



2019

# 綠色化學產業應用推廣年報

## 綠色化學產業創新



行政院環境保護署

**毒物及化學物質局**

Toxic and Chemical Substances Bureau  
Environmental Protection Administration, Executive Yuan, R.O.C (Taiwan)

# 序文

## 綠色化學產業應用推廣年報(創刊號)

綠色化學是「環境友善」、「健康友善」、「經濟友善」的化學，核心概念著重於開發對環境友好的化學，為不破壞地球環境，並幫助社會發展的實務性應用化學。隨著科技不斷創新，化學物質的製造使用為生活帶來便利與舒適，但隨著消費安全及環境意識抬頭、企業面對國際商業競爭壓力下，如何加強綠色化學應用，提升競爭力將成為永續發展的關鍵。

國內企業正邁向、甚或已跨進所謂「綠色化學產業圈」，於產品製造融入「綠色化設計」概念，原料使用低毒、安全之化學物質，運用綠色化學進行製造、友善環境，確保民眾健康並改善生活。本署毒物及化學物質局成立後致力於獎勵毒性化學物質管理或研發之績優運作者，依「毒性及關注化學物質管理法」第72條規定及「毒性化學物質運作獎勵辦法」，於2018年辦理「第1屆綠色化學應用及創新獎」，計有綠色化學教育、綠色安全替代、化學物質管理及

災害防救整備等類別，共15家企業團體單位獲獎。

本局出版「綠色化學產業應用推廣年報」，目的為宣揚企業團體積極發展安全及創新化學製程，運用綠色化學原則於產品生命週期研發運用更安全的化學物質，並落實提高能源、資源使用效率及減少衍生物等理念。本年報創刊號彙整關於化學原料製造、電子科技製造、廢棄物處理再利用等8家企業團體單位，於生產製程、產品材質納入化學物質低毒性、安全性評估，減少產品生命週期風險，提升化學物質管理具體成果，以彰顯國內產業投入綠色化學相關創新研發或製造，足為各界表率及學習仿效。冀望藉由此綠色化學產業應用推廣年報，鼓勵業界持續朝向低污染、低毒性替代品之創新研發，減少毒性化學物質使用，落實綠色化學，保護環境及健康。

行政院環境保護署  
毒物及化學物質局局長

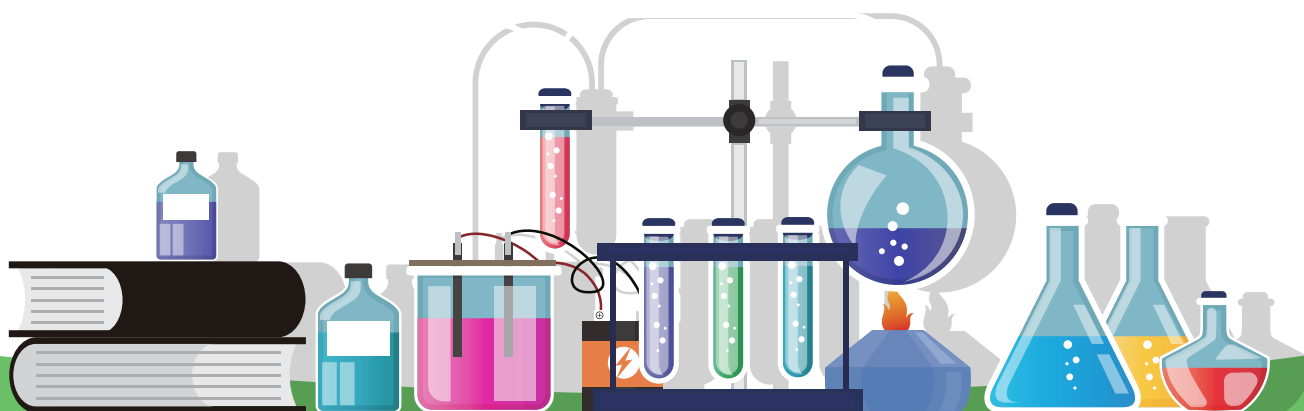
謝燕儒



# 前言

在國際上綠色化學議題視為推動國家企業綠色營運策略之一。在美國，政府大力支持與鼓勵企業研究綠色化學，由美國環境保護署、美國科學院、國家科學基金和美國化學會聯合主辦「美國總統綠色化學挑戰獎(Presidential Green Chemistry Challenge Award)」表揚企業、機構、組織或個人在安全、綠色、低毒化學研究上的創新，獎項包含綠色合成路徑獎、綠色反應條件獎、綠色化學品設計獎、小企業獎、學術獎及氣候變遷獎，屬於國家級之榮譽。聯合國於西元2015年公布之永續發展目標(Sustainable Development Goals, SDGs)，亦建議使用更安全之化學品，期能在 2030 年以前大幅減少因危險化學物質死亡人數、及減少有毒化學物質與危險材料釋出等目標。爰此，無論是國際發布之行動倡議，乃至政府支持鼓勵，均顯示企業在綠色化學推展之重要性。

化學物質應用廣泛，從高科技半導體及光電產業，到國防生技、醫藥用品，甚至是民生用品、紡織品產業均會使用化學品來製造商品，近期國內許多企業為能改善工作人員作業環境，降低生產過程帶來的環境衝擊，更可作為強化企業永續發展重要工具，紛紛投入大量資源研究更安全、低毒性、少廢棄之化學物質使用及製程。為推廣宣傳臺灣各產業在綠色化學行動方案上的努力，本局於2018年辦理綠色化學應用及創新獎，並編纂「2019綠色化學產業應用推廣年報」，內容包含多種產業別在綠色化學作為上的用心及獲得的環境效益。希冀透過本年報發行，相關企業均能紛紛響應，更進一步將聯合國永續發展目標設為願景目標，與國際先進國家在綠色化學努力上並駕齊驅。





# 綠色化學十二項原則

## The 12 Principles of GREEN CHEMISTRY

### 防廢



防止廢棄物產生勝於產生廢棄物後的處理或清理。

### 節能



應減少能源需求並意識到能源需求對於環境及經濟的影響。合成方法應儘量在常溫和常壓下進行。

### 再生



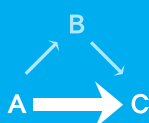
在技術和經濟可行時，應使用可再生而非消耗型的原物料或原料。

### 監測



製程中在形成有害物質之前應建立可即時監控及控制之技術。

### 簡潔



儘可能減少或避免不必要的衍化（在物理/化學反應過程中，使用阻絕基團、保護/去保護或作短暫性修改），因為此步驟需要添加試劑，可能會產生廢棄物。

### 降輔



儘可能地避免使用輔助物質（例如：溶劑、混合物分離試劑等），如果必須使用這些化合物，應選擇無害的物質。

### 可解



化學產品的設計應使其在功能結束時分解成無害的降解產物，不會在環境中長期存在。

### 物盡



合成方法的設計應最大化將所有材料轉變成最終產品。

### 保安



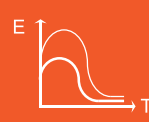
化學產品的設計應兼具效能與低毒性。

### 低毒



在可行的情況下，設計合成方法時應使用和生成對人體健康和環境幾乎沒有毒性的物質。

### 催化



儘量選擇催化劑優於化學計量試劑。

### 思危



應慎選化學反應過程中所使用的物質及物質形式，以儘量降低化學事故發生的可能性，即降低洩漏、爆炸及火災發生的可能性。

## 12 Principles of green chemistry: PRODUCTIVELY

Developed by Samantha L. Y. Tang, Richard L. Smith and Martyn Poliakoff, the following list outlines an early conception of what would make a greener chemical, process, or product.

- **P: Prevent wastes**

It is better to prevent waste than to treat or clean up waste after it has been created.

- **R: Renewable materials**

A raw material or feedstock should be renewable rather than depleting whenever technically and economically practicable.

- **O: Omit derivatization steps**

Unnecessary derivatization (use of blocking groups, protection/deprotection, temporary modification of physical/chemical processes) should be minimized or avoided if possible, because such steps require additional reagents and can generate waste.

- **D: Degradable chemical products**

Chemical products should be designed so that at the end of their function they break down into innocuous degradation products and do not persist in the environment.

- **U: Use safe synthetic methods**

Chemical products should be designed to preserve efficacy of function while reducing toxicity.

- **C: Catalytic reagents**

Catalytic reagents (as selective as possible) are superior to stoichiometric reagents.

- **T: Temperature, Pressure ambient**

Energy requirements should be recognized for their environmental and economic impacts and should be minimized. Synthetic methods should be conducted at ambient temperature and pressure.

- **I: In-Process Monitoring**

Analytical methodologies need to be further developed to allow for real-time, in-process monitoring and control prior to the formation of hazardous substances.

- **V: Very few auxiliary substances**

The use of auxiliary substances (e.g., solvents, separation agents, etc.) should be made unnecessary wherever possible and, innocuous when used.

- **E: E-factor, maximize feed in product**

Synthetic methods should be designed to maximize incorporation of all materials used in the process into the final product.

- **L: Low toxicity of chemical products**

Wherever practicable, synthetic methods should be designed to use and generate substances that possess little or no toxicity to human health and the environment.

- **Y: Yes, it's safe**

Substances and the form of a substance used in a chemical process should be chosen to minimize the potential for chemical accidents, including releases, explosions, and fires.

# 目次

01	臺灣永光化學工業股份有限公司	1
02	臺灣杜邦股份有限公司	11
03	臺灣阿克蘇諾貝爾塗料股份有限公司	21
04	國家中山科學研究院化學研究所	29
05	聯華電子股份有限公司	41
06	友達光電股份有限公司	51
07	世界先進積體電路股份有限公司	61
08	中台資源科技股份有限公司	69
附錄	中英文對照與名詞解釋	77

（依產業別排序）





## 01

## 臺灣永光化學工業股份有限公司

符合綠色化學原則



## 一、公司基本介紹

臺灣永光化學工業股份有限公司（以下簡稱永光化學公司）創立於1972年9月，國內共有4個廠均坐落於桃園市內，專注於高品質化學物質的生產製造與服務。依功能性，永光化學公司生產化學產品共分為五大類，分別為色料化學物質（佔營收47%）、特用化學品（佔23%）、碳粉（佔17%）、電子化學品（佔11%）、醫藥化學品

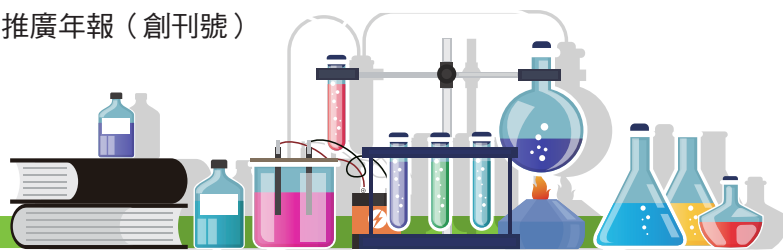


（2%）。產品應用多元，可分別應用於紡織產業、皮革產業、數位列印產業、塗料產業、塑膠產業、積體電路(IC)產業、平面顯示器及面板產業、發光二極體(LED)產業、太陽光電產業、健康醫療產業等，涵蓋範圍非常廣泛。

永光化學公司45年來，不斷開發高附加值、低耗能、低污染的高科技化學物質，目前擁有多項專利與獲獎，其營運理念致力於響應綠色環保，1998年啟動綠色會計制度，是臺灣第一家實施綠色會計的企業。另外，為瞭解國際趨勢及即時掌握相關規範資訊，永光化學公司加入國際相關組織有害化學物質零排放聯盟(Zero Discharge of Hazardous Chemicals, ZDHC)，永光化學公司總經理以綠色化學策略與國際交流，產品通過國際瑞士藍色標誌標準(Bluesign standard)、全球有機紡織認證及Inditex集團合格化藥供應商之第三方認證。

## 二、綠色化學替代原料開發

因應永光化學公司研發製造產品多元、應用產業廣泛，因此評估多項應用化學替代方案，研發過程思考以取代、減量或採用低毒性、更安全、對環境友善的物質來生產或運作，大致上可區分為前端產品製造階段替代，以及後端廢棄物處理替代方案。產品端替代方案實施後可提供下游客戶更多低毒甚至無毒性之原料，滿足客戶環保政策需求；廢棄物處理端替代方案推動後，大幅減少化學物質排放及後端最終處理經費。以下介紹相關推動化學物質安全替代、減量方案。



## （一）低毒化學品研發

研發環境友善產品提供製造產品作為其他有需要的公司之化學替代方案原料。推動環境友善產品之重要案例有低毒性之桌上型噴墨印表機墨水、光安定劑、反應性染料及高效能濕氣反應型貼合膠等。

### 1. 低毒性之桌上型噴墨印表機墨水開發

歐盟基於保護人類健康及環境安全，自2007年起，歐洲化學署(European Chemical Agency, ECHA)發佈「高度關切物質」(Substances of Very High Concern, SVHC)；永光化學公司持續關注新增列入至SVHC名單之化學物質種類。過往桌上型噴墨印表機用墨水配方含有N-甲基吡咯烷酮(N-Methylpyrrolidone, NMP)，2014年歐盟公告NMP具有環境毒性，永光化學公司立即啟動墨水配方變更專案、尋求改善方案，成功開發出更安全的替代原料，以親水性之無毒化學物質取代。

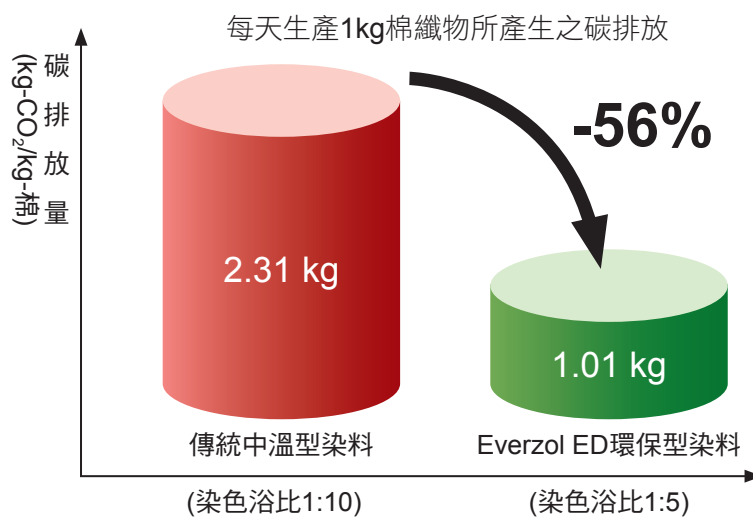
### 2. 環保光安定劑開發

傳統光安定劑用於水性樹脂塗料常會有相容性的困擾，化學物質的使用量也會隨之增加。永光化學公司於2007年針對此問題投入資源進行研發，使用創新之水性樹脂穩定技術，讓高性能光安定劑在水性樹脂中具較佳分散性，有效成份高達70~90%，不含抑菌劑(Biocide)且儲存穩定性佳，低溫下不易產生凝集結塊。於2011年，更針對不同光固化系統找到影響固化因子，研發專為水性光固化塗料所設計之光安定劑配方，將光起始劑與光安定劑角色的衝突降到最低，不干擾固化速度且兼顧保護效果，創新開發出「水性光固化塗料專用光安定劑」。

「水性光固化塗料專用光安定劑」及「光固化塗料光安定劑」，產品本身均屬於低毒性、無氣味、可揮發物含量低，能同時解決光安定劑與水性樹脂相容性及不減緩光固化速度之技術問題，為下游產業提供綠色化學替代方案之原料。以2018年銷售量估計，對環境危害程度大幅減少6,400噸揮發性有機化合物(VOCs)排放。此項產品更獲頒臺灣化學產業協會(Taiwan Chemical Industry Association, TCIA)2018年產品創新獎。

### 3.環保反應性染料開發

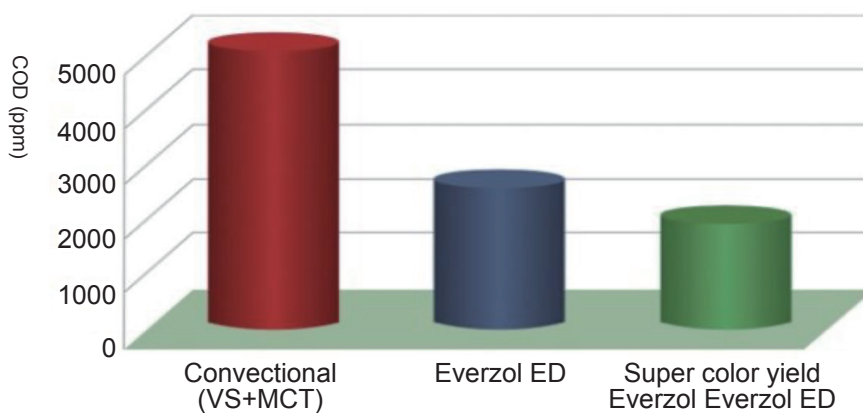
傳統型反應性染料常受限於染深性效果不佳且固著力不良之困擾，為達到染色效果需使用大量染料，造成後續水洗工程繁長且產生大量廢水，增加處理成本和額外的耗能。有鑒於市售傳統中溫型或高溫型染料之染色應用效果不足及因應環保考量，永光化學公司於1980年投入研發資源研究，於1999年陸續推出多種染料商品，因具有高色值、高吸收與高固著等特點，僅需要傳統染料1/2用量即可達到相同染色深度，促使下游客戶生產過程能使機臺運轉時間縮短，達到節能、省水、減碳目的，廢水中化學需氧量(COD)亦大幅減少，降低對環境之衝擊。



\*染色浴比：指浸染時被染物重量與所需使用染料之比例。

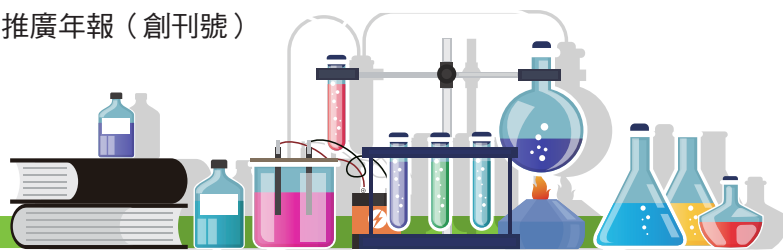
Everzol® ED系列反應性染料相較傳統塗料之碳排減少

#### COD in effluent:



Everzol® ED系列反應性染料相較傳統塗料之COD排放減少

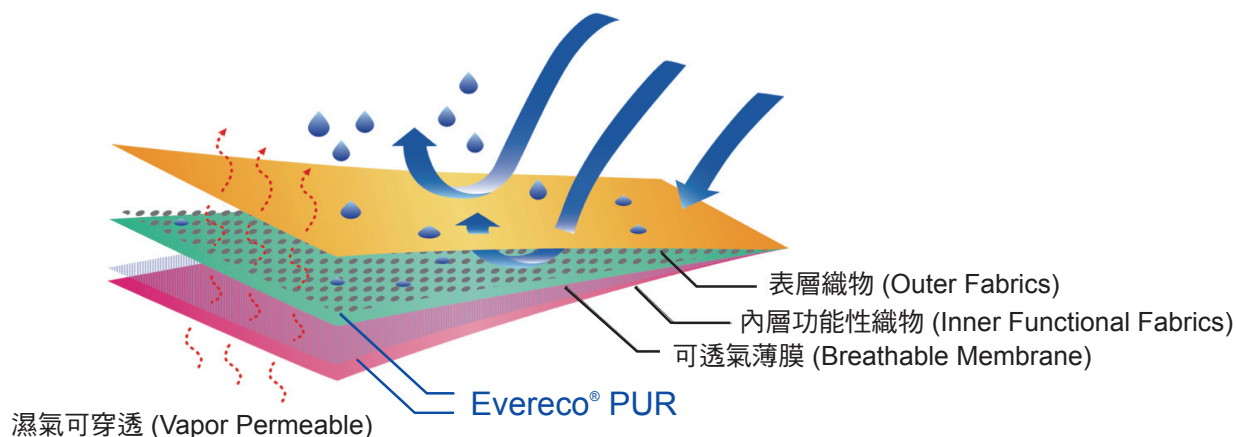




#### 4. 高效能濕氣反應型貼合膠開發

傳統的溶劑型貼合膠常用於皮革、紡織衣物製作表裡層材質之貼合，因無法耐高溫，經過多次洗衣程序，容易造成貼合物分離之問題，且因大都為溶劑型產品，在製作過程會使用大量有機溶劑，推估當生產足球場面積大小之皮革會使用高達600公斤有機溶劑，產品在使用時可能有可釋放有機溶劑直接接觸人體皮膚之健康疑慮。

永光化學公司於2009年研發出「高效能濕氣反應型貼合膠(Polyurethane Reactive Hotmelt Adhesive, PUR) Evereco® PUR系列產品，規格配方符合符合瑞士藍色標誌標準規範，不含有機溶劑及毒性管制物質具有高強度，具耐水解、高耐久性等特性，應用面向廣泛，可用於高科技紡織品、鞋用織物、消費性紡織品、皮革貼合及醫療療用織物(Medical Textile)等相關物件，提供下游客戶安全替代方案。



高效能濕氣反應型貼合膠用於紡織材質貼合示意圖

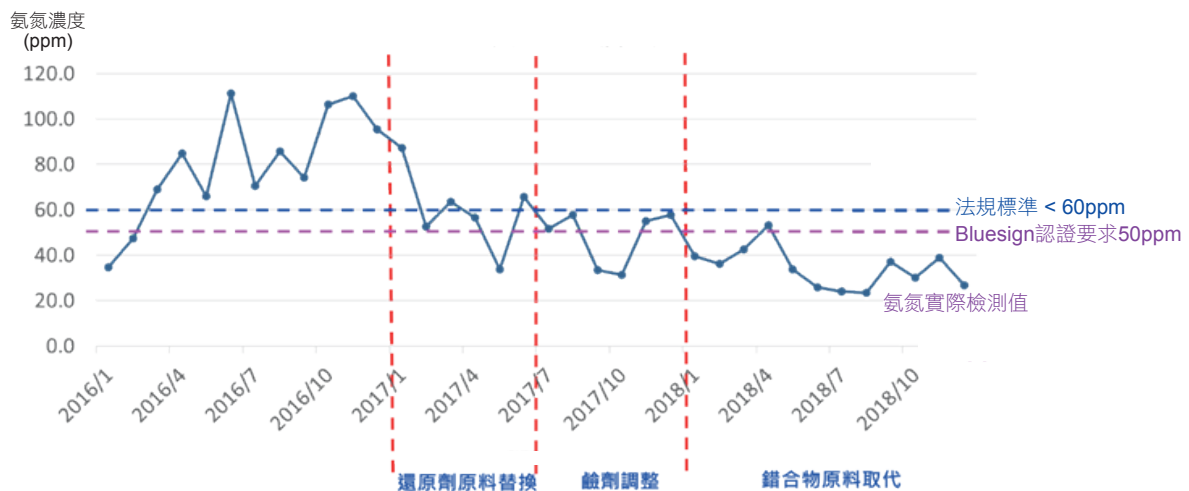
#### (二) 化學替代技術與廢棄物減量

透過化學替代方案推動，不但可以減少廢棄物產生，甚至可達到循環再利用目的。然而，工廠製造產品後會有許多廢棄物產生，需委外處理才能符合環保法規要求，永光化學公司化學替代方案包括氨氮減量替代及廢水處理場之綠色化學與污泥減量專案。

## 1. 氨氮減量替代

因製程所需，工廠運作早期為高氨氮產生之事業單位。因應環保署法規加嚴修正，於2019年1月1日起廢水中氨氮排放標準不得超過60 ppm，再者為取得瑞士藍色標誌標準(Bluesign)的認證，其濃度於2019年7月1日前更須達到總氮低於50 ppm之目標。因此，2017年永光化學公司啟動評估並規劃氨氮減量作為，透過製程原料盤查、製程條件優化以及各階段廢水氨氮的追蹤以找出問題癥結點，並設計減量及化學替代方案來達成氨氮減量目標。

經過整體製程盤點找出氨氮來源，發現在原料端、產品結構需求而使用氨水當反應物，以及其他特殊目的與非氨水製程，但因含氨氮結構之原料等處需要有進行減量與改善之機會。接續研究減量可行方法，採用製程創新及化學物質替代2種方式同時進行。(1)製程改善，以調整控制條件、提升化學反應達成率及透過製程工段設計，以降低氨水參數；(2)化學物質替代，化學物質藥劑更換為低含氮或不含氨氮之化學原料，將原本製程中含氨氮之還原劑、鹼劑及錯合製程等，逐步以其他原料替代。截至2018年10月檢測結果，廢水中的氨氮排放已低於50 ppm，符合2019年1月份生效之Bluesign認證要求。



氨氮減量替代專案推動之成效

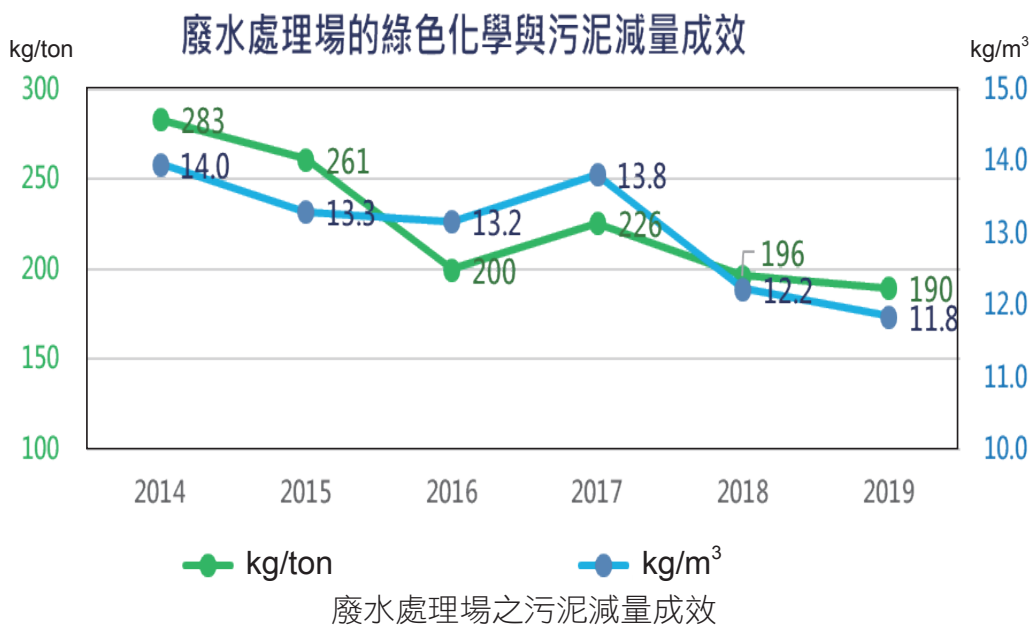


## 2. 廢水處理場之綠色化學與污泥減量

製程廢水經由污水處理系統處理完後會產生污泥，衍生委外處理廢棄物成本。若運用綠色化學原則來操作廢水處理場，重新檢視處理系統每個環節，評估調整或推動替代方案，可以達到污泥減量之目標。相關專案包括有：發展建置UV-COD之廢水檢測，來替代傳統使用化學物質（重鉻酸鉀混合物）檢測COD之方法；利用廢水會吸收特定波長原理建立快速的UV-COD檢測技術，減少檢測過程使用化學藥量以及樣品處理的作業時間，並掌控即時水質；接續加入臭氧來替代化學混凝無法處理之污染物，避免過多無機污泥產生，而臭氧亦替代次氯酸鈉消毒及氧化廢水，避免產生有害之鹵烴類物質。自2014年開始推動廢水處理場減量替代專案後，污泥產生量呈現逐年遞減趨勢。



廢水處理之臭氧反應設備





### 三、無有害物質產品之創新化學品管理

針對有害物質管理，自2007年起永光化學公司依無有害物質(Hazardous Substance Free, HSF)產品政策確實管理有害物質，生產綠色產品，並於2013年成立產品責任處，專職產品安全和化學物質登記。力求符合法令、並積極回應客戶與消費者對HSF的需求，也要求上游原材料供應廠商遵守HSF規定，進行綠色供應鏈管理。

永光化學公司除了建置及優化公司內部的有害化學物質管理程序，從供應鏈的源頭管理有害物質，落實推廣「綠色供應鏈」於所服務的產業當中；同時也購置檢測分析有害物質之硬體設備及增強自我檢測有害化學物質的能力，以確保100%符合服務產業品牌及客戶要求與規範，目前已取得400項以上產品的安全環保認證。

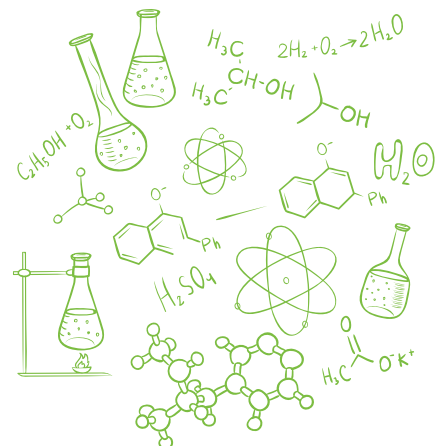
### 四、綠色環境管理評估

永光化學公司在環境管理作為上結合多項輔助工具，評估製程之耗損及環境相關投入效益分析，是臺灣第一家運用綠色會計(Green Accounting)制度公司，並於一廠導入物質流成本會計(Material Flow Cost Accounting, MFCA)，更能掌握推動環境措施之成效，適時提出修正策略，達綠色化學減廢、減量之目標。

#### (一) 導入綠色會計制度

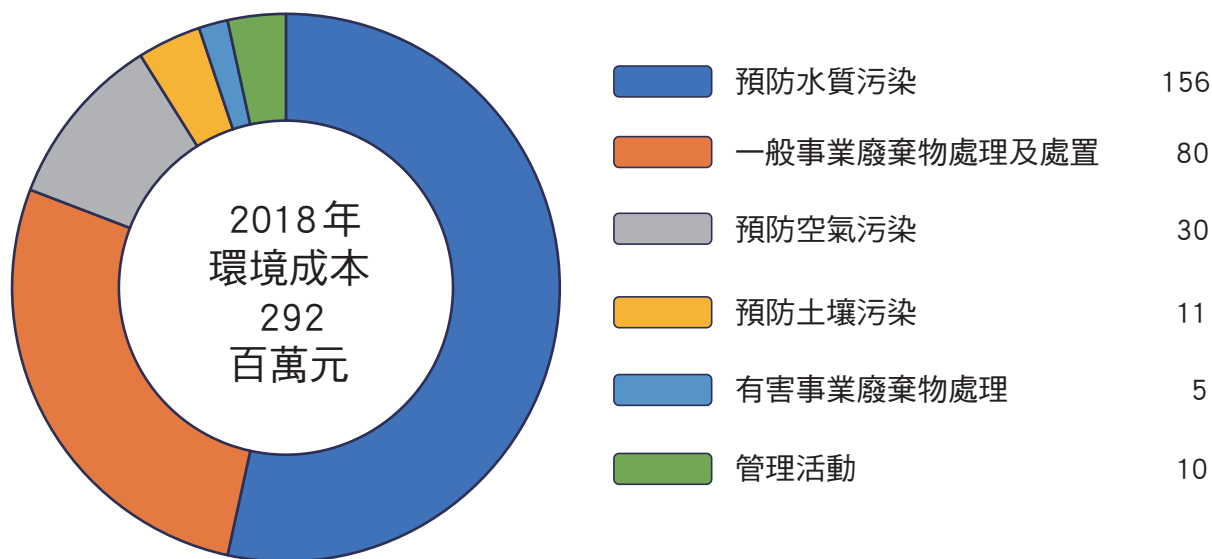
自1988年起，永光化學公司評估引入「綠色會計」(又稱環境會計)制度，將環境保護有關各項措施之成本及效益予以分析、計算，建立完整的環境財務資訊，提供環境決策參考；並適時揭露作為企業與外界互動交流之媒介。

