

生活中的化學

■ 呂秀滿

跨年活動的絢麗煙火秀如何才能氣勢磅礴？
為什麼在食品的外包裝上，
要求必須標示出反式脂肪及飽和脂肪的含量？

璀璨的煙火秀

「5、4、3……」隨著主持人高聲地倒數吶喊，明美與俊凱就和廣場上其他的人一樣，緊緊盯著不遠處的台北101大樓的樓頂，期待著花火爆發的那一瞬間。

「碰！」終於，台北市跨年最精彩的煙火秀的第一聲煙火的爆炸聲響起。在黑幕的襯托下，繽紛燦爛的煙花閃耀著七彩光芒，讓人目不轉睛，明美與俊凱也趕緊在這時候對著四射的煙火許下新年新願。

壯麗的煙火秀讓人目不暇給，明美屏氣凝神地觀賞著，然後趁著空檔之餘，回過頭去興奮地問著俊凱：「這些璀璨煙火是如何產生的呢？」

俊凱笑了笑回答說：「煙火彈的主要成分包括黑火藥、氧化劑、助燃劑、著色劑等。煙火的五光十色來自於著色劑內不同金屬化合物在高溫下燃燒時所發出的光芒，例如，鎂鹽燃燒時發出白光、鉀鹽是紫光、鈉鹽是黃光、鈣鹽是橘紅色光、鐵鹽是金黃光芒、鋰鹽是深紅色光芒。但是，在發出藍色光和綠色光芒的煙火彈中，需要添加少量的含氯化學物質，因為氯會和發出藍色光的銅鹽、綠色光的鋇鹽作用，增加鮮豔度。」

稍微休息一下、喘了口氣，他接著說道：「煙火雖然漂亮，但是經由爆炸與燃燒過程而產生的懸浮微粒、二氧化硫、氮氧化物、多環芳香烴、一氧化碳等物質，會造成空氣汙染。而且，產生大量氣體時造成的巨大聲響，也屬於噪音汙染。」



台北101大樓跨年活動的燦爛煙火

明美聽完後，輕拍俊凱肩膀說：「真掃興，一年一度難得的機會，總該有一點彈性吧。」突然，明美露出了恍然大悟的表情，問：「那發生災難時，求救的訊號彈應該也是這種原理囉？」「沒錯！」俊凱燦爛地笑笑，望著美麗的煙花，然後跟著融入大家喜悅的氣氛中。

讓人又愛又恨的塑膠容器

觀賞完煙火秀後，俊凱與明美漫步走回家，看到路旁的垃圾桶裝滿了飲料空罐與寶特瓶，俊凱不禁搖頭嘆氣：「這真是環境的一大浩劫啊！看看這些保麗龍飲料杯和寶特瓶，因為使用方便，一個晚上就為台北市增加了幾十公噸的垃圾。」

望了垃圾桶一眼，明美淡淡地回答：「這也沒辦法啊！雖然現在環保意識抬頭，有人買了寶特瓶飲料後，還把空瓶子留下來當水壺。但是就在前幾天，我收到一封『切勿重複使用礦泉水塑膠瓶』的電子郵件，內容提到杜拜有一名12歲的女童，因為連續一年使用某個礦泉水瓶而罹患癌症。因此，為了健康，這些瓶罐當然用過就要丟掉啊！」

不置可否地搖了搖頭，俊凱皺著眉道：



寶特瓶具有質輕、衛生、不易破裂的特性，深受飲料製造商和消費者的喜愛。然而，這種容器若長時間置於超過攝氏40度的環境中，卻可能釋放對人體有害的物質。（圖片來源：日創社）

「那女童罹癌與寶特瓶是否有直接關係，我們無法判斷。不過，由於寶特瓶是由對苯二甲酸和乙二醇在含錫的觸媒協助下，聚合產生的化合物。如果受到陽光曝曬過久，或放置在溫度超過攝氏40度的高溫下，就會引發材質老化，塑膠材質可能因此釋放出非常微量的有害物質，造成慢性中毒。也因此，寶特瓶重複使用的時間不要超過一、兩週，以避免材質老化。一般小吃店所提供的塑膠湯匙，材質與寶特瓶相同，也不建議在熱食中使用。」

俊凱接著說：「不過，用保麗龍材料的容器來裝飲料或食物，對健康的影響就更直接了。保麗龍是由聚苯乙烯經由添加發泡劑，使它的體積增加10~45倍所製成的，因此質量輕又有保溫作用，而廣泛使用在免洗餐具、咖啡杯、肉類及水產蔬果的包裝盒、冰淇淋盒、蛋糕盒、電器緩衝包裝材、隔熱材等。雖然聚苯乙烯耐水性佳，卻不耐有機溶劑及油，因此不適合用來當作像柳丁、鳳梨、楊桃等酸性果汁及油炸類高油脂食品的容器。」

俊凱再接著說：「特別是當保麗龍容器接觸到高溫、多油的食物時，聚苯乙烯容易釋出在製造過程中所添加的塑化劑一烷基酚，烷基酚是會干擾人體內分泌的環境荷爾蒙。而且，保麗龍因為質量輕，會浮在水面上隨風漂移，已經是國際環保團體公認最大宗的海洋漂流物之一。海洋生物經常會誤食這一類的保麗龍產品，對牠們的消化系統造成傷害。」

聽了俊凱的說明後，明美思索了一下，接著緩緩地說出前一陣子看到的新聞：「保麗龍對環境的影響層面，從地表到海洋，真是讓人無法忽視。」

不過，說到保麗龍的化學穩定性比較差，可以被有機溶劑溶解的特性。98年6月的報紙報導，就讀陽明大學牙醫系大四的女學生鄭玉辰把丙酮加入保麗龍中，由於丙酮會破壞聚苯乙烯的結構，讓發泡氣體逃逸，使得保麗龍的結構軟化潰散，再把軟化的保麗龍放進濃硫酸溶液內加熱數小時，利用磺酸化的反應把保麗龍改質成多孔性的保麗龍膠。

