

行 政 院 環 境 保 護 署
毒 物 及 化 學 物 質 局

綠色化學應用於毒性化學物質源頭
管理及溝通

期末報告

(定稿)

受 託 單 位： 國立臺灣大學

執 行 期 間： 108 年 5 月 17 日至 108 年 12 月 15 日

行政院環境保護署毒物及化學物質局

中華民國 108 年 12 月

行 政 院 環 境 保 護 署
毒 物 及 化 學 物 質 局

綠色化學應用於毒性化學物質源頭
管理及溝通

期末報告

(定稿)

計畫執行單位： 國立臺灣大學環境工程學研究所

計畫執行期間： 108 年 5 月 17 日至 108 年 12 月 15 日

計 畫 經 費： 930 千元

計畫主持人： 蔣本基 特聘教授（國立臺灣大學環工所）

協同主持人： 潘述元 助理教授（國立臺灣大學生工系）

顧 問： 王根樹 教授（國立臺灣大學公共衛生學系）

中 華 民 國 一 〇 八 年 十 二 月

「綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通」

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	國立臺灣大學環境工程學研究所		
參與計畫人員姓名	蔣本基、潘述元、王根樹 陳則綸、洪振耀、林晏瑄		
年 度	108	計畫編號	
研究性質	☐ 基礎研究 ☒ 應用研究 ☐ 技術發展		
研究領域	環境保護		
計畫屬性	☐ 科技類 ☒ 非科技類		
全程期間	108 年 5 月～108 年 12 月		
本期期間	108 年 5 月～108 年 12 月		
本期經費	<u> 零 </u> 億 <u> 930 </u> 千元		
	資本支出		經常支出
	土地建築_____千元		人事費 <u>404,584</u> 千元
	儀器設備_____千元		業務費 <u>384,670</u> 千元
	其 他_____千元		差旅費 <u>56,200</u> 千元
			管理費 <u>84,546</u> 千元
摘要關鍵詞（中英文各三則）			
綠色化學原則、毒性化學物質管理、安全替代			
Green Chemistry Principles, Toxic Chemical Sustances Management, Safer Alternatives			

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、中文計畫名稱：

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

二、英文計畫名稱：

Implementation of Green Chemistry Principles on Toxic Chemical
Substances Management and Communication

三、計畫編號：

四、執行單位：

國立臺灣大學環境工程學研究所

五、計畫主持人（包括共同主持人）：

蔣本基、潘述元

六、執行開始時間：

108/05/16

七、執行結束時間：

108/12/15

八、報告完成日期：

108/12/15

九、報告總頁數：

172 (含附錄)

十、使用語文：

中文，英文

十一、報告電子檔名稱：

期末報告.DOC

十二、報告電子檔格式：

MS WORD 2016

十三、中文摘要關鍵詞：

綠色化學原則、毒性化學物質管理、安全替代

十四、英文摘要關鍵詞：

Green Chemistry Principles, Toxic Chemical Substances
Management, Safer Alternatives

十五、中文摘要（約三百至五百字）

本計畫從聯合國永續發展目標之目標與策略進行評析，配合聯合國商業與永續發展委員會所提「更好的商業，更好的世界」，列出與綠色化學 12 項原則相關之重點產業，從國際上毒性化學物質管理推動現況與法制作業，研析並彙整美國、歐盟、加拿大、德國、日本、韓國、中國等國家，包含毒性化學物質申報與管理體系、法源依據、以及管制框架等資訊；評析國際上推動替代化學品之評估作法，以及提供化學品安全替代評估體系，提出安全化學品替代評估準則。同時參酌國際毒性化學評估工具，研提我國列管毒性化學物質安全替代作法及清單之評估流程，並參考國外評估案例，提出優先推動綠色化學及安全替代初步名單，包含：二甲基甲醯胺、苯、鄰苯二甲酸二酯、1,3-丁二烯、乙腈、二氟二氯甲烷、四氯乙烯、壬基酚聚氧乙烯醚、二氯甲烷、鄰苯二甲酸酯、四溴雙酚 A、六溴環十二烷等。計畫執行期間邀集國內關於綠色化學與化學品管理等相關專家學者與產業代表，於 7 月 11 日辦理第一場專家諮詢會，徵詢毒

性化學物質管理相關意見；並於 8 月 22 日派員出席 2019 臺灣化學產業高峰會議，分別針對「綠色化學新科技永續發展新願景」、「最佳實踐」(Best Practices) 與「技術成就」(Technology Achievement) 等主題進行相關資訊彙整。於 10 月 1 日至 2 日協助中鼎教育基金會辦理「循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會」，邀請國內外致力於循環經濟領域議題的專家學者，解析國際發展趨勢，提供國內產官學研各界新方案與觀念的交流，加強產官學研各界對循環經濟的重視，並以治理與導向、永續金融、永續製程、商業模式四大主題進行討論。另於 11 月 27 日辦理綠色化學與毒化物管理產業座談會，相關重點結論包含建立政府與產業界鏈結，以深化毒化物減量與管理的政策推廣。

本計畫依據上述相關國內外資訊蒐研以及相關會議辦理所蒐集的建議，歸納計畫執行結論包含：(1) 蒐研國際先進國家針對毒性化學物質管理推動現況，包含毒性化學物質申報與管理體系、法源依據、以及管制框架等，評析國際上推動替代化學品之評估作法；(2) 蒐研國際上綠色化學諮詢平臺資訊以及毒化物評估工具與方法，透過彙整國際上相關諮詢，進而提出安全化學品替代評估準則，提出優先推動綠色化學及安全替代初步名單；(3) 研擬國內優先推動替代化學品之流程與建議清單，研擬國內優先推動替代化學品，以及對於替代化學品進行全面性的評估之流程。

十六、英文摘要：

The study first evaluates the strategies of the Sustainable Development Goals (SDGs), and the report of the United Nations

Business and Sustainable Development Committee in 2017, "Better Business, Better World". Connecting with Green Chemistry 12 key principles of chemical industry, the international toxic chemical management could be promoted to the safer and environmental friendly chemicals. The development of chemical management and toxic chemical substances including integrated management system, regulation, and framework in the United States, the European Union, Canada, Germany, Japan, South Korea, and China were reviewed. Several chemical safety alternative assessment systems around the world were also provided. The safety chemical substitution assessment criteria was proposed to evaluate safer chemical alternatives, including five cases of chemical substitution assessment cases in the academia area and three cases in the industry. In addition, to improve the promotion of toxic chemical alternatives, we also invited related experts from government, industries and academia to hold Ad Hoc committees on 11th July. The future works are (i) to finish the list of safer chemical alternatives (at least 10 chemicals), (ii) to organize a second Ad Hoc committee for integrated chemical management, and (iii) to conduct the educational materials of safer chemical alternatives and Green Chemistry principles for the industry. And on August 22, the project team attended 2019 Taiwan Chemical Industry Summit, focusing on "New Vision for New Sustainable Development of Green Chemistry Technology". The main theme were "Best Practices" and "Technical

Achievement". From October 1st to 2nd, project team assisted in handling the "International Symposium on Comprehensive and Innovative Solutions for Circular Economy", invited experts and scholars working on issues in the field of circular economy at home and abroad, analyzed international development trends, and provided new solutions for domestic industry, government, academic research Exchange with ideas, strengthen the attention of all sectors of the industry, government, academia, and research to the circular economy, and discuss the four themes of governance and guidance, sustainable finance, sustainable processes, and business models. In addition, the "Green Chemistry and Poisonous Chemicals Management Industry Symposium" was held on November 27. Relevant key conclusions include the establishment of a link between the government and the industry to deepen the promotion of policies on poisoning reduction and management.

Based on the aforementioned information for relevant references and ad hoc committee's suggestions, the summaries are included: (1) to investigate the status of toxic chemical substance management around the world, including the declaration and management of toxic chemical substances system, legal basis, and regulatory framework; and to analyze and evaluate international assessment methods for promoting alternative chemicals; (2) to search the information platform on international green chemistry promotion, toxic substances assessment tools, and to propose a

preliminary list of priority promotion of green chemistry and safe substitution; (3) to develop a list of domestic processes and recommendations for the promotion of alternative chemicals and a comprehensive evaluation flowchar for alternative chemicals.

行政院環境保護署毒物及化學物質局委託研究及 專案工作計畫成果報告摘要（詳細版）

計畫名稱：綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

計畫編號：

計畫執行單位：國立臺灣大學

計畫主持人(包括協同主持人)：蔣本基、潘述元

計畫期程：108年5月17日至108年12月15日止

計畫經費：930千元

摘要(中英文各300~500字)(16點楷書書)

本計畫從聯合國永續發展目標之目標與策略進行評析，配合聯合國商業與永續發展委員會所提「更好的商業，更好的世界」，列出與綠色化學12項原則相關之重點產業，從國際上毒性化學物質管理推動現況與法制作業，研析並彙整美國、歐盟、加拿大、德國、日本、韓國、中國等國家，包含：毒性化學物質申報與管理體系、法源依據、以及管制框架等資訊。評析國際上推動替代化學品之評估作法，以及提供化學品安全替代評估體系，提出安全化學品替代評估準則。同時參酌國際毒性化學評估工具，研提我國列管毒性化學物質安全替代作法及清單之評估流程，並參考國外評估案例，提出優先推動綠色化學及安全替代初步名單，包含：二甲基甲醯胺、苯、鄰苯二甲酸二酯、1,3-丁二烯、乙腈、二氟二氯甲烷、四氯乙烯、壬基酚聚氧乙烯醚、二氯甲烷、鄰苯二甲酸酯、四溴雙酚A、六溴環十二烷等。計畫執行期間邀集國內關於綠色化學與化學品管理等相關專家學者與產業代表，於7月11日辦理第一場專家諮詢會，徵詢毒性化學物質管理相關意見；並於8月22日派員出席2019臺灣化學產業高峰會議，分別針對「綠色化學新科技永續發展新願景」、「最佳實踐」(Best Practices)與「技術成就」(Technology Achievement)等主題進行相關資訊彙整。於10月1日至2日協助中鼎教育基金會辦理「循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會」，邀請國內外致力於循環經濟領域議題的專家學者，解析國際發展趨勢，提供國內產官學研各界新方案與觀念的交流，加

強產官學研各界對循環經濟的重視，並以治理與導向、永續金融、永續製程、商業模式四大主題進行討論。另於 11 月 27 日辦理綠色化學與毒化物管理產業座談會，相關重點結論包含建立政府與產業界鏈結，以深化毒化物減量與管理的政策推廣。

本計畫依據上述相關國內外資訊蒐研以及相關會議辦理所蒐集的建議，歸納計畫執行結論包含：(1) 蒐研國際先進國家針對毒性化學物質管理推動現況，包含毒性化學物質申報與管理體系、法源依據、以及管制框架等；評析國際上推動替代化學品之評估作法，(2) 蒐研國際上綠色化學諮詢平臺資訊以及毒化物評估工具與方法，透過彙整國際上相關諮詢，進而提出安全化學品替代評估準則。提出優先推動綠色化學及安全替代初步名單，(3) 研擬國內優先推動替代化學品之流程與建議清單，研擬國內優先推動替代化學品，以及對於替代化學品進行全面性的評估之流程。

The study first evaluates the strategies of the Sustainable Development Goals (SDGs), and the report of the United Nations Business and Sustainable Development Committee in 2017, "Better Business, Better World". Connecting with 12 Green Chemistry Principles for chemical industry, the international toxic chemicals management should be promoted to identify the safer and environmentally friendly chemicals. The development of chemical management and toxic chemical substances including integrated management system, regulation, and framework in the United States, the European Union, Canada, Germany, Japan, South Korea, and China were reviewed. Several assessment systems for safer alternatives to toxic chemicals around the world were also provided. The safe chemical substitution assessment criteria was proposed to evaluate safer chemical alternatives, including five cases of chemical substitution assessment cases in the academia area and three cases in the industry. In addition, to improve the promotion of toxic chemical alternatives, we invited experts from government, industries and academy to held an Ad-Hoc committee meeting on July 11th. The proposed future priority works in the meeting are (i) to identify the list of safer chemical alternatives (at least 10 toxic chemicals), (ii) to organize another Ad-Hoc committee meeting for determining integrated chemical management, and (iii) to conduct the educational

materials of safer chemical alternatives and Green Chemistry principles for the industry. On August 22nd, the project team attended “2019 Taiwan Chemical Industry Summit”, focusing on "New Vision for New Sustainable Development of Green Chemistry Technology". The main themes of the Summit were "Best Practices" and "Technical Achievement". Also, from October 1st to 2nd, the project team assisted in co-organizing the "International Symposium on Comprehensive and Innovative Solutions for Circular Economy". We invited experts and scholars working on issues related to the circular economy at Taiwan and around the world. We also analyzed the international development trends, and then provided new solutions to the domestic industry, government, and academic researcher, trying to strengthen the attention of all sectors of the industry, government, academia, and research to the circular economy. We discussed the four themes of governance and guidance, sustainable finance, sustainable processes, and business models. In addition, the "Green Chemistry and Poisonous Chemicals Management Industry Symposium" was held on November 27th. The relevant key conclusions include the establishment of information exchange platforms between the government and the industry to deepen the promotion of policies on toxics reduction and management.

Based on the aforementioned information for relevant references and ad hoc committee's suggestions, the summaries are included: (1) to investigate the status of toxic chemical substance management around the world, including the declaration and management of toxic chemical substances system, legal basis, and regulatory framework and to analyze and evaluate international assessment methods for promoting alternative chemicals; (2) to search the information platform on international green chemistry promotion, toxic substances assessment tools, and to propose a preliminary list of priority promotion of green chemistry and safe substitution; (3) to develop a list of domestic processes and recommendations for the promotion of alternative chemicals and a comprehensive evaluation flowchart for alternative chemicals.

前 言

自 1992 年開聯合國召開地球高峰會 (Agenda 21)，正式建立永續性 (Sustainability) 概念，於 2000 年於聯合國舉行的千禧年大會當中，與會的 189 個國家，共同簽署了「千禧年宣言」 (United Nations Millennium Declaration)，承諾在 2015 年前所要達成的 8 項「千禧年發展目標」 (Millennium Development Goals, MDGs)，緊接著於 2016 年 1 月 1 日各國領導人同意簽屬簽署的 2030 年永續發展目標議程 (Agenda 30) 正式啟動，而當中最受矚目的便是聯合國所訂定的 17 項永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs)，係以「促進繁榮同時保護地球」為宗旨。綠色化學 (Green Chemistry, GC) 發展是由 Paul Anastas 與 John C. Warner 於 1998 年制定了「綠色化學 12 原則」，促使學術與工業科學家實現環境永續發展的目標，主要內容是指利用化學的技術和方法去消滅對人類健康、社區安全、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。

針對毒性化學物質管理的部分，以美國與歐盟所建立的管理制度較為完善，從各方面著手製造端的污染減量，於 1976 年開始正式實施毒性物質管理法 (Toxic Substance Control Act, TSCA)，開啟了境內毒性化學物質污染管制，規定化學物質必須經過優先化 (prioritization)、風險評估 (risk evaluation) 及風險管理 (risk management) 等三步驟，以確保既有化學物質安全性，亦保障評估或管理是在實務可行的範圍下進行。我國針對毒性化學物質管理制度係依據「毒性及關注化學物質管理法」，於民國 108 年 1 月 16 日公布，分別針對毒化物評估、預防及管理，關注化學物質評估、預防及管理，化學物質登錄及申報，事故預防及緊急應變，查核檢驗及財務等項目進行規定，建立國家化學物質管理。

為了實踐綠色化學原則應用於化學產業推廣，同時建構綠色化學與毒化物管理知識，本計畫參酌聯合永續發展目標與綠色化學原則，蒐集國外最新綠色化學與毒化物管理相關資訊，比較分析國內及國內應用於化學產業現況，透過綠色化學原則評析應用於國內化學產業管理與建置評量指標之可行性，促進國內綠色化學環境教育與毒化物管理的量能。

執行方法

本計畫從聯合國永續發展目標、綠色化學原則以及毒化物管理制度對於發展產業化學源頭管理之策略研析，盤點國內毒性化學物質應用綠色化學原則及安全替代精神產出建議替代清單及作法，改善毒化物管理，邁向綠色化學管理之可行政策建議，以提升我國永續發展與綠色化學原則之推廣力度，相關工作項目包含：(1) 蒐集國內外產業應用綠色化學原則管理毒化物之作法；(2) 盤點國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單；以及(3) 提出 10 項毒化物在產業推動綠色化學之替代化學品或作法之範例並完成推廣教材。

結 果

透過彙整目前聯合國之綠色化學原則推動情形，以符合永續發展目標宗旨。國外毒化物管理之相關諮詢彙整，包含美國、加拿大、歐盟、德國、日本、韓國與中國，說明各國針對毒性化學物質管理體系、法規以及執行作法。同時蒐研國際上針對毒性化學物質替代品或做法之篩選原則及流程，包含綠色篩選指標、綠色化學專家體系以及環境化設計等等，相關資訊可做為我國未來推動毒性化學物質替代評估作法之參考依據。

蒐研各國針對綠色化學諮詢平臺，以美國與歐盟為主，包含國際上關於綠色化學以及永續化學之研究中心，主要是工作範疇係整合科學、工程以及教育等面向，促進綠色化學之研究發展，並加快綠色化學原則在工業界的應用；參酌 IC 2 Safer Alternatives Assessment 於 2011 年所提出的安全化學品替代評估準則，搜尋相關毒化物安全替代之作法，更安全的化學替代評估標準包含物理化學評估、人體健康危害評估、暴露評估、技術性能評估、環境評估、經濟/金融和社會評估以及生命週期評估，研擬適用於我國建立列管毒性化學物質安全替代作法及清單之評估流程；蒐研國外相關政府與學術單位對於毒性化學物質之安全替代評估報告，目前擬提出十項優先評估被替代化學品包含：二甲基甲醯胺、苯、鄰苯二甲酸二酯、1,3-丁二烯、乙腈、二氟二氯甲烷、四氯乙烯、壬基酚聚氧乙烯醚、二氯甲烷、鄰苯二甲酸酯、四溴雙酚 A、六溴環十二烷等。此外，本計畫執行期間辦理一場專家諮詢會議、一場循環經濟研討會、一場產業座談會議以及出席臺灣化

學產業高峰會，蒐集產業與學界相關專家學者之寶貴意見，提供政府未來施政之參考。

結 論

根據前述本計畫所蒐研之資訊與辦理相關會議之結果進行綜合性彙整，本計畫執行結論如下：

(一) 蒐研國際先進國家針對毒性化學物質管理推動現況

本計畫從聯合國永續發展目標之目標與策略進行評析，配合聯合國商業與永續發展委員會於 2017 年所提到的報告「更好的商業，更好的世界」，列出與綠色化學 12 項原則之相關重點發展產業，並說明目前聯合國推動綠色化學之情形，從國際上針對毒性化學物質管理推動現況與法制作業，研析彙整美國、歐盟、加拿大、德國、日本、韓國、中國等國家，包含毒性化學物質申報與管理體系、法源依據、以及管制框架等；評析國際上推動替代化學品之評估作法，例如：綠色篩選指標、綠色化學專家體系以及環境化設計等。

(二) 蒐研國際上綠色化學諮詢平臺資訊以及毒化物評估工具與方法

主要包含：ACS Green Chemistry Institute (ACS GCI) (美國)、The California Green Chemistry Initiative(美國)、SusChem 資訊平臺(歐盟)、Green Chemistry & Commerce Council、German Chemical Society(德國)以及 Royal Society of Chemistry (英國)等；提供化學品安全替代評估體系，例如：美國國家科學院框架、州際化學品信息交換中心 (Interstate Chemicals Clearinghouse, IC2) 之化學品替代品評估方法、安大略省有毒物質使用減量計劃架構、洛威爾研究中心 (Lowell Center Framework for Sustainable Products) 之毒化物評估框架，以及德國永續化學品之評估準則，透過彙整國際上相關諮詢，進而提出安全化學品替代評估準則；提出優先推動綠色化學及安全替代初步名單。

(三) 研擬國內優先推動替代化學品之流程與建議清單

本計畫參考前述國際上執行替代化學品的作法流程，研擬國內國內優先推動替代化學品之流程，包含六大步驟對於替代

化學品進行全面性的評估，並評析國外學術界與政府單位所提供之替代化學品評估案例，包含二甲基甲醯胺、苯、鄰苯二甲酸二酯、1,3-丁二烯、乙腈、二氟二氯甲烷、四氯乙烯、壬基酚聚氧乙烯醚、二氯甲烷、鄰苯二甲酸酯、四溴雙酚 A、六溴環十二烷等；此外，從組織面、法規面、技術面、財務面與社會面評析國內推動綠色化學原則於產業面之障礙與挑戰。

建議事項

本計畫以聯合國永續發展目標以及綠色化學 12 項原則探討國外對於毒性化學物質政策與管理制度，同時亦針對國際上政府、學術與非政府組織所建立的替代化學品篩選流程或作法進行盤點，並研提國內列管毒性化學物質安全替代之作法與優先清單，有鑑於我國化學局致力推廣綠色化學原則及應用，並期望建立一套毒性化學物質替代篩選流程，本計畫提出具體建議事項如下：

- (一) 明定綠色化學原則實踐永續發展目標為化學局施政方針，建立示範亮點計畫（長程）

整合綠色化學原則與清潔生產技術，推廣至國內產業，建立示範亮點計畫，促進毒性化學物質減量邁向循環經濟；依循 SDGs 12 確保永續的消費與生產模式的指標，包含實現對化學品和所有廢物進行無害環境管理，通過預防，減少，回收利用和資源化，進而適度的提升危害化學品的排放量等。

- (二) 參考本計畫研擬之國內列管毒性化學物質安全替代流程，訂定可進行優先替代化學品之清單（中程）

藉由先進國家對於毒性化學物質管理制度，強化毒化物的監控與進出口，採用 PAS 原則，落實產業符合綠色化學原則於毒化物減量，同時對於國內列管的毒性化學物質進行盤點，明確指出毒性化學物質是否屬於「需要替代」與「可以替代」，參考具公信力之國際組織對於毒化物替代評估結果，確定替代化學品篩選流程之適用性，明定可進行優先替代化學品之清單，將有助於國內化學產業落實毒化物減量。

- (三) 建立綠色化學原則產、官、學、研溝通平臺，辦理產業教育宣導（短程）

透過建立產學界諮詢平臺的建置，明列綠色化學原則推廣

施政方針，政府提供相關資訊，包含管制策略及目的、產業遭遇困難或成功的案例、技術與法規的建議，並建立管理制度；深化產業對綠色化學原則之推廣，辦理相關產業教育宣導，提升國內毒性化學物質管理量能。

目錄

目錄	i
圖目錄	iii
表目錄	v
第一章 前言	1
1.1 研究緣起	1
1.1.1 永續發展目標與更好的商業	1
1.1.2 綠色化學與毒化物管理	3
1.2 計畫目的與工作項目	8
第二章 研究方法	13
第三章 研析國外綠色化學與毒性化學物質政策與管理制度	17
3.1 聯合國針對綠色化學之推動情形	17
3.2 國外推動毒化物管理之相關資訊	23
3.2.1 美國毒化物管理制度	24
3.2.2 加拿大毒化物管理制度	29
3.2.3 歐盟新化學品政策 (REACH)	31
3.2.4 德國毒性化學物質管理	34
3.2.5 日本毒化物管理體系	35
3.2.6 韓國毒化物管理體系	38
3.2.7 中國毒化物管理體系	42
3.3 國際篩選替代化學品或替代做法之流程	52
3.3.1 綠色篩選指標 (GreenScreen)	52
3.3.2 綠色化學專家體系 (Green Chemistry Expert System)	58
3.3.3 環境化設計 (Design for Environment, DfE)	59
第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單	61
4.1 國際綠色化學資訊平臺與安全替代評估體系	61
4.2 提出優先推動綠色化學及安全替代之建議名單	74
4.3 評析推動綠色化學原則於產業面之障礙與挑戰	96
4.4 辦理相關會議以建立多方溝通協調平臺	99
4.4.1 108 年 07 月 11 日專家諮詢會議成果	99
4.4.2 108 年 08 月 22 日臺灣化學產業高峰論壇會議成果	101
4.4.3 108 年 10 月 1 日循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會成果	104
4.4.4 108 年 11 月 27 日產業座談會會議成果	108

第五章 結論與建議	111
5.1 結論	111
5.2 建議	114
參考文獻	117
附錄目次	119
附錄一、啟動會議議程與會議記錄	121
附錄二、期中審查會議紀錄及意見回覆	125
附錄三、期末審查會議紀錄及意見回覆	127
附錄四、第一次專家諮詢會議紀錄	131
附錄五、綠色化學與毒化物管理之產業座談會議紀錄	153
附錄六、產業化學品源頭管理及替代應用之環境教育教材	157

圖目錄

圖一	、	聯合國十七項永續發展目標.....	2
圖二	、	本計畫研究架構流程圖.....	13
圖三	、	全球永續發展概況聯合國十七項永續發展目標與全球四大產業聚落之 60 個商業市場關聯圖.....	19
圖四	、	全球永續發展概況聯合國十七項永續發展目標與綠色化學市場關聯圖	20
圖五	、	綠色化學 12 項原則與 PAS 之關聯性.....	24
圖六	、	美國環保署之毒性物質管理法推動架構.....	25
圖七	、	美國環保署針對毒化物之管制步驟.....	25
圖八	、	美國環保署針對毒化物優先鑑定步驟.....	26
圖九	、	加拿大政府毒性物質管理法架構.....	31
圖十	、	歐盟 REACH 評估體系.....	33
圖十一	、	德國聯邦毒性化學物質管理體系.....	34
圖十二	、	日本環境省之化學物質審查規制法推動架構.....	37
圖十三	、	日本環境省之化學物質審查規制法評估流程.....	37
圖十四	、	日本環境省既有化學品之風險評估流程.....	38
圖十五	、	韓國環境部之有毒化學品管理法推動架構.....	39
圖十六	、	韓國環境部之化學物質註冊與評估法評估流程.....	40
圖十七	、	韓國環境部之化學品控制法管制流程.....	42
圖十八	、	中國進出口危險化學品/危險貨物主管機構框架.....	43
圖十九	、	中國化學品進出口管理-危險化學品.....	44
圖二十	、	化學品進出口管理-特殊類化學品.....	44
圖二十一	、	綠色篩選指標四類標竿值定義.....	53
圖二十二	、	綠色篩選指標 (GreenScreen) 評估流程.....	54
圖二十三	、	綠色篩選之危害性評估.....	55
圖二十四	、	綠色篩選指標總結報告.....	57
圖二十五	、	美國環境化設計之評估步驟.....	60
圖二十六	、	美國國家科學院框架之化學品替代評估方案流程圖.....	67
圖二十七	、	洲際化學品交易所 (Interstate Chemicals Clearinghouse, IC2) 之化學 品替代品評估架構.....	68

圖二十八	、洲際化學品交易所 (IC2) 之化學品替代品同步評估架構.....	69
圖二十九	、洲際化學品交易所 (IC2) 之化學品替代品整合式評估架構.....	69
圖三十	、Biz-NGO (永續化學品推動之非政府組織) 評估架構.....	70
圖三十一	、安大略省有毒物質使用減量計劃架構.....	71
圖三十二	、洛威爾研究中心 (Lowell Center Framework for Sustainable Products) 毒化物評估框架	72
圖三十三	、德國永續化學品之評估準則	73
圖三十四	、化學安全品替代評估原則	74
圖三十五	、建議我國化學安全品替代評估流程圖	80
圖三十六	、108 年 7 月 11 日專家諮詢會照片	100
圖三十七	、108 年 8 月 22 日臺灣化學產業高峰論壇照片	103
圖三十八	、108 年 11 月 27 日產業座談會照片	110

表目錄

表一、	綠色化學 12 原則及定義說明	3
表二、	環保署化學局發展化學物質有效管理之推動策略	5
表三、	計畫工作內容與執行結果對照表	9
表四、	參與計畫人力資料	11
表五、	SDG 12 各項指標內容說明	20
表六、	國家鼓勵的有毒有害原料（產品）替代品目錄	45
表七、	綠色篩選指標 (GreenScreen) 18 項危害性終點評估指標	55
表八、	綠色化學原則相關指標	58
表九、	國際綠色化學資訊平臺	62
表十、	國際毒化物評估工具與方法	65
表十一、	彙整文獻中更安全化學替代品評估標準	75
表十二、	已禁用毒化物與食安疑慮毒化物	76
表十三、	國內綠色替代成功案例	77
表十四、	彙整文獻中針對毒化物替代評估案例說明	81
表十五、	選擇性替代製冷劑的特性	83
表十六、	製冷劑替代化學品之說明	84
表十七、	四氯乙烯之人體健康之危害性	85
表十八、	美國環保署針對 NPEs 之化學評估表	88
表十九、	二氯甲烷之化學評估表	92
表二十、	不同種生物塑膠原料之產品應用、健康影響以及環境影響等評估 結果	93
表二十一、	四溴雙酚 A (TBBPA) 與六溴環十二烷 (HBCD) 的替代品的評估 結果	94
表二十二、	國際上於產業推廣綠色化學原則常見之障礙與挑戰	96
表二十三、	國內於產業推廣綠色化學原則執行障礙與挑戰	97
表二十四、	108 年 7 月 11 日專諮會議程	99
表二十五、	108 年 8 月 22 日臺灣化學產業高峰論壇之重點摘要	101
表二十六、	108 年 8 月 22 日臺灣化學產業高峰論壇菁英會談之建議	102
表二十七、	108 年 10 月 1 日循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會之重點 摘要	104

表二十八	、108 年 10 月 1 日循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會之 建議	106
表二十九	、108 年 10 月 2 日循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會圓桌會 議建議事項	107
表三十	、108 年 11 月 27 日產業座談會議程	109

第一章 前言

本章節說明本計畫研究緣起與目的，透過研析綠色化學理念、原則、永續發展目標以及循環經濟理念等，說明本計畫重要性以及相關開展的工作項目，包含研析各國綠色化學原則與循環經濟相關法規政策與推動方向，並盤點國內各部會目前推動近況，彙整成關聯表，最後整合國內外綠色化學原則與循環經濟相關政策，辦理專諮會與講習課程，研擬適用於國內之政策建議。

1.1 研究緣起

1.1.1 永續發展目標與更好的商業

自 1992 年開聯合國召開地球高峰會 (Agenda 21)，正式建立永續性 (Sustainability) 概念，於 2000 年於聯合國舉行的千禧年大會當中，與會的 189 個國家，共同簽署了「千禧年宣言」 (United Nations Millennium Declaration)，承諾在 2015 年前所要達成的 8 項「千禧年發展目標」 (Millennium Development Goals, MDGs)，緊接著於 2016 年 1 月 1 日各國領導人同意簽署簽署的 2030 年永續發展目標議程 (Agenda 30) 正式啟動，而當中最受矚目的便是聯合國所訂定的 17 項永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs)，係以「促進繁榮同時保護地球」為宗旨（圖一）。

SDGs 內容包含提出瞭解決經濟增長與氣候變化，貧困與不平等現象的挑戰，促進產業永續與改變消費生產模式，推廣綠色化學將有助於實踐永續發展目標。以生命週期與物質流可說明綠建築的永續價值，不僅節約能源與水資源與降低碳排放，且更具備提升教育，創造就業機會、加強社區溝通，改善健康與福祉等效益，透過實踐綠色化學促進永續發展，因為建立對環境友好的化學過程，利用化學技術與方法，減少或排除有害物質的使用與產生，以保護地球環境生態，在人類永續發展旅途上，扮演者重要角色。因此綠色化學透過減毒化物、減廢棄物、減原料的三減手段，達到降低成本、降低能源、降低風險的三低目標，得以朝向

永續發展目標邁進。說明綠色化學的重要性，首在提昇化學的社會形象，重建化學的永續發展形象。



圖一、聯合國十七項永續發展目標

自 20 世紀 80 年代以來，發達國家中產階級的產值逐漸下滑，由於自動化與工業化對於服務和製造業的影響以及全球化所帶來的負面影響。幾個主要經濟大國的實際利率達到歷史新低，甚至是負利率，而總負債仍然極高。經濟預期無法預測地在技術樂觀主義和政治悲觀主義之間徘徊。因此，對於企業來說，依據 SDGs 重新擬定企業經營目標，才能使企業有機會永續經營。依據聯合國商業與永續發展委員會於 2017 年所提到的報告「更好的商業，更好的世界」提到，企業高層可將永續發展作為戰略核心，其對商業的影響將隨著世界實現「全球目標」變得越來越廣泛，可衍生出 60 個最大的熱門市場，到 2030 年，每年可在全球經濟體系中為企業節省和創收高達 12 萬億美元。

1.1.2 綠色化學與毒化物管理

綠色化學 (Green Chemistry, GC) 發展是由 Paul Anastas 與 John C. Warner 於 1998 年制定了「綠色化學 12 原則」(如表一所示)，促使學術與工業科學家實現環境永續發展的目標，主要內容是指利用化學的技術和方法去消滅對人類健康、社區安全、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。從科學研發來看，綠色化學為在生產化學物質時減少或避免危害物質的產生，利用新技術改良傳統製造程式，將原先只要求之生產效率及生產品質改為減少廢棄物的產生，亦即降低生產過程中對地球所造成的負擔，減少甚至不排放對人體及環境造成的危害物質如溫室氣體、水污染物、重金屬等。

表一、綠色化學 12 原則及定義說明

	綠色化學原則	定義說明
1	防止廢棄物(Prevention)	從化學合成或產品生產過程中，避免廢棄物的生成，從源頭防治污染。
2	原子經濟 (Atom Economy)	設計合成方法最佳化，使得製程中所採用的所有原料進入最終產品之中。
3	較少的有害化學合成 (Less Hazardous Chemical Synthesis)	使得所使用與產生的化學物質對人體健康和環境無毒無害。
4	設計更安全的化學品 (Design Safer Chemicals)	設計化學產品具有高效的功能與最低的毒性。
5	更安全的溶劑與助劑 (Safer Solvents and Auxiliaries)	避免使用溶劑、分離試劑等助劑，如不可避免時，也要選用無毒無害的助劑。
6	設計能源效率 (Design for Energy Efficiency)	選擇常溫與常壓下進行化學合成以降低製程的能耗。
7	使用再生原料 (Use of Renewable Feedstocks)	在技術可行和經濟合理的前提下，儘量採用再生資源代替消耗性資源。
8	減少衍生物 (Reduce Derivatives)	避免使用與產生不必要的衍生物。
9	選擇良好的催化劑(Catalysis)	採用高選擇性的催化劑，這比使用化學計量助劑更加優越，並可提升合成反應之轉化效率以降低能耗。

	綠色化學原則	定義說明
10	可降解之設計 (Design for Degradation)	設計化學產品在其功能終結後不會永存於環境中，要能分解成無害的物質。
11	即時分析污染防治 (Real-time Analysis for Pollution Prevention)	於製程中即時線上監控有可能產生的有害物質並儘量避免產生這些有害物質。
12	以更安全的化學品防止意外發生 (Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention)	使用與生產可降低意外事故如洩漏、爆炸、火災等的化學品。

(資料來源：ACS website, <https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry.html>)

由於工業發展對環境造成的嚴重破壞及化石能源的日漸減少，產業的發展也由原先的高效率及高品質轉為「永續發展」的層面，藉此將環境、經濟及能源一同考量，即是在自然環境可承受的前提下進行經濟行為。為了減少對環境的污染外，同時也可持續利用資源和增進人類的生活品質，美國於 1969 年通過了國家環境政策法 (National Environmental Policy Act, NEPA)，以保護環境品質；於 1990 年時，美國環保署制定污染防制法 (Pollution Prevention Act) 以降低來源端污染為最優先解決環境問題的方向，於製造過程中減少及防止廢棄物之產生以取代製造後的廢棄物管制。

針對毒化物管理的部分，以美國與歐盟所建立的管理制度較為完善，從各方面著手製造端的污染減量，於 1976 年開始正式實施毒性物質管理法 (Toxic Substance Control Act, TSCA)，開啟了境內毒性化學物質污染管制，規定化學物質必須經過優先化 (prioritization)、風險評估 (risk evaluation) 及風險管理 (risk management) 等三步驟，以確保既有化學物質安全性，亦保障評估或管理是在實務可行的範圍下進行。1991 年美國環保署污染與毒化物管制部門設立了第一項綠色化學研究項目-替代合成路徑研究；1992 年國家科學委員會 (National Science Foundation's Program) 與美國環保署共同聯手著重於開發對環境友善的製程；1993 年美國環保署正式推出美國綠色化學計畫，補助綠色化學領域的相關研究發展，使得推陳出新之研究將綠色化學帶領至一個新的里程碑。

歐盟於 2007 年實施新化學品政策 (Registration, Evaluation and Authorization and Restriction of Chemicals, REACH) ，鼓勵以較不危險的化學物質取代現有危險化學物質並提供研發安全化學物質的誘因以及整合生態、經濟與社會等方面的發展，達成永續發展的目標。此全面性改革之歐盟化學品管制系統之架構及流程系統，預告了歐盟新化學品政策正式執行的開始，也宣告歐盟境內或是輸歐的廠商，都必須重新開始省思化學品對人類和生態環境的影響，以及企業應擔負的責任。

我國針對化學物質管理係依據「國家化學物質管理政策綱領」，參考聯合國「國際化學品管理策略方針」 (UN Strategic Approach to International Chemicals Management, SAICM) ，整合我國各部會職掌中化學物質掌管法規與政策，並配合國情及本土之環境條件調和後，建構我國化學物質管理五大目標及相關策略，包含：國家治理、降低風險、管理量能、知識建立與跨境管理：

表二、環保署化學局發展化學物質有效管理之推動策略

推動目標	推動策略
國家治理	▪ 制定化學物質管理行動方案 ▪ 完備化學物質管理相關法規 ▪ 建立化學物質管理相關制度，包括管制、賠償與保護機制等 ▪ 成立國家化學物質管理會報，建立跨部會管考機制 ▪ 健全化學物質管理相關財源
降低風險	▪ 訂定化學物質對於勞工作業安全，食品與民生用品健康風險、公共安全之管控措施 ▪ 推動綠色化學，鼓勵業界研發低化學風險製程 ▪ 配合循環經濟，提高化學物質使用效率，強化國家廢棄物處理管理方法，減少化學物質之排放及對民眾健康及環境的化學衝擊 ▪ 建立化學物質風險及危害評估機制與工具，防範與緩解化學物質之危害 ▪ 訂定受化學物質危害及污染事故之通報應變機制與復原補救措施
管理量能	▪ 強化化學物質資訊整合平臺 ▪ 健全化學物質登錄制度，落實化學物質流向與追蹤查核管制 ▪ 建置國家及檢驗單位與檢驗標準，強化檢驗勾稽能力 ▪ 推動國際關注之新興污染物質環境調查
知識建立	▪ 強化企業社會責任，導正媒體與利害相關者對危害化學物質之認

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

推動目標	推動策略
	知 ▪ 強化社區知情權，促進資訊交流與協調合作，建立培訓與基礎設施 ▪ 落實社區與學校之全民教育，建立對化學物質之正確知識 ▪ 提升民間社會與公眾利益，促進非政府組織參與
跨境管理	▪ 配合國際化學物質管理相關公約，執行國際協定 ▪ 訂定防制、偵查及控制有害與高風險化學物質之非法販運措施 ▪ 管理化學物質跨境運輸 ▪ 確保貿易與環境政策之協調 ▪ 積極參與國際性化學物質管理相關組織與會議

（資料來源：環保署化學局網站）

我國針對毒化物管理制度係依據「毒性及關注化學物質管理法」，於民國 108 年 1 月 16 日公布，分別針對毒化物評估、預防及管理，關注化學物質評估、預防及管理，化學物質登錄及申報，事故預防及緊急應變，查核檢驗及財務等項目進行規定，建立國家化學物質管理，另外針對毒性化學物質管理，則分為四類：第一類為難分解物質，在環境中不易分解或因生物蓄積、生物濃縮、生物轉化等作用，致污染環境或危害人體健康者；第二類為慢毒性物質，有致腫瘤、生育能力受損、畸胎、遺傳因子突變或其他慢性疾病等作用者；第三類為急毒性物質，化學物質經暴露，將立即危害人體健康或生物生命者；第四類為，非前三類為有污染環境或危害人體健康之虞者，另外也定義關注化學物質為毒性化學物質以外的化學物質，基於其物質特性或國內外關注之民生消費議題，經中央主管機關認定有污染環境或危害人體健康之虞，並公告者。目前國內列管毒化物截止統計至民國 108 年 03 月共有 340 種，化學局正針對關注化學物質進行研議，以強化毒化物的管理，並試圖透過綠色化學原則與國外先進國家管理經驗，降低毒化物使用並尋找相關安全替代品，為我國化學物質管理之努力方向。

此外，環保署化學局為了從源頭管理國內毒物及化學物質，建構永續安全的化學環境，同時兼顧食安五環的源頭管制（特別針對農藥與原物料），應納入有食安疑慮的化學品，因此將原「毒性化學物質管理法」修正為「毒性及關注化學

物質管理法」，將現有受管制 340 種毒化物與關注化學物質納入查核與檢驗對象，關注化學物質之特性包含食品添加物、藥品、化妝品、毒品管制藥物、食安疑慮物質、毒品前驅物、危害性化學品、爆炸性物質、環境用藥、農藥、肥料與飼料、動物性用藥等，將關注化學物質作為專章規定，依據公告行為進行紀錄申報（包含運送、販賣或使用），並配合全球化學品調和制度建立標章規範，最後推動相關業者針對關注化學物質，建立應變計畫、組織管理與預警制度等。

1.2 計畫目的與工作項目

為了實踐綠色化學原則應用於化學產業推廣，同時建構綠色化學與毒化物管理知識，本計畫參酌聯合永續發展目標與綠色化學原則，蒐集國外最新綠色化學與毒化物管理相關資訊，比較分析國內及國內應用於化學產業現況，透過綠色化學原則評析應用於國內化學產業管理與建置評量指標之可行性，促進國內綠色化學環境教育與毒化物管理的量能，本案工作目標如下，相關計畫工作內容與執行結果對照表請參考表三。

1. 蒐集國內外產業應用綠色化學原則管理毒化物之作法
2. 盤點國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單
3. 提出 10 項毒化物在產業推動綠色化學之替代化學品或作法之範例並完成推廣教材

表三、計畫工作內容與執行結果對照表

契約書之預定進度累積百分比（%）	100	實際執行進度（%）	100	
工作內容項目	實際執行情形	差異分析（打√）		
		符合	落後	超前
1. 蒐集國內外產業應用綠色化學原則管理毒化物之作法。	• 已彙整聯合國永續發展目標、國內外綠色化學原則等發展趨勢。 • 已彙整各國毒化物管理制度推動方向，包含美國、加拿大、歐盟、德國、日本、韓國及中國等，並整合相關法令規範、政策方針等資訊。	√		
2.盤點國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單。	• 已彙整國際上針對毒性化學品安全替代評估方法等資訊。 • 提出國內毒性化學物質安全替代之準則與清單。	√		
3.提出 10 項毒化物在產業推動綠色化學之替代化學品或作法之範例並完成推廣教材。	• 已提出五項文獻中毒化物替代評估案例以及五項毒化物在產業之替代化學品作法案例。	√		
4.期中報告	期中報告（初稿）於八月底之前繳交。	√		
5.期末報告	期末報告（初稿）於十一月底之前繳交	√		

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

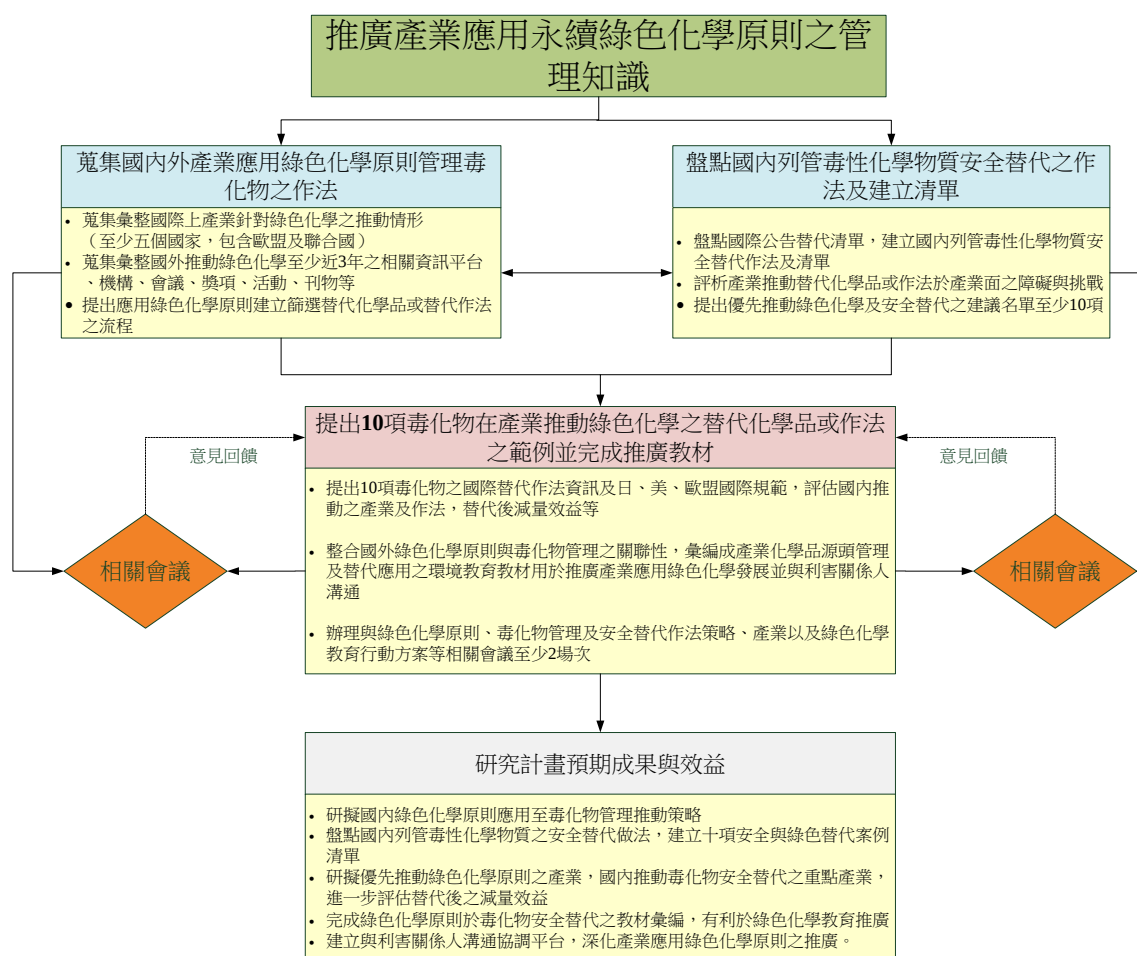
查核點	實際完成時間	查核點內容說明
蒐集國內外產業應用綠色化學原則管理毒化物之作法	108 年 7 月	彙整歐盟、加拿大、韓國、美國、日本等不同國家綠色化學及毒化物相關之政策與管理制度資料，並進行分析比較說明。
盤點國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單	108 年 9 月	以國內 340 種受管制毒化物為範圍，針對國內外相關安全替代品之案例、做法與替代可行性評估等等，同時，說明其替代作法是否符合綠色化學原則。
提出 10 項毒化物在產業推動綠色化學之替代化學品或作法之範例並完成推廣教材	108 年 10 月	彙整國內外綠色化學毒化物管理推廣化學產業發展策略，評析國內可執行之推動策略與發展藍圖。
辦理第一場綠色化學與毒化物替代相關會議	108 年 7 月	於 7 月 11 日辦理或參與國內外綠色化學與毒化物管理相關產學界會議，並彙整與蒐研相關資訊。
辦理第二場綠色化學與毒化物替代相關會議	108 年 11 月	於 11 月 27 日辦理綠色化學與毒化物管理產業座談會，並彙整與蒐研相關資訊。
期中報告繳交	108 年 8 月	完成契約書工作內容項目。
期末報告繳交	108 年 11 月	完成契約書工作內容項目。

表四、參與計畫人力資料

參與計畫 人員姓名	工作要項 或撰稿章節	現職與 簡要學經歷	參與時 間 (人月)	專長
蔣本基	進度掌控；召開會議	臺灣大學環境工程學研究所特聘教授	6	綠色科技與技術、環境工程、碳捕獲技術
潘述元	協助進度掌控；召開會議；工作規劃；擔任講習課程講師	臺灣大學生物環境系統工程學系副教授	6	農業與環境、循環農業、電化學技術、廢棄物資源化
王根樹	協助進度掌控；召開會議；工作規劃	臺灣大學公共衛生學系教授	6	飲用水水質安全
陳則綸	協助庶務作業；會議辦理；資料整理及報告撰稿	臺灣大學環境工程學研究所博士生、兼任助理	6	環境工程、溫室氣體減量、碳捕獲技術
洪振耀	協助庶務作業及資料整理	臺灣大學環境工程學研究所碩士生	6	環境工程
林晏瑄	協助庶務作業及資料整理	臺灣大學環境工程學研究所碩士生	6	環境工程

第二章 研究方法

本計畫從聯合國永續發展目標、綠色化學原則以及毒化物管理制度對於發展產業化學源頭管理之策略研析，盤點國內毒性化學物質應用綠色化學原則及安全替代精神產出建議替代清單及作法，改善毒化物管理，邁向綠色化學管理之可行政策建議，以提升我國永續發展與綠色化學原則之推廣力度，相關工作項目如下列說明。本計畫之研究流程詳如圖二所示。



圖二、本計畫研究架構流程圖

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

本目標之工作內容研究步驟包括：

1. 蒐集國內外產業應用綠色化學原則管理毒化物之作法

- (1) 蒐集彙整國際上產業針對綠色化學之推動情形（至少五個國家，包含歐盟及聯合國）。
- (2) 蒐集彙整國內外推動綠色化學至少近 3 年之相關資訊平臺、機構、會議、獎項、活動、刊物等。
- (3) 提出應用綠色化學原則建立篩選替代化學品或替代作法之流程。

2. 盤點國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

- (1) 盤點國際公告替代清單，建立國內列管毒性化學物質安全替代作法及清單。
- (2) 評析產業推動替代化學品或作法於產業面之障礙與挑戰。
- (3) 提出優先推動綠色化學及安全替代之建議名單至少 10 項。