永光化學公司環境支出項目為企業營運之環境成本，包括：預防水質污染、一般事業廢棄物處理及處置、預防空氣污染、預防土壤污染、有害事業廢棄物處理及其他及管理活動成本。以2018年統計數據顯示環境成本約為292百萬元，最高者為預防水質污染(156百萬元)，其次為一般事業廢棄物處理及處置(80百萬元)。自2015年，永光化學公司環境成本支出大約維持落在公司總產值之4%左右。透過環境成本分析，瞭解各項環境防治措施推動情形，作為內部相關成本數據揭露，有助於環境保護措施之分析及檢核。



## 2018廠區環境成本支出

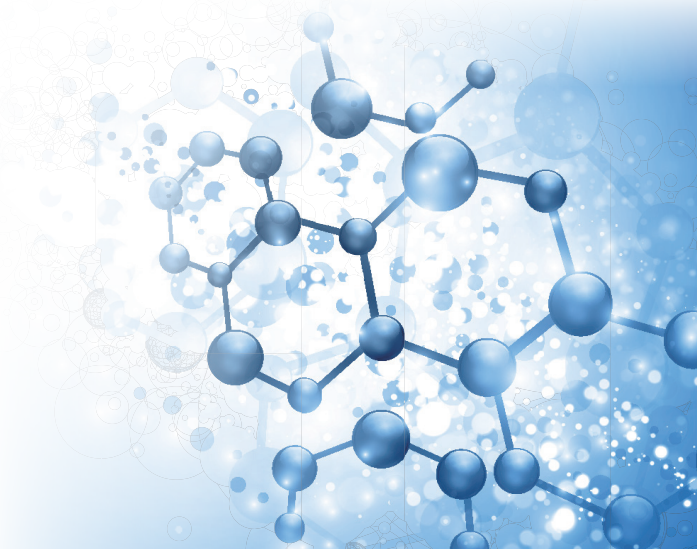
單位：新臺幣百萬元

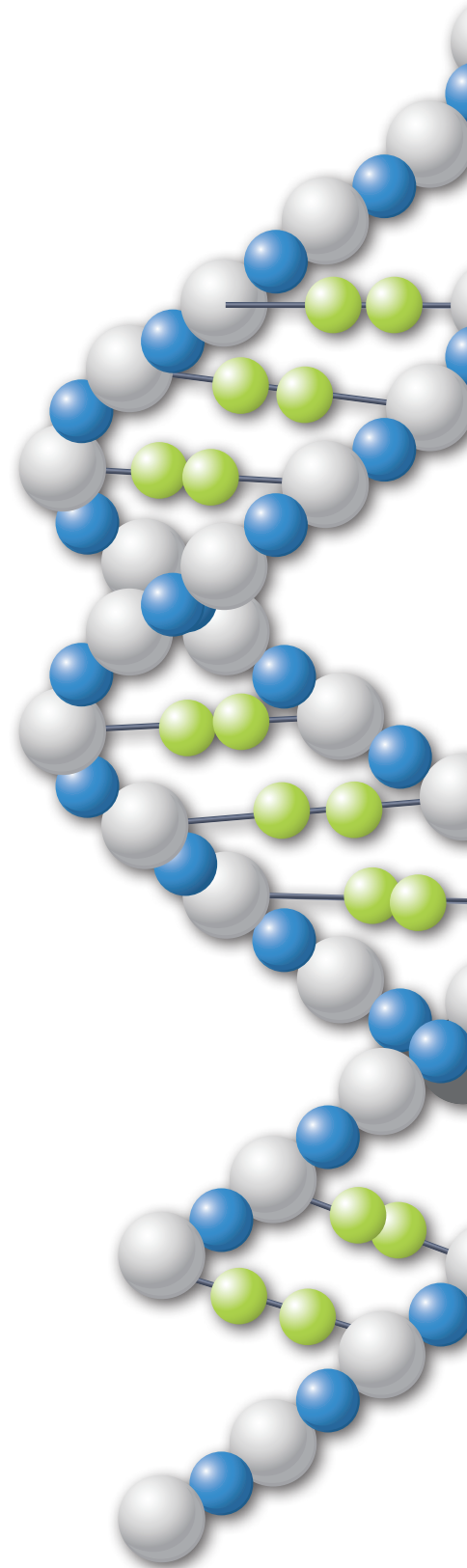


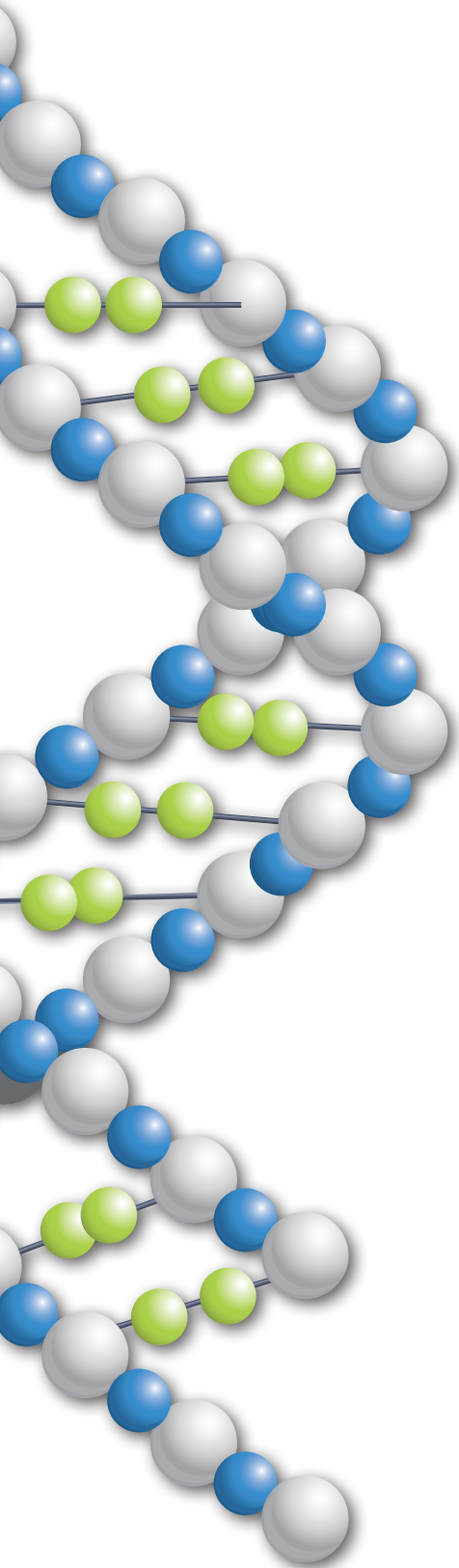
2018年永光化學公司環境成本各類防治措施支出統計

### （二）導入物質流成本會計

永光化學公司於2016年導入MFCA，提供一個可以標準化之方法以完整評估產品與製程各項成本之方法，並與「綠色會計制度」相輔相成，作為產品與製程持續改善之有效工具。其系統運作係將產品成本資料區分原材料、能源、系統及廢棄物處理，建立產品生產的物量中心，再將產出區分為正產品、副產品及廢棄物處理，調查物質投入與損耗量，並結合各類投入與產出之盤查項目及其成本資料，以進行生命週期成本(Life Cycle Costing)概念之評估分析。透過MFCA工具，永光化學公司清楚剖析拆解銷售產品可能潛在的較高強度損耗及不必要的費用支出，評估改善空間及機會。以化學產品型態為例，經由MFCA的工具分析結果，以液態產品方式提供客戶使用為最佳，故調整製程技術以達到液態產品穩定供應，包含濃度、應用再現性，讓客戶端的在製程品質控制更穩定、操作也更方便，更能減少異常及重製成本。









## 02

## 臺灣杜邦股份有限公司

符合綠色化學原則



## 一、公司基本介紹

杜邦集團為全球跨國企業，成立於1915年，成立初期係以製造販售軍火相關化學用品，隨後擴充研發能力成為世界著名的化工公司，在20世紀著重研究聚合物之化學物質，開發出多項常見、用途廣泛之高科技化學材料，尼龍、有機玻璃、氯丁二烯橡膠等。杜邦企業在冷凍工業之相關化學產品開發上扮演重要角色，生產氟利昂系列投入大量人力與資金從事研發冷媒之替代品，以氫氟碳化物取代氟氯碳化物，可大幅降低臭氧



層被破壞情形，此研發獲得美國總統頒贈的最高榮譽－國家科技獎章。臺灣杜邦股份有限公司（以下簡稱臺灣杜邦公司）成立於1968年，初始成立係以輸入及行銷有關杜邦產品至國內，最先係引進植物保護產品，其後為電子與成像產業、化學製品、交通運輸、聚合物、纖維尼龍特殊化學等產品與全球杜邦一同發展。為配合區域性整合行銷及在臺灣長期發展策略，臺灣杜邦公司於國內投資興建4座製造工廠，設有2座技術研發中心，包括臺灣杜邦材料技術應用發展中心及臺灣杜邦創新研發中心，近年來由於臺灣半導體及電子相關產業的蓬勃發展，杜邦公司持續規劃產業的擴大投資，以提升產能。

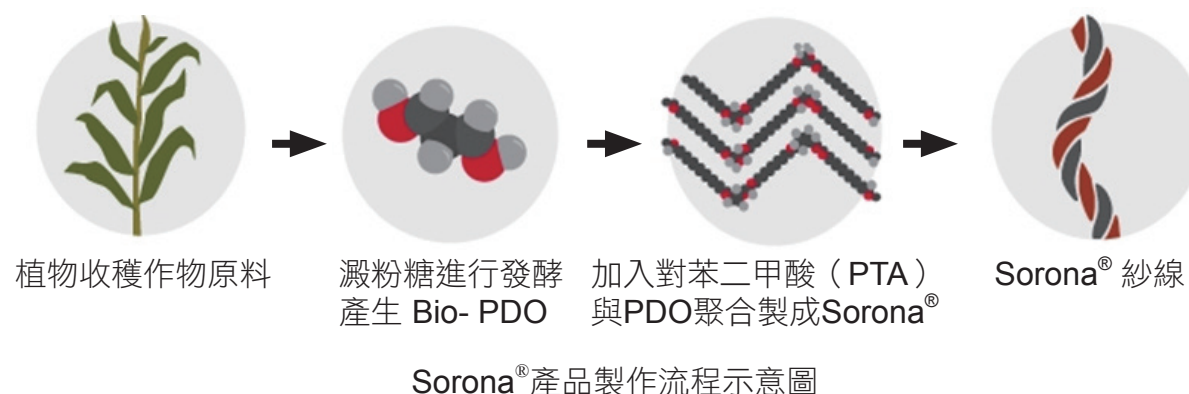
## 二、低毒化學替代品創新研發

臺灣杜邦公司研發製造領域涵蓋半導體與電子材料、高性能材料、安全防護材料、工業應用生物科技等多項高值性生物及化工業務，公司持續研發各式新產品及專利並以持續推動永續發展為目標，致力於推動綠色化學落實在實際產品上。例如，在工業應用生物科技事業體中研發「Sorona<sup>®</sup>」，為實際研發製造出綠色化學概念環境友善產品；另外在其他化學物品製程上，若有碰到高毒性之化學物質，杜邦企業會評估其可替代性，與相關廠商研發低毒性化學物質。以下分別說明產品原料的替代商品及製程上化學物質的替代方案。

## (一) 生質材料替代研發

Sorona<sup>®</sup> 是一種多功能的纖維，透過萃取出農作物中的糖作為原料，經由發酵反應後產生1,3-丙二醇(Propanediol, PDO)並與對苯二甲酸(Terephthalic acid, TPA)反應，經製程後

合成作用，整體生產原料中有**37%**來自植物；換言之，研發生質材料替代，來減少產品對石油和石化資源的依賴性及減少環境足跡，維持永續性。相比於用於紡織品生產之尼龍原料明顯降低生產製造時帶來之環境衝擊，例如與尼龍6塑料產品（Nylon-6，又稱聚醯胺6）的生產過程比較，Sorona<sup>®</sup>降低**30%**能源消耗，減少**63%**溫室氣體排放量；相較於尼龍6.6 (Nylon-6.6)，則降低**40%**能源消耗，減少**56%**溫室氣體排放量。

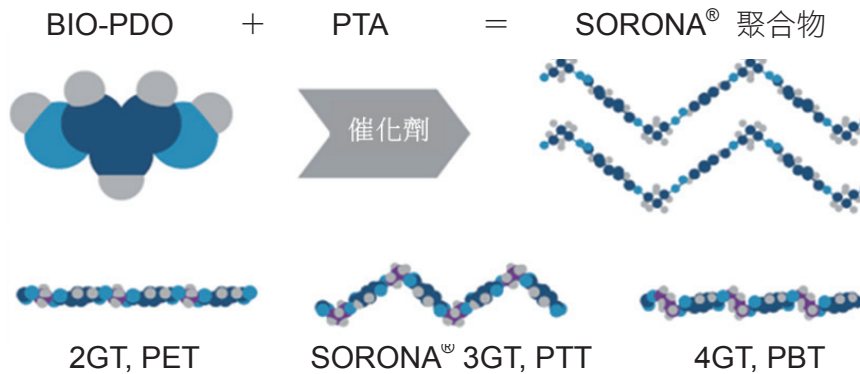


Sorona<sup>®</sup> 與NYLON 6 原料之環境衝擊比較

說明	SORONA	NYLON 6
可永續再生植物性原料比例 (%)	37	0
生產同等數量的非再生能源使用 (MJ/kg)	83.8	120.5
生產同等數量的溫室氣體排放量 (kg-CO <sub>2</sub> )	3.38	9.10

Sorona<sup>®</sup> 分子結構變化多種，係因其該物質有「PTT聚合物」的曲折分子鏈結構，PTT 聚合物（聚對苯二甲酸丙二酯，Poly Trimethylene Terephthalate-PTT）是以1,3丙二醇(PDO)與對苯二甲酸(TPA)聚合而成，它能在發生形變後自然回復到原來的狀態，在產品應用上無論紡織物是純Sorona<sup>®</sup> 纖維製作還是與其他纖維組合使用，都保有一定性能，如容易染色、抗氯及紫外線及觸感柔軟等。



Sorona<sup>®</sup>聚合物的分子鏈多種變化結構

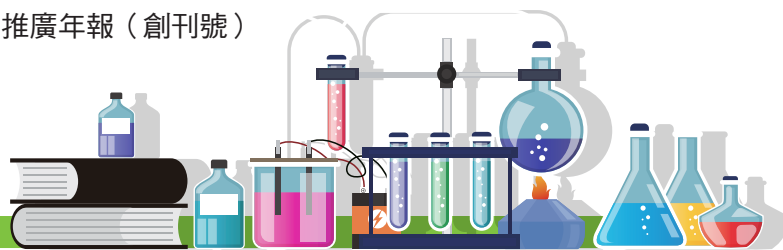
Sorona<sup>®</sup> 為經美國農業部(United States Department of Agriculture, USDA)批准的第一批11種生質產品之一，同時於2017年得到由國際環保紡織協會認證的生態紡織品標籤(OEKO-TEX Standard 100)認證其為生態友善的高分子，除對人體健康無害，亦不含法律禁止或規範之有毒物質。製程研發利用農作物替代石化，使其原料更安全對環境友善外，下游客戶端採購Sorona<sup>®</sup> 生產其紡織商品亦屬於另一階段之替代方案，將其安全替代方案理念延伸下去。

## (二) 化學替代品研發

化學物質N-甲基吡咯烷酮(NMP)常使用於製造、工業與專業用途之有機溶劑，尤其是半導體及光電產業更被廣泛作為溶劑；然而，近年來越來越多科學證據指出，當產品中NMP濃度超過0.3%會造成人體生殖毒性影響，因此歐盟執委會於2018年已將NMP納入REACH指令之附錄17限制清單中，並限制NMP於市場販售的濃度，設定勞工吸入及皮膚暴露相關之推導無效應劑量(Derived No-Effect Level)，避免勞工健康風險。有鑒於過往研究資料，自2017年起杜邦企業即投入大量資源，著手尋找替代NMP的解決方案，透過產品端的研究開發及和客戶間的合作測試，找到維持相同產品效能但低毒性的替代溶劑，如杜邦企業與日本日立公司(Hitachi)合資成立之 HD Microsystems<sup>™</sup>所推出的產品「HD-8820EX」即可作為取代NMP用於半導體製程。

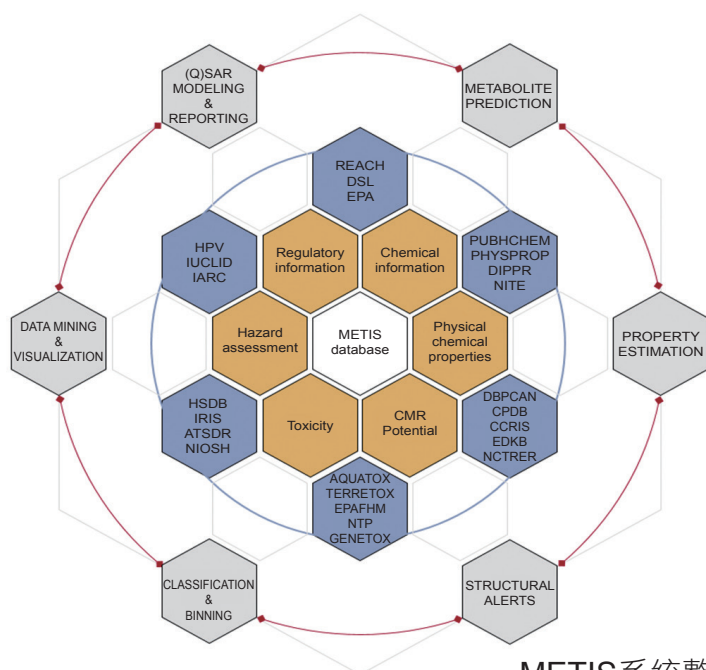
## 三、化學物質管理資料庫研發與應用

針對化學產品之安全監督管理作業，臺灣杜邦公司制定完整框架，從產品開發、原料評估、產品及原料合法合規性、製造、進出口、到客戶端，以及後期的廢棄物清運及回收皆受到嚴謹標準管制。整體化學物質評估作業會在最初始階段由產品安全監管及法規人員會確認新產品所使用的化學物質的危害性及風險、環境永續性，並初步



分析各國的法規及國際公約的要求，研發人員也會利用杜邦公司自行研發管理工具，**METIS (Metanomics Information System)**系統工具作為初步的篩選，評估化學物質對人體健康及環境的危害性。建置全球法規資料庫，包含國際公約及各國行政機關所制訂的法規，確保產品符合各國當地法規。

**METIS**系統是杜邦企業開發作為化學物質運作之特有管理工具，此工具不但是可做為整體集團之化學物質管理，更能研究探討合適之化學替代方案，特點是連結將近**2,500**多個公開資料庫的化學物質資訊搜尋工具，包括國際相關化學物質法規及規範資訊；化學物化特性、毒理資訊、環境影響毒性、危害評估等資訊，尤其在毒理資料庫方面包括著名的**US EPA's ACToR** 資料庫（此資料庫含有將近**700**多筆毒理資料組，包括**Phase II ToxCast data**）、**Comparative Toxicogenomics Database (CTD-NIEHS)**、**ToxRefDB(US-EPA)**、**ToxMiner (US-EPA)**、**Hazardous Substance Database (HSDB-NIH)**、**LIGAND-Chemical database for enzyme reactions (Kyoto University)** 及**2012 Chemical Data Reporting (US-EPA)**，且系統查詢方式為一站式，方便杜邦產品開發研究人員、產品安全監管及法規人員可快速地連結多個資料庫，以瞭解新進之化學物質危害特性。



### METIS資料整合大資料庫

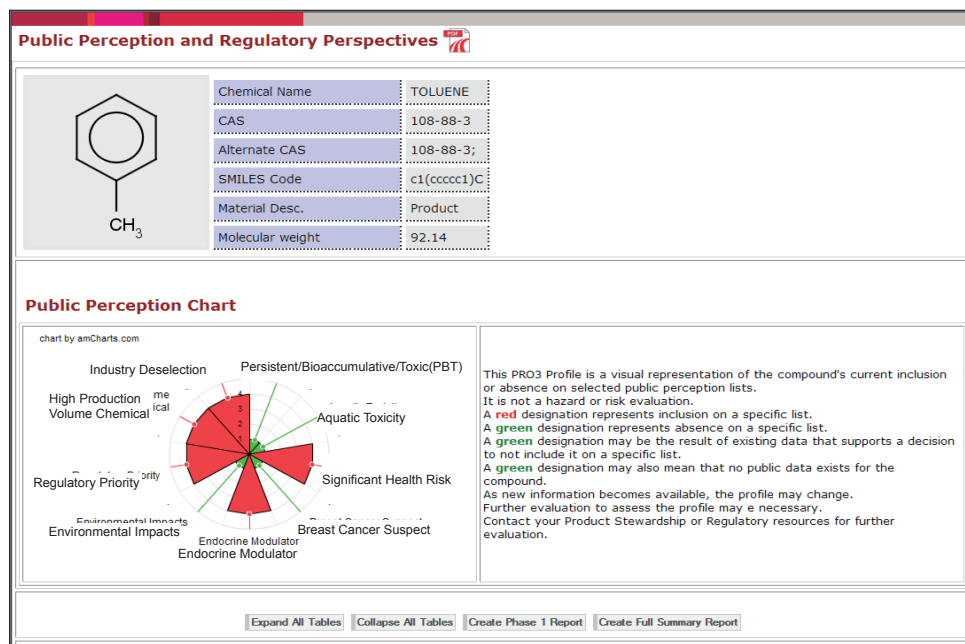
- 集中化 (Centralized)
- 關聯式資料庫 (Relational database)
- 化學品法規相關資訊 (Chemical and regulatory information) (~2500個資料庫及清單)

- 資料類型
- 資料來源
- 應用面

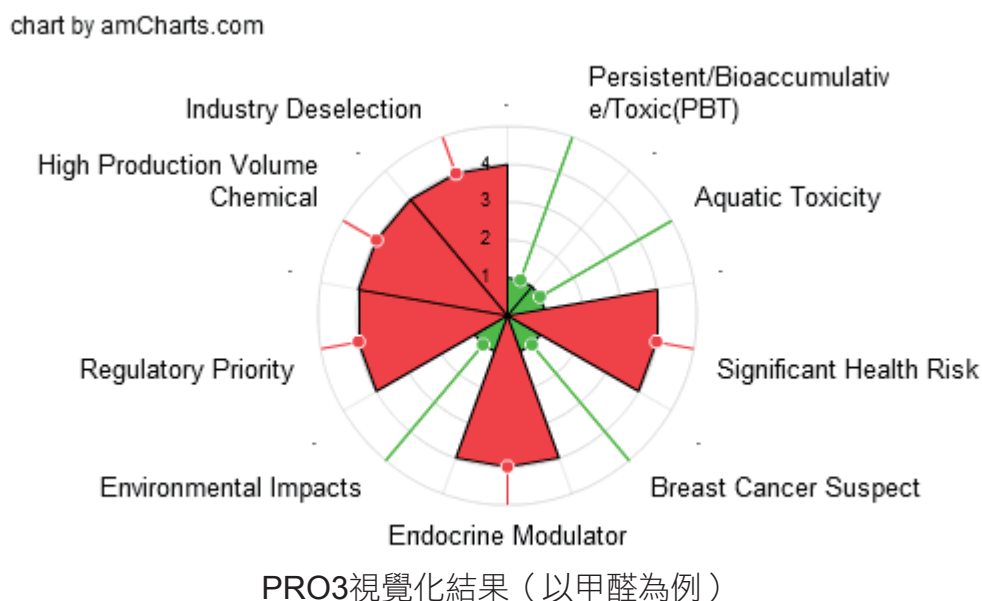
METIS系統整合多類別之資料庫



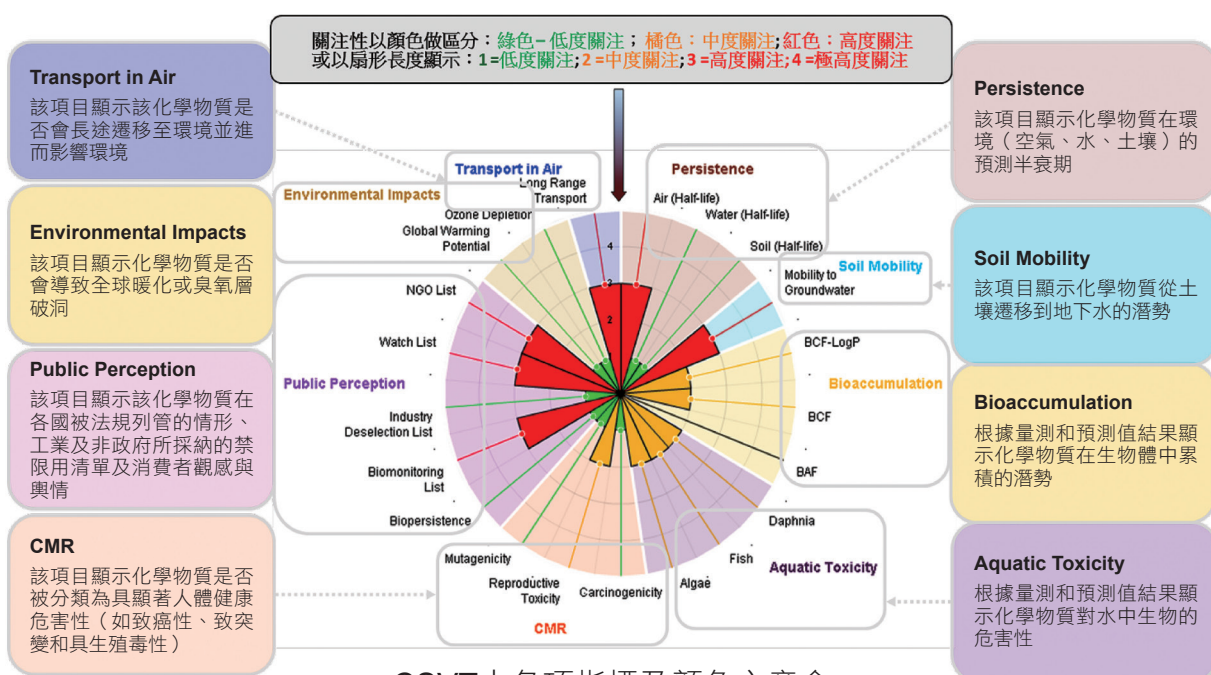
因連結國際龐大的資料庫，杜邦公司廣泛應用METIS系統工具管理化學物質運作風險、危害評估及初始階段化學物質篩選、分類管理作業。METIS系統工具其中一項模組為PRO3 (Promoting Proactive Product Stewardship)，主要用於新產品（如原料、溶劑、催化劑、其他輔助劑等製品）研發初期階段，能更智慧化篩選合適之化學物質，提供主動式產品安全監管。運用PRO3系統工具呈現特定化學物質特性之視覺化圖示，包括致癌、致突變、生殖毒性等危害嚴重程度，同時亦會提供各國對於該化學物質管理情形，以及國際規範等資訊，以利研發單位進行新產品配方化學物質挑選之參考依據。



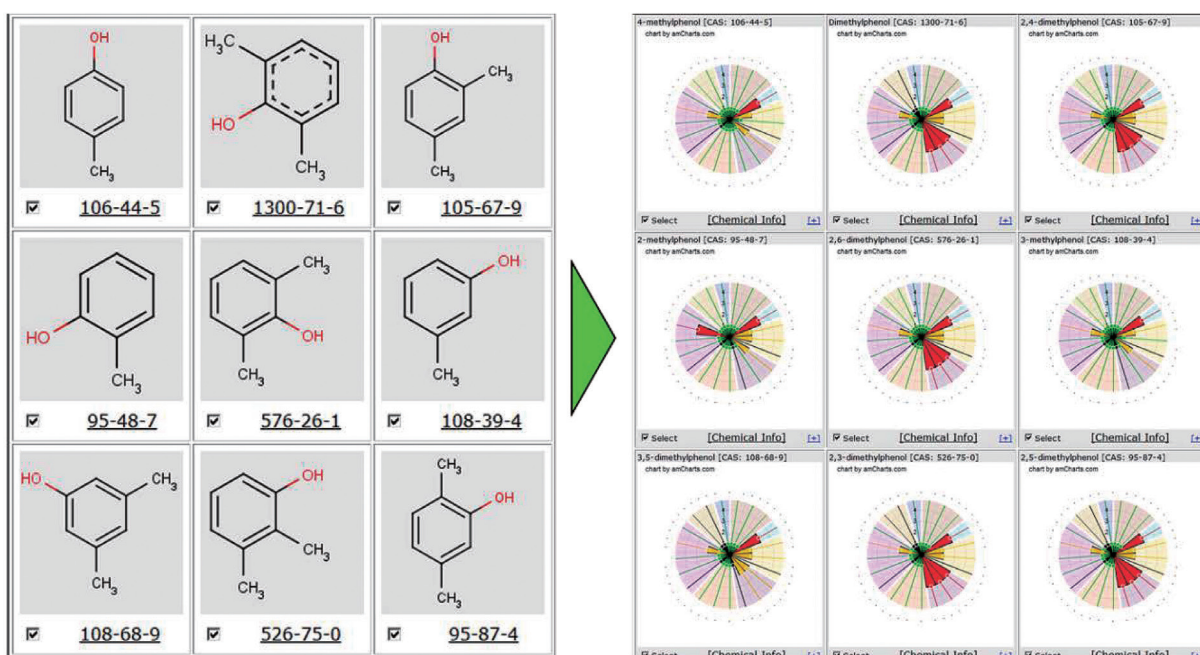
METIS中PRO3得到的化學資訊視覺化示意圖（以甲苯為例）



METIS的另一個模組CSV T(Chemical Screening Visualization Tool)，由研發人員、產品安全監管與法規人員，藉由該模組及其互動式圖表，具體獲得化學物質特性等整體面向資訊，包括環境、健康危害、生物累積、污染傳遞、國際化學物質管理法規等面向，另外CSV T可提供相似結構的化學物質間各自風險和所需關注程度之相互對照資訊，研發人員可選用更安全、對環境友善、更綠色化學物質作為新產品配方之實驗原料，換言之，當某項產品原料本身是具有高毒性物質時，透過CSV T有助於找出該原料相似化學式結構，但危害程度卻相對較低之化學物質作為替代原料。



