

計畫期末報告基本資料表

「大專校院綠色化學教育推動計畫」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	臺北市立大學		
參與計畫人員姓名	林于凱、王玉純、張育傑、徐宏德		
年 度	106	計畫編號	TCSB106CP0202A016
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	_106_年_8_月～_106_年_12_月		
本期期間	_106_年_8_月～_106_年_12_月		
本期經費	__億__1992__千元		
	資本支出		經常支出
	土地建築__0__千元		人事費__1103__千元
	儀器設備__0__千元		業務費__708__千元
	其 他__0__千元		材料費__0__千元
			其 他__191__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	
課程規劃		Course planning	

行政院環境保護署計畫成果中英文摘要

- 一、中文計畫名稱：
大專校院綠色化學教育推動計畫
- 二、英文計畫名稱：
The project of college green chemistry education promotion
- 三、計畫編號：
TCSB-106-CP02-02-A016
- 四、執行單位：
臺北市立大學
- 五、計畫主持人（包括共同主持人）：
林于凱，王玉純，張育傑，徐宏德
- 六、執行開始時間：
17/08/01
- 七、執行結束時間：
17/12/31
- 八、報告完成日期：
17/12/27
- 九、報告總頁數：
311
- 十、使用語文：
中文，英文
- 十一、報告電子檔名稱：
TCSB106CP0202A016.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，課程規劃
- 十四、英文摘要關鍵詞：
green chemistry, education promotion, Course Planning
- 十五、中文摘要（約三百至五百字）
本計畫已彙整收集國內大專校院化學相關系所資訊及目前開設綠色化學相關課程、高中職基礎化學課程大綱，國外開放綠色化學相關課程、教材、競賽及活動相關資訊。
已辦理五場研習會，共邀請 10 位講座：專家學者代表為駱尚廉特聘教授、張瓊芬教授、蔣本基特聘教授及林弘萍教授，產業代表為 3M_臺灣明尼蘇達礦業製造股份有限公司、大愛感恩科技公司、財團法人塑膠工業技術發展中心、友達光電股份有限公司、中台資源科技股份有限公司及中國鋼鐵股份有限公司。並取得部分講座同意，公開授課檔案於化學局網頁及 Youtube 網頁分享。
配合蒐研之產業現況分析報告，已辦理 5 家廠商訪視，訪視廠商為：中台資源科技股份有限公司、大愛感恩科技股份有限公司、臺灣永光化學工業股份有限公司、歐萊德國際股份有限公司及友達光電股份有限公司，取得各廠商意見回饋。
統整彙集現有大專校院相關科系學群組成，已辦理國內化學專業、半化學專業及非專業之科系各舉一例科系示範，分析各科系必選修之綠色化學相關課程大綱，列表比較並提出課程主題以供建置課程大綱。

已辦理兩場專家諮詢會，邀請委員為：駱尚廉特聘教授、趙奕娣專任研究員、劉雅瑄副教授、張子超教授、張家銘教授及高翠霞教授。第一次專家諮詢會界定本案範疇，第二次專家諮詢會討論課程大綱規劃。

本計畫結論參照化學局政策綱領，本案建議規劃課程首要針對通識課程執行，提出三個構面「環境關懷」、「化學與環境關聯」以及「減少化學衝擊」為初步規劃並以培養綠色化學教育素養為目標。

十六、英文摘要：

The project has been proceeded to collect domestic college green chemistry department related curriculum, high school basic chemistry class summary, and foreign green chemistry related curriculum, textbook, competition and activities.

Five workshops were held to invite ten lecturers. Professional representatives are Shang-Lien Lo Distinguished Professor, Chiung-Fen Chang Professor, Pen-Chi Chiang Distinguished Professor and Hong-Ping Lin Professor. Industry representatives are Minnesota Mining & Manufacturing Company, Da Ai Technology Company, Plastics Industry Development Center, AU Optronics Corp and Chung Tai Resource Technology Corp and China Steel Corporation. The lesson data are agreed by some lecturers to public on the website of Chemistry Bureau and YouTube.

To work with industrial analysis report, the project was investigate and visit five manufacturers. The visited manufacturers are Chung Tai Resource Technology Corp, Da Ai Technology Company, Everlight Chemical Industrial Corporation, O'right and AU Optronics Corp.

To review and collect current college related department components and to select one department of domestic chemistry, semi-chemistry, none-chemistry professional as demonstration, the green chemistry related curriculum are analyzed to provide suggested curriculum summary.

Two professional meeting were held. The invited members are Shang-Lien Lo Distinguished Professor, Chao, Ito Research Fellow, Ya-Hsuan Liou Professor, CHANG, Tzuchau Professor, Chia-Ming Chang Professor and Trai-shar Kao Professor. The first meeting is to define the project scope and the second meeting is to discuss the suggested curriculum summary.

The project convulsion is based on policy guiding principles of Chemistry Bureau to provide environmental caring, chemistry & environment connection and chemistry impact decrease for literacy class to plan and implement green chemistry education.

目錄

計畫期末報告基本資料表

行政院環境保護署計畫成果中英文摘要

目錄

圖目錄

表目錄

報告大綱

計畫成果報告摘要（詳細版）	I
第一章 前言	1
1.1 執行方法	1
1.2 重要工作要項負責執行之人員資歷與專長	5
第二章 本年度主要工作內容及重要發現與成果	7
第三章 大專校院綠色化學教育計畫啟始會議	13
3.1 會議細節	13
3.2 會議意見及辦理情形	13
3.3 創意回饋	16
第四章 統整彙集國內外現有綠色化學相關教程現況與特色	17
4.1 蒐集彙整分析綠色化學領域相關之國內外大專校院教育資料	18
4.2 分析國內高中職綠色化學教育課程安排及設計	56
4.3 蒐研國內外綠色化學相關教程結論	65
第五章 蒐研並綜整分析國內外產業實際應用成果及期望	66
5.1 產業應用綠色化學成果	66
5.2 訪視行前準備與標準作業程序	70
5.3 訪視成果	74
5.4 廠商訪視綜合性分析	109
5.5 產業於綠色化學人才需求	110
第六章 課程規劃設計之實際應用案例參考	112
6.1 教材試教	112
6.2 綠色化學教案設計	116
第七章 大專校院綠色化學教育推動研習會	118

7.1 中原大學場研習會	119
7.2 中興大學場研習會	122
7.3 新竹場研習會	124
7.4 臺北市立大學場研習會	126
7.5 臺南場研習會	128
7.6 研習會與會人員組成統計圖	129
7.7 研習會問卷回饋統計	130
7.8 研習會成效說明	135
第八章 大專校院綠色化學推動專家諮詢會議	137
8.1 第一次專家諮詢會議	137
8.2 第二次專家諮詢會議	142
8.3 提出 107 年度課程教師訓練計畫及課程建議	146
8.4 專家諮詢會委員建議綜整	146
第九章 培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程內容設計	147
9.1 統整彙集現有大專校院相關科系學群組成	147
9.2 國內綠色化學相關課程統整分析	165
第十章 綠色化學教程規劃	176
10.1 適合化學局推展之綠色化學教育範疇	176
10.2 綠色化學內涵與推廣方式	176
第十一章 教材會議	181
11.1 針對大專校院綠色化學，是否依不同對象有不同學習策略	181
11.2 對我國大專校院綠色化學教育涵養、架構、指標等建議	182
11.3 會議總結	183
第十二章 計畫執行期間之評審委員意見及回覆	185
12.1 計畫審查委員意見及回覆	185
12.2 期中審查委員意見及回覆	188
12.3 期末審查委員意見及回覆	190
第十三章 結論	193
第十四章 主要建議意見及未來或後續執行建議	194
第十五章 參考資料	195

圖目錄

圖 1	105 年臺灣大專校院化學系學生人數概況（單位：人）	21
圖 2	105 年臺灣大專校院應用化學系學生人數概況（單位：人）	22
圖 3	105 年臺灣大專校院化學工程學系學生人數概況（單位：人）	23
圖 4	105 年臺灣大專校院化學工程與生物科技學系學生人數概況（單位：人）	24
圖 5	產業訪視標準作業程序流程圖	71
圖 6	訪視事業機構行前之 SOP 流程圖.....	73
圖 7	產業訪視流程	74
圖 8	研習會與會人員組成官、產、學分類統計（單位：人）	130
圖 9	Shonnard 等(2003)規劃課程與綠色化學 12 項原則對應關係.....	178
圖 10	Juntunen 與 Aksela (2014)提出化學對環境產生的不同衝擊分類.....	179

表目錄

表 一	預定進度甘特圖	2
表 二	計畫主要執行人員工項分配表	5
表 三	本年度主要工作內容與計劃工項對照表	8
表 四	啟始會議委員意見及辦理情形	13
表 五	105 年臺灣大專校院開設綠色化學相關課程老師	18
表 六	105 年臺灣大專校院化學相關學生人數概況	18
表 七	大專校院僅一學系學校學生統計	25
表 八	105 年臺灣大專校院綠色相關課程開課情況	26
表 九	美國各州開設綠色化學學術課程學校及研究機構	28
表 十	全球除美國以外開設綠色化學學術課程學校及研究機構	29
表 十一	超越良性(Beyond Benign)開設之大學綠色化學推廣課程	31
表 十二	美國化學學會提供之大學綠色化學相關教科書書單	32
表 十三	綠色化學教育材料提供之大學綠色化學相關教科書書單	35
表 十四	美國化學學會大學實驗室手冊	39
表 十五	綠色化學教育材料大學實驗室手冊	40
表 十六	美國化學學會大學參考書	51
表 十七	綠色化學教育材料大學綠色化學相關多媒體參考資料	52
表 十八	德國綠色化學教材網教學模塊之實驗項目	53
表 十九	美國化學學會大學教師課程及研討會資源	55
表 二十	國內高中基礎化學課程內容	56
表 二十一	國內高中基礎化學實驗內容	58
表 二十二	國內高職化工群化學課程內容	59
表 二十三	超越良性國中及高中開放課程	62
表 二十四	高中基礎化學課程大綱與美國綠色化學開放課程對照表	62
表 二十五	105 年度「高級中等學校綠色化學（減毒減量）創意競賽」高中獲獎 學校組別	63
表 二十六	105 年度「高級中等學校綠色化學（減毒減量）創意競賽」高職獲獎 學校組別	63
表 二十七	美國化學學會支持之綠色化學獎項	64
表 二十八	Beyond Benign 舉辦活動內容	64
表 二十九	美國化學學會高中教師課程及研討會資源	65
表 三十	國內外高中職與大專校院綠色化學教程綜整對照表	65
表 三十一	產業訪視名單	70
表 三十二	業界現場訪視行程表	72
表 三十三	中台資源科技股份有限公司廠商訪談表	77
表 三十四	中台資源科技股份有限公司廠商問卷調查表	78

表 三十五	大愛感恩科技股份有限公司廠商訪談表	83
表 三十六	大愛感恩科技股份有限公司廠商問卷調查表	85
表 三十七	歐萊德國際股份有限公司廠商訪談表	88
表 三十八	歐萊德國際股份有限公司廠商問卷調查表	90
表 三十九	友達光電股份有限公司廠商訪談表	95
表 四十	友達光電股份有限公司廠商問卷調查表	98
表 四十一	臺灣永光化學工業股份有限公司廠商訪談表	103
表 四十二	臺灣永光化學工業股份有限公司廠商問卷調查表	106
表 四十三	5 家訪視廠商綠色化學 12 項原則執行成效評估表	109
表 四十四	綠色化學人才需求具備之知識、技能與能力	110
表 四十五	綠色化學專業學分學程建議課程對照表	111
表 四十六	綠色化學教材試教回饋問卷表單	113
表 四十七	教材試教問卷回饋統計-1（單位：份數）	114
表 四十八	教材試教問卷回饋統計-2（單位：份數）	115
表 四十九	綠色化學教案設計	116
表 五十	大專校院綠色化學教育推動研習會各場次講者主題資訊比較表	118
表 五十一	中原大學場研習會議程	120
表 五十二	專家學者代表：駱尚廉特聘教授 講座簡介	120
表 五十三	產業代表：3M 公司 講座簡介	120
表 五十四	產業代表：大愛感恩科技公司 講座簡介	121
表 五十五	中興大學場研習會議程	123
表 五十六	專家學者代表：張瓊芬教授 講座簡介	123
表 五十七	產業代表：財團法人塑膠工業技術發展中心 講座簡介	123
表 五十八	新竹科學工業園區場研習會議程	124
表 五十九	專家學者代表：蔣本基特聘教授 講座簡介	125
表 六十	產業代表：友達光電股份有限公司 講座簡介	125
表 六十一	臺北市立大學場研習會議程	126
表 六十二	專家學者代表：蔣本基特聘教授 講座簡介	127
表 六十三	產業代表：中台資源科技股份有限公司 講座簡介	127
表 六十四	臺南科學工業園區場研習會議程	128
表 六十五	專家學者代表：林弘萍教授 講座簡介	129
表 六十六	產業代表：中國鋼鐵股份有限公司 講座簡介	129
表 六十七	研習會與會人員組成官、產、學分類人數統計（單位：人）	130
表 六十八	研習會問卷表單	131
表 六十九	研習會各場次問卷回饋統計-1（單位：份數）	132
表 七十	研習會各場次問卷回饋統計-2（單位：份數）	133
表 七十一	研習會各場次問卷意見回饋統整	135

表 七十二	第一次專家諮詢會議程	137
表 七十三	第一次專家諮詢會議委員建議及後續作法	139
表 七十四	第二次專家諮詢會議程	142
表 七十五	第二次專家諮詢會議委員建議及後續作法	143
表 七十六	105 學年度化學系設立學士班之大專校院統計	147
表 七十七	化學系化學相關必修課程各校學分計數比較統計	148
表 七十八	化學系化學相關選修課程各校學分計數比較統計	150
表 七十九	各校化學系設立學程	156
表 八十	各校化學系綠色化學相關課程學分（必、選修）對照表	156
表 八十一	化學系各校學程內化學相關課程統計	156
表 八十二	105 學年度食品科學學系設立學士班之大專校院統計	158
表 八十三	食品科學學系化學相關必修課程學分比較統計	158
表 八十四	食品科學學系化學相關選修課程學分比較統計	160
表 八十五	食品科學學系各校設立學程	161
表 八十六	食品科學學系各校學程內化學相關課程統計	161
表 八十七	105 學年度電機工程學系設立學士班之大專校院統計	163
表 八十八	國內電機工程學系必選修化學相關課程	164
表 八十九	105 年臺灣大專校院開設綠色化學相關課程老師	165
表 九十	綠色化學課程大綱比較-1.....	166
表 九十一	綠色化學課程大綱比較-2.....	168
表 九十二	本計畫建議綠色化學課程大綱規劃方案	172
表 九十三	綠色化學課程參考資料比較	173
表 九十四	計畫審查委員建議及後續作法	185
表 九十五	期中審查委員建議及後續作法	188
表 九十六	期末審查委員建議及後續作法	190

報告大綱

本計畫主要目的是蒐集、了解與分析臺灣目前綠色化學於產業應用與高等教育訓練上的現況與特色，同時也希望藉本計畫彙集美國與德國推動綠色化學的方式與做法，結合國內之專家學者，凝聚共識，建立並推動綠色化學實證，導引國內產、官、學之力量來落實。報告本文依計畫工項之次序說明各工項執行狀況。

報告本文第一章為前言，主要述明計畫由來及目的、執行進度、經費及各重要工作要項負責執行之人員資歷與專長等。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。本計畫主要目的是收集、了解與分析臺灣目前綠色化學於產業應用與高等教育上的現況與特色，同時也希望藉本計畫彙集世界上推動綠色化學的方式與做法，結合國內專家學者之建議，凝聚共識，建立並推動綠色化學實證，導引國內產、官、學之力量來落實。

1.1 節為執行方法與預定進度，執行方法主要以啟始會議與委辦單位討論事項為基準執行本案工作項目，陸續完成國內外綠色化學相關教程、教材等資料蒐集，完成國內現有大專校院綠色化學課程大綱綜整分析，以及舉辦 5 場研習會，2 場專家諮詢會，5 家廠商訪視，取得上述參與之產、官、學三方回饋與建議，並舉辦教材會議釐清專家諮詢會之討論主題。

1.2 節為本年度主要工作內容及重要發現與成果，主要工作內容為舉辦 5 場研習會，2 場專家諮詢會，5 家廠商訪視，取得上述參與之產、官、學三方回饋與建議成果，比較所得之問卷回饋。發現目前統計之問卷回饋，多為學生參與研習會，並在參與研習會意願緣由為“主題有趣，吸引人”、“對學習有幫助”為主。

第三章為大專校院綠色化學教育計畫啟始會議，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。今年預計舉辦北中南共計 5 場次研習會，2 場次專家諮詢會議。以及邀請 5 家適合之廠商訪談達到兼具產、官、學功能。

第四章為統整彙集國內外現有相關綠色化學教程現況與特色，收集的資料結果顯示臺灣地區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。綠色化學於高中職多以實作競賽方面接觸，而大專校院僅理論與實驗課程有相關授課。並列表比較高中職基礎化學課程大綱與國外大專校院綠色化學開放課程比較，可得知國外課程較注重於案例及實驗。與國內高中職化學專業課程較無連結。

第五章為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；蒐集國內 11 家應用綠色化學成果之事業機構，並由環保署化學局選定 5 家訪視名單依廠商同意安排時間依序拜訪。並根據產業問卷回饋，說明其對綠色化學人才相關工作內涵要求，包括（1）確保生產線流暢，需要設置生產設備規格，並校對或調整設備參數，以符合綠色化學製程及生產的要求，故大多時間活動於生產現場。（2）判別化學品之物性，明確掌握生產線各項操作設備功能性正常，以保證製綠色化學製程與各項設備能正常運作。以及（3）工作需定期與現場主管檢討設備操作缺失，並隨時報告上級製程中之情況。

第六章為課程規劃設計實際應用案例參考，12/04 由徐宏德博士於中原大學環工系課程試教，說明綠色化學生活方面食衣住行的影響，以及簡略介紹綠色化學 12 原則，最後說明產業界認為綠色化學上對環保的影響及成效。課後並取得學生 50 份問卷回饋，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，並說明綠色化學教案設計規劃。

第七章為辦理大專校院綠色化學研習會成果說明，本案分區及學員對象類別於北中南舉辦研習會，敬邀專家學者及產業代表分享其領域涉及綠色化學相關知識，並徵得部分講座同意後現場錄影，可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。

第八章為大專校院綠色化學推動專家諮詢會議，分別於 9/21 及 11/21 辦理專家諮詢會議，第一次專家諮詢會議主要討論跨單位分工與鍊結/串連機制建立並對後續舉辦之研習會提供意見，第二次專家諮詢會議主要討論綠色化學教育分級（化學專業、半專業、非專業）課程大綱和培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程內容設計，綜整委員提供之建議，本案對後續舉辦活動統整問卷回饋，兩場專諮會邀請國立臺灣大學環境工程學研究所駱尚廉特聘教授、中央研究院化學研究所趙奕娣專任研究員、國立臺灣大學地質系劉雅瑄副教授、國立臺灣師範大學環境教育研究所張子超教授、國立中興大學土壤環境科學系張家銘教授及臺北市立大學地球環境暨生物資源學系高翠霞教授擔任委員。委員建議，1.分區集結產業代表與專家學者，2.針對不同領域與團體進行溝通與意見探詢，3.建立拜訪機制，拜訪國內綠化相關授課講師，討論授課經驗及其困難點。

第九章為培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程內容設計，以化學專業科系、半化學專業科系及非化學專業科系各舉一例作為示範。本計畫於化學專業科系以食化學系為例，半化學專業科系以食品科學學系為例，及非化學專業科系以電機工程學系為例。從此三科系必選修課程及化學相關學分學程篩選化學相關課程，對上述大專校院科系課程統計，共計 10 所大專校院開設綠色化學相關課程，詳細蒐研列表可得之 10 門課程大綱比較，對其依化學專業、半專業、非專業及通識對象提出建議綠色化學課程大綱規劃方案，其中通識課程主要授課化學相關產業對環境及生活之影響、綠色化學定義及發展。

第十章為綠色化學教程規劃，根據本計畫所蒐集大專校院之綠色化學課程，可發現目前綠色化學課程多開設於專業化學相關系所，而本計畫所規劃之推動對

象已將本計畫委託單位行政院環境保護署毒物及化學物質局之業務職掌一併納入考量。根據化學局規劃中之「我國化學物質管理政策綱領」(草案)，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，亦把化學物質管理與永續環境之目標納入考量。

第十一章為教材會議，為使計畫工項要求兩場專家諮詢會議更有效率，在第二次專家諮詢會議之前，本計畫先行召開教材會議，以便待釐清之專家諮詢討論問題先進行統合。本計畫綜合文獻與研商會議委員意見，初步規劃綠色化學教育素養之三個構面為「環境關懷」、「化學與環境關聯」以及「減少化學衝擊」，後續以此架構為基準，規劃適合不同對象之素養內涵。

第十二章為評審委員意見及回覆，11/17 舉辦期中審查會議，審查委員為：潘日南、何小曼委員、王順美委員、林文印委員，綜整各委員意見，已統整本案辦理諸多活動之回饋，研習會回饋總計 150 份問卷，大都學生參加，與會緣由主要因”長官/老師交代要來”及”對學習有幫助”兩項因素，及再次參與意願主要為”可能會，看主題/時間/地點”，可得知與會學員對研習會回饋均滿意授課主題，有所收穫。

第十三章為結論，根據本案蒐研之文獻資料與舉辦諸多活動之回饋，結合產、官、學三方建議與需求，綠色化學教程、教材及課程大綱皆有初步結論，依化學局政策綱領本案主要針對一般學生之通識課程執行，依據教材會議提出「環境關懷」、「化學與環境關聯」以及「減少化學衝擊」三個構面為初步規劃綠色化學教育素養，並可依後續訪視機制依序拜訪教師分享授課回饋與經驗。

第十四章為主要建議意見及未來或後續執行建議，本案建議多推廣平台使用，並藉由問卷回饋，希望後續研習會可搭配園區/廠區實境導覽舉辦。

計畫成果報告摘要（詳細版）

計畫名稱：大專校院綠色化學教育推動計畫

計畫編號：TCSB-106-CP02-02-A016

計畫執行單位：臺北市立大學

計畫主持人（包括協同主持人）：林于凱，王玉純，張育傑，
徐宏德

計畫期程：106 年 8 月 1 日起 106 年 12 月 30 日止

計畫經費：1,992,804 元

摘要（300～500 字）

本計畫已彙整收集國內大專校院化學相關系所資訊及目前開設綠色化學相關課程、高中職基礎化學課程大綱，國外開放綠色化學相關課程、教材、競賽及活動相關資訊。

已辦理 5 場研習會，共邀請 10 位講座：專家學者代表為駱尚廉特聘教授、張瓊芬教授、蔣本基特聘教授及林弘萍教授，產業代表為 3M_臺灣明尼蘇達礦業製造股份有限公司、大愛感恩科技公司、財團法人塑膠工業技術發展中心、友達光電股份有限公司、中台資源科技股份有限公司及中國鋼鐵股份有限公司。並取得部分講座同意，公開授課檔案於化學局網頁及 Youtube 網頁分享。

配合蒐研之產業現況分析報告，已辦理 5 家廠商訪視，訪視廠商為：中台資源科技股份有限公司、大愛感恩科技股份有限公司、臺灣永光化學工業股份有限公司、歐萊德國際股份有限公司及友達光電股份有限公司，取得各廠商意見回饋。

統整彙集現有大專校院相關科系學群組成，已辦理國內化學專業、半化學專業及非專業之科系各舉一例科系示範，分析各科系必選修之綠色化學相關課程大綱，列表比較並提出課程主題以供建置課程大綱。

已辦理兩場專家諮詢會，邀請委員為：駱尚廉特聘教授、趙奕妤專任研究員、劉雅瑄副教授、張子超教授、張家銘教授及高翠霞教授。第一次專家諮詢會界定本案範疇，第二次專家諮詢會討論課程大綱規劃。

本計畫結論參照化學局政策綱領，本案建議規劃課程首要針對通識課程執行，提出三個構面「環境關懷」、「化學與環境關聯」以及「減少化

學衝擊」為初步規劃並以培養綠色化學教育素養為目標。

The project has been proceeded to collect domestic college green chemistry department related curriculum, high school basic chemistry class summary, and foreign green chemistry related curriculum, textbook, competition and activities.

Five workshops were held to invite ten lecturers. Professional representatives are Shang-Lien Lo Distinguished Professor, Chiung-Fen Chang Professor, Pen-Chi Chiang Distinguished Professor and Hong-Ping Lin Professor. Industry representatives are Minnesota Mining & Manufacturing Company, Da Ai Technology Company, Plastics Industry Development Center, AU Optronics Corp and Chung Tai Resource Technology Corp and China Steel Corporation. The lesson data are agreed by some lecturers to public on the website of Chemistry Bureau and YouTube.

To work with industrial analysis report, the project was investigate and visit five manufacturers. The visited manufacturers are Chung Tai Resource Technology Corp, Da Ai Technology Company, Everlight Chemical Industrial Corporation, O' right and AU Optronics Corp.

To review and collect current college related department components and to select one department of domestic chemistry, semi-chemistry, none-chemistry professional as demonstration, the green chemistry related curriculum are analyzed to provide suggested curriculum summary.

Two professional meeting were held. The invited members are Shang-Lien Lo Distinguished Professor, Chao, Ito Research Fellow, Ya-Hsuan Liou Professor, CHANG, Tzuchau Professor, Chia-Ming Chang Professor and Trai-shar Kao Professor. The first meeting is to define the project scope and the second meeting is to discuss the suggested curriculum summary.

The project convulsion is based on policy guiding principles of Chemistry Bureau to provide environmental caring, chemistry & environment connection and chemistry impact decrease for literacy

class to plan and implement green chemistry education.

前言

科技的進步不斷產生與使用新興化學物質，傳統的生產與產品的生命週期評估要求也出現變革，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。而其中最為有效的方式就是從化學教育扎根，建立未來人才與產業經營管理者環保概念與知能。

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，舉辦研習會、專家諮詢會並訪視廠商，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相關科系學群組成，分化學專業、半專業、非專業各舉一系所為範例以分析綠色化學如何融入此三類系所，規劃綠色化學專業課程融入策略。

本計畫已收集國內開設綠色化學相關學校、系所及課程列表，並蒐集國外大專校院開放之綠色化學相關課程、教材、活動與競賽。

此外，也強化企業合作及實際場域的觀摩與學習，已邀集學界與產業之代表辦理 5 場研習會、2 場專家諮詢會及 5 次訪視廠商，深化產學鏈結與合作。以下各項工項詳細說明。

本計畫首先統整彙集國內外現有相關綠色化學教程現況與特色，收集的資料結果顯示臺灣地區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。綠色化學於高中職多以實作競賽方面接觸，而大專校院僅理論與實驗課程有相關授課。並列表比較高中職基礎化學課程大綱與國外大專校院綠色化學開放課程比較，可得知國外課程較注重於案例及實驗。與國內高中職化學專業課程較無連結。

並舉辦大專校院綠色化學教育計畫啟始會議，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。今年預計舉辦北中南共計 5 場次研習會，2 場次專家諮詢會議。以及邀請 5 家適合之廠

商訪談達到兼具產、官、學功能。

根據蒐集之大專校院之綠色化學課程，可發現目前綠色化學課程多開設於專業化學相關系所，而本計畫所規劃之推動對象已一併納入考量本計畫委託單位行政院環境保護署毒物及化學物質局之業務職掌。根據化學局規劃中之「我國化學物質管理政策綱領」（草案），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，亦考量化學物質管理與永續環境之目標。

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 11 家應用綠色化學成果之事業機構，並由環保署化學局選定 5 家訪視名單依序拜訪。

以及為課程規劃設計實際應用案例參考，12/04 由徐宏德博士於中原大學環工系課程試教，說明綠色化學生活方面食衣住行的影響，以及簡略介紹綠色化學 12 原則，最後著重說明產業界在綠色化學上對環保的努力。並取得學生 50 份問卷回饋，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，並說明綠色化學教案設計。

為使計畫工項要求兩場專家諮詢會議更有效率，在第二次專家諮詢會議之前，本計畫先行召開教材會議，以便待釐清之專家諮詢討論問題先進行統合。本計畫綜合文獻與研商會議委員意見，初步規劃綠色化學教育素養之三個構面為「環境關懷」、「化學與環境關聯」以及「減少化學衝擊」。

且為培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程內容設計，以化學專業科系、半化學專業科系及非化學專業科系各舉一例作為示範。本計畫於化學專業科系以食化學系為例，半化學專業科系以食品科學學系為例，及非化學專業科系以電機工程學系為例。從此三科系必選修課程及化學相關學分學程篩選化學相關課程，對上述大專校院科系課程統計，共計 10 所大專校院開設綠色化學相關課程，詳細蒐研列表可得之 10 門課程大綱比較，對其依化學專業、半專業、非專業及通識對象提出建議綠色化學課程大綱規劃方案，其中通識課程主要授課化學相關產業對環境及生活之影響、綠色化學定義及發展。

計畫期間依序舉辦大專校院綠色化學研習會、專家諮詢會議及廠商訪視等主要活動，分區北中南舉辦研習會，敬邀專家學者及產業代表分享其

領域涉及綠色化學相關知識分享授課，並徵得部分講座同意後現場錄影，可供後續教材分享。藉由與會學員問卷回饋，統計分析活動舉辦狀況。

於 9/21 及 11/21 舉辦專家諮詢會議，第一次專家諮詢會議主要討論跨單位分工與鍊結/串連機制建立並對後續舉辦之研習會提供意見，第二次專家諮詢會議主要討論綠色化學教育分級（化學專業、半專業、非專業）課程大綱和培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程內容設計，綜整委員提供之建議，本案對後續舉辦活動統整問卷回饋，共邀請國立臺灣大學環境工程學研究所駱尚廉特聘教授、中央研究院化學研究所趙奕娣專任研究員、國立臺灣大學地質系劉雅瑄副教授、國立臺灣師範大學環境教育研究所張子超教授、國立中興大學土壤環境科學系張家銘教授及臺北市立大學地球環境暨生物資源學系高翠霞教授擔任委員。委員建議主要為分區集結產業代表與專家學者即是研習會舉辦目的，未來期許針對不同領域與團體進行溝通與意見探詢，建立拜訪機制，拜訪國內綠化相關授課講師，討論授課經驗及其困難點，達到分區拜訪之目的。

結 果

綜整分析本案蒐研之文獻資料與舉辦之研習會、專家諮詢會及訪視廠商等活動回饋，結合產、官、學三方建議與需求，綠色化學教程上初步規劃綠色化學教育素養之三個構面為「環境關懷」、「化學與環境關聯」以及「減少化學衝擊」。規劃之綠色化學教材，依據諸多委員建議以國內外已有之優良教材為範例試教，取得學員回饋資訊，未來更將本研究成果透過科技部與教育部的化學教育平台進行推廣，研擬可落實之推動方式與期程，擴大影響力。

結 論

根據本案蒐研之文獻資料與舉辦諸多活動之回饋，結合產、官、學三方建議與需求，綠色化學教程、教材及課程大綱皆有初步結論，依化學局政策綱領本案主要針對一般學生之通識課程執行，依據教材會議提出三個構面「環境關懷」、「化學與環境關聯」以及「減少化學衝擊」為初步綠色化學教育素養。

依據諸多活動講座、學員及委員等回饋與建議，明年將持續與綠色化學相關專家學者與產業聯繫，作為媒合角色，未來更將本研究成果透過官

方平台進行推廣，研擬可落實之推動方式與期程，以擴大影響力。

建議事項

建立平台提供有意願之產、學兩界分享其綠色化學相關之成果，予以雙方溝通及分享，做為後續預計試辦之大專校院綠色化學實作競賽之基石，以擴大影響力。並以本案提供之研習會講座授課錄影檔案為教材範例予以參考，並建立探訪教師建議名單，規劃明年訪視綠色化學授課教師，分享授課經驗及對本案之建議。

圖表



8 月 10 日啟始會議



10 月 20 日教材會議



09 月 21 日第一次專家諮詢會



11 月 21 日第二次專家諮詢會



09 月 20 日 中原大學場研習會



09 月 22 日 中興大學場研習會



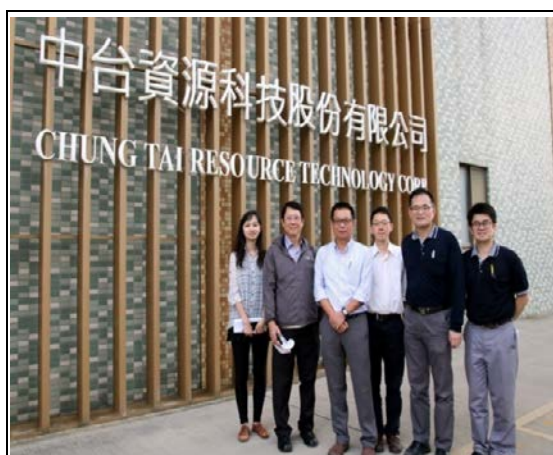
10 月 17 日 竹科場研習會



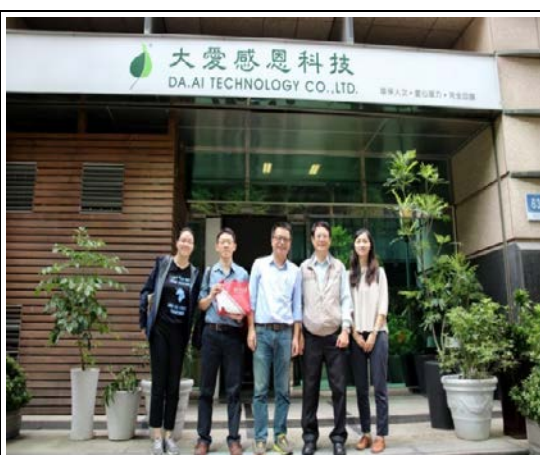
11 月 22 日 臺北市立大學場研習會



12 月 05 日 南科場研習會



10 月 24 日訪視中台公司



10 月 26 日訪視大愛公司



11 月 21 日訪視歐萊德公司



11 月 23 日訪視友達光電公司



11 月 30 日訪視永光化學公司

第一章 前言

科技的進步不斷產生與使用新興化學物質，傳統的生產與產品的生命週期評估要求也出現變革，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。而其中最為有效的方式就是從化學教育扎根，建立未來人才與產業經營管理者環保概念與知能。因此，本計畫主要目的是收集、了解與分析臺灣目前綠色化學於產業應用與高等教育訓練上的現況與特色，同時也希望藉本計畫彙集世界上推動綠色化學的方式與做法，結合國內之專家學者，凝聚共識，建立並推動綠色化學實證，導引國內產、官、學之力量來落實，其目的包含：

1. 蒐研國內外相關大專校院綠色化學教程與特色，提出大專校院課程落實策略與方案。
2. 結合產業需求、由產業、學界與政府凝聚共識、推動人才訓練。
3. 編寫教材及專業教程，將綠色化學納入大專校院課程規劃。

以下詳細說明本計畫執行進度各重要工作要項負責執行之人員資歷與專長。

1.1 執行方法

執行方法主於第四章至第十章詳細說明，第四章為啟始會議結論，說明與委辦單位討論執行本案工作項目之事項基準，後續章節依序為說明國內外綠色化學相關教程、教材等資料蒐集，舉辦 5 場研習會，辦理 2 場專家諮詢會，進行 5 家廠商訪視，並取得上述參與之產、官、學三方回饋與建議，完成國內現有大專校院綠色化學課程大綱綜整分析，並初步培育規劃綠色化學教程架構之教育素養三個構面。進度以下表一說明。

表 一 預定進度甘特圖

預定進度（以甘特圖表示）							
工作內容項目	月次	1	2	3	4	5	6
	月份	7	8	9	10	11	12
1.統整彙集國內外現有相關綠色化學教程現況與特色，規劃適合國內教育之綠色化學大專校院課程落實策略與方案。	(1)蒐集彙整分析綠色化學領域相關之國外大專校院教育資料，包含美國及德國的教案資料彙整，分析國外現況與特色。			A			
	(2)分析國內高中職綠色化學教育課程安排及設計。			B			
2.蒐研國內外產業實際應用成果及期望，綜整分析以提昇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，至少包含 5 家以上不同產業，分析產業現況與特色及困難。						C
	(2)邀集綠色化學領域中相關學界及產業代表，辦理至少 5 場次研習會，配合專案訪談，針對綠色化學教育未來因應產業發展可在校園專業課程落實，設計規劃相關策略與可行方案，納入課程大綱設計案。						D

3. 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，確認相關學群課程架構及課程發展組織，並發展短、中、長期綠色化學專業課程融入策略與行動方案。	(1)課程規劃設計至少含一堂以上實際應用案例參考，使用範例研析方式增加學術研發契機。並安排至少一堂實際參與課程，與相關業界合作，了解實際執行綠色化學在業界的限制困難面及優缺點。						E
	(2)課程設計納入科技部化學推動中心學術成果之綠色化學網路資源。						F
4. 統整彙集現有大專校院相關科系學群組成，規劃綠色 化學專業課程融入策略。	(1)邀請科技部化學推動中心共同合作，融入化學學門相關科系學群。					G	
	(2)彙整分析國內大專校院現有相關科系及學分學程課程組成架構，研析課程（必、選修）與綠色化學關聯重點。					H	
	(3)邀集綠色化學及教育專案領域專家學者，辦理至少 2 場次專家會議，規劃未來短、中、長程融入對應的課程安排。					I	
5. 提出 107 年度課程教師訓練計畫及課程融入大專校院之設計規劃。							J
6. 除原訂工作外另提與計畫相關之創意回饋。							K

7. 其他為達成本工作目標本局指定之事項。							L	
預定進度累積百分比（％）			5	10	40	60	80	100
查核點	預定 完成 時間	查核點內容說明						
A	9/20	統整彙集國內外現有相關綠色化學教程，並研析與國內大專校院教育關聯重點。						
B	9/20	分析國內高中職綠色化學教育課程安排及設計。						
C	12/10	蒐集彙整分析 5 家產業實際應用綠色化學成果資料，並研析與國內大專校院教育關聯重點。						
D	12/5	辦理 5 場次研習會。						
E	12/4	安排一堂實際參與課程。						
F	12/5	課程設計納入科技部化學推動中心學術成果之綠色化學網路資源。						
G	12/1	邀請科技部化學推動中心共同合作，融入化學學門相關科系學群。						
H	12/1	研析課程（必、選修）與綠色化學關聯重點。						
I	11/22	辦理 2 場次專家會議						
J	12/10	提出 107 年度課程教師訓練計畫及課程						
K	11/25	創意回饋						
L	12/10	教材會議						

1.2 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，包含計畫主持人及協（同）主持人等。

表 二 計畫主要執行人員工項分配表

主持人及相關研究人員分工配置及學、經歷：			
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	林于凱	臺北市立大學衛生福利學系系主任	1. 主持、督導計畫的執行進度 2. 洽詢訪產業合作意願及邀請專家學者 3. 舉辦專家會議
共同主持人	王玉純	中原大學環境工程學系教授	1. 協助舉辦專家會議與意見彙集 2. 協助進行產業訪視與產業資料分析 3. 國內外綠色化學資源總整與教材彙編 4. 國內大專院校教材與課程調查及報告撰寫
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. 協助舉辦專家會議與意見彙集 2. 協助進行產業訪談及教材規劃撰寫 3. 國內綠色化學教育推廣及服務平台規劃 4. 綠色化學教材彙編與評量

協同主持人	徐宏德	臺北科技大學環境工程 與管理研究所博士	1. 舉辦專家會議及研習會 2. 專家會議座談資料統整 3. 文獻整理及國內外綠色化學教材彙編 4. 計畫與報告撰寫及橫向聯繫事項
-------	-----	------------------------	--

第二章 本年度主要工作內容及重要發現與成果

本年度主要工作內容為：

1. 蒐研國內外相關大專校院綠色化學教程。

依據教育部 105 年大專校院課程資訊網資料統計比較國內綠色化學開設課程和化學相關系所學生數，僅 10 所大專校院共 14 門綠色化學相關課程授課。結論是收集的資料結果顯示臺灣地區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，細節詳參第四章。

2. 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 11 家應用綠色化學成果之事業機構，並由環保署化學局選定名單後辦理 5 家廠商訪視，細節詳參第五章。

3. 舉辦 5 場研習會。

本案研習會共邀請 10 位講座分享案例：4 位專家學者代表為：駱尚廉特聘教授、張瓊芬教授、蔣本基特聘教授及林弘萍教授；6 位產業代表為：3M 公司、大愛感恩科技股份有限公司、財團法人塑膠工業技術發展中心、友達光電股份有限公司、中台資源科技股份有限公司及中國鋼鐵股份有限公司。重要產出為取得部分講座授課錄影資料，開放至化學局網頁及 youtube 平台予以分享。並收集各場次問卷回饋統計分析與會人員對研習會之看法與意見，細節詳參第七章。

4. 舉辦 2 場專家諮詢會。

討論研習會舉辦及綠色化學課程大綱規畫建議及後續計畫建議討論方向，如訪視機制、教材及教材選擇建議等，細節詳參第八章。

5. 培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程內容設計。

統整彙集現有大專校院相關科系學群組成，以化學專業、半專業、非專業各舉一系為示範，蒐研其必選修化學相關課程，分析綠色化學課程融入情形，結論為統計比較綠色化學建議 17 周課程大綱於化學專業、半專業、非專業 3 種系所可搭配課程建議，細節詳參第九章。

6. 綠色化學教程規劃。

根據化學局政策綱研析適合化學局推展之綠色化學教育範疇及綠色化學內涵與推廣方式，細節詳參第十章。

以下列表說明與計畫工項比較對照情形（表 三）：

表 三 本年度主要工作內容與計畫工項對照表

工項		內容	成果效益
工項一、統整彙集國內外現有相關綠色化學教程現況與特色，規劃適合國內教育之綠色化學大專校院課程落實策略與方案。			
(1)	統整彙集國內外現有相關綠色化學教程現況與特色，規劃適合國內教育之綠色化學大專校院課程落實策略與方案。 (於本文 4.1-p.18 詳細說明)	✓ 國內開設相關綠色課程大學及其相關課程統計圖表 ✓ 國外開設相關綠色課程大學及其相關課程統計表 ✓ 美國大學相關教學用書統計表 ✓ 德國有機化學實驗室課程項目統計表 ✓ 美國綠色化學教師培訓說明	✓ 根據臺灣教育部統計資料了解臺灣目前化學相關系所學生分布狀況及綠色化學相關課程開設數量及師資情形，以了解目前國內綠色化學教育環境概要，並能夠為未來綠色化學教材編制或專家委員提供挑選人才方向。 ✓ 根據美國化學學會(American Chemical Society, ACS) 及超越良性(Beyond Benign) 網站資料，蒐研綠色化學合作學校統計數量及開放之教材、活動、競賽及教師培訓參考列表，以利後續國內篩選國內適用之教材、教材試教及舉辦研習會等活動。 ✓ 德國有機化學實驗室課程(NOP-Sustainability In The Organic Chemistry Lab Course)為德國綠色化學教材網站，統計其實驗題目、物質類型、反應類型、應用技術及難易度列表，了解目前國外大專校院綠色化學相關實驗課程概要。

工項		內容	成果效益
(2)	分析國內高中職綠色化學教育課程安排及設計，產出大專校院課程連結關聯圖表。 (於本文 4.2-p.56 詳細說明)	✓ 國內高中職化學課程大綱 ✓ 國外高中綠色化學相關開放課程說明 ✓ 國內高中與國外大專校院課程連結圖 ✓ 國內外高中職綠色化學競賽與活動 ✓ 美國高中綠色化學相關教師培訓	✓ 依據教育部民國 102 年修訂之課程大綱，說明目前高中職化學課程授課內容，以供與大專校院相關課程是否可連結參考。 ✓ 超越良性網站提供開放之國外高中化學相關課程，並無綠色化學相關教授內容。 ✓ 產出國內高中與國外大專校院課程連結圖，因課程差異巨大，僅標記兩者課程內容相關之項目。 ✓ 國內外高中職相關活動語競賽列表說明，發現國內外高中在課程上皆無明列出綠色化學相關課程，但在課外活動與競賽均已涉獵。 ✓ 列表說明美國化學學會高中綠色化學相關教師培訓渠道與方式。
工項二、蒐研國內外產業實際應用成果及期望，綜整分析以提昇校園連結產業之調適能力。			
(1)	彙整分析產業實際應用綠色化學成果資料，至少包含 5 家以上不同產業，分析產業現況與特色及困難。 (於本文第五章-p.66 詳細說明)	✓ 條列說明國內 11 家產業應用綠色化學成果 ✓ 訪視行前準備與標準作業程序 ✓ 訪視 5 家廠商成果	✓ 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)廠商等資訊，說明各產業主要產品及獲得環保相關獎項。 ✓ 訪視廠商成果說明各廠商之公司概況、綠色化學理念、綠色化學與環境績效，並取得訪談紀錄問卷回饋列表說明。

工項		內容	成果效益
(2)	邀集綠色化學領域中相關學界及產業代表，辦理至少 5 場次研習會，配合專案訪談，針對綠色化學教育未來因應產業發展可在校園專業課程落實，設計規劃相關策略與可行方案，納入課程大綱設計案。 (於本文第七章-p.118 詳細說明)	✓ 各場次大專校院綠色化學研習會說明 ✓ 研習會與會人員組成統計圖 ✓ 研習會問卷回饋統計 ✓ 研習會成效說明	✓ 說明各場次研習會規劃內容及办理流程，徵得講座同意錄影授課情形並開放分享至化學局網頁與 youtube。 ✓ 統計各場次研習會報名表單，圖表說明與會人員產、官、學組成比較。 ✓ 統計各場次所得問卷，列表說明各場次與會人員意見及滿意度調查。 ✓ 綜整問卷回饋，說明研習會成效結果，以供後續辦理活動參考。
工項三、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，確認相關學群課程架構及課程發展組織，並發展短、中、長期綠色化學專業課程融入策略與行動方案。			
(1)	課程規劃設計至少含一堂以上實際應用案例參考，使用範例研析方式增加學術研發契機。並安排至少一堂實際參與課程，與相關業界合作，了解實際執行綠色化學在業界的限制困難面及優缺點。(於本文 6.1-p.112 詳細說明)	✓ 教材試教課程說明 ✓ 統計問卷回饋圖表說明	✓ 設計一堂課作為其他綠色化學課程設計參考，以及課程的設計及教學模式參考，徵得講座同意錄影授課情形，建議後續開放分享至化學局網頁與 youtube。
(2)	課程設計納入科技部化學推動中心學術成果之綠色化學網路資源。(於本文 6.2-p.116 詳細說明)	✓ 本案已完成設計綠色化學教案，將持續推動希望納入科技部綠色化學網路資源	✓ 列舉一課程說明其教學目標、綱要說明、學習成效評估及參考用書。

