



檢驗技術簡訊 32

INSPECTION TECHNIQUE

檢驗技術簡訊 第 32 期 2010 年 7 月出刊 每季出刊 1 期



賴簡任技正與燃料電池協會赴中國大陸
杭州參加「兩岸氫能技術標準研商會」



極致效能液相層析儀

◆ 專題報導

出席「兩岸氫能技術標準會議」活動報告
技術開發科 賴俊杰

一年樹木百年樹人—固氮菌與植物原生質體融合之研究

化學科 李敏淑
台東大學生科所 蔡弦育 侯怡辰

◆ 儀器介紹

新購「極致效能液相層析儀」簡介
生化科 藍秀春

◆ 檢驗技術

國家標準 CNS 12987 聚乙烯製清潔袋探討暨檢測介紹

高分子科 謝俊豪

出版資料

出版單位 經濟部標準檢驗局第六組
聯絡地址 台北市中正區濟南路 1 段 4 號
聯絡電話 02-23431833
傳 真 02-23921441
電子郵件 irene.lai@bsmi.gov.tw
網頁位置 <http://www.bsmi.gov.tw/>
發行人 謝翰璋

工作小組

主 持 人 陳光華
召 集 人 韋士勤
總 編 輯 賴滢如
編 輯 陳世昌 (化工領域)
謝佩君 (生化領域)
謝文馨 (化學領域)
黃宗銘 (高分子領域)
呂彥賓 (材料領域)
汪漢定 (機械領域)
陳秀綿 (電氣領域)
簡勝隆 (電磁相容領域)
顏士雄 (行政資訊)

總 校 訂 賴滢如
網頁管理 王金標 吳文正
印 製 賴滢如

專題報導

出席「兩岸氫能技術標準會議」

技術開發科 賴俊杰

壹、前言：

本局辦理「能源國家型計畫」-氫能燃料電池機車確證與監理制度之研發、示範與 3E 效益評估計畫，預計辦理 36 項燃料電池機車標準草案，業於 99 年 5 月份國際標準組織/197 技術委員會 (ISO/TC197) 工作會議研提相關技術標準進行國際接軌。由本局與中國氫能標準化技術委員會共同召開「兩岸氫能技術標準研商會議」，先就本（99）年優先排訂之輕型燃料電池機車-低壓儲氫容器安全試驗方法技術標準先行商討，以期達成兩岸共通標準，提送國際標準組織/197 技術委員會 (ISO/TC197) 工作會議審查。

貳、行程：

本次會議行程由本局第六組賴科長俊杰代表出席，於 99 年 4 月 13 日至 99 年 4 月 15 日，赴中國大陸杭州參加「兩岸氫能技術標準研商會議」，並且赴浙江大學進行參訪。



賴簡任技正與燃料電池協會赴中國大陸杭州參加「兩岸氫能技術標準研商會議」

參、遭遇之問題：

因我國非國際標準組織 (ISO) 會員國，故將藉由「台灣燃料電池夥伴聯盟」與對岸進行技術搭橋，邀請我方成為觀察員，以實際參與相關之國際標準組織工作會議，瞭解氫能燃料電池技術標準國際發展趨勢，提前因應。亦可將我國成熟之技術標準藉助對岸提案納入工作小組討論，期有機會將燃料電池機車標準導入國際。

肆、我方因應作法及效果：

由本局、台灣燃料電池夥伴聯盟及對岸全國氫能標準化技術委員會中國電子工程設計院、清華大學、浙江大學、中國標準化研究院等單位的代表委員和專家參加會議。會議針對《輕型燃料電池機車低壓儲氫裝置安全試驗方法》國際標準提案及相關標準草案文本內容進行了討論，並達成以下建議在 ISO/TC197 第 20 次全體會議上，大陸將先提出制定該項設備國際標準的意向，而暫不提交國際標準提案；

台灣和大陸儘快組織制定相關標準，並成立兩岸聯合工作組共同推進標準研訂工作；

台灣工作組將於 4 月 23 日和 5 月 5 日召開標準討論會，進一步完善標準草案的內容，並於 5 月 15 日前將修改後的標準草案發送大陸標委會秘書處，以供大陸工作組參考；

大陸標委會秘書處將於 5 月 15 日前，確定大陸標準工作組組成，並儘快組織標準草案的制定工作。擬定於 6 月 30 日前召開兩岸聯合工作組第一次會議，進行任務分工，並討論研究標準草案；

