

目次

表次	III
圖次	V
摘要	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究計畫內容	7
第三節 研究流程與進度	9
第四節 預期研究成果及效益	11
第二章 文獻分析與研究方法	13
第一節 文獻分析	13
第二節 研究方法	27
第三章 建立綠建材板材類逸散塑化劑與 SVOC 檢測標準分析方法	41
第一節 彙整國際最新綠建材標章塑化劑與 SVOC 標準方法與規範資料	41
第二節 建立綠建材板材類逸散塑化劑與 SVOC 檢測標準分析方法	45
第四章 建材逸散塑化劑測試結果與研擬 CNS 標準草案	87
第一節 建材逸散塑化劑測試結果	87
第二節 專家諮詢會議結論與建議	103

第三節 研擬 CNS 國家標準草案	112
第五章 結論與建議.....	137
第一節 結論	137
第二節 建議	138
附錄一 期初審查意見與回應.....	141
附錄二 期中審查意見與回應.....	143
附錄三 期末審查意見與回應.....	147
附錄四 ISO 16000-31 標準方法.....	151
參考文獻	181

表 次

表 1-1 國際建材標章評定系統項目(列舉).....	5
表 2-1 德國建築產品健康評價委員會(AgBB)建材逸散評估基準	16
表 2-2 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統	17
表 2-3 UL/Green Guard AgBB +認證計畫	18
表 2-4 行政院環保署對塑化劑列毒性化學物質管制	19
表 2-5 行政院衛福部公告塑化劑每人每日耐受量	20
表 2-6 塑化劑相關檢測標準方法	20
表 2-7 國內住家塑化劑於灰塵中採集濃度調查結果	22
表 2-8 室內建材逸散塑化劑與其 SVOC 溫度變化.....	25
表 2-9 不同建材逸散測試系統	25
表 2-10 國內塑化劑相關論文(列舉).....	26
表 2-11 建材逸散微型容器檢測系統	38
表 3-1 國際最新健康綠建材標章塑化劑與 SVOC 標準方法與規範資料.....	41
表 3-4 ISO 16000-33，室內空氣—第 33 部：以 GC/MS 檢測鄰苯二甲酸酯類方法 .45	
表 3-5 ISO 16000-33 以 GC/MS 建立鄰苯二甲酸酯類檢量線	80
表 3-6 Florisil®溶劑萃取法檢測建材逸散鄰苯二甲酸酯類標準方法.....	84
表 4-1 抽樣綠建材標章產品與非綠建材標章產品進行塑化劑逸散測試	87
表 4-2 綠建材標章產品 GB1 塑化劑測試.....	89
表 4-3 綠建材標章產品 GB3 塑化劑測試.....	91
表 4-4 綠建材標章產品 GB3 塑化劑測試.....	93
表 4-5 非綠建材標章產品 S1 塑化劑測試	95
表 4-6 非綠建材標章產品 S2 塑化劑測試	98
表 4-7 非綠建材標章產品 S3 塑化劑測試	100
表 4-8 第一次專家諮詢會議	104
表 4-9 第一次專家諮詢會議內容	105
表 4-10 第二次專家諮詢會議	107
表 4-11 第二次專家諮詢會議會議內容	109

圖次

圖 1-1 塑化劑與半揮發性有機化合物(SVOC)之室內污染傳遞暴露途徑	2
圖 1-2 綠建材標章數量	6
圖 1-3 綠建材種類比例	6
圖 2-1 歐盟建材逸散新測試標準 (CEN/TS 16516).....	14
圖 2-2 歐盟各國綠建材標章使用 CEN/TS 16516 逸散管制	15
圖 2-3 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統	17
圖 2-4 UL/Green Guard 北美標章建材逸散分級驗證制度標章產品	18
圖 2-5 建材逸散塑化劑暴露評估	21
圖 2-6 地板建材逸散塑化劑(SVOCs-PAEs)(DINP)暴露評估	23
圖 2-7 室內環境 SVOCs-PAEs 於氣態及懸浮微粒中濃度變化	23
圖 2-8 室內環境溫度與濕度變化對 SVOCs-PAEs 濃度變化	24
圖 2-9 空氣污染物單室質量平衡模型示意	29
圖 2-10 質量平衡系統圖	30
圖 2-11 微型容器-試驗第一步圖例	33
圖 2-12 微型容器-試驗第二步圖例	34

摘要

關鍵詞：綠建材標章、塑化劑、半揮發性有機化合物、室內空氣品質、建材逸散

一、研究緣起

臺灣位處亞熱帶與熱帶氣候條件，室內常處於高溫高濕環境或空調密閉環境中，加上臺灣室內裝修材料常使用「含塑化劑之塑膠類製品」於牆板、天花板、地板等構造使用，室內易受到物理環境變化與添加塑化劑物質而逸散管制之毒性化學物質，造成室內健康危害等問題，我國自 2004 年開始「綠建材標章」受理「健康綠建材標章」，以「甲醛」與「TVOC」(6 種物質)，為優先管制項目，並逐步提升至「E1, E2, E3 逸散分級制度」，並配合行政院環保署「室內空氣品質基準」，將 TVOC 由 6 種擴大增加至 12 種物質，目前隨著「國際綠建材標章」與「國際標準」之趨勢，建材添加塑化劑等物質種類繁多，皆屬「半揮發性有機化合物」(Semi-Volatile Organic Compounds, SVOC)，亦為國際間廣泛關注之長期影響有機污染物，國際間逐步管制與禁用，例如美國 GreenGuard、德國藍天使等建材標章，亦將塑化劑與 SVOC(碳十六 C16-碳二十二 C22 等物質)納入管理。

本研究擬參考國際標準(ISO 標準)如「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」(2017 年公告)與「ISO 16000-31：有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑的測量 - 磷酸酯」(2014 年公告)等，採用既有 Tenax-TA 吸附方法與 ISO 標準新式 Florisil 採樣分析方法比對差異，以「臺灣在地氣候特性」進行建材逸散塑化劑與 SVOC 指標污染物檢測標準流程 SOP 建置，透過檢測建材逸散添加塑化劑物質與 SVOC 物質方式，建立 ISO 16000-33 標準於建材塑化劑與 SVOC 污染物檢測方法，提供未來建材標準、產品管制、標章評定，建構基礎資料作為未來 Ai 智慧感測數據參考資料庫，並帶動低碳綠建築循環健康產業發展。

二、研究方法及過程

本研究計畫(塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主)，以「ISO

16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」及「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法」為實驗方式，接續前期相關研究計畫：內政部建研所 107 年協辦計畫(建材塑化劑逸散量評估方法之研究)、綠建材標章制度、小尺寸建材逸散研究、全尺寸建材之標準測試方法、建材 ISO 標準之可行性分析、全尺寸建材於本土氣候試驗條件下揮發性有機物質逸散變化等研究方法(ASTM D5116-03、ISO 16000、CNS 16000)及室內空氣品質檢測方法(NIEA-A715.14B、NIEA-A714.11C、NIEA-A705.11C)進行分析比對討論，建構綠建材之逸散塑化劑與 SVOCs 檢測技術，藉以完成小尺寸建材「逸散塑化劑與 SVOCs 物質之測試」，回饋擬定綠建材標章塑化劑逸散量檢測方法與 SVOCs 評定基準與後市場查核檢驗之參考。

三、重要發現

- (一). 國際間積極對「塑化劑」物質管制以外，對於健康危害與日俱增之「半揮發性有機化合物, Semi-Volatile Organic Compounds, SVOCs」，目前國際綠建材標章，歐盟委員會(European Commission)訂定「歐盟統一測試標準」，公告「歐盟建材毒物逸散檢測新標準」(CEN/TS 16516)，其中對於「塑化劑」與「半揮發型有機化合物」(SVOCs) 詳細規範其指標污染物質、測試方法及逸散標準，逐漸帶動國際綠建材標章將「塑化劑」與「總半揮發有機化合物, TSVOC」作為檢測評定必要項目，並設定相關建材評估基準。
- (二). 本研究參考「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」之標準分析方法，建立建材塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOCs 檢測方法，可與國際建材檢測水準同步一致。
- (三). 依據 ISO 16000-33 建構之標準新式 Florisil 矽酸鎂採樣分析方法，可對不同板材類建材檢測塑化劑與 SVOCs 之能力，其檢測分析以 GC/MS 儀器分析方法可達 100 ppb 之偵測極限，研究再加以採用 LC/MS MS 儀器分析方法可達 2 ppb 之偵測極限，其 Florisil 矽酸鎂採樣分析方式可應用至實驗分析與檢測。

- (四). 透過文獻與實驗分析，以綠建材標章資料庫，選取「板材類」之綠建材標章產品與非綠建材標章產品各 3 件，包括綠建材標章板材類產品(再生類塑橡膠地板材、健康類塑膠仿木地板、再生類塑橡膠地板材)與非綠建材標章產品(PVC 地磚/地板、塑膠卡扣地板、複合地板外表面覆地毯)，進行「逸散測試」(塑化劑 9 種類與 SVOCs 逸散檢測)，所測 3 種綠建材標章板材類產品逸散 DEHP 等物質，若以綠建材通則限制性物質塑化劑含量基準 0.1%(1000 ppm)評量，皆符合通則評定基準。然而，2 種非綠建材產品(PVC 地磚/地板、複合地板外表面覆地毯)，則顯示其塑化劑含量介於 2.97%-11.6%(2,970ppm-11,600ppm)，皆高於評定標準甚多，影響健康安全。若以 ISO 16000-25,33 逸散法檢測分析，6 件塑橡膠類板材建材皆有「塑化劑」物質逸散，其逸散濃度介於 0.97-804 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，逸散濃度受到板材「厚度差異」與「表面覆材」影響逸散變化甚多。考量板材類檢測逸散塑化劑與 SVOC 之標準方法，不同厚度之板材分別計算其「厚度」進行換算，例如，以「單位厚度」、「厚度面積計算」等方式增加評估。
- (五). 研究完成 ISO 16000-31 研擬「有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法 - 磷酸酯」CNS 標準草案，未來可提供分析建材阻燃劑物質之標準試驗方法參考應用。

四、主要建議事項

建議一

符合國際綠建材標章與標準評定方法，提供〈內政部綠建材標章解說與評估手冊〉新增「健康綠建材標章塑化劑與 SVOC 逸散量檢測方法」之參考，並可作為綠建材標章後市場查核制度之檢測機制；立即可行建議

主辦機關：內政部

協辦機關：內政部建築研究所

本研究擬定「塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 逸散檢測標準方法-板材類建材」，係參考 CNS 16000-25 室內空氣 - 第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定

-微型容器法，與 ISO 16000-33 室內空氣—第 33 部：以 GC/MS 檢測鄰苯二甲酸酯類方法，建議我國綠建材標章在「塑化劑」與「半揮發性有機化合物, SVOC」部分，可優先針對鄰苯二甲酸酯類(DMP、DEP、DBP、BBP、DEHP、DNOP、DINP、DIDP、DIBP 等 9 種塑化劑物質)逸散評估檢測，提供〈內政部綠建材標章解說與評估手冊〉新增「健康綠建材標章塑化劑與 SVOC 逸散量檢測方法」之參考，並可作為綠建材標章後市場查核制度之檢測機制，以利我國綠建材技術與國際同步，保障國人健康與安全。

建議二

ISO 16000-31 可研擬「有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法 - 磷酸酯」為 CNS 國家標準草案，作為 CNS 國家標準對建材產品阻燃劑檢測標準；立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

本研究參考 ISO 16000-31 室內空氣—第 31 部：建有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法 - 磷酸酯法，擬定為 CNS 國家標準草案，可成為建材產品阻燃劑檢測標準方法之應用，作為室內裝修防火管理參考。

Abstract

This study is detection the phthalate. According to ISO 16000-33, setting up the testing method for SVOC and analyzing Taiwan green building materials. The study uses the “experimental research”, like the “ micro chamber for phthalate emission from building materials”. The research select those building materials which might be phthalate included. For example, green building materials like “carpet, recycled wood, and latex paint”, etc., and compare to the other building materials, research will be able to test the phthalate emission in micro chamber throughout those small size building materials above. Comparing the result got from the test and the phthalate emission amount test, in that way could get to know the difference between those testing methods as well as to control phthalate affecting the indoor air quality.

According to CNS 16000-25 (part 25), setting up the testing method for SVOC and analyzing those existing green building materials are both included in the evaluation projects. This study uses the “experimental research”, like the “examining technology for plasticizer emission” to select those building materials which might be plasticizer included. For example, green building materials like “carpet, recycled wood, and latex paint”, etc., and none green building materials like carpet, floor tiles, latex paint, we will be able to test the plasticizer emission in small size containers throughout those small size building materials above. Comparing the result we got from the test and the plasticizer dissolution amount test, in that way we could get to know the difference between those two testing methods as well as to stop the SVOCs and plasticizer from affecting the interior air quality. The study result shows that among those green building materials which were examined in

the study, only the recycled wood is plasticizer included. However, the test result shows those none green building materials are all plasticizer included. Therefore, this study used the “standard method for building materials’ plasticizer emission” to be the main testing method. It could control the health hazards of people effectively; meanwhile, it also can improve the environmental quality of the interior area.

(1) The CEN/TS 16516 which was set up by the European Commission is trying to make the plasticizer and TSVOC to be one of the must be tested items when we are choosing the building materials in the future.

(2) This study refers to ISO16000-33 (part 33); the determination of interior SVOCs, and its testing parameter, methods, evaluation items and criteria. Above all, we could establish the main testing methods for SVOC, and use it to cumulative the sample of building materials’ emission with homoeothermic stable dispersion and high-temperature desorption. It could be applied to standardize the plasticizer emission of building materials.

(3) Adding the system to test the building materials’ emission (testing method of small containers), we could test the specifications such as system’s performance, quality control, and uncertainty of the experimental system, and it can be confirmed according to standard specifications, which can increase the experimental detection capability.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

近年來全球暖化、氣候變遷與極端氣候加劇，所造成之環境變化與健康危害等問題，已積極在「永續建築」(Sustainable Building)、「室內空氣」(Indoor Air)及「健康建築」(Healthy Building)等國際重要會議與相關研究組織中廣泛討論，並開始將「整合建築健康安全議題」納入跨國性政策制定與國際標準研議，包括世界衛生組織(WHO)及國際標準組織(ISO)等著手制定「建築環境標準」，提出「室內空氣標準」(ISO 16000 系列標準)、「室內空氣品質指引」(WHO indoor guidelines)、「健康住宅」(WHO Guidelines for Healthy Housing)、「建材標章」(綠建材標章、碳足跡標章)、「LCCM 生命週期碳減量」..等，其中「室內空氣品質」(Indoor Air Quality)於「建築環境」(Building Environment)中，所牽涉「如何降低人員健康危害與風險」及「增加建築通風換氣之能源耗能」等問題，提出由「源頭污染管制」(室內污染源控制)及「通風換氣稀釋」(最佳化通風換氣)等方式進行控管。國際相關研究亦證實，室內空氣品質之良莠，會直接或間接對人體健康造成影響；一些常見的呼吸道疾病、眼睛不適甚至神經系統方面的問題等，已被證實和室內空氣品質有顯著的相關性。而近幾年國際最新研究，更針對「建築材料」中「塑化劑-屬半揮發性有機化合物」(Semi-volatile organic compounds, SVOCs)物質進行「建材逸散」、「產品含量」、「環境濃度」與「健康危害」等研究，尤其是「塑化劑」(屬 SVOCs)中之「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)其逸散至空氣環境、黏滯於固體懸浮微粒及灰塵，飄散傳遞至室內環境中，亦藉由口眼、皮膚攝入、呼吸吸入等方式進入體內，引起生殖性毒害、健康危害及誘發過敏氣喘等問題。

隨著現代住宅、節能建築的高氣密性(節能減碳)與通風換氣的不足，形成室內化學污染物的累積，進而對人體健康造成危害。有效控制或去除室內化學污染物的方式為其重要。而臺灣已推動綠建材標章多年，已有達到建築產品源頭管制策略，

惟建築產品多樣化，所含化學物質繁多，亦可能隨著室內裝修過程所使用建材逸散到室內環境中，現階段國內外較多研究為建材逸散化學污染物對人體危害。

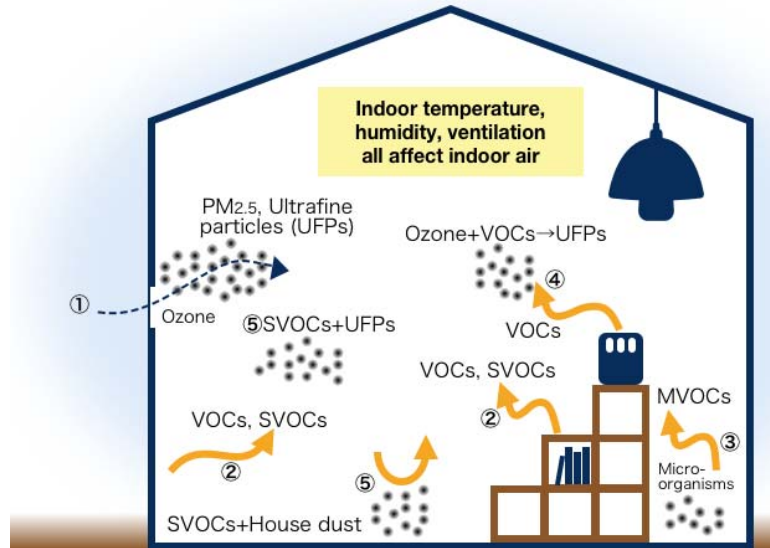


圖 1-1 塑化劑與半揮發性有機化合物(SVOC)之室內污染傳遞暴露途徑

(資料來源：東京工業大學，2016)

台灣「新建」及「既有」建築數量比例約為 3：97，在「新建建築物」部分，目前正透過建築法令(例如，建築技術規則-綠建築專章)及綠建築標章等方式，以預防設計的概念，有效解決新建建築的節能與健康問題。而佔有 97%龐大數量的「既有建築物」，未來可以透過「都市更新與再活化」、「室內環境改善技術」及「綠建築更新診斷與改造」等方式，解決大量既有建築的問題，重新以「循環材料之重建、改建或修建」的方式進行，並可成為一項新興的服務產業，應用於發展「循環經濟-智慧綠建築」之基礎。

然而，根據世界衛生組織(WHO, 1984)及台灣相關研究調查發現(蘇慧貞, 2004)，病態建築症候群(SBS)的發生，大多是在「新建或改建、修建、重新裝修」等階段，台灣目前為數眾多的既有建築倘若大規模的更新改建，並繼續沿用老舊傳統方式執行，勢必影響室內環境健康品質，造成更多的問題，如病態建築症候群(SBS)、病住宅症候(SHS)、建築關連症(BRI)及多重化學過敏症(MCS)等疾病的發生，嚴重影響使用者的健康，間接增加醫療支出與能源資源消耗，因此，室內「健康綠建材」應用之重要性，在國際相關建築議題已受到高度重視。

本計畫「塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主」，依內政部建築研究所「創新循環綠建築環境科技計畫(二)」，檢視綠建材現行限制物質之「塑化劑」與「限制物質」評定項目，探討目前標章管制與國外標章差異性，評估國內建築產品是否有逸散塑化劑之健康危害風險，另依據 CNS 16000-25 室內空氣-第 25 部：建立健康綠建材-塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 檢測方法與 ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」(2017 年公告)，分析現有綠建材可能存在上述管制塑化劑與 SVOCs 納入評估項目之可行性，俾防止具毒性之 SVOCs 與塑化劑影響室內空氣品質，且有效控制居住者之健康危害，獲得較佳的室內環境品質，維護國人健康。

貳、研究背景

『綠建材標章方面』—自 2004 年 7 月「綠建材標章」正式受理申請，國內之建材生產廠商及進口廠商也廣泛接受，並積極參與綠建材標章之申請，目前綠建材標章應隨國際趨勢及產業需求發展之規範下，自 2012 年「塑化劑」產生之食安風暴下，各部會積極對應塑化劑問題，因此，考量國際新規範趨勢及國內塑化劑管制，「塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主」為當務之急，因此，加入本研究計畫重要新參考標準「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」，更能全面管控室內之材料產品健康性能，建立使用綠建材之效益分析及設計決策，提供國內相關標章、制度之應用，以倍增產業發展。

『國際建材標章效益方面』—我國自 2004 年開始「綠建材標章」受理「低逸散之健康綠建材標章」，以「甲醛」與「TVOC」(原 BTEX 6 種物質)，為優先管制項目，並逐步提升至「E1, E2, E3 逸散分級制度」，並配合行政院環保署「室內空氣品質基準」，自 2015 年起將 TVOC 由 6 種擴大增加至 12 種物質(苯 Benzene、四氯化碳 Carbon tetrachloride、氯仿三氯甲烷 Chloroform、1,2-二氯苯 1,2-Dichlorobenzene、1,4-二氯苯 1,4-Dichlorobenzene、二氯甲烷 Dichloromethane、乙苯 Ethyl Benzene、苯乙烯 Styrene、四氯乙烯 Tetrachloroethylene、三氯乙烯 Trichloroethylene、甲苯 Toluene 及二甲苯(對、間、鄰) Xylenes 等十二種化合物)。而在「綠建材通

則」之「限制性物質」部分，特別說明：「申請再生或高性能綠建材標章者，產品內含 PVC 物質之建材，應比照 CNS 15138 進行鄰苯二甲酸酯類可塑劑(塑化劑)檢測，總量不得超過 0.1%(重量比)」，其方法參考「CNS 15138-1 塑膠製品中鄰苯二甲酸酯類 塑化劑試驗法—氣相層析質譜儀法」及「環檢所 NIEA T801.10B 塑膠中鄰苯二甲酸酯類檢測方法—氣相層析質譜儀法」，將「塑膠樣品」經破碎至直徑約 2 mm 以下後，以「溶劑萃取」並分析其「可塑劑(塑化劑)」含量。

然而，現今國際最新健康建材檢測方法與標準，已轉換至「逸散量」或「逸散速率」作為「評估基準」，例如歐盟 CEN/TS 16516 標準「歐盟建材產品之危險物質的釋放評估-逸散至室內空氣測定」，以「健康風險之最低人體效應濃度值」(lowest concentrations of interest, LCI) 為統一基準，將「建材」之「塑化劑」(屬半揮發型有機化合物, SVOC)其逸散量、逸散速率進行限制，以防止建材添加「可塑劑」(塑化劑)或「阻燃劑」逸散至空氣中，除此更擴大管制至管制毒化物「半揮發性有機化合物」(SVOC)，並將「SVOC 含量」與「SVOC 逸散量/逸散速率」作有效整合，詳細規範其指標污染物質、測試方法及逸散標準，預定在 2020 年擴大實施至家具產品，如同目前標章中「甲醛」物質之「含量」與「逸散速率」可「相互轉換與管制」。我國國家標準已於 2016 年公告「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法」，並已於 2018 年由內政部建築研究所「107 年度創新低碳綠建築環境科技計畫(二)協同研究計畫-建材塑化劑逸散量評估方法之研究」，於台南歸仁內政部建築研究所性能實驗中心 VOC 實驗室建置「微型容器法」檢測設施與分析方式，作為「建材逸散塑化劑與 SVOC 之空氣採樣標準方法」。

本研究「塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主」進一步以上述 CNS 國家標準、ISO 國際標準之方式，針對室內大面積裝修之「板材類建材」(牆板、天花板、地板等)為主要對象，進行檢測塑化劑之逸散量(逸散速率、逸散濃度、表面採集、黏滯灰塵採集等)分析，建立完整「塑化劑污染物檢測標準驗證」，可具體帶動建材產業符合國際最新標準及循環產業之發展。

表 1-1 國際建材標章評定系統項目(列舉)

標章系統	評定基準與項目																																																																																								
歐盟建材逸散新測試標準 CEN/TS 16516	測試 28 之 R=逸散濃度/最低人體效應濃度值(LCI)<1																																																																																								
AgBB 德國建築產品健康評價委員會	<table border="1"> <thead> <tr> <th>限制物質</th> <th>Day 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</th> <th>Day 28 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TVOC 總揮發性物質</td> <td>10000</td> <td>1000</td> </tr> <tr> <td>歐盟第 1 類致癌物質及第 2 類致癌物質</td> <td>10</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>SVOC 半揮發性物質</td> <td>-</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>R 比值 = $\Sigma\text{VOCs}/\text{LCI}$</td> <td>-</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>LCI 外尚未評估物質總和</td> <td>-</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	限制物質	Day 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Day 28 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TVOC 總揮發性物質	10000	1000	歐盟第 1 類致癌物質及第 2 類致癌物質	10	1	SVOC 半揮發性物質	-	100	R 比值 = $\Sigma\text{VOCs}/\text{LCI}$	-	1	LCI 外尚未評估物質總和	-	100																																																																						
限制物質	Day 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Day 28 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																																																																																							
TVOC 總揮發性物質	10000	1000																																																																																							
歐盟第 1 類致癌物質及第 2 類致癌物質	10	1																																																																																							
SVOC 半揮發性物質	-	100																																																																																							
R 比值 = $\Sigma\text{VOCs}/\text{LCI}$	-	1																																																																																							
LCI 外尚未評估物質總和	-	100																																																																																							
AFSSET 法國建材逸散分級標示	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Substances</th> <th rowspan="2">CAS</th> <th rowspan="2">standard</th> <th colspan="4">emission classes</th> </tr> <tr> <th>C</th> <th>B</th> <th>A</th> <th>A+</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>formaldehyde</td> <td>50-00-0</td> <td>ISO 16000-3</td> <td>> 120</td> <td>< 120</td> <td>< 60</td> <td>< 10</td> </tr> <tr> <td>acetaldehyde</td> <td>75-07-0</td> <td>ISO 16000-3</td> <td>> 400</td> <td>< 400</td> <td>< 300</td> <td>< 200</td> </tr> <tr> <td>toluene</td> <td>108-88-3</td> <td>ISO 16000-6</td> <td>> 600</td> <td>< 600</td> <td>< 450</td> <td>< 300</td> </tr> <tr> <td>tetrachlorethylene</td> <td>127-18-4</td> <td>ISO 16000-6</td> <td>> 500</td> <td>< 500</td> <td>< 350</td> <td>< 250</td> </tr> <tr> <td>xylene</td> <td>1330-20-7</td> <td>ISO 16000-6</td> <td>> 400</td> <td>< 400</td> <td>< 300</td> <td>< 200</td> </tr> <tr> <td>1,2,4-trimethylbenzene</td> <td>95-63-6</td> <td>ISO 16000-6</td> <td>> 2000</td> <td>< 2000</td> <td>< 1500</td> <td>< 1000</td> </tr> <tr> <td>1,4-dichlorobenzene</td> <td>106-46-7</td> <td>ISO 16000-6</td> <td>> 120</td> <td>< 120</td> <td>< 90</td> <td>< 60</td> </tr> <tr> <td>ethylbenzene</td> <td>100-41-4</td> <td>ISO 16000-6</td> <td>> 1500</td> <td>< 1500</td> <td>< 1000</td> <td>< 750</td> </tr> <tr> <td>2-butoxyethanol</td> <td>111-76-2</td> <td>ISO 16000-6</td> <td>> 2000</td> <td>< 2000</td> <td>< 1500</td> <td>< 1000</td> </tr> <tr> <td>styrene</td> <td>100-42-5</td> <td>ISO 16000-6</td> <td>> 500</td> <td>< 500</td> <td>< 350</td> <td>< 250</td> </tr> <tr> <td>TVOC</td> <td></td> <td>ISO 16000-6</td> <td>> 2000</td> <td>< 2000</td> <td>< 1500</td> <td>< 1000</td> </tr> </tbody> </table>	Substances	CAS	standard	emission classes				C	B	A	A+	formaldehyde	50-00-0	ISO 16000-3	> 120	< 120	< 60	< 10	acetaldehyde	75-07-0	ISO 16000-3	> 400	< 400	< 300	< 200	toluene	108-88-3	ISO 16000-6	> 600	< 600	< 450	< 300	tetrachlorethylene	127-18-4	ISO 16000-6	> 500	< 500	< 350	< 250	xylene	1330-20-7	ISO 16000-6	> 400	< 400	< 300	< 200	1,2,4-trimethylbenzene	95-63-6	ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000	1,4-dichlorobenzene	106-46-7	ISO 16000-6	> 120	< 120	< 90	< 60	ethylbenzene	100-41-4	ISO 16000-6	> 1500	< 1500	< 1000	< 750	2-butoxyethanol	111-76-2	ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000	styrene	100-42-5	ISO 16000-6	> 500	< 500	< 350	< 250	TVOC		ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000
Substances	CAS				standard	emission classes																																																																																			
		C	B	A		A+																																																																																			
formaldehyde	50-00-0	ISO 16000-3	> 120	< 120	< 60	< 10																																																																																			
acetaldehyde	75-07-0	ISO 16000-3	> 400	< 400	< 300	< 200																																																																																			
toluene	108-88-3	ISO 16000-6	> 600	< 600	< 450	< 300																																																																																			
tetrachlorethylene	127-18-4	ISO 16000-6	> 500	< 500	< 350	< 250																																																																																			
xylene	1330-20-7	ISO 16000-6	> 400	< 400	< 300	< 200																																																																																			
1,2,4-trimethylbenzene	95-63-6	ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000																																																																																			
1,4-dichlorobenzene	106-46-7	ISO 16000-6	> 120	< 120	< 90	< 60																																																																																			
ethylbenzene	100-41-4	ISO 16000-6	> 1500	< 1500	< 1000	< 750																																																																																			
2-butoxyethanol	111-76-2	ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000																																																																																			
styrene	100-42-5	ISO 16000-6	> 500	< 500	< 350	< 250																																																																																			
TVOC		ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000																																																																																			
北美 UL/GreenGuard 標章	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Parameter</th> <th colspan="2">Criteria</th> </tr> <tr> <th>3 days</th> <th>28 daysⁱ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TVOC (mg/m^3)ⁱⁱ</td> <td>≤ 10</td> <td>≤ 1.0</td> </tr> <tr> <td>Cat 1 & 2 Carcinogenic VOCs (mg/m^3)ⁱⁱⁱ</td> <td>$\Sigma \leq 0.01$</td> <td>≤ 0.001 Each</td> </tr> <tr> <td>VOCs with an LCI (R-value)^{iv}</td> <td>-</td> <td>≤ 1</td> </tr> <tr> <td>French VOC Regulation Emission Class^v</td> <td>-</td> <td>A+</td> </tr> <tr> <td>French Regulation CMR VOCs^{vi}</td> <td>-</td> <td>≤ 0.001 Each</td> </tr> <tr> <td>VOCs unidentified or without an LCI (mg/m^3)^{vii}</td> <td>-</td> <td>$\Sigma\text{VOC} \leq 0.1$</td> </tr> <tr> <td>TSVOC (mg/m^3)^{viii}</td> <td>-</td> <td>≤ 0.1</td> </tr> <tr> <td>Formaldehyde (mg/m^3)^{ix,x}</td> <td>-</td> <td>≤ 0.01</td> </tr> </tbody> </table>	Parameter	Criteria		3 days	28 days ⁱ	TVOC (mg/m^3) ⁱⁱ	≤ 10	≤ 1.0	Cat 1 & 2 Carcinogenic VOCs (mg/m^3) ⁱⁱⁱ	$\Sigma \leq 0.01$	≤ 0.001 Each	VOCs with an LCI (R-value) ^{iv}	-	≤ 1	French VOC Regulation Emission Class ^v	-	A+	French Regulation CMR VOCs ^{vi}	-	≤ 0.001 Each	VOCs unidentified or without an LCI (mg/m^3) ^{vii}	-	$\Sigma\text{VOC} \leq 0.1$	TSVOC (mg/m^3) ^{viii}	-	≤ 0.1	Formaldehyde (mg/m^3) ^{ix,x}	-	≤ 0.01																																																											
Parameter	Criteria																																																																																								
	3 days	28 days ⁱ																																																																																							
TVOC (mg/m^3) ⁱⁱ	≤ 10	≤ 1.0																																																																																							
Cat 1 & 2 Carcinogenic VOCs (mg/m^3) ⁱⁱⁱ	$\Sigma \leq 0.01$	≤ 0.001 Each																																																																																							
VOCs with an LCI (R-value) ^{iv}	-	≤ 1																																																																																							
French VOC Regulation Emission Class ^v	-	A+																																																																																							
French Regulation CMR VOCs ^{vi}	-	≤ 0.001 Each																																																																																							
VOCs unidentified or without an LCI (mg/m^3) ^{vii}	-	$\Sigma\text{VOC} \leq 0.1$																																																																																							
TSVOC (mg/m^3) ^{viii}	-	≤ 0.1																																																																																							
Formaldehyde (mg/m^3) ^{ix,x}	-	≤ 0.01																																																																																							
德國 GUT 標章 GuT, Environmental Quality Mark for Carpets	限制「地毯類建材」不得逸散 CFCs、殺蟲劑、不得含有致癌性物質(苯、丁二烯, 氯乙烯, 醋酸乙烯酯及甲醛)等,其他逸散基準(甲苯 ($50\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 苯乙烯 ($5\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 4-乙烯基環己烯($2\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), -苯基環己烯 ($20\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), TVOC ($300\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 總多環芳香烴類($150\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)、SVOC 半揮發性有機化合物($30\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)、限制臭氣及重金屬污染物質																																																																																								
德國藍天使標章 German Blue Angel Ecolabelling Scheme RAL-UZ 38 RAL-UZ 76 RAL-UZ 430	標章系統包括「地板類建材」、「家具」、「牆板」、「塗料」、「接著劑」等,以產品整體生命週期評估,並控制 TVOC、甲醛、鹵化物、致癌毒性物質、至突變畸形的物質等限制。 <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">化合物</th> <th colspan="2">逸散標準 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$</th> </tr> <tr> <th>1 天</th> <th>28 天</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>甲醛</td> <td>-</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>TVOC</td> <td>-</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>SVOC</td> <td>-</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>毒性化學物質</td> <td><1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> (資料來源：本研究整理)	化合物	逸散標準 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$		1 天	28 天	甲醛	-	63	TVOC	-	300	SVOC	-	100	毒性化學物質	<1	1																																																																							
化合物	逸散標準 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$																																																																																								
	1 天	28 天																																																																																							
甲醛	-	63																																																																																							
TVOC	-	300																																																																																							
SVOC	-	100																																																																																							
毒性化學物質	<1	1																																																																																							

(資料來源：本研究整理)

目前國內獲得綠建材標章之產品數量比例統計結果(截至 2019 年 4 月止)，共計有 2198 綠建材標章，以健康綠建材最高佔 76%(1683 件)，其次為高性能綠建材佔 15%(334 件)、再生綠建材佔 8%(167 件)及生態綠建材佔 1%(9 件) (圖 1-2 所示，圖 1-3 所示)，顯示所有綠建材標章中以獲得「健康綠建材標章」之產品範圍廣泛。另從綠建材產品之分類分析得知，目前綠建材產品主要以牆壁類數量最大佔 31.6%，其次為塗料類佔 31%、地板類佔 11%及透水磚類佔 7%，健康綠建材分級以 E2(佔 66%)最高。

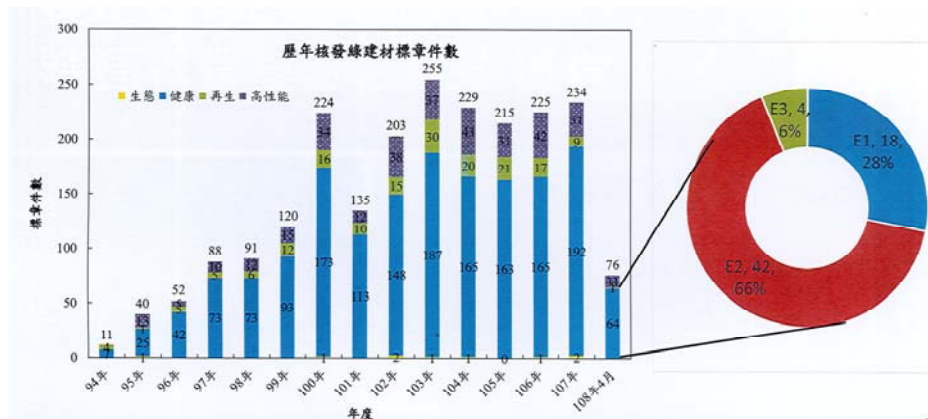


圖 1-2 綠建材標章數量

(資料來源：財團法人台灣建築中心, 2019)

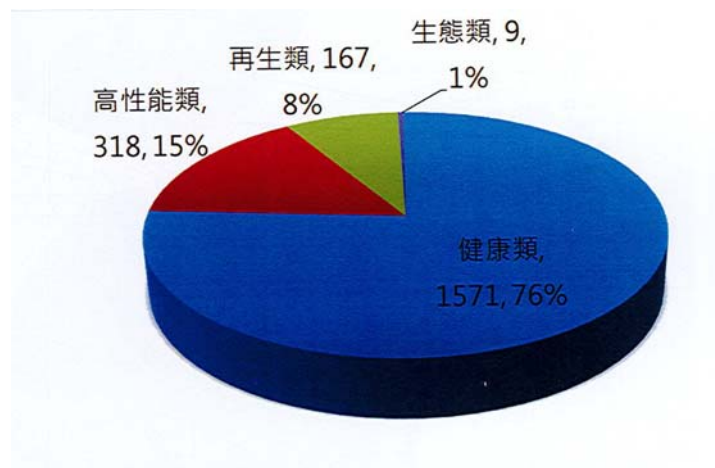


圖 1-3 綠建材種類比例

(資料來源：財團法人台灣建築中心, 2019)

第二節 研究計畫內容

本研究參考「歐盟共用標準 CEN/TS 16516」，在建材逸散管制上，特別將「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)(塑化劑)等「半揮發性有機化合物」(SVOCs)納入「強制管制」。當主要作為建材做為「增塑劑」(塑化劑)使用之「半揮發性有機化合物」(SVOCs)，因環境因子改變而逸散至空氣中，容易黏滯於室內建材表面或極細固體懸浮微粒(particulate matter, PM)，隨各種流佈途徑傳遞污染，造成長久室內空氣污染來源，其部分化合物更具生殖毒性、致癌性危害及誘發過敏氣喘等問題，長期影響居住人員健康危害，並易產生環境賀爾蒙污染等問題。目前歐盟管制之「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)(塑化劑)等「半揮發性有機化合物」(SVOCs)，在產品含量(重量)管制上，是以「DEHP(鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯)、DBP(鄰苯二甲酸二丁酯)、DMP(鄰苯二甲酸二甲酯)、BBP(鄰苯二甲酸丁基苯甲酯)、DINP(鄰苯二甲酸二異壬酯)、DIDP(鄰苯二甲酸二異癸酯)、DEP(鄰苯二甲酸二乙酯)、DNOP(鄰苯二甲酸二辛酯)」為指標污染物，藉以降低人體攝入或吸入過量「鄰苯二甲酸酯類」物質，其總鄰苯二甲酸酯類以不超過 0.1%重量為原則。

內政部於 2004 年實施「綠建材標章」制度，並配於 101 年 07 月 01 日實施之「建築技術規則」規定「綠建材室內面積使用比例需達 45%以上」，並預計實施提高「綠建材室內面積使用比例需達 60%以上」，並在源頭管制上透過「綠建材標章」、「環保標章」與「CNS 國家標準」之管理，有效降低室內空氣污染物濃。而行政院環境保護署之「室內空氣品質管理法」已於民國 100 年 11 月 08 日經立法院三讀通過，並於民國 101 年 11 月 23 日正式實施，公告「室內空氣品質管理法施行細則」、「室內空氣品質標準」、「室內空氣品質維護管理專責人員設置管理辦法」、「室內空氣品質檢驗測定管理辦法」及「違反室內空氣品質管理法罰鍰額度裁罰準則」等 5 項相關法規，配合「室內空氣品質管理法」同步施行。另一方面「環境荷爾蒙管理計畫」與「相關產品塑化劑限制基準」之政策推動，亦是強調「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)(塑化劑)等「半揮發性有機化合物」(SVOCs)之管制必要性，而在「CNS 國家標準 16000-25」(建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法)於 2015 年公告實施，顯示「建材產品逸散半揮發性有機化合物之研究必要性」。

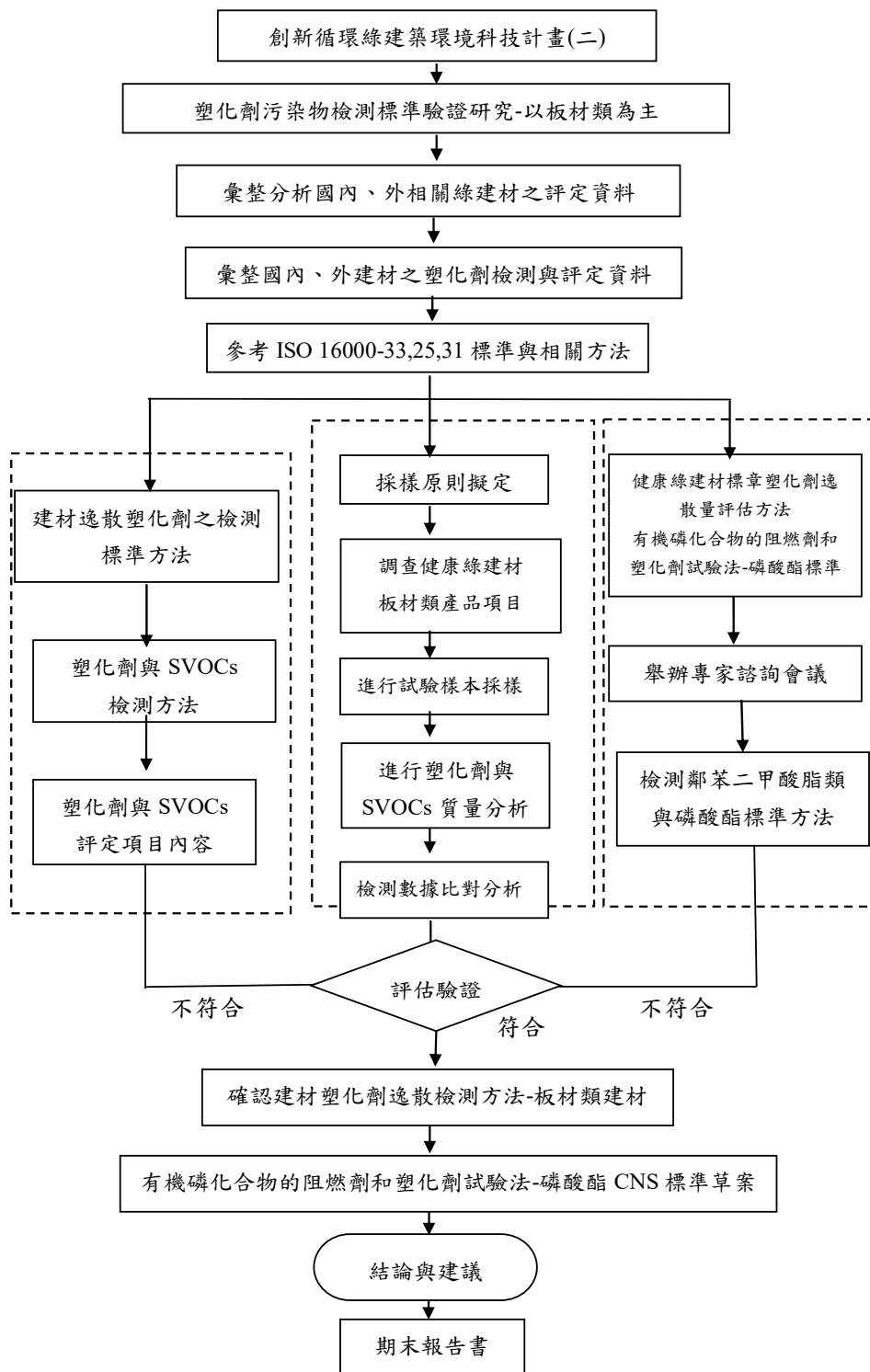
因此，本研究「塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主」，今年度透過參考「ISO 16000-33，室內空氣—第 33 部：以 GC/MS 檢測鄰苯二甲酸酯類方法」，與去年實驗室已建置完成之「微型容器法」結合，強化檢測建材逸散「塑化劑」之不同暴露途徑「直接逸散空氣(吸入)、黏滯灰塵微粒(攝入)、材料表面逸散(皮膚吸收)」，建構「檢測鄰苯二甲酸酯類標準方法」(範圍可包含建材逸散至空氣、灰塵與建材表面採集等檢測分析方式)，並參酌 ISO 16000-31 研擬「有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯」CNS 標準草案。可協助上述國內政策推動，提供國內建築室內裝修與室內空氣品質管理之設計改善使用及台灣建材產業技術提昇之應用，維護國人健康安全。

本研究計畫內容如下：

- 1.彙整國際建材標準與綠建材標章中，管制塑化劑與 SVOC 指標污染物項目規範與基準、檢測方法等資料，作為建材逸散塑化劑檢測之參考。
- 2.參考 ISO 16000-33 室內空氣—第 33 部：以 GC/MS 檢測鄰苯二甲酸酯類方法，於「內政部建築研究所之性能實驗中心(歸仁)」建構「檢測鄰苯二甲酸酯類標準方法」(範圍可包含建材逸散至空氣、灰塵與建材表面採集等檢測分析方式)。
- 3.抽樣「綠建材標章產品」與「非綠建材標章產品」共選取 3 件於「內政部建築研究所之性能實驗中心(歸仁)」，進行「測試」(塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 逸散檢測)，並具體分析逸散濃度與面積速率。
- 4.召開 2 次專家諮詢會議，邀請產官學研專家學者代表與會，擬定「塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 逸散檢測標準方法-板材類建材」於建材檢測應用。
- 5.參酌 ISO 16000-31 研擬「有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法 - 磷酸酯」CNS 標準草案。

第三節 研究流程與進度

壹、研究流程



貳、研究進度

工作項目	第 1 個月	第 2 個月	第 3 個月	第 4 個月	第 5 個月	第 6 個月	第 7 個月	第 8 個月	第 9 個月	第 10 個月	備註
彙整分析國外相關塑化劑及綠建材標章評定項目及內容等文獻	██████████										
比較國內、外建材逸散塑化劑性能評定項目分析調查分析	██████████										
調查各類健康綠建材產品使用及產品分析			██████████								
建構 ISO 16000-33標準檢測方法			██████████								
進行板材類建材塑化劑逸散試驗分析與試驗(3件)			██████████								
檢測數據比對分析					██████████						
提出建材塑化劑與 SVOC 逸散量評估方法					██████████						
舉辦塑化劑逸散量評估方法與基準草案 2 場專家工作會議				◎			◎				
參酌 ISO 16000-31 研擬「有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯」CNS 標準草案						██████████					
整理與修正報告書印製						██████████					
期中期末報告				◎				◎			
預定進度 (累積數)	10%	20%	30%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	100%	

第四節 預期研究成果及效益

本研究計畫目的藉由「塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主」，以綠建材標章之健康性能訴求，降低室內污染物濃度，維護維護居民健康室內環境，提升帶動國內建築、建材製造產業之新趨勢，鼓勵產業界以健康、多元化設計理念作為永續健康建築為目標，達到健康及永續目的，減輕對地球環境的衝擊與資源之浪費。

透過彙整核發之綠建材標章，評估建材成分是否含綠建材標章管制之塑化劑與半揮發性有機物質 SVOCs，並考量我國室內空氣品質管理法管制之塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOCs 種類，研提建材塑化劑逸散量評估方法可行性。配合內政部建築研究所性能實驗中心之檢測服務，並協助建立建材塑化劑逸散量評估方法檢測技術，期透過「綠建材標章」與相關性能，俾提昇國人居家環境及健康。

本研究計畫預期成果如下：

1. 提出國際綠建材標章與建材標準規範最新趨勢，與我國健康綠建材標章評定方法與基準之差異。
2. 完成建構「ISO 16000-33 塑化劑檢測方法」於「內政部建築研究所之性能實驗中心(歸仁)」。
3. 完成抽樣「綠建材標章產品」與「非綠建材標章產品」共選取 3 件於「內政部建築研究所之性能實驗中心(歸仁)」，進行「測試」(塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 逸散檢測)，藉以了解建材產品其塑化劑與 SVOC 物質之「逸散速率與濃度」，瞭解市售產品現況，檢測資料庫未來可應用至 Ai 智慧感測數據參考資料庫，並帶動低碳綠建築循環健康產業發展。
4. 提出「建材塑化劑與 SVOC 檢測評估方法」予「綠建材標章制度」參考應用。
5. 提出「有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法 - 磷酸酯」CNS 標準草案。

本研究計畫預期貢獻：

1. 短期貢獻：提供台灣綠建材之塑化劑逸散檢測評定，透過調查建材含有塑化劑及其他 SVOCs 之可能性並進行建材逸散性能試驗，提高國內健康綠建材之健康性能基礎資料，進一步擬定綠建材評定基準及認定範圍，有助國內相關建材法規之增訂，提升綠建材標章制度擴大評定。
2. 中期貢獻：俾內政部建築研究所所規劃「綠建材標章」之修訂及推廣。
3. 長期貢獻：促進國內營建材料相關產業，以人本健康及邁向多元化技術，提升國際市場競爭力及產品差異化，擴大優質建材之引入。

