

行政院環境保護署 毒物及化學物質局

計畫編號：TCSB-106-CP01-02-A027

毒物及化學物質環境風險資訊整合及 知識應用計畫 【定稿本】

受託單位：瑞昶科技股份有限公司

計畫執行期間：106年12月28日至107年12月31日

行政院環境保護署毒物及化學物質局編印

中華民國 107 年 12 月

行政院環境保護署 毒物及化學物質局

計畫編號：TCSB-106-CP01-02-A027

毒物及化學物質環境風險資訊整合及 知識應用計畫 【定稿本】

計畫執行單位：瑞昶科技股份有限公司

計畫執行期間：106年12月28日至107年12月31日

計畫經費：新臺幣3,850千元整

受託單位執行人員：賴允傑、李依庭、黃泰祥、吳柏成、
洪英修、莊珮嘉、陳慎德

行政院環境保護署毒物及化學物質局編印

中華民國107年12月

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告基本資料表

甲、委辦單位	行政院環境保護署毒物及化學物質局				
乙、執行單位	瑞昶科技股份有限公司				
丙、年 度	106	計畫編號	TCSB-106-CP01-02-A027		
丁、研究性質	<input type="checkbox"/> 基礎研究 <input checked="" type="checkbox"/> 應用研究 <input type="checkbox"/> 技術發展				
戊、研究領域	環境科學（含環保工程、環境管理）				
己、計畫屬性	<input type="checkbox"/> 科技類 <input checked="" type="checkbox"/> 非科技類				
庚、全程期間	106年12月～107年12月				
辛、本期期間	106年12月～107年12月				
壬、本期經費	3,850,000 元				
	資本支出		經常支出		
	土地建築_____0 元		人事費_____3,249,246 元		
	儀器設備_____0 元		業務費_____600,754 元		
	其 他_____0 元		材料費_____0 元		
		其 他_____0 元			
癸、摘要關鍵詞（中英文各三則）					
毒物及化學物質（Toxic and chemical substances）					
環境風險評估（Environmental risk assessment）					
環境風險資訊（Environmental risk information）					
參與計畫人員資料：					
參與計畫人員姓名	計畫任職	工作要項或撰稿章節	現職與簡要學經歷	參與時間（人月）	聯絡電話及 E-mail 帳號
賴允傑	計畫主持人	計畫主持	瑞昶科技專案經理 臺灣大學農化系碩士 臺灣大學環工所碩士	4	(02)7730-6566 yjlai@apollo tech.com.tw
李依庭	工程師	計畫協同主持/化學物質環境流布調查綱要撰擬	瑞昶科技工程師 臺灣大學農化系碩士	12	(02)7730-6566 ytleee@apollo tech.com.tw
黃泰祥	工程師	計畫協調/ 國內外化學物質環境風險評估模式彙整研析	瑞昶科技工程師 臺灣大學農化系碩士	6	(02)7730-6566 mitch@apollo tech.com.tw
陳慎德	資深工程師	化學物質環境風險評估架構研析	瑞昶科技副總經理 臺灣大學環工所碩士 環工技師	7	(02)7730-6566 shende@apollo tech.com.tw

洪英修	資深工程師	國內外化學物質管理架構彙整研析	瑞昶科技專案副理 中山大學環工所碩士	3	(02)7730-6566 sti@apollootech.com.tw
莊珮嘉	工程師	化學物質風險資訊整合及應用規劃	瑞昶科技工程師 臺灣大學環工所碩士	6	(02)7730-6566 pcchuang@apollootech.com.tw
吳柏成	行政助理	化學物質環境流布調查彙整研析	瑞昶科技工程師 臺灣大學農化系碩士	6	(02)7730-6566 pcwu@apollootech.com.tw

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：

毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫

二、英文計畫名稱：

Project for information integration and knowledge application of environmental risk from toxic and chemical substances

三、計畫編號：

TCSB-106-CP01-02-A027

四、計畫執行單位：

瑞昶科技股份有限公司

五、計畫主持人(包括共同主持人)：

賴允傑

六、執行開始時間：

106/12/28

七、執行結束時間：

107/12/31

八、報告完成日期：

107/11/30

九、報告總頁數：

報告內文(第一章至第八章) 258 頁

十、使用語文：

中文、英文

十一、報告電子檔名稱：

TCSB-106-CP01-02-A027.pdf

十二、報告電子檔格式：

PDF 9.0

十三、中文摘要關鍵字：

毒物及化學物質、環境風險評估、環境風險資訊

十四、英文摘要關鍵字：

toxic and chemical substances, environmental risk assessment, environmental risk

information

十五、中文摘要

本計畫彙整研析歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等六國之化學物質整體管理架構，包含優先關切物質篩選原則、風險評估方法、模式工具、系統資料庫及風險知識平台之發展與建置現況，並依據我國環境風險評估執行經驗、歷年化學物質環境流布濃度調查資料及相關模式本土化參數建置概況等，參酌各國管理策略及化學物質風險評估方式，綜合研提規劃我國化學物質環境風險評估架構、化學物質環境風險資訊整合規劃、風險知識建立應用方式、及化學物質環境流布調查綱要計畫，並透過兩場次專家諮詢會議蒐集專家建議，以做為我國後續發展化學物質環境風險評估作業流程及建置環境風險資訊整合資料庫之基礎。

十六、英文摘要

This project has summarized the comprehensive management structures from 6 different nations including European Union, U.S.A., Canada, Japan, Korea, and China, which include contents like the principles for selecting prior concerned substances, methods for risk assessment, assessment model, systematic data base, and the development of the knowledge platform about environmental risk. Meanwhile, this project has also referenced the local information like executive experience of environmental risk assessment in Taiwan, the data from the historical concentration investigation for the environmental chemical distribution, and the development of building local parameters. From the management strategy and methods for environmental risk assessment of chemical substances from other nations, this project has planned and proposed the assessment and information integration structure for environmental risk from chemical substance, and the general investigation plan for the environmental chemical distribution. Besides the process mentioned above, this project has also collected suggestions from experts by holding expert consultations as a foundation to develop an operation process for the environmental risk assessment of chemical substances and an integrated data base of environmental risk information.

目 錄

頁次

期末報告基本資料表	
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）	
目錄	
圖目錄	
表目錄	
中英文名詞對照表	
報告大綱	
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（詳細版）	
第一章 前言	1-1
1.1 計畫緣起.....	1-1
1.2 計畫目標.....	1-3
1.3 工作項目與內容.....	1-3
1.4 工作執行進度.....	1-4
1.5 執行成果摘要.....	1-6
第二章 計畫相關背景資料	2-1
2.1 我國毒物及化學物質管理現況.....	2-1
2.1.1 國際化學物質管理發展趨勢.....	2-1
2.1.2 國內毒物及化學物質管理現況.....	2-5
2.2 化學物質的（環境）風險評估.....	2-12
2.2.1 風險評估方法的發展.....	2-13
2.2.2 風險評估方法的執行原則.....	2-14
2.2.3 風險評估方法的應用與挑戰.....	2-17
2.2.4 環境風險評估架構.....	2-19
第三章 國外化學物質環境風險評估與管理架構研析	3-1
3.1 各國化學物質管理概況.....	3-2
3.1.1 歐盟.....	3-7

	頁次
3.1.2 美國.....	3-11
3.1.3 加拿大.....	3-13
3.1.4 日本.....	3-15
3.1.5 韓國.....	3-18
3.1.6 中國.....	3-22
3.2 篩選評估作業原則.....	3-25
3.3 風險評估方法.....	3-31
3.4 評估模式工具.....	3-40
3.4.1 概要說明.....	3-40
3.4.2 模式運用實例.....	3-45
3.5 資料庫系統.....	3-49
3.6 風險知識應用.....	3-63
3.7 綜合研析.....	3-70
第四章 國內化學物質環境調查及風險評估概況研析	4-1
4.1 國內環境風險評估應用現況.....	4-2
4.1.1 環境影響評估.....	4-2
4.1.2 土壤及地下水污染場址管理.....	4-3
4.1.3 水污染防治與空氣污染防制管理.....	4-11
4.1.4 其他環境介質.....	4-13
4.1.5 綜合評析.....	4-15
4.2 國內化學物質環境流布調查現況.....	4-18
4.2.1 國內環境調查之權責分工.....	4-18
4.2.2 國內環境法規管制項目研析.....	4-21
4.2.3 國內環境調查方式研析.....	4-27
4.2.4 列管化學物質環保單位歷年調查成果.....	4-29
4.3 國內環境風險評估模式應用與參數建置概況.....	4-44
4.3.1 空氣品質模式.....	4-47
4.3.2 河川水質與底泥模式.....	4-52
4.3.3 土壤與地下水污染物傳輸模式.....	4-55

4.3.4	多介質模式.....	4-62
4.3.5	本土化參數建置概況.....	4-68
第五章	建構我國化學物質環境風險評估整體架構.....	5-1
5.1	化學物質環境風險評估架構.....	5-2
5.2	環境風險評估所需模式與參數研析.....	5-11
5.2.1	物化特性參數.....	5-11
5.2.2	毒理參數.....	5-15
5.2.3	環境濃度資料.....	5-19
5.2.4	受體暴露參數.....	5-21
第六章	化學物質環境風險資訊整合與知識應用規劃.....	6-1
6.1	環境風險資訊整合架構.....	6-2
6.1.1	國內現有環境風險資訊現況盤點.....	6-3
6.1.2	環境風險資訊整合構想.....	6-11
6.2	環境風險知識建立與應用.....	6-16
第七章	研提我國毒物及化學物質環境流布調查綱要.....	7-1
7.1	環境流布調查綱要撰擬.....	7-2
7.1.1	關鍵議題研析.....	7-2
7.1.2	主要架構與內容規劃.....	7-6
7.2	專家學者諮詢會議辦理情形.....	7-12
7.2.1	第一次專家學者諮詢會議.....	7-12
7.2.2	第二次專家學者諮詢會議.....	7-17
第八章	結論與建議.....	8-1

參考文獻

附件

- 附件一 歷次審查意見答覆說明
- 附件二 各國化學物質環境風險評估與管理架構（另附光碟）
- 附件三 **MMSOILS** 模式所需參數資料表（另附光碟）
- 附件四 **MEPAS** 模式所需參數資料表（另附光碟）
- 附件五 第一次專家諮詢會會議記錄與簽到單及簡報內容（另附光碟）
- 附件六 第二次專家諮詢會會議記錄與簽到單及簡報內容（另附光碟）
- 附件七 化學物質環境流布調查綱要計畫（草案）（另附光碟）

圖目錄

	頁次
圖 2.1-1 我國毒物及化學物質管理分工示意圖.....	2-5
圖 2.1-2 環保署化學物質管理架構.....	2-10
圖 2.1-3 環保署篩選認定毒性化學物質作業原則流程圖.....	2-11
圖 2.1-4 環保署化學物質登錄作業流程.....	2-12
圖 2.2-1 健康風險評估架構與四大步驟.....	2-15
圖 2.2-2 以健康風險評估為基礎的決策架構.....	2-18
圖 2.2-3 化學物質在不同環境介質中的傳輸與轉化過程.....	2-20
圖 2.2-4 不同污染物類型與評估範疇於時間及空間尺度上的分布情形.....	2-21
圖 2.2-5 化學物質環境風險評估整體架構.....	2-21
圖 3.1-1 歐盟 REACH 法案整體管理架構示意圖.....	3-8
圖 3.1-2 美國環保署化學物質風險評估流程.....	3-11
圖 3.1-3 加拿大化學物質管理架構與策略.....	3-14
圖 3.1-4 日本化學物質評估及分類管理架構.....	3-17
圖 3.1-5 韓國化學物質註冊與評估法管理架構.....	3-20
圖 3.1-6 中國大陸新化學物質之申報流程.....	3-24
圖 3.3-1 歐盟 TGD 建議之人體健康與生態環境風險評估作業架構.....	3-37
圖 3.3-2 美國環保署化學物質環境風險評估概念模型（以 1,4 二噁烷 為例）.....	3-38
圖 3.3-3 日本化學物質風險評估之人體暴露評估架構.....	3-39
圖 3.4-1 加拿大 RAIDAR 模式三種指標計算結果.....	3-50
圖 3.4-2 加拿大 RAIDAR 模式化學物質環境流布模擬結果.....	3-51
圖 3.4-3 SimpleBox_Korea 模式區域性化學物質環境濃度模擬結果.....	3-54
圖 3.4-4 SimpleBox_Korea 模式地方性化學物質環境濃度模擬結果.....	3-55
圖 3.5-1 日本 CHRIP 資料庫系統化學物質法規管理現況呈現方式.....	3-59
圖 3.5-2 各國資料庫系統政府環境風險評估結果呈現方式.....	3-59
圖 3.5-3 各國資料庫系統風險評估參數資料呈現方式.....	3-60
圖 3.5-4 各國資料庫系統廠商註冊申報資料呈現方式.....	3-61
圖 3.5-5 日本 Chemi COCO 資料庫系統化學物質風險資訊呈現方式.....	3-62

圖 3.6-1	歐盟化學物質風險知識宣導網站主題分類方式.....	3-66
圖 3.6-2	日本化學物質風險知識應用方式（以塗料與黏著劑為例）.....	3-67
圖 3.6-3	北美洲尚普蘭湖魚類建議攝食量示意圖.....	3-68
圖 3.6-4	美國 ATSDR 風險資訊呈現方式（以苯為例）.....	3-69
圖 3.7-1	各國化學物質管理策略架構.....	3-73
圖 4.1-1	環境影響評估健康風險評估流程圖.....	4-4
圖 4.1-2	土壤及地下水污染場址健康風險評估架構.....	4-8
圖 4.1-3	污染場址生態風險評估執行流程圖.....	4-8
圖 4.1-4	污染場址基線生態風險評估主要關鍵執行程序.....	4-10
圖 4.1-5	水污染防治法風險評估作業規範流程圖.....	4-12
圖 4.3-1	MMSOIL 模式化學物質環境流布及人體健康評估架構.....	4-65
圖 4.3-2	MEPAS 模式化學物質累積至作物之暴露途徑.....	4-67
圖 5.1-1	化學物質環境風險評估架構.....	5-3
圖 5.1-2	暴露情境概念模型建立原則示意圖.....	5-4
圖 6-1	資料、資訊與知識的轉換及建構概念圖.....	6-2
圖 6.1-1	環境風險資訊整合與知識應用概念圖.....	6-3
圖 6.1-2	化學雲整體架構示意圖.....	6-4
圖 6.1-3	環境雲整體架構示意圖.....	6-6
圖 6.1-4	「化學物質風險資訊資料庫」建議架構示意圖.....	6-13
圖 6.2-1	「化學物質風險知識庫」建議架構示意圖.....	6-17
圖 6.2-2	環境中汞的來源與傳輸途徑概念示意圖.....	6-22
圖 6.2-3	汞之可能暴露危害途徑來源示意圖.....	6-23
圖 7.1-1	環境流布調查範疇示意圖.....	7-3
圖 7.1-2	國內化學物質的分類與管理現況.....	7-4
圖 7.1-3	環境流布調查綱要計畫整體架構.....	7-9
圖 7.1-4	調查對象優先性篩選評估作業流程（草案）.....	7-10
圖 7.1-5	環境中化學物質濃度調查作業執行與規劃流程.....	7-11
圖 7.2-1	第一次專家學者諮詢會議辦理情形.....	7-13
圖 7.2-2	專家學者拜訪與諮詢情形.....	7-17
圖 7.2-3	第二次專家學者諮詢會議辦理情形.....	7-21

表目錄

	頁次
表 1.4-1	計畫工作期程..... 1-5
表 1.4-2	實際進度及查核重點說明..... 1-7
表 1.5-1	執行成果摘要..... 1-9
表 2.1-1	各國化學物質管理現況..... 2-3
表 2.1-2	毒性物質管理法修訂歷程..... 2-7
表 2.2-1	風險評估執行過程所需資料..... 2-15
表 2.2-2	環境風險評估執行過程所需資料..... 2-22
表 3.1-1	各國化學物質管理制度與環境風險評估方式之比較..... 3-5
表 3.1-2	日本化學物質分類管理方式..... 3-17
表 3.2-1	各國化學物質篩選評估作業原則比較..... 3-28
表 3.2-2	各國化學物質環境生態危害篩選評估準則比較..... 3-30
表 3.3-1	各國政府化學物質環境風險評估方法比較..... 3-35
表 3.4-1	各國化學物質評估模式比較..... 3-42
表 3.4-2	日本與加拿大近年列管之新化學物質..... 3-45
表 3.4-3	美國 EPI suite 模式化學物質特性參數模擬結果..... 3-47
表 3.4-4	美國環保署 EPI suite 模式化學物質特性參數模擬結果..... 3-52
表 3.4-5	韓國 SimpleBox_Korea 模式化學物質環境介質濃度模擬結果..... 3-53
表 3.5-1	各國化學物質資料庫系統比較..... 3-56
表 3.7-1	國內外化學物質管理策略架構比較..... 3-74
表 4.1-1	土壤 / 地下水污染途徑影響潛勢評分標準..... 4-5
表 4.1-2	土壤及地下水污染場址之多層次健康風險評估..... 4-7
表 4.1-3	水污染防治法應提出風險評估與管理報告之認定基準..... 4-13
表 4.1-4	不同環境議題應用之風險評估方法比較..... 4-17
表 4.2-1	國內環境調查權責分工及法源依據..... 4-19
表 4.2-2	國內環境介質管理法規管制標準訂定情形..... 4-23
表 4.2-3	國內環境介質管理法規管制項目比較..... 4-24
表 4.2-4	國內各環境介質現有環境調查方式..... 4-28

表 4.2-5	國內現有環境調查方式比較.....	4-29
表 4.2-6	國內化學物質環境流布基線調查計畫執行概況.....	4-31
表 4.2-7	國內化學物質環境流布污染潛勢區調查計畫執行概況.....	4-33
表 4.2-8	歷年各項環境介質中金屬（類金屬）調查結果概況.....	4-36
表 4.2-9	歷年各項環境介質中揮發性有機物調查結果概況.....	4-38
表 4.2-10	歷年各項環境介質中多環芳香烴調查結果概況.....	4-39
表 4.2-11	歷年各項環境介質中塑化劑調查結果概況.....	4-40
表 4.2-12	歷年各項環境介質中農藥調查結果概況.....	4-42
表 4.2-13	歷年各項環境介質中戴奧辛與多氯聯苯調查結果概況.....	4-42
表 4.2-14	歷年各項環境介質中半揮發性有機物項目調查結果概況.....	4-43
表 4.2-15	歷年各項環境介質中持久性有機污染物調查結果概況.....	4-45
表 4.3-1	空氣品質模式模擬規範建議使用之模式概述.....	4-49
表 4.3-2	環評河川水質評估模式技術規範建議使用模式概述.....	4-54
表 4.3-3	環保署建議使用之土壤污染物傳輸模式特性比較.....	4-58
表 4.3-4	環保署建議使用之地下水污染物傳輸模式特性比較.....	4-60
表 4.3-5	土壤及地下水污染傳輸模式重要參數彙整.....	4-61
表 4.3-6	環境影響評估技術規範建議使用之多介質模式概述.....	4-64
表 4.3-7	MMSOIL 模式重要參數彙整.....	4-66
表 4.3-8	MEPAS 模式重要參數彙整.....	4-67
表 4.3-9	環境風險評估模式本土化參數資料建置概況.....	4-69
表 5.1-1	本計畫建議應考量評估之環境介質.....	5-6
表 5.1-2	本計畫建議應考量評估之暴露途徑.....	5-6
表 5.2-1	國外化學物質特性參數資料庫系統.....	5-13
表 5.2-2	國內化學物質特性參數資料庫系統.....	5-13
表 5.2-3	EPI suite 預測模式模組彙整說明.....	5-14
表 5.2-4	國外化學物質毒理資料庫.....	5-17
表 5.2-5	美國環保署建議使用之特性分組與毒性預測評估模式.....	5-18
表 5.2-6	國內化學物質環境濃度調查數據資料庫系統.....	5-20
表 5.2-7	本計畫建議優先使用之環境傳輸模式.....	5-20

表 5.2-8	本計畫建議使用之受體暴露參數資料來源.....	5-22
表 6.1-1	化學雲內欄位資料彙整表.....	6-4
表 6.1-2	環保署環境資源資料庫提供之環境風險資訊相關資料.....	6-7
表 6.1-3	國內化學物質環境風險資訊供應現況彙整表.....	6-10
表 6.1-4	「化學物質風險資訊資料庫」建議之資料供應及權責管理單位....	6-14
表 6.2-1	環境風險知識內容主要範疇與傳達對象.....	6-19
表 6.2-2	「化學物質風險知識庫」主要闡述之知識內容.....	6-20
表 6.2-3	「化學物質風險知識庫」建議之資料供應及權責管理單位.....	6-24
表 7.1-1	環境流布調查綱要計畫主要內容.....	7-8
表 7.2-1	第一次諮詢會議邀請之專家學者名單.....	7-12
表 7.2-2	第二次諮詢會議邀請之專家學者名單.....	7-18
表 7.2-3	第二次專諮會委員意見辦理情形.....	7-18

中英文名詞對照表

字首	英文全名	縮寫	中文
A	Act on the Registration and Evaluation of Chemical Substances	K-REACH	韓國化學物質註冊及評估法
	acceptable daily intake / admissible daily intake	ADI	每日可接受攝取量
	Agency for Toxic Substance and Disease Registry	ATSDR	美國毒性物質及疾病登記署
	Aggregated Computational Toxicology Online Resource	ACToR	整合型預測毒性資源
	American Society for Testing and Materials	ASTM	美國材料與試驗協會
	Identification of Risk Assessment Priorities	IRAP	風險評估優先度辨識流程
	Association Advancing Occupational and Environmental Health	ACGIH	美國工業衛生技師協會
B	bioaccumulation factor	BAF	生物累積係數
	bioconcentration factor	BCF	生物濃縮係數
	biota-sediment accumulation factor	BSAF	生物-底泥累積係數
C	California Environmental Protection Agency	CalEPA	美國加州環保局
	Canadian Environmental Protection Act	CEPA	加拿大環境保護法
	cancer slope facto	CSF	致癌斜率
	carcinogenic, mutagenic and reprotoxic substances	CMR	致癌性、致畸性及生殖毒性
	Central Data exchange	CDX	環境資源資料交換平臺（台灣環保署）
	Concise International Chemical Assessment Documents	CICAD	世界衛生組織簡明國際化學評估文件
	chemical data reporting	CDR	化學物質資料申報（美國）
	chemical-disease inference system	ChemDIS	化學物質相關疾病分析系統
	chemical management plan	CMP	化學物質管理計畫（加拿大）
	chemical safety report	CSR	化學安全評估報告
	community rolling action plan	CoRAP	滾動行動計畫（歐盟）
	Comparative Toxicogenomics Database	CTD	比較毒理基因體學資料庫
	concentrations of concern	COC	關切濃度（環境生態）
D	data as a service	DaaS	-
	domestic substances list	DSL	國家既有化學物質清單（加拿大）

字首	英文全名	縮寫	中文
E	ECOTOXicology knowledgebase	ECOTOX	生態毒理資料庫（美國環境保護署）
	endocrine disrupting chemicals	EDCs	內分泌干擾物質
	effect concentration 50%	EC ₅₀	半反應濃度
	-	ERDB	環境資源資料庫（台灣環保署）
	European Chemicals Agency	ECHA	歐洲化學總署
	European Regulation on Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals	REACH	（歐盟）
	existing chemicals	-	既有化學物質
	Exisiting Substance Regulation	ESR	（歐盟）
	exposure scenarios	ESs	暴露情境
F	Food and Drug Administration	FDA	食品藥物管理局（美國）
	Frank R. Lautenberg Chemical Safety for the 21st century Act	LCSA	21 世紀化學物質安全法案
G	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals	GHS	化學品分類及標示全球調和制度
	Good Manufacturing Practice	GMP	優良製造規範
H	hazard index	HI	危害指數
	hazard quotient	HQ	危害商數
	Health Effects Assessment Summary Tables	HEAST	健康效應摘要表格（美國環境保護署）
I	identification of risk assessment priorities	IRAP	風險評估優先性辨識方法（加拿大）
	Integrated Risk Information System	IRIS	綜合風險資訊系統
	International Agency for Research on Cancer	IARC	國際癌症研究署
	international toxic equivalency	I-TEQ	國際毒性當量
	international uniform chemical information database	IUCLID	國際化學品資訊資料庫
	<i>in vivo</i>	-	生物體內
	<i>in vitro</i>	-	生物體外
K	Korea Chemicals Management Association	KCMA	韓國化學品管理協會
	Korea existing chemistry inventory	KECI	韓國既有化學物質清冊
	Korea Ministry of Employment and Labor	MOEL	韓國職業勞動部
	Korea Ministry of Environment	MoE	韓國環境部
	Korea National Institute of Environmental Research	NIER	韓國國家環境研究院

字首	英文全名	縮寫	中文
L	lethal concentration 50%	LC ₅₀	半致死濃度
	lethal dose 50%	LD ₅₀	半致死劑量
	lowest observed adverse effect concentration	LOEC	最低可見有害作用濃度
M	Ministers Of Employment and Labor	MOEL	韓國職業勞動部
	margin of exposure	MOE	暴露限值
	Ministers of Environment	EC	加拿大環境保護部
	Ministers of Environment	MoE	韓國環境部
N	National Institute for Occupational Safety and Health	NIOSH	美國國家職業安全衛生研究所
	National Institute of Environmental Research	NIER	韓國國家環境研究院
	National Institute of Public Health and the Environment	RIVM	荷蘭國家公共衛生及環境研究院所
	new chemicals	-	新化學物質
	no observable adverse effect level	NOAEL	無可見有害作用程度
	no observed effect concentration	NOEC	無可見作用濃度
	no observed effect level	NOEL	無可見作用程度
O	octanol-air partition coefficient	K _{OA}	辛醇-空氣分配係數
	octanol-water partition coefficient	K _{OW}	辛醇-水分配係數
	-	Open data.epa	環境資源資料開放平臺(台灣環保署)
	organic carbon-water partitioning coefficient	K _{OC}	有機碳吸附係數
	Organization for Economic Co-operation and Development	OECD	經濟合作暨發展組織
P	perfluorooctane sulfonate	PFOS	全氟辛烷磺酸
	perfluorooctanoic acid	PFOA	全氟辛酸
	persistent, bioaccumulative and toxic	PBT	持久性、生物累積性及毒性
	persistent organic pollutants	POPs	持久性有機污染物
	pollutant release and transfer register	PRTR	列管污染源排放移動申報制度(日本)
	polycyclic aromatic hydrocarbons	PAH	多環芳香烴
	predicted environmental concentrations	PEC	預測環境濃度
	predicted no effect concentrations	PNEC	預測無效應濃度
Provisional Peer Reviewed Toxicity Values	PPRTVs	暫行毒性因子(美國環境保護署)	

字首	英文全名	縮寫	中文
Q	quantitative structure-activity relationships	QSAR	定量構效關係
R	reference dose	RfD	參考劑量
	risk characterization ratios	RCRs	風險特徵描述係數
	risk quotient	RQ	風險商數
S	safety data sheet	SDS	安全資料表
	significant new use notices	SNUNs	重大新使用通知（美國）
	strategic approach to international chemicals management	SAICM	國際化學品管理策略方針（聯合國）
	substances of very high concern	SVHC	高度關注物質（歐盟）
T	Taiwan Food and Drug Administration	TFDA	台灣食品藥物管理署
	Technical Guidance Document on Risk Assessment	TGD	風險評估技術指引（歐盟）
	total daily intake	TDI	每日攝取量
	toxic equivalency	TEQ	毒性當量
	Toxic Substances Control Act	TSCA	毒性物質管理法（美國）
	toxics release inventory	TRI	毒性物質釋放清冊（美國）
U	United States Environmental Protection Agency	USEPA	美國環保署
	United Nations Environment Programme	UNEP	聯合國環境規劃署
V	very persistent and very bioaccumulative	vPvB	高持久性與高生物累積性
	volatile organic compounds	VOCs	揮發性有機物
W	World Health Organization	WHO	聯合國世界衛生組織
	WHO-Environmental Health Criteria	EHC	世界衛生組織環境健康基準

報告大綱

本報告分為八章，分為前言、計畫相關背景資料、國外化學物質環境風險評估與管理架構研析、國內化學物質環境調查及風險評估概況研析、建構我國化學物質環境風險評估整體架構、化學物質環境風險資訊整合與知識應用規劃、研提我國毒物及化學物質環境流布調查綱要、結論與建議等章節。

第一章前言，說明計畫緣起、目標、工作項目、工作執行流程與方法、與計畫執行成果摘要概述。

第二章計畫相關背景資料，說明我國毒物及化學物質管理現況，以及化學物質（環境）風險評估作業方式及原則。

第三章國外化學物質環境風險評估與管理架構研析，說明本計畫彙整之歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等六國之化學物質管理概況及架構，並比較分析各國於篩選評估作業原則、風險評估方法、評估模式工具、資料庫系統及風險知識等面向之異同之處，並綜整提出我國環境風險評估架構與方法之建議。

第四章國內化學物質環境調查及風險評估概況研析，彙整說明國內既有環境風險評估相關作業之執行方式、國內各權責單位化學物質環境流布調查作業概況與環保署歷年 80 餘項環境調查計畫之執行成果、並盤點檢視環保署各項技術規範建議之 40 餘種環境評估模式之應用與本土化參數建置現況。

第五章建構我國化學物質環境風險評估整體架構，參酌各國化學物質環境風險評估方式，說明本計畫所研提之化學物質環境風險評估架構之初步規劃及構想，包含建立暴露情境概念模型、確立評估目標、危害評估、暴露評估與風險特徵描述等主要步驟之作業原則與方法，以及相關參數資料之取得方式與建議使用之評估模式。

第六章化學物質環境風險資訊整合與知識應用規劃，說明國內各部會現有化學物質環境風險資訊建置現況，並參考各國化學物質環境風險資料庫主要之功能，以及國內民眾對於化學物質環境風險資訊之需求，提出本計畫建議建置之「化學物質風險資訊資料庫」及「化學物質風險資訊資料庫」之環境風險資訊整合架構規劃。

第七章研提我國毒物及化學物質環境流布調查綱要，綜合考量國內整體環境流布調查作業所需關切之重要議題，說明環境流布調查綱要撰擬架構及主要之內容，以及環境流布調查綱要兩場次專家學者諮詢會議辦理情形。

第八章結論與建議，說明本計畫執行成果並研析歸納重要結論與建議。

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 (詳細版)

計畫名稱：毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫

計畫編號：TCSB-106-CP01-02-A027

計畫執行單位：瑞昶科技股份有限公司

計畫主持人(包括協同主持人)：賴允傑 / 李依庭

計畫期程：106年12月28日起 107年12月31日止

計畫經費：參佰捌拾伍萬元整

摘要

本計畫彙整研析歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等六國之化學物質整體管理架構，包含優先關切物質篩選原則、風險評估方法、模式工具、系統資料庫及風險知識平台之發展與建置現況，並依據我國環境風險評估執行經驗、歷年化學物質環境流布濃度調查資料及相關模式本土化參數建置概況等，參酌各國管理策略及化學物質風險評估方式，綜合研提規劃我國化學物質環境風險評估架構、化學物質環境風險資訊整合規劃、風險知識建立應用方式、及化學物質環境流布調查綱要計畫，並透過兩場次專家諮詢會議蒐集專家建議，以做為我國後續發展化學物質環境風險評估作業流程及建置環境風險資訊整合資料庫之基礎。

This project has summarized the comprehensive management structures from 6 different nations including European Union, U.S.A., Canada, Japan, Korea, and China, which include contents like the principles for selecting prior concerned substances, methods for risk assessment, assessment model,

systematic data base, and the development of the knowledge platform about environmental risk. Meanwhile, this project has also referenced the local information like executive experience of environmental risk assessment in Taiwan, the data from the historical concentration investigation for the environmental chemical distribution, and the development of building local parameters. From the management strategy and methods for environmental risk assessment of chemical substances from other nations, this project has planned and proposed the assessment and information integration structure for environmental risk from chemical substance, and the general investigation plan for the environmental chemical distribution. Besides the process mentioned above, this project has also collected suggestions from experts by holding expert consultations as a foundation to develop an operation process for the environmental risk assessment of chemical substances and an integrated data base of environmental risk information.

前言

隨著科學工業之發展，化學物質合成難度下降，全球化學物質數量已超過兩千萬種，且以每年 100 種以上的速度增加中，各種化學物質在日常生活中廣受應用，並能為國人生活帶來便利，我們於日常生活中已難以避免透過食入、吸入、皮膚接觸等各種暴露途徑接觸許多化學物質。雖然許多化學品是無害的，甚至是有益的，但仍有部分會對我們的人體健康和日常生活環境構成威脅。

歷年各相關部會權責機關已針對具環境生態或人體健康風險的毒物及化學物質，陸續調查並建置其於各類型環境介質及受體中之濃度資訊與危害性評估資料，然而相關風險資訊散佈於各不同單位，且因法令規範及評估基準之差異性，以致於國人不易取得正確且易於理解或利用之風險資訊，因而造成行政管制或相關分析研究上的不便，實須有效整合並歸納各方環境風險資訊，建置適宜之環境風險評估原則或模式，並針對尚欠缺之風險評估資訊需求，反饋至中長期之化學物質環境流布調查綱要規劃中，俾利完善化學物質環境風險資訊。

執行方法

一、彙整研析國外毒物及化學物質環境風險調查或建構方式

本項工作內容為彙整蒐集國外 5 個國家或國際組織化學物質環境風險評估之整合管理架構，研析國外毒物及化學物質環境風險調查或建構方式。本工作團隊於初步蒐羅相關資料並經計畫主辦單位同意後，以歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等 6 國為資料蒐集對象，於計畫執行期間持續蒐集各國環境風險評估調查、建構方式及應用模式之相關資料，並進行系統化彙整與研析，充分瞭解掌握風險評估在化學物質管理制度中所扮演的角色，以及評估作業流程與基本原則等。另針對國內資料則以各權責單位現有環境風險調查方式之彙整研析為主，並進一步與各國制度比較，以提出我國發展環境風險評估制度之建議。

二、研析毒物及化學物質因環境傳輸所致環境風險與健康危害評估方式整體架構，以研擬我國化學物質風險資訊管理措施

本項工作內容為研析建構化學物質因環境傳輸所致環境風險與健康危害評估方式之整體架構，與檢視國內現況提出我國環境風險資訊整合方案。本工作團隊規劃將彙整研析國內現有環境風險評估制度之執行現況，再與國外資料進行比較研析後，據以提出我國執行化學物質環境風險評估之整體架構與作業流程。另針對國內環境風險資訊之盤點將以國內各權責部會單位既已發布之資料為主，並以串連既有資訊之橫向或縱向關係，以及建立完整且全面性的風險資訊為目標，提出我國環境風險資訊之整合規劃建議。

三、蒐集彙整環境風險評估所需資料，並提出建構我國毒物及化學物質環境風險資訊所需之評估模式或參數資料之建置方案

本項工作內容為檢視國內現有環境傳輸評估模式之發展現況與探討風險評估所需之模式或參數資料。本工作團隊規劃以環保署各項環境評估技術規範圍資料蒐集目標，盤點其建議使用之環境品質或污染物傳輸模擬模式之建置原理、適用情境、限制條件、實際使用案例與所需重要參數項目等，並進一步研析提出我國化學物質環境風險評估所需之模式類型與參數資料類別，以及建議引用之資料來源等。

四、提出我國毒物及化學物質環境流布調查綱要

本項工作係接續前述各項工作之執行成果，包含國內環境調查方式、環境傳輸模式、參數資料建置與風險資訊整合等面向，經綜合研析國內現今執行環境流布調查所面臨之關切議題後，據以提出我國毒物及化學物質環境流布調查綱要，並透過 2 場次之專家諮詢會議之辦理，廣納各界意見做為綱要撰擬之參考。

五、以風險資訊為基礎，研提風險知識之建立方式

本項工作為彙整蒐集國外 5 個國家或國際組織其環境風險知識之架構與執行應用方式，並比較國內現況，提出我國風險知識建立方式。本工作團隊於計畫執行初期經計畫主辦單位同意後，以歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等 6 國為資料蒐集對象，規劃蒐集之資料項目為各國簡明提供予一般不具專業學術背景民眾之文件、手冊等風險溝通資料。完成資料蒐集後，並進一步參考國內既有較為完整之風險知識平台、前述國內風險資訊發布現況之研析結果、以及計畫主辦單位之實務需求等，據以提出國內環境風險知識之建立方式與原則。

結果

本計畫工作成果說明如下：

一、彙整研析國外毒物及化學物質環境風險調查或建構方式

1. 完成彙整歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等六國之化學物質管理概況及架構，各國化學物質管理策略架構（圖 1）主要包含註冊申報、篩選評估、風險評估、評估模式工具、資料庫系統與知識平台等，並針對各面向比較分析各國制度之異同之處。
2. 完成彙整研析國內環境調查之執行現況，包含權責分工、法規管制項目與環境調查方式等，並綜整環保署歷年 80 餘項調查計畫執行成果，彙整各類化學物質於基線調查及污染潛勢區調查之環境介質濃度數據。
3. 完成比較國內外化學物質風險評估與管理架構，提出我國發展化學物質環境風險管理制度之四項建議。

二、研析毒物及化學物質因環境傳輸所致環境風險與健康危害評估方式整體架構，以研擬我國化學物質風險資訊管理措施

1. 完成彙整研析我國現有環境風險評估制度及其評估架構，包含環境影響評估、土壤及地下水污染場址管理、水污染防治、空氣污染防治、底泥品質管理、農藥登記管理與食品衛生安全管理等。
2. 參酌國內外環境風險評估應用發展經驗，完成研擬我國化學物質環境風險評估架構(圖 2)，主要作業流程包含建立暴露情境概念模型、確立評估目標、危害評估、暴露評估與風險特徵描述等，並詳述其作業原則與執行方法等。
3. 完成檢視國內各單位既有發布之環境風險資訊內容，包含環保署化學雲、環保署環境資源資料庫、國衛院國家環境毒物研究中心網站資訊、衛福部食藥署健康風險評估資料專區與勞動部職安署 GHS 化學品危害物質數據資料等。
4. 參酌國內外環境風險資訊整合發展經驗，完成規劃環境風險資訊資料庫之建置構想，包含資料組之類別項目、主要內容、與建議資料來源及建置管理權責單位等。

三、蒐集彙整環境風險評估所需資料，並提出建構我國毒物及化學物質環境風險資訊所需之評估模式或參數資料之建置方案

1. 完成盤點國內各項環境風險評估技術規範中建議使用之環境傳輸模式，包含空氣品質模式模擬規範、健康風險評估技術規範(環評)、土壤及地下水污染場址健康風險評估方法與河川水質評估模式技術規範等。
2. 完成盤點研析國內各類環境傳輸模式評估所需參數資料建置現況，包含空氣品質之污染源、氣象、污染傳輸參數、河川水質之水理與水質參數、土壤污染傳輸之土壤特性參數、地下水污染傳輸之環境邊界條件與特性參數、以及多介質之環境濃度數據、釋放量與受體暴露參數等。
3. 完成提出我國化學物質環境風險評估所需之參數資料類型與建議查

詢引用之資料來源以及應用之模式類型，包含物化特性參數、毒理參數、環境濃度資料、受體暴露參數、毒性預測模式及環境流布評估模式等。

四、提出我國毒物及化學物質環境流布調查綱要

1. 完成國內環境流布調查面臨之關鍵議題研析，包含環境流布調查之範疇、調查對象與優先調查清單之確立、既有調查資源之整合、以及本土化風險評估參數之建置等。
2. 依據前述各項工作之研析成果，完成研提我國化學物質環境流布調查綱要計畫，整體執行策略包含盤點國內既有調查資料、發展優先性篩選方法、部會合作執行環境介質濃度調查、整體性環境風險評估調查與風險資訊整合應用等（圖3）。
3. 完成辦理2場次之專家學者諮詢會議，以及2位專家學者之拜訪諮詢工作。

五、以風險資訊為基礎，研提風險知識之建立方式

1. 本計畫已彙整歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等六國之風險建立方式，包含關切主題、編撰架構、呈現方式、目標對象與宣傳管道等。
2. 本計畫經參酌國內外執行發展經驗，完成提出我國風險知識建立方式，包含建立原則、目標對象之設定、知識內容之規劃、以及相關資料之供應權責單位等，並以汞為例加以說明知識應用之建立呈現方式。

結論

- 一、由國外資料彙整研析結果可知，各國於發展化學物質環境風險評估與管理機制之趨勢上，均有強化政府管理效能與加重業者管理責任、採用階段性或層次性風險評估方法、善用評估模式並逐步建置本土化參數、重視風險資訊揭露與風險溝通等特點，值得我國借鏡參採，茲說明重要結論如下：

1. 綜觀各國化學物質管理概況可知，為有效利用有限的行政管理資源，透過系統性的評估關切化學物質的潛在風險，以加強管理或進一步辦理風險評估確認其影響程度之「篩選評估作業程序」已成為整體管理架構中不可或缺的重要組成部分，且各國多均以化學物質之暴露潛勢、人體健康危害性、環境生態危害性、持久性與生物累積性、內分泌干擾物質、及毒性等因子為篩選評估基準。
2. 執行化學物質環境風險評估作業之目的為確認化學物質現有使用情形是否有危害人體健康或環境之虞，各國風險評估作業之步驟雖不完全相同，但仍可大致分為資料蒐集或範疇界定、危害評估、暴露評估、風險特性描述等四大項。考量風險評估之繁複性與不確定性，各國分別以強化資料蒐集及資料品質檢核工作、委請專家審閱或公開審閱、運用模式評估工具模擬預測等方式，獲取較為信賴的風險評估結果，以作為政府執行後續管理工作之明確依據。
3. 鑒於篩選評估與風險評估均涉及到大量的資料處理與繁複的作業程序，為提昇相關評估工作之執行效率，以強化風險評估於整體管理決策上之應用性，各國政府與研究機構皆致力於發展評估模式工具，大致而言依其使用之目的性可分為篩選性評估模式及風險評估模式，前者主要用於補足評估管理所需資料之缺口與輔助執行篩選評估作業，後者則用於執行風險評估工作，其評估所需參數資料項目較多、種類也較為複雜。
4. 為建構電腦化的資料處理與儲存機制，以可提供各方使用者迅速查詢所需之資料，並落實政府資訊公開與透明化之時代趨勢，各國普遍均有建置化學物質資料庫系統，主要含括之資料類別則包含法規管理現況、政府環境風險調查評估結果、風險評估相關參數、業者註冊申報資料與風險資訊宣導資料等五大類。
5. 為利於政府單位對於大眾風險溝通與管理工作之推動，各國於風險知識建立之共通特點包含聚焦生活化的主題、層次性的編撰架構、圖像化的表達形式、分眾化的闡述方式與提供多元化的宣傳管道等。
6. 綜整歸納各國化學物質管理策略架構並參酌國內化學物質環境風險

評估執行作業經驗，本計畫認為我國發展化學物質環境風險評估作業之重要發展方向為化學物質風險評估作業規範法制化、建立整合性篩選評估策略、建置整合性資料庫系統、及善用既有風險評估模式並加以本土化等。

二、本計畫已彙整國內現有之環境風險調查方式，包含各環境議題使用之風險評估架構、評估模式工具及其所需參數資料、與各單位環境流布調查作業之執行原則等，經綜合研析所得之重要結論說明如下：

1. 整體而言，風險評估於化學物質管理上的應用面向雖與國內現有評估制度不盡相同，然其所採用的方法論與基本作業流程原則上均大致相同，因此國內各項環境管理制度業已建置之環境濃度調查資料與參數資料庫，以及相關環境傳輸模式之應用經驗，仍可作為建置我國化學物質環境風險評估架構之重要基礎。
2. 目前國內各項環境風險評估技術規範皆有引用國外模式並將其納入評估方法中，包含空氣品質、河川水質、底泥、土壤、地下水和多介質等，多數模式已有國內實際使用之案例，有關單位亦有建立技術支援中心或技術手冊以供各界作為評估工作執行之參考。另針對評估所需之參數資料，各有關單位也已逐步建置本土化資料，然於整體資料之取得上尚缺少系統性之調查規劃與整合機制。
3. 目前國內各單位所辦理之環境流布調查作業係多為配合其管理目的之所需，大致可分為環境品質長期監測、加強污染排放管理、管制標準研修、高潛勢區域污染查證、以及檢核源頭管制成效等類別，環境調查方式則可歸納為定常性監測作業、污染排放/環境品質定期申報制度、以及特定目的調查計畫等，然而有關新興污染物之認定及其關切優先順序之判定，目前各單位大多僅依其管理需求而各自為之，國內尚未有一共通的評估方法或原則可供遵循。

三、本計畫已參酌國內外環境風險評估發展與應用之經驗，據以提出研擬我國化學物質環境風險評估整體架構，以及建議使用之評估模式工具與參數資料之取得方式，茲說明重要成果如下：

1. 化學物質環境風險評估整體架構係以建立化學物質暴露情境概念模型（確立環境釋放源、評估環境流布情形、評估人體暴露途徑等）與確立評估目標（關切環境介質與關切受體對象）為基礎，主要執行步驟包含危害評估（危害鑑定與毒害劑量效應評估）、暴露評估（環境介質濃度評估與受體暴露劑量估算）與風險特徵描述（人體健康風險與環境生態風險試算）等。
2. 評估所需參數主要可分為物化特性參數、毒理參數、環境濃度資料、受體暴露參數等四大類，建議引用之資料來源包含國內外化學物質登錄/管理資訊資料庫、國內外毒理資料庫、國內環境濃度調查數據資料庫、國家攝食資料庫與相關受體暴露參數研究計畫之調查成果等，另針對尚無實測資料者，則建議可評估運用毒性預測及環境流布評估模式初步取得評估所需資料。

四、鑒於國內各化學物質業管權責單位於資訊之發布及應用多侷限於特定面相，一般民眾亦僅能獲取片段且零碎之資訊，並不利於化學物質整體性風險之溝通與管理，故本計畫經研析後提出環境風險資訊整合與知識應用之整體規劃架構，其中包含「資料庫」與「知識庫」兩部分：

1. 「化學物質風險資訊資料庫」之定位為提供各項化學物質完整資訊之專業資料庫，資料庫中依據資料類型可歸類分為化學物質基本資訊、環境暴露研究、毒害研究試驗、風險管理措施及其他參考資訊等資料組。
2. 「化學物質風險知識庫」之定位為提供民眾權威可靠資訊來源之化學物質知識庫，資料庫之內容均應經專家審閱，包含基礎風險知識觀念、化學物質風險來源、暴露危害預防、相關政策法規、及民眾互動專區五大主題。

五、為建立我國整體性之環境中化學物質濃度調查作業原則及資訊整合歸納機制，並確立各部會之分工，經與計畫主辦單位多次討論，並召開兩次專家諮詢會議彙整專家建議，本計畫已據以研提「化學物質環境流布調查綱要計畫」，確立綱要計畫內容重點如下：

1. 考量未來各項調查成果應用性及資訊整合需求，可先行盤點各權責單位調查作業現況，並研析資料缺口與調查資源整合方案。
2. 環境流布調查綱要之範疇除應含括國內目前各化學物質業管權責單位已執行之「環境中化學物質濃度調查」外，亦可納入「化學物質環境風險評估作業」及「化學物質環境風險管理作業」所需資料之建置工作。
3. 可評估發展化學物質優先性篩選評估作業方法，建立化學物質優先調查評估清冊，以分析環境流布調查作業優先調查對象並利於調查資源之配置作法。
4. 於環境中化學物質濃度調查作業之整體規劃原則上，可依據不同調查對象物質訂定適宜之調查作業執行方式。
5. 為因應化學物質環境風險評估作業需求，宜系統性彙整與建置風險評估所需之各項參數，必要時評估辦理本土性風險評估參數調查之可行性，以提升風險評估結果之準確性與可應用性。
6. 依據此綱要計畫辦理之各項調查作業成果，蒐納建置於完善之資訊整合資料庫中，並考量調查資料整合評析與調查成果定期說明發布之機制。

建議事項

一、化學物質環境風險評估

1. 相較於先進各國均有明確定義環境風險評估於整體管理架構所扮演之角色，目前主管我國化學物質管理之毒管法雖已訂定篩選原則，惟未明確將風險評估機制納入相關規範。因此為利於國內環境風險評估工作之推動，建議評估環境風險評估機制法制化之可行性，並逐步發展建立相關評估方法與技術文件等。
2. 為強化化學物質管理以及化學物質環境風險評估作業之需求，國外已陸續建置完善之資料庫以及評估模式工具可供各界查詢或下載使用，由於此類評估作業資源工具若自行開發建置所費不貲，建議我

國於化學物質環境風險評估發展初期可先行援引使用並評估其於國內運用之適宜性，中長期則可視國內評估作業需求逐步建置或洽談介接使用之可能性。

3. 為加速我國環境風險評估工作之堆動，建議應以國內外既有之評估方法與模式工具為基礎，汲取相關執行經驗作為研擬我國環境風險評估架構之參考，其中針對模式工具之發展，建議可直接引用國外既已建構模擬運算程式之評估模式，再逐步透過本土化環境傳輸參數及受體暴露參數的調查與使用，將其調整為適用於國內環境之評估工具，以增進評估結果之可靠性。

二、化學物質環境流布調查作業

經彙整研析國內歷年所執行之化學物質環境流布調查作業成果，各項調查作業普遍係由各業管權責單位依據法令規定或管理需求而分別執行，可以精進調查資源之整合以及調查資料成果之流通共享，建議未來可推動部會協調合作執行化學物質環境流布調查作業，促進化學物質環境風險資訊共享利用，以作為化學物質風險評估管理政策推動之基礎。

三、化學物質環境風險資訊整合

於化學物質環境風險資訊整合作業之規劃上，考量所欲取得之各項資料來源散布於國外各大資料庫或國內各業管權責單位，資料來源多元龐雜且涉及各不同專業領域，建議未來於資料庫之建置工作上，建議由專責單位統籌規劃建置及管理此一專業平台系統，並應著重於各單位資料庫內容之協商取得、資料庫所需資料欄位內容之介接、以及資料品質審閱更新控管，惟各分項專業資料內容則應由所涉及之部會權責單位負責建置維護。

四、化學物質環境風險知識應用

於化學物質風險知識平台之建置規劃上，建議應設定目標為國內最具權威性且資訊最為正確完整之化學物質資訊平台，然考量化學物質環境風險資訊內容艱澀民眾不易理解，故應規劃由專家學者以及風險溝通專家，逐一將極為專業之關切化學物質資訊轉譯為民眾易於閱讀理解之

內容，以利於傳達正確之化學物質風險資訊以及風險暴露危害預防作法。

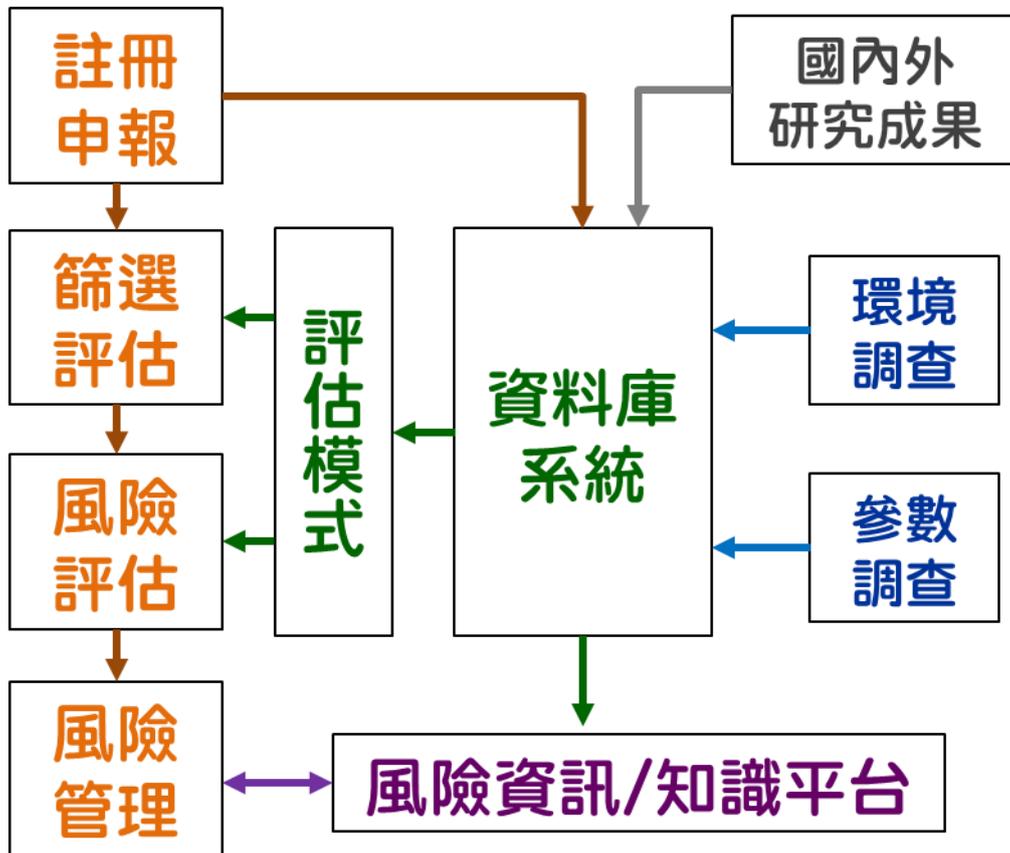


圖 1 各國化學物質管理策略架構

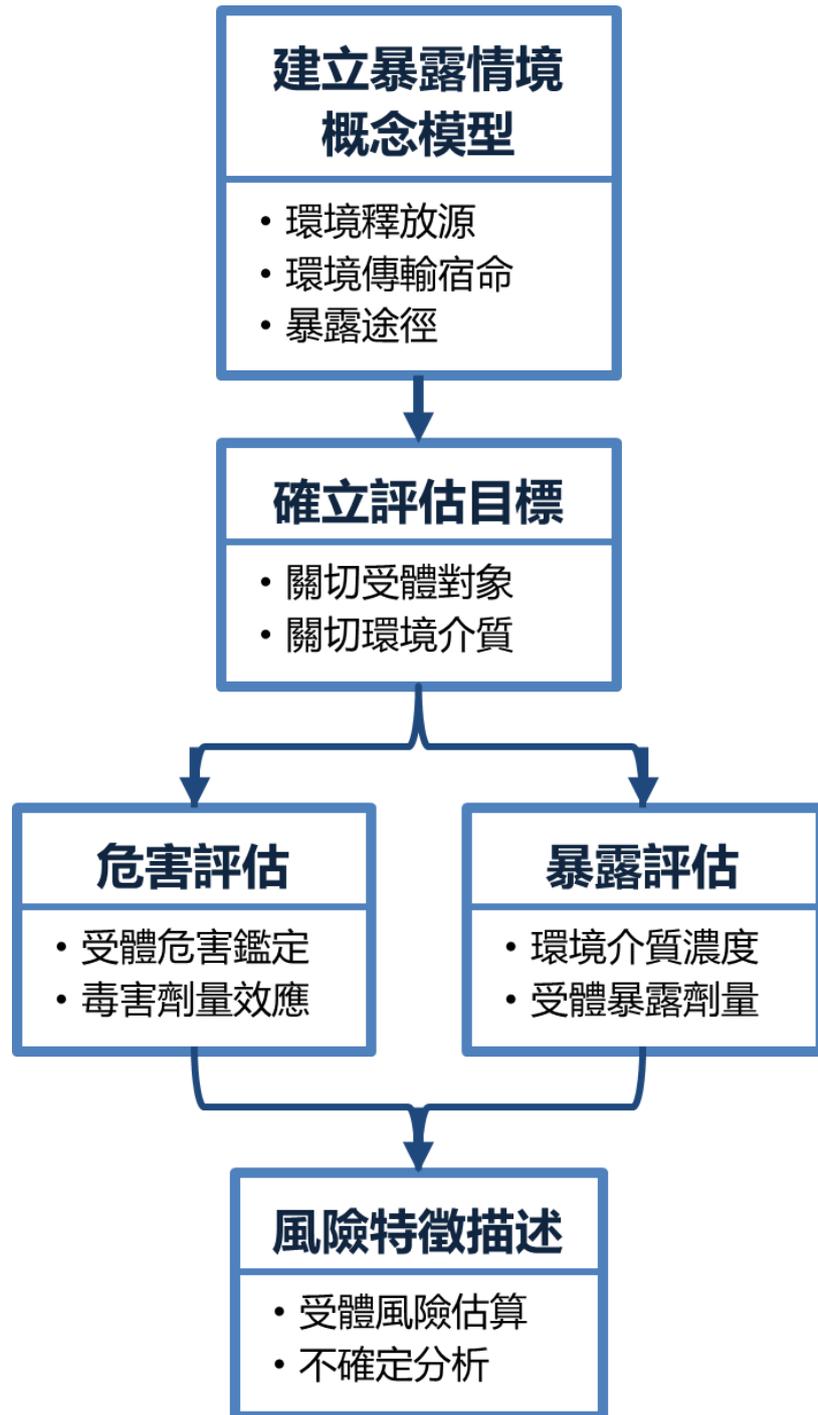


圖 2 化學物質環境風險評估架構

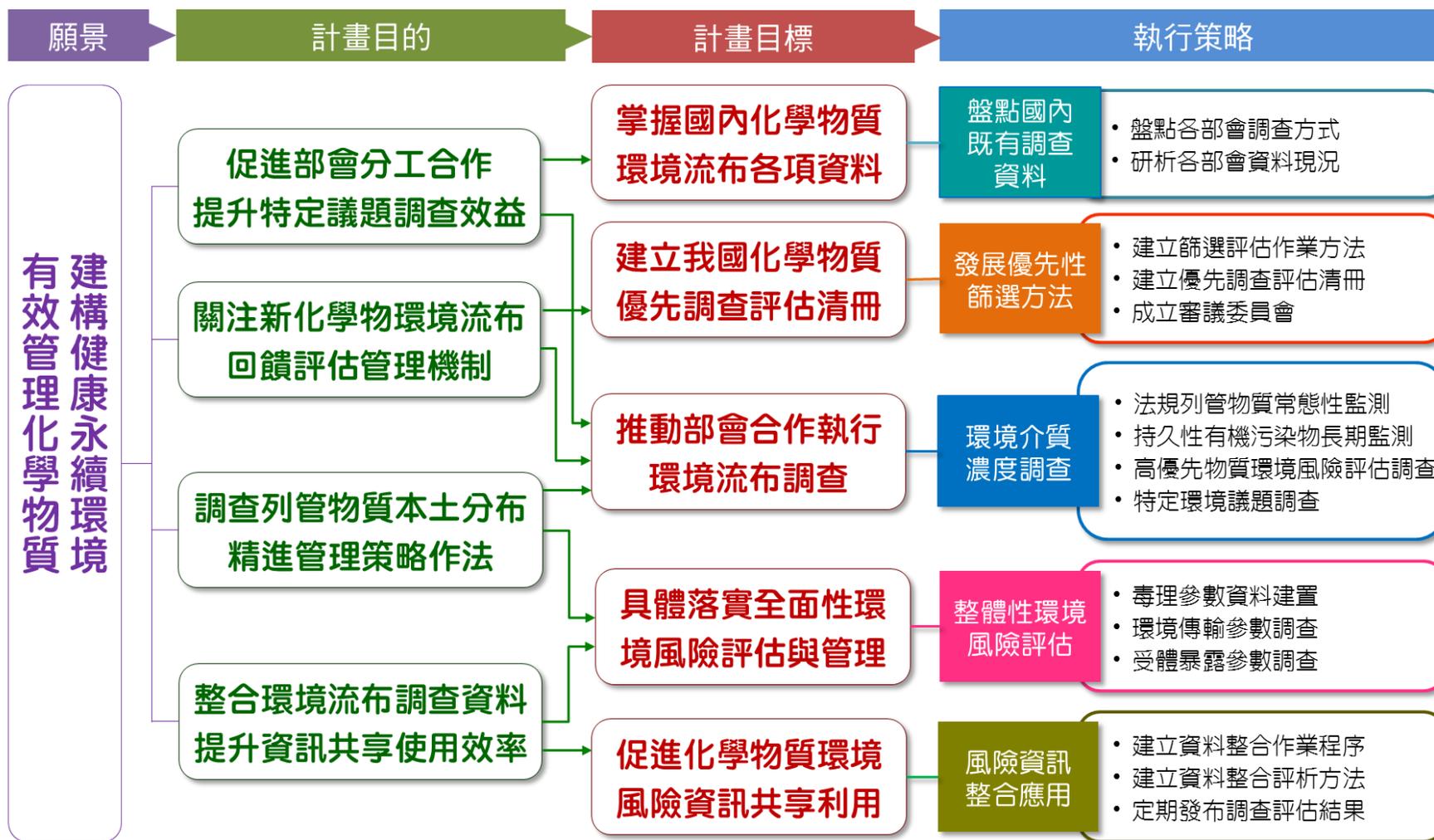


圖 3 環境流布調查綱要計畫整體架構

第一章 前言

章節摘要

本章說明本計畫各項基本資料與計畫執行概況，包含計畫緣起、計畫目標、委辦執行工作項目與內容、目前計畫執行進度概況，與計畫執行成果摘要概述。

1.1 計畫緣起

隨著科學工業之發展，化學物質合成難度下降，全球化學物質數量已超過兩千萬種，且以每年 100 種以上的速度增加中，各種化學物質在日常生活中廣受應用，並能為國人生活帶來便利，我們於日常生活中已難以避免透過食入、吸入、皮膚接觸等各種暴露途徑接觸許多化學物質。雖然許多化學品是無害的，甚至是有益的，但仍有部分會對我們的人體健康和日常生活環境構成威脅。

依據聯合國世界衛生組織的統計資料，2012 年間共有 130 萬人死亡及 4,300 萬失能調整後生命年 (disability adjusted life years, DALYs) 可歸因於暴露特定化學物質所造成，每年並有 19.3 萬人於無意間受到毒害而死亡，多係肇因自可預防的化學品暴露所致，而由化學物質誘發疾病造成死亡之病因則以冠狀動脈性心臟病、中風、慢性阻塞性肺病及癌症為主 (WHO, 2016)。世界衛生組織指出 10 種應為公共衛生所關切之化學物質包含砷、鎘、汞、鉛、苯、石棉、空氣污染、戴奧辛與戴奧辛類物質、不足或過量之氟化物、具高度危害性之農藥等。

國內之研究資料亦認為，塑化劑暴露對於兒童在早期腎臟損傷指標、性荷爾蒙指標、生長發育指標以及早期神經發育指標等皆造成影響，工業區空氣污染物 PM_{2.5} 濃度與當地民眾之氣喘等過敏性疾病與慢性阻塞性肺病有關，且 PM_{2.5} 金屬濃度中砷暴露可能增加民眾之致癌風險 (國家衛生研究院環境醫學所，2016)。而近年來國人整體癌症發生率亦呈現上升狀態 (台灣癌症登記中心，2017)，15~29 歲青少年與年輕成人族群於 1995 至 2011 年間的各類癌症發生率無論男性或女性之癌症發生率都有顯著上升 (曹玉婷等人，2016)。

上述之研究資料均顯示，部份長期之流行病學研究已陸續證實環境因子實為造成人體健康危害或為誘發產生癌症之重要原因，我們生活環境中所充斥大量之化學物質即為環境風險危害之主要來源，因此近年來聯合國世界衛生組織與各先進國家均努力透過加強化學物質之管理以減少或消弭環境中化學物質對人體健康之影響。我國亦於 106 年參考國外經驗及推動情形，統籌原與化學物質管理業務相關之 11 個部會主管機關及 17 部相關法規，成立行政院環境保護署（以下簡稱環保署）毒物及化學物質局，以加強毒物及化學物質運作數量、物質流向管理、環境流布調查、危害性評估、危害風險溝通等相關事務。

歷年各相關部會權責機關已針對具環境生態或人體健康風險的毒物及化學物質，陸續調查並建置其於各類型環境介質及受體中之濃度資訊與危害性評估資料，然而相關風險資訊散佈於各不同單位，且因法令規範及評估基準之差異性，以致於國人不易取得正確且易於理解或利用之風險資訊，因而造成行政管制或相關分析研究上的不便，實須有效整合並歸納各方環境風險資訊，建置適宜之環境風險評估原則或模式，並針對尚欠缺之風險評估資訊需求，反饋至中長期之化學物質環境流布調查綱要規劃中，俾利完善化學物質環境風險資訊。

為能有效運用大量已調查之毒物及化學物質環境流布調查及危害評估資料，並參酌國外發展之化學物質環境風險評估相關經驗與評估工具，整合利用科學性原則或風險評估模式，以建構成為一般民眾、特定專業人士及行政決策者可利用的風險資訊，環保署爰委託辦理「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」（以下簡稱本計畫），希冀汲取國外先進國家或管理組織之經驗，研析毒物及化學物質於環境中傳輸流布所肇致之環境與健康危害風險評估方式，研提國內可行之化學物質環境風險資訊建構方案，並依據環境風險資訊建置所需之環境風險評估模式或參數資料分析彙整成果，針對國內尚欠缺之重要風險評估資料缺口，規劃研提毒物及化學物質環境流布調查綱要計畫，以作為推動我國毒物及化學物質環境風險資訊建置政策之基礎。

本計畫內容涵蓋國外毒物及化學物質環境風險評估調查資訊之蒐集、環境風險與健康危害評估方式評估模式及參數資料之蒐集、及環境風險資訊整合方案架構等多項工作，由瑞昶科技股份有限公司組成專業服務團隊協助環保署達成研提架構我國毒物及化學物質環境風險資訊整合方案，及提出毒物及化學物質環境流布調查綱要計畫之計畫目標。

1.2 計畫目標

依評選須知之規定，本計畫目標如下：

1. 彙整研析國外毒物及化學物質環境風險調查或建構方式。
2. 研析毒物及化學物質因環境傳輸所致環境風險與健康危害評估方式整體架構，以研擬我國化學物質風險資訊管理措施。
3. 蒐集彙整環境風險評估所需資料，並提出建構我國毒物及化學物質環境風險資訊所需之評估模式或參數資料之建置方案。
4. 提出我國毒物及化學物質環境流布調查綱要。
5. 以風險資訊為基礎，研提風險知識之建立方式。

1.3 工作項目與內容

一、彙整研析國外毒物及化學物質環境風險調查或建構方式

1. 蒐集國外 5 個國家或國際組織化學物質環境風險評估之整合管理架構，如有相關之方法論，亦提出彙整與研析(資料蒐集對象須計畫主辦單位同意)。
2. 蒐集國內現有的環境風險調查方式，與國外作法進行比較並提出建議，以研擬我國毒物及化學物質環境風險調查整體架構之規劃建議。

二、研析毒物及化學物質因環境傳輸所致環境風險與健康危害評估方式整體架構，以研擬我國化學物質風險資訊管理措施

1. 研析毒物及化學物質於不同環境介質傳輸過程中，所可能肇致之環境生態或人體健康風險特性，考量受影響之環境介質或危害受體，建構環境風險評估整體架構。
2. 檢視國內各單位既有發布之環境風險資訊內容，研析於資訊彙集應用時可能遭遇的問題，並提出整合建置我國化學物質風險資訊管理方案之措施。

三、蒐集彙整環境風險評估所需資料，並提出建構我國毒物及化學物質環境風險資訊所需之評估模式或參數資料之建置方案

1. 依據所建構之環境風險評估整體架構，檢視國內現有化學物質於環境介質中傳輸、轉換及暴露風險等環境風險評估模式或所需參數資料之完整性或合宜性。

2. 探討為利於瞭解化學物質於不同環境介質或危害受體之環境風險評估作業，所需使用之風險評估模式或參數資料。

四、提出我國毒物及化學物質環境流布調查綱要

1. 為完備化學物質環境風險資訊，檢視所需使用之風險評估模式或參數資料不足之處，並納入我國毒物及化學物質環境流布調查綱要。
2. 依計畫主辦單位需求辦理毒物及化學物質環境流布調查綱要計畫之相關諮詢或研商會議，至少辦理 2 場次專家學者研商會，與會之專家學者須經計畫主辦單位同意。

五、以風險資訊為基礎，研提風險知識之建立方式

1. 蒐集 5 個國家或國際組織之案例，研析其風險知識的架構與執行應用方式。
2. 比較國內現況，提出我國風險知識之建立方式。

六、除原訂工作外另提與計畫相關之創意回饋。

七、其他為達成本工作目標由毒物及化學物質局指定之事項。

1.4 工作執行進度

本計畫工作期程自 106 年 12 月 28 日起至 107 年 12 月 31 日止共計 12 個月，本計畫工作期程如表 1.4-1。本工作團隊依據專案工作計畫契約書之工作期程於 106 年 12 月 29 日提送期初工作規劃書，並於 107 年 1 月 4 日經計畫主辦單位核可；第一次工作進度報告於 4 月 30 日提送，並於 5 月 15 日經計畫主辦單位核可；期中報告於 7 月 31 日提送，並於 8 月 30 日通過審查；期末報告則於 11 月 30 日提送，並於 12 月 12 日通過審查。本計畫實際進度及查核點說明如表 1.4-2。

另為落實本計畫執行之品質與進度控管，除召開前述查核點之審查會議外，另不定期配合計畫工作需求召開會議及定期舉辦工作會議，藉由會議討論、溝通與協商，適時調整計畫執行方向，包含於 107 年 1 月 16 日召開計畫啟動會議，及工作期間召開之 2 次工作會議、3 次專案報告及 2 次專諮會。

表 1.4-1 計畫工作期程 (1/2)

預定進度 (以甘特圖表示)														
工作內容 項目	月次	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	年別	106	107											
	月份	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
一、決標與計畫工作準備														
二、彙整研析國外毒物及化學物質環境風險調查或建構方式														
2.1 五國案例資料蒐集		■	■	■	■	■	■	■	■					
2.2 研擬我國毒化物質環境風險調查整體架構									■	■	■	■	■	■
三、研析毒化物質因環境傳輸所致環境風險與健康危害評估方式，以研擬化學物質風險資訊管理措施														
3.1 研析毒化物質於傳輸過程中之風險危害特性，並建構環境風險評估架構		■	■	■	■	■	■	■	■					
3.2 檢視國內環境風險資訊內容，提出整合方案									■	■	■	■	■	■
四、蒐集彙整環境風險評估所需資料，並提出建構環境風險資訊所需之評估模式或參數資料建置方案														
4.1 檢視國內化學物質環境風險評估模式及參數		■	■	■	■	■	■	■	■					
4.2 探討環境風險評估作業所需之評估模式及參數									■	■	■	■	■	■
五、提出我國毒物及化學物質環境流布調查綱要														
5.1 檢視風險評估模式或參數資料不足之處，納入環境流布調查綱要									■	■	■	■	■	■
5.2 辦理2場次專家學者諮詢或研商會議					▲					▲				
六、以風險資訊為基礎，研提風險知識之建立方式														
6.1 五國案例資料蒐集		■	■	■	■	■	■	■	■					
6.2 研提我國風險知識建立方式									■	■	■	■	■	■
七、進度報告		▲				▲			▲				▲	▲
預定進度累積百分比 (%)		5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100

表 1.4-1 計畫工作期程 (2/2)

預定進度查核重點		
查核點	預定完成時間	查核點內容說明
期初工作計畫	107 年 1 月 31 日	1. 完成本計畫執行工作規劃、提交工作時程進度表 2. 擬定本計畫資料蒐集對象
第一次進度報告	107 年 4 月 30 日	1. 彙整研析至少三國國外毒物及化學物質整合管理及風險知識架構 2. 檢視國內既有之環境風險評估架構
期中報告	107 年 7 月 31 日	1. 完成國外毒物及化學物質整合管理及風險知識架構彙整研析 2. 完成國內既有之環境風險評估架構彙整研析 3. 辦理一場次專家諮詢會議
期末報告初稿	107 年 11 月 30 日	1. 提出我國化學物質環境流布調查綱要規劃建議 2. 完成毒化物因環境流布所致環境風險與健康危害評估方式整體架構 3. 提出我國化學物質風險資訊整合管理措施 4. 研提我國風險知識建立方式 5. 辦理一場次專家諮詢會議 6. 完成計畫成果報告 (初稿)
期末報告定稿	107 年 12 月 31 日	1. 完成計畫所有工作項目 2. 完成計畫成果報告

1.5 執行成果摘要

本計畫團隊於獲選決標日起，即積極展開本計畫各項工作，至期末報告階段已完成 6 個國家化學物質環境風險評估資料之蒐集彙整，比較國內外管理制度之差異，另亦探討國內環境風險調查、環境傳輸模式應用、所需參數資料建置以及各部會環境風險資訊發布等管理工作之執行現況，並經綜合研析後提出我國化學物質環境風險評估架構及相關資訊整合與知識應用之規劃，另透過辦理 2 場次專家諮詢會議，蒐集各界之意見，據以研提化學物質環境流布調查綱要計畫，提供計畫主辦單位做為發展環境風險評估機制之參考。詳細之工作成果摘要說明請參閱表 1.5-1。

表 1.4-2 實際進度及查核重點說明 (1/2)

工作內容項目	契約書之預定進度累積百分比 (%)	實際執行情形	100			實際執行進度 (%)		100
			差異分析 (打√)			困難檢討 及對策	預計改善 完成日期	
			符合	落後	超前			
一、彙整研析國外毒物及化學物質環境風險調查或建構方式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成蒐集彙整歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等 6 個國家之相關資料，並綜合理其異同之處。 2. 完成彙整研析國內各項環境風險評估架構及應用制度與化學物質環境風險調查之執行概況。 3. 提出我國發展化學物質環境風險評估調查方法之建議。 	√			—	—	—
二、研析毒物及化學物質因環境傳輸所致環境風險與健康危害評估方式整體架構，以研擬我國化學物質風險資訊管理措施		<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成提出我國化學物質環境風險評估整體作業架構。 2. 完成研析探討國內各單位既有發布之風險資訊內容。 3. 完成提出國內資訊整合構想與相關資料庫建置之規劃。 	√			—	—	—
三、蒐集彙整環境風險評估所需資料，並提出建構我國毒物及化學物質環境風險資訊所需之評估模式或參數資料之建置方案		<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成盤點國內環境傳輸模式之應用案例與重要參數資料之建置現況。 2. 完成提出我國化學物質環境風險評估作業建議引用之參數資料來源及評估模式類型。 	√			—	—	—
四、提出我國毒物及化學物質環境流布調查綱要		<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成提出我國化學物質環境流布調查綱要計畫之初稿。 2. 完成辦理 2 場次之專家諮詢會議 	√			—	—	—
五、以風險資訊為基礎，研提風險知識之建立方式		<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成彙整研析歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等 6 個國家之風險知識建構方式 2. 完成比較國內外執行現況，提出我國環境風險知識建立與呈現方式並舉例說明。 	√			—	—	—

表 1.4-2 實際進度及查核重點說明 (2/2)

查核點	預定完成時間	實際完成時間	實際執行情形
期初工作計畫	107 年 1 月 31 日	106 年 12 月 29 日	完成本計畫執行工作規劃、提交工作時程進度表、擬定本計畫資料蒐集對象。
第一次進度報告	107 年 4 月 30 日	107 年 4 月 30 日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成彙整歐盟、美國、加拿大之化學物質整合管理及風險知識架構資料。 2. 完成檢視國內既有之環境風險評估架構與相關制度應用現況。
期中報告	107 年 7 月 31 日	107 年 7 月 31 日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成歐盟、美國、加拿大、日本、韓國與中國等 6 國資料彙整研析。 2. 完成彙整研析國內既有之環境風險評估架構、環境調查工作與環境傳輸模式等執行應用現況。 3. 完成辦理第一次專家諮詢會議。
期末報告初稿	107 年 11 月 30 日	107 年 11 月 30 日	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成提出我國化學物質環境流布調查綱要計畫初稿。 2. 完成提出我國化學物質環境風險評估整體架構與作業流程。 3. 完成提出我國化學物質風險資訊整合構想與資料庫規劃。 4. 完成研提我國風險知識建立原則與方式 5. 完成辦理第二次專家諮詢會議 6. 完成計畫成果報告 (初稿)
期末報告定稿	107 年 12 月 31 日	—	<ol style="list-style-type: none"> 1. 完成計畫所有工作項目 2. 完成計畫成果報告

表 1.5-1 執行成果摘要

工作項目	執行成果摘要	報告章節
一、彙整研析國外毒物及化學物質環境風險調查或建構方式	1. 完成蒐集彙整歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等 6 個國家之化學物質環境風險評估相關資料。	第三章 3.1 節 附件二
	2. 綜合研析各國於化學物質整體管理制度、篩選評估原則、環境風險評估方法、資料庫與評估模式發展等面向之異同之處。	第三章 3.2~3.5 節
	3. 彙整研析國內各項環境風險評估應用制度與化學物質環境風險調查之執行概況。	第四章 4.1~4.2 節
	4. 提出我國發展化學物質環境風險評估調查方法之建議。	第三章 3.7 節 第四章 4.1.5、 4.2.1~4.2.3 節
二、研析毒物及化學物質因環境傳輸所致環境風險與健康危害評估方式整體架構，以研擬我國化學物質風險資訊管理措施	1. 參酌國內外發展及執行經驗，提出我國化學物質環境風險評估整體作業架構，包含主要步驟、執行方法與評估原則等。	第五章 5.1 節
	2. 研析探討國內各單位既有發布之環境風險資訊內容，並據以提出環境風險資訊整合構想與相關資料庫建置之規劃。	第六章 6.1 節
三、蒐集彙整環境風險評估所需資料，並提出建構我國毒物及化學物質環境風險資訊所需之評估模式或參數資料之建置方案	1. 盤點研析國內相關風險評估技術規範中環境傳輸模式之應用案例，以及相關重要參數資料之建置現況。	第四章 4.3.1~4.3.5 節 附件三~四
	2. 綜合國內外執行經驗，提出我國化學物質環境風險評估作業建議引用之參數資料來源及評估模式類型等。	第五章 5.2 節
四、提出我國毒物及化學物質環境流布調查綱要	1. 依據前述各項工作之評析結果，提出我國化學物質環境流布調查綱要計畫之初稿	第七章 7.1 節 附件七
	2. 完成辦理 2 場次之專家諮詢會議。	第七章 7.2 節 附件五~六
五、以風險資訊為基礎，研提風險知識之建立方式	1. 彙整研析歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等 6 個國家之風險知識建構方式。	第三章 3.6 節
	2. 比較國外執行經驗與國內現況，提出我國環境風險知識建立與呈現方式，並以汞為範例加以說明。	第六章 6.2 節

第二章 計畫相關背景資料

章節摘要

本章說明國內外化學物質管理現況及風險評估於環境管理上之發展應用概況，以作為本計畫研擬我國毒物及化學物質環境風險資訊建置架構之參考基礎。本計畫已彙整國際化學物質管理發展趨勢，並研析我國目前以化學局為統籌機關之整體性化學物質管理架構與策略。另彙整說明風險評估的發展歷史、執行原則、應用與挑戰，以及本計畫關切之環境風險評估基本架構。

2.1 我國毒物及化學物質管理現況

我國毒物及化學物質運作管理制度始於環保署於民國 75 年所發布之「毒性化學物質管理法」（以下簡稱毒管法），毒管法第一條即開宗明義指出本法制定目的為防制毒性化學物質污染環境或危害人體健康，因此管理重點則多著重於經篩選認定並公告為列管毒性化學物質之使用管制與後端災害防救等面向。然而，隨著科學工業之發展，化學物質的種類特性日新月異且數量持續增加，其於人類日常生活的廣泛應用所伴隨而來的人體健康與環境潛在危害亦隨之漸增，因此近年來聯合國與各先進國家均朝向以整體化學品管理為基礎之發展方向。我國亦參考國外經驗及推動情形，逐步修正毒管法，並於 106 年統籌原與化學物質管理業務相關之 11 個部會主管機關及 17 部相關法規，成立行政院環境保護署毒物及化學物質局（以下簡稱化學局），加強毒物及化學物質運作數量、物質流向管理、環境流布調查、危害性評估、危害風險溝通等相關事務，俾利建構完善、安全且永續的生活環境。以下將說明國際化學物質管理發展趨勢與國內目前毒物及化學物質管理概況。

2.1.1 國際化學物質管理發展趨勢

近年國際化學物質管理制度之發展以聯合國「國際化學品管理策略方針」（strategic approach to international chemicals management, SAICM）為主要核心，140 餘個國家已於 2006 年舉辦之化學品管理國際會議中簽署杜拜宣言，宣示支持推動

該計畫，期望能於 2020 年前建立涵括化學物質整體生命週期的健全管理制度，以儘可能消弭化學物質在製造與使用過程中可能帶來的負面衝擊，以達地球資源永續發展之目標（SAICM, 2017）。該計畫所提出的五大目標包含：

一、降低風險（risk reduction）

以科學性風險評估結果為基礎，並特別考量人類群體與環境生態系中的敏感性族群，據以實施涵蓋化學物質整個生命週期的風險管理措施，如降低或禁止已知毒化物的使用與排放量，開發更為安全與乾淨的替代品或生產方式，以儘可能減緩化學物質對於人體健康或環境品質之負面衝擊。

二、知識與資訊建立（knowledge and information）

建立以科學性方法為基礎之資訊建構機制，並善用媒體或風險溝通機制，使相關利益關係者（stakeholders）均能掌握與利用足夠且可靠之風險資訊，管理者則可使用此客觀的科學資訊做為風險評估與決策之依據。另透過積極推動化學品分類及標示全球調和制度（GHS），統一各國化學物質資料標示之方式，以達科學性資訊傳播與知識應用之目的。

三、增強國家治理（governance）

透過建立跨區域、跨國與跨部門的整合性制度強化全球化學物質的管理，增強各國政府相關法律與規定之強度與完整性，使相關利益關係者可有所依循的採行相關必要作為，另亦推動公民參與決策制定過程，以深化政府部門、私人企業與公眾社會之溝通與合作關係，促進貿易與環境政策間的相互支持。

四、量能建置與技術合作（capacity-building and technical cooperation）

建立與強化已開發國家與開發中國家的夥伴合作關係或援助方案，善用先進國家既有之發展經驗與技術，促進並提昇開發中國家對於化學物質的管理效能，另亦鼓勵相關利益關係者透過科學研究建置各自的管理量能，以達建構永續安全的地球環境之目的。

五、非法跨境運輸防制（illegal international traffic）

透過強化國內與邊境區域的查驗行動、建立國際販運相關之多邊協定與

資訊交流機制等，以有效解決有毒、危險或禁用之化學品與廢棄物的非法跨境販運問題。

於此化學物質管理發展藍圖之下，各國遂開始積極檢討既有管理政策與制度的完備性，並逐步修正相關法規，建構以整體化學物質生命週期與風險管理為基礎之管理方式。綜觀各國化學物質管理現況（表 2.1-1），普遍皆有將化學物質資訊登錄與風險評估及管理納入考量，其中又以歐盟於 2006 年通過之 REACH 法案（European Regulation on Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, REACH）最具代表性與完整性，我國與韓國皆參採其制定精神與架構，修正與補強原有法令於化學物質資訊與風險評估應用上的不足之處。

表 2.1-1 各國化學物質管理現況（1/2）

國家	主政單位	法源依據	管理目標	管理方式
歐盟	歐洲化學總署 (ECHA)	新化學品政策 (REACH)	<ul style="list-style-type: none"> 鼓勵以較不危險之化學物質取代現有之危險化學物質，並提供研發安全化學物質之誘因。 整合生態、經濟與社會等方面之發展，達成永續發展之目標。 	<ul style="list-style-type: none"> CoRAP 清單：篩選化學物質進行風險評估。 SVHC 候選清單：業者應履行產品物質資訊透明化並通報。 授權物質清單：訂定落日期限，期限後除有豁免或申請許可外，不得置於市場及不得使用。 限制物質清單：限制或禁止物質之使用用途。
美國	美國環保署 (USEPA)	毒性物質管理法 (TSCA)	追蹤由國內製造或由境外輸入之所有工業用化學物質之流向，篩選對大眾健康或環境可能造成危害之化學物質，並加以禁限用。	<ul style="list-style-type: none"> 個別管制對象：危害性較明確，另採個別管制方式加強管理。 化學物質清冊：以登記為主，化學物質之重要新用途需於運作前 90 日提出通知 (SNUNs)，以利環保署評估公布重大新使用規定。 既有化學物質行動計畫：為加強管理、辨識可能危害、暴露及使用資訊，進行風險評估，以達禁限用管制目標。 毒性物質釋放清冊 (TRI)：符合原則之機構需依規定每年申報化學物質之釋放或經由回收、能量再生及處理之化學物質質量。
		21 世紀化學物質安全法案 (LCSA)	鑑別不合理風險化學品之使用評估，並調整風險管理措施	<ul style="list-style-type: none"> 將既有化學物質分現有使用及非現有使用兩類，依據其優先程度進行風險評估及風險管理。 風險評估：依據化學物質之結構、危害及暴露等資料，以科學方法評估其風險。若該物質具有不可接受之高風險，則應制訂相關規範進行風險管理。 風險管理：若評估結果認定該物質需進行風險管理，則需考量該物質對健康及環境之影響、使用之優缺點、管制措施之成本效益及其他影響，並提出具體之風險管理規範。

資料來源：環保署，2016，105 年毒性化學物質管制評估及運作管理計畫正式報告。

表 2.1-1 各國化學物質管制現況 (2/2)

國家	主政單位	法源依據	管理目標	管理方式
加拿大	加拿大環境部 (EC)	加拿大環境保護法 (CEPA 1999)	防止污染、保護環境及人類健康，達成永續發展之願景	<ul style="list-style-type: none"> 化學物質管理計畫 (CMP)：透過盤查措施管理化學物質。該計畫要求廠商需提供詳細資訊，檢視風險 評估結果，決議是否納入 Schedule 1 (加拿大毒性物質清單)。 全國污染物釋放清冊：透過公開內容，刺激業界進行預防性及減少污染物之使用，協助公部門進行污染物追蹤，評估重要化學物質之釋放與轉移。業者需定期申報排放量。
日本	<ul style="list-style-type: none"> 化審法：環境省 毒劇法：國立醫藥食品衛生研究院 	<ul style="list-style-type: none"> 化學物質審查及製造管理法 (化審法) 毒物及劇物取締法 (毒劇法) 	<ul style="list-style-type: none"> 化審法：有效防止化學物質污染環境及影響人類健康 毒劇法：針對毒物及劇物 (有害物質) 加以管制，以確保製造、流通及使用之安全性 	<ul style="list-style-type: none"> 化審法：依化學物質之不易分解性及對人體危害程度，持續進行審查規範之修訂。 若企業每年製造或進口之化學品超過 1 公噸，需每年進行通報。 依據業者通報資料進行風險評估，篩選建立優先評估化學物質，若評估結果顯示對人類健康或生物有危害之虞者，得依法將其列為製造、使用控管對象之特定化學物質 毒劇法：針對化學物質之製造、輸入及販賣採用登錄制，非領有毒物或劇物登錄者，不得運作。凡毒物、劇物之製造 / 輸入者需辦理註冊登記、運作紀錄、緊急措施等；製造廠或營業所需設置專業人員。
韓國	韓國環境部 (MoE)	化學物質註冊及評估法案 (K-REACH)	以歐盟 REACH 為基礎，透過化學物質註冊、有害化學物質之篩選、產品含有化學物質及有害物質之危害及風險評估，以及化學物質資訊之交流以保護民眾健康及管控使用化學品對環境之風險	<ul style="list-style-type: none"> 優先評估化學物質：要求年使用量超過 1 噸以上之優先評估化學物質須進行註冊。 毒性化學物質：每年之進出口量皆需申報，且包裝標示須明確。 限制化學物質：限制其運作用途。 禁止化學物質：禁止製造、進口、銷售、儲存及運輸等任何目的之使用。
中國	中華人民共和國環境保護部	<ul style="list-style-type: none"> 中華人民共和國環境保護法 中華人民共和國安全生產法 	<ul style="list-style-type: none"> 環境保護法：為控制新化學物質之環境風險，保障人體健康及保護生態環境 安全生產法：加強危險化學品之安全管理、預防及減少危險化學品災害事故之發生、保障人民生命財產安全及保護環境。 	<ul style="list-style-type: none"> 新化學物質： <ul style="list-style-type: none"> ▶ 風險分類管理、申報登記及追蹤控制制度。生產或進口者需進行申報並取得登記證，未取得登記證者禁止生產、進口及加工使用，亦不得用於科學研究。 ▶ 組成「環境保護部化學物質環境管理專家評審委員會」，評估審查新化學物質之風險及控制措施。 危險化學品： <ul style="list-style-type: none"> ▶ 生產及使用危險化學品之業者，應提出申請並領取登記證。 ▶ 針對環境管理危險化學品需每年提交於環境中之釋放與轉移報告、環境影響評估及環境風險控制管理計畫等。

資料來源：環保署，2016，105 年毒性化學物質管制評估及運作管理計畫正式報告。

2.1.2 國內毒物及化學物質管理現況

化學物質的生命週期涵蓋許多面向，管理權責分屬不同主管機關，化學物質自進口、運輸、貯存、生產、使用、廢棄、再利用與後端災害防救等各項過程，即分別衛福部、環保署、勞動部、農委會、經濟部與消防署等權責機關各自管理（圖 2.1-1）。綜觀機關多針對化學物質危害面相作管理，如勞動部係考量化學物質對於工作者之危害面相，藉「職業安全衛生法」採國家標準 CNS 15030 分類化學物質之危險性及有害性，分類分級管理化學物質；環保署則透過「毒性物質管理法」以防制毒性化學污染環境或危害人體健康為目標，涵蓋化學物質之人體及環境危害兩面相，將毒性化學物質依持久性、致癌或遺傳毒性、急毒性、具危害之虞者分類納管，並著手修法新增納管關注化學物質，擴大物質管理範疇。本計畫說明環保署毒性化學物質法規沿革與化學物質之管理方式：

影響層面 \ 危害種類		物理危害		健康危害		環境危害
		易燃性	爆炸性	急毒性	慢毒性	生物累積性 難分解性
人類	作業場所	職業安全衛生法、危險物及有害物通識規則（勞動部） 工廠管理輔導法（經濟部）				毒性化學物質管理法（環保署）
	其他使用行為	食品衛生管理法、藥事法、化妝品管理條例（衛福部） 農藥管理法、動物藥品管理法（農委會）環境用藥管理法（環保署）				
環境	局部	消防法（內政部消防署）		商品標示法（經濟部）		
	運送	道路交通安全規則、船舶法、商港法、民用航空法（交通部）		水污染防治法、 空氣污染防治法、 廢棄物清理法、 土壤及地下水污染整治法（環保署）		
	環境流布					

註：本計畫修改繪製。

參考資料：環保署，2016，105 年毒性化學物質管制評估及運作管理計畫正式報告。

圖 2.1-1 我國毒物及化學物質管理分工示意圖

我國毒物及化學物質管理係以毒管法為基礎，其自民國 75 年發布以來，至 102 年 11 月共已進行六次修正，相關修訂歷程彙整如表 2.1-2 所示，96 年前修法方向多著重於經篩選作業原則認定並公告為毒性化學物質之化學品相關管理措施之強化。直至 102 年鑒於現行列管毒性化學物質之認定，皆仰賴政府機關逐筆蒐集國內外化學物質資訊，所費不貲且效率有限，且管制名單多以國外優先列管物質為範圍，無法建立國內本土化學物質運作及毒理危害評估之資料，始參採歐盟 REACH 法案（化學物質登錄、評估及授權制度）架構，將化學物質資料登錄制度納入毒管法，以確實掌握國內化學物質製造、輸入與使用情形，並做為篩選、評估與列管毒性化學物質管理之基礎。我國於 103 年起正式實施新化學物質與既有化學物質登錄制度，並於 104 至 105 年辦理第一及第二階段之化學物質登錄作業。

近期毒管法修正重點則進一步擴展至落實源頭管理之目標，於 106 年度 4 月預告之修正草案爰參考聯合國國際化學品管理策略方針（SAICM）管理精神，修正納入成立「國家化學物質管理諮詢會報」，以協調各目的事業主管機關權責與法規，防止管理漏洞，另將原有「第四類毒性化學物質」修正為「關注化學物質」，同時強化主管機關查核權限，以利擴大列管物質數量並進行分級管理，以符合國際管制趨勢與國內實際管理需求，達到防制毒性化學物質污染環境或危害人體健康之管理目的。前述修正草案提出後各界對於第四類毒性化學物質名稱修改之意見不一，環保署爰廣納各界建議，改為維持現行毒性化學物質分類管理機制不變，另再新增關注化學物質類別，並增訂專章規定處理，修正草案經調整後於 5 月份重新預告供各界參閱，期望透過本次修法進一步完備我國毒物與化學物質管理制度（環保署，2017）。

隨著毒管法的逐步研修，我國對於聯合國所提出之建立化學物質健全管理制度之國際共通目標已有顯著之進展。環保署遂於 106 年正式成立化學局，化學局於創始之初在政策的制定上即參採聯合國 SAICM 的五大目標，提出化學物質管理的主要指標，做為我國化學物質管理短、中、長程發展之策略，以具體落實整體化學物質管理政策，並與國際化學物質管理接軌。我國化學物質管理的 9 大目標包含：

表 2.1-2 毒性物質管理法修訂歷程

修定日期	主要修訂內容
75.11.26	公告實施
77.11.16	修正主管機關
86.11.19	<ul style="list-style-type: none"> 改採行毒性化學物質備查制及逕行運作規定 增列釋放量申報規定，且第一類與第二類得以釋放總量方式管制
88.12.22	修正主管機關
91.06.12	<ul style="list-style-type: none"> 修正第 23 條將環境檢驗測定機構管理之規定提昇至法律位階 增列第 34 條處罰相關條文
96.01.03	<ul style="list-style-type: none"> 增訂製造、使用、貯存、運送者，應組設全國性毒性化學物質聯防組織，輔助事故發生時之防護、應變及清理措施 增訂毒性化學物質運作人應積極預防事故發生 增訂運送毒性化質應設置專業技術人員，運送車輛應裝設即時追蹤系統
102.12.11	<ul style="list-style-type: none"> 將掌握國內各項化學物質，據以篩選評估毒性化學物質納為本法制定目的 增訂國內製造或輸入達一定量之化學物質應辦理資料登錄 加強第四類毒性化學物質之管制，增訂運作前應申報毒理相關資料並經該主管機關核可，應標示毒性與污染防治有關事項及備具安全資料表等管理措施 強化資訊公開機制，要求主管機關應將第一項毒性化學物質之釋放紀錄，分期上網公開供民眾查閱
106.04.17 (修正草案)	<ul style="list-style-type: none"> 更改第四類毒性化學物質為「關注化學物質」，以擴大評估化學物質之範圍及其流向，並採行分級管理，以妥適分配管理資源 增列既有化學物質與新化學物質之申報規定，並增加主管機關查核權限 增列「國家化學物質管理諮詢會報」之依據，以協調各目的事業主管機關權責與法規，健全整體化學物質管理，並強化橫向溝通聯繫機制 為使外部風險成本內部化，並籌措因擴大管理化學物質之經費來源，增列化學物質基金之徵收目的、對象、來源等事項 導入吹哨者條款、證人保護、民眾檢舉、公民訴訟及追繳不法利得等制度 強化環境事故應變處理與諮詢體制
106.05.12 (修正草案)	<ul style="list-style-type: none"> 保留第四類毒性化學物質分類，新增「關注化學物質」一類，並另訂專章規範，授權中央主管機關公告或相關子法規定，依國際趨勢、國內關注情形、化學物質之危害特性（如物理性危害、健康危害等）之差異，進行關注化學物質之分級管理，以妥適分配管理資源 其他條文修正同 106.04.17 預告之修正草案

1. 掌握國內化學物質種類、數量及危害資訊
2. 減少化學物質生命週期中之風險
3. 強化危害化學物質災害預防及應變措施
4. 鼓勵清潔生產，提升我國綠色經濟競爭力
5. 提高所有利害關係者「危害化學物質」之認知
6. 強化國家化學物質政策管理
7. 加強化學物質管理之國際合作
8. 建立跨越國家及區域間管理策略
9. 建置國家級檢驗單位，強化其檢驗能力

以上揭化學物質管理目標，化學局遂即積極執行各項計畫並提出相對應之管理方案或政策建議，如針對國內化學物質資訊之整合，即由化學局做為主導單位，持續更新既有化學雲之資料完整度，並優化其分析效能及擴展其應用層面。而對於具食安疑慮之化學物質則透過專業高強度勾稽查核與實地輔導訪查，強化業者對化學物質的基本認知，並進一步掌握化工原料流向，以落實源頭管理機制，避免食品業非法使用事件再度發生。

化學局亦著手整合分散於各部會之資料與資源，規劃整體性管理架構，以源頭控管方式，加強化學物質的管理，並做為整合性窗口，強化與社會大眾之交流與溝通，規劃我國化學物質管理架構如圖 2.1-2，分為四個面相包含毒性化學物質管理、關注化學物質管理、國際關注物質管理及化學物質登錄管理，分別說明如下：

一、毒性化學物質管理

我國毒性化學物質依特性分為四類，第一類屬難分解物質、第二類屬慢性毒性物質、第三類屬急性毒性物質、第四類為國際認定之疑似毒性物質。環保署於 99 年公告「篩選認定毒性化學物質作業原則」，建立毒性化學物質之毒性分類篩選認定基準及作業方式，先藉由蒐集各國物質列管清單及毒性標準，經毒性化學物質學者專家諮詢會議考量國內外運作現況，綜合評估後認定物質是否為毒性化學物質及後續之管理方式。實際作業方式依序為建立(1) 化學物質蒐集名單、(2) 化學物質觀察名單、(3) 毒性化學物質候選名單、(4)

評估公告列管方案，及(5) 建議列管毒性化學物質名單（圖 2.1-3）。

於現行毒管法之管理架構下，目前我國公告列管之毒性化學物質共 310 項，屬第一類物質共 112 項、第二類物質有 100 項、第三類物質有 72 項、第四類物質則有 92 項，皆依毒管法規定採行禁用、限用、許可、登記與核可之使用管制，製造、輸入、輸出、販賣、使用、貯存、運送、廢棄等運作行為皆亦須遵循相關管理辦法。

二、關注化學物質管理

化學局成立後擴大化學物質管理標的，除毒性化學物質外，將國內外關注之民生消費議題、具內分泌干擾素特性或其他危害性之虞者，均納入關注化學物質管理。環保署刻正辦理關注化學物質之篩選分類及管理方式之研擬，包含管理範疇界定、建立分類與分級架構、規劃物質篩選清單、物質分類及分級管理等面相（環保署，2018）。

三、國際關注物質管理

國際公約或國際組織關注之物質，包含持久性有機污染物、汞、環境荷爾蒙等物質，對環境品質及人體健康之影響深遠。環保署邀集包含農委會、衛福部、經濟部、勞動部等單位組成推動小組，合作界定相關議題之權責機關，強化合作監管機制，並逐年盤整計畫執行成果。跨部會之合作方式可有效保護國人之健康與安全，營造健康永續之生活環境。

四、化學物質登錄管理

2007 年歐盟 REACH 法案實施後，採化學物質登錄、評估及授權制度，是國際間先進之管理架構，逐漸為多數國家參考使用，影響各國現行之化學物質管理制度。103 年環保署發布「新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法」，規範化學物質之物質登錄的條件、登錄資料的種類與項目，及辦理登錄方式。新化學物質於進口輸入或開始製造前需辦理登錄作業，登錄的方式包含少量登錄、簡易登錄及標準登錄，依年運作噸數級距選擇登錄方式；既有化學物質之原則採標準登錄方式辦理，由主管機關依物質危害性、暴露性等危害分類資訊公告需登錄之物質。新化學物質及既有化學物質之詳細登錄流程及作業內容如圖 2.1-4。

