化學教育並提出具體建議及活動成果。

1.2 計畫目的

本計畫為延續 106 年度大專校院綠色化學教育推廣計畫，結合國內之專家學者凝聚共識，建立並推動永續綠色化學實證，擴大影響力。計畫依序盤點目前國內外永續綠色化學相關既有課程資料，彙整產業永續綠色化學實際應用，分析產業現況、特色與困難，建立課程教材簡報。同時也希望可以藉本計畫以拜訪國內外專業相關的專家學者的方式，彙集推動綠色化學教育的策略、成果與困難，建立本國適用之推動課程策略並實際應用試教。結合國內之專家學者，凝聚共識，建立並推動舉辦研習營與競賽，導引本國產、官、學之力量來落實，其目的包含：

1. 盤點目前國內外綠色化學既有課程資料，以及瞭解國內外相關學者對此教育之策略及困難等。
2. 彙整分析產業實際應用永續綠色化學成果資料，分析產業現況、特色及執行之困難。
3. 辦理研習營與競賽活動，取得活動回饋。

以圖 1.2-1 概覽去年度和本年度推動計畫，圖 1.2-2 為本計畫目標與工作項目之關係，圖 1.2-3 為 106-107 年綠色化學教育推動計畫辦理活動之時間圖：

永續綠色化學推動進展

106年進度			107年進度		
	活動	結論		活動	結論
教材設計	教材會議	依不同對象擬訂不同教育目標，課程上則以融入生活優先。		教材研商與審議	針對綠色化學、農藥、化學物質安全及實驗課程做後續規劃。
	實際試教	透過問卷回饋，能較了解學生對教材的吸收成效，以利後續規畫改善。			
研習營與競賽活動	5場大專院校研習營	取得與會學員意見回饋，希望政府輔導項目。		競賽活動	推廣學生對綠色化學興趣，鼓勵學生創造發明的潛力。
				4場大專院校研習營	結合講師授課、化學實驗及產業參訪推廣綠色化學。
				2場小學教師研習營	增加小學教師對綠色化學永續教育推動內涵發展，並發展教學相關內容設計。
廠商訪視	5家廠商訪視	針對綠色化學應用在產業製程或成品改善諮詢。		30家廠商訪視	對未來推廣至產業界及結合課程上做進一步規劃。
專家諮詢	2場專諮會	建議107年度訪談綠化課程推動老師。		2場專諮會	建議課程以實驗及日常生活為先考量，且108年度推廣至國中課程。
國內外專家訪問		無此項		10位國內外學者訪談	藉通識及實驗課程融入綠色化學概念。
				參加國際會議	對會議所綜整之課程規劃、課綱及學程規劃納入未來規劃原則。
成果展示	記者會	與教育部正式公開合作。		記者會	使與會人員了解教育實際作為與努力，以及目前產業界相關實際應用。

圖 1.2-1 106 年度與 107 年度永續綠色化學推動進展

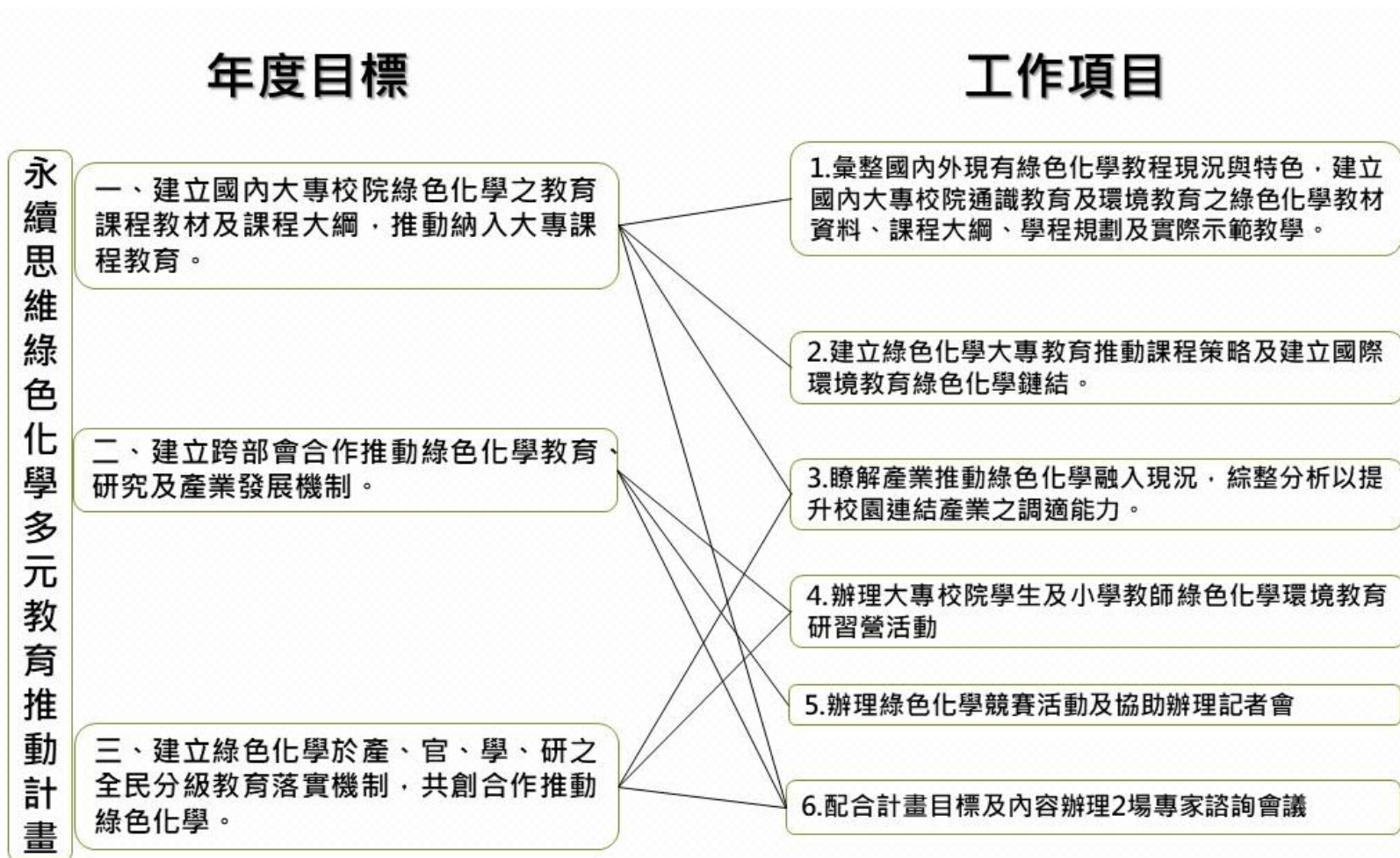


圖 1.2-2 本計畫年度目標與工作項目關聯性

106-107年綠色化學教育推動活動

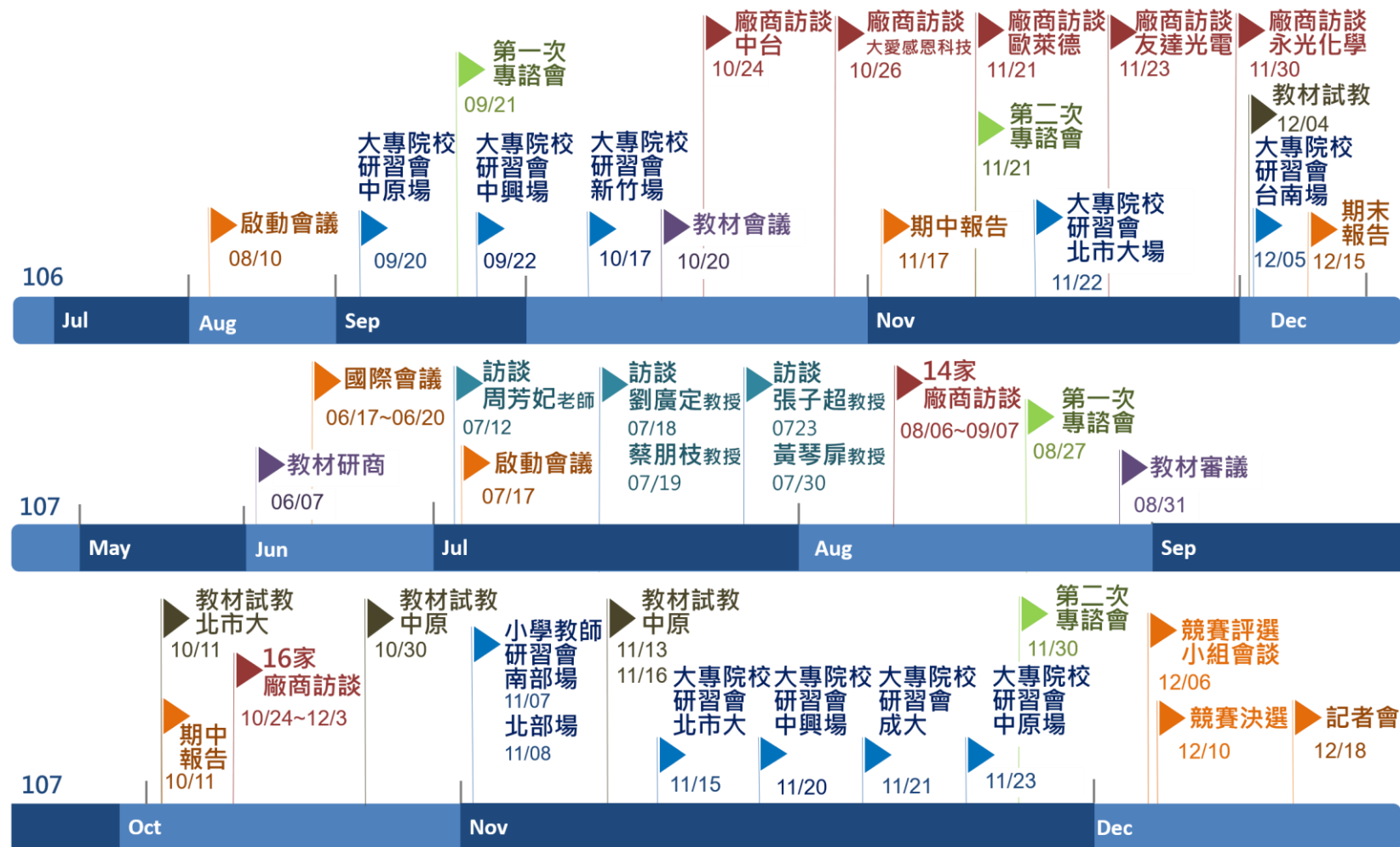


圖 1.2-3 106-107 年綠色化學教育推動計畫活動時間圖

1.3 計畫背景

身處快速發展的時代，各式各樣的需求和挑戰因應而出，使化學在民生生活與社會經濟的各方面更凸顯其地位及重要性。特別對於「永續發展」之難題而言化學更是不可或缺之因素。因此瞭解基本化學實有其必要性，現以民生生活、社會發展與化學的關係簡要說明。

綠色化學是近二十年來才產生和發展起來的學科，也是一個「化學新嬰兒」。它涉及有機合成、催化、生物化學、分析化學等學科，內容廣泛。強調產品生產過程，不僅要減少消耗量、提升原子利用率，還要避免不必要的衍生物和廢棄物。亦即，從源頭開始，就充分利用原料和能源，減少、甚至零有害物質釋放，以降低對環境的衝擊。早於 1992 年的卡內基梅隆大學(Carnegie Mellon)，將環境概念注入大學高年級課程與研究所課程中，就有首次記錄綠色化學的課程目標文件[1]。

其課程目標如下：

1. 定義綠色研究的目標並考慮綠色試劑的評估標準。
2. 確定現實可能被綠色技術取代的重點技術，並思考替代方案。
3. 介紹現存已發現會造成環境負面影響，卻仍持續使用之污染化學技術之特徵。
4. 探討替代既有溶劑之綠色化學品作用機制與特性。
5. 激發學生思考綠色化學未來研究發展。
6. 向學生介紹一位或多位國際公認環境保護的化學或生物化學學者。

目前國內外已有部分推動經驗，大學教育端也已有初步課程，但仍處於摸索階段，在產業界也慢慢導入相關製程與設計概念，但也僅只於個別廠區施行，本計畫立基於整合與擴大綠色化學教育成效與人才培育理念，特制定本規劃內容參與。

1.4 永續綠色化學定義

綠色化學概念是在 1990 年代早期由美國環境保護局引入，目的在促進化學產品製造和使用中，減少或消除使用有害物質的新一代創新化學技術，美國環保署 (US EPA) 明確表示，綠色化學涉及消除化學過程中的有害物質。其定義為：「利用一系列原則以減少或去除在化學品製造之設計、生產和應用中使用或產生的有害物質之方法」 (Green Chemistry is the utilization of a set of principles that reduces or

eliminates the use or generation of hazardous substances in the design, manufacture and application of chemical products.) [2] 綠色化學其定義在於不使用有害、有毒的物質，且不再處理廢物及產生廢物，是一種從源頭完全阻止環境污染的化學。並且強調產品生產過程，不僅要減少消耗量、提升原子利用率，還要避免不必要的衍生物和廢棄物。亦即，從源頭開始，就充分利用原料和能源，減少、甚至零有害物質釋放，以降低對環境的衝擊。

綠色化學為減少或消除有害物質的使用或產生的產品和過程，而綠色化學此名稱有些學者稱之為永續化學，下表列出綠色化學與永續化學一些差異與特點。

表 1.4-1 綠色化學與永續化學差異[3]

綠色化學	永續性化學
避免產生有毒產物	可容許重要產品含有毒物
不容許污染物產生	容忍合理污染物存在
著重於環境影響	結合社會效益與環境影響
著重毒性大小、健康危害、防治污染	著重產量、效率、經濟、政治、人力
定義為本身	定義可概括綠色化學
無風險承受能力	當政策或人可以接受，風險可容忍

1.5 永續綠色化學興起與發展

隨著化學工業及其他工業生產的發展，社會生產力迅速發展，物質產品豐富人類日常所需之用品，然而在追求舒適生活的同時，引發了一系列嚴重的全球性危機，包括人口激增、資源銳減、環境污染、生態破壞等等。

在大眾對環境污染影響越加重視之情況下，教育及企業等皆逐漸往永續發展之目的努力。諸如循環經濟、零廢棄、環保節能及綠色化學等概念，產、官、學等領域也舉辦相關獎勵措施及執行行動，以達經濟發展、環境保育及社會公理正義三面向兼顧之目的。

目前企業逐漸重視循環經濟，此為資源可恢復且可再生的經濟和產業系統。相較於傳統線性經濟的概念，循環經濟是一種再生系統，可通過設計、維護、修理、再利用、再製造、翻新與循環，使資源投入量、廢棄物排放及能量耗損最小

化，與「製造與處置」線性生產經濟形成對比。「艾倫麥克阿瑟基金會」(Ellen Macarthur Foundation, EMF) 將循環經濟稱為「透過概念設計重新改造工業界經濟」[4]。循環經濟強調使用再生能源，不使用無法再利用的有毒化學物質，以及藉由重新設計製程、產品、材料及商業模式來消除廢棄物的產生。在重視資源使用效率 (resource & efficiency) 綠色化學相似，設法以更少的資源來創造更多的價值，確保使有限的資源能以循環再生、永續方式被使用。以下圖為例（圖 1.5-1），經濟體系可以分為兩種循環，所有資源皆可分別被納進生物與工業兩種循環，在此循環中重複使用，而消除廢棄物的產生。

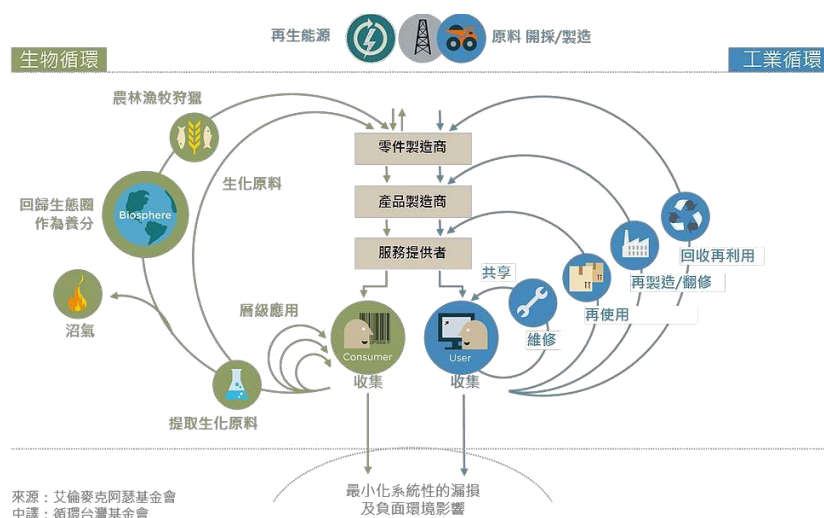


圖 1.5-1 循環經濟系統圖[5]

企業為求以最小耗損達到最大效益，並且兼顧消費者良好的觀感，逐漸重視諸如循環經濟、零廢棄、環保節能及永續發展等概念，即企業社會責任 (Corporate Social Responsibility, CSR)，以可持續發展的企業為概念，考慮合併社會及環境方面的因素，而根據企業的各利害關係人編寫企業社會責任報告書，以報告書的方式，詳實揭露公司在永續經營及社會責任的目標、承諾、成果及規劃。

而化學之應用處於此類化學工業的核心地位外，全球性環境污染影響的 80% 皆是化學性污染。因此對化學工業生產過程中，污染的控制與治理越加重要，人們在不同時期提出了不同的方法與措施。從管末處理開始逐漸改為源頭管理，以達充分利用原料和能源之目標，以降低對環境的衝擊。

在教育方面也逐漸重視永續概念，教育或推廣更有效並無有害物質的化學產品和工藝的設計及理念。如美國相關教育工作者已開發相關期刊文章、教科書、案例研究和影片，可通過資料庫和網站來獲得相關課程材料。並且各種指標也已被轉換為工具和應用程序，不僅改進計算和記錄方式，還滿足下一代化學家和教

育工作者的信息需求。

綠色化學使 EPA 的使命更進一步，通過要求化學家和工程師設計化學品，化學製程和商業產品，至少避免產生有毒物質和廢棄物。開發化學製程和環保產品，從一開始就防止污染。通過綠色化學的實踐，可以創造有害物質的替代品。設計化學製程，減少浪費，減少對資源的需求並採用較少耗能的製程，以此保持經濟增長和發展，同時為不斷增長的世界人口提供價格合理的產品和服務。

在 1998 年出版的「綠色化學，理論與實踐 (Green Chemistry, Theory and Practice)」中，Anastas 和 Warner 介紹由他們開發的 12 條原則，製造更環保的化學品、製程或產品的早期概念。自 12 項原則首次出版以來的 20 年間，綠色化學領域已經發現了許多科學發現和發明。靈感來自樹狀圖，說明源自原材料的產品的多樣性，以 “Green ChemisTREE” 呈現作為綠色化學研究和成果的多樣性的展示（圖 1.5-2）。圖中 “Green ChemisTREE” 的每個分支代表 12 項原則之一，葉子代表與該原則（分支）相關的研究和領域[6]。

The
GREEN CHEMIST**TREE**



圖 1.5-2 Green ChemisTREE-綠色化學樹狀圖[6]

圖中英文縮寫以下詳細說明其含意：

1. crit. – 危及 (critical)
2. eff. – 效率 (efficiency)
3. haz. mat. – 危險有害物質 (hazardous materials)
4. metr. – 度量 (metrics)
5. prod. – 生產 (production)
6. solv. – 溶劑 (solvent)
7. ADME – 吸收 (absorption) 、分布 (distribution) 、代謝 (metabolism) 、排泄 (excretion)
8. HTS – 高通量篩檢 (high throughput screening)
9. (Q)SAR – 定量結構活性關係 [(quantitative) structure – activity relationship.]

其中為清楚說明各原則相關之研究和領域，依據 “Green ChemisTREE” 內容以下詳細列表（表 1.5-1）：

表 1.5-1 綠色化學樹狀圖 12 項原則分支及相關的研究和領域

綠色化學 12 原則	相關的研究和領域
原則 1 預防 (Prevention)	1. 一鍋合成法 (one-pot synthesis) 2. 程序整合 (Integrated processes) 3. (Self-separation) 4. 分子自組裝 (Molecular self-assembly)(s) 5. 程序強化 (Process intensification) 6. 積層製造 (Additive manufacturing) 7. 廢棄物作為原料 (Waste as feedstock) 8. 循環經濟 (Circular economy)

綠色化學 12 原則	相關的研究和領域
原則 2 原子經濟 (Atom Economy)	1. 環境因子 (E-Factor)(s) 2. 合成效率指標 (Synthetic efficiency metrics) 3. 反應網路最佳化 (Reaction network optimization) 4. 重排反應 (Rearrangement reactions) 5. (Ring modification reactions) 6. 偶聯反應 (Coupling reactions) 7. 芳構化反應 (Aromatization reactions) 8. 環加成反應 (Cycloaddition) 9. 格拉布複分解 (Grubbs metathesis)
原則 3 減少危險的 化學合成 (Less Hazardous Chemical Syntheses)	1. 生命週期分析 (Lifecycle analysis, LCA) 2. 非金屬催化 (Non-metal catalysis) 3. 碳酸二烷基酯反應 (Dialkyl carbonate reactions) 4. C-H 鍵官能化 (C-H bond functionalization) 5. 更換危險物質 (Replace hazardous materials)(s) 6. 有害物質依需求生產 (On-demand production of hazardous materials)(s) 7. 危害和風險指標 (Hazard and risk metrics) 8. 材料效率指標 (Material efficiency metrics) 9. 能效指標 (Energy efficiency metrics) 10. 綠色合成評估指標 (Green synthesis evaluation metrics)

綠色化學 12 原則	相關的研究和領域
原則 4 設計更安全的化學品 (Designing Safer Chemicals)	1. 閱讀 (Read across)(s) 2. SAR/QSAR(s) 定量結構活性關係 [(quantitative) structure–activity relationship.] 3. 反應參數 (Reactivity parameters)(s) 4. 2D/3D 屬性 (2D/3D properties)(s) 5. 代謝 (Metabolism)(s) 6. 設計指南 (Design guideline)(s) 7. (ADME) 吸收 (absorption)、分布 (distribution)、代謝 (metabolism)、排泄 (excretion) 8. (HTS/in vivo/in vitro) 高通量篩檢 (high throughput screening) 9. 酶模型 (Enzymatic models) 10. 毒性作用模式 (Modes of toxic action) 11. 不良結果之途徑 (Adverse outcome pathways)
原則 5 更安全的溶劑和助劑 (Safer Solvents and Auxiliaries)	1. 水 (Water) 2. 無溶劑的 (Solventless) 3. 離子液體 (Ionic liquids) 4. 亞臨界和超臨界流體 (Sub- and supercritical fluids) 5. 可轉換的溶劑 (Switchable solvents) 6. 氣體膨脹溶液 (Gas-expanded liquids) 7. 生物來源的溶劑 (Bio-sourced solvents) 8. 綠色表面活性劑 (Greener surfactants) 9. 溶劑選擇工具 (Solvent selection tools)
原則 6 能源效率設計(Design for Energy Efficiency)	1. (Self-separation) 2. 機械化學 (Mechanochemistry) 3. 聲化學 (Sonochemistry) 4. 微波輻射 (Microwave irradiation) 5. 光催化 (Photocatalysis) 6. 電催化 (Electrocatalysis)

綠色化學 12 原則	相關的研究和領域
原則 7 可再生原料 的使用(Use of Renewable Feedstocks)	1. 發酵 (Fermentation) 2. 酵素製程 (Enzymatic processes) 3. 生質化學 (Biomass-to-chemical) 4. 生質燃料 (Biofuels) 5. 二氧化碳 (CO₂) 6. 新平臺化學品 (New platform chemicals) 7. 可再生平臺化學品 (Renewable platform chemicals) 8. 綜合生質煉油廠 (Integrated biorefinery)
原則 8 減少衍生品 (Reduce Derivatives)	1. 流動化學 (Flow chemistry) 2. 點擊化學 (Click chemistry) 3. 電合成 (Electrosynthesis) 4. 分子自組裝 (Molecular self-assembly)(s) 5. 分子伴侶 (Molecular chaperones) 6. 非共價衍生物 (Non-covalent derivatives)
原則 9 催化 (Catalysis)	1. 固體酸和鹼 (Solid acids and bases) 2. 黏土/沸石 (Clay/zeolithes) 3. 酶工程 (Enzyme engineering) 4. 固定化 (Immobilization) 5. 分離的酶 (Isolated enzymes) 6. 生物催化 (Biocatalysis) 7. 奈米催化 (Nanocatalysis) 8. 有機催化 (Organocatalysis) 9. 超低負載 (Ultra-low loadings) 10. 金屬-有機框架材料 (Metal-organic frameworks) 11. 豐富的金屬催化作用 (Abundant metal catalysis)

綠色化學 12 原則	相關的研究和領域
原則 10 降解設計 (Design for Degradation)	1. 閱讀 (Read across)(s) 2. SAR/QSAR(s) 定量結構活性關係 [(quantitative) structure–activity relationship.] 3. 反應參數 (Reactivity parameters)(s) 4. 2D/3D 屬性 (2D/3D properties)(s) 5. 代謝 (Metabolism)(s) 6. 設計指南 (Design guideline)(s) 7. 預測工具 (Prediction tools) 8. 生物降解數據庫 (Biodegradation databases) 9. 分子觸發器 (Molecular triggers) 10. 可降解聚合物 (Degradable polymers) 11. 綠色藥品 (Green pharmaceuticals) 12. 良性代謝產物 (Benign metabolites)
原則 11 污染預防的 實時分析 (Real-time analysis for Pollution Prevention)	1. 連續流動和分析 (Continuous flow and analysis) 2. 感測器 (Sensors) 3. 色層分離法 (Chromatography) 4. 光譜學 (Spectroscopy) 5. 先行計算 (Computational advances)
原則 12 固有更安全的化學以預防事故 (Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention)	1. 現場有害物質生產 (On-site production of hazardous materials) 2. 減少使用有害物質 (Reduced use of hazardous materials) 3. 更換危險物質 (Replace hazardous materials)(s) 4. 有害物質依需求生產 (On-demand production of hazardous materials)(s)

綠色化學 12 原則	相關的研究和領域
表中英文縮寫之含意	1. ADME - 吸收 (absorption) 、 分布 (distribution) 、 代謝 (metabolism) 、 排泄 (excretion) 2. HTS - 高通量篩檢 (high throughput screening) 3. (Q)SAR- 定量結構活性關係 [(quantitative) structure–activity relationship.] 4. (s) - 表示兩個獨立原則分支間共享的研究或領域

1.6 永續綠色化學內涵

綠色化學是一門新興的化學分支，以「原子經濟性」為原則，研究如何在產生目的產物的過程中充分利用原料及能源，減少有害物質的釋放。綠色化學旨在將反應的效率達到最高，損耗降到最少，對環境的傷害降到最低，從源頭到最終產物的過程中減少廢物的產生，降低對環境的污染或衝擊等不利影響。

綠色化學不同於環境污染防治，它不是進行污染的管末處理，它是利用化學的技術和方法去消除或減少那些對人類健康及生態環境有危害的原料、觸媒和溶劑在生產過程中的使用，同時也要儘量不產生有危害的副產物、廢棄物和產品，因此綠色化學是更高層次的環境友好化。從綠色化學實質內涵來看我們必須重視兩方面，一是開發以「原子經濟性」為基本原則的新的化學反應過程；二是改進現有化學工業，減少和消除污染；因此可以下列原則進行化工生產的控制程序。

1. 降低排放或實現廢物零排放；
2. 發展安全產品和安全工藝；
3. 採用生命周期評價方法；
4. 提高原料、能源和水的效率，循環或再利用材料和再生資源。

另一方面也可從科學、環保以及經濟三者關係解釋綠色化學內涵：

1. 科學研發：綠色化學是化學科學基礎內容與相關化工技術的更新。
2. 環保觀點：從源頭上消除污染，徹底解決環保疑慮。
3. 經濟發展：強調合理利用資源與能源，兼顧經濟與環保，符合永續發展。

在進入 21 世紀之前，就有一批化學家開始鼓吹綠色化學的概念，其中最著名者為 1998 年，美國學者 Anastas 與 Warner 從源頭上減少或消除化學污染的角度出發，提出了著名的綠色化學 12 條原則 (twelve principles of green chemistry) 作為開發環境無害產品和工藝的指導，受到化學界廣泛的重視，如下所示：

1. 避免廢棄物產生：化學合成時防止廢棄物產生，不留廢棄物清理。
2. 最大化效益：盡量將反應物轉為最終產物。
3. 最小危害的化學合成：盡量使用對環境及人體幾乎沒有毒性的物質。
4. 設計更安全的化學品及產品：設計有效的產品但幾乎沒有含有毒性。
5. 使用更好的溶劑及反應條件：避免使用，分離劑或其他輔助化學藥劑，如需使用這些化學品，應使用更安全的化學品。
6. 提高能源效率：提高能源效率：盡可能在室溫和壓力下運行化學反應。
7. 使用可再生原料：盡可能使用可再生原料，而不是可消耗原料。可再生原料的來源通常是農產品或其他產品的廢棄物；可消耗原料的來源通常是化石燃料（石油，天然氣或煤炭）或採礦作業。
8. 避免使用化學衍生物：避免產生不必要的衍生物。
9. 使用催化劑，而不是化學計量試劑：透過使用催化反應來最大限度地減少廢棄物。催化劑少量有效，並且可以進行多次反應，它們優於化學計量試劑，過量使用且僅能進行一次反應。
10. 化學品應該設計成廢棄後易降解為無害物質之形態：化學廢棄品分解成無害物質，使其不會積聚在環境中。
11. 即時分析以防污染：包括合成過程中，即時監測和控制，以最小化或消除副產物的形成。
12. 盡量減少事故的可能性：使用本質安全的化學品，以盡量減少化學事故的發生可能性，包括爆炸、火災。

2003 年美國學者 Anastas 與 Zimmerman 也提出了綠色工程 12 項原則 (12 Design Principles of Green Engineering) 作為工程上開發環境無害化學製程與產品的指導，其原則如下所示[7]：

1. 儘量使用無害之物質及能量需求及釋放：設計者須力求所輸入及釋出之物料和能量盡可能為本質無害者。

2. 預防廢棄物產生勝於事後處理或清除
3. 設計分離及純化時須盡可能少用能源及物料。
4. 極大化效率：設計產品、程序及系統時須使能源、物料、空間和時間之效率為最高。
5. 設計產品、程序與系統時應採能源及物料之「釋出拔擢 (output pulled) 而非「輸入推動 (input-pushed)」來促成。
6. 設計選擇再生，重新使用或效益處置時須考慮整體之混亂度與複雜性 (embedded entropy and complexity)
7. 以耐用 (durability) 而非不壞 (immortality) 為設計之準則。
8. 滿足需要，避免過量：功能超過需要，則屬瑕疵設計。
9. 極小化物品多樣性：多成分產品應盡量減少元件多樣性以保持重組與再利用價值。
10. 整合物料及能源的流通：設計產品、程序及系統時，應包括和現有能源、物料的流通及交互利用。
11. 設計物品的再生用途：設計產品、程序與系統時，應考慮商業之來生 (after-life) 利用。
12. 能再生而非耗盡：使用再生性而非日趨枯竭的能源及物料。

對於歐洲區域，多數專家使用「永續化學 sustainable chemistry」一詞，經濟合作暨發展組織(OECD)將其定義為「永續化學是一種科學概念，旨在改善利用自然資源滿足人類對化學產品和服務的需求的效率。永續化學涵蓋高效、安全、更環保化學產品與製程之設計、製造與使用」 ("Sustainable chemistry is a scientific concept that seeks to improve the efficiency with which natural resources are used to meet human needs for chemical products and services. Sustainable chemistry encompasses the design, manufacture and use of efficient, effective, safe and more environmentally benign chemical products and processes."[8])。德國聯邦環保署 (the German Federal Environment Agency, UBA) 制定了永續化學標準[9]：

1. 定性開發 (Qualitative development)：使用無害物質，或者在不可能的情況下使用對人類和環境造成低風險的物質，以及以節約資源的方式製造長壽命產品。

2. 定量開發 (Quantitative development)：減少自然資源的消耗，盡可能將其更新，避免或盡量減少排放或將化學品或污染物引入環境。這些措施將有助於節省成本。
3. 綜合生命週期評估 (Comprehensive life cycle assessment)：分析化學品和廢棄產品的原材料生產，製造，加工，使用和處置，以減少資源和能源的消耗，避免使用危險物質。
4. 採取行動而不是反應 (Action instead of reaction)：已經處於發展階段和營銷階段之前，避免化學品在其生命週期中危害環境和人類健康，並過度利用環境作為來源或下沉;減少損害成本和企業的相關經濟風險以及國家承擔的補救成本。
5. 經濟創新 (Economic innovation)：可持續化學品，產品和生產方法使工業用戶，私人消費者和公共部門客戶產生信心，從而產生競爭優勢。

德國聯邦環保署於「永續化學品指南 (Guide on Sustainable Chemicals)」也題出 10 項準則：

1. 盡量使用不在有問題疑慮物質清單上之物質。
2. 對一物質（在混合物或物品中）於不同用途和潛在使用進行評估，並對其後果承擔責任使用。不要單獨地看待一物質，而需評估其生命週期。
3. 盡可能使用不危害人類健康、容易降解、不會生物累積、不廣泛分散在環境中之物質。
4. 於物質選擇上，盡量使用大量或可回收材質，而非使用稀有物質和石化材料製成品。
5. 避免在任何階段供應鏈之長途運輸，特別是需大量使用的物質。
6. 關注需大量使用物質，以低能耗和水耗以及在減少廢棄物於製造和使用過程中之生成為目標。
7. 不使用需要高度風險管理的物質（根據德國工作場所危害物質管控計畫或英國物質健康危害控制要點）
8. 評估供應商是否符合要求環境和社會標準。選擇物質考慮到供應鏈的透明度和其行為者對可持續發展的承諾。
9. 化學品供應商應該詳細說明環保產品大量供應物質的聲明，應記錄資源和能

源消耗與製造有關物質，以及產生的溫室氣體排放。若可能可自己進行記錄產品之永續性。

10. 對化學品進行環境和健康險評估，提供具體和高品質數據，如檢測結果。

臺灣對於綠色化學的定義主要參照美國學者 Anastas 和 Warner 所提出之定義。臺灣大學化學系退休教授劉廣定教授，最早在臺灣推廣綠色化學的概念，認為必須將此概念透過教育植入民心。劉廣定教授認為 Green 逕行直譯為「綠」是相當粗糙的譯法，且常不達意，亟待改正，並建議將有「永續發展」意義的「green」，無論形容詞或名詞都盡可能譯作「環保」或「永續」，以有助一般人獲得正確瞭解。

1.7 永續綠色化學發展方向

綠色化學涵蓋了貫穿於整個化學品供應鏈中的教育、研究以及商業應用領域，通過運用某些以前的或新的環境友好技術，可以實現綠色化學的目的；另外若再把經濟 (Economy) 及生態 (Ecology) 因素融入，以及配合美國、丹麥等國對生態工業區的推展概念，整個地球村之綠色化學的永續發展，將與瑞典職業協會標榜的「調和 6E (economy, energy, efficiency, emissions, ecology and ergonomics)、群己互利的永續就業」的原則一致。