CSV T中各項指標及顏色之含意



METIS系統工具亦針對化學物質於環境的持久性及生物累積性(Persistence & Bioaccumulation, P&B)進行分級，利用資料庫中提供化學物質物化性及環境宿命作為P&B評分參考依據，分級結果係從A1到D4利用4X4表格展現，英文字母越後面且分數越高時，表示該化學物質對環境危害程度越高。透過參考METIS中P&B評分，研發人員便可在初步配方開發階段，原料挑選時捨棄高危害物質。

		Low	Moderate	High	Very High	
Bioaccumulation Score	4	A4	B4	C4	D4	Very High
	3	A3	B3	C3	D3	High
	2	A2	B2	C2	D2	Moderate
	1	A1	B1	C1	D1	Low
		A	B	C	D	
		Persistence Score				

METIS之P&amp;B評分一覽表

#### ★ Persistence & Bioaccumulation Classifications

Environmental Compartment	DuPont P&B Rank
Release to Air, Water and Soil	A2
Release to Air Only	B2
Release to Water Only	A2
Release to Soil Only	A2
Release to Air and Water	A2
Release to Air and Soil	A2
Release to Water and Soil	A2

查詢化學物質之P&B評分結果（以甲苯為例）

#### 四、綠色環境管理計畫

杜邦集團無論在世界各國均持續推動永續發展行動方案，為企業經營之核心價值。臺灣杜邦公司遵循總部設定的目標，規劃並實施許多環境保護新措施，此外對於化學物質所產生各項環境危害之風險評估更是重視，不定期召開座談會或工作坊，讓有關人員能充分吸取新的化學管理知識。以下說明臺灣杜邦公司推動環境友善作為。

## （一）制定永續環境目標

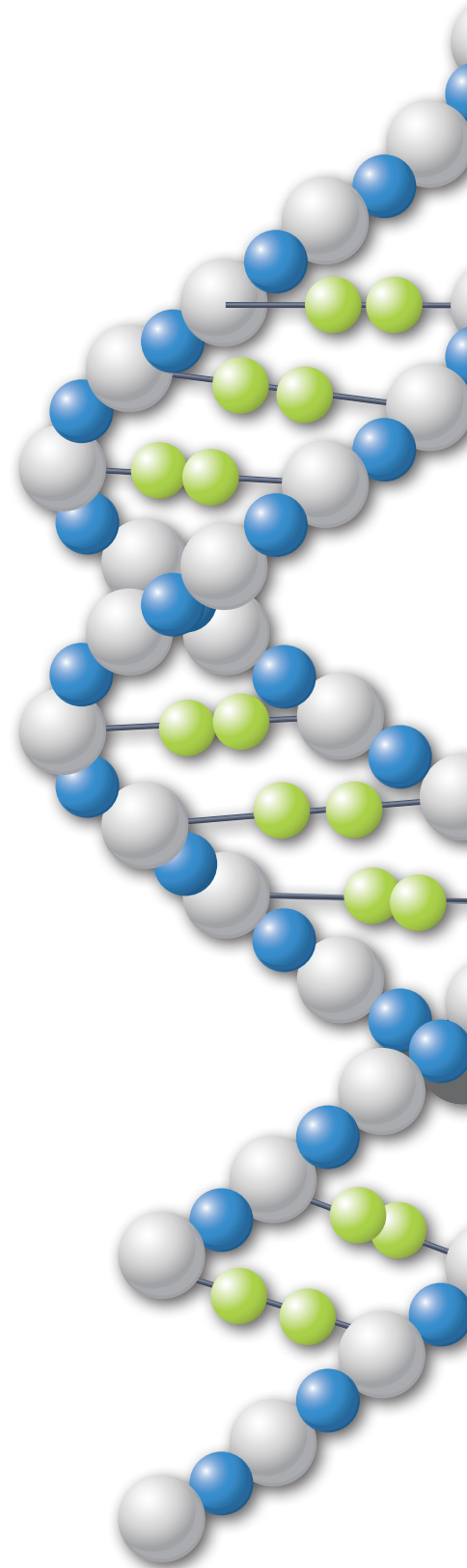
臺灣杜邦各區域工廠均已設定資源減量或效率提升計畫、非再生能源使用減量、減少油脂類於廢水中濃度以提升廢水處理效率、貴金屬回收比率等。位於臺灣杜邦工廠會依循總部設定之目標努力達成，包含預定至**2020年**時能達到**10%**的非再生性能源消耗量減量（以**2010年**為基準）、**7%**的溫室氣體排放量減量（以**2015年**為基準）。

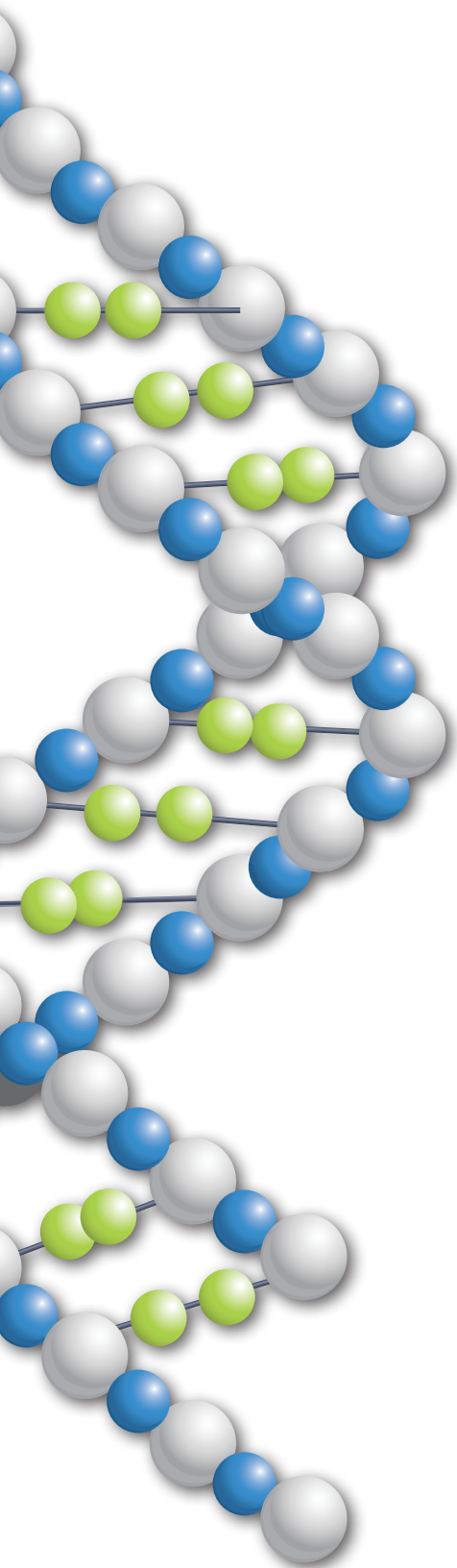
## （二）辦理化學物質風險評估工作坊

臺灣杜邦公司對致力於學術、社區、民眾等推廣化學物質管理策略，讓更多相關人員理解化學物質管理策略及面對風險，從**2017年**開始，連續三年舉辦「化學物質風險評估工作坊」，邀請資深風險分析專家、全球法規專家及國外杜邦公司環境污染整治專家來臺交流分享經驗，並廣邀政府部門、研究單位及化學物質產業界共同參與。工作坊特色係透過實際案例演練，模擬時間、成本有限情況下，決策者擬定管理行動之優先順序，以兼顧新化學物質開發和將其對環境及勞工的危害風險降至最低。與會者模擬風險評估包括對危害及暴露資料的蒐集、分析和使用，並透過小組討論及報告分享交流，強化風險評估能力。**2018年**工作坊更進一步結合下游化學物質使用者共同參與，納入各產業別面臨風險評估類型，落實化學安全之教育推廣工作。









## 03

## 臺灣阿克蘇諾貝爾塗料股份有限公司

符合綠色化學原則



## 一、公司基本介紹

總部位於荷蘭的阿克蘇諾貝爾公司(AkzoNobel)是領先世界大型工業公司，其悠久歷史可追溯到1646年。創立者阿弗雷德·諾貝爾(1833-1896)，瑞典著名化學家、炸藥發明者。全球矚目的諾貝爾獎即根據其遺囑於1901年設立，以表彰對社會卓越貢獻或傑出研究人士。阿克蘇諾貝爾集團



下塗裝產品橫跨建築、汽車、航空、船舶、家電、木器傢俱、粉體塗裝、資訊工業等特殊功能性塗料，是全球建築裝飾漆及優質塗料最大供應商，針對客戶需求提供整合性多元服務。2018年10月阿克蘇諾貝爾集團榮登最新發布的道瓊永續發展指數排行榜(Dow Jones Sustainability Index, DJSI)，位列化學物質工業組第4名，已連續13年蟬聯行業排行榜前10名，其中有5次排名為第1名。

臺灣阿克蘇諾貝爾塗料股份有限公司（以下簡稱阿克蘇諾貝爾公司）主要生產塗料產品，其為專業漆品製造包括市面上建築用漆、罐頭用漆、防霉用漆等相關產品及各類特用化學物質等。知名商品品牌包括有得利塗料、利登及美利大品牌。得利塗料獲得國家綠建材認證，連續被指定使用在國家公共建設與民間知名建設。

## 二、安全健康水性塗料替代研發

阿克蘇諾貝爾公司於1977年在桃園中壢地區建廠，主打水性塗料進入臺灣市場。然而，早期國內大小建案各種粉刷油漆所使用的油漆都為油性塗料，具有高含量之VOCs，會產生人體健康危害。水性塗料推動初期實屬不易，但是堅持發展後，近期已開發多項低毒性，甚至研發出對抗有害物質甲醛之塗料。阿克蘇諾貝爾公司持續研究多元的綠色化學替代方案帶入產品中，生產製造過程或是消費產品均為安全及低危害。以下介紹阿克蘇諾貝爾公司推動之綠色化學安全替代方案。

## （一）水性塗料創新研發

相較傳統溶劑型油性塗料具有高揮發性有機物質(VOCs > 300 g/L)，水性塗料有較高環保優勢，因水性塗料以水為分散介質，可避免或減少傳統油性塗料中有機溶劑使用，大幅度減少揮發性有機物質(VOCs <100 g/L)的排放，有效降低對環境影響及職業災害發生機率。另外，為避免廠區之火災風險和儲存隱患，簡化及降低通風、水處理等方面的流程及成本等，阿克蘇諾貝爾公司利用專有「水性樹脂的技術」生產水性產品替代油性調合漆，並符合塗料性能要求。阿克蘇諾貝爾公司製造建築塗料產品均為水性塗料，透過全球資源及臺灣公司團隊努力，積極評估並順利將國內既有市場上之油性產品逐步由水性產品替代。



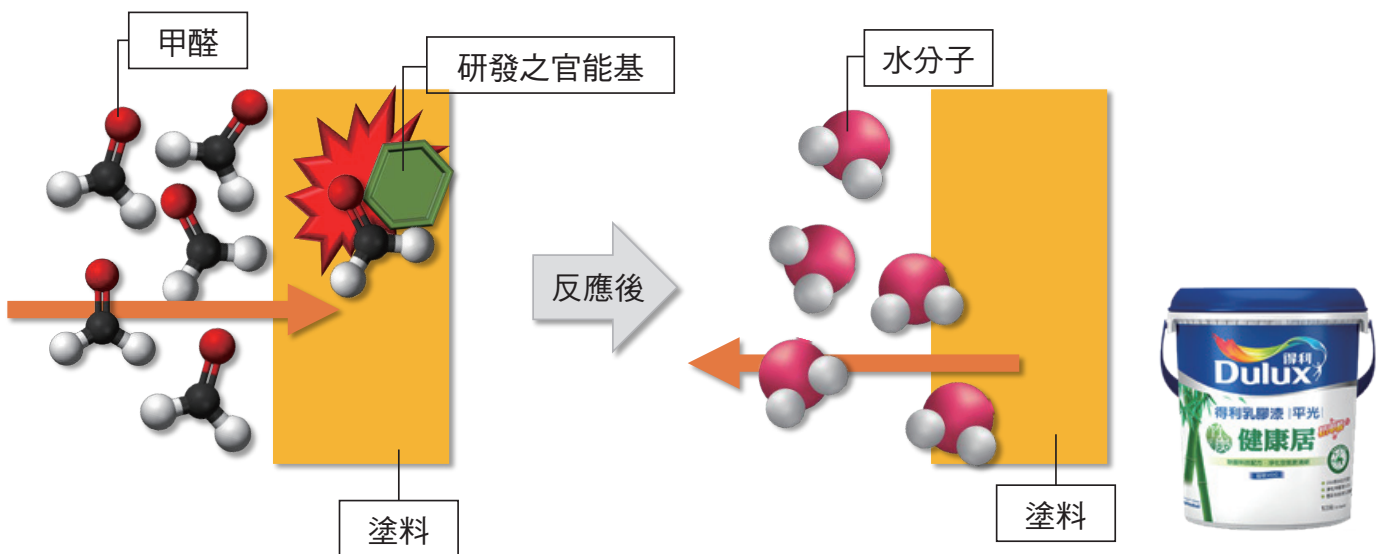
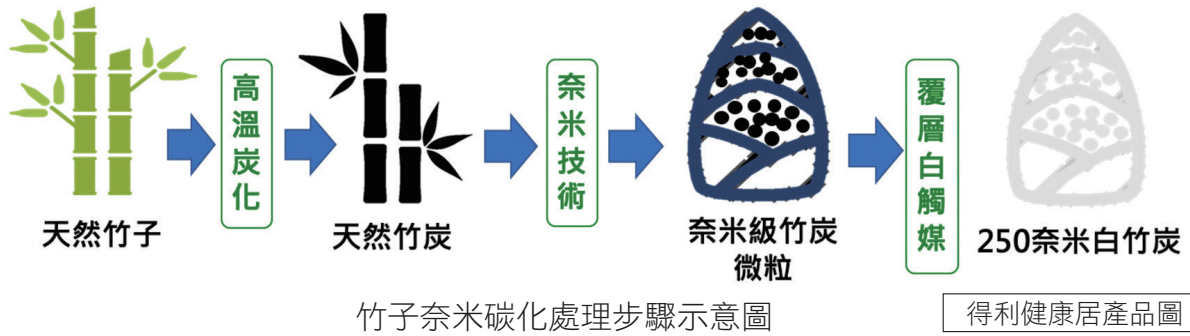
臺灣阿克蘇若貝爾公司推出水性調合漆產品

## （二）可解保安技術研發

目前室內裝修所使用塗料多含有有害物質甲醛，主要用於抗菌防腐用途，但在室內環境會長期釋放被人體吸入或接觸進而導致健康問題，阿克蘇諾貝爾公司早期已採用無添加甲醛的水性安全配方，使用較低毒性之抗菌劑替代外，如苯並異噻唑啉-3-酮 (1,2-Benzisothiazolin-3-One, BIT)或甲基異噻唑啉酮(Methylchloroisothiazolinone)等抗菌劑，更進一步自行研發專門對抗甲醛產品，可將室內空間中的甲醛吸附後轉化成水(H<sub>2</sub>O)，大幅降低環境中空氣有害物質濃度。

抗甲醛產品研發創新技術是以250奈米白竹炭加入塗料上，250奈米白竹碳係由高溫炭化處理竹子，再以奈米技術製程，讓竹炭上有無數超微孔，具有高吸附能力，其表面積約為300 m<sup>2</sup>/g以上，有效吸附油漆原料殘存的化學味最後表面添加白觸媒。此外，在塗料特別添加創新官能基之專利技術，官能基會與室內存在的甲醛結合反應，破壞甲醛分子結構，最後轉化成水氣型態，故具有去除甲醛之功效，有效分解淨化程度約達95 %以上，如同在家中的牆面形成強效防護膜，以大面積的淨化濾網能有效分解室內空間中的甲醛，不會再次釋放甲醛，協助淨化室內空氣。

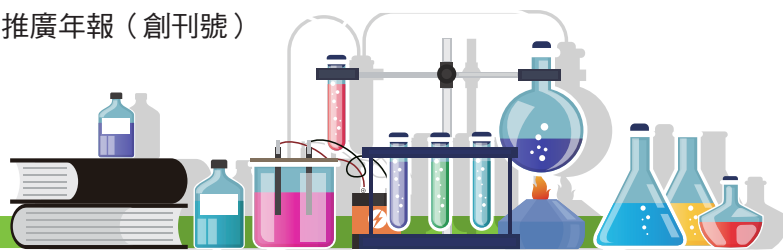




因阿克蘇諾貝爾公司在塗料製程研發上積極開發降低環境危害之技術，其產品在國際或國內都獲得相關認證。國際上獲得2項權威認證，分別為美國GREENGUARD室內空氣質量金牌認證及法國室內空氣環境檢測 A+級認證；國內則共計有80%以上得利塗料均符合綠建材健康標章，分別為14項室內產品及5項室外產品。



阿克蘇諾貝爾公司塗料產品取得國際環保相關認證



### （三）禁用烷基苯酚聚乙氧基醇(Alkylphenol ethoxylates, APEO)

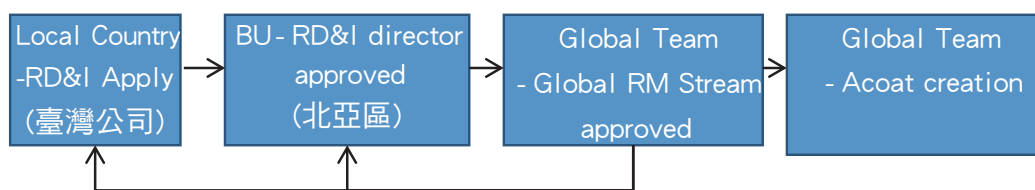
APEO原料廣泛應用於各種工業化學產業製程，臺灣早期的乳膠漆產品多含有烷基苯酚聚乙氧基醇成分，用途作為表面活性劑用途。因APEO為環境荷爾蒙，產品使用釋放會對人體生殖系統等產生危害。阿克蘇諾貝爾公司在國內製造販售乳膠漆業已要求不得含有烷基苯酚聚乙氧基醇等原料，要求上游原料供應鏈提供其他「不含APEO之化學物質」替代作為界面活性劑，致力在產品研發推展過程中，引導安全產品使用。

### 三、綠色化學物質管理與採購

阿克蘇諾貝爾公司推動綠色化學工作係以全球整體架構為基礎，包括化學物質替代研發等，均係以源頭管理模式，在進入生命週期的評估，確保產品使用之安全管理。阿克蘇諾貝爾公司制定專有管理評估系統，妥善管理全球公司化學物質使用情形，管理方式為利用「原料評估程序(Acoat Process)」及「產品配方管理系統(Product Vision system)」來達到管理目的。

原料評估程序係指當工廠要使用某項特定新原料時，必須申請評估，通過申請流程獲得「Acoat」才能使用，申請Acoat 必備的文件包括有，三年內的原料物質安全資料表、三年內的原料技術資料及原料供應商必須提供原料的毒性和法規的評估問卷表(TRAQ)詳細資料。若該原料未能通過公司制定之裝飾塗料安全管理政策(Decorative Paints PS Policy, DPP Policy)或原物料策略評估(RM strategy)時，原料申請將予以駁回。

產品配方管理系統內容係為完整原料及配方資料（包含安全相關訊息）的線上資料管理系統，各種生產製程需要的原料及配方都必須在系統中才能上線使用，提供產品研發生產階段能有更符合產品安全之措施。



以下原因原料申請會被退回：

1. Not follow DPP policy
2. Not follow RM strategy

臺灣阿克蘇諾貝爾公司原料使用安全性評估流程

在化學物質製程實務作業，阿克蘇諾貝爾公司設計獨特的「SIRE Code」標示系統，由字母、數字和不同顏色組成，應用在各種媒介，如海報、口袋小卡等，以直覺方式提示員工材料危險等級。SIRE Code危害程度評估設定，由全球專門人員處理，該系統有4碼，第1~3碼從0~4劃分五個級距，數字越大越代表危害風險越大，第1碼代表健康危害、第2碼代表可燃性、第3碼代表反應性、第4碼則是個人防護設備建議；英文字母標示為各種防護具穿著組合，建議相關人員穿著個人防護設備。藉由SIRE Code推動讓員工在使用原材料前能獲得足夠資訊，使得公司內部原材料資訊呈現方式統一，降低化學物質使用發生錯誤情形。

### SIRE Code 小卡正面

物質危害等級辨識與個人防護具對照表  
個人防護具對照表 PPE Index

A or B		+							
	安全眼鏡		耐溶劑手套						
C or E		+		+					
	安全眼鏡		耐溶劑手套		防護口罩				
D or F		+		+					
	安全眼鏡		耐溶劑手套		濾罐式面具				
G or H		+		+		+		+	
	安全眼鏡		耐溶劑手套		濾罐式面具		圍裙		長筒膠鞋
Z	依工作指導書或標準操作流程指示進行PPE的穿戴								
	若有進入有毒氣或缺氧之空間，請使用空氣呼吸器！								

### SIRE Code 小卡背面

SIRE Code各代碼之涵義

SIRE Code	S 健康危害	I 易燃性	R 反應性	E 防護具
-----------	-----------	----------	----------	----------

危害等級對照表

4	非常危險 (威脅生命)
3	危險 (嚴重傷害)
2	中度危險
1	輕度危險
0	非常小的危害

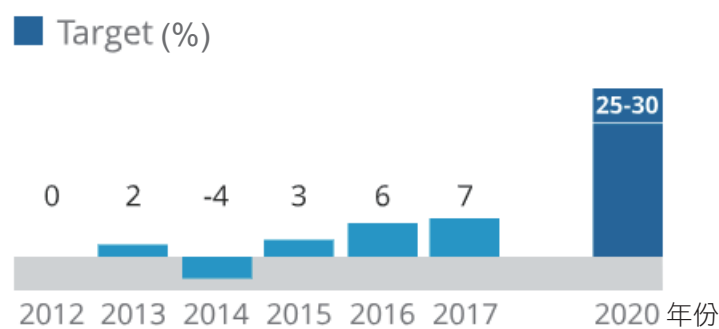
SIRE Code 標示示意圖

## 四、綠色環境管理評估

作為全球知名化學塗料公司，整體營運策略規劃多項環境友善措施，例如因應鉛毒性會造成中樞神經系統病變，甚或影響孩童發展，於2018年10月率先宣布塗料、染劑成分中禁用鉛金屬。公司無論是在產品開發過程、製造、或消費者使用的產品，均以建立永續家園方向出發，積極推動達成目標。

### (一) 化學製程「碳足跡」節能管理

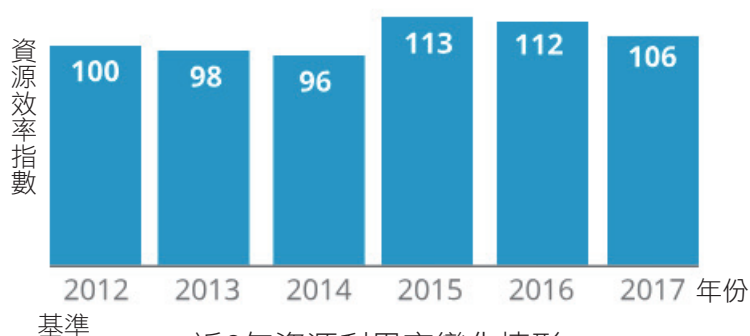
碳足跡可作為產品生產製造時，能源使用量指標之一，阿克蘇諾貝爾公司為達到節約能源減碳，每噸塗料從搖籃到墳墓的碳足跡減少為目標，以2012年為基準，規劃行動方案，以達碳足跡減少，2017年相較2012年減少7%，目標於2020年整體產業鏈生產每噸產品的碳排放量可減少25%-30%。



近5年產品碳足跡減少比率情形及2020年目標

## （二）化學製程「資源利用率」評估

資源效率指數是毛利率除以產品從搖籃到墳墓的碳足跡，該指數衡量使用原材料和能源創造的價值，阿克蘇諾貝爾公司規劃相關方案希冀能逐步提高。資源利用率係以2012年為基準設定為100，2017年因銷售量增加，但碳足跡略有增加且毛利率略下降，2017年資源效率指數相當於106。

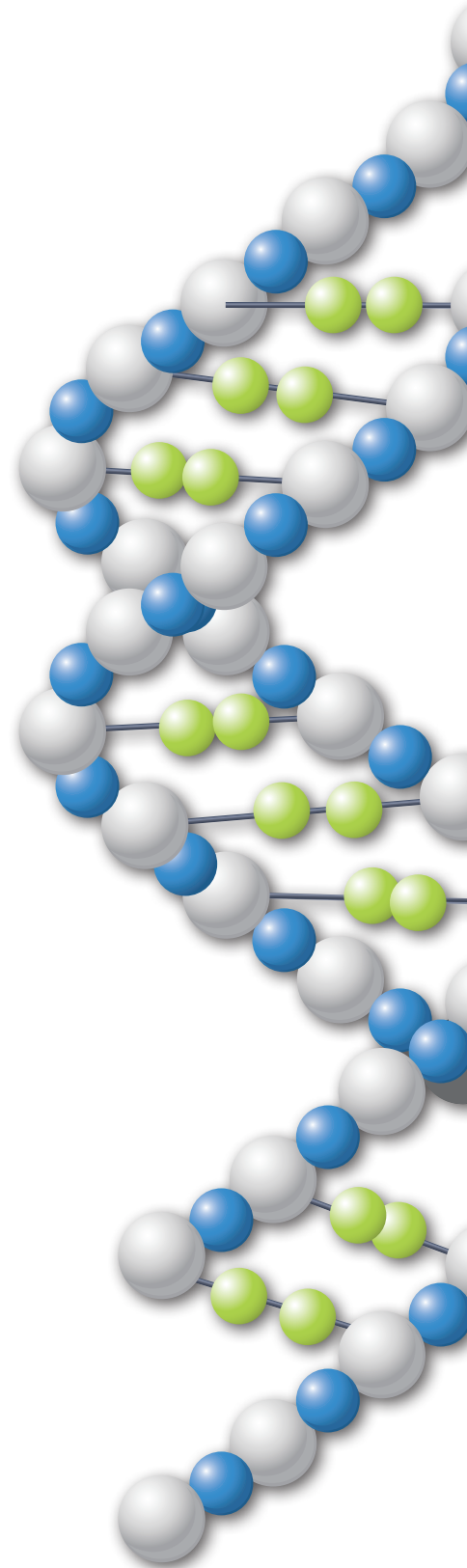


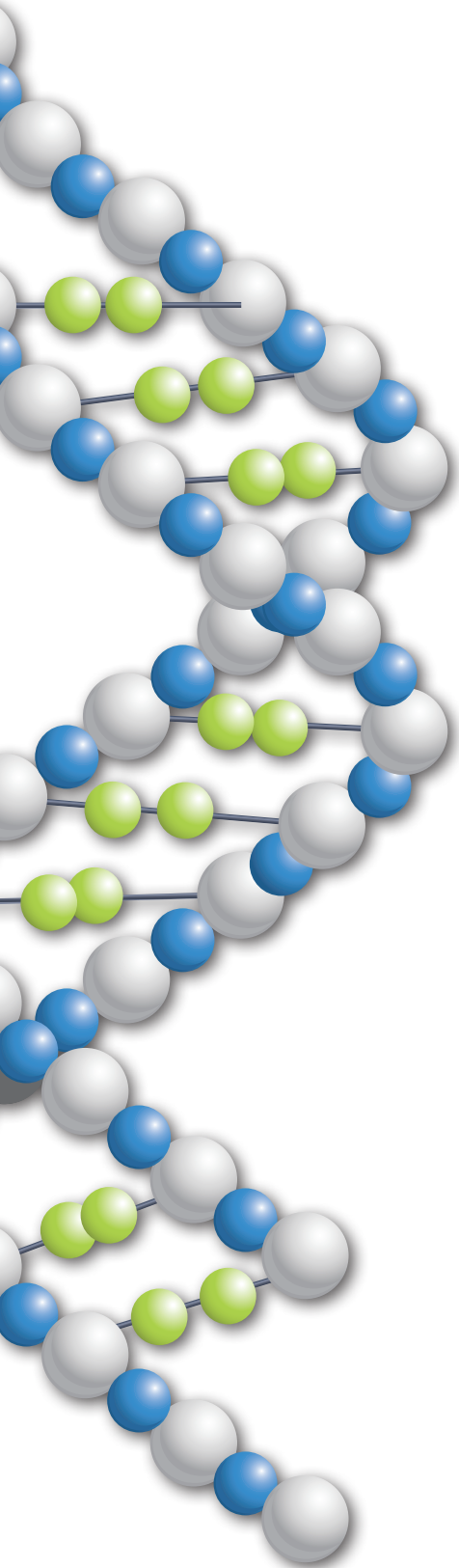
近6年資源利用率變化情形

## （三）化學製程「生態高級解決方案產品」評估

阿克蘇諾貝爾在產品研發有一項專案稱為生態高級解決方案之產品(Eco-Premium Solutions, EPS)，該產品透過嚴謹的實驗數據、檢驗報告、分析研究等，在環境、健康指標，如能源消耗、使用自然資源/原材料、排放和廢棄物、毒性、風險（生產、運輸等事故）、土地使用及健康/福祉等，都能達到水平標準。2012年全球EPS產品於總銷售額之17%，目標2020年可達20%。







## 04

## 國家中山科學研究院化學研究所

符合綠色化學原則

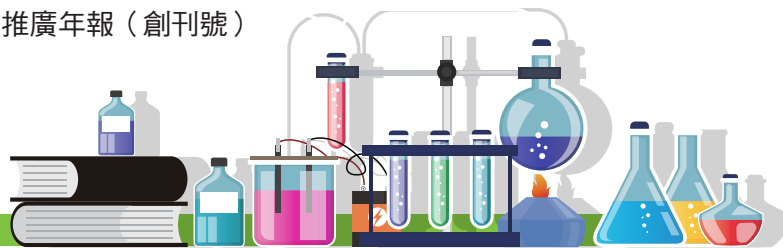


## 一、單位基本介紹

國家中山科學研究院化學研究所（以下簡稱中科院化學所）成立於1969年7月，初期研究以國防化學能量籌建「化學戰防護」為主，1983年後，逐步發展火炸藥、推進燃料、防潮防蝕、匿蹤及偽裝等多項領域。

其後因應國防自主政策及法人營運精神，研發方向多元拓展，為提高火箭、飛彈組合推進劑能量、或是增加燃速，開發固態推進劑關鍵原料；研究端羥基聚丁二烯(hydroxyl-terminated polybutadiene, HTPB)液態橡膠關鍵合成技術。累積多年國防化學經驗及技術，1995年起承接經濟部專案，開發民生工業用樹脂與添加物，分別用於可塑劑、難燃劑與新型材料，以技術授權方式協助國內業界建立產製能量，多項研發獲得國際大廠認證，輔導廠商承接技術並獲得國外訂單。近5年來利用開發飛彈用高能液體燃料技術，以石油煉製產業之五碳化學物質為出發點，研發各式衍生物，提供相關業界利用，作為高值化之起步。除石化材料外，承接專案中以奈米技術為基礎，研製奈米光觸媒鍍膜原料，可在玻璃、陶瓷等表面鍍上均勻薄膜，提供導電、阻擋紫外光，阻擋/接收紅外光、隔離電磁波、觸媒分解污染物之多樣化功能。中科院化學所已帶領多項化學物質研發技術，導入工業、民生用途。