我國新化學物質與既有化學物質登錄制度於 103 年底實施後，至 104 年 9 月已完成建立國家既有化學物質清冊 10 萬筆資料，105 年 3 月則完成既有化學物質第一階段登錄作業，統計國內目前流通與運作之既有化學物質將近 27,000 種，後續規劃將分三批次辦理標準登錄作業，另新化學物質登錄案件數量則有逐年增加之現象，顯示化學物質登錄制度的建置已可協助主管機關逐步掌握國內化學物質使用現況與其特性資料，朝向以整體化學品管理為基礎之發展方向。

鑒於環保法規及勞動法規均分別針對新化學物質登錄或登記做規範，造成法令上的競合與民間業者遵循上的困難。環保署遂於 106 年提出「新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法修正草案」與勞動部「新化學物質登記管理辦法」調和，以統一國內新化學物質之登錄窗口、登錄方式、資料種類要求及噸數級距之認定方式。

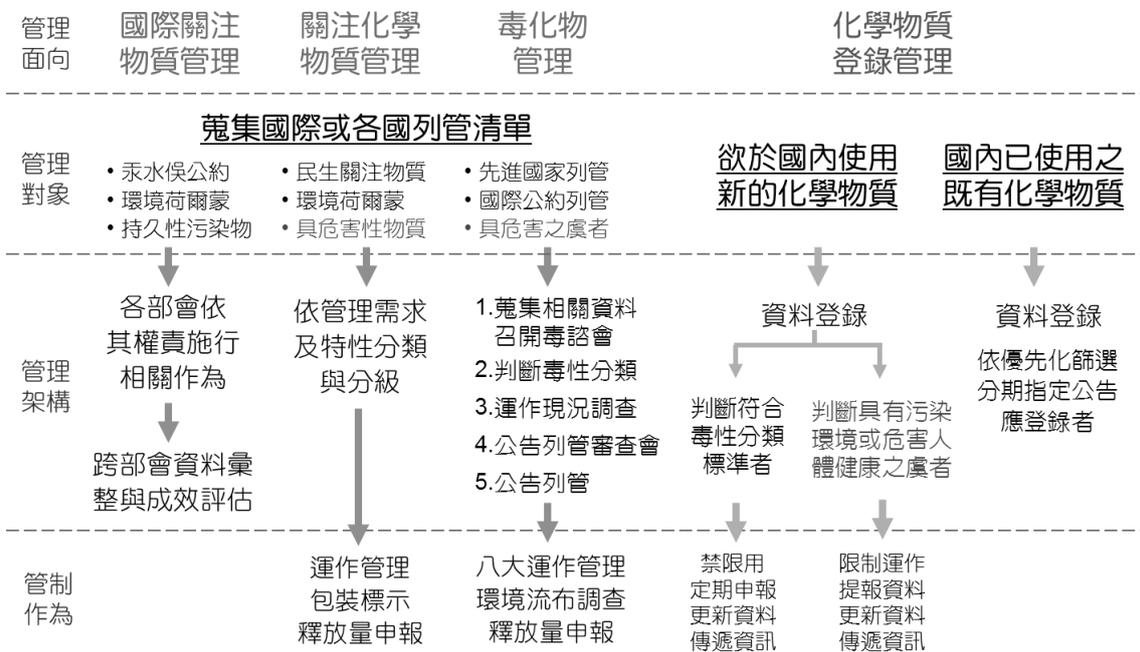


圖 2.1-2 環保署化學物質管理架構

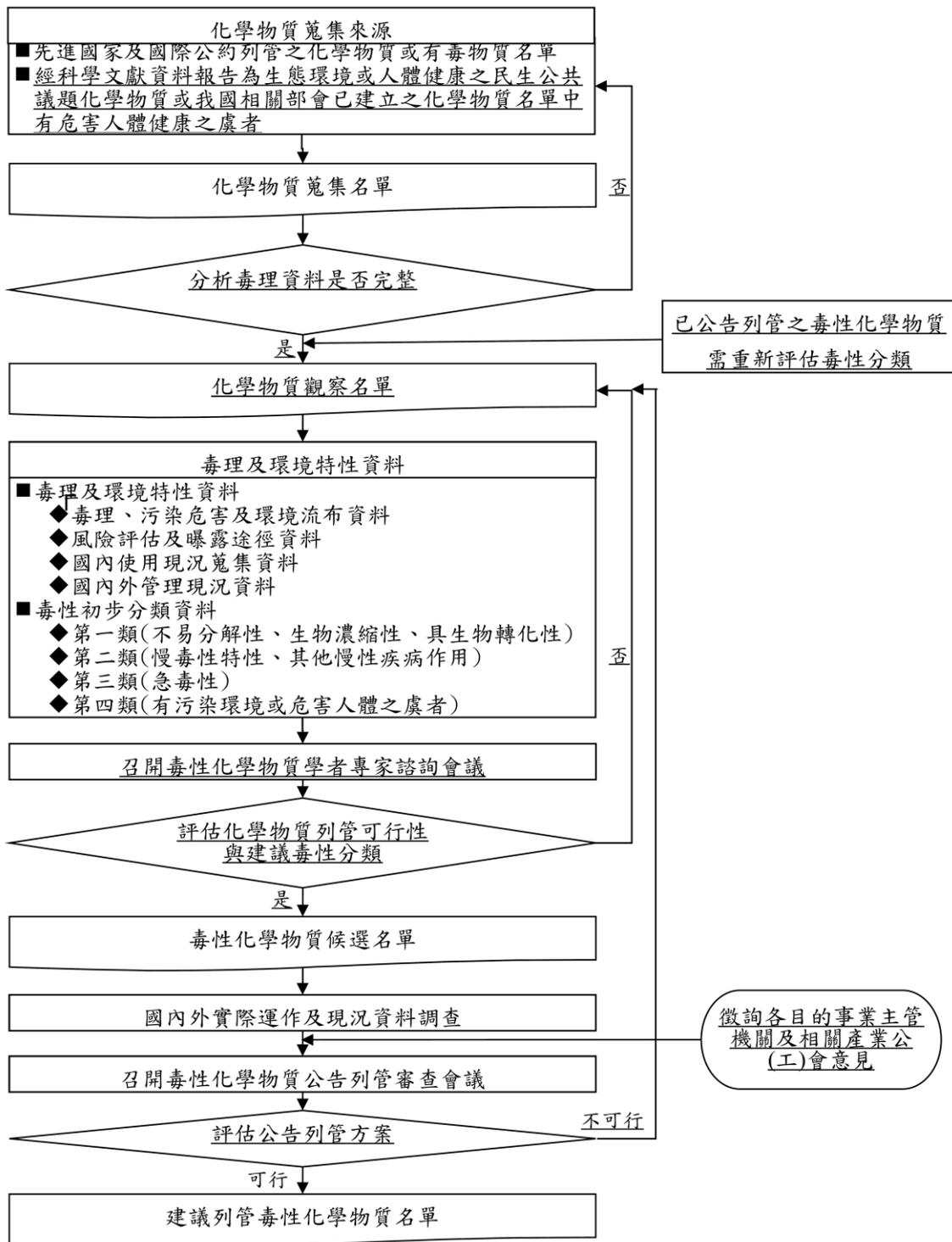
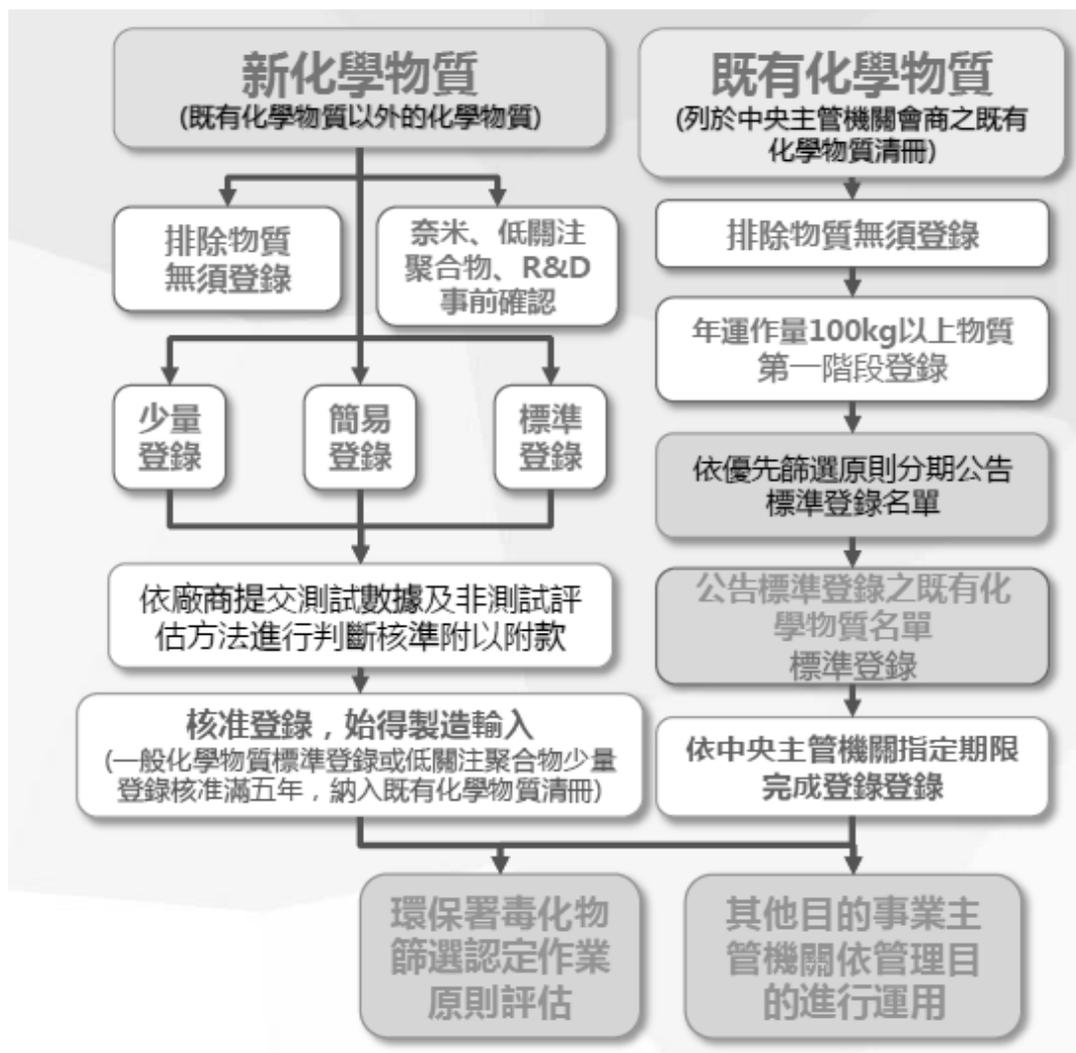


圖 2.1-3 環保署篩選認定毒性化學物質作業原則流程圖



資料來源：環保署，2017，新化學物質及既有化學物質資料登錄作業第二階段說明會簡報資料。

圖 2.1-4 環保署化學物質登錄作業流程

2.2 化學物質的（環境）風險評估

隨著化學物質的種類、生產及使用量與日俱增，其對於人體健康與環境的潛在危害亦逐漸浮現，強化化學物質的安全管理已成為全球發展趨勢。然而，化學物質種類眾多且特性迥異，如何利用既有可掌握的資訊，以科學性方法合理的評估化學物質危害性，並進一步採行合宜之控管措施，以預防或降低風險的發生及其所造成的損失，實為現今化學物質管理的一大挑戰。

風險評估（risk assessment）係指一整合現有最佳科學證據與數據，以定量估算人的行為或決策對環境或人體健康潛在影響的過程（衛福部，2015），或可定義

為彙整相關資訊以解讀並闡釋環境問題所導致之健康或生態衝擊的一種程序，並用以描述污染物釋放後對人類或生態造成衝擊的可能性(吳先琪與馬鴻文，2016)。

因此，對於日益艱鉅的化學物質管理而言，風險評估可作為有效且可行的決策工具，具體量化與預測化學物質於生命週期的各個階段，包含使用製造、運輸貯存、污染排放與廢棄物處理等過程中，對於人體健康或環境生態可能造成的危害性，相關評估結果則可作為使用限度決定、安全使用規範訂定、關注物質候選清單排序、環境品質標準訂定與環境流布監測優先順序等管理決策之參考依據，而可使政府有限的行政資源發揮最大的管理效能。以下將分別說明風險評估的發展與基本原則、本計畫所關切之環境風險評估架構與我國目前風險評估實際應用之概況。

2.2.1 風險評估方法的發展

風險評估方法的發展始於 1980 年代的美國環保署，其首度應用風險評估來量化水質中污染物對於人體健康之影響程度，美國國家研究院則於 1983 年出版被簡稱為紅皮書 (red book) 的《Assessments in Federal Government: Managing the Process》，該報告確立風險評估流程中的與實施架構與四大步驟。次年美國環保署頒布之《Risk Assessments and Management: Framework for Decision Making》，則確立風險評估及風險管理作為政策規劃基礎的架構，其認為風險評估應具體表現於政策中，以有效發揮其價值。另美國環保署於 1985 年開始建置整合風險資訊系統 (Intergrated Risk Information System, IRIS)，該資料庫蒐集世界各地之動物毒理實驗或人體流行病學研究，在經審核與彙整後，據以提供可信賴的毒理資料，包含致癌斜率與非致癌參考劑量等，而可做為定量分析關切污染物毒性之重要參考依據 (吳先琪與馬鴻文，2016；環保署，2014)。

隨著風險評估方法論、應用架構與重要資料庫的發布與建置，逐步奠定了風險評估於 1990 年代後的推展基礎，其所應用之環境管理議題面向已可涵括空氣、水、土壤、海洋與食物等因環境污染所造成的健康問題。1990 年代中期，世界衛生組織與歐盟亦採納紅皮書所提出之風險架構並提供各會員國參考。隨著風險評估的廣泛應用，其所可評估之對象、目的與關切議題越趨複雜，方法之精確性亦隨評估工具的發展而越趨精確，如評估對象已由初期的單一污染物、單一環境介

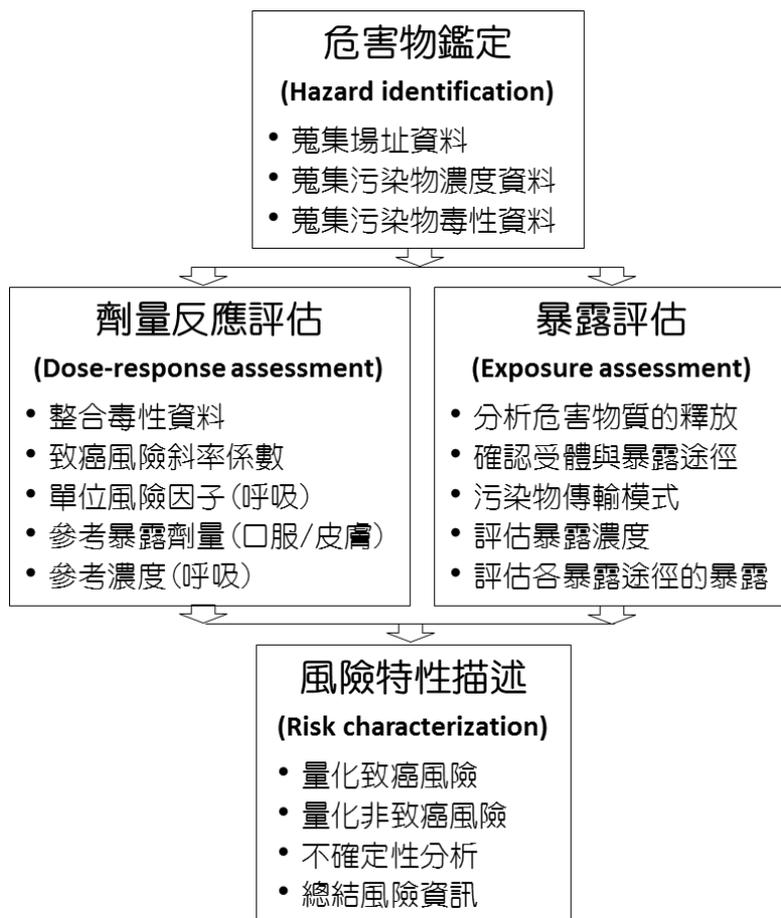
質或單一暴露途徑，延伸至多種污染物、多介質與多重暴露途徑等較為複雜的暴露情境。另隨著電腦運算技術與污染物傳輸模擬模式的迅速發展，風險評估方法亦可結合模擬模式或地理資訊系統，將時間的動態變化與空間的異質性納入評估之考量。此外，評估目的也從較為明確的特定污染源或污染場址，逐漸朝向大尺度與跨領域的整體性環境議題，如區域性環境水體水質管理與污染物總量削減方案，或結合化學物質生命週期之再利用行為之環境影響評估等，顯見風險評估已成為環境政策規劃過程中不可或缺的重要參考工具，決策者可以風險評估結果為基礎，再依其個人經驗綜合考量該國之文化、政治、經濟與社會等因素，然後制定出合理且合宜的決策（吳先琪與馬鴻文，2016）。

2.2.2 風險評估方法的執行原則

美國國家研究院發表的紅皮書中訂定了人體健康風險評估的四大要素，已受國際認可且持續延用至今，包含危害鑑定（hazard identification）、劑量反應評估（dose-response assessment）、暴露評估（exposure assessment）與風險特性描述（risk characterization），如圖 2.2-1 所示，評估過程中需要的相關資料彙整如表 2.2-1 所示，以下將分別概要說明各步驟執行的基本原則（衛福部，2003；環保署，2011、2014）。

一、危害物鑑定

此步驟定義為決定某一物質是否會增加某種健康狀態（如癌症、先天缺陷等）發生率的過程，即判定關切污染物的致癌毒性與非致癌毒性。一般而言將優先參採人體實際之臨床實驗或流行病學資料，若無相關資料，則以傳統毒理學中動物實驗的半致死劑量/濃度或器官傷害等反應來判定化學物質的毒性。目前歐美先進國家或國際組織皆多已建置相關之毒理資料庫，建議可直接參考或援引具公信力之資料庫做為研判依據，如美國環保署綜合風險資訊系統（IRIS）、世界衛生組織簡明國際化學評估文件（Concise International Chemical Assessment Documents, CICAD）與國際癌症研究署（International Agency for Research on Cancer, IARC）等。



資料來源：吳先琪與馬鴻文主編，2016，土壤及地下水污染場址的風險評估與管理：挑戰與機會。

圖 2.2-1 健康風險評估架構與四大步驟

表 2.2-1 風險評估執行過程所需資料

步驟	資料需求
危害物鑑定	1. 人類資料（流行病學研究、臨床研究） 2. 動物實驗資料 3. 體外實驗數據（ <i>in vitro</i> ） 4. 結構活性關係（structure-activity relationship）
劑量反應評估	1. 人類資料（流行病學研究、臨床研究） 2. 動物實驗資料（最低效應的決定、劑量反映評估模擬、跨物種間的劑量轉換研究、高暴露劑量推估至低暴露劑量的外插） 3. 以生理為基礎的人體藥物動力學研究
暴露評估	1. 人口統計資料 2. 環境監測資料 3. 污染物傳輸模擬所需參數資料 4. 整合性暴露評估（時間的變化、化學物種間的交互作用等）
風險特性描述	污染物傳輸與受體暴露參數的統計分布特性

參考資料：US Department of Health and Human Services, 1986.

資料來源：吳先琪與馬鴻文主編，2016，土壤及地下水污染場址的風險評估與管理：挑戰與機會。

二、劑量反應評估

此步驟主要將探討人體暴露於污染物之程度高低、與其產生不良反應之機率，或不良反應之嚴重程度之間有無關連，並估計出其函數關係式，包含致癌斜率（cancer slope factor, CSF）與非致癌風險之參考劑量（reference dose, RfD）等。一般而言資料的取得大多須透過動物實驗來推估之，因此亦須考量資料取得過程中的不確定因素，並以不確定係數（uncertainty factor）修正之。建議資料取得方式與前述步驟相同，可直接援引國際間具公信力之資料庫。

三、暴露評估

此步驟主要是探討受體（receptor）於特定情境下可能暴露到污染物的各種途徑，如食入、吸入與皮膚接觸等，並且考量污染物在不同環境介質間的變化及傳輸情形，進而推估受體於一段時間內所遭受的暴露劑量。暴露劑量的估算係以暴露機率與污染物濃度為主要影響因子，暴露機率受暴露頻率、暴露時間與受體參數（體重、體表面積與呼吸速率等）等因素所調控，因此不同人類族群之間可能存在個體內與個體間的差異，一般而言暴露參數的取得多以全國性或實際調查之統計資料為主。另污染物濃度則受其釋放途徑、物化性質、傳輸特性與環境條件所影響，因此資料的取得與組成可能具時間與空間上的變異性，當缺乏現地實際調查資料時，建議可使用污染物傳輸模式模擬預測關切物質於各類環境介質中的累積濃度。

四、風險特性描述

此步驟為整合前述三項步驟進行綜合性評估，將風險予以量化，以估計該污染物影響人體健康之風險程度高低與影響方式，以供決策者瞭解於特定情境與暴露途徑下，受體所可能承受的風險程度，並依此擬定相對應之風險管控措施。量化風險的描述可依其危害特性分為致癌性風險（cancer risk）與非致癌危害商數（hazard quotient, HQ），計算方式為先個別估算各暴露途徑之風險，再結合加總得到總風險。另於此步驟中亦應說明風險評估過程中的不確定性，其來源包含暴露評估步驟中所使用的暴露參數、環境調查資料與或模式輸入參數之變異性，並透過適當的分析量化真實結果與估算結果產生差異之可能性，才可合理的解釋推估出來的風險值意義。

2.2.3 風險評估方法的應用與挑戰

風險評估結果若要有有效的應用於決策管理上，在開始執行風險評估前，必須對所要解決的問題或欲達到的目的有清楚、充分且具體的瞭解，此外，在完成風險評估作業流程後，亦必須透過良好的風險溝通以及妥善分析各項管理措施的成本效益，才可使風險評估於決策架構中發揮最大的效益。美國國家研究院針對此議題所提出的以健康風險為基礎之決策架構如圖 2.2-2 所示，此架構分為三階段：第一階段為問題形成（**problem formulation**）與範疇界定（**planning and scoping**），範疇界定主要目的為確認欲解決的問題、須評估的對象與範圍和可能的解決方案為何，而問題形成則為藉由與管理者的相互討論，以及考量目前科技與技術發展現況，進一步擬定適宜的評估方法。

第二階段為計畫與執行風險評估，主要作業流程如同前已述及之健康風險評估四大步驟。第三階段則為風險管理，主要包含風險溝通（**risk communication**）與成本效益分析（**cost benefit analysis**）兩部分，風險溝通係指將評估結果與利害關係者或團體進行溝通與說明，以使其正確且充分的瞭解風險評估的執行過程與結果所代表的意義，並透過反覆的辯證討論與理性對話，提高社會大眾對於風險評估結果之信任感，將有助於後續風險管理政策之推行，另成本效益則為分析各項管理方案於經濟、社會與政治等面向之優缺點，供決策者作為管理目標設定或風險控管策略擬定之參考依據。

一般而言風險評估方法被認為是保守性的評估工具，然而其並非完全且完美的，在資料取得與執行過程中的各種假設前提或使用參數本身的變異性，都可能造成評估結果的不確定性，並影響其精確性，但若可充分瞭解並有效掌握風險評估於學理基礎上的不完備之處與其對結果影響的因果關係，則可使此一評估工具更為正確且適當的應用於管理及決策過程中，避免不當使用而導致社會恐慌或民眾質疑之情形發生。

目前風險評估方法的應用所面臨之主要挑戰包含：如何適當且合理的將動物實驗評估結果推估至人類毒理參數？如何將一般族群的毒理參數推估至易感性族群？針對高包封度的危害物如何正確評估其真正進入人體血液的生物有效性（**bioavailability**）？同時存在多種污染物應如何綜合評估其交互效應與累積風險（**cumulative risk**）？污染物傳輸模式所推估之預測濃度值與其所使用的參數資料

是否可信賴或具代表性？如何考量區域背景的既存風險（exist risk），以合理評估開發行為所帶來的增量風險與總合的總量風險？如何依據管理目的與經濟、社會等考量因素設定合宜的管理目標？

針對上述風險評估與決策管理應用上的落差，美國國家研究院亦會定期進行系統性的檢討與分析，並提出改善建議，以供評估者與決策者做為參考，其於 2009 年研究報告中所提出的重要建議包含：改善風險評估的設計、闡明評估結果的不確定性與變異性、建立統合的劑量效應評估方法、釐清慣用值（defaults）的選用、強化累積與聚集風險評估技術、鼓勵利害相關團體的參與、及提升公部門執行能量，期望透過強化與改善風險評估的作業流程，進一步擴展風險評估於環境風險管理議題上的應用。



參考資料：National Resrch Council(NRC). 2009. Science and Decisions: Advancing Risk Assessment.

資料來源：吳先琪與馬鴻文主編，2016，土壤及地下水污染場址的風險評估與管理：挑戰與機會。

圖 2.2-2 以健康風險評估為基礎的決策架構

2.2.4 環境風險評估架構

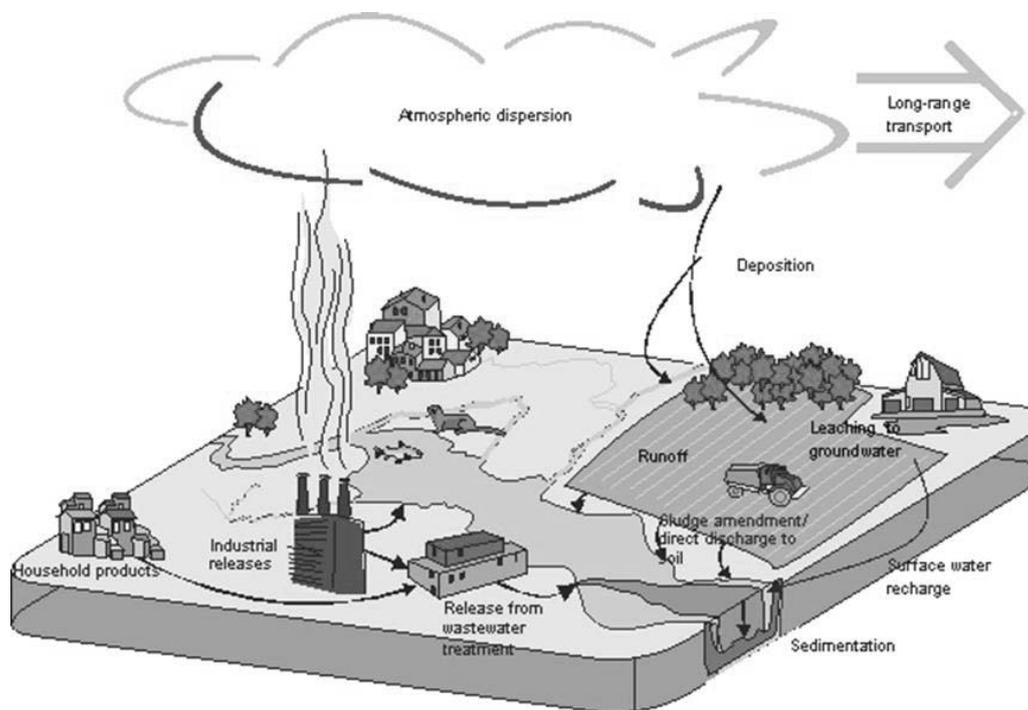
以保護人體健康與維護環境生態作為化學物質管理目標的觀點而言，化學物質的風險評估範疇包含人體健康風險評估（human health assessment）與環境風險評估（environmental assessment）。人體健康風險評估主要考量的暴露情境為工作者（workers）或消費者（consumers）於工作場所或使用產品的過程中，因吸入、皮膚接觸或食入等直接暴露途徑所可能導致之不良健康影響。另環境風險係指因化學物質釋放至環境中，於不同環境介質中所發生的轉化與移動等環境流佈行為而導致生物體或人類健康遭受危害之可能性，其所評估對象包含陸地、水域生物體及人體因直接接觸環境介質的直接（directly）暴露以及人類經由食物鏈累積之食入途徑的間接（indirectly）暴露（European Chemicals Bureau, 2003）。

本計畫所關切的毒物及化學物質於不同環境介質間傳輸所肇致之環境生態或人體健康風險即屬環境風險評估之範疇。於 3.2.2 節中已概要說明人體健康風險評估的主要架構與基本原則，環境風險評估方法的發展亦以此為基礎，除了須評估化學物質對於人體或生物的毒性效應，其於暴露評估步驟中特別著重於探討化學物質在環境中的流布情形，包含持久性（persistence）評估、生物累積性（bioaccumulation）評估，以及其於不同環境介質間的傳輸與轉變行為（圖 2.2-3），如大氣與土壤間的揮發及沉降作用、土壤與水體間的逕流或淋洗作用等。此外，亦須考量時間變化與空間尺度差異所造成之影響，如圖 2.2-4 表示不同類型污染物於時間及空間上的分布情形，以及不同尺度（scale）下的評估範疇，一般而言，短時間與小區域的評估以污染物的使用與排放之量體、途徑為主要影響因子，長時間與大區域的評估則主要受污染物的移動性與持久性等特性所影響。

環境風險評估整體架構與所需資料如圖 2.2-5 及表 2.2-2 所示（Marco Vighi and Davide Calamari, 1992），整體架構係以化學物質的物化特性、環境負載量（使用量、排放量及其途徑等）與毒理資料為基礎，再分別依據蒐集或模擬預測所得資料進行暴露評估（assessment of exposure）與效應評估（assessment of effects）之步驟。暴露評估主要目的為估算受體的暴露劑量，而環境風險評估所關切的受體則包含人類與其他生物，故須分別求得多重暴露途徑加總之每日攝取量（total daily intake, TDI），或各類環境介質之預測環境濃度（predicted environmental concentration, PEC）。效應評估步驟則主要為求得化學物質濃度與生物不良健康效應之關係式或

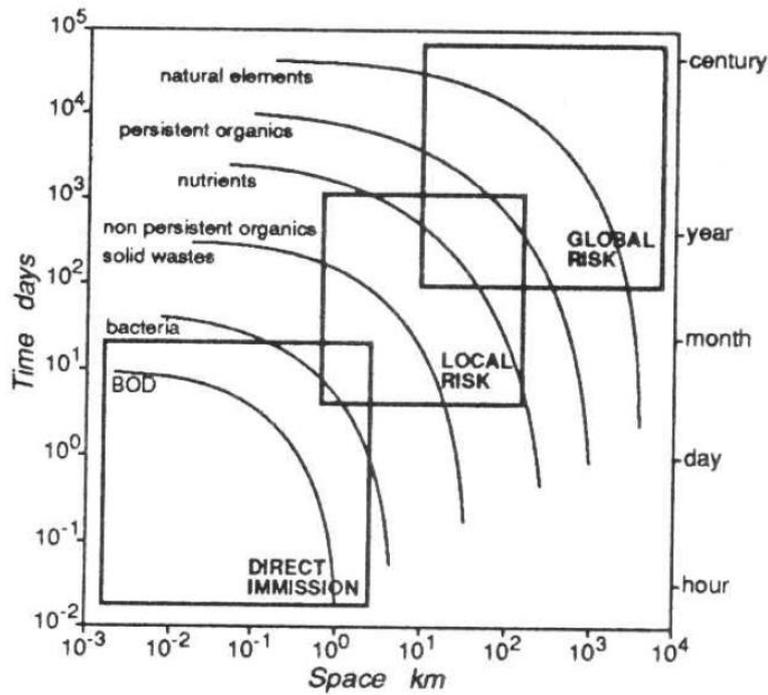
閥值，如人體的每日可接受攝取量（admissible daily intake, ADI）與生物的無可見作用程度（no observed effect level, NOEL）等計算參數。

此外，若缺乏實際之環境監測數據或毒性實驗資料時，則可透過環境傳輸模式（evaluative models）或化學物質之定量構效關係（quantitative structure-activity relationships, QSAR）據以進行模擬或預測。最後整合前述步驟進行整體風險評估計算，如以 PEC/NOEL 或 TDI/ADI 之比值做為風險度之指標，另外亦須特別關注風險評估於時間及空間尺度上的差異，因此建議於執行評估作業前，可先以持久性、生物累積性與移動性等關鍵指標進行初步篩選（screening）與分類分級，以擬定合宜的評估方法與關切範疇，以求得合理之風險評估結果。另環境風險評估中亦須考量不確定因素對於評估結果之影響，如受體於族群及個體間的差異、環境監測資料與模擬參數之變異性、與預測推估過程中的前提與假設皆為可能的不確定性因子，於風險評估步驟中皆須詳盡的說明並分析其影響程度，以確保最終評估結果之合理性與可信賴度。



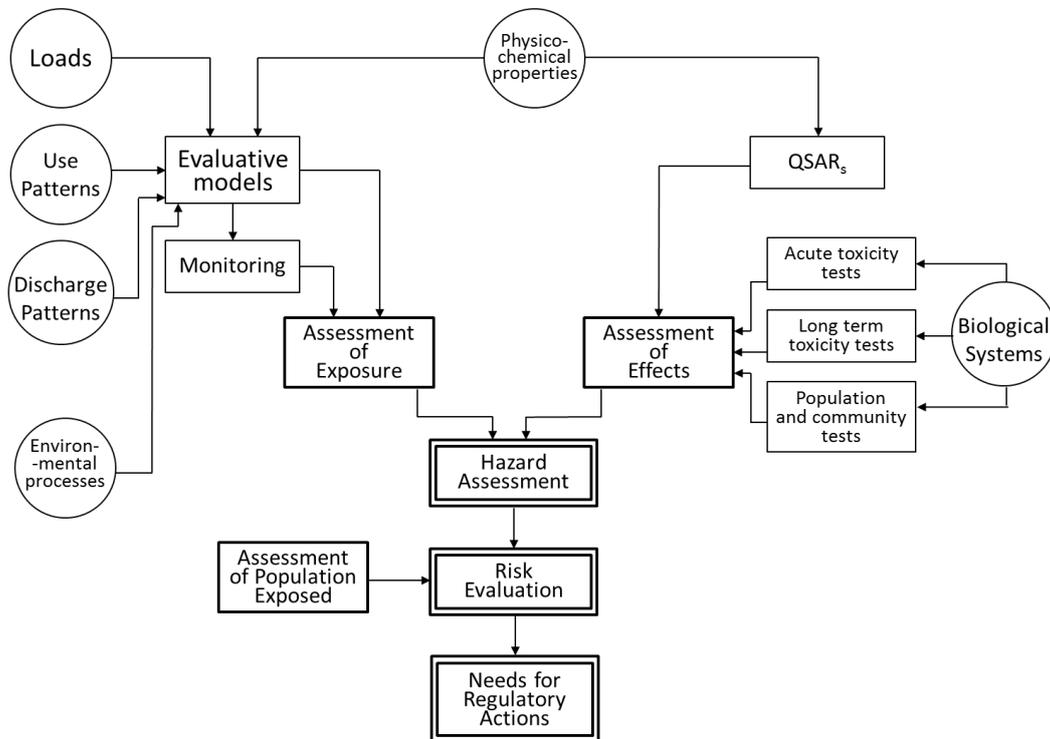
資料來源：Environment Canada. 2007. Overview of the Ecological Assessment of Substances under CEPA 1999.

圖 2.2-3 化學物質在不同環境介質中的傳輸與轉化過程



資料來源：Marco Vighi and Davide Calamari. 1992. Ecotoxicological risk indicators for environmental chemicals.

圖 2.2-4 不同污染物類型與評估範疇於時間及空間尺度上的分布情形



資料來源：Marco Vighi and Davide Calamari. 1993. Prediction of the environmental fate of chemicals.

圖 2.2-5 化學物質環境風險評估整體架構

表 2.2-2 環境風險評估執行過程所需資料

資料類型	資料來源	資料可取得性
環境負載量	使用、排放與排放途徑之實際記錄或量測數據	部分場所紀錄或量測資料難以取得
環境流布	實際環境監測資料 模擬模式之預測資料	資料分散於各權責機關或研究單位 傳輸轉化現象相關之物化參數具不確定性 模擬模式的預測能力須經驗證
毒理資料	實驗資料 由定量構效關係推估之預測資料	資料分散於各權責機關或研究單位
生物累積性評估	實驗資料 預測公式推估之預測資料	代謝轉化相關研究資料不足
持久性評估	實驗資料 由定量構效關係推估之預測資料	可信賴之轉化速率研究資料不足 需要更多的研究探討如何利用結構活性關係預測降解速率
移動性評估	?	需要更精確定義移動性所代表的意義與相對應之測定方法

資料來源：Marco Vighi and Davide Calamari. 1993. Prediction of the environmental fate of chemicals.

第三章 國外化學物質環境風險評估與管理架構研析

章節摘要

本章說明歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等六國之化學物質管理概況及架構，並比較分析各國於篩選評估作業原則、風險評估方法、評估模式工具、資料庫系統及風險知識等面向之異同之處，最後綜整歸納各國管理策略架構並參酌其執行經驗，據以提出我國發展環境風險評估架構與方法之建議。

聯合國所提出之「國際化學品管理策略方針 (SAICM)」已成為世界各國推動化學物質管理的主要參考架構，其中多項執行目標皆指出應用風險評估方法作為決策管理基礎之重要性，如「降低風險 (risk reduction)」即強調應以科學性的風險評估為基礎，施行相對應之風險管理措施，以積極防範或減緩化學物質對於人體健康或環境品質之負面影響，另「知識與資訊建立 (knowledge and information)」目標亦指出應以科學性的評估方法建構風險資訊，以作為良好的公眾溝通及知識傳播之根基。

為呼應國際間對於化學物質風險管理之重視，近年我國並已參考先進各國之管理經驗及推動情形，逐步修正既有毒性化學物質管理架構，如 103 年通過化學物質登錄辦法已逐步匯集國內化學物質使用現況與基本資訊，另各權責機關亦已陸續針對具潛在危害性之毒物及化學物質，調查並建置其在各類環境介質與受體的濃度資料與危害評估資料。然而上述各方資料尚缺乏一整合性之科學評估架構或原則，可將其具體量化並建構歸納成決策者面對重大環保議題與管理政策上可使用之環境風險資訊，故實有必要廣泛蒐集各國資料，以瞭解環境風險評估於整化學物質體管理架構中所扮演之角色、評估作業方法與評估結果之應用方式等，以作為研擬我國環境風險資訊整合管理架構之參考。

本計畫已依評選須知規定提出國外五個國家或國際組織化學物質環境風險評估之整合管理架構資料蒐集對象予計畫主辦單位，經核可之資料蒐集對象包含歐盟、美國、加拿大、日本、韓國與中國等六個國家或國際組織。本計畫截至期末

報告階段，已依工作預定期程完成六國之資料蒐集與彙整，各國完整資料請參閱附件二，以下將針對各國管理概況、篩選作業原則、風險評估方法、評估模式工具、資料庫系統與風險知識應用等面向進行比較與研析。

3.1 各國化學物質管理概況

為利於達成 SAICM 2020 年之管理目標，先進各國多已積極檢討既有管理政策與制度之完備性，並於近年修正相關法規，建構以整體化學物質生命週期與風險管理為基礎之管理方式。本計畫已彙整歐盟、美國、加拿大、日本、韓國與中國等六個國家或國際組織的化學物質管理現況於 3.1.1~3.1.6 節，並比較其法源依據、主管機關、管理架構（管理對象與制度特點等）、環境風險評估機制（評估對象、技術指引、模式工具、資料庫系統與資訊公開等）、政府角色與業者角色等項目如表 3.1-1 所示。

綜觀各國現行之化學管理制度，普遍皆有將環境風險評估機制納入整體管理架構中，其中又以歐盟於 2006 年通過之 REACH 法案最具代表性與完整性，中國與韓國於 2010 與 2015 年開始實行的新法皆參採其制定精神與架構，即確立過去法制所欠缺的自我風險評估與管理責任予製造廠商，要求其需執行化學安全評估（chemical safety assessment），以自源頭確保化學物質的安全使用，並據此建立以預防性原則（precautionary principle）為基礎的管理架構。除此之外，歐盟與韓國政府為積極防範化學物質可能造成的風險，政府主管機關亦會主動針對其認定具有較高風險者執行風險評估，以確認其實質危害性，並作為是否需進一步採行風險控管措施之依據。

其他國家雖未如歐盟等國大幅度增強對於業者的規範，然為有效提昇政府對於化學物質的管理強度與效能，各國亦著手修法並積極發展各項評估管理策略，如日本於 2009 年修法將既有化學物質納入管理範疇，並透過建立層次性風險評估方法與要求業者提報風險評估所需資料等方式，有效增進政府整體風險管理之量能。另美國則於 2016 年開始實行 21 世紀化學物質安全法案（Frank R. Lautenberg Chemical Safety for the 21st Century Act, LCSA）取代舊有之毒性物質管理法（Toxic Substances Control Act, TSCA），其主要改革重點即為加重環保署的管理責任與強度，並加速風險評估作業時程與增進資訊公開等。而加拿大政府對於化學物質的

全面性評估與管理雖起步較早，但為確保整體管理制度可與時俱進，即於近年開始探討如何將新評估方法導入既有制度中，如其已於 2014 年再次建立風險評估優先性辨識方法（identification of risk assessment priorities, IRAP），以持續蒐集更多最新資料並滾動式檢討優先評估清單之合宜性。

由 3.1.1~3.1.6 節與表 3.1-1 之概要說明與比較可知，由於各國於化學物質管理制度發展脈絡與國情上的差異，因此其所採行的化學物質評估管理方式，以及各法令所賦予政府與業者之責任與義務多有所不同。然而考量各國均以聯合國 SAICM 作為主要管理目標，故於整體性的管理策略及發展方向上仍有許多共同之處，而可供我國作為發展化學物質環境風險評估與管理機制之借鏡。本工作團隊經綜合研析各項資料後，茲歸納各國發展趨勢如以下四點說明。

一、強化政府管理效能與加重業者管理責任

為將管理範疇逐步擴及至所有正在被使用的既有化學物質與未來可能使用的新化學物質，各國均將風險評估納入管理制度中，並將原多由政府擔負之風險評估責任轉為由政府與業者共同負責，如歐盟、中國與韓國即立法要求業者需負責註冊並執行風險評估，政府主管機關僅針對高風險化學物質進行評估與管理，以確保有限資源之使用效益最大化。另美國、日本與加拿大等國雖仍由政府主導風險評估作業，惟其亦透過修正法令提昇政府對於業者的管理強度，如規定業者於新化學物質上市或既有化學物質有新用途時皆需提早向政府通報，而主管機關亦可要求業者配合其執行風險評估之所需，提報各項必要的評估資料，以此雙向配合機制有效提昇政府整體管理量能。

二、採用階段性或層次性風險評估方法

考量風險評估作業需耗費龐大的資源與時間，為有效集中資源管理高風險化學物質，因此由政府主導風險評估作業的國家（歐盟、美國、加拿大與日本等）普遍皆採行兩階段之評估策略，即先以篩選性評估決定化學物質的優先關切順序後，再依序執行較為繁複的風險評估具體定量其危害程度。篩選評估的目的為藉由蒐集既有且可取得之資料，如化學物質的物化特性、運作量、環境中濃度調查結果與毒性試驗結果等，以初步評估其環境風險之相對高低，並系統性的篩選出具較高風險而需優先關注者，主要考量的篩選原則包含人體健康危害性、暴露潛勢、持久性與生物累積性等，而篩選情境或

基準的設定則會滾動式的檢討與更新，以有效因應現今化學物質資料快速變動與增加之管理課題。

另加拿大與日本為有效增進風險評估作業效能，亦依其管理需求發展層次性風險評估方法，其目的為透過評估層次的提昇，漸進式的整合更多化學物質特性資料，並求得更接近實際狀況之評估結果，以供風險管理之所需。層次性風險評估的特點在於當經篩選所得之關注化學物質數量仍相當多或資源有限時，可先利用現有較少的資料或較保守的情境設定，快速的完成評估作業，而僅有被初步認定具不可接受風險者才需要進一步蒐集更多資料並進行更高層次之評估，以降低評估結果與決策管理之不確定性。

三、善用評估模式並逐步建置本土化參數

鑒於風險評估為一相當繁複又具不確定性之工作，且並非所有化學物質皆有完整的參數資料可供使用，因此為有效簡化作業程序、補足資料缺口並增進評估結果的可靠性，各國普遍皆有發展相關評估模式作為輔助之工具，如歐盟所發展之 EUSES 模式已被廣泛應用於製作 REACH 法案要求註冊者需提交之化學安全報告、美國環保署所建置之 EPI Suite 則被用於預測化學物質的物化特性與環境宿命等、另加拿大的 RAIDAR 模式則被應用於政府所執行的環境風險評估作業中。然而任何模式的建置均有其特定之前提假設與目的性，因此模式的選用與發展亦需充分考量管理之需求及評估之目的，以避免錯用模式評估所得之結果。

而風險評估結果的不確定性取決於所使用參數之來源及其準確性，其中環境傳輸參數與人體暴露參數受地區性環境特性、人種組成及生活型態等之影響，因此為增進評估結果之適用性與可靠度，各國均致力於建置本土化參數，如韓國國家環境研究院已逐步建置其所運用 SimpleBOX_Korea 模式所需之本土化參數，如各類環境介質中有機碳之含量與總體密度等，另其亦於 2016 年發布韓國兒童暴露因子手冊提供風險評估所需之受體暴露參數。

表 3.1-1 各國化學物質管理制度與環境風險評估方式之比較 (1/2)

國家/國際組織	歐盟	美國	加拿大	日本	韓國	中國
法源依據	REACH 法案	21 世紀化學物質安全法案	加拿大環境保護法	化學物質審查及製造管理法	化學物質註冊與評估法	新化學物質環境管理辦法
主管機關	歐盟化學總署 (ECHA)	美國環保署	加拿大環境部 加拿大衛生部	環境省、厚生勞動省、 經濟產業省	環境部	生態環境部
管理對象	既有化學物質與 新化學物質	既有化學物質與 新化學物質	既有化學物質與 新化學物質	既有化學物質與 新化學物質	既有化學物質與 新化學物質	新化學物質
管理架構	主要分為註冊、篩選、 評估、授權與限制等四大 步驟	分為建立清單、定期申 報、使用通知、優先性 篩選、風險評估與風險 管理等	分為建立清單、分類評 估、危害性篩選評估、 風險評估與風險管理等	分為毒性辨識、篩選評 估、層次性風險評估與 分類管理等	分為註冊、審查與危害 性鑑別、風險評估、授 權與限制及禁用等	分為申報登記、風險評 估、資料審查、與分級 風險管理等
管理制度特點	1. 以安全評估作為風 險整合管理之基礎 2. 要求業者需擔負自 我評估與管理責任 3. 利用篩選評估有效 投注管理資源於高 風險者	1. 建立系統性風險評估 作業程序並明確訂定 辦理時程 2. 以風險評估結果作為 化學物質管理之基礎	1. 由環境部與衛生部合 作執行評估作業 2. 採用階段性評估策略 並逐步發展評估方法 3. 其他法規列管化學物 質亦納入評估	1. 依部會權責分工執行 評估作業 2. 採行分類管理，重點 管理對象包含高毒性 與高風險者 3. 採用層次性風險評估 並逐步蒐集資料	1. 仿效歐盟 REACH 管 理架構 2. 增加評估與管理具毒 性潛勢者 3. 政府需依使用量依序 執行風險評估	1. 仿效歐盟 REACH 管 理架構 2. 風險評估分為定性與 定量之評估 3. 增加 PBT 特性之評估 作業
是否包含環境風 險評估機制	是	是	是	是	是	是
環境風險 評估目的	1. 加強業者本身對於 化學物質使用風險之 掌握與控管 2. 政府判定化學物質 是否有危害之虞 3. 政府擬訂法規管理 措施之依據	1. 判定化學物質是否有 危害之虞 2. 政府擬訂法規管理措 施之依據	1. 判定化學物質是否符 合毒化物定義 2. 政府擬訂法規管理措 施之依據	1. 判定化學物質是否符 合各項分類定義 2. 政府執行分類管理之 依據	1. 加強業者本身對於化 學物質使用風險之掌 握與控管 2. 政府判定化學物質是 否有危害之虞 3. 政府擬訂法規管理措 施之依據	1. 加強業者本身對於化 學物質使用風險之掌 握與控管 2. 政府判定化學物質是 否有危害之虞 3. 政府擬訂法規管理措 施之依據

資料來源：本工作團隊自行彙整。

表 3.1-1 各國化學物質管理制度與環境風險評估方式之比較 (2/2)

國家/國際組織	歐盟	美國	加拿大	日本	韓國	中國
評估對象	1. 年使用量超過 10 公噸之化學物質 2. CoRAP 清單所列示之化學物質	1. 經優先性篩選作業判定為高優先物質之化學物質 2. 由廠商向美國環保署提出評估請求之化學物質	1. PSL 清單所列示之化學物質 2. 經分類評估認定具潛在危害化學物質 3. 經 IRAP 認定需風險評估之化學物質	經篩選評估認定為優先評估物質者	1. 經危害性鑑別認定為毒性化學物質者 2. 年使用量超過 10 公噸之化學物質	年使用量超過 1 公噸之新化學物質
是否有風險評估技術指引	有	有	有	有	有	有
是否有風險評估模式工具	有	有	有	—	有	—
是否有相關資料庫系統	有	有	—	有	有	—
風險評估資訊是否公開	是	是	是	是	?	—
政府角色	1. 由 ECHA 建立風險評估技術指引 2. 由 ECHA 統籌篩選出具潛在危害風險之化學物質 3. 由各會員國執行 CoRAP 清單化學物質之風險評估	1. 發展篩選與風險評估方法及模式 2. 負責辦理優先性篩選與各項風險評估作業	1. 發展各項篩選與風險評估方法及模式 2. 負責辦理各項篩選與風險評估作業 3. 滾動式評估既有化學物質的重要新活動是否有危害之虞	1. 發展各項分類與層次性風險評估方法 2. 負責辦理各項分類與風險評估作業	1. 由環境部負責主要之行政管理作業 2. NIER 負責建立評估方法與模式並執行危害性鑑別與風險評估等	1. 建立風險評估技術指引 2. 審查業者提交之申報與風險評估資料
業者角色	1. 需於註冊時提交技術檔案與化學安全報告 2. 需配合政府風險評估作業需求提交相關資料	1. 既有化學物質需定期提交化學物質資料報告 2. 新化學物質使用前需提出產前通知 (SNUNs) 3. 特定化學物質若有新用途需提出重要新用途通知	1. 新化學物質使用前需提出通知 2. 需配合政府風險評估作業需求提交相關資料	1. 新化學物質需於上市前提報基本資料 2. 依據分類管理規定定期申報相關資料 3. 需配合政府風險評估作業需求提交相關資料	1. 需於註冊時提交必要資料與化學安全報告 2. 需配合政府風險評估作業需求提交相關資料	需於申報時提交必要資料與化學安全報告

資料來源：本工作團隊自行彙整。

四、重視風險資訊揭露與風險溝通

良善的管理政策需透過良好的溝通機制方可有效推動，為強化政府機關與相關利害關係人的溝通與互動，各國普遍均透過建置資料庫系統以系統性的公開相關資訊供各界查詢，如於歐洲化學總署網站上即可查詢到各業者所提交之註冊文件，而日本環境省建置之 chemi COCO 資訊平台則可取得政府執行之風險評估結果。另為有效推廣風險管理與知識之普及化，各國政府亦多會針對民眾關切議題發布圖像化或簡明的宣導書件資料，如美國與加拿大政府即曾針對污染湖泊週邊居民發布魚類攝食指南，並逐一說明污染現況、污染物可能之危害與建議之風險控管措施等。此外各國管理制度中多亦有建立公民參與制度與利害關係人溝通機制，如美國環保署於各項風險評估報告正式定案前均需上網公開草案供各界檢視，歐洲化學總署每年亦會舉辦利害關係人大會，主動建立各利害關係人與政府主政人員直接溝通之平台。

3.1.1 歐盟

歐盟於 2006 年起開始實施 REACH 法案，其所採行之整體管理架構如圖 3.1-1 所示，主要可分為註冊、篩選、評估、授權與限制等四大步驟，主管機關則為歐洲化學總署（European Chemicals Agency, ECHA）。新法規與舊有 ESR 規章（Existing Substance Regulation）的最大差異在於其管理重點由風險評估為主體之管理型態（risk assessment followed by risk management）轉為以安全評估作為風險整合管理基礎之架構（safety assessment integrating risk management），如其將原由行政機關所擔負之風險評估與鑑別責任（burden of proof）轉移至業者身上，另新法案中所應用的暴露情境（exposure scenarios, ESs）概念則可改善舊有制度中暴露資訊不易取得之管理困境。此外，REACH 法案除了大幅補強舊有制度的不足之處，另一方面其亦承接了過去經驗的成功之處作為基礎，如業者提交註冊資料所使用的 IUCLID 系統（international uniform chemical information database），即當年為因應 ESR 規章管理需求所發展之軟體。另 ECHA 針對化學安全評估作業所出版的參考指引亦以早年所發展的 TGD 作為基礎，多數風險評估原則皆沿用其精神，而早年所開發的 EUSES 評估模式目前仍持續更新，且仍作為重要的輔助工具。



資料來源：歐洲化學總署（ECHA）官方網站，2017，<https://echa.europa.eu/home>。

圖 3.1-1 歐盟 REACH 法案整體管理架構示意圖

一、註冊

REACH 法案目前要求每年製造或進口量超過 1 公噸以上的化學物質即須進行註冊，並採分階段與分級作業方式。首先將化學物質分為既有化學物質與新化學物質，既有物質若於規定期限內完成預註冊作業（提交物質辨識資料與使用量級距），則可依據使用量級距與危害性分級結果，分階段提交註冊檔案（registration dossier），依預定期程所有受 REACH 法案所規範的化學物質須於 2018 年 5 月 31 日前完成全數註冊作業。另針對於 2008 年 6 月 1 日前未有製造紀錄之新化學物質則要求其須立即提交相關檔案，才可進口至歐盟境內使用或進行生產。

註冊作業中要求廠商提交檔案的主要目的為，強化廠商本身對於化學物質使用過程中可能肇致之人體健康及生態環境風險之掌握與認知，並須履行自我管理之義務，以確保物質於整體生命週期中的安全使用。對於註冊檔案內容的要求亦採分級管理機制，所需資料項目及完整度與物質的使用量級距與暴露潛勢成正比。註冊檔案主要可分為技術檔案（technical dossier）與化學安全報告（chemical safety report, CSR）兩部份。技術檔案的內容包含廠商與

物質辨識之基本資料、製造、使用與暴露資訊、危害分類與標示 (classification and labeling)、物質特性資料 (intrinsic properties) 及引用資料來源之研究摘要、安全使用指引、專業評估人員 (assessor) 審閱紀錄與資料保密必要性之理由說明等，其中物質特性資料包含物化性質 (physicochemical)、毒理 (toxicological) 及生態毒理 (ecotoxicological) 資料等。另針對年使用量達 10 噸以上之物質，除了須於技術檔案中提供基本之暴露資訊外，更進一步要求其須執行暴露評估 (exposure assessment) 作業，並提交化學安全報告。要求提交該報告之主要目的為確保因製造或使用而導致的風險可被有效控制。

二、篩選

此步驟最初雖未納入 REACH 法案的主要架構中，然而自 2013 年起歐盟當局為有效集中管理資源於高重要性物質 (substances that matter most)，遂開始發展整合性管理策略 (integrated regulatory strategy) 以利於 2020 年前達成 SAICM 目標，整合性篩選概念即於此時導入於既有管理架構中。篩選程序 (common screening process) 的制定為 ECHA 與各會員國共同合作建立，其目的為透過系統性的篩檢，鑑定出對於人體健康或生態環境最具負面影響的潛在威脅物質，而可立即採取相對應之管理作為。

如圖 3.1-1 所示篩選作業於整體架構中扮演著承先啟後的角色，其可有效綜整分析註冊作業中所產製的大量資料，同時廣納外部研究資料作為輔助參考，據以執行以風險為基礎的篩選作業，相關篩選結果將可作為後續管理作為採行之依據，如判定為具危害之虞者須進一步蒐集資料或評估，以證明其是否確實具不可接受風險，另判定為已知危害物者則可直接進入最終授權或限制程序。

本篩選作業自 2013 年開始實行，目前 2018~2019 年為第五輪之篩選。評估作業將分為兩階段執行，包含第一階段之巨量篩選 (IT mass screening) 與第二階段之人工篩選 (manual screening)，巨量篩選的依據為篩選定義文件 (screening definition document) 所設定的情境，並使用資訊工具作為輔助進行作業，所得之候選清單 (shortlist) 將再交由各會員國以人工方式進行審閱，以確核前述篩選結果的可靠性。第一輪至第四輪共已完成約 750 種物質的人工篩選作業，多數化學物質須進一步辦理風險評估作業或再確核其註冊檔案資料的完整性與合理性。

三、評估

此步驟主要可分為檔案審查 (dossier Evaluation) 與物質評估二部份 (substance evaluation)。檔案評估係指審查業者所提交之註冊檔案內容之完整性與合理性 (compliance check)，以及動物實驗計畫之必要性，此部份作業的主要目的為確保註冊資料之品質可足夠作為篩選作業、實質風險評估作業或管理決策之所需。基於前已述及之整合性管理策略的實行，目前檔案審查重點將著重於高危害潛勢物質與其所提交之 CMR (carcinogenic, mutagenic and reprotoxic substances) 及 PBT (persistent, bioaccumulative and toxic)、vPvB (very persistent and very bioaccumulative) 鑑定結果等較高層次之資料上。以 2016 年執行成果為例，該年度共完成 184 件審查，共計有 168 件被要求須補正資料，主要項目為生殖毒性、致突變性、水生急毒性等毒理相關資料。

物質評估則為歐盟各會員國針對可能具危害性的物質進行實質風險評估，主要目的為釐清於目前的使用與管理狀態下，化學物質可能肇致的人體健康或生態環境風險是否已被有效控管，若否則須採取必要之法規管理作為。評估對象的選擇則由 ECHA 所主導的滾動行動計畫 (community rolling action plan, CoRAP) 決定之，該計畫使用以風險為基礎的情境進行篩選並建立待評估物質清單，此部份作業目前已整合至前述篩選步驟中。CoRAP 清單每年皆會更新與調整，自 2015 年至今清單已含括 352 項化學物質，其中 75 項已完成評估並作成最後結論。

四、授權與限制

此步驟為整體管理架構的最後一環，其最終目的為確保所有可能的危害風險皆已被充分控制。其中授權係針對高度關注物質 (substances of very high concern, SVHC) 進行管理，確保其在經濟與技術可行之狀態下，可逐漸被危害性較小之物質或技術取代，SVHC 候選清單的建立即以前述篩選作業或物質評估結果作為基礎，目前該清單共有 181 項化學物質。上述 SVHC 候選清單物質後續將可能被進一步納入授權物質清單 (authorisation list)，即該物質往後的使用都須經過當局授權。另限制作業主要的目的為於補全前述授權作業所無法充分涵蓋的範疇，如授權物質僅能規範製造與進口行為，無法管制該物質可能存在於混合物 (mixture) 或成品 (article) 中之情形，或是因使用量

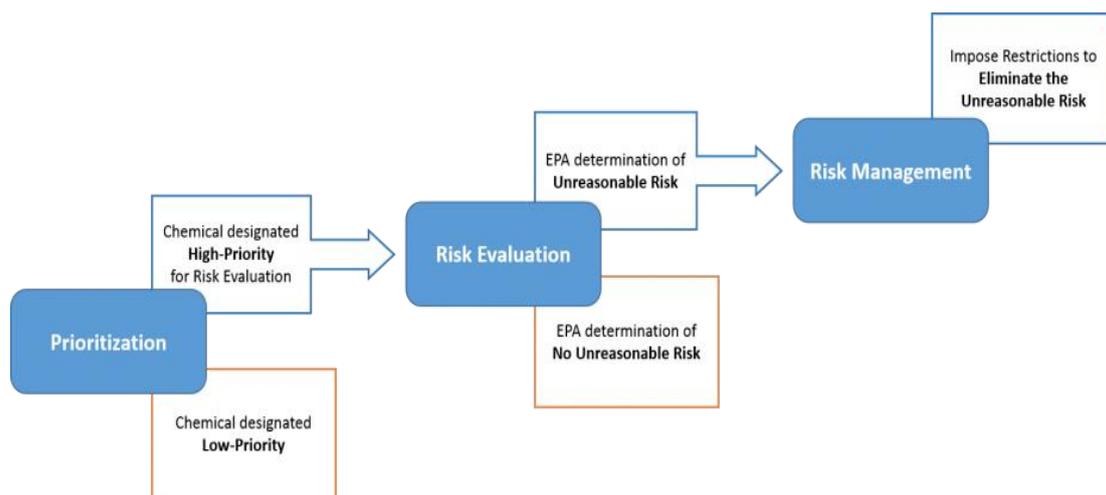
未達一定程度而毋須進行註冊的物質，目前共有 68 項物質受此法令所規範。

3.1.2 美國

美國政府為有效提升化學物質之管理效率及安全性，並修訂不合時宜之法條，美國總統遂於 2016 年簽署 21 世紀化學物質安全法案（LCSEA），以取代舊有之毒性化學物質管理法（TSCA）。新法案將予與主管機關－美國環保署更多的權利與義務，以加強對於化學物質的審查及規範，並透過風險評估之三階段作業程序解決化學物質所可能造成之不合理風險，以達保護人體健康及環境生態之目的。

目前美國政府將化學物質的管理方式分為既有化學物質與新化學物質。既有化學物質若每年生產或進口量超過 25,000 磅時，則業者需依規定每五年提交一次化學物質資料申報（chemical data reporting, CDR）予美國環保署，提交內容包含製造量、運作廠商數、事業運作釋放潛勢與釋放量等資訊。新化學物質於製造或運作之 90 日前需向美國環保署提出產前通知，另既有化學物質若有重要新用途也需在 90 日內提出重要新用途通知，以加強化學物質於使用與運作前的管理。

美國環保署將化學物質的風險評估分為三個步驟進行（圖 3.1-2），分別為優先性篩選、風險評估與風險管理等，並明訂各項作業之執行期程，以強化風險評估之應用性與整體執行效率。茲將詳述各步驟之主要作業程序如后。



資料來源：美國環保署網站，<https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/how-epa-evaluates-safety-existing-chemicals>

圖 3.1-2 美國環保署化學物質風險評估流程

一、優先性篩選 (prioritization)

美國環保署將於此步驟中將化學物質分為高優先物質 (high-priority substance) 和低優先物質 (low-priority substance)，目前所採用之篩選原則係參考「2014 年更新：TSCA 化學物質評估工作計畫」，主要考量面向包含化學物質的持久性、生物累積性、人體致癌性、生物急毒性與慢毒性為等。被判定為高優先物質者將直接進入風險評估程序，而低優先物質若有進一步數據足以證明其存有風險，則可再重啟篩選程序重新評估化學物質之優先性。依 LCSEA 之規定，美國環保署需在 2019 年前完成 20 種高優先物質與 20 種低優先物質的分級工作。

二、風險評估 (risk evaluation)

若化學物質經優先性篩選被判定為高優先物質時，則需再進行風險評估程序，以確認化學物質是否會對環境或人體健康 (包含易敏感群體或高風險群體) 造成不合理之風險。風險評估方法主要可分為以下幾個作業步驟：風險評估範疇界定 (scope of the risk evaluation)、危害評估 (hazard assessment)、暴露評估 (exposure assessment)、風險特徵描述 (risk characterization) 與風險值判定 (risk determination) 等。依據 LCSEA 之規定，美國環保署需於優先性評估完成後的六個月內提出初步風險評估報告，即完成化學物質的「範疇界定報告 (scoping document)」，內容需描述風險評估之概念模型 (conceptual models)、以及危害評估與暴露評估之執行方法等，此一報告完成後即可進行後續實質之風險評估作業。此風險評估之總期限約 3~3.5 年，若化學物質被判定具有不合理風險即會進入下一階段之風險管理。

三、風險管理 (risk management)

當化學物質被判定為對於人體健康或環境具有不合理風險時，美國環保署得要求所有製造、使用、運送或處理業者需記錄化學物質之使用情形，並需於開始運作前提報預定用途，以減少大眾接觸到該化學物質之機會及其環境釋放量。美國環保署亦可藉由禁用或限用此化學物質，消除其所造成之不合理風險，並需向公眾揭露相關資訊。依 LCSEA 之規定，美國環保署需於 2~4 年完成最終的管理決策。

3.1.3 加拿大

加拿大政府自 1988 年起即展開化學物質全面性之評估與管理（圖 3.1-3），依據其工作內容及執行期程主要可分為三個階段，第一階段為盤點國內既有化學物質並蒐集相關資料，再透過第二階段的分類評估，初步篩選出具有潛在危害者，並進行第三階段之評估，以確認是否需採行進一步之管理作為。茲詳述各評估階段之主要作業程序如后。

一、建立既有化學物質清單

1988 年的加拿大環境保護法（CEPA 1988）開啟了加拿大政府於化學物質管理的新頁，政府主管機關於此時著手盤點國內既有化學物質之現況，並廣泛蒐集化學物質的相關資料（如相關業者名單、來源、運作方式、運作量與化學結構等），奠定了後續評估與管理之基礎。此工作階段將 1984~1986 年間曾於市面流通且年製造量或進口量達 100 公斤者，納入國家既有化學物質清單（domestic substances list, DSL）中，並於 1991 年完成清單之建立，共計約 23,000 餘種化學物質，包含有機物質、無機物質及有機金屬物質、聚合物及性質無法明確定義者等，其中又以有機物質為大宗，約占 50%。此外，此階段亦篩選出 69 種危害性較顯著的優先評估物質（priority substance）進行風險評估，以判定其是否符合法規對於毒性化學物質的定義，並作為後續風險管理或相關行政管制作為之依據。

二、分類評估（categorization）

加拿大政府於 1991 年完成 DSL 清單後，隨即於 1999 年修正實施環境保護法案（CEPA 1999），法案中要求政府主管機關需於七年內系統性的完成既有化學物質之分類評估作業，即依據毒性指標將化學物質分為三類，包含對(1)生態環境或(2)人體健康之危害性、或(3)同時對兩者均具有危害潛勢等。此項評估工作已於 2006 年完成，共計約有 4,300 種物質被判定具有危害潛勢，而需再進行下一階段的評估以瞭解其實質危害性。

三、危害性篩選評估（screening assessment）

加拿大政府於 2006 年啟動化學物質管理計畫（chemical management plan, CMP），將前一階段所篩出的 4,300 種物質，依據其危害程度及資料完整性進行分類，並規劃分三期計畫完成危害性篩選評估作業，預計將於 2020 年完成。

此階段所執行之危害性篩選評估係指透過各項快速篩選評估方法（rapid screening approach）評估化學物質之危害風險，並依據評估結果提出後續行政管理之建議。三期計畫主要之工作內容說明如下：

(一) 第一期：高危害物質評估

本期計畫於 2006~2011 年針對分類為高危害性之 1,100 種物質執行快篩評估，共計有 312 種物質需再進一步評估其危害性（Health Canada and Environment Canada, 2011）。另亦啟動盤查措施（challenge initiative），針對具高危害性之化學物質進行評估管理，分為 12 批次逐步納管 195 種化學物質，要求業者需提供詳細之運作資料，再經專家審議決定是否列為毒化物，以進行必要之管制措施。

(二) 第二期：中度危害物質評估

本期計畫於 2011~2016 年針對分類為中度危害性之 1,700 種物質執行快篩評估，主要作業特點為透過群組化概念（groupings），將化學物質依據其用途與毒性等分為數個類別，包含阻燃劑、塑化劑、含硒物質與含硼物質等，以提高後續評估作業之執行效率，並依據各類物質之評估報告，發展相對應之風險管理措施。

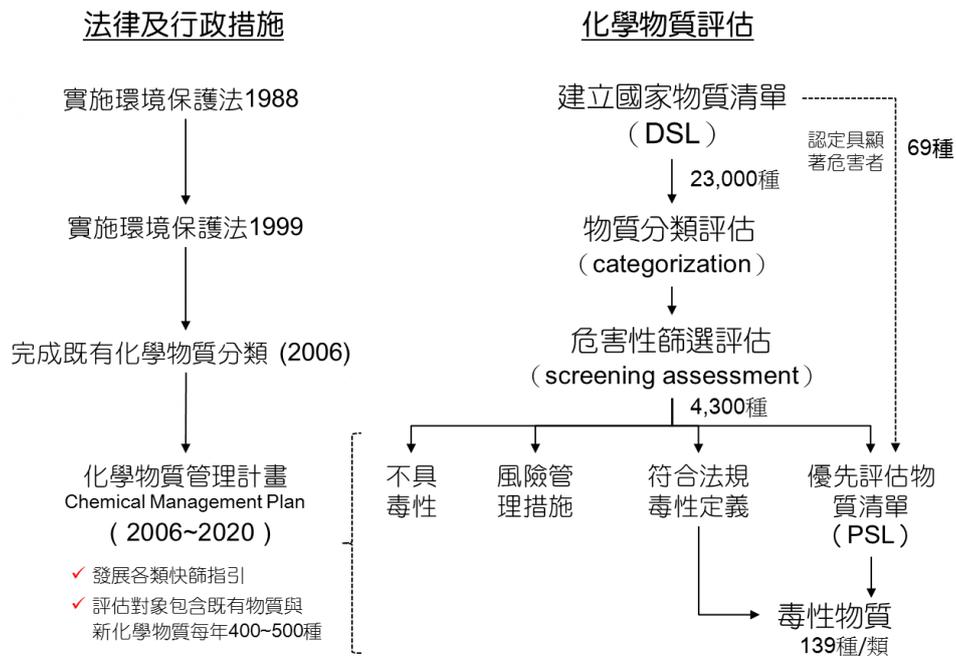


圖 3.1-3 加拿大化學物質管理架構與策略

(三) 第三期：低危害物質評估

本期計畫預計於 2016~2020 年執行，評估對象除了原被分類為低危害的 1,500 種化學物質外，亦將納入風險評估優先性辨識方法(IRAP)建議應評估之化學物質，並採用新的評估方法衡量其危害潛勢，以持續蒐集與更新評估所需之資料，確保 CMP 計畫之執行效益。

3.1.4 日本

日本化學物質管理法規主要可分為毒物及劇物取締法（以下簡稱毒劇法）及化學物質審查及製造管理法（以下簡稱化審法），其中毒劇法係以維護化學物質運作之職業及工業安全為管理目標，主要關切對象為毒物及劇物等具明確危害性之化學物質。化審法則以防制化學物質污染環境生態與人體健康為出發點，並透過系統性之評估架構，將所有既有化學物質與新化學物質納入管理範疇，茲詳述其整體管理架構如后。

一、法規管理制度

日本政府於 1973 年即已完成化審法的制定與公告實施，開啟以政府為主體的化學物質評估管理架構，並以厚生勞動省及經濟產業省為化學物質管理之主要權責單位。起初法規之管理對象以新化學物質為主，管理方式則為透過評估化學物質之持久性、生物累積性及毒理等，將具顯著危害性之化學物質加以列管理，並同時禁止第一種特定化學物質的製造與進口，如 PCB 類物質。化審法實施十餘年後，日本政府於 1986 年增列第二種特定化學物質，將不具生物累積性但具有廣域分布特性及環境殘留性之化學物質納入管理，此類化學物質因具難分解之特性而可能肇致長期生物毒性，進而對人體健康及生態環境造成危害，如三氯乙烯等。

鑒於化學物質危害評估及運作管理涵蓋多面向之行政工作，日本政府遂於 1999 年改組時將環境省納入化審法的權責管理單位，並與經濟產業省及厚生勞動省共同推動全國性的化學物質評估管理。同時日本政府亦實施列管污染源排放移動申報制度（pollutant release and transfer register, PRTR），開始建置化學物質釋放及運作方式等相關基礎資料。此外，日本政府在化學物質的評估管理上逐漸納入環境生態影響評估之思維，並於 2003 年修正化學物質評

估方法，將化學物質實際排放量及運作方式列為評估要項，並增列相關生態毒性評估試驗，並新增化學物質之分類包含第 1、2、3 種監視化學物質等。

最近一次修法則為於 2009 年順應國際化學物質管理之趨勢，參考歐盟化學物質管理的精神，將化學物質之風險控管責任轉移至企業，規範企業需於運作化學物質時向政府申報相關資料。另亦參酌國際化學品管理策略方針（SAICM），導入預防性原則評確保所有化學物質之安全使用，故亦將既有化學物質納入評估範疇。

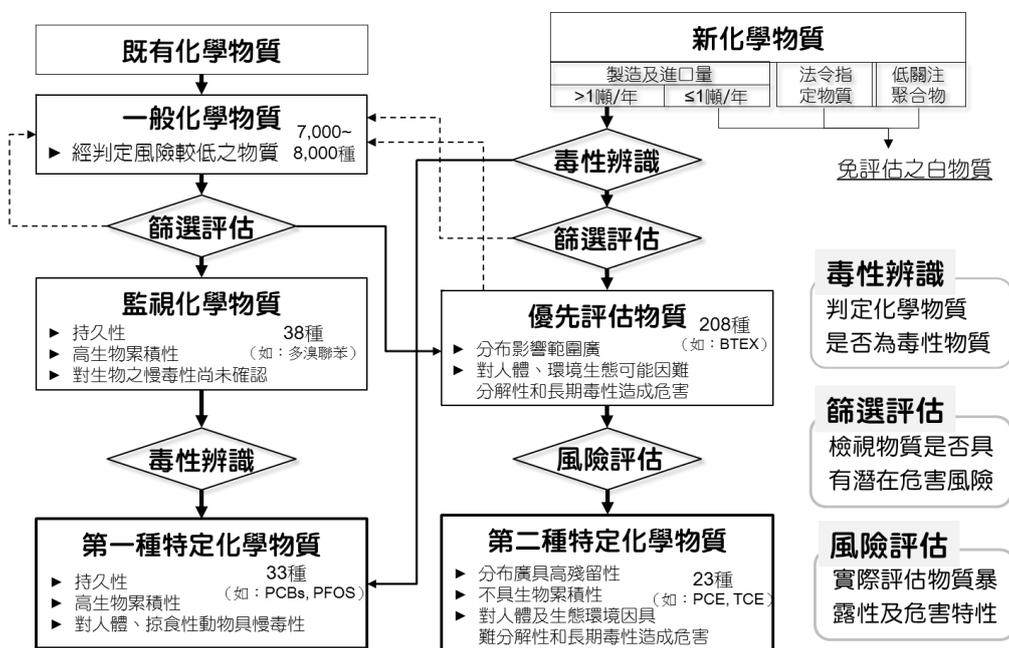
二、科學性評估及分類管理化學物質

綜觀日本化學物質管理策略之發展歷程，起初僅針對新化學物質進行管理，2009 年修法將既有化學物質納入評估範疇，勢必將大幅提高評估人力及各方面資源的投入，惟考量政府有限的人力編制，尚難執行所有化學物質之風險評估作業，但若要求企業需繳交評估資料，亦將提高企業成本支出，而可能削弱其競爭力。爰此，日本政府採行具層次性之科學性評估方法，利用篩選評估分類出確實需關切之之化學物質，已減少實際之評估作業量，以避免對於政府及企業管理資源的排擠。

日本化學物質評估整體架構如圖 3.1-4，主要執行策略為透過階段性評估與危害特性將化學物質加以分類，並將具實質危害性者列為第一種或第二種特定化學物質，以增加管理強度。階段性評估作業主要可分為兩階段，第一階段為毒性辨識及篩選評估作業，其中被認定具有危害潛勢之化學物質將列為監視化學物質或優先評估物質。第二階段則將納入長期毒理試驗資料，以評估監視化學物質是否達到第一種特定化學物質之標準，另針對優先評估物質則將再納入實際排放資料，以辦理風險評估作業判定其是否需納入第二種特定化學物質之管理範疇。

總結而言，化學物質的評估分類結果將決定其所需對應之行政管理措施（表 3.1-2），而為妥善管理新化學物質及既有化學物質，日本政府則採預防性之管理策略，要求新化學物質於上市前需執行毒性測試，以確認是否有必要直接納入第一種特定化學物質之管理範疇。另針對具毒性或危害性較高之第一種及第二種特定化學物質，則採許可制或相關管制措施，以降低環境釋放量，而毒性或危害等級尚未達到特定化學物質之標準，但仍具有潛在危害之

優先評估物質及監視物質，日本政府則要求企業需揭露化學物質的毒性資料、並需申報相關運作資料及製作技術手冊，以確保化學物質運作之安全性。



註：1. 既有化學物質係指 1973 年化審法實施前於日本市面流通之化學物質；
2. 各類物質數目參考自日本 J-check 網站公佈資料 (2018 年 6 月)。

圖 3.1-4 日本化學物質評估及分類管理架構

表 3.1-2 日本化學物質分類管理方式

物質種類	政府管理策略	政府管理方式
既有化學物質	納入化審法管理	檢視物質年運作量資料，當到達 1 噸時即列為一般化學物質
一般化學物質	概略瞭解物質使用方式	逐年檢視物質是否達篩選評估標準
新化學物質	於上市前完成物質毒理性質確認	要求業者申報物質類別、製造量及運作量資料，並審核業者資料之正確性
監視化學物質	詳細瞭解物質使用方式	要求業者申報製造、輸入量資料及物質使用方式
第一種特定化學物質	禁止物質排放至環境	原則上禁止製造或輸入，採許可制管理
優先評估化學物質	詳細調查物質毒性並瞭解使用方式	1. 要求業者申報製造 / 輸入量資料及物質使用方式 2. 要求業者辦理物質之毒性調查 3. 要求業者揭露指定類型物質之毒性資訊
第二種特定化學物質	控制物質排放至環境	1. 需通報預定及實際之製造/輸入量 2. 政府必要時得要求業者減少物質使用 (order to change the prospect volume as necessary) 3. 製作運作技術指南及說明

參考資料：Ministry of the Environment. 2014. Latest Development of Chemical Substances Control Law in Japan. Open Seminar on Chemicals Management Policies. 2014/11/13.

三、層次性風險評估及資料收集方式

日本對於化學物質的風險評估作業係由政府主導，並大致可分為毒性辨識、篩選評估及風險評估等三類。毒性辨識係針化學對物質之毒理特性進行評估，將依據化學物質的毒性試驗結果以及政府發布之準則，判定化學物質的毒性及其分類管理方式。而一般化學物質與未具明確毒性之新化學物質則需辦理篩選評估作業，以綜合危害性及暴露量評估其潛在風險，並挑選出應執行風險評估的優先化學物質。風險評估作業則分為四個層次，依其評估層次的提昇逐步納入評估所需之資料，政府可依不同評估階段之需求，要求業者提交相關資料，如毒性資料、實際運作量與使用資訊等。此一評估方法的特點為有效集中管理資源於風險危害潛勢較高者，並於資源有限的情況下務實的向業者取得其所關切之評估資料，以供評估管理作業之所需。

3.1.5 韓國

韓國舊有之毒性化學物質管理法僅將新化學物質納入管理範疇，並僅著重於毒性化學物質的管理，並無針對既有化學物質進行管理。為與國際化學物質管理發展趨勢接軌，韓國政府遂於 2015 年修正相關法令，建立以化學物質註冊與評估法(Act on the Registration and Evaluation of Chemical Substances, K-REACH)為主，化學物質管理法為輔之管理架構。K-REACH 為參酌歐盟 REACH 法案管理精神所制定，故其管理範疇將不限於新化學物質與毒化物，既有化學物質亦將納入管理，並將著重於化學物質的危害控管與意外應變之處理。茲說明韓國化學物質管理之權責分工與管理架構如后。

一、權責分工

韓國化學物質之管理與協助執行單位主要由韓國環境部 (Ministers of Environment, MoE)、韓國國家環境研究院 (National Institute of Environmental Research, NIER)、韓國職業勞動部 (Ministers Of Employment and Labor, MOEL) 與韓國化學品管理協會 (Korea Chemicals Management Association, KCMA) 所組成，茲分別說明如后。

(一) 韓國環境部 (MoE)

韓國環境部為化學物質註冊與評估法之主要權責單位，負責化學物

質管理政策制度推動及化學物質註冊或登錄之管理，並可依法要求廠商針對有風險疑慮之化學物質提交更多評估資料。韓國環境部並同時負責整合韓國既有化學物質清冊（Korea existing chemistry inventory, KECI），並規範毒化物之授權、限制或禁止使用等管制措施。

(二) 韓國國家環境研究院（NIER）

韓國國家環境保護研究院為韓國環境部轄下之研究機構，其於 2007 年成立化學物質評估組，並受韓國環境部所委託負責風險評估方法開發所需之相關研究，如風險評估方法之建立、評估模式開發、化學物質使用量資訊公開、環境流布調查、毒性測試等，並需協助辦理廠商依 K-REACH 法提交登錄資料之審查等。

(三) 韓國職業勞動部（MOEL）

韓國職業勞動部於化學物質管理制度中，負責與韓國環境部共同建立並管理韓國既有化學物質清冊（KECI），目前共收錄約 45,000 種化學物質。另韓國職業勞動部亦需負責 GHS 物質安全資料表與分類標示知管理，與我國勞動部性質類似。

(四) 韓國化學品管理協會（KCMA）

韓國化學品管理協會為由廠商組成之非官方組織，於化學物質管理制度中的主要工作為協助業者掌握國內與國際化學品管理法規之最新訊息及輔導辦理登錄註冊作業，並推動相關專業人員之教育訓練。

二、管理架構

K-REACH 法所採行的管理架構如圖 3.1-5 所示，原則上與歐盟 REACH 法案相似，大致可分為廠商註冊、審查與鑑別、風險評估、授權及限制與禁止等四大步驟，茲分項說明如后。

(一) 註冊

K-REACH 法參酌歐盟之管理經驗，將註冊方式分為預註冊（pre-registration）、單一代表（only representative）與聯合提交（joint submission）等三類，以適度減輕廠商所需擔負的責任與相關花費。於資

料提交之規範上，廠商資訊、物質名稱、用途、分類與標示、物化特性、危害性及安全使用指南等皆為必要之項目，惟所需繳交資料之詳細度將隨年使用量的增加而逐步提昇。另針對年使用量達 100 噸以上的化學物質，除了前述必要項目外，亦需依據化學物質所有可能的使用情境製作化學物質安全評估報告（CSR），報告內容需包括化學物質的物化特性、毒理資訊、暴露資訊、相關用途與風險評估的過程及結果等，此一由廠商所提交的報告將作為 NIER 執行危害性鑑別及風險評估之依據。此外，若 NIER 於風險評估過程中需要更多額外資訊時，亦得要求廠商協助提供。

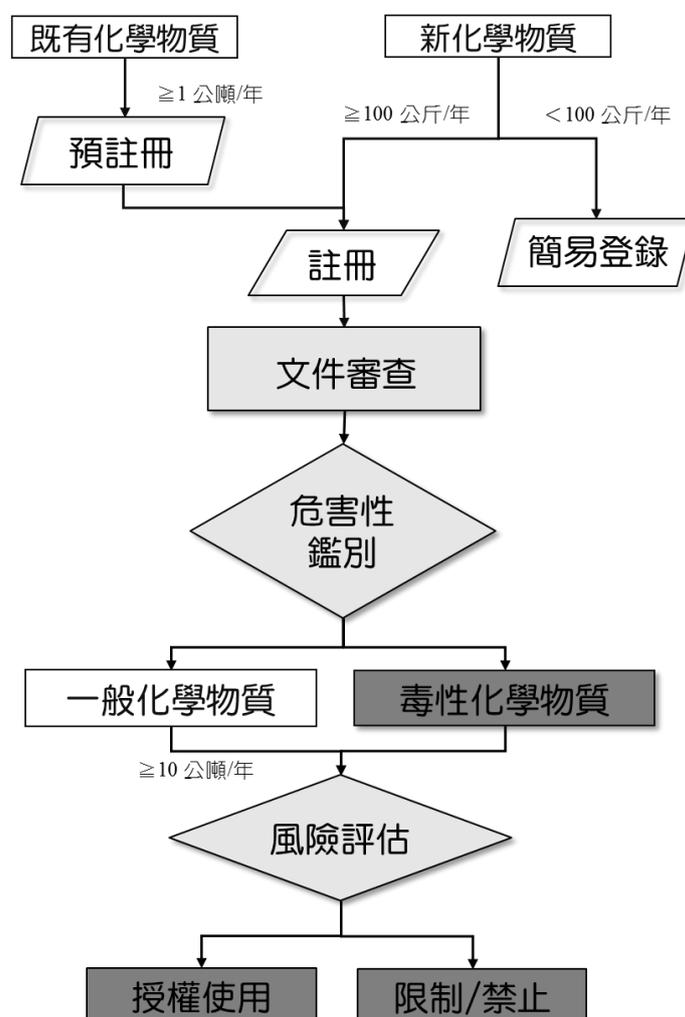


圖 3.1-5 韓國化學物質註冊與評估法管理架構

(二) 審查與鑑別

廠商所繳交的化學物質註冊資料，需先由進行文件之審查，以確認資料之完整性，待審查通過後即可完成註冊審查程序，廠商遂可開始進行貿易、製造、進口等使用行為，同時 NIER 亦會開始啟動危害性鑑別，其所需之時程約為 0.5~1 年不等。

危害性鑑別 (hazard Examination) 係由 NIER 負責辦理，其將藉由化學物質的人體健康及環境生態毒性資料，判定是否需列入毒性化學物質清單，以進行後續管理，如進出口申報及運作許可等。此外，若 NIER 於評估過程中需要額外資料時，可依法要求廠商提供補充資料。最終鑑定評估報告 (hazard assessment report) 將會提供予廠商作為註冊資料，並同時向大眾公開。

(三) 風險評估

風險評估程序係由 NIER 負責執行，與危害性鑑定作業步驟相同，若 NIER 需要額外資料，亦可要求廠商提供更多資料。依規定需進行風險評估之化學物質有二類，一為經危害性鑑別判定為毒化物者，二為年使用量大於 10 公噸之化學物質。惟考量使用量大於 10 公噸的化學物質數量眾多，為避免耗盡政府有限的評估資源，因此將篩選環境暴露風險較大者，優先執行風險評估作業，目前韓國政府係利用年使用量作為篩選依據，預定將於 2020 年開始針對年使用量 10 噸以上之化學物質進行風險評估。

(四) 授權、限制與禁止

經風險評估認定為具危害之虞或具不可接受風險者，則將透過授權、限制或禁止等管制作為，以有效控管所有可能的風險。授權係針對經危害性鑑定或風險評估判定為具致癌性、致畸性、不利生育及干擾內分泌、或對於人體及生物具有高生物累積潛勢之化學物質，此類化學物質於製造、進口及使用等各項運作行為上皆需經由韓國環境部授權。限制化學物質則指經風險評估認定為有風險或受國際公約規範者，其相關運作行為皆受限制，需提前申請並取得許可後才可開始運作。禁止化學物質則為經風險評估且為國際公約明訂禁止使用及製造者，除實驗、測

試與研究等用途可向韓國環境部申請取可外，其他運作行為如製造、進口、銷售、儲存與運輸等皆被禁止。

3.1.6 中國

中國化學物質的管理制度分為四個面相，包含有毒化學品進出口管理、持久性有機污染物之管制、危險化學品安全管理及新化學物質登錄管理（環保署，2016），茲分別說明如后。

一、有毒化學品管理

有毒化學品進出口管理由中國商務部、海關總署及生態環境部等跨部會合作，以保護人體健康及生態環境，加強有毒化學品進出口之環境管理。

二、持久性有機污染物管理

持久性有機污染物（persistent organic pollutants, POPs）之管制，係依據「聯合國持久性有機污染物斯德哥爾摩公約」，由生態環境部主辦，設立管理目標協調各部會執行「國家實施計畫」，並研擬 POPs 排放源申報機制與相關管制作為。

三、危險化學品安全管理

中國國務院於 2011 年修訂危險化學品安全管理條例，規範各部會之管理權責，要求各部會需制定相關法規標準。為與國際接軌，中國工業和信息化部即依據化學品分類及標示全球調和制度（GHS）制定中國國家標準，以作為化學物質危害性分類及分級管理之依據。另中國生態環境部為履行環境保護之責，於 2012 年頒布危險化學品環境管理登記辦法，要求業者需向環保主管單位登記並申報危險化學品之運作行為，其中針對重點環境管理危險化學品，更進一步規定業者需額外提交化學物質釋放與轉移報告、環境影響評估及風險控制管理計畫等，供環保主管單位追蹤與管理（環保署，2016）。

四、新化學物質申報管理

中國對於新化學物質的管理始於 2003 年中國生態環境部所發布之新化學物質環境管理辦法，其採用申報登記、危害評估及管制等方式進行管理。法案中以「中國現有化學物質名錄」區分既有化學物質與新化學物質，2003

年 10 月 15 日前於中國境內合法生產或進口之化學物質皆被認定為既有化學物質。2010 年中國參考國際化學物質管理策略之發展趨勢進行修法，修正後的新化學物質環境管理辦法仍承襲原有之源頭管理方式，並再納入科學性之風險評估與風險審查機制。

中國現行之新化學物質管理制度與歐盟 REACH 法案管理制度大致相仿，主要的差異在於中國僅將新化學物質納入管理範疇，惟其申報門檻較歐盟嚴格，年運作量超過 1 噸之新化學物質就必須提出風險評估報告。申報作業之主管機關為中國生態環境部轄下之固體廢棄物與化學品管理技術中心，整體作業流程如圖 3.1-6 所示，其中申報制度及風險審查機制皆需依照「新化學物質申報登記指南」辦理，申報方式則依化學物質之用途與運作量而可分為常規申報、簡易申報及科學研究備案申報等三種，茲說明如后。

(一) 常規申報

適用對象為年運作量超過 1 公噸之新化學物質，業者需提出新化學物質危害通識資料及生態毒理之測試報告，並需執行新化學物質之風險評估，包含危害評估及暴露評估等，以鑑定新化學物質對於環境生態及人體健康之風險，並需提出相對應之風險控制措施。資料提交要求則採行分級管理方式，即高運作量之化學物質需申報愈多且愈詳細的資料。

(二) 簡易申報

適用對象為年運作量低於 1 公噸之新化學物質，除了簡易申報表外，業者僅需繳交新化學物質之生態毒理學特性測試報告。

(三) 科學研究備案申報

適用對象為以科學研究為目的進口且年運作量低於 0.1 公噸之化學物質。

主管機關於接受提交申請後，即會召集跨領域專家組成評審委員會，審查業者提交資料之完整性，並審閱其正確性與合理性，並依據化學物質的風險程度判定分級並決定其後續所需採行之風險管理措施。經審查通過之化學物質將核發運作許可證，待運作滿五年後，則將納入中國現有化學物質名錄中進行管理。

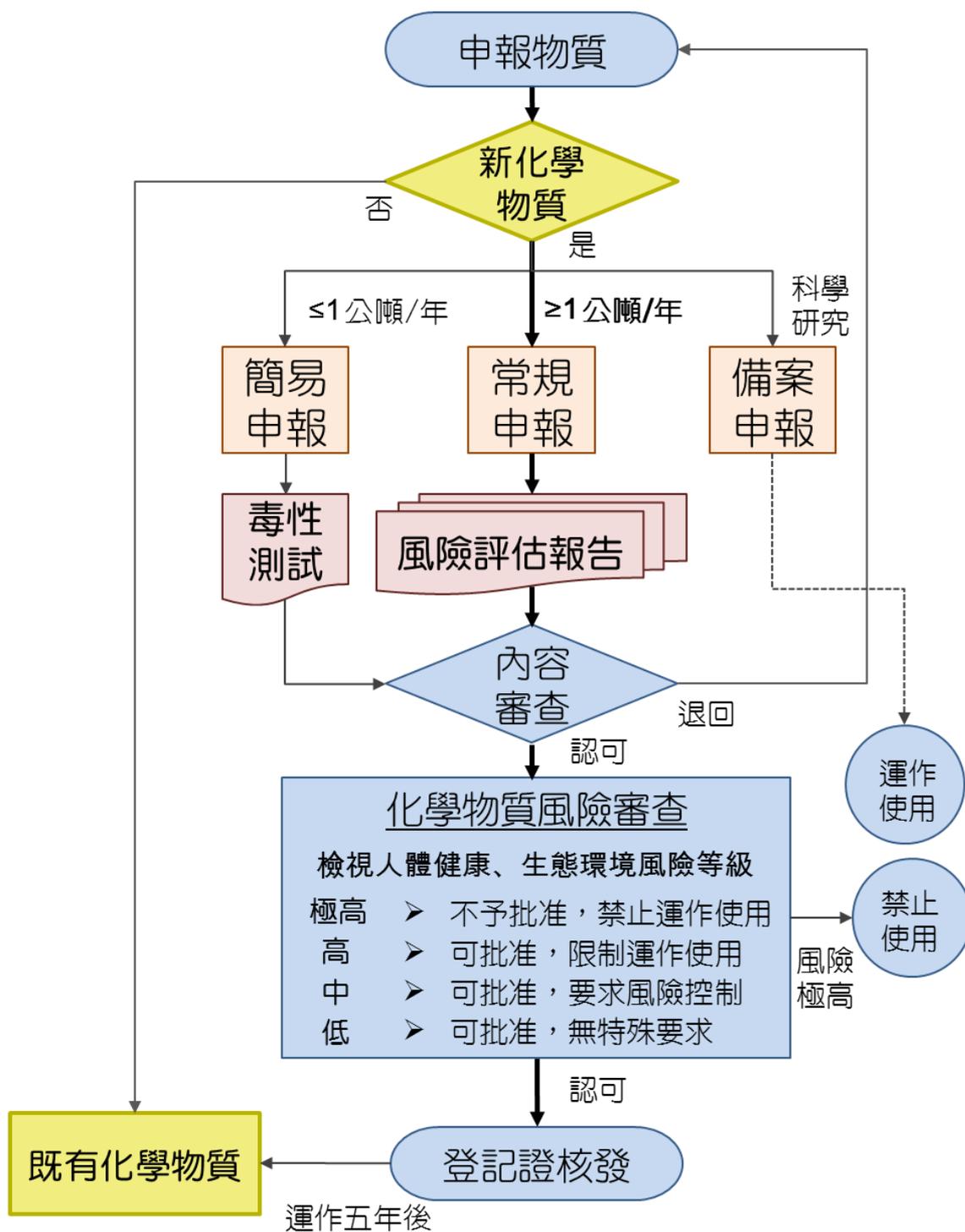


圖 3.1-6 中國大陸新化學物質之申報流程

3.2 篩選評估作業原則

篩選評估係指透過設定若干條件或情境，以及運用現有可取得之物質特性資料，挑選出對於人體健康或環境生態最具危害風險之化學物質，並加強管理或進一步辦理風險評估確認其影響程度。綜觀各國化學物質管理概況（3.1 節）可知，篩選評估已成為整體管理架構中不可或缺的重要組成部分，如歐盟、美國、加拿大、日本與韓國等皆已建立相關作業準則並已執行多年。本計畫已蒐集彙整各國篩選評估作業相關資料（附件二），茲摘錄重要內容比較說明如后（表 3.2-1）。

一、評估目的與後續管理作為

普遍而言，各國執行篩選評估之目的係為全面性且系統性的檢視所有化學物質的潛在風險，並依風險程度之高低進行排序，作為後續調查評估工作執行之優先順序，以有效運用政府有限的管理資源於最有必要之對象。由此可知，篩選評估的作業原則包含有效綜整目前可取得之特性資料、並以風險為基礎進行鑑定與排序等，意即需綜合考量危害性與暴露潛勢之影響，與傳統毒化物管理僅考量危害性之思維大不相同，過往因毒性低而被排除的高用量化學物質也將納入管理。另各國篩選評估皆有明確對應的後續管理作為，以確保評估結果於整體管理架構的可應用性，如歐盟將篩選出的高風險物質列入 CoRAP 清單，並要求各會員國需辦理風險評估，以確認其實質風險，針對具明確危害性者則直接納入授權限制作業管理，資料不足者則可要求廠商進一步蒐集更多資料，以供各項評估工作之所需。

二、評估對象與資料來源

由表 3.2-1 可知，各國篩選評估作業所需資料之來源大致可分為三大類，包含業者提交的註冊資料或申報資料、政府單位所辦理的環境監測調查資料、以及國內外相關資料庫等。於評估對象上各國的差異性則較大，歐盟與韓國以依法需辦理註冊之化學物質為主（包含新化學物質與既有化學物質），日本的海選清單來源則為所有受化審法管理之既有與新化學物質，加拿大則以國內已有使用紀錄且年用量大於 100 公斤者為評估對象，近年亦新增納入欲上市之新化學物質，美國則為國內外研究或毒理資料庫列示可能具危害潛勢者。整體而言，各國普遍以國內運作使用情形作為評估之主要基礎，其他

外部資料庫為輔，顯示於化學物質管理工作上本土化資料蒐集與建置之重要性，以暴露潛勢資料為例，由於各國產業發展重點與污染排放管理架構不盡相同，因此各項化學物質於用途、使用量與環境釋放量等暴露因子上之差異甚大。然而於危害性資料上，因其主要受化學物質本身特性所影響，故無地區性之差別，而可善加利用國際間已有建立之研究資料。另於評估對象上，為符合各國運作使用之特性，並利於取得相關評估資料，亦多以國內曾有使用紀錄或將來預定使用且已受法規規範之化學物質為海選清單之主要來源。

三、考量面向與評估項目

由於各國普遍均以風險作為評估作業原則，因此於考量面向上主要可分為暴露潛勢、以及人體健康與環境生態危害性等（表 3.2-1），另亦納入近年國際間所關注的內分泌干擾物質（endocrine disrupting chemicals, EDCs）與持久性、生物累積性及毒性（PBT）等議題。茲列示各考量面向所關切之評估項目如下：

1. 暴露潛勢：運作廠商數、製造量、使用量、各環境介質釋放量、用徒、廣泛使用性、環境釋放與人體接觸潛勢等
 2. 人體健康危害性：急毒性、慢毒性、亞急/亞慢毒性、致癌性、致突變性、致畸性 / 基因毒性、神經毒性、生殖毒性、發育毒性、致呼吸道敏感性、特定目標器官毒性等
 3. 環境生態危害性：魚類、水蚤等水生生物、鳥類生長急/慢毒性、土壤生物毒性、預測無效應濃度（predicted no effect concentrations, PNEC）等
 4. 持久性與生物累積性：半生期、辛醇-水分配係數（octanol-water partition coefficient, K_{ow} ）、辛醇-空氣分配係數（octanol-air partition coefficient, K_{oa} ）、生物濃縮係數（bioconcentration factor, BCF）、生物累積係數（bioaccumulation factor, BAF）、生物-底泥累積係數（biota-sediment accumulation factor, BSAF）、pH 水解性、生物降解性、好氧性污水處理分解性等
 5. 內分泌干擾物質：證據權重法，如結構相似度及生物檢定方法等
- 整體而言，各國所採用之評估項目大同小異，惟於評估準則之差異性較