綠色化學正處於連續性和非連續性技術進步的不斷開拓中，原有技術的改進，新的發現和創造發明的湧現推動著綠色化學不斷進步，以達到環境友好的目的，目前綠色化學發展方向包括：

1. 新的化學反應過程研究
2. 傳統化學過程的綠色化學改造
3. 能源中的綠色化學問題
4. 資源再生與循環使用技術研究

因此綠色化學學科之發展有重要意義，同時具有潛在的重大經濟和社會利益，綠色化學的發展方向值得大家關注與推廣。

1.8 美國總統綠色化學挑戰獎 (The Presidential Green Chemistry Challenge Awards) 得獎例子介紹

美國總統綠色化學挑戰獎 (Presidential Green Chemistry Challenge Award) 是化學學術界重量級的獎項之一，由美國環境保護署 (EPA)、美國科學院、國家科學基金、美國化學會、美國白宮等共同設立的，以獎勵對「綠色化學」做出重要貢獻的個人、團體和組織。獎項分為：綠色合成路線獎 (Greener Synthetic Pathways)、綠色反應條件獎 (Greener Reaction Conditions)、綠色化學品設計獎 (The Design of Greener Chemicals)、小企業獎 (Small Business)、學術獎 (Academic) 及氣候變化獎 (Specific Environmental Benefit: Climate Change) 等 6 項。本報告介紹兩個與環境有關的得獎實例。

1.8.1 綠色反應條件獎

陶氏農業科學 (Dow AgroSciences) 賜諾殺生物衍生物殺蟲劑 (Spinosyn Insecticides) 產品：Spinosad (1999 得獎)、Spinetoram 半合成殺蟲劑 (2008 得獎)。Spinosyn 為一種好氧性放射菌 (*Saccharopolyspora spinosa*) 的天然代謝物質，在殺蟲劑的應用上，因具有高度選擇性、低哺乳動物毒性、低環境毒性與特殊的作用機制，而富有高度商業價值並在全世界被廣泛使用。Spinosyn 為一類化學物質之統稱，在商品化後，賜諾殺 (Spinosad) 含 Spinosyn A 與 D 最先在 1997 年推出，應用於棉花之蟲害防治上，自此之後，大量的產品被推出，應用層面除了植物保護外，也可用於食用動物與伴侶動物，甚至是頭蝨的防治，足見其高度選擇性之優點。近來在化學結構上的研究發現，置換取代基之 Spinosyn L 與 J，合稱為 Spinetoram，具有更廣泛之殺蟲效力，同樣深具開發潛力[10]。

表 1.8-1 Spinosad 和 Spinetoram 殺蟲劑介紹

得獎作品名稱	Spinosad	Spinetoram 半合成殺蟲劑
產品優點	✓ 具有高度選擇性的殺蟲劑，可以抑制在棉、蔬果、蘭花、草皮等之咀嚼式昆蟲。 ✓ 達到較嚴格之監控標準。 ✓ 對於哺乳類動和鳥類毒性低。 ✓ 不會環境中生物累積，揮發或持久存在。 ✓ 在陽光下自然分解。	✓ 保持 Spinosad 對於環境友善的特性，並取帶有機磷殺蟲劑。 ✓ 對環境影響較一班殺蟲劑低，對於非目標物種毒性低。

1.8.2 綠色合成路線獎

雅寶公司 (Albemarle Corporation) 和芝加哥橋樑鋼鐵公司 CB&I (已被麥克德莫特國際公司 (McDermott International, Inc.) 併購) 合作發明之 AlkyClean，為一種生產烷基化油 (alkylate，一種理想的汽油原料) 更清潔更安全的工法，讓石化工業也能變得「環境友好」。

目前的傳統生產工藝是酸催化的異丁烷和烯烴的偶聯反應，這種傳統生產工藝的致命缺陷在於需要使用數十億升的氫氟酸或硫酸，這些液體酸催化劑有毒且有腐蝕性，給工廠的操作人員帶來巨大的健康和 safety 風險。這些液體酸在使用之後，還必須再生或進行後處理，需要耗費額外的能量並產生額外的廢物及污染。

在開發 AlkyClean 的過程中，Albemarle 的研究人員發明了一種含鉑氧化鋁沸石，具有優化的孔徑和酸性位點，可以選擇性地生成高辛烷值的三甲基戊烷。這種催化劑對結垢不敏感，副產品產量極小。CB&I 的工程師設計並建造了為使用這種催化劑而優化的連續流反應器系統，其中催化劑可以進行工作（烯烴加成，烷基化）和再生（加氫）的循環，從而實現在不改變反應器條件的情況下連續再生催化劑和連續生產。

AlkyClean 是第一個用於商業規模生產的固體酸催化劑。雅寶公司 (Albemarle Corporation) 和 CB&I (已被麥克德莫特國際公司 (McDermott International, Inc.) 併購) 兩家公司宣布，此技術已在 2015 年於中國山東省淄博海益精細化工廠成功啟動（圖 1.8-1）[11]。



圖 1.8-1 淄博海益精細化工廠

1.9 重要工作要項負責執行之人員資歷與專長

本計畫人力配置如下表所示，包含計畫主持人及共同主持人等。

表 1.9-1 主持人及相關研究人員分工配置

類別	姓名	現職	在本計畫內擔任之具體工作性質、項目及範圍
計畫主持人	王玉純	中原大學環境工程學系系主任	1. 主持、督導計畫的執行進度 2. 國內外綠色化學資源總整與教材彙編 3. 協助參與國際研討會及邀請專家學者進行訪談 4. 舉辦專家諮詢會議 5. 舉辦大專校院綠色化學創意競賽與計畫記者會
共同主持人	林于凱	臺北市立大學衛生福利學系助理教授	1. 協助舉辦專家會議與意見彙集 2. 國內大專校院教材與課程調查及報告撰寫 3. 協助競賽與記者會事宜
共同主持人	張育傑	臺北市立大學環境教育與資源中心教授	1. 協助進行產業訪談及教材規劃撰寫 2. 國內綠色化學教育推廣及服務平臺規劃 3. 綠色化學教材彙編與評量
共同主持人	徐宏德	臺北市立大學衛生福利學系助理教授	1. 協助進行產業訪視與產業資料分析 2. 計畫報告撰寫及橫向聯繫事項

1.10 預定與實際進度及查核重點

表 1.10-1 預定進度與實際進度彙整表

工作內容 項目	月次	預定進度	1	2	3	4	5	6	7	8
	月份	實際進度	5	6	7	8	9	10	11	12
1.彙整國內外現有綠色化學教程現況與特色，建立國內大專校院通識教育及環境教育之綠色化學教材資料、課程大綱、學程規劃及	(1) 蒐集彙整綠色化學領域相關之國外大專校院教育資料，至少包含美國及德國的教案資料以及美國綠色化學的12項原則及德國10項準則，並參照國內大專校院學程課程設計，以及加強環境教育相關學術研究範疇，產出1門通識課程，包含1學期16堂課之課程大綱，並建立8堂，每堂2小時之綠色化學課程簡報及教案演示。	預定進度			A					
		實際進度								
	(2) 產出文、法、理、商可適用之大專校院通識課程1堂，至少50分鐘課程，說明綠色化學12項原則之基礎，並設計符合生活化之簡報。	預定進度		B						
		實際進度								

工作內容 項目	月次	預定進度	1	2	3	4	5	6	7	8
	月份	實際進度	5	6	7	8	9	10	11	12
實 際 示 範 教學。	(3) 產出大專校院綠色化學學程規劃建議書。	預定進度				████████████████████			C	
		實際進度				████████████████████				
	(4) 於107年度大專校院通識課程實際試教至少4堂課，每堂課2小時，並以問卷分析授課效果，至少回收100份有效問卷。	預定進度				██████████████████			D	
		實際進度					████████████████████			
	(5) 課程規劃設計至少含一堂以上實際應用案例，並安排至少一堂實際參與課程，與相關業界合作，瞭解實際執行綠色化學在業界的限制困難面及優缺點。	預定進度				██████████████████			E	
		實際進度				████████████████████				
2.建立綠色化學大專教育推動	(1) 設計訪談問卷，訪談至少2名國際學者及5名國內學者（含大專校院及高中職教師），瞭解推動綠色	預定進度		████████████████████				F		

工作內容 項目	月次	預定進度	1	2	3	4	5	6	7	8
	月份	實際進度	5	6	7	8	9	10	11	12
課程策略及建立國際環境教育綠色化學鏈結。	化學課程推動之策略、成果及曾遭遇之困難，並製作訪談紀錄說明，並綜整經驗產出推動課程策略規劃及做法。	實際進度								
	(2) 協助參加美國化學會辦理之綠色化學國際研討會議，蒐集國際學術及產業推動綠色化學策略做法、創新產品資訊及建立國際鏈結，擴展國內推動綠色化學教育視野，規劃國內推動成果發表。	預定進度			G					
		實際進度								
3.瞭解產業推動綠色化學融入現況，綜整分析以提升校園連結產業	(1) 蒐集彙整分析產業實際應用綠色化學成果資料，設計訪談問卷，以問卷面訪方式，至少收集30份以上有效問卷，分析產業現況與特色及困難，並研析與國內大專校院教育關聯重點，分析業界對於綠色化學現況瞭解程度及施行策略。	預定進度							H	
		實際進度								

工作內容 項目	月次	預定進度	1	2	3	4	5	6	7	8
	月份	實際進度	5	6	7	8	9	10	11	12
之調適能力。	(2) 配合產業現況分析報告、產業因應綠色化學政府策略與可行方案、產業專業人力培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程之內容設計，以增進化學研發相關專業領域之綠色化學調適知能融入為目標，確認學群課程架構，並擬定短、中、長期綠色化學專業課程融入策略與行動方案。	預定進度							I	
		實際進度								
4.辦理大專校院學生及小學教師綠色化學環境教育研習營活動	(1) 辦理4場大專校院學生參與之研習營活動，每場次參加人數至少50人以上，提供環境教育認證、課程、教材及研究成果等資訊。	預定進度							J	
		實際進度								
	(2) 辦理2場小學教師參與之研習營活動，每場次參加人數至少25人以上，提供環境教育認證、課程、教材及研究成果等資訊。	預定進度							K	
		實際進度								

工作內容 項目	月次	預定進度	1	2	3	4	5	6	7	8
	月份	實際進度	5	6	7	8	9	10	11	12
	(3) 配合研習營辦理製作相關教材文件至少125份。	預定進度						L		
		實際進度								
5.辦理綠色化學競賽活動及協助辦理記者會	(1) 與教育部共同辦理綠色化學競賽活動，負責大專校院及業界參賽規則規劃及相關活動辦理事宜。	預定進度								M
		實際進度								
	(2) 配合研習營及競賽活動，辦理1場次記者會，說明107年度綠色化學推動策略及成果展示，並製作相關檔案及展示品。	預定進度								N
		實際進度								
6.配合計畫目標及內容辦理2場	邀集相關領域、部會及業界之專家學者，辦理2場次專家諮詢會議，每場次邀請專家學者及與會人數至少	預定進度							O	

工作內容 項目	月次	預定進度	1	2	3	4	5	6	7	8
	月份	實際進度	5	6	7	8	9	10	11	12
專家諮詢會議	15人。會議內容包含課程內容、簡報、學程規劃、研習營辦理方式建議等相關議題，使與會者瞭解綠色化學永續教育規劃發展設計，以研商相關策略與可行方案。並規劃未來短、中、長程綠色化學永續教育發展安排。	實際進度								
7.除原訂工作外另提與計畫相關之創意回饋。		預定進度								
8.其他為達成本工作目標本局指定之事項。		預定進度								
預定進度累積百分比(%)			10	20	40	60	70	80	90	100
實際進度累積百分比(%)			10	20	30	40	45	50	90	100

表 1.10-2 查核點說明

查核點	預定完成時間	查核點內容說明
A	6/20	統整彙集國外現有綠色化學領域相關之大專校院教育資料。
B	9/20	產出文、法、理、商可適用之大專校院通識課程1堂
C	10/20	產出大專校院綠色化學學程規劃建議書
D	11/20	大專校院通識課程實際試教至少4堂課
E	10/20	安排至少一堂實際參與課程
F	10/20	訪談至少2名國際學者及5名國內學者
G	6/30	參與國際會議：22nd Annual Green Chemistry & Engineering Conference，出國地點：美國，天數：10天
H	11/20	彙整分析產業實際應用綠色化學成果資料，以問卷面訪方試取得問卷回饋
I	11/20	配合產業問卷回饋，融入綠色化學專業教材與學分學程之內容設計
J	11/20	辦理2場大專校院學生參與之研習營活動
K	11/20	辦理1場小學教師參與之研習營活動
L	11/20	配合研習營辦理製作相關教材文件至少125份
M	12/30	與教育部共同辦理綠色化學競賽活動，負責大專校院及業界參賽規則規劃及相關活動辦理事宜。
N	12/30	辦理1場次記者會
O	11/30	辦理2場次專家會議

第二章 本年度工作項目及成果章節簡介

本年度主要工作內容為：

1. 彙整國內外現有綠色化學教程現況與特色，建立國內大專校院通識教育及環境教育之綠色化學教材規劃及示範教學。

本工作項目接續 106 年蒐集國內外綠色化學相關教材資料，進行課程編纂與設計，計畫產出 1 門大專校院通識課程，包含課程主題、大綱、簡報並教案演示。目前已蒐集美國化學學會及大學相關公開之課程資料，其中美國化學學會為大專校院之非化學專業學生發行一門基於全球議題的化學課程：Chemistry in Context，主要教導學生以科學的視角審視生活及環境中的化學及相關世界議題，以及美國之斯克蘭頓大學 (University of Scranton) 設立之綠色化學教育網站，Michael.Cann 教授其教學團隊公開其設計之綠色化學教學模塊，提供有興趣之教師參考納入其需求之課程。於蒐研德國大專校院教育資料上，發現主要以實驗室教學主題為主，諸如有機化學實驗室應考慮之項目：化學轉化的原子經濟、能源效率、可再生原料浪費和所用化學品其毒性及生態毒性的安全措施等問題。德國綠色化學教材網站 (NOP-Sustainability In The Organic Chemistry Lab Course) 由德國數所大學合力建構的綠色化學資料庫，其中包含：化學相關詞彙名詞解釋、實驗室使用的化學品介紹（原料、生成物、副產品、試劑、催化劑、溶劑、使用於分析之溶劑）、實驗室技術教材。

綜整美、德之相關教學資料，分析選擇可融入國內綠色化學教育之相關資訊，主要以綠色化學 12 原則及融入生活相關議題為主。發現目前美國蒐研之綠色化學相關資料最為完整，除教學資料外，也有相關學術論文說明教學模塊之應用。德國目前僅蒐研相關實驗案例介紹，並無實際教學之課程材料，預計後續連絡相關外教師尋求綠色化學教學資源幫助，已達融入本國綠色化學課程之需求。

於蒐研本國大專校院教育資料上，調查國內通識課程開課情形及其課程教案內容。國內部分整理 97-105 學年度綠色化學相關通識課程資料以及各大專校院開設之綠色化學（科技）相關學程課程，做為開發綠色化學通識課程與跨學門之學程規劃。

於 107 年 6 月 7 日召開「大專校院綠色化學之教育課程教材及課程大綱」研商會議，綜整專家建議，對於環保署所預計推廣的通識綠色化學課程的範疇，分為環境關懷、環境關聯、環境永續三構面。環境關懷內涵包含「覺知許多資源逐漸

耗竭（未來的影響）、簡樸生活對減緩環境衝擊重要性、關懷某些污染的不可復原、辨識環境友善標章」等。環境關聯內涵著重在於化學物質與環境的關係。環境永續，則是對於生活中的化學物質，該有的正確行為，例如如何減少不當暴露、如何進行友善環境的行為等，作為設計教材及課程大綱之參考依據。通識綠色化學之課綱，以模組化方式規劃一原則，以供不同學校與授課教師配合實際狀況選用。模組原則上至少應包含整體觀念、技能與行動（先備/基礎知識）、個別主題多元學習等。

關於大專校院綠色化學通識教育教材，本案已請專業老師編纂綠色化學概論、農藥、化學物質安全、實驗/實習課程 4 門課程教材，並於 107 年 8 月 31 日辦理教材審查會議，邀請委員對於教材編列進行討論與建議，委員們皆建議教材課程須更深入淺出（生活化、口語化），利用生活中的實例或是新聞事件於課堂上討論，以傳達並灌輸學生正確觀念。4 門室外教材課程已請技嘉科技股份有限公司、中臺資源科技（股）公司環境資源教育中心設計，其中，考量既有通過認證的環境教育設施場所，與綠色化學相關的活動方案有限。故以典型的焚化廠類，以及污水廠類的設施場所，分別規劃一個簡易的教案。作為大專校院教師，選擇鄰近區域的設施場所，進行戶外學習的重要參考。

2. 協助參與國際研討會與訪談國內外學者

派員協助本局參與美國化學會辦理之綠色化學國際研討會議：第 22 屆國際綠色化學&工程研討會 (GC&E)，會議主題為「使用綠色化學品進行產品創新 (Product innovation using greener chemistries)」蒐集該會議綠色化學推動策略、相關研究及成品最新進展、與專家學者交流及對談等相關事宜。於研討會得知藥品設計、美妝、清潔劑、生活品設計、乾洗業為美國目前較多探討的議題，關於綠色化學教育和推廣上，需有更多領域的合作和推動，有時不以綠色化學行銷，而以生活語言來導入觀念及行銷。綠色化學產業及工作發展，用來引導學生學習更廣的化學教育。並訪談 3 位美國學者、2 位德國學者，及 5 名國內學者，瞭解推動綠色化學課程之策略、成果及遭遇的困難，製作訪談紀錄說明，並綜整經驗產出推動課程策略規劃與做法。

3. 瞭解產業推動綠色化學融入現況，綜整分析以提升校園連結產業之調適能力。

拜訪 30 廠商，設計訪談問卷進行面訪，分析產業現況、特色及困難，並研析與國內大專校院教育關聯重點，分析業界對於綠色化學現況瞭解程度及施行策略。配合產業現況分析報告、產業因應綠色化學政府策略與可行方案、產業專業人力

培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程之內容設計，以增進化學研發相關專業領域之綠色化學調適知能融入為目標，確認學群課程架構，並擬定短、中、長期綠色化學專業課程融入策略與行動方案。

4. 辦理 4 場大專校院學生及 2 場小學教師綠色化學環境教育研習營活動

本案研習營共邀請 8 位專家擔任講座分享，並參訪 3 家環境教育園區。主題為綠色化學永續教育推動相關議題，4 場大專校院研習營主軸分別為綠色化學、減毒減廢、綠色循環經濟與生活化學，小學教師研習營主軸為綠色化學教學經驗分享，以增加學生與小學教師瞭解綠色化學永續教育推動內涵發展及創意回饋，活動規畫全程記錄並後製剪輯，並收集各場次回饋問卷統計分析與會者對研習營之看法與意見。

5. 辦理綠色化學競賽活動及協助辦理記者會

與教育部共同辦理綠色化學競賽活動，負責大專校院參賽規則規劃及相關活動辦理事宜。報名參賽組別總數共 46 組，10 月底進行複選評選，共 23 組進入決選，12 月 10 日進行現場決選與展示。配合研習營及競賽活動，於 12 月辦理 1 場次記者會，說明 107 年度綠色化學推動策略及成果展示，並製作相關檔案及展示品。為擴大記者會效應，預計廣泛邀請民眾、學生等參與。

6. 專家諮詢會議

本年度計畫舉辦 2 場專家諮詢會議，邀請專家學者委員與各部門代表討論計畫規劃，於 8 月 27 日及 11 月 30 日辦理。專家諮詢會議主要邀請於綠色化學及教育等相關領域之委員擔任諮詢專家，針對課程教材簡報、課程大綱規劃、訪談學者、產業及研習營等細節進行討論，藉由議題討論，與諸多先進交換彼此心得和經驗，強化團隊和校園第一線工作的老師和教學人員彼此溝通的管道。第一次會議結論為：1.教材設計課程依照本團隊規劃進行設計（綠色化學概論、農藥、化學物質安全、實驗/習課程）。2.委員建議專有名詞並非全部加入課程中，但需將其精神呈現出來，並配合生活實例並進行實驗實作或環境教育場區參訪等方式，以增加學生修課的意願和興趣。3.研習營活動規劃上，4 場大專校院研習營主軸分別為「綠色化學」、「化學與環境關聯」、「減毒、減廢」、「綠色化學循環經濟」。4.建議小學教師研習營課程，可介紹使用化學品安全等概念，以建立正確的知識和觀念，並參訪環保署已認證的場域進行觀摩。第二次專諮會議結論為：1.綠色化學通識課程建議以微學分/學程設計，並依「環境關懷」、「環境關聯」、「永續環境」三構面規劃。2.未來室外參訪課程，除了環保設施之外、也可至與民眾生活

直接相關的場域，如與農藥議題或食品添加物有關的場域，如：好時節休閒農場（桃園）、頭城農場（宜蘭）與郭元益博物館等等。可整理環境教育場域（如：八里焚化廠、中科友達光電、南科園區、臺東環教中心等）課程單元與綠色化學12原則關聯性。3.未來研習營的規畫可分二大部份思考：（一）非正規教育體系，包含業者與通過認證的環境教育場域。（二）正規教育體系：包含大專、高中、國中小，可以教育部協作辦理。其中已通過認證的環教場域，可透過工作坊方式協助場域開發綠色化學（永續化學）教案。4.大專校院綠色化學創意競賽期程建議延長至一年辦理，以供有興趣團隊足夠時間準備。

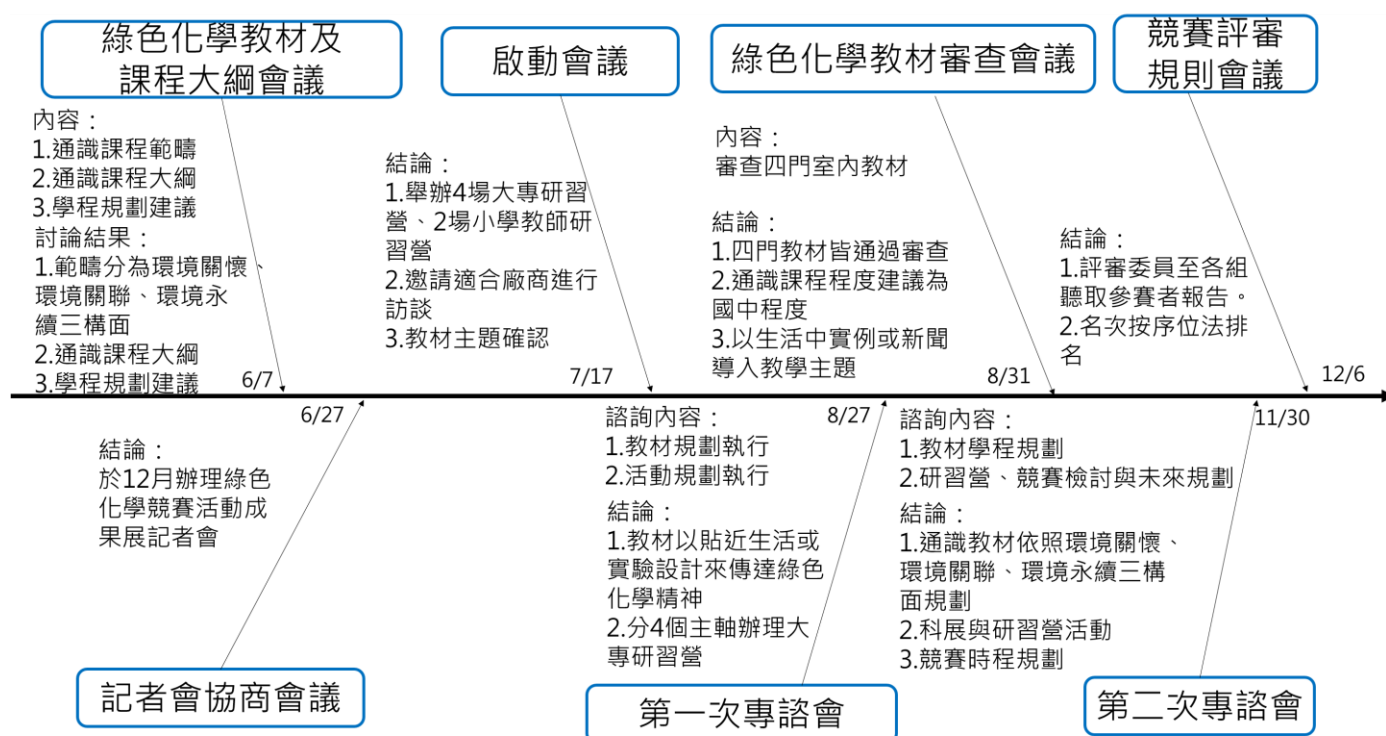


圖 2-1 為各項會議簡易說明：

圖 2-1 各項會議簡易說明圖

表 2-1 工作項目章節對應與計畫成果對照表

工作項目	章節對應	計畫成果
1.彙整國內外現有綠色化學教程現況與特色，建立國內大專校院通識教育及環境教育之綠色化學教材資料、課程大綱、學程規劃及實際示範教學。		
(1) 蒐集彙整綠色化學領域相關之國外大專校院教育資料，至少包含美國及德國的教案資料以及美國綠色化學的12項原則及德國10項準則，並參照國內大專校院學程課程設計，以及加強環境教育相關學術研究範疇，產出1門通識課程，包含1學期16堂課之課程大綱，並建立8堂，每堂2小時之綠色化學課程簡報及教案演示。	第三章 第3.1節 第3.2節	✓ 蒐集美國、德國教案資料與國內大專校院學程課程 ✓ 產出1門通識課程，建立8堂（4門室內、4門室外）課程簡報及教案演示
(2) 產出文、法、理、商可適用之大專校院通識課程1堂，至少50分鐘課程，說明綠色化學12項原則之基礎，並設計符合生活化之簡報。	第三章 第3.1.5節	✓ 產出1門通識課程，建立8堂（4門室內、4門室外）課程簡報及教案演示
(3) 產出大專校院綠色化學學程規劃建議書。	第三章 第3.2.8節	✓ 提出大專校院綠色化學通識微學分學程與專業學程規劃書
(4) 於107年度大專校院通識課程實際試教至少4堂課，每堂課2小時，並以問卷分析授課效果，至少回收100份有效問卷。	第三章 第3.4節	✓ 實際試教6堂課，回收超過200份問卷
(5) 課程規劃設計至少含一堂以上實際應用案例，並安排至少一堂實際參與課程，與相關業界合作，瞭解實際執行綠色化學在業界的限制困難面及優缺點。	第三章 第3.3.3節	✓ 提出大專校院綠色化學通識微學分學程與專業學程規劃書

工作項目	章節對應	計畫成果
2.建立綠色化學大專教育推動課程策略及建立國際環境教育綠色化學鏈結。		
(1) 設計訪談問卷，訪談至少2名國際學者及5名國內學者（含大專校院及高中職教師），瞭解推動綠色化學課程推動之策略、成果及曾遭遇之困難，並製作訪談紀錄說明，並綜整經驗產出推動課程策略規劃及做法。	第四章 第4.2節 第4.3節	✓ 訪談5位國際學者 ✓ 訪談5位國內學者 ✓ 綜整經驗產出推動課程策略規劃及做法。
(2) 協助參加美國化學會辦理之綠色化學國際研討會議，蒐集國際學術及產業推動綠色化學策略做法、創新產品資訊及建立國際鏈結，擴展國內推動綠色化學教育視野，規劃國內推動成果發表。	第四章 第4.1節	✓ 蒐集會議綠色化學推動策略、相關研究及成品、與專家學者交流
3.瞭解產業推動綠色化學融入現況，綜整分析以提升校園連結產業之調適能力。		
(1) 蒐集彙整分析產業實際應用綠色化學成果資料，設計訪談問卷，以問卷面訪方式，至少收集30份以上有效問卷，分析產業現況與特色及困難，並研析與國內大專校院教育關聯重點，分析業界對於綠色化學現況瞭解程度及施行策略。	第五章	✓ 瞭解企業相關產品綠色製程與實施策略 ✓ 分析訪談產業之問卷回饋成果
(2) 配合產業現況分析報告、產業因應綠色化學政府策略與可行方案、產業專業人力培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程之內容設計，以增進化學研發相關專業領域之綠色化學調適知能融入為目標，確認學群課程架構，並擬定短、中、長期綠色化學專業課程融入策略與行動方案。	第五章	✓ 藉由訪談問卷回饋分析，設計規劃學程

工作項目	章節對應	計畫成果
4.辦理大專校院學生及小學教師綠色化學環境教育研習營活動		
(1) 辦理4場大專校院學生參與之研習營活動，每場次參加人數至少50人以上，提供環境教育認證、課程、教材及研究成果等資訊。	第六章	✓ 邀請6位專家進行綠色化學領域演講 ✓ 參訪2家環境教育園區 ✓ 使參與學生瞭解綠色化學永續教育推動內涵發展及創意回饋
(2) 辦理2場小學教師參與之研習營活動，每場次參加人數至少25人以上，提供環境教育認證、課程、教材及研究成果等資訊。	第六章	✓ 邀請3位專家進行綠色化學教育推廣分享 ✓ 參訪1家環境教育園區 ✓ 使參與教師瞭解綠色化學永續教育推動內涵發展及創意回饋 ✓ 提供相關教材供教師參考應用
(3) 配合研習營辦理製作相關教材文件至少125份。	第六章	✓ 使與會人員瞭解活動內容
5.辦理綠色化學競賽活動及協助辦理記者會		
(1) 與教育部共同辦理綠色化學競賽活動，負責大專校院及業界參賽規則規劃及相關活動辦理事宜。	第七章 第7.1節 第7.2節 第7.3節 第7.4節 第7.5節	✓ 實際辦理大專校院綠色化學競賽
(2) 配合研習營及競賽活動，辦理1場次記者會，說明107年度綠色化學推動策略及成果展示，並製作相關檔案及展示品。	第七章 第7.1節 第7.6節	✓ 辦理記者會推廣綠色化學 ✓ 展示競賽優勝得獎作品
6.配合計畫目標及內容辦理2場專家諮詢會議		
(1) 邀集相關領域、部會及業界之專家學者，辦理2場次專家諮詢會議，每場次邀請專家學者及與會人數至少15人。會議內容包含課程內容、簡報、學程規劃、研習營辦理方式建議等相關議題，使與會者	第八章	✓ 使與會者瞭解綠色化學永續教育規劃發展設計，以研商相關策略與可行方案 ✓ 尋求諸多專家對於本計畫可改進及缺漏部分指導與建議，加強本計畫執行工作項目之成

瞭解綠色化學永續教育規劃發展設計，以研商相關策略與可行方案。並規劃未來短、中、長程綠色化學永續教育發展安排。		效。
--	--	----

2.1 永續思維綠色化學多元教育推動計畫啟動會議

啟動會議於 107 年 7 月 17 日環保署毒物及化學物質局地下一樓 B01 會議室舉辦，以下將列表說明啟動會議記錄，討論後續工作事項，研習營及專諮會預計辦理情形及建議邀請與會之單位。今年預計舉辦 4 場次大專校院研習營，2 場次小學教師研習營，2 場次專家諮詢會議，以及邀請適合之廠商訪談達到兼具產、官、學功能。

表 2.1-1 化學局意見及辦理情形

局內長官	意見	辦理情形
張文興主秘	1. 建議首年規劃之研習營具備示範性、指標性，主要是讓產業界瞭解化學局推動綠色化學的想法，辦理地點優先考慮產能較大的縣市，挑選適合的廠商，並邀請局長主持，達到兼具宣傳綠色化學及化學局層面功能。	將儘速確定五場次研習營規劃時間、地點及主題送交化學局備查，另研習營舉辦方式規劃以專家學者針對不同主題論述、與談1-2小時，並邀請產業界經驗分享，以及綜合座談。
	2. 產業界有些成功案例，建議收集適合參訪的廠商名單提供給學校參考，未來可做為產業觀摩與學校教育的場域。	遵照辦理
	3. 建議規劃邀請教育部補助高中、大專校院綠色化學實驗或創意競賽，提供適度獎勵措施，鼓勵師生參與。	專諮會議將邀請其他部會主政人員參與，包含教育部、經濟部、科技部、環保署等與產業界，本案所彙整之推動與創新措施將一併討論期能獲致共識。

局內長官	意見	辦理情形
	4. 學校教育推動面向上，與教育部合作或局裡規劃校外參訪活動補助措施等，例如交通費補助等，會有助於提供誘因增加學校教育與產業之連結。	目前環保署、教育部皆有類似之補助環教活動措施，本案將列入創新想法中，供未來鼓勵學校辦理相關教學活動之參考。
	5. 可思考鼓勵政府部門或產業界提供綠色化學競賽獎勵措施，如業界贊助獎勵或是提供企業實習機會。	遵照辦理。
	6. 專諮會議中需納入其他政府部門，可整合相關環境友善或標章認證之廠商，例如清潔生產標章、綠色工廠、環保獎等，並且邀請參加研習營，以擴大成效。	專諮會舉辦時間與邀請名單將盡速送化學局參考，也將協請化學局協助發文邀請其他部會參加。
	7. 建議列出主要宣傳重點，讓廠商與學校學生瞭解綠色化學內涵，煩請團隊討論與確定。	本案為第一年計畫，預計將以推動綠色化學12原則為主要研習營課程與教案重點，輔以產業成功案例，以提升成效為規劃原則。
	8. 綠色化學授課教材需要有程度上的區分	綠色化學授課教材規劃是以一堂2或3小時課程為主，初步將以綠色化學12原則作為教材設計與編訂的主題，未來可針對不同領域與專業之學生設計符合其需要之教材內容，同時也將參考國外綠色化學教材進行規劃。
	9. 是否可以尋求職安衛共同產出綠色化學之相關教材？	學校教育融入綠色化學內涵與學校環安衛教育可以做適度結合，相關專諮與研習營

局內長官	意見	辦理情形
		將邀請其規劃單位參加，提供推動之建議。
	10. 團隊邀請哪些人參加兩場專家會議？	專家會議名單已初擬完成，盡速送化學局參考。
	11. 產業參加專家會議是否提供出席費？	專諮會為廣納各方建議，將積極邀請部會、學者及產業參加，在計畫預算可行的條件下，盡可能提供出席費用。
	12. 建議先設計好誘因讓廠商願意參加研習營並分享經驗，同時尋求有意願的廠商提供學校校外參訪的機會。	本案主要是探討產業需求與學校教育鏈結的關聯性，因此尋求產業的配合相形重要，本案將尋求有意願的廠商提供校外參訪的機會，有助於推動產學銜接。
劉怡焜組長	1. 課程規劃上可納入影片的方式教授綠色化學課程，增強成效。	本計畫進行訪談與研習過程如有合適之主題或廠商既有之影片，將協助建立資料庫或納入教材設計之參考。在下年度可行之創意建議事項中，會將影片創意競賽及主動拍攝影片規劃納入重點規劃。
	2. 建議邀請局內或署內相關單位參加專家會議？	遵照辦理。
	3. 單元式的綠色化學教育，是否能得到教育部的同意？	本案教材規劃以2或3小時內容為主，將進行規概念性、主題式公版範本為主，作為基礎綠色化學教材。教材的推動方式，期能於專諮會議中取得與會相關部會代表的支持。