鄭玉辰由20公克的保麗龍製得了27公克的保麗龍膠，可以淨化88公升含銅離子的工業廢水。剩下的，還可以捏製成手工藝品。這一項保麗龍資源化再利用，以吸附工業廢水裡面有毒的重金屬物質的發現，更獲得了世界智慧財產權組織（World Intellectual Property Organization, WIPO）的金牌獎章。這是世界智慧財產權組織第1次把金牌獎頒發給非會員國的台灣，讓台灣在國際環保界和聯合國國家間揚眉吐氣。」

俊凱接口說：「對啊，廢棄物資源化、再利用，也是保護環境的重要課題。國內工研院能資所利用高熱特性，成功地開發出廢保麗龍液化的技術，可以把廢棄的保麗龍轉換成相當於柴油等級的燃料。另外，台中女中曾依晴同學從麵包蟲體內分離出可以分解保麗龍的菌種，也是為了降低保麗龍對環境的危害。曾依晴同學也因此獲得美國英特爾國際科技展覽會的微生物學科首獎。」

明美說：「保麗龍材質的容器或寶特瓶，用完就應該回收。但是，為了垃圾減量，還是要鼓勵大家自備水壺與餐具。」

讓人避而遠之的反式脂肪酸

經過一個下午的補眠以後，明美精神清爽，決定好好犒賞自己。她準備了一大盤奶油焗烤馬鈴薯、一大桶的炸雞塊與薯條，並且高高興興地在烤麵包上塗了厚厚的奶油。四溢的香味不禁讓還在半睡半醒中的俊凱感到肚子餓，爬了起來，勉強張開睡眠，望著滿桌子的食物，脫口便說：「哇！你想不開嗎？整桌都是不營養又傷身的食品。」

明美回應：「好啦，別擔心。我知道這些雞塊與薯條算是垃圾食品，但是焗烤馬鈴薯、麵包、蛋糕、甜甜圈、冰淇淋可是人間美味。這些美食讓我吃得開心，就會讓我的細胞更加有活力。況且，這些脂肪裡含有的脂肪酸，是人體用來製造細胞膜與荷爾蒙的重要材料啊。」

俊凱說：「不是所有的『脂肪』都是營養品。脂肪的構造是由一群碳及氫原子形成的長分子鏈，與羧基結合成為長鏈脂肪酸，再由3個長鏈脂肪酸分子和甘油形成的三酸甘油酯。」

俊凱接著說：「分子鏈上的碳與碳元素之間，如果以單鍵結合，就稱它為飽和脂肪，例如豬油、牛油、雞皮等動物脂肪及椰油和棕櫚油中，就含有大量的飽和脂肪。如果碳與碳元素之間以雙鍵結合，則是不飽和脂肪，像是芝麻油、大豆油、葡萄籽油、橄欖油、葵花籽油等植物油中，就含有豐

隨著生活水準提升後，食品業者轉用不飽和脂肪。
但不飽和脂肪無法適用高溫油炸的加工方式，因而氫化脂肪技術順應而生。

富的不飽和脂肪。再依據組成雙鍵的這兩個碳原子上，所鍵接的兩個氫原子在雙鍵同一側或不同側，而區分成順式脂肪（cis fat）或反式脂肪（trans fat），自然界中存在的脂肪大多以順式的形式存在。」

俊凱接續著說：「飽和脂肪的長分子鏈結構較平直，容易發生堆疊，且堆疊架構緊密，一旦在人體血管內發生堆積，會是成為心血管疾病或動脈阻塞的要因。不飽和脂肪的長分子鏈則扭曲糾結，無法整齊堆疊。因此，隨著生活水準提升後，消費者排斥飽和脂肪的使用，連帶地迫使食品業者轉用不飽和脂肪。但不飽

和脂肪無法適用高溫油炸的加工方式，因而氫化脂肪技術順應而生。」

俊凱接著介紹反式脂肪酸說：「反式脂肪酸的製造方法，就是在多元不飽和植物油分子裡加入氫元素，使原本的順式脂肪酸上的部分雙鍵，在過渡金屬觸媒的催化下被氫原子還原，由能量較高的順式雙鍵轉化為反式雙鍵，形成俗稱「氫化植物油」或「部分氫化植物油」的反式脂肪酸。反式脂肪酸的結構類似飽和脂肪，油分子間的吸引力較強，容易發生分子鏈堆疊的現象，因此在常溫下是固態。植物性奶油越硬，則含越多的反式脂肪酸。」



各式各樣的糕點含有可觀的脂肪

俊凱喝了一口茶後，接著說：「糕餅、太陽餅、鳳梨酥、蛋黃酥、月餅、喜餅等加工食品中，爲了增加口感所添加的酥油，就屬於氫化植物油。也由於氫化油不易敗壞，可以重複在高溫中油炸食物，使食物酥脆、賣相好，許多業者爲了降低成本，都使用氫化油來炸薯條、雞塊、洋芋片、爆米花、油條、鹽酥雞等食品。」

俊凱又接著說：「考量反式脂肪會影響脂肪酸的代謝，而且阻礙細胞膜的合成及荷爾蒙製造，增加心血管疾病的風險，並傷及肝臟，衛生署已經規定自2008年1月1日起，國內、國外食品的外包裝上，須標示出『反式脂肪』及『飽和脂肪』的含量。因此，減少攝取含有反式脂肪酸的食品，才能降低對身體心血管的危害。」

俊凱又說：「吃下肚子的反式脂肪酸雖然會逐漸破壞人體的細胞膜，不過由於身體一直持續著新陳代謝的活動，因此只要有心改善身體體質，假以時日就可以脫胎換骨，把被反式脂肪酸傷害的身體修補回歸健康體質。」

明美聽完後氣得嘟著嘴說：「好啦、好啦，我又不是常吃糕點類的食品，等這一餐吃完後再說吧。美食當前要放棄是會讓人傷心的！知道糕點中所含的反式脂肪酸對心血管的影響這麼可怕，下星期慶祝媽媽60歲的生日，讓我們改以水果拼盤取代蛋糕，應該是健康又養生的最佳壽禮。」

