

綠色化學教育推廣計畫

-以應用電化學綠色生產高活性氧消毒水為例

綠色化學教育推廣計畫-以應用電化學綠色生產高活性氧消毒水為例

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	國立臺北科技大學		
年 度	107	計畫編號	EPA
專案領域	環境保護		
計畫屬性	☐ 基礎研究 ☒ 應用研究 ☐ 技術發展		
全程期間	107年 10月～107年 12月		
本期期間	107年 10月～107年 12月		
本期經費	410 千元		
	資本支出		經常支出
	土地建築	0 千元	人事費 155 千元
	儀器設備	0 千元	業務費 157.627 千元
	差旅費	35.1 千元	材料費 25 千元
			其他(管理費) 37.273 千元
摘要關鍵詞： 綠色化學、綠色科技、推廣教育 Green chemistry, Green technology, Continuing education			

行政院環境保護署毒物及化學物質局計畫成果中英文摘要（簡要版）

一、計畫名稱：

綠色化學教育推廣計畫－以應用電化學綠色生產高活性氧消毒水
為例

二、計畫英文名稱：

Project for Continuing Education about Green Chemistry - Taking the
application of electrochemical green production of high reactive oxygen
disinfection water as an example

三、計畫執行單位：國立臺北科技大學

四、計畫主持人（包括協同主持人）：張添晉、徐宏德、陳建宏

五、計畫開始時間：107 年 10 月 09 日

六、計畫結束時間：107 年 12 月 20 日

七、報告完成時間：107 年 12 月 20 日

八、報告總頁數：41 頁

九、使用語文：中文

十、報告電子檔名稱：

十一、報告電子檔格式：PDF

十二、中文摘要關鍵詞：

綠色化學、綠色科技、推廣教育

十三、英文摘要關鍵詞：

Green chemistry, Green technology, Continuing education

十四、 中文摘要：

本計畫為綠色化學教育推廣計畫旨在於提升民眾對於綠色化學之環境知識，並進一步提升其環境技能與態度，以期能將之轉化為具體行動，落實正向環境保護行為並有效面對生活上所面臨的環境問題；以及提升民眾之環境敏感度，藉由綠色化學案例體驗人與環境間的互動關係，重新檢視人類對於環境的態度與作為，以觸發自省，並達到新綠色化學典範願景；並選定多處場域作為綠色化學應用推廣案例，包括產後護理中心、小兒專科醫療院所、幼兒園等，此方式更能讓社會大眾了解及感受到綠色化學的知識及應用。同時透過綠色化學教育推廣手冊，充實民眾綠色化學知識，引發民眾對環境覺知與敏感度，並鼓勵於生活身體力行，落實環境保護行為。

十五、 英文摘要：

The green chemistry education promotion program designed to enhance people's environmental knowledge of green chemistry and further enhance their environmental skills and attitudes. The environmental problems faced by the people; as well as improving the environmental sensitivity of the people, using the green chemistry case to experience the interaction between people and the environment, and achieve the vision of a new green chemistry model. At the same time, through the green chemistry education promotion manual, enrich the public's knowledge of green chemistry, and encourage people to practice and implement environmental protection behavior.

行政院環境保護署毒物及化學物質局專案工作計畫 成果報告摘要（詳細版）

計畫名稱：綠色化學教育推廣計畫-以應用電化學綠色生產高
活性氧消毒水為例

計畫執行單位：國立臺北科技大學

計畫主持人(包括協同主持人)：張添晉、徐宏德、陳建宏

計畫期程：107 年 10 月 09 日起 107 年 12 月 20 日止

計畫經費：新台幣肆拾壹萬元整

摘要

本計畫為綠色化學教育推廣計畫旨在於提升民眾對於綠色化學之環境知識，並進一步提升其環境技能與態度，以期能將之轉化為具體行動，落實正向環境保護行為並有效面對生活上所面臨的環境問題；以及提升民眾之環境敏感度，藉由綠色化學案例體驗人與環境間的互動關係，重新檢視人類對於環境的態度與作為，以觸發自省，並達到新綠色化學典範願景；並選定多處場域作為綠色化學應用推廣案例，包括產後護理中心、小兒專科醫療院所、幼兒園等，此方式更能讓社會大眾了解及感受到綠色化學的知識及應用。同時透過綠色化學教育推廣手冊，充實民眾綠色化學知識，引發民眾對環境覺知與敏感度，並鼓勵於生活身體力行，落實環境保護行為。

The green chemistry education promotion program designed to enhance people's environmental knowledge of green chemistry and further enhance their environmental skills and attitudes. The environmental problems faced by the people; as well as improving the environmental sensitivity of the people, using the green chemistry case to experience the interaction between people and the environment, and achieve the vision of a new green chemistry model. At the same time, through the green chemistry education promotion manual, enrich the public's knowledge of green chemistry, and encourage people to practice and implement environmental protection behavior.

前 言

綠色化學（Green Chemistry）是在全球暖化、環境失衡、污染惡化、人類健康與生活環境受到危害下，驅使產、官、學、研各界重視、迫切研發及應用之新世代化學領域，更是當今環境保護、循環經濟、永續發展所必須發展且應用之工具。

隨著前瞻科技的高度發展及環保意識抬頭，傳統化學技術與觀念應升級成綠色化學，且全球與臺灣之消毒應用對環境及社會之影響極鉅，故更該進行相關綠色化學技術的研發、應用及推廣，有鑑於此，本計畫以推廣綠色化學為重點目標，讓社會大眾除了解相關知識外，更能藉由實務應用更為有感，更能了解及感受到綠色化學應用的好處；進行綠色化學知識推廣，達到提升臺灣產業及社會大眾對綠色化學的知識及認同。

執行方法

綠色化學教育推廣課程手冊之內容包括綠色化學定義、綠色化學原則、綠色化學應用案例等內容，以淺顯易懂、活潑有趣為手冊設計原則，使一般教育程度（國中）民眾接受，作為綠色化學教育推廣課程教材。尤其幼（兒）童為國家未來的棟樑，因此幼兒、國小學生之綠色化學教育知識更顯重要，若儘早讓兒童、家長、以及學校師長接觸瞭解綠色化學應用知識，藉由綠色化學案例體驗人與環境間的互動關係，引發民眾對環境覺知與敏感度，並鼓勵於生活身體力行，落實環境保護行為。

本計畫以綠色化學教材，作為綠色化學推廣教材及示範應用案例，使社會大眾除知識瞭解，同時藉由實體應用案例，更有感且更容易理解綠色化學內涵、及對於環境生態重要性。以場域作為綠色化學應用推廣案例，包括幼稚園、月子中心、托嬰中心等，作為應用案例以落實推廣於生活中。

結 果

本計畫執行團隊成員，為產、學、研合作團隊，故於執行上於專業性、理論性、客觀性、實務性均有相當優勢。已執行多項廣泛且深入的綠色化學推廣課程，其課程的目的地性為推廣綠色化學觀念。讓社

會大眾除了解相關知識外，更能藉由實務應用更為有感，更能了解及感受到綠色化學應用的好處。同時感受到環保署執行計畫之用心，特別是進行綠色化學知識的推廣，達到提升臺灣產業及社會大眾對綠色化學的知識及認同。

綠色化學及安全消毒教育推廣課程，完成建置綠色化學教育宣導手冊 80 本，以專業、有趣、易懂為手冊設計原則，能讓一般教育程度(國中)民眾接受，作為教育推廣課程教材。以及舉辦 3 場次之綠色化學教育推廣課程，授課目標族群為一般民眾或從事婦幼相關行業之人士。並完成開發綠色化學教材，作為綠色化學推廣教材及示範案例應用教具，讓社會大眾除提升對於知識的瞭解，並藉由實體應用更有感且更容易理解綠色化學。

選定多處場域作為綠色化學應用推廣案例，寶來產後護理之家、北澤國際產後護理中心、信澤產後護理之家、林君怡小兒專科、新竹市立新莊幼兒園、中化銀髮等，此方式更能讓社會大眾了解及感受到綠色化學的知識及應用。

結 論

本計畫為綠色化學教育推廣計畫旨在於提升民眾對於綠色化學之環境知識，並進一步提升其環境技能與態度，以期能將之轉化為具體行動，落實正向環境保護行為並有效面對生活上所面臨的環境問題；以及提升民眾之環境敏感度，藉由綠色化學案例體驗人與環境間的互動關係，重新檢視人類對於環境的態度與作為，以觸發自省，並達到新綠色化學典範願景；同時透過綠色化學教育推廣手冊，充實民眾綠色化學知識，引發民眾對環境覺知與敏感度，並鼓勵於生活身體力行，落實環境保護行為。

建議事項

1. 推動綠色化學教育推廣策略：綠色化學於國內仍屬於新穎知識領域，建議持續性推動綠色化學知識宣導活動，以多元性、豐富性、常態性形式，提升民眾參與認同，進而落實綠色化學新觀念於提高生活品質。
2. 建立綠色化學宣導模式化：綠化化學的宣導與公共行銷、社會行銷有密不可分的關係，對於綠色化學議題關心者，較常從相關管道求得學習給予自我適度參與，宣導方式包括（1）說明會、演講；（2）

