

綠色化學概論

化學品使用於健康風險之影響

- 環境議題層出不窮
- 製造商/零售商壓力



綠色和平組織Greenpeace
要求電子產品製造商戒毒



UNEA-2 (2016): Request for Policy Analysis and Options for Action to Address Chemicals and Waste Management in the 2030 Sustainable Development Agenda



Chemicals and Waste

SDGs Unpacking the 169 Targets

1. Targets which *directly mention chemicals and waste and its impacts* (Core targets, 3.9, 12.4)
2. Targets with key development objectives that **require sound management of chemicals and waste** for effective implementation (development targets, e.g. safe food, affordable and safe housing)
3. Targets that are **important enablers** for sound management of chemicals and waste (enabling targets, e.g. access to information)

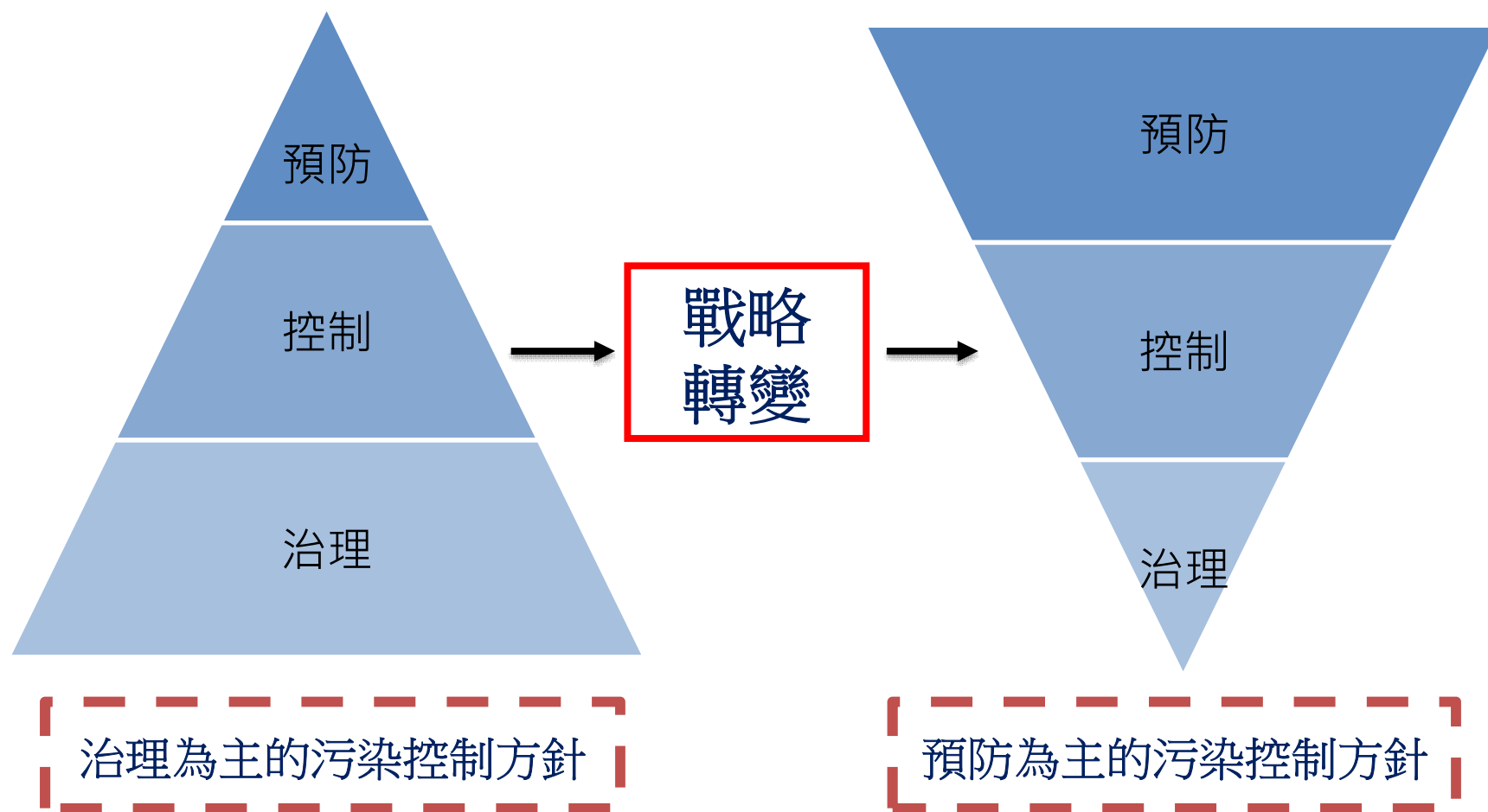


The Sustainable Development Goals, SDGs.