## 二、綠色化學替代研發

中科院化學所為國防化學產業研發重點單位，近來支持政府綠色環保政策，戮力開發無毒、低毒性化學物質，替代既有化學物質，進而減少環境危害，包括近期軍用化學防護、污染消除等，除研發「懸臂式重型消毒車」、「輕型消毒器」等創新設備提供國軍使用外，進一步思考低毒性、更安全之消毒劑，希冀能有效抑制污染危害，滿足對人員、裝備、設施等多用途多功能之區域性化學污染消毒需求。以毒性化學物質雙環戊二烯(Dicyclopentadiene, DCPD)為基礎，與石化公司合作開發製成金剛烷(Adamantane)，金剛烷不僅無毒性，有很大運用潛力的替代方案，可用於製藥、光電化學、難燃低介電之特用材料；另一項研發係直接將DCPD官能基化，研發出多項高價值衍生物適合石化用之民生材料。這些化學物質亦具有低介電性、高折射率、高耐熱性、與環境友善等特性，達成有毒變無毒、減少廢水排放量目標。

除降解成衍生物本身為低毒性、高值化之替代方案外，中科院化學所亦研發替代方案，在部分化學物質降解反應中所使用之觸媒反應，突破既有技術瓶頸，減少化學物質耗用。換言之，中科院化學所扮演的角色是在安全替代中相當重要的研發環節，研發出產品提供有需要的民間企業執行安全替代。以下分別說明中科院化學所在推動綠色化學替代的努力及貢獻。



蔡總統視察中科院化學所研發之化防設備及輕型消毒器



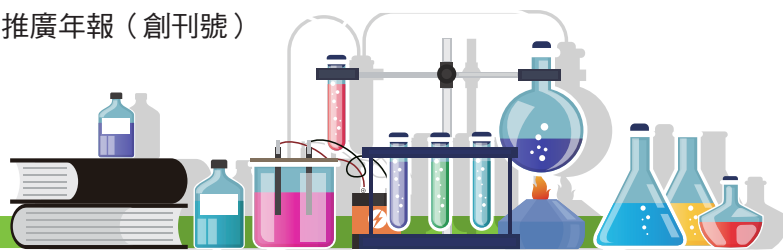
## （一）低毒污染消除藥劑研發技術

過去國際間大多研發生產的消除藥劑產品主要成分都是含有毒性或腐蝕性化學物質，如含活性氯等，但近年來在環保意識抬頭，消除劑的研發轉向對環境傷害較低的配方，取代對生物環境有害的傳統消除藥劑。有鑑於此，中科院化學所積極推動未含活性氯之污染消除藥劑替代開發專案，研究評估使用更環保之安全替代原料，其成分未含重金屬、毒化物、其他特定化學物質等列管物質。新研發完成消毒劑替代品可望能降低製造生產成本，增加產品運用及發展性，在執行毒化災之除污作業時減少環境影響。

消毒劑替代之專案研發目標係以不含活性氯、低腐蝕性、低環境污染消除藥劑取代含氯之消除藥劑，並依據行政院環保署提供之工商業用清潔劑環保標章規格做為參考，研製之污染消除劑產品其螢光增白劑、含氯漂白劑，甲醛、三氯沙（二氯苯氧氯酚）、砷、鎘、汞、硒、鉛、六價鉻、界面活性劑生物分解度及pH值皆符合管制限值。執行初期遭遇到原物料無料源之問題，後續規劃驗證替代性原料，瞭解其效能等特性，以環境友善且不影響除污效能為目標，本專案目前於研發執行中，評估需花費1至2年測試驗證確認其效能。污染消除技術為供核生化狀況下對機具、裝備、車輛及設施等遂行消毒與除污作業，以快速恢復戰場環境及確保戰力。



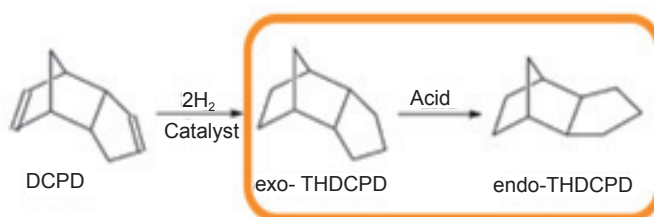
污染消除過程示意圖



## （二）低毒酸性觸媒研發技術

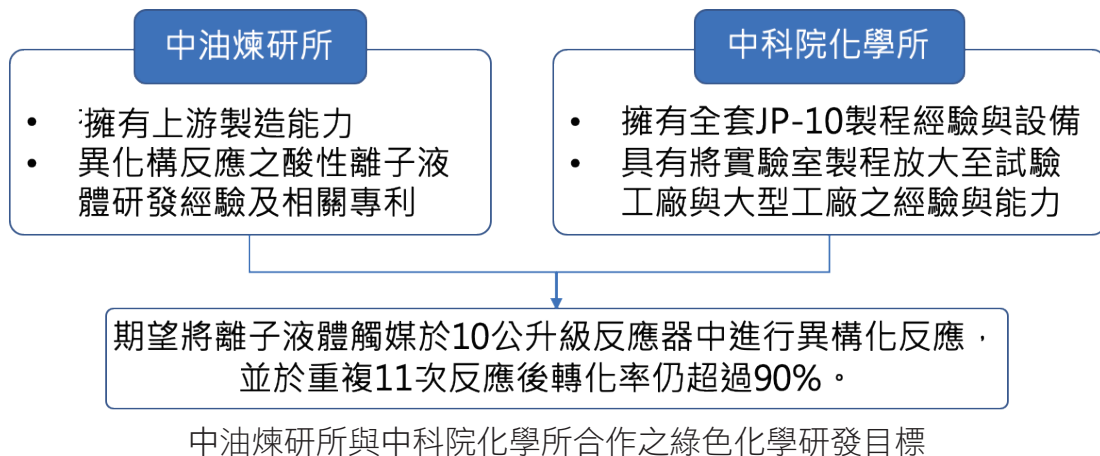
航空載具燃油之能量多寡，一直是提升燃油性能的主題，也攸關航空載具所能表現的性能。臺灣中油公司煉製研究所（簡稱中油煉研

所）於數年前著手研究雙環戊二烯以氫化反應後之衍生物-「內向四氫雙環戊二烯」，轉化成高能燃油之技術，在研究中率先應用離子液體酸性觸媒，可將內向式四氫雙環戊二烯(*endo*-tetrahydro-dicyclopentadiene, *endo*-THDCPD)經異構化製成外向式四氫雙環戊二烯(*exo*-tetrahydrodicyclopentadiene, *exo*-THDCPD)。轉化後之物質適用於特定軍用航空載具作為高能燃油，美國有關單位將該物質編號為JP-10（以下及簡稱JP-10），相關研究成果提出專利申請，並獲得中華民國發明專利與美國專利。



中科院化學所因執行國防系統發展所需，業於1981年間開發完成JP-10之製造技術，係以外購之雙環戊二烯為原料，經商用氫化觸媒氫化後成為*endo*-THDCPD，再利用觸媒進行異構化反應得到*exo*-THDCPD成品（即JP-10）。中科院化學所利用此方法已開發完成年產數十噸之試驗工廠，每年製供足額產品給中山科學研究院之系統發展單位進行實驗與戰備生產。

經過中油煉研所與中科院化學所2014至2016年之經驗交流後，發現雙方在DCPD衍生物開發上具有技術上互補特質，中油煉研所擁有上游原料製造能力及異構化反應之酸性離子觸媒液體研發經驗，中科院化學所擁有全套JP-10製程經驗與設備，具有將實驗室製程放大至試驗工廠與大型工廠之經驗與能力，且對JP-10產品有需求。因此經由密切溝通，雙方推動合作，於2014年2月中旬簽訂授權合約，將擁有所之中華民國發明專利與美國專利以無償使用方式授權給中科院化學所使用於研究製造JP-10製程中的異構化反應，觀察該項觸媒是否適用於JP-10之大量生產與觸媒活性之持久性。換言之，利用中科院化學所之實廠規格技術替代原中油煉研所之實驗室，使研究觸媒反應升級放大，探討技術商轉之可能性。



研究之初，中科院化學所藉助中油煉研所協助，快速進入離子液體之應用領域，順利配製離子液體觸媒，並應用於進行endo-THDCPD之異構化反應。歷經多次實驗參數調整與製程改良，初步完成可重複使用離子液體觸媒超過20次之異構化反應，並將其成果利用於進行較大量體積之10公升反應器的雛級製程中。雛級製程進行期間遭遇配製離子液體快速升溫、反應溫度控制不易與商售料源需除去雜質等困難，最後在雙方的合作共識下，在第2批雛級反應時就達成可重複使用離子液體觸媒重複超過11次之異構化反應，若縮短反應時間為1小時仍可達到98%以上轉化率。透過製程研發改良，使離子液體觸媒延長反應次數，反應量體也增倍許多。

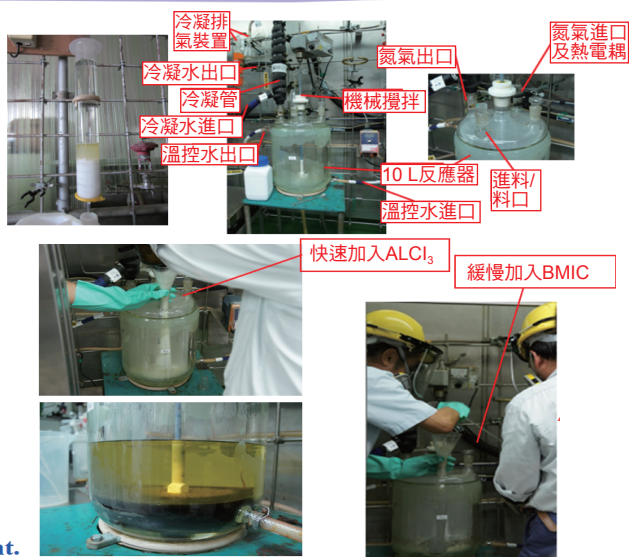
離子液體酸性觸媒重複使用優勢同時也解決傳統異構化製程水洗時所產生大量廢酸水處理問題，符合綠色製程潮流需求。實廠研究結果顯示日後利用新的離子液體觸媒反應技術進行國防武器系統中JP-10之產製，減少原先使用之觸媒的後處理費用，亦可以降低離子液體觸媒的使用成本30%以上，但仍保有高能燃料油之需求等級。





## JP-10 雜級製程實驗

No.	Conversion (%) of 第五組JP-10雜級製程		
	1 h	2 h	3 h
B02-01	98.78		
B02-02	97.84	98.69	98.76
B02-03	97.86	98.51	
B02-04	98.12		98.69
B02-05	98.30		
B02-06	98.74		
B02-07	98.52		
B02-08	98.60		
B02-09	98.60		
B02-10	98.49		
B02-11	98.66		

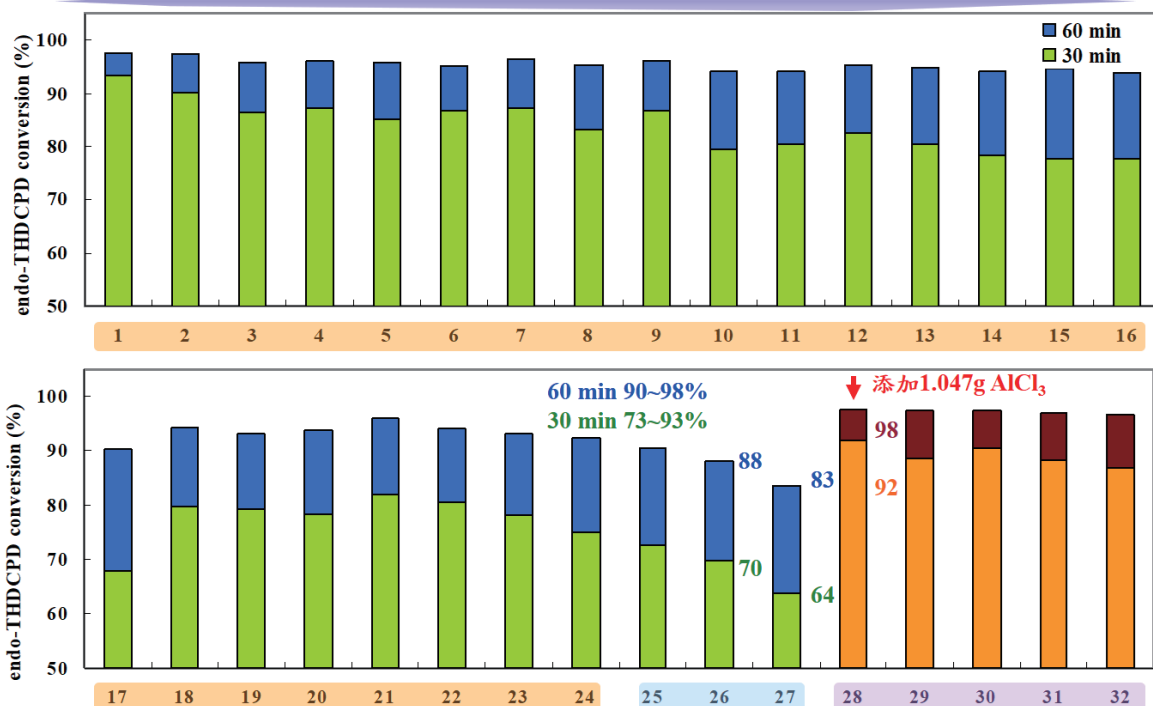
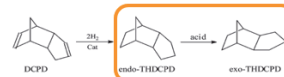


The reactant was purified by silica gel treatment.

此製程順利完成11次JP-10雜級製程實驗，各批次轉換率皆>90%。

10公升雜級製程離子液體觸媒重複使用在不同反應批次之高能燃油JP-10轉化率

## JP-10 合成實驗



The reactant was purified by silica gel treatment.

Endo-THDCPD(商售>97.5%)/ JP-10/ BMIC/ AlCl<sub>3</sub>, Reaction Temp. = 50°C.

離子液體觸媒重複使用在不同反應批次之高能燃油JP-10轉化率

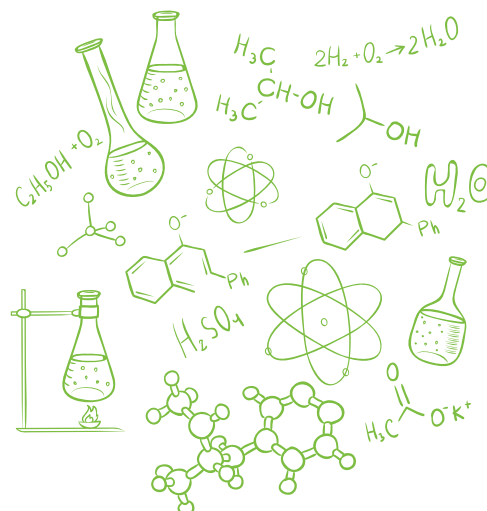


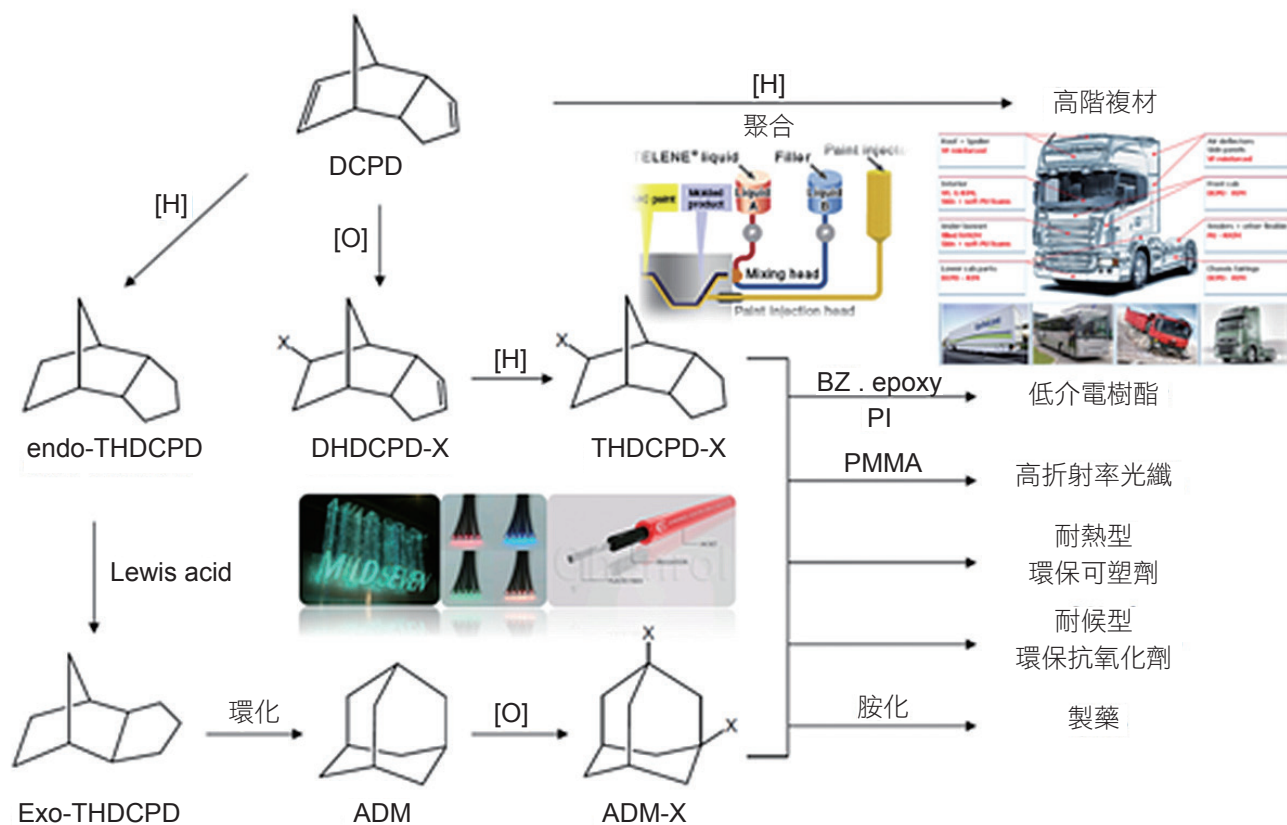
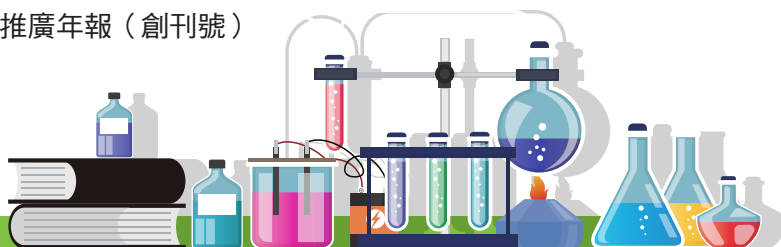
實驗進行期間，雙方定期召開工作討論會分享實驗經驗與提供後續階段之建議，中科院化學所在實驗室優化參數階段及準備進行10公升級異構化實驗前與實驗中均邀請中油煉研所長官同仁蒞臨實驗現場參觀與討論。歷經2年多的探索與改進，中科院化學所已利用離子液體觸媒在10公升級反應器中進行異構化反應製出合格的JP-10成品，並觀察到離子液體酸性觸媒在歷經11次異構化反應後仍然保有接近初始狀態之觸媒活性，達替代技術研發專案目標。

### (三) 低毒綠色化學材料研發技術

以新穎觸媒技術將第四類毒化物雙環戊二烯改質成無毒、高價且新穎材料金剛烷(Adamantane)，將其取代之。金剛烷雜級製程與金剛烷羥化衍生物之製程技術，以及雙環戊烯羥化衍生物之製程技術與醇基雙環戊烯之氫化反應技術，以提升五碳烴在業界之實用價值為目的。於2015~2019年與民間石化公司進行三期「雙環戊二烯官能基衍生物製程與應用技術」委託研究案，結合已建立之軍用高能燃油研製經驗、有機合成技術與鑑定能量，再開發新一代高轉化率及高選擇性之複合式雜環四級胺鹽搭配路易士酸之離子液體環保觸媒，在相對溫和條件下，可將endo-THDCPD兩段式高效能異構化與環化成金剛烷，利用金屬鹽催化劑建置金剛烷官能基，此衍生出的化合物產品，可作為開發功能特材的原料。

中科院化學所成功發展五碳烴下游衍生物擴大應用面，金剛烷及其衍生物可應用於功能特材、光電特材等產業應用，開發高階特材帶動石化產業高值化契機，產品應用於電子產業新材料開發，提升整體產業競爭力；雙環戊二烯官能基化衍生物，應用於環保可塑劑、耐候型高功能抗氧化劑等特化品開發，將有助於特化產業，進行新產品研製以提昇競爭能量。完成後技轉業界，可幫助業者解決原料取得困難、價格昂貴等問題，縮短新產品開拓時間，另導入壓克力樹脂、環氧樹脂等增進材料特性，如熱穩定、疏水性、低介電性，使材料提升新性能，下游業者可增加產值，提升產業競爭力。





雙環戊二烯衍生物反應至產業應用路徑示意圖

金剛烷價格隨應用需求等級不同而不同，從化工級25美元/公斤至純度98%試藥級690美元/公斤，1-溴金剛烷與1,3-二溴金剛烷純度>97%試藥級價格分別為1,810美元/公斤與27,040美元/公斤，羥基雙環戊烯與羥基雙環戊烷>97%工業級價格分別為2,219美元/公斤與11,997美元/公斤，將其衍生應用於高折射率低介電封裝樹脂與低介電難燃樹脂，初期產值分別估算為新台幣6~10億元與9~12億元，醫藥用金剛烷銨鹽500美金/公克，近年隨各領域新產品不斷開發，產品應用面持續擴增。

### 三、綠色化學物質管理制度建立

因研發單位使用到大量的化學物質，中科院為管理眾多化學物質，建立「化學物質管理資訊系統」，強化源頭管理、提升作業效率、精進化學物質管理，可即時掌握儲存現況。化學物質購買階段，會嚴格審查化學所對各項化學物質採購，於購案需求系統上傳安全資料表(SDS)、奉核之毒化物、以及先驅化學藥品審查表，再由專責單位工安組審查文件及數量，以達源頭管理目的。若有購買毒化物質，必須依所頒「毒化物管理作業準則」規定管理。購入毒化物前必須先呈所長完成核可及工業安全衛生組確認文件，及其他危害物購入時廠商必須完成容器 GHS 危害標示及安全資料表。每月彙整後，向環保署申報，符合政府要求管理規定。毒性化學物質單獨儲存，庫房加裝鐵窗、鐵門或監視系統，每個步驟每個環節確實遵照我國相關法規辦理。

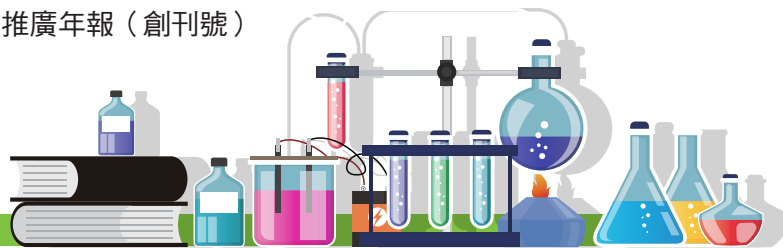
### 四、綠色環境管理計畫

中科院化學所對於環境友善方案之推動上不遺餘力，綠色化學在彈藥製程中，重要的是4-R策略(Recycle, Recovery, Reuse, Replace)，分別敘述如下：

#### (一) 再利用(Recycle, Recovery)

生產之各式彈頭炸藥於汰除後，皆以委外燒毀方式處理，不僅需額外花費銷毀，亦有產生污染及潛在危害風險。有鑑於此，針對目前廢棄量最大之奧克圖（Octol，組合炸藥）主裝藥進行回收技術開發，成功自Octol內佔75%之主成分奧克托今（HMX，單質炸藥）炸藥加以分離回收，HMX回收率可達到95%以上，同時分離回收所使用之溶劑亦以蒸餾方式提純後再回收利用，達到減廢及廢棄物/廢液再利用之目標，目前並已建立一套Octol內HMX分離回收之先導製程。





## （二）重複使用（Reuse）

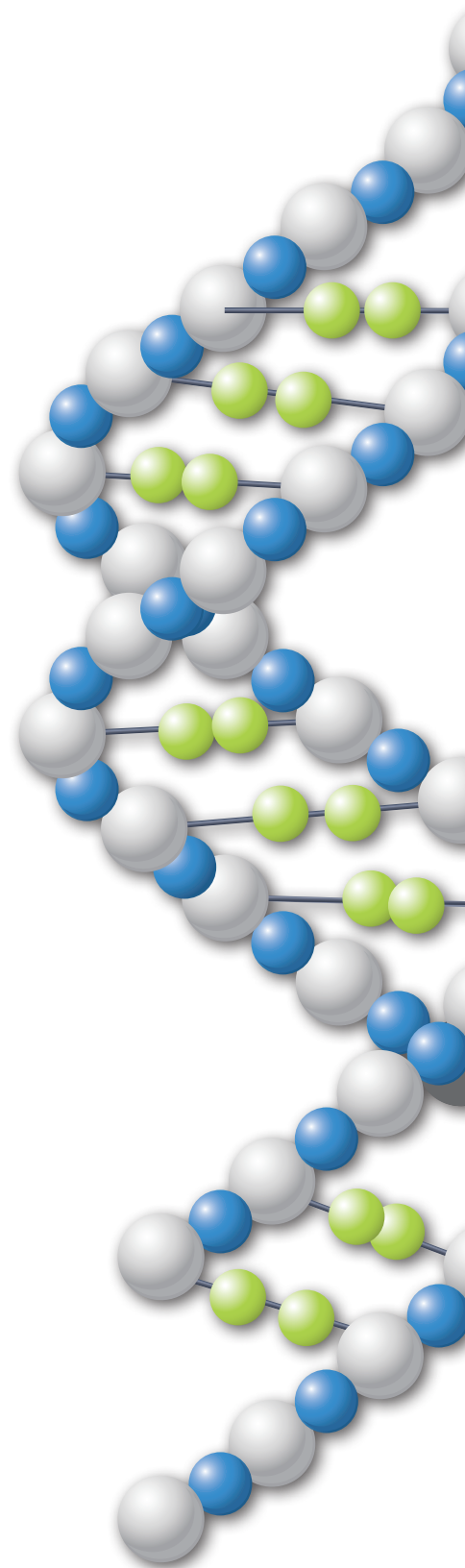
開發高能炸藥HNIW(CL-20)製程時，反應催化劑採用可重複利用的鈀觸媒(Pd)，當觸媒失效時，可進行再生後再使用。

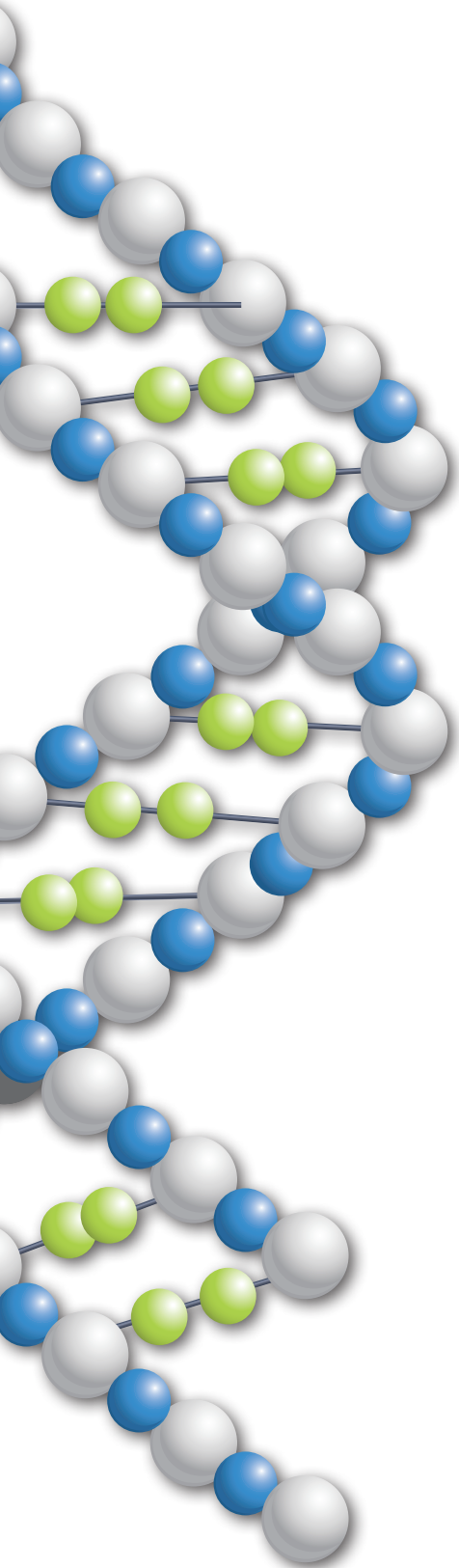
## （三）替代（Replace）

傳統電解水製氫系統採用進口貴重金屬催化劑（如鉑、鈀），使用成本高，受國際貴重金屬催化劑價錢上揚困境，致力於高效產氫無機觸媒材料之關鍵技術開發，透過水溶性無機觸媒材料，調整無機觸媒之氧化還原電位，開發具有多電子調控能力的無機觸媒材料，以利電解水產氫製程應用，可望兼顧製氫時的環境保護及生產成本，提升未來氫能商業應用可行性，並應用於高效型光能電解水產氫模組生產技術。另在開發低敏感高能炸藥TKX-50製程時，由「人員安全」與「環境友善」為出發點，經由製程方法改良，將原先使用危險性高的化學物質與毒化物，成功以其他危害性較低之化學物質替代，如氯氣利用氯代丁二醯亞胺替代，鹽酸氣利用濃硫酸替代，二甲基甲醯胺利用二甲基乙醯胺替代，達到綠色製程目標。





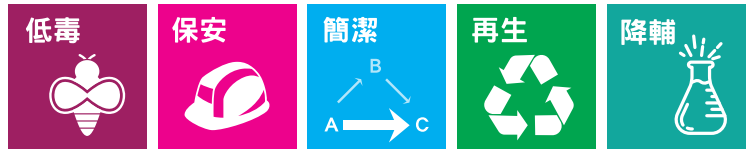




## 05

## 聯華電子股份有限公司

符合綠色化學原則



## 一、公司基本介紹

聯華電子股份有限公司（以下簡稱聯電公司）總部位於新竹科學園區，成立於1980年，為臺灣第一家半導體公司，擁有完整的解決方案，提供晶片設計公司先進製程與晶圓製造服務，如28奈米Poly-SiON技術、High-K/Metal Gate後閘極技術、14奈米量產、超低功耗且專為物聯網(IoT)應用設計的製程平臺以及具汽車行業最高評級的AEC-Q100 Grade-0製造能力，用於生產汽車中的IC，換言之，聯電公司生產製造之產品除應用在電腦、消費性電子產品、智慧型手機、穿戴式電子產品外，更跨入虛擬實境及擴增實境產品、自動駕駛車輛、人工智慧相關以及物聯網市場的關鍵新技術等。目前在全球各處，包括臺灣、日本、韓國、中國、新加坡、歐洲及美國均設有服務據點，晶圓廠共有12座。

