

經濟部暨所屬機關因公出國人員報告書  
(出國類別：考察)

生質酒精製程與固液分離技術之應用

出國人： 服務機關：台灣中油公司  
煉製研究所  
職務：化學工程師  
姓名：陳錦坤  
出國地點： 德國、奧地利  
出國期間： 97年8月2日至8月8日  
報告日期： 97年10月26日

## 摘要

Flottweg 公司成立於近一百年前，從引擎製造到離心機製造甚至製造出整合型操作平台，其多角化的歷程都未偏離其核心技術。該公司清楚地了解其主要獲利來源是離心機的銷售，因此所有的多角化決策都是以提高離心機的銷售為重心，如此才能精益求精，獲得最大的利益。

奧地利 Agrana 生質酒精工廠是奧地利第一家生質酒精工廠，以當地盛產之玉米為原料，經粗碎、液化與糖化後，利用麵包酵母轉化為生質酒精。該工廠擁有 2500 噸發酵槽 6 座，採批次培養，每批次約 70 小時即可完成。所生產之酒精蒸餾與脫水後可得純度達 99.9% 的生質酒精，萃餘物以購自德國 Flottweg 公司的臥式離心機進行固液分離，獲得之固形物可作為畜牧用飼料，亦可再經乾燥成形後製成保存期限較長的飼料，稱為 DDGS (Distiller dried grains and solubles)。整個酒精生產僅採用玉米為原料，產物僅二氧化碳與水蒸氣排放至大氣中，其餘皆完全回收利用。其採用多種產品以減少油價波動衝擊的策略是我門開發心生質能源時可以仿效的。

# 目次

	頁次
摘要 -----	2
目次 -----	3
本文	
一、目的 -----	4
二、過程 -----	4
三、心得 -----	8
四、建議 -----	10
附錄	
表一、Flottwege 公司使用於 DDGS 生產之臥式離心機 -----	11
圖一、Flottweg 公司於 1956 年製造之臥式離心機 Z-1 型 -----	12
圖二、Flottweg 公司所製造的各種固液分離設備 -----	13
圖三、離心機在 Flottweg 廠區中組裝之情形 -----	14
圖四、離心機的平衡轉動測試 -----	15
圖五、工業廢水系統式處理平台 -----	16
圖六、Flottweg 公司處理德國南部油槽之油泥 -----	17
圖七、DDGS decanter 外觀。-----	18
圖八、Flottweg 公司分離技術應用的事業 -----	19
圖九、Agrana 生質酒精工廠外觀 -----	20
圖十、以穀物為原料的生質酒精製造流程 -----	21
圖十一、以馬鈴薯為原料的生質酒精製造流程 -----	22
圖十二、以糖蜜為原料的生質酒精製造流程 -----	23
圖十三、以農業廢棄物為原料的生質酒精製造流程 -----	24
圖十四、Agrana 生質酒精工廠廠區配置圖 -----	25
圖十五、Agrana 生質酒精工廠離心操作 -----	26
圖十六、發酵萃餘物離心之結果 -----	27
圖十七、Agrana 生質酒精工廠生產生質酒精與 DDGS 的生產流程 -----	28
圖十八、商品名為 ActiProt 的 DDGS -----	29

# 本文

## 一、目的

本次考察之目的在於獲得生質能源生產之新技術，並了解生產過程副產物的附加價值。德國 Flottweg 公司為離心機製造公司，成功地利用工程技術服務之資源擴展離心機本業之市場，並且成功打入生質能源市場；2008 年 5 月份，奧地利 Agrana 生質酒精工廠開始量產，以玉米為原料，生產生質酒精及 DDGS 畜牧飼料，以多樣化產品來適應價格波動的市場，是我們在進入生質能源產業時可以學習的典範。

## 二、過程

本次考察從 97 年 8 月 2 日至 8 月 8 日共計七天。自台北出發後，8 月 4 日與 8 月 5 日首先拜訪德國維茲堡 (Vilzbiburg) 的 Flottweg 公司，該公司是一連續式臥式離心機的製造公司；8 月 6 日與 8 月 7 日在 Flottweg 公司的安排下拜訪位於奧地利北部的 Agrana 生質酒精工廠，該工廠利用穀物為原料製造生質酒精。8 月 8 日離開奧地利開始回程。