媒體導：如製作或運用動畫、影片；（3）文字宣導：如轉發相關書面資料、張貼海報或印製刊物等；（4）電子化宣導：如寄送電子郵件、刊登網頁、跑馬燈宣導等；（5）口頭宣導：利用適當會議、場合口頭報告等。

目次

目次 I

圖目錄 III

表目錄 IV

第一章 前言	1
1.1 計畫緣起	1
1.2 計畫目標與工作內容	2
1.2.1 計畫目標	2
1.2.2 工作項目	3
1.3 工作進度及查核重點	5
第二章 綠色化學概要	7
2.1 綠色化學內涵	7
2.2 綠色化學研究領域	10
第三章 綠色化學教材編製	15
3.1 手冊內容說明	15
3.2 綠色化學未來展望	24
第四章 消毒綠色化學應用探討	25
4.1 常見消毒藥劑種類	25
4.2 消毒化學物質藥劑應用分析	27
第五章 綠色化學推廣活動	29

第六章 結論與建議	31
6.1 結論	31
6.2 建議	31
參考文獻	33
附錄一、期末報告審查會議建議	35

圖目錄

圖 1、計畫工作項目及其內容	4
圖 2、Nature 期刊對綠色化學研究領域範疇之分類	11
圖 3、產後護理之家媽媽們上課情形	30
圖 4、診所護士與藥劑師參與綠色化學講座	30
圖 5、幼稚園學童體驗綠色化學水	30

表目錄

表 1、工作進度	5
表 2、本計畫查核重點	6
表 3、綠色化學之十二項原則(PRODUCTIVELY)	9
表 4、高活性氧成分之氧化電位	13
表 5、常見消毒方式比較表及可能綠色化學應用化之方法說明	28
表 6、推廣活動時程表	29

第一章 前言

本章節說明計畫研究緣起與目的，透過研析綠色化學理念、原則、永續發展目標等，說明本研究執行的重要性，以及計畫工作項目與內容，包括綠色化學推廣教材、綠色化學實務應用案例等。

1.1 計畫緣起

綠色化學（Green Chemistry）是在全球暖化、環境失衡、污染惡化、人類健康與生活環境受到危害下，驅使產、官、學、研各界重視、迫切研發及應用之新世代化學領域，更是當今環境保護、循環經濟、永續發展所必須發展且應用之工具。自工業革命以來，科學的基本探究與技術的研發開始結合，使得工業生產力的組織、規模、及效率開始加速擴大，科學本身也隨之快速蓬勃發展。然而，早期的傳統化學研究及開發領域，僅以功能性、經濟性、便利性等層面為主要考量，創造出產品後，在流入環境並與生物接觸後，可能發生副作用及負效益，如環境破壞、生物毒性、致病性、水源污染、空氣污染等。此外，於化學製程中，可能有資源過度浪費、效率差、衍生副產品、環境污染排放等問題。此等危害問題造成環境及人類之負面影響，全球每天均不斷有新聞報導，在全球各地持續循環發生，若國內能加強產業及社會大眾對綠色化學的認知與重視，大量推廣綠色化學觀念及落實發展及應用，將能從根本優化及解決環境污染之難題。

綠色化學一詞首度出現在 1990 年美國頒佈了污染預防法案（Pollution Prevention Act of 1990, PPA），其法乃為確立環境保護與防止污染的基本政策，即使廢棄物不再產生，不再有廢棄物處理的問題。該法案條亦將文中的「綠色化學」定義為採用最少的資源和能源消耗，並產生最小污染排放的化學技術，因此推動了綠色化學的興起與發展。1997 年底德國政府通過了一個為環境做之研究計畫，其中實施永續發展經濟為一重要主題，而其大部分的內容卻與化工產業關係密切。英

國政府於 2000 年開始頒發綠色化學獎，獎勵在學術、技術、產品或服務方面有成就的公司與個人。

近年全球環境污染日益嚴重，環境及生物的消毒、清潔使用及應用更顯重要，國際間廣為推廣綠色消毒應用性，期望宣導以消毒應用原則以無毒、安全及環保為社會民眾使用之關鍵要素。因此綠色化學應用於環境清潔消毒理念可廣布於社會大眾，更加優化環境衛生、保障人體健康、及安全有效防疫，提升國內環境消毒用藥之綠色化學新觀念。然而現階段於消毒應用時，傳統製造原理於使用者對於綠色化學、環境衛生應用，仍有相當進步優化空間。有鑑於此，本計畫以生活環境衛生之綠色消毒化學為例，進行（1）綠色化學推廣課程-綠色化學觀念及綠色消毒原理；（2）電化學綠色生產消毒水應用案例，達到提升社會民眾對綠色化學知識與瞭解，避免觸及危害性化學物質、或是因使用不適之化學物質，使環境亦遭受污染破壞，茲以建構國內綠色化學及綠色消毒應用之優質環境。

1.2 計畫目標與工作內容

1.2.1 計畫目標

隨著前瞻科技的高度發展及環保意識抬頭，傳統化學技術與觀念應轉變成「綠色化學」新興領域，包括利用化學之技術與工藝活動，進而減少或是消滅對於人類健康、社區安全、生態環境具有危害性的原料、觸媒、溶劑等於生產製造過程所使用，同時盡量減少危害性副產物、廢棄物、產品等。另環境衛生是一種生活的品質，其表現於清潔的居家環境，此種生活方式，發於自覺，隨知識發揚而成為人們的責任、及人類生活的理想。完善的環境衛生基礎，必須建在清潔的生活環境之上，上述所謂的清潔的環境係指維持及促進大眾健康之衛生環境，它必須運用各種科學手段始可得到的。

國際間控制環境衛生的「環境」因素，並透過細菌學、生物學、昆蟲學、化學、物理學、衛生教育，以及工程學上之應用，以改善人類生活，促進現代文明，因此環境衛生之直接對像為生活環境中可能導致危害人類及生物的環境因素，而不是以人作為直接對象。消毒應

用對環境及社會之影響極鉅，故更該進行相關綠色消毒化學原理之研發與應用推廣，有鑑於此，本計畫以綠色化學消毒應用為例，以應用電化學綠色生產消毒作為綠色化學教育推廣之應用案例，本計畫目標包括：

1. 辦理以深入淺出綠色化學教育推廣活動—綠色化學新觀念之綠色消毒原理為例，使大眾更益容易理解。
2. 以電化學綠色消毒應用案例，使民眾瞭解綠色化學知識，更能藉由實務應用深刻瞭解、體驗、落實到生活中，以實踐綠色化學應用之優點，提升民眾對於綠色化學的知識瞭解
3. 編撰綠色化學知識推廣教材，達到提升大眾認知，以及日常生活應用與益處。

1.2.2 工作項目

本計畫主要目的在於綠色化學教育之推廣，以專業、有趣及易懂的方式進行綠色化學教育推廣活動，以提升社會大眾認知，並以應用電化學綠色消毒為例解說，以使民眾對綠色化學之日常生活應用與好處更有感、更容易理解。有鑑於此，本計畫之工作內容架構及其工作細項指標說明如下（詳如圖 1）。

1. 綠色化學教育推廣課程

- (1)編撰綠色化學教育宣導手冊，並印製 80 本作為推廣教材，內容包含綠色化學定義、綠色化學原則、綠色化學應用案例等內容，以專業、有趣、易懂為手冊設計原則，能讓一般教育程度（國中）民眾接受，作為教育推廣課程教材。
- (2)舉辦 3 場綠色化學教育推廣課程，推廣目標族群為教師、孩童或從事婦幼相關行業之人士。

2. 電化學綠色生產消毒水應用案例

- (1)開發或優選 1 項綠色化學教材，作為綠色化學推廣教材及示 1 範案例應用教具，提升社會大眾綠綠色化學知識之瞭解，藉由實體應用案例，更有感且、容易理解綠色化學之重要性。

(2)選定 3 處場域作為綠色化學應用推廣案例，如幼稚園、月子中心、托嬰中心、安養院等，作為應用案例以落實推廣。此方式更能讓社會大眾瞭解及感受到綠色化學的知識及應用的重要性。