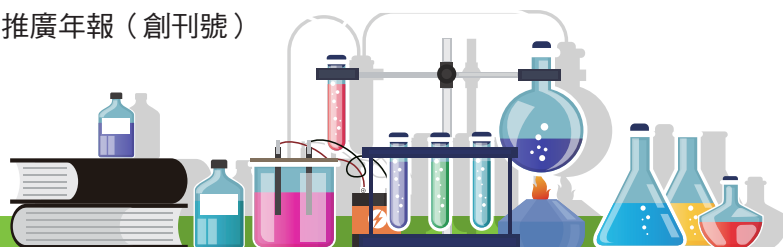


聯電公司在創新技術製程研發上非常重視環境保護議題，積極推動多項有助於環境效益之防治措施與計畫，提升永續績效之工作，至2018年時聯電公司已連續16年獲得環保署頒發「中華民國企業環保獎」，2019年中華民國企業環保獎改制成「國家企業環保獎」，聯電公司再度獲得第一屆國家企業環保獎，環境保護作為表現優異。

聯電公司在創新技術製程研發上非常重視環境保護議題，積極推動多項有助於環境效益之防治措施與計畫，提升永續績效之工作，至2018年時聯電公司已連續16年獲得環保署頒發「中華民國企業環保獎」，2019年中華民國企業環保獎改制成「國家企業環保獎」，聯電公司再度獲得第一屆國家企業環保獎，環境保護作為表現優異。

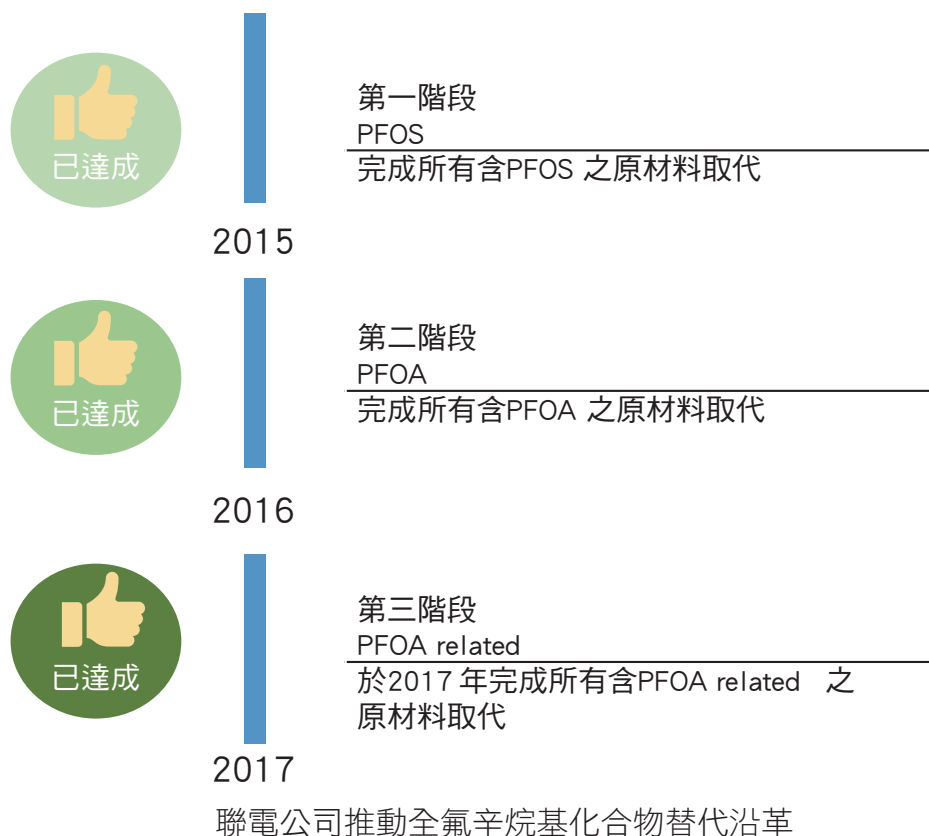
## 二、化學物質安全替代實踐「Green計畫」

2016年至2020年間聯電公司擬定推動「Green 2020減量計畫」藉由製程設計與技術提升減少原物料耗用，並搭配廢棄物較少之生產程序及高效生產設備，替代生產過程中各種危險因素和有害的中間產品，並降低廢棄化學物質之數量及毒性，以2015年為基準年設定能資源使用最大化及廢棄物減量10%之目標。以下說明聯電公司針對化學物質推動之替代及減量方案。



## （一）全氟辛烷磺酸及全氟辛酸化學物質安全替代

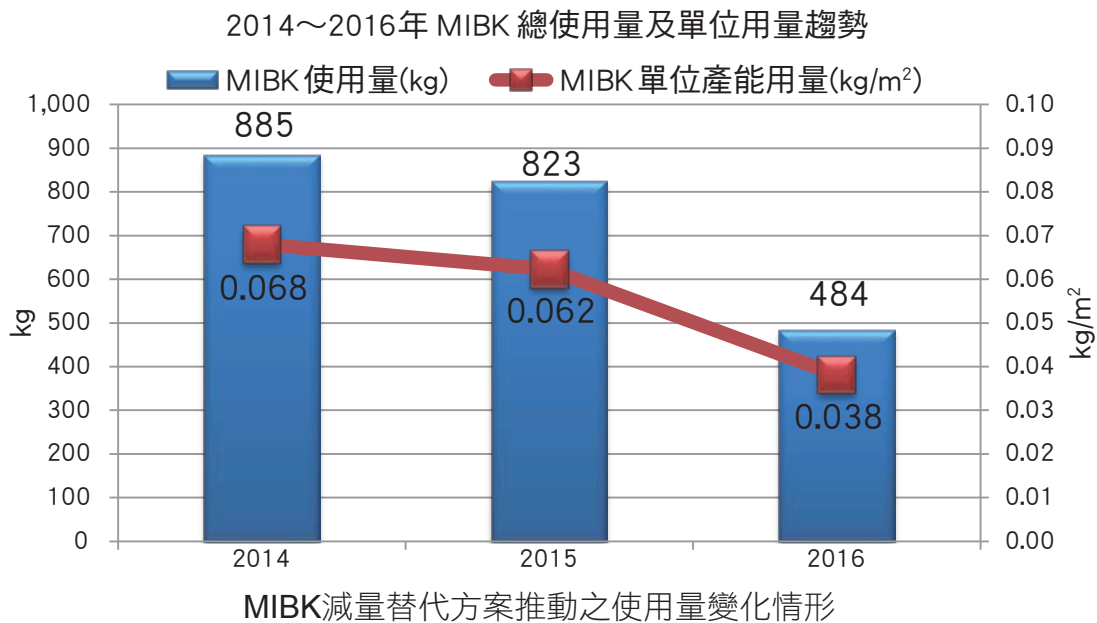
每年代表臺灣半導體協會擔任世界半導體協會化學物質及安衛管理工作，近年積極推動半導體業全氟辛烷磺酸(Perfluorooctanesulfonic acid, PFOS)及全氟辛酸(Perfluorooctanoic Acid, PFOA)及PFOA related等持久性有機污染物(Persistent Organic Pollutants, POPs)之自主性替代計畫。聯電公司分階段進行PFOS及PFOA替代方案。2015年先全面取代PFOS，2016年及2017年分別完成全面替代PFOA及PFOA其他相關原料。





## (二) 甲基異丁酮化學物質安全替代

甲基異丁酮(Methyl Isobutyl Ketone, MIBK)除造成人體呼吸道、皮膚刺激外，若暴露於氧化劑或受熱環境，具火災危害，造成工安問題。2016年於8E廠薄膜製程推動製程替代方案，透過製程持續改善評估使用量參數最佳化，減少毒化物使用，透過製程變更調整，以達成MIBK減量，每年約少300 Kg 之MIBK用量，單位產品MIBK使用量降低達39%，整體列管毒化物單位產品使用量降低量達13.3%。



## (三) 氨水及含四甲基氫氧化銨顯影液源頭減量及安全替代

半導體製程會使用到氨水進行晶圓清洗，間接造成廢水氨氮（含氮物質）濃度較高問題，另考量顯影液配方中的四甲基氫氧化銨(Tetramethylammonium hydroxide, TMAH)具有毒性，會抑制人體呼吸系統運作，於2013至2016年推動推動氨水及含TMAH顯影液源頭減量及替代專案。氨水減量作為係在降低氨水濃度，減少清洗時間及調整變更複雜之製程程序，至今已降低廢水中氨氮濃度 28%~63%（各廠條件不同，降低幅度有所差異）；TMAH管理措施除減量外，亦擴大於源頭結合禁用、限制、研究替代品等3面向。

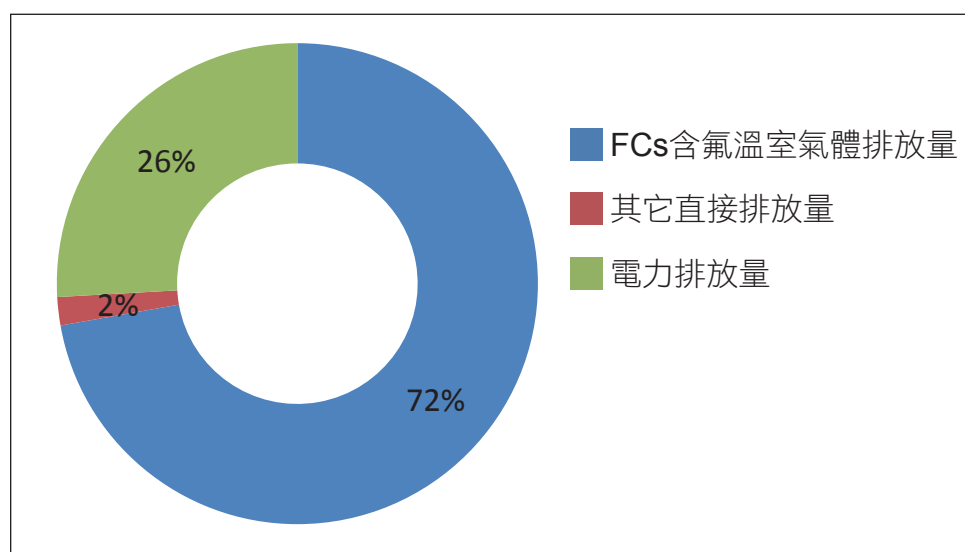
TMAH源頭管制減量及替代措施

TMAH濃度	源頭管理方式
25%以上	禁止使用
2.38%~25%	需經審查核可後限制使用
2.38%以下	依公司規範管制使用，並持續研究可能使用其他替代品

2015年至今已成功完成2項TMAH替代方案，第1項係從既有材料中以四乙基氫氧化銨(Tetraethylammonium hydroxide, TEAH)成分取代TMAH；另外在新評估材料中，則已完成膽鹼取代TMAH成分之案例。

#### （四）含氟化學物質安全替代

為響應全球暖化減緩行動，執行產品碳足跡與溫室氣體盤查掌握溫室氣體來源，主要排放源為製程上所使用的含氟溫室氣體(Fluorinated compounds, FCs)與電力使用，占整體溫室氣體排放量約90%，除電力節能減碳措施外，聯電公司於1999年起即成立「PFCs減量工作小組」推動減量計畫訂定減量目標，研究測試替代氣體削減處理設備等減量替代專案工作。



替代方案推動前（2000年）之聯電公司溫室氣體排放原因及其比例

在替代氣體研究方面，原化學氣相沉積(Cheical vapor deposition, CVD)機臺製程所使用的六氟乙烷 ( $C_2F_6$ )，在CVD機臺使用解離後將剩餘0.6 kg排出，相當於排出7,320 kg  $CO_2$ ；經工作小組研究評估分階段導入不同替代氣體於CVD機臺中，最後研究以八氟環丁烷( $C_4F_8$ )為最適方案，在CVD機臺使用解離後僅剩0.1 kg排出，相當於排放1,030 kg  $CO_2$ ，透過替代減少了6,290 kg  $CO_2$ 排放。

在處理削減設備建置方面，2015年起，工廠內包含既設廠之新機臺（所有使用含氟溫室氣體之機臺）均要求設置製程尾氣處理設備，破壞去除效率(Destruction Removal Efficiency, DRE)至少大於等於90%以上，有助於減少含氟溫室氣體逸散於環境中。

透過替代氣體方案推動及設備建設，根據統計2017年含氟溫室氣體相較於2000年排放，已大幅減少67.1% CO<sub>2</sub>排放當量。

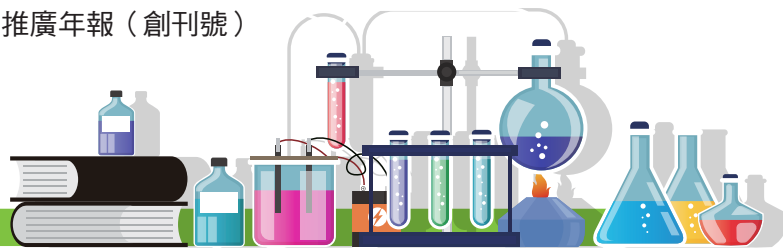
各階段替代氣體研究方案之比較表

PFC氣體別	早期 C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	第一階段替代 C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	第二階段替代 C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>
CVD機臺解離率Ui	0.4	0.6	0.9
解離剩餘排出(kg)	0.6	0.4	0.1
CO <sub>2</sub> 排放當量	7,320	3,532	1,030



含氟溫室氣體破壞處理設備





### （五）研磨液再生技術研發

研磨液為聯電公司廢液來源之一，長期大量使用不僅耗費資源亦造成廢水處理廠的負荷，是故研擬再利用替代方案，與研磨液原料供應商合作研究回收純化後替代原生料之可行性。經調整製程建置研磨液專屬管線及貯存桶槽，收集到的使用研磨液再經由逆滲透膜進行過濾，區分成濃縮的研磨液與逆滲透水，經濃縮後運回原料供應商端進行調整後可回到原製程中使用。此回收效益除了降低原物料成本，更減少研磨廢液產出量，與所造成的廢水處理廠負荷，同時副產品之逆滲透水，亦可作為廠務回收用水，具有多重效益。



研磨液回收再利用設施



強化化學物質源頭管理措施

### 三、化學物質源頭管理制度建立

聯電公司雖非化學物質製造商及供應商，但對於原材料與廢棄之化學物質運送管理亦有完整管理與查核機制，為確保產品遵循歐盟對電子產品所列限用物質(RoHS)法令要求，及國際法令與標準（如歐盟化學品政策REACH或電子技術產品材質宣告JIG101），為符合客戶需求，根據國際環保法規及客戶要求列出管制物質，逐年檢視修正產品應用範圍，建立有害物質管制清單，推動原物料綠色採購程序，利用電子化採購系統推行綠色採購管理，要求供應商於出貨前上傳每批貨品之檢測報告，每年請第三方公正實驗室定期檢測產品有害物含量，掌握化學物質之特性及有害成分，管理實務方面，成立跨部門有害物質管理委員會，提升整體廠區綠色產品管理成效。



在管理工具設計規劃上，聯電公司建立全公司「新材料評估管理系統」，針對新化學物質於進廠試用前經過系統評估，要求供應商提供安全資料表、防護裝備建議等，並評估對應之相關法令及後續污染處理程序；「安全資料表管理系統」將公司使用之所有化學物質安全資料表(SDS)建立於系統內方便以電腦查詢使用；「毒化物Datamart系統」主要用於掌握廠區列管毒化物之各機臺及場所使用及貯存狀況，並可即時查詢購入、退貨及轉出等紀錄，以及「自行輸入化學物質管理系統」結合稅則代碼(CCC Code)及公司報關資料增列自動化全面查檢機制，以節省人工查檢時間，並確保所有管制稅則之進口案件均可有效管理，以符合「新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法」法規規定。透過多項化學物質管理系統建置，更能有效整合化學相關資訊，立即提供相關人員管理、使用及查詢。

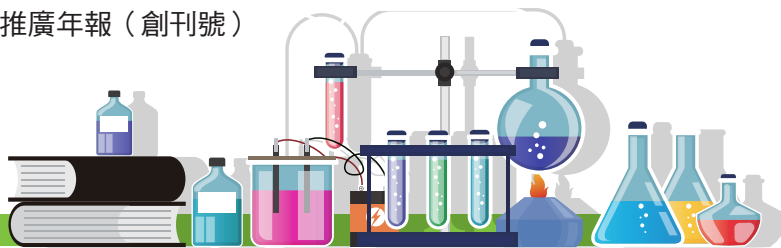
#### 四、綠色環境管理計畫

聯電公司致力推展環境保護之理念，除在產業上下游供應鏈推行外，也利用相關工具，引導員工落實永續生活，在產業供應鏈方面，透過永續評核作業，進行控管與輔導，要求供應商執行各項環保措施，建立3R大聯盟倡議，並與供應商進行能資源減量，降低化學物質對環境衝擊；對於員工方面，除每年辦理4小時環境教育課程，亦透過設立「綠廠獎、綠創獎」，推動廠際間的創新方案，以及節能減碳減廢競賽活動，對具體有貢獻員工，以茲獎勵。

##### (一) 綠色供應商「3R大聯盟」建置

為擴大推廣企業社會責任，2017年聯電公司推動3R大聯盟(UMC 3R League)，針對綠色製造提出10大管理指標，建立一個橫跨聯電公司供應鏈之統一量化指標，藉此進行供應商之資料蒐集、評估及成果驗收，特別是針對Reuse（回收使用）、Recycle（回收再利用）及Reduce（廢棄物能源及資源減量）等面向之環境保護措施推行情形。3R大聯盟會定期召開會議，進行經驗分享及交流學習。





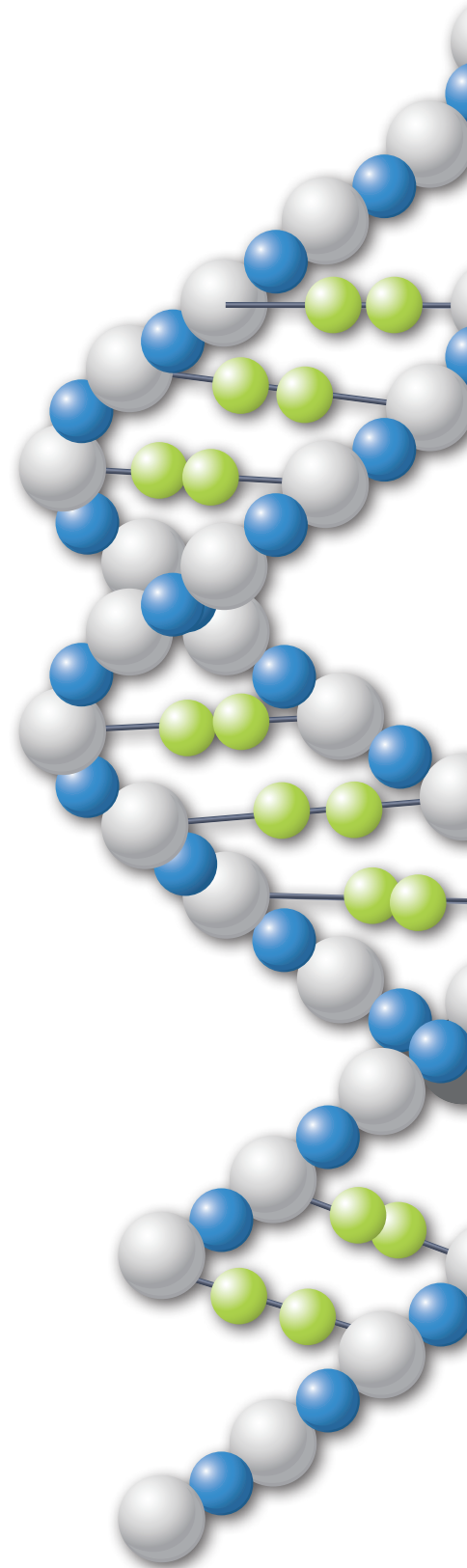
3R大聯盟評鑑管理指標

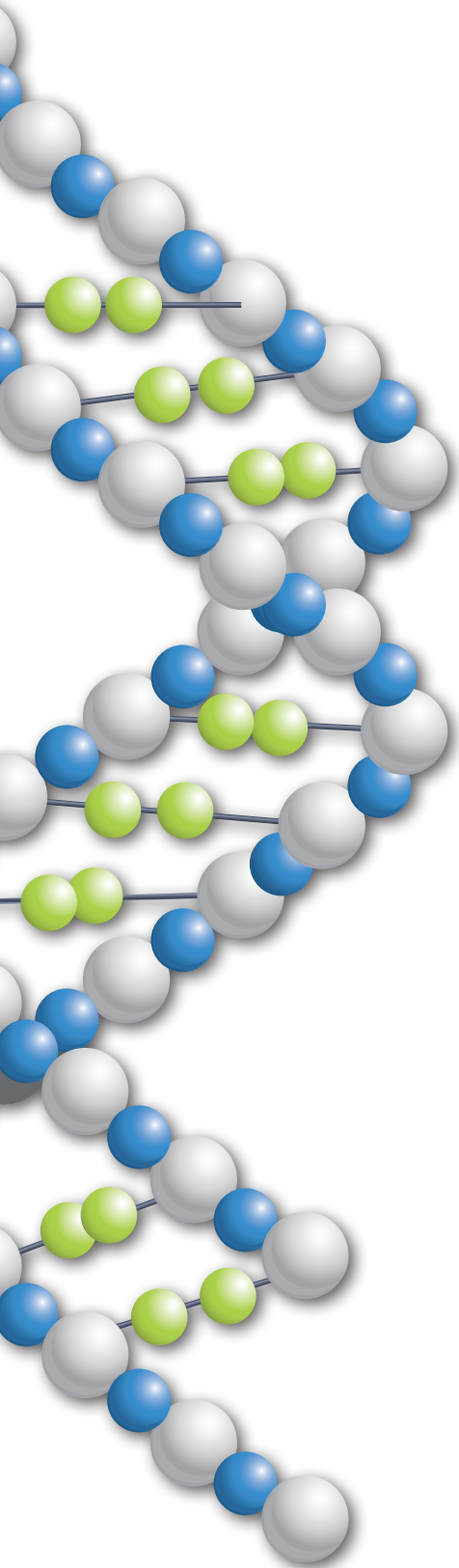
## （二）綠色競賽「綠廠獎、綠創獎」辦理

為鼓勵員工積極參與Green 2020減量計畫，於2016年設立「綠廠獎、綠創獎」，由各單位、員工提出創新可行之綠色環保活動，擴大推動廠際間環保新技術方案交流，內容包括化學物質減量替代、節能減碳、減廢等。經由獎勵活動的辦理，除鼓勵員工創新外，並促進減少整體環境衝擊，降低運轉費用，提升企業競爭力。



「綠廠獎、綠創獎」競賽頒獎活動照片







## 06

## 友達光電股份有限公司

符合綠色化學原則



## 一、公司基本介紹

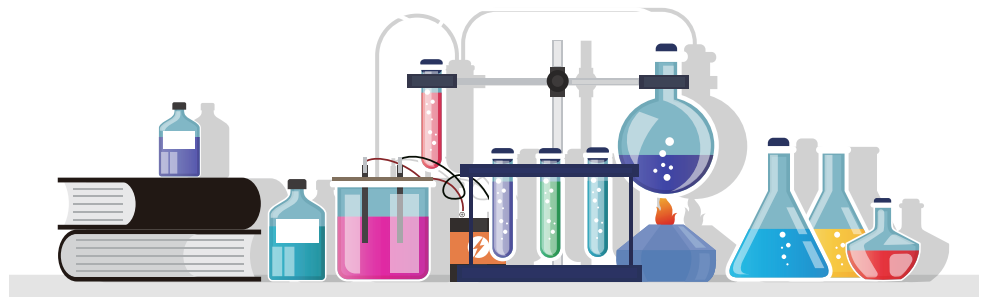
友達光電股份有限公司（以下簡稱友達光電公司）原名達碁科技，成立於1996年8月，2001年與聯友光電合併後更名為友達光電，2006年再度併購廣輝電子。總公司座落於臺灣新竹科學園區，為臺灣第一家生產薄膜電晶體液晶顯示器(TFT-LCD)面板公司，可提供運用於各類顯示器應用之面板，主要產



品有TFT-LCD、有機發光顯示器(AMOLED)、低溫多晶矽(LTPS)及其他整合式觸控解決方案，主要包括液晶電視、桌上型顯示器、行動電腦暨平板顯示器、行動裝置顯示器、穿戴型顯示器等產品；另外，公司營業內容觸及太陽能相關產業，如生產矽晶錠、矽晶圓及太陽能電池模組與銷售，提供太陽能模組及太陽能電廠建置服務。目前公司全球營運據點遍佈臺灣、中國大陸、日本、新加坡、韓國、美國及歐洲等全球各地。

## 二、綠色化學替代創新研發

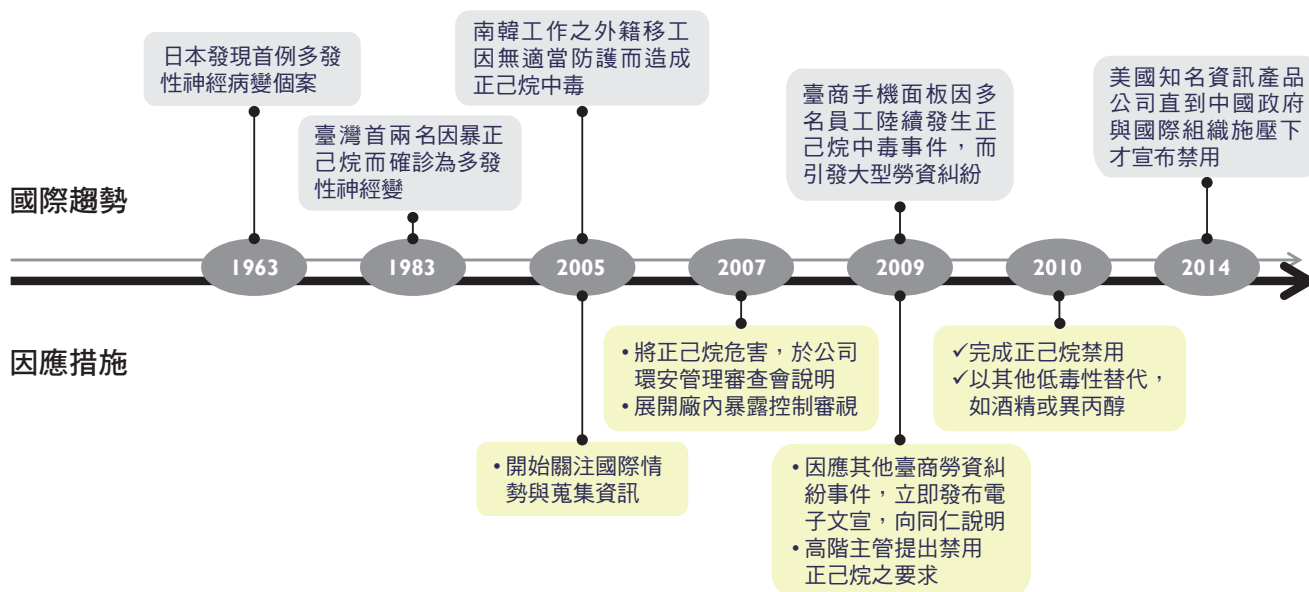
友達光電公司秉持企業永續精神，認為企業產品開發需兼顧環保趨勢與肩負起對社會的責任，因此從源頭原物料選用、製程設計與研發及後端廢棄物排放等階段，皆考量如何替代與禁用對人類高健康危害暴露物質，與如何減低環境負荷。近期主要推動之綠色化學安全替代方案包括有機溶劑禁用、導入二代銅酸及開發對環境更友善之水溶性光阻液，以下分別說明友達光電公司推動各項綠色化學安全替代方案。



## （一）推動低毒化學物質替代管理

正己烷在工業上用途廣泛，常用於清潔劑、接著劑，在面板產業於製程上擦拭、清潔等需求。然而，友達光電公司彙整國際議題環安衛相關報告，得知國際上已有數起案例證實暴露正己烷會導致多發性神經病變、中樞與周邊神經病變等問題。另外，臺灣1963年首次發現2名印刷廠員工因長期暴露正己烷而產生肢體麻木虛弱與深腱反射遲緩問題，被診斷為多發性神經病變；2005年南韓外籍移工因防護不足而造成正己烷中毒，然公司處理方式不善，引發國際人權團體公開此議題。

有鑑於此，友達光電公司於2007年在環安管理審查會議中提出化學物質正己烷潛在風險，隨後開始審視廠內暴露控制管理適當性及替代方案可行性。於2009年研究替代階段，位於大陸蘇州其他臺商行動電話面板供應鏈公司因多名員工長期接觸正己烷，陸續引發四肢疼痛、頭暈等健康問題，進而爆發大型勞資糾紛，為因應正己烷引發的危害，立即發布電子文宣，並向蘇州廠同仁說明正己烷之管理作為，安定同仁情緒外，亦於此時提出全面禁用正己烷之要求。2010年正式將正己烷列為禁用物質，選用更低毒性之替代品，如酒精或異丙醇(Isopropanol, IPA)來達到清潔目的，避免造成勞工職災問題。



友達光電管理並禁用正己烷之過程推演



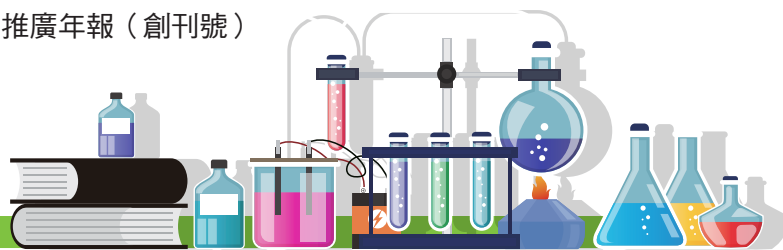
## （二）化學物質源頭減量與替代

面板製程使用銅靶材，製程所使用的銅酸溶液（特製混合液）電析出銅離子，隨著面板產品解析度提高趨勢，若持續使用原有配方銅酸溶液，製程中所需銅酸溶液使用量會隨之大幅增加，不但增加成本，也造成資源耗損及處理廢棄溶液負荷增加。友達光電公司為此研究新化學物質使用，同時能達到減量並減少廢液排放之替代方案，故於2017年評估導入使用二代銅酸溶液，並研究新製程調整來達成減量目標。二代銅酸溶液採用新的化學成分，具有較高的銅離子濃度可延長使用反應時間，有效達成減少20~30%使用量之目標，此外二代銅酸溶液相較於一代產品在相同的廢水排放量中化學需氧量(COD)可以降低約40%，大幅降低排放的污染負荷與處理成本。

二代銅酸較一代銅酸之提升效益

項目	說明
藥劑單價	降幅30%
銅使用生命週期濃度	9,000 ppm（提高50%）
用量	減少20~30%
安全性	較高
廢水COD	80,000~120,000 mg/L（降低40%）
各廠區減量	龍科廠減量約1,275公噸 后里廠減量約1,625公噸 臺中三期（分2個製程）減量分別約675公噸及425公噸