第二章 文獻分析與研究方法

第一節 文獻分析

壹、國際綠建材逸散污染物管制新標準規範

國際針建材逸散VOC揮發性有機物質與SVOC半揮發性有機化合物有新的整合新趨勢，主要是由「室內空氣品質」及「人員健康風險」進行評估與管制，在歐盟地區(EU)早期由北歐丹麥、芬蘭提出「建材逸散管制」，而德國亦同時限制塗料類建材揮發性有機物質含量，並進行廣泛建材逸散測試與理論研究，著重在建材逸散管制與室內空氣污染物濃度降低。近年來因ISO 16000及16814之標準之頒佈，由德國AgBB研擬，歐盟(EU)2013年發佈「建材逸散新測試標準」(CEN/TS 16516)，更擴大整合以「人體健康」及「人體舒適」兩面相進行管控，並逐漸建立整合作為歐洲各國逸散測試標準與基準，為一亟重要之標準與基準。

一、歐盟EU-LCI 建材逸散管制標準擴大實施

2013年歐盟執委會聯合研究中心(Joint Research Centre)與德國建築產品健康評價委員會(AgBB)及其他歐盟成員國，共同研究發佈「建材逸散新測試標準」(CEN/TS 16516)，主要是透過長期研究計畫「歐盟應用最低人體效應濃度值(LCI)概念於建築材料逸散健康評估架構」(Harmonisation framework for health based evaluation of indoor emissions from construction products in the European Union using the EU-LCI concept)進行整合，作為未來歐盟各國建材健康逸散法規管制基礎。

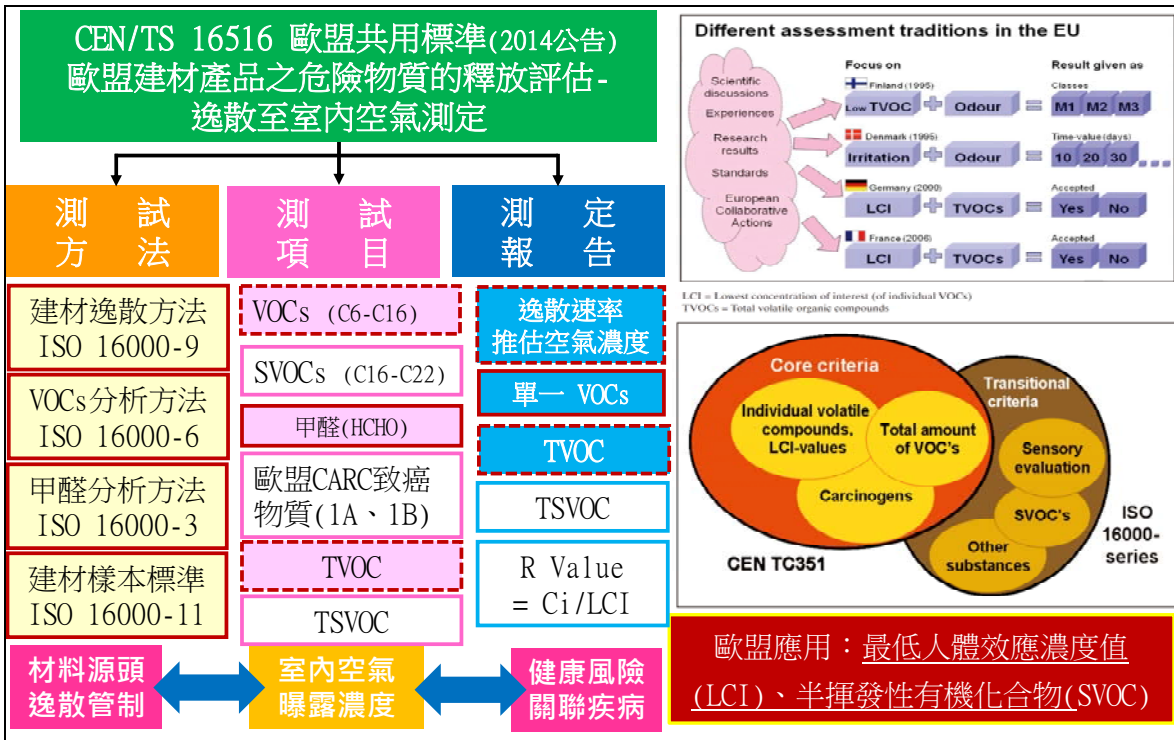


圖 2-1 歐盟建材逸散新測試標準 (CEN/TS 16516)

(資料來源：CEN/ TS 16516，2013)

VOC 與 SVOC 排放量測試標準於 2013 年發布 (CEN/ TS 16516)。該標準已通過了穩定的有效性驗證(CEN 2012)。對於油漆和塗料的穩定有效性驗證的重要發現是：

1. 在現場濕式塗裝的產品會產生虛假的排放量增加，因為初始較高排放的部分含量可能被吸附，並保留在測試箱的壁上，然後將在測試期間重新從測試箱的壁上脫附，導致測試結果的增加。
2. 這與典型的實際內牆不同，因為實際的室內牆面不會有很強的脫附性。
3. 在實際測試開始前的幾天時間，在單獨測試箱中對新鮮待測試樣板進行預處理可以解決這個問題。
4. 由於類似的原因，試樣在測試的整個過程中均必須保持放置在測試箱中。

在測試標準以 CEN 技術規範 (CEN/TS 16516) 發行後，目前多項產品標準都已經進行了修訂，目的是包含 VOC 排放標準，如地板覆蓋物產品的 EN 14041 標準。這些標準將不會重新定義測試方法，而是參照 CEN/TS 16516 執行，這意味着 CEN/TS

16516 會被用於各種產品的具體標準，這個過程將在 2014 年開始執行。



圖 2-2 歐盟各國綠建材標章使用 CEN/TS 16516 逸散管制

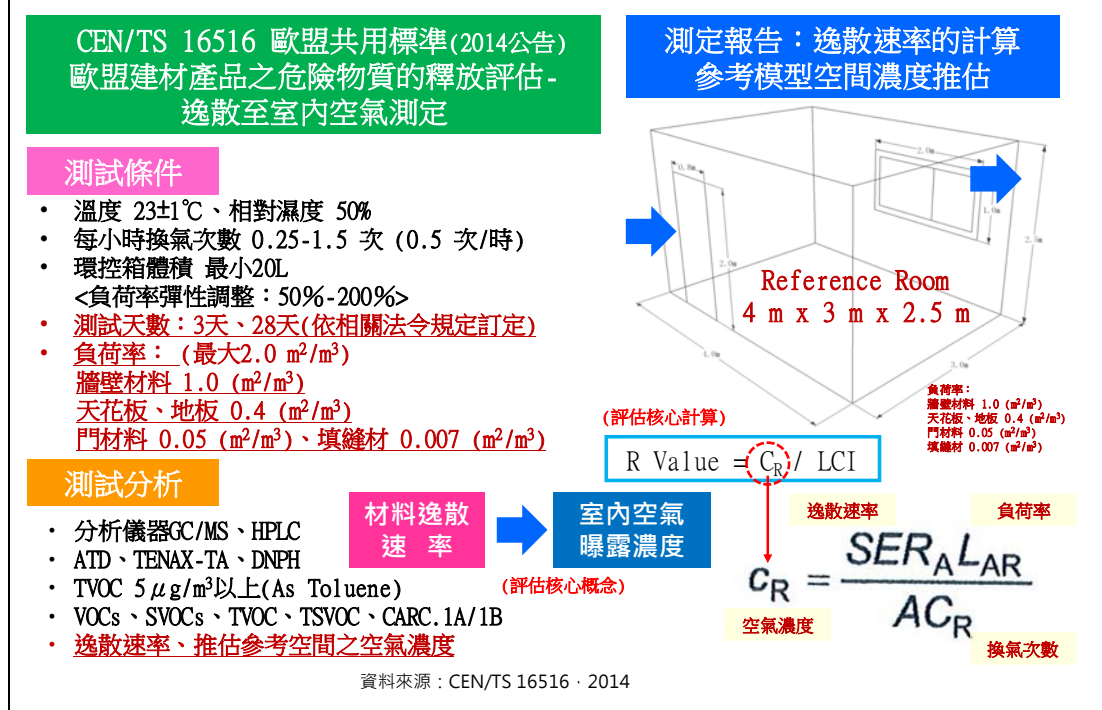
(資料來源：本研究整理)

而其中德國建築產品健康評價委員會(AgBB)2000 年開始便進行「**建材逸散 VOC 及 SVOC 之健康關連評價程序**」(Health-related Evaluation Procedure for Volatile Organic Compounds Emissions (VOC and SVOC) from Building Products) 研究，並逐步落實於德國法令與相關標準中，AgBB 方法其中針對揮發性有機化合物、半揮發性有機化合物 (SVOC) 總排放量的限制，以及超過 200 種單一揮發性有機化合物的含量限制(附錄 2)。這類限制值被稱為**最低人體效應濃度值** (LCI)，並通過科學團隊按安全等級劃分出職業接觸限值，同時還考慮到更多的毒性資料(ECA 2013)。針對塗料，德國法規適用於地坪塗料和地板清漆，比利時的法規也計劃涵蓋

類似的監管。

表 2-1 德國建築產品健康評價委員會(AgBB)建材逸散評估基準

限制物質	Day 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Day 28 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
TVOC 總揮發性物質	10000	1000
歐盟第 1 類致癌物質及第 2 類致 癌物質	10	1
SVOC 半揮發性物質	-	100
R 比值 = $\Sigma \text{VOCs}/\text{LCI}$	-	1
LCI 外尚未評估物質總和	-	100



(資料來源：CEN/TS 16516, AgBB, 2014)

二、法國建材逸散分級強制標示系統

2004-2008 法國國家食品、環境暨勞動衛生署(the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health Safety)(AFSSET)開始進行「建材逸散評估計畫」，並開始落實於法國法規中，然而法國法規對於 VOC 的排放限制並未將法國市場上的高排放產品排除在外，但強制要求總揮發性有機化合物 (TVOC) 含量及 10 種單一揮發性有機化合物 (其中包括甲醛) 含量，需明顯標示 VOC 的排放量分級於

產品外包裝。

表 2-2 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統

List of substances and emission classes for mandatory labelling (units: $\mu\text{g}/\text{m}^3$ after 28 days).

Substances	CAS	standard	emission classes			
			C	B	A	A+
formaldehyde	50-00-0	ISO 16000-3	> 120	< 120	< 60	< 10
acetaldehyde	75-07-0	ISO 16000-3	> 400	< 400	< 300	< 200
toluene	108-88-3	ISO 16000-6	> 600	< 600	< 450	< 300
tetrachlorethylene	127-18-4	ISO 16000-6	> 500	< 500	< 350	< 250
xylene	1330-20-7	ISO 16000-6	> 400	< 400	< 300	< 200
1,2,4-trimethylbenzene	95-63-6	ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000
1,4-dichlorobenzene	106-46-7	ISO 16000-6	> 120	< 120	< 90	< 60
ethylbenzene	100-41-4	ISO 16000-6	> 1500	< 1500	< 1000	< 750
2-butoxyethanol	111-76-2	ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000
styrene	100-42-5	ISO 16000-6	> 500	< 500	< 350	< 250
TVOC		ISO 16000-6	> 2000	< 2000	< 1500	< 1000

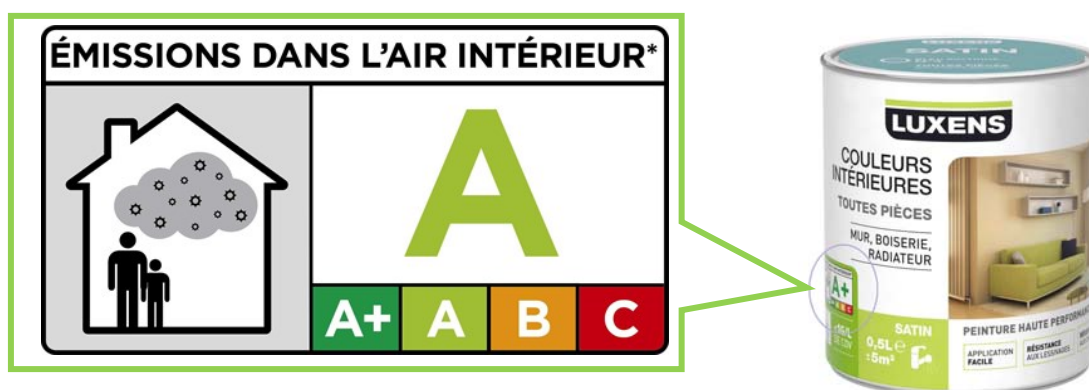


圖 2-3 法國國家食品、環境暨勞動衛生署建材逸散分級標示系統

(資料來源：AFSSET，2014)

三、UL/Green Guard 北美標章建材逸散分級驗證制度

2011 年開始美國 Green Guard 標章與 UL (Underwriters Laboratories) 美國保險商實驗室-產品安全認證機構合作，共同推出「低逸散建材分級驗證制度」，將產品之逸散進行分級，區分為黃金級(Gold)、一般認證兩級。主要應用於 LEED 標章評估系統及高性能學校 CHPS 認證使用，其評估項目分為 TVOC、TSVOC、塑化劑、甲醛、4-PC、懸浮微粒 PM10、33 種單一 VOCs 等，基準區分兩級(Gold、一般)。



圖 2-4 UL/Green Guard 北美標章建材逸散分級驗證制度標章產品

(資料來源：UL/Green Guard，2014)

為因應歐盟共用標準「CEN/TS 16516」與德國 AgBB 規範，UL/Green Guard 北美標章建材逸散分級驗證制度於 2013 年增列「GreenGuard AgBB + 認證計畫」，將「TSVOC 與塑化劑」以歐盟標準作為測試方法進行檢驗。

表 2-3 UL/Green Guard AgBB + 認證計畫

Parameter	Criteria	
	3 days	28 days ⁱ
TVOC (mg/m ³) ⁱⁱ	≤ 10	≤ 1.0
Cat 1 & 2 Carcinogenic VOCs (mg/m ³) ⁱⁱⁱ	Σ ≤ 0.01	≤ 0.001 Each
VOCs with an LCI (R-value) ^{iv}	-	≤ 1
French VOC Regulation Emission Class ^v	-	A+
French Regulation CMR VOCs ^{vi}	-	≤ 0.001 Each
VOCs unidentified or without an LCI (mg/m ³) ^{vii}	-	ΣVOC ≤ 0.1
TSVOC (mg/m ³) ^{viii}	-	≤ 0.1
Formaldehyde (mg/m ³) ^{ix,x}	-	≤ 0.01

(資料來源：UL/GreenGuard, 2014)

貳、國內塑化劑管制項目

塑化劑中「鄰苯二甲酸酯類」是指鄰苯二甲酸(Phthalate acid)的酯化衍生物，為塑膠工業中最為常見的塑化劑，塑化劑在塑膠原料加工時，添加可以改變塑膠成形時的物理性質，使其物理性質變為較為柔軟，易於加工；或是添加塑化劑後，可使得塑膠成品具有柔軟、易於彎曲、摺疊的性質，常見添加塑化劑材料為「聚氯乙烯 PVC 塑膠」。鄰苯二甲酸酯(Phthalate ester)具些許芳香氣味或無氣味的無色液體，中等黏度、高穩定性、低揮發性、易於取得、成本低廉及業界使用經驗較久，在水中溶解度很小，易溶於多數有機溶劑中，塑化劑添加的產品包含了塑膠、混凝土、牆板泥灰、水泥與石膏等常見物品。

行政院環保署將「塑化劑」列毒性化學物質(例如，DEHP, DINP, DNOP, DIDP, DIBP, DBP, BBP, DEP, DMP 等物質)，衛生福利部食品藥物管理局於 2011 年公告 DEHP, DBP, DINP, BBP, DIDP 等 5 種鄰苯二甲酸酯類塑化劑之每日耐受量，以作為相關塑化劑管制項目。

表 2-4 行政院環保署對塑化劑列毒性化學物質管制

塑化劑	DEHP	DINP	DNOP	DIDP	DIBP	DBP	BBP	DEP	DMP
產品來源	食品包裝器材 醫療器材 建築材料 塑化劑	鞋底 建築材料 塑化劑	地板膠 聚乙烯 磁磚 帆布 塑化劑	電纜線 膠鞋 地毯黏 膠 橡膠襯 墊	油漆 接著劑 塑化劑 黏度調 整劑	食品包裝 乳膠黏 合劑 溶劑	建築材料(含 PVC) 人造皮革 汽車內飾 塑化劑	溶劑 護理用品 油墨	溶劑 個人衛生用品 護理用品 油墨
毒性化學物質分類	1, 2	1	4	1	4	1, 2	1, 2	1	1
生殖毒性或環境賀爾蒙	○					○	○	○	

(資料來源：行政院環保署，2012)

表 2-5 行政院衛福部公告塑化劑每人每日耐受量

塑化劑種類	DEHP	DBP	DINP	BBP	DIDP
每日耐受量 (mg/kg bw/day)	0.05	0.01	0.15	0.5	0.15

(資料來源：衛生福利部，2012)

對於我國「塑化劑」管制，目前已訂定許多塑化劑檢測國家標準，對於建材、塑膠製品、空氣分析、食品..等，皆訂有許多檢測方法與標準，詳下表說明，本研究以「室內空氣 16000 系列—第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法（逸散速率測定）」與「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」作為主要檢測標準方法。

表 2-6 塑化劑相關檢測標準方法

標準方法	名稱
CNS 16000-25 (2015)	室內空氣16000 系列—第25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法（逸散速率測定）
ISO 16000-33 (2017)	室內空氣-第33部 以GC/Mass偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法
CNS 15138 (2012)	塑膠製品中鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法—氣相層析法
CNS 15138-1 (2012)	塑膠製品中鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法—氣相層析質譜儀法
環檢所NIEA T801.10B (2011)	塑膠中鄰苯二甲酸酯類檢測方法—氣相層析質譜儀法
衛生福利部 (2012)	食品中鄰苯二甲酸酯類塑化劑檢驗方法（溶出量測試：液相層析串聯質譜儀 Twin HPLC-MS）

(資料來源：本研究整理)

參、建材逸散塑化劑與 SVOCs 相關文獻分析

一、 塑化劑與 SVOCs 對人體「健康」之危害

塑化劑中「鄰苯二甲酸酯類」是指鄰苯二甲酸(Phthalate acid)的酯化衍生物，為塑膠工業中最為常見的塑化劑，塑化劑在塑膠原料加工時，添加可以改變塑膠成形時的物理性質，使其物理性質變為較為柔軟，易於加工；或是添加塑化劑後，可使得塑膠成品具有柔軟、易於彎曲、摺疊的性質，常見添加塑化劑材料為「聚氯乙烯 PVC 塑膠」。鄰苯二甲酸酯(Phthalate ester)具些許芳香氣味或無氣味的無色液體，中等黏度、高穩定性、低揮發性、易於取得、成本低廉及業界使用經驗較久，在水中溶解度很小，易溶於多數有機溶劑中。「建築材料」中「塑化劑-屬半揮發性有機化合物」(Semi-volatile organic compounds, SVOCs)物質進行「建材逸散」、「產品含量」、「環境濃度」與「健康危害」等研究，尤其是「塑化劑」(屬 SVOCs)中之「鄰苯二甲酸酯類」(Phthalate Esters, PAEs)其逸散至空氣環境、黏滯於固體懸浮微粒及灰塵，飄散傳遞至室內環境中，亦藉由口眼、皮膚攝入、呼吸吸入等方式進入體內，引起生殖性毒害、健康危害及誘發過敏氣喘等問題，國內相關調查亦發現(林千喬，2008年)，調查之住家環境 48 案例中，採集住家客廳地板及家具沙發之灰塵，其中塑化劑之濃度偏高，尤其是鄰苯二甲酸酯類 (DEHP)，高於一般室內常見度，顯示調查之國內住家暴露於塑化劑濃度高之狀態。

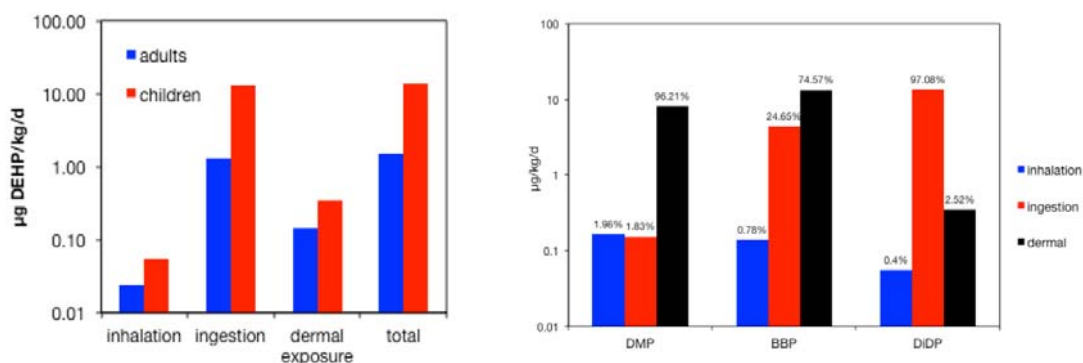


圖 2-5 建材逸散塑化劑暴露評估

(資料來源：America's Children and the Environment, 2010)

表 2-7 國內住家塑化劑於灰塵中採集濃度調查結果

國家	樣本數	樣本特性	DMP	DEP	DBP	BBP	DEHP
台灣	48個	住家客廳地板及沙發之灰塵，包含地板、踏墊及椅上之抱枕	0.12 (0.12-1)	1 (0.07-121.4)	34.4 (6.13-256.3)	4.3 (1-312.5)	1643.6 (755.6-5098.3)
	49個	住家小孩房間地板之灰塵，包含地板及地墊	0.12 (0.12-4.3)	1 (0.075-88.2)	38.1 (4.67-984.7)	4.16 (1-185)	1366.3 (460.9-6161.1)
	49個	住家小孩床舖之灰塵，包含床鋪、棉被、枕頭及床上玩具	0.12 (0.12-2.12)	1 (0.075-86.6)	21.5 (5.64-86.6)	3.1 (1-82.9)	834.7 (252.8-1868.1)
	48個	住家地板以上之灰塵，包含窗簾、櫥櫃窗檯及冷氣等	0.12 (0.12-12.6)	1 (0.075-45.4)	25.6 (5.56-834.3)	3.03 (1-14.7)	964.2 (161.7-5637.9)
挪威	38個	表面灰塵及其各空間地板灰塵	-	-	-	110	640
丹麥	23	表面灰塵及其各空間地板灰塵	-	-	-	-	858
德國	30個	住家各空間之灰塵	-	-	-	29.7 (5-816)	703.4 (231-1763)
美國	120個	住家地毯、家具及窗台之灰塵	-	4.98 (ND-111)	20.1 (ND-352)	45.5 (3.87-1310)	340 (16.7-7700)
德國	65個	住家地板及其物品表面之灰塵	-	-	-	19	600
瑞典	346個	收集住家地板以上之灰塵	-	0 (0-2425)	150 (0-5446)	135 (0-45549)	770 (0-40459)

資料來源：林千喬，2008

(單位：mg/kg)

鄰苯二甲酸酯類塑化劑被歸類為疑似環境荷爾蒙，其生物毒性主要屬雌激素與抗雄激素活性，會造成內分泌失調，阻害生物體生殖機能，包括生殖率降低、流產、天生缺陷、異常的精子數、睪丸損害，還會引發惡性腫瘤或造成畸形兒等健康危害。根據成功大學李俊璋教授長期研究(李俊璋，2007)指出，國內孕婦尿液中塑化劑相關代謝產物的含量，高達先進國家孕婦的尿中塑化劑含量高 8~20 倍，孕婦尿液中塑化劑代謝物濃度越高，其生產男嬰生殖器官先天性異常風險越高，另會影響孕婦體內的甲狀腺賀爾蒙濃度降低，影響嬰兒的腦部發育，造成智能低下。

而孩童長期大量暴露塑化劑在女童會引起性早熟及乳房提早發育，性早熟的女童以後罹患乳癌、肥胖及心臟血管疾病的風險上昇，男童長期暴露塑化劑會引起女性化的傾向，造成行為偏差，因塑化劑有生殖毒性，男童成長後生殖能力降低等問題，而塑化劑過度暴露，孩童也容易產生氣喘、過敏性疾病。

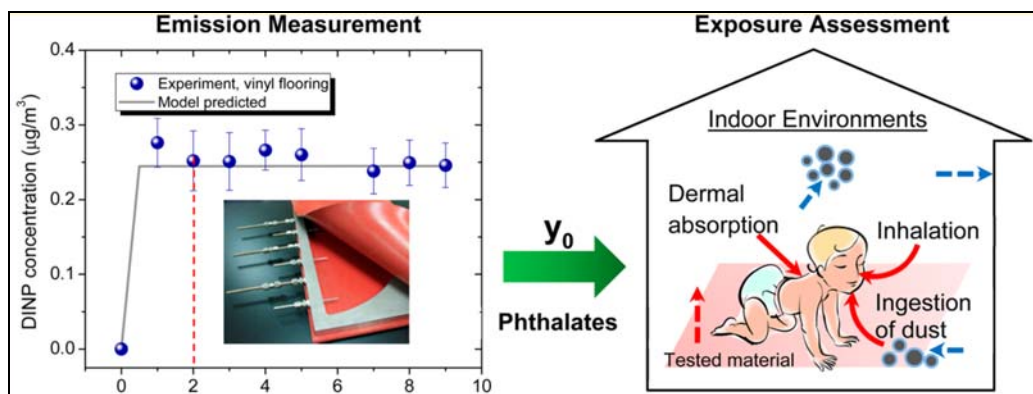


圖 2-6 地板建材逸散塑化劑(SVOCs-PAEs)(DINP)暴露評估

(資料來源：Yirui Liang, et. al, 2014)

比對國外室內環境 SVOCs-PAEs 調查量測結果，根據 X. Q. Pei 等人於 2013 年發表，針對 SVOCs-PAEs 源自於室內污染物，研究到人容易經由皮膚和呼吸吸收至體內，研究調查 10 棟「裝修」之公寓以及內部各空間，固態和氣態階段之室內 SVOCs-PAEs 之濃度、定性、致癌風險都被探討，SVOCs-PAEs 總濃度為 $12.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，而 DEP, BBP, DEHP 為偵測最多之化合物，分別為 $2.290, 3.975, 2.437 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，占整體 72%，不同空間有不同之濃度測值，最高為 $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (客廳)，緊接著為 $11.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最低為 $9.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，特別是對 1-2 歲孩童有較多之影響，致癌風險為 3.912×10^{-5} ，為 39 倍的 U. S. EPA 之限制規範。

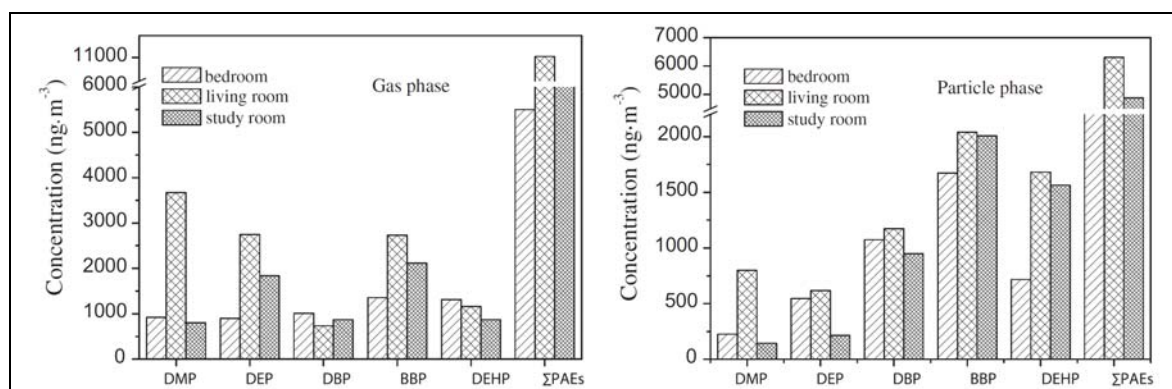


圖 2-7 室內環境 SVOCs-PAEs 於氣態及懸浮微粒中濃度變化

(資料來源：X. Q. Pei., et. al, 2013)

另外，環境變因對塑化劑逸散之影響發現，「溫度對 SVOCs-PAEs 影響結果」：M.

Fujii 等人於 2003 年發表，PAES 常被用於增速劑中，不少文獻也證明其毒性，容易導致健康風險，研究主要「溫度」獨立性對於不同鄰苯類的逸散狀態，以及評估在不同溫度的健康風險，以「被動的取樣裝置器」從塑性建材中取樣，包括合成的皮革、壁紙、乙基烯地板，觀察到的 diethyl phthalate, dibutyl phthalate, diethylhexyl phthalate (DEHP) 在 20°C 分別為 0.89, 0.77, 14 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，在 80°C 為 2.8, 450, 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，結果顯示「溫度」獨立性主要影響為 PAES 的逸散，而對材質的組成影響較小，這也顯示在高溫陽光曝曬的車體內，可能會超出日本厚生勞動省規範濃度值。

「濕度對 SVOCs-PAEs 影響結果」：丹麥學者：Per Axel Clausen 等人 2007 發表，在「潮濕」和「鄰苯二甲酸酯類」的建築物常會出現孩童氣喘的事件，研究使用「FLEC 法」去探討「濕度和鄰苯二甲酸酯類濃度」之關係，含有 17%(w/w) 的 DEHP 之乙基烯地板被置放於 6 個測試 FLEC 內於 22 度的狀況下，相對濕度在三個槽中分別為 10%, 30%, 50%(三類), 70%，其中 50% 的其中二個在經過 248 天後濕度會變化為 10% 和 70%，結果顯示「濕度」對於 DEHP 溢散速率影響不大，這也和新的逸散模型的推導吻合，證明「濕度」對於可確認的控制機制影響不大。

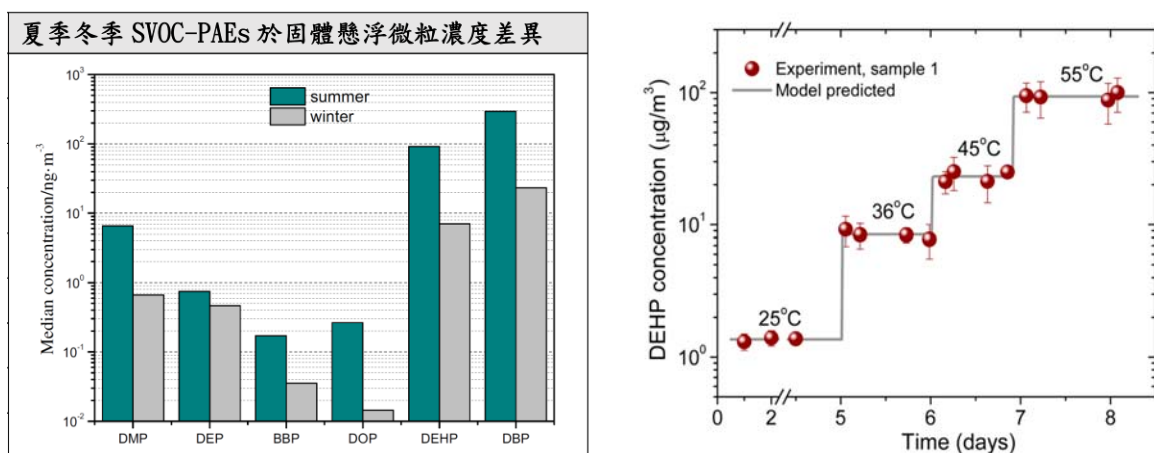


圖 2-8 室內環境溫度與濕度變化對 SVOCs-PAEs 濃度變化

(資料來源：X. Q. Pei., et. al, 2013)


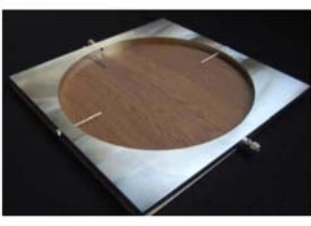

表 2-8 室內建材逸散塑化劑與其 SVOC 溫度變化

Emission rate from building materials							
	Main chemicals detected	28 °C			40 °C		
		Step 1 (gaseous matter) $\times 10^{-3}(\mu\text{g}/\text{h})$	Step 2 (wall adsorption) $\times 10^{-3}(\mu\text{g}/\text{h})$	Emission rate $(\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{h}))$	Step 1 (gaseous matter) $\times 10^{-3}(\mu\text{g}/\text{h})$	Step 2 (wall adsorption) $\times 10^{-3}(\mu\text{g}/\text{h})$	Emission rate $(\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{h}))$
(A) Insulator	2EIH	396	7	82	416	N.D.	85
	Diphenyl sulfone	N.D.	12	2	1	12	2
	DEHP	N.D.	16	3	N.D.	81	16
(B) Flooring (PVC)	Phenol	446	2	91	1634	N.D.	333
	2EIH	1020	16	211	5320	31	1092
	BHT	30	N.D.	6	330	N.D.	67
	DEHP	N.D.	129	26	N.D.	360	73
(C) Wallpaper (PVC)	Phenol	32	N.D.	6	106	N.D.	21
	2EIH	368	N.D.	75	1394	N.D.	284
(D) Carpet	Phenol	N.D.	N.D.	N.D.	704	N.D.	144
	2EIH	161	17	36	546	16	115
(E) Curtains	DBP	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	19	3
	DEHP	N.D.	20	4	N.D.	210	43

(資料來源：X. Q. Pei., et. al, 2013)

「三明治環控艙進行建材逸散 SVOCs-PAEs 檢測」: 美國學者 Ying Xu 等人於 2012 年提出「三明治環控艙」進行逸散測試，從 VF 地板逸散的 DEHP 濃度是由實驗室所設計的特有不銹鋼微艙，氣態階段的濃度值會緩慢的增加，最 20 天後到達 $0.8-0.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的量值，藉著增加乙基烯地板的表面積和降低不銹鋼的表面，並能縮短到達穩定狀態的時間。DEHP 濃度值是由溶劑和熱脫附去進行檢測，從不銹鋼表面的離散 DEHP 被發現有線性的關係，熱脫附法比起溶劑的析出法有較高的回復率。吸附動力學顯示需要花幾個禮拜的時間才能達到內不穩定的狀態，所測之值和係數都被運用到 SVOCs 逸散模型中，以預測 DEHP 在艙中的濃度。

表 2-9 不同建材逸散測試系統

微型容器系統(ISO 16000-25)	三明治環控艙系統	FLEC 系統
		
<p>※主要優點：適用各類建材，回收率高可精準測逸散 SVOCs 濃度</p> <p>※主要缺點：僅適合建材逸散管制試驗，無法反應真實空間狀態，需依靠相關數值理論推估。</p>	<p>※主要優點：適用一定厚度之板類建材，可精準量測逸散 SVOCs 濃度與相關質傳係數、擴散係數</p> <p>※主要缺點：回收率較低，逸散濃度有低估之可能</p>	<p>※主要優點：極適用於現場建材量測，可量測逸散 SVOCs 濃度與相關質傳係數、擴散係數</p> <p>※主要缺點：回收率較低，逸散濃度有低估之可能，誤差較大</p>

(資料來源：本研究整理)

表 2-10 國內塑化劑相關論文(列舉)

<p>鄰苯二甲酸酯類曝入與孩童體內過敏及發炎反應細胞激素之相關/張馨文</p>	<p>血清激素濃度與過敏對照以及鄰苯二甲酸酯類之影響，PAEs 的暴露會增加會誘發體內的發炎反應產生之外，並會同時會對孩童體內 TH1/TH2 路徑的免疫反應產生輔助效應</p>
<p>性早熟女童尿液中鄰苯二甲酸酯代謝物檢測與家戶灰塵暴露之相關性研究/林千喬</p>	<p>探討 PAEs 類濃度與性早熟兒童之家戶環境關係，發現高濃度女童由灰塵暴露鄰苯二甲酸酯之每日平均暴露劑量與尿液中鄰苯二甲酸酯代謝物進行單變項回歸分析，發現二者並無顯著相關性，但環境中 DEHP 濃度皆高於國外甚多</p>
<p>室內鄰苯二甲酸酯類流布研究-以公務辦公大樓為例/李佩凌</p>	<p>材質地板、設備、清潔率對辦公大樓 PAEs 分佈及濃度高低影響，發現地毯>塑膠貼皮>裝璜木板>磨石地>實木地板，清潔率越高，PAEs 濃度越低</p>
<p>鄰苯二甲酸酯於室內外降塵與空氣中氣/固相分佈特性之研究/卓弘斌</p>	<p>了解鄰苯二甲酸酯分佈，及建立空氣鄰苯二甲酸酯採樣方法，發現場所濃度會因降塵濃度下降而使鄰苯二甲酸酯類有明顯下降趨勢。</p>

(資料來源：本研究整理)

第二節 研究方法

壹、研究採用方法

一、文獻分析法

蒐集國內、外有關建材逸散「塑化劑」與「SVOCs」試驗方法及相關技術規範之文獻資料，研究成果及實施實例等資料，主要收集 ASTM、ISO、等標準試驗方法及國內外研討會所應用之方法、程序，包括目前實驗分析所得知的 SVOC 種類、性質等彙整以擬定架構加以分析。

二、比較分析法

針對文獻探討與所蒐集的實驗數值數據比較分析，並彙整現有健康綠建材標章、塑化劑整體研究及相關試驗成果，瞭解建材逸散特性之性質狀態與整體趨勢變化，比對分析其相關性，逐步建構未來提昇發展健康綠建材標章塑化劑評定方法、建議基準及管制策略。

三、專家諮詢法

有關建材逸散塑化劑之評定項目(管制物質、項目、基準..等)經過初步整理後，以 2 場專家諮詢會議邀請對建材逸散、塑化劑、室內空氣品質、SVOCs 檢測、健康風險、環境醫學、室內裝修設計..等方面學有所長之專家學者，進行研討。2 場專家會議擬邀請邀請產、官、學、研等方面之專家學者，進行應用策略之討論。並聘請專家學者針對評定項目及基準進行審查，提出內容修正及增刪之意見，加強本研究內容之參考依據，並擇期辦理期中、期末簡報說明研究案執行的成效、進度及所遭遇的問題。

四、實驗分析法

本研究透過彙整通過健康綠建材標章之產品及非健康綠建材標章之產品，進行抽樣，將產品依本研究「塑化劑」評定項目進行「小尺寸建材逸散試驗」逸散性能檢測及驗證(內政部建築研究所性能實驗中心-小尺寸建材逸散實驗室設備與方法)，與環境檢測之塑化劑溶出試驗方法(HPLC/MS)(長榮大學-環境檢測中心提供技術支援)，經

實驗室系統儀器進行定性定量分析，進一步差異性進行比較分析，提供作為健康綠建材「塑化劑」評定基準之建議參數值。

貳、建材逸散研究分析理論

近幾年歐盟(EU)針對「建材逸散物質之管制基準」進行跨國性整合研究，並「重新檢討建材逸散模式」，並與室內空氣品質進行關連研究，期盼由健康風險與暴露關係，降低建材逸散污染物濃度，以下為建材逸散理論：

室內空氣污染物的逸散模式，可藉由污染源、污染物吸附、室內空氣混合率及室內外換氣量等因子加以預測。空氣污染物濃度變化可以從污染物的「發生」與「移除」兩個層面來探討。對污染物「發生」而言，其發生量變化直接受到污染物特性與其他物理環境特性之影響，而污染物特性亦受到污染物種類及來源而有所不同；對污染物「移除」的情形包括排出污染源、過濾吸附或稀釋等。

本研究是以小型環控箱模擬空間中建材污染源「發生」揮發性有機物質，以及藉由新鮮外氣引入量「移除」行為模式探討室內污染物逸散情形。

(一)質量平衡模型

在室內環境中，為了瞭解室內空氣污染物的產生、擴散與衰減，常利用室內空氣品質模型(Indoor Air Quality Models)來預測室內空氣污染物濃度，包括決定論模型(Deterministic Models)、經驗模型(Empirical models)與前兩者的結合。「決定論模型」藉由室內污染物質量平衡原理所推導出來的；而「經驗模型」是將測試資料以多變數迴歸統計的方法決定之。由於污染物「質量平衡模型」(Mass Balance Model)可提供一般性的應用，藉此模型可探討污染物濃度與其影響因子間的概略狀況。

在質量平衡模型種類上，包括(一)單室模型(One-Compartment Model)與(二)多室模型(Multi-Compartment Model)；而本研究探討系統為全尺寸環控箱(模擬空調型單室空間)，因此選擇單室模型作為主要探討之基礎，茲將模型原理及方程式推導描述如下：

(1) 污染物質質量平衡模型

由於室內空氣與污染物的混合形式相當複雜，在建立系統方程式前應定義其室內空氣混合方式，一般可分為兩種混合模型：

(a) Plug-flow mixing model：此模型為污染物濃度隨著空氣氣流的流動路徑，以點對點的分佈方式有不同的濃度變化。

(b) Well-mixed model：此模型為描述污染物均勻地分佈於空間中。

由於污染物濃度表現方式以時間區段進行採樣，因此無法採用第一種模式描述，因此本研究選擇 Well-mixed model 建立室內空氣品質模型。

污染物質質量平衡模式是利用空間中的污染源、污染物吸附(沉降作用)、循環換風量、及不同室內外污染源(滲入及洩漏方式)以預測室內污染物的累積，系統忽略污染物集中之梯度分佈，因此實驗系統內的污染物濃度隨時均可視為均勻狀態。

以一體積為 V 的單一空間，污染物流出及流入質量平衡且包括再循環風量、污染物的發生及衰減，詳細參數設定如圖 2-7 所示。方程式推導過程如下：

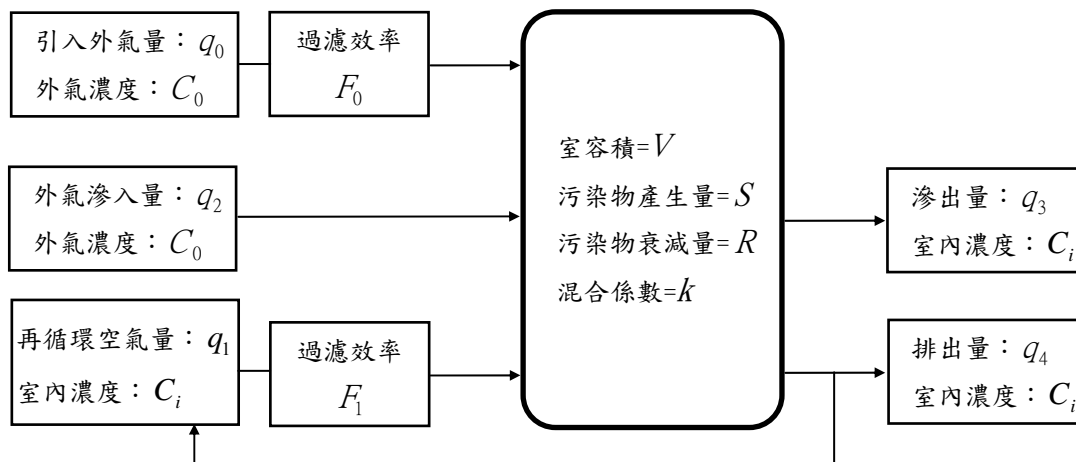


圖 2-9 空氣污染物單室質量平衡模型示意

(資料來源：ASTM 5116, 1997)

1. 空氣質量平衡方程式 (Air Mass Balance)：

$$q_0 + q_2 = q_3 + q_4 \quad (\text{式 1})$$

其中：

q_0 =引入外氣量

q_2 =外氣滲入量

q_3 =空氣洩漏量

q_4 =排氣量

2. 污染物平衡 (Pollutant Mass Balance)：

$$V \frac{dC_i}{dt} = kq_0C_0 (1-F_0) + kq_1C_i (1-F_1) + kq_2C_0 - k (q_1+q_3+q_4) C_i + S - R \quad (\text{式 2})$$

$$\rightarrow C_i = \frac{B}{A} \left[1 - \exp\left(-\frac{A}{V}t\right) \right] + C_s \exp\left(-\frac{A}{V}t\right) \quad (\text{式 3})$$

其中：

C_s =室內污染物初始濃度

C_0 =室外污染物濃度

$A = k (q_0 + q_1F_1 + q_2)$

$B = kq_0C_0 (1-F_0) + kq_2C_0 + S - R$

(二) 污染物質量平衡簡化系統(針對建材逸散源進行簡化)

污染物質量平衡模式最早在 1986 年由 Matthews 提出為了探討溫度、相對濕度對甲醛濃度的影響，選定兩棟屋齡四年、無人居住、未裝潢的住家進行實驗，實驗住家包含三間臥室、盥洗室、客廳以及廚房，地板鋪設有粒片板、上面覆蓋地毯，面積為 114 m^2 ，探討環境因子對甲醛濃度分佈的影響，首先將實驗簡化為圖 2-8 質量平衡系統：

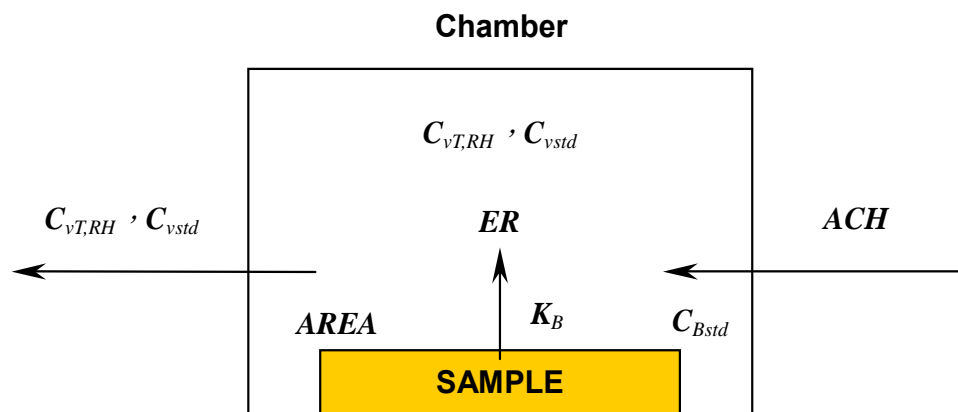


圖 2-10 質量平衡系統圖

(資料來源：ASTM 5116, 1997)

其中：

ACH ：為氣體改變率， h^{-1} 。

$C_{vT,RH}$ ：溫度 T、相對濕度 RH 時的甲醛穩定濃度
 C_{vstd} ：標準狀態 ($T=23^{\circ}\text{C}$ ， $RH=50\%$) 時的甲醛穩定濃度
 C_{bstd} ：標準狀態 ($T=23^{\circ}\text{C}$ ， $RH=50\%$) 下的樣本表面甲醛濃度
 $AREA$ ：樣本表面積， m^2
 ER ：甲醛排放速率， $\text{mg}/\text{m}^2\text{hr}$
 K_b ：甲醛的質量傳輸係數

Matthews 將對實驗住家簡化後的質量平衡系統作以下的假設：系統內部為均勻混合系統，物種濃度並無損失，無沉降、過濾效應，單一物種濃度，根據以上假設，可以得到測試箱中，在穩定狀態下的單一物質濃度：

$$C_{vT,RH} = \frac{ER(HCHO)_{T,RH,Cv} \times AREA}{ACH \times VOL} \quad (\text{式 4})$$

其中：

$ER(HCHO)$ ：溫度 T、相對濕度 RH、甲醛濃度 T, $C_{v,RH}$ 時，甲醛逸散因子， $\text{mg}/\text{m}^2\text{h}$
 $AREA$ ：樣本表面積， m^2
 ACH ：室內外氣體交換率， h^{-1}
 VOL ：室內體積， m^3
 $C_{vT,RH}$ ：穩定狀態下，溫度 T、相對濕度 RH 時，甲醛室內濃度， mg/m^3

依據污染物質量平衡簡化系統的結構上，可將關鍵因子分成三種：

(一) 污染物相關變數 ($ER, AREA$)：

污染源的特性，包括負荷率、表面蒸汽壓與質傳係數等。

(二) 換氣量相關變數 (ACH)：

考量新鮮外氣外引入的可能性，包含空調引入與建築外殼洩漏。

(三) 空間相關變數 (VOL)：

考量建築空間因素對換氣率的影響，包括空間型態、室內家具配置與空調送回風口型態等。

參、建材逸散 SVOC 之微型容器測試方法

本研究主要依據內政部建築研究所綠建材標章公告「建材逸散甲醛及揮發性有機化合物標準作業程序」之基礎標準，以及「CNS 16000-25：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法」，以下為本研究主要參考方法說明：

1. 適用範圍

本標準規定使用微型容器，在規範氣候條件下，測定從新製建築產品或家具之半揮發性有機化合物(SVOCs)的單位面積逸散率之試驗方法，本方法原則亦可適用舊的產品。

本量測方法適用於產品與材料，如：板材，壁紙，地板材料，隔熱材料，接著劑油漆及其組合。

待測材料之採樣運送及儲存，以及試片製備說明於 CNS 16000-11，測定 SVOC 之空氣採樣與分析方法規範於 CNS 16000-6 及 ISO 16017-1。

2. 引用標準

- CNS 16000-6 Indoor air -- Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID
- CNS 16000-11 Indoor air --Part 11: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing --Sampling, storage of samples and preparation of test specimens
- ISO 554 Standard atmospheres for conditioning and/or testing --Specifications
- ISO 16017-1 Indoor, ambient and workplace air --Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography --Part 1: Pumped sampling

3. 方法原理

本試驗方法之原理係用以測定由產品試片表面逸散的 SVOC 單位面積逸散率，雖然 SVOC 在微型容器內逸散出，大部分逸散物在溫度 40 以下容器中吸附，因此在試驗中，建築材料的 SVOC 單位面積逸散率(標的化合物)係從第一階段與第二階段所收集質量測得。試驗結果在 24 小時期間從產品的 SVOC 平均逸散速率。另為特定目的，改變第