大，以各國化學物質環境生態危害、以及持久性與生物累積性之評估準則為例（表 3.2-2），歐盟與韓國針對底泥所設定之半生期準則為 120 或 180 天，而加拿大則較高為 365 天；於水生生物急毒性上，加拿大及韓國為 1 mg/L、歐盟為 0.1 mg/L、美國分級之最嚴標準為 10 mg/L；歐盟生物濃縮係數（BCF）為 2,000、美國分級之最嚴標準為 1,000、加拿大則為 5,000。此一評估準則上之差異主要源自於各國管理資源運用與篩選評估策略之不同，詳見以下說明。

四、篩選策略

整體而言，各國篩選評估策略係為配合其管理需求並提昇政府管理資源之運用效率所擬定，如於評估方法上，歐盟採用情境式篩選，即先篩選出高危害性者，再排除低暴露潛勢者，另美國、加拿大與日本皆採用量化分級方法，同時考量暴露潛勢與危害性之影響，並可依分級結果將眾多化學物質加以排序，而除了藉由較為簡單明確的準則或分級方式進行評估，歐盟、加拿大與日本亦有建立專家審閱機制，以確保篩選評估結果之合宜性。另於作業流程上又以加拿大較為特別，因其化學物質全面性管理工作起步的比較早，故於篩選評估作業上分為二階段，第一階段評估目的為系統性的分類，第二階段再執行危害風險之初步評估工作，整體作業方法相較於各國亦較為複雜，加拿大政府也為此發展評估模式作為管理工作之輔助（詳 3.4 節說明）。另美國則採用層次性評估方法，先利用其最關切之評估項目建立候選清單，如是否用於兒童用品中或是否具兒童健康危害等因子，再以量化分級方式進行篩選評估。

鑒於化學物質不斷推陳出新且使用運作情形可能隨產業變化趨勢而有所變動，因此各國篩選評估作業原則或結果皆需逐年滾動式的更新及檢討，以有效因應此一化學物質管理之課題，以歐盟為例，歐盟化學總署每年度皆會更新篩選情境之定義文件，並於近年導入群組化篩選概念，以提昇評估階段既有資料的可應用性及整體作業效率。另於評估資料的取得上，各國普遍建議若目前既有資料缺乏實測值時，則可以模式模擬值或外部資料替代，以利篩選評估作業之執行。另加拿大政府亦會參考引用國際間提出之低危害性或高運作量物質清單作為排除或比較依據，以增進評估結果之可靠性。

表 3.2-1 各國化學物質篩選評估作業原則比較 (1/2)

國家	歐盟	美國	加拿大	日本	韓國
評估目的	篩選出潛在風險較高者並加強評估管理	篩選出潛在風險較高者並加強評估管理	系統性分類化學物質危害程度作為分階段評估依據	篩選出潛在風險較高者並加強評估管理	篩選出具明確危害者並加強評估管理
評估資料來源	<ul style="list-style-type: none"> 業者提交之註冊資料 各國相關資料庫 	<ul style="list-style-type: none"> 業者申報資料 環境監測調查資料 國內外相關資料庫 	<ul style="list-style-type: none"> 既有化學物質資料數據 國內外相關資料庫 	<ul style="list-style-type: none"> 業者申報資料 環境監測調查資料 國內外相關資料庫 	<ul style="list-style-type: none"> 業者提交之註冊資料 國內外相關資料庫
海選清單	<ul style="list-style-type: none"> 依 REACH 法案規定辦理註冊者(包含新化學物質與既有化學物質) 受其他法規列管者 	國內外研究或毒理資料庫列示可能具危害潛勢者	國內已有使用紀錄且年用量大於 100 公斤者、新化學物質	受化審法管理之既有化學物質及年用量大於 1 公噸之新化學物質	依 K-REACH 法規定辦理註冊者(包含新化學物質與既有化學物質)
考量面向與評估項目	<ul style="list-style-type: none"> 暴露潛勢：使用量、用途、廣泛使用性、環境釋放與人體接觸潛勢等 人體健康危害：致癌性、致突變性、生殖毒性、致呼吸道敏感性、特定目標器官毒性等 環境生態危害：半生期、K_{ow}、K_{oa}、BCF、BAF、BSAF、水生生物急/慢毒性、土壤生物毒性等 內分泌干擾物質：證據權重法，如結構相似度及生物檢定方法等 	<p>1. 候選清單</p> <ul style="list-style-type: none"> 具致癌性、PBT、兒童健康危害(生殖、發育毒性)、神經毒性、被用於兒童用品中、或曾有生物監測資料者 <p>2. 量化分級</p> <ul style="list-style-type: none"> 暴露潛勢：使用方式、環境暴露程度、釋放量、製造量、運作廠商數、釋放潛勢 人體健康危害：哺乳動物急性、致癌性、致畸性/基因毒性、生殖毒性、發育毒性、神經毒性、慢毒性、致呼吸道敏感性 環境生態危害：水生生物急/慢毒性等 持久性與生物累積性：半生期、BCF、BAF 	<p>1. 分類評估</p> <ul style="list-style-type: none"> 暴露潛勢：運作量、廠商數量、運作暴露程度等 人體健康危害：致癌性、基因毒性、發育毒性及生殖毒性等 環境生態危害：半生期、K_{ow}、BCF、BAF、水生生物急/慢毒性等 <p>2. 危害性篩選評估</p> <ul style="list-style-type: none"> 環境危害風險：環境流布傳輸特性、生物累積效應、劑量反應濃度等 人體暴露風險：環境流布傳輸特性、消費者直接接觸潛勢等 	<ul style="list-style-type: none"> 人體健康危害：一般毒性，生殖發育毒性，致突變性、致癌性等 環境生態危害：水生生物急/慢毒性、K_{ow}、BCF、PNEC 等 暴露潛勢：空氣與水域環境釋放量等 	<ul style="list-style-type: none"> 人體健康危害：急毒性、致癌性、致畸性、生殖毒性、亞急/亞慢毒性 環境生態危害：魚類、水蚤、鳥類生長之急/慢毒性 持久性與生物累積性：半衰期、pH 水解性、生物降解性、好氧性污水處理分解性、K_{ow}、BCF 等

表 3.2-1 各國化學物質篩選評估作業原則比較 (2/2)

國家	歐盟	美國	加拿大	日本	韓國
篩選策略	<ol style="list-style-type: none"> 採情境式篩選：先篩出高危害性者，再排除低暴露潛勢者 導入群組化篩選概念 初步所得篩選結果需再經由專家人工審閱 逐年滾動式檢討更新作業方法與篩選結果 缺乏實測資料時，可以模擬預測值或外部資料替代 	<ol style="list-style-type: none"> 採層次性評估方法：先建立候選清單再量化分級 量化分級採保守性評估並平均考量各關切面向 逐年滾動式檢討更新篩選結果 缺乏實測資料時，可以模擬預測值替代 	<ol style="list-style-type: none"> 由環境部與衛生部依權責分工執行相關工作 採二階段辦理：先系統性的分類，再依危害性之高低分階段評估風險潛勢 綜合運用量化分級與專家人工審閱方法 參考國際間提出之低危害性或高運作量物質清單作為排除或比較依據 運用評估模式並設定暴露情境及參數作為輔助 	<ol style="list-style-type: none"> 篩選評估前需先執行毒性辨識 綜合考量危害性與暴露潛勢，並以矩陣呈現分級結果 逐年滾動式檢討更新篩選資料、方法與結果 缺乏實測毒理資料時，建議以 QSAR 推估，並由各部會專家審核分級結果 於作業指引中提出不同運作使用方式之排放係數以估算環境釋放量 分類為類別外者，由各部會專家以人工審核 	<ol style="list-style-type: none"> 本階段評估以毒化物之認定為主，故僅考量危害性 針對無明確危害性者，將再依據年使用量排定辦理風險評估之順序 評估項目皆有對應之 OECD 分析方法
後續管理作為	列入 CoRAP 清單辦理風險評估、採行必要措施或進一步蒐集更多資料	評分等級為高者列入優先評估清單辦理風險評估、資料不足者需再蒐集更多資料	認定具危害之虞者需辦理風險評估、採行必要措施、或列為毒化物管理	列為優先評估物者需辦理風險評估	認定為毒化物者需辦理風險評估、其他物質則需依暴露潛勢決定是否需評估

參考資料：1. European Chemicals Agency. 2017. Screening Definition Document-scenarios to be implemented for searching potential substances of concern for substance evaluation and regulatory risk management.
 2. US EPA. 2012. TSCA Work Plan Chemicals: Methods Document.
 3. Health Canada. 2016. Canada's Categorization of Existing Substances under CEPA 1999. PAHO Workshop. Lima. Peru. November 8-10, 2016.
 4. 經濟產業省，2011，化審法におけるスクリーニング評価手法について。
 5. 韓國國家環境研究院，2017，화학물질의 위해성에 관한 자료 작성지침 (化學物質評估數據指南)。

表 3.2-2 各國化學物質環境生態危害篩選評估準則比較

考量面向	評估項目	歐盟	美國	加拿大	日本	韓國
持久性	半生期	鹹水水域：>60 天 淡水水域：>60 天 土壤：>120 天 鹹水水域底泥：>180 天 淡水水域底泥：>120 天	分級標準： >6 個月、2~6 個月、 <2 個月	空氣：>2 日 水體：>6 月 土壤：>6 月 底泥：>1 年	—	海水水域：>60 天 淡水水域：>40 天 土壤：>120 天 海水水域底泥：>180 天 淡水水域底泥：>120 天
生物累積性	K _{ow}	Log K _{ow} 4~7	—	Log K _{ow} = 5	第一種分級標準： 藻類急毒性：>2、≤2 水蚤急毒性：>10、≤10 非水蚤急毒性：>1、≤1 魚類急毒性：>10、≤10 慢毒性：>0.1、≤0.1 第二種分級標準： 慢毒性：0.1~1、≤0.1 第三種分級標準： BCF ≥ 500 或 log K _{ow} ≥ 4 且急毒性 10~100、慢毒性 0.1~1 或急毒性 1~10、慢毒 性 ≤ 0.1 或急毒性 ≤ 1	4.7 < LogK _{ow} < 7.6 (B) 5.2 < LogK _{ow} < 7.1 (vB)
	K _{OA}	Log K _{OA} ≥ 5 且 Log K _{ow} ≥ 2	—	—		—
	BCF	First cut-off value : BCF ≥ 2,000 Second cut-off value : BCF, BAF, BSAF ≥ 1,000	分級標準： > 5,000、1,000 ~ 5,000、<1,000	>5,000		>2000 (B)、>5,000 (vB)
	BAF			>5,000		—
	BSAF			—		—
—				—	—	
毒性	水生急毒性 (mg/L)	<0.1	選用所有水生動物 (魚、無脊椎生物、植物) 中 LC ₅₀ 實驗值最低者 (急毒性) 或 EC _x /NOEC 比值 (X ≥ 10) 最低者 (慢毒性)	分級標準：<10、10~100、>100 (LC ₅₀ 或 EC ₅₀)	<1 (LC ₅₀ 或 EC ₅₀)	<1 (魚類、水蚤 LC ₅₀ (96hr))
	水生慢毒性 (mg/L)	<0.01	同上	分級標準：<1、1~10、>10 (LC ₅₀ 或 EC ₅₀)	<0.1 (NOEC)	<0.01 (魚類、水蚤 NOEC)
	土壤生物毒性	EC ₁₀ /NOEC < 6 mg/kg-dw		—	—	—
	PNEC (mg/L)	—		—	—	分級標準：>1、0.1~1、0.01~0.1、0.001~0.01、<0.001

參考資料：同表 3.2-1。

3.3 風險評估方法

由 3.1 節各國化學物質管理概況可知，風險評估係為接續前一篩選評估步驟所執行，即針對其所挑選出的高風險化學物質（3.2 節），進一步以科學性的量化評估方法，描述化學物質於目前或未來的使用情形下所可能造成之人體健康或環境風險，以作為衡量現有管理措施是否充足之依據，若否則需採取必要之法規管理作為。由此可知，風險評估於整體管理架構中扮演著極為重要關鍵的角色，其除了可整合運用與科學性的分析註冊及申報制度所蒐集的大量資料外，相關評估結果亦可作為政府管制成效檢核、風險管理溝通、以及危害控制等工作執行之基礎。為使各界於執行風險評估工作時有所遵循，各國多已有建立相關方法技術文件，本計畫已蒐集彙整先進各國化學物質風險評估方法之相關資料（附件二），茲摘錄重要內容比較說明如后（表 3.3-1）。

一、評估目的與主要步驟

普遍而言，各國執行風險評估之目的均為確認化學物質現有使用情形是否有危害人體健康或環境之虞，而評估對象則大多包含已被使用之既有化學物質，以及未來可能使用的新化學物質（表 3.3-1）。各國風險評估作業之步驟雖不完全相同，但仍可大致分為資料蒐集或範疇界定、危害評估、暴露評估、風險特性描述等四大項。以歐盟為例，其採用之風險評估方法論係參考歐盟化學局於 2003 年發表的 *Technical Guidance Document on risk assessment*（TGD）（圖 3.3-1），首要步驟為儘可能的蒐集現有與化學物質特性相關之資料（*information gathering*），包含物化性質、環境流布宿命、人體毒性、生態毒性、使用方式、暴露途徑與風險管理措施等，並須審慎評估各項資料的可靠性、充分性與完整性，若有不足之處則須規劃辦理相關試驗計畫。

接續執行之效應評估（*effect Assessment*）係涵蓋美國國家研究委員會於 1983 年發表之紅皮書中，所訂定之風險評估四大要素中的危害鑑定（*hazard identification*）與劑量反應評估（*dose-response assessment*）。其中危害鑑定主要目的為評估化學物質是否會對人體健康或環境生態造成不良影響，而劑量反應評估則為建立暴露劑量與不良影響發生之比例關係式，如利用各項毒性實驗所建立之無可見作用濃度（*no observed effect concentration, NOEC*）或最低可見有害作用濃度（*lowest observed adverse effect concentration, LOEC*）資

料，鑑定出化學物質於各類環境介質的預測無效應濃度（PNEC）。

暴露評估（**exposure assessment**）則為估算人體或生物在目前或未來的環境狀態可能遭受的暴露劑量，其中針對人體之評估包含職業暴露（**occupational exposure**）、消費者暴露（**consumers**）與經由環境之暴露等類型。而屬於本計畫所關切之環境風險評估範疇的暴露評估係為可能同時影響人體與生物之環境暴露評估（**environmental exposure assessment**），其作業流程包含暴露情境決定、釋放量評估、環境流布評估、以及各途徑受體暴露劑量之估算等。由前述說明可知暴露評估之作業程序相當繁複，且化學物質的暴露情境及環境流布情形深受運作使用方式與區域環境特性等因子之影響，各國政府於此項評估上均面臨極大之挑戰，因此多會透過評估模式工具之協助，以更精確的模擬預測化學物質於環境中的移動傳輸行為（詳 3.4 節說明），進而提昇整體評估結果之準確性。

最後風險特性描述（**risk characterisation**）則為評估在前述特定暴露情境下，人類或生物發生不良健康影響的機率。此步驟為綜合前述各項資料蒐集及評估之結果，以定量或定性的方式描述估算所得之風險資訊，如利用劑量評估步驟估算所得之預測無效應濃度（PNEC），與暴露評估所得之預測環境濃度值（PEC），計算風險特徵描述係數（**risk characterization ratios, RCRs**），並須詳實說明危害評估與暴露評估過程中的不確定性分析（**uncertainty analysis**），一般而言若係數大於 1 則表示化學物質在此使用情境下具不可接受之風險。此外，最終的評估結果亦需對應至明確的法官管理作為，以作為政府執行相關工作之根據，如針對新化學物質的評估結論可能有四類，包含（1）無立即需被關注之風險，當使用量達到更高級數時才需再次評估、（2）有些許風險，當使用量達到更高級數前需蒐集更多資料、（3）有風險，需立即蒐集更多資料，以進行更高層次之評估、（4）具不可接受之風險，需立即採行可降低風險之管控措施。

二、評估範疇

由表 3.3-1 可知，各國提出之環境風險評估方法所關切的受體皆包含人體與環境生態（即各類生物），所關切之環境介質則包括所有可能有化學物質流布存在、或可被人體與生物接觸者，包含空氣、各類水體（地表水、地下水、

淡水與海水等)、土壤、底泥、以及可能作為其他生物之食物(生物)等,故其相對應所關切之暴露途徑亦同時包含直接接觸環境介質之暴露(如吸入、攝入與皮膚接觸等),以及經由食物鏈所肇致之間接暴露等。而於評估尺度上,多數國家皆有區分為尺度較小之地區性及尺度較大之區域性(歐盟、加拿大與韓國),或需依暴露情境決定適宜之評估範圍(日本)。另各國化學物質環境風險評估所關切之效應類別則大多包含人體的急/慢毒性及生態的急/慢毒性等。

由前述各項說明可知,化學物質環境風險評估可能涉及的範疇極為廣大,且不同化學物質的運作使用情形及環境流布特性迥異,如何有效釐清與界定所應評估之範疇與重點實為風險評估作業之一大課題。綜觀先進各國對於此一課題之應對策略(表 3.3-1),其中歐盟與日本皆以篩選評估結果作為風險評估之重點與主軸,意即透過基礎特性資料的分析,逐步聚焦所需關切之標的,如藉由化學物質的生物累積性資料,即可決定是否有必要考量食物鏈之暴露途徑,另持久性資料則可作為是否需考量長程傳輸行為之依據。另美國環保署所採行之策略為透過範疇界定(scoping)工作,確認評估作業中所需考量之暴露受體及危害特性,並據以提出評估概念模型(conceptual model)及分析計劃(analysis plan),以 1,4 二噁烷(1,4-dioxane)為例,其概念模型可用於說明該化學物質於其生命週期(life cycle)中,所有可能造成人體或環境暴露危害之情境(圖 3.3-2),主要內容包含化學物質釋放來源、暴露途徑、吸收途徑、關切生物受體與危害特性等。經由此一工作將可大幅縮小所需評估之項目,並使風險評估目標更加精確。

三、評估原則

理想上,風險評估的所有作業都將以非常強大且完整的調查研究資料作為基礎,如化學物質於環境中的傳輸流布、以及其對於人體或環境生態之暴露程度與毒性影響等,然而,現實的情況是風險評估所需的參數資料大多極為有限,且可能因環境特性或個體間的差異而存有極大之變異性。此一現況表示在風險評估的作業過程中,執行人員時常需做出模擬預估或使用選擇等判斷等,而使最終的評估結果皆具有一定程度之不確定性(USEPA, 2018)。

整體而言,為降低前述風險評估過程中所可能產生之不確定性,各國普遍均有建立風險評估方法技術文件,以供各界參考遵循,如日本政府已於 2012

年發布優先評估物質風險評估方法（優先評価化学物質のリスク評価手法について），逐項說明暴露評估及危害評估步驟之工作方法與原則，以及各層次風險評估的差異性及執行重點，並利用圖示說明較為複雜的評估架構（圖 3.3-3），以增進相關執行人員對於評估方法之掌握程度。

綜合各國風險評估方法之執行原則（表 3.3-1）主要可分為以下幾項：

1. 暴露評估需考量所有可能的環境介質與途徑，且亦需考量空間尺度及土地利用方式之差異
2. 暴露情境中化學物質的釋放源除需考量人為活動外，亦需考量自然來源
3. 暴露評估中可運用環境傳輸模式輔助模擬預測化學物質於環境中的流布情形，並估算取得各環境介質中化學物質之濃度資料
4. 暴露評估中受體暴露參數的使用應以本土化資料為優先，並需考量不同族群間或群體內之變異性
5. 危害評估中引用相關毒理資料時，需考量資料產製過程之不確定性因子，如跨物種間推估、以及由急毒性推估慢毒性等
6. 評估過程可能需反覆進行或需利用更高層次之評估方法與工具，以提昇評估結果準確性
7. 評估過程需反覆檢視參數資料之合宜性，最終結果描述亦需包含不確定性分析，以綜合說明資料來源的不確定性對於整體評估結果之影響
8. 評估參數資料不足時應持續蒐集與補正並逐步修正評估結果

四、執行策略

鑒於風險評估為一相當繁複且具高度不確定性之工作，為提昇整體作業效率並強化其與後續法規管理作為之對應性，各國皆有針對各面向提出相對應之執行策略，如於資料的蒐集及品質檢核上，歐盟、日本與韓國均規範業者應擔負一定之責任，其所提交之資料需再經由政府管理單位審核才可作為評估參數使用。另美國及日本政府亦會透過自行辦理環境調查，以取得評估所需之環境濃度監測資料。此外為避免過度加重政府與業者的負擔，日本政府亦實行層次性的評估策略，以逐步的擴大對於業者提交參數資料之要求，並可同時限縮所需評估之化學物質數量。

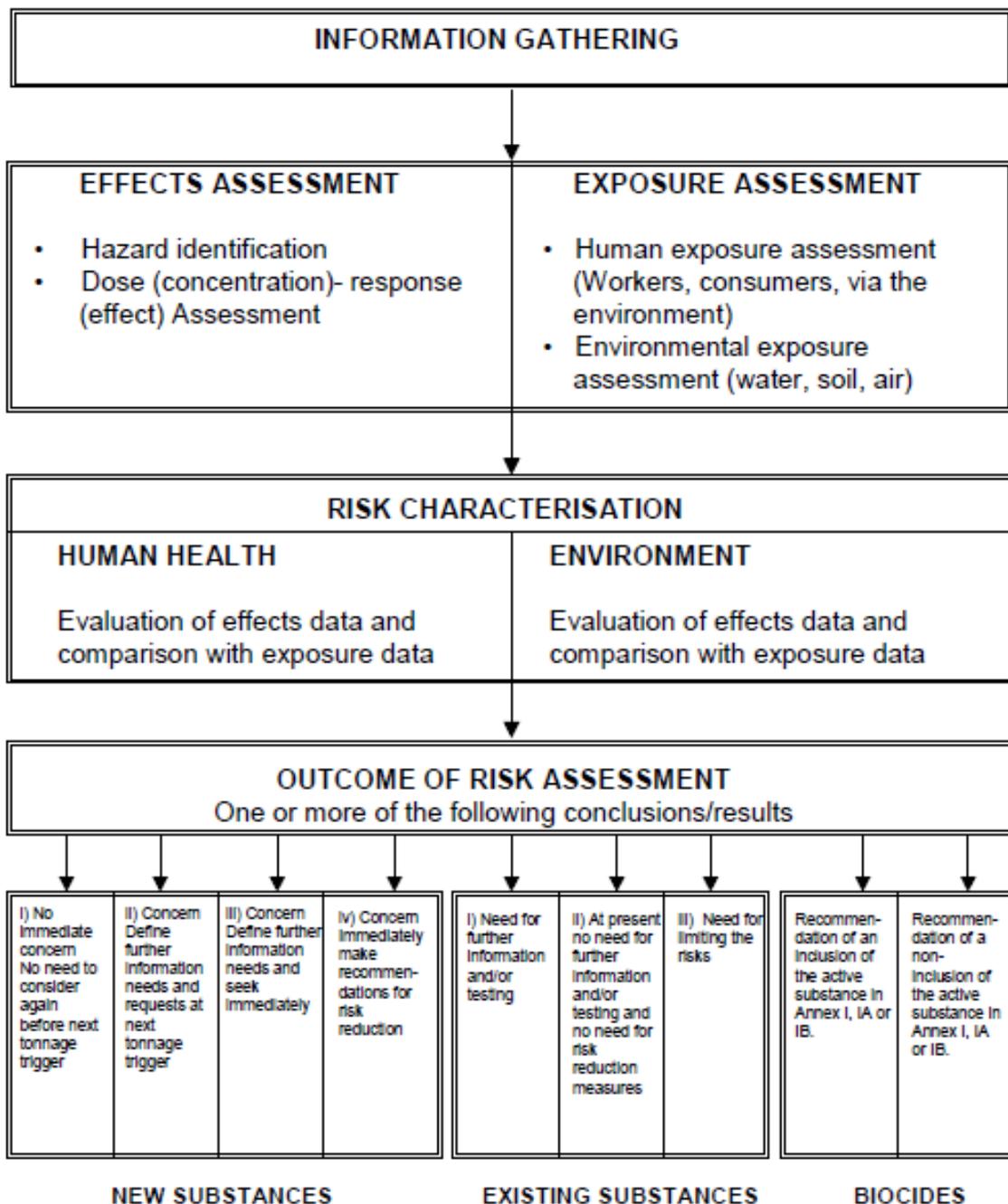
表 3.3-1 各國政府化學物質環境風險評估方法比較 (1/2)

國家	歐盟	美國	加拿大	日本	韓國
評估目的	確認現有使用情形是否有危害人體健康或環境之虞	確認現有使用情形是否有危害人體健康或環境之虞	確認現有使用情形是否有危害人體健康或環境之虞	確認現有使用情形是否有危害人體健康或環境之虞	確認現有使用情形是否有危害人體健康或環境之虞
執行單位	<ul style="list-style-type: none"> • 註冊業者 • 歐盟各會員國 	環保署	環境部、衛生部合作	環境省、厚生勞動省、經濟產業省合作	<ul style="list-style-type: none"> • 註冊業者 • 環境部與 NIER 合作
主要步驟	資料蒐集、危害評估、暴露評估、風險特性描述	範疇界定、危害評估、暴露評估、風險特徵描述	資料蒐集、暴露評估、危害評估、風險特徵描述	第一～四層次風險評估：資料蒐集、暴露評估、危害評估、風險特徵描述	資訊建立與問題擬定、危害評估、效應評估、暴露評估與風險特徵描述
關切受體	人體、環境生態	人體、環境生態	環境生態	人體、環境生態	人體、環境生態
關切介質	空氣、水域（淡水與海水）、土壤、底泥、生物等	空氣、地表水、地下水、土壤、底泥、生物等	空氣、地表水、地下水、土壤、底泥、生物等	空氣、地表水、地下水、土壤、底泥、生物等	空氣、土壤、地表水、生物等
評估尺度	地區性與區域性	—	區域性、地區性與國家整體環境	10～300 平方公里，依暴露情境而定	地區性與區域性
評估效應	人體慢毒性 / 生態急慢毒性	人體急慢毒性 / 生態急慢毒性	生態急慢毒性	人體慢毒性 / 生態急慢毒性	人體急慢毒性 / 生態急慢毒性
暴露途徑	直接、間接	直接、間接	直接、間接	直接、間接	直接、間接
評估原則	<ul style="list-style-type: none"> • 若尚無定量評估方法可以定性描述其危害性 • 需透過評估 PBT 特性確認識是否具食物鏈傳輸之次級毒性 • 暴露評估需考量所有可能的環境介質與途徑 • 暴露評估亦需考量空間尺度之差異 • 評估過程可能需反覆進行或需利用高層次評估工具以提昇結果準確性 • 結果描述需包含不確定性分析 	<ul style="list-style-type: none"> • 範疇界定步驟需提出評估概念模型與分析計畫 • 危害評估與暴露評估需依範疇界定之結果執行 • 環境生態關切濃度 (COC) 需依資料蒐集結果訂定 • 暴露評估中可運用資料庫或環境傳輸模式輔助 • 評估結果以風險商數 (RQ) 描述環境風險 • 以暴露限值 (MOE) 描述人體健康風險 	<ul style="list-style-type: none"> • 評估過程需反覆檢視評估參數資料之合宜性 • 使用模式模擬資料應先瞭解其適用性 • 暴露情境除人為活動釋放外亦需考量自然來源 • 暴露評估需考量所有可能的環境介質與途徑、以及空間尺度之差異 • 危害評估應綜合考量暴露情境及環境流布特性 • 危害評估資料引用應考量不確定性因子 • 需考量對於環境之影響 	<ul style="list-style-type: none"> • 暴露評估需考量所有可能的環境介質與途徑 • 亦需考量土地利用方式與空間尺度之差異 • 第一層次僅假定單一排放源之情境 • 更高層次評估需考量個別、多種排放源與其他用途之環境釋放 • 關切環境介質種類隨評估層次之提昇而增加 • 受體暴露參數應使用本土化資料 • 資料不足時應持續蒐集與補正並逐步修正結果 	<ul style="list-style-type: none"> • 所蒐集之資料應加以評估分級 • 效應評估資料引用應考量不確定性因子、成人與兒童之差異性 • 暴露資料來源包含實測值、預測值與生物指標等 • 預測值建議可運用本土化環境傳輸模式 • 受體暴露參數應使用本土化資料 • 結果描述需包含不確定性分析

表 3.3-1 各國政府化學物質環境風險評估方法比較 (2/2)

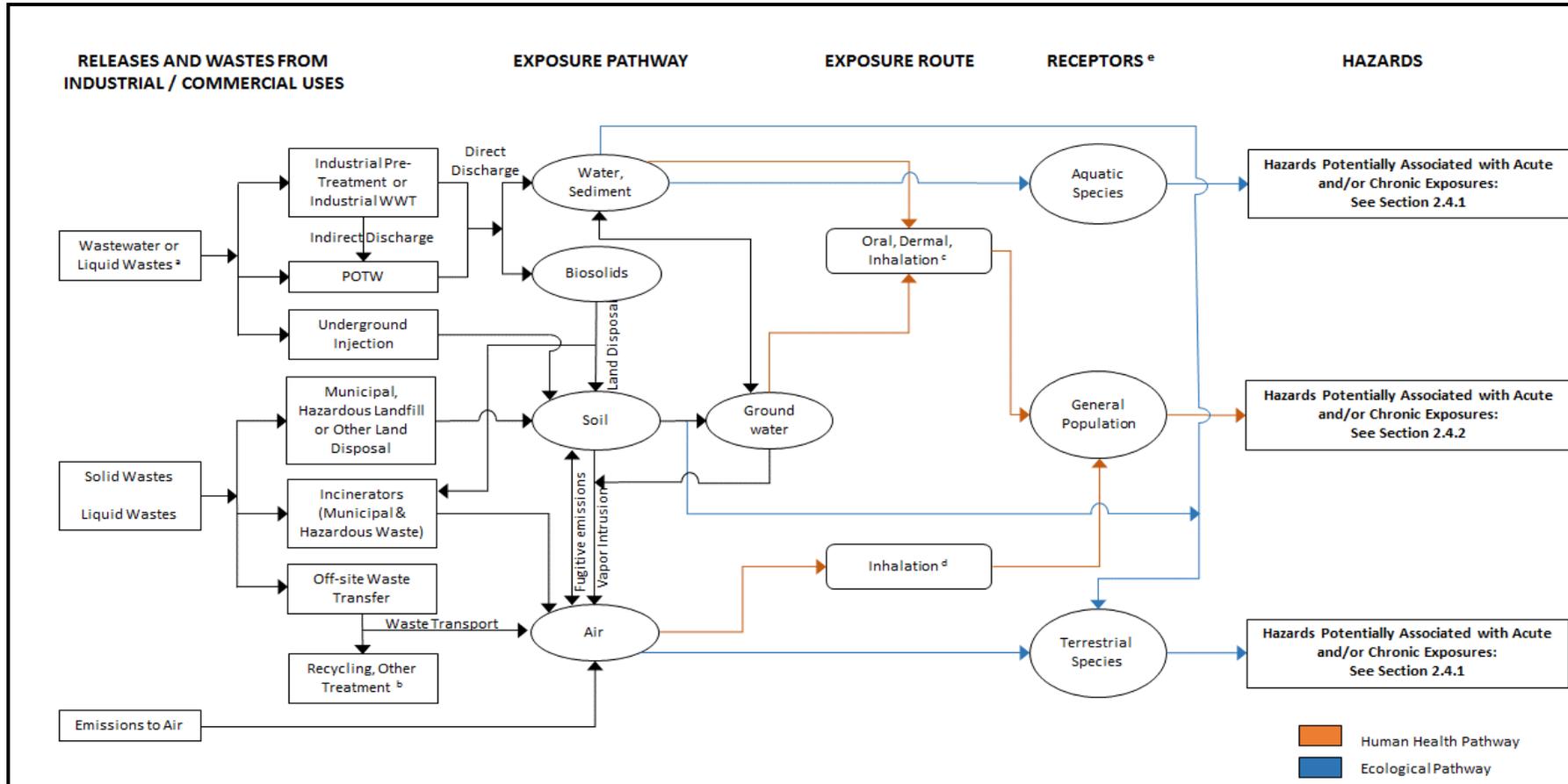
國家	歐盟	美國	加拿大	日本	韓國
執行策略	<ul style="list-style-type: none"> 依據篩選評估結果作為風險評估重點與主軸 參數資料來源以廠商提交之註冊檔案為主、外部研究資料為輔 執行單位需再確認廠商提交資料之可靠度 若資料仍有不足之處可要求廠商補正提供 評估結果可明確對應後續管理作為 	<ul style="list-style-type: none"> 透過範疇界定步驟決定風險評估重點與主軸 範疇界定報告需經公開審閱後方可執行評估 評估所需資料可由美國環保署資料庫取得 無實測值時政府需辦理環境調查或以模式模擬之預測值替代 最終風險評估報告需經同儕評閱確保內容品質 	<ul style="list-style-type: none"> 評估過程納入專家審閱機制以確保結果可靠性 資料選用應以實測值為優先、預測值與專家評估結果次之 評估結果呈現以決定性方法為先 資料充足時可採用機率性評估並說明不確定性 評估結果明確分為九大項並可對應法規定義 	<ul style="list-style-type: none"> 依據篩選評估結果作為風險評估重點與主軸 依評估層次之提昇逐步蒐集所需使用參數資料 資料不足時政府應辦理環境監測調查或要求廠商提交資料 第一層次採保守性評估並再次排定評估順序 仍具潛在風險者才需進入更高層次評估以提昇評估準確性 評估結果可明確對應至分類管理架構 	<ul style="list-style-type: none"> 參數資料來源以廠商提交之註冊檔案為主 若資料有不足之處可要求廠商補正提供 藉由分級方式確保參數資料品質 由廠商負責蒐集資料、提交後由 NIER 擬定評估工作策略與重點 運用本土化參數與評估模式提昇結果準確性
後續管理作為	調和分類與標示系統、修正註冊管理方式、列為 SVHC 物質以限制使用等	判定具危害之虞者應實行限禁、運作管理申報等風險管理措施	符合毒化物定義者應採行相對性之風險管理措施	依化學物質評估分類結果實行相對應之管理措施	判定具危害之虞者應實行授權、限制與禁止使用等風險管理措施

- 參考資料：1. European Union European Chemicals Agency. 2016. Guidance on Information Requirements and Chemical Safety : Chapter R.16—Environmental exposure assessment.
2. US EPA. 1998. Guidelines for Ecological Risk Assessment. Federal Register 63(93):26846-26924.
3. US EPA. 2015. TSCA Work Plan Chemical Risk Assessment N-Methylpyrrolidone: Paint Stripper Use. CASRN: 872-50-4.
4. US EPA. 2014b. TSCA Work Plan Chemical Risk Assessment HHCB 1,3,4,6,7,8-Hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylcyclopenta-γ-2-benzopyran. CASRN: 1222-05-5.
5. Environment Canada. 2007. Overview of the Ecological Assessment of Substances under the Canadian Environmental Protection.
6. Ministry of the Environment (Japan), 2012, Methods for the Risk Assessment of Priority Assessment Chemical Substances. https://www.env.go.jp/en/chemi/cs_control_act.html.
7. 韓國環境部，2016，환경유해인자의 위해성 평가를 위한 절차와 방법 등에 관한 지침 (環境危害因子風險評估方法指南)。
8. 韓國環境部，2014，화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정 (化學物質風險評估方法規定)。



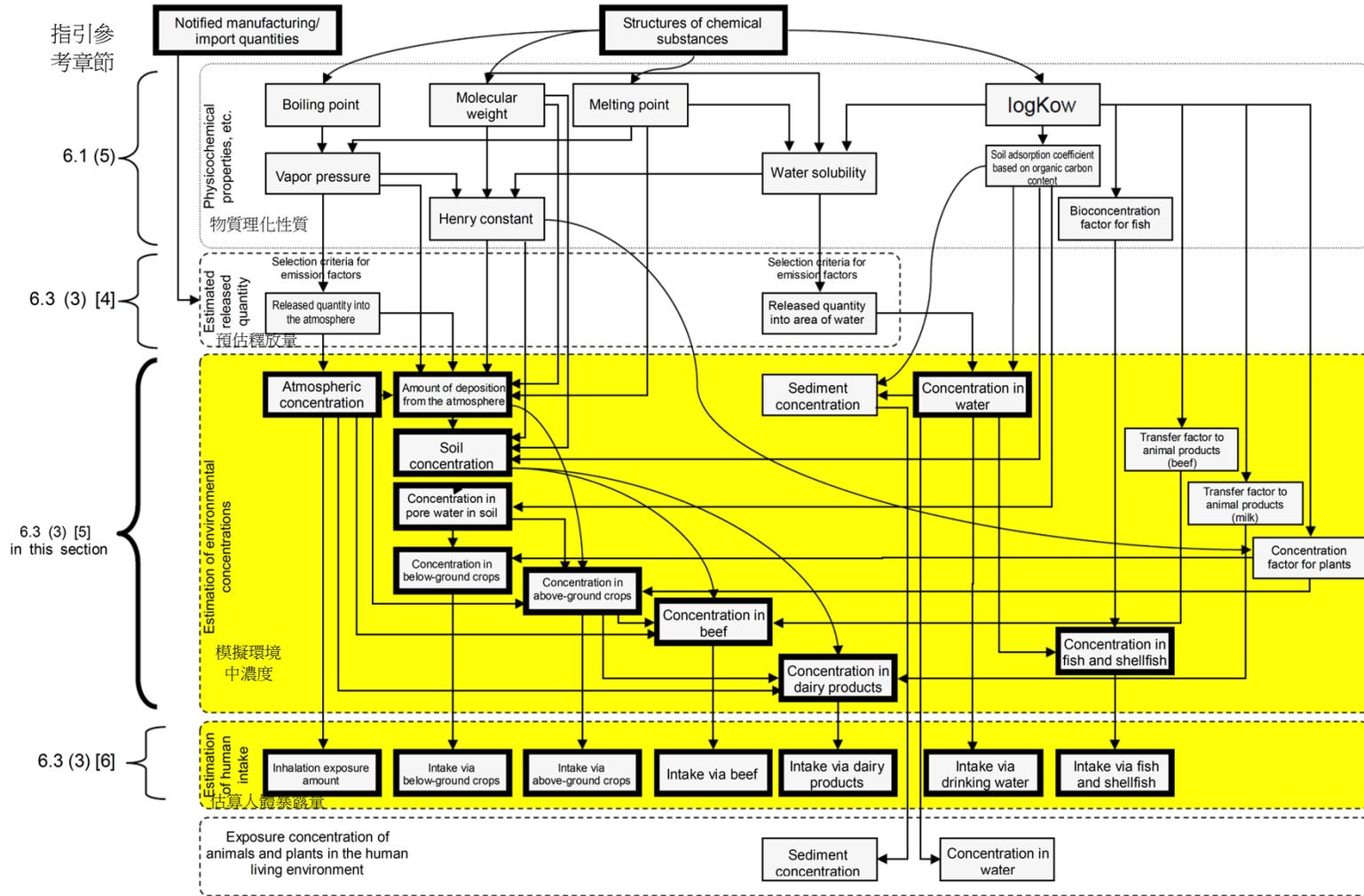
資料來源：European Chemicals Bureau, 2003. Technical Guidance Document on Risk Assessment (Part 1).

圖 3.3-1 歐盟 TGD 建議之人體健康與生態環境風險評估作業架構



資料來源：USEPA. 2017. Scope of the Risk Evaluation for 1,4-Dioxane.

圖 3.3-2 美國環保署化學物質環境風險評估概念模型（以 1,4 二噁烷為例）



資料來源：Ministry of the Environment (Japan). 2012. Methods for the Risk Assessment of Priority Assessment Chemical Substances. https://www.env.go.jp/en/chemi/cs_control_act.html.

圖 3.3-3 日本化學物質風險評估之人體暴露評估架構

另為確保評估結果之可靠性，加拿大政府即於評估過程納入專家審閱機制，美國環保署則透過公開審閱及同儕評閱等方式，加強各界對於政府執行風險評估作業之瞭解與信任。而針對暴露評估之執行，多數國家均建議當缺乏實測資料時，可運用環境傳輸模式模擬所得之預測值取代，模式所需參數亦應以本土化資料為優先，以取得較為準確的環境濃度資料，進而提昇評估結果之可靠度。最後於評估結果的闡釋上，歐盟、加拿大與日本等皆有特別強調需與現有法規管理制度有所對應，以作為政府執行後續工作之明確依據。

3.4 評估模式工具

由 3.2 節與 3.3 節說明可知，篩選評估與風險評估均涉及到大量的資料處理與繁複的作業程序，為提昇相關評估工作之執行效率，以強化風險評估於整體管理決策上之應用性，各國政府與研究機構皆致力於發展評估模式工具。如歐盟早於 1993 年 ESR 規章生效後即開始開發 EUSES 模式，加拿大則配合政府管理單位執行危害性篩選評估工作之所需，研發建置 RAIDAR 模式，韓國 NIER 亦於近年參考國外既有模式，再加以調整修正相關參數，據以發展適用於國內環境之環境傳輸模式。本計畫已蒐集彙整各國運用於化學物質評估管理之模式工具（附件二），茲摘要說明各類評估模式之使用概況（3.4.1 節）以及應用實例（3.4.2 節）如后。

3.4.1 概要說明

綜觀各國發展使用評估模式之目的有二，一為補足評估管理所需資料之缺口，另一為配合政府執行篩選評估或風險評估等工作之所需。此一目的性之差異使得各類模式的評估架構、所需參數之複雜度、以及評估結果之精確度與不確定性等皆不盡相同。總體而言，為呼應以風險評估為基礎的化學物質管理需求，各國所發展的評估模式均以保守為原則，惟各國亦多採用階段性或層次性之評估策略，因此各類模式之功能性與評估結果的應用面向仍有層次性之分別，管理者於使用前應充分瞭解各模式建置之前提假設，並依據評估目的選用適宜之模式，以避免錯用模式或過度闡釋評估所得之結果。

本計畫已彙整比較各國之評估模式如表 3.4-1 所示，並依其評估所需參數之複雜度加以排序，由繁至簡分別為歐盟的 MERLIN – Expo 與 EUSES、加拿大的

RAIDAR、韓國的 SimpleBox_Korea、以及美國的 EPI suite 等模式，茲依其所屬類型分項說明如后。

一、篩選性評估

完善化學物質管理制度之首要關鍵為有效取得充足且品質良好的物質特性資料，先進國家多已透過建立註冊或申報制度以全面性的蒐集相關資訊，然而，由於化學物質的種類仍不斷持續增加中，且部分評估試驗或參數資料之取得極為耗時費力，因此各國政府於評估管理工作上時常面臨基本特性資料不足之挑戰。另 3.2 節所述及之篩選評估為利用簡單的評估準則或假設情境，以系統性的檢視所有化學物質的潛在風險，然因其所需運用處理之資料量極為龐大，故亟需仰賴電腦資訊科技的協助以增進整體作業效率。

為解決前述之管理困境，各類篩選性評估模式即應運而生，以各國普遍均視為管理重點之新化學物質為例，美國 EPI suite 模式除可供使用者查詢其連結外部資料庫超過 40,000 筆之資料外，亦可運用其已整合之 18 種化學物質特性模擬模式，以科學性之 QSAR 方法模擬取得新化學物質可能較為缺乏的物化特性、生物毒性與環境宿命等資料。韓國 SimpleBox_Korea 模式則可透過少量的基礎特性資料模擬評估化學物質於環境中的環境流布情形，並可取得各環境介質之濃度資料以供下一階段風險評估作業之所需。另加拿大 RAIDAR 模式則利用假定之模擬情境，以初步評估化學物質所肇致之環境生態危害、以及人體經食物鏈所遭受之間接暴露風險，而除了化學物質的特性資料外，其餘模式所需參數多可直接引用內建資料，且 RAIDAR 模式亦具有批次作業、指標化計算及自動排序等功能，相關評估結果可直接作為政府執行化學物質管理工作之依據。

整體而言，篩選性模式的特點為其僅需少量參數即可進行運算，然而此一較為簡單的假設前提及評估架構，亦使得篩選性模式具有許多相對應的使用限制，如美國環保署即建議 EPI suite 模式的模擬預測功能僅可用於尚未有實測資料之化學物質，而 SimpleBox_Korea 模式則不能估算人體經由食物鏈所造成的暴露，且評估結果僅適用於韓國之環境特性，另 RAIDAR 模式評估結果則僅能作為後續評估優先順序排定之依據，不能用於表示化學物質對於環境生態或人體健康之實質影響程度。

表 3.4-1 各國化學物質評估模式比較 (1/2)

模式名稱	MERLIN	EUSES	RAIDAR	SimpleBox_Korea	EPI suite
開發單位	歐盟科研組織	歐盟化學總署	加拿大環境模式中心	韓國 NIER	美國環保署與 Syracuse Research 公司
類型	風險評估	風險評估	篩選評估	篩選評估	篩選評估
主要功能	估算環境濃度與人體健康風險	估算環境濃度、劑量反應濃度、人體健康與環境生態風險	評估環境宿命、估算環境濃度、人體健康風險	估算環境濃度	預測化學物質基本特性及評估環境宿命
應用面向	供各界專家學者作為研究工具使用	供業者準備註冊檔案所需之安全評估報告	供加拿大政府單位執行危害性篩選評估	供業者準備註冊檔案所需之安全評估報告	供各國政府與相關單位作為評估輔助工具
概要說明	<ul style="list-style-type: none"> • 整合多項單一環境介質傳輸模式與人體藥物動力學模式等 • 具不確定性與敏感度分析功能 • 人體風險同時考量直接與間接暴露途徑 • 由使用者依其需求自行設定模擬情境 • 可模擬具時間性變化之暴露情境 • 可於模式程式中製作圖表並輸出 	<ul style="list-style-type: none"> • 具層次性評估模組可逐步提昇模擬精準度 • 直接性模組僅需少量資料即可進行模擬評估 • 互動性與概略性模組可以實測值取代預設值 • 模擬情境可含括不同空間尺度或土地利用方式 • 人體風險同時考量直接與間接暴露途徑 • 可利用吸收途徑外插法預測生物毒理參數 • 可再同時評估消費者暴露與職業場所暴露情境 • 亦可用於評估環境用藥 	<ul style="list-style-type: none"> • 僅可用於模擬非解離型之有機化學物質 • 僅可用於初步評估環境生態危害與人體經食物鏈之間接暴露風險 • 具層次性評估模組可逐步提昇模擬精準度 • 可同時評估多種物質 • 可以圖示呈現評估結果 • 可以指標化型式呈現結果，包含暴露指標、毒性指標與風險指標等 • 可自動選出敏感性生物物種並經綜合考量後自動排序 	<ul style="list-style-type: none"> • 模擬情境可含括不同空間尺度或土地利用方式 • 僅考量空氣與土壤污染所致之暴露情境 • 另亦將污水處理設施之處理效能納入考量 • 已有內建適用於韓國之本土化環境特性參數 • 可以 QSAR 預測化學物質之 K_{oc} 	<ul style="list-style-type: none"> • 僅適用於尚未具實測資料之化學物質 • 共整合 18 種化學物質特性模擬模式 • 可連結外部資料庫超過 40,000 筆資料 • 可用於預測物化特性、水生生物毒性、皮膚滲透係數與環境宿命等 • 可以實測值取代原設定之保守性參數

表 3.4-1 各國化學物質評估模式比較 (2/2)

模式名稱	MERLIN	EUSES	RAIDAR	SimpleBox_Korea	EPI suite
適用對象	無機與有機化學物質	無機與有機化學物質	非解離型有機化學物質	無機與有機化學物質	無機與有機化學物質
參數來源	無內建參數	部分參數可利用預測模組取得	具內建參數，可依需求調整	具內建參數，可依需求調整	具內建參數，可依需求調整
所需參數類型	<ul style="list-style-type: none"> • 物化特性：亨利常數、擴散係數、K_{ow}、K_{oc} 等 • 人體生理特性 • 環境傳輸參數：環境介質邊界條件、分配係數、孔隙度、降解速率、土壤有機碳、作物吸收係數、BCF 等 • 受體暴露參數：人類之年齡、體重、室內外活動比例、土壤、水體與食物消化率等 	<ul style="list-style-type: none"> • 物化特性：分子量、溶解度、熔點、K_{ow} 等 • 毒理參數：實測毒理資料 LC_{50} 及 NOAEL、或預測取得之 PNEC 等 • 環境傳輸參數：分配係數、降解速率、土壤揮發與淋洗速率、BCF 等 • 環境釋放參數：各使用階段或環境介質釋放量 • 受體暴露參數：人類之各類食物攝食量、呼吸速率、事件發生頻率、皮膚接觸面積等 	<ul style="list-style-type: none"> • 物化特性：溶解度、亨利常數、蒸氣壓、K_{ow} 等 • 毒理參數：水生生物實測毒理資料 • 環境傳輸參數：環境介質邊界條件、分配係數、平衡係數、孔隙度、氣溫、風速、停留時間 • 環境釋放參數：年釋放量與各介質分布比例 • 受體暴露參數：各生物體體重、密度、脂肪比例、物種間攝食比例等 	<ul style="list-style-type: none"> • 物化特性：分子量、溶解度、熔點、K_{ow} 等 • 環境傳輸參數：分配係數、生物降解速率、有機碳、孔隙度、氣溫、風速、降雨量等 • 環境釋放參數：不同空間尺度之釋放量與各介質排放比例等 • 污染處理參數：污水處理能力、原水濃度、環境介質排放比例等 	基本查詢 <ul style="list-style-type: none"> • CAS 登記號、簡化式分子輸入規範結構、化學物質名稱 提昇評估準確度 <ul style="list-style-type: none"> • 物化特性：亨利常數、熔點、沸點、溶解度、蒸氣壓、半生期、K_{ow} 等 • 環境傳輸參數：環境邊界條件、風速、流速等 • 環境釋放參數：釋放量 • 污染處理參數：生物降解速率、污泥吸附等
批次功能	有	有	有	無	有
輸出型式	pdf 檔案 (包含圖表)	doc 及 xls 檔案	無輸出功能	無輸出功能	txt 文字檔

二、風險評估

化學物質環境風險評估模式之目的為綜合目前所有可取得之科學性資料，以完整地評估量化化學物質因流布於環境中而對於人體健康或環境生態之危害程度，並以危害商數（HQ）或風險特徵描述係數（RCRs）表示之，以作為政府管理單位判定化學物質風險及採行相關管制作為之依據，屬於此類的模式有歐盟的 MERLIN-Expo 與 EUSES 等模式。MERLIN-Expo 模式為歐盟科研組織資助跨國專案計畫所開發，主要為供各界專家學者作為研究工具使用，另 EUSES 模式則為歐盟化學總署所建置，主要目的為輔助業者準備註冊檔案所需之安全評估報告。

整體而言相較於篩選性模式，風險評估模式的估算架構較為複雜且彈性，如 MERLIN-Expo 模式可依使用者需求設定較為符合實際狀況之暴露情境，EUSES 模式也具有層次性模組而可逐步提昇模擬結果之精確度，另亦可透過較為詳盡的環境宿命評估，如考量化學物質於各環境介質間的傳輸、降解或轉化等反應，以模擬預測取得較為精確的環境濃度值，並可將參數資料的時間性變化或群體間之差異納入考量，以進行不確定性或敏感度分析。然而，較為完整的評估同時也表示模式運算所需使用的參數項目較多、種類也較複雜，以環境傳輸參數與受體暴露參數為例，風險評估需較篩選評估多蒐集有關於土壤有機碳含量、土壤淋洗速率、BCF、作物吸收係數、人體呼吸速率、事件發生頻率及皮膚接觸面積等參數。另由於風險評估結果將可直接作為化學物質決策管理之所用，因此此類模式通常具有較佳之編輯與輸出功能，以利後續相關工作之執行。

本計畫亦已歸納各國化學物質評估模式所需之參數資料項目如以下幾個類別所示：

1. 物化特性參數：分子量、溶解度、熔點、沸點、蒸氣壓、亨利常數、擴散係數、半生期、 K_{ow} 、 K_{oc} 等
2. 毒理參數：人體參考劑量、致癌斜率、生物實測毒理資料（ LC_{50} 及 NOAEL）、或預測取得之 PNEC 等
3. 環境宿命參數：環境介質邊界條件、分配係數、平衡係數、孔隙度、降解速率、土壤有機碳含量、土壤揮發與淋洗速率、作物吸收係數、

BCF、氣溫、風速、降雨量、停留時間等

4. 環境釋放參數：各使用階段及各環境介質之釋放量、不同空間尺度之釋放量與各介質排放比例等
5. 受體暴露參數：人類之年齡、體重、室內外活動比例、土壤、水體與食物消化率、各類食物攝食量、呼吸速率、事件發生頻率、皮膚接觸面積、生物體體重、密度、脂肪比例、物種間攝食比例等

3.4.2 模式運用實例

如同 3.4.1 節所述，各項化學物質評估模式皆有其功能性與特點，其中風險評估模式之目的性較為一致，篩選性評估模式的差異性則較大，為更明確的區別各項篩選性評估模式適用之情境，本計畫將以近期日本及加拿大新增列管之 8 項新化學物質為例（表 3.4-2），說明 RAIDAR、SimpleBox_Korea、以及 EPI suite 等篩選性模式之搭配運用方式。

表 3.4-2 日本與加拿大近年列管之新化學物質

序號	CAS No.	中文名稱	英文名稱	納管日期	列管國家
1	496-10-6	六氫茛滿	Octahydro-1H-indene	2018 年 7 月	日本
2	6443-69-2	3,4,5-三甲氧基甲苯	3,4,5-Trimethoxytoluene		
3	28645-51-4	(Z)-氧代環十七碳-8-烯-2-酮	Oxacycloheptadec-10-en-2-one		
4	106-58-1	1,4-二甲基哌嗪	1,4-Dimethylpiperazine		
5	98-80-6	苯硼酸	Phenylboronic acid		
6	692-49-9	順-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯	(Z)-1,1,1,4,4,4-Hexafluorobut-2-ene		
7	64835-63-8	4'-甲基-4-戊基聯苯	4-methyl-4'-pentyl-1,1'-biphenyl		
8	19224-26-1	1,2-丙二醇二苯甲酸酯	1,2-propanediol, 1,2-dibenzoate	2015 年 10 月	加拿大

本計畫經綜合研析後，認為美國 EPI suite 模式除可連結至外部資料庫外，亦已同時整合多項模擬預測模式，因此對於新化學物質的評估管理而言，管理者可首先透過此一模式取得完整的物質特性資料，並作為其他模式評估工作執行之基礎。接續建議應使用加拿大 RAIDAR 模式模擬預測新化學物質的環境宿命，並綜合其他的影響因子，如生態系中各層級物種之暴露潛勢及毒理效應等，以量化評估化學物質的環境危害風險，並藉由模式自動化的分級排序功能，篩選出危害潛勢較高而需優先辦理風險評估工作的化學物質。最後韓國的 SimpleBox_Korea 模式則可透過設定模擬的空間尺度及排放情境等條件，以預測取得不同環境介質或不同土地使用類型之化學物質濃度資料，以供進一步辦理風險評估之所用。茲分項說明各模式之模擬評估結果如后。

一、美國 EPI suite 模式

Estimation Programs Interface (EPI suite) 為美國環保署與 Syracuse Research 公司共同開發可預測化學物質物化性質與環境宿命之篩選性模式，並在 2007 年通過美國環保署科學諮詢委員會 (Science Advisory Board) 審查，內建超過 40,000 筆化學物質。此預測模式採用定量構效關係 (QSAR) 模式模擬，利用化學物質分子結構資訊預測化學物質特定物化性質及生態毒性 (USEPA, 2007)。

EPI suite 可預測化學物質之物化性質、環境宿命及危害性等三種面相，由 18 個模組組成，各模組化學物質之預測結果可供 EPI suite 內其他模組使用，當缺乏物質性質資料時，可供使用者直接套用進行評估。EPI suite 模式內建模組預測之理化性質參數，可用於模擬物質之環境流布狀態。藉由化學物質之化學文摘社登記號碼 (CAS No.) 查找內建資料，取得物質之基本理化參數資料，如亨利常數、水溶解度、熔點、生物累積因子 (BCF、BAF) 及各環境介質中的半生期等。EPI suite 具有批次模擬 (batch mode) 的功能，建立化學物質之 CAS No. 清單後，模式可批次搜尋資料庫資訊，輸出頁面會優先呈現資料庫中相關文獻資料，若無文獻資料，模式則會列出化學物質數值運算結果，並說明使用數學模式或模擬原理假設。本計畫評估 8 種化學物質之基本物化特性資料如表 3.4-3。

表 3.4-3 美國 EPI suite 模式化學物質特性參數模擬結果

序號	CAS No.	空氣中半 生期	水中 半生期	土壤中 半生期	底泥中半 生期	生物體中 半生期	水中 溶解度	飽和 蒸汽壓	亨利定律常數	K_{ow}	K_{AW}
		日	日	日	日	日	mg/L	Pa	Pa·m ³ /mole	—	—
1	496-10-6	16	360	720	3.24E+03	4.264	19.25	320	2.67E+04	3.71	1.031
2	6443-69-2	1.27	900	1.80E+03	8.10E+03	0.2234	951.1	2.31	1.25E-01	2.05	-4.299
3	28645-51-4	0.986	360	720	3.24E+03	1.43	0.5925	0.00299	2.74E+02	5.37	-0.957
4	106-58-1	1.45	900	1.80E+03	8.10E+03	0.002273	1.00E+06	1.28E+03	1.07E+00	-0.4	-6.4E+0
5	98-80-6	115	360	7.20E+02	3.24E+03	0.08646	4.42E+03	4.28E+00	1.18E-06	1.69	—
6	692-49-9	196	1.4E+03	2.88E+03	1.30E+04	2.612	209.5	3.34E+05	9.52E+05	2.92	2.585
7	64835-63-8	18.7	3.6E+02	7.20E+02	3.24E+03	67.58	0.0414	2.89E-03	1.59E+02	6.82	—
8	19224-26-1	31.2	360	720	3.24E+03	0.01096	9.825	0.0118	2.92E-03	3.73	-5.929

註：各化學特性參數係參考美國環保署 EPI suite 模式模擬結果。

二、加拿大 RAIDAR 模式

RAIDAR 模式為加拿大環境模式中心研發，模式之原理架構及評估成果已發表於國際期刊 (Arnot et al., 2006; Arnot et al., 2008; Arnot et al., 2010)，並廣泛應用於加拿大國內化學物質快篩評估作業中，如快速篩選評估、有機物質生態風險分類評估等。其可批次執行多種有機化學物質之環境宿命評估，依化學物質特性模擬自然環境下化學物質之分布方式，環境介質涵括空氣、水體、土壤及底泥等。

本計畫假設化學物質皆由空氣排放至環境當中，模擬化學物質環境的流布方式，模式將化學物質之暴露量及毒理特性納入考量，綜合評估化學物質之整體風險，再透過暴露指標、毒性指標及風險指標可將化學物質依風險高低排序及分組分級。8 種化學物質之各項指標值如圖 3.4-1，其中，風險指標可作為化學物質對環境生態及人體健康的綜合性指標。

若將風險指標分為三個區段，則 (5) 苯硼酸、(7) 4'-甲基-4-戊基聯苯、(8) 1,2-丙二醇二苯甲酸酯屬相對高風險群 (10^6 以上)；(1) 六氫茛滿、(2) 3,4,5-三甲氧基甲苯、(3) (Z)-氧代環十七碳-8-烯-2-酮、(4) 1,4-二甲基哌嗪屬相對中度風險群 ($10^6 \sim 10^9$)；另 (6) 順-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯則為相對低風險群 (10^9 以下)。其中相對高風險群之 (7) 4'-甲基-4-戊基聯苯與相對低風險群之 (6) 順-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯等之環境流布評估結果如圖 3.4-2 所示。

三、韓國 Simple box_Korea 模式

SimpleBox_Korea 為韓國國家環境研究院所開發，以評估環境釋放量為主的環境暴露評估模式。SimpleBox_Korea 為一以 Excel 程式為工具之環境預測模式，此模式參考荷蘭國家公共衛生及環境研究院所 (National Institute of Public Health and the Environment, RIVM) 開發之 SimpleBox 模式 (Van de Meent, 1993) 並加以修改，使用韓國本土化參數所建置之多介質環境宿命模式。模式排除食物鏈與飲用水影響，僅考慮空氣與土壤污染所致之暴露情境，在環境介質不變的假設下，預測化學物質於地方與區域尺度環境介質 (空氣、水體、土壤及底泥) 之分配與環境預測濃度。

本計畫試以 SimpleBox_Korea 模式模擬新化學物質經人為使用後流布至

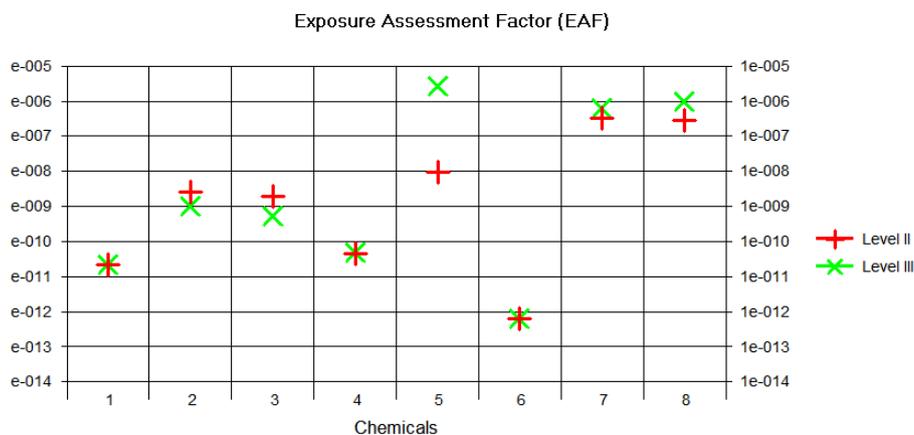
環境中，各環境介質之新化學物質濃度。模擬排放情境假設區域性及地方性化學物質透過空氣排放為主、水體為次要排放途徑，分別佔總釋放量之 90% 及 10%。模式所需要之新化學物質參數內容，仍以美國環保署 EPI suite 模式模擬取得(表 3.4-4)，新化學物質之生物可分解特性可參考歐盟化學局技術文件，藉由 Biowin 模組中化學物質之評估面相初步瞭解化學物質之生物可分解特性。建議採較保守之評估條件認定新化學物質之生物可分解性，將國外 20 種新化學物質依認定條件分為可生物降解 (inherently biodegradable) 與不具生物可分解性(not biodegradable)兩種，8 種新化學物質中僅(6)順-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯屬於不具生物可分解性者。

SimpleBox_Korea 模式新化學物質環境中濃度模擬結果如表 3.4-5，區域性環境介質中濃度普遍低於地方性環境介質中濃度。區域性化學物質濃度模擬結果顯示，部份新化學物質如(3)(Z)-氧代環十七碳-8-烯-2-酮，同時存在於淡水與農業土壤中(圖 3.4-3)。地方性模擬結果顯示，新化學物質如(3)(Z)-氧代環十七碳-8-烯-2-酮於農業土壤中累積濃度情形較其他物質顯著，且同時存在於底泥當中，而(1)六氫茛滿、及(6)順-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯則相對其他物質較無土壤及底泥的累積潛勢(圖 3.4-4)。

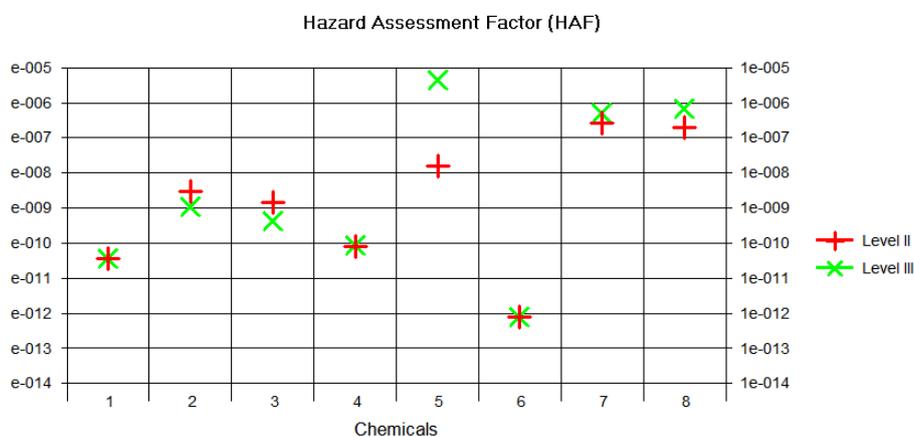
3.5 資料庫系統

由 3.1~3.4 節說明可知，化學物質評估管理工作所需蒐集及使用的資料量極為龐大，為建構電腦化的資料處理與儲存機制，以可迅速查詢提供使用者所需之資料，並落實政府資訊公開與透明化之時代趨勢，各國普遍均有建置化學物質資料庫系統(表 3.5-1)，如歐盟的 Registration Dossier 與 Brief Profile，美國的 ChemView 與 Chemistry Dashboard，日本的 Chemi COCO、CHRIP 與 J-CHECK，以及韓國的 NCIS 等。整體而言，各國建立資料庫系統之目的有二，一為基於資訊公開及建立政府推動風險溝通管理之根基，二為提昇篩選評估或風險評估等工作之作業效率，前者係指提供一般民眾與廠商業者其所關切之法規管理資訊、安全使用資訊、業者註冊及申報資料與風險資訊宣導資料等，後者則針對政府管理人員與專業人士等，彙整分析其執行評估工作所需之環境濃度調查數據、化學物質物化特性、環境宿命、人體與生態毒理試驗研究成果等參數資料。資料主要來源包含廠商依

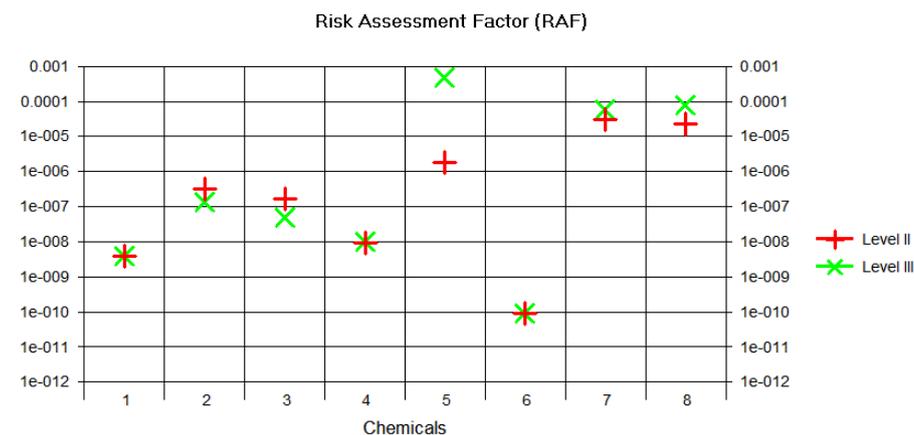
(A) 暴露指標



(B) 毒性指標



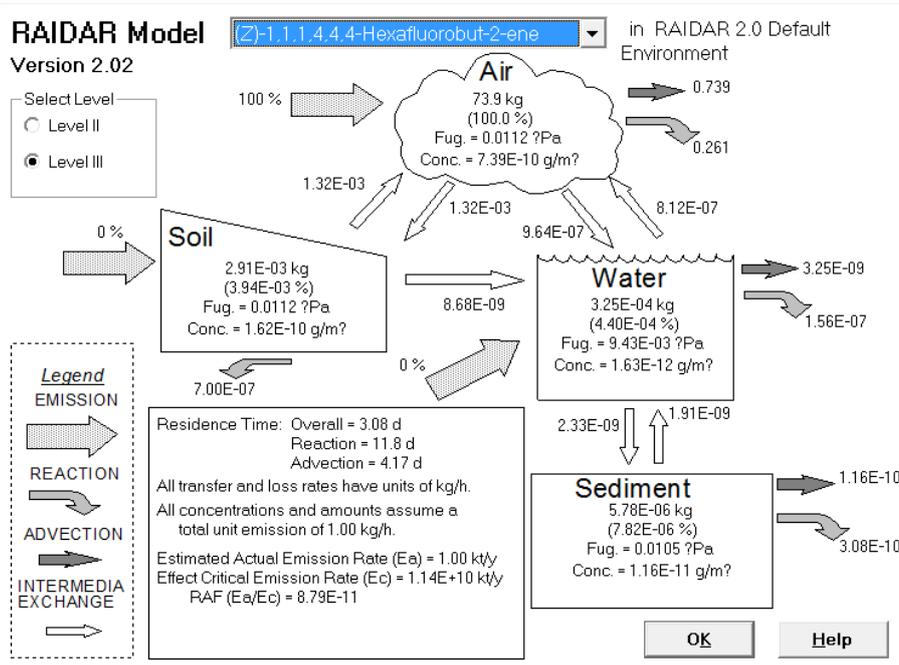
(C) 風險指標



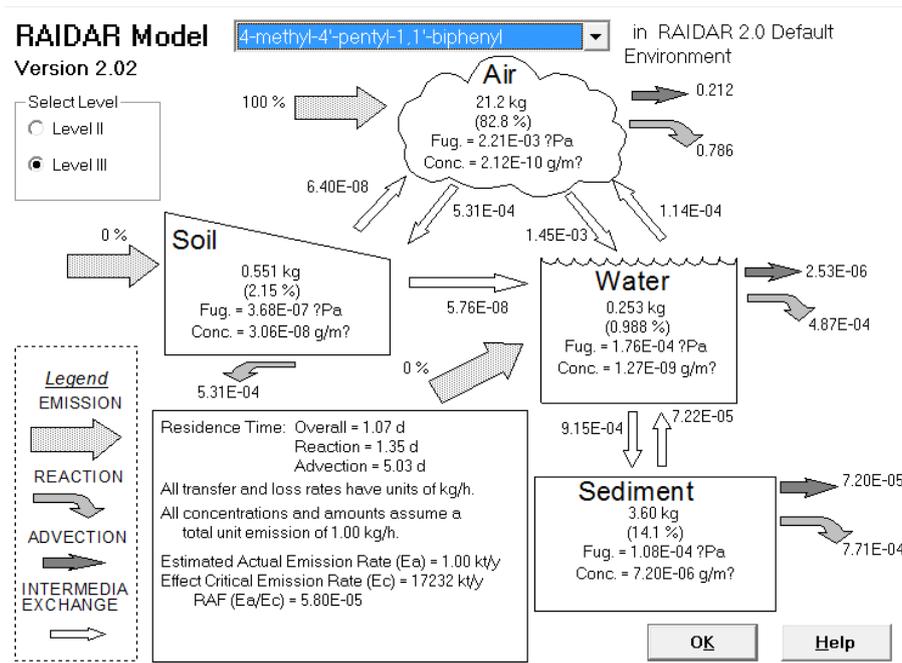
註：X 軸代碼：(1) 六氯茛滿、(2) 3,4,5-三甲氧基甲苯、(3) (Z)-氧代環十七碳-8-烯-2-酮、(4) 1,4-二甲基哌嗪、(5) 苯硼酸、(6) 順-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯、(7) 4'-甲基-4-戊基聯苯、(8) 1,2-丙二醇二苯甲酸酯。

圖 3.4-1 加拿大 RAIDAR 模式三種指標計算結果

(A) 順-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯



(B) 4'-甲基-4-戊基聯苯



註：模擬結果呈現化學物質在空氣、土壤、水體及底泥之間環境流布方式，指標箭頭表示反應途徑，包含排放 (emission)、反應 (reaction)、延散 (advection)、跨介質交換 (intermedia exchange)。各環境介質的方框內將說明化學物質的承質量體、濃度、及相對百分比。

圖 3.4-2 加拿大 RAIDAR 模式化學物質環境流布模擬結果

表 3.4-4 美國環保署 EPI suite 模式化學物質特性參數模擬結果

序號	CAS No.	分子量	熔點	K _{ow}	蒸氣壓	溶解度	Biowin2	Biowin6	Biowin3	生物分解性	Koc
		g/mole	°C	-	Pa	mg/L	Non-Linear Model	MITI Non-Linear Model	Ultimate Survey Model	—	L/kg
1	496-10-6	124.2	-53	3.71	320	19.25	0.7764	0.6026	2.9246(w)	inherently biodegradable	847.4
2	6443-69-2	182.2	46	2.05	2.31	951.1	0.9996	0.7111	2.55(w-m)	inherently biodegradable	306
3	28645-51-4	252.4	34.5	5.37	0.00299	0.5925	0.9708	0.5652	2.78(w)	inherently biodegradable	8694
4	106-58-1	114.2	5.37	-0.4	1280	1.00E+06	0.0448	0.0639	2.44(w-m)	inherently biodegradable	19.86
5	98-80-6	121.9	91.9	1.69	4.28	4420	0.9559	0.4314	2.95(w)	inherently biodegradable	697.8
6	692-49-9	164.1	-127	2.92	3.34E+05	209.5	0.0000	0.0000	1.8107(m)	not biodegradable	620.8
7	64835-63-8	238.4	95.3	6.82	0.00289	0.0414	0.9322	0.2275	2.82(w)	inherently biodegradable	152400
8	19224-26-1	284.3	16.4	3.73	0.0118	9.825	1.0000	0.6044	2.8953(w)	inherently biodegradable	2,017

註：1. 各化學特性參數係參考美國環保署 EPI suite 模式模擬結果。

2. Biowin3 評估值：“w”代表週、“m”代表月。

3. 當“Biowin 評估值<0.5”或“Biowin6 評估值<0.5”且“Biowin3 評估值<2.2 month”時，代表化學物質之生物可分解性為 P（持久性）或 vP（高持久性）。（參考資料：European Chemicals Bureau, 2003, Technical Guidance Document on Risk Assessment in support of Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for new notified substances Part 2. EUROPEAN COMMISSION JOINT RESEARCH CENTRE）

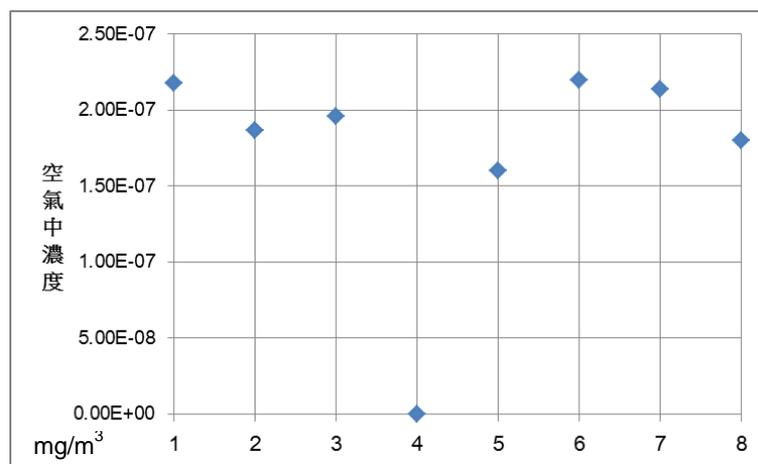
4. (1) 六氫茛菪、(2) 3,4,5-三甲氧基甲苯、(3) (Z)-氧代環十七碳-8-烯-2-酮、(4) 1,4-二甲基哌嗪、(5) 苯硼酸、(6) 順-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯、(7) 4'-甲基-4-戊基聯苯、(8) 1,2-丙二醇二苯甲酸酯

表 3.4-5 韓國 SimpleBox_Korea 模式化學物質環境介質濃度模擬結果

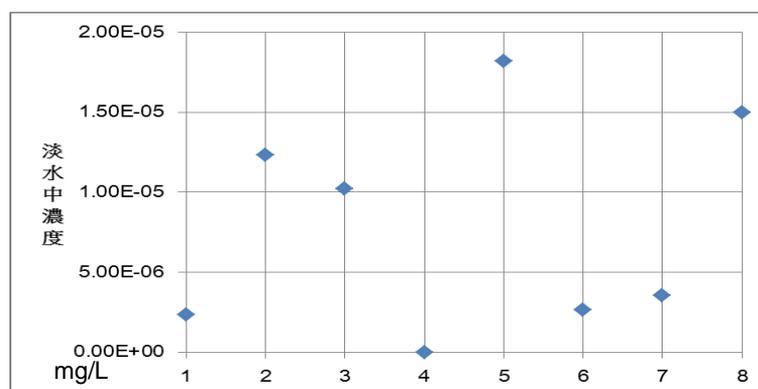
序號	CAS No.	區域性環境介質濃度					地方性環境介質 PEC 數值					
		空氣	淡水	自然土壤	農業土壤	其他土壤	空氣	地表水	底泥	農業土壤	草地土壤	廢水處理廠放流水
		mg/m ³	mg/L	mg/kg(w)			mg/m ³	mg/L	mg/kg(w)			mg/L
1	496-10-6	2.18E-07	2.36E-06	1.62E-10	1.54E-10	1.72E-10	7.99E-03	8.08E-01	1.62E+01	7.24E-03	7.24E-03	8.08E-01
2	6443-69-2	1.87E-07	1.23E-05	3.94E-07	3.39E-07	4.54E-07	7.99E-03	8.08E-01	6.25E+00	1.03E-01	1.64E-01	8.08E-01
3	28645-51-4	1.96E-07	1.02E-05	3.06E-06	2.64E-06	3.83E-06	7.99E-03	8.08E-01	1.60E+02	1.53E-01	3.02E-01	8.08E-01
4	106-58-1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	98-80-6	1.60E-07	1.82E-05	1.17E-06	1.01E-06	1.35E-06	7.99E-03	8.08E-03	1.35E+01	1.18E-01	2.12E-01	8.08E-01
6	692-49-9	2.20E-07	2.64E-06	4.81E-11	3.90E-11	5.74E-11	7.99E-03	1.16E+00	1.73E+01	1.00E-02	1.00E-02	1.16E+00
7	64835-63-8	2.14E-07	3.55E-06	9.16E-07	8.04E-07	1.14E-06	7.99E-03	8.08E-01	2.8E-01	1.11E-01	2.21E-01	8.08E-01
8	19224-26-1	1.80E-07	1.50E-05	1.41E-06	1.21E-06	1.71E-06	7.99E-03	8.08E-01	3.77E+01	1.35E-01	2.60E-01	8.08E-01

註：(1) 六氯茛滿、(2) 3,4,5-三甲氧基甲苯、(3) (Z)-氧代環十七碳-8-烯-2-酮、(4) 1,4-二甲基哌嗪、(5) 苯硼酸、(6) 順-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯、(7) 4'-甲基-4-戊基聯苯、(8) 1,2-丙二醇二苯甲酸酯。

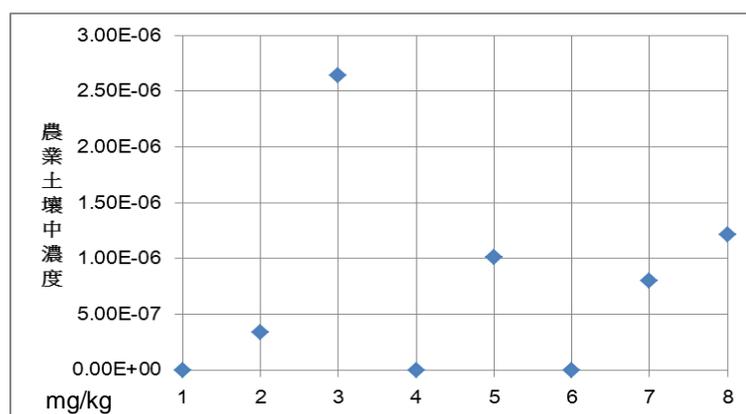
(A) 空氣中濃度



(B) 淡水中濃度



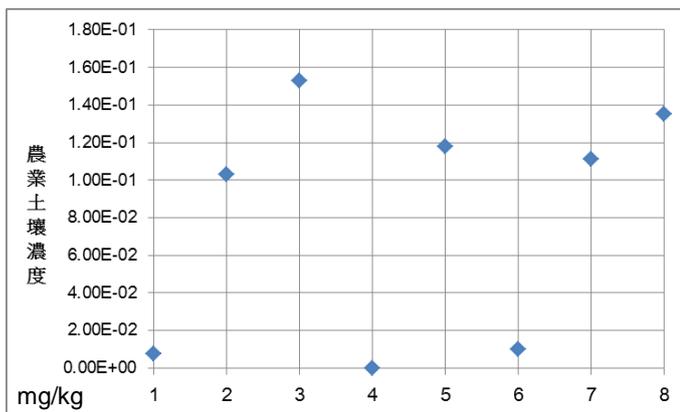
(C) 農業土壤中濃度



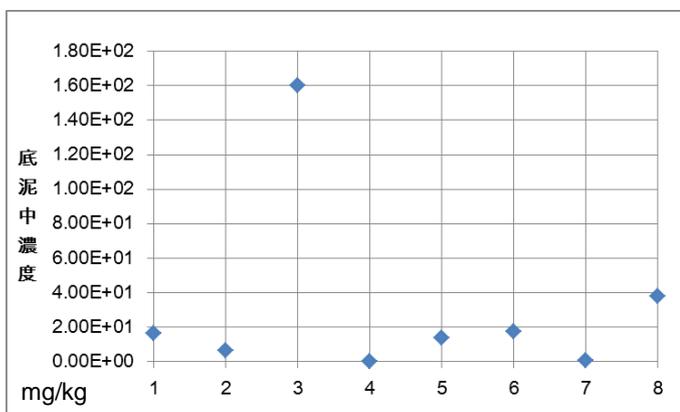
註：X 軸代碼：(1) 六氫茛滿、(2) 3,4,5-三甲氧基甲苯、(3) (Z)-氧代環十七碳-8-烯-2-酮、(4) 1,4-二甲基哌嗪、(5) 苯硼酸、(6) 順-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯、(7) 4'-甲基-4-戊基聯苯、(8) 1,2-丙二醇二苯甲酸酯。

圖 3.4-3 SimpleBox_Korea 模式區域性化學物質環境濃度模擬結果

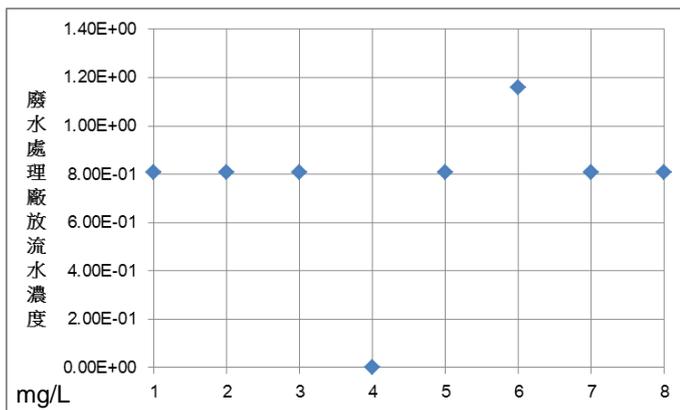
(A) 農業土壤中濃度



(B) 底泥中濃度



(C) 放流水中濃度



註：X 軸代碼：(1) 六氫茛滿、(2) 3,4,5-三甲氧基甲苯、(3) (Z)-氧代環十七碳-8-烯-2-酮、(4) 1,4-二甲基哌嗪、(5) 苯硼酸、(6) 順-1,1,1,4,4,4-六氟-2-丁烯、(7) 4'-甲基-4-戊基聯苯、(8) 1,2-丙二醇二苯甲酸酯。

圖 3.4-4 SimpleBox_Korea 模式地方性化學物質環境濃度模擬結果

表 3.5-1 各國化學物質資料庫系統比較

國家	資料庫名稱	資料來源	主要內容	目標對象	查詢方式	特點
歐盟	Registration Dossier	廠商提交之註冊文件	註冊廠商基本資訊、危害分類與標示、基本物化性質、環境宿命、人體與生態毒理資料、分析方法、安全使用指引等	<ul style="list-style-type: none"> 業者 一般民眾 	<ul style="list-style-type: none"> 以名稱直接搜尋 條件式搜尋 	完整揭露境內廠商註冊與使用情形
	Brief Profile	<ul style="list-style-type: none"> 廠商提交之註冊文件 ECHA 資料庫 	<ul style="list-style-type: none"> 基本資訊：化學物質名稱、結構、主要危害、法規管制現況、用途、註冊廠商等 科學性研究：各項物化、毒理、環境宿命等研究成果摘要說明 	<ul style="list-style-type: none"> 業者 一般民眾 研究人員 	<ul style="list-style-type: none"> 以名稱直接搜尋 條件式搜尋 	提供經專家評析與分類之科學性資料
美國	ChemView	<ul style="list-style-type: none"> 廠商申報資料 環保署調查評估資料 	<ul style="list-style-type: none"> 法規管制現況 環保署風險評估報告 環境釋放量 物化、毒理、環境宿命試驗成果摘要說明 	<ul style="list-style-type: none"> 業者 一般民眾 	<ul style="list-style-type: none"> 以名稱直接搜尋 條件式搜尋 	完整揭露境內廠商使用與政府評估管制情形
	Chemistry Dashboard	國內外研究機構與學術單位資料庫，如 ACToR、PubChem、ChemID 等	基本物化性質、環境宿命、人體與生態毒理資料(包含實測值及預測值)、使用量與用途、預估暴露量、生物檢測數據、結構相似物等	<ul style="list-style-type: none"> 業者 一般民眾 研究人員 	以化學物質或產品名稱直接搜尋	提供經專家評析與分類之科學性資料
日本	Chemi COCO (日文)	<ul style="list-style-type: none"> 環境省調查評估資料 國內外相關網站或資料庫 	<ul style="list-style-type: none"> 各環境法規管制現況 連結至國內政府單位或國外研究機構之網站，可查詢到基本特性、環境調查與風險評估等資料 	<ul style="list-style-type: none"> 業者 一般民眾 研究人員 	<ul style="list-style-type: none"> 以名稱直接搜尋 管制現況或用途條件式搜尋 	作為國內民眾查訊相關資料之入口網站
	CHRIP (日/英文)	<ul style="list-style-type: none"> 厚生勞動省 J-CHECK 東協資料庫 GHS 資訊 	<ul style="list-style-type: none"> 國內外法規管制現況 危害分類與標示 國內外危害或風險評估報告 毒理或環境宿命等試驗結果摘要說明 	<ul style="list-style-type: none"> 業者 一般民眾 研究人員 	<ul style="list-style-type: none"> 以名稱直接搜尋 條件式搜尋 表列式清單搜尋 	綜合提供國內外管理評估現況
	J-CHECK (日/英文)	<ul style="list-style-type: none"> 環境省調查評估資料 相關研究單位試驗資料 廠商申報資料 	<ul style="list-style-type: none"> 法規管制現況 層次性風險評估結果 製造及進口量資訊 研究試驗報告 	<ul style="list-style-type: none"> 業者 一般民眾 研究人員 	<ul style="list-style-type: none"> 以名稱直接搜尋 條件式搜尋 	揭露境內運作使用與政府評估管制情形
韓國	NCIS (韓/英文)	<ul style="list-style-type: none"> 環保署調查評估資料 NIER 毒理資料庫 Tox-Info 廠商申報資料 	<ul style="list-style-type: none"> 法規管制現況、相關資訊 危害分類與標示 環境釋放量 NIER 安全測試報告、 WHO 國際化學品安全卡 毒化物資料表 連結至國內毒理資料庫 	<ul style="list-style-type: none"> 業者 一般民眾 	<ul style="list-style-type: none"> 以名稱直接搜尋 以管制現況條件式搜尋 	摘要式呈現政府評估管制情形並提供完整的危害預防資訊

法提交之註冊文件及申報資料、政府單位所執行之調查評估資料、以及國內外相關研究機構與學術單位之文獻報告等。另各國資料庫系統亦多有設計易於使用的操作介面與簡單明瞭的展示頁面，以供使用者可快速查找並掌握所需之資料。

本計畫已歸納各國化學物質資料庫系統主要含括之資料類別如以下五點所示，茲分別說明其主要內容及呈現方式如后。

一、法規管理現況

此類資料主要目的為說明化學物質於各項法規（化學物質管理、環境品質管理與職業衛生安全等）之列管情形，如是否被判定為毒化物、現有管制措施（如限用、禁用或申報規範等）、以及各類環境介質管制標準值等，以利廠商業者有所遵循，並使社會大眾瞭解政府之管理現況。由於化學物質管理所涉及之法規眾多且相當複雜，為協助使用者可快速且清楚的掌握相關資訊，因此此類資料多以條列式之型式呈現。以使用日本 **CHRIP** 資料庫系統查詢苯之法規管制資訊為例，其即於展示頁面逐一系列示各環境法規之管理現況（圖 3.5-1），如苯於化審法的管理架構下被認定為優先評估物質，於水質污濁防治法中則被歸類為有害物質，並訂有排放標準為 0.1 mg/L。

二、政府環境風險調查評估結果

綜觀各國之管理制度普遍皆有納入篩選評估及風險評估之概念，相關評估結果亦將作為政府擬訂管制措施之依據，因此實有必要公開揭露相關資訊，以使一般大眾與相關專業人士瞭解政府環境風險調查評估之過程與結果，並以此建立良好的風險溝通與管理之基礎。各國資料庫系統於資料呈現上多以條列式摘要說明作業進度與評估結果（圖 3.5-2），若使用者欲取得更多資訊，則可下載完整的評估報告檔案，以進一步瞭解詳細之評估過程。

三、風險評估相關參數

鑒於篩選評估與風險評估作業，以及各項評估模式所需之參數資料來源與項目眾多，為利於政府管理單位或相關專業人士可快速取得可信賴之資料，各國普遍均透過資料庫系統將國內外相關學術單位或研究機構之研究結果加以彙整、分類與管理。此類資料之主要內容包含物化特性、環境宿命、人體與生態毒理資料（包含實測值及預測值）、使用量與用途、環境濃度、生

物檢測數據與結構相似物等。而為提昇參數資料之可靠性，許多資料庫亦有訂定數據品質分級標準，或利用交叉比對方式確認資料之正確性，並於展示頁面逐一呈現完整的數據及其資料來源，與建議使用者引用之參數資料項目（圖 3.5-3）。

四、業者註冊申報資料

此類資料之來源為廠商業者依法提交之註冊文件或定期申報之環境釋放量等資料，透過資料庫系統之管理除可提供政府執行化學物質評估管理工作之所需，亦可加以公開透明化，並將有助於政府對於民眾之風險溝通與管理。此類資料所囊括之資料項目依各國法令規範而有所不同，以註冊作業要求最為嚴格的歐盟為例，其即規範註冊檔案需包含廠商基本資訊、危害分類與標示、使用與暴露資訊、化學物質特性資料（物化性質、環境宿命、人體與生態毒理資料等）、分析方法、安全使用指引及評估報告等項目，而需定期申報之環境釋放量資料則以空氣污染排放與水污染排放等為主。由於此類資料所囊括之項目眾多，因此多以大項分類之型式呈現，而環境釋放量資料則主要透過經統計分析之圖表或地理資訊系統加以展示（圖 3.5-4），以呈現其於空間與時間上之變化情形。

五、風險資訊宣導資料

此類資料主要用途為供廠商業者與一般民眾瞭解化學物質可能帶來的風險並作為其實行風險管理措施之參考，主要內容包含化學物質運作場所管理所需之安全使用指引、可供快速辨識危害性之 GHS 分類標示、以及風險知識書件資料與相關網站之連結等。由於此類資料多已透過系統性的彙整轉譯為一般大眾較容易理解之型式，因此資料之展示方式普遍以圖示性及表格化為主，如日本 Chemi COCO 資料庫系統即直接利用 GHS 危害圖示說明其所代表之分類意義（圖 3.5-5），其他文件資料則提供檔案下載功能，其中安全使用指引多以條列式或表格化等簡明扼要之方式傳達相關資訊，另化學物質風險知識之呈現方式請參酌 3.5 節說明。

國內法規制情報	
化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）	
化審法：優先評価化学物質 データの説明 輸入通関手続き（経産省サイト） 製造数量等の届出（経産省サイト）	
通し番号	45
化審法官報整理番号	3-1
官報公示名称	ベンゼン
評価対象	人健康影響
備考	-
詳細情報	J-CHECKへ
化審法：既存化学物質 データの説明 第6類の用語の定義【PDF：4.8KB】 第7類の用語の定義【PDF：11.4KB】 輸入通関手続き（経産省サイト） 製造数量等の届出（経産省サイト）	
化審法：旧第二種監視化学物質 データの説明 輸入通関手続き（経産省サイト） 製造数量等の届出（経産省サイト）	
経済産業省：化学物質安全性点検結果等（分解性・蓄積性） データの説明	
特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（化管法）	
労働安全衛生法（安衛法）	
大気汚染防止法	
水質汚濁防止法	
水質汚濁防止法 データの説明 概要（環境省サイト）	
分類	有害物質
政令名称	ベンゼン
排水基準	0.1mg/L
政令番号 政令第2条第22号	
土壌汚染対策法	

圖 3.5-1 日本 CHRIP 資料庫系統化學物質法規管理現況呈現方式

Structure	Chemical Name/ Chemical Identifier	Data Submitted to EPA View for All	EPA Assessments View for All	EPA Actions View for All	Manufacturing, Processing, Use or Release View for All
	▷ 4-Nitrophenol 100-02-7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
	▷ 4-Nitroaniline 100-01-6	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	▷ 1-Chloro-4-nitrobenzene 100-00-5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

美國 ChemView

Screening Info							
Publication year	Human health effect			Ecological effect		Detailed assessment by experts	Remarks
	Exposure Class	Hazard Class	Priority	Exposure Class	Hazard Class		
2017				3	3	Medium	Assessment has been conducted by the serial number of Priority Assessment Chemical Substances (PACSS).
2016				3	3	Medium	Assessment has been conducted by the serial number of Priority Assessment Chemical Substances (PACSS).
2015				3	3	Medium	Assessment has been conducted by the serial number of Priority Assessment Chemical Substances (PACSS).
2014				3	3	Medium	Assessment has been conducted by the serial number of Priority Assessment Chemical Substances (PACSS).
2010	1	1	High	-	-	-	Assessment has been conducted by the serial number of Type II Monitoring Chemical Substance (before amendment).