何謂「綠色化學」？

- 「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。
- 為何需要致力於研究綠色永續化學呢？
- (1)森林與水中生態物種的減少。
- (2)臭氧層的破壞。
- (3)農業開發所造成下游環境的污染。
- (4)海洋資源的污染，減少人類食物來源。
- (5)不可分解化學品進入生態環境所造成之污染。
- (6)溫室效應造成氣候的改變，影響水系統的平衡，產生洪水、乾旱與海平面逐漸上升的問題。

「污染治理」到「污染預防」的轉變



清潔生產與末端治理

項目	末端處理	清潔生產
生產時間	20世紀 70~80年代	20世紀 80年代末期
污染處理方式	工藝與產品已研發/開發，環境問題已經產生時，方考慮污染控制	污染預防作為產品及工藝研發活動的組成部分，污染物消除於生產過程中
控制方式	污染物達標排放控制	生產全過程控制 產品生命週期全過程控制
目標對象	企業及周圍環境	全社會
成本/效益	污染控制及環境改善增加企業的生產成本	污染物及廢物被作為潛在資源並可能轉變為有價值產品

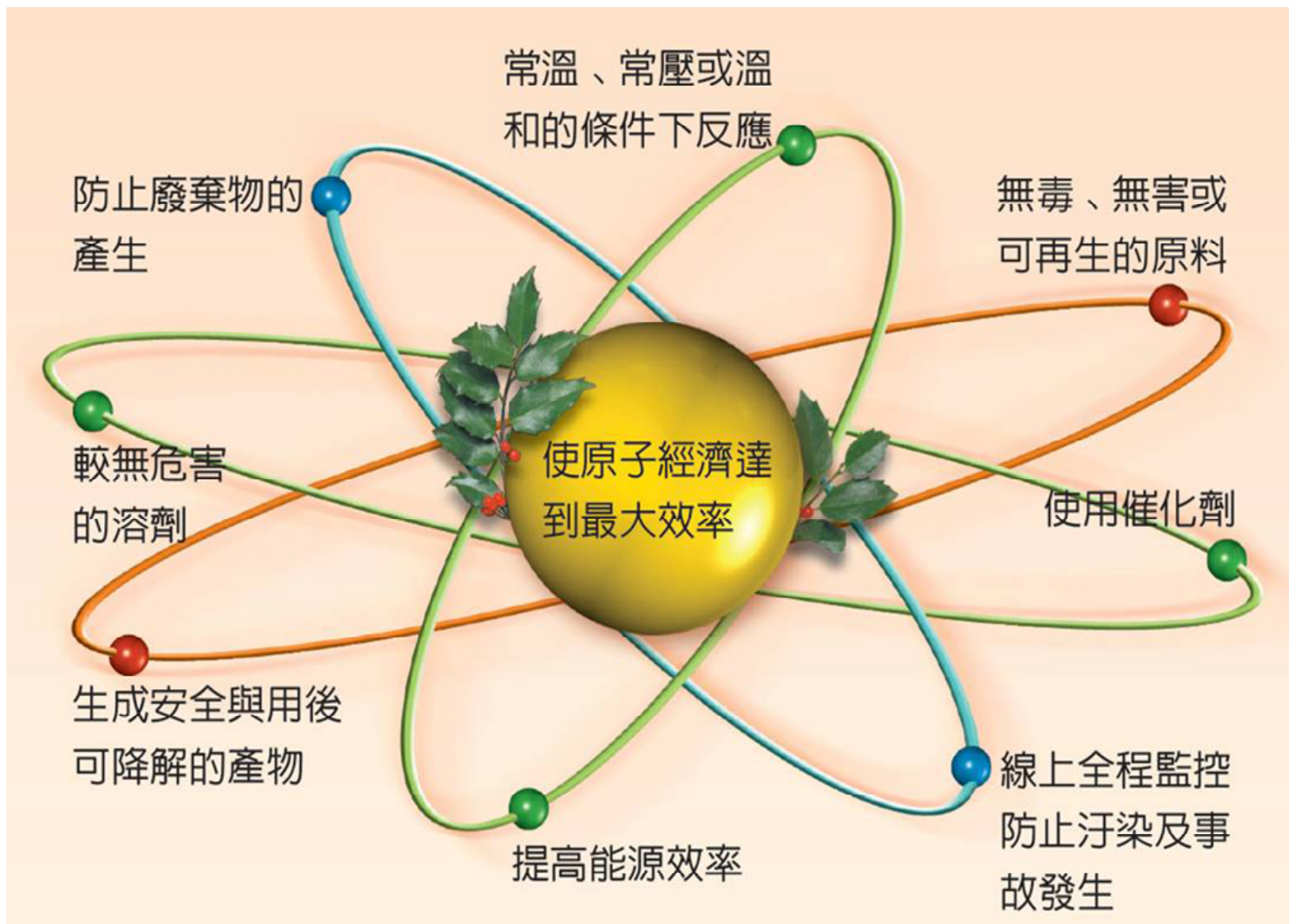
Fathers of Green Chemistry : Paul Anastas and John C. Warner

在 20 世紀末，因環境破壞問題不斷發生因而開始使地球人重視環保，因而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。