3. 提出 10 項毒化物在產業推動綠色化學之替代化學品或作法之範例並完成推廣教材

- (1) 提出 10 項毒化物之國際替代作法資訊及日、美、歐盟國際規範，評估國內推動之產業及作法，替代後減量效益等。
- (2) 整合國外綠色化學原則與毒化物管理之關聯性，彙編成產業化學品源頭管理及替代應用之環境教育教材（教材至少 30 頁，並依照內容設計及美編），教材經專家及本局審查同意後，以彩色印刷印製 50 本。可用於後續推廣產業應用綠色化學發展並與利害關係人溝通。
- (3) 依上述教材，辦理與綠色化學原則、毒化物管理及安全替代作法策略、產業以及綠色化學教育行動方案等相關會議至少 2 場次（議程及專家

名單應於會議召開前 1 個月與化學局討論定案），2 場次共邀請 6 位專家，兩場參與人數總計達 50 人。

第三章 研析國外綠色化學與毒性化學物質政策與管理制度

本章節主要透過彙整目前聯合國之綠色化學原則推動情形，以符合永續發展目標宗旨。國外毒化物管裡之相關諮詢彙整，包含美國、加拿大、歐盟、德國、日本、韓國與中國，說明各國針對毒性化學物質管理體系、法規以及執行作法。同時蒐研國際上針對毒性化學物質替代品或做法之篩選原則及流程，包含綠色篩選指標、綠色化學專家體系以及環境化設計等等，相關資訊可做為我國未來推動毒性化學物質替代評估作法之參考依據。

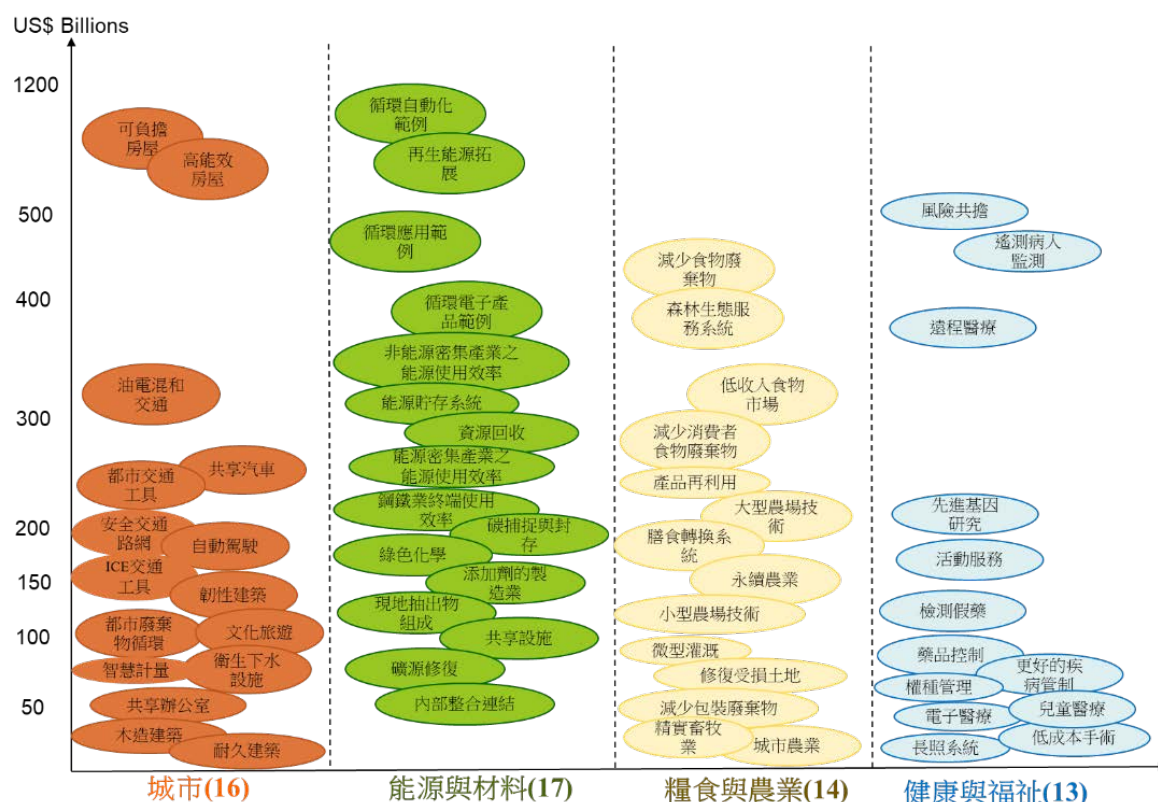
3.1 聯合國針對綠色化學之推動情形

企業將永續發展作為一項核心戰略，其對商業的影響將隨著世界實現全球目標變得越來越廣泛，其中「17 項永續發展目標」可激發 60 項最大的商業市場，到 2030 年，每年可在全球四大類型經濟體系（包含：食物與農業、城市、能源與材料、健康與福祉等）中為企業節省和創收高達 12 萬億美元（如圖四所示）。為了達成此目標，「聯合國永續發展目標：更好的商業、更好的世界」報告中提到推動產業永續發展將會遇到行政，法規，技術，財務和公眾方面五大障礙，因此，該報告也針對其中有關技術和、財務方面的建議，發展綠色化學科技，推廣潛在商業市場是商業實踐永續發展目標的關鍵策略，具體措施如下：

1. 永續農業中的綠色技術：研發高利用率無污染的生態肥料和高效低毒性之農藥，以及農副產品高附加價值的綠色轉化技術，促進農業綠色產業化。
2. 生態城市中的綠色技術：推廣耐用與區塊化建築結構，開發無毒害建築塗料，創造潔淨室內環境；城市車輛降噪降汙，建構生態城市。
3. 綠色化學品中的合成技術：研發高選擇性，高原子經濟性的綠色合成技術，使用高效的催化技術，選擇無毒無害試劑及溶液，製備精細綠色化學品，實踐綠色化學。
4. 再生能源中的潔淨技術：探索開發可再生能源，應用能源效率技術，發展

低碳產業及碳捕捉存儲技術，發展淨煤技術，減少環境污染，發展綠色能源產業。

5. 另一方面，從財務面角度，必須從高層進行領導，激勵企業的每個人都專注於永續發展目標，推進永續發展的五大行動如下：
6. 將「全球目標」納入公司戰略：著力於永續發展解決方案的戰略規劃和創新，推廣可激勵消費者選擇永續發展事業的產品和服務。
7. 推動行業轉向永續發展市場：將行業轉變為支持全球目標的永續發展方向，創造更多的商業機會。
8. 支付自然和人力資源的真實成本：與監管機構，企業和民眾公開合作，制定財政和監管政策，創造公平競爭環境。
9. 推動長期永續投資的金融體系：加強資本流入永續投資：公開透明的永續發展績效表；廣泛有效地利用融資工具。
10. 重新構建社會契約：通過與政府、消費者、和民間團體合作來實現負責任的開放政策主張，重新獲得社會的信任和確保其經營許可。

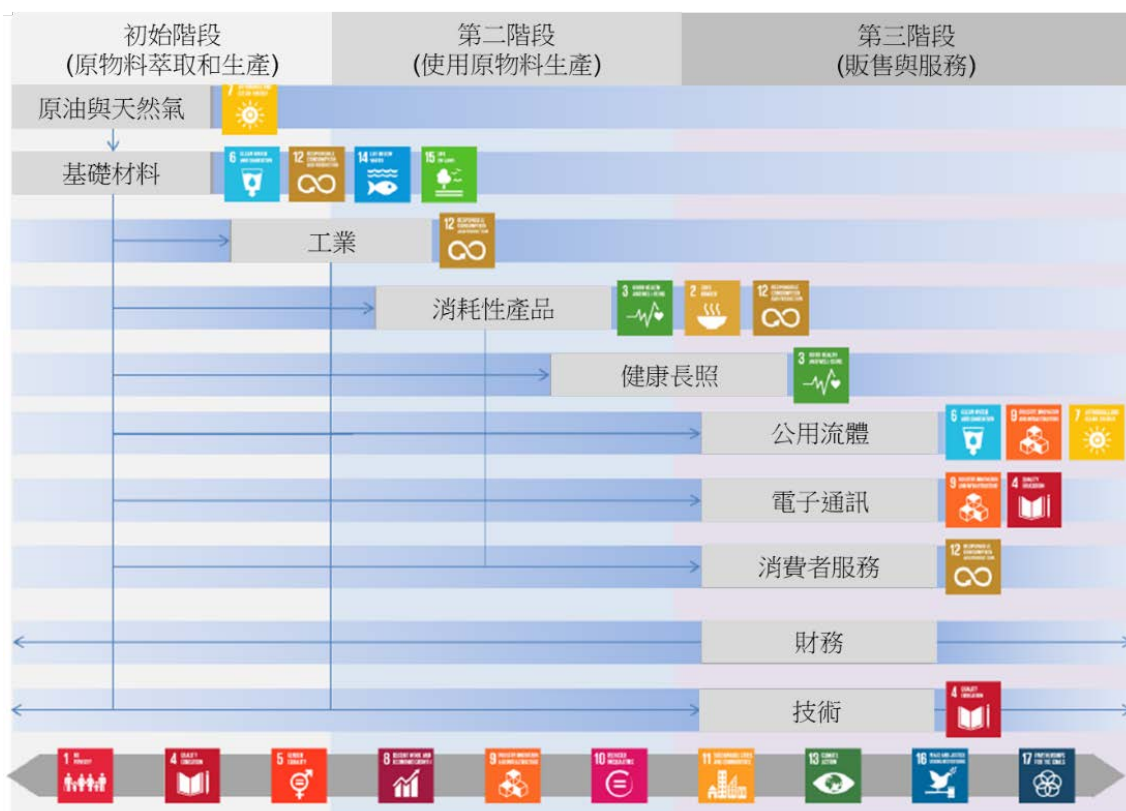


圖三、全球永續發展概況聯合國十七項永續發展目標與全球四大產業聚落之 60 個

商業市場關聯圖

(資料來源：Better Business Better World, BSDC, 2017)

SDGs 內容包含提出瞭解決經濟增長與氣候變化，貧困與不平等現象的挑戰，促進產業永續與改變消費生產模式，推廣綠色化學將有助於實踐永續發展目標。以生命週期與物質流可說明綠色化學的永續價值，不僅節約能源與水資源與降低碳排放，且更具備提升教育，創造就業機會、加強社區溝通，改善健康與福祉等效益，透過實踐綠色化學促進永續發展，因為建立對環境友好的化學過程，利用化學技術與方法，減少或排除有害物質的使用與產生，以保護地球環境生態，在人類永續發展旅途上，扮演者重要角色。因此綠色化學透過減毒化物、減廢棄物、減原料的三減手段，達到降低成本、降低能源、降低風險的三低目標，得以朝向永續發展目標邁進（如圖四所示）。



圖四、全球永續發展概況聯合國十七項永續發展目標與綠色化學市場關聯圖

（資料來源：Better Business Better World, BSDC, 2017，本計畫自行翻譯彙整）

其中針對化學品管理與毒性化學物質的管控，以 SDG 12 確保永續的消費與生產模式 (Sustainable Consumption and Production, SCP) 最為相關，SCP 旨於使用資源較少的資源，以多元化的方式進行生產與消費，從實體產品轉向全面性的服務、節能、共享等概念，使人類生活之生產消費行為達到永續；SDG 12 內容中所建立的許多指標皆與化學品管理有直接相關，表五說明 SDG 12 各項指標：

表五、SDG 12 各項指標內容說明

指標	指標內容
12.1	實施永續消費與生產十年計畫架構(10-year framework of programs, 10YEP)，所有的國家動起來，由已開發國家擔任帶頭角色，考量開發中國家的發展與能力
12.2	在西元 2030 年以前，實現自然資源的永續管理以及有 效率的使用。
12.3	在西元 2030 年以前，將零售與消費者階層上的全球糧 食浪費減少一半，並減少生產與供應鏈上的糧食損失， 包括採收後的損失。
12.4	在西元 2020 年以前，依據議定的國際架構，在化學藥品與廢棄物的生

第三章 研析國外綠色化學與毒性物質政策與管理制度

指標	指標內容
	命週期中，以符合環保的方式妥善管理 化學藥品與廢棄物，大幅減少他們釋放到空氣、水與土 壤中，以減少他們對人類健康與環境的不利影響。
12.5	在西元 2030 年以前，透過預防、減量、回收與再使用 大幅減少廢棄物的產生。
12.6	鼓勵企業採取可永續發展的工商作法，尤其是大規模與 跨國公司，並將永續性資訊納入他們的報告週期中。
12.7	依據國家政策與優先要務，促進可永續發展的公共採購 流程。
12.8	在西元 2030 年以前，確保每個地方的人都有永續發展 的有關資訊與意識，以及跟大自然和諧共處的生活方式。
12.a	協助開發中國家強健它們的科學與科技能力，朝向更能永續發展的耗用與生產模式。
12.b	制定及實施政策，以監測永續發展對創造就業，促進地 方文化與產品的永續觀光的影响。
12.c	依據國情消除市場扭曲，改革鼓勵浪費的無效率石化燃 料補助，作法包括改變課稅架構，逐步廢除這些有害的 補助，以反映他們對環境的影響，全盤思考開發中國家 的需求與狀況，以可以保護貧窮與受影響社區的方式減 少它們對發展的可能影響。

（資料來源：United Nation Sustainable Development Goals, 2016，本計畫自行翻譯彙整）

指標 12.1 所提及的 10YFP 之目標是提高資源運用效率，主要是通過共享知識、能力與建設，減少負面影響，以符合更永續的生產與產品之系統性方法；指標 12.2 旨在「實現永續物料管理與自然資源的有效利用」，減緩人類社會對自然系統的影響，該目標以國內生產總值衡量整體國家的自然資源總體消耗，運用每個國家提取和使用的資源量，建立物質足跡，用以衡量一個國家的最終商品消費所需要的資源量、服務，貿易的影響；指標 12.3、12.4 與 12.5 都與防止資源浪費有關，試圖減少消費和生產系統的負面環境影響，提高其效率。其中指標 12.4 提及，於 2020 年前實現對化學品和所有廢物進行無害環境管理。對於化學品而言，政府與利益關係者須依照 SAICM 的內容進行化學品管理，然而，目前針對該指標並未明確定義何謂「無害化環境管理」應用於化學品管制，目前僅針對各國進出口之危害化學品的，數量來衡量進展情況，尚未建立追蹤與監測跨國的危害化學品處理

的指標，此為各國未來必須努力的目標；指標 12.5 為通過預防，減少，回收利用和資源化，進而適度的提升危害化學品的排放量；指標 12.6 旨在鼓勵公司，尤其是大型跨國公司，採用永續發展的實踐，並將永續發展信息納入其報告週期，這部分呼應了更好的商業、更好的世界的宗旨，化學產業應該永續發展納入其公司控管的指標內容，落實化學品的精實控管；其他指標則是與化學品管理的關聯性不高，主要針對開發中國家的衡量指標；由上述說明可瞭解到 SDG 12 的內容與綠色化學原則息息相關，特別是在指標 12.3、12.4 與 12.5 對於毒性化學物質的生產消費做出了概念上的詮釋，建議我國政府可參考相關內容，納入我國毒性化學物質控管之框架中。

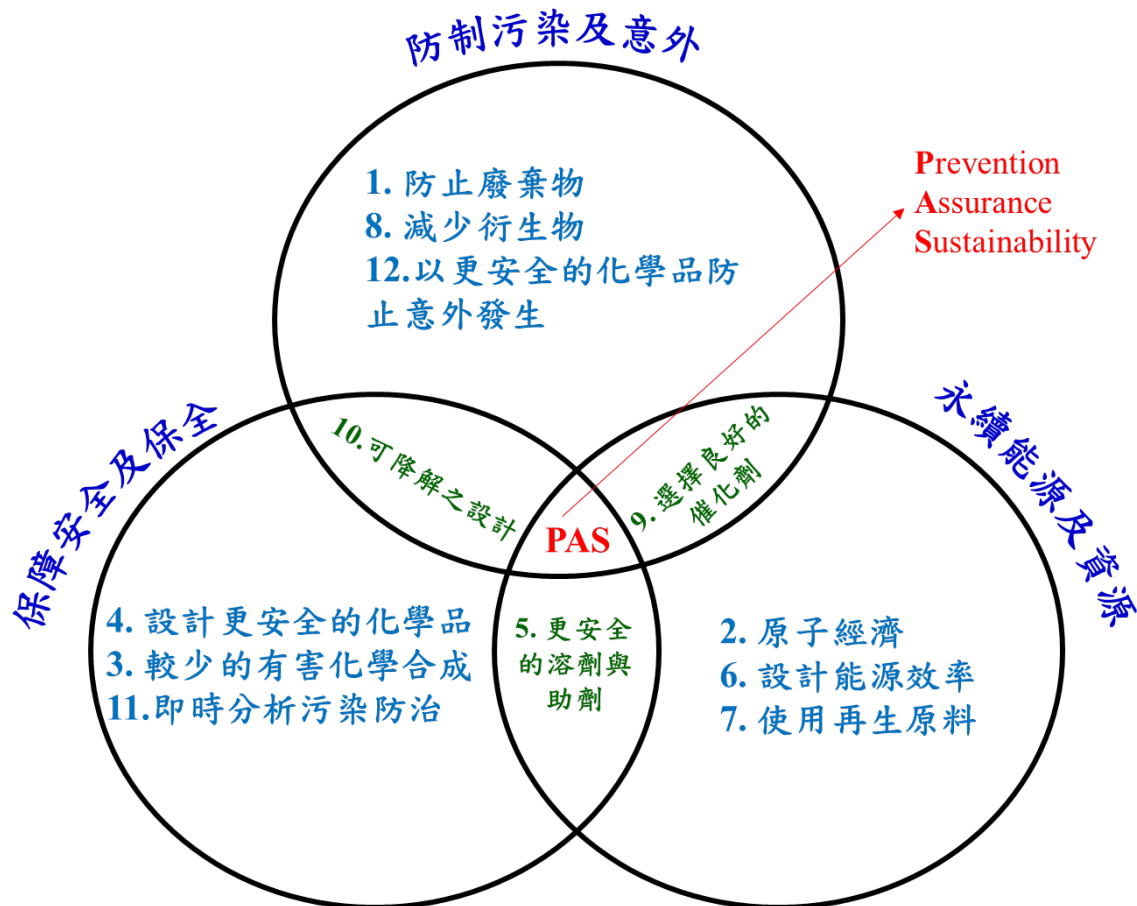
3.2 國外推動毒化物管理之相關資訊

本工作項目主要彙整各國毒性化學物質管理之政策推動方向，包含美國、加拿大、歐盟、德國、日本、韓國及中國等，並整合相關法令規範、政策方針等資訊，以供我國未來精進毒性化學物質管理之參考依據。

由於綠色化學旨在於生命週期中減少或消除有害物質的使用與生成的化學產品，包含設計，製造與使用壽命。基於常規化學和工程基礎上，發展永續化學產品與技術，以符合 12 項基本原則。遵守這些原則可以防止污染和浪費，從而以更低的危險性與更有效的方式合成化學品，促進可再生原料的使用，並發展更安全的化學品的設計，前述原則皆與毒性化學物質管理息息相關，因此，綠色化學是解決企業與個人對更安全之化學品替代的解決方案。前期研究擬針對綠色化學 12 項原則進行分類，發展防制 (Prevention) — 保障 (Assurance) — 永續 (Sustainability) 三面項策略，稱為 P-A-S 策略。

1. 防制污染及意外 (Pollution and Accident Prevention)
2. 保障安全及保全 (Safety and Security Assurance)
3. 永續能源及資源 (Energy and Resource Sustainability)

一般而言，PAS 概念由三個圓形結構而成，圖五表明 12 項綠色化學原則之間於 PAS 之間的關聯性，其中 PAS 互相有交集的是 5、9 和 10，意味著這三項原則涉及至少兩種領域，儘管每項原則都不會位於 PAS 概念的特定位置，但通過整合綠色化學和其他基本要素以及循環經濟與永續發展等問題，並試圖整合此概念於毒化物管理。

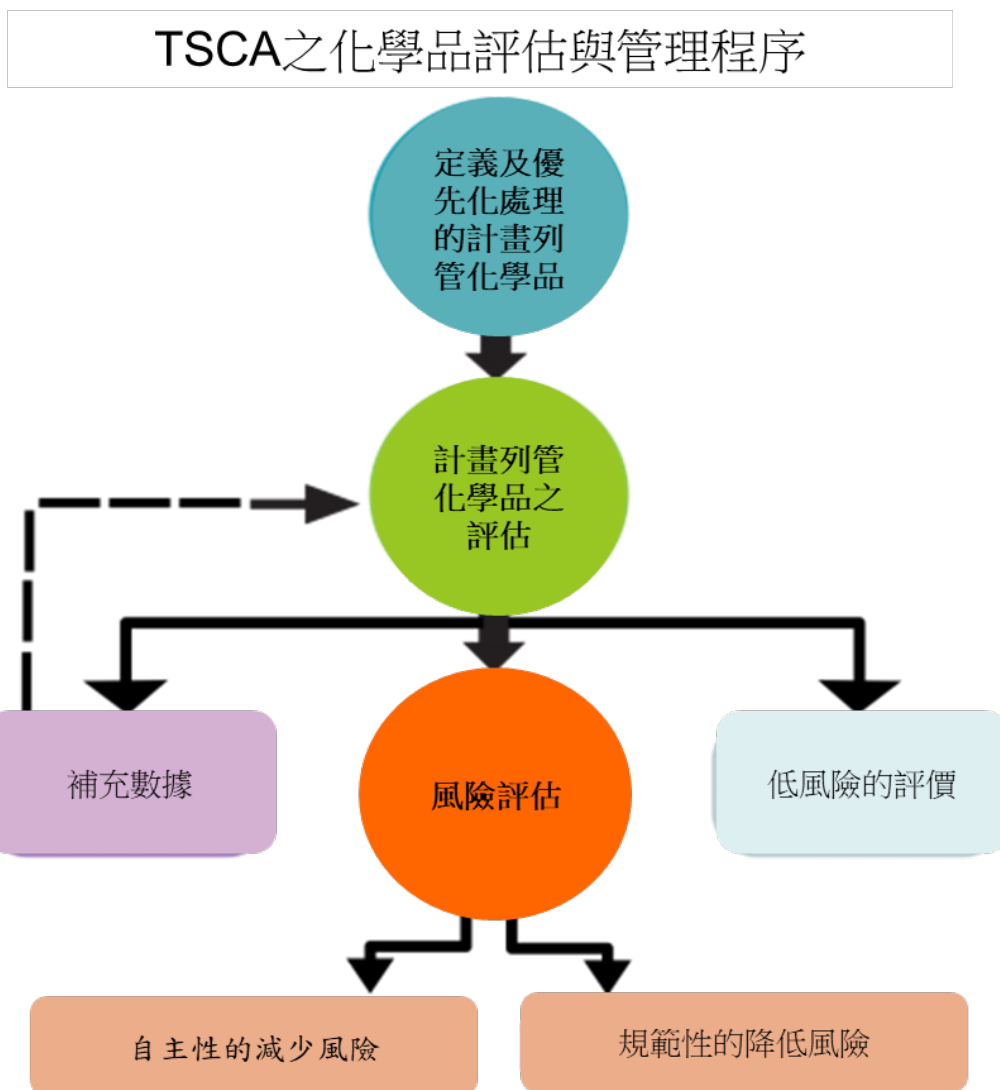


圖五、綠色化學 12 項原則與 PAS 之關聯性

(資料來源：永續綠色化學與循環經濟之政策研析，2018)

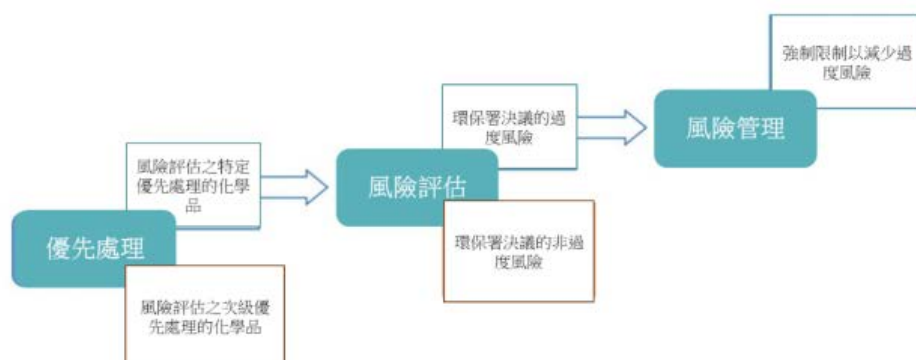
3.2.1 美國毒化物管理制度

美國於 1970 年成立環保署，並於 1976 年開始正式實施毒性物質管理法 (Toxic Substance Control Act, TSCA) (圖六)，開啟了境內毒性化學物質污染管制，TSCA 規定化學物質必須經過優先化 (prioritization)、風險評估 (risk evaluation) 及風險管理 (risk management) 等三步驟，以確保既有化學物質安全性，透過篩選化學物質的標準完善化學藥品管理制度 (例如：危害性、暴露性、持久性、生物蓄積性、毒性、致癌性)：



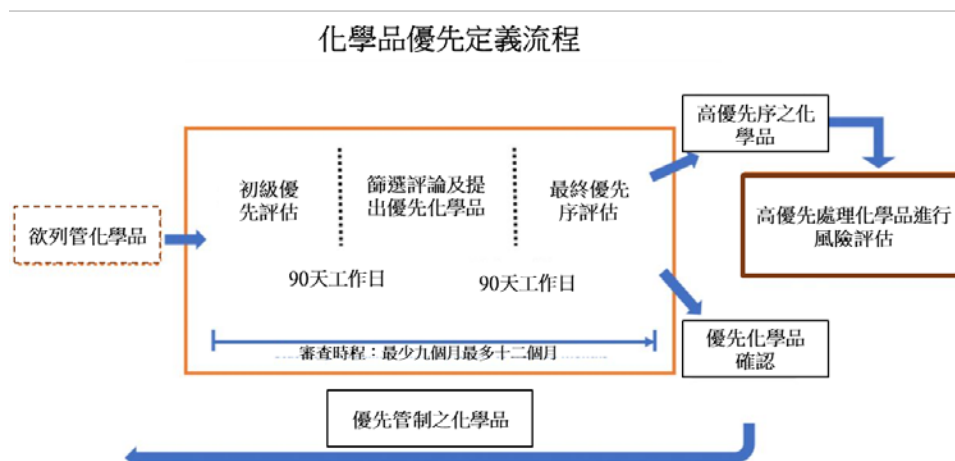
圖六、美國環保署之毒性物質管理法推動架構

(資料來源：TSCA (Toxic Substances Control Act))



圖七、美國環保署針對毒化物之管制步驟

(資料來源：TSCA (Toxic Substances Control Act))



圖八、美國環保署針對毒化物優先鑑定步驟

(資料來源：TSCA (Toxic Substances Control Act))

圖七說明美國環保署針對毒化物之管制步驟（優先管制、風險評估、風險管理），圖八則說明美國環保署針對毒化物優先鑑定步驟；美國環保署首先將現有化學品中鎖定可能為潛在毒化物的候選化學品，接著透過評估現有 TSCA 相關規範，確定近期識別潛在化學品的方法優先排序。為了找出優先潛在毒化物，根據 TSCA 規定標準篩選化學品，檢討有關的合理可用資料，其篩選規定包含：

1. 化學物質的危害和暴露可能性
2. 持久性和生物積累
3. 可能暴露或易感染性
4. 儲存地點是否為在重要的飲用水源附近
5. 使用條件或使用條件的重大變化
6. 化學物質可反應性
7. 製造或加工過程可靠性

自從美國環保署開始推動 TSCA 之後，各州開始通過有關管制產品內化學物質之法律，管制對象及方法因不同州而相異。例如有些州政府僅針對兒童用品進行管制，有些則全面性的管制所有商品，於策略方面則皆需要回報商品的化學成

分，但有些州需要再檢附「替代化學物質評估書」(Alternative Assessment, AA) 加州是最早通過綠色化學相關法律的州，其於 2008 年通過的兩項加州綠色化學研究所 California Green Chemistry Initiative (CGCI)– AB 1879 有害材料與毒性化學物質評估及法規 (Hazardous Materials and Toxic Substances Evaluation and Regulation) 及 SB 509 毒性資訊訊息中心 (Toxic Information Clearinghouse)，此兩項倡議 (initiative) 要求所有商品含有的化學物質皆須回報給毒性化學物質控制部門 (Department of Toxic Substances Control, DTSC)，DTSC 會辨認此些化學物質中必須優先考量安全性的化學物質，並請廠商進行替代化學物質評估，瞭解是否有可替代原化學物質的替代化學成分，最後由 DTSC 回覆廠商，使廠商瞭解 DTSC 將會對廠商的此項化學物質進行管制的措施（禁止或限制）。華盛頓州的孩童安全產品法 (Children's Safe Products Act) 則是針對 12 歲以下孩童用品，並與生態部門 (Department of Ecology) 合作要求廠商提供產品的化學物質資料，至於廠商是否要進行替代化學物質評估則沒有強制規定，而此法案不會強制要求廠商進行化學物質的減量或使用替代物質。

上述所提不同州之法律雖管理方式及產品對象皆不同，然而，相同的是，都需要呈報商品中所含的化學物質，此雖無法強制廠商減少使用或使用替代性化學物質，但廠商為了保護公司商譽，於商品的化學物質公佈之後，多針對化學成分進行調整，使得法案推動亦達到管理工業化學物質的目的。為解決每年幾百萬噸的污染並降低龐大的污染處理費，使政府、工業界及民眾意識由過去主要以污染控制或管末處理來管理污染物質，改以管理商品源頭的原物料、設計、製造，來改善廢棄物或污染物的排放量，使商品和商品副產物於回收或最終處置時，能減少有害物質的釋放，目前主要執行策略如下：

1. 美國環保署需發展、執行資源使用減量策略，例如：建立資源減量的量測標準、建立年度獎勵制度，以給予對於資源使用減量有創新或卓越方法的公司獎勵。

2. 以配套補助 (matching grants) 來補助州政府提倡州內企業資源減量使用之技術，而州政府須幫助、提供需要或被認為需要進行資源減量使用的公司資訊及協助，同時也提供教育訓練課程或其他合適的方法協助企業。
3. 建立物質減量使用交流中心 (Source Reduction Clearinghouse)，以匯集相關管理、技術及操作方法的數據及資料，以利技術轉移、教育並採用新技術，並於網路上開放公眾樓瀏覽。於每年的毒性化學物質釋放表單中，公司的擁有人或執行人須填寫物質的減量使用及回收的相關資料，其包含了物質於某設施中的回收量、與前年相較之下的回收增長率、回收方法等，並將所有資訊公開給公眾瀏覽。

3.2.2 加拿大毒化物管理制度

加拿大於 1999 年頒布環境保護法案 (Canadian Environmental Protection Act, CEPA 1999)，是對於污染預防和人體健康環境保護最重要的法案。主張「預防策略」是對於減輕有毒物質的基石，CEPA1999 補足了許多連聯邦法律缺陷之處，包含：

1. 建立情蒐單位；授權環境和人體安全研究活動；商業產品中評估風險的方法；廣泛的物質管理方法，污染和廢棄物以及要求有害物質的釋放不可以被任何定量方法偵測到，此法案和該監督部門需要每五年重新審視來持續改進。
2. 有害產品法案:建立化學物的分類標準和有害認知及當局的管理或是禁止標準其中包含工作環境中對使用者會造成危害的管理或禁用。
3. 殺蟲劑產品法案:管制可用的產品用以確保環境安全 and 人體健康
4. 有害物質運輸法案:提升運輸有害物質的公共安全
5. 漁業法案:禁止投契有害物質到漁業密集水體
6. 加拿大勞工守則:規範職業安全衛生的相關議題

2006 年正式修訂 CEPA1999，發展化學物管理計畫，將各個聯邦政策統整為整合式策略，化學物管理計畫是以科學的方法來達成健康和環境保護，包含：

1. 設立較受關注化學物的政府強制監督和優先權的時間序。
2. 統合跨聯邦部門化學物管理活動並選擇最適合聯邦政府介入的層級。
3. 加強研究監控和韌性。
4. 增加企業的監督和責任。
5. 整合國際的化學物評估和管理法。
6. 宣導化學物的潛在風險。

加拿大的國內物質清單 (Domestic Substance List) 建立從 1980 中期到現今的物質分辨方法，第一步就是利用科學的方法評估所有商業可取得的化學物質

CEPA1999 規定約兩萬三千種現存物質如果他有潛在風險就必須受檢驗，而且必須依照下列原則選出影響較大的物質：

1. 內部毒性（原本就對人體和環境是有毒的）。
2. 持久性（需要長時間降解）。
3. 生物累積性（會隨著食物鏈累積在有機體上）。
4. 有高暴露機率的物質

根據 CEPA，環境與氣候變化部長和衛生部長都負責制定一份必須及時評估的物質清單，以確定它們是「有毒」還是能夠變得「有毒」。該列表稱為優先物質清單(Priority Substances List, PSL)。CEPA 要求 PSL 上的物質在加入清單後 5 年內進行評估。加拿大環境部與衛生部有法律義務確定這些 PSL 物質是否具有法案第 64 節規定的毒性。「有毒」的定義是物質對環境或人類健康造成的風險，通過該法案第 90 (1) 條，物質也可以添加到 CEPA 附表 1 中的有毒物質清單中，而沒有經過優先物質清單評估，篩選評估或審查另一個管轄區的決定，如果，總督會同行政局向環境與健康部長提出建議，認為某種物質是有毒的。如果一種物質通過系統的，基於風險的評估滿足「CEPA-毒性」的定義，則該物質是「CEPA 毒性當量」。此類評估可包括根據其他聯邦法規作出的決定，或可包含由省或地區，國際組織或其他適當科學機構完成或適用的評估的適當要素。

另一方面，加拿大政府也頒佈了毒性物質管理法 (Toxic Substances Management Policy)，致力於從環境中徹底消除由此產生的有毒物質，主要包含具有持久性和生物累積性 (Track 1 物質)，以及從生命週期角度管理其他有毒物質和有關物質，以防止其釋放到環境中 (Track 2 物質)，整體管理架構如圖九所示：



圖九、加拿大政府毒性物質管理法架構

（資料來源：Canadian Environmental Protection Act，本計畫自行翻譯彙整）

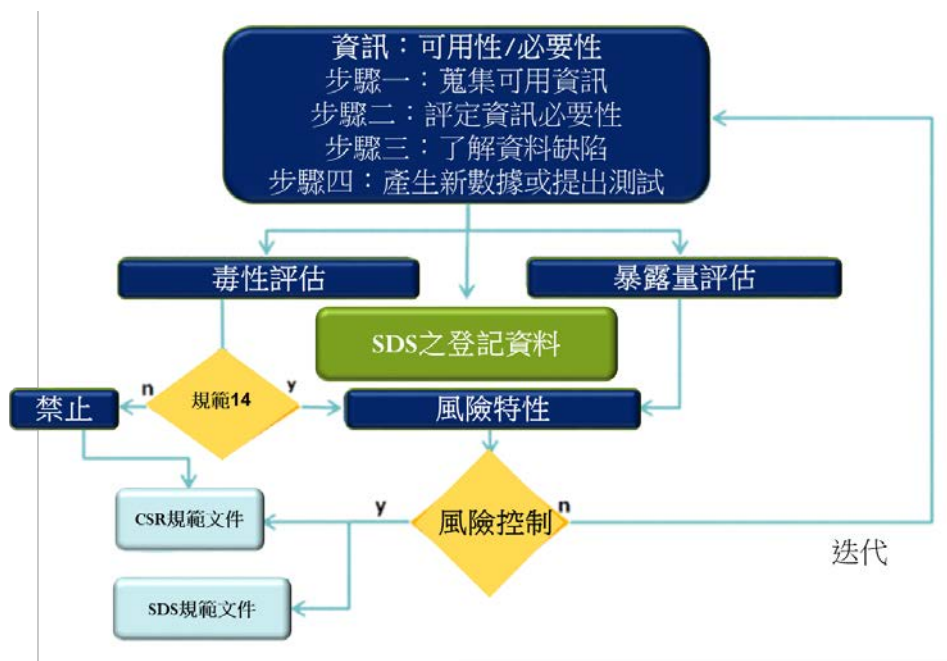
有於鑑定 Track 1 物質之毒性包含持久性和生物累積性標準，包括生物技術製造過程所產生的副產物，但不含蓋動植物本身所產生的化學物質，Track 1 物質將透過環境監測以確保毒性化學物質的實質管理；風險評估和風險管理方法將用於確定 Track 2 物質和管理方案，風險評估會因環境中化學物質的暴露量而產生的不利影響的程度和可能性，風險管理是選擇和實施評估風險管理行動的過程，同時考慮到廣泛的法律，經濟和社會因素，以實踐毒化物管制目標。

3.2.3 歐盟新化學品政策 (REACH)

歐盟於 2007 年實施新化學品政策，化學品註冊、評估、許可和限制 (Registration, Evaluation and Authorization and Restriction of Chemicals, REACH)，鼓勵以較不危險的化學物質取代現有危險化學物質並提供研發安全化學物質的誘

因以及整合生態、經濟與社會等方面的發展，達成永續發展的目標。此全面性改革之歐盟化學品管制系統之架構及流程系統，預告了歐盟新化學品政策正式執行的開始，也宣告歐盟境內或是輸歐的廠商，都必須重新開始省思化學品對人類和生態環境的影響，以及企業應擔負的責任。如圖十所示，REACH 法規則包含以下要點：

1. 登記流程 (Registration Process)：登記為歐盟新化學品政策之基礎，製造商或進口商須提供化學物質之相關資料至歐洲化學品主管機關 (European Chemicals Agency) 登記，以便能有效管理化學物質。歐洲化學品主管機關須於登記後 3 週內完成資料完整性之檢視，如果主管機關未要求製造商或進口商提供更進一步的資料，製造商或進口商可於登記 3 週後開始生產或進口化學物質；如果製造商或進口商未能於期限內提供完整之資料，化學物質將不能被製造或進口。登記標準/免除登記標準：產量超過 1 公噸之既有化學物質 (Existing Substances) 和新化學物質 (New Substances)，製造商或進口商須提供必要之註冊檔及測試資料向歐洲化學品主管機關登記；其中產量超過 10 公噸的物質另須提供化學品安全報告 (Chemical Safety Report, CSR)。
2. 登記時限：當規章正式實施後，產量大之化學物質及 CMR 化學物質 (Carcinogenic, Mutagenic, toxic for Reproduction substances, CMR) 優先登記，相關之時限包含產量超過 1,000 公噸之既有化學物質及 CMR 化學物質：須於規章正式實施後 3 年內完成登記；產量介於 100 - 1,000 公噸之既有化學物質：須於規章正式實施後 6 年內完成登記；產量介於 1 - 100 公噸之既有化學物質：須於規章正式實施後 11 年內完成登記以及新化學物質須於規章正式實施後 60 日內完成登記。

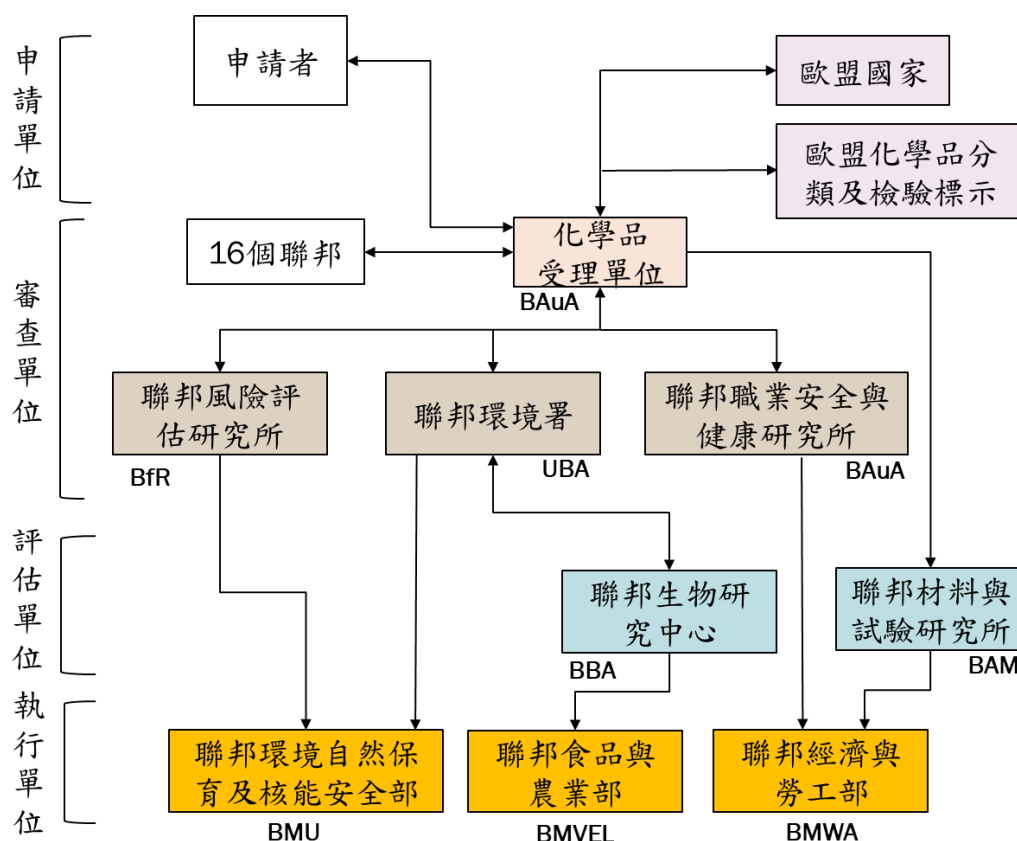


圖十、歐盟 REACH 評估體系

（資料來源：REACH，http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_en.htm）

3.2.4 德國毒性化學物質管理

德國化學品管理架構如圖十一所示，德國毒性化學物質之立法是根據環境保護觀念，包括管制使用有害性環境化學品為目的。於危害性化學物質立法，透過整合所有相關單位，包含風險評估、環境署、職業安全與健康、經濟與勞工、食品與農業部等等，詳細記錄每一反應條件，要求申請者提出之暴露情境、暴露評估及風險特性資料，包含所有涉及的環境媒介等，以確認物質危險性與危害性，並建立資料庫作為風險評估程序之環境化學物質毒理特性依據。



圖十一、德國聯邦毒性化學物質管理體系

(資料來源：National Profile Chemicals Management in Germany, Federal Institute for Occupational Safety and Health 2005)

德國化學物質管理法對於申報、試驗責任，包括新化學物質及既有化學物質在內，新的物質係指無規範於歐洲現有化學物質清單/歐洲通報化學物質名單 (European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances, EINECS)，此新化

第三章 研析國外綠色化學與毒性物質政策與管理制度

學物質於製備或是生產，均由特別法管理，排除或僅接受法律的適用範圍以限制擴充。該製造商或進口商均有義務向德國化學總署辦理註冊。該署負責管理資料庫，如果一項物質沒有註冊，就不能生產或進入德國市場，即所謂「無資料、無市場」。

德國之化學物質法制依其規範對象，可分為廣義及狹義二者。廣義係指法規所規範的是於工業製程中釋放至環境之化學物質，亦即所規範者為涉及因釋放行為而對於特定環境媒介可能造成危害之化學物質，以保障人類及環境免於受到危險物質之侵害。狹義則並不涉及特定環境媒介之保護，主要係普遍地規範具危險性化學物質之運用，以保障人類及環境免於受到危險物質之侵害（傅，2013）。

德國化學物質相關法規主要受歐盟法制之影響，基於化學物質資訊之蒐集及分析，要求化學物質之登錄、評估、授權、分級、標示及包裝，主要強調化學物質資訊之管理，運用化學物質於特定產品，或釋放化學物質於環境等行為進行管制；申報對象包含新化學物質及既有化學物質，製造商或進口商均有義務向德國化學總署辦理註冊，聯邦環境署負責管理資料庫，一旦某化學物質未經過註冊，就不能生產或進入德國市場；規範範圍對象則包括洗衣及清潔用品、食品及商品、廢水法、洩漏控制、水體保護、土壤保護、野生動物、化學武器、危險商品運輸、麻醉藥品、以及精神藥物等；申報流程由聯邦職業安全與健康研究所負責擔任受理單位，在評估後文件完整性以及初步評估後，由聯邦風險評估研究所、聯邦環境署、農業及森林之聯邦生物研究中心與聯邦材料研究及測試研究所專家進行該化學物質之整體性的評估作業，核可之後會發放通知。

3.2.5 日本毒化物管理體系

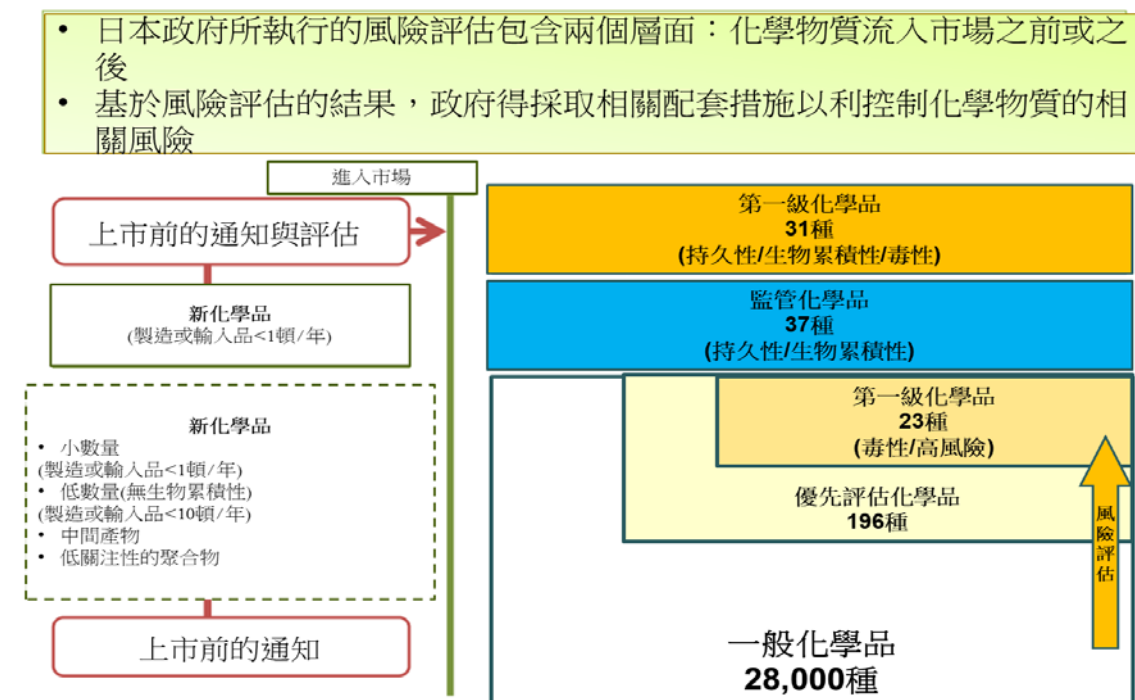
日本經濟產業省 (Ministry of Economy, Trade and Industry, METI) 所制定的化學物質審查規制法 (Chemical Substances Control Law, CSCL)，於 2011 年 4 月 1 日起，要求境內的製造商與進口商，進行所謂的年度通報作業，若無依法進行通報，

則將會面臨可能無法順利製造或進口。CSCL 的主管機關包含日本經濟產業省、勞動省以及環境部，分別對既有化學品與新化學品進行毒性化學物質管理。對於新的化學品，日本的生產商或進口商應遵守相關法規要求，適用通報之物質依據 CSCL 之規定，須進行通報物質的種類為一般化學物質 (General Substances) 或優先評估化學物質 (Priority Assessment Chemical Substances, PACSs)。化學物質審查規制法整體推動架構如圖十二所說明。

化學物質審查規制法評估流程如圖十三所說明，一般化學物質組成包含公告的既有化學物質 (Existing Chemical Substances)、新公告的化學物質 (Newly announced chemical substances)、化審法修法前第 2 級和第 3 級監視化學物質 (Former Class II and Class III Monitor chemical substances)、未被列入至優先評估之化學物質 (Chemical substances for which the designation for PAC has been cancelled)、已收到核定通知於公開前的新化學物質 (New chemical substances before announcement that have received a notice of decision)。另一方面圖十四說明既有化學品之風險評估流程，說明既有化學品在風險評估與毒性評估等等方面做更進一步的評估。

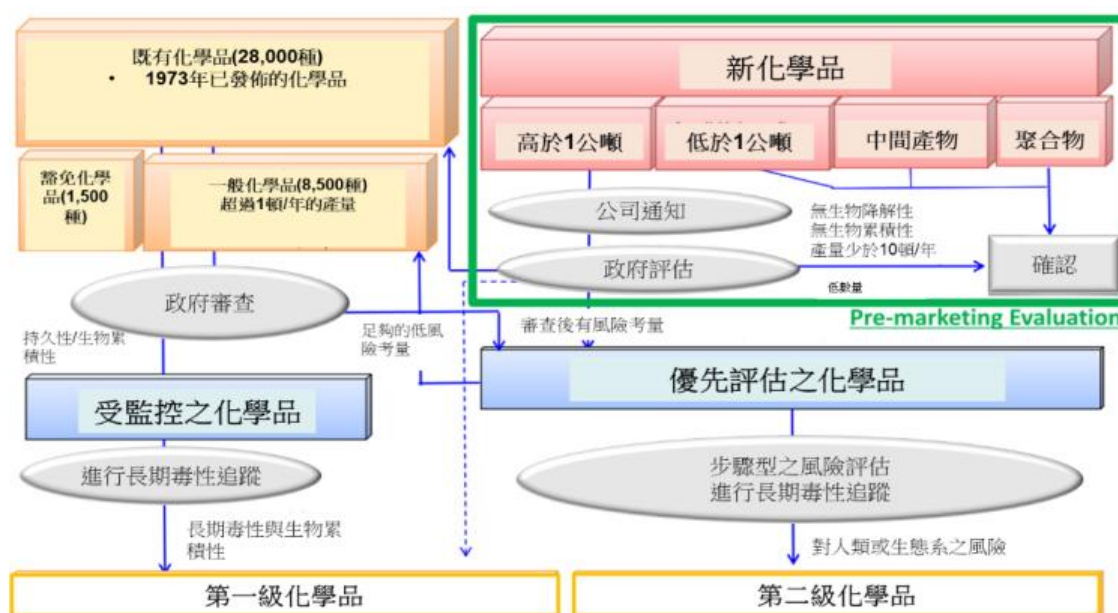
第二部分是優先評估化學物質，定義為日本經濟產業省公告適用優先評估化學物質的清單中化學物質 (List of Priority Assessment Chemical Substances) 排除通報的化學物質，依據化審法規定，凡一般和優先評估之化學物質之 2010 年製造或輸入量達 1 公噸者，須進行通報。依據化審法，日本廠商可要求非日本境內之出口商供應商提供下列資訊：化學物質的辨識資料 (IUPAC 名稱、CAS/METI 番號) 混合物中組成物質的濃度 其中針對一般化學物質的部分，則無須通報濃度小於 10% 之預期之添加劑和無預期產生的污染物 而針對優先評估化學物質，低於 1% 濃度之無預期產生污染物無須通報，然而預期的添加劑無論組成濃度為何，則皆須進行通報。