提出部分標準內容修改建議：

建議調整容器容量範圍 0.12-2.4 升，工作壓力不大於 1MPa；

草案試驗項目中增加吸氫材料和加熱裝置相關內容；

建議增加常溫疲勞試驗內容；

建議刪除抗氫脆化和氫氣迴圈試驗內容，但需做相應技術分析報告。

伍、心得與建議：

一、心得

依雙方決議，由本局籌組「輕型燃料電池機車—低壓儲氫裝置安全試驗方法」標準起草委員會，由產業界、學界及研究單位推舉若干位代表擔任委員、由本局第一組、第三組及第六組擔任工作人員，並將標準實證工作委由財團法人金屬工業研究發展中心執行。

委員會成立後於 99 年 5 月 5 日召開技術標準試審會，針對上述研商會議中大陸與會專家對本局所提提案內容修改建議及 99 年 4 月 23 日本局所舉辦「輕型燃料電池機車—低壓儲氫裝置安全試驗方法草案」第 1 次產官學研試審會會議結論，進一步完善標準草案內容，並於 99 年 5 月 15 日前將修改後的標準草案發送大陸全國氫能標準化技術委員會秘書處，以供大陸工作組參考。

為確保工作延續性，建議由本委員會指派 3 至 4 名成員與大陸工作組籌組兩岸聯合工作組，定期召開會議，進行標準內容之技術課題研討、並針對法規差異所衍生標準調合討論研究，以產生兩岸適用之共通標準，並擬定於 99 年 6 月 30 日前召開兩岸聯合工作組第 1 次會議，進行任務分工，掌握進度之控管。

二、建議

(一) 標準部份：

目前氫能燃料電池係屬於新興能源產品，同時各先進國家均正處於研究發展階段，並無適當之標準可資參考，如果此類產品對於台灣擁有全球競爭力的優勢或處於較佳的領先地位時，則不該因尚無國家標準或國際標準等因素而逐漸失去現有優勢，反而更需協助國內產業針對相關產品制定產業技術規範，以期能適用於國內環境，並逐步建立國家標準，進而藉由國際合作方式及國外區域標準組織的力量通過成為國際標準，且標準範圍應包含安全與性能等方面要求，以符合消費者需求，而如果這類的技術標準涉及公共安全範圍，建議可先執行實證驗證計畫，蒐集相關測試數據及建立統計分析資料庫，以做為制定標準資料之參考。

(二) 檢測技術部份：

對於氫能燃料電池的新興能源產品，首先蒐集及調查國內對氫能燃電池產品具有檢測能力及相關檢驗設備資源的單位，並建立國內相關試驗室檢驗能量資料庫，包括廠商、研究單位、學術單位、政府單位等機構，一方面政府可以有效利用現有的檢測資源，避免資源重複投資而造成浪費，另一方面政府亦可以將有限的資源投入在必須發展之重點方向，以達到最大的經濟效益；另外國內如有第三者檢測試驗室要投入該測試領域，可經由全國認證基金會加以評鑑及認證，避免讓廠商產生球員兼裁判的質疑，同時亦可以讓測試實驗室所出具的檢測報告能有公信力並能與國際接軌。

(三) 產品驗證部份：

產品驗證機構除了需考量符合性評鑑制度、審查發證之外，更需注意後市場管理一環，對經驗證後之產品，使產品在製程上有落實與型式試驗樣品一致，是需要驗證機構落實執行及長期追蹤，並投入人力及管理是耗費相當大資源，此對產品責任險保護及補助條款，也與產品驗證息息相關，對於氫能燃料電池新興能源產品，在國外如沒有取得第三者公正單位之產品檢測及驗證確認，是無法順利上市銷售及取得消費者信任，另外當產品不幸發生事故時，若無第三者公正單位執行事故原因的鑑定工作，亦可能會造成消費者的恐慌，由此可見產品驗證對產品品質的重要性。

一年樹木百年樹人—固氮菌與植物原生體融合之研究

第六組 化學科 李敏淑

台東大學生科所 蔡弦育
侯怡辰

壹、前言：

地球上的二氧化碳含量逐年升高，導致全球暖化與不正常之氣候變遷。而大氣中高佔約百分之八十的氮含量，卻無法被植物直接吸收，而必須透過化學或生物等途徑，將空氣中的氮氣合成為氮化合物之後，始能被植物有效吸收利用。為此，將藉由固氮菌與植物原生質體融合技術之研究開發，以達植物有效吸收利用。