### 1. Flottweg 公司考察

#### 1.1 Flottweg 公司的發展歷程

Flottweg 公司於西元 1911 年創立於慕尼黑，為一引擎機械製造公司。1943 年遷移至維茲堡 (Vilzbiburg) 現址，並於二次世界大戰後製造印刷機器，在機械的製造方面累積極豐富的經驗，也為日後離心機事業奠定深厚的基礎。

為了開創多角化事業，Flottweg 公司於 1950 年代初期開始製造離心機，並於 1956 年製造出第一部臥式分離機 Z-1 型，並且開始銷售 (圖一)。之後該公司逐年開發出多種商業用臥式離心機，技術也更加精進，行銷據點更擴展至全世界。2002 年在南非賣出第 5000 部商用離心機，奠定其領先之地位。為擴展其產品規模，Flottweg 公司於 1988 年買下位於義大利的 Veronesi 公司，成功接收其碟式連續式離心機的生產線，並以其優異的機械經驗改善原本碟式連續式離心機的缺點。同時也擴展其產品線至帶狀過濾器之製造，而成為一個涵蓋過濾與離心的固液分離設備製造商 (圖二)。

#### 1.2 Flottweg 公司的核心技術

挾著近百年的機械製造經驗與德國在鋼鐵工業材料的優勢，Flottweg 公司離心機的零配件絕大多數都是自行生產，從機器設計到製造皆在該公司完成，僅少量操控與電器設備由合作廠商提供，因此可以依據客戶需求建造合適之離心機。

圖三為 Flottweg 公司製造之零配件與組裝之情形。對於離心機最重視的重量平衡也以電腦檢測與測試，確保該公司產品安全無虞（圖四）。該公司製造人員曾對筆者表示，客戶所需之材料，在德國鮮少有無法取得的情形，可見一個國家基礎重工業的發展將直接影響該國其他工業的競爭能力，也可作為發展新工業的後盾。

### 1.3 Flottweg 公司的多角化經營

為了擴展營業的觸角，Flottweg 公司開始針對特定工業需求開發系統式設備，以離心機為主體，配合協力廠商提供之管線、儲槽、電纜等週邊設備，完成組合式處理平台，圖五即為該公司完成的廢水處理系統。通常該操作平台架設於托板車或貨櫃車上，形成機動的處理設備，可隨時應付突發的狀況，並且減少設備所佔的空間。因著系統式操作平台的開發與機動之組裝讓 Flottweg 公司開始進入另一個商業模式—設備租賃。針對尚未有能力購置整套設備的顧客以租賃的方式擁有處理設備，通常是一些試驗工廠測試或是偶發性需求的顧客，前者極有可能是大量購買機器設備的潛在客戶。

為了讓潛在客戶儘速成為買主，測試階段的顧客滿意是很重要的，而顧客滿意主要來自測試的成功。因此 Flottweg 利用其多年的機械操作經驗，組成技術服務團隊，協助客戶排除操作的問題，使測試儘速成功。同時技術服務團隊也以工程公司的樣貌接受外包工程，尤其是針對人力物力不夠，在法定規範下必須執行的項目，例如煉油產業的油泥處理。圖六即為該公司工程團隊在德國南部清理油槽中油泥之情形。

配合日益擴增的生質能源市場，Flottweg 公司積極跨入生質柴油與生質酒精市場。在生質柴油部分，離心機主要使用於生質柴油的油水分離以及生質柴油產物的澄清部分，另外在甘油分離的製程中也可使用；在生質酒精的製程中，主要應用於發酵蒸餾後萃餘物的回收與再利用，尤其是萃餘物乾燥後的 DDGS 可作為畜牧用的飼料。在生質酒精製造與 DDGS 需求方面，Flottweg 公司製造數種類型的 DDGS decanter(圖七)，每部離心機的最大處理量可達每小時 85 公秉(表一)，這一方面的應用在下一段報告中將詳細說明。