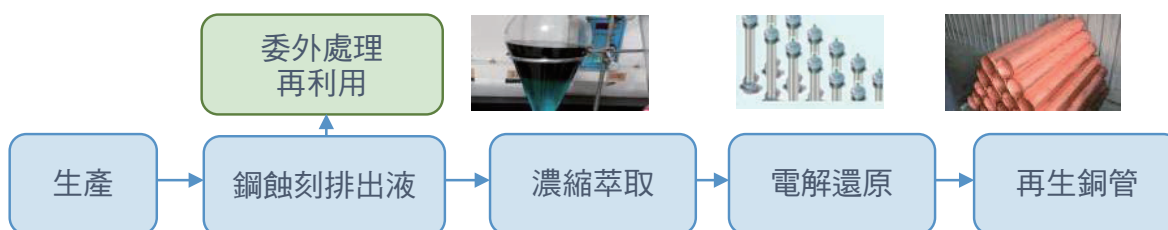




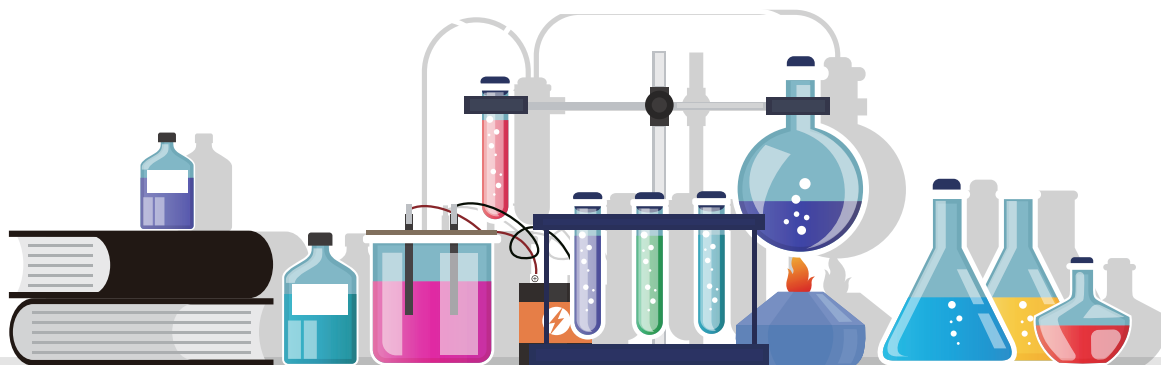
### （三）化學物質再生技術研發

友達光電公司除二代銅酸替代措施，更進一步將其替代作為延續，前述化學替代方案提及利用二代銅酸可減少化學物質使用量，延續推動銅離子回收，並製作銅管，從製程源頭至最後廢棄階段，透過回收再利用，替代新品購置，實踐綠色化學及循環經濟。

友達光電公司制定綠色製造(Green Production) 2020環境目標，其中一項為2020年銅酸廢液零產出。凡製造生產有使用銅之廠區均評估導入廢銅回收專案，回收機制為以萃取劑與銅蝕刻液充分反應，萃取出銅蝕刻液中銅離子，以稀硫酸將萃取後之溶液還原形成硫酸銅，最後利用專利電解回收設備，以電化學反應原理將硫酸銅電解成高純度銅。2017年於龍科廠及后里廠已順利導入，達到銅酸廢液零產出的循環經濟成果，且2018年共回收超過28.59噸高純度銅管的經濟價值，降低以往委外焚化處理的營運成本與所衍生的環境負荷。



銅離子再利用製成銅管製程流程圖





#### （四）低毒化學替代創新研發

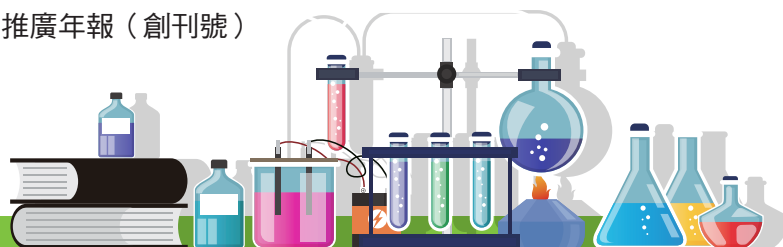
友達光電公司積極開發新的水溶性去光阻液，相較使用傳統含100%溶劑性去光阻液含有15~30%純水，操作溫度較舊型材料低10~30°C，因此設備操作溫度可由70°C降至40°C，節省機臺用電約15%，操作時產生的蒸發物質為純水，不需額外處理，可回流至機臺補充或者直接放流；因非溶劑故沒有閃火點，機臺相關設備不需要另外裝設防爆設備；無生殖性毒性；回收精餾產生的廢水COD遠低於溶劑產品，可大幅減少廢水處理成本與污染物質的產生。另一方面，溶劑性去光阻液使用上會有限制，部分製程無法使用，改用水溶性去光阻液則可以增加製程中之適用性，提高資源使用效率。在龍科、臺中一到三期、后里廠區皆已於2016年完成導入水溶性光阻液。

溶劑性去光阻液及新開發水溶性去光阻液之差比較

項目	溶劑性去光阻液	水性去光阻液
成份	100%溶劑性	含15~30%純水
價格	價格高	價格較便宜
操作溫度(°C)	50~70	40~50
排氣負荷	蒸發物質為溶劑 需額外處理	蒸發物質為水 不需額外處理
安全性	危險物（有閃火點） 需防爆設備	無閃火點
危害物質	含禁用物質NMF （N-甲基甲醯胺）	不含禁用物質NMF （N-甲基甲醯胺）
廢水COD(mg/L)	27,600	880
操作便利性	銅鋁部分可使用	銅鋁皆可使用

#### （五）化學製程簡潔與節能創新

友達光電公司推動替代方案，更廣義層面包括製程簡化，取代既有製程可以減少化學物質的耗用、節能生產，有助於降低整體製造成本。實際案例應用於車用相關面板產品製程簡化，於2015年至2016年間在華亞廠進行光罩製程數量簡化作業，2016年底簡化製程產品的比例已達100%。面板前段製程中之黃光製程常遇到瓶頸，因此研發單位優化光罩設計，精進製程能力，將光罩數目減少一道簡化製程，材料、化學物質使用量也大幅減少約20%左右，產能相對提升，使產品更具競爭力。



另一製程簡化實績案例為UHD超高清面板簡化用料，UHD面板是近年來電視產品最新科技，整體市場銷售有上升趨勢。友達光電公司於2014年開始量產UHD面板，2015年突破技術瓶頸透過製程簡化用料之研發，減少面板驅動IC使用量，以玻璃導光板取代傳統塑膠導光板，並利用其較高硬度的特性，大幅減少模組厚度，節省高達40%以上的資源。

### 三、化學物質源頭管理系統建立

生產製造面板時，需大量使用化學物質，建立良好化學物質管理亦顯重要。為有效源頭管理，參考國際上具公信力資料庫與國際公約，如歐盟REACH、斯德哥爾摩公約或加州65號法案等，建置「AUO化學物質管制清單」，依判定準則，分為「禁用物質-B類」與「需報告物質-R類」，詳細內容請參閱下表，於該化學物質管理清單系統提供資訊，協助研發單位、或是運用化學物質需求相關人員，於購入新化學物質時，利用清單逐一篩檢審視，確認無禁用物質，方可請購，達到有效源頭管理。另為確保清單有效性，化學物質管理系統人員時時關注國內外法規及趨勢變動，定期更新AUO化學物質管制清單。

友達公司化學物質管制清單類別及其判定準則

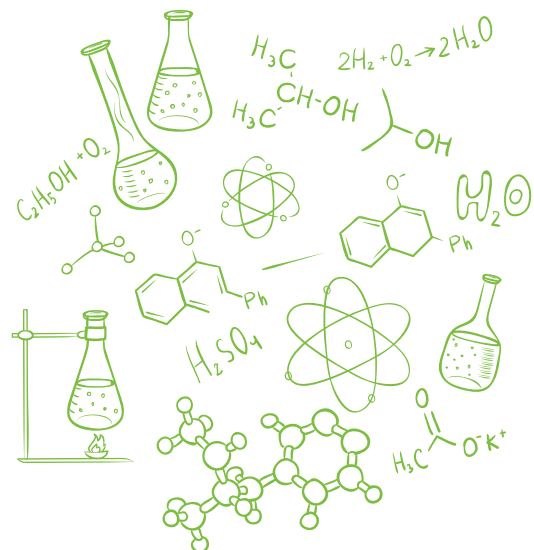
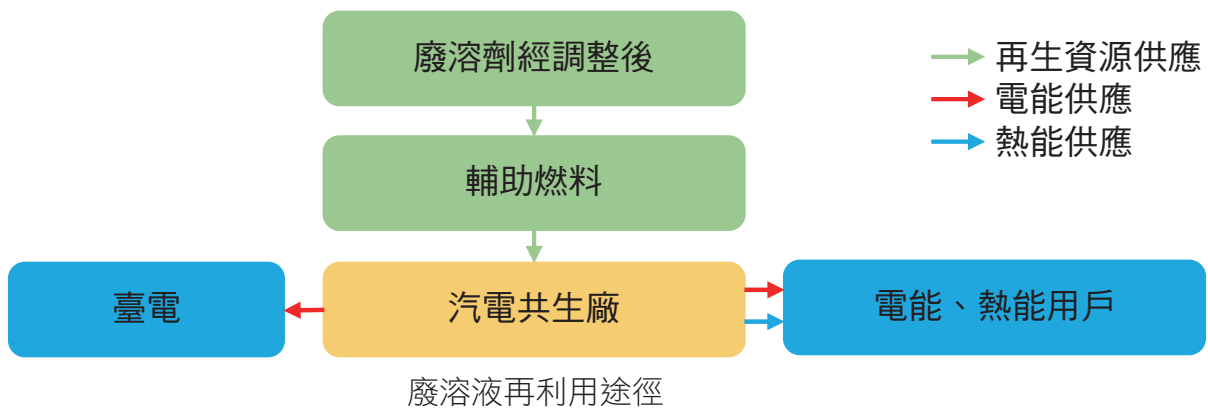
類別	判定準則
禁用物質 B, Banned	已確知對人類造成「致癌性、致突變性、生殖系統毒性」危害之物質
	國際公約或規範列為禁止使用之物質
	生產廠區所在地政府機關要求之禁用物質
	客戶要求或AUO自行規範之物質
需報告物質 R, Reporting	疑似對人類造成「致癌性、致突變性、生殖系統毒性」危害之物質
	人類急毒性物質
	水生環境危害物質
	國際公約或規範高度關切物質
	生產廠區所在地政府機關要求

#### 四、綠色環境管理計畫

友達光電公司在生產製程上推動多項綠色化學安全替代方案外，對於整體環境保護政策，尚有其他不同環境友善之作為，包括利用廢物質轉化能源再使用，不浪費可用物資，以及水資源3策略保護措施-減水、創水、水中和等保護水資源方案等。以下說明友達光電公司其他對環境友善之作為。

##### (一) 廢溶劑再生技術研發

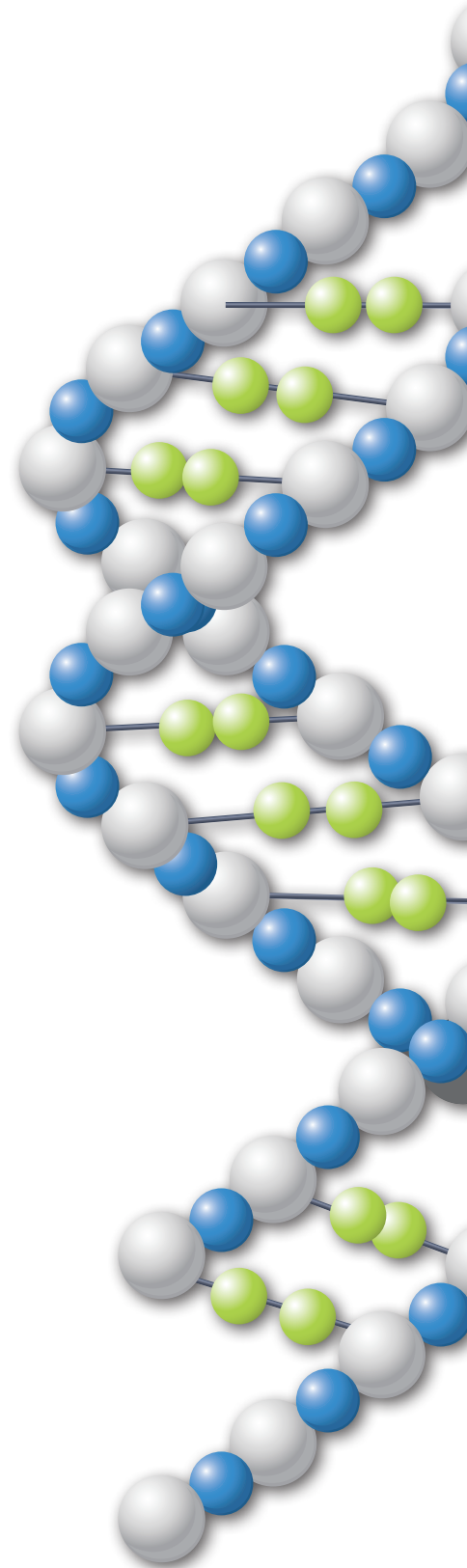
於2018年導入汽電共生廢棄物處理廠商，將原本以焚化處理方式之廢溶劑轉為回收再利用用途。廠商針對廢溶劑高熱值特性，藉由燃燒產生蒸氣，其用途可分為二，第一，經由汽輪發電機組產生電能，供應給需求廠商或販售回臺電；第二，將蒸氣經由管線直接供給鄰近的需求廠商。達成廢棄物資源回收再利用，降低對環境負荷，減少焚化處理的費用。

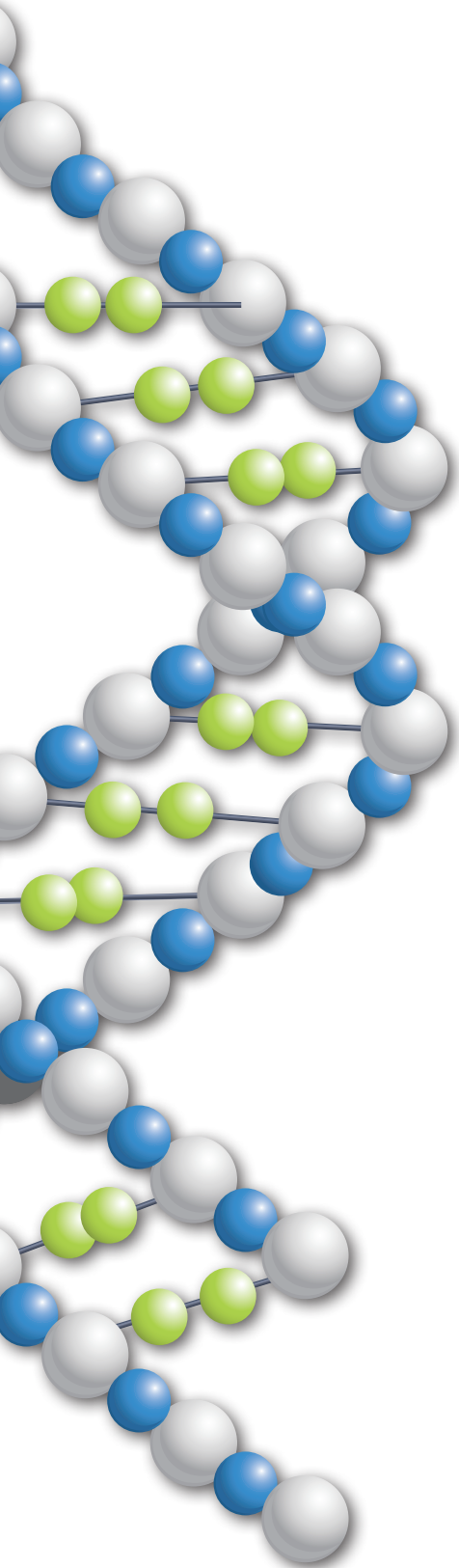


## （二）水資源防廢與再生創新技術

友達光電公司相當重視水資源保護，積極投入水資源改善工程，並持續朝2020年達到「減水、創水、水中和」三大水資源發展目標。(1)減水：目標為整體生產用水強度預計要減少超過30%，具體行動方案係於2018年后里廠改造並與增設生物系統，以回收高濃度有機廢水、臺中一期導入超過濾新型膜，以及臺中三期無機廢水回收系統由離心泵更換為氣動隔膜泵，整體節省約104萬噸回收水，目標已達58%；(2)創水：目標生產製造廠區每日導入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，具體行動方案係為科學園區再生水工程，依據工程進度預計於2021年後陸續供應，屆時廠區內之水源以再生水供應為原則；(3)水中和：目標為龍潭區繼達成零排放之後，透過供應鏈節水技術服務，與供應鏈一同推展節水行動，致力達成水中和，具體行動方案為龍潭廠區於2010年起投入製程用水回收研發，與工研院進行研究提出自主設計整合的技術和工程，於2013年啟動為期3年的製程用水全回收工程，並於2015年底正式啟用。在2016年更進一步邀請供應鏈夥伴推動節水管理，以降低缺水議題對未來營運的不確定性，2020年前透過價值鏈達成節水5,000公噸/每日。







07

# 世界先進積體電路股份有限公司

符合綠色化學原則



## 一、公司基本介紹

世界先進積體電路股份有限公司（以下簡稱世界先進公司）於1994年12月5日在新竹科學園區設立。公司成立初期係以生產動態隨機存取記憶體 (Dynamic random access memory, DRAM) 及其他記憶體晶片為主，1999年世界先進公司由臺積電公司協助下成功導入晶圓代工技術，並於隔年正式宣佈由DRAM廠轉型為晶圓代工公司，於2004年成功轉型為百分之百的晶圓代工公司，至此之後世界



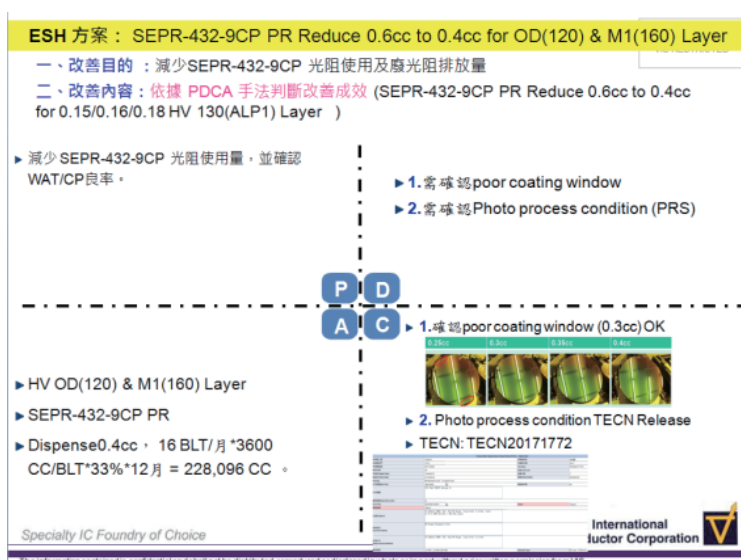
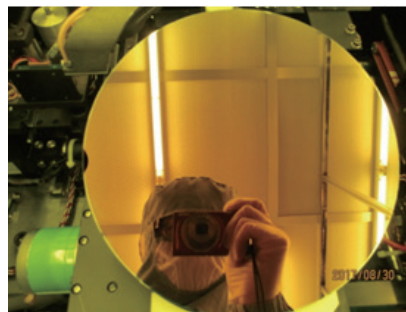
先進公司不斷擴充晶圓製造產能，並提供全球客戶最佳支援服務，目前擁有三座八吋晶圓廠，2018年平均月產能約19萬9千片晶圓。主要營運服務項目為顯示器相關驅動IC，電源管理IC和分離式功率元件之營運且有顯著成果，而為分散產品及市場集中度，降低營運風險往高毛利市場耕耘，除既有的高壓類比、BCD BCD ( Bipolar-CMOS-DMOS ) 技術、超高壓製程外，世界先進公司持續加速感測元件、指紋辨識IC、高功率電源管理IC和嵌入式記憶體平臺等計畫的執行，以因應節能減碳時代的來臨，以及滿足車用電子和物聯網市場需求。此外，引進更多整合元件製造(Integrated device manufacturers, IDM) 客戶群，提高國外客戶比重，藉由深化客戶長期夥伴關係，著力於特殊晶圓代工發展，成為全球晶圓代工領域中高壓及功率半導體製程主要供應廠商之一。

## 二、低毒減量化學物質創新管理

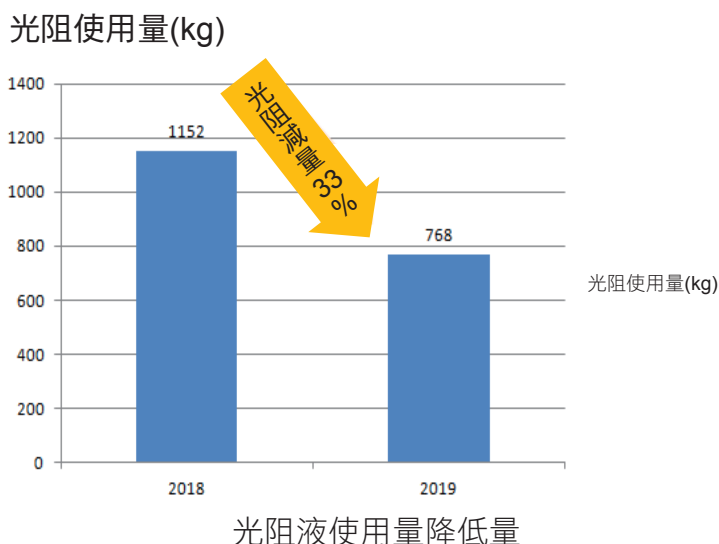
生產製造晶圓會大量使用化學物質，部分對人體健康有很大危害，如四甲基氫氧化銨 (tetramethylammonium hydroxide, TMAH)；部分則是對環境造成較大危害，如氟化物相關化學物質具有高度全球暖化潛勢，因此世界先進公司積極推動各項替代方案，部分專案係透過化學物質減量替換配合製程調整來達到有害物質減量目的；另一部分替代專案係直接禁用特定化學物質，以低毒性較安全之化學物質取代之。以下介紹世界先進公司之化學減量替代專案之執行成果。

## （一）化學物質源頭減量管理

世界先進公司近期致力於化學減量專案包括有光阻液減量、TMAH減量、磷化氫(PH<sub>3</sub>)減量等作為。光阻減量專案由三廠推動，係研究添加化學物質之最適參數來降低光阻使用量，2018~2019年共提出相關專案，以PDCA（Plan-Do-Check-Act簡稱，即循環式品質管理方式）方式驗證專案實驗結果並持續施行專案減少廢棄光阻之產生，根據統計2019年光阻液使用減量達33%，約減少384 kg。除減量措施，亦規劃增加環保光阻液使用比來替代原有光阻液，至2018年開始環保光阻液使用比率提升至20%。



利用PDCA方式反覆確認光阻液減量專案執行情況





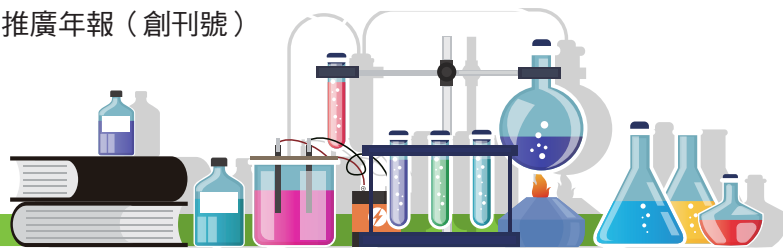
晶圓後段製程的矽化學機械研磨(Poly CMP)，使用TMAH作清洗劑之用，以清洗晶圓，廠區原使用TMAH濃度為2.38%為廠務直接供應，考量TMAH對員工存在潛在健康風險，規劃導入TMAH稀釋機系統替代原製程要添加之濃度，將濃度稀釋至1.19%，減少有害化學物質使用。另外，世界先進公司於2014年交易購入他廠將其設立為三廠，需進行製程的轉換，藉著調整機臺內部各項參數及條件(Recipe)，評估規劃逐年減少15%W/W磷化氫(PH<sub>3</sub>)毒化物使用量，2014年開始，每年平均以21.48%之降幅減量，4年總共減少85.95%運作量。

## (二) 低毒化學物質替代管理

世界先進公司在化學安全替代方面，係評估製程上有毒物質，轉化並改良低毒性之替代品。晶圓工廠內所使用之光阻液部分含全氟辛烷磺(PFOS)、或是全氟辛酸(PFOA)，該2種化學物質容易在人體脂肪累積，長期吸入或皮膚接觸對身體產生負面影響，產生呼吸系統、甲狀腺及免疫系統的健康問題，若孕婦長期接觸亦可能導致新生兒缺陷，且容易累積人體多年無法降解，因此，世界先進公司與供應商研商評估其他較低毒性之化學替代品，避免製程使用該2種化學物質，提升公司作業環境。

2005年開始調查廠內含有PFOS之原物料，請原物料供應商評估進行取代PFOS之研究，經約10年雙方評估擬定出替代方案，製造產品所使用之原物料中皆不含PFOS。2017年10月19日臺灣半導體產業協會(Taiwan Semiconductor Industry Association, TSIA)於工研院中興院區國際會議中心舉辦「2017高科技產業永續發展與管理研討會」，正式對外宣告世界先進公司已不使用PFOS原物料。在進行PFOS評估替代方案後，2007年世界先進公司啟動另一項化學物質替代方案，全面盤點廠區內有使用含PFOA之原物料，並請原料供應商評估取代PFOA之研究，2017年完成部分PFOA取代工作。執行PFOA及PFOS之替代方案後，產品經過第三方單位有害物質檢驗後，將其結果公告全體員工，持續確保生產晶圓，以及外包之後段製程產品符合歐盟多項指令，包括EU RoHS、EU REACH、以及客戶對有害物質之相關要求。





## 世界先進 綠色產品

- ▶ 所有產品不含全氟辛烷磺酸 (PFOS)
- ▶ 所有產品不含全氟辛酸鈹 (PFOA)
- ▶ 公佈產品晶圓有害物檢驗結果
- ▶ 通過SONY Green partner認證
- ▶ 原物料皆通過無有害物質檢驗

世界先進公司於TSIA研討會宣布禁用全氟辛酸化學物質

晶圓工廠內中的化學氣相沉積(chemical vapor deposition, CVD)係為產生純度高、效能好的固態材料之化學技術，其中清洗製程會使用到全氟碳化物(Perfluorocarbons, PFCs)，如四氟化碳(CF<sub>4</sub>)或六氟乙烷(C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>)，屬於全球暖化潛勢高之化學物質，大量排放加劇全球暖化。世界先進公司參考國際研究機構美國3M公司評估，以八氟丙烷(C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>)替代CF<sub>4</sub>或C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>作為清洗氣體，經由改變清洗參數，包括氣體流量、時間、效率等因子，並以偵測儀器傅里葉轉換紅外光譜(Fourier-transform infrared spectroscopy, FTIR)瞭解替代情形，結果證實採用C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>氣體清洗使用率優於C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>，更遠勝CF<sub>4</sub>，清洗時間亦可縮短10%。減少化學物質使用，若以溫室氣體排放量作比較更可減少70%排放量。

推動清洗氣體替代方案，須結合製程參數調控，然而，必須面對的風險是工廠產能滿載的狀況下，設備停機進行參數或條件的測試，可能會導致生產延遲。為解決此問題須由各型機臺CVD設備人員，每日與製造部門進行溝通協調，依每日產能需求調配，即時調度派員進行停機，導入C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>，此為整體替代方案執行難度較高之處。

### 三、綠色化學物質管理制度建立

化學物質運作管理目的係為符合危害化學物質標示及通識規則、優先管理化學物質之指定及運作管理辦法、危害性化學物質評估及分級管理辦法等相關規定，為此，世界先進公司研擬制定化學物質管理相關作業之執行準則及「1T05-0021危害通識計畫」，作為工廠內部生產時，執行各項化學物質運作重要參考依據；建置SDS電子化查詢系統，讓相關單位、人員得以立即查詢化學物質資訊。再則，基於化學物質安全管理考量，另制訂「1T2-0022危害性生產物質管理辦法」用以規定工廠現場存放之管

理措施。公司整體化學物質管理，從採購評估乃至最終使用後之廢棄處理，均遵循上述2項計畫推動執行，如最前端新購化學物質的新材料評鑑會議、供應商稽核、購入後之SDS系統資料建置、化學物質標示、分級管理、及使用階段等，均詳加規定，以確保化學物質運作之安全無虞。



世界先進公司化學物質各階段管理重點

#### 四、化學物質源頭減量管理

世界先進公司在製程上進行有害化學物質減量及化學物質替代專案，另針對廢棄物減量及資源循環推動亦有多項成績，說明如下：

##### (一) 研磨液源頭減量管理

根據廠內環保統計資料，廢棄物係以污泥產生量為最多，主要來源之一為研磨液，為因應半導體業日漸精細的製程，化學機械研磨製程愈顯重要，所使用研磨液即會逐漸增加。因此，要達污泥生產量減少目標，研磨液減量為廠內推動重要關鍵。減量方案係藉由調整研磨液與去離子水之比例，降低廢液產生量，同時降低有機聚合物使用量、以及污泥產生量，可有效降低污泥產出，減量方案推動後，統計研磨液使用量，每年約可減少4萬6,316公升。

## （二）硫酸減量管理計畫

生產製程中硫酸是常使用之化學物質，主要用於晶圓表面清潔，為濕式化學法(wet chemistry)，使用濃硫酸時，皆是與過氧化氫( $H_2O_2$ )混合後形成SPM（硫酸+過氧化氫混合物），以SPM進行蝕刻清洗程序；然而，含廢硫酸溶液產生量僅次於污泥，因此硫酸之減量亦為廠內執行重點之一。減量方案評估各生產線中延長換酸的時間，例如原來特定機臺SPM原換酸時間為24小時，經過參數調整可以延長至66小時，減量方案執行後大幅減少含廢硫酸溶液之產生。