C&E News October 4, 2010

➤ 綠色化學的概念圖



綠色化學原則

- 採用最少的資源和能源消耗，
- 並產生最小排放的化學技術。

- 預防廢棄物的產生 (減廢)。
- 充分利用反應物的所有原子 (物盡)。
- 設計合成方法時，儘量考慮反應物與生成物的毒性 (低毒)。
- 設計低毒性的化學品 (保安)。
- 少用或使用安全的溶劑與輔助物 (降輔)。
- 為節省能源、降低環境衝擊，反應條件以常溫常壓狀態為主 (節能)。
- 使用永續資源為原料 (再生)。
- 簡化反應步驟，減少非必要衍生物的產生 (簡潔)。
- 盡可能使用高選擇性的催化劑 (催化)。
- 設計可分解的化學品 (可解)。
- 污染物的及時偵測 (監測)。
- 慎選製程中的化學物質，以減少意外災害的發生 (思危)。

綠色化學12條原則分類

原料 (反應物)	生產過程 (反應過程)	成品 (生成物)
無毒 [4]	無害 [3]	無害 [3]
安全 [12]	安全 [12]	安全 [12]
可再生 [7]	即時監控機制 [11]	最大原料成份 [2]
	少(無)廢物 [1]	能自然分解 [10]
	少(無)衍生物 [8]	能回收 [7]
	省時/節能(利用酶) [6,9]	
	少用溶劑 [5]	

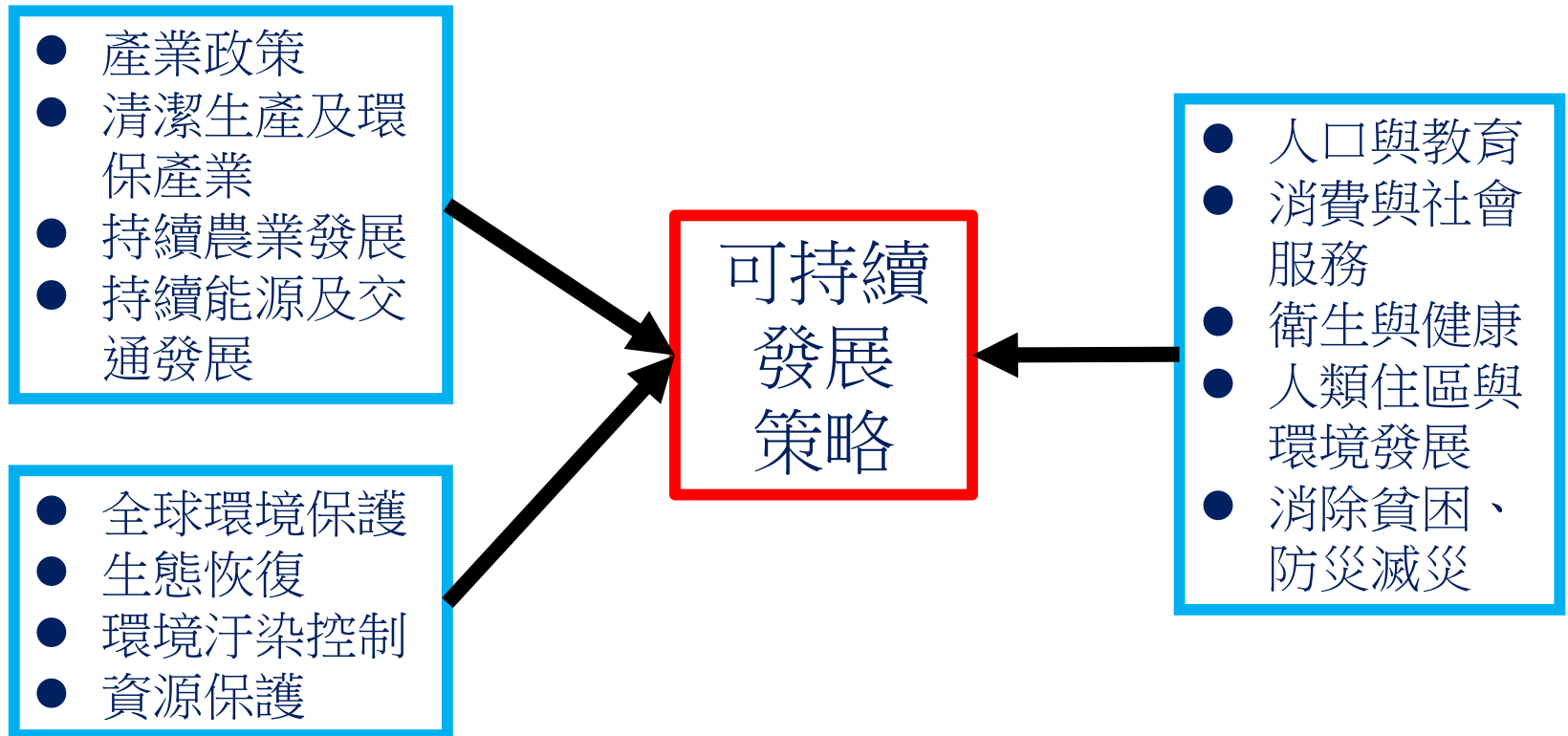
英國諾丁漢大學(The University of Nottingham)的Tang、Smith 和 Poliakoff提出了 “PRODUCTIVELY”一詞，代表綠色化學十二項原則，每單字代表一個原則。地球人可以透過將傳統化學進行任何環境友善化的方法，滿足綠色化學的十二項原則。