### 1.4 Flottweg 公司的成長模式

Flottweg 公司由原本設備製造廠商逐漸轉型為工程公司，利用暨有設備的組合開發出整合型工程處理技術，包括廢水處理、油泥處理等工程技術，藉由技術服務與技術移轉帶動離心機的銷售，並成功地將觸角伸向不同領域的市場。目前 Flottweg 公司分離技術應用的事業包括油脂、飲料、藥物食品、工業廢棄物處理、油泥處理與售後服務等(圖八)，這種以技術服務帶動本業擴展市場的模式，值得我們學習。

觀察 Flottweg 公司成功擴展市場的原因在於根植於本業的多角化經營，從一百年前一個機械引擎的製造公司到印刷機械再到離心機製造，最後成功整合成系

統性操作設備的製造商，從未偏離本業，清楚知道公司獲利的根源，並且牢牢地掌握住這個主題。當然，要發展出這種成長模式的先決條件是根植於本業具有優秀的競爭能力，而 Flottweg 擁有先進的離心機製造技術與完善的品質才能操作這種成長模式。藉由多角化的嘗試，讓本業應用於各種市場，雖然有工程設計、售後服務等觸角，但最終的目標還是在擴大離心機的銷售規模，如此才能獲得最大的利潤。

## 2.Agrana 生質酒精工廠考察

### 2.1 歐盟生質能源發展現況

近年來因工業發達導致二氧化碳等溫室氣體排放遽增，引起全球暖化現象，使得溫室氣體排放之問題廣受重視；同時又因石油短缺，造成全球性能源恐慌，物價波動，經濟衰退。因此尋求新且潔淨的生質能源以供未來使用，乃成爲一個重要的議題。根據國際能源總署的統計，目前生質能是全球第四大能源，僅次於石油、煤及天然氣，是目前最廣泛使用的再生能源。

國際推動生質能源主要分兩大類，其一爲栽種油脂作物如大豆或油菜，轉化爲生質柴油，另一爲栽種糖質作物如甘蔗或澱粉作物如穀物，轉化爲生質酒精。並將這些生質能源以一定比例摻入石化提煉之柴油或汽油中。由於生質能源之生產成本相對於石化提煉之汽、柴油仍屬偏高，因此各國皆對生質能源產業採取優惠的政策補貼。

歐盟在這波生質能源產業發展中也沒有缺席。在生質作物方面，歐盟對於休耕地種植能源作物及非休耕地種植能源作物給予不同程度之補貼；對於生質燃料的摻配比例也給予不同的能源稅減免，例如 E5 可減免 5% 能源稅，E100 則完全減免能源稅；對於生質能源製造商則運用關稅保護的方式保障酒精生產商的競爭力，也減免生質能源的貨物稅鼓勵消費者使用生質能源。這些努力的成果使歐盟在 2005 年 10 月 1 日使生質能源所佔的比例達到 2.5%，2007 年 10 月 1 日達到 4.3%，並且明訂運輸部門在 2010 年以前生質能源使用的比例必須超過 5.75%，並且期勉在 2020 年生質燃料的比例佔總燃料使用的 20%。以生質酒精爲例，歐盟各國依個別國家之規定添加 5-10% 的生質酒精於汽油中。

### 2.2 Agrana 生質酒精工廠介紹

8 月 6 日與 8 月 7 日在 Flottweg 公司的安排下拜訪位於奧地利北部的 Agrana 生質酒精工廠（圖九）。Agrana 生質酒精工廠資本額約 1 億 2500 萬歐元，員工 69 人，甫於 97 年 5 月份正式量產酒精，是奧地利第一家生質酒精工廠。

工廠的設計，每年利用約 60 公噸穀物（目前採用乾玉米粒）爲原料，生產約 24 萬公秉之生質酒精以及 19 萬噸 DDGS 畜牧飼料，相當於產出 10 萬公秉原油與 13 萬噸進口黃豆飼料，依此數據計算，每年約可降低 38 萬噸二氧化碳的排放。