3. 結案報告彙整，提交成果報告 20 冊及資料檔案。

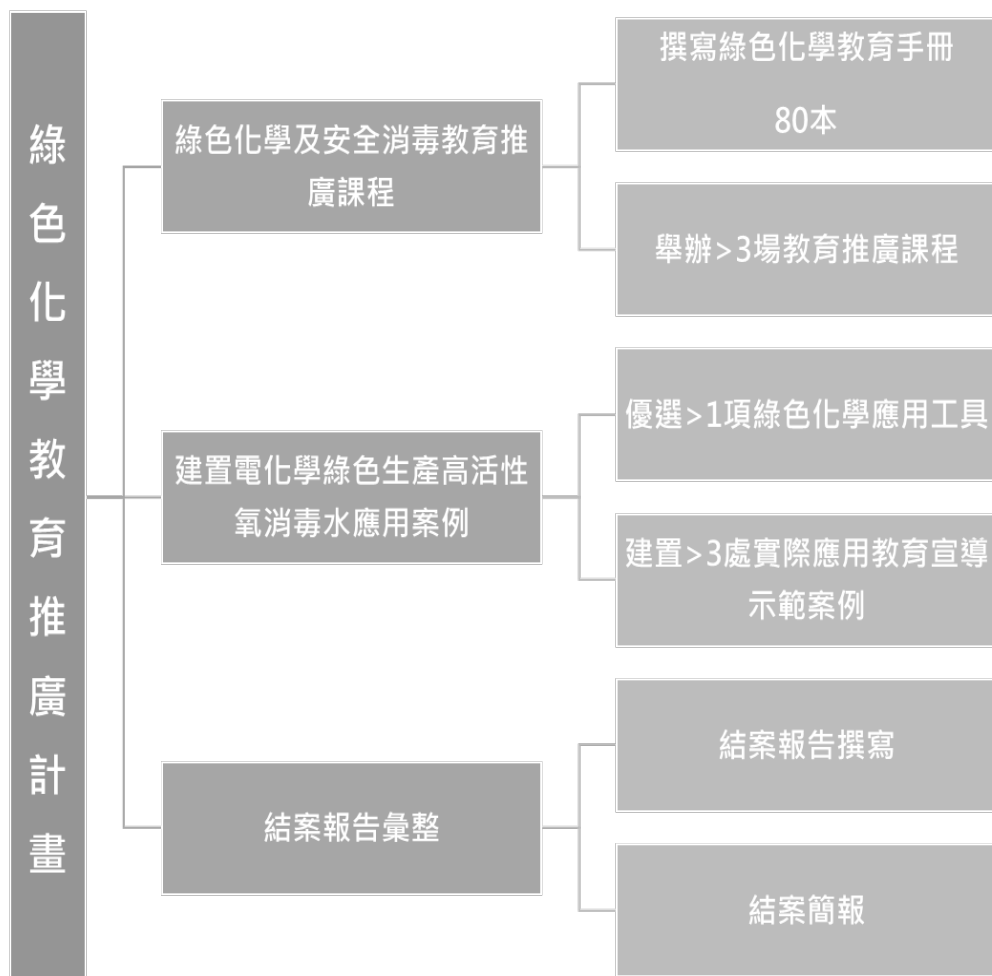


圖 1、計畫工作項目及其內容

1.3 工作進度及查核重點

本計畫預定執行進度及查核點，如表 1 與表 2 所示。

表 1、工作進度

月份 進度 工作項目	計畫 權重 %	107 年				
		Q3		Q4		
		8	9	10	11	12
A.綠色化學推廣教育課程	%					
A1.綠色化學教育宣導手冊撰寫	20					
A2.教育推廣課程	20					
B.電化學綠色生產消毒水應用案例	%					
B1.開發或優選綠色化學教材	15					
B2.示範教教材案例建置	15					
計畫權重/	100					
工作進度百分比%		0	30	60	95	100
經費進度百分比%		0	30	60	95	100

表 2、本計畫查核重點

查核點編號	分項工作所佔權重	預定完成時間	查核點內容
A1	20%	107 年 9 月 30 日	編撰綠色化學教育宣導手冊 80 本，主題包含綠色化學定義、綠色化學原則、綠色化學應用案例等內容，以專業、有趣、易懂為手冊設計原則，能讓一般教育程度(國中)民眾接受，作為教育推廣課程教材。
A2	20%	107 年 11 月 30 日	舉辦 3 場 以上綠色化學教育推廣課程，授課目標族群為教師、孩童或從事婦幼相關行業人士。
B1	15%	107 年 11 月 30 日	開發或優選 至少 1 項 綠色化學教材，作為綠色化學推廣教材及示範案例應用教具，讓社會大眾除了知識上了解外，藉由實體應用更有感且更容易理解綠色化學。
B2	15%	107 年 11 月 30 日	選定 至少 3 處 場域作為綠色化學應用推廣案例，如幼稚園、國小、月子中心、餐廳、托嬰中心、社區活動中心、安養院等，作為應用案例以落實推廣，並進行相關問卷調查，茲以了解及分析使用情況。此方式更能讓社會大眾了解及感受到綠色化學的知識及應用的好處，同時感受到環保署執行計畫之用心

第二章 綠色化學概要

本章節主要透過彙整國際間綠色化學發展現況，以闡述綠色化學內涵 12 原則、以及綠色化學研究領域，旨在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等。此外彙整化學消毒潛在風險與消毒技術比較等。

2.1 綠色化學內涵

因環境破壞問題不斷發生因而開始衍生出現數個環境保護意識的名稱，其中綠色化學係近年來逐漸受到重視的學問之一，其核心概念著重於經濟開發對環境友好的化學技術，這也是循環經濟中的重要課題之一。在進入 21 世紀之前，就有一批化學家開始鼓吹綠色化學的概念，其中最著名者為 1998 年，美國學者 Anastas 及 Warner 從源頭上減少或消除化學污染的角度出發，提出了著名的綠色化學 12 條原則，作為開發環境無害產品和工藝的指導，簡稱前 12 條，受到化學界廣泛的重視，如下所示：

- (1) 避免廢棄物產生：化學合成時防止廢棄物產生，不留廢棄物清理。
- (2) 最大化效益：盡量將反應物轉為最終產物。
- (3) 最小危害的化學合成：盡量使用對環境及人體幾乎沒有毒性的物質。
- (4) 設計更安全的化學品及產品：設計有效的產品但幾乎沒有含有毒性。
- (5) 使用更好的溶劑及反應條件：避免使用，分離劑或其他輔助化學藥劑，如需使用這些化學品，應使用更安全的化學品。
- (6) 提高能源效率：提高能源效率：盡可能在室溫和壓力下運行化學反應。
- (7) 使用可再生原料：盡可能使用可再生原料，而不是可消耗原料。
可再生原料的來源通常是農產品或其他產品的廢棄物；可消耗

原料的來源通常是化石燃料（石油，天然氣或煤炭）或採礦作業。

- (8) 避免使用化學衍生物：避免產生不必要的衍生物。
- (9) 使用催化劑，而不是化學計量試劑：透過使用催化反應來最大限度地減少廢棄物。催化劑少量有效，並且可以進行多次反應，它們優於化學計量試劑，過量使用且僅能進行一次反應。
- (10) 化學品應該設計成廢棄後易降解為無害物質之形態：化學廢棄品分解成無害物質，使其不會積聚在環境中。
- (11) 即時分析以防污染：包括合成過程中，即時監測和控制，以最小化或消除副產物的形成。
- (12) 盡量減少事故的可能性：使用本質安全的化學品，以盡量減少化學事故的發生可能性，包括爆炸、火災。

此外阿那斯特斯（Anastas）與華納（Warner）於 1998 年共同合著「綠色化學：理論與實踐」（Green Chemistry: Theory and Practice）中所提出的綠色化學十二項原則。而為了簡化及幫助快速記憶，英國諾丁漢大學(The University of Nottingham)的 Tang、Smith 和 Poliakoff 提出了“PRODUCTIVELY”一詞，代表綠色化學十二項原則，每單字代表一個原則。綠色化學十二項原則整理如表 3。

2015 年 9 月聯合國永續發展高峰會會議上，正式通過永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs），並於 2016 年 1 月 1 日起已正式施行。SDGs 列有 17 項目標及 169 項細項目標，作為未來 15 年內即 2030 年以前之世界各國合作的指導原則，並透過永續發展目標的執行，致力於消除貧窮、創造經濟成長、保護生態環境及降低不平等。永續發展目標已獲全球共識，然而如何追蹤投入的資源並衡量達成的進度，則需要有明確的指標來協助各國有一致性及可比較性的成果測量。良好的指標及高品質的數據將可使 SDGs 順利進展，並即時修正偏移之策略。

表 3、綠色化學之十二項原則(PRODUCTIVELY)

	原則之代表字母	十二項原則精神
1	P: Prevent wastes	防止廢棄物：防止廢棄物的產生勝過於廢棄物形成後的處理或清理。
2	R: Renewable materials	使用可再生原料：使用可再生的原料而非消耗型原料。可再生的原料一般來源於農產品或是其他過程產生的廢物；消耗型原料一般來於石油天然氣煤礦物等
3	O: Omit derivatization steps	避免衍生化學物：盡可能避免不必要衍生化。
4	D: Degradable chemical products	設計使用後可降解的化學品和產品：產物在使用後，應可降解，而不會在環境累積。
5	U: Use safe synthetic methods	設計更安全的化學品及產品：設計更有效，而且低毒或無毒的化合物。
6	C: Catalytic reagents	使用催化劑：催化劑優於化學計量試劑。
7	T: Temperature, Pressure ambient	提高能源效率：可行的話，盡量在常溫常壓下進行反應。
8	I: In-Process Monitoring	即時分析防止污染：在生產過程中進行全程監控，以減少或消除副產物的生成。
9	V: Very few auxiliary substances	使用更安全的溶劑及反應條件：避免使用溶劑、混合物分離試劑和其他的輔助化合物。如果必須使用這些化合物，選擇無害的物質。如果需要使用溶劑，儘量選擇水。
10	E: E-factor, maximize feed in product	原子經濟最大化：最大比例的利用起始反應物原子。
11	L: Low toxicity of chemical products	設計危害性較小的化學合成：降低或消除生成產物的合成方法對人類及環境的毒性。
12	Y: Yes, it's safe	慎選化學物質來減少意外事故的發生：設計化合物及其狀態，以降低爆炸，火災，泄漏發生的可能性。