貳、研究概要：

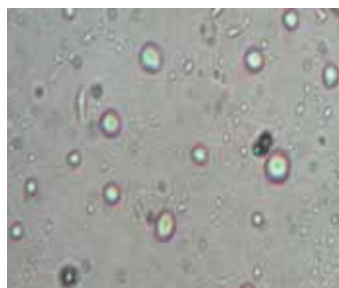
台東大學生命科學所及輔仁大學生命科學系所共同指導的研究團隊原本從事分子生物技術，近年轉以生物技術開發生物之再生能源為研究主軸，帶領研究生以可固氮藍菌與植物原生質體融合，使在成長之植株亦有固氮之能力。

本研究係藉具有固氮基因的藍菌（Cyanobacteria），因其可以製造固氮酶或氫酶而有固氮能力，利用原生質體融合技術，將固氮藍菌與植物細胞原生質體融合，使融合細胞在缺氮養分下篩選培育出可固氮植物，增加更多具有固氮能力的植物以促進光合作用，不但能加速空氣中二氧化碳被吸收量，還可增速生質產能。

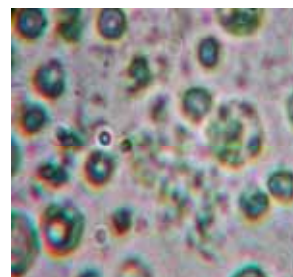
參、研究過程：

本實驗係先純化篩選單粒可固氮藍菌 *Cyanothece* sp. PCC 7822，再增量培養此藍菌，其次採取日本菟絲子 *Cuscuta japonica* Choisy var. *japonica* 並分離出原生質體，再利用 PEG-mediated 將菟絲子原生質體（圖一）與藍菌原生質體（圖二）做融合，俟融合成功後再使此融合細胞經缺氮養分篩選培養形成植株，而保留具有固氮能力之植株。

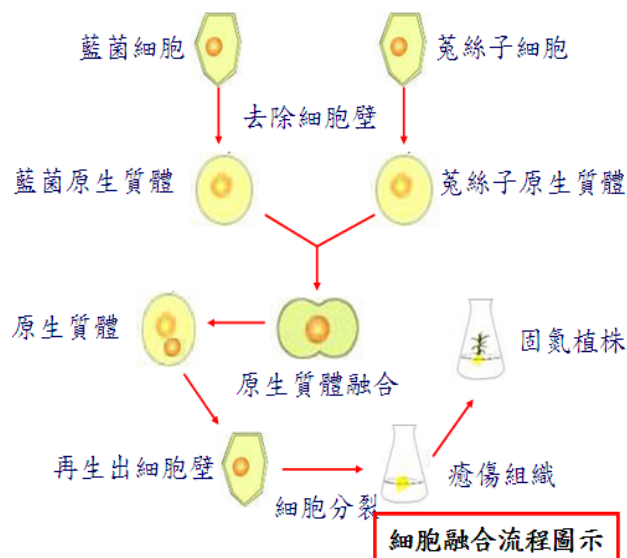
選擇 PEG-mediated 的方法來進行原生質體融合，乃因此方法較其他技術簡單，同時在產業應用上也比較符合成本。



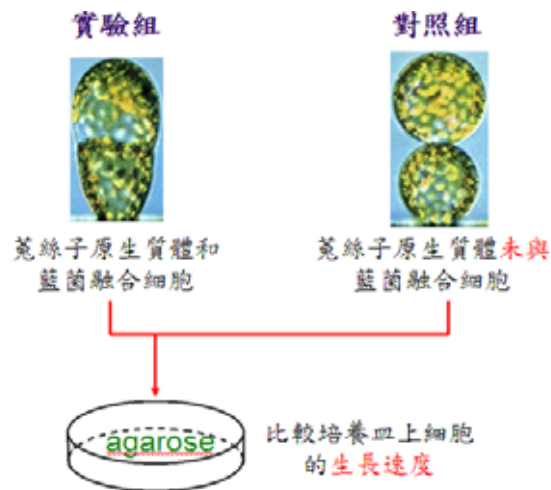
圖一：菟絲子原生質體



圖二：藍菌原生質體



細胞融合流程圖示



肆、研究成果：

本研究之特色為利用生物演化早期的內吞共生，讓多年才能長成的植物加速生長，縮短其成長期。先試以藍菌和兔絲子做融合，培養出植物的固氮能力。期以此技術逐步將其他植物也轉植成有固氮能力之植物體，加速植物生長，促進光合作用之進行，有效增加二氧化碳消耗量，減緩溫室效應、全球暖化問題；同時也能減少工業合成氮肥需求量又可增加生質材料之產量。