目前該工廠的主要生產設備爲 6 個 2500 公秉的發酵槽，以批次發酵的方式生

產生質酒精，每個批次生產約耗時 70 小時，由 6 個發酵槽輪流運轉達到生產不間斷的目標。

### 2.3 生質酒精生產製程介紹

Agrana 生質酒精工廠生產製程移轉自美國 Katzen International Inc.，該公司是以提供高效率、低耗能、低污染技術為主要業務的科技公司，其技術已擴展至 25 個國家。在能源方面以提供高附加價值的再生能源技術為目標，並可提供技術服務及製造工廠的相關設備。Katzen 公司目前可提供的生質酒精生產技術依料源不同可分為以穀物、馬鈴薯、糖蜜及農業廢棄物（主要是纖維素）為原料的生產製程。簡介如下：

2.3.1 以穀物為原料，其製程包括穀類粉碎與漿化、原料液化、發酵、蒸餾獲得酒精、萃餘物固體回收及乾燥等（圖十）。其特色是酒精萃取後的固體廢棄物可回收再利用，包括作為發酵的二次進料或者作為動物飼料，以達到完全利用。

2.3.2 以馬鈴薯為原料，其製程與以穀物為進料類似，其廢棄物也可以作為動物飼料使用。主要的差異在於馬鈴薯被轉化為酒精的效率較高，萃餘物中糖質的含量較低，不適合作為發酵的二次進料（圖十一）。

2.3.3 以糖蜜為原料，由於糖蜜為液態，澄清後可直接進行酵母菌種大量培養與發酵生產酒精，所生產的酵母可作為副產物而獲利。發酵之後的萃餘物沒什麼營養價值，通常以掩埋處理（圖十二）。

2.3.4 以農業廢棄物為原料，通常採用富含木質纖維素的稻桿、麥桿或乾草等難以分解的物質為原料，因此必須用化學法（酸水解）進行前處理。酸處理後之產物一方面作為生產酒精之原料，一方面做為微生物生產纖維素分解酵素的原料，以酵素水解與酒精發酵同步進行的方式（Simultaneous saccharification and fermentation, SSF）製造酒精，發酵之後的萃餘物可燃物含量仍高，以焚燒方式作為蒸氣生產之用（圖十三）。這個方法因原料相對便宜，且不與糧食供應產生衝突，頗受各國重視，所生產的酒精稱為第二代生質酒精，可惜酒精產量仍偏低，需進一步改良。

### 2.4 Agrana 生質酒精工廠生質酒精之製造

Agrana 生質酒精工廠位於奧地利北部，該區域以平原與平緩的山坡地為多，農業與畜牧業興盛。農業方面以小麥與玉米為大宗，種植方式以小麥和玉米分區交錯種植。小麥較玉米早一個月收成，因此可以接連著收穫，不至於產生收割人力衝突。畜牧業以牧牛最多，平時採用放牧方式，到了冬季大雪覆蓋大地，採用圈養方式，此時需要依靠飼料過冬，故農民大多會儲存草料備用。為了提升蛋白質的攝取，高蛋白質的飼料是必要的添加物，通常採用進口的黃豆飼料作為補充。

Agrana 生質酒精工廠衡量原料來源與畜牧業需求，採用以穀物為原料的生質酒精製程。利用當地盛產的乾玉米粒為原料，以火車或貨運直接運送至工廠，選別後貯存於原料倉庫備用。製造時以粉碎機粗碎成小於 5 mm 的顆粒（其樣式有如經榔頭敲碎的乾玉米）後，以輸送帶運至原料製備槽中，加水並加熱蒸煮，冷卻後加入酵素使澱粉液化及糖化，之後導入發酵槽。採用市售乾酵母為菌種發酵生產酒精，在操作過程中不需特別操控其厭氧狀態，由發酵過程中所產生的二氧

化碳便足以維持酒精發酵所需的厭氧狀態。該工廠擁有 2500 噸發酵槽 6 座，採批次生產。發酵結束後的產物加熱使酒精進入蒸餾單元，並萃取出酒精，經分子篩脫水後可獲得純度 99.9% 以上之生質酒精，工廠各單元之配置如圖十四。