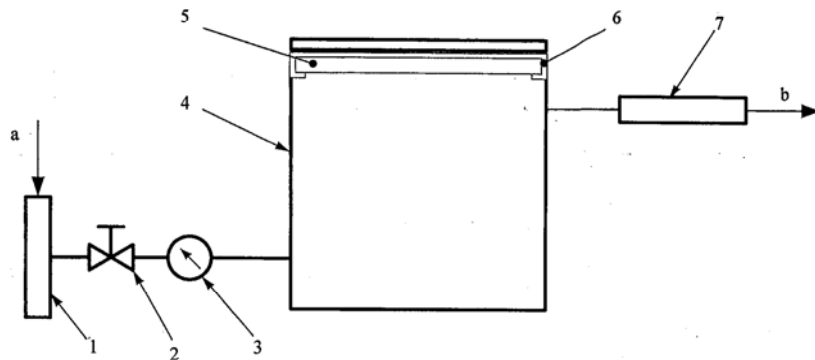
一階段期間內，在不同時間期間之逸散率可以使用相同步驟予以測定。

4. 微型容器系統

用以測定從建築產品逸散 SVOC 之單位面積逸散率之微型容器系統應包含下列：微型容器，乾淨空氣產生與增濕系統及監測與控制系統，以確保試驗能依規定條件執行。

微型容器之設計可以使具有平滑表面的固態產品能至於微型容器內或上面(或下面)，使得試件本身成為微型容器外壁。此與 CNS 16000-9 及 CNS 16000-10 方法類似。在此情形中，試件表面必須對著微型容器加以密封，使試件的邊緣及背面得以排除。為確保氣密性，其他產品應放置在特殊之試片座。

適當的體積大小與尺度比例已試驗過。微型容器與逸散 SVOC 接觸的採樣系統部分(所有管與接頭)通常係由玻璃或惰性非脫氧材料，例：惰性塗覆之不鏽鋼與磨光不銹鋼所製成。依微型容器材料(例：部分玻璃類型)，可能需要表面處理以協助熱脫附。



說明

- 1 乾淨空氣供應
- 2 空氣流量調節器
- 3 空氣流量計
- 4 微型容器
- 5 試片
- 6 密封材料
- 7 空氣採樣歧管(吸附劑管)
- a 空氣入口
- b 排氣出口

圖 2-11 微型容器-試驗第一步圖例

(資料來源：CNS 16000-25, 2015)

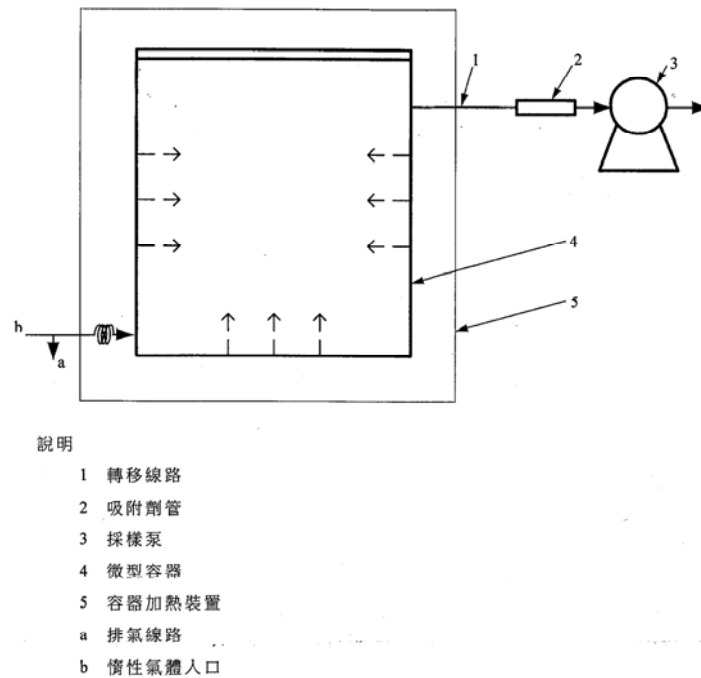


圖 2-12 微型容器-試驗第二步圖例

(資料來源：CNS 16000-25, 2015)

5. 表面積比例

試件表面積與微型容器內表面積之比例應為 0.15 ± 0.0075 。

6. 氣密性

微型容器應有氣密條件，使其與未控制的外部空氣間換氣降至最低。逸散試驗容器在比大氣壓力稍高的壓力下操作，以避免受到實驗室大氣之影響。在試驗期間將實驗室空氣之進入降至最低之方法之一為確保微型容器的些微正壓。達此方式之一為比離開微型容器抽氣採樣率快約 50% 的速率將空氣供應製微型容器。如遵照此方法，可以在空氣正要進入微型容器時，安裝排氣線路，使得可以從緊鄰試驗場所排出適量的空氣。

7. 回收率及弱減效應(recovery and sink effect)

準確度±10%以內之標的 SVOC 的標準溶液予以製備，且應注入已知質量的此液於微型容器中。微型容器應加熱至 200 至 220，且應以類似於試驗的第二階段之步驟將已脫附化合物捕集於吸附管內。應將相同質量的標準溶液直接注入另一吸附管中。吸附於吸附管之標的化合物應以熱脫附與氣相層析-質譜儀(TD-GC/MS)加以測定。從標準品加入微型容器與直接注入所得結果之比例應作為回收率，回收率應大於 80%。回收率試驗的結果應於試驗報告中應敘明預期濃度對量測濃度。

8. 恆溫烘箱

溫度範圍 23 °C 至 250 °C 之間。恆溫烘箱的度需控制於 0.5 °C 準確度之內，且溫度分布之準確為 2°C。

9. 採樣幫浦

幫浦控制於 10%準確度之內，如使用轉移線路，長度應盡可能短，以維持與微型容器相同之溫度，出口線路應使用低吸附性材料。

10. 微型容器加熱用烘箱

為防止 SVOC 之氧化，需使用惰性氣體。加熱裝置應能維持微型容器之溫度於約 250°C。空氣供應線路也應維持於規定溫度。

11. 測試條件

(1) 第一階段之溫度及相對溼度條件

使用於歐洲及北美區域產品逸散測試則須採溫度 (23±2) °C 和相對溼度 (50±5) %RH。

(2) 第二階段之溫度及相對溼度

室溫條件下以惰性氣體完全置換微型艙中之空氣，微型艙則從室溫增加至 200°C 至 220°C 間，並維持在 200°C 至 220°C 溫度 40 分鐘。在這測試步驟之前應將試樣從微室中取出。而考量特定 SVOC 的物化特性及回收率故第二階段試驗中最高加熱溫度則為必要。

(3) 供應氣體品質及背景濃度

供應空氣的 SVOC 不應高於微艙體背景要求。背景濃度需夠低，避免干擾影響逸散測試之品質保證限制。背景濃度中任何標的 SVOC 濃度需低於 50 ng/m^3 。用於加濕的水中不應含有可能干擾分析或損害背景的 SVOC

(4) 表面積空氣流量

在不同類型微型艙體的測試顯示，表面積空氣流速並非關鍵。然而為與真實環境情形保持相關性，該參數設置不應低於 0.15 m/h 。

12. 測試條件驗證

微型容器中測試條件，溫度、相對濕度和氣流速率之精密度應符合下述：

溫度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$

相對溼度 $\pm 5\%$

空氣流速 $\pm 5\%$

第一階段微型容器中空氣流速：空氣流量變化不應超過設定值的 $\pm 3\%$ 。微型艙體中空氣速度應為恆定。

微型容器氣密性：於逸散試驗開始時比較入口處和出口處的空氣流速，來查驗微型容器之氣密性，兩個位置的量差異不應超過 5% 。

13. 測試方法

(1) 對照質量收集（空白試驗）

在乾淨的微型艙體中對照試驗（現場空白）的質量應小於目標 SVOC 的總質量的 10% ，並驗證回收率，回收比例應大於 80% 。

(2) 第一階段微型容器中測試試件的位置

測試試件與微型艙體內壁間不宜直接接觸。

(3) 逸散試驗（第一階段試驗）

濃度測量來自所定義採樣時間進行，通常為 24 小時。其根據測試目的，可適當的在附加時間進行空氣採樣。空氣採樣期間之濃度測量取決於所使用的分析方法並應詳加記錄。在逸散試驗空氣採樣階段，需供應乾淨濕度空氣(50 % RH)

(4) 脫附試驗 (第二階段試驗)

完成逸散測試的第一階段試驗，自微型容器取出測試樣品，並加熱微型容器。在這部分試驗應使用另一隻吸附管，提供惰性氣體並加熱至 200°C 以上。微型容器之採樣與通風需同時啟動，採樣時間為 40 分鐘直至完成脫附。

14. 單位面積逸散率之計算及結果表示

$$q_{mA} = \left[\frac{m_1}{q_{V,c}t} q_{VA} \right] + \frac{m_2}{At} = \frac{m_1 + m_2}{At} \quad (\text{式 5})$$

q_{mA} 單位面積逸散率 $\text{ug}/\text{m}^2\cdot\text{h}$

t 第一階段之持續時間

m_1 第一步收集之質量 ug

q_{VA} 單位面積換氣率 $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$

m_2 第二步收集之質量 ug

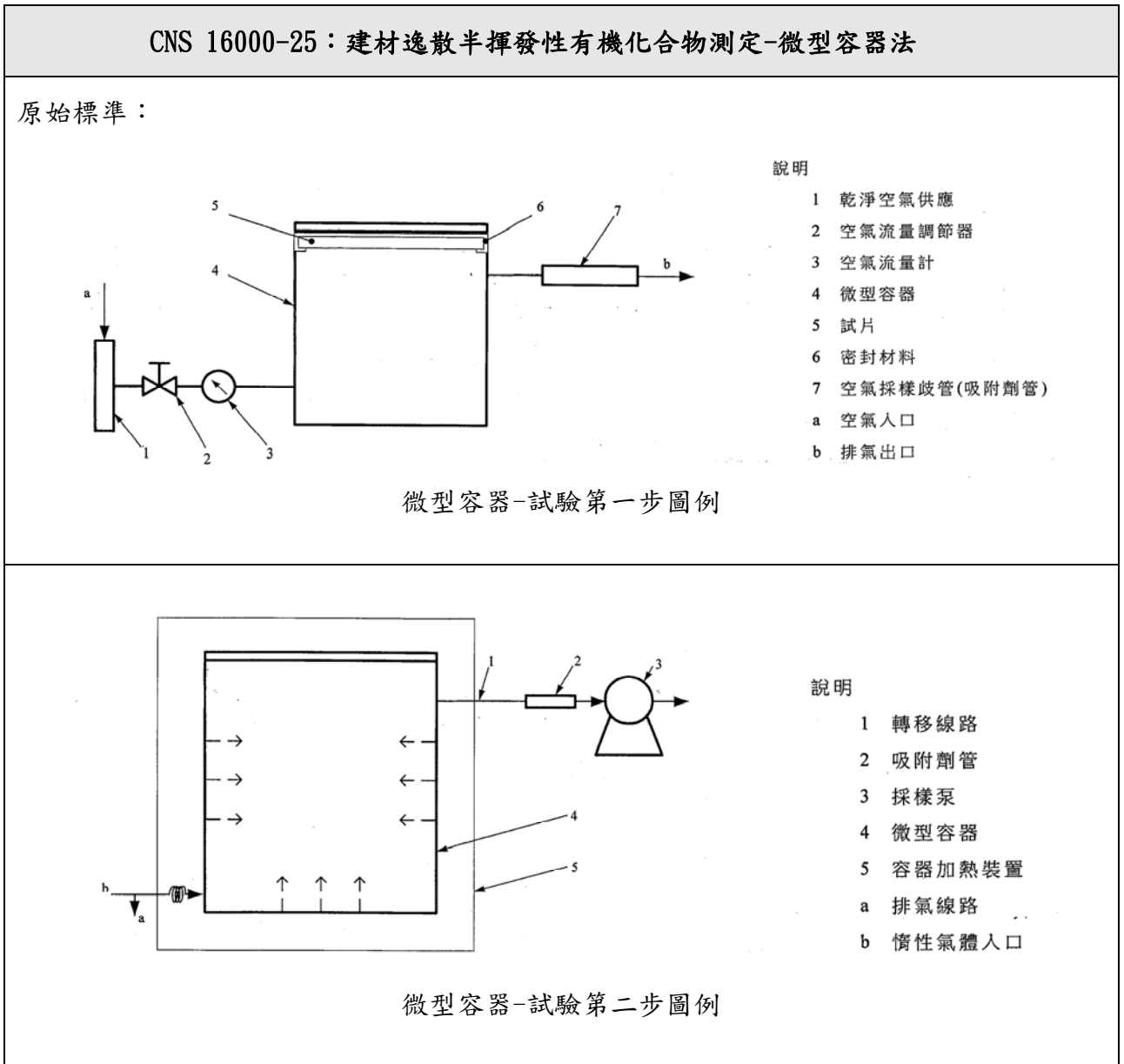
A 試片表面積 m^2

$q_{V,c}$ 微型容器空氣流率 m^3/h

四、建材逸散微型容器檢測系統

本研究參考「CNS 16000-25：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法」，建構「全新-建材逸散微型容器檢測系統」，目前已完成設備系統之新購與整合，截至 06 月止，正進行設備驗收階段。相關系統與設備依據「CNS 16000-25」規定設置，並增加許多進氣與採樣系統，以下為建構之「建材逸散微型容器檢測系統」：

表 2-11 建材逸散微型容器檢測系統




CNS 16000-25：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法


CNS 16000-25 室內空氣-第25部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法

逸散試驗(第一步試驗) 脫附試驗(第二步試驗)

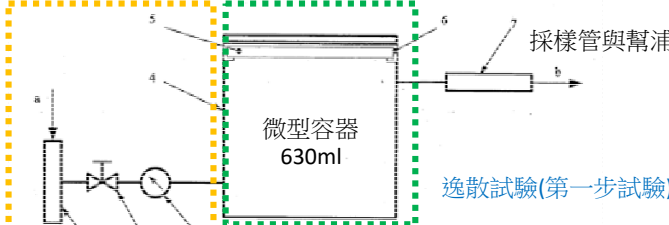
恆溫恆濕箱



高溫熱風循環烘箱

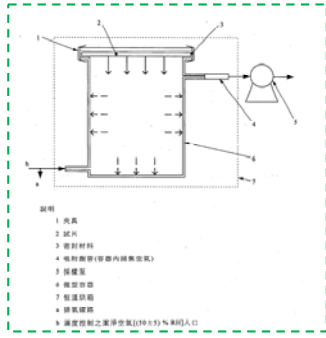


恆溫恆濕箱



逸散試驗(第一步試驗)

高溫熱風循環烘箱



脫附試驗(第二步試驗)

說明

- 1 乾淨空氣供應
- 2 空氣流量調節器
- 3 空氣流量計
- 4 微型容器
- 5 試片
- 6 密封材料
- 7 空氣採樣軟管(吸附軟管)
- a 空氣入口
- b 排氣出口

以微型容器-試驗第一步(逸散試驗)之條件設計：

溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、溫度分布 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相對濕度 $50\% \pm 5\%$

微型容器空氣流速 1.2L/h (20 mL/min) $\pm 3\%$


空氣幫浦流速 0.9L/h (15 mL/min) $\pm 3\%$

背景濃度 SVOC 低於 50ng/m^3


CNS 16000-25 室內空氣-第25部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法

逸散試驗(第一步試驗)-24小時逸散測試

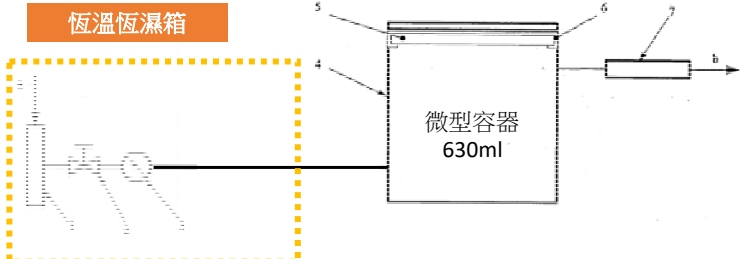
恆溫恆濕箱



空氣過濾器 **空氣幫浦** **流量計與調節器**



恆溫恆濕箱



逸散試驗(第一步試驗)

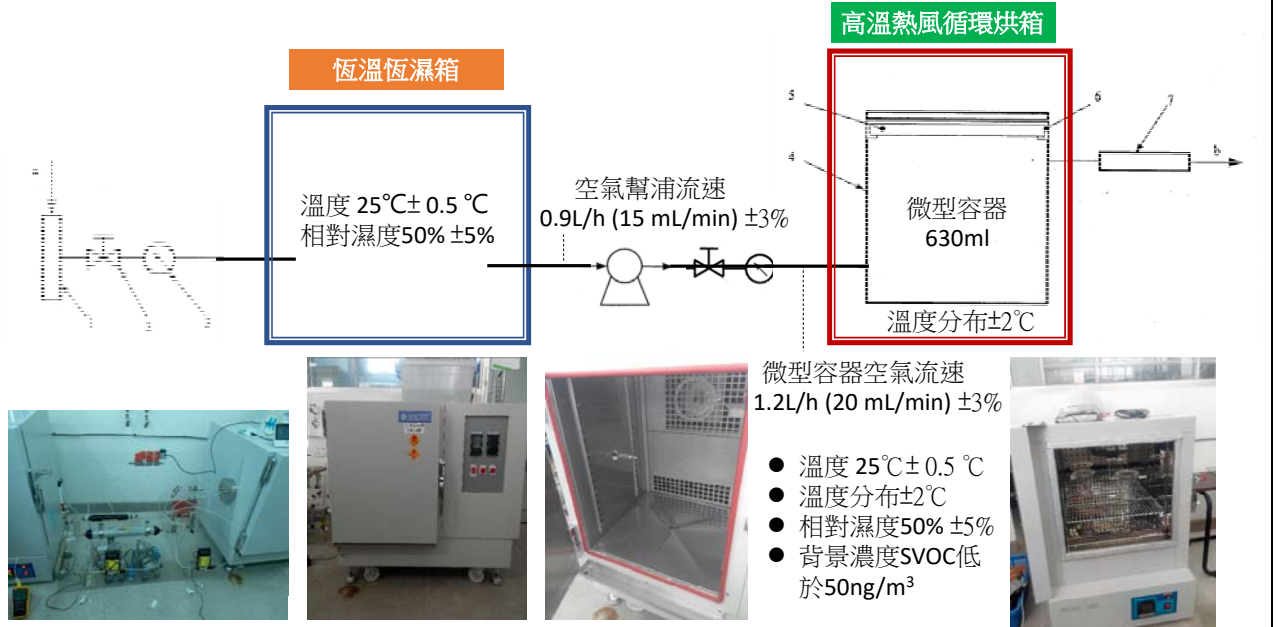
說明

- 1 乾淨空氣供應
- 2 空氣流量調節器
- 3 空氣流量計
- 4 微型容器
- 5 試片
- 6 密封材料
- 7 空氣採樣軟管(吸附軟管)
- a 空氣入口
- b 排氣出口

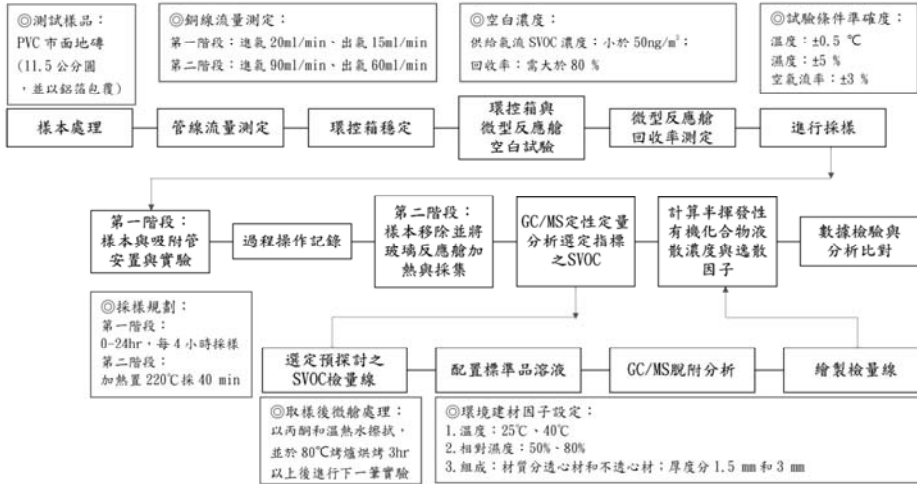
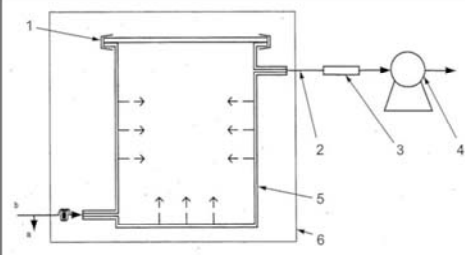
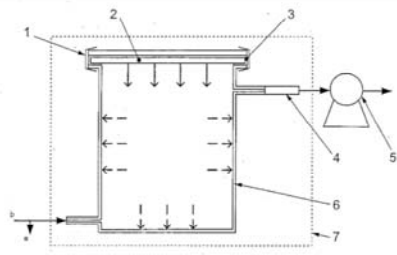
- 溫度 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- 溫度分布 $\pm 2^{\circ}\text{C}$
- 相對濕度 $50\% \pm 5\%$
- 微型容器空氣流速 1.2L/h (20 mL/min) $\pm 3\%$
- 空氣幫浦流速 0.9L/h (15 mL/min) $\pm 3\%$
- 背景濃度SVOC低於 50ng/m^3

CNS 16000-25：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法

CNS 16000-25 室內空氣-第25部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法
逸散試驗(第一步試驗)-24小時逸散測試



第一階段：建材逸散試驗-「 25°C 」為測試溫度、「 50% 」為測試濕度，進行 24 小時
第二階段：SVOC 脫附試驗-以 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ - $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 間之速率加熱至 200°C - 220°C ，進行 40 分鐘




(資料來源：CNS 16000-25, 2015)

第三章 建立綠建材板材類逸散塑化劑與 SVOC 檢測標準分析方法

第一節 彙整國際最新綠建材標章塑化劑與 SVOC 標準方法與規範資料

本研究彙整國內、外室內空氣品質、國際綠建材標章資料（歐盟、美國等綠建材標章），進一步分析現行綠建材標章之「塑化劑」與「SVOC」評定項目及基準之參考。參考「歐盟共用標準 CEN/TS 16516」，在建材逸散管制上，特別將「鄰苯二甲酸酯類」（Phthalate Esters, PAEs）（塑化劑）等「半揮發性有機化合物」（SVOCs）納入「強制管制」。當主要作為建材做為「增塑劑」（塑化劑）使用之「半揮發性有機化合物」（SVOCs），因環境因子改變而逸散至空氣中，容易黏滯於室內建材表面或極細固體懸浮微粒（particulate matter, PM），隨各種流佈途徑傳遞污染，造成長久室內空氣污染來源，其部分化合物更具生殖毒性、致癌性危害及誘發過敏氣喘等問題，長期影響居住人員健康危害，並易產生環境賀爾蒙污染等問題。目前歐盟管制之「鄰苯二甲酸酯類」（Phthalate Esters, PAEs）（塑化劑）等「半揮發性有機化合物」（SVOCs），在產品含量（重量）管制上，是以「DEHP（鄰苯二甲酸二（2-乙基己基）酯）、DBP（鄰苯二甲酸二丁酯）、DMP（鄰苯二甲酸二甲酯）、BBP（鄰苯二甲酸丁基苯甲酯）、DINP（鄰苯二甲酸二異壬酯）、DIDP（鄰苯二甲酸二異癸酯）、DEP（鄰苯二甲酸二乙酯）、DNOP（鄰苯二甲酸二辛酯）」為指標污染物，藉以降低人體攝入或吸入過量「鄰苯二甲酸酯類」物質，其總鄰苯二甲酸酯類以不超過 0.1% 重量為原則。


表 3-1 國際最新健康綠建材標章塑化劑與 SVOC 標準方法與規範資料

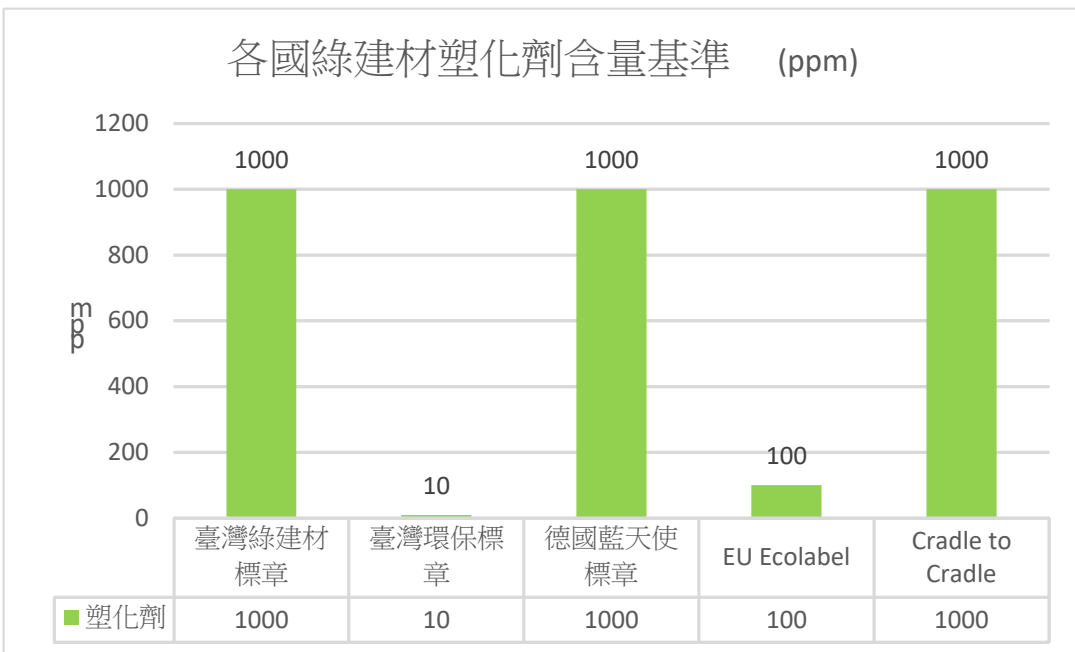
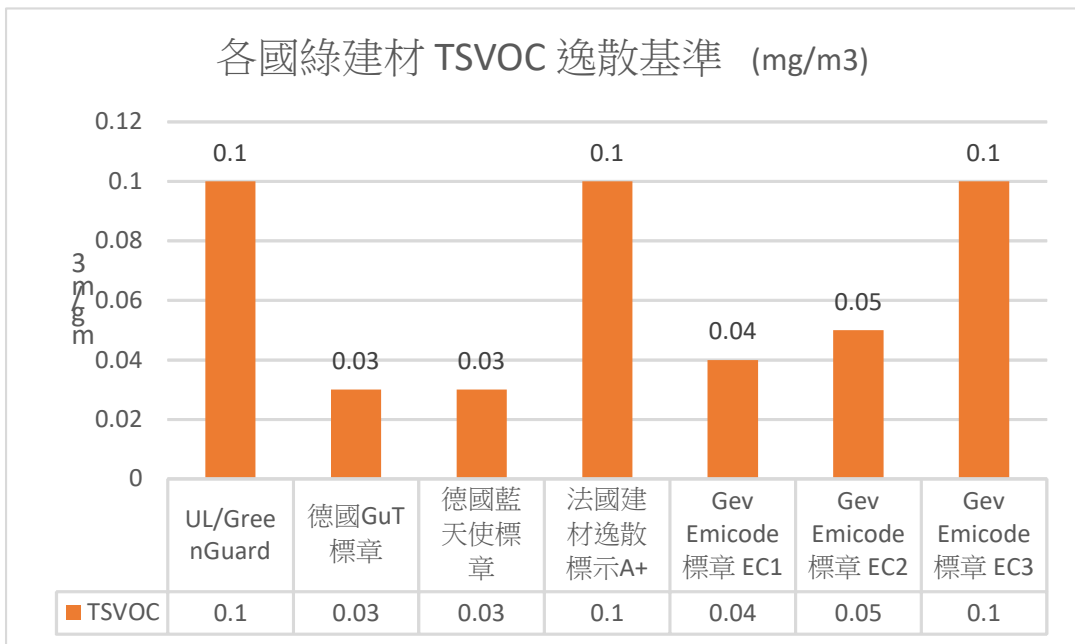
綠建材標章	評定對象	塑化劑/SVOC	評定基準	參考標準
台灣綠建材標章 (2011) 	◎高性能綠建材-產品內含 PVC 物質建材 ◎再生綠建材-塑膠地磚之回收材料(含氯高分子材料)	◎塑化劑 鄰苯二甲酸酯類 (DMP、DEP、DBP、BBP、DEHP、DNOP、DINP、DIDP 等 8 種塑化劑物質)	所含鄰苯二甲酸酯類之總量不得超過 0.1% 以上 (重量比)	CNS 15138 塑膠製品中鄰苯二甲酸酯類 塑化劑試驗法—氣相層析法 (GC/MS)

綠建材標章	評定對象	塑化劑/SVOC	評定基準	參考標準
UL/GreenGuard 北美認證標章(2015) 	◎接著劑類 ◎塗料類 ◎地板類 ◎家具類 ◎辦公家具類 ◎其他	依據加州 California Section 01350 規定 ◎塑化劑 Limits on emissions of total phthalates : DBP、DEHP、DEP、DMP、BBP、DOP ◎SVOC TSVOC:>C16 - C22 range 物質	總鄰苯二甲酸酯類 $\leq 0.01 \text{ mg/m}^3$ TSVOC $\leq 0.1 \text{ mg/m}^3$	Standard Method for the Testing and Evaluation of Volatile Organic Chemical Emissions from Indoor Sources Using Environmental Chambers OSHA 104 GC/FID METHOD
美國 Green Seal 標章(2015) 	◎塗料與漆類 ◎再生乳膠漆 ◎抗腐蝕塗料	◎塑化劑 DEHP、BBP、DBP、DNOP、DEP、DMP	不得含有規範之塑化劑成分	Green Seal Standard GS-11 GS-43 GC-3
德國 GuT 標章(2014) 	◎地毯	◎塑化劑 DEHP BBP DBP DIBP ◎SVOC TSVOC:>C16 - C22 range 物質	不得含有規範之塑化劑成分 逸散 鄰苯二甲酸酯類 $\leq 0.001 \text{ mg/m}^3$ TSVOC $\leq 0.03 \text{ mg/m}^3$	CEN/TS 16516 (prEN 16516)
德國藍天使標章(2011)	◎彈性地板覆蓋物 ◎地板襯墊	◎塑化劑 DBP、DEHP、DINP、DIDP、BBP、DNOP ◎SVOC TSVOC:>C16 - C2	規範之塑化劑總合0.1%(重量比) TSVOC $\leq 0.03 \text{ mg/m}^3$	DE-UZ 156 : Low-Emission Flooring Underlays DE-UZ 120 :

第三章 建立綠建材板材類逸散塑化劑與 SVOC 檢測標準分析方法

綠建材標章	評定對象	塑化劑/SVOC	評定基準	參考標準
		2 range 物質		Resilient Floor Coverings
法國建材逸散標示 A+ (2014) 	<ul style="list-style-type: none"> ◎地板材 ◎牆板材 ◎塗料 ◎地毯 ◎接著劑 	<ul style="list-style-type: none"> ◎塑化劑 DBP、DEHP ◎SVOC TSVOC:>C16 - C2 2 range 物質 	逸散 鄰苯二甲酸酯類 ≤ 0.001 mg/m ³ TSVOC ≤ 0.1 mg/m ³	CEN/TS 16516 (prEN 16516)
Gev Emicode 標章 (2014) 	<ul style="list-style-type: none"> ◎地板材 ◎接著劑 ◎填充材 ◎表面材 	<ul style="list-style-type: none"> ◎SVOC TSVOC:>C16 - C2 2 range 物質 	EC1 PLUS TSVOC ≤ 0.04 mg/m ³ EC2 TSVOC ≤ 0.05 EC3 TSVOC ≤ 0.1	CEN/TS 16516 (prEN 16516)
EU Ecolabel (2014) 	<ul style="list-style-type: none"> ◎塗料類 ◎地板材 ◎家具 	<ul style="list-style-type: none"> ◎塑化劑 DMP、DEP、DBP、BBP、DEHP、DNOP、DINP、DIDP ◎SVOC TSVOC:>C16 - C2 2 range 物質 	鄰苯二甲酸酯類 0.010 %w/w TSVOC ≤ 30 g/L	ISO 11890-2
Nordic ECO Label 北歐環保標章 (2014) 	<ul style="list-style-type: none"> ◎室內塗料 ◎表面處理木板材 ◎牆板材 	<ul style="list-style-type: none"> ◎SVOC TSVOC:>C16 - C22 range 物質 	TSVOC ≤ 0.1 mg/m ³	CEN/TS 16516 (prEN 16516)

綠建材標章	評定對象	塑化劑/SVOC	評定基準	參考標準
Cradle to Cradle (2010) 	◎塗料類 ◎地板材 ◎家具	◎塑化劑 Phthalates: DEHP, BBP, DBP	GC/MS; Phthalates detection limit <0.1% (1000ppm)	CPSC-CH-C1001- 09.3 Standard



第二節 建立綠建材板材類逸散塑化劑與 SVOC 檢測標準分析方法

本研究「塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主」，透過參考「ISO 16000-33，室內空氣—第 33 部：以 GC/MS 檢測鄰苯二甲酸酯類方法」，與 107 年實驗室已建置完成之「微型容器法」結合，強化檢測建材逸散「塑化劑」之不同暴露途徑「直接逸散空氣(吸入)、黏滯灰塵微粒(攝入)、材料表面逸散(皮膚吸收)」，建構建材「檢測鄰苯二甲酸酯類標準方法」(範圍可包含建材逸散至空氣、灰塵與建材表面採集等檢測分析方式)。

表 3-4 ISO 16000-33，室內空氣—第 33 部：以 GC/MS 檢測鄰苯二甲酸酯類方法

規範章節	標準內容																
1. 適用範圍	規定使用氣相層析儀/質譜儀，測定空氣中鄰苯二甲酸酯類之方法，從空氣中採樣、灰塵中採樣及表面擦拭採樣來取得鄰苯二甲酸酯類濃度																
2. 引用標準	ISO 16000-6																
3. 採樣和儀器	<p>3.1 概述 (藉由 Tenax-TA 熱脫附或 Florisil 吸附劑萃取採樣補集與分析)</p> <p>3.2 吸附劑與熱脫附採樣</p> <p>3.3 吸附劑與溶劑萃取採樣</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>濃縮採樣濃度 (mg/L)</th> <th>對應空氣濃度 (µg/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.05</td><td>0.05</td></tr> <tr><td>0.1</td><td>0.1</td></tr> <tr><td>0.5</td><td>0.5</td></tr> <tr><td>1.0</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>2.5</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>5.0</td><td>5.0</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>10.0</td></tr> </tbody> </table> <p style="margin-left: 20px;">備註：關於分析物之濃度須由實驗室依據空白試樣值的校正予以確定。</p> <p style="text-align: right;">採樣濃度範圍</p>	濃縮採樣濃度 (mg/L)	對應空氣濃度 (µg/m ³)	0.05	0.05	0.1	0.1	0.5	0.5	1.0	1.0	2.5	2.5	5.0	5.0	10.0	10.0
濃縮採樣濃度 (mg/L)	對應空氣濃度 (µg/m ³)																
0.05	0.05																
0.1	0.1																
0.5	0.5																
1.0	1.0																
2.5	2.5																
5.0	5.0																
10.0	10.0																
4. 校正	4.1 概述-不同採樣方法塑化劑可測出狀況																

	<table border="1" data-bbox="555 241 1002 613"> <thead> <tr> <th>化合物</th> <th>空氣試樣</th> <th>粉塵試樣</th> <th>擦拭試樣</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>DMP</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>DEP</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>DPP</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>DiBP</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>DBP</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>BBP</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>DCHP</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>DEHP</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>DNOP</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>DPHP</td><td></td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>DINP</td><td></td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>DIHP</td><td></td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr><td>DIUP</td><td></td><td>○</td><td>○</td></tr> </tbody> </table> <p data-bbox="1010 591 1238 622">採樣與測出狀況</p> <p data-bbox="544 656 1075 689">4.2 熱脫附之校正(Tenax-TA 熱脫附)</p> <p data-bbox="544 701 1171 734">4.3 溶劑萃取之校正(Florisil 吸附劑萃取)</p>	化合物	空氣試樣	粉塵試樣	擦拭試樣	DMP	○	○	○	DEP	○	○	○	DPP	○	○	○	DiBP	○	○	○	DBP	○	○	○	BBP	○	○	○	DCHP	○	○	○	DEHP	○	○	○	DNOP	○	○	○	DPHP		○	○	DINP		○	○	DIHP		○	○	DIUP		○	○
化合物	空氣試樣	粉塵試樣	擦拭試樣																																																						
DMP	○	○	○																																																						
DEP	○	○	○																																																						
DPP	○	○	○																																																						
DiBP	○	○	○																																																						
DBP	○	○	○																																																						
BBP	○	○	○																																																						
DCHP	○	○	○																																																						
DEHP	○	○	○																																																						
DNOP	○	○	○																																																						
DPHP		○	○																																																						
DINP		○	○																																																						
DIHP		○	○																																																						
DIUP		○	○																																																						
5. 定性鑑定與定量分析	5.1 質譜分析 5.2 圖譜分析																																																								
6. 建立檢量線及計算分析物質量	6.1 建立檢量線 6.2 計算分析物之質量																																																								
7. 室內空氣濃度計算	7. 室內空氣濃度計算																																																								
8. 偵測極限	8.1 偵測極限(LOD) 8.2 定量極限及空白試驗 8.3 再現性和重複性之標準偏差																																																								
9. 品質保證	9.1 分析方法驗證和現場空白測定 9.2 試驗空白最小化之方法 9.3 引用文件																																																								
10. 干擾	干擾與不確定度																																																								
附錄	<p data-bbox="544 1344 874 1377">附錄 1-鄰苯二甲酸酯類</p> <p data-bbox="544 1388 1098 1422">附錄 2-溶劑擦拭法分析鄰苯二甲酸酯類</p> <p data-bbox="544 1433 1129 1467">附錄 3-從室內粉塵中分析鄰苯二甲酸酯類</p> <p data-bbox="544 1478 1002 1512">附錄 4-熱脫附法檢量線備製範例</p> <p data-bbox="544 1523 1187 1556">附錄 5- Florisil 溶劑萃取法檢量線備製範例</p> <p data-bbox="544 1568 1098 1601">附錄 6-具熱脫附裝置之氣相層析法範例</p> <p data-bbox="544 1612 1034 1646">附錄 7-溶劑萃取法氣相層析法範例</p> <p data-bbox="544 1657 906 1691">附錄 8-空白濃度處理範例</p> <p data-bbox="544 1702 842 1736">附錄 9-採樣程序範例</p>																																																								

(資料來源：ISO 16000-33, 2017)

壹、ISO 16000-33 室內空氣—第 33 部 以 GC/MS 檢測鄰苯二甲酸酯類方法

本計畫「塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主」以「ISO 16000-33 室內空氣—第 33 部 GC/MS 檢測鄰苯二甲酸酯類方法」，進行不同「塑化劑」分析方法之建立，以下為本研究參考 ISO 16000-33 建構之「綠建材逸散塑化劑與 SVOC 檢測標準分析方法」。

室內空氣—第 33 部:鄰苯二甲酸酯之測定—氣相層析質譜法

Indoor air-Part 33: Determination of phthalates with gas chromatography mass spectrometry (GC/MS)

簡介

本標準適用於 CNS 16000-1 定義之室內環境,例如住宅之起居室、臥室、自行組裝(DIY)室、休閒室與地下室、廚房和浴室;不必接受有關空氣污染的健康與安全檢查之工作室或工作場所(例如辦公室、銷售場所);公共建築(例如醫院、學校、幼稚園、體育館、區書館、餐廳、酒吧、劇院、電影院與其他功能室)以及車廂。

鄰苯二甲酸酯是鄰苯二甲酸(1, 2-苯二碳酸)的二酯類化合物,主要係透過由軟性聚氯乙烯(PVC)製成的日常用品逸散到室內空氣中。通常,鄰苯二甲酸酯被用作軟性 PVC 的增塑劑。最常見的 5 種鄰苯二甲酸酯類分別是鄰苯二甲酸二異癸酯(DIDP)、鄰苯二甲酸二異壬酯(DINP)、鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)、鄰苯二甲酸二丁酯(DBP)和鄰苯二甲酸丁基苯酯(BBP)。

本標準之表 A.1 列出最重要的鄰苯二甲酸酯之字母縮略及物質特性,均可藉由本標準之氣相層析質譜法加以測定。

1. 適用範圍

本標準規定使用氣相層析儀/質譜儀,測定室內空氣中鄰苯二甲酸酯之方法,本量測方法適用於室內粉塵及使用溶劑擦拭樣本表面之都苯二甲酸酯類的採樣和分析。

另外兩種室內空氣之取樣和處理方法,其有效性已在實驗室間循環比對試驗獲得驗證,包括可使用吸附劑管進行採樣,隨後進行熱脫附和 GC-MS 分析。或者,可採用其他類型的吸附管進行採樣,隨後藉由溶劑萃取,以進行 GC-MS 分析。

從室內粉塵中採樣,以進行鄰苯二甲酸二甲酯到鄰苯二甲酸二異辛酯之化合物測定,說明於附錄 C,對樣本調查的結果僅顯示指標價值,不適用採取行動的最終評估。

鄰苯二甲酸二甲酯到鄰苯二甲酸二異辛酯可使用溶劑擦拭採樣方法,說明於附錄 B,溶劑擦拭樣本僅適用於非定量來源之鑑定。

備考:

本方法原則上適用其他類型經驗證且符合本方法之品管要求的鄰苯二甲酸酯,己二酸酯和環己烷羧酸酯之分析。

2. 引用標準

下列標準為本標準所引用,成為本標準之一部分,下列引用標準適用最新版(包括補充增修)。
CNS 16000-6 室內空氣一第 6 部:室內空氣一第 6 部:室內空氣與試驗箱空氣中揮發性有機化合物之 Tenax[®] TA 吸附主動採樣、熱脫附及氣相層析-MS/FID 測定法

3. 採樣和儀器

3.1 概述

室內空氣採樣可以藉由通過充滿石英纖維棉和 Tenax[®] TA 的熱脫附管上或利用如 Florisil[®] 的吸附劑上進行,隨後進行溶劑萃取。應儘量減少於溶劑萃取程序中所使用的溶劑量,以減少空白濃度值,所有使用的儀器和試藥都應該是乾淨的,即未含有任何會干擾分析的化合物。實驗室間循環比對經驗顯示,溶劑也可能導致顯著的空白濃度值之差異。因此,每瓶新溶劑在使用前皆應檢查避免鄰苯二甲酸酯之污染。

備考:

實驗室循環比對試驗的經驗指出,用乾淨的溶劑(無法檢測出鄰苯二甲酸酯)沖洗足以去除設備中的污染物。

在室內空氣中採樣,應考慮鄰苯二甲酸酯到處存在的特性,以避免污染樣本。在以下各節說明如何達成最小現場空白濃度值而採用的措施,以及其優缺點。在第 10 節中說明品質管制作法,及應考慮現場空白的提示。

3.2 吸附劑及熱脫附採樣

使用 CNS 16000-6 中所規定設備、試藥和材料(包括附錄之半揮發性化合物的資料),同時也須遵守下列規範之要求:

3.2.1 設備、材料和化學品

3.2.1.1 熱脫附管

材質為不鏽鋼、惰性塗覆之網或玻璃, 填充的 1mm 非易碎石英棉及 200mg 之 Tenax® TA 20/35 吸附劑, 詳見 CNS 16000-6 附錄 3

3.2.1.2 採樣系統

採樣系統配置詳見圖 1

3.2.1.3 採樣泵

適當的採樣流率在 50 mL/min 至 200 mL/min 範圍內, 建議採樣體積為 20 L 至 70 L。

3.2.1.4 空氣流量計

許可差為±5%。

3.2.1.5 實驗室採樣設施

濕度計、溫度計、氣壓計

3.2.1.6 內標準品

可作為整個分析過程品質管制之措施, 包括: 環-氘化合物, D4-DMP, D4-DEP, D4-DBP, D4-BBP, D4-DEHP, D4-DOP 以及非氘二烯丙基甲酸酯(DAIP)等, 標萃溶液必須在不含鄰苯二甲酸酯之甲醇溶劑進行製備, 其最高濃度製備為 1 μL。

3.2.1.7 熱脫附裝置

用於吸附劑管之兩階段熱脫附, 並將脫附的蒸氣藉惰性氣體流轉送到 GC-MS 系統中。經適當的方法驗證, 去活化(矽烷化)的玻璃棉或石英棉亦可用作吸附劑。

3.2.2 吸附劑管製備

使用一支塞滿石英棉和 Tenax® TA 的吸附劑管, 其先決條件必須具備 CNS 16000-6 的相關知識。預充處理吸附劑管可由市售購得, 吸附劑管也可以如下述在實驗室中裝填。

秤取適當量的吸附劑, 每支管所用吸附劑的量應在 200 mg 以上, 以維持吸附能力。在裝填時, 先以一塊去活化玻璃棉或不銹鋼網塞在管之一端, 將吸附劑裝填於管中, 如需要可使用吸氣以幫助將吸附劑轉移至管中, 再放入另一塊玻璃棉或不銹鋼網, 以將吸附劑保留在管。

備考:

ISO 16017-1:2000 附錄 B 中規定貫流體積之測定。貫流體積與採樣管尺度以及吸附劑量成正比。大略的方法為: 如管徑不變, 床之長度加倍時, 安全採樣體積(safe sampling volume, SSV)就可加倍。

在填充 Tenax® TA 吸附劑管後, 將該試管於 280°C 溫度條件下調節 8 小時, 隨後在流率為 100 mL/min 之惰性載氣下於 300°C 調節 30min, 再將純化之吸附劑管封閉, 並存放於室溫及陰暗容器中, 以防樣本遭受污染。

使用例行分析參數, 將代表性數目之已調節管進行分析以得到空白濃度值, 而方便確認熱脫附空白值為足夠小, 詳見 CNS 16000-6 第 7.1 節之規定。在完成調節後應儘快採樣, 若 14 天內仍

無法完成採樣,使用前應將吸附劑管於 300°C 重新調節 15min。為避免污染,只能使用棉製手套碰觸該管,熱脫附裝置必須確保無外部污染干擾分析流動路徑,並不要貼上在熱脫附過程中會造成堵塞或變色之黏性標籤

3.2.3 採樣

採樣前,在吸附劑管中注入 1 μ L 或更低甲醇溶劑(例如,採樣體積 50 L,注入為 20ng/ μ L,額外注入量你由採樣體積及方法操作範圍決定)。可於吸附劑管之採樣端加入。

採樣設備組裝詳見圖 1,以 PE 或 PTFE 管將泵接至吸附劑管或管組裝。若無鄰苯二甲酸酯破出體積資訊,應將兩個吸附劑管串聯。啟動泵並記錄採樣流率或計數器讀值以及溫度、相對空氣濕度及大氣壓力(必要時)。適當的採樣流率在 50 mL/min 至 200mL/min 範圍內,相當於 2hr 至 24hr 之採樣體積約 20 L 至 70 L。在採樣期結束時,將採樣管從採樣線路上拆卸下來,使用螺紋蓋接頭並配以 PTFE 套環將管之兩端密封,建議在室內空氣中進行重複採樣,並儘快送至實驗室分析。

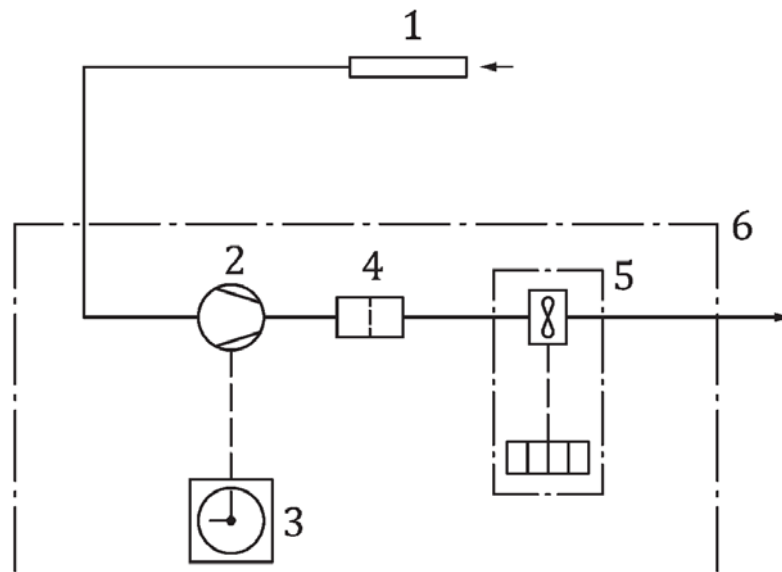


圖 1. 採樣設備組裝示意圖

說明

- 1 吸附劑管
- 2 採樣泵
- 3 計時器(選用)
- 4 空氣過濾器
- 5 流量調節器
- 6 防護罩

3.3 吸附劑及溶劑萃取採樣

3.3.1 設備、材料和化學品

3.3.1.1 採樣系統

採樣系統配置詳見圖 1。

3.3.1.2 採樣泵

適當的採樣流率約 2 L/min, 建議 8 hr 至 24 hr 之採樣體積為 1m^3 至 3m^3

3.3.1.3 空氣流量計

許可差為±5%。

3.3.1.4 灰化爐

3.3.1.5 扁平耐熱蒸發皿

3.3.1.6 Florisil® : 60 至 100 網目

3.3.1.7 玻璃棉:矽烷化

3.3.1.8 玻璃質燒瓶: 50mL, 使用螺紋帽蓋和聚四氟乙烯(PTFE)加以密封。

3.3.1.9 玻璃質吸附管:長度約 200 mm, 內徑約 10mm 至 12 mm。

3.3.1.10 實驗室採樣設施

濕度計、溫度計、氣壓計。

3.3.1.11 溶劑: 甲基叔丁基醚(TBME)或甲苯

3.3.1.12 內標準品:

可作為整個分析過程品質管制之措施, 包括: 環-氟化合物, D4-DMP, D4-DEP, D4-DBP, D4-BBP, D4-DEHP, D4-DOP 以及非荒二烯丙基甲酸酯(DAIP)等

3.3.1.13 GC/MS:

氣相層析(GC)系統, 配置質譜(MS)偵檢器。

3.3.2 Florisil®吸附劑管之製備

Florisil®吸附劑在蒸發皿上鋪成厚約 3mm 至 4mm 之薄片, 並在 800°C 加熱 6 hr。冷卻後, 使用質量比 3% 之雙蒸餾水去活化, 為此, 將 5g 的 Florisil® 吸附劑和 $150\mu\text{L}$ 水注入 50ml 玻璃燒瓶中, 並用螺紋帽蓋和聚四氟乙烯(PTFE)加以密封, 混合約 45 min, 直到變成均勻流動的粉末。然後將去活性化的 Florisil® 吸附劑充填到管中, 填充高度約 10 mm 到 13 mm, 末端使用矽烷化玻璃棉密封, 儲存於乾燥容器中, 詳見圖 2。

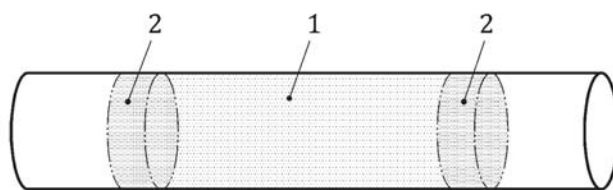


圖 2. 填充吸附劑管示意圖

說明

1 Florisil®吸附劑

2 玻璃棉

3.3.3 Florisil®使用要點

每次重新製備 Florisil®吸附劑管, 需參照 3.3.2 節規範進行空白試樣檢查, 若測得鄰苯二甲酸酯很高的空白濃度值, 則須重新加熱及去活性化。

製備好的吸附劑管須儲存於乾燥容器中, 6 個月內未使用, 應參照 3.3.2 節重新製備。

其他 Chromosorb 106 或類似載體材料之吸附劑, 其製備和採樣方式應依據特性予以調整, 並藉由測定績效特性加以驗證。

3.3.4 採樣

採樣前, 應添加內標準品, 例如 100 mg/L, 相當於將 1 μg 之內標準品加入 10 μL, 附錄 D (用於熱脫附法) 和附錄 E (用於 Florisil®溶劑萃取法) 說明內標溶液之製備。

內標準品一般使用微量注射器注入, 通常朝流動方向之吸附劑添加, 操作範圍從 0.05 μg/m³ 到 10 μg/m³ 之添加量如表 1 所示, 各化合物對應之建議內標準詳見第 4 節。

採樣設備組裝後須進行洩漏測試。啟動泵並記錄採樣流率或計數器讀值以及溫度、相對空氣濕度及大氣壓力, 適當的採樣流率在 2L/min 至 3 L/min 範圍內, 相當於於 8hr 至 24 hr 之採樣體積約 1 m³ 至 3m³。

表 1 測定空氣樣品中含鄰苯二甲酸酯(操作範圍 0.05 μg/m³ 到 10 μg/m³)

濃縮採樣濃度 (mg/L)	對應空氣濃度 (μg/m ³)
0.05	0.05
0.1	0.1
0.5	0.5
1.0	1.0
2.5	2.5
5.0	5.0
10.0	10.0

備註: 關於分析物之濃度須由實驗室依據空白試樣值的校正予以確定

3.3.5 試樣調節

將吸附劑管之 Florisil®和玻璃棉取出放置 50 ml 玻璃燒瓶中, 並與 25ml 溶劑混合, 並用螺紋帽蓋和聚四氟乙烯 (PTFE) 加以密封, 充分震動, 以便潤濕試樣, 置於超音波震盪器震盪 15min。

甲基叔丁基醚和甲苯是驗證可行溶劑, 亦可以使用微極性溶劑, 非極性溶劑 (例如, 己烷) 則不適合。但應注意製備校正用及層析測定之混合溶液, 須使用相同溶劑。

接著用滴管萃取 5 ml 上層清液，再濃縮至 0.2 ml。濃縮成乾燥狀態會導致相當大的物質損失，尤其是揮發性鄰苯二甲酸酯，取 100 μ L 萃取液注入自動取樣器瓶，參照第 5 節規範進行 CG/MS 分析，並參照第 3.3.4 節規範注入 1 mg/L 之內標準品。

4. 校正

4.1 概述

存在於室內環境中的鄰苯二甲酸酯會進行氣/固相分佈過程，主要準則係依據個別化合物之蒸氣壓，高蒸氣壓的鄰苯二甲酸酯存於氣相中，低蒸氣壓的鄰苯二甲酸酯會被冷凝，而以顆粒固相存在。因此有一些鄰苯二甲酸酯，例如 DPHP, DINP, DIDP 和 DIUP 等，在空氣通常測不出試樣濃度，而這些化合物可使用溶劑擦拭或室內粉塵中試樣找到，詳細說明如附錄 B 及附錄 C 所示，表 2 提供鄰苯二甲酸酯之化合物在不同試樣中可測出情況。

定期執行校正工作以確認量測範圍，並建立檢量線(至少 5 種不同濃度)，檢測系統發生重大變化，應重新配製並驗證設備功能(至少 3 種不同濃度)。

表 2 各種鄰苯二甲酸酯化合物在不同試樣可測出情況

化合物	空氣試樣	粉塵試樣	擦拭試樣
DMP	○	○	○
DEP	○	○	○
DPP	○	○	○
DiBP	○	○	○
DBP	○	○	○
BBP	○	○	○
DCHP	○	○	○
DEHP	○	○	○
DNOP	○	○	○
DPHP		○	○
DINP		○	○
DIDP		○	○
DIUP		○	○

4.2 熱脫附法之校正

熱脫附法係以甲醇為溶劑，配製至少 5 種之檢量線標準溶液(包括空白試樣及工作範圍內 4 種不同濃度等)，分別注入氣相層析質譜儀，並繪製校正濃度圖，詳細說明如附錄 D 所示。

4.3 溶劑萃取法之校正

溶劑萃取法係以甲基叔丁基酸醚或甲苯為溶劑，配製至少 5 種之檢量線標準溶液(包括空白試樣及工作範圍內 4 種不同濃度等)，分別注入氣相層析質譜儀，並繪製校正濃度圖，詳細說明如

附錄 E 所示。

5. 定性鑑別和定量分析

5.1 質譜分析

鄰苯二甲酸酯在離子化過程，質譜圖之訊號以鄰苯二甲酸酐(anhydride)離子 $m/z=149$ 為基峰，表 3 列出各化合物在離子監測模式(SIM)之離子條件。

分析鄰苯二甲酸酯類複雜支鏈異構物(DINP、DIDP 和 DIUP)時，由於 DINP 與 DIDP 主要以分子離子形式帶電，比其他單一結構化合物離子化更加強烈，使用質量數 $m/z=149$ 進行定量，感應因子(response factor)之差異，將導致測定異構物之結果會低於實際值，例如 DEHP 和 DiBP 的偵測感度與對應之單一結構化合物降低約 20%，長鏈結之化合物降低可達 50%。

此外，DINP、DIDP 和 DIUP 的譜圖會呈現出許多峰位，尤其是針對粉塵或溶劑擦拭之試樣，詳見圖 3。

因此，對於相同的濃度，異構物鄰苯二甲酸酯之尖峰高度及面積會小於單一結構的化合物，導致低濃度 DINP、DIDP 和 DIUP 之鑑識困難性，其偵測極限亦會高於單一結構的化合物。

若單一試樣存在不同的異構物鄰苯二甲酸酯(例如 DINP、DIDP、DIUP)，建議可使用兩種不同的方法來定性鑑別和定量分析。

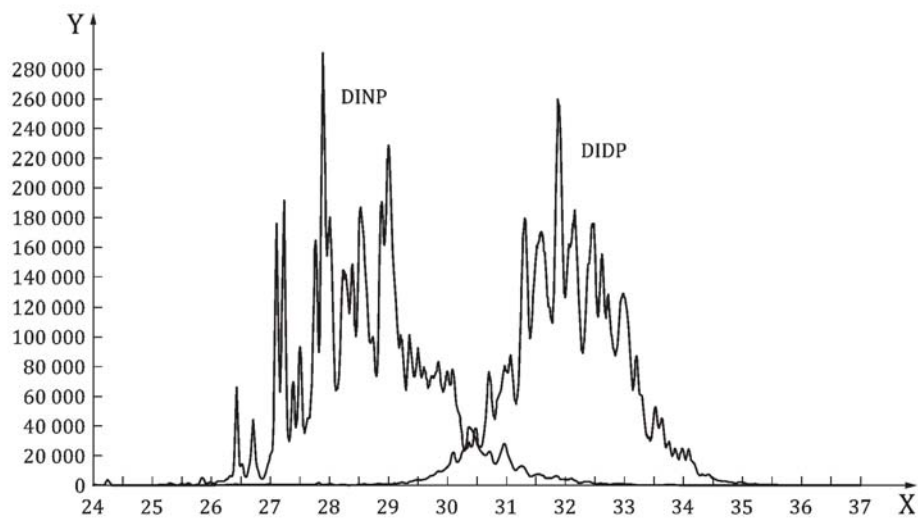
所選定的量化方法須記錄在試驗報告，不同供應商的標準品可能涵蓋半揮發性鄰苯二甲酸酯之頻帶寬不同，例如圖 4 之範例，顯示兩種不同供應商 DINP 標準品，質量數(m/z)均為 149，但這兩種 DINP 化合物卻顯示不同的峰值和滯留範圍。圖 5 說明典型的空氣試樣使用 Florisil[®] 溶劑萃取法產製之圖譜，包括空白試驗之圖譜。

表 3. 鄰苯二甲酸酯類之監測離子群

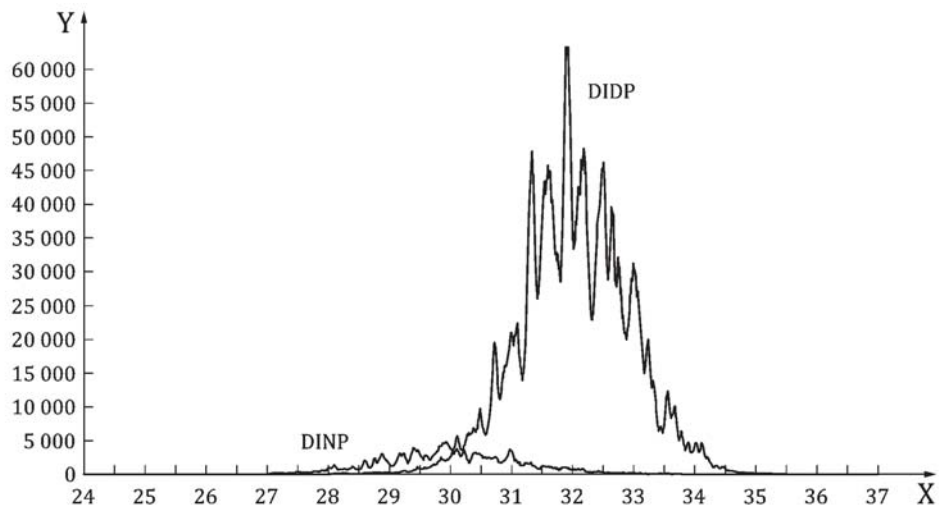
化合物	主要離子(m/z)	次要離子(m/z)
DMP	163	194
DEP	149	177
DPP	149	191, 209
DIBP	149	167, 223
DBP	149	205, 223
BBP	149	91, 206
DCHP	149	167, 249
DEHP	149	167, 279
DNOP	149	167, 279
DPHP	225	77, 226
DINP	293	149, 167
DiDP	307	149
DIUP	321	149

表 3. 鄰苯二甲酸酯類之監測離子群(續)

化合物 (內標準品)	主要離子(m/z)	次要離子(m/z)
D4-DMP	167	198
D4-DEP	153	181
D4-DBP	153	209, 227
D4-BBP	153	95, 210
D4-DEHP	153	171, 283
D4-DOP	153	171, 283
DAIP	149	104, 189



a) Mass trace $m/z = 149$



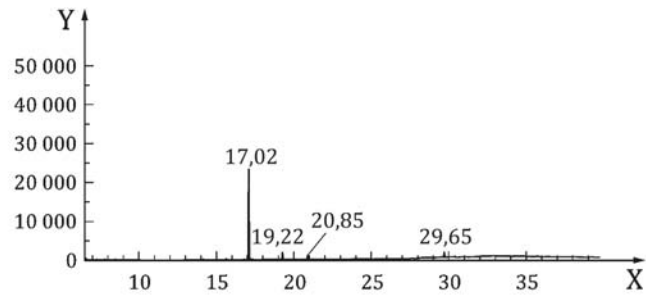
b) Mass trace $m/z = 307$

圖 3 DINP 和 DIDP 標準品之 GC-MS 圖譜

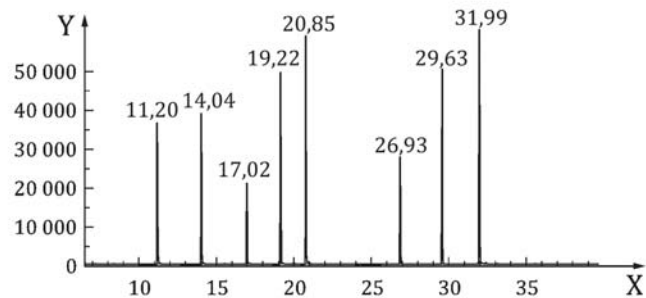
說明

X 滯留時間

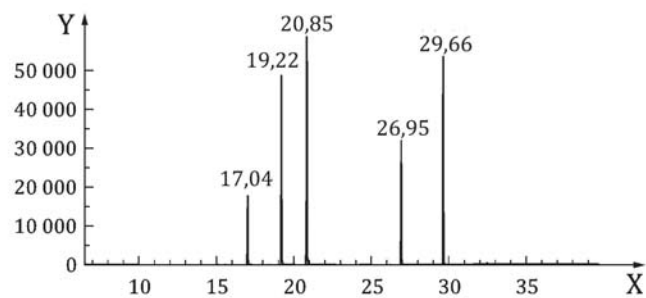
Y 相對強度



a) Chromatogram of a laboratory blank value from a Florisil®²) tube spiked with the IS and concentrated. IS (DAIP): 17,02 min, DiBP: 19,22 min, DBP: 20,85 min, DEHP: 29,65 min



b) Chromatogram of a calibration standard of 1 mg/l DMP: 11,20 min, DEP: 14,04 min, IS (DAIP): 17,02 min, DiBP: 19,22 min, DBP: 20,85 min, BBP: 26,93 min, DEHP: 29,63 min, DOP: 31,99 min



c) Chromatogram of a processed air sample. IS (DAIP): 17,04 min, DiBP: 19,22 min, DBP: 20,85 min, BBP: 26,95 min, DEHP: 29,66 min

圖 5. 標準空氣試樣圖譜

6. 建立檢量線及計算分析物質質量

6.1 建立檢量線

檢量線係使用檢量線標準溶液建立，熱脫附法及溶劑萃取法之程序及範例詳見附錄 D 及附錄

E。為建立檢量線, 必須計算分析物與內標準品之波峰面積比, 如公式(1)所示。

$$V_{PA} = bm + a \dots\dots\dots(1)$$

其中

V_{PA} : 波峰面積比(分析物與內標準之波峰面積比)

a: 截距

b: 校正曲線斜率(μg^{-1})

m: 分析物質量(μg)

6.2 計算分析物之質量

分析物質量(m)可由分析物與內標準之波峰面積比(V_{PA})、截距(a)、校正曲線斜率(b)計算出來的, 將迴歸方程式移項, 用以計算溶液中分析物之質量 $m=m_{sol}$, 如公式(2)所示。

$$m_{sol} = \frac{V_{PA} - a}{b} \dots\dots\dots(2)$$

其中

m_{sol} : 溶液中分析物之質量(μg)

若分析物質量係指熱脫附管之分析物的質量, 如公式(3)所示

$$m_{tube} = \frac{V_{PA} - a}{b} \dots\dots\dots(3)$$

其中

m_{tube} : 熱脫附管中分析物之質量(μg)

若截距(a)偏離 0 呈現統計上不顯著, 則 m_{sol} 和 m_{tube} , 如公式(4)、(5)所示。

$$m_{sol} = \frac{V_{PA}}{b} \dots\dots\dots(4)$$

$$m_{tube} = \frac{V_{PA}}{b} \dots\dots\dots(5)$$

截距假設為" 0" 的 t-檢定, 如公式(6)所示

$$\hat{t} = \frac{|a|}{s_a} \dots\dots\dots(6)$$

若計算出 t 值大於表 4 之 tab 位，則截距與” 0 ” 之差值具有統計意義，即截距應由波峰面積比計算得出。

表 4. t-分布數據

自由度 f	P(90)	P(95)	P(99)
1	6.31	12.71	63.66
2	2.92	4.30	9.92
3	2.35	3.18	5.84
4	2.13	2.78	4.60
5	2.01	2.57	4.03
6	1.94	2.45	3.71
7	1.89	2.36	3.50
8	1.86	2.31	3.36
9	1.83	2.26	3.25
10	1.81	2.23	3.17
∞	1.64	1.96	2.58

P(x): 信賴區間%

7. 室內空氣濃度的計算

室內空氣已辨識鄰苯二甲酸酯的濃度，可由溶液測得質量依公式(7)求得

$$c_A = \frac{m_{sol}}{V_A} \dots\dots\dots(7)$$

其中

CA: 室內空氣中分析物之濃度(μg/m³)

m_{sol}: 溶液中分析物之質量(μg)

VA: 採樣體積 (m³)

室內空氣已辨識鄰苯二甲酸酯的濃度,可由熱脫附管測得質量依公式(8)求得。

$$c_A = \frac{m_{\text{tube}}}{V_A} \dots\dots\dots(8)$$

其中

CA: 室內空氣中分析物之濃度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

m_{tube} : 熱脫附管中分析物之質量(μg)

VA: 採樣體積(m^3)

8. 績效特性

8.1 偵測極限

偵測極限(LOD)通常定義為 3:1 的訊雜比,其中,雜訊定量之測定係在無訊號之條件下進行,基線選取範圍為在預期訊號前 10 倍半波寬之寬度。由於不同基質(matrix)會造成潛在的干擾,因此須使用試樣來進行偵測極限之確認,而不是標準品。

8.2 定量極限和空白試樣

定量極限(LOQ)通常定義為 9: 1 的訊雜比,使用者應根據量測方法來加以驗證確認。

偵測極限(LOD)和定量極限(LOQ)與下列有關:

- (1)採樣之空氣容積
- (2)實驗室環境水準
- (3)分析方法之偵測極限(查敏度、選擇性和分流比)
- (4)分析溶液之最終容積(與溶劑萃取法的偵測極限有關)
- (5)注入量(與溶劑萃取法的偵測極限有關)
- (6)系統空白水準(吸附劑和溶劑之背景濃度)

在鄰苯二甲酸酯分析過程,定量極限主要取決於現場空白試驗之濃度及安定性,因此,依據校正結果決定定量極限,並宣告為分析方法的定量極限是不合適的。

對於訊號大於他訊 9 倍的空白濃度,該分析方法之定量極限定義為現場空白濃度值的 2 倍詳見第 9.1 節。檢測數值若低於定量極限(LOQ),通常會被標示為「<LOQ」,原則上,應記錄定量極限的數值。

現場空白濃度值應參照第 7 節及第 8 節之規定進行計算,並將採樣容積納入考量,對關切之分析化合物,應單獨記錄其現場空白數值。

表 5. 某使用 Tenax® TA 吸附劑管進行空氣採樣之空白試樣範例

化合物	實驗室之平均空白濃度	背景濃度值	相對於 70 公升之背景濃度值
DMP	<0.5	<0.5	<0.007
DEP	<0.5	<0.5	<0.007
DPP	<0.5	<0.5	<0.007
DiBP	<0.5	<0.8	0.011
DBP	<0.5	<0.5	<0.007
BBP	<0.2	<0.2	<0.003
DCHP	<0.1	<0.1	<0.001
DEHP	2.0	4.4	0.063

8.3 再現性和重複性之標準偏差

本標準所描述的兩種室內空氣之分析方法，經由循環比對試驗(round robin test)予以評估，比對試驗的試樣包括：

- (1)將含有 4 種鄰苯二甲酸酯的溶液注入 Tenax®吸附劑管
- (2)將含有 4 種鄰苯二甲酸酯的溶液注入 Florisil®吸附劑管

比對實驗室分別參照第 3.2 節熱脫附法之方式進行 Tenax®吸附劑管之分析，並參照第 3.3 節溶劑萃取法之方式進行 Florisil®吸附劑管之分析，試驗結果顯示這兩種方法均在可接受的差異範圍內，彙整如表 6 所示。

表 6. 某次實驗室循環比對試驗的分析結果

化合物	DIBP	DBP	BBP	DEHP
熱脫附法				
參考值 (mg/L)	175	175	150	200
平均值 (mg/L)	186	191	131	175
相對再現性標準偏差 SR %	23	26	42	31
相對重複性標準偏差 Sr %	2.9	2.6	7.5	6.0
中位數 (mg/L)	176	178	145	182
實驗室數量	6	7	7	7
溶劑萃取法				

參考值 (mg/L)	175	175	150	200
平均值 (mg/L)	181	184	129	163
相對再現性標準偏差 SR %	60	62	35	31
相對重複性標準偏差 Sr %	5.4	4.5	5.2	4.1
中位數 (mg/L)	176	178	121	183
實驗室數量	8	8	8	8

德國巴登-符騰堡 (Baden-Württemberg) 州衛生局在 2005 年舉辦一項鄰苯二甲酸酯之實驗室循環比對試驗活動, 28 間參與實驗室依據各自內部程序進行試樣分析, 結果彙整如表 7 所示。此外, 其中有 26 間實驗室額外針對分析不同室內篩選出 $63 \mu\text{m}$ 之粉塵進行試樣分析, 結果彙整如附錄 C 之表 C.2 所示。

表 7. 某次實驗室循環比對試驗的分析結果

化合物	參考值 (mg/L)	平均值 (mg/L)	中位數 (mg/L)	標準偏差 (%)
DMP	10	10.53	10.33	15.39
DEP	110	110.04	108.62	12.66
DPP	80	82.19	82.22	9.15
DBP	70	72.70	72.80	12.43
DCHP	60	62.53	59.47	22.16
BBP	40	45.92	39.88	65.13
DEHP	50	50.75	49.97	20.83
DNP _a	90	88.08	88.33	11.50
DDP _a	120	114.34	113.52	20.53

9. 品質保證

9.1 分析方法驗證及現場空白測定

由於 DIBP、DBP 和 DEHP 等鄰苯二甲酸酯之試樣濃度通常在定量極限的範圍內, 導致現場空白數值對整體試驗結果非常重要, 因此, 建議連續監測現場空白試樣, 並藉由管制圖, 掌控其變化情況, 詳見附錄 H 所示。

9.1.1 室內空氣之現場空白

應定期對分析方法進行驗證, 並確認系列採樣之現場空白濃度, 現場空白採樣方式與實際試樣相同, 然而, 採樣條件並非使用設備汲取, 所需採樣時間應更長。此外, 現場空白亦可用於運輸過程污染之鑑別, 可輔助說明整個採樣系統及分析過程, 該項現場空白濃度不必從試驗結果扣

除。

9.1.2 分析實驗室之空白濃度

此外,若分析方法或程序發生較大改變,包括萃取,清洗和定量等,所有鑑別化合物之空白濃度應藉由空白試樣加以測定。若日常分析試樣的數值超過先前濃度水準 10 倍,亦建議採上開步驟予以確認。

9.2 試驗空白最小化之方法

以下方法已被認證可以顯著降低影響定量極限之空白數值:

- (1) 在加熱後使用鋁箔等材料予以密封,減少粉塵侵入。
- (2) 針對試藥及材料進行試樣空白確認,特別是溶劑。
- (3) 實驗室內採樣系統的配置及氣密之密封。
- (4) 以不含鄰苯二甲酸酯的容器進行採樣之儲存及運送(例如:鋁箔、附有磨光玻璃塞頭的玻璃瓶,無合成密封的螺帽瓶)。
- (5) 應避免使用塑膠手套,標籤,護手霜,特別是用廢紙製成的紙容器等。
- (6) 使用不含鄰苯二甲酸酯的設備和材料,例如棉手套,聚氯乙烯(PTFE)滴管(例如 Burky Multipette),將注射針儲存於無空白濃度的溶劑中(例如 Merlin Micro seal)

9.3 引用文件

下列標準因本標準所引用,成為本標準之一部分。下列引用標準適用最新版(包括補充增修)。

CNS 16000-1 室內空氣一第 1 部:採樣策略總則

附錄 1 提供一項採樣程序的範例。

10. 干擾

在採樣、運送及分析鄰苯二甲酸酯之過程,應牢記有許多材料或裝置內含分析之化合物,對空白濃度具有顯著影響,在第 9 節中說明試驗空白最小化之建議方法。另第 5.1 節說明不同供應商的標準品在化合物鑑定及定量產生不確定性問題。

附錄 1

鄰苯二甲酸酯

(參考)

1. 概述

鄰苯二甲酸酯有許多種,主要是鄰苯二甲酸的脂族二酯(1,2-苯二羧酸,詳見圖 6)。西歐地區每年生產大約 100 萬噸的鄰苯二甲酸鹽,超過 90%係作為生產軟性 PVC 之塑化劑。2004 年,西歐地區中使用非鄰苯二甲酸酯類之塑化劑市佔率僅為 7%,而軟性 PVC 產品平均含有 30%至 35%的塑化劑,且幾乎所有的家庭都可以看到含有軟性 PVC 的產品,例如地板、人造皮革、壁紙、浴簾、電纜、嬰兒用品、兒童玩具、包裝材料、鞋子、運動休閒用品以及汽車內飾板等,另許多醫療產品,例如血袋和軟管亦是由軟性 PVC 所製成。

最常用的 5 種鄰苯二甲酸酯分別是 DIBP、DINP、DEHP、DBP 與 BBP,表 8 列出最重要的鄰苯二甲酸酯,它們的字母縮略詞和其物質特性,在室內空氣中的這些鄰苯二甲酸酯可藉由溶劑擦拭法或藉由本標準所規範的分析方法直接從室內粉塵中測定。

長期以來,DEHP 一直是使用最頻繁的鄰苯二甲酸酯,1999 年西歐地區的消費量大約為 46 萬噸,相當於占整體塑化劑消耗總量約 42%,直至 2004 年其市佔率穩定下降至約 22%,其中約 97%DEHP 係作為 PVC 產品的塑化劑,目前 DEHP、BBP 和 DBP 對生育、繁殖和後代發育的影響已在動物實驗研究中獲得證實,歐盟第 67/548/EEC 號指令,已將這 3 種鄰苯二甲酸酯皆歸類為具有生殖毒性(生殖危害性)之危害物質。

DINP 和 DIDP 是異構物混合物,可能還含有常見的異構體,其中 DINP 是鄰苯二甲酸酯與 C8-C10-醇的酯類混合物。由於不同的生產程序,不同含量 DINP 可透過不同供應商購得,至於 DIDP 是鄰苯二甲酸酯與 C9-C11-醇的酯類混合物,DINP 和 DIDP 日前已是以洲地區使用最多的鄰苯二甲酸酯,在 2004 年,其塑化劑市佔率高達 58%,相當於年使用 580,000 公噸,這 2 種鄰苯二甲酸酯主要皆應用於 PVC 生產製程中,並且近年來已部分取代 DEHP。

在 2004 年,歐洲地區的 BBP 消費量的 19,500 公噸,且近 60%作為 PVC 產品的塑化劑,其餘約 40%用於聚合物中,例如聚硫化合物、聚醯胺和醯基鹼的密封劑,以及黏著劑、染料和透明漆等。

在 1998 年,歐洲地區的 DBP 消費量接近 26,000 公噸,約 30%的 DBP 係用於染料、分散劑、透明漆和黏著劑的生產製程。另有一些藥物膠囊可能含有 DBP 和 DEP,在化妝品可能存在 DMP 和 DEP。

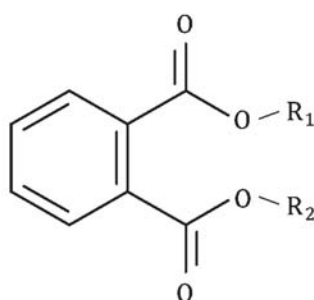
DBP、DIBP、DEHP 等鄰苯二甲酸酯可能存在於垃圾或回收產品中,特別是在廢紙中的含量等級可達 ppm,故在採樣和分析過程,應考慮廢紙污染和相關污染的風險。表 9 係室內空氣試樣所偵測鄰苯二甲酸酯的範例,本項調查並未提及特定場合,可參照 3.2 節所規範的熱脫附法進行處理。

表 8 最重要的鄰苯二甲酸酯的物理性質

化合物	字母縮寫	CAS 號碼	化學式	沸點 °C
鄰苯二甲酸二甲酯	DMP	131-11-3	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	281 至 284
鄰苯二甲酸二已酯	DEP	84-66-2	C ₁₂ H ₁₄ O ₄	298 至 302

塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主

鄰苯二甲酸二丙酯	DPP	131-16-8	C ₁₄ H ₁₈ O ₄	317.5
鄰苯二甲酸二異丁酯	DIBP	84-69-5	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	296.5
鄰苯二甲酸二丁酯	DBP	84-74-2	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	340
鄰苯二甲酸丁基苯酯	BBP	85-68-7	C ₁₉ H ₂₀ O ₄	370
鄰苯二甲酸二環己酯	DCHP	84-61-7	C ₂₀ H ₂₄ O ₄	436
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	DEHP	117-81-7	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	385
鄰苯二甲酸二辛酯	DNOP	117-84-0	C ₂₄ H ₃₈ O ₄	385
鄰苯二甲酸二苯酯	DPHP	84-62-8	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	405
鄰苯二甲酸二異壬酯 (異構物混合物)	DINP	28553-12-0 68515-48-0	C ₂₆ H ₄₂ O ₄	270 至 280 (於 27 hPa)
鄰苯二甲酸二異癸酯 (異構物混合物)	DIDP	26761-40-0 68515-49-1	C ₂₈ H ₄₆ O ₄	255 (於 7 hPa)
鄰苯二甲酸二異十一酯 (異構物混合物)	DIUP	85507-79-5	C ₃₀ H ₅₀ O ₄	
內標準品				
鄰苯二甲酸二丙烯酯	DAIP	131-17-9	C ₁₄ H ₁₄ O ₄	320
D4-鄰苯二甲酸二甲酯	D4-DMP	93951-89-4	C ₁₀ H ₆ D ₄ O ₄	284
D4-鄰苯二甲酸二己酯	D4-DEP	93952-12-6	C ₁₂ H ₁₀ D ₄ O ₄	298 或 299
D4-鄰苯二甲酸二丁酯	D4-DBP	93952-11-5	C ₁₆ H ₁₈ D ₄ O ₄	340
D4-鄰苯二甲酸丁基苯酯	D4-BBP	93951-88-3	C ₁₉ H ₁₆ D ₄ O ₄	370
D4-鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	D4-DEHP	93951-87-2	C ₂₄ H ₃₄ D ₄ O ₄	384
D4-氘代鄰苯二甲酸正二辛酯	D4-DOP	93952-13-7	C ₂₄ H ₃₄ D ₄ O ₄	384



說明：

R1：脂族官能基

R2：芳香族官能基

表 9. 室內空氣試樣所偵測鄰苯二甲酸酯的範例

化合物	採樣數量 >LOQ	平均值 (mg/L)	中位數 (mg/L)	最小值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	最大值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	95%百分 位數($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
DMP	34	0.34	0.17	0.03	1.80	1.50
DEP	34	0.36	0.32	0.11	0.90	0.77
DiBP	34	0.66	0.66	0.13	2.00	1.33
DBP	34	0.76	0.59	0.09	2.30	1.85
BBP	11	0.01	0.005	0.01	0.04	0.04
DEHP	34	2.64	2.15	0.26	11.0	9.65

註：DEHP 的定量極限(LOQ)為 $0.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，其餘化合物之定量極限(LOQ)為 $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

2. 釋放特性

鄰苯二甲酸酯和其他塑化劑僅在聚合物基質內物理分佈，並沒有產生穩定化學鍵合現象。因此，鄰苯二甲酸酯會緩慢而穩定從產品中擴散出來，並揮發至空氣中。除揮發性 DMP 外，鄰苯二甲酸酯係屬半揮發性有機化合物(SVOC)，它們具有特定潛力，並可吸附於空氣中的固體顆粒，所以，不僅可以在室內空間中發現鄰苯二甲酸酯，亦能在內空氣中找到它們的存在。此外，在食品的生產，加工或包裝過程中，脂溶性鄰苯二甲酸酯有可能進入食物鏈，一般人主要透過食物和吸入等途徑將鄰苯二甲的酸酯攝入體內，對於 DEP 和 DBP 等鄰苯二甲酸酯，主要係青少年或成年人透過身體護理產品和化妝品，由皮膚進行吸收，對於 DEHP 和 DINP 等主要幼兒和嬰兒透過玩具和嬰兒用品，由口腔唾液溶解進行吸收。此外，室內粉塵的呼吸攝入，亦是不可忽視的來源，另外在使用軟管、探針和血袋等醫療用品時，鄰苯二甲酸酯亦會直接進入血液中。除了直接噴灑(例如殺蟲劑)外，鄰苯二甲酸酯的室外釋放可能藉由物質之蒸發、沖刷和磨損的過程中產生，此外，並可透過空氣進行遠距離傳播，故係屬全球分佈性的。在水域中，鄰苯二甲

酸酯隨會吸附在浮游物質上,在厭氧條件,DEHP和其他鄰苯二甲酸酯仍會持續存在,並積聚於沉積物中。

3. 法規規定

目前在整個歐盟地區(2005年12月14日的指令2005/84/EU),玩具和嬰兒用品已禁用DEHP、BBP和DBP等鄰苯二甲酸酯物質。另可能放入口腔中之玩具和嬰兒用品禁止使用DINP, DIDP和DNOP,此外,染料、透明漆及化妝品等產品亦禁止使用DEHP、BBP和DBP,且大多數軟性PVC產品已採用不合塑化劑物質之替代品,例如聚乙烯(PB)聚丙烯(PP)等。

附錄 2

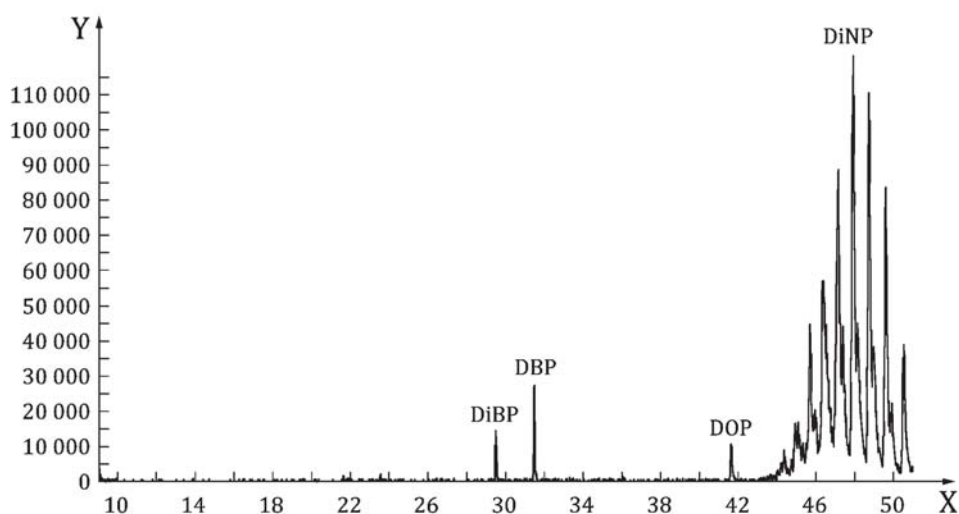
溶劑擦拭法分析鄰苯二甲酸酯

1. 分析策略

使用溶劑擦拭法可能原因是：

- (1) 調查化合物來源是本地的或外來的污染源。
- (2) 偵測可能的表面污染物。
- (3) 霧氣問題(黑塵)。

使用溶劑擦拭法採樣分析含鄰苯二甲酸酯的材料表面，所測得的濃度範圍通常介於 $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ 到 $1000 \mu\text{g}/\text{m}^2$ 之間，若分析為霧氣試樣時，濃度可能會高出一個量級，特別是 DEHP 化合物(濃度通常 $>10 \text{mg}/\text{m}^2$)，由於濃度的範圍相當廣泛，以下的處理說明和實際範例係屬指示性的。



說明

X 滯留時間

Y 相對強度

圖 7. 使用溶劑擦拭法採樣自含鄰苯二甲酸酯之牆壁塗料
(質量數 $m/z=149$)

2. 選擇採樣表面

採樣表面的選擇必須非常精準並詳實紀錄，擦拭試樣應優先選擇非吸收性表面(玻璃、金屬、陶瓷及塑膠等)。採樣面積取決於計畫的調查工作和預期濃度，適當的 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$

3. 溶劑擦拭法之採樣及調節

3.1 採樣

採樣應使用不含鄰苯二甲酸酯的基材來進行，利用加熱或消毒的氧化鋁棉被驗證是合適的，根據試樣表面的耐溶劑特性，選擇適合的溶劑(TBME、甲苯、乙醇)來潤濕基材，使用清潔的鑷子

或金屬鉗子，用潤濕材料來回擦拭 3 次選定的表面，擦拭試樣之路徑詳見圖 8。若有需要，可使用第二種溶劑重複擦拭同一處採樣表面。同樣，以相同方式進行潤濕空白的基材來作為空白濃度值。試樣必須被密實地包裝起來(例如，用鋁箔包裝或放置在玻璃瓶中)，以避免被污染。

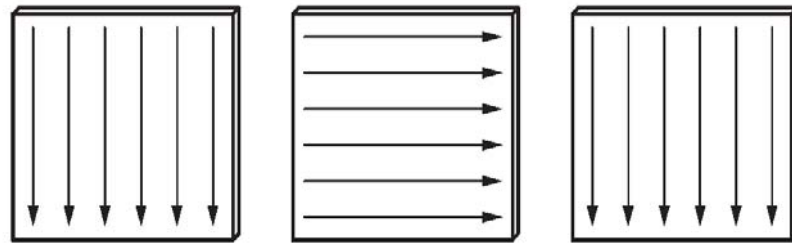


圖 8 擦拭試樣路徑

表 10. 溶劑擦拭試樣所偵測鄰苯二甲酸酯的範例(採樣面積 450cm²)

化合物	試樣 1 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	試樣 2 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	試樣 3 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)
DMP	> LOQ	> LOQ	> LOQ
DEP	> LOQ	> LOQ	> LOQ
DBP	> LOQ	> LOQ	> LOQ
BBP	> LOQ	> LOQ	> LOQ
DEHP	12	58	7.7
DOP	> LOQ	> LOQ	> LOQ

3.2 萃取和分析範例

若在玻璃瓶中採樣後需要進行基材包裝，建議直接在瓶中進行萃取，而不是將基材移轉至其他容器。或者，將試樣注入至實驗室的玻璃燒瓶或玻璃瓶中(容量 50 ml)，並與 20 ml 溶劑及濃度為 100 mg/L 的 10 μL 內標準品溶液相互混合，然後將燒瓶或玻璃瓶封閉，充分搖晃並進行超音波震盪 30 分鐘，並在真空控制條件下將 10 ml 的上層清液濃縮至 0.5 ml，試驗過程中應注意維持乾燥度，濃縮萃取液的內標準品濃度為 1.0 mg/L，最後分析濃縮的萃取物。

所舉範例，對於 10 cm x 10 cm 的採樣表面，其適合的分析濃度範圍為 5 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ 至 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ ，若在擦拭試樣中發現或預期會出現更高的濃度，則須調整內標準品和溶劑的容量，以及上層清液的濃度。

若在擦拭試樣中預計將會出現很高的鄰苯二甲酸酯濃度時，例如“霧氣”情況所導致，則可以使用(例如，20ml)溶劑來萃取，而不需提高其內標準品濃度，然後萃取上層清液的小試樣(最多 100 μL)進行分析，計算其濃度，並且根據這些資訊來確定所需內標準品和溶劑的容量以及濃縮因子，但在提高內標準品濃度後，試樣亦必須充分搖晃並進行超音波震盪 30 分鐘，此方法尤

其適合預期很高擦拭試樣的濃度, 因此產生之容積誤差亦可忽略。

3.3 計算分析物之質量

$$m = \frac{V_{PA}}{b} \dots\dots\dots(b-1)$$

其中

m: 試樣萃取物中的分析物質量(μg)

V_{pa} : 波峰面積比

b: 校正曲線斜率(μg^{-1})

在採樣表面上所調查化合物的濃度 C_A 可利用公式(b-2)計算出來

$$C_A = \frac{m}{A} \dots\dots\dots(b-2)$$

其中

C_A : 樣本表面上分析物之濃度($\mu\text{g}/\text{m}^2$)

m: 試樣萃取物中的分析物質量(μg)

A: 採樣表面(m^2)

附錄 3

從室內粉塵中分析鄰苯二甲酸酯

(參考)

1. 室內粉塵之定義和特性

粉塵可能來自天然或人為產生, 故其化學和生物成分差異很大, 此外, 粉塵的物理性質是重要的, 其中單一顆粒的尺度最為重要。從空氣動力學原理, 直徑約 30 μm 的顆粒在空氣中主要以懸浮方式存在, 而較大的顆粒通常以粉塵沉澱的形式降落下方。

在本標準的內文中, 所謂「室內粉塵」用語係指在室內以沉積形式存在所有類型的顆粒, 以便與「懸浮微粒物質」區分, 粉塵可以是各種不同無機或有機的固體物質, 不論來自天然的或合成的, 此用語不僅針對室內部分, 亦包括從戶外引進之粉塵。

較細的室內粉塵成分主要包括動物或人類的皮屑及毛髮、紡織品和配件的磨損(例如, 來自衣服和地毯的纖維)、無機材料(例如細沙、土壤和黏土、食物碎屑和煙塵顆粒), 還有來自燃燒過程中的煙塵(煙霧)和微生物、空氣中的真菌孢子和花粉等, 此外, 較粗糙的成分主要包括植物部分, 例如樹葉、針葉、毛髮、石頭和沙子等, 室內粉塵直徑範圍介於次毫米和數毫米, 形狀可能是圓形、多邊形或纖維狀等。

除了顆粒的尺度分佈外, 室內粉塵中有機和無機物質的含量也是變化多端的。例如, 幼兒園的室內粉塵幾乎完全是由砂土、土壤和沙坑黏土等無機材料所組成的, 而有飼養寵物住宅的室內粉塵, 可能來源係由嚴重磨損的地毯, 它幾乎由有機材料所構成的, 因此, 室內粉塵中的有機物含量(若是用燃燒損失法時)可能會介於 5%至 95%之間, 此外, 在分析鄰苯二甲酸酯的過程, 須特別注意在粉塵試樣中的塑膠顆粒可能會導致含量的升高(假陽性結果)。

尤其是室內粉塵的「年齡」, 即粉塵落在地面上的時間, 將會影響物質的含量水準, 因為來自不同來源的物質會隨著時間而累積在粉塵中, 在本標準中, 舊粉塵和新粉塵是有所區別的, 舊粉塵指可能長期存於物質表面(櫥櫃等), 而無法得知其存在時間, 在這裡定義的新粉塵, 其存在時間可藉由檢測計畫加以確定, 通常為一週左右。

此外, 不同的採樣方法亦會影響室內粉塵分析的結果, 關於近期室內粉塵的相關研究, 應當考慮到可能造成之採樣損失, 例如, 在物質表面進行採樣時, 由於蒸發產生之蒸氣物質會發生損失。

2. 分析策略

進行調查室內粉塵試樣可能原因是:

- (1) 節選檢驗以確定污染的預評估。
- (2) 定向測量鄰苯二甲酸酯的定性圖譜。

特別利用粉塵採樣方法來測定半揮發性化合物, 這些化合物會事先累積在粉塵中, 它可作為鄰苯二甲酸酯圖譜的篩選方法, 並可藉以指出存在的來源, 在調查舊粉塵時, 應考慮到污染可能是不再存在的污染源所造成的。

在室內粉塵採樣過程中, 為了避免污染試樣, 應考慮鄰苯二甲酸酯到處存在的特性, 因此必須

特別注意第 9 節相關規定,表 11 提供粉塵試樣中鄰苯二甲酸酯分析的實例, DEHP、DBP 和 BBP 的主要來源可藉由溶劑擦拭試樣來加以辨識,然透過粉塵中分析鄰苯二甲酸酯濃度,是難以鑑定其來源。

空氣試樣至少需要含有一種內標準品化合物,室內粉塵試樣和溶劑擦拭試樣則至少需要兩種內標準品化合物。

3. 採樣和分析之設備、材料和化學品

3.1 過濾器

玻璃纖維材質,直徑約 50 mm 至 80 mm(適用於採樣系統),不含黏著劑,試驗條件如下:加熱至 500 °C 至少維持 2 小時,在運送容器中進行冷卻,稱重(精度 ± 0.1 mg),然後儲存在容器內。

3.2 運送容器

合適的容器,不含鄰苯二甲酸酯,例如由玻璃材質所製,尺寸大小可匹配過濾器的培養皿。

3.3 磨砂玻璃萃取管

用於萃取粉塵試樣。

3.4 溶劑

甲基叔丁基醚(TBME)或甲苯,無空白濃度值,可用於殘留物分析。

3.5 超音波清洗機

3.6 離心機

4. 採樣房間的準備

在採集新鮮粉塵試樣之前,必須在限定時間間隔(例如約 1 週),將所有採樣的區域,以濕潤擦拭法徹底清潔,此方式可重現原始狀態。在清潔和採樣之期間內,採樣區域不應由居住者進行清理工作,若有需要,則此項作業由檢測機構負責進行,以獲得有效及具決策性的分析結果,若有特殊考量,應儘可能在現場選取必需採樣的區域,並詳加記錄選擇程序,為了達成品質管制目的,所獲得的物質,須作為參考試樣加以儲存。

或者,可以在限定時間間隔(例如約 1 週),透過覆蓋鋁箔之方式,製備無污染的採樣區域。

5. 採樣

可使用真空吸塵器搭配合適採樣附件(例如 5cm 至 8cm 玻璃纖維過濾器)或扁平過濾系統來進行採樣。

採樣面積至少 2 m²,並以層狀方式緩慢抽真空,只有光滑的地板和不含鄰苯二甲酸酯的表面才適合採樣,當從地板採樣室內粉塵時,應注意在真空吸力作用下,不僅會擷取表面的顆粒,且地板拼接處的隙縫顆粒亦會一併吸取,若鋪設的材料已含干擾物質,此點特別重要,故試驗報告應涵括採樣位置、採樣表面的材料和描述等資料。

用於萃取之粉塵試樣重量最小應約為 50mg,可使用鑷子來處理迴紋針、錫箔片或類似的典型異物。

對於送來分析的真空集塵袋,無法避免使用過的或袋子本身材料污染的可能性,即使使用前也

完成集塵袋的抽驗，因此，對送來鄰苯二甲酸酯和其他塑化劑試樣的集塵袋進行分析將是不合理的。

6. 室內粉塵採樣設備的空白濃度

由於室內粉塵採樣的變動性很高，因此嚴謹的現場空白值難以實現，然而，在更新設備或汰換耗材料件(例如，真空集塵袋)，當加以驗證採樣系統的空白濃度值，其方式可採從惰性表面擷取適量不含鄰苯二甲酸酯的粉末(例如，矽膠或膨土)進行空白分析，而不是室內粉塵。

7. 試樣製備

將玻璃纖維過濾器重新秤重(準確度±0.1mg)，然後分別將玻璃纖維過濾器和粉塵移轉至萃取容器中，試樣中加入適量的內標準品並與足量的溶劑混合，此外，為了達到試樣充分潤濕，須有效搖晃並進行超音波震盪 15 分鐘，隨後再使用離心機處理(若有需要)，提取適當萃取物注入到自動採樣器中，然後以 GC-MS 進行分析，萃取液中的內標準品典型濃度為 1mg/L。