第三章 研析國外綠色化學與毒性物質政策與管理制度



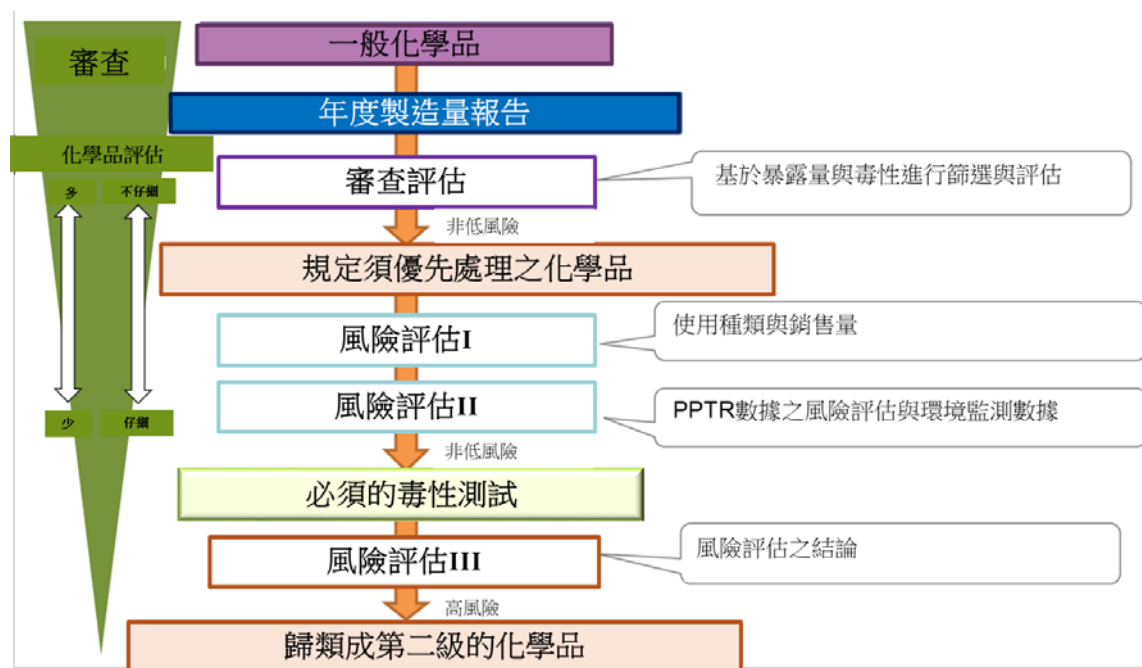
圖十二、日本環境省之化學物質審查規制法推動架構

(資料來源：Chemical Substances Control Law，本計畫翻譯)



圖十三、日本環境省之化學物質審查規制法評估流程

(資料來源：Chemical Substances Control Law)



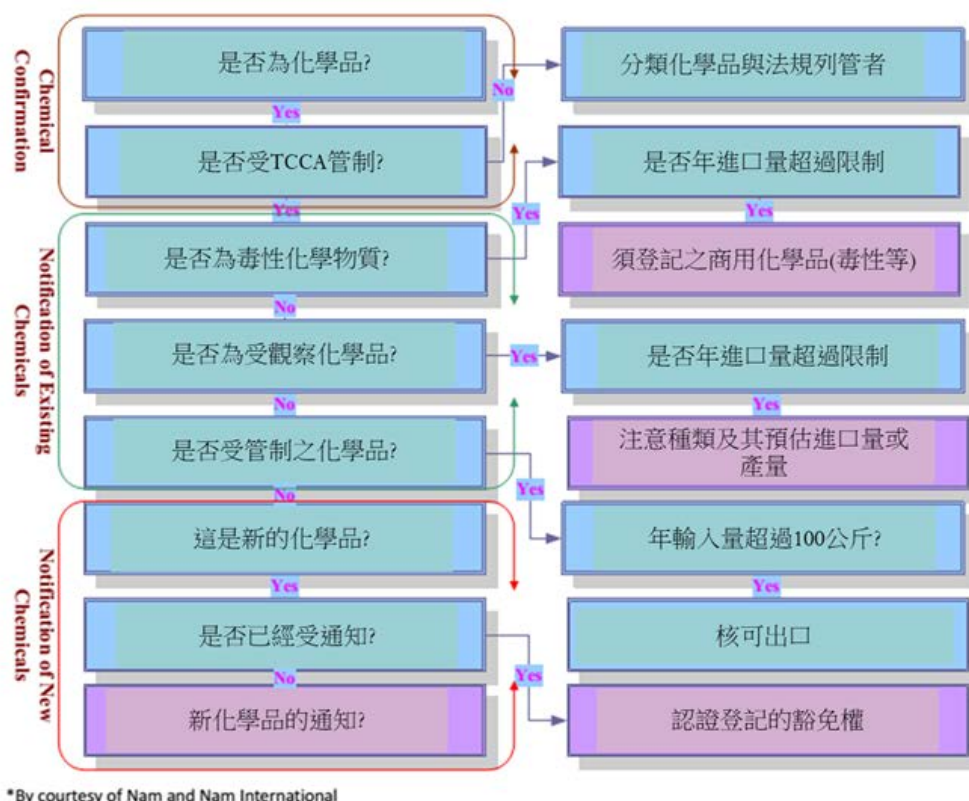
圖十四、日本環境省既有化學品之風險評估流程

(資料來源：Chemical Substances Control Law)

3.2.6 韓國毒化物管理體系

南韓有毒化學品管理法 (Toxic Chemicals Control Act, TCCA) 於 1991 年針對在韓國對工業化學品進行全面管理和控制，由環境部為主管機關，國家環境研究所負責根據該法案通知新的化學品，教育部韓國化學品管理協會負責接受詳細化學品申報和申請確認書。韓國環境部 (Ministry of Environment, MOE) 公告韓國化學物質註冊與評估法 (Act on the Registration and Evaluation of Chemical Substances, ARECs) 或 化學品控制法 (Chemicals Control Act, CCA)，亦通稱之 K-REACH，於 2018 年 3 月 20 日正式通過修法程式，將於 2019 年 1 月 1 日正式實施。整體架構如圖十五所說明，分別先鑑定化學品分別是否受 TCCA 管制、是否為毒性化學物質、是否為受關注或受管制之化學品、是否會新化學品等等的鑑定程序，進一步於 TCCA 的架構下進行管制。

韓國環境部之有毒化學品管理法推動架構



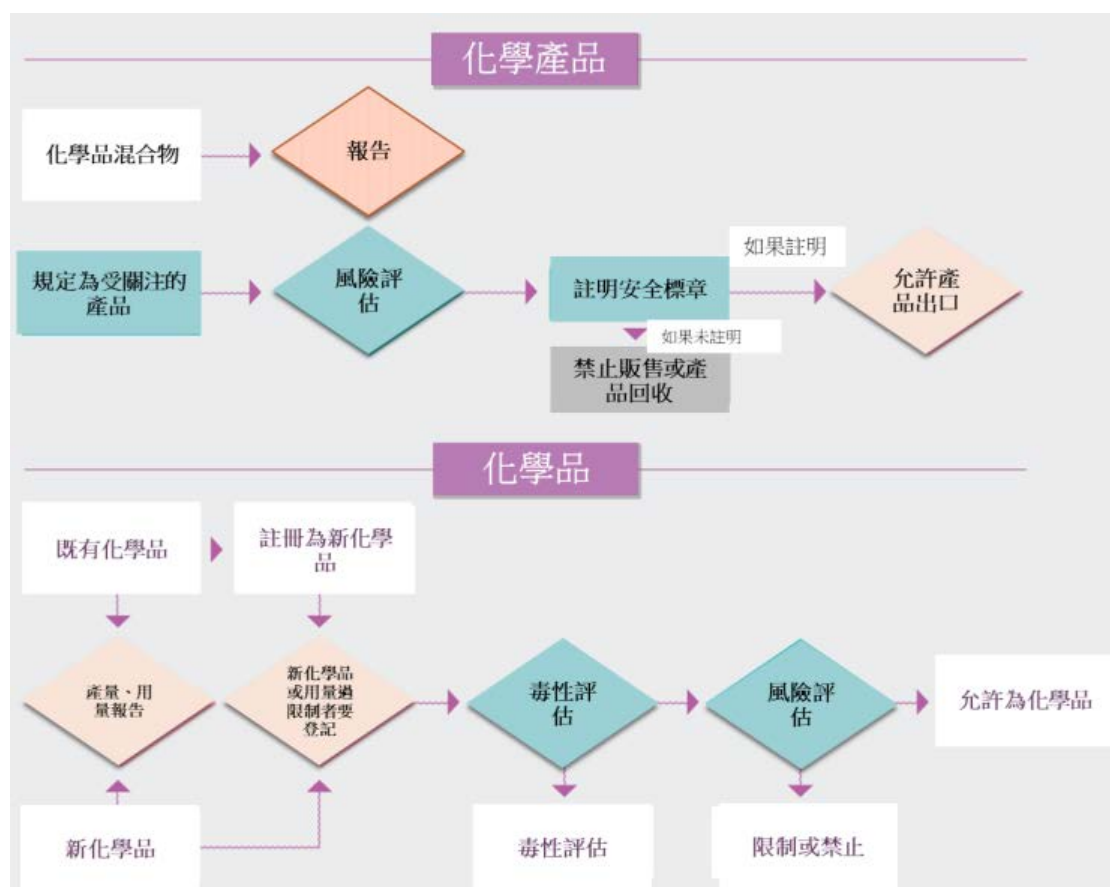
圖十五、韓國環境部之有毒化學品管理法推動架構

(資料來源：Chemical Inspection & Regulation Service，本計畫翻譯)

韓國政府透過 ARECs 的修訂，引入預註冊機制與全面既有化學物質註冊要求，期許能更完整地蒐集物質之危害與使用資料；並針對含優先管制物質 (Priority control substance) 的產品進行管理，同時改善許可 (Permission) 與限制物質的管理機制，降低廠商負擔、提高法規符合度的可及性。ARECs 主要修訂內容包含：修法後的 ARECs 亦納入更全面的供應鏈溝通以及通報要求，凡註冊的新及既有化學物質物質或含其之混合物、危害性化學物質（不論註冊與否）、指定之新化學物質（少量通報）與豁免的低關注聚合物等，皆須向下游提供化學物質安全使用資訊；如產品中含有優先管制物質，也須向韓國環境部進行通報。

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

針對化學物質註冊與評估法評估流程如圖十六說明，分別分成化學產品與化學品進行評估，化學產品主要是混和物，若為受關注的化學產品，則必須進行風險評估，經評估後標註為安全產品才能被允許出口；針對化學品的部分，分為既有化學品與新化學品的註冊流程，從產量、用量以及是否受管制等優先評估，接著進行毒性評估與風險評估，才可允許登記為公告的化學品。



圖十六、韓國環境部之化學物質註冊與評估法評估流程

(資料來源：Environmental Review 2015, Korea，本計畫翻譯)

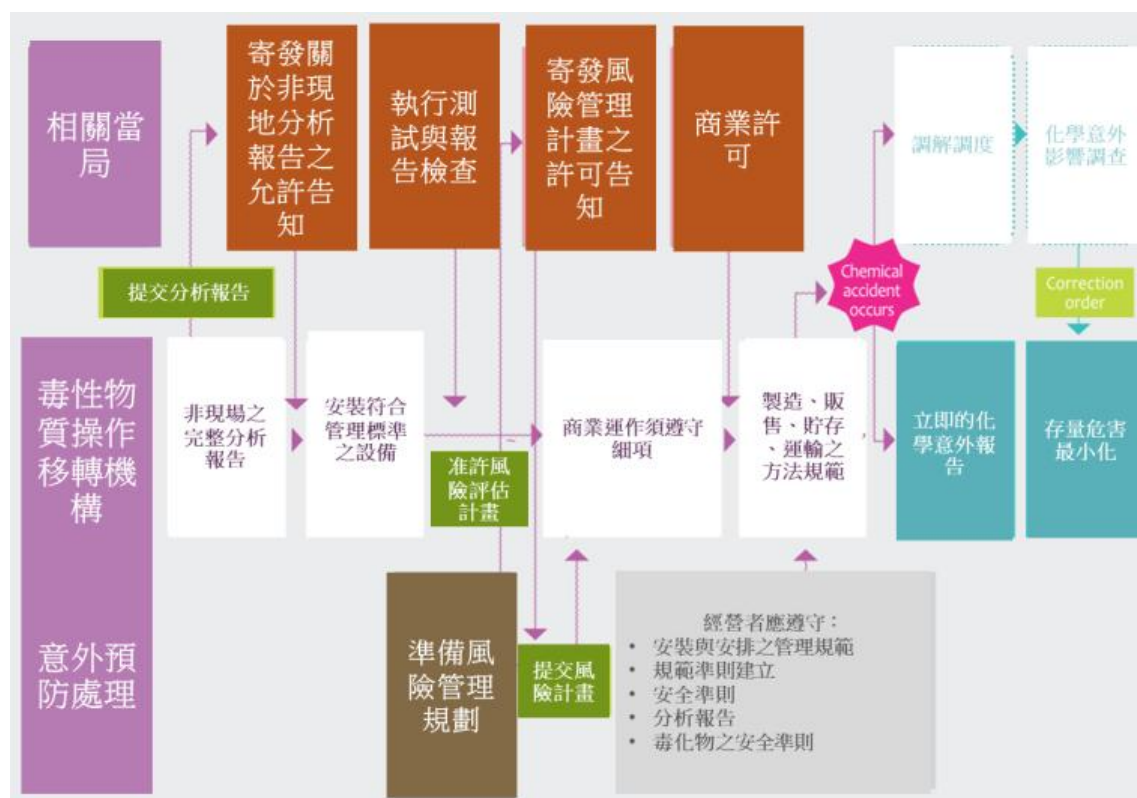
CCA 管制流程如圖十七說明化學品控制法管制流程，新頒布的 CCA 將引入毒性化學品業務許可證制度，業者可獲得有毒化學品營業許可證，並定期繳交毒化物分析與測試報告，以及風險管理計劃，與員工健康調查。毒化物分析分析系統

第三章 研析國外綠色化學與毒性物質政策與管理制度

旨在防止化學物質源頭事故，涉及定量評估化學品的潛在場外影響事故和應用化學處理設施安裝階段的調查結果。此外，增加罰款以加強有毒的責任化學品業務。當有毒化學品的安全管理業務外包時，訂購商負責管理承包商，承包商的任何違法行為也會影響訂購方。

此外，每五年需要準備化學災害事故風險管理計劃，包括化學事故洩漏情景，緊急行動計劃，和損害恢復；根據風險管理計劃採取緊急行動立即向相關主管機構報告，避免過去只在發生事故時才會進行對人類健康或環境風險評估，強化整合管理能量。同時，廠商可建立專門機構，以提供持續的監督化學控制並應對任何事故。化學事故應對系統進行了重組，以便環境部瞭解廠區內化學事故，現場調解員可以分配到事故現場根據科學決策提供事故恢復和其他援助，目前南韓環境部也針對標準手冊關於化學事故的問題修訂中。

南韓政府於 2013 年建立國家化學品安全研究所 (National Institute of Chemical Safety, NICS)，負責化學事故的預防和應對，NICS 也發展出事故警報系統，修改事故警報手冊，提供幫助用於事故現場緊急應變和恢復，提供化學處理的專業培訓和急救人員，強化現場調解員和防災中心的培訓方案。相關政府部門也基於 NICS 於主要工業園區共同建立「化學災難預防中心」，以提供聯合指導與化學品抽查業務與化學雲端資訊共享。另一方面，環境部亦針對化學事故響應資訊系統 (Chemical Accident Response Information System, CARIS) 進行改良，過去是由國家環境研究所運作實施措施，目前致力於整合其他政府部門的化學品資訊，並建立一個有關運輸危險物質的車輛的控制系統與加強駕駛員培訓。



圖十七、韓國環境部之化學品控制法管制流程

(資料來源：Environmental Review 2015, Korea)

3.2.7 中國毒化物管理體系

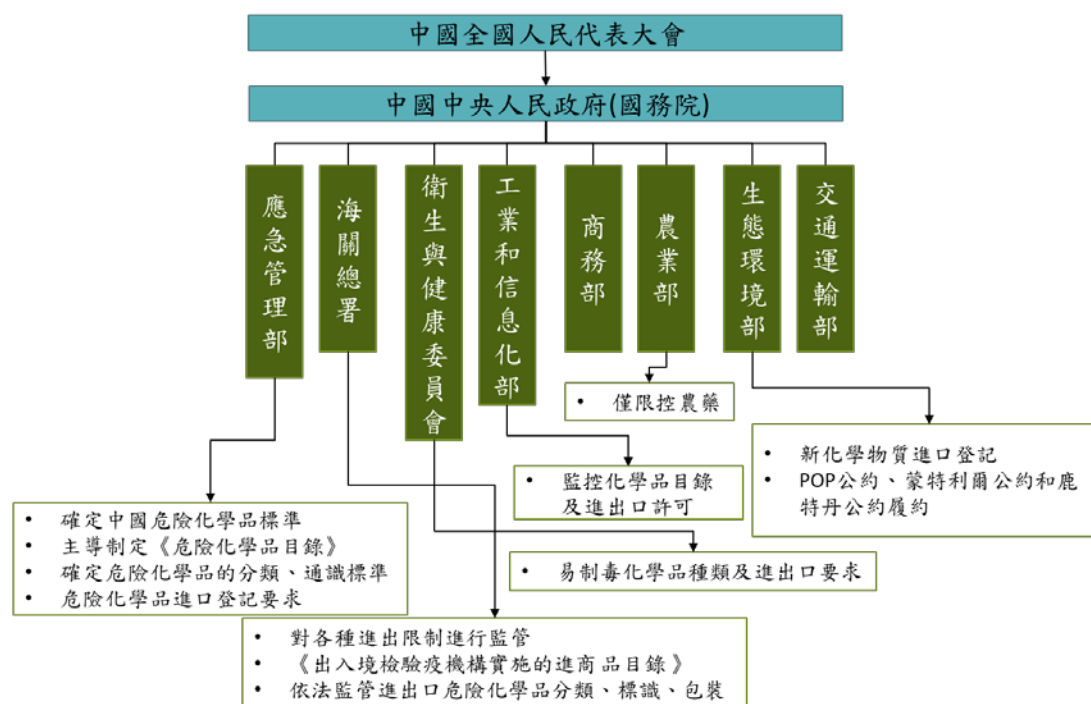
毒性化學物質在中國稱為危險化學品，中國政府針對毒性化學物質管理體系由中國全國人民代表大會以及國務院為主管機關，整合不同部會（圖十八），包含：應急管理部、海關署、衛生與健康委員會、工業和信息部、農業部、商務部、生態環境部以及交通運輸部等，分別針對危險化學品目錄、分類、標籤分裝、進出口登記、農藥管制、新化學品進口登記以及相關國際公約履行情況等等進行整合式的管理。

針對毒化物的法規，以「危險化學品安全管理條例」（國務院 591 號令）為主，其中內容以第六條第三款：品質監督檢驗檢疫部門負責核發危險化學品及其包裝物、容器生產企業的工業產品生產許可證，並依法對其產品品質實施監督，負責對進出口危險化學品及其包裝實施檢驗；第六條第四款：環境保護主管部門

第三章 研析國外綠色化學與毒性物質政策與管理制度

負責危險化學品環境管理登記和新化學物質環境管理登記；以及第六十七條：危險化學品生產企業、進口企業，應當向國務院安全生產監督管理部門負責危險化學品登記的機構（以下簡稱危險化學品登記機構）辦理危險化學品登記等為主要管制法規。其他相關法規制度以中國 GHS 系列標準為主，包含：

1. GB13690-2009：化學品分類和危險公示通則。
2. GB15258-2009：化學品安全標籤編寫規定。
3. GB/T 16483 – 2008：化學品安全技術說明書內容和專案順序。
4. GB/T 17519-2013 化學品安全技術說明書編寫指南。
5. GB 30000.2 ~ GB 30000.29 – 2013 28 項《化學品分類、警示標籤、警示性說明安全規範》系列國家標準。



圖十八、中國進出口危險化學品/危險貨物主管機構框架

（資料來源：中國國務院網站）

圖十九說明中國危險化學品進出口管理相關條例與實施辦法，頒布機關包含國務院、應急管理部、質檢總局，要求進口商與出口商針對危險化學品許可證、

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

分類、標籤等審核方法；圖二十說明中國特殊化學品進出口管理相關條例與實施辦法，頒布機關包含國務院、環保部、商務部、海關總署等等，分別針對新化學物質、嚴格進出口的有毒化學品、農藥、兩用物項、受監控化學品以及禁止進出口貨物等等進行嚴格管制，主管機關則是包含生環部、農業部、工信部等等。

化學品管理類別	法規	頒布機關	配套目錄	主管機關	要求
危險化學品	危險化學品安全管理條例	國務院	- 危險化學品目錄 - 危險化學品目錄(2015版)實施指南 - 分類信息表	應急管理部	進口商： - 危險化學品安全生產/經營許可證 - 完成危險化學品進口登記 - 按照中國GHS系列標準進行分類、標識，製作並提供SDS； - 報關報檢時提供上述材料並經過審核。
	危險化學品生產企業安全生產許可證實施辦法				
	危險化學品經營授權管理辦法				
	危險化學品登記管理辦法				
	關於進出口危險化學品及其包裝檢驗監管有關問題的公告	質檢總局	- 危險化學品目錄 - 中國GHS系列標準	海關總署 (原出入境檢驗檢疫局)	出口商： - 危險化學品安全生產/經營許可證 - 按照目的國法規要求進行分類、標籤 - 報關報檢時提供中文翻譯版SDS、標籤供審核

圖十九、中國化學品進出口管理-危險化學品

(資料來源：中國進出口危險化學品以及危險貨物的法規解讀以及監管重點，Wisdom Zhu)

化學品管理類別	法規	頒布機關	配套目錄	主管機關	要求
新化學物質	- 危險化學品安全管理條例 - 新化學物質環境管理辦法	國務院 環保部	中國已有化學物質名錄	生環部	進口商： 完成新化學物質環境管理登記
嚴格限制進出口的有毒化學品	危險化學品安全管理條例	國務院	中國嚴格限制的有毒化學品名錄(2018年)	生環部 商務部 海關總署	進(出)口商： 進出口目錄列明的化學品完成PIC程式；進口登記；海關放行單
農藥	農藥管理條例	國務院	- 禁止農藥目錄 - 限制使用農藥目錄	農業部 生環部 海關總署	進口商： 不得進口禁止農藥目錄中的農藥； 進口農藥需完成農藥登記。
兩用物項	兩用物項和技術進出口授權管理辦法	商務部	兩用物項和技術進出口授權管理目錄	商務部 海關總署	進(出)口商： 取得相應兩用物相許可證
禁止進出口貨物	- 禁止進口貨物目錄 - 禁止出口貨物目錄	商務部 環保部 海關總署	- 禁止進口貨物目錄 - 禁止出口貨物目錄	商務部 生環部 海關總署	進(出)口商： 禁止進出口行為 (中國履行POPS公約)
監控化學品	中華人民共和國監控化學品管理條例	國務院	<中華人民共和國監控化學品管理條例>實施細則	工信部	進(出)口商： 必須由指定的獲得監控化學品進口許可證的單位進口(第1,2,3類)(CWC履約)

圖二十、化學品進出口管理-特殊類化學品

(資料來源：中國進出口危險化學品以及危險貨物的法規解讀以及監管重點，Wisdom Zhu)

第三章 研析國外綠色化學與毒性物質政策與管理制度

此外，中國於 2016 年，為引領企業持續開發、使用低毒低害和無毒無害原料，減少產品中有毒有害物質含量，從源頭削減或避免污染物產生，工業和資訊化部、科技部、環境保護部共同公告了「國家鼓勵的有毒有害原料(產品)替代品目錄」，其中可分為研發類、應用類、推廣類化學原料之有機污染物與重金屬替代品，如表六所說明。

表六、國家鼓勵的有毒有害原料(產品)替代品目錄

序號	替代品名稱	被替代品名稱	替代品主要成分	適用範圍
一、研發類				
(一) 重金屬替代				
1	無汞催化劑	含汞催化劑	貴金屬/非貴金屬	乙炔法氯乙烯合成
2	三價鉻硬鉻電鍍工作液	六價鉻電鍍液	三價鉻	汽車減震器, 液壓部件等
3	稀土脫硝催化劑	鈮基脫硝催化劑	鐳、鈾、釷等稀土元素的無機和有機化合物	電廠、窯爐等工業脫硝, 機動車尾氣淨化, 石油裂化裂解, 有機廢氣處理
4	環保稀土顏料	鉛基和鎘基顏料	硫化鉍等稀土硫化物	塑膠、陶瓷、油漆、尼龍以及化學品等領域
(二) 有機污染物替代				
5	全氟聚醚乳化劑	全氟辛酸及其銨鹽(PFOA)	全氟-2,5-二甲基-3,6-二氧壬酸及其胺鹽	含氟樹脂合成
6	簾帆布 NF 浸漬劑	酚醛樹脂(RFL) 浸漬劑	六亞甲基四胺絡合物(RH) 和六甲氧基甲基密胺的縮合物	輪胎簾子布、橡膠用輸送帶帆布等浸漬處理
7	無溶劑纖維線繩浸漬劑	酚醛樹脂(RFL) 浸漬劑	多亞甲基多苯基多異氰酸酯(聚合MDI)、聚氨酯、液體橡膠(HTPB)	各類線繩的浸漬處理
8	水性油墨	溶劑型油墨	水性高分子乳液、顏料	PVC 膜及卷材印刷
二、應用類				

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

序號	替代品名稱	被替代品名稱	替代品主要成分	適用範圍
(一) 重金屬替代				
9	無鉛防銹顏料	含鉛防銹顏料	亞磷酸鈣	防銹、防腐塗料
(二) 有機污染物替代				
10	多不飽和脂肪酸衍生物類表面活性劑	烷基酚聚氧乙烯醚類 (APEO) 表面活性劑	多不飽和脂肪酸，及其取代物	日化、紡織、農業等
11	脂肪醇聚氧乙烯醚 (FEO)	烷基酚聚氧乙烯醚類 (APEO) 表面活性劑	脂肪醇聚氧乙烯醚	日化、紡織、農業等
12	全氟丁基類織物三拒整理劑	全氟辛基磺醯氟 (PFOS)	全氟丁基磺醯氟	紡織品
13	水性木器塗料	溶劑型木器塗料	丙烯酸、聚氨酯	木器傢俱、家庭裝修
14	水性與無溶劑聚氨酯	溶劑型聚氨酯樹脂	聚氨酯	皮革加工及合成革製造
15	丁二烯-苯乙烯溴化共聚物	六溴環十二烷	丁二烯-苯乙烯溴化共聚物	聚苯乙烯發泡阻燃
16	甲基碳酸酯胺	氯代季銨鹽	碳酸二甲酯	消毒殺菌劑、防黴、殺藻劑
17	甲基碳酸酯酯基季銨鹽	甲基硫酸酯酯基季銨鹽	碳酸二甲酯	織物柔軟劑
18	氧化法醇醚羧酸鹽	羧甲基法醇醚羧酸鹽 (AEC)	主要原料：醇醚、氫氧化鈉和氧氣	日化、紡織、金屬清洗
19	無 PAHs 芳烴油	含 PAHs 芳烴油	分為環烷油、植物瀝青和芳烴抽出油	橡膠製品
20	橡膠硫化促進劑 ZBEC	橡膠硫化促進劑 (PZ、BZ、EZ)	二苄基二硫代氨基甲酸鋅	橡膠製品
21	硫磺給予體 TB710	橡膠硫化促進劑 DTDM	對叔丁基苯酚二硫化物，不產生亞硝酸胺	橡膠製品
22	青黴素醯化酶和左旋苯甘氨酸甲酯鹽酸鹽	二氯甲烷和特戊醯氯	青黴素醯化酶、樹脂、左旋苯甘氨酸甲酯	頭孢氨苄生產工藝
23	全植物油基膠印油墨	礦物油基膠印油墨	植物油、樹脂、著色劑	食品包裝印刷
三、推廣類				

第三章 研析國外綠色化學與毒性物質政策與管理制度

序號	替代品名稱	被替代品名稱	替代品主要成分	適用範圍
(一) 重金屬替代				
24	無鉛易切削黃銅	含鉛易切削黃銅	銅、鋅、鉍、矽、鎢、錫、鈣、鎂等	電子接外掛程式和五金衛浴產品
25	無鉻耐火磚	含鉻耐火磚	主要成分為氧化鎂、氧化鐵或氧化鋁	水泥、鋼鐵、有色等行業的高溫窯爐
26	鎢基合金鍍層	鉻鍍層	鐵、鈷、鎢	石油開採領域
27	高覆蓋能力的硫酸鹽三價黑鉻電鍍液	六價鉻電鍍液	硫酸鹽體系、發黑劑	軍工領域
28	三價鉻電鍍液	六價鉻電鍍液	三價鉻	汽車、電子、機械、儀器儀錶
29	彩色三價鉻常溫鈍化液	高濃度六價鉻彩色鈍化液	三價鉻	鍍鋅鈍化
30	鋁合金鋯鈦系無鉻鈍化劑	鋁合金六價鉻鈍化劑	氟鋯酸及高分子化合物	汽車零部件、建材、卷材等行業
31	無鉻達克羅塗液	達克羅塗液	鋅，鋁，鈦	汽車零部件抗腐蝕應用
32	電解錳無鉻鈍化劑	電解錳重鉻酸鉀鈍化劑	複合碳酸鹽、磷化合物	電解錳行業鈍化工藝
33	無鉛電子漿料	含鉛電子漿料	氧化鋅、氧化硼、二氧化矽等	混合電路、熱敏電阻、太陽能電池
34	鋰離子電池	鉛蓄電池	鋰	電動自行車、通信備用電源、光伏發電等儲能系統
35	無汞扣式鹼性鋅錳電池	含汞扣式鹼性鋅錳電池	鋅、錳（不含重金屬汞）	可攜式儀錶
36	氫鎳電池、鋰離子電池	鎳鎳電池	鎳、稀土元素、鋰（不含重金屬鎳）	電動工具、可攜式電器電池
37	鈣基複合穩定劑	鉛鹽穩定劑	硬脂酸鋅，多羥基鈣，水滑石，抗氧劑等	PVC 塑膠門窗異型材專用
38	鈣鋅複合穩定劑	鉛鹽穩定劑	硬脂酸鈣、硬脂酸鋅等	PVC 管材
39	稀土穩定劑	鉛鹽穩定劑	鐳、鈾元素的有機或無機鹽類	PVC 製品

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

序號	替代品名稱	被替代品名稱	替代品主要成分	適用範圍
40	鋅基複合熱穩定劑	鋇鎘鋅熱穩定劑	有機酸鋅鹽、水滑石等	PVC 壓延膜製品
41	低汞催化劑（氯化汞含量為4%-6.5%）	含汞催化劑（氯化汞含量為10%-12.5%）	氯化汞含量4%-6.5%	乙炔法氯乙烯合成
42	多元複合稀土鎢電極	放射性鈾鎢電極	鐳、鈾、釷稀土氧化物	焊接、切割、冶金等
（二）有機污染物替代				
43	N 烷基葡萄糖醯胺 (AGA)	烷基酚聚氧乙烯醚類 (APEO) 表面活性劑	N 烷基葡萄糖醯胺 (AGA)	日化、紡織、農業等
44	烷基多糖苷 (APG)	烷基酚聚氧乙烯醚類 (APEO) 表面活性劑	烷基多糖苷 (APG)	日化、紡織、農業等
45	無烷基酚聚氧乙烯醚類 (APEO) 的建築塗料乳液	含烷基酚聚氧乙烯醚類 (APEO) 的建築塗料乳液	烷基聚氧乙烯醚	建築物內外牆塗料
46	水性高彈性防水塗料	溶劑型聚氨酯防水塗料	丙烯酸酯乳液、填料、助劑	建築物和鋼筋水泥構件的防水
47	水性環氧樹脂塗料	溶劑型環氧樹脂塗料	水性環氧乳液、水性環氧固化劑	防腐塗料中的主要成膜物
48	水性塑膠塗料	溶劑型塑膠塗料	丙烯酸、聚氨酯	塑膠製品塗裝
49	水性或無溶劑型紫外光 (UV) 固化塗料	溶劑型塗料	紫光引發劑外光固化樹脂、功能性單體	木器傢俱、塑膠、紙品、汽車及粉末塗料塗裝
50	水性醇酸樹脂	溶劑型醇酸樹脂	多元醇、多元酸、植物油（酸）或其他脂肪酸、有機胺、醇醚類	塗料
51	醇酯型無苯無酮油墨	溶劑型含苯含酮油墨	顏料、正丙酯、醋酸乙酯	塑膠薄膜及複合材料的印刷
52	水性或無溶劑型紫外光 (UV) 固化油墨	溶劑型油墨	紫外光固化樹脂、預聚物、非揮發性功能單體等	印刷包裝
53	金屬表面矽烷處理	磷化液	矽烷偶聯劑	家用電器表面塗裝

第三章 研析國外綠色化學與毒性物質政策與管理制度

序號	替代品名稱	被替代品名稱	替代品主要成分	適用範圍
	劑			
54	二氧化氯	液氯	二氧化氯	造紙
55	檸檬酸酯類增塑劑	鄰苯二甲酸類增塑劑	檸檬酸三丁脂 (TBC)、乙醯檸檬酸三丁酯(ATBC)	醫療器械、食品包裝、兒童玩具
56	對苯二甲酸二辛酯	鄰苯二甲酸類增塑劑	對苯二甲酸二辛酯	PVC 製品用增塑劑
57	二乙醯環氧植物油酸甘油酯	鄰苯二甲酸類增塑劑	乙醯化環氧大豆油酸甘油酯	醫療器械、食品包裝、兒童玩具
58	植物源增效劑	化學合成增效劑	改性植物油、生物活化劑、非離子表面活性劑等	葉面噴霧使用的各類農藥製劑
59	松脂基油溶劑	甲苯、二甲苯溶劑	松脂油提取物，萜烯類，脂肪酸單烷基酯類	乳油加工
60	C23-29 鏈烷烴類溶劑	甲苯、二甲苯溶劑	C23-29 直鏈、支鏈烷烴、脂肪酸甲酯等	農藥乳油、水乳劑加工
61	不含異氰脲酸三縮水甘油酯 (TGIC) 的粉末塗料	含異氰脲酸三縮水甘油酯 (TGIC) 的粉末塗料	環氧樹脂、羥烷基醯胺等	家用電器、金屬構件的表面塗裝
62	橡膠硫化促進劑 TBzTD	橡膠硫化促進劑 TMTD	二硫化四苄基秋蘭姆	橡膠製品
63	塑解劑 (A86·A89)	塑解劑 SJ-103	塑解劑 DBD、有機金屬螯合物、有機及無機分散劑之混合物	橡膠製品
64	塑解劑 DBD	硫酚類塑解劑	二苯甲醯氨二苯基二硫化物	橡膠製品
65	促進劑 ZBOP70	硫化促進劑 DPG	二烷基二硫代磷酸鋅	橡膠製品
66	間苯二酚甲醛樹脂 HT1005	間苯二酚	間苯二酚-苯乙烯-甲醛樹脂	橡膠製品
67	綠色環保顆粒再生	再生膠	天然橡膠、合成橡	橡膠製品

序號	替代品名稱	被替代品名稱	替代品主要成分	適用範圍
	膠		膠、炭黑、硫磺等，其中多環芳烴濃度 $\leq 122.7\text{mg/kg}$	
68	橡膠硫化劑促進劑 DTDC	橡膠硫化促進劑 DTDM	N,N-二硫代二己內 醯胺	橡膠製品
69	全氟己基乙基化合物	全氟辛基磺酸及其鹽類 (PFOS)	全氟己基乙基化合物 $\text{F}(\text{CF}_2)_6\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-R}$	水成膜泡沫滅火劑，水系滅火劑
70	間苯二胺	間二硝基苯	間苯二胺	染料中間體，環氧樹脂的固化劑和水泥的促凝劑
71	防水透濕膜	含聚四氟乙烯的透氣性薄膜	對苯二甲酸二甲酯與 1,4-丁二醇、二羧酸二甲酯和聚醚的聚合物	紡織行業用薄膜材料
72	低 VOC 散發 PC/ABS 合金	PC/ABS 合金	聚碳酸酯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	汽車內使用塑膠
73	木塑複合材料	浸漬紙層壓木質地板	PVC、木粉、鈣鋅複合穩定劑、助劑	室內外裝飾
74	茶粕催化劑	氫氧化鈉	茶粕、蔥醌催化劑	公共紡織品洗滌、印染前處理

(資料來源：中國工業和資訊化部公告)

以 PFOS 管理做法為例，中國政府針對 PFOS 生產的企業推動減量與替代之最佳可行技術示範，依照湖北省環境科學研究所提出的「中國 PFOS 優先行業減量與替代專案」之研究中指出，包含電鍍、農藥與消防等行業的落實，在 PFOS 相關使用行業領域強化政策法規以及監測控管能力等示範活動。主要內容包含下列三項：

1. PFOS 的減量：推動各種行業的 PFOS 的減量技術，例如：技術轉讓、研發、替代品篩選；管理制度改善，邁向環境無害化管理，例如：設備投資、工人培訓、

安全設施的安裝、引進清潔生產的最佳可行技術；關閉非用途生產線，包括生產廠區和土壤的污染評估工作。

2. PFOS 的替代措施：主要針對電鍍產業，開展電鍍工業園 PFOS 淘汰綜合技術示範：清查園區內鍍鉻企業使用的鉻霧抑制劑、鑑別含 PFOS 產品清單，園區內鍍鉻企業換用非 PFOS 鉻霧抑制劑，鉻霧抑制劑加入最小化技術，園區污水處理廠工藝改造，增加去除 PFCs 的吸附裝置，三價鉻技術示範。
3. 建立 PFOS 管理與法規制度：符合斯德哥爾摩公約限制 PFOS 生產和使用的法規；提升 PFOS 環境監測、監管能力建設；建立中國污染物排放與轉移登記制度資料庫的；完善 PFOS 和含 PFOS 的物質（貨物、產品）的進出口管理政策；替代品 POPs 特性篩選的能力，增強監管機構的認證評估能力；建立 PFOS 廢物鑒別標準和規範；通過與產業協會和研究機構給關鍵部門開展地方性適用的最佳可行技術和清潔生產指導，並為培訓提供技術支援；更新包括 PFOS 和含 PFOS 的產品和物質的廢物/廢水標準；建立相關替代品危害性評估方法；提高一般公眾、產業從業者和其他使用者的意識。

3.3 國際篩選替代化學品或替代做法之流程

本工作項目針對國外所使用的綠色化學評量指標，蒐研相關資訊及應用案例，從中分析是否適用於我國化學產業的化學品源頭管理的可行性。目前主要的評量體系有綠色篩選指標 (GreenScreen)、綠色化學專家體系 (Green Chemistry Expert System) 與環境化設計 (Design for Environment, DfE)，下列初步說明該三種指標體系的評估方式：

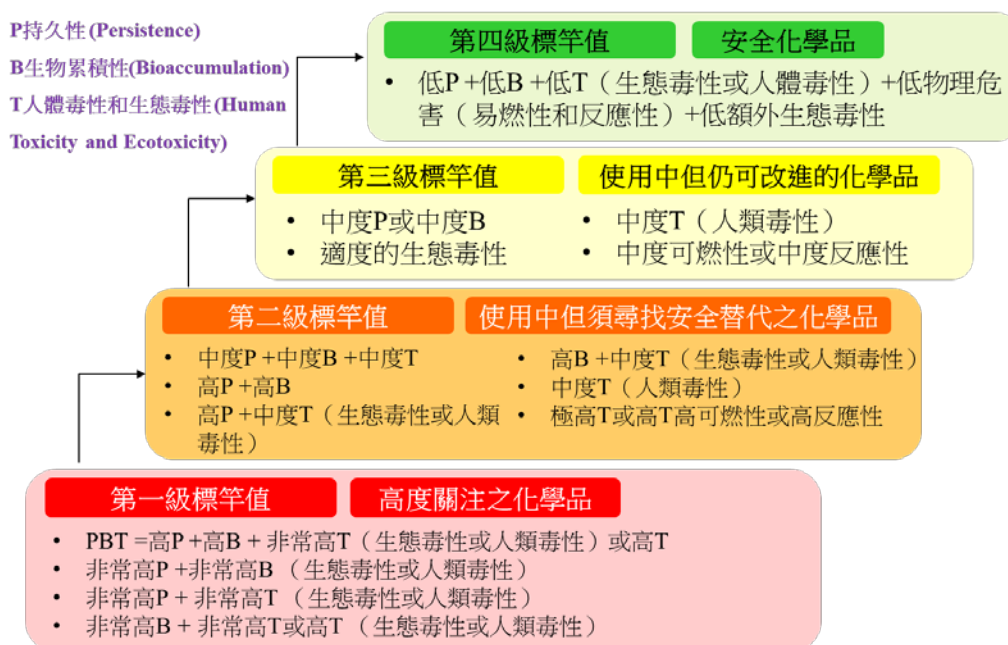
3.3.1 綠色篩選指標 (GreenScreen)

GreenScreen 是基於 12 項綠色化學原理的基礎上，參考美國環保署的環境化設計 (Design for Environment, DfE) 替代品評估方法，整合可用數據化學品的固有特性 - 包括人體健康效果，環境歸宿和毒性，以及安全性危險終點各自排名為高，中或低。通過 GreenScreen，企業可以對化學品進行排名並瞭解為什麼一些替代品或多或少是優選的，將有助於企業做出更明智的決策，降低業務風險並促進創新開發。

現代的疾病越來越多地與環境中的有毒化學物質聯繫在一起，化學品通常用於消費品和工作場所，它們會逃逸到周圍的空氣，水和土壤中，直接暴露在風險中，並在食物鏈中積聚，人類和野生動物現在內部被數百種合成化學品污染，其中許多已知是危險的，隨著意識的增強，個人和公司越來越想知道如何識別和使用更安全的化學品。透過清潔生產行動發展綠色篩選為更安全的化學品公開可用且透明的化學危害篩選方法，以幫助我們的社會快速有效地使用更環保和更安全的化學品；GreenScreen 允許用戶使用根據固有危害評估化學品 - 例如，確定它們是否與癌症有關對魚類有毒，或在環境中持久存在並促進不斷改進更安全的化學品。

GreenScreen 的篩選方法是透過 PBT 三個鑑定化學品之基本原則進而建立 4 個標竿值 (Benchmark)，其中 P 指的是持久性 (Persistence)，B 指的是生物累積性

(Bioaccumulation) ， T 指的是人體毒性和生態毒性 (Human Toxicity and Ecotoxicity)，4個標竿值則是(1)高度關注化學品；(2)使用中但須尋找安全替代品；(3)使用中但需要改善；(4)安全化學品，如圖二十一所示。



圖二十一、綠色篩選指標四類標竿值定義

(資料來源：Greenscreen® for safer Chemicals Hazard assessment Guidance, V1.4, 2018)

GreenScreen 評估方式包含三個主要步驟(前兩個步驟細部流程如圖二十二)：

1.評估危害性分類，2.依照 GreenScreen Benchmark 評分，3.進行化學品使用之決策分析：

1. 評估危害性分類

評估 18 種人類健康和環境危害分類（如表七所列），透過研究和收集所有相關來源的數據，包括標準化測試和科學文獻中的測量數據，GreenScreen 指定列表中的危害信息以及信息 衍生自模型和合適的化學類似物。根據 GreenScreen 危害標準（如之生物累積性評估）針對 18 個人類健康與環境終點中的每一個的危害等級進行分類，危險等級範圍從極高 (Very High) 到極低 (Very Low)。GreenScreen 評估結果如所示，用於評估單一化學品或更複雜的混合物和聚合物材料。



圖二十二、綠色篩選指標 (GreenScreen) 評估流程

(資料來源：Greenscreen® for safer Chemicals Hazard assessment Guidance, V1.4, 2018)

2. 依照 GreenScreen Benchmark 評分

GreenScreen Benchmark™方法的主要提供標準化與直接量化化學危害。在 GreenScreen 下評估的每種化學品都被分配了 1 到 4 之間的基準值。標竿值評分是通過分析 GreenScreen 中包含的 18 個危害終點評估指標之間組合性進行鑑定，為了反應各國政府在國內和國際上建立的危害問題，以第 1 類標竿值「高度關注化學品」判定是否為綠色化學品之重要參考依據，並同時符合 REACH 等全球法規的人類健康和環境高度關注的化學品標準，其中「高度關注化學品」包含致癌物質，生殖，發育和神經發育毒物，誘變劑，持久性，生物累積性和有毒化學品，高持久性及高生物累積性的化學物質。此外，步驟 1 中生成的每個危害性評估用於皆可應用於標竿值計算以確定最終評量分數，每個級別僅允許某些數量和類型的數據，如果數據不足，可能導致無法計算出標竿值。

第三章 研析國外綠色化學與毒性物質政策與管理制度

3. 化學品使用之決策分析

GreenScreen 用於支持在產品與製程中使用化學品的決策參考，如圖二十三所示，評量分數提供高參考度指標，危害總結表提供相關危害的具體量化訊息，將有助於應用綠色化學原則進行產品設計和開發，化學和材料採購，風險管理，工作場所安全等方面提供廠商進行更好的決策。

Group I Human					Group II and II* Human										Ecotex		Fate		Physical	
C	M	R	D	E	AT	ST		N		SnS*	SnR*	IrS	IrE	AA	CA	P	B	Rx	F	
						SINGLE	REPEATED*	SINGLE	REPEATED*											
DG	L	L	M	M	DG	L	L	M	M	L	L	L	L	L	L	VH	M	L	L	

VL：非常低

L：低

M：中度

H：高

VH：非常高

DG：缺乏評估數據

Blank：未進行評估

Glossary of GreenScreen® Hazard Endpoint Abbreviations

AA Acute Aquatic Toxicity	D Developmental Toxicity	M Mutagenicity and Genotoxicity	SnS Sensitization (Skin)
AT Acute Mammalian Toxicity	E Endocrine Activity	N Neurotoxicity	SnR Respiratory Sensitization
B Bioaccumulation	F Flammability	P Persistence	ST Systemic/Organ Toxicity
C Carcinogenicity	IrE Eye Irritation	R Reproductive Toxicity	
CA Chronic Aquatic Toxicity	IrS Skin Irritation	Rx Reactivity	* Repeated exposure

圖二十三、綠色篩選之危害性評估

(資料來源：Greenscreen® for safer Chemicals Hazard assessment Guidance, V1.4, 2018)

表七、綠色篩選指標 (GreenScreen) 18 項危害性終點評估指標

第一類人體健康 Human Health Group I	第二類人體健康 Human Health Group II	第二類人體健康* Human Health Group II*	環境毒性與宿命 Environmental Toxicity & Fate	物理性危害 Physical Hazards
致癌性 Carcinogenicity (C)	急性哺乳動物 毒性 Acute Mammalian Toxicity (AT)	全身毒性&器官效應-重複暴露終點評估 Systemic Toxicity & Organ Effects – Repeated Exposure sub-endpoint (ST-repeated)	急性水生動物 毒 Acute Aquatic Toxicity 性 (AA)	反應性 Reactivity (Rx)

第一類人體健康 Human Health Group I	第二類人體健康 Human Health Group II	第二類人體健康* Human Health Group II*	環境毒性與宿命 Environmental Toxicity & Fate	物理性危害 Physical Hazards
致突變性和遺傳毒性 Mutagenicity & Genotoxicity (M)	全身毒性 & 器官效應 Systemic Toxicity & Organ Effects (ST-single)	神經毒性-重複暴露終點評估 Neurotoxicity – Repeated Exposure sub-endpoint (N-repeated)	慢性水生動物毒性 Chronic Aquatic Toxicity (CA)	可燃性 Flammability (F)
生殖毒性 Reproductive Toxicity (R)	神經毒性 Neurotoxicity (N-single)	皮膚過敏性 Skin Sensitization (SnS) 呼吸道過敏性 Respiratory Sensitization (SnR)	其他生態毒性之可行研究 Other Ecotoxicity studies when available	
發育毒性（包括發育神經毒性） Developmental Toxicity (incl. Developmental Neurotoxicity) (D)	皮膚刺激性 Skin Irritation (IrS)		持久性 Persistence (P) 生物累積性 bioaccumulation (B)	
內分泌活動 Endocrine Activity (E)	眼睛刺激性 Eye Irritation (IrE)			

（資料來源：Greenscreen ® for safer Chemicals Hazard assessment Guidance, V1.4, 2018）

標竿值評分是通過分析 GreenScreen 中包含的 18 個危害終點評估指標之間組合性進行鑑定（圖二十四），為了反應各國政府在國內和國際上建立的危害問題，以第 1 類標竿值「高度關注化學品」判定是否為綠色化學品之重要參考依據；總

結表提供相關危害的具體量化訊息，將有助於應用綠色化學原則進行產品設計和開發，化學和材料採購，風險管理，工作場所安全等方面提供廠商進行更好的決策。

GREENSCREEN BENCHMARK™ SUMMARY

This product assessment report includes a GreenScreen Benchmark™ score and attached individual assessment reports for the product inventory listed in Table 1 and any impurities in Table 2 below.