酒精萃取後的萃餘物為一混雜了固形物與發酵廢液的混合物，並且溫度很高，可達 90°C 以上。Agrana 生質酒精工廠設有七部 DDGS 臥式離心機，並可於高溫 90°C 下操作（圖十五），萃取出酒精後的萃餘物便以臥式離心機以約 3000×g 離心力分離固形物與上層液（圖十六）。由於離心力尚不足以完全去除上層液中的小顆粒，上層液仍呈渾濁狀態，因此再加熱進行蒸發濃縮，濃縮後的濃稠糖漿再與固形物混合，可直接作為畜牧用飼料，但水份含量仍較高，保存期限短，必須馬上使用。若要提高其保存期限，需再經過乾燥造粒的程序，可得直徑約 1 公分的圓柱形顆粒，稱為 DDGS (Distiller dried grains and solubles)。乾燥造粒所需的黏著物質係由濃縮後的糖漿擔任，因此不需要另外添加任何其他原料整個製程如圖十七。DDGS 的生產過程需用掉大量熱能以去除水分，估計整個製程中製造 DDGS 所耗用的能量佔整個製程的四分之一，能量損耗的成本應估算至 DDGS 的生產成本中，這是必須特別注意的。

由於 DDGS 是玉米去除一部分澱粉所獲得的產物，單位重量所含的蛋白質較高，為較高價的飼料，以「Acti-Prot」為商品名行銷，用以取代進口黃豆飼料（圖十八），以供畜牧業使用。

綜觀整個以玉米為原料的生質酒精製程，所使用的原料僅玉米與水，添加的酵母與酵素僅佔少數，其產物包括酒精、DDGS、二氧化碳與水蒸氣。除二氧化碳與水蒸氣直接逸散至空氣中外，我們可以說本製程將玉米轉換成酒精與 DDGS，原料準備簡單，產物較多樣，可依據市場價格波動調整產物比例，達到最佳利潤，適值得學習的方法。筆者亦參訪國內製酒工廠，由於採用固態發酵，發酵萃餘物產量很高，通常直接作為飼料添加物，但可能有許多雜質，通常只適用於某種動物，影響市場擴大，若能進一步加熱製成 DDGS，或可成為多用途的飼料。

## 三、心得

### 1. Flottweg 公司考察心得

固液分離技術通常採用過濾與離心方式，是製程上經常使用的單元，市場競爭激烈。Flottweg 公司以臥式離心機製造開始，其高品質的機器設備頗受業界好評，即便如此，因連續式離心機價格高，往往導致市場無法擴張。Flottweg 公司利用其離心機的經驗，擴展公司的觸角，整合多個操作單元成一個工作平台，進行技術服務，如工程設計、油泥處理等，並利用這些觸角擴大離心機的業績，獲得更高的利潤，而能在一片不景氣中繼續擴廠。這種橫向整合的經驗值得我們學習。

目前台灣許多公司進行多角化投資時會有追求流行的趨勢，砸下大筆資金進



入與本業無關的產業中，導致無法掌握市場脈動，每每造成虧損後撤出。更進一步，因為缺乏所投資的行業的專長，即使賠了錢也買不到經驗。因此在進行多角化決策時須先考量本身的專業是否足夠，是否有足夠的人力、物力投入該市場以及是否能獲取最大的利潤著手。若缺乏相關經驗，而所著重的目標市場確為公司必然的發展方向，則必須由研究著手，挑選合適的研究人員或是召募新進專業人員，從研究的角度建立專業團隊，再以此團隊為出發點進行多角化事業的測試，步步為營才容易成功；萬一失敗，所累積的經驗仍可作為下一波多角化經營的參考。

## 2. Agrana 生質酒精工廠考察心得

Agrana 生質酒精工廠是奧地利進軍生質能源市場的試金石，同時也體會到油價及原物料巨幅上下震盪的驚濤駭浪。該公司採用在地原料多種進料（製程之設計適用於各種澱粉質穀類）與多種產品的策略，不僅使原料成本有彈性，亦分散產品價格變化的風險。尤其在整個生質酒精與 DDGS 的生產上僅使用單一原料即可完成，是一個原料完全利用又兼顧環保的方法，可作為我們發展工業的借鏡。