工項		內容	成果效益
(3)	根據美國綠色化學的 12 項原則及德國 10 項準則以及大專校院課程分析結果，配合產業現況分析、產業因應與可行方案與產業專業人力培育規劃架構，針對通識及專業領域規劃至少 10 學分綠色化學專業學分學程。 (於本文表 四十五-p.111 詳細說明)	✓ 綠色化學專業學分學程建議課程對照表	✓ 連結產業需求與目前大專校院開設專業及通識課程，以利後續規劃綠色化學專業學分學程參考。
工項四、統整彙集現有大專校院相關科系學群組成，規劃綠色化學專業課程融入策略			
(1)	邀請科技部化學推動中心共同合作，融入化學學門相關科系學群	✓ 本案已統整現有大專校院相關科系學群組成，將持續推動納入科技部綠色化學網路資源	✓ 本案已統整現有大專校院相關科系學群組成，將持續推動納入科技部綠色化學網路資源
(2)	彙整分析國內大專校院現有相關科系及學分學程課程組成架構，研析課程（必、選修）與綠色化學關聯重點，並產出對照表 1 份 (於本文表 八十-p.156 詳細說明)	✓ 統整彙集現有大專校院相關科系學群化學相關課程組成，以化學系、食品科學系、電機工程系為例。 ✓ 國內綠色化學相關課程統整分析 ✓ 本計畫建議綠色化學課程大綱規劃方案對照表	✓ 統計各校學士班科系化學相關課程組成，比較各系開設學程課程、必選修之課程學分數，作為後續設計課程參考。 ✓ 蒐研國內綠色化學相關課程大綱，產出建議綠色化學課程大綱規劃方案對照表。

工項		內容	成果效益
(3)	邀集綠色化學及教育專案領域專家學者，辦理至少 2 場次專家會議，規劃未來短、中、長程融入對應的課程安排 (於本文第八章-p.137 詳細說明)	✓ 各場次專家諮詢會邀請委員及議程說明 ✓ 專家諮詢會委員意見及回覆	✓ 邀請專家諮詢委員討論，確定計畫範疇及工作團隊方向。 ✓ 討論後續教材篩選及教師培訓方案，以利討論後續工項。
工項五	提出 107 年度課程教師訓練計畫及課程融入大專校院之設計規劃。 (於本文 8.3-p.146 詳細說明)	✓ 依照專家諮詢會討論，將後續拜訪綠色化學相關教師，廣納建議再執行提出 107 年度課程教師訓練計畫及課程融入大專校院之設計規劃。	✓ 依照專家諮詢會討論，將後續拜訪綠色化學相關教師，廣納建議在執行提出 107 年度課程教師訓練計畫及課程融入大專校院之設計規劃。

第三章 大專校院綠色化學教育計畫啟始會議

為確定本年度計畫執行範疇，啟始會議於 106 年 8 月 10 日環保署毒物及化學物質局一樓招標室舉辦，以下列表說明啟始會議記錄，討論後續工作事項，研習會及專家諮詢會預計辦理情形及建議邀請與會之單位。今年舉辦北中南共計 5 場次研習會，2 場次專家諮詢會議，以及邀請適合廠商訪談，達到兼具產、官、學功能。會議意見及辦理情形詳參表 四。

3.1 會議細節

- (1) 時間:106 年 8 月 10 日上午 10 點
- (2) 地點:環保署毒物及化學物質局一樓招標室
- (3) 主持人：張文興主秘
- (4) 出席人員：
劉怡焜代理組長、蕭寶桂高級環境技術師、黃慧芬高級環境技術師、林繼富技正、崔君至高級環境技術師、計畫執行團隊（林于凱主任、張育傑主任、王玉純主任、徐宏德博士）
- (5) 承辦單位報告，簡報檔如附件。

3.2 會議意見及辦理情形

表 四 啟始會議委員意見及辦理情形

委員	意見	辦理情形
張文興 主秘	1.建議首年規劃之研習會具備示範性、指標性，主要是讓產業界了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。	確定五場次研習會規劃時間、地點及主題送交化學局備查，另研習會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，資料列於第五章 5.1 節。
	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。	專家諮詢會議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已一併討論期能獲致共識。
	4.學校教育推動面向上，與教育	目前環保署、教育部皆有類似之補助環

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。	教活動措施，本案已列入創新想法中，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，已在報告建議中列出相關作法。
6.專家諮詢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，並且邀請參加研習會，以擴大成效。	專家諮詢會舉辦時間與邀請名單已經完成，也協請化學局協助發文邀請部會參加。
7.建議列出主要宣傳重點，讓廠商與學校學生了解綠色化學內涵，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 原則為主要研習會課程與教案重點，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，相關專家諮詢與研習會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？	專家會議名單已完成，並送化學局參考邀請。
11.產業參加專家會議是否提供出席費？	專家諮詢會為廣納各方建議，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會並分享經驗，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。	本計畫進行訪視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，詳參報告書第八章。
	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，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，已於專家諮詢會議中取得與會相關部會代表的建議及支持。
	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，建立參考之課程大綱。
	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，詳參報告書第五章。
	6.計畫執行時間相當緊迫，10/30 前要舉辦五場研習會及 2 場專家諮詢會議，逐步建立推動與執行共識。	遵照辦理，詳參報告書第七章。
蕭寶桂 高環	1.原計畫設計目的為串連產業界與學術界，研習會設計進行方式？	研習會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，並於研習會後蒐集學員意見，作為修正或研擬課程之參考。
	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，詳參報告書第八章。
	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。	感謝委員意見。
黃慧芬 高環	1.專家會議名單建議納入 IEK（產業情報網）	遵照辦理，詳參報告書第八章。
	2.建議區分綠色化學課程與環安衛課程	本項建議已納入專家諮詢會議進行討論詳參報告書第八章。
	3.是否可以以類似必修課程的概念，納入綠色化學課程	教育部所規劃之課程大綱係屬課程建議，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，詳參報告書第十一章。
	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。	計畫期程已配合調整，針對上位計畫聯繫窗口與聯繫人員也一併納入專家諮詢會與研習會邀請名單，增進其對本推動計畫之了解並提供建議。
林繼富 技正	建議規劃綠色化學課程的授課課程大綱即可	遵照辦理，詳參報告書第六章。

3.3 創意回饋

(1) 建立綠化應用之分享案例

建議未來舉辦綠色化學聯展，規劃上位計畫，整合各部會相關業務，提出建議依綱領工作進度，展開相關業務。預定分析高中及大學相關課程、實驗與綠色化學 12 原則之關聯性，並提出可行分級課綱，提升綠色化學教育推動。透過地區研習會媒介化學界與業界之綠色化學產學合作。思考規劃以影片的方式教授綠色化學課程，並且彙整大專院校融入綠色化學之可行性。且依據綠色工廠及清潔生產認證廠商所在地，並整合現有環境教育認證場域，提出區域參訪清單，可建置於綠化網頁。

(2) 107 年預計規劃綠色化學相關競賽活動

吸引大家參與綠色化學競賽誘因，初步參考國際及國內現有作法。另外，鼓勵產業提供競賽獎勵與實習機會，建立產學媒合有助專業人才培育。107 年工作規畫將提出與相關單位（勞動部、教育部）協商尋求職安衛共同產出綠色化學之相關教材可行性。評估校外參訪可以補助學校的交通費，建立補助機制，例如示範補助大約 20 所學校。

第四章 統整彙集國內外現有綠色化學相關教程現況與特色

本章說明工項一統整彙集國內外現有相關綠色化學教程現況與特色，規劃適合國內教育之綠色化學大專校院課程落實策略與方案。

為了解目前本國綠色化學相關課程授課情形及相關化學科系背景，依據教育部 105 年大專校院課程資訊網資訊，統計共 13 名老師教授綠色化學相關課程（表五），以及彙整國內大專校院化學相關科系學生數量（表六），共有化學系 16 所、化學工程與生物科技學系 13 所、化學工程學系 12 所、應用化學系 7 所、化學工程與材料科（技）學系 2 所、化學暨生物化學系 1 所、應用化學及材料科學學系 1 所、跨領域分子科學學位學程 1 所、永續化學科技國際學位學程 1 所、化學類產業研發專班 1 所，表七特別列出大專校院僅一學系之學生統計，並詳細統計 105 年臺灣大專校院化學方面主要科系之學生人數統計長條圖（圖 1 至圖 4）。

收集國內開設的綠色相關課程（表八），目前共有 24 所學校、54 門相關課程開設，呈現大專校院各系所之學士、碩士及博士之學生數量。

收集的資料結果顯示臺灣地區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。

在國際上的相關教育情況蒐研中，美國之資料顯示，共有 27 州內 41 所大學有開設相關課程，而在國際上除美國外另有 15 個國家，28 所大學有開設相關課程，網路課程以超越良性(Beyond Benign)網站提供 4 門綠色化學相關課程最廣為使用。美國化學學會列出書籍統計共 18 本教科書，4 本實驗室手冊，4 本參考書。其他國家例如德國，德國綠色化學教材網(NOP-Sustainability In The Organic Chemistry Lab Course)收集和開發的材料，允許有機化學學科的學生和教師評估參考實驗設置，反應機制和化學產量的反應。網路開放課程如 Beyond Benign 等提供師資培訓，以及作為研討會，會議主持人，課程專家等的聯合領導者合作的機會與平台，推廣綠色化學教材與培訓相關的教師。

本計畫藉由彙集國內外現有相關綠色化學教程現況與特色，規劃適合國內教育系統之綠色化學課程，可以透過行政機制、課程規劃、師資培訓、推廣深耕、研究發展等 5 大層面作為策略落實與方案施行之工作要項。除蒐研列表國內大專校院之綠色相關課程之大學及相關課程外，並詳參美國化學學會(American Chemical Society, ACS)和超越良性(Beyond Benign)網站資料，列表其網站開放之課程、活動競賽及教師培訓資訊。

4.1 蒐集彙整分析綠色化學領域相關之國內外大專校院教育資料

4.1.1 國內開設相關綠色課程之大學及其相關科系背景調查

國內部分大專校院有做相關綠色課程的規劃，以下列出相關綠色課程的學校、開課老師以及國內可能發展綠色課程科系學校及學生統計，其結果顯示臺灣地區綠色化學教育的課程已有初步雛型，本計畫調查與彙整結果助於建立大專校院師資培育資料課程、開課數與需求數平台，可作為之後專家會議及教材編撰人員參考人選，以及課程落實策略之基礎資訊。

表 五 105 年臺灣大專校院開設綠色化學相關課程老師

課名	校名	開課老師
永續環境綠色化學	國立中興大學	張家銘
綠色化學	中山醫學大學	趙啟民
	輔仁大學	劉立臺
	東海大學	劉立臺
	東吳大學	王榮輝
	淡江大學	彭晴玉
綠色化學及技術	國立中興大學	朱哲毅
綠色化學研究（一）	國立高雄師範大學	楊慶成/謝明穆
綠色化學研究（二）	國立高雄師範大學	張玉珍/謝明穆
綠色化學概論	靜宜大學	翁榮源
綠色化學與工程	國立嘉義大學	李茂田
綠色合成化學	國立中正大學	周德璋
綠色科技化學	靜宜大學	林花安
綠色環境化學教育	靜宜大學	翁榮源

表 六 105 年臺灣大專校院化學相關學生人數概況

學系	學校	學生數 總計	博士	碩士	學士班
化學系	國立清華大學	643	172	183	288
	國立臺灣大學	656	159	202	295
	國立臺灣師範大學	525	33	173	319
	國立成功大學	384	27	115	242
	國立中興大學	382	30	141	211
	國立中央大學	321	29	126	166
	國立中山大學	321	23	83	215
	國立高雄師範大學	204	-	43	161
	國立彰化師範大學	238	-	36	202
	國立東華大學	288	8	47	233

	東海大學	401	7	40	354
	輔仁大學	534	20	43	471
	東吳大學	216	-	11	205
	中原大學	578	37	106	435
	淡江大學	507	9	43	455
	中國文化大學	227	-	23	204
應用化學系	國立交通大學	498	82	218	198
	國立嘉義大學	243	7	43	193
	國立高雄大學	229	-	33	196
	國立暨南國際大學	274	11	73	190
	國立屏東大學	195	-	13	182
	靜宜大學	473	20	33	420
	朝陽科技大學	409	9	46	354
化學暨生物化學系	國立中正大學	317	17	114	186
應用化學及材料科學學系	輔英科技大學	120	-	-	120
跨領域分子科學學位學程	國立交通大學	6	-	6	-
永續化學科技國際學位學程	國立交通大學	37	37	-	-
化學類產業研發專班	朝陽科技大學	3	-	3	-
化學工程學系	國立清華大學	493	111	154	228
	國立臺灣大學	766	76	202	488
	國立成功大學	839	49	232	558
	國立中興大學	387	17	171	199
	國立中正大學	313	14	102	197
	國立臺灣科技大學	694	71	247	376
	國立聯合大學	516	-	31	485
	中原大學	786	12	93	681
	逢甲大學	560	11	77	472
	義守大學	378	-	-	378

	大同大學	373	2	28	343
	明志科技大學	471	-	70	401
化學工程與 生物科技學 系	國立臺北科技大學	778	8	208	562
	國立中央大學	383	36	139	208
	國立高雄大學	204	-	39	165
	國立雲林科技大學	542	5	116	421
	國立高雄應用科技大學	866	12	169	685
	國立宜蘭大學	402	-	28	374
	國立勤益科技大學	863	-	62	801
	東海大學	536	3	63	470
	淡江大學	696	5	58	633
	中國文化大學	456	-	37	419
	長庚大學	346	30	102	214
	南臺科技大學	470	-	43	427
	龍華科技大學	510	-	24	486
化學工程與 材料科（技） 學系	元智大學	649	16	124	509
	明新科技大學	475	-	50	425
高分子科學 與工程學研 究所	國立臺灣大學	96	39	57	-
分子科學 （與工程） 學系	國立臺北科技大學	366	35	147	184
生化與生醫 工程研究所	長庚大學	28	-	28	-
化工與生化 工程系	高苑科技大學	2	-	-	2
造紙科技暨 包裝設計學 位學程	大葉大學	13	-	-	13
能源電池科 技學位學程	明志科技大學	4	4	-	-
化學工程類 產業研發專 班	國立臺北科技大學	15	-	15	-
	國立高雄應用科技大學	35	-	35	-

圖 1 為 105 年臺灣大專校院化學相關學生人數統計圖，呈現大專校院各系所之學士、碩士及博士之學生數量。化學系學士班之學生數總計 4456 人，碩士班之學生數總計 1415 人，博士班之學生數總計 554 人。

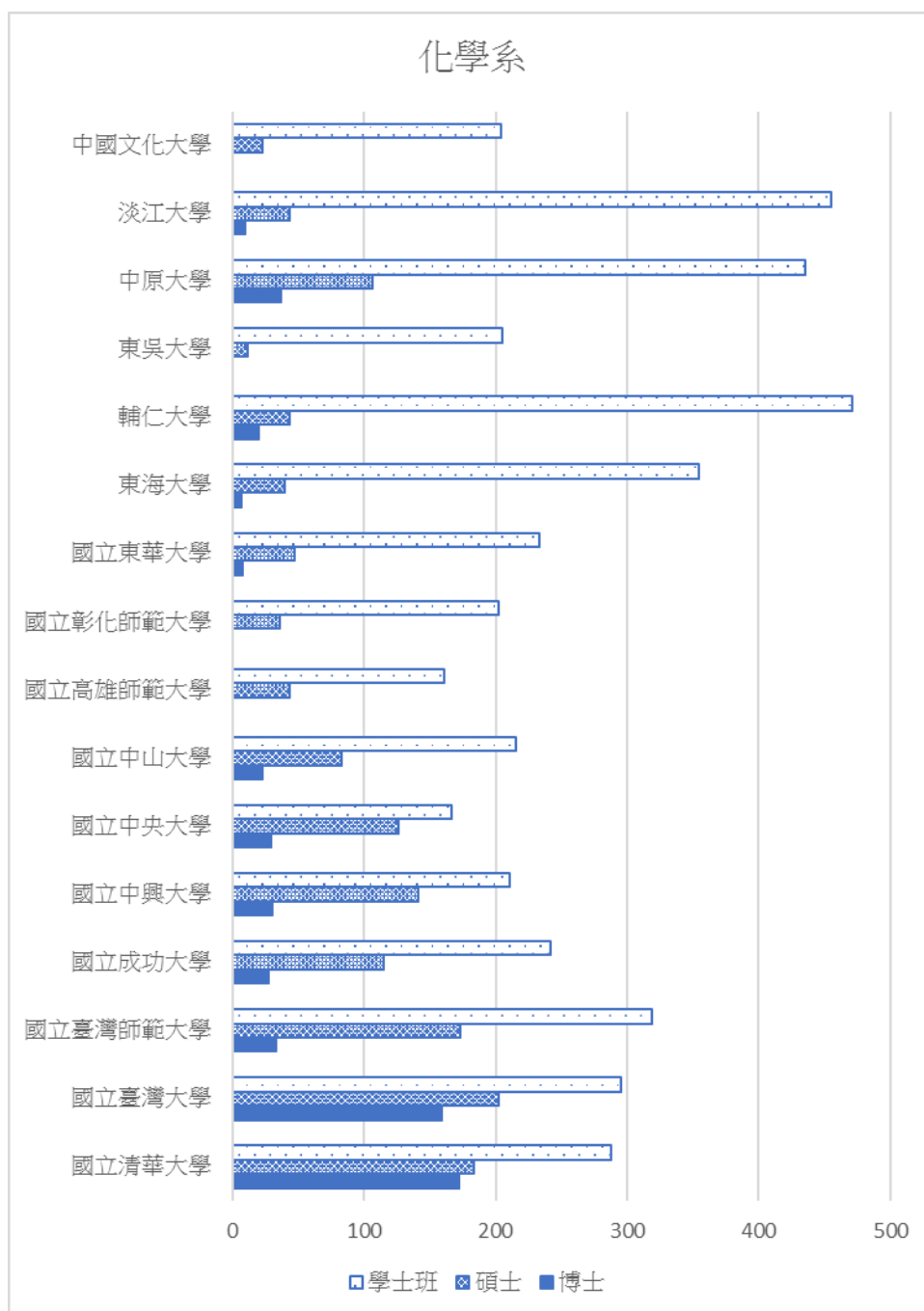


圖 1 105 年臺灣大專校院化學系學生人數概況（單位：人）

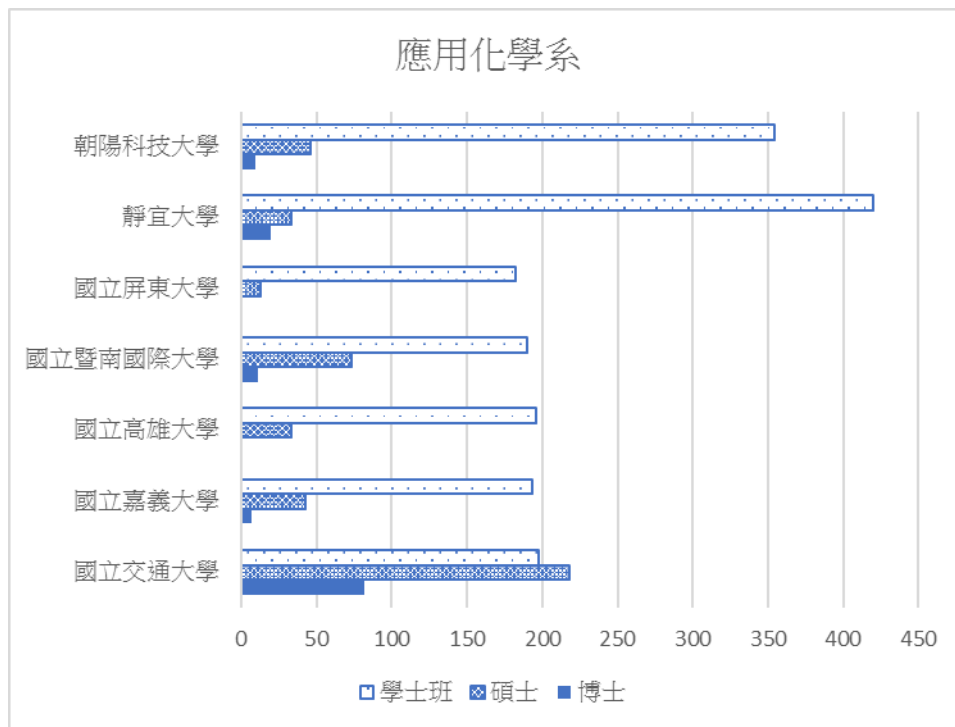


圖 2 105 年臺灣大專校院應用化學系學生人數概況（單位：人）

圖 2 結果顯示應用化學系學士班之學生數總計 1733 人，碩士班之學生數總計 459 人，博士班之學生數總計 129 人。

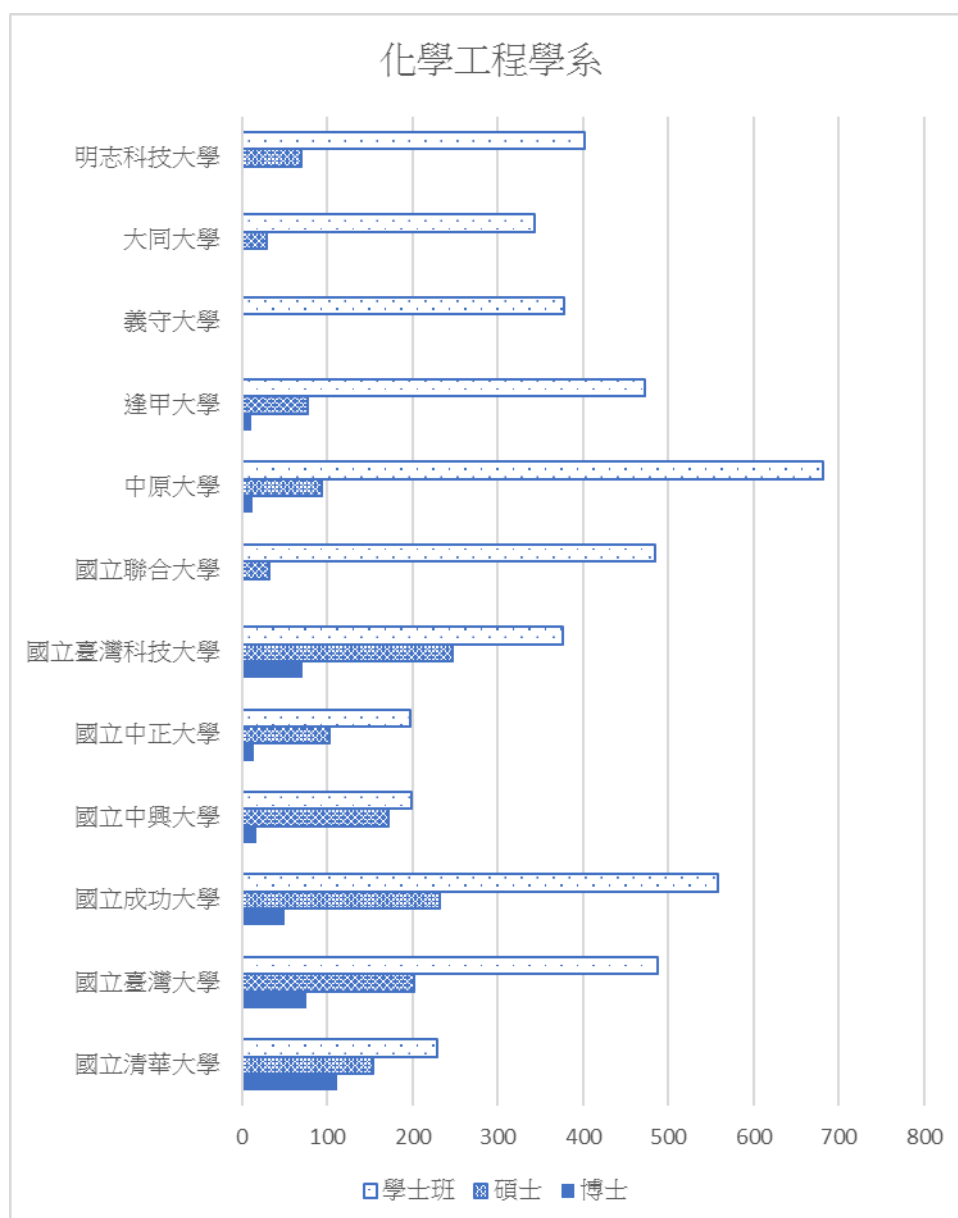


圖 3 105 年臺灣大專校院化學工程學系學生人數概況（單位：人）

圖 3 資料顯示化學工程學系學士班之學生數總計 4806 人，碩士班之學生數總計 1407 人，博士班之學生數總計 363 人。

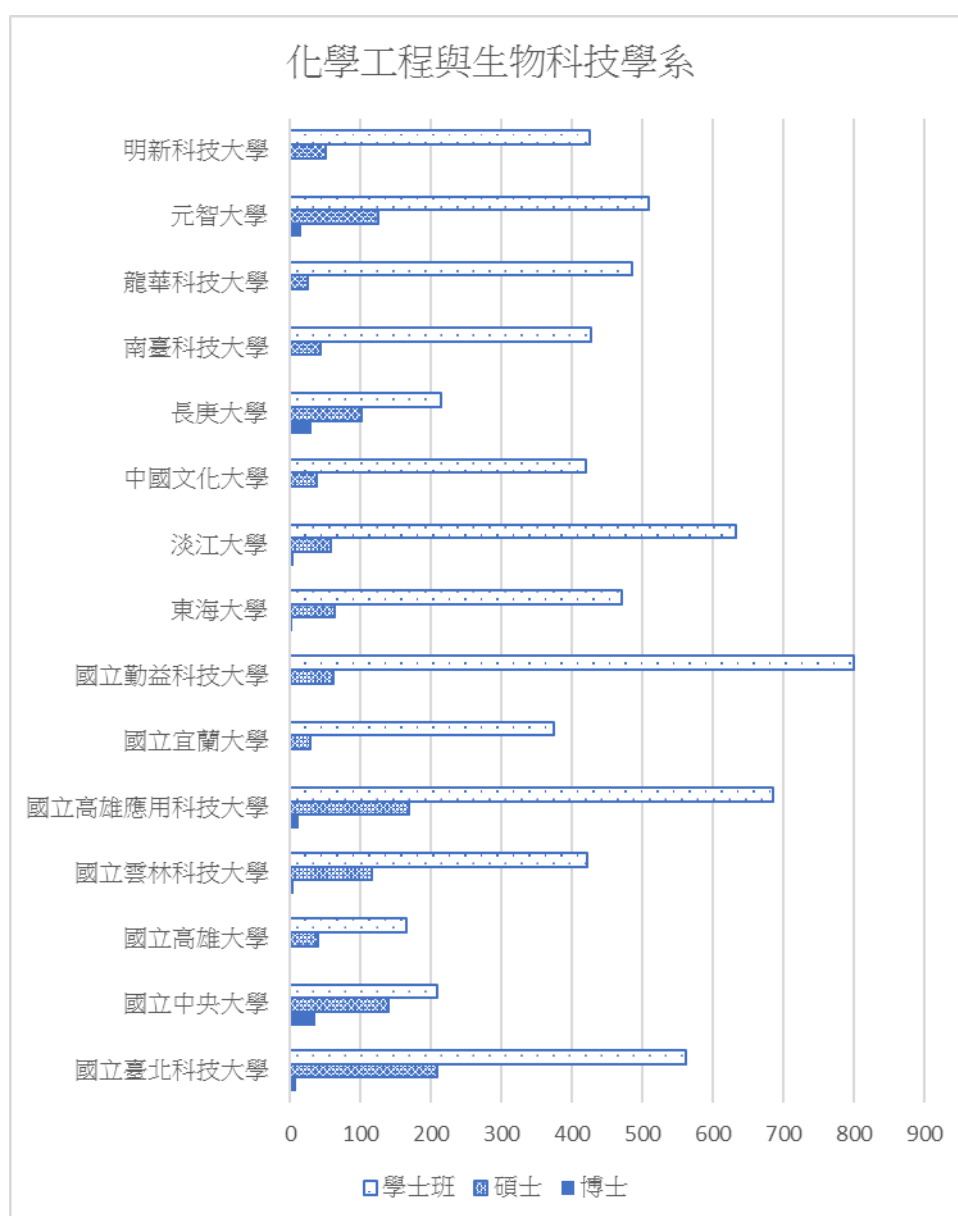


圖 4 105 年臺灣大專校院化學工程與生物科技學系學生人數概況（單位：人）

圖 4 資料顯示化學工程與生物科技學系學士班之學生數總計 6799 人，碩士班之學生數總計 1262 人，博士班之學生數總計 115 人。

表 七 大專校院僅一學系學校學生統計

學校	學系	博士	碩士	學士班	學生數總計
國立中正大學	化學暨生物化學系	17	114	186	317
輔英科技大學	應用化學及材料科學學系	-	-	120	120
國立臺灣大學	高分子科學與工程學研究所	39	57	-	96
國立臺北科技大學	分子科學（與工程）學系	35	147	184	366
長庚大學	生化與生醫工程研究所	-	28	-	28
高苑科技大學	化工與生化工程系	-	-	2	2
朝陽科技大學	化學類產業研發專班	-	3	-	3
國立臺北科技大學	化學工程類產業研發專班	-	15	-	15
國立高雄應用科技大學	化學工程類產業研發專班	-	35	-	35
國立交通大學	跨領域分子科學學位學程	-	6	-	6
國立交通大學	永續化學科技國際學位學程	37	-	-	37
大葉大學	造紙科技暨包裝設計學位學程	-	-	13	13
明志科技大學	能源電池科技學位學程	4	-	-	4

表 八 105 年臺灣大專校院綠色相關課程開課情況

課名	校名	開設系所
綠色機電創意應用與競賽	大葉大學	機械與自動化工程學系
綠色動力與運具	大葉大學	綠色產品設計學士學位學程
綠色產品設計	大葉大學	綠色產品設計學士學位學程
綠色產品開發	大葉大學	工業設計學系
綠色產業概論	大葉大學	綠色產品設計學士學位學程
綠色能源材料導論	大葉大學	材料科學與工程學系
綠色能源概論	大葉大學	綠色產品設計學士學位學程
綠色科技概論	大葉大學	環境工程學系
綠色事業與法規	大葉大學	綠色產品設計學士學位學程
綠色品質管理	大葉大學	綠色產品設計學士學位學程
綠色設計與製造	中原大學	電機資訊學院
綠色能源產業技術	中原大學	工學院
綠色科技實務	中原大學	工學院
綠色能源講座	中國文化大學	光電物理學系
室內綠色材料	中華大學	建築與設計學院進修學士班
綠色科技概論	中華大學	光機電與材料學士學位學程
綠色供應鏈管理專題	中華大學	科技管理學系碩士班
綠色能源專題實作	元智大學	機械工程學系學士班
實驗（五）：綠色能源	元智大學	機械工程學系學士班
綠色能源特論	明道大學	材料與能源工程學系碩士班
綠色科技與永續發展	東吳大學	綠色科學與永續發展學程
綠色科技與永續發展實習	東吳大學	綠色科學與永續發展學程
綠色設計概論	東海大學	工設系
永續發展與綠色管理	國立中山大學	公共事務管理研究所碩士班
綠色管理與創新	國立中山大學	企業管理學系博士班
綠色能源工程	國立中山大學	機械與機電工程學系
綠色能源專題（一）	國立中正大學	電機工程學系
綠色能源專題（二）	國立中正大學	電機工程學系
綠色建築概論	國立中正大學	通識教育中心
綠色產業專題研究	國立中興大學	生管所
綠色事業經營管理	國立中興大學	夜生管
綠色產業之發展策略	國立交通大學	科技管理研究所
綠色創新與產品開發	國立成功大學	資源工程學系
綠色能源技術	國立成功大學	環境工程學系

綠色材料	國立成功大學	化學工程學系
永續綠色智慧生活	國立宜蘭大學	應用經濟與管理學系應用經濟學碩士班
綠色科技導論	國立宜蘭大學	綠色科技學程碩士在職專班
綠色生產管理	國立宜蘭大學	綠色科技學程碩士在職專班
綠色能源	國立高雄大學	應用物理學系
綠色營建產業	國立高雄師範大學	工業科技教育學系
綠色能源科技研究	國立彰化師範大學	工業教育與技術學系
綠色能源科技概論	國立彰化師範大學	電機工程學系
綠色科技概論	國立彰化師範大學	物理學系
綠色科學	國立臺東大學	應用科學系
綠色分析技術	國立臺東大學	應用科學系
綠色能源與永續發展	國立臺南大學	綠色能源科技學系
綠色能源工程	國立臺南大學	綠色能源科技學系
綠色能源產業與賽局策略	國立臺南大學	綠色能源科技學系碩士班
綠色科技與社會	國立臺南大學	生物科技學系
環境奈米及綠色材料	國立臺灣大學	環工所
綠色生物科技	國立臺灣大學	生科系
綠色工程與低碳社區	國立臺灣大學	環工所
高等綠色工程	國立聯合大學	材化博士學位學程
綠色能源	國立聯合大學	電機工程學系
綠色生態科技	淡江大學	機械與機電工程學系博士班
綠色產品設計	逢甲大學	精密系統設計學士學位學程
綠色能源科技程序	逢甲大學	綠色能源科技碩士學位學程
綠色能源概論	逢甲大學	綠色能源科技學程
綠色工程	逢甲大學	環境工程與科學學系
綠色能源工程	義守大學	機械與自動化工程學系
綠色工程	義守大學	化學工程學系
綠色工程實習	義守大學	材料科學與工程學系

4.1.2 國外開設相關綠色課程大學及其相關課程

根據美國化學學會(American Chemical Society, ACS)網站資料，下列統計目前開設綠色化學學術課程的國家與學院數量，據統計美國 27 州內 41 所大學有開設相關課程（表 九），而在國際上除美國外共 15 個國家，28 所大學有開設相關課程（表 十）。

表 九 美國各州開設綠色化學學術課程學校及研究機構

州	學校	綠色化學研究機構
阿拉巴馬	阿拉巴馬大學	Center for Green Manufacturing
阿肯色州	亨德里克斯學院	Toad Suck Institute for Green Organic Chemistry
加州	加州大學柏克萊分校	
	加州理工學院	
科羅拉多州	科羅拉多礦業學院	
康乃狄克州	耶魯大學	Center for Green Chemistry & Green Engineering
哥倫比亞特區	喬治華盛頓大學	
佛羅里達	佛羅里達大學	
喬治亞州	喬治亞理工學院	
伊利諾州	西北大學	
	伊利諾大學厄巴納-香檳分校	
印地安那	印第安納大學布魯明頓校區	
愛荷華州	愛荷華州立大學	
肯塔基州	西肯塔基大學	
馬里蘭州	華盛頓學院	
麻薩諸塞州	橋水州立大學	
	戈登學院	
	麻州大學波士頓分校	綠色化學中心
	麻州大學洛厄爾分校	
		華納巴布科克綠色化學研究所
密西根州	大谷州立大學	
	勞倫斯理工大學	
	密西根州立大學	
	密西根大學	
明尼蘇達州	聖尤拉夫學院	

	明尼蘇達大學	可持續聚合物中心
密蘇里州	聖路易斯華盛頓大學	
紐約	石溪大學	
北卡羅來納州	北卡羅來納州立大學	
俄亥俄州	俄亥俄州立大學	OBIC(Ohio Bioproducts Innovation Center) Bioproducts Innovation Center
	托雷多大學	
俄勒岡州	俄勒岡州立大學	可持續材料化學中心
	俄勒岡大學	
賓夕法尼亞	卡內基美隆大學	
	查塔姆大學	
	匹茲堡大學	馬斯卡羅可持續創新中心
	斯克蘭頓大學	
波多黎各	波多黎各大學裡約-彼德拉斯學院	
南達科他州	南達科他州立大學	
德州	萊斯大學	
維吉尼亞州	維吉尼亞理工學院暨州立大學	可持續奈米技術研究中心
華盛頓	華盛頓大學	

表 十 全球除美國以外開設綠色化學學術課程學校及研究機構

地區	學校	綠色化學研究機構
澳大利亞	蒙納許大學	綠色化學中心
澳大利亞	昆士蘭大學	澳大利亞生物工程與納米技術研究所
澳大利亞	雪梨大學	
加拿大	皇后大學	
加拿大	麥基爾大學	化學系
加拿大	麥基爾大學	管理，綜合管理學院
加拿大	紐芬蘭紀念大學	
中國	蘭州化學物理研究所	綠色化學和催化中心
丹麥	哥本哈根大學	centre for development and implementation of biotechnology for bioenergy

歐盟		多機構合作
法國	斯特拉斯堡大學	
希臘	帕特雷大學	
香港	香港大學	
意大利		國際聯盟“環境化學”
意大利	威尼斯大學（威斯康辛大學）	
荷蘭	台夫特理工大學	
葡萄牙		葡萄牙科學技術基金會
新加坡	新加坡國立大學	
西班牙		Green Chemistry Network of Spain (REDQS)
西班牙		Institute of Science and Technology (IUCT)
西班牙	馬德里康普頓斯大學	
西班牙	薩拉戈薩大學	
瑞典	查爾摩斯工學院	環境與可持續發展中心
瑞典	隆德大學	
瑞士	洛桑聯邦理工學院	
英國	杜倫大學	可持續化學工藝中心
英國	倫敦帝國學院	
英國	貝爾法斯特女王大學	Queen's University Ionic Liquid Laboratories (QUILL)
英國	巴斯大學	可持續化學技術中心
英國	萊斯特大學	綠色化學小組
英國	諾丁漢大學	可持續化學中心
英國	牛津大學	
英國	約克大學	卓越綠色化學中心

4.1.2.1 超越良性大學開放課程

超越良性(Beyond Benign)為教育工作者提供工具，培訓和支持，使綠色化學成為化學教育的重要組成部分。以下表 十一為超越良性網站提供大學之相關開放課程。

表 十一 超越良性(Beyond Benign)開設之大學綠色化學推廣課程

課程	內容
通用化學	案例研究： A Greener Approach for Measuring Colligative Properties A Laboratory Sequence for Reducing Waste in the General Chemistry Laboratory General Chemistry Replacement Labs Titration of Wood Ash, Vitamin C Clock Reaction 實驗室： Blackberry Solar Cell Wood Ash Titration
有機化學	案例研究： Alcohol Dehydration Greener Grignard Reaction Greener Oxidation 實驗室： Greener Alcohol Dehydration Greener Oxidation Greening of a Chemical Preparation Polylactic acid (PLA) Molecular Recycling Thymine Photoresist Patterning
有機化學資源指南	簡介： Lab Index Overview of Resource Guide 介紹： Techniques – Distillation, Chromatography, Extraction 實驗室評估： Alcohol Dehydration Aldol Condensation Benzoin Condensation Bromination Diels-Alder

	Electrophilic Aromatic Substitution Elimination Reaction: Dehydrohalogenation Esterification Friedel-Crafts Grignard Reaction Hydrogenation Metal Catalyzed Cross-Coupling Reactions Oxidation Polymer Synthesis Reduction SN1/SN2 Reactions Wittig Reaction
毒 理 學	Daphnia Bioassay Global Warming and Greenhouse Gas Experiment Hazard Evaluation – Understanding Toxicological Endpoints Lettuce Seed Assay

4.1.3 美國大學相關教學用書

在教材上美國化學學會及綠色化學教育材料皆有列出綠色化學課程的相關教科書，實驗室手冊和參考資料，下表列出上述之書名、作者等細節資料，美國化學學會列出書籍統計共 18 本教科書，4 本實驗室手冊，4 本參考書。

4.1.3.1 教科書

美國化學學會及綠色化學教育材料提供相關教科書統計如下表，美國化學學會共 18 本（表 十二），綠色化學教育材料共 31 本（表 十三）。

表 十二 美國化學學會提供之大學綠色化學相關教科書書單

書名	作者	出版資訊
Green Organic Chemistry and Its Interdisciplinary Applications	Dr. Vera M. Kolb	Textbook, 175 pages, Published by CRC Press, 2016
Bioinspiration and Biomimicry in Chemistry: Reverse-Engineering Nature	Gerhard Swiegers; Forewards by Jean-Marie Lehn and Janine Benyus	Textbook, 471 pages, Published by Wiley, 2012

Efficiency and Sustainability in the Energy and Chemical Industries, 2nd Edition	Krishman Sankaranarayanan, Hedzer J. van der Kooi, Jakob de Swaan Arons	Textbook, 393 Pages, Published by CRC Press, 2010
Fundamentals of Environmental and Toxicological Chemistry: Sustainable Science, 4th Edition	Stanley E. Manahan	Textbook, 614 pages, Published by CRC Press, 2013
Green Chemistry and Engineering: A Pathway to Sustainability	Anne E. Marteel-Parish and Martin A. Abraham	Textbook, 376 pages, Published by Wiley, 2013
Green Chemistry & Engineering: A Practical Design Approach	Concepción Jiménez-González and David J.C. Constable	Textbook, 675 pages, Published by Wiley, 2011
Green Chemistry Fundamentals and Applications	Suresh Ameta and Rakshit Ameta	Textbook, 385 pages, Published by Apple Academic Press, 2013
Green Chemistry: An Introductory Text, 2nd Edition	Mike Lancaster	Textbook, 344 pages, Published by Royal Society of Chemistry, 2013
Green Chemistry: Theory and Practice	Paul Anastas and John Warner	Educational book, 152 pages, Published by Oxford University Press, USA, 1998 (paperback 2000)
Green Techniques for Organic Synthesis and Medicinal Chemistry	Wei Zhang, Berkeley Cue	Textbook, 768 pages, Published by Wiley, 2012
Handbook of Green Chemistry and Technology 1st Edition	James H. Clark and Duncan Macquarrie	Textbook, 560 pages, Published by Wiley-Blackwell, 2002
Introduction to Green Chemistry, 2nd Edition	Albert Matlack	Textbook, 599 pages, Published by CRC Press, 2010
New Trends in Green Chemistry	V. K. Ahluwalia and M. Kidwai	Textbook , 263 pages, Published by Springer, 2004

Sustainable Catalysis: Challenges and Practices for the Pharmaceutical and Fine Chemical Industries	Peter J. Dunn, K. K. (Mimi) Hii, Michael J. Krische, Michael T. Williams	Textbook, 440 pages, Published by Wiley, 2013
--	---	--

表 十三 綠色化學教育材料提供之大學綠色化學相關教科書書單

書名	作者	出版資訊
Green Chemistry: Theory and Practice	Anastas, P. T.; Warner, J. C.	Green Chemistry: Theory and Practice, Print 1998; pp 1-135.
Bringing State-of-the-Art, Applied, Novel, Green Chemistry to the Classroom by Employing the Presidential Green Chemistry Challenge Awards	Cann, M. C. J. Chem. Educ.	Print 1999, 76, pp 1639-1641.
Real-World Cases in Green Chemistry	Cann, M. C.; Connelly, M. E.	Real-World Cases in Green Chemistry, Print 2000; pp 1-74.
Design and Application of Surfactants for Carbon Dioxide; Making Carbon Dioxide a Better Solvent in an Effort to Replace Solvents that Damage the Environment	Narsavage-Heald, D.	http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/generalchemistry/generalmodule.html (accessed June 2011).
Introduction to Green Chemistry	Print Ryan, M., Tinnesand, M., Eds.;	American Chemical Society: Washington, DC, 2002.
Greening the Blue Bottle	Wellman, W. E.; Noble, M. E. J. Chem. Educ.	Print 2003, 80, pp 537-540.
Going Green: Integrating Green Chemistry into the Curriculum	Print Parent, K., Kirchhoff, M., Eds.	American Chemical Society: Washington, DC, 2004.
Some Exercises Reflecting Green Chemistry Concepts	Song, Y.; Wang, Y.; Geng, Z. J. Chem. Educ.	Print 2004, 81, pp 691-692.
A New Chemical Family of Insecticides Exemplified by CONFIRM Selective	Wasilewski, J.	http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/biochemistry.html (accessed June 2011).

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		
Antifoulants (Marine Pesticides)	Cann, M. C.	http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/environmental.html (accessed June 2011).
Atom Economy: A Measure of the Efficiency of a Reaction	Cann, M. C. Atom Economy	http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/organic.html (accessed June 2011).
Petretec - Dupont's Technology for Polyester Regeneration	Dickneider, T. A.	http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/industrial.html (accessed June 2011).
TAMLTM Oxidant Activators: Green Bleaching Agents for Paper Manufacturing	Marx, D. E.	http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/inorganic/inorganicmodule.html (accessed June 2011).
Thermal Polyaspartate as a Biodegradable Alternative to Polyacrylate and Other Currently Used Water Soluble Polymers	Narsavage-Heald, D.	http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/polymer/polymermodule.html (accessed June 2011).
Biochemical Toxicology of Insecticides: The Road towards Reduced-Risk Insecticides	Foley, T. D.	http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/toxicology.html (accessed June 2011).
A Greener Bromination of Cyclohexene: An Organic Experiment for Non-majors	Kerr, M.	Department of Chemistry, Worcester State College, 2007
Designing Molecules	Hill, J. W.; Kolb	D. K. Chemistry for Changing Times, Print 2007; pp 54-55.
Greening Dry Cleaning	Hill, J. W.; Kolb	D. K. Chemistry for Changing Times, Print 2007; pp 546-547.