可參照第 5 節的規定使用 GC-MS 進行分析，可從濃縮的萃取液進行較低濃度的鄰苯二甲酸酯測定，DEHP 通常需要進行額外的稀釋。

甲基叔丁基醚(TBME)和甲苯被驗證是合適的萃取液，亦可以使用微極性的溶劑，但非極性溶劑(例如，己烷)是不合適的，無論如何，應確保使用相同的溶劑進行採樣、校正和氣相層析分析。使用自動萃取器(例如 ASE)是可行的做法，其優點在於溶劑不需太多和可重複使用的空白濃度，惟應採用無鄰苯二甲酸酯的連接頭和軟管，在分析室內粉塵時，必須考量室內粉塵中塑膠顆粒可能被溶劑溶解，並堵塞注入的毛細管柱。

由於空白濃度相關的問題，不建議使用索氏萃取法。

表 11 粉塵試樣中鄰苯二甲酸酯分析的濃度 (mg/kg)

化合物	DMP	DEP	DBP	DIBP	BBP	DEHP	DINP
確認有 DEHP、BBP、DBP 的房間(n=5)							
平均值	0.7	32	68	12	36	1268	331
相對標準偏差	0.6	17	56	9	42	1015	406
確認沒有 DEHP、BBP、DBP 的房間(n=5)							
平均值	0.35	17	18	2	10	1232	193
相對標準偏差	0.07	17	20	1.4	2	199	192

8. 試驗報告

粉塵成分的含量通常係以質量比表示，其單位為 mg/kg，但若能夠準確定義採樣面積，也可以採用單位面積含量(mg/m²)，此外，若沉積速率也可以採 mg/(m²*d)為單位。

表 12 某實驗室循環比對試驗結果 (<63 μm 混合的粉塵試樣)

化合物	平均值 (mg/L)	中位數 (mg/L)	相對標準偏差 (%)
DEP	13.5	11.1	107
DBP	30.6	26.7	55.0
BBP	49.5	32.5	163
DEHP	527	515	42.3
備考：n(實驗室數量) 26			

附錄 4

熱脫附法檢量線製備的範例

(參考)

1. 內標準品溶液

溶液製備方式如下：

將 10 mg 一種或多種內標準品溶解在甲醇中，並填充至 10ml，然後，再進一步稀釋為 1:50，這個步驟將溶劑濃度製備為 20 mg/L (或 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、20 $\text{ng}/\mu\text{L}$)，亦可以使用具有相同濃度的市售溶劑作為替代。

2. 儲存溶液

建立單一化合物的儲存溶液，建議可採用的空氣試樣詳表 2 所示。

3. 鄰苯二甲酸酯儲存溶液(I)

鄰苯二甲酸酯儲存溶液(I)製備方式如下：

將表 2 適用空氣試樣的鄰苯二甲酸酯化合物(2,000 $\text{ng}/\mu\text{L}$)各 50 mg 溶解在 25ml 的甲醇中。

4 鄰苯二甲酸酯儲存溶液(II)

鄰苯二甲酸酯儲存溶液(II)製備方式如下：

將儲存溶液(I)用甲醇稀釋 8 倍(250 $\text{ng}/\mu\text{L}$)

將 1 μl 儲存溶液(II)和內標準品溶液分別注入 Tenax® TA 吸附劑管，以便測定鄰苯二甲酸酯的感應因子。

5. 檢量線標準溶液

檢量線標準溶液的製備可參照表 13 所提方案加以進行，甲醇已被驗證是有效的溶劑，使用其他溶劑亦是可能的，但若使用相同設備系統，測定其他揮發性有機化合物，就必須考量其他溶劑(例如甲苯、丙酮)可能造成的污染。

表 13 熱脫附法檢量線標準溶液的製備

製備化合物濃度 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	儲存溶液 II 容積 μl	甲醇容積 μl
0	0	1000
0.05	5	995
0.1	10	990
0.25	25	975
0.5	50	950
1.25	125	875
2.5	250	750
5	500	500
7.5	750	250
9.9	990	10
備考：採樣體積：25 公升		

附錄 5

Florisil®溶劑萃取法檢量線製備的範例
(草案)

1. 內標準品溶液

溶液製備方式如下：

將 10 mg 一種或多種內標準品溶解在甲基叔丁基醚(TBME)或甲苯中，並填充至 100ml，這個步驟將溶劑濃度製備為 100 mg /l (或 100 μ g/mL、100 ng/ μ L)，亦可以使用具有相同濃度的市售溶劑作為替代。

2. 儲存溶液

建立單一化合物的儲存溶液，建議可採用的空氣試樣詳表 2 所示。

3. 鄰苯二甲酸酯儲存溶液(I)

鄰苯二甲酸酯儲存溶液(I)製備方式如下：

將表 2 適用空氣試樣的鄰苯二甲酸酯化合物各 50 mg 溶解並填充至 100 毫升，這個步驟將每一種溶液的濃度製備為 500 mg/l。

4 鄰苯二甲酸酯儲存溶液(II)

鄰苯二甲酸酯儲存溶液(II)製備方式如下：

將 2 ml 的每一種儲存溶液(I)注入 100 ml 的燒瓶中並填充至 100 ml，這個步驟將每一種溶液的濃度製備為 100 mg/l。

由於 DINP、DIDP 和 DIUP 異構物之峰值可用於分析室內粉塵及擦拭試樣(詳見第 5 節)，因此，建議不要將這 3 組鄰苯二甲酸酯化合物的溶液注入到組合的儲存溶液(II)，而是個別製備各自的儲存溶液 II a(DINP)、儲存溶液 II b(DIDP)，以及儲存溶液 II C(DIUP)

5. 檢量線標準溶液

檢量線標準溶液的製備可參照表 14 所提方案加以進行，甲基叔丁基醚(TBME)和甲苯已被驗證是有效的溶劑，亦可以使用微極性的溶劑，但非極性溶劑(例如，己烷)是不合適的，無論如何，應確保使用相同的溶劑進行採樣、校正和氣相層析分析。

表 14 溶劑萃取法檢量線標準溶液的製備

製備化合物濃度 mg/l	儲存溶液 II 容積 μ l	溶劑容積 μ l	內標準品溶液容 積 μ l
0	0	1000	10
0.05	5	995	10
0.1	10	990	10
0.5	50	950	10
1	100	900	10
2.5	250	750	10
5	500	500	10
10	1000	0	10

附錄 6

具熱脫附裝置之氣相層析法的範例

(參考)

1. 概述

除了分析揮發性鄰苯二甲酸酯外,熱脫附及低溫捕集裝置的溫度,必須調整成對應 DEPH 等半揮發性化合物之設定條件,以便在試樣注入系統(包含傳輸線、連接線等),有足夠高的溫度和傳輸速度運送至氣相層析設備,本標準附錄 6 提供具熱脫附裝置之氣相層析法的範例,另在附錄 7 提供溶劑萃取氣相層析法的範例。

2. 儀器設備及建議設定條件

2.1 熱脫附裝置

配置反吹操作的電路系統。

2.2 注射器

配置一個空的去活化玻璃樣品瓶。

2.3 烘箱升溫程式控制

35°C-60°C/min, 至 280°C(10 分鐘)。

2.4 注射器(冷集式)

40°C- 12°C/s, 至 340°C(10 分鐘)。

2.5 氣相層析儀(GC)

高解析度氣相層析系統

2.6 毛細管柱

DB-5MS, 長 30m, 內徑 0.25mm, 膜厚 0.25 μ m 或亦可使用其他具限制極性合適的毛細管柱, 例如, DB 5、HP5 MS、DB 1703 等。

2.7 載流氣體

氮氣 5.0

2.8 氣相層析儀升溫程式控制

35°C(1 分鐘)-20°C/min-200°C-5°C/min-260°C-20°Cmin-340°C(4 分鐘), 總時間: 29 分鐘。

2.9 質譜儀(MS)

具四極棒式質譜儀

2.10 質譜儀傳輸溫度

320°C

附錄 7

溶劑萃取氣相層析法的範例

(參考)

1. 儀器設備及建議設定條件

1.1 氣相層析儀(GC)

高解析度氣相層析系統

1.2 毛細管柱

DB-5MS, 長 30m, 內徑 0.25mm, 膜厚 0.25 μ m 或亦可使用其他具限制極性合適的毛細管柱, 例如, DB5、HP5 MS、DB 1703 等。

1.3 注射器

配置無隔膜注射頭之分流/不分流式注射器。

1.4 溫度

280 °C

1.5 注射容量

不分流式注射 1 μ L

1.6 升溫程式控制

90°C(1 分鐘)-6°C/min-280°C(7 分鐘), 總時間:40 分鐘。

1.7 載流氣體

氦氣 5.0

1.8 質譜儀(MS)

具四極棒式質譜儀

1.9 質譜儀傳輸線溫度

290°C

附錄 8
空白濃度處理的範例
(參考)

1. Tenax® TA 法的範例

表 5 為某使用 Tenax® TA 吸附劑管進行空氣採樣, 所測得空白濃度的平均值及背景濃度值的範例, 若無法測得空白濃度或試驗數值低於定量極限(LOQ), 則以小於定量極限(9:1 的訊雜比)標示

為了確認實驗室的空白濃度, 可將 8 個調節的 Tenax® TA 吸附劑管各注入 1 μ L 內標準品溶液, 然後進行分析, 另為測定室內空氣在 24 小時採樣期間的現場背景濃度(採樣體積 70 升), 可以設定 50 ml/min 採樣流率, 將空氣採集至兩個連結一起的 Tenax® TA 吸附劑管。

2. Florisil® 法的範例

由於加熱的 Florisil® 吸附劑, 若依本標準第 3.3.2 節的規定完成製備, 填充 Florisil® 的吸附劑管應很大程度不含鄰苯二甲酸酯, 因此, 要特別注意使用本方法萃取溶劑的純度, 並考量在處理過程, 試樣萃取物的濃度會濃縮高達 25 倍, 故在使用之前, 必須先檢查用於萃取 Florisil® 的溶劑含有鄰苯二甲酸酯之濃度, 依本標準第 3.3.4 節的規定, 可操作範圍的下限為 0.05 mg/l, 溶劑中所分析的鄰苯二甲酸酯含量, 其濃度濃縮 25 倍後, 至少必須小於該數值, 也就是, 在未濃縮的溶劑中, 個別鄰苯二甲酸酯的濃度不得大於 11 μ g/l 到 2 μ g/l。

根據經驗, 目前市售溶劑的鄰苯二甲酸酯含量通常會很高, 若常要的話, 可藉多次蒸餾進行溶劑洗滌, 將會有很大的幫助, 若採用精密操作方法, 則可使濃縮萃取液的濃度明顯低於 0.05 mg/l 的空白濃度值, 為分析比較, 應參考圖 5(a) 空白試驗的圖譜, 以鑑別之 DIBP, DBP 和 DEHP 的感測訊號, 除內標準品峰值外, 濃縮萃取液的濃度大約為 0.02 mg/l, 對於 1 m³ 採樣體積, DEHP 化合物的空白濃度值為 0.02 mg/l 對應於單位體積空氣中含量 0.04 μ g/m³。

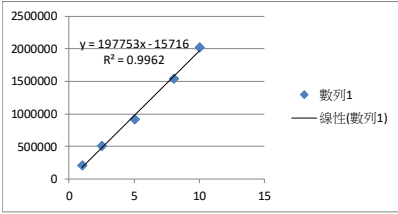
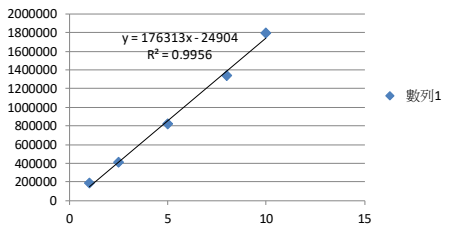
附錄 9
採樣程序的範例
(參考)

Sample number:		Building:				Sample date:	
		Floor:					
		Room:					
		Position:					
Sample type: <input type="checkbox"/> Air - solvent extraction				<input type="checkbox"/> Dust:		<input type="checkbox"/> Wipe sample:	
Tube No.:		Pump No.:		<input type="checkbox"/> Vacuum cleaner bag		_____ cm × _____ cm	
<input type="checkbox"/> Usage simulation:		Counter reading at the beginning:		<input type="checkbox"/> Flat filter		+ _____ cm × _____ cm	
		Counter reading at the end:		Sampler type:		= _____ cm ²	
		Correction factor pump:		Filter No.:		Sampling location:	
		Volume flow: l/min		Empty weight: g		Number of single samples per combined sample:	
		Volume: l		Sampling location:		Surface material	
<input type="checkbox"/> Air - thermal desorption				Number of single samples per combined sample:		Surface condition:	
Tube No./retained sample R		Pump No.	Volume flow in l/min	Time in min	Volume in l	Surface material:	
<input type="checkbox"/> R						Surface condition:	
<input type="checkbox"/> R							
<input type="checkbox"/> Photographs located in index:				<input type="checkbox"/> Miscellaneous:			
<input type="checkbox"/> Retained sample in Card No.:							
Climate	Air temperature: °C	Relative air humidity: %		Absolute air pressure: hPa			
Odour intensity	Type:	<input type="checkbox"/> 0 no odour		<input type="checkbox"/> 1 very weak			
		<input type="checkbox"/> 2 weak		<input type="checkbox"/> 3 distinct			
		<input type="checkbox"/> 4 strong		<input type="checkbox"/> 5 very strong			
		<input type="checkbox"/> 6 extremely strong					
		User perception otherwise: <input type="checkbox"/> fainter <input type="checkbox"/> same					
		<input type="checkbox"/> stronger than today					
Remarks/Sampling specifics							
Date		Name			Sampler signature		

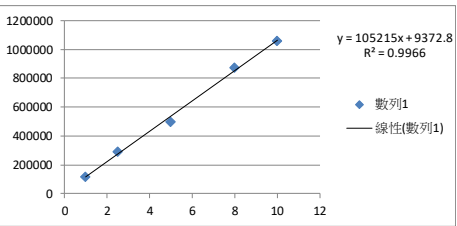
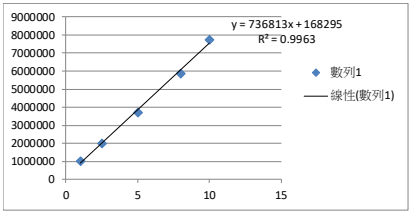
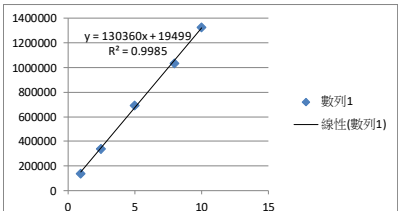
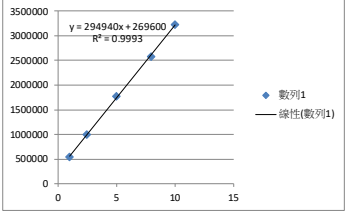
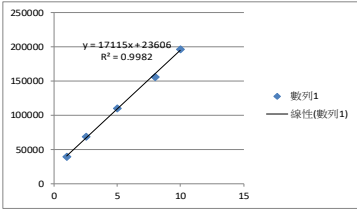
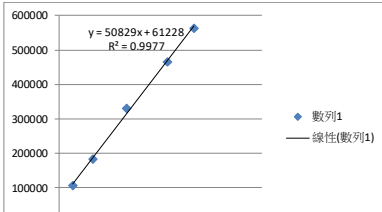
貳、檢測鄰苯二甲酸酯類方法之檢量線製作與品保品管

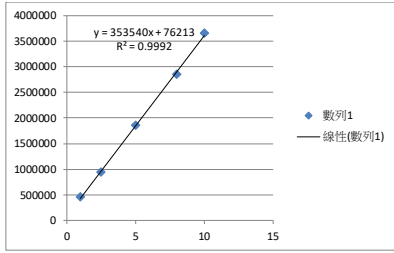
本研究「塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主」，透過上述參考「ISO 16000-33，室內空氣—第 33 部：以 GC/MS 檢測鄰苯二甲酸酯類方法」，建立各化合物之品質管制，本研究「塑化劑」依據我國認定之毒性化合物作為指標污染物探討以鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯<DEHP>、鄰苯二甲酸二丁酯<DBP>、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯<BBP>、鄰苯二甲酸二異癸酯<DIDP>、鄰苯二甲酸二異壬酯<DINP>、鄰苯二甲酸二甲酯<DMP>、鄰苯二甲酸二正辛酯<DNOP>、鄰苯二甲酸二乙酯<DEP>、鄰苯二甲酸二異丁酯<DIBP>等 9 種塑化劑作為指標污染物。本研究測試之塑化劑，由於 GC/MS 與採樣介質 Teanx-TA 之採集效率無法採集與分析 ppb 等級之濃度，因此依照 ISO 16000-33 建立一組塑化劑之檢量線，其濃度介於 1ppm-10ppm。本研究所建立之各化合物檢量線判定係數，鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯<DEHP>、鄰苯二甲酸二丁酯<DBP>、鄰苯二甲酸丁基苯甲酯<BBP>、鄰苯二甲酸二異癸酯<DIDP>、鄰苯二甲酸二異壬酯<DINP>、鄰苯二甲酸二甲酯<DMP>、鄰苯二甲酸二正辛酯<DNOP>、鄰苯二甲酸二乙酯<DEP>、鄰苯二甲酸二異丁酯<DIBP>等 9 種塑化劑，均需合於規範 85~115%，如下表所示。

表 3-5 ISO 16000-33 以 GC/MS 建立鄰苯二甲酸酯類檢量線

	塑化劑檢量線-高濃度值與波峰面積值				
	絕對量 (ppm)	PA-BK	測值絕對量 (ppm)	回收率 (%)	塑化劑檢量線
DMP	1	202765	0.94587187	94.59%	
	2.5	502531	2.46173257	98.47%	
	5	914854	4.54677299	90.94%	
	8	1529027	7.65253119	95.66%	
	10	2012698	10.0983651	100.98%	
DEP	1	188600	0.92844	92.84%	
	2.5	406343	2.16342	86.54%	
	5	822750	4.525168	90.50%	
	8	1338780	7.451952	93.15%	
	10	1791306	10.01856	100.19%	

第三章 建立綠建材板材類逸散塑化劑與 SVOC 檢測標準分析方法

DBP	1	113767	0.912325	91.23%	 <p>$y = 105215x + 9372.8$</p>
	2.5	292231	2.560223	102.41%	
	5	499267	4.471948	89.44%	
	8	870923	7.903738	98.80%	
	10	1058883	9.639319	96.39%	
DBP	1	1034430	1.104494	110.45%	 <p>$y = 736813x + 168295$</p>
	2.5	2002968	2.432885	97.32%	
	5	3700347	4.760913	95.22%	
	8	5888458	7.762	97.03%	
	10	7740801	10.30257	103.03%	
BBP	1	141959	0.93939859	93.94%	 <p>$y = 130360x + 19499$</p>
	2.5	343824	2.48791807	99.52%	
	5	697926	5.20425744	104.09%	
	8	1037256	7.80727984	97.59%	
	10	1331060	10.0610693	100.61%	
DEHP	1	552541	0.955493	95.55%	 <p>$y = 294940x + 269600$</p>
	2.5	1004792	2.632982	105.32%	
	5	1785066	5.527174	110.54%	
	8	2589296	8.510223	106.38%	
	10	3232216	10.89494	108.95%	
DNOP	1	39130	0.907041	90.70%	 <p>$y = 17115x + 23606$</p>
	2.5	68739	2.637044	105.48%	
	5	110090	5.053111	101.06%	
	8	156602	7.770727	97.13%	
	10	197005	10.13141	101.31%	
DINP	1	106575	0.892148	89.21%	 <p>$y = 50829x + 61228$</p>
	2.5	184537	2.425958	97.04%	
	5	331338	5.314092	106.28%	
	8	466727	7.97771	99.72%	
	10	563928	9.890023	98.90%	

DIDP	1	449693	1.05640097	105.64%	
	2.5	940922	2.44585903	97.83%	
	5	1858358	5.04085818	100.82%	
	8	2850465	7.84706681	98.09%	
	10	3650434	10.1098065	101.10%	
y = 353540x + 76213					

(一) 塑化劑準確度

準確度為一測值(Ci)與真值(Co)接近的程度，以檢量線中間濃度之標準溶液測量值與實際配製值之比值，用回收率(%)方式表示，需介於 85~115%，相對偏差值(Relative Error)需小於 15%。

(二) 塑化劑精密度

精密度為一組重複分析測值間相符的程度，主要是以標準溶液重複測定測量值之間差異情形，以相對標準偏差 (RSD) 表示，其差異值需小於 10%。

(三) 塑化劑精密度分析

測試時以檢量線之中間濃度值為基準，以 GC/MS 進行 3 次重複性分析，計算其精密度(RSD)，測試結果皆符合精密度測試小於 10%以內。

(四) 方法偵測極限之製作：

方法偵測極限(method detection limit, MDL)定義為：一包含待測物的樣品基質中，99% 的信賴度極限(confidence limit)內，可偵測到待測物的最低且大於零的濃度。方法偵測極限(MDL)主要是參考環檢所公告之規範(NIEA-PA107)，配製檢量線最低點之濃度，進行重複 7 次測定，計算重覆測試的變異數(S²)和標準偏差(S)如下：

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}{n} \right] \tag{式 1}$$

$$S = (S^2)^{1/2} \tag{式 2}$$

其中，Xi：i=1 到 n，第 i 個樣品經過完整的分析步驟後，最後的量測結果。

Σ 表示 $i = 1$ 到 n ，所有 X 值的和。MDL 的計算如下：

$$\text{MDL} = 3S \quad (\text{式 3})$$

(五)方法偵測極限之確認

以計算得到的 MDL 濃度添加至樣品基質內，重覆進行 7 次測試，利用最近一次 MDL 重覆測試之變異數 (S^2) 值及前次 MDL 重覆測試之 S^2 值，計算 F 比例。F 比例之計算是將較大之 S^2 值作為分子，稱為 S_A^2 ；另一個 S^2 作為分母，稱為 S_B^2 ，先計算 F 比例再與 3.05 做比較，若 $S_A^2/S_B^2 < 3.05$ ，利用下述公式計算共同的標準偏差 (Spooled standard deviation, S_{pooled})：

$$S_{\text{pooled}} = \left[\frac{6S_A^2 + 6S_B^2}{12} \right]^{1/2} \quad (\text{式 4})$$

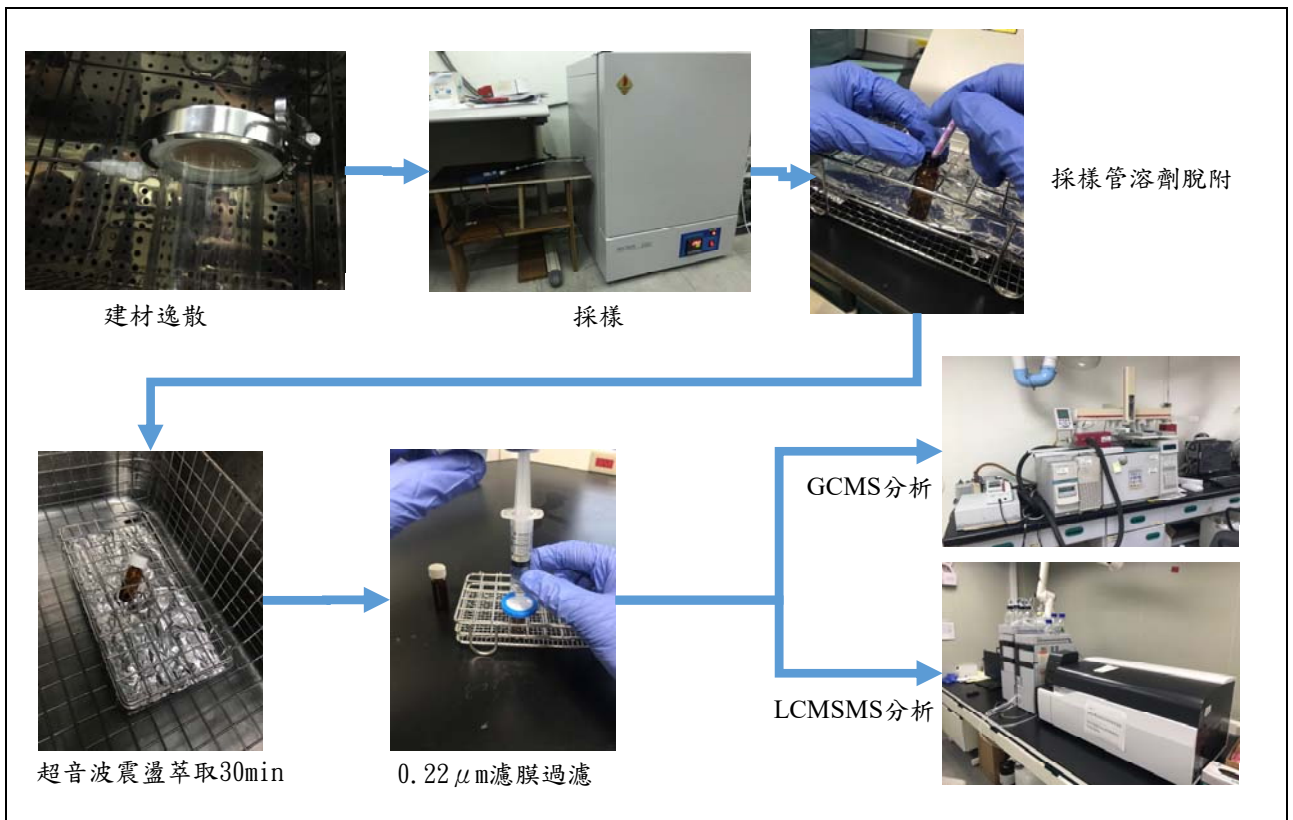
若 $S_A^2/S_B^2 > 3.05$ ，重新添加最近計算得到之待測物 MDL 濃度。若樣品在添加最近之 MDL 濃度後仍不能夠定量，則出具報告。MDL 之濃度應介於此次與前次計算得到的 MDL 濃度之間，且此濃度可用於定量。利用 S_{pooled} 公式計算得到之 S_{pooled} 值，依下述公式計算最後的 MDL 值：

$$\text{MDL} = 2.681 \times (S_{\text{pooled}}) \quad (\text{式 5})$$

參、Florisol®溶劑萃取法檢測建材逸散鄰苯二甲酸酯類標準方法

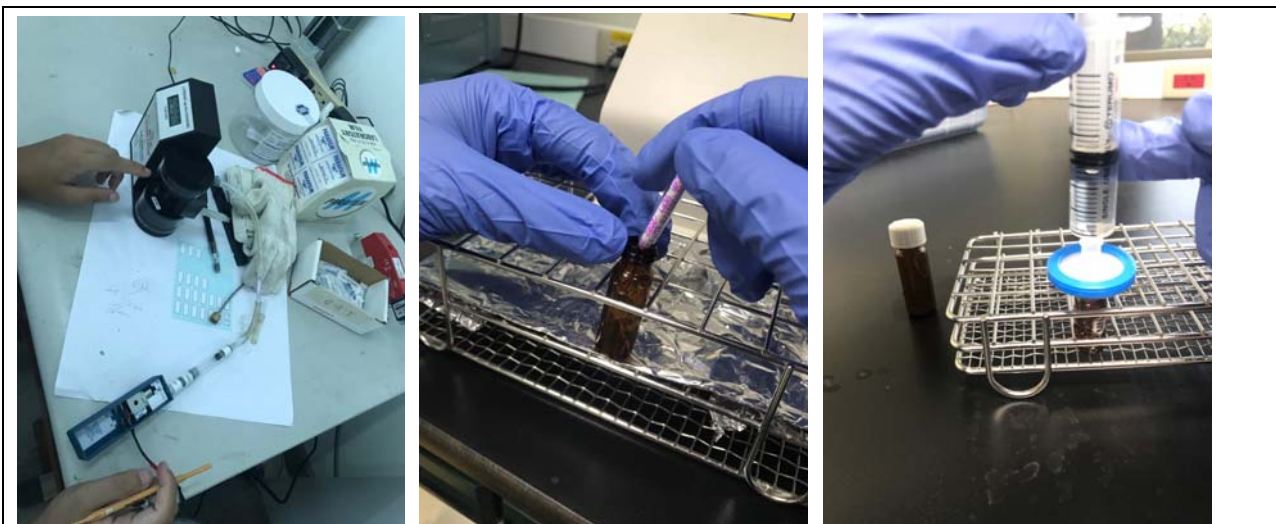
本研究採用 Florisol® 吸附管(SKC Inc. 出品)進行補集建材逸散至空氣中塑化劑(鄰苯二甲酸酯類)與微型艙壁面之塑化劑,並以 ISO 16000-33 標準方法萃取溶出至 GC/MS 與 LC/MS-MS 分析,目前初步建構「建材逸散塑化劑以溶出萃取標準分析方法」,作為後續計畫實驗檢測使用。

表 3-6 Florisol®溶劑萃取法檢測建材逸散鄰苯二甲酸酯類標準方法



建材逸散塑化劑與 SVOC 之微型容器方法實驗過程



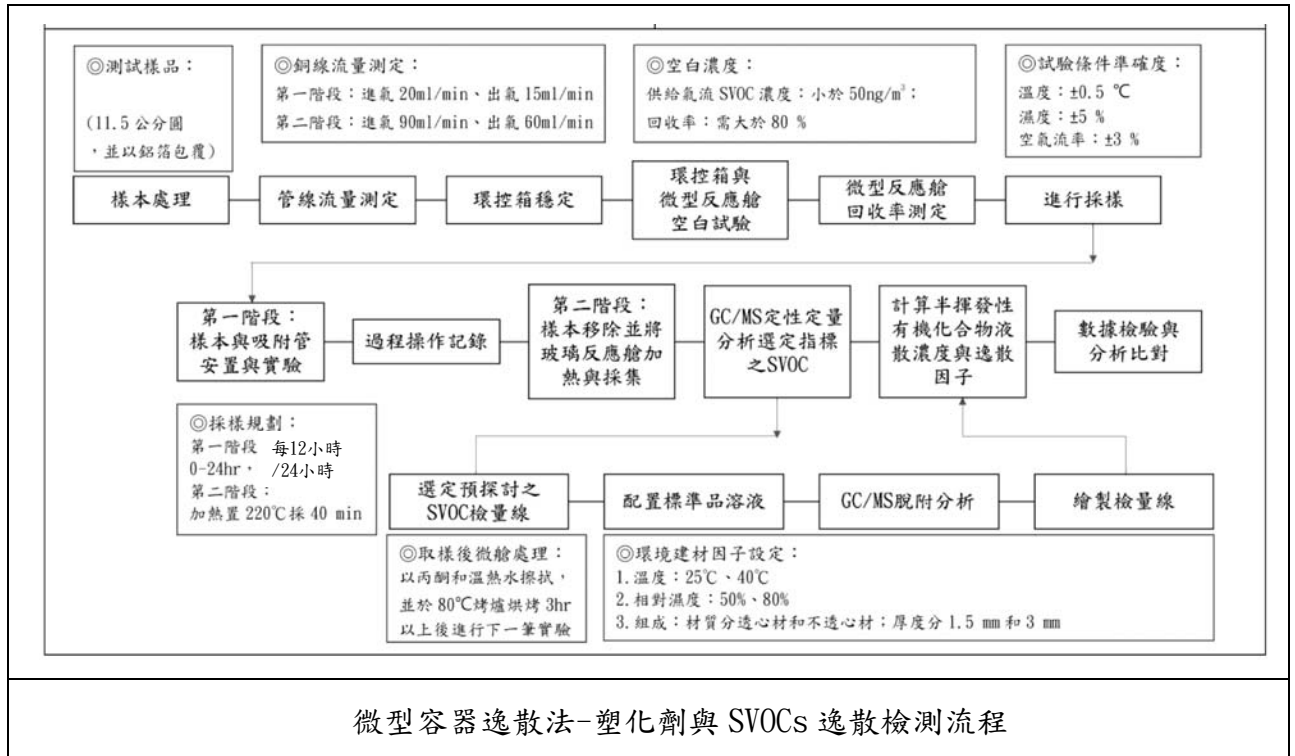


Florisil®溶劑萃取法檢測



Florisil®溶劑萃取法檢測建材(塑膠地板)逸散塑化劑

塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主



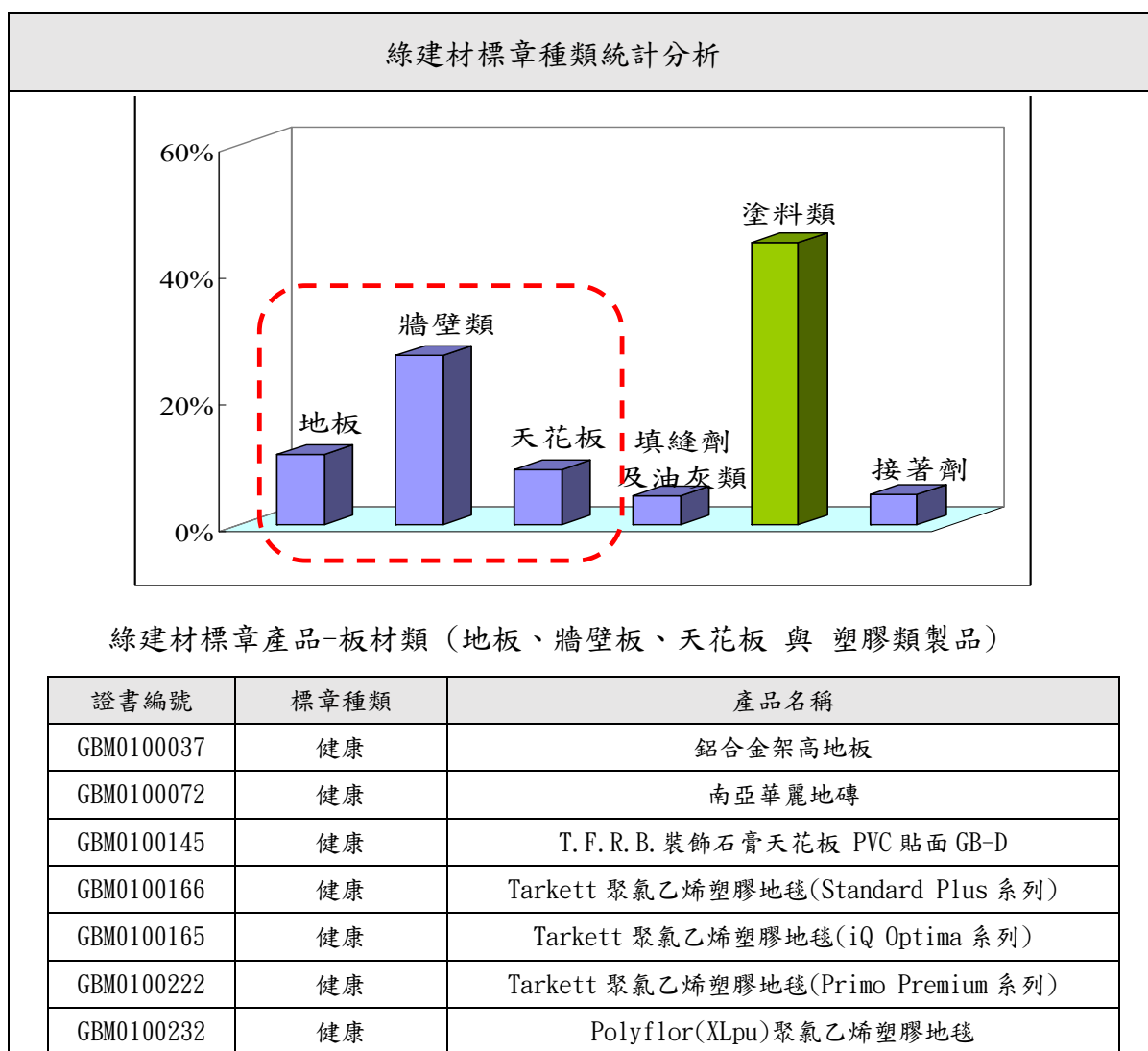
第四章 建材逸散塑化劑測試結果與研擬 CNS 標準草案

第一節 建材逸散塑化劑測試結果


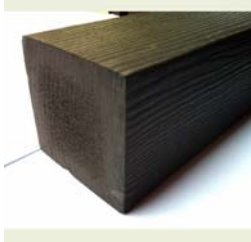




一、綠建材標章產品與非綠建材標章產品進行「逸散測試」

本計畫抽樣「綠建材標章產品」與「非綠建材標章產品」共選取 3 件於「內政部建築研究所之性能實驗中心(歸仁)」，以「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法」與「ISO 16000-33」進行「逸散測試」(塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 逸散檢測)，並具體分析逸散濃度與面積速率，以下為選取樣本與實驗說明。

表 4-1 抽樣綠建材標章產品與非綠建材標章產品進行塑化劑逸散測試



塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主

GBM0100234	健康	聚氣乙烯塑木地板
GBM0100256(續)	健康	森普拉斯地板
GBM0100317(續)	健康	聚氣乙烯地磚 V.C. TILE
GBM0100353	健康	裝飾石膏板 GB-D
GBM0100380	健康	太格大理石紋聚氣乙烯塑膠地毯 Mipolam 系列
GBM0100551(續)	健康	鋁合金架高地板
GBM0100585(續)	健康	硬質膠合劑
GBM0100606(續)	健康	南亞華麗地磚
GBM0100788(續)	健康	聚氣乙烯塑木地板
GBM0100803(續)	健康	Polyflor(XLpu)聚氣乙烯塑膠地毯
GBM0100908(續)	健康	裝飾石膏板 GB-D
GBM0100956(續)	健康	太格大理石紋聚氣乙烯塑膠地毯 Mipolam 系列
以 ISO 16000-33 進行建材逸散測試編號		
檢測樣本代號編碼		檢測建材分類
GB1-GB3		已取得健康綠建材標章之建材
S1-S3		非健康綠建材標章之建材
綠建材標章-GB1	綠建材標章-GB2	綠建材標章-GB3
再生類-塑橡膠建材	健康類-塑膠仿木地板	再生類-塑橡膠建材
		
非綠建材標章-S1	非綠建材標章-S2	非綠建材標章-S3
PVC 地磚/地板	塑膠卡扣地板	複合地板(表面覆地毯)
		

研究挑選 6 件建材產品(綠建材與非綠建材)進行「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法 (逸散速率測定)」，以今年度建立之「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」分析，以下為檢測結果：

一、綠建材 GB1 實驗測試結果

抽驗選擇一「綠建材標章-GB1：再生類-塑橡膠建材」，作為「綠建材標章產品」測試代表樣本，本樣本 GB1 首先進行「CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第 1 部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試，結果顯示，綠建材標章產品 GB-1 塑化劑物質 DEHP 為 N.D.，符合綠建材一般通則限制性物質塑化劑含量規定 0.1% (1000ppm)。進一步再進行「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法 (逸散速率測定)」，第一階段於 25°C、相對濕度 50%、換氣次數每小時 2.0 次 (ACH)進行 24 小時空氣採樣，採樣介質以「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」之 Florisil(矽酸鎂)進行建材逸散塑化劑與 SVOC 之空氣採樣。第二階段將建材樣本取出後，再升溫至 220°C，熱脫附吸附於微型容器表面之塑化劑與 SVOC 物質，並採樣 40 分鐘。

實驗結果將兩階段採樣之 Florisil (矽酸鎂)進行 GC/MS 與 LC/MS MS 分析，結果顯示，綠建材標章-GB1：再生類-塑橡膠建材，其逸散塑化劑之 DEHP、DINP、DIDP 物質皆於「第二階段」出現，濃度介於 18.28~630.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，雖符合綠建材通則限制性物質塑化劑含量基準 0.1%(1000 ppm)評定基準，因實驗樣本厚度較厚關係，仍有 DEHP、DINP、DIDP 物質逸散。


表 4-2 綠建材標章產品 GB1 塑化劑測試



塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主

測試項目	單位	測試方法	方法偵測極限值	結果
				No. 1
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No.: 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年), 以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測。	0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No.: 84-74-2)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸丁苄甲酯 (BBP) (CAS No.: 85-68-7)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No.: 26761-40-0; 68515-49-1)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No.: 28553-12-0; 68515-48-0)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No.: 131-11-3)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No.: 117-84-0)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No.: 84-66-2)	%		0.003	n. d.

CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法 (逸散速率測定)



ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果
< Florisil® 溶劑萃取法檢測 >

GB1 塑橡膠板材 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
Stage-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Stage-2	N. D.	N. D.	18.288	50.685	27.816	630.802	40.766	43.643	N. D.
Total	N. D.	N. D.	18.288	50.685	27.816	630.802	40.766	43.643	N. D.

以 LC/MS/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果
< Florisil® 溶劑萃取法檢測 >

GB1 塑橡膠板材 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
Stage-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.219	N. D.	N. D.	0.095
Stage-2	N. D.	1.038	4.243	N. D.	27.481	440.505	1.158	227.446	276.471
Total	N. D.	1.038	4.243	N. D.	27.481	440.723	1.158	227.446	276.566

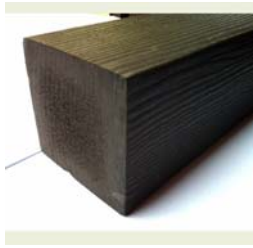

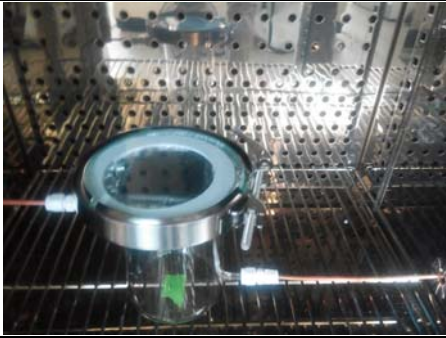
(資料來源：本研究整理)

二、綠建材 GB2 實驗測試結果

抽驗選擇一「綠建材標章-GB2：健康類-塑膠仿木地板」，作為「綠建材標章產品」測試代表樣本，實驗進行「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法（逸散速率測定）」，第一階段於 25°C、相對濕度 50%、換氣次數每小時 2.0 次 (ACH) 進行 24 小時空氣採樣，採樣介質以「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」之 Florisil(矽酸鎂)進行建材逸散塑化劑與 SVOC 之空氣採樣。第二階段將建材樣本取出後，再升溫至 220°C，熱脫附吸附於微型容器表面之塑化劑與 SVOC 物質，並採樣 40 分鐘。

實驗結果將兩階段採樣之 Florisil (矽酸鎂) 進行 GC/MS 與 LC/MS MS 分析，結果顯示，綠建材標章-GB2：再生類-塑橡膠建材，其逸散塑化劑之 DEHP、DINP、DIDP 等物質皆於「第二階段」出現，濃度介於 15.68~554.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，雖符合綠建材通則限制性物質塑化劑含量基準 0.1%(1000 ppm) 評定基準，因實驗樣本厚度較厚關係，仍有 DEHP、DINP、DIDP 等物質逸散。

表 4-3 綠建材標章產品 GB2 塑化劑測試

綠建材標章-GB2：健康類-塑膠仿木地板測試樣本照片	
	
CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法（逸散速率測定）	
ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果 < Florisil® 溶劑萃取法檢測 >	

GB2 塑膠仿木地板 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
Stage-1	2.197	2.591	3.007	3.426	3.726	3.451	4.268	N. D.	N. D.
Stage-2	15.684	21.088	23.655	34.98	33.551	554.288	52.801	96.247	78.281
Total	17.881	23.679	26.662	38.406	37.277	557.739	57.069	96.247	78.281

以 LC/MS/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果
< Florisil® 溶劑萃取法檢測 >

GB2 塑膠仿木地板 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
Stage-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Stage-2	N. D.	2.662	3.302	N. D.	11.822	304.879	N. D.	150.668	297.527
Total	N. D.	2.662	3.302	N. D.	11.822	304.879	N. D.	150.668	297.527

(資料來源：本研究整理)


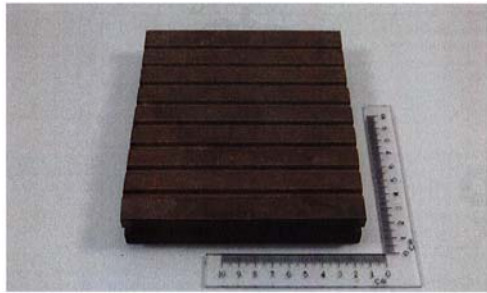


三、綠建材 GB3 實驗測試結果

抽驗選擇一「綠建材標章-GB3：再生類-塑橡膠建材」，作為「綠建材標章產品」測試代表樣本，作為「綠建材標章產品」測試代表樣本，本樣本 GB3 首先進行「CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第 1 部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試，結果顯示，綠建材標章產品 GB-1 塑化劑物質 DEHP 為 0.0077%，符合綠建材一般通則限制性物質塑化劑含量規定 0.1% (1000ppm)。進一步再進行「CNS 16000-25 室內空氣-第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法 (逸散速率測定)」，第一階段於 25°C、相對濕度 50%、換氣次數每小時 2.0 次 (ACH) 進行 24 小時空氣採樣，採樣介質以「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」之 Florisil (矽酸鎂) 進行建材逸散塑化劑與 SVOC 之空氣採樣。第二階段將建材樣本取出後，再升溫至 220°C，熱脫附吸附於微型容器表面之塑化劑與 SVOC 物質，並採樣 40 分鐘。

實驗結果將兩階段採樣之 Florisil (矽酸鎂) 進行 GC/MS 與 LC/MS MS 分析，結果顯示，綠建材標章-GB3：再生類-塑橡膠建材，其逸散塑化劑之 DEHP、BBP 等物質皆於「第二階段」出現，濃度介於 20.4~1388.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，雖符合綠建材通則限制性物質

塑化劑含量基準 0.1%(1000 ppm)評定基準，因實驗樣本厚度較厚關係，仍有 DEHP、BBP 等物質逸散。

表 4-4 綠建材標章產品 GB3 塑化劑測試

綠建材標章-GB3：再生類-塑橡膠建材測試樣本照片				
				
				
測試項目	單位	測試方法	方法偵測極限值	結果 No. 1
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No.: 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年)，以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測。	0.003	0.00771
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No.: 84-74-2)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No.: 85-68-7)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No.: 26761-40-0; 68515-49-1)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No.: 28553-12-0; 68515-48-0)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No.: 131-11-3)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No.: 117-84-0)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No.: 84-66-2)	%		0.003	n. d.

CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法（逸散速率測定）									
ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果 < Florisil®溶劑萃取法檢測>									
GB3 塑橡膠板材 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
Stage-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	3. 178	N. D.	3. 245	N. D.	N. D.
Stage-2	25. 406	N. D.	N. D.	N. D.	20. 534	1388. 18	20. 424	N. D.	N. D.
Total	25. 406	N. D.	N. D.	N. D.	23. 712	1388. 18	23. 669	N. D.	N. D.
以 LC/MS/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果 < Florisil®溶劑萃取法檢測>									
GB3 塑橡膠板材 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
Stage-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.
Stage-2	N. D.	N. D.	0. 973	N. D.	2. 701	804. 066	N. D.	13. 979	N. D.
Total	N. D.	N. D.	0. 973	N. D.	2. 701	804. 066	N. D.	13. 979	N. D.

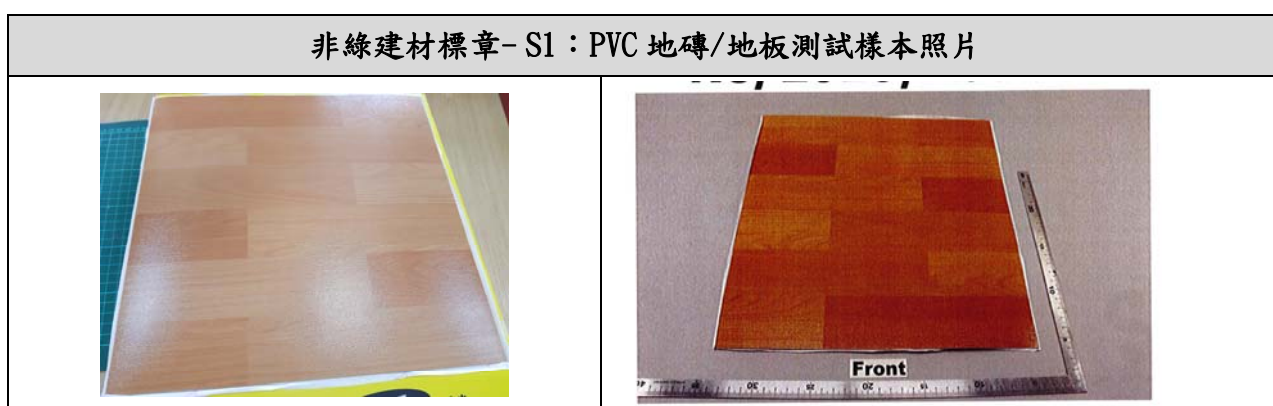
（資料來源：本研究整理）

四、非綠建材產品 S1 實驗測試結果

抽驗選擇一「非綠建材標章-S1：PVC 地磚/地板」，作為「非綠建材標章產品」測試代表樣本，首先進行「CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第 1 部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試，結果顯示，非綠建材標章產品 S1：PVC 地磚/地板之塑化劑物質 DEHP 為 2.97 % (2,970 ppm)，超過綠建材一般通則限制性物質規定(0.1%)約 30 倍，具有高度逸散之虞。進一步再進行「CNS 16000-25 室內空氣-第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法（逸散速率測定）」，第一階段於 25°C、相對濕度 50%、換氣次數每小時 2.0 次 (ACH) 進行 24 小時空氣採樣，採樣介質以「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」之 Florisil(矽酸鎂)進行建材逸散塑化劑與 SVOC 之空氣採樣。第二階段將建材樣本取出後，再升溫至 220°C，熱脫附吸附於微型容器表面之塑化劑與 SVOC 物質，並採樣 40 分鐘。

實驗結果將兩階段採樣之 Florisil (矽酸鎂) 進行 GC/MS 與 LC/MS MS 分析，結果顯示，非綠建材標章-S1：PVC 地磚/地板，其逸散塑化劑之 DEHP、DNOP、DIDP 等物質皆於「兩二階段」逸散出現，以「第二階段為主」，濃度介於 14.4~355.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，因實驗樣本厚度極薄關係，若以歐盟建材標準之限值評定，皆高於評定標準甚多，影響健康安全。

表 4-5 非綠建材標章產品 S1 塑化劑測試

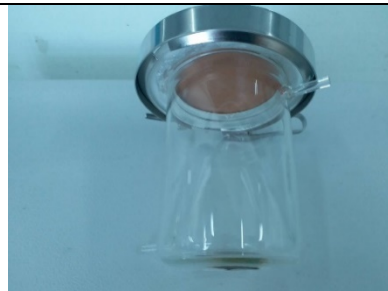




CNS 15138-1: 塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第 1 部: 氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試

測試項目	單位	測試方法	方法偵測極限值	結果 No. 1
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No.: 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年), 以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測.	0.003	2.97
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No.: 84-74-2)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No.: 85-68-7)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No.: 26761-40-0; 68515-49-1)	%		0.01	n. d.
鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No.: 28553-12-0; 68515-48-0)	%		0.01	3.00
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No.: 131-11-3)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No.: 117-84-0)	%		0.003	n. d.
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No.: 84-66-2)	%		0.003	n. d.