局內長官	意見	辦理情形
	4. 建議針對不同領域的學生設計不同程度的綠色化學教材	本計畫為第一年計畫，團隊設定初階教材設計與編訂，詳細專業與通識學程規劃仍需與教育部溝通，建立參考之課綱。
	5. 建議邀請產業界與談，分享一些成功經驗與企業實際案例。	遵照辦理。
	6. 計畫執行時間相當緊迫，10月30日前要舉辦五場研習營及2場專家諮詢會議，逐步建立推動與執行共識。	遵照辦理。
蕭寶桂高環	1. 計畫設計目的為串連產業界與學術界，研習營設計進行方式?	研習營是邀集產業與專家學者、學生參與，由邀請專業老師1-2個小時講授專業基本概念，也將邀請業者分享成功案例，並於議程內增加雙向溝通或座談時間，並於研習營後蒐集學員意見，作為未來修正或研擬課程之參考。規劃執行方案將盡速完成提案說明。
	2. 如何吸引大家參與綠色化學競賽?	目前高中端因有大學推甄實際需求，因此相關活動參與情形尚稱熱烈，將設計導入誘因增加參與意願。
	3. 建議邀請環安衛與危控組參加專家會議	遵照辦理。
	4. 計畫期程須提前以預留時間供局裡與相關部會協商整合，請調整執行期程。	遵照辦理。
	5. 化學局預定本年底將舉辦綠	遵照辦理。

局內長官	意見	辦理情形
	色化學記者會，請協助規劃相關議題並整理計畫初步成果供參。	
陳曉真高環	1. 專家會議名單建議納入IEK	遵照辦理。
	2. 建議區分綠色化學課程與環安衛課程	本項建議將納入專諮會議進行討論。
	3. 是否可以以類似必修課程的概念，納入綠色化學課程	教育部所規劃之課綱係屬課程建議，由大專教師依需求參考與調整，本案綠色化學教育建議規劃為單元式，針對需求提供適當教材作為教師授課之參考。
	4. 建議透過現有的具有綠色化學概念的案例，凸顯出綠色化學之應用	遵照辦理。
	5. 本案執行進度可與上位計畫綱領規劃進行配合，互相搭配進行。	計畫期程將進行調整，針對上位計畫聯繫窗口與聯繫人員也可一併納入專諮會與研習營邀請名單，增進其對本推動計畫之瞭解並提供建議。
陳翔營技正	1. 建議規劃綠色化學課程的授課課綱即可	遵照辦理。

啟動會議結論：

- 關於原工作項目研習營辦理為 2 場次大專校院研習營和 1 場次小學教師研習營，研習營議程為一天，然考量學生和教師之時間，經此會議將研習營議程改為 4 小時，舉辦 4 場次大專校院研習營，2 場次小學教師研習營，並尋求有意願的廠商提供校外參訪的機會，有助於推動產學銜接。
- 綠色化學授課教材規劃以一堂 2 小時課程為主，初步將以綠色化學 12 原則作為教材設計與編訂的主題，將進行規概念性、主題式公版範本為主，作為基礎綠色化學教材。教材的推動方式，未來可針對不同領域與專業之學生設計

符合其需要之教材內容，同時也將參考國外綠色化學教材進行規劃。

3. 辦理 2 場次專家諮詢會議，專諮會議將邀請其他部會主政人員參與，包含教育部、經濟部、科技部、環保署等與產業界，本案所彙整之推動與創新措施將一併討論期能獲致共識。

第三章 建立國內大專校院通識教育綠色化學教材與 課綱規劃

本計畫藉由彙集國內外現有相關課程資料盤點，以美、德國推動之經驗做為臺灣實際推動時之參考，著重規劃適合國內教育系統之綠色化學通識課程，作為策略落實與方案施行之工作要項。並預計舉辦專家諮詢會議，討論課程教材建議。

於推動綠色化學通識課程上，針對不同專業領域之學生，在課程內容中循序漸進引導學生對目前日漸重視之環境與全球問題加強概念。並在未來成為相關決策者及工作者時，對此來發展其社會責任感。因此在本工作項目將依序說明課程簡報製作過程，如先期蒐研與統整本國及國際之資料及文獻、建立課程大綱、審查程序、課程內容及教學方式等考慮項目，以達建立適合本國之綠色化學通識課程之目的。

3.1 節為蒐集彙整綠色化學領域相關之國內外大專校院教育資料，包含綠色化教育推動、課程資料、實驗活動資料。3.2 節為國內大專校院綠色化學相關學程資料彙整，包含國立暨南大學—綠色環保特色通識學程、中原大學—綠色科技學程、靜宜大學—綠色化學學程、明志科技大學—綠色化學製程學程、明新科技大學—綠色科技學程、修平科技大學—綠色科技學程，並比較各校課程異同比較處，並進行針對學程討論及規劃書建議，擬定綠色化學通識微學程與專業學程之規劃。3.3 節說明大專校院綠色化學之通識教育課程相關會議—教材及課程大綱研商會議與大專校院綠色化學之通識教育課程教材審查會議，與說明本計畫戶外課程規劃。3.4 節為 6 場綠色化學通識課程教材試教問卷統計及彙整。

3.1 蒐集彙整綠色化學領域相關之國內外大專校院教育資料，包含綠色化學教育推動、課程資料、實驗活動資料

3.1.1 美國

1. 綠色化學教育推動概況

於蒐研美國大專校院教育資料上，因其公開課程資料及模板多公開於期刊論文及化學相關權威網站，故蒐研其公開之教科書、參考書和實驗室安全教材等資源，以瞭解其常用之教材及相關學術資料。今年度將篩選及翻譯融入適合本國綠色化學之教材。

美國早期之綠色化學教育資料設計以替代案例的概念為主，於課堂上以投影片方式開發模塊及案例研究，以增強現有化學課程講座主題，其中突出顯示綠色化學的概念、策略和工具。這些在課程中建構了綠色化學的案例以及教授綠色化學 12 項原則的相關核心概念。美國化學學會也設計綠色化學 12 原則的口袋指南教育海報，做為參考之教學工具，為針對專業領域學生及普通民眾之教育海報（圖 3.1-1、圖 3.1-2），可以此參考針對專業領域及通識領域學生之教育主題方向。

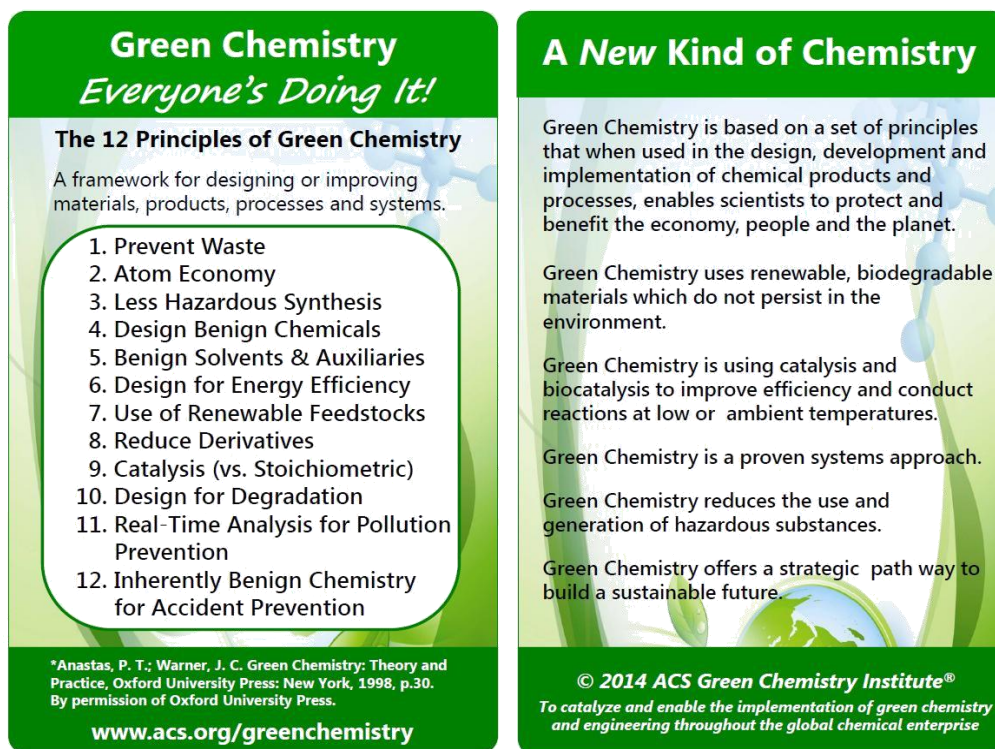


圖 3.1-1 美國綠色化學 12 原則的口袋指南

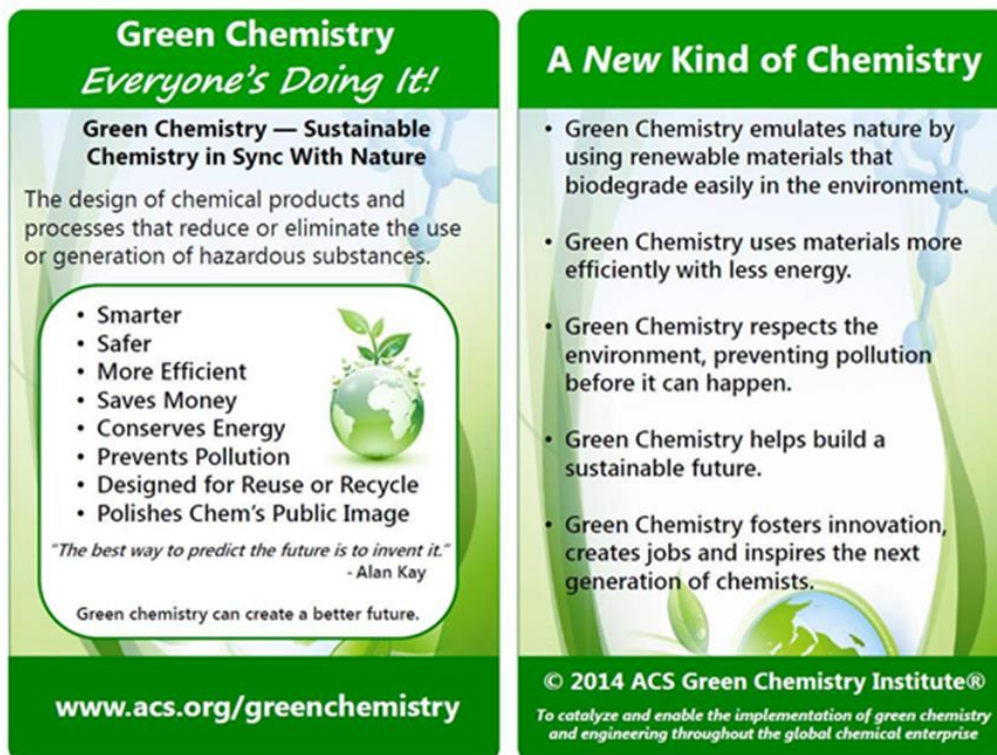


圖 3.1-2 美國非技術綠色化學的口袋指南

2. 課程資料

目前蒐研美國化學學會及當地大學相關公開之課程資料，其中美國化學學會為大專校院之非化學專業學生發行一門基於全球議題的化學課程：Chemistry in Context，主要教導學生以科學的視角審視生活及環境中的化學及相關世界議題，建議作為本國參考教學材料。以及美國之斯克蘭頓大學 (Scranton University) 已設立綠色化學教育網站，Michael Cann 教授其教學團隊公開其設計之綠色化學教學模塊，提供有興趣之教師參考納入其需求之課程，目前蒐研其中公開課程內容以下列表概略說明（表 3.1-1）：

表 3.1-1 斯克蘭頓大學綠色化學教學模塊課程簡介

課程名稱	課程內容
介紹	美國主要的環境法律 1990年污染防治法 對綠色化學的需求 綠色化學的原則 總統綠色化學獎 綠色化學如何影響特定領域或化學領域
普通化學	Design and Application of Surfactants for Carbon Dioxide; Making Carbon Dioxide a Better Solvent in an Effort to Replace Solvents that Damage the Environment
有機化學	Atom Economy: A Measure of the Efficiency of a Reaction
無機化學	TAML™ Oxidant Activators: Green Bleaching Agents for Paper Manufacturing
生物化學	A New Chemical Family of Insecticides Exemplified by Confirm Selective Caterpillar Control Agent and the Related Selective Control Agents MACH 2 and INTREPID offers a "Green" Alternative to Some of the More Conventionally Used Insecticides
環境化學	ANTIFOULANTS (Marine Pesticides)
高分子化學	Thermal Polyaspartate as a Biodegradable Alternative to Polyacrylate and Other Currently Used Water Soluble Polymers
高級有機化學	Nucleophilic Aromatic Substitution: Some new greenchemistry for an old reaction
化學毒理學	Biochemical Toxicology of Insecticides: The Road Towards Reduced-Risk Insecticides
工業化學	Petretec-Dupont's Technology for Polyester Regeneration

3. 實驗活動資料

綠色化學也是引導探索或研究實驗之適合主題，美國化學學會提出可參考各學級之實驗及活動主題（表 3.1-2），表中可知小學主要集中於認識相關簡單單詞及概念（字謎、簡單案例及實驗），依照學級依序加強專業難度，如節省能源、原子經濟、案例實驗（ex：漂白劑）等主題。後續建

議蒐研適合融入本國之實驗活動主題，翻譯並調整納入規畫建議。

表 3.1-2 美國化學學會所建議實驗及活動主題分級內容

資源	小學	中學	大學	研究所
Tree Ornament Crossword Puzzle	✓			
Gassing Up Without Air Pollution	✓			
Green Chemistry Interactive Displays	✓	✓		
Green Chemistry Test Bank		✓		
Phytochemistry Activity		✓		
Fuel Cells: Energy From Gases Instead of Gasoline		✓		
Cleaning Up With Atom Economy		✓	✓	
Determination of the Fundamental Electronic Charge		✓	✓	
Green Chemistry: A Greener Clean		✓	✓	✓
Bleaching With Green Oxidation Chemistry		✓	✓	✓

其中蒐研資料來源主要由以下網站公開資訊為主：

- A. 美國化學學會：成立於 1876 年，已有 163,000 位來自化學界各個分支的會員，教師可以使用其公開綠色化學教學工具作為課程教授參考。
(網址：<https://www.acs.org/content/acs/en.html>)
- B. 超越良性 (Beyond Benign) 網站：由綠色化學領域的創始人約翰·華納博士 (Dr. John Warner) 創建，其致力於為未來和現在的科學家、教育工作者及民眾提供教學和學習綠色化學的工具，以創造永續的未來。
(網址：<https://www.beyondbenign.org/>)
- C. 斯克蘭頓大學：公開綠色化學教學模塊資源並納入課程。內含通用、有機、無機、環境、聚合物、工業化學、生物化學和化學毒理學之模塊。

(網址：<http://www.scranton.edu/faculty/cannm/chemistry/english/organic.shtml>)

3.1.2 德國

1. 實驗室活動資料綠色化學教育推動概況

在德國，綠色化學相關的活動遍及科學和政府組織，在許多研究中心、大學和在綠色化學領域的行業研發正在進行中，儘管廣泛的綠色化學活動得到了廣泛接受，德國並不存在一個連貫一致的研究基礎和社群。化學家

和工程師之間的必要合作以及行業的支持在這個研究領域還有待改進，因此，綠色化學尚未被設立成獨立的研究領域，在德國的知名度並不如英國，美國或日本突出。

不過德國已經在學生和化學家中的教育和培訓中實施綠色化學原理，希望能進一步刺激對於綠色化學的意識，為了促進綠色化學在德國研究界的知名度和接受度，額外動力是必不可少的，也是主要參與者一致的做法，就是提供相關綠色化學獎項，這也是其他國家如美國及英國提升動力的一種作法。

2. 實驗室活動資料

於蒐研德國大專校院教育資料上，發現主要以實驗室教學主題為主，諸如有機化學實驗室應考慮之項目：化學轉化的原子經濟、能源效率、可再生原料浪費和所用化學品其毒性及生態毒性的安全措施等問題。

德國綠色化學教材網站 (NOP-Sustainability In The Organic Chemistry Lab Course) 由德國數所大學合力建構的綠色化學資料庫，其中包含：化學相關詞彙名詞解釋 (A~Z)、實驗室使用的化學品介紹（原料、生成物、副產品、試劑、催化劑、溶劑、使用於分析之溶劑）、實驗室技術教材：

- A. 在實驗室工作方法
- B. 實驗室反應優化潛力-永續性合成
- C. 化學反應可替代性能源使用：微波技術
- D. 微波技術領域萃取過濾裝置
- E. 微波技術應用於有機合成
- F. 光化學實驗室匯集
- G. 實驗室溶劑廢物處置與回收
- H. 實驗室平時處理化學廢物方法
- I. 色譜分析方法
- J. 光譜方法
- K. 真空產生之環境問題
- L. 化學反應提供熱能及電能對環境影響

3.1.3 臺灣

1. 課程資料

於蒐研本國大專校院教育資料上，調查國內通識課程開課情形及其課程教案內容。並且蒐集開課老師公開之課程大綱及使用之教科書及參考書，以作為後續本計畫設計課程教案之參考。

以下初步列表整理 97-105 學年度綠色化學相關通識課程資料（表 3.1-3），說明期間主要開課學校、課程名稱、開課教師、年級、學分數及修課人數，以達後續訪談專家學者、設計課程簡報及建立教學大綱之幫助。

表 3.1-3 教育部課程資源網 97-105 學年度綠色化學相關通識課程資料

開課學 年度	學校	系所	課程名稱	開課教師	年 級	學 分 數	修課 人數
96	國立東華大 學美崙校區	應用科學系	綠色化學	瞿港華	1	2	0
97					4	2	2
98	靜宜大學	通識學群	綠色化學 與 生 活 （ 生 命 與 生 態 環 境）	梁偉明	1	2	64
99	中山醫學大 學	應用化學系	綠色化學	劉冠妙 趙啟民	2	2	31
99	靜宜大學	通識學群	綠色化學 與 生 活 （ 生 命 與 生 態 環 境）	林孝道 梁偉明	2	2	6
100	東海大學	通識中心	自然:綠色 化學概論	梁碧峰	-	2	69
100	靜宜大學	通識學群	綠色化學 與 生 活	林孝道 梁偉明	1	2	58

開課學 年度	學校	系所	課程名稱	開課教師	年 級	學 分 數	修課 人數
			(生命與 生態環境)				
101	淡江大學	工學院共同 科目(日)	綠色化學	許道平	-	2	93
101	靜宜大學	通識學群	綠色化學 與生活 (生命與 生態環境)	梁偉明	1	2	64
102	淡江大學	工學院共同 科目(日)	綠色化學	許道平	-	2	48
103	淡江大學	工學院共同 科目(日)	綠色化學	許道平	-	2	28
104	淡江大學	工學院共同 科目(日)	綠色化學	彭晴玉	-	2	175
105	淡江大學	工學院共同 科目(日)	綠色化學	彭晴玉	-	2	175

通識課程之目的在於培養學生適當的分析思辨能力、表達溝通技巧、文化素養、生命智慧以及終身學習之動力。使學生不只擁有自然科學及人文社會的基礎知識，也能夠批判思考，尊重不同生命與文明的價值，瞭解自我存在的意義等。

此類課程優點在於因包含通才全人等教育理念，故較易培養全能之人士。而缺點在於不適合實際的專業工作需要，且因與專業課程相比其重要性較低，學生投入之心力也會有所出入。故建議設計綠色化學相關通識課程應以其重要概念為主外，以下條列說明本工作團隊建議之綠色化學通識課程簡報內容考慮項目：

A. 課程大綱

其架構可以永續教育或環境教育為框架，融入綠色化學要素，並依照不同對象學生訂定學習目標，非專業科系建議以通識素養為基礎發展，而專業科系建議未來可以專業能力指標訂定。考量計畫期程，短期內可先以素養為訂定基準，故建議課程大綱初步規劃為：介紹國際推廣綠色化學之因由及其基本概念和對於永續環境發展的重要性。

藉由蒐研之教育部課程資源網 105 年度資料、106 年度本工作團隊辦理之相關專家諮詢會議建議及訪談廠商回饋等資料，統計綠色化學課程內容，綠色化學簡介及 12 原則為各課程出現最多課程主題，其次為替代能源/再生能源/再生原料、綠色溶劑、綠色催化、綠色良性製程、工業應用實例、綠色能源、綠色產品、綠色化學政策與發展策略、可分解化學品及自然聚合物等，建議大專校院可依化學專業、半化學專業、非化學專業及通識類之課程規劃需求，其中化學非專業及通識課程主要教授環境與綠色化學（生態衝擊）及永續教育等，化學半專業及專業課程主要教授專業知識如綠色溶劑、綠色催化、綠色良性製程等課程，將上述綠色化學課程單元融入其所需課程規劃（表 3.1-4）：

表 3.1-4 106 年「大專校院綠色化學教育推動計畫」建議綠色化學課程大綱規劃方案

主題	課程內容	化學專業	半化學專業課程融入	非化學專業課程融入	通識類課程融入	專家諮詢 會委員建議	廠商訪視人才 需求建議
1	課程簡介，化學相關產業對環境及生活之影響	◎	◎	◎	◎		
2	綠色化學定義及發展	◎	◎	◎	◎		
3	非專業-環境與綠色化學（生態衝擊）	◎	◎			✓	
4	綠色化學的 12 項原則 (I)	◎	◎				
5	綠色化學的 12 項原則 (II)	◎	◎				
6	綠色溶劑	◎					
7	綠色催化（重金屬及有機分類）	◎					
8	綠色及良性製程	◎	◎				✓
9	半專業－安全替代（工業應用）	◎	◎			✓	✓
10	可分解化學品及自然聚合物	◎					

主題	課程內容	化學專業	半化學專業課程融入	非化學專業課程融入	通識類課程融入	專家諮詢委員會建議	廠商訪視人才需求建議
11	再生原料	◎					✓
12	綠色能源/再生能源	◎					✓
13	化學專業-安全化學品設計	◎				✓	✓
14	工業應用案例 (I)	◎	◎	◎			✓
15	工業應用案例 (II)	◎					✓
16	國際綠色化學發展策略與政策	◎	◎	◎	◎		
17	校外參訪	◎	◎	◎	◎		✓
18	校外參訪	◎					✓
19	分組專題報告	◎	◎	◎	◎		

2. 實驗室活動資料

於實驗室課程上，本國較缺少相關資料，於通識課程上多集中於介紹相關概念及國際議題等主題，實驗課程主要集中於化學專業課程，並且也多為實驗案例介紹。

其中蒐研資料來源主要由以下網站公開資訊為主：

- A. 教育部課程資源網：提供社會大眾以便民、快速的方式做各大學校院之課程資訊查詢，並提供相關數據給社會大眾參考使用。
- B. 國科會化學中心綠色/永續化學網路資源共享網：將國內當年化學年會講題中與綠色化學相關的演講簡報上傳，提供關心永續化學議題的讀者瀏覽簡報內容和下載使用。以下列表說明演講資料（表 3.1-5）：

表 3.1-5 綠色/永續化學網路資源共享網公開之資料

演講	說明	網址
永續合成工作坊-歷次演講內容	於該官方網頁羅列其歷年講座檔案，如化學年會之綠色化學相關主題，及綠色永續化學論壇等演講檔案	http://gc.chem.sinica.edu.tw/workshop/notes.php
ACS Summer School on Green Chemistry And Sustainable Energy	歷年之演講投影片可供下載	http://portal.acs.org/portal/acs/corg/content?_nfpb=true&_pageLabel=PP_SUPERARTICLE&node_id=1441&use_sec=false&sec_url_var=region1&__uu
劉廣定教授永續化學相關著作	劉廣定教授永續化學相關著作	https://www.ch.ntu.edu.tw/~ktliu/pubs/index.htm
The Overview of Green Sustainable Chemistry Activity in Taiwan	An Invited Lecture Presented At GSC-AON 2007, Jointed Meeting Of The 1st Asian-Oceanian Conference On Green And Sustainable Chemistry And The 7th Annual Green And	http://gc.chem.sinica.edu.tw/

演講	說明	網址
	Sustainable Chemistry Symposium On March 6-9, 2007 At National Center Of Sciences, Tokyo.	
Agenda and Presentations of the 4th Stakeholder Meeting, 27 August 2006, Budapest	透過這些演講內容，可以瞭解歐洲、中國對永續化學之看法與作法。 (SusChem Draft Implementation Action Plan)	http://www.suschem.org/content.php?pageId=3262
Green Chemistry: Background, Key Concepts And Principles	綠色化學簡介之投影片。	http://gc.chem.sinica.edu.tw/
綠色化學之內涵	2007年臺東大學綠色科學與奈米技術研討會中的演講稿。	http://gc.chem.sinica.edu.tw/

3.1.4 綜整美國、德國、本國資料說明

綜整美、德之相關教學資料，分析選擇可融入國內綠色化學教育之相關資訊，主要以綠色化學 12 原則及融入生活相關議題為主，蒐研統整國內適用之課程規劃。發現目前美國蒐研之綠色化學相關資料最為完整，除教學資料外，也有相關學術論文說明教學模塊之應用。德國目前僅蒐研相關實驗案例介紹，並無實際教學之課程材料，預計後續連絡相關國外教師尋求綠色化學教學資源幫助，已達融入本國綠色化學課程之需求。

3.1.5 產出文、法、理、商可適用之大專校院通識課程 1 堂

在通識課程教育目的及概念上，本國對於綠色化學概念較相近之課程諸如環境教育，是比較廣泛開設課程且有明確定義教學方式的。環境教育與綠色化學基

礎概念較為相似，皆是針對環境倫理及永續性等主要概念進行延伸。綠色化學較偏向於實際應用之化學相關實驗例子為主，而環境教育範疇則較為廣泛，生物學、物理、化學、生態學、地球科學、大氣科學、數學和地理學等多個學科領域皆可包含在內。根據化學局根據化學局送行政院核定之「國家化學物質管理政策綱領（核定本）」，該政策綱領係以「有效管理化學物質，建構健康永續環境」為化學管理之願景，故對於本計畫所規劃綠色化學之範疇與推動方式，亦應將化學物質管理與永續環境之目標納入考量。如以設計通識課程為考量，建議除蒐研開設綠色化學相關課程資料外，一併查找環境教育相關課程，設計適合用於綠色化學通識課程之課程主題，以達教育永續環境之目的。綜整蒐研之相關教育資訊，參考建立適合通識課程之主題，列表如下（表 3.1-6）

初步規劃綠色化學教育素養之三個構面為「環境關懷」、「環境關聯」以及「永續環境」，詳細說明如下：

- A. 環境關懷：著重在覺知、態度層面。例：覺知許多資源逐漸耗竭，簡樸生活對減緩環境衝擊重要性等。
- B. 環境關聯：著重在知識層面。例：瞭解化學物質流佈以及其造成之生物毒性、生態毒性、全球性影響等。
- C. 永續環境：著重在技能、行動層面。例如：綠色化學 12 項原則的運用技能等。本計畫初步以此架構為基準，規劃適合不同對象之素養內涵。

表 3.1-6 107 年本計畫提出綠色化學通識課程大綱主題初稿

項次	構面	課程主題
1	環境關聯	綠色化學定義及發展
2	環境關聯	綠色化學的12項原則
3	永續環境	國際綠色化學發展策略與政策
4	環境關懷	國際溫室氣體影響之策略及政策
5	環境關聯	環境荷爾蒙
6	環境關懷	傳統能源耗竭預測
7	環境關懷	化學相關產業對環境及生活之影響
8	永續環境	環境與綠色化學（生態衝擊）
9	環境關懷	傳統石化產業對環境生態的衝擊
10	環境關聯	塑膠產品對環境衝擊

項次	構面	課程主題
11	環境關聯	毒化物來源介紹
12	環境關懷	溫室氣體對環境衝擊
13	永續環境	綠色及良性製程
14	永續環境	工業應用之安全替代
15	環境關聯	再生原料
16	環境關聯	綠色能源/再生能源
17	永續環境	工業應用案例
18	環境關聯	頁岩氣開發

1. 教育目標

課程對象針對課程難度理論上應以分成三類目標為宜，分別是化學專業、化學相關以及通識類科三大類。本年度計畫著重於綠色化學通識教育之養成，在進行計畫專家諮詢會議時，應妥善與教育部規劃爾後之推動合作可能性，本年度課程簡報以製作通識課程主題為主要對象，亦即文學院、管理學院、理學院等學生皆可理解上課內容之難度，且環境教育涵蓋經濟、社會與生態之間的關係，強調主動參與和解決環境問題。因此在環境態度和行為的養成，須藉助通識教育理念培育具備溝通能力、表達能力、思考能力及團結合作能力等設計課程分組討論、分組校園永續環境探索來達成環境教育目標的使命。

2. 課程主題

為求課程與生活貼近，拉近學生距離，計畫執行期間舉辦專家諮詢會議，討論課程主題之適用性。本計畫初步規劃主題如下：

- A. 生活的化學：說明日常使用產品及藥劑所應用之相關化學技術。
- B. 綠色化學發展：瞭解國際與本國之相關推動策略及法條。
- C. 綠色化學內涵：瞭解綠色化學核心概念以及推動之因由。
- D. 綠色化學 12 項原則：瞭解綠色化學 12 原則基本內容及意義。
- E. 綠色科技：說明相關產業與學界於綠色化學上的實際應用。
- F. 循環經濟：瞭解產業重視之綠色化學相關概念及應用。
- G. 永續發展：瞭解綠色化學及相關理念之最終目的。

3. 課程內容

通識課程內容應以文學院及管理學院等非專業系所學生皆可理解課程內容，故建議設計內容為使學生代入以生活相關議題為優先，介紹生活相關之綠色化學品、策略、政策及材料的設計和思考程序，培養學生瞭解綠色化學之國際發展方向以促進環境永續之概念推廣。

3.2 國內大專校院綠色化學相關學程資料彙整

本章節列出目前蒐集國內各大專校院（國立暨南大學、中原大學、靜宜大學、明志科技大學、明新科技大學、修平科技大學）設立之綠色化學、綠色科技相關學程資料，包含開課系所、修課規定、學程課程等資訊，作為綠色化學通識課程設計以及產出大專校院綠色化學學程規劃建議書之參考。

3.2.1 國立暨南大學—綠色環保特色通識學程

1. 開課單位：電機工程系、土木工程系、休閒學與觀光管理學系、通識中心。
2. 遴選標準：全校學生。
3. 修課規定：修滿本學程課程 20 學分以上及格，取得學分學程證明書。
4. 學程課程：

表 3.2-1 國立暨南大學—綠色環保特色通識學程課程

必/選修	課程名稱	學分	開課單位
必修	永續能源與資源暨發展碳管理	3	通識中心
必修	綠色能源	3	電機系
必修	環境教育與解說	3	土木系
選修	城鄉生態	2	通識中心
選修	生態保育與永續環境服務學習	2	通識中心
選修	生態保育與綠色地圖	2	通識中心
選修	自然保育概論	2	通識中心
選修	濕地生態保育	3	通識中心
選修	認識野生植物入門	3	通識中心
選修	輻射與環境	2	通識中心
選修	攝影的生態關懷	3	通識中心
選修	環保與生活	3	土木系

必/選修	課程名稱	學分	開課單位
選修	綠色大學生活	2	土木系
選修	全球環境變遷與永續發展	3	土木系
選修	生態旅遊與城鄉自然資源規劃	3	土木系
選修	環境指數與自然資源再利用	3	土木系
選修	城鄉規劃	3	休閒學與觀光管理學系
選修	生態旅遊	3	休閒學與觀光管理學系
選修	綠色工法	3	土木系

3.2.2 中原大學—綠色科技學程

1. 權責單位：工學院。
2. 參與單位：化工系、土木系、機械系、醫工系、環工系、工業系、電機系、電子系、建築系、室設系、景觀系。
3. 遴選標準：工學院、電資學院、理學院與設計學院各系之學生皆可修習。
4. 修課規定：修畢本學程最少需取得 14 學分，其中必修課程 2 門（綠色科技概論，2 學分；綠色科技講座，2 學分），另修習本學程之學生必須至少至外系修習一門以上（含）之課程。修滿學程規定之科目與學分者，得檢具歷年成績單經審核後，發給學程證明書。
5. 學程課程：

表 3.2-2 中原大學—綠色科技學程課程

必/選修	課程名稱	學分數	開課單位/年級
必修	綠色科技概論	2	工學院各系輪流
	綠色科技講座	2	通識中心或工學院各系輪流
選修	化工安全與實驗室安全	2	化工系/2
選修	清潔生產與清潔技術	3	化工系/3
選修	環境工程	2	化工系/4
選修	能源工程	3	化工系/4
選修	焚化爐設計	3	化工系/4
選修	生態工法/生態工程	3	土木系/4
選修	水土保持學	3	土木系/3
選修	灌溉與排水	3	土木系/3

必/選修	課程名稱	學分數	開課單位/年級
選修	綠色能源系統設計與應用	3	機械系/4
選修	綠色製造科技	3	機械系/4
選修	燃料電池	3	機械系/4
選修	生物科技於環保之應用	3	醫工系/4
選修	綠色材料	3	醫工系/4
選修	生醫與環境感測原理	3	醫工系/2
選修	人與環境	3	環工系/4
選修	資源再生技術	3	環工系/4
選修	水污染防治	3	環工系/4
選修	給水工程	3	環工系/3
選修	生態工程	3	環工系/4
選修	綠色設計與製造	3	工業系/4
選修	綠色電力原理與實驗	3	電機系/2
選修	薄膜技術	3	電子系/3
選修	太陽能電池導論	3	電子系/4
選修	太陽能電池原理與工程	3	電子系/4
選修	綠建築概念	3	建築系/3
選修	室內健康環境概論	2	室設系/3
選修	生態社區概論	3	景觀系/4

3.2.3 靜宜大學—綠色化學學程

1. 開課單位：應用化學系
2. 修課規定：至少應修習 16 學分
3. 學程課程：

表 3.2-3 靜宜大學—綠色化學學程課程

必/選修	課程名稱	學分數
必修	環境分析化學	2
	微量分析	3
	綠色化學概論	2
選修	能源科技	2
選修	能源科技實驗	1
選修	太陽能電池原理與應用	2
選修	綠色科技化學	2
選修	綠色產業概論	2
選修	科技永續之企業倫理	2

3.2.4 明志科技大學—綠色化學製程學程

1. 權責單位：環境資源學院。
2. 參與單位：化學工程系、環境與安全衛生工程系、材料工程系。
3. 遴選標準：環境資源學院之學生皆可修習
4. 修課規定：修滿 22 學分者發給學程證明書；修滿 15 學分者發給學程學分證明書。
5. 學程課程：