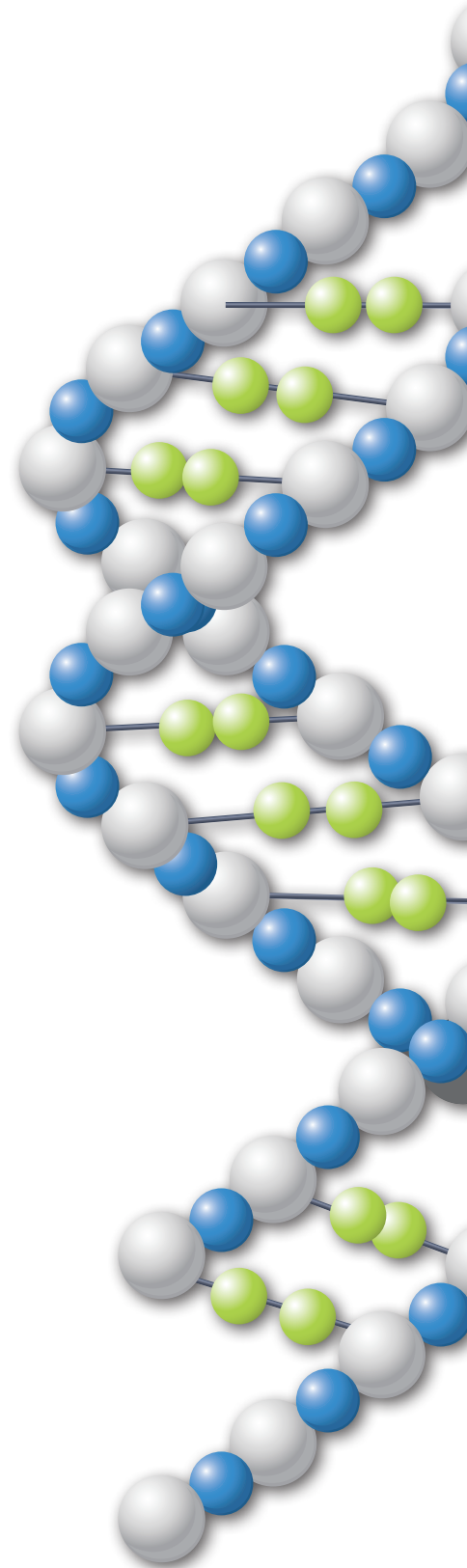
另外一處是空氣污染防治設備會使用硫酸，為早期在空氣污染防治處理流程中的中央式處理設備(Central Scrubber)，其處理含鹼廢棄物所需使用的硫酸，流程係以人力方式，將原物料搬運至硫酸桶槽，隨產能提高，則增加硫酸原物料的使用量，具較高風險性，因此評估於廠內廢硫酸桶槽直接配置管路，新增傳送幫浦、建置程式編輯控制器模組及安全監控等設備，經由幫浦輸送至硫酸桶槽，廢硫酸重複再使用，可降低硫酸使用量、廢棄物清運量，以及降低人力搬運風險，經統計每年硫酸使用量約減少26萬5,561 kg。

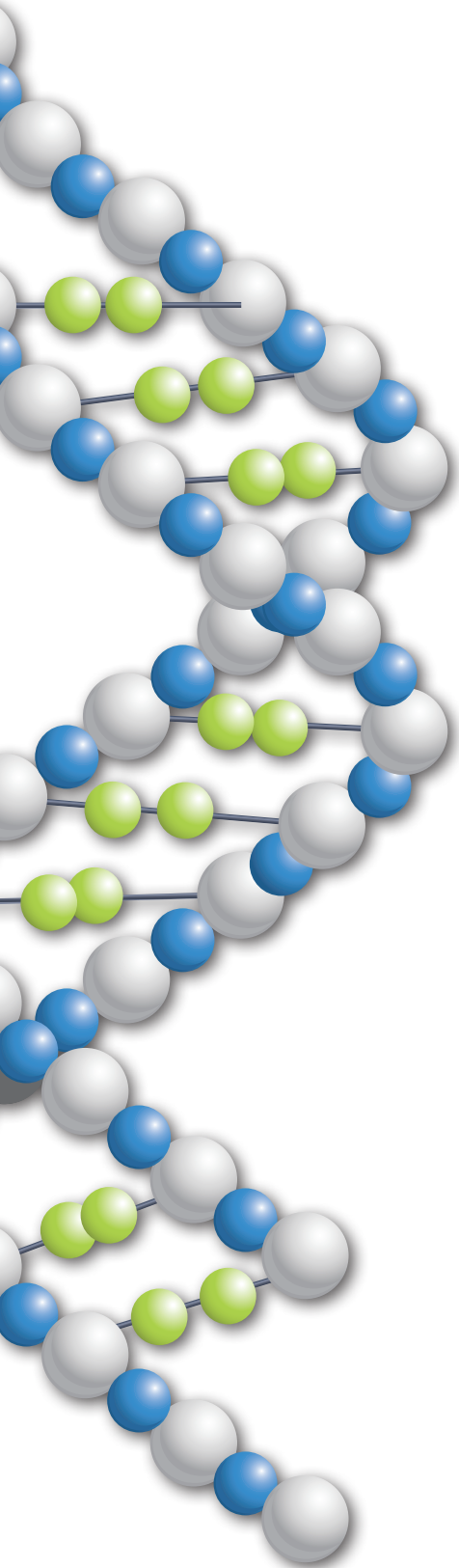
## （三）廢溶劑源頭減量管理

晶圓製程所產生廢溶劑為工廠第3大廢棄物來源，廠內針對廢溶劑減量係以延長化學物質更換時間來達到廢溶液減量目的，有效降低溶劑原物料使用量及廢液產生量。









# 08

## 中台資源科技股份有限公司

符合綠色化學原則



### 一、公司基本介紹

中台資源科技股份有限公司（以下簡稱中台公司）成立於2001年，為配合政府推動資源再生政策，經營廢照明光源資源回收再利用事業及綠色產業事業，並與照明製造上下游供應鏈形成照明光源之製造生產及相關電器產品銷售與廢棄回收之完整循環體系，以達永續經營之理念及資源充分再利用之目的。中台總公司現設立於桃園市，廢棄物處理機構設置在桃園環保科技園區（觀音區），二廠於2008年設立，為專業之廢照明光源資源化回收處理廠及含汞廢棄物處理廠，專門從事廢照明光源之回收及含汞廢棄物處理作業；三廠則為2015年建立，從事廢印刷電路板處理製程。就以化學替代廣義面而言，透過資源化再利用技術，將有毒化學物質妥善處理後，轉變成有用的料源提供給有需要的廠商製造生產商品，替代原物料開採及購買，更具減少資源開採目的，亦為化學安全替代一種。



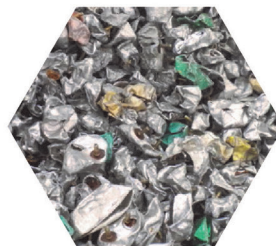
廢棄物處理機構設置在桃園環保科技園區（觀音區），二廠於2008年設立，為專業之廢照明光源資源化回收處理廠及含汞廢棄物處理廠，專門從事廢照明光源之回收及含汞廢棄物處理作業；三廠則為2015年建立，從事廢印刷電路板處理製程。就以化學替代廣義面而言，透過資源化再利用技術，將有毒化學物質妥善處理後，轉變成有用的料源提供給有需要的廠商製造生產商品，替代原物料開採及購買，更具減少資源開採目的，亦為化學安全替代一種。



回收汞



回收燈管玻璃



回收鋁帽



回收銅



回收塑膠頭



回收燈頭



回收電子安定器



再生混凝土摻料

中台公司資源回收處理項目

## 二、有害化學物質再生創新技術

中台公司營運有害廢棄物資源化再利用，轉化成廠商產品製造原料，實踐「城市礦山」概念，因應地球資源有限，避免造成自然資源不斷開採，由廢棄物中回收資源作為原生料之替代品，包括二廠從事廢照明光源之回收及含汞廢棄物處理作業及三廠從事廢印刷電路板處理製程，透過廠區回收處理過程可產生高價值物料。以下說明中台公司透過資源循環作業，協助其他企業替代原生料之實績案例。

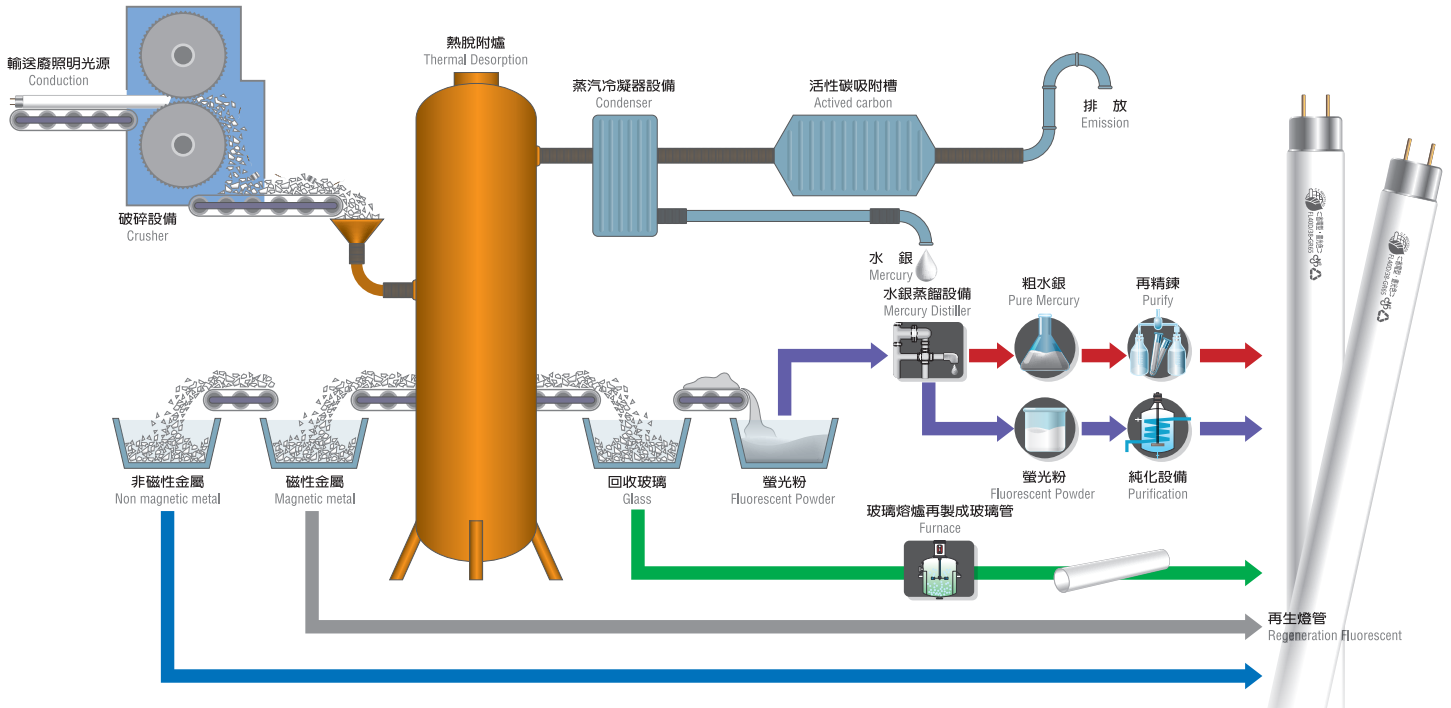
### （一）有害化學物質高值化再生技術研發

為能妥善回收處理廢照明光源及含汞廢棄物，在回收程序上不會讓有害物質逸散，中台公司研發全功能處理設備、含汞廢棄物乾餾設備及汞精鍊設備，可全面處理含汞廢棄物污染問題，並可將回收衍生物進行再利用。在工廠裡處理設備空間係以密閉負壓設計，於設備外加裝防塵隔音罩，操作時保持負壓狀態，廢氣會經由活性炭吸附槽處理後排放，避免逸散至大氣污染周遭的環境。處理設備依廢棄物種類分成5個設備製程，分別為廢照明光源處理製程（處理直管、環形燈管、冷陰極管、白熾燈泡）、球型燈泡處理製程（處理水銀燈泡、省電燈泡等）、高汞燈處理製程、含汞廢棄物汞乾餾製程及汞精鍊處理製程。整體來說處理流程包括6步驟：

- (1) 依不同類型廢棄物分類，分成不同處理線以利處理，例如廢燈泡及廢燈管依形狀分開。
- (2) 將廢燈泡、廢燈管在密閉安全抽氣設備中拆解或破碎，以利後續處理。
- (3) 以「熱脫附處理方式」將燈泡內的汞與其他可再利用之物質分離。
- (4) 針對汞金屬係經過「冷凝器設備」可將上一步驟脫附之汞冷凝後吸收，汞吸收後會進一步精鍊純度高達99.99%等級之汞金屬。
- (5) 汞脫附後之其餘廢棄物如廢玻璃、金屬、螢光粉等，經過分選，將各材質逐一分開。
- (6) 將分選完成之廢棄物與其他再利用機構合作製作產品。





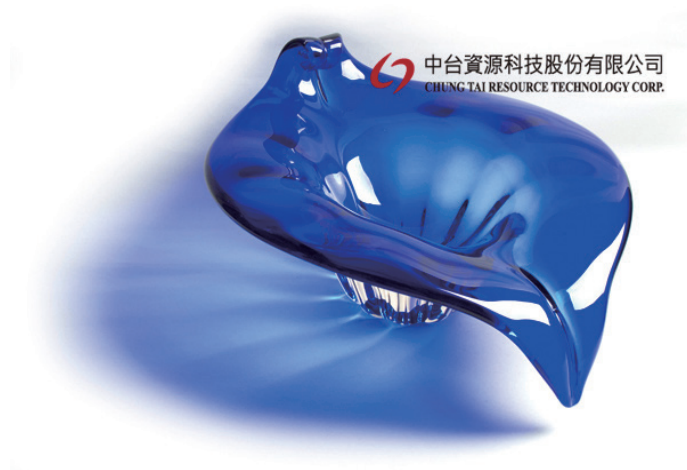


廢照明光源之回收處理製程示意圖

物質循環體系中，中台公司視廢照明光源及含汞事業廢棄為原料，可進行資源再生處理，生產成各種再生材料或是研發創新產品，提供循環而取代各種製程之原生料使用。封閉式循環係指處理後之物質進入原來產品的製程中，廢棄後又可以透過回收處理系統取出可再利用物質，如中台公司於2006年環保再生燈管開發完成，回收之汞、玻璃及螢光粉等提供東亞光電公司生產燈管，但因東亞光電公司產線外移國外，故2017年停止生產；回收之「鎢」金屬，提供給歐司朗公司回收使用，重新生產製程用曝光燈；回收之「銅」及「鐵」等廢五金，提供給金屬熔爐重新製作新原料。

另有其他循環系統之替代方式，例如處理完再生料作較基礎之物質再利用，有的則是轉化成高價值產品再利用替代品，主要案例包括有回收之玻璃粒料販售給混凝土業者取代砂石粒料使用，以提升資源回收再利用率；抑或研發回收玻璃製作玻璃土壤、研發製作玻璃藝品或人工石材及星光石材，開創回收玻璃新用途，可提升回收產品價值。





中台公司回收廢玻璃製作之玻璃藝術品

## （二）化學品替代技術創新研發

廢印刷電路板廢料主要來自IC板製造商之不良品廢棄，處理廢印刷電路板大致可分成6種不同方式，乾式處理技術、溶蝕法處理技術、剝離法處理技術、焚化法處理技術、離心分離真空裂解及濕式機械處理法，若以製程低污染特性及金屬資源化純度等因素考量，濕式機械處理法最處理具效益，處理後獲得之金屬純度較高，所需要能源較低。中台公司則是利用濕式機械處理技術，將其改良，具有減少廢酸液、玻璃纖維改質及水資源循環利用等優點。處理事業廢印刷電路板有7步驟：

- (1) 將廢印刷電路板以人工方式分類、拆解。
- (2) 將廢印刷電路板以機械方式破碎處理。
- (3) 將已粗破之廢印刷電路板，以濕式方式再次破碎至非常細小的顆粒，以利後續分選。
- (4) 取得印刷電路板上面的銅金屬，摒除傳統強酸浸洗方式，取得銅金屬，改採用「水搖床」初步將銅與玻璃纖維（印刷電路板另一主要成分）分離，分離過程中沒有強酸性廢水產生，水搖床設計導入水採循環使用。
- (5) 透過分選設備分選銅及玻璃纖維。
- (6) 將玻璃纖維改質，因應過往僅能固化處理後掩埋，處理成本過高之困境，改質後則可作為混凝土之摻配料使用，應用於非結構混凝土中。
- (7) 將分選好之廢棄物與其他再利用機構合作製作產品，如銅粉製作成銅產品，玻璃纖維製作混凝土摻配料等產品。

經統計，2018年回收處理後獲得銅粉3,850公噸、混凝土摻配料則為1萬3,200公噸，物質循環再利用比率為99%。



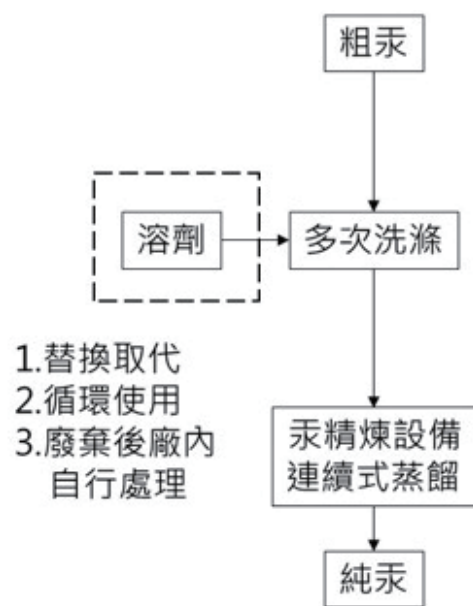


廢印刷電路板資源化處理步驟

猶如廢照明光源及含汞廢棄物再循環體系中運作，在廢印刷電路板同樣推動資源再生處理，生產成各種再生材料或研發創新產品，提供成為「封閉式循環」、「向下循環」使用。封閉式循環係因廢印刷電路板回收之銅粉純度高，提供給金屬熔爐重新製作新原料，甚至進而可進入印刷電路板製程中；向下循環玻璃纖維作為混凝土摻配料，在混凝土製程中替代細粒料，節省更多資源使用。

### (三) 有機溶劑替代使用與管理

在廢照明光源及含汞廢棄物處理製程之汞精鍊製程中，需要使用有機溶劑進行洗滌作業，使用量約為每年30公升。因有機溶劑於洗滌作業時會逸散至作業環境中，可能會造成工人病變，有鑑於此，為降低工作人員之健康危害風險，同時避免有機溶劑排放至環境中的可能性，研發非有機溶劑型之洗滌溶劑來替代有機溶劑型之洗滌溶劑，新型態非有機溶劑不但可以循環使用，若洗滌溶劑廢棄時可在廠內自行處理。



汞精鍊之有機溶劑替代方案

### 三、低毒化學物質管理制度建立

因為處理廠內為汞處理製程，汞為有毒物質需加強管理，依法屬於毒性化學物質之運作場所，必須遵循「毒性及關注化學物質管理法」相關規定執行，處理方式採用熱處理，未添加其他化學物質，故工廠以汞毒性化學物質之管理措施。主要營運管理作為上包括人力編制、專業證照訓練（包含教育訓練及應變演練）、健康維護系統均有特定安排方式。

工廠內部建立環境管理及定期監測機制，分成作業場所及設備監測，環境監測2種監測管理。作業場所及設備監測工作配備有手提式汞物質偵測儀器（每年送回原廠校正1次），可隨時清楚空氣品質及廢氣排放情形，廠區會針對廠內作業區、貯存區、周界及排放口等地點每天進行檢測分析監測，瞭解廢氣排放是否符合法規要求，並依檢測數據調整設備操作及適時更換活性碳；由檢測數據判斷亦可掌握主要製程處理設備及廢氣處理設備功能是否完整或需進行維修工作。工廠針對汞作業場所貯存場所另有設置24小時連續監測系統，汞連續偵測設備監測設置於運作生產線區，即時記錄運作場所或貯存區中毒性化學物質濃度，當濃度超過設定值時，會發出警報訊號。

在環境監測部分，中台公司會針對周界環境進行定期監測外，衍生廢棄物或環境污染會一併委外檢測，確認廢棄物符合標準後，才委外其他合格廠商進行處理。監測項目包括空氣污染物質：粒狀物污染物質及汞；衍生廢棄物檢測分析（TCLP毒性溶出試驗）、噪音污染監測、水污染物質監測等。

### 四、綠色環境管理計畫

中台公司在有害物質、廢棄物處理資源循環再利用工作表現有明顯績效外，工廠特別針對印刷電路板濕式粉碎及水搖床製程中導入水資源循環，此外有鑒於汞對人健康危害甚大，更積極推行有關汞之環境教育相關工作，下面分別說明中台公司在水資源循環及汞環境教育之實際作為。

#### （一）水資源再生技術

在三廠處理含銅之印刷電路板廢料的分選方式採濕式處理，其後分選亦利用水搖床，在製程上會使用水作為媒介進行處理工作，三廠利用雨水回收處理系統與水循環再利用進入濕式破碎製程，處理完之廢水經過處理後又重複循環，倘若遇到雨水不足之月分再以自來水補足。根據每月以水錶記錄，2018年度回收雨水總量約1,753 m<sup>3</sup>，總用水量2,516 m<sup>3</sup>進行估算，雨水替代水源高達70%。



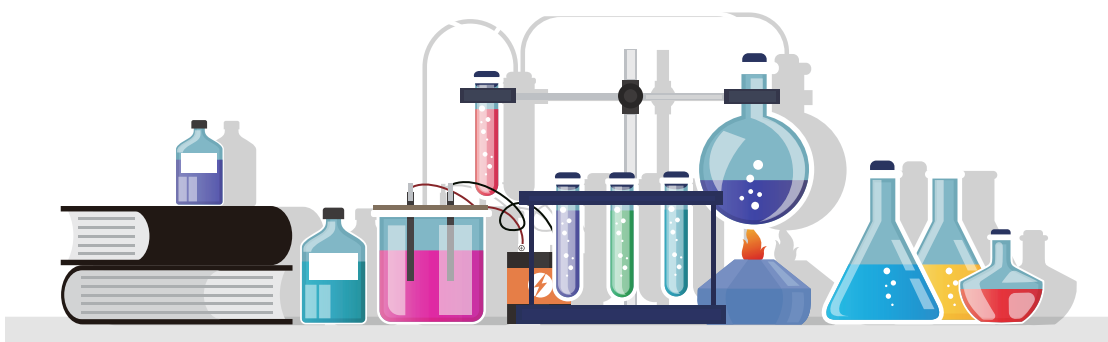


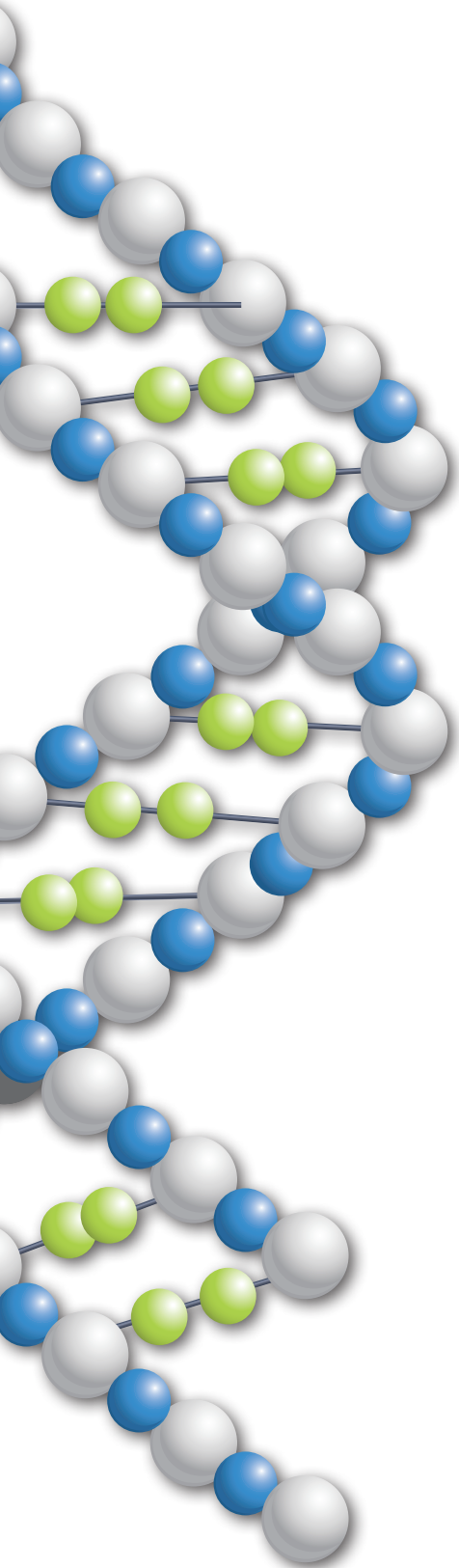
## （二）綠色化學教育推廣

設置環境教育設施目的為單位或人員透過參訪及交流過程可對廢棄物能資源化整合議題具更深層認識，逐步落實相關環保觀念，傳遞循環經濟、資源回收與汞污染防治之重要性。針對不同的族群、年齡層更能特別編製因材施教的教材方案，課程內容會持續修正與創新。目前已開發「舉頭三尺有燈管」的防汞污染危害的課程，與「化廢為寶」，2018年增加國小高年級「電燈的秘密」課程，從照明光源的發光原理到「汞」化學物質的回收循環與節能燈泡選擇。累積創新的技術及經驗可擴張於國內外，有助相關地區企業環保的推行及周邊環境的改善。

環境教育課程方案

課程名稱	八大領域 環教元素	單元
課程1： 舉頭三尺有燈管 —— 環境中汞污染與影響	公害防治、環境及資源管理	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.辨識汞污染</li> <li>2.汞污染對健康的影響</li> <li>3.如何避免汞污染</li> <li>4.活動心得分享回饋</li> </ol>
課程2： 化廢為寶 —— 廢燈管 與廢玻璃資源再生	公害防治、環境及資源管理	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.垃圾分類大家一起來</li> <li>2.垃圾是放錯位置的寶物</li> <li>3.化廢為寶-創意大師DIY</li> <li>4.活動心得分享回饋</li> </ol>
課程3： 燈～燈～燈～燈～ 「電燈的秘密」	自然與生活科技環境教育議題	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.認識燈的種類與構造</li> <li>2.瞭解破損的燈對健康環境的污染</li> <li>3.學習如何選購省電及節能的電燈</li> <li>4.知道廢棄燈及燈泡的回收地點</li> </ol>
一般參觀	汞污染防治、公司簡介參觀	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.公司簡介與理念介紹</li> <li>2.廢照明光源回收流程導覽解說</li> </ol>







# 中英文對照與名詞解釋

## 1. Adamantane 金剛烷

金剛烷(Adamantane)，化學式 $C_{10}H_{16}$ ；密度 $1.07\text{ g/cm}^3$ （固態， $20^\circ\text{C}$ ）；熔點 $270^\circ\text{C}$ 。金剛烷是無色晶狀固體，有樟腦氣味，化學性質穩定，對光穩定，親油性強，天然存在於石油中。

## 2. AMOLED (Active-matrix organic light-emitting diode) 主動矩陣有機發光二極體或主動矩陣有機發光二極體

是一種顯示器技術，其中OLED是描述薄膜顯示技術的具體類型，有機電激發光顯示；AM是指背後的像素尋址技術。目前AMOLED技術主要用於智慧型手機，並繼續朝低功耗、低成本、大尺寸方向發展。

## 3. APEO 烷基苯酚聚乙氧基醇

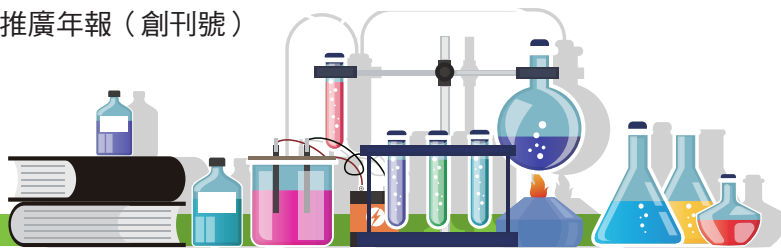
烷基苯酚聚乙氧基醇(Alkylphenol ethoxylates)，非離子型介面活性劑，降解後會產生烷基苯酚(Alkylphenols)，被歸類為「環境荷爾蒙」，若接觸生物個體，會造成生物體內誤認，並產生錯誤的生理機制，為具有「生殖毒性」之有害物質。APEO具有親油與親水性能，有良好的浸透力、洗淨力與乳化能力，廣泛被應用於界面活性清潔系統如清潔用劑（洗碗精、洗衣粉、化粧品等），以及紡織品和皮革用品之處理劑、紙漿及紙張製造等。

## 4. Bioaccumulation 生物累積性

是指生物食用或體表吸收環境中的某些化學物質，此類化學物質不容易被代謝，便累積於生物體內，經由食物鏈中各階層消費者的食性關係而累積，具有越高級消費者的體內，其累積濃度越高現象之特性。

## 5. BIT (1,2-Benzisothiazolin-3-one) 苯並異噻唑啉-3-酮

苯並異噻唑啉-3-酮(1,2-Benzisothiazolin-3-one)，化學式 $C_7H_5NOS$ ；熔點 $154-158^\circ\text{C}$ ；沸點 $204.5^\circ\text{C}$  at  $760\text{ mmHg}$ ；密度 $1.367\text{g/cm}^3$ 。主要用於工業殺菌、防腐等。



## 6. Bluesign standard 藍色標誌標準

國際瑞士藍色標誌標準(Bluesign standard)，由歐盟學術界、工業界、環境保護及消費者組織代表共同訂定的新世代生態環保規範，制定單位總部設於瑞士，2000年10月17日於德國漢諾威公布，此標章代表產品符合環保、健康、安全。Bluesign管制範圍包括(1)紡織產品（及其加工）、(2)皮革製品、(3)組件的紡織品、(4)用於上述提及產品製造使用之化學品、輔助原料與染劑、(5)產品護理用品及戶外體育用品、(6)用於紡織加工之技術。

## 7. CCC Code 稅則代碼

是向海關申報進口及出口稅使用的稅則代號，均為十位數，另加一檢查碼，共計11位數。

## 8. CMD (Cubic Meter per Day) 立方公尺/每日

CMD是Cubic Meter per Day（立方公尺/每日）的縮寫。

## 9. COD (Chemical Oxygen Demand) 化學需氧量

化學需氧量(Chemical Oxygen Demand)，以化學方法測量水樣中有機物被強氧化劑氧化時所消耗之氧的相當量，用以表示水中有機物量的多寡。

## 10. CVD (Chemical vapor deposition) 化學氣相沉積

化學氣相沉積是一種用來產生純度高、效能好的固態材料的化學技術，半導體產業使用此技術來成長薄膜。典型的CVD製程是將晶圓暴露在一種或多種不同的前趨物下，在基底表面發生化學反應或化學分解，以產生欲沉積的薄膜。

## 11. DCPD (Dicyclopentadiene) 雙環戊二烯

雙環戊二烯(Dicyclopentadiene)，又稱二聚環戊二烯，是環戊二烯經狄爾斯－阿爾德反應而生成的二聚體，有內型與外型兩種異構體。化學式 $C_{10}H_{12}$ ；密度 $0.98\text{ g/cm}^3$ ；熔點 $32.5^\circ\text{C}$ ；沸點 $170^\circ\text{C}$ ；無色晶體，有類似樟腦氣味，溶於醇、醚和四氯化碳，不溶於水，因分子中含有多個不飽和的雙鍵，因此化學性質非常活潑，易於進行各類加成和聚合反應，生成種類繁多的衍生物。