綠色化學目標

- 開發以「**原子經濟性**」為基本原則的新化學反應過程；以及改進現有的化學工業，減少和消除污染。
- 1. 新的化學反應過程研究
- 2. 傳統化學過程的綠色化學改造
- 3. 能源中的綠色化學問題
- 4. 資源再生和循環使用技術研究

綠色化學可持續發展策略



綠色化學科技

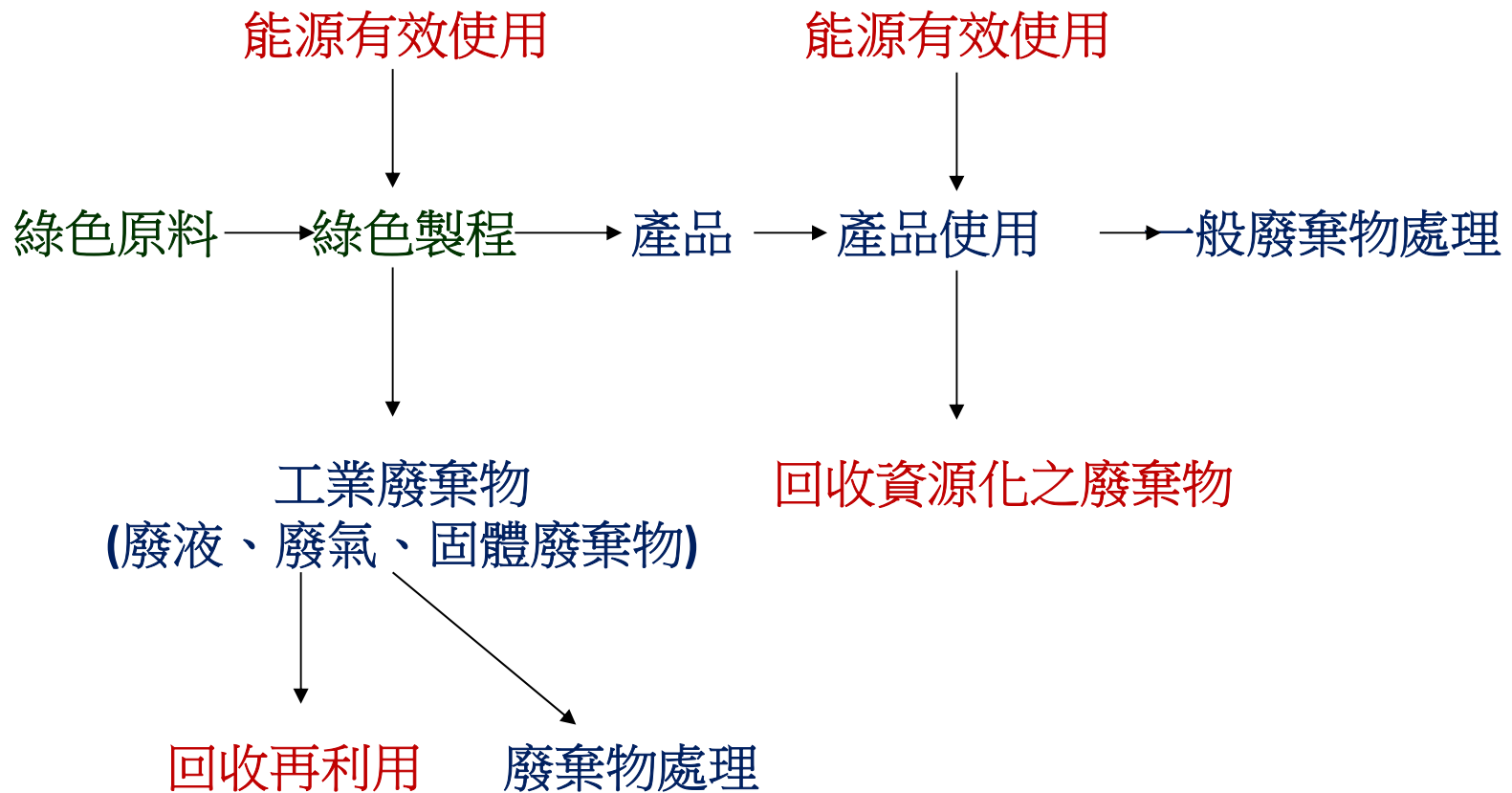
- 也稱環保科技或潔淨科技(clean technology)
 - 狹義的定義：減少能源使用與降低污染，並能改善生活環境品質的科技。
 - 廣義的定義：凡以保護人體健康和自然環境，並能促進經濟持續發展為核心的科技皆稱之。