CNS 16000-25 室內空氣-第 25 部: 建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法 (逸散速率測定)



ISO 16000-33: 以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果
< Florisil® 溶劑萃取法檢測 >

S1 PVC 地磚地板 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
Stage-1	5.242	15.624	5.220	20.820	N. D.	N. D.	2.289	N. D.	N. D.
Stage-2	N. D.	N. D.	N. D.	14.444	N. D.	355.760	27.872	75.696	N. D.
Total	5.242	15.624	5.220	35.265	N. D.	355.760	30.161	75.696	N. D.

以 LC/MS/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果 < Florisil® 溶劑萃取法檢測 >									
S1 PVC 地磚地板 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
Stage-1	0.070	0.191	0.131	N. D.	0.184	1.101	N. D.	4.091	0.287
Stage-2	N. D.	0.616	1.725	N. D.	2.779	396.930	N. D.	391.734	20.736
Total	0.070	0.806	1.856	N. D.	2.963	398.031	N. D.	395.824	21.023



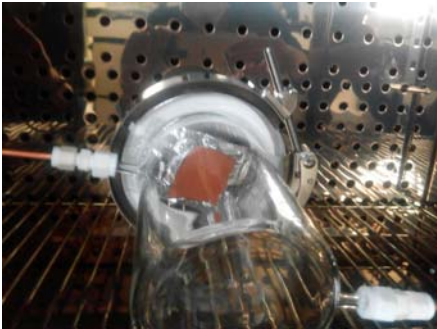
(資料來源：本研究整理)

五、非綠建材產品 S2 實驗測試結果

抽驗選擇一「非綠建材標章-S2：塑膠卡扣地板」，作為「非綠建材標章產品」測試代表樣本，首先進行「CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第1部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試，結果顯示，非綠建材標章產品 S2：塑膠卡扣地板之塑化劑物質 DEHP 為 N. D.。進一步再進行「CNS 16000-25 室內空氣-第25部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法（逸散速率測定）」，第一階段於 25°C、相對濕度 50%、換氣次數每小時 2.0 次 (ACH) 進行 24 小時空氣採樣，採樣介質以「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」之 Florisil(矽酸鎂) 進行建材逸散塑化劑與 SVOC 之空氣採樣。第二階段將建材樣本取出後，再升溫至 220°C，熱脫附吸附於微型容器表面之塑化劑與 SVOC 物質，並採樣 40 分鐘。

實驗結果將兩階段採樣之 Florisil (矽酸鎂) 進行 GC/MS 與 LC/MS MS 分析，結果顯示，非綠建材標章-S1：PVC 地磚/地板，其逸散塑化劑之 DEHP、DNOP、DIDP 等物質皆於「兩二階段」逸散出現，以「第二階段為主」，濃度介於 14.4~355.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，因實驗樣本厚度極薄關係，若以歐盟建材標準之限值評定，皆高於評定標準甚多，影響健康安全。

表 4-6 非綠建材標章產品 S2 塑化劑測試

非綠建材標章-S2：塑膠卡扣地板測試樣本照片																																							
																																							
CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第 1 部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試																																							
<p>測試部位 No.1 : 棕色/黑色塑膠</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>測試項目</th> <th>單位</th> <th>測試方法</th> <th>方法偵測極限值</th> <th>結果</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>鄰苯二甲酸二(2-乙基基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)</td> <td>%</td> <td rowspan="8">參考CNS 15138-1 (民國101年), 以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測。</td> <td>0.003</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)</td> <td>%</td> <td>0.003</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)</td> <td>%</td> <td>0.003</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)</td> <td>%</td> <td>0.01</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)</td> <td>%</td> <td>0.01</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)</td> <td>%</td> <td>0.003</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)</td> <td>%</td> <td>0.003</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)</td> <td>%</td> <td>0.003</td> <td>n. d.</td> </tr> </tbody> </table> <p>備註： 1. mg/kg = ppm ; 0.1wt% = 1000ppm 2. n. d. = Not Detected / 未檢出 3. MDL = Method Detection Limit / 方法偵測極限值</p>		測試項目	單位	測試方法	方法偵測極限值	結果	鄰苯二甲酸二(2-乙基基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年), 以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測。	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)	%	0.01	n. d.	鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)	%	0.01	n. d.	鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)	%	0.003	n. d.
測試項目	單位	測試方法	方法偵測極限值	結果																																			
鄰苯二甲酸二(2-乙基基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年), 以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測。	0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸丁苯甲酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)	%		0.01	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)	%		0.01	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)	%		0.003	n. d.																																			
CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法 (逸散速率測定)																																							
ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果 < Florisil® 溶劑萃取法檢測 >																																							

S2 塑膠卡扣地板 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
Stage-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	4.095	2.533	3.282	N. D.	N. D.
Stage-2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	24.42	32.084	35.78	N. D.	N. D.
Total	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	28.515	34.617	39.062	N. D.	N. D.

以 LC/MS/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果
< Florisil® 溶劑萃取法檢測 >

S2 塑膠卡扣地板 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP
Stage-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	0.309	N. D.	0.368	0.156
Stage-2	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	29.939	N. D.	24.978	15.247
Total	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	30.248	N. D.	25.345	15.403

(資料來源：本研究整理)



六、非綠建材產品 S3 實驗測試結果

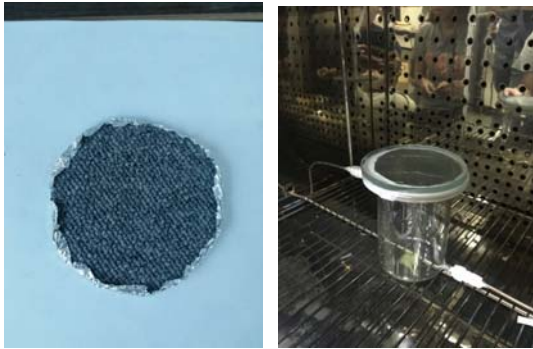
抽驗選擇一「非綠建材標章-S3：複合地板(表面覆地毯)」，作為「非綠建材標章產品」測試代表樣本，首先進行「CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第1部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試，結果顯示，非綠建材標章產品 S3：複合地板(表面覆地毯)之之塑化劑物質 DEHP 為 11.6 % (11,600 ppm)，超過綠建材一般通則限制性物質規定(0.1%)約 116 倍，具有高度逸散之虞。。進一步再進行「CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部：建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法 (逸散速率測定)」，第一階段於 25°C、相對濕度 50%、換氣次數每小時 2.0 次 (ACH) 進行 24 小時空氣採樣，採樣介質以「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」之 Florisil(矽酸鎂)進行建材逸散塑化劑與 SVOC 之空氣採樣。第二階段將建材樣本取出後，再升溫至 220°C，熱脫附吸附於微型容器表面之塑化劑與 SVOC 物質，並採樣 40 分鐘。

實驗結果將兩階段採樣之 Florisil (矽酸鎂)進行 GC/MS 與 LC/MS MS 分析，結果顯示，非綠建材標章- S3：複合地板(表面覆地毯)，其逸散塑化劑之 DIBP、DBP、

DEHP、DINP、DIDP 物質皆於「兩二階段」逸散出現，其中 DINP 以「第一階段為主」較為特殊，與其纖維毛細與質傳效應有關，濃度介於 $20.1 \sim 438.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，因實驗樣本厚度極薄關係，若以歐盟建材標準之限值評定，皆高於評定標準甚多，影響健康安全。

表 4-7 非綠建材標章產品 S3 塑化劑測試

非綠建材標章- S3：複合地板(表面覆地毯)測試樣本照片																																							
																																							
CNS 15138-1：塑膠製品鄰苯二甲酸酯類塑化劑試驗法-第 1 部：氣相層析質譜法」塑化劑溶出量測試																																							
<p>測試部位 No. 1 : 灰色/黑色塑膠</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>測試項目</th> <th>單位</th> <th>測試方法</th> <th>方法偵測極限值</th> <th>結果 No. 1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)</td> <td>%</td> <td rowspan="8">參考CNS 15138-1 (民國101年)，以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測。</td> <td>0.003</td> <td>11.6</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)</td> <td>%</td> <td>0.003</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸丁苄酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)</td> <td>%</td> <td>0.003</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)</td> <td>%</td> <td>0.01</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)</td> <td>%</td> <td>0.01</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)</td> <td>%</td> <td>0.003</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)</td> <td>%</td> <td>0.003</td> <td>n. d.</td> </tr> <tr> <td>鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)</td> <td>%</td> <td>0.003</td> <td>n. d.</td> </tr> </tbody> </table> <p>備註： 1. $\text{mg}/\text{kg} = \text{ppm}$; $0.1\text{wt}\% = 1000\text{ppm}$ 2. n. d. = Not Detected / 未檢出 3. MDL = Method Detection Limit / 方法偵測極限值</p>		測試項目	單位	測試方法	方法偵測極限值	結果 No. 1	鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年)，以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測。	0.003	11.6	鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸丁苄酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)	%	0.01	n. d.	鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)	%	0.01	n. d.	鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)	%	0.003	n. d.	鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)	%	0.003	n. d.
測試項目	單位	測試方法	方法偵測極限值	結果 No. 1																																			
鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯 (DEHP) (CAS No. : 117-81-7)	%	參考CNS 15138-1 (民國101年)，以氣相層析/質譜儀(GC/MS)檢測。	0.003	11.6																																			
鄰苯二甲酸二丁酯 (DBP) (CAS No. : 84-74-2)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸丁苄酯 (BBP) (CAS No. : 85-68-7)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二異癸酯 (DIDP) (CAS No. : 26761-40-0; 68515-49-1)	%		0.01	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二異壬酯 (DINP) (CAS No. : 28553-12-0; 68515-48-0)	%		0.01	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二甲酯 (DMP) (CAS No. : 131-11-3)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二正辛酯 (DNOP) (CAS No. : 117-84-0)	%		0.003	n. d.																																			
鄰苯二甲酸二乙酯 (DEP) (CAS No. : 84-66-2)	%		0.003	n. d.																																			

CNS 16000-25 室內空氣—第 25 部： 建材逸散半揮發性有機化合物測定— 微型容器法（逸散速率測定）										
ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果 < Florisil® 溶劑萃取法檢測 >										
S3 複合地板(表面覆地毯) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP	
Stage-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	4. 856	4. 510	3. 397	72. 612	N. D.	
Stage-2	N. D.	N. D.	N. D.	23. 021	26. 501	438. 238	20. 176	N. D.	N. D.	
Total	N. D.	N. D.	N. D.	23. 021	31. 357	442. 748	23. 573	72. 612	N. D.	
以 LC/MS/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法檢測結果 < Florisil® 溶劑萃取法檢測 >										
S3 複合地板(表面覆地毯) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	DMP	DEP	DIBP	DBP	BBP	DEHP	DNOP	DINP	DIDP	
Stage-1	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	N. D.	1. 722	N. D.	165. 463	0. 410	
Stage-2	N. D.	N. D.	1. 185	N. D.	2. 526	232. 299	N. D.	43. 921	5. 641	
Total	N. D.	N. D.	1. 185	N. D.	2. 526	234. 021	N. D.	209. 384	6. 051	

（資料來源：本研究整理）

本次檢測以微型容器之單位面積表面逸散方式試驗，發現在 GB1~GB3 之建材，其雖非 PVC 物質類建材，於再生類綠建材標章之檢測無需塑化劑溶出試驗，但因其為塑膠循環回收材料，仍有塑化劑與 SVOCs 物質之可能，其檢測樣本之厚度極厚，相較於非綠建材標章產品，兩者厚度差異可達到 10~30 倍，造成逸散塑化劑與 SVOCs 物質兩者受厚度影響而有逸散濃度之不同。因此，建議建材檢測逸散塑化劑與 SVOCs 物質，除參考 CNS 16000-25 單位面積之規範外，可再增加「濃度與單位厚度」之分析，以反

應不同厚度材料所造成之逸散結果。

第二節 專家諮詢會議結論與建議

本研究藉由文獻分析彙整相關資料後，進一步以專家諮詢方法，於 108 年 06 月 04 日召開第一次專家諮詢會議、108 年 10 月 04 日召開第二次專家諮詢會議，針對研究提出討論，以下為 2 次專家諮詢會議結論與建議：

- 一、會議名稱：內政部建築研究所 108 年度「創新循環綠建築環境科技計畫 (二) 協同研究計畫」第 3 案「塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主」第一次專家諮詢會議
- 二、108 年 06 月 04 日(星期二) 下午 2 點 30 分
- 三、開會地點：內政部建築研究所
(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓討論室一)
- 四、專家委員：內政部建築研究所環境控制組 羅組長時麒、吳助理研究員明達、國立成功大學建築學系 蔡教授耀賢、國立臺中科技大學室內設計系 李教授孟杰、台灣綠建材產業發展協會 饒理事長允政、國家衛生研究院國家環境醫學研究所 黃柏菁助理研究員、財團法人台灣電子檢驗中心(綠色產品測試實驗室) 溫俊清博士、台灣建築中心綠建材發展部 李明賢經理

議題一、建材塑化劑 ISO 16000-33 標準檢測方法之說明

說明：國際標準 ISO 16000 系列對於建材塑化劑逸散量評估方法已分別制訂標準方法，包括 ISO 16000-25 (轉換為 CNS 16000-25) 室內空氣-第 25 部建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法(2016 年)、ISO 16000-33 室內空氣-第 33 部 以 GC/Mass 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法(2017 年)，隨著「國際綠建材標章」與「國際標準」之趨勢，建材添加塑化劑等物質種類繁多，多屬「半揮發性有機化合物」(Semi-Volatile Organic Compounds, SVOC)，亦為國際間廣泛關注之長期影響有機污染物，國際間逐步管制與禁用，例如 UL/GreenGuard、德國藍天使等建材標章，亦將塑化劑與 SVOC(碳十六 C16-碳二十二 C22 等物質)納入管理，本研究以 ISO 16000-33 標準分析方法，採用既有 ISO 16000 與 MOIS 901014 方法之 Tenax-TA 吸附方法與 ISO 標準新式 Florisil(矽酸鎂)採樣分析方法比對差異，進行建材逸散塑化劑與 SVOC 指標污染物檢測標準流程 SOP 建置，建立 ISO 16000-33 標準於建材塑化劑污染物檢測方法，提供未來建材標準、產品管制、標章評定應用。

議題二、板材類建材逸散塑化劑物質測定建材之說明

說明：本研究參考國內外「建材標章」中塑化劑相關檢測項目與基準，依健康綠建材標章產品之資料庫分類選樣，選定建材塑化劑逸散量評估測試代表樣本(板材類)，研究抽樣「綠建材標章產品」與「非綠建材標章產品」共分別選取 3 件於「內政部建築研究所之性能實驗中心(歸仁)」，進行「測試」(塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 逸散檢測)，並具體分析逸散濃度與面積速率。

表 4-8 第一次專家諮詢會議





表 4-9 第一次專家諮詢會議內容

會議紀錄：(依發言順序排列)

(一)、蔡耀賢教授：

1. 塑化劑與阻燃劑之管制為國際綠建材相關標章之重要趨勢，實有建立測試法及管制基準之需要。
2. 未來可導入綠建材標章之評定項目，亦可先納入後市場追蹤查核時之送驗項目。
3. 表面採樣法及標準灰塵測試法可能較有效率，但管制基準需同考量逸散量差異而訂定。
4. 若逸散濃度相當低，請確認量測不確定度，以避免基準的誤判。

(二)、饒允政理事長：

1. 建議濕度也新增 1-2 個變數(例如，70%~80%)
2. SVOC 或 SVOCs 建議釐清。
3. 建議可選石塑地板 SPC 當樣品。
4. 建議採集再生綠建材或再生建材當樣品呼應「循環經濟」。
5. 如果不考慮「費用」，建議試驗方法改成逸散速率的單位。

(三)、黃柏菁研究員：

1. 誤字更正”酯”非脂，鄰苯二甲酸酯類塑化劑。
2. 以後市場查核為宜，比例可依檢測能力而定。

3. 美國與歐盟地區因管制而出現替代塑化劑之新興塑化劑。
4. 含磷阻燃劑研究與檢測方法值得開發。
5. 建材壁紙中 SVOC 與 PAEs 有可能產生污染。
6. 建議綠建材塑化劑改以逸散為基準，符合國際趨勢。
7. SVOC 國際重要研究趨勢可以分析描述。

(四)、李孟杰教授：

1. 針對建材部分，是僅針對板材與面材(裝飾材、塗裝材)，亦或將管材也納入？
2. ISO 16000-33 為建材逸散對空氣品質的影響，但對水質的影響(溶出量)，目前較少探討。
3. 板材類建材部分是著重於心材或面材(表面裝飾材或封邊材)？
4. 若該採樣法以 TSVOC 為主，是否可以送驗時先以幾項污染源為指標。

(五)、溫俊清博士：

1. 含量 VS 逸散量(經轉換)是否合理
2. SVOC 建議項目請明訂

(六)、羅時麒組長：

1. 國際建材標章多以 SVOC 與 TSVOC 之管制為發展趨勢，塑化劑屬其中污染因子，綠建材標章已管制塑化劑含量，本研究宜以國際建材管制 SVOC、TSVOC 作為綠建材標章評定項目之參考。
2. 塑化劑與 SVOC 之逸散檢測法是否為國際綠建材標章檢測方式，需彙整資料評估，其管制建材、檢測項目數量、標準方法、評定基準等需說明。
3. 塑化劑逸散檢測與 SVOC 逸散檢測可先於後市場追蹤查核時列為檢測項目，宜需明確定義有逸散之虞的建材種類及規範。

會議具體建議與結論如下：

議題一、建材塑化劑 ISO 16000-33 標準檢測方法之說明：以塑化劑與 SVOC 之逸散檢測法與 ISO 16000-33 標準檢測方法建置成可供國際同步之建材檢測方法，宜以國際建材管制 SVOC、TSVOC 作為綠建材標章評定項目之參考，逸散檢測可先於後市場追蹤查核時列為檢測項目，需明確定義有逸散之虞的建材種類及規範。

議題二、板材類建材逸散塑化劑物質測定建材之說明：以塑膠類建材或再生類建材為與循環建材對象，進行塑化劑與 SVOCs 逸散檢測。

表 4-10 第二次專家諮詢會議

一、會議名稱：內政部建築研究所 108 年度「創新循環綠建築環境科技計畫(二)協同研究計畫」第 3 案「塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主」第二次專家諮詢會議

二、108 年 10 月 04 日(星期五) 下午 2 點 30 分

三、開會地點：內政部建築研究所

(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓簡報室)

四、專家委員：內政部建築研究所環境控制組 徐研究員虎嘯、吳助理研究員明達、國立陽明大學環境與職業衛生研究所 張助理教授榮偉、財團法人工業技術研究院量測技術發展中心 趙研究員志強、台灣綠建材產業發展協會 饒理事長允政、國家衛生研究院國家環境醫學研究所 黃柏菁助理研究員、財團法人台灣電子檢驗中心(綠色產品測試實驗室)溫俊清博士、台灣檢驗科技股份有限公司環境安全衛生事業群 許副主任竣甯

議題一、塑化劑與半揮發性有機化合物逸散檢測標準方法-板材類建材說明

說明：本研究以國際標準 ISO 16000-25 (轉換為 CNS 16000-25)室內空氣-第 25 部建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法(2016 年)與 ISO 16000-33 室內空氣-第 33 部 以 GC/Mass 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法(2017 年) 進行建材逸散檢測，符合「國際綠建材標章」與「國際標準」最新趨勢。建材添加塑化劑等物質種類多屬「半揮發性有機化合物」(Semi-Volatile Organic Compounds, SVOC)，亦為國際間廣泛關注之重要指標污染物質，具有塑橡膠成分之建材，可能含有塑化劑與 SVOC 等物質，因此本研究以 ISO 16000-33 標準採用新式 Florisil(矽酸鎂)採樣分析方法，抽樣「板材類」之「綠建材標章產品」與「非綠建材標章產品」共分別選取 3 件，進行建材逸散塑化劑與 SVOC 指標污染物檢測，以此建立板材類建材檢測標準方法，提供未來建材標準、產品管制、標章評定應用，進行討論。

議題二、ISO 16000-31 有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯說明

說明：有鑑於阻燃劑與塑化劑為台灣室內常見之 SVOC 物質，本研究以 ISO 16000-31 有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯為標準，擬轉換成 CNS 16000-31 標準草案，針對有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯之內容說明，進行討論。



表 4-11 第二次專家諮詢會議會議內容

會議紀錄：(依發言順序排列)

(一)張榮偉委員

1. 現階段綠建材標章中塑化劑含量標準 0.1%建議下修，可參考歐盟各塑化劑之 derived no-effect level (DNEL) 後研擬修訂。
2. 環保型塑化劑日益增多，例如 DPHP 已日益取代 DINP、DIDP，建議後續可增加。
3. 是否用 GC/MS 分析可參考 DNEL 後，評估檢量線最低點 100ppb 回推到空氣濃度。

(二)趙志強委員

1. 工研院量測技術以拉曼光譜學(Raman)方法很適合檢測塑化劑，而且是直讀式，可作為塑化劑快篩使用，惟其測試精度與偏差值會跟測試條件及環境相關，其檢測濃度範圍為 50 ppm-10000ppm。
2. 建議建材塑化劑檢測標準與歐盟同步，可設定為 10ppm。

(三)黃柏菁委員

1. 酯類非脂類。
2. 建議考量易感族群(例如，幼童)，下修綠建材標章塑化劑基準至 10ppm，並分階段下修，初期管制維持含量檢測法，不建議初期檢測以逸散量法。待實驗設備與標準方法建置後，例如，LC/MSMS、GC/MSMS 等檢測設施方法建立後，在考量使用逸散量檢測方法。
3. 目前 GC/MS 檢測技術成熟，是否能將塑化劑以分級標章方式評定，例如，低逸散(低含量)、無塑化劑(極微量)等分級。
4. 可考慮將塑化劑微型容器之溫度升高至 30°C。
5. 目前塑化劑已有其他替代物質出現，例如 DEHP 物質被替代為 DEHPT、DINCH 等。
6. 阻燃劑部分，目前 BFR、PFR 等物質有健康危害的疑慮，未來歐美勢必列入禁用或限用物質，可優先考量是否檢測與納入評估。

7. 建議以 GC/MS、LC/MSMS 為標準檢測方法，可考量納入拉曼光譜學(Raman)方法做為快篩檢測法。

8. 測定種類依國內使用調整項目，可參考國際管制歷程與作法。

(四)饒委員允政

1. 建議綠建材標章(含氣高分子材料：再生、高性能)塑化劑總量 0.1%的標準調整為逸散速率 GC/MS 試驗方法。

2. 塑化劑或 SVOC 的標準不一定要跟歐盟完全一致，可以盤點廠商目前主要出口國家地區的標準，再來訂定標準。

3. 期待 ISO 16000-31 轉換 CNS 16000-31 標準之作業。

4. 建議溴化系為阻燃劑的建材禁止申請綠建材標章。

5. 可以先行快篩的測試方法，如果初步的結果有塑化劑或重金屬時再進入化學測試。

(五)溫俊清委員

1. 制訂法規限值與檢測方法使用儀器(GC/MS Vs. LC/MSMS)之 LOD 是有相關，可納入考量。

2. 塑化劑在各國要求細項皆不同，以實驗室立場需明確。

3. 快篩方法先篩選當有疑慮時再以化學分析確認，可降低成本。

4. 阻燃劑之磷酸酯物質需明確。

(六)許竣甯委員

1. 可參考歐美的限值及化合物進行制訂，但可分階段進行控管，可針對常見之塑化劑化合物項目限管。

2. 建議加入後市場查核機制，確認室內空氣中含量。

3. 成本考量下，可前期快篩，有疑慮再進行化學分析。

4. 建議採用 GC/MS 分析，考量 LC/MSMS 實驗室檢測量不足，國際綠建材檢測是否採用 LC/MSMS 方法。

會議具體建議與結論如下：

議題一、塑化劑與半揮發性有機化合物逸散檢測標準方法-板材類建材：以塑化劑與 SVOC 之逸散檢測法與 ISO 16000-33 標準檢測方法建置成可供國際同步之建材檢測方法，宜以國際建材管制 塑化劑、SVOC、TSVOC 作為綠建材標章評定項目之參考，逸散檢測可先於後市場追蹤查核時列為檢測項目，檢測儀器可先應用 GC/MS 並分階段參考歐盟等國家基準，建議以 10ppm 為評定基準。

議題二、ISO 16000-31 有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯說明：阻燃劑為影響健康之物質，建議增加研究與阻燃劑檢測，除了標準之磷化合物外，可再加入常見之溴化合物。

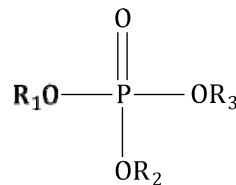
第三節 研擬 CNS 國家標準草案

本研究有鑑於阻燃劑與塑化劑為台灣室內常見之 SVOC 物質，以 ISO 16000-31 有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯為標準，擬轉換成 CNS 16000-31 標準草案，針對有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯之 CNS 標準草案。

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類號	

導論

一般來說，磷酸酯是由醇或酚與磷酰氯（POCl₃）進行反應而形成的。單、雙和三酯之間有明顯區分（參閱圖一）。帶有芳香基和烷基的三酯，以及鹵化和無鹵酯基的混合酯，在塑料和清漆中的功用是用作增塑劑和阻燃劑。此外，磷酸酯被摻入硬化劑和促進劑中，以及媒染劑和助粘劑中，並通過處理金屬表面而作為清潔、抑制腐蝕和促進粘合的物質。這些可作為紙張和紡織品的輔助方法，用作潤濕劑、消泡劑、乳化劑和穩定劑，可添加入清潔劑和洗滌劑，可作為不易燃的液壓液，以及用作油和燃料添加劑（參閱表一）。在這裏，沒有考慮的是硫代和二硫代磷酸酯（農藥），以及帶有氰化物和鹵素基團的磷酸酯，它們對乙酰膽鹼酯酶抑制劑（神經氣體）。



關鍵基

R 芳香基、烷基、鹵化和無鹵酯基

圖一 磷酸酯的結構式

有機磷化合物（OPCs）的多重應用性會導致的效果是，可能會遇到帶有含 OPC 的建築材料、清漆、油漆、地板護理產品或防火塗料的大室內區域。由於 OPC 的各種物理和物理化學特性，也可在室內傳輸介質（灰塵和空氣）中檢測到。通常，只有當排放源的溫度很高時，才能在室內空氣中找到相關濃度的高溫沸騰 OPC，例如磷酸三（2-丁氧基乙基）酯（TBEP，參見附件 A）。對於此類來源（例如用於防曬的屏幕或捲簾），在進行發射室測試時，必須考慮較高溫度的重要性。

關於室內 OPC 對健康可能產生的影響，大家越來越關注。對於室內空氣，TCEP 的基準值 II 為 0.05 mg/m³，而簡單來說，對於 TCEP、TCPP、TBP、TBEPTEHP 和 TPP 的總和也是如此。從這些數值所推導出的指南值 I 為 0.005mg/m³。可以找到一篇有關室內環境中 OPC 的產生和評估的評

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類 號	
<p>論文章。</p> <p>CNS 16000 此部分的內容是根據 VDI4301 第 5 篇所制定的。</p> <p>1. 適用範圍</p> <p>CNS 16000 的此部分規定了一種通過氣相色譜/質譜法對室內空氣和測試室內空氣中的磷酸酯進行採樣和分析的測試方法。這裡描述了低解析度質譜法和高解析度質譜法的兩種主要方法。在 CNS 16000 的此部分中所描述的方法，並不是適用於測定材料中的磷酸酯。</p> <p>附註 CNS 16000-6 可用於測定此標準所涵蓋的更高揮發性化合物。</p> <p>2. 基準參考</p> <p>下列文件，全部或部分，在本文件中被引用為基準，並且對於相關的應用是不可或缺的。對於未標注日期的引用文件，僅有最新版本（包含所有增補內容）適用。</p> <p>CNS 16000-1，室內空氣—第 1 篇：採樣策略的通論</p> <p>CNS 16000-9，室內空氣—第 9 篇：建築產品和家具中揮發性有機化合物排放的測定— 排放試驗室法</p> <p>CNS 16000-13，室內空氣—第 13 篇：總（氣相和顆粒相）多氯聯苯（PCBs）和多氯二聯苯戴奧辛/多氯二聯苯夫喃（PCDDs / PCDFs）的測定—在吸附劑裡的過濾器上收集</p> <p>3. 產生</p> <p>在室內空氣中，經常可以檢測到以下屬於無鹵有機磷酸酯的化合物：</p> <ul style="list-style-type: none"> —磷酸三苯酯(TPP); —磷酸三（2-丁氧基乙基）酯（TBEP);磷酸三正丁酯（TBP); —磷酸三（2-乙基己基）酯（TEHP); —磷酸甲苯基二苯酯(CDP); —磷酸三乙酯（TEP); —磷酸三甲苯酯(TCP) <p>在室內灰塵和室內空氣中，主要檢測到下列的鹵化磷酸酯：</p> <ul style="list-style-type: none"> —磷酸三（2-氯乙基）酯（TCEP); —磷酸三（氯丙基）酯(TCPP); —磷酸三（1,3-二氯-2-丙基）酯（TDCPP) <p>基於間苯二酚-和雙酚-A 的橋接二磷酸酯也更常被用作阻燃劑，例如</p>			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類號	

— 四苯基間苯二酚二磷酸酯 (RDP) 或
 — 四苯基雙酚 A 二磷酸酯(BDP)
 截至目前為止，關於這些來自主要來源的化合物，資訊很少。

表一概述了在室內空氣中經常檢測到的有機磷酸鹽。附錄 A 列舉了這些有機磷酸鹽的名稱，以及化學和物理性質資料。

表一 有機磷酸鹽及其預期用途(詳閱參考資料[5]和[6])

OPC 縮寫	有機磷酸鹽	作為阻滯劑和塑化劑的預期用途
CDP	酸甲苯基二苯酯	阻滯塗料
RDP	四苯基間苯二酚二磷酸酯	外殼材料，特殊電纜
TBEP	磷酸三(2-丁氧基乙基)酯	地板保養產品，地板蠟，彈性體中的添加劑，樹脂用溶劑，消泡劑，塑料添加劑，合成橡膠和清漆
TBP	磷酸三正丁酯	用於混凝土添加劑，牆紙、分散漆、清漆、橡膠、塑料和乙烯基樹脂的消泡劑，以及抗泡沫劑
TCBP	磷酸三(2-羧乙基)酯	油漆、塗料、隔音天花板、玻璃纖維牆紙，泡沫塑料，外殼材料
TCP	磷酸三(羧丙基)酯	發音聚氨酯泡沫、膨脹泡沫、軟泡沫(座椅、床墊)、紡織品的後視、外殼材料
TDBEP	磷酸三(2,2-二溴丙基)酯	泡沫橡膠、清漆、紙張、油漆、纖維素、三乙胺鹼和聚鹼鹵物、地毯、樹脂、家具、汽車內飾細節
TDCBP	磷酸三(1,3-二羧-2-丙基)酯	PU 泡沫、外殼材料、紡織品後視
TEBP	磷酸三(2-乙基己基)酯	穩定劑、脂肪添加劑、合成橡膠添加劑
TCP	磷酸三甲苯酯	潤滑劑、汽車內飾、地板和牆壁覆層的添加劑
TPP	磷酸三苯酯	膨脹泡沫、油漆和清漆、增白劑、外殼材料、攝影膠片、酚醛樹脂、潤滑劑添加劑、汽車內飾

技術性 TCIP 不以純異構體形式存在 因此，通常會導致多達三個 GC 信號

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類號	

表二 室內空氣中 OPC 的公布結果

物質	室內空氣中的濃度 µg/m ³		
	範圍	中位數	參考資料
TCEP	< 0.005 to 6	0.10to0.38	[8][9][10]
TCP	0.319m 0.058	-	[10]
TBP	0.01to0.064	-	[10]
TBEP	0.001to0.03	-	[9]和[10]
TEHP	<0.001to 0.0'	-	[10]
TPP	<0.01		[9]和[10]
TCP	<0.01	-	[9]

4. 室內空氣

4.1 測量規劃

用於測定室內空氣中的磷酸酯的測量計劃，是根據 CNS 16000-1 的要求執行的。

4.2 採樣的器具和材料以及樣品製備

4.2.1 採樣器具

在 CNS 16000-13 中，詳細描述了採樣系統。

4.2.1.1 採樣筒，帶有用於固定 PU 泡沫的套筒（圖二 a 和圖二 b）（也可參閱 CNS 16000-13）。

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類號	
<p>a)帶有封蓋的PU發泡套筒（鋁） b)採樣筒</p>			
<p>圖二 採樣裝置，包括帶有用於固定PU泡沫的套筒的採樣筒</p>			
<p>關鍵字</p>			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 封蓋 2. O 環 3. PU 泡沫套筒(外直徑：49.5 mm，長度 length: 約 120 mm) 4. 不鏽鋼網 5. 蓋子 6. O 環 7. PU 泡沫套筒 8. 圓柱(內直徑：49 x 8 mm) 9. 裝有玻璃纖維濾網的不鏽鋼網 10. PTFE 環/f 過濾盤/PTFE 環 11. 內鑽探孔的蓋子(內鑽探孔的內直徑:27mm) 12. 墊圈 13. 檔板 14. O 環 			
<p>4.2.1.2 泵，採樣狀況下，體積流量為 2.7m³/h 到 2.8m³/h(45 l/min 到 46.7 l/min)。</p>			
<p>4.2.1.3. 氣量計</p>			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類 號	
<p>4.2.1.4. 濕度計</p> <p>4.2.1.5. 溫度計</p> <p>4.2.1.6. 氣壓計</p> <p>附註通過“小體積採樣系統”(PU發泡,例如ORBO 10001)進行OPC採樣,其採樣率只能在指定範圍內,為1.0 l / min至5.0 l / min。此類吸附劑對空氣中顆粒物的採樣效率未知(參見參考文獻[11])。此過程不符合粒子採樣要求。因此,是否能應用本文所述方法,仍須證明。</p> <p>4.2.2 樣品製備器具</p> <p>4.2.2.1 玻璃器具,傳統實驗室設備。</p> <p>4.2.2.2. 萃取器, Soxhlet。</p> <p>4.2.2.3 微量注射器, 10 μl、50 μl 和 100 μl。</p> <p>4.2.3 採樣材料和樣品製備</p> <p>4.2.3.1 二氯甲烷和甲苯,所有列出的溶劑都應具備足夠的純度以進行微量分析。</p> <p>4.2.3.2 內部標準, ^{13}C-γ-HCH 和 ^{13}C-DDE(參閱 6.1)。</p> <p>4.2.3.3 玻璃纖維濾網,直徑 5 cm,空白無污染。</p> <p>4.2.3.4 PU發泡,直徑 5 cm,長度 2.5 cm,低污染。</p> <p>「全新」PU發泡的分步清潔說明:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1)在 Soxhlet 萃取器中用甲醇萃取 24 小時; 2)在 Soxhlet 萃取器中用二氯甲烷萃取 24 小時; 3)在 Soxhlet 萃取器中用甲苯萃取 24 小時; 4)在 Soxhlet 萃取器中用丙酮萃取 24 小時; <p>被採樣和被萃取的PU泡沫的清潔說明:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 在 Soxhlet 萃取器中用甲苯萃取 24 小時; 2) 在 Soxhlet 萃取器中用丙酮萃取 24 小時; 			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類號	
<p>在接近真空條件下，在乾燥器中以溫和的超純氮氣流（來自液氮蒸發）乾燥 PU 發泡，或在 40°C 的真空乾燥箱中乾燥 PU 發泡。</p> <p>PU 發泡在萃取或清潔過程中會收縮。清潔後，應確保它們保持精確配合。</p> <p>註解 1)： ORBO 1000 是商業產品的商品名。此資訊只是為了方便本文件的用戶，並不代表 CNS 認可此名稱的產品。如果可以證明結果等效，則可以使用等效產品。</p> <p>4.3 採樣</p> <p>4.3 採樣</p> <p>如 ISO 16000-13 中所述，透過取樣頭的作用，在玻璃纖維濾網和 PU 發泡上，從室內空氣中，提高待分析物質的濃度。以這種方式對顆粒結合 OPC 和氣態 OPC 進行採樣。</p> <p>內部標準應用於 PU 發泡，而在不同位置將總量為 100 µl（對於 LRMS）或 50 µl（對於 HRMS）的內部標準溶液（參見 6.1 和 6.2.1）注入發泡中（例如使用微量注射器）。</p> <p>最好在取樣之前應用內部標準。如果在合理的情況下證明不可能，則還可以在萃取前增加內部標準，並在測試報告中註明內部標準。</p> <p>在測量位置上，將 PU 發泡插入採樣頭中。透過一對鑷子，玻璃纖維濾網被放置在過濾器支架中並加以固定。採樣頭以這樣的方式定位在支架上，其方式為，採樣空氣將在垂直方向上從底部到頂部流經採樣頭。吸孔位於地板上方 1.2 m 至 1.5 m 處。採樣持續時間通常為 1 小時。體積流量應為 2.7 m³ / h 至 2.8 m³ / h。1 小時內採集的採樣量不應超過空氣交換率的 10%。如果後者未知，則每小時抽取的採樣量不得超過房間體積的 10%。在取樣前後，應立即測量並記錄室溫，相對空氣濕度和氣壓。採樣完成後，將 PU 發泡和玻璃纖維濾網從採樣頭上取下，並放在合適的運輸容器中。</p> <p>4.4 製品製備</p> <p>所有部署的玻璃儀器均用二氯甲烷（DCM）沖洗。如果用 DCM 清洗仍無法獲得無空白玻璃儀器，則應在乾燥箱中，於 150°C 將其再加熱 24 小時。</p> <p>PU 發泡和濾網在 Soxhlet 萃取器中共同萃取。最少應執行 50 個萃取循環。</p> <p>在已控制的真空下，或在 Turbovap® 中，使用旋轉蒸發儀將獲得的萃取物還原至約 1 ml 至 5 ml 的體積。通過使用純氮氣流將體積進一步減小至約 0.1 ml 至 1 ml。不允許溶劑完全蒸發，因為很有可能損失更多揮發性 OPC。添加甲苯作為保持劑可以防止損失。</p> <p>附註：當使用甲苯作為保持劑時，氣相色譜保留時間可以改變。</p> <p>根據第 6 條進行校正，根據第 7 條進行量化。</p>			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類號	
<p>註解 2)：Turbovap 是商業產品的商品名。此資訊只是為了方便本文件的用戶，並不代表 CNS 認可此名稱的產品。如果可以證明結果等效，則可以使用等效產品。</p>			
<p>5. 測試箱空氣</p>			
<p>5.1 通論</p>			
<p>在已控制的氣候條件下，測量建築產品和消費品的排放，以便測定物質特有的釋放率（特有排放率（SER）） [12] [13] [14]。箱內空氣的測量是在無塵的環境中進行的，以便簡化採樣過程，而不會發生下文所述的微粒分離。應注意測試室的容積、空氣交換率和採樣量，讓採樣量小於供氣量。樣品製備，特別是樣品儲存，不應影響測試室的測量。</p>			
<p>由於化合物類別的物理特性，建築產品和室內設備的 OPC 排放的測量，是一個複雜的過程。原則上，此類排放可根據 CNS 16000-9 的測試室分析加以確定。如果將為揮發性有機化合物（VOC）開發的 CNS 16000-9 應用於半揮發性 OPC（SVOC），則應考慮特定的測試箱性能（例如沉降效應） [14] [15]。進行測試室分析的前提是必須理解 CNS 16000-9。</p>			
<p>5.2 取樣的器具和材料</p>			
<p>5.2.1 排放測試室，根據 ISO 16000-9。</p>			
<p>5.2.2 採樣泵</p>			
<p>5.2.3 氣體流量計</p>			
<p>5.2.4 玻璃器具，傳統實驗室設備</p>			
<p>5.2.5 萃取器，Soxhlet</p>			
<p>5.2.6 微量注射器，10 μl、50 μl 和 100 μl</p>			
<p>5.2.7 內部標準，13C-γ-HCH 或 13C-DDE(參閱 6.1).</p>			
<p>5.2.8 吸附劑，XAD-2®)或 PU 發泡</p>			
<p>5.2.9 石英棉，矽烷化石英棉</p>			
<p>以 Soxhlet 萃取法，使用甲醇執行預清洗，至少 14 小時。</p>			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類 號	
<p>5.3 採樣</p> <p>5.3.1 測試箱準備</p> <p>開始排放測量之前，應先清潔箱體（請參閱 CNS 16000-9）。隨後通過空白測量，記錄測試箱清潔度。</p> <p>5.3.2 採樣試管的準備</p> <p>根據 CNS 16000-13，對 PU 採樣介質進行清潔和引入。</p> <p>必須先適當處理市售的 XAD-2 吸附劑後才能引入。在此過程中，應按以下步驟清除 XAD-2 吸附劑的任何明顯污染物：</p> <p>a) 色譜柱中充滿約 150 g XAD-2。</p> <p>b) XAD-2 用兩次蒸餾的水（約 1 l）沖洗。</p> <p>c) XAD-2 沖洗四次，每次用約 100 ml 丙酮沖洗。</p> <p>d) XAD-2 在氮氣流中乾燥。</p> <p>e) 將 XAD-2 轉移至 100 ml 的 Soxhlet 萃取器中，並用甲醇萃取 24 小時。</p> <p>註解 3)：XAD-2 是 Buchem 提供的產品名稱。此資訊只是為了方便本文件的用戶，並不代表 CNS 認可此名稱的產品。如果可以證明結果等效，則可以使用等效產品。</p> <p>f) 用 100 ml DCM 代替甲醇，並將 XAD-2 萃取 24 小時。</p> <p>g) 將清潔的 XAD-2 轉移至色譜柱，並在 N₂ 氣流中乾燥。</p> <p>h) 將清潔過的 XAD-2 轉移到合適玻璃容器中。</p> <p>在巴斯德移液器中稱出約 500 mg (±10 mg)。然後將尖端整齊地折斷，並將一定數量的矽烷化的石英棉放在錐形上，然後將 XAD-2 摻入內標。某些矽烷化的石英棉也可以關閉 XAD-2 包裝。</p> <p>5.4 採樣程序</p> <p>根據 CNS 16000-9 的要求，採樣 XAD-2 或 PU 泡沫是在測試室的排氣流中，於規定時間內進行的。採樣期間的最大體積流量一方面受到根據 CNS 16000-9 的測試室內預定空氣交換的限制，另一方面，其最大流量不得超過 2 l / min。</p> <p>5.5 樣品製備</p>			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類 號	
<p>用 10 ml DCM 沖洗 XAD-2 採樣管。然後在旋轉蒸發儀中增加濃度，如果需要，在氮氣流下將其濃度增加到大約 100 μl。不允許溶劑完全蒸發，因為很有可能損失更多揮發性 OPC。通過添加甲苯作為保持劑可以防止損失。</p>			
<p>附註：當使用甲苯作為保持劑時，氣相色譜保留時間可以改變。 根據第 6 條進行校正，根據第 7 條進行量化。</p>			
<p>6 校正</p>			
<p>6.1 內部標準溶液和校正溶液</p>			
<p>標準溶液（內部標準溶液和校準溶液）的驗證，是根據重量控制的品質保證要求進行的。</p>			
<p>6.2 內部標準溶液</p>			
<p>6.2.1 通則要求</p>			
<p>目前沒有 13C 標記的有機磷酸酯。因此，應使用 3C-γ-HCH 或 13C-DDE 作為內部標準。</p>			
<p>附註建議不要使用氘代 TBP (D24-TBP) 作為內部標準，因為在分析特定管柱（例如 HP Ultra）上的一系列室內灰塵樣品時，會出現未知化合物，且保留時間會同於 D24-TBP。</p>			
<p>可以使用從供應商處取得的溶液，作為所需濃度的溶液，或按以下步驟製備：將 5 mg 的 13C-γ-HCH 和 13C-DDE 溶於 50 ml 異辛烷 (0.1 mg / ml)。</p>			
<p>6.2.2 低解析度下的內部標準溶液</p>			
<p>內部標準溶液用 DCM 以 1:10 (1 + 9) 的比例稀釋。結果是濃度為 10 ng / μl 的溶液。</p>			
<p>6.2.3 高解析度下的內部標準溶液</p>			
<p>內部標準溶液用 DCM 以 1:100 (1 + 99) 的比例稀釋。結果是濃度為 1 ng / μl 的溶液。</p>			
<p>6.3 低解析度下的校正溶液</p>			
<p>6.3.1 校正方案範例</p>			
<p>表三中的校正方案，以 13C-DDE 作為內部標準的實際方式做為參考。</p>			
<p>表三 用於低解析度測量的校正溶液的製備方案(13C-DDE 的範例)</p>			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類 號	

校正溶液：測量 OPC 的濃度： µg/ml	¹³ C-DDE- 溶液 µl	溶液 1 µl	溶液 2 µl
0,2	100		20
0,5	100		50
1,0	100		100
2,0	100		200
5,0	100	50	
10	100	100	

6.3.2 儲備溶液

為儲備溶液 TCEP、TCPP、TDCPP、TBP、TBEP、TEHP、TPP 和 TCP，製備原始材料。溶液製備方法如下：

- 將每種 250 mg 的相應磷酸化合物，溶解在 25 ml 甲醇 (10 mg / ml) 中。
- 這些儲備溶液用 DCM 以 1 : 100 (溶液 1) 和 1 : 1000 (溶液 2) 的比例稀釋。得到兩種溶液，濃度分別為 100 ng / µl 和 10 ng / µl。

6.3.3 校正溶液

應按照表三中的方案，由內部標準溶液和兩種儲備溶液製備校正溶液。六種校正溶液的製備如下：

- 使用微量注射器將 100 µl 內部標準溶液，填充到 2 ml 的小瓶中。
- 然後通過合適的微量注射器添加相關的儲備溶液，並填充至最終容量為 1ml。
- 通過隔墊凸緣蓋將小瓶迅速關閉。

附註要求使用內部標準可確保在採樣準備過程中補償可能的損失，例如通過補足最終體積來補償錯誤和不準確性。

校正溶液的製備，應使用與後來用於摻入 PU 泡沫的相同內部標準溶液。

6.4 高解析度下的校正溶液

6.4.1 校正方案範例

表四中的校正方案，以 ¹³C-γ-HCH 作為內部標準的實際方式做為參考。

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類號	

表四 用於高解析度測量的校正溶液的製備方案(13C- γ -HCH 的範例，參閱 6.2.1)

C 校正溶液(測量 OPC 的濃度) ng/ml	13C- γ - HCH μ l	溶液 A μ l	溶液 B μ l
5	50	-	50
50	50	50	-
500	50	500	-