表 3.2-4 明志科技大學—綠色化學製程學程課程

必/選修	課程名稱	學分數	開課單位/年級
基礎必修課程 (6學分，四選二)	材料科學導論	3	化工系
	高分子化學	3	化工系
	儀器分析	3	化工系
	生化工程	3	化工系
專業必修課程(I) (3學分，三選一)	電化學	2	化工系
	化工程序與安全	3	化工系
	奈米材料與技術	3	化工系
專業必修課程(II) (6學分，八選二)	再生能源材料	3	材料系/4
	遠距教學：品質工程	3	材料系/3
	遠距教學：電漿與薄膜科技	3	材料系/3
	綠色能源概論	3	環安衛系/1
	環境化學	3	環安衛系/2
	遠距教學：環境與資源工程	3	環安衛系/3
	遠距教學：綠色生產力	3	環安衛系/3
產學合作教學特色必修課程 (1學分，二選一)	綠色奈米資源學程實務專題	1	環資院共同
	綠色奈米資源學程實務專題 討論	1	環資院共同
特色選修課程 (6學分，四選二)	綠色化學技術叢論	3	化工系
	綠色化學技術暨實驗	3	化工系
	奈米觸媒技術與應用	3	化工系
	分析化學暨實驗	3	化工系

3.2.5 明新科技大學—綠色科技學程

1. 開課單位：光電系、機械系、環工系、電機系、化材系、電子系、土環系、資工系。
2. 遴選標準：全校學生。
3. 修課規定：必修課程修滿 3 學分，選修課程至少修滿 15 學分，跨系修課至少 3 學分。
4. 學程課程：

表 3.2-5 明新科技大學—綠色科技學程課程

必/選修	課程名稱	學分數	開課單位
必修	綠色科技與工程概論	3	機械工程系
	能源工程概論	3	化學工程與材料科技系
選修	燃料電池概論	3	化學工程與材料科技系
選修	清潔生產技術	3	化學工程與材料科技系
選修	工業觸媒	3	化學工程與材料科技系
選修	能源材料	3	化學工程與材料科技系
選修	太陽能電池材料概論	3	化學工程與材料科技系
選修	生質能源	3	化學工程與材料科技系
選修	實驗計畫法與最佳化設計	3	機械工程系
選修	太陽熱能實務	3	機械工程系
選修	水力能與風能實務	3	機械工程系
選修	太陽光能實務	3	機械工程系
選修	太陽能發電系統監控	3	電機工程系
選修	太陽能工程	3	電機工程系
選修	風力發電與能量轉換概論	3	電機工程系
選修	燃料電池與程序控制	3	電機工程系
選修	太陽能光伏發電技術	3	光電系統工程系
選修	光電元件與應用	3	光電系統工程系
選修	太陽能電池元件應用導論	3	光電系統工程系

表 3.2-5 明新科技大學—綠色科技學程課程（續）

必/選修	課程名稱	學分數	開課單位
選修	電腦輔助光學薄膜設計	3	光電系統工程系
選修	光電材料與元件物理	3	光電系統工程系
選修	太陽能驅動 LED 顯示裝置	3	光電系統工程系
選修	固態照明	3	光電系統工程系
選修	單晶片微電腦實務	3	電子工程系
選修	圖控程式與自動量測	3	電子工程系
選修	光電半導體元件	3	電子工程系
選修	綠建築概論	3	土木工程與環境資源管理系
選修	綠色能源與應用	3	土木工程與環境資源管理系
選修	資源再生與應用	3	土木工程與環境資源管理系
選修	微計算機系統	3	資訊工程系
選修	網頁程式設計	3	資訊工程系

3.2.6 修平科技大學—綠色科技學程

1. 開課單位：工學院、化學工程系、電子工程系、工業工程與管理系。
2. 遴選標準：二技一年級及四技二年級以上學生。
3. 修課規定：修滿本學程課程 20 學分以上及格，於畢業時頒發學程證明書。學生修習本學程之課程科目應至少九學分為非本系之課程。
4. 學程課程：

表 3.2-6 修平科技大學—綠色科技學程課程

必/選修	課程名稱	學分	開課單位/年級
必修	綠色科技概論	3	工程學院/3
必修	綠色創意	3	工程學院/3
選修	污染防治及資源化	3	化學工程系/3
選修	綠色工程	3	化學工程系/3
選修	綠色能源技術與應用	3	各系共開/4
選修	環境生物材料	3	化學工程系/2
選修	太陽能電池概論	3	電子工程系/3
選修	太陽能電池製程與量測技術	3	電子工程系/3
選修	光電工程	3	電子工程系/4
選修	半導體製程	3	電子工程系/4
選修	實驗設計	3	工業工程與管理系/3
選修	供應鏈管理	3	工業工程與管理系/4
選修	精實生產系統	3	工業工程與管理系/4
選修	專案管理	3	工業工程與管理系/3

3.2.7 各校課程異同比較

表 3.2-7 將各學程課程領域進行整理並比較，6 門開課學程課程皆有涉及能源領域，除國立暨南大學—綠色環保特色通識學程外，其他 5 所大學學程課程包含材料與工程領域；3 所大學學程（靜宜大學—綠色化學學程、明志科技大學—綠色化學製程學程、中原大學—綠色科技學程）課程涉及化學領域。

表 3.2-7 各校綠色學程課程領域比較表

學校學程名稱	課程領域							
	化學	能源	材料	工程	管理	建築設計	企業倫理	生態
國立暨南大學—綠色環保特色通識學程		✓						✓
中原大學—	✓	✓	✓	✓		✓		

學校學程名稱	課程領域							
	化學	能源	材料	工程	管理	建築設計	企業倫理	生態
綠色科技學程								
靜宜大學— 綠色化學學程	✓	✓	✓				✓	
明志科技大學— 綠色化學製程學程	✓	✓	✓	✓				
明新科技大學— 綠色科技學程		✓	✓	✓		✓		
修平科技大學— 綠色科技學程		✓	✓	✓	✓			

3.2.8 針對學程討論及規劃書建議

依上述收集資料，可以得知綠色化學及綠色科技等相關領域之學程，針對對象多為工學院學生，配合各校學院發展特色提供學習管道，使對相關知識有興趣的同學可以學習其它系上相關課程，在不影響其畢業條件下加強對此領域的學習。

臺灣綠色化學相關學程多為工學院相關系所開設之專業學程，並不適用於文、法、商等學院，以及學程的課程架構，多為可參與系所平均分配，增加學生接觸學程的機會並可減輕願意修課同學的負擔。然學程開設受限於學校師資、大學自主性、管考等因素，因此本團隊先粗略說明以下幾點建議，以下分通識及專業兩大領域各別說明：

1. 通識微學程：
 - A. 遴選標準應為全校學生皆可，文法理商學院皆適用之規劃。
 - B. 綠色化學主題學程，建議以其他名詞代替化學，以拉近學生認同參與意願，如綠色理念學程、綠色科技學程等。
 - C. 為顧及各學院與學系之吸收程度，建議多為通識開課課程組成，掌握及思考綠色議題的多元面貌。
 - D. 為培養學生整合跨領域知識、國際競爭力、實際運用之操作能力，可規劃講座課程，提供目前業界或政府實際看法與作為。

- E. 培養學生面對不同專業社群處理綠色議題時的溝通協調能力，可規劃相關環評紀錄影片或參訪實地瞭解各方看法。

以下表為例，說明專業學程建議課程及配比（表 3.2-8）：

表 3.2-8 綠色化學通識微學分學程課程建議規劃

修課規定	課程構面	課程主題
至少修滿8學分， 課程須包含「環境關懷」、「環境關聯」、「永續環境」三構面。	永續環境	綠色科技概論
	環境關懷	永續發展講座
	環境關聯	綠色化學概論
	永續環境	綠色創意
	永續環境	綠色工程
	環境關聯	綠色能源技術與應用
	環境關聯	綠色科技化學
	環境關聯	綠色產業概論
	環境關懷	科技永續之企業倫理
	環境關懷	全球環境變遷與永續發展
	環境關懷	輻射與環境
	環境關懷	環保與生活
	永續環境	綠色材料
	環境關懷	環境教育與解說
	環境關懷	攝影的生態關懷

2. 專業學程：

- 遴選標準應為理工學院學生為主，以加強其對本身學習課程的環保及永續概念。
- 學程必修課程建議為開課學院或系所之相關概論課程，輔以講座課程，使同學對此領域有統整的概念及認知。
- 綠色化學主題學程，建議以其他名詞代替化學，以拉近學生認同參與意願，如綠色理念學程、綠色科技學程等。
- 為了鼓勵學生申請跨領域學程，建議頒發學程修習證書於修完學程之學生，同時請從事綠色產業相關廠商作為講座授課，提供就業機會並優先對修畢學程同學予以推薦。另工學院相關專題實作將加強綠色科技相關研究議題提供競賽獎勵。

- E. 已有較多實例，可參考開課學院或系所課程架構，以各校特色設計或有突出教學成效，因此下表僅為提出概略建議主題，可以此作為學程課程內容程設計方向。

以下表為例，說明專業學程建議課程及配比（表 3.2-9）：

表 3.2-9 綠色化學專業學程課程建議規劃

課程類別	課程構面	課程名稱	學分
必修 (三選二，最少6學分)	永續環境	綠色科技概論	3
	環境關懷	永續發展講座	3
	環境關聯	綠色化學概論	3
選修 (十二選五，最少10學分)	永續環境	綠色工程	3
	永續環境	化工程序與安全	3
	永續環境	奈米材料與技術	3
	環境關聯	綠色能源技術與應用	3
	環境關聯	綠色科技化學	2
	環境關聯	綠色產業概論	2
	環境關懷	科技永續之企業倫理	2
	環境關懷	全球環境變遷與永續發展	2
	環境關懷	輻射與環境	2
	環境關懷	環保與生活	3
	永續環境	綠色材料	3
	永續環境	資源再生技術	3

3.3 大專校院綠色化學之通識教育課程相關會議

關於綠色化學通識課程設計，本團隊綜整蒐研相關教育資訊，初步規劃綠色化學教育素養之三個構面為「環境關懷」、「環境關聯」以及「永續環境」，詳細說明如下：

1. 環境關懷：著重在覺知、態度層面。例：覺知許多資源逐漸耗竭，簡樸生活對減緩環境衝擊重要性等。
2. 環境關聯：著重在知識層面。例：瞭解化學物質流佈以及其造成之生物毒性、生態毒性、全球性影響等。
3. 永續環境：著重在技能、行動層面。例如：綠色化學 12 項原則的運用技能等。

本計畫後續皆以此架構為基準，規劃適合不同對象之素養內涵。

課程對象針對課程難度理論上應以分成三類目標為宜，分別是化學專業、化學相關以及通識類科三大類。本年度計畫著重於綠色化學通識教育之養成，在進行計畫專家諮詢會議時，應妥善與教育部規劃爾後之推動合作可能性，本年度課程簡報以製作通識課程主題為主要對象，亦即文學院、管理學院、理學院等學生皆可理解上課內容之難度，且環境教育涵蓋經濟、社會與生態之間的關係，強調主動參與和解決環境問題。因此在環境態度和行為的養成，須藉助通識教育理念培育具備溝通能力、表達能力、思考能力及團結合作能力等設計課程分組討論、分組校園永續環境探索來達成環境教育目標的使命。

為求課程與生活貼近，拉近學生距離，後續計畫執行期間舉辦專家諮詢會議，預計一同討論課程主題之適用性。本團隊初步規劃主題如下：

1. 生活的化學：說明日常使用產品及藥劑所應用之相關化學技術。
2. 綠色化學發展：瞭解國際與本國之相關推動策略及法條。
3. 綠色化學內涵：瞭解綠色化學核心概念以及推動之因由。
4. 綠色化學 12 項原則：瞭解綠色化學 12 原則基本內容及意義。
5. 綠色科技：說明相關產業與學界於綠色化學上的實際應用。
6. 循環經濟：瞭解產業重視之綠色化學相關概念及應用。
7. 永續發展：瞭解綠色化學及相關理念之最終目的。

通識課程內容應以文學院及管理學院等非專業系所學生皆可理解課程內容，故建議設計內容為使學生代入以生活相關議題為優先，介紹生活相關之綠色化學品、策略、政策及材料的設計和思考程序，培養學生瞭解綠色化學之國際發展方向以促進環境永續之概念推廣。

本計畫參考國家化學物質管理政策綱領，蒐集美、德之相關教學資料，規劃綠色化學通識課程之範疇，於 107 年 6 月 7 日召開「大專校院綠色化學之教育課程教材及課程大綱」研商會議，此會議目標主要探討綠色化學通識課程範疇、課程大綱與學程規劃建議，表 3.3-1 綜整專家建議，作為設計教材及課程大綱之參考依據。教材審查會議於 107 年 8 月 31 日臺北市立大學舉辦，審查之 4 門室內設計課程為：(1) 綠色永續化學概論、(2) 農藥、(3) 化學物質安全、(4) 實驗/習課程。

3.3.1 教材及課程大綱研商會議

於 107 年 6 月 7 日召開「大專校院綠色化學之教育課程教材及課程大綱」研商會議，此會議目標主要探討綠色化學通識課程範疇、課程大綱與學程規劃建議，表 3.3-1 綜整專家建議，作為設計教材及課程大綱之參考依據。

表 3.3-1 教材及課程大綱研商會議委員意見

委員	意見
邱仁杰 專門委員	1. 課程之內涵建議，在知識面上可著重於化學學科之基礎，另在食用面上可廣泛觸及各領域，如食品安全、有機農業、產品設計、能源技術等等。 2. 在通識課程面上，建議將課程設計18週區分成核心課程（6～9週）、應用課程（9～12週）。核心課程類似必修，著重於綠色化學的核心內容；應用課程可依相關化學應用層面，活用化學知識應用於個層面，可以多面向來編撰。 3. 學分學程部分，建議考量國內大學系所開課的特性，有一定的開課彈性，學程的課程規劃宜蒐集國內應用化學相關科系院，依其屬性（如環科、食科、衛生、工程、農業等）區分幾類後，來加以規劃課程。
賴曉芬 董事長	1. 有先備知識的整理傳授與複習，再以分組專題、行動讓學生探索、自主學習。 2. 課程設計可以套餐模式提供選擇，依學院學生取向與關注度選擇達到學習之效。 3. 整體觀念部分需要有中介尺度、社區或區域性的在地視野，協助同學落地。
關蓓德 教授	1. 通識課程範疇目前已包含理論及操作面的定義，非常值得肯定。 2. 對於簡報第20頁(2.7)所提到的環境衝擊觀點，認為可提供綠色化學推動的動機引導，瞭解衝擊，更可促進自身行動減少衝擊。 3. 通識課程大綱：藉由今日會議問卷可歸納不同意見，建議塑膠產品的內涵須包括妥善處理。 4. 學分學程：可包含既有符合綠色化學範疇之課程，初期可減輕負擔。

委員	意見
劉雅瑄 教授	1. 簡報第51頁，建議架構為I整體觀念、II技能與行動（先備/基礎知識）、III個別主題、IV多元學習。 2. 通識課程大綱第一構面環境關懷，內涵中應可再包括其他化學、環境相關的先備知識；第二構面中的傳統石化產業，除了簡樸生活，是否可提供處理、處置或替代方案。
劉湘瑤 教授	1. 對於議題一（綠色化學通識課程範疇）內涵應可納入簡報第19頁(2.6)的三個構面，或以此作為課程規劃的框架。

教材及課程大綱研商會議結論與後續規劃：

1. 對於環保署所預計推廣的通識綠色化學課程的範疇，同意依照執行團隊所規劃，分為環境關懷、環境關聯、環境永續三構面。環境關懷內涵包含「覺知許多資源逐漸耗竭（未來的影響）、簡樸生活對減緩環境衝擊重要性、關懷某些污染的不可復原、辨識環境友善標章」等。環境關聯內涵著重在於化學物質與環境的關係。環境永續，則是對於生活中的化學物質，該有的正確行為，例如如何減少不當暴露、如何進行友善環境的行為等。
2. 對於本案所規劃通識綠色化學之課綱，可以模組化方式規劃一原則，以供不同學校與授課教師配合實際狀況選用。模組原則上至少應包含I整體觀念、II技能與行動（先備/基礎知識）、III個別主題、IV多元學習等。
3. 有關學程規劃，考量國內大學皆有一定的開課彈性，學程的課程規劃宜蒐集國內應用化學相關科系院，依其屬性區分幾類後，來建議學程的規劃原則。
4. 本次會議針對所規劃綠色化學課程大綱重要性調查結果整理如表 3.3-2，可作為後續規劃參考。
5. 經啟動會議（第 38 頁表 2.1-1）與大綱研商會議結論，本團隊選擇綠色化學概論、農藥、化學物質安全、實驗/實習課作為 4 門室內課程。

表 3.3-2 綠色化學課程大綱重要性調查統計表

項次	構面	主題	內涵/目標	重要性0-3					
				A	B	C	D	E	總計
1	環境關懷 (覺知、態度)	地球家園的永續發展	-	1	2	1	3	1	8
2		資源的匱乏與環境污染	(磷的匱乏與優養化) (衝突礦產 Conflict Minerals)	1	3	3	3	3	13
3		全球氣候變遷與臺灣生態	(歐盟 WEEE/RoHS/EuP/REACH)	1	1	2	2	1	7
4	環境關聯 (知識)	傳統石化產業對環境生態的衝擊	(簡樸生活)	2	2	2	2	3	11
5		PPCP、抗生素與環境賀爾蒙	(正確使用與正確廢棄)	2	3	2	2	3	12
6		塑膠產品	(正確使用與健康危害)	2	2	2	2	1	9
7		毒化物 VOCs, 重金屬	(環境累積，減少暴露)	2	1	2	2	3	10
8		綠色化學 12 項原則簡介介紹	-	3	2	2	3	3	13
9		再用原料與再生原料	(鑑別，綠色消費，回收行動)	2	2	3	3	3	13
10		食品安全	(正確食安知識，防腐劑，檢測標示，認證意義)	3	2	2	2	2	11

項次	構面	主題	內涵/目標	重要性0-3					
				A	B	C	D	E	總計
11		農藥	(合理用藥, 有機, 減少暴露)	2	2	2	1	1	8
12		生命週期評估與工業生態	-	1	1	1	2	3	8
13	永續環境 (技能、行動經驗)	環境友善行動	(綠色消費、簡樸生活)	3	3	2	3	2	13
14		化學物質安全	(SDS/GHS)	2	2	3	3	3	13
15		結合實務的綠色化學(北中南東)	-	3	2	3	2	3	13
16		實驗/習課程	(LD50、溫室效應、風險試算)	2	3	3	2	2	12

3.3.2 大專校院綠色化學之通識教育課程教材審查會議

8月31日教材審查會議於臺北市立大學辦理，邀請陳建智所長、陳叡瑜副教授、黃榮南教授、趙奕娣專任研究員4位委員，審查4門教材，設計課程為：(1)綠色永續化學概論、(2)農藥、(3)化學物質安全、(4)實驗/習課程（塑膠辨識）。

以下依照各教案紀錄委員之意見，以利後續教材編修。委員們皆建議教材課程須更深入浅出（生活化、口語化），多利用生活實例和新聞來傳達並灌輸正確觀念。

表 3.3-3 教材審查會議委員意見

教案一：綠色永續化學概論	
委員	意見
黃榮南教授	1. 課程可以多利用生活中的例子說明綠色永續化學的概念。

	例如：賜諾殺蟲劑為比較新型的殺蟲劑，曾經兩度獲得美國總統綠色化學挑戰獎，可以作為例子說明。
陳叡瑜 副教授	1. 建議教材更深入淺出，太深的內容應簡化及口語化後再放入教材。 2. 建議增加綠色化學生活化的例子。
陳建志 所長	1. 涵蓋範圍極大，建議盡量採用生活化的議題。 2. 例如綠色農業可說明臺灣的友善農耕及歐盟的低輸入永續農業。
趙奕婷 專任研究員	1. 學生為文法商專業的，綠色化學對其生活中的意義也很重要，臺灣化工產業發達，產業中不見得所有人皆具備專業背景，通識能簡單教導正確觀念。 2. 綠色化學已推行25年，並不容易，可在法律面上介紹全球法規上的發展，經濟面上提出使用綠色化學能夠獲利更多並改善環境案例。灌輸正確觀念，並非使用綠色化學就需要高成本，進行討論前端設計會使產能更有效率。 3. 教材中所介紹兩本參考書目，出版日期較舊缺少近代相關知識。 4. 可嘗試加入國際上的發展趨勢，例如，聯合國提出 2030 SDG 是非常重要的大框架，主要說明外界環境變化，討論如何利用有限資源持續發展，是對全球重要的議題。另外，美國總統化學獎中得獎實例也相當重要，如滅火器替代內容物等許多例子可參考。 5. 從新聞中還有生活中例子有許多的故事能夠加入，如眼鏡與化學的相關性、無包裝設計與綠色化學原理的部分。章節名稱綠色化學12原則過於專業，建議換為更平易近人的名稱。 6. 可提供相關參考資料。
教案二：農藥	
委員	建議
黃榮南 教授	1. 農藥使用臺灣偏高，但應強調臺灣氣候高溫潮濕，作物多元易生病蟲害，導致使用量偏多。如果以單一期作物為比較基礎，並沒有使用那麼多。

	2. 增加其它替代方案，如：植物源資材、生長調節劑、生物農藥。 3. 增加農藥殘留訂定流程與方式，並教導學生正確面對媒體報導有關農藥的訊息。並可藉以說明清洗蔬果的要訣。也可增加政府在農藥殘留的把關機制，包括防檢局及衛福部均有進行農產品之抽檢。 4. 補充說明劇毒性、高毒性或具有環境荷爾蒙作用的農藥均已被禁用，目前市場上流通之藥劑均屬於輕毒或低毒之藥劑。
陳叡瑜 副教授	1. 建議加強讓受教對象瞭解如何減少暴露，包括使用農藥時如何自我保護（學生家庭可能為農家或者是現代家庭會種植花草蔬果等植物），如何正確處理蔬果減少農藥暴露。 2. 建議加強如何減少暴露及中毒急救的簡明扼要作法。
陳建志 所長	1. 可加入農藥總類的演替過程，例如：氯-有機磷-氨基甲酸鹽...等，讓學生能瞭解主要農藥類型。 2. DDT部分使用以BHC為主。 3. 積極對策部分可依不同層級、單位列舉對策。
趙奕娣 專任研究員	1. 能否於課堂上進行模擬農藥檢測活動以增加學生印象。 2. 農業分為一般型、轉型期、有機型農業，分別介紹三者作法並說明其中差別，讓學生能更瞭解農業狀況。 3. 農業工作者明白使用農藥具危險性，對於其轉型有機農業優缺點加以說明。 4. 加入消費模式促成農藥的施行等現今社會整體實際情況。
教案三：化學物質安全	
委員	建議
黃榮南 教授	1. 內容可加入： (1) 環境衛生用藥，另勿將農藥使用於居家環境。 (2) 清潔劑。 (3) 塑膠製品。 2. 如何減少暴露/積極行為，請加入下列幾點：

	(1) 使用前詳閱注意事項，並遵守使用方法。 (2) 避免於密閉空間使用。 (3) 使用（購買）合格之產品，避免使用來源不明之產品。
陳叡瑜 副教授	1. 建議增加生活中的化學品項目，例如：清潔劑、消毒劑、乾洗劑、環境衛生用藥、化妝品（指甲去光水）、建材（甲醛）、塑膠用品...等。 2. 建議增加GHS的推動目的，是全球統一標誌，使全球的使用者都能透過相同標示，瞭解化學品的危害性，以利物品流通，減少貿易障礙。另建議增加介紹各種標示、符號以加強其認識各種標示。 3. SDS只須講重點，不須將16項都放置在簡報檔案中，可以給與網站連結，讓他們上網去觀看，當作作業。 4. 應加強如何減少暴露與緊急處置，但要強調生活面，不要用實驗室的方法。
陳建志 所長	1. 可由日常生活的模式列舉危害的化學物質。 2. 法規及物質安全資料表等資料概述即可。 3. 減少暴露積極作為部分可從生活化角度著手。例如：放置通風處及兒童取得不易之處...等生活化方向著手。
趙奕妤 專任研究員	1. 設計Q&A，引起動機使教學流暢。 2. 利用生活中的實例或是新聞事件於課堂上討論。 3. 分組查詢化學品注意事項，互相交流能加深課堂印象。
教案四：實驗課程（塑膠辨識）	
委員	建議
黃榮南 教授	1. 塑膠分類為相當重要的議題，但應落實到實際生活中的應用。政府部門、公家機關應帶頭進行。 2. 可以宣傳學生有複合產品，如包含有塑膠及鐵製品，如何處理。
陳叡瑜 副教授	1. 建議可用影片或實地參訪代替實驗。 2. 建議增加生活中塑膠品如何正確選擇、正確使用之內容。
陳建志 所長	1. 課程發展具備瞭解塑膠的分解相關問題 2. 通識課程要思考上課場域，及課程推行的可行性與安全性。

	3. 環保回收作業雜亂，是否可同時發展觸摸、目測等方式的實驗。 4. 找出目前回收作業實務。 動機及收斂要加上，評量部分也需要有。 2030年非塑家園的概念要加入。
趙奕婷 專任研究員	1. 如環境不適合做實驗可以利用影片來介紹或連結。 2. 為避免大眾對於塑化劑的疑慮，可介紹塑膠類製品加入塑化劑後的效果及用途。

3.3.3 戶外課程規劃

本計畫所規劃 8 場綠色化學通識課程中，其中規劃 4 場戶外課程。考量接受參訪與進行戶外學習並非一般企業之主要業務範圍，倘使規劃一般綠色化學卓有良效之工廠，未來各大專校院若參考本規劃課程進行參訪之規劃，可能會帶給企業相當程度之困擾。是故，本計畫所規劃之戶外學習對象，以經環保署認證之環境教育設施場所為優先。此 4 場教學規劃如下（表 3.3-4）：

表 3.3-4 戶外學習課程規劃說明

設施場所	說明
G-HOME技嘉永續生態屋頂	由計畫團隊與原教案設計團隊共同規劃既有方案，計畫團隊依據計畫範疇以及其相關聯性，給予原教案設計團隊綠色化學範疇，供其選擇合適內容規劃戶外學習教案。
中臺資源科技（股）公司環境資源教育中心	由計畫團隊與原教案設計團隊共同規劃既有方案，計畫團隊依據計畫範疇以及其相關聯性，給予原教案設計團隊綠色化學範疇，供其選擇合適內容規劃戶外學習教案。
焚化廠類	由計畫團隊針對一般焚化廠常見處理單元，設計通用性之戶外學習教案。
污水廠類	由計畫團隊針對一般污水廠（水資源再生中心）常見處理單元，設計通用性之戶外學習教案。

其中，考量既有通過認證的環境教育設施場所，與綠色化學相關的活動方案有限。故以典型的焚化廠類，以及污水廠類的設施場所，分別規劃一個簡易的教案。作為大專校院教師，選擇鄰近區域的設施場所，進行戶外學習的重要參考。

3.4 綠色化學通識課程教材試教

針對大專校院通識課程實際試教，課程規劃目標在於訂定綠色化學之教材與教學方法，由研析綠色化學內涵，繼而編寫教案與講授範例，課程核心能力包括培養綠色化學課程、教學與評量之知能、具備任教學科專業之知能以及整合綠色化學知識與教育理論之實踐能力。此外經由相關學界或產業間觀摩學習與討論，進而改善課程規劃設計，可為專業課程落實之參考。並預計實際教材試教後，獲得學生問卷回饋，主要希望調查學生在實際試教後之意見回饋，諸如希望學生對於校外教學之實際應用上希望以何種方式進行，以及於課堂上對於綠色化學 12 原則之實際認知程度等。

農藥教材試教由教材編纂人陳祖豐研發長於 10 月 11 日假臺北市立大學試教，綠色化學教材試教由徐宏德助理教授於 10 月 30 日假中原大學環境工程系課程及 11 月 16 日臺北市立大學通識課程試教。化學物質安全課程試教由任修平助理教授於 11 月 13 日和 11 月 16 日分別假中原大學環境工程系課程與綠色科技講座通識課程試教，11 月 21 日於臺北市立大學進行實驗課程塑膠辨識試教。以下詳細說明各課程試教之學生問卷回饋分析。

學生對於農業試教課程涉及之綠色化學 12 原則主要為：設計危害性低的化學合成、設計較安全的化學品、使用較安全的溶劑和反應條件、避免化學衍生物、設計使用後能分解的化學藥劑和產物、瞬時分析以防污染。而在綠色化學概論試教課程之學生回饋中，學生對於使用較安全的溶劑和反應條件、使用觸媒而非化學當量的藥劑、瞬時分析以防污染 3 項原則較不清楚。化學物質安全課程中，涉及設計危害性低的化學、使用較安全的溶劑和反應條件、使用較安全的溶劑和反應條件 3 項原則。實驗塑膠辨識課程學生認為涉及使用可再生的原料與避免化學衍生物 2 項原則。

表 3.4-1 教材試教問卷回饋統計

教材試教問卷 回饋統計	農藥 N(%)	綠色化學概論 N(%)		化學物質安全 N(%)		實驗塑 膠辨識 N(%)
		環工場	通識場	環工場	通識場	
樣本數(N)	36	46	38	55	40	15
1.未來希望舉辦哪種類型課程？						
搭配園區/廠區 實境導覽	36(100%)	30(65%)	27(71%)	33(60%)	27(68%)	6(40%)
其他	0(0%)	1(2%)	2(5%)	1(2%)	0(0%)	2(13%)
2.聽完此次授課，請問您覺得課程中涉及綠色化學 12 項原則為哪幾項？（可 多選）						
(1)防止廢棄物	20(56%)	39(85%)	36(95%)	24(44%)	18(45%)	7(47%)
(2)發揮最大的 原子經濟	7(19%)	36(78%)	35(92%)	21(38%)	2(5%)	2(13%)
(3)設計危害性 低的化學品	27(75%)	33(72%)	36(95%)	36(65%)	21(53%)	5(33%)
(4)使用較安全 的溶劑和反應 條件	27(75%)	33(72%)	35(92%)	36(65%)	19(41%)	7(47%)
(5)使用較安全 的溶劑和反應 條件	25(69%)	26(57%)	37(97%)	43(78%)	29(73%)	8(53%)
(6)增加能源效 率	10(28%)	35(76%)	37(97%)	20(36%)	3(8%)	5(33%)

表 3.4-1 教材試教問卷回饋統計（續）

教材試教問卷 回饋統計	農藥 N(%)	綠色化學概論 N(%)		化學物質安全 N(%)		實驗塑膠辨識 N(%)
		環工場	通識場	環工場	通識場	
樣本數(N)	36	46	38	55	40	15
(7)使用可再生的原料	18(50%)	39(85%)	36(95%)	22(40%)	7(18%)	10(67%)
(8)避免化學衍生物	27(75%)	39(85%)	36(95%)	40(73%)	20(50%)	11(73%)
(9)使用觸媒而非化學當量的藥劑	19(53%)	26(57%)	37(97%)	25(45%)	10(25%)	3(20%)
(10)設計使用後能分解的化學藥劑和產物	30(83%)	34(74%)	37(97%)	26(47%)	15(38%)	5(33%)
(11)瞬時分析以防污染	25(69%)	24(52%)	35(92%)	26(47%)	11(28%)	1(7%)
(12)使發生意外的可能降到最低	22(61%)	32(70%)	37(97%)	40(73%)	18(45%)	6(40%)
3. 能夠增進自我綠色化學相關知識提升						
非常同意	14(39%)	26(57%)	21(55%)	29(53%)	18(45%)	6(40%)
同意	17(47%)	19(41%)	6(42%)	24(44%)	22(55%)	8(53%)
普通	5(14%)	1(2%)	1(3%)	2(4%)	0(0%)	1(7%)

表 3.4-1 教材試教問卷回饋統計（續）

教材試教問卷 回饋統計	農藥 N(%)	綠色化學概論 N(%)		化學物質安全 N(%)		實驗塑 膠辨識 N(%)
		環工場	通識場	環工場	通識場	
樣本數(N)	36	46	38	55	40	15
4. 主題與內容相符						
非常同意	16(44%)	33(72%)	22(58%)	36(65%)	23(58%)	10(67%)
同意	18(50%)	12(26%)	15(39%)	17(31%)	16(40%)	3(20%)
普通	2(6%)	1(2%)	1(3%)	2(4%)	1(3%)	2(13%)
5. 主題是否淺顯易懂，能夠適當的吸收知識						
非常同意	15(42%)	29(63%)	23(61%)	42(76%)	25(63%)	5(33%)
同意	15(42%)	11(24%)	15(39%)	13(24%)	13(33%)	8(53%)
普通	6(17%)	6(13%)	0(0%)	0(0%)	2(5%)	2(13%)
6. 主題設定佳，因合乎自身需求						
非常同意	11(31%)	25(54%)	21(55%)	38(69%)	25(63%)	2(13%)
同意	18(50%)	11(24%)	13(34%)	15(27%)	13(33%)	9(60%)
普通	7(19%)	10(22%)	4(11%)	2(4%)	2(5%)	3(20%)
7. 講師講說清楚明瞭，易於理解						
非常同意	17(47%)	29(63%)	23(61%)	42(76%)	27(68%)	8(53%)
同意	17(47%)	12(26%)	15(39%)	12(22%)	12(30%)	3(20%)
普通	2(6%)	4(9%)	0(0%)	1(2%)	1(3%)	3(20%)

表 3.4-1 教材試教問卷回饋統計（續）

教材試教問卷 回饋統計	農藥 N(%)	綠色化學概論 N(%)		化學物質安全 N(%)		實驗塑 膠辨識 N(%)
		環工場	通識場	環工場	通識場	
樣本數(N)	36	46	38	55	40	15
不同意	0(0%)	1(2%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(7%)
8. 本研習會之講師用心準備，獲益良多						
非常同意	17(47%)	34(74%)	23(61%)	45(82%)	25(63%)	7(47%)
同意	16(44%)	10(22%)	15(39%)	8(15%)	14(35%)	6(40%)
普通	3(8%)	2(4%)	0(0%)	2(4%)	1(3%)	2(13%)
9. 講師與觀眾有良好的互動，耐心回答觀眾之提問						
非常同意	17(47%)	22(48%)	22(58%)	44(80%)	25(63%)	9(60%)
同意	13(36%)	16(35%)	14(37%)	10(18%)	15(38%)	5(33%)
普通	6(17%)	7(15%)	2(5%)	1(2%)	0(0%)	1(7%)
10. 課程內容吸引我的注意						
非常同意	7(19%)	21(46%)	17(45%)	42(76%)	27(68%)	6(40%)
同意	16(44%)	16(35%)	14(37%)	11(20%)	11(28%)	6(40%)
普通	14(39%)	8(17%)	7(18%)	2(4%)	2(5%)	2(13%)
不同意	0(0%)	1(2%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
非常不同意	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(7%)

表 3.4-1 教材試教問卷回饋統計（續）

教材試教問卷 回饋統計	農藥 N(%)	綠色化學概論 N(%)		化學物質安全 N(%)		實驗塑 膠辨識 N(%)
		環工場	通識場	環工場	通識場	
樣本數(N)	36	46	38	55	40	15
11. 授課後，對於「綠色化學」的基本認知是否清楚						
非常同意	10(28%)	25(54%)	18(47%)	30(55%)	21(53%)	3(20%)
同意	18(50%)	18(39%)	17(45%)	22(40%)	14(35%)	5(33%)
普通	8(22%)	3(7%)	3(8%)	3(5%)	5(13%)	6(40%)
不同意	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(7%)
12. 授課後，對於「綠色化學 12 條原則」認知是否清楚						
非常同意	7(19%)	29(63%)	16(42%)	27(49%)	18(45%)	2(13%)
同意	17(47%)	15(33%)	17(45%)	22(40%)	15(38%)	5(33%)
普通	11(31%)	1(2%)	5(13%)	6(11%)	7(18%)	6(40%)
不同意	1(3%)	1(2%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(7%)
非常不同意	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(7%)