Information of designation						
Classification	Designated date	No.	MITI No.	Name of Priority Assessment Chemical Substance	Rationale for designation	Remarks
PACSS	2011/04/01	45	3-1	Benzene	Human health effect: Ecological effect: detailed assessment by experts for:	

No. 45

Risk Assessment Phase 1-II, 1-III			
publication date	Status of risk assessment	publication source	Remarks
2018/03/22	Risk Assessment Phase 1-II (human health effect)		
2016/12/27	Risk Assessment Phase 1-II (human health effect)		
2014/07/31	Risk Assessment Phase 1-II (human health effect)		

日本 J-CHECK

圖 3.5-2 各國資料庫系統政府環境風險評估結果呈現方式

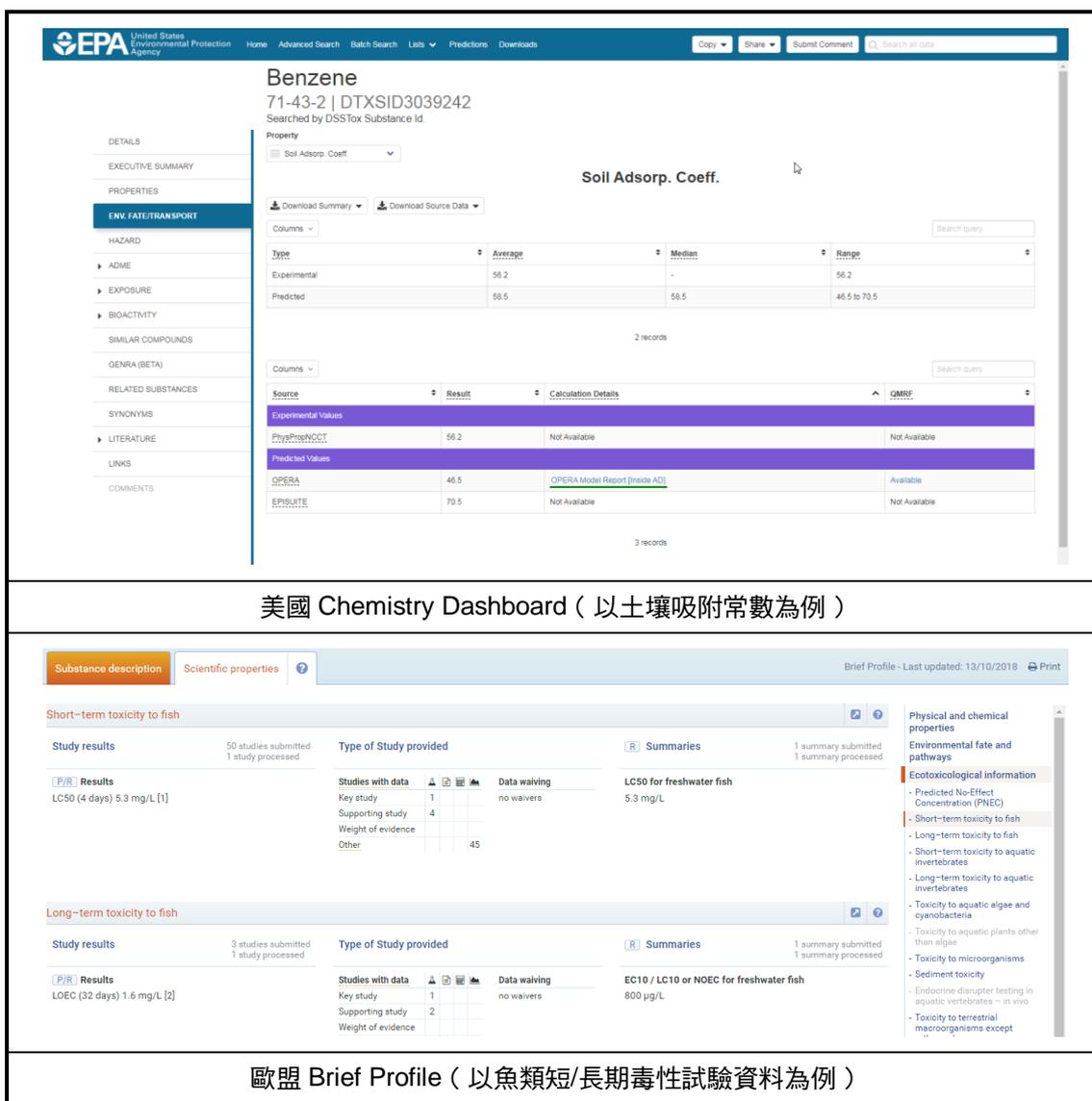


圖 3.5-3 各國資料庫系統風險評估參數資料呈現方式

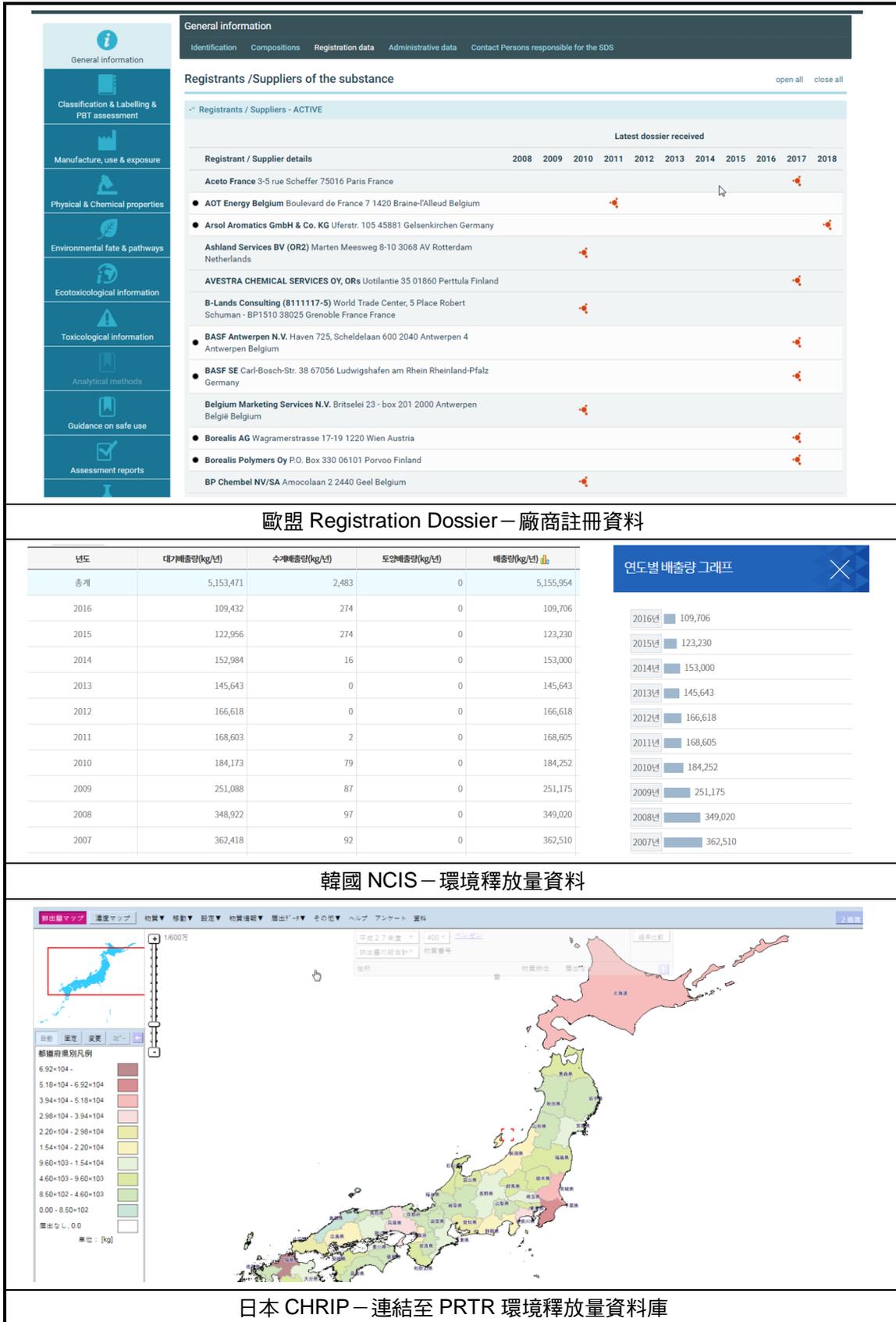


圖 3.5-4 各國資料庫系統廠商註冊申報資料呈現方式

 <ul style="list-style-type: none"> • 火薬類 • 自己反応性物質 • 有機過酸化物 	 <ul style="list-style-type: none"> • 引火性／可燃性物質 • 自己反応性化学品 • 自然発火・自然発熱物質 • 有機過酸化物 	 <ul style="list-style-type: none"> • 酸化性物質
 <ul style="list-style-type: none"> • 高压ガス 	 <ul style="list-style-type: none"> • 金属腐食性物質 • 皮膚腐食性 • 眼に対する重篤な損傷性 	 <ul style="list-style-type: none"> • 急性毒性
 <ul style="list-style-type: none"> • 急性毒性（低毒性） • 皮膚刺激性 • 眼刺激性 • 皮膚感受性 	 <ul style="list-style-type: none"> • 変異原性 • 発がん性 • 生殖毒性 • 呼吸器感受性 • 標的臓器毒性 • 吸引性呼吸器有害性 	 <ul style="list-style-type: none"> • 水生環境有害性

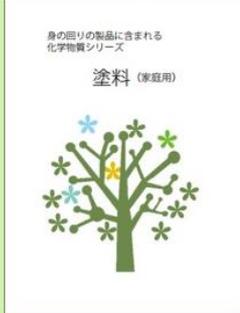
GHS 危害分類與標示圖示說明

役立つ情報

環境省「かんたん化学物質ガイド」



(独) 製品評価技術基盤機構「身の回りの製品に含まれる化学物質」



風險資訊/知識書件檔案下載

身体への暴露		あらゆる接触を避ける！	
吸入	めまい、嗜眠、頭痛、吐き気、息切れ、痙攣、意識喪失。	換気、局所排気、または呼吸用保護具。	新鮮な空気、安静。医療機関に連絡する。
皮膚	吸収される可能性あり！皮膚の乾燥、発赤、痛み。他の症状については「吸入」参照。	保護手袋、保護衣。	汚染された衣服を脱がせる。多量の水かシャワーで皮膚を洗い流す。医療機関に連絡する。
眼	発赤、痛み。	顔面シールド、または呼吸用保護具と眼用保護具の併用。	数分間多量の水で洗い流し(できればコンタクトレンズをはずして)、医師に連れて行く。
経口摂取	腹痛、咽頭痛、嘔吐。他の症状については「吸入」参照。	作業中は飲食、喫煙をしない。	口をすすぐ。吐かせない。医療機関に連絡する。

國際化學品安全卡（ICSCs）

圖 3.5-5 日本 Chemi COCO 資料庫系統化學物質風險資訊呈現方式

3.6 風險知識應用

風險資訊知識化的目的在於將艱澀的風險評估結果轉譯為一般大眾較容易理解之呈現方式，以利於政府單位對於大眾風險溝通與管理工作之推動。綜觀先進各國之風險知識應用方式（詳見附件二各國資料說明），主要共通之特點包含聚焦生活化的主題、層次性的編撰架構、圖像化的表達形式、分眾化的闡述方式與多元化的宣傳管道等，茲分項說明如后。

一、聚焦生活化的主題

化學物質已廣泛存在於我們的日常生活中，為增進一般大眾對於化學物質知識之興趣與學習動機，各國多以生活化的主題或民眾所關切的議題作為知識傳播的主軸，如歐盟化學總署所建置的 **Chemicals in our life** 網站即以關注議題（**trending**）、產品（**product**）、人體健康（**health**）、環境生態（**environment**）及工作場所（**work**）等各種日常生活面向為分類基礎，列舉說明化學物質所扮演的角色以及其所帶來的影響（圖 3.6-1）。另日本環境省則分別針對清潔劑、殺蟲劑、塗料與黏著劑、以及交通工具（乗り物）等民眾最常接觸的民生用品，分別製作文宣手冊說明相關風險知識，以藉此建立一般大眾對於風險評估及安全使用之正確觀念。美國環保署及各州環保部門則會針對特定污染事件，發布一系列之 **Citizen's Guides** 文件，以主動告知周邊居民環境污染概況、污染物危害風險與建議採行的風險控管措施等資訊，並作為政府推動風險管理與溝通之重要基礎。

二、層次性的編撰架構

完整的風險評估需包含危害鑑定、危害評估、暴露評估與風險特徵描述等四大要素，若僅擷取片段資訊進行說明，則可能因資訊落差而造成民眾之恐慌與誤解。為避免此一情形發生，各國普遍均透過層次性的編撰架構，依序說明風險評估過程的各個步驟，以建立民眾對於風險資訊的完整認知，如辨別危害與風險的差異性，以及如何透過阻斷暴露途徑或降低暴露量而達到消弭風險之目的。以日本環境省針對塗料與黏著劑所發布的風險知識手冊為例（圖 3.6-2），首先說明塗料與黏著劑在日常生活中可能的應用方式，如木工與金屬製品、建築材料、容器包裝及汽機車等交通工具，而民眾即可能因使用或接觸這些物品而造成暴露（暴露評估）。第二及第三部分則說明塗料與黏

著劑含有的化學物質成分（危害鑑定），以及其所可能造成的危害（危害評估），以黏著劑為例其主要成分可分為溶劑、樹脂與添加劑等，而其中會對於人體健康或生態環境造成不良影響者為屬於溶劑的甲苯、乙苯、二甲苯及乙酸乙酯等揮發性有機物（volatile organic compounds, VOCs），VOCs 所可能產生的健康影響包含頭痛、眼鼻刺激及四肢乏力等。最後則綜整說明可降低塗料與黏著劑危害風險之使用或預防方法（風險特徵描述），如選用低 VOCs 之商品或加強室內空間的通風效果等。由此一具順序性和邏輯性的敘述方式，除可增進民眾的化學物質知識外，亦可作為於日常生活中實踐風險管理之參考準則。

三、圖像化的表達形式

考量風險資訊為經由繁複的評估與分析作業程序所產出之結果，若僅應用傳統純文字之表達方式，則將難以普及至一般大眾，因此各國普遍皆利用視覺化的圖像將艱澀的評估結果轉化為一般民眾較容易理解之型式。以美國紐約州、佛蒙特州與加拿大魁北克省政府，針對座落於美加邊界並遭受汞與多氯聯苯嚴重污染的尚普蘭湖（Lake Champlain）所發布之魚類攝食建議文件（fish consumption advisory）為例，由於各地污染情形和法令規範不盡相同，因此有關單位皆有依其管理需求各自辦理環境調查及風險評估，惟調查之魚體種類繁多且體內污染物累積濃度不一，而使最終所得之評估結果相當複雜。由當地多個官方及民間組織共同成立的 Lake Champlain Basin Program 為提供周邊居民更為簡單明瞭的風險資訊，便以圖像化的方式呈現已經系統性彙整之資料（圖 3.6-3），如使用指標圖示說明各種魚體中可能含有污染物濃度之相對高低，並以箭頭與顏色區別其危害風險以及不同關切族群（一般民眾、孕婦與孩童等）建議攝食量之差異。此些視覺化的圖像除可加深民眾對於風險概念的認識，亦將有助於風險溝通與相關管理措施之推行。

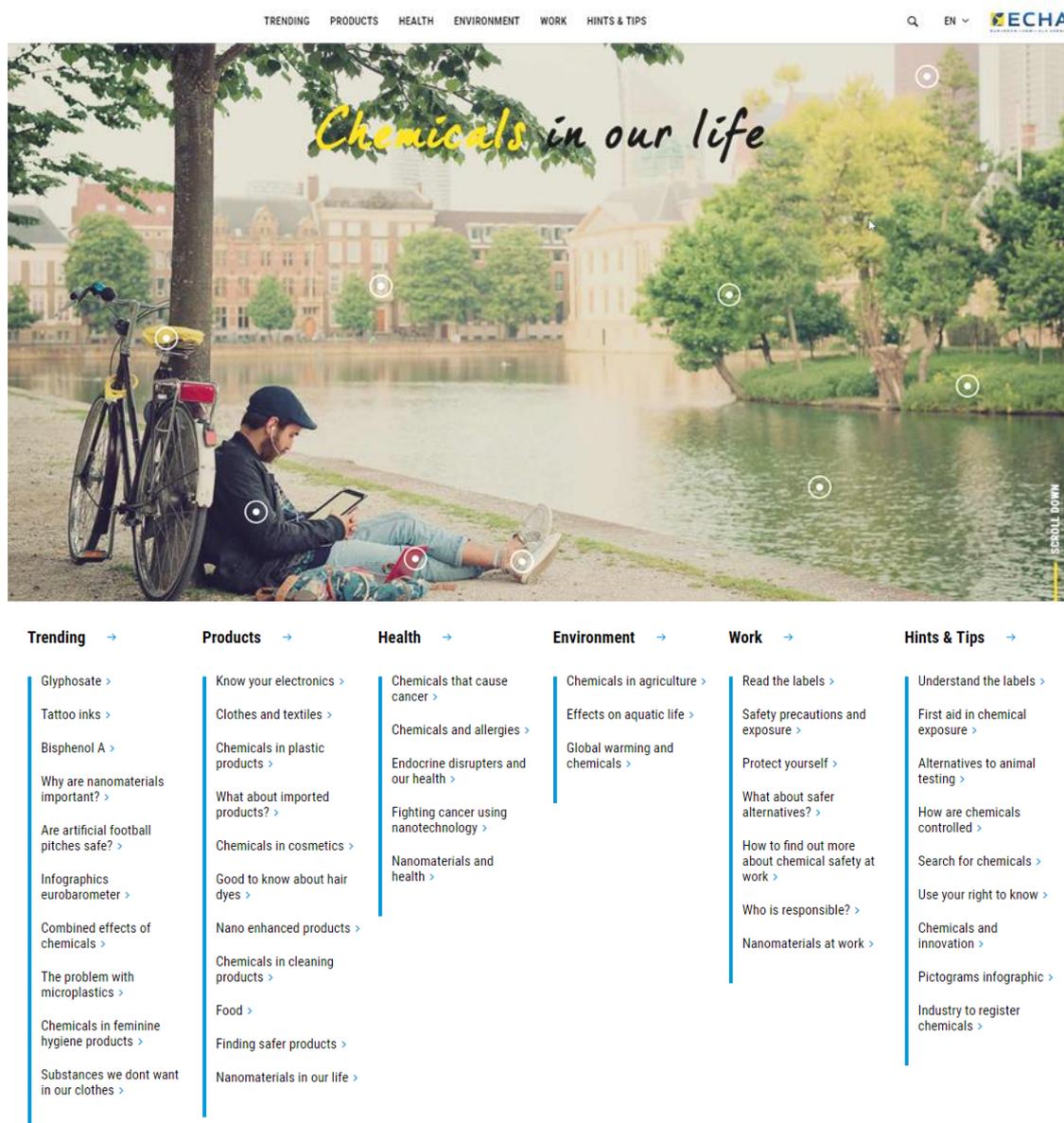
四、分眾化的闡述方式

普遍而言，風險知識傳播的對象係以一般民眾為主，但若進一步細究則可發現不同族群對於風險資訊關切面向會因年齡、教育程度、職業及生活經驗等而有所差異。為全面的提供不同目標對象所需之風險資訊，各國大多採用分眾化的資料處理策略，意即將相同的內容以不同的方式加以闡述或呈

現。以美國毒性物質及疾病登記署 (Agency for Toxic Substance and Disease Registry, ATSDR) 針對危害性物質所發布的風險資訊為例，其大致可分為 ToxFAQs、ToxGuide、Toxzine 與 Toxicological Profile 等四類 (圖 3.6-4)，其中 ToxFAQs 為透過簡單的問答方式，使民眾可快速瞭解化學物質的基本資訊，包含用途、可能接觸的途徑、健康危害及預防措施等，ToxGuide 則採條列式說明較為詳細的風險資訊，如化學物質的環境宿命、環境濃度、人體內濃度及暴露最小風險值 (minimal risk levels) 等。另 Toxzine 則參考雜誌的編排方式，將重要的風險資訊彙整製作為一般大眾容易閱讀的書件資料，並以簡明的文字敘述或清楚的分析圖表加以呈現。Toxicological Profile 則為完整且經專家審閱的文獻彙整報告，其所針對之目標族群為有研究需求而欲取得詳細資訊之專業人士。由此可知，若可適當的將目標對象加以分類，並透過規劃適宜的編排方式與內容之難易度，則可大幅擴展風險資訊的應用層面與廣度。

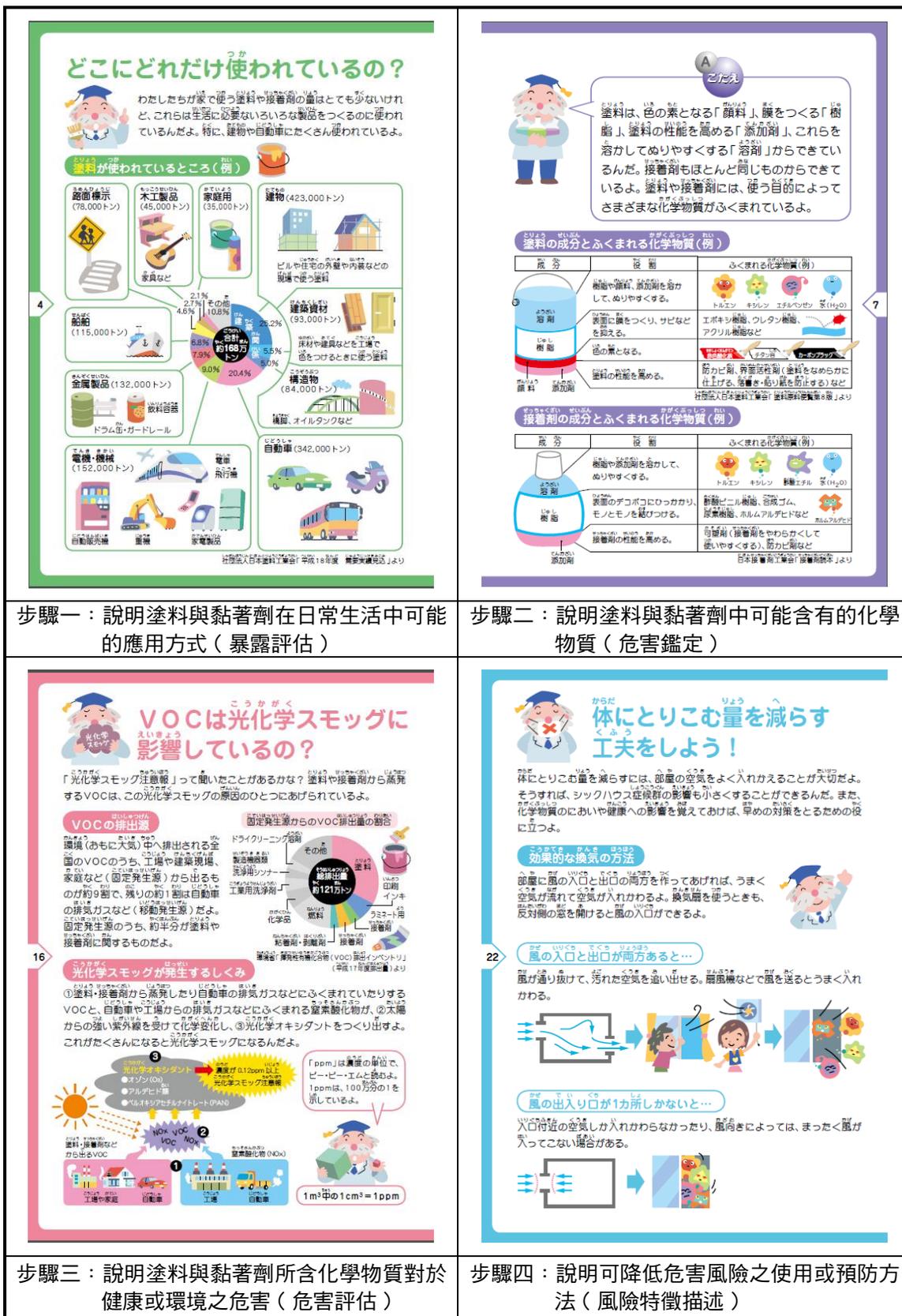
五、多元化的宣傳管道

隨著資訊科技的快速發展，資訊傳播的宣傳管道亦日趨多元化，除了傳統的實體書件或文字媒體外，影音平台、社群網站以及通訊軟體亦已成為人們日常生活中最容易接受資訊之管道。而為順應數位化時代的發展趨勢，各國政府皆已善加利用新型態的傳播媒介進行宣傳，包含 FB、Youtube、Line 與 Twitter 等，以歐盟化學總署為例，其已有開設 FB 粉絲專頁與 Youtube 頻道，以即時發布各項文字與影音資訊，並以此建立風險溝通與管理之基礎。



資料來源：<https://chemicalsinourlife.echa.europa.eu/>。

圖 3.6-1 歐盟化學物質風險知識宣導網站主題分類方式



步驟一：説明塗料與黏著劑在日常生活中可能的應用方式（暴露評估）

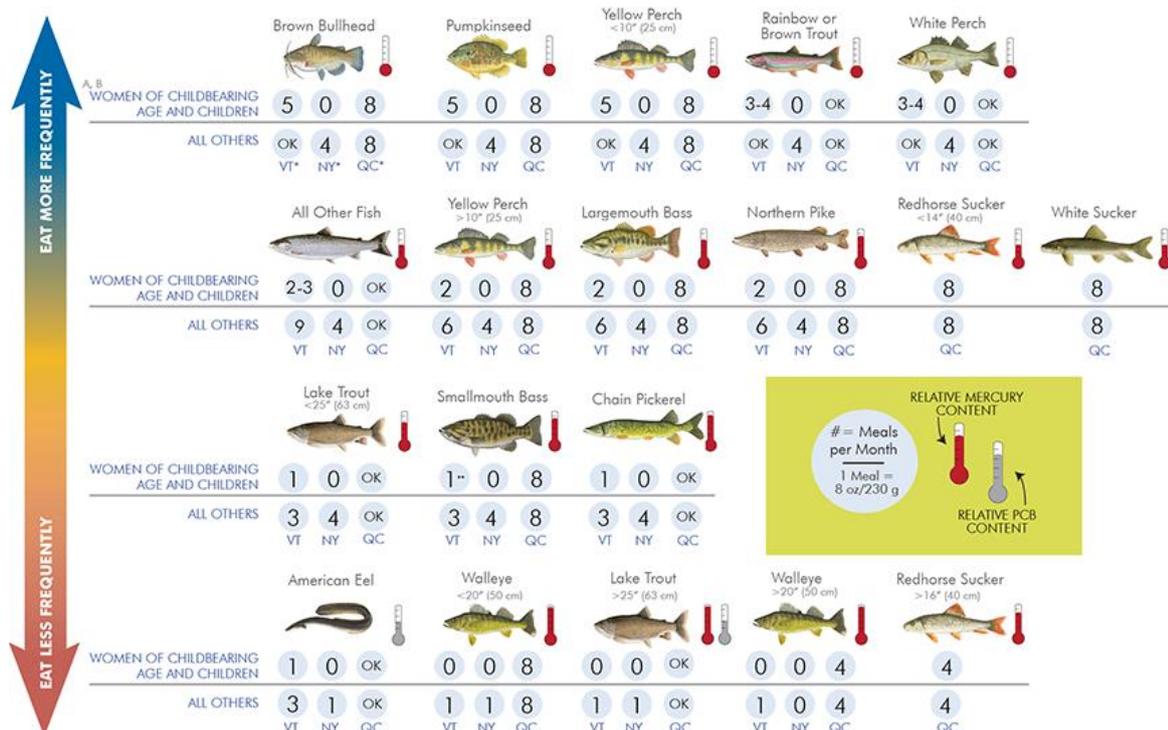
步驟二：説明塗料與黏著劑中可能含有的化學物質（危害鑑定）

步驟三：説明塗料與黏著劑所含化學物質對於健康或環境之危害（危害評估）

步驟四：説明可降低危害風險之使用或預防方法（風險特徵描述）

資料來源：http://www.env.go.jp/chemi/communication/guide/toryo_setyakuzai/index.html。

圖 3.6-2 日本化學物質風險知識應用方式（以塗料與黏著劑為例）



A = The VT advisory applies to women of childbearing age, particularly pregnant women, women planning to get pregnant and breastfeeding mothers, as well as children age six or younger.
 B = The NY advisory applies to women of childbearing age, infants and children under the age of 15.
 * All VT advisories are state-wide. Lake trout and walleye advisories in NY are specific to Lake Champlain; the American eel advisory is specific to Cumberland Bay. The QC advisories are all specific to Missisquoi Bay.
 ** smallmouth bass >19" (48 cm) consumption limited to 0 meals per month in women and children in VT. If there is no number, there is no advisory for that jurisdiction. If there is an "OK", the fish falls into the general advisory for that jurisdiction.

資料來源：<http://www.lcbp.org/water-environment/human-health/toxic-substances/fish-advisories/#>

圖 3.6-3 北美洲尚普蘭湖魚類建議攝食量示意圖

Benzene - ToxFAQs™

CAS # 71-43-2

This fact sheet answers the most frequently asked health questions (FAQs) about benzene. For more information, call the CDC Information Center at 1-800-232-4636. This fact sheet is one in a series of summaries about hazardous substances and their health effects. It is important you understand this information because this substance may harm you. The effects of exposure to any hazardous substance depend on the dose, the duration, how you are exposed, personal traits and habits, and whether other chemicals are present.

HIGHLIGHTS: Benzene is a widely used chemical formed from both natural processes and human activities. Breathing benzene can cause drowsiness, dizziness, and unconsciousness; long-term benzene exposure causes effects on the bone marrow and can cause anemia and leukemia. Benzene has been found in at least 1,000 of the 1,684 National Priority List (NPL) sites identified by the Environmental Protection Agency (EPA).

What is benzene?
Benzene is a colorless liquid with a sweet odor. It evaporates into the air very quickly and dissolves slightly in water. It is highly flammable and is formed from both natural processes and human activities.

Benzene is widely used in the United States; it ranks in the top 20 chemicals for production volume. Some industries use benzene to make other chemicals which are used to make plastics, resins, and nylon and other synthetic fibers. Benzene is also used to make some types of rubbers, lubricants, dyes, detergents, drugs, and pesticides. Natural sources of benzene include emissions from volcanoes and forest fires. Benzene is also a natural part of crude oil, gasoline, and cigarette smoke.

What happens to benzene when it enters the environment?

- Industrial processes are the main source of benzene in the environment.
- Benzene can pass into the air from water and soil.
- It reacts with other chemicals in the air and breaks down within a few days.
- Benzene in the air can attach to rain or snow and be carried back down to the ground.
- It breaks down more slowly in water and soil, and can pass through the soil into underground water.
- Benzene does not build up in plants or animals.

How might I be exposed to benzene?

- Outdoor air contains low levels of benzene from tobacco smoke, automobile service stations, exhaust from motor vehicles, and industrial emissions.
- Vapors (or gases) from products that contain benzene, such as glues, paints, furniture wax, and detergents, can also be a source of exposure.
- Air around hazardous waste sites or gas stations will contain higher levels of benzene.
- Working in industries that make or use benzene.

How can benzene affect my health?
Breathing very high levels of benzene can result in death, while high levels can cause drowsiness, dizziness, rapid heart rate, headaches, tremors, confusion, and unconsciousness. Eating or drinking foods containing high levels of benzene can cause vomiting, irritation of the stomach, dizziness, sleepiness, convulsions, rapid heart rate, and death.

The major effect of benzene from long-term exposure is on the blood. Benzene causes harmful effects on the bone marrow and can cause a decrease in red blood cells leading to anemia. It can also cause excessive bleeding and can affect the immune system, increasing the chance for infection. Some women who breathed high levels of benzene for many months had irregular menstrual periods and a decrease in the size of their ovaries, but we do not know for certain that benzene caused the effects. It is not known whether benzene will affect fertility in men.

ToxGuide™ for Benzene C₆H₆

CAS# 71-43-2
Chemical

U.S. Department of Health and
Human Services
Public Health Service
Agency for Toxic Substances
and Disease Registry

Contact Information:
Division of Toxicology
Applied Toxicology Branch
1600 Clifton Road, NE, F-32
Atlanta, GA 30333
1-800-CDC-INFO
www.atsdr.cdc.gov

Normal Human Levels

Toxicokinetics

- Benzene is rapidly absorbed through the lungs; approximately 50% of the benzene in air is absorbed.
- Over 90% of inhaled benzene is absorbed through the gastrointestinal tract.
- Absorbed benzene is rapidly distributed throughout the body and tends to accumulate in fatty tissues.
- The liver serves an important function in the metabolism of benzene as well as the production of several reactive metabolites.
- At low exposure levels, benzene is rapidly excreted in urine, primarily as conjugated urinary metabolites.
- At higher exposure levels, metabolic pathways appear to become saturated and benzene is excreted as parent compound in exhaled air.

Normal Human Levels

- Median level in blood is 0.06 µg/L for people with no known benzene exposure and 0.05 µg/L for a range of doses.

Environmental Levels

- The concentration of benzene in air from metropolitan areas was 0.58 ppb.
- Benzene was detected in less than 10% of sediment samples with a median level of 0.01 ppb.
- Benzene was detected in approximately 40% of surface water samples with levels ranging from non-detectable to 100 µg/L.

References

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2007. Toxicological Profile for Benzene. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

ToxFAQs : 常見問答集

ToxGuide : 口袋版指引

HEALTH EFFECTS OF EXPOSURE

The main targets of benzene are the nervous system and the blood forming organs.

After exposure to benzene, several factors determine whether harmful health effects will occur, as well as the type and severity of such health effects. These factors include the amount of benzene to which you are exposed and the length of time of the exposure. Most information on effects of long-term exposure to benzene are from studies of workers employed in industries that make or use benzene. These workers were exposed to levels of benzene in air far greater than the levels normally encountered by the general population. Current levels of benzene in workplace air are much lower than in the past. Because of this reduction and the availability of protective equipment such as respirators, fewer workers have symptoms of benzene poisoning.

Brief exposure (5–10 minutes) to very high levels of benzene in air (10,000–20,000 ppm) can result in death. Lower levels (700–3,000 ppm) can cause drowsiness.

Cancer Determinations from Regulatory Agencies for Benzene

<p>Department of Health and Human Services (DHHS)</p> <p>Known carcinogen</p>	<p>International Agency for Research on Cancer (IARC)</p> <p>Carcinogenic to humans</p>	<p>Environmental Protection Agency (EPA)</p> <p>Carcinogenic to humans</p>
--	--	---

Table 3-6. Summary Comparison of Physiologically Based Pharmacokinetic Models for Benzene

Reference	Species ^a	Simulated areas				Comment
		Absorption pathways ^b	Tissues ^c	Metabolic pathways ^d	Excretion pathways ^e	
Bois et al. 1991a	R	IH, OR	BL, BM, FA, LI, LU, RP, SP	BM, LI: BZ→BO(c) BO→BO(c) BO→PH(f) BO→GSH(c) BG→DI(c) PH→HQ(c) PH→CA(c) PH→PHCO(c)	EH: BZ UR: PH	Simulates metabolic pathways in bone marrow, and phenol conjugation in lung and gastrointestinal tract
Bois et al. 1996	H	IH	BL, BM, FA, LU, LI, RP, SP	BM, LI: BZ→M _{int} (c) LI: PH _{ext} →PH(z)	EH: BZ UR: M _{int} PH	Simulates metabolic pathways in bone marrow, and endogenous production of phenolic metabolites
Brown et al. 1995	H (m,f)	IH	BL, FA, LU, RP, SP	LI: BZ→M _{int} (f)	EH: BZ	Simulates males or females
Cole et al. 2001	M	IH, OR	BL, FA, LI, LU, RP, SP	LI: BZ→BO(c) BO→PH(f) BO→PMA(f) BO→MA(f) PH→HQ(c) PH→PHCO(c) PH→CA(c) CA→THB(c) HQ→HQCC(c)	EH: BZ UR: CA MA PHCO PMA HQCC THB	All metabolism is assigned to the liver
Fisher et al. 1997	H	IH	FA, LU, LI, RP, SP, MI	LI: BZ→M _{int} (c)	EH: BZ MI: BZ	Simulates transfer of benzene to breast milk
Medinsky et al. 1999a, 1999b, 1999c	H, M, R	IH, OR	FA, LI, LU, RP, SP	LI: BZ→BO(c) BO→PHCO(c) BO→PMA(c) BO→HQCC(c) BO→MA(c)	EH: BZ	All metabolism is assigned to the liver

Toxzone : 以雜誌編排方式彙整相關風險評估資訊

Toxicological Profile: 詳細完整且經專家審閱的文獻彙整報告

資料來源 : <https://www.atsdr.cdc.gov/>。

圖 3.6-4 美國 ATSDR 風險資訊呈現方式 (以苯為例)

3.7 綜合研析

綜合 3.1~3.6 節各國化學物質管理制度之發展現況可知，各國化學物質管理架構主要可分為註冊申報、篩選評估、風險評估與風險管理等四大步驟(圖 3.7-1)，而為提昇前述工作之執行效率，各國亦多有建置及發展評估模式與資料庫系統，以有效整合國內外研究成果、以及國內各項環境濃度及環境參數之調查資料，最終所有風險調查及評估結果均將匯入風險資訊平台，並進一步轉譯為一般大眾容易理解之風險知識，以作為政府執行風險管理與溝通之基礎。

本計畫經綜合比較與研析國內外化學物質環境風險評估與管理架構後(表 3.7-1)(國內毒物及化學物質現有管理架構詳見 2.1.2 節說明)，茲提出以下四點建議作為我國發展化學物質環境風險評估架構之參考。

一、風險評估法制化

相較於先進各國均有明確定義環境風險評估於整體管理架構所扮演之角色，目前主管我國化學物質管理之毒管法雖已訂定篩選原則，惟未明確將風險評估機制納入相關規範。因此為利於國內環境風險評估工作之推動，因此為利於國內環境風險評估工作之推動，建議評估環境風險評估機制法制化之可行性，並逐步發展建立相關評估方法與技術文件等。

綜合各國化學物質環境風險評估方法發展應用之經驗，以及國內相關法規修訂之現況，本計畫建議國內環境風險評估的適用時機應包含以下三類：(1) 經登錄之新化學物質判斷是否有污染環境或危害人體健康之虞之依據；(2) 經登錄之既有化學物質判斷是否有污染環境或危害人體健康之虞之依據；(3) 已列管毒化物或關注化學物質管制成效檢核之依據。前二項評估結果將用於評估化學物質是否符合毒化物或關注化學之定義，若有則需依法公告納管，限制其運作並要求業者提報暴露及風險評估資料，以更新或傳遞相關危害資訊；第三項評估結果則將作為政府擬定毒化物或關注化學釋放總量管制，或相關禁限用等風險管理措施之根據。

另考量國內管理單位現有之風險評估及管理量能有限，本計畫建議應以環境危害性仍屬未知之新化學物質為優先評估對象，主管機關應於其上市使用前辦理風險評估，以先行掌握其可能造成的危害風險，以達源頭管理之目的與精神。至於目前國內已廣泛使用之既有化學物質，考量其種類繁多，建

議管理單位可先行參考國外已有之風險評估結果，再依據國內實際之暴露潛勢，篩選出具較高潛在風險者優先辦理風險評估，以確認其實質影響程度。

此外針對評估所需參數資料之取得，目前我國雖已有訂定相關登錄辦法，規範業者需於辦理註冊時提交有關資料，惟參酌先進各國之管理經驗，建議主管機關可再增訂相關規範，要求業者需配合其執行風險評估工作之所需，提交必要之參數資料，以賦予業者更多的管理責任。另考量目前各權責單位多已有針對各類環境介質辦理環境調查，本計畫亦建議我國化學物質統籌管理單位－環保署化學局，應整合各單位調查資源，針對經篩選之高優先化學物質辦理系統性之環境調查，以供其風險評估之所需，並達提昇政府管理量能之目標（詳 4.2 與 7.1 節說明）。

二、建立整合性篩選評估策略

鑒於化學物質的種類眾多，為有效提升政府管理效能，先進各國普遍均朝向整合性管理策略之發展趨勢，如歐盟所執行之篩選評估，即透過設定不同的篩選情境，以同時全面性且系統性的自所有化學物質中篩選出具明確危害性或具高潛在風險者，以可同時符合後續執行 SVHC 清單物質使用授權作業，或 CoRAP 清單物質風險評估工作之需求，另加拿大與美國亦於近年積極發展新的篩選分類策略，以補強原有篩選管理機制的不足之處。

目前我國雖已有訂定篩選認定毒性化學物質作業原則，並刻正發展關注化學物質篩選分類方法及環境流布調查對象優先性篩選評估作業流程等，然而各篩選作業所對應之管理面向不盡相同，因此目前皆由各專責單位自行辦理之，惟考量各篩選作業之資料蒐集對象、作業程序及篩選原則等多有相近之處，本計畫建議後續應由主管單位整合相關行政管理資源，發展具一致性之篩選評估作業流程，以確保有限的資源可發揮最大效用。

另相較於先進各國之篩選評估原則，我國現有之篩選方法多僅考量化學物質之危害性，尚未將可反應國內實際使用與環境流布現況之暴露潛勢納入考量，建議未來於整合性篩選方法的發展上應同時考量危害性與暴露量之影響，以篩選出真正對於本土環境具有危害風險者，並可參酌各國之執行經驗，納入結構相似物及群組化篩選等新型態之篩選概念，以提昇整體篩選評估作業之效率。

三、建置整合性資料庫系統

相較於先進各國已建立之化學物質資料庫系統，目前我國既有之資料庫系統係僅針對各管理面向之特定需求而建置，尚未能以較為全面性的視野規劃一可同時符合各方需求之整合性資料庫系統，對於欲獲知化學物質管理現況資訊的廠商業者或一般民眾而言，現有可行的查詢方式極為不便，如同一化學物質於各環境介質之管制標準資料，即分別散落於環保署化學局、土基會、水保處、空保處、以及勞動部與衛福部等有關單位，而管理單位執行風險評估所需之參數資料亦同樣分散於各權責單位之資料庫系統。

因此為利於政府風險評估、管理與溝通工作之推動，本計畫建議應參酌先進各國之發展經驗，並由我國化學物質統籌管理單位－環保署化學局，規劃建置一，以系統性分類歸納廠商業者、一般民眾與相關管理單位所關切之評估調查資料及其所需參數等。而有別於化學局以流向控管、追溯與勾稽等管理工作為導向之非公開性化學雲資料庫，本項所指之資料庫系統係為配合化學物質風險評估、管理與溝通等工作之所需，主要含括之內容為國內管制現況、國內外相關研究成果及風險資訊等，相關資料經專責單位分類審核後，並將予以公開供各界查詢使用（詳 6.1 節說明）。

四、善用既有模式並加以本土化

相較於先進各國均已完成建立篩選評估及風險評估等方法，並已充分運用評估模式工具作為輔助，目前我國環境風險評估方法之發展尚屬起步階段，惟近年國內相關環境管理法規亦已陸續增納風險評估機制，並已有公告相關技術規範與建議使用之評估模式（詳 4.1 與 4.3 節說明）。因此為加速我國環境風險評估工作之堆動，本計畫建議應以國內外既有之評估方法與模式工具為基礎，汲取相關執行經驗作為研擬我國環境風險評估架構之參考（詳第五章說明），其中針對模式工具之發展，建議可直接引用國外既已建構模擬運算程式之評估模式，再逐步透過本土化環境傳輸參數及受體暴露參數的調查與使用，將其調整為適用於國內環境之評估工具，以增進評估結果之可靠性，並有助於提升整體評估作業之效率。

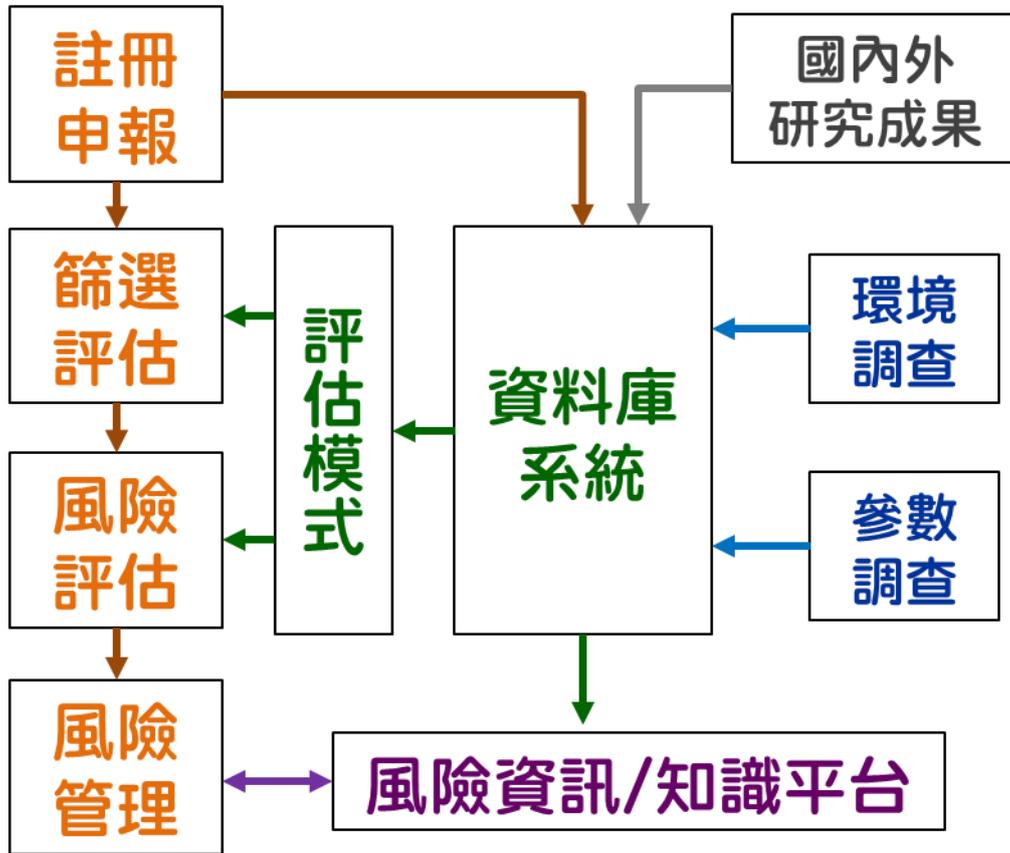


圖 3.7-1 各國化學物質管理策略架構

表 3.7-1 國內外化學物質管理策略架構比較

比較面向	我國	國外
註冊申報	<ul style="list-style-type: none"> 已訂定新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法，逐步蒐集國內化學物質運作使用之資料 已訂定環境釋放量以及相關污染排放申報機制，逐步掌握國內污染物環境排放情形 	<ul style="list-style-type: none"> 各國普遍均有訂定源頭使用申報或註冊登記之管理制度，以系統性蒐集化學物質運作使用之資料 各國普遍均有訂定環境釋放量以及相關污染排放申報機制，以掌握污染物環境排放情形
篩選評估	<ul style="list-style-type: none"> 目前僅針對毒化物管理訂有篩選評估方法，另關注化學物質及環境流布調查對象之篩選方法仍在發展中 各篩選作業依其管理需求各自為之 	<ul style="list-style-type: none"> 各國普遍均有建立篩選評估原則與方法，且已有多年執行經驗 持續檢討更新篩選評估方法，並朝向發展整合性管理策略之趨勢
風險評估	<ul style="list-style-type: none"> 尚未定義明確的適用時機，相關評估方法之發展尚屬起步階段 	<ul style="list-style-type: none"> 各國普遍均已完成建立風險評估方法，且已有多年執行經驗 已有發布相關技術指引文件供各界參考 接續前一階段篩選評估之結果辦理之，若評估參數有所不足可要求廠商補正提供
環境調查	<ul style="list-style-type: none"> 各權責單位僅依其管理需求各自辦理環境調查工作 	<ul style="list-style-type: none"> 政府有關單位需配合風險評估工作執行之所需辦理環境調查
風險管理	<ul style="list-style-type: none"> 已有訂定明確的運作使用管理規範，然尚未與風險評估結果有所對應 	<ul style="list-style-type: none"> 各國普遍已有訂定明確的運作使用管理規範，並可與風險評估結果有所對應
評估模式工具	<ul style="list-style-type: none"> 相關評估模式工具的開發與使用尚屬起步階段 	<ul style="list-style-type: none"> 各國普遍已有發展相評估模式工具，並調查建置本土化參數，以輔助篩選評估及風險評估等工作之執行
資料庫系統	<ul style="list-style-type: none"> 各管理面向僅針對其工作需求建置相對應之資料庫系統 	<ul style="list-style-type: none"> 各國普遍已有建置整合性資料庫系統，以作為資訊公開、風險管理溝通與風險評估參數資料來源之基礎
風險知識	<ul style="list-style-type: none"> 各有關單位已依其權責執掌發布相關風險資訊 	<ul style="list-style-type: none"> 各國普遍已有針對特定污染事件或民眾關切議題提出完整的風險資訊及知識之說明文件資料等

第四章 國內化學物質環境調查及風險評估概況研析

章節摘要

本章說明國內環境風險評估應用、化學物質環境流布調查及環境評估模式使用與參數建置之現況。4.1 節首先比較分析風險評估於國內環境影響評估、土壤及地下水污染場址、空氣及水污染防治、農藥登記與食品衛生安全管理等環境議題上之應用概況。另針對風險評估所需之參數資料，4.2 節彙整研析國內各權責單位環境調查之執行方式，並綜整環保署歷年 80 餘項環境調查計畫成果，說明各環境介質中化學物質濃度之範圍。4.3 節則盤點檢視環保署各項技術規範建議之 40 餘種環境評估模式之使用情形，並研析其模擬所需之本土化參數建置現況。

化學物質環境風險評估工作於國內尚處於起步階段，現階段除應廣納各國之管理經驗作為參考，另一方面則可以國內關注環境議題中之風險評估應用實例為基礎，逐步發展適用我國管理架構與需求之風險評估方法。由第三章所彙整之各國環境風險評估架構可知，化學物質於環境中的流布情形與濃度資料為暴露評估所需之重要參數，我國各環境介質權責單位亦已陸續調查建置相關資料，而對於尚未有實測濃度資料者，則可運用環境傳輸模式模擬其於環境中的動態變化，環保署各項風險評估技術規範或參考指引也多已提出相關使用建議，並已展開模式所需本土化參數之調查。然而前述各項調查資料之建置，目前仍由各權責單位依其管理需求而為之，實有必要透過系統性的盤點與整合，以充分應用現有調查資源於化學物質管理所需之整體性風險評估作業中。

本計畫已依評選須知之規定，蒐集國內現有之環境風險調查方式，以及檢視國內現有環境中傳輸、轉換及暴露風險等評估模式與所需參數資料之發展現況，並經研析後提出相關建議，作為後續研擬我國化學物質環境風險評估架構與環境流布調查綱要之參考（詳見第五章與第七章說明）。

4.1 國內環境風險評估應用概況

風險評估方法可具體量化關切化學物質或污染物對於人體健康或生態環境之影響程度，自 1980 年代起已被歐美等國廣泛應用於與環境管理相關之議題及其決策上。我國對於環境保護工作的推動，隨著相關法規的日漸完備與國人環保意識之抬頭，相關規範要求與管制標準亦日趨嚴格，然而為能有效維持國家經濟產業發展與環境保護間的平衡，並使政府有限之管理資源發揮最大效能，環保署始參採先進國家之管理經驗，逐步將風險評估之概念導入我國環境管理之架構中。

目前國內有將風險評估概念納入其管理架構的環境法規包含「環境影響評估法」、「土壤及地下水污染整治法」、「水污染防治法」與「空氣污染防治法」等，另於農藥登記與食品安全等與人體健康相關之議題上，均已運用風險評估做為行政管理決策之依據。本計畫已彙整國內各類環境風險評估之應用現況（4.1.1~4.1.4 節），並綜合比較與研析如后（4.1.5 節）。

4.1.1 環境影響評估

「環境影響評估法」係為預防及減輕開發行為對環境造成不良影響而制定，依其規定經公告之開發行為且對環境有不良影響之虞者，則應實施環境影響評估，而為提供開發者可供遵循之評估作業方法，環保署已陸續公告相關技術規範。其中環保署於 2011 年公告之「健康風險評估技術規範」，即為提供開發單位作為執行健康風險評估之依據，希冀藉由此一系統性與科學性之評估，作為開發單位擬定健康風險管理策略之參考基準，以降低開發行為對國民之健康影響程度。

環境影響評估所涉及之風險評估作業係針對開發行為於未來營運階段因可能運作或運作時衍生之危害性化學物質，所辦理開發行為影響範圍內居民健康之增量風險評估，所稱危害性化學物質係指國內各環保法規或國際公約之列管項目。整體作業流程詳如圖 4.1-1 所示，主要作業步驟可分為危害確認、劑量效應評估、暴露量評估與風險特徵描述等，技術規範中並已詳述各步驟之執行方法與相關參數資料之取得方式。

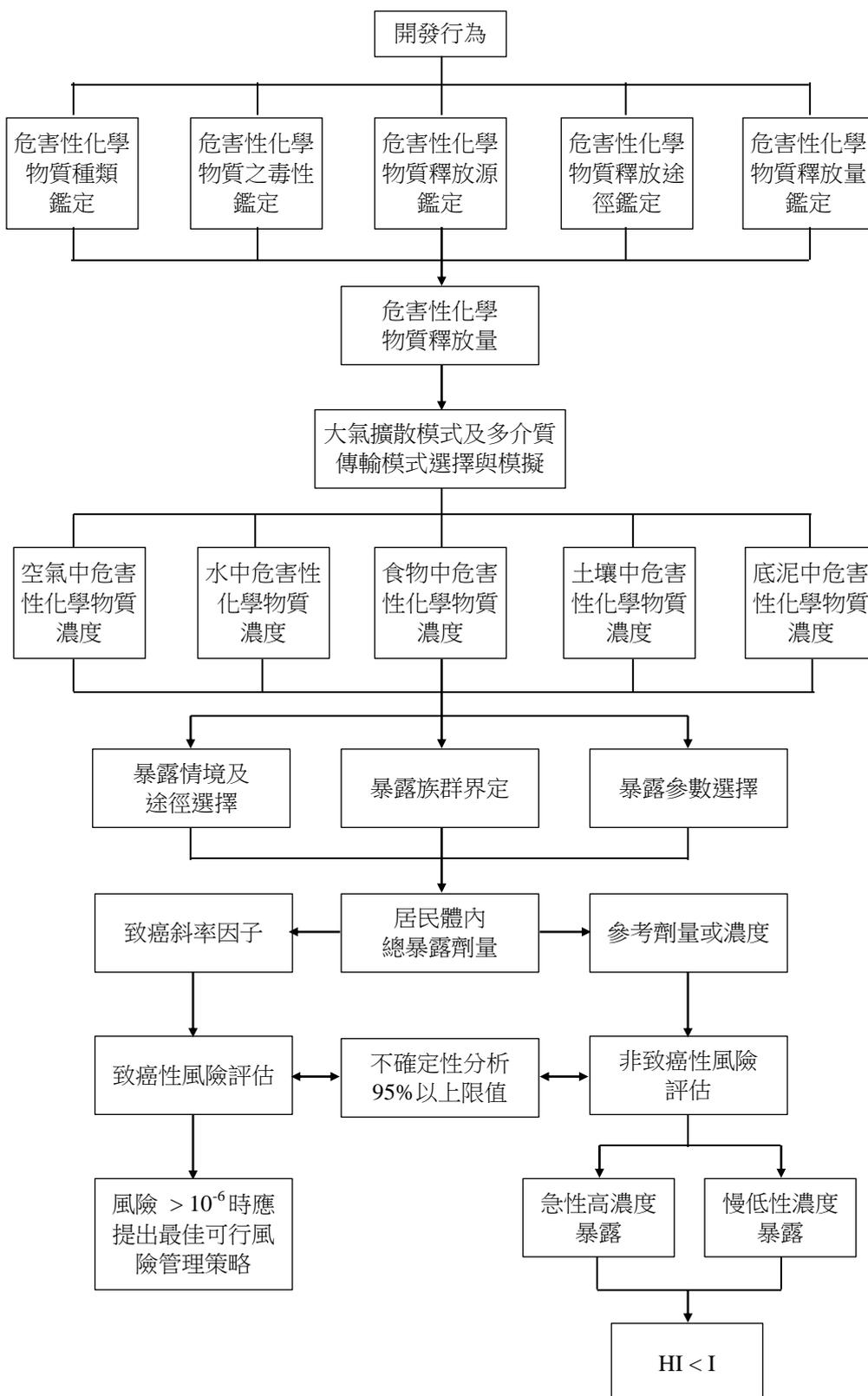
此評估方法除考量慢性毒性對於人體健康所造成的風險外，亦將急性毒性（吸入途徑）所造成之危害納入評估範疇，所考量之暴露途徑則為食入、吸入與皮膚接觸等，而所關切之環境介質包含空氣、地表水、土壤、地下水、底泥與食物鏈

等。由於本項所涉及之評估係針對尚未發生之情境，因此需藉由單一介質或多介質之環境傳輸模式，模擬污染物於環境中的流布情形，並取得其於各環境介質中之濃度資料，故本技術規範亦明確規定暴露評估中所需之大氣擴散模擬，應依空氣品質模式模擬規範及空氣品質模式評估技術規範辦理之。另針對多介質傳輸模擬亦有詳述建議使用之模式種類與其適用條件等，以確保預測模擬結果之合理性與合宜性，並使最終計算之風險值具代表意義。

目前國內環境影響評估法風險評估最具代表性之案例，應屬彰化縣西南角（大城）海埔地工業區計畫（國光石化），該項計畫於環境影響評估報告書所提出之健康風險評估報告，係依前述健康風險評估技術規範辦理之，報告首先透過擬興建工廠之製程特性資料，逐步鑑定出開發行為可能產生的危害性化學物質種類，及其來源、途徑與排放量等，再進一步蒐集國外毒理資料鑑定健康危害性並取得劑量效應參數，資料不足者則使用相似結構物或模式推估之資料取代之。暴露量之推估則利用環境傳輸模式，預測空氣、海域、魚體與其他各環境介質之濃度。最後風險值的計算則將受體區分為一般族群與敏感性族群（孕婦、孩童與老人），並進行不確定性分析，另針對急毒性之風險，則以工廠大火事件為假定情境進行估算。本評估報告並蒐集分析該區域之流行病學資料，以掌握當地居民之健康狀態，作為後續風險管理措施擬定之參考（經濟部工業局與國光石化公司，2011）。

4.1.2 土壤及地下水污染場址管理

相較於其他環境法規的發展歷程大多早於 80 年代，我國對於土壤及地下水的保護直至 2001 年公告實行「土壤及地下水污染整治法」後，才得以依此專法明確管理之。土壤與地下水的特殊之處在於其可被視為多數污染物的最終去處，且受限於地下環境的複雜性，因此土壤與地下水污染問題較不易被立即發現，而所能應用的整治技術門檻與成本亦相對較高，顯見其於管理上的困難之處。目前土污法雖以單一濃度值的管制標準作為主要管理基礎，但是也承襲了美國環保署超級基金的精神，在許多法規條文中應用風險評估作為決策工具（吳先琪與馬鴻文，2016），維持整體管理架構之彈性，以有效協助政府與社會大眾共同面對與處理較為複雜且重大的污染事件。茲分項說明風險評估於土污法之各項應用如后。



資料來源：環保署，2011，健康風險評估技術規範。

圖 4.1-1 環境影響評估健康風險評估流程圖

一、污染場址初步評估暨處理等級評定

環保署於 2013 年發布之「污染場址初步評估暨處理等級評定辦法」係應用較為粗略的風險評估篩選（screening）概念，即依據污染場址目前的污染程度、污染物的毒性特性與土地使用現況等關鍵指標進行評分（表 4.1-1），整體而言以人體健康危害性為主要考量，由此計算所得之土壤或地下水污染途徑影響潛勢評分可作為是否公告為整治場址的判定依據，並同時做為中央主管機關排定處理等級之參據。依土污法第 12 條第三項之規定，目前國內各污染場址皆需進行此一評估，以初步確認是否有嚴重危害國民健康及生活環境之虞。

表 4.1-1 土壤 / 地下水污染途徑影響潛勢評分標準

分類	評分指標	評分計算方式
土壤 (SL _T)	污染程度 (SL ₁)	計算公式 = $10 \times \ln(\text{污染物濃度} \div \text{土壤污染管制標準})$ 若污染物屬重質非水相液體 (DNAPL) 者，分數以 2 倍計算 若管制範圍內具有飲用水取水口，且水質中污染物濃度超過飲用水標準，則應加計 50 % 分數
	污染場址土地使用狀況 (SL ₂)	位於學校或敏感區位則得 10 分，位於住宅區則得 8 分，若場址緊鄰住宅區則得 8 分，以上皆無則得 5 分
	污染物危害性 (SL ₃)	計算公式 = 毒性特性之評分 × 公告污染場址面積之評分 毒性特性為致癌斜率與參考劑量分數總合
	總分 (SL)	$SL_1 \times SL_2 \times SL_3 / 20$
地下水 (GW _T)	污染程度 (GW ₁)	計算公式 = $20 \times \ln(\text{污染物濃度} \div \text{地下水污染管制標準})$ 若污染物為重質非水相液體者，分數則以 2 倍計算。 若管制範圍內具有飲用水取水口，且水質中污染物濃度超過飲用水標準，則應加計 50 % 分數
	污染場址土地使用狀況 (GW ₂)	位於學校或敏感區位則得 10 分，位於住宅區則得 8 分，若場址緊鄰住宅區則得 8 分，以上皆無則得 5 分
	污染物危害性 (GW ₃)	計算公式 = (公告污染場址面積評分 + 含水層水力傳導係數評分) × (毒性特性評分 + 水中溶解性評分) 毒性特性為致癌斜率與參考劑量分數總合 水中溶解性將採用溶解度或有機碳分配係數兩者間的最高值
	總分 (GW)	$GW_1 \times GW_2 \times GW_3 / 80$

二、層次性人體健康風險評估

環保署於 2006 年即已公告施行「土壤及地下水污染場址健康風險評估評析方法及撰寫指引」，後於 2014 年廢止並重新修正公告「土壤及地下水污染場址健康風險評估方法」，提供各界作為風險評估作業之參考。此評估方法採行層次性之風險評估架構，其設計概念為隨著評估層次的提升，漸進式的整合更多的場址特性資料，而可求得更貼近場址實際狀況之風險值（表 4.1-2），並配合各法令之需求明確規範各層次評估作業之適用範圍。如當風險評估作業係為依土污法第 24 條第 2 項及第 3 項研訂整治目標而執行時，不得以第一層次之評估結果做為整治目標研訂之依據，應直接進行第二層次或第三層次之評估。

此一評估方法僅適用評估人體慢性毒性所造成之風險，慢性毒性通常為低劑量長時間之暴露造成，急性毒性則為高劑量短時間暴露造成。本評估方法所採用之評估架構可參酌圖 4.1-2，此同於美國國家研究院紅皮書所述及之風險評估四大要素，指引中已詳述各個步驟之執行原則、計算公式與建議使用污染物傳輸模擬模式及相關參數資料庫來源等，可謂國內目前最為完整之風險評估方法技術指引。環保署土基會並已建置健康風險評估系統網站，供各界進行風險評估試算，或可查詢污染物特性參數與第一層次之預設暴露參數。另由於指引中所預設之環境與受體暴露參數多引用自國外文獻，為建立適用我國環境特性與生活型態之參數資料，環保署土基會亦陸續辦理相關調查計畫，逐步建置土壤基本特性、嬰幼兒土壤攝食量與土壤重金屬之生物可及性濃度等資料，針對地下水污染傳輸之模擬則持續發展適用之評估模式與參數資料庫。

三、兩階段生態風險評估

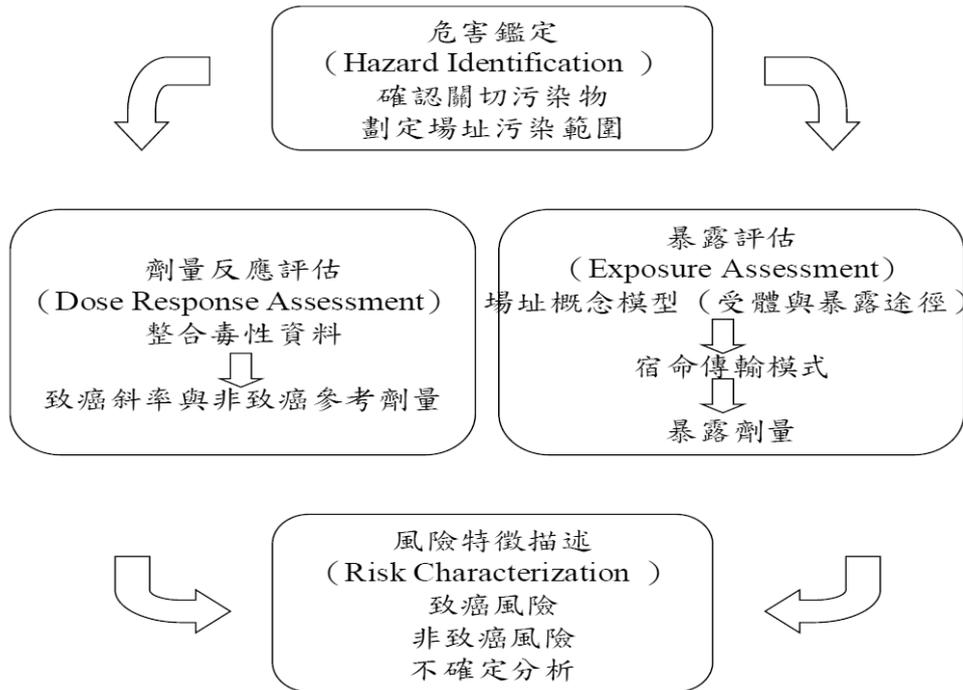
環保署已於 2016 年提出「土壤及地下水污染場址生態風險評估方法（草案）」，相較於人體健康風險評估，生態風險評估受限於生物體的毒理資料與暴露參數之取得不易，因此採用兩階段之評估架構。第一階段屬篩選性質的評估，由評估者透過基礎歷史資料的彙整、現勘與初步生態調查作業等方式，釐清場址是否有進一步評估之必要。第二階段即接續第一階段之篩選評估結果，就場址污染與環境特性執行完整之基線生態風險評估程序（圖 4.1-3）。

此一評估方法僅適用於因污染物所造成之化學性生態環境壓力，其他非本土或外來物種、掠食者、病原體、溫度、水層變化等生物性或物理性環境壓力皆非屬此評估方法所涉及之範疇。評估受體亦僅限於動物與植物，細菌、真菌等協助土壤環境物質循環作用的微生物體，因文獻資料尚不足夠，評估之不確定性過高，暫不納入本評估方法之範疇，另人類畜養禽畜或種植之經濟作物則屬人體健康風險評估中之食物鏈暴露情境，亦不納入評估。此外，暴露途徑的選定則排除直接接觸地下水之情境，主要理由為考量生物受體於非人為活動或影響之情況下，不易有直接接觸地表下之地下水的可行性。若涉及底泥之污染情形，則須依現行底泥品質管理架構與底泥之環境影響與健康風險評估方法等規範另行辦理相關評估。

表 4.1-2 土壤及地下水污染場址之多層次健康風險評估

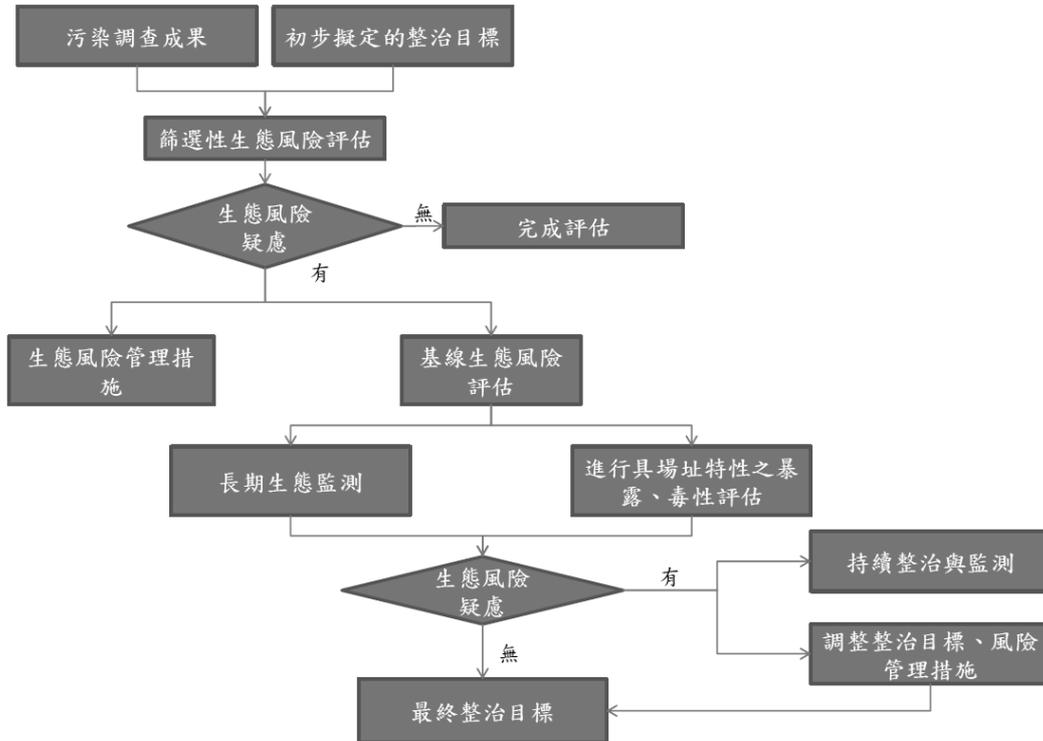
		第一層次	第二層次	第三層次
暴露情境		住宅區、工商業區	住宅區、工商業區	依場址狀況而定
受體		住宅區：居民（包含成人期與孩童期） 工商業區：成人	住宅區：居民（包含成人期與孩童期） 工商業區：成人	依場址狀況而定
暴露途徑		土壤、水、空氣→食入、吸入、皮膚吸收	土壤、水、空氣→食入、吸入、皮膚吸收	土壤、水、空氣、食物鏈→食入、吸入、皮膚吸收
暴露劑量的計算方式		將固定之預設參數與最大濃度代入環保署提供之預設計算公式當中	1. 將固定之預設參數與估計之污染物濃度代入環保署提供之預設計算公式當中 2. 利用模式估計場址外污染物濃度	1. 將固定之預設參數與估計之污染物濃度代入計算公式當中 2. 將參數與估計之污染物濃度的統計分布代入計算公式或宿命傳輸模式當中 3. 利用模式估計場址外污染物濃度
參數數值取得方式	污染物濃度	現場測得最大濃度	1. 現場測得最大濃度 2. 以現場採樣數據計算百分之九十五的上信賴界限（95% upper confidence limit）	1. 現場測得最大濃度 2. 以現場採樣數據計算百分之九十五的上信賴界限（95% upper confidence limit） 3. 蒙地卡羅模擬
	受體參數	預設數值	1. 預設數值 2. 現場採樣數據	1. 預設數值 2. 現場採樣數據 3. 蒙地卡羅模擬
	地質水文參數	預設數值	預設數值	1. 預設數值 2. 現場採樣數據 3. 蒙地卡羅模擬
暴露量計算結果		定值	定值	定值或統計分布

資料來源：環保署，2014，土壤及地下水污染場址健康風險評估方法。



資料來源：環保署，2014，土壤及地下水污染場址健康風險評估方法。

圖 4.1-2 土壤及地下水污染場址健康風險評估架構



資料來源：環保署，2016，土壤及地下水污染場址生態風險評估方法（草案）。

圖 4.1-3 污染場址生態風險評估執行流程圖

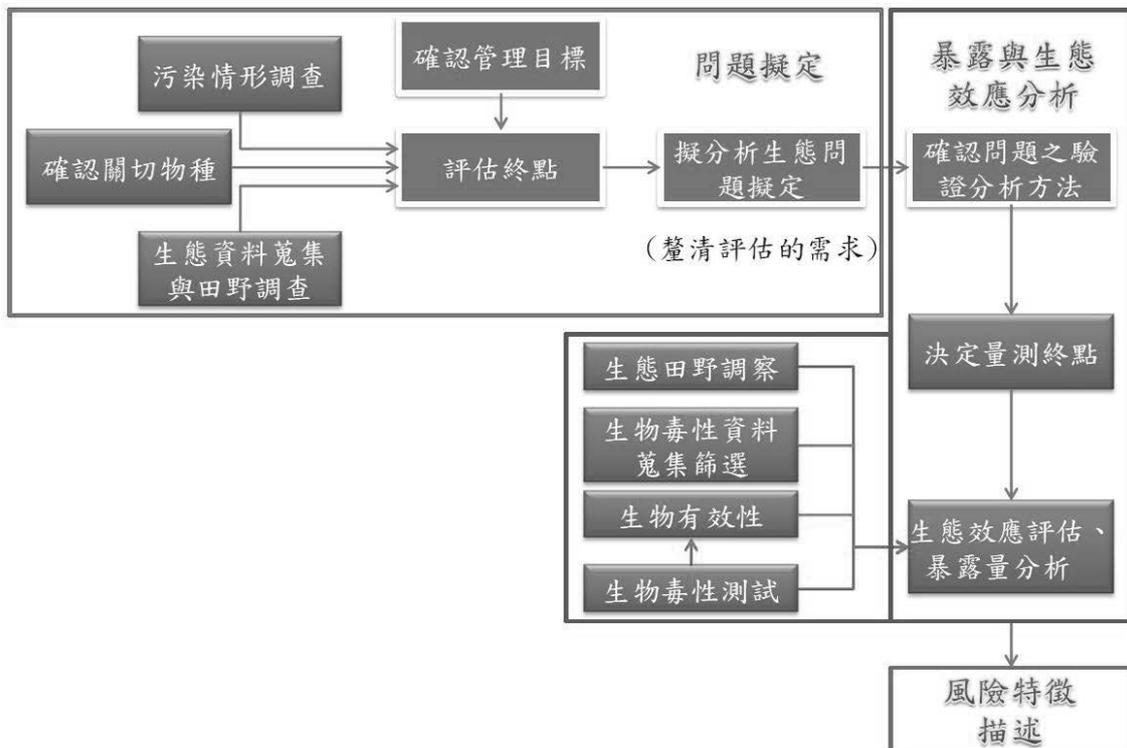
第一階段生態風險評估包括初步規劃與篩選性生態風險評估，初步規劃係包含場址背景資料蒐集與現場勘查作業，主要目的為確認場址條件是否符合前述評估方法之適用範圍，以及場址是否存在原生生物、當地代表性物種和特有保育物種之群落與族群及其生物棲地者，以作為後續是否有必要執行層次性生態風險評估之判斷依據。篩選性評估則是將污染調查結果中土壤污染物濃度與生態土壤篩選值進行比對，計算其危害商數值，藉以初步判斷場址是否可能具有不可接受的生態危害。而為有效降低誤判之可能性，故此階段評估將採高保守性原則。

完整的基線生態風險評估作業流程可參酌圖 4.1-4，主要可分為問題擬定（problem formulation）、生態效應評估（ecology effect assessment）、暴露評估（exposure assessment）、風險特徵描述（risk characterization）等四大程序。問題擬定主要目的為依據環境型態、影響範圍之界定、關切生態敏感受體判定與關切污染物判定等要素，建立場址概念模型（conceptual site model）並確立管理目標。其中，關切污染物除須考量其原有型態，亦應將污染物受到土壤中微生物或其他化學作用而產生之其他副產物納入評估。接續之效應與暴露評估步驟，即為透過文獻蒐集或實際試驗取得評估作業所須參數，如生態影響參考值（ecological impact levels），並依據所設定之暴露途徑計算關切受體之暴露劑量。最後風險特性描述係為說明風險值計算結果與解釋其所代表的意義，並作為是否須進行後續相關整治工作或風險管理措施之判斷依據。

四、訂定整治場址之整治目標

土壤及地下水污染場址的整治通常須耗費大量金錢與時間，為使整治作業能達最大效益（於經濟可接受之成本下達大量的風險降低），土污法允許在某些情形下，可依環境影響與健康風險評估結果，提出高於現行管制標準值的整治目標。如土污法第 24 條第 2 項即規定，整治場址如因地質條件、污染物特性或污染整治技術等因素，而無法整治至污染物濃度符合土壤、地下水管制標準者，如後續報請中央主管機關核准後，則須依土污法第 24 條第 8 項所定之「土壤及地下水污染場址環境影響與健康風險評估辦法」執行評估作業，所提出之評估計畫書與評估報告則需經環保署設立之「土壤及地下水污染場址環境影響與健康風險評估小組」審查，以確保相關評估作業之合理性與完整性。

本項風險評估之評估受體需含括人體與生物體，關切污染物則以土污法公告管制項目為主，另評估情境則需包含基線風險與完成改善整治作業至預定整治目標後之風險。前者係指場址於目前的污染狀態下所可能肇致之風險，後者則為預測未來如經改善後所可降低的風險程度，即兩者需同時兼備才得以評估所設定之整治目標是否合宜。此外，若有採行風險管理措施，則亦須考量及說明其對於整體風險之降低效果。目前國內已有一整治場址依土污法第 24 條第 2 項之規定，提出土壤及地下水污染環境影響及健康風險評估計畫書，並刻正執行相關評估作業，以供後續研訂場址整治目標之所需。



資料來源：環保署，2016，土壤及地下水污染場址生態風險評估方法（草案）。

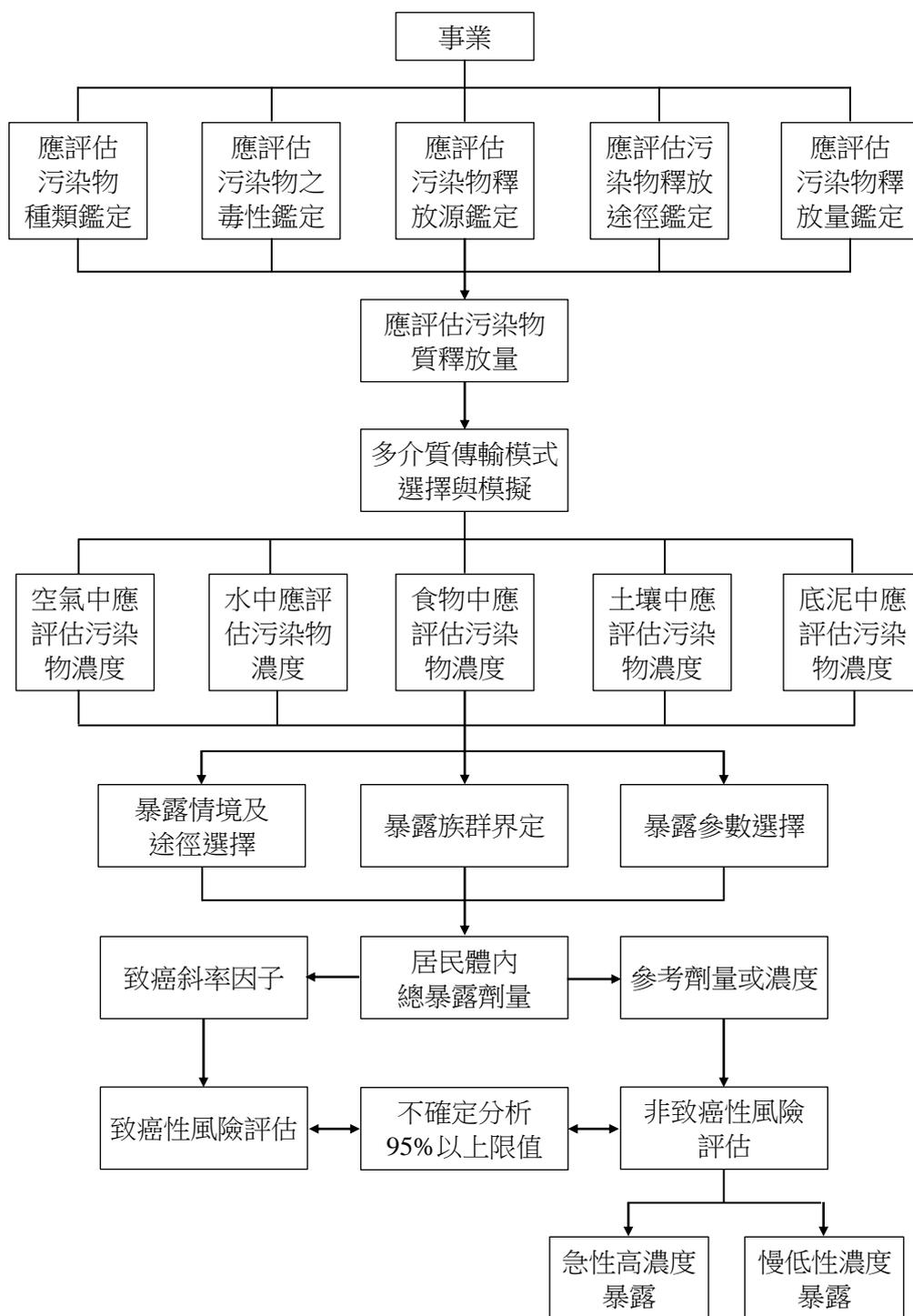
圖 4.1-4 污染場址基線生態風險評估主要關鍵執程序

4.1.3 水污染防治與空氣污染防制管理

事業所排放之空氣與廢污水為環境中污染物的主要來源之一，為有效管理事業排放行為，以避免造成環境污染，環保署即依據「水污染防治法」與「空氣污染防制法」進行各項管理作業，主要採行的管理手段包含核發許可證與訂定排放標準等。然而不同事業類別所可能含有之污染物不盡相同，現行法規雖已針對各事業別訂定不同之管制標準，惟化學物質的種類日新月異，且各排放源之排放量存有差異性，目前單一且剛性之管理架構，實已不足以因應環境污染物日益增加之管理課題。

有鑒於此，為增進現行法規制度之彈性與管理範疇，環保署即分別於 104 與 106 年修訂水污染防治法與空氣污染防制法，導入風險評估概念，以有效管理尚未列管之污染物，並以總量管制策略制訂管理標準。環保署已於 105 年發布「應揭露排放廢（污）水可能含有之污染物及其濃度與排放量之事業」與「水污染防治法風險評估與管理報告作業規範」，經評估具致癌性、致畸性或生殖毒性，而需揭露其排放情形之污染物共計 129 項，公告指定事業則為核准排放量每日達一萬立方公尺以上之化工業、石油化學業、晶圓製造及半導體製造業、光電材料及元件製造業等，其中並非所有列管項目皆需執行風險評估，相關基準之訂定係綜合考量污染物之毒性與排放量（表 4.1-3）。另作業規範則已詳列風險評估之作業步驟與方法（圖 4.1-5），評估作業內容原則上係參考前述環境影響評估之技術規範，主要差異在於其規範評估範圍為事業廠區及鄰近至少 1 公里之範圍，評估結果將做為核定污染物排放濃度或總量之依據。

另環保署亦於 106 年 9 月預告「固定污染源有害空氣污染物排放標準」草案，該標準係依據空氣污染防制法第 20 條所訂定，該條文指出公私場所固定污染源之排放標準應含有害空氣污染物，其標準值則應以健康風險評估結果及防制技術可行性訂定之。草案中提出應管制之有害空氣污染物共計 72 項，預計將分三階段逐步納管，並僅針對製程排放標準（總量）訂定標準，標準值係以健康風險值或職業暴露值等參考值搭配安全係數訂定之。另各管道之排放標準值則需利用空氣擴散模擬工具計算之，主要原則為各管道排放與逸散排放加總之落地濃度值不得大於製程排放標準，附表中並已明訂空氣擴散模擬需依環保署公告之空氣品質模式模擬規範之規定執行，以及參數資料之取得與選用方式等。



資料來源：環保署，2016，水污染防治法風險評估與管理作業報告。

圖 4.1-5 水污染防治法風險評估作業規範流程圖

表 4.1-3 水污染防治法應提出風險評估與管理報告之認定基準

致癌斜率 (mg/kg-day) ⁻¹	排放(入)量 (kg/day)	管制項目數量
SF≥1	0.001	23
0.01≤SF<1	0.01	30
SF<1	0.1	12
無資料	0.1	64

資料來源：環保署，2016，水污染防治法風險評估與管理報告作業規範。

4.1.4 其他環境介質

一、底泥品質管理

國內對於底泥品質的管理始於 2010 年土污法的修正，該次修正新增了污染底泥管理工作所需之法規制度，其中第 12 條第四及第五項規定若發現地面水體中之生物體內污染物質濃度偏高時，縣市環保主管機關應檢測底泥，並得命該水體之管理人就環境影響、健康風險、技術可行性及經濟效益等事項進行評估，以做為是否需進一步辦理整治工作之判斷依據。為配合新法之施行，環保署遂於 2013 年公告「底泥之環境影響與健康風險、技術及經濟效益評估報告撰寫指引」，做為相關作業執行之參考依據。

該指引中的環境影響評估係指探討污染物對於底泥生態系所造成之影響，需考量的主要面向包含底棲生物族群變化、污染物對於底棲生物之毒性及生物累積性等，最後則須綜整分析與預測之，如說明當地重要物種的族群數量或其群聚特性可能變化情形等。另健康風險則針對底泥可能造成之人體健康危害進行評估，主要評估架構與原則建議可參考前述土壤及地下水污染場址健康風險評估方法，惟須特別著重探討經由食物鏈之暴露途徑（食用蝦蟹類、螺貝類、底棲魚類等）與其所可能造成的風險。

針對底泥風險評估方法以及所需參數資料之建置，環保署土基會已於近年委託辦理「底泥污染來源及傳輸模式調查計畫」與「底泥污染風險評估平台建置計畫」等，逐步發展適用於底泥之人體健康或生態風險評估架構，並透過調查或試驗建立相關毒性或傳輸模式參數資料（環保署，2013、2015），

惟目前國內尚未有實際之底泥風險評估案例。

二、農藥登記管理

農藥係指用於防除農林作物或其產物之有害生物者，由於其需經與作物接觸方可發揮效用，因此農藥施灑所造成之環境污染或過量殘留問題，已成為環境管理所需關注之重要議題。有別於其他化學物質之管理，目前國內已立有專法「農藥管理法」規範農藥之登記、輸出入與販售等管理。其中登記管理為各項管理工作之首要與核心，依據農藥管理法，農藥之進口、製造及上市販售使用均須先取得農藥登記許可證，而申請登記之主要審查重點則包含農藥理化性質、毒理資料與田間試驗結果等（藥毒所，2018）。

依農藥理化性及毒理試驗準則之規定，毒理試驗項目需包含毒理資料摘要及綜合性風險評估，內容則需包括該農藥之無可見有害作用程度(NOEL)，每日可接受攝取量(ADI)及其風險評估結論，及對環境與生態之毒理資料摘要及其評估結論等。另田間試驗則可提供農藥藥理、藥效及對作物藥害之資料，主要目的為評估田間農藥殘留消退之情形，目前農藥田間試驗準則規定ADI低於0.002 mg/kg-bw/day，或未曾登記使用於食用作物而新申請登記者，應於國內辦理至少一場次之田間完全試驗，以確保其無危害國人健康之虞。此外，前述由廠商所提報之各項資料，皆需先由農藥技術諮議委員會之應用技術組及毒理組審核其完整性與合理性後，才可送至農藥技術諮議委員會審議登記證之許可（藥毒所，2018）。

綜上所述，風險評估於現行農藥登記管理制度之功能，為衡量農藥對於人體健康或環境生態之危害程度，達成以預防性原則進行源頭管理之目的。整體管理策略則以毒性評估為首要考量，於審核階段被認定為具劇毒性、致癌性與畸胎性等特性之農藥，即不准予登記與販賣使用。另於暴露評估之執行策略上，則著重考量國內外環境特性之差異，惟因現階段國內田間試驗量能有限，目前僅針對ADI較低或屬新登記農藥等風險較高者，訂定較為嚴格之規範，即要求其需辦理國內田間試驗，以取得本土化之實測資料。另農藥經登記核可上市後，主管機關農委會亦會透過田間調查與農友訪視等方式獲知田間資訊，並持續蒐集國內外相關研究文獻，以滾動式檢討原評估結果之合宜性，確保風險評估與風險管理之即時性。

三、食品衛生安全管理

環境中的污染物除了會經由空氣吸入或皮膚接觸等直接途徑造成人體健康危害外，亦可能透過動物或植物的吸收與蓄積等間接途徑而暴露於風險之中，因此為確保國人之食用安全，主管食品衛生安全之衛生福利部即依「食品衛生安全管理法」規定，針對食品中非有意添加之污染物質或允許使用之農藥等訂定相關標準。另食品安全衛生管理法第四條亦指出主管機關採行之食品安全管理措施應以風險評估為基礎，以符合滿足國民享有之健康、安全食品以及知的權利，且需召集各相關領域之專家成立諮議會以提供相關諮詢與建議。

衛福部雖尚未明確訂定有關食品衛生安全之風險評估方法或其應用之時機，然由衛福部針對各項修法或關切議題所發佈之相關資訊可知，風險評估已廣泛應用於食品安全衛生標準之訂定，如水產品甲基汞之限量標準即考量本土性食品之含量背景值、國人攝食量及科學之風險評估結果而訂定，新上市農藥之殘留標準則主要參考農藥每日最高容許攝入量、各類作物之國民每日平均取食量與農藥在作物中之實際殘留資料等資料而訂定之，並已設有「食品衛生安全與營養諮議會」協助審查各項標準新增或修訂之合宜性(衛福部，2014、2017)。

整體而言，衛生標準之訂定係基於安全評估考量，針對污染風險較大之食品或特定物質，優先研訂強制性之管制標準，未訂標準者，仍得依食品安全衛生管理法之規定，透過風險評估之結果，決定後續管制措施(衛福部，2016)。由此可知，風險評估除可協助訂定管理標準值，亦可維持管理制度之彈性，確保所有可能的風險皆可被即時控管。另由其評估作業原則可以見得本土化背景調查與參數資料之重要性，衛福部目前已透過各項抽驗調查與建置國家攝食資料庫，持續建立並更新風險評估所需之基礎資料。

4.1.5 綜合評析

本計畫已初步歸納目前國內不同環境法令應用之風險評估方法特性，並與第三章所彙整之各國化學物質風險評估架構比較如表 4.1-4 所示。其中就評估目的及評估類別而言，新化學物質的風險評估與環境影響評估及農藥登記管理等較為相

近，其所關切的風險類別皆屬尚未發生的情境，而評估結果則將作為源頭管理之依據，如核准許可或禁限用等。另針對既有化學物質所辦理之現況風險評估，則較相似於其他環境污染或排放管理中風險評估之應用，即藉由實際之環境濃度調查資料評估化學物質目前對於環境的影響程度，並依此擬定後續之管制作為。

於關切物質和評估範圍之面向上，目前國內既已應用之環境風險評估方法多僅以特定地點作為評估範疇，如具明確範圍之污染場址、開發用地及事業排放源週邊等，而關切物質種類數量亦相對較少且較為明確，多以法定列管或表列之污染物為主。相較之下化學物質管理所需評估之範疇極為廣大，如其所需評估對象含括所有已被使用之既有化學物質，以及仍不斷持續增加之新化學物質，而所需評估之範圍則需擴及至所有可能受影響之區域。

此外，法定列管污染物於風險評估作業所需參數資料之取得上也相對較為容易，國際間多已有完整之毒理、流病等危害評估研究資料可供參考，且國內對於此類物質的使用管理多已行之有年，因此與暴露評估相關之產業釋放量及環境介質現地濃度調查等資料亦較為完整。而其他尚未列管化學物質雖可透過目前國內已逐步推動之化學物質登錄制度蒐集相關資料，然現有資料之完整度及品質不一，惟參酌第三章各國之評估方法可知，當評估資料有所缺漏時，則可參照結構相似物或運用模式模擬預測以取得所需之物化特性、危害性與環境濃度等資料，以維持風險評估於作業應用上之彈性。另針對未來使用流布風險之評估，因其無法藉由實際調查取得所需之暴露評估資料，因此亦需仰賴環境傳輸模式的輔助，以有效模擬預測化學物質於環境中的傳輸轉化情形。

總結而言，風險評估於化學物質管理上的應用面向雖與其他環境議題不盡相同，相關參數資料的取得也較為不易，然其所採用的風險評估方法論與基本作業流程原則上均大致相同，因此國內各項環境管理制度業已建置之環境濃度調查資料與參數資料庫，以及相關環境傳輸模式之應用經驗，仍可作為建置我國化學物質環境風險評估架構之重要基礎（詳 4.2~4.3 節說明）。

表 4.1-4 不同環境議題應用之風險評估方法比較

環境議題	化學物質管理	環境影響評估	土壤及地下水污染場址整治管理	水污染防治與空氣污染防制管理	食品衛生安全管理	農藥登記管理	
評估目的	禁限用管制策略之擬定	開發行為之核准許可	污染場址整治目標之訂定	尚未列管污染物之環境排放管理	食品衛生標準之檢討研訂	農藥販賣使用之核准許可	
評估風險類別	1. 既有化學物質之現況風險 2. 新化學物質未來使用流布之風險	未來開發行為所造成之增量風險	1. 場址現況之基線風險 2. 未來完成整治後之風險	1. 污染物排放之現況風險 2. 污染物未來排放流布風險	污染物之現況風險	農藥未來使用流布之風險	
關切物質	毒管法所指之既有化學物質與新化學物質	國內相關環保法規與國際公約列管項目	土污法列管項目	水污法與空污法表列項目	食安法列管項目	依法提出申請之新農藥	
關切介質	多介質	多介質	土壤及地下水	地表水或空氣	可作為食品之動植物	多介質	
關切受體	人體或生物體	人體及生物體	人體及生物體	人體	人體	人體及生物體	
評估範圍	依可能流布影響之範圍而定	開發行為影響範圍	污染場址及週邊	事業排放源週邊	—	—	
評估效應類別	人體急/慢性生態毒性	人體急/慢性生態毒性	人體慢性生態毒性	人體慢性生態毒性	人體慢性生態毒性	人體急/慢性生態毒性	
基本特性資料	因化學物質種類眾多，現有資料完整度及品質不一，惟可參照結構相似物或仰賴模式進行模擬預測，以補足資料缺口	多已有完整之物化特性與國內產業運作使用資料					依規定業者需於申請時檢附相關實驗或田間實料，並需經審查單位核可，故多有完整之資料
危害評估資料		國際間多已有完整之毒理、流病等危害評估研究資料或資料庫可供參考或查找					
暴露評估資料		可運用模式模擬預測 國內產業釋放量及環境介質濃度之現地調查資料較為完整取得					

4.2 國內化學物質環境流布調查概況

由第三章彙整之各國資料可知，化學物質環境風險評估所需關切之環境介質包含空氣、各類水體、土壤、底泥、以及可能被人類所食用之動植物等。我國目前既有之環境管理制度也已將前述各項環境介質納入管理範疇，為有效掌握環境品質現況，並依其變化情形擬定適宜之管理策略，或新增修訂環境標準值，各權責單位亦已陸續針對其所關切之環境介質辦理化學物質濃度調查作業，惟各單位所執行之調查工作於目的性、關切對象及調查方式上皆有所不同。然而，對於全面性的化學物質管理而言，前述各類環境介質之調查資料皆為不可或缺的重要基礎，因此亟應透過系統性之盤點與分析，思考應如何整合各方調查資源，建構具整體環境流布傳輸概念之環境調查架構，以供環境管理及環境風險評估所需。

本計畫已彙整國內各權責單位所執行環境調查資料，並就權責分工、列管項目及調查方式等面向進行比較研析（4.2.1~4.2.3 節），另亦綜整環保署歷年 80 餘項調查計畫之執行成果，說明國內目前各環境介質中化學物質濃度調查之概況（4.2.4 節）。前述各項研析結果均將作為第七章研提我國毒物及化學物質環境流布調查綱要研訂之參考。

4.2.1 國內環境調查之權責分工

國內環境相關之調查作業事涉環保署、農委會及衛福部等多個部會及其轄下各單位（表 4.2-1），若以所關切之環境介質為分類，則除了生物體外的環境介質，包含空氣、地表水、地下水、飲用水、土壤及底泥等皆主要由環保署負責環境調查作業，並分別設有專責管理單位，包含空氣品質保護及噪音管制處（以下簡稱空保處）、水質保護處（以下簡稱水保處）、環境衛生及毒物管理處（以下簡稱環管處）及土壤及地下水污染整治基金管理會（以下簡稱土基會）等。農委會農田水利處、農糧署、動植物防疫檢疫局（以下簡稱防檢局）與所屬研究機關則著重關注與農業生產環境相關之環境介質，包含灌溉水、農地土壤與食用作物等。衛福部則負責管理已上市販售食品之調查。另環保署化學局與農委會防檢局為多數化學物質及農藥之源頭管理單位，因此其所需調查之範疇則含括多種環境介質。

整體而言，目前國內各環境介質的調查多已有明確之法源依據，並分別由專責單位負責規劃（表 4.2-1），但由於各類環境介質之特性不盡相同，因此各單位執

行工作之重點亦有所差異，如相較於土壤、地下水及底泥而言，空氣與地表水具有較高的移動性與變動性，因此其調查工作著重於固定測站的連續監測及污染源的排放申報管理等，而土壤與地下水則主要為高污染潛勢區域之污染查證及資料之定期申報等。

然而，若細究各項工作所對應之管理需求，則可發現調查工作之目的不外乎環境品質長期監測、加強污染排放管理、管制標準研修、高潛勢區域污染查證、以及檢核源頭管制成效等類別。由此可知，若欲有效整合國內現有之調查資源，則應以調查目的作為中心主軸及分類依據，再依此發展適宜之調查方法，確保各單位調查作業原則之一致性，以利於最終調查成果之共享使用。

表 4.2-1 國內環境調查權責分工及法源依據（1/2）

環境介質	權責機關	法源依據	環境調查工作重點
空氣	環保署空保處	空氣污染防治法	1. 定期辦理戴奧辛、重金屬及揮發性有機物等污染物之空氣濃度調查，藉以檢核排放管制成效 2. 監督管理公告指定固定污染源之自動連續監測作業並增修訂相關排放標準
	環保署監資處		全國 78 處空氣品質監測站之維護管理與連續監測作業
地表水	環保署水保處	水污染防治法	1. 依管理需求不定期辦理放流水中化學物質濃度調查並增修訂放流水標準 2. 監督管理指定公告事業廢污水排放量與水質等相關資料之定期申報制度
	環保署監資處		全國 54 條河川流域、53 座水庫與 20 處沿海海域水質監測站之定期採樣分析作業
地下水	環保署土基會	土壤及地下水污染整治法	1. 依管理需求不定期辦理地下水化學物質濃度調查並增修訂污染管制標準 2. 監督管理工業區等經公告特定區域之地下水品質定期申報制度 3. 區域性地下水監測井井網規劃與管理 4. 辦理高污染潛勢區域之地下水調查
	環保署監資處		全國 458 口區域性地下水定期採樣與檢測分析
飲用水	環保署環管處	飲用水管理條例	定期辦理飲用水水質標準項目之抽驗調查作業並增修訂飲用水水質標準

表 4.2-1 國內環境調查權責分工及法源依據 (2/2)

環境介質	權責機關	法源依據	環境調查工作重點
灌溉水	農委會農水處	農田水利會灌溉排水管理要點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依管理需求不定期辦理灌溉水水質調查作業並增修訂灌溉用水水質標準 2. 監督輔導各農田水利會定常性辦理灌溉水水質檢測分析
土壤	環保署土基會	土壤及地下水污染整治法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依管理需求不定期辦理土壤化學物質濃度調查並增修訂污染管制標準 2. 持續辦理全國主要土壤類別之特性與背景濃度調查 3. 定期監測土壤持久性有機污染物濃度 4. 監督管理工業區等經公告特定區域之土壤品質定期申報制度 5. 監督管理指定公告事業土地轉移或變更所需申報之土壤污染評估檢測資料 6. 辦理高污染潛勢區域之土壤污染調查
土壤	農委會農糧署與農試所	農業發展條例	<ol style="list-style-type: none"> 1. 持續辦理全國土壤特性與背景濃度調查 2. 依管理需求不定期辦理土壤品質調查，作為農業生產管理及污染預防之參考 3. 監督管理產銷履歷及有機農產品等標章申請所需之土壤品質檢測制度
底泥	環保署土基會	土壤及地下水污染整治法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 依管理需求不定期辦理底泥化學物質濃度調查並增修訂品質指標 2. 監督管理公告特定地面水體之底泥品質定期申報制度
	地面水體目的事業主管機關		定期辦理地面水體底泥品質檢測作業並申報備查
生物體	農委會農糧署	農作物重金屬污染監測管制作業程序	定期辦理高污染潛勢區域作物污染物濃度調查
	農委會防檢局	農藥使用及農產品農藥殘留抽驗辦法	依管理需求定期或不定期抽驗農產品農藥殘留濃度，藉以檢核農藥使用管理成效
	衛福部食藥署	食品衛生安全管理法	依管理需求定期或不定期抽驗市售食品中化學物質濃度並增修訂相關管理標準
多介質	環保署化學局	毒性化學物質管理法	依管理需求不定期辦理辦理毒化物環境流布調查，主要調查標的為河川與底泥，藉以檢核源頭使用管制成效
	農委會防檢局與藥毒所	農藥管理法	依管理需求不定期辦理農藥環境流布調查，調查標的包含土壤與地下水等，藉以檢討農藥登記管理之合宜性

4.2.2 國內環境法規管制項目研析

我國目前已依各項環保法令之授權，訂定不同環境介質中化學物質之管理項目及標準（表 4.2-2）。主要規範於空氣污染防制法、水污染防治法與土壤與地下水污染整治法中，詳細之管制項目彙整於表 4.2-3。空氣品質標準所訂定一般性空氣污染物管制項目雖較少，但依據空氣污染防制法第二十條第二項針對公私場所固定污染源所排放之空氣污染物訂定之「固定污染源空氣污染物排放標準」，內容種類繁多，詳列約 500 種物質。另為加強管制固定污染源之物質排放，106 年 9 月已公布「固定污染源有害空氣污染物排放標準」草案，針對有害空氣污染物分三階段施行，預計 112 年管制共 72 項有害空氣污染物（包含揮發性有機物、重金屬、戴奧辛、酸性氣體等）。

本計畫已針對各項環境介質之管制項目依化學物質基本特性區分為：金屬（類金屬）、揮發性有機物、半揮發性有機物、鹽類及其它類別，揮發性有機物可依其特性分為一般類、氯化碳氫化合物及石油碳氫化合物；半揮發性有機物則可分為多環芳香烴、塑化劑、農藥、戴奧辛及多氯聯苯與其他類別。以下分別說明各類別管制項目之管理概況。

一、金屬（類金屬）類

各類環境介質法規管制項目普遍都訂定有八項重金屬（砷、汞、鎘、鉻、銅、鎳、鉛、鋅）之法規標準，另考量特定污染物之危害性或特定產業則增加訂定金屬項目標準，如地面水體增加測定六價鉻，光電材料及原件製造或科學園區排放水等高科技產業增加鎳、銻元素的放流水排放標準等。

二、揮發性有機物

揮發性有機物係指在一大氣壓下，測量所得初始沸點在攝氏 250 度以下有機化合物之空氣污染物總稱。揮發性有機物管制項目主要以氯化碳氫化合物與石油碳氫化合物為主。目前於固定污染源有害空氣污染物排放標準中訂定有較多之揮發性有機物項目。

三、半揮發性有機物

半揮發性有機物包含多環芳香烴、塑化劑、農藥與戴奧辛及多氯聯苯等類別，一般係指初始沸點約在攝氏 250~350 度間之有機化合物總稱。目前於

各項環境介質法規管制項目中，多環芳香烴類別以底泥品質指標中訂定有 16 種多環芳香烴污染物項目為最多，放流水標準中則因石油產業放流水可能會排放萘故納入管制。

另塑化劑因其水溶解度低，容易被水中黏土礦物或有機物質吸附而沉降至底泥，考量底泥為水體環境介質之最終受體故訂定品質指標。戴奧辛及多氯聯苯於飲用水、放流水、土壤及底泥中均訂定有管理標準。農藥類項目於地面水體、放流水、土壤與底泥中均訂定有屬持久性有機污染物之有機氯農藥項目為主，其他環境介質則以國內目前常用之有機磷、氨基甲酸鹽類農藥為主。

四、鹽類

水中之鹽類、營養鹽於正常濃度範圍中可提供生物利用，若過量則會造成危害，因此於飲用水與灌溉用水標準中為防止人體與作物受到危害風險，故訂定有氟鹽、氯鹽、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、硫酸鹽、氨氮等項目為標準。