達到「全民均健」(Health for all)不只著重於衛生方面，更包括社會多個面向。SDGs 同時兼顧「經濟」、「社會」、「環境」三大面向，其目標 3「確保健康及促進各年齡層的福祉」，包括 13 項細項目標，及 26 項相對應之指標。除了目標 3 之環境健康指標外，另外，有許多指標與健康相關，包括目標 6 環境及水資源衛生之 1 項指標、目標 11 空氣品質等 2 項指標、目標 12 毒害物處理等 2 項指標以及目標 16 身心安全等 8 項指標。同時確保每一項都朝向永續發展，而為了維持目標

與目標間的動態均衡，達到人與環境、世代與物種間的最適狀態。

2.2 綠色化學研究領域

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

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

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

另一方面也可從科學、環保以及經濟三者關係解釋綠色化學內涵：

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

根據權威期刊 *Nature* 的分類，綠色化學這門學問，依據研究主題可被分成幾個型態，如圖 2。其中，(1) 水解（**Water Splitting**）主軸，係應用電化學技術，進行水、溶液或化學物質之水解、電解反應，或

人工光合作用、光化學反應技術亦屬於此等類型；(2)二氧化碳 (Carbon Dioxide) 是關於二氧化碳捕捉技術及效能評估、影響分析等相關研究；(3)生質應用 (Biomass Utilisation) 是在探討生質轉化為燃料或其他增值品，如生質能、生質燃料、堆肥等研究；(4)綠色合成 (Greener Synthesis) 是在描述使化學反應在產品的生產製造、合成工藝和安全性方面，研發更環保、綠色的技術與應用，如綠色生產管理、清潔生產、觸媒反應、奈米合成、自組裝等技術；(5)淨水 (Cleaner Water) 則是在談論水的淨化、回收、再利用、收集、海淡、消毒、機能化等。

以上說明了綠色化學的十二項原則 **PRODUCTIVELY**，係可以應用當今前瞻技術，如奈米科技、電化學、光化學、生物科技、量子點科技、環境管理、微型感測及監測等技術，優化傳統化學之製程、技術、產品、應用使其轉化成綠色化學。

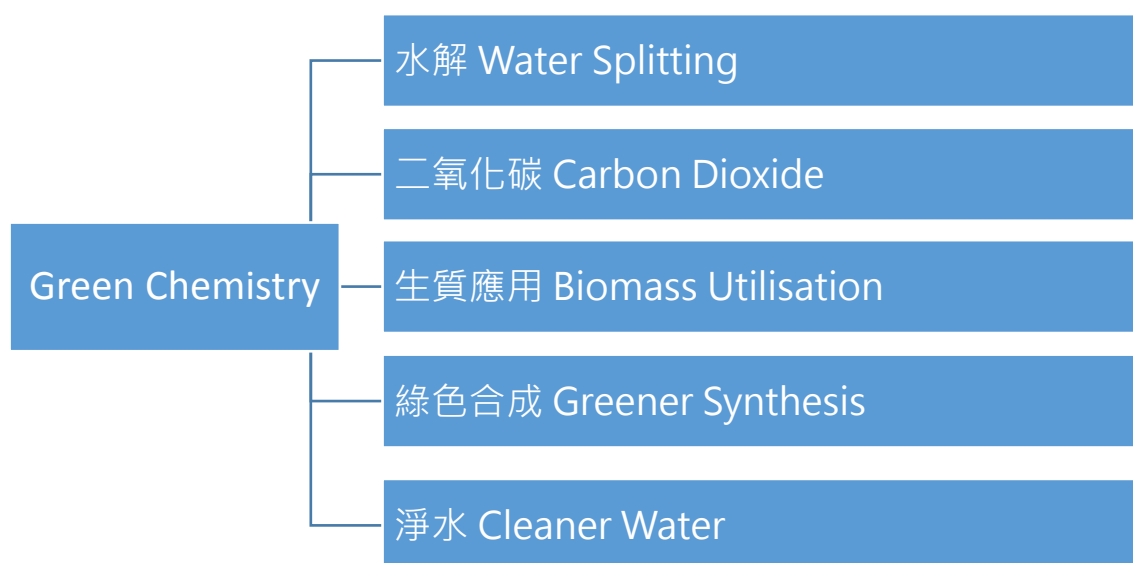


圖 2、Nature 期刊對綠色化學研究領域範疇之分類

傳統清潔產品種類繁多，其成分主要以含氯系化合物為居多，其次為酒精、鹼性水、金屬離子等，均為化學物質，易對皮膚造成傷害，或有消毒副產物、副作用等潛在影響。為維持其化學成分消毒能力，需添加穩定劑及其他化學藥品，過量使用皆會對人體造成危害，如致癌、過敏、皮膚炎、環境荷爾蒙干擾等；此外長期使用後，細菌與病毒也逐漸對此等藥劑產生了抗藥性。隨著民眾健康意識與環保意識抬頭，技術研發投入發展安全、對人體或環境無害的消毒劑或殺菌劑，如消毒噴霧製造、天然植物成份、生物可降解成份等，甚至運用新技術原理，即以綠色消毒化學原理，以無毒性化學物質、安全健康性之原則為消毒防疫重點，因臺灣地小人稠、溫濕度高，適合病菌的生長，加上交通日益便利，造成各種傳染疾病及細菌大量繁殖散播，易在流行高峰期爆發疫情，輕則影響自己及家人，重則影響到身邊曾接觸過的群眾。

電化學綠色生產高活性氧消毒水模組技術原理，係以水為主要反應物質，藉由金屬電極材料以電化學反應，進行電子轉移達到化學反應之目的，利用水中的氧氣與氫氣，產生一系列的活性氧物質，包含陽極表面物理性吸附（Physical adsorbed）之活性氧（Active oxygen），如氫氧自由基($\cdot\text{OH}$)，以及化學性吸附之活性氧，如於陽極表面之金屬氧化物 (MO_x) 更進一步氧化金屬氧化物晶格中之氧 (MO_x^{+1})，及過氧化氫（總反應式： $\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2$ ($E_0 = 0.68 \text{ V, NHE}$))，於反應系統中形成多種高氧化力物質，藉此等高活性氧物質進行細菌及病毒的去活化（表 4 為各物質之氧化電位，數值愈高氧化力效果愈佳），以強氧化方式破壞目標污染物之結構，達到消毒防疫之目的。

表 4、高活性氧成分之氧化電位

Oxidant	Reduction potential (V)
Hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$)	2.80
Ozone (O_3)	2.07
Hydrogen peroxide (H_2O_2)	1.77
Oxygen (O_2)	1.23

簡言之，此綠色電化學技術係應用電子轉移方式達到氧化還原之手段，故屬於綠色化學之研究範疇，應用電化學精密的電子轉移數控制原理，結合特殊奈米電極材料及觸媒材料，於電子轉移過程中在水中產生高活性氧物質，如過氧化氫、氫氧自由基、高氧自由基等，與病菌進行氧化作用後，破壞其原生質，使其蛋白質變形/變性，或破壞細菌之細胞壁及酶，使其失去活性，達到高效殺菌及殺病毒效果。此高活性氧在與微生物、病菌反應後僅轉化為水和氧氣，對於人體及環境皆無危害。

第三章 綠色化學教材編製

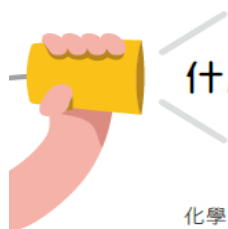
本章節是彙整編撰綠色化學教育宣導手冊之內容，包含綠色化學定義、綠色化學原則、綠色化學應用案例等內容，以專業、有趣、易懂為手冊設計原則，期望能讓一般教育程度（國中）民眾所接受，進而更有感且容易理解綠色化學之重要性。

3.1 手冊內容說明

為將綠色化學概念與應用推廣給民眾，此綠色化學手冊的內容包含三大要點，分別是綠色化學概要、12 項原則說明以及未來展望。其內容說明分別如下。

CHAPTER 1 綠色化學概要

1. 什麼是綠色化學



什麼是綠色化學？

化學是一門基礎科學，也是一種「變化的學問」，能夠改善人類的的生活，但相對的也可能破壞環境生態。

地球資源有限，人類慾望無窮。早期人類為追求高度經濟發展，而不重視環保，導致地球暖化、環境失衡、污染惡化、人類健康與生活環境受到危害。

而綠色化學，核心概念著重於經濟開發對環境友好的化學技術，就是一種不會破壞地球環境，還可以幫助社會發展的學問，因此，為了能讓地球可以永續發展，我們地球人更應瞭解與發展綠色化學。