伍、參考文獻：

李炎（民 91）：藍菌學－藝軒圖書公司

李炎(民 92)：海洋藍菌資源利用與相關生物技術

李炎 (民 94)：藍菌研究－藝軒圖書公司

李炎 (民 99)：生物再生能源生技－藝軒圖書公司

儀器介紹

新購「極致效能液相層析儀」簡介

生化科/藍秀春

壹、前言

高效液相層析 (HPLC) 應用在生物化學及分析化學是非常普遍，且分析效率高的實驗室技術之一，此設備能應用在樣品中的化合物如食品添加物及黴菌毒素之分離、鑑定和定量。

現今高效液相層析的分離品質受限於層析管柱化學技術，對於其效能而言，填充顆粒大小是決定分離效果的重要關鍵。使用更小的填充顆粒可提供較佳的分析，增加更寬廣的流速使用範圍，並增進層析分離的解析度和速度，極致效能液相層析儀 (UPLC) 如圖 1，係使用 $2\mu\text{m}$ 以下雜化顆粒層析管柱，在高壓下加速分析速度的同時，提高了層析分析的解析度和靈敏度。



圖 1 極致效能液相層析儀

貳、分析原理

高效液相層析基本原理建立於 van Deemter 曲線 (圖 2) 之上，理論板高 (HETP) 愈低分離效果愈好；此儀器系統設計，實現了 2 μ m 以下層析管柱技術的效能和效率，相較於高效液相層析儀(HPLC)，UPLC 整體技術創新的結果提高了 1.7 倍的解析度及 3 倍靈敏度，由於對 LC 顆粒技術改良，以及層析管柱、進樣器、幫浦和檢測器進行了重新設計，如幫浦操作壓力在流速 1 ml/min 時可達 15000 psi，進樣體積範圍在 0.1-10 μ L，顆粒 2 μ m 以下層析管柱的高性能，結合儀器系統在高壓下低擴散輸送流動相的特殊能力，保留了這種小顆粒化學成分在層析分析方面的優點，使分析結果能得到更窄、更高的層析峰。

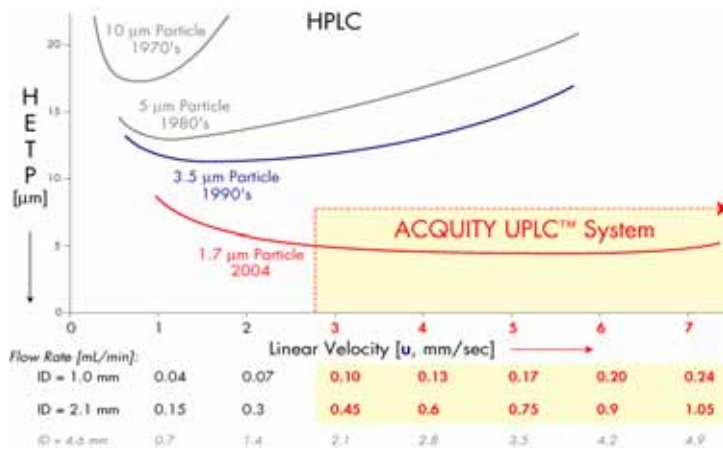


圖 2 van Deemter 曲線

參、儀器配備及應用

本組所採購之極致效能液相層析儀是沃特斯公司生產之。ACQUITY UPLC 系統 (圖 1)，包括極致效能液相層析儀(UPLC)、光電二極體陣列偵測器(PDA)、螢光偵測器(FLD)及揮發性光散偵測器(ELSD)各一部，此三種偵測器可針對不同的分析物質特性作最佳的分析應用(表 1)。