6.4.2 儲備溶液

為儲備溶液 TCEP、TEHP、TBEP 和 TPP (純度為 97%)，製備原始材料。

對於 TCP，請使用異構體混合物 (純度為 90%)。

解決方案如下：

a) 將每種 10 mg 的相應磷酸化合物，溶解在 10 ml DCM (1 mg / ml) 中。

b) 這些儲備溶液用 DCM 以 1 : 1000 的比例稀釋 (溶液 A)。

所得溶液的濃度為 1 μ g / ml。

將溶液 A 再次用 DCM 以 1:10 的比例稀釋。結果是溶液 B 的濃度為 0.1 μ g / ml。

6.4.3 校正溶液

應按照表四所示的方案，由內部標準溶液和兩種儲備溶液製備校正溶液。

三種校準溶液的製備如下：

a) 將 50 μ l 的內部標準溶液 (= 50 ng) 和表四中所示的相關儲備溶液，填充至最終體積為 1 ml。

b) 在所有校正溶液中，內部標準物的濃度總計為 50 ng / ml。

c) 校正溶液應使用與後來用於摻入 PU 泡沫的相同內部標準溶液。

附註 1 要求使用內部標準可確保在採樣準備過程中補償可能的損失，例如通過補足最終體積來補償錯誤和不準確性。

附註 2 由於 OPC 在非極性溶劑中的溶解度有限，因此選擇 DCM 作為校正溶液的溶劑。

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類 號	
<p>7. 鑑別和定量</p> <p>7.1 通則</p> <p>透過高解析度或低解析度的氣體，用以分析磷酸酯。</p> <p>色譜-質譜聯用法 (GC / HR-MS 或 GC / LR-MS)。內部標準法後進行定量。對於 GC / LR-MS，操作範圍從 0.2 µg / ml 擴展到 10 µg / ml，對於 GC / HR-MS，操作範圍從 0.005 µg / ml 擴展到 0.5 µg / ml。</p> <p>在實際範例中，指定以下設備。如果使用其他設備，則應傳送相應的參數。</p> <p>7.2 分析器具</p> <p>7.2.1 毛細管氣相色譜儀，帶有質譜檢測器(參考實際範例)</p> <p>7.2.2 分流/不分流注入器</p> <p>7.2.3 毛細管柱，低極性</p> <p>7.3 用 GC / LR-MS 分析</p> <p>7.3.1 分析器具(參考實際範例)</p> <p>7.3.1.1 氣相色譜儀</p> <p>7.3.1.2 質譜儀</p> <p>7.3.2 GC 條件</p> <p>7.3.2.1 毛細管柱，DB1701，長度 30m，內直徑 0.25mm，薄膜厚度 0.25 µm</p> <p>7.3.2.2 注入器，不分流，2 µl</p> <p>7.3.2.3 管柱初始壓力，90 kPa</p> <p>7.3.2.4 溫度程序，40°C(2min) 升溫(15K/min) 至 180°C 再升溫(5K/min) 至 280°C (8.67 min)，全程 40 min，注入器和轉移試管保持在 270 °C。</p> <p>7.3.3 MS 條件</p>			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類 號	
<p>7.3.3.1 SIM 方式</p> <p>7.3.3.2 SIM 質量，參閱表五</p> <p>7.4 用 GC/HR-MS 分析</p> <p>7.4.1 分析器具(實際範例)</p> <p>7.4.1.1 氣相色譜儀</p> <p>7.4.1.2 質譜儀</p> <p>7.4.2 GC 條件</p> <p>7.4.2.1 毛細管柱，HP Ultra，長度 50m，內直徑 0.2mm，薄膜厚度 0.33 μm</p> <p>7.4.2.2 注入器，不分流，1μl</p> <p>7.4.2.3 管著壓力，186 kPa</p> <p>7.4.2.4 注入器和轉移線，270 °C</p> <p>7.4.2.5 溫度程序，60 °C (2 min)升溫(20 K/min)至 200 °C 再升溫(4 K/min)至 220 °C 再升溫(20 K/min)至 250 °C (2 min)</p> <p>7.4.3 MS 條件</p> <p>7.4.3.1 解析度，7000</p> <p>7.4.3.2 MID 程序，TCEP、TBEP、TPP、TEHP 和 p, p, p-TCP (參閱表六)</p>			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類號	

表五 質譜—低解析度質譜 (SIM 質量)

物質	保留時間 ± min	定量離子 m/z	定性離子 m/z
TBP	14,16	211	155 (150%)
TCEP	17,58	249	251(65%)
TCPP	17,46 ^a	277	279 (65%)
TDCPP	27,21	191	193(65%)
TBEP	26,36	199	299(56%)
TEHP	26,10	211	113 (500%)
TPP	26,61	326	325(82%)
TCP	30,81 ^a	367	368 (130%)
¹³ C ₁₂ -DDE (內部標準)	21,77	330	328(86%)

^a 幾種異構化合物

^b 不同管柱的範圍

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類號	

表六 質譜—高解析度質譜(MID 程序)

	化合物	碎片 m/z
1.視窗	TCEP	204,9588
		206,9559
		248,9850
		250,9821
	13C-HCH	188,9550
		226,9286
2.視窗	TBEP	199,0735
		227,1048
		299,1623
3.視窗	TPP	325,0630
		326,0708
		327,0742
4.視窗	TEHP	98,9847
		113,0004
5.視窗	TCP	367,1099
		368,1177
		369,1211

7.5 計算結果判定和呈現

7.5.1 一般層面

注入校正溶液（最少三項）以進行校正和分析。應根據品質保證指南，對每個分析或一系列分析，加以檢查校正。

分析後，針對每種校正溶液，計算待分析物質的碎片離子跡線的峰值面積，以及內部標準物的碎片離子跡線的峰面積(峰面積比)的商(例如 13C-DDE 的 $m/z=330$ 和 13C- γ -HCH 的 $m/z=227$)。為了校正功能的視覺化，將峰值面積比與濃度作圖。校正函數由線性迴歸程式 $vPF=bp+a$ 來決定。

測定的係數將用於計算測量溶液中的濃度：

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類 號	
<div style="text-align: center;"> $P = \frac{V_{VPF} - a}{b}$ <p>(式 1)</p> </div> <p>在此處</p> <p>P 是濃度 VPF 是峰值面積比 b 是斜率 a 是截距</p> <p>7.5.2 室內空氣樣本 測量結果應以 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 表示，並四捨五入為兩位有效數字。</p> <p>7.5.3 測試室空氣樣本 測量結果應以 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 表示。可以從中計算比排放率 (SER) (例如根據 ISO 16000-9)。結果將分別四捨五入到兩位有效數字。</p> <p>8. 效能特性</p> <p>8.1 空氣分析的效能特性</p> <p>室內空氣和試驗室空氣中的 TBEP、TBP、TCEP、TCPP、TEHP、TCP 和 TPP 的分析特性：</p> <ul style="list-style-type: none"> —採樣體積為 1 m^3； —定量極限 (相對於空白) 為 10 ng / 樣品，相當於 $0.01\text{ }\mu\text{g} / \text{m}^3$； —15%到 20%的標準偏差 (日常精度)； —分析方法的回收率 > 90%。 <p>對於突破性行為，在使用過程中無法預見所用吸附劑的突破。室內空氣或試驗室空氣的標準濃度，最大採樣體積為 2 m^3。</p> <p>9. 品質保證</p> <p>建議進行多次採樣。測量計劃應規定要採取哪些措施以滿足客戶指定的質量要求。在選擇和規</p>			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類 號	
<p>定質量保證措施時，應事先回答以下問題：</p> <ul style="list-style-type: none"> —測量機構是否有成文的品質保證系統？ —是否要進行重複測量或比較測量（例如與其他實驗室進行）？ —如何確定測量不確定度（例如，根據 DIN 1319-3）？ —測量機構參加了哪些實驗室測試？ <p>10. 干擾</p> <p>10 干擾</p> <p>所描述的 OPC 的物理和物理化學性質，以及它們的廣泛分布，導致對 OPC 定量非常困難。建議定期檢查程序的每個步驟，以確保沒有</p> <p>空白或殘留效應。如有疑問，應在每次確定之前檢查空白。</p> <p>在方法的開發過程中和本指南的起草過程中，我們發現，應適當應用本指南，以避免以下干擾：包含 OPC 的材料（例如紙質過濾器）以及設備壁上的吸附損失會造成相關的空白，進而導致殘留效應。例如，環己烷不能保持溶液中強極性 OPC 的位置。當使用丙酮/環己烷萃取時，如果通過蒸餾從溶劑混合物中除去丙酮，則會發現高達 100% 的可用 TCEP 不可逆地吸附在萃取或濃縮設備的玻璃壁上[4]。由於塑料中的 OPC 吸收，通常不適合帶有塑料密封件的自動提取設備 [4]。應特別注意清潔用於準備樣品的玻璃儀器。</p> <p>當將氘代 TBP (D24-TBP) 用作內部標準時，一系列室內灰塵樣品在特定的管柱（例如 HP Ultra）中會出現未鑑定的化合物，這些保留時間與 D24-TBP 的保留時間相同。</p>			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻					總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯					類號	
附錄 A 參考資訊 名稱和物理特性 表 A. 1. 所選的有機磷化合物的物理性質							
類別/名稱	縮寫	CAS 號碼	化學式	分子量 g/mol	沸點 °C	蒸氣壓 hPa	註
烷基 OPC							
磷酸三乙酯	TEP	78-40-0	C ₆ H ₁₅ O ₄ P	182,2	215 to 216 (1013hPa) ^d	<1,3 [25 °C] ^c 1,4 [40 °C] ^d	
磷酸三正丁酯	TBP	126-73-8	C ₁₂ H ₂₇ O ₄ P	266,3	289 (1013hPa) ^e 130 (5hPa) ^d	<6,6 [25 °C] ^e 0,08 [50 °C] ^d	
磷酸三(2-丁氧基乙基)酯	TBEP	78-51-3	C ₁₈ H ₃₉ O ₇ P	398,5	200 to 230 (5hPa) ^e 5,3hPa) ^j 215 to 228 (5hPa) ^c	2,8 × 10 ⁻⁷ [25 °C] ^j <1,3 [25 °C] ^c 0,04 [150 °C] ^c	
磷酸三(2-乙基乙基)酯	TEHP	78-42-2	C ₂₄ H ₅₁ O ₄ P	434,6	220 (7hPa) ^j 210 (5hPa) ^d	<0,1 [20 °C] ^j <6,6 [20 °C] ^c 2,5 [200 °C] ^d	
芳香基 OPC							
磷酸三苯酯	TPP	115-86-8	C ₁₈ H ₁₅ O ₄ P	326,3	370 (1013hPa) ^c 247 (15hPa) ^d	0,2 [150 °C] ^c 1,3 [193 °C] ^d	
酸甲苯基二苯酯	CBP	26444-49-5	C ₁₉ H ₁₇ O ₄ P	340,3	235 to 255 (nodata) ^c	無資料	GC: 2 種異構物
磷酸三甲苯酯 (異構物混合物)	TCP	1330-78-5	C ₂₁ H ₂₁ O ₄ P	368,4	262 to 264 (11hPa) ^e 241 to 255 (5hPa) ^c	1,1 × 10 ⁻⁴ [20 °C] ^c	
o,o,o-磷酸三甲苯酯	o,o,o-TCP	78-30-8	C ₂₁ H ₂₁ O ₄ P	368,4	410 (1013hPa) ^c	13,3 [265 °C] ^e 2,3 × 10 ⁻⁶ [25 °C] ^c	

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類號	

表 A.1. 所選的有機磷化合物的物理性質(續)

組別/名稱	縮寫	CAS 號碼	化學式	分子量 g/mol	沸點 °C	蒸氣壓 hPa	附註
1,1,1-磷酸三甲 苯酯	m,m,m- TCP	563- 04-2	$C_{21}H_{21}O_4P$	368,4	260 (20hPa) ^e	無資料	
1,1,1-磷酸三甲 苯酯	p,p,p-TCP	78-32-0	$C_{21}H_{21}O_4P$	368,4	244 (5hPa) ^e	無資料	
鹵化 OPC							
磷酸三(2-氯 乙基)酯	TCEP	115- 96-8	$C_6H_{12}O-_4Cl_3P$	285,5	351 (1013hPa) ^f	<13,3 (25 °C) ⁱ	
磷酸三(1-氯- 2-丙基)酯	TCPP	13674- 84-5	$C_9H_{18}O-_4Cl_3P$	327,6	236to248 (1013hPa) ^f	< 2,7 (25 °C) ⁱ	GC: 3 種異 構體
磷酸三(3-氯丙 基)酯	TCPP	nodata	$C_9H_{18}O-_4Cl_3P$	327,6			
磷酸三(1,3-二 氯-2-丙基)酯	TDCPP	13674- 87-8	$C_9H_{15}O-_4Cl_6P$	430,9	236to237 (7hPa) ^f	0,01 (30 °C) ⁱ	
磷酸三(2,3-二 氯丙基)酯	TDCPP	nodata	$C_9H_{15}O-_4Cl_6P$	430,9			鹼絡劑效 果不顯著
磷酸三(2,3- 二溴丙基)酯	TDBPP	126- 72-7	$C_9H_{15}O-_4Br_6P$	697,7	390 (nodata) ^h	$2,5 \times 10^{-4}$ (25 °C) ^h $1,6 \times 10^{-3}$ (45 °C) ^h $6,4 \times 10^{-3}$ (65 °C) ^h	"Tris"
鹵化 OPC							
四苯基四苯二 酯二磷酸酯	RDP	57583- 54-7	$C_{30}H_{24}O_8P_2$	574,5	> 300 (nodata) ^b	<1,3 (38 °C) ^b	理想化結 構下的資 料

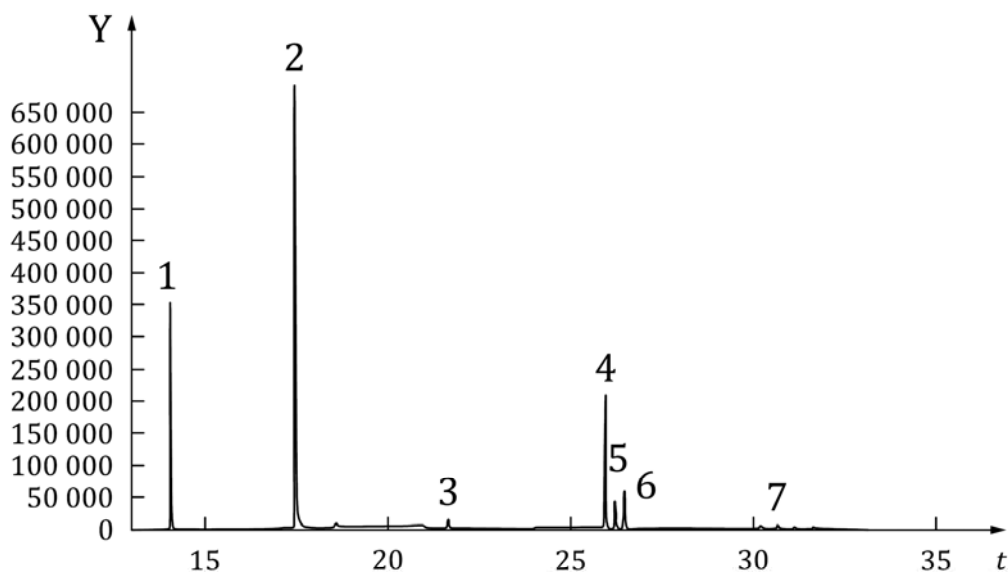
國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻 燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	總號	
CNS 草案		類號	

表 A.1. 所選的有機磷化合物的物理性質(續)

組別/名稱	縮寫	CAS 號 碼	化學式	分子量 g/mol	沸點	蒸氣壓 hPa	附註
四苯基雙磷 A 二磷酸酯	BDP	無資料	$C_{39}H_{34}O_8P_2$	692,6	無資料	無資料	理想化結構下的資料
<p>a ABCR 安全資料表 b AkzoNobel98,Flyoflex 產品資訊 c ChemFinder. d Merck 安全資料表 96,99. e WHO1991,EnvironmentalHealthCriteria,110. f WHO1991,EnvironmentalHealthCriteria,Hef111. g WHO1991,EnvironmentalHealthCriteria,112^h WHO1995,EnvironmentalHealthCriteria,173.WHO1998 ,EnvironmentalHealthCriteria,209.j WHO 2000, EnvironmentalHealthCriteria,218.</p>							

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類號	

附錄 B
參考資訊



Key

- x abundance
- y time
- 1 tri-n-butyl phosphate
- 2 tris(2-chloro-ethyl) phosphate
- 3 $^{13}\text{C}_{12}$ -DDE (internal standard)
- 4 tris(2-ethylhexyl) phosphate
- 5 tris(2-butoxyethyl) phosphate
- 6 triphenyl phosphate
- 7 tricresyl phosphate

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類 號	
<p>Key</p> <ul style="list-style-type: none"> x abundance y time 1 tri-n-butyl phosphate 2 tris(2-chloroethyl) phosphate 3 ¹³C₁₂-DDE (internal standard) 4 triphenyl phosphate 			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法—磷酸酯	類 號	
參考書目			
<p>[1] DIN 1319 Part3,Grundlagen der Messtechnik—Teil3: Auswertung von Messungen einer einzelnen Messgröße, Messunsicherheit[Basic concepts of metrology—Part3: Evaluating measurements of a single measurand and expression of uncertainty]</p> <p>[2] VDI 4301 Part5,Messen von Innenraumluftverunreinigungen—Messen von Flammschutzmitteln und Weichmachern auf Basis phosphororganischer Verbindungen—Phosphorsäureester [Measurement of indoor air pollution —Measurement of flame retardants and plasticizers based on organophosphorus compounds—Phosphoric acid ester]</p> <p>[3] Vander Veen I.,& de Boer J. Phosphorous flame retardants: Properties, production, environmental occurrence, toxicity and analysis.Chemosphere.2012,88pp.1119–1153</p> <p>[4] Sagunski H.,& Roskamp E.Richtwerte für die Innenraumluft: Tris(2-chlorethyl) phosphat. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2002,45pp.300–306</p> <p>[5] Wensing M.,Uhde E.,Salthammer T. Plastics additives in the indoor environment—flame retardants and plasticizers. Sci. Total Environ. 2005,339pp. 19–40</p> <p>[6] World Health Organization (WHO). Flame Retardants: A General Introduction. Environ. Health Criteria.1997,192, Geneva</p> <p>[7] Umweltbundesamt (UBA) Erarbeitung Von Bewertungsvorschlägen zur Substitution umweltrelevanter Flammschutzmittel. Band I–III; Texte 25/01, 26/01, 27/01, Berlin 2000, ISSN 0722-186X</p> <p>[8] Ingerowski G., Friedle A., Thumulla J. Chlorinated ethyl and isopropyl phosphoric acid triesters in the indoor environment—an inter-laboratory exposure study. Indoor Air. 2001, 11pp.145–149</p> <p>[9] Hansen D., Volland G., Krause G., Zölter D. Bestimmung und Vorkommen von phosphororganischen Verbindungen in Hausstaub und Raumluft. Gefahrstoffe—Reinhaltung der Luft.2001,61pp.13–17</p> <p>[10] Carlsson H., Nilsson U., Becker G., Ostmann C. Organophosphate ester flame retardants and plasticisers in the indoor environment: analytical methodology and occurrence. Environ.Sci.Technol.1997,31pp. 2931–2936</p> <p>[11] EPATO-10 A: Determination of pesticides and polychlorinated Biphenyls in ambient air using low volume polyurethane foam (PUF) sampling followed by gas chromatographic/multi-detector (GC/MD) detection</p> <p>[12] Salthammer T.,& Wensing M. Flame retardants in the indoor environment. Part IV: Classification of experimental data from house dust, indoor air and chamber tests. Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air and Climate.2002,2pp.213–218</p> <p>[13] Wensing M. Untersuchungen zum Freisetzungsverhalten von organischen Flammschutzmitteln</p>			

國際標準	室內空氣—第 31 部：有機磷化合物的阻	總 號	
CNS 草案	燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯	類 號	
<p>aus Produkten für den Innenraum. Luftverunreinigungen im Innenraum. VDI Bericht 1778. VDI Verlag, Düsseldorf, 2003, pp.87–98.</p> <p>[14] Kemmlein S.,Hahn O.,Jann O. Emissionen von Flamm schutzmitteln aus Bauprodukten und Konsumgütern. Forschungsbericht 299 65 321. UBA-FB 000475. UBA-Texte 55/03. ISSN0722-186x http://www.umweltbundesamt.de</p> <p>[15] Salthammer T.,Uhde E., Wensing M.Bestimmungvon SVOC in Prüfkammern– Flamm schutzmittel und Weichmacher.In: Neuere Entwicklungen bei der Messung und Beurteilungder Luftqualität. VDI Berichte 1656 (2002). Düsseldorf: VDI Verlag 2002. ISBN3-18-091656-7</p> <p>[16] WHO. 1991,Environmental Health Criteria,No.110–Tricresyl phosphate, http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc110.htm</p> <p>[17] WHO. 1991,Environmental Health Criteria,Heft,No.111–Triphenylphosphate, http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc111.htm</p> <p>[18] WHO. 1991,Environmental Health Criteria,No.112–Tributylphosphate, http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc112.htm</p> <p>[19] WHO. 1995,Environmental Health Criteria,No.173–Tris-andbis(2,3-dibromopropyl) phosphate, http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc173.htm</p> <p>[20] WHO. 1998, Environmental Health Criteria,No.209–Flameretardants:tris(chloropropyl) phosphateandtris(2-chloroethyl)phosphate,http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc209.htm</p> <p>[21] WHO. 2000, Environmental HealthCriteria, No.218–Flameretardants:tris(2-butoxyethyl) phosphate,tris (2-ethylhexyl) phosphateandtetrakis(hydroxymethyl)phosphonium,http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc218.htm</p> <p>[22] ISO16000-6, Indoor air—Part6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA® sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID</p>			

第五章 結論與建議

第一節 結論

(一). 國際間積極對「塑化劑」物質管制以外，對於健康危害與日俱增之「半揮發性有機化合物, Semi-Volatile Organic Compounds, SVOCs」，目前國際綠建材標章，歐盟委員會(European Commission)訂定「歐盟統一測試標準」，公告「歐盟建材毒物逸散檢測新標準」(CEN/TS 16516)，其中對於「塑化劑」與「半揮發性有機化合物」(SVOCs)詳細規範其指標污染物質、測試方法及逸散標準，逐漸帶動國際綠建材標章將「塑化劑」與「總半揮發有機化合物, TVOC」作為檢測評定必要項目，並設定相關建材評估基準。

(二). 本研究參考「ISO 16000-33：以 GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」之標準分析方法，建立建材塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOCs 檢測方法，可與國際建材檢測水準同步一致。

(三). 依據 ISO 16000-33 建構之標準新式 Florisil 矽酸鎂採樣分析方法，可對不同板材類建材檢測塑化劑與 SVOCs 之能力，其檢測分析以 GC/MS 儀器分析方法可達 100 ppb 之偵測極限，研究再加以採用 LC/MS MS 儀器分析方法可達 2 ppb 之偵測極限，其 Florisil 矽酸鎂採樣分析方式可應用至實驗分析與檢測。

(四). 透過文獻與實驗分析，以綠建材標章資料庫，選取「板材類」之綠建材標章產品與非綠建材標章產品各 3 件，包括綠建材標章板材類產品(再生類塑橡膠地板材、健康類塑膠仿木地板、再生類塑橡膠地板材)與非綠建材標章產品(PVC 地磚/地板、塑膠卡扣地板、複合地板外表面覆地毯)，進行「逸散測試」(塑化劑 9 種類與 SVOCs 逸散檢測)，結果顯示，再生類綠建材標章產品逸散 DEHP 物質，若以綠建材通則限制性物質塑化劑含量基準 0.1%(1000 ppm)評量，皆符合通則評定基準，然而，因實驗樣本厚度較厚關係，仍有逸散塑化劑與 SVOCs 物質。非綠建材產品(PVC 地磚/地板、塑膠卡扣地板、複合地板外表面覆地毯)則顯示其逸散，濃度介於 14.4~355.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，因實驗樣本厚度極薄關係，若以歐盟建材標準之限值評定，皆高於評定標準甚多，影響

健康安全。

(五). 研究完成 ISO 16000-31 研擬「有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法 - 磷酸酯」CNS 標準草案，未來可提供分析建材阻燃劑物質之標準試驗方法參考應用。

第二節 建議

建議一

符合國際綠建材標章與標準評定方法，提供〈內政部綠建材標章解說與評估手冊〉新增「健康綠建材標章塑化劑與 SVOC 逸散量檢測方法」之參考，並可作為綠建材標章後市場查核制度之檢測機制；立即可行建議

主辦機關：內政部

協辦機關：內政部建築研究所

本研究擬定「塑化劑與半揮發性有機化合物 SVOC 逸散檢測標準方法-板材類建材」，係參考 CNS 16000-25 室內空氣-第 25 部：建築產品逸散半揮發性有機化合物之測定-微型容器法，與 ISO 16000-33 室內空氣-第 33 部：以 GC/MS 檢測鄰苯二甲酸酯類方法，建議我國綠建材標章在「塑化劑」與「半揮發性有機化合物, SVOC」部分，可優先針對鄰苯二甲酸酯類(DMP、DEP、DBP、BBP、DEHP、DNOP、DINP、DIDP、DIBP 等 9 種塑化劑物質)逸散評估檢測，提供〈內政部綠建材標章解說與評估手冊〉新增「健康綠建材標章塑化劑與 SVOC 逸散量檢測方法」之參考，並可作為綠建材標章後市場查核制度之檢測機制，以利我國綠建材技術與國際同步，保障國人健康與安全。

建議二

ISO 16000-31 可研擬「有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法 - 磷酸酯」為 CNS 國家標準草案，作為 CNS 國家標準對建材產品阻燃劑檢測標準；立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

本研究參考 ISO 16000-31 室內空氣－第 31 部：建有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法－磷酸酯法，擬定為 CNS 國家標準草案，可成為建材產品阻燃劑檢測標準方法之應用，作為室內裝修防火管理參考。

附錄一 期初審查意見與回應

項次	審查意見	意見回應
1	專家諮詢會議中邀請之專家如何選定，請補充說明。	針對專家諮詢將依本計畫需求之化學、化工專業背景及建築、設計、建材、環境(環工/環醫)等，以其與本計畫之重要相關度邀請擔任，另再邀請數據分析專家與會。
2	本計畫研究主要項目為參考 ISO 規範並加入本國特色建置新規範，或者產生有別於國外的不同規範，請補充說明。	本計畫研究目標為參考 ISO 規範並加入本國特色建置標準，可與國際一致並增加本國檢測能力與產業技術。
3	建議加強考量協助國內檢測能力及標準與國際知名標章之對接機會，以輔導廠商創造更大商機。	本研究計畫參考 ISO16000 標準可與國際檢測公認標準方法一致，對我國綠建材檢測能力之水準有顯著提升，另對於實驗室參考 ISO 標準進行檢測分析及未來取得 ILAC-TAF 認證可增加台灣建材與國際標章對接機會，創造商機。
4	鄰苯二甲酸酯類(phthalate Esters, PAEs)是鄰苯二甲酸(phthalate acid)的酯化衍生物，是最常見的塑化劑，以鄰苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(di(2-ethylhexyl)phthalate, DEHP)為最大宗，佔塑化劑產量的四分之三。至服務建議書第 6 頁有 2 處載述「鄰苯二甲酸酯類(DEHP)」，第 7 頁有 2 處載「DEHP 鄰苯二甲酸酯類」敘述明顯不恰當。	服務建議書所載之塑化劑相關專有術語誤繕部分，將參考修正。
5	服務建議書第 7 頁表 2.9 中 DEP 中文名稱應為「鄰苯二甲酸二『乙』酯」非「鄰苯二甲酸二『己』酯」；另同頁倒數第三行「D『M』P」(鄰苯二甲酸二『丁』酯)：應為「D『M』P」(鄰苯二甲酸二『甲』酯)或「D『B』P」(鄰苯二甲酸二『丁』酯)，請修正。	服務建議書第 7 頁倒數第三行將修正為「DMP」(鄰苯二甲酸二甲酯)。
6	服務建議書第 4 頁末段：「……參考	服務建議書第 4 頁之說明為目前綠建材

	<p>CNS15138-1.....將塑膠樣品經破碎至直徑約 2mm 以下後，以『溶劑萃取』並分析其『可塑劑(塑化劑)』含量。然而，現今國際最新健康建材檢測方法與標準，已轉換至『逸散量』或『逸散速率』作為『評估標準』.....」，為何服務建議書第 18、19 頁表 6 之附錄 5 與附錄 7 仍有使用「溶劑萃取法」，請補充說明。</p>	<p>標章依 CNS15138 方法，以建材破碎後萃取溶出其塑化劑含量；而第 18、19 頁表 6 之說明為今年度將參考 ISO16000-33 分析方法，由吸附管捕集建材逸散至空氣中之塑化劑後，依該檢測方法採用溶劑萃取並分析其濃度。</p>
7	<p>建材添加塑化劑之議題，國內外相關標章有部分已將塑化劑納入管理，惟塑化劑為半揮發性有機化合物之一，暴露途徑以食入為主，試驗方法亦需考慮此點，請補充說明本計畫將採何種試驗方法。</p>	<p>塑化劑自建材表面逸散至空氣中容易與灰塵(PM10/PM2.5)結合，並經由手、鼻、口攝入(食入)至體內，在分析上參考 ISO16000-33 將表面刮塗分析方法與灰塵分析法建置，可分析其食入之暴露途徑。</p>
8	<p>不同氣候條件對試驗之影響為何，請補充說明。</p>	<p>我國綠建材標章之健康綠建材檢測溫度為 25°C，本研究除參考適用外，可增加夏季高溫氣候(30°C 以上)檢測其升溫差異。</p>

附錄二 期中審查意見與回應

項次	審查意見	意見回應
1	在無法取代塑化劑存在於塑料之前提下,建議鼓勵產業界研發降低塑料釋出有害揮發或半揮發性有機化合物之相關科技研發,尤其針對逸散至室內空間之化合物項目。	近幾年歐盟與美國等先進國家已逐步禁用或限用塑化劑物質於生活用品,在建材部分亦有許多標準、標章限制塑化劑,目前已有替代塑化劑之物質應用,然而對於人體健康安全仍有疑慮,本研究擬建置建材塑化劑與 SVOC 檢測標準方法,期能有效管控建材塑化劑等物質之健康危害問題。
2	本研究已完成期中審查階段之進度,應可如期如質完成研究,同時亦完整回應期初審查意見,並參照執行,值得肯定。	感謝委員意見,將持續精進研究,提供完整研究成果供綠建材標章等制度與標準參考應用。
3	本研究亦完成參考 ISO16000-33 國際檢測方法,並將順利取得 ILAC-TAF 認證,將可增加臺灣建材與國際標章對接機會,擴大國際接軌的機會。	國際 ISO 16000 標準已成為目前檢測建材與空氣品質之重要標準,本研究引用 ISO 16000-33 標準可作為實驗室能力與國際同步之證明,未來標準方法新增至 TAF 與 ILAC 認證,可作為國際檢測實驗室之相互採認。
4	已完成「板材類」之綠建材標章材料及非綠建材標章者各 3 件產品,測試研擬 SVOCS 逸散檢測方法,有利於建立標準測試法。	本研究以「CNS 16000-25:微型容器法」對抽樣之板材類建材(3 件綠建材標章產品、3 件非綠建材標章產品)進行塑化劑與 SVOC 逸散檢測,並以「ISO 16000-33:鄰苯二甲酸酯類分析方法」,分析建材逸散之濃度數值,可作為與國際綠建材標章同步檢測項目與建置國際水平之檢測標準方法。
5	研究報告內容建請敘明實驗方法之 TVOC 定性定量之範圍及標準,以利依循。	本研究實驗方法以 ISO 16000-33 為主要分析方法,其 VOCs 介於 C16-C22,屬半揮發性有機化合物 SVOC 範圍,將補充說明於實驗標準方法。
6	本研究試驗所採用之 chamber 性能條件及 ACH 量,應予詳細敘明。	本實驗參考 CNS 16000-25: 建材逸散半揮發性有機化合物測定-微型容器法,其容器為 630ml 體積,以每小時

項次	審查意見	意見回應
		約 1.9 次(ACH)進行換氣，將敘明於實驗標準方法。
7	本研究僅選定實驗 3 個試件，是否足以探討 2 種分析方法之差異性，建議在結論中加強論述。	本研究以 ISO 16000-33 為主要分析方法，其中採樣介質分析方法分為 Tenax TA(熱脫附法)與 Florisil (溶劑脫附法)，兩者在脫附效率上有所差異，以 Florisil (溶劑脫附法)較佳可獲得準確度較高之分析結果。
8	ISO 16000 系列在 CNS 已翻譯建置完成，可在內容補充說明，並統一相關用語名稱。	本研究將參考 CNS 16000 標準之用詞用語作為「ISO/CNS 16000-31: 有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯」(草案)之應用。
9	本研究針對國際建材標章管制趨勢，朝向逸散量取代溶出含量的檢測項目及方法驗證研議，研究方向與階段成果值得肯定。	本研究參考最新國際標準 ISO 16000 系列，並與國際綠建材標章及歐盟通用標準一致，以「逸散量」檢測方式分析建材塑化劑與 SVOC 物質，未來可作為綠建材標章等檢測參考應用。
10	建議依臺灣在地氣候特性規則逸散指標性污染物檢測流程，建立屬於國內適用之標準方法，並將技術及方法落實在建研所實驗室。	本研究將參考臺灣在地氣候條件與檢測指標污染物，建立適用之標準檢驗方法，供本所性能實驗中心實驗室應用與技術提升。
11	本研究執行內容豐富，且未來將提出 CNS 標準草案，對業界或民眾貢獻良多。	感謝委員意見，將持續精進以研究成果提供產業界參考應用。
12	第 6 頁圖 1-2 與圖 1-3 建議分開。	已修正第 6 頁圖 1-2 與圖 1-3 。
13	第 19 頁第一段最後一行，牆版泥灰、水泥與石膏等常見物品中之牆「版」建議改為牆「板」，第 21 頁部分併請一同修正。	誤繕處已修正為牆「板」。
14	第 25 頁 Dehp 建議一致改為 DEHP，倒數第四行之「現性」的關係，建議確認是否為「線性」。	誤繕處已修正為 DEHP 及線性。
15	第 91 頁樣品之綠建材標章 GB1、GB3，建議確認是再生類還是健康類。	本次選樣之綠建材標章產品為「再生類」綠建材標章產品。
16	第 7 頁 DIPP(鄰苯二甲酸二具癸酯)與	已修正為「癸」酯。

項次	審查意見	意見回應
	第 84 頁鄰苯二甲酸二具「葵」酯建議統一。	
17	期中報告未見參酌 ISO 16000-31 研擬「有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯」CNS 標準(草案)部分之辦理情形, 建請補充說明。	已完成 ISO 16000-31 之翻譯, 並於期末成果報告完成有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯」CNS 標準(草案)。

附錄三 期末審查意見與回應

項次	審查意見	意見回應
1	本研究已順利完成 5 項預期成果，值得肯定。	感謝委員意見，研究成果可提供建材檢測與綠建材標章推動應用，技術提昇與擴大產業產值。
2	本研究已依幾項重要發現並作出可行建議，其中國際間對「塑化劑」物質管制外，也管制「半揮發性有機化合物 SVOCs」，因而擬出建議「內政部綠建材標章解說評估手冊」新增「健康綠建材標章塑化劑與 SVOC 逸散量檢測方法」並可作為後市場查核制度之檢測機制，實屬立即可行。另 ISO 16000-33 已擬定「GC/MS 偵測鄰苯二甲酸酯類標準方法」制訂國際建材檢測法，本研究因此提出 CNS 國家標準對建材產品阻燃劑檢測標準，即「CNS 有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯」，亦屬立即可行。	感謝委員意見，本研究參考 ISO 16000-33 室內空氣—第 33 部：以 GC/MS 檢測鄰苯二甲酸酯類方法建構「檢測鄰苯二甲酸酯類標準方法」具體提出塑化劑污染物檢測標準驗證方法，檢測板材類建材進行塑化劑與 SVOCs 逸散檢測並轉換 ISO 16000-31 為 CNS 草案「有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯」，可建立新建材檢測技術與制訂國家標準參考。
3	本研究成果均有明顯之結論，值得肯定。	感謝委員意見，將研究成果提供建材檢測與綠建材標章推動之參考。
4	有關阻燃劑可能之逸散應該跨部會討論。儘量在兩者之間，功能與環境友善間取得容許之平衡。	阻燃劑屬於半揮發性有機化合物 SVOCs，可區分為磷系阻燃劑、溴系阻燃劑，過去研究多於環境暴露發現，目前歐盟等國家已開始禁用或替代使用磷系阻燃劑，本研究轉換 ISO 16000-31 為 CNS 草案「有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯」標準可建立建材分析方法。
5	符合預期成果需求。	感謝委員意見，研究成果可提供國內建材檢測技術發展及綠建材標章推動應用。
6	本研究已完成有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯 CNS 標準草案，成果值得肯定，未來建議參考國	本研究透過調查建材含有塑化劑及其他 SVOCs 之可能性並進行建材逸散性能試驗，提高國內健康綠建材之健康性能

項次	審查意見	意見回應
	外的逸散標準列入綠建材評定標準。	基礎資料，進一步擬定綠建材評定基準及認定範圍，有助國內相關建材法規之增訂，提升綠建材標章制度擴大評定。
7	本研究標準驗證以板材類為主，建議後續應該擴大至其他可能含有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑的項目。	本研究今年以板材類為主要探討對象，建立 ISO 16000-33 塑化劑檢測方法於實驗檢測，並轉換 ISO 16000-31 阻燃劑檢測標準為 CNS 草案，後續檢測其他類建材之塑化劑、阻燃劑等半揮發性有機化合物 SVOCs。
8	請於報告書中列出預建立之檢測作業標準流程與樣本條件。	檢測作業標準流程與樣本條件增加於第三章說明。
9	建議於成果報告補充說明選定建材的安全標準與量測到的濃度對健康風險的影響。	增加選定建材的安全標準與量測濃度對健康風險的影響於第二章說明。
10	本研究期末報告書中內容豐富，已研提相關磷酸酯 CNS 標準草案，後續建議建研所可循序提送標準檢驗局進行增訂，並可提供業界參考。	感謝委員意見，將提供本研究成果 ISO16000-31 轉換為 CNS 有機磷化合物的阻燃劑和塑化劑試驗法-磷酸酯標準草案供參考。
11	本研究第 1 項預期成果係提出國際綠建材規範與我國建康綠建材標章評定方法與基準之差異，報告書內容對於差異之說明似有不足，建議加強補充。	國際綠建材規範與我國建康綠建材標章評定方法與基準之差異增加補充說明於第三章。
12	另建議報告書補充英文摘要。	已補充英文摘要。
13	報告書第 5 頁表 1-1、第 37 頁表 2-11、第 38 頁、第 39 頁、第 112 頁等字太體小看不清楚。	已放大字體呈現。
14	報告書第 23 頁 ng/m^3 建議以 mg/m^3 或是 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 表示。	已修改為 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 表示。
15	報告書第 24 頁 $\text{um}/\text{m}^2/\text{h}$ 是表示什麼？	已修改為 $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 表示。
16	報告書第 69 頁 C_A 與 CA 要一致。	已修改為 C_A 表示。
17	符合預期成果。本研究對國際綠建材標章與我國健康建材標章評定方法與基準有非常完整的分析及說明，值得肯定。	感謝委員意見，將提供本研究成果予建材檢測技術發展及綠建材標章推動應用。
18	塑化劑的含量，建議未來依環保署、	目前國內塑化劑建材檢測方法不一，基

項次	審查意見	意見回應
	經濟部標準檢驗局要有一致的基準及試驗法。	準亦不相同，本研究有助於訂定建材逸散塑化劑與 SVOCs 之基準研議參考使用。
19	本研究重要的成果在提出標準草案，請於成果報告中就該部分圖文重新繪製繕打。	因印刷品質關係，已重新繪製與繕打。
20	研究中有使用 LC/MS/MS 設備進行分析，但結論中卻沒有將該設備分析結果予以說明，請補充。	已補充說明 GC/MS 與 LC/MS/MS 設備分析之結果於結論。
21	單位面積、單位厚度對逸散量的影響差異，請補充說明。	本研究以單位面積方式進行計算逸散濃度，對於厚度之差異影響逸散結果，建議可規範材料厚度及計算導入單位厚度評估，已補充說明於第四章檢測結果。

附錄四 ISO 16000-31 標準方法

Licensed to Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior, ROC (Taiwan) / Cheng Chen Chen (coolhas2000@yahoo.com.tw)
ISO Store Order: OP-394294 / Downloaded: 2019-09-21
Single user licence only, copying and networking prohibited.

**INTERNATIONAL
STANDARD**

**ISO
16000-31**

First edition
2014-05-01

Reviewed and confirmed in 2019

Indoor air —

**Part 31:
Measurement of flame retardants
and plasticizers based on
organophosphorus compounds —
Phosphoric acid ester**

Air intérieur —

*Partie 31: Mesurage des ignifugeants basés sur des composés
organophosphorés — Ester d'acide phosphorique*



Reference number
ISO 16000-31:2014(E)

© ISO 2014

Contents

Page

Foreword	iv
Introduction	vi
1 Scope	1
2 Normative references	1
3 Occurrence	1
4 Indoor air	3
4.1 Measurement planning	3
4.2 Apparatus and materials for sampling and sample preparation	3
4.3 Sampling	6
4.4 Sample preparation	6
5 Test chamber air	6
5.1 General	6
5.2 Apparatus and materials for sampling	7
5.3 Sampling	7
5.4 Sampling procedure	8
5.5 Sample preparation	8
6 Calibration	8
6.1 Internal standard solutions and calibration solutions	8
6.2 Internal standard solutions	8
6.3 Calibration solutions for low resolution	9
6.4 Calibration solutions for high resolution	10
7 Identification and quantification	11
7.1 General	11
7.2 Analysis apparatus	11
7.3 Analysis with GC/LR-MS	11
7.4 Analysis with GC/HR-MS	11
7.5 Calculation result interpretation and presentation	13
8 Performance characteristics	14
8.1 Performance characteristics of the air analyses	14
9 Quality assurance	14
10 Interferences	14
Annex A (informative) Nomenclature and physical characteristics	16
Annex B (informative) Example chromatograms for standard solutions	19
Bibliography	21

ISO 16000-31:2014(E)

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

The procedures used to develop this document and those intended for its further maintenance are described in the ISO/IEC Directives, Part 1. In particular the different approval criteria needed for the different types of ISO documents should be noted. This document was drafted in accordance with the editorial rules of the ISO/IEC Directives, Part 2 (see www.iso.org/directives).

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights. Details of any patent rights identified during the development of the document will be in the Introduction and/or on the ISO list of patent declarations received (see www.iso.org/patents).

Any trade name used in this document is information given for the convenience of users and does not constitute an endorsement.

For an explanation on the meaning of ISO specific terms and expressions related to conformity assessment, as well as information about ISO's adherence to the WTO principles in the Technical Barriers to Trade (TBT) see the following URL: Foreword - Supplementary information

The committee responsible for this document is ISO/TC 146, *Air quality*, Subcommittee SC 6, *Indoor air*.

ISO 16000 consists of the following parts, under the general title *Indoor air*:

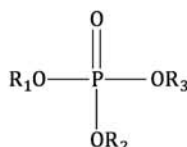
- *Part 1: General aspects of sampling strategy*
- *Part 2: Sampling strategy for formaldehyde*
- *Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air — Active sampling method*
- *Part 4: Determination of formaldehyde — Diffusive sampling method*
- *Part 5: Sampling strategy for volatile organic compounds (VOCs)*
- *Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA® sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID*
- *Part 7: Sampling strategy for determination of airborne asbestos fibre concentrations*
- *Part 8: Determination of local mean ages of air in buildings for characterizing ventilation conditions*
- *Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Emission test chamber method*
- *Part 10: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Emission test cell method*
- *Part 11: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Sampling, storage of samples and preparation of test specimens*
- *Part 12: Sampling strategy for polychlorinated biphenyls (PCBs), polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs), polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)*

- *Part 13: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) — Collection on sorbent-backed filters*
 - *Part 14: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) — Extraction, clean-up and analysis by high-resolution gas chromatography and mass spectrometry*
 - *Part 15: Sampling strategy for nitrogen dioxide (NO₂)*
 - *Part 16: Detection and enumeration of moulds — Sampling by filtration*
 - *Part 17: Detection and enumeration of moulds — Culture-based method*
 - *Part 18: Detection and enumeration of moulds — Sampling by impaction*
 - *Part 19: Sampling strategy for moulds*
 - *Part 21: Detection and enumeration of moulds — Sampling from materials*
 - *Part 23: Performance test for evaluating the reduction of formaldehyde concentrations by sorptive building materials*
 - *Part 24: Performance test for evaluating the reduction of volatile organic compound (except formaldehyde) concentrations by sorptive building materials*
 - *Part 25: Determination of the emission of semi-volatile organic compounds by building products — Micro-chamber method*
 - *Part 26: Sampling strategy for carbon dioxide (CO₂)*
 - *Part 28: Determination of odour emissions from building products using test chambers*
 - *Part 29: Test methods for VOC detectors*
 - *Part 30: Sensory testing of indoor air*
 - *Part 31: Measurement of flame retardants and plasticizers based on organophosphorus compounds — Phosphoric acid ester*
 - *Part 32: Investigation of buildings for pollutants and other injurious factors — Inspections*
- The following parts are under preparation:
- *Part 33: Determination of phthalates with gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)*
 - *Part 34: Strategies for the measurement of airborne particles (PM 2,5 fraction)*
 - *Part 35: Measurement of polybrominated diphenylether, hexabromocyclododecane and hexabromobenzene*
 - *Part 36: Test method for the reduction rate of airborne bacteria by air purifiers using a test chamber*

ISO 16000-31:2014(E)

Introduction

In general terms, phosphoric acid esters are formed by the reaction of alcohols or phenols with phosphoryl chloride (POCl₃). A distinction is made between mono-, di-, and triesters (see [Figure 1](#)). The triesters with aryl and alkyl groups, as well as with mixed halogenated and halogen-free ester groups serve as plasticizers and flame retardants in plastics and varnishes. Parallel therewith, phosphoric acid esters are incorporated in hardeners and accelerants, in mordant and adhesion boosting agents, and serve as cleaning, corrosion inhibition, and adhesion-facilitating substances by the treatment of metal surfaces. They are used as auxiliary means in paper and textiles, as wetting and defoaming agents, emulsifiers, and stabilizers, as additives to cleaning agents and detergents, as not readily flammable hydraulic liquids, and as oil and fuel additives (see [Table 1](#)). Not considered in this regard are the groups of the thio- and dithiophosphoric acid esters (pesticides), as well as the phosphoric acid esters with cyanide and halogen groups, with a special impact as acetylcholinesterase inhibitors (nerve gases).^[3]



Key

R aryl, alkyl, halogenated, and halogen-free ester groups

Figure 1 — Structural formula of the phosphoric acid esters

Such multiplex applicability of the organophosphorus compounds (OPCs) leads to the effect that large indoor areas with OPC-containing building materials, varnishes, paints, floor care products, or fire protection coatings can be encountered. Due to their varying physical and physical-chemical properties, OPC can also be detected in the indoor transfer media (dust and air). As a rule, OPCs boiling at high temperatures such as tris(2-butoxyethyl) phosphate (TBEP, see [Annex A](#)) can be found in relevant concentrations in indoor air only if the emission source reaches elevated temperatures. In the case of such sources (e.g. screens or roller blinds for sun protection), the importance of higher temperatures must be taken into consideration when emission chamber tests are carried out.

There is an increasing public interest in the possible health effects of OPCs indoors. For indoor air, a Guideline Value II of 0,05 mg/m³ was published for TCEP and, in simplified terms, for the sum of TCEP, TCPP, TBP, TBEP, TEHP, and TPP as well. The Guideline Value I derived there amounts to 0,005 mg/m³.^[4] A review article on the occurrence and evaluation of OPC in an indoor environment is available.^[5]

This part of ISO 16000 is based on VDI 4301 Part 5.

Indoor air —

Part 31: Measurement of flame retardants and plasticizers based on organophosphorus compounds — Phosphoric acid ester

1 Scope

This part of ISO 16000 specifies a test method for the sampling and analysis of the phosphoric acid esters in indoor air and in test chamber air through gas chromatography/mass spectrometry. Both principle methods of the low-resolution mass spectrometry and the high-resolution mass spectrometry are described.

The methods described in this part of ISO 16000 are not suitable for the determination of the phosphoric acid esters in materials.

NOTE ISO 16000-6 can be applied for the determination of the more volatile compounds covered by this standard.

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 16000-1, *Indoor air — Part 1: General aspects of sampling strategy*

ISO 16000-9, *Indoor air — Part 9: Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing — Emission test chamber method*

ISO 16000-13, *Indoor air — Part 13: Determination of total (gas and particle-phase) polychlorinated dioxin-like biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDDs/PCDFs) — Collection on sorbent-backed filters*

3 Occurrence

The following compounds belonging to the halogen-free organophosphates are frequently detected in indoor air:

- triphenyl phosphate (TPP);
- tris(2-butoxyethyl) phosphate (TBEP);
- tri-n-butyl phosphate (TBP);
- tris(2-ethylhexyl) phosphate (TEHP);
- cresyl diphenyl phosphate (CDP);
- triethyl phosphate (TEP);
- tricresyl phosphate (TCP).

ISO 16000-31:2014(E)

The following halogenated phosphoric acid esters are detected predominantly in house dust and indoor air:

- tris(2-chloroethyl) phosphate (TCEP);
- tris(chloropropyl) phosphate (TCPP);
- tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate (TDCPP).

Bridged diphosphates based on resorcinol- and bisphenol-A are also increasingly implemented as flame retardants, e. g.

- tetraphenyl resorcinol diphosphate (RDP) or
- tetraphenyl bisphenol-A diphosphate (BDP).

So far, there is little information about the release of these compounds from primary sources.

[Table 1](#) provides an overview of the organophosphates frequently detected in indoor air. The nomenclature and the chemical and physical data on the organophosphates are listed in [Annex A](#).