2. 誰開始研究綠色化學？

誰開始研究綠色化學？

《綠色化學：理論與實踐》



阿那斯特斯 (Anastas) 華納 (Warner)

在 20 世紀末，因環境破壞問題不斷發生因而使地球人重視環保，發起了綠色化學的學問，其中最著名者為阿那斯特斯 (Anastas) 與華納 (Warner) 於 1998 年共同合著《綠色化學：理論與實踐》(Green Chemistry: Theory and Practice) 中所提出的綠色化學十二項原則。

3. 可以運用在哪裡？

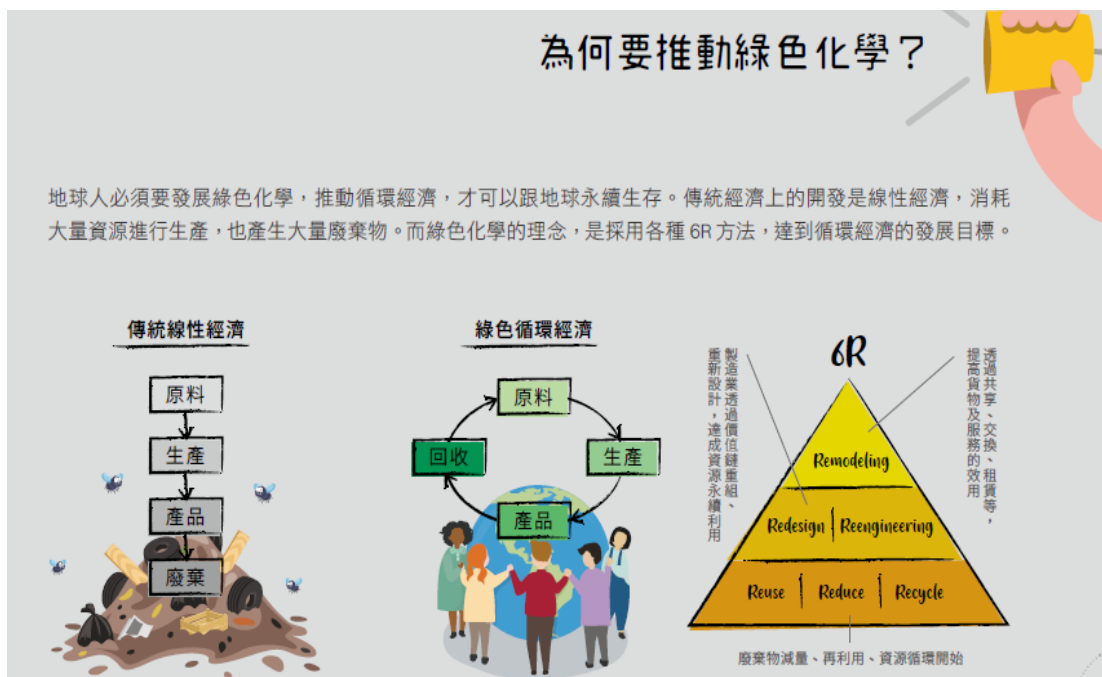
綠色化學可以運用在哪裡？

地球人生活周遭的一切，不論地球環境、工業製程、商業產品，都可以運用綠色化學，如以電化學、光化學、生物科技、量子點科技、環境管理、微型感測及監測等技術，進行傳統化學之製程、技術、產品、應用的環境友善化，使其轉化成綠色化學，改善環境與生活。



- 水淨化/回收
- 空氣淨化
- 生質能
- 二氧化碳捕捉
- 廢棄物資源化
- 去毒化/無毒化
- 可再生原料
- 企業社會責任CSR
- 零排放/全回收
- 工安確保
- 原料可回收/降解
- 不破壞環境
- 安全無毒
- 可回收
- 高能源效率

4. 為何要執行綠色化學？



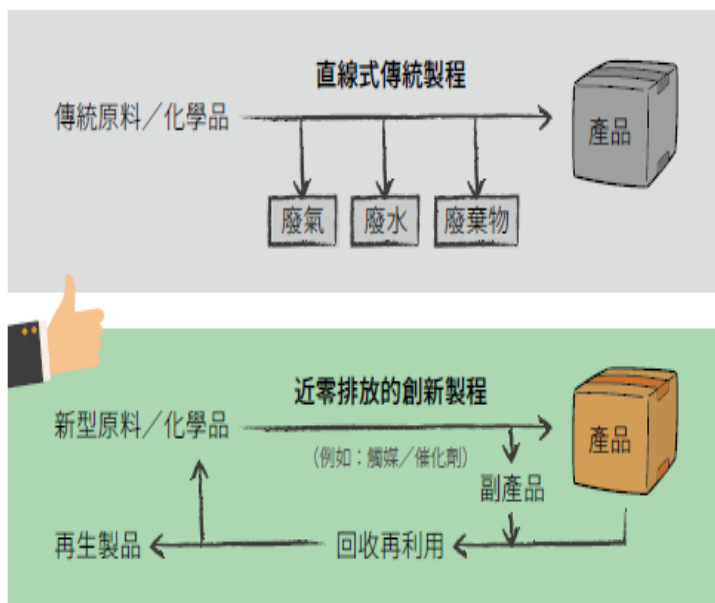
5. 如何實現綠色化學？



CHAPTER 2 12 項原則說明

1. 防止廢棄物

傳統化學製程為直線式系統，目標為品質及獲利性，並不考量是否能降低對環境的危害，因此製程中常產生廢棄物、廢水或廢氣而造成環境污染。然而，綠色化學強調的防止廢棄物，係期望在製程及整體生命週期中，為近零排放的創新製程，屬於循環式系統，透過如清潔生產等優化方法，使過程中剩餘原料成為有價值副產品，並能進行物料回收再利用。因此綠色化學的製程，是具防止廢棄物產生精神，除了考量品質外，更重視環境保護。



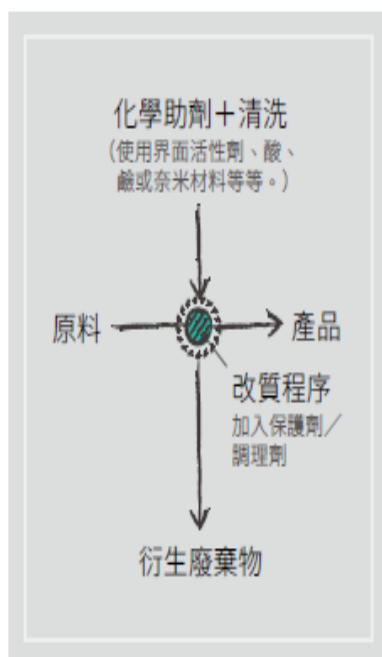
2. 可再生原料

綠色化學原則中的可再生利用原料，係指產品製造所使用的原料為可回收物質，進而降低對環境的破壞並提高其經濟價值。例如，塑膠材料在台灣被分成七類，這些塑膠，透過各種製程生產多元化的塑膠用品，並可經由各種回收方法，製作再生料進行再利用，例如寶特瓶 PET 材料經過回收精煉後，可製作成再生塑膠粒，而能二次加工成環保衣物，形成循環型塑膠生命週期系統，這就是綠色化學可再生利用原料的原則。



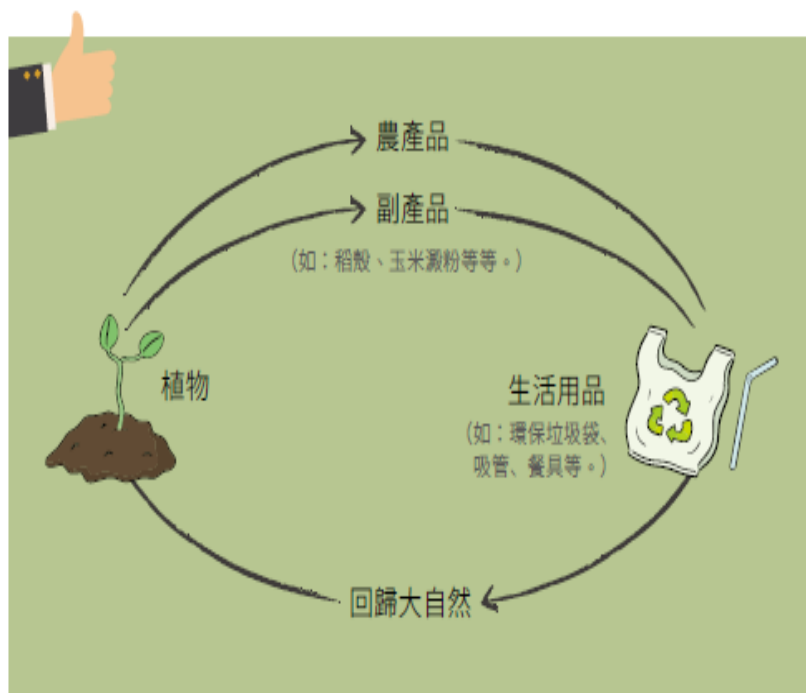
3. 避免衍生物

傳統化學製程中，會為了優化材料或產品特性而添加助劑，如界面活性劑、酸、鹼或奈米材料，作為親、疏水性改質、pH 調整、材料保護或清潔清洗等應用。然而，此步驟造成傳統製程中產生大量衍生物或廢棄物，造成環境負荷。而綠色化學的避免衍生物原則，係應用低環境污染負荷之技術，如 UV、熱能、電漿等新技術進行機能化改質應用，除了達到開發產品功能目的外，並不會有衍生物產生而減少環境破壞風險。