表 1 不同偵測器之應用範圍

檢測器	螢光偵測器 <i>FLD</i>	光電二極體陣列偵測器 PDA	揮發性光散射偵測器 ELSD
檢測物質	<ul style="list-style-type: none"> Environment Polyaromatic Hydrocarbons Phenols Food and Beverage Alfatoxins in Food Products Dyes Biotech and Pharmaceuticals Derivatized amino acids 	<ul style="list-style-type: none"> Impurity profiling Environment PAH Phenols Food and Beverage Dyes Pharmaceuticals Drug 	<ul style="list-style-type: none"> Carbohydrates Underivitized Amino Acids Pharmaceuticals Surfactants Polymer Blends/ Copolymers Natural Products Lipids + Fatty Acids

因為此儀器系統通量增加而加速化學物質的分離速度達 9 倍，能夠在很短的時間內完成更多檢驗工作，進而降低能耗和溶劑使用量高達 95%而不會對分析結果造成影響，在面對目前能源短缺及成本上升的情況下，減少分析後產生的廢棄物與節能減碳是一項優勢的考量。

肆、結語

極致效能液相層析系統利用分析管柱內的 1.7 μm 顆粒，達到較高的層析解析度、較短的分析時間，相對於傳統 HPLC 需要約 15 分鐘的分析時間，若以 UPLC 僅需 6 分鐘即可得到相同的結果，因此可大幅改善樣品的通量，每個樣品可使用較少的溶劑用量；因為實驗時間減縮及提高了分析的解析度和靈敏度，可以提昇實驗室檢驗效能和本組對檢測技術與服務的品質。

檢驗技術

密度及厚度對聚乙烯清潔袋物性影響之探討

高分子科 / 謝俊豪

壹、簡介：

聚乙烯(Poly-Ethylene)塑膠之化學式為 $[\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2]_n$ ，為世界上用量最大的五大泛用樹脂之一，化學性質與石蠟相似，然而其分子量十分大，故機械性質與軟化點相當高。聚乙烯的特殊性質有電絕緣性、耐藥品性、熱及光安定性、耐應裂性、耐水性與透氣性，主要用在塑膠袋和保鮮膜等包裝用品及製造容器和膠盒。聚乙烯屬於熱塑性塑膠(Thermoplastics)，可以用射出成形、擠壓成形等加工方法製得。

高分子系統中分子堆積的方式對高分子材料的性質有極深遠的影響。分子距離增加會使得分子間的吸引力大為減少，第二級鍵結力及分子量造成了單位分子間相當高的殘餘力，當這些力施展到極大時，分子便能夠緊密堆積形成良好的平行排列。惟高分子系統中，由於分子的形狀及結構上的缺陷，完全的平行排列是不可能的，故具有纖維行為的分子若能有較理想的平行排列現象，這種分子排列即是擁有高結晶度及結晶方向的高分子結構。就如本研究的聚乙烯，雖然分子間的吸引力不強，但由於結構具有規則，分子鏈的堆積方式造成的吸引力就會十分明顯。

高分子的立體規則性和聚合物的結晶性質有著密切的關係。由於規則性的分子排列，空隙較少其密度就變為大，另外聚合物的結晶性又受分支和側鏈影響，從結晶性的觀點而言，高分子物質的分子構造，可分為結晶區域和無定型區

域，而構成複合單相結構，這種結構稱為邊緣微晶模型或邊緣微胞模型。此外高分子的定向也會改變其結晶型態，如纖維的冷抽加工，引伸將使纖維分子排列定向，而得到較規則且均勻的分子結構。再如其他聚乙烯產品在吹膜擠壓時，分子鏈就極易排列在加工擠出的方向。

本研究採用國家標準” CNS 12987 聚乙烯製清潔袋”之試驗方法，測量台北市政府聚乙烯製清潔袋各項之機械性質，包含縱橫向抗拉強度、縱橫向伸長率、縱橫向撕裂強度，並探討聚乙烯薄膜厚度及密度對上述各項機械性質的影響，其中密度試驗一項，採用微差掃描熱卡計(Differential Scanning Calorimeter)測量聚乙烯的熔點(Tm)藉以評估袋體間的相對密度。研究結果顯示增加清潔袋體的厚度可提升縱橫向的抗拉強度及伸長率，但對撕裂強度影響不大；在密度較大的聚乙烯清潔袋微結構中，分子會沿著縱向呈現規整的排列，因此縱向的抗拉強度會明顯的增強，縱向的撕裂強度則顯著的降低，而橫向的機械性質則無顯著變化。