Introduction to Green Chemistry	Hill, J. W.; Kolb	D. K. Chemistry for Changing Times, Print 2007; pp 34-35.
Nanotechnology	Hill, J. W.; Kolb,	D. K. Chemistry for Changing Times, Print 2007; pp 81-83.
News from Online: Renewable Resources	Uffelman, E. S. J. Chem. Educ.,	Print 2007, 84, pp 220-222.
Toward the Greening of Our Minds: A New Special Topics Course	Marteel-Parrish, A. E. J. Chem. Educ.,	Print2007, 84, pp 245-247.
Green Analytical Chemistry Curriculum	Keith, L. H.	http://www.chemistshelpingchemists.org/gpage2.html (accessed June 2011).
Green Chemistry as an Upper-Level, Capstone Seminar Course (Syllabus, Schedule, Topics and Assignments)	Gurney, R.	Department of Chemistry, Simmons College, 2008
Green Chemistry in the Curriculum: An Introduction to Green Chemistry	Fisher Science Education, ; Beyond Benign,	http://www.fishersci.com/wps/downloads/segment/ScienceEducation/pdf/green_IntroGreenChem.pdf (accessed June 2011).
Think Green	Fisher Science Education, ; Beyond Benign,	http://www.fishersci.com/wps/portal/CMSTATIC?href=/ScienceEducation/scienceEduStandard/Features/Think_Green/se_std_ThinkGreen_040708_1435.jsp&store=ScienceEducation&segment=scienceEduStandard (accessed November 2011).
What is Green Chemistry?	Fisher Science Education, ; Beyond Benign,	http://www.fishersci.com/wps/downloads/segment/ScienceEducation/pdf/green_12PrinciplesGreenChem.pdf (accessed June 2011).

Household Fenton's Reagent: A Green Homogeneous Catalysis Demo	Sullivan, R.	http://chemdemos.uoregon.edu/ pages/ detail.php?s=Fenton &page=1 &id=3156f33e71e062d7257edc5efcef6e7e# (accessed November 2011).
The Chemistry of Sustainability	Haack, J. A.; Berglund, J. A.; Hutchison, J.; Johnson, D. W.; Lonergan, M. C.; Tyler, D. R.	Chemistry of Sustainability, Chemistry, University of Oregon, 2010
Blending sustainability and additional green chemistry into Chemistry in Context	C., Keller, S., Anderson, K., Bentley, A., Cann, M., Ellis, J., Eds.; McGraw-Hill	Chemistry in Context, 7th, Print Middlecamp, 2012.
The Chemistry All Around Us: A Final Project Outline for Chemistry	Wise, A.	Chemistry, UC Berkeley, 2012

4.1.3.2 實驗室手冊

美國化學學會及綠色化學教育材料提供相關實驗室手冊統計如下表，美國化學學會共 4 本（表 十四），綠色化學教育材料共 83 本（表 十五）。

表 十四 美國化學學會大學實驗室手冊

書名	作者	出版資訊
Experiments in Green and Sustainable Chemistry	Herbert W. Roesky, Dietmar Kennepohl; Foreword by Jean-Marie Lehn	Laboratory Manual, 307 pages, Published by Wiley, 2009
Green Organic Chemistry in Lecture and Laboratory	Andres Dicks	Laboratory Manual, 299 pages, Published by CRC Press, 2011
Green Organic Chemistry: Strategies, Tools, and Laboratory Experiments	Kenneth Doxsee and James Hutchison	Laboratory Manual, 256 pages, Published by Cengage Learning, 2003
Greener Approaches to Undergraduate Chemistry Experiments	Mary Kirchhoff and Mary Ann Ryan	Laboratory Manual, 49 pages, Published by the American Chemical Society Educational Division, 2002

表 十五 綠色化學教育材料大學實驗室手冊

書名	作者	出版資訊
"New" Compounds from Old Plastics: Recycling PET Plastics via Depolymerization	Kaufman, D.; Wright, G.; Kroemer, R.; Engel, J. J. Chem. Educ.,	Print 1999, 76, pp 1525-1526.
Organic-Solvent-Free Phase-Transfer Oxidation of Alcohols Using Hydrogen Peroxide	Hulce, M.; Marks, D. W. J. Chem. Educ.,	Print 2001, 78, pp 66-67.
Synthesis and Spectroscopic Analysis of a Cyclic Acetal: a Dehydration Performed in Aqueous Solution	Collard, D. M.; Jones, A. G.; Kriegel, R. M. J. Chem. Educ.,	Print 2001, 78, pp 70-72.
Aqueous-Phase Palladium-Catalyzed Coupling: A Green Chemistry Laboratory Experiment	Harper, B. A.; Rainwater, J. C.; Birdwhistell, K.; Knight, D. A. J. Chem. Educ.,	Print 2002, 79, pp 729-730.
Chiral Compounds and Green Chemistry in Undergraduate Organic Laboratories: Reduction of a Ketone by Sodium Borohydride and Baker's Yeast	Pohl, N.; Clague, A.; Schwarz, K. J. Chem. Educ.,	Print 2002, 79, pp 727-728.
Electrophilic Aromatic Iodination of 4'-Hydroxyacetophenone	Gilbertson, R.; Parent, K. E.; McKenzie, L. C.; Hutchison, J. E.	Print Kirchhoff, M., Ryan, M., Eds.; American Chemical Society: Washington D.C., 2002; pp 1-3.
Green Chemistry in the Organic Teaching Laboratory: An Environmentally Benign Synthesis of Adipic Acid	Reed, S. M.; Hutchison, J. E. J. Chem. Educ.,	Print 2002, 77, pp 1627-1629.

書名	作者	出版資訊
Greener Approaches to Undergraduate Chemistry Experiments	Washington, DC,	Print Kirchhoff, M., Ryan, M., Eds.; American Chemical Society: 2002.
Metallation of Tetraphenylporphyrin	Warner, M.; Hutchison, J. E.	Print Kirchhoff, M., Ryan, M., Eds.; American Chemical Society: Washington D.C., 2002; pp 32-34.
Microwave Synthesis of Tetraphenylporphyrin	Warner, M.; Succaw, G.; Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Print Kirchhoff, M., Ryan, M., Eds.; American Chemical Society: Washington D.C., 2002; pp 27-31.
Palladium-Catalyzed Alkyne Coupling/Intramolecular Alkyne Addition: Synthesis of a Benzofuran Product	Gilbertson, R.; Doxsee, K. M.; Succaw, G.; Huffman, L. M.; Hutchison, J. E.	Print Kirchhoff, M., Ryan, M., Eds.; American Chemical Society: Washington D.C., 2002; pp 4-7.
Micelle-Mediated Extraction of Heavy Metals from Environmental Samples: An Environmental Green Chemistry Laboratory Experiment	Giokas, D. L.; Paleologos, E. K.; Karayannis, M. I. J. Chem. Educ.,	Print 2003, 80, pp 61-64.
A greener bromination of stilbene	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 125-128.
Alkene Isomerization Using a Solid Acid as Activator and Support for a Homogeneous Catalyst	Seen, A. J. J. Chem. Educ.,	Print 2004, 81, pp 383-384.
An Asymptotic Approach to the Development of a Green Organic Chemistry Laboratory	Goodwin, T. E. J. Chem. Educ.,	Print 2004, 81, pp 1187-1190.

書名	作者	出版資訊
Bromination of an Alkene: Preparation of Stilbene Dibromide	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 120-124.
Carbonyl Chemistry: Thiamine-Mediated Benzoin Condensation of Furfural	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E. Green Organic Chemistry - Strategies,	Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 201-205.
Combinatorial Chemistry: Antibiotic Drug Discovery	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 231-238.
Gas-Phase Synthesis, Column Chromatography and Visible Spectroscopy of 5,10,15,20-Tetraphenylporphyrin	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 152-158.
Liquid CO ₂ Extraction of D-limonene from Orange Peel	McKenzie, L. C.; Thompson, J. E.; Sullivan, R.; Hutchison, J. E. Green Chem.,	Print 2004, 6, pp 355-358.
Molecular Mechanics Modeling	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 174-181.
One-Pot Synthesis of 7-Hydroxy-3-carboxycoumarin in Water	Fringuelli, F.; Piermatti, O.; Pizzo, F. J. Chem. Educ.,	Print 2004, 81, pp 874-876.
Oxidative Coupling of Alkynes: The Glaser-Eglinton-Hay Coupling	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 142-151.

書名	作者	出版資訊
Patterning Self-Assembled Monolayers on Gold. Green Materials Chemistry in the Teaching Laboratory	McKenzie, L. C.; Huffman, L. M.; Parent, K. E.; Hutchison, J. E.; Thompson, J. E. J. Chem. Educ.,	Print 2004, 81, pp 545-548.
Preparation and Distillation of Cyclohexene	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 129-134.
Resin-Based Oxidation Chemistry	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 197-200.
Solid-Phase Photochemistry	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 206-210.
Solvent-Free Synthesis of Chalcones	Palleros, D. R. J. Chem. Educ.,	Print 2004, 81, pp 1345-1347.
Solvent-Free Wittig Reaction: A Green Organic Chemistry Laboratory Experiment	Leung, S. H.; Angel, S. A. J. Chem. Educ.,	Print 2004, 81, pp 1492-1493.
Solventless Reactions: the Aldol Reaction	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 115-119.
The Friedel-Crafts Reaction: Acetylation of Ferrocene	Doxsee, K. M.; Hutchison, J. E.	Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments, Print 2004; pp 225-230.
A Green Polymerization of Aspartic Acid for the Undergraduate Organic Laboratory	Bennett, G. D. J. Chem. Educ.,	Print 2005, 82, pp 1380-1381.
A Greener Approach for the Measuring of Colligative Properties	McCarthy, S. M.; Gordon-Wylie, S. W. J. Chem. Educ.,	Print 2005, 82, pp 116-119.

書名	作者	出版資訊
A Solvent-Free Baeyer-Villiger Lactonization for the Undergraduate Organic Laboratory: Synthesis of γ -t-Butyl- ϵ -caprolactone	Esteb, J. J.; Hohman, J. N.; Schlamadinger, D. E.; Wilson, A. M. J. Chem. Educ.,	Print 2005, 82, pp 1837-1838.
Aqueous Horner-Wadsworth-Emmons Preparation Of A Sunscreen Analog	Cheung, L.; Lin, R. J.; McIntee, J. W.; Dicks, A. P. Chem.	Educator [Online], Online 2005, 10, pp 300-302.
Comparative Methylation of 1,8-Dihydroxy-9,10-anthraquinone: Chemoselectivity in the Organic Chemistry Laboratory	Sereda, G. A. J. Chem. Educ.,	Print 2005, 82, pp 1839-1840.
Green Chemistry Laboratory: Benign Synthesis of 4,6-Diphenyl[2,2']bipyridine via Sequential Solventless Aldol and Michael Addition Reactions	Cave, G. W.; Raston, C. L. J. Chem. Educ.,	Print 2005, 82, pp 468-469.
Biodiesel Synthesis	Thompson, J. E.	Biodiesel Synthesis, Science Division, Lane Community College, 2006
Biosynthesis of Ethanol from Molasses	J. E.	Thompson, Biosynthesis of Ethanol from Molasses, Science Division, Lane Community College, 2006
Determination of the Heat of Combustion of Biodiesel Using Bomb Calorimetry	Akers, S. M.; Conkle, J. L.; Thomas, S. N.; Rider, K. B. J. Chem. Educ.,	Print 2006, 83, pp 260-262.

書名	作者	出版資訊
Diels-Alder Reaction in Water	McKenzie, L. C.; Huffman, L. M.; Hutchison, J. E.	Diels-Alder reaction in water, Department of Chemistry, University of Oregon, manuscript in preparation, 2006
Enantioselective Reduction by Crude Plant Parts: Reduction of Benzofuran-2-yl Methyl Ketone with Carrot (<i>Daucus carota</i>) Bits	Ravía, S.; Gamenara, D.; Schapiro, V.; Bellomo, A.; Adum, J.; Seoane, G.; Gonzalez, D. J. Chem. Educ.,	Print 2006, 83, pp 1049-1051.
Environmentally Responsible Redox Chemistry: An Example of Convenient Oxidation Methodology without Chromium Waste	Crumbie, R. L. J. Chem. Educ.,	Print 2006, 83, pp 268-269.
Mannich Reactions in Room Temperature Ionic Liquids (RTILs): An Advanced Undergraduate Project of Green Chemistry and Structural Elucidation	Mak, K. K.; Siu, J.; Lai, Y. M.; Chan, P. J. Chem. Educ.,	Print 2006, 83, pp 943-946.
Microwave-Assisted Heterocyclic Chemistry for Undergraduate Organic Laboratory	Musiol, R.; Tyman-Szram, B.; Polanski, J. J. Chem. Educ.,	Print 2006, 83, pp 632-633.
Reductive Amination: A Remarkable Experiment for the Organic Laboratory	Touchette, K. M. J. Chem. Educ.,	Print 2006, 83, pp 929-930.
A Microscale Heck Reaction In Water	Cheung, L.; Aktoudianakis, E.; Chan, E.; Edward, A. R.; Jarosz, I.; Lee, V.; Mui, L.; Thatipamala, S. S.; Dicks, A. P.	Chem. Educator [Online], Online2007, 12, pp 77-79.

書名	作者	出版資訊
Greening Wittig Reactions: Solvent-Free Synthesis of Ethyl trans-Cinnamate and trans-3-(9-Anthryl)-2-Propenoic Acid Ethyl Ester	Nguyen, K.; Weizman, H. J. Chem. Educ.,	Print2007, 84, pp 119-121.
Microwave-Assisted Organic Synthesis in the Organic Lab: A Simple, Greener Wittig Reaction	Mertin, E.; Kellen-Yuen, C. J. Chem. Educ.,	Print2007, 84, pp 2004-2006.
Oxidation of Aromatic Aldehydes using Oxone	Gandhari, R.; Maddukuri, P. P.; Vinod, T. K. J. Chem. Educ.,	Print 2007, 84, pp 852-854.
Simple Distillation: Purification and Reuse of Acetone	Lecher, C. S. Simple Distillation:	Purification and Reuse of Acetone, Chemistry, Marian College,2007
Sodium Borohydride Reduction of Vanillin: A Low Solvent Synthesis of Vanillyl Alcohol	Lecher, C. S.	Chemistry, Marian College, 2007
Zeolite-Catalyzed Multicomponent Reaction: Preparation of a β -Acetamido Ketone	Wetter, E.; Levy, I. J.; Kay, R.	Zeolite-Catalyzed Multicomponent Reaction: Preparation of a β -Acetamido Ketone, Chemistry, Gordon College,2007
"Greening Up" the Suzuki Reaction	Aktoudianakis, E.; Chan, E.; Edward, A. R.; Jarosz, I.; Lee, V.; Mui, L.; Thatipamala, S. S.; Dicks, A. P. J. Chem. Educ.,	Print 2008, 85, pp 555-557.
A Green, Guided-Inquiry Based Electrophilic Aromatic Substitution for the Organic Chemistry Laboratory	Eby, E.; Deal, S. T. J. Chem. Educ.,	Print 2008,85, pp 1426-1428.

書名	作者	出版資訊
A Greener Synthesis of Creatine	Lecher, C. S. A Greener Synthesis of Creatine, School of	Mathematics and Sciences, Marian College, 2008
Cocrystal Controlled Solid-State Synthesis: A Green Chemistry Experiment for Undergraduate Organic Chemistry	Cheney, M. L.; Zaworotko, M. J.; Beaton, S.; Singer, R. D. J. Chem. Educ.,	Print 2008, 85, pp 1649-1651.
Determination of the Formula of a Hydrate: A Greener Alternative	Klingshirn, M. A.; Wyatt, A. F.; Hanson, R. M.; Spessard, G. O. J. Chem. Educ.,	Print 2008, 85, pp 819-821.
Developing and Disseminating NOP: An Online, Open-Access, Organic Chemistry Teaching Resource To Integrate Sustainability Concepts in the Laboratory	Ranke, J.; Bahadir, M.; Eissen, M.; König, B. J. Chem. Educ.,	Print 2008, 85, pp 1000-1005.
Greener Alternative to Qualitative Analysis for Cations without H ₂ S and Other Sulfur-Containing Compounds	Sidhwani, I.; Chowdhury, S. J. Chem. Educ.,	Print2008, 85, pp 1099-1101.
Hydrolysis of Post-Consumer Polylactic Acid Waste	Gurney, R.	Hydrolysis of Post-Consumer Polylactic Acid Waste, Chemistry, Simmons College, 2008
Melting Point Study of a Solventless Reaction	Thompson, J. E.	Melting Point Study of a Solventless Reaction, Science Division, Lane Community College, 2008
Synthesis of N-Benzyl-2-azanorbornene via Aqueous Hetero Diels-Alder Reaction	Sauvage, X.; Delaude, L. J. Chem. Educ.,	Print2008, 85, pp 1538-1540.

書名	作者	出版資訊
The Discovery-Oriented Approach to Organic Chemistry. 7. Rearrangement of trans-Stilbene Oxide with Bismuth Trifluoromethanesulfonate and Other Metal Triflates	Christensen, J. E.; Huddle, M. G.; Rogers, J. L.; Yung, H.; Mohan, R. S. J. Chem. Educ.,	Print2008, 85, pp 1274-1275.
The dose makes the poison: Measuring ecotoxicity using a lettuce seed assay	Kwon, S. Y.; Levy, I. J.; Levy, M. R.; Sargent, D. V.; Tshudy, D. J.; Weaver, M. A.	The dose makes the poison: Measuring ecotoxicity using a lettuce seed assay, Chemistry, Gordon College, 2008
A Greener Chemiluminescence Demonstration	Jilani, O.; Donahue, T.; Mitchell, M. O.	A Greener Chemiluminescence Demonstration, J. Chem. Educ., Print 2011, 88, pp 786-787.
A Kinetic Study of the Bleaching of Allura Red	Exton, D. B.	General Chemistry in the Laboratory, 2/e, McGraw-Hill Learning Solutions, ISBN 0-07-804433-5., Print
Biodiesel Heat of Combustion and Energy Efficiency	Douskey, M.	Biodiesel Heat of Combustion and Energy Efficiency, College of Chemistry, UC Berkeley, 2012
Can Waste Oil be Turned into a Fuel? Biodiesel: Preparation and Properties	Tripp, J.	Can Waste Oil be Turned into a Fuel? Biodiesel: Preparation and Properties, Experiment #11 Chemistry in Context Laboratory Manual seventh edition,, Print Eds.; McGraw-Hill: 2012;
Depolymerization of Poly(lactic acid) Cups to Lactic Acid	Douskey, M.	Depolymerization of Poly(lactic acid) Cups to Lactic Acid, College of Chemistry, UC Berkeley, 2012

書名	作者	出版資訊
Does Acid Rain Fall in My Neighborhood?	Tripp, J.	Does Acid Rain Fall in My Neighborhood? Experiment #19 Chemistry in Context Laboratory Manual, Print Eds.; McGraw-Hill: 2012;
Dose Makes the Poison: Estimating the Relative Ecotoxicity of Various Biofuels	Douskey, M.	Dose Makes the Poison: Estimating the Relative Ecotoxicity of Various Biofuels, College of Chemistry, UC Berkeley, 2012
Equilibrium investigations and the synthesis of a biobased ink	Douskey, M.	Equilibrium investigations and the synthesis of a biobased ink, College of Chemistry, UC Berkeley, 2012
Galvanized Nails, Quality Control and an Introduction to Green Chemistry	Exton, D.	General Chemistry in the Laboratory, 2/e, McGraw-Hill Learning Solutions, ISBN 0-07-804433-5., Print
How Much Sugar is in Soft Drinks and Fruit Juices?	Tripp, J.	How Much Sugar is in Soft Drinks and Fruit Juices? Experiment #28 Chemistry in Context Laboratory Manual seventh edition;, Print Eds.; McGraw-Hill, 2012:
Identifying chemical compounds in solution by physical and chemical properties	Goll, J.	Identifying chemical compounds in solution by physical and chemical properties, Department of Chemistry, Geoscience and Physics, Edgewood College, Madison, Wisconsin, 2012
Lava Lamp Density Demonstration	van Kirk, K.; Kaufman, J. D.	Lava Lamp Density Demonstration, Biology/Biotechnology, Endicott College, 2012

書名	作者	出版資訊
Nitrate and/or Phosphate Ions in Surface Water	Gron, L.	Nitrate and/or Phosphate Ions in Surface Water, Chemistry, Hendrix College, 2012
Oxidation and Coordination Chemistry Goes Green	Klingshirn, M.	Oxidation and Coordination Chemistry Goes "Green", Chemistry, University of Illinois - Springfield, 2012
Spectrophotometric Determination of a Food Dye	Exton, D. B.	General Chemistry in the Laboratory, 2nd edition, McGraw-Hill Learning Solutions, ISBN 0-07-804433-5, Print
Synthesis of Biodiesel	Douskey, M.	Synthesis of Biodiesel, College of Chemistry, UC Berkeley, 2012
What am I Breathing? Preparation and Properties of O ₂ and CO ₂	Tripp, J.	What am I Breathing? Preparation and Properties of O ₂ and CO ₂ , Experiment #1 Chemistry in Context Laboratory Manual seventh edition, Print Eds.; McGraw-Hill, 2012:

4.1.3.3 參考書

美國化學學會及綠色化學教育材料提供相關參考資料統計如下表，美國化學學會共 4 本(表 十六)，綠色化學教育材料共 4 本(表 十七)。

表 十六 美國化學學會大學參考書

書名	作者	出版資訊	學級水平
Going Green: Integrating Green Chemistry into the Curriculum	Mary Kirchhoff and Mary Ann Ryan	Laboratory Manual, 49 pages, Published by the American Chemical Society Educational Division, 2002	中學到大一教師
Innovations in Green Chemistry and Green Engineering: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology	Paul Anastas and Julie Zimmerman	Reference Book , 333 page, Published by Springer, 2013	化學主修
Introduction to Green Chemistry: Instructional Activities for Introductory Chemistry	Mary Ann Ryan and Michael Tinnesand	Booklet, 68 pages, Published by the American Chemical Society, 2002	高中及大學
Real-World Cases in Green Chemistry, Volume II	Michael C. Cann, Thomas P. Umile	Reference Book, 86 pages, Published by the American Chemical Society, 2011	化學主修

表 十七 綠色化學教育材料大學綠色化學相關多媒體參考資料

書名	出版資訊
Green Chemistry Assistant	Hanson, R. M.; Campbell, P. R. Green Chemistry Assistant. http://fusion.stolaf.edu/gca (accessed June 2011).
Green Chemistry: Innovations for a Cleaner World	Weise, E. Green Chemistry: Innovations for a Cleaner World (VHS), DVD, American Chemical Society: Washington, DC, 2000.
Green Chemistry: Meeting Global Challenges	American Chemical Society, Green Chemistry: Meeting Global Challenges DVD, DVD, 1; American Chemical Society: Washington, DC, 2003.
Green Chemistry Expert System	US Environmental Protection Agency, Green Chemistry Expert System. http://www.epa.gov/oppt/greenchemistry/pubs/gcesdownload.html (accessed June 2011).

4.1.4 德國有機化學實驗室課程

為了培養未來對化學可持續發展問題的認識，必須修改傳統課程內容。德國綠色化學教材網(NOP-Sustainability In The Organic Chemistry Lab Course)收集和開發的材料，允許有機化學的學生和教師評估超出實驗設置，反應機制和化學產量的反應。網站免費使用的 NOP 資源包括有機化學實驗室應考慮的其他參數：化學轉化的原子經濟、化學轉化能源效率、可再生原料浪費問題;毒性和生態毒性和所用化學品的安全措施。以下列表為德國綠色化學教材網教學模塊之部分實驗項目（表 十八）。

表 十八 德國綠色化學教材網教學模塊之實驗項目

題目	物質類型	反應類型	應用技術	難易度
Acid catalyzed acetalisation of 3-nitrobenzaldehyde with ethanediol to the correspondent 1,3-dioxolane	aldehyde, acetal, alcohol, protecting group, acid catalyst	reaction of the carbonyl group in aldehydes, acetalisation	removal of water by azeotropic distillation, heating under reflux with Soxhlet extractor (for 10 mmol preparation), stirring with magnetic stir bar, evaporating with rotary evaporator, shaking out, extracting, recrystallizing, filtering, heating with oil bath	Easy
Acid catalyzed acetalisation of 3-nitrobenzaldehyde with ethanediol to the correspondent 1,3-dioxolane	aldehyde, acetal, alcohol, protecting group, acid catalyst	reaction of the carbonyl group in aldehydes, acetalisation	microwave-assisted reaction, stirring with magnetic stir bar, heating under reflux, distillation, introduction of gas, shaking out, extracting, evaporating with rotary evaporator, filtering, recrystallizing	Medium
Nitration of toluene to 4-nitrotoluene, 2-nitrotoluene and 2,4-dinitrotoluene	nitroaromatics, aromatics	electrophilic substitution of aromatics, nitration of aromatics	distilling under reduced pressure, adding dropwise with an addition funnel, working with wash bottles, extracting, shaking out, recrystallizing, filtering, evaporating with rotary evaporator, stirring with magnetic stir bar, draining of gases, use of a cooling bath, heating with oil bath	Difficult
Oxidation of anthracene to anthraquinone	aromatics, quinone	oxidation	mechanochemical reaction, grinding with a planet ball mill, filtering, evaporating with rotary	Easy

			evaporator	
Oxidation of anthracene to anthraquinone	aromatics, quinone	oxidation	stirring with magnetic stir bar, evaporating with rotary evaporator, filtering, recrystallizing	Easy
Isolation of trimyristin from nutmeg	carboxylic acid ester, triglyceride, natural product	isolation of natural products	extracting with Soxhlet extractor, evaporating with rotary evaporator, recrystallizing, filtering, heating under reflux, heating with oil bath, stirring with magnetic stir bar	Easy
Isolation of trimyristin from nutmeg	carboxylic acid ester, triglyceride, natural product	isolation of natural products	microwave-assisted extraction, recrystallizing, filtering, evaporating with rotary evaporator	Medium
Synthesis of p-methoxyacetophenone from anisole	aromatics, carboxylic acid anhydride, acid catalyst	electrophilic substitution of aromatics, Friedel-Crafts acylation, reaction of the carbonyl group in carboxylic acid derivatives	heating under reflux, stirring with magnetic stir bar, filtering, evaporating with rotary evaporator, distilling under reduced pressure, heating with oil bath	Easy
Synthesis of p-methoxyacetophenone from anisole	aromatics, carboxylic acid anhydride, acid catalyst	electrophilic substitution of aromatics, Friedel-Crafts acylation, reaction of the carbonyl group in carboxylic acid derivatives	working with cover gas, adding dropwise with an addition funnel, shaking out, extracting, filtering, distilling under reduced pressure, evaporating with rotary evaporator, stirring with magnetic stir bar, heating with oil bath	Medium

4.1.5 教師培訓

在培養綠色化學教師，Beyond Benign 提供高級培訓，以及作為研討會、會議主持人、課程專家等的聯合領導者合作的機會。

老師培訓義務：

- 參加位於馬薩諸塞州威爾明頓的 Beyond Benign 總部的 2 天首腦會議（2018 年 7 月 13 日至 14 日）（旅行費用）。
- 參與每月虛擬隊列會議，與團隊合作，學習，分享和反思
- 創建課程資源
- 提供專業發展（地方，區域或國家會議和研討會）

美國化學學會對於教育工作者有開放課程和研討會，在 Teaching Chemistry in Context 網站教師可從此得到幫助，以下列表各學級老師可參考的課程與研討會（表 十九）。

表 十九 美國化學學會大學教師課程及研討會資源

大學	
資源	內容
Teaching Chemistry in Context	化學老師通過實際應用介紹化學課程，此資源提供如何把化學概念，問題，和任何化學課程的問題相結合。本研討會也包括實驗室工作內容。

4.2 分析國內高中職綠色化學教育課程安排及設計

以下說明國內外蒐集之高中課程大綱資料及相關競賽活動，詳細列表國內高中職基礎化學課程內容及實驗內容，並列表說明美國超越良性(Beyond Benign) 網站提供之國中和高中開放課程，及美國化學學會支持之綠色化學獎項及教師培訓資源網站。

4.2.1 國內高中化學課程大綱

依照民國 102 年修訂之普通高級中學必修科目「基礎化學」課程綱要，教材內容著重在基礎的化學原理及應用與實驗活動學習，認識並瞭解物質的組成、結構、性質及其中的能量變化，並藉認識科學發展史學習科學知識的產生及發展。並沒有涉及綠色化學之課程，以下列表（表二十、

表二十一）基礎化學（一）（二）（三）課程大綱之主題、應修內容及基礎化學實驗。基礎化學（一）包含物質的組成、原子構造與元素週期表、化學反應、化學與能源主題，基礎化學（二）包含常見的化學反應、物質的構造與特性、有機化合物、化學與化工主題，基礎化學（三）包含氣體、化學反應速率、化學平衡主題。

表 二十 國內高中基礎化學課程內容

高級中學基礎化學（一）		
主題	主題內容	應修內容
物質基本組成	一、物質的組成	1.物質的分類
		2.原子與分子
		3.原子量與分子量
		4.溶液
物質基本構造	二、原子構造與元素週期表	1.原子結構
		2.原子中電子的排列
		3.元素性質的規律性
		4.元素週期表
物質變化	三、化學反應	1.化學式
		2.化學反應式與平衡
		3.化學計量
		4.化學反應中的能量變化
化學能源	四、化學與能源	1.化石燃料
		2.電池
		3.能源

高級中學基礎化學（二）		
主題	主題內容	應修內容
物質變化	一、常見的化學反應	1.結合反應與分解反應
		2.電解質與水的解離
		3.酸鹼反應
		4.氧化還原反應
物質構造	二、物質的構造與特性	1.八隅體與路易斯結構
		2.離子鍵與離子晶體
		3.共價鍵與分子化合物
		4.網狀固體
		5.金屬固體
含碳元素的物質	三、有機化合物	1.烷、烯、炔與環烷
		2.異構物
		3.有機化合物的命名
		4.芳香族化合物
		5.官能基與常見的有機化合物
		6.生物體中的有機物質：醣類、蛋白質、脂肪、核苷酸
化學應用	四、化學與化工	1.生活中的化學
		2.化學與永續發展
		3.化學與先進科技
高級中學基礎化學（三）		
主題	主題內容	應修內容
物質狀態	一、氣體	1.氣體性質
		2.氣體的定律
		3.理想氣體
		4.分壓
	二、化學反應速率	1.反應速率定律
		2.碰撞學說
		3.影響反應速率的因素
物質變化	三、化學平衡	1.化學平衡
		2.平衡常數
		3.影響平衡的因素
		4.溶解平衡

表 二十一 國內高中基礎化學實驗內容

高中基礎化學實驗		
課程名稱	實驗名稱	說明
基礎化學 (一)	1.物質的分離	學習基本分離技術：如傾析、過濾、濾紙層析、集氣法、或蒸餾的條件與技能
	2.硝酸鉀的溶解與結晶	測量硝酸鉀之溶解度與溫度的關係 固態物質的結晶
	3.化學反應熱	測量強酸、強鹼中和反應的反應熱（不考慮系統熱容量概念） 硝酸鉀溶於水的熱量變化
	4.化學電池	簡易化學電池組
	5.示範實驗：常見化學反應的型態	利用 pH 值及控制酸鹼度與指示劑，使至少七個杯子顯出不同的顏色 硝酸鉛與碘化鉀的反應
基礎化學 (二)	6.示範實驗：分子在三度空間的模型	以電腦軟體或模型製作簡單分子的三度空間模型（以簡單的化合物為範例，使用模型或 3D 立體結構作為建立圖像之輔助工具以認識分子結構）。可參考的分子： 二氧化碳、水、氨、甲烷、乙烷、乙烯、乙炔、順或反式丁烯二酸、苯、甲醇、乙醚、丙酮、甲醛、乙酸及基本生物物質等
	7.有機物質的一般物性	葡萄糖、碘、硫酸銅在一般有機溶劑中的溶解度 一般有機溶劑的互溶性 有機化合物的揮發性及氣味
	8.界面活性劑的效應	界面活性劑幫助油溶性染劑溶入水中 鎂離子可破壞脂肪酸界面活性劑的效應
	9.秒錶反應	碘酸鉀與亞硫酸氫鈉的反應速率
	10.平衡常數與勒沙特列原理	平衡常數的測量：比色法求硫氰化鐵生成反應的平衡常數 $\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^{-} \rightarrow \text{FeSCN}^{2+}$ 勒沙特列原理：二氧化氮雙聚反應的平衡的影響（現場或影片示範）
基礎化學 (三)	11.溶度積測定	測定 MgC_2O_4 的溶度積

4.2.2 國內高職化工群化學課程大綱

高職化學目標在藉由生活化的教材內容與實驗活動，瞭解後期中等教育化學科基本概念與化學在生活中之應用。主要內容包含：原子與分子、氣體的性質、溶液的性質、化學式與化學反應式、酸鹼反應、氧化還原反應、原子結構、物質的形成與性質、有機化學、生物體內的物質、聚合物、反應速率、化學平衡、氧化還原反應、有機化合物。以下列表課程大綱內容（表 二十二）。

表 二十二 國內高職化工群化學課程內容

基礎化學 C(Basic Chemistry C)建議適用於工業類化工群、農業類	
單元主題	內容綱要
1.緒論	1.化學。化學所研討的對象。 2.化學與生活。 2.1 化學家與化學發展簡史。 2.2 化學與民生。
2.自然界的物質	1.自然界 2.水。 2.1 水質的淨化、消毒及軟化。 2.2 海水中所含的物質含量、重要資源的提煉及海水淡化。 2.3 水污染物的種類、對環境的影響及防治。 3.大氣。 3.1 空氣中所含的物質。 3.2 氣體的性質、製備及反應。 3.3 主要的大氣污染及其防治。
3.物質的形成及其變化	1.物質的形成。 1.1 1~20 號元素原子的核外電子排列及元素的性質。 1.2 化學式與簡單化學鍵結概念－離子化合物、分子化合物之形成。 1.3 原子、分子的化學式及化學反應式。 2.化學反應與化學計量。 2.1 化學反應式。 2.2 莫耳與簡單的化學計量。
4.氣體的性質	1.氣體基本定律。 2.理想氣體方程式。 3.道耳吞分壓定律。 4.擴散及逸散。

5.溶液的性質	1.溶液的種類及特性。 2.濃度表示法與濃度的計算。 3.溶解度。 4.液體蒸氣壓與溫度關係。
6.酸、鹼、鹽	1.解離、電解質與非電解質的性質。 2.酸與鹼的定義和命名。 3.pH 值的定義與計算。 4.酸鹼強度。 5.常用的酸鹼指示劑。 6.酸鹼中和反應。 7.鹽類。
7.現代產業與化學	介紹高科技產業、化妝品業、健康食品、高分子化學、石化工業及護理等相關行業與化學關係。
8.諾貝爾化學獎及現代化學發展	近五年諾貝爾化學獎研究主題簡介及未來發展。
9.生活中的能源	1.能源簡介。 2.化石能源與燃燒熱。 2.1 化學反應熱、熱化學反應式、燃燒熱—吸熱與放熱。 2.2 煤、汽油、柴油、天然氣，以及液化石油氣等熱值的比較。 2.3 石油的分餾及其主要產物的用途。 2.4 92、95、98 無鉛汽油。 3.化學電池。 3.1 乾電池、水銀電池、鉛蓄電池、鎳鎘電池、燃料電池等之性能。 3.2 常用電池的結構與反應。 3.3 電池的廢棄污染及其問題。 4.其他的能源。 光能、太陽能、核能、生質能等能源在日常生活中的利用。
10.氧化及還原	1.常見的氧化劑與還原劑。 2.氧化數的規則與應用。 3.氧化還原反應式平衡。 4.氧化還原滴定。 5.電池電位。 6.半電池電位之應用。 7.電解與電鍍。

11.反應速率與化學平衡	1.反應速率定律。 2.影響反應速率之因素。 3.化學平衡與影響化學平衡的因素。 4.催化劑與催化反應。 5.平衡常數。
12. 生活中的物質	1.食品與化學。 1.1 醣類及蛋白質的成分與營養價值。 1.2 茶和咖啡的成分與對人體的影響。 2.衣料與化學。 2.1 植物纖維、動物纖維及合成纖維等衣料。 2.2 肥皂、清潔劑所涉及的化學成分與去污原理和對環境的影響。 3.材料與化學。 3.1 常用金屬、塑膠、玻璃、陶瓷、磚瓦的成分、性質與應用。 3.2 奈米材料－以奈米碳管及二氧化鈦顆粒為例。 3.3 其他材料－光阻劑、導電高分子、色料、電子封裝材料簡介。 4.藥物與化學。 4.1 常用胃藥、消炎劑及止痛劑。 4.2 簡介香菸、大麻、安非他命與海洛因的成分和對人體的影響。
13.有機化合物	1.碳氫化合物：烷、烯、炔、芳香族。 2.醇、醚、醛、酮、有機酸、酯、胺。

4.2.3 國外高中綠色化學相關開放課程

超越良性(Beyond Benign)為教育工作者提供工具，培訓和支持，以下為超越良性網站提供高中及國中之相關開放課程（表 二十三）。

表 二十三 超越良性國中及高中開放課程

學級	內容
國中	生物技術（初階）、化學與倫理、綠色數學與工程、豐富的資源
高中	酸和鹼、原子和周期表、生物技術（高階）、化學鍵合、化學名稱與配方、化學反應、氣體、烴類化合物、化學簡介、實驗室安全與化學危害、材料科學、數學與工程、莫爾概念/化學數量、氧化還原反應與電化學、基於學習的項目、反應速率和平衡、解決方案、物質的形態、化學計量學、熱力學

4.2.4 國內高中與國外大專校院課程連結關聯圖表

以高中課程大綱與前述表 十一美國課程連結比較，看是否可作為後續國內設計大專校院綠色化學教程參考。發現國外開放課程多著重於介紹案例研究及實驗課程，如介紹更環保的實驗方式及滴定等，與國內高中連結多著重在實驗課程。主要可連結項目為有機化學中更環保的氧化還原、化學製劑等實驗相關課程。

表 二十四 高中基礎化學課程大綱與美國綠色化學開放課程對照表

本國高中基礎化學課程大綱		美國綠色化學開放課程			
課程	內容	通用化學	有機化學	有機化學資源指南	毒理學
基礎化學（一）	一、物質的組成				
	二、原子構造與元素週期表				
	三、化學反應		◎	◎	
	四、化學與能源				
基礎化學（二）	一、常見的化學反應		◎	◎	
	二、物質的構造與特性				
	三、有機化合物		◎	◎	
	四、化學與化工				
基礎化學（三）	一、氣體				
	二、化學反應速率			◎	
	三、化學平衡			◎	

註：◎-可相符項目

4.2.5 國內高中職綠色化學競賽活動

雖然目前在高中基礎化學課程大綱中並無特別設立綠色化學，但為培養全國高級中等學校學生綠色化學能力、探索科學與創造發明的精神，教育部舉辦「綠色化學創意競賽」。105 年競賽獲獎名單表列如下表 二十五、表 二

十六。

表 二十五 105 年度「高級中等學校綠色化學（減毒減量）創意競賽」高中獲獎學校組別

題目	參賽同學	指導老師	學校	名次
綠色法拉第：廢電池的第二春	廖心妍、林群曜	陳孟男	國立大甲高級中學	金牌
銅離子和亞銅離子的競爭	簡菀萱、范祺展	黎淪秀	國立中央大學附屬中壢高級中學	銀牌
漂白水-醇類的老化殺手	施禹安、陳冠維	姚月雲	國立政治大學附屬高級中學	銀牌
點「碘」星光，照「鎂」容	戴珮玲、李晨君	陳欣怡	新北市立中和高級中學	銅牌
水合鐵(III)離子於化學平衡與草酸鎂溶度積測定之應用	林玟霖、陳昱滕	陳鴻仁	國立臺中女子高級中學、國立臺中第一高級中學	銅牌
變色龍的魔術--碘鐘反應	王雅薇、符宇嘉	蔡玟錦	臺中市私立明道高級中學	銅牌

表 二十六 105 年度「高級中等學校綠色化學（減毒減量）創意競賽」高職獲獎學校組別

題目	參賽同學	指導老師	學校	名次
試樣中鐵(III)之比色定量減毒減量的可能性	朱芮靚、陳純瑩	黃玄智	國立花蓮高級工業職業學校	金牌
固定式觸媒製備氧氣之探討	張宏義、陳鈺欣	張佳森	國立沙鹿高級工業職業學校	銀牌
咖啡渣再利用	王昱植、熊晉志	張佳森	國立沙鹿高級工業職業學校	銀牌
化學反應中之質量關係的減毒減量	張國朕、梁祐齊	蘇琪惠	高雄市立中正高級工業職業學校	銅牌
綠能再造 — 環保植物能發電	周禹彤、林沛瑾	洪鼎惟	高雄市立高雄高級工業職業學校	銅牌
無毒有感—「二價鐵比色定量」	余芷瑄、黃鉅堯	黃玄智	國立花蓮高級工業職業學校	銅牌

4.2.6 國外高中綠色化學競賽與活動

4.2.6.1 綠色化學競賽

ACS 綠色化學研究所的目標之一是認可綠色化學方面的突出貢獻，努力增加綠色化學技術的實施。獎勵計劃是向化學家和整個社會宣揚綠

色化學的好處，並針對高中或大學舉辦許多綠色化學獎項（表 二十七）包括：ACS 國際負責綠色化學獎、Ciba 旅遊綠色化學獎、綠色化學學生章獎、Joseph Breen 紀念獎學金、Kenneth G. Hancock 紀念獎、總統綠色化學挑戰獎。

表 二十七 美國化學學會支持之綠色化學獎項

獎項	參加資格
ACS National Award for Affordable Green Chemistry	發現具有重大的商業潛力。
Ciba Travel Awards in Green Chemistry	居住在美國境內的學生（高中，本科生和研究生）。
Green Chemistry Student Chapter Award	獲得 ACS 國家會議上舉行的綠色化學學生章節獎認可。
Joseph Breen Memorial Fellowship	對象為非教職之大學生、研究生、博士後研究員（含）以上。
Kenneth G. Hancock Memorial Award	本科生和研究生，不論國籍。
Presidential Green Chemistry Challenge Award	在過去五年在美國達到重要的里程碑（即必須進行研究，演示，實施，應用，獲得專利等）。

4.2.6.2 綠色化學活動

在高中綠色化學活動上，Beyond Benign 總部位於馬薩諸塞州威爾明頓，在每年的實地考察期間，對參加活動的學生介紹綠色化學，參觀華納巴布科克綠色化學研究所，並通過實踐活動探索創新的綠色化學解決方案（表 三十八）。

表 二十八 Beyond Benign 舉辦活動內容

活動	目標對象
黑莓太陽能電池	國中及高中
萃取精油	國中及高中
回收聚乳酸（PLA）	高中
蘑菇是新的合成材料嗎？：Ecovative Design 挑戰	國中及高中

4.2.7 教師培訓

美國化學學會對於教育工作者有開放課程和研討會，在 ACS/NSTA Webinars, ACS Webinars, AACT Webinars, Chemistry in the Community (ChemCom) 等網站教師可從此得到幫助，以下列表（表 二十九）高中老師可參考的課程與研討會。

表 二十九 美國化學學會高中教師課程及研討會資源

高中化學	
資源	內容
ACS/NSTA Webinars	通過此研討會系列課程可增加知識並教導如何有效地學習 ACS 課堂資源
ACS Webinars	將學生與化學家聯繫起來，解釋每一天的生活體驗和產品背後的化學。
AACT Webinars	美國化學教師協會（AACT）在一學年為化學教師提供免費的專業的網路研討會。
Chemistry in the Community (ChemCom) Teacher Training Webinars	加強對高中課本“社區化學(Chemistry in the Community)”的認識，同時獲得學生實驗室調查和課堂活動的教學提示和技巧

4.3 蒐研國內外綠色化學相關教程結論

根據前述蒐研之資料了解臺灣目前化學相關科系學生分布狀況及綠色化學相關課程開設數量及師資情形，以了解目前國內綠色化學教育環境概要，並能夠為未來綠色化學教材編制或專家委員提供挑選人才方向。以下總結列表本國與國外大專校院及高中職之化學教程重點比較（表 三十）。

表 三十 國內外高中職與大專校院綠色化學教程綜整對照表

分類	本國	國外
高中職	基礎化學課程著重在基礎的化學原理及應用與實驗活動學習。較傾向於教授化學基礎原理。	開放之化學課程著重在化學原理及應用與實驗活動學習。較傾向於教授化學實驗。
大專校院	本國綠色化學可蒐研之課程大綱僅 10 門，顯示在綠色化學單一專課的開課數上，仍有很大的發展空間。著重教授 12 原則介紹及理論知識。	開放之相關化學課程主要為通用化學、有機化學、毒理學等。著重教授改良案例及實驗介紹。

第五章 蒐研並綜整分析國內外產業實際應用成果及期望

以下詳細列表說明已訪視參考廠商基本資料及產業實際應用綠色化學成果，並說明訪視內容及問卷回收及預定分析項目。廠商訪視之簽到單請詳參附件。

5.1 產業應用綠色化學成果

本計畫產業訪視名單參考依據：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 11 家應用綠色化學成果之事業機構，並由環保署化學局選定 5 家訪視名單。