以目前的態勢來說，石化燃料仍有約 30 年的空間，但儲量逐年下降，預留了油價人為炒作的空間，整體的趨勢將是油價逐漸上揚的局面。因此短期內油價巨幅波動將成常態，可以想像替代能源的發展將隨著油價的波動而加速或減緩。雖然有許多質疑生質能源會與糧食供應衝突的聲浪，但生質能源佔替代能源的比例越來越高確是不爭的事實。理由無他，生質能源的使用可以滿足於現有的能源設備。例如使用率最為普及的汽車引擎，可以在不經過任何修改或者極小部分零件替換就可使用生質能源，對於廣大的民眾生活的影響可降到最低，至少短期之內，替代能源仍將以生質能源為主力。一旦能源使用設備有大幅度進展（如電動機、電能傳輸、大眾運輸設備普及化等），才有可能改變此一態勢，而這正是所有從事能源科技研究的人員必須全力關心的事。

既然油價波動是可預見的未來，如何因應便成了一個重要的課題。我們必須建立具有彈性的生產線，在油價高時全力生產生質酒精，油價低迷時減少酒精生產，而用其他副產物來替代，也就是建立聯產品的生產模式，如同一種原油可煉製出各種油品一樣。Agrana 生質酒精工廠採取的策略就是這種彈性，採用玉米為原料，生產出生質酒精和 DDGS 進入不同市場，隨時可以彈性調整產品比例，這也是該公司在粉碎玉米粒時採用較粗的顆粒的策略基礎。

目前第一代生質酒精的生產採用糖質或澱粉質高的穀物為原料，受到許多質疑，因此以木質纖維素為原料的第二代生質酒精的研究正如火如荼地展開。不管是採用何種原料，建立聯產品式的彈性生產策略都是一條可行之道，而 Agrana 生質酒精工廠正在進行中。

#### 四、建議

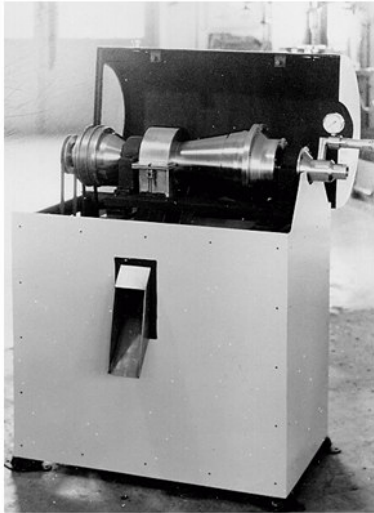
- 1.多角化的方向應以能扶植本業的銷售業績為優先，促進本業核心產品的銷售才能創造最大利潤。
- 2.生質酒精的製造應採用”聯產品”的模式,因應市場物價的波動,機動調整不同產品的生產量,以獲得最佳的利潤。
- 3.配合政府節能減碳的政策，勢必增加支出，公司應規劃在此架構下將支出轉化成收入的策略。

## 附錄

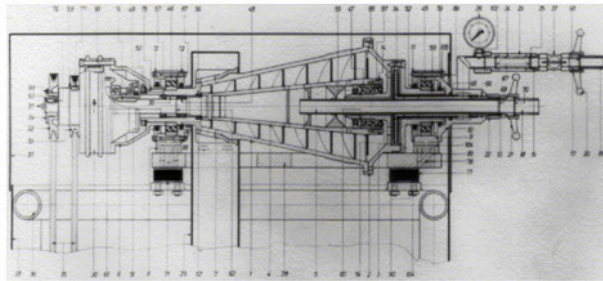
**表一、Flottwege 公司使用於 DDGS 生產之臥式離心機**

機型	Z4E-4	Z53-4	Z6E-4	Z73-4
轉桶直徑(mm)	420	530	620	730
轉速 (離心力)	4200rpm 4115×g	3250rpm 3110×g	3200rpm 3530×g	2800rpm 3160×g
材質	AISI 316 以上			
尺寸(長×寬×高)	3494×1000× 1200mm	3883×1820× 1060mm	4804×1440× 1290mm	4815×2350× 1450mm
重量(公斤)	3000	4800	9230	10500
轉桶馬力(HP)	30	75	150	150
出料軸馬力(HP)	5	20	30	40
處理量(m <sup>3</sup> /h)	12-20	23-40	45-74	55-85