The product itself has not been assigned a single Benchmark score. No product claims can be made without licensing through Clean Production Action.

Table 1. Product Benchmark Summary

Product Component(s)	Chemical Name	Trade Name or CASRN	% by weight in product	Benchmark Score	Assessment Report Number
Polymer Mixture	Various	EZ-Clean Paint, #EZ-50-BLK	85	1	GSA-23
Solvent	Chemical A	42123-45-8	1	2	GSA-43
Pigment	Chemical B	6472-81-2	8	3	GSA-876
	Chemical C	2976-34-2	6	4	GSA-88

Table 2. Impurities < 100 ppm: Special Case and Known

Chemical Name	CASRN	(ppm)	GreenScreen List Translator score	Function	Reason for Inclusion
Impurity 1	135-49-2	50	LT-UNK	Impurity	Special Case Impurity

Table 3. Weight Percentage of Product at Each Benchmark Score

1	2	3	4
85%	1%	8%	6%

PRODUCT FUNCTIONAL USE(S)

- 1) Paint
- 2) Coating

INVENTORY THRESHOLD

Inventory thresholds achieved and any deviations from GreenScreen requirements:

100 ppm (no deviation from v1.4 guidance)

Methods used to determine compliance with inventory thresholds:

Analytical testing (detection and quantification using HPLC; limit of detection 2.0 ppm)

圖二十四、綠色篩選指標總結報告

(資料來源：Greenscreen® for safer Chemicals Hazard assessment Guidance, V1.4, 2018)

3.3.2 綠色化學專家體系 (Green Chemistry Expert System)

美國環保署開發一種高適用性評估體系－綠色化學專家系統，可用於選擇綠色化學品和反應，綠色化學是化學產品和製程的設計，可減少或消除有害物質的使用或產生，這種新的污染預防方法是美國環境保護署綠色化學計劃的核心重點，基於環境設計項目下的一項措施。該系統是依據綠色化學原則所涉及之多種評估指標，分別為原子經濟與環境因子兩類，此兩類都是基於質量守恒進行量測與計算，表八說明目前廣泛用於業界的綠色化學指標：

表八、綠色化學原則相關指標

環境因子 (E-Factor) $E = \text{總廢棄物質量} / \text{總產物質量}$	原子經濟 (Atom Economy) $AE(\%) = \text{產物總質量} / \text{原物料總質量}$
質量強度(Mass Intensity)=生產過程中總質量/產物總質量	反應效能(Reaction Mass Efficiency, RME)(%)=產物總量/反應物總量
製程質量強度(Process Mass Intensity)=生產過程中總質量(包含用水量)/產物總量	質量生產率(Mass Productivity)(%)=產物總量/原物料使用量(包含溶劑用量)
廢水強度(Waste Water Intensity)=生產過程中總廢水量/產物總量	有效質量產能(Effective Mass Yield)(%)=產物總量/有害物質總產量
溶劑強度(Solvent Intensity)=生產過程中總溶劑量/產物總量	碳經濟比例(Carbon Economy)(%)=產物總碳量/反應物總碳量

(資料來源：本計畫自行彙整)

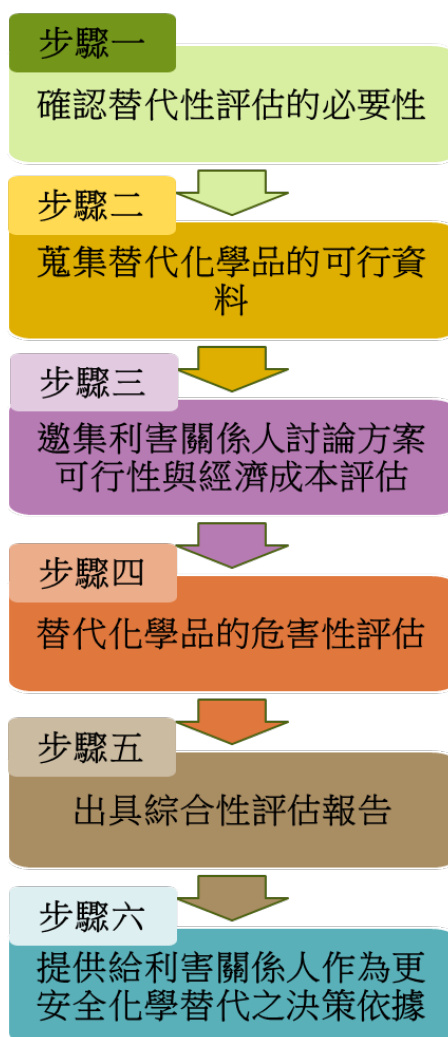
前述相關指標可用於評估工業部門是否符合綠色化學原則，可確定相關化學製程具備最佳產能，並同時針對不同產量所帶來的廢棄物進行量化評估，可作為工業部門是否需進行更多研究的領域創新和/或更廣泛的製程改善措施，此外，可為政府提供有用的量化訊息以調整企業稅收或因應政策，以促進更多的採用綠色技術。

GCES 包含五個評估模式旨在協助使用者建立綠色化學過程，設計綠色化學品或調查綠色化學領域，該系統可針對新的或現有的化學品及其合成過程進行評估，下列說明五種評估模式：

1. 減少技術之綜合評估方法 (Synthetic Methodology Assessment for Reduction Techniques, SMART)：根據用戶提供的信息對化學反應中使用或產生的有害物質進行量化和分類，修改和重新評估反應以優化其綠色性質。
2. 綠色合成反應評估：提供有關製造化學品的綠色合成方法的技術信息。
3. 化學品安全性評估：評估透過修改化學物質之安全性，按化學類別，屬性和用途組織分類。
4. 綠色溶劑之反應性評估：透過建立使用傳統溶劑系統之綠色替代品的數據資料庫，並可依照物理化學特性搜尋潛在的綠色溶劑替代品。
5. 綠色化學原則參考指引：整合綠色化學原則相關應用文獻的資料庫。

3.3.3 環境化設計 (Design for Environment, DfE)

美國環保署 (US EPA) 發起了 環境化設計 (DfE) 進行化學品替代性評估 (Chemical Alternatives Assessment, CAA) (圖二十五)，希望能將工業所使用的化學品進行全面性的評估。US EPA 成立了化學安全與污染防治辦公室 Office of Chemical Safety and Pollution Prevention，專門執行化學品替代性評估 (CAA)：評估化學品在產品生命週期相關階段造成的危害，為知情決策奠定基礎。CAA 的評估結果為工業和其他利害相關者提供了他們需要選擇更安全的化學品並盡量減少化學意外之綜合風險評估資訊 (Lacoe, et, al., 2010)，評估步驟如所圖二十五示：



圖二十五、美國環境化設計之評估步驟

(資料來源：Chemical Alternatives Assessment, CAA)

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

本章節說明各國針對綠色化學諮詢平臺，以美國與歐盟為主，包含國際上關於綠色化學以及永續化學之研究中心，主要是工作範疇係整合科學、工程以及教育等面向，促進綠色化學之研究發展，並加快綠色化學原則在工業界的應用；參酌 IC 2 Safer Alternatives Assessment 於 2011 年所提出的安全化學品替代評估準則，搜尋相關毒化物安全替代之作法，更安全的化學替代評估標準包含物理化學評估、人體健康危害評估、暴露評估、技術性能評估、環境評估、經濟/金融和社會評估以及生命週期評估，研擬適用於我國建立列管毒性化學物質安全替代作法及清單之評估流程；蒐研國外相關政府與學術單位對於毒性化學物質之安全替代評估報告，目前擬提出十項優先評估被替代化學品包含：二甲基甲醯胺、苯、鄰苯二甲酸二酯、1,3-丁二烯、乙腈、二氟二氯甲烷、四氯乙烯、壬基酚聚氧乙烯醚、二氯甲烷、鄰苯二甲酸酯、四溴雙酚 A、六溴環十二烷等。此外，本計畫執行期間辦理一場專家諮詢會議、一場循環經濟研討會、一場產業座談會議以及出席臺灣化學產業高峰會，蒐集產業與學界相關專家學者之寶貴意見，提供政府未來施政之參考。

4.1 國際綠色化學資訊平臺與安全替代評估體系

綠色化學品係指符合綠色化學原則將化學品進行全面性的評估，並透過系統性流程鑑定出可替代之化學品。目前國際上針對綠色化學諮詢平臺主要以美國與歐盟為主，也是國際上關於綠色化學以及永續化學之研究中心，如表九所說明，其中包含：美國化學學會綠色化學研究所 American Chemical Society Green Chemistry Institute (ACS GCI)（美國）、加州綠色化學研究所 The California Green Chemistry Initiative(美國)、SusChem 資訊平臺(歐盟)、綠色化學和商業理事會 Green Chemistry & Commerce Council、德國化學會 German Chemical Society（德國）以及皇家化學學會 Royal Society of Chemistry（英國）等。ACS GCI 主要是整合科學、工程以及教育等面向，促進綠色化學之研究發展，並加快綠色化學原則在工業界的應用；GCI

則是由美國加州環保局所建立，主要是為了促進毒性化學品的管理，同時應用綠色化學原則強化化學品的消費安全；SusChem 資訊平臺則是歐洲永續化學技術平臺，提供永續化學和生物技術等相關資訊，激勵歐洲化學和工業生物技術的研究，開發和創新；GC3 則是由國際非政府組織所成立的化學品資訊平臺，促進企業、政府、非政府組織和學術研究人員之間的合作，採用綠色化學原則協助產業界推動永續化學品的策略；GDCh 則是德國官方對於化學品邁向永續發展之技術資訊平臺，透過建立網絡，跨學科和國際合作，於大學和專業研究領域推動綠色化學原則教育；RSC 則是英國官方成立的學術機構，除了積極推廣綠色化學原則以及深化綠色化學技術研究，同時建立化學科學和實踐方面的諮詢，為公眾利益服務。

表九、國際綠色化學資訊平臺

綠色化學資訊平臺	內容
ACS Green Chemistry Institute (ACS GCI) 	• ACS 綠色化學研究所 (ACS GCI) 的使命是促進和實現整個社會的綠色和永續化學和工程，永續產品和流程的開發。 • ACS GCI 顧問委員會是非營利組織，行業和學術界的成員。董事會每兩年召開一次會議，協助研究所實現其戰略目標。 • 科學 - 促進可持續性的科學研究和創新 • 教育 - 倡導行業教育和交流的進步 - 綠色化學和工程原理 • 加快綠色化學的工業應用
The California Green Chemistry Initiative (GCI) 	• 加州環境保護局的 GCI 旨在加強對公共健康和環境的保護。 • 全球通信基礎設施提供了一種新的方式來審視我們社會中的化學品，釋放我們的科學家和工程師的創造力和創新，以設計和發現下一代安全和綠色化學品。 • 更安全的消費品法規於 2013 年 8 月 28 日獲得加州行政法辦公室批准（編號 2013-0718-03 S）並於 2013 年 10 月 1 日生效。 • 製造安全和安全的化學品成分的法規已經在使用。 • 加州有毒物質控制部門更安全的消費品法規規定評估消費品可能被指定為優先產品的過程和標準。

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

綠色化學資訊平臺	內容
SusChem 資訊平臺 	• SusChem 是歐洲永續化學技術平臺，將工業界，學術界，政策制定者和相反的社會聚集在一起的論壇。 • SusChem 的願景是建立一個具有競爭力和創新性的歐洲，永續化學和生物技術共同為後代提供解決方案。 • SusChem 的使命是啟動並激發歐洲化學和生物化學創新，通過提供可持續的解決方案有效應對社會挑戰。 • SusChem 於 2004 年正式啟動，作為歐盟委員會支持的倡議，以永續的方式振興和激勵歐洲化學和工業生物技術的研究，開發和創新。 • SusChem 相信永續化學可以激發人們改變步伐和社會需要變得更加可持續，智能和包容的新思維方式。
Green Chemistry & Commerce Council (GC3) 	• GC3 是一個多利益相關方合作，推動跨行業，部門和供應鏈採用業務實踐 • 通過催化和指導跨行業，部門和供應鏈的行動，推動綠色化學的業務採用 • 制定和推廣工具，政策和商業實踐，以推動整個供應鏈中的綠色化學 • 促進企業、政府、非政府組織和學術研究人員之間的合作，確定並利用綠色化學採用的推動者 • GC3 啟動網絡戰略連接計劃利用 GC3 社區（初創公司和大公司）的廣泛而深入的專業知識，為創業網絡成員提供及時的戰略建議和支持。選擇了一批具有廣泛專業知識的專家，並同意協助各種業務和技術主題的啟動指導和支持。
German Chemical Society (GDCh) 	• GDCh 將化學和分子科學領域整合一起，積極爭取永續的科學進步 - 為了人類和環境的利益，以及為生活而努力的未來。 • 考慮到這一目標，GDCh 促進了教育，研究和應用方面的化學反應。此外，GDCh 旨在加深公眾對化學及其與世界的相關性的理解和認識。 • GDCh 畢業論文的許多方面，包括啟動和支持一些項目以及出版備受推崇的專業期刊，尤其是應用化學期刊。該組織還頒發了 Karl Ziegler 獎和 Otto Hahn 獎，這些獎項是德國自然科學領域最具代表性的獎項之一。 • 促進科學工作，研究和教學，以滿足最高標準的質量和誠信，以及科學知識的交流和傳播。

綠色化學資訊平臺	內容
	• 建立網絡，跨學科和國際合作，以及在學校，大學和專業領域不斷發展培訓和教育。
Royal Society of Chemistry (RSC) 	• 皇家化學學會是英國的一個學術機構，其目標是「推動永續化學發展」。 • 皇家憲章於 1980 年獲得批准，其目的為推動永續化學科學及其應用規範； • 通過傳播化學知識促進和鼓勵科學的發展和應用； • 建立維護和提高化學專業人員的資格，能力和行為標準； • 建立化學科學和實踐方面的諮詢，為公眾利益服務； • 推進與促進化學工業邁向永續化學。

(資料來源：本計畫自行彙整)

針對國際毒性化學物質評估工具與方法，整理如表十說明，包含 PRIO(瑞典)、RISCTOX(歐盟)、管柱模型(德國)、Subsport、GreenScreen List Translator (GSLT)、ChemHAT (Chemical Hazard and Alternatives Toolbox)、P2OASys (Pollution Prevention Options Assessment System) (美國) 以及 QCAT (Quick Chemical Assessment Tool) (美國) 等。相關化學品評估工具作法如下說明：

PRIO 是由瑞典化學局開發的化學品評估工具，主要是為了降低化學品風險之評估工具，資料庫內建立一個對於人類健康與環境保育高度關注之化學品數據庫，並分成「逐步淘汰或優先降低風險」之化學品；RISCTOX (歐盟) 則是於歐盟法規 1272/2008 下所建立的評估工具，內容包含 100,000 多種化學品；德國的管住模型是德國政府為了確保事故保險職業安全與健康，作為化學品或其原物料進行替代物質評估的做法；Subsport 則是一個化學品替代作法之指南，可用作評估危險化學品替代品適用性的快速篩選工具；GSLT 則是 GreenScreen®方法中的配套工具，主要用於評估新化學品或優先考慮高度關注之化學品是否具影響人體健康與環境毒害性，評估結果可將化學品分為高度關注、低度關注或不受關注等類別；ChemHAT 是用於評估某化學品在工作場所之災害防制程度是否可達到安全水平，而非特定採用何種防護設備或措施；P2OASys 是由美國馬薩諸塞州洛厄爾大學所開發，主要可協助

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

企業評估當前替代化學品生產技術之預期中對於人體健康、環境危害與公共危害性之影響；QCAT 由華盛頓州生態部開發，作為小型企業之化學品簡單評估工具，用於評估化學品/物質以確定其毒性程度並評估替代品。

表十、國際毒化物評估工具與方法

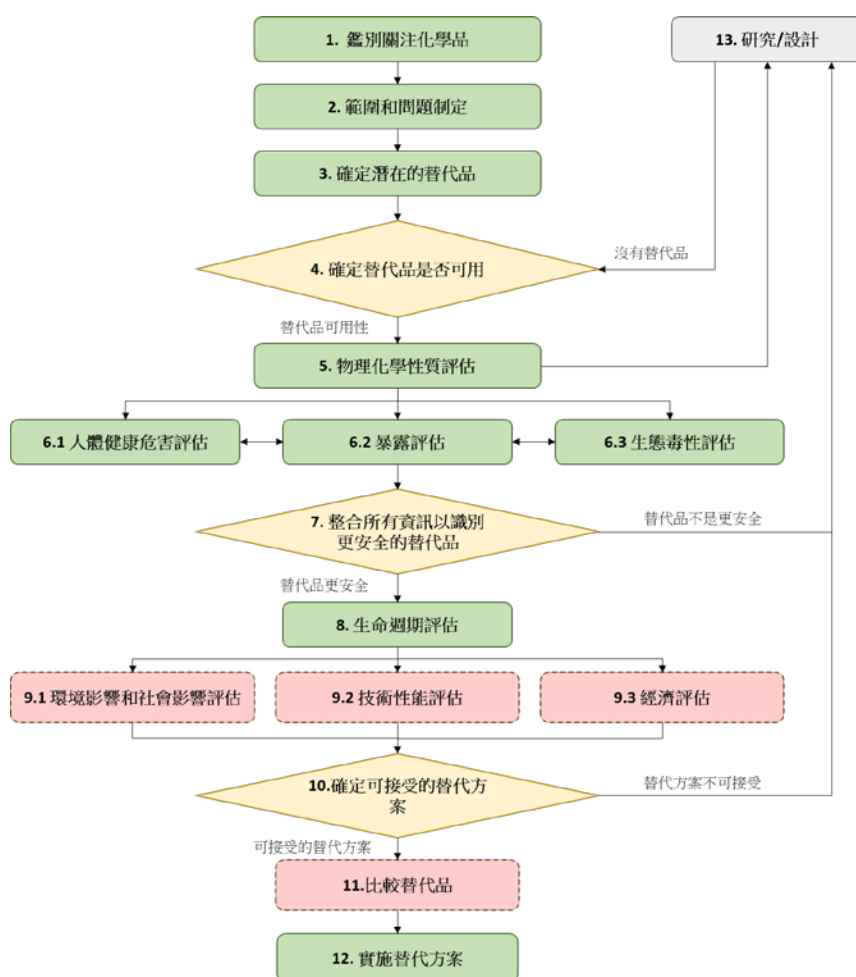
工具與方法	描述
PRIO - 降低化學品風險的工具 (瑞典)	• PRIO 由瑞典化學監察局開發，旨在幫助消除產品中的高危害化學品，以滿足瑞典政府到 2020 年實現無毒環境的目標。 • PRIO 包含一個人類健康和環境高度關注的化學品數據庫，分為「逐步淘汰或優先降低風險」化學品。 • 對於「優先降低風險」化學品，建議進一步評估以確保風險最小化。
RISCTOX (歐盟)	• RISCTOX 由西班牙工會與健康，工作與環境研究所和歐洲工會研究所共同開發，基於歐洲環境和健康標準。 • 該工具包括 100,000 多種化學品，提供有關歐盟法規 1272/2008 下的物質分類和標籤，健康和環境影響和風險以及環境和健康法規的信息。用戶可以按危險終點或特定物質進行搜索。
管柱模型 (德國)	• 管柱模型由德國社會事故保險職業安全與健康研究所開發，作為識別替代物質的工業化學品評估工具。 - 該工具允許基於六個危險端點對化學品/物質或材料/混合物進行比較。端點可被單獨和共同比較，並且用戶進行最終評估。
Subsport	• SUBSPORT 的替代步驟是一個基於網絡的六步指南，可用作評估危險化學品替代品適用性的快速篩選工具。 • 該指南提供了一系列內部和外部工具，以協助評估替代方案的每個步驟，重點是安全性，實用性和持續改進。
GreenScreen List Translator (GSLT)	• GSLT 由清潔生產行動開發，作為化學物質的快速篩選評估工具。 - 篩選評估產生三個結果：高度關注，可能高度關注和未知。 • GSLT 旨在優先考慮高度關注之化學品，以便使用完整的 GreenScreen® 方法進行更全面的評估。
ChemHAT (Chemical Hazard and Alternatives Toolbox)	• ChemHAT 是一個基於簡單想法的互聯網數據庫，當人們知道化學物質如何傷害環境或人體健康時，可以採取之保護措施。 • ChemHAT 旨在需要將工作場所化學品災害防制程度達到安全水平，而非特定採用何種防護設備或措施。

工具與方法	描述
P2OASys (Pollution Prevention Options Assessment System) (美國)	• P2OASys 由馬薩諸塞州洛厄爾大學之有毒物質研究所開發，幫助企業評估當前替代化學品生產技術之預期的結果。 • 協助企業評估替代化學品生產技術對環境，工人和公共健康的影響。
QCAT (Quick Chemical Assessment Tool) (美國)	• QCAT 由華盛頓州生態部開發，作為小型企業之化學品簡單評估工具。 • QCAT 可作為一種篩選工具，用於評估化學品/物質以確定其毒性程度並評估替代品。 • 化學品的評級基於九個危害終點的總分，但相對毒性也可以根據個別終點進行評估。

(資料來源：本計畫自行彙整)

圖二十六說明美國國家科學院框架之化學品替代評估方案流程圖，採用系統性的方法針對化學品替代方案進行完整的評估，首先鑑別受關注的化學品，從中尋找範圍以及需要被替代之問題性，接著尋找可行的替代品，由替代化學品的物理化學性質開始評估，包含人體健康危害評估、暴露評估、生態毒性評估等，接下來進行整體性的生命週期評估、環境與社會影響、替代品技術性能評估以及經濟可行性評估，最後確定可接受的替代方案，若在評估過程當中發現沒有適合的替代品，則必須停止評估流程，回歸基礎研究或化學品設計。

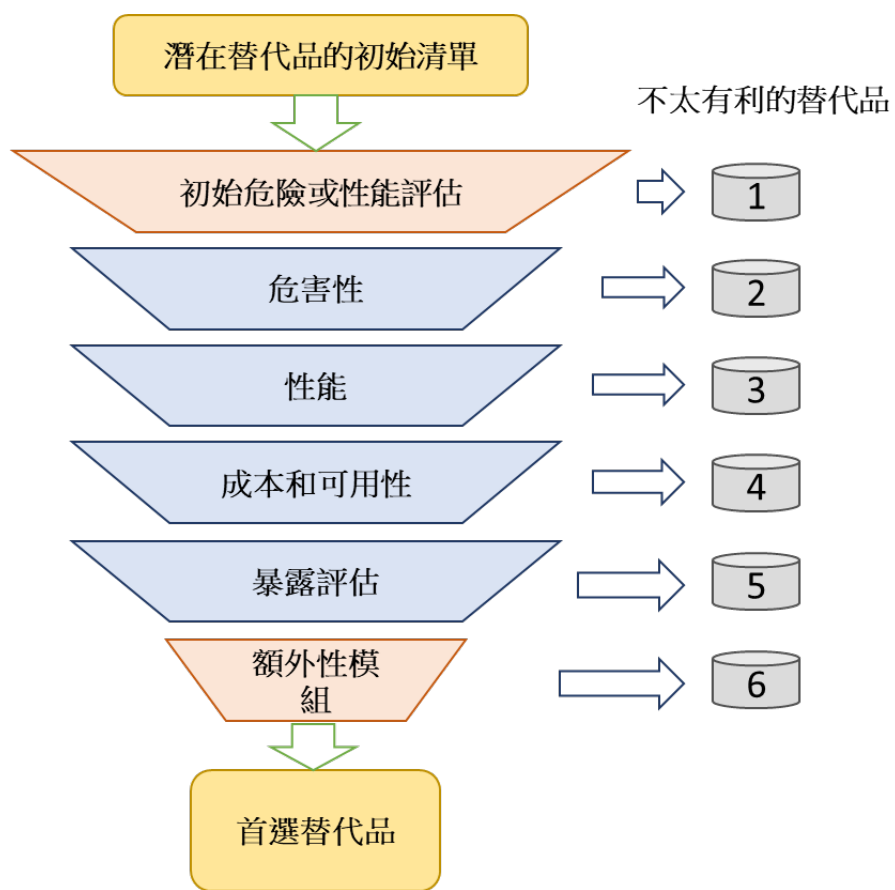
第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單



圖二十六、美國國家科學院框架之化學品替代評估方案流程圖

(資料來源：本計畫自行彙整)

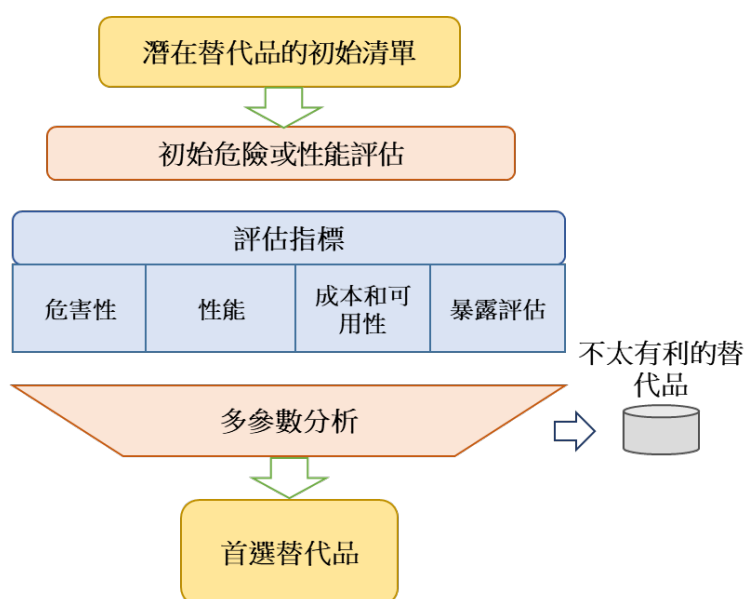
圖二十七、圖二十八與圖二十九分別說明州際化學品信息交換中心 (Interstate Chemicals Clearinghouse, IC2) 針對化學品替代品評估方法，分別包含一般型、同步型以及整合型三種，第一種為由下而上的評估方法，從潛在的替代品中找尋適合的候選化學品，刪除不可行的化學品，並用危害性、性能評估、成本可行性、暴露評估等提出首選替代品；同步評估方法則是將前述所有的評估準則同時進行交叉比對的評估，進而提出首選替代品；整合式評估架構則是將危害性與性能評估優先進行，接著再針對成本可行性與暴露評估同步進行，最後提出首選替代品。



圖二十七、洲際化學品交易所 (Interstate Chemicals Clearinghouse, IC2) 之化學品
替代品評估架構

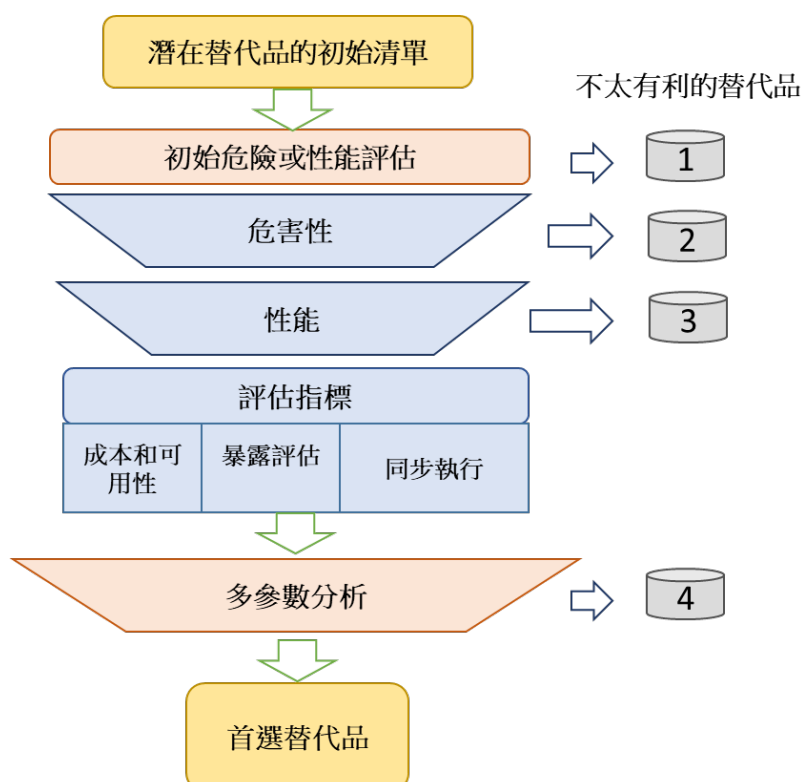
(資料來源：本計畫自行彙整)

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單



圖二十八、洲際化學品交易所 (IC2) 之化學品替代品同步評估架構

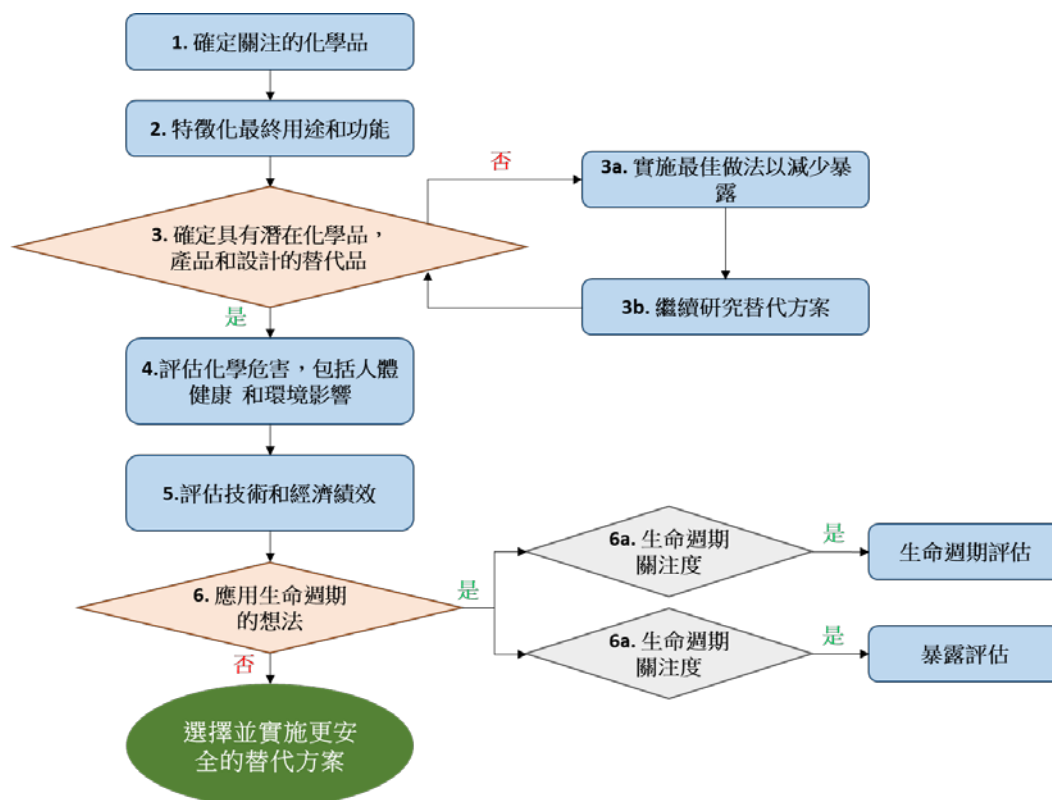
(資料來源：本計畫自行彙整)



圖二十九、洲際化學品交易所 (IC2) 之化學品替代品整合式評估架構

(資料來源：本計畫自行彙整)

Biz-NGO 則是永續化學品推動之非政府組織，主旨在於促進更安全的化學品和永續材料的創新與應用，為了實現循環經濟，健康環境和福祉，並投入化學品市場轉型；圖三十說明其受關注化學品的替代評估架構，首先先確定受關注化學品的最終用途與功能性，確認具有潛在化學品、產品與設計的替代品，接著評估化學替代品的危害性，進而評估技術與經濟的效益，最後應用生命評估方法進行暴露評估與環境危害性呈現量化結果。

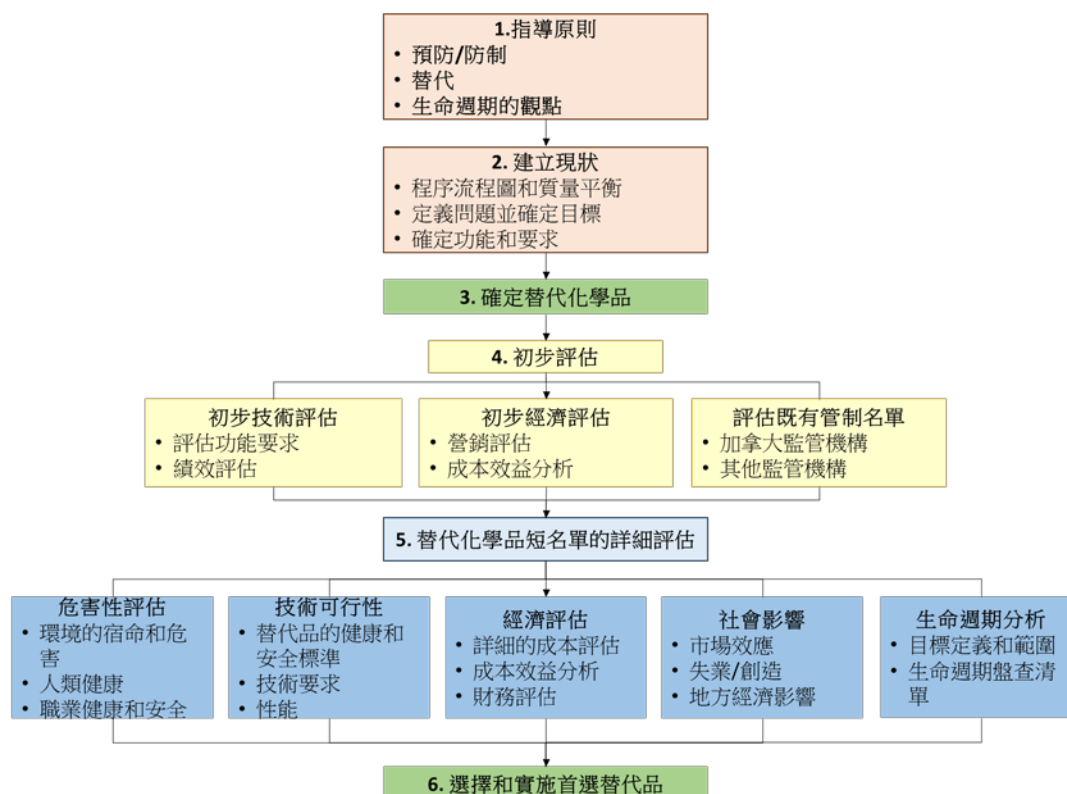


圖三十、Biz-NGO（永續化學品推動之非政府組織）評估架構

(資料來源：本計畫自行彙整)

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

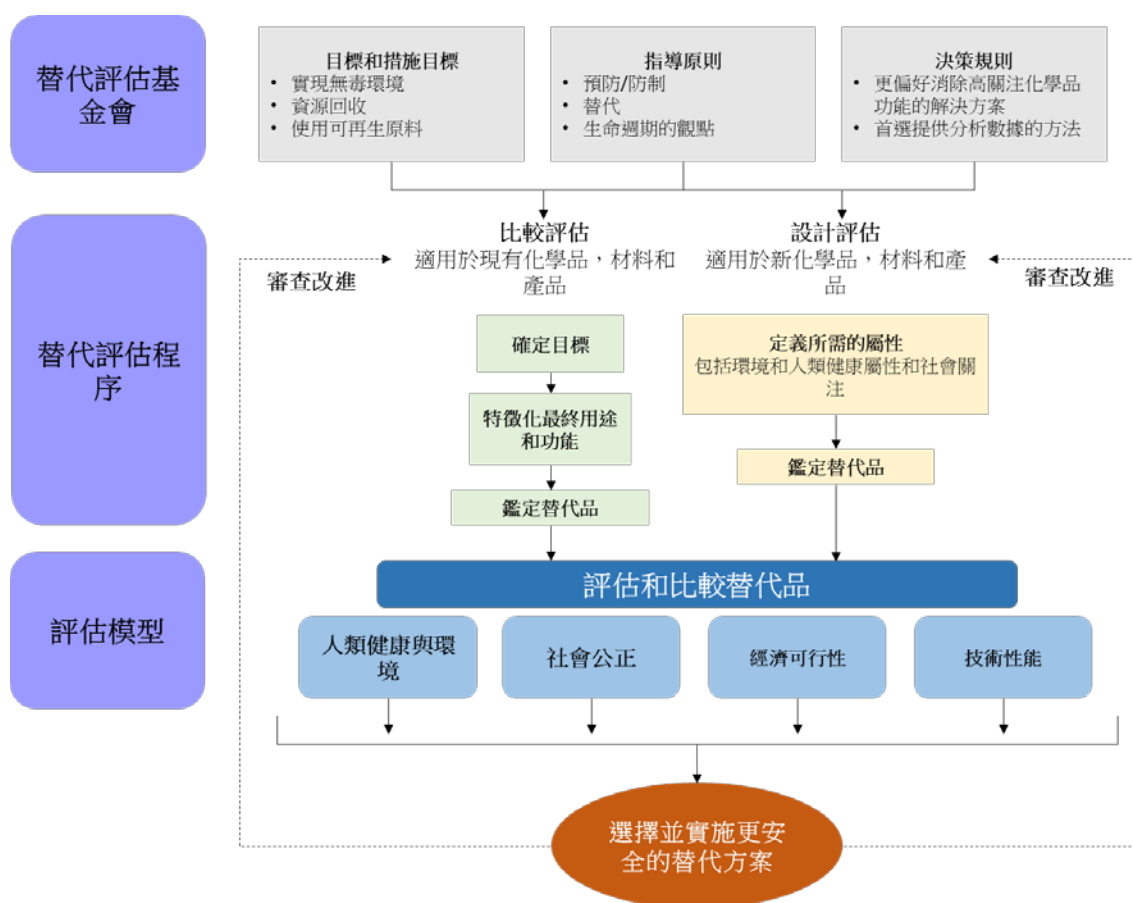
圖三十一說明安大略省有毒物質使用減量計劃架構，評估三大準則包含化學品的預防機制與防制方法、替代品的可行性以及生命週期評估的考量，第二步則是建立現階段有毒化學品的製造流程圖，並確認功能與產品要求，第三步則是確定替代化學品，第四步初步評估則是包含技術評估、經濟評估以及既有管制名單的評估，第五步則是針對替代化學品的名單詳細評估，包含危害性評估、技術可行性、經濟評估、社會影響評估、生命週期評估分析以及社會影響評估，最後可提出首選的替代品。



圖三十一、安大略省有毒物質使用減量計劃架構

(資料來源：本計畫自行彙整)

圖三十二說明洛威爾研究中心 (Lowell Center Framework for Sustainable Products) 之毒化物評估框架，主要分為三大部分，第一部分由替代品評估基金會主導，訂定替代化學品的目標、指導準則以及決策原則等，第二部分則是替代評估程序，分為比較評估（是用現有化學品、材料與產品）與設計評估（適用新化學品、材料與產品），確定受替代目標以及用途與功能評析，鑑定可能的替代品之後，第三部分則是利用研究中心相關評估模型，進行綜合性的比較，包含人類健康環境、社會公正度、經濟可行性與技術性能等，最後可提出更安全的化學品替代方案。



圖三十二、洛威爾研究中心 (Lowell Center Framework for Sustainable Products)

毒化物評估框架

(資料來源：本計畫自行彙整)

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

圖三十三說明德國政府所大力推行的永續化學品評估準則，評估準則包含是否於化學品列管清單、危險性質、人類毒害性與環境危害性、溫室氣體排放潛勢、資源使用效率以及是否有建立產品供應鏈的責任制度，最後評估結果由紅色、黃色、綠色以及白色進行最終判定，其中紅色與黃色則是代表該化學品需要進行替代，綠色則是代表該化學品不需要替代，白色則是顯示評估資料不足無法判斷。

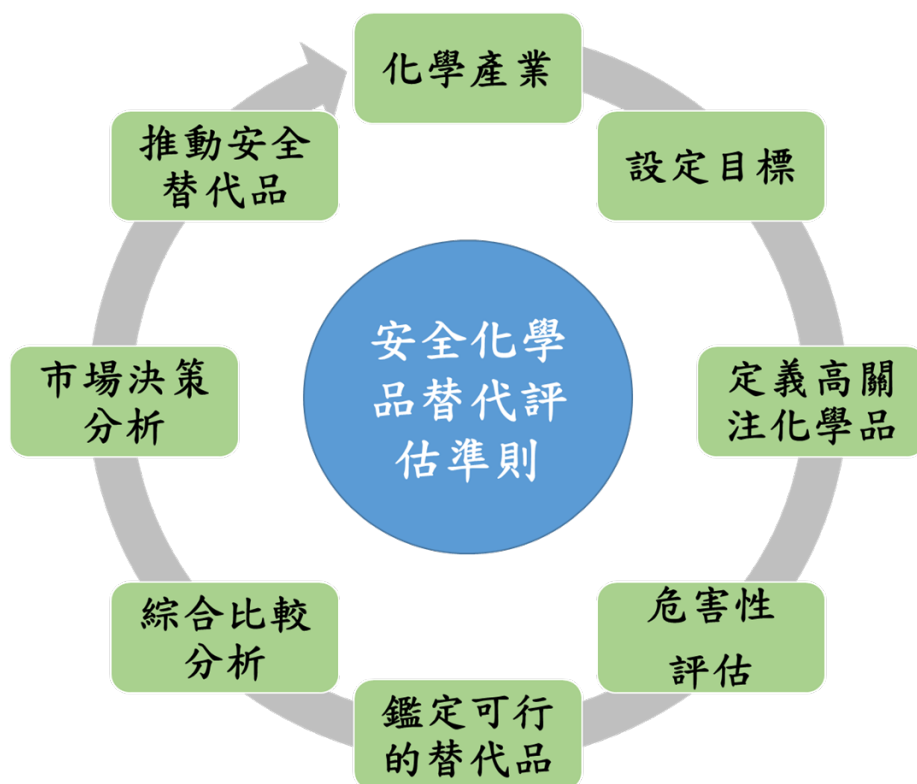
準則		紅色	黃色	綠色	白色
					
化學品列管清單		替代		不需要任何修正	須提供更多資訊
危險性質		替代品風險管理			
人類毒害性		使用特定準則 優先性替代：紅色 替代或進行風險管理：黃色			
環境危害性					
溫室氣體潛勢		替代/提升能源效率之設計			
資源使用		替代/提升能源效率之設計			
供應鏈的責任制度		提供供應商檢驗標準			

圖三十三、德國永續化學品之評估準則

(資料來源：Guide on Sustainable Chemicals, 2016)

4.2 提出優先推動綠色化學及安全替代之建議名單

經由 4.1 節中所彙整國際上不同機構所提出的化學品替代評估流程或作法，綜合前述，參酌 IC 2 Safer Alternatives Assessment 於 2011 年所提出的安全化學品替代評估準則，搜尋相關毒化物安全替代之作法，如圖三十四所示，包含八項準則，首先主要對象是鎖定化學產業，設定需要被替代的目標化學品，定義何謂高關注化學品，進行危害性評估（人體健康與環境危害性等），鑑定可行的化學替代品，接著進行綜合比較分析（如社會影響、技術經濟評估與生命週期評估等），最後在確認如何推廣替代化學品符合市場需求，提出決策分析，最後完成安全替代化學品。



圖三十四、化學安全品替代評估原則

(資料來源：本計畫自行彙整，IC2 Safer Alternatives Assessment, 2011)

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

此外，Oguzcan 等學者也提出更安全化學替代品的評估標準，如表十一說明，更安全的化學替代評估標準包含物理化學評估、人體健康危害評估、暴露評估、技術性能評估、環境評估、經濟/金融和社會評估以及生命週期評估；主要是為了評估受管制或高度關注之化學品是否有更安全的替代品，Oguzcan 等學者彙整了國際上所有針對化學產業中化學品之評估方法與準則。

表十一、彙整文獻中更安全化學替代品評估標準

更安全的化學替代品 評估標準	定義
物理化學評估	任何使用化學品的物理化學性質評估物理化學危害（例如爆炸性和腐蝕性）和/或進一步預測後續評估中使用的化學品性質的評估。
人體健康危害評估	評估化學品對人體的內在危害，而不是物理化學危害
暴露評估	用作任何評估的手段，包括暴露模型或僅使用物理化學特性評估暴露潛力，而無需對任何保護區域進行任何建模
技術性能評估	檢查備選方案對所需功能的技術性能
環境評估	考慮到化學品對環境的內在危害，如生態毒性危害
經濟/金融和社會評估	分別評估替代的經濟/財務和社會方面，並可能包括生命週期思維
生命週期評估	評估替代品和關注化學品對環境和人類的生命週期影響

(資料來源：Semih Oguzcan, et, al., 2017)

依照前述之化學品替代評估準則，本計畫優先以國內 258 種受管制毒化物為範圍，主要將 340 種列管毒化物排除 82 種禁用毒化物（主要為禁止製造、輸入、販賣及使用）與食安疑慮毒化物（如表十二所示），針對國內外相關安全替代品之案例、

作法與替代可行性評估等等，同時，說明其替代作法是否符合綠色化學原則，以作為化學局未來施政參考。

表十二、已禁用毒化物與食安疑慮毒化物

毒化物分類	毒化物名單細項
公告禁用毒化物	多氯聯苯、可氯丹、石綿、地特靈、滴滴涕、毒殺芬、五氯酚、月桂酸五氯苯酯、五氯酚鈉、甲基汞、安特靈、飛佈達、蟲必死、阿特靈、二溴氯丙烷、福賜松、克氯苯、護谷、靈丹、汞、五氯硝苯、亞拉生長素、氰乃淨、樂乃松、四氯丹、蓋普丹、福爾培、錫蟬丹 α-氰溴甲苯、二氯甲醚、對-硝基聯苯、對-胺基聯苯、對-胺基聯苯鹽酸鹽、2-萘胺、2-萘胺醋酸鹽、2-萘胺鹽酸鹽、聯苯胺、聯苯胺醋酸鹽、聯苯胺硫酸鹽、聯苯胺二鹽酸鹽、聯苯胺二氫氟酸鹽、聯苯胺過氯酸鹽(一)、聯苯胺過氯酸鹽(二)、聯苯胺二過氯酸鹽、硫化錳、光氣、苯、三氯甲烷、重鉻酸鈉、鉻化砷酸銅、2,4,5-三氯酚、氯甲基甲基醚、六氯苯、 次硫化錳、四氯乙烯、三氯乙烯、氯乙烯、八溴二苯醚五溴二苯醚、2,2',4,4'-四溴二苯、醚、2,2',4,4',5,5'-六溴二苯醚、2,2',4,4',5,6'-六溴二苯醚、2,2',3,3',4,5',6-七溴二苯醚、2,2',3,4,4',5',6-七溴二苯醚、二苯駢呋喃、1,4-二氧陸圓、甲醯胺、 氰化氫、氧化三丁錫、三氯化磷、壬基酚（壬酚）、壬基酚聚乙氧基醇、滅蟻樂、十氯酮、五氯苯、六溴聯苯、安殺番（工業級安殺番）、α-安殺番 β-安殺番、安殺番硫酸鹽、三 2-(氯乙基)磷酸酯
食安疑慮毒化物	甲醛次硫酸氫鈉、苋基紫、三聚氰胺、溴酸鉀、富馬酸二甲酯、α-苯並吡喃酮、孔雀綠、順丁烯二酸酐、順丁烯二酸、對位乙氧基苯脲、二甲基黃、皂黃、玫瑰紅 B、蘇丹 1 號、蘇丹 2 號、蘇丹 3 號、蘇丹 4 號、蘇丹紅 G、蘇丹橙 G、蘇丹黑 B、蘇丹紅 7B、二乙基黃、王金黃（塊黃）、鹽基性芥黃、紅色 2 號、氮紅、橘色 2 號
其他受管制毒化物	鎘、氧化鎘、碳酸鎘、硫酸鎘、硝酸鎘、氯化鎘、苯胺、鄰-甲苯胺、間-甲苯胺、 對-甲苯胺、1-萘胺、二甲氧基聯苯胺、二氯聯苯胺、鄰 - 二甲基聯苯胺、三氯甲苯、三氧化二砷、五氧化二砷、氰化鈉、氰化鉀、氰化銀、氰化亞銅、氰化鉀銅、氰化鎘、氰化鋅、氰化銅、氰化銅鈉、異氰酸甲酯、氯、丙烯醯胺、丙烯腈、四氯化碳、三氧化鉻（鉻酸）、重鉻酸鉀、重鉻酸鉍、重鉻酸鈣、重鉻銅、 重鉻酸鋰、重鉻酸汞、鉻酸氧鉛、鉻酸鋰、鉻酸鉀、鉻酸銀、鉻酸

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

毒化物分類	毒化物名單細項
	鈉、鉻酸錫、 鉻酸鋇、鉻酸鋅（鉻酸鋅氫氧化合物）、六羰鉻、鉬鉻紅、硫鉻酸鉛、2,4,6-三氯酚、二溴乙烷（二溴乙烯）、環氧乙烷、1,3-丁二烯、 甲醛、4,4'-亞甲雙（2-氯苯胺）、鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯、 鄰苯二甲酸二辛酯、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯、鄰苯二甲酸二異壬酯、 鄰苯二甲酸二異癸酯、鄰苯二甲酸二乙、鄰苯二甲酸二烷基酯（C7-11 支鏈及直鏈）、鄰苯二甲酸二烷基酯（C6-8 支鏈及直鏈，富含 C7）、 鄰苯二甲酸二丙酯、鄰苯二甲酸二異丁酯、鄰苯二甲酸二戊酯、 鄰苯二甲酸二己酯、鄰苯二甲酸二環己酯、鄰苯二甲酸二異辛酯、 鄰苯二甲酸二正壬酯、鄰苯二甲酸二（4-甲基-2-戊基）酯、鄰苯二 甲酸二甲氧乙酯、鄰苯二甲酸雙-2-乙氧基乙酯、鄰苯二甲酸己基 2- 乙基己基酯、鄰苯二甲酸二丁氧基乙酯、鄰苯二甲酸二苯酯、鄰苯 二甲酸二苳酯、鄰苯二甲酸單（2-乙基己基）酯、 鄰苯二甲酸單丁酯、1,3-二氯苯、-二氯苯、1,2,4-三氯苯、乙二醇乙 醚、乙二醇甲醚、環氧氯丙烷、鄰苯二甲酐等...