4. 用後可降解

生活中許多材質是很難透過環境自然降解的，如穩定性極高的PVDF（聚偏氟乙烯），具有良好的耐化學腐蝕、耐高溫、耐氧化等性能，但易對環境容易造成負荷。而綠色化學強調的用後可降解，係希望產品或製程加工的原料，即便不回收亦能於環境中能自然降解，舉例而言，傳統塑膠袋不容易於自然降解，但我們可利用農產品或其副產品（如稻殼、葉片等），進行加工成塑膠袋或生活用品，則此再生產品使用後可自然降解，不會造成環境污染。



5. 安全且無毒

05

安全且無毒

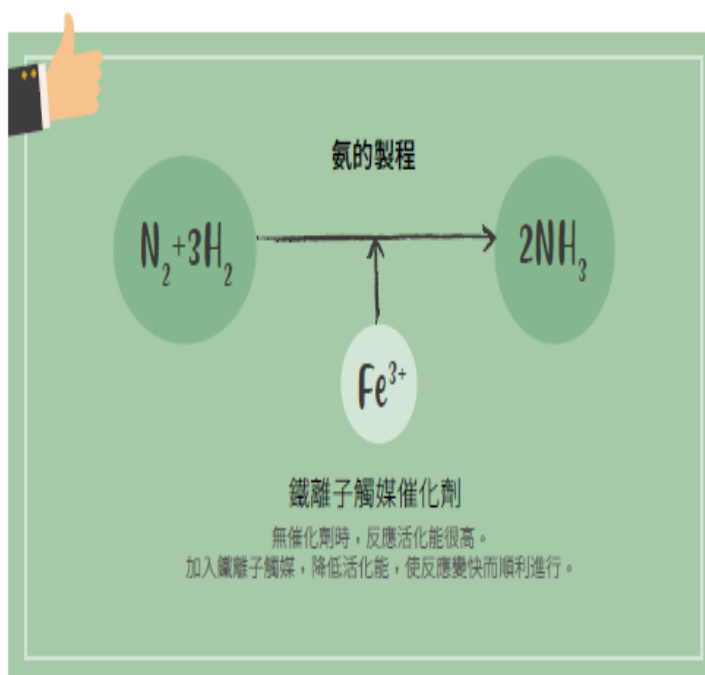
Use Safe Synthetic Methods

隨著科技發展使化學種類相當多元，這代表著所能選擇化學品變多，綠色化學的原則即是優選安全且無毒的產品或製程。如我們可應用如醛、醇或含氯化學品進行消毒，但若使用不當，可能產生健康風險，如致敏性、消毒副產物、氯氣、三鹵甲烷等。而綠色化學係指在滿足應用價值情況下，選擇相對安全且無毒產品，如透過電化學生產高活性氧消毒水，因即時製造特性，故沒有保存與添加藥劑問題，且原料為水，消毒後不殘留藥劑，安全且無毒。



6. 使用催化劑

催化劑亦稱觸媒，是指在化學反應中，能提供另一活化能較低的途徑，加快反應速率，而本身質量和性質於反應過程中保持不變。於製程中為了加速反應，我們可添加觸媒（催化劑）以提高反應效率，舉例而言，氮可透過氮、氫的化學反應進行製造，然而，此反應活化能很高，故在自然狀態下並不能正常製造，但透過添加鐵觸媒後則能降低活化能，使反應快速順利進行。因此，產品在快速生產前提下，就能相對地降低對環境的負荷。



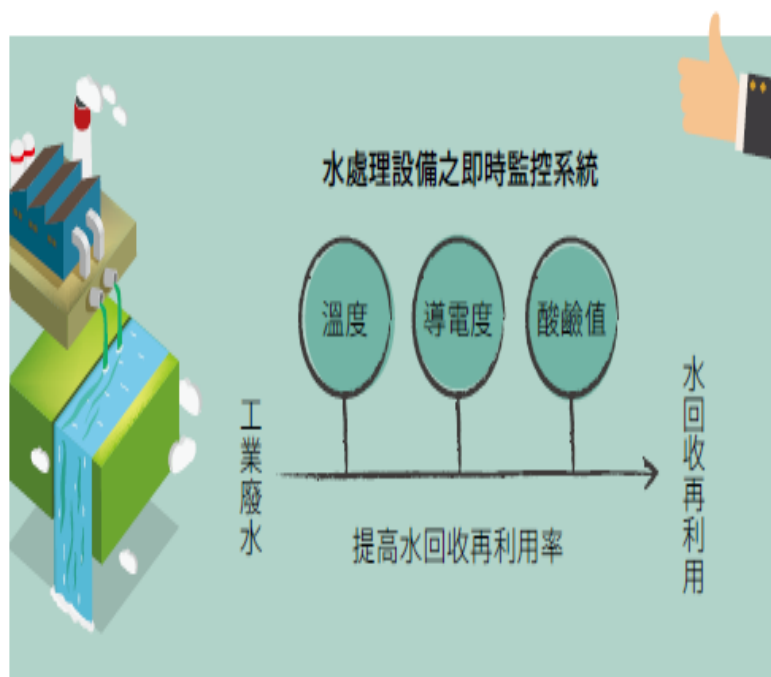
7. 高能源效率

於製程中須透過能量的消耗來製作產品，如電力、熱能等，愈耗能製程則能源效率愈差，對環境所造成的負荷愈高愈不環保。舉例而言，礦物冶金可分成乾式法及濕式法，乾式係應用高溫熱熔的方式，屬於高能量消耗型製程。而濕式係利用溶劑或浸漬劑，於常溫常壓下進行化學金屬提煉，因此相對而言，濕式法的能源效率較乾式高。故透過技術改革來提高製程能源效率，除了環保還能夠降低成本，增加經濟價值。



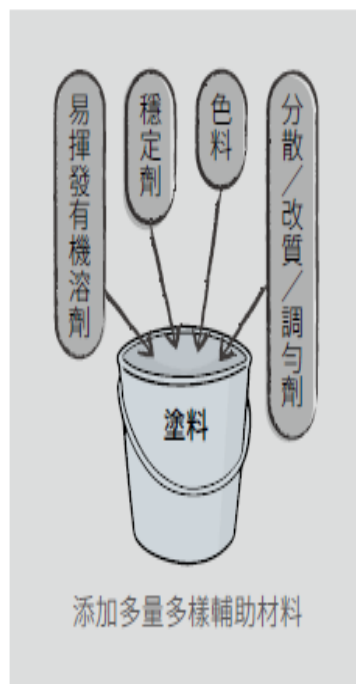
8. 監控防污染

綠色化學製程中，係希望能透過即時監控的方法手段，來達到產品製作或處理過程中，達到品質確保、環境保護、製程效率提升等目的，進而降低污染排放，減少對環境的破壞。舉例而言，某一個化學工業廢水處理程序，於處理程序中可透過即時監測水質指標，如溫度、導電度、pH 酸鹼值等，來確保廢水處理過程之操作參數最適化，進而提高水處理回收及增加再生水量。



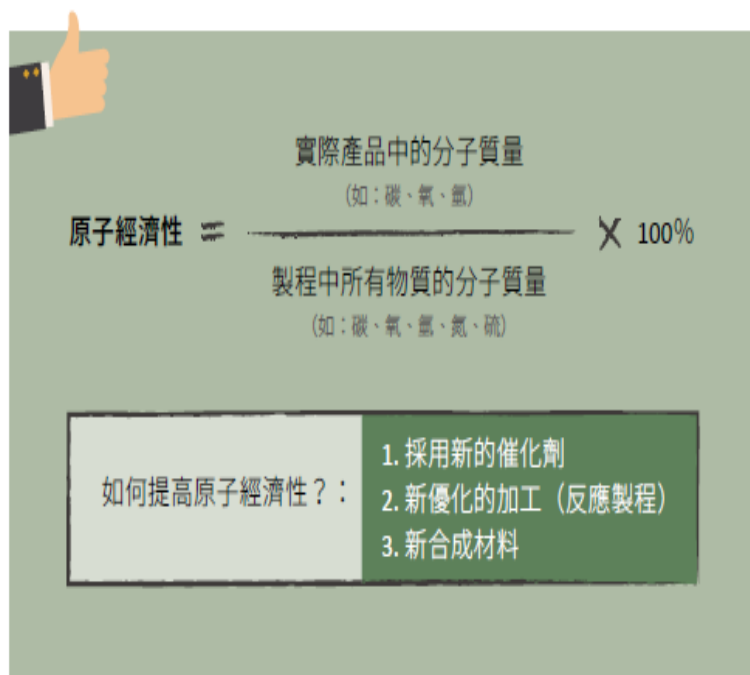
9. 降低輔助材料

製程中通常可透過輔助材料的添加，來提升產品或材料的功能，以滿足應用的需求，舉例而言，為了優化塗料的特性，如保存性、均勻度或視覺上優化，通常會添加有機溶劑、分散劑、穩定劑、色料等，進而造成環境及人體上的危害風險。然而，透過綠色替代材料研發，可選用環保複合助劑或水，輔以物化方法，如超音波震盪、加熱均勻化或UV改質等手段，降低輔助材料添加達到提升產品功能之相同目的，此為綠色化學降低輔助材料的原則。