五、其它

其他未歸類於前述各分類項目之其它項目者，則依各環境介質可能對於人體健康或環境生態造成影響之污染特性訂定標準，如空氣品質訂定 PM_{2.5}、PM₁₀，有害空氣污染物排放標準（草案）訂定石棉，放流水、飲用水與灌溉水訂定氫離子濃度指數（pH）、陰離子界面活性劑等。

國內目前各環境介質法規中已納管之污染物管制標準項目雖已相當繁多，然隨著國際間科學研究資訊不斷更新，各權責單位仍持續蒐集化學物質之健康風險資訊、職業暴露評估結果、國際組織研究結果與國際公約或協定等，以更新檢視化學物質對於人體健康與環境生態之危害潛勢評估結果，並作為考量是否應納入現有環境管理法規管制項目之依據。

然而，有關新興污染物之認定及其關切優先順序之判定，目前各單位大多僅依其管理需求而各自為之，國內尚未有一共通的評估方法或原則可供遵循，除了會造成不同法規於整體環境管理架構上之差異性，亦將影響整體調查資源之分配。而參酌先進各國之管理經驗（詳第三章說明）可知，發展化學物質優先性篩選評估方法為解決前述管理課題之對策，藉由排定應調查評估化學物質之優先順序，可確保全國性環境調查工作之一致性。

表 4.2-2 國內環境介質管理法規管制標準訂定情形

環境介質	法源依據		管制標準名稱
空氣	空氣污染防治法	第五條第三項	空氣品質標準
		第二十條第二項	固定污染源空氣污染物排放標準
		第二十條第二項	固定污染源有害空氣污染物排放標準（草案）
地表水	水污染防治法	第六條第一項	地面水體分類及水質標準
		第七條第二項	放流水標準
飲用水	飲用水管理條例	第十一條第二項	飲用水水質標準
灌溉水	農田水利會灌溉排水管理要點	第二十條	灌溉用水水質標準
地下水	土壤與地下水污染整治法	第六條第二項	地下水污染管制標準
土壤		第六條第二項	土壤污染管制標準
底泥		第六條第六項	底泥品質指標之分類管理及用途限制辦法
生物體	食品衛生安全管理法	第十七條	食品中污染物質及毒素衛生標準 ¹
		第十五條第二項	農藥殘留容許量標準
			食品中原子塵或放射能污染容許量標準
		第十五條第二項與第十七條	一般食品衛生標準 ²

註 1：食品中污染物質及毒素衛生標準預定將於 108 年 1 月 1 日起正式實施，此標準將整合原各項衛生標準中有關重金屬、真菌毒素及其他特定污染物質之規範，包含「蛋類衛生標準」、「水產動物類衛生標準」、「食用油脂類衛生標準」、「食品中真菌毒素限量標準」、「藻類食品衛生標準」、「生鮮肉品類衛生標準」、「食米重金屬限量標準」、「醬油類單氯丙二醇衛生標準」、「食鹽衛生標準」、「牛羊豬及家禽可食性內臟重金屬限量標準」、「食用菇類重金屬限量標準」及「蔬果植物類重金屬限量標準」、「罐頭食品類衛生標準」、「冰類衛生標準」、「嬰兒食品類衛生及殘留農藥安全容許量標準」、「一般食品衛生標準」、「包裝飲用水及盛裝飲用水衛生標準」及「飲料類衛生標準」等 18 項衛生標準。

註 2：一般食品衛生標準預定將於 108 年 1 月 1 日起實施修正草案，主要修正重點為因應前項衛生標準之規範體系檢討作業，部分衛生標準尚有應保留之項目，包括食品用水之規定、飲料中咖啡因含量之規定、嬰兒食品中農藥殘留之規定等，皆將整併至本標準中。

表 4.2-3 國內環境介質管理法規管制項目比較 (2/3)

管制項目類別	環境介質							底泥品質指標
	空氣品質標準	固定污染源有害空氣污染物排放標準(草案)	地面水體水質標準	放流水標準	飲用水水質標準	灌溉用水水質標準	地下水污染管制標準	
多環芳烴	-		-	苯	-	-	-	苯駢芘、芴、蒽、二苯(a,h)駢蒽、蒽(1,2,3-cd)比、蒽、菲、芘、芘、芘烯、蒽、苯(a)駢蒽、苯(b)駢蒽、芘、芘(g,h,i)芘、芘(k)芘駢芘
塑化劑	-	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	-	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸二辛酯、鄰苯二甲酸二苯甲酯	-	-	-	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、鄰苯二甲酸二丁酯、鄰苯二甲酸二乙酯、鄰苯二甲酸丁基甲酯
農藥	-	-	阿特靈*、地特靈*、飛佈達*、毒殺芬*、滴滴涕*、安殺香*、五氯酚及其鹽類 ¹ 、五氯酚 ² 、除草劑 ³ 及氨基甲酸鹽 ¹² 、除草劑 ³	阿特靈*、地特靈*、安殺香*、飛佈達*、毒殺芬*、滴滴涕*、安殺香*、五氯酚及其鹽類 ¹ 、五氯酚 ² 、除草劑 ³ 、福爾培、蓋普丹	安殺香*、靈丹*、丁基拉草、2,4-地、刈、保扶、滅必、達馬松、松、一品松、亞	可氣丹*、毒殺芬*、五氯酚*、2,4-地、保扶、馬松、拉松	阿特靈*、可氣丹*、地特靈*、飛佈達*、毒殺芬*、安殺香*、六氯二苯基三氯乙烷(DDT)及其衍生物	阿特靈*、可氣丹*、地特靈*、飛佈達*、毒殺芬*、安殺香*、六氯二苯基三氯乙烷(DDT)及其衍生物
戴奧辛與多氯聯苯	-	多氯聯苯	-	戴奧辛*、多氯聯苯*	戴奧辛*	-	戴奧辛*、多氯聯苯*	戴奧辛*、多氯聯苯*
其它	-	鄰-苯二酚、對-苯二酚、乙醯乙醯胺、丙稀酸乙酯、丙稀醯胺、酚、硝基、乙醯胺、聯苯胺	酚	酚類、N-甲基吡咯烷酮、硝基苯	酚類	2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚、總酚、3,3'-二氯聯苯胺	2,4,5-三氯酚、2,4,6-三氯酚、3,3'-二氯聯苯胺	-

註：標註*、**者為斯德哥爾摩公約列管之持久性有機污染物 (POPs)

表 4.2-3 國內環境介質管理法規管制項目比較 (3/3)

管制項目類別	環境介質						底泥品質指標	
	空氣品質標準	固定污染源有害空氣污染物排放標準(草案)	地面水體水質標準	放流水標準	飲用水水質標準	灌溉用水水質標準		地下水污染管制標準
鹽類	-	氟化物		氨氮、氟化物、總磷	氟鹽、氯鹽、亞硝酸鹽、亞硫酸鹽、亞氯酸鹽、氯氮、氯氮、亞氯酸鹽、溴酸鹽、氯氮	氟鹽、氯鹽、硝酸鹽、亞硝酸鹽、亞硫酸鹽、亞氯酸鹽、溴酸鹽、氯氮	溶解性鐵、溶解性錳、氟鹽、總氮、總磷、正磷酸鹽、總磷、氟化物、硫化物	-
其它	總懸浮微粒、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、二氧化硫、氮氧化物、一氧化氮、二氧化碳、臭氣	石棉、環亞乙基硫脒、三氯乙酸、聯苯胺		氫離子濃度指數、陰離子界面活性劑、油脂、生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體、真色、大腸桿菌群、自由有效氯、總餘氯、總毒性有機物 ⁴	水溫、氫離子濃度指數、陰離子界面活性劑、油脂、生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體、真色、大腸桿菌群、自由有效氯、總餘氯、總毒性有機物 ⁴	陰離子界面活性劑、氫離子濃度、總溶解固體量、自由有效氯、大腸桿菌群、總菌落數、臭度、濁度、色度	總硬度、總溶解固體物、總有機碳、油碳氫化合物	總硬度、總溶解固體物、總有機碳、油碳氫化合物

註：標註**者為斯德哥爾摩公約列管之持久性有機污染物 (POPs)

1. 有機磷劑：巴拉松、大利松、達馬松、亞素靈、一品松、陶斯松；
2. 氨基甲酸鹽：滅必靈、加保扶、納乃得；
3. 除草劑：丁基拉草、巴拉刈、2,4-批；
4. 總毒性有機物：1,2-二氯苯、1,3-二氯苯、1,4-二氯苯、1,2,4-三氯苯、1,2,4,6-四氯苯、1,2,3,4-四氯苯、1,2,3,5-四氯苯、1,2,3,6-四氯苯、1,2,4,5-四氯苯、1,2,4,6-四氯苯、1,2,3,4,5-五氯苯、1,2,3,4,6-五氯苯、1,2,3,5,6-五氯苯、1,2,3,4,5,6-六氯苯、1,2,3,4,5,6-七氯苯、1,2,3,4,5,6-八氯苯、1,2,3,4,5,6-九氯苯、1,2,3,4,5,6-十氯苯、1,2,3,4,5,6-十一氯苯、1,2,3,4,5,6-十二氯苯、1,2,3,4,5,6-十三氯苯、1,2,3,4,5,6-十四氯苯、1,2,3,4,5,6-十五氯苯、1,2,3,4,5,6-十六氯苯、1,2,3,4,5,6-十七氯苯、1,2,3,4,5,6-十八氯苯、1,2,3,4,5,6-十九氯苯、1,2,3,4,5,6-二十氯苯、1,2,3,4,5,6-二十一氯苯、1,2,3,4,5,6-二十二氯苯、1,2,3,4,5,6-二十三氯苯、1,2,3,4,5,6-二十四氯苯、1,2,3,4,5,6-二十五氯苯、1,2,3,4,5,6-二十六氯苯、1,2,3,4,5,6-二十七氯苯、1,2,3,4,5,6-二十八氯苯、1,2,3,4,5,6-二十九氯苯、1,2,3,4,5,6-三十氯苯。

4.2.3 國內環境調查方式研析

國內各環境介質現有之環境調查方式大致可分為定常性監測作業、污染排放/環境品質定期申報制度，以及特定目的之調查計畫等（表 4.2-4）。其中定常性監測作業係指具有固定的調查位置、一定的調查頻率與一致的調查項目之調查方式，如全國共 78 處空氣品質測站（60 處一般測站、5 處工業測站、6 處交通測站、2 處國家公園測站及 5 處背景測站等）之連續監測，以及各類水體水質測站（地表水、飲用水與地下水等）之定期採樣檢測等，另土壤則於近年針對戴奧辛與持久性有機污染物等設有固定監測點，並規劃未來將長期性執行採樣檢測作業。

污染排放/環境品質定期申報制度係針對具污染排放行為或具較高污染潛勢之事業或主管機關，規範其需定期辦理環境調查檢測作業之管理制度，目前已有制定相關法規之環境介質包含空氣、地表水、土壤、地下水與底泥等。此類環境調查作業雖非由各環境介質之權責單位直接辦理，惟相關調查結果都必需透過申報系統提交至主管機關，因此仍可被歸類為重要的環境調查資料來源及辦理方式。

特定目的之調查計畫係指為配合管理需求而定期或不定期辦理之環境調查作業，如為配合環境管制標準修訂之所需，地表水、飲用水、地下水與土壤皆曾針對新興污染物辦理環境調查計畫，以評估關切化學物質對於環境之影響程度，並作為新增訂定管制標準之參考。另鑒於土壤、地下水與底泥多為污染物之最終受體，為避免污染物過量累積而造成人體健康或環境危害，其權責單位亦會針對高污染潛勢區域辦理污染查證作業，若發現調查區域環境濃度超過管制標準值，則需依法辦理整治作業，以降低污染物之環境濃度或暴露風險。而有部分化學物質因原即存在於自然環境中（如重金屬等），或為無意衍生（如戴奧辛等）而廣泛流布於環境之中，各單位亦會透過辦理全國性環境調查計畫，以有效掌握此類化學物質於環境中之分布情形。此外為檢核源頭使用或排放管制之成效，各單位亦會藉由定期性之環境調查分析特定污染物環境濃度之變化趨勢。

整體而言，目前國內現有之環境調查方式皆有明確之目的性（表 4.2-5），調查對象則主要可區分為法規列管項目及尚未列管之新興污染物等，調查區域則有一般背景地區與高污染潛勢區域之分別，布點方式大多需依調查目的或初步環境評估結果而定，另調查頻率大致可分為連續性、固定頻率或一次性調查等。由此可知，任何調查工作的規劃皆需考量前已述及之各項原則，而於各項調查結果的闡

述上也需考量其數據產生方式之差異性，以避免錯用而造成誤解，惟對於調查資源或資料的整合應用，則可善加利用此些原則作為基礎，進以規劃可顧及各面向之執行架構及資料之記錄方式等，俾利促進各方調查資料之彙整、交換與永續管理。

表 4.2-4 國內各環境介質現有環境調查方式

調查方式	定常性監測作業	污染排放/環境品質定期申報制度	特定目的調查計畫
空氣	<ul style="list-style-type: none"> • 60 處一般空氣品質測站連續監測 • 5 處工業空氣品質測站連續監測 • 6 處交通空氣品質測站連續監測 • 2 處國家公園空氣品質測站連續監測 • 5 處背景空氣品質測站連續監測 	固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法	管制成效評估：固定污染源戴奧辛及重金屬調查及管制計畫、酸雨及有害物質溼沉降監測分析調查計畫等
地表水	<ul style="list-style-type: none"> • 54 條河川流域定期監測 • 53 座水庫年度定期監測 • 20 處沿海海域定期監測 	水污染防治措施及檢測申報管理辦法	管制標準研修：產業廢水污染管制與特性分析研議計畫等
飲用水	全臺 362 處自來水供水系統及 38 處簡易自來水抽驗點定期監測	—	管制標準研修：飲用水水源及水質標準項目調查評估計畫、飲用水水源與水質中新興污染物對人體健康風險評估之研究計畫等
地下水	全臺 458 口區域性地下水監測井定期監測	特定區域(工業區)目的事業主管機關檢測土壤及地下水備查作業辦法	管制標準研修：地下水新興污染物調查計畫等 高潛勢區污染查證：運作中工廠及廢棄工廠 phase2 調查計畫等
土壤	<ol style="list-style-type: none"> 1. 戴奧辛固定監測點定期監測 2. 持久性有機污染物固定監測點定期監測 	公告事業用地土壤污染評估調查及檢測作業管理辦法	<ul style="list-style-type: none"> • 管制標準研修：全國土壤性質調查計畫 • 背景濃度調查：全國土壤性質調查計畫、農地土壤母質背景調查計畫等 • 基線濃度調查：全國土壤戴奧辛及持久性有機污染物基線調查計畫等
底泥	—	特定區域(地面水體)目的事業主管機關檢測底泥品質備查作業辦法	高潛勢區現況調查：底泥品質管理計畫、水體底泥品質潛勢預警介質調查計畫等
生物體	—	—	基線濃度調查：農作物污染監測管制及損害查處年度計畫、食米中重金屬含量調查年度計畫、食品中危害物質之監測管理及安全評估等
多介質	—	—	管制成效評估：毒性化學物質環境流布調查計畫等

表 4.2-5 國內現有環境調查方式比較

調查方式	定常性監測調查	污染排放 / 環境品質定期申報	特定目的調查			
			管制標準 研修	管制成效 檢核	背景 / 基線 調查	污染查證
調查目的	掌握環境品質長期變化趨勢	有效管理事業污染排放及特定區域環境品質	管制標準 研修	管制成效 檢核	背景 / 基線 調查	污染查證
調查對象	法規列管項目或具持久性者	法規列管項目	尚未列管之新興污染物	法規列管項目	法規列管項目或原即存在於自然環境者	法規列管項目
調查區域	多為一般背景地區	高污染潛勢區域或特定關切區域	依污染物來源及傳輸途徑而定	一般背景及高污染潛勢區域	一般背景地區	高污染潛勢區域
布點原則	固定測站或監測點	事業或特定區域所在範圍內		依評估項目或方法而定	網格法或依環境背景特性及分布情形而定	依場址環境評估結果而定
調查頻率	連續性或固定頻率	固定頻率或執行年限	依管理需求而定	依管理需求而定	多屬一次性調查	一次性調查

4.2.4 列管化學物質環保單位歷年調查成果

環保署為瞭解國內化學物質流布與污染概況，署內各單位皆曾辦理各項環境介質化學物質流布調查之相關計畫，如環境檢驗所（以下簡稱環檢所）於 82 年即曾調查二仁溪河川水體及底泥中 18 項金屬元素之濃度。環境監測及資訊處（以下簡稱監資處）則自 85~98 年辦理河川水體底泥整體調查監測計畫，完成 31 條中央及縣市管河川水質或底泥中重金屬、有機氯農藥、多氯聯苯、壬基酚調查，並同時調查河川中生物種類、組成與數量，藉以調查評估整體生態環境現況。

環管處自 92 年起亦針對國內 30 條河川、21 座港口與 18 家工廠環境中辦理化學物質流布調查（106 年起改由化學局辦理），調查工廠空氣中揮發性有機物、底泥、生物體中汞、砷、有機錫類、有機氯農藥、塑化劑、環境賀爾蒙、多氯聯苯與持久性有機污染物等，並已於 98 年起，每年將歷年調查成果彙集成「毒性化學物質環境流布調查成果手冊」提供民眾與研究單位參考。

除河川水體研究外，空氣品質亦是民眾所關注的重點，空保處自 95 年起針對國內各固定污染源辦理重金屬、揮發性有機物、多環芳香烴、戴奧辛與多溴聯苯

醚之環境監測，並定期更新戴奧辛及重金屬排放清冊與推動空氣管制規範。另各地方環保局亦定期針對其轄內固定污染源辦理稽查與管制相關計畫。於土壤及地下水方面，自 90 年土基會成立後，除逐年辦理我國農業區、工廠等土壤及地下水污染調查作業外，其所委辦之各項調查計畫亦已針對重金屬、環境賀爾蒙、塑化劑、戴奧辛與持久性有機物染物辦理土壤及地下水背景與污染潛勢調查。

前述過往國內曾執行之特定目的調查計畫，概略可分為基線調查與污染潛勢區調查等兩種類型。基線調查之作業範圍大，其調查目的係為通盤掌握整體環境中化學物質濃度概況，此調查多以網格或系統性的方式選取採樣點採樣，較未考量污染傳輸之空間脈絡概念情況，調查結果可用以瞭解化學物質於國內各地區之濃度概略分布情形，建立國內化學物質基線濃度資訊（表 4.2-6）。如監資處於 85～98 年針對河川所執行之水體調查，環檢所、環管處與土基會亦有針對河川與農地土壤辦理基線調查作業。

污染潛勢區調查作業之目的則係針對特定化學物質可能有大量運作、排放，甚且已造成污染之區域辦理較詳細之調查工作，調查範圍透過較具目的性之篩選方式，藉由化學物質暴露情境評估（如克利金法）或於基線調查中以統計計算方式（如內梅羅綜合指標法）選擇較高污染濃度之地區，再針對化學物質可能造成污染之傳輸脈絡辦理暴露潛勢調查，以瞭解化學物質之污染潛勢與可能污染情形。如監資處於 87 年針對大漢溪、烏溪及二仁溪等污染潛勢較高之河川辦理重金屬與戴奧辛之分析（表 4.2-7）。

整體而言，基線調查之計畫類型如背景調查、整體調查、基線調查或是品質調查等，而污染潛勢區之調查作業則以高濃度潛勢區、環境污染調查為主。本計畫已彙整環保署各相關單位歷年之調查計畫，依化學物質類別及環境介質分類，其中環境介質之生物類別主要以魚體體內污染物質濃度為主，部份則為農作物或工廠員工個人環測暴露濃度。以下分別說明基線調查作業與污染潛勢區調查作業之調查概況。

表 4.2-6 國內化學物質環境流布基線調查計畫執行概況 (1/2)

類別	計畫執行單位	計畫名稱	年度	環境介質					檢測項目	地點
				地表水	飲用水	土壤	底泥	生物		
金屬類	監資處	河川環境水體整體調查監測計畫	85~98	○			○		註 3	31 條河川
	環檢所	水體環境分析及研究	87~90				○	○	註 4	5 條河川
	監資處	河川環境水體底泥整體調查監測計畫	88、91	○			○		鐵、鋁、錳、鉍	4 條河川
	環管處	毒性化學物質污染排放調查與模式建立-一般環境中	91				○	○	有機錫	9 條河川、7 座港口
	環檢所	台灣河川水體、底泥及生物監測分析研究	91~94	○			○	○	8 種重金屬	22 條河川
	環管處	飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫	91~106		○				註 5	全臺，每年約 362 處自來水供水系統
	環管處 ¹	毒性化學物質環境流布背景調查計畫	92~106				○	○	汞、砷、有機砷、有機錫	30 條河川、21 座港口
	土基會	農地土壤母質品質背景調查計畫	100、102			○		○ ²	鉻、鎳	花蓮、臺東、澎湖
	土基會	全國土壤品質性質特徵管理計畫	102~106			○			註 6	全臺 85 處代表性土壤
土基會	飲用水水質保護區土壤及地下水基線調查計畫	104			○			8 種重金屬等，空氣：汞	石門、曾文、翡翠水庫、高屏溪	
揮發性有機物	環管處	飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫	91~106		○				三鹵甲烷、二氯乙烷、苯、甲苯、乙苯、甲基第三丁基醚等	全臺，每年約 362 處自來水供水系統
	環管處	100-101 年毒性化學物質環境流布背景調查計畫	100、101	○			○	○	四氯化碳、三氯甲烷、二氯乙烯、氯苯、二氯苯、甲醛等	12 條河川
半揮發性有機物(其它)	環檢所	台灣河川水體、底泥及生物監測分析研究	91~94	○			○	○	壬基酚	22 條河川
	監資處	河川環境水體整體調查監測計畫	92~95	○			○		壬基酚	19 條河川
	環管處	98-99 年毒性化學物質環境流布背景調查計畫	98、99				○	○	壬基酚、雙酚 A	5 條河川
	環管處 ¹	毒性化學物質環境流布背景調查計畫	100~106	○				○	壬基酚、雙酚 A	30 條河川
多環芳烴	環檢所	水體環境分析及研究	87、90				○	○	16 種 PAH	5 條河川
	監資處	河川環境水體底泥整體調查監測計畫	88	○			○		16 種 PAH	高屏溪、澄清湖
	環檢所	台灣河川水體、底泥及生物監測分析研究	91~94				○	○	16 種 PAH	22 條河川

- 註：1. 自 106 年 105-106 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫（第 2 年）起主辦單位改為毒物及化學物質局
 2. 測定食用農作物（水稻、玉米、芋頭、甘薯、花生、菜豆、山蘇、地瓜葉、韭菜、青蔥、小白菜、高麗菜、油菜）之鉻與鎳
 3. 砷、汞、鉻、鎘、鉛、鎳、錳、鈾、銻、銀
 4. 砷、汞、鉻、鎘、銅、鎳、鉛、銀、鐵、錳、鋁、鎂、矽、鈦、鎢、鉍
 5. 砷、汞、鉻、鎘、鉛、鎳
 6. 砷、汞、鉻、鎘、銅、鎳、鉛、鋅、鐵、錳、錒

表 4.2-6 國內化學物質環境流布基線調查計畫執行概況 (2/2)

類別	計畫執行單位	計畫名稱	年度	環境介質					檢測項目	地點
				地表水	飲用水	土壤	底泥	生物		
塑化劑	環檢所	台灣河川水體、底泥及生物監測分析研究	91~94				○	○	10 種 PAE	22 條河川
	環管處	毒性化學物質污染排放調查與模式建立-一般環境中	91	○				○	DBP	二仁溪、蘭陽溪
	環管處 ¹	毒性化學物質環境流布背景調查計畫	92~106				○	○	9 種 PAE	30 條河川
	環管處	飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫	100~105		○				DMP、DEP、DBP、BBP、DNOP、DEHP	全臺，每年約 362 處自來水供水系統
農藥	監資處	河川環境水體底泥整體調查監測計畫	88、91	○			○		有機氯農藥	4 條河川
	環檢所	台灣河川水體、底泥及生物監測分析研究	91~94				○	○	有機氯農藥	22 條河川
	環管處	飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫	91~106		○				13 項農藥	全臺，每年約 362 處自來水供水系統
	監資處	河川環境水體整體調查監測計畫	92~94	○			○		7 種有機氯農藥	11 條河川
	環管處 ¹	毒性化學物質環境流布調查分析計畫	92~106				○	○	11 種有機氯農藥	30 條河川
戴奧辛與多氯聯苯	環檢所	水體環境分析及研究	87~90				○	○	多氯聯苯、戴奧辛	5 條河川
	監資處	河川環境水體底泥整體調查監測計畫	88、91	○			○		多氯聯苯	4 條河川
	環管處	毒性化學物質污染排放調查與模式建立-一般環境中	91	○			○	○	多氯聯苯	9 條河川、7 座港口
	環檢所	台灣河川水體、底泥及生物監測分析研究	91~94				○	○	多氯聯苯、戴奧辛	22 條河川
	監資處	河川環境水體整體調查監測計畫	92~94	○			○		多氯聯苯	11 條河川
	環管處	毒性化學物質環境流布調查分析	93				○	○	多氯聯苯	12 條河川、7 座港口
	環管處	飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫	101~106		○				戴奧辛	全臺，每年約 362 處自來水供水系統
	環管處	102 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫	102	○			○		多氯聯苯	10 條河川
	土基會	全國土壤性質調查與管理計畫	104				○		戴奧辛	全臺
	土基會	應用篩檢方法評估土壤戴奧辛可能分布及高污染潛勢區域篩選機制建置計畫	100~105				○		戴奧辛、多氯聯苯	全臺
POP	環管處	毒性化學物質環境流布背景調查計畫	95~106				○	○	多溴二苯醚、六溴環十二烷	30 條河川
	土基會	土壤持久性有機污染物調查及管理策略研析計畫	105				○		多溴二苯醚、PFOA、PFOS	全臺

註：1. 自 106 年 105-106 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫（第 2 年）起主辦單位改為毒物及化學物質局

表 4.2-7 國內化學物質環境流布污染潛勢區調查計畫執行概況(1/2)

類別	計畫執行單位	計畫名稱	年度	環境介質						檢測項目	地點
				空氣	地表水	地下水	土壤	底泥	生物		
金屬類	監資處	河川底質監測調查技術研究	87					○		10 種重金屬	3 條河川
	土基會	111 公頃農地土壤重金屬調查與場址列管計畫	91				○			8 種重金屬	彰化、南投、雲林、嘉義農地
	漁業署	台灣地區漁港浚深海拋處置場所評估調查研究報告	92					○		註 2	36 座港口
	空保處	固定污染源毒性空氣污染物(戴奧辛及重金屬)管制規範	95~106	○						砷、汞、鎘、鎳、鉛等	工廠排煙管
	環檢所	河川及河口水質底泥及生物體之環境污染調查與風險評估	97		○			○	○	註 2	7 條河川
	土基會	底泥品質管理計畫	98~105		○			○	○	重金屬、甲基汞	8 條河川、6 條渠道、5 座水庫、2 座港口、1 座濕地
	土基會	全國重金屬高污染潛勢農地之管制及調查計畫	99~105		○		○	○		註 3	桃園、臺中、彰化、臺南農地
	土基會	地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫	100~105		○	○	○	○		銻、鋇、銀、硒等	工廠周界
	土基會	運作中高污染潛勢工廠土壤及地下水污染潛勢調查示範計畫	103			○	○			註 3	25 家工廠
揮發性有機物	環管處	毒性化學物質環境流布調查分析	92、93	○			○	○	○ 註 1	環氧氯丙烷、硫酸二甲酸、甲醛、苯	18 家工廠
	土基會	底泥品質管理計畫	99~105		○			○	○	二氯苯、六氯苯	3 條河川、5 條渠道、2 座水庫、2 座港口、1 座濕地
	土基會	地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫	102、103			○	○	○		氯甲烷、溴甲烷等	工廠周界
	土基會	運作中高污染潛勢工廠土壤及地下水污染潛勢調查示範計畫	103			○	○			丙烯腈等	25 家工廠
	空保處	固定污染源毒性空氣污染物(戴奧辛及重金屬)管制規範	106	○						氯乙烯、三氯乙烯、四氯乙烯等	工廠排煙管
半揮發性有機物	環檢所	河川及河口水質底泥及生物體之環境污染調查與風險評估	97		○			○	○	壬基酚	7 條河川
	土基會	地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫	102~105			○	○	○		壬基酚、雙酚 A	工廠周界
	土基會	全國土壤品質性質特徵管理計畫	102				○			壬基酚、雙酚 A	新竹、臺中、高雄
多環芳香烴	監資處	河川底泥監測調查技術研究	87					○		16 種 PAH	3 條河川
	環檢所	河川及河口水質底泥及生物體之環境污染調查與風險評估	97		○			○	○	註 2	7 條河川
	空保處	固定污染源戴奧辛、多環芳香烴(PAHs)及重金屬排放調查與管制計畫	99	○						19 種 PAH	4 座固定污染源排氣
	土基會	底泥品質管理計畫	99~105		○			○	○	底泥品質指標項目	3 條河川、5 條渠道、2 座水庫、2 座港口、1 座濕地

註：1. 針對工廠員工個人環測；2.無詳細檢測項目；3.地下水及土壤管制項目

表 4.2-7 國內化學物質環境流布污染潛勢區調查計畫執行概況(2/2)

類別	計畫執行單位	計畫名稱	年度	環境介質					檢測項目	地點	
				空氣	地表水	地下水	土壤	底泥			生物
塑化劑	環檢所	河川及河口水質底泥及生物體之環境污染調查與風險評估	97	○				○	○	-	7 條河川
	土基會	底泥品質管理計畫	102、105	○				○		DEHP、DBP、DEP、BBP	5 條渠道、2 座港口、1 座濕地
	土基會	地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫	102~105			○	○	○		5 項 PAEs	工廠周界
	土基會	全國土壤品質性質特徵管理計畫	102				○			DEHP、DBP、BBP、DEP	新竹、臺中、高雄工廠周邊農地
農藥	監資處	河川底泥監測調查技術研究	87					○		有機氯農藥	3 條河川
	環檢所	河川及河口水質底泥及生物體之環境污染調查與風險評估	97	○				○	○	有機氯農藥	7 條河川
	土基會	底泥品質管理計畫	99~105	○				○		有機氯農藥	3 條河川、5 條渠道、2 座水庫、2 座港口、1 座濕地
	土基會	地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫	100~105			○	○	○		26 項農藥	工廠周界
	土基會	運作中高污染潛勢工廠土壤及地下水污染潛勢調查示範計畫	103			○	○			14 項農藥	25 家工廠
戴奧辛與多氯聯苯	監資處	河川底泥監測調查技術研究	87					○		多氯聯苯	3 條河川
	空保處	固定污染源毒性空氣污染物(戴奧辛及重金屬)管制規範	95~106	○						戴奧辛	工廠排煙管
	環檢所	河川及河口水質底泥及生物體之環境污染調查與風險評估	97	○				○	○	多氯聯苯、戴奧辛	7 條河川
	土基會	底泥品質管理計畫	98~105					○	○	多氯聯苯、戴奧辛	3 條河川、5 條渠道、2 座水庫、2 座港口、1 座濕地
	土基會	應用篩檢方法評估土壤戴奧辛可能分布及高污染潛勢區域篩選機制建置計畫	100	○			○	○		戴奧辛	7 處高污染潛勢區
	土基會	地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫(第二期)	102			○				戴奧辛	工廠周界
	土基會	運作中高污染潛勢工廠土壤及地下水污染潛勢調查示範計畫	103				○			戴奧辛	25 家工廠
POP	土基會	地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫	100~105			○	○	○		五氯苯、多溴二苯醚、全氟辛酸、全氟辛磺酸	工廠周界
	土基會	全國土壤品質性質特徵管理計畫	102				○			全氟辛烷磺酸	新竹、臺中、高雄工廠周邊農地
	空保處	固定污染源戴奧辛及重金屬調查及管制計畫	103	○			○	○		多溴聯苯醚	各工廠排煙管

一、金屬（類金屬）

依環保署歷年之調查結果顯示（表 4.2-8），我國重金屬背景濃度調查資料相對其它類別較完整，且多已包括 8 項重金屬（砷、汞、鎘、鉻、銅、鎳、鉛、鋅）。基線調查方面環管處除辦理飲用水之檢驗項目分析，也曾針對底泥與生物檢測有機錫與有機砷濃度，監資處於 85~98 年則針對臺灣 31 條河川分析其水體底泥。

污染潛勢區調查作業則以空保處所辦理固定污染源其空氣金屬檢測與土基會自 100 年起辦理地下水有害物質之調查為主，地下水物質針對許多高污染潛勢如科技產業與重工業工廠污染檢測，如「晶圓製造及半導體製造業」和「光電材料及元件製造業」可能釋出微量元素如鎘、銻、鉍等檢測。

二、揮發性有機物

揮發性有機物於污染潛勢區調查數據較多，基線調查僅有環管處檢測。環管處歷年於各自來水供水系統（約 365 處）和簡易自來水點辦理飲用水管制項目如總三鹵甲烷、二氯乙烷、二甲苯等監測作業。

污染潛勢區調查部分環管處與土基會長期均曾執行河川地面水體、工廠地下水、土壤、底泥與農地土壤之污染潛勢監測，土基會亦曾針對「石油化學與化工業」辦理現勘、訪談與地下水、土壤濃度調查。環管處於 92、93 年度曾針對國內毒化物運作場所中環氧氯丙烷、硫酸二甲酯、甲醛、苯等物質之釋放情形辦理工廠周界檢測與個人環測，瞭解國內工廠勞工與環境接觸毒化物之污染潛勢（表 4.2-9）。

三、半揮發性有機物

（一）多環芳香烴

多環芳香烴（polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH）為一百多種不同化學物質的合稱，來源主要由含碳燃料，如煤炭、木材、燃油或其他有機物質不完全燃燒所產生，長期下會黏附於固體顆粒上沉降於河川底泥中。環檢所最早曾於 87 年起即針對臺灣河川底泥辦理 16 種 PAH 之基線調查分析作業。

污染潛勢區調查作業如土基會曾於 100 年起針對環境水體之底泥與魚體調查底泥品質指標中之 PAH 項目，另空保處則曾於 99 年針對發電業及煉焦爐等固定污染源辦理調查檢測（表 4.2-10）。

表 4.2-8 歷年各項環境介質中金屬（類金屬）調查結果概況（1/2）

(A) 基線調查

檢測項目	飲用水	地表水	土壤	底泥	生物
	mg/L	µg/L	mg/kg	mg/kg	mg/kg
砷	ND~0.006	1.49~7.15	0.76~53.0	1.8~14.9	—
三價砷	—	—	—	ND~454 (µg/kg)	—
五價砷	—	—	—	ND~172 (µg/kg)	—
汞	ND~0.001	<0.89	ND~0.72	ND~2.59	<0.05~2.67
鎘	—	<0.006~0.56	ND~0.45	<0.02~1.64	—
鉻	ND~0.008	<0.01~29.8	4.8~403	<0.4~1,700	ND~7.86 (糙米) ND~15.1 (葉菜類)
銅	—	5.84	1.11~157	39.48	—
鎳	ND~0.06	<0.02~29.0	3.45~525	0.96~578	ND~6.5 (糙米) ND~7.77 (葉菜類)
鉛	ND~0.01	<0.05~13.0	3.16~68.1	4.43~2,998	—
鋅	—	37.2	22.5~238	34,893	—
鐵	—	—	7,310~128,000	38,549	—
鋁	ND~0.38	—	—	443.7	—
錳	—	—	29.7~7,020	—	—
銀	ND~0.008	—	—	1.52~6.2	—
硒	ND~0.007	—	0.2~1	—	—
三苯錫 (TPhT)	—	<0.02	—	ND~0.22 (µg/kg)	ND~6.12
三丁錫 (TBT)	—	—	—	ND~2.7 (µg/kg)	ND~7.8
二丁錫 (DBT)	—	—	—	ND~0.79 (µg/kg)	ND~0.67
單丁錫 (MBT)	—	—	—	ND~0.88 (µg/kg)	ND~0.77
二苯錫 (DPhT)	—	—	—	ND~0.15 (µg/kg)	ND~0.21
單苯錫 (MPhT)	—	—	—	ND~1.0 (µg/kg)	ND~0.35
二甲基砷酸 (DMA)	—	—	—	ND~117 (µg/kg)	—
單甲基砷酸 (MMA)	—	—	—	ND~27.4 (µg/kg)	—

表 4.2-8 歷年各項環境介質中金屬（類金屬）調查結果概況（2/2）

(B) 污染潛勢區調查

檢測項目	空氣	地表水	地下水	土壤	底泥
	ng/m ³	µg/L	mg/L	mg/kg	mg/kg
砷	ND~435	ND~4.1	ND~0.26	2.45~54.8	0.008~51.2
汞	ND~8.26	ND~1.2	0.0001~0.0002	ND~4.72	ND~6.4
鎘	ND~3.31	ND~15	ND~0.11	ND~1,080	ND~30.3
鉻	ND~9.6	ND~2,310	ND~0.82	0.01~12,800	1.4~9,670
六價鉻	<0.04~4.72	—	0.02~0.12	—	—
銅	4.35~227	ND~363	ND~14.1	ND~4,332	4~15,100
鎳	ND~49.8	ND~3,450	0.012~22.8	ND~4,020	ND~52,000
鉛	ND~454	ND~2,294	ND~2.83	1.03~36,900	ND~6,830
鋅	3.57~650	ND~687	ND~1.03	0.68~7,850	ND~12,000
鐵	48.4~1,784	10~400	—	—	—
鋁	15.6~1,020	—	0.06~0.08	—	—
錳	0.76~274	—	—	—	—
銻	ND~14	—	—	—	—
硒	ND~15.0	—	ND~0.002	—	—
鎳	0.4~7.27	—	ND~0.07	—	—
銻	<0.007~7.51	—	ND~0.0004	—	—
鉈	—	—	ND~0.02	—	—
鉍	ND~0.34	—	—	—	—
鉕	ND~83	—	0.02~1.65	—	—
釩	0.72~28.5	—	ND~0.002	—	—
鎢	—	—	ND~0.02	—	—
鉬	0.25~16.3	—	ND~0.09	—	—
鈷	ND~3.48	—	ND~0.02	—	—
鉀	—	—	0.95~249	—	—
鈉	—	—	1.1~808	—	—
鈣	—	—	11.6~232	—	—
鎂	31.8~1,050	—	6.33~843	—	—
硼	—	—	0.03~1.33	—	—
鋰	—	—	0.001~0.02	—	—

表 4.2-9 歷年各項環境介質中揮發性有機物調查結果概況

(A) 基線調查

檢測項目	飲用水	地表水	底泥
	µg/L	mg/L	mg/kg
總三鹵甲烷	ND~0.16	ND~0.001	—
三氯甲烷	—	<0.001	ND~7.33
含鹵乙酸	0.52~17	—	—
1,1-二氯乙烷	0.11~1.88	—	—
1,2-二氯乙烷	ND~0.1	ND~0.002	<1
氯苯	—	ND~0.02	ND~19.9
鄰-二氯苯	—	ND	ND~8.89
二氯乙腈	0.78~1.72	—	—
二溴乙腈	ND~1.46	—	—
水合氯醛	1.37~5.38	—	—
六溴聯苯	—	—	0.0003~0.02
二甲苯	ND~1.18	—	—
甲醛	—	ND~0.21	—

(B) 污染潛勢區調查

檢測項目	空氣	地表水	地下水	土壤	底泥	工作環境
	mg/Nm ³	mg/L	mg/L	mg/kg	mg/kg	mg/Nm ³
二氯甲烷	—	—	0.01~0.9	—	—	—
三氯甲烷	—	ND~0.0007	—	—	—	—
四氯化碳	—	—	0.45	—	—	—
1,2-二氯乙烷	—	—	0.01	—	—	—
順 1,2-二氯乙烯	—	—	0.28	—	—	—
三氯乙烯	—	—	0.45	—	—	—
氯乙烯	—	—	ND~0.39	—	—	—
甲醛	0.1~0.282	—	—	ND~8.7	—	ND~4.06
苯	—	ND~484	ND~1.42	<3.5	—	ND~1.9
甲苯	—	ND~0.69	ND~1,800	—	ND~0.76	—
苯甲醇	—	ND~0.93	—	—	—	—
氯苯	—	—	1.11~15.4	ND~0.06	—	—
1,2-二氯苯	—	—	—	—	ND~0.09	—
1,3-二氯苯	—	—	—	ND~0.06	ND~0.12	—
1,4-二氯苯	—	—	—	ND~0.19	—	—
六氯苯	—	—	—	—	ND~0.06	—
N-亞硝基二苯胺	—	—	ND~0.03	—	—	—
環氧氯丙烷	—	ND~19.0	—	ND	—	ND~0.89
硫酸二甲酯	—	—	—	—	—	ND~0.14
總石油碳氫化合物	—	—	6.97	464~12,900	—	—

表 4.2-10 歷年各項環境介質中多環芳香烴調查結果概況

(A) 基線調查

檢測項目		底泥 μg/kg
總多環芳香烴	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons	ND~55.4
萘	Naphthalene	ND~64
芴烯	Acenaphthylene	ND~8
芴	Acenaphthene	ND~26
芴	Fluorene	ND~16
菲	Phenanthrene	ND~242
蔥	Anthracene	ND~56
苯駢芴	Fluoranthene	ND~68
芘	Pyrene	ND~86
苯駢[a]蔥	Benz[a]anthracene	ND~28
蒽	Chrysene	ND~28
苯駢[b]熒蔥	Benzo[b]fluoranthene	ND~20
苯駢[k]熒蔥	Benzo[k]fluoranthene	ND~24
苯駢[a]芘	Benzo[a]pyrene	ND~20
二苯駢[a,h]蔥	Dibenz[a,h]anthracene	ND~12
苯駢[g,h,i]芘	Benzo[g,h,i]perylene	ND~8
茚并[1,2,3-cd]芘	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	ND~4

(B) 污染潛勢區調查

檢測項目		空氣 ng/Nm ³	底泥 mg/kg	生物 μg/kg
總多環芳香烴	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons	268~3,925	—	3.1~45.6
萘	naphthalene	187~1,350	ND~9.03	—
2-甲萘	2-Methylnaphthalene	32~101	—	—
芴烯	acenaphthylene	1.0~17.5	ND~1.34	—
芴	acenaphthene	0.7~14	ND~2.65	ND~34.6
芴	fluorene	2.5~38.9	ND~5.33	ND~3.92
菲	phenanthrene	14.7~1,183	ND~16.4	ND~11.7
蔥	anthracene	<1.5~27.7	ND~3.44	ND~8.28
苯駢芴	fluoranthene	6.8~535	ND~9.94	ND~7.69
芘	pyrene	7.8~190	ND~11.2	ND~25.9
苯駢[a]蔥	benzo[a]anthracene	0.9~34.1	ND~5.29	ND~16.2
蒽	chrysene	2.2~140	ND~4.28	ND
苯駢[b]熒蔥	benzo[b]fluoranthene	0.5~42.6	ND~6.06	—
苯駢[k]熒蔥	benzo[k]fluoranthene	3.6~69.8	ND~1.86	—
苯駢[e]芘	benzo[e]pyrene	<0.2~20.4	—	—
苯駢[a]芘	benzo[a]pyrene	<0.2~9.0	ND~3.63	—
芘	perylene	1.2~51.2	—	—
茚并[1,2,3-cd]芘	indeno[1,2,3-cd]pyrene	0.35~19.1	ND~1.72	—
二苯駢[a,h]蔥	dibenzo[a,h]anthracene	3.2~45.8	ND~0.43	—
苯駢[g,h,i]芘	benzo[g,h,i]perylene	269~4,019	ND~1.67	—

(二) 塑化劑

由於塑膠製品的大量使用與不當棄置，且鄰苯二甲酸酯類之塑化劑與高分子聚合物並不是以化學共價方式鍵結，容易在運輸及使用過程中透過表面的溶解或損耗釋出，故於環境中常有塑化劑之流布。基線調查或污染潛勢區調查結果皆顯示以鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)污染濃度為最高(表 4.2-11)，基線調查作業如環管處與環檢所皆自 91 年起陸續辦理河川中底泥與魚體中塑化劑濃度之調查檢測。污染潛勢區調查作業則有環檢所與土基會辦理地下水、土壤與底泥之檢測。

表 4.2-11 歷年各項環境介質中塑化劑調查結果概況

(A) 基線調查

檢測項目		地表水	飲用水	底泥	生物
		µg/L	µg/L	mg/kg	mg/kg
鄰苯二甲酸二已酯	DEP	—	—	ND~4.5	ND~1.36
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	DEHP	ND~7.21	ND~81.7	ND~470	<0.01~398
鄰苯二甲酸二丁酯	DBP	—	ND~93.2	ND~1.3	ND~0.95
鄰苯二甲酸二甲酯	DMP	—	—	ND~1.7	ND~1.8
鄰苯二甲酸丁基苯酯	BBP	—	—	ND~2.0	ND~28.2
鄰苯二甲酸二正辛酯	DNOP	—	—	ND~1.30	ND~0.58
鄰苯二甲酸二異壬酯	DINP	—	—	ND~9.79	1.34
鄰苯二甲酸二異癸酯	DIDP	—	—	ND~9.95	1.53

(B) 污染潛勢區調查

檢測項目		地下水	土壤	底泥
		ng/L	mg/kg	mg/kg
鄰苯二甲酸二已酯	DEP	—	—	ND~0.24
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	DEHP	ND~0.02	ND~1.52	ND~257
己二酸二(2-乙基己基)酯	DEHA	20~964	—	—
鄰苯二甲酸二環己酯	DCHP	1~7	—	—
鄰苯二甲酸二苯酯	DPP	1~4	—	—
鄰苯二甲酸二丁酯	DBP	—	—	ND~1.26

(三) 農藥

歷年環保署之農藥調查作業，基線調查作業部分多針對禁用多年之有機氯農藥辦理（將於後續持久性有機污染物章節討論）。環管處自 91 年起則陸續針對飲用水中有機磷、氨基甲酸鹽類與除草劑類農藥辦理檢測，結果多為未檢出與低於定量極限，因此無相關背景濃度數值。

污染潛勢區調查作業則以土基會執行之調查工作為主，於地下水、地表水、土壤與底泥中皆有除草劑與有機磷劑之流布存在，其中以地面水體流布數據最完整（表 4.2-12）。

(四) 戴奧辛與多氯聯苯

戴奧辛與多氯聯苯為持久性有機污染物，來源廣泛主要係經由燃燒而產生。基線調查作業部分環檢所、監資處、環管處與土基會皆有針對其環境介質辦理調查分析作業，並以土壤戴奧辛與多氯聯苯之數據較完整，底泥及環境生物資料則尚需持續調查建置。

污染潛勢區調查作業則以戴奧辛之檢測資料較完整，除空保處針對固定污染源辦理調查，土基會亦有針對高污染潛勢工廠辦理其地下水、土壤與底泥之污染評估（表 4.2-13）。

戴奧辛之檢測單位多以 WHO-TEQ 與 I-TEQ 表示，由於戴奧辛因氯化結構多達 210 種，各結構毒性略有差異，故通常以毒性當量來表示戴奧辛數據。TEQ（toxic equivalency）為相對於 2,3,7,8-TCDD 毒性當量。I-TEQ（international toxic equivalency）為世界通用之國際毒性當量單位並以 2,3,7,8-TCDD 的毒性當量因子為 1，其他同源物則依據其與 TCDDs 結構的相關性、所引發的生化和毒性反應、其持久性及在食物鏈中的累積情形等等特性而給予不同毒性單量因子，聯合國世界衛生組織（WHO）所訂定之 WHO-TEQ 即以毒性當量單位為基礎，並於 2006 年公告 WHO₂₀₀₅ 版本之戴奧辛毒性當量係數，內容調降部分多氯戴奧辛與多氯呋喃之毒性當量係數，並納入 12 種多氯聯苯。

表 4.2-12 歷年各項環境介質中農藥調查結果概況

(A) 基線調查

有機氯農藥檢測結果詳表 4.2-15，有機磷、氨基甲酸鹽類與除草劑類農藥則多為未檢出與低於定量極限。

(B) 污染潛勢區調查

檢測項目		地表水	地下水	土壤	底泥
		µg/L	µg/L	µg/kg	ng/g
除草劑	丁基拉草	ND~0.06	0.07~0.38	2.1~30.9	ND~35.9
除草劑	巴拉刈	4.2~6.5	4.2~12.9	—	ND~12.6
除草劑	2,4-D	—	0.57~1.01	—	—
有機磷劑	陶斯松	—	0.45~1.8	ND~11.2	10.9~39.2
有機磷劑	托福松	ND~0.58	0.3~5.97	10.8~29.3	—
有機磷劑	福瑞松	0.28~0.81	0.27~0.72	—	—
有機磷劑	大滅松	—	ND~0.31	—	—
有機磷劑	巴拉松	—	ND~1.5	—	—
有機磷劑	一品松	—	0.25~0.63	—	—
有機磷劑	亞素靈	—	0.4	—	—

表 4.2-13 歷年各項環境介質中戴奧辛與多氯聯苯調查結果概況

(A) 基線調查

檢測項目	飲用水	土壤	底泥	生物
	pg WHO-TEQ/L	ng I-TEQ/kg	µg/kg	µg/kg
戴奧辛	ND~0.009	0.39~66.1	—	—
多氯聯苯	—	ND~0.04 (mg/kg)	ND~32.1	ND~62.9

(B) 污染潛勢區調查

檢測項目	空氣	地下水	土壤	底泥	生物
戴奧辛	0.001~0.78 (pg I-TEQ/m ³)	0.06~8.15 (pg WHO-TEQ/L)	0.33~217 (ng I-TEQ/kg)	ND~464 (ng I-TEQ/kg)	0.06~3.09 (pg TEQ/kg)
多氯聯苯	ND~0.30 (pg-WHO ₂₀₀₅ - TEQ/m ³)	—	ND~0.32 (mg/kg)	ND~3.16 (mg/kg)	ND~246 (µg/kg)

(五) 其他類別

環保署針對半揮發性有機物其他類別之調查作業多以環境賀爾蒙之王基酚與雙酚 A 為主，地面水體則有部份酚之檢測數據（表 4.2-14），基線調查方面環管處已有針對 30 條河川之底泥與魚體辦理長期背景監測調查，另環檢所與監資處亦有王基酚於底泥與生物之檢測結果；土基會曾檢測土壤中王基酚與雙酚 A 之濃度，但數據多為未檢出或低於定量極限。

污染潛勢區調查方面，環檢所曾檢測烏溪、後勁溪、二仁溪等 7 條河川中王基酚，土基會則曾針對全台 14 縣市辦理地面水體、地下水、土壤與底泥分析。

四、持久性有機污染物（POPs）

持久性有機污染物（persistent organic pollutant, POPs）係指經斯德哥爾摩公約公告列管之環境污染物，此類化學物質具有不易分解、半揮發性與生物累積之特性，且常因氣溫高時揮發至大氣並吸附在大氣顆粒中，大氣顆粒隨著季風移動至溫度較低區域以降雨的方式再度沉降至土壤或水中，以致長期累積至生物體中，使污染範圍不再以區域為型態，對於全球影響甚鉅。截至 2017 年止，斯德哥爾摩公約共已分 6 批次公告 28 種化學物質，主要為早期使用之農藥以及工業用產品或副產物。

表 4.2-14 歷年各項環境介質中半揮發性有機物項目調查結果概況

(A) 基線調查

檢測項目	底泥	生物
	µg/kg	µg/kg
王基酚	0.55~47,800	ND~15,000
雙酚 A	ND~492	ND~57.4

(B) 污染潛勢區調查

檢測項目	地表水	地下水	土壤	底泥
	µg/L	mg/L	mg/kg	mg/kg
酚	ND~10.6	—	—	—
王基酚	—	ND~0.006	ND~5.96	ND~6,570
雙酚 A	ND~3.61	ND~0.008	—	ND~13,200

持久性有機污染物為目前主要之環境流布關切物質，環保署相關調查計畫也會隨著斯德哥爾摩公約所修訂之化學物質陸續辦理環境流布調查作業。國內有機氯農藥雖已禁用多年（60年代開始陸續禁用），但因其半衰期長，於國內環境介質中仍可檢出此類污染物質。

基線調查作業部分如土基會曾於 105 年辦理調查作業；環管處自 91 年起亦陸續檢測飲用水與河川中底泥及魚體之有機氯農藥，並自 95 年起增加河川中底泥及魚體之多溴二苯醚、短鏈氯化石蠟與六溴環十二烷檢測項目。

污染潛勢區調查作業部分以土基會針對底泥之檢測數據較完整，土基會曾檢測地下水全氟辛酸、全氟辛磺酸，也於 105 年針對污染潛勢區周邊土壤辦理多溴二苯醚、全氟辛酸（perfluorooctanoic acid, PFOA）、全氟辛烷磺酸（perfluorooctane sulfonate, PFOS）之檢測（表 4.2-15）。

4.3 國內環境風險評估模式應用與參數建置概況

由第三章各國管理經驗以及 4.1 節國內風險評估之應用概況可知，環境風險評估為一過程繁複且所需參數資料眾多之工作，如面對尚未建立完整環境濃度資料之化學物質，應如何準確模擬預測其於環境中的傳輸流布情形，即為評估作業之一大挑戰。因此為有效提昇整體作業效率並降低評估結果之不確定性，先進國家普遍皆有配合管理制度之所需發展相關環境評估模式，目前國內各項環境評估技術規範也多有引用國外模式並將其納入評估方法中。隨著風險評估的概念逐漸倍受重視和廣泛應用，國內環保機關與相關學界已逐步累積許多模式之使用經驗與案例，並開始調查建置模式所需之本土化參數。

本計畫已彙整國內各環境管理法規及其風險評估規範所建議使用之環境評估模式，包含空氣品質、河川水質、底泥、土壤、地下水和多介質等，並將研析各項模式於國內之運用情形，以及評估所需之重要參數種類和資料來源等（4.3.1～4.3.4 節），最後則綜整說明國內本土化參數之建置現況（4.3.5 節），相關研析結果並將做為研提我國環境風險評估架構（第五章）與化學物質環境流布調查綱要（第七章）之參考。

表 4.2-15 歷年各項環境介質中持久性有機污染物調查結果概況(1/2)

(A) 基線調查

檢測項目		土壤	底泥	生物
		µg/kg	µg/kg	µg/kg
多溴二苯醚		0.27~41.9	0.02~2,235	0.13~1,200
短鏈 氯化 石蠟	55.5%SCCPs C10	—	<150~10,100	—
	55.5%SCCPs C11	—	ND~811	—
	55.5%SCCPs C12	—	ND~191	—
	55.5%SCCPs C13	—	<150~2,010	—
	63%SCCPs C10	—	<50~612	—
	63%SCCPs C11	—	ND~149	—
	63%SCCPs C12	—	ND~74	—
63%SCCPs C13		—	ND~310	—
全氟辛酸		0.07~0.66	—	—
六溴環十二烷		—	0.11~10.7	0.10~2.27
全氟辛烷磺酸		0.07~2.32	—	—
滴滴涕		ND~205	ND~2.45	—
DDE		ND~20.5	ND~0.3	—
DDD		ND~34.7	ND~0.3	—
靈丹		ND~3.04	ND~14.1	—
安殺番		—	ND~5.67	—
飛佈達		ND	ND~0.93	—
阿特靈		ND~26.8	ND~9.59	—
安特靈		ND~4.3	ND~3.48	—
地特靈		ND~1.58	ND~1.3	—
滅蟻樂		ND~0.93	ND~0.91	—
六氯苯		ND~123	ND~1.29	—
可氯丹		ND~7.8	ND~5.3	ND~427
毒殺芬		ND	ND~31.8	ND~75.7
a-安殺番		ND~3.12	ND~0.63	ND~0.13
b-安殺番		ND~1.93	ND~0.72	ND~0.18
安殺番硫酸鹽		—	ND~1.29	ND~0.27
α-六氯環己烷		ND~4.86	—	—
β-六氯環己烷		ND~3.43	—	—

表 4.2-15 歷年各項環境介質中持久性有機污染物調查結果概況(2/2)

(B) 污染潛勢區調查

檢測項目	空氣	地表水	地下水	土壤	底泥
	pg/m ³	ng/L	ng/L	µg/kg	µg/kg
總多溴聯苯醚	24.1~19,887	—	—	0.19~677	23.3~669
四溴二苯醚	—	—	—	—	ND~1.45
五溴二苯醚	—	—	—	—	ND~1.11
六溴二苯醚	—	—	—	—	ND~0.38
七溴二苯醚	—	—	—	ND~0.12	ND~1.15
十溴二苯醚	—	—	ND~88.3	—	ND~8,470
全氟辛酸	—	ND~234	ND~684	0.07~0.63	—
全氟辛烷磺酸	—	—	—	0.12~10.1	—
六氯環己烷	—	—	—	—	0.99~14.5
滴滴涕	—	—	—	1~4	ND~11.4
DDD	—	—	—	—	ND~6.04
DDE	—	—	—	1~3	ND~1.84
靈丹	—	—	—	—	ND~4.33
安殺番	—	—	—	—	ND~2.25
飛佈達	—	—	—	—	ND~5
阿特靈	—	—	—	—	ND~25.5
安特靈	—	—	—	—	ND~12.0
地特靈	—	—	—	—	ND~5.37
可氯丹	—	0.46	ND~0.4	—	—

4.3.1 空氣品質模式

一、相關法令規範

國際上常用於模擬空氣污染物傳輸擴散模式，可區分為高斯類擴散模式、軌跡類模式及網格類模式。高斯類擴散模式可用於模擬惰性空氣污染物的傳輸方式，適用於穩定且均一之風速及風向之環境條件，此類模式需要逐時的氣象資料作為空氣污染物模擬評估的基礎。軌跡類模式用於評估空氣品質受特定污染源的影響程度，模擬結果可呈現污染源與受體間的關聯性。網格類模式應用於區域與都市尺度之空氣品質模擬，模式建構一組統御方程式（governing equation），綜合空氣污染物的傳輸方式、化學反應性及沉降方式等，模擬空間中污染物的濃度分布方式（空氣品質模式中心，2018）。

空污法第 6 條及第 8 條規定，事業於新設或變更固定式污染源增量達標準時，需使用空氣評估模式模擬污染物濃度增量，以瞭解空氣污染物對區域環境品質的影響。環保署於 1998 年即公告「空氣品質模式模擬規範」，模擬空氣品質時需依照此規範辦理，規範中列舉環保署認可之空氣品質模式種類及特性，亦說明模式模擬結果及環境影響評估說明書空氣品質內容之審查要項。該規範並於 2015 年修正相關內容，包含(1)各類空氣品質模式之使用規範；並且(2)針對符合一定條件污染源規範空氣品質模擬方式，另須結合高斯類模式及網格類模式以妥善模擬空氣中污染增量；(3)規範各類空氣品質模式之模擬期程，以及模式中氣象資料之引用順序。

為配合法規之修正，並將環境影響評估中空氣品質模式制度化及法制化，環保署遂於 2000 年成立「空氣品質模式中心」（<https://aqmc.epa.gov.tw/>）提供各界空氣品質模式應用時技術上的支援，整合空氣品質模式相關資源，長期穩定更新並產製「空氣品質模式模擬規範」中模式所需之相關資料，提供各界使用者需求；並協助環保署檢視環境影響評估中關於空氣品質模擬結果之正確性（環保署，2017）。

二、國內運用概況

環境影響評估技術規範使用之空氣品質模式包含 10 種高斯類模式及 1 種網格類模式（表 4.3-1）。高斯類模式模擬惰性空氣污染物的傳輸模擬，部分模

式如 ISC 可將點、線、面及體源排放的樣態均納入模擬範疇，模擬空間範圍及時間在各模式之間有所差異。環境影響評估技術規範中建議的網格類模式為 UAM，用於模擬反應性污染物產生之衍生性污染物質濃度分布方式，多數高斯類模式多有排放源及受體數量上的限制，然而，UAM 模式的特點為並未限制污染源及污染受體之數量，可配合暴露情境調整污染源及受體的數量。

本計畫檢視國內各評估模式之運用概況，我國各界較常使用之空氣品質模式為 ISC，模式發展較成熟且累積許多國內之使用經驗，因此，常運用於評估石化工業區、科學園區、半導體產業園區等空氣污染物之擴散評估模擬，透過空氣中污染物之模擬濃度結果，作為人體健康風險評估計算或行政成效檢視之參考依據（劉沁璋，2003；田浚致，2004；高苙凱，2013；高雄市環保局，2015）。

三、模式重要參數與資料來源

當評估污染增量或既存污染源對人體健康之影響時，空氣品質模式為不可或缺的工具。經研析空氣品質模式模擬規範技術文件資料，瞭解適用於各模式之污染物類型、適用的空間及使用範圍及參數需求如表 4.3-1。主要參數需求按類型分為污染源相關參數、氣象參數、及污染傳輸相關參數，說明如下：

(一) 污染源相關參數

污染物隨廢氣排放至大氣當中，廢氣之物理性質及排放管道與污染物之傳輸擴散之關聯性密不可分，多數模式使用的重要參數包含污染排放量、污染源位置座標及高程、煙囪高度、煙囪內徑尺寸、及廢氣排放速率等。環保署已建置有空氣污染排放量查詢系統（TEDS，<https://teds.epa.gov.tw/>），將污染源造冊管理，提供空氣污染物排放量資料或相關排放量推估資料；而地方環保單位係因管理需求，亦針對轄下列管空氣污染事業，建置有污染源排放資料庫，可供相關資料查詢（環保署，2007）。

表 4.3-1 空氣品質模式模擬規範建議使用之模式概述 (1/2)

名稱	模式種類	污染源型態與種類	空間及時間範圍	模式限制	主要輸入參數種類
BLP	高斯類煙流模式	1. 點源、線源 2. 污染物種類：惰性污染性或較不活潑之一階反應性污染物，不適用於反應性污染物	1. 適合區域：鄉村區域 2. 適合地形：簡單地形 3. 空間尺度：50 公里內	1. 污染源：50 個點源、10 個線源 2. 受體點：100 個受體	1. 氣象資料 2. 點排放源：煙函高度及出口內徑、廢氣溫度及出口速度 3. 線排放源：線源高度、熱浮力係數 4. 排放源排放率及座標
CALINE3 CALINE4	高斯類煙流模式	1. 公路線源 2. 污染物種類：惰性污染性，不適用於反應性污染物	1. 適合區域：鄉村或都市區域 2. 適合地形：簡單地形 3. 空間尺度：50 公里內 4. 模擬時間：1-24 小時	1. 污染源：20 個公路線源 2. 受體點：20 個受體	1. 氣象資料 2. 線排放源：線源高度、兩端座標、污染源混和寬度、車軸數
CDM 2.0	高斯類煙流模式	1. 點源、面源 2. 污染物種類：惰性污染性或較不活潑之一階反應性污染物，不適用於反應性污染物	1. 適合區域：都市區域 2. 適合地形：平坦地形 3. 空間尺度：50 公里內 4. 模擬時間：1-12 個月	1. 污染源：200 點源、2,500 個面源 2. 受體點：無限制	1. 氣象資料 2. 點排放源：煙函高度及出口內徑、廢氣溫度及出口速度 3. 面排放源：面源高度 4. 排放源排放率及座標
RAM	高斯類煙流模式	1. 點源、面源 2. 污染物種類：惰性污染性或較不活潑之一階反應性污染物，不適用於反應性污染物	1. 適合區域：都市區域 2. 適合地形：平坦地形 3. 空間尺度：50 公里內 4. 模擬時間：1-12 個月	1. 污染源：250 個點、100 個面源 2. 受體點：180 個受體	同上
ISC2 ISC3	高斯類煙流模式	1. 點源、線源、面源、體源 2. 污染物種類：惰性污染性或較不活潑之一階反應性污染物，不適用於反應性污染物	1. 適合區域：鄉村或都市區域 2. 適合地形：簡單或平坦地形 3. 空間尺度：50 公里內 4. 模擬時間：1 小時或 1 年	1. 污染源：300 污染源 2. 受體點：1,200 個受體	1. 氣象資料 2. 點排放源：煙函高度及出口內徑、廢氣溫度及出口速度 3. 面排放源：面源高度、地表高程 4. 體排放源：體源高度、地表高程 5. 排放源排放率及座標；各級沉降速度之懸浮微粒的重量比率、重力沉降速度與表面反射係數
MPTR	高斯類煙流模式	1. 點源 2. 污染物種類：惰性污染性或較不活潑之一階反應性污染物，不適用於反應性污染物	1. 適合區域：鄉村或都市區域 2. 適合地形：簡單或平坦地形 3. 空間尺度：50 公里內 4. 模擬時間：1 小時或 1 年	1. 污染源：250 點源 2. 受體點：180 個受體	1. 氣象資料 2. 點排放源：煙函高度及出口內徑、廢氣溫度及出口速度 3. 排放源排放率及座標

參考資料：環保署，2015，空氣品質模式技術規範。

表 4.3-1 空氣品質模式模擬規範建議使用之模式概述 (2/2)

名稱	模式種類	污染源型態與種類	空間及時間範圍	模式限制	主要輸入參數種類
CRSTER	高斯類煙流模式	1. 點源 2. 污染物種類：惰性污染性或較不活潑之一階反應性污染物，不適用於反應性污染物	1. 適合區域：鄉村或都市區域 2. 適合地形：簡單或平坦地形 3. 空間尺度：50 公里內 4. 模擬時間：1 小時或 1 年	1. 污染源：同一地點 19 個點源 2. 受體點：180 個受體	1. 氣象資料 2. 點排放源：煙函高度及出口內徑、廢氣溫度及出口速度 3. 排放源排放率及座標
UAM	三維數值光化學網格模式	1. 點源、面源 2. 污染物種類：由氮氧化物及揮發性有機物反應生成之臭氧	適合區域：都市區域	1. 污染源：無數量上的限制 2. 受體點：無數量上的限制	1. 氣象資料 2. 近地排放源：每網格上污染物排放率 (PAR, OLE, ETH, XYL, TOL, ALD2, FORM, ISOR, ETOTH, MEOH, CO, NO, NO ₂) 3. 主要較高排放源：煙函高度及出口內徑、廢氣溫度及出口速度 4. 排放源排放率及座標
OCD	高斯類煙流模式	1. 點源、線源、面源 2. 污染物種類：二氧化硫、懸浮微粒、氮氧化物、一氧化碳	1. 適合區域：沿海及近海區域 2. 適合地形：平坦至複雜地形	1. 污染源：250 個點源、5 個面源、1 個線源 2. 受體點：180 個受體	1. 氣象資料 (陸地 / 海面) 2. 點排放源：煙函高度及出口內徑、廢氣溫度及出口速度 3. 面排放源：有效半徑 3. 排放源排放率及座標；污染物衰減係數
EDMS	高斯類煙流模式	1. 點源、線源、面源 2. 污染物種類：一氧化碳、氮氧化物、硫氧化物、碳氫化合物、懸浮微粒	1. 適合區域：民航機場或軍用機場之附近區域 2. 適合地形：簡單地形 3. 空間尺度：50 公里內 4. 模擬時間：1 小時或 1 年	1. 污染源：170 點源 2. 受體點：10 個受體	1. 氣象資料 2. 點排放源：煙函高度及出口內徑、廢氣溫度及出口速度、活動時間因子 3. 排放源排放率及座標
CTDM-PLUS	高斯類煙流模式	1. 點源 2. 污染物種類：惰性污染物	1. 適合區域：鄉村或都市區域 2. 適合地形：複雜地形 3. 空間尺度：50 公里內 4. 模擬時間：1 小時或 1 年	1. 污染源：40 點源 2. 山數目：25 座山，坡度 < 15 度 2. 受體點：400 個受體	1. 氣象資料 2. 點排放源：煙函高度及出口內徑、廢氣溫度及出口速度 3. 排放源排放率及座標

參考資料：環保署，2015，空氣品質模式技術規範。

(二) 氣象相關參數

污染物之大氣傳輸方式與模擬區域之氣象條件有關，並影響最終污染物濃度分布方式。空氣品質模式模擬規範已有建議資料援引之順序，依序為：

1. 交通部中央氣象局
2. 中央主管機關
3. 交通部民用航空局
4. 空軍氣象聯隊
5. 符合交通部中央氣象局設站品管要求之自設或其他單位設置之氣象站
6. 國際氣象組織可公開取得之氣象資料。

規範建議優先使用交通部中央氣象局之氣象資料建置模擬範圍內大氣的動態變化，並採用探空站資料取得大氣垂直分層的數據資料。氣象參數資料之類型包含風速、風向、穩定性、溫度等，各項參數數值之時序性變化均會影響到污染物濃度之模擬結果。由於氣象參數具有時序性，透過資料預先轉換的步驟以符合模式對於氣象資料格式的要求。「空氣品質模式中心」由環保署長期維運，定期更新並提供 ISC 模式氣象輸入資料檔，供使用者模擬使用（空氣品質模式中心，2018）。

(三) 污染物傳輸機制之相關參數

國內研究及空氣品質模式運用已累積相當案例，各研究模擬之污染物性質及模擬之目的性皆有所差異，因此模式側重的污染物反應機制亦會有所不同。如高雄市環保局曾針對工業區污染物造成鄰近居民進行健康風險評估，評估過程中考量污染物乾濕沉降通量對污染物傳輸之影響，污染物傳輸機制中使用氣體之擴散係數及亨利常數，以及污染源之淋洗係數，為重要之模式參數（高雄市環保局，2015）。

固定式污染源如焚化爐等為我國主要的戴奧辛排放源之一，研究針對戴奧辛之傳輸機制進行瞭解，認為戴奧辛於固相及氣相間的分配係數、與固相的沉降參數為影響戴奧辛傳輸及移除的重要指標（洪世明，2002；林徽雅，2009）。

4.3.2 河川水質與底泥模式

一、相關法令規範

環保署於 2011 年公告「環境影響評估河川水質評估模式技術規範」要求開發單位辦理環境影響評估作業時，需評估施工階段及營運階段之排放行為對河川環境的影響。此規範提出 5 種環保署認可之水質評估模式（表 4.3-2），並說明河川水質評估模式之使用方式，包含模式選用時應考量(1) 模擬區域其水文及流域特性、(2) 開發行為及區域環境之特性、及(3) 模式之限制條件等，並規定開發單位辦理實質模擬評估前，需先率定並驗證模式使用之參數，且模擬流程、使用參數內容及模擬結果皆需納入環境影響評估書件內一併審查。此規範附件列舉各模式模擬評估時使用之主要參數類型，亦提供國內本土化河川相關水理資料，供各界參考使用。

二、國內運用概況

國內開發單位辦理環境影響評估時，經常倚賴河川水質模式模擬污染物的傳輸行為，故河川水質模式於國內之運用上業已累積相當經驗且技術嫻熟。環保署自 2010 年起辦理水質評估模式技術規範推動計畫，建置我國河川水質模式之技術應用量能，並以臺北科大水環境研究中心（<https://www.ec.ntut.edu.tw/bin/home.php>）提供技術諮詢的服務（環保署，2017）。環保署自 2012 年起委託辦理之地面水體水質評估模式技術支援計畫，該計畫至今已協助審閱 120 件環境影響評估河川水質模式模擬案例，檢視水質模式使用頻率，包含 HSPF/BASINS、SWMM、QUAL2K 及 WASP 等水質模式有 27 件（23%），質量平衡公式者有 53 件（45%），而技術規範中所列的水質模式皆曾被應用在案件中（環保署，2016）。

對於國內各界所關切之河川水質乃至農業水質之重金屬污染問題，環保署已針對河川重金屬污染傳輸模擬技術，向產業界及學術界徵詢可行之解決方案。河川重金屬的傳輸行為包含透過水中污染物的傳輸以及底泥污染物之沖刷傳輸。環保署綜合國內模式模擬案例及各界經驗後，認為 WASP 模式較 SWMM 模式及 HSPF 模式，更具完整河川水理及水質之模擬機制，且將底泥之影響納入整體考量，故建議採用 WASP 模式模擬底泥對河川水質重金屬濃度之影響（環保署，2017）。

三、模式重要參數與資料來源

本計畫已研析環境影響評估河川水質評估模式技術規範文件資料，瞭解各模式之建置架構、功能適用性及參數需求（表 4.3-2）。主要參數需求按類型分為水文相關參數及水質參數，說明如下：

(一) 水理相關參數

河川水質評估模式模擬水中化學物質濃度，需仰賴水文/水理資料模擬河川之流量及流速特性，部份模式如 **BASINS/HSPF**、**QUAL2K** 及 **SWMM** 等係將水文模擬功能與水質模式結合，需要相關參數的建置。**WASP** 模式雖廣泛受各界使用，但未有河川水理模擬的功能，需連結外部的水理模擬模式（**EFDC**、**DYNHYD** 等），或污染源負荷模式（**HSPF**、**LSPC** 等），以完備 **WASP** 模式水質模擬的功能。

河川的重要水文 / 水理資料包含河川之流速、坡度、斷面積、曼寧 N 值，以及模擬區域之氣象資料，如降雨量及蒸散量等，均為水質模式中常用之重要參數類型。部份模式如 **BASINS/HSPF**，設計目的為模擬集水區之水體品質，模式所需的參數則包含土壤水份含量、入滲量及儲水係數等。

模式引進之初多數參數尚未有國內調查資料，因此大多採用其使用手冊建議之原始設定代替實際量測值。然而，隨著實際模擬案例增加，及調查資源的投入，使本土化參數亦逐漸累積。水保處針對各模式模擬需求，彙整並持續建置我國河川之本土化參數，逐步完備河川水質模式之基礎參數需求，如 105 年度計畫已整合不同個案於鳳山溪、乾華溪、大安溪及新街溪等地表水體之河川斷面資料、水文資料、水質資料與其他必要之參數等（環保署，2014、2015、2016、2017），另國內其他水資源規劃單位（經濟部水利署水利規劃試驗所、農委會農業工程研究中心等）所辦理之相關計畫成果亦可作為參考。

表 4.3-2 環評河川水質評估模式技術規範建議使用模式概述

名稱	建置單位	適用性	重要輸入參數	系統需求
BASINS	美國環保署	<ol style="list-style-type: none"> 1. 集水區內點源及非點源分析 2. 內建多種水質模擬評估工具：點源 QUAL2E/K、集水區 PLOAD、非點源 HSPF、土壤水質 SWAT 3. GIS 平台整合，可用於總量管制評估 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 氣象參數：降雨量等 2. 水文模擬參數：土壤含水量、水份入滲及儲存量、漫地流長度及坡度、入流參數、曼寧 N 值等 3. 水質模擬參數：流量、污染物濃度、污染物累積率、土壤覆蓋率、土壤沖蝕係數、泥砂沖刷因子、河床深度及孔隙度等 	Windows 95/98/XP
HSPF		<ol style="list-style-type: none"> 1. 結合水文、水理及水質模式 2. 模擬降雨逕流量、污染負荷、分析點源排放量及演算河道中流量與水質分布歷線 3. 模擬集水區滲透、非滲透區域地表水之水質水量（PERLND、IMPLND 及 RCHRES 模組） 		
QUAL2K	美國環保署	<ol style="list-style-type: none"> 1. 結合水理及質量守恆方程式 2. 可支援河道上多點源污染輸入河道之模擬情境 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 河道網絡（具數量上限制）之基本資料：河川斷面、坡度、水位、水深、流速、流量、高程等 2. 氣象參數：氣溫、風速等 3. 水質參數：pH 值、營養鹽濃度（及相關微生物代謝參數）、污染物濃度（納入測站監測數據） 	Windows ME/2000/XP
SWMM	美國環保署	<ol style="list-style-type: none"> 1. 結合環境區塊組成之排水系統（氣候、土地利用、地下水及傳輸區塊） 2. 應用於系統設計、滯洪池、控制下水道溢流策略 3. 研究廢水負荷分配中的非點源污染負荷 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 集水區參數：面積、坡度、不透水面積比、曼寧係數 N 2. 氣象參數：氣溫、風速、蒸散量 3. 水文參數：土壤含水層（孔隙率、導水度、含水量、水位）；水文歷線出水深度；水力設施資料；斷面資料；水力曲線資料 4. 水質參數：污染物水中濃度、衰減係數、晴天污染累積率及處理廠污染削減效率等 	Windows 98 以上
WASP	美國環保署	<ol style="list-style-type: none"> 1. 模擬點源或非點源之水質污染 2. 模擬水體之一維、二維及三維水文動力學 3. 模擬一般水質污染物、化學物質、重金屬、汞濃度；致病菌 4. 需連結外部模式模擬河川水理 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 河道網絡（具數量上限制）基本資料：初始濃度、流速流量、污染源量體、延散係數 2. 水質模擬項目（16 項）、污染輸入源（50 個）、化學反應參數（210 個）、環境特性參數（45 項）等 3. 氣象參數：雨量、風速、蒸散量 4. 水文參數：河川斷面、流速、曼寧 N 值 5. 水質參數：污染物濃度、衰減係數 	Windows 95/98/ME/2000XP
STREAM	O'Connor 等人	<ol style="list-style-type: none"> 1. 為水質模式，適用於穩定且未感潮河段之水體水質模擬 2. 模擬水體之一維水文動力學 3. 模擬水質之溶氧、生物需氧量 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 河道參數：流量、河川斷面、水深 2. 水中物質濃度、化學反應係數 	-
CE-QUAL-W2	美國陸軍工程師團	<ol style="list-style-type: none"> 1. 結合水理及水質模式，適用於河川及湖泊水庫水體之模擬 2. 模擬水體二維水文動力學 3. 模擬一般水質污染物；致病菌 	將水體劃分成網格，分別設定參數包含：水體寬度、長度、流速、污染物介入量、污染物濃度等	Windows 系統

參考資料：1. 行政院環境保護署，環境影響評估河川水質評估模式技術規範。
 2. 行政院環境保護署，2011，底泥污染來源及傳輸模式調查計畫－以重點河川為例，EPA-100-GA102-02-A232。
 3. O'Connor, D. J., Thomann, R.V., Di Toro, D.M. 1976. Ecologic model. In: A.K. Biswas (ed) . System Approach to Water Management. McGraw-Hill, New York.

(二) 水質相關參數

河川水質模式模擬污染物傳輸行為及隨時間的濃度變化情形，除了以河川水理等流量資料為基礎，水體中污染物濃度為各評估模式模擬的起始條件，為重要之水質參數。依照暴露情境所包括之污染物傳輸或反應機制選擇模式中相對應之模組功能，再視模組功能中的參數需求輸入相關參數。如 BASINS/HSPF 及 SWMM 等模式可考量河川水體自淨或污染物移除的功能，透過污染累積率參數的輸入，以描述河川污染物的累積方式，計算污染物的濃度分布。污染物傳輸所需之延散係數與污染物特性有關，為部份模式如 WASP 模擬時所使用。

我國化學物質環境風險評估使用之模式參數，可優先參考本土化河川水質參數。如環保署全國環境水質監測資訊網 (<https://wq.epa.gov.tw/>) 提供國內中央管及縣市管河川監測資料，包含河川基本水質監測資料與重金屬污染物檢測資料及底泥基本性質調查與污染物濃度檢測資料。灌溉水質品質之參數資料則可參考農委會農田水利處歷年灌溉水質監測調查及技術輔導計畫之執行成果、以及各縣市農田水利會之灌溉水質例行性監測資料，包含基本水質項目與重金屬濃度檢測資料等。

4.3.3 土壤與地下水污染物傳輸模式

一、相關法令規範

土壤及地下水污染整治法第 24 條第二項規定，土壤、地下水污染整治計畫因法規指定之因素，污染濃度無法整治至管制標準以下之場址，經主管機關核准可依健康風險評估結果，提出污染整治目標。環保署於 2007 年公告「土壤及地下水污染場址健康風險評估方法」作為污染場址風險評估時之參考依據，包含模擬污染物於土壤及地下水中傳輸移動之模式工具（表 4.3-3 及表 4.3-4）。並於 2013 年公告「土壤及地下水污染整治場址環境影響與健康風險評估辦法」將風險評估導入整治場址之污染改善作業中，可採風險評估方式計算污染場址之污染整治目標。

二、土壤模式國內運用概況

經查土壤污染物傳輸模式已有國內實際使用之案例，如曾有研究使用

LEACH 模式評估桃園地區農地鎘污染物土壤中的移動方式，考量不同土壤質地、並模擬自然降雨和蒸發環境條件下，土壤中鎘含量的分布情形與污染地下水之可能性，並將 479 天之模擬結果與現地田間實測值比較，結果顯示其具有相同之變化趨勢，驗證模式預測結果之可應用性（張明暉，1991）。另有研究以 SESOIL 模式推估污染物於土壤及地下水之污染濃度，並結合人體健康及生態風險評估結果，反推國內台北及高屏地區代表性土系土壤之污染涵容能力，計算土壤可承受污染物之最高濃度。研究指出土壤有機質可降低污染物入滲及傳輸；降雨量則會加速污染入滲至地下水的風險（謝添進，2002）。亦有研究以 SUTRA 模式模擬放射性核物質於土壤非飽和層及飽和層之傳輸行為，並以蒙地卡羅模擬法執行敏感度分析，以瞭解各土壤參數對於核物質入滲之影響程度。研究指出核物種於非飽和層之傳輸行為受土壤之入滲率影響較為顯著；地下水水力梯度及地下水面深度主要影響土壤飽和層中的核物種傳輸行為（李振誥，2000）。

三、地下水模式國內運用概況

MODFLOW 模式為國內廣為使用之地下水傳輸模擬模式，可模擬地下水水流狀態，已有許多應用的案例，包含部分案例將模式應用於地下水的流速流量模擬，透過土壤地質岩性資料及地下水監測井水頭資料，結合地表河水體之補助水量資料，以模式模擬評估地下水資源的分布方式及豐富程度（吳偉競，2007）。當具有地下水質污染物濃度之模擬需求時，MODFLOW 模式之水流模擬結果可提供其他水質模擬模式（如 MT3DMS 等）使用，以達到模擬污染物傳輸及濃度模擬的目的。國內已有許多成功結合的案例及研究，包含應用於土壤及地下水污染物質之傳輸模擬，協助掌握污染物的傳輸行為，作為污染潛勢場址之評估方式。環保署曾以 MODFLOW 結合 MT3DMS 模式，模擬含氯有機污染物土壤及地下水傳輸行為及分布方式，並驗證模擬結果（環保署，2002）。原能會亦有研究曾以電廠污染物入滲土壤及地下水為情境，於建置場址之水文地質概念模型並設定相關邊界條件後，應用 MODFLOW 結合 MT3DMS 模式模擬污染物傳輸行為，評估場址受污染物之影響範圍（原能會，2011）。亦有學術單位以國內加油站污染場址為對象，以 MODFLOW 結合 MT3DMS 模擬污染物之傳輸行為，並針對模式參數之敏感度進行瞭解，研究結果指出，模式具有良好的污染範圍模擬能力，且場址中含水層之水力傳導

係數及孔隙率為影響模擬結果之重要參數（黃佳雯，2005）。近年，環保署於評估河川污染物介入地下水之潛勢，亦使用 MODFLOW 結合 MT3DMS 模式評估污染物經由河川水源補助機制，模擬污染物於含水層中的污染擴散方式（環保署，2016）。

BIOPLUME 模式主要應用於污染物傳輸模擬及自然衰減評估，可藉此模式模擬採自然衰減法之場址污染物濃度變化，以做為污染場址改善技術可行性之評估參考，如環保署曾運用此模式評估模擬含氯有機污染物場址，以發展相關技術及擴展應用性（環保署，2008）。國內亦有研究結合 BIOPLUME 及 BIOSCREEN 模式，評估藉由設置抽水井提高污染物自然衰減場之效益，做為抽水井設置位置及決定抽水量之參考依據（張莉茹，2004）。

四、模式重要參數與資料來源

化學物質於土壤及地下水中的傳輸移動行為與動態變化極為複雜，如化學物質在土壤中的傳輸移動機制包含物理性之擴散、移流與延散作用等、化學性之吸附/脫附作用、溶解/沉澱作用、錯合、揮發、水解與光分解反應等，以及生物性的降解作用與植物吸收作用等。各模式主要考量之污染傳輸機制不同，因此可模擬評估之情境亦不盡相同，本計畫已參考「土壤及地下水污染場址健康風險評估方法」技術文件及文件引述模式之原始外文資料，瞭解各模式之建置架構、功能適用性，及參數需求（表 4.3-3 及表 4.3-4）。

環境介質中土壤及地下水兩者相互依存、彼此密不可分，地下水水位面的升降行為影響土壤中非飽和層及飽和層的分布範圍；土壤質地及地層組成影響土壤孔隙率及儲水能力，而改變地下水流動及水量分布方式。模擬污染物的濃度分布方式時，應同時考量土壤及地下水環境之傳輸特性，而污染物傳輸模式使用之參數內容，除了污染物濃度起始值之外，均以土壤及地下水之基礎特性為主。土壤污染物傳輸模式重要參數包含土壤有機碳含量、有機碳與水之間的分配係數（ K_{oc} ）、及土壤（有效）孔隙率等；地下水污染物傳輸模式重要參數包含水力邊界條件、導水度、水力梯度、污染物之延散係數與遲滯係數等。本計畫亦已參考國外文獻資料，彙整研析土壤及地下水污染物傳輸模式中之重要參數，並按傳輸途徑種類歸納影響各參數之主要場址環境條件（表 4.3-5）。

表 4.3-3 環保署建議使用之土壤污染物傳輸模式特性比較 (1/2)

模式名稱	適用性	參數需求	系統需求	技術文件 或發展單位
LEACH	<ol style="list-style-type: none"> 1. 計算土壤污染物滲入地下水因子，假設無生物分解的現象且污染物於地下水充分的均與混合 2. 模擬持續穩定之污染物下滲行為，污染物與土壤吸附方式為線性平衡狀態 3. 建議於第一層次風險評估使用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 土壤參數：土壤厚度、土壤總體密度、土壤水份含量、分配係數 ($f_{oc} \times K_{oc}$)、非飽和層土壤空氣含量、土壤孔隙率、有機碳含量 2. 地下水參數：稀釋因子、地下水達西速率、混和層深度、入滲速率、與地下水流向平行之污染源寬度 3. 化學物質參數：亨利定律常數、有機碳吸附係數 (K_{oc}) 	Dos 3.0 以上作業系統	<ol style="list-style-type: none"> 1. ASTM, 1995 2. ASTM RBICA 3. EPA Soil Screening Guidance
SAM	<ol style="list-style-type: none"> 1. 為 LEACH 模式的改良版，可以加入更多土壤與地下水之環境參數，例如水的蒸發作用、土壤吸附作用與生物分解作用，可計算出考慮時間因素後的土壤滲入地下水因子 2. 可模擬非水相液體之有機物及無機物的傳輸行為 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 土壤參數：土壤厚度、水份之淨入滲量、分配係數 ($f_{oc} \times K_{oc}$)、土壤孔隙率、有機碳含量 2. 地下水參數：土表與蓄水水位面之距離 3. 化學物質參數：化學物質生物衰減速率、化學物質濃度、有機碳吸附係數 (K_{oc}) 	Dos 3.0 以上作業系統	<ol style="list-style-type: none"> 1. J. A. Connor et al, 1996 2. TNRCC
VADSAT	分層考慮污染土層上方與下方之非飽和層與地下水層，同時估計揮發與溶解至地下水之污染量，本模式假設污染濃度為一定值，不考慮地下水水位之波動	<ol style="list-style-type: none"> 1. 土壤參數：土壤孔隙率、Van Genuchten's n parameter、土壤總體密度、土壤導水度、有機碳吸附係數 (K_{oc})、亨利定律常數、殘餘水份含量、土壤有機碳含量 2. 化學物質參數：化學物質分子量、化學物質於水及空氣之擴散係數、化學物質降解速率 	Window 3.1	<ol style="list-style-type: none"> 1. API's VADSAT manual 2. BPR ISC Manual
Jury- Unsaturated	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可預測地下水濃度或是估計地下水在一定時間內的負荷量，與污染物於不同土壤深度之濃度，本模式考慮毛細現象、擴散現象、滲透現象、雨水補注、吸附作用與分解作用，假設土壤質地均一旦污染濃度固定 2. 建議於第二層次或第三層次風險評估中使用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 土壤參數：有效溶解率、遲滯因子、非飽和土壤之導水度、非飽和層土壤空氣含量、土壤總體密度、孔隙率、分配係數 ($f_{oc} \times K_{oc}$)、有機碳含量 2. 地下水參數：混合層深度、與地下水流向平行之污染源寬度 3. 化學物質參數：有機碳吸附係數 (K_{oc})、化學物質濃度、一階降解速率、亨利定律常數 	Dos 3.0 以上作業系統	<ol style="list-style-type: none"> 1. EPA Soil Screening Guidance 2. BPR ISC Manual
SESOIL	可預測地下水濃度或是估計地下水在一定時間內的負荷量，與污染物於不同土壤深度之濃度，本模式考慮擴散現象、滲透現象、吸附作用、揮發作用與生物分解作用，假設污染量為一定值，但不考慮污染物溶解至地下水後的流布	<ol style="list-style-type: none"> 1. 土壤參數：滲透性、孔隙率、分配係數 ($f_{oc} \times K_{oc}$)、有機碳含量 2. 地下水參數：土表至地下水深度 3. 化學物質參數：化學物質濃度、有機碳吸附係數 (K_{oc})、水解速率、一階降解速率、亨利定律常數、有效溶解度、擴散係數 4. 氣象參數：月降雨量、氣溫、風暴平均時間、風暴月平均發生次數、相對濕度、蒸發 	Dos 5.0 以上作業系統	<ol style="list-style-type: none"> American Petroleum Institute's Decision Support System

參考資料：1. ASTM, 1998, RBICA Faet and Transport Models: Compendium and Selection Guidance.

2. 行政院環境保護署，2014，土壤及地下水污染場址健康風險評估方法。

表 4.3-3 環保署建議使用之土壤污染物傳輸模式特性比較 (2/2)

模式名稱	適用性	參數需求	系統需求	技術文件或發展單位
HELP	<ol style="list-style-type: none"> 模擬水份於飽和與非飽和土壤中的平衡，計算出滲透率。在模式中並考慮植被、地形高低與不同土壤層性質對水份滲透的影響，且可計算非飽和水層的導水度 模式應用歷史悠久，且具經實場驗證實績 	<ol style="list-style-type: none"> 土壤參數：土壤厚度、儲水能力、滲透性、孔隙率、分配係數 (f_{oc} x K_{oc})、有機碳含量、 地下水參數：土表至地下水深度、水份滲漏量、非飽和層土壤水份垂直流動速率 化學物質參數：有機碳吸附係數 (K_{oc}) 氣象參數：蒸發散、土表逕流量、溶雪量 	Dos 3.1 以上作業系統	International Groundwater Modeling Center USACE
VLEACH	假設非飽和層中土壤水份含量為定值、均質之土壤環境，僅能模擬水溶液態液體之土壤動態行為，模擬平衡狀態下土壤、地下水與孔隙中氣體三項中污染物的分布，傳輸過程未考量生物降解機制、液相擴散機制，為保守性評估模式	<ol style="list-style-type: none"> 土壤參數：土壤氣體擴散係數、土壤總體密度、土壤水份含量、有效孔隙率、土壤有機碳含量 地下水參數：化學物質發生蒸發之上邊界條件、補助水量 化學物質參數：水溶解度、亨利定律常數、化學物質濃度、有機碳吸附係數 (K_{oc}) 	Dos 2.0 以上作業系統	EPA Soil Screening Guidance
SUTRA	<ol style="list-style-type: none"> 估計壓強水頭與不同時間的污染物濃度。此模式同時考慮不飽和層的污染物滲出與飽和層地下水流動的狀態，是較為複雜的模式 建議於第三層次風險評估中使用 	<ol style="list-style-type: none"> 土壤參數：受影響之土壤厚度、土壤總體密度、土壤水份含量、土壤空氣含量、入滲速率、土壤孔隙率、土壤有機碳含量 地下水參數：導水度、地下水比出水量、抽水井、流通係數、地下水達西流速、補助水量、稀釋因子、混合層深度、與地下水流向平行之污染源寬度 化學物質參數：亨利定律常數、有機碳吸附係數 (K_{oc})、化學物質濃度 	Dos 3.0 以上作業系統	<ol style="list-style-type: none"> International Groundwater Modeling Center Scientific Software Group
MOFAT	<ol style="list-style-type: none"> 可模擬污染物濃度分布狀態。模式可估計至多五種污染物於四相 (土、水、空氣、油) 中的傳輸情形 建議於第三層次風險評估中使用 考量模擬結果之適用性，建議優先使用 SESOIL 	<ol style="list-style-type: none"> 土壤參數：土壤導水度 地下水參數：流體性質、邊界條件、多孔介質之擴散特性 化學物質參數：化學物質傳輸係數、化學物質濃度、平衡分配係數、一階降解速率 	Dos 3.0 以上作業系統	Scientific Software Group
VS2DT	<ol style="list-style-type: none"> 計算土壤的濕度、飽和度、地下水流速、溶解相濃度 建議於第三層次風險評估中使用 模式未普遍使用 	<ol style="list-style-type: none"> 土壤參數：受影響之土壤厚度、土壤導水度、土壤孔隙率、分配係數 (f_{oc} x K_{oc})、有機碳含量 地下水參數：延散度 化學物質參數：一階降解速率、化學物質濃度、有機碳吸附係數 (K_{oc}) 	Dos 3.0 以上作業系統	<ol style="list-style-type: none"> USGS Scientific Software Group

參考資料：1. ASTM, 1998, RBCA Faet and Transport Models: Compendium and Selection Guidance.

2. 行政院環境保護署, 2014, 土壤及地下水污染場址健康風險評估方法。

表 4.3-4 環保署建議使用之地下水污染物傳輸模式特性比較

模式名稱	適用性	參數需求	系統需求	技術文件或發展單位
MODFLOW	<ol style="list-style-type: none"> 可模擬多個含水層間的地下水流動方式 計算出壓力水頭，模式中的飽和水層可以是不均勻的或有異向性的，而含水層則可以是受壓的或非受壓式的，但僅能估計地下水流動方式 模式可詳細模擬地下的水流動方式，建議於第二或三層次風險評估中使用 	<p>地下水參數：導水度、地下水比出水量、抽水井、流通係數、邊界條件、地下水水頭高度、降雨或可川湖泊等補助水量</p>	Dos 3.0 以上作業系統	<ol style="list-style-type: none"> USGS International Groundwater Modeling Center
PLASM	<ol style="list-style-type: none"> 可模擬多個含水層間的地下水流動方式 計算出壓力水頭，模式中的飽和水層可以是不均勻的或有異向性的，而含水層則可以是受壓的或非受壓式的，但僅能估計地下水流向，不考慮平流、擴散與延散現象，模擬傳輸機制較 MODFLOW 少。 建議於第二或三層次風險評估中使用 	<ol style="list-style-type: none"> 地下水參數：飽和層中土壤水份含量、地下水面下深度、儲水係數、補助水量、地下水比出水量、導水度、垂直及橫向的延散係數、跨含水層之下滲量、地下水水力梯度 化學物質參數：污染團大小、污染排放之時間、一階降解速率、化學物質濃度、化學物質濃度梯度 	Dos 2.0 以上作業系統	<ol style="list-style-type: none"> Illinois State Water Survey International Groundwater Modeling Center
MOC	<p>計算出污染物濃度分布，模式中的飽和水層可以是不均勻的或有異向性的，而含水層則假設是受壓式的</p>	<ol style="list-style-type: none"> 地下水參數：灌注或抽水井、飽和含水層厚度、邊界條件、擴散補助水量、排水度、流通係數、化學物質污染濃度、地下水水頭高度 化學物質參數：化學物質濃度 	Dos 5.0 以上作業系統	<ol style="list-style-type: none"> USGS International Groundwater Modeling Center
BIOPLUME	<ol style="list-style-type: none"> 計算出污染物濃度分布，速度向量與使用者設定點的歷史數據的波動，模擬平流、延散、吸附、耗氧與非耗氧生物分解和反應 當污染物屬碳氫化合物時，模式模擬較效果好 	<ol style="list-style-type: none"> 地下水參數：氧氣濃度、地下水流速、有機碳濃度 化學物質參數：化學物質消耗速率、半飽和常數、一階降解速率、氧氣與化學物質消耗量之比值、氧氣之半飽和常數、化學物質濃度、化學物質滯滯因子 	Window 95 以上作業系統	<ol style="list-style-type: none"> CSMoS Scientific Software Group
Random Walk	<ol style="list-style-type: none"> 計算出壓力水頭與污染物濃度的分布，模式中的飽和水層可以是不均勻的或有異向性的，而含水層則可以是受壓的或非受壓式的，模式數學演算能力較 MT3D 弱。 建議於第二或三層次風險評估中使用 	<ol style="list-style-type: none"> 土壤參數：總孔隙率 地下水參數：飽和層中土壤水份含量、地下水面下深度、地下水比出水量、飽和含水層厚度、儲水係數、跨含水層之下滲量、補助水量、垂直及橫向的延散係數、飽和層導水度、地下水水力梯度 化學物質參數：一階降解速率、污染排放之時間、化學物質濃度 	Dos 3.0 以上作業系統	International Groundwater Modeling Center
MT3D	<ol style="list-style-type: none"> 可模擬多個含水層間的地下水流動方式 模擬污染物的濃度，模式中的飽和水層可以是不均勻的或有異向性的，能處理多種不同的離散模式 (discretization) 與邊界條件，模式廣泛受使用且模擬結果受美國政府管理單位認可。 建議於第二或三層次風險評估中使用 	<ol style="list-style-type: none"> 土壤參數：總孔隙率 地下水參數：飽和層中土壤水份含量、地下水面下深度、地下水比出水量、飽和含水層厚度、儲水係數、補助水量、跨含水層之下滲量、垂直及橫向的延散係數、飽和層導水度 化學物質參數：一階降解速率、化學物質濃度 	Dos 3.0 以上作業系統	Scientific Software Group
MODPATH	<ol style="list-style-type: none"> 可模擬多個含水層間的地下水流動方式 模擬立體流向路線，模式中的飽和水層可以是不均勻的或有異向性的，而含水層則可以是受壓的或非受壓式的，可以處理多次污染，並繪製土壤剖面圖，並將污染物流動路線與其他模式所模擬出之水流領域套圖 	<ol style="list-style-type: none"> 土壤參數：總孔隙率 地下水參數：飽和層中土壤水份含量、地下水面下深度、地下水比出水量、飽和含水層厚度、儲水係數、補助水量、跨含水層之下滲量、垂直及橫向的延散係數、飽和層導水度 化學物質參數：一階降解速率、化學物質濃度 	Dos 3.0 以上作業系統	<ol style="list-style-type: none"> Scientific Software Group International Groundwater Modeling Center

參考資料：1. ASTM, 1998, RBCA Faet and Transport Models: Compendium and Selection Guidance.