5.1.1 3M-臺灣明尼蘇達礦業製造股份有限公司

主要產品：精密塗佈、超薄膠膜、黏著劑、特用化學等。

- (1) 複合材料應用市場，持續開發出多種先進材料，廣泛應用於電線、醫療及食品包裝等產業。
- (2) 加入汽車產業聯盟，開發於具高耐、高充油性及高耐永久壓縮變形之特殊級硫化熱可塑性橡膠，可用於汽車零組件內。
- (3) 研究並開拓能應用於化工、醫療及水資源再利用等產業，符合目前與未來需要之薄膜過濾技術和產品。
- (4) 有效地使用紙箱、包裝紙、袋等材料；藉由產品生命週期的管理持續努力落實產品包裝減量。
- (5) 重新設計包裝、重複使用、提高可回收性、使用回收性材料、提升倉儲貨運容積利用率等作法來減少環境衝擊。
- (6) 減輕包材處理過程的能源消耗、降低貨運成本與廢氣排放量、降低倉儲與廢棄物處置的空間需求。
- (7) 榮獲 2016 年永續典範外資企業獎。

5.1.2 李長榮化學工業股份有限公司

主要產品：高性能塑膠、甲醇溶劑、熱可塑彈性體。

- (1) 石化高值化政策於熱可塑性彈性體事業發展，持續投入氫化級可塑性橡膠 SEBS、SEP、SEPS 等新產品開發。
- (2) SIS 屬於苯乙烯 / 異戊二烯共聚體系，包括熱熔膠和壓敏膠，具有綠色環保特性，應用於包裝材以及衛生材料之黏膠等用品。
- (3) 研發創新發泡級 PP，耐熱無毒、環保可回收，將可擴大應用於汽車、電子、食品包裝等高值化領域。
- (4) 替代原料開發、利用生物合成法進行實驗室評估及發展 C4/C5 相關原料製程。
- (5) 成立特用化學品研發小組，投入電子特用化學品、新電子材料及其氫

化製程開發設計，積極投入特用化學品市場。

- (6) 高分子金屬化觸媒商業化。

5.1.3 友達光電股份有限公司

主要產品：薄膜電晶體液晶顯示器 (TFT-LCD)、太陽能模組。

綠色產品（有害物質管理）：「綠色產品有害物質管理政策」是依據國際法規、客戶要求以及環保趨勢制定。

- (1) 2015 年化學物質管理政策：新加拿大環境保護法、美國雷斯法案、以及各大品牌客戶所管制之特定物質，總計管制 99 大類化學物質。
- (2) 因應 TCO display 7.017 的要求，針對大於 25g 塑膠材料進行阻燃劑盤查，協助品牌客戶順利取得該項認證。
- (3) 綠色包裝：藉由提升包材回收率、擴大使用環保材，以及包裝設計人才培訓等規劃，成功讓 2015 年產品包裝碳排比基準 2010 年減少 7.7%，2016 年減量 8.2%。
- (4) 包裝設計獎：國際設計大賽「IF 設計獎」、工業局「金點設計獎」。
- (5) 友達光電（臺中廠區）以節能廠房及再生能源利用之特色，於 2014 年 8 月通過環保署「環境教育設施場所」認證，成為全台第一家製造業環境教育之場域。
- (6) 友達光電（龍潭廠區）進入製程用水全回收新紀元，「AUO GreenArk 水資源教育館」內容介紹友達光電的水資源管理策略、全回收工程技術，以及整體綠色實踐之過程。

5.1.4 大愛感恩科技股份有限公司

主要產品：環保再生紡織品，包括環保再生酯粒、環保聚酯纖維、環保布料等，並製成環保服飾、環保寢具、環保生活織品等產品。

- (1) 環保製程通過荷蘭彼得森與管制聯盟集團的「全球回收標準」(Control Union Global Recycle Standard, CU GRS)認證。
- (2) 由百分之百再生纖維織成的綠色/灰色環保毛毯獲得「德國萊因集團及環保署碳標籤雙認證」，落實為企業環境保護責任之承諾。
- (3) 獲得行政院環保署「綠色環保標章」認證。
- (4) 連續三年榮獲經濟部「綠色典範服務獎」及「臺灣精品獎」。
- (5) 2013 年榮獲「國家永續發展獎」及「國家環境教育獎」。
- (6) 環保毛毯獲得「綠色典範產品獎」。

5.1.5 中台資源科技股份有限公司

主要產品：環保再生燈管、植物生長燈、LED 亮光棒、琉璃藝品、回收玻璃再生等節能產品。

- (1) 將燈管的玻璃、鋁帽、燈絲、螢光粉、燈頭等各種零件拆解開來，予以回收、再製，做成新的燈管、人造星光石板、綠光玻璃再生粒料等，讓每一樣資源都能達成永續利用。

- (2) 全國第一家從事資源回收、取得環教場所認證之廠商。
- (3) 連續七年獲得桃園縣政府評鑑為 - A 級廢棄物績優處理機構。
- (4) 獲頒經濟部推動中小企業節能減碳計畫之溫室氣體查證聲明書。
- (5) 獲頒經濟部工業局「101 年度能資源整合標竿企業」。

5.1.6 臺灣永光化學工業股份有限公司

主要產品：色料化學品、特用化學品、電子化學品、醫藥化學品、列印耗材。

- (1) 臺灣第一家通過 ISO 14001 及 OHSAS18001 環境管理及職業安全衛生認證的化學公司。
- (2) 1999 年臺灣第一家執行綠色會計的化學公司。
- (3) 2007 年導入 IECQ QC080000HSPM 有害物質管理系統。
- (4) 2015 年成為 bluesign® system partner 合格化藥供應商、加入 ZDHC 協同會員。
- (5) 公開 2020 年去毒承諾、100%不使用衝突礦產原料，積極投入研發環保產品、實施清潔生產技術。

5.1.7 大亞電線電纜股份有限公司

主要產品：銅材（封裝銅鐸線、金鈹銅線及鍍鈹銅鐸線，產品適用於各類 IC 封裝產業）；漆包線事業（漆包線、扁平線與三層絕緣線，產品運用於工業、消費、汽車與電機電子產業）。

- (1) 2013 年 7 月通過 TAF 評鑒並取得檢測實驗室認證，同年亦獲得 TAF 實驗室所頒發的「ILAC MRA 實驗室組合標記」（ILAC Laboratory Combined MRA MARK）。
- (2) 大亞線纜 PVC 與 PE 押出製程、以及 CV 生產線的冷卻水均導入軟水循環回收系統。
- (3) 漆包線生產製程進行純水回收，節省水資源。
- (4) 推動綠化綠牆自然通風、電力需量節能監控、功因效率改善。
- (5) 使用熱循環回收廢熱、冷卻水塔散熱風扇馬達加裝變頻器。
- (6) 毒性化學物質運作及化學災害預防完善機制，關係企業無使用毒化物。
- (7) 2015 年自願購買綠電 150,000 度。

5.1.8 世堡紡織股份有限公司

主要產品：環保衣、環保鈕釦、環保布、環保紗、環保袋、環保毛毯、環保平織布、環保針織布。

- (1) 2011 年綠色典範獎：寶特瓶回收環保布料及系列產品（RPET 環保布料 Total Solution）。
- (2) 優良設計獎（日本設計振興會於 1957 年開始舉辦的國際產品設計獎項）：回收寶特瓶再生環保帶系列(Certificate No.90-06-410)

- (3) 回收寶特瓶再生環保布產品型號 NO. 6101~6105 (Certificate No.8806287)
- (4) 公司經營理念：作為環保性紡織品的實踐者，結合機能性紡織品，成為新市場的開拓者。

5.1.9 正隆股份有限公司

主要產品：工業用紙、紙品包裝、紙器、紙板、各類型紙類產品。

- (1) 2013 年起逐步將紙器事業部各廠區的燃油鍋爐汰換為燃氣鍋爐，目前包括板橋、大園、苗栗及臺中廠區皆已改為天然氣鍋爐，大幅降低空氣污染物的排放。
- (2) 造紙廠將生產過程中產生的白水，經回收過濾後，回到部分製程設備中使用，藉此提高水資源利用效率。並透過製程改善與日常管理，以循環、回收及再利用的概念，持續追求用水合理化。
- (3) 大園廠與后里廠設置熱回收鍋爐與 RDF（廢棄物衍生燃料）造粒設備，其中熱回收鍋爐可將廢紙混合物與污泥投入燃燒，並回收其熱能來產生蒸氣供製程使用。
- (4) RDF(Refuse Derived Fuel, RDF)造粒設備可將廢紙混合物經營分選、破碎及乾燥等程序，製成性質均一的固態燃料棒，並投入蒸氣鍋爐中取代部分生煤使用，降低溫室氣體排放量，廢棄物資源化的比例逐年提升。
- (5) 積極推動能資源整合，減少生產製程能資源用量，並以製程零廢棄物為長期目標。

5.1.10 臺灣水泥股份有限公司

主要產品：水泥、混凝土、爐石粉。

- (1) 基於自然資源有限，積極在生產過程中減少原物料使用之浪費，積極研究可再生原物料之使用，以減少生產過程所耗用之數量。
- (2) 與工業技術研究院（工研院）合作開發「鈣迴路捕獲二氧化碳先導型系統技術」已進入技術驗證階段。
- (3) 1997 年起陸續通過 ISO 14000 環境管理系統驗證、ISO 14064 Part I 溫室氣體排放量盤查與驗證。
- (4) 2014 年底通過 ISO 50001 能源管理系統驗證，為水泥業首創，建立能源管理的機制，設定節能目標、改善計畫。
- (5) 和平港空氣汙染減量政策，規劃港區內移動性汙染源排放減量措施。
- (6) 致力於優化水泥生產製程，降低產品單位產生之熱量。
- (7) 1991 年起亦於各水泥廠設置餘熱發電系統，回收水泥旋窯生產時，將預熱器及冷卻機所排放廢氣中的熱量用於發電，以達節能減排的目的。
- (8) 臺泥三座水泥廠分別於 2007 年、2008 年、2009 年獲得經濟部工業

局頒發產業自願性溫室氣體排放減量績優廠商。

- (9) 2014 年加入經濟部工業局製造業能源管理系統示範應用與推廣輔導計畫，花蓮廠亦再度榮獲水泥業唯一之溫室氣體自願減量績優廠商。
- (10) 綠色管理目標：提升競爭力、資源再利用極大化、降低單位能源消耗量、減少廢棄物、利用水泥窯協助其他企業處理廢棄物」等改善為主軸，期望建立環保經濟的良性循環，達到企業永續經營的目標。

5.1.11 歐萊德國際股份有限公司

主要產品：自然純淨髮妝產品（綠色化粧品廠）。

- (1) 以「自然、純淨、環保」為品牌理念，開啟了臺灣製造的環保美髮產品。
- (2) 國內唯一從事綠色原料、綠色製造、綠色包裝、綠色廢氣、綠色電力、綠色工廠、綠色行銷、綠色服務，整套以綠色供應鏈經營模式為主的綠色髮粧品牌公司。
- (3) 德國紅點設計大獎最高榮譽「Best of the Best 2013」
- (4) 瓶身採用獨特的生物可分解材質製成，埋入土裡後，預藏的相思樹種子便會自然吸收瓶子分解的養分發芽成長。

5.2 訪視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，以下詳細列表表 三十一環保署化學局選定 5 家訪視名單、表 三十二訪視行程表、圖 5 產業訪視標準作業程序流程圖、圖 6 訪視事業機構行前相關工作流程如下。

表 三十一 產業訪視名單

項次	公司名稱	行業別	訪視地址	連絡電話	聯絡人
1	中台資源科技股份有限公司	廢燈管 廢電路板 回收再製業	桃園市觀音區大潭里環科路 328 號	(03) 473-0068	環安部 王嘉慶 副理
2	大愛感恩科技股份有限公司	廢棄紡織品回收再製業	臺北市內湖區洲子街 69 號	(02) 2657-5245 分機 1903	研發部 陳意容 高級專員
3	臺灣永光化學工業股份有限公司	化學原料 製造業	臺北市大安區敦化南路二段 77 號 6 樓 桃園市大園工業區中山北路 271 號	(02) 2706-6006 分機 121 (03) 386-8081	彭建鋒 高級專員
4	歐萊德國際股份有限公司	化妝品 製造業	桃園市龍潭區中豐路高平段 18 號	(03) 411-6789 分機 1303	楊鎧賓 高級專員

5	友達光電股份有限公司	光學器材製造業	新竹市東區力行路23號 桃園市龍潭區渴望園區新和路1號 臺中市西屯區中科路1號	(03) 500-8800 分機 3629	永續暨風險管理部 魏憶琳 經理
---	------------	---------	---	--------------------------	--------------------

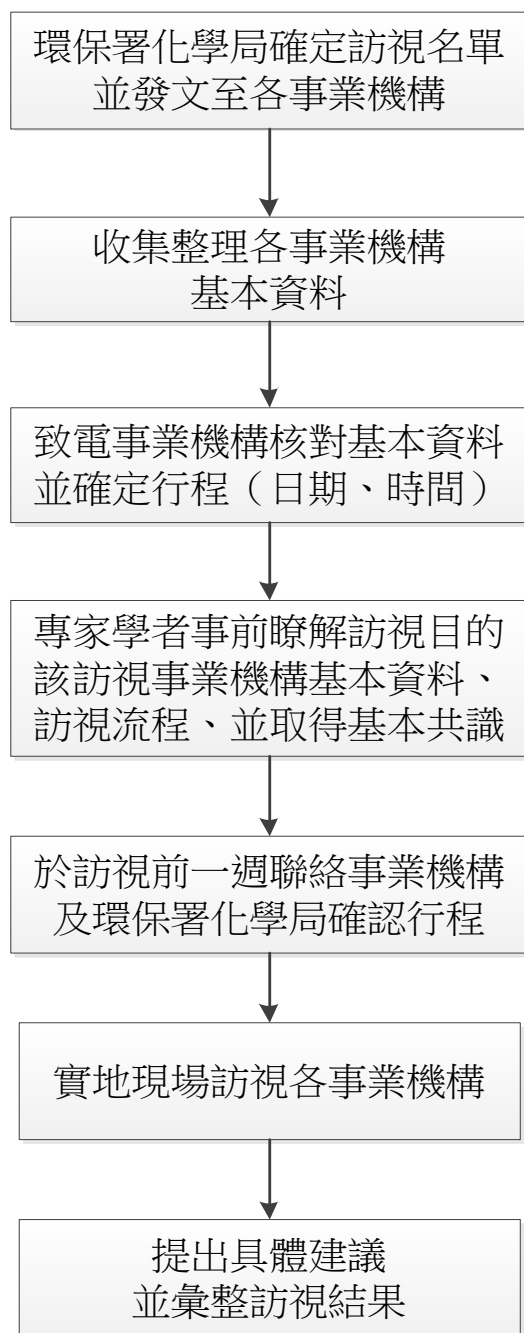


圖 5 產業訪視標準作業程序流程圖

表 三十二 業界現場訪視行程表

日期	訪視單位		訪視人員	隨同人員
	上午	下午		
106/10/24 (二)		中台資源科技股份有限公司	環保署化學局 翁煥廷 徐宏德	莊靜宜 陳竹言
106/10/26 (四)	大愛感恩科技股份有限公司		環保署化學局 翁煥廷 徐宏德	莊靜宜 陳竹言
106/11/21 (二)		歐萊德國際股份有限公司	環保署化學局 翁煥廷 徐宏德	陳竹言
106/11/23 (四)		友達光電股份有限公司	環保署化學局 翁煥廷 徐宏德	陳竹言
106/11/30 (四)		臺灣永光化學工業股份有限公司	環保署化學局 翁煥廷 徐宏德	陳竹言

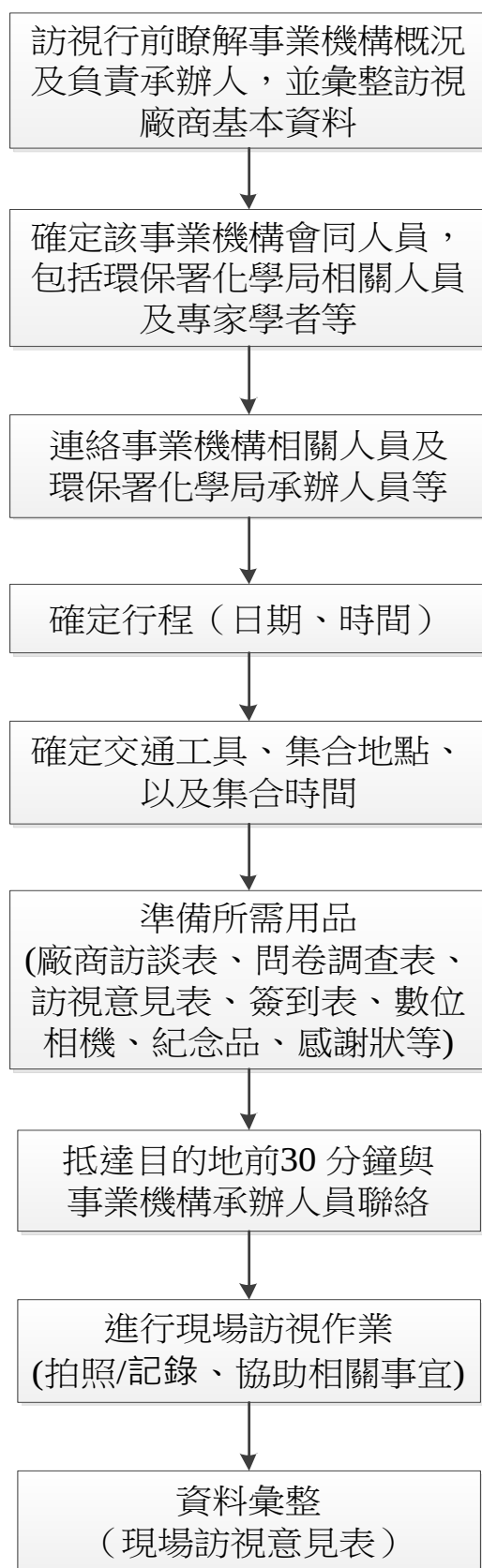


圖 6 訪視事業機構行前之 SOP 流程圖

圖 7 產業訪視流程

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/專家學者/ 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：訪視時程以 2.0 小時為原則

5.3 訪視成果

5.3.1 中台資源科技股份有限公司

5.3.1.1 公司概况

中台資源科技股份有限公司成立於 2001 年 05 月；2002 年 07 月新竹廠完成建廠，為大中華地區第一家含汞廢照明光源回收處理廠；2004 年 10 月取得廢 CRT 玻璃與廢玻璃回收處理許可；2005 年 08 月新竹廠取得國際 ISO 14001 環境管理系統認證；2005 年 12 月取得含汞廢棄物及廢汞處理許可；2006 年 11 月中台綠光環保再生燈管取得行政院環保署第二類環保標章；2008 年 09 月進駐桃園環保科技園區設立二廠，設有廢照明光源、含汞廢棄物、廢玻璃及廢 CRT 玻璃回收再利用處理廠。自行開發之設備擁有全球最高的水銀回收率，並設有汞檢測實驗室及環境教育走廊，宣導汞污染防治、提升環保意識；2010 年 06 月二廠取得國際 ISO 14001 環境管理系統認證；2010 年 08 月二廠實驗室通過國際 ISO 17025 認證，提供各項汞分析與檢測服務；2012 年 11 月獲頒政府 2012 年資源回收優良廠商優等獎；2012 年 12 月榮獲經濟部工業局能資源整合標竿企業；2013 年 11 月中台玻璃再生粒料產品碳足跡榮獲桃園縣低碳桃花源工業園區推動計畫之綠色行動楷模；2014 年 01 月環境資源教育中心取得行政院環保署環境教育設施場所認證；2010~2014 年連續五年榮獲桃園縣政府評鑑為 A 級績優處理機構；2015 年 02 月於桃園環保科技園區完成三廠擴廠，三廠取得印刷電路板廢棄物處理許可，鏈結廢照明光源廢電路板擴展至廢 PCB 板的回收再利用處理業務。

5.3.1.2 三大回收物品再生處理

(1) 廢照明光源回收拆解技術

自行研發新型廢照明光源回收處理設備，設備特色可將 95% 衍生物進行資源化再利用，處理後回收之汞（水銀）更可達到高回收比例以及高純度之水準。

(2) 廢玻璃回收處理

回收之廢玻璃製成玻璃原料，並藉由玻璃熔爐再製成新產品、或其他再利用產品，提昇資源回收再利用率，更可減少地球資源之消耗。

(3) 廢印刷電路板回收處理廠

妥善處理廢電子零件、廢積體電路、廢印刷電路板等固體廢棄物，製成銅粒及水泥摻配材料，後續交由金屬熔煉廠及水泥業者再製成其他再利用產品，藉以降低環境負荷及地球資源之開採，遂而提升資源再利用比率。具體實現「城市礦山」理念，促使資源永續循環利用，達成零廢棄的目標。

5.3.1.3 綠色化學理念

中台資源科技股份有限公司專門處理廢燈泡、廢燈管，及含汞的事業廢棄物，對於環保相當重視，多年來推廣環境教育，且擁有世界先進之汞金屬回收再利用處理技術，是名符其實的綠色產業，許多國際廠商多次前往至該廠進行參訪交流，堪稱環保外交之典範。同時為國內第一家廢照明光源回收處理廠，專門處理廢燈泡、廢燈管及含汞的事業廢棄物，重新製成新的燈管、人造星光石板、綠光玻璃再生粒料等，也推動環境教育課程，亦是列為桃園市 10 大環教場所之一。

此外該公司 2013 年開始推行環境教育課程，教學對象包含小朋友、大學生，乃至環保團體都有。較常執行的教案為「舉頭三尺有燈管」，透過各種燈管的介紹，讓民眾了解水銀污染的害處與成因，並宣導正確的回收方式；另有「化廢為寶」的課程，學員們能親手接觸照明光源的回收材料，並 DIY 製成有趣的紀念品，從中體會資源回收的重要性。

由於該公司廢燈管裡頭含有水銀，若隨意棄置，很可能對環境形成污染；因而決定將汞金屬回收再製、資源循環利用，故有效回收水銀、螢光粉和玻璃，重製成環保燈管。回收的玻璃，則可透過熔製，做成「花精靈琉璃」等各種精美的藝品。另該公司鄭董事長光傑早年留學法國巴黎，攻讀藝術，在藝術創作上頗有造詣；公司內部整潔美觀，並展出鄭董事長多幅畫作，與一般印象中的「工廠」全然不同。

5.3.1.4 綠色化學與環境績效

中台資源科技股份有限公司「環境資源教育中心 2014 年 1 月取得行政院環保署環境教育設施場所認證，以「利用厚生」為信念以及「宣導廢照明光源回收之重要性，積極推廣汞污染防治與預防工作」為目標，宣導

地球資源有限及含汞廢棄物對於環境與人體的傷害，體認愛護環境的重要性。

環境友善績效：

- (1) 從廢棄物中回收處理再製，資源化比例超過 95%，減少原料開採與資源的耗用，往循環經濟方向邁進。
- (2) 從廢棄物中回收生產如汞及銅等相關資源產品，合法提供相關單位循環使用，大幅度減少我國向國外進口，減輕環境土地負荷以及空氣、土壤與地下水之污染險。
- (3) 加強檢驗頻率，確保資源再生產品與衍生物之品質，避免污染風險。
- (4) 製程用水回收循環使用零排放。
- (5) 設立環境資源教育中心，對外進行溝通，並每年持續推廣資源回收與汞污染防治預防之重要性。
- (6) 進行自發性溫室氣體盤查管理，溫室氣體總排放量（範疇 1 及範疇 2）為 889.22 公噸 CO₂e/年。
- (7) 製作環保再生燈管，取得環保署第二類環保標章，碳排放量為 309.1 kg CO₂e，與使用新材料製作之燈管比較，每支可節省 0.11 kg CO₂e 的碳排放量。

表 三十三 中台資源科技股份有限公司廠商訪談表

一、基本資料		填表日期：106 年 10 月 24 日		
公 司 名 稱		中台資源科技股份有限公司		
行 業 別		廢棄物處理業/資源再生業		
地 址		桃園市觀音區環科路 328 號		
負 責 人 名 稱		鄭光傑	公 司 電 話	03-4730068
聯 絡 人	姓 名	王嘉慶	職 稱	副理
	聯絡電話	03-4730068#105	手 機	-
	電子郵件	jack@chinalab.com.tw		
二、訪談內容				
1. 貴公司對於「綠色化學」的認知為何？ 綠色化學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。 https://zh.wikipedia.org/ 2. 貴公司減少廢棄物產生的執行策略為何？ 往全回收零廢棄方向邁進，將廢棄物妥善回收處理與再利用。 3. 貴公司於產品產出過程，如何開發「原料最大利用效率」（產率）的研發技術？ 汞回收採用乾式加熱技術處理，避免產出廢水。 4. 貴公司於設計合成時，如何考量各單元對於環境及人體的無毒、無害性？ 廢棄物處理與再利用，減少汞的逸散，儘量的全回收。 5. 貴公司於產品設計時，除了產品具有高效能功能外，如何評估毒性最小化？ 無 6. 貴公司若使用有機溶劑，應如何因應降低使用分離劑或其他輔助化學藥劑之毒害性？ 未使用 7. 貴公司於廠（場）內製程如何提高能源效率、降低能耗之作法有哪些？ 依據不同的廢棄物，採用不同的處理溫度，以降低電能消耗。照明部分僅量採用自然光照，以及選用節能燈具。 8. 貴公司對於原料來源的取得，是否有使用可再生性原料？使用成效如何？ 廢棄物處理與資源再生，其目的就是將廢棄物妥善處理以及再利用 往零廢棄目標邁進。 9. 貴公司於製造程序中，如何評估副產品的減少量，避免產生不必要的衍生物？ 污染防治設備產生之廢活性碳，更換後廠內自行汞回收，避免二次污染。				

10. 貴公司是否有使用催化劑？其選擇要件為何？	未使用
11. 貴公司於產品設計有無考量於使用功能終結後的分解特性？ （廢棄產品進入自然生態循環的影響評估）	無新產品開發與設計
12. 貴公司於生產合成過程，如何實行監測和控制，以減少副產物或有害物質形成？	汞監測設備採 24 小時連續監控式以及手提式方式進行監控控制。
13. 貴公司如何落實本質安全化學品的使用？以及減少化學事故發生可能性？	汞性質穩定，貯存時採用鋼製容器保存。訂定緊急應變計畫，定期演練減少化學事故發生可能性。
14. 期許政府相關單位如何協助企業於綠色化學永續發展之推動？	本公司協助環保署處理含汞廢棄物，惟水俣公約" 2020 年生效，禁產銷汞製品"，年限將至，請政府重視以及輔導 2020 年後所回收的汞該如何處置。
15. 貴公司對於未來的「綠色化學」目標為何？	全回收、零廢棄。
16. 其他建議事項	無

表 三十四 中台資源科技股份有限公司廠商問卷調查表

一、基本資料		填表日期：106 年 10 月 12 日		
公 司 名 稱		中台資源科技股份有限公司		
行 業 別		廢棄物處理業/資源再生業		
公司登記地址		桃園市觀音區環科路 328 號		
廠 址		桃園市觀音區環科路 328 號		
填 表 人	姓 名	王嘉慶	職 稱	副理
	聯絡電話	03-4730068#105	手 機	
	電子郵件	jack@chinalab.com.tw		
二、問卷內容				
1.請問貴公司對於「綠色化學」的基本認知為何？ ☐ 非常清楚 ☐ 清楚 ☒ 尚可 ☐ 不清楚				
2.請問貴公司對於「綠色化學 12 條原則」的認知為何？ ☐ 非常清楚 ☐ 清楚 ☒ 尚可 ☐ 不清楚				
3.請問貴公司對於單位產品事業廢棄物產生量、妥善處理機制、回收再利用率、				

廢棄物減量設計的整體性成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

4.請問貴公司對於產品產出過程，採用原料最大量進入產品比例的成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

5.請問貴公司的原料、中間產品、最終產品對於人體健康與環境之無毒、無害、成效評估為何？

☐非常滿意 ☐滿意 ☒尚可 ☐尚待改進

6.請問貴公司於產品設計時，除了產品具有高效能功能外，毒性評估的成效評估為何？

☐非常滿意 ☐滿意 ☒尚可 ☐尚待改進

7.請問貴公司對於減少使用有機溶劑，或是選用無毒無害之助劑的成效評估為何？

☐非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 ☒無使用有機溶劑

8.請問貴公司對於單位產品能源消耗量、能源回收率、採用節能設計的能資源節約成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

9.請問貴公司對於使用物質節約化設計、及「可再生原料」取代「可消耗原料」的成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

10.請問貴公司對於產品使用後，使用後設計化學產品分解成無害物質，使其不會積聚在環境中的成效評估為何？

☐非常滿意 ☐滿意 ☒尚可 ☐尚待改進

11.請問貴公司對於使用高選擇性催化劑使用成效評估為何？

☐非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 ☒無使用催化劑

12.請問貴公司對於污染物產生及管末處理功能（設備能力及設備異常處理機制）成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

13.請問貴公司對於危害物質管制措施（於生成反應前的即時監測與控制）、以及危害物質最小化成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

14.請問貴公司對於使用本質安全的化學品於減少化學事故可能性（如爆炸、火災）成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

15.請問貴公司是否有建議新增之綠色化學產品類別或產品服務項目？

☐是，新增產品類別或產品服務項目為 _____

☒否

16.請問貴公司是否已取得國內相關產品環保/綠色標章？

☒是（標章名稱 環保再生燈管、玻璃再生粒料 ）

申請原因 _____ 到期後未再展延 _____

☐否

17.請問貴公司現有綠色化學產品的相關技術來源為何？

☒自行研發 ☐國內廠商技術合作 ☐國外廠商技術合作 ☐學研單位支援

☐購買國內技術 ☐購買國外技術 ☐其他 _____

18.貴公司的建議與意見：

本公司協助環保署處理含汞廢棄物，惟水俣公約" 2020 年生效，禁產銷汞製品"，年限將至，請政府重視以及輔導 2020 年後所回收的汞該如何處置。

單位簽章

中台資源科技股份有限公司

5.3.2 大愛感恩科技股份有限公司

5.3.2.1 公司概況

大愛感恩科技股份有限公司成立於 2008 年，為積極推廣寶特瓶回收再生、呵護地球的理念，同時也為了護持慈濟四大志業，「慈濟國際人道援助會」的實業家志工們，經證嚴法師慈准同意推廣慈濟大愛環保紗，2010 年五位發起人正式將 100% 股權捐贈予慈濟基金會。該公司努力掌握關鍵原物料，購買/整合了國內 5,462 個慈濟環保站回收的 1 號(PET)寶特瓶，作為高品質的大愛環保織品原料，同時也整合了認同環保理念的愛心協力廠商（約 50 家），用物理回收法再製成回收聚酯酯粒、大愛環保紗，以及再生紡織品，創造許多驚人績效。

5.3.2.2 綠色化學理念

大愛感恩科技對於『垃圾』的定義是：垃圾是城市礦產，是放錯地方的資源。透過回收再利用，大愛感恩科技環保產品走在綠色產業最前端，不僅全系列產品以回收寶特瓶為原料，更以原色及不後染為目標，落實節能減碳節水製程。為達綠色永續，未來更朝完全工業循環再利用 搖籃到搖籃®的藍圖邁進。

R2R(Roll-to-Roll, R2R)技術提供了環保業者一個全新的材質，也連接了無數的可能性。R2R 系列，包括用二次再生聚酯粒製成的 R2R 動物毛毯、R2R 摺邊圍巾、R2R 口遮罩、R2R 眼鏡框等產品，不但證明環保布料已能二次再生，更能以多元化的產品形象繼續延續物命。R2R 系列別具意義，除了讓大家看到環保產業新的可能性，更是提醒著人人愛護大地的重要性，希望大家一起「與地球共生息」。而德國綠色產品獎主辦單位將這項獨特的系列帶往全球展覽，讓世界了解該公司企業文化為地球永續而做的努力。

2012 年獲得「搖籃到搖籃®」銀級認證，便成立實驗室致力於搖籃到搖籃相關研發，不為增加業績，只為地球永續。這樣愛護大地的努力，於 2015 年終於達到重要里程碑，成功將一次回收製成的剩布還原為塑膠酯粒，再次製成環保布與環保產品，讓物命延續於工業循環當中。期待不久的將來，能有更多不同的產品加入這個「超級環保」的產品系列。

Eco-Products International Fair (EPIF)展覽由亞洲生產力組織 (Asian Productivity Organization, APO)主辦，自 2004 年創始於馬來西亞、泰國、新加坡等 APO 成員國巡迴舉辦，是全亞洲最大型且歷史最久的區域綠色環保展，國際綠色典範獎另特別設置「綠色創新獎」包含有 (1)綠色行銷之創新性 (2)綠色行銷之市場成效等，該公司企業的「續物命、造福慧」行銷模式涵蓋三大面向的結合—環保人文、環境教育及慈悲科技。過去國內企業最缺乏的就是，原料、科技、產品設計與品牌行銷，而該公司秉持著三大核心價值—環保人文、愛心接力及完全回饋，做到了有系統地導入產

品規劃與品牌行銷，從資源回收系統的規劃、產品的設計與行銷、回收再生環保製程的堅持、綠色供應鏈的接力、完全回饋社會的精神至綠色消費，展現全方位的企業社會責任，以其全球獨特之環保再生愛心品牌“DA.AI”行銷全球。

該公司董事長 黃華德：「沒有用地球的一滴的自然資源，也就是汽油等等的，我們都是用回收來的回收物。大愛感恩環保愛心品牌「DA.AI」立足臺灣、放眼天下，落實了「環保、科技、回饋、服儀之美」，全系列產品再生聚酯比例 50%~100%，堪稱業界之冠。由於採取品牌化策略，使得其環保品牌擁有了國際品質優勢；他們還積極導入了荷蘭彼得森管制聯盟之全球回收標準驗證(GRS)，針對紡織品之供應鏈製程進行品管認證。

此外有效運用專業化的管理，精密掌握作業流程，掌握關鍵性原料及自有的研發技術，並有完整的「生產履歷回溯」系統，亦致力為大眾及消費者負責同時肯定了環保愛心品牌的公益價值，及 上人與地球共生息的環保理念，也在一片國際化商業競爭中，展現了優質環保清流的綠色企業典範。

5.3.2.3 綠色化學與環境績效

2011 年陸續於北部成立 4 家環保人文低碳概念館門市，榮獲遠見雜誌社會責任—公益推動類首獎、消費者環保第一品牌獎、建國百年國家品質金像獎、傑出企業金炬獎—年度十大潛力企業與十大潛力商品、經濟部國貿局臺灣綠色典範服務獎與產品獎、經濟部工業局臺灣企業誠信經營故事專輯、中華民國傑出企業金峰獎。

2012 年持續致力擴增門市，於臺灣北中南、以及中國大陸成立 7 家環保人文概念館，榮獲遠見雜誌臺灣企業創新力第四名、經濟部國貿局臺灣精品獎、經濟部國貿局臺灣綠色典範產品獎。發表大愛感恩企業社會責任報告書；另於同年 5 系列 29 項產品獲獎—2012 年第二屆「臺灣綠色典範產品獎」。

2013 年榮獲經濟部國貿局臺灣精品獎、數位雜誌綠色品牌大調查特優獎、經理人月刊社會責任獎；2013 年 8 月優質環保小巨人；2013 年 9 月三度榮獲「臺灣綠色典範產品獎」肯定 3 系列 13 項產品獲獎；2013 年 12 月榮獲環保署「102 年度推廣綠色消費優良業者」。

2014 年 3 月榮獲「國際綠色典範獎」；6 月榮獲 第 2 屆國家環境教育獎民營事業組優等；2014 年 12 月 GCCA Later Stage 獎『Waste Management 廢棄物管理』類全球第一名 GCCA Later Stage Award，經濟部推動綠色貿易專案辦公室提名，臺灣共 3 家企業入圍，大愛感恩科技參選『Waste Management 廢棄物管理』類項，得獎就是榮譽與最好的肯定。

2016 年榮獲全球能源獎：獲獎緣由是以回收寶特瓶為原料，所做成的環保毛毯，不僅有巧妙的創新和發展，而且還具有高度的人文關懷。同年

亦獲得 2016 德國綠色產品獎(Green Product Award)。

2017 年榮獲奧地利－全球能源獎：奧地利全球能源獎是在臺灣與奧地利雙邊經濟合作會議中舉行頒獎，每年每個國家只選出一名得獎者，2017 年臺灣代表由大愛感恩科技獲得；這個獎項可以說是環保界的奧斯卡獎，設立目的希望表揚在環境和能源領域，最傑出及有永續發展性的計畫。

表 三十五 大愛感恩科技股份有限公司廠商訪談表

一、基本資料		填表日期：106 年 10 月 26 日		
公 司 名 稱		大愛感恩科技股份有限公司		
行 業 別		紡織業		
地 址		臺北市內湖區洲子街69號2樓		
負 責 人 名 稱		黃華德	公 司 電 話	02-26575245
聯 絡 人	姓 名	陳意容	職 稱	高專
	聯絡電話	02-2657525	手 機	—
	電子郵件	Lori_chen@daait.com		
二、訪談內容				
1. 貴公司對於「綠色化學」的認知為何？ 沒有特別研究 2. 貴公司減少廢棄物產生的執行策略為何？ 研發廢棄紡織品回收再製回原料與產品的製程 3. 貴公司於產品產出過程，如何開發「原料最大利用效率」(產率)的研發技術？ 將回收料做到最佳的單一材質分類，讓雜質降解到最少，回收經濟價值最高 4. 貴公司於設計合成時，如何考量各單元對於環境及人體的無毒、無害性？ 紡織產品以不後染為原則，減少化學染料的使用。 5. 貴公司於產品設計時，除了產品具有高效能功能外，如何評估毒性最小化？ 主要產品皆送臺灣 MIT 微笑標章認證，以確認安全性 6. 貴公司若使用有機溶劑，應如何因應降低使用分離劑或其他輔助化學藥劑之毒害性？ 無此項考量 7. 貴公司於廠(場)內製程如何提高能源效率、降低能耗之作法有哪些？ 無工廠				

8. 貴公司對於原料來源的取得，是否有使用可再生性原料？使用成效如何？
全系列產品原料為 50%~100% 再生材質
9. 貴公司於製造程序中，如何評估副產品的減少量，避免產生不必要的衍生物？
無此項考量
10. 貴公司是否有使用催化劑？其選擇要件為何？
無此項考量
11. 貴公司於產品設計有無考量於使用功能終結後的分解特性？
(廢棄產品進入自然生態循環的影響評估)
PET 為不可分解的材質，產品朝向以工業循環模式回收再製設計
12. 貴公司於生產合成過程，如何實行監測和控制，以減少副產物或有害物質形成？
所生產的環保布種皆會經過品質檢測
13. 貴公司如何落實本質安全化學品的使用？以及減少化學事故發生可能性？
紡織產品製程上游協力廠商皆是符合政府規範的工廠
14. 期許政府相關單位如何協助企業於綠色化學永續發展之推動？
15. 貴公司對於未來的「綠色化學」目標為何？
16. 其他建議事項

表 三十六 大愛感恩科技股份有限公司廠商問卷調查表

一、基本資料		填表日期：106 年 10 月 26 日		
公 司 名 稱		大愛感恩科技股份有限公司		
行 業 別		紡織業		
公司登記地址		臺北市內湖區洲子街69號2樓		
填 表 人	姓 名	陳意容	職 稱	高專
	聯絡電話	02-2657525	手 機	0925933679
	電子郵件	Lori_chen@daait.com		
二、問卷內容				
1.請問貴公司對於「綠色化學」的基本認知為何？ ☐非常清楚 ☒清楚 ☐尚可 ☐不清楚 2.請問貴公司對於「綠色化學 12 條原則」的認知為何？ ☐非常清楚 ☐清楚 ☒尚可 ☐不清楚 3.請問貴公司對於單位產品事業廢棄物產生量、妥善處理機制、回收再利用率、廢棄物減量設計的整體性成效評估為何？ ☐非常滿意 ☐滿意 ☒尚可 ☐尚待改進 4.請問貴公司對於產品產出過程，採用原料最大量進入產品比例的成效評估為何？ ☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 5.請問貴公司的原料、中間產品、最終產品對於人體健康與環境之無毒、無害、成效評估為何？ ☒非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 6.請問貴公司於產品設計時，除了產品具有高效能功能外，毒性評估的成效評估為何？ ☒非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 7.請問貴公司對於減少使用有機溶劑，或是選用無毒無害之助劑的成效評估為何？ ☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 ☐無使用有機溶劑 8.請問貴公司對於單位產品能源消耗量、能源回收率、採用節能設計的能資源節約成效評估為何？				

☒非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

9.請問貴公司對於使用物質節約化設計、及「可再生原料」取代「可消耗原料」的成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

10.請問貴公司對於產品使用後，使用後設計化學產品分解成無害物質，使其不會積聚在環境中的成效評估為何？

☐非常滿意 ☐滿意 ☒尚可 ☐尚待改進

11.請問貴公司對於使用高選擇性催化劑使用成效評估為何？

☐非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 ☒無使用催化劑

12.請問貴公司對於污染物產生及管末處理功能（設備能力及設備異常處理機制）成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

13.請問貴公司對於危害物質管制措施（於生成反應前的即時監測與控制）、以及危害物質最小化成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

14.請問貴公司對於使用本質安全的化學品於減少化學事故可能性（如爆炸、火災）成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

15.請問貴公司是否有建議新增之綠色化學產品類別或產品服務項目？

☐是，新增產品類別或產品服務項目為 _____

☐否

16.請問貴公司是否已取得國內相關產品環保/綠色標章？

☒是（標章名稱 臺灣環保標章、碳足跡認證、水足跡認證、GRS 全球回收再生標準認證）

申請原因 _____

☐否

17.請問貴公司現有綠色化學產品的相關技術來源為何？

☐自行研發 ☒國內廠商技術合作 ☐國外廠商技術合作 ☐學研單位支援

☐購買國內技術 ☐購買國外技術 ☐其他_____

單位簽章

大愛感恩科技股份有限公司

5.3.3 歐萊德國際股份有限公司

5.3.3.1 公司概況

歐萊德以「自然、純淨、環保」為品牌理念，開啟臺灣製造的環保美髮產品，國內唯一從事綠色原料、綠色製造、綠色包裝、綠色廢氣、綠色電力、綠色工廠、綠色行銷、綠色服務，整套以綠色供應鏈經營模式為主的綠色髮粧品牌公司。歐萊德如同 O'right 品牌 Logo，大大的 O 象徵理想中美麗的地球，秉持著愛地球、做環保之決心，希望地球上每一個人都能做出正確地、適當地 right 行為，讓地球 It's O'right 並且「更美、更好」。

5.3.3.2 綠色化學理念

歐萊德取之於大自然也應當回饋於大自然。面對地球所承受的環境威脅與人們嚮往大自然的渴望，宣示以『更美.更好』決心投入環保公益，致力於降低地球溫室效應歐萊德帶給人們「自然」、「純淨」、「環保」的綠色產品，著重「人」與「自然」的和諧，永遠堅持對生態環境的尊重，承諾給予下一代更綠色純淨的生活。~自然~ 純淨~ 環保~ 打造『更美 更好!』。由於產品堅持不添加八種有害的化學物質，高達九成五以上的天然成分，讓歐萊德的「瓶中樹」系列產品開封後六個月內就得使用完畢，瓶身更會在一年內脆化、分解，為的就是不製造地球的負擔。

在美國普萊斯頓大學攻讀 MBA 的董事長葛望平，高中時念的是機械工程科。進入職場後，看見從事美髮業的朋友，在和客人互動的過程中，得到很多不同的生活經驗，因此，想從人與人之間的互動中增加閱歷的他，便開始接觸業務工作。在當年，要生產成本高、天然成分難尋的洗髮精其實並不容易，葛望平的父母帶給他很大的動力。葛總經理的父母親於二〇〇二年相繼因為癌症辭世，加上自己的過敏體質總是帶來許多生活上的困擾，於是他下定決心，要在自己打滾多年的髮妝界，打造遠離化學物質、追求天然成分的綠色產品。原本是美髮業務的他，和兩位完全不同領域的朋友共同開創歐萊德事業。除了利用農產品去取代化學性原料，更藉由多項國際環保認證，試圖讓世界看見臺灣。歐萊德想證明的是，臺灣的中小企業可以超越國際的想像，「我們的綠色產品，不一定會輸給歐洲。」

5.3.3.3 綠色化學與環境績效

12 年對環保的堅持，歐萊德國際已是國產綠色髮妝第 1 品牌。董事長葛望平也剛以臺灣唯一代表的身份，第 2 屆聯合國 2014 亞太碳足跡網路研討會上分享經驗與果，憑 1 瓶洗髮精，讓臺灣登上聯合國會議舞台發表演講。歐萊德推出全球首創第 1 瓶會長樹的洗髮精，「瓶中樹」從瓶蓋、瓶身及種子槽都採用生物可分解材質，使用完畢後，只要掩埋在適當的環境 1 年，生物分解成二氧化碳及水，不造成汙染；瓶底藏種子，瓶身分解後可長成 1 棵樹，為地球製造新氧氣。

歐萊德所有的包材都有環保功能，包括玻璃均使用回收玻璃；紙箱 80%都是回收紙，箱內絕對不用保麗龍，而是使用成本較高的氣柱包裝；連提袋，也是三

個月後會自行分解的材質。至於包裝紙盒，一張說明書，只要往裡面澆水，一個星期就長出一棵波斯菊，因為每張說明書都附一棵種子。緊接著綠色產品後的是綠色製程。歐萊德每一罐洗髮精瓶身的印刷，都是採用環保的大豆油墨原料。為說服供應商使用環保油墨，拿到碳足跡標籤並不容易。從上游原料，一直到產品壽終正寢後的包裝回收等，都必須有著完整的綠色供應鏈配合才能達成。

品牌榮耀：

- * 德國紐倫堡國際發明展金牌獎、綠色發明獎
- * 美國匹茲堡國際發明展金牌獎、特別獎兩大殊榮
- * 德國 iF 設計大獎
- * 「臺灣精品獎」
- * 「國際綠色典範獎」
- * 「國家磐石獎」
- * 「臺灣 EEWB 綠建築」黃金級認證
- * SGS「環境友善永續獎」
- * 行政院「國家永續獎」
- * 經濟部「工業精銳獎」
- * 環保署「企業環保獎」連續 2 年(2011&2012)
- * 全台第一家榮獲國家「碳足跡標籤」中小企業
- * 全球第一家達成「碳中和」PAS2060 中小企業