（資料來源：環保署化學局網站）

本計畫針對上表中主要的釋放量較大的毒化物蒐研國內外替代品之相關資訊或作法，表十三說明目前五種國內公告以及綠色替代品成功案例，被替代物質包含壬基酚、全氟辛烷磺酸、甲醛、1,3-丁二烯、硫鉻酸鉛，其中壬基酚已被禁用於家用清潔品製造，因此將針對其餘四項毒化物找尋相關案例，深化其替代品的用途。

表十三、國內綠色替代成功案例

被替代物質	替代物質	用途	應用案例	資料來源
壬基酚（壬酚） (Nonylphenol)	甲基環氧乙烷與環 氧乙烷和單(2-乙基 己基)醚的聚合物 (2-Ethyl Hexanol EO-PO Nonionic Surfactant	清潔用品 產業	陶氏化學公司 (OW Chemical)	SUBSPORT/ 財團法人安 全衛生技術 中心
全氟辛烷磺酸 (Perfluorooctane sulfonic acid)	聚合物分散液（產 品名為 Arkophob® FFR liq，成分未揭 露）	紡織及衣 物業	ARCHROMA 色彩及特殊化 學品公司	SUBSPORT/ 財團法人安 全衛生技術 中心

被替代物質	替代物質	用途	應用案例	資料來源
甲醛 (Formaldehyde)	鞣酸 (Tannic acid) ／木質素 (Lignin)	木質板材 產業	法國綠色板材 計畫 (Panneaux verts (Green panels))	SUBSPORT/ 財團法人安 全衛生技術 中心
1,3-丁二烯 (1,3-Butadiene)	大豆油	數位印刷 產業	Print Recovery Concepts	SUBSPORT/ 財團法人安 全衛生技術 中心
硫鉻酸鉛 (1344-37-2)	四氧化釩鉍 (Bismuth vanadium tetraoxide, Yellow 184, CAS No. 14059-33-7)	建材塗料 產業	德國化學公司 巴斯夫(BASF)	SUBSPORT/ 財團法人安 全衛生技術 中心

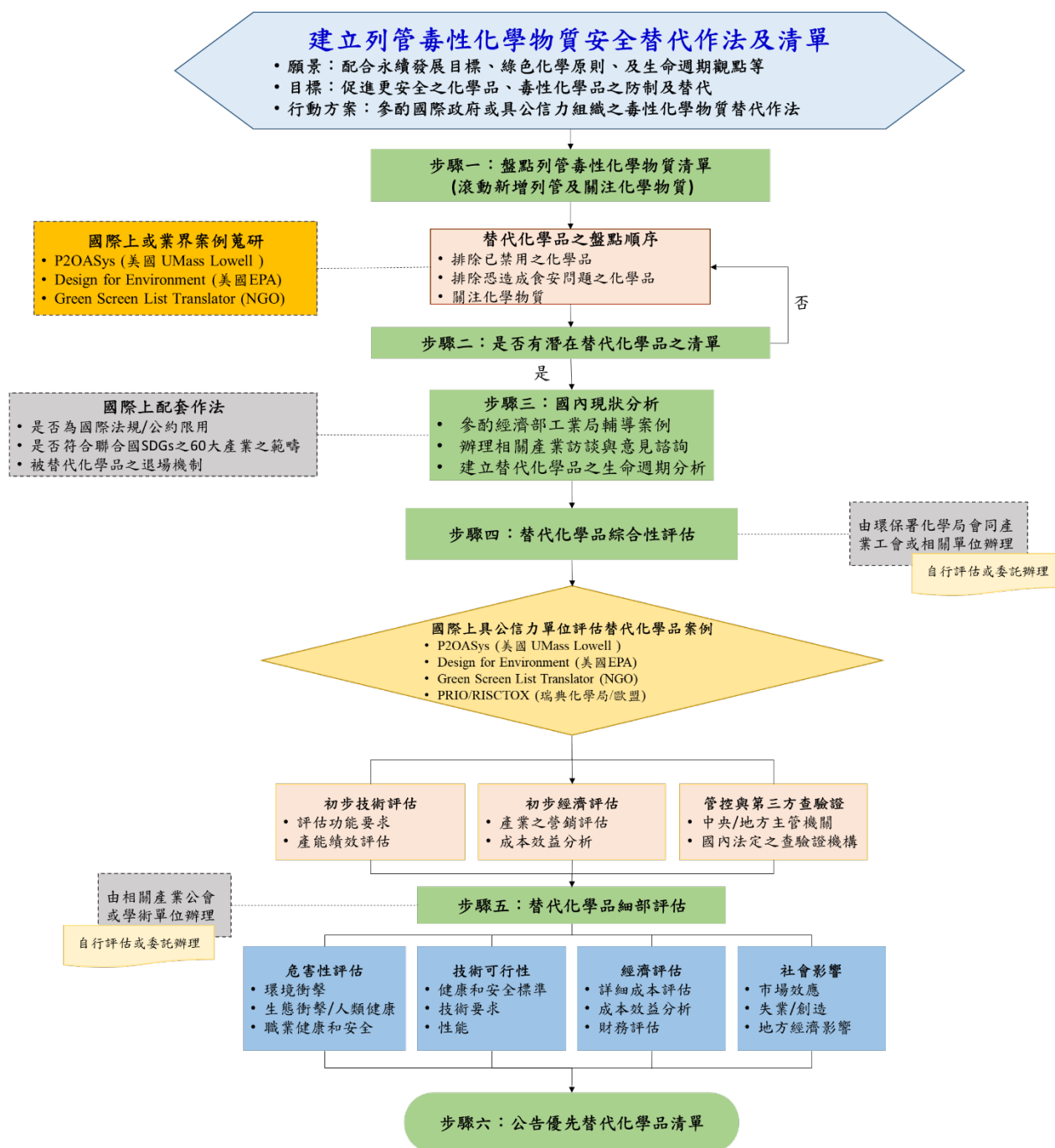
(資料來源：SUBSPORT/財團法人安全衛生技術中心)

參酌前述國際上產官學機構與非政府組織等單位所提出的化學品替代評估流程或作法，彙整研提我國建立列管毒性化學物質安全替代作法及清單之評估流程，如圖三十五所示。首先設定願景，即基於綠色化學原則、配合永續發展目標以及化學品生命週期，進行毒性化學品之安全替代評估，以促進更安全的化學品以及毒性化學品防治與替代為目標，行動方案則是參酌各國政府或具有公信力組織所建立的毒性化學安全替代品方法，進行六項步驟的評估流程：第一步驟是盤點目前國內列管的毒性化學物質清單，將其進行分類，排除已禁用之化學品與恐造成食安疑慮問題的化學品；第二步驟則是從高關注化學物質中尋找是否有潛在的應替代之化學品的名單；第三步驟是建立國內現狀分析，包含環保署已公告之替代化學品案例或工業局過去與產業界輔導之案例，適度的辦理相關產業訪談進行意見徵詢，此外，並必須同時配合國際上的配套作法、相關法規與公約、是否符合 SDGs 之 60 大產業範疇以及是否有相關退場機制；第四步驟則是將所提出的替代化學品進行綜合性評估，這部分可由環保署會同相關單位自行評估或委託辦理，同時，也可引用國際上具公信力機構所出具之替代化學品安全評估報告，例如前述所介紹的美國 UMass Lowell、

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

美國 EPA、Green Screen 與歐盟化學局等，接著將前述相關蒐集的意見與資料進行統整，包含技術性與經濟效益的初步評估，必要時，可導入第三方查驗證機構，提升評估結果報告的品質；第五步驟則是將已選定的替代化學品進行細部評估，可委託相關產業公會或學術單位辦理，分別針對危害性、技術可行性、經濟與財務評估，以及社會影響等，最後步驟可確認該替代化學品的優先程度，並由環保署進行公告，以利於相關產業界參考。

本計畫針對上述說明之流程，蒐研國外相關政府與學術單位對於毒性化學物質之安全替代評估報告，目前擬提出優先評估被替代化學品包含：二甲基甲醯胺、苯、鄰苯二甲酸二酯、1,3-丁二烯、乙腈、二氟二氯甲烷、四氯乙烯、壬基酚聚氧乙烯醚、二氯甲烷、鄰苯二甲酸酯、四溴雙酚 A、六溴環十二烷等；詳細說明如下：



圖三十五、建議我國化學安全品替代評估流程圖

(資料來源：本計畫自行繪製)

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

目前在文獻中有提及許多毒性化學物質的替代評估作法，如表十四說明，包含二甲基甲醯胺 (Dimethylformamide, DMF)、苯 (Benzene)、鄰苯二甲酸二酯 (Phthalates)、1,3-丁二烯 (1,3-Butadiene, BD) 以及乙腈 (Acetonitrile)，其中 MacMillan 等人評估使用碳酸二甲酯 (dimethylcarbonate, DMC)，乙酸乙酯 (ethyl acetate, EtOAc) 與 2-甲基四氫呋喃 (2-methyltetrahydrofuran, 2-MeTHF) 作為 DMF 的替代品，在相同的轉化率與效能下，可降低環境毒害性；Jad 等人證明四氫呋喃 (tetrahydrofuran, THF) 和乙腈 (acetonitrile, ACN) 是比 DMF 更友好的溶劑，並產生比 DMF 更高純度的產物；Henderson 等人提出有許多其他非極性溶劑可用作苯的替代品，包含戊烷 (Pentane)，環戊烷 (cyclopentane)，1,4-二噁烷 (1,4-dioxane) 等；Lowell Center for Sustainable Production 則評估許多可替代鄰苯二甲酸二酯之增塑劑，例如：二異壬基，環己烷-1,2-二羧酸酯”(Di-isononyl- cyclohexane-1, 2-dicarboxylate, DINCH)，乙醯基檸檬酸三丁酯 (Acetyl tributyl Citrate, ATBC)，對苯二甲酸二辛酯 (Dioctyl Terephthalate, DOTP)，2,2,4-三甲基 1,3-戊二醇二異丁酸酯 (2,2,4-trimethyl 1,3-pentanediol Diisobutyrate, TXIB) 和二 - 2- 己基乙基己酯 (Di(2-ethyl hexyl) adipate, DEHA)；Gao 等人研究出開發的新穎鎂鋁催化劑，提升 1,3-丁二烯轉化成生質柴油的產率與轉化率；Shen 等人研究出利用甲醇替代乙腈的可能性，提出在固相萃取程序中替代乙腈之方法。

表十四、彙整文獻中針對毒化物替代評估案例說明

替代評估案例之毒化物	案例說明
二 甲 基 甲 醯 胺 (Dimethylformamide, DMF)	- MacMillan 等人評估作為 CH_2Cl_2 和 DMF 的替代溶劑，常見酰胺偶聯劑或試劑組合的四種基準酰胺鍵進行化學反應性的評估。 - 使用 (2-肟基-氰基乙酸乙酯) -N,N-二甲基-嗎啉基脲六氟磷酸酯作為優選的偶聯劑(coupling reagent)，替代化學品為：碳酸二甲酯 (dimethylcarbonate, DMC)，乙酸乙酯 (ethyl acetate, EtOAc) 與 2- 甲 基 四 氫 呋 喃 (2-methyltetrahydrofuran, 2-MeTHF)，進行芳基化(aryl)、

替代評估案例之毒化物	案例說明
	烷基化 (alkyl acids) 與胺化 (amines) - 與 CH_2Cl_2 和 DMF 具有相同的產物轉化率，但對於環境較不會有危害性。（資料來源：MacMillan, et. al., 2013） - DMF 被認為是適合肽合成反應的唯一溶劑； - Jad 等人證明四氫呋喃 (tetrahydrofuran, THF) 和乙腈 (acetonitrile, ACN) 是比 DMF 更友好的溶劑，並產生比 DMF 更高純度的產物。（資料來源：Jad, et. al., 2015）
苯 (Benzene)	- 環己烷 (Cyclohexane) 是苯的良好替代品，是一種非極性溶劑，可溶於非極性物質，如乙醇，乙醚，丙酮，苯和石油醚； - 可通過苯與氫反應製造，且是生產己二酸和己內酰胺的主要原料； - 環己烷還用於電鍍，橡膠製造和清漆溶劑的生產。 - 庚烷 (Heptane) 可以有效替代苯，可用於油漆和塗料以及作為橡膠 - 水泥溶劑； - 其特性與己烷相似，但不會出現與己烷有關的環境和健康問題； - 在電鍍，液相色譜，印刷和柔性版印刷中用作溶劑； - 其他非極性溶劑可用作苯的替代品：戊烷 (Pentane)，環戊烷 (cyclopentane)，1,4-二噁烷 (1,4-dioxane)；戊烷相對便宜並且通常在實驗室中用作易於蒸發的溶劑。（資料來源：Henderson, et. al., 2011）
鄰苯二甲酸二酯 (Phthalates)	鄰苯二甲酸酯可做為增塑劑，常見的替代品包括： - 二異壬基 - 環己烷-1,2-二羧酸酯 (Di-isononyl- cyclohexane-1, 2-dicarboxylate, DINCH) - 乙醯基檸檬酸三丁酯 (Acetyl tributyl Citrate, ATBC) - 對苯二甲酸二辛酯 (Diocetyl Terephthalate, DOTP) 2,2,4-三甲基 1,3-戊二醇二異丁酸酯 (2,2,4-trimethyl 1,3-pentanediol Diisobutyrate, TXIB) - 二 - 2- 己基乙基己酯 (Di(2-ethyl hexyl) adipate, DEHA) (資料來源：Lowell Center for Sustainable Production, 2011)
1,3- 丁 二 烯 (1,3-Butadiene, BD)	Gao 等人開發的新穎鎂鋁催化劑，提升 BD 轉化成生質柴油的產率與轉化率；

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

替代評估案例之毒化物	案例說明
	- 不同的製備方法對催化劑之表面結構和化學性質有影響； - pH 值也是重要因子，主要在強酸和強鹼時會轉化成乙烯，弱酸和弱鹼有助於 BD 轉化成醇類或酯類； - 為了獲得更高的 BD 選擇性，必須調配完美 MgO 和 Al₂O₃ 的比例，並必須在 Mg-Al 催化劑中使用用於調節酸鹼平衡的改質劑。（資料來源：Gao et. al., 2017）
乙腈 (Acetonitrile)	- 在樣品製備方法中替代乙腈的主要溶劑之一是甲醇； - Biotage 提供 EVOLUTE 系列聚合物相，可使用甲醇作為固相萃取程序中替代乙腈； - EVOLUTE 產品系列已針對使用甲醇的方法進行了優化，這成為短缺的長期解決方案。（資料來源：Shen et. al., 2015）

(資料來源：本計畫自行彙整)

此外，針對目前已經在工商界已經廣泛使用的化學品替代方案，主要是推動 R134a 製冷劑的替代品，R134a 是主要用於小型冰箱與汽車空調中的製冷劑。1990 年代起它開始替代對環境危害更大的二氟二氯甲烷 (R-12)，而原先的 R-12 製冷設備在經過改裝後便能適用 R134a。R134a 因含有氟含量，具有較高的全球變暖潛能值、零或低臭氧消耗潛能值；人類的活動增加大氣中二氧化碳和其他溫室氣體的濃度，大氣層吸收的紅外輻射量增加，導致大氣溫度和隨之而來的長期氣候變化 (Jitendra Kumar Verma et al., 2013)。

表十五、選擇性替代製冷劑的特性

製冷劑	化學式	分子量	沸點 (°C)	臭氧消耗潛能(ODP)	全球暖化潛能 (GWP)
R32	CH ₂ F ₂	52	-51.7	0	650
R134a	C ₂ H ₂ F ₄	102	-26.1	0	1300
R152a	C ₂ H ₄ F ₂	66	-24.0	0	140

(資料來源：本計畫自行翻譯彙整)

目前主要的製冷劑替代化學品如表十六說明：

表十六、製冷劑替代化學品之說明

製冷劑替代化學品	化學品特性與危害性說明	使用障礙
二氧化碳 (Carbon Dioxide, CO ₂)	- 對全球變暖或臭氧破壞潛勢值之影響遠低於一般製冷劑 - 價格便宜且化學意外可能性較低	但當用作製冷劑時，與 R-134a 相比 CO ₂ （稱為 R-744）需要極高的操作壓力
HFC-152a	- 以兩個氫原子取代兩個氟原子，具有與 R-134a 類似的操作特性，但冷卻性更好 - HFC-152a 全球變暖潛勢值為 120，比 R-134a 低 10 倍	略微易燃
HFO-1234yf	- 具有與 R-134a 非常相似的熱特性，因此不需要對空調系統進行調整 - HFO-1234yf 的全球變暖潛勢值為 4	無
氨	- 全球變暖潛勢值與臭氧破壞潛勢值為 0 - 分子量小、潛熱大、蒸汽密度大及傳熱性能好 - 具強烈氣味在達到危險濃度之前氣體洩漏容易被檢測 - 價格較低	有毒，易燃並且與銅不相容
Super-Freeze 134a	- 為環境安全的烴類混合物，設計用作直接替代和改裝製冷劑選項 - 用於替代美國以外的汽車空調和製冷系統中的 R123a 和 R12 製冷劑 - 與 R134a 和 R12 相比，可在較低的壓力下運行 - 提供改善的冷卻性能和性能	無

(資料來源：本計畫自行彙整)

除了製冷劑之外，四氯乙烯具有揮發性、高度穩定、不可燃等特點，被廣泛用於乾洗和金屬除油，也被用來製造其他化學品。和許多有機氯化合物一樣，四氯乙烯能壓抑中樞神經系統，而四氯乙烯能透過皮膚接觸和吸入蒸氣進入人體，在超過

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

315 攝氏度的環境，例如銲接，四氯乙烯會氧化為碳酰氯 (COCl_2) 劇毒的氣體。四氯乙烯對人體健康之危害如表十七所示。

表十七、四氯乙烯之人體健康之危害性

急性影響	慢性影響	癌症危害性
• 接觸可引起中樞神經系統影響，並且說話和行走困難 • 高劑量暴露可能導致嘔吐、失去知覺和死亡 • 可能會引起皮膚刺激 • 刺激眼睛，引起疼痛、紅腫和全身炎症 • 刺激鼻咽道系統	• 長期接觸可能會導致肝臟和腎臟受損 • 長期和反覆的皮膚接觸可能會引起皮炎 • 對已患有皮膚病和受損的肝功能受損的人增加健康風險 • 暴露可能導致發育或生殖毒性 • 免疫和血液系統的影響	• IARC Group 2A，可能是人類致癌物質 • 美國國家毒理學計劃通過動物實驗合理懷疑會成為人類致癌物。動物試驗證實高暴露量與肝癌和腎癌以及白血病相關 • 研究表明乾洗工作環境長期接觸 perc，工人患腎癌的風險增加 • 美國 EPA 提到 perc 很可能通過所有接觸途徑對人類產生致癌作用

(資料來源：TURI, 2012)

目前主要的四氯乙烯替代化學品如下：

1. 液態二氧化碳，液體或超臨界流體，可用於服裝清潔專業設備。最常見的方式是 700 磅/平方英寸的壓力下使用液體二氧化碳，並使用專門為此方法設計的清潔劑。此方式係將液態二氧化碳與清潔劑結合在傳統的籃式機器進行清洗。
2. 高閃點油烴，閃點高於 140 度華氏之低味道石油烴為基礎乾洗溶劑，廣泛用於取代 PERC 乾洗。
3. 縮醛，無鹵可燃溶劑，成分為 1-(丁氧基乙氧基)丁烷，也稱丁縮醛或甲醛二丁基縮醛。
4. 丙二醇醚，是一種石油溶劑於 1990 晚期用於取代 PERC 乾洗，可透過改善碳氫氧化物系統使用。
5. 環狀揮發性甲基矽氧烷，現階段用於乾洗的是環狀 VMS 十甲基環五矽氧烷。無色無味液體用於多溶劑系統機器。

6. 正丙基溴，直接用於取代 PERC 溶劑，並可直接使用現有的 PERC 及碳氫氧化物乾洗系統。

另外一方面，美國環保署針對壬基酚聚氧乙烯醚 (Nonylphenol Ethoxylates, NPEs) 進行化學毒性全面性評估，NPEs 是表面活性劑，是一類功能性化學品，可提高表面活性並降低水的表面張力，使液體更容易擴散、潤濕和更好地混合。NPE 是非離子表面活性劑，是更廣泛類別的表面活性劑的一部分，稱為烷基酚乙氧基化物 (APE)。NP 的主要用途是作為 NPE 合成的原料。NPEs 通過在鹼性條件下使 NP 與環氧乙烷 (EO) 反應來製備。

NPEs 及 NP 會降解為更有毒的化學物質，這些化學物質經常分裂成沉積物並累積 (U.S. EPA, 2005a)。含有 NPE 的產品的使用可導致 NP 和其他降解物釋放到環境中，從而可能使水生生物暴露於這些化合物。在魚類急性和慢性毒性研究中，低濃度 NP 對於魚類和其他水生生物（低於母體 NPE）是致命的 (Talmage, 1994)。此外，還記錄了對生長和繁殖的影響 (U.S. EPA, 2005a)。根據該水生毒性資訊，EPA 建議 NP 的水生生物環境水質標準 (AWQC) 濃度為十億分之一。

表十八說明美國環保署對 NPEs 之化學評估，結合了來自六個來源的評估化學品的主要和次要數據，包含從綜合文獻綜述中獲得的公開可用的，測量的（實驗）數據

1. 來自 EPA OPPT 機密數據庫的測量數據。
2. 基於 SAR 的 EPA 新化學計劃污染預防 (P2) 框架和可持續期貨預測方法 6 的估算。
3. EPA 化學品類別文件的估算，該文件根據 EPA 根據新化學品計劃評估化學品的經驗，將具有共同化學功能和毒理學特性的化學品分類。
4. EPA 工作人員的專業判斷，他們確定了與密切相關的類似物的實驗數據。
5. 化學品製造商提交的保密研究。
6. CleanGredients®數據庫。

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

當缺乏實驗數據時，機構預測模型和 EPA 新化學計劃科學家的專家判斷被用於評估物理/化學特性，環境歸宿和水生毒性終點。

表十八、美國環保署針對 NPEs 之化學評估表

化學類別	宿命		水體毒性 ¹			符合 DfE 表 面 活 性 劑 標 準	合成
化學品	持久性	降解物 ²	急毒性	慢毒性	降解毒性		
壬基酚乙氧基化物 Nonylphenol ethoxylates (NPEs)							
壬基酚乙氧基化物 Nonylphenol ethoxylate (9EO); NPE9	M	Y ³	H	M	VH	N	壬基酚由苯酚和三丙烯製備，產生高度支化的、對位取代的烷基酚。壬基酚與環氧乙烷的反應產生 NPE 表面活性劑。
辛基酚乙氧基化物 Octylphenol ethoxylates (OPEs)							
辛基酚乙氧基化物 Octylphenol ethoxylate (10EO); OPE10	H ⁴	Y ⁵	H	H	VH	N	辛基酚由苯酚和二異丁烯製備，產生高度支化，主要是對位取代的烷基酚。辛基酚與環氧乙烷的反應產生 OPE 表面活性劑。
線性醇乙氧基化物 Linear alcohol ethoxylates (LAE)							
C9-11 乙氧基化的醇 C9-11 Alcohols, ethoxylated (6 EO)	VL	N	H	H	L ⁶	Y	衍生自脂肪酸或 α-烯烴的直鏈醇與環氧乙烷反應，得到 LAE 表面活性劑。許多洗滌劑級 LAEs 使用 C10-C18 範圍內的醇。
C12-15 乙氧基化的醇 C12-15 Alcohols, ethoxylated (9EO)	VL	N	VH	H	L ⁶	Y	
乙氧基化/丙氧基化醇 Ethoxylated/propoxylated alcohols							
環氧乙烷，甲基，與環氧乙烷的聚合物，單（2-乙基己基醚）；	L	N	M	M	L ⁶	Y	2-乙基己醇與環氧乙烷和環氧丙烷反應。該類中的其他表面活性劑使用直鏈

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

化學類別	宿命		水體毒性 ¹			符合 DfE 表 面活性劑標準	合成
化學品	持久性	降解物 ²	急毒性	慢毒性	降解毒性		
Oxirane, methyl-, polymer with oxirane, Mono (2-ethylhexyl ether); Ecosurf EH-9							醇代替 2-乙基己醇。
烷基多聚葡萄糖 Alkyl polyglucose (APG)							
D-Glucopyranose, 低聚, 癸基辛基糖苷 D-Glucopyranose, oligomeric, decyl octyl glycosides	VL	N	M	M	L ⁶	Y	脂肪醇在酸催化劑存在下與葡萄糖反應。類似的產品可以由其他糖製備, 例如蔗糖。
直鏈烷基苯磺酸鹽 Linear alkylbenzene sulfonates (LAS)							
苯磺酸 C10-13 烷基衍生物。鈉鹽 Benzenesulfonic acid, C10-13-alkyl derivs., sodium salt	VL	N	H	H	L ⁶	Y	在酸催化劑存在下, 用線性烯烴 (內部或末端) 將苯烷基化, 得到直鏈烷基苯 (LAB)。將 LAB 中間體磺化並且中和, 得到直鏈烷基苯磺酸鹽表面活性劑。
烷基硫酸酯 Alkyl sulfate esters (AS)							
月桂基硫酸鈉 Sodium lauryl sulfate	VL	N	H	H	L ⁶	Y	將脂肪醇硫酸化並中和得到烷基硫酸酯鹽。
烷基醚硫酸鹽 Alkyl ether sulfates (AES)							
聚氧 (1,2-乙二基), α -磺基- ω 十二烷基氧基-, 鈉鹽 Polyoxy(1,2-ethanediyl), α -磺基	L	N	H	H	L ⁶	Y	將線性醇乙氧基化物硫酸化並中和, 得到烷基醚硫酸鹽。

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

化學類別	宿命		水體毒性 ¹			符合 DfE 表 面活性劑標準	合成
化學品	持久性	降解物 ²	急毒性	慢毒性	降解毒性		
α -磺基- ω 十二烷基氧基-鈉鹽 alpha-sulfo-omegadodecyloxy-, sodium salt							
脫水山梨糖醇酯 Sorbitan esters							
山梨糖醇單硬脂酸酯 Sorbitan monostearate	L ⁷	N	H	H	L ⁶	Y	脂肪酸甲酯在鹼性催化劑存在下與脫水山梨糖醇反應，得到脫水山梨糖醇酯。

VL =極低危險，L =低危險，M =中度危險，H =高危險，VH =非常危害 — 彩色字體 (VL、L、M、H 和 VH) 中的終點是根據實驗數據劃分。黑色斜體 (VL、L、M、H 和 VH) 的終點是使用估計值和專業判斷（分子結構活動關係）劃分。

注意：乙氧基化表面活性劑中 1,4-二噁烷雜質的含量在產品配方中限制在 100 ppm。

(1) 審查急性毒性數據包括魚類的 96 小時 LC50 檢測，無脊椎動物的 48 小時 EC50 或 LC50 檢測以及藻類的 72-96 小時 EC50 檢測。如果有足夠的急性數據，則無需評估慢性毒性值。

(2) 表面活性劑所關注的降解產物是具有高急性水生毒性 (L/E/IC50≤10ppm) 和緩慢的生物降解速率（大於 28 天）的化合物

(3) 一種潛在的王基酚降解物引起人們對其影響內分泌系統的可能性。

(4) 對於辛基酚乙氧基化物的可用生物降解數據，不能確定半衰期。根據生物降解速率數據，50%降解量的時間（通過氧需求測量）似乎比 60 天略長。

(5) 一種潛在的辛基酚降解物，比母體化合物更持久、毒性更大。

(6) 根據現有的生物降解研究，這種化學物質最終會降解為 CO₂，H₂O 和礦物鹽，因此預計不會產生水生有毒的降解物。

(7) 可用的生物降解數據不包括 10 天空窗期。

(資料來源：本計畫翻譯彙整)

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

另外針對受管制替代的有機溶劑以二氯甲烷為主，二氯甲烷是低沸點無色液體，是重要的有機溶劑，廣泛用於醫藥、塑料及膠片等工業；脫漆劑中含有化學物質是二氯甲烷 (methylene chloride)。塗料提供保護塗層，設計為環境穩定性且難以去除，而二氯甲烷是主要的汽提溶劑用以去除表層塗料。二氯甲烷通過滲透塗料層和破壞塗料與基材之間的粘合產生脫離作用，當二氯甲烷揮發時，它會向上推動塗漆薄膜使其遠離基材，並易於使用鈍金屬表面器具（如油灰刀）去除表面塗料，塗料剝離劑中溶劑最重要的功能是其擴散性。針對二氯甲烷之化學評估結果與相關替代品建議如表十九所示。

表十九、二氯甲烷之化學評估表

Chemical	Group I Human					Group II & II Human								Ecotox		Fate		Physical		
	C	M	R	D	E	AT	ST		N		SnS	SnR	IrS	IrE	AA	CA	P	B	RX	F
							Single	Repeat	Single	Repeat										
二氯甲烷	H	NE	DG	DG	M	M	vH	H	vH	vH	L	DG	H	H	M	L	vH	vL	L	L
苯甲醇	L	L	L	M	DG	M	L	L	M	H	H	L	L	H	L	L	vL	vL	L	L
2-(2-丁氧基乙氧基)乙醇	L	L	L	L	DG	L	L	H	DG	L	L	DG	M	H	L	L	vL	vL	L	M
二甲基亞砷	L	L	L	L	DG	L	L	L	L	L	L	L	M	M	L	L	L	vL	L	M
1,3-二氧戊環	L	M	M	M	DG	L	M	M	M	L	L	DG	M	H	L	L	M	vL	L	H
二元酯(二元酯混合物)	L	L	L	M	M	L	M	M	M	DG	L	DG	L	M	M	L	vL	vL	M	L
d-檸檬烯	L	L	DG	L	DG	L	L	L	DG	DG	H	DG	H	H	vH	H	vL	M	L	M
丙酮	L	L	M	M	DG	L	M	M	M	M	L	DG	L	H	L	L	vL	vL	L	H
甲醇	NA	NA	NA	H	NA	H	vH	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	L	L	vL	vL	NA	H
甲苯	DG	L	H	H	M	L	M	H	M	H	L	DG	H	L	H	H	H	vL	L	H
甲酸	L	L	L	L	DG	H	vH	H	vH	DG	L	DG	vH	vH	M	M	vL	vL	L	M
燒鹼	L	L	L	L	L	H	vH	L	L	L	L	DG	vH	vH	M	DG	L	vL	M	L

C =致癌性, M =致突變性, R =生殖毒性, D =發育毒性, E =內分泌干擾, AT =急性毒性, ST =全身器官毒性, N =神經毒性, SnS =皮膚過敏, SnR =呼吸過敏, IrS =皮膚刺激, IrE =眼睛刺激, AA =水生毒性, CA =慢性水生動物毒性, P =持久性, B =生物累積, RX =反應性, F =易燃性

斜體中的危險等級(極高 (vH)、高(H)、中等(M)、低(L)、極低(VL)反映估計 (模擬估值、權威 B 列表、篩選列表, 弱類似物和較低信任度) BOLD 中的危險等級與高質量數據、權威 A 列表或類似物。第二組人類健康終點與第一組人類健康終點的不同之處在於它們有四個危險評分 (即 vH、H、M 和 L) 而不是三個 (即 H、M 和 L), 並且基於單次暴露而不是重複曝光。DG 表示沒有足夠的數據來劃分危險等級。NE 表示未做出確定 (衝突數據)

(資料來源：美國環保署網站，本計畫翻譯彙整)

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

美國 Lowell Center 針對鄰苯二甲酸酯及其替代品進行健康與環境方面的評估，選擇不需要添加鄰苯二甲酸酯作為塑膠添加劑是另一種替代方法，由於所有塑膠在加工過程中都需要使用添加劑來改善材料性能，這些塑膠在美國主要作為製造兒童玩具，兒童產品和其他消費品中有廣泛的應用。由於這些經由石化燃料做製造的加工品，在整個產品生命週期當中會造成環境的危害，例如：會進入自然界食物鏈造成生物累積毒性過高，難以用傳統焚化法處理且不具備回收價值等，對於兒童的呼吸道與食道也會造成影響；因此，對於像是鄰苯二甲酸酯等塑膠產品添加劑，Lowell Center 相關評估報告提出以生物塑膠進行替代品，生物塑膠主要是來自於植物所製造，例如大豆，大米，小麥和亞麻籽等，雖然目前並非所有的生物塑膠都可以進行生物降解，因為生物降解性或生物堆肥的有效堆肥基塑料取決於材料的化學結構和組成，但作為替代傳統石化燃料的塑膠產品，生物塑膠仍然是很有前景的一個產品，表二十說明 Lowell Center 針對不同生物塑膠原料之產品應用、健康影響以及環境影響等評估結果。

表二十、不同種生物塑膠原料之產品應用、健康影響以及環境影響等評估結果

生物塑膠原料	產品及應用方式	人體健康潛在影響	環境影響
聚乳酸 (來自玉米，甜菜，甘蔗，小麥，番薯或米飯)	用於食品容器，薄膜和纖維產品	可能會引起皮膚刺激並可能導致呼吸道刺激	廢棄的乳酸可做為回收但會產生二次污染物
氨基甲酸酯 (來自大豆，蓖麻油，油菜籽，向日葵和亞麻籽)	可作為黏著劑	會刺激皮膚，眼睛和呼吸道導致氣喘，有可能會衍生出致癌物質	尚未發現對環境潛在的危害
纖維素 (來自棉或木材)	用於玩具，手把，黏著劑，膠帶，玻璃紙，密封膜和汽車塗料等	製造過程可能會對工人產生過氧化物，具有高可燃性	生產過程有比較高能源和水要求
對苯二甲酸	用於纖維紡織	吸入和皮膚接觸會	具備生物可降解性

生物塑膠原料	產品及應用方式	人體健康潛在影響	環境影響
(來自玉米)	品，地毯和服飾	刺激粘膜並影響視神經系統	
木質素(木頭)	用作填充物和橡膠，可轉換為碳纖維	生產過程中，工人可能會接觸到腐蝕性，易燃和有毒化學品	生產過程有比較高能源和水要求 可堆肥
玉米蛋白	用於塑膠添加劑	引起皮膚炎，並且刺激眼睛和鼻子	具備生物可降解性
大豆蛋白	用於玩具，花園用品，食品服務工業副具包裝，覆蓋物，高爾夫球座和結構材料	引起皮膚炎，並且刺激眼睛和鼻子	具備生物可降解性

(資料來源：Phthalates and their Alternatives: Health and Environmental Concerns，本計畫翻譯彙整)

此外，美國 Lowell Center 亦針對四溴雙酚 A (Tetrabromobisphenol A, TBBPA) 以及六溴環十二烷 (Hexabromocyclododecane, HBCD) 之替代品的評估，TBBPA 與 HBCD 通常用作環氧樹脂的反應性阻燃劑，環氧樹脂的應用是 TBBPA 的主要用途，HBCD 則是主要用於製作發泡聚苯乙烯與聚苯乙烯之保溫產品的保溫板的原料；TBBPA 與 HBCD 是受高度關注的毒性化學物質，因為其對人體健康影響甚鉅，不適合做為生活用品的製造原料，美國 Lowell Center 初步評估 TBBPA 與 HBCD 的替代品，表二十一說明 TBBPA 與 HBCD 的替代品的評估結果。

表二十一、四溴雙酚 A (TBBPA) 與六溴環十二烷 (HBCD) 的替代品的評估結果

TBBPA 替代品	健康或環境潛在影響
2,4,6-三溴苯酚可用於環氧電路板應用	2,4,6-三溴苯酚被認為是有毒的口服藥，但經皮膚或吸入途徑未認為有毒
紅磷（是磷的一種相對穩定的形式）	紅磷對水生生物有毒，有造成海洋生物威脅之疑慮
氫氧化鋁混和氫氧化鎂	並未發現對環境或健康造成危害性
聚酰亞胺樹脂	使用聚酰亞胺層壓板的缺點是由於水分少，導致加工時會使用大量的水
其他溴化物產品	無研究指出簡易化學結構的溴化物會對環境或

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

TBBPA 替代品	健康或環境潛在影響
	健康造成影響
聚氨酯和聚異氰脲酸酯	具有低至中度的急性毒性口服，會透過皮膚和呼吸引入
酚醛樹脂	甲醛用作製造酚醛樹脂的原料，甲醛具有高度致癌性

(資料來源：An Overview of Alternatives to Tetrabromobisphenol A (TBBPA) and Hexabromocyclododecane (HBCD)，本計畫翻譯彙整)

4.3 評析推動綠色化學原則於產業面之障礙與挑戰

目前國際上推廣綠色化學原則所遭遇的障礙可歸類為商業相關、製程相關以及組織與個人行為相關等三種，表二十二說明國際上常見之障礙與挑戰，主要障礙為缺乏公眾意識與接受度，另外對於廠區內工程師與相關主管也缺乏充分的瞭解，將導致投資者對於清潔生產技術相關產業充滿投資風險與不確定因素，將可能產生較高技術成本和收益的不確定性。

表二十二、國際上於產業推廣綠色化學原則常見之障礙與挑戰

項目	障礙與挑戰
商業相關障礙	• 工程師對於綠色技術認知不同而減少使用量 • 清潔生產技術產品價格較昂貴 • 產品市場需求度不高 • 安全化學替代品選擇通常以價格考量而非環境效益
技術相關障礙	• 清潔生產與綠色技術所需之原料來源與品質不穩定 • 安全化學替代品之料源通路不健全 • 安全化學替代品的詳細資訊不夠廣泛 • 缺乏對清潔生產或綠色技術完整資訊揭露
法令政策相關障礙	• 缺乏落實綠色化學原則之教育推廣或宣導工作 • 法令限制創新技術用途 • 未符合化學品相關管制法規規定 • 缺乏對替代品之原物料供應商的優惠措施

(資料來源：本計畫自行彙整，Matus et al., 2012)

此外，對於綠色化學原則或循環經濟理念推廣過程中，除了國際上存在許多包含商業、技術與法令政策相關障礙與挑戰，於國內初步說明包含組織面、法規面、技術面、財務面及社會面等五大層面研析執行障礙與挑戰，彙整主要障礙與挑戰說明如表二十三。

表二十三、國內於產業推廣綠色化學原則執行障礙與挑戰

項目	障礙與挑戰
組織面	- 中央部會（環保署化學局）與地方政府（衛生局或環保局等）間之整合與職權劃分之界定不易； - 綠色化學產業聚落促成機制規劃未完善，導致產業界投入清潔生產之推動能量不足； - 綠色化學原則相關推動時程與架構之組織機構缺乏； - 清潔生產技術整合平臺未落實，缺乏綠色化學研究、交流、合作、教育綜合平臺。
法規面	- 政府對綠色化學原則之推廣政策缺乏整體性； - 尚未完整建立可行之綠色化學評量指標； - 對於相關配套與誘因政策之研擬未完善； - 區域能資源之法規及行政分析與整合式管理系統建置未臻完備。
財務面	- 相關綠色技術或化學替代品成本較高，關鍵技術設備與其相關原材料進口成本過高與其專利權問題尚未解決； - 利益相關方間動機不一致，未能整合獎勵機制和收益； - 整體節能減排之效益及區域能資源整合之經濟成本效益不易分析評估；
技術面	- 技術本土化程度較低，未能高效利用可在國內大量生產並推廣應用的國產材料降低成本，且創新技術的利用具有風險和不確定性； - 有經驗的工作人員及具備專業知識和製程設計和團隊缺乏，對新技術和新材料的應用經驗不足，綠色設計的完成度較低； - 化學替代品之環境效益分析複雜、可用性較低； - 適應市場機制的環保與化學品相關產業鏈尚未完整形成，產業化水準低。
社會面	- 永續綠色化學與毒化物管理模式初期投資和成本較高，科技含量高、成本投入高且回報長期緩釋，開發商、消費者難見即時利益，阻礙其應用和推廣； - 資源利用和配置效率的最優化難以實現； - 大量的技術疊加未必能達到資源利用和配置效率最佳，往往成本增加同時造成綜合效益降低。

(資料來源：本計畫自行彙整，Matus et al., 2012)

針對上述目前國內於產業推廣綠色化學原則執行障礙與挑戰，本計畫透過徵詢政府、產業與學界專家之意見，提出相關改善建議如下說明：

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

1. 毒化物的替代優先順序，建議由技術可行性進行推廣，同時應考量毒化物在國內的運作量。
2. 毒性化學物質安全替代推動須透過跨部會的整合，整合現有與推動中法規，由學術單位技術輔導，經濟部門提供財務鼓勵策略等，以增加廠商進行化學品替代的誘因等。
3. 建議政府單位應建立安全替代資訊平臺，蒐集國際重要案例，建置資料庫供廠商參考，並建議採用使用者付費的原則，提高廠商提供成功案例誘因。
4. 建置平臺亦可作為產、學、研溝通管道，提供資訊鏈結，包含政府（管制策略及未來目標）、產業（提出目前的困難或自身成功的案例）、學術（技術與法規的建議，協助建立管理制度）。
5. 可參酌染料業的「藍色標章」可評估染料的危害，毒性化學品使用建議也可建立危害標章，使廠商使用或其他用戶端瞭解研發新替代品之重要性。
6. 政府推動禁用化學物質管制時，應考慮提供經濟誘因及技術輔導，可增加政策推動之可行性。
7. 以產業現況而言，雖然於小量階段成功開發替代品，但若要投入生產，常會因生產線系統複雜造成產業不願意替換，需要政府輔導推動上下游產業鏈結。
8. 針對精進毒性化學物質管理的關鍵，包含盤點各企業使用毒化物之（潛在）可替代方案或不可替代之原因，以及適時度瞭解毒化物供應商替代方案及推動困境。
9. 由於化學品應用主要跟隨市場需求，應思考替代化學品被供應鏈品牌要求時，可提升使用替代品化學之可能性。
10. 業界執行替代做法時，主要考慮技術成熟度及成本接受度，建議政府可據此訂定替代化學品執行規範及時機。

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

4.4 辦理相關會議以建立多方溝通協調平臺

4.4.1 108 年 07 月 11 日專家諮詢會議成果

本計畫於民國 108 年 7 月 11 日辦理第一場次專家諮詢會議，會議主題包含國內外產業推動綠色化學策略與情勢、國內列管毒性化學物質安全替代作法及清單等二大項，議程資訊如表二十四說明：

表二十四、108 年 7 月 11 日專諮會議程

時間	議程內容
10:00	會議開始
10:00~10:10	會議致詞 行政院環境保護署毒物及化學物質局
10:10~10:25	國內外產業推動綠色化學策略與情勢 - 國際產業應用綠色化學推動情勢 - 國際上綠色化學發展相關資訊與毒化物替代作法 - 應用綠色化學原則建立篩選替代化學品或替代作法
10:25~10:55	綜合討論
10:55~11:10	國內列管毒性化學物質安全替代作法及清單 - 篩選國內優先發展安全替代之毒化物 - 研析國際上毒化物相關安全替代作法 - 優先推動安全替代毒化物之建議清單
11:10~11:50	綜合討論
11:50~12:00	會議結論

第一次專諮會摘錄重點結論如下（會議記錄詳見附錄四）：

1. 政府政策明確化，綜合歸納各國資料，研擬符合國情的管理辦法，並提供未來政策參考。
2. 為輔助未來進行化學替代品的輔導及規範，分析產業使用化學替代品的原因如下：
3. 永續經營與環境保護。
4. 政府明確規範，引導產業進行化學品的替代。

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

5. 為了打入市場，而因應市場或客戶要求使用毒性較低之替代品。
6. 由產品生命週期觀念，整合原料商、製造商與使用端客戶，建立綠色產業的供應鏈，據以評估與推廣替代化學品。
7. 國內外成功替代毒性化學品案例豐富，將案例彙整為教材，建立技術本土化，為日後推動化學品替代關鍵。
8. 本計畫將彙整相關資料，協助提出毒性化學品替代之時機點建議，如設備汰舊換新，或申請許可證展延時，使廠商有誘因推動化學品替代，並善盡企業社會責任。

後續因應做法：

本計畫參考委員所提寶貴建議，於 11 月舉行一場邀請各專家及政府機關人員的經驗分享會，會後彙整各位專家提出目前於業界之成功替代方案，向化學局提出建議事項。



圖三十六、108 年 7 月 11 日專家諮詢會照片

4.4.2 108 年 08 月 22 日臺灣化學產業高峰論壇會議成果

本計畫團隊亦受邀出席 2019 年臺灣化學產業高峰論壇，本次論壇主題為：「綠色化學新科技 永續發展新願景」(Green Chemistry: Roadmap to SDGs)，並邀請國際上相關專家學者，包含綠色化學之父 Dr. John C. Warner 以及名古屋大學 石原一彰教授 (Dr. Kazuaki Ishihara) 以及捷克布爾諾理工大學 (Brno University of Technology) Dr. Hab Jiří Jaromír KLEMEŠ，分別針對如何推動化學產業實踐 SDGs，並期望提升化學工業對於人類健康安全的預防與降低環境危害性，此外，本次論壇還有兩場分會場，分別針對「企業與產品面」(Best Practices) 與「技術與實踐面」(Technology Achievement)，邀集國內產業界與學界專家進行經驗分享，表二十五彙整本次論壇的資訊重點；最後與本次論壇受邀國際專家以及國內產學專家，共同舉行高峰論壇產業菁英對談，並以「實行綠色化學邁向永續企業經營與全球永續發展」為主題，分別提出政府治理、產業實踐與研究發展未來建議方向，如表二十六所說明。會議情形如圖三十七。

表二十五、108 年 8 月 22 日臺灣化學產業高峰論壇之重點摘要

與談主題	重點摘要
綠色化學新科技 永續發展新願景	- 綠色化學符合永續發展的分子科學，旨在設計化學產品/程序，減少有害物質的使用/產生，同時確保其產能與性能，成本和安全性 (Dr. John C. Warner) - 針對溶劑選擇，催化條件和催化劑的使用，提升酯化、酰胺化與氧化催化的效能可符合綠色化學原則 (Dr. Kazuaki Ishihara) - 推動化學產業之循環經濟的挑戰應考量化學反應之熱力學限制與整體系統邊界 (Dr. Jiří Jaromír Klemeš) - 循環性應以永續發展與綠色設計的概念實踐，其中環境和生態之淨足跡應低於傳統的線性經濟系統 (Dr. Jiří Jaromír Klemeš, Dr. John C. Warner, Dr. Kazuaki Ishihara)
企業與產品面	- 由原油製成的碳黑可再利用作為許多產品的原料與程序中的廢棄物處理，另外在碳黑過程中產生的蒸汽可用於發電 (Mr. Jyun-Yi Lai) - 應採用先進的高性能防腐塗層技術，加強工業設施 (Dr.