貳、實驗

一、試體：46批台北市政府清潔袋。

二、厚度測量：

使用 CNS 4177 規定之針盤指示表測量。加壓載重不超過 150gf，並於袋頂至袋底等間隔測量 10 點厚度，並記錄其平均厚度。

三、縱橫向抗拉強度及伸長率測量：

裁取寬度為 25±2mm，平行度在 0.1mm 以內，長度 150mm 的試片五片，將試片安裝在抗拉試驗機上，試驗速度為 500mm/min，求取試片斷裂時之最大載重即抗拉強度及標線距離。並由下式算出伸長率。

$$l = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$

式中

l：伸長率(%)，L：斷裂時兩標線的距離(mm)，

L0：試驗前兩標線的距離(mm)

另外縱向是指薄膜平面方向平行於製造薄膜時流動的方向，而橫向則是指薄膜平面方向垂直於製造薄膜時流動的方向。

四、縱橫向撕裂強度測量：

自縱向及橫向分別裁取如圖 1 所示試片各 20 片，每 4 片為一組相疊而成。自各試片短邊(寬度中央處)，延長邊平行割開 75mm，將割開之兩端使試片之背面與表面成一平行分別夾於拉力試驗機之夾具上，順其割開方向以 $250\text{mm} \pm 25\text{mm}/\text{min}$ 速度予以撕裂，並記錄至撕裂完成之載重。將載重紀錄中剛開始及接近試片末端載重起落較異常的部分去除，擷取台地區波峰及波谷線段之中間線各點之平均值為撕裂力，將縱橫各五組之撕裂力平均值除以 4 即為各方向之撕裂強度值。

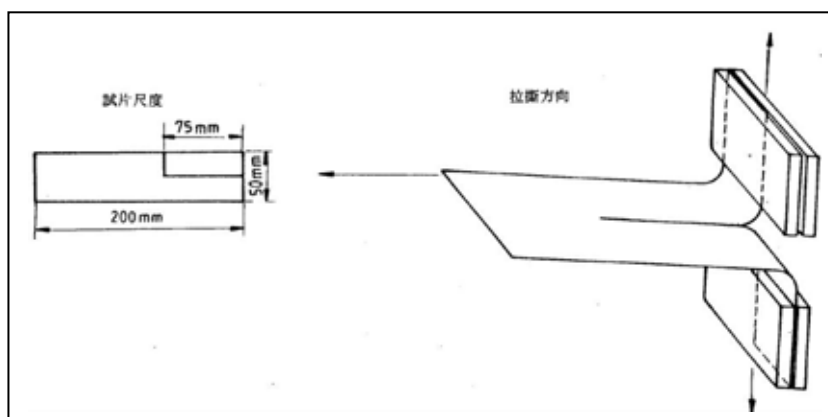


圖 1 撕裂強度試片示意圖

五、熔點測量

將聚乙烯袋置入 DSC 專用模具中，利用壓片機壓片後放入 DSC 儀器中，以每分鐘 10°C 的升溫速度由 20°C 升到 200°C 測量其熔點。

參、結果與討論

一、厚度的影響

從圖 2 及圖 3 的實驗結果中發現，增加聚乙烯薄膜的厚度，縱向及橫向的抗拉強度和伸長率都會增加，這是因為試驗採用 25mm 固定寬度的試片進行試驗，厚度越大的話條狀試片斷裂的截面積越大所導致。這部分的結果是可預期的。另外從圖 2 也發現，縱向抗拉強度會大於橫向的抗拉強度。這是因為在聚乙烯清潔袋的吹膜擠壓中，分子鏈極易排列為加工所擠出的方向，也就是所謂的縱向，因此該方向的抗拉強度會較大。另外值得注意的是，從圖 4 的實驗結果中發現，改變聚乙烯袋的厚度對其縱向及橫向的撕裂強度幾乎沒有影響，我們相信撕裂強度主要是受到聚乙烯袋的微分子結構的影響。