表 三十七 歐萊德國際股份有限公司廠商訪談表

一、基本資料		填表日期：106 年 10 月 30 日		
公 司 名 稱		歐萊德國際股份有限公司		
行 業 別		製造業		
地 址		桃園市中豐路高平段 18 號		
負 責 人 名 稱		葛望平	公 司 電 話	03-411-6789
聯 絡 人	姓 名	楊鎧賓	職 稱	高級專員
	聯絡電話	03-411-6789 #1303	手 機	0963-916-215
	電子郵件	Curtis_Yang@oright.com.tw		
二、訪談內容				
1. 貴公司對於「綠色化學」的認知為何？ 歐萊德的主要研發精神在於環保永續理念，根植於企業理念「自然、純淨、環保」、及核心價值「綠色、永續、創新」，整體產品研發持續展產品永續可能。				

2. 貴公司減少廢棄物產生的執行策略為何？
 - (a) 全系列瓶器，使用 100%回收塑膠
 - (b) 包材、辦公耗材，使用 FSC 紙張
 - (c) 廠內使用之棧板，為回收塑膠製成
3. 貴公司於產品產出過程，如何開發「原料最大利用效率」(產率)的研發技術？

公司生產不牽涉化學反應，但透過秤重管理來確認其產率。
4. 貴公司於設計合成時，如何考量各單元對於環境及人體的無毒、無害性？

歐萊德產品中，合成反應只涉及皂化反應，皂化反應的反應物、產物、產物均對人體無毒、無害。
5. 貴公司於產品設計時，除了產品具有高效能功能外，如何評估毒性最小化？

歐萊德研發主管均具有 TFDA 安全評估員資歷，並依歐盟法規，進行產品的安全評估，計算產品中各成分的毒理學安全邊際，確保產品對人體的安全性。
6. 貴公司若使用有機溶劑，應如何因應降低使用分離劑或其他輔助化學藥劑之毒害性？

歐萊德的產品中，僅使用酒精為溶劑及消毒工具，並控制在安全的使用範圍。製程中無分離劑或其他毒化物。
7. 貴公司於廠(場)內製程如何提高能源效率、降低能耗之作法有哪些？
 - a. 使用太陽能發電作為生產製造之用電來源之一。
 - b. 一樓生產區半坎入地面，減少室外環境之干擾，有效降低能源使用。
 - c. PCW 冷卻循環系統。
 - d. 中水回收系統。
8. 貴公司對於原料來源的取得，是否有使用可再生性原料？使用成效如何？

公司自定義原料中使用超過 80%以上可持續性成分者列為天然原料，目前天然原料採購比重約佔公司採購量六成左右，成本較高且品質穩定性較化學合成的稍差。
9. 貴公司於製造程序中，如何評估副產品的減少量，避免產生不必要的衍生物？

歐萊德產品中，合成反應只涉及皂化反應，皂化反應的反應物、產物、產物均對人體無毒、無害。因嚴格要求原料品質，故無產生不必要的衍生物。
10. 貴公司是否有使用催化劑？其選擇要件為何？

無
11. 貴公司於產品設計有無考量於使用功能終結後的分解特性？

(廢棄產品進入自然生態循環的影響評估)

(a) 歐萊德的產品包裝，考慮用永續環保，瓶器材質採回收塑膠及生物可分解塑膠，包材使用環保油墨及 FSC 紙張，均已考慮自然生態循環。

(b) 設計種子紙或種子塞於包裝中，包裝分解後，還可以生長出在地的植物，回到自然生態循環。

(c) 洗髮精內料，通過 SGS 檢驗生物分解檢測 28 天即可達 97%以上，易被微生物分解，回到自然生態循環。

12. 貴公司於生產合成過程，如何實行監測和控制，以減少副產物或有害物質形成？

歐萊德產品中，合成反應只涉及皂化反應，皂化反應的反應物、產物、產物均對人體無毒、無害。因嚴格要求原料品質，故無產生不必要的衍生物。產品監控，依照法規標準，管控產品微生物。

13. 貴公司如何落實本質安全化學品的使用？以及減少化學事故發生可能性？

(a) 歐萊德已取得 GMP 認證，原料取用、人流、物流均按照程序管制進行。

(b) 相關防護器具，會在相關原料旁準備一套，降低人員風險。

(c) 選用化妝品級的原料，並依法規範原料不純物的規格，主要選用以不具危害性質的物質作為生產原料。

14. 期許政府相關單位如何協助企業於綠色化學永續發展之推動？

給予企業綠色化學永續鼓勵

15. 貴公司對於未來的「綠色化學」目標為何？

整體產品研發持續展產品永續可能，並提供消費者安全及良好使用感受產品。

16. 其他建議事項

無

表 三十八 歐萊德國際股份有限公司廠商問卷調查表

一、基本資料		填表日期：106 年 月 日		
公 司 名 稱		歐萊德國際股份有限公司		
行 業 別		製造業		
公司登記地址		桃園市中豐路高平段 18 號		
廠 址		桃園市中豐路高平段 18 號		
填	姓 名	楊鎧賓	職 稱	高級專員

表 人	聯絡電話	03-411-6789 #1303	手	機	
	電子郵件	Curtis_Yang@oright.com.tw			

二、問卷內容

- 請問貴公司對於「綠色化學」的基本認知為何？
☐非常清楚 ☒清楚 ☐尚可 ☐不清楚
- 請問貴公司對於「綠色化學 12 條原則」的認知為何？
☐非常清楚 ☒清楚 ☐尚可 ☐不清楚
- 請問貴公司對於單位產品事業廢棄物產生量、妥善處理機制、回收再利用率、廢棄物減量設計的整體性成效評估為何？
☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進
- 請問貴公司對於產品產出過程，採用原料最大量進入產品比例的成效評估為何？
☒非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進
- 請問貴公司的原料、中間產品、最終產品對於人體健康與環境之無毒、無害、成效評估為何？
☒非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進
- 請問貴公司於產品設計時，除了產品具有高效能功能外，毒性評估的成效評估為何？
☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進
- 請問貴公司對於減少使用有機溶劑，或是選用無毒無害之助劑的成效評估為何？
☐非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 ☒無使用有機溶劑
- 請問貴公司對於單位產品能源消耗量、能源回收率、採用節能設計的能資源節約成效評估為何？
☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進
- 請問貴公司對於使用物質節約化設計、及「可再生原料」取代「可消耗原料」的成效評估為何？
☒非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進
- 請問貴公司對於產品使用後，使用後設計化學產品分解成無害物質，使其不會積聚在環境中的成效評估為何？
☒非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

- 11.請問貴公司對於使用高選擇性催化劑使用成效評估為何？
☐非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 ☒無使用催化劑
- 12.請問貴公司對於污染物產生及管末處理功能（設備能力及設備異常處理機制）成效評估為何？
☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進
- 13.請問貴公司對於危害物質管制措施（於生成反應前的即時監測與控制）、以及危害物質最小化成效評估為何？
☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進
- 14.請問貴公司對於使用本質安全的化學品於減少化學事故可能性（如爆炸、火災）成效評估為何？
☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進
- 15.請問貴公司是否有建議新增之綠色化學產品類別或產品服務項目？
☐是，新增產品類別或產品服務項目為 _____
☐否
- 16.請問貴公司是否已取得國內相關產品環保/綠色標章？
☐是（標章名稱 _____）
申請原因 _____
☐否
- 17.請問貴公司現有綠色化學產品的相關技術來源為何？
☒自行研發 ☒國內廠商技術合作 ☐國外廠商技術合作 ☐學研單位支援
☐購買國內技術 ☐購買國外技術 ☐其他_____
- 18.貴公司的建議與意見：

單位簽章	
------	--

5.3.4 友達光電股份有限公司

5.3.4.1 公司概况

友達光電原名為達基科技，成立於 1996 年 8 月，2001 年與聯友光電合併後更名為友達光電，2006 年併購廣輝電子。友達光電為全球第一家於紐約證交所（NYSE）股票公開上市之 TFT-LCD1 設計、製造及研發公司身為全球光電解決方案領導廠商，友達以卓越技術為競爭優勢，主要研發、設計及製造大、中、小尺寸面板，擁有從 3.5G、4G、4.5G、5G、6G、7.5G 到 8.5G 完整的各世代生產線，產品線涵蓋 1.2 吋至 85 吋各種應用的顯示器面板產品，並以深厚的研發、製造經驗為基礎，持續開發新世代的先進面板產品技術，致力提供客戶各類視訊及移動產品完整解決方案，並自 2008 年起進軍綠能產業，2015 年友達光電進入製程用水全回收新紀元，龍潭廠區內「AUO GreenArk 水資源教育館」內容介紹友達光電的水資源管理策略、全回收工程技術，以及整體綠色實踐之過程。

5.3.4.2 綠色化學理念

友達在產品開發時即考量對環境永續的保護，透過「永續委員會」之運作，持續在經濟、環境、社會三領域努力發展。過去十年間，面板製程不僅用水、用電減量近一半，二氧化碳排放量大幅降低超過 60%。2015 年底龍潭廠區正式啟用全台首座自主設計整合之製程用水全回收系統，產品水足跡，因而降低約 30%，同時承諾於 2020 年達到「減水、創水、水中和」三大水資源發展目標，以積極前瞻的水資源發展策略落實環境永續發展，透過回收再回收的方式，可成功達到廢水零排放目標。友達在水資源處理技術的關鍵性突破，開發出全台製造業第 1 個廢水全回收解決方案，朝水資源 100%回收的目標努力。

5.3.4.3 綠色化學與環境績效

友達光電計劃於 2020 年達到「減水、創水、水中和」三大水資源發展目標，其中「減水」目標為生產用水強度減少 30%，透過製程技術研發及水資源處理設備效能的提升，有效減少生產用水；「創水」目標為臺中廠區每日導入 10,000 公噸再生水，響應國家水資源政策也同時提升用水自主性；「水中和」目標為龍潭廠區繼達成零排之後，透過提供供應鏈節水技術服務，整合供應鏈一同節水，致力達成水中和。

在減水指標上，2016 年在龍潭廠區導入製程零排放減水指標已由 2014 年 0.48 降至 0.4 立方公尺/單位生產面積，對於 2020 年目標在 2016 年已經完成了超過 55%。未來在再生水導入後減水 30% 的目標管理將更進一步達成。2015 年臺灣經歷了 67 年來最嚴峻的缺水危機後，社會各階層都深切體認水資源支配是刻不容緩急待解決的問題。政府首先提撥經費辦理再生水六大示範區，並將再生水法源完整盤點新增修定，期望透過穩定的民生污水源填補工業用水的缺口。對此，友達在 AUO Water2020 的

目標中，宣示臺中廠區將導入 10,000 CMD 再生水，透過實際行動，支持再生水發展。為進一步瞭解龍潭廠製程用水全回收前後水資源之耗用情形，公司採用 ISO 14046 水足跡生命週期評估準則，評估搖籃到大門之產品水足跡，包括顯示器液晶面板半成品之原物料階段和製造階段，以 2016 年第一季代表全回收後之情形，與 2014 年全回收前之基線資料比較。龍潭廠製程用水全回收前後的稀少性水足跡評估結果顯示，產品生命周期耗水量降低約 30%，包括減少 60% 的自來水消耗以及減少 13% 水處理系統的原物料使用，同時減少約 30% 污泥量、放流水的環境衝擊指標生物需氧量、化學需氧量及固體懸浮物等降低 25% 以上。友達也將持續節水管理能力，輔導供應商共同提升水處理效率，減少水資源衝擊。

友達光電股份有限公司榮獲獎項：

- 2017 榮獲第 13 屆《遠見》企業社會責任獎－以「森勁太陽能電廠專案」，獲環境友善組 首獎。
- 2016 榮獲第 12 屆《遠見》企業社會責任獎－以「全台第一座 100 %製程水回收廠房」，獲環境友善組楷模獎
- 2016 第 25 屆中華民國企業環保獎為行政院環保署舉辦，表揚具有環境保護重大績效之事業，友達光電龍潭廠因徹底落實基本法規之外，更長期投入綠色生產及環境教育，繼 2015 年獲銅級後，2016 年更榮獲銀級肯定。
- 2014 友達臺中廠區獲頒環保署環境教育場所認證。
- 2013 友達企業總部大樓獲環保署碳中和認證。
- 2013 連續四年名列中國綠色公司百強榜。
- 2012 友達光電榮獲全球第一張 ISO 14045 產品生態效益認證。

表 三十九 友達光電股份有限公司廠商訪談表

一、基本資料		填表日期：106 年 11 月 23 日		
公 司 名 稱		友達光電股份有限公司		
行 業 別		光電材料及元件製造		
地 址		32543 桃園市龍潭區渴望園區新和路 1 號		
負 責 人 名 稱		彭双浪	公 司 電 話	(03) 500-8800
聯 絡 人	姓 名	李唐	職 稱	副理
	聯絡電話	03-4078800 ext:2181	手 機	
	電子郵件	tamleester@gmail.com		
二、訪談內容				
1. 貴公司對於「綠色化學」的認知為何？ 綠色化學最主要的精神是「減少製造過程中原子的損耗率，做更有效的利用，減少廢棄物的產生」 2. 貴公司減少廢棄物產生的執行策略為何？ 友達秉持合法精神處理廢棄物，同時考量環境效益及清理成本。 處理原則優先以廢棄物可回製程再使用，其次委託合格處理或再利用廠商進行處理或回收，無適宜之處理途徑最終才以焚化或掩埋處理。其餘可再利用廢棄物如：液晶玻璃、素玻璃、稀釋劑（EBR）、丙酮、氫氟酸廢液、錫粉塵、活性碳及集塵灰等仍持續進行回收中。 廢棄物管理主要以三面向考量：合法、清理成本、環境效益，廢棄物處理模式以再利用為優先，焚化為最後手段。 以液體類廢棄物為例，先評估回到製程使用的可能，達到資源化及源頭原料節用，若無法回到製程便由處理廠商再利用為工業級原料，無再利用價值之廢溶劑及酸、鹼類才採行焚化或物理處理。 公告應回收項目之固體類廢棄物，優先朝再利用方式辦理。此外，臺灣區每年總有害廢棄物量 21,229 公噸，其中產出極少量鎳鎘電池佔總有害廢棄物量 0.08%，遵循巴塞爾公約精神由海運運往先進國家進行回收處理。 3. 貴公司於產品產出過程，如何開發「原料最大利用效率」（產率）的研發技術？ 水溶性去光阻液技術開發 水溶性去光阻液，相較傳統含 100% 溶劑的去光阻液，含 15~30% 純水操作溫度較舊型材料低 10~30℃，設備由 70℃ 降至 40℃ 可節省機台用電 15%。操作時產生的蒸發物質為純水，不需額外處理可回流至機台補充或者直接放流，沒				

有閃火點，機台相關設備不需防爆設備，無生殖性毒性，回收精餾產生的廢水 COD 遠低於溶劑系，可大幅減少廢水處理成本與污染物質的產生。另一方面，現行溶劑系去光阻液使用上會有限制，Array 部分道別無法使用，水系去光阻液則可以增加製程中的適用性，提高資源使用效率。目前龍科、臺中一到三期、后里廠區皆已導入水溶性光阻液，並已展開回收製程。

4. 貴公司於設計合成時，如何考量各單元對於環境及人體的無毒、無害性？
確保所有的人都可取得負擔得起、可靠的、永續的，及現代的能源：
在西元 2030 年以前，改善國際合作，以提高乾淨能源與科技的取得管道，包括再生能源、能源效率、更先進及更乾淨的石化燃料科技，並促進能源基礎建設與乾淨能源科技的投資。
確保永續消費及生產模式：
在西元 2030 年以前，實現自然資源的永續管理以及有效率的使用。鼓勵企業採取可永續發展的工商作法，尤其是大規模與跨國公司，並將永續性資訊納入報告週期中。
5. 貴公司於產品設計時，除了產品具有高效能功能外，如何評估毒性最小化？
友達光電之綠色產品有害物質管理政策是依據國際法規、客戶要求以及環保趨勢制定而成。
為達到材料選用對環境友善之目標，並符合國際法規及客戶規範之要求，Display Product 的綠色產品有害物質管理政策持續增加化學物質管制項目，直至 2016 年已增加至 105 類化學物質，並嚴格要求供應商必須登入友達の e 化系統"GPARS" 完成料號認證，以確保所提交之材料均符合友達所制定的「綠色產品有害物質管理規定-Display Product, AUORK-04-002」，限用或禁用列管之有害化學物質。
於 2017 年針對加州飲用水和毒物物質執行法（Proposition 65）、勞動安全衛生法和毒物及劇毒物取締法所管制之特定物質進行管控。
6. 貴公司若使用有機溶劑，應如何因應降低使用分離劑或其他輔助化學藥劑之毒性？
持續研發降低有機溶劑使用量之取代工法與技術
7. 貴公司於廠（場）內製程如何提高能源效率、降低能耗之作法有哪些？
從 2015 年到 2016 年，車用產品秉持著永續精神，針對華亞廠進行光罩製程數量之簡化，截至 2016 年底，簡化製程產品的比例已從約 50% 的比重提高到 100%，製程簡化能有效提升產能並減少製造成本，達到節能生產與節省材料的目的。
在 Array 製程中，包含薄膜/黃光/蝕刻三種主要製程，其中黃光製程多為瓶頸站點，透過光罩設計的改良優化，配合製程能力的精進，將光罩數目減少一道，不僅達到簡化製程以及節能生產，對於製造相關成本及材料也大幅地減少將近 20% 左右，產能上因此相對提升，藉此提供更具有競爭力的產品，以符合資源

重整最佳化利用。

另外為解決能源問題，致力發展潔淨能源，友達光電自 2008 年起投入太陽能光電板的研發製造生產。

8. 貴公司對於原料來源的取得，是否有使用可再生性原料？使用成效如何？

廢棄物回收再利用技術研發（可再利用廢棄物）：如液晶玻璃、素玻璃、稀釋劑（EBR）、丙酮、氫氟酸廢液、錫粉塵、活性碳及集塵灰等仍持續進行回收中。

9. 貴公司於製造程序中，如何評估副產品的減少量，避免產生不必要的衍生物？增加研發人員於技術之改善與精進。

后里廠銅蝕刻液分為高濃度及低濃度兩部分，原本高濃度銅蝕刻液採委外清運處理，低濃度銅蝕刻液則為樹脂吸附處理，再生廢液同樣以委外清運處理，造成運轉費用極高。

後續導入萃取電解技術，利用高選擇性液態樹脂萃取含銅廢液中銅離子，再由硫酸反萃取成為硫酸銅，接續以電解方式產生高純度金屬銅，不僅減少委外處理費用，較一般化混處理產生有害含銅污泥更友善環境，產生高純度銅，可資源重複利用，達到資源回收永續之目的。

后里廠於 2015 年 1~8 月銅蝕刻廢液清運費為 26,518,023 元，平均每月花費約 3,314,753 元，於 9 月導入新技術後即無銅蝕刻液清運費。

10. 貴公司是否有使用催化劑？其選擇要件為何？

無

11. 貴公司於產品設計有無考量於使用功能終結後的分解特性？

（廢棄產品進入自然生態循環的影響評估）

12. 貴公司於生產合成過程，如何實行監測和控制，以減少副產物或有害物質形成？

為落實環境政策之環境減量目標，GP 制定了 2020 減量目標，期望 VOCs 排放強度 12 能相較 2014 年的 1.56 g/m² 降低到 1.3 g/m² 內。廠內除例行性的監測與防制設備保養與汰舊換新的工程導入之外，在 2016 年原物料減量指標上，以揮發性有機物成分之物料減量為主，在此有效的源頭減量驅動力下，2016 年 VOCs 環境指標為 1.24g/m² 已達到 2020 既定目標。

友達經歷過 2015 年臺灣地區大旱，認為水資源缺乏的風險程度有可能影響工廠生產，水資源缺乏所承受之營運風險，遠大於耗水費之成本，因此積極規劃導入再生水之可行性。

13. 貴公司如何落實本質安全化學品的使用？以及減少化學事故發生可能性？

於 2017 年起動相關流程卡控機制，以達提前符合 RoHS 2.0 要求，充份展現友達對環境保護議題的重視以及執行力，達到環境友善之目標，透過與供應商的

配合合作，建立綠色供應鏈，提供低毒性、低污染的產品給予客戶，降低對環境或人體健康的危害。

14. 期許政府相關單位如何協助企業於綠色化學永續發展之推動？

15. 貴公司對於未來的「綠色化學」目標為何？

友達光電自 2015 年於龍潭廠導入物質流成本會計，透過投入與產出盤查、建構物質平衡模型、正負產品損益分析、研討物質流改善措施等，審視製程上的可能損失熱點，同時也將水資源視為材料成本之一，對製程用水零排放採用其分析工具進行水資源全流程的耗損與效益分析，2016 年透過系統化持續監控生產流程的各環節之正負產品流向，並從中檢視製程條件或生產排程改變時，各項物質與成本的流動變化與改善機會，達到經濟與環境雙贏之「綠色化學」精神。

16. 其他建議事項

表 四十 友達光電股份有限公司廠商問卷調查表

一、基本資料		填表日期：106 年 11 月 22 日		
公 司 名 稱		友達光電股份有限公司		
行 業 別		光電材料及元件製造		
公司登記地址		30078 新竹市科學工業園區力行二路 1 號		
廠 址		桃園市 32543 龍潭區渴望園區新和路 1 號		
填 表 人	姓 名	李唐	職 稱	副理
	聯絡電話	03-4078800 ext:2181	手 機	
	電子郵件	tamleester@gmail.com		
二、問卷內容				
1.請問貴公司對於「綠色化學」的基本認知為何？ ☐非常清楚 ☒清楚 ☐尚可 ☐不清楚 2.請問貴公司對於「綠色化學 12 條原則」的認知為何？ ☐非常清楚 ☒清楚 ☐尚可 ☐不清楚 3.請問貴公司對於單位產品事業廢棄物產生量、妥善處理機制、回收再利用率、廢棄物減量設計的整體性成效評估為何？				

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

4.請問貴公司對於產品產出過程，採用原料最大量進入產品比例的成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

5.請問貴公司的原料、中間產品、最終產品對於人體健康與環境之無毒、無害、成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

6.請問貴公司於產品設計時，除了產品具有高效能功能外，毒性評估的成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

7.請問貴公司對於減少使用有機溶劑，或是選用無毒無害之助劑的成效評估為何？

☐非常滿意 ☐滿意 ☒尚可 ☐尚待改進 ☐無使用有機溶劑

8.請問貴公司對於單位產品能源消耗量、能源回收率、採用節能設計的能資源節約成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

9.請問貴公司對於使用物質節約化設計、及「可再生原料」取代「可消耗原料」的成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

10.請問貴公司對於產品使用後，使用後設計化學產品分解成無害物質，使其不會積聚在環境中的成效評估為何？

☐非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☒尚待改進

11.請問貴公司對於使用高選擇性催化劑使用成效評估為何？

☐非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☒尚待改進 ☐無使用催化劑

12.請問貴公司對於污染物產生及管末處理功能（設備能力及設備異常處理機制）成效評估為何？

☒非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

13.請問貴公司對於危害物質管制措施（於生成反應前的即時監測與控制）、以及危害物質最小化成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

14.請問貴公司對於使用本質安全的化學品於減少化學事故可能性（如爆炸、火災）成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

15.請問貴公司是否有建議新增之綠色化學產品類別或產品服務項目？

☐是，新增產品類別或產品服務項目為 _____

☒否

16.請問貴公司是否已取得國內相關產品環保/綠色標章？

☐是（標章名稱：產品碳足跡 _____）

申請原因 提供予客戶

☐否

17.請問貴公司現有綠色化學產品的相關技術來源為何？

☐自行研發 ☒國內廠商技術合作 ☒國外廠商技術合作 ☒學研單位支援

☐購買國內技術 ☐購買國外技術 ☐其他_____

18.貴公司的建議與意見：

18-1.資源整合，希望化學局儘量從整合角度出發，避免多一個單位，造成重工或管轄不清楚之情形，過去新化學品申報涉及 2 各單位（環保署&勞動部）作業，就相當溝通費時

【ex 未來廢棄物議題是否也會困擾、產品再利用、源頭設計、廢棄物出處...】

18-2.供應商（化學品製造者）對於 SDS 製作的能力是否足夠，有按照 GHS 的規定

製作合理合情之 SDS，有輔導或查驗機制

18-3.同上，SDS 品管不佳，事業單位手中之 SDS 良莠不齊，倘有錯誤，事業單位對環境保護與人員健康恐有錯誤判斷，但目前並沒有機制去管理或處分錯誤之情形，實為管理一大漏洞。

18-4.雲端管理愈趨普及，大家共用資料庫之概念愈趨成熟，應該有大的管理平台，包含二維條碼應用、統一書面樣本、資料文化格式律定...等，所有供應商都統一在平台管理，透過 code 下載，資料格式一樣，避免重工 keyin，可以簡省很多管理時間

18-5.新制度：例如:優先管理化學品申報，因申報內容變動大&持續調整，建議在架構完善和蒐集多方意見後進行推動，並可增加推廣說明會場次。

單位簽章

5.3.5 臺灣永光化學工業股份有限公司

5.3.5.1 公司概況

臺灣永光化學工業股份有限公司成立於 1972 年，主要五大事業為色料化學品、特用化學品、碳粉、電子化學品、醫藥化學品，永光化學以《聖經》所啟示的真理「愛心」，做為經營企業的最高哲理。公司遵循「追求進步創新，發揚人性光輝，增進人類福祉」的經營理念，定位為提供高科技化學品及服務，與顧客共創價值，以成為對人類有貢獻的高科技化學企業集團。永光以「正派經營，愛心管理」為文化核心，善盡企業社會責任，實踐企業倫理。永光對客戶、對員工、對股東、對人類、對地球，一切的作為都出於「愛」，以兼顧「正派」與「愛心」，當做決策依據與行為準則。以「正派經營，愛心管理」為文化核心，以永續經營為使命，帶動企業持續成長，善盡企業社會責任，致力研發、生產對人類有正面價值的化學產品。

5.3.5.2 綠色化學理念

永光化學深知地球資源有限及永續發展的重要，為此訂定環境政策：「珍惜 地球資源，遵守環保規定」，並採取以下策略：1. 實施 ISO 14001 環境管理系統；2. 實施教育訓練，提升全員環保意識與能力；3. 持續改善製程，提高資源生產力；4. 推動工業減廢，落實污染預防工作；5. 研發環保技術，提升污染處理效能。也因此永光於 1996 年成為臺灣第一家取得 ISO 14001 環境管理系統認證的化學公司，永光化學珍惜地球資源，遵守環保規定，大力實施 ISO 14001、OHSAS 18001，逐步落實「2020 年的溫室氣體生態效益為 2005 年的 2.5 倍」之綠金願景，並遵循綠色化學原則，持續開發對人體及環境友善的綠色產品及發展綠色製程。以成為永續創新、提供綠色化學解決方案的全球化幸福企業。

綠金願景：2020 年的溫室氣體生態效益為 2005 年的 2.5 倍依經濟部工業局生態效益主導 21 世紀的經營理念內文中，生態效益比值為產品或服務之價值除以對環境的衝擊。永光選定產品或服務之價值為營業額；對環境的衝擊為溫室氣體排放量。集團溫室氣體生態效益(TWD/kgCO₂e)=營業額(TWD)/溫室氣體排放(KgCO₂e)為邁向永續創新、提供綠色化學解決方案的全球化幸福企業，永光化學遵循綠色化學原則：「使原子經濟最大化」永光集團訂定 2020 年原子利用率為 63%。持續開發對人體及環境友善的綠色產品及綠色製程。為使原子經濟最大化，持續改善將生產製程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。

雖然身處在看起來與環保最為衝突的化學產業，永光化學卻堅信好的化學技術，不僅能夠改善危害環境的衝擊，降低化學工廠對環境、人類產生的傷害，更能提升全體人類生活的福祉。

「所謂廢棄物，只是未經適度標示的資源」，永光化學不僅循環善用生產製程中產出的副產物，經由化學反應轉化為資源再利用。更積極運用綠色化學的原則從事研發和技術方法開發，推出更安全、更友善環境的化學產品。永光化學以「提供綠色化學解決方案」為積極努力的方向，相信從源頭開始，就充分利用原料和能源，做好化學品管理及綠色製程的研發，避免不必要的衍生物和廢棄物，就能減少管末處理以及再循環利用的資源，達到零有害物質釋放，降低對環境的衝擊。

5.3.5.3 綠色化學與環境績效

為邁向永續創新、提供綠色化學解決方案的全球化幸福企業，永光化學遵循綠色化學原則：「使原子經濟最大化」。原子利用率 100% 的含意，是產品製造過程沒有副產物生成，所有的原子都被完全利用。永光訂定原子利用率 (%) = 可銷售之化學物質總質量 / 所投入之化學物質總質量 × 100%。

永光集團訂定 2020 年原子利用率為 63%，2016 年集團註原子利用率為 58%。持續開發對人體及環境友善的綠色產品及綠色製程。為使原子經濟最大化，持續改善將生產製程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。

(1) 蒸氣冷卻水回收

蒸氣冷卻水的回收符合綠色化學原則之「預防廢棄物產出」，同時提升原子利用率。永光二廠進行蒸氣冷卻水回收。烘箱蒸氣冷凝水透過地下配管回收至專屬陰井後，將冷凝水回收輸送至硬水系統供全廠使用。

(2) 溫室氣體盤查

為了解生態效益指標之溫室氣體盤放現況，積極建立組織性溫室氣體盤查，推算工廠溫室氣體產出，以了解生產活動對環境之影響。2016 年已完成 4 個廠區溫室氣體改善盤查。其中，2005~2010 年組織性溫室氣體排放數據，經第三認證單位：立恩威國際驗證公司(DNV GL) 之稽核查證，獲頒查證聲明。2011 年起永光即進行自主性盤查。

(3) 產品碳足跡計算

為了解單位產品產生的碳排放量尋找降低碳排之機會，永光化學導入產品碳足跡的計算技術，並承諾採取積極的行動，配合商品和服務生命週期溫室氣體排放評估規範，以提升企業形象，進而成為綠色經濟的世界級化工事業集團。已於 2012~2013 年間陸續完成 4 項產品碳足跡，由立恩威國際驗證公司(DNV GL)

之外部認證，並取得 PAS 2050 和 ISO/TS 14067 查證聲明書，充分滿足客戶的需求。陸續也有多支產品已完成碳足跡盤查，未來將繼

續推行產品碳足跡盤查工作。2016 年，永光廠區依據 PAS 2050 及 ISO/TS 14067 完成 3 項產品碳足跡自主性盤查計算。

表 四十一 臺灣永光化學工業股份有限公司廠商訪談表

一、基本資料		填表日期：106 年 11 月 30 日		
公 司 名 稱		臺灣永光化學工業股份有限公司		
行 業 別		化學原料製造業		
地 址		桃園市觀音區工業三路 12 號		
負 責 人 名 稱		陳建信	公 司 電 話	(02) 2706-6006
聯 絡 人	姓 名	彭建鋒	職 稱	高級專員
	聯絡電話	(02) 2706-6006	手 機	-
	電子郵件	josephpeng@ecic.com.tw		
二、訪談內容				
1. 貴公司對於「綠色化學」的認知為何？ 「綠色化學」就是設計較為安全的化學品或是化學反應過程來取代危險物質的使用，或是盡可能的減少與排除這些危險物質對環境的衝擊。 2. 貴公司減少廢棄物產生的執行策略為何？ 永光化學將事業廢棄物分類收集後，均委託合格的清理業者及回收業者，進行清除處理或資源再利用。目前永光化學各營運據點廢棄物處理方式區分為回收再利用、焚化及掩埋等三類。其中，回收再利用的廢棄物處理量則是呈現逐年上升的趨勢。 3. 貴公司於產品產出過程，如何開發「原料最大利用效率」(產率)的研發技術？ 由於臺灣僅生產少數基礎化學原料，永光化學採購原料的進口比例達 72%。同時投入大量人力養成致力於各類化學產品之研發技術。 4. 貴公司於設計合成時，如何考量各單元對於環境及人體的無毒、無害性？ 生產製造過程是產生環境汙染的主要來源，因此永光化學持續提高能源資源利用效率，並以環境會計(Environmental Accounting) 制度來衡量具體績效。於製程、流程、物流以及自動化等項目持續推行綠色生產改善，積極精進製程研發與創新，已期望可減低對於環境及人體的無毒、無害性。 5. 貴公司於產品設計時，除了產品具有高效能功能外，如何評估毒性最小化？ 永光化學於「物質流成本會計」，並通過第一支染料產品的 ISO 14051 查證。在綠色供應鏈議題上，永光三廠在 2015 年底通過化學產業重要的永續供應鏈倡議				

組織「攜手實現可持續發展(Together for Sustainability, Tfs)」的第三方(SGS)實地稽核。我們也仿效世界級大廠的做法，開始向我們的上游供應商推動「永光化學綠色夥伴(Everlight Green Partner,EGP)」認證，期望運用我們的影響力，讓更多廠商重視地球的永續發展。

6. 貴公司若使用有機溶劑，應如何因應降低使用分離劑或其他輔助化學藥劑之毒性？

永光化學在追求進步創新的經營理念與 2020 綠金願景「成為永續創新、提供綠色化學解決方案的全球化幸福企業」下，不斷力求突破改善與精益求精，發展綠色製程。在色料產品製程段精簡與改善有機溶劑的使用，以達到清潔與環保的綠色製程。

7. 貴公司於廠（場）內製程如何提高能源效率、降低能耗之作法有哪些？

永光化學生產據點使用包含石化燃料、外購蒸氣及外購電力等能源，並以積極地態度找出節能減碳機會點（例如：次級用水再利用、改善製程降低用水、建立高壓清洗系統取代水管…等等）並實際執行。

8. 貴公司對於原料來源的取得，是否有使用可再生性原料？使用成效如何？

由於國內僅生產少數基礎化學原料，永光化學採購原料的進口比例 72%。同時投入大量人力資源積極研發尋找可再生性原料。

9. 貴公司於製造程序中，如何評估副產品的減少量，避免產生不必要的衍生物？

除了提供高品質、高性能的產品外，同時也遵循本國及他國化學品登記法規，保護人類及環境免於受有毒化學品的威脅。因此產品的研發就顯得格外重要，永光化學新產品開發依「產品開發作業程序」，在規劃階段即進行產品分析、市場調查、銷售目標、投入資源衡量、環安衛影響、無有害物質(HSF) 要求及產品開發預定時程等評估作業，從產品研發設計的原料選擇及結構／組成設計，與產品的生產、包裝、使用及回收過程，皆秉持生態效益環保理念，力求降低能源和資源損耗，以減少對環境資源的耗損和污染。

10. 貴公司是否有使用催化劑？其選擇要件為何？

目前約 90%以上的化學反應要實現工業化生產，必須採用催化劑提高其反應速率。永光化學積極開發採購新型高效、無毒無害的催化劑。

11. 貴公司於產品設計有無考量於使用功能終結後的分解特性？

（廢棄產品進入自然生態循環的影響評估）

永光化學導入產品碳足跡的計算技術，配合商品和服務生命週期溫室氣體排放評估規範，以作為廢棄產品進入自然生態影響評估，進而成為綠色經濟的世界級化工事業集團。

12. 貴公司於生產合成過程，如何實行監測和控制，以減少副產物或有害物質形成？

永光化學針對水污染、空氣污染防治等處理，訂定完整的管理與操作維護程

序書，同時確實執行，使各類設施均能發揮其最大功效。

各營運據點廢水皆經由適當的污水處理設施處理排至廠區當地專區之廢水處理廠，或直接放至承受水體，水質皆符合現行法令規定，並定期實施廢水水質檢測。

在空氣污染防治部分，則先藉由製程改善及外購汽電共生蒸氣，減少污染物的產生。汰換老舊設備而改用高效能設備，處理廢氣中的污染物，並依法規要求定期進行檢測，將空氣污染物降到最低，符合法規規範及操作守則。

13. 貴公司如何落實本質安全化學品的使用？以及減少化學事故發生可能性？
永光化學遵守歐盟自 2007 年起發佈、實施「新化學品法規(REACH)」，確實整合化學品註冊、評估、許可和限制管理，以確保化學品使用安全，並追求環境永續發展。為此，永光化學積極研發選擇安全替代化學物質，符合 REACH 法規與供應鏈廠商的要求。
14. 期許政府相關單位如何協助企業於綠色化學永續發展之推動？
15. 貴公司對於未來的「綠色化學」目標為何？
「遵守法令，推展綠色採購，以誠信原則與供應商建立夥伴關係」是永光化學的「綠色化學」目標。
目前已完成 ISO22301、ISO 9001、ISO 14001、OHSAS 18001、ISO /TS 16949 及 TIPS 等系統建置、認證與登記，並督促相關供應商配合遵守。
此外，要求供應商簽署 HSF(Hazardous Substance Free)無有害物質承諾書，透過風險評估、供應商審查與管理來檢視重要供應商的社會責任與環境績效，協助供應商提升社會責任及環境管理能力。

表 四十二 臺灣永光化學工業股份有限公司廠商問卷調查表

一、基本資料		填表日期：106 年 11 月 30 日		
公 司 名 稱		臺灣永光化學工業股份有限公司		
行 業 別		化學原料製造業		
公司登記地址		臺北市大安區敦化南路二段 77 號 6 樓		
廠 址		桃園市觀音區工業三路 12 號		
填 表 人	姓 名	彭建鋒	職 稱	高級專員
	聯絡電話	(02) 2706-6006	手 機	
	電子郵件	josephpeng@ecic.com.tw		
二、問卷內容				
1.請問貴公司對於「綠色化學」的基本認知為何？ ☒非常清楚 ☐清楚 ☐尚可 ☐不清楚 2.請問貴公司對於「綠色化學 12 條原則」的認知為何？ ☐非常清楚 ☒清楚 ☐尚可 ☐不清楚 3.請問貴公司對於單位產品事業廢棄物產生量、妥善處理機制、回收再利用率、廢棄物減量設計的整體性成效評估為何？ ☒非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 4.請問貴公司對於產品產出過程，採用原料最大量進入產品比例的成效評估為何？ ☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 5.請問貴公司的原料、中間產品、最終產品對於人體健康與環境之無毒、無害、成效評估為何？ ☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 6.請問貴公司於產品設計時，除了產品具有高效能功能外，毒性評估的成效評估為何？ ☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進				

7.請問貴公司對於減少使用有機溶劑，或是選用無毒無害之助劑的成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 ☐無使用有機溶劑

8.請問貴公司對於單位產品能源消耗量、能源回收率、採用節能設計的能資源節約成效評估為何？

☒非常滿意 ☐滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

9.請問貴公司對於使用物質節約化設計、及「可再生原料」取代「可消耗原料」的成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

10.請問貴公司對於產品使用後，使用後設計化學產品分解成無害物質，使其不會積聚在環境中的成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

11.請問貴公司對於使用高選擇性催化劑使用成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進 ☐無使用催化劑

12.請問貴公司對於污染物產生及管末處理功能（設備能力及設備異常處理機制）成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

13.請問貴公司對於危害物質管制措施（於生成反應前的即時監測與控制）、以及危害物質最小化成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

14.請問貴公司對於使用本質安全的化學品於減少化學事故可能性（如爆炸、火災）成效評估為何？

☐非常滿意 ☒滿意 ☐尚可 ☐尚待改進

15.請問貴公司是否有建議新增之綠色化學產品類別或產品服務項目？

☐是，新增產品類別或產品服務項目為 _____

☒否

16.請問貴公司是否已取得國內相關產品環保/綠色標章？

☒是（標章名稱 _____）

申請原因 _____

☐否

17.請問貴公司現有綠色化學產品的相關技術來源為何？

☒自行研發 ☐國內廠商技術合作 ☒國外廠商技術合作 ☐學研單位支援

☐購買國內技術 ☐購買國外技術 ☐其他_____

18.貴公司的建議與意見：

單位簽章	
------	--

5.4 廠商訪視綜合性分析

本計畫訪視 5 家廠商：中台資源科技股份有限公司、大愛感恩科技股份有限公司、臺灣永光化學工業股份有限公司、歐萊德國際股份有限公司、以及友達光電股份有限公司。藉由臨場訪視過程，更能瞭解此 5 家廠商目前於綠色化學執行現況。分別針對各廠商於綠色化學 12 項原則執行成效評估，詳參下表表 四十三。

表 四十三 5 家訪視廠商綠色化學 12 項原則執行成效評估表

項次	綠色化學原則	中台資源科技股份有限公司	大愛感恩科技股份有限公司	歐萊德國際股份有限公司	友達光電股份有限公司	臺灣永光化學工業股份有限公司
1	避免廢棄物產生	●	●	●	●	●
2	最大化效益	●	●	●	●	●
3	最小危害的化學合成	△	●	●	●	●
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	●	●	●	●	●

說明：● 執行成效優良

△ 執行成效尚可

* 執行成效尚待改進

— 無使用

5.5 產業於綠色化學人才需求

綠色化學相關領域工程師工作內容，如規劃綠色化學製造的整體流程、設備規格制訂、材料選用與控制設備系統整合；有別於產品製程工程師需分析生產的產品資料以釐清責任歸屬，製程技術工程師著重於制定/修訂化工製程 SOP、進料批次記錄、設備之確效計劃書及最終報告。

產業於綠色化學人才相關工作內涵，包括：

1. 確保生產線流暢，需要設置生產設備規格，並校對或調整設備參數，以符合綠色化學製程及生產的要求，故大多時間活動於生產現場。
2. 判別化學品之物性，明確掌握生產線各項操作設備功能性正常，以保證製綠色化學製程與各項設備能正常運作。以及
3. 工作需定期與現場主管檢討設備操作缺失，並隨時報告上級製程中之情況。

綠色化學人才需求具備之知識、技能與能力，彙整如表 四十四。

表 四十四 綠色化學人才需求具備之知識、技能與能力

知識	技能	能力（態度與特質）
● 化學材料特性 ● 機械力學（靜力學、動力學、流體力學） ● 生產與製程管理 ● 工程與科學技術 ● 統計學應用 ● 輸送現象 ● 化工熱力學 ● 程序控制/設置 ● 工業安全 ● 風險評估管理 ● 毒理學管理 ● 專案管理	● 生產進度管控 ● 程序控制/設置 ● 製程設計能力 ● 設備維護技術 ● 電腦軟體操作 ● 資料蒐集與分析 ● 閱讀與理解生產資料 ● 工程問題分析與解決能力 ● 英語溝通能力	● 溝通能力 ● 規劃能力 ● 主動聆聽 ● 創新能力 ● 刻苦耐勞 ● 獨立決斷性思考

其中工項配合產業綠色化學人才需求具備之知識，針對通識及專業領域規劃至少 10 學分綠色化學專業學分學程。根據專家諮詢會委員建議，學分學程需不同老師的支援，處理許多資源。因此根據表 四十四產業提出綠色化學人才需求之知識，本案搜尋化學系必選修課程，以及教育部 105 年大專校院課程資訊網資料（以通識課程搜尋關鍵字方式），交互參照上述產業需求知識、技能、能力、化學專業課程及通識課程，其中技能及能力部分主要參考通識課程，整合列出表 四十五綠色化學專業學分學程建議課程對照表，並依照期末審查委員建議，結合第 178 頁模式 2：永續發展策略加入化學教育的內容，添加相關課程如環境變遷與永續發展（2）及綠色文明與永續發展（2）。

表 四十五 綠色化學專業學分學程建議課程對照表

課程分類	專業	通識
必修	材料分析化學實驗(1) 材料化學(3) 材料化學實驗(1) 物理化學一-熱力學(3) 有機化學技術(1)	-
選修	有機材料化學(3) 奈米材料化學(3) 材料化學分析技術(3) 化學動力學(3) 化學實驗室管理(1) 化學研發中的專利技術(2) 化學實驗技術(3) 合成化學技術(2) 材料化學分析技術(3) 物理化學研究技術(3) 化學熱力學(3) 程序分析化學(3) 工業化學(2) 工業化學特論(3)	材料化學(3) 工程與科技(2) 統計學(3) 流體力學(3) 環境控制系統(2) 安全衛生教育(2) 健康風險評估(2) 工程統計軟體應用(2) 人際關係與溝通(2) 企業資源規劃(3) 知識管理與科技創新服務(2) 環境變遷與永續發展(2) 綠色文明與永續發展(2)

第六章 課程規劃設計之實際應用案例參考

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。並於 12/4 中原大學環工系教材試教，並獲得學生問卷回饋。

6.1 教材試教

課程規劃設計教材試教由徐宏德博士於 12/04 中原大學環工系課程試辦，教授課程主題依序為：生活的化學、綠色化學發展、綠色化學內涵、綠色化學 12 項原則、綠色科技。

生活化學由食、衣、住、行此四層面探討生活中涉及化學相關之面向介紹，綠色化學發展介紹綠色化學內涵、綠色化學 12 項原則及研究原因，以及產業在污染治理到污染預防的戰略轉變。後續綠色科技主要說明綠色產業與應用，講解減少資源使用量以及水資源有效利用等案例。

學員回饋上取得 50 份問卷回饋（表 四十六），比較講師與學員之間認為課程中涉及之綠色化學 12 原則差異，來確定此授課模式學生理解情形。由表 四十七問題 2 統計授課學員於此次課程中理解綠色化學 12 原則程度。發現此課程中，學員對防止廢棄物、發揮最大的原子經濟、增加能源效率、使用可再生的原料，此四項原則有較明確的認知。表 四十八統計學員對此授課內容及主題滿意度，以及在此授課前對綠色化學及其 12 原則認知程度，可知大部分同學在此課程前皆對綠色化學有大概基礎認知，以下詳細列表統計問卷問題回饋說明。