表 3.4-1 教材試教問卷回饋統計（續）

問卷回饋統計	農藥 N(%)	綠色化學概論 N(%)		化學安全物質 N(%)		實驗塑膠 辨識 N(%)
		環工場	通識場	環工場	通識場	
樣本數 (N)	36	46	38	55	40	15
13.	農藥的毒性， 可以經由皮膚 接觸被人體吸 收。	化學與我們日常生 活息息相關。天然 的食品，還是都含 有化學物質		當拿到任何一項 化學物品時，我 會詳閱化學品的 標示		我能夠瞭 解不同種 類的塑膠 用途
非常同 意	14(39%)	37(80%)	27(71%)	34(62%)	21(53%)	4(27%)
同意	17(47%)	8(17%)	10(26%)	15(27%)	16(40%)	5(33%)
普通	4(11%)	1(2%)	0(0%)	5(9%)	3(8%)	4(27%)
不同意	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	2(13%)
14.	農藥殘留並不 等同農藥超標	我在購買產品時， 會關注是否為綠色 產品		在路上看到運載 化學物品車子 時，我看得懂上 面化學品的圖示 所代表的意義		本次實驗 能夠加深 我對塑膠 材質的認 識
非常同 意	12(33%)	23(50%)	16(42%)	30(55%)	17(43%)	4(27%)
同意	15(42%)	15(33%)	15(39%)	18(33%)	19(48%)	8(53%)
普通	6(17%)	8(17%)	7(18%)	6(11%)	4(10%)	0(0%)

表 3.4-1 教材試教問卷回饋統計（續）

問卷回 饋統計	農藥 N(%)	綠色化學概論 N(%)		化學安全物質 N(%)		實驗塑膠 辨識 N(%)
		環工場	通識場	環工場	通識場	
樣本數 (N)	36	46	38	55	40	15
不同意	3(8%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(7%)
15.	目前符合國內管制的農藥，對人體危害較輕，也相對不易殘留。但是非法進口的偽藥則可能有相當的危害性。	購買產品時，我會選擇具有環保標章的產品		我能瞭解未正確分類塑膠廢棄物會造成人力與資源的浪費		我能瞭解未正確分類塑膠廢棄物會造成人力與資源的浪費
非常同意	16(44%)	29(63%)	16(42%)	35(64%)	22(55%)	7(47%)
同意	14(39%)	10(22%)	17(45%)	19(35%)	15(38%)	5(33%)
普通	4(11%)	7(15%)	5(13%)	1(2%)	3(8%)	1(7%)
不同意	2(6%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)

表 3.4-1 教材試教問卷回饋統計（續）

問卷回 饋統計	農藥 N(%)	綠色化學概論 N(%)		化學安全物質 N(%)		實驗塑膠 辨識 N(%)
		環工場	通識場	環工場	通識場	
樣本數 (N)	36	46	38	55	40	15
非常不 同意	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(7%)
16.	化學與我們日 常生活息息相 關。天然的食品，還是都含有化學物質	日常生活，我願意 使用回收再製產品		不相容之化學物 質若放在一起可 能會產生劇烈的 化學反應		購買產品 時，我會 選擇具有 環保標章 的產品
非常同 意	15(42%)	31(67%)	23(61%)	36(65%)	25(63%)	10(67%)
同意	14(39%)	10(22%)	15(39%)	16(29%)	14(35%)	4(27%)
普通	7(19%)	5(11%)	1(3%)	3(5%)	1(3%)	1(7%)

第四章 國外研討會心得及國內外學者訪談紀錄

本章節說明工作項目二『建立綠色化學大專教育推動課程策略及建立國際環境教育綠色化學鏈結』，藉由訪談國內外專家學者，探討國內外可行之綠色化學推動策略及實際執行方面等建議，作為本工作團隊建立課程推動策略之重要資料。

4.1 節說明參與美國第 22 屆綠色化學研討會，瞭解國外相關化學教育背景與產業界實施成果，4.2 節為訪談國外專家學者之紀錄，以瞭解綠色化學在美國和德國大學教育情況，作為設計國內大專校院綠色化學之教育課程教材參考。4.3 節為與國內學者訪談紀錄，瞭解推動綠色化學課程推動之策略、成果及曾遭遇之困難，綜整經驗產出推動課程策略規劃及做法。

4.1 國外研討會心得

本團隊代表於今年 6 月 17 日至 20 日參加在美國俄勒岡州波特蘭市 (Portland, Oregon) 舉行的第 22 屆國際綠色化學&工程研討會 (GC&E)，會議主題為「使用綠色化學品進行產品創新 (Product innovation using greener chemistries)」，主要為綠色化學在教育及產業之創新作為及理念並提供指導等主題，希望後續參與此國際研討會可與相關國際學者學習會上討論主題，並討論其相關教育推動經驗及困難。

以下列表說明參與 6 場會議—對發展中國家指導綠色化學的推廣與實施、綠色化學教育、研究與創新的系統思維導論、綠色化學與工程原理的工業應用、華盛頓州乾洗業概況-探索更安全清潔方法的激勵措施、培養綠色「化學樹」、綠色化學創新課程：Rapid Fire Session—之細節（表 4.1-1）：

表 4.1-1 研討會議說明

會議主題	主講人	說明
對發展中國家指導綠色化學的推廣與實施	Paul Anastas， Yale-UNIDO 由 Global Environmental Faculty成立	特別強化綠色化學的溝通，做了以下努力： • 一日意識培養研討會 • 5日培訓輔導員講習班 • 大學課程：教育新生代化學家 • 技術簡報：綠色化學科技 • 指導文件：推進綠色化學不同領域的路線圖

會議主題	主講人	說明
綠色化學教育、研究與創新的系統思維導論	Jim Hutchison	每個系統都需要一個明確的理由，且單元之間應該要有連結與回饋，才能有效運作系統，其中介紹設計給化學家的課程範例： • 咖啡豆 • 藥物實驗設計 • 乾洗業
綠色化學與工程原理的工業應用	Thomas McKeag, Barbara J Henry	• UC Berkeley 綠色化學中心著重於綠色greener solution course：教育和研究 • 著重於從源頭產製更安全的產品，而非在後續程序及工程控制面。 • 近期研究使用新式科技，導入現有紡織產品，使其防水防油。如使用氟化物於外套織品。研究團隊近期呼應PFCs毒害環境之議題，在WL Gore產品設計中以其他低毒性取代物來替代 PFCs-EC。
華盛頓州乾洗業概況-探索更安全清潔方法的激勵措施	Myles Perkins	• 針對華盛頓州乾洗業之環境衝擊進行評估，調查乾洗業者對替代方案之認識程度 • 發現當地乾洗業以國外移工及族群經營為多（80%以上為韓裔），因此在訪談上有語言上的問題，另乾洗業人員亦不清楚化學品替代知識，在清潔力及成本亦為採用清潔溶劑考量因素。 • 未來發展上建議支持廢棄物管理制度，要考慮能源損耗，支持安全替代品（選擇 hydrocarbon solvent或是濕式洗滌取代現存四

會議主題	主講人	說明
		氯乙烯)
培養綠色『化學樹』(Nourishing the Green ChemisTREE)	Julie Zimmerman	- 綠色化學在過去20年間發展，並逐漸成長，這可由研究發表論文的數量所證實。 - 溶劑為綠色化學重點分支之一 - 為了達到綠色化學的目標，近代碳氫化合物的使用逐漸增加。 - 現代綠色產品研究已獲得資助。 - 綠色化學實施最大的挑戰：如何在環境社會中量化其利益？ - 綠色化學的目的不僅僅是擴充基本原則。 - 應從各方關注如利益關係人的重點來推動綠色化學，進行市場行銷。 - 綠色化學需要更多領域的合作與導入資訊，有助推動。有時不以綠色化學行銷，以生活語言來導入觀念及行銷。 - 教育化學專業人員關注世界走向大眾議題，有助事業提升。 - 綠色化學產業及工作發展，用來引導學生學習更廣的化學教育。
綠色化學創新課程：Rapid Fire Session	Jane Wissinger, Michael Wentzel	- 增進對綠色化學知識的方法之一為閱讀法表的期刊論文，以啟發學生進行研究 - 為了提升能源效率，熱力學和動力反應學知識是很重要的。 - 教師要給予化學系學生職業觀點。 - 為使能源更有效運用，需要實施生命週期評估。

研討會整體觀察：

1. 藥品設計、美妝、清潔劑、生活品設計、乾洗業為美國目前較多探討的議題。
2. 研討會公務單位人員出席不多，主要以學術界、廠商為主。產學研究很多。P&G、藥廠代表、中小企業輔導組織出席。
3. 鼓勵廠商贊助研討會：如：Millipore、Sigma（圖 4.1-1）
4. 多位專家建議可參考於國際上較為廣泛使用之教材如 Julie Haack, Beyond Benign 的教材。



圖 4.1-1 研討會贊助商（左）與攤位照片（右）

4.2 國外學者訪談

已訪談 2 位德國學者 (Burkhard König, Daniel Pleissner) 與 3 位美國學者 (Jim Huchison, Paul Anastas, Julie Zimmerman) ，表 4.2-1 為各學者之資料。2 位德國學者訪談為填寫問卷方式。

表 4.2-1 國外訪談學者資料

國家	姓名	學校單位	專業
德國	Burkhard König	雷根斯堡大學 有機化學研究所	光化學反應、醫藥化學
德國	Daniel Pleissner	呂訥堡大學 永續化學與環境化學研究所 (INUC)	資源利用效率
美國	Jim Huchison	俄勒岡大學 化學與生物化學系	有機、有機金屬和材料化學
美國	Paul Anastas	耶魯大學 綠色化學與綠色工程中心	在非危險和環境友好的化學品設計和製造方面的開創性工作而被廣泛稱為「綠色化學之父」。永續發展科學和環境保護創新的倡導者
美國	Julie Zimmerman	耶魯大學 化學與環境工程系 綠色化學與綠色工程中心	應用綠色化學與工程、良性替代化學物質評估

表 4.2-2 德國學者 Burhard Koenig 訪談問卷紀錄

訪談主題	內容	回應
國家政策及法律支持	貴國是否有支持永續發展之綠色化學相關政策？	是的，政府發起許多關於永續化學的計畫，支持學術和應用技術上的研究。
	您對於這些法令政策的意見為何？	在學術研究和永續化學方面的意識提升，但在技術移轉至工業應用上速度仍緩慢。
教學方法	您對於綠色化學教育有效之方法為何？	永續化學教學必須加入現有的化學課程中。
	您是否有綠色化學之教學經驗？	在德國10所大學有超過10年在有機合成實驗教學經驗
教學經歷	您教綠色化學課程的動機？	課程啟發學生著手解決世界上實際和重要的問題挑戰。
	您對於綠色化學主題課程的建議？	可將綠色化學課程實施在有機化學實驗教學中，對於進階的學生可利用專題討論方式探討更專業的主題。
	是否有推薦的教材參考書或是其他教材資料？	教學資源網站： www.oc-praktikum.de 教材已翻譯成10種語言，可供參考。
	您認為選修綠色化學課程的學生應該有相關特定背景嗎？	學生需要通過普通化學、無機化學、物理化學、分析化學、有機化學課程。
教學挑戰	您如何衡量學生的課程能力？	考試
	經過授課後，學生是否更	多少對於化學製程或化學

訪談主題	內容	回應
	注重綠色化學？	品永續性評估、分析的意識提高
	對於搜尋教材上是否遇到困難？ 學生對於綠色化學課程是否缺少興趣？	無，我們自行設計教材。 學生對綠色化學興趣高。
	綠色化學授課是否遇到困難？	無
對新設立高等教育系統綠色化學教育之建議	教學材料建議	教學資源網站： www.oc-praktikum.de 德國工業實例介紹
	準備綠色化學課程的建議	視學生程度而定，可為講課、研討會、實驗課形式。最好是能與現有的課程結合。
	哪些領域學生建議選取綠色化學課程（例如：具有化學背景的學生）	想要成為老師（任何年級）、或是未來想在產業界工作的學生（大二以上到碩士班）。 做合成與催化研究的博士班學生
	教學評量建議方式	學生的回饋。若是可能，可進行長時間評估（當他們已在從事研究的工作），這可顯示此課程對學生長時間的影響程度。
	教學方法建議	視課程種類而定，必須為互動式課程。可撥放短片欣賞。若為通識課程，可讓學生分組討論並報告。

表 4.2-3 德國學者 Daniel Pleissner 訪談問卷紀錄

訪談主題	內容	回應
國家政策及法律支持	貴國是否有支持永續發展之綠色化學相關政策？	是的，歐盟有制定相關政策，如：REACH，支持永續發展。
	您對於這些法令政策的意見為何？	非常有用，如 REACH 迫使公司從事綠色學品的工作業務。
教學方法	您對於綠色化學教育有效之方法為何？	1. 認為綠色化學和永續化學是有差異的：綠色化學著重在反應，永續化學探討從來源到成品、回收整個鏈結。 2. 認為永續化學課程是更有效的。
	您是否有綠色化學之教學經驗？	有永續化學教學經驗，主要探討生物基解決方法，如塑膠與現有的缺點。
教學經歷	您教綠色化學課程的動機？	永續化學教學可向學生介紹事實真相，例如：生質基質產品不比常規生產的產品對環境友善。這總是關於資源和回收的方面。
	您對於綠色化學主題課程的建議？	教導學生在以石化為基礎的社會中，回收生質基產品的困難性是很有

訪談主題	內容	回應
		趣的。 若沒有對於物品的回收或焚化，就不會有永續發展性。使學生對於綠色產品和觀念有正確的判斷力。
	是否有推薦的教材參考書或是其他教材資料？	從近期期刊及出版資料著手，並探討『永續解決方法』的缺點。教材類別為能源再生、材料利用等。
	如何得到授課學生的回饋？	安排期末考試，並讓學生進行口頭報告，以得知他們是否瞭解上課內容。
	您認為選修綠色化學課程的學生應該有相關特定背景嗎？	1. 對於綠色化學，學生需要化學背景。 2. 對於永續化學，學生背景可為生物、生科、環工和化學背景。
教學挑戰	經過授課後，學生是否更重綠色化學？	有
	對於搜尋教材上是否遇到困難？	否
	學生對於綠色化學課程是否缺少興趣？	
	綠色化學授課是否遇到困難？	否

訪談主題	內容	回應
對新設立高等教育系統綠色化學教育之建議	教學材料建議	綠色化學和永續化學最新的發展。
	準備綠色化學課程的建議	帶學生認識永續觀念和其產品為一種好的教學方法。
	哪些領域學生建議選取綠色化學課程（例如：具有化學背景的學生）	選修綠色化學課程學生須具備化學背景，而選修永續化學學生可為不同領域背景。
	教學評量建議方式	期中、期末考試作為評量。
	教學方法建議	課程為互動式，使學生能提出對於課程主題不同的意見並進行開放討論。

表 4.2-4 美國學者 Paul Anastas 訪談問卷紀錄

訪談主題	訪談討論說明
國家政策及法律支持	為求推動綠色化學，需與化學相關之政府部門接觸溝通，目前美國並無相關法律政策。
教育經歷	辦理許多研討會、工作坊、綠色化學科技產業等推廣會議，並建立綠色化學大學課綱
執行困難	困難度在於使社會大眾認識綠色化學。
對新設立高等教育系統綠色化學教育之建議	1. 開放收集綠色化學教育經驗及想法 2. 辦理大學綠色化學推動影片競賽，補助得獎者可參加國際研討會
其他建議	認為在推動教育上，提高使用綠色化學物質的意識是重要的，並且為了實施綠色化學計畫，必須提供綠色技術輔以支持。且從政府層面考量，若以永續發展為目的，從綠色化學延伸制定具體法律較為合適。

表 4.2-5 美國學者 Julie Zimmerman 訪談問卷紀錄

訪談主題	訪談討論說明
國家政策及法律支持	美國目前並無相關法律政策。
教育經歷	將綠色化學和綠色工程原理應用於產品、工程和系統的創新設計；評估良性替代化學品和材料；政策設計和永續分析，特別是為發展中的社區開發水處理技術。
執行困難	認為綠色化學實施的最大挑戰是如何量化社會對環境的利益，且綠色化學重要原則並不僅涉及化學，其包含甚廣。
對新設立高等教育系統綠色化學教育之建議	1. 綠色化學需要更多領域的合作與導入資訊，有助推動。有時不以綠色化學行銷，以生活語言來導入觀念及行銷。 2. 教育化學專業人員關注世界走向大眾議題，有助事業提升。 3. 綠色化學產業及工作發展，用來引導學生學習更廣的化學教育。
其他建議	1. 為實現綠色化學目標，最近開始使用碳氫化合物，現在許多關於清潔生產的研究已經獲得資助。可以目前世界注意相關議題著手，提升大眾關切度予以推廣。 2. 願意來臺灣演講。

表 4.2-6 美國學者 Jim Huchison 訪談問卷紀錄

訪談主題	訪談討論說明
國家政策及法律支持	美國目前並無相關法律政策。
教育經歷	更綠色的奈米科學，高性能並更綠色的奈米材料和奈米製程。
執行困難	學生回饋非常重要，可以修正問題與方向。
對新設立高等教育系統綠色化學教育之建議	1. 系統性思考導入專業化學教育及產品 2. 設計之面向，由實驗、實驗桌、實驗室、教室與地球，更周全的綠色化學教育有助產品設計、行銷及未來推廣可用性。 3. 在跨學科交流思想方面，繪圖很有幫助。
其他建議	通過回饋，可以獲得有關綠色化學的信息，並幫助創造出更好的成果。

綜整五位國外學者之訪談內容：

1. 於歐盟地區政府已有制定相關政策，如：REACH，支持永續發展，政府發起許多關於永續化學的計畫，支持學術和應用技術上的研究。而美國目前還未有相關政策實施，Paul Anastas 認為若以永續發展為目的，從綠色化學延伸制定具體法律較為合適。
2. 德國學者認為綠色化學應融入現有化學課程中，美國學者提及綠色化學在社會上推動之困難性，認為綠色化學實施的最大挑戰是如何量化社會對環境的利益
3. 在學術研究和永續化學方面的意識提升，但在技術移轉至工業應用上速度仍緩慢。

4.3 國內學者訪談

已訪問 5 位國內學者，列表為各學者之資料（表 4.3-1）。以下將訪談資料彙整為表格式說明。

表 4.3-1 國內訪談學者資料

訪談時間	姓名	學校	職稱	專長	訪談影片網址
7/12	周芳妃	北一女中化學科	教師	化學實驗：替代毒化物、綠色化學創意競賽、微量化學實驗	https://www.youtube.com/watch?v=_PcDlqgnWjA
7/18	劉廣定	國立臺灣大學化學系	名譽教授	液晶（合成與取代基效應）、物理有機化學（溶離反應活性）、科學史、永續化學教育	https://www.youtube.com/watch?v=pd85xc5VDYU
7/19	蔡朋枝	國立成功大學工業衛生學科暨環境醫學研究所	教授	作業環境工程控制方法之評估與設計、噪音管理與控制、工業安全衛生政策法令政策之研究、熱傷害評估與控制、空氣污染控制、環境測定與健康危害風險評估	https://www.youtube.com/watch?v=Ihbiz45LXFE
7/23	張子超	國立臺灣師範大學	教授	環境價值觀與環境典範轉移、環境教育與教育改	https://www.youtube.com/watch?v=YZtnrcqvW4o

訪談時間	姓名	學校	職稱	專長	訪談影片網址
		環境教育研究所		革〈九年一貫課程〉、永續發展的理念內涵與課程發展、環境教育互動式學習理論與網站規劃	
7/30	黃琴扉	國立高雄師範大學 科學教育暨環境教育研究所	助理教授	環境教育、環境教育師資培育、化學教育與環境教育	https://www.youtube.com/watch?v=LaSeMuR8-Mc https://www.youtube.com/watch?v=siCaHWx1FfQ

表 4.3-2 訪談專家學者建議回覆表-周芳妃老師
(主題：高中化學實驗經驗分享)

訪談主題	訪談討論說明
教育方法	以化學正課中融入，減廢減量等觀念與做法示範教學。並讓學生對實驗產生興趣。
教育經歷	1. 於民國75年教書至今，目前於北一女中就職化學老師教授實驗課，主要以替代實驗為主。 2. 因民國99年地震爆發之毒化物影響事件，故而朝減毒減廢之教育方向進行。 3. 建議從原訂課程內容改善。 4. 微量實驗（藍印術）、點滴實驗、酒精凍、晶體等學生感興趣且較為安全為主。 5. 欲選修下學期課程，須填寫教學評量以取得回饋。 6. 課前預習。
執行困難	1. 須控制人數。 2. 設計學生有興趣的課程，使其先有知覺。 3. 開課情況良好，需要課程內容調整及去化，人力較為吃緊。 4. 學生想法及創意很多，但需要由廣至精，學習力才能達標。
對新設立高等教育系統綠色化學教育之建議	1. 減廢減量實驗，有興趣。 2. 課前預習。 3. 製作海報、學生互評方式。 4. 小論文創作，建立獨立研究能力。

表 4.3-3 訪談專家學者建議回覆表-劉廣定教授
(主題：臺灣永續化學教育)

訪談主題	訪談討論說明
教育方法	認為要從科學教育先開始，並且不只是化學、物理、生物分開進行，所有課程都需要實施，並且以實例說明示範為重要項目。
教育經歷	1. 在科學院連續寫了三年永續化學與生活，前前後後寫了15篇。主要教有機化學，於2002開始教永續化學的通識課程，2006年退休。 2. 臺灣一開始沒有人推動與永續發展有關的課程，因此一開始專門給文組學生上課，教一些基本化學原理，告訴他們跟日常生活怎麼配合。 3. 可參考國外最新的教科書、研究、雜誌等，因為環境一直在變，太久以前的知識放在目前的環境下可能已不再適用。 4. 課程內容提及替代實驗，改變實驗過程或使用原料，但學生在實際操作上，因為指導老師不這麼做，學生就會依照舊有的方式，不會改變作法。
執行困難	1. 學生會主要著重學分需求或是與論文相關的內容，其他課程興趣較少。 2. 在教導替代實驗部分時，學生會反應與他們教授做法不同，或是以傳統方式就好了，新方法卻還要花一段時間去鑽研。 3. 每年3月22日是聯合國的「世界水資源日」(World Water Day)，臺灣卻少有人知曉，在永續方面很多觀念感覺沒有推動成效。
對新設立高等教育系統綠色化學教育之建議	1. 永續化學需要與生活日常結合，以實例說明是很重要的。永續發展一定要從科學教育先開始，翻譯名詞要把意義抓對。 2. 課程的準備，就算教了二、三十年，一樣每天都會做準備，每年都會更新內容。 3. 教材跟內容比教學方法重要。只要有興趣，人人都可以瞭解學習。 4. 對一個高年級生，可以教很詳細的內容，可是若對於大學一年級的新生同學，認為可以著重教導觀念，並在教課時用實例，跟永續發展相關的實例代替課本上的內容。

表 4.3-4 訪談專家學者建議回覆表-蔡朋枝教授
(主題：化學教育的跨域與系統性思考)

訪談主題	訪談討論說明
教育重點	1. 職業安全衛生化學類至少要知道化學品是什麼，從化學品的分類可分成三類：健康危害化學品、物理性危害化學品、環境危害化學品，讓學員們先知道化學品是什麼，危害是什麼。 2. 永續化學教學的概念，應該在學校的時候就根治在學生的身上，那未來在進入業界之後才能發揮、落實。 3. 永續化學如果可以擴充到比較大的面，不只談一個化學品安全的問題，應該從化學的危害去選擇，怎麼決定它的操作步驟、實驗步驟，操作時應注意及需要帶的防護具，讓學生從頭學到一個完整的東西，之後學習怎麼善後，廢水、空污怎麼處理等。 4. 化學品本來就有危害，怎麼去做危害管理與控制在可接受的範圍，且事業單位會選擇什麼樣的製程。
教育方法	1. 通識課程從危害的概念，危害認知、危害辨識、危害評估、危害控制，先講大概原理並舉例，讓一般的人對此有概念。 2. 管制性化學品、跟毒化物質有什麼不一樣，這中間有什麼關係，那政府在做這些事情的時候也各自為政，所以我覺得應該要找到一致的方法。

表 4.3-5 訪談專家學者建議回覆表-張子超教授
（主題：綠色化學的倫理與正義）

訪談主題	訪談討論說明
教育重點	1. 綠色化學其教學重點，對高中來說，是在化學課程當中，特別是實驗室，如何降低減少實驗過程中使用化學物質，以及對健康或環境的衝擊。 2. 綠色化學重點即為在化學課程或實驗室中，如何達到所謂的綠色環保。 3. 綠色化學的重點不在最後管末，不要讓這些物質被環境衝擊，在開始談化學就要思考，化學這一學科目的為何，想學習什麼，可從這個角度來思考化學的內容，並探索環境現況的問題其應解決的責任跟義務
教育方法	1. 化學物品使用的減量 2. 改變化學實驗時用的藥品，想要學習某一個概念可以有所選擇，藥品可以從比較沒有毒性的替代有毒性的物質 3. 更改學習的主題，有些主題不必要的或是有毒化學品用太重的，我們可以刪改這個主題 4. 也可以數位的方式來替代實際化學藥品操作，以降低有毒化學物質對環境的衝擊
課程倫理想法	1. 一個學科不僅滿足人類的一種欲望或是獲得新知的課程，反過來在滿足的前提應該是一種責任，所以這個學科應該是在探究各種知識包括實驗時，要把環境或永續當作課程最終指導性的依據 2. 從化學的角度來看，我們所知道的一些責任、衝擊如何回過來思考，跟人類探索未知中間的價值如何去取得平衡，這是通識最可以思考的 3. 綠色化學談的應該不是減量，而是要從頭說明化學如何與綠色結合，那這時化學的知識就應該有些不一樣的思維

表 4.3-6 訪談專家學者建議回覆表-黃琴扉教授
(主題：國中小學綠色化學教材與教學經驗分享)

訪談主題	訪談討論說明
教育重點	整合科教和環教教學，使學生不僅得知科學知識，也具有對環境熱誠態度，認為科教與環教是相輔相成的。
教育經驗	1. 中小學科教經驗為主 2. 整合科教和環教教學
教育方法	中小學活動依不同層次設計生活小實驗（從youtube現有實驗做改良），如鹽水發電，帶進化學教育。
對新設立高等教育系統 綠色化學教育之建議	1. 化學教育要推廣到普遍民眾，國中程度的課程較適合，主要包含：氧化還原、有機化合物，空氣、水溶液。 2. 可由實驗帶入化學教育。 3. 教育界跟產業界應該要有一個平起的會談，讓學生們瞭解目前產業推動綠色化學的現況，未來在職場上能發揮影響力。

綜整五位國內學者教育建議之訪談結果：

1. 綠色（永續）化學教學可從生活或實驗中導入，以增加學生之學習興趣。
2. 對於大學新生或非化學專業學生，可以著重教導觀念，並在教課時用與永續發展相關的實例補充教科書的知識。
3. 教育界跟產業界應該要有一個平起的會談，讓學生們瞭解目前產業。
4. 推動綠色化學的現況，未來在職場上能發揮影響力。

第五章 廠商訪談

本章節主要進行 30 家產業個別訪談，以瞭解產業現況、特色與困境，並彙整產業應用綠色化學之成果，研析與國內大專校院教育關聯重點，針對綠色化學未來因應產業發展可在大專校院之專業課程落實的設計規劃策略。

5.1 產業應用綠色化學成果，蒐集彙整分析產業實際應用綠色化學成果資料，以問卷面訪方式瞭解產業對於綠色化學相關推動策略與成果，分析產業現況、特色及執行之困難。未來可參融入綠色產業相關成果、製程概念能契合本計畫內涵。5.2 訪談行前準備與標準作業程序，5.3 為訪談成果，說明各產業綠色化學執行成效與環境績效，並將各廠商回覆之訪談意見調查表進行彙整並綜合性分析。

5.1 產業應用綠色化學成果

本計畫產業訪談名單參考依據：國內綠色工廠標章 (Green Factory, GF) 獲證廠商、符合清潔生產評估系統符合性判定 (Cleaner Production, CP) 廠商、或是產業相關概念、製程、成果能契合本計畫內涵，未來可參採融入綠色化學教育課程者；彙整國內應用綠色化學成果之事業機構，並由環保署化學局選定 30 家訪談名單。

綠色化學於化學工程技術上是把化學工程的科學知識轉換成產品技術，面對如化工技術待突破、環保訴求提高、石油價格高漲等挑戰，若能利用傳統化工產業上的多年經驗綠色材料，將能在高油價時代，以其可環保性與經濟的訴求下，發展為另一具潛力與商機的新興產業。本計畫為達設計綠色化學課程簡報之目的，將蒐集彙整分析產業實際應用綠色化學成果資料，以問卷面訪方式瞭解產業對於綠色化學相關推動策略與成果，分析產業現況、特色及執行之困難。未來可參融入綠色產業相關成果、製程概念能契合本計畫內涵。

5.2 訪談行前準備與標準作業程序

本計畫除進行必要之一般行前規劃外，為有效掌握工作進度、達到最佳之執行工作效率及服務品質，訂定一套標準作業程序，圖 5.2-1 為產業訪談標準作業程序流程圖、訪談事業機構行前相關工作流程如圖 5.2-2 所示，產業訪談時程如表 5.2-1。環保署化學局選定 30 家訪談名單與行程見表 5.2-2。

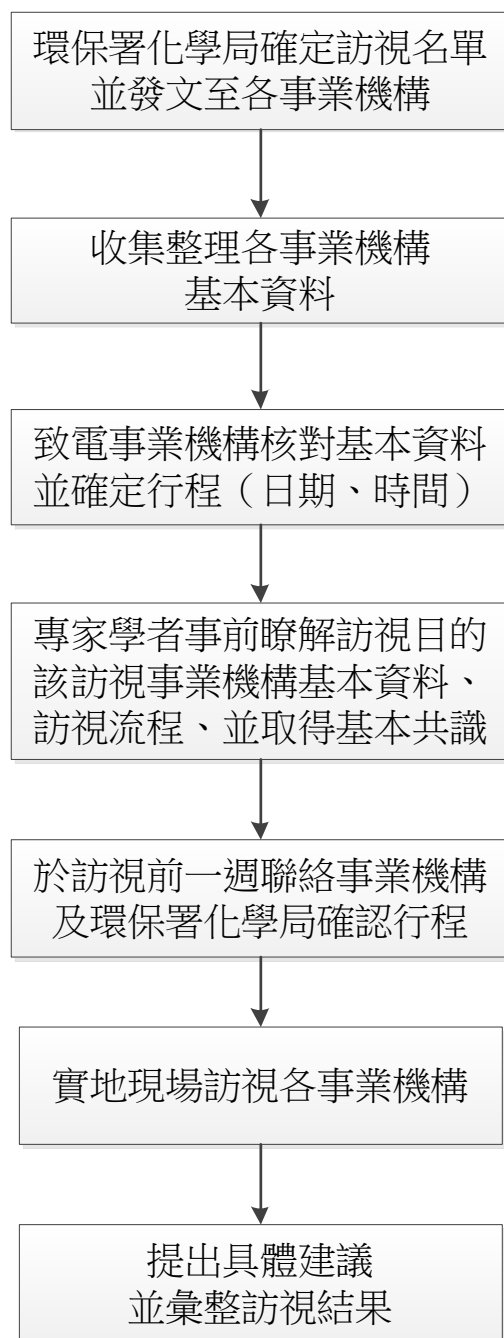


圖 5.2-1 產業訪談標準作業程序流程圖

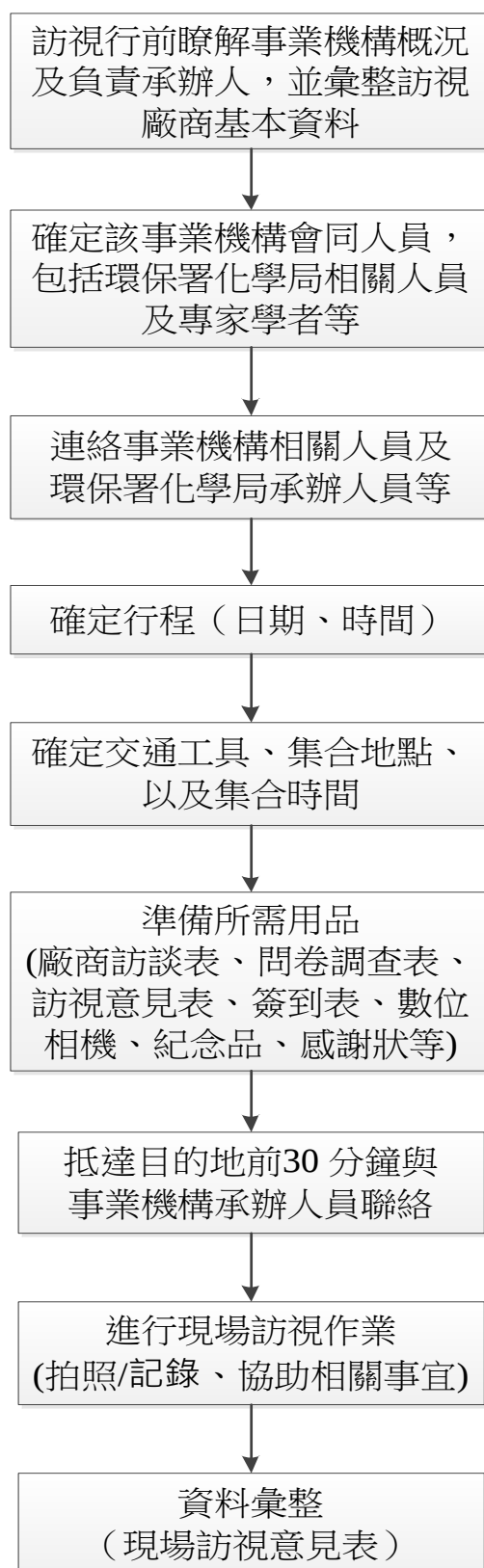


圖 5.2-2 訪談事業機構行前之 SOP 流程圖

表 5.2-1 產業訪談時程

項次	項目	時間（分鐘）	參與人員
1	出席人員介紹	10	全體出席人員 化學局/廠商/委辦單位
2	環保署化學局施政介紹	10	化學局
3	計畫說明	10	委辦單位
4	公司簡介	20	廠商代表
	綠色化學成果介紹		
5	綠色化學訪談內容討論	30	全體出席人員
	意見交換與經驗分享		
6	綠色化學實地參觀	30	全體出席人員
7	綜合討論	10	全體出席人員