原子經濟性

- 綠色化學的核心內容之一是「原子經濟性」
充分利用反應物中的各個原子，既能充分利用資源，又能防止污染。
- 原子經濟性的概念是1991年美國史丹福大學著名有機化學家特羅斯特(B. Trost)提出
(獲得1998年度的總統綠色化學挑戰獎的學術獎)
- 原子利用率衡量反應的原子經濟性，認為高效的有機合成應最大限度地利用原料分子的每一個原子，使之結合到目標分子中，達到零排放。
- 綠色有機合成應該是原子經濟性的。原子利用率越高，反應產生的廢棄物越少，對環境造成的污染也越少。

製程的改變 (減廢製程概念)



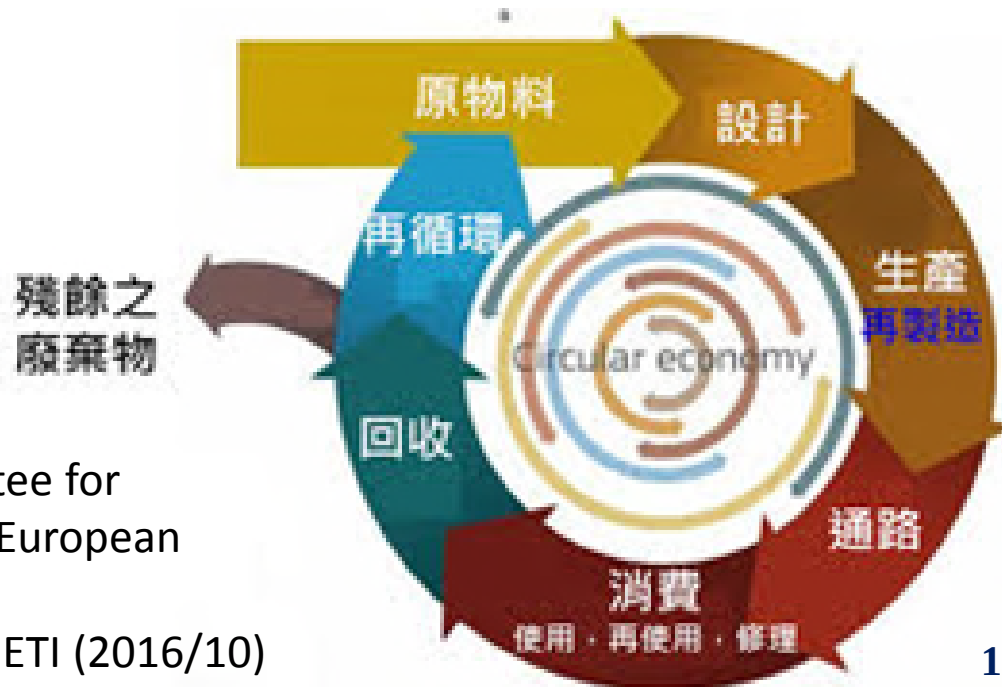
五個"R"

綠色永續化學核心內容主要體現在五個"R"上：

- **Reduction** 「減量」即減少「三廢(廢水、廢氣、廢棄物)」排放；
- **Reuse** 「重複使用」諸如化學工業過程中的催化劑、載體等，降低成本和減度需要；
- **Recycling** 「回收」有效實現「省資源、少污染、減成本」要求；
- **Regeneration** 「再生」即變廢為寶，是節省資源、能源，減少污染的有效途徑；
- **Rejection** 「拒用」指對一些無法替代，又無法回收、再生和重複使用的，有毒副作用及污染作用明顯的原料，拒絕在化學過程中使用，這是杜絕污染的最根本方法。

廢棄物減量化回收技術

- 廢棄物之回收再利用
 1. 貴重金屬之回收: 汞銀及其它金屬等。
 2. 有機溶劑之回收再利用: 回收充當燃料，或經萃取蒸餾分餾等技術，加以回收再利用。
 3. 交換再利用。



料來源: The European Committee for Standardization (CEN) and the European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC), METI (2016/10)

廢紙再生之廢水減量技術

- 一般廢紙每製造1噸再生紙平均會產生200噸的廢水，18.6公斤之生化需氧量。
- 國內大多以化學法進行廢紙脫墨，於脫墨過程中添加一些化學藥劑及使用大量的清洗用水，結果產生大量的高污染性廢水。
- 廢紙生化脫墨技術不僅是一種清潔生產技術，也是一種廢棄物之減廢技術，歐美日等國均大力投入這方面研究。

綠建材

- 健康綠建材
 - 低甲醛及揮發性有機化合物逸散之建材。
- 再生綠建材
 - 將廢棄物再利用製成之建材。
- 生態綠建材
 - 使用無匱乏危機之天然材料製成之建材。
- 高性能綠建材
 - 包括防音、透水、節能等性能上有高度表現之建材。