表 四十六 綠色化學教材試教回饋問卷表單

106 年度綠色化學教材試教回饋問卷						
性別： ☐ 男 ☐ 女						
1. 希望未來舉辦哪種類型的課程? ☐ 搭配園區/廠區實境導覽 ☐ 其他						
2. 聽完此次授課，請問您覺得課程中涉及綠色化學 12 原則為哪幾項? (可多選)						
☐ 1. Prevent Waste-防止廢棄物 ☐ 2. Atom Economy -發揮最大的原子經濟 ☐ 3. Less Hazardous Synthesis -設計危害性低的化學合成 ☐ 4. Design Benign Chemicals -使用較安全的溶劑和反應條件 ☐ 5. Benign Solvents & Auxiliaries -使用較安全的溶劑和反應條件 ☐ 6. Design for Energy Efficiency -增加能源效率 ☐ 7. Use of Renewable Feedstocks -使用可再生的原料 ☐ 8. Reduce Derivatives -避免化學衍生物 ☐ 9. Catalysis (vs. Stoichiometric) -使用觸媒而非化學當量的藥劑 ☐ 10. Design for Degradation -設計使用後能分解的化學藥劑和產物 ☐ 11. Real-Time Analysis for Pollution Prevention-瞬時分析以防污染 ☐ 12. Inherently Benign Chemistry for Accident Prevention-使發生意外的可能降到最低						
問題		非常 同意	同 意	普 通	不 同 意	非常 不同 意
主題	能夠增進自我綠色化學相關知識提升	☐	☐	☐	☐	☐
	主題與內容相符	☐	☐	☐	☐	☐
	主題是否淺顯易懂，能夠適當的吸收知識	☐	☐	☐	☐	☐
	主題設定佳，因合乎自身需求	☐	☐	☐	☐	☐
內容	講師講說清楚明瞭，易於理解	☐	☐	☐	☐	☐
	本研習會之講師用心準備，獲益良多	☐	☐	☐	☐	☐
	講師與觀眾有良好的互動，耐心回答觀眾之提問	☐	☐	☐	☐	☐
	研習內容吸引我的注意	☐	☐	☐	☐	☐
	授課前，對於「綠色化學」的基本認知是否清楚	☐	☐	☐	☐	☐
	授課前，對於「綠色化學 12 條原則」認知是否清楚	☐	☐	☐	☐	☐

表 四十七 教材試教問卷回饋統計-1（單位：份數）

問卷題目	女	男	總計
性別	18	32	50
1. 希望未來舉辦哪種類型的課程？			
參觀實體綠建築	1	-	1
搭配園區/廠區實境導覽	15	26	41
2. 聽完此次授課，請問您覺得課程中涉及綠色化學 12 原則為哪幾項？（可多選）			
(1) Prevent Waste-防止廢棄物	13	29	42
(2) Atom Economy -發揮最大的原子經濟	15	29	44
(3) Less Hazardous Synthesis -設計危害性低的化學合成	13	24	37
(4) Design Benign Chemicals -使用較安全的溶劑和反應條件	13	21	34
(5) Benign Solvents & Auxiliaries -使用較安全的溶劑和反應條件	11	18	29
(6) Design for Energy Efficiency -增加能源效率	15	31	46
(7) Use of Renewable Feedstocks -使用可再生的原料	17	26	43
(8) Reduce Derivatives -避免化學衍生物	12	26	38
(9) Catalysis (vs. Stoichiometric) -使用觸媒而非化學當量的藥劑	9	18	27
(10) Design for Degradation -設計使用後能分解的化學藥劑和產物	9	22	31
(11) Real-Time Analysis for Pollution Prevention-瞬時分析以防污染	10	14	24
(12) Inherently Benign Chemistry for Accident Prevention - 使發生意外的可能降到最 低	6	18	24

表 四十八 教材試教問卷回饋統計-2（單位：份數）

問卷題目	女	男	總計
3. 能夠增進自我綠色化學相關知識提升			
非常同意	6	16	22
同意	12	14	26
普通	-	1	1
4. 主題與內容相符			
非常同意	5	16	21
同意	13	14	27
普通	-	1	1
5. 主題是否淺顯易懂，能夠適當的吸收知識			
非常同意	6	9	15
同意	10	19	29
普通	2	3	5
6. 主題設定佳，因合乎自身需求			
非常同意	5	10	15
同意	12	20	32
普通	1	1	2
7. 講師講說清楚明瞭，易於理解			
非常同意	9	13	22
同意	9	15	24
普通	-	3	3
8. 本研習會之講師用心準備，獲益良多			
非常同意	11	12	23
同意	7	19	26
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	8	9	17
同意	8	17	25
普通	2	4	6
10. 研習內容吸引我的注意			
非常同意	4	9	13
同意	12	17	29
普通	1	5	6
不同意	1	-	1
11. 授課前，對於「綠色化學」的基本認知是否清楚			
非常同意	4	10	14

同意	7	10	17
普通	7	9	16
不同意	-	-	-
非常不同意	-	2	2
12. 授課前，對於「綠色化學 12 條原則」認知是否清楚			
非常同意	3	12	15
同意	7	8	15
普通	7	7	14
不同意	-	1	1
非常不同意	1	3	4

6.2 綠色化學教案設計

以下詳細說明設計綠色化學教案範例之課程名稱、課程教學目標、課程綱要說明、學習成效評估以及參考用書。

表 四十九 綠色化學教案設計

課程名稱：綠色化學概論 Course Title: Introduction of Green Chemistry
課程教學目標： 20 世紀末，我們已認識到傳統化學工業和造成環境污染脫不了關係，因而產生一門新的學科就是綠色化學。讓修習學生可獲得有關綠色化學方面的基本知識和其相關應用，以及瞭解綠色化學對於環保、節能、再生資源等觀念之重要性;包括綠色化學已成為化學首選的特徵之一，化學必須逐漸由污染環境轉變成環境友好來造福人類，所以現在迫切的任務，就是追求綠色化學的新觀念和早日實現綠色化產品。
課程綱要說明： 1. 綠色化學發展背景及原理 2. 環境問題：從管末處理到污染預防 3. 環境風險概念：評估環境命運 4. 單元操作與污染預防 5. 綠色工業來源 6. 綠色化學品的設計 7. 綠色高分子與奈米材料 8. 綠色能源材料 9. 綠色生物材料 10. 綠色農業與食品 11. 綠色建築裝飾材料 12. 綠色溶劑與無溶劑體系

13. 綠色催化 14. 綠色產品的選擇與包裝 15. 綠色化學未來發展趨勢
學習成效評估 1. 學生能瞭解綠色化學對於生態環境與永續發展之影響 2. 學生能正確瞭解綠色化學基本念與 12 項原則 3. 學員能深刻體會綠色化學於生活應用及其影響性
參考用書： 4. 綠色化學概論；梁碧峰（2011 年）；高立圖書有限公司（國際書號 ISBN：978-986-412-842-6） 初版。 5. 綠色化學：基礎與應用；梁碧峰（2011 年）；滄海書局（國際書號 ISBN：978-986-6184-71-0）。 6. 綠色化學：理念與實驗；王敏、宋志國、王秀麗（2010 年）；化學工業出版社。 7. 綠色化學原理和應用；胡常偉、李賢均（2002 年）；中國石化出版社。 8. Ahluwalia V. K., "Green Chemistry: Environmentally Benign Reactions", CRC/Taylor & Francis, 2008. 9. Tundo P., Perosa A. and Zecchini F., "Methods and Reagents for Green Chemistry" Wiley-Interscience, 2007.

第七章 大專校院綠色化學教育推動研習會

以下詳細說明 9/20 中原大學場、9/22 中興大學場、10/17 新竹場研習會及 11/22 臺北市立大學場、12/5 臺南場規劃內容，表 五十比較各場次講者主題資訊，說明會議計畫宗旨、舉辦目的、辦理單位、活動資訊、活動議程、預計成果、宣傳海報及講座簡介。共邀請 10 位講座：專家學者代表為駱尚廉 特聘教授、張瓊芬教授、蔣本基特聘教授及林弘萍教授，產業代表為 3M_臺灣明尼蘇達礦業製造股份有限公司、大愛感恩科技公司、財團法人塑膠工業技術發展中心、友達光電股份有限公司、中台資源科技股份有限公司及中國鋼鐵股份有限公司。各講授其領域位與綠色化學相關之案例予以分享。研習會議之議程海報、手冊及簽到單請詳參附件。

表 五十 大專校院綠色化學教育推動研習會各場次講者主題資訊比較表

日期	地點	講者	主題
9/20	中原大學	台灣大學 環境工程學研究所 駱尚廉 特聘教授	綠色化學與綠色科技產業
		3M_台灣明尼蘇達礦業製造股份有限公司 李國瑞經理 & 詹欣華工程師	污染防治有回報 Pollution Prevention Pays (3P) Program
		大愛感恩科技股份有限公司 陳意容博士	大愛環保與感恩科技的對話
9/22	中興大學	東海大學 環境科學與工程學系 張瓊芬教授	綠色化學的原則與應用-以綠色奈米材料之合成與應用為例
		財團法人塑膠工業技術發展中心 陳健強組長	中小企業綠色小巨人的故事
10/17	新竹科學園區	國立臺灣大學 環境工程學研究所 蔣本基 特聘教授	Green Chemistry for Cleaner Production
		友達光電股份有限公司 魏憶琳經理	綠色化學推動經驗成果分享
11/21	臺北市立大學	國立臺灣大學 環境工程學研究所 蔣本基 特聘教授	Green Chemistry for Cleaner Production
		中台資源科技股份有限公司 王嘉慶 副理	環境教育零廢棄 循環經濟在中台
12/05	臺南科學園區	國立成功大學化學系 林弘萍 教授	半導體廢液之循環經濟
		中國鋼鐵股份有限公司	綠色化學經驗分享-中鋼綠色發展策略

	吳一民 組長	
--	--------	--

7.1 中原大學場研習會

7.1.1 計畫宗旨

本計畫主要收集、了解與分析臺灣目前綠色化學於產業應用與高等教育訓練上的現況與特色，同時也希望可以藉本計畫彙集世界上推動綠色化學的方式與做法，結合國內之專家學者，凝聚共識，建立並推動綠色化學實證，導引國內產、官、學之力量來落實。

7.1.2 舉辦目的

邀集綠色化學領域中相關學界及產業代表，預計辦理 5 場次研習會配合專案訪談，針對綠色化學教育未來因應產業發展可在校園專業課程落實，設計規劃相關策略與可行方案，納入課程大綱設計案。並以推動綠色化學 12 原則為主要研習會課程與教案重點，輔以產業成功案例，以提升成效為規劃原則。

7.1.3 辦理單位

- (1) 主辦單位:行政院環境保護署毒物及化學物質局。
- (2) 執行單位:臺北市立大學。
- (3) 協辦單位:教育部、工業局、科技部、中原大學環境工程學系。

7.1.4 活動資訊

- (1) 活動日期:106 年 9 月 20 日(星期三)。
- (2) 活動時間:下午 2 時至 4 時 30 分。
- (3) 活動地點:中原大學(桃園市中壢區中北路 200 號)領導力中心會議室。
- (4) 邀請對象名單:北部綠色化學相關大專校院教師及產業。
(學校:大同大學、中原大學、文化大學、元智大學、亞洲大學、明道大學、東吳大學、臺灣大學、臺灣師範大學、中央大學、清華大學、宜蘭大學、東華大學、慈濟大學、實踐大學、政治大學、淡江大學、輔仁大學、銘傳大學)
(產業:3M 公司、大愛感恩科技公司、大武崙工業區、六堵科技園區、南港軟體園區、土城工業區、新北產業園區、瑞芳工業區、樹林工業區、新竹科學工業園區、桃園市產業園區聯合服務中心、龜山工業區、大園工業區、中壢工業區、平鎮工業區、桃園幼獅工業區、觀音工業區、林口工業區、新竹科學工業園區、新竹生物醫學園區、新竹工業區)
- (5) 參與人數:限額 40 名。
- (6) 講座簡介:專家學者代表為駱尚廉老師，產業代表為 3M 公司及大愛感恩科技公司

7.1.5 活動議程

表 五十一 中原大學場研習會議程

14:00-14:20	報到
14:20-14:30	致詞（行政院環保署化學局）
14:30-15:15	題目：綠色化學與綠色科技產業 ⇒講座：駱尚廉 特聘教授 臺灣大學 環境工程學研究所
15:15-15:25	休息時間
15:25-15:50	題目：企業執行成功案例 ⇒講座：李國瑞經理 & 詹欣華工程師 3M_臺灣明尼蘇達礦業製造股份有限公司
15:50-16:15	題目：企業執行成功案例 ⇒講座：陳意容 博士 大愛感恩科技股份有限公司
16:15-16:20	休息時間
16:15-16:30	綜合討論時間

7.1.6 講座簡介

- (1) 專家學者代表：駱尚廉特聘教授

表 五十二 專家學者代表：駱尚廉特聘教授 講座簡介

單位：國立臺灣大學-環境工程學研究所
專長： 給水工程及污水工程、水質控制、環境數學、土壤與地下水污染、環境經濟分析
研究興趣： 水及廢水處理、微波誘發技術、環境奈米材質、含重金屬污泥之減量與回收再利用、土壤及地下水污染控制、永續發展指標
學歷： 國立臺灣大學土木工程學士 國立臺灣大學土木工程碩士 臺大土木工程學博士
經歷概要： 臺灣大學環境工程研究所 特聘教授（現任） 美國史丹福大學博士後研究員

- (2) 產業代表：3M 公司

表 五十三 產業代表：3M 公司 講座簡介

講座：李國瑞經理及詹欣華工程師

產業產品介紹：

擁有超過 35 個事業單位的組織，其區分為六大事業群：消費及辦公用品、光學及圖誌產品、電子電力暨通訊產品、醫療保健用品、工業及交通運輸產品、安全、防偽暨專業防護材料

環保相關獎項：

中華民國企業環保獎、永續典範外資企業獎、綠色工廠標章

(3) 產業代表：大愛感恩科技公司

表 五十四 產業代表：大愛感恩科技公司 講座簡介

講座：陳意容博士

產業產品介紹：

主要產品為再生紡織原料包括環保再生酯粒、環保聚酯纖維、環保布料等，並製成人們日常生活中的環保再生產品。

環保相關獎項：

德國綠色產品獎 (Green Product Award)、BSI AWARD 永續治理實踐獎、國際綠色典範獎、國家永續發展獎、臺灣環保標章

7.2 中興大學場研習會

7.2.1 計畫宗旨

本計畫主要收集、了解與分析臺灣目前綠色化學於產業應用與高等教育訓練上的現況與特色，同時也希望可以藉本計畫彙集世界上推動綠色化學的方式與做法，結合國內之專家學者，凝聚共識，建立並推動綠色化學實證，導引國內產、官、學之力量來落實。

7.2.2 舉辦目的

邀集綠色化學領域中相關學界及產業代表，預計辦理 5 場次研習會配合專案訪談，針對綠色化學教育未來因應產業發展可在校園專業課程落實，設計規劃相關策略與可行方案，納入課程大綱設計案。並以推動綠色化學 12 原則為主要研習會課程與教案重點，輔以產業成功案例，以提升成效為規劃原則。

7.2.3 辦理單位

- (1) 主辦單位:行政院環境保護署毒物及化學物質局。
- (2) 執行單位:臺北市立大學。
- (3) 協辦單位:國立中興大學。

7.2.4 活動資訊

- (1) 活動日期:106 年 9 月 22 日(星期五)。
- (2) 活動時間:下午 2 時至 5 時。
- (3) 活動地點:中興大學(臺中市南區興大路 145 號) 土木環工館 407。
- (4) 邀請對象名單:中部綠色化學相關大專校院教師及產業。

(學校:東海大學、國立中興大學、國立彰化師範大學、國立暨南國際大學、國立臺中教育大學、國立雲林科技大學、國立虎尾科技大學、國立勤益科技大學、國立臺中科技大學、逢甲大學、靜宜大學、大葉大學、亞洲大學、明道大學、朝陽科技大學、弘光科技大學、建國科技大學、嶺東科技大學、中臺科技大學、南開科技大學、僑光科技大學)

(產業:財團法人塑膠工業技術發展中心、中區工業區管理處、頭份工業區、竹南工業區、銅鑼工業區、大甲幼獅工業區、臺中港關連工業區、大里工業區、臺中工業區、全興工業區、彰濱工業區、福興工業區、埤頭工業區、田中工業區、芳苑工業區、南崗工業區、竹山工業區、斗六工業區、雲林科技工業區、豐田工業區、元長工業區、雲林離島式基礎工業區)

- (5) 講座簡介:專家學者代表為東海大學環境科學與工程學系張瓊芬教授，產業代表為財團法人塑膠工業技術發展中心陳健強組長。

7.2.5 活動議程

表 五十五 中興大學場研習會議程

13:40-14:00	報到
14:00-14:10	致詞（行政院環保署化學局）
14:10-15:10	題目：綠色化學的原則與應用-以綠色奈米材料之合成與應用為例 ⇒講座：張瓊芬教授 東海大學 環境科學與工程學系
15:20-16:20	題目：中小企業綠色小巨人的故事 ⇒講座：陳健強組長 財團法人塑膠工業技術發展中心
16:30-17:00	綜合討論時間

7.2.6 講座簡介

1.1.1 專家學者代表：張瓊芬教授

表 五十六 專家學者代表：張瓊芬教授 講座簡介

單位：東海大學環境科學與工程學系
專長： 磁性、奈米材料合成、分離技術，水污染，界面科學
最高學歷： 國立臺灣大學環境工程學博士

1.1.2 產業代表：財團法人塑膠工業技術發展中心-陳健強組長

表 五十七 產業代表：財團法人塑膠工業技術發展中心 講座簡介

講座：陳健強組長
產業產品介紹： 輔導塑膠工業提昇產品品質，改善生產技術，增強研發能力以加速塑膠工業產業升級。
環保相關努力： 中小企業綠色小巨人輔導計畫 籌備推動綠色電子商務聯盟 推動「食品接觸塑膠原料源頭管理安全性驗證」

7.3 新竹場研習會

7.3.1 計畫宗旨

本計畫主要收集、了解與分析臺灣目前綠色化學於產業應用與高等教育訓練上的現況與特色，同時也希望可以藉本計畫彙集世界上推動綠色化學的方式與做法，結合國內之專家學者，凝聚共識，建立並推動綠色化學實證，導引國內產、官、學之力量來落實。

7.3.2 舉辦目的

邀集綠色化學領域中相關學界及產業代表，預計辦理 5 場次研習會配合專案訪談，針對綠色化學教育未來因應產業發展可在校園專業課程落實，設計規劃相關策略與可行方案，納入課程大綱設計案。並以推動綠色化學 12 原則為主要研習會課程與教案重點，輔以產業成功案例，以提升成效為規劃原則。

7.3.3 辦理單位

- (1) 主辦單位：行政院環境保護署毒物及化學物質局。
- (2) 承辦單位：臺北市立大學。
- (3) 協辦單位：教育部、科技部、經濟部工業局、新竹科學園區公會。

7.3.4 活動資訊

- (1) 活動日期:106 年 10 月 17 日（星期二）。
- (2) 活動時間:下午 1 時 30 分至 4 時 30 分。
- (3) 活動地點: 臺灣科學工業園區科學工業同業公會會本部（暨新竹區處）（新竹市東區展業一路 2 號） 203 會議室。
- (4) 邀請對象:北部綠色化學相關大專校院教師及產業。
- (5) 參與人數:限額 100 名。
- (6) 講座簡介:專家學者代表為國立臺灣大學環境工程學研究所蔣本基特聘教授，產業代表為友達光電股份有限公司（講座簡介如附件 3）

7.3.5 活動議程

表 五十八 新竹科學工業園區場研習會議程

13:00-13:30	報到
13:30-14:00	致詞（行政院環保署化學局） 題目：綠色化學教研案例
14:00-14:50	⇒講座：蔣本基 特聘教授 國立臺灣大學 環境工程學研究所
14:50-15:00	休息交流 題目：企業執行成功案例
15:00-15:50	⇒講座：魏憶琳經理 友達光電股份有限公司
15:50-16:00	休息交流

16:00-16:30 綜合討論

7.3.6 講座簡介

(1) 專家學者代表：蔣本基 特聘教授

表 五十九 專家學者代表：蔣本基特聘教授 講座簡介

單位：國立臺灣大學 環境工程學研究所
專長： 理化處理方法、空氣污染控制設計、環工單元操作
經歷： 國立臺灣大學碳循環永續技術與評估研究中心主任 美國普渡大學土木/環工研究所副研究員 美國阿崗國家實驗室訪問教授 美國德拉瓦大學訪問教授 美國俄亥俄州立大學訪問教授

(2) 產業代表：友達光電股份有限公司

表 六十 產業代表：友達光電股份有限公司 講座簡介

講座：魏憶琳經理
產業產品介紹： 產品涵蓋 1.2 吋至 85 吋應用廣泛的 TFT-LCD 面板，是全球少數供應大、中、小完整尺寸產品線之廠商
環保相關努力： 連續六年入選道瓊永續世界指數 名列 Oekom 評比之產業第一名 簽署「2°C 挑戰公報」 響應支持「碳定價」

7.4 臺北市立大學場研習會

7.4.1 計畫宗旨

本計畫主要收集、了解與分析臺灣目前綠色化學於產業應用與高等教育訓練上的現況與特色，同時也希望可以藉本計畫彙集世界上推動綠色化學的方式與做法，結合國內之專家學者，凝聚共識，建立並推動綠色化學實證，導引國內產、官、學之力量來落實。

7.4.2 舉辦目的

邀集綠色化學領域中相關學界及產業代表，預計辦理 5 場次研習會配合專案訪談，針對綠色化學教育未來因應產業發展可在校園專業課程落實，設計規劃相關策略與可行方案，納入課程大綱設計案。並以推動綠色化學 12 原則為主要研習會課程與教案重點，輔以產業成功案例，以提升成效為規劃原則。

7.4.3 辦理單位

- (1) 主辦單位：行政院環境保護署毒物及化學物質局。
- (2) 承辦單位：臺北市立大學。
- (3) 協辦單位：教育部、科技部、經濟部工業局、中原大學。

7.4.4 活動資訊

- (1) 活動日期:106 年 11 月 22 日（星期三）。
- (2) 活動時間:下午 1:30 至 4:30。
- (3) 活動地點:臺北市立大學 博愛校區（臺北市中正區愛國西路一號）公誠樓 2 樓第三會議室。
- (4) 邀請對象:北部綠色化學相關大專院校教師及產業。
- (5) 參與人數:限額 225 名。
- (6) 講座簡介：專家學者代表為國立臺灣大學環境工程學研究所蔣本基特聘教授，產業代表為中台資源科技股份有限公司王嘉慶副理。

7.4.5 活動議程

表 六十一 臺北市立大學場研習會議程

13:00-13:30	報到
13:30-14:00	致詞（主辦單位）
14:00-14:50	題目：綠色化學教研案例 講座：蔣本基 特聘教授 國立臺灣大學 環境工程學研究所
14:50-15:05	休息交流
15:05-15:55	題目：企業執行成功案例 講座：王嘉慶副理 中台資源科技股份有限公司
15:55-16:05	休息交流

16:05-16:25 綜合討論

7.4.6 講座簡介

(1) 專家學者代表：蔣本基 特聘教授

表 六十二 專家學者代表：蔣本基特聘教授 講座簡介

單位：國立臺灣大學 環境工程學研究所
專長： 理化處理方法、空氣污染控制設計、環工單元操作
學歷： 國立臺灣大學碳循環永續技術與評估研究中心主任 美國普渡大學土木/環工研究所副研究員 美國阿崗國家實驗室訪問教授 美國德拉瓦大學訪問教授 美國俄亥俄州立大學訪問教授

(2) 產業代表：中台資源科技股份有限公司

表 六十三 產業代表：中台資源科技股份有限公司 講座簡介

講座：王嘉慶副理
產業產品介紹： 環保再生燈管 植物生長燈 LED 亮光棒 琉璃藝品 回收玻璃再生等節能產品
環保相關努力： 全國第一家從事資源回收、取得環教場所認證之廠商。 連續七年獲得桃園縣政府評鑑為 -A 級廢棄物績優處理機構。 獲頒經濟部推動中小企業節能減碳計畫之溫室氣體查證聲明書。 獲頒經濟部工業局「101 年度能資源整合標竿企業」。

7.5 臺南場研習會

7.5.1 計畫宗旨

本計畫主要收集、了解與分析臺灣目前綠色化學於產業應用與高等教育訓練上的現況與特色，同時也希望可以藉本計畫彙集世界上推動綠色化學的方式與做法，結合國內之專家學者，凝聚共識，建立並推動綠色化學實證，導引國內產、官、學之力量來落實。

7.5.2 舉辦目的

邀集綠色化學領域中相關學界及產業代表，預計辦理 5 場次研習會配合專案訪談，針對綠色化學教育未來因應產業發展可在校園專業課程落實，設計規劃相關策略與可行方案，納入課程大綱設計案。並以推動綠色化學 12 原則為主要研習會課程與教案重點，輔以產業成功案例，以提升成效為規劃原則。

7.5.3 辦理單位

- (1) 主辦單位：行政院環境保護署毒物及化學物質局。
- (2) 承辦單位：臺北市立大學。
- (3) 協辦單位：教育部、科技部、經濟部工業局、臺南科學園區公會。

7.5.4 活動資訊

- (1) 活動日期：106 年 12 月 5 日（星期二）。
- (2) 活動時間：下午 1：30 至 4：30。
- (3) 活動地點：臺南科學園區公會（臺南科學工業園區南科三路 26 號）203 會議室。
- (4) 邀請對象：南部綠色化學相關大專院校教師及產業。
- (5) 參與人數：限額 45 名。
- (6) 講座簡介：專家學者代表為國立成功大學化學系林弘萍教授，產業代表為中國鋼鐵股份有限公司吳一民組長

7.5.5 活動議程

表 六十四 臺南科學工業園區場研習會議程

13:00-13:30	報到
13:30-14:00	致詞（主辦單位）
14:00-14:50	題目：循環經濟 講者：國立成功大學化學系 林弘萍 教授
14:50-15:05	休息交流
15:05-15:45	題目：企業執行成功案例 講座：中國鋼鐵股份有限公司

吳一民 組長

15:45-15:55 休息交流

15:55-16:15 綜合討論

7.5.6 講座簡介

(1) 專家學者代表：林弘萍 教授

表 六十五 專家學者代表：林弘萍教授 講座簡介

單位：國立成功大學化學系
專長： 孔洞材料、觸媒
經歷： 990801 ~ 迄今-國立成功大學教授 940801 ~ 990731-國立成功大學副教授 910801 ~ 940801-國立成功大學助理教授 861009 ~ 910801-中央研究院 博士後研究

(2) 產業代表：中國鋼鐵股份有限公司

表 六十六 產業代表：中國鋼鐵股份有限公司 講座簡介

講座：吳一民 組長
產業產品介紹： 鋼板產品、條鋼線材產品、熱軋產品、冷軋產品、塗鍍產品
環保相關努力： 綠色採購、綠色製程 風電事業發展委員會 為綠建築中重要結構材料之供應商

7.6 研習會與會人員組成統計圖

依據目前舉辦研習會之報名表單紀錄情形，整理與會人員組成統計圖圖 8 及表 六十七。共計 5 場次研習會，整理產、官、學三方之與會情形。可得知與會人員臺北場共 113 人、桃園場共 32 人、新竹場共 69 人、臺中場共 32 人及臺南場共 34 人。並且根據統計圖可明顯得知前 4 場均為學生參與人數較多，僅最後一場臺南科學園區為廠商參與人數較多的情況。

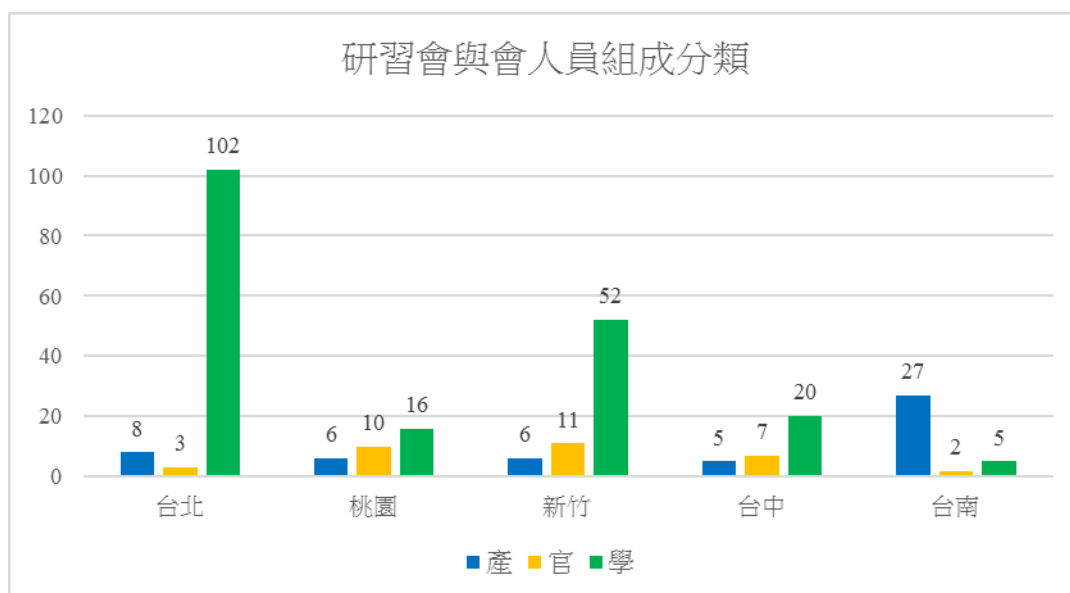


圖 8 研習會與會人員組成官、產、學分類統計（單位：人）

表 六十七 研習會與會人員組成官、產、學分類人數統計（單位：人）

場次	產	官	學	總計
臺北	8	3	102	113
桃園	6	10	16	32
新竹	6	11	52	69
臺中	5	7	20	32
臺南	27	2	5	34
總計	52	33	195	280

7.7 研習會問卷回饋統計

依據目前舉辦研習會之報名問卷收集情形，整理 175 份問卷統計，臺北場共 85 份、桃園場共 8 份、新竹場共 48 份、臺中場共 20 份及臺南場共 14 份。以下整理各場次問卷回饋列表，可得與會學員填寫問卷問題中對研習會主題、安排及內容感想回饋比較。根據表 六十八以下列表分析問卷回饋（表 六十九、表 七十），對於研習會主題、安排及內容多落於非常同意、同意與普通之間。以及詢問業界目前新進員工有哪方面的領域的缺失問題，在實作能力、職場安全常識、化學基本常識皆為可再加強之項目。

表 六十八 研習會問卷表單

研習回饋問卷		
性別： ☐ 男 ☐ 女		
身分別： ☐ 政府單位代表 ☐ 業界代表 ☐ 教師 ☐ 學生 ☐ 其他：_____		
1. 請問您如何得知此研習會訊息？ ☐ 化學局網頁 ☐ 校園公告 ☐ 公司公告 ☐ 長官/老師/同事/同儕告知 ☐ 其他_____		
2. 請問您為何想參加此研習會？ ☐ 主題有趣，吸引人 ☐ 講者有名，說話風趣 ☐ 廠商型態/規模 ☐ 對就業有幫助 ☐ 對學習有幫助 ☐ 長官/老師交代要來		
3. 希望未來舉辦哪種類型的研習會？ ☐ 搭配園區/廠區實境導覽 ☐ 其他_____		
4. 未來有相關研習會會主動參加嗎？ ☐ 一定會 ☐ 可能會，看主題/時間/地點 ☐ 不一定 ☐ 一定不會		
請針對下列問卷題目，依實際狀況勾選最適合的打✓		
問題	非常同意 同意 普通 不同意 非常不同意	
主題	能夠增進自我綠色化學相關知識提升	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	主題與內容相符	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	主題是否淺顯易懂，能夠適當的吸收知識	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	主題設定佳，因合乎自身需求	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
安排	本研習會舉辦之時間方便參加	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	地點明確，易於前往研習會場地	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	研習會場地內部規劃恰當	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	整體流程規劃流暢	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
內容	講師講說清楚明瞭，易於理解	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	本研習會之講師用心準備，獲益良多	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	講師與觀眾有良好的互動，耐心回答觀眾之提問	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
	研習內容吸引我的注意	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
如果下次還有機會參加類似活動，您還會參加嗎？		☐ ☐ ☐ ☐ ☐
業界調查： 1. 新進員工有哪方面的領域的缺失？ ☐ 實作能力 ☐ 化學基本常識 ☐ 職場安全常識 ☐ 其他：_____		

表 六十九 研習會各場次問卷回饋統計-1（單位：份數）

問卷題目	場次					總計
性別	臺北 (北市大)	桃園 (中原)	新竹 (竹科)	臺中 (中興)	臺南 (南科)	
女	49	5	23	9	4	90
男	36	3	24	12	10	85
身分別						
政府單位代表	-	-	1	-	-	1
教師	-	-	2	-	2	4
業界代表	3	-	3	1	9	16
學生	82	8	35	17	-	142
其他	-	-	6	3	3	12
1. 請問您如何得知此研習會訊息？						
公司公告	-	-	1	-	1	2
化學局 e-mail 通知	1	-	-	-	-	1
化學局網頁	1	-	-	-	-	1
長官/老師/同事/ 同儕告知	73	4	43	16	5	141
校園公告	10	4	5	5	1	25
其他	-	-	-	-	5	5
2. 請問您為何想參加此研習會？						
主題有趣，吸引人	9	3	8	5	7	32
長官/老師交代要 來	44	-	18	9	2	73
對就業有幫助	1	1	4	-	-	6
對學習有幫助	28	5	25	9	4	71
廠商型態/規模	-	1	1	-	4	6
講者有名，說話風 趣	3	2	2	1	-	8
3. 希望未來舉辦哪種類型的研習會？						
搭配園區/廠區實 境導覽	80	8	35	16	11	150
與業界相關之研 習會	-	-	-	-	1	1
語言溝通技巧	1	-	-	-	-	1
4. 未來有相關研習會會主動參加嗎？						

一定會	7	-	2	2	3	14
不一定	12	-	2	1	-	15
可能會，看主題/ 時間/地點	63	8	43	17	10	141
一定不會	2	-	-	-	-	2

表 七十 研習會各場次問卷回饋統計-2（單位：份數）

問卷題目	場次					總計
5. 能夠增進自我綠色化學相關知識提升	臺北 (北市大)	桃園 (中原)	新竹 (竹科)	臺中 (中興)	臺南 (南科)	
非常同意	24	4	21	11	5	65
同意	56	4	24	8	9	101
普通	4	-	1	1	-	6
6. 主題與內容相符						
非常同意	30	5	22	11	5	73
同意	51	3	21	8	9	92
普通	4	-	3	2	-	9
7. 主題是否淺顯易懂，能夠適當的吸收知識						
非常同意	18	4	20	8	4	54
同意	47	3	21	12	9	92
普通	19	1	4	1	1	26
不同意	1	-	-	-	-	1
8. 主題設定佳，因合乎自身需求						
非常同意	16	2	18	7	2	45
同意	52	5	19	12	11	99
普通	16	1	8	1	1	27
不同意	1	-	-	-	-	1
9. 本研習會舉辦之時間方便參加						
非常同意	17	3	19	6	2	47
同意	46	4	24	9	9	92
普通	18	1	3	5	3	30
不同意	2	-	-	-	-	2
非常不同意	2	-	-	-	-	2
10. 地點明確，易於前往研習會場地						
非常同意	25	6	21	11	4	67

同意	53	2	21	8	6	90
普通	7	-	4	2	2	15
不同意	-	-	-	-	1	1
非常不同意	-	-	-	-	1	1
11. 研習會場地內部規劃恰當						
非常同意	20	5	20	12	6	63
同意	53	3	26	7	5	94
普通	10	-	1	1	3	15
12. 整體流程規劃流暢						
同意	55	3	24	9	7	98
非常同意	24	5	21	11	6	67
普通	6	-	1	1	1	9
13. 講師講說清楚明瞭，易於理解						
非常同意	25	6	23	11	6	71
同意	50	2	22	9	8	91
普通	10	-	2	1	-	13
14. 本研習會之講師用心準備，獲益良多						
非常同意	35	6	23	11	5	80
同意	43	2	21	8	9	83
普通	7	-	2	1	-	10
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	23	5	21	10	5	64
同意	50	3	20	8	9	90
普通	11	-	4	3	-	18
不同意	1	-	-	-	-	1
16. 研習內容吸引我的注意						
非常同意	19	6	20	8	5	58
同意	47	2	25	10	9	93
普通	17	-	2	2	-	21
不同意	-	-	-	-	-	0
非常不同意	2	-	-	-	-	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	17	2	15	7	4	45
同意	51	5	26	12	9	103
普通	16	1	4	2	1	24
不同意	-	-	-	-	-	0

非常不同意	1	-	-	-	-	1
18. 新進員工有哪方面的領域的缺失？						
化學基本常識	1	-	-	-	3	4
實作能力	2	-	3	-	7	12
職場安全常識	2	-	-	1	6	9

7.8 研習會成效說明

依照本案今年度舉辦 5 場次研習會問卷回饋，以下條列說明活動成效：

- (1) 學生跨域學習
 - (a). 分區舉辦研習會，不論科系、年級及學校，對各地區對綠色化學題目有興趣的學生皆可方便參與。
 - (b). 5 場次研習會中，3 場次於學校舉辦，2 場次於科學園區內舉辦，對於學生及產業代表均可就近方便參加。
 - (c). 5 場次研習會中，共邀請 10 位講座，講授不同領域於綠色化學之應用，可使與會學員理解各領域相關應用。
- (2) 分區宣導綠色化學概念
 - (a). 各研習會均有專家學者及產業代表講座分享授課綠色化學相關經驗，使與會學員了解綠色化學概念，並藉由與會學員問卷回饋整理其對研習會主題、安排及內容的滿意度調查等。
 - (b). 使與會學員了解各產業對於綠色化學環保之應用，避免廢棄物，節省能源等作法，盡可能減少或排除產品製程中危險物質對環境的衝擊。
- (3) 取得講座分享授課綠色化學相關經驗及與會學員問卷回饋，主要期望搭配園區/廠區實境導覽，如中台資源股份有限公司等企業提供環境資源教育等參訪活動，於表 九十二中校外參訪等課程單元進行廠區實境導覽，可達加強產學鏈結之目的。
- (4) 取得與會學員希望政府輔導項目意見回饋（表 七十一），其中多為產業界有較強烈需求，以下大致分為專業輔導、後續研習會建議及其他項目列表說明。並加入表 九十二本計畫課程大綱建議參考。

表 七十一研習會各場次問卷意見回饋統整

研習會意見	內容說明
1. 專業輔導	(1) 輔導實際安全訓練 (2) 輔導增強環安衛知識 (3) 輔導基層農漁民於有害物質使用對產品的影響後果輔導
2. 研習會辦理建議	(1) 提高研習會與會人員的領域 (2) 舉辦語言溝通技巧或與業界相關之研習會
3. 其他	(1) 扶植引進國外綠色化學技術之開發（如超臨界水氧化、超臨界流體）

	(2) 廢棄塗料及噴漆之殘渣，其後續處理及再利用機構發展 (3) 有機溶劑漆氣處理方式多樣化輔導及建議
--	--

第八章 大專校院綠色化學推動專家諮詢會議

以下詳細說明 9/21 及 11/21 專家諮詢會議資訊，及列表說明會議委員意見及後續作法。第一次專家諮詢會議說明計畫背景及工作報告，討論跨單位分工與鍊結、舉辦區域研習會、可行推動綠色化學策略與創新作為等提案。第二次專家諮詢會議說明前次專家諮詢會議執行狀況，如研習會及目前蒐研綠色化學相關課程大綱比較，第二次專家諮詢會討論提案主要為綠色化學教育分級（化學專業、半專業、非專業）課程大綱和培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程內容設計。

8.1 第一次專家諮詢會議

8.1.1 專家諮詢會議資訊

- (1) 簡述說明目前大專校院綠色化學教育現況，及目前推動計畫進度。希冀推動大專校院綠色化學教育凝聚共識，建立產官學聯繫管道與進行既有資源及政策盤點，並提供後續研習會建議與想法。
- (2) 活動日期：106 年 9 月 21 日（星期四）。
- (3) 活動時間：上午 10 時至 12 時。
- (4) 活動地點：化學局（臺北市大安區大安路二段 132 巷 35 弄 1 號）b1 會議室。
- (5) 邀請委員：國立臺灣大學環境工程學研究所駱尚廉特聘教授、中央研究院化學研究所趙奕妤專任研究員、國立臺灣大學地質系劉雅瑄副教授、國立臺灣師範大學環境教育研究所張子超教授、國立中興大學土壤環境科學系張家銘教授
- (6) 活動議程（表 七十二）：

表 七十二 第一次專家諮詢會議程

9:40-10:00	報到
10:00-10:10	主席致詞（化學局長官）
	計畫背景及工作報告
	說 明：
10:10-10:20	簡述目前大專校院綠色化學教育現況，及目前推動計畫進度。希冀推動大專校院綠色化學教育凝聚共識，建立產官學聯繫管道與進行既有資源及政策盤點，另外祈求各單位對後續研習會提供建議與想法。
	提案一：跨單位分工與鍊結/串連機制建立
	說 明：
10:20-10:50	1. 於專家會議及研習會敬邀產官學各單位參加，希冀可跨單位討論推動大專校院綠色化學教育計畫。
	2. 政府部門間整合與串聯機制，討論單元式的綠色化學教育可行性。
	3. 以區域研習會方式媒合產業與學校教育，後續持續推動課程、學

	程規劃及產學合作，跨單位協助可行性。
10:50-11:20	提案二：舉辦區域研習會，凝聚共識並研擬創新作法 說明： 1. 目前擬定於 10 月中前完成 5 場次研習會。希冀此會議可以媒合產業與學校教育，後續持續推動課程、學程規劃及產學合作。初步擬訂於中原大學、新竹科學園區、中興大學、臺南科學園區、國立科學工藝博物館辦理 5 場次研習會，邀請當地綠色化學相關領域學者及綠色工廠、清潔生產認證廠商或優良環保廠商參與。 2. 於研習會媒合優良廠商提供校外參訪的機會。 3. 與產業界及教育單位討論綠色化學競賽獎項納入企業實習可行性，並與政府部門或產業界討論綠色化學競賽獎勵提供。
11:20-11:50	提案三：可行推動綠色化學策略與創新作為 說明： 1. 目前 106 年擬利用區域研習會先建立綠化應用之分享案例。建議未來舉辦綠色化學聯展。 2. 規劃上位計畫，整合各局處理相關業務，依化學局綱領工作進度，配合辦理相關業務。預定分析高中及大學相關課程、實驗與綠色化學 12 原則之關聯性，並提出可行分級（化學專業、半專業、非專業）課程大綱，提升綠色化學教育推動。 3. 107 年工作項目將與相關單位（勞動部、教育部）協商尋求職安衛共同產出綠色化學之相關教材可行性。
11:50-12:00	結論

8.1.2 專家建議及後續作法

統整駱尚廉教授、趙奕娣專任研究員、劉雅瑄副教授、張家銘教授及張子超教授專家諮詢委員及教育部、工研院、工業局及化學局各部門建議與後續作法列表 表 七十三。

表 七十三 第一次專家諮詢會議委員建議及後續作法

委員	意見	回應及辦理情形
駱尚廉教授	1. 目前仍需要調查政府部門在綠色化學之相關推廣活動或策略方案，以便進一步進行跨單位分工與鏈結。	遵照辦理。
	2. 研習會應以培養綠色化學種子為目標，今年 5 場次研習會完成後，建議可以考慮規劃 3 天 2 夜之密集研習課程，進一步規劃在試點學校建立綠色化學學程。	本案為第一年計畫，待詳細課程架構提出後仍需與教育部溝通，可分別規畫共識營或種子教師訓練營，進行密集研習課程訓練。
趙奕娣專任研究員	1. 集結現有教材，串連各領域老師，準備教育內容，建立拜訪機制，使更多人知道部門專注項目進而採用。	研習會目的即是要分區集結產業代表與專家學者，針對不同領域與團體進行溝通與意見探詢，遵照委員意見建立完整資訊，為未來課程分享儲備產業案例與授課講者資料庫。
	2. 拜訪業界如 TCIA 等公司辦理產學論壇或競賽意願，針對人才培育進行廣泛接觸。	遵照辦理。
	3. 分區宣導有其必要，各區產業特性與學校各有不同，可較符合地區需要與特性，學會也可請地區分會配合宣導並協助推動。	謝謝委員建議，將主動聯繫與分享相關研習與活動資訊。
	4. 綠色化學概念由台大化學系退休劉廣定教授首先推動，建議可邀請其參與，另對於推動本計畫深感贊同，期望建立長程計畫逐步推動。	謝謝委員意見，邀請對象會逐步納入。
劉雅瑄副教授	1. 高中職以下之綠色化學教育推動，建議可於全國科展、國際科展中設立特別獎之獎項，增加學生及老師的參與。	本項建議將與部會協商列入未來辦理之參考。

	2. 大專學生的綠色化學課程的開設，建議開授課程可於不同專業並賦予不同之課程名稱，以跨領域的方式開設，可吸引學生的目光而增加其意願，相關訓練教材可結合廠商的演講，增加學界與產業界的連結。	針對不同專業之課程將依據需求提出通識性、專業之課程綱要供教育單位與開課老師參考。
	3. 專業端的課程開設須符合業界需求，可由較專業相關的科系或產業業師來協助，加強產業的互動。	遵照辦理，初步建議已於第十三章說明。
張家銘教授	1. 綠色化學需要分子設計的基礎，化工界需要化學品製造的知識。在學校教育方面，需要考慮學生就業傾向，越早與業界接軌越好。	本項建議於計畫產業界訪視與專業知能評估上將列為重點，將實務需求列入課程設計，遵照辦理。
	2. 目前綠色化學需加深毒理的學識與工具，在此方面歐盟與美國 EPA 進展甚多。有許多工具在臺灣並未普及甚為可惜，可以在研習會中加入訓練會議，對於綠色化學中“預測毒理”工具能落實到業界，再吸引學生認知這是業界有需求而樂於學習。	感謝委員建議，相關規劃建議已於報告書第十三章說明。
	3. 最後支持廠商（如：默克、BASF）與教育部、經濟部合作競賽的舉辦，則更能加深學生對於綠色化學與業界連接的印象。	謝謝委員意見，本項建議將納入後續企業訪視與延續計畫之工作重點。
張子超教授	1. 綠色化學的內涵應該包括 (1) 化學製程和產品的環境衝擊和影響 (2) 綠色化學的概念架構和依循原則（如綠色化學 12 原則） (3) 綠色化學的實驗操作及安全衛生 (4) 綠色化學的技術發展與產業應用 (5) 綠色化學與循環社會、永續發展 建議以這 5 個子題發展綠色化學的課程。	課程大綱之編制將依委員意見辦理，已於報告書第九章說明。
	2. 綠色化學“教育”需要釐清教育目標和教學策略，選定教育目標後，	感謝委員建議，相關說明已於報告書第九章說明。