※註：訪談時程以 2.0 小時為原則

表 5.2-2 30 家廠商訪談之五大產業分類彙整表

項次	訪談日期／時間	廠商代碼	產業製程
一、化學原料/塗料業			
1	8/17 / 13:30	C1	顏料、油墨、塗料、塑料、高分子化學
2	11/29 / 10:30	C2	聚合物材料、熱塑性聚氨酯樹脂(TPU)
3	10/24 / 14:00	C3	塗料、顏料
4	11/13 / 13:30	C4	機械研磨製程、研磨墊及研磨液
5	11/2 / 15:30	C5	光學膜片/光固化矽樹脂
6	8/28 / 10:00	C6	鞋材化學料
二、回收料再製/紡織業			
7	8/23 / 13:30	R1	再生塑料、綠色再製品
8	11/16 / 14:30	R2	塑膠粒加工製造、塑膠類瓶罐回收處理
9	8/23 / 16:00	R3	生活紡織品
10	8/27 / 10:00	R4	再生環保織物
11	8/29 / 14:00	R5	多功能紡織品
12	11/28 / 13:00	R6	塑膠成品製造、水類運動服飾製造
三、紙相關製造/印刷業			
13	8/15 / 14:00	P1	生活用紙、再生衛生紙
14	11/1 / 10:00	P2	紙製品製造業
15	11/28 / 10:30	P3	噴墨設備、專用墨水
16	8/24 / 10:00	P4	生活用紙、瓦楞紙箱/板、食品容器、包裝
17	11/23 / 18:00	P5	彩盒包裝/平面印刷、特殊印刷製程
18	11/28 / 17:30	P6	印刷製程
四、電子製造業			
19	11/6 / 14:00	E1	電子零組件製、PCB、IC 載板、連接器
20	8/17 / 16:00	E2	多層印刷電路板
21	8/14 / 14:00	E3	主機板、顯示卡
22	11/13 / 16:00	E4	電子零組件製造、網路電子器材
23	12/3 / 16:00	E5	電子零組件製造、電池材料（正極材料）
24	11/7 / 10:00	E6	電纜線製造
五、材料/機械製造			
25	9/7 / 10:00	M1	農業資材再生品、甘蔗吸管
26	8/22 / 13:30	M2	建材製品製造、玻璃陶瓷、磁磚
27	8/28 / 14:00	M3	能源設備製造、引擎除碳、太陽光電系統
28	8/6 / 14:00	M4	化學製品製造、消毒機、淨水器
29	11/2 / 14:00	M5	汽車製造、汽車及其零件製造
30	11/23 / 13:00	M6	汽車製造、汽車零件、金屬製品

5.3 訪談成果

5.3.1 廠商訪談綠色化學成效與環境績效

將 30 家廠商綠色化學成效與環境績效列於以下列表。

表 5.3-1 廠商訪談綠色化學成效與環境績效

項次	廠商代碼	綠色化學成效與環境績效
1	C1	● 化學原料/塗料 ● 建立 EcoTain 標籤和產品組合價值項目(PVP)，以符合塗料產品對於可持續性績效之需求 ● 研發可再生原料製成的水性產品，以減少 50 %之添加劑劑量 (Ceridust®8090,8901) ● 研發無害無鹵素阻燃劑 (Exolit® AP 422, EcoTain®認證) ● 研發不含有機溶劑的光穩定劑，可有效降低揮發性，以達污染物減量之環保成效 ● 建議客戶選擇不含 VOC 的原料替代品 (水性產品) ● 建立產品組合永續性評估作業系統 (Framework for portfolio sustainability assessments, PSA)
2	C2	● 化學原料/塗料 ● 以二氧化碳作為生產高品質泡棉塑料的原材料，與用傳統方法製成的產品具有同樣的高品質與特性功效 ● 世界上第一輛全塑膠汽車 (K67)：德國杜塞道夫塑膠展展示，只有發動機、變速箱和車輪是用金屬製造的，塑膠佔了一輛汽車平均重量的 15 % ● 2015 年「化學災害緊急應變實場演練」獲頒表現優異獎 ● 「自願性製程安全虛驚事件提報作業」責任照顧最佳夥伴獎 ● 辦理偏鄉小學量身訂做「魔法材料學校」科學活動 ● 建立產品組合永續性評估作業系統 (Framework for portfolio sustainability assessments, PSA)

項次	廠商代碼	綠色化學成效與環境績效
3	C3	● 化學原料/塗料 ● 荷商 AkzoNobel 阿克蘇諾貝爾公司於 2008 年與英商 ICI 公司合併後，成為全球最大的塗料集團。 ● 塗裝產品：建築裝飾漆、木器漆、傢俱、粉體塗裝、船舶、汽車、家電、資訊等工業及特殊功能性塗料。 ● 世界專利 (1)能為空間增亮，省電節能的 Dulux Light & Space 得利家倍亮乳膠漆 (2)應用奈米抗污科技的外牆漆 Weathershield Max (3)分解室內甲醛的 All-Around-Guard 抗甲醛乳膠漆 ● 榮獲英國建築協會認證：可將剩餘漆料處理成一般廢棄物的 Paint Solidifier ● 遵行健康、安全、環境和安全(HSE&S)的管理政策，落實在原料管理、環境保護、人身健康和生態永續各個層面，也積極發展具生態效益產品，以節約能源、減少碳排放等為目標。 ● 連續五年名列全球道瓊永續性指數 (Dow Jones Sustainability World Indexes) 前三名的肯定。 ● 塗料產業自行開發的色彩體系。每年並與時尚、建築及藝術專家跨界組成 國際色彩團隊，發表「Colour Futures 空間色彩預言」為全球空間設計提供最新最完整的色彩應用參考。 ● 得利(Dulux)塗料率先進行油漆產品中原料及添加物的控管，換用不會造成環境荷爾蒙、不會影響健康的原料等級。 ● 早期於使用高 VOC 油性塗料的年代，領先推出水性塗料；以及致力於塗刷工作安全的宣導。 ● 獲得環保標章、綠建材認證 ● 產品組合永續性評估 (Framework for portfolio sustainability assessments, PSA)

項次	廠商代碼	綠色化學成效與環境績效
4	C4	● 化學原料/塗料 ● 陶氏化學成員企業，位於臺灣竹南的電子材料技術中心 ● 設有高階化學機械研磨 (Chemical Mechanical Planarization,CMP) 實驗室應用於包裝、電子產品、水處理、塗料和農業等。 ● 推行「塑膠還原計畫」、「能資源節約」、「產品友善設計」、「綠色管理」 ● 105 年榮獲企業標竿獎 ● 104 年獲證綠色工廠標章
5	C5	● 化學原料/塗料 ● 企業永續目標：研發維持環境永續之產品、貫徹污染預防、透過製造流程最佳化、回收再利用 ● 每年訂定環境永續目標：減少揮發性有機物釋放量；減少廢棄物產生量；提升能源效率；推行 3P 專案污染防治有回報 (Pollution Prevention Pays, 3P) ● 3M 永續發展網站 (Green3M.com.tw) 及水公民臉書社群，希望藉以發揮群體影響力，讓社會、人民、企業之間達成永續循環的互惠平衡 ● 設立創新技術中心（綠建築、生態園地） ● 企業環保獎 ● 綠色工廠標章
6	C6	● 化學原料/塗料 ● 經濟部工業局核發清潔生產評估系統合格證書 ● 2017 年生產基地實施 ISO14001 管理系統建置率為 75%，並有 63%持續取得外部查證證書 ● 改用節能燈具、馬達加裝變頻器節電，裝設高、低壓電容櫃節電 ● 水資源節省與回收：製程冷卻水回收使用 ● 製程廢棄物完整分類、再生回收使用 ● 持續透過能源資源使用盤查與源頭管理，逐步推動清潔低碳燃料的替代與尋求節能減碳機會 ● 每月盤查與分析鞋廠能源使用量與碳排放量，研擬推動節能減碳行動方案

項次	廠商代碼	綠色化學成效與環境績效
		● 採用的原物料遵循國際規範、有害化學物質零排放聯盟 (Zero discharge of hazardous chemicals, ZDHC) 與品牌客戶的製造業限用物質清單 (Manufacturing restricted substance list, MRSL) 要求
R1	C7	● 回收料再製 ● 回收標誌 2 號的 HDPE 材質塑膠牛奶瓶，再生加工製成環保瓶器推出 100%再生塑膠瓶 ● 將報廢的印表機、事務機外殼拆解，再生製成了環保文具組 ● 回收塑膠 2 號及 5 號的 HDPE 及 PP 材質，重新再製應用於包裝材（再生包裝材 100%被回收）
R2	C22	● 回收料再製 ● 廢塑膠容器專業處理廠（有 4 條處理線）主要處理項目包括 PET、PE、PP、PS、PVC 2 條處理線處理 PET（約 1200 噸/月）2 條處理線處理泛用塑膠（約 1200 噸/月） ● 102 年取得 GRS 認證，全球回收標準 GRS (Global Recycle Standard) 所有標準的產品都必須顯示回收成分百分比，以及嚴格規範化學制品使用；根據全球有機紡織標準 (Global Organic Textile Standard, GOTS)、Oeko-Tex 100 ● 資源再生部門-再生地球資源，創造綠色商機 Recycling Earth's Resources, create Green Business Opportunities ● 永續能源開發－廢棄物衍生燃料 (RDF)，所產生的熱值與煤相符；產品項目 BPG®1 及 SBS®2。
R3	C8	● 紡織業 ● 以 ECO-Friendly 觀念，生產符合藍色標誌標準系統 (Bluesign standard) 之產品 ● 通過 ISO14001 與 OHSAS18000 認證 ● 通過 ISO9000 與 TS16949 品質系統認證 ● 通過碳足跡查證 ● 與多家國際品牌服飾、運動鞋廠建立綠色供應鏈（合作夥伴）

項次	廠商代碼	綠色化學成效與環境績效
R4	C10	● 紡織業 ● 臺灣首先投入寶特瓶（保特瓶/可樂瓶）回收纖維及布料的開發，將回收的寶特瓶經過一系列製程做成環保再生織物 ● 整合 ISO 9001、ISO 14001 與 OHSAS18001 等系統，推行工業減廢中衛體系 ● 整合上中下游廠商建立綠色供應鏈 ● 建立雨水回收系統，以達到節水減排目標 ● 綠色典範獎-寶特瓶回收環保布料及系列產品 ● TUV（綠色產品標誌）-再生材質驗證服務證書 ● 環保標章、國際環保紡織標章 Oeko-Tex Standard 100、CE 等國內外驗證 ● 榮獲綠色典範獎、臺灣精品獎、優良設計獎等獎項
R5	C13	● 紡織業 ● 2007 年成為瑞士藍色標誌標準系統 (bluesign standard) 合作夥伴 ● 通過 ISO50001 能源管理系統，於 2014 年底導入工業 4.0 架構 ● 於 2011~2015 年參加「經濟部工業局產業溫室氣體減量計畫」，承諾每年減少溫室氣體排放量 2%以上 ● 燃煤鍋爐煤渣再利用製成環保磚，產品獲得內政部綠建材標章及低碳建材標章 ● 綠色典範獎-綠色環保 PU 薄膜及其應用系列產品
R6	C27	● 紡織業 ● bluesign® System Partner 的認證 ● 國際社會責任認證組織 (Worldwide Responsible Accredited Production, WRAP) 認證 ● 2017 年推出全球第一件搭載數種環保技術的環保防寒衣產品 ● 榮獲德國戶外用品創新大獎

項次	廠商代碼	綠色化學成效與環境績效
13	P1	● 紙相關製業 ● 回收紙消費量約佔臺灣 40%，每年回收紙量高達 160 萬噸 ● 八度獲頒企業環保獎 ● 節約能源績優企業獎 ● 能資源整合標竿企業 ● 國家永續發展績優獎 ● 節能典範標竿企業獎 ● 綠色典範獎 ● 環保標章、碳標籤 ● 森林管理委員會認證 (Forest Stewardship Council, FSC)
14	P2	● 紙相關製業 ● 2017 年製程餘料如飛灰底灰、有機泥、與排渣等資源再利用率已達 76% ● 廠內積極倡導降減用水、提高水回收比例之目標 ● 工廠品質/環境管理系統取得之國際系統認證包括 ISO 9001/14001/50001/22000/22716、OHSAS18001； ● 產品具備第三方公正機構檢驗報告，其檢測項目包含歐美等規範，如歐盟食品接觸材料法規 AP (2002)、歐盟危害物質限用規範 (RoHS)、美國聯邦法規 (CFR) ● 家庭用紙產品亦取得主要相關認證，包括 CNS、HACCP、FSC、環保標章認證 ● 居家/個人清潔產品相關認證，包括 CNS、(USDA) 美國生質認證、AMA 美國低敏驗證、歐盟認證、森林管理委員會認證 (Forest Stewardship Council, FSC)
15	P3	● 印刷業 ● 研發設計免化學藥劑沖洗數位版 ● 環保無毒的大豆油墨 ● 經營理念 3R (Reduce, Reuse, Recycle) 原則綠色包裝 ● 取得 ISO9001、ISO14001 國際標準品質及環境管理認證

項次	廠商代碼	綠色化學成效與環境績效
16	P4	● 印刷業 ● 通過 FSC™ COC 驗證 (License Code: FSC™ C108014) ● 通過歐盟標準協會 (CEN) 安全印務認證系統 CWA ● 榮獲挪威商 DNV 驗證公司稽核通過 ISO 27001 資訊安全管理認證 ● 榮獲 ISO 14001 環境管理系統認證 ● 榮獲 ISO-9002 生產、安裝和服務的質量保證認證
17	P5	● 印刷業 ● 印刷油墨上使用環保無毒的大豆油墨 ● 經營理念：3R1D (Reduce、Reuse、Recycle, Degradable) 原則的綠色包裝 ● 2016 年取得 FSC™（森林監管委員會）認證
18	P6	● 印刷業 ● 印刷油墨上使用環保無毒的大豆油墨 ● 企業經營目標：持續研發綠色印刷技術 ● 取得 FSC™（森林監管委員會）認證 ● 取得 ISO9001、ISO14001 國際標準品質及環境管理認證
19	E1	● 電子製造（印刷電路板） ● CSR 臺灣 TOP50 電子資訊製造業金獎 ● 清潔生產評估 ● 通過 ISO9001、QC080000 有害物質管理流程系統驗證 ● 採購原物料符合 RoHS、REACH、包裝材指令 ● 採購原物料符合 China RoHS、加州 65 法案、蒙特婁公約等國際法令法規要求 ● 綠色產品管理機制 (1)管理供應商簽署之有害物質不使用保證書、REACH 調查表以確保供應商提供之產品符合要求 (2)要求供應商提供第三單位檢測報告、並且每年更新乙次以確保其提供之產品符合綠色採購要求 (3)僅可能使用通過綠色產品委員會審核的材料全製程皆使用「無鹵」、「無鉛」直接材料 (4)設置 XRF 檢測設備，針對進料、成品進行有害物質檢測以確保交貨之產品符合有害物質要求

項次	廠商代碼	綠色化學成效與環境績效
20	E2	● 電子製造（印刷電路板） ● 2017 年通過綠色工廠標章之清潔生產評估系統認證 ● 2017 年通過 ISO 14001: 2015 年版環境管理系統 SGS 認證 ● 2013 年通過 OHSAS18001: 2007 年版職業安全衛生管理系統 DNV 認證 ● 2004 年獲選「2002 年度事業辦理廢棄物及資源減量回收再利用績效優良獎」工業組特優獎 ● 環保署事業廢棄物回收再利用績優廠商清潔生產評估
21	E3	● 電子製造（電腦及其週邊設備製造） ● 於 2005 年以營運風險控管的角度，成立「WEEE/RoHS 委員會」，2009 年更名為「技嘉綠色永續發展委員會」，為永續發展事務推動之統籌決策與運作組織 ● 於 2005 年成為全球第一家通過 IECQ QC 080000 標準驗證的系統品牌廠商，更導入 ISO 14064、PAS 2050 實踐低碳管理環境目標 ● 品質/環境認證：AEO 安全認證優質企業、ISO 14064-1 2006 溫室氣體盤查報告、OHSAS 18001:2007 職業安全衛生管理國際認證、PAS 2050:2008 產品碳足跡盤查、IECQ QC 080000 RoHS 有害物質管理國際認證、ISO9001:2015 品質管理國際認證、ISO 14001:2015 環境管理國際認證 ● 於 2009 年啟動「綠動計畫」規劃永續發展之短中長期策略目標 ● 訂定減量 333 計畫，透過每年減碳 3%、減廢 3%、減水 3%之目標，響應綠動計畫 2.0 第一階段的「減量」宗旨 ● 2016 年起啟動全產品碳足跡計算系統專案，2017 年全產品線碳足跡評估系統已正式上線，產品以無碳包裝材
22	E4	● 電子製造（路由器） ● 獲環保署「碳足跡標籤」廠商 ● 全球第一張 VDSL2 家用設備碳足跡認證 ● 產品通過「瑞典 GEDnet」國際組織成員之一的驗證單位「環境與發展基金會」審核通過 ● 清潔生產評估 ● 綠色典範獎-寬頻路由器 ● 2012 節能減碳行動標章績優獎

項次	廠商代碼	綠色化學成效與環境績效
23	E5	● 電池零組配件製造 ● 具有最上游的磷酸鐵鋰 (LFP-NCO) 動力電池正極材料製造能力 ● 磷酸鐵鋰正極材料：安全性高、循環使用次數高、對環境污染度低 ● 以關鍵零組件之跨領域合作模式，提供電池芯及電池模組能源儲存之解決方案 ● 推動清潔生產製程（清潔生產評估）、污染源減量、原物料替代等 ● 全廠能源管理取得 ISO 50001 認證 ● 2013 桃園縣績優企業卓越獎 ● 獲得「臺灣 Top50 企業永續報告獎」金獎 ● 獲得臺灣企業績效「創新成長獎」 ● 獲頒「第 10 屆國家品牌玉山獎」之「傑出企業類」與「最佳產品類」雙料獎項 ● 獲頒中華民國「國家永續發展獎」
24	E6	● 電子線材製造 ● 綠色典範獎-環保電線電纜 ● 環保標章認證 ● 能減碳行動標章特優獎 ● ISO9001、OHSAS 18001、ISO 14001、TOSHMS、IECQ QC080000 認證 TS16949 系統、測試實驗室系統 ISO/IEC 17025 ● 符合 Sony GB 認證及非有害物質供應商 ● 2011 年向行政院環保署申請設立「財團法人大亞電纜美麗家園基金會（臺南）」 ● 基金會基於環境保護、生命關懷、地球永續等環境友善理念，為促進人與環境共生之美麗家園
25	M1	● 材料製造 ● 回收料再製 ● 將甘蔗渣製成於低溫 20 度 C 也不斷裂的環保吸管 ● 100%天然無塑化劑 ● 100%可生物分解

項次	廠商代碼	綠色化學成效與環境績效
		● 美國 BPI 認證 ● 歐盟 Vincotte 認證 ● 日本 GreenPla 認證 ● 德國 DIN CERTCO 認證
26	M2	● 建材製造 ● 臺灣第一家榮獲再生綠建材標章的磁磚廠，全面實現「綠色工廠，綠色建材」標準，成立「冠軍綠概念館」 ● 綠建材標章之建材產品－陶瓷面磚（含石質地磚、石質壁磚、輕質面磚、窯燒石英磚等），分別使用廢陶瓷、廢玻璃、廢礦沙等回收料 ● 2011 年榮獲「英國碳足跡標章認證」、「歐盟環保標章」國際環保認證 ● 2007 年獲得經濟部能源局節約能源績優獎（可達到到比同業平均節能 20%） ● 循環經濟作為：窯爐熱風回收、水資源回收再利用、磚料回收、電力系統改善
27	M3	● 電子/機械製/建材 ● 「氫分子應用」技術的研發創新，與氫氧焰能源設備之製造 ● 研發出氫氧焰能源設備、太陽能光電產品、真空管太陽能熱水器、引擎除碳機與養生保健用的氫美氧生機等綠能產品 ● 榮獲臺灣精品獎、環保標章、中小企業創新研究獎及中華民國永續發展獎 ● 於 2010 年榮獲總部設在歐盟之全球能源基金會「Energy Globe World Award 全球能源世界獎—保護空氣首獎」
28	M4	● 機械材料製造 ● 2019 年美國消費性電子展創新獎 (CES 2019 Innovation Awards) 獲得家用電類 (Home Appliances) 創新獎殊榮 ● ELECLEAN e 立淨榮獲德國 IF、日本 Good design、 ● 臺灣金點國際設計大獎 ● 榮獲 2017Meet Taipei 新創之星 Neo Star Top3 ● 獲選 2017 亞洲矽谷 TITAN 優選團隊 ● 全球首創採用電化學技術，加水通電就能將水轉變成高效能的高活性氧消毒水

項次	廠商代碼	綠色化學成效與環境績效
		● 參與國際公益活動 - 菲律賓寶發颱風災後關懷活動 - 菲律賓海燕颱風災後緊急淨水服務 - 南印度偏鄉地區淨水服務 - 緬甸落後地區淨水服務
29	M5	● 汽車製造業 ● 國瑞汽車秉持環境保護與製造生產並重，訂立公司環境及能源政策 (1)遵守環境及能源法規，落實環境及能源管理系統 (2)採購綠色商品，並開發綠色產品 (3)與供應商持續落實改善，確保永續經營 ● 綠色工廠標章、清潔生產評估、綠建築 ● 環保署企業環保獎 ● 106 年度桃園市「空氣污染物減量」第一名 ● 臺灣汽車製造業第一家水性化塗裝製程工廠 ● 通過 ISO 50001 能源管理系統認證 ● 取得 ISO 14064-1 溫室氣體排放量查證聲明書 ● 行政院環保署年度環保車入選 ● 行政院環保署-廢棄物減量與資源回收特優獎 ● 豐田環境挑戰 2050-工廠 CO₂ 零排放挑戰 ● 豐田環境挑戰 2050-水環境衝擊最小化挑戰 ● 綠色採購方針-促進生物原材料及再生材的利用
30	M6	● 汽車製造業 ● 清潔生產認證 ● 廢棄物資源管理績優事業選拔特優獎 ● E-moving 獲得綠色典範獎 ● 行政院環保署評定為 A 級績優廠商 ● 獲得遠見企業社會責任獎 ● 榮獲天下雜誌企業公民獎汽車業第一名 ● 導入壓柱製程廢水回收系統、廢水回收再利用 ● 產品獲得環保標章及節能標章認證 ● 產品零件綠色採購比例高達 67% ● 服務廠回收零件包材再利用 2017 年導入廠房屋頂 ● 設置太陽能發電系統

5.3.2 廠商訪談綜合性分析

訪談問卷調查各廠商對於綠色理念認知、綠色行動執行、產業人才條件需求，分析產業現況、特色及執行之困難。未來可參融入綠色產業相關成果、製程概念能契合本計畫內涵。

1. 綠色理念認知

圖 5.3-1 為 30 家訪談廠商對於綠色理念認知程度彙整，多數廠商對於綠色化學基本認知和綠色化學 12 條原則認知為清楚。各產業別廠商對綠色理念認知統計見圖 5.3-2。

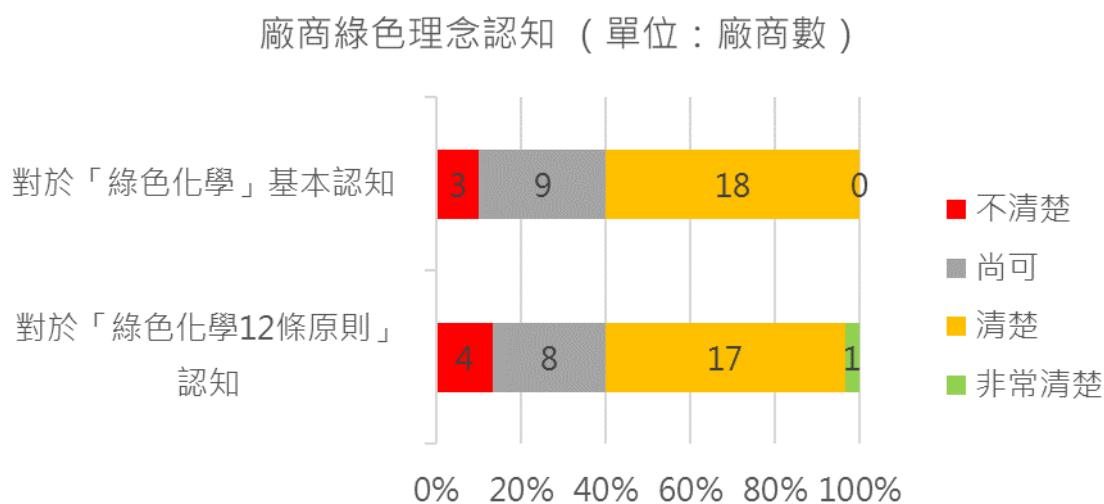


圖 5.3-1 30 家廠商綠色理念認知統計

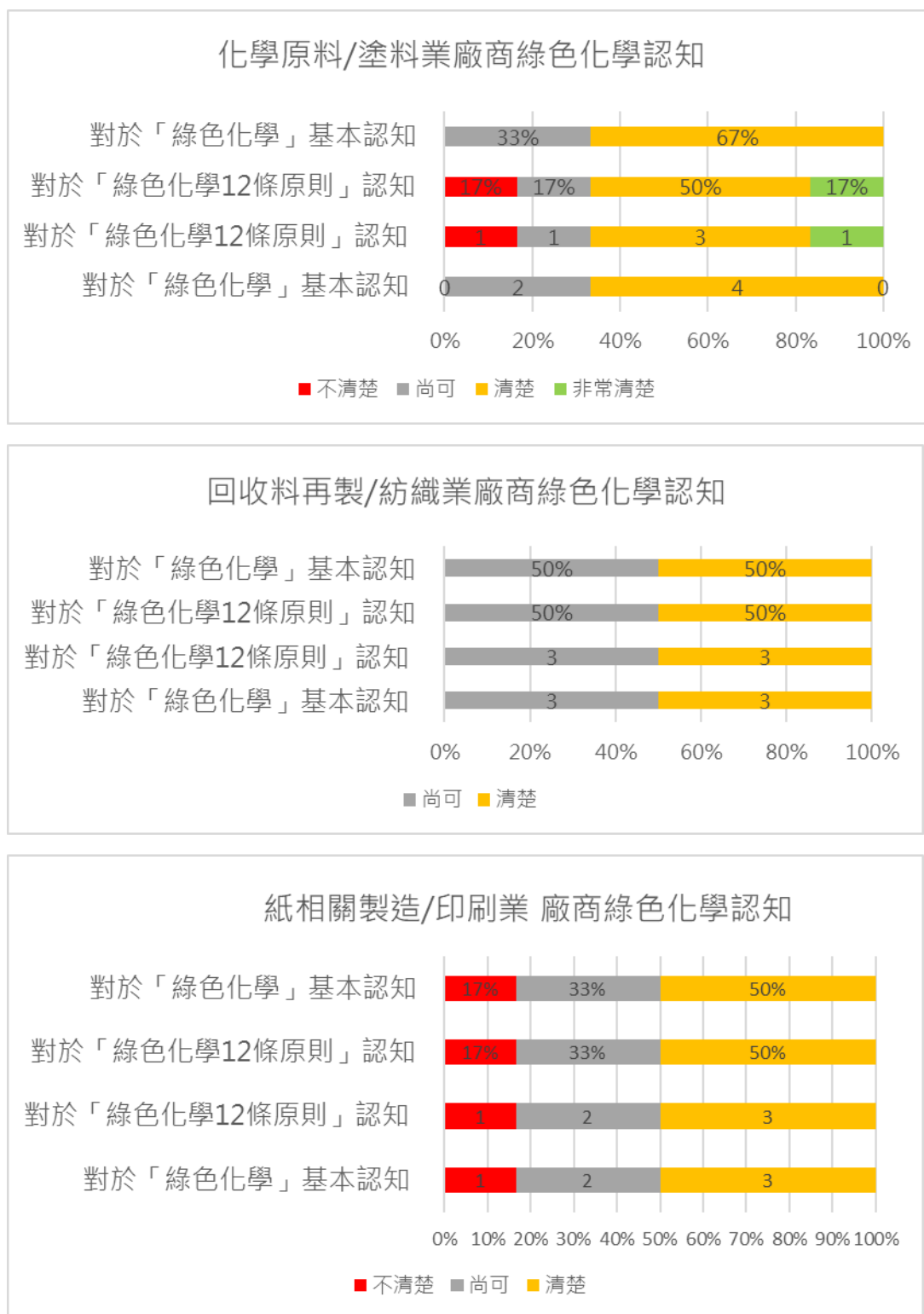


圖 5.3-2 各產業廠商綠色理念認知統計

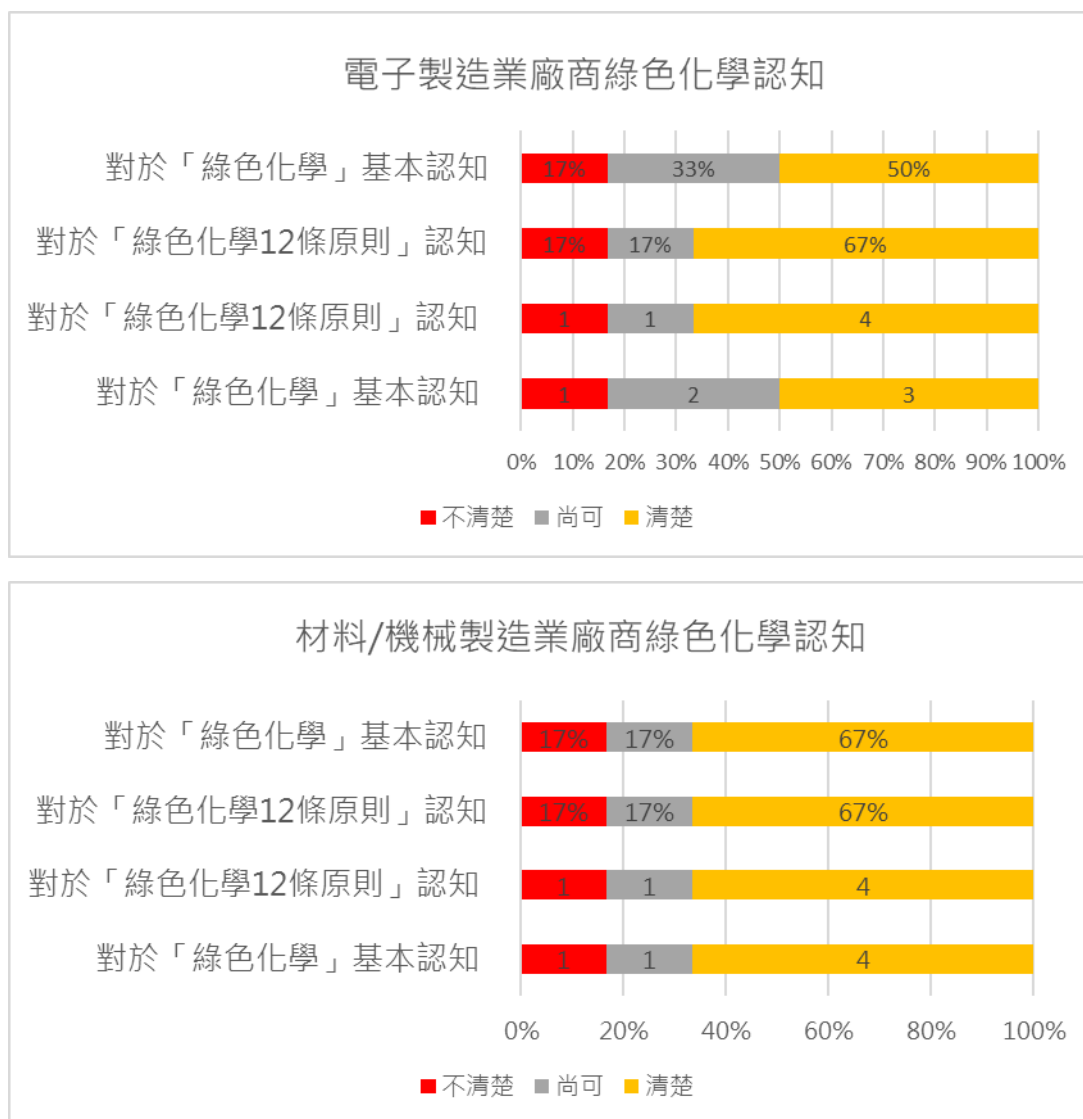


圖 5.3-2 各產業廠商綠色理念認知統計（續）

2. 綠色行動執行與綠色化學12原則成效評估

統計各廠商綠色行動執行評估，評估項目包含：避免廢棄物產生、最小危害的化學合成、最大化效益、設計更安全化學品及產品、使用更佳之溶劑和反應條件、提高能源效率、使用可再生原料、避免使用化學衍生物、使用催化劑、使用後設計化學產品分解成無害物質、實時分析以防污染、盡量減少事故的可能性及設備異常處理機制成效等 13 項評估，如圖 5.3-3，並進一步分析各廠商對於綠色化學 12 原則執行成效進行評估，詳參表 5.3-2。

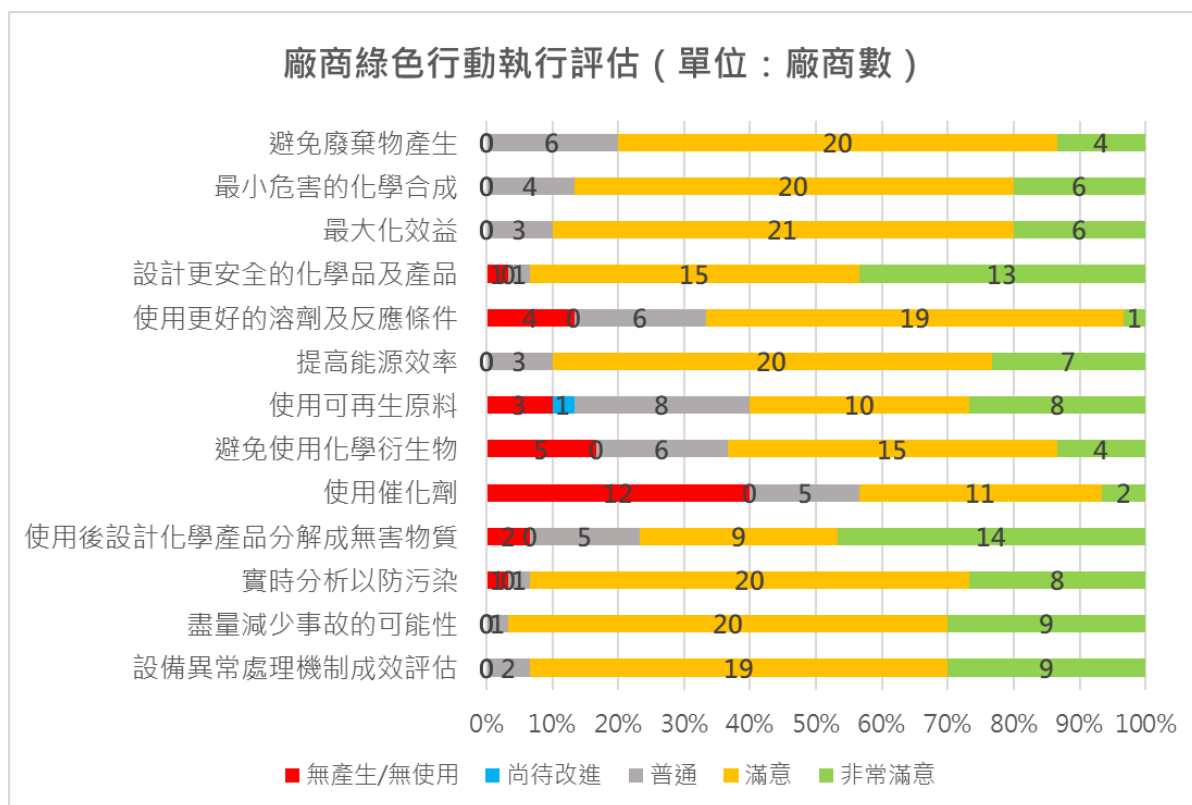


圖 5.3-3 30 家廠商綠色執行評估統計

表 5.3-2 30 家訪談廠商綠色化學 12 項原則執行成效評估表

項次	綠色化學原則	廠商代碼														
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	R1	R2	R3	R4	R5	R6	P1	P2	P3
1	避免廢棄物產生	△	●	●	●	●	●	●	●	△	●	●	●	●	●	●
2	最小危害的化學合成	●	●	●	●	●	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●
3	最大化效益	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4	設計更安全的化學品及產品	●	●	●	●	●	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●
5	使用更好的溶劑及反應條件	●	●	●	●	●	●	●	△	●	●	●	●	●	●	△
6	提高能源效率	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
7	使用可再生原料	△	●	●	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●	△
8	避免使用化學衍生物	△	●	●	●	●	●	●	—	●	●	●	●	●	●	●
9	使用催化劑	△	●	●	△	●	●	—	—	—	●	●	●	△	●	—
10	使用後降解設計化學品和產品	△	●	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
11	實時分析以防污染	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12	盡量減少事故的可能性	●	●	●	●	●	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●