## 12. Dow Jones Sustainability Indexes 道瓊永續發展指數

道瓊永續發展指數(Dow Jones Sustainability Index, DJSI)，是由道瓊斯公司推出的全世界第一個可持續發展指數，主要是從經濟、社會及環境三個方面，以投資角度評價企業可持續發展能力，全面檢視企業經營體質。





### 13. DRAM (Dynamic random access memory) 動態隨機存取記憶體

動態隨機存取記憶體是一種半導體記憶體，主要的作用原理是利用電容內儲存電荷的多寡來代表一個二進位位元是1還是0。由於在現實中電晶體會有漏電電流的現象，導致電容上所儲存的電荷數量並不足以正確的判別資料，而導致資料毀損，因此對於DRAM來說，周期性地充電是一個不可避免的條件。

### 14. DRE (Destruction Removal Efficiency) 破壞去除效率

指主要有機物質經熱處理後，所減少之百分比。

### 15. ECHA (European Chemical Agency) 歐洲化學品主管機關

歐洲化學品主管機關是歐洲聯盟負責管理登記，評估，許可和限制化學品系統 (REACH)的機構。設於芬蘭赫爾辛基，2007年6月1日開始運作。

### 16. FTIR (Fourier-transform infrared spectroscopy) 傅立葉轉換紅外光譜儀

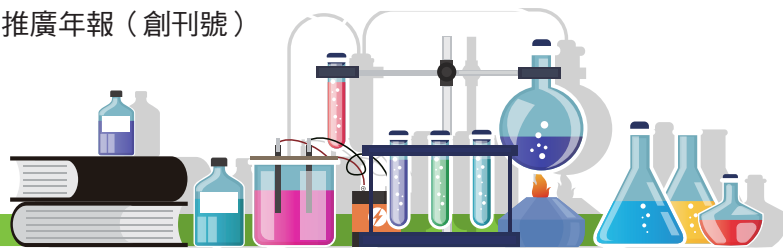
是一種用來獲得固體、液體或氣體的紅外線吸收光譜和放射光譜的技術。傅立葉轉換紅外光譜儀同時收集一個大範圍內的光譜數據，給予在小範圍波長內測量強度的色散光譜儀一個顯著的優勢。

### 17. Green Accounting 綠色會計

綠色會計又稱環境會計，綠色會計是在傳統會計基礎上，以貨幣為計量單位，有關法律、法規為依據，計量、記錄環境污染、環境防治、環境開發的成本費用，同時對環境的維護與開發形成的效益進行合理計量，從而綜合評估環境績效及環境活動對企業財務影響，以瞭解經發展與企業經營對環境的衝擊程度，是為減輕環境傷害、改善環境績效之重要資訊工具。

### 18. GREENGUARD 美國室內空氣品質認證標準

GREENGUARD 是產品在室內化學揮發情況的認證標準，產品項目包括建材、裝飾材料、傢俱、地面材料、表面材料、油漆和塗料、清潔劑及兒童產品等20多項類別。GREENGUARD可提供兩級認證，GREENGUARD 認證與 GREENGUARD 金牌認證；(1)GREENGUARD 認證是第一個針對商業建築產品的自願性產品排放認證，該認證表明產品的代表性樣品符合最嚴格的化學排放標準；(2)GREENGUARD 金牌認證則考慮到敏感個體（如兒童和老人）的安全因素，以及確保產品可以在學校和醫療機構等環境中使用。



### 19. GWP (Global Warming Potential) 全球暖化潛勢

全球暖化潛勢，亦作全球升溫潛能值，是衡量溫室氣體對全球暖化影響的一種手段。是將特定氣體和相同質量二氧化碳比較之下，造成全球暖化的相對能力。

### 20. HSF (Hazardous Substance Free) 無有害物質

無有害物質是指產品中有害物質的控制、減少和消除，執行方面須有一系列的方法與措施，亦包括使用與實施此方法與措施之生產者或是銷售商，因此HSF的對象是產品以及與其有害物質控制有關的全部人、物和事。HSF內容包括(1)產品中有害物質的存在符合相關法規的要求（不存在或低於限量）；(2)產品的生產者或銷售商瞭解產品中的有害物質存在情況；(3)有明確的產品有害物質控制措施；(4)有必要的證明檔案。

### 21. HTPB (Hydroxyl-terminated polybutadiene) 端羟基聚丁二烯

端羟基聚丁二烯(hydroxyl-terminated polybutadiene, HTPB)，是一種丁二烯聚合物，兩端各有一個羟基官能團，屬於多羟基聚合物類，用於與二異氰酸酯反應生成一種易於儲存的人造物質聚氨酯。HTPB是一種半透明液體，顏色與蠟紙近似，有極強的粘性。

### 22. IC (Integrated Circuit) 積體電路

IC是將一系列的電路控制元件如電阻、電容、電晶體、二極體等，經過嚴謹的製程將其聚集在矽晶片內，單顆IC便能以完整的邏輯電路系統來控制週邊元件或是完成記憶的功能；IC產業鏈（或是稱半導體產業鏈）包括「IC設計」、「IC製造」、「IC封裝」。

### 23. IDM (Integrated Device Manufacturer) 整合元件製造

半導體公司若是從IC設計、製造、封裝、測試到銷售都包辦的整合元件製造商，即是 Integrated Device Manufacturer，俗稱IDM。

### 24. IPA (Isopropanol) 異丙醇

異丙醇(Isopropanol)，常溫常壓下是一種無色有強烈氣味的可燃液體；可與水，醇，醚和氯仿混溶；化學式 $C_3H_8O$ ；密度 $0.786\text{ g/cm}^3$ ；熔點 $-89^\circ\text{C}$ ；沸點 $82.6^\circ\text{C}$ 。異丙醇可被用作塗層或工業生產過程的溶劑或清潔劑（如半導體晶片洗滌雜質）。特別是藥物應用，可被轉化為丙酮，也可以用來作為汽油添加劑。



## 25. Life Cycle Costing 生命週期成本

生命週期成本(Life Cycle Costing)，指產品在整個生命週期中所有支出費用的總和，包括原料的獲取，產品的使用費用等，即是指是企業生產成本與用戶使用成本之和。

## 26. LTPS (Low Temperature Poly-silicon) 低溫多晶矽

低溫多晶矽是一種以矽為基底，由許多約為0.1至數個微米( $\mu\text{m}$ )大小的矽晶粒所組合而成的材料。在半導體製造產業中，多晶矽通常需要以高於 $900^{\circ}\text{C}$ 的溫度退火形成，然而受限於玻璃的形變溫度僅有 $650^{\circ}\text{C}$ ，LTPS技術即是特別應用在平面顯示器製造的多晶矽成膜技術，與傳統非晶矽顯示器最大差異在於LTPS反應速度較快，且有高亮度、高解析度與低耗電量等優點。

## 27. SDS (Safety data sheet) 安全資料表

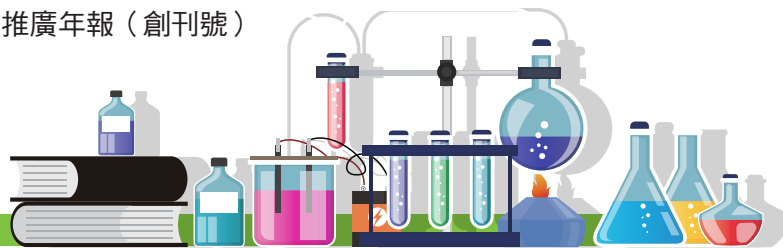
安全資料表提供使用化學品符合化學品全球調和制度(Globally Harmonized System, GHS)的危害通識資訊。

## 28. SVHC (Substances of Very High Concern) 高度關切物質

高度關切物質包括(1)致癌、致突變和生殖毒性物質(CMR: carcinogenic, mutagenic or toxic for reproduction)；(2)持久性、生物積聚性及毒性物質(PBT: persistent, bioaccumulative and toxic)；(3)非常高持久性、非常高生物積聚性物質(vPvB: Very persistent and very bioaccumulative)；(4)經科學證明對人體或環境具嚴重危害，且危害等級等同前述者，須獲得授權方可使用或銷售。將一化學物質列為SVHC是限制化學品使用程序的第一步，歐盟於2008年10月28日發布SVHC的第一份清單，該清單已多次更新以包含新的候選物質，2019年1月15日更新總共包括197種SVHC。

## 29. TCIA (Taiwan Chemical Industry Association) 臺灣化學產業協會

臺灣化學產業協會(Taiwan Chemical Industry Association, TCIA)，結合化學化工相關公、學、協會，及產、學、研、社團體，建立國內化學產業共通平臺，以化學科技服務基礎民生，以及電子、光電、通訊、生技等高科技產業，促進新技術、新資訊流通及資源之有效運用，加速化學及其下游產業升級。並可為我國化學產業國際接軌的窗口，積極與國際化學組織建立交流管道，協助業者掌握國際化學產業關切議題與發展趨勢，帶動國內化學產業轉型升級。



### 30. TFT-LCD (Thin film transistor liquid crystal display) 薄膜電晶體液晶顯示器

薄膜電晶體液晶顯示器其面板可視為兩片玻璃基板中間夾著一層液晶，上層的玻璃基板是與彩色濾光片、而下層的玻璃則有電晶體鑲嵌於上，當電流通過電晶體產生電場變化，造成液晶分子偏轉，藉以改變光線的偏極性，再利用偏光片決定畫素的明暗狀態。

### 31. TMAH (Tetramethylammonium hydroxide) 四甲基氫氧化銨

四甲基氫氧化銨(Tetramethylammonium hydroxide)，其固體和溶液均為無色，不純時為黃色，純淨的TMAH幾乎沒有氣味，但樣品常有強烈的魚腥味，因其含有三甲胺的不純物。TMAH廣泛工業和科研用途，如於黃光製程中當顯影液（去光阻液）。化學式 $C_4H_{13}NO$ ；密度 $1.015\text{ g/cm}^3$ （20-25%水溶液）；熔點 $67^\circ\text{C}$ ；沸點 $102^\circ\text{C}$ 。

### 32. MFCA (Material Flow Cost Accounting) 物質流成本會計

於1990 年中期起源於德國，著重於環境資源投入與產出的衡量，強調物質損失在會計系統之重要性，以增加資源生產力為目標，兼具對企業組織之經營獲利及現今全球重視的生態環境議題之解決，2011年已成為ISO國際標準(ISO 14051)。

### 33. MIBK (Methyl Isobutyl Ketone) 甲基異丁酮

甲基異丁酮(Methyl Isobutyl Ketone)，無色液體，化學性質穩定，微溶於水，與多數有機溶劑互溶，蒸氣與空氣形成爆炸性混合物，具強的局部刺激性和毒性；化學式 $C_6H_{12}O$ ；密度 $0.802\text{ g/ml}$ ；熔點 $-84.7^\circ\text{C}$ ；沸點 $117-118^\circ\text{C}$ 。

### 34. MIT (Methylchloroisothiazolinone) 甲基異噻唑啉酮

甲基異噻唑啉酮(Methylchloroisothiazolinone, MIT)，化學式 $C_4H_5NOS$ ；具有細胞毒性，會影響許多種細胞，也對人類、陸地生物及海洋生物造成潛在暴露威脅。MIT是強而有力的殺菌和防腐劑，廣泛用於個人護理產品，如化妝品、洗劑、保濕劑、衛生巾、洗髮劑與防曬乳等個人用品；在工業應用範圍也相當廣泛，從防腐和消毒用途到抗菌劑、生產能源、金屬加工液、採礦、油漆製造與製紙等。





### 35. NMP (N-Methyl pyrrolidone) N-甲基吡咯烷酮

N-甲基吡咯烷酮(N-Methyl pyrrolidone, NMP)，化學式 $C_5H_9NO$ ；密度 $1.028\text{ g/cm}^3$ ；熔點 $-24^\circ\text{C}$ ；沸點 $202 - 204^\circ\text{C}$ 。揮發度低，熱穩定性、化學性質穩定度均佳，無色至淡黃色透明液體，吸濕性強，與乙醇、乙醚、丙酮、乙酸乙酯、氯仿、苯等有機溶劑混溶。

### 36. OEKO-TEX Standard 100 國際環保紡織協會標準（生態紡織品標準）

國際環保紡織協會(International Association for Research and Testing in the Field of Textile Ecology)，協會制定一套共同的標準，名為OEKO-TEX Standard 100，用以測試紡織及成衣製品影響人體健康的性質，標準內包括化驗對人體健康構成不良影響的已知有害物質，並對這些有害物質定出能用科學方法測量之限量。其標準適用於紡織、皮革類產品和整個製程中每一個階段的相關物品，包括紡織品和非紡織品的配件。

### 37. Persistence 持久性

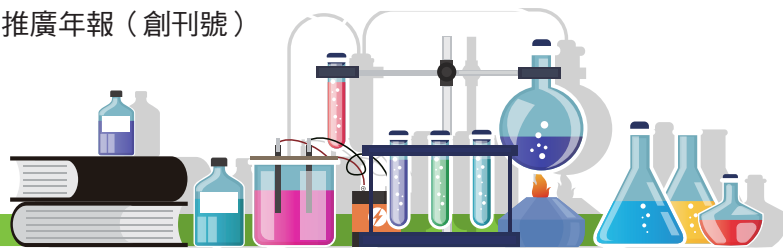
化學穩定性強、難分解轉化，在環境中不易消失，能長時間滯留的化學物質特性；此類化學物質如重金屬污染物、有機氯農藥、高分子聚合物等。

### 38. PFOA (Perfluorooctanoic Acid) 全氟辛酸

全氟辛酸(Perfluorooctanoic Acid)，一個人工合成的全氟羧酸和含氟表面活性劑，工業上的應用是作為含氟聚合物乳液聚合的一種表面活性劑，用於製造聚四氟乙烯（商品名為特氟龍）消費品。化學式 $C_8HF_{15}O_2$ ；密度 $1.8\text{ g/cm}^3$ ；熔點 $40-50^\circ\text{C}$ ；沸點 $189-192^\circ\text{C}$ 。

### 39. PFOS (Perfluorooctanesulfonic acid) 全氟辛烷磺酸

全氟辛烷磺酸(Perfluorooctanesulfonic acid)，人造的含氟表面活性劑與環境污染物；化學式 $C_8HF_{17}O_3S$ ；沸點 $133^\circ\text{C}$ 。



#### 40. RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 有害物質限用指令

有害物質限用指令(Restriction of Hazardous Substances, RoHS)，RoHS是由歐盟立法制定的一項強制性標準，稱是「關於限制在電子電器設備中使用某些有害成分的指令」。該標準已於2006年7月1日開始正式實施，主要用於規範電子電氣產品的材料及技術標準，使之更加有利於人體健康及環境保護。該標準的目的在於消除電機電子產品中的鉛、汞、鎘、六價鉻、多溴聯苯、多溴二苯醚以及四種可塑劑共10項物質。

#### 41. USDA (United States Department of Agriculture) 美國農業部

美國聯邦政府的一個行政部門，該部通過對農業生產的支持，提高美國人民的生活質量。

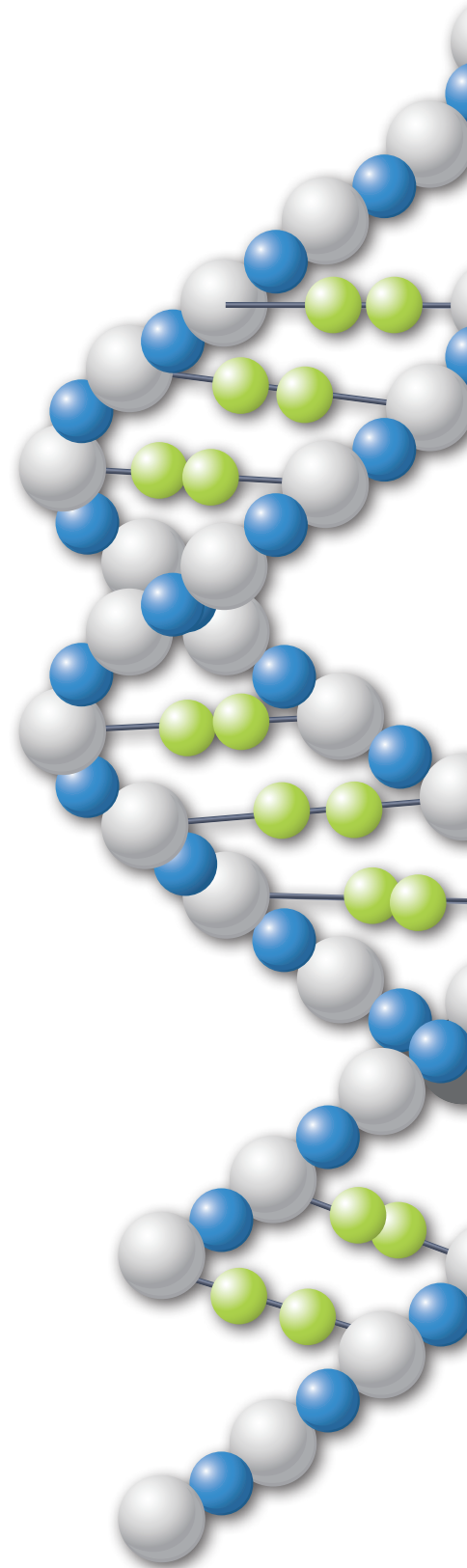
#### 42. VOCs (Volatile Organic Compounds) 揮發性有機化合物

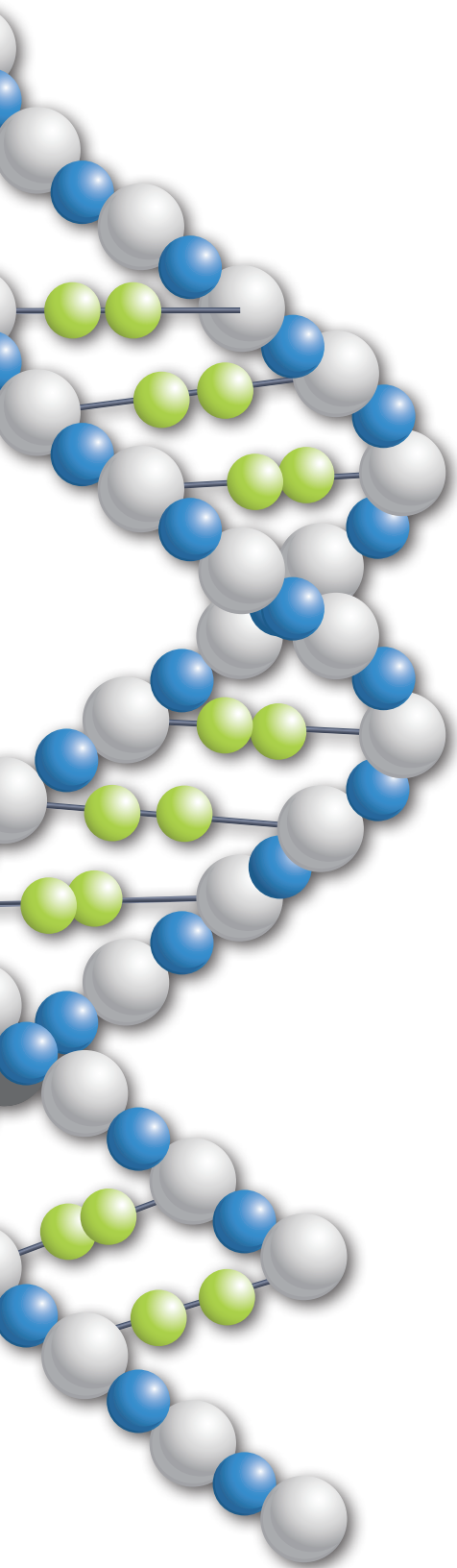
有機化合物具有沸點小於或等於 $100^{\circ}\text{C}$ ，或 $25^{\circ}\text{C}$ 時蒸氣壓大於 $1\text{ mmHg}$ 者，一般可被視為是揮發性有機化合物。揮發性有機物倍受關注的原因有(1)一旦此化合物以蒸氣狀態存在時，其移動性較高，因此，較可能釋放至環境中。(2)大氣中某些這類化合物的存在可能造成嚴重的公眾健康危害。(3)會造成大氣中活潑的碳氫化合物增加，導致光化學氧化物的形成。

#### 43. ZDHC (Zero Discharge of Hazardous Chemicals) 有害化學物質零排放品牌聯盟

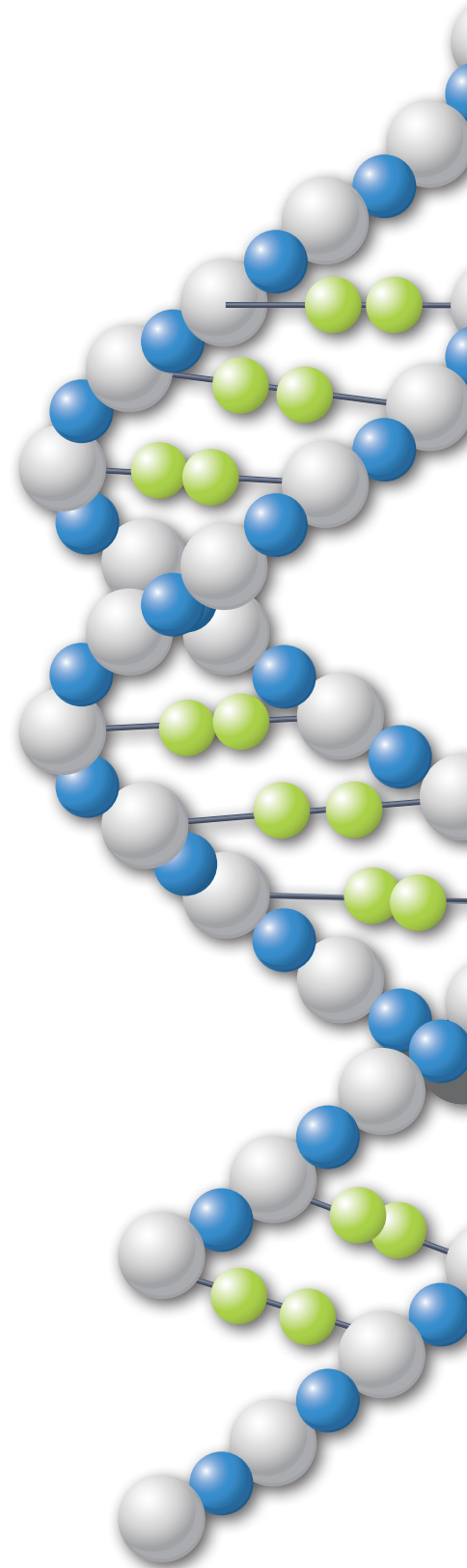
由NIKE、PUMA、Adidas、Burberry等22個品牌組成的「有害化學物質零排放品牌聯盟」（簡稱ZDHC）。ZDHC是一於紡織、皮革及鞋類產業中推動有害化學物質於生產端零排放的機構，解決製造業限用物質清單(manufacturing restricted substance list)、審計協議、污水處理質量標準等問題，以及從事數據和培訓等跨領域整合工作，進而改善環境及人民生活之目標。

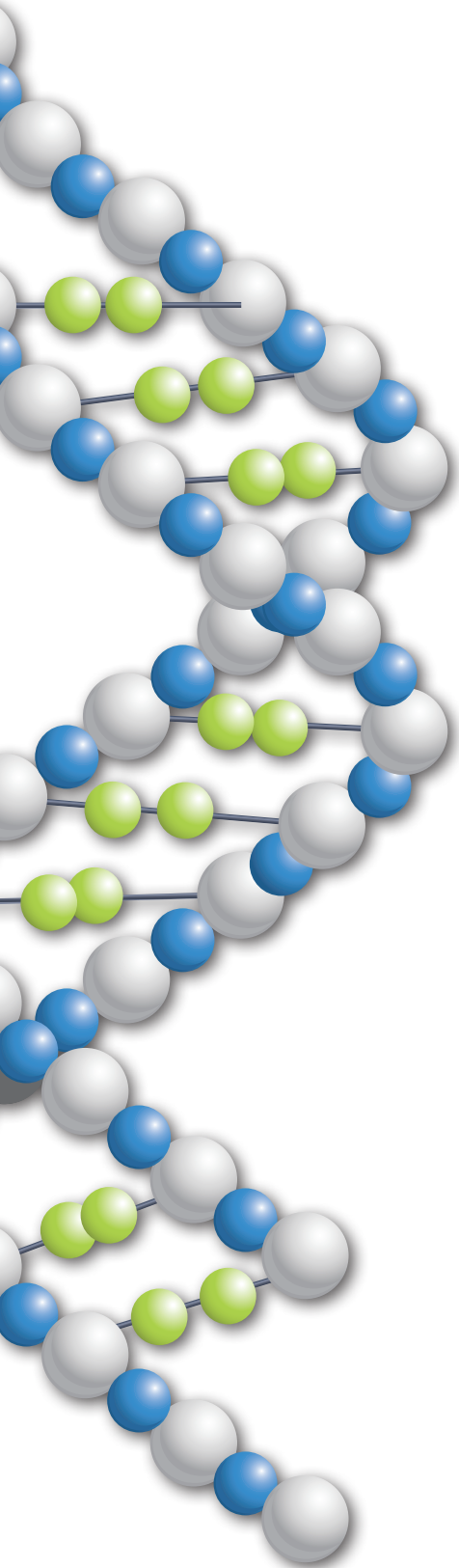


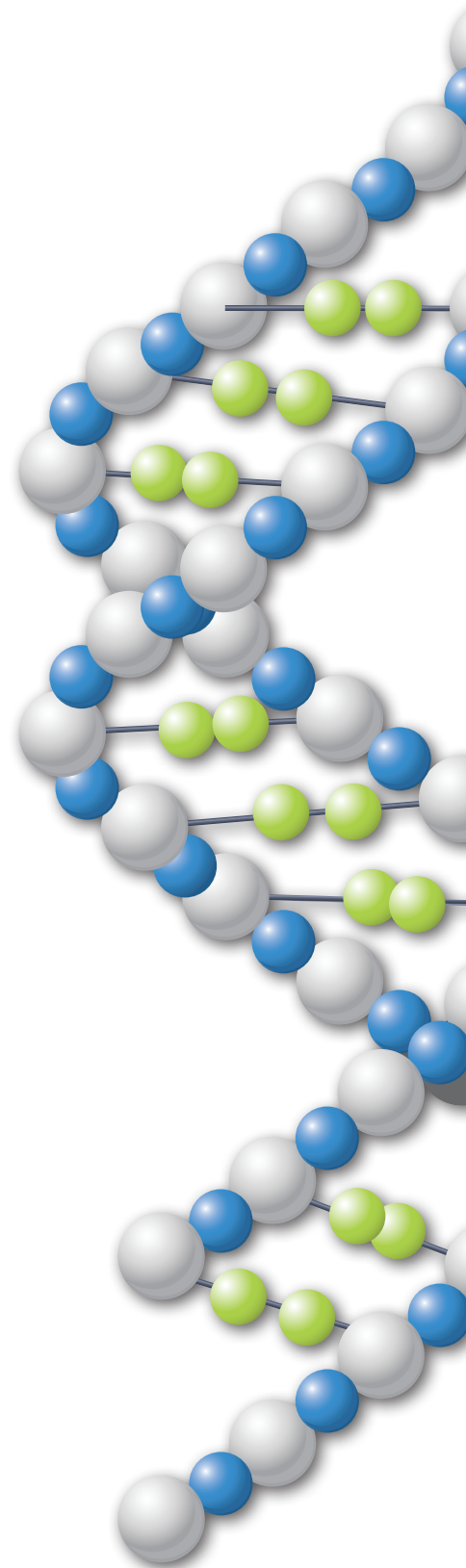


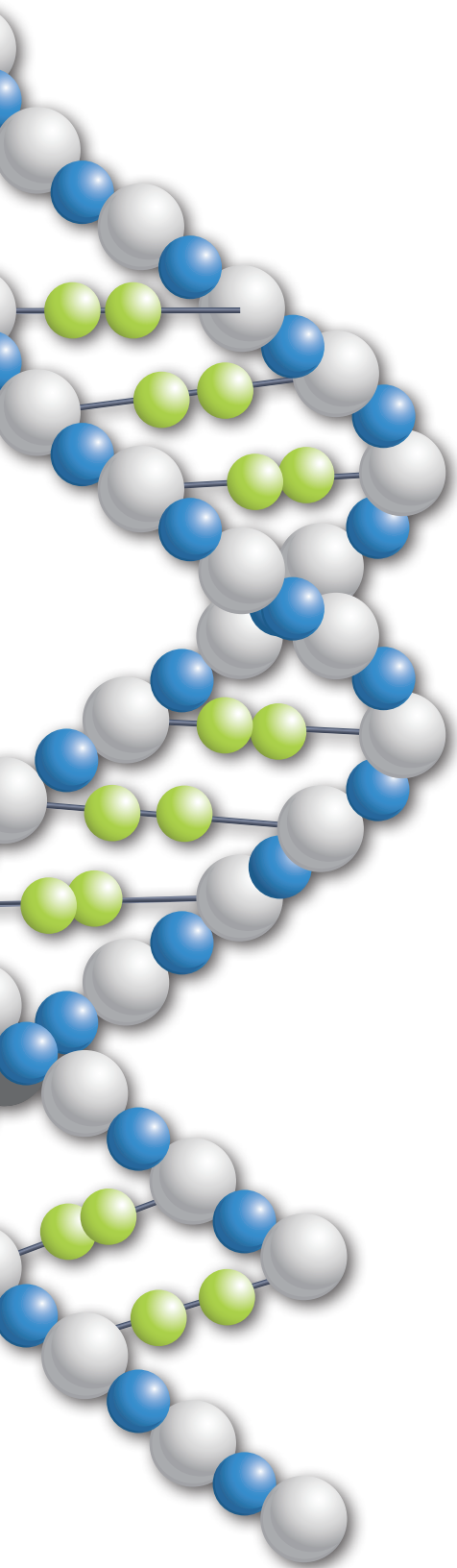












## 國家圖書館出版品預行編目資料

2019 綠色化學產業應用推廣年報 . - 臺北市：環保署毒物及化學物質局

民 109.02

面； 公分

ISBN (平裝)

1. 環境教育 2. 文集

445.07

107021808

書 名：2019 綠色化學產業應用推廣年報  
出版機關：行政院環境保護署毒物及化學物質局  
發行人：謝燕儒  
地址：10667 臺北市大安區大安路二段 132 巷 35 弄 1 號  
網址：<https://www.tcsb.gov.tw/mp-1.html>  
電話：(02) 2325-7399  
編輯：王玉純、林子凱、張育傑、徐宏德  
審稿：白子易、邱仁杰、張子超、張添晉、許瓊丹  
校對：謝燕儒、陳淑玲、張文興、劉怡焜、董曉音、吳春生、  
蕭寶桂  
出版年月：中華民國 109 年 2 月  
定價：新臺幣〇〇元（平裝）  
展售處：國家書店松江門市  
地址：104 臺北市松江路 209 號 1 樓  
電話：(02) 2518-0207  
網址：<https://www.govbooks.com.tw>  
五南文化廣場台中總店  
地址：400 臺中市中山路 6 號  
電話：(04) 2226-0330  
網址：<https://www.wunanbooks.com.tw>

GPN :

ISBN :