	再研擬評量工具及進行成效評估。	
教育部	1. 教育部已舉辦高中職綠色化學創意競賽，邀集高中職及以下對此有興趣的老師參與教師研習，為這幾年重點項目。其中課程有與工研院合作，未來可包裝綠色化學補助通識課程及教育訓練，提供誘因與大專校院合作。	針對高中職與大專校院推動綠色化學教育之銜接與誘因將與工研院執行單位保持聯繫與合作關係。
	2. 107 年計畫預計透過廠商提供研習、先修或獎勵的機會，鼓勵學生來參與計畫。	遵照辦理，報告書第十三章已補充說明。
	3. 以競賽方式引導學生參與創作，如化學系及化工系等科系，可以申請入學方式獎勵，並請產業界人士擔任評審委員。	遵照辦理，報告書第十三章已補充說明。
	4. 在執行模式上，人才培育計畫以台大森林系邱祈榮教授領導北區南區教學聯盟，先發展通識教育、由教育部補助大專校院申請通識課程，編寫各領域較生活化教材。後續業界宣導該項目專業技術對業界的幫助，進而協助開發科目教材或競賽活動。	遵照辦理，報告書第十三章已補充說明。
工研院	工研院 100 年已與老師協助工研院實施替代實驗，103 年已有創意競賽平台。建議未來可結合教育部一起合作。	遵照辦理，報告書第十三章已補充說明。
工業局	工業局已推動諸多綠色輔導服務，如綠色工廠等服務，建議從人才端進行服務，對教育人才端植入綠色化學的概念，會有較好的效果。	謝謝委員意見。
化學局	1. 建議其他名稱方式包裝綠色化學，以生活化方式拉近大眾對此議題關切程度。	遵照辦理
	2. 建議可針對人才端部分進行後續研習會舉辦地點之考量，擴大參與層面。	遵照辦理

8.2 第二次專家諮詢會議

8.2.1 專家諮詢會議資訊

- (1) 活動日期：106 年 11 月 21 日（星期二）。
- (2) 活動時間：上午 10 時至 12 時。
- (3) 活動地點：行政院環境保護署毒物及化學物質局（臺北市大安區大安路二段 132 巷 35 弄 1 號） b1 會議室（交通資訊如附件 1）。
- (4) 邀請委員：國立臺灣大學環境工程學研究所駱尚廉特聘教授、中央研究院化學研究所趙奕娣專任研究員、國立中興大學土壤環境科學系張家銘教授、臺北市立大學學習與媒材設計學系高翠霞教授。
- (5) 活動議程表 七十四：

表 七十四 第二次專家諮詢會議程

9:40-10:00	報到
10:00-10:10	主席致詞（化學局長官）
	工作背景及進度報告
	說 明：
10:10-10:20	簡述第一次專家諮詢會結論，及目前辦理計畫進度。希冀推動大專院校綠色化學教育凝聚共識，另外祈求各單位對後續綠色化學學分學程提供建議與想法。
	提案一：綠色化學教育分級化學專業、半專業、非專業)課程大綱
	說 明：
	1. 106 年將提出分級課程大綱，後續逐步建立完整教材，其中教材內容為接續工作中重點。
	2. 統計目前蒐研綠色化學課程大綱內容於簡報[4.5 國內綠色化學相關課程大綱比較]，綠化簡介及 12 原則為各課程出現最多課程主題（六次），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、綠化政策與發展策略、可分解化學品及自然聚合物等。
10:20-10:50	3. 期望專家諮詢會討論目前大專校院是否可依此規劃課程需求，將上述綠色化學課程單元設計分級（化學專業、半專業、非專業）課程大綱。
	提案二：培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程內容設計
	說 明：
10:50-11:20	1. 目前團隊已整理化學專業、半專業及非專業各一科系為例，整理化學相關課程學分列表簡報[4. 課程統整]部分。
	2. 預計挑選化學專業及非專業各一科系為範例展示，蒐研其化學相關課程狀況，期望於專家諮詢會討論融入綠色化學專業教材與學

分學程內容設計，以及對 107 年度課程教師訓練計畫及課程之建議。

提案三：可行推動綠色化學策略及創新作為（時間因素建議不特別討論列為報告事項，可納入綜合建議事項，收集建議）

說明：

1. 透過地區研習會強化與媒介化學界與業界之綠色化學產學合作。
2. 思考規劃以影片的方式教授綠色化學課程，並且彙整大專院校融入綠色化學之可行性。
3. 依據綠色工廠及清潔生產認證廠商所在地，並整合現有環境教育認證場域，提出區域參訪清單，可建置於綠化網頁。
4. 107 年預計規劃綠色化學相關競賽活動。吸引大家參與綠色化學競賽誘因，初部參考國際及國內現有作法。
5. 另產學媒合有助專業人才培育，鼓勵產業提供競賽獎勵。

11:50-12:00 **結論**

8.2.2 專家建議及後續作法

統整駱尚廉教授、趙奕娣專任研究員、張家銘教授及高翠霞教授專家諮詢委員及教育部、化學局等各部門建議與後續作法列表表七十五。其中計畫中提出教師訓練計畫工項，依照委員及主辦單位建議，後續訪問綠色化學相關開課老師，了解授課相關問題並請求相關建議。

表 七十五 第二次專家諮詢會議委員建議及後續作法

委員	意見	回應及辦理情形
駱尚廉教授	1. 綠色化學教育雖可依化學專業、半專業、非專業分級課程來歸類，亦可依綠色化學概論（適合通識課程）、基礎綠色化學、應用綠色化學，後兩種分別適合合理、工農醫學院開授。	感謝委員建議，已蒐集部分國內外相關公開之教程資料，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	2. 教師訓練培訓時，最好先挑選已有之優良國內外教程講授，經授課反應回饋及討論，再籌備是否開始編列綠色化學教材。	感謝委員建議，已蒐集部分國內外相關公開之教程資料，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	3. 上述之講座，可優先考慮目前已開授綠色化學相關課程之教授擔任。其中學員回饋可再整理納入編列教材思考。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
趙奕娣專任研究員	1. Systems thinking 系統思考是必要素養，應該要納入 life cycle assessment 應該要有所了解	感謝委員建議，將依系統教程及專業教程分別規劃，未來將依照老師方向納入明

		年工項討論。
	2. 基礎 toxicology 可分 human 及 ecotoxicity	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	3. 中研院永續化學科技學程內容投影片可以參考	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	4. 參考國外資料，參加 annual green chemistry engineering conferece 。可以結識老師，也有教育方向可以參考。用比較生活化的方式讓學生有持續的興趣。會再分享 2 位國外老師的訊息給工作團隊	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	5. ACS 美國化學會有 toxicology for chemists 的課。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	6. 建議可拍教學較生動的授課老師的課程影片。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	7. 早期劉廣定老師著力許多，請考慮邀請化學與化工系老師加入規劃團隊。建議與以前開課老師討論其中的困難點、經驗與瓶頸等可學習部分。	感謝委員指教，建請規劃單位明年納入考慮。
高翠霞教授	1. 分級的課程大綱，是否應先界定培養學生綠色化學的素養到何種程度？如學習目標應到何種程度等。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	2. 學程非專業、半專業及化學專業。（醫、食品科學、農學院、理、學院）依其學科專業本位，視為應用綠色化學。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	3. 教育部的推動辦公室的設立，進行人才資料庫，架構溝通平台，建立分類分級的學習指標，教材教導發展教育與推廣、教師培訓等。20 學分學程需不同老師的支援，處理許多資源。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年蒐集資料參考
	4. 綠色化學重要議題的融合，提供通識課程的開課機會，如永續發展+綠色化	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討

	學，氣候變遷+綠色化學，水與綠色化學，空品+綠色化學等。	論。
	5. 對通識課程開課名稱，可再做的命名，並與生活中食衣住行做結合，以為主軸。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
張家銘教授	1. 課程大綱建議加入：非專業-環境與綠色化學（生態衝擊），半專業-安全替代（工業應用），化學專業-安全化學品設計	遵照辦理，以納入建議課程大綱，詳請參見報告表九十二。
	2. 開設或轉成網路課程，以增加修課人數與能見度	感謝委員建議，未來可考慮納入規劃。
	3. 綠色化學與氣候變遷相關政策結合，如從碳權與碳足跡的屬面切入，提高國家政策法規對綠色化學的規範。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
教育部 繆慧娟 委員	1. 教育部明年將針對氣候變遷，得到科技部補助成立北中南教師聯盟，對種子教師進行培訓。	感謝委員意見分享。
	2. 教育部明年將對高中職創意競賽持續辦理，會結合產業參與，使學生理解業界需求。	感謝委員意見分享。
	3. 教育部綠色大學偏重議題的部分，跟綠色化學有所差距，以化學局推動較為適合。	感謝委員意見分享。
	4. 已有部分大學開設相關綠色化學課程，其中出現的問題源頭，因老師需求為推廣重點明年是否可增加討論的空間。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	5. 建議先以種子教師予以教材試教，按部就班了解老師需求及其問題，舉一試辦點，以利後續推廣。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	6. 建議設立競爭展現平台，是否可達更好效果。	感謝委員意見分享，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
化學局 謝燕儒 局長	1. 競賽平台若導入教育部、科技部、產業等，可提高其實用性。	遵照辦理。
	2. 入門通識課程，建議生活化增加修課吸	遵照辦理。

劉怡焜 組長	引力。	
	3. 提出多項 TOPIC 給老師選擇。	遵照辦理。
	4. 建議訪問開課老師，了解授課相關問題並請求相關建議。	遵照辦理。
	5. Facebook 有 Chemical life 使大眾認知化學觀念。	-
	6. 整體綠色化學的推動規劃，於教育、工業、社會各面向後續建議列出。	遵照辦理。

8.3 提出 107 年度課程教師訓練計畫及課程建議

因應專家諮詢委員提出建議，建議先訪問綠色化學相關開課老師，了解授課相關問題並請求相關訓練建議。按部就班了解老師需求及其問題，以利後續推廣教材。且建議最好先挑選已有之優良國內外教程講授，經授課反應回饋及討論，再開始籌備編列綠色化學教材。

委員建議後續可藉由教育部推動辦公室進行設立人才資料庫，架構溝通平台，建立分類分級的學習指標，教材教導發展教育與推廣、教師培訓等。需要不同老師的支援，以便後續處理許多資源。

8.4 專家諮詢會委員建議綜整

綜整第一次及第二次專家諮詢會委員建議，主要為下列 8 項。

- (1) 跨單位分工與鏈結：政府部門在綠色化學之相關推廣活動或策略方案，串連各領域老師建立拜訪機制，以便跨單位分工與鏈結。
- (2) 釐清教育目標和教學策略：釐清教育目標和教學策略，如分子設計及預測毒理等，再研擬評量工具進行成效評估。考慮學生就業傾向，盡早與業界接軌。
- (3) 鼓勵機制：建議教育部透過廠商提供研習、先修或獎勵的機會，鼓勵學生來參與計畫。
- (4) 生活化：建議其他名稱方式包裝綠色化學，以生活化方式拉近大眾對此議題關切程度。
- (5) 拜訪教師機制：已有部分大學開設相關綠色化學課程，其中出現的問題源頭，因老師需求為推廣重點，建議拜訪了解授課相關問題並請求相關建議。
- (6) 挑選已有之優良國內外教程：教師訓練培訓時，最好先挑選已有之優良國內外教程講授，經授課反應回饋及討論，再籌備是否開始編列綠色化學教材。
- (7) 通識課程：建議其他名稱方式包裝綠色化學，並與生活中食衣住行做結合，以生活化方式拉近大眾對此議題關切程度。
- (8) 未來建議：教育部的推動辦公室，進行人才資料庫，架構溝通平台，教材教導發展教育與推廣、教師培訓等。20 學分學程需不同老師的支援，處理許多資源。

第九章 培育規劃架構，融入綠色化學專業教材與學分學程內容設計

為求將綠色化學專業課程規劃融入策略，統整彙集現有大專校院相關科系學群組成，以化學專業科系、半化學專業科系及非化學專業科系各舉一例作為示範。本計畫於化學專業科系以食化學系為例，半化學專業科系以食品科學學系為例，及非化學專業科系以電機工程學系為例。

9.1 統整彙集現有大專校院相關科系學群組成

統整國內開設化學系、食品科學學系及電機工程學系之大專校院學制，並蒐研各校必選修之化學相關課程學分，及其開設學程相關化學課程學分統計比較。

9.1.1 化學專業科系-以化學系為例

9.1.1.1 國內化學系統計

教育部於 97 學年度起正式建置全國大專校院一覽表線上查詢系統，本計畫以此系統查詢國內化學專業科系資訊。以化學系為例，統計國內設立化學系學士班之大專校院，並蒐研各校化學系化學相關之學分學程之課程，共計 16 所大專校院設立化學系學士班，以下詳細列表表七十六。

表七十六 105 學年度化學系設立學士班之大專校院統計

學校名稱	學院名稱	系所名稱	學制
國立清華大學	理學院	化學系	學士班、碩士班、博士班
國立臺灣大學	理學院	化學系	學士班、碩士班、博士班
國立臺灣師範大學	理學院	化學系	學士班、碩士班、博士班
國立成功大學	理學院	化學系	學士班、碩士班、博士班
國立中興大學	理學院	化學系	學士班、碩士班、博士班
國立中央大學	理學院	化學學系	學士班、碩士班、博士班
國立中山大學	理學院	化學系	學士班、碩士班、博士班
國立高雄師範大學	理學院	化學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、碩士在職專班
國立彰化師範大學	理學院	化學系	學士班、碩士班
國立東華大學	理工學院	化學系	學士班、碩士班、博士班
東海大學	理學院	化學系	學士班、碩士班、博士班
輔仁大學	理工學院	化學系	學士班、碩士班、博士班
東吳大學	理學院	化學系	學士班、碩士班
中原大學	理學院	化學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
淡江大學	理學院	化學學系	學士班、碩士班、博士班
中國文化大學	理學院	化學系	學士班、碩士班

為了解本國化學相關課程學分設計，詳細統整上述 16 所大專校院化學系之修課情形，並蒐研其化學相關課程。以下統整列表比較各校之化學相關必修及選修課程學分，並統計化學相關課程各校修課數量及學分設計，其中必修化學課程共計約 65 門課程，選修化學課程共計 190 門課程，可知實驗課程多為 1 學分，其他化學相關專業課程多為 2 或 3 學分，可作為後續設計建議課程學分之參考，請見詳細列表（表 七十七、表 七十八）。並列出化學系開設之綠色化學相關課程，共計 7 所大專校院設立，為國立中興大學、東吳大學、東海大學、國立東華大學、清華大學、輔仁大學、及國立高雄師範大學，以下詳細列表表 八十。

表 七十七 化學系化學相關必修課程各校學分計數比較統計

課程	學分	學分	學分	學分	總計
	1	2	3	4	
分析化學	-	-	5	-	5
分析化學一	-	1	8	-	9
分析化學二	-	1	6	2	9
分析化學三	-	-	1	-	1
分析化學甲	-	-	1	-	1
分析化學實驗	7	-	-	-	7
分析化學實驗一	4	3	-	-	7
分析化學實驗二	6	1	-	-	7
化學文獻	1	-	-	-	1
化學生物學概論	-	-	1	-	1
化學實驗一	1	-	-	-	1
化學實驗二	1	-	-	-	1
化學實驗三	-	1	-	-	1
化學實驗五	-	1	-	-	1
化學實驗四	-	1	-	-	1
化學數學	-	1	5	1	7
化學數學二	-	1	-	-	1
生物分析化學	-	-	1	-	1
生物化學	-	-	2	-	2
生物化學一	-	-	2	-	2
生物化學二	-	-	1	-	1
生物化學實驗	1	1	-	-	2
有機化學	-	-	2	4	6
有機化學一	-	-	4	6	10

有機化學二	-	-	4	5	9
有機化學三	-	1	-	-	1
有機化學技術一	1	-	-	-	1
有機化學技術二	1	-	-	-	1
有機化學實驗	3	6	-	-	9
有機化學實驗一	5	1	-	-	6
有機化學實驗二	4	2	-	-	6
材料分析化學實驗	1	-	-	-	1
材料化學	-	-	1	-	1
材料化學實驗	1	-	-	-	1
物理化學	-	-	4	1	5
物理化學一	-	-	8	2	10
物理化學一-熱力學	-	-	1	-	1
物理化學二	-	-	9	1	10
物理化學二-量子化學	-	-	1	-	1
物理化學三	-	-	4	1	5
物理化學實驗	5	2	-	-	7
物理化學實驗一	6	2	-	-	8
物理化學實驗二	6	2	-	-	8
高分子化學	-	-	1	-	1
高分子化學實驗	1	-	-	-	1
基礎化學數學	-	-	1	-	1
普通化學	-	-	6	-	6
普通化學一	-	-	9	-	9
普通化學二	-	-	9	-	9
普通化學甲	-	-	1	-	1
普通化學實驗	4	3	-	-	7
普通化學實驗一	7	-	-	-	7
普通化學實驗二	7	-	-	-	7
普通化學實驗甲	-	1	-	-	1
普通物理實驗	1	-	-	-	1
普通物理學	-	-	1	-	1
無機化學	-	-	5	1	6
無機化學一	-	-	7	3	10
無機化學二	-	-	7	3	10
無機化學實驗一	1	-	-	-	1

無機化學實驗二	1	-	-	-	1
進階分析化學實驗	1	-	-	-	1
進階有機化學實驗	-	1	-	-	1
量子化學	-	-	2	-	2
電腦在化學上的應用	-	1	-	-	1

表 七十八 化學系化學相關選修課程各校學分計數比較統計

課程	學分	學分	學分	學分	總計
	1	2	3	4	
化學動力學	-	-	1	-	1
有機金屬化學概論	-	-	1	-	1
物理有機化學	-	-	1	-	1
進階分析化學	-	-	1	-	1
應用電化學	-	-	1	-	1
工業化學	-	1	1	-	2
工業化學特論	-	-	1	-	1
中學化學示範教學	-	1	-	-	1
中學化學探究教學	-	1	-	-	1
中學化學實驗教學	-	1	-	-	1
分析化學三	-	-	1	-	1
分析化學特論	-	-	1	-	1
分析化學專題研究	-	1	1	-	2
分析化學專題討論與實驗	1	-	-	-	1
分析化學數值分析	-	-	1	-	1
分析化學導論	-	-	1	-	1
化妝品化學	-	1	-	-	1
化學分離	-	-	1	-	1
化學及生物感測技術	-	-	1	-	1
化學及生物感測器	-	-	1	-	1
化學文獻	-	1	-	-	1
化學知識，發明與專利	1	-	-	-	1
化學知識的表徵與建模	-	1	-	-	1
化學研究入門一	-	1	-	-	1
化學研究入門二	-	1	-	-	1
化學研發中的專利技術	-	1	-	-	1
化學科教材教法	-	1	-	-	1
化學科教學實習	-	1	-	-	1

化學動力學	-	-	5	-	5
化學教材教法實驗	1	-	-	-	1
化學感測器	-	-	1	-	1
化學概念與學習	-	1	-	-	1
化學資訊與雲端	-	-	1	-	1
化學實驗技術一	-	-	1	-	1
化學實驗技術二	-	-	1	-	1
化學實驗室管理	-	-	1	-	1
化學數學	-	2	2	-	4
化學數學一	-	1	-	-	1
化學熱力學	-	-	3	-	3
化學鍵結概論	-	-	1	-	1
天然藥物化學	-	1	-	-	1
生物分析化學	-	-	1	-	1
生物化學	-	-	4	-	4
生物化學一	-	-	5	-	5
生物化學二	-	-	6	-	6
生物化學三	-	-	1	-	1
生物化學及實習	-	-	-	1	1
生物化學特論	-	1	2	-	3
生物化學專題研究	-	-	1	-	1
生物化學實驗	1	-	-	-	1
生物化學實驗一	1	-	-	-	1
生物化學實驗二	1	-	-	-	1
生物化學導論	-	-	1	-	1
生物有機化學	-	-	2	-	2
生物有機化學一	-	-	1	-	1
生物有機化學二	-	-	1	-	1
生物物理化學	-	-	1	-	1
生物物理化學導論	-	-	1	-	1
生物無機化學	-	-	3	-	3
立體化學	-	-	2	-	2
光化學	-	-	3	-	3
光物理與光化學	-	-	1	-	1
合成化學技術	-	1	-	-	1
有機分析化學	-	-	-	1	1

有機化學三	-	1	-	-	1
有機化學反應一	-	-	1	-	1
有機化學反應二	-	-	1	-	1
有機化學反應與機制	-	-	1	-	1
有機化學特論	-	-	2	-	2
有機化學特論一	-	1	-	-	1
有機化學特論二	-	1	-	-	1
有機化學專題研究	-	1	1	-	2
有機化學專題討論與實驗	1	-	-	-	1
有機立體化學	-	-	1	-	1
有機材料化學	-	-	1	-	1
有機金屬化學	-	1	5	-	6
有機金屬化學一	-	1	-	-	1
有機金屬化學二	-	1	-	-	1
有機藥物化學一	-	1	-	-	1
有機藥物化學二	-	1	-	-	1
材料化學	-	1	6	-	7
材料化學分析技術	-	-	1	-	1
材料化學特論	-	1	1	-	2
材料化學專題	-	-	1	-	1
材料化學實驗（研）	-	1	-	-	1
材料化學導論	-	1	1	-	2
固態化學	-	-	4	-	4
固態化學一	-	1	-	-	1
固態化學二	-	1	-	-	1
奈米化學	-	-	1	-	1
奈米化學導論	-	-	1	-	1
奈米材料化學	-	-	1	-	1
物理化學三	-	-	3	-	3
物理化學三-動力學	-	-	1	-	1
物理化學研究技術	-	-	1	-	1
物理化學特論	-	-	2	-	2
物理化學專題研究	-	1	1	-	2
物理化學專題討論與實驗	1	-	-	-	1
物理有機化學一	-	1	-	-	1
物理有機化學二	-	1	-	-	1

表面化學	-	1	2	-	3
金屬有機化學	-	-	1	-	1
金屬簇與超分子配位化學	-	-	1	-	1
界面化學	-	2	4	-	6
計算化學	-	-	3	-	3
食品化學	-	-	1	-	1
特用化學品	-	1	-	-	1
配位化學	-	1	2	-	3
高分子化學	-	1	6	-	7
高分子化學特論	-	-	1	-	1
高分子化學概論	-	-	1	-	1
高分子化學導論	-	-	1	-	1
高等生物化學一	-	-	1	-	1
高等生物化學二	-	-	1	-	1
高等有機化學	-	-	1	-	1
高等有機化學一	-	-	-	1	1
高等有機化學二	-	-	-	1	1
高等無機化學	-	-	1	-	1
產業化學一	-	-	1	-	1
產業化學二	-	-	1	-	1
無機化學特論	-	1	3	-	4
無機化學特論一	-	-	1	-	1
無機化學特論二	-	-	1	-	1
無機化學特論三	-	-	1	-	1
無機化學專題研究	-	1	1	-	2
無機化學專題討論與實驗	1	-	-	-	1
無機化學概論	-	-	1	-	1
無機化學實驗	-	1	-	-	1
無機化學實驗一	1	-	-	-	1
無機化學實驗二	1	-	-	-	1
無機反應機構	-	-	1	-	1
程序分析化學一	-	-	1	-	1
程序分析化學二	-	-	1	-	1
結構化學	-	-	1	-	1
進階分析化學一	-	-	1	-	1
進階分析化學二	-	-	1	-	1

進階分析化學三	-	-	1	-	1
進階生物化學	-	-	1	-	1
進階有機化學	-	-	1	-	1
進階物理化學	-	-	1	-	1
進階無機化學	-	-	1	-	1
量子化學	-	-	7	-	7
量子化學一	-	1	2	-	3
量子化學二	-	1	2	-	3
量子化學特論	-	-	1	-	1
微量分析化學	-	-	1	-	1
群論之化學應用	-	1	-	-	1
群論在化學上之應用	-	-	1	-	1
群論在化學上應用	-	-	1	-	1
資訊科技在化學教學的應用	-	1	-	-	1
雷射化學	-	-	1	-	1
雷射光電化學實驗	-	1	-	-	1
電分析化學	-	-	3	-	3
電化學	-	2	4	-	6
電腦在化學的運用	-	-	1	-	1
綜合應用化學	-	1	-	-	1
綠色分析化學	-	-	1	-	1
綠色化學	-	2	3	-	5
綠色化學專題	-	-	1	-	1
聚合物化學	-	-	1	-	1
聚合物化學概論	-	1	-	-	1
酵素化學	-	-	1	-	1
熱分析化學	-	-	1	-	1
膠體化學	-	-	1	-	1
應用分析化學	-	1	-	-	1
應用分析化學專題討論與實驗	1	-	-	-	1
應用化學	-	-	1	-	1
應用化學一	-	-	1	-	1
應用化學二	-	-	1	-	1
應用化學及科學教育專題研究	-	1	-	-	1

應用化學特論	-	1	-	-	1
應用化學專論	-	1	-	-	1
應用化學軟體一	-	-	1	-	1
應用化學軟體二	-	-	1	-	1
應用有機化學專題討論與實驗	1	-	-	-	1
應用物理化學專題討論與實驗	1	-	-	-	1
應用無機化學專題討論與實驗	1	-	-	-	1
營養化學一	-	1	-	-	1
營養化學二	-	1	-	-	1
環境分析化學	-	-	1	-	1
環境化學	-	2	1	-	3
環境化學一	-	1	-	-	1
環境化學二	-	1	-	-	1
環境化學導論	-	1	-	-	1
醫藥化學	-	-	3	-	3
雜環化學	-	-	1	-	1
藥妝化學概論	-	-	1	-	1
藥物化學	-	-	4	-	4
觸媒化學	-	-	3	-	3
鑑識化學	-	-	1	-	1

9.1.1.2 國內化學系綠色化學相關學分學程統計分析

為規劃綠色化學相關課程，依據各校系所網頁最新公告資訊，蒐研國內化學系學程列表分析，以配合設計綠色化學學程。表 七十九共計 3 所大專校院含 5 門學程，並列出學程之化學相關課程統計分析，共計 38 門化學相關課程，以下詳細列表。

表 七十九 各校化學系設立學程

學校	學程
中原大學	工業技術研究院材料與化所就學程
中原大學	奈米科技跨領域學分學程
淡江大學	實務應用就業學習學分學程
中國文化大學	生物技術學程
中國文化大學	環境分析學分學程

以化學專業領域來看，全國大專綠色化學開課數僅 5 校（表 八十），顯示在綠色化學單一專課的開課數上，仍有很大的發展空間。

表 八十 各校化學系綠色化學相關課程學分（必、選修）對照表

學校	課名	學分	必選修
國立中興大學	綠色分析化學	3	選修
東吳大學	綠色化學	2	選修
東海大學	綠色化學	3	選修
國立東華大學	綠色化學	2	選修
清華大學	綠色化學	3	選修
輔仁大學	綠色化學	3	選修
國立高雄師範大學	綠色化學專題	3	選修

表 八十一 化學系各校學程內化學相關課程統計

課程	中原大學	中國文化大學	淡江大學	總計
分析化學一	-	1	-	1
分析化學二	-	1	-	1
分析化學特論	-	-	1	1
分析化學實驗	-	1	-	1
化學科技講座	1	-	-	1
化學資訊與雲端	-	-	1	1
天然藥物化學	-	1	-	1
生物化學	1	-	-	1
生物化學一	1	-	-	1
生物化學二	1	-	-	1
生物化學及實習	-	1	-	1

生物化學特論	-	1	1	2
有機化學	1	-	-	1
有機化學特論	-	-	1	1
材料化學特論	-	-	1	1
材料科學	1	-	-	1
物理化學	1	-	-	1
物理化學一	1	-	-	1
物理化學二	1	-	-	1
物理化學特論	-	-	1	1
物理化學實驗一	1	-	-	1
計算化學	1	-	-	1
食品化學	-	-	1	1
高分子化學	1	-	1	2
高分子化學特論	-	-	1	1
無機化學	1	-	-	1
無機化學特論	-	-	1	1
結構化學	-	-	1	1
量子化學	-	-	1	1
微量分析化學	-	1	-	1
群論在化學上應用	-	-	1	1
電化學	-	1	-	1
電腦在化學的運用	-	-	1	1
綜合應用化學	-	-	1	1
儀器分析	1	-	-	1
應用化學講座	1	-	-	1
環境化學	-	1	-	1
藥物化學	-	-	1	1

9.1.2 半化學專業科系-食品科學學系為例

9.1.2.1 國內食品科學學系統計

教育部於 97 學年度起正式建置全國大專校院一覽表線上查詢系統，本計畫以此系統查詢國內化學相關科系資訊。以食品科學學系為例，統計國內設立食品科學學系學士班之大專校院，並蒐研各校食品科學學系化學相關之學分學程內含之課程，以利後續規畫綠色化學學分學程。

表 八十二共計 7 所大專校院設立食品科學系學士班，為國立中興大學、國立臺灣海洋大學、國立嘉義大學、國立宜蘭大學、國立金門大學、東海大學及輔仁大學。

表 八十二 105 學年度食品科學學系設立學士班之大專校院統計

學校名稱	學院名稱	系所名稱	學制
國立中興大學	農業暨自然資源學院	食品暨應用生物科技學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
國立臺灣海洋大學	生命科學院	食品科學系	學士班、進修學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
國立嘉義大學	生命科學院	食品科學系	學士班、進修學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
國立宜蘭大學	生物資源學院	食品科學系	學士班、碩士班
國立金門大學	理工學院	食品科學系	學士班、碩士班
東海大學	農學院	食品科學系	學士班、碩士班
輔仁大學	民生學院	食品科學系	學士班、碩士班

詳細統整上述 7 所大專校院食品科學學系之修課流程圖，並蒐研其化學相關課程。以下統整列表比較各校之化學相關必修及選修課程學分（表 八十三、表 八十四），其中必修化學課程共計約 38 門課程，選修化學課程共計 20 門課程，可得知國內食品科學學系化學相關課程主要皆列於必修課程上。

表 八十三 食品科學學系化學相關必修課程學分比較統計

課程中文名稱	中興大學	宜蘭大學	東海大學	金門大學	嘉義大學	臺灣海洋大學	輔仁大學
分析化學	-	2	-	-	-	-	-
分析化學一	-	3	-	-	-	-	-
分析化學二	-	-	-	2	-	3	-
分析化學實驗	1	-	1	-	1	2	-
分析化學實驗一	-	-	3	-	-	-	-
分析化學實驗二	-	-	-	2	-	-	-

水產化學一	-	-	3	-	-	-	-
生物化學	-	1	-	-	-	-	-
生物化學一	-	1	1	-	2	1	1
生物化學二	6	2	4	-	3	3	3
生物化學實驗	-	-	-	-	2	-	-
生物化學實驗一	-	2	-	2	-	-	-
生物化學實驗二	1	-	1	2	1	1	1
有機化學	3	-	3	-	3	4	-
有機化學一	3	-	3	-	-	-	4
有機化學二	-	3	-	2	-	-	-
有機化學實驗	-	2	-	-	-	-	-
物理化學	-	-	-	-	2	-	-
物理化學一	-	-	-	-	2	-	-
食品化學	-	1	-	-	-	-	-
食品化學一	-	3	-	3	-	3	-
食品化學二	-	-	-	2	-	-	1
食品化學實驗	-	-	-	1	-	-	-
基礎分析化學	-	-	-	-	-	-	2
基礎分析化學實驗	-	-	-	-	-	-	2
基礎化學	-	-	-	-	2	-	-
基礎食品分析化學	-	-	-	-	2	-	-
專題製作：食品化學與分析一	-	-	-	-	2	-	-
專題製作：食品化學與分析二	3	-	-	-	3	4	-
專題製作：食品化學與分析二	-	2	-	-	-	-	-
普通化學	-	-	-	-	-	2	-
普通化學一	-	2	-	-	-	-	-
普通化學二	-	-	-	1	1	2	-
普通化學實驗	10	-	-	-	-	-	6
普通化學實驗一	-	1	-	-	-	-	-
普通化學實驗二	-	1	-	-	-	-	-
普通化學綱要	-	-	-	3	-	-	-
普通生物化學實習	-	-	-	1	-	-	-

表 八十四 食品科學學系化學相關選修課程學分比較統計

課程中文名稱	中興 大學	宜蘭 大學	東海 大學	金門 大學	嘉義 大學	臺灣 海洋 大學	輔仁 大學
分析化學	-	-	-	2	-	-	-
分析化學實驗	-	-	-	1	-	-	-
水產化學一	-	-	-	-	-	2	-
生物化學二	-	-	-	-	-	3	-
生物化學實習	2	-	-	-	-	-	-
生物化學實驗	-	-	-	1	-	-	-
生物化學實驗二	-	1	-	-	-	-	-
有機化學實驗	-	-	-	1	-	-	-
物理化學	-	2	-	-	-	-	-
界面化學	-	-	-	2	-	-	-
食用植物功能成分化學	3	-	-	-	-	-	-
食品化學二	-	3	-	-	-	2	-
食品水質化學	3	-	-	-	-	-	-
食品毒物化學	3	-	-	-	-	-	-
食品科技基礎化學	-	-	-	-	-	-	-
食品香味化學	3	-	-	-	2	-	-
蛋白化學	-	-	-	3	-	-	-
普通化學	-	-	-	3	-	-	-
普通化學實驗操作	-	-	-	1	-	-	-
酵素化學	-	-	-	2	-	-	-

9.1.2.2 國內食品科學學系綠色化學相關學分學程統計分析

為規劃綠色化學相關課程，蒐研國內食品科學學系學程課程列表分析，以配合設計綠色化學學程。表 八十五列舉 4 所大專校院，與本案主題最相近之 12 門學程。表 八十六為表 八十五各學程之化學相關課程統計，共列舉 55 門相關課程。

表 八十五 食品科學學系各校設立學程

學校	學程
宜蘭大學	食品加工與工程實務學分學程
	食品安全與檢驗技術學分學程
	食品衛生與安全管理學分學程
東海大學	生物技術學程
嘉義大學	生命科學院共同課程
	食品基礎學程
	食品核心學程
	營養與保健食品學程
	食品微生物與生物技術學程
	食品加工與食品工程學程
	食品化學與分析學程
臺灣海洋大學	生物技術學程

表 八十六 食品科學學系各校學程內化學相關課程統計

學程內化學相關課程	宜蘭大學	東海大學	嘉義大學	臺灣海洋大學	總計
食品化學一	2	-	1	-	3
食品原料學	2	-	1	-	3
食品添加物	2	-	1	-	3
生物化學一	-	-	2	-	2
生物化學二	-	-	2	-	2
生物化學實驗一	-	-	2	-	2
生物化學實驗二	-	-	2	-	2
有機化學	-	-	2	-	2
有機化學實驗	-	-	2	-	2
食品分析一	1	-	1	-	2
食品分析二	1	-	1	-	2
食品分析實驗一	1	-	1	-	2
食品分析實驗二	1	-	1	-	2
食品化學二	1	-	1	-	2

食品加工學一	2	-	-	-	2
食品加工學二	2	-	-	-	2
食品安全風險評估與管理	2	-	-	-	2
食物性學	1	-	1	-	2
專題製作：食品化學與分析一	-	-	2	-	2
專題製作：食品化學與分析二	-	-	2	-	2
專題製作：食品化學與分析三	-	-	2	-	2
專題製作:食品加工與食品工程一	-	-	2	-	2
專題製作:食品加工與食品工程二	-	-	2	-	2
專題製作:食品加工與食品工程三	-	-	2	-	2
新興食品加工技術	2	-	-	-	2
中式米麵食加工與實習	1	-	-	-	1
分析化學一	1	-	-	-	1
分析化學二	1	-	-	-	1
分析化學特論	-	-	-	1	1
分析化學實驗一	1	-	-	-	1
化學及生物感測技術	-	1	-	-	1
生物化學	-	-	-	1	1
生物化學實驗	-	-	-	1	1
乳品加工學	-	-	1	-	1
食品加工特論	1	-	-	-	1
食品加工廠實習一	-	-	1	-	1
食品加工廠實習二	-	-	1	-	1
食品加工學	-	-	1	-	1
食品加工學三	1	-	-	-	1
食品加工學實習	-	-	1	-	1
食品乳化學	1	-	-	-	1
食品毒物學	-	-	1	-	1
食品香味化學	-	-	1	-	1
食品蛋白質加工特性與分離技術	-	-	1	-	1
食品新穎加工技術	-	-	1	-	1
蛋白化學	-	1	-	-	1

普通化學（含實驗）	-	-	-	1	1
無菌加工技術	-	-	1	-	1
飲料加工學	1	-	-	-	1
新產品開發及實習	1	-	-	-	1
熱加工技術	1	-	-	-	1
穀類加工	-	-	1	-	1
穀類加工實習	-	-	1	-	1
糖果加工技術與實習	1	-	-	-	1
醫藥化學	-	1	-	-	1

9.1.3 非化學專業科系-電機工程學系為例

9.1.3.1 國內電機工程學系統計

教育部於 97 學年度起正式建置全國大專校院一覽表線上查詢系統，本計畫以此系統查詢國內化學非本科相關科系資訊。以電機工程學系為例，統計國內設立電機工程學系學士班之大專校院，並蒐研各校電機工程學系化學相關之課程，以利後續規畫綠色化學課程參考。共計 31 所大專校院設立電機工程學系學士班，以下詳細列表表 八十七。

表 八十七 105 學年度電機工程學系設立學士班之大專校院統計

學校名稱	學院名稱	系所名稱	學制
國立清華大學	電機資訊學院	電機工程學系	學士班、碩士班、博士班
國立臺灣大學	電機資訊學院	電機工程學系	學士班、碩士班、博士班
國立臺灣師範大學	科技與工程學院	電機工程學系	學士班、碩士班
國立成功大學	電機資訊學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、碩士在職專班、博士班
國立中興大學	工學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
國立交通大學	電機學院	電機工程學系	學士班、碩士班、博士班
國立中央大學	資訊電機學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
國立中山大學	工學院	電機工程學系	學士班、碩士班、博士班
國立臺灣海洋大學	電機資訊學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
國立中正大學	工學院	電機工程學系	學士班、碩士班、博士班
國立彰化師範大學	工學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
國立臺北大學	電機資訊學院	電機工程學系	學士班、碩士班

國立嘉義大學	理工學院	電機工程學系	學士班、碩士班
國立高雄大學	工學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
國立東華大學	理工學院	電機工程學系	學士班、碩士班、博士班
國立暨南國際大學	科技學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士班、博士班、博士班
國立宜蘭大學	電機資訊學院	電機工程學系	學士班、進修學士班、碩士班
國立聯合大學	電機資訊學院	電機工程學系	學士班、碩士班
國立臺南大學	理工學院	電機工程學系	學士班、碩士班、博士班
東海大學	工學院	電機工程學系	學士班、碩士班
輔仁大學	理工學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士在職專班
中原大學	電機資訊學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
淡江大學	工學院	電機工程學系	學士班、進修學士班、碩士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
中國文化大學	工學院	電機工程學系	學士班
逢甲大學	資訊電機學院	電機工程學系	學士班、碩士班
長庚大學	工學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
元智大學	電機通訊學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
中華大學	工學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士在職專班
大葉大學	工學院	電機工程學系	學士班、進修學士班、碩士班、博士班
義守大學	電機資訊學院	電機工程學系	學士班、進修學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班
大同大學	電機資訊學院	電機工程學系	學士班、碩士班、碩士在職專班、博士班

詳細統整上述 31 所大專校院電機工程學系之修課流程圖，並蒐研其化學相關課程。統計僅 3 所大專校院因校內及系上規定修課普通化學及普通化學實驗課程，其他僅 4 所大專校院選修有化學相關課程。

因電機工程學系之學習重點並無與化學相關，因此本計畫以此學系作為綠色化學概論通識課程為示範。

表 八十八 國內電機工程學系必選修化學相關課程

學校名稱	必修	選修
國立清華大學	普通化學一	-

國立清華大學	普通化學二	-
國立清華大學	普通化學實驗一	-
國立清華大學	普通化學實驗二	-
國立成功大學	-	普通化學
國立中央大學	-	普通化學
國立臺灣海洋大學	-	電化學
國立暨南國際大學	-	基礎化學
國立聯合大學	-	普通化學
國立臺南大學	普通化學	-

9.2 國內綠色化學相關課程統整分析

依據上述大專校院課程統計，共計 10 所大專校院開設綠色化學相關課程，以下詳細列表開課課程及開課老師。

表 八十九 105 年臺灣大專校院開設綠色化學相關課程老師

校名	課程名稱	開課老師
中山醫學大學	綠色化學	趙啟民
東吳大學	綠色化學	王榮輝
東海大學	綠色化學	劉立臺
國立中正大學	綠色合成化學	周德璋
國立中興大學	永續環境綠色化學	張家銘
國立中興大學	綠色化學及技術	朱哲毅
國立高雄師範大學	綠色化學研究（一）	楊慶成/謝明穆
國立高雄師範大學	綠色化學研究（二）	張玉珍/謝明穆
國立嘉義大學	綠色化學與工程	李茂田
淡江大學	綠色化學	彭晴玉
輔仁大學	綠色化學	劉立臺
靜宜大學	綠色化學概論	翁榮源
靜宜大學	綠色科技化學	林花安
靜宜大學	綠色環境化學教育	翁榮源

蒐研綠色化學課程大綱列表分析，以下詳細列表各大專校院開設綠色化學相關課程大綱（表九十、表九十一）。

表九十 綠色化學課程大綱比較-1

課程名稱	綠色化學	綠色化學	綠色化學	綠色科技化學	綠色化學概論	綠色環境化學教育
學校週次	東吳大學	東海大學	輔仁大學（碩士）	靜宜大學	靜宜大學	靜宜大學（碩士）
1	課程簡介說明	1 Principles of Green Chemistry 2. Solid Acids and Bases as Catalysts 3. Green Solvents 4. Degradable Chemicals and Natural Polymers 5. Organic Reactions in Water	綠色化學之原理及評價方法	課程介紹	課程內容一般介紹	課程介紹
2	搶救地球 – 環保意識的興起		綠色試劑及藥品	綠色化學的定義及演進	地球家園的永續發展	綠色化學的定義及演進
3	氣候異象 – 全球暖化的挑戰		綠色試劑及藥品	綠色化學的 12 項原則	全球氣候變遷	綠色化學的 12 項原則
4	能源危機 – 沒有石油的明天		綠色氧化劑及還原劑	綠色化學的 12 項原則	全球氣候變遷與臺灣生態	綠色化學的 12 項原則
5	綠能革命 – 永續能源的開發		綠色氧化劑及還原劑	化學產業對環境生態的衝擊	傳統石化產業對環境生態的衝擊	化學產業對環境生態的衝擊
6	綠能地球 – 全球綠能發展契機		調整放假	化學產業對環境生態的衝擊	環境荷爾蒙－生活中隱形殺手	化學產業對環境生態的衝擊
7	學術交流週		綠色催化劑及生物催化劑	綠色科技定義及管理	塑膠產品對環境的衝擊	綠色科技定義及管理
8	期中測驗		綠色催化劑及生物催化劑	環保和節約能源	毒化物的蹤跡	環保和節約能源
9	建設未來 – 替代	期中考試週	綠色催化劑及生物	期中考	確認各組期末主題	期中考

	性能源		催化劑		單元報告綱要	
10	無可避免的二氧化碳排放 – 溫室氣體的處理	6 Metal-Catalytic Reactions and Reagents 7. Organocatalysts 8. Enzyme Catalyzed Reactions 9. Enviromentally Benign Drug Process	綠色催化劑及生物催化劑	再用原料與再生原料	綠色化學 12 原則簡介	再用原料與再生原料
11	綠色意識 – 環保生態建築		藥物綠色製程	再用原料與再生原料	再用原料與再生原料	再用原料與再生原料
12	永續發展 – 再生能源及資源再利用		藥物綠色製程	綠色能源	臺灣能源現況與環境	綠色能源
13	新興能源工業 – 頁岩氣開發		個案討論	綠色能源	當石油用盡時的世界	綠色能源
14	期末測驗		個案討論	綠色化學	綠色替代能源(一)	綠色化學
15	-		個案討論	綠色化學	綠色替代能源(二)	綠色化學
16	-		個案討論	綠色產品	綠色化學分組報告 1	綠色產品
17	-	學期考試週	個案討論	綠色科技發展策略	綠色化學分組報告 2	綠色科技發展策略
18	-	-	個案討論	期末考	繳交個人學習檔案、期末成果展示	期末考

表 九十一 綠色化學課程大綱比較-2

課程 名稱	綠色化學與工程	永續環境綠色化學	綠色化學研究（一）	綠色化學研究（二）
學校 週次	嘉義大學(碩士)	中興大學	國立高雄師範大學（碩士）	國立高雄師範大學（碩士）
1	Introduction to Green Chemistry.	永續環境發展簡介	Introduction of the rules in Lab.	Introduction of the rules in Lab.
2	Newer Synthetic Methods.	綠色化學簡介(I)	Fundamental skills in Lab. Works (I)	Fundamental skills in Lab.
3	Newer Synthetic Methods	綠色化學簡介(II)	Fundamental skills in Lab. Works(II)	Fundamental skills in Lab.
4	Alternate Solvents	綠色溶劑介紹(I)	Fundamental skills in Lab. Works(III)	Fundamental skills in Lab.
5	Alternate Solvents	綠色溶劑介紹(II)	Fundamental skills in Lab. Works(IV)	Fundamental skills in Lab.
6	Catalysis and Green Chemistry	新穎材料介紹(I)	Fundamental skills in Lab. Works(V)	Fundamental skills in Lab.
7	Introduction to Green Engineering	新穎材料介紹(II)	Assign the research topics	Assign the research topics
8	Inherent Safety	綠色化學對土壤環境保育之重要性(I)	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published
9	Inherent Safety	綠色化學對土壤環境保育之重要性(II)	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published