標示說明：

● 執行成效優良

* 執行成效尚待改進

△ 執行成效尚可

— 無使用

表 5.3-2 30 家訪談廠商綠色化學 12 項原則執行成效評估表（續）

項次	綠色化學原則	廠商代碼														
		P4	P5	P6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	M1	M2	M3	M4	M5	M6
1	避免廢棄物產生	△	△	△	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2	最小危害的化學合成	△	△	●	●	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3	最大化效益	△	●	●	●	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4	設計更安全的化學品及產品	●	●	●	●	△	●	●	●	●	●	—	●	●	●	●
5	使用更好的溶劑及反應條件	△	△	△	●	—	●	—	●	—	●	—	●	—	●	—
6	提高能源效率	●	△	●	●	△	△	●	●	●	●	●	●	●	●	●
7	使用可再生原料	*	△	△	●	—	●	△	●	—	●	●	—	△	●	△
8	避免使用化學衍生物	△	●	△	●	△	△	△	—	—	●	—	●	—	●	—
9	使用催化劑	—	△	—	●	●	●	●	—	—	—	—	●	—	●	—
10	使用後降解設計化學品和產品	△	●	△	●	●	●	●	●	●	●	—	●	●	●	●
11	實時分析以防污染	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12	盡量減少事故的可能性	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

標示說明：

● 執行成效優良

* 執行成效尚待改進

△ 執行成效尚可

— 無使用

3. 廠商人才需求分析

統計 30 家廠商對於產業人需具備之知識、技能、能力條件，彙整如表 5.3-3，各產業別需求條件，彙整如表 5.3-4 至表 5.3-6。

整體來看，在知識需求方面，多數廠商著重人才應具備生產與製程管理及專案管理之知識。技能條件需求中，多數廠商皆認為產業人才需製程設計能力、資料蒐集與分析、問題分析與解決的能力。問卷中所列之能力（態度與特質）條件，多數廠商認為是人才應具備溝通、規劃、創新、刻苦耐勞與獨立決斷性思考能力。

表 5.3-3 30 家廠商人才需求統計表（單位：廠商數）

項次	知識條件	需求數	技能條件	需求數	能力（態度與特質）條件	需求數
1	化學材料特性	12	生產進度管控	16	溝通能力	29
2	機械力學（靜力學、動力學、流體力學）	8	程序控制/設置	12	規劃能力	21
3	生產與製程管理	27	製程設計能力	23	主動聆聽	14
4	工程與科學技術	9	設備維護技術	12	創新能力	23
5	統計學應用	5	電腦軟體操作	7	刻苦耐勞	26
6	輸送現象	8	資料蒐集與分析	24	獨立決斷性思考	24
7	化工熱力學	12	閱讀與理解資料	9		
8	程序控制/設置	14	問題分析與解決	29		
9	工業安全	18	英語溝通能力	10		
10	風險評估管理	14				
11	毒理學管理	8				
12	專案管理	22				

按照各產業類別之人才需求看，知識條件上，化學原料/塗料業著重生產與製程管理、化工熱力學；回收料再製/紡織業著重生產與製程管理、程序控制/設置、工業安全、專案管理；紙相關製造/印刷業與電子製造業著重生產與製程管理、專案管理；6家材料/機械製造業廠商皆認為生產與製程管理為人才知識條件。

表 5.3-4 產業別人才需求統計表-知識條件（單位：廠商數）

項次	知識條件	產業需求數				
		化學原料/塗料業	回收料再製/紡織業	紙相關製造/印刷業	電子製造業	材料/機械製造
	訪談廠商數	6	6	6	6	6
1	化學材料特性	2	4	2	0	4
2	機械力學（靜力學、動力學、流體力學）	0	2	2	1	2
3	生產與製程管理	5	5	5	5	6
4	工程與科學技術	1	1	1	2	4
5	統計學應用	2	1	1	0	1
6	輸送現象	1	2	2	1	2
7	化工熱力學	5	3	1	1	2
8	程序控制/設置	3	5	2	2	2
9	工業安全	4	5	3	2	3
10	風險評估管理	4	2	2	3	3
11	毒理學管理	3	2	1	1	1
12	專案管理	4	5	4	4	4

技能條件上，化學原料/塗料業著重資料蒐集與分析、問題分析與解決；回收料再製/紡織業著重生產與製程管理、程序控制/設置、工業安全、專案管理；紙相關製造/印刷業與電子製造業著重生產與製程管理、專案管理；6家材料/機械製造業廠商皆認為生產與製程管理為人才知識條件。

表 5.3-5 產業別人才需求統計表-技能條件（單位：廠商數）

項次	技能條件	產業需求數				
		化學原料/塗料業	回收料再製/紡織業	紙相關製造/印刷業	電子製造業	材料/機械製造
	訪談廠商數	6	6	6	6	6
1	生產進度管控	3	5	4	2	2
2	程序控制/設置	2	5	3	1	1
3	製程設計能力	4	4	5	4	5
4	設備維護技術	1	5	3	1	2
5	電腦軟體操作	1	1	3	1	1
6	資料蒐集與分析	5	4	5	4	5
7	閱讀與理解資料	2	2	1	1	3
8	問題分析與解決	5	6	6	5	6
9	英語溝通能力	3	2	1	1	3

表 5.3-6 產業別人才需求統計表-能力條件（單位：廠商數）

項次	能力（態度與特質）條件	產業需求數				
		化學原料/塗料業	回收料再製/紡織業	紙相關製造/印刷業	電子製造業	材料/機械製造
	訪談廠商數	6	6	6	6	6
1	溝通能力	6	6	6	5	5
2	規劃能力	4	3	4	5	5
3	主動聆聽	4	2	2	2	4
4	創新能力	5	4	5	4	5
5	刻苦耐勞	5	6	4	5	5
6	獨立決斷性思考	6	4	4	4	6

產業訪談未來規劃建議：

產業經營追尋的是整體經營績效與獲利，但若要追求永續的經營，則即須符合社會脈動與環境趨勢。因應國際環境永續管理趨勢與挑戰，則可就掌握市場面需求、加強內部環境管理改善、化產業競爭力為綠色商機等三方面說明：

1. 掌握市場需求：由綠色化學趨勢所衍生的國內外市場需求不勝枚舉，如產業對通過的綠色供應商提出採購優惠、或是增加採購量等，以提升業者推動綠色化學或發展環保產品更強大誘因。
2. 加強內部環境管理改善：國內產業界推動綠色化學，並取得環境管理驗證、環保標章的主要目的，是為是為了化解市場壓力、採購威脅；除了可以提高環保績效與經營效率，進而可以改善產業經營體質，真正強化內部的管理機制並獲致具體成效。
3. 化產業競爭力為綠色商機：產業須從提升綠色化學效率做起，採用以少變多的生產新技術，整合環境綠色化學之績效，創造產業經營契機，並藉由使用無毒/減毒原物料、資源循環利用、採用再生性的能源或開發導入省能設備、改善製程等，對內導入綠色化學生產技術，對外推動綠色產品行銷，以創造更多的綠色商機。

第六章 大專校院學生及小學教師綠色化學環境教育 研習營

本年度計畫延續去年度辦理大專校院綠色化學研習營，並擴及至小學教師研習營，於 11 月辦理 4 場大專校院及 2 場小學教師綠色化學研習營，共邀請 11 位專家學者就綠色化學、化學與環境關聯、減毒減廢、循環經濟、綠色化學教育推廣等主軸進行分享，並參觀 3 座與綠色化學領域相關之環教園區—中科后里園區污水處理廠、南科資源再生中心、楠梓加工出口區再生水示範園區。研習營規劃於 6.1 說明。6.2 為收集各場次參與學員之回饋問卷，綜整參與學生和教師對研習營之回饋。

6.1 研習營規劃

表 6.1-1 和表 6.1-2 分別為大專校院綠色化學研習營與小學教師研習營規劃：於北中南地區辦理大專研習營，以供各地區對綠色化學有興趣之學生參與；今年試辦小學教師研習營，於臺北和高雄舉行。

表 6.1-1 4 場大專校院綠色化學研習營規劃

地點	臺北市立大學	中興大學	成功大學	中原大學
日期	11/15 (四)	11/20 (二)	11/21 (三)	11/23 (五)
時間	08:00~12:10	10:00~16:00	13:00-17:00	10:00~15:00
研習營主軸	綠色化學	減毒、減廢	綠色化學 循環經濟	化學與環境 關聯
研習營課程 1	綠色化學定義及 環境永續介紹	減毒減廢	綠色化學循 環經濟應用 與科學原理	生活化學
講師	大同大學 化工系 黃俊誠副教授	中興大學 鄭政峯 副校長	工研院 劉致中經理	臺灣大學 化學系 張煥宗教授
研習營課程 2	臺灣目前的環境 與化學救贖	中科后里園區 污水處理廠	參訪南科資 源再生中心	乳液製作實驗

地點	臺北市立大學	中興大學	成功大學	中原大學
講師	靜宜大學 應化系 翁榮源退休教授			高師大 環教所 黃琴扉助理教授

表 6.1-2 2 場小學教師綠色化學研習營規劃

場次/地點	北部小學教師/幸安國民小學	南部小學教師/ 楠梓加工出口區 再生水示範園區
日期	11/8 (四)	11/7 (三)
時間	12:30-16:30	13:30-17:00
研習營主軸	綠色化學教育推廣分享	綠色化學教育推廣分享
研習營課程 1	『綠色化學與生活環境』經驗分享	『高中化學科融入綠色化學課程』之經驗分享
講師	中華民國環境教育學會監事 王佩蓮 退休教授	工研院 綠能與環境研究所 繆慧娟 資深研究員
研習營課程 2	『綠色化學在12年國教下的 創意教學』之經驗分享	參訪楠梓加工出口區 再生水示範園區
講師	高師大 環教所 黃琴扉 助理教授	

6.2 研習營回饋統計

大專校院研習營共計 318 人次參加，回收有效問卷 214 份，小學教師研習營共計 56 人次參加，回收有效問卷 24 份。依據研習營之回饋問卷收集，整理 214 份大專校院研習營問卷統計，24 份小學教師研習營問卷統計。以下按大專校院研習營與小學教師研習營，整理 6 場次問卷回饋列表，可得與會學員填寫問卷問題中對研習營主題、安排及內容感想回饋比較（表 6.2-1、表 6.2-2），對於研習營主題、安排及內容多落於非常同意、同意之間。

表 6.2-1 大專校院研習營各場次問卷回饋統計（單位：份數）

大專校院研習營問卷 回饋統計	臺北市立大學 N(%)	中原大學 N(%)	中興大學 N(%)	成功大學 N(%)
樣本數(N)	40	67	44	63
1. 請問您如何得知此研習會訊息？				
化學局網頁	2(5%)	3(4%)	4(9%)	1(2%)
校園公告	30(75%)	6(9%)	14(32%)	4(6%)
同儕告知	1(3%)	14(21%)	15(34%)	58(92%)
其他	7(18%)	44(66%)	13(30%)	0(0%)
2. 請問您為何想參加此研習會？				
主題有趣，吸引人	7(18%)	21(31%)	24(55%)	16(25%)
對就業有幫助	0(0%)	7(10%)	4(9%)	5(8%)
講者有名，說話風趣	1(3%)	0(0%)	6(14%)	2(3%)
對學習有幫助	11(28%)	36(54%)	22(50%)	36(57%)
長官交代要來	31(78%)	16(24%)	1(2%)	23(37%)
其他	2(5%)	3(4%)	3(7%)	3(5%)
3. 希望未來舉辦哪種類型的研習營？				
搭配生態園區導覽	27(68%)	27(40%)	31(70%)	32(51%)
搭配廠區導覽	19(48%)	46(69%)	20(45%)	38(60%)
其他	2(5%)	1(1%)	0(0%)	1(2%)

大專校院研習營問卷 回饋統計	臺北市立大學 N(%)	中原大學 N(%)	中興大學 N(%)	成功大學 N(%)
樣本數(N)	40	67	44	63
4. 未來有相關研習營會主動參加嗎?				
一定會	1(3%)	3(4%)	18(41%)	6(10)
可能會，看主題/時間/地點	29(73%)	56(84%)	24(55%)	52(83)
不一定	7(18%)	8(12%)	2(5%)	4(6%)
一定不會	3(8%)	0(0%)	0(0%)	1(2%)
5. 能夠增進自我綠色化學相關知識提升				
非常同意	5(13%)	24(36%)	26(59%)	28(44%)
同意	25(63%)	40(60%)	17(39%)	30(48%)
普通	9(23%)	3(4%)	1(2%)	5(8%)
不同意	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
6. 主題與內容相符				
非常同意	9(28%)	35(52%)	28(64%)	29(46%)
同意	21(53%)	30(45%)	16(36%)	31(49%)
普通	10(25%)	2(3%)	0(0%)	3(5%)
7. 主題是否淺顯易懂，能夠適當的吸收知識				
非常同意	4(10%)	35(52%)	28(64%)	28(44%)

大專校院研習營問卷 回饋統計	臺北市立大學 N(%)	中原大學 N(%)	中興大學 N(%)	成功大學 N(%)
樣本數(N)	40	67	44	63
同意	21(53%)	27(40%)	15(34%)	29(46%)
普通	15(38%)	5(7%)	1(2%)	6(10%)
8. 主題設定佳，因合乎自身需求				
非常同意	1(3%)	26(39%)	21(48%)	25(40%)
同意	22(55%)	33(49%)	19(43%)	31(49%)
普通	15(38%)	8(12%)	4(9%)	7(11%)
不同意	2(5%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
9. 本研習會舉辦之時間方便參加				
非常同意	5(13%)	30(45%)	20(45%)	20(32%)
同意	17(19%)	30(45%)	19(43%)	34(54%)
普通	15(3%)	6(9%)	5(11%)	8(13%)
不同意	2(5%)	1(1%)	0(0%)	1(2%)
非常不同意	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
10. 地點明確，易於前往研習會場地				
非常同意	14(35%)	34(51%)	26(59%)	29(46%)
同意	17(43%)	30(45%)	18(41%)	26(41%)
普通	9(23%)	3(4%)	0(0%)	8(13%)

大專校院研習營問卷 回饋統計	臺北市立大學 N(%)	中原大學 N(%)	中興大學 N(%)	成功大學 N(%)
樣本數(N)	40	67	44	63
11. 研習會場地內部規劃恰當				
非常同意	9(23%)	32(48%)	21(48%)	27(43%)
同意	23(58%)	32(48%)	21(48%)	19(46%)
普通	8(20%)	3(4%)	2(5%)	7(11%)
12. 整體流程規劃流暢				
非常同意	10(28%)	33(49%)	26(59%)	27(43%)
同意	18(50%)	31(46%)	15(34%)	29(46%)
普通	8(22%)	3(4%)	3(7%)	6(10%)
非常不同意	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(2%)
13. 講師講說清楚明瞭，易於理解				
非常同意	7(18%)	37(55%)	30(68%)	32(51%)
同意	25(63%)	29(43%)	12(27%)	25(40%)
普通	7(18%)	1(1%)	2(5%)	6(10%)
不同意	1(3%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)
14. 本研習會之講師用心準備，獲益良多				
非常同意	6(15%)	39(58%)	31(70%)	33(52%)
同意	23(58%)	24(36%)	12(27%)	26(41%)

大專校院研習營問卷 回饋統計	臺北市立大學 N(%)	中原大學 N(%)	中興大學 N(%)	成功大學 N(%)
樣本數(N)	40	67	44	63
普通	11(28%)	4(6%)	1(2%)	4(6%)
15. 講師與觀眾有良好的互動，耐心回答觀眾之提問				
非常同意	4(10%)	33(49%)	29(66%)	27(43%)
同意	24(60%)	32(48%)	14(32%)	30(48%)
普通	12(30%)	2(3%)	1(2%)	6(10%)
16. 研習內容吸引我的注意				
非常同意	2(5%)	29(43%)	21(48%)	26(41%)
同意	19(48%)	32(48%)	20(45%)	29(46%)
普通	18(45%)	5(7%)	3(7%)	7(11%)
不同意	1(3%)	1(1%)	0(0%)	0(0%)
非常不同意	0(0%)	0(0%)	0(0%)	1(2%)
17. 如果下次還有機會參加類似活動，您還會參加嗎？				
非常同意	2(5%)	20(30%)	27(61%)	20(32%)
同意	17(43%)	35(52%)	15(34%)	32(51%)
普通	17(43%)	12(18%)	2(5%)	9(14%)
不同意	3(8%)	0(0%)	0(0%)	2(3%)
非常不同意	2(5%)	0(0%)	0(0%)	0(0%)

表 6.2-2 小學教師研習營各場次問卷回饋統計(單位：份數)

小學教師研習營問卷回饋統計	臺北 N(%)	高雄 N(%)
樣本數(N)	10	14
1. 請問您如何得知此研習營訊息?		
校園公告	0(0%)	1(7%)
同事告知	6(60%)	9(64%)
其他	4(40%)	4(29%)
2. 請問您為何想參加此研習營?		
主題有趣，吸引人	6(60%)	3(21%)
對教學有幫助	5(50%)	4(29%)
對學習有幫助	1(10%)	5(36%)
長官/老師交代要來	0(0%)	1(7%)
其他	0(0%)	1(7%)
3. 希望未來舉辦哪種類型的研習營?		
搭配生態園區導覽	7(70%)	8(57%)
搭配廠區導覽	7(70%)	9(64%)
4. 未來有相關研習營會主動參加嗎?		
一定會	3(30%)	2(14%)
可能會，看主題/時間/地點	7(70%)	11(79%)
5. 能夠增進自我綠色化學相關知識提升		
非常同意	8(80%)	8(57%)
同意	2(20%)	6(43%)
6. 主題與內容相符		
非常同意	8(80%)	8(57%)
同意	2(20%)	6(43%)
7. 主題是否淺顯易懂，能夠適當的吸收知識		
非常同意	9(90%)	10(71%)
同意	1(10%)	4(29%)
8. 主題設定佳，因合乎自身需求		
非常同意	7(70%)	8(57%)
同意	2(20%)	6(43%)

小學教師研習營問卷回饋統計	臺北 N(%)	高雄 N(%)
樣本數(N)	10	14
普通	1(10%)	0(0%)
9. 本研習營舉辦之時間方便參加		
非常同意	8(80%)	9(64%)
同意	2(20%)	4(29%)
普通	0(0%)	1(7%)
10. 地點明確，易於前往研習營場地		
非常同意	10(100%)	4(29%)
同意	0(0%)	5(36%)
普通	0(0%)	4(29%)
不同意	0(0%)	1(7%)
11. 研習營場地內部規劃恰當		
非常同意	10(100%)	7(50%)
同意	0(0%)	7(50%)
12. 整體流程規劃流暢		
非常同意	8(80%)	9(64%)
同意	2(20%)	5(36%)
13. 講師講說清楚明瞭，易於理解		
非常同意	8(80%)	12(86%)
同意	2(20%)	2(14%)
14. 本研習營之講師用心準備，獲益良多		
非常同意	9(90%)	12(86%)
同意	1(10%)	2(14%)
15. 講師與觀眾有良好的互動，耐心回答觀眾之提問		
非常同意	9(90%)	11(79%)
同意	1(10%)	3(21%)
16. 研習內容吸引我的注意		
非常同意	8(80%)	9(64%)
同意	2(20%)	5(36%)
17. 如果下次還有機會參加類似活動，您還會參加嗎？		

小學教師研習營問卷回饋統計	臺北 N(%)	高雄 N(%)
樣本數(N)	10	14
非常同意	7(70%)	7(50%)
同意	3(30%)	7(50%)

研習營未來規劃建議：

1. 今年試辦兩場小學教師研習營之參與老師反應熱絡，建議明年可繼續籌畫並辦理，參與教師建議擴大到國中教師。
2. 從研習營問卷回饋統計分析，研習營活動可至生態園區或環境廠區進行參訪，使學員們能更加瞭解產業實際應用成果。
3. 研習營可與科展活動內涵結合，以激發參與者深入瞭解綠色化學意願。

第七章 第 1 屆大專校院綠色化學創意競賽活動暨記者會

為推廣國內大專校院學校學生對於綠色化學的興趣，並鼓勵學生創造發明的潛力與探索科學的精神，培養學生多元學習、靈活思考的精神。今年與教育部合作舉辦「107 年第 1 屆大專校院綠色化學創意競賽活動」，提供大專校院學校學生及相關業界一個良性競爭的環境及成果發表的平臺，也盼望藉此活動推廣能吸引更多優秀師生投入綠色化學相關研究，讓各校師生瞭解綠色化學的觀念。並於 107 年 12 月辦理競賽活動記者會，呈現化學局推動大專校院綠色化學創意競賽成果，展示得獎隊伍之優秀成果海報，以顯示目前國內對於綠色化學之教育成效以及大專校院學生對於綠色化學之概念理解與實際應用，並與教育部的合作下共同打造綠色校園之願景，主題為「綠色校園狂想曲，創意競賽動起來」。

7.1 節說明記者會規劃討論會議，討論結論為配合大專校院綠色化學創意競賽組別成果展現，以發揮考量記者會成果效益，改於 107 年 12 月合作辦理綠色化學創意競賽活動成果展示記者會。7.2 節為於化學局網站架設綠色化學主題專區，以利有興趣民眾取得其相關知識。7.3 節為第一屆大專校院綠色化學創意競賽活動網路宣傳，用以增加大學生和民眾之注意。7.4 節說明競賽活動規則與流程。7.5 節為第一屆大專校院綠色化學創意競賽評審規則會議說明。7.6 為大專校院綠色化學創意競賽頒獎活動暨記者會情況說明。

7.1 記者會規劃討論會議

於 107 年 6 月 27 日於環保署毒物及化學物質局辦理綠色化學創意競賽發表記者會規劃案研商會議，討論結果為：

1. 配合 107 年大專校院綠色化學創意競賽活動將與教育部高中職綠色化學創意競賽活動合作辦理，競賽項目分為文創組及教材實驗組，成果於 12 月方能得知。
2. 原定 107 年 7 月辦理部會合作綠色化學創意競賽活動起跑記者會，考量記者會成果效益，擬改於 107 年 12 月合作辦理綠色化學創意競賽活動成果展示記者會。

7.2 綠色化學專區網頁架設

為使普遍民眾得知綠色化學相關知識、成果與活動資訊，已於化學局網站主題專區設立『綠色化學專區(圖 7.2-1)』(網址：<https://www.tcsb.gov.tw/np-304-1.html>)，包含『何謂綠色化學』、『綠色化學 12 項原則』、『校園綠色化學教育-國內外作法及發展』、『106 年綠色化學研習營成果』、『107 年第 1 屆大專校院綠色化學創意競賽』、『國內外相關網站連結』。



圖 7.2-1 綠色化學專區網頁

7.3 競賽活動網路宣傳

不僅在化學局網站上公布競賽活動資訊，也將競賽資訊張貼於社群網站上，以增加民眾關注（圖 7.3-1）。



FB：生活中的化學物質

FB：科技大觀園



獎金獵人活動網址：

<https://goo.gl/4btqCf>

圖 7.3-1 綠色化學競賽於社群網站上張貼

7.4 競賽活動規則與流程

7.4.1 競賽活動規則

此次競賽分為「初選」、「複選」、「決選」三段。初選依參加評選隊伍的類別，分為文創組或教材與實驗組，以書面資料審查，由承辦單位先針對參賽隊伍資格及提供資料進行審查評選，通過初步評選入圍者，由化學局製發參賽證明 1 份。獲得參賽證明後，以創意說明書作為評審依據，分送評選小組進行審查評分作業，選出複選隊伍。複選評分方式說明如表 7.4-1 與表 7.4-2。

表 7.4-1 文創組複選評分項目與配分表

評審類別	評審項目說明	分數
符合綠色化學原則	研究內容符合綠色化學12 原則減廢、物盡、低毒、保安、降輔、節能、再生、簡潔、催化、可解、監測、思危等理念，依符合項次數量評分，最高可獲得20分。	20
創意	依研究的創意性高低給分	30
可行性	1. 參賽作品不受材質限制，鼓勵採用新穎、獨創且便於批量生產的材質及表現載體。	10
	2. 設計需要考慮其實際生產在材質和造型等因素上的可實現性，製作成本和價格定位等經濟因素。	10
	3. 作品應註明展示要求，並以效果圖形式表現，效果圖要體現作品的整體、局部等效果。	10
	4. 鼓勵使用生態環保材料及運用環保理念進行創新設計。	10
	5. 環境與安全衛生考量	10

表 7.4-2 教材與實驗組複選評分項目與配分表

評審類別	評審項目說明	分數
教案設計的正確性	研究內容符合綠色化學12 原則減廢、物盡、低毒、保安、降輔、節能、再生、簡潔、催化、可解、監測、思危等理念，依符合項次數量評分，最高可獲得20分。	20
創意	依教材的創意性高低給分	30
教材設計的實用性	1. 實驗步驟或教材的設計	10
	2. 試藥的替代	10
	3. 器材的選用	10
	4. 廢棄物的減量	10
	5. 實驗的環境與安全衛生考量	10

決選評分規畫為可行性 50 分，創意性 30 分，報告發表 20 分。名次按排序法排序。

7.4.2 競賽流程

此次綠色化學創意競賽報名總數 46 件，教材與實驗組 21 件，文創組 25 件，詳細報名資料列表於下。並於 10 月底進行複選評比、12 月 10 日進行現場決選比賽。

表 7.4-3 綠色化學創意競賽報名組別彙整表

編號	競賽組別	作品名稱	學校	系所
1	教材與實驗組	電子廢棄物黃金精選	淡江大學	化材系
2	教材與實驗組	利用綠色合成製備摻附氧化亞銅的二氧化鈦奈米陣列管光電化學降解布洛芬同時產氫	東海大學	環工系
3	教材與實驗組	開發具高度藥物活性的喹啉 (Quinazoline) 與 喹 啉 啞 啞 -4- 酮 (Quinazolin-4-one) 碳, 氮-雜環衍生物與其綠色永續合成反應	高雄大學	應用化學系
4	教材與實驗組	開發新抗癌藥物 NUK-1 與其綠色永續化學製程	高雄大學	應用化學系
5	教材與實驗組	藥物循環：使用溶劑萃取和再結晶從藥物中回收活性藥物成分	中央大學	化材系
6	教材與實驗組	光觸媒微米纖維素複合紙於綠色潔淨的應用	長庚大學	化材系
7	教材與實驗組	黑金變黃金	高雄科技大學	化材系
8	教材與實驗組	在靜電紡絲製程技術中使用環保溶劑製作輸水型高分子次微米纖維	淡江大學	化材系
9	教材與實驗組	以離子液體-雜多酸型複合觸媒 (PPS-TPA) 開發奈米纖維素之綠色製程	勤益科技大學	化材系
10	教材與實驗組	以維他命 B1 製備二苯基乙二酮衍生物	大同大學	化工系

編號	競賽組別	作品名稱	學校	系所
11	教材與實驗組	以綠色溶劑與環保觸媒快速轉化廢棄木質纖維素為平臺化學品	中山大學	環工系
12	教材與實驗組	含Rhodamine衍生物液晶球之製備及其感測特性研究	成功大學	化工系
13	教材與實驗組	稻殼再利用之生物可降解親膚性循環敷材	宜蘭大學	化材系
14	教材與實驗組	利用水蚤瞭解半致死劑量與河川監測	臺北市立大學	環境教育與資源碩士班
15	教材與實驗組	塑膠回收辨識	臺北市立大學	環境教育與資源碩士班
16	教材與實驗組	花紋紙與生物累積	臺北市立大學	環境教育與資源碩士班
17	教材與實驗組	結合AI模擬3D列印輔助教具推動環境友善化學實驗教學	輔仁大學	化學系
18	教材與實驗組	奈米光觸媒TiO ₂ 之光催化消臭劑	靜宜大學	應用化學系
19	教材與實驗組	回收、純化及再利用管柱層析矽膠粉末	靜宜大學	應用化學系
20	教材與實驗組	利用傅立葉紅外線光譜儀 (FTIR) 定量溶劑中乙酸乙酯與正己烷的比例，進而回收再利用	靜宜大學	應用化學系
21	教材與實驗組	材料電池與太陽能在綠色化學上的應用	靜宜大學	應用化學系
22	文創組	藥品安全處理標識和包裝設計	中原大學	商業設計系
23	文創組	衣服標籤設計	中原大學	商業設計系
24	文創組	玉米塑膠購物袋響應海報	中原大學	商業設計系
25	文創組	咖啡渣與雞蛋殼	中原大學	商業設計系
26	文創組	用稻極致—零污染的稻米生產線	中原大學	商業設計系
27	文創組	綠色科學相關的吉祥物	中原大學	商業設計系
28	文創組	環保餐具販賣機	中原大學	商業設計系
29	文創組	茶葉菜瓜布	中原大學	商業設計系
30	文創組	核廢嶼	中原大學	商業設計系

編號	競賽組別	作品名稱	學校	系所
31	文創組	社區植樹標章 全體樹淨	中原大學	商業設計系
32	文創組	環保產品	中原大學	商業設計系
33	文創組	一物兩用施肥鞋	中原大學	商業設計系
34	文創組	自然農藥	中原大學	商業設計系
35	文創組	循環農業的推廣和規劃	中原大學	商業設計系
36	文創組	固態浴廁清潔劑	中原大學	商業設計系
37	文創組	皂·珊瑚	中原大學	商業設計系
38	文創組	專業性防毒防具	中原大學	商業設計系
39	文創組	綠色化學	中原大學	商業設計系
40	文創組	乾稻草飾品	中原大學	商業設計系
41	文創組	鴨間稻	中原大學	商業設計系
42	文創組	稻殼也可以做湯匙?	中原大學	商業設計系
43	文創組	舊手機都去哪了	中原大學	商業設計系
44	文創組	環保電線保護皮	中原大學	商業設計系
45	文創組	環保蠟燭	中原大學	商業設計系
46	文創組	旗拾布宜樣	宜蘭大學	化材系

複選入圍名單：教材與實驗組共 10 件，文創組 13 件。

表 7.4-4 綠色化學創意競賽複選入圍組別彙整表

編號	競賽組別	作品名稱	學校	系所
1	教材與實驗組	利用綠色合成製備摻附氧化亞銅的二氧化鈦奈米陣列管光電化學降解布洛芬同時產氫	東海大學	環工系
2	教材與實驗組	開發具高度藥物活性的喹唑啉 (Quinazoline) 與 喹 唑 啉 -4- 酮 (Quinazolin-4-one) 碳,氮-雜環衍生物與其綠色永續合成反應	高雄大學	應用化學系
3	教材與實驗組	開發新抗癌藥物NUK-1與其綠色永續化學製程	高雄大學	應用化學系
4	教材與實驗組	在靜電紡絲製程技術中使用環保溶劑製作輸水型高分子次微米纖維	淡江大學	化材系
5	教材與實驗組	以離子液體-雜多酸型複合觸媒 (PPS-TPA) 開發奈米纖維素之綠色製程	勤益科技大學	化材系
6	教材與實驗組	以維他命B1製備二苯基乙二酮衍生物	大同大學	化工系
7	教材與實驗組	以綠色溶劑與環保觸媒快速轉化廢棄木質纖維素為平臺化學品	中山大學	環工系
8	教材與實驗組	含Rhodamine衍生物液晶球之製備及其感測特性研究	成功大學	化工系
9	教材與實驗組	稻殼再利用之生物可降解親膚性循環敷材	宜蘭大學	化材系
10	教材與實驗組	利用傅立葉紅外線光譜儀 (FTIR) 定量溶劑中乙酸乙酯與正己烷的比例，進而回收再利用	靜宜大學	應用化學系
11	文創組	藥品安全處理標識和包裝設計	中原大學	商業設計系
12	文創組	玉米塑膠購物袋響應海報	中原大學	商業設計系
13	文創組	咖啡渣與雞蛋殼	中原大學	商業設計系

編號	競賽組別	作品名稱	學校	系所
14	文創組	用稻極致—零污染的稻米生產線	中原大學	商業設計系
15	文創組	環保餐具販賣機	中原大學	商業設計系
16	文創組	茶葉菜瓜布	中原大學	商業設計系
17	文創組	一物兩用施肥鞋	中原大學	商業設計系
18	文創組	自然農藥	中原大學	商業設計系
19	文創組	固態浴廁清潔劑	中原大學	商業設計系
20	文創組	皂·珊瑚	中原大學	商業設計系
21	文創組	環保電線保護皮	中原大學	商業設計系
22	文創組	環保蠟燭	中原大學	商業設計系
23	文創組	旗拾布宜樣	宜蘭大學	化材系

於 12 月 10 日於國立台北科技大學億光大樓奧米伽廳與岱爾達廳進行競賽活動現場決選，上午場為文創組決選，下午為教材與實驗組決選，於各組決選評分結束後，召開評審結果討論會議。兩組決選議程如表 7.4-5 與表 7.4-6。

表 7.4-5 綠色化學創意競賽文創組決選議程

時間	內容
09:00~09:40	競賽報到及前置作業
09:40~10:00	決選方式說明及準備（副召集人主持）
10:00~12:00	作品說明，每組 10 分鐘
12:00~13:00	午餐及評審結果討論
13:00	文創組競賽結束