2. 行政院環境保護署，土壤及地下水污染場址健康風險評估方法。

表 4.3-5 土壤及地下水污染傳輸模式重要參數彙整

傳輸途徑	參數名稱	參數意涵	單位	影響因子
土壤至空氣	C _S	化學物質濃度	mg/kg	與場址污染程度有關
	Θ _{as}	非飽和層土壤中空氣之體積	cm ³ /cm ³	與土壤水份含量有關
	Θ _{ws}	非飽和層土壤中水份之體積	cm ³ /cm ³	與土壤空氣含量有關
	Θ _T	土壤孔隙率	cm ³ /cm ³	與土壤水份 / 空氣含量具相關性
	L _s	土壤污染物深度	cm	與場址污染方式有關
	L	污染土壤深度	cm	與場址污染程度有關
土壤至地下水	C _S	化學物質濃度	mg/kg	與場址污染程度有關
	Θ _T	土壤孔隙率	cm ³ /cm ³	與土壤水份/空氣含量具相關性
	f _{oc}	土壤有機碳含量	g-C/g-soil	與場址土壤特性有關
	K _{oc}	有機碳與水之間的分配係數	cm ³ -H ₂ O/g-C	與化學物質特性有關
	K _s	分配係數 (f _{oc} × K _{oc})	cm ³ -H ₂ O/g-soil	與化學物質及場址土壤特性有關
地下水至空氣	C _S	化學物質濃度	mg/kg	與場址污染程度有關
	h _{CAP}	毛細作用前緣厚度	cm	與場址環境特性有關
	Θ _{as}	非飽和層土壤中空氣之體積	cm ³ /cm ³	與土壤水份含量有關
	Θ _{ws}	非飽和層土壤中水份之體積	cm ³ /cm ³	與土壤空氣含量有關
	L _{GW}	地下水深度	cm	與場址環境特性有關
地下中水污染物傳輸	C _S	化學物質濃度	mg/kg	與場址污染程度有關
	f _{oc}	土壤有機碳含量	g-C/g-soil	與場址土壤特性有關
	K _s	分配係數 (f _{oc} × K _{oc})	cm ³ -H ₂ O/g-soil	與化學物質及場址土壤特性有關
	x	污染物至下游受體之距離	cm	與污染場址特性有關
	K _s	飽和層導水度	cm/sec	與污染場址特性有關
	i	地下水水力梯度	ft./ft.	與污染場址特性有關
	v	地下水平均流速	ft/day	與污染場址特性有關

資料參考節錄自：ASTM, 1998, RBCA Faet and Transport Models: Compendium and Selection Guidance.

環保署土基會主管我國土壤及地下水環境品質保護、污染防治與整治相關業務，為推動土壤污染管制標準之檢討修訂，遂於 2013 年起委託辦理全國土壤性質調查與管理計畫，希冀透過調查研究全國主要土壤類別、建置污染傳輸與風險評估所需之土壤特徵參數與完成全國性土壤特性資料庫系統建置等工作，建立以健康風險評估為基礎之管理架構，以為確保土地資源永續利用之基石。該計畫篩選各縣市具代表性與面積分佈較廣之土系進行土壤剖面挖掘、採樣、調查及分析作業，逐步建置我國土壤性質特徵參數資料，包含土壤之物理性質、化學性質、生物性質與重金屬背景濃度等。地下水相關資料可參考環保署相關計畫之辦理成果，如地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫第一期～第三期（環保署，2013、2014、2015），或查詢由經濟部中央地質調查所所建置之水文地質資料庫（<http://hydro.moeacgs.gov.tw/>）及地下水觀測網水文地質調查研究等成果內容，或水利規劃試驗所相關計畫成果。

4.3.4 多介質模式

一、相關法令規範

依環境影響評估法之規定，開發單位於環評階段需執行健康風險評估，以瞭解營運階段可能運作或運作衍生之危害性化學物質，對鄰近居民健康所造成之影響，並評估危害性化學物質之增量風險。環保署訂定「健康風險評估技術規範」，說明健康風險評估作業之執行方法，並明確定義危害性化學物質種類，包含毒性化學物質或相關管制標準規範之化學物質。為妥善評估危害性化學物質造成之人體健康風險，建議採多介質傳輸模式建構暴露情境，完整瞭解環境介質（空氣、飲水、食物、土壤、底泥等）中危害性化學物質的生命週期及其濃度，據以推估危害性化學物質之總暴露劑量及風險評估，於此規範中並列舉推薦之多介質模式。

二、多介質模式國內運用概況

先進國家如歐盟、美國及加拿大等國在化學物質風險評估及管理制度內，紛紛導入逸壓模式（Fugacity Model）以模擬評估化學物質之環境流布方式，並預測環境中濃度，國外已成熟發展之模式包含 EUSES、EPI suite 及 RAIDAR 等。國內亦有相關研究，使用國外模式結合本土化數據，計算化學

物質之環境濃度，並與實際測定數據比較，研究結果顯示逸壓模式模擬之數據具有一定程度的代表性（侯裕文，2001；鄒季梅，2009；黃莉莉，2010）。

MMSOILS 模式為國內經常使用之多介質模式，估算污染物洩漏後，人體遭受不同暴露途徑之污染物暴露量及健康風險程度（蔣本基等，2012）。研究曾使用 MMSOILS 使用環境監測數據為參數，評估垃圾掩埋場滲出水對環境介質之影響，衡量鉛、鎘、汞、砷及鉻為主之污染物，經由多介質傳輸後造成影響範圍內居民之總暴露風險（國科會，2006）。環保署亦曾檢視 MMSOILS 及 MEPAS 於國內污染場址之適用性，並以桃園 RCA 場址進行風險評估實例研究，透過實場調查蒐集場址之模式參數，藉多介質模式模擬包含三氯乙烯及四氯乙烯等污染物之環境流布方式，並計算污染物經由多種暴露途徑導致下游居民之健康風險（環保署，2003）。另國內亦有研究以 MEPAS 模式模擬中部科學園區氫氟酸污染物排放造成人體的健康風險影響程度，以做為風險地圖繪製之基礎資料。MEPAS 模式可模擬環境中污染物的濃度增量，亦包含長期暴露情境下土壤污染物濃度的累積情形（卓恆毅，2013）。

三、多介質模式重要參數

健康風險評估中使用多介質模式評估污染物之環境釋放，及化學物質環境流布方式，並綜合各暴露傳輸途徑以衡量總污染暴露量。本計畫已彙整健康風險評估技術範使用之模式，瞭解各模式之建置架構、適用情境與功能需求等（表 4.3-6）。考量國內曾使用之多介質模式類型包含逸壓模式、MMSOILS 及 MEPAS，以下分別說明各項模式模擬評估所需之參數種類：

（一）逸壓模式（Fugacity Model）

逸壓模式模擬物質在環境中（空氣、水體與土壤）之分布情形，需要物質完整之物理化學特性，包括分子量、水溶解度、 $\log K_{ow}$ 、溶點、半衰期（空氣、水體、土壤）等，相關資料多可於國內外化學物質庫中取得，使用前並宜考量各參數資料之適用性、可信度及資料品質。部分逸壓模式具有相關外掛模組，可藉由輸入環境相關參數以提高模擬預測能力，包含風速、沉降速率、化學物質反應機制之平衡常數等本土化參數，此部分參數大多需透過實際調查以取得相關特徵資料。

表 4.3-6 環境影響評估技術規範建議使用之多介質模式概述

名稱	建置單位	適用性	版本及年代	系統需求
Fugacity Model	-	此類模式將環境區分為幾個部門及次部門（空氣、水、土壤、底泥、生物），利用簡單的關係（平衡、跨相間傳輸等）追蹤化學物質移動行為，預測化學物質環境流布	-	各模式對電腦系統需求不同
MEPAS	美國太平洋西北國家研究室	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有機或無機化學物質皆可模擬 2. 模擬既存或新設化學物質排放源 3. 風險評估受體族群：人體與生態 4. 主要適合於有害場址污染土壤與地下水之污染源 	Version 4.1.1/ 2002 年 5 月	<ol style="list-style-type: none"> 1. Win 95 以上作業系統 2. 需要購買
MMSOILS	美國環保署研究和發展辦公室	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有機或無機化學物質皆可模擬 2. 模擬土壤、掩埋場、地表圍塘、地表水與空氣化學物質排放源 3. 風險評估受體族群：人體 4. 主要適合於有害場址污染土壤與地下水之污染源 	Version 4.0/ 1997 年 6 月	<ol style="list-style-type: none"> 1. MS-DOS 作業系統 2. 免費下載
MULTIMED	美國環保署研究和發展辦公室	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有機或無機化學物質皆可模擬 2. 模擬土壤、掩埋場、地表圍塘、地表水與空氣化學物質排放源 3. 風險評估受體族群：人體與生態 4. 主要適合於有害場址污染土壤與地下水之污染源 	Version 1.01/ 1992 年 11 月	<ol style="list-style-type: none"> 1. MS-DOS 作業系統 2. 免費下載
3MRA	美國環保署研究和發展辦公室；固體廢棄物和應急反應辦公室	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有機或無機化學物質皆可模擬，包括戴奧辛與水銀 2. 模擬土壤、掩埋場、地表圍塘、地表水與空氣化學物質排放源 3. 受體族群：人體與生態 4. 主要適合於有害場址污染土壤與地下水之污染源 	Version 1.0/ 2003 年 6 月	<ol style="list-style-type: none"> 1. Win 98 / NT / 2000 / XP 2. 免費下載
TRIM	美國環保署空氣和輻射辦公室	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有毒空氣污染物，包括微粒狀物質、臭氧、一氧化碳、氧化氮、二氧化硫和鉛，以及部份於大都市的揮發性有毒空氣污染物 2. 模擬空氣污染源 3. 風險評估受體族群：人體與生態 4. 主要適合於空氣污染源與有毒氣體排放之風險評估 	2005 年 9 月	<ol style="list-style-type: none"> 1. Win 98 / NT / 2000 / XP 2. 免費下載

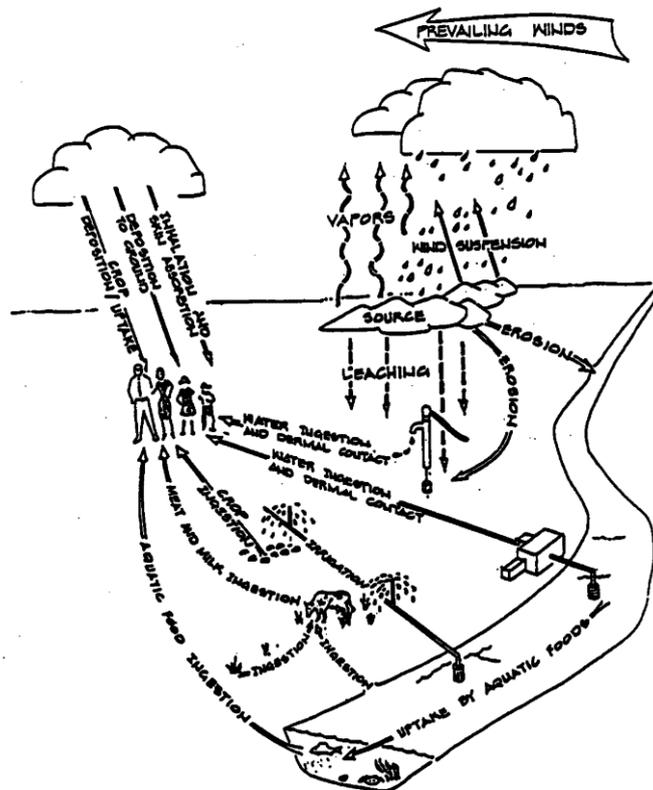
參考資料：行政院環境保護署，2010，健康風險評估技術規範。

(二) MMSOILS 模式

MMSOILS 模式係以評估廢棄物掩埋場污染物擴散後對環境品質及人體健康之影響，結合多種污染傳輸途徑所構成之多介質模式(圖 4.3-1)。本計畫參考模式之使用手冊 (USEPA, 1992) 之說明，各環境介質污染物監測資料或農作食品中污染物濃度均為最重要之運用參數，其他參數內容則依照污染物之傳輸途徑歸納如表 4.3-7，完整之參數資料表請參閱附件三。

(三) MEPAS 模式

MEPAS 模式模擬排放源化學物質排放後之環境流布宿命(圖 4.3-2)，結合七個模式模組，涵蓋多種暴露途徑之多介質模式。本計畫參考模式開發單位編寫之指引，彙整模式中各模組使用之參數內容如表 4.3-8，完整之參數資料表請參閱附件四。

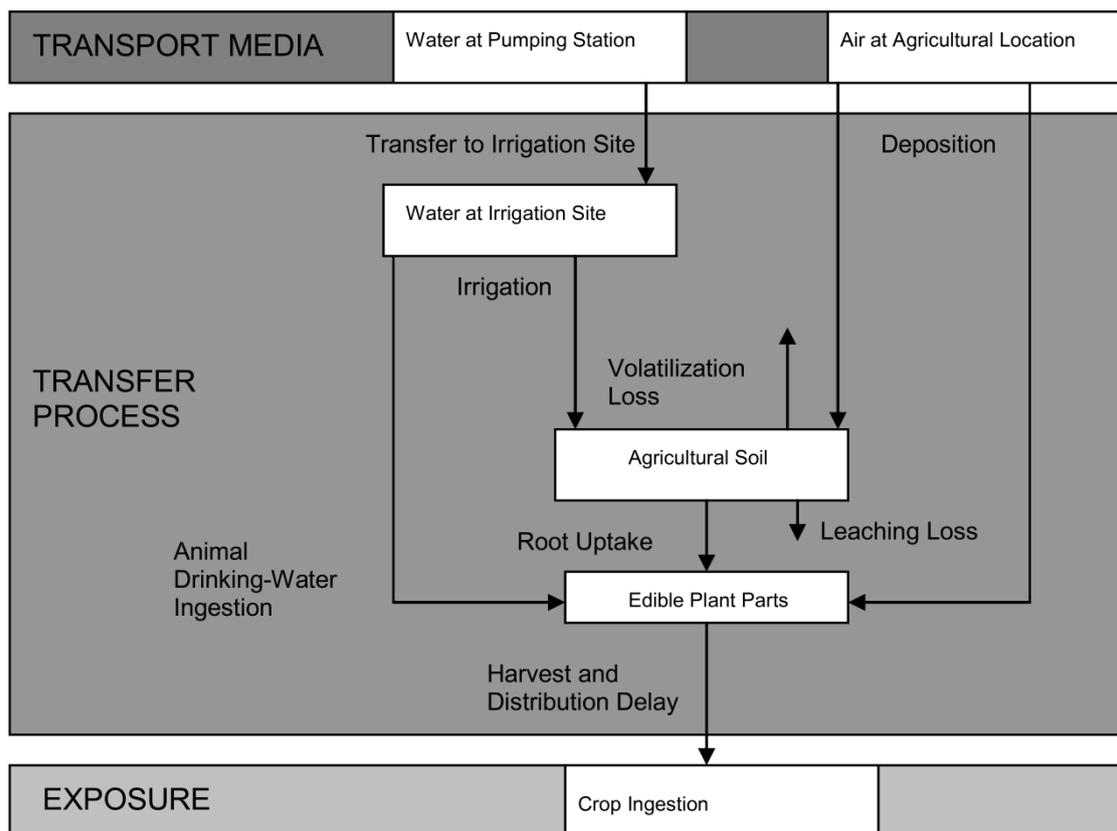


參考資料：USEPA. 1992. MMSOILS model: multimedia contaminated fate, transport, and exposure model: Documentation and user's manual. Office of Research and Development. Washington, DC.

圖 4.3-1 MMSOIL 模式化學物質環境流布及人體健康評估架構

表 4.3-7 MMSOIL 模式重要參數彙整

項次	傳輸途徑	重要參數
1	廢棄物處置場污染物外滲	污染物滲出量、逸出水體流量、水體污染物濃度等
2	粒狀污染物之空氣排放	1. 污染源排放：粒狀污染物排放係數、排放速率等 2. 空氣傳輸及分散：空氣污染物濃度、平均風速、沉降速率等
3	場內土壤因沖蝕作用而傳輸至場外	1. 場內土壤沖蝕：降雨量、坡度、土壤侵蝕因子、覆蓋因子等 2. 場外土壤堆積：場內外土壤污染物濃度、移動比例、土壤污染物降解速率等 3. 場外土壤污染物傳輸：土壤及空氣污染物濃度、沉降速率、作物暴露時間、作物根圈土壤降解速率等
4	污染物於土壤中的傳輸轉化	1. 地表逕流作用：累積雨量、逕流量、土壤水分吸持能力 2. 蒸發散作用：蒸發散量、土壤水分特性參數、空氣溫度等 3. 揮發作用：土壤污染物濃度與吸附常數、污染物蒸氣壓、亨利常數與分子量等、土壤總體密度、孔隙率等 4. 非飽和層傳輸：土壤飽和導水度、水分遲滯係數、土壤污染物分配係數等 5. 移動至地下水：土壤污染團特性、孔隙率、擴散係數、降解速率
5	污染物於地表水的傳輸轉化	1. 受沖蝕土壤傳輸至河川 2. 河川傳輸轉化：河川流量、流速與污染物濃度、污染物降解速率 3. 湖泊傳輸轉化：底泥與水體污染物濃度、污染物於不同相態間之傳輸係數、底泥孔隙率、污染物水中擴散係數等
6	污染物透過食物鏈之傳輸累積	環境介質污染物濃度、農作物或動物體中污染物濃度、污染物生物濃縮因子、動物脂肪含量、污染物降解速率等
7	受體暴露量估算	受體體重、各項食物、飲水、環境介質中污染物濃度、各項食物、飲水、環境介質之每日攝入量



參考資料：Strenge D.L. and M.A. Smith. 2006. Multimedia environmental pollutant assessment system (MEPAS): Exposure pathway module description. Pacific Northwest National Laboratory. PNNL-16165.

圖 4.3-2 MEPAS 模式化學物質累積至作物之暴露途徑

表 4.3-8 MEPAS 模式重要參數彙整

項次	模組類別	重要參數
1	排放源模組：界定模擬區域之範圍	廢棄物處置場之區域特性、水文特性、氣象資料、土壤沖蝕特性、污染物環境流布特性
2	土壤非飽和層傳輸模組	土壤孔隙率、導水度、分配係數、污染物半生期及有機碳吸附係數 (K_{oc}) 等
3	地下水含水層傳輸模組	土壤參數與前述相同，另地下水參數則有污染物延散係數、溶解度等
4	地表水（河川）傳輸模組	河川寬度、深度、流速、污染物延散係數等
5	空氣傳輸模組	排放源高度、排氣溫度、排氣速度、排放物質粒徑組成、降雨量、風速、地形高度等
6	暴露評估模組	各暴露途徑之暴露時間、各環境介質污染物濃度、動物飼料、飲水與土壤攝食量、作物污染物吸收係數與吸收量等
7	受體暴露量評估模組	受體體重、各類食物、飲水等攝食量、皮膚接觸面積、各項活動發生頻率與時間、土壤誤食量等（詳附件四說明）

整體而言，MMSOIL 和 MEPAS 模式模擬所需之參數資料可分為環境傳輸參數與受體暴露參數等兩類，其中環境傳輸參數係與前述單一介質模式大致相同，相關參數來源請參閱 4.3.1~4.3.3 節說明。受體暴露參數則為與受體暴露量估算有關之參數，包含受體體重、各類食物、飲水之每日攝食量、皮膚接觸面積、各項活動發生頻率與時間、以及土壤誤食量等，目前環保署土壤及地下水污染場址健康風險評估方法之附錄已有詳列建議使用之預設參數值，另亦可參考衛福部於 2008 年公布之台灣一般民眾暴露參數彙編，各類食物之攝食量則可援引衛福部所建置之國家攝食資料庫，而土壤誤食攝入量參數則可參考土基會近年委託台北醫學大學團隊執行之幼童風險暴露參數研究計畫之成果。

4.3.5 本土化參數建置概況

彙整本章前述各節中提及之各類評估模式所需之各類本土化參數資料建置現況結果如表 4.3-9。整體而言各類型評估模式所需之暴露參數資料衛福部及環保署多有建置。於物質傳輸模式所需之參數資料方面，環保署環境影響評估技術規範則已規範各項傳輸模式本土化參數之取得來源，部分類型之傳輸模式參數已大致建置完善，並由環保署統一提供，如空氣品質評估模式之氣象參數、及河川水質評估模式之水理參數。

其他類型之參數國內雖已完成相關調查作業並已陸續建置資料庫可供查詢，然資源分散仍需統籌整合，以逐步完善資料內容及建置的品質，如空氣污染源排放參數資料、水質監測參數資料及土壤模式中土壤基本特性參數等。另尚有部分參數則受多種環境因子影響，參數數值具時序性變化的特性或與場址特徵有關，資料分散不易整合，包含空氣品質模式中之污染傳輸相關參數、及地下水模式中水力邊界條件及導水度參數等，此類參數需仰賴實際調查評估經驗，再視場址特徵擇定合適之參數數值。

表 4.3-9 環境風險評估模式本土化參數資料建置概況

模式類別	重要參數類型	本土化參數來源	參數建置現況
空氣品質 模式	污染源參數	1. 空氣污染排放量查詢系統（環保署） 2. 污染源管理及管制資料（地方政府）	1. 國內已陸續建置相關資料 2. 建議彙整各單位資料提供各界查詢
	氣象參數	1. 空氣品質模式中心（環保署） 2. 國內氣象象資料（交通部中央氣象局）	參數資料完備，環保署並已建置有參數資料庫可供查詢
	污染傳輸參數	環境影響評估中應用模式之案例資料（環保署）	資料分散，相關資源待彙整建置
	水力參數	1. 主要河川水文/水力資料（環保署） 2. 政府相關部會資源（經濟部、農委會）	參數資料完備，環保署並已建置有參數資料庫可供查詢
河川水質及 底泥模式	水質參數	1. 全國環境水質監測資訊網（環保署） 2. 灌溉水質監測調查及技術輔導計畫（農委會）	1. 國內已有部份調查資料 2. 建議彙整各單位資料提供各界查詢
	土壤基本特性參數如有機碳含量、孔隙率	1. 全國土壤性質調查與管理計畫（環保署） 2. 污染場址調查或改善計畫之場址特性調查成果（環保單位、污染改善執行單位）	1. 國內已有部份調查資料 2. 建議彙整各單位資料提供各界查詢
地下水污染 傳輸模式	地下水傳輸參數如水力邊界條件、導水度、水力梯度、延散係數、遲滯係數	1. 地下水關切物質調查及管制策略研析計畫（環保署） 2. 政府相關部會資源（經濟部） 3. 污染場址調查或改善計畫之場址特性調查成果（環保單位、執行改善單位）	資料分散，相關資源待整合
	環境濃度資料	1. 各項環境流布調查作業（環保署） 2. 政府建置之環境監測體系資料（環保署、農委會）	
多介質模式	釋放量資料	1. 毒性化學物質釋放量公開資料網站（環保署） 2. 環境保護許可管理資訊系統（環保署）	1. 國內已有相關調查資料 2. 建議彙整各單位資料提供各界查詢
	受體暴露參數	1. 台灣一般民眾暴露參數彙編（衛福部） 2. 土壤及地下水污染場址健康風險評估方法之附錄（環保署）	

第五章 建構我國化學物質環境風險評估整體架構

章節摘要

本章參酌各國化學物質環境風險評估方式，說明本計畫所研提之化學物質環境風險評估架構之初步規劃及構想，包含建立暴露情境概念模型、確立評估目標、危害評估、暴露評估與風險特徵描述等主要步驟之作業原則與方法，以及相關參數資料之取得方式與建議使用之評估模式。

由第三章本計畫已蒐集研析之國外化學物質管理架構資料可知，風險評估已成為化學物質管理制度中不可或缺的重要組成，此一科學性的評估方法將可協助政府管理單位針對篩選評估作業中所挑選出的高優先化學物質（詳 3.2 節說明），進一步具體定量化學物質可能造成的危害程度，以判斷是否有必要實行源頭管制措施以降低風險，相關評估結果並可作為對於社會大眾風險溝通之依據。然而，風險評估係為一相當複雜且繁瑣之作業過程，為確保有關人員於評估作業流程上之一致性，各國多已有建立相關方法技術文件，以詳盡說明風險評估整體之作業程序與所需考量之原則。另由第四章之彙整說明亦可得知，國內多項環境管理法規皆已有納入風險評估機制，相關評估結果所可應用之面向雖與化學物質管理不盡相同，然其所建立之評估方法、參數資料以及模式使用經驗，仍可作為我國發展化學物質風險評估方法之參考。有鑒於此，為利於環境風險評估制度於國內之推動，實有必要參酌國內外之執行經驗，研擬我國化學物質環境風險評估整體架構，並說明相關參數資料之取得方式，以及建議使用之評估模式工具。

本計畫已依評選須知之規定，研析化學物質於不同環境介質傳輸過程中，所可能肇致之環境生態或人體健康風險，並考量受影響之環境介質或環境受體，據以建構環境風險評估之整體架構（5.1 節），另亦針對評估過程中所需使用的參數資料及模式工具加以探討說明（5.2 節），以作為我國未來發展化學物質環境風險評估方法之參考。

5.1 化學物質環境風險評估架構

由 3.3 節國外環境風險評估方法相關資料可知，大體上各國採行之風險評估架構均相同，即環境風險評估之基本原則為關切受體之暴露劑量 \times 劑量毒性效應。以此觀點出發思考環境風險評估架構所應含括之主要組成與考量因素，則如所需評估之關切受體對象為何？各化學物質釋放進入環境介質的來源與量體為何？各化學物質於不同環境介質中的流布情形為何？受體所有可能暴露於化學物質的途徑為何？受體於各特定環境介質中所受化學物質暴露劑量為何？各化學物質於各特定環境介質中所產生之毒性效應為何？不同受體族群間可承受風險範圍之差異為何？等有關面向皆需納入評估架構之中。

本計畫已參酌先進各國之執行經驗，據以研擬化學物質環境風險評估架構(圖 5.1-1)，整體架構以建立化學物質暴露情境概念模型為基礎，接續確立評估目標後，即可據以執行風險評估作業，包含危害評估、暴露評估與風險特徵描述等步驟，茲分別說明各步驟作業原則與方法如下：

一、建立暴露情境概念模型

暴露情境概念模型之目的係為確立化學物質的釋放源、其於不同環境介質中的傳輸與轉化行為，以及人類族群可能遭受暴露之途徑等，以藉此界定更為明確之風險評估範疇，以作為後續評估工作之基礎。概念模型的建立須以系統化的規劃程序，逐步釐清化學物質釋放進入環境後所可能肇致的風險，並明確界定風險評估的範疇，以確認後續需要蒐集哪些類別的資料來支持風險評估作業的進行，建議可使用一般常見的 S—P—R 模型，其可清楚呈現源頭 (source) 如何透過可能的方式或途徑 (pathway) 對所關注的受體對象 (receptor) 造成影響。另外情境設定 (scenario) 也時常用於建置概念模型，情境之定義為描述未來可能發展的狀況，評估者可依目前可掌握之資料據以建構化學物質在環境中所有可能的移動與累積情境 (馬鴻文與吳先琪，2016)。

本計畫建議化學物質環境風險評估暴露情境概念模式的建立至少需包含以下三步驟：確立化學物質的環境釋放來源、評估化學物質的環境流布情形、以及人體可能暴露於化學物質之途徑等 (圖 5.1-2)，茲分項說明如后。

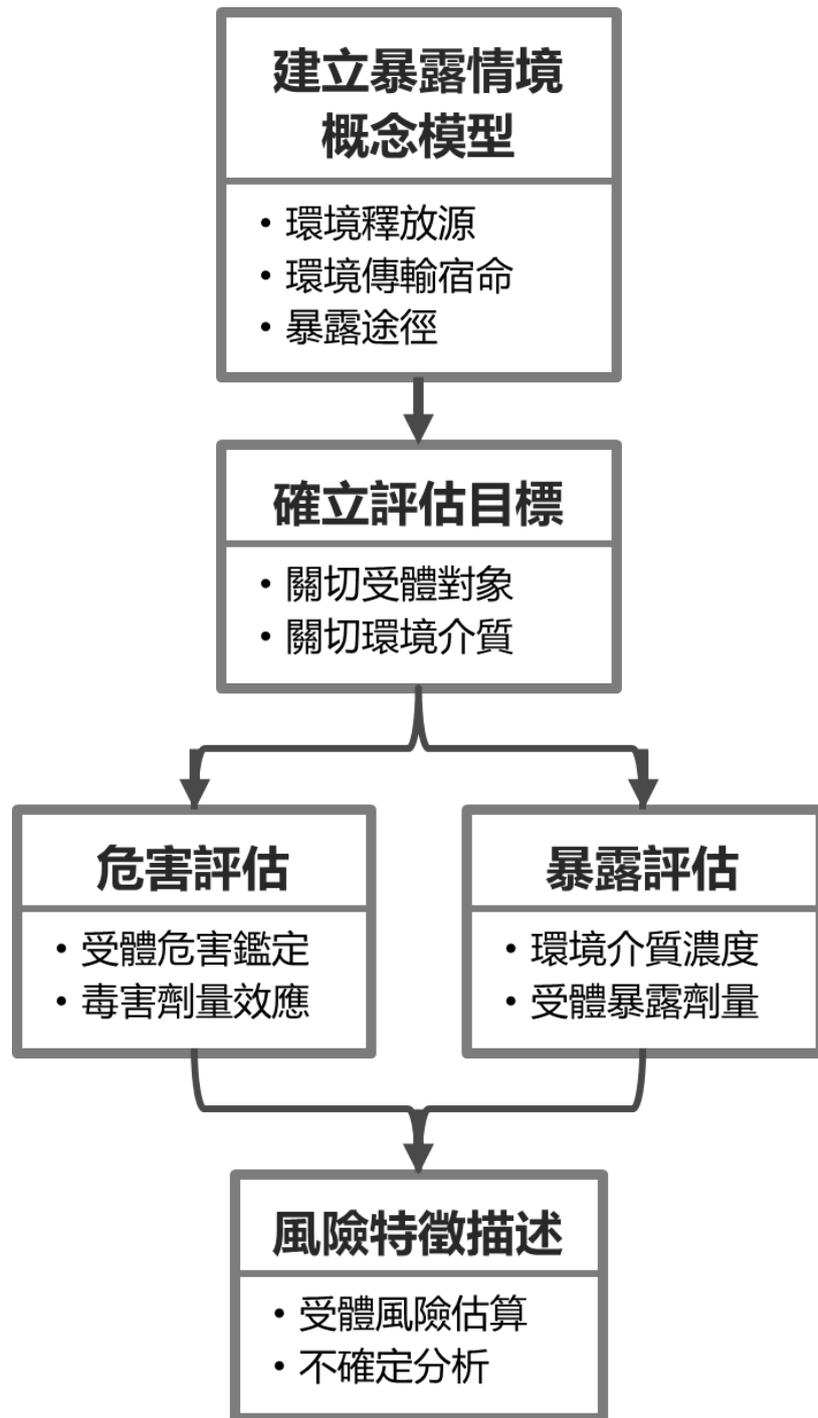


圖 5.1-1 化學物質環境風險評估架構

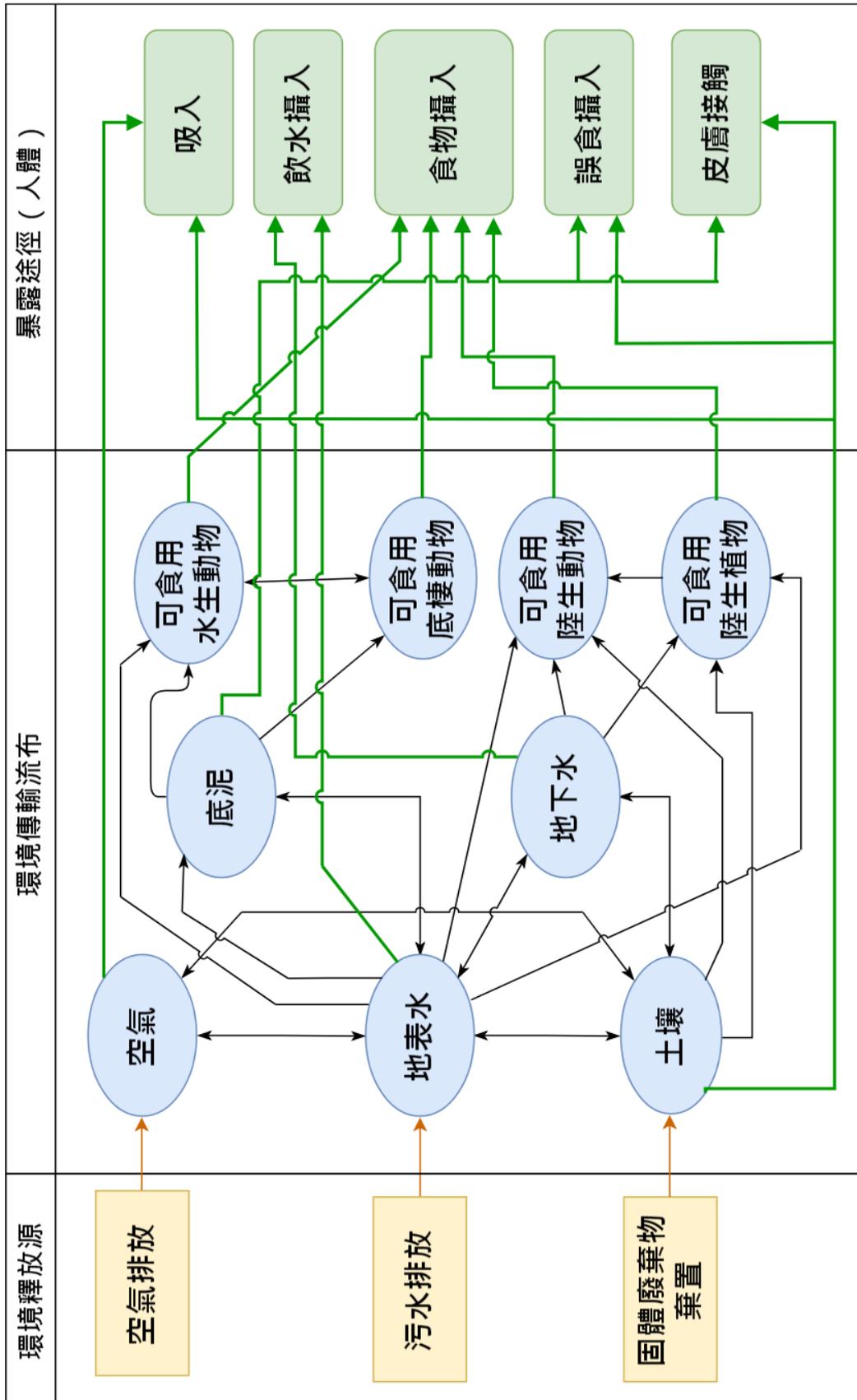


圖 5.1-2 暴露情境概念模型建立原則示意圖

(一) 確立環境釋放來源

本項作業之目的係為瞭解化學物質於其生命週期中，可能釋放或流布至環境中之所有來源與途徑。一般常見的環境釋放源包含化學物質於製造、運作等過程中所產生的廢氣、污水之排放，以及固體廢棄物的棄置等（圖 5.1-2），另針對屬民生消費用品主要成分之化學物質，則需增加考量其於使用及最終廢棄處置過程中所可能造成的非點源性之環境釋放途徑等。

(二) 評估環境流布情形

本項作業係為利用化學物質的物化特性，以模擬預測化學物質經釋放後於環境中各介質之傳輸流布行為，並評估其最終可能留存累積之環境介質類別，以作為確立評估目標與執行暴露評估工作之依據。建議所需考量的環境介質至少需包含空氣、土壤、水體（包含地表水及地下水等）及底泥等，另外，若化學物質具有生物蓄積之特性，則需增加考量可能被人類或其他生物食用之生物體，依其生長環境之差異主要可分為水生動物（魚類等）、底棲動物（蝦、蟹、貝類等）、陸生動物（牛、羊、雞、豬等畜養禽畜）與陸生植物（穀類、根莖類、果葉菜類等作物）等（圖 5.1-2）。各項環境介質間可能的傳輸轉化行為請參酌表 5.1-1 之說明，各項化學物質物化參數之取得與建議使用之環境宿命評估模式請參酌 5.2.1 與 5.2.3 節之說明。

(三) 評估人體暴露途徑

本項作業係為接續前一步驟化學物質環境宿命評估之結果，進以判斷人體可能暴露於化學物質之途徑。建立所需考量的暴露途徑至少需包含吸入、皮膚接觸、飲水攝入、食物攝入與誤食攝入等，其中吸入途徑之來源包含空氣與土壤揚塵等、皮膚接觸則有土壤與底泥的直接接觸，以及因淋浴、洗滌等行為所造成的地表水或地下水接觸，飲水攝入來源包含可作為飲用水之各類水體，食物攝入來源則有各類可供食用之生物體，誤食攝入之來源則包含土壤與底泥等（表 5.1-2）。

表 5.1-1 本計畫建議應考量評估之環境介質

應考量之環境介質	其他相關環境介質	可能的傳輸行為
空氣	地表水	沉降作用
	土壤	沉降作用
地表水	空氣	揮發、擴散作用
	土壤	沉積作用
	地下水	作為補助水源
	底泥	沉積、懸浮、吸脫附作用
	生物體	攝入、直接接觸、吸收作用
底泥	地表水	沉積、懸浮、吸脫附作用
	生物體	攝入、直接接觸、吸收作用
土壤	空氣	揮發作用
	地表水	地表逕流
	地下水	淋洗、擴散作用
	生物體	攝入、直接接觸、吸收作用
地下水	土壤	揮發作用
	生物體	攝入、直接接觸、吸收作用
生物體	生物體	經食物鏈之攝食作用

表 5.1-2 本計畫建議應考量評估之暴露途徑

應考量之暴露途徑	對應之環境介質
吸入	空氣與土壤揚塵等
皮膚接觸	土壤與底泥的直接接觸、因淋浴、洗滌等行為所造成的地表水或地下水接觸等
飲水攝入	可作為飲用水之各類水體，包含地表水及地下水等
食物攝入	水生動物（魚類等）、底棲動物（蝦、蟹、貝類等）、陸生動物（牛、羊、雞、豬等畜養禽畜）與陸生植物（穀類、根莖類、果葉菜類等作物）等可作為食物之生物體
誤食攝入	土壤與底泥等

二、確立評估目標

本項步驟係接續前一階段暴露情境概念模型之建置結果，進一步確立各項化學物質環境風險評估所需關切之環境介質與受體對象，藉此訂定更為精確的評估目標，以大幅縮小後續風險評估作業所需評估之項目，並可有效提昇整體作業效率。

本計畫建議應納為評估目標之環境介質與受體類型包含：

(一) 關切環境介質

本項關切環境介質之界定應依據前一階段暴露情境概念模型建置結果，即考量化學物質的環境宿命及經食物鏈累積傳輸之可能性，進以確立所需關切之環境介質類別。建議應納為評估目標之環境介質至少需包含空氣、土壤、水體（包含地表水及地下水等）、底泥、以及可能作為食物的各類生物體，如魚類、蝦、蟹、貝類、畜養禽畜、以及穀類、根莖類、果葉菜類等作物。

(二) 關切受體對象

本項關切受體對象之界定應依據前一階段暴露情境概念模型建置結果，即考量化學物質最終可能留存累積之環境介質類別，以及人體可能遭受之暴露途徑，進以確立所需關切之環境生物物種與人體暴露途徑。對於最為完整的風險評估架構而言，其所需評估的環境生物物種需含括微生物、一般水生生物、底棲生物、陸生生物及食物鏈頂端生物等類型，惟考量目前國內外毒性評估均以人體健康相關之研究資料較為完整，其他各類型生物體毒性資料國際間多始著手研究評估與建置，目前國內之研究資料亦較少，故建議於評估工作執行初期仍先暫以人體為關切評估之受體對象，後續可逐步擴充與人體健康食物鏈有關之生物體，如魚體、畜養禽畜等為關切受體對象，最後及於整個生態環境體系。另針對人體健康之評估，則需確立其所關切之暴露途徑，建議應納為評估目標之暴露途徑至少需包含吸入、皮膚接觸、飲水攝入、食物攝入與誤食攝入等。

三、危害評估

本項步驟評估對象係依據暴露情境概念模型及評估目標而定，主要包含危害鑑定與劑量效應評估等二部分，分項說明如下：

(一) 危害鑑定

本項作業係為評估化學物質對於人體健康或環境生態所造成之不良影響，其中人體健康所需評估之項目包含急毒性、慢毒性、亞急 / 亞慢毒性、致癌性、致突變性、致畸性、基因毒性、神經毒性、生殖毒性、發育毒性、致呼吸道敏感性、特定目標器官毒性等，另環境生態影響則需評估各類關切生物物種之急毒性與慢毒性，以及化學物質於環境中的持久性與生物累積性等。

考量危害鑑定所需的人體或動物毒性實驗之執行大多極為耗時且所費不貲，因此本計畫建議可直接爰引參考國內外既已建置之化學物質登錄資料庫或毒理資料庫，以及相關研究成果文獻等，以作為本項作業判定化學物質是否會造成危害及其影響類別之依據。此外，若經前述查詢作業亦未能取得相關資料時，建議可利用國外已建置之評估模式工具，以結構活性關係等原理取得模擬預測資料，以作為初步評估判定之參考。本項作業建議參考之資料庫與使用之評估模式請參酌 5.2.2 節之說明。

(二) 劑量效應評估

本項作業目的係依據前項危害鑑定之結果，進一步針對具危害性者，建立暴露劑量與不良影響發生比例之關係式，以作為定量評估化學物質危害性之依據，其中人體健康所需評估之項目包含非致癌毒性之參考劑量（RfD），以及致癌毒性之致癌斜率（CSF），而針對環境生物則需建立化學物質於各類環境介質的預測無效應濃度（PNEC），意即化學物質在環境中若低於此濃度則對於生物無明顯可見之不良影響。

原則上本項作業所需辦理之相關毒性實驗係與前述危害鑑定作業大致相同。同樣地，考量各項實驗執行大多極為耗時且所費不貲，本計畫亦建議可直接爰引參考國內外相關資料庫，或利用國外之評估模式工具，以取得後續評估所需之劑量效應資料（詳見 5.2.2 節之說明）。

四、暴露評估

本項步驟評估對象係依據暴露情境概念模型及評估目標而定，主要包含環境介質濃度評估與受體暴露劑量估算等二部分，分項說明如下：

(一) 環境介質濃度評估

本項作業之目的係為依據暴露情境概念模型中所界定之環境釋放源類別與其釋放量，並考量化學物質於環境中的傳輸流布情形，進以取得化學物質於各關切環境介質之留存累積濃度資料，如空氣、土壤、水體（包含地表水及地下水等）、底泥、以及可能作為食物的各類生物體等，以供暴露劑量估算作業之所需。另建議亦需考量不同空間尺度與環境特性對於化學物質環境濃度分布之影響，若資料充足時，亦可以地理資訊工具呈現環境濃度於空間上的變化。

考量國內各環境介質專責管理單位已陸續辦理化學物質環境濃度之調查工作（詳 4.2 節說明），因此本計畫建議應優先查詢國內是否已有相關實際調查數據可供爰引使用。另若遇調查資料缺乏或欲評估之化學物質係屬尚未有使用紀錄之新化學物質等情況時，建議可運用國外既已建置或國內各項風險評估技術規範所羅列之環境傳輸模擬模式作為輔助，以科學性地預測化學物質的環境宿命，並取得其環境濃度值資料。本項作業建議可用以查詢歷年調查數據之資料庫，以及相關評估模式及其所需參數之來源等，請參酌 5.2.3 節之說明。

(二) 受體暴露劑量估算

本項作業所指之受體係以人體為主，主要目的為依據暴露情境概念模型中所界定之關切暴露途徑，以及前項作業所取得之環境介質濃度資料，進以估算人類於各暴露途徑下的暴露劑量，如吸入、皮膚接觸、飲水攝入、食物攝入與誤食攝入等，最後再加總所有途徑之暴露劑量求得受體之總和暴露劑量。另外，若可前項作業所取得之環境調查數據或參數資料為具統計分佈特性之一組資料，則可利用不確定分析方法估算合理之最大暴露劑量（reasonably maximally exposed），以充分考量資料本身的變異性與不確定性等因素之影響，並可進行較高層次之風險評估。

受體暴露劑量估算所需參數除了環境濃度資料外，亦包含暴露時間、暴露頻率與受體之基本特性資料等（如身高、體重與身體表面積等），另與食物鏈相關之途徑，亦需使用各食物類別之每日攝取量與所佔比例等參數。前述各項參數係受人類個體性別、年齡、生活型態與飲食習慣等之影響，因此相關資料之引用上建議本土化資料為優先，並需考量群體間之差異，如區分一般民眾及敏感性受體（孩童、孕婦或高暴露潛勢區域居民等），以及居住地點或特定暴露情境之分別等。本項作業建議引用之參數來源，請參酌 5.2.4 節之說明。

五、風險特徵描述

本項步驟係接續危害評估與暴露評估之結果，主要目的係為具體量化化學物質經由環境傳輸對於人體健康或環境生態所造成之危害程度，依關切受體類別之不同，可分為以下二部分：

(一) 人體健康風險評估試算

本項作業係依據化學物質之劑量效應資料與受體暴露劑量之估評結果，綜合性估算於概念模型中所設定之暴露情境下對於人體健康所造成的危害程度。人體健康風險的計算主要可分為致癌風險（cancer risk）與非致癌風險（又稱危害商數 HQ），計算原則為先個別計算不同吸收途徑之暴露劑量，再與該途徑之致癌斜率相乘求得致癌風險，或與參考劑量相除求得危害商數，最後加總不同吸收途徑之致癌風險或危害商數求得總致癌風險及危害指數（hazard index, HI）。一般而言，若總致癌風險大於 10^{-6} 或危害指數大於 1，則表示於此暴露情境下化學物質對於人體健康之影響具不可接受之風險。另建議亦須探討環境濃度數據之變異性與使用參數之不確定性對於風險評估試算結果之影響。

(二) 環境生態風險評估試算

本項作業評估之對象為人類以外之生物體，主要估算方法為依據由各類生物毒性實驗資料所估算之預測無反應濃度（PNEC），以及經實際調查或模式模擬所得之環境化學物質濃度（PEC），將兩者相除後求得風險特徵描述係數（RCRs），若係數大於 1 則表示化學物質對於生物體健康或存活率之影響具不可接受之風險。

5.2 環境風險評估所需模式與參數研析

由 5.1 節之說明可知，化學物質環境風險評估過程中所需使用的參數主要可分為物化特性參數、毒理參數、環境濃度資料、受體暴露參數等四大類，茲分項說明其建議引用之資料來源與相關評估模式工具如后。

5.2.1 物化特性參數

本項所指之物化特性參數係包含分子量、密度、pH 值、溶解度、熔點、沸點、蒸氣壓、亨利常數、擴散係數、半生期、 K_{ow} 、 K_{oc} 、易燃性、爆炸性、氧化性與金屬腐蝕性等項目。

一、國外資料庫系統

由 3.5 節之彙整說明可知，先進各國多已有建置整合型資料庫系統，以科技化管理政府管理單位藉由註冊、申報等制度或因其評估工作之需求所蒐集而來的相關資料，其中化學物質的物理化學特性資料係屬最為基礎且最為完整之資料項目。本計畫已彙整建議可查詢使用之國外資料庫如表 5.2-1 所示，包含經濟合作暨發展組織（OECD）、歐盟、美國及日本等。

二、國內資料庫系統

我國化學物質的管理事涉多個部會單位，為利於管理工作之推動，各權責單位亦已針對其所關切之化學物質，蒐集彙整相關資料並建立資料庫系統加以管理，其中亦包含化學物質的物理化學特性等資料。本計畫已彙整建議可查詢使用之國內資料庫如表 5.2-2 所示，建置單位包含環保署化學局、勞動部職安署與農委會防檢局等，茲分項說明如后。

（一）環保署化學局－化學物質登錄資訊公開查詢平臺

本資料庫系統係為配合新化學物質及既有化學物質資料登錄辦法實行所建立之資訊公開平臺，其可查詢到的資料為各廠商業者依法所提交的註冊文件資料，包含化學物質的基本辨識資訊、製造、用途和暴露資訊、危害分類與標示、安全使用資訊、物理與化學特性資訊、毒理資訊與生態毒理資訊等。

(二) 勞動部職安署－危害物質危害數據資料庫，

本資料庫系統建置目的係為完整地說明化學物質的危害性與安全使用資訊，以利廠商業者與作業勞工採取適當之保護措施。資料呈現方式主要係依化學品分類及標示全球調和制度（GHS）之分類與標示，包含化學物質之物質性狀（顏色、形狀、氣味）、物化數據（沸點、閃火點、爆炸界限、自燃溫度、蒸氣壓、蒸氣密度、密度、水溶解度）、與毒理資料（哺乳類動物之 LD₅₀、LC₅₀、以及 IARC 與美國工業衛生技師協會（ACGIH）之致癌性分類）、生態資料（水生生物之 LC₅₀、EC₅₀、BCF 與 K_{ow}）等。

(三) 環保署化學局－列管毒性化學物質資料庫

本資料庫系統建置目的係為提供一般民眾查詢毒性化學物質之基本資訊，其所含括之化學物質類別包含我國已列管之 339 項毒化物質與其他非列管項目之 425 項化學物質，主要內容則有化學物質之中英文名稱、CAS 編號、我國毒性分類、管制濃度與大量運作基準等法規管理現況之概要說明，另亦有提供化學物質相關之特性資料，如物化特性、毒理特性、半衰期、生物濃縮係數等，並說明人體可能之暴露途徑與建議偵測分析方法等。

(四) 農委會防檢局－農藥安全資訊資料庫平台

本資料庫系統建置目的係為提供農民與一般民眾查詢農藥的毒性資訊與危害辨識資料，其所含括之資料相當豐富，包含安全處置方式（危害辨識資料、成分資料、法規說明、廢棄處理資訊、安全處理與儲存方法）、物化性質與毒理資料等。其中毒理資料包含化學物質的生物蓄積性與半衰期、哺乳類與水生生物之急毒性與慢毒性資料(LD₅₀、LC₅₀、EC₅₀)、以及鳥類、魚類、藻類、蜜蜂、昆蟲、節肢動物與軟體動物之生態毒性閾值資料等項目

三、評估模式工具

經參考 3.4 節所彙整之各國評估模式工具資料，本計畫建議若評估過程中缺乏化學物質物化特性之實測資料時，可運用美國環保署與 Syracuse Research

公司共同開發之篩選性模式－EPI suite，以評估預測取得相關參數資料。EPI suite 可連結至外部資料庫超過 40,000 筆之資料，並已整合 18 種相關預測模式（表 5.2-3），可預測之物化性質包含熔點、沸點、水溶解度、 K_{ow} 、 K_{oc} 與 K_{OA} 等，另亦可用以評估化學物質的環境宿命，所可取得之參數資料包含生物累積係數、半生期、去除率、各環境介質分布比例與揮發速率等（詳細之介紹與使用方式請參酌 3.4 節與附件二之說明）。

表 5.2-1 國外化學物質特性參數資料庫系統

項次	資料庫名稱
1	經濟合作暨發展組織化學物質資料庫入口 (eChemPortal) https://www.echemportal.org/echemportal/index.action
2	歐盟化學總署官方網站化學物質資料庫查詢入口 (包含 Registration Dossier 與 Brief Profile) https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/registered-substances
3	美國環保署化學物質資料整合評鑑資料庫 (Chemistry Dashboard) https://comptox.epa.gov/dashboard
4	美國環保署化學物質資料庫 (ChemView) https://chemview.epa.gov/chemview
5	日本化學物質資料庫 (J-CHECK) http://www.safe.nite.go.jp/jcheck/top.action
6	日本化學物質及法規整合資料庫 (CHRIP) https://www.nite.go.jp/en/chem/chrip/chrip_search/systemTop

表 5.2-2 國內化學物質特性參數資料庫系統

項次	資料庫名稱
1	環保署化學局－化學物質登錄資訊公開查詢平臺 https://tcscachemreg.epa.gov.tw/Epareg/OpenData/content/Index.aspx
2	勞動部職安署－危害物質危害數據資料庫 https://ghs.osha.gov.tw/CHT/intro/search.aspx
3	環保署化學局－列管毒性化學物質資料庫 https://flora2.epa.gov.tw/ToxicC/Query/database.aspx
4	農委會防檢局－農藥安全資訊資料庫平台 http://ghs.baphiq.gov.tw:8080/Chemurgy/enterSearchMaterial.do

表 5.2-3 EPI suite 預測模式模組彙整說明

預測類別	預測模式	預測參數	說明
物化性質	HENRYWIN™	亨利常數	利用基團貢獻與群體貢獻計算
	KOAWIN™	辛醇-空氣分配係數 (K _{oa})	利用 KOWWIN™之 K _{ow} 與 HENRYWIN™之亨利常數計算
	KOCWIN™	有機物質吸附係數	前身為 PCKOCWIN™利用 Sabljic 方法或利用 K _{ow} 模擬土壤及沉積物之吸附係數
	KOWWIN™	辛醇-水分配係數 (K _{ow})	利用分子片段加上修正值計算
	MPBPWIN™	熔點、沸點、蒸氣壓	針對有機物，利用蒸氣壓加上修正值計算
	WATERNT™	水中溶解度	利用化合物片段之常數計算
	WSKOWWIN™	水中溶解度	利用 KOWWIN™之 K _{ow} 值估算
環境宿命	AEROWIN™	空氣中物質受粒狀物吸附之比例	與 AOPWIN™ 一同合併顯示
	AOPWIN™	氣相中物質氧化反應	利用氫氧自由基與臭氧計算
	BCFBAF™	生物累積因子	前身為 BCFWIN™，利用 log K _{ow} 加上修正值或 Arnot-Gobas 方法計算魚體半衰期與三種營養階層之生物濃縮/累積因子
	BioHCwin	半衰期	針對碳氫化合物
	BIOWIN™	生物降解性	計算好氧與厭氧狀態下生物降解程度
	HYDROWIN™	半生期及水解速率	酯類、氨基甲酸鹽、環氧化物、鹵烷基與磷酯類於酸性或鹼性狀態下催化水解程度
	STPWIN™	化學物質去除率	綜合生物降解、污泥吸附與大氣分解，估算活性污泥法處理廢水去除率
	LEV3EPI™	物質之分佈方式	利用多介質逸壓模式在穩定條件下預測物質於空氣、水體、土壤及底泥中分布
危害性	WVOLWIN™	揮發速率與半衰期	估算物質在河川及湖泊中速率，可輸入實際水體深度、風速增加估計值準確性
	ECOSAR™	水生生物毒性	評估工業化學物質對水中之魚類、無脊椎動物與綠藻之急毒性及慢毒性
	DERMWIN™	皮膚滲透係數 (K _p)	估算有機物質在皮膚上滲透係數

資料來源：<https://www.epa.gov/tsca-screening-tools/epi-suite-estimation-program-interface>

Card M.L., V. Gomez-Alvarez, W.H. Lee, D.G. Lunch, N.S. Orentas, M.T. Lee, E.M. Wong, and R.S. Boethling. 2017. History of EPI Suite™ and future perspectives on chemical property estimation in US Toxic Substances Control Act new chemical risk assessments. Environ. Sci. Process Impacts. 19:203-212.

5.2.2 毒理參數

本項所指之毒理參數係包含危害鑑定評估所需之人體急毒性、慢毒性、亞急/亞慢毒性、致癌性、致突變性、致畸性、基因毒性、神經毒性、生殖毒性、發育毒性、致呼吸道敏感性、特定目標器官毒性，以及各生物物種之急毒性與慢毒性等評估結果，另劑量效應評估所需之參數則有人體健康相關的非致癌毒性之參考劑量（RfD）、致癌毒性之致癌斜率（CSF），以及環境生物的 LC₅₀、EC₅₀ 與預測無效應濃度（PNEC）等項目。

一、國內外資料庫系統

由 5.2.1 節之說明可知，國內外各相關管理單位已有建立化學物質特性參數資料庫系統，其所含括之資料大多亦有包含毒理參數，故並可作為本項資料蒐集查詢使用之來源（表 5.2-1 與表 5.2-2）。另國內環保署所發布之土壤及地下水污染場址健康風險評估方法與健康風險評估技術規範，亦有針對毒理資料之蒐集列示建議援引之國際資料庫順序，排序之依據係考量各資料庫之完整性及權威性，依序為：

- (一) 美國環保署綜合風險資訊系統（Integrated Risk Information System, IRIS）
- (二) 世界衛生組織簡明國際化學評估文件（WHO Concise International Chemical Assessment Document, CICAD）
- (三) 國際癌症研究署（International Agency for Research on Cancer, IARC）
- (四) 美國環境保護署暫行毒性因子（USEPA Provisional Peer Reviewed Toxicity Values, PPRTVs）
- (五) 美國毒性物質及疾病登記署（US Agency for Toxic Substance and Disease Registry, ATSDR）
- (六) 美國環境保護署健康效應摘要表格（USEPA Health Effects Assessment Summary Tables, HEAST）
- (七) 美國加州環保局環境健康危害評估辦公室（CalEPA Office of Environmental Health Hazard Assessment）所建立之毒性因子

其他國際間較具公信力且常被使用之資料系統尚包含美國國家醫學圖書

館毒物學資源網(TOXNET)、美國國家職業安全衛生研究所(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH) 化學物質毒性數據庫、世界衛生組織環境健康基準(WHO-Environmental Health Criteria, EHC) 與美國生態毒理資料庫(ECOTOXicology knowledgebase, ECOTOX) 等，茲彙整前述各項國際毒理資料庫之網站連結如表 5.2-4 所示。

二、評估模式工具

鑒於毒性試驗之執行相當耗時費力，多數化學物質的毒理資料的建置仍處於尚未開始或尚未發展完全之階段，然為配合化學物質與環境污染管理等工作之執行，國際之發展趨勢係朝向建立模擬模式以預測取得相關參數資料。國衛院國家環境毒物研究中心已有推薦數種模式工具，供評估者作為使用之參考，茲分項說明如下：

(一) 整合型預測毒理學資源(Aggregated Computational Toxicology Online Resource, ACToR)

由美國環保署所發展之整合型預測網站，其已整合美國環保署 Chemistry Dashboard 資料庫、高通量生物活性測試資料庫(ToxCast)、內分泌干擾素檢測(Endocrine Disruption Screening Program, EDSP) 等資料庫，據以預測未知化學物質之毒理特性。

(二) 定量構效關係工具箱(QSAR Toolbox)

由經濟合作暨發展組織(OECD) 所發展的計算毒理預測工具，其可依據化學物質資料庫中的結構資料將化學物質加以分類，並利用定量構效關係(QSAR) 模型與交叉參照(read-across) 等方式，預測化學物質之毒理及生態毒理數據，以填補資料缺口，減少不必要的動物實驗。目前歐盟化學總署已允許註冊業者可使用 QSAR Toolbox 作為動物測試之替代方法。

(三) 比較毒理基因體學資料庫(Comparative Toxicogenomics Database, CTD)

此為一公開之資料庫，可整合實驗資料、毒理基因體學數據、基因本體論(GeneOntology) 及相關途徑分析(KEGG pathway) 等資料，據以推論化學物質的毒性機轉與疾病間的關係。

(四) 化學物質相關疾病分析系統 (chemical-disease inference system, ChemDIS)

此為一整合性分析平台，主要用於評估化學物質對人體的潛在健康風險，其透過建立化學物質－蛋白質體與蛋白質體－疾病間的交互作用網路，並利用超幾何分布來推估化學品－蛋白質－疾病三者間的關連性，將可提供化學物質潛在影響之基因 / 蛋白功能、生物途徑及疾病等，且亦可協助產生實驗假說以作為後續實驗規劃之參考。

另美國環保署亦有發展相關特性分組及毒性預測之評估模式，包含 Analog Identification Methodology (AIM) 模式、Chemical Assessment Clustering Engine (ChemACE) 模式、ECOSAR 模式、Non-Cancer Effects 模式與 OncoLogic 模式等，茲彙整說明如表 5.2-5 所示。

表 5.2-4 國外化學物質毒理資料庫

項次	資料庫名稱
1	世界衛生組織簡明國際化學評估文件 (CICAD) http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/index.html
2	世界衛生組織環境健康基準 (EHC) http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/en/
3	國際癌症研究署 (IARC) https://www.iarc.fr/
4	美國環保署綜合風險資訊系統 (IRIS) http://www.epa.gov/iris/
5	美國環保署區域性篩選值 (Regional Screening Levels - Generic Tables, Chemical Specific Parameters & Subchronic Toxicity Values) https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables
6	美國環保署超級基金場址人體健康風險評估指引 (Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual, Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment) https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/part_e_final_revision_10-03-07.pdf
7	美國環保署超級基金場址 (Superfund Soil Screening Guidance: Soil Screening Guidance: Technical Background Document, Part 5: CHEMICAL-SPECIFIC PARAMETERS) https://semspub.epa.gov/work/HQ/175235.pdf
8	美國環保署健康效應摘要表格 (HEAST) https://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recorddisplay.cfm?deid=2877
9	美國毒性物質及疾病登記署 (ATSDR) https://www.atsdr.cdc.gov/
10	美國國家職業安全衛生研究所 (NIOSH) 化學物質毒性數據庫 https://www.cdc.gov/niosh/index.htm
11	美國國家醫學圖書館毒物學資源網 (TOXNET) https://toxnet.nlm.nih.gov/
12	美國生態毒理資料庫 (ECOTOX) https://cfpub.epa.gov/ecotox/help.cfm
13	美國加州環保局環境健康危害評估辦公室 (CalEPA Office of Environmental Health Hazard Assessment) https://oehha.ca.gov/

部份資料參考自：行政院環境保護署，2016，地下水關切物質調查及管制策略研析計畫。

表 5.2-5 美國環保署建議使用之特性分組與毒性預測評估模式

應用面向	模式名稱	使用目的	說明	作業系統需求	軟體版本	使用手冊
特性分組	Analog Identification Methodology (AIM)	提高化學物質危害特性之辨識效率	由美國環保署風險評估部 (RAD) 與美國環保署污染防制及毒物辦公室 (OPPT) 發展之模式，模式以既有資料庫中 86,000 種化學物質之結構及特性為基礎，藉交叉參照法 (read-across) 評估化學結構類似物 (analogs) 之危害特性	Windows XP 或以上	aim_setup_11-01-13	Sustainable Futures/P2 Framework Manual 2012/AIM
	Chemical Assessment Clustering Engine (ChemACE)	提高化學物質特性分類效率	由美國環保署污染防制及毒物辦公室 (OPPT) 發展之模式，模式具有辨識化學物質之結構特性的功能，可依結構特性將化學物質分類，並批次評估清單中大量的化學物質，並從中篩選出需要優先執行交叉參照的化學物質，供後續進一步評估使用。模式具有批次模擬功能，可將模擬結果輸出成 excel 報表	—	ChemACE	ChemACE User Tutorial
毒性預測	ECOSAR	評估化學物質之生物毒性	由美國環保署污染防制及毒物辦公室 (OPPT) 開發之篩選性 (screening-level) 評估工具，已有超過 30 年之使用歷史，累積許多使用經驗。模式以資料庫資料及研究試驗資料為基礎，藉由定量結構活性關係 (quantitative structure-activity relationship) 原理，模擬化學物質之毒性及慢性毒性。模式具有批次模擬功能，可將模擬結果輸出成 excel 報表。然而，模式尚屬篩選性評估層級，模擬結果仍需經由專家判斷適宜性。模式在運算上仍有其限制，如模式無法評估的物質包含無機物、有機金屬、聚合物，及分子量高於 1,000 g/mol 之物質	Windows 95 或以上	ECOSAR V1.11	ECOSAR Operation Manual v1.11 /ECOSAR Methodology Document v1.11.
	Non-Cancer Effects	評估化學物質非致癌之危害特性	美國環保署建立一套評估流程透過連結化學物質種類及對人體健康的危害潛勢，用以篩選化學物質對人體健康的危害潛勢，或協助使用者選擇合適評估化學物質危害性之試驗資料。使用者須具備基礎之化學及毒理專業素養，參照流程評估化學物質之人體健康危害性，綜合各項指標結果分為低、中、高三個等級	—	—	網站有提供各作業流程之參考指引
	OncoLogic	評估化學物質之致癌性	美國環保署 Structure Activity Team (SAT) 發展之化學物質致癌性的評估工具。以化學物質致癌機制之研究成果為基礎，利用結構活性關係 (Structure-Activity Relationship, SAR) 原理，結合專家知識等決策流程，綜合評估特定化學物質之潛在致癌性。模式可評估化學物質類型相當多元，包含纖維、金屬、聚合物、及超過 52 類有機化學物質。使用者須具備化學專業素養，熟悉化學物質結構的物理化學特性、生物性及可能的反應機制，同時瞭解人體化學物質潛在的暴露途徑	—	OncoLogic™ Version 8.0.msi	OncoLogic™ User Guide

5.2.3 環境濃度資料

本項所指之環境濃度資料係包含各環境介質中化學物質濃度之實際調查數據、以及運用環境傳輸模擬模式估算所得之預測值。

一、國內資料庫系統

國內各環境介質專責管理單位多有依其管理需求，定期或不定期地辦理化學物質環境濃度之調查工作，並已有建置相關資料庫系統，以公開調查數據供各界查詢使用，如由環保署負責管理之環境資源資料庫、化學物質環境流布調查資料庫、列管污染源資料查詢系統、愛環境資訊網、空氣品質監測網與全國環境水質監測資訊網等，即可查訊到空氣、土壤、水體（包含地表水及地下水等）與底泥等環境介質化學物質濃度之歷年調查結果，另亦可透過環保專案成果報告資訊系統查詢環保署及地方環保局歷年辦理計畫之執行成果報告，以取得尚未納入前述資料庫系統管理之調查數據。另針對可能作為食物的各類生物體調查資料，則需進一步查詢衛福部及農委會等有關權責單位所發布之資料與調查報告等。本計畫建議可查詢使用之國內資料庫茲彙整如表 5.2-6 所示，歷年各部會業已執行之環境調查計畫請參酌 4.2 節之說明。

二、評估模式工具

由 5.1 節暴露評估之執行方法與原則可知，若遇調查資料缺乏或欲評估之化學物質係屬尚未有使用紀錄之新化學物質等情況時，建議可運用評估模式以模擬預測取得後續作業所需之環境濃度資料。本計畫經參考 3.4 節與 4.3 節所彙整之國外化學物質風險評估模式及國內各項風險評估技術規範所羅列之環境傳輸模式相關資料後，建議可優先使用之模式種類包含已累積多年使用經驗之歐盟 EUSES 模式與可用於執行較高層資評估之 MERLIN-Expo 模式，以及國內較常使用之多介質與單一介質環境傳輸模式，如 ISC 模式（空氣）、WASP 模式（地表水）、MODFLOW 搭配 MT3DMS（地下水）、以及逸壓模式（Fugacity Model）、MMSOIL 與 MEPAS 等多介質模式。各模式之概要說明請參酌表 5.2-7，詳細之使用方法請參酌附件二與 4.3 節之介紹，另模式模擬所需之各項參數，如環境釋放量、污染源參數與環境特性參數等本土化資料之取得方式詳見表 4.3-9 之說明。

表 5.2-6 國內化學物質環境濃度調查數據資料庫系統

項次	資料庫名稱
1	環境資源資料庫 https://erdb.epa.gov.tw/
2	化學物質環境流布調查資訊網站 https://tcd.epa.gov.tw/
3	列管污染源資料查詢系統 (PRTR) https://prtr.epa.gov.tw/
4	愛環境資訊網 (IENV) https://ienv.epa.gov.tw/
5	空氣品質監測網 https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx
6	全國環境水質監測資訊網 https://wq.epa.gov.tw/Code/?Languages=tw
7	環保專案成果報告資訊系統 https://epq.epa.gov.tw/Default.aspx

表 5.2-7 本計畫建議優先使用之環境傳輸模式

模式名稱	來源	類型	適用條件	概要說明
EUSES	歐盟化學總署	多介質	<ul style="list-style-type: none"> 無機物與有機物 直接與間接暴露途徑 區域性、地區性與洲際性尺度 	由歐盟官方開發之決策支援工具，可供政府決策者、研究人員或企業經營者快速且有效評估化學物質的環境風險，其僅需要少量基本物化與毒性資料即可評估化學物質的環境預測濃度與預測無反應濃度。此模式工具評估對象涵括各類環境介質與目標生物，直接與間接暴露途徑皆納入考量，評估尺度可分為地區性與區域性
MERLIN-Expo	歐盟科研計畫	多介質	<ul style="list-style-type: none"> 無機物與有機物 直接與間接暴露途徑 區域性尺度 	此模式整合環境多介質傳輸模擬模式與人體藥物動力學模式，可模擬化學物質的環境宿命，及其經由傳輸流布作用對於人類或生物體造成的暴露風險，包含多重暴露途徑、多種化學物質同時暴露、時序變化、人體體內暴露等複雜之情境，並可進行不確定性與敏感度分析
ISC	空氣品質模式評估技術規範	單一介質 - 空氣	<ul style="list-style-type: none"> 無機物與有機物 (具惰性或較不活潑之一階反應污染物) 區域性尺度 	可模擬點源、線源、面源、體源之污染情形，可評估之污染物種類為惰性或較不活潑之一階反應污染物，不適用於反應性污染物。其所適用之空間及時間範圍為：鄉村或都市區域、簡單或平坦地形、50 公里內、以及 1 小時或 1 年等
WASP	河川水質模式評估技術規範	單一介質 - 地表水 (底泥)	<ul style="list-style-type: none"> 無機物與有機物 區域性尺度 	主要之模擬功能包含模擬點源或非點源之水質污染、水體之一維、二維及三維水文動力學、一般水質污染物、化學物質、重金屬、汞、致病菌等，另需連結外部模式模擬河川水理特性
MODFLOW 搭配 MT3DMS	土壤及地下水污染場址健康風險評估方法	單一介質 - 地下水	<ul style="list-style-type: none"> 無機物與有機物 區域性尺度 	模式評估方式為計算出壓力水頭，模式中飽和水層的設定可以為不均勻或具異向性，而含水層則可為受壓或非受壓性。主要之模擬功能包含可模擬多個含水層間的地下水流動方式，建議用於高層次之風險評估
Fugacity Model	環境影響評估技術規範	多介質	<ul style="list-style-type: none"> 無機物與有機物 	以逸壓模式為基礎，僅可簡單但快速的預測化學物質在不同環境介質的質量與濃度分佈情形
MMSOIL			<ul style="list-style-type: none"> 無機物與有機物 區域性尺度 	主要用以估算各種有害廢棄場所釋放之化學污染物質，經由多介質環境傳輸後，造成周遭居民之污染暴露量與健康風險值，以做為比較各有害廢棄場址之相對危害性的篩選工具
MEPAS			<ul style="list-style-type: none"> 無機物與有機物 區域性尺度 	採用較高階數學模式，整合污染物之傳輸與暴露途徑，以推估環境暴露導致之慢性健康影響，建議應用於有害場址污染土壤與地下水之污染源

5.2.4 受體暴露參數

本項所指之受體暴露參數係包含暴露時間、暴露頻率與受體之基本特性資料等（如身高、體重與身體表面積等），以及與食物鏈攝食途徑相關之各食物類別之每日攝取量及其所佔比例等。

經研析國外風險評估執行經驗（3.3 節）與國內各風險評估技術規範之相關資料（4.1 節）後，本計畫建議應優先使用國內本土化之調查資料，包含衛福部臺灣一般民眾暴露參數彙編、環保署土壤及地下水環境風險評估方法第一層次評估預設參數、衛福部國家攝食資料庫、以及環保署土基會所辦理之國內嬰幼兒暴露參數研究計畫等，若仍有不足之處，則建議可爰引國外相關資料，如目前國際公認最為完整之美國環保署暴露評估手冊等。本計畫已彙整建議可爰引使用之國內外受體暴露參數資料來源如表 5.2-8 所示。

表 5.2-8 本計畫建議使用之受體暴露參數資料來源

資料名稱	建置單位	可提供之參數項目
臺灣一般民眾暴露參數彙編	衛福部	各類食物每日平均食入量、飲水量、各事件發生頻率、壽命、體重、身高、體表面積、呼吸速率、暴露期間、住宅面積、哺乳比例、生活水使用量、每日平均洗澡、洗臉、洗手之次數與平均時間、兒童土壤接觸量、每日主要活動時間分配、中小學生平均每日睡眠時間、戶外活動時間等
土壤及地下水污染場址健康風險評估方法－第一層次評估預設參數	環保署 土基會	飲水量、各事件發生頻率、暴露期間、土壤對皮膚之吸收係數、淋浴呼吸速率、暴露發生平均時間、體表面積、呼吸速率、述時土壤速率、每次淋浴時間、進行澆灌的時間等
國家攝食資料庫	衛福部	食物大類、食物小類、食物細項及食品項等項目之每日平均攝食量，並可區分不同性別、年齡等，並具有統計分析結果
台灣營養健康狀況變遷調查 (NAHSIT)	衛福部	全國性或針對小學生、國中生與高中生之身高、體重、飲食頻率及特性等
國內嬰幼兒暴露參數研究計畫	環保署 土基會	國內嬰幼兒之土壤與落塵攝入量、落塵附載量、體表面積、土壤附著因子及手口行為攝入轉移率等
美國環保署暴露評估手冊	美國環保署	各類食物每日平均食入量、飲水量、各事件發生頻率、壽命、體重、身高、體表面積、呼吸速率、暴露期間、住宅面積、哺乳比例、生活水使用量、每日平均洗澡、洗臉、洗手之次數與平均時間、兒童土壤接觸量、每日主要活動時間分配、戶外活動時間等

- 參考資料：1. 國立台灣大學公共衛生學院健康風險及政策評估中心，2008，臺灣一般民眾暴露參數彙編，計畫編號：DOH96-HP-1801。
2. 行政院環境保護署，2014，土壤及地下水染場址健康風險評估方法。
3. 國家攝食資料庫網站，<http://tmfcds.cmu.edu.tw/>。
4. 台灣營養健康狀況變遷調查網站，<http://nahsit-form.ibms.sinica.edu.tw/>。
5. 行政院環境保護署，2012，台灣嬰幼兒暴露參數－土壤及落塵經口攝取及口部行為頻率研究，臺北醫學大學執行，EPA-100-G101-03-A036。
6. 行政院環境保護署，2013，101 年度台灣嬰幼兒暴露參數-土壤及落塵經口攝取及口部行為頻率研究延續性檢討修正計畫專案研究計畫，臺北醫學大學執行，EPA-101-GA101-02-A143。
7. 行政院環境保護署，2014，102 年台灣兒童土壤/灰塵攝入量與附著因子參數之建立，臺北醫學大學執行，EPA-102-GA11-03-A134。
8. 行政院環境保護署，2015，污染場址孩童健康風險之本土性暴露參數建置研究計畫，臺北醫學大學執行，EPA-103-GA11-03-A216。
9. 行政院環境保護署，2016，完備幼童風險暴露參數及驗證工作專案計畫，臺北醫學大學執行，EPA-104-GA01-03-A138。
10. U.S. EPA. Exposure Factors Handbook 2011 Edition (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-09/052F, 2011.

第六章 化學物質環境風險資訊整合與知識應用規劃

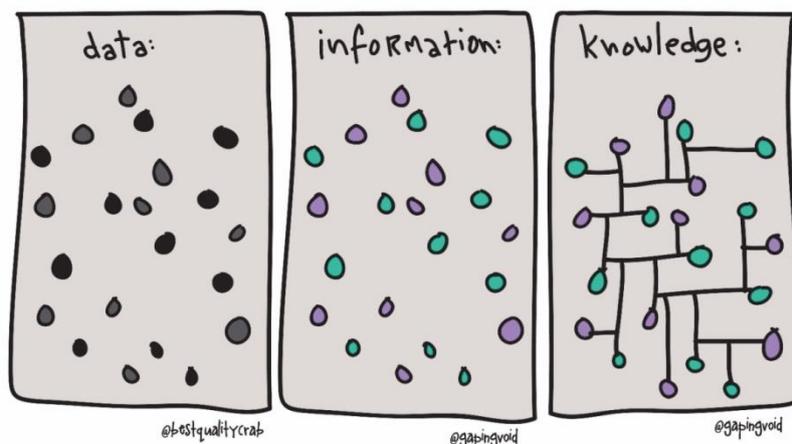
章節摘要

本章說明國內各部會現有化學物質環境風險資訊建置現況，並參考各國化學物質環境風險資料庫主要之功能，於 6.1 節提出本計畫建議建置之「化學物質風險資訊資料庫」環境風險資訊整合架構，另依據國內民眾對於化學物質環境風險資訊之需求，於 6.2 節研析環境風險知識建立原則、建立目標，提出「化學物質風險資訊資料庫」之建置構想以及環境風險知識之建置規劃範例。

任何之資訊建置工作，均需由基礎資料 (data) 之蒐集工作開始，經資料清理、正規化並經科學性模式篩選或分析為具目的性與關聯性之資訊 (information) 後，始能提供使用者做為可用之參考，再透過其個人經驗與價值判斷而融合為可供決策之知識 (knowledge) (圖 6-1)。

現階段國內各毒物及化學物質相關業務單位，為充份掌握國內化學物質各項特性及運作行為，並據以執行管理所需之篩選評估、危害評估及預防工作，歷年已建置有不同類型之化學物質登錄資料平台、關切污染物質資料庫、環境流布調查資料、物質安全資料、毒理資料庫、食品安全資訊平台等，以達成防制毒性化學物質污染環境或危害人體健康之目的。綜觀各相關系統及資料庫於資料應用上，過往較著重對於人體健康安全、職業勞工安全、食品安全之應用及管理。然參酌各主要先進國家對於毒物及化學物質管理之趨勢，均逐步朝向全面性環境管理之視野，著手建構完善之風險資訊平台，以利各界評估化學物質於環境中傳輸轉變所肇致之風險危害。有鑒於此，本計畫即希冀充份整合既有之環境風險評估所需資料，透過良好的資訊分析或評估模式彙整歸納各方龐雜且大量之環境風險資訊，俾利未來產出可提供一般民眾、特定專業人士及決策者可利用的風險資訊。

本計畫已針對我國化學物質環境風險資訊整合與知識建立及應用方式，完成國內現有環境風險資訊現況盤點工作，並初擬未來環境風險資訊整合與風險知識建立之措施及整合方式研析說明如下。



圖片來源：<https://john.do/discovering-you>。

圖 6-1 資料、資訊與知識的轉換及建構概念圖

6.1 環境風險資訊整合架構

依評選須知之內容，本計畫欲充份整合運用大量已調查之毒物及化學物質環境流布調查資料與危害評估資料，輔以科學性原則或風險評估模式，初步提出未來規劃發展之環境風險資訊研擬建構方案，此為本計畫之執行核心關鍵。

本計畫參酌國外相關資料庫建置成果及國內現有之資料庫現況，考量不同使用者之需求及資料庫服務對象，認為未來化學物質資料庫較適宜區分為兩大主要之資料庫（圖 6.1-1）。其一為「化學物質風險資訊資料庫」，此資料庫之定位為提供各項化學物質最完整詳實之基本物化性質、危害分類標示、安全使用資訊、毒理、藥理、生態毒理、環境流布、暴露評估、危害評估等各項資訊，俾利提供諸如政府機關、專家學者、廠商業者查詢使用，並可提供模式評估工具、專業文獻或資料庫聯結功能等，為一經分類編排且易於查找之專業資料庫系統。

另一資料庫則為「化學物質風險知識庫」，此資料庫之定位為提供一般民眾各項化學物質基本資訊，各項專業資料內容經解析轉譯後撰寫成為非專業人士亦得以閱讀瞭解之文句，且經專家審閱後提供，並應盡可能以圖像化或表格化之方式呈現，為一國內資料最為正確可靠並具權威性之化學物質知識供應平台。



圖 6.1-1 環境風險資訊整合與知識應用概念圖

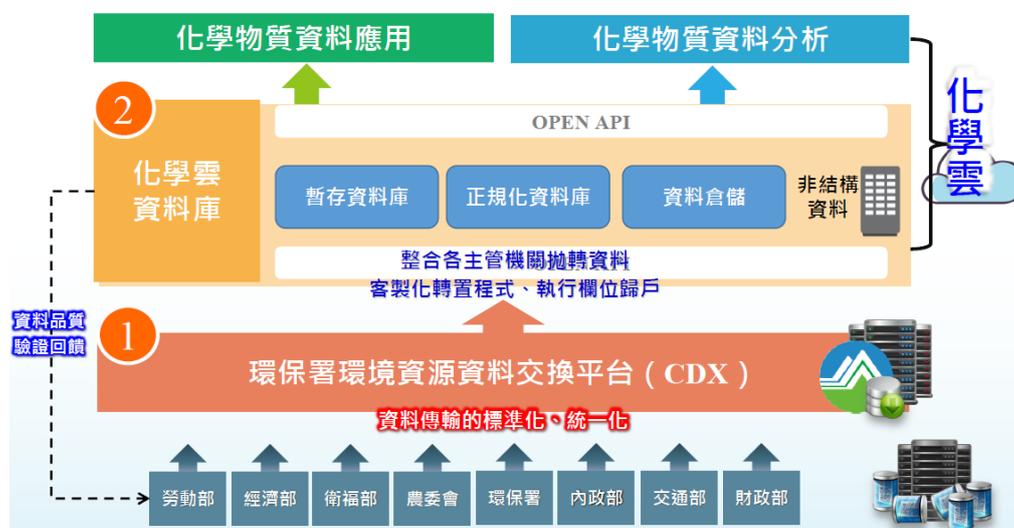
6.1.1 國內現有環境風險資訊現況盤點

依評選須知內容，本計畫透過檢視與研析國內各單位既有發佈之環境風險資訊相關內容，據以提出整合建置我國毒物及化學物質風險資訊管理方案之措施。現階段已彙整環保署、國衛院、衛福部、及勞動部等單位所提供與化學物質相關之資料，分別說明如下：

一、環保署化學雲 (<https://chemicloud.epa.gov.tw/ChemiCloud/index.html>)

為整合並落實國內各部會化學物質之管理，環保署化學局所建置之「跨部會化學物質資訊平台（化學雲）」已整合國內 34 個政府機關化學物質資料，以建立完整之化學物質流向控管、追溯、勾稽功能，並運用智慧分析，提升主動預警能力，掌握化學物質流向，強化管理化學物質。以食品業者可疑廠商之篩選為例，即可透過化學雲已建立之條件式查詢功能，包含關注化學物質（加強勾稽不可使用於食品添加物之化學物質）之選定、特定領域（食品）廠商名單之交集，特定領域廠商（學研、法人、醫療機構等）之排除，以及流向資料（源頭）之分析等，據以篩選出可疑之源頭食品廠商清單，以供衛福部作為執行優先查核工作之依據。

由於目前此資料庫並未對外公開，本計畫透過此資料庫系統建置成果報告及簡報內容中，瞭解此系統之主要架構如圖 6.1-2 所示，於盤點各主管機關化學物質管理資訊系統欄位現況後，透過環保署環境資源資料交換平台做為統一資料拋轉窗口，轉至化學雲平台後再行整合為標準化、統一化之資料。資料庫中所建置之主要欄位則包含國內各項化學物質清單、運作廠商資料、運作數量、流向資料、及其他資訊等五大類計有 80 個欄位（表 6.1-1）。目前系統中累計已建置有超過 10 萬種化學物質、5 萬家運作廠商之資料。



資料來源：許震洋，2017，化學雲－跨部會化學物質資訊服務平台介紹簡報。

圖 6.1-2 化學雲整體架構示意圖

表 6.1-1 化學雲內欄位資料彙整表

欄位分類	內容
化學物質清單	CAS No.、UN No.、C.C.C. Code、中文名稱、英文名稱、產品名稱、分子量、濃度、體積百分比V/V或重量百分比W/W、物質代碼
公司 / 工廠資訊	統一編號、工廠登記號碼、公司 / 工廠管制編號、公司 / 工廠名稱、公司 / 工廠地址、行業標準分類、證件號碼、證件核發日期、證件有效期限、證件註銷日期
運作量	申報年度 / 季別 / 月份、日期、製造量、輸入量、輸出量、買入量、賣出量、轉入量、轉出量、使用量、貯存量、廢棄量、收入量、支出量、其他量、其他量的說明、結餘量、排放量、總重或淨重、單位別、可開放填入小數點後幾位數、使用用途資訊
流向資訊	上游(來源)公司管編、上游(來源)公司統編、上游(來源)公司名稱、上游(來源)公司地址、上游(來源)公司證件號碼、下游(去向)公司管編、下游(去向)公司統編、下游(去向)公司名稱、下游(去向)公司地址、下游(去向)公司證件號碼
其他	製程名稱、是否禁用、公共危險物品種類、運送公司名稱、運送聯單號碼、化學物質收貨公司統編、化學物質收貨公司名稱、化學物質收貨公司地址、化學物質收貨公司證件號碼、運送數量、進口報單號碼、出口報單號碼、製造用途、輸入用途、 暴露資訊 、危害分類標示、安全使用資訊、 物理與化學特性資訊 、 危害評估資訊 、 毒理資訊 、 生態毒理資訊 、產品分類、成分類別、毒化物代碼、工廠平面配置圖

資料來源：凌群電腦股份有限公司，2017，106 年度化學雲-跨部會化學物質資訊服務平臺計畫期末報告，行政院環境保護署毒物及化學物質局委託計畫（EPA-106-AM01-02-A063）。

此資料庫於資料之應用面上除可依據各化學物質基礎資料之多元性及完整性採總歸戶之方式提升化學物質管理強度外，亦已強化資料鏈結與基礎資料查詢功能，建置有可疑廠商多元（條件）篩選、跨域比對分析等多元篩選機制，製作部會特定需求模組化查詢功能，並開發化學物質運作數量或流向異常警示功能等。

整體而言，化學雲資料庫應為國內最具規模之化學物質資訊資料庫，於未來環境化學物質風險評估之應用面上，各類化學物質於國內之運作量、運作地點、廢棄量及使用用途等資訊即可做為地區性或全國性化學物質風險暴露評估之基礎，系統內部分化學物質並已建置有暴露資訊、物理與化學特性資訊、危害評估資訊、毒理資訊、生態毒理資訊，則可視資料完整性參考使用。

二、環保署環境資源資料庫 (<https://erdb.epa.gov.tw/>)

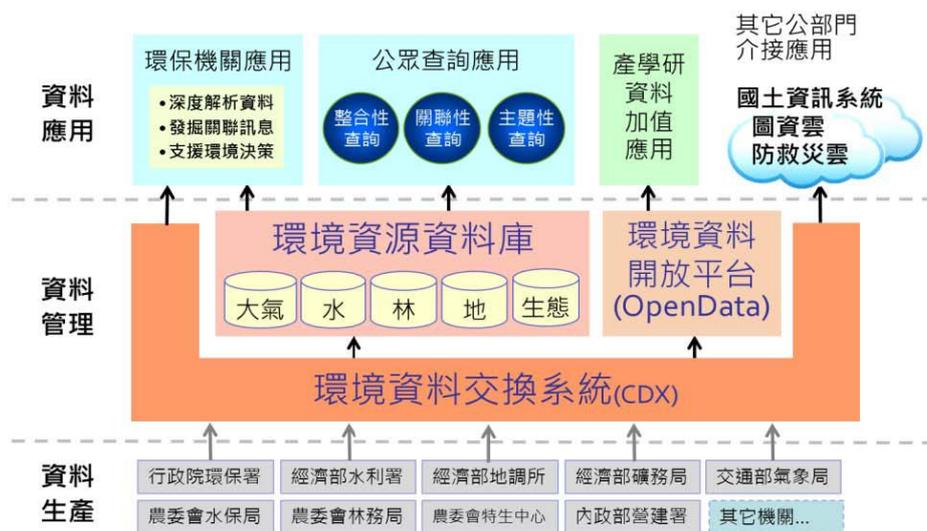
依據該網站資料庫之介紹，環保署「環境資源資料庫」系統係於政府雲的框架下，發展 DaaS (data as a service) 的需端服務模式，陸續分階段完成 23 個政府單位之環境資源資料庫整合作業，以資料雲 (data Cloud) 之概念整合「大氣」、「水」、「地」、「林」及「生態」等分類之環境資源資料，使資料識別一致，供大眾容易擷取所需資料，進而加值運用。整體之計畫及系統包括：「環境資源資料庫 (ERDB)」、「環境資源資料交換平臺 (Central Data exchange, CDX)」、「環境資源資料開放平臺 (Open data.epa)」、「資料服務管理」、「資料服務管理」及「環境雲資訊公開網」等平臺，整體整合性之架構示意如圖 6.1-3。

環保署環境資源資料庫主要提供目前法令所規範管理之環境污染物於環境介質中一次性或時序性之污染物濃度調查監測資料，本計畫已初步蒐羅資料庫系統中可用於環境風險評估所需之化學物質調查資料如表 6.1-2，然此資料庫呈現之資料多為原始調查及分析數據，若需做為後續環境化學物質風險評估之利用，需進一步彙整分析始能運用。目前環境資源資料庫已規劃將各項環境資料依其空間之點、線、面特性執行總歸戶，整合性提供如某鄉鎮村里（面）或某條河川（線）之統整性環境資訊，亦即未來應可提供特定位置受體之環境污染物整合性暴露資訊。

另一方面，由於此資料庫中之資料主要係為各單位依據現行環保法令之規定所執行之定期檢測或監測之資料，若各項化學物質項目並非為環境品質所應定期監測者，則並無法於此資料庫中獲取，例如現行河川或水庫水質例行性之監測項目如水溫、酸鹼值、導電度、氨氮、氯鹽、懸浮固體、溶氧量、化學需氧量、生化需氧量等項目，均未包含如重金屬污染物或其他關切之化學物質，因此若欲取得我國水體環境中化學物質調查資料需另行查閱環保署之專案調查計畫，或查詢學術研究機構所執行之研究成果。而目前資料庫內土壤環境品質之調查亦較為缺乏，亦需另行查閱環保署土壤及地下水污染整治基金管理會所建置之土壤品質資料庫查詢，或查閱環保署與地方環保局委辦執行之專案調查計畫成果報告。

三、國衛院國家環境毒物研究中心（<http://nehrc.nhri.org.tw/toxic/toxfaq.php>）

國衛院國家環境毒物研究中心係 100 年 5 月國內發生塑化劑事件時，原衛生署（現衛福部）要求國衛院成立之單位，並於 104 年與國衛院環職組合併為國家環境醫學研究所，當時此研究中心成立之目的除環境毒物毒理研究工作外，另被賦予協助政府單位強化民眾對暴露風險之認知及風險溝通之責，並以建構成為台灣知識轉譯與風險溝通平台為目標。



圖片來源：詹效儒，2017，行政院環境保護署—環境雲，國家發展委員會專題報導。

圖 6.1-3 環境雲整體架構示意圖

表 6.1-2 環保署環境資源資料庫提供之環境風險資訊相關資料

大類	小類	資料集名稱	提供環境風險資訊相關資料	說明
大氣	空氣品質	光化測站小時值資料	54 種臭氧前驅物 (C ₂ ~C ₁₁ 揮發性有機物) 監測濃度	台灣北中南 10 固定測站、2 機動測站
		固定污染源 CEMS 監測數據紀錄值資料集	二氧化硫、氮氧化物、氯化氫、一氧化碳監測濃度	目前國內已公告 1~4 批應裝設固定污染源空氣污染物連續自動監測設施 (continuous emission monitoring system) 之場所, 包含電力業、水泥業、鋼鐵業、石化業、紙漿製造業及廢棄物焚化程序等, 監測項目視公告批次及環評承諾而有所不同
		環境空氣戴奧辛監測資料	戴奧辛監測濃度	各縣市空氣品質監測站每季所採樣空氣戴奧辛之濃度檢驗值, 共 20 測站
		廢棄物焚化爐重金屬排放濃度定期檢測結果	鉛、鎘、汞及酸性氣體 (氯化氫) 監測濃度	目前共有 71 個單位定期檢測申報
		空氣中污染物濃度測值	二氧化硫、一氧化碳、二氧化氮、非甲烷碳氫化合物等監測濃度	依全國縣市別按月分別統計, 以作為各縣市空氣品質參考
		空氣污染排放清冊	CO、非甲烷碳氫化合物 NMHC、NO _x 、Pb、SO _x 、THC 等污染物排放總量	依全國縣市別按年分別統計, 主要顯示各空氣污染物一年排放量, 可了解各縣市空氣污染排放總量
	酸雨	酸雨監測分析資料	氫離子 H ⁺ 、氯離子 Cl ⁻ 、硝酸根離子 NO ₃ ⁻ 、硫酸根離子 SO ₄ ²⁻ 、鈉離子 Na ⁺ 、鈣離子 Ca ²⁺ 、鉀離子 K ⁺ 、鎂離子 Mg ²⁺ 、銨根離子 NH ₄ ⁺ 等項目監測分析資料	全國共有 18 測站
溫室氣體	溫室氣體排放量	二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氟氯碳化合物、全氟化物、六氟化硫等項目排放總量	全國 335 個自願揭露或依法申報事業資料	
水	飲用水與自來水	自來水水質抽驗資料	砷、汞、鎘、鉻 (總鉻)、銅、鎳、鉛、鋅、錳、鐵、錒、錒、亞硝酸鹽氮、總三鹵甲烷、溴酸鹽、硫酸鹽、酚類、陰離子界面活性劑、氯鹽、氨氮、自由有效餘氯、三氯乙烯、1,1,1-三氯乙烷、1,2-二氯乙烷、對-二氯苯、1,1-二氯乙烯等項目檢測結果	為確保國人飲用水安全衛生, 歷年來環保機關對自來水水質均進行定期或不定期抽驗工作, 自 85 年 1 月起, 直轄市、縣(市)環保局每月至少抽驗自來水水質 15 件以上 (全台灣地區平均每月抽驗達一千件以上)
		自來水生活用水量統計	提供各縣市各年度生活用水量、年中供水人數、每人每日生活用水量	
	河川	重要河川水質概況	統計期、統計區、監測站數、溶氧量、生化需氧量、懸浮固體、氨氮、	依全國 50 處河川別統計重要河川水質監測結果
		河川水質監測與指標資料	河川污染指標 (RPI)、水溫、酸鹼值、導電度、氨氮、氯鹽、氣溫、懸浮固體、溶氧、化學需氧量、生化需氧量、大腸桿菌群等	全國 303 處河川水質監測資料 (每月)
	水庫	水庫水質監測與指標資料	化學需氧量、導電度、懸浮固體、採樣深度、氣溫、氨氮、水溫、溶氧、總有機碳、總氮、總磷、葉綠素、酸鹼值等	全國 132 處水庫水質監測資料 (每月)
	海域海灘	海域水質監測結果	銅、鋅、鉛、鎘、汞等項目	全國近海海域 104 個測站的水質監測結果
	地下水	地下水水質監測與指標資料	氨氮、硝酸鹽氮、硫酸鹽、氯鹽、氟鹽、砷、汞、鎘、鉻、銅、鎳、鉛、鋅、鐵、錳、鉀、鈉、鈣、鎂	環保署自 91 年開始執行之區域性地下水監測井水質監測作業, 目前共有 431 口地下水監測井, 現行地下水水質監測頻率為每季一次
水污染	廢(污)水產生量及排放量	統計期、統計區、總廢污水產生量、各來源廢污水產生量與排放量 (市鎮、工業、農業、總量等)	87 年至今全國及縣市別統計廢(污)水年度產生量及排放量, 並依來源分類	
地	土壤品質	土壤品質調查資料 (專案調查)	砷、汞、鎘、鉻、銅、鎳、鉛、鋅	於 1992~2002 年間環保署所執行之土壤品質調查作業資料

因此，國衛院國家環境毒物研究中心所建置之網站中，提供有相當豐富之國內重要環毒食安民生議題之簡明科學性評析文件資料，製作動畫教學短片、高中教師毒理學及風險評估教材、兒童學習網等毒物風險學習資料。此網站資料庫之內容相當適合提供一般民眾閱讀參考。

而於「環境毒物知多少」之網頁頁籤中，亦已建置經專家審閱之 199 種化學物質 ATSDR ToxFAQs 翻譯文件，提供各項化學物質簡要性質、暴露危害介紹等條列式結構化簡明 FAQ 文件，可提供民眾迅速熟悉瞭解化學物質，以丙酮為例，其文件編寫之格式如下：

- 6 點條列式丙酮重要風險危害重點摘錄
- 什麼是丙酮？
- 丙酮進入環境中如何變化？
- 我在什麼情況下會暴露於丙酮？
- 丙酮對我的健康有什麼影響？
- 丙酮致癌的可能性有多高？
- 目前有任何的醫療檢驗讓我知道我已經暴露於丙酮嗎？
- 國內外法規
- 原文資料來源及連結、翻譯者、審稿者

而於國內重大環毒及食安新聞發生時，則以新聞內容、物質基本介紹、對健康的危害、對民眾的建議、參考資料五段式之文章結構發布新聞稿供外界參考。

四、衛福部食藥署健康風險評估資料專區

(<http://consumer.fda.gov.tw/Food/HealthRisk.aspx?nodeID=581>)

原於食藥署食品藥物消費者知識服務網中，有提供 845 份經編寫整理之化學物質風險評估評析資料，多數應為衛福部公告之食品添加物、化妝品中禁限用成份物質，每一種化學物質均依資料完整性區分為民眾版簡明 FAQ 文件及專業版完整評析資料文件。以丙酮為例，其文件編寫之格式如下：

民眾版簡明 FAQ 文件

- 什麼是丙酮？
- 丙酮的主要用途有哪些？
- 丙酮會對人體的毒性與醫學用途有何影響？
- 丙酮在不同暴露途徑之急救方法有哪些？

專業版完整評析資料文件

- 前言：關於此項物質的基本介紹
- 基本資料：包含中文名稱、英文名稱、同義名稱、化學式、CAS. NO、分子量、物質性狀、主要用途、毒性與醫學用途、製備方法、應用
- 毒性或對健康之影響：包含急性毒性、局部效應、慢毒性或長期毒性、特殊效應、生殖毒性、生態毒性、持久性及降解性、生物蓄積性、土壤中之流動性、其他不良效應、體內代謝與排泄、藥物動力學
- 風險評估準則：包含危害鑑識及特徵(可能之環境影響/環境流佈)、暴露預防措施(工程控制、控制參數、個人防護設備、衛生措施)、人類毒性、非人類毒性、風險溝通(中毒潛在性)
- 各國法規：行政院環境保護署、美國、中國
- 參考文獻

此批化學物質風險評估文件資料應為目前國內較為完整之化學物質風險評估資訊，惟目前此批化學物質風險評估文件資料於 107 年 4 月食藥署網頁改版後已撤下，經洽詢食藥署後其回覆為「有關健康風險評估資料庫已達階段性目標，為避免影響社會大眾引用資料之正確性，本專區已關閉，另有關化學物質資料請您可洽詢相關權責所屬單位」。亦即此批資料將不再由食藥署公開提供。

五、勞動部職業安全衛生署 GHS 化學品危害物質危害數據資料

(<https://ghs.osha.gov.tw/CHT/intro/search.aspx>)

此資料庫係勞動部職業安全衛生署委由財團法人安全衛生技術中心製作，其建置目的主要為協助各事業單位於各工作場所中化學物質之分類及標示，能於 105 年全面適用「化學品分類及標示全球調和制度 (GHS)」制度，故依據「危險物與有害物標示及通識規則」所公告之分階段適用危害物質(三

階段共 3,171 種) 及其它符合「國家標準 15030 化學品分類及標示系列」具有物理性危害或健康危害之化學物質，分別製作列管物質之 GHS 標示及安全資料表 (safety data sheet, SDS) 參考例。此資料庫內已提供超過六千種以上之化學物質各項基本物質性狀、物化數據、毒性資料、生態資料、GHS 標示及 SDS 資料等，均為已表格化之簡明數據電子資料。

然因此資料庫提供之化學物質風險資訊僅為提供各事業單位查詢化學物質之分類及標示，且其分類方式主要以對人體健康之危害性考量，因此實質上可提供用於化學物質環境風險評估之資訊較為有限。