10. 最大化原子經濟

原子經濟性是指實際產品分子質量，佔製程中所有物質分子質量之百分比，比例愈高代表原子經濟性愈高，對環境與經濟愈有利。舉例而言，一個含有碳、氫、氧分子產品，其分子質量假設為 100 mg，若製程中所有分子質量為 200 mg，則產品原子經濟性為 50%。然而，透過 1. 添加催化劑、2. 優化製程、3. 採用創新材料等方法，將分子質量提升至 180 mg，則其原子經濟性提升為 90%，也相對降低對環境污染負荷。



11. 低危害化學合成

產品應用程序、產品加工製程或化學反應過程中，通常會有放熱、吸熱、排氣、排水、產毒等反應現象，若處理不當處理，則會造成對工廠、人員、環境造成相當大的危害。因此，我們應該透過製程優化、創新材料選用等方法，於產品生產過程中，創造出低危害的新化學合成法，以降低對環境與人體的危害風險。

舉例而言，於環境製冷需求之反應過程中，我們通常會用冷媒材料來達到製冷目的，早期，氟氯碳化物（CFCs）的應用相當廣泛，然而，經過一段時間應用測試及研究後，人類發現其會對臭氧層會有相當大的破壞，因此，我們改開發及應用氫氟碳化物（HFC），來降低環境危害保護地球臭氧層，此就是綠色化學中降低化學合成與應用危害之原則。



12. 避免意外事故

化學反應過程中，因進行物質攪拌、加熱等物化程序，若沒有經過完善規劃，可能產生爆炸、洩漏、燃燒等危害，因此，我們可透過一些方法來避免意外事故。如 1. 原料面：減少可燃性/助燃性、有毒性、易揮發、易腐蝕、易爆炸的材料使用。2. 製程面：減少高溫、高壓、異相化合物混合及繁雜加工程序等。3. 管理面：透過即時製程監控（如影像、自動化操作等）、完善品保/品管計畫、安全衛生檢查及工安管理，來降低危害風險。



3.2 綠色化學未來展望

我們只有一個地球，為了永續發展，身為地球人有必要清楚知道綠色化學，否則地球將在人類高度快速發展經濟的同時，破壞環境導致無法居住。因此，除了生產者製造時要採用綠色化學，身為消費者更要選用綠色化學產品，以達到環境保護的目的，更進一步能夠創造循環經濟。

在原料開採、產品製造、應用後處理的生命週期當中，傳統的方法為直線式系統，多僅以產品應用價值及降低成本為考量因子，忽略了環境因子，在造成環境破壞後，我們再用環境復育的概念進行補救，此直線式系統往往造成極大的環境與經濟損失。而地球人可以透過綠色化學的融入，將直線式系統轉變循環式系統，不論在原料開採、產品製造、應用後處理的任何階段，皆考量環境保護、資源再回收利用等方法，來延長物質使用壽命及經濟價值，進行創造了地球的循環型經濟型態，來真正達到地球永續發展的目標。

地球人一定要知道，綠色化學是建構一個綠色永續地球的基礎！

第四章 消毒綠色化學應用探討

以消毒綠色化學應用案例，使民眾瞭解綠色化學知識，更能藉由實務應用深刻瞭解、體驗、落實到生活中，以實踐綠色化學應用之優點，提升民眾對於綠色化學的知識瞭解。

4.1 常見消毒藥劑種類

利用化學藥劑進行消毒的方式稱為化學消毒法，使用方式是將預消毒的標的與適合的化學消毒劑充分接觸，以達消滅病原體之目的。理想的化學消毒劑應具備下列條件：

1. 可殺死病原體之繁殖型外，亦殺死病原體之芽胞型。
2. 對皮膚無刺激性。
3. 對器材無腐蝕性及破壞性。
4. 具有經濟性，方便使用。
5. 消毒效力穩定。
6. 能穿透油脂膜，以達消毒之目的。

目前市面上常見的消毒方式有酒精、氯系消毒水、臭氧水與紫外光等，現分別說明如下：

1. 酒精

消毒原理是以 75%酒精可使病原體蛋白質凝固，達到殺菌效果。

注意事項包括可有效消滅細菌營養體、真菌和含脂病毒，但對內孢子無效，對無外套膜病毒（如：腸病毒）效果不穩。長期和重複使用後也可能對橡膠或部分塑膠造成退色、膨脹、硬化和破裂。

2. 氯系消毒水（漂白水、二氧化氯、次氯酸）

消毒原理是使菌體蛋白質產生氧化作用，因而失去正常生理機能，代謝停止或死亡。

注意事項包括漂白水會刺激黏膜、皮膚和呼吸道，且會在光或熱下分解，並容易與其他化學物質（如：鹽酸）起反應，產生有毒氣體。

3. 臭氧水

消毒原理為改變細胞膜上的蛋白質結構或使酵素失活。

注意事項包括臭氧若自水體中析出，使空氣中臭氧濃度過高，會對眼睛、鼻腔及呼吸道等黏膜造成傷害。使用時需保持室內通風，並注意臭氧濃度的控制。

4. 紫外光

消毒原理為紫外線的波長有 A、B、C 三種類型，以紫外線 A 的波長最長，約 400-320 nm；紫外線 B 的波長其次，約 320-280 nm；紫外線 C 的波長最短，約 280-100 nm。一般殺菌用的紫外線波長約 240~280 nm，利用釋出高能量的光線，使細胞的 DNA 發生變化，造成喪失繁殖的能力。

注意事項包括紫外線的穿透度極低，無法消毒到物品的背面或內側，且易被塵埃粒吸收，紫外線對孢子及芽孢殺菌效果亦差。對人體細胞有破壞作用。紫外線對有機物質和塑膠製品，會產生分子間的聚合作用而降低殺菌效果。

5. 高活性氧消毒水

消毒原理是將觸媒材料與電化學結合的高級氧化處理程序 (Advanced Oxidation Processes, AOPs)，是一種相當具有潛力且受到注目的技術，應用各類型奈米觸媒極板與電觸媒技術，達成高級氧化處理程序，以水為主要反應物質，以電化學反應，將水中的氧原子與氫原子重組，產生一系列的活性氧物質 (ROS)，包含陽極表面物理性吸附(Physical adsorbed)之活性物質，如氫氧自由基 ($\cdot\text{OH}$)，以及化學性吸附之活性物質，如於陽極表面之金屬氧化物 (MO_x)，更進一步氧化金屬氧化物晶格中之氧 (MO_x^{+1})，及過氧化氫 ($\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$ $E^\circ = 0.68 \text{ V, NHE}$)，於反應系統中形成多種高氧化力物質。

注意事項包括以電化學方式即時製造出高氧化力物質，因無添加穩定劑及防腐劑，故活性高保存期限較短，於應用時需注意使用效期。

4.2 消毒化學物質藥劑應用分析

表 5 為常見的消毒化學物質藥劑、以及消毒綠色化學應用案例分析比較，應用綠色化學的 12 項原則，如無使用毒性化學物質、安全監控、再生原料等綠色化學原則進行之。

1. 酒精：可藉由製程優化管理，減少揮發量，並強化工安管理（綠色化學第十二項原則）避免燃燒危險。
2. 氯系消毒水：藉由電解食鹽產生次氯酸消毒水，但須注意 pH 調控，避免 pH 低於 3 產生氯氣而有危險，且須避免遇有機物生成有致癌風險之消毒副產物（三氯胺、三氯甲烷等）。
3. 臭氧水：以氧氣為原料即時製造臭氧，但須注意強化及提高臭氧溶解於水的效率，避免效果不佳。
4. 紫外光：光消毒本身即算綠色消毒，但需特別注意使用上安全性及正確的使用方式，且僅有光照的地方才有消毒效果，並須注意眼睛及皮膚不可直接直視與直接照射。
5. 高活性氧消毒水：以電化學方式即時製造，以水為原料即時製造高活性氧消毒水，成本較高，且須注意保存期較短問題。