與談主題	重點摘要
	Yi-Che Su) 利用催化劑技術降解廢水中的有機物和空氣污染 (Dr. Jeffery Wu)
技術與實踐面	- 為了開發新的替代原材料或綠色化學產品，應成立專業研發與行銷工作小組進行系統性的規劃，使企業推動綠色化學產品之開發，提升化學品經濟效益 (Dr. Cai Weiwei) - 應開發無毒，無刺激性，環保的聚合物改良劑，可用於長期除臭高功能之纖維材料 (Dr. An Dazhong) - 為了釐清開發綠色化學產品之各種障礙與挑戰，產業界首先要提出綠色化學產品之標的與技術障礙，以便政府和學術界能夠瞭解該行業的需求和困難 (Dr. An Dazhong) - 為了整合相關綠色化學應用於產業界之資訊，應融合各學術機構的專業知識，充分利用各方資源，發揮產業和品牌自身的優勢 (Dr. Lai Junyi)

(資料來源：本計畫自行彙整)

表二十六、108 年 8 月 22 日臺灣化學產業高峰論壇菁英會談之建議

面向	建議事項
政府治理	- 將永續發展和綠色（循環）化學原則納入產業轉型，提倡傳統供應鏈轉變為綠色供應鏈的概念 - 建立循環度指標體系，同時考慮加工材料和中間產物之回收，並重點關注循環度不足之處，無法再利用之初級資源，社會經濟循環率與生態循環率等方面 - 建立綠色化學之基礎研究與技術開發數據資料庫，通過支付方式提供給行業參考，收入可以作為其他綠色政策的基金來源 - 政府機構應建立項目團隊相關技術授權或專利轉移之標準，以利實現政府與民營企業之間的技術共享
產業實踐	- 為了建立循環經產業鏈，化學工業應考慮使用綠色替代化學品，將廢棄物轉化成高價值之化學品，特別考量能源轉化效率與碳捕獲再利用技術等 - 化學產業經營理念應納入 5R 的概念，即回收、減量、再利用、循環以及再設計，以實踐傳統化學產業轉型的願景
研究發展	將綠色化學原則納入大學課程，以及研究機構之專責單位，從分子層面克服發展創新化學品的基本挑戰，邁向化學產品之循環經濟。

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

面向	建議事項
	- 將綠色化學原則納入工業技術研發項目之考量準則，包含涉及石化產品（如：生物可降解塑膠）、水資源（如光伏正滲透技術）、能源、製藥和農業等業別 - 應用系統工程模型與系統評估工具進行現有系統的性能評估，同時進行創新系統的設計開發工作

(資料來源：本計畫自行彙整)



圖三十七、108 年 8 月 22 日臺灣化學產業高峰論壇照片

4.4.3 108 年 10 月 1 日循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會成果

本計畫團隊於民國 108 年 10 月 1 日至 2 日協助中鼎教育基金會於台北國際會議中心（台北市信義區信義路五段 1 號）辦理「循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會」，研討會辦理目的主要為加強產官學研各界對循環經濟的重視，邀請國內外致力於循環經濟領域議題的專家學者，解析國際發展趨勢，提供國內產官學研各界新方案與觀念的交流。研討會四大主題為：治理與導向、永續金融、永續製程、商業模式等，皆與綠色化學以及毒性化學物質管理策略有密切關係，表二十七與表二十八說明研討會主要資料蒐集成果與建議。

表二十七、108 年 10 月 1 日循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會之重點摘要

主題	研討會重點摘要
治理與導向 及永續金融	通過考慮綠色消費和生產，效率和彈性以及風險管理，將製定循環經濟的路線圖與永續資源管理計劃相結合
	在歐洲政策，法規和指令中增加直接支持的重點應放在目標明確的可與能源指令相媲美的循環經濟指令上，利用跟踪和監測系統進行回收的二次資源的商業模式
	在循環經濟的背景下應用水的再利用可以更好地應對這些挑戰，包括再生水/雨水的循環利用和再利用技術，法規的執行，資金的投入以及公眾意識的改善
	為了在韓國建設可持續的循環經濟，韓國政府強調技術融合，透過可以監控和跟踪從生產到消費的材料命運。韓國政府還開發了創新技術並將其用於廢舊材料，以將其轉換為替代資源或能源。因此，它在材料回收方面為研發分配了大量預算
	中國實施循環經濟長達十年的政策表明，將消費電子產品的國家戰略與特定的社會經濟發展階段保持一致的重要性。為了使循環經濟政策和策略有效而成功，必須有廣泛支持的願景和路線圖，明確定義的目標和相關指標，以衡量上述目標的實現
	考慮到環境和健康影響以及資源缺乏性，使用智慧工業園區模型向循環經濟的完整範例轉變將是關鍵重點，其中綠色化學原理和物聯網技術應被優先考慮

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

主題	研討會重點摘要
	分析資源消耗和廢棄物產生的問題，使化學品生產能夠從生命週期的角度管理資源和廢棄物
	政府必須制定，監管和監督積極的循環經濟（金融）政策以及更高的投資計劃，以吸引行業開展業務，讓消費者獲得金錢價值
	在循環經濟框架內，人們對永續發展的共同責任感日益增強，這有助於社區中的人們經常聚會和合作，從而促進循環產出以滿足社會對永續發展的需求
	循環經濟的永續城市方法應在高度整合和城市通量（能量，水，廢棄物，交通）之間的協同作用下優化資源利用，從而最大程度地提高本地解決方案，短循環和回收利用
永續製程	基於綠色技術開發了用於從電子資源中回收貴金屬的新技術，包括環保化學品，設備規格，專業諮詢和培訓計劃
	制定有效的策略和技術來控制微塑料，全面評估健康/生態風險，並為可持續生物塑料開發綠色解決方案，以實現循環生物經濟
	由於塑料廢物在自然環境中的迅速積累，對塑料廢物的可再生替代和/或替代廢物管理策略的綠色研究引起了極大的關注。為實現循環經濟而對塑料廢料進行再利用和再循環的基本考慮和實際應用應進一步研究
循環商業模式	通過在產品即服務中應用 IoT 技術並倡導建築業的增值回收技術和廢物協同處理機制，開發用於建築環境的循環經濟業務模型
	台塑集團正在引入綠色化學原理，以提高資源的效率和性能，創造更好的商機，減少產品的碳和水足跡，創造更好的商機
	積極參與國家/地區議程和政策，智能數據驅動的運營系統以及社區合作和貢獻，應提高循環經濟的資源循環效率
	通過對改進和創新的熱切追求，化學的智能應用可以幫助創建一個更好的社區並確保可持續的未來。
	由於最近臺灣實行可再生能源政策，在將農業廢棄物轉化為能源和有用資源方面出現了投資機會，這在蘑菇和乳製品行業中得到了證明。
	農業中的「循環經濟」概念旨在通過有效和高效的過程減少

主題	研討會重點摘要
	和利用廢物。農業食品鏈上的所有利益相關者應採取資源利用效率，領導力，消費者教育和創新等戰略，政府應制定扶持性政策

表二十八、108 年 10 月 1 日循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會之建議

主題	研討會建議策略
治理與導向	通過在石化，農業，電子廢物和生物能源以及建築行業建立可持續的材料管理週期，來建立能力並將材料管理方法整合到現有的政府計劃中
	借游泳續發展目標的基礎上重建創新技術和綜合管理，找出障礙和挑戰，以最大程度地減少環境影響，最大限度地提高資源效率和提高經濟生產率
	通過考慮非流通率，剩餘不可再生主要資源，社會經濟循環率和生態循環率等方面的製造材料和產品生產來建立循環經濟指標
	將永續發展目標添加到大學課程中，以解決基本的集成和創新解決方案，從而實現循環再生經濟
永續金融	通過創新的智慧技術克服監管和技術壁壘，並建立水回用，廢物回收和能源回收的投資市場
	建立行業綠色會計系統數據庫，以作為其他綠色政策的經濟誘因
	為刺激和發展關鍵作用，金融可以在向循環經濟商業模式過渡中發揮作用
	在向更循環的工業經濟過渡（工業循環性）的過程中創造經濟利益，創新和就業機會
	企業以永續發展為策略並考量整體勞工環境，將可促進企業對於能源與資源管控之績效
永續製程	實施“綠色工業綠色化學”，從而減少有害物質的使用/生成，同時確保其性能，成本 and 安全性
	加強能源和資源的可持續性，構建基於智能設備，物聯網，大數據和智能衛生系統的循環經濟智能回收系統
	促進在生命週期中管理材料和產品的努力，並採用擴展生產者責任政策在化學工業中進行多尺度系統分析
循環商業模式	通過建立循環經濟業務模型來促進永續發展目標－RESOLVE（重新生成，共享，優化，循環，虛擬化，交換）結合綠色設計，流程和產品以及 5R 實踐（重新設計，

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

主題	研討會建議策略
	減少，再利用，回收和恢復）綠色產業
	將綠色化學納入工業的技術研發中，例如石化（例如，可生物降解的塑料），農業，綠色能源和建築行業
	成立商業委員會，系統地制定清晰的願景，目標，目的和指標，以部署綠色化學品來實現未來的經濟利益

此外，該研討會也於第二天舉行圓桌會議，邀集各國產業與學術界之專家學者，針對化學品管理與循環經濟相關議題進行深入探討，並針對政府治理、產業發展與學術研究等三個面向提出建議事項，其中談到如表二十九所說明：

表二十九、108 年 10 月 2 日循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會圓桌會議建議事項

主題	圓桌會議建議事項
政府治理	- 制定基於化學品管理與循環經濟的願景，路線圖，目標和實現循環經濟的過渡途徑，對於引導實現循環經濟的過程至關重要。 - 以基本的監管要求為出發點，採取適當的政策手段組合，包括監管，經濟，信息和自願工具，並逐步增加對經濟手段和採用自願協議，並根據定期的政策評估不斷調整政策組合 - 為中小企業提供量身定制的技術援助，涉及以下主題：清潔生產，智能製造，工業共生，環境管理系統，綠色供應鏈管理和生態設計 - 通過綠色化學創新的智慧技術和基於永續發展的管理，以最大程度地減少環境影響，最大化資源效率和提高經濟生產率。 - 制定調查方法，旨在納入環境，社會和治理因素，以衡量因氣候變化風險和機遇而產生的對財務績效的潛在影響。 - 建立財政援助和捐款體制，可節省原材料再利用的成本，以實現循環經濟模式的永續融資。
產業發展	- 實踐「綠色工業的綠色化學」，減少有害物質的使用/生成，同時確保其性能，成本和安全性 - 加強能源和資源的可持續性，建立基於智能設備，物聯網，大數據和智能衛生系統的循環經濟智能回收系統 - 通過開發創新技術來建立智能循環經濟園區，包括綠色製

主題	圓桌會議建議事項
	造過程，高價值產品和低碳排放以及具有危害預防和應急響應的風險降低技術
學術研究	• 應用系統評估工具（例如：用於更安全的化學品的綠色篩選機制）評估現有化學品管理的性能 • 開發具有成本效益的綠色技術，以實現廢棄物回收，水回收和能源回收，以實現廢棄物-水-能源之間的聯繫 • 將綠色生態設計，永續消費/使用和節能循環的績效指標發展綜合性能評估，包含工程，環境和經濟方面

4.4.4 108 年 11 月 27 日產業座談會會議成果

本計畫於民國 108 年 11 月 27 日邀集產業界辦理綠色化學與毒化物溝通之座談會，由於綠色化學十二原則精神涵蓋注重污染防治、勞工安全、清潔能源、健康風險、綠色消費及綠色產業等基礎理論，可作為邁向永續發展目標基本手段；國際上綠色化學在實務應用成功經驗主要為整合原物料與產品盤查體系、污染防治監測系統、勞工安全衛生管理及製程安全管理等要素，皆有助於建立國內毒化物管理以及替代化學品篩選原則。

有鑑於此，為了推廣綠色化學原則應用於毒化物管理體系、促進綠色化學十二原則、落實循環經濟體系及邁向永續發展目標，特辦理本次座談會議，本次座談會會議主題主要為「整合 SDG 與綠色化學十二原則應用於毒化物源頭管理」、「建立列管毒性化學物質安全替代作法及清單」以及「研擬產業應用綠色化學原則之環境教育推廣教材」，透過邀集產官學界相關專家，廣泛蒐集意見，以助於環保署研擬應用綠色化學原則於毒化物管理策略，表三十為座談會議程。

第四章 國內列管毒性化學物質安全替代之作法及建立清單

表三十、108 年 11 月 27 日產業座談會議程

時間	議程內容
10:00~10:10	會議開始 會議致詞：行政院環境保護署毒物及化學物質局
主講人：蔣本基特聘教授/潘述元助理教授	
主題：綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通	
10:10~10:50	- 整合 SDG 與綠色化學十二原則應用於毒化物源頭管理 - 建立列管毒性化學物質安全替代作法及清單 - 研擬產業應用綠色化學原則之環境教育推廣教材
10:50~11:30	綜合討論
11:30~11:40	茶歇休息
11:40~12:00	會議總結 蔣本基特聘教授

本次產業座談會主要是與產業界建立綠色化學原則與毒化物管理之溝通平臺，以協助環保署化學局未來可以產業界建立鏈結，深化毒化物減量與管理的政策推廣，相關重點結論摘要如下（會議記錄詳見附錄五）

1. 綠色化學替代最重要是法規，追蹤國際法規法展趨勢；另一個是國際品牌的需求：需有個平臺追蹤國際品牌對於綠色化學的品牌要求。
2. 企業研發基本上以符合法規限制的前提，同時必須在市場競爭機制下滿足客戶的需求，及時提供服務，獲取商業效益。同時亦應負起企業社會責任，主動進行內部整合，針對毒性或有害物質進行管制並推動，以更安全化學品取代之。
3. 環境教育不只針對環境相關科技為主，化學、化工科系更應列為必修。政府亦可主動由機關部會組織跨部會專案（環保、經濟、科研），進行專案委託，進行「安全化學品取代推動研究」
4. 業界的需求多半與法規要求相關，因此建議請 TCIA 協助提供或整合業界法規趨勢，並舉辦相關研討會來幫助大家將確切目標訂立。對於國內業者可建議一綠色產品評估平臺，並協助推動相關產品的行銷。

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

5. 建議政府，推廣民眾認知與教育，促進企業改革誘因。擬定政策以促進企業跟進綠色化學潮流，例如減用毒性化學物質（第一類～第三類）。並建議學界開發化學品風險評估軟體，提升化學產業商機大。



圖三十八、108 年 11 月 27 日產業座談會照片

第五章 結論與建議

5.1 結論

一、蒐研國際先進國家針對毒性化學物質管理推動現況

本計畫從聯合國永續發展目標之目標與策略進行評析，配合聯合國商業與永續發展委員會於 2017 年所提到的報告「更好的商業，更好的世界」，列出與綠色化學 12 項原則之相關重點發展產業，並說明目前聯合國推動綠色化學之情形，從國際上針對毒性化學物質管理推動現況與法制作業，研析彙整美國、歐盟、加拿大、德國、日本、韓國、中國等國家，包含毒性化學物質申報與管理體系、法源依據、以及管制框架等；評析國際上推動替代化學品之評估作法，例如：綠色篩選指標、綠色化學專家體系以及環境化設計等。

二、蒐研國際上綠色化學諮詢平臺資訊以及毒化物評估工具與方法

主要包含：ACS Green Chemistry Institute (ACS GCI)（美國）、The California Green Chemistry Initiative（美國）、SusChem 資訊平臺（歐盟）、Green Chemistry & Commerce Council、German Chemical Society（德國）以及 Royal Society of Chemistry（英國）等；提供化學品安全替代評估體系，例如：美國國家科學院框架、州際化學品信息交換中心 (Interstate Chemicals Clearinghouse, IC2) 之化學品替代品評估方法、安大略省有毒物質使用減量計劃架構、洛威爾研究中心 (Lowell Center Framework for Sustainable Products) 之毒化物評估框架，以及德國永續化學品之評估準則，透過彙整國際上相關諮詢，進而提出安全化學品替代評估準則；提出優先推動綠色化學及安全替代初步名單。

三、研擬國內優先推動替代化學品之流程與建議清單

本計畫參考前述國際上執行替代化學品的作法流程，研擬國內國內優先推動替代化學品之流程，包含六大步驟對於替代化學品進行全面性的評估，並評析國外學術界與政府單位所提供之替代化學品評估案例，包含二甲基甲醯胺、苯、鄰

苯二甲酸二酯、1,3-丁二烯、乙腈、二氟二氯甲烷、四氯乙烯、壬基酚聚氧乙烯醚、二氯甲烷、鄰苯二甲酸酯、四溴雙酚 A、六溴環十二烷等；此外，從組織面、法規面、技術面、財務面與社會面評析國內推動綠色化學原則於產業面之障礙與挑戰。

四、辦理相關諮詢會議、研討會與教育宣導會議，完成環境教育教材彙編

本計畫於執行期間，邀集國內關於綠色化學與化學品管理等相關專家學者與產業代表，於 108 年 7 月 11 日辦理第一場專家諮詢會，徵詢毒性化學物質管理相關意見，相關結論如下：

- (一) 政府政策明確化，綜合歸納各國資料，研擬符合國情的管理辦法，並提供未來政策參考。
- (二) 為輔助未來進行化學替代品的輔導及規範，分析產業使用化學替代品的原因包含，永續經營與環境保護、政府明確規範，引導產業進行化學品的替代，以及為了打入市場，而因應市場或客戶要求使用毒性較低之替代品。
- (三) 由產品生命週期觀念，整合原料商、製造商與使用端客戶，建立綠色產業的供應鏈，據以評估與推廣替代化學品。
- (四) 國內外成功替代毒性化學品案例豐富，將案例彙整為教材，建立技術本土化，為日後推動化學品替代關鍵。

本計畫於 108 年 8 月 22 日計畫團隊派員出席 2019 年臺灣化學產業高峰論壇，分別針對「綠色化學新科技永續發展新願景」、「綠色化學」最佳實踐」(Best Practices) 與「技術成就」(Technology Achievement) 等主題進行相關資訊彙整，並參考高峰論壇產業菁英對談中，針對「政府治理」、「產業實踐」與「研究發展」未來建議方向，以供化學局施政參考。

此外，本計畫團隊於 108 年 10 月 1 日與中鼎文教基金會共同舉辦「循環經濟綜合與創新解決方案國際研討會」，邀請國內外致力於循環經濟領域議題的專家學者，解析國際發展趨勢，提供國內產官學研各界新方案與觀念的交流，加強產

官學研各界對循環經濟的重視，並以治理與導向、永續金融、永續製程、商業模式四大主題進行分組討論，相關研討會結論與建議將有助於政府推動綠色化學以及毒性化學物質管理策略。本計畫亦協助化學局彙編綠色化學與毒化物管理之環境教育教材，並於 108 年 11 月 27 日辦理綠色化學與毒化物管理產業座談會，透過教育宣導的方式，強化政府與產業界鏈結，與深化毒化物減量與管理的政策推廣。

5.2 建議

本計畫以聯合國永續發展目標以及綠色化學 12 項原則探討國外對於毒性化學物質政策與管理制度，同時亦針對國際上政府、學術與非政府組織所建立的替代化學品篩選流程或作法進行盤點，並研提國內列管毒性化學物質安全替代之作法與優先清單，有鑑於我國化學局致力推廣綠色化學原則及應用，並期望建立一套毒性化學物質替代篩選流程，本計畫提出具體建議如下：

一、明定綠色化學原則實踐永續發展目標為化學局施政方針，建立示範亮點計畫（長程）

整合綠色化學原則與清潔生產技術，推廣至國內產業，建立示範亮點計畫，促進毒性化學物質減量邁向循環經濟；依循 SDGs 12 確保永續的消費與生產模式的指標，包含實現對化學品和所有廢物進行無害環境管理，通過預防，減少，回收利用和資源化，進而適度的提升危害化學品的排放量等；政府應持續設立相關推廣小組，宣導應用綠色化學以促進化學產業永續經營。

二、參考本計畫研擬之國內列管毒性化學物質安全替代流程，訂定可進行優先替代化學品之清單（中程）

藉由先進國家對於毒性化學物質管理制度，強化毒化物的監控與進出口，採用 PAS 原則，落實產業符合綠色化學原則於毒化物減量，同時對於國內列管的毒性化學物質進行盤點，明確指出毒性化學物質是否屬於「需要替代」與「可以替代」，並確定替代化學品篩選流程之適用性，明定可進行優先替代化學品之清單，有助於國內化學產業落實毒化物減量。

三、建立綠色化學原則產、官、學、研溝通平臺，辦理產業教育宣導（短程）

透過建立產學界諮詢平臺的建置，明列綠色化學原則推廣施政方針，政府提供相關資訊，包含管制策略及目的、產業遭遇困難或成功的案例、技術與法規的

建議，並建立管理制度；深化產業對綠色化學原則之推廣，辦理相關產業教育宣導，提升國內毒性化學物質管理量能。

參考文獻

1. Better business better world, Business and Sustainable Development Commission (BSDC), 2017
2. How EPA Evaluates the Safety of Existing Chemicals, USEPA, 2017
3. Prioritizing Existing Chemicals for Risk Evaluation, USEPA, 2017
4. GreenScreen® for Safer Chemicals, 2014
5. Current Chemical Risk Management Activities, USEPA, 2016
6. Comments on Green Chemistry and Sustainable Chemistry in Response to Resolution 2/7 of the UN Environment Assembly, IPEN, 2017
7. Sheldon, R.A., 2017. Metrics of Green Chemistry and Sustainability: Past, Present, and Future. ACS Sustainable Chemistry & Engineering 6, 32-48.
8. Giraud, R.J., Williams, P.A., Sehgal, A., Ponnusamy, E., Phillips, A.K., Manley, J.B., 2014. Implementing Green Chemistry in Chemical Manufacturing: A Survey Report. ACS Sustainable Chemistry & Engineering 2, 2237-2242.
9. Matus, K.J., Clark, W.C., Anastas, P.T., Zimmerman, J.B., 2012. Barriers to the implementation of green chemistry in the United States. Environ Sci Technol 46, 10892-10899.
10. A Review of Alternative to R134a (CH₃CH₂F) Refrigerant, Jitendra Kumar Verma et al., 2013
11. Assessment of Alternatives to Perchloroethylene for the Dry Cleaning Industry, TURI, 2012
12. DfE Alternatives Assessment for Nonylphenol Ethoxylates, U.S. EPA, 2012
13. Alternatives to Methylene Chloride in Paint and Varnish Strippers, BizNGO Molly Jacobs et al., 2015
14. Toxic Substances Management Policy, Government of Canada, Government of Canada, 2004
15. Wisdom Zhu, 中國進出口危險化學品以及危險貨物的法規解讀以及監管重點, 2018
16. 行政院環境保護署毒物及化學物質局, 2018, 永續綠色化學與循環經濟之政策研析
17. 行政院環境保護署毒物及化學物質局, 2018, 107 年度毒性化學物質釋放量計算指引輔導推動計畫
18. 行政院環境保護署毒物及化學物質局, 2017, 我國化學物質跨境管理研究計畫
19. 行政院環境保護署毒物及化學物質局, 2018, 建立我國化學物質安全替代指引
20. 行政院, 2017, 國家化學物質管理政策綱領

21. 勞動部勞動及職業安全衛生研究所，2014，歐、日、美及韓國化學品管理及監督機制之探討
22. 傅玲靜，2013，我國化學物質法制規範體系之檢討 — 以德國法制之觀察及比較為中心，科技法學評論，10 卷 2 期

附錄目次

附錄一、啟動會議議程與會議記錄	121
附錄二、期中審查會議紀錄及意見回覆	125
附錄三、期末審查會議紀錄及意見回覆	127
附錄四、第一次專家諮詢會議紀錄	131
附錄五、綠色化學與毒化物管理之產業座談會議紀錄	153
附錄六、產業化學品源頭管理及替代應用之環境教育教材	157

附錄一、啟動會議議程與會議記錄

行政院環境保護署毒物及化學物質局

「綠色化學應用於毒性化學物質源頭

管理及溝通」

啟動會議議程

- 一、時間：108 年 6 月 13 日（星期四）上午 10 時 00 分
- 二、地點：行政院環境保護署毒物及化學物質局 B01 會議室
- 三、會議主持人：謝局長燕儒
- 四、出（列）席單位：國立臺灣大學
- 五、議程：

時間	內容
10:00~10:05	主席致詞
10:05~10:30	(一) 化學局綜規組說明計畫執行目的 (二) 國立臺灣大學說明計畫執行內容及規劃 1. 本計畫各項工作執行規劃說明 2. 進度管控作法
10:30~11:10	綜合討論
11:10~11:30	會議結論
11:30	散會

行政院環境保護署毒物及化學物質局

「綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通」

啟動會議紀錄

- 一、會議時間：108 年 6 月 13 日（星期四）上午 10 時
- 二、會議地點：化學局 B01 會議室
- 三、主持人：謝局長燕儒
紀錄：蕭寶桂
- 四、出（列）席人員：如會議簽名單。
- 五、主席致詞：（略）
- 六、工作報告：（略）
- 七、決議：
 - （一）本計畫應思考應用綠色化學原則，由源頭管制策略建立化學品替代篩選清單機制，參考國際化學品管理策略，包含歐盟化學品註冊、評估、授權及禁限用法案(Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals, REACH)、美國毒性物質管理法(Toxic Substances Control Act, TSCA)，參照其化學品危害辨識基礎資料、安全使用資訊，以及配合之管制措施等，建立篩選優先推動綠色化學之毒性化學物質及未來新增公告關注化學物質之策略及流程作法。
 - （二）本計畫預定建立盤點國內列管毒性化學物質安全替代之作法及替代清單，請列出化學品替代考量因素如：使用量、價格、毒性風險高以及有被替代可行性等，相關資訊彙整後編撰宣導教材。
 - （三）本計畫以綠色化學原則建立毒性化學物質替代清單及作法，應優先盤點本局過往計畫關於建立化學物質管理、安全替代制度等作法及評估流程，避免重複審閱、彙整之文獻資料。

八、散會：上午 11 時 40 分。

附錄二、期中審查會議紀錄及意見回覆

顧委員洋	
委員意見	意見回復
本計畫各工作項目之執行內容及進度大致符合原規劃要求，期中報告可建議通過。	謝謝委員指教與肯定。
有關彙集國內外產業應用作法部分，可與主辦單位溝通後續執行內容。	已與化學局討論與研擬我國毒性化學物質安全替代之評估流程，請參考 4.2 節。
有關彙整國內外綠色化學相關資訊平臺、機構、會議等部分應持續執行。	謝謝委員建議，相關內容已強化。
有關 SDG12 (Sustainable Development Goals 12 Responsible Consumption and Production 永續發展目標 12 確保永續消費及生產模式) 對化學品使用之相關目標可納入討論。	謝謝委員建議，已補充 SDG 12 相關指標與化學品使用及管理進行分析說明，請參考 3.1 節。
有關提出 10 項毒化物之替代化學品或作法範例之執行內容應作說明。	已與化學局討論與研擬我國毒性化學物質安全替代之評估流程，並適度的以該流程篩選出 10 項毒化物之替代化學品或作法範例，請參考 4.2 節。
洪委員輝嵩	
已收集世界主要重視環境保護國家之作法及相關資料平臺，先期工作做得很紮實。	謝謝委員肯定。
本次為計畫之期中報告，建議期末報告前能整理出化學局可行的應用作法或管制之措施。	相關化學局可行的應用作法或管制之措施已補充於 5.2 節。
對替代品 10 項之定義要清楚，是現有已成功之應用案例，還是重新尋找可行及功能相似或更好的替代品。	目前成功應用案例較難以搜尋，主要以國際上公信政府或學術組織（如美國環保署）所出具之化學品替代評估報告等相關資料蒐集為主。
本計畫建議應先定義「綠色化學品」之範圍，以免太發散。	已補充綠色化學品定義說明，請參考 4-1 節。
吳委員文娟	
報告中圖五 (P19) 之 12 項原則請以 1~12 編號，呼應 P18 文字之 5.9.10.	已參酌委員意見修正圖五。

說明。	
中國於 2016 年公告有毒有害原料替代 品目錄 (P40)，請瞭解該等替代作法在 工業上採用情形，國際上是否已有實務 採行案例。	已補充中國政府針對 PFOS 替代相關管理 做法，請參考 3.3.7 節。
表十二 5 種毒化物替代成功案例 (P70)，請補充國內業者目前採行之情 形，如已有應用，可補充替代物質在使 用上之安全評估。	謝謝委員建議，經查目前經化學局公告的 5 種毒化物替代成功案例，目前尚未有查詢 到業界的安全評估資料。
壬基酚與四氯乙烯在國內外已有被禁用 事項 (P70, P74)，請瞭解禁用後在技 術調整與商業成本上是否已很順利並可 被業界接受。	謝謝委員建議，目前僅針對禁用化學品替 代評估報告作呈現，尚未蒐集到商業成本 等資訊。
圖 27 與圖 28 (P61) 中之「潛在替代 品初始清單」如何獲得，請再瞭解，並 提出篩選之想法或條件。	圖二十七與二十八說明 Interstate Chemicals Clearinghouse (IC2) 所提出的化學品替代 品整合式評估架構，該組織說明「潛在替 代品初始清單」是當透過業界實際應用或 學界研究結果之相關替代化學品，皆可納 入替代初始清單的考量。
國際上已有相關法規執行化學品之禁限 用事項，因國內資源有限，建議可選取 數項物質 (如國內目前尚未採用物質)， 瞭解國內產業界可能之問題。	謝謝委員建議，本計畫透過辦理專諮會 的方式瞭解目前國內產業對於化學品替代 所面臨的障礙與挑戰，可供化學局未來施政 方針參考。
化學局	
本計畫期中報告內容已涵蓋 3 項毒化物 在產業推動綠色化學之替代化學品或作 法之範例，以及完成辦理第一場綠色化學 與毒化物替代相關會議相關說明，符合期 中報告進度。	謝謝委員指教。
請依所擬之優先建立安全替代之毒性化 學物質篩選流程說明如何產出 10 項優 先替代毒性化學物質。	已與化學局討論與研擬我國毒性化學物 質安全替代之評估流程，並適度的以該流 程篩選出 10 項毒化物之替代化學品或作 法範例，請參考 4.2 節。
請依建立之優先建立安全替代之毒性化 學物質篩選流程及 10 項優先替代毒性化 學物質編撰至少 30 頁之環境教育教材。	相關教材內容請參考附錄四。

附錄三、期末審查會議紀錄及意見回覆

委員意見	意見回覆
梁委員永芳	
1. 摘要第 2 頁最後 1 行，於「10/1~2 辦理....」與第 97 頁次：「10 月 1 日至 2 日協助辦理」，請一致化。	謝謝意見，已修正。
2. 目錄：第五章「結論與未來工作」修正為「結論與建議」，「參考文獻」前第六章請刪除。	謝謝意見，已修正。
3. 第 3.2 節「國內外」推動....修正為「國外」推動...；「英國」修正為「歐盟」	謝謝意見，已修正。
4. 第 92 頁次：表 24 增加一欄，左為時間，右為議程內容；結論 2. 「二、為輔助...」似為誤植，請修正。	謝謝意見，已修正。
5. 第 94 頁次：Best Practice 應譯為最佳實務，Technology Achievement 應譯為技術成就。	謝謝意見，已修正。
6. 第 97 頁次：第 4.4.3 節國際研討會說明，1. 註明主辦單位及會議地點（臺北？）2. 第 100 頁次第 3 行「其中談到如表二十七所說明」	謝謝，已補充相關資訊。
7. 修正為「如表二十九所示」。	
8. 所有圖表均應標示「資料來源」。	謝謝意見，已修正。
吳委員文娟	
1. 目前列管毒化物為 340 種，化學局對關注化學物質正研議中，第 7 頁次部分文字應補充及修正；第 70 頁次，235 種毒化物意思為何，亦請補充。	謝謝委員指教，相關文字說明已補充，本計畫所蒐研標的毒化物是指「將列管 340 種毒化物中排除 82 種禁用毒化物（主要為禁止製造、輸入、販賣及使用）與食安疑慮毒化物」。
2. 第 49 頁次 GreenScreen（綠色篩選指標）評分方式分三「步驟」，與圖二十一之「步驟」意思不同，圖中名稱可改以「程序」較清楚。	謝謝意見，已修正為「程序」。

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

3. 第 49-53 頁次各圖表之關係與運用，請以文字說明可採用之方法。	謝謝意見，已補充相關文字說明，請參考 3.3.1 節。
4. 第 56 頁次美國環境保護署 (US EPA) 有成立辦公室評估化學品，可補充其實務上進行之工作。	謝謝意見，該辦公室為化學安全與污染防治辦公室，其相關工作主要為化學品替代性評估，相關補充說明請參考 3.3.2 節。
5. 化學物質「需要替代」與「可以替代」是兩個議題，國際上已有研議與做法，對國內未來可進行之工作，可提出建議。	謝謝委員建議，已納入本計畫結論與建議部分，以供化學局未來可推動之工作。
洪委員輝嵩	
1. 已依查核點完成關鍵績效指標 (Key Performance Indicators , KPI)，另對期中審查委員所提的建議也都忠實的面對及改進，執行計畫的態度值得肯定。	謝謝委員肯定。
2. 另計畫報告書第 72 頁次，表 13 所列的 5 項被替代的化學品，包含壬基酚（壬酚）、全氟辛烷磺酸、甲醛，1,3-丁二烯及硫酸鉛等皆係經歷相當長的時間，由相關業界所替代所成。未來宜就其歷程，詳細描述，對業界才更有參考價值	謝謝委員建議，本計畫已綜合性參考國外產學研機構所提出的毒化物替代評估流程，研擬出適用於我國列管毒化物替代評估流程之建議，表十三所列 5 項被替代的化學品是由財團法人安全衛生技術中心所評估的結果，屬於國內產業界已成功應用之替代案例，化學局亦於其網站公告相關資訊。
3. 第 75 頁次，表 14 的 5 項毒化物之替代歷程，未來如有計畫，建議也如第二點之意見處理。	謝謝委員建議，該 5 項毒化物替代為財團法人安全衛生技術中心所進行評估之結果，未來可建議化學局協助探討其詳細歷程。
化學局	
1. 本計畫期末報告符合進度。	謝謝委員肯定。
2. 請參照契約書附件三、行政院環境保護署毒物及化學物質局期中(末)專案工作報告撰寫要求及紙本印製格式進行期末報告修正稿及定稿本字體及格式編修。	謝謝提醒，相關格式要求已按照契約書附件三。
3. 報告之結論與建議，文字內容請具	謝謝委員指教，建議事項已補充，請參

附錄三、期末審查會議紀錄及意見回覆

體化及精確說明，另建議事項請以具體可行之作法說明。	考 5.2 節。
4. 中、英文摘要請更新納入完整報告內容，並請確認英文摘要撰寫內容及文法正確性。	謝謝提醒，中英文摘要已更新。
5. 報告書中名詞請統一。	謝謝提醒，已確認報告中名詞。
6. 請補充第 74 頁評估流程圖中各步驟之具體操作方式及如何據以篩選出後續之建議安替之物質。	謝謝委員指教，已修正圖三十五之評估流程，相關具體補充說明請參考 4.2 節。

附錄四、第一次專家諮詢會議紀錄

「綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通」專家諮詢會

時間：108 年 7 月 11 日（星期四）上午 10 時 00 分

貳、地點：臺灣永續會館(臺北市松山區南京東路五段 188 號 2 樓)

參、主席：蔣本基 特聘教授

紀錄：林晏瑄

肆、出席單位及人員：詳如會議簽名單

伍、主席致詞：（略）

陸、執行單位簡報：（略）

柒、意見：

一、蕭寶桂博士：

（一）本次會議目標

- (1) 訂定適宜臺灣執行的替代化學品評估標準作業流程。
- (2) 針對 340 種毒化物，蒐集業界已成功替代案例，以建立資料庫。

（二）毒化物的替代優先順序，可先由技術可行著手，併同考量毒化物在國內的運作量。

（三）毒性化學物質安全替代推動須透過跨部會的整合，如環保署制定法規，學術單位技術輔導，以及經濟部門提供財務鼓勵策略等，以增加廠商進行化學品替代的誘因等。

二、曾繁銘秘書長：

（一）建議臺灣政府單位應建立安全替代資訊平臺，蒐集國際重要案例，建置資料庫供廠商參考，並建議採用使用者付費的原則，提高廠商提供成功案例誘因。

（二）建置平臺亦可作為產、學、研溝通管道，提供資訊鏈結：

- (1) 政府：管制策略及未來目標

(2) 產業：提出目前的困難或自身成功的案例

(3) 學術：技術與法規的建議，協助建立管理制度

三、彭建鋒高專：

(一) 永光公司過去為研發皮革染料的替代品，應客戶端要求無毒的產品需求；因此，公司內部特成立確認「產品無毒」的單位，其他公司可效仿此制度，成立相關部門

(二) 如同染料的「藍色標章」可評估染料的危害，毒性化學品使用建議也可建立危害標章，使廠商使用或其他用戶端瞭解研發新替代品之重要性

四、蔡銘璋副所長：

(一) 建議會前先提供相關資料，便於會中提出建議參考。

(二) 以針對磷苯二甲酸酯 **DOP** 的替代案為例，開發苯氫化後的安全替代品，毒性雖會降低但成本太高。因此替代品化學品除了考量減少毒性，確保效果相同外，也應注重經濟效益。

五、林治國協理：

(一) 技術可行性為推廣化學替代品的基本條件，故技術方面的資訊蒐集及研發相當重要

(二) 政府推動禁用化學物質管制時，應考慮提供經濟誘因及技術輔導，可增加政策推動之可行性

六、張繼剛副所長：

(一) 以產業經驗而言，以溶劑建立替代方法為較容易執行之手段，若涉及產品化學結構性，因分子結構差異，對化學品特性影響較大，因此替代方案不易建立。

(二) 以產業現況而言，雖然於小量階段成功開發替代品，但若要投入生產，常會因生產線系統複雜造成產業不願意替換，需要政府輔導推動上下游產業鏈結。

(二) 針對毒性化學物質的建議：

(1) 盤點各企業使用毒化物之（潛在）可替代方案或不可替代之原因。

(2) 毒化物供應商替代方案及推動困境。

(3) 未來可協助提供替代方案具體資料。

七、鄒國台技術長：

- (一) 業界對於化學品應用主要跟隨市場需求，若替代化學品被供應鏈品牌要求時，就會考量使用替代品化學
- (二) 業界執行替代做法時，主要考慮技術成熟度及成本接受度，建議政府可據此訂定替代化學品執行規範及時機。

八、王徵源部長:

- (一) 產業常用的溶劑替代案例如下：
 - (1) 以甲醇替代甲苯
 - (2) 以異丙醇替代丙酮
 - (3) 以水替代部分有機溶劑
- (二) 傳統 PU 樹脂以有毒 Isocyanate 作為原料，現開發以環氧樹脂 +CO₂+diamine 合成 PU 的 Non-isocyanate Process PU (NIPU)。
- (二) 磷苯二甲酸酯（塑化劑）的替代品：改用生質能所產生環樣大豆油或將 DOP 經氫化，將苯環改為環己烷結構降低毒性。

捌、結論

- 一、政府政策明確化，綜合歸納各國資料，研擬符合國情的管理辦法，並提供未來政策參考。
- 二、為輔助未來進行化學替代品的輔導及規範，分析產業使用化學替代品的原因如下：
 - (1) 永續經營與環境保護。
 - (2) 政府明確規範，引導產業進行化學品的替代。
 - (3) 為了打入市場，而因應市場或客戶要求使用毒性較低之替代品。
- 三、由產品生命週期觀念，整合原料商、製造商與使用端客戶，建立綠色產業的供應鏈，據以評估與推廣替代化學品。
- 四、國內外成功替代毒性化學品案例豐富，將案例彙整為教材，建立技術本土化，為日後推動化學品替代關鍵。
- 五、本計畫將彙整相關資料，協助提出毒性化學品替代之時機點建議，如設備汰舊換新，或申請許可證展延時，使廠商有誘因推動化學品替代，並善盡企業社會責任。
- 六、預計 11 月舉行一場邀請各專家及政府機關人員的經驗分享會，

屆時將先彙整各位專家提出目前於業界之成功替代方案，並向化學局提供建議。

玖、散會：下午 12 時 30 分。

附件一：簽到單

行政院環境保護署毒物及化學物質局

「綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通」專家諮詢會

時間：2019 年 7 月 11 日（四）上午 10 時

地點：台灣永續會館 會議室（臺北市松山區南京東路五段 188 號 2 樓之 2）

（近臺北捷運-南京三民站 2 號出口）

主席：蔣本基特聘教授

單 位	姓名/職稱	簽 名
台灣大學環境工程學研究所	蔣本基 教授	蔣本基
台灣大學公共衛生學院	王根樹 教授	王根樹
行政院環境保護署 毒物及化學物質局	蕭寶桂 博士	蕭寶桂
長興材料工業股份有限公司	林治國 協理	林治國
長興材料工業股份有限公司	張繼綱 副所長	張繼綱
○ 臺灣永光化學工業股份有限 公司	彭建鋒 高專	彭建鋒
台灣中油股份有限公司	^銘 蔡繼璋 副所長	蔡繼璋
台灣化學產業協會	曾繁銘 祕書長	曾繁銘
◎ 新光合成纖維股份有限公司	鄒國台 技術長	鄒國台
◎ 長春石油化學股份有限公司	黃坤源 協理	黃坤源
本 CO ₂ (循環經濟)		本
“海洋塑膠”		
“Ocean plastic”		
“BM”		

研究
前次
金銀

附件二：第一次專家諮詢會議簡報





「綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理」

專家諮詢會議

108年7月11日



一、聯合國永續發展目標與綠色化學原則

3

1.1 永續發展目標

- 於2016年1月1日各國領導人同意簽署的2030年永續發展目標議程（Agenda 30）正式啟動，而當中最受矚目的便是聯合國所訂定的17項永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs），係以「促進繁榮同時保護地球」為宗旨。





一. 聯合國永續發展目標與綠色化學原則

二. 國際化學管理制度

三. 化學品安全替代評估體系

四. 安全替代化學品案例

2

大綱

137

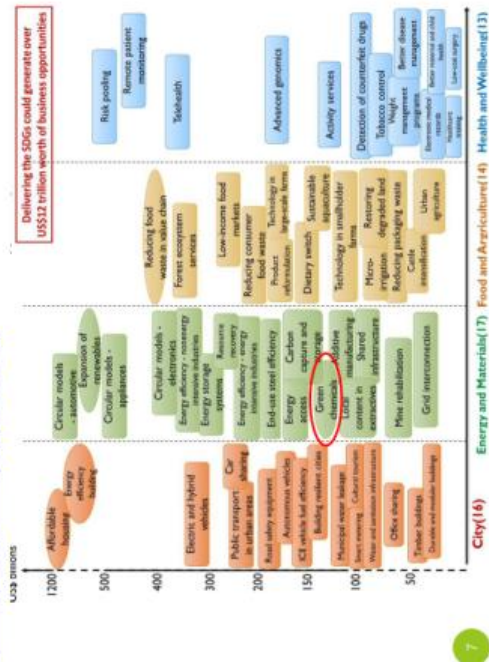
1.2 綠色化學12項原則

	綠色化學原則	定義說明
1	防止廢棄物(Prevention)	從化學合成或產品生產過程中，避免廢棄物的生成，從源頭防止污染。
2	原子經濟(Atom Economy)	設計合成方法最佳化，使得製程中所採用的所有原料進入最終產品之中。
3	較少的有害化學合成(Less Hazardous Chemical Synthesis)	使得所使用與產生的化學物質對人體健康與環境無害。
4	設計更安全的化學品(Design Safer Chemicals)	設計化學產品具有較高的功能與最低的毒性。
5	更安全的溶劑與助劑(Safer Solvents and Auxiliaries)	避免使用溶劑、分離試劑等助劑，如不可避免時，也要選用無害無害的助劑。
6	設計能源效率(Design for Energy Efficiency)	選擇常溫常壓下進行化學合成以降低製程的能耗。
7	使用可再生原料(Use of Renewable Feedstocks)	在技術可行和經濟合理的前提下，儘量採用再生資源代替消耗性資源。
8	減少衍生物(Reduce Derivatives)	避免使用與產生不必要的衍生物。
9	選擇良好的催化劑(Catalysis)	採用高選擇性的催化劑，這比使用化學計量助劑更加優越，並可提升合成反應之轉化率以降低成本。
10	可降解之設計(Design for Degradation)	設計化學產品在其功能終結後不會永存於環境中，要能分解成無害的物質。
11	即時分析污染防治(Real-time Analysis for Pollution Prevention)	於製程中即時監控上監控有可能產生的有害物質並儘量避免產生這些有害物質。
12	以更安全的方式防止意外發生(Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention)	使用與生產可降低意外事故如洩漏、爆炸、火災等的化學品。

1.3 毒性化學物質管理

- **美國 (毒性物質管理法Toxic Substance Control Act, TSCA) :** 規定化學物質必須經過優先化 (prioritization)、風險評估 (risk evaluation) 及風險管理 (risk management) 等三步驟，確保既有化學物質安全性，亦保障評估或管理是在實務可行的範圍下進行。
- **歐盟 (Registration, Evaluation and Authorization and Restriction of Chemicals, REACH) :** 鼓勵以較不危險的化學物質取代現有危險化學物質並提供研發安全化學物質的誘因以及整合生態、經濟與社會等方面的發展，達成永續發展的目的。
- **臺灣 (國家化學物質管理政策綱領) :** 參考聯合國「國際化學品管理策略方針」(UN Strategic Approach to International Chemicals Management, SAICM)，整合我國各部會化學物質管法與政策，建構化學物質管理相關策略：國家治理、降低風險、管理量能、知識建立與跨境管理。

1.4 聯合國SDG與綠色化學



1.4 聯合國SDG與綠色化學

- **Cleaner air:** Less release of hazardous chemicals to air leading to less damage to lungs (**Relevant to SDGs 3, 7, 11**)
- **Cleaner water:** less release of hazardous chemical wastes to water leading to cleaner drinking and recreational water (**Relevant to SDGs 3, 6, 11, 14**)
- **Increased safety:** for workers in the chemical industry; less use of toxic materials; less personal protective equipment required; less potential for accidents (e.g., fires or explosions) (**Relevant to SDGs 3, 8, 12**)

1.4 聯合國SDG與綠色化學

- **Less harm from toxic chemicals** in the environment (Relevant to SDGs 12, 15)
- **Lower potential** for global warming, ozone depletion, and smog formation (Relevant to SDGs 11, 13, 14)
- **Less or no chemical disruption** of ecosystems (Relevant to SDGs 12, 14, 15)
- **Less use of landfills**, especially hazardous waste landfills (Relevant to SDGs 11, 12)



9

1.4 聯合國SDG與綠色化學

- **Fewer synthetic steps**, often allowing faster manufacturing of products, increasing plant capacity, and saving energy and water (Relevant to SDGs 9, 12)
- **Reduced waste**, eliminating costly remediation, hazardous waste disposal, and end-of-the-pipe treatments (Relevant to SDGs 9, 11, 12)
- **Allow replacement** of a purchased feedstock by a waste product (Relevant to SDGs 9, 12)



10

1.4 聯合國SDG與化學產業



11

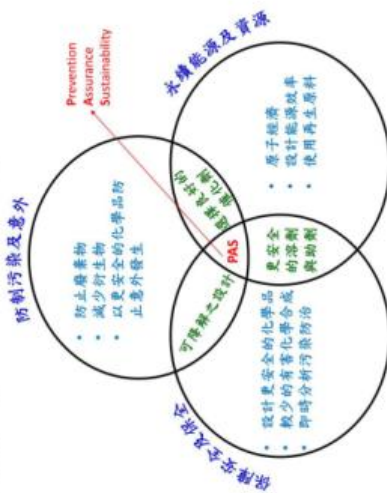
二、國際化學管理制度



12

2.1 綠色化學PAS原則

1. 防制污染及意外 (Pollution and Accident Prevention)
2. 保障安全及保安 (Safety and Security Assurance)
3. 永續能源及資源 (Energy and Resource Sustainability)

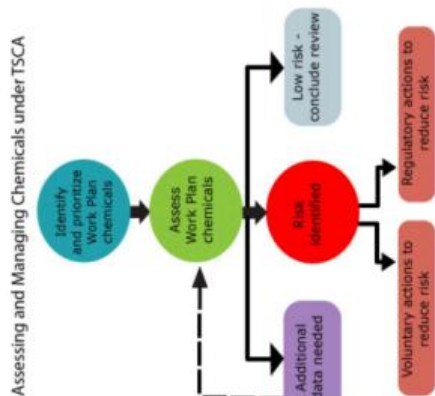


13

2.2 國際毒化物管理政策：美國

化學物質管理

- TSCA規定化學物質必須經過優先化(prioritization)、風險評估(risk evaluation)及風險管理(risk management)等三步驟，以確保既有化學物質安全性
- 透過篩選化學物質的標準完善化學藥品管理制度(例如：危害性、暴露性、持久性、生物蓄積性、毒性、致癌性)



14

2.2 國際毒化物管理政策：美國

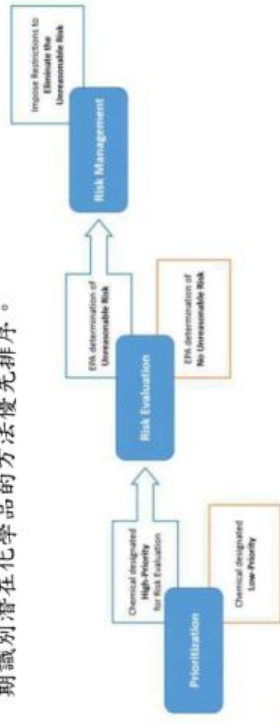
提倡各州毒化物管制

- 加州是最早通過綠色化學相關法律的州，其於2008年通過的項倡議(initiative)要求所有商品含有的化學物質皆須回報給 Department of Toxic Substances Control (DTSC)，DTSC會辨認這些化學物質中必須優先考量安全性的化學物質。
- 華盛頓州的Children's Safe Products Act則是僅針對孩童(12歲以下)用品，並與Department of Ecology合作要求廠商提供產品的化學物質資料。
- 以配套補助(matching grants)來補助州政府提供州內企業資源減量使用之技術，而州政府須須幫助、提供需要或被認為需要進行資源減量使用的公司資訊及協助，同時也提供教育訓練課程或其他合適的方法協助企業。
- 建立物質減量使用交流中心(Source Reduction Clearinghouse)，以匯集相關管理、技術及操作方法的數據及資料，以利技術轉移、教育並採用新技術，並於網路上開放公眾瀏覽。

15

2.2 國際毒化物管理政策：美國

- 美國環保署首先將現有化學品中鎖定可能為潛在毒化物的候選化學品，接著透過評估現有化學品安全性與毒性物質管理法 (Toxic Substance Control Act, TSCA) TSCA相關規範，確定近期識別潛在化學品的方法優先排序。

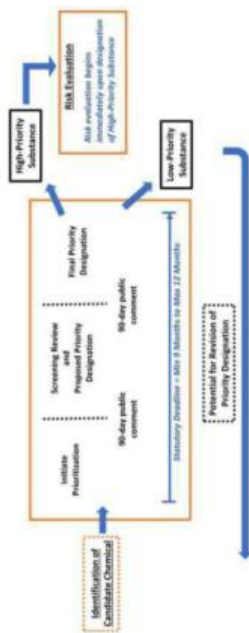


16

2.2 國際毒化物管理政策：美國

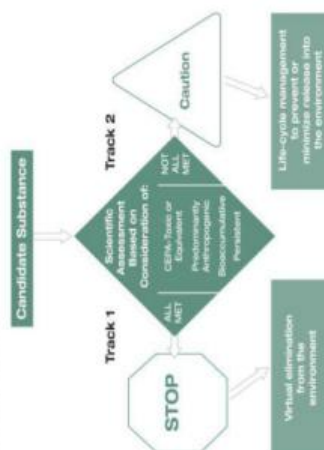
- 性
Chemical Prioritization Process
- 為了找出優先潛在毒化物，根據TSCA規定標準篩選化學品，檢討有關的合理可用資料，其篩選規定包含：化學物質的危害和暴露可能性、持久性和生物積累、可能暴露或易感染性、儲存地點是否為在重要的飲用水源附近、使用條件或使用條件的重大變化、化學物質可反應性製造或加工過程可靠

Chemical Prioritization Process



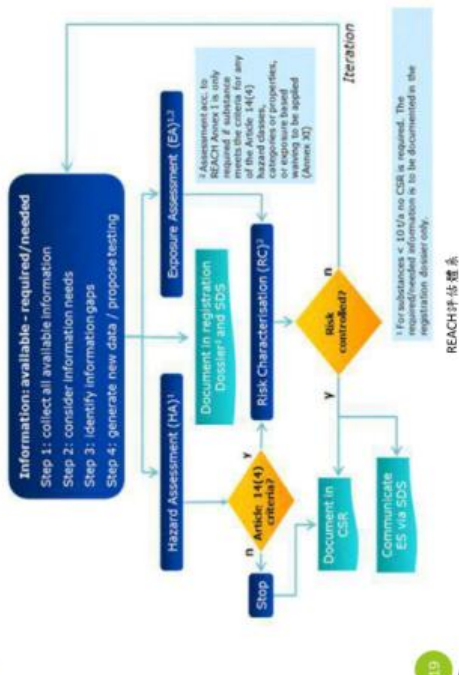
2.3 國際毒化物管理政策：加拿大

- 加拿大政府也頒佈了毒性物質管理法 (Toxic Substances Management Policy)，致力於從環境中徹底消除由此產生的有毒物質。主要包含具有持久性和生物累積性 (Track 1 物質)，以及從生命週期角度管理其他有毒物質和有關物質，以防止其釋放到環境中 (Track 2 物質)