綜合前述 5 項資料庫之資料內容，本計畫依據化學物質環境風險評估及風險資訊之資料需求，摘要彙整分析如表 6.1-3，整體而言國內現有各資料庫內容完整性差異甚大，所提供之資料內容亦依各單位業務需求而有所差異，未來不論係欲做為風險評估作業所需或提供外界供風險知識參考，均需進一步研析後彙整利用。

表 6.1-3 國內化學物質環境風險資訊供應現況彙整表

來源	資料量	資料內容	資料型態	綜合評析	危害鑑定	劑量反應	暴露評估	風險特性	風險管理
環保署化學雲	>10 萬種化學物質、>5 萬廠家資料	運作地點、運作量、流向資料	已清理及結構化之資料	資料量最大，目前未公開			V		
環保署環境資源資料庫	環境介質列管污染物檢測資料	採樣地點、檢測結果	原始數據電子資料	需研析後彙整利用			V		
國衛院國家環境毒物研究中心	• 199 種化學物質 ATSDR ToxFAQs 翻譯文件 • 數十則主題性民生議題解析	化學物質簡要性質、暴露危害介紹	條列式結構化簡明 FAQ 文件	可提供民眾迅速熟悉瞭解化學物質	V	V	V	V	V
衛福部食藥署健康風險評估資料專區	提供 845 種經編寫整理之化學物質資料	化學物質簡要性質、暴露危害介紹	民眾版簡明 FAQ 文件、專業版完整評析資料	完整之評估文件，目前已撤下網頁	V	V	V	V	V
勞動部職業安全衛生署	提供>3,000 種危害物質危害數據資料	GHS 標示、物化數據、毒性資料、生態資料	表格化數據電子資料	簡明之物質資料表	V	V	V		V

6.1.2 環境風險資訊整合構想

我國毒物與化學物質之風險管理事涉眾多部會單位，包含環保署、衛福部、農委會、經濟部與勞動部等，然而各單位職掌權責不盡相同，相關風險資訊之發佈與應用多侷限於特定面向，不論是一般民眾或是專業人士所能獲取之資訊多為片斷且零碎的，不利於整體政府對於化學物質風險之溝通與管理。

以本計畫建議建立之「化學物質風險資訊資料庫」規劃之功能定位，係設定應做為我國資料最為豐富之化學物質專業資料庫，提供化學物質各項性質資料、環境風險評估所需之各項參數資料、國內外法令管理規定、業者註冊申報或評估資料、其他專業文獻或資料庫聯結等，提供之資料內容並應均經專家審閱，能滿足不同使用者不同目的之需求，並於內容上經分類編排查找易於使用。本計畫初步規劃建議之資料庫架構如圖 6.1-4，依據資料類型可歸類分為化學物質基本資訊、環境暴露研究、毒害研究試驗、風險管理措施及其他參考資訊等資料組，以下說明各資料組主要之內容如下。

一、基本資訊

本資料組之內容主要提供使用者常用且需迅速查找掌握之各項重要化學物質資訊，包含物質基本簡介、人體健康危害、緊急醫療處置、及物理/化學性質等項目，因為係欲提供各界查詢時可直接援引參考之權威性資料內容，建議此資料組內各項資料均需由專家顧問於審閱後撰寫建置，並得擴增資料庫運作後各界查詢使用頻度較高之資料項目於此資料組中。

二、環境暴露研究

本資料組之內容主要提供使用者查詢瞭解化學物質於環境中之重要特性，以及人體暴露情形，資料內容包含可能的人體暴露途徑、環境流布特性、環境宿命轉變特性，各項資料可運用做為環境風險評估作業時暴露評估作業所需之評估依據及參數使用。

三、毒害研究試驗

本資料組之內容主要為化學物質毒害特性之各項研究試驗資料，包含化學物質若進入人體後之生物可及性、代謝特性、對於目標器官之毒害作用機轉等資料，並收錄相關之動物毒性試驗、藥物試驗研究等各項試驗結果資料，

可運用做為環境風險評估作業時劑量反應評估作業所需之資料來源依據及參數使用。

四、風險管理措施

本資料組之內容主要為政府各單位依據化學物質暴露特性、劑量效應反應、風險評估結果等資訊，據以訂定之環境標準值或化學物質管理法令規定、化學物質使用及貯存安全資料，以及相關之運作管理或職業安全衛生管理相關規範。

五、其他參考資訊

本資料組之內容為其他有關化學物質之各項補充資料資訊，如國內外化學物質生產者或使用者及用量、臨床或環境檢測相關實驗分析方法、各項原始文獻資料或資料庫來源、物質名稱辨識、及資料庫內容審閱與資料更新紀錄等。

由於此資料庫內容涉及之資料種類繁多且均為各領域之專業資料，資料來源不同且多元，故建議未來可由專責單位統籌規劃建置及管理此一專業平台系統，但各分項之資料內容則應由所涉及之部會權責單位負責建置維護並控管資料品質。本計畫參考既有國內外各單位所建置之相關資料內容，建議此資料庫所屬各資料項目資料來源以及暫擬之資料管理權責單位如表 6.1-4。

本計畫所初擬建議之資料庫架構為一初步之規劃構想，建議計畫主辦單位後續可視政策需求與各權責主管機關協商討論後推動建置。另因資料庫中各類資料項目及子資料集內容國內外各單位實質上應均已有相當完備，建議計畫主辦單位於此資料庫之規劃建置上應著重於各單位資料庫內容之協商取得、資料庫所需資料欄位內容之介接、以及資料品質審閱更新控管。

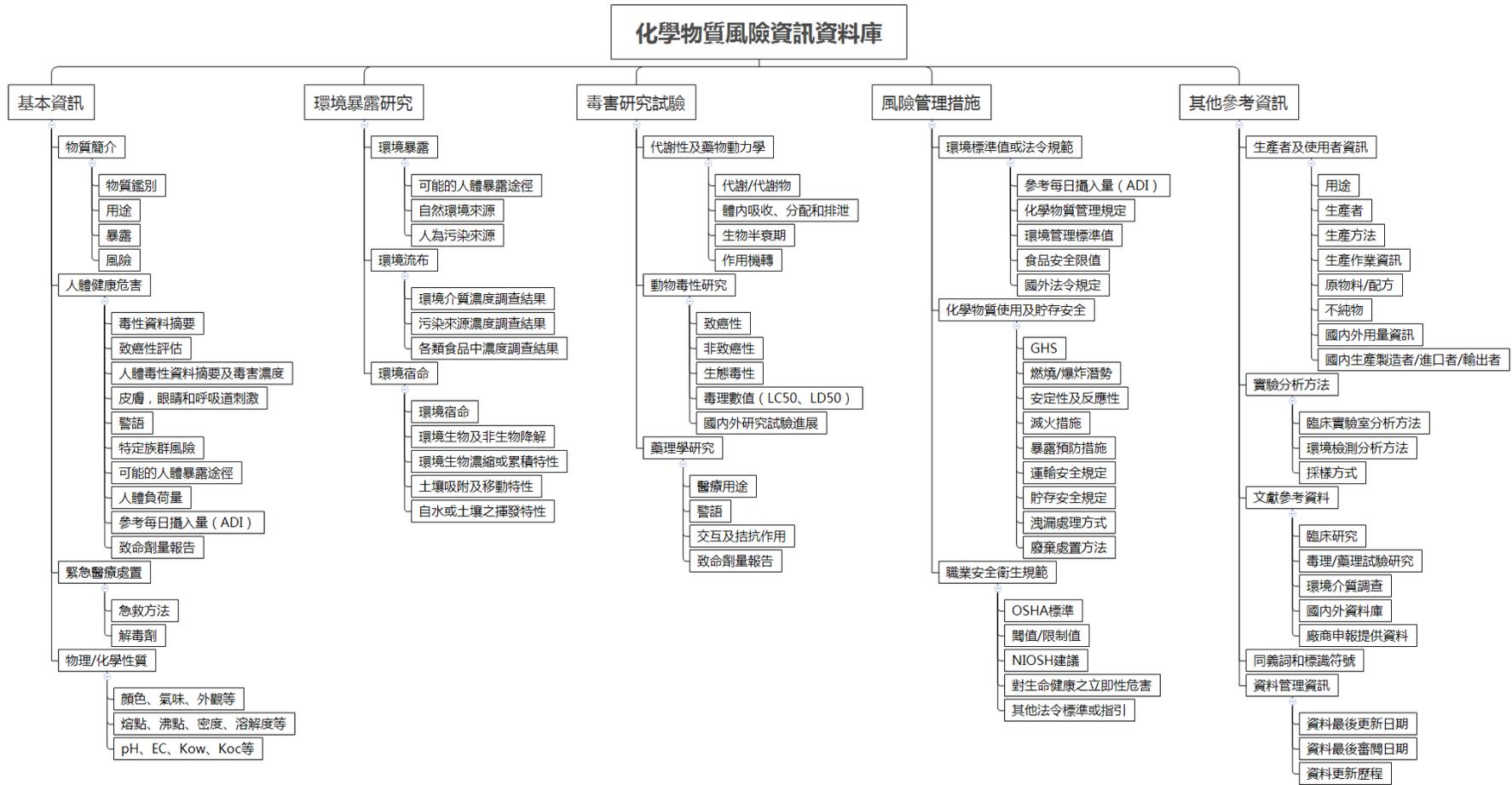


圖 6.1-4 「化學物質風險資訊資料庫」建議架構示意圖

表 6.1-4 「化學物質風險資訊資料庫」建議之資料供應及權責管理單位 (1/2)

資料組	資料項目	子資料集	建議資料建置管理 權責單位	建議資料來源
基本資訊	物質簡介	物質鑑別	環保署化學局	經專家研讀相關資料並審閱後撰寫
		用途		
		暴露		
		風險		
	人體健康 危害	毒性資料摘要	衛福部	經專家研讀相關資料並審閱後撰寫
		致癌性評估		
		人體毒性資料摘要及毒害濃度		
		皮膚，眼睛和呼吸道刺激		
		警語		
		特定族群風險		
		可能的人體暴露途徑		
		人體負荷量		
	緊急醫療 處置	急救方法	環保署化學局	毒災防救管理資訊系統
解毒劑				
物理 / 化學 性質	顏色、氣味、外觀等	環保署化學局	化學雲 / 化學物質登錄資訊平台	
	熔點、沸點、密度、溶解度等			
	pH、EC、Kow、Koc 等			
環境暴露 研究	環境暴露	可能的人體暴露途徑	環保署化學局/衛福部 / 農委會 (農藥)	化學雲 / 化學物質登錄資訊平台 / 各專案調查計畫/ 國家攝食料庫 / 農藥資訊服務網
		自然環境來源		
		人為污染來源		
	環境流布	環境介質濃度調查結果	環保署 / 環保局	環境雲 / 環保專案成果報告資訊系統 / 定期監測結果
		污染來源濃度調查結果	衛福部食藥署	
		各類食品中濃度調查結果		
	環境宿命	環境宿命	環保署化學局	國外資料庫
		環境生物及非生物降解		
		環境生物濃縮或累積特性		
土壤吸附及移動特性				
自水或土壤之揮發特性				
毒害研究 試驗	代謝性及 藥物動力學	代謝 / 代謝物	衛福部 / 國衛院 / 農委會 (農藥)	國外資料庫 / 農藥資訊服務網
		體內吸收、分配和排泄		
		生物半衰期		
		作用機轉		
	動物毒性 研究	致癌性	衛福部/國衛院/ 農委會 (農藥)	國外資料庫 / 農藥資訊服務網
		非致癌性		
		生態毒性		
		毒理數值 (LC ₅₀ 、LD ₅₀)		
		國內外研究試驗進展		
	藥理學研究	醫療用途	衛福部/國衛院	國內外資料庫
		警語		
		交互及拮抗作用		
致命劑量報告				

表 6.1-4 「化學物質風險資訊資料庫」建議之資料供應及權責管理單位 (2/2)

資料組	資料項目	子資料集	建議資料建置管理 權責單位	建議資料來源
風險管理 措施	環境標準值 或法令規範	參考每日攝入量 (ADI)	衛福部	國內外資料庫
		化學物質管理規定	環保署	環保法規資料庫
		環境管理標準值		
		食品安全限值	衛福部	食安法規資料庫
	化學物質 使用及貯存 安全	國外法令規定	環保署化學局	國內外資料庫
		GHS	勞動部職業安全衛生署	各化學物質 SDS / 國內外資料庫
		燃燒/爆炸潛勢		
		安定性及反應性		
		滅火措施		
		暴露預防措施		
		運輸安全規定		
		貯存安全規定		
	洩漏處理方式			
	職業安全 衛生規範	廢棄處置方法	勞動部職業安全衛生署	國內外資料庫
		OSHA 標準		
		閾值/限制值		
		NIOSH 建議		
其他參考 資訊	生產者及 使用者資訊	對生命健康之立即性危害	環保署化學局	化學雲 / 化學物質登錄資 訊平台
		其他法令標準或指引		
		用途		
		生產者		
		生產方法		
		生產作業資訊		
		原物料/配方		
	不純物			
	實驗分析 方法	國內外用量資訊	衛福部	國內外資料庫
		國內生產製造者/進口者/輸出者		
臨床實驗室分析方法				
文獻參考 資料	環境檢測分析方法	環保署環檢所	檢測方法資料庫	
	採樣方式	衛福部 / 環保署環 檢所	檢測方法資料庫	
	臨床研究	衛福部 / 農委會 (農 藥)	國內外資料庫	
	毒理 / 藥理試驗研究			
同義詞和 標識符號	環境介質調查	環保署/環保局	環境雲 / 環保專案成果報 告資訊系統	
	國內外資料庫	環保署化學局	國內外資料庫連結	
	廠商申報提供資料	環保署化學局	化學雲	
資料管理 資訊	同義詞	環保署化學局	化學雲/國內外資料庫	
	標識符號			
	資料最後更新日期	環保署化學局	依據資料變動日期自資料 庫管理系統中擷取	
資料最後審閱日期				
資料更新歷程				

6.2 環境風險知識建立與應用

近年國內食品安全、環境污染等相關社會議題頻傳，如戴奧辛鴨蛋、三聚氰胺、塑化劑、銅葉綠素、雙酚 A、芬普尼、PM_{2.5}、空氣污染等議題莫不引起民眾與新聞媒體極大之關注，然而政府、工商產業與民眾之間因無法理性溝通，以致於歷次重大社會議題事件後不斷加劇了彼此對立謾罵、推託、不信任之社會氛圍，及至難以解決。

探究問題根源，此類食品安全或環境污染議題往往涉及專業之風險評估，但因過於學術性之風險暴露危害評估過程及評估結果，不具相關風險認知之一般大眾實難以於短時間內理解，是故如何提升社會大眾之風險認知，引導社會各界得以於相同科學理論基礎下理性討論並共同參與行政決策，為邁向先進國家必經之路。而其首要工作，可思考由建置一良好之風險知識平台出發，提供國人正確、可信賴且普及性之風險資訊，企圖將艱澀之風險評估學術研究成果轉譯為各界易懂的風險知識，並將知識有效傳播，踐行風險溝通與管理，如此始能增進政府、工商產業與民眾間三方面的信任關係，進而落實政策風險溝通於公共政策決策過程。

本計畫參酌國外先進國家風險知識建置成果，並比較國內之風險知識建置現況後認為，風險知識的建構需以完善的環境調查資料與環境風險評估架構為基礎，並應適度以一般民眾較易理解的方式呈現科學性的風險評估結果。大體上各國主要採行之風險評估架構均相同，即環境風險之評估基本原則為關切受體之暴露劑量×劑量毒性效應。若以此觀點出發於風險知識的建構上應讓一般民眾瞭解或思考風險評估的過程所包含之主要組成與考量因素，例如所需評估之關切受體對象為何？各化學物質釋放進入環境介質的途徑與量體為何？各化學物質於不同環境介質中的流布情形為何？受體所有可能暴露於化學物質的途徑為何？受體於各特定環境介質中所受化學物質暴露劑量為何？各化學物質於各特定環境介質中所產生之毒性風險為何？意即風險評估的資訊的建置架構至少應包含確立關切受體對象與環境介質，並以此建立暴露情境概念模型，以及蒐集環境介質中化學物質濃度含量、化學物質對於各類受體之致毒劑量與風險估算統計方式等必要之基礎資料。

本計畫認為，經由適宜的風險資訊揭露以正確的建立民眾對於化學物質在環境中的傳輸變化概念模型後，須進一步將風險資訊涵蓋面向提升至風險管控之層級，明確說明闡述民眾可能於生活中之哪些情境下暴露或接觸了環境中的污染物。

本計畫建議於環境風險知識之呈現上，應以民眾較易關注之因環境風險所肇致之健康危害或食品安全問題為出發點，深入探討與研析各部會針對相關議題所發佈之風險資訊內容與其目的性，並以化學物質在環境中的傳輸與宿命為基礎，規劃如何串連既有風險資訊之橫向或縱向關係，據以研擬整合性風險資訊管理方案，俾利我國風險知識地圖的建置與推展。

因此於整合性之風險資訊服務規劃上，規劃將以暴露情境概念模型為基礎，提供各化學物質之危害性資料及其於不同環境介質中之濃度調查資訊、經試算所產出之環境影響或人體健康風險評估結果等，以使一般民眾可全面性且正確的瞭解化學物質經由環境傳輸所致之風險，決策者則可以此擬定整體性風險控管措施，以達維護環境品質與確保人體健康之管理目的。

本計畫已提出此一環境風險知識建構與應用方式之構想，包含環境風險知識建立原則、建立目標及建置範例等，並初步規劃「化學物質風險知識庫」建議之資料庫架構如圖 6.2-1，可供計畫主辦單位後續依實務需求修正調整，並利於未來推動環境風險知識平台之建置作業。

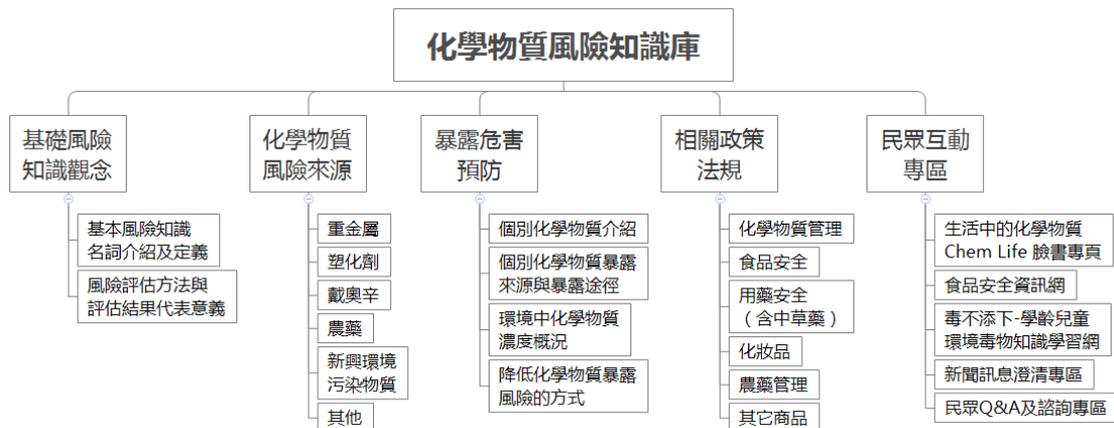


圖 6.2-1 「化學物質風險知識庫」建議架構示意圖

一、環境風險知識建立原則

我們每個人普遍都曾經歷下述的知識學習經驗，於傳統學校教學場域中以概念（concept）為中心經師長教導或自書本中累積學習了大量的知識，然而即使我們掌握或者記住了那些內容，但於現實生活環境中因較少運用到，以致於所學習獲得的知識並沒有立即使用的機會，那麼這些知識若沒有被消化吸收的話很快的就會被我們慢慢遺忘。

相較於過往透過學校教學或自書本中緩慢學習累積獲取知識，身處於資訊化社會中，今日人們僅需於網路上輸入單一關鍵字詞即可迅速取得數以萬計的網頁資料，然而龐大的資料量卻也同時造成資料使用者的困擾，並非人人皆為有識之士有能力從中識別出正確且有用的訊息並將其轉化為自己的知識進而加以應用。

環境風險知識或化學物質危害的資訊，通常即是我們曾經學習過但也總是會被遺忘的知識，大部分民眾於日常生活中普遍缺乏能夠正確辨識或認知此類知識的能力，也因較無使用上的需求，以致於媒體報導食安相關議題新聞時若過度渲染往往便會造成民眾的恐慌。有鑒於此，主管機關應善用資訊化工具，將對於一般民眾較為專業或過於艱深的環境風險資訊轉譯為淺顯的內容，提供民眾即時且正確的化學物質安全資訊，以導正企業、民眾、媒體等利害關係者對危害化學物質之認知，長期而言則應針對民眾風險知識教育不足的問題研提對策。

綜合上述，於化學物質環境風險知識建立的原則上，即應考量知識傳遞的平台仍以網站或手機軟體為主，應以簡單明瞭的圖表方式呈現所欲傳達的知識重點，化繁為簡，並以強化國民於生活上可能暴露之化學物質來源及其危害性為主軸，傳達減低暴露為害影響之正確認知，說明如下。

- (一) 風險知識的重點應在於呈現「民眾生活周邊會有什麼樣的化學物質危害」、以及「教育民眾如何降低化學物質的暴露風險以避免化學物質所造成之危害」。
- (二) 風險知識應用的呈現方式應考量接受資訊的不同目標對象族群（target audience）之差異特性，如應依據風險認知程度的差異而使用不同的素材分別提供學齡兒童、一般社會大眾、及專業人士不同類型之資訊，或依

據風險溝通對象之個體差異性，如不同的飲食習慣、社會經濟地位、易感性族群（如孕婦、老人、小孩、特定體質）等而提供不同的說明。

- (三) 風險知識呈現之內容均應以科學研究評估之數據資料為基礎，經確認數據的完整性及可信程度後將之以圖像化或影像化方式轉化呈現成為民眾易於瞭解之資訊，論據內容並應專業客觀公正平實。
- (四) 優先以民眾居家生活上於食、衣、住、行、育、樂等各方面常接觸暴露或關切之化學品為題材製作，以吸引不同族群瀏覽，普及化學物質危害及暴露風險之正確知識。

二、環境風險知識建立目標

化學物質環境風險知識建立之目標，為預防及避免民眾於使用、接觸及無意間暴露化學物質時可能對人體健康造成之危害影響及環境污染危害，所應溝通宣導之正確風險認知及行為措施，涵蓋基礎風險觀念、化學物質風險來源、暴露危害預防及相關政策法規等。主要應建立說明之內容規劃如下：

(一) 風險知識內容與資訊傳達對象

環境風險知識內容所設定之主要範疇建議可簡化分為基礎風險知識觀念、化學物質風險來源、暴露危害預防、相關政策法規、及民眾互動專區五大主題類型，所設定之資訊傳達對象則可區分為學齡兒童、一般社會大眾、專業人士等三大族群，並應以一般社會大眾為最主要之資訊接受族群對象，建議之知識內容與傳達對象彙整如表 6.2-1 所示。其中對於學齡兒童之風險知識建立，國內目前已有國衛院與國立臺灣師範大學共同建置可提供國中小及高中環境毒物教育之數位學習平台網站-毒不添下（<http://toxfree.nhri.org.tw/child>），建議可介接納入。

表 6.2-1 環境風險知識內容主要範疇與傳達對象

風險知識建立範疇	資訊接受族群		
	學齡兒童	一般社會大眾	專業人士
基礎風險知識觀念	✓	✓	
化學物質風險來源	✓	✓	✓
暴露危害預防	✓	✓	✓
相關政策法規		✓	✓
民眾互動專區		✓	✓

(二) 風險知識內容規劃

對於需傳達之化學物質環境風險知識內容，依據前述環境風險知識建立原則，本計畫建議應包含基礎風險知識觀念、化學物質風險來源、暴露危害預防、相關政策法規、及民眾互動專區五大主題類型，彙整如表 6.2-2。

表 6.2-2 「化學物質風險知識庫」主要闡述之知識內容

風險知識建立類別	風險知識傳達重點	主要闡述之知識內容
基礎風險知識觀念	基本風險知識名詞介紹及定義	<ul style="list-style-type: none"> 什麼是危害 (hazard) 什麼是風險 (risk) 什麼是風險評估
	風險評估方法與評估結果代表意義	<ul style="list-style-type: none"> 如何做風險評估 風險評估四個主要步驟介紹 風險評估結果如何呈現 何謂可接受的風險？
化學物質風險來源	會造成危害的化學物質有哪些	<ul style="list-style-type: none"> 各主要危害化學物質類型介紹：如重金屬、塑化劑、戴奧辛、農藥、新興環境污染物質等
暴露危害預防	生活中可能暴露之化學物質	<ul style="list-style-type: none"> 個別化學物質介紹 個別化學物質暴露來源與暴露途徑 環境中化學物質濃度概況 降低化學物質暴露風險的方式
相關政策法規	各政府機關化學物質管理政策及法規標準	<ul style="list-style-type: none"> 化學物質管理 食品安全 用藥安全 (含中草藥) 化妝品 農藥管理 其它商品
民眾互動專區	化學物質科普知識教育與訊息澄清	<ul style="list-style-type: none"> 不定期提供生活中的化學物質知識內容 食品安全資訊 學齡兒童環境毒物知識學習 新聞訊息澄清專區 民眾 Q&A 及諮詢專區

其中於基礎風險知識觀念上應闡述說明最基本的風險知識名詞以及風險評估之觀念，務使各界能清楚瞭解。於化學物質風險來源部分，則簡介一般媒體或網路資訊常報導介紹的化學物質類別，說明其基本特性以及種類、用途或可能之危害性。於暴露危害預防之主題上，則將生活環境中民眾可能接觸的化學物質，逐一介紹其基本性質、生活中的用途、可能暴露來源以及途徑、歷年調查之環境暴露濃度、以及降低暴露風險之方式，嘗試讓民眾於接觸到相關化學物質資訊時，可提供正確的資訊自行查詢瞭解，對於污染物濃度數值資訊，亦有能力判斷個體或特定環境介質中所受化學物質暴露劑量之高低程度。相關政策與法規專題則可傳達政府目前對於化學物質的管理制度現況或是環境品質行政管理標準。民眾互動專區則提供化學物質相關科普專題、學齡兒童學習教材、食安風險資訊，且應由各權責單位適時對於內容錯誤或過於偏頗之新聞媒體訊息及時提出澄清，亦可規劃設置民眾疑問線上諮詢服務專區。

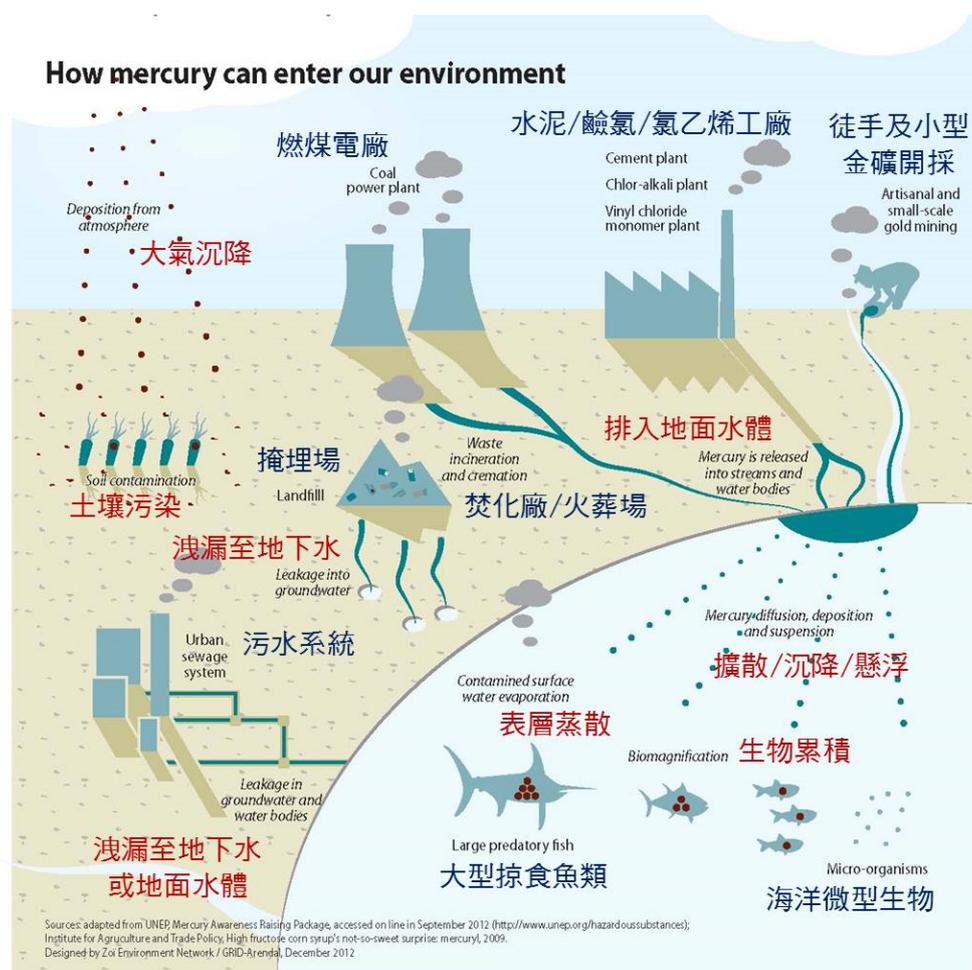
三、環境風險知識內容建立方式以及資料供應權責單位

目前國內化學物質管理相關之各部會權責單位過去多已有提供或設置風險知識或資訊公開之網頁或平台，然因污染物於環境中的傳輸轉變及其使用生命週期等面向密不可分，但各部會所發布之訊息其所關注面向多僅侷限於其專業領域，如農委會與衛福部關切重點為漁產品之食用安全，環保署則聚焦於工業商業活動所可能造成的污染行為。考量人類可能因多重污染源之多重暴露途徑而遭受汞之危害，民眾若僅接收片斷之風險資訊，即可能誤解訊息之真正意涵而造成不必要之恐慌。

有鑒於此，本計畫建議環境風險知識建立之方式，應由專責單位統籌負責，且應以化學物質於環境中的來源與流布概念為基礎，以完整且全面性的視野建立民眾對於環境污染問題之理解，各權責單位則應協助專責單位提供各所管專業的資訊，再由專責單位委請專家審閱檢核後發布。

如以汞為例，可參考聯合國環境規劃署（United Nations Environment Programme, UNEP）編繪之汞於環境中的來源與傳輸途徑概念示意圖（圖 6.2-2），以及汞對人體健康可能之暴露危害途徑來源示意圖（圖 6.2-3），讓民眾清楚瞭解汞於環境中可能的來源與傳輸作用，以及人類可能暴露汞之危害途徑，如實傳達汞為原即存在於自然環境中的物質且可能分佈於各類環境介

質之觀念，人類生存於此環境中本即暴露於一定程度之風險下，以此破除一般民眾對於「零風險」之迷思。但也同時說明透過適當之風險管控措施，如適量攝取大型掠食魚類與妥善處理含汞廢棄物等方式即可降低暴露風險，以強化民眾對於風險管理之認知。另亦可以此宣達政府各部會對於降低汞暴露風險所採取的積極管理作為，如環保署已依毒性化學物質管理法公告汞的使用用途限制，制定更為嚴格的環境排放標準，並已建立空氣背景濃度監測站，掌握經由大氣長程傳輸至我國境內的汞濃度資料；衛福部則已加強食品、化妝品與中藥材等民生必需品之汞含量查驗工作，另經濟部則負責輔導使用含汞原料之廠商以其他可替代之材料取代汞的使用，使一般大眾可充分瞭解並有機會參與相關環境管理議題之決策過程，建立彼此間的信賴基礎。希冀透過此一全面性的風險知識傳播與應用，可達成良好的風險溝通與管理之目的。



圖片來源：<https://www.unenvironment.org/explore-topics/chemicals-waste/what-we-do/mercury/mercury-monitoring>

圖 6.2-2 環境中汞的來源與傳輸途徑概念示意圖

★ 適量攝取大型迴游魚類

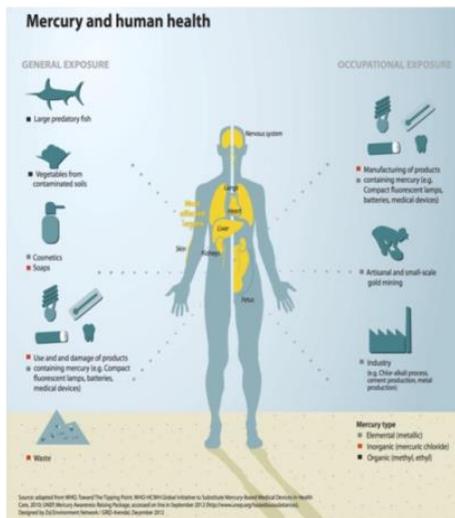
- ▶ 衛福部已發布孕婦及兒童魚類攝食指南
- ▶ 衛福部/農委會定期抽測

★ 購買使用合格化妝品

- ▶ 衛福部定期抽測市售商品
- ▶ 2010~2014年共35件美白化妝品違法添加汞

★ 減少使用含汞製品

- ▶ 環保署公告限制水銀體溫計輸入及販賣
- ▶ 汞含量較高之日光燈管或省電燈泡已陸續停產



★ 妥善回收含汞製品

- ▶ 環保署公告廢照明光源回收儲存清除處理方法及設施標準

★ 避免接觸含汞礦區

- ▶ 環保署公告瑞芳台金公司及其所屬廢煙道為污染場址，並採行阻絕隔離措施

★ 減少環境汞排放

- ▶ 環保署空污法修正草案將訂定生煤及石油焦等成分標準及混燒比例之管制
- ▶ 2005~2012年臺灣每年人為大氣汞排放量，介於1.29~1.85公噸之間

圖 6.2-3 汞之可能暴露危害途徑來源示意圖

本計畫參考既有國內外各單位所建置之相關資料內容，建議此資料庫所屬各資料項目資料來源以及暫擬之資料管理權責單位如表 6.2-3，建議由各單位提供所業管且過去亦曾發布之風險知識後，由專責單位綜合彙整研析後發布，且由專責單位統籌規劃建置及管理此一專業平台系統，但各分項之資料內容則應由所涉及之部會權責單位負責建置維護並控管資料品質。

本計畫所初擬建議之資料庫架構為一初步之規劃構想，建議計畫主辦單位後續可視政策需求與各權責主管機關協商討論後推動建置。另因資料庫中各類資料項目及子資料集內容國內外各單位實質上應均已有相當完備，建議計畫主辦單位於此資料庫之規劃建置上應著重於各單位資料庫內容之協商取得、資料庫所需資料欄位內容之介接、以及資料品質審閱更新控管。

表 6.2-3 「化學物質風險知識庫」建議之資料供應及權責管理單位

資料組	資料項目	建議資料建置管理 權責單位	建議資料來源
基礎風險 知識觀念	基本風險知識 名詞介紹及定義	環保署化學局	委請專家協助撰寫
	風險評估方法與 評估結果代表意義		
化學物質 風險來源	重金屬	環保署化學局	國衛院國家環境毒物研究 中心網站 / 汞水俣公約資 訊網
	塑化劑		國衛院國家環境毒物 研究中心網站
	戴奧辛		持久性有機污染物資訊網
	農藥		農藥安全資訊資料庫
	新興環境污染物質		環境荷爾蒙管理計畫網站 / 國衛院國家環境毒物研 究中心網站
	其他		
暴露危害預防	個別化學物質介紹	環保署化學局 / 衛福部 / 農委會（農藥）	化學雲 / 國衛院國家環境 毒物研究中心環境毒物資 料庫/農藥安全資訊資料庫
	個別化學物質暴露 來源與暴露途徑		
	環境中化學物質 濃度概況		化學物質環境流布調查 資訊網
	降低化學物質暴露 風險的方式		化學雲/國衛院國家環境毒 物研究中心網站 / 農藥安 全資訊資料庫
相關政策法規	化學物質管理	環保署化學局	化學局網站
	食品安全	衛福部	食品安全資訊網
	用藥安全（含中草藥）		藥品業務資訊網
	化妝品		化妝品業務資訊網
	農藥管理	農委會	農藥資訊服務網
	其它商品	環保署化學局	化學知識地圖
民眾互動專區	生活中的化學物質 Chem Life 臉書專頁	環保署化學局	委請專家協助撰寫
	食品安全資訊網	國衛院國家環境毒物 研究中心	
	新聞訊息澄清專區	各業管權責單位	
	民眾 Q&A 及諮詢專區		

四、環境風險知識建立範例

(一) 基礎風險知識觀念：以國內既有風險教育宣導資料說明呈現不同對象之風險知識內容範例。

學齡兒童版本：什麼是危險（危害）？什麼是風險？

左圖：有危險，但不可能發生危害。

右圖：有危險，並有可能發生危害。



- 左圖中有一隻獅子，也就是危險，但光只有獅子是不會發生危害。
- 右圖中有一隻獅子，如果同時也有人在場，那麼人便有可能遭受獅子攻擊的危害，這就代表會有「風險」存在的狀況。

圖文資料來源：<https://www.keyence.com.tw/ss/products/safetyknowledge/about/>

一般社會大眾版本：什麼是危險（危害）？什麼是風險？

危害與風險的差別

危害(Hazard) 造成傷害的潛在性

風險(Risk) 基於暴露量造成傷害的可能性

當要過馬路時，車子就是危害

若要穿越高速公路 發生事故的風險高 暴露量高

若要穿越鄉間小路 發生事故的風險低 暴露量低

食物中的危害可能是...

物理性危害 如：魚的魚刺

生物性危害 如：對人體有害的細菌、病毒、寄生蟲等

化學性危害 如：受重金屬污染的魚

食品風險高低取決於攝取量...

吃多少？

吃多久？

多常吃？

風險 = 危害 x 攝取量
(Risk) (Hazard) (Exposure)

製圖/ 社團法人台灣國際生命科學會 (ILSI Taiwan)
資料來源/ EFIC, 2017. How to Communicate Food Risk? A Handbook for Professionals.

資料來源：凌明沛，2017，建立食安信心的重要關鍵—強化風險溝通！社團法人台灣國際生命科學會 ILSI Taiwan 專欄，2017年6月號

(二) 化學物質風險來源：環境中有許多具危害性之化學物質，如重金屬、塑化劑、戴奧辛、農藥、新興環境污染物質等，以持久性有機污染物質為例說明。

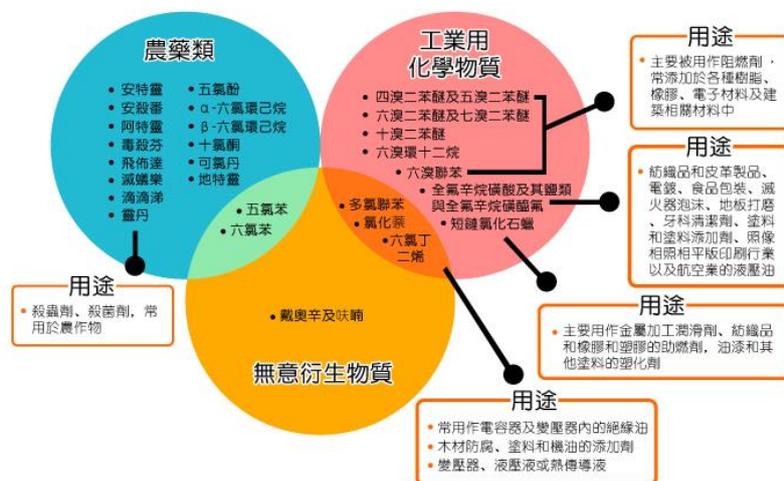
一、什麼是持久性有機污染物質？

持久性有機污染物質(persistent organic pollutants, 簡稱 POPs)是指具有**持久性**、**半揮發性**、**生物累積性**及**高毒性**的化學物質，說明如下：

- 持久性**：POPs 對生物降解、光解、化學分解等作用有較強的抵抗能力，因此這些物質一旦排放到環境中就難以被分解，且能在水體、土壤及底泥等多種環境介質中殘留數年或更長的時間。
- 半揮發性**：POPs 都具有半揮發性，能夠從土壤、水體揮發到空氣中，並以蒸氣的形式存在於空氣中或吸附在大氣顆粒物上，從而能在大氣環境中進行遠距離遷移。同時，半揮發性的特徵又使得 POPs 不會永久停留於空氣中，而會重新沉降到地球表面。
- 生物累積性**：有機化合物進入水體後，其在水生生物體內濃度升高的現象稱為生物累積作用。因 POPs 具有生物累積性，因此在生物鏈越上端的物種其體內累積濃度將越高，危害性也將越大。
- 高毒性**：POPs 大多具有很高的毒性，部分 POPs 還具有致癌性、致畸性、致突變性、生殖毒性及免疫毒性等。這些物質嚴重危害生物體健康，而且這種毒性還會由於污染物的持久性而持續一段時間。

二、持久性有機污染物質的種類及用途

持久性有機污染物質可分為三類，包含有意生產或使用之農藥類、工業用化學物質，以及無意衍生之物質，如戴奧辛及呋喃，如下圖所示：



三、持久性有機污染物對人體的危害



資料來源：環保署持久性有機污染物資訊網站 <https://pops.epa.gov.tw/>

(三) 暴露危害預防：於暴露危害預防部分，則逐一分別介紹民眾所關住之化學物質，提供各化學物質基本資料介紹、生活中可能之暴露來源、環境中暴露濃度概況，以及降低暴露風險之方式與建議，以下以汞為例說明。

一、汞的介紹

1. 什麼是汞？

汞 (mercury) 是一種有光澤、銀白色、無臭味的液體，如果將它加熱會成無色無味的氣體。汞以三種形態存在，分別是金屬汞 (元素汞)、無機汞和有機汞，在特定條件下，不同形態的汞可以互相轉化。此外，微生物 (尤其是水生系統的微生物) 可把無機汞轉化為甲基汞 (methylmercury)，且主要以甲基汞積存於魚類體內。



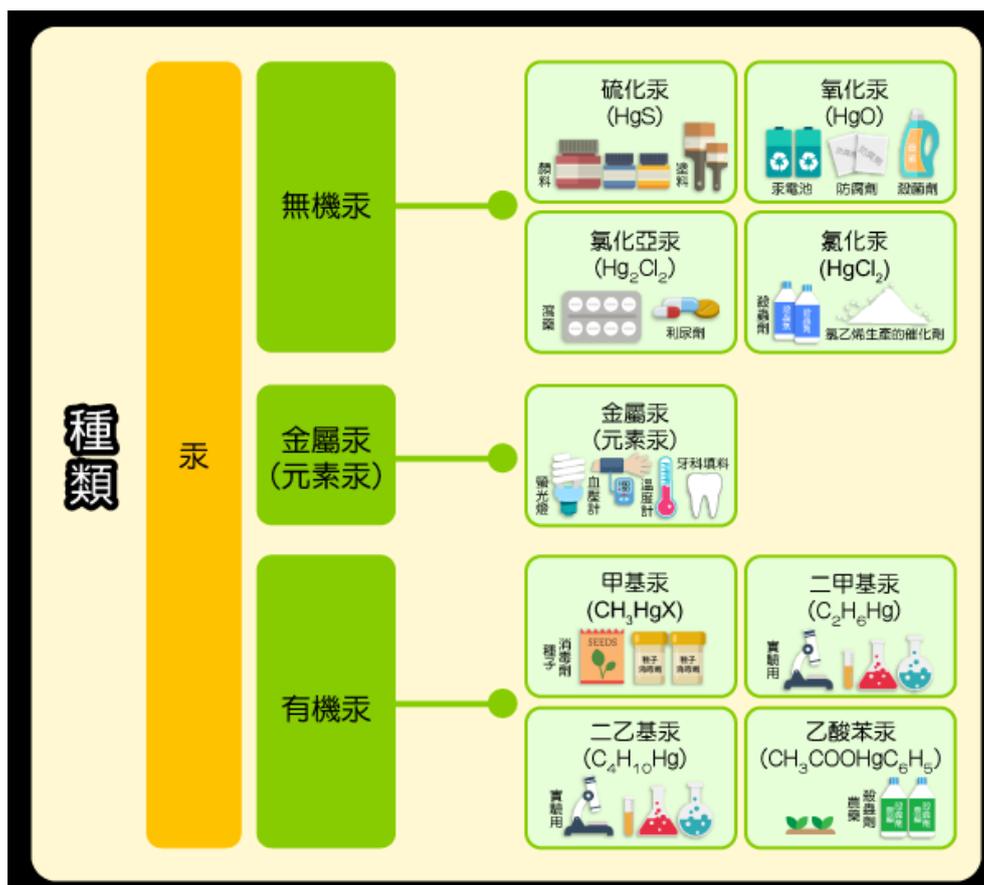
汞的外觀

汞是常溫下唯一具有流動性之液態金屬，膨脹係數穩定並具高導電性，容易與大部分普通金屬形成合金，汞的基本性質如下表。

俗稱	水銀	熔點	-38.87 °C
顏色	銀白色	沸點	356.73 °C
化學符號	Hg	比重	13.534 (25°C)
原子序數	80	蒸氣壓力	2×10^{-3} mmHg (25°C)
原子量	200.59		

2. 汞的種類及其應用特性為何？

汞在自然界中主要以「元素汞」、「無機汞」、「有機汞」三種型式存在，因汞具有流動性、膨脹係數穩定、高導電及容易與大部分普通金屬形成合金的特性，故汞及其化合物被廣泛使用於工業、農業、醫療及製造照明、量測設備等許多日常生活用品之中，常見的含汞產品包括乾電池、汞溫度計、汞血壓計、照明光源、牙科用補齒劑（汞齊）等。



汞的種類

3. 汞對健康的影響為何？

吸入汞蒸汽可對神經、消化和免疫系統，以及肺和腎造成損害，後果可能是致命的。無機汞則會腐蝕皮膚、眼睛和胃腸道。在不同汞化合物的吸入、食入或表皮接觸後，可能觀察到神經和功能紊亂，其症狀包括震顫、失眠、記憶力減退、神經肌肉的影響、頭痛和認知能力和運動功能障礙。此外，胎兒的發育最易受到汞的影響，它可對嬰兒正在發育的大腦和神經系統產生不利影響，而甲基汞則會損害神經發育。因此，在胎兒期接觸甲基汞的兒童其認知思維、記憶、注意力、語言，以及良好的運動和視覺空間能力都可能受到影響。

二、生活中汞的可能暴露來源與暴露途徑

1. 生活環境中汞的可能暴露來源及其危害

汞的暴露來源，大致可分為食物攝入、使用受汞污染化妝品等的一般暴露及職業暴露等方式，會對大腦及神經系統造成損害，還會損傷肝、腎、肺等器官，汞攝入量過多還將造成記憶喪失及語言障礙等嚴重後果。



資料來源：環保署，汞水俣公約資訊網 <https://hg.epa.gov.tw/>

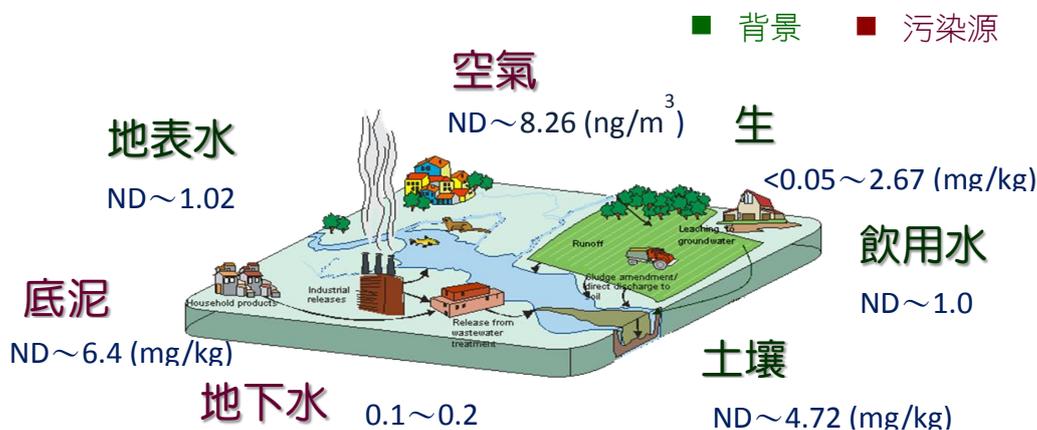
生活環境中汞的可能暴露來源及其危害示意圖

2. 食品中為什麼會出現汞？

汞天然存在於環境中，可藉由天然和人為途徑進入環境中並污染食物。大多數食物所含的汞為無機汞。不過，水產動物是甲基汞的主要來源，而體型較大的魚積存的甲基汞較多。生物在食物鏈所處的位置越高，體內積聚的甲基汞便越多。

三、環境中汞濃度概況

彙整國內各單位歷年之調查結果，汞於國內環境中各介質中濃度分布範圍下示意圖：



國內環境中汞的濃度調查結果示意圖

四、降低汞暴露風險的方式

1. 要如何預防吃到含汞的食物?

- (1) 保持均衡飲食，切勿偏食
- (2) 魚類含有多種人體所需的營養素，宜適量進食多種魚類，切勿偏吃某幾種魚類
- (3) 孕婦、計劃懷孕的婦女和幼童應避免選吃汞含量可能較高的魚類
- (4) 選擇具有生產履歷或信譽良好之業者所販售之產品

2. 如何減少含汞商品汞之暴露?

- (1) 補牙改用樹脂等其他不含汞替代品替代銀粉的使用
- (2) 切勿購買來路不明，標示不清之美白化妝品
- (3) 選購符合 CNS 國家標準或具有環保標章的含汞商品(如燈泡、燈管、電池等)
- (4) 選購品質優良的 LED 燈，以取代含汞的螢光燈

(四) 相關政策法規：以汞為例，為符合國際趨勢，我國已透過跨部會分工，落實國內汞管理機制，減少環境汞污染及保護國人健康，汞之相關管理政策法令說明架構如下。

一、毒性化學物質管理

1. 汞已公告為毒性化學物質
2. 汞公告列管之禁止運作事項及得使用用途

二、環境保護管理

1. 空氣污染防治
2. 土壤、底泥及地下水污染管制
3. 飲用水、放流水、水體水質管制
4. 廢棄物管制

三、含汞產品及食品管理

1. 含汞產品管制標準及禁限用管理
2. 廢乾電池及廢照明光源種類、回收情形
3. 食品及水產品中汞含量標準

四、勞工職業安全管理

1. 勞工作業場所容許暴露標準

五、教育宣導

1. 針對易感族群加強衛教及飲食宣導

資料來源：環保署，汞水俣公約資訊網 <https://hg.epa.gov.tw/>

(五) 民眾互動專區：此專區除可應用現行臉書生活中的化學物質提供相關專業科普教育文章外，另可適時依據媒體報導資料由政府發布新聞稿澄清或文宣宣導資料，以汞為例說明。

如何避免吃到汞含量可能較高的魚類？

• 食的安全：

魚類有優良蛋白質、多元不飽和脂肪酸及多種營養素，為孕婦及兒童應建議攝取之食品之一。但是，部份大型掠食性魚類有蓄積較高濃度甲基汞之情形，對於胎兒及幼童之神經發育可能造成危害，所以應該依以下建議適量攝食。

• 孕婦及育齡婦女魚類攝食量建議：

1. 每週宜至少均衡攝食 7~9 份(245~315 公克) 的各種魚類。
2. 避免攝食鯊魚、旗魚、鮪魚及油魚。如攝食，每週以攝食不超過 2 份(70 公克)之旗魚、鮪魚及油魚，或每週攝食不超過 1 份(35 公克)之鯊魚為宜。

• 1~6 歲兒童魚類攝食量建議：

1. 1~3 歲兒童，每週宜至少均衡攝食 2 份(70 公克) 的各類魚類；4~6 歲兒童，每週宜至少均衡攝食 3 份(105 公克) 的各類魚類。
2. 避免攝食鯊魚、旗魚、鮪魚、油魚。如攝食，每個月以攝食不超過 1 份(35 公克) 為宜。

註：針對鮪魚罐頭之攝食限制，僅限於以長鰭鮪所製之白肉鮪魚罐頭，其他鮪魚類罐頭之攝食建議，比照其他各種魚類。

• 份量估計：

1 份魚肉 = 35 公克(可食生重)；目視約為成人三指併攏後之大小及厚度。

資料來源：食品藥物管理署-藥物食品安全週報第 638 期



使用含汞的牙粉補牙會有風險嗎？

已使用補牙銀粉（汞齊）之民眾無須恐慌

據美國食品藥物管理局（Food and Drug Administration, FDA）表示，汞齊（又稱銀粉、汞合金）於補牙時或從牙內移除過程中所產生的汞蒸氣，可能有神經毒性疑慮。雖有消費者團體指稱汞齊可能引起罹患阿茲海默症的風險，FDA 認為目前尚無足夠證據顯示汞齊對人體確實有害。

我國規定汞齊須經衛生署查驗登記，其製造廠須符合醫療器材優良製造規範（Good Manufacturing Practice, GMP），始得製造或輸入販售；經查目前未曾發生任何以汞齊補牙導致中毒的案例。

對於已使用汞齊補牙的民眾，FDA 建議不應將汞齊取出，目前正考量 6 歲以下孩童、孕婦、哺乳婦女及免疫不全者是否不應使用汞齊。衛福部建議現階段上述族群宜改用樹脂等其他替代材料補牙，至於已使用汞齊補牙者，衛福部亦不建議將汞齊刻意取出，且呼籲民眾無須恐慌。

衛福部仍持續關注國際間對醫療器材的管理趨勢，並適時公布相關資訊，確保國人使用安全，另已建置藥品及醫療器材不良反應通報系統，可供民眾、醫療專業人員及廠商辦理通報。

資料來源：衛生福利部

建檔日期：97-06-13

<https://www.mohw.gov.tw/fp-207-28426-1.html>

如何避免買到含汞的化粧品？

我國禁止化粧品中添加重金屬汞

有關報載「上網血拚，小心含汞化粧品」乙節，食品藥物管理署（Taiwan Food and Drug Administration, TFDA）說明如下：

消費者接觸到汞，會使皮膚產生發炎、刺激或過敏等現象，如為人體吸收亦會引發汞中毒，危害人體健康。我國考量該成分之風險，已於民國 72 年公告禁止化粧品中添加汞，擅自添加者違反化粧品衛生管理條例 23 條以同條例第 27 條處一年以下有期徒刑、拘役或科或併科新台幣 15 萬元以下罰金；其妨害衛生之物品沒收銷毀之。且經查國際間包括我國、歐盟、日本、韓國均禁止化粧品中添加汞。復參酌國際間管理規範量化化粧品製造過程中因技術上或使用原料等因素無法排除之自然殘留，我國於 97 年公

告我國規範汞殘留量不得超過 1ppm。

而化粧品中重金屬之檢測，是 TFDA 每年品質監測之重點稽查項目，TFDA 自 99 年成立至今，其中重金屬檢出率已由 99 年之 12.3% 降至 102 年 7 月之 2.3%。統計 99 年至 102 年 7 月 TFDA 共抽驗市售化粧品 3100 件，其中執行重金屬檢驗者為 384 件，共檢出 37 件面霜類產品含重金屬（其中 35 件檢出汞、2 件檢出鉛）。該 37 件，不合格產品均已下架並依法處辦。

TFDA 提醒消費者選用化粧品時應選擇標示完整，避免上網購買來源不明、標示不清或過期產品，使用化粧品亦應保留原外包裝或說明書，避免丟棄，以便能隨時了解產品所載之相關資訊進而正確合理使用，進而保障消費自身之權益。

食品藥物管理署對於化粧品管理，著重上市產品安全監測措施，除繼續加強督導地方衛生機關取締不法化粧品外，亦請民眾協同監督檢舉非法，並可透過本署網頁〈便民專區〉為民服務信箱及消保服務專線 02-2787-8080，以供民眾檢舉及諮詢。民眾如因購用的化粧品發現有不良品或不良反應發生時，可通報食品藥物管理署所建置的「全國化粧品不良品通報系統」，網址：<http://cosmetic-recall.fda.gov.tw>，通報專線：02-2396-0100。

資料來源：衛生福利部食品藥物管理署

建檔日期：103-01-06

<https://www.mohw.gov.tw/cp-2638-22505-1.html>

國內販售之中藥中是否含有重金屬？

[新聞] 消基會公布「中藥含重金屬」之檢驗結果

消基會每年都會開放「中藥含西藥及重金屬」檢測服務，接受消費者的委託申請並將測試結果進行統計及分析，以提醒全體消費者注意用藥安全。

中藥材可分為植物、動物和礦物等三大類，由於天然野生植物相當稀少加上需求量變大，現在多半採人工種植的方式，若土地受到污染，中藥材就可能受到重金屬污染，還有有些礦物類本身就含有重金屬如硃砂（含汞）、雄黃（含砷）及無名異（含錳）等，這類成分製成的方劑若應用不當，往往會引起重金屬中毒反應，國內的衛生福利部中醫藥司對中藥製劑也已制定重金屬的限量標準。

2017 年度消基會接受消費者委託送檢「中藥含異常物質（西藥及重金屬）」檢測，共計有 64 件中藥申請。申請檢測重金屬（鉛鎘汞）中，40 件來自合法管道（中醫診所（醫院）、中（蔘）藥行及西藥房等）都符合「中藥濃縮製劑含異常物質之限量」中「複方製劑及單味製劑之總重金屬限量低於 30 ppm 以下」的規定。但若是參照該規定的「（藥典）基準方其重金屬——鎘及汞的限量須低於 0.5 ppm 以下，而鉛及砷的限量則須低於

10 及 3 ppm 以下」，就有 1 件購自「中藥行」治「健胃止瀉類」檢出超過 0.5 ppm 以上的汞。

來自其他或不明來源管道的樣品有 57 件檢測重金屬，其中有 2 件檢出高達 1,000 毫克/公斤 (ppm) 的汞，這 2 件分別為「託人購買」治療「養肝類」及「其他」治療「其他-治中風類」。

重金屬在環境中雖然無法避免，但若食用到含有汞的食物或藥品，大部分都會排出體外，但長期下來經由胃腸的蠕動也會被吸收蓄積而導致慢性中毒，特別是於腎臟和中樞神經系統，而造成病變，有的會刺激皮膚及黏膜而產生局部症狀。

中藥含過量的重金屬已經屬於「劣藥」，依《藥事法》第 21 條第 3 款規定「劣藥，係指核准之藥品經稽查或檢驗有汙穢或異物者。」，可依同法第 90 條「販賣、供應、調劑、運送、寄藏、牙保、轉讓或意圖販賣而陳列前項之劣藥或不良醫療器材者，處新台幣 3 萬元以上 2,000 萬元以下罰鍰。」

有 2 件被驗出重金屬含量偏高之檢品其來源都未明確，因此建議消費者應多向合格之醫療院所及藥局購買，以保障用藥安全。

消基會提醒消費者：傳統中藥藥方中有不少配方會使用到「硃砂」，在藥典中硃砂具有「安神解毒，清心鎮驚」的功效。但由於硃砂本身的成分就是硫化汞，衛福部已於 2009 年禁止使用「硃砂」作為藥方之一，去年度還是有 2 件不符合規定的樣品，檢出的汞含量都大於 500 ppm 以上，推測可能使用硃砂的緣故。雖然中國大陸仍允許朱砂使用於方劑中，但也建議在醫生指導下用藥且不宜久服，以避免慢性汞中毒。

發布日期：2018-07-13

資料來源：中華民國消費者文教基金會 https://www.consumers.org.tw/contents/events_ct?id=815

第七章 研提我國毒物及化學物質環境流布調查綱要

章節摘要

本章說明國內整體環境流布調查作業所需關切之重要議題，包含調查範疇與調查對象之界定、本土化評估參數之建置、既有管理資源之整合與調查成果之應用等，另亦說明本計畫研提環境流布調查綱要之組成架構及主要內容，以及環境流布調查綱要兩場次專家學者諮詢會議之辦理情形。

我國化學物質管理係由環保、衛生、勞動、農業、經濟、財政、交通及內政部等主管機關分別職掌，歷年各相關部會權責機關雖已陸續調查並建置各類化學物質於各類型環境介質及受體中之濃度資料，以及風險評估所需之參數資料等，然而各權責單位多僅依其管理需求與法規管制項目辦理調查作業，因此相關調查資料於調查項目、區域、頻率與方式上皆不盡相同，實不易於整合歸納為可供各界共享利用之有效資訊。

鑒於各部會於調查資源之分配及資料之應用上尚未具一致性，為利於積極推動全面性之化學物質管理工作，實有必要擬訂一綱要計畫，建立整體性之調查作業原則及資訊整合歸納機制，並確立各部會之分工，以可具體落實化學物質源頭控管、風險評估、以及環境風險資訊揭露等工作，達成「有效管理化學物質，建構健康永續環境」之化學物質管理願景。

本計畫已依評選須知之規定，於盤點檢視國內現行毒物及化學物質環境風險評估各主要模式及所使用之參數後（詳見第四章與第五章說明），針對其所欠缺之評估參數或調查資料，提出我國中長期毒物及化學物質環境流布調查綱要計畫之規劃，並完成辦理 2 場次之專家學者諮詢會議，茲分別說明如后。

7.1 環境流布調查綱要撰擬

7.1.1 關鍵議題研析

本計畫已於第四章彙整研析國內化學物質環境濃度與環境傳輸模式參數之調查與建置現況，並於第五章及第六章說明本計畫研擬之環境風險評估架構、風險資訊整合及知識應用機制對於參數或基礎資料之需求，茲歸納目前國內整體環境流布調查作業所需關切之重要議題如后。

一、環境流布調查之範疇

過往國內各權責單位所辦理之環境流布調查大多著重於環境濃度之調查，其主要目的係為瞭解化學物質於目前使用或管制情形下之環境品質現況，並作為管制標準訂定及污染排放管理等之參考。然而，面對現今化學物質種類不斷推陳出新及環境污染物日趨增多之挑戰，政府單位現有之調查資源與調查方式實難以擴及至所有化學物質，且僅有化學物質於環境中之濃度值並不足以說明其對人體健康或生態環境可能造成的危害程度，另針對對於環境影響仍屬未知之新化學物質或開發行為，亦無法透過環境濃度調查加以評估其所可能帶來的危害。有鑒於此，近年國內陸續發布之環境管理法規多已增納風險評估之概念於其中，並開始建置風險評估或環境傳輸模擬所需之參數資料，使決策單位可透過科學性的資料分析或預測方法，具體量化化學物質可能造成的影響，並作為源頭管制成效評估、環境釋放量管制與環境標準值研訂等管理決策工作之用。

綜合前述國內環境流布調查作業的發展趨勢，以及其於整體環境管理架構中所扮演之角色可知，環境流布調查資料的應用已不僅限於環境品質現況的評估，更需進一步延伸至可預測未來影響程度之環境風險評估。因此，本計畫建議綱要計畫所指之環境流布調查範疇，除應包含目前各權責單位多已有執行之「環境中化學物質濃度調查」外，亦可納入「風險評估所需之本土化參數調查」(圖 7.1-1)，以完善現有環境管理制度所需之各項調查資料，並作為推動以風險評估為基礎之化學物質管理架構之依據。

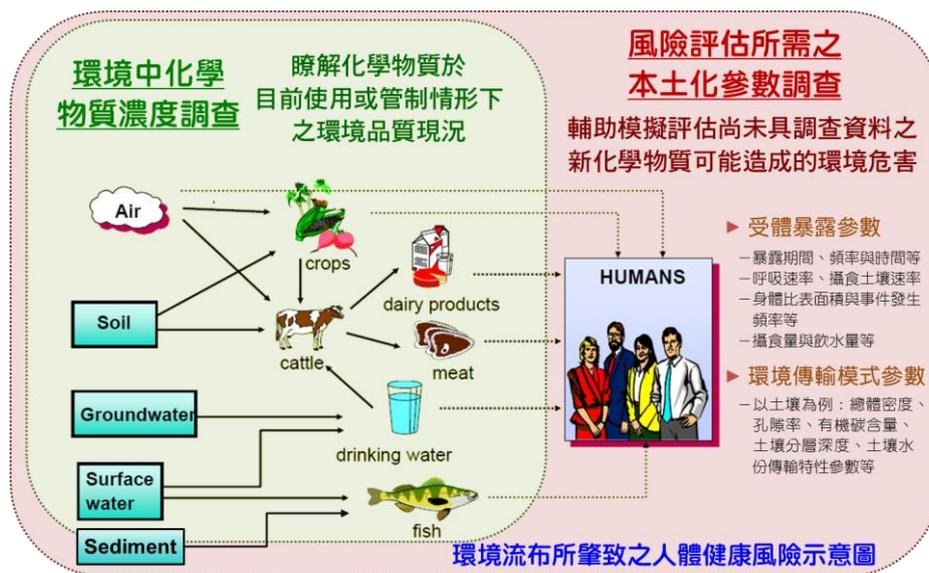


圖 7.1-1 環境流布調查範疇示意圖

二、調查對象與優先調查清單之確立

目前國內各項化學物質之源頭管理依其屬性與用途分別由不同之權責單位所負責(圖 7.1-2)，如農藥的登記使用係由農委會動植物防疫檢疫局及農業藥物毒物試驗所負責管理與審核，另化妝品、食品與食品添加物則由衛福部食藥署負責，而由環保署化學局所負責之化學物質登錄作業則不包含前述已受專法管理者。然而，以維護人體健康與環境品質之角度而言，所有可能釋放至環境中或與人體接觸的化學物質皆具有潛在之風險，亦為各環境介質法規所需關切與管理之對象。因此，本計畫建議環境流布調查綱要中宜考量含括之調查對象包含：毒管法所列管之毒化物、既有新與化學物質等、以及其他可能流布於環境介質中的化學物質(如農藥與藥物等)。

此外，目前已有使用之化學物質種類繁多且仍不斷持續增加中，其中僅有部分危害性較明確之化學物質被列為環境法規管制項目，故得以持續辦理相關環境調查作業，而針對其他可能具潛在風險的新興污染物，各權責單位尚未有一致性的定義或篩選機制，且甚少考量源頭使用與整體環境傳輸流布之關聯性，致使各單位所認定應優先執行調查作業之對象多有所異。為利於落實源頭管理並確保全國性化學物質環境管理政策之一致性，本計畫建議可評估發展化學物質優先性篩選評估作業方法，建立化學物質優先調查評估清冊，以分析環境流布調查作業優先調查對象並利於調查資源之配置作法。

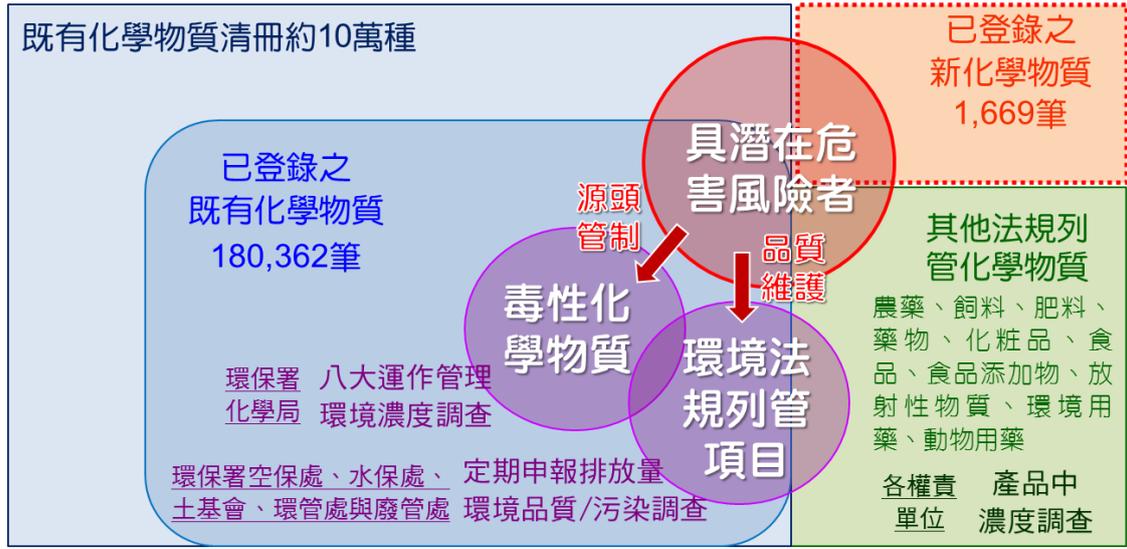


圖 7.1-2 國內化學物質的分類與管理現況

三、既有調查資源之整合

綜觀國內各權責單位環境調查之執行現況（如第四章），各項調查工作依其調查方式主要可分為定常性監測作業、污染排放/環境品質定期申報制度及特定目的之調查計畫，調查區域或地點則可分為一般環境背景與高污染潛勢區域，調查目的則有環境品質長期監測、加強污染排放管理、管制標準研修、高潛勢區域污染查證與檢核源頭管制成效等之區別。由此可知目前國內各權責單位多僅依其法規及行政管理需求辦理相關環境流布調查作業，尚未能考量化學物質於各環境介質間之傳輸與轉化等整體性概念，致使各方調查資料實難以分析比較，而不易作為整體性環境環境風險評估之所用。

為有效提昇各項調查資料於整體性風險評估或環境管理政策規劃之可應用性，本計畫建議宜由專責單位統籌訂定環境中化學物質濃度調查作業規劃原則，作為建立全國性調查監測體系之基礎。另綜合考量國內各權責單位既有環境調查工作之辦理情形，以及各類化學物質於法規管理或傳輸流布特性上之差異，本計畫並建議可建立一整體調查作業架構，將環境流布調查作業之目的分為環境管理需求、長期監測調查、篩選性環境影響調查、詳細環境影響調查與特定目的環境調查等五大類，以包括所有可能的調查需求與調查對象，如前述環境管理需求之調查對象為各環境法規已列管之化學物質，長期監測調查則針對持久性有機污染物，而篩選性環境影響調查、詳細環境影

響調查之關切對象則為尚未受環境法規列管，然經初步判定可能具環境風險而需進一步評估之高優先化學物質，即被列於前述之優先調查清單者。

此外，鑒於部份高優先化學物質之檢驗分析或生物有效性評估方法尚未建立，本計畫亦建議宜由專責單位統籌規劃全國化學物質環境檢驗方法訂定事宜，訂定環境檢測標準方法，並建立檢驗機構認證制度，以確保我國環境介質中化學物質檢驗分析測定結果之準確性及可靠性。

四、本土化風險評估參數之建置

風險評估為可有效整合化學物質環境調查數據，並量化其危害程度之科學性分析方法，然而此一評估過程相當複雜，且所需之參數相當廣泛，主要可區分為物化性質參數、毒理參數、環境傳輸參數、受體暴露參數等。部分參數之取得雖可參考先進國家所建置之資料庫，惟亦有部分參數受地區性環境特性、人種組成與生活型態等之影響，如降解速率、揮發速率、淋洗速率與生物濃縮係數等環境傳輸參數，以及呼吸速率、食物攝入量、飲水量、土壤誤食量、身體表面積與體重等受體暴露參數，若僅爰引國外既有參數資料將難以反映國內實際之暴露情境。另關於毒理參數之取得，雖大多可直接參考國內外化學物質登錄制度與先進各國毒理資料庫已有建置之資料，但有些化學物質會因於不同環境中存留之型態、價態之差異性，或因生物轉化或化學反應等因素，而有不同之危害程度，僅使用全量濃度資料並不能真實反映污染物進入或被人體吸收之情形，而可能導致評估結果過於保守。

有鑒於此，為利於整體性環境風險評估作業之執行，並有效提昇風險評估結果之準確性與可應用性，本計畫建議宜由專責單位評估全國性環境風險評估參數調查工作之可行性，以協助各權責單位系統性的彙整與建置風險評估所需之各項參數，如依據區域環境特性之差異與分布情形辦理環境傳輸參數調查，以取得具代表性之資料，或優先研究或調查與人體暴露途徑最為相關之食物鏈傳輸參數。另受體暴露參數之調查宜區分為一般民眾及敏感性受體等（如孩童、孕婦或高暴露潛勢區域居民），或考量國人居住地點或特定暴露情境下參數之差異性分別辦理調查。有關毒理參數之蒐集則宜建立系統資料庫加以管理，以利各界查詢與爰引所需資料，評估針對化學物質生物有效性或生物可及性辦理調查作業之可行性。

五、環境流布調查資料之整合應用

目前國內各權責單位大多各自辦理環境流布調查資料之建檔、管理、以及後續分析應用與成果發布等工作，各項調查資料之品質、格式、型態與儲存方式多有所差異，且各單位權責職掌不盡相同，於調查評估結果之闡述上亦多有其目的性及侷限性，因此面對同一化學物質，民眾所能接受到的資訊大多相當零碎且分散，此一情形對於化學物質的整體管理而言，並非有效且完善的風險溝通與管理方式。

為促進各方調查資料的整合與共享流通，並可有效應用於政策規劃管理、施政成果展現以及風險管理與溝通等工作上，本計畫建議宜由專責單位訂定資料品質之分級基準、資料標準格式，並建立資料交換平台與作業規範等，以確保調查數據處理與管理之永續性。另本計畫亦建議宜由專責單位統籌規劃資料整合評析方法與定期發布機制，考量不同溝通管理對象（如專家學者、廠商業者與一般民眾等）之所需，將產出結果區分為基線濃度調查成果、風險評估結果、危害預警指標與風險控管作為等不同層級之資訊。

7.1.2 主要架構與內容規劃

本計畫已參考政府各綱要計畫之撰寫架構、前述各項關鍵議題之研析結果、歷次專諮會委員之建議、以及計畫主辦單位之實務需求，提出我國化學物質環境流布調查綱要計畫（草案），計畫主要內容如表 7.1-1 所示，整體執行架構則如圖 7.1-3，完整內容請參閱附件七。以下將摘要說明本綱要計畫之重要內容。

本綱要計畫之整體目標主要可分為以下五大項：

- (一) 掌握國內化學物質環境流布各項資料
- (二) 建立我國化學物質優先調查評估清冊
- (三) 推動部會合作執行環境流布調查作業
- (四) 具體落實全面性環境風險評估與管理
- (五) 促進化學物質環境風險資訊共享利用

對應各目標所提出之五大執行策略與工作項目包含：

- 一、盤點國內化學物質環境流布資料
 - (一) 盤點各部會化學物質環境流布調查方式
 - (二) 研析各部會化學物質環境流布調查資料現況
- 二、發展化學物質優先性篩選評估方法
 - (一) 建立篩選評估作業方法
 - (二) 建立化學物質優先調查評估清冊
 - (三) 成立化學物質優先調查評估清冊審議委員會
- 三、環境中化學物質濃度調查
 - (一) 法規已列管物質常態性監測調查
 - (二) 持久性有機污染物長期監測調查
 - (三) 高優先化學物質環境風險評估調查
 - (四) 特定環境議題化學物質調查
 - (五) 化學物質檢測分析方法開發
- 四、化學物質整體性環境風險評估
 - (一) 毒理參數資料建置
 - (二) 環境傳輸參數調查
 - (三) 受體暴露參數調查
- 五、化學物質環境風險資訊整合應用
 - (一) 建立調查資料整合作業程序
 - (二) 建立調查資料整合評析方法
 - (三) 定期發布調查評估結果

其中針對化學物質優先性篩選評估方法的建立，本綱要計畫已參酌各國業已建立之篩選作業原則（詳第三章說明），與化學局委託成功大學辦理之 107 年度化學物質環境流布背景調查專案工作計畫，所提出之「化學物質登錄制度之環境流布調查物質篩選機制」，初步研擬篩選評估方法並於附件中說明其作業流程（圖 7.1-4）、篩選原則與計算方式等。此一篩選評估方法之訂定目的係為建立系統性之

篩選評估機制，期望藉由蒐集化學物質既有且可取得之資料，如物化特性、運作量、環境中濃度調查結果與毒性試驗結果等，以初步評估其環境風險之相對高低，並依此排序作為環境流布調查作業執行之優先順序。

另關於環境中化學物質濃度調查，本綱要計畫亦已參酌國內執行現況（詳第四章說明），據以研擬具整體環境流布傳輸概念之調查作業規劃與執行流程（圖 7.1-5），羅列調查作業規劃所需考量之原則與面向，如調查類型、調查對象、關切環境介質、調查區域與地點、調查頻率、調查方式與分析方法等，以供各權責單位參考並作為建立系統性調查監測體系之基礎。整體而言，常態性行政管理所需之環境調查包含法規已列管物質常態性監測調查、持久性有機污染物長期監測調查、與高優先化學物質環境影響評估調查，調查結果主要將作為各權責單位執行化學物質風險評估與檢討源頭管理及管制成效之所需。特定環境議題化學物質調查則為針對國內外輿論關注事件所辦理之調查作業，調查結果將作為相關政策研擬與風險溝通之依據。另為配合環境流布調查與風險評估作業執行之所需，各目的事業主管機關宜同時開發各環境介質中化學物質檢測分析作業所需之方法。

表 7.1-1 環境流布調查綱要計畫主要內容

項次	項目	主要內容
壹	緣起	說明本計畫背景，包含管理現況、面臨問題與解決對策等
貳	依據	說明本計畫推動之政策或法源依據
參	目的	說明本計畫四大目的
肆	目標	說明整體目標與分階段之短、中、長期規劃
伍	整體概述	說明計畫架構、適用範圍、權責單位與專有名詞定義
陸	執行策略	說明本計畫五大執行策略及對應之工作項目
柒	工作方法	說明各工作項目之作業原則
捌	業務分工	說明各工作項目之權責單位與預定辦理之期程
玖	預期效果及影響	說明本計畫預期可達成之效益
拾	管制考核	說明本計畫管制考核作業原則
拾壹	經費來源	說明推動本計畫所需經費之來源
-	附件	調查對象優先性篩選評估作業方法（草案）

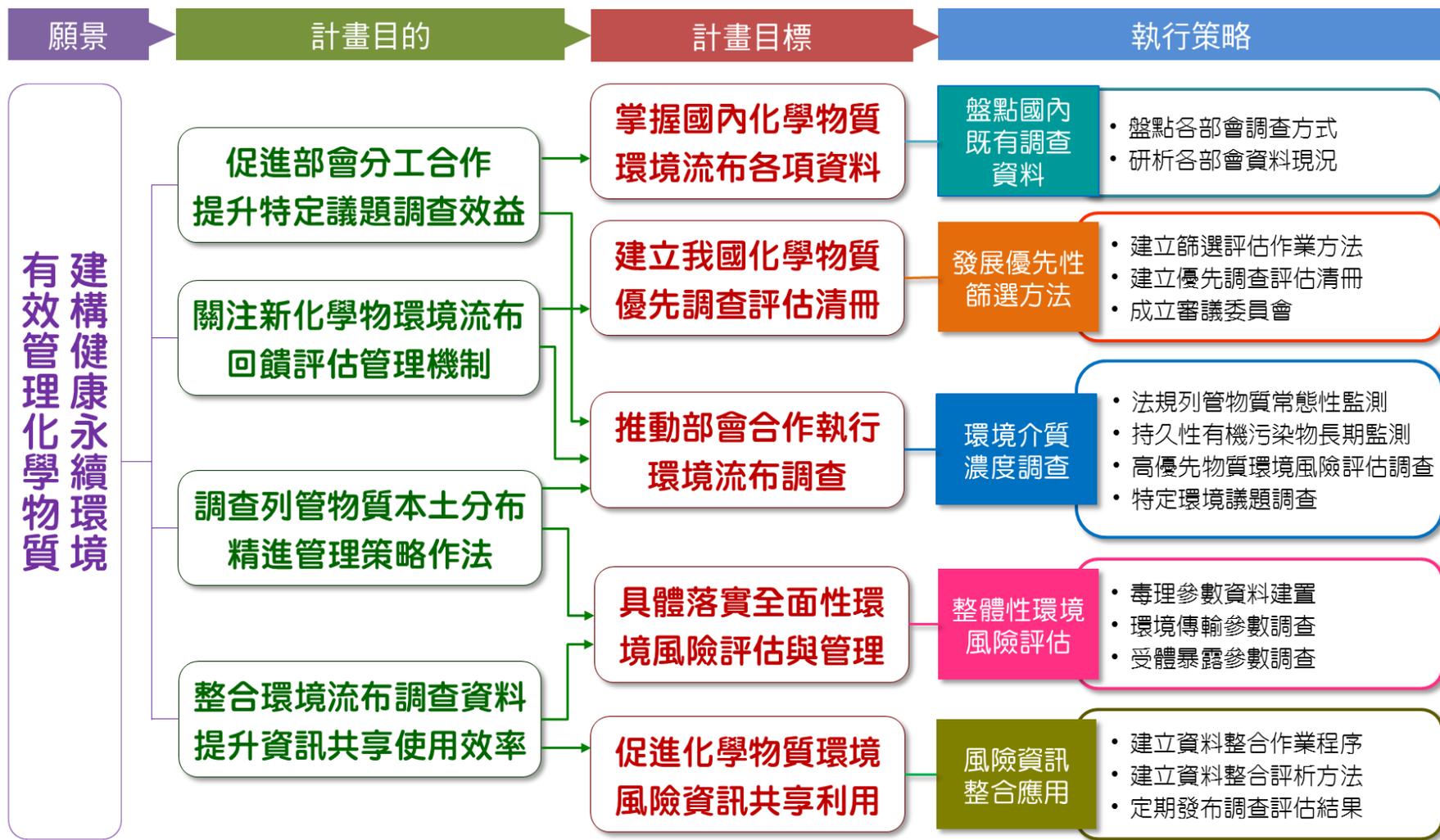


圖 7.1-3 環境流布調查綱要計畫整體架構

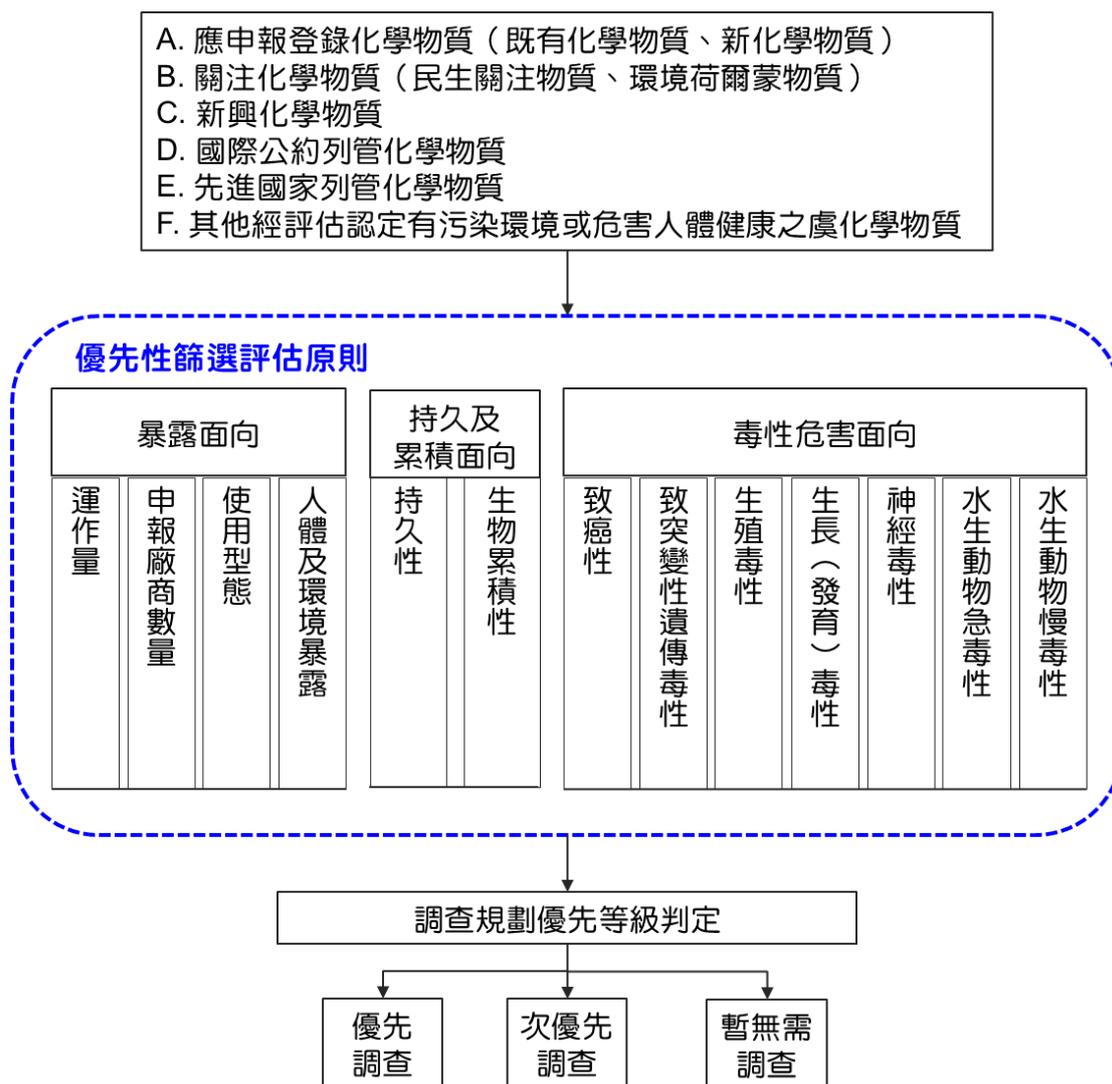


圖 7.1-4 調查對象優先性篩選評估作業流程（草案）

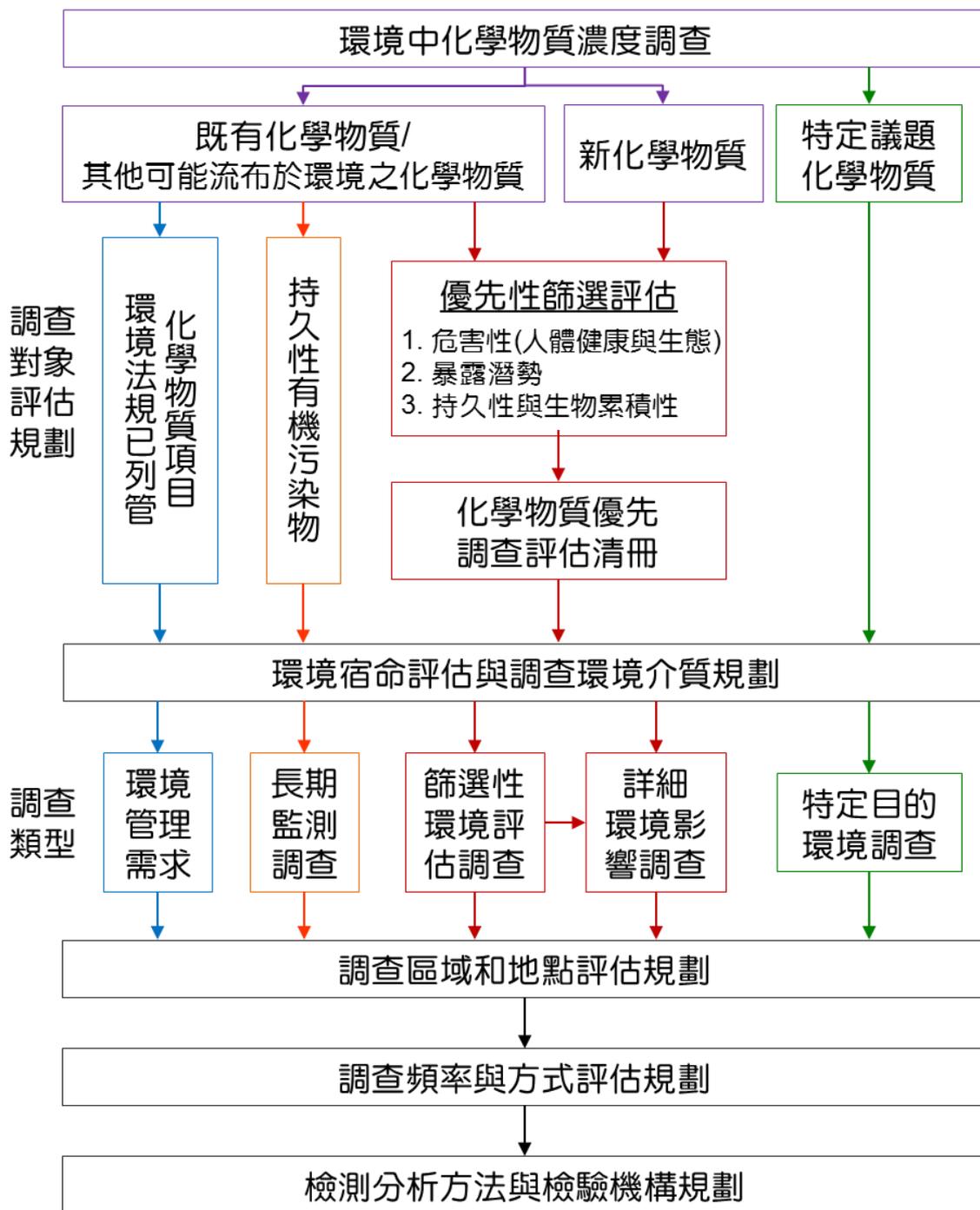


圖 7.1-5 環境中化學物質濃度調查作業執行與規劃流程

7.2 專家學者諮詢會議辦理情形

鑒於國內毒物及化學物質因環境傳輸所致環境風險與健康危害評估之方式尚屬起步階段，如何整合各權責單位既有資源、推動與建構適宜之環境流布調查方式，以及建置風險管理所需之資訊等，仍需參酌各界專家學者之意見。

本計畫已依評選須知之規定，辦理完成兩場次專家學者諮詢會議，每場次並於計畫主辦單位同意後，各邀請五位國內具環境污染物風險評估、污染物環境流布調查等專業領域之專家學者參與討論，兩場次會議之辦理情形茲說明如后。

7.2.1 第一次專家學者諮詢會議

本計畫於 107 年 5 月 29 日辦理第一次專諮會，主要討論議題包含我國化學物質環境流布調查規劃之主要考量，以及風險評估於我國化學物質管理架構之應用等。本次會議所邀請之 5 位專家學者名單如表 7.2-1，會議辦理情形如圖 7.2-1，簡報內容、會議記錄與會議簽到單請參閱附件五。茲摘要說明本次會議討論議題與各專家學者所提出之意見與建議如后。

表 7.2-1 第一次諮詢會議邀請之專家學者名單

姓名	服務單位名稱	職稱	專長與研究領域
吳先琪	國立臺灣大學環境工程研究所	名譽教授	環境污染宿命、有機物在土壤及地下水層之傳輸及轉化、環境危害性之評估、環境微量污染物之分析、生態系統之管理
詹長權	國立臺灣大學公共衛生學系	教授 院長	職業衛生、健康風險評估、風險溝通
郭育良	國立臺灣大學職業醫學與工業衛生研究所 / 國家衛生研究院	教授 / 特聘研究員	環境職業流行病學、基因流行病學、毒理內科學、生殖危害、環境賀爾蒙、人因工程
何文照	中國醫藥大學公共衛生學院健康風險管理學系	副教授	公共衛生、生統流病、法規毒理學及風險評估、環境醫學、健康資料分析
凌明沛	國立臺灣海洋大學食品科學系	副教授	食品安全風險評估、機率風險分析與模擬、重金屬毒性及代謝、生理為基礎之藥理動力及動態模式



圖 7.2-1 第一次專家學者諮詢會議辦理情形

一、討論提綱

(一) 我國化學物質環境流布調查規劃之主要考量

1. 綱要訂定目的與調查範疇是否適宜？
2. 初步規劃之五項考量原則是否已充足？
3. 針對綱要研擬之其他建議事項。

(二) 風險評估於我國化學物質管理架構之應用

1. 如何因應化學物質管理特性與挑戰，發展適宜之風險評估方法？
2. 如何依明確管理目的實行風險評估並有效應用於決策架構中？

二、意見與建議

(一) 環境流布調查綱要訂定目的與範疇

1. 化學物質環境流布調查，似偏重為既有使用中之化學物質，不適用新化學物質或偶發釋出事件造成之流布。調查之目的為補評估風險數據之不足，並制定運作及釋放量之規範所用。
2. 本綱要計畫極具迫切性與必然性，應盤點現有資料與瞭解資料缺口，建議均應陳述整合。
3. 毒物與化學質環境流布的現況如何？既有化學物質已有哪些？應先明確彙整並透明公開，應是綱要建立的前提，以利後續目的與範疇的討論。
4. 綱要主內容中範疇所提，「所需收集之資訊」為主，不夠具體。

(二) 環境流布調查作業原則與權責分工

1. 流布相關參數之基礎參數應透過部會協調請科技部專案推動。
2. 環境流布調查必需先掌握化學物質重大使用來源或排放來源。
3. 各種環境介質之中，其評估方式稍有不同，需要釐清。例如：空氣—人群聚集處；水—來自攝入或皮膚接觸；土壤—經植物等途徑；底泥及生物體—經食物鏈。
4. 人體暴露資料宜請化學局諮商國健署重要化學污染物體內濃度及其相關風險調查。

5. 應界定調查數據品質目標及涵蓋區域的特色性或廣泛代表性。
6. 優先評估篩選原則，各國都有很好可引用之處，例：(1) 既有化學物質、新化學物質；(2) 使用量 (≥ 1 公噸/年)；(3) 重金屬、持久性污染物等；(4) 是否具高危害性。

(三) 化學物質管理政策與制度面

1. 政府應協調各部會成立「國家生物偵測計畫」有系統從受體端來確認人體及生態的暴露狀況和風險大小。
2. 環境流布調查應要求廠商執行。
3. 應界定廠商之告知責任有多少，如是否需要到各環境介質之可能流布等。
4. 廠商來評估是生產廠商或使用廠商，管理架構會不同，應先描述定義明確。

(四) 化學物質環境風險評估目的與原則

1. 風險評估用途有二：一為已長期流布於環境所產生之風險；二為化學災害發生之即時風險評估，均要以制定運作規範及釋放量為目的。風險評估之模式及假設應隨情境不同而做適當之選擇。受體行為模式之選取所產生之評估差異很大，是評估方法中較不確定的部分，宜有一些指引。
2. 風險評估模式需考量多模組推估的可能性、不確定性分析及各評估方法的優點與限制。
3. 建議考量敏感族群與區域的特別保護。
4. 就整體架構而言，以化學物質在自然環境流布對人體所造成的危害評估是很好基礎，建議能進一步考量化學物質在人為運作環境中的流布或可能造成化學物質大量釋放的潛在意外。
5. 風險評估適用於毒物或化學物質對人體的，因其化學特性對人體的危害。但物理性的危害，例如：火災等，如何評估？
6. 目前已有「環境影響評估中風險準則」與「土壤地下水整治中風險評估指引」，未來若有此評估指引，在環境介質、調查區域等方面，建議可參考，避免評估者混淆。

另配合計畫主辦單位之實務需求，本計畫亦於 107 年 6 月 1 日及 6 月 7 日，分別前往拜訪中國醫藥大學公共衛生學院健康風險管理學系－江舟峰教授，及成功大學醫學院環境醫學研究所－李俊璋教授，會議辦理情形如圖 7.2-2，二位專家對於本計畫環境流布調查綱要撰擬之意見與建議茲摘要說明如后。

一、江舟峰教授

- (一) 環境流布調查的目的係為協助風險評估作業中模擬情境之建立，建議可先以較重要且較受關切的化學物質為例（重金屬與戴奧辛等），試行如何應用環境流布調查資料於環境風險評估作業中。
- (二) 建議優先調查項目的篩選應以具食安疑慮者為優先考量，以食品危害物之分類觀點而言，則應優先關注環境污染物（如重金屬與戴奧辛等）與遷移物（食品包裝材料，如 PFOS），另亦需再進一步考量化學物質的毒性與環境流布現況等，以做為優先順序排定之依據。
- (三) 風險評估參數建議可參考以下分類方式進行論述：毒理毒性參數、物化參數、受體暴露參數與環境傳輸參數等。其中毒理毒性參數之取得可參考各國既有資料庫，惟須充分瞭解各項資料的產製方式與考量因子，以確保可正確的引用適宜之參數。另環境傳輸參數的建置則應以重要的關切項目為優先，如植物對於土壤污染物的吸收參數應以攝食量較大的稻米與蔬菜類為優先。
- (四) 風險評估於環境管理政策上的應用應採用層次性方法（tier approach），首先使用預設參數進行最保守的評估，若初步判定具有風險，則應再就實際調查數據辦理決定性（deterministic）（採用整體資料之 95 百分位值）或機率性（probabilistic）風險評估，以確認是否確實具有不可接受風險。

二、李俊璋教授

- (一) 環保署歷年所辦理之環境流布調查目的係提供化學物質於環境中傳輸累積之資訊，並可做為管理上的預警指標，即透過調查環境中化學物質最終受體的底泥介質，據以評估化學物質是否有污染環境之虞，並作為後續使用管制措施研擬或污染調查之參考依據。建議計畫可參考過往執行經驗做為綱要研擬之基礎。

- (二) 建議風險評估參數資料的調查與建置應以現行部會之權責做為分工基礎，如人體相關毒理或暴露參數之建置應由衛福部及國健署負責，另環境濃度資料之調查則應由各環境介質管理機關負責辦理之。
- (三) 建議優先調查項目的篩選可參考先進各國之做法，如考量化學物質的毒性、暴露量、持久性與累積性等關鍵因子，並需依其物化特性擇定適宜的調查介質，另亦需考量目前是否已有分析方法等。
- (四) 建議參考中研院於 2014 年邀集國內外專家學者共同研擬出版之「國家食品安全維護及環境毒物防治體系建議書」，其中對於防治體系組織架構、實際運作架構與流程之規劃等。

7.2.2 第二次專家學者諮詢會議

本計畫於計畫執行期間已參酌第一次專諮會各委員所提出之建議，提出我國化學物質環境流布調查綱要計畫之初稿，並於 107 年 10 月 9 日完成辦理第二次專諮會，本次會議所邀請之 5 位專家學者名單如表 7.2-2，會議辦理情形如圖 7.2-3，簡報內容、會議記錄與會議簽到單請參閱附件六。

本次會議主要討論重點為環境流布調查綱要計畫內容之合宜性，各委員所提出之建議與辦理情形已彙整如表 7.2-3。後續本計畫並已參酌各委員之建議進行修正，經與計畫主辦單位討論後，據以提出我國化學物質環境流布調查綱要計畫之草案（詳附件七）。