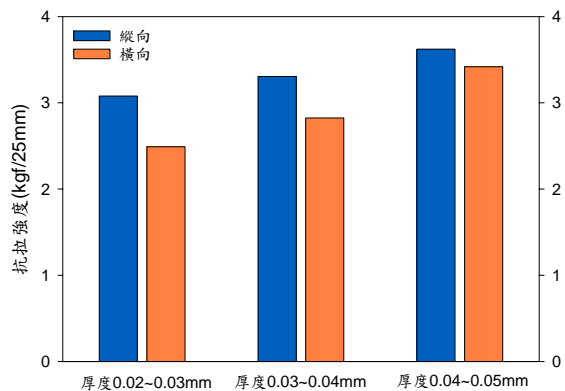


圖 2 不同厚度範圍的聚乙烯袋的平均縱橫向抗拉強度

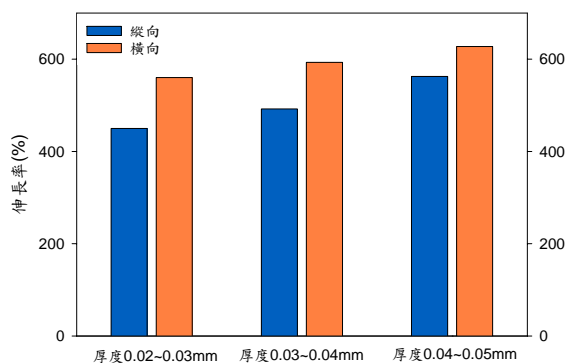


圖 3 不同厚度範圍的聚乙烯袋的平均縱橫向伸長率

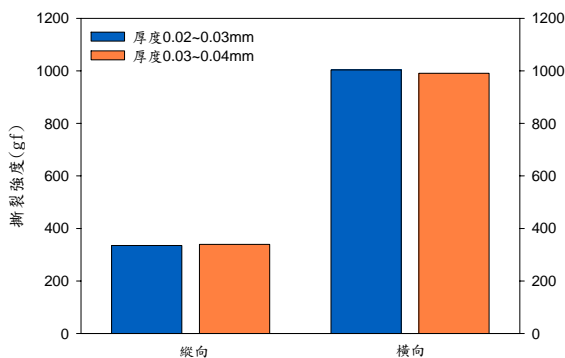


圖 4 不同厚度範圍的聚乙烯袋的平均縱橫向撕裂強度

二、密度的影響

工業上聚乙烯樹脂，依製造法的不同其密度有著很大的差別，這是由於聚乙烯分子產生支鏈的關係。以高壓法所製成的聚乙烯樹脂通常具有較多的支鏈，故結晶性較差而成為中密度(MDPE)或低密度(LDPE)的聚合物，反之，以低壓法製成者，因具較少的支鏈，故它的結晶性較好，而形成高密度的聚乙烯(HDPE)

(高密度及低密度的聚乙烯分子示意可見圖 5)。結晶結構的本性、結晶度、晶體大小、晶粒數目以及分子排列的定向都會影響聚合體的機械性質。也就是說，巨觀上所觀察到聚乙烯密度的巨觀差異，本質上是來自於高分子鏈在微結構上的不同。高分子的支鏈愈少分子排列愈緊密，其密度愈大，另文獻資料表(1)顯示聚乙烯的密度與熔點為正相關，即聚乙烯的密度越大其熔點就越高。

本研究測得之聚乙烯袋體熔點皆介於 120~130°C 之間，我們根據其熔點的高低，將所測定的聚乙烯清潔袋分為兩大群體，分別是熔點大於 126°C 者(A 群)及熔點小於 126°C 者(B 群)，結果發現當聚乙烯清潔袋的密度越高(熔點越高)時，縱向及橫向的抗拉強度都有顯著的增加(見圖 6)，這是因為較少的支鏈使得聚乙烯分子規則排列，形成較佳的結晶性，致結晶區的強度遠大於非定型區強度。

但另外一方面我們卻從圖 7 發覺 A 群的平均縱向撕裂強度遠小於 B 群，此與抗拉強度的結果相反，原因是抗拉及撕裂的破壞機制是完全不同的。在厚度及密度兩方面來說，抗拉斷裂必須對整個截面造成破壞，結晶區截面積越大則強度就大，而撕裂破壞則是發生在所選定的方向中，由機械性質較弱的地方進行破壞，也就是不定型區，而高分子排列越規整，結晶區與非定型區的區塊分際越明顯，無定型區的連接特性便容易造成縱向撕裂強度降低。惟高分子鏈傾向排列為擠壓加工的縱向，因此密度對橫向撕裂強度的影響並不十分明顯(見圖 7)

表 1 不同密度的聚乙烯熔點範圍

Commercial product	LDPE	MDPE	HDPE
Density range, g/cm ³	0.910-0.925	0.926-0.940	0.941-0.965
Melting point (T _m), °C	110-120	120-130	130-136