2.4 國際毒化物管理政策：歐盟

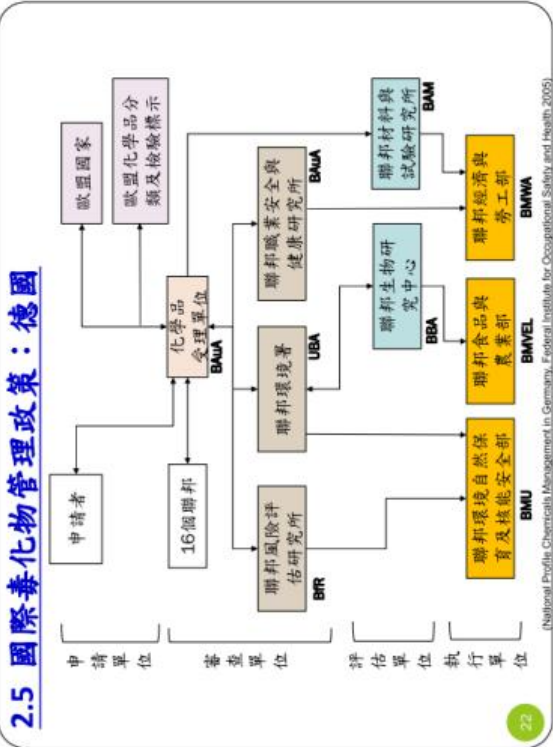
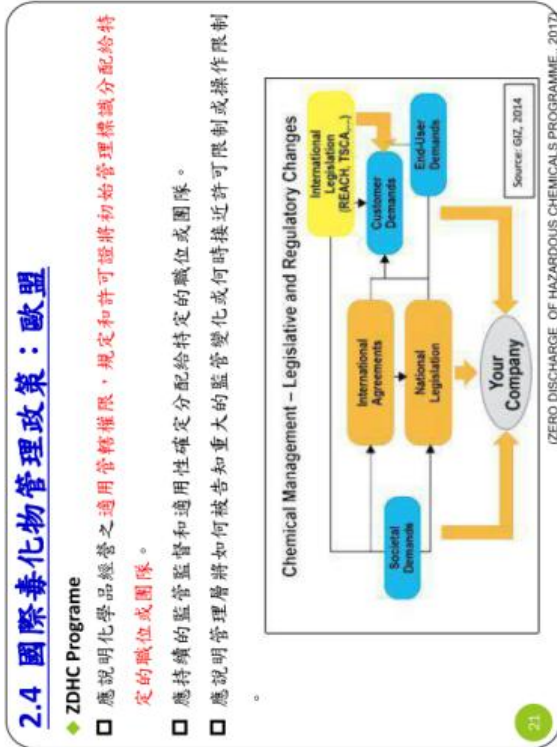
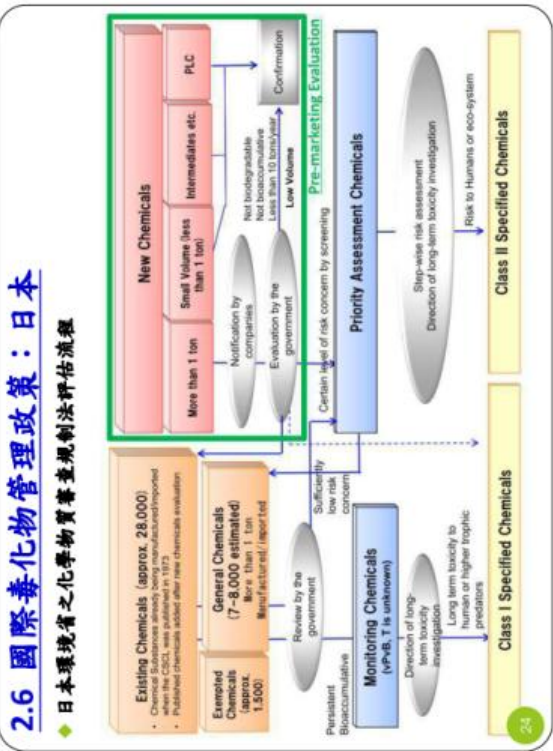
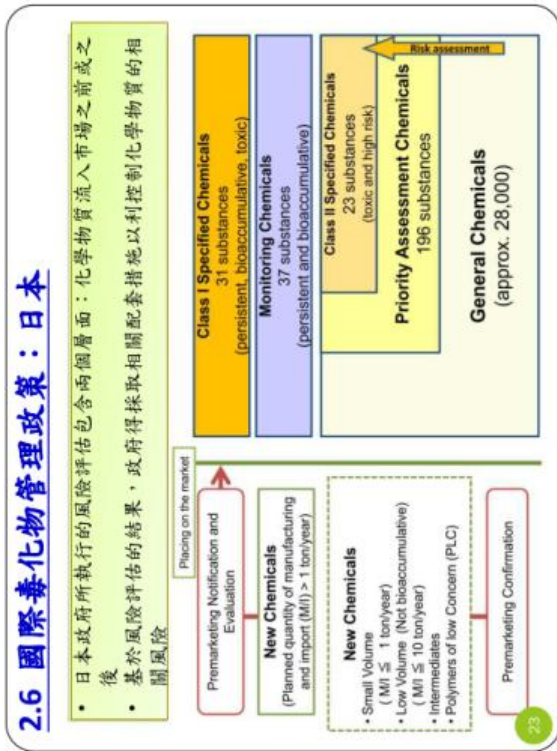
- REACH評估體系



2.4 國際毒化管理政策：歐盟

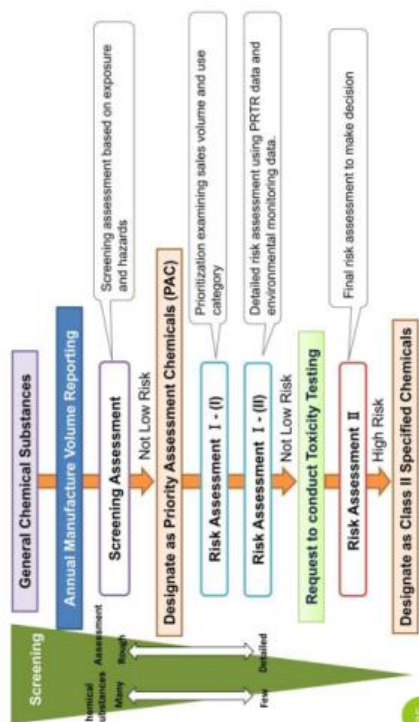
- REACH評估體系

- **登記流程 (Registration Process)**：登記為歐盟新化學品政策之基礎，製造商或進口商須提供化學物質之相關資料至歐洲化學品主管機關 (European Chemicals Agency) 登記，以便能有效管理化學物質。
- **登記標準 / 免除登記標準**：產量超過1公噸之既有化學物質 (Existing Substances) 和新化學物質 (New Substances)，製造商或進口商須提供必要之註冊檔及測試資料向歐洲化學品主管機關登記；其中產量超過10公噸的物質另須提供化學品安全報告 (Chemical Safety Report, CSR)。
- **登記時限**：當規章正式實施後，產量大之化學物質及CMR化學物質 (Carcinogenic, Mutagenic, toxic for Reproduction substances, CMR) 優先登記，相關之時限包含產量超過1,000公噸之既有化學物質及CMR化學物質；須於規章正式實施後3年內完成登記。



2.6 國際毒化物管理政策：日本

● 日本環境省既有化學品之風險評估流程



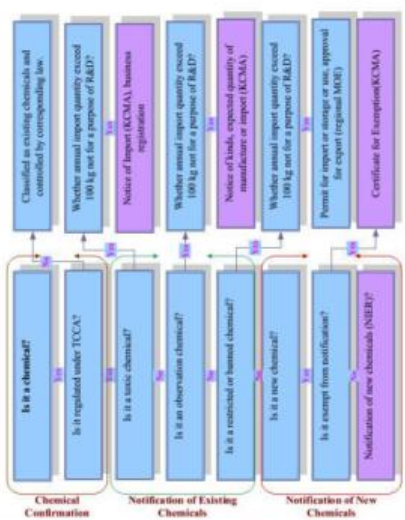
2.6 國際毒化物管理政策：日本

- 依據日本經濟產業省(Ministry of Economy, Trade and Industry, METI)新公告的化學物質審查現制法(CheMical Substances Control Law, CSCL)規定，於2011年4月1日起，要求境內的製造商與進口商，進行所謂的年度通報作業，若無依法進行通報，則將會面臨可能無法順利製造或進口。
- 一般化學物質組成包含有下列物質：公告的既有化學物質(Existing Chemical Substances)、新公告的化學物質(Newly announced chemical substances)、化審法修法前第2級和第3級監視化學物質(Former Class II and Class III Monitor chemical substances)、未被列入至優先評估之化學物質(CheMical substances for which the designation for PAC has been cancelled)、已收到核定通知於公開前新的化學物質(New chemical substances before announcement that have received a notice of decision)。
- 優先評估化學物質：為日本經濟產業省公告適用優先評估化學物質的清單中化學物質(List of Priority Assessment Chemical Substances)排除通報的化學物質。

2.7 國際毒化物管理政策：南韓

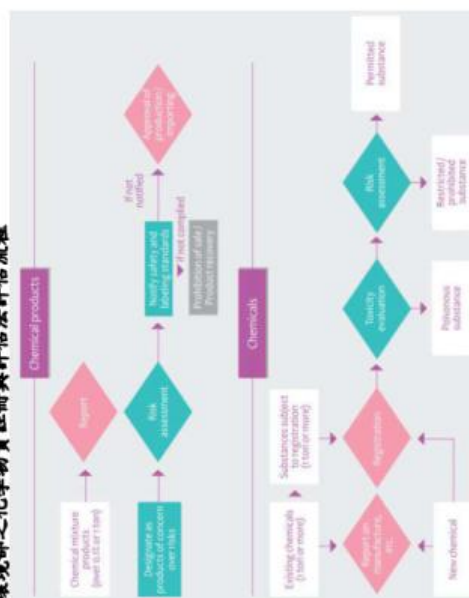
韓國環境部之有毒化學品管理法推動案

Category of Chemicals Regulated under Korea TCCA



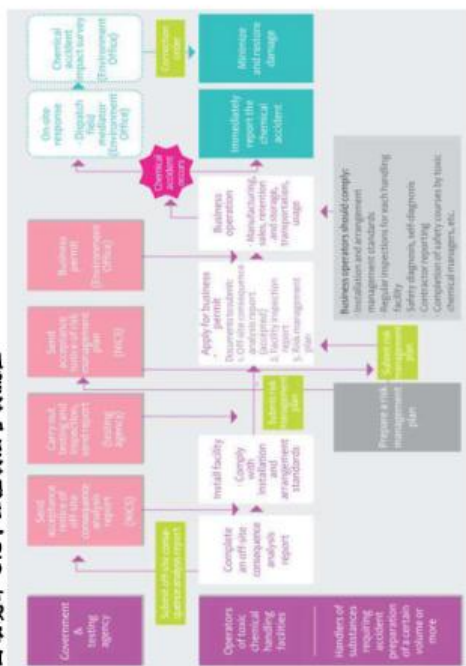
2.7 國際毒化物管理政策：南韓

韓國環境部之化學物質管理條例



2.7 國際毒化物管理政策：南韓

● 國家標準化委員會

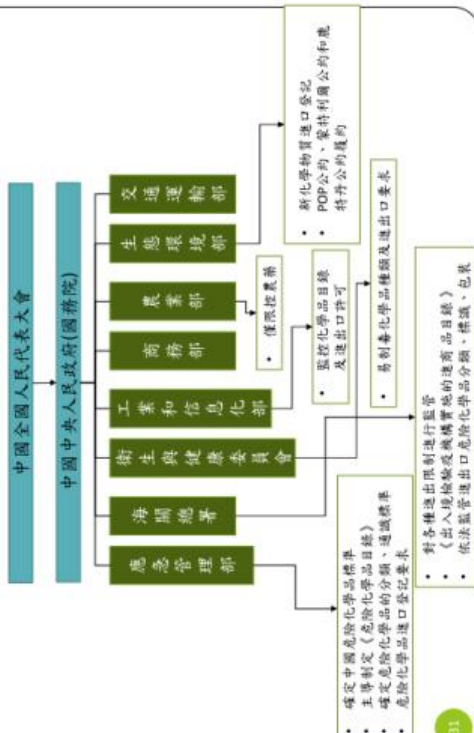


2.7 國際毒化物管理政策：南韓

- 南韓有毒化學品管理法 [Toxic Chemicals Control Act, (TCCA)]，國家環境研究所負責根據該法案通知新的化學品，教育部韓國化學品管理協會負責接受詳細化學品申報和申請確證書。韓國環境部 (Ministry of Environment, MOE) 公告韓國化學物質註冊與評估法 (Act on the Registration and Evaluation of Chemical Substances, ARECs) 或化學品控制法 (Chemicals Control Act, CCA) ，亦通稱之 K-REACH
- 針對含優先管制物質 (Priority control substance) 的產品進行管理，同時改善許可 (Permission) 與限制物質的管理機制，降低廠商負擔、提高法規符合度的可及性。
- 毒化物分析系統旨在防止化學物質源頭事故，涉及定量評估化學品的潛在場外影響事故和應用化學處理設施安裝階段的調查結果。此外，增加罰款以加強有毒的責任化學品業務。當有毒化學品的安全管理業務外包時，訂購商負責管理承包商，承包商的任何違法行為也會影響訂購方。
- 每五年需要準備化學災害事故風險管理計劃，包括化學事故洩漏情景，緊急行動計劃，和損害恢復；根據風險管理計劃採取緊急行動立即向相關主管機構報告，避免過去只在發生事故時才會進行對人類健康或環境風險評估，強化整合管理能量

2.8 國際毒化物管理政策：中國

◆ 中國進出口危險化學品/危險貨物主管機構框架



2.8 國際毒化物管理政策：中國

● 《危險化學品安全管理條例》（國務院591號令）

- 國務院條例 - 《危險化學品安全管理條例》(國務院591號令)
- 第六條第三款 品質監督檢驗檢疫部門負責核發危險化學品及其包裝物、容器生產企業的工業產品生產許可證，並依法對其產品實施監督，負責對進出口危險化學品及其包裝實施檢驗。
- 第六條第四款 環境保護主管部門負責...危險化學品環境管理登記和化學品環境管理登記...
- 第六十七條 危險化學品生產企業、進口企業，應當向國務院安全生產監督管理部門負責危險化學品登記的機構(以下簡稱危險化學品登記機構)辦理危險化學品登記。
- 中國GHS系列標準
 - GB13690-2009：化學品分類和危險公示通則
 - GB12528-2009：化學品安全標籤編寫規定
 - GB/T 16483-2008：化學品安全技术說明書寫法和專業順序
 - GB/T 17519-2013 化學品安全技术說明書編寫指南
 - GB 30000.2 - GB 30000.29 - 2013 28項《化學品分類、警示標籤、安全說明書安全規範》系列標準

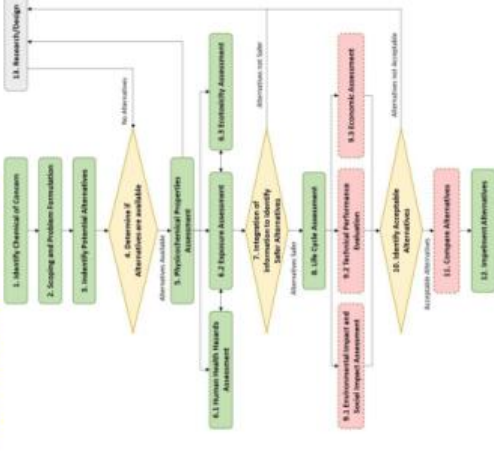


三、化學品安全替代評估體系

35

3.1 化學品安全替代評估體系：美國

NAS (National Academy of Sciences) Framework
Flowchart Structure



The flowchart illustrates the NAS Framework for Chemical Safety Alternatives. It begins with '1. Research/Design' leading to '2. Screening and Prioritization', then '3. Identify Potential Alternatives'. A decision point '4. Determine if Alternatives are available' follows. If 'No Alternatives', it goes to '10. Research/Design'. If 'Alternatives Available', it proceeds to '5. Physicochemical Properties Assessment', then '6.1 Human Health Hazard Assessment' and '6.2 Exposure Assessment'. A decision point '7. Integration of Information to Identify Safe Alternatives' follows. If 'Alternatives Safe', it goes to '8. Life Cycle Assessment', then '9.1 Environmental Impact and Social Impact Assessment' and '9.2 Technical Performance Evaluation'. A decision point '10. Identify Acceptable Alternatives' follows. If 'Acceptable Alternatives', it goes to '11. Compare Alternatives', then '12. Implement Alternatives'. If 'Alternatives not Acceptable', it goes to '10. Research/Design'.

36

Ref: NAS Framework (NRC 2014)

2.8 國際毒化物管理政策：中國

◆ 化學品進出口管理 - 危險化學品

化學品管理類別	法規	頒布機關	配套目錄	主管機關	要求
危險化學品安全管理條例 危險化學品生產企業安全生產許可證實施辦法 危險化學品經營許可證實施辦法 危險化學品運輸許可證實施辦法 危險化學品登記管理辦法		國務院 應急管理部	危險化學品目錄 危險化學品目錄(2015版)實施細則 分類信息表	應急管理部	進口商： 1. 危險化學品安全生產/經營許可證 2. 完成危險化學品進口登記 3. 按照中國GHS系列標準進行分類、標籤、製作並提供SDS 4. 根據規格提供上述材料並經過審核
危險化學品	關於進出口危險化學品及其包裝檢驗監管有關問題的公告	質檢總局	危險化學品目錄 中國GHS系列標準	海關總署 (原出入境檢驗檢疫局)	出口商： 1. 危險化學品安全生產/經營許可證 2. 按照目的國法規要求進行分類、標籤 3. SDS、標籤供審核

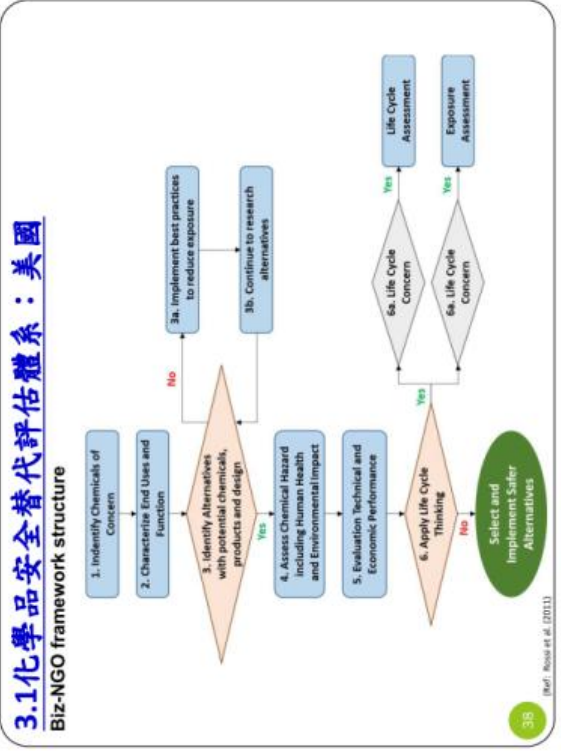
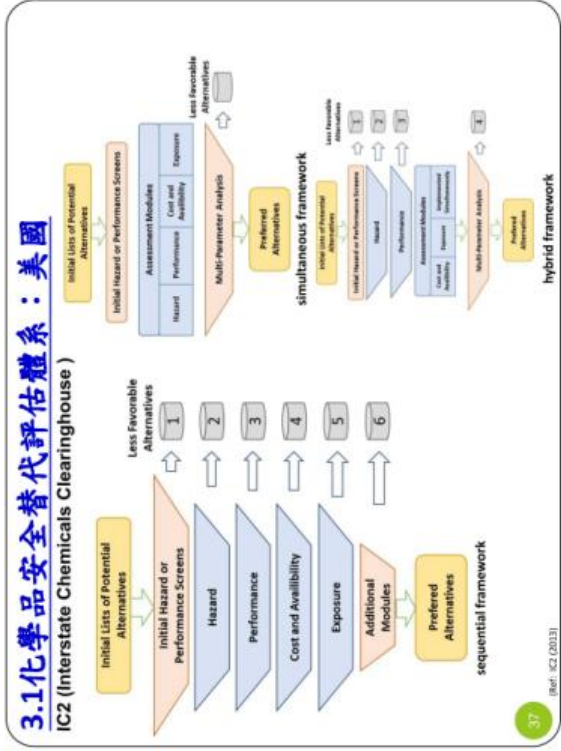
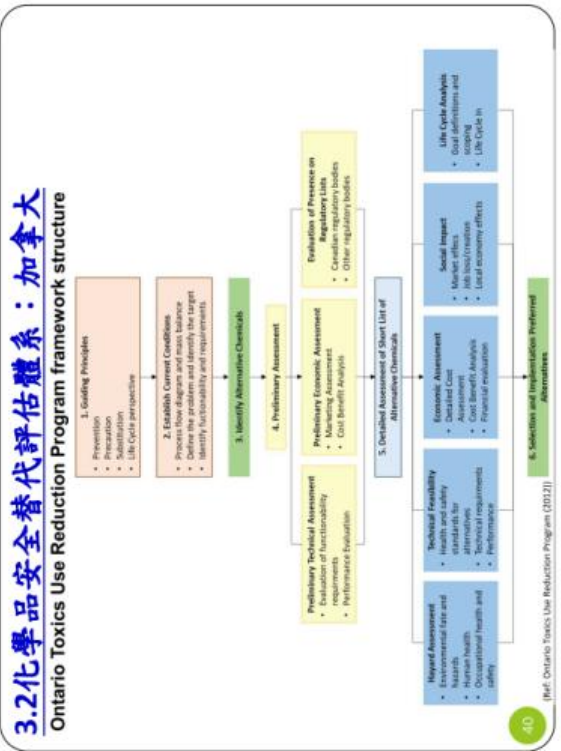
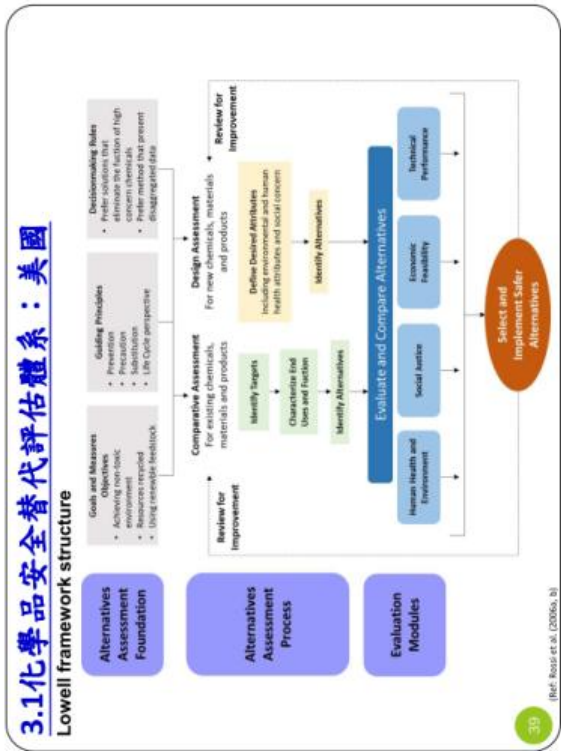
33

2.8 國際毒化物管理政策：中國

◆ 化學品進出口管理 - 特殊類化學品

化學品管理類別	法規	頒布機關	配套目錄	主管機關	要求
新化學物質 新化學物質安全評估條例 新化學物質環境管理條例		國務院 環保部	中國已有化學物質名稱 中國新化學物質名稱(2018年)	生環部 生環部 海關總署	進口商： 完成新化學物質環境管理登記 出口商： 進口商應提供化學品安全評估報告；進口登記；海關放行單
限制進出口化學品 限制進出口化學品目錄		國務院	禁止進出口化學品目錄 限制進出口化學品目錄	商務部 生環部 海關總署	進口商： 完成進口限制化學品目錄中的登記 出口商： 完成出口限制化學品目錄中的登記
限制進出口化學品 限制進出口化學品目錄		商務部 海關總署	禁止進出口化學品目錄 限制進出口化學品目錄	商務部 生環部 海關總署	進口商： 完成進口限制化學品目錄中的登記 出口商： 完成出口限制化學品目錄中的登記
限制進出口化學品 限制進出口化學品目錄		商務部 海關總署	禁止進出口化學品目錄 限制進出口化學品目錄	商務部 生環部 海關總署	進口商： 完成進口限制化學品目錄中的登記 出口商： 完成出口限制化學品目錄中的登記
限制進出口化學品 限制進出口化學品目錄		商務部 海關總署	禁止進出口化學品目錄 限制進出口化學品目錄	商務部 生環部 海關總署	進口商： 完成進口限制化學品目錄中的登記 出口商： 完成出口限制化學品目錄中的登記

34



3.3化學品安全替代評估體系：德國

German Guide on Sustainable Chemicals

Criteria, evaluation and options to act

Criteria	RED	YELLOW	GREEN	WHITE
Substance on list	Substitution			
Dangerous PC properties	Substitution Riskmanagement			
Human toxicity	Use-specific criteria			
Dangerous for the environment	Priority RED: Substitution management			
	Mobility			
Greenhouse potential	Substitution, Design increasing energy efficiency			
Resource use	Substitution, Design increasing material efficiency			
Supply chain responsibility	Request standards from supplier or change sourcing			

41

3.4化學安全品替代評估原則

Criteria of Safer Chemical Alternatives Assessment	Definition
Physicochemical assessment	Any assessment that uses physicochemical properties of the chemicals to evaluate physicochemical hazards (e.g., explosive and corrosive) and/or to further predict the properties of the chemicals to be used in subsequent assessment(s).
Human health hazard assessment	To evaluate the intrinsic hazards of the chemicals to humans other than the physicochemical hazards
Exposure assessment	To use as the means of any assessment that includes exposure models or simply uses physicochemical properties to evaluate exposure potential without any modeling to any areas of protection
Technical performance assessment	To examine the alternative's technical performance for a required function
Environmental assessment	To take into account the intrinsic hazards of the chemicals to the environment, such as ecotoxicity hazards
Economic/financial and social assessment	To evaluate the economic/financial and social aspects of the substitution, respectively, and might include life cycle thinking.
Life cycle assessment (LCA)	To evaluate the life cycle impacts of the alternative and the chemical of concern on the environment and humans

43

3.4化學安全品替代評估工具與方法

Tool and Method	Description
P2OASys (Pollution Prevention Options Assessment System) (USA)	- P2OASys was developed by the Toxic Use Reduction Institute (TURI) at the University of Massachusetts, Lowell. - To help companies assess unforeseen consequences of current alternative technologies. - To allow companies to assess environmental, worker, and public health impacts from alternative technologies.
GreenScreen for Safer Chemicals (NGO)	- GreenScreen® was developed by Clean Production Action to support the transition to safer chemicals - To support more informed decision-making on the use of chemicals in products and processes. - To provide a rigorous comparative hazard assessment for evaluating alternatives to chemicals of concern based upon 18 hazard endpoints.
QCAT (Quick Chemical Assessment Tool) (NGO)	- QCAT was developed by the Washington State Department of Ecology to function as a simpler tool for smaller businesses. - QCAT is a screening tool for evaluating chemicals/substances to determine their degree of toxicity and assess alternatives. - Chemicals are rated based on an aggregated score of nine hazard endpoints, but relative toxicities can also be assessed based on individual endpoints.
US EPA DfE Alternatives Assessment Criteria for Hazard Evaluation (USA)	- Design for the Environment (DfE) Program Alternatives Assessment Criteria for Hazard Evaluation is a chemical hazard assessment guide produced by the US EPA's Office of Pollution Prevention & Toxics. - The guide focuses on environmental toxicity, fate, and the physicochemical properties that present inherent safety risks. - Multi-stakeholder partnerships are convened to determine the functionality of substitutes and to appoint high-risk chemicals; therefore, the document is subject to revision. Last updated August 2011.

44

3.4化學安全品替代評估原則

42

3.4 化學安全品替代評估工具與方法

Tool and Method	Description
Column Model (Germany)	- The Column Model was developed by the Institute for Occupational Safety and Health (IFA) of the German Social Accident Insurance as a tool for industry for identifying alternative substances. - The tool allows for the comparison on chemicals/substances or materials/mixtures based on six hazard endpoints. Endpoints are compared individually and collectively, and the user makes the final evaluation.
Substitution Support Portal (NGO)	- Substitution Steps by Substitution Support Portal (SUBSPORT) is a six-step web-based guide that can be used as a quick screening tool to assess the suitability of hazardous chemical alternatives. - The guide provides a collection of internal and external tools to assist in each step of the evaluation of alternatives with a focus on safety, practicality, and continued improvement.
GreenScreen List Translator (NGO)	- GSList was developed by Clean Production Action as a rapid screening assessment tool for chemical substances. - The screening evaluation results in three outcomes: of high concern, possibly of high concern, and unknown. - GSList is meant to prioritize chemicals for a more comprehensive assessment using the full GreenScreen® method.
ChemHAT (Chemical Hazard and Alternatives Toolbox) (NGO)	- ChemHAT is an internet database based on the simple idea that when we know how a chemical can hurt us we can take protective action. - ChemHAT was designed to let us ask and answer a different question. Instead of what engineering controls and personal protective equipment do I need to lower the levels of exposure to a "safe" level

45

3.4 化學安全品替代評估工具與方法

Tool and Method	Description
PRIO - A tool for Risk Reduction of Chemicals (Sweden)	- PRIO was developed by the Swedish Chemical Inspectorate (KemI) to help eliminate high hazard chemicals from products to meet the Swedish government's goal of a "non-toxic environment" by 2020. - PRIO contains a database of chemicals of high concern to human health and the environment, which are divided into "phase-out" or "priority risk reduction" chemicals. - For "priority risk reduction" chemicals, further assessments are recommended to ensure risk minimization.
RISCTOX (EU)	- RISCTOX was developed by the Spanish Trade Union Institute of Health, Work and Environment (ISTAS) and the European Trade Union Institute (ETUI) and is based on European environmental and health standards. - The tool includes over 100,000 chemicals, providing information on substance classification and labeling under EU Regulation 1272/2008, health and environmental impacts and risks, and environmental and health regulations. Users can search by hazard endpoint or specific substance.

46

3.4 化學安全品替代評估工具與方法



47

3.5 綠色篩選指標 (GreenScreen)

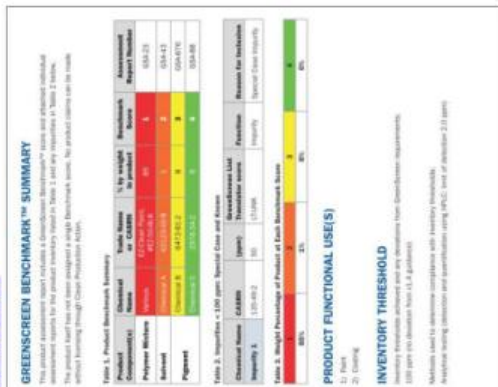
- GreenScreen® for Safer Chemicals** 是一種化學危害評估方法，旨在識別高度關注的化學品和更安全的替代品，通過根據國際、國家和州政府機構、政府間機構和非政府組織召集的權威科學機構制定的40多種危害清單中的訊息對化學品進行評分。
- 清潔生產行動 (Clean Production Action) 還開發了名為GreenScreen List Translator™的GreenScreen縮寫版本方法，該方法提供了“列表清單”方法，可快速識別高度關注的化學品。
- GreenScreen® 是基於12項綠色化學原理和美國環保署的環境化設計 (Design for Environment, DfE) 替代評估方法的基礎上，該方法將有關化學品固有特性的可用數據，包括人類健康影響、環境壽命和毒性以及安全性、整合到危害終點表 (hazard endpoints)，並分別列為高、中或低。藉此，危害評估進一步合併為一個基準，為比較化學品提供了一種簡便的方法。
- 所有產品之化學品均可適用GreenScreen® for Safer Chemicals規範進行化學品之評估審核

48

3.10GreenScreen Summery Report

標竿值評分是通過分析 GreenScreen 中包含的 18 個危害終點評估指標之間組合性進行釐定，為了反應各國政府在國內和國際上建立的危害問題，以第 1 類標竿值「高度關注化學品」判定是否為綠色化學品之重要參考依據。

總結表提供相關危害的具體量化訊息，將有助於應用綠色化學原則進行產品設計和開發，化學和材料採購，風險管理，工作場所安全等方面提供廠商進行更好的決策。



4.1 十項安全替代化學品之建議名單

- 根據國內已公告340種毒性化學物質，**排除安全疑慮與禁用化學物質**，從中尋找國內外是否有相關**安全替代產品之案例**，**解決與替代可行性評估**等等
- 首先針對2016年所調查的**30種釋放量較大的毒化物質**，研國內外替代品之相關資訊或作法
- 第二階段則可以針對目前化學局列管**高度關注之化學品**找尋可能的安全替代

明次	其他物品名稱	2016年總值(美金)
1	二甲氧基氫	56,644.8
2	乙基	197,739
3	新基 A 二氧二烯	79,655
4	丙基	152,119
5	異丁基	59,833
6	環己基	85,009
7	1,3-丁二烯	433,113
8	二氧甲烷	246,57
9	1,2-二氯乙烷	51,47
10	甲氧基	105,66
11	乙基	26,008
12	環基乙烷	8,2
13	叔丁基	23,68
14	聯基乙烷	1,001,43
15	環基丙烷	112,43
16	甲基叔丁基	84,8
17	新基 A 二氧	61,29
18	二叔丁基	10,71
19	丙基環丁基	627,2
20	新基 A 二氧	18,40
21	乙基	5,6
22	壬基	51,91
23	基	90,96
24	雙叔 A	4,73
25	二乙基	193,25
26	丁基	33,98
27	環基	54,62
28	基	7,68
29	丙基	102,76
30	乙基	0,47
	總計	13,596,73

附錄 107年度嘉義市學術管理統量計算表(引轉率及動計畫)

4.1 十項安全替代化學品之建議名單

毒化物：二甲基甲醯胺 (Dimethylformamide, DMF)

替代評估案例一：

- MacMillan 等人評估幾種作為 CH_2Cl_2 和 DMF 的替代溶劑，可使用常見脲胺偶聯劑或試劑組合的四種基準脲胺鍵形成反應的介質進行化學反應性的評估。
- 使用“72-苧基-氯基乙酯-N,N-二甲基-嗎啡基六氫六氯磷酯” (COMU) 作為優選的偶聯劑 (coupling reagent)，替代化學品為：**碳酸二乙酯 (dimethyl carbonate, DMC)**、**乙酯乙酯 (ethyl acetate, EtOAc)** 與 **2-甲基四氫呋 [2-methyltetrahydrofuran, 2-MeTHF]**，分別進行芳基化 (aryl)、烷基化 (alkyl acids) 與胺化 (amines)。可與 CH_2Cl_2 和 DMF 具有相同的產物轉化率，但對於環境較不會有危害性。
- Ref: MacMillan et al. 2013

替代評估案例二：

- 目前DMF被認為是適合合成反應的唯一溶劑；Jad等人證明四氫呋(DMF)被認為是適合合成反應的唯一溶劑；Jad等人證明四氫呋(tetrahydrofuran, THF)和乙腈(acetonitrile, ACN) 是比DMF更友好的溶劑，並產生比DMF更高純度的產物。¹⁰ (Ref: Jad et al, 2015)

10

四、安全替代化學品案例



54

4.1.10項安全替代化學品之建議名單

毒化物：苯 (Benzene)

替代評估案例：

- 在溶劑應用方面，**環己烷 (Cyclohexane)** 是一個非常好的替代品，它是一種非極性溶劑，可溶於非極性物質，如乙醇，乙醚，丙酮，苯和石油醚。它是通過苯與氫反應製造的。它是生產己二酸和己內酰胺的主要原料。環己烷還用於電鍍，橡膠製造和油漆溶劑的生產。
- 庚烷 (Heptane)** 也是一種非極性溶劑，可以有效替代苯。可用於油漆和塗料以及作為橡膠-水泥溶劑。特性與己烷相似，但不會出現與己烷有關的環境和健康問題。在電鍍，液相色譜，印刷和柔性版印刷中用作溶劑。
- 還有許多其他非極性溶劑可用作苯的替代品：**戊烷 (Pentane)**，**環戊烷 (cyclopentane)**，**1,4-二噁烷 (1,4-dioxane)**；戊烷相對便宜並且通常在實驗室中用作易於蒸發的溶劑。環戊烷用於合成樹脂和橡膠粘合劑的製造。

517

[Ref: Henderson et al., 2011]

4.1.10項安全替代化學品之建議名單

毒化物：鄰苯二甲酸二酯 (Phthalates)

替代評估案例：

- 鄰苯二甲酸酯具有低揮發性和緩慢釋放在使用過程中的PVC產品，擴散到空氣中。
- 鄰苯二甲酸酯可做為增塑劑，常見的替代品包括“二異壬基-環己烷-1,2-二羧酸酯” (Di-isononyl- cyclohexane-1, 2-dicarboxylate, DINCH)，乙醯基檸檬酸三丁酯 (Acetyl tributyl Citrate, ATBC)，對苯二甲酸二辛酯 (Diocetyl Terephthalate, DOTP)，2,2,4-三甲基-3-戊二醇二異丁酸酯 (2,2,4-trimethyl Terephthalate, DOTP)，2,2,4-三甲基-3-戊二醇二異丁酸酯 (Di(2-ethyl hexyl) adipate, DEHA)。

518

[Ref: Lowell Center for Sustainable Production, 2011]

4.1.10項安全替代化學品之建議名單

毒化物：1,3-丁二烯 (1,3-Butadiene, BD)

替代評估案例：

- Gao等人開發的新穎鎂鋁催化劑，提升BD轉化成生質柴油的產率與轉化率。
- 初步評估結果顯示，不同的製備方法對催化劑之表面結構和化學性質有影響，另外pH值也是重要因子，主要在強酸和強鹼時會轉化成乙烯，弱酸和弱鹼有助於BD轉化成醇類或酯類，為了獲得更高的BD選擇性，必須調配完美MgO和Al₂O₃的比例，並必須在Mg-Al催化劑中使用用於調節酸鹼平衡的改良劑。

519

[Ref: Gao et al., 2017]

4.1.10項安全替代化學品之建議名單

毒化物：乙腈 (Acetonitrile)

替代評估案例：

- 在樣品製備方法中替代乙腈的主要溶劑之一是**甲醇**。許多製造商正在提供可用於替代需要乙腈的現有方法的方法和產品。
- Biotage提供EVOLUTE系列聚合物相，可用於使用甲醇的固相萃取 (SPE) 和簡單的通用程式。
- EVOLUTE產品系列已針對使用甲醇的方法進行了優化，這成為短缺的長期解決方案。

520

[Ref: Sher et al., 2015]

4.2 綠色化學原則與毒性化學物質管理之環境教育教材



感謝認真聆聽！！

問題與建議？

(圖片來源：綠色化學教育網、環境教育資源網)

附錄五、綠色化學與毒化物管理之產業座談會議紀錄

行政院環境保護署毒物及化學物質局

「綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通」

產業座談會會議記錄

壹、時間：2019 年 11 月 27 日（三）上午 10 時 20 分
貳、地點：國立臺灣大學環境工程學研究所 納環館 101 室
參、主席：蔣本基特聘教授
肆、出席單位及人員：詳如會議簽名單
伍、主席致詞：（略）
陸、執行單位簡報：（略）
柒、會議發言：

一、曾秘書長繁銘

1. 建議和國外合作毒性化學物質的基本資料庫(物、化性、替代物質)。
2. 要有一定毒性化學物質評估工具，讓業者有一定依循程序。
3. 綠色化學替代最重要是法規，追蹤國際法規法展趨勢；另一個是國際品牌的需求：需有個平台追蹤國際品牌對於綠色化學的品牌要求。

二、林協理治國

1. 企業研發基本上以符合法規限制的前提，同時必須在市場競爭機制下滿足客戶的需求，及時提供服務，獲取商業效益。
2. 但企業亦應負起企業社會責任，主動進行內部整合，針對毒性或有害物質進行管制並推動，以更安全化學品取代之。
3. 環境教育不只針對環境相關科技為主，化學、化工科系更應列為必修。政府亦可主動由機關部會組織跨部會專案(環保、經濟、科研)，進行專案委託，進行「安全化學品取代推動研究」。

三、賴研究員怡禎

1. 業界的需求多半與法規要求相關，因此建議請 TCIA 協助提供或整合業界法規趨勢，並舉辦相關研討會來帮助大家將確切目標訂立。
2. 此外，對於國內業者可建議一綠色產品評估平台，並協助推動相關產品的行銷。
3. 在綠色化學產品的投入，在產品開發階段將此項目列入考量，如 F-fluoro-free 的防水材料。

四、陳副處長智賢

1. 建議政府，推廣民眾認知與教育，促進企業改革誘因。
2. 政策擬定以促進企業跟進綠色化學潮流，例如減用毒性化學物質（第一類～第三類）。
3. 建議學界開發化學品風險評估軟體（商機大）。
4. 如何促進產學合作，例如：涉及企業 Know How/生產成本與售價/既有生產攝氏處置及改進...等瓶頸，尤其是新材料及新技術等討戰議題。

五、陳工程師聖中

1. 綠色替代不外乎需要高層、客戶支持，以達到跨部門合作（研發、環安採購、財務、營業），所以如何說服高層推動不外乎需要透過成本來進行說服，但現況如何量化外部成本尚不成熟，以及如何系統化評估。
2. 研發單位欠缺環保、安全、衛生、法規認知，在進行評估時皆未有納入考量及此概念。

行政院環境保護署毒物及化學物質局

「綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通」產業座談會

時間：2019 年 11 月 27 日（三）上午 10 時 20		
地點：國立臺灣大學環境工程學研究所 納環館 101 室 (臺北市大安區羅斯福路四段 1 號)		
主席：蔣本基特聘教授		
單 位	姓名/職稱	簽 名
國立臺灣大學 環境工程學研究所	蔣本基 教授	蔣本基
國立臺灣大學 公共衛生學院	王根樹 教授	王根樹
國立臺灣大學 生物環境系統工程學系	潘述元 教授	潘述元
福盈科技化學 股份有限公司	賴怡禎 秘書長	賴怡禎
台灣化學產業協會	曾繁銘 秘書長	曾繁銘
長春關係企業 台北總公司環安衛部	趙煥章 環安部長	
長春關係企業 台北總公司環安衛部	陳聖中 先生	陳聖中
長春關係企業 台北總公司環安衛部	黃科溥 先生	
臺灣永光化學工業 股份有限公司	彭建鋒 特助	彭建鋒
臺灣永光化學工業 股份有限公司 安衛處	陳智賢 副處長	陳智賢
長興材料工業 股份有限公司	林治國 協理	林治國

綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通

行政院環境保護署毒物及化學物質局

「綠色化學應用於毒性化學物質源頭管理及溝通」產業座談會

時間：2019 年 11 月 27 日（三）上午 10 時 20

地點：國立臺灣大學環境工程學研究所 納環館 101 室

（臺北市大安區羅斯福路四段 1 號）

單 位	姓名/職稱	簽 名
環職所	刁怡彤	梁怡彤
〃	陳皓斌	陳皓斌
環職所	謝淑婷	謝淑婷
環職所	沈怡彤	沈怡彤
生工所	博士研究生	何勝惟
李美榮化工	工程師	方春珠
台灣永續發展聯盟	秘書長	楊明俊
台灣大學	研室助理	廖志軒
台大環工所	楊軒	楊軒
台大環工所	湯嘉立	湯嘉立
超核位能	經理 李進平	李進平
韓國環境檢驗所	秘書	何鍾
台大環工所	助理	翁瑞蓮

附錄六、產業化學品源頭管理及替代應用之環境教育教材



「綠色化學應用於毒性化學物質源頭 管理及溝通」

環境教育教材

大綱

- 一. 永續發展目標與綠色化學原則
- 二. 毒性化學物質管理制度
- 三. 毒性化學物質替代篩選評估工具
- 四. 建立毒性化學物質安全替代之評估流程及案例分析
- 五. 結論與建議



一、永續發展目標與綠色化學原則

1.1 永續發展目標

- 於2016年1月1日各國領導人同意簽署的2030年永續發展目標議程（Agenda 30）正式啟動，而當中最受矚目的便是聯合國所訂定的17項永續發展目標（Sustainable Development Goals, SDGs），係以「促進繁榮同時保護地球」為宗旨。



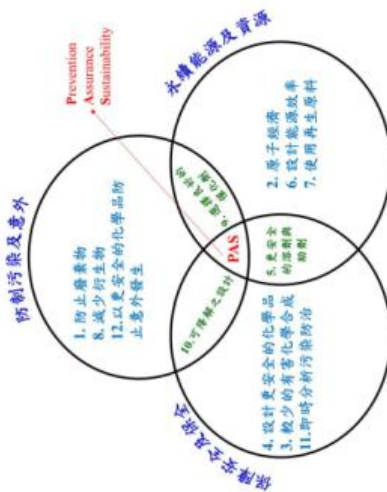
1.2 綠色化學12項原則

	綠色化學原則	定義說明
1	防止廢棄物(Prevention)	從化學合成或產品生產過程中，避免廢棄物的生成，從源頭預防污染。
2	原子經濟 (Atom Economy)	設計合成方法最優化，使得製程中所採用的所有原料進入最終產品之中。
3	較少的有害化學合成 (Less Hazardous Chemical Synthesis)	使得所使用與產生的化學物質對人體健康和環境無毒無害。
4	設計更安全的化學品 (Design Safer Chemicals)	設計化學產品具有高效的機能與最低的毒性。
5	更安全的溶劑與助劑 (Safer Solvents and Auxiliaries)	避免使用溶劑、分離試劑等助劑，如不可避免時，也要選用無毒無害的助劑。
6	設計能源效率 (Design for Energy Efficiency)	選擇常溫常壓下進行化學合成以降低製程的能耗。
7	使用可再生原料 (Use of Renewable Feedstocks)	在技術可行和經濟合理的前提下，儘量採用再生資源代替消耗性資源。
8	減少衍生物 (Reduce Derivatives)	避免使用與產生不必要的衍生物。
9	選擇良好的催化劑(Catalysis)	採用高選擇性的催化劑，這比使用化學計量劑更加優越，並可提升合成反應之轉化效率以降低成本。
10	可降解之設計 (Design for Degradation)	設計化學產品在其功能終結後不會永存於環境中，要能分解成無害的物質。
11	即時分析污染防治 (Real-time Analysis for Pollution Prevention)	於製程中即時監控上監控有可能產生的有害物質並儘量避免產生這些有害物質。
12	以更安全之化學品防止意外發生 (Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention)	使用與生產可降低意外事故如洩漏、爆炸、火災等的化學品。

5

1.3 綠色化學PAS原則

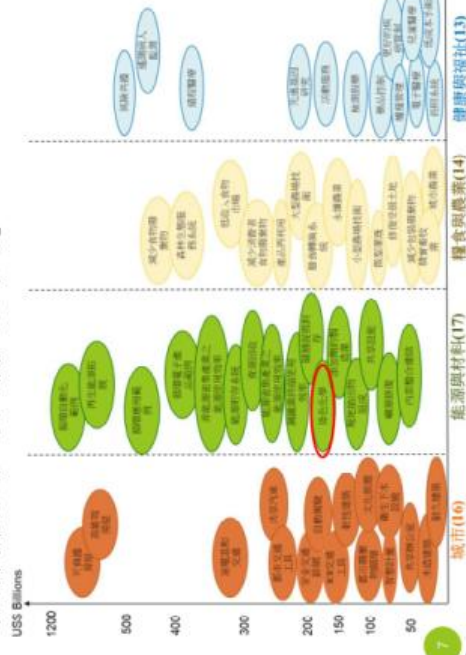
1. 防制污染及意外 (Pollution and Accident Prevention)
2. 保障安全及保全 (Safety and Security Assurance)
3. 永續能源及資源 (Energy and Resource Sustainability)



6

1.4 聯合國SDG之60大產業與綠色化學

「聯合國永續發展目標：更好的商業、更好的世界」



7

1.5 聯合國SDG之60大產業與綠色化學

- 綠色化學品中的合成技術：研發高選擇性，高原子經濟性的綠色合成技術，使用高效的催化技術，選擇無毒無害試劑及溶劑，製備精細綠色化學品，實踐綠色化學
- 促進產業永續與改變消費生產模式，推廣綠色化學將有助於實踐永續發展目標。以生命週期與物質流可說明綠色化學的永續價值
- 透過實踐綠色化學促進永續發展，因為建立對環境友好的化學過程，利用化學技術與方法，減少或排除有害物質的使用與產生，以保護地球環境生態
- 綠色化學透過減毒化、減廢棄物、減原料的三減手段，達到降低成本、降低能源、降低風險的三低目標，得以朝向永續發展目標邁進

8

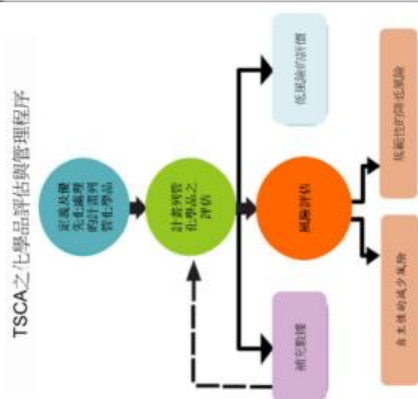
1.6 聯合國SDG與化學產業



2.1 國際毒化物管理政策：美國

● 化學物質管理

- TSCA規定化學物質必須經過優先化(prioritization)、風險評估(risk evaluation)及風險管理(risk management)等三步驟，以確保既有化學物質安全性
- 透過篩選化學物質的標準完善化學藥品管理制度（例如：危害性、暴露性、持久性、生物蓄積性、毒性、致癌性）