果酸換膚保持美顏

飽餐一頓後，明美擔心攝取過多的脂肪會增加皮膚的出油量，讓臉上長出太多痘痘，因此拿出寶貝的化妝箱，想自己做果酸護膚。俊凱一看到明美端出的5、6瓶化妝品，便不自覺地皺起眉頭：「愛美雖是天性，不過每次塗抹這麼多的化妝

保養品，如此多種類的化學成分和肌膚親密接觸，一定要小心使用。妳可沒忘記上個月試用新上市的果酸保養品，結果造成兩頰布滿了紅色斑點，皮膚呈現大大小小不平整的坑洞，整臉紅腫疼痛的慘狀吧！」

明美回答：「放心，上回是我自己太大意，爲了貪便宜，隨意網購，買到屬於醫療用的高濃度果酸換膚產品，才會造成意外。我已經向醫師請教，了解現今果酸用在美容方面可以分成爲果酸護膚及果酸換膚兩種。果酸護膚是指經常以低濃度的果酸產品塗敷在皮膚上，以達到促使老化角質層脫落、保溼等藥效；果酸換膚則是指利用高濃度的果酸腐蝕表皮，造成皮膚再生，達到換膚的目的。」

明美接著說：「果酸護膚通常可以自行購買含果酸的保養品，不需由專業人員操作，果酸換膚就必須在醫師或醫師指導下由專門人員操作。由於果酸換膚會造成皮膚表皮或真皮的部分破壞，一般都是先採用低濃度的果酸，換膚幾次後，再漸漸增加濃度，以避免換膚不當，造成皮膚發炎、紅腫，甚至灼傷，造成色素疤痕。」

俊凱問：「聽起來果酸換膚的風險比較高，爲何還是有這多的女性熱中地接受果酸換膚美容？難道不怕沒有處理好會傷害到皮膚，而造成一輩子的痛？」

明美答說：「這就是學問了。因爲透過果酸換膚可以去除老化角質，防止角質增生而阻塞毛細孔，同時能激發真皮層的膠原蛋白再生、彈力纖維的修補，以及各種基質的產生，使皮膚看起來細緻光滑，並去除淺層的皮膚皺紋，以及淡化青春痘疤痕、黑斑、雀斑、曬斑、黯沉，改善毛孔粗大等問題，能夠使皮膚變得更柔軟、細緻光滑，而且富有彈性。因此，愛美的女性當然不肯錯過能讓自己看

果酸護膚通常可以不需由專業人員操作，
然而，果酸換膚就必須在醫師或醫師指導下由專門人員操作。

起來更年輕的機會。」

明美接著說：「但是，剛完成換膚的肌膚對陽光的敏感性較高，容易造成曬傷。同時，由於果酸換膚是醫療行為，交由合格醫生來選擇、判斷及治療，就不容易發生意外。」

水果酒與酒精測試

午後，明美整理家中的回收紙類時，突然間，報紙上「柳丁加上饅頭土法煉『酒』，受刑人喝醉大鬧牢房」大大的標題躍入眼中。仔細看了一下，原來是在去年11月中旬，台中監獄發生3名受刑人偷偷把吃剩的柳丁和饅頭加入溫水，放入容器慢慢發酵好幾天，變成克難的「柳丁酒」。因為他們3人喝醉酒，不斷鼓譟，演出鬧劇，驚動了獄卒，才讓私釀酒事件曝光。

看完之後，明美好驚訝，沒想到這樣簡單利用水果所含的水果酵素，把饅頭裡面的澱粉以溫水水解轉換成醣類，進行發酵反應就可以生產出酒來，而且酒精濃度還能高到讓人喝醉。

明美問：「這麼多人愛喝酒，連被關在監獄的受刑人都還異想天開地自製水果酒。那麼，如果只是淺酌，還不到發酒瘋的階段時，交通警察如何測試酒駕？」

俊凱說：「交通警察測試酒駕是用酒精測試儀。酒精測試儀是利用飲酒時，酒精被人體吸收，但並不會完全消化，部分酒精會經過肺泡揮發，重新被人呼出體外的原理所製作的，由一個吹口、一根管子 and 一個可通過氣體的膈管組成。接受測試的人只要在吹口處深深地呼

一口氣，如果呼出的氣體含有酒精，酒精會使測試器中的黃色重鉻酸離子還原成綠色的鉻離子，酒精則氧化為乙醛或乙酸。利用測試器中溶液的綠色深淺程度，就可以了解酒精濃度。也就是酒精含量越多，綠色便越深。」

俊凱接著說：「因為呼出氣體中的酒精濃度和血液中酒精濃度大約呈現2,100：1的關係，也就是說，每2,100mL呼出的氣體中含有的酒精和1mL血液中含有的酒精是等量的，交通警察就可以藉由測定駕駛者的呼氣，利用酒精測試儀很快計算出受測者血液中的酒精含量。有些受測人會以剛用過含酒精成分的漱口水為理由，意圖搪塞，通常交通警察在攔下受測者時，會先詢問一些個人基本資料再進行測試，經過這些時間的拖延，漱口水內所含的酒精成分早已逸散，就不會干擾測試結果了。」

化學反應吸引人之處，就在於藉由反應會發生溫度的升降、形體的改變、顏色的變化、氣味的產生等，各式各樣的變化無窮，讓人捉摸不定。由化學反應所製成的各種化學物品，廣泛運用在家電、資通設備、建築、運輸、醫藥、紡織、食品、化妝品、生物化學等多種產業中。

化學品在生活上的應用，種類繁多。在食的方面，例如止痛藥、消炎藥、抗癌藥物、食物香辛料、防腐劑等；衣的方面，例如尼龍、達克龍、聚酯類等合成纖維所編織的布料與縫製的服飾等；住的方面，居家的塗料、油漆、黏著劑、塑膠水管、防水毯、止滑墊、寢具等；行的方面，各類交通工具所使用的燃料、坐椅內的泡棉、輪胎等；育的方面，電腦、液