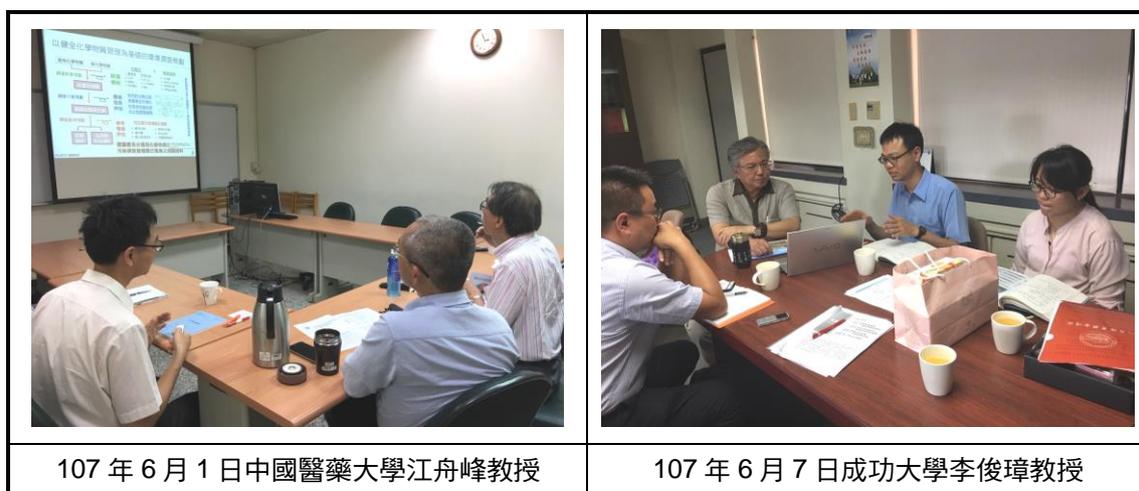


圖 7.2-2 專家學者拜訪與諮詢情形

表 7.2-2 第二次諮詢會議邀請之專家學者名單

姓名	服務單位名稱	職稱	專長與研究領域
吳先琪	國立臺灣大學環境工程研究所	名譽教授	環境污染宿命、有機物在土壤及地下水層之傳輸及轉化、環境危害性之評估、環境微量污染物之分析、生態系統之管理
李俊璋	國立成功大學工業衛生學科暨環境醫學研究所	主任秘書/特聘教授	環境污染物流布調查評估、環境毒物健康風險評估與管理
江舟峰	中國醫藥大學公共衛生學院健康風險管理學系	教授	健康風險評估、食品安全風險評估、污染物監測、風險管理
陳家揚	國立臺灣大學環境衛生研究所	教授/所長	環境毒物學、環境有機污染物調查評估
何文照	中國醫藥大學公共衛生學院健康風險管理學系	副教授	公共衛生、生統流病、法規毒理學及風險評估、環境醫學、健康資料分析

表 7.2-3 第二次專諮會委員意見辦理情形 (1/3)

委員	意見	修正說明
一、調查對象優先性篩選評估原則之合宜性		
吳先琪	分級最後是相加還是相乘？	各評估面向與項目之分數係為相加後再分級，已補充說明如附表 1。
	吸入劑量單位是 mg/L/day ？	經查與美國環保署原始資料之單位相同。
	皮膚接觸劑量 mg/kg/day 是否已經考慮吸收效率？	經查美國環保署原始資料並未特別說明。
	存在 1 種介質或 2 種介質的說法有些含糊。	經查美國環保署原始資料，本評估項目所指為化學物質是否曾於環境介質中被檢出，已修正文字內容。
	「任何一種環境介質」是指所有任何環境介質，還是只要有任一環境介質？有些含糊。	經查美國環保署原始資料，本項所指為「任一種環境介質」，已修正文字內容。
陳家揚	綱要中優先調查對象，其優先性篩選評估原則，與化學局關注化學物質篩選之主要差別為何？	本綱要篩選作業係以風險作為評估基礎，即綜合考量化學物質的危害性與暴露潛勢，而關注化學物質的篩選僅考量化學物質之國內外列管情形與分類屬性。
	生物累積性列出 BCF/BAF 與 log Kow，是兩類參數皆須符合，抑或其中之一即可？	考量篩選評估係以保守為原則，因此符合其中任一項評估準則即可。
	另關於生殖、發育毒性，表一之建議值頗高，可能已近乎 LD ₅₀ ，可否進一步說明資料根據或考量？	本項評估係參考美國環保署化學物質評估工作計畫 (Work Plan for Chemical Assessment) 所提出之篩選作業方法，相關評估準則皆與原始資料相同。

表 7.2-3 第二次專諮會委員意見辦理情形 (2/3)

委員	意見	修正說明
二、調查對象（化學物質）範疇之界定		
吳先琪	因製程或環境中代謝而產生之毒性副物質是否也包括？ 例如煤炭中的汞、塑膠微粒。	謝謝委員建議，經考量本綱要計畫主要關切重點為化學物質經由環境流佈所肇致之環境風險，故建議調查對象應不限於毒管法所列管之既有與新化學物質，其他可能流布於環境介質中之化學物質（農藥、藥物與無意衍生之污染物等）也可納為所需關切之調查對象，並已於工作方法中增列評估清冊審議委員會之建立運作機制。
江舟峰	綱要計畫範圍不宜太廣，需建立具體之目標，框定出適宜之範圍，且將取舍的原則於綱要計畫中說明清楚。如是否納入食品中危害物？消費產品危害物？職業衛生危害物？交通排放空氣污染危害物？肥料中危害物？建議訂定範圍認定原則，如高暴露者、高疾病發生率或盛行率者、高健康風險者、高生態風險者、高社會關注者，並成立受評危害物提名委員會，每年建議應評估危害物種類。	
	例如 1，燒烤油榨產生 PAHs，這是烹調不當產生之致癌物，應由食藥署管制，但我們研究發現，燃燒工業製程產生之 PAHs，可能透過環境流佈，污染引灌水，而進入米食，而國人的米攝食量很高，雖然濃度很低，但暴露劑量卻為總膳食查中最高食物類別。故應將衛福部資料納入環保署環境流佈資料庫，方能估算國人族群之總暴露量。	
	例如 2，重金屬為環境污染物，根據個人近兩年的總膳食調查，鉛、鎘、汞可能是廣泛的食品危害物，但是，除了食品之外，交通排放、背景值、肥料都是食品中重金屬的污染源，也應一併納入流佈資料庫。	
	例如 3，農藥為作物農地之殘留物，應屬於農委會防檢局的權責，但是，農藥殘留可能造成之大面積生態風險，則應納入本調查綱要計畫之內含。	
陳家揚	在綱要計畫內，除將化學物質納入調查清單外，亦宜有機制檢討將已較無危害或健康風險已受控管者由清單中退出，以避免清單過於龐大而無法有效管理。	謝謝委員建議，已於工作方法中增列滾動式檢討機制。
	副產品、中間產物是否要納入化學物質調查綱要中，仍需待署內討論。	謝謝委員建議，遵照辦理。
三、業務分工是否應納入其他部會單位		
吳先琪	本計畫主辦機關今有環保署、衛福部、農委會，或可邀請其他部會，例如經濟部、國防部、交通部、教育部、科技部等單位參加。	謝謝委員建議，已於緣起中補充說明化學物質管理相關部會單位之分工，並依據調查對象範疇、本綱要訂定目的與整體目標等納入相對應之權責機關。
李俊璋	就整體化學物質暴露風險評估而言，至少應將勞動部（勞工）、經濟部（消費產品）與財政部（菸酒）與其他相關主管機關納入環境流布調查綱要中。	
何文照	第 16 頁分工表包括單位建議可能可以考量更廣，例如：經濟部（登錄資料和管理上之經濟開發規劃）和內政部（管理上之土地利用規劃）等。	
陳家揚	經濟部製程改善與廠商輔導、勞動部工作場域與使用釋放也應納入工作分工內。	

表 7.2-3 第二次專諮會委員意見辦理情形 (3/3)

委員	意見	修正說明
四、分階段目標、執行期程與預算之規劃		
吳先琪	缺少數量、量化之目標、效果與影響、考核指標、預算預估及預算來源。	謝謝委員建議，已於計畫目標中補充說明整體目標及分階段目標，另亦增列說明執行期程與預算之規劃。
李俊璋	綱要計畫最終目的為保護人體健康與環境生態，應以風險管理做為執行主軸，並應分階段說明化學物質管理目標。 應提出明確之整體目標（含階段性目標及時程表）與預算，以利各部會之分工與執行。	
江舟峰	綱要計畫中化學物質之盤查，目前只提到欲調查物質之項目，應增加：危害物種、年份、介質、筆數、檢測方法等。綱要計畫範圍不宜包山包海，需建立具體之目標並框定出適宜之範圍。請主辦單位思考並適時切割列管範圍，如食品需納入綱要計畫範圍內，消費產品則建議另外專項列管。	
五、各部會單位工作範疇之界定		
江舟峰	各部會分工項目需更明確化、具體化，如流行病學調查應請衛生福利部協助分工，將調查結果納入本計畫之流佈資料庫，作為危害物之提名參考。 建議建置「化學物質流布與風險評估」模型，評估從源頭經各個環境最終到人體的縱斷面的流布、健康及生態風險，方能彙整各部會調查結果，將數據（Data）轉為可決策的資料（Information）。	謝謝委員建議，已於緣起中補充說明化學物質管理相關部會單位之分工，並於工作方法中增列盤點國內化學物質環境流佈資料之相關作業。
六、風險評估所需參數定義及調查範疇		
吳先琪	「毒理參數調查」是否指流行病調查？生態影響（不是生物累積）也包括嗎？但是表 1 之篩選原則僅是人體毒性。（水生動物毒性也是人體毒性之指標，不足表示生態影響。）	謝謝委員建議，已調整修正工作方法中有關風險評估參數調查建置之相關內容。
李俊璋	毒理參數調查應改正為毒理資料建置，蒐集各界之毒理資料用於風險評估，需要有專責單位來建立此資料庫。	
	環境傳輸參數調查各部會皆有建置，尚缺少底泥評估模式，應蒐集底泥各個資料以建立評估模式。	
	受體暴露參數可以引用衛福部食藥署中國醫藥大學何文照老師所建立之攝入評估資料庫，呼吸、皮膚暴露尚缺少。 實質危害風險評估濃度調查名詞不清楚，直接寫環境中各介質濃度調查即可，應先評估各化學物質之最終宿命再調查較為適宜，人體調查優先性可以向後移，可作為最後驗證風險評估結果之用。	
何文照	毒理參數調查建議進一步說明與釐清。	



圖 7.2-3 第二次專家學者諮詢會議辦理情形

第八章 結論與建議

8.1 結論

一、本計畫已彙整歐盟、美國、加拿大、日本、韓國及中國等六國之化學物質管理概況及架構，並比較分析各國於篩選評估作業原則、風險評估方法、評估模式工具、資料庫系統及風險知識等面向之異同之處，整體而言各國於發展化學物質環境風險評估與管理機制之趨勢上，均有強化政府管理效能與加重業者管理責任、採用階段性或層次性風險評估方法、善用評估模式並逐步建置本土化參數、重視風險資訊揭露與風險溝通等特點，值得我國借鏡參採，茲說明重要結論如下：

1. 綜觀各國化學物質管理概況可知，為有效利用有限的行政管理資源，透過系統性的評估關切化學物質的潛在風險，以加強管理或進一步辦理風險評估確認其影響程度之「篩選評估作業程序」已成為整體管理架構中不可或缺的重要組成部分，且各國多均以化學物質之暴露潛勢、人體健康危害性、環境生態危害性、持久性與生物累積性、內分泌干擾物質、及毒性等因子為篩選評估基準。
2. 執行化學物質環境風險評估作業之目的為確認化學物質現有使用情形是否有危害人體健康或環境之虞，各國風險評估作業之步驟雖不完全相同，但仍可大致分為資料蒐集或範疇界定、危害評估、暴露評估、風險特性描述等四大項。考量風險評估之繁複性與不確定性，各國分別以強化資料蒐集及資料品質檢核工作、委請專家審閱或公開審閱、運用模式評估工具模擬預測等方式，獲取較為信賴的風險評估結果，以作為政府執行後續管理工作之明確依據。
3. 鑒於篩選評估與風險評估均涉及到大量的資料處理與繁複的作業程序，為提昇相關評估工作之執行效率，以強化風險評估於整體管理決策上之應用性，各國政府與研究機構皆致力於發展評估模式工具，大致而言依其使用之目的性可分為篩選性評估模式及風險評估模式，前者主要用於補足評估管理所需資料之缺口與輔助執行篩選評估作業，後者則用於執行風險評估

工作，其評估所需參數資料項目較多、種類也較為複雜。

4. 為建構電腦化的資料處理與儲存機制，以可提供各方使用者迅速查詢所需之資料，並落實政府資訊公開與透明化之時代趨勢，各國普遍均有建置化學物質資料庫系統，主要含括之資料類別則包含法規管理現況、政府環境風險調查評估結果、風險評估相關參數、業者註冊申報資料與風險資訊宣導資料等五大類。
5. 為利於政府單位對於大眾風險溝通與管理工作之推動，各國於風險知識建立之共通特點包含聚焦生活化的主題、層次性的編撰架構、圖像化的表達形式、分眾化的闡述方式與提供多元化的宣傳管道等。
6. 綜整歸納各國化學物質管理策略架構並參酌國內化學物質環境風險評估執行作業經驗，本計畫認為我國發展化學物質環境風險評估作業之重要發展方向為化學物質風險評估作業規範法制化、建立整合性篩選評估策略、建置整合性資料庫系統、及善用既有風險評估模式並加以本土化等。

二、本計畫已彙整國內現有之環境風險調查方式，包含各環境議題使用之風險評估架構、評估模式工具及其所需參數資料、與各單位環境流布調查作業之執行原則等，經綜合研析所得之重要結論說明如下：

1. 整體而言，風險評估於化學物質管理上的應用面向雖與國內現有評估制度不盡相同，然其所採用的方法論與基本作業流程原則上均大致相同，因此國內各項環境管理制度業已建置之環境濃度調查資料與參數資料庫，以及相關環境傳輸模式之應用經驗，仍可作為建置我國化學物質環境風險評估架構之重要基礎。
2. 目前國內各項環境風險評估技術規範皆多有引用國外模式並將其納入評估方法中，包含空氣品質、河川水質、底泥、土壤、地下水和多介質等，多數模式已有國內實際使用之案例，有關單位亦有建立技術支援中心或技術手冊以供各界作為評估工作執行之參考。另針對評估所需之參數資料，各有關單位也已逐步建置本土化資料，然於整體資料之取得上尚缺少系統性之調查規劃與整合機制。
3. 目前國內各單位所辦理之環境流布調查作業係多為配合其管理目的之所需，大致可分為環境品質長期監測、加強污染排放管理、管制標準研修、

高潛勢區域污染查證、以及檢核源頭管制成效等類別，環境調查方式則可歸納為定常性監測作業、污染排放/環境品質定期申報制度、以及特定目的調查計畫等，然而有關新興污染物之認定及其關切優先順序之判定，目前各單位大多僅依其管理需求而各自為之，國內尚未有一共通的評估方法或原則可供遵循。

三、本計畫已參酌國內外環境風險評估發展與應用之經驗，據以提出研擬我國化學物質環境風險評估整體架構，以及建議使用之評估模式工具與關參數資料之取得方式，茲說明重要成果如下：

1. 化學物質環境風險評估整體架構係以建立化學物質暴露情境概念模型（確立環境釋放源、評估環境流布情形、評估人體暴露途徑等）與確立評估目標（關切環境介質與關切受體對象）為基礎，主要執行步驟包含危害評估（危害鑑定與毒害劑量效應評估）、暴露評估（環境介質濃度評估與受體暴露劑量估算）與風險特徵描述（人體健康風險與環境生態風險試算）等。
2. 評估所需參數主要可分為為物化特性參數、毒理參數、環境濃度資料、受體暴露參數等四大類，建議引用之資料來源包含國內外化學物質登錄/管理資訊資料庫、國內外毒理資料庫、國內環境濃度調查數據資料庫、國家攝食資料庫與相關受體暴露參數研究計畫之調查成果等，另針對尚無實測資料者，則建議可評估運用毒性預測及環境流布評估模式初步取得評估所需資料。

四、鑒於國內各化學物質業管權責單位於資訊之發布及應用多侷限於特定面相，一般民眾亦僅能獲取片段且零碎之資訊，並不利於化學物質整體性風險之溝通與管理，故本計畫經研析後提出環境風險資訊整合與知識應用之整體規劃架構，其中包含「資料庫」與「知識庫」兩部分：

1. 「化學物質風險資訊資料庫」之定位為提供各項化學物質完整資訊之專業資料庫，資料庫中依據資料類型可歸類分為化學物質基本資訊、環境暴露研究、毒害研究試驗、風險管理措施及其他參考資訊等資料組。
2. 「化學物質風險知識庫」之定位為提供民眾權威可靠資訊來源之化學物質知識庫，資料庫之內容均應經專家審閱，包含基礎風險知識觀念、化學物

質風險來源、暴露危害預防、相關政策法規、及民眾互動專區五大主題。

五、為建立我國整體性之環境中化學物質濃度調查作業原則及資訊整合歸納機制，並確立各部會之分工，經與計畫主辦單位多次討論，並召開兩次專家諮詢會議彙整專家建議，本計畫已據以研提「化學物質環境流布調查綱要計畫」，確立綱要計畫內容重點如下：

1. 考量未來各項調查成果應用性及資訊整合需求，可先行盤點各權責單位調查作業現況，並研析資料缺口與調查資源整合方案。
2. 環境流布調查綱要之範疇除應含括國內目前各化學物質業管權責單位已執行之「環境中化學物質濃度調查」外，亦可納入「化學物質環境風險評估作業」及「化學物質環境風險管理作業」所需資料之建置工作。
3. 可評估發展化學物質優先性篩選評估作業方法，建立化學物質優先調查評估清冊，以分析環境流布調查作業優先調查對象並利於調查資源之配置作法。
4. 於環境中化學物質濃度調查作業之整體規劃原則上，可依據不同調查對象物質訂定適宜之調查作業執行方式。
5. 為因應化學物質環境風險評估作業需求，宜系統性彙整與建置風險評估所需之各項參數，必要時評估辦理本土性風險評估參數調查之可行性，以提升風險評估結果之準確性與可應用性。
6. 依據此綱要計畫辦理之各項調查作業成果，蒐納建置於完善之資訊整合資料庫中，並考量調查資料整合評析與調查成果定期說明發布之機制。

8.2 建議

本計畫已彙整研析國內化學物質環境風險評估執行現況、污染物流布調查成果，參酌國外化學物質管理策略及法令制度、化學物質環境風險評估作業方式、及環境風險資訊建置成果，提出國內未來可據以規劃執行之相關建議如下：

一、化學物質環境風險評估

1. 相較於先進各國均有明確定義環境風險評估於整體管理架構所扮演之角

色，目前主管我國化學物質管理之毒管法雖已訂定篩選原則，惟未明確將風險評估機制納入相關規範。因此為利於國內環境風險評估工作之推動，建議評估環境風險評估機制法制化之可行性，並逐步發展建立相關評估方法與技術文件等。

2. 為強化化學物質管理以及化學物質環境風險評估作業之需求，國外已陸續建置完善之資料庫以及評估模式工具可供各界查詢或下載使用，由於此類評估作業資源工具若自行開發建置所費不貲，建議我國於化學物質環境風險評估發展初期可先行援引使用並評估其於國內運用之適宜性，中長期則可視國內評估作業需求逐步建置或洽談介接使用之可能性。
3. 為加速我國環境風險評估工作之堆動，建議應以國內外既有之評估方法與模式工具為基礎，汲取相關執行經驗作為研擬我國環境風險評估架構之參考，其中針對模式工具之發展，建議可直接引用國外既已建構模擬運算程式之評估模式，再逐步透過本土化環境傳輸參數及受體暴露參數的調查與使用，將其調整為適用於國內環境之評估工具，以增進評估結果之可靠性。

二、化學物質環境流布調查作業

經彙整研析國內歷年所執行之化學物質環境流布調查作業成果，各項調查作業普遍係由各業管權責單位依據法令規定或管理需求而分別執行，可以精進調查資源之整合以及調查資料成果之流通共享，建議未來可推動部會協同合作執行化學物質環境流布調查作業，促進化學物質環境風險資訊共享利用，以作為化學物質風險評估管理政策推動之基礎。

三、化學物質環境風險資訊整合

於化學物質環境風險資訊整合作業之規劃上，考量所欲取得之各項資料來源散布於國外各大資料庫或國內各業管權責單位，資料來源多元龐雜且涉及各不同專業領域，建議未來於資料庫之建置工作上，建議由專責單位統籌規劃建置及管理此一專業平台系統，並應著重於各單位資料庫內容之協商取得、資料庫所需資料欄位內容之介接、以及資料品質審閱更新控管，惟各分項專業資料內容則應由所涉及之部會權責單位負責建置維護。

四、化學物質環境風險知識應用

於化學物質風險知識平台之建置規劃上，建議應設定目標為國內最具權威性且資訊最為正確完整之化學物質資訊平台，然考量化學物質環境風險資訊內容艱澀民眾不易理解，故應規劃由專家學者以及風險溝通專家，逐一將極為專業之關切化學物質資訊轉譯為民眾易於閱讀理解之內容，以利於傳達正確之化學物質風險資訊以及風險暴露危害預防作法。

參考文獻

【中文】

1. 行政院，2016，執行聯合國汞水俣公約推動計畫。
2. 行政院環境保護署，1997，水質監測整合-河川底質調查研究報告，成功大學環境研究中心執行，EPS-86-L104-09-07。
3. 行政院環境保護署，1998，河川底質監測調查技術研究，國立清華大學環境專業研究室執行，EPA-87-E3L1-03-02。
4. 行政院環境保護署，1998，環境影響評估技術規範—空氣品質模式評估技術規範。
5. 行政院環境保護署，2000，河川環境水體底泥整體調查監測計畫，國立清華大學原子科學中心環境暨微量分析實驗室執行，EPA-07489150。
6. 行政院環境保護署，2000，高屏溪、東港溪水體環境分析研究報告，EPA-89-L210-03-4154。
7. 行政院環境保護署，2001，90年鹽水溪環境水體整體調查監測計畫。
8. 行政院環境保護署，2001，農地土壤重金屬調查與場址列管計畫（111公頃農地土壤重金屬調查與場址列管計畫），中鼎工程股份有限公司執行，EPA-90GA13-03-90A285。
9. 行政院環境保護署，2002，有毒物質風險評估模式之驗證(一)，EPA-90-U1E1-02-113。
10. 行政院環境保護署，2002，九十一年河川環境水體整體調查監測計畫，國立清華大學 原子科學技術發展中心執行，EPA-91-L102-02-220。
11. 行政院環境保護署，2002，毒性化學物質污染排放調查與模式建立-一般環境中，國立成功大學環境微量毒物研究中心執行，EPA-91-U1J1-02-111。
12. 行政院環境保護署，2002，飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-91-G108-02-201
13. 行政院環境保護署，2003，有毒物質風險評估模式之驗證(二)，EPA-92-U1E1-02-101。
14. 行政院環境保護署，2003，九十二年河川環境水體整體調查監測計畫（阿公店溪與朴子河流域），中環科技事業股份有限公司執行，
15. 行政院環境保護署，2003，毒性化學物質環境流布調查分析計畫，國立成功大學環境微量毒物研究中心執行，EPA-92-U1J1-02-102。

16. 行政院環境保護署，2003，飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，台灣檢驗科技股份有限公司執行，EPA-92-J105-02-201。
17. 行政院環境保護署，2004，九十三年河川環境水體整體調查監測計畫（客雅溪(含三姓公溪)）與北港溪流域，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-93-L102-02-202
18. 行政院環境保護署，2004，毒性化學物質環境流布調查分析，國立成功大學環境微量毒物研究中心執行，EPA-93-J104-02-105。
19. 行政院環境保護署，2004，飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-93-J102-02-101
20. 行政院環境保護署，2005，九十四年河川環境水體整體調查監測計畫（東港溪、急水溪、曾文溪、新店溪、淡水河本流、鹽水溪流域），中環科技事業股份有限公司執行，EPA-94-L102-02-204。
21. 行政院環境保護署，2005，河川及海洋水質維護改善計畫與斯德哥爾摩公約計畫-毒性物質環境流布調查，國立成功大學環境微量毒物研究中心執行，EPA-94-J103-02-102
22. 行政院環境保護署，2006，95 年河川環境水體整體調查監測計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-95-L101-02-202。
23. 行政院環境保護署，2006，95 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-95-J102-02-101。
24. 行政院環境保護署，2006，固定污染源毒性空氣污染物（戴奧辛及重金屬）管制規範研擬、控制技術評估及排放清冊調查計畫，中興工程顧問股份有限公司執行，EPA-95-FA12-03-A106。
25. 行政院環境保護署，2006，毒性化學物質環境流布背景調查計畫，國立成功大學環境微量毒物研究中心執行，EPA-95-J103-02-101。
26. 行政院環境保護署，2007，空氣污染物暴露評估規範先期規劃，EPA-96-FA11-03-A226。
27. 行政院環境保護署，2007，96 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-96-J102-02-101
28. 行政院環境保護署，2007，96 年度河川環境水體整體調查監測計畫，中環科技事業股份有限公司，EPA-96-L101-02-202。
29. 行政院環境保護署，2007，固定污染源毒性空氣污染物（戴奧辛及重金屬）排放清冊調查及管制計畫，中興工程顧問股份有限公司執行，EPA-96-FA12-03-A115。

30. 行政院環境保護署，2007，毒性化學物質環境流布背景調查計畫，財團法人成大研究發展基金會執行，EPA-96-J104-02-207。
31. 行政院環境保護署，2008，應用監測式自然衰減整治法之可行性評估準則、設計及成效評估等規範建置計畫，EPA-96-GA13-02-A069。
32. 行政院環境保護署，2008，97 年度河川環境水體整體調查監測計畫，亞太環境科技股份有限公司執行，EPA-97-L101-02-205。
33. 行政院環境保護署，2008，97 年度毒性化學物質環境流布背景調查資料計畫，財團法人成大研究發展基金會執行，EPA-97-J103-02-204。
34. 行政院環境保護署，2008，97 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-97-L102-02-101。
35. 行政院環境保護署，2008，固定污染源毒性空氣污染物（戴奧辛及重金屬）排放調查及管制計畫，中興工程顧問股份有限公司執行，EPA-97-FA12-03-A135。
36. 行政院環境保護署，2008，毒性化學物質管理執行方案規劃與公告列管評析計畫，康城工程顧問公司執行，EPA-97-J103-02-202。
37. 行政院環境保護署，2009，98-99 年毒性化學物質環境流布背景調查計畫，財團法人成大研究發展基金會執行，EPA-98-J104-02-205。
38. 行政院環境保護署，2009，98 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-98-J105-02-201。
39. 行政院環境保護署，2009，底泥品質管理與管制調查計畫，財團法人工業技術研究院執行，EPA-98-GA101-03-A076。
40. 行政院環境保護署，2010，健康風險評估技術規範。
41. 行政院環境保護署，2010，98-99 年毒性化學物質環境流布背景調查計畫（第二年），財團法人成大研究發展基金會執行，EPA-99-J104-02-103。
42. 行政院環境保護署，2010，99 年至 101 年底泥品質管理計畫，財團法人工業技術研究院執行，EPA-99-GA101-03-A205。
43. 行政院環境保護署，2010，99 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-99-J105-02-101。
44. 行政院環境保護署，2010，全國重金屬高污染潛勢農地之管制及調查計畫，環興科技股份有限公司執行，EPA-99-G101-03-A181。
45. 行政院環境保護署，2010，固定污染源戴奧辛、多環芳香烴(PAHs)及重金屬排放調查與管制計畫，中興工程顧問股份有限公司執行，EPA-99-FA12-03-A194。

46. 行政院環境保護署，2011，環境影響評估河川水質評估模式技術規範。
47. 行政院環境保護署，2011，100-101 年毒性化學物質環境流布背景調查計畫（第一年），財團法人成大研究發展基金會執行，EPA-100-J104-02-208。
48. 行政院環境保護署，2011，100 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-100-J105-02-201。
49. 行政院環境保護署，2011，地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫（第一期），中興工程顧問股份有限公司執行，EPA-100-GA103-02-A234。
50. 行政院環境保護署，2011，健康風險評估技術規範。
51. 行政院環境保護署，2011，農地土壤母質品質背景調查計畫，瑞昶科技股份有限公司執行，EPA-100-GA103-02-A240。
52. 行政院環境保護署，2011，應用篩檢方法評估土壤戴奧辛可能分布及高污染潛勢區域篩選機制建置計畫，中興工程顧問股份有限公司執行，EPA-100-GA103-02-A228。
53. 行政院環境保護署，2012，100-101 年毒性化學物質環境流布背景調查計畫（第二年），財團法人成大研究發展基金會執行，EPA-101-J104-02-209。
54. 行政院環境保護署，2012，101 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-101-J105-02-201。
55. 行政院環境保護署，2012，全國重金屬高污染潛勢農地之管制及調查計畫（第 2 期），瑞昶科技股份有限公司執行，EPA-101-GA12-03-A267。
56. 行政院環境保護署，2012，固定污染源戴奧辛及重金屬排放區域總量管理計畫，中興工程顧問股份有限公司，EPA-101-FA12-03-A060。
57. 行政院環境保護署，2012，環境影響評估技術規範－河川水質評估模式技術規範。
58. 行政院環境保護署，2013，地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫（第一期），EPA-100-GA103-02-A234。
59. 行政院環境保護署，2013，102 年度底泥品質管理計畫，財團法人工業技術研究院執行，EPA-102-GA11-03-A117。
60. 行政院環境保護署，2013，102 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫，財團法人成大研究發展基金會執行，EPA-102-J104-02-213。
61. 行政院環境保護署，2013，102 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-102-J105-02-101。

62. 行政院環境保護署，2013，全國土壤品質性質特徵管理計畫，瑞昶科技股份有限公司執行，EPA-102-GA13-03-A257。
63. 行政院環境保護署，2013，地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫（第二期），業興環境科技股份有限公司執行，EPA-102-GA13-03-A121。
64. 行政院環境保護署，2013，固定污染源戴奧辛及重金屬排放調查及管制計畫，中興工程顧問股份有限公司執行，EPA-102-FA12-03-A096。
65. 行政院環境保護署，2013，底泥污染來源及傳輸模式調查計畫-以重點河川為例，美商傑明公司執行，EPA-100-GA102-02-A232。
66. 行政院環境保護署，2013，農地土壤母質品質背景調查計畫（第2期），瑞昶科技股份有限公司執行，EPA-102-GA13-03-A248。
67. 行政院環境保護署，2014，地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫(第二期)，EPA-102-GA13-03-A121。
68. 行政院環境保護署，2014，空氣品質模式技術規範。
69. 行政院環境保護署，2014，土壤及地下水污染場址健康風險評估方法。
70. 行政院環境保護署，2014，環境影響評估河川水質評估模式技術支援計畫，EPA-103-E103-02-205。
71. 行政院環境保護署，2014，103-104 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫(第一年)，財團法人成大研究發展基金會執行，EPA-103-J103-02-205。
72. 行政院環境保護署，2014，103 年底泥品質管理計畫，財團法人工業技術研究院執行，EPA-103-GA11-03-A318。
73. 行政院環境保護署，2014，103 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-103-J105-02-101。
74. 行政院環境保護署，2014，土壤及地下水污染場址健康風險評估方法。
75. 行政院環境保護署，2014，全國重金屬高污染潛勢農地之管制及調查計畫（第3期），瑞昶科技股份有限公司執行，EPA-103-GA12-03-A124。
76. 行政院環境保護署，2014，地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫（第三期），業興環境科技股份有限公司執行，EPA-103-GA13-03-A247。
77. 行政院環境保護署，2014，固定污染源戴奧辛及重金屬調查及管制計畫，中興工程顧問股份有限公司執行，EPA-103-FA12-03-A054。
78. 行政院環境保護署，2014，運作中高污染潛勢工廠土壤及地下水污染潛勢調查示範計畫，瑞昶科技股份有限公司執行，EPA-103-GA12-03-A323。

79. 行政院環境保護署，2015，地下水有害物質環境傳輸調查及管制標準檢討計畫(第三期)，EPA-103-GA13-03-A247。
80. 行政院環境保護署，2015，空氣品質模式模擬規範。
81. 行政院環境保護署，2015，環境影響評估河川水質評估模式技術支援計畫，EPA-103-E103-02-128。
82. 行政院環境保護署，2015，103-104 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫(第二年)，財團法人成大研究發展基金會執行，EPA-104-J103-02-105。
83. 行政院環境保護署，2015，104 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-104-J105-02-101。
84. 行政院環境保護署，2015，全國土壤性質調查與管理計畫，瑞昶科技股份有限公司執行，EPA-104-GA02-03-A075。
85. 行政院環境保護署，2015，固定污染源戴奧辛及重金屬管制策略推動與調查計畫，中興工程顧問股份有限公司執行，EPA-104-FA12-03-A109。
86. 行政院環境保護署，2015，飲用水水質保護區土壤及地下水基線調查計畫，瑞昶科技股份有限公司執行，EPA-104-GA02-03-A033。
87. 行政院環境保護署，2015，新化學物質及既有化學物質資料登錄審查業務委託計畫，環資國際公司執行，EPA-104-J103-02-206。
88. 行政院環境保護署，2016，地下水關切物質調查及管制策略研析計畫，EPA-105-GA12-03-A289。
89. 行政院環境保護署，2016，地面水體水質評估模式技術支援計畫，EPA-105-GB02-03-A072。
90. 行政院環境保護署，2016，環境影響評估河川水質評估模式技術支援計畫，EPA-105-GB02-03-A072。
91. 行政院環境保護署，2016，105-106 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫(第1年)，國立成功大學執行，EPA-105-J103-02-358。
92. 行政院環境保護署，2016，105 年底泥品質管理計畫，財團法人工業技術研究院執行，EPA-105-GA11-03-A133。
93. 行政院環境保護署，2016，105 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-05-J105-02-101。
94. 行政院環境保護署，2016，105 年毒性化學物質管制評估及運作管理計畫正式報告，康城工程顧問公司執行，EPA-105-J103-02-700。
95. 行政院環境保護署，2016，全國土壤性質調查與管理計畫，瑞昶公司執行，EPA-104-GA02-03-A075。

96. 行政院環境保護署，2016，全國重金屬高污染潛勢農地之管制及調查計畫（第4期），瑞昶科技股份有限公司執行，EPA-105-GA02-03-A108。
97. 行政院環境保護署，2016，地下水關切物質調查及管制策略研析計畫，業興環境科技股份有限公司執行，EPA-105-GA12-03-A289。
98. 行政院環境保護署，2016，地面水體水質評估模式技術支援計畫，國立臺北科技大學執行，EPA-105-GB02-03-A072
99. 行政院環境保護署，2016，固定污染源戴奧辛及重金屬管制策略與調查計畫，環興科技股份有限公司執行，EPA-105-FA12-03-A167。
100. 行政院環境保護署，2016，持久性有機污染物斯德哥爾摩公約國家實施計畫(2016年修訂版)。
101. 行政院環境保護署，2017，運用河川水質模式評估開發行為對地面水體水質之影響，EPA-106-EA13-02-A149。
102. 行政院環境保護署，2017，強化空氣品質模式制度建立計畫(第二年)，EPA-105-FA18-03-D045。
103. 行政院環境保護署，2017，運用河川水質模式評估開發行為對地面水體水質之影響，EPA-106-EA13-02-A149。
104. 行政院環境保護署，2017，105-106 年度毒性化學物質環境流布背景調查計畫（第2年），國立成功大學執行，EPA-106-J104-02-D044。
105. 行政院環境保護署，2017，106 年度持久性有機污染物管理及毒化物釋放量計算指引輔導推動計畫，環興科技股份有限公司執行，TCSB-EM02-02-A006。
106. 行政院環境保護署，2017，106 年度飲用水水質標準中較難檢驗項目抽驗計畫，中環科技事業股份有限公司執行，EPA-05-J106-02-D020。
107. 行政院環境保護署，2017，土壤持久性有機污染物調查及管理策略研析計畫，環興科技股份有限公司執行，EPA-105-GA12-03-A250。
108. 行政院環境保護署，2017，固定污染源戴奧辛及重金屬調查管制及減量策略推動計畫，環興科技股份有限公司執行，EPA-106-FA12-03-A162。
109. 行政院環境保護署毒物及化學物質局，2017，106 年度新化學物質及既有化學物質資料登錄作業第一階段說明會簡報。
110. 行政院環境保護署，2018，空氣品質模式中心，<https://aqmc.epa.gov.tw/>。
111. 行政院環境保護署環境檢驗所，1998，「淡水河水體環境分析及研究」，環保署環境檢驗所年度報告。

112. 行政院環境保護署環境檢驗所，2002，二仁溪、高屏溪水體環境分析研究報告。
113. 行政院環境保護署環境檢驗所，2002，台灣河川水體、底泥及生物監測分析研究。
114. 行政院環境保護署環境檢驗所，2003，台灣地區七條河川水體、底泥污染物及生物相調查分析。
115. 行政院環境保護署環境檢驗所，2004，我國河川及河口環境水體品質分析研究。
116. 行政院環境保護署環境檢驗所，2005，台灣河川水體調查研究計畫。
117. 行政院環境保護署環境檢驗所，2008，河川及河口水質底泥及生物體之環境污染調查與風險評估
118. 高雄市政府環境保護局，2015，103 年高雄市臨海工業區鄰近區域居民健康風險評估計畫。
119. 農委會農業藥物毒物試驗所，2017，歷年政府禁用之農藥一覽表
120. 衛生署國民健康局，2003，健康風險評估指引，國立台灣大學公共衛生學院職業衛生與工業衛生研究所執行。
121. 衛生福利部，2016，臺灣環境毒物健康危害之監測、評估及對策研究計畫，國家衛生研究院環境醫學所執行，審議編號：105-0324-02-13-01。
122. 衛生福利部食品藥物管理署，2015，餐飲衛生安全管理面面觀第六章：食品安全風險評估與管理。
123. 行政院國家科學委員會，2006，台灣地區整合性風險評估方法之建立-鎘與汞案例研究研究成果報告，NSC 95-2221-E-002-144。
124. 經濟部水資源局國立成功大學水工試驗所，2003，臺灣地區漁港浚淤海拋處置場所評估調查研究，研究試驗報告第 295 號。
125. 行政院原子能委員會，2011，地下水水流與傳輸模擬技術之研究，國立中央大學，1002001INER016。
126. 吳先琪與馬鴻文主編，2016，土壤地下水污染場址的風險評估與管理：挑戰與機會。
127. 蔣本基、張怡怡、顏有利、林財富、高志明，2012，地方環保永續發展之路：整合式污染源管理，「永續科技與政策研討會」論文集地方社會的永續發展之路(II)：永續台灣 2011 研究，中央研究院社會學研究所。
128. 李振誥，2000，低放射性廢料處置場入滲補注對地下水流動及核種遷移影響之研究，成功大學資源工程學系。

129. 侯裕文，2001，應用 **Fugacity** 模式簡化風險評估之可行性研究—以石化工業區為例，國立雲林科技大學環境與安全工程技術研究所碩士論文。
130. 謝添進，2002，台北、高屏地區土壤污染涵容能力推估，國立成功大學環境工程學系碩博士班。
131. 洪世明，2002，焚化廠戴奧辛之健康風險評估及其大氣物理及化學反應模擬，國立雲林科技大學環境與安全工程系碩士班。
132. 劉沁璋，2003，新竹科學工業園區空氣污染物排放總量推估及 **ISCST3** 擴散模式應用，國立交通大學環境工程研究所。
133. 邱炯友，2003，學術電子期刊同儕評閱之探析，教育資料與圖書館學，第 40 卷，第 3 期，第 309-323 頁。
134. 張莉茹，2004，以自然衰減整治受石油碳氫化合物污染之地下水，國立中山大學環境工程研究所。
135. 田浚致，2004，利用空氣擴散模式模擬石化工業區致癌性污染物之濃度及推估居民之致癌風險，國立成功大學環境醫學研究所。
136. 黃佳雯，2005，地下水模式工具於污染控制場址範疇界定之研析，國立臺灣大學環境工程學研究所。
137. 吳偉競，2007，蘭陽平原整合模式下之 **MODFLOW** 地下水模擬研究，國立中正大學地震研究所暨應用地球物理研究所。
138. 王宜婷，2008，結合地理資訊系統與擴散模式評估半導體廠無機酸排放對周遭空氣品質之影響，國立臺灣大學環境衛生研究所。
139. 鄒季梅，2009，利用逸壓模式探討戴奧辛於環境介質中分布特性，國立屏東科技大學環境工程與科學系所碩士論文。
140. 林徽雅，2009，戴奧辛模擬系統改善之研究-排放量推估及氣固相機制，國立中興大學環境工程學系所。
141. 黃莉莉，2010，應用逸壓模式調查含溴新興污染物於環境區間中之分佈，國立屏東科技大學環境工程與科學系所碩士論文。
142. 劉漢琪，2012，**AERMOD** 與 **ISCST3** 應用於國內空氣污染物面源排放模擬之比較研究，國立臺北科技大學環境工程與管理研究所。
143. 高苙凱，2013，以大氣擴散模式探討半導體業排放對區域性之影響-以中科三期后里園區為例，國立中山大學環境工程研究所。
144. 卓恆毅，2013，以美國環保署多介質傳輸模式 **MEPAS** 評估長期暴露之健康風險：以中部科學園區臺中基地氫氟酸為例，中國醫藥大學公共衛生學系。

145. 謝宏益，2013，擴散模式 ISC 與 AERMOD 之比較，國立中興大學環境工程學系所。
146. 曹玉婷、江濬如、簡吟曲、楊雅雯、羅偉成、陳建仁、詹其峰，2016，台灣 15 至 29 歲青少年與年輕成人的癌症發生率趨勢：1995-2011 年，台灣家庭醫學雜誌 26 卷 1 期。
147. 中國生態環境部，2004，新化學物質危害評估導則（HJ/T154-2004）。
148. 中國生態環境部，2011，化學物質風險評估（徵求意見稿）。
149. 中國生態環境部，2011，化學物質風險評估（徵求意見稿）編制說明。
150. 中國生態環境部，2011，新化學物質危害性鑒別導則（徵求意見稿）。
151. 中國環境保護部科技標準司、中國環境科學學會，化學品環境管理知識問答，2017，中國環境出版社出版，ISBN13：9787511129703。

【英文】

1. Arnot, J.A. and D. Mackay. 2008. Policies for chemical hazard and risk priority setting: Can persistence, bioaccumulation, toxicity and quantity information be combined? *Environ. Sci. Technol.* 42(13):4648–4654.
2. Arnot, J.A., D. Mackay, E. Webster, and J.M. Southwood. 2006. Screening level risk assessment model for chemical fate and effects in the environment. *Environ. Sci. Technol.* 40(7):2316–2323.
3. Arnot, J.A., D. Mackay, T.F. Parkerton, R.T. Zaleski, and C.S. Warren. 2010. Multimedia modeling of human exposure to chemical substances: the roles of food web biomagnification and biotransformation. *Environ. Toxicol. Chem.* 29:45–55.
4. Card, M.L., V. Gomez-Alvarez, W.H. Lee, D.G. Lunch, N.S. Orentas, M.T. Lee, E.M. Wong, and R.S. Boethling. 2017. History of EPI Suite™ and future perspectives on chemical property estimation in US Toxic Substances Control Act new chemical risk assessments. *Environ. Sci. Process Impacts.* 19:203-212.
5. Environment Canada. 2007. Overview of the Ecological Assessment of Substances under CEPA 1999.
6. Environment Canada. 2007. Overview of the Ecological Assessment of Substances under the Canadian Environmental Protection.
7. Environment Canada. 2007. Technical Approach for “Rapid Screening” of Substances of Lower Ecological Concern. Existing Substances Division, Environment Canada. Gatineau. QC. Canada.

8. European Union European Chemicals Agency. 2016. Guidance on Information Requirements and Chemical Safety : Chapter R.16— Environmental exposure assessment.
9. Defence environment. 2017. FULL DISCLOSURE: The case for stronger household product labelling-Full Research Report.
10. Health Canada and Environment Canada. 2011. chemicals management plan horizontal evaluation (Final report) .
http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/sc-hc/H14-168-2011-eng.pdf.
11. Health Canada and Environment Canada. 2013. Rapid Screening of Substances of Lower Concern Results of the Screening Assessment.
12. Health Canada and Environment Canada. 2014a. Approach for identification of chemicals and polymers as risk assessment priorities under Part 5 of the CANADIAN ENVIRONMENTAL PROTECTION ACT. 1999 (CEPA 1999).
https://www.ec.gc.ca/ese-ees/A10191AD-973D-4059-AFC4-4DEEC36C4DB1/Assessment%20Triggers%20Approach_EN.pdf.
13. Health Canada and Environment Canada. 2014b. Rapid Screening of Substances from Phase One of the Domestic Substances List Inventory Update.
14. Health Canada and Environment Canada. 2017. Canada's Chemicals Management Plan : Approaches to Prioritization and to Streamlined Assessments. Possible Approaches for Identifying Potential Candidates for Prioritization Public Meeting. Washing DC. USA. December 11, 2017.
15. Health Canada. 2016. Canada's Categorization of Existing Substances under CEPA 1999. PAHO Workshop. Lima. Peru. November 8-10, 2016.
16. Marco Vighi and Davide Calamari, 1992, Ecotoxicological risk indicators for environmental chemicals. Environmental Impact Assessment pp 261-275.
17. Marco Vighi and Davide Calamari. 1993. Prediction of the environmental fate of chemicals. Ann Ist Super Sanita. 29(2):209-23.
18. Moon-Kyung Kim, Kyung-Duk Zoh. 2012. Fate and Transport of Mercury in Environmental Media and Human Exposure.
19. National Research Council (US) Committee on Health Effects of Waste Incineration. 2000. Waste Incineration & Public Health.

20. United Nation. 2011. Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS).
21. United Nations Environment Programme. 2006. Strategic Approach to International Chemicals Management.
22. US EPA. 1992. MMSOILS : Multimedia Contaminant Fate, Transport and Exposure Model. Documentation and User's Manual.
23. US EPA. 1994. Soil Screening Guidance Technical Background Document : Part 3: Models for Detailed Assessment.
24. US EPA. 1998. Guidelines for Ecological Risk Assessment. Federal Register 63(93):26846-26924
25. US EPA. 2006. Instructions for Reporting for the 2006 Partial Updating of the TSCA Chemical Inventory Database.
26. US EPA. 2007. Science Advisory Board (SAB) Review of the Estimation Programs Interface Suite (EPI Suite™)
27. US EPA. 2011. Design for the Environment Program Alternatives Assessment Criteria for Hazard Evaluation.
28. US EPA. 2012. TSCA Work Plan Chemicals: Methods Document.
29. US EPA. 2013. ChemView User Interface Guide
30. US EPA. 2014a. TSCA Work Plan for Chemical Assessments: 2014 Update.
31. US EPA. 2014b. TSCA Work Plan Chemical Risk Assessment HHCB 1,3,4,6,7,8-Hexahydro-4,6,6,7,8,8-hexamethylcyclopenta- γ -2-benzopyran CASRN: 1222-05-5.
32. US EPA. 2015a. TSCA Work Plan Chemical Risk Assessment N-Methylpyrrolidone: Paint Stripper Use CASRN: 872-50-4.
33. USEPA. 2015b. ChemView User Interface Guide.
34. US EPA. 2017a. Initial Report to Congress on the EPA's Capacity to Implement Certain Provisions of the Frank R. Lautenberg Chemical Safety for the 21st Century Act.
35. US EPA. 2017b. Scope of the Risk Evaluation for 1,4-Dioxane.
36. US EPA. 2017c. Discussion Document-Possible Approaches and Tools for Identifying Potential Candidate Chemicals for Prioritization.
37. US EPA. 2017d. Procedures for Chemical Risk Evaluation Under the Amended Toxic Substances Control Act. Federal Register 82(138):33726-33753.
38. US EPA. 2018. 2018 Annual Plan for Chemical Risk Evaluations under TSCA.

39. O'Connor, D. J., Thomann, R.V., Di Toro, D.M. 1976. Ecologic model. In: A.K. Biswas (ed) . System Approach to Water Management. McGraw-Hill, New York.
40. Klimisch H., Andreae M. and Tillmann U. (1997) - A systematic approach for evaluating the quality of experimental toxicological and ecotoxicological data. Regul Toxicol Pharm, 25, 1-5.
41. van de Meent D. 1993. SIMPLEBOX: a generic multimedia fate evaluation model. National institute of public health and environmental protection bilthoven. The Netherlands
42. ASTM, 1998, RBCA Faet and Transport Models: Compendium and Selection Guidance.
43. Hollander, A., F. Sauter, H. Hollander, M. Huijbregts, A. Ragas, D. Meent. 2007 Spatial variance in multimedia mass balance models: Comparison of LOTOS–EUROS and SimpleBox for PCB-153. Chemosphere 68(7):1318-1326
44. EU SME Centre, 2011, Guidelines for China REACH-New chemical substances
45. Ministry of the Environment. 2014. Latest Development of Chemical Substances Control Law in Japan. Open Seminar on Chemicals Management Policies. 2014/11/13.
46. Yusuke Hirai, 2012, Chemical Risk Assessment under the Chemical Substances Control Law in Japan and comparison with REACH, 6th SETAC World Congress 2012, SETAC Europe 22nd Annual Meeting, 23 May 2012, Berlin Special Session 10, REACH and the world beyond.
47. Ministry of Economy, Trade and Industry (Japan), 2015, Procedure for New Chemicals under Chemical Substances Control Law (CSCL).
48. Ministry of the Environment (Japan), 2012, Methods for the Risk Assessment of Priority Assessment Chemical Substances.
https://www.env.go.jp/en/chemi/cs_control_act.html.
49. Strenge D. L. and Smith M. A. 2006. Multimedia Environmental Pollutant. Assessment System (MEPAS):Exposure Pathway Module Description. Pacific Northwest National Laboratory. PNNL-16165.
50. McDonald, J. P. 2001. Requirements for the MEPAS Saturated Zone (Aquifer) Transport Module. PNNL-SA-32275 (web document), Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington.

51. McDonald, J. P. 2001. Requirements for the MEPAS Surface Water (Non-Tidal River) Transport Module. PNNL-SA-32276 (web document), Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington.
52. McDonald, J. P. 2001. Requirements for the MEPAS Vadose Zone Transport Module. PNNL-SA-32286 (web document), Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington.
53. Buck, J. W. 2001. Requirements for the MEPAS Atmospheric Transport Module. PNNL-SA-32278 (web page document), Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington.
54. Buck, J. W. 2001. Requirements for the MEPAS Computed Source Term Release Module. PNNL-SA-32284 (web document), Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington.
55. Strenge, D. L. 2001. Requirements for the MEPAS Chronic Exposure Module. PNNL-SA-32274 (web document), Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington.
56. Strenge, D. L. 2001. Requirements for the MEPAS Human Health Impact Module. PNNL-SA-32283 (web document), Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington.
57. Strenge, D. L. 2001. Requirements for the MEPAS Intake Module. PNNL-SA-32285 (web document), Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington.
58. Klimisch HJ., M. Andreae and U. Tillmann. 1997. A systematic approach for evaluating the quality of experimental toxicological and ecotoxicological data. Regul Toxicol Pharm. 25-1-5
59. US EPA. 2005. Supplemental guidance for assessing susceptibility from early-life exposure to carcinogens.

【網頁】

1. Chemicals Management Plan Risk Assessment toolbox. Health Canada and Environment Canada.
<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/chemical-substances/fact-sheets/chemicals-management-plan-risk-assessment-toolbox.html>. 2018/4/24.

2. IRAP. Health Canada.
<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/chemical-substances/fact-sheets/identification-risk-assessment-priorities.html>. 2018/4/24.
3. Lake Champlain Basin Program, <http://www.lcbp.org/>.
4. 立法院國會圖書館，2006，毒性化學物質管理，
<https://npl.ly.gov.tw/do/www/billIntroductionContent?id=29>。
5. 經濟部工業局，2017，美國化學物質清單重整 要求廠商通報過去 10 年之「現用」物質，國際化學品政策宣導網，
<https://www.chemexp.org.tw/content/law/LawDetail.aspx?id=3412>。
6. 中華人民共和國環境保護令（第七號），新化學物質環境管理辦法，
http://big5.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/flfg/2010-02/04/content_1528001.htm，2018/07/02。
7. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所，農藥資訊服務網，
<https://www.tactri.gov.tw>
8. Strategic Approach to International Chemicals Management（SAICM），
<http://www.saicm.org/>.
9. MERLIN-Expo, <https://merlin-expo.eu/>.
10. US EPA. 2017
<https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/how-epa-evaluates-safety-existing-chemicals>.
11. US EPA. 2017e Introduction to ChemView.
<https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/introduction-chemview>. 2017/12/13
12. US EPA. <https://chemview.epa.gov/chemview>. 2018/04/25
13. US EPA. <https://comptox.epa.gov/dashboard/help>
14. Overview of the Chemicals Management Plan. Health Canada.
<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/chemical-substances/fact-sheets/overview-chemicals-management-plan.html>. 2018/4/24.
15. Substance Groupings Initiative. Health Canada and Environment Canada.
<https://www.canada.ca/en/health-canada/services/chemical-substances/substance-groupings-initiative.html>. 2018/4/24.
16. 日本環境省（Ministry of the Environment Government of Japan），
<http://www.env.go.jp/en/index.html>。

17. 環境省化學物質環境風險初期評估，2017，
<http://www.env.go.jp/press/104975.html>。
18. 日本 J-CHECK 資料庫，<http://www.safe.nite.go.jp/jcheck/top.action>
19. 日本 CHRIP 資料庫，
https://www.nite.go.jp/en/chem/chrip/chrip_search/systemTop
20. 日本 chemi COCO 資料庫，
https://www.nite.go.jp/en/chem/chrip/chrip_search/systemTop
21. 韓國化學物質管理協會，http://www.kcma.or.kr/eng/sub1/1_2.asp
22. Chemlinked. Korea CCA-Chemical Control Act.
<https://chemlinked.com/chempedia/korea-cca-chemical-control-act>

【外文】

日文

1. 行政院，2016，執行聯合國汞水俣公約推動計畫。
2. 厚生労働省、経済産業省、環境省，2011，新規化学物質の判定及び監視化学物質への該当性の判定等に係る試験方法及び判定基準。
3. 経済産業省，2011，化審法におけるスクリーニング評価手法について。

韓文

1. 韓國國家環境研究院，2017，화학물질의 위해성에 관한 자료 작성지침
2. 韓國環境部，2018，建立生物殺滅劑和化學品安全的生物防治法並頒布修正 K-REACH 法新聞稿
3. 韓國環境部，2016，환경유해인자의 위해성 평가를 위한 절차와 방법 등에 관한 지침
4. 韓國環境部，2014，화학물질 위해성평가의 구체적 방법 등에 관한 규정

附件一 歷次審查意見答覆說明

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

何委員文照

審查意見	回覆說明
1. 題目「毒物及化學物質環境風險資訊整合及應用計畫」，實際內容呼應主題，報告書中第三章「國外化學物質環境風險評估與管理架構研析」及第四章「國內化學物質環境調查及風險評估概況研析」，第四章是否包括國內管理架構研析？國內外完整對應和比較會更佳，期能國內外整合比較與建言，未來規劃將計畫之功效最大化。	謝謝委員的建議，考量本計畫工作項目主要係針對風險評估、資訊整合與知識應用等面向進行資料蒐集彙整，且國內外之發展進程亦不盡相同，為利於整體執行成果之呈現，故相關內容並未能完全對應，茲列示委員關切之第三章各節所對應之國內研析結果如下以供對照參考：管理架構研析－2.1 節、風險評估方法－4.1 節、評估模式工具－4.3 節、資料庫系統－6.1 節。
2. 風險評估與管理在理想與實務面之搭配考量，風險之基本觀念之一是，我們並非存在一個零風險的世界（We are not in a risk-free world.），古人有言：「福禍相依」。風險管理實際是融合最大投資報酬率（依階段與時間靈活轉變，替代方案齊備），風險管理除防害，積極面與重點是在於興利，民之所欲，常在我心，而非一成不變。	謝謝委員的提醒，確如委員所言，行政資源有限，如何有效率的運用資源依據風險評估的結果進行風險管理，值得我們在規劃風險評估作業時多作考量。
3. 風險評估越詳細，方法越是發展，能夠運用的空間與方式就越多越有彈性，並將真正風險大小助益釐清，降低 Perception，增益達成共識，溝通取代對抗的風險分析精髓。	謝謝委員的提醒，風險評估的目的即是希望透過科學方法分析並釐清實際的風險程度，且將評估結果與各界溝通並於達成共識後採行風險管理對策。
4. 計畫之呈現實是已相當用心齊備，期能進一步應用，並將內涵卓然一體呈現。	感謝委員對本計畫執行成果的肯定。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

張委員玉明

審查意見	回覆說明
1. 本期末報告所顯示的工作內容豐富，應已達到本計畫工作項目的要求，而本報告已經表示對於前面歷次的審查意見，作出答覆。	感謝委員對本計畫執行成果的肯定。
2. 本次審查是期末報告，應特別要注重成果的展現。本期末報告書初稿比較期中報告，內容及格式確已增進良多，然對於成果的展現似乎稍嫌不夠明確；在摘要及前言中，亦沒有看到明顯的成果表現。以下就依照報告書中表 1.5-1 的執行成果摘要及各項對應之章節所列舉的內容做一些討論。	謝謝委員的建議，已調整修正表 1.5-1 之表示方式以利於對照本計畫之執行成果，另已於詳細版摘要中增加說明本計畫之執行成果。
3. 工作項目 1.4 成果說「提出我國發展化學物質環境風險評估的調查方法之建議」，對應第三章和第四章，並沒有這方面的明確章節列舉上述建議項目。是否應該在第三章或者第四章的最後面，用明確簡單的條列式或圖表，提出如何經過前面的研議分析之後，得到何種「建議」。	謝謝委員的建議，已調整修正表 1.5-1 之表示方式以利於對照本計畫之執行成果，如委員所指之「提出我國發展化學物質環境風險評估的調查方法之建議」主要係對應第三章最後 3.7 節之內容，本小節中已有利用表 3.7-1 與圖 3.7-1 說明國內外管理制度比較分析之結果，內文亦有分項列點說明四項建議，另第四章 4.1.5、4.2.1~4.2.3、4.3.5 節內文亦有研析說明本計畫所提出之建議。另考量計畫整體工作之執行流程，本計畫亦已於第七章 7.1.1 節~7.1.2 節綜整性說明前述各項關切議題之研析成果，以及據以研擬提出之各項執行策略、工作方法等，並納入環境流布調查綱要計畫中。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

張委員玉明（續）

審查意見	回覆說明
4. 工作項目 2.2 有關於「環境風險資訊整合構想與建置之規劃」，第五章的標題也明確的說明要「建構我國化學物質環境風險評估的整體架構」，惟第五章內容沒有看到相關規劃的條文或是圖表。請注意期中報告的時候，委員曾經提出第五章內容虛無。本期末報告已經有所增進，惟似乎還是沒有明確的成果展現。	謝謝委員的建議，委員所指之「環境風險資訊整合構想與建置之規劃」係對應第六章－化學物質環境風險資訊整合與知識應用規劃之說明，此章節已提出化學物質風險資訊資料庫與知識庫規劃之建議。另針對「建構我國化學物質環境風險評估的整體架構」，本計畫已於第五章之圖 5.1-1 說明環境風險評估整體架構，圖 5.1-2、表 5.1-1 與 5.1-2 則說明暴露情境概念模型建立之原則，另 5.1 節則已詳述環境風險評各主要步驟之執行方法，5.2 節亦已提出建議引用之參數資料來源與評估模式類型等。已調整修正表 1.5-1 之表示方式以利於對照本計畫之執行成果。
1. 第六章所表現的成果值得稱許。尤其是表 6.2-1 以及「風險知識建立的範例」一節之中所列出來的圖表非常優良。而建議之「化學物質風險資訊資料庫」（P.6-11）及知識庫（P.6-16），可以在哪裡呈現？（本項的相關圖表及網路連結（多元管道），是否可以在簡報中呈現出來。）	感謝委員對本計畫執行成果的肯定。有關「化學物質風險資訊資料庫」及「知識庫」為目前本計畫所提出建議計畫主辦單位未來建置作業規劃之構想，因此尚未有實體連結可供呈現。
6. 建議本報告的各項成果分別作出精簡的小冊（pamphlet）、分頁、或 DM。例如各章各項之「規劃」案，各項已完成之初稿，應可以成為優良案例。	謝謝委員的建議，後續將依計畫主辦單位之需求製作簡明之成果資料。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

賴委員逸嵩

審查意見	回覆說明
1. 顧問公司針對國外化學物質風險評估與管理架構提出多國模式、風險資訊整合及知識應用方面蒐集國內各單位資料庫型式及提出建議構想、辦理二次專家學者諮詢會議、並提出化學物質環境流布調查綱要計畫草案；內容相當豐富，基本上是值得肯定的。以下茲提出幾點問題提供參。	感謝委員對本計畫執行成果的肯定。
2. P.6-3 請補充說明化學雲如何運用分析，提升主動預警能力？	謝謝委員的建議，參考 106 年度化學雲－跨部會化學物質資訊服務平臺計畫之執行成果，化學雲之資料應用案例包含衛福部食藥署－食品業者可疑廠商篩選、經濟部－選定物質可疑廠商篩選、經濟部商業司－化工原料可疑廠商篩選等，此些案例係利用條件式之查詢功能，交叉比對跨部會既有資料，藉以篩選出高風險之廠家，供各部會作為管理措施執行之參考，以達提升主動預警能力之目的。以食品業者可疑廠商之篩選為例，首先透過關注化學物質（加強勾稽不可使用於食品添加物之化學物質）之選定，交集出特定領域（食品）廠商之名單，再透過特定領域廠商（學研、法人、醫療機構等）之排除，以及流向資料（源頭）之分析，最終篩選出可疑之源頭廠商清單，供衛福部作為執行優先查核工作之依據。相關內容已補充說明於 6.1.1 節。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

賴委員逸嵩（續）

審查意見	回覆說明
3. P.6-3 在引用說明環保署環境資源資料庫時，請注意資料的完整性與正確性。如大氣缺漏非游離輻射、噪音，水缺河川、水庫、海象等項目。酸雨測站應為 18 站、海域測站應為 104 站等。	謝謝委員指正，已修正表 6.1-2 之酸雨測站與海域測站數目。有關表 6.1-2 所包括之內容主要係針對環境資源資料庫中與環境風險資訊相關者（風險評估所需相關參數請參閱第五章說明），故本計畫於彙整中未納人大氣之輻射、噪音與水之海象等項目，另已於表 6.1-2 補充說明河川與水庫相關之環境資訊。
4. P.6-13 圖 6.1-4 化學物質風險資訊資料庫建議架構相當完整。請補充說明是建議 10 萬種化學物質均要涵蓋嗎？若只納入部分化學物質則篩選機制為何？是參考化學物質環境流布調查綱要計畫之篩選評估方法嗎？爾後資料要不要開放？國衛院之 199 種、衛福部之 845 種（已撤下網頁）、勞動部之 3,000 種是否納入？	謝謝委員的意見，本計畫建議於資料庫規劃設計階段，若此資料庫定位為我國國家級之化學物質資料庫，仍應以可盡可能容納最大量之化學物質相關資料為建置基礎，此資料庫建置所需之軟硬體設備於現今資訊時代應不是問題，如美國環保署計算毒理學研究中心（National Center for Computational Toxicology）所建置之 Chemistry Dashboard 化學物質資料庫（ https://comptox.epa.gov/dashboard ），截至目前共已蒐彙了 76 萬 5 千種化學物質基本物化特性、環境宿命、毒理資料、暴露評估資料、結構相似物、生物檢定數據等國內外各學術研究機構之資料。 本計畫建議此類資料庫內容雖較為專業，但仍應盡可能開放供各界援引查閱使用，以提高資料庫之使用頻率及其權威性，於資料庫建置初期除常見之數千種物質外可能多數物質之資料內容較為欠缺，但應可逐年擴充。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

賴委員逸嵩（續）

審查意見	回覆說明
5. P.7-18 在回覆諮詢會議專家學者之意見多以參考美國環保署之資料來說明。如此是否建議國內化學物質風險評估與管理架構係要採行美國之方式？請澄清。	委員所指之專家學者意見多係針對篩選評估原則之合宜性，而本綱要計畫中篩選評估方法之研擬主要係參考化學局委託成功大學辦理之 107 年度化學物質環境流布背景調查專案工作計畫所提出之「化學物質登錄制度之環境流布調查篩選機制」，該計畫所參考之主要資料來源係為美國環保署，故本計畫於意見回覆中即以原始資料來源作為說明之依據，至於國內未來化學物質風險評估所欲採行之方式，則應以計畫主辦單位實際之政策規劃方向為準。
6. P.8-3 建議事項未將風險評估法制化納入（P.3-70），建議納入以供化學局辦理下階段事宜參考。事實上國內早期在興建焚化爐時就曾經使用風險評估技術在評估相關污染物質流布之影響。	謝謝委員的建議，已於第八章建議事項中將風險評估法制化納入供計畫主辦單位參考。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

賴委員逸嵩（續）

審查意見	回覆說明
7. 附件六「化學物質環境流布調查綱要計畫（草案）」P.22 化學物質環境流布調查作業擬分短、中、長期進行。請補充說明各期擬欲達成之目標。	謝謝委員的建議，本處所指之短、中、長期工作係對應期末報告（修正稿）附件七中第肆項所述之分階段目標，短期目標（108~110年）為：(1)建立化學物質優先調查評估篩選方法與清冊，並完成2種化學物質之環境流布調查與環境風險評估，確立調查規劃與資訊整合分析方法，以及部會合作與分工機制、與(2)建立各環境法規已列管項目與持久性有機污染物之系統性環境流布濃度監測與調查方法，並執行整體性之環境風險評估；中期目標（111~115年）為：(1)滾動式檢討與更新化學物質優先調查評估清冊，並每年以1~2種化學物質依序完成化學物質之環境流布調查與環境風險評估、與(2)研析環境風險評估作業執行成效，辦理本土化參數資料之調查與建置，完備風險評估作業之所需；長期目標則為（116~120年）：持續辦理化學物質環境流布調查與風險評估作業，並滾動式檢討整體執行成效，提出精進篩選方法、調查方式與整合應用機制之建議。
8. 附件六「化學物質環境流布調查綱要計畫（草案）」P.附-3 化學物質環境流布調查綱要計畫之步驟2，表格應修改。可考慮：在各面向分數累積後，而篩選出不同等級之優先性，其中分級1為一般、分級2為重要、分級3為優先。此外，評估面向欄位應去除。	謝謝委員的建議，已修正期末報告（修正稿）附件七中附表2之表示方式。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

陳委員威翔

審查意見	回覆說明
1. 報告中中英文名稱有時第一個字母大寫，有時沒有，建議統一格式。	謝謝委員的建議，本期末報告已統一英文名詞除「國名」以字首大寫表示、「專有單位組織名稱」各單字字首均大寫表示外，其餘均以小寫表示。英文全名之縮寫原則上均為大寫，少數英文名詞之縮寫因其特殊性或為專業文件使用，則依據國際通用格式縮寫，如歐盟之 CoRAP、vPvB 等。
2. P.3-26 特定專有名詞在文中第一次出現，請解釋。	謝謝委員的建議，已補充文中第一次出現之專有名詞全稱。
3. 在第三章中，部分表格整理各國方法資訊時，建議在表格下方或適當處提供資訊來源（如表 3.3-1 和圖 3.3-1）。	謝謝委員的建議，已於第三章補充說明相關參考資料之來源。
4. 表 3.4-1 列出各國化學物質模式比較，是否可加註該模式是否有有機物或無機物適用性的敘述？	謝謝委員的建議，已於表 3.4-1 補充說明各模式的適用對象。
5. 3.6 小節中，因資訊公開為風險評估管理之一重要環節，建議可針對任一國家現行方法較適合我國國情之部分補充說明。	謝謝委員的建議，本計畫經綜合研析後認為各國資訊公開之情形大致相同，惟於不同類型資料之呈現方式上有所差異，因此除於 3.6 節中說明各國資料庫系統主要含括之資料類別，並已於 6.1 節說明參酌各國經驗所提出之國內風險資訊資料庫建置規劃。
6. P.4-57 後與表 4.3-3 部分文字以粗體字表示，請說明原因或修正。	謝謝委員的建議，本處粗體字係為強化表示各類環境傳輸模式所需之重要參數資料項目，已修正 4.3 節與表 4.3-3 文字之表示方式。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

陳委員威翔（續）

審查意見	回覆說明
7. 第五章是本計畫結果中重要的一環，依成果報告中所述，執行團隊建議之環境風險評估架構以現行健康風險評估為主要架構，依此策略，能夠蒐集到合理的①危害鑑定和劑量效應參數、②多介質傳輸模式結果、以及③國內暴露數據實為有效風險評估之關鍵。執行團隊已針對關切物質分類建議國內外資料庫系統使用順序，建議可補充說明此資料庫排序之依據。	謝謝委員的建議，本計畫於 5.2.2 節所列示之國外資料庫系統使用順序係參考環保署公告之「土壤及地下水污染場址健康風險評估方法」與「健康風險評估技術規範」，所訂定之毒性因子援引之毒理資料庫優先順序，原則上係依據國外相關研究或政府機構具公信力之資料庫完整性及權威性進行考量，已於 5.2.2 節補充說明相關內容。
8. 延續上一點，建議補充本計畫建議傳輸模式之考量，除了環境介質外，是否可依其他因子，如關切物質屬性或大小尺度區域選擇適用之模式，如表 5.2-7。	謝謝委員的建議，已於表 5.2-7 補充說明各環境傳輸模式之適用條件。
9. 表 5.2-8 國外資料來源請再提供英文名稱，相關資料來源參考資訊。	謝謝委員的建議，已於表 5.2-8 補充國內外參考資料之來源。
10. 國內部分重要新興環境污染物如銻、鎘、鉬之使用在未來環境風險評估扮演重要資訊，但國內相關資料庫數據缺乏，可摘要建議未來如何執行之。	謝謝委員的建議，有關較缺乏物質基本資料之新興環境污染物應如何評估環境風險，建議先行援引國外毒理參數資料庫之資料，或以模式模擬取得後，據以評估試算。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

趙委員浩然

審查意見	回覆說明
1. 報告中有許多文字的部份需要修正。	感謝委員對報告文字的指正，已修正。
2. 諮詢會議專家委員的意見，是否有完整的回答	本計畫辦理專家諮詢會議之目的係為廣泛蒐集各界之意見，以作為本計畫研擬環境流布調查綱要之參考，其中第一次專諮會辦理時間點係為計畫執行之前期，因此討論議題所涵蓋之面向較大，相關意見主要將作為綱要計畫範疇確立及計畫主辦單位整體政策執行方向規劃之參考，故本計畫並未針對此次會議意見進行回覆，惟已就本計畫相關內容與計畫主辦單位進行充分之討論，並納入綱要計畫撰擬之參考。另第二次專諮會討論重點係為環境流布調查計畫初稿內容之合宜性，因議題較為明確，故本計畫已針對此次會議委員所提出之意見進行回覆，並依此修正綱要計畫之內容。
3. 新興污染物的毒理資料、暴露參數、介質傳輸較不齊全，是否有相關的因應措施。	謝謝委員的建議，有關較缺乏物質基本資料之新興污染物，建議先行援引國外毒理參數資料庫之資料，或以模式模擬取得後，據以評估試算。
4. P.4-45 歷年來 POPs 的基線調查與污染潛勢區調查的資料仍需更新？如 Dioxins、PBDEs。	謝謝委員的建議，本計畫已彙整納入環保署近期於 105~106 年辦理之土壤持久性有機污染物調查及管理策略研析計畫執行成果，並已於表 4.2-13、4.2-15 修正更新相關資料。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

趙委員浩然（續）

審查意見	回覆說明
5. P.4-40 Phthalate 與 P.4-43 NP、BPA 飲用水的資料更新。	謝謝委員的建議，本計畫環境調查資料之彙整主要係針對環保單位歷年 80 餘項計畫之執行成果，另有關委員所建議之學術研究成果，考量其資料來源較為分散且型態不一，故本計畫未將此部份資料納入，將建議計畫主辦單位後續執行相關計畫時應增加納入學術研究資料之蒐集彙整。
6. 未知風險的污染物的毒理資料及暴露參數如何蒐集及使用上的建議，報告 P.5-20 及簡報 P.29 與 P.30。	謝謝委員的建議，針對未知風險污染物資料之蒐集使用，本計畫已於 5.2.1~5.2.4 節分別說明化學物質物化特性參數、毒理參數、環境濃度資料與受體暴露參數等之取得方式，包含建議查詢之國內外資料庫系統，以及可用於預測模擬之評估模式工具。
7. 本土參數的蒐集，如臺灣營養健康狀況變遷調查 NAHSIT，但兒童資料較少。	謝謝委員的建議，已增加納入臺灣營養健康狀況變遷調查（NAHSIT）於表 5.2-8。有關兒童資料之爰引建議可優先參考環保署土基會國內嬰幼兒暴露參數研究計畫之執行成果。
8. 本報告較少提及 in-vivo models，建議加強。	謝謝委員的建議，本計畫於附件二中已有詳述說明各國評估模式之建置使用方式，其中歐盟 MERLIN-Expo 模式即有整合可描述化學物質進入人體內動態變化之藥物動力學模式（PBPK model）。
9. 食藥署及國衛院也有一套關於食品的風險計算軟體，已建立動物用藥、農藥的風險估算。	謝謝委員的建議，將建議計畫主辦單位於後續建置資料庫時應評估納入並整合之。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期末報告審查意見答覆說明

毒物及化學物質局

審查意見	回覆說明
1. 各國模式之適用條件建議做更詳盡之說明。	謝謝委員的建議，已於表 3.4-1 補充說明各模式的適用對象，另亦已於附件二完整說明各模式詳細之適用條件。
2. 各國模式模擬結果 (P.3-45) 之判讀與選用建議提出更多說明。	謝謝委員的建議，已於附件二補充說明各模式詳細之判讀與選用原則。
3. P.3-56 建議增加說明各國資料庫系統實際使用之情形。	謝謝委員的建議，已於表 3.5-1 補充說明各國資料庫系統之於使用上之特點，其中歐盟 Brief Profile 與美國 Chemistry Dashboard 皆有提供經專家評析與分類之科學性研究資料，故於整體使用頻率上應為最高，另其他資料庫系統則主要作為政府呈現管制評估現況之平台，因此多為國內民眾或有意從事製造或進口之國內外業者所使用，如韓國與日本之網站皆有國內版（日文或韓文）與國際版（英文）之分。
4. 請計畫執行單位確認本計畫所提出之資料庫架構與知識應用方式是否與本局政策執行方向一致。	謝謝委員的建議，遵照辦理。
5. 請計畫執行單位修正結論與建議之撰寫方式，內容宜更加具體並與計畫目標相呼應。	謝謝委員的建議，遵照辦理，已於第八章修正相關內容。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期中報告審查意見答覆說明

何委員文照

審查意見	回覆說明
1. 報告書中，中英對照表英文字首大小建議再 check 一致。	謝謝委員指正，已修正。
2. 表 3.1-5 REAC 再確定。	謝謝委員指正，已修正為 REACH。
3. 風險分析、科學性風險評估基本架構具一致性，因地理位置、組成的特性與發展期程（例如日本與臺灣為海島型國家、歐盟為多國組成、加拿大溫帶地廣人稀，亦包括涵蓋開發中和已開發之期程等），管理與溝通程序有所因時因地因人之階段及特殊考量的可能。	謝謝委員的建議，已於期末報告第三章各國化學物質管理制度之比較研析中，增加考量此些因素之影響。
4. 除第 3 點之不同考量之外，國際貿易之交流之規範考量亦是參酌因素之一。	謝謝委員的建議，已於期末報告第三章各國化學物質管理制度之比較研析中，增加考量此些因素之影響。
5. 圖 4.1-2 場址評估（Site Assessment）是風險評估一環，相輔相成，但因考量與期程有先後考量。表 4.1-3 呈現提供重要比較，可以再補述說明。	謝謝委員的建議，圖 4.1-2 係指風險評估方法於土壤及地下水污染場整治管理之應用方式，已於期末報告中表 4.1-4 補充相關說明。
6. 4.3 節模式參數，建議需有與其實測數據驗證與評估。	謝謝委員的建議，本處所指之模式參數係為供模式執行模擬預測等作業之所需，相關參數資料之取得大多需透過現地實際調查工作之辦理，故應無與實測數據不同之疑慮，已於期末報告 4.3 節補充說明。
7. 第五章建議與高暴露族群與高敏感族群增加補述。	謝謝委員的建議，已於期末報告 5.1 節化學物質環境風險評估架構中增加說明此一評估原則。
8. p.5-1 建議增加 Hazard Identification 部份。	謝謝委員的建議，已於期末報告 5.1 節化學物質環境風險評估架構中增加此一步驟，並說明其執行方法與作業原則。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期中報告審查意見答覆說明

何委員文照（續）

審查意見	回覆說明
9. p.6-8 建議有包括對小孩危害之考量。	謝謝委員的建議，期中報告 p.6-8 所列示之資料係為國衛院國家環境毒物研究中心所採用之編寫格式。本計畫已於期末報告 6.2 節環境知識建立原則中說明區別不同目標族群或傳達對象需求之必要性。
10.化學雲是大數據的應用，Data Quality Objective 與應用前提與 Uncertainty Analysis 增述，大數據的品質依據是關鍵。	謝謝委員的建議，已於期末報告第六章環境風險資訊整合與知識應用之規劃中，納入資料數據檢核及數據品質控管之概念。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期中報告審查意見答覆說明

凌委員明沛

審查意見	回覆說明
1. 於「彙整國外風險調查或建構方式」中分成六個國際組織或國家，僅各別討論，建議選定共同步驟，如篩選方法、風險評估、風險管理等，各觀點優缺點比較，以供後續之建議。(例如：①篩選原則：NOAEL。②ND 值如何計算：未檢出率多少、以 0、LOD 或 $\frac{1}{2}$ LOD 計算)。	謝謝委員的建議，已參考委員建議調整報告撰寫方式，綜合說明各國化學物質管理現況、篩選評估原則、風險評估方法等重要項目並分析比較於第三章中。 另有關各國對於篩選原則中原始數據之處理方式，本計畫現階段並未查詢取得較為正式之評估規範文件，而多散見於學術研究論文中探討，建議後續可針對此項議題另行評估研究。
2. 應比較已整理的「國內風險評估模式」，各模式間優缺點比較。	謝謝委員的建議，已於 4.1 節彙整說明國內不同環境議題應用之風險評估方法比較，亦於 4.3 節彙整說明國內各環境風險評估模式之適用性與應用概況。
3. 風險知識建議應針對不同族群。	謝謝委員的建議，已納入 6.2 節環境風險知識建立原則中考量。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期中報告審查意見答覆說明

張委員玉明

審查意見	回覆說明
1. 本報告書所顯示的內容，尚稱豐富，應符合期中工作的要求。惟本報告很像冗長的讀書報告，建議應更詳盡地列出本計畫工作的成果。以下就有關本計畫執行的成果方面，提供一些討論。	謝謝委員的建議，已參考委員建議調整本計畫報告撰寫方式。
2. 第二章的內容是有關我國各項已建立的管理方法，請討論這些辦法對本計畫的成果有什麼樣的貢獻、兩者如何連結。	謝謝委員的建議，第二章的內容主要提供本計畫做為執行工作相關背景資料之參考，可連結到本計畫執行重點包含化學物質管理架構之研析建議以及化學物質環境風險評估方式之探討，整體而言各國於化學物質之管理架構上目前均係以化學物質風險評估為基礎，兩者極為相關。本計畫亦已參考國外管理及評估制度並檢核國內現況，提出未來我國化學物質管理與環境風險評估之建議。
3. 第三章內容繁複（讀書報告）。同前，第三章對於本計畫工作沒有指出很明確的成果內容。所列出來的各國的毒性物質管理不同制度方法，對本計畫有何指引啟示？3.8 節之研析，應有更簡潔明確的表述；表 3.8-1 之比較，似無執行方針可遵循，意即 3.8.2 節可列出執行方針（圖表為優）。	謝謝委員的建議，已參考委員建議調整本計畫報告第三章之撰寫方式，並於 3.7 節簡要提出我國發展化學物質環境風險評估架構之四點建議。
4. 第四章（p.4-94）有言「模式參數已大致建置完成」，則本計畫工作，尤其是資訊整合這個部份，有何連結？本章似有未足之處。	謝謝委員的建議，本計畫已完成國內各類型評估模式以及模式所需參數建置現況之盤點工作，有鑑於各項參數資料目前均散置於各權責單位內，造成使用者之不便，故已於 6.1 節建議未來於發展化學物質環境風險評估作業上，應考量由主管機關統籌建置資料庫並供應各項參數資料。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期中報告審查意見答覆說明

張委員玉明（續）

審查意見	回覆說明
5. 第五章尚稱虛無。	謝謝委員的指教，已參考委員建議調整本計畫報告撰寫內容。
6. 第六章針對本計畫「資訊整合應用」的目標尚稱具體（如 p.6-14）。惟所提出之構想、應用方式、概念等，如何做出連貫不是特別的明顯，對本計畫主題「知識應用」如何落實不詳，例如圖 6.1-5 太深奧，圖 6.1-6 又太普通，請討論資料提供如何分層，以便各階層的讀者都可以接受之。	謝謝委員的建議，已參考委員建議於第六章具體提出環境風險資訊整合與知識應用之整體規劃架構，於知識應用部分並依資訊傳達族群對象定義不同之風險知識內容範疇。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期中報告審查意見答覆說明

賴委員逸嵩

審查意見	回覆說明
1. 引用統計數據建議更新至最近日期，如 p.1-1 世界衛生組織之暴露於化學物質之死亡人數為 2012 年數據、p.3-2 歐盟清單收入數量為 2008 年數據...	謝謝委員的建議，本計畫所援引之各項文件資料均已更新至最近日期，然因部分數據資料之原始發布單位並未再辦理調查或未再更新統計結果，因此仍予以保留。
2. 第三章國外化學物質管理架構提出六個國家的方式進行說明。請針對此六個國家化學物質管理架構之相同與差異點列表做比較，包括法源、申報門檻、化學物質範圍...等，並依國內目前執行現況，提出適合國內應用的建議方式。	謝謝委員的建議，已參考委員建議調整本計畫第三章報告撰寫內容並以列表方式比較呈現。
3. 第三章國外化學物質之環境流布模擬模式僅介紹美國 EPI siute、加拿大 RAIDAR 及韓國 SimpleBox_Korea，請補充其他國家之方式。請針對此些國家化學物質環境流布模擬模式之相同與差異點列表做比較，並提出適合國內應用的建議方式。	謝謝委員的建議，已增加歐盟兩種風險評估模式之說明，並列表比較各模式之主要功能與差異特性，由於各模式之用途以及應用於各國管理制度上之差異性，本計畫亦已提出我國可參考綜合運用之構想於 3.4.2 節。
4. p.3-197~198 圖 3.7-1 Level II 及 Level III 之化學物質釋放量差異性相當大，請補充輸入參數以了解不同介質的逃逸度 (fugacity)。	謝謝委員指導，期中報告圖 3.7-1 為 RAIDAR 模式中以 Level II 及 Level III 模組模擬化學物質環境流布之模擬結果。兩模組採用相同的化學物質環境釋放量參數，係參考自環保署計畫調查成果。兩模組模擬結果之間的差異性與 Level II 及 Level III 模組的基本假設有關係。Level II 模組考量化學物質於環境介質間的轉換及反應速率，可計算化學物質於各環境介質中的停滯日數。Level III 模組考量跨環境介質間的物理性動態傳輸，允許化學物質以動態平衡的狀態存在 (侯裕文，2001)。Level II 主要使用化學物質之反應半生期參數，Level III 則另需化學物質之跨介質的傳輸常數及傳輸半生期參數 (李文亮，1998)。Level II 及 Level III 參數內容請分別參考期中報告之表 3.3-11 及表 3.3-13。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期中報告審查意見答覆說明

賴委員逸嵩（續）

審查意見	回覆說明
5. p.3-202 3.7.4 節提及三種模式模擬結果相近，惟比較表 3.7-1、3.7-3、3.7-4 發現輸入值差異性相當大。以 DEHP 為例，主要分布在土壤，EPI 採 (Biowin-ultimate) 土壤半生期為 720 小時，RAIDAR 輸入值土壤半生期為 1,300 小時，兩者並非相同條件，請澄清。	謝謝委員指導，本計畫透過模式模擬毒化物的環境流布方式，用於辨識毒化物主要存在的環境介質，同時檢視 EPI suite、RAIDAR 及 SimpleBox_Korea 模式在操作使用上的參數需求。模式的功能各有差異，EPI suite 內建化學物質物化特性試算功能，而 DEHP 土壤中的半生期模擬結果為 720 小時，並非輸入值。期中報告表 3.7-4 說明 RAIDAR 模式參數輸入值，DEHP 土壤半生期為 1,300 小時係援引自研發團隊發表使用之數值，與 EPI suite 模擬值 720 小時之意義不同。
6. p.5-4 在「風險資訊整合」方面於「化學物質之釋放量及濃度」僅提及各單位之資料需經清理及正規化程序，並未提出具體內容及構想，建議補充之。	謝謝委員的建議，考量目前國內各單位所建置之調查資料內容於數值格式、濃度單位、分析方法可能均有差異性，本計畫現階段已先行盤點相關資料來源，實際之資料清理及正規化作業程序，建議仍應視後續資料庫整合介接時逐一確認原始資料數據後再行研擬，一般之作業流程為資料取得→資料分析→資料格式及單位確核→訂定資料轉換後統一格式→資料轉換→資料校核抽樣覆驗。
7. p.5-5 在「風險資訊整合」方面於「化學物質之暴露參數」僅提及取用本土化之調查結果或美國環保署之暴露評估手冊，並未提出適用性、具體內容及構想，建議補充之。	謝謝委員的建議，已補充說明於 5.2.4 節中。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期中報告審查意見答覆說明

環保署環境檢驗所

審查意見	回覆說明
1. 風險評估所採用之參數，建議如有國內或地區數值時，以其評估時較為準確。	謝謝委員的建議，風險評估作業所使用之參數來源，若有現地實測值將優先使用，無實測值者則以預設參數值或模式模擬評估值為依據，已於期末報告 5.1 節說明相關參數資料使用優先順序之原則。
2. 環境調查之檢測值如為低於偵測極限時，如何去進行其風險評估。	若確實有化學物質污染來源但環境調查之檢測值卻低於偵測極限，應先行研析探討此數值之可信賴程度以及可能原因，例如採樣設備儀器之靈敏度或分析作業之偵測極限等（有時可能是有濃度但測不到），並應確認是否多次之調查數據檢測資料均相近且趨勢亦相同，建議可考量風險評估保守性之原則，先行使用預設參數值或以模式模擬評估值為依據試算其可能之危害風險，再行探討以無檢測濃度值評估之風險評估結果之差異性。
3. 空氣後續風險評估是否與其他環境介質一樣，以實測值進行。	原則上若風險評估作業所使用之參數來源有現地實測值將優先使用，無實測值者則以預設參數值或模式模擬評估值為依據，已於期末報告 5.1 節說明相關參數資料使用優先順序之原則。
4. 建議如可行，可以毒性化學物質作為範例，進行本計畫所建立程序或流程進行說明。	謝謝委員的建議，本計畫已於 3.4 節試行利用國外風險評估模式工具評估化學物質特性、暴露危害、毒性、及風險指標。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期中報告審查意見答覆說明

環保署土污基管會

審查意見	回覆說明
1. 計畫除應用化學雲既有資料庫外，後續尚規劃彙整更多環境資料（如監測、調查、氣象...等），如同報告中所提「要產出較佳的風險評估成果需仰賴品質良好的資料庫」，對於資料彙整後是否具有如資料檢核或定期檢討...等機制來確保資料品質。另外，資料來源端是否可持續供應、更新頻率也應依使用目的納入考量中。	謝謝委員的建議，已將環境流布調查作業應考量之調查監測頻率以及調查資料數據品質檢核機制納入於流布調查綱要計畫中，以為後續各業管權責單位執行依循。
2. 建請以一般民眾為使用對象的資料庫規劃，另建議對象鎖定幾類族群（如學生）或區分年齡層。	謝謝委員的建議，已於第六章提出未來規劃建置之「化學物質風險資訊資料庫」資訊傳達對象設定為三種類型，並以一般大眾為主要之環境風險知識建立目標對象。
3. 報告僅提供預定進度及查核重點（表 1.4-1），請補充各項工作實際執行進度（符合或落後）？請說明各工項目前進度 60%之計算方式。	謝謝委員的建議，已補充說明。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期中報告審查意見答覆說明

環保署監資處

審查意見	回覆說明
<p>1. 本報告 6-5 ~ 6-7 所提涉 ERDB、Opendata、CDX 部份：</p> <p>(1) 本署環境資源資料服務平臺將持續擴充資料交換及開放增值項目，提升跨機關資料流通共享，推廣開放資料串聯應用，創造資料應用效益。</p> <p>(2) 開放資料為來將持續擴充原始資料 Raw Data 上架，利用結構化格式以利機器可讀性。</p>	<p>謝謝委員的建議，已將委員建議納入期末報告 6.1 節風險資訊資料庫整合建置作業規劃之參考。</p>
<p>2. 除上述網站內容與本案相關外，本署另建有列管污染源資料查詢系統 (PRTR) https://prtr.epa.gov.tw/，以及愛環境資訊網 (IENV) https://ienv.epa.gov.tw/，內容可能與本專案相關，可提供本專案參考。</p>	<p>謝謝委員的建議，已將委員建議納入計畫報告 5.2.3 節中說明提供未來資料庫整合建置作業規劃之參考。</p>

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

期中報告審查意見答覆說明

毒物及化學物質局

審查意見	回覆說明
1. 建議計畫執行單位可增加各國篩選機制與方法之說明及討論比較，以做為國內各項化學物質篩選評估原則建置與發展之參考。	謝謝委員的建議，已於期末報告 3.2 節增加討論比較各國篩選機制與方法之異同之處，並可作為國內發展化學物質篩選評估方法之參考。
2. 請計畫執行單位針對已蒐集的各國資料做更詳盡的分類與比較討論。	謝謝委員的建議，已於期末報告第三章增加各國化學物質管理制度之比較研析，包含篩選評估原則（3.2 節）、風險評估方法（3.3 節）、評估模式工具（3.4 節）、資料庫系統（3.5 節）與風險知識建立（3.6 節）等面向。
3. 請計畫執行單位依據各國資料研析結果與國內執行現況，針對篩選原則、本土化參數建置調查與資訊加值運用等化學物質管理面相提出具體建議。	謝謝委員的建議，已於期末報告 3.7 節、第六章與 7.1 節分別針對篩選原則、本土化參數建置調查與資訊加值運用等面向提出未來發展與工作規劃之建議。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

評選會議審查意見答覆說明

王委員玉純

審查意見	回覆說明
1. 本案是否區分台灣現況風險調查？或環境（環評）增量風險之評估？或現有風險評估之整合工具平台？或知識教育平台？	本計畫之目標係協助計畫主辦單位擬定化學物質環境風險資訊整體架構，盤點風險評估作業所需之模式與參數，規劃整合方法整合署內各單位及部會之污染物調查資料，並提出知識平台建置規劃構想。
2. 土壤及地下水污染擴散與健康風險評估規範已於本年度年底完成草案，與本案之重疊與區分？	各類風險評估差異性不大，但所使用之評估參數多為預設資料，故規劃整合國內本土化調查結果，以利國內風險評估使用，另本計畫將研析瞭解國外化學物質風險評估方式，引進新知。
3. 台灣現有風險評估最大問題在運作量釋放、排放途徑及環境流布之整合資訊，含各式資料庫（跨單位），計畫書未明確說明如何執行，宜修正及明確說明。	工廠及各事業之化學物質運作量及排放資料，過往我們曾利用對廠家詳細之盤查作業取得，現階段建議先行透過化學物質資料登錄檢核，較有問題者再行進廠調查，本計畫將先行瞭解各單位資料現況，並提出資料清理或結構化之整合建議。
4. 模式之技術服務，含教學、應用創新、技術輔導更新等，如何在本案實際推動，宜修正及明確說明。	本計畫於模式方面主要工作重點係欲探討其適用性及盤點所需參數，經彙整研析後，提出化學物質環境風險評估之適用模式架構，將於計畫成果報告中說明。
5. 專諮會宜納入產官學各界，含署內業務單位、產業界（業興、景丰等）、學術界執行相關計畫之學者。	謝謝委員建議，遵照辦理。
6. 底泥生態風險之資訊，宜蒐集國內外環保署之相關報告。	謝謝委員建議，遵照辦理。
7. 平台指的是網頁嗎？	本計畫將提出風險知識平台之建置規劃，原則以網頁方式呈現。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

評選會議審查意見答覆說明

潘委員銘正

審查意見	回覆說明
1. 請提出第二目標：風險知識建構部份不難達成，但是應用方式要如何規劃，要達到什麼效果？請說明。	謝謝委員建議，本計畫針對風險知識之應用主要目的為提出構想與可行規劃方案供主辦單位參考，希冀可以易於理解之方式傳遞完整的風險資訊予一般大眾，後續將在持續與計畫主辦單位討論，依其實務需求提供協助與建議，俾利達成計畫主辦單位之預期目標與效益。
2. 收集至少 3 國風險評估管理架構可否增加紐澳，因為美加可能非常類似。	謝謝委員建議，本計畫初步規劃以歐盟、美國、加拿大、日本、韓國為資料搜集目標，主要考量其法規進步性與區域特性，一般而言其他各國多以歐盟或美國為主要參據對象，後續可依計畫主辦單位需求擴大資料蒐集目標與對象，俾利達成本計畫預期目的。
3. 環境毒物流布調查綱要的提出為本計畫目的之一，能否參考先進國家有關環境中生物性危害物（微生物）如何釐清，如何同步調查，因為採取之樣品如果可同步讓不同領域研究人員利用，更可收事半功倍之效。	謝謝委員建議，本團隊後續將依計畫主辦單位之需求加強蒐集生物性危害物資料，並納入環境流布調查綱要研擬之考量，以達資訊整合之目的。
4. 邀請之委員請加入環境教育人員。	謝謝委員建議，後續亦會邀請環境教育相關專家參與專諮會，俾利風險知識之應用推廣。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

評選會議審查意見答覆說明

張委員玉明

審查意見	回覆說明
1. 有關風險評估、模式應用的描述尚稱完善，唯物質流布及知識平台建置之方法較不明確。	謝謝委員建議，本計畫針對物質環境流布及知識平台建置主要著重於方法論沿西語架構規劃，將再與計畫主辦單位討論確認其實務需求後，強化相關工項執行方法之說明。
2. 有關蒐集五國之資料，列舉五國，請討論各國之間有無特殊性，計畫書所列之參考文獻未廣集五國。	謝謝委員建議，後續計畫執行將加強論述各國制度差異性之比較與特點說明，以強化報告完整性。另各國資料多公開於其網站上，故於服務建議書中初步以網站網址做為代表，後續將會以文件資料形式完整列出參考文獻來源。
3. 請表達貴團隊之外語能力如何，而所列經費中外文翻譯費用是否合適。	謝謝委員指教，本團隊成員均具碩士以上之學歷，皆具良好之外語能力與科學訓練，將可勝任外文資料之蒐集與研析。令考量部份國家，如日本與韓國非以英語做為母語，具專業翻譯之需求，故編列此一費用以確保資料品質。
4. 模式之操作、試用、建立，是否需要何種經費（經費分析表未列出）。	謝謝委員指教，本計畫環境模式主要工作重點為探討其適用性與盤點所需參數，故未含建置費用，模式資料蒐集則主要以公開免費軟體為主，以利後續使用與應用。
5. 成果請列出實際項目及書件或軟體數目。	謝謝委員建議，本計畫依評選須知內容應提出之實際書件項目包含環境風險調查架構之規劃建議、環境風險評估架構、風險資訊管理整合方案、評估所需之模式或參數資料建置方案、環境流布調查綱要與風險知識建立方式等，後續將再與計畫主辦單位討論後，依其實務需求，規劃更為明確之成果項目。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

評選會議審查意見答覆說明

張委員玉明（續）

審查意見	回覆說明
6. 有關知識平台，目標如何訂定（如何普及大眾，民眾之知識達到程度如何量化）。	謝謝委員建議，本計畫針對風險知識建構之主要目標為提出應用之構想與可行方案之規劃，供計畫主辦單位參考，後續將再依主辦單位實務需求，提供必要之協助與建議，並提出較為明確之目標。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

評選會議審查意見答覆說明

賴委員逸嵩

審查意見	回覆說明
1. p.35 表 4.2-3 各國化學物質風險評估模式工具未列日本及加拿大等先進國家；建議再多蒐集資料。此外建議補充各模式適用性及限制，參數範圍及實證。	謝謝委員建議，後續計畫執行將會完整蒐集歐盟、美國、日本、韓國、加拿大所使用之評估模式工具資料，亦會逐一評估各模式之適用性、限制、所需參數以及國內外實際應用案例，供計畫主辦單位參考。
2. p.64 環境流布調查綱要研提一節：建議整合環保署本土化資料－歷年「毒性化學物質環境流布調查成果手冊」的內容後辦理。	謝謝委員建議，後續綱要研提將會納入環保署歷年調查資料，確保其完整性。
3. p.64 4.6 風險知識建置架構：建議以通則性流程圖表達規劃的構想及內容；成立知識平台是不錯之構想，但如何落實？	謝謝委員建議，本團隊後續將以流程圖方式呈現，以增進其於實務管理上之應用性。另本計畫主要目標為提出知識應用之構想與可行方案，實際之應用將再與計畫主辦單位討論後，依其需求協助推動辦理。
4. p.72 請澄清合約需求：5 國之毒物及化學物質環境風險評估之整合管理架構及風險知識架構在第一次進度報告時（前四個月）僅能完成 3 個？	謝謝委員建議，考量資料蒐集與研析需耗費大量人力與時間，為確保資料品質與完整性，故採分階段辦理，規劃於第一次進度報告完成 3 個國家，並於期中報告完成全數 5 個國家。
5. p.63 表 6-1 國外環境風險評估之整合管理架構在期中報告時（前 7 個月）始完成，而第 1 次專家學者諮詢安排在 4 月底；是否允當？請澄清。	謝謝委員建議，專諮會主要目的為廣納各界專家之建議，以協助計畫達成預定目標，因此規劃於執行進度約 30%時辦理第一次專諮會，就預定進度初步成果徵詢專家建議，期中報告完成 5 國資料蒐集後，將再辦理第二次專諮會，以確保計畫執行方向與成果可符合計畫主辦單位之需求。

「毒物及化學物質環境風險資訊整合及知識應用計畫」

評選會議審查意見答覆說明

劉委員怡焜

審查意見	回覆說明
1. 環境風險調查所選用的標的為「汞」，有何特殊考量？其代表性為何？汞也很重要，主要應考量國內其他重要的對象。	汞為具揮發性之金屬元素，於大氣中具長程傳輸特性，透過乾濕沉降進入土壤或水體中亦會轉變為有機汞型態對生物體造成毒害，且汞為近期國際關注之污染物質，水俣公約並將於 2020 年生效禁止生產、進口及出口含汞物質，故先以汞為執行對象。
2. 環境傳輸模式的適用性與條件參數之使用與限制應清楚說明，便於應用。	謝謝委員建議，計畫執行期間將對於環境傳輸模式及參數使用之條件及限制說明清楚。
3. 本計畫如何與貴公司以前及目前進行的計畫內容有所區隔，未有重疊的部份？	謝謝委員提醒，本計畫對本公司而言亦為一全新之領域，與本公司過往執行之計畫差異較大，應不致有重疊情形。
4. 環境風險知識的建置應有更明確的標的及呈現。	謝謝委員建議，本計畫將規劃提出一可供正確環境風險知識之平台建構，納入相關部會資訊，同時轉化為民眾可瞭解之知識為目標。

圖書統一編號

TCSB-106-CP01-02-A027

- * 本報告係受託單位或計畫主持人個人之意見，僅供本局施政之參考，不代表本局立場。
- * 本報告之著作財產權屬行政院環境保護署毒物及化學物質局所有，非經行政院環境保護署毒物及化學物質局同意，任何人均不得重製、仿製或為其他之侵害。