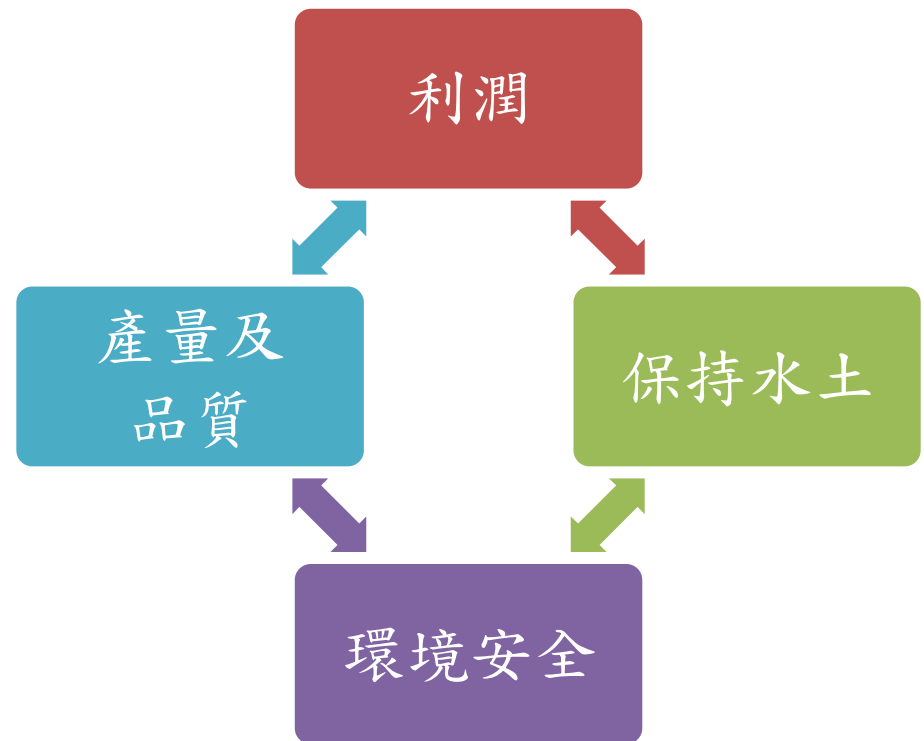
綠建築－案例



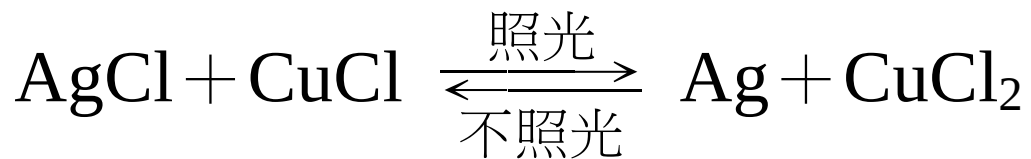
- 臺北市立圖書館北投分館 是臺灣首座綠建築圖書館，2007 年 7 月獲得綠建築鑽石級標章證書，並於 2012 年獲得美國網站 Flavorwire.com 評選為「全球最美 25 座公立圖書館」之一。