Table 1 — Organophosphates and their intended use (see References[5] and[6])

OPC Abbreviation	Organophosphates	Intended use as flame retardant and plasticizer
CDP	Cresyl diphenyl phosphate	Flame retardant coatings
RDP	Tetraphenyl resorcinol diphosphate	Casing materials, special cables
TBEP	Tris(2-butoxyethyl) phosphate	Floor care products, floor wax, additives in elastomers, solvents for resins, antifoaming agents, additives for plastic, synthetic rubber, and varnishes
TBP	Tri-n-butyl phosphate	Defoaming agents for concrete additives, wall paper, dispersion paints, varnishes, rubber, plastic, and vinyl resins, antifoaming agents
TCEP	Tris(2-chloroethyl) phosphate	Paints, coatings, soundproofing ceilings, fibre glass wall paper, expanding foam, casing materials
TCPP	Tris(1-chloro-2-propyl)-phosphate ^a	Sound-absorbing polyurethane foam, expansion foam, soft foam (seats, mattresses), rear lining of textile, casing materials
TDBPP	Tris(2,3-dibromopropyl) phosphate	Foamed rubber, varnishes, paper, paints, cellulose-, triacetate-, and polyester fabrics, carpets, resins, furniture, car interior details
TDCPP	Tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate	PU foam, casing materials, rear lining of textile
TEHP	Tris(2-ethylhexyl) phosphate	Stabilizers, fat additives, additives for synthetic rubber
TCP	Tricresyl phosphate	Lubricants, car interiors, additives to floor covering and wall cladding
TPP	Triphenyl phosphate	Expanding foam, paints and varnishes, brighteners, casing materials, photographic films, phenol resins, additives for lubricants, car interior details

^a Technical TCPP does not exist as a pure isomer. Hence it usually leads to up to three GC signals.

The published concentrations of indoor air measurements are compiled in [Table 2](#). Citing of occasion-relevant measurement values cannot be excluded.

Table 2 — Published results on OPC in indoor air

Substance	Concentration in indoor air µg/m ³		
	Range	Median	Reference
TCEP	< 0,005 to 6	0,10 to 0,38	[8][9][10]
TCPP	0,019 to 0,058	-	[10]
TBP	0,01 to 0,064	-	[10]
TBEP	0,001 to 0,03	-	[9] and [10]
TEHP	< 0,001 to 0,01	-	[10]
TPP	< 0,01	-	[9] and [10]
TCP	< 0,01	-	[9]

4 Indoor air

4.1 Measurement planning

The measurement planning for the determination of the indoor air for phosphoric acid esters is performed according to the requirements of ISO 16000-1.

4.2 Apparatus and materials for sampling and sample preparation

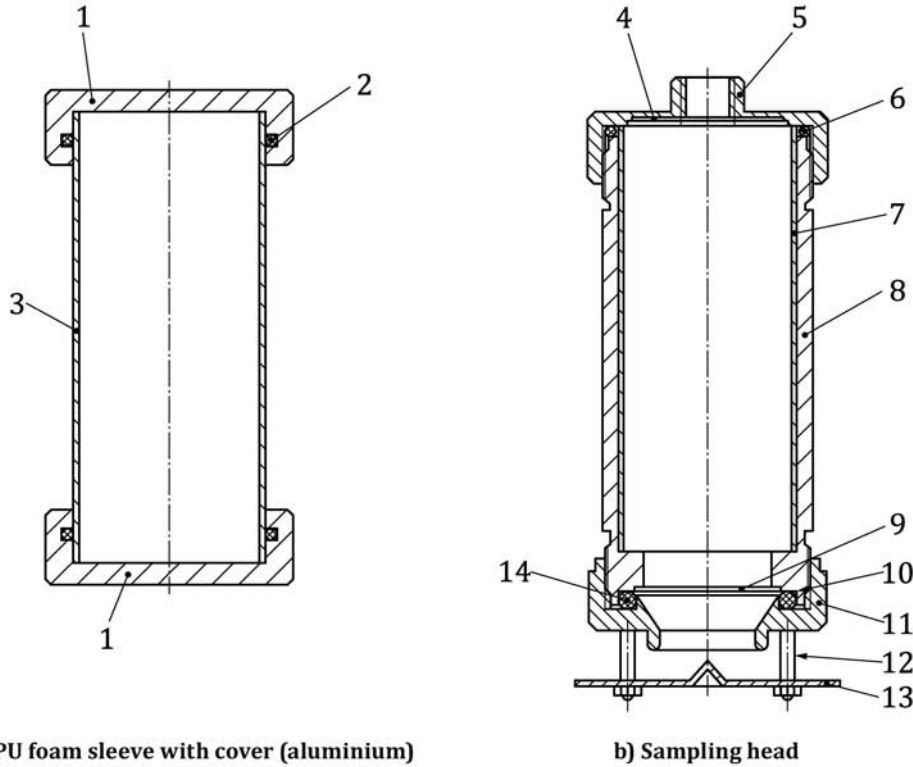
4.2.1 Sampling apparatus

The sampling system is described in detail in ISO 16000-13.

4.2.1.1 Sampling head, with a sleeve for holding the PU foams ([Figures 2a](#) and [2b](#)) (see also ISO 16000-13).

Licensed to Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior, ROC (Taiwan) / Cheng Chen Chen (coolhas2000@yahoo.com.tw)
 ISO Store Order: OP-394294 / Downloaded: 2019-09-21
 Single user licence only, copying and networking prohibited.

ISO 16000-31:2014(E)



Key

- 1 cover
- 2 O-ring
- 3 PU foam sleeve (external diameter: 49,5 mm, length: approx. 120 mm)
- 4 stainless steel mesh
- 5 cap
- 6 O-ring
- 7 PU foam sleeve
- 8 cylinder (internal diameter: 49,8 mm)
- 9 stainless steel mesh to carry the glass fibre filter
- 10 PTFE-ring/filter disc/PTFE-ring
- 11 cap with inlet bore (internal diameter of the inlet bore: 27 mm)
- 12 spacer
- 13 baffle plate
- 14 O-ring

Figure 2 — Sampling apparatus consisting of a sampling head with a sleeve for holding PU foams

4.2.1.2 Pump, with volumetric flow of 2,7 m³/h to 2,8 m³/h (45 l/min to 46,7 l/min) under sampling conditions.

4.2.1.3 Gas volume meter.

4.2.1.4 Hygrometer.

4.2.1.5 Thermometer.

4.2.1.6 Barometer.

NOTE OPC sampling by means of “low-volume sampling systems” (PU foams, e.g. ORBO 1000¹⁾) with a sampling rate of 1 l/min to 5 l/min is possible within specified limits only. The sampling efficiency of such adsorbents for airborne particles is not known (see Reference [11]). This procedure does not correspond to the particle sampling requirements. Hence, its application comparability with the method described herein has to be proven.

4.2.2 Sample preparation apparatus

4.2.2.1 Glass apparatus, conventional laboratory equipment.

4.2.2.2 Extractor, Soxhlet.

4.2.2.3 Microlitre syringes, 10 µl, 50 µl, and 100 µl.

4.2.3 Materials for the sampling and sample preparation

4.2.3.1 Dichloromethane and toluene, all listed solvents shall be of sufficient purity for trace analysis.

4.2.3.2 Internal standards, ¹³C-γ-HCH and ¹³C-DDE (see 6.1).

4.2.3.3 Glass fibre filter, Ø 5 cm, blank free.

4.2.3.4 PU foam, Ø 5 cm, length of 2,5 cm, with low contaminations.

Step-by-step cleaning instructions for a “factory new” PU foam:

- 1) 24 h extraction with methanol in Soxhlet extractor;
- 2) 24 h extraction with dichloromethane in Soxhlet extractor;
- 3) 24 h extraction with toluene in Soxhlet extractor;
- 4) 24 h extraction with acetone in Soxhlet extractor.

Cleaning instructions for a sampled and extracted PU foam:

- 1) 24 h extraction with toluene in Soxhlet extractor;
- 2) 24 h extraction with acetone in Soxhlet extractor.

Dry the PU foam in a desiccator under adjacent vacuum conditions and with a gentle ultrapure nitrogen flow (from the evaporation of liquid nitrogen) or in a vacuum drying cabinet at 40 °C.

PU foams can shrink during extraction or respectively cleaning. Care shall be taken that these remain precisely fitting after cleaning.

1) ORBO 1000 is the trade name of a commercially available product. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by ISO of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

ISO 16000-31:2014(E)

4.3 Sampling

Enrichment of the substances to be analysed from the indoor air takes place on a glass fibre filter and PU foam under the application of the sampling head as described in ISO 16000-13. Particle-bound as well as gaseous OPC are sampled in this way.

The internal standard is applied to the PU foam, whereas a total of 100 µl (for LRMS) or 50 µl (for HRMS) of the internal standard solution (see 6.1 and 6.2.1) are injected at different locations into the foam (e.g. with a microlitre syringe).

The internal standard should preferably be applied before sampling. If this proves impossible under justified occasions, the internal standard can also be spiked prior to the extraction, and a note thereof shall be entered in the test report.

At the measurement location, the PU foam is inserted in the sampling head. The glass fibre filter is placed in the filter holder by the aid of a pair of tweezers and fixed. The sampling head is positioned on the stand in such manner that the sampled air will flow through the sampling head in a vertical direction from the bottom to the top. The suction orifice is located at 1,2 m to 1,5 m above the floor. The sampling duration is normally 1 h. The volumetric flow shall be 2,7 m³/h to 2,8 m³/h. The sampling volume taken in 1 h should not exceed 10 % of the air exchange rate. If the latter is unknown, then the hourly drawn sampling volume shall not exceed 10 % of the room volume. The room temperature, the relative air humidity, and the air pressure shall be measured and recorded immediately prior to and after the sampling. Upon the sampling completion, the PU foam and the glass fibre filter are removed from the sampling head and transferred to suitable transportation containers.

4.4 Sample preparation

All deployed glass apparatus are rinsed with dichloromethane (DCM). If no blank-free glass apparatus can be obtained despite cleaning it with DCM, these shall then be additionally heated up for 24 h at 150 °C in a drying cabinet.

The PU foams and the filter are extracted jointly in a Soxhlet extractor. A minimum of 50 extraction cycles shall be achieved thereby.

The obtained extract is reduced to a volume of approximately 1 ml to 5 ml in a rotary evaporator under a controlled vacuum or in a Turbovap^{®2)}. A further volume reduction to approximately 0,1 ml to 1 ml is performed by using a flow of pure nitrogen. The solvent shall not be allowed to evaporate completely because losses of more volatile OPC are very likely. Losses can be prevented by the addition of toluene as a keeper.

NOTE Gas chromatography retention times can be altered when toluene is applied as a keeper.

Calibration is performed in accordance with [Clause 6](#), and quantification is according to [Clause 7](#).

5 Test chamber air

5.1 General

Emission measurements with building products and consumer goods under controlled climatic conditions are undertaken in order to establish substance-specific release rates [specific emission rates (SERs)], [\[12\]](#)[\[13\]](#)[\[14\]](#) The chamber air measurement takes place in a dust-free atmosphere so as to enable a simplified sampling procedure without particle separation as hereafter described. Care shall be taken with regard to the chamber volume, air exchange rate, and sampling volume so that the sampling volume is smaller than the amount of supplied air. The sample preparation, and in particular the sample storage, shall be coordinated with the test chamber measurement.

2) Turbovap is the trade name of a commercially available product. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by ISO of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

Due to the physical properties of the compound class, the measurement of the OPC emissions from building products and from devices for indoor use is a complex process. Principally, such emissions can be determined by the chamber analyses according to ISO 16000-9. If ISO 16000-9 developed for volatile organic compounds (VOCs) is applied to semi-volatile OPC (SVOC), the specific chamber properties (e.g. sink effects) shall be taken into consideration.^{[14][15]} A precondition for performing the test chamber analyses is the knowledge of ISO 16000-9.

5.2 Apparatus and materials for sampling

5.2.1 **Emission test chamber**, according to ISO 16000-9.

5.2.2 **Sampling pump**.

5.2.3 **Gas volume meter**.

5.2.4 **Glass apparatus**, conventional laboratory equipment.

5.2.5 **Extractor**, Soxhlet.

5.2.6 **Microlitre syringes**, 10 µl, 50 µl, and 100 µl.

5.2.7 **Internal standards**, ¹³C-γ-HCH or ¹³C-DDE (see 6.1).

5.2.8 **Adsorbents**, XAD-2^{®3)} or PU foam.

5.2.9 **Quartz wool**, silanized quartz wool.

The pre-cleaning is performed by Soxhlet extraction with methanol for at least 14 h.

5.3 Sampling

5.3.1 Chamber preparation

The chamber is cleaned prior to the start of the emission measurement (see ISO 16000-9). The chamber cleanness is subsequently documented by a blank measurement.

5.3.2 Preparation of the sampling tubes

The PU sampling media are cleaned and introduced in accordance with ISO 16000-13.

Commercially available XAD-2 adsorbent is only introduced following an appropriate pre-treatment. In the course of which, any distinct contamination of the XAD-2 adsorbent shall be removed as follows:

- a) The chromatography column is filled with approximately 150 g XAD-2.
- b) XAD-2 is rinsed with the double-distilled H₂O (approximately 1 l).
- c) XAD-2 is rinsed four times, each time with approximately 100 ml acetone.
- d) XAD-2 is dried in a N₂ flow.
- e) XAD-2 is transferred to 100 ml Soxhlet and extracted for 24 h with methanol.

3) XAD-2 is the trade name of a product supplied by Buchem. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by ISO of the product named. Equivalent products may be used if they can be shown to lead to the same results.

ISO 16000-31:2014(E)

- f) Methanol is replaced by 100 ml DCM and XAD-2 is extracted for 24 h.
- g) The cleaned XAD-2 is transferred to the chromatography column and dried in a N₂ flow.

The cleaned XAD-2 is transferred to a suitable glass vessel with ground neck.

Approximately 500 mg (± 10 mg) are weighed out in a Pasteur pipette. The tip is then neatly broken and some amount of the silanized quartz wool is placed on the taper, and the XAD-2 is spiked with the internal standard. Closure of the XAD-2 package is also carried out by some silanized quartz wool.

5.4 Sampling procedure

The sampling on the XAD-2 or PU foam is carried out in accordance with the requirements of ISO 16000-9 at prescribed times within the exhaust air flow of the chamber. The maximum volume flow during the sampling is, on one hand, limited by the predetermined air exchange in the test chamber according to ISO 16000-9 while on the other hand, it shall not exceed 2 l/min.

5.5 Sample preparation

The XAD-2 sampling tubes are eluted with 10 ml DCM. The concentration is then increased in the rotary evaporator, and if required under N₂ flow, to approximately 100 μ l. The solvent shall not be allowed to evaporate completely because losses of more volatile OPC are very likely. Losses can be prevented by the addition of toluene as a keeper.

NOTE Gas chromatography retention times can be altered when toluene is applied as a keeper.

Calibration is performed in accordance with [Clause 6](#), and quantification is according to [Clause 7](#).

6 Calibration

6.1 Internal standard solutions and calibration solutions

The verification of the standard solutions (solution for the internal standards and calibration solutions) is performed in accordance with the requirements for the quality assurance concerning weight control.

6.2 Internal standard solutions

6.2.1 General aspects

¹³C-labelled organophosphates are currently not available. Hence, ¹³C- γ -HCH or ¹³C-DDE shall be used as an internal standard.

NOTE It is advisable to abstain from the use of deuterated TBP (D24-TBP) as an internal standard because an unidentified compound occurs by the analysis of a series of house dust samples on specific columns (e.g. HP Ultra), which appears at the same retention time as D24-TBP.

Solutions of the required concentration are either used as they have been obtained from the supplier or prepared as follows: 5 mg ¹³C- γ -HCH and ¹³C-DDE are dissolved in 50 ml isooctane (0,1 mg/ml).

6.2.2 Internal standard solution for low resolution

The solution of the internal standard is diluted with DCM at a ratio of 1:10 (1 + 9). The result is a solution with a concentration of 10 ng/ μ l.

6.2.3 Internal standard solution for high resolution

The solution of the internal standard is diluted with DCM at a ratio of 1:100 (1 + 99). The result is a solution with a concentration of 1 ng/ μ l.

6.3 Calibration solutions for low resolution

6.3.1 Example of a calibration scheme

The calibration scheme in [Table 3](#) is referred to a practical example with ¹³C-DDE implemented as an internal standard.

Table 3 — Scheme for the preparation of the calibration solutions for low-resolution measurements (example for ¹³C-DDE)

Calibration solution (Concentration of OPC to be measured)	¹³ C-DDE-solution	Solution 1	Solution 2
µg/ml	µl	µl	µl
0,2	100		20
0,5	100		50
1,0	100		100
2,0	100		200
5,0	100	50	
10	100	100	

6.3.2 Stock solutions

Original substances are prepared for the stock solutions TCEP, TCPP, TDCPP, TBP, TBEP, TEHP, TPP, and TCP.

The solutions are prepared as follows:

- a) Each 250 mg of the respective phosphoric acid compound are dissolved in 25 ml methanol (10 mg/ml).
- b) These stock solutions are diluted with DCM at a ratio of 1:100 (solution 1) and 1:1000 (solution 2).
- c) Two solutions are obtained, with concentrations of 100 ng/µl and 10 ng/µl respectively.

6.3.3 Calibration solutions

The calibration solutions shall be prepared according to the scheme shown in [Table 3](#) from the internal standard solutions and the two stock solutions. The six calibration solutions are prepared as follows:

- a) 100 µl of the internal standard solution are filled to a vial with a volume of 2 ml using a microliter syringe.
- b) The relevant stock solution is then added by a suitable microliter syringe and filled up to a final volume of 1 ml.
- c) The vial is promptly closed by means of a septum flanged cap.

NOTE The required use of an internal standard ensures the compensation of the possible losses during the sampling preparation, e.g. errors and inaccuracies by topping up to the end volume are compensated by the internal standard.

The same solution of the internal standard as later utilized for spiking the PU foams shall be used for preparing the calibration solutions.

ISO 16000-31:2014(E)

6.4 Calibration solutions for high resolution

6.4.1 Example of a calibration scheme

The calibration scheme in [Table 4](#) is referred to a practical example with ^{13}C - γ -HCH implemented as an internal standard.

Table 4 — Scheme for the preparation of the calibration solutions for high-resolution measurements (example for ^{13}C - γ -HCH, see [6.2.1](#))

Calibration solution (Concentration of OPC to be measured)	^{13}C - γ -HCH	Solution A	Solution B
ng/ml	μl	μl	μl
5	50	–	50
50	50	50	–
500	50	500	–

6.4.2 Stock solutions

Original substances are prepared for the stock solutions TCEP, TEHP, TBEP, and TPP (97 % purity).

For TCP, use the isomer mixture (90 % purity).

The solutions are prepared as follows:

- Each 10 mg of the respective phosphoric acid compound are dissolved in 10 ml DCM (1 mg/ml).
- These stock solutions are diluted with DCM at a ratio of 1:1000 (solution A).
- The resulting solutions have concentrations of 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$.

Solution A is diluted again with DCM at a ratio of 1:10. The result is solution B with a concentration of 0,1 $\mu\text{g}/\text{ml}$.

6.4.3 Calibration solutions

The calibration solutions shall be prepared according to the scheme shown in [Table 4](#) from the internal standard solutions and the two stock solutions.

The three calibration solutions are prepared as follows:

- 50 μl of the internal standard solution (= 50 ng) and the volumes of the relevant stock solutions as shown in [Table 4](#) are filled up to a final volume of 1 ml.
- The concentration of the internal standards amounts to 50 ng/ml in all calibration solutions.
- The same solution of the internal standard as later utilized for spiking the PU foams shall be used for preparing the calibration solutions.

NOTE 1 The required use of an internal standard ensures the compensation of the possible losses during the sampling preparation, e.g. errors and inaccuracies by topping up to the end volume are compensated by the internal standard.

NOTE 2 DCM is selected as the solvent for the calibration solutions because of the limited solubility of OPC in non-polar solvents.

7 Identification and quantification

7.1 General

The analysis of the phosphoric acid esters is performed by the aid of a high- or low-resolution gas chromatography-mass spectrometry (GC/HR-MS or GC/LR-MS). The quantification is carried out after the internal standard method. The operating range extends from 0,2 µg/ml to 10 µg/ml for GC/LR-MS and 0,005 µg/ml to 0,5 µg/ml for GC/HR-MS.

The following apparatus are specified as practical examples. If other equipment is used, the parameters shall be transferred accordingly.

7.2 Analysis apparatus

7.2.1 Capillary gas chromatograph, with a mass spectrometric detector (practical examples given below).

7.2.2 Split/splitless injector.

7.2.3 Capillary column, of low polarity.

7.3 Analysis with GC/LR-MS

7.3.1 Analysis apparatus (practical example)

7.3.1.1 Gas chromatograph.

7.3.1.2 Mass spectrometer.

7.3.2 GC conditions

7.3.2.1 Capillary column, DB 1701, length of 30 m, internal diameter of 0,25 mm, film thickness of 0,25 µm.

7.3.2.2 Injector, splitless, 2 µl.

7.3.2.3 Column initial pressure, 90 kPa.

7.3.2.4 Temperature program, 40 °C (2 min) ⇒ (15 K/min) ⇒ 180 °C ⇒ (5 K/min) ⇒ 280 °C (8,67 min), total run time of 40 min, injector and transfer tube are kept at 270 °C.

7.3.3 MS conditions

7.3.3.1 SIM modus.

7.3.3.2 SIM mass, see [Table 5](#).

7.4 Analysis with GC/HR-MS

7.4.1 Analysis apparatus (practical example)

7.4.1.1 Gas chromatograph.

ISO 16000-31:2014(E)

7.4.1.2 Mass spectrometer.

7.4.2 GC conditions

7.4.2.1 Capillary columns, HP Ultra, length of 50 m, internal diameter of 0,2 mm, film thickness of 0,33 µm.

7.4.2.2 Injector, splitless, 1 µl.

7.4.2.3 Column pressure, 186 kPa.

7.4.2.4 Injector and transfer line, 270 °C.

7.4.2.5 Temperature program (column), 60 °C (2 min) ⇒ (20 K/min) ⇒ 200 °C ⇒ (4 K/min) ⇒ 220 °C ⇒ (20 K/min) ⇒ 250 °C (2 min).

7.4.3 MS conditions

7.4.3.1 Resolution, 7 000.

7.4.3.2 MID Program, for TCEP, TBEP, TPP, TEHP and p,p,p-TCP (see [Table 6](#)).

Table 5 — Mass traces — low-resolution mass spectrometry (SIM masses)

Substance	Retention time ^b min	Quant.-ion m/z	Qual.-ion m/z
TBP	14,16	211	155 (150 %)
TCEP	17,58	249	251 (65 %)
TCPP	17,46 ^a	277	279 (65 %)
TDCPP	27,21	191	193 (65 %)
TBEP	26,36	199	299 (56 %)
TEHP	26,10	211	113 (500 %)
TPP	26,61	326	325 (82 %)
TCP	30,81 ^a	367	368 (130 %)
¹³ C ₁₂ -DDE (internal standard)	21,77	330	328 (86 %)
^a Several isomeric compounds.			
^b Example according to the column.			

Table 6 — Mass traces — high-resolution mass spectrometry (MID program)

	Compound	Fragmentation m/z
1. window	TCEP	204,958 8
		206,955 9
		248,985 0
		250,982 1
	¹³ C-HCH	188,955 0
		226,928 6
2. window	TBEP	199,073 5
		227,104 8
		299,162 3
3. window	TPP	325,063 0
		326,070 8
		327,074 2
4. window	TEHP	98,984 7
		113,000 4
5. window	TCP	367,109 9
		368,117 7
		369,121 1

7.5 Calculation result interpretation and presentation

7.5.1 General aspects

Calibration solutions (a minimum of three) are injected for calibration and analysed. The calibration shall be checked for each analysis or a series of analyses in accordance with the quality assurance guidelines.

After the analysis, the quotient of the peak areas of the fragment ion trace of the substance to be analysed versus the peak areas of the fragment ion trace of the internal standard (peak area ratio) is calculated for each calibration solution (e.g. $m/z = 330$ for ¹³C-DDE and $m/z = 189$ and $m/z = 227$ for ¹³C-γ-HCH).

For the visualization of the calibration function, the peak area ratio is plotted against the concentrations. The calibration function is determined by a linear regression $v_{PF} = b\rho + a$.

The determined coefficients are used for calculating the concentrations in the measurement solutions:

$$\rho = \frac{v_{PF} - a}{b} \quad (1)$$

where

ρ is the concentration;

v_{PF} is the peak area ratio;

b is the slope;

a is the intercept.

ISO 16000-31:2014(E)

7.5.2 Indoor air samples

The measurement result shall be expressed in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and is to be rounded to two significant digits.

7.5.3 Test chamber air samples

The measurement result shall be expressed in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The specific emission rates (SERs) can be calculated therefrom (e.g. according to ISO 16000-9). The result is to be rounded to two significant digits, respectively.

8 Performance characteristics

8.1 Performance characteristics of the air analyses

Analytical characteristics for TBEP, TBP, TCEP, TCPP, TEHP, TCP, and TPP in indoor air and test chamber air:

- sampling volume of 1 m^3 ;
- limit of quantification (relative to blank) of 10 ng/sample, corresponding to 0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- standard deviation (day-to-day precision) of 15 % to 20 %;
- recovery rate of the analytical method > 90 %.

For the breakthrough behaviour, no breakthrough of the utilized sorbents can be anticipated under the standard concentrations of the indoor air or test chamber air for a sampling volume of up to 2 m^3 .

9 Quality assurance

Carrying out of multiple sampling is recommended. The measurement plan shall specify which measures are being taken to meet the quality requirements specified by the client. In the selection and specification of the quality assurance measures, the following questions shall be answered in advance:

- Does the measuring institute have a documented quality assurance system?
- Are duplicate measurements or comparative measurements (e.g. with other laboratories) to be carried out?
- How will the measurement uncertainties be determined (e.g. according to DIN 1319-3)?
- In which interlaboratory test has the measuring institute participated?

10 Interferences

The described physical and physical-chemical properties of OPC, as well as their wide distribution, lead to substantial difficulties in the quantification of OPC. It is recommended to regularly check each step of the procedure to be free of blanks or carry-over effects. In case of doubt, the blanks shall be checked prior to each determination.

The following interferences that should be avoided by the proper application of the guideline have been found in the course of the development of the method and during the drafting of this guideline:

Relevant blanks and, consequently, carry-over effects are caused both by OPC-containing materials (e.g. paper filters) and by the losses from adsorptions on the apparatus walls. For example, cyclohexane is not in the position to keep strong polar OPC in the solution. When acetone/cyclohexane is used for extraction, it can be found that up to 100 % of the available TCEP is irreversibly adsorbed on the glass walls of the extraction or concentration apparatus if acetone is removed from the solvent mixture by distillation.^[4] Automatic extraction apparatus featuring plastic seals are generally not suitable due to

the OPC absorption in plastics.^[4] Special care shall be given to the cleaning of the glass apparatus for the sample preparation.

When deuterated TBP (D24-TBP) is used as an internal standard, an unidentified compound occurs in specific columns (e.g. HP Ultra) by a series of house dust samples which appears at the same retention time as D24-TBP.

ISO 16000-31:2014(E)

Annex A (informative)

Nomenclature and physical characteristics

Table A.1 — Physical properties of the selected organophosphorus compounds

Group/Name	Abbreviated term	CAS No.	Summary formula	Mol. mass g/mol	Boiling point °C	Vapor pressure hPa	Note
Alkylated OPC							
Triethyl phosphate	TEP	78-40-0	C ₆ H ₁₅ O ₄ P	182,2	215 to 216 (1 013 hPa) ^d	< 1,3 (25 °C) ^c 1,4 (40 °C) ^d	
Tri-n-butyl phosphate	TBP	126-73-8	C ₁₂ H ₂₇ O ₄ P	266,3	289 (1 013 hPa) ^g 130 (5 hPa) ^d	< 6,6 (25 °C) ^g 0,08 (50 °C) ^d	
Tris(2-butoxyethyl) phosphate	TBEP	78-51-3	C ₁₈ H ₃₉ O ₇ P	398,5	200 to 230 (5 hPa to 5,3 hPa) ^j 215 to 228 (5 hPa) ^c	2,8 × 10 ⁻⁷ (25 °C) ^j < 1,3 (25 °C) ^c 0,04 (150 °C) ^c	
Tris(2-ethylhexyl) phosphate	TEHP	78-42-2	C ₂₄ H ₅₁ O ₄ P	434,6	220 (7 hPa) ^j 210 (5 hPa) ^d	< 0,1 (20 °C) ^j < 6,6 (20 °C) ^c 2,5 (200 °C) ^d	
Arylated OPC							
Triphenyl phosphate	TPP	115-86-8	C ₁₈ H ₁₅ O ₄ P	326,3	370 (1 013 hPa) ^f 247 (15 hPa) ^d	0,2 (150 °C) ^f 1,3 (193 °C) ^d	
Cresyl diphenyl phosphate	CDP	26444-49-5	C ₁₉ H ₁₇ O ₄ P	340,3	235 to 255 (no data) ^c	no data	GC: 2 isomers
Tricresyl phosphate (isomer mixture)	TCP	1330-78-5	C ₂₁ H ₂₁ O ₄ P	368,4	262 to 264 (11 hPa) ^a 241 to 255 (5 hPa) ^e	1,3 × 10 ⁻⁴ (20 °C) ^e	
o,o,o-Tricresyl phosphate	o,o,o-TCP	78-30-8	C ₂₁ H ₂₁ O ₄ P	368,4	410 (1 013 hPa) ^e	13,3 (265 °C) ^e 2,3 × 10 ⁻⁶ (25 °C) ^c	

Table A.1 (continued)

Group/Name	Abbreviated term	CAS No.	Summary formula	Mol. mass g/mol	Boiling point °C	Vapor pressure hPa	Note
m,m,m-Tricresyl phosphate	m,m,m-TCP	563-04-2	C ₂₁ H ₂₁ O ₄ P	368,4	260 (20 hPa) ^e	no data	
p,p,p-Tricresyl phosphate	p,p,p-TCP	78-32-0	C ₂₁ H ₂₁ O ₄ P	368,4	244 (5 hPa) ^e	no data	
Halogenated OPC							
Tris(2-chloroethyl) phosphate	TCEP	115-96-8	C ₆ H ₁₂ O ₄ Cl ₃ P	285,5	351 (1 013 hPa) ⁱ	< 13,3 (25 °C) ⁱ	
Tris(1-chloro-2-propyl) phosphate	TCPP	13674-84-5	C ₉ H ₁₈ O ₄ Cl ₃ P	327,6	236 to 248 (1 013 hPa) ⁱ	< 2,7 (25 °C) ⁱ	GC: 3 isomers
Tris(3-chloropropyl) phosphate	TCPP	no data	C ₉ H ₁₈ O ₄ Cl ₃ P	327,6			
Tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate	TDCPP	13674-87-8	C ₉ H ₁₅ O ₄ Cl ₆ P	430,9	236 to 237 (7 hPa) ⁱ	0,01 (30 °C) ⁱ	
Tris(2,3-dichloro propyl) phosphate	TDCPP	no data	C ₉ H ₁₅ O ₄ Cl ₆ P	430,9			not significant as flame retardant
Tris(2,3-dibromo propyl) phosphate	TDBPP	126-72-7	C ₉ H ₁₅ O ₄ Br ₆ P	697,7	390 (no data) ^h	2,5 × 10 ⁻⁴ (25 °C) ^h 1,6 × 10 ⁻³ (45 °C) ^h 6,4 × 10 ⁻³ (65 °C) ^h	"Tris"
Bridged OPC							
Tetraphenyl Resorcinol diphosphat	RDP	57583-54-7	C ₃₀ H ₂₄ O ₈ P ₂	574,5	> 300 (no data) ^b	< 1,3 (38 °C) ^b	data on the idealized structure

Licensed to Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior, ROC (Taiwan) / Cheng Chen Chen (coolhas2000@yahoo.com.tw)
 ISO Store Order: OP-394294 / Downloaded: 2019-09-21
 Single user licence only, copying and networking prohibited.

ISO 16000-31:2014(E)

Table A.1 (continued)

Group/Name	Abbreviated term	CAS No.	Summary formula	Mol. mass g/mol	Boiling point °C	Vapor pressure hPa	Note
Tetraphenyl Bisphenol-A diphosphate	BDP	no data	C ₃₉ H ₃₄ O ₈ P ₂	692,6	no data	no data	data on the idealized structure
a	ABCR Safety data sheet.						
b	Akzo Nobel 98, Flyoflex product information.						
c	Chem Finder.						
d	Merck Safety data sheet 96, 99.						
e	WHO 1991, Environmental Health Criteria, 110.						
f	WHO 1991, Environmental Health Criteria, Heft 111.						
g	WHO 1991, Environmental Health Criteria, 112.						
h	WHO 1995, Environmental Health Criteria, 173.						
i	WHO 1998, Environmental Health Criteria, 209.						
j	WHO 2000, Environmental Health Criteria, 218.						

Annex B (informative)

Example chromatograms for standard solutions

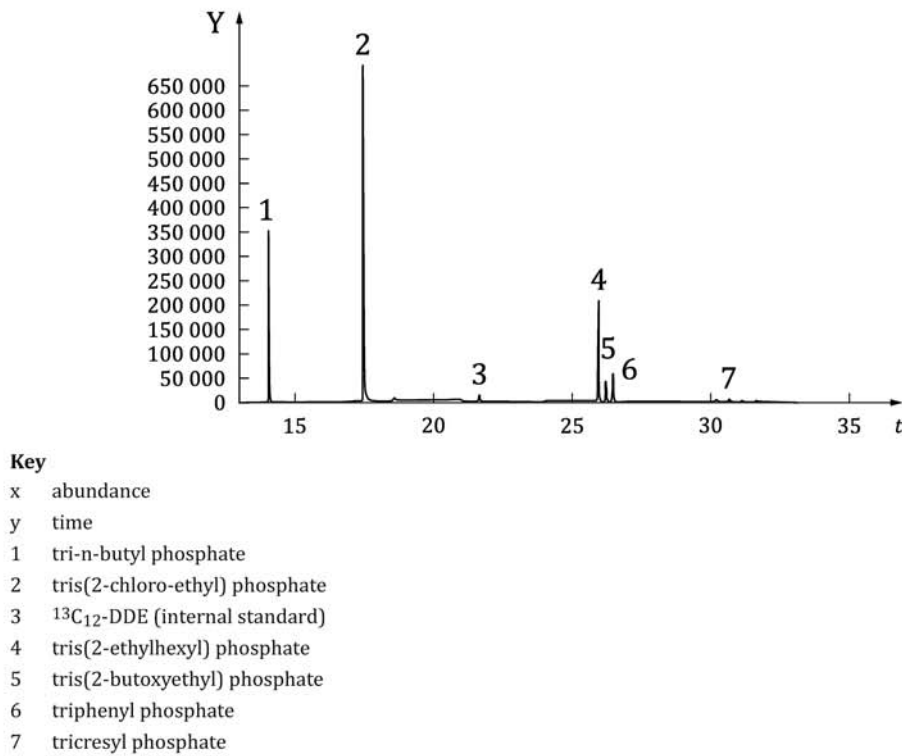
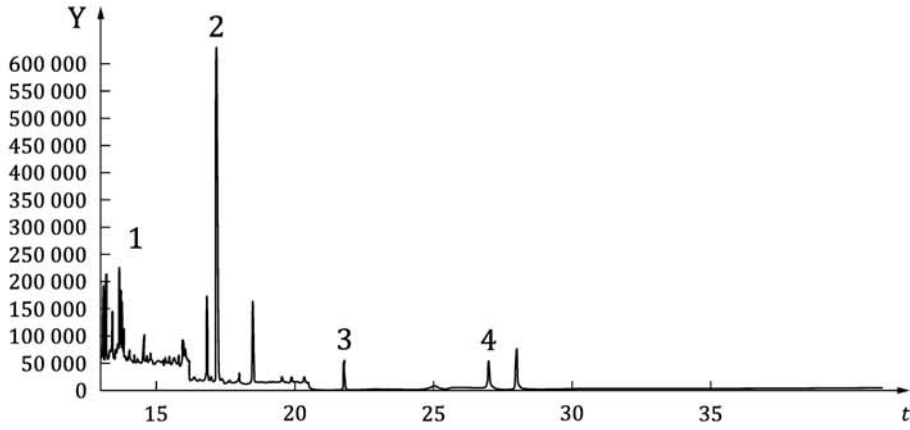


Figure B.1 — Chromatogram of a phosphoric acid ester standard solution (low resolution) for chamber air measurements

Licensed to Architecture and Building Research Institute, Ministry of the Interior, ROC (Taiwan) / Cheng Chen Chen (coolhas2000@yahoo.com.tw)
 ISO Store Order: OP-394294 / Downloaded: 2019-09-21
 Single user licence only, copying and networking prohibited.

ISO 16000-31:2014(E)



Key

- x abundance
- y time
- 1 tri-n-butyl phosphate
- 2 tris(2-chloroethyl) phosphate
- 3 ¹³C₁₂-DDE (internal standard)
- 4 triphenyl phosphate

Figure B.2 — Chromatogram of a chamber air sample (low resolution)

Bibliography

- [1] DIN 1319Part 3, *Grundlagen der Messtechnik – Teil 3: Auswertung von Messungen einer einzelnen Messgröße, Messunsicherheit [Basic concepts of metrology – Part 3: Evaluating measurements of a single measurand and expression of uncertainty]*
- [2] VDI 4301Part 5, *Messen von Innenraumluftverunreinigungen — Messen von Flammschutzmitteln und Weichmachern auf Basis phosphororganischer Verbindungen – Phosphorsäureester [Measurement of indoor air pollution — Measurement of flame retardants and plasticizers based on organophosphorus compounds — Phosphoric acid ester]*
- [3] VAN DER VEEN I., & DE BOER J. Phosphorous flame retardants: Properties, production, environmental occurrence, toxicity and analysis. *Chemosphere*. 2012, **88** pp. 1119–1153
- [4] SAGUNSKI H., & ROSSKAMP E. Richtwerte für die Innenraumluft: Tris(2-chlorethyl)phosphat. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2002, **45** pp. 300–306
- [5] WENSING M., UHDE E., SALTHAMMER T. Plastics additives in the indoor environment – flame retardants and plasticizers. *Sci. Total Environ*. 2005, **339** pp. 19–40
- [6] WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Flame Retardants: A General Introduction. *Environ. Health Criteria*. 1997, **192**, Geneva
- [7] Umweltbundesamt (UBA). *Erarbeitung von Bewertungsvorschlägen zur Substitution umweltrelevanter Flammschutzmittel*. Band I–III; Texte 25/01, 26/01, 27/01, Berlin 2000, ISSN 0722-186X
- [8] INGEROWSKI G., FRIEDLE A., THUMULLA J. Chlorinated ethyl and isopropyl phosphoric acid triesters in the indoor environment – an inter-laboratory exposure study. *Indoor Air*. 2001, **11** pp. 145–149
- [9] HANSEN D., VOLLAND G., KRAUSE G., ZÖLTER D. *Bestimmung und Vorkommen von phosphororganischen Verbindungen in Hausstaub und Raumluft*. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft. 2001, **61** pp. 13–17
- [10] CARLSSON H., NILSSON U., BECKER G., OSTMANN C. Organophosphate ester flame retardants and plasticisers in the indoor environment: analytical methodology and occurrence. *Environ. Sci. Technol*. 1997, **31** pp. 2931–2936
- [11] EPA TO-10 A: *Determination of pesticides and polychlorinated Biphenyls in ambient air using low volume polyurethane foam (PUF) sampling followed by gaschromatographic/multi-detector (GC/MD) detection*
- [12] SALTHAMMER T., & WENSING M. Flame retardants in the indoor environment. Part IV: Classification of experimental data from house dust, indoor air and chamber tests. *Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air and Climate*. 2002, **2** pp. 213–218
- [13] WENSING M. *Untersuchungen zum Freisetzungsverhalten von organischen Flammschutzmitteln aus Produkten für den Innenraum. Luftverunreinigungen im Innenraum. VDI Bericht 1778*. VDI Verlag, Düsseldorf, 2003, pp. 87–98.
- [14] KEMMLEIN S., HAHN O., JANN O. *Emissionen von Flammschutzmitteln aus Bauprodukten und Konsumgütern*. Forschungsbericht 299 65 321. UBA-FB 000475. UBA-Texte 55/03. ISSN 0722-186X <http://www.umweltbundesamt.de>
- [15] SALTHAMMER T., UHDE E., WENSING M. *Bestimmung von SVOC in Prüfkammern – Flammschutzmittel und Weichmacher*. In: *Neuere Entwicklungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität*. VDI Berichte 1656 (2002). Düsseldorf: VDI Verlag 2002. ISBN 3-18-091656-7

ISO 16000-31:2014(E)

- [16] WHO. 1991, Environmental Health Criteria, No. 110 – *Tricresyl phosphate*, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc110.htm>
- [17] WHO. 1991, Environmental Health Criteria, Heft, No. 111 – *Triphenyl phosphate*, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc111.htm>
- [18] WHO. 1991, Environmental Health Criteria, No. 112 – *Tributyl phosphate*, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc112.htm>
- [19] WHO. 1995, Environmental Health Criteria, No. 173 – *Tris-and bis(2,3-dibromopropyl) phosphate*, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc173.htm>
- [20] WHO. 1998, Environmental Health Criteria, No. 209 – *Flame retardants: tris(chloropropyl) phosphate and tris(2-chloroethyl) phosphate*, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc209.htm>
- [21] WHO. 2000, Environmental Health Criteria, No. 218 – *Flame retardants: tris(2-butoxyethyl) phosphate, tris(2-ethylhexyl) phosphate and tetrakis(hydroxymethyl) phosphonium*, <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc218.htm>
- [22] ISO 16000-6, *Indoor air — Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA® sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID*

參考文獻

中文部分

1. 廖慧燕、邵文政 “建材逸散模擬資訊系統驗證與擴充更新計畫”，內政部建築研究所，(2013)
2. 何明錦、邵文政 “建材逸散模擬資訊系統與裝修應用之研究”，內政部建築研究所，(2012)
3. 廖慧燕、邵文政 “濕式建材逸散資料庫與模擬軟體”，內政部建築研究所，(2011)
4. 許銘文、江哲銘 “綠建材推廣講習與國際接軌計畫”，內政部建築研究所，(2008)
5. 邵文政、江哲銘 “全尺寸家具有機逸散物質檢測方法與評定基準之研究”，內政部建築研究所，(2007)
6. 江哲銘、李俊璋，“健康綠建材性能實驗研究子計畫(一) 建材揮發性有機物質試驗-ISO 標準之可行性研究”，內政部建築研究所，(2006)
7. 江哲銘，“綠建材性能實驗研究子計畫(二) 全尺寸建材於本土氣候試驗條件下揮發性有機物質逸散變化之研究”，內政部建築研究所，(2006)
8. 江哲銘、李俊璋，“綠建材性能實驗研究子計畫(一) 建材有機化合物預測衰減模式探討及推動策略研擬”，內政部建築研究所，(2005)
9. 江哲銘，“綠建材性能實驗研究子計畫(二) 全尺寸建材逸散模擬實驗室—標準檢測作業程序之研究”，內政部建築研究所，(2005)
10. 江哲銘、李俊璋，“綠建材性能實驗研究子計畫(一) 建材有機逸散物資料庫之建立—接著劑類建材”，內政部建築研究所，(2004)
11. 江哲銘，“綠建材性能實驗研究子計畫(二)總揮發性有機化合物實驗室性能評估及CNLA 認證作業系統之建立”，內政部建築研究所，(2004)
12. 蘇慧貞，“室內/室外空氣污染物之國民健康風險評估及管制成本效益分析” 行政院環保署，(2004)
13. 江哲銘、李俊璋，“綠建材性能實驗研究子計畫(一) 建材有機逸散物資料庫之建立—地板類建材”，內政部建築研究所，(2003)
14. 江哲銘，“綠建材性能實驗研究子計畫(二)總揮發性有機化合物實驗室建置及實驗架構之研究”，內政部建築研究所，(2003)
15. 蕭江碧、江哲銘，“小尺寸建材揮發性有機物實驗室 CNLA 認證取得之研究”，內政部建築研究所，(2003)
16. 江哲銘、李俊璋，“室內建材揮發性有機逸散物質檢測標準試驗方法及程序之研究”，內政部建築研究所，(2001)

17. 何明錦、江哲銘，「建築室內建材揮發性有機化合物衰減總表之研究」，內政部建築研究所，(2000)
18. 張志成，「建築室內逸散物質檢測分析研究（一）建築室內環境揮發性有機物檢測實驗室建置」，內政部建築研究所，(1999)

外文部分

1. Dimosthenis A. S., Spyros P. K., Alberto G., Ioannis L. L., and Athanasios K et al. Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environments and associated health risk, *Environment International*, (37)743-765, (2011)
2. Lim S., Lee K. Seo S, Jang S., Impact of regulation on indoor volatile organic compounds in new unoccupied apartment in Korea, *Atmospheric Environment*, (45)1994-2000, (2011)
3. Salthammer T., Critical evaluation of approaches in setting indoor air quality guidelines and reference values, *Chemosphere*, (82)1507-1517, (2011)
4. Wei W., Zhang Y., Xiong J, Li M., A standard reference for chamber testing of material VOC emissions: Design principle and performance, *Atmospheric Environment*. (47)381-388, 2012
5. H Jarnstrom, K Saarela, P Kalliokoski, A-L. Pasanen, Reference values for indoor air pollutant concentrations in new , residential building in Finland, *Atmospheric Environment*,(40) 7178-7191,(2006)
6. ISO-16000-1 Indoor air - Part 1: General aspects of sampling strategy , (2004).
7. ISO-16000-2 Indoor air - Part 2: Sampling strategy for formaldehyde, (2004).
8. ISO-16000-3 Indoor air - Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds - Active sampling method , (2001).
9. ISO-16000-4 Indoor air - Part 4: Determination of formaldehyde - Diffusive sampling method , (2004).
10. ISO-16000-6 Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent , thermal desorption and gas chromatography using MS/FID ,(2011).
11. Molhave L., Organic compounds as indicators of air pollution.,*Indoor Air* 13 (6),12-19,(2003)
12. ASTM D6670-01. Standard Practice for Full-Scale Chamber Determination of Volatile Organic Emissions from Indoor Materials/Product. (2001).
13. Berglund, B. et al, Effect of Indoor Pollution on Human Health, *Indoor Air* (1992)

14. C C Lee. Cancer Risk, Assessment of Occupational Exposure to Benzene in Taiwan, American Industrial Hygiene Conference & Exposition , Dallas, Texas. (1997).
15. C. M. Chiang, P. C. Chou, and W. A. Wang, et al. A study of the impacts of outdoor air and living behavior patterns on indoor air quality - case studies of apartments in Taiwan, INDOOR AIR '96, Vol. 3, pp. 735-740. (1996).
16. Chuck Yu, Derrick Crump. A Review of the Emission of VOCs from Polymeric Materials used in buildings. Building Environment, Vol. 33, No.6, pp. 357-374. (1998).
17. C. M. Chiang, and W.A. Wang, Empirical study on post-occupancy evaluation of housing indoor air environment in Taiwan, J. Housing Studies, No. 2, Jan, Research, pp. 107-132,. (1994)
18. Chuck Yu, Derrick Crump,. A Review of the Emission of VOCs from Polymeric Materials used in buildings, Building Environment, VOL.33, No.6,pp.357-374.(1998)
19. De Bortoli, M., Knoppel, H., Colombo A., and Kefalopoulos, S. Attempting to Characterize the Sink Effect in a Small Stainless Steel Test Chamber, American Society for Testing and Materials, pp. 307-320. (1996).
20. Dr.Dagmar Schmidt Etkin.. Volatile Organic Compounds in Indoor Environments. (1996)
21. Fariborz Haghighat, Lisa De Bellis,. Material Emission Rates : Literature Review, and the Impact of Indoor Air Temperature and Relative Humidity " Building Environment,VOL.33,No.5,pp.261-277. (1998)
22. Fariborz Haghighat, Ying Zhang,. Modelling of Emission of Volatile Organic Compounds from Building Materials –Estimation of Gas –phase Mass Transfer Coefficient, Building and Environment,34, pp. 377-389. (1999)
23. O. jann ,O. Wilke, D. Brodner,. Procedure For The Determination And Limitation Of VOC-Emissions From Furnitures And Coated Wood Based Products , IAQ. (1998)
24. Peder Wolkoff. Impact Of Air Velocity, Temperature, Humidity, And Air On Long-Term VOC Emission From Building Products, Atmospheric Environment, Vol. 32, No. 14/15, pp. 2659-2668. (1998).
25. Guo Z., Tichenor, B. A., Krebs, K. A., and Roache, N. F. Considerations on revisions of emissions testing protocols, ASTM Special Technical Publication 1287, (May) 44905: 225-235. (1996).
26. J. S. Zhang, and C.Y. Shaw, Material emission and indoor air quality modeling. Proceedings of Indoor Air '96, Nagoya: Japan Vol. 1, pp. 913-918. (1996).

塑化劑污染物檢測標準驗證研究-以板材類為主

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：鄭元良、陳振誠、蔡介峰、林霧霆、吳明達、陳重羽、林怡玢、黃士倫

出版年月：108年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-5448-28-8（平裝）