2.1 國際毒化物管理政策：美國

● 提倡各州毒化物管制

- 加州是最早通過綠色化學相關法律的州，其於2008年通過的項倡議 (initiative) 要求所有商品含有的化學物質皆須回報給 Department of Toxic Substances Control (DTSC)，DTSC 會辨認此些化學物質中必須優先考量安全性的化學物質。
- 華盛頓州的 Children's Safe Products Act 則是僅針對孩童 (12 歲以下) 用品，並與 Department of Ecology 合作要求廠商提供產品的化學物質資料。
- 以配套補助 (matching grants) 來補助州政府提倡州內企業資源減量使用之技術，而州政府須幫助、提供需要或被認為需要進行資源減量使用的公司資訊及協助，同時也提供教育訓練課程或其他合適的方法協助企業。
- 建立物質減量使用交流中心 (Source Reduction Clearinghouse)，以匯集相關管理、技術及操作方法的數據及資料，以科技術轉移、教育並採用新技術，並於網路上開放公眾瀏覽。

二、毒性化學物質管理制度

2.2 國際毒化物管理政策：加拿大

- 加拿大政府也頒佈了毒性物質管理法 (Toxic Substances Management Policy)，致力於從環境中徹底消除由此產生的有毒物質，主要包含具有持久性和生物累積性 (Track 1物質)，以及從生命週期角度管理其他有毒物質和有關係物質，以防止其釋放到環境中 (Track 2物質)

15

2.3 國際毒化物管理政策：歐盟

- REACH評估體系

16

2.1 國際毒化物管理政策：美國

- 美國環保署首先將現有化學品中鎖定可能為潛在毒化物的候選化學品，接著透過評估現有化學品安全性與毒性物質管理法 (Toxic Substance Control Act, TSCA) TSCA相關規範，確定近期識別潛在化學品的方法優先排序。

13

2.1 國際毒化物管理政策：美國

- 為了找出優先潛在毒化物，根據TSCA規定標準篩選化學品，檢討有關的合理可用資料，其篩選規定包含：化學物質的危害和暴露可能性、持久性和生物積累、可能暴露或易感、儲存地點是否為在重要的飲用水源附近、使用條件或使用條件的重大變化、化學物質可反應性製造或加工過程可靠性

14

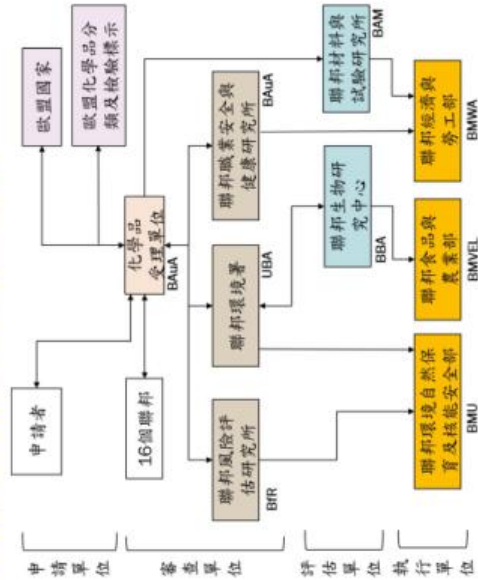
2.3 國際毒化物管理政策：歐盟

◆ REACH評估體系

- **登記流程 (Registration Process)**：登記為歐盟新化學品政策之基礎，製造商或進口商須提供化學物質之相關資料至歐洲化學品主管機關 (European Chemicals Agency) 登記，以便能有效管理化學物質。
- **登記標準/免除登記標準**：產量超過1公噸之既有化學物質 (Existing Substances) 和新化學物質 (New Substances)，製造商或進口商須提供必要之註冊檔及測試資料向歐洲化學品主管機關登記；其中產量超過10公噸的物質另須提供化學品安全報告 (Chemical Safety Report, CSR)。
- **登記時限**：當規章正式實施後，產量大之化學物質及CMR化學物質 (Carcinogenic, Mutagenic, toxic for Reproduction substances, CMR) 優先登記，相關之時限包含產量超過1,000公噸之既有化學物質及CMR化學物質；須於規章正式實施後3年內完成登記

17

2.4 國際毒化物管理政策：德國



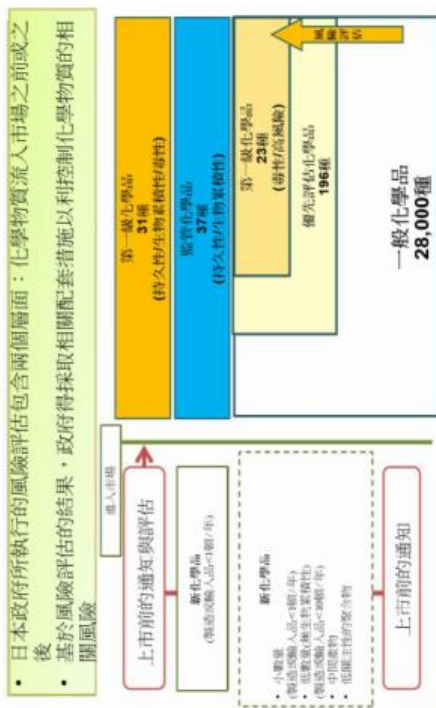
18

2.4 國際毒化物管理政策：德國

- 德國化學物質管理法對於申報、試驗責任，包括新化學物質及既有化學物質在內，新的物質係指無規範於歐洲現有化學物質清單/歐洲通報化學物質名單 (EINECS, European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances)
- 製造商或進口商均有義務向德國化學總署辦理註冊。該署負責管理資料庫，如果一項物質沒有註冊，就不能生產或進入德國市場，即所謂無資料、無市場
- 德國化學物質相關法規主要受歐盟法制之影響，基於化學物質資訊之蒐集及分析，要求化學物質之登錄、評估、授權、分級、標示及包裝
- 德國之化學物質法制依其規範對象，可分為廣義及狹義二者。廣義係指法規所規範的是於工業製程中釋放至環境之化學物質，狹義則並不涉及特定環境媒介之保護，主要係普遍地規範具危險性化學物質之運用

19

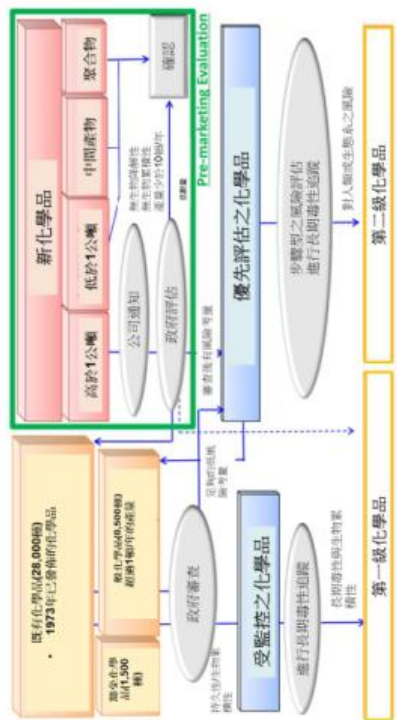
2.5 國際毒化物管理政策：日本



20

2.5 國際毒化物管理政策：日本

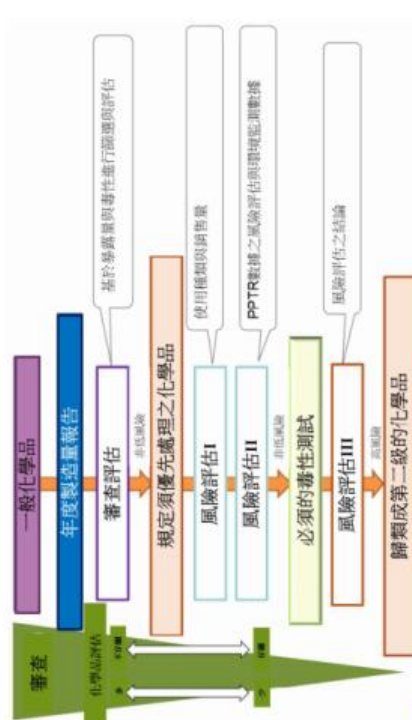
◆ 日本環境省之化學物質審查規制法評估流程



21

2.5 國際毒化物管理政策：日本

◆ 日本環境省既有化學品之風險評估流程



22

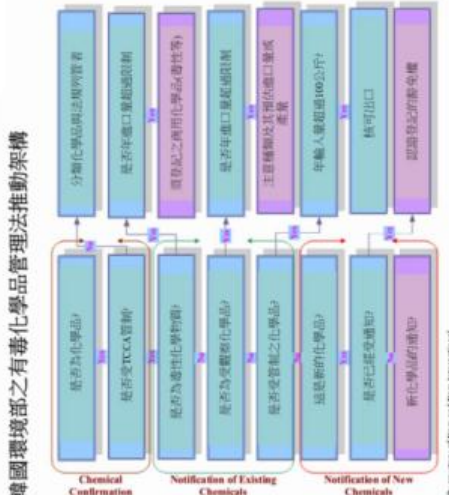
2.5 國際毒化物管理政策：日本

- 依據日本經濟產業省 (Ministry of Economy, Trade and Industry, METI) 新公告的化學物質審查規制法 (Chemical Substances Control Law, CSCL) 規定，於2011年4月1日起，要求境內的製造商與進口商，進行所謂的年度通報作業，若無法進行通報，則將會面臨可能無法順利製造或進口。
- 一般化學物質組成包含有下列物質：公告的既有化學物質 (Existing Chemical Substances)、新公告的化學物質 (Newly announced chemical substances)、化審法修法前第2級和第3級監視化學物質 (Former Class II and Class III Monitor chemical substances)、未被列入至優先評估之化學物質 (Chemical substances for which the designation for PAC has been cancelled)、已收到核定通知於公開前的新化學物質 (New chemical substances before announcement that have received a notice of decision)。
- 優先評估化學物質：為日本經濟產業省公告適用優先評估化學物質的清單中化學物質 (List of Priority Assessment Chemical Substances) 排除通報的化學物質

23

2.6 國際毒化物管理政策：南韓

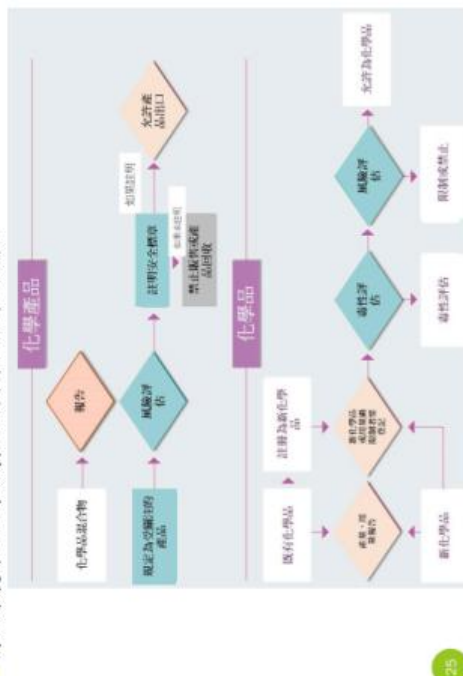
◆ 韓國環境部之有毒化學品管理法推動架構



24

2.6 國際毒化物管理政策：南韓

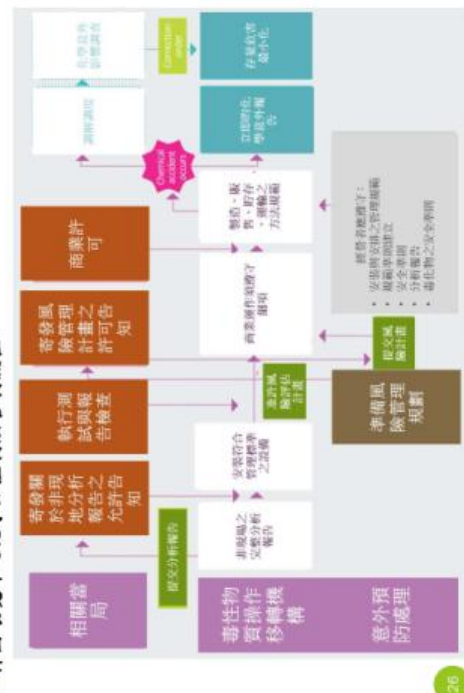
◆ 韓國環境部之化學物質註冊與評估法評估流程



215

2.6 國際毒化物管理政策：南韓

◆ 韓國環境部之化學品控制法管制流程



216

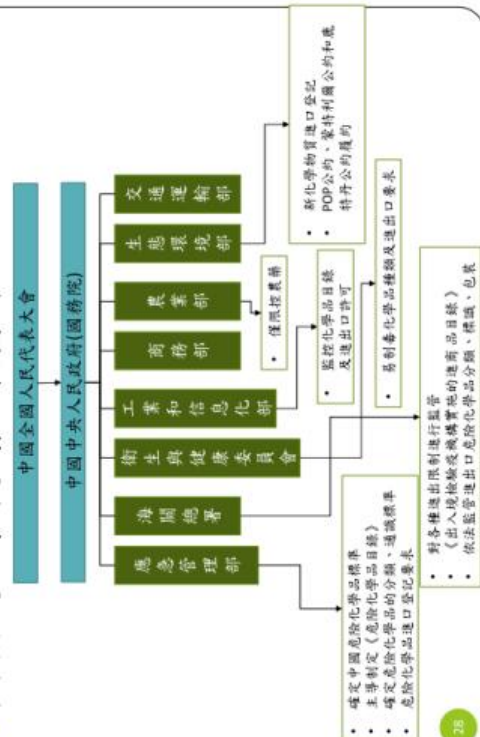
2.6 國際毒化物管理政策：南韓

- 南韓有毒化學品管理法 (Toxic Chemicals Control Act, TCCA)，國家環境研究所負責根據該法彙通通知新的化學品，教育部韓國化學品管理協會負責接受詳細化學品申報和申請確證書。韓國環境部 (Ministry of Environment, MOE) 公告韓國化學物質註冊與評估法 (Act on the Registration and Evaluation of Chemical Substances, ARECs) 或化學品控制法 (Chemicals Control Act, CCA)，亦通稱之K-REACH
- 針對含優先管制物質 (Priority control substance) 的產品進行管理，同時改善許可 (Permission) 與限制物質的管理機制，降低廠商負擔，提高法規符合度的可及性。
- 毒化物分析系統旨在防止化學物質源頭事故，涉及定量評估化學品的潛在場外影響事故和應用化學處理設施安裝階段的調查結果。此外，增加罰款以加強有毒的責任化學品業務。當有毒化學品的安全管理業務外包時，訂購商負責管理承包商，承包商的任何違法行為也會影響訂購方。
- 每五年需要準備化學災害事故風險管理計劃，包括化學事故洩漏情景，緊急行動計劃，和損害恢復；根據風險管理計劃採取緊急行動立即向相關主管機構報告，避免過去只在發生事故時才會進行對人類健康或環境風險評估，強化整合管理能量

217

2.7 國際毒化物管理政策：中國

◆ 中國進出口危險化學品/危險貨物主管機構框架



218

2.7 國際毒化物管理政策：中國

◆《危險化學品安全管理條例》(國務院591號令)

- 國務院條例 - 《危險化學品安全管理條例》(國務院591號令)
- 第六條第三款 品質監督檢驗部門負責核發危險化學品及其包裝物、容器生產企業的工業產品生產許可證，並依法對其產品實施監督，負責對進出口危險化學品及其包裝實施檢驗。
- 第六條第四款 環境保護主管部門負責... 危險化學品環境管理登記和新化學物質環境管理登記...
- 第六十七條 危險化學品生產企業、進口企業，應當向國務院安全生產監督管理部門負責危險化學品登記的機構(以下簡稱危險化學品登記機構)辦理危險化學品登記。
- 中國GHS系列標準
 - GB13690-2009：化學品分類和危險公示通則
 - GB15258-2009：化學品安全標籤編寫規定
 - GB/T 16483-2008：化學品安全技術說明書內容和專業順序
 - GB/T 17519-2013 化學品安全技術說明書編寫指南
 - GB 30000.2 ~ GB 30000.29 ~ 2013 28項《化學品分類、警示標籤、警示說明安全規範》系列國家標準

30

2.7 國際毒化物管理政策：中國

◆化學品進出口管理 - 危險化學品

化學品管理類別	法規	頒布機關	配套目錄	主管機關	要求
危險化學品	危險化學品安全管理條例 危險化學品生產企業安全生產許可證實施辦法 危險化學品包裝物容器管理辦法 危險化學品登記管理辦法	國務院 應急管理部	危險化學品目錄 危險化學品目錄(2015版)實施細則 分類、標籤、製作並提供SDS	應急管理部	進口商： 1. 危險化學品安全生產/經營許可證 2. 完成危險化學品進口登記 3. 按照中國GHS系列標準進行分類、標籤、製作並提供SDS 4. 報關報檢時提供上述材料並經過審核
	關於進出口危險化學品及其包裝物容器有關問題的公告	實地局	危險化學品目錄 中國GHS系列標準	海關總署 (原出入境檢驗檢疫局)	出口商： 1. 危險化學品安全生產/經營許可證 2. 按照目的國法規要求進行分類、標籤 3. 報關報檢時提供中文翻譯版SDS、標籤供審核

30

2.7 國際毒化物管理政策：中國

◆化學品進出口管理 - 特殊類化學品

化學品管理類別	法規	頒布機關	配套目錄	主管機關	要求
新化學物質	危險化學品安全管理條例 新化學物質環境影響評價辦法	國務院 環保部	中國已有化學物質名稱 中國環境影響評價辦法(2018年)	生態部 環保部	進口商： 完成新化學物質環境影響評價登記
限制進出口化學品	危險化學品安全管理條例	國務院	危險化學品安全管理條例	生態部 環保部 海關總署	出口商： 進出口目錄列明的化學品完成環境影響評價登記；進口登記、海關放行
廢物	危險化學品安全管理條例	國務院	禁止進口目錄 禁止使用目錄	生態部 環保部 海關總署	進口商： 不帶進口禁止進口目錄中的物質 進口商應完成環境影響登記
廢物轉運	海關進出口轉運出口證 轉運管理辦法	商務部	海關進出口轉運目錄	商務部 海關總署	出口商： 取得海關進出口轉運許可證
禁止進出口貨物	禁止進口貨物目錄 禁止出口貨物目錄	環保部 海關總署	禁止進口貨物目錄 禁止出口貨物目錄	商務部 環保部 海關總署	出口商： 禁止進口貨物 禁止出口貨物 (中國運行POPS公約)
監督化學品	中國人民共和國監督化學品管理條例	國務院	《中國人民共和國監督化學品管理條例》實施細則	工信部	進口商： 通過指定代理商將監督化學品進口許可證向海關申報進口登記

31



三、毒性化學物質替代篩選評估工具

32

3.1 綠色篩選指標 (GreenScreen)

- GreenScreen® for Safer Chemicals 是一種化學品危害評估方法，旨在識別高度關注的化學品和更安全的替代品，通過根據國際、國家和州政府機構、政府間機構和非政府組織召集的權威科學機構制定的40多種危害清單中的訊息對化學品進行評估。
- 清潔生產行動 (Clean Production Action) 還開發了名為GreenScreen List Translator™的GreenScreen縮寫版本方法，該方法提供了“列表清單”方法，可快速識別高度關注的化學品。
- GreenScreen® 是基於12項綠色化學原理和美國環保署的環境化設計 (Design for Environment, DfE) 替代評估方法的基礎上，該方法將有關化學品固有特性的可用數據 - 包括人類健康影響、環境壽命和毒性以及安全性 - 整合到危害終點表 (hazard endpoints)，並分別列為高、中或低。藉此，危害評估進一步合併為一個基準，為比較化學品提供了一種簡便的方法。
- 所有產品之化學品均可適用GreenScreen® for Safer Chemicals規範進行化學品之評估審核

33

3.2 綠色篩選指標 (GreenScreen) 評估流程

危害性評估流程

- 步驟一：確定需要評估的化學品
- 步驟二：資料蒐集與資訊建立
 - 2a: GreenScreen 基本化學品資料庫
 - 2b: GreenScreen 特別化學品清單
 - 2c: 以模型評估而缺乏的化學品資訊
- 步驟三：危害性鑑定
 - 3a: 使用GreenScreen 18項危害性終點評估
 - 3b: 確認每項危害性的信賴區間
 - 3c: 鑑定危害性級距分額
 - 3d: 出具危害評估報告
- 步驟四：識別產品環境轉移性
 - 以生命週期方式評估化學品是否會造成潛在性的環境排放
- 步驟五：評估產品環境轉移性量化數字

34

標準值評分流程

- 步驟六：以 GreenScreen 產品標準值進行評分
 - 6a: 運用有機與無機化學品標準值進行鑑定
 - 6b: 量化的最終評分，建立分數級距
 - 6c: 出具化學品GreenScreen評分報告



(Refr. GreenScreen® for safer Chemicals hazard assessment Guidance, V1.4, 2018)

3.3 綠色篩選之危害性評估

- GreenScreen 危害性評估 (GreenScreen Hazard Assessment) (如之生物累積性評估) 針對18個人類健康與環境終點中的每一個的危害等級進行分類，危險等級範圍從極高 (Very High) 到極低 (Very Low)
- GreenScreen 危害性評估可適用於評估單一化學品或更複雜的混合物和聚合物材料

GreenScreen 危害性評估結果表

Group I and II Human										Scores				Fate			
C	M	R	D	E	AT	ST	UNCL	REPEAT	REPEAT	N	SpS*	SpS*	SpS*	SpS*	SpS*	SpS*	SpS*
AA	L	L	M	M	DG	L	L	L	L	M	L	L	L	L	L	L	L
DG	L	L	M	M	DG	L	L	L	L	M	L	L	L	L	L	L	L

Summary of GreenScreen Hazard Endpoint Assessments

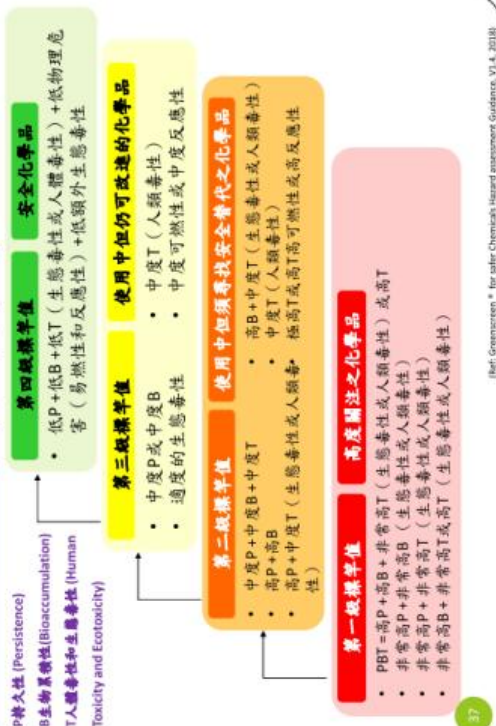
AA: Acute Aquatic Toxicity
AT: Acute Mammalian Toxicity
D: Developmental Toxicity
E: Endocrine Activity
M: Mutagenicity and Genotoxicity
R: Reproductive Toxicity
SpS: Sensitization (Skin)
ST: Systemic Toxicity
UNCL: Unclassified
REPEAT: Repeated exposure

35

3.4 GreenScreen 18項危害性終點評估指標

第一個人類健康 Human Health Group I	第二個人類健康 Human Health Group II	環境與生態 Human Health Group II*	物理性危害 Physical Hazards
致癌性 Carcinogenicity (C)	急性哺乳動物毒性 Acute Mammalian Toxicity (AT)	全身毒性及器官毒性-重複暴露終點評估 Systemic Toxicity & Exposure sub-endpoint (ST-repeated)	反應性 Reactivity (R)
致畸性 Developmental Toxicity (D)	全身毒性及器官毒性-重複暴露終點評估 Systemic Toxicity & Exposure sub-endpoint (ST-single)	神經毒性-重複暴露終點評估 Neurotoxicity - Repeated Exposure sub-endpoint (N-repeated)	可燃性 Flammability (F)
生殖毒性 Reproductive Toxicity (R)	神經毒性 Neurotoxicity (N-single)	皮膚過敏性 Skin Sensitization (Sns)	其他生態毒性之可研究 Other Ecotoxicity studies when available
發育毒性 (包括發育神經毒性) Developmental Toxicity (incl. Neurotoxicity) (D)	皮膚刺激性 Skin Irritation (Irs)	持久性 Persistence (P)	生物累積性 Bioaccumulation (B)
內分泌活動 Endocrine Activity (E)	眼睛刺激性 Eye Irritation (Ire)		

3.5 GreenScreen 標準值評分步驟



(Reel GreenScreen® for safer Chemicals Hazard Assessment Guidance, V1.4, 2018)

3.6 GreenScreen 評估結果報告

- 標準值評分是通過分析 GreenScreen 中包含的18個危害終點評估指標之間組合性進行鑑定，為了反應各國政府在國內和國際上建立的危害問題，以第1類標準值「高度關注化學品」判定是否為綠色化學品之重要參考依據
- 總結表提供相關危害的具體量化學品，將有助於應用綠色化學原則進行產品設計和開發，化學和材料採購，風險管理，工作場所安全等方面提供廠商進行更好的決策

GREENSCREEN BENCHMARK™ SUMMARY

This product GreenScreen report includes a GreenScreen Benchmark score and associated individual assessment scores for the product's toxicity, hazard, and physical hazard. The product's hazard score and associated assessment scores are listed in Table 1. The product's hazard score and associated assessment scores are listed in Table 2. The product's hazard score and associated assessment scores are listed in Table 3.

Table 1. Product Benchmark Summary

Product Component	Chemical Name	Score	Weight	Score Weighted	Assessment
Polymer Matrix	Polystyrene	1	1	1	Low
	Acrylic Acid	2	1	2	Low
	Styrene	3	1	3	Low
Ink Pigment	Carbon Black	4	1	4	Low
	Yellow Pigment	5	1	5	Low

Table 2. Toxicity Score and Assessment

Chemical Name	Score	Weight	Score Weighted	Assessment
Polystyrene	1	1	1	Low
Acrylic Acid	2	1	2	Low
Styrene	3	1	3	Low
Carbon Black	4	1	4	Low
Yellow Pigment	5	1	5	Low

Table 3. Hazard Score and Assessment

Chemical Name	Score	Weight	Score Weighted	Assessment
Polystyrene	1	1	1	Low
Acrylic Acid	2	1	2	Low
Styrene	3	1	3	Low
Carbon Black	4	1	4	Low
Yellow Pigment	5	1	5	Low

PRODUCT FUNCTIONAL USE(S)

1. Ink
2. Printing

INVENTORY THRESHOLD

Inventory threshold score and any associated GreenScreen requirements. (See the GreenScreen V1.4.1 guidance.)

Methods used to determine compliance with inventory thresholds: Analytical testing (colorimetric and quantitative using HPLC, limit of detection 0.01 µg/g).

38

3.7 綠色化學專家體系 (Green Chemistry Expert System)

- 美國環保署開發一種高通用性評估體系—綠色化學專家系統，可用於選擇綠色化學品和反應，綠色化學是化學產品和製程的設計，可減少或消除有害物質的使用或產生。
- 該系統是依據綠色化學原則所涉及之多種評估指標，分別為原子經濟與環境因子兩類，此兩類都是基於質量守恒進行測量與計算。

環境因子(E-Factor)	原子經濟(Atom Economy)
E=總廢棄物質量/總產物質量	AE(%)=產物總質量/原料總質量
質量強度(Mass Intensity)=生產過程 中總質量/產物總質量	反應效能(Reaction Mass Efficiency, RME)(%)=產物總質量/反應物總質量
製程質量強度(Process Mass Intensity)=生產過程中總質量(包含用 水量)/產物總質量	質量生產率(Mass Productivity)(%)= 產物總質量/原料總質量(包含溶劑 用量)
廢水強度(Waste Water Intensity)=生 產過程中總廢水量/產物總質量	有效質量產率(Effective Mass Yield)(%)=產物總質量/有害物質總產 量
溶劑強度(Solvent Intensity)=生產過 程中總溶劑量/產物總質量	碳經濟比例(Carbon Economy)(%)= 產物總質量/反應物總質量

39

3.8 USEPA綠色化學安全替代評估做法



(Reel GreenScreen® for safer Chemicals Hazard Assessment Guidance, V1.4, 2018)

4.1 化學安全品替代評估原則

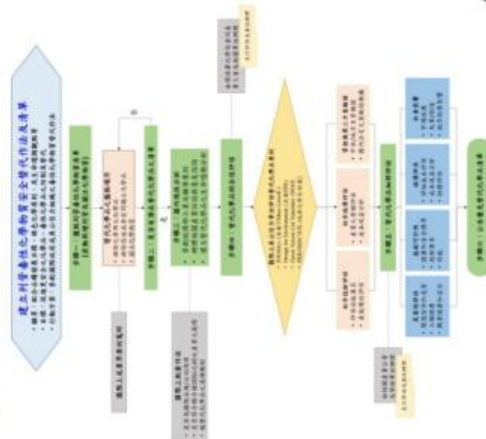
- Öguzcan 等學者也提出更安全化學替代品的評估標準，更安全的化學替代評估標準包含物理化學評估、人體健康危害評估、暴露評估、技術性能評估、環境評估、經濟/金融和社會評估以及生命週期評估。

定義	任何使用化學品的物理化學性質評估物理化學危害(例如揮發性和腐蝕性)和/或進一步預測後續評估中使用的化學品品質的評估。
人體健康危害評估	評估化學品對人體的內在危害,而不是物理化學危害
暴露評估	用作任何評估的手段,包括暴露模型或僅使用物理化學特性評估暴露潛力,而無需對任何保護區域進行任何建模
技術性能評估	檢查篩選方案對所需功能的技術性能
環境評估	考慮到化學品對環境的內在危害,如生態毒性危害
經濟/金融和社會評估	分別評估替代的經濟/財務和社會方面,並可能包括生命週期影響
生命週期評估	評估替代品和關注化學品對環境和人類的生命週期影響

(Ref: Semih Özgür, et. al., 2017)

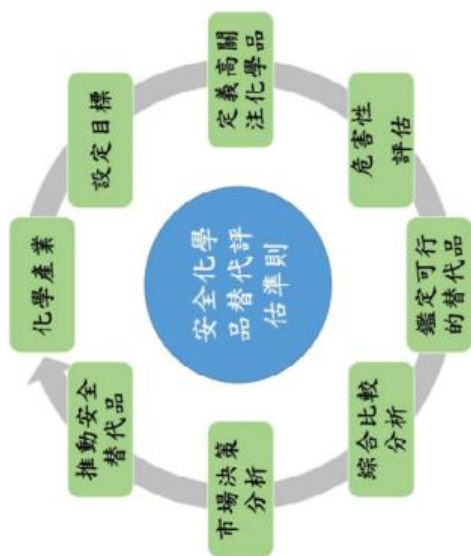
4.2 研擬安全化學品替代評估流程

- 步驟一：盤點目前國內列管的毒性化學物質清單
- 步驟二：從高關注化學物質中尋找是否有潛在的應替代之化學品的名單
- 步驟三：建立國內現狀分析，包含環保署已公告之替代化學品案例或工業局過去與產業界輔導之案例
- 步驟四：替代化學品進行綜合性評估
- 步驟五：將已選定的替代化學品進行細部評估
- 步驟六：確認優先替代化學品



四、建立毒性化學物質安全替代之評估流程及案例分析

4.1 化學安全品替代評估原則



4.3 國內公告以及綠色替代品成功案例

被替代物質	替代物質	用途	應用案例	資料來源
壬基酚 (壬酚) (Nonylphenol)	甲基環氧乙烷與環氧乙烷和壬基(2-乙基己基)醚的聚合物 (2-Ethyl Hexanol EO-PO Nonionic Surfactant)	清潔用品 產業	陶氏化學公司 (DOW Chemical)	SUBSPORT財團法人安全衛生技術中心 ⁴²
全氟辛烷磺酸 (Perfluorooctane sulfonic acid)	聚合物分散液 (產品名為Aekaphob® EFR Iiq, 成分未揭露)	紡織及衣物業	ARCHROMA 色彩及特殊化學品公司	SUBSPORT財團法人安全衛生技術中心 ⁴²
甲醛 (Formaldehyde)	鞣酸 (Tannic acid) / 木質素 (Lignin)	木質板材料 產業	法國綠色板材料計畫 (Panneaux verts (Green panels))	SUBSPORT財團法人安全衛生技術中心 ⁴²
1,3-丁二烯 (1,3-Butadiene)	大豆油	數位印刷 產業	Print Recovery Concepts	SUBSPORT財團法人安全衛生技術中心 ⁴²
硫鎂酸鈣(1344-37-2)	四氯化鈷(II)(Bismuth vanadium tetroxide, Yellow 184, CAS No. 14059-33-7)	建材塗料 產業	德國化學公司巴斯夫 (BASF)	SUBSPORT財團法人安全衛生技術中心 ⁴²

45

4.4-1 毒化物替代評估案例說明

毒化物：苯 (Benzene)

替代評估案例：

- 在溶劑應用方面，**環己烷 (Cyclohexane)** 是一個非常好的替代品，它是一種非極性溶劑，可溶於非極性物質，如乙醇、乙醚、丙酮、苯和石油醚。它是通過苯與氫反應製造的。它是生產己二酸和己內酰胺的主要原料。環己烷還用於電鍍、橡膠製造和油漆溶劑的生產。
- 庚烷(Heptane)** 也是一種非極性溶劑，可以有效替代苯。可用於油漆和塗料以及作為橡膠-水泥溶劑。特性與己烷相似，但不会出现與己烷有關的環境和健康問題。在電鍍、液相色谱、印刷和柔性版印刷中用作溶劑。
- 還有許多其他非極性溶劑可用作苯的替代品：**戊烷(Pentane)**，**環戊烷(cyclopentane)**，**1,4-二噁烷(1,4-dioxane)**；戊烷相對便宜並且通常在實驗室中用作易於蒸發的溶劑。環戊烷用於合成樹脂和橡膠粘合劑的製造。

47

[Ref: Henderson et al., 2013]

4.4-1 毒化物替代評估案例說明

毒化物：二甲基甲酰胺 (Dimethylformamide, DMF)

替代評估案例一：

- MacMillan 等人評估幾種作為 CH_2Cl_2 和 DMF 的替代溶劑，可使用常見酰胺偶聯劑或試劑組合的四種基準酰胺形成反應的介質進行化學反應性的評估。
- 使用“(2-噁基-氧基乙酸乙酯)-N,N-二甲基-噁基基噁六氫磷酸酯”(COMU)作為優選的偶聯劑(coupling reagent)，替代化學品為：**噁酸二甲酯(dimethylcarbonate, DMC)**，**乙醚乙酯[ethyl acetate, EtOAc]** 與 **2-噁基四氫呋喃(2-methyltetrahydrofuran, 2-MeTHF)**，分別進行芳基化(aryl)、烷基化(alkyl acids)與胺化(amines)，可與 CH_2Cl_2 和 DMF 具有相同的產物轉化率，但對於環境較不會有危害性。

[Ref: MacMillan, et al., 2013]

替代評估案例二：

- 目前 DMF 被認為是適合合成反應的唯一溶劑；Jad 等人證明 **四氫呋喃(tetrahydrofuran, THF)** 和 **乙腈(acetonitrile, ACN)** 是比 DMF 更友好的溶劑，並產生比 DMF 更高純度的產物。

[Ref: Jad, et al., 2015]

46

[Ref: Lowell Center for Sustainable Production, 2013]

4.4-1 毒化物替代評估案例說明

毒化物：鄰苯二甲酸二酯 (Phthalates)

替代評估案例：

- 鄰苯二甲酸酯具有低揮發性和緩慢釋放在使用過程中的 PVC 產品，擴散到空氣中。
- 鄰苯二甲酸酯可做為增塑劑，常見的替代品包括“二異壬基-環己烷-1,2-二羧酸酯”(Di-isononyl-cyclohexane-1,2-dicarboxylate, DINCH)，乙醯基檸檬酸三丁酯 (Acetyl tributyl Citrate, ATBC)，對苯二甲酸二辛酯 (Diethyl Terephthalate, DOTP)，2,2,4-三甲基-3-戊二醇二異丁酸酯 (2,2,4-trimethyl Terephthalate, DOTP)，1,3-戊二醇二異丁酸酯 (Di(2-ethyl hexyl) adipate, DEHA)。

48

4.4-1 毒化物替代評估案例說明

毒化物：1,3-丁二烯 (1,3-Butadiene, BD)

替代評估案例：

- Gao 等人開發的新穎鎂鋁催化劑，提升BD轉化成生質柴油的產率與轉化率。
- 初步評估結果顯示，不同的製備方法對催化劑之表面結構和化學性質有影響，另外pH值也是重要因子，主要在強酸和強鹼時會轉化成乙烯，弱酸和弱鹼有助於BD轉化成醇類或酯類，為了獲得更高的BD選擇性，必須調配完美MgO和Al₂O₃的比例，並必須在Mg-Al催化劑中使用用於調節酸鹼平衡的改良劑。

4.4-2 毒化物替代評估案例說明

毒化物：乙腈 (Acetonitrile)

替代評估案例：

- 在樣品製備方法中替代乙腈的主要溶劑之一是**乙醇**。許多製造商正在提供用於替代需要乙腈的現有方法的方法和產品。
- Biotage提供EVOLUTE系列聚合物相，可用於使用乙醇的固相萃取 (SPE) 和簡單的通用程式。
- EVOLUTE產品系列已針對使用乙醇的方法進行了優化，這成為短缺的長期解決方案

4.4-1 毒化物替代評估案例說明

R134a製冷劑的替代品

製冷劑替代化學品 二氟化碳 (Carbon Dioxide, CO ₂)	化學品特性與毒害性說明 • 對全球暖化或臭氧破壞潛勢值之影響遠低於一般製冷劑 • 價格便宜且化學意外可能性低	使用環境 但當用作製冷劑時，與R-134a相比CO ₂ （稱為R-744）需要極高的操作壓力
HFC-152a	• 以兩個五原子取代兩個氟原子，具有與R-134a類似的結構特性，但冷卻性更好 • HFC-152a全球暖化潛勢值為120，比R-134a低10倍 • 具有與R-134a非常相似的熱特性，因此不需要對空調系統進行調整	• 以兩個五原子取代兩個氟原子，具有與R-134a類似的結構特性，但冷卻性更好 • HFC-152a全球暖化潛勢值為120，比R-134a低10倍 • 具有與R-134a非常相似的熱特性，因此不需要對空調系統進行調整
HFO-1234yf	• HFO-1234yf的全球暖化潛勢值為4 • 全球暖化潛勢值與與氟利昂類物質為0 • 分子量大，沸點大，蒸汽密度大，燃燒性能良好 • 其強烈氣味在達到危險濃度之前會被燃燒器容易檢測	• 有毒，易燃並且與鋼不相容
Super-Freeze 134a	• 為環境安全的短循環混合物，設計用作直接替代和改良製冷劑應用 • 用於替代美國以外的汽車空調和製冷系統中的R123a和R12製冷劑 • 與R134a和R12相比，可在較低的壓力下運行	• 無

4.4-1 毒化物替代評估案例說明

四氫乙烷的替代品

- 液態二氧化碳，液體或超臨界流體，可用於服裝清潔專業設備。最常見的方式是700磅/平方英寸的壓力下使用液體二氧化碳，並使用專門為此方法設計的清潔劑。此方式係將液態二氧化碳與清潔劑結合在傳統的藍式機器進行清洗。
- 高閃點油煙，閃點高於140度華氏之低味道石油煙為基礎乾洗溶劑，廣泛用於取代PERC乾洗。
- 縮醛，無菌可燃溶劑，成分為1-（丁氧基乙氧基）丁烷，也稱丁縮醛或甲醚二丁基縮醛。
- 丙二醇醚，是一種石油溶劑於1990晚期用於取代PERC乾洗，可透過改善碳酸氫化物系統使用。
- 環狀揮發性甲基矽烷，現階段用於乾洗的是環狀VMS十甲基環五矽氧烷。無色無味液體用於多溶劑系統機器。
- 正丙基溴，直接用於取代PERC溶劑，並可直接使用現有的PERC及碳酸氫化物乾洗系統

4.4-1 毒化物替代評估案例說明

壬基酚聚氧乙烯醚 (Nonylphenol Ethoxylates, NPEs) 的替代评估

姓名	学号	性别	年龄	民族	籍贯	身份证号	联系电话	电子邮箱	备注
1. 姓名									
2. 性别									
3. 年龄									
4. 民族									
5. 籍贯									
6. 身份证号									
7. 联系电话									
8. 电子邮箱									
9. 备注									
10. 姓名									
11. 性别									
12. 年龄									
13. 民族									
14. 籍贯									
15. 身份证号									
16. 联系电话									
17. 电子邮箱									
18. 备注									
19. 姓名									
20. 性别									
21. 年龄									
22. 民族									
23. 籍贯									
24. 身份证号									
25. 联系电话									
26. 电子邮箱									
27. 备注									
28. 姓名									
29. 性别									
30. 年龄									
31. 民族									
32. 籍贯									
33. 身份证号									
34. 联系电话									
35. 电子邮箱									
36. 备注									
37. 姓名									
38. 性别									
39. 年龄									
40. 民族									
41. 籍贯									
42. 身份证号									
43. 联系电话									
44. 电子邮箱									
45. 备注									
46. 姓名									
47. 性别									
48. 年龄									
49. 民族									
50. 籍贯									
51. 身份证号									
52. 联系电话									
53. 电子邮箱									
54. 备注									
55. 姓名									
56. 性别									
57. 年龄									
58. 民族									
59. 籍贯									
60. 身份证号									
61. 联系电话									
62. 电子邮箱									
63. 备注									
64. 姓名									
65. 性别									
66. 年龄									
67. 民族									
68. 籍贯									
69. 身份证号									
70. 联系电话									
71. 电子邮箱									
72. 备注									

4.4-1 毒化物替代評估案例說明

二氯甲烷 (methylene chloride) 的替代評估

[illegible]

4.4-1 毒化物替代評估案例說明

鄰苯二甲酸酯(Phthalate)的替代評估

- Lowell Center 相關評估報告提出以生物塑膠進行替代品，生物塑膠主要是來自於植物所製造，例如大豆，大米，小麥和亞麻籽等

食品原料	產品使用方式	人類健康影響	環境影響
魚粉、魚油 （來自鱈、鯊、鮭、鰵、鯉、鯽、青斑等魚類） 乾魷、甘望、小魚、香腸等製品	用於加工食品、濃縮和罐頭食品	可能引起過敏反應 可能導致呼吸道刺激 會刺激皮膚、眼睛和呼吸道黏膜，有可能會發生系統性中毒	廢棄物垃圾可視為回收品產生二次內含物
雞蛋黃、蛋清 （來自大雞、鴨、鵝、火雞、鸚鵡、肉山雞和亞細亞雞）	可作為黏合劑		尚未發現對環境潛在的危害
糖漿 （來自糖或木薯）	用於冰淇淋、手把、黏著劑、膠帶、玻璃紙、密封劑和汽車零件塗料	食用時可能會引起口腔灼傷，具有高度刺激性	生產過程有比較高能源和水要求
別第一單酸 （來自玉米）	用於製造防腐滅品、冰結和凍餛	吸入和皮膚接觸都會刺激 組織並影響細胞分裂	具備生物可降解性
水質素（水鹼）	用作填充物和雜填，可轉變成吸濕體	生產過程中，工人可能接觸到腐蝕性、毒性和有害化學品	生產過程有比較高能源和水要求
五加皮酒	用於裝飾參加劇制	引起皮膚炎、頭暈和眩暈及嘔吐	具備生物可降解性
大豆蛋白	用於食品、化妝品、食品包裝、工業用膜包裝、醫藥的藥物封套和藥物封套	引起皮膚炎、頭暈和眩暈及嘔吐	具備生物可降解性

4.4-1 毒化物替代評估案例說明

四溴雙酚A (Tetrabromobisphenol A, TBBPA) 以及六溴環十二烷 (Hexabromocyclododecane, HBCD) 的替代評估

- TBBPA與HBCD通常用作環氧樹脂的反應性阻燃劑，環氧樹脂的應用是TBBPA的主要用途，HBCD則是主要用於製成聚苯乙烯之保溫產品，聚苯乙烯與聚苯乙烯發泡保溫板原料。

TBPA 替代品	健康或環境潛在影響
2,4,6-三溴苯酚可用於環氧電路板應用	2,4,6-三溴苯酚被認為是有毒的口服藥，但經皮膚或吸入途徑被認為是有毒疑慮
紅磷（是磷的一種相對穩定的形式）	紅磷對水生生物有毒，有造成海洋生物威脅之疑慮
氮氧化鋁和氮氧化鎂	並未發現對環境或健康造成危害性
聚砜亞胺樹脂	使用聚砜亞胺層壓板的缺點是由於水分少，導致加工時會使用大量的水
HB/CB 替代品	健康或環境潛在影響
其他溴化物產品	無研究指出容易化學結構的溴化物會對環境或健康造成影響
聚氯酯和聚異氰酸酯樹脂	具有低至中度的急性毒性口服，會透過皮膚和呼吸引入
酚醛樹脂	甲酚用作製造酚醛樹脂的原料，甲酚具有高度致癌性



五、結論與建議

57

5.1 推動綠色化學原則於產業面障礙與挑戰

障礙與挑戰	
項目	中央部會（環保署化學局）與地方政府（衛生局或環保局等）間之整合與職權劃分之界定不易；
組織面	(2) 綠色化學產業發展政策或機制規劃未完善，導致產業界投入清潔生產之推動力量不足；
	(3) 綠色化學原則相關推動時程與架構之組織機轉缺乏；
	(4) 清潔生產技術整合平臺未落實，缺乏綠色化學研究、交流、合作、教育綜合平台。
法規面	(1) 政府對綠色化學原則之推廣政策缺乏整體性；
	(2) 尚未完整建立可行之綠色化學評量指標；
	(3) 對於相關配套與諮詢政策之研擬未完善；
	(4) 區域總管資源之法規及行政分析與整合式管理系統建置未臻完備。
財務面	(1) 相關綠色技術或化學替代產品成本較高，關鍵技術設備與其相關原料進口成本過高與其專利權問題尚未解決；
	(2) 整體節能減排之效益及區域性資源整合之經濟成本效益不易分析評估；
	(3) 技術本土化程度較低，未能高性利用可在國內大量生產並推廣應用的原料材料降低成本，且創新技術的利用具有風險和不確定性；
	(4) 有經驗的工作人員及其專業知識和系統設計和團隊缺乏，對新技術和新材料的應用經驗不足，綠色設計的完成度較低；
技術面	(1) 技術本土化程度較低，未能高性利用可在國內大量生產並推廣應用的原料材料降低成本，且創新技術的利用具有風險和不確定性；
	(2) 有經驗的工作人員及其專業知識和系統設計和團隊缺乏，對新技術和新材料的應用經驗不足，綠色設計的完成度較低；
	(3) 化學替代產品之環境效益分析複雜，可行性較低；
	(4) 適應市場機制的環保與化學品相關產業鏈尚未完整形成，產業化水準低。
社會面	(1) 永續綠色化學與毒化物質管理模式初期投資和成本較高，科技含量高，成本投入高且回報長期延遲，開發商、消費者難見即時利益，阻礙其應用和推廣；
	(2) 資源利用和配置效率的最優化難以實現；
	(3) 大量的技術研發尚未能達到資源利用和配置效率最佳，往往成本增加同時造成綜合效益降低。

58

5.2 產業化學推動綠色化學原則建議事項

- (1). 毒化物的替代優先順序，建議由技術可行性進行推廣，同時應考量毒化物在國內的運作量。
- (2). 毒性化學物質安全替代推動須透過跨部會的整合，整合現有與推動中法規，由學術單位技術輔導，經濟部門提供財務鼓勵策略等，以增加廠商進行化學品替代的誘因等。
- (3). 建議政府單位應建立安全替代資訊平臺，蒐集國際重要案例，建置資料庫供廠商參考，並建議採用使用者付費的原則，提高廠商提供成功案例誘因。
- (4). 建置平臺亦可作為產、學、研溝通管道，提供資訊鏈結，包含政府（管制策略及未來目標）、產業（提出目前的困難或自身成功的案例）、學術（技術與法規的建議，協助建立管理制度）。
- (5). 可參酌染料業的「藍色標章」可評估染料的危害，毒性化學品使用建議也可建立危害標章，使廠商使用或其他用戶端瞭解研發新替代品之重要性。

59

5.2 產業化學推動綠色化學原則建議事項

- (6). 政府推動禁用化學物質管制時，應考慮提供經濟誘因及技術輔導，可增加政策推動之可行性。
- (7). 以產業現況而言，雖然於小量階段成功開發替代品，但若投入生產，常會因生產線系統複雜造成產業不願意替換，需要政府輔導推動上下游產業鏈結。
- (8). 針對精進毒性化學物質管理的關鍵，包含盤點各企業使用毒化物之（潛在）可替代方案或不可替代之原因，以及適時度瞭解毒化物供應商替代方案及推動困境。
- (9). 由於化學品應用主要跟隨市場需求，應思考替代化學品被供應鏈品牌要求時，可提升使用替代品化學之可能性。
- (10). 業界執行替代做法時，主要考慮技術成熟度及成本接受度，建議政府可據此訂定替代化學品執行規範及時機。

60

5.3 發展綠色化學原則產、官、學、研溝通平台

	建議事項
政府治理	• 潛永續發展和綠色（循環）化學原則納入產業轉型，提倡傳統供應鏈轉變為綠色供應鏈的概念 • 建立循環度指標體系，同時考慮加工材料和中間產物之回收，並重點關注循環度不足之處，無法再利用之初級資源，社會經濟循環率與生態循環率方面 • 建立綠色化學之基礎研究與技術開發數據資料庫，通過支付方式提供給行業參考，收入可以作為其他綠色政策的基金來源 • 政府機構應建立項目團隊相關技術授權或專利轉移之標準，以利實現政府與民營企業之間的技术共享
產業實踐	• 為了建立循環經濟系統，化學工業應考慮使用綠色替代化學品，將廢棄物轉化成高價值之化學品，特別考量能源轉化效率與碳捕獲再利用技術等 • 化學產業經營理念應納入SR的概念，即回收、減量、再利用、循環以及再設計，以實踐傳統化學產業轉型的願景
研究發展	• 將綠色化學原則納入大學課程，以及研究機構之教育單位，從分子層面克服發展創新化學品的基本挑戰，邁向化學產品之循環經濟。 • 將綠色化學原則納入工業技術研發項目之考量原則，包含涉及石化產品（如：生物可降解塑膠）、水資源（如光伏正溶選技術）、能源、製藥和農業等類別 • 應用系統工程模型與系統評估工具進行現有的性能評估，同時進行創新系統的設計開發工作

61



感謝認真聆聽！！

問題與建議？



62