化學反應吸引人之處，就在於藉由反應會發生溫度的升降、形體的改變、顏色的變化、氣味的產生等，各式各樣的變化無窮，讓人捉摸不定。

以化學反應為基礎的化學工業所生產的產品，
以不同的形貌滿足人們在生活上的各種需求。



各種不同的化學品為我們帶來舒適的生活

晶螢幕、課桌椅、球類、櫥櫃、打掃用具等；樂的方面，休閒娛樂場所內的室內裝潢、兒童遊樂場所內的球池、防撞護墊、拼圖地毯等。

這些都是以化學反應為基礎的化學工業所生產的產品，以不同的形貌滿足人們在生活上的各種需求。化學工業的發展提供我們舒適生活的重要根基，重視化學工業的節能、環保和安全技術的開發

與應用，才能提高化學工業持續發展的能力，為生活帶來更美好的明天。

呂秀滿

台灣中油股份有限公司

環保與經濟雙贏

■ 賴宗福 · 張之樺

石化工業對於我國的經濟影響甚大，
隨之而來的環境影響也被國人所關注，
如何協助石化工業走上經濟與環保雙贏的道路，
是政府施政的重要課題。

石化工業

石油化學工業（簡稱石化工業）是資本和技術密集的工業，由於和其他產業關聯性高，除民生產業外，也提供高科技工業所需的原料，並支援特化、光電、電子、機電、製藥、運輸工具、建材等產業的發展，可創造高附加價值，整體來說對我國經濟繁榮的貢獻甚大。

石化工業是以石油或天然氣為原料製造各種化學品的工業。以石油為原料所生產的石化基本原料，計有烯烴類（如乙烯、丙烯、丁二烯等）和芳香烴類（如苯、甲苯、二甲苯等），其中乙烯的產能是衡量石化工業規模的一大指標。以天然氣為原料所生產的石化基本原料，則包括烷烴類，如甲烷、乙烷等。

由這些基本原料經過一連串的化學製造過程，先製成各種中間產品，再經各種製造程序，製成合成纖維、塑膠、合成橡膠、肥料、清潔劑、溶劑、黏著劑、塑膠增韌劑等石油化學成品。這些成品再經過加工，最後製成食、衣、住、行、育、樂等日常生活中需要的各種消費品，如鞋子、輪胎、衣服、油漆等。

石化工業的生產體系，大致可分為基本原料工業、中間產品工業和最後成品工業3部分，一般又稱為上游、中游和下游。依聯合國工業發展組織的定義，石油化學工業是指中、上游而言。而依照中華民國工業分類，石化工業的範圍則包括石化本工業和石化依賴工業。石化本工業是指石化工業的上游和下游廠商，如石化原料業、化學

煉油廠由原油蒸餾出輕油，
再進一步把輕油裂解成所謂的石化上游原料，
而產生一連串包羅萬象且和民生息息相關的石化產品。

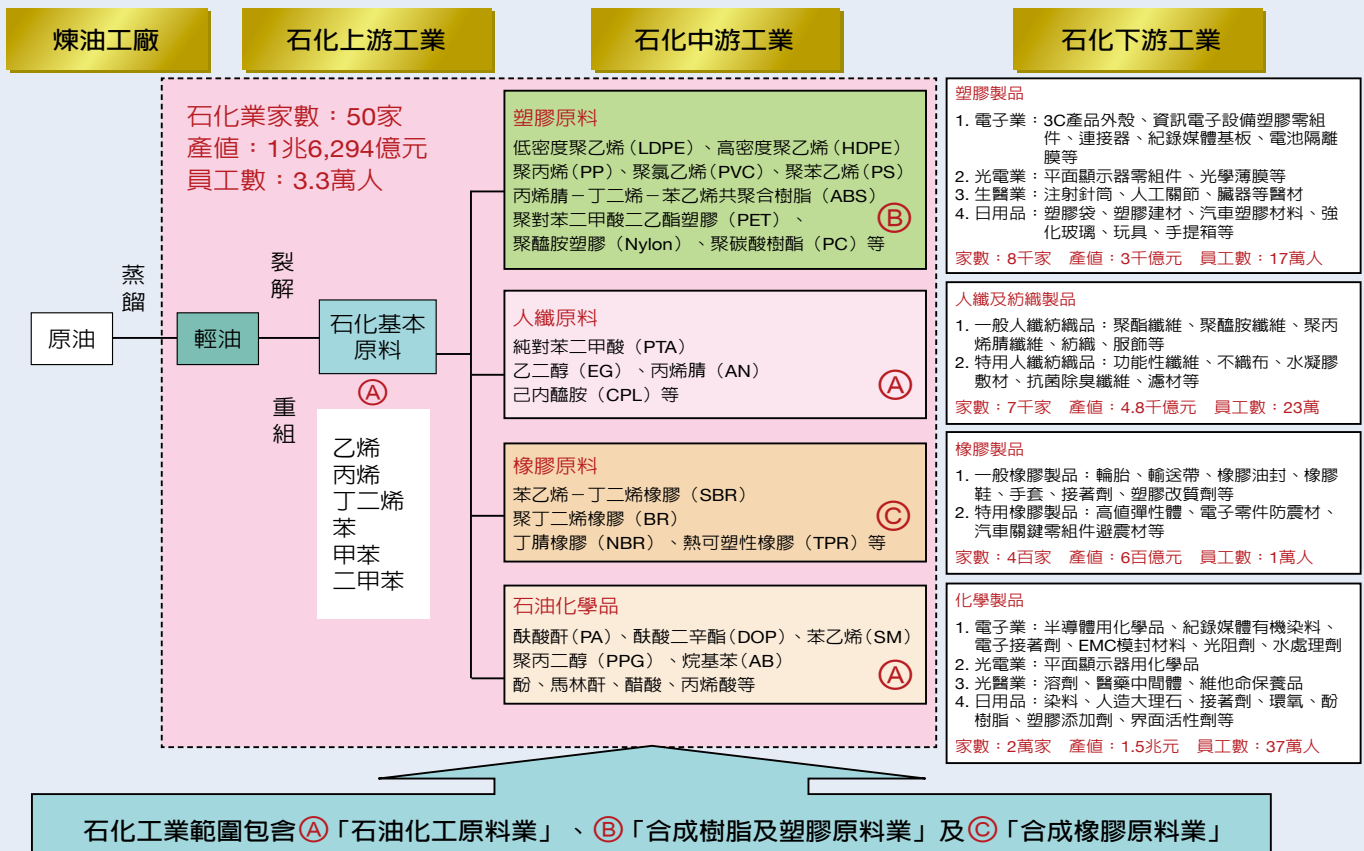
肥料業、人造纖維業、合成樹脂和塑膠業等；石化
依賴工業則指石化下游廠商，如油漆業、清潔用品
業、人造纖維紡織業、針織業、橡膠製品業等。