綠色農業

- 利用新的耕作方法來減少土地負擔，以及因化學農藥或肥料造成的污染，讓土地的生長利用能長久持續。



變色鏡片



利用鏡片中的奈米級氯化銀與氯化亞銅粒子，在陽光照射下反應產生銀粒子及銅離子，其中銅離子會吸收光，進而使得鏡片呈黑褐色。



變色眼鏡的鏡片在陽光(紫外光)下會變暗

能源與行的方面

- (1) 尋找並開發兼具環保及永續經營新能源。
- (2) 多使用質地堅硬且輕的碳纖維複合材料。

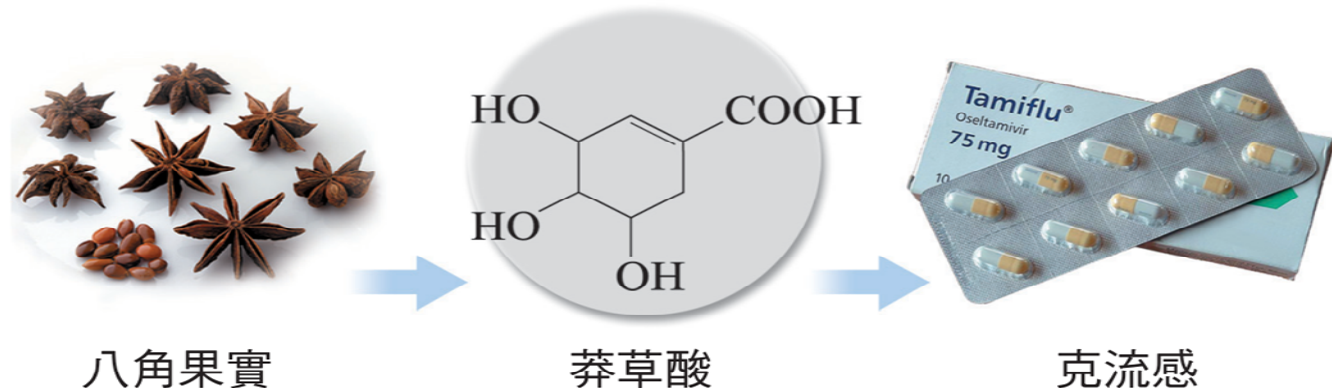


藥物方面

人工方法合成各種有機化合物，並將其重組而改良成更有效力的藥物。

所以化學的進步對於增進人類健康及延長壽命提供了莫大的進步。

例：最近治療流行性感冒用的「克流感」(Tamiflu) 便是由八角的果實萃取出莽草酸 (Shikimic acid, $C_7H_{10}O_5$)，再將莽草酸經過一系列的化學反應而製得。



美國總統綠色化學挑戰獎介紹

- 首創的「總統綠色化學挑戰獎」
是由美國總統克林頓**1995**年發起;
- **1996**年首次頒獎，每年一次，用來獎勵在化學品的設計、製造和使用過程中融入綠色化學的基本原則，並在源頭上減少或消除化學污染物卓有成效的化學家或企業。
- 所設獎項包括(1)更新合成路線獎、(2)變更溶劑和反應條件獎、(3)設計更安全化學品獎、(4)小企業獎和(5)學術獎共5項。

綠色化學案例分享 (1/3)

- **Rohn & Hass** 公司開發環境安全的船舶生物防垢劑
- 海洋植物和動物在輪船艙體的水下部分表面生長所造成的沈積物即所謂的結垢，每年造成的經濟損失很大，這種損失程度表現在輪船阻力增大和耗油量增加。
- 目前廣泛使用的阻垢劑為有機錫類化合物，如三丁基氧化錫(TBTO)。但這類有機錫阻垢劑在自然界中難降解、具有劇毒、易生物累積、降低生殖發育能力以及增加貝殼類動物的殼體厚度等缺點。
- 1988年的《有機錫阻垢塗料控制法案》促進了有機錫替代品的研究。
- **Rohm & Hass** 公司篩選得到的 4，5-二氯-2-正辛基-4-異噻唑啉-3-酮 (商品名為Sea-Nine™)可作為商業開發的選擇。
- 雖然該化合物對某些魚類、蝦、貝的急性毒性不低，但慢性毒性低，對繁殖無影響，在海水及底泥中能被微生物降解成毒性很小的開鏈化合物，因對生態環境危害很小，是一種較理想的海洋防垢劑。

綠色化學案例分享 (2/3)

- **Albright & Wilson**公司開發種四羥甲基硫酸磷鹽 (THPS)殺菌劑
- 傳統上用於控制細菌、藻類和真菌的殺菌劑對人類和水棲生物的毒性很大，且在環境中不易降解。
- **THPS**具有較高的抗微生物性、較低的毒性、在環境中迅速降解、沒有生物累積的特點。
- **Rohm & Hass**公司以開發新的殺蟲劑—二噠基肼
- 給予農民、消費者、社會提供了一種更安全有效的害蟲控制技術
- 商品名為**ConfirmTM**的化合物可作為選擇性毛蟲控制劑。