表 7.4-6 綠色化學創意競賽教材與實驗組決選議程

時間	內容
13:00~13:40	競賽報到及前置作業
13:40~14:00	決選方式說明及準備（召集人主持）

時間	內容
14:00~16:00	作品說明，每組 12 分鐘
16:00~17:00	評審結果討論
17:00	教材與實驗組競賽結束

經評審會議後，兩組排名見表 7.4-7。

表 7.4-7 綠色化學創意競賽優勝組別排名彙整表

名次	教材與實驗組作品名稱	教材與實驗組作品名稱
金牌	旗拾布宜樣	稻殼再利用之生物可降解親膚性循環敷材
銀獎1	環保蠟燭	開發具高度藥物活性的喹啉 (Quinazoline) 與喹啉-4-酮 (Quinazolin-4-one) 碳,氮-雜環衍生物與其綠色永續合成反應
銀獎2	藥品安全處理標識和包裝設計	以綠色溶劑與環保觸媒快速轉化廢棄木質纖維素為平臺化學品
銅獎1	用稻極致—零污染的稻米生產線	利用綠色合成製備摻附氧化亞銅的二氧化鈦奈米陣列管光電化學降解布洛芬同時產氫
銅獎2	環保餐具販賣機	開發新抗癌藥物NUK-1與其綠色永續化學製程
銅獎3	環保電線保護皮	在靜電紡絲製程技術中使用環保溶劑製作疏水型高分子次微米纖維
佳作	皂·珊瑚	以維他命B1製備二苯基乙二酮衍生物
佳作	茶葉菜瓜布	以離子液體-雜多酸型複合觸媒 (PPS-TPA) 開發奈米纖維素之綠色製程
佳作	自然農藥	利用傅立葉紅外線光譜儀 (FTIR) 定量溶劑中乙酸乙酯與正己烷的比例，進而回收再利用

綠色化學創意競賽未來辦理建議：

1. 競賽活動規則可由業務單位草擬，但草擬規則應由專家會議審議討論後再確定。各領域有其默認行規及競賽規則，單一領域專家無法顧及。
2. 初選、複選及決選等關鍵階段，活動辦理期程應有足夠時間。宜考慮行政流程作業時間上的影響，各階段文件查核及評選時間均需要緩衝期。

3. 競賽主題限制：以綠色化學 12 原則其中幾個項目作為主題，參賽者能聚焦於選定原則上進行研究設計，評審委員也較容易評比各組優劣程度。
4. 競賽組別分組：今年分組限制為 1~2 人，可以朝向個人組與團體組進行討論建議，鼓勵更多教師與學生投入綠色化學相關研究，藉此推廣綠色化學。
5. 競賽獎勵可視參賽人需求給予不同獎勵。設計類組需要經費購買材料，實驗類組目前要求比較少，但仍偏好現金或禮物卡。

7.5 第一屆大專校院綠色化學創意競賽評審規則會議

於 107 年 12 月 6 日於環保署毒物及化學物質局辦理第一屆大專校院綠色化學創意競賽評審規則會議，邀請評審委員教育部邱仁杰專門委員、國立雲林科技大學創意生活設計系暨研究所杜瑞澤教授、大同大學工業設計學系賴志純副教授、中華民國化學工業責任照顧協會許瓊丹秘書長、國立清華大學化學系蔡易州教授進行討論，討論結果為：

1. 各競賽組別以展臺攤位式擺放 A1 海報或實品與筆電簡報進行說明，評審委員至各組聽取參賽者報告與問答。文創組報告發表 10 分鐘，教材與實驗組報告發表 12 分鐘。
2. 分數比例：可行性 50%，創意性 30%，報告發表 20%。
3. 名次按序位法排名，序位相同者，依序以可行性、創意性、報告發表分數。
4. 評審委員評分後召開 close meeting 討論。

7.6 大專校院綠色化學創意競賽頒獎活動暨記者會

於 12 月 18 日於毒物及化學物質局（以下簡稱化學局）辦理記者會，本次記者會主要是呈現化學局推動大專校院綠色化學創意競賽，並與教育部的合作下共同打造綠色校園之願景，主題為「綠色校園狂想曲，創意競賽動起來」。

化學局與教育部合作聯合舉辦「第 1 屆大專校院綠色化學創意競賽頒獎」。邀請得獎大專校院學生、指導老師、競賽評審委員分享參與心得及對經驗分享並進行頒獎典禮。藉由競賽與校園傳播方式綠色化學觀念開始推廣，共同努力尋找永續綠色的生活價值，共創低毒、減廢、省能、健康、安全的環境。未來，環保署化學局除持續辦理綠色化學多元教育推動、產業落實、環境友善等活動外，更將結合教育部，持續推動並深化高中職與大專院校之綠色化學教育鏈結及推廣。



圖 7.6-1 記者會局長致詞（左）與長官與參賽者合影（右）

第八章 永續思維綠色化學多元教育推動計畫專家諮詢會議

以下說明 8 月 27 日及 11 月 30 日專家諮詢會議委員之意見和後續作法。專家諮詢會議主要邀請於綠色化學及教育等相關領域有卓越貢獻的委員擔任諮詢專家，8.1 敘述第一次專家諮詢會議，說明計畫背景及工作報告，討論國內大專校院通識教育之綠色化學教材規劃、舉辦大學生和小學教師研習營、大專校院綠色化學創意競賽等提案。8.2 敘述第二次專家諮詢會議，探討大專校院綠色化學通識微學分學程與專業學程擬定，以及未來教材規劃、研習營、綠色化學創意競賽辦理之建議。藉由諮詢委員建議彙整，並交換彼此心得和經驗，強化團隊和校園第一線工作的老師和教學人員彼此溝通的管道。

第一次專家諮詢會議統整趙奕娣專任研究員、高翠霞教授、甘魯生退休研究員、許瓊丹秘書長、余瑞琳講師及教育部、化學局各部門建議與後續作法，以表 7.6-1 呈現。有關建立綠色化學通識課程上，委員建議專有名詞並非全部加入課程中，但需將其精神呈現出來，並配合生活實例並進行實驗實作或環境教育場區參訪等方式，以增加學生修課的意願和興趣。研習營活動規劃上，建議小學教師研習營課程，可介紹使用化學品安全等概念，以建立正確的知識和觀念，並參訪環保署已認證的場域進行觀摩。

表 7.6-1 第一次專家諮詢會議 (8/27) 委員建議及後續作法

委員	意見	工作團隊回覆
趙奕娣 專任研究員	1. 建議將綠色化學十二原則背後的精神講出來，針對通識、小學老師，知道課程主要呈現友善的化學，這才是重點。	謝謝委員建議，遵照辦理。
	2. 依據個人演講經驗，通識上的知識，部分理工學生也不清楚，因此通識的部份也是需要讓專業學生接觸到。	謝謝委員建議，遵照辦理。
	3. 不論通識或是專業課程，最重要的是讓學生有整體考量的能力，如何讓學生去應用、去想像，會比較全	謝謝委員建議，遵照辦理。

委員	意見	工作團隊回覆
	方位。	
高翠霞 教授	1. 關於屬於化學專家的用語或是專有名詞，不一定要全然用於通識的課程，但需要有其精神	謝謝委員建議，遵照辦理。
	2. 綠色化學的構面，有關環境關懷、化學環境的關聯跟改善的技能，這邊羅列了蠻多的主題，現在所勾選出來的三個部分，是否是最恰當？或是大家認為最想要學習的？就一般老百姓來講，可能注重食品安全、農藥，能夠多有一些的公聽，瞭解在通識教育課程裡面學生的需要。	本年度計畫所規劃的通識課程主題，為兼具示範性質與代表性。故選擇主題包含綠色永續化學、農藥、化學物質危害以及實驗課程等主題。
	3. 參訪地點不要太侷限，希望能夠與民眾的生活貼近。	謝謝委員建議，目前所規劃的參訪地點，會以經過環境教育認證的場所為優先考量。
	4. 建議小學的研習活動可以與教育部中央輔導團合作，在22個縣市，每個縣市選出1~2位推薦的輔導團導師，來參與研習營的活動，這樣對未來的系統性發展跟規劃，會更好一些。	感謝委員建議，辦理小學教師研習，將邀請教育部環境教育輔導團參與。
	5. 建議研習活動可以找環保署已認證的研習場域。	謝謝委員建議，研習活動若為戶外學習，將以環境教育認證場所優先考量。
甘魯生 退休研究員	1. 美國綠色化學總統獎為可參考資料來源，值得學習。	謝謝委員建議。
	2. 是否能輔導工業界，在綠色化學上的努力或成果寫一篇論文，如此對	已與多家廠商訪談，後續將進行成果報告

委員	意見	工作團隊回覆
	公司也會有很大的幫助，對國家亦是，甚至可以成立一個獎項。	與講解。
	3. 建議小學教師研習營課程，可介紹使用化學品安全等概念，以建立正確的知識和觀念。	謝謝委員建議，遵照辦理。
	4. 參與競賽，有利於高中生申請大學。建議此競賽頒發參加證照，讓學生未來去面試時能提出，也會是個誘因。	謝謝委員建議，競賽辦法已說明由化學局製發。
	5. 未來競賽的部份可以是一到多人的，不只局限於個人，其實在永續議題裡面，背後的合作、團隊也是非常重要的。	謝謝委員建議。
許瓊丹 秘書長	1. 加強與產業界的互動，不論在學程、通識或是專業課上，亦或是教材或教案上，都可以多與產業做結合或合作	謝謝委員建議，雖本年度主要規劃為通識教材，教材與參訪地點，將盡可能與產業產生關聯
	2. 產業是看向未來發展的，因此，在提出申請時建議與產業發展有串聯，另一方面也希望源頭管制的想法能夠涵蓋在內，如此，才能將綠色化學永續下去。	謝謝委員建議，遵照辦理。
余瑞琳 講師	1. 分享一些與劉廣定老師課設永續化學課程的心得，室外參訪的部份，推薦公館淨水場，不僅距離近，廠商也積極協助參訪課程，另一方面，水資源的部份，學生常在書上看到卻很少接觸，因此這是一個難得的機會。	謝謝委員建議。
	2. 因課程針對文法商學院開設，因此每次實驗課，都會有一次示範實	謝謝委員建議。目前我們有規劃數個內含

委員	意見	工作團隊回覆
	驗，學生也因很少接觸實驗，而對實驗課有很大的興趣。課程上安排主要以兩次實驗課，一次戶外教學課為主，實驗的選擇則是以減量減廢又與生活相關的。	實驗活動課程，將以能與生活相關者為優先考量。
	3. 推薦一篇文章，本系退休老師蔡蘊明老師，在科學online上發表一篇文章，將12原則用了比較容易記憶的口訣，叫作防廢、物盡、低毒、保安、節能、再生等等可供貴團隊參考。	謝謝委員建議。
	4. 競賽的部份，如何增加大專生隊競賽的吸引力，增加參加誘因，也許可以與課程做結合，上課的老師可以做推動，因此可以設計一個綠色化學的文宣、實驗等等，跟著課程走，但推動起來並不容易，所以不知道老師的想法如何？	謝謝委員建議。目前已寄給化學相關科系與設計系老師競賽資訊，已有部分老師協助鼓勵學生參加。
	5. 為什麼研習營是針對國小老師呢，就我所知高中老師也對這方面很有興趣，若辦在高中，老師的參與率及收穫會比小學來的更直接。	目前教育部亦已積極推動高中階段的綠色化學相關活動。本計畫本年度所規劃研習為大專學生與國小教師優先。
	6. 研習營是否需要繳費？是否會給予證書？	研習營為免費參加，參加者會有參加證明。
	7. 建議在研習營結束時，增加獎項和presentation，讓學生找一個主題給他介紹，證書的部份也希望能夠中英文並列。	謝謝委員建議。
	8. 文宣競賽，建議配合課程，也可以	謝謝委員建議，計畫

委員	意見	工作團隊回覆
	當作成績的一部份鼓勵學生參加。	當初設計是給大四的學生參與，有助於推甄研究所。
陳淑玲 副座	1. 課程上建議可以從美國綠色化學總統獎去做介紹，並回到生命週期的概念來做介紹。	謝謝委員建議。
	2. 參考臺大所開的永續化學通識並與美國綠色化學總統獎的案例和國內有合適成就的廠商例子去搭配。	謝謝委員建議，遵照辦理。
	3. 建議將綠色化學的十二原則設計本土化、簡而易懂的俗語，讓普遍大眾簡易好背。	我們會確實參考委員的意見去做調整，會選定比較生活化的綠色化學原則與主題。
	4. 對於研習營我們計畫團隊是綁著學校，透過學校也許是課程上某堂課，那研習結束後會頒發證書，讓他們在將來求職上有幫助，盡量營造對他們有幫助的誘因。	謝謝委員建議。
	5. 競賽的部份需要去催稿，要與學校系所老師做聯繫。	謝謝委員建議。目前已寄給化學相關科系與設計系老師競賽資訊，已有部分老師協助鼓勵學生參加。
	6. 關於研習營成大場主軸為推動循環經濟，建議可以將名字改為綠色化學循環經濟	謝謝委員建議，遵照辦理。
劉怡焜 組長	1. 建議團隊可以再多收集一些學校參訪的資料，可能在綠色化學上有一些成果的，另外距離在一個小時車程內的，現在在做廠商訪談時，也可以順便詢問一下意願。	謝謝委員建議。
	2. 業界上的結合，有許多廠商一直有	謝謝委員建議。

委員	意見	工作團隊回覆
	在做綠色化學相關的應用，但他們並不知道這叫綠色化學，因此建議我們可以透過不斷的訪談，去做宣導。	
	3. 建議可以將綠色化學圖像化，明年也可以考慮做漫畫或是動畫等等	謝謝委員建議，此部分將統整分析後納入本年度計畫之建議事項。
	4. 推薦我們在社群網站上有一個生活中的化學物質 Chem Life 的網站，我們把生活中的化學物質用更淺顯的方式讓大家去知道，希望民眾可以從這邊獲得很多淺顯的化學知識，也可以做結合。	謝謝委員建議。
	5. 建議可以將這兩年來的資料做一個整合放到網站上綠色化學主題專區，那成果也慢慢地將網站充實，明年也計畫加進一些動漫、卡通影片等等增加吸引力，或是也可以考慮現場直播，讓無法前來的人有機會看到。	謝謝委員建議。
危控組 李慈毅 科長	6. 課程的部份建議可以考慮加一個搖籃到搖籃還有綠色等等的部份，這兩個部份與產業的發展非常的相關，也可能是未來十年發展的主軸，另外一個跟永續環境有相關，因此把這兩個主題加進去會比較適合一點。	謝謝委員建議，循環經濟與永續環境的內涵，原則要納入對應主題中。
危控組 蘇怡萍 科長	1. 現在的學生會透過圖像化的媒介來做學習，這樣學習方式對他們來講更有吸引力，如果將動漫與永續化學做結合，相信會提高他們的參與	謝謝委員建議，課程會強化圖像化的內容。

委員	意見	工作團隊回覆
	動機。	
	2. 建議可以考慮終身學習，將相關的東西放在網路上，例如：臺灣通識網，這樣不僅可以遠端學習，也能輕鬆地獲得資源。	謝謝委員建議。
許雅雯 專員	1. 計畫規劃四門室內課、四門室外參訪，提到後續會與產學進行合作，挑選四套的教材，分別為北中南東各一套，去做後續的實地參訪，想請問，這部分，四套教材跟他的參訪與我們這邊的室外參訪有關連性嗎？	本計畫所規畫參考課程，就是室外參訪課程。
	2. 從106年開始會辦理研習營，或是種子師資的培訓，所以高中的部份，教育部一直有持續的在進行中	謝謝委員建議。
	3. 沒有要針對國中嗎？我個人覺得，國小沒有那麼專業在自然領域，國中之後會開始有理化生物課	會的，明年會往國中方面去進行。
	4. 因為看小學教師研習營規劃，本來是一場次，現在變成兩場次，一場次25個人，那要怎麼去調整這25個人，全臺灣小學那麼多，所以如果有機會的話，國中也是一個角度。	計畫工作項目將視參與人數多寡來調整人數限制。
評管組 陳曉真 高環	1. 請問每堂課怎麼分配？綠色12原則簡介120分鐘，因為有兩個場次算出來16小時。可報名多少場次，有限制嗎？那活動的宣導該怎麼設計？	講座課是兩個小時，實際講座課是80分鐘，報名則沒有限制。
	2. 競賽部份，綠色化學議題非常多，對評委也是一個很大的挑戰，不同的議題間怎麼去評分？建議可以分多個類型，這樣對學生也有個目	謝謝委員建議。

委員	意見	工作團隊回覆
	標，評委間評分也有個基準，也建議去邀請大專校院的老師。	
	3. 建議課綱上，如何讓一個剛進大學的學生，知道綠色化學概念，並在生活中做應用？	教材建議主要針對通識課程及普通民眾可理解，將著重說明生活案例。

8.1 第二次專家諮詢會議

統整教育部邱仁杰專門委員，臺北市立大學地球環境暨生物資源系高翠霞教授，國立臺灣大學化學系劉雅瑄教授，國立臺灣大學化學系余瑞琳講師建議與後續作法，以表 8.1-1 呈現。有關建立綠色化學通識微學程上，宜修正學生選課學分數（4 至 8 學分），微學分設計包含環境關懷、環境關聯、永續環境三個構面，供不同學校參考使用。未來研習營規劃可分二大部份：（一）非正規教育體系，包含業者與通過認證的環境教育場域。（二）正規教育體系：包含大專、高中、國中小，可與教育部協作辦理，並與科展聯結，普及綠色化學知識教育。

表 8.1-1 第二次專家諮詢會議 (11/30) 委員建議及後續作法

委員	意見	工作團隊回覆
邱仁杰專門 委員	1. 在知識課綱與課程上，以1堂2小時的課程架構，宜更生活化的內容來讓授課老師更易上手與學生更易吸收。	謝謝委員建議，遵照辦理。
	2. 彙整及規劃大學的學程，宜從大學的科系背景分析，以某一科系為核心，搭配其他科系（可以其他工、理、農、設計學院等）之重點課程，讓綠色化學之學程較能符合各大學來推動。	謝謝委員建議，本團隊將就通識課程部分修正4至8學分之微課程、微學分設計（包含環境關懷、環境關聯、永續環境三個構面），供不同學校參考使用。
	3. 針對中小學老師的研習，未來建議	謝謝委員建議，會呈

委員	意見	工作團隊回覆
	先瞭解中小學的科展內容與背景，來規劃課程及研習內容。另建議中小學的數理資優班及科學班或許可以針對他們的背景或需求來開設研習課程，可獲得較佳的效果。	報至化學局做為未來計畫建議。
	4. 所設計學程課程或教材建議可持續推廣，並建議有政策誘因而來引導學校系所開課。	謝謝委員建議，會呈報至化學局做為未來計畫建議。
高翠霞 教授	1. 學程課程建議，在室外課程參訪部分，可以通過認證的環境教育場域為主，其中除了環保設施之外、有部分與民眾生活直接相關的場域，如與農藥議題或食品添加物有關的場域，如：好時節休閒農場（桃園）、頭城農場（宜蘭）與郭元益博物館等等。	謝謝委員建議，遵照辦理。
	2. 通識學程的課程規劃達16學分的可行性與困難性。建議再降低4至6學分（可稱為「微學程」）	謝謝委員建議，遵照辦理。
	3. 請再檢視構面與通識學程和專業學程之間的對應，如：二者必修課程是否符合“構面”的概念。	謝謝委員建議，遵照辦理。
	4. 研習營的規畫可分二大部份思考： （一）非正規教育體系，包含業者與通過認證的環境教育場域。 （二）正規教育體系：包含大專、高中、國中小，可以教育部協作辦理。其中已通過認證的環教場域，可透過工作坊方式協助場域開發綠色化學（永續化學）教案。	謝謝委員建議，會呈報至化學局做為未來計畫建議。
	5. 競賽規則：建議不僅重點放在學校，也可以開發請業者參與競賽的	謝謝委員建議，化學局今年有為業界舉辦

委員	意見	工作團隊回覆
	規則（如烹飪業者、食品業者等）	「綠色化學應用及創新獎」競賽。
	6. 其他建議：十二年國教重視探究與實作課程，可加以利用並推廣綠色化學。	謝謝委員建議，會呈報至化學局做為未來計畫建議。
劉雅瑄 教授	1. 課程規劃可將之分為p.15的三個構面—環境關懷、化學與環境關聯、化學改善環境—如此可簡化，讓既有已開設課程可放入某一個構面。	謝謝委員建議，遵照辦理。
	2. 科展的題目若是融合綠色化學會是很大的誘因。	謝謝委員建議，會呈報至化學局做為未來計畫建議。
	3. 建議辦理大學老師的研習營，如環教的計畫，曾舉辦大學環工相關科系老師進行環教研習並頒發證書。	謝謝委員建議，會呈報至化學局做為未來計畫建議。
余瑞琳 講師	1. 課程設計建議建立模組的教材，如SDS、綠色化學12原則。	謝謝委員建議，會呈報至化學局做為未來計畫建議。
	2. 建議提供綠色化學課綱，以供授課教師參考使用。	謝謝委員建議，遵照辦理。
	3. 建議可辦理高中化學老師或大專校院老師研習營。	謝謝委員建議，會呈報至化學局做為未來計畫建議。

第九章 結論與建議

本計畫為延續 106 年度大專校院綠色化學教育推廣計畫，結合國內之專家學者凝聚共識，共同推動本國大專校院永續綠色化學教育，擴大影響力。本計畫依序盤點目前國內外永續綠色化學相關既有課程資料，彙整產業永續綠色化學實際應用，分析產業現況、特色與困難，建立課程教材簡報。同時透過訪談國內外相關專業的專家學者，彙集推動綠色化學教育的歷程、經驗成果，進而規劃本國適用之推動課程策略並實際應用試教。結合國內之專家學者，舉辦各式主題、跨區域之永續化學研習營活動，與大專校院競賽，藉由多管道方式導引本國產、官、學之力量落實永續綠色化學推廣教育。

9.1 結論

依據本計畫服務契約規定之各項工作內容要求，本計畫均已完成各項工作，結論可歸納為：

1. 彙整國內外現有綠色化學教程現況與特色，建立國內大專校院通識教育及環境教育之綠色化學教材規劃及示範教學部份：

本計畫接續 106 年蒐集國內外綠色化學相關教材資料，進行課程編纂與設計。綜整美、德之相關教學資料，分析選擇可融入國內綠色化學教育之相關資訊，主要以綠色化學 12 原則及融入生活相關議題為主。發現目前美國蒐研之綠色化學相關資料最為完整，除教學資料外，也有相關學術論文說明教學模塊之應用。德國目前僅蒐研相關實驗案例介紹，並無實際教學之課程材料，預計後續連絡相關外籍教師尋求綠色化學教學資源幫助，以達融入本國綠色化學課程之需求。依據蒐研之綠色化學教程現況與特色以及國內綠色化學（科技）相關大學學程，比較分析其課程領域，做為跨學院與通識綠色化學學程設計之參考。

根據教材協商會議等多場會議結論，推廣通識類綠色化學課程，範疇可分為「環境關懷」、「環境關聯」、「環境永續」三構面，作為設計教材及課程大綱之參考依據。通識綠色化學之課綱，建議以模組化方式規劃一原則，以供不同學校與授課教師配合實際狀況選用。模組原則上至少應包含整體觀念、技能與行動（先備/基礎知識）、個別主題多元學習等。本計畫邀請各領域專業教師與指標廠商、環境教育場域單位協助編纂大專校院綠色化學通識教育教材，共計 4 門室內課程教材，包含綠色化學概論、農藥、化學物質安全、實驗/實習課程(認識塑膠)等主題，並完成 6 場次試教。亦完成 4 門室外參訪課程教材，包含技嘉科技股份有限公司

公司、中臺資源科技（股）公司環境資源教育中心設計、焚化廠與污水廠，可作為臺灣各區域大專校院教師推動永續化學之戶外教學場域。

2. 建立綠色化學大專教育推動課程策略及建立國際環境教育綠色化學鏈結部份：

參與美國化學會辦理之第 22 屆國際綠色化學&工程研討會 (GC&E)，會議主題為「使用綠色化學品進行產品創新 (Product innovation using greener chemistries)」蒐集該會議綠色化學推動策略、相關研究及成品最新進展、並與專家學者交流。於研討會觀察得知藥品設計、美妝、清潔劑、生活品設計、乾洗業為美國目前較多探討的議題，關於綠色化學教育和推廣上，需有更多領域的合作和推動，有時不以綠色化學行銷，而以生活語言來導入觀念及行銷。綠色化學產業及工作發展，用來引導學生學習更廣的化學教育。

訪談國內外學者：本計畫訪問 3 位美國學者、2 位德國學者，及 5 名國內學者，瞭解推動綠色化學課程之策略、成果及遭遇的困難，並綜整經驗產出推動課程策略規劃與做法。於國外學者訪談得知，目前歐盟地區政府已有制定相關政策，如：REACH，支持永續發展，政府發起許多關於永續化學的計畫，支持學術和應用技術上的研究。而美國目前還未有相關政策實施，美國學者 Paul Anastas 認為若以永續發展為目的，從綠色化學延伸制定具體法律較為合適。德國學者認為綠色化學應融入現有化學課程中，美國學者提及綠色化學在社會上推動之困難性，認為綠色化學實施的最大挑戰是如何量化社會對環境的利益。在學術研究和永續化學方面的意識提升，但在技術移轉至工業應用上速度仍緩慢。於國內五名學者訪談結論為：1.綠色（永續）化學教學可從生活或實驗中導入，以增加學生之學習興趣。2.對於大學新生或非化學專業學生，可以著重教導觀念，並在教課時用與永續發展相關的實例補充教科書的知識。3.教育界跟產業界應該要有一個會談平臺，讓學生們瞭解目前產業。4.說明目前產業應用綠色化學的現況，提升學生求學興趣並在未來在職場上能發揮影響力。

3. 瞭解產業推動綠色化學融入現況，綜整分析以提升校園連結產業之調適能力部份：

已拜訪 30 廠商，並藉由設計之訪談問卷進行面訪，分析產業現況、特色及困難，並研析與國內大專校院教育關聯重點，分析業界對於綠色化學現況瞭解程度及施行策略。彙整訪談 30 家廠商問卷回饋資料，多數廠商對於綠色化學與 12 原則理念認知清楚瞭解。在知識需求方面，多數廠商著重人才應具備生產與製程管理及專案管理之知識。技能條件需求中，多數廠商皆認為產業人才需求為製程設計能力、資料蒐集與分析、問題分析與解決的能力。

配合產業現況分析報告、產業因應綠色化學政府策略與可行方案、產業專業人力培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程之內容設計，以增進化學研發相關專業領域之綠色化學調適知能融入為目標，確認學群課程架構，並擬定綠色化學專業課程融入策略與行動方案。

4. 大專校院學生及小學教師綠色化學環境教育研習營活動部份：

本計畫延續 106 年計畫辦理大專校院綠色化學研習營，共 4 場次，今年更擴及辦理 2 場小學教師研習營，以促進教師對綠色化學的瞭解，而能應用在教學上。本案研習營共邀請 8 位專家擔任講座分享，並參訪 3 家環境教育園區。主題為綠色化學永續教育推動相關議題，4 場大專校院研習營主軸分別為綠色化學、減毒減廢、綠色循環經濟與生活化學，小學教師研習營主軸為綠色化學教學經驗分享，以增加學生與小學教師瞭解綠色化學永續教育推動內涵發展及創意回饋。

5. 綠色化學競賽活動及協助辦理記者會：

與教育部共同辦理綠色化學競賽活動，負責大專校院參賽規則規劃及相關活動辦理事宜。報名參賽組別總數共 46 組，10 月底進行複選評選，共 23 組進入決選，12 月 10 日進行現場決選與展示。在邀約各大專校院化學相關領域教師指導學生參與此競賽，發現部分老師已有著手進行綠色化學相關研究。配合大專校院綠色化學創意競賽活動，於 12 月 18 日辦理頒獎暨記者會，說明 107 年度綠色化學推動策略及成果展示，並邀請優勝參賽者說明作品成果發表，達到推廣綠色化學目的。

6. 專家諮詢會議部份：

本年度計畫舉辦 2 場專家諮詢會議，邀請專家學者委員與各部門代表討論計畫規劃，針對課程教材簡報、課程大綱規劃、訪談學者、產業及研習營等細節進行討論，藉由議題討論，與諸多先進交換彼此心得和經驗，強化團隊和校園第一線工作的老師和教學人員彼此溝通的管道。

第一次會議結論為：1.教材設計課程依照本團隊規劃進行設計（綠色化學概論、農藥、化學物質安全、實驗/習課程）。2.委員建議專有名詞並非全部加入課程中，但需將其精神呈現出來，並配合生活實例並進行實驗實作或環境教育場區參訪等方式，以增加學生修課的意願和興趣。3.研習營活動規劃上，4 場大專校院研習營主軸分別為「綠色化學」、「化學與環境關聯」、「減毒、減廢」、「綠色化學循環經濟」。4.建議小學教師研習營課程，可介紹使用化學品安全等概念，以建立正確的知識和觀念，並參訪環保署已認證的場域進行觀摩。

第二次專諮會議結論為：1.綠色化學通識課程建議以微學分/學程設計，並依「環境關懷」、「環境關聯」、「永續環境」三構面規劃。2.未來室外參訪課程，除了環保設施之外、也可至與民眾生活直接相關的場域，如與農藥議題或食品添加物有關的場域，如：好時節休閒農場（桃園）、頭城農場（宜蘭）與郭元益博物館等等。可整理環境教育場域（如：八里焚化廠、中科友達光電、南科園區、臺東環教中心等）課程單元與綠色化學 12 原則關聯性。3.未來研習營的規畫可分為非正規教育體系，包含業者與通過認證的環境教育場域；對於正規教育體系：包含大專、高中、國中小，可以尋求教育部協作辦理。其中，已通過認證的環教場域，可透過工作坊方式協助場域開發綠色化學（永續化學）教案。4.大專校院綠色化學創意競賽期程建議延長至一年辦理，以供有興趣團隊足夠時間準備。

9.2 建議

綜整各項執行成果與結論，本計畫提出未來建議如下：

1. 建置綠色化學知識平臺：本案建議可由化學局規劃官方知識教材及課程影音平台，提供及分享綠色化學相關之成果。平台上亦可提供彙集臺灣各區域不同領域(化學專業、通識、化學類環境教育)之專家資料庫，協助各地各領域辦理永續化學推動活動。
2. 蒐研大專校院理工科系專業課程與綠色化學 12 原則符合度。根據專家諮詢會建議，後續宜針對大專校院理工科專業課程與綠色化學 12 原則進行分析，以瞭解各課程教學與綠色化學之關聯性，找出各化學專業領域在永續綠色化學面向之教育缺口，以利化學局及教育單位，規劃相關補充知識及教育素材，提升產業面未來推動永續化學之發展潛能。
3. 蒐研臺灣現有環境教育場域設計課程與綠色化學 12 原則符合度：建議應延伸應用現有環境教育之資源，調查已認證之環境教育廠區設計課程與綠色化學關聯性，後續可協助環教園區進行設計與綠色化學相關課程，以達綠色化學教育推廣目的。
4. 大專校院綠色化學通識教育教材設計與推動落實，本計畫已完成 4 門室內課程教材與 4 門室外課程教材，未來建議以本案提出綠色畫學教育素養之三個構面：「環境關懷」、「環境關聯」、「永續環境」進行規劃，持續邀請專家編纂適合本國大專校院通識課程教材，增加永續綠化之教材廣度與深度，。為落實於大專校院通識教育進行綠色化學教學，建議可規劃課程推動補助計畫，提供大專校院教育支援，鼓勵授課教師。

5. 大專校院綠色化學競賽活動：競賽活動目的為提供大學生一個良性競爭的環境及成果發表的園地，並提供對此有興趣的民眾觀摩機會，為社會種下綠色化學的種子。建議競賽未來辦理時程至少為一年，其中，至少 3 個月宣導期，參賽對象可為化學類、環境類及設計類(商品設計與室內設計)科系，是否有更細緻的專業分組，可視逐年辦理收件情形再修訂。宜辦理臺灣各區域多管道宣導活動，提供足夠時間讓有興趣的學生進行準備。建議競賽規則訂定應邀請相關領域專家及綠色化學專家共同擬定，並邀請產業界人員擔任評審委員並給予建議，活動過程應完整側錄。
6. 綠色化學推廣研習營：建議持續辦理大專校院學生與小學教師研習營，並帶領參與學生或教師至綠色化學相關環境場域進行參訪。大專校院研習營宜持續辦理通識教育性質，活動主軸建議以今年設計規畫之「綠色化學」、「減毒、減廢」、「綠色化學與循環經濟」與「化學與環境關聯」進行規劃。小學教師研習營宜著重於校園化學安全教學與綠色化學教育經驗分享，建議邀請具中小學相關教學經驗之教師進行講座分享。本案建議未來可持續辦理產業界綠色化學研習營，宜就不同產業之需求，邀請學界專家與績優廠商分享，使產業人員瞭解綠色化學原則如何於生產過程中實施，同時達到友善環境與綠色商機雙贏局面。
7. 產業經營追尋的是整體經營績效與獲利，但若要追求永續的經營，則即須符合社會脈動與環境趨勢。因應國際環境永續管理趨勢與挑戰，則可就掌握市場面需求、加強內部環境管理改善、化產業競爭力為綠色商機等三方面說明：
 - (1) 掌握市場需求：由綠色化學趨勢所衍生的國內外市場需求不勝枚舉，如產業對通過的綠色供應商提出採購優惠、或是增加採購量等，以提升業者推動綠色化學或發展環保產品更強大誘因。
 - (2) 加強內部環境管理改善：國內產業界推動綠色化學，並取得環境管理驗證、環保標章的主要目的，是為了化解市場壓力、採購威脅；除了可以提高環保績效與經營效率，進而可以改善產業經營體質，真正強化內部的管理機制並獲致具體成效。
 - (3) 化產業競爭力為綠色商機：產業須從提升綠色化學效率做起，採用以少變多的生產新技術，整合環境綠色化學之績效，創造產業經營契機，並藉由使用無毒/減毒原物料、資源循環利用、採用再生性的能源或開發導入省能設備、改善製程等，對內導入綠色化學生產技術，對外推動綠色產品行銷，以創造更多的綠色商機。

參考資料

1. Collins, T.J., *Introducing green chemistry in teaching and research*. Journal of Chemical Education, 1995. **72**(11): p. 965-966.
2. Anastas, P.T. and J.C. Warner, *Green chemistry : theory and practice*. 1998, Oxford [England]; New York: Oxford University Press.
3. Fegade, S.L. and J.P. Trembly, *Misinterpretation of green chemistry*. Ultrasonics Sonochemistry, 2017. **37**: p. 686-687.
4. 蔣本基, 人間百年筆陣 整合綠色化學 落實永續發展, in 人間福報. 2017.
5. Matlack, A.S., *Introduction to green chemistry*. 2nd ed. 2010, Boca Raton, FL: CRC Press. xi, 587 p.
6. Erythropel, H.C., et al., *The Green ChemisTREE: 20 years after taking root with the 12 principles*. Green Chemistry, 2018. **20**(9): p. 1929-1961.
7. *12 Design Principles of Green Engineering*. Available from: <https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/principles/12-design-principles-of-green-engineering.html>.
8. *OECD Sustainable Chemistry*. Available from: <http://www.oecd.org/chemicalsafety/risk-management/sustainablechemistry.htm>.
9. *the German Federal Environment Agency (Umweltbundesamt) criteria for a sustainable chemistry*. Available from: <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/chemicals/chemicals-management/sustainable-chemistry#textpart-1>.
10. 招衡, *Spinosyn Insecticides: Part I. Blockbuster Products from a Remarkable Discovery*. 台灣昆蟲, 2011. **31**(1): p. 1-13.
11. 2016 年「美國總統綠色化學挑戰獎」獲獎項目. Available from: <https://read01.com/5BNJKJ.html#.XCCQ7VwzaUk>.