石化業是承接於煉油業以下的工業，煉油廠
由原油蒸餾出輕油，再進一步把輕油裂解成所謂的
石化上游原料，而產生一連串包羅萬象且和民生息
息相關的石化產品。

以石化業者製造程序和產品區分，石化工業
大致可分為4個層次。

油源開採探勘業一代表公司如ExxonMobil、
BP、SHELL等。

石化上游業（輕油裂解、煉油）一產品包括
乙烯、丙烯、苯、甲苯等，代表公司如中油、台塑
石化等。



石化工業的定義與範圍

石化工業除了是民生產業不可或缺的上游產業外，還提供高科技工業所需的原料，可創造高附加價值，地位非常重要。

石化中游業（石化原料）—產品包括塑膠原料、人纖原料、橡膠原料、石油化學品等，代表公司如台塑、台聚等。

石化下游業（加工業）—產品包括塑膠製品、人纖和紡織製品、橡膠製品、化學製品等，代表公司如東陽、達新等。

石化工業的產業特色，大略有以下5點。

資本密集型產業—石化工業屬資本密集型產業，廠家專精度高，無論是建廠工程或購買國外技術都需龐大資金。

技術密集型產業—石化廠的製程技術大都掌握於少數國外技術廠家，技術多屬外購。從規劃、製程設計、工程設計、安裝設備、試車至正式開工量產的石化建廠技術，相當複雜且具高度專業性，國內則擁有一部分建廠技術。

完整的上中下游一貫作業體系—我國石油化學工業的發展是以逆向整合方式，自下游加工業的需求，衍生出發展中、上游石化原料的必要性，建立石化工業完整的上中下游體系，現有中油和台塑兩大石化工業體系。

獨特的產業特性—例如以乙烯產能代表石化業規模的一項指標，產品具產業高關聯性，基本原料高內銷比率和下游產品高出口比率，產品種類具多樣性，產品的生產集中度高，產品具國際關聯性，大規模生產體系，同一石化工業體系的工廠具高群聚性。

重要的支持型基礎工業—石化工業除了是民生產業不可或缺的上游產業外，還能提供高科技工業所需的原料，支援特化、人造纖維和紡織、光電、電子、機電、製藥、運輸工具、建材等關聯產業的發展，可創造高附加價值，地位非常重要。

石化工業對經濟的貢獻

石化產業發展和國內整體經濟發展密切相關，大致可歸納成以下幾個階段。

第一階段：1945年至1957年 這階段可稱為「酸鹼工業與無機肥料時期」。這階段石化工業的發展，主要是一般化學工業和以農業用途為主的肥料工業，這些工業是以後石化工業的基礎。這期間政府實行了第1期4年經建計畫（1953—1956年），因此這段期間以食品、紡織和化學製品所占製造業產值較大，而紡織業的興盛也帶動了石化工業中游和上游的發展契機。

第二階段：1958年至1967年 在這階段，政府先後推行了第2至第4期的4年經建計畫（1957—1968年）。第1期經建計畫原本是以進口替代政策為主，但是因生產已超過國內市場需求，因此政策由進口替代轉為出口導向的貿易型態。經建計畫讓大量的農業人口投入工業生產的行列。1960年代後期，勞力密集產品的出口開始急速成長，工業產品在所有出口中所占的比率，由1965年的46%增為1970年的79%，其中又以塑膠製品和紡織產品是早期出口的大宗。

第三階段：1968年至1973年 這階段可稱為「石化工業的萌芽階段」。1968年，中油第1座輕油裂解廠於高雄煉油廠內完成啓用，年產量5.4萬公噸乙烯。因為只有台聚一家客戶，產能無法完全消化，其中有五分之二產品沒有出路。當初決定把一輕設於高雄煉油廠的理由，是基於關聯產業的集中，且由於大部分重化工業所需原料都仰賴海外進口，為減低運輸費用，因此設在臨海一帶的港口地區，加上日本



六輕廠

時代已有的煉油基礎，使高雄逐漸成為石化工業發展的重心。

第四階段：1973年至1984年 這階段可稱為「石化工業的發展階段」。在這個時期，政府顯示發展石化業的決心，並納入為當時十大建設計畫中的一項重大建設。二輕於1975年完工，廠址位於高雄煉油廠內，同時開發附近的大社仁武工業區，提供中游廠商設廠。此外，為配合大林埔煉油設備和發電廠，在林園開闢一個工業區設立三輕，並提供中游廠商在工業區內設廠，形成一個完整的石化工業體系。由於鄰近港口、腹地廣大等優點，使得高雄縣市成為台灣石化的重鎮。

二輕生產的石化基本原料，除乙烯外，還有丙烯和丁二烯，是製成人造纖維的原料。三輕計畫於1976年完成，但由於受到1973年的石油危機和世界經濟衰退的影響，使得許多民間廠商退出計畫，迫使三輕的計畫分為前後兩期，1976年完成的三輕延後至1979年才正式開工生產。

第五階段：1984年至1989年 這階段可稱為「石化工業的穩定成長階段」。1980年代，石油危機解除，美國經濟逐漸復甦，油價也下跌，經建會重新對石化工業的發展做評估，認為國內未來十年，石化工業在經濟發展的過程中仍具關鍵性地位，因此石化工業再次成為發展目標。1984年，四輕完工，廠址設於三輕所在地—林園工業區。1986年擱置五輕的計畫被推翻，但是廠址（高雄市後勁）居民的抗爭使得五輕延後至1990年才開始興建。