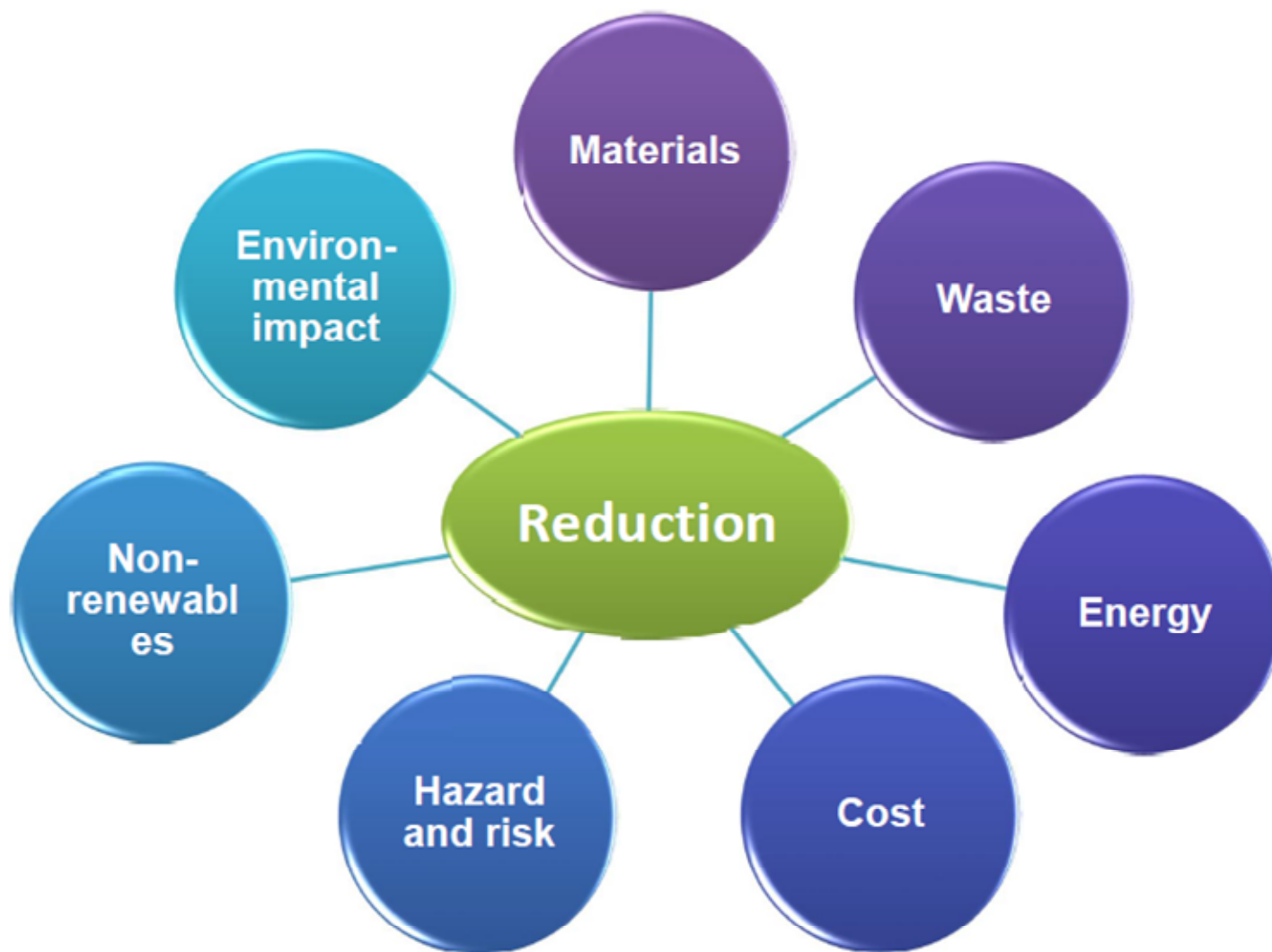
綠色化學案例分享 (3/3)

- **Chemical Specialties , Inc.(CSI)**
- 該公司在工業上率先開發使用了**無砷防腐劑鹼性季胺銅(Alkaline copper quaternary , ACQ)**
- 美國木材業**95%**以上的木材都是用**鉻化砷酸銅(CCA)**來防腐
- **CSI**公司開發替代**CCA**的木材防腐劑**ACQ**，由一種二價銅的配位化合物和一種季胺化合物按照 **2:1** 的比率複合而成，這種銅的配位化合物可以在乙醇胺或氨水中溶解。
- **Engelhard** 公司推出一系列 **Rightfit™** 偶氮基有機染料
- 取代市場上以**重金屬鉛、六價鉻及鎘**為基礎的紅、橘及黃色顏料。
- 顏料製造的環保油漆可用於食品飲料包裝、石油產品、洗滌劑、家用和耐用品市場。

落實綠色化學經濟成本效應

- 節省原物料，降低生產成本，可提高生產力。
- 減少廢棄物處理、處置或貯存、清除的成本。
- 減少符合法規要求之許可、偵測或其它應實施規定之成本。
- 來自廢棄物交換或回收再利用所得之利益。
- 較低意外或緊急事故等環境責任風險或保險成本。

綠色化學 *Smart Chemistry*



綠色化學原理

Principles of Green Chemistry 綠色化學原理

- Pollution and Accident Prevention
污染和事故預防
- Energy and Resource Sustainability
能源及資源永續
- Safety and Security Assurance
安全及防護保障

- 永續思維綠色化學多元教育推動計畫
- 計畫主持人：王玉純
- 共同主持人：林于凱、張育傑、徐宏德
- 聯絡方式：蕭寶桂高級環境技術師

教學指引

- 教育目標：
 - 使學生瞭解化學與日常生活的相關性，進而啟發同學對綠色永續化學知識之興趣，從而讓學生透過本門通識課程獲得：
 - 1. 化學與日常生活之關係。
 - 2. 瞭解綠色永續化學之目標、發展與內涵。
 - 3. 建立生活中正確使用化學物質的觀念。
 - 4. 增進綠色永續的思維、討論、創新之學習能力。
- 建議教學時間：1.5-2.0 hrs
- 教材說明(設計理念)：以生活中綠色永續化學之應用案例為講述內容
- 主要資料來源：
- (1) Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, New York 1998.
- (2) Green Chemistry: An Introductory Text, 2nd Ed.; Chapter 1
- (3) 臺灣化學教育網站(<http://chemed.chemistry.org.tw/>)
- 延伸閱讀：天下出版社－觀念化學
- 媒體與工具：投影片
- 教學活動進行流程與注意事項：
 - 綜合討論關於生活化學之實際應用面，以用提問式的方式引導學生回答。