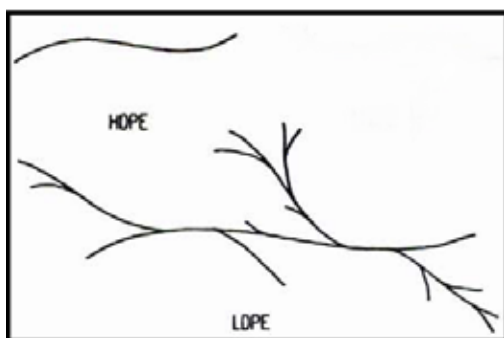


圖 5 高密度聚乙烯(HDPE)與低密度聚乙烯(LDPE)的分子結構圖

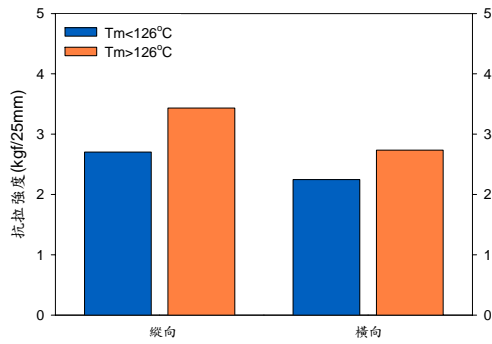


圖 6 不同熔點範圍聚乙烯袋的平均縱橫向抗拉強度

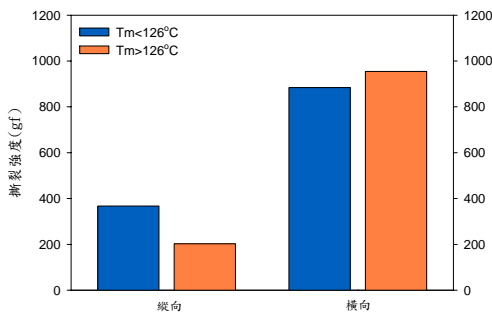


圖 7 不同熔點聚乙烯袋的平均縱橫向撕裂強度

三、厚度與密度的相關性

由於本研究中的 46 件聚乙烯製清潔袋試體來源皆是台北市政府送測，每一件的厚度與密度均不相同，為了確認我們前述所得到的實驗結果不是兩項變因交叉影響導致，我們將母群體分成厚度大於 0.03mm 及小於 0.03mm 兩大群，使兩大群體的試樣數目接近，並測試厚度與聚乙烯密度的關係，結果如圖 8，發現兩者無直接相關，故以上的統計結果相信是可信賴的。

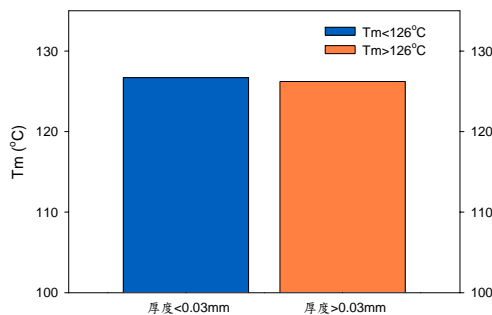


圖 8 不同厚度範圍聚乙烯袋的平均熔點

四、結論

影響聚乙烯製清潔袋的物性因素為厚度、密度及成型方向，其可以從巨觀及微觀兩方面說明：

巨觀面：聚乙烯清潔袋的厚度越大，縱橫向抗拉強度及伸長率都有明顯的增強。聚乙烯製清潔袋由於擠壓成型的時候會排列於加工成型的縱向，因此縱向的抗拉強度大於橫向的抗拉強度，而縱向的撕裂強度小於橫向的撕裂強度。

微觀面：聚乙烯清潔袋的微結構排列愈規整，產品密度愈大且熔點愈高，其抗拉強度亦會增加，但縱向撕裂強度會降低，因此在設計產品時，應根據產品的應用範圍，選擇適當密度的聚乙烯材料、加工方式等，使產品發揮最好的材料性質。

伍、參考資料

- 1、胡德，高分子物理與機械性質，渤海堂，2003
- 2、林建中，高分子化學原理，歐亞書局，2002
3. S. L. Rosen, *Fundamental Principles of Polymeric Materials*, 2nd Ed., J. Wiley & Sons, N. Y., 1993
4. Skoog. West ., *儀器分析*, 曉圓出版, ch23, 1980
5. W. W Wendlandt, *Thermal Methods of Analysis*. 2ed New york: Wiley, 1974
6. 國家標準 CNS 12987