另一方面，由於石化產品的國際價格大幅下降，許多下游加工業者紛紛進口原料，引起中游業者的恐慌。事實上由於中油一輕是石化基本原料的獨占廠商，經營效率差、成本高，因而加重了下游廠商的成本。對此，中、下游業者感到不滿，台塑公司甚至申請興建「三輕」，但是被政府駁回。為了減緩中游廠商的不滿，政府因而對中游產品進行系列的保護措施。但是，隨著環境保護意識的提



薄膜處理設備

升，中油五輕計畫或台塑六輕選址，都因當地居民的反對而遭遇重重困難，使得石化工業的發展逐漸面臨威脅。

第六階段：1990年代至今 這階段可稱為「石化工業的後續發展階段」。1990年，政府正式核准台塑的六輕計畫；1992年，中油完成五輕廠；1993年，東帝士集團提出七輕計畫；中油公司也和民間合作，提出八輕計畫。然而由於地方居民對於環境保護的持續重視，因此許多計畫的進度都未達預定的時程。

由於石油化學工業是化學工業的基幹，除了是塑膠、人造纖維、橡膠等工業的上游工業外，更是支援電子、資訊、航太、汽車等高科技產業發展所需的基本原料工業，因此一個國家或地區石化工業的發展和經濟成長關係極為密切，甚至是一國GDP的代表性指標。

石化產業是台灣整體產業的「關鍵產業」，和其他產業的關聯度相當高。廣義的石化工業，涵蓋生產基本原料的上游工業、生產中間原料的中游工業，以及生產各種加工品如玩具、塑膠袋、電子產品的塑膠零組件、紡織等的下游工業，範圍涵蓋食衣住行，對整體經濟有很大的影響。

依照目前經濟部工業局的分類，石化工業的範圍包含石油化工原料業、合成樹脂及塑膠原料業和合成橡膠原料業3大類。2008年時，共有50家廠商，員工數量約3.3萬人，年產值已突破兆元，達新台幣1.66兆元。若包含塑膠、橡膠、特化、紡織等石化相關產業，則產值超過新台幣3兆元，占全國製造業總產值近三分之一。由以上數據可以看出石化工業的發展，以及它在整個國家經濟中的重要性。

目前的石化產業政策推動面臨艱困的局面，一方面，石化產品的關聯性大，產業本身是製造業中發展最完整的體系，不能輕易放棄；另一方面，來自國內的環保抗爭運動使得石化業的發展倍感艱辛。

石化工業對環境的影響

早期石化工業的經營由於尚未具有環保的概念，對於環境保護的議題並未加以重視。隨著地球環境的日趨惡化，包括溫室效應、臭氧層破洞、有害物質的大量排放等，對人類的安全和社會的發展造成嚴重的威脅，使得環境保護逐漸成為眾所矚目的議題。

石化工業所使用的原料、中間產物和產品種類繁多，若製程、設備、管線輸送、儲存、運輸過程等步驟稍有疏失，都可能成為污染的排放源或逸散源。其中部分成分含有對人體造成健康危害的致癌性和致突變性物質，使得一般民眾對石化產業的發展產生疑慮。

石化工業區的空氣排放資料顯示，石化污染物的種類有揮發性有機物、多環芳香烴化合物類、二氧化硫、硫化物、一氧化碳、一氧化

在石化產業發展過程中， 如何在經濟和環保間達到平衡，是刻不容緩的研究課題。

氮、微粒等。而這些汙染物對人體造成的危害可分為3大類。

皮膚—高濃度的有機溶劑蒸氣會刺激眼睛黏膜流淚；和皮膚接觸會溶解油脂而滲入組織，影響生理機能，造成細菌感染並引起表皮角質化；刺激表皮引發紅腫和水泡；溶劑滲入人體內，會破壞血球和骨髓。

消化器官—長時間暴露於低濃度有機溶劑蒸氣的作業環境中，會引起慢性中毒。汙染物從口腔進入後，接著到食道和胃腸中，引起噁心、嘔吐等現象，再經由消化系統危害至其他器官，影響血小板、紅血球等，造成鼻孔、牙齦和皮下組織出血，最後造成貧血現象。

呼吸器官—揮發性有機物由呼吸器官進入人體後，經氣管到達肺部，再藉由血液擴散到淋巴液或其他器官，因此常對呼吸道、神經系統、肺、腎、血液和造血系統產生重大毒害。

經濟與環保的兩難

石化工業雖對經濟有顯著的貢獻，但對環境的影響也是大家心中的疑慮。石化產業發展現況可利用下列賽局說明。

		環保	
		重視	忽略
經濟	重視	(A,B)	(C,D)*
	忽略	(E,F)*	(G,H)

() 內第1個數值表示重視 (忽略) 經濟的報酬；

() 內第2個數值表示重視 (忽略) 環保的報酬；

*表示該賽局的Nash均衡解。

在 $A < E$ (給定重視環保的條件下，重視經濟的效應會低於忽略經濟的效應)、 $B < D$ (給定重

視經濟的條件下，重視環保的效應會低於忽略環保的效應)、 $C > G$ (給定忽略環保的條件下，重視經濟的效應會高於忽略經濟的效應)，及 $F > H$ (給定忽略經濟的條件下，重視環保的效應會高於忽略環保的效應)的假設下，利用經濟學中遊戲理論 (Game Theory) 的概念，可以發現該遊戲的Nash均衡有兩個，分別是「重視經濟」和「忽略環保」，以及「忽略經濟」和「重視環保」。

這結果正顯示目前石化產業發展過程中，經濟和環保兼顧的兩難局面。如何在經濟和環保間達到平衡，透過誘因機制的設計讓最終均衡為「重視經濟」和「重視環保」，是相關當局刻不容緩的研究課題之一。