表 5、常見消毒方式比較表及可能綠色化學應用化之方法說明

消毒劑	主成分	消毒機制	使用注意事項	綠色化學應用分析
酒精	乙醇	蛋白質之凝固	(1) 注意密封與保存 (高揮發性) (2) 易燃 (3) 皮膚敏感 (4) 濃度需控制	製程優化已減少原料成本
氯系消毒水	次氯酸	氧化	(1) 含氯產品在 pH<3 時會分解出氯氣 (2) 遇有機物生成有致癌風險之消毒副產物(三氯胺、三氯甲烷等) (3) 次氯酸鹽水溶液，照光或加熱易分解成氯化物、氯氣及水	電解食鹽即時製造次氯酸消毒水
臭氧水	O ₃	氧化	(1) 避免吸入氣體 (2) 水溶性差 (3) 成本高 (4) 吸入性危害	以氧氣為原料即時製造臭氧
紫外光	UV	強光斷鍵	(1) 勿直照人體 (2) 消毒照射需時長	光消毒本身即綠色消毒，但需注意使用安全性及正確的使用方式
高活性氧消毒水	Reactive Oxygen Species, ROS	氧化	(1) 成本高 (2) 保存期限較短	以水為原料即時製造高活性氧消毒水

第五章 綠色化學推廣活動

為積極推廣綠色化學的觀念，藉由不同場域的教育宣導，讓民眾能了解及落實綠色化學於生活中。目前推廣活動分別於月子中心、幼兒園以及診所為主，相關推廣活動日期、地點與活動主題整理如表 6：

表 6、推廣活動時程表

日期/時間	地點	主題
11/1 (四) 10:30~11:30	寶來產後護理之家 (新竹縣竹北市六家五路二段 66 號)	綠色化學宣導及消毒知識 與技術介紹
11/4 (日) 15:00~16:00	北澤國際產後護理中心 (新竹市東區林森路 233 號)	綠色化學宣導及消毒知識 與技術介紹
11/6 (二) 15:00~16:00	信澤產後護理之家 (新竹市東區埔頂三路 158 號)	綠色化學宣導及消毒知識 與技術介紹
11/9 (五) 12:00~13:00	林君怡小兒專科 (新竹市東區關新路 18 號)	綠色化學宣導及消毒知識 與技術介紹
11/10(六) 8:30~11:30	新竹市立新莊幼兒園 (新竹市東區新莊街 252 號)	綠色化學宣導及消毒知識 與技術介紹
11/16(五) 14:30~16:30	中化銀髮 (臺北市內湖區洲子街 71 號 8 樓之 2)	綠色化學宣導及消毒知識 與技術介紹

1. 寶來產後護理之家



圖 3、產後護理之家媽媽們上課情形

2. 林君怡小兒專科



圖 4、診所護士與藥劑師參與綠色化學講座

3. 新竹市立新莊幼兒園



圖 5、幼稚園學童體驗綠色化學水

第六章 結論與建議

本計畫為綠色化學教育推廣計畫旨在於提升民眾對於綠色化學之環境知識，並進一步提升其環境技能與態度，以期能將之轉化為具體行動，落實正向環境保護行為並有效面對生活上所面臨的環境問題；以及提升民眾之環境敏感度，藉由綠色化學案例體驗人與環境間的互動關係，重新檢視人類對於環境的態度與作為，以觸發自省，並達到新綠色化學典範願景；同時透過綠色化學教育推廣手冊，充實民眾綠色化學知識，引發民眾對環境覺知與敏感度，並鼓勵於生活身體力行，落實環境保護行為。

6.1 結論

本推廣計畫結論包括：

1. 綠色化學之應用技術面向：綠色化學應用技術推廣活動可提升民眾瞭解對於使用低毒性化學品使用之重要性，促使國內產業強化以綠色化學於產品研發之能量與品質。
2. 綠色化學之社會大眾面向：提升民眾更加瞭解綠色化學知識，進而提高民眾於購買化學性產品之綠色思維，除化學性產品的經濟價格考量，亦增加對於環保、節能之思考要素。
3. 綠色化學之環境生態面向：降低減少於傳統化學製程其衍生物、副產物之危害風險，及對於環境污染與破壞之虞，以達到綠色生產、綠色消費、綠色生態之多贏局面，進而達到民眾知行合一，更能落實應用綠色化學，達到優化環境之目的。

6.2 建議

1. 推動綠色化學教育推廣策略：綠色化學於國內仍屬於新穎知識領域，建議持續性推動綠色化學知識宣導活動，以多元性、豐富性、常態性形式，提升民眾參與認同，進而落實綠色化學新觀念於提高生活

品質。

2. 建立綠色化學宣導模式化：綠化化學的宣導與公共行銷、社會行銷有密不可分的關係，對於綠色化學議題關心者，較常從相關管道求得學習給予自我適度參與，宣導方式包括（1）說明會、演講；（2）媒體導：如製作或運用動畫、影片；（3）文字宣導：如轉發相關書面資料、張貼海報或印製刊物等；（4）電子化宣導：如寄送電子郵件、刊登網頁、跑馬燈宣導等；（5）口頭宣導：利用適當會議、場合口頭報告等。

參考文獻

1. 職場預防感染之消毒技術，台中榮總 勞工安全衛生研究所醫學組 熊印美。
2. 實驗室消毒滅菌與感染性廢棄物處理，衛生福利部疾病管制署 生物安全第二等級實驗室工作人員教育訓練 講義。
3. 消毒殺菌的意義、原理及原則，樹德家商 戴寶娥老師。
4. 滅菌與消毒，國立成功大學醫學院微生物及免疫學研究所 余俊強老師。
5. 正確使用漂白水消毒方法，衛生署疾病管制局。

附錄一、期末報告審查會議建議

- 一、時間：107 年 11 月 30 日（星期五）下午 4 時 00 分
- 二、地點：本局 B02 會議室
- 三、主席：劉組長怡焜
- 四、出（列）席單位及人員：胡委員啟章、張委員章堂、周委員芷玫、
國立臺北科技大學、本局綜合規劃組
- 五、主席致詞：（略）
- 六、計畫執行單位報告：（略）
- 七、審查意見：

委員建議		回覆及修訂情形
(一) 胡委員啟章		
1	手冊編寫內容豐富，值得肯定；但建議在內容項目上可補充實力。例如可再生原料的部分，可以慈濟環保為例；使用催化劑的部分，可把溫度差異列出來。	謝謝委員指教，將於宣導手冊內容予以修訂。
2	因為推廣成效佳，若下年度仍有此類計畫，建議提高經費補助。	謝謝委員指教，可作為局內未來之參考。
(二) 張委員章堂		
1	(P.3) 宜列明使用時機，尤其幼稚園使用時機。	謝謝委員指教，已於報告本文第四章說明。
2	(P.16) 氧化劑易有中間產物，毒性更高，尤其染劑去除。	謝謝委員指教，已於報告本文第四章說明。
3	(P.12) 高活性氧製造技術頗多，宜慎防過的自由基(O3)發生。	謝謝委員指教，已於報告本文第四章說明。
4	(P.27) 製造流程宜採綠色化學製程。	謝謝委員指教，已於報告本文第四章說明。
5	(P.26) 敘述有說，宜修正。	謝謝委員指教，已於報告本文第四章說明。
6	手冊宜再簡化，以利民眾閱讀。	謝謝委員指教。
周委員芷玫		

「綠色化學教育推廣計畫-以應用電化學綠色生產高活性氧消毒水為例」計畫

委員建議		回覆及修訂情形
1	計畫成果豐碩，值得肯定。	謝謝委員指教。
2	目前此議題對國中、小學相當重要，若未來在國小推廣時，可延續此架構設計適合國小學童之教案，亦須明定教案對象(高、中、低年級)、教案時間、目標、及課程大綱等，未達到情意、認知、技能之環境教育目標。	謝謝委員指教，可作為未來相關計畫之參考。
化學局		
1	報告格式請確實依契約書修訂，內容、圖表及目錄請仔細校正。請勿用●及符號。	謝謝委員指教，已予以修訂。
2	有關傳統化學消毒及綠色化學消毒技術之內容及比較，請敘明研究或文獻來源。	謝謝委員指教，已予以修訂。
3	綠色化學推廣教材（手冊）內容淺顯易讀，另本計畫係以綠色化學教育推廣為主，消毒水綠色應用案例係以技術為案例；請據以修正。	本計畫以推廣「綠色化學教育」為主，為利於民眾瞭解環境知識，即以居家環境衛生之清潔消毒為例，利於民眾瞭解綠色化學之內涵與意義。
4	報告書初稿中勿敘述與本計畫無關之商品，如該商品之研發有使用到本計畫經費，請敘述其細節、經費額度，以及相關權利義務事項。	本計畫以推廣「綠色化學教育」為主，現場輔以簡易實驗教具與民眾宣導示範、闡述清潔消毒操作及原理，並無研發商品之虞。
5	結論、建議和效益請明確區分，勿混淆。	謝謝委員指教，已於報告本文第六章說明。。