10	Mid-exam.	替代能源介紹(I)	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published
11	Alternate Energy Sources	替代能源介紹(II)	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published
12	Alternate Energy Sources	綠色化學國際發展政策(I)	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published
13	Process and Operations	綠色化學國際發展政策(II)	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published
14	Process and Operations	永續環境綠色化學應用實例(I)	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published
15	Industrial Examples	永續環境綠色化學應用實例(II)	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published
16	Industrial Examples	期末報告	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published
17	Future Trends	-	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research re

			research results and recent published	sults and recent published
18	Final-Exam	-	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published	Lab. work on the assigned research topics. Group discussion of recent research results and recent published

統計上述綠色化學課程內容，綠化簡介及 12 原則為各課程出現最多課程主題（六次），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、綠化政策與發展策略、可分解化學品及自然聚合物等，依據上述課程主題頻率及表 四十四產業需求人才說明，交互參照上述資訊融入其所需課程規劃（表 九十二）。

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，並根據第二次專家諮詢會委員意見，加入化學專業-安全化學品設計、半專業-安全替代（工業應用）、非專業-環境與綠色化學（生態衝擊）等個別建議課程，將上述綠色化學課程單元融入其所需課程規劃（表 九十二）。並且根據期末審查委員建議，另新添兩欄“廠商訪視人才需求建議”及“蒐研課程大綱出現次數”，交互參照表 四十四產業人才需求、國外著重實驗教程融入綠色及良性製程、安全替代（工業應用）、再生原料、綠色能源/再生能源、安全化學品設計、工業應用案例等課程，予以參考。

融入研習會、訪視廠商所得回饋及 Burmeister 等(2012)教學模式，如模式 1：進行學術領域或產業界的實作和模式 2：將永續發展策略加入化學教育的內容。如以介紹工業應用案例及校外參訪之教學方式，並介紹國際綠色化學發展策略與政策，使學生了解目前產業應用以及目前國際對於綠色化學的態度及後續發展等，開擴學生眼界並連繫業界之需求，使學生了解就業應有之技能，以達後續幫助學生就業、上位計畫之連接以及大專與業界之間培養人才，增強臺灣之企業之競爭力之目的。

表 九十二 本計畫建議綠色化學課程大綱規劃方案

主題	課程內容	課程大綱出現次數（總計 10 門課）	化學專業 3 學分/學期	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	6	◎	◎	◎	◎		
2	綠色化學定義及發展	6	◎	◎	◎	◎		
3	非專業-環境與綠色化學（生態衝擊）	6	◎	◎			✓	
4	綠色化學的 12 項原則 (I)	2	◎	◎				
5	綠色化學的 12 項原則 (II)	2	◎	◎				
6	綠色溶劑	3	◎					
7	綠色催化（重金屬及有機分類）	3	◎					
8	綠色及良性製程	2	◎	◎				✓
9	半專業－安全替代（工業應用）	4	◎	◎			✓	✓
10	可分解化學品及自然聚合物	1	◎					
11	再生原料	3	◎					✓
12	綠色能源/再生能源	6	◎					✓
13	化學專業-安全化學品設計	1	◎				✓	✓
14	工業應用案例 (I)	3	◎	◎	◎			✓
15	工業應用案例 (II)	3	◎					✓

16	國際綠色化學發展策略與政策	5	◎	◎	◎	◎		
17	校外參訪	-	◎	◎	◎	◎		✓
18	校外參訪	-	◎					✓
19	分組專題報告	4	◎	◎	◎	◎		

表 九十三 綠色化學課程參考資料比較

學校	課程名稱	參考資料
東吳大學	綠色化學	1. <i>Advances in Hydrogen Production, Storage and Distribution</i> , Basile, Angelo/Iulianelli, Adolfo, Elsevier Science Ltd.
		2. <i>Renewable Hydrogen Technologies: Production, Purification, Storage, Applications and Safety</i> , Gandia, Luis M./Arzamedi, Gurutze/Diequez, Pedro M., Elsevier Science Ltd.
東海大學	綠色化學	1. <i>Green Chemistry and Catalysis</i>
		2. <i>Roger Arthur Sheldon, Isabel Arends, Ulf Hanefeld</i>
		3. <i>Wiley-Interscience: New York, 2007</i>
輔仁大學	綠色化學	1. <i>powerpoint materials</i>
		2. <i>Green Chemistry and Catalysts</i>
靜宜大學	綠色科技化學	1. 梁碧峰 著，《綠色化學概論》，高立圖書，民 100。
		2. Rachel Carson 著，李文昭譯，《寂靜的春天》，臺中：晨星出版社，民 88。
		3. 劉廣定, ”簡介永續化學”, 科學月刊, 385, 386, 387 期合訂本, 2003.
		4. 綠色化學的產業技術，阮國棟等，化學，2007, Vol. 65, pp. 343-354.
靜宜大學	綠色化學概論綠色環境化學	1. Manahan, S. 著，余伍洲等人編譯，《環境化學》，CRC Press，高立圖書，民 100。
		2. 梁碧峰 著，《綠色化學概論》，高立圖書，民 100。
		3. Sanjay K. Sharma, S. K. & Mudhoo. A, (Editor) <i>Green Chemistry for Environmental Sustainability</i> , CRC Press,

	教育	(2010).
		4. Rachel Carson 著，李文昭譯，《寂靜的春天》，臺中：晨星出版社，民 88。
		5. 劉廣定，”簡介永續化學”，科學月刊, 385, 386, 387 期合訂本, 2003.
		6. 綠色化學的產業技術，阮國棟等，化學, 2007, Vol. 65, pp. 343-354.
		7. Manahan, S. Green Chemistry and Sustainable Science and Technology: A Brief Introduction, ChemChar (2010).
		8. Manahan, S. Water Chemistry: Green Science and Technology of Nature's Most Renewable Resource, CRC Press, (2010).
		9. Holmes Rolston, III 著，王瑞香譯，《環境倫理學－對自然界的義務與自然界的價值》，臺北：國立編譯館，1998（民 87）
嘉義大學	綠色化學 與工程	1. 江彥政、陳怡伶、黃光亮、翁珮怡，(2011)，綠地空間對鄰近民眾健康之影響，造園景觀學報，17(3)，23-40。
		2. 江哲銘、陳星皓、潘智謙，(2009)，永續校園實質環境評估指標之研究－以臺灣國民小學為例，建築學報，67，1-23。
		3. 吳雨衡、吳佩玲，(2015)，探討雨水花園於永續校園中之發展－可行性評估與校園空間型態之關係，農業經濟叢刊，21(1&2)，257-297。
		4. 呂罡銘、林憲德、張子瑩、孫振義，(2013)，夏季臺北都市區域土地覆蓋與地表輻射熱平衡之關係，都市與計畫，40(4)，385-412。
		5. 林信輝、張俊彥，(2005)，景觀生態與植生工程規劃設計，臺北，明文書局。
		6. 張俊彥、洪佳君、曾心嫻，(2001)，景觀建築及土地使用計畫之景觀生態原則，臺北，地景。
		7. 郭瓊瑩，(2003)，水與綠網絡規劃理論與實務，臺北，詹氏書局。
		8. 郭瓊瑩、葉佳宗，(2011)，自景觀生態取向之綠色基盤系統建設探討氣候變遷回應之城市治理，城市學學刊，2(1)，31-63。
		9. Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. Landscape and Urban Planning, 97, 147-155.

		10. Camerona, R. W. F., Blanus, T., Taylor, J. E., Salisbury, A., Halstead, A. J., Henricot, B., & Thompson, K. (2012). <i>The domestic garden – Its contribution to urban green infrastructure</i>. <i>Urban Forestry & Urban Greening</i>, 11, 129-137. 11. James, P., Tzoulas, K., Adams, M. D., Barber, A., Box, J., Breuste, J., & Elmqvist, T., et al. (2009). <i>Towards an integrated understanding of green space in the European built environment</i>. <i>Urban Forestry & Urban Greening</i>, 8, 65-75. 12. Landscape Institute. (2013). <i>Public Health and Landscape: Creating healthy places</i> Landscape Institute: London. 13. Natural England (2009). <i>Green Infrastructure Guidance</i>. 14. Raji, B., Tenpierik, M. J., van den Dobbelsteen, A. (2015). <i>The impact of greening systems on building energy performance: A literature review</i>. <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>, 45, 610-623. 15. Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). <i>Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review</i>. <i>Landscape and Urban Planning</i>, 81, 167-178. 16. Wolcha, J. R., Byrne, J., & Newell, J. P. (2014). <i>Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities ‘just green enough’</i>. <i>Landscape and Urban Planning</i>, 125, 234-244.
中興大學	永續環境 綠色化學	Sanjay K. Sharma and Ackmez Mudhoo, 2010, <i>Green Chemistry for Environmental Sustainability</i> , CRC Press.
國立高雄師 範大學	綠色化學 研究(一)	<i>Individual topics for each student</i>
國立高雄師 範大學	綠色化學 研究(二)	期刊論文

第十章 綠色化學教程規劃

適合大專校院推動之綠色化學教程規劃，為本計畫關鍵課題之一。根據本計畫所蒐集大專校院之綠色化學課程，可以發現，目前綠色化學課程，多開設於專業化學相關系所。而本計畫所規劃之推動對象，是否以目前既有的推動為基礎，抑或需擴大對象，則需將本計畫委託單位行政院環境保護署毒物及化學物質局（以下簡稱化學局）之業務職掌一併納入考量。

10.1 適合化學局推展之綠色化學教育範疇

根據化學局規劃中之「我國化學物質管理政策綱領」（草案），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，並就國家治理、降低風險、管理量能、知識建立以及跨境管理等重要領域，建立化學管理五項關鍵能力為施政目標，期能透過政府政策引導及資源挹注，有效強化化學物質安全管理，保護人體健康與環境不受化學物質使用所產生的風險威脅。並與國際接軌，增進國際化學物質正確使用在安全貿易的競爭力，推動永續發展。

在這五項關鍵能力，其中之「知識建立」，之施政目標為「提高全民意識、共同監測管制。將強化國民對化學物質之正確認知，以發揮公民監督機制。」，其推動策略為：

- (1) 強化企業社會責任，導正媒體與利害相關者對危害化學物質之認知。
- (2) 強化社區知情權，促進資訊交流與協調合作，建立培訓和基礎設施。
- (3) 落實社區與學校之全民教育，建立對化學物質之正確認識。
- (4) 提升民間社會與公眾利益，促進非政府組織參與。

綜合上述，本計畫所欲推動大專校院綠色化學，其對象似應由化學專業系所，擴大到各種系所類科。以符合提高全民意識之目標，強化國民對化學物質之正確認知，確實發揮公民監督之機制。而化學局對化學物質管理之願景為「有效管理化學物質，建構健康永續環境」，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。

10.2 綠色化學內涵與推廣方式

Burmeister 等(2012)在其「永續教育與化學教育(Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education)」一文中提到(Burmeister, Rauch et al. 2012)，要將永續教育融入到化學教育，應該滿足幾項要點：

- (1) 必須是跨領域跟整體的：ESD 要融入化學教育中，並非一個獨立的主題。
- (2) 環境倫理等價值觀必須融入。
- (3) 包含對永續發展的批判性思考與問題解決方式。
- (4) 應以多元的方式進行教學（文字、藝術、戲劇、展演等）。
- (5) 可以決策參與的學習方式進行。
- (6) 專注在生活化的應用。

- (7) 強化在地的關聯性。
- (8) 是故，考慮到永續的化學教育，應注意：
- (9) 僅運用現代化學教育理論進行永續化學教育，並不足以使學習者於永續教育議題上的增能。
- (10) 結合社會議題導向與多元化化學教育，則可以增進學習成效。
- (11) 重點在習得化學如何與我們的生活與社會緊密相連，包含生態、經濟、社會方面的影響。

根據上述描述，Burmeister 等(2012)歸納目前推動綠色化學的四種主要模式如下，

模式 1：採用綠色化學 12 原則進行學術領域或產業界的實作

亦即在實驗室，或是實務產業界，執行與化學相關業務必須符合綠色化學的 12 項原則。如此一來，通過減少使用的化學物質的數量和減少廢棄物的化學教育確實有助於永續發展。但缺點是缺乏連續性的自我反思，對於化學品的替代技術缺少足夠的社會科學觀點的辯論。

模式 2：將永續發展策略加入化學教育的內容

在這種方法中，永續和綠色化學背後的基本化學原理及其產業應用做為化學教育的主題，所以，可以有效強化對日常流程和產品背後隱藏的綠色化學原理的學習。但其缺點為學習者主要集中在（或是限制在）其技術應用背後的化學要素學習，可能無法徹底了解科學，技術和社會之間的連結。

模式 3：使用具爭議的永續發展社會科學性議題來推展化學教育

運用社會科學性議題（SSI）教學意義，主要在不將化學學習或永續發展問題本身作為課題。相反的，此一模式課程傾向於通過在個人作為社會責任成員的行為領域，發展一般化學技能來塑造永續發展教育。優勢在於它以環境永續技能為導向，特別關注於 ESD。缺點在於，一些具有爭議性質的社會科學問題在個人和地方行動領域的潛力有限。通常，關於新技術的辯論具有相當的門檻，且非常複雜。

模式 4：以 ESD 驅動學校發展的來進行化學教育

將化學教育作為整個機構的 ESD 驅動型發展的一部分，特別是中小學。化學教學可以積極推動當地環境（包括學校）節約資源（能源，水處理等）。它還可以提供有效處理廢棄物的建議，適合後續的回收利用。在此一模式之下，化學教育不再需要僅限於描述永續發展問題的化學理論和知識。化學課和學校生活變成了一種基於行動的生活和學習模式。學生獲得如何採取行動從根本上改變生活的第一手經驗。

Shonnard 等(2003)認為綠色工程應包含對環境議題了解、化學物質風險與流佈以及工業生態或生命週期評估觀點。其規劃課程詳如下表，由圖 9 表中亦確實描述出其所規劃課程與綠色化學 12 項原則對應之關係。

TABLE 1. Course (Module) Outline for "Green Engineering: Environmentally Conscious Design of Chemical Processes" (13)

	Principles ^a
Part I: A Chemical Engineer's Guide to Environmental Issues and Regulations. This section provides an overview of major environmental issues, and an introduction to environmental legislation, risk management and risk assessment.	
1. An Introduction to Environmental Issues	
2. Risk Concepts	
3. Environmental Law and Regulations: From End-of-Pipe to Pollution Prevention	1, 2
4. The Roles and Responsibilities of Chemical Engineers	
Part II: Environmental Risk Reduction for Chemical Processes. This section describes a variety of analysis tools for assessing and improving the environmental performance of chemical processes. The group of chapters begins at the molecular level, and then proceed to a detailed analysis of process flowsheets.	
5. Evaluating Environmental Fate: Approaches Based on Chemical Structure	1
6. Evaluating Exposures	
7. Green Chemistry	1, 2, 4
8. Evaluating Environmental Performance During Process Synthesis	1-4
9. Unit Operations and Pollution Prevention	2-4
10. Flowsheet Analysis for Pollution Prevention	10
11. Evaluating the Environmental Performance of a Flowsheet	1
12. Environmental Costs Accounting	2
Part III: Moving Beyond the Plant Boundary. This section describes tools for improving product stewardship and improving the level of integration between chemical processes and other material processing operations.	
13. Life Cycle Concepts, Product Stewardship and Green Engineering	1, 4, 12
14. Industrial Ecology	10
Additional Course Materials:	
Case Studies	
Glossary	

^a By Anastas and Zimmerman (7).

圖 9 Shonnard 等(2003)規劃課程與綠色化學 12 項原則對應關係

美國工程技術認證委員會(Accreditation Board for Engineering and Technology)亦在其規章中提到，會員應具備的條件包含

- (1) demonstrate an understanding of the impacts of engineering solutions in a global and societal context,
了解化學方案對全球與社會的影響
- (2) have a knowledge of contemporary issues,
具備當代環境議題的知識
- (3) understand professional and ethical responsibility.
了解專業與倫理責任

許多大學認為發展技術的素養，應該是大學通識教育的一部分。Shonnard 等(2003)認為對於非主修化學的科系學生，其綠色工程（化學）的教學策略，應由六大元素(CHONPS)的地球生化循環開始，了解人為的循環介入後的干擾。了解國家層級、產業類別的人為工程系統與自然生態系統的交互影響(Shonnard, Allen et al. 2003)。以量化的方式呈現其影響，並習得物質、能量平衡與解決方案。(One possible approach to developing technological literacy would be to teach students the general concepts of mass and energy balances, applying these concepts in the analysis of coupled engineered and natural systems at local, regional, and global scales.)

Juntunen 與 Aksela (2014)認為結合化學教育的永續發展教育包含三個構面(Juntunen and Aksela 2014)，

- (1) 某一地方或環境，朝永續發展的體驗與知識(experiences and knowledge in an environment or place towards sustainable development)

- (2) 環境化學與永續發展的技能與知識(skills and knowledge *about* environmental chemistry and sustainable development)
- (3) 如何運用化學對永續發展做出行動的價值教育(value education, how to act *for* sustainable development also by using chemistry)

而 Juntunen 與 Aksela 亦將化學對環境產生的不同衝擊予以分類如下表圖 10。可協助本計畫有效建構綠色化學內涵。

Effects hydro-, atmo- biospheres	on geo-, and	Heavy metals, organically bound metals, radioactive substances, inorganic gases (CO_x , SO_x , NO_x , N_2O , HFC, PFC, SF_6), asbestos, algae, toxics, photochemically active hydrocarbons, halogenated hydrocarbons (PCB, CFC, PFC...), methane, PAH, dioxins, furans, pesticides, fuel leaks, small particles in the air (VOC, PM, NMVOC), additives in plastics (PBA, phthalates), sewage, cleaning agents, medicines, tastes, smells, colours, noise...
Types pollution	of	Point stress (industries, cities), scattered stress (fields, livestock), fallout (burning processes), and natural wash (in acidic conditions, e.g., dilution of aluminium and heavy metals)
Effects ecosystems	on	Eutrophication (N, P...), changes in pH, diversity loss (living creatures are sensitive to changes in pH because of pesticides or SO_x , NO_x , NH_3 , for example), salting, oxygen loss (H_2S), accumulation of bioaccumulative substances in the food chain and trash (plastics)
Health effects		Acute or chronic, at the level of the individual, species or population
Effects related to	are	Death, growth, breeding, hormones, genomes, metabolism of organs, tumours, diseases, harmless carrying of bioaccumulative substances and changes in biodiversity or behaviour

圖 10 Juntunen 與 Aksela (2014)提出化學對環境產生的不同衝擊分類

蔣本基(2017)將綠色化學 12 項原則，依其在清潔生產的應用，分為五大類，分別為減少廢棄物(waste)、資源使用(Materials)、危害性(Hazard)、風險(Risk)、能源(Energy)以及成本(Cost)。並區分為三大構面，分別為「污染與意外的防止」、「能源與資源的永續」以及「安全與保全的確保」。

本計畫綜合上述蒐集資料，整理分析後，召開「大專校院綠色化學教育主題與策略研商會議」，以作為計畫第二次專家諮詢會議之會前會。

第十一章 教材會議

為使計畫工項要求兩場專家諮詢會議更有效率，在第二次計畫專家諮詢會議之前，本計畫先行召開「大專校院綠色化學教育主題與策略研商會議」。以便先將可能待釐清之問題先進行統合。本會議所欲處理議題主要有二，分別是「大專校院綠色化學教育之推動，不同對象應該具有的推動目標以及推動策略」以及「綠色化學教育內涵」。教材會議之簽到單請詳參附件。

11.1 針對大專校院綠色化學，是否依不同對象有不同學習策略

11.1.1 邱仁杰專門委員

- (1) 建議可依『受教對象』，擬定學習策略，受教對象可依其科系不同有所不同。建議可分成三類：
 - ① 非專業科系（文學科系）：通識課程。
 - ② 半專業科系（食品、資電等應用科系）：學分學程。
 - ③ 專業科系（化學、化工、材料科系）：教學聯盟。
- (2) 針對非專業科系、半專業科系、專業科系面相給予的建議：
 - ① 非專業科系（文學科系）：設計未來接觸化學品或生活面上了解或正確確知化學品知識。
 - ② 半專業科系（食品、資電等應用科系）：同步深化化學知識與地球環境知識，於其本科系中如何正確運用化學品，使其將來應用於本科系時可對環境更為友善。
 - ③ 專業科系（化學、化工、材料科系）：須學習對地球環境知識外，更應深化對其化學、化工專業知識，強化化學能力，以符合能改善或減少對地球環境的危害。

11.1.2 關蓓德老師

- (1) 在早期產業或學術的化學，減少衝擊並非第一選項。
- (2) 建議可分為基礎課程與進階課程，基礎課程適合所有大專學生，不分科系；進階課程針對理工科系學生。
- (3) 依據校院屬性，如為研究型大學，具化學相關領域創新研究開發可能性，建議開設進階研究課程，針對生產面和研究面進行探討。

11.1.3 劉雅瑄老師

- (1) 建議可先將課程目標分為化學專業、非化學專業以及通識等三類：
 - ① 針對化學專業的推動目標，宜著重在永續、製程改善、清潔生產、廢棄物處理等面向。
 - ② 針對非化學專業則可針對其專業部分的綠色化學作為補充。
 - ③ 通識課程則可透過生活及科學進行教育並與企業、產業合作進參訪，加強學生認知。

11.1.4 劉湘瑤老師

- (1) 必須針對專業和非專業科系學生設定學習目標教案（素養內涵）以通識課程為案例規畫建議的綠色化學課程內容；專業科系須界定，依人才培育需求設定『學程』目標。

- (2) 先考慮學程或是課程，但需訂定綱要。

11.1.5 高翠霞老師

- (1) 須針對不同族群，設計不同綠色化學學習內涵。
- (2) 綠色化學初階課程須為全大學生必修課程。
- (3) 化學專業科系：初階，進階，高階，職業導向。
- (4) 非化學專業科系：初階，進階，日常生活導向。
 - ① 綠色化學初階課程主要概念應含涉及健康風險評估安全，環境風險評估。
 - ② 綠色化學進階、高階課程主要概念可再提升至環境風險評估及生命週期，清潔生產。
 - ③ 綠色化學日常生活導向課程主要概念食品添加物、藥品、環境衛生用藥、農藥或殺蟲劑或是食衣住行育樂各方面切入。
 - ④ 綠色化學環境議題導向課程主要概念食安問題、農地種工廠、土壤汙染、空氣品質 PM2.5 等議題。

11.2 對我國大專校院綠色化學教育涵養、架構、指標等建議

11.2.1 邱仁杰專門委員

- (1) 非專業科系學生，以通識課程方式操作，其指標可以核心素養來設計。
- (2) 專業科系，以學生學程或專業科目，其指標可以專業能力指標來設計。
- (3) 教育的內涵，建議符合綠色（環境友善）與化學專業兩者並重。依不同類型提出課程架構及課程指引，以引導學校老師之課程準備及教學方向。

11.2.2 關蓓德老師

- (1) 對於綠色化學，應有明確定義。範疇應該以化學為主，否則。可能也與能源教育、綠色科技、綠色產業範疇混淆，容易失焦。
- (2) 目前蒐集的國內外大專相關課程已相當完整，建議可彙集後試擬基礎課程及進階課程大綱先行試辦。
- (3) 綠色化學與永續發展是同一系列課程，現行在環境教育中對於永續發展的教育相對較為完整，綠色化學以單獨課程來建構時對於綠色化學原則的落實，建議以指標方式來推展和衡量。何為綠色；何為衡量綠色化學；如何評價學生了解綠色化學。
- (4) 綠色化學教育也可考慮作為一種資格認證的目標。例如最近發生的校園強酸事件，化學品的保安全管理者，未必會意識到一但事情發生的嚴重後果。因此有必要提升覺之能力。

11.2.3 劉雅瑄老師

- (1) 資源議題須將綠色化學 12 項原則融入。
- (2) 能源議題須將綠色化學 12 項原則融入。
- (3) 汙染議題須將綠色化學 12 項原則融入。
- (4) 環境永續議題須將綠色化學 12 項原則融入。
- (5) 產業聯絡議題須將綠色化學 12 項原則融入。
- (6) 環境成本（環境的外部成本是被忽略的）議題須將綠色化學 12 項原

則融入。

11.2.4 劉湘瑤老師

- (1) ESD For Chemistry education 這份開會資料文件具參考性，定義此領域的素養內涵。
- (2) 結合大學永續目標，訂定校園管理綠色化學指標（例如：實驗室管理）。

11.2.5 高翠霞老師

- (1) 蒐羅民眾日常生活可能接觸到的化學物質，引導出相關的元素（要素）。
- (2) 指標架構參考國立臺灣大學 環境工程學研究所 蔣本基教授在研習會的資料（Prospects of GC）：
 - ① 污染防治
 - ② 永續性
 - ③ 安全性
- (3) 內容可經由食衣住行育樂及環境議題切入。
- (4) ESC For C.E 已是教材教案編輯的階段，今年不必處理。

11.3 會議總結

- (1) 大專校院綠色化學教育之推動，須依不同對象擬訂不同教育目標。

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。但考量實施期程以及細部綱要規劃的完成度，應考慮分期實施。此外，教育部對專業人才培育，有教學聯盟與學分學程的模式可以搭配運用。化學局組織定位可能較偏重於非專業系所的綠色化學教育，建議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。

- (2) 綠色化學課程大綱之規劃，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。依照不同對象學生訂定學習目標。非專業科系，以通識素養為基礎發展，專業科系，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。
- (3) 課程內容以融入生活為優先。

本計畫目前綜合文獻與研商會議委員意見，初步規劃綠色化學教育素養之三個構面為「環境關懷」、「化學與環境關聯」以及「減少化學衝擊」。「環境關懷」將著重在覺知、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。「化學與環境關聯」則著重在知識，例如，了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。減少化學衝擊則著重在技能、行動層面。例如，綠色化學 12 項原則的運

用技能等。預計後續將以此架構為基準，規劃適合不同對象之素養內涵。

第十二章 計畫執行期間之評審委員意見及回覆

12.1 計畫審查委員意見及回覆

依據計畫審查委員建議整理列表表 九十四，委員為：張文興委員、潘日南委員、何小曼委員、王順美委員、林文印委員。

表 九十四 計畫審查委員建議及後續作法

諮詢委員	審查意見	廠商答覆狀況
張文興 委員	請補充說明未來環保署、教育部及經濟部之定位，合作模式為何？	目前教育部比較強調高中職階段之綠色化學教育與推廣，本計畫則是著重產業端需求，希望可以藉由產業面之需求，回饋到大專院校課程設計與調整機制。 針對不同部會間的合作模式，本計畫將分別聯繫並邀請教育部負責高中（職）環安衛教育推動、綠色化學教育推動負責人員、與經濟部綠色工廠標章及清潔生產認證推動單位及環保署等參與計畫相關會議。
	請補充說明創意回饋題目，目前有無初步規劃內容？	目前初步構想有舉辦大專綠色化學營、鏈接大專與高中職教育、與科技部及教育部合作推動教材設計等，可與署內討論後，配合委辦單位需要，擇要辦理。
王順美 委員	請提出專家名單及各自扮演的角色	本計畫專家諮詢委員，將涵蓋產官學領域，產業界包含資源回收、工業減廢、清潔生產相關產業或輔導單位（例如，工研院、綠基會、塑膠中心、產基會等），政府部門包含教育部、科技部、環保署等，學界則包含職安衛領域、環境領域（環境工程、環境科學、環境教育領域）、化學領域（化學、化工、化學教育等），詳細專家名單將提請署內同意後遴聘。
	請說出過去實施成效，特別是針對不同屬性的學生，其教學目標不同。如化學科系列，通識課所需的知識技能也不同，是否有此分類。其所對應的教	本計畫為第一年計畫，目標在於彙整與分析大專院校推動綠色化學的策略與規劃，因此初步著重於資源彙整及資料收集，尤其是區分不同學門與開課需求，提出產學鏈接可行性及不同學門間之關聯圖示，並據以凝聚專家共識建立推動策略與步驟。

	材如何，其層級又如何	對於高中以下對象，本計畫規劃未來將綠色化學原則融入教育部既有課綱的方式處理。本年度重點在大專院校，本計畫預計蒐集不同產業需求（包含經濟部、教育部等），藉由找出大專院校與產業的鏈結，規劃適合大專院校的綠色化學課程綱要。
	綠色化學如何與科系結合，把既有的課程及產學擺放（請提供架構）	謝謝委員的建議。本計畫就是希望可以將這架構或是缺漏的部分找出來，未來工項中即要求必須要產出課程銜接關聯圖（表），做為未來推動之依據，本計畫將據以辦理。
林文印 委員	請了解綠色化學教育和現有化學教育及環境教育推動，可以融入的項目及方式	本計畫預計是以綠色化學學程（分）規劃或教材設計為主要目標，但針對化學學門是以專業課程設計為主，針對其它學門如環境工程、環境教育與通識課程也將以環境教育為手段，聚焦在所設定的對象與強調學習成效的方式，進行規劃。
	請說明本計畫推動，有哪些可以和環保署內單位，如廢管處、水保處、空保處、環管處、基管會等業務有關，未來可以供政策參考的？	針對環保署既有推動永續環保企業、環保標章、優良資源回收業者等相關平台與推動資源，本計畫也將一併做資源與平台彙整，針對同質與互補性與業務切割部分將與化學局討論後一併納入產業分析之考量。
何小曼 委員	未提出創意做法	目前初步構想有舉辦大專綠色化學營、鏈接大專與高中職教育、與科技部及教育部合作推動教材設計等，可與署內討論後，配合委辦單位需要，擇要辦理。
	預定進度不夠具體清楚，無具體查核點，如場次研習會何時安排，內容預計為何亦未見規劃（P49 不清楚），五場研習會、數場教材座談會應明訂參加人員、時間內容(P49)	針對專家諮詢會議的召開主要為彙整各方意見後提出建議，尤其是對於課程規劃與教材設計上的方式，初步規劃為計畫後半段執行之工項，本計畫所需之進度檢核表，將依委員建議重新調整，調整之進度檢核表將於計畫工作會議中與化學局再作確認。
	通識課領域課程一般為全校性，且分配至各領域，P58、P59 之專業學分學程	計畫工項內是要求規劃通識課程及專業課程。目前是依據大專院校課程調查結果初步訂出來的課程或學程規劃，未來將依照

	必修及佔 8 學分，似太多，且對學校有強制性嗎？表十四、表十五均需討論，且通識為素養，非專業與生活相關較易引起興趣(P35-P39)	專家諮詢會議意見以及實際狀況進行調整。
	教材彙編是指何內容？何人編寫？幾人？P82 現階段建議以融入式教學較易行(p22)，收集資料提供課程融入教學觀摩	依據工項要求，本計畫預計是以融入綠色化學原則的一堂實作課，或一堂可以使用的綠色化學教材課程，作為示範課程，未來綠色化學其他教材彙編可以朝這個方向或模式進行。
	P83 調查訪視 5 場次每場 2000 元是否與 P82 內容重複編寫？另有一場教學觀摩未列經費	計畫書經費部分，由於需進行至少五家不同產業分析，有必要時更需邀集專家學者陪同至現場訪視，因此初估進行不同廠區現場訪視時由廠方人員陪同或說明時的解說費用支出。另外針對教學觀摩費用將於後續工作計畫書中修正。
	107 年度課程教師訓練計畫，預計參加人員為誰？	本計畫為推動大專院校綠色化學教育，工項預計召開研習會議，本計畫將邀請環安衛、環工、化學、環教等領域老師參加。
	若編寫綠色化學課程，已有老師開設此門課程，值得參考推廣	謝謝委員建議，本計畫預計邀請開課師資擔任專家學者，提供建議。
潘日南 委員	此推動計畫為跨部會整合計畫，對於綠色化學教育推動，有正面助益	謝謝委員建議。
	計畫工作內容包括五家以上不同產業，分析產業現況與特色及困難。建議明確說明產業別及未來執行方法	產業分析部分，我們將依臺灣產業分類及廠商數目等先進行整理，結合目前經濟部推動綠色工廠標章以及清潔生產認證的廠商進行篩選，另外環保署也有環保標章及企業環保獎遴選等可供探詢其合作意願；另外臺灣在資源回收產業上成績斐然，很多回收技術與成功案例也可供參考與學習，我們會盡力去請益，目的是要廠商願意讓我們去了解製程或其成功經驗，成功案例可作為研習會或教材會彙編之參考。
	計劃書 P49 提及成立專家	本計劃專家會議相形重要，依據計劃書將

	諮詢會，邀請委員成員及人數是否有規劃	邀集大專院校及產業界之專家學者組成專家諮詢會，目的在於將教育單位、學者與產業面的需求拉在一起，降低產學與應用上之落差，希望在未來課綱融入與學程規劃上能凝聚共識，可供後續推動課程規劃與推廣的重要依據。
	P49 北中南分區招開研習會，建議進行成效評估	依委員建議辦理。
	此計畫涉及國內不同部會領域，請說明如何進行部會整合	本問題回覆如張文興委員提問回覆。

12.2 期中審查委員意見及回覆

依據期中審查委員建議整理列表表 九十五，委員為：潘日南委員、何小曼委員、王順美委員、林文印委員，主要為整理活動之回饋並統整結論說明，已依序添加進期末報告。

表 九十五 期中審查委員建議及後續作法

委員	意見	回應及辦理情形
潘日南委員	1.辦理多項研習會，是否有進行意見交流，相關意見建議納入報告中。	研習會問卷回饋已於期末報告 7.7 節中補充說明。
	2.計畫以國內化學科系為主要調查對象，未來建議擴展產業納入如通識教育式相關科系，有關綠色化學教育推動。	未來預計規劃大專校院相關競賽試辦，可與教育部及產業合作。
何小曼委員	1.預定進度甘特圖或更詳細，便於追蹤進度	已補充於期末報告第二章，詳見頁次 1。
	2.後續執行及未來工作。大部分就是學辦會議，或是整合會議成果、規劃課程、教材、發展綠色化學融入課程之策略與行動方案，以及如何具體結合產業與學校端口。	本計畫中課程規劃是重要項目，研習會有部分講座錄影留存，目前已公開於化學局網頁及 youtube 平台，後續應用將納入明年工項討論。
	3.蒐集國外綠色化學實驗手冊相當多，有否分析其內容，那些是基礎，那些是進階，未來可納入課程。	感謝委員建議，已蒐集部分國內外相關公開之實驗教程資料，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	4.已訪問兩家公司，有否取得與學校端合作之項目？	大愛及中台兩家公司均可開放學校參訪，其對應研究技術為未來討論重點。

	5.綠色化學教育推動計畫研習會五場已辦3場，其目的為求產業與學校教育的鏈結，此部分有無初步成果。	本年度研習會與會學員為學生居多並含部分廠商，有關產學教育鏈結主要以競賽與活動辦理，具體規畫將明年討論。
	6.綠色化學課程大綱規劃，有無包含實驗？	本年度以上課大綱為主，實驗以國外開放課程為主。
	7.素養內之技能、行動層面，是否含實驗技術呢？	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	8.課程除參考現有外，有無參考業界或專家建議？	依據專家諮詢會委員意見修改課綱，詳參本文表九十二。
王順美委員	1.研究團隊相當的投入，收集資料，在與業界的對話，還提升對綠色化學的面貌。釐清本計畫之最後，能對綠色化學的 master plan 提出建議。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	2.在我國社會情況（綠色化學相關）之分析，及遠景訂定推動目標，界定釐清不同類的(1)學習對象他們的角色定位、要求，(2)推動機會(3)講師名單（特色為生產相關）(4)鼓勵機制（串連、競賽、運用）(5)提出往後推動的次序	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
林文印委員	1.建議分析綠色化學教育現況並嘗試描繪目標願景，檢討落差及原因，規劃連接推動策略方案。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	2.廠商訪視的目的，除了綠色化學案例可彙編至教材內，還可以了解其對學術化學教育及研究的建議。	目前廠商參訪的過程，一般工廠對綠色化學這名詞感到模糊，但並不代表不重視這個領域，詳見期末報告 5.4、5.5 節。
	3.高中職化學融入綠色化學原則的內容，應是可考慮的推動事項。	感謝委員建議，未來將依照老師方向納入明年工項討論。

12.3 期末審查委員意見及回覆

依據期末審查委員建議整理列表，委員為：潘日南委員、何小曼委員、王順美委員，主要為統整結論說明，並交互參照廠商訪視人才需求添加進**表 九十二 本計畫建議綠色化學課程大綱規劃方案**，並增加表格說明，強化論述說明，委員建議項目皆已依序添加進期末報告修正版本。

表 九十六 期末審查委員建議及後續作法

委員	意見	回應及辦理情形
潘日南委員	1. 期末報告表 七十七建議予以說明	感謝委員建議，已添加進書面報告詳細說明。詳參第 148 頁。
	2. 期末報告格式，建議在予以修改	感謝委員建議，已依據行政院環境保護署期末專案工作報告撰寫要求及紙本印製格式更改書面報告格式。
	3. 建議再強化“結論”及建議意見，書面資料內容	感謝委員建議，已添加進書面報告詳細說明，詳參第十三章、第十四章。
	4. 建議將期末簡報內容納入書面報告中	感謝委員建議，已添加進書面報告詳細說明。詳參第 4.3、7.8、8.4 節。
	5. 於有限時間，結合產、官、學領域，推動綠色化學教育，跨出重要一步，符合局內目標。	感謝委員建議。
何小曼委員	1. “課程”或“學程”請區別清楚，第四章。	感謝委員建議，已區別書面報告詞彙部分。詳參第 4.1.1 節、表 八。
	2. 表 九十二，綠色化學課程大綱是依表九十、表 九十一綠色化學課程大綱比較-1、2，出現頻率來決定，請列出各單元出現頻率，以及如何決定置入化學專業、半化學專業或通識課程。	感謝委員建議，已添加進書面報告詳細說明。化學非專業及通識課程主要教授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、催化、製程等課程，詳參第 172 頁說明。
	3. 本計畫舉辦廠商訪視，第 110 頁表 四十四，與其結果課程大綱如何連結?此部分	感謝委員建議，已添加進書面報告詳細說明，詳參

	與態度及技術相關。	表 九十二。
	4. 第 146 頁兩次專家諮詢會議結論為何? 與課程大綱有無關聯?第 188 頁問題 8 似不正確。是不是只有分專業、非專業通識?	感謝委員建議，問題 8 已更改進書面報告詳細說明詳參表 九十五，專家諮詢會議結論詳參第 8.4 節。
	5. 第 167 頁本計畫將以一學程為範例，對其設計 12 小時綠色化學概論?何指?是指第 176 頁嗎?	感謝委員建議，已更改進書面報告詳細說明。可參照計畫建議課程大綱規劃方案，作為設計參考，詳參第 9.1.2.2 節。
	6. 綠色化學研習會成果為何?對課程有無參考價值?其重要目的為何? 第 143 頁請加強擇重點提出。	感謝委員建議，已更改進書面報告詳細說明，詳參第 7.8 節。
	7. 國外課程重視實驗，如何將此觀念植入本國課程?	感謝委員建議，已更改進書面報告詳細說明，主要以案例說明及參訪方式詳參第九章 9.2 節說明。已於結論中納入明年工作項目。
	8. 請將各項活動成果分項列結論，如“人才需求”課程部分。	感謝委員建議，已更改進書面報告詳細說明，詳參第十三章。
王順美 委員	1. 此計畫涉及的面向很多，及可貴，且在綠色化學推廣之初期，十分重要。	感謝委員建議。
	2. 第十四章建議的部分要加強，按照不同的層面給予建議，寫作此計畫之課程。 (1) 對“上位計劃”與跟上位計畫之連接之建議（政策網絡） (2) 對“業界之案例，使用以及業界訓練等” (3) 對“正規教育中綠色化學教育之推動之規劃”之建議，包括推動內容及推動之優先次序，特別大專面向之專業課程，以及大專與業界之間培養人才，增強臺灣之企業之競爭力。	感謝委員建議，已更改進書面報告詳細說明，詳參第九章 9.2 節、第十四章。
	3. 對研習會、專家諮詢會、參訪企業各部份之結果的建議、意見可清楚歸納，敘述。	感謝委員建議，已更改進書面報告詳細說明，詳參第 5.5、7.8、8.4 節。

	4. 對政策綱領目標之理解，對第十章的 4 個模式之比重，應擬出建議。	感謝委員建議，已更改進書面報告詳細說明。
	5. 第 5.5 節之工作內涵與第十章之模式做連結，第 5.5 節之表 四十五與模式 2 做連結。	感謝委員建議，已更改進書面報告詳細說明，詳參表 四十五。
林文印 委員	1. 本計畫各項工作都有依規畫內容執行	感謝委員建議。
	2. 建議收集國內外綠色化學教育推動效益	感謝委員建議，已蒐集部分國內外相關公開之教程資料，未來將依照老師方向納入明年工項討論。
	3. 國內外產業實際應用成果，將可能有減少原料使用、減少污染排放、減少廢棄物產生的資料	感謝委員建議，明年將針對廠商、企業社會責任自己揭露資料進行彙整，將依照老師方向納入明年工項討論。
	4. 請補充產業實際應用，是有產學合作或自行研發。	感謝委員建議，明年將蒐集科技部及工業局相關統計資料，依照老師方向納入明年工項討論。

第十三章 結論

1. 根據化學局規劃之「我國化學物質管理政策綱領」(草案)，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，本計畫推動大專校院綠色化學，其對象由化學專業系所，擴大到各種系所類科。
2. 為符合提高全民意識之目標，強化國民對化學物質之正確認知，確實發揮公民監督之機制。
3. 對於本計畫所規劃綠色化學之範疇與推動方式，亦應納入化學物質管理與永續環境之目標。
4. 依據蒐研之 10 門綠色化學課程大綱，比較分析 18 周次課程大綱及其參考資料，建議分級化學專業、半專業、非專業和通識綠色化學課程大綱。
5. 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。
6. 交互參照產業人才需求及國外著重實驗教程融入綠色及良性製程、安全替代(工業應用)、再生原料、綠色能源/再生能源、安全化學品設計、工業應用案例等課程，予以參考。
7. 5 場研習會、5 場廠商訪視及 2 場專家諮詢會。本案研習會共邀請 10 位講座分享案例，4 位專家學者代表為：駱尚廉特聘教授、張瓊芬教授、蔣本基特聘教授及林弘萍教授，6 位產業代表為：3M 公司、大愛感恩科技股份有限公司、財團法人塑膠工業技術發展中心、友達光電股份有限公司、中台資源科技股份有限公司及中國鋼鐵股份有限公司。
8. 本計畫已取得部分講座授課錄影資料，開放至化學局網頁及 youtube 平台予以分享，收集各場次問卷回饋統計分析與會人員對研習會之看法與意見。
9. 訪視 5 場廠商，依序為中台資源科技股份有限公司、大愛感恩科技股份有限公司、臺灣永光化學工業股份有限公司、歐萊德國際股份有限公司及友達光電股份有限公司。
10. 專家諮詢會主要建議為釐清教育目標和教學策略後，藉由拜訪教師機制理解教師需求並挑選已有之優良國內外教程作為後續教材及辦理活動參考。通識課程建議以其他名稱方式包裝綠色化學，並與生活中食衣住行做結合，以生活化方式拉近大眾對此議題關切程度。
11. 建立跨單位合作辦理競賽等活動，可建立鼓勵機制增加參與活動意願，如透過廠商提供研習、先修或獎勵的機會，鼓勵學生來參與計畫。
12. 持續與綠色化學相關專家學者與產業聯繫，建立訪視機制，並作為媒合角色，期盼可產、官、學合作舉辦大專校院綠色化學相關競賽。
13. 透過官方平台進行推廣，研擬可落實之推動方式與期程，以擴大影響力。

第十四章 主要建議意見及未來或後續執行建議

1. 建立平台：本案後續可規劃官方建立平台提供有意願之產、學兩界分享其綠色化學相關之成果，予以雙方溝通及分享之平台，可做為預計試辦之大專校院綠色化學競賽活動之基石，以擴大影響力。
2. 研習會講座授課錄影分享：可以將本案提供之研習會講座授課錄影檔案放置平台為教材範例予以諸位教師參考。
3. 訪視綠色化學授課教師：期望提供探訪教師建議名單，以利未來後續訪視綠色化學授課教師，分享授課經驗及對本案之建議。
4. 培養綠色化學教育素養：依據化學物質管理政策綱領及本計畫綜合文獻與研商會議委員意見，後續可研究綠色化學教育素養之三個構面為「環境關懷」、「化學與環境關聯」以及「減少化學衝擊」。後續則以此架構為基準，規劃適合不同對象之素養內涵。
5. 規劃綠色化學競賽：為連結教育部高中職競賽與大專校院連結，可規畫後續與教育部等各部門及產業界合作，試辦大專校院綠色化學競賽活動。

第十五章 參考資料

1. Burmeister, M., F. Rauch and I. Eilks (2012). "Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education." Chem. Educ. Res. Pract. **13**(2): 59-68.
2. Juntunen, M. K. and M. K. Aksela (2014). "Education for sustainable development in chemistry – challenges, possibilities and pedagogical models in Finland and elsewhere." Chem. Educ. Res. Pract. **15**(4): 488-500.
3. Shonnard, D. R., D. T. Allen, N. Nguyen, S. W. Austin and R. Hesketh (2003). "Green Engineering Education through a U.S. EPA/Academia Collaboration." Environmental Science & Technology **37**(23): 5453-5462.
4. 蔣本基(2017) , 綠色化學研習會講義 , 新竹