環境影響評估的重要性

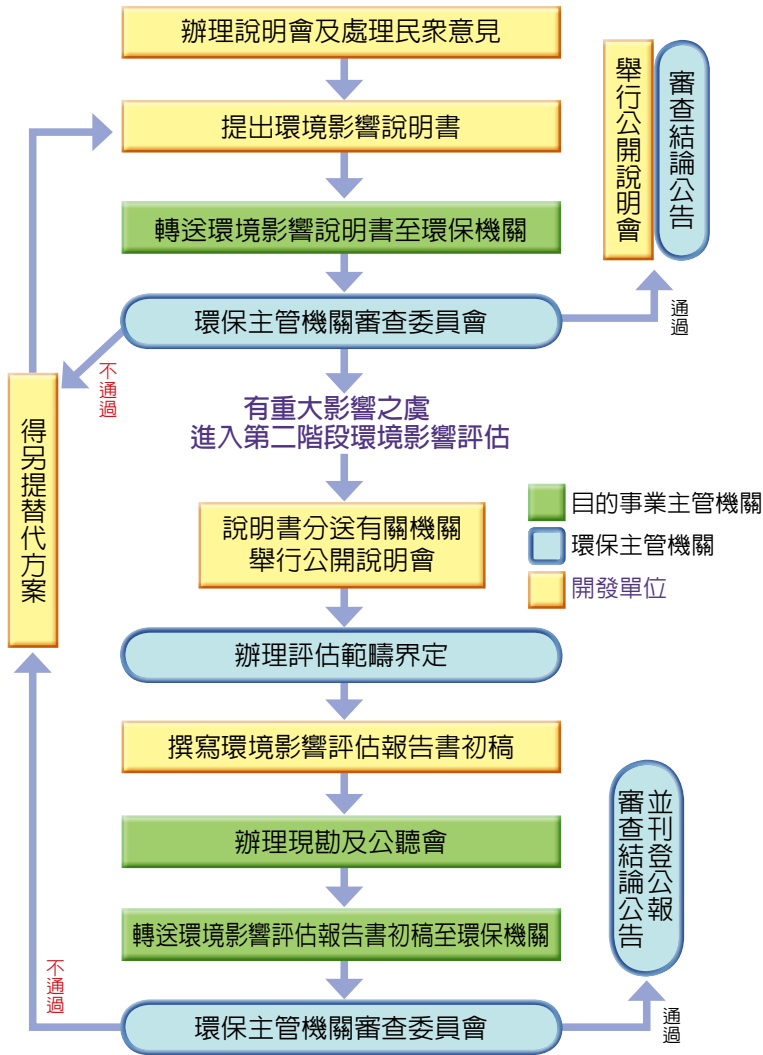
為避免人類在追求經濟發展的同時，忽略環境保護的重要性，「環境影響評估」確實有其必要性。環境影響評估制度是一種預防勝於治療的措施，透過事前的妥善規劃、評估、審查、追蹤考核等程序，以降低相關政策和開發行為的實行對環境所造成的損害，實踐永續發展的目標。

我國於民國83年12月30日公布「環境影響評估法」(以下簡稱「環評法」)，自此環境影響評估有了法律依據。依照「環評法」第4條第2款的規定，對於「開發行為」和「政府政策」應做環境影響評估。然而，「環評法」的內容幾乎全是「開發行為」環境影響的相關規定，「政府政策」環境影響評估(以下簡稱「政策環評」)的規定，僅見「環評法」第26條：「有影響環境之虞之政府政策，其環境影響評估之有關作業，由中央主管機關另定之。」

另外，環評法訂定「政府政策」為環評對象，並未經立法辯論程序，執行可行性有待商榷。

近年來製程技術日益提升，石化工業的新開發案都要求採用製程最佳可行技術和最佳可行控制技術，確實達到減少環境汙染和降低資源耗用的目標。

審查作業流程圖



環境影響評估相關審查作業流程

且環評法立法當時，國內已累積數百件「開發行為」的環評案例，具備充分實體經驗，惟「政府政策」仍屬新領域，國內已完成的「政策環評」案例仍不多見，石化產業過去也未曾辦理。

環境保護的概念日益受到重視。根據1992年聯合國環境與發展會議的定義，所謂「永續發展」是指「發展並滿足當代的需求，同時不損及後代滿足其本身需求的能力」，它是建構在「環境保護、經濟發展及社會公義」3大基礎上。永續發展範圍廣泛，舉凡土地資源、水資源、能源、農業、海洋資源、環境保護、健康風險、教育、社會福祉、城鄉發展、經濟發展、科技研發、國際合作等，都是它的工作範疇。

台灣地狹人稠，自然資源不豐，天然災害頻繁，國際政治地位特殊，對追求永續發展而言，比其他國家更有迫切性。行政院國家永續發展委員會曾在民國91年6月著手規劃國家層級的推動永續發展計畫架構，包括任務、理念、工作項目、具體工作內容、主協辦機關、執行期限等。

當時除考慮到台灣地區永續發展的推動現況外，並參考全球



政策環評NGO諮詢會議

發展趨勢和南非約翰尼斯堡「2002年聯合國永續發展世界高峰會（RIO+10）」的永續發展行動計畫內容，廣泛邀請專家、學者研商和舉辦公開研討會以集思廣益，擬定完成「台灣永續發展行動計畫」，做為21世紀初期台灣地區透過具體行動實踐永續發展的依據。

這項計畫的具體工作項目共計264項，其中130項規劃於92年12月完成或進行重點查核，以配合「台灣永續元年」的推動。且為達成國家永續發展的願景，研擬出「成本內化優先預防」的永續發展原則：使用經濟工具，透過市場機能，實現企業和社會的外部成本內部化，合理反應生產成本，並

藉由環境影響評估和有效的預防措施，避免對環境造成影響。顯示為達到永續發展的目標，環境考量已納入決策機制中，而環境影響評估制度就是實行這項原則的工具之一。

在經濟成長的同時，如何兼顧到個案開發時對環境的保護，兩者平衡點的拿捏格外重要。石化工業是一個發展成熟、技術領先的產業，相較於高科技產業，近年來製程技術日益提升，新開發案都要求採用製程最佳可行技術和最佳可行控制技術，確實達到減少環境汙染和降低資源耗用的目標。目前經濟部工業局正辦理石化

工業政策環評，希望透過政策依據，完成公眾參與機制，以及減輕石化產業推動所帶來的環境衝擊，有效協助石化產業發展並兼顧環境保護，達到雙贏的局面！

賴宗福

佛光大學經濟學系

張之樺

京華工程顧問股份有限公司



縱貫整個阿拉斯加、綿延1,300公里的阿拉斯加輸油管，把原油由極地輸送到阿拉斯加南部港口，再轉運到美國本土的煉油廠。

不用石油的石化

郭肇中

工業化讓生活出現前所未有的進步與便利，
但產生的二氧化碳也造成了氣候暖化。
如何減少二氧化碳的排放，以及降低其在大氣中的濃度，
是目前亟待解決的問題。

二氧化碳減量

二氧化碳雖非如硫氧化物等法定空氣污染物會危害身體健康，但它在大气中濃度升高所造成的溫室效應，會促使冰山融化、海平面上升、陸域面積減少。此外，環境溫度的變化也會使氣候及生態產生不可逆的反應，危及地球上所有的生物。

二氧化碳的排放與經濟成長有相當的關聯性，目前已開發國家有京都議定書來明訂各國的減量目標。在方法上，以提升能源使用效率為最主要的目標，並大力投入風力、太陽能、生質能等再生能源的研究及發展，訂定政策及法規增加再生能源的使用比率，以及減少煤炭、石油等化石燃料的使用。

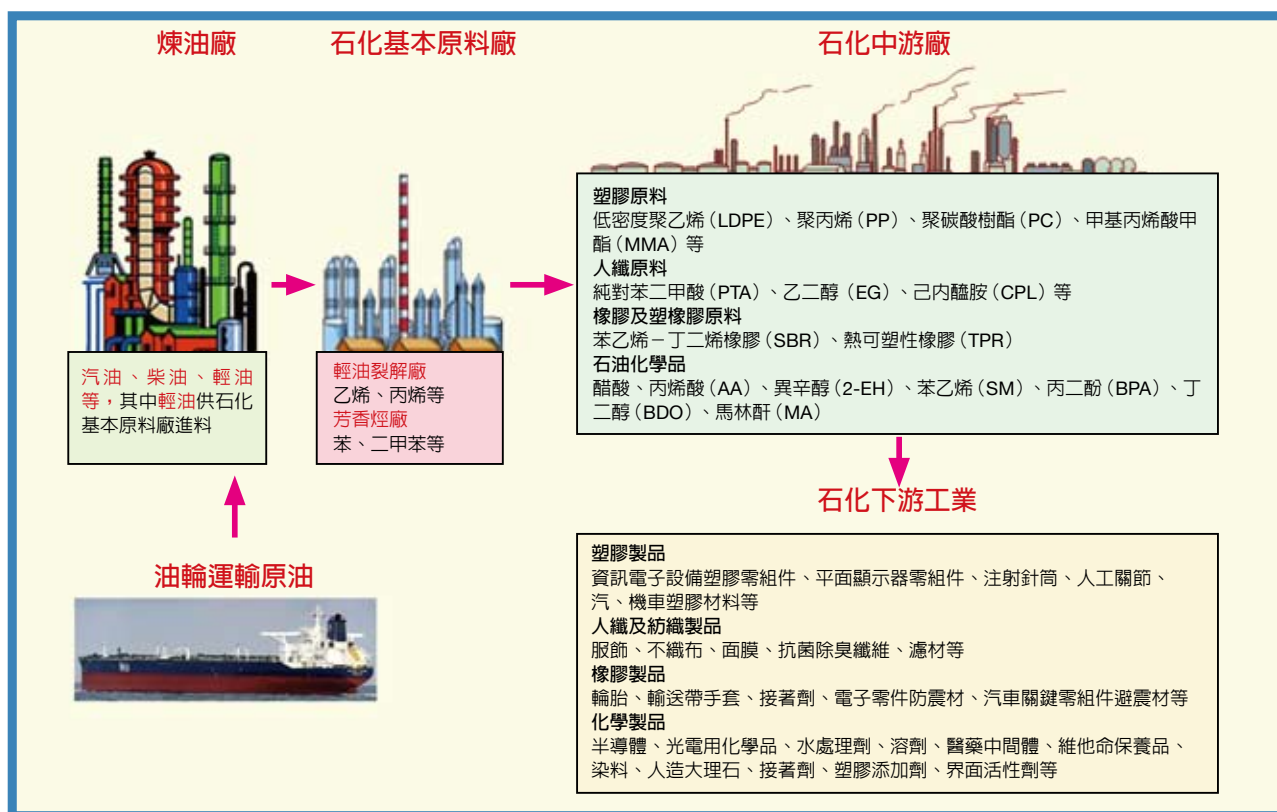
在目前的石油、煤等能源架構下，
 ■ 非屬化石燃料的再生能源的發展有高成本問題，
 商業化製程的建立及各國政府的支持則是成功的關鍵。

在再生能源尚未能大幅取代傳統化石燃料前，各國仍需在傳統能源架構下追求經濟發展。以日本為例，雖然近十幾年來工業部門的二氧化碳排放量呈現下降的趨勢，但住商部門反而迅速成長，為避免二氧化碳減量對經濟的衝擊，不得不採用造林及向外購買碳排放量等京都機制，以達成減量的目標。

目前再生能源的發展中，有一項是以植物為原料製成生質柴油和汽油。植物行光合作用吸收大氣中的二氧化碳，把它製成燃料後再排放到大氣

中，理論上不會增加二氧化碳的排放。目前各國多已開始供應生質能源，但仍處於政府規定或補助階段，成本尚難與化石燃料匹敵。

既然化石燃料可以用生質燃料取代，當然也能以生質塑膠取代石化塑膠，例如以玉米為原料的聚乳酸材質的生鮮托盤、蛋盒等供一次使用的盛盒，在堆肥環境下可完全分解，更具有環境相容性。以植物為原料的石化、塑膠產品，可把植物吸收的二氧化碳固定，減少大氣中二氧化碳的濃度，誰說工廠一定會排放二氧化碳？但目前這類產品仍



目前石化工業的原料來源、工廠生產產品，以及最終製品的簡要架構圖。一個包括煉油廠以及石化上、中游工廠的石化園區的投資金額，至少需新台幣2,500億元（不含港口及土地）。