(A)



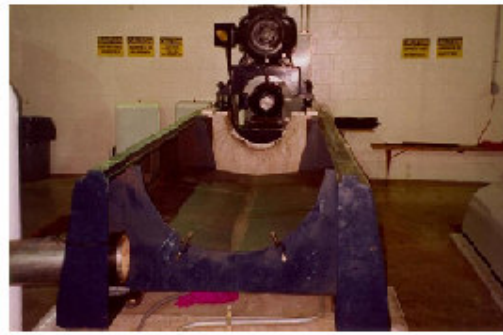
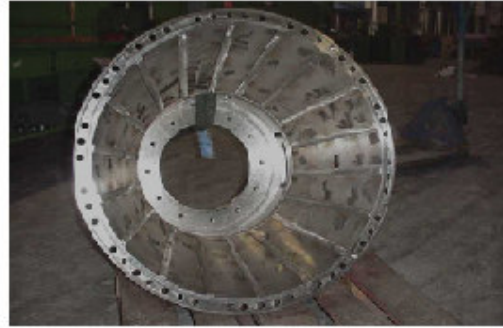
(B)



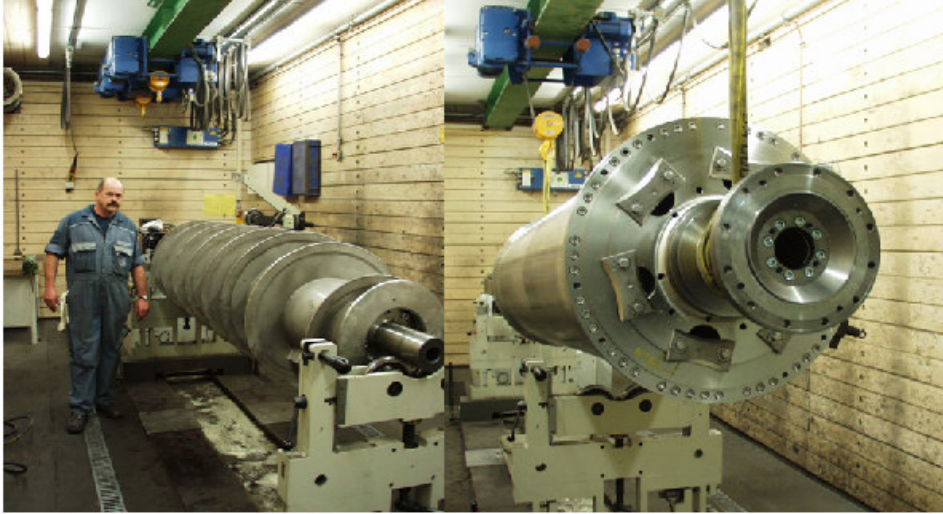
圖一、Flottweg 公司於 1956 年製造之臥式離心機 Z-1 型之 (A) 外觀及 (B) 設計圖。



圖二、Flottweg 公司所製造的各種固液分離設備。



圖三、離心機在 Flottweg 廠區中組裝之情形。



圖四、離心機的平衡轉動測試。



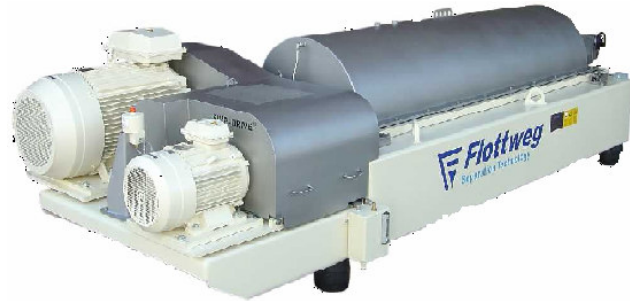
圖五、工業廢水系統式處理平台。





圖六、Flottweg 公司處理德國南部油槽之油泥。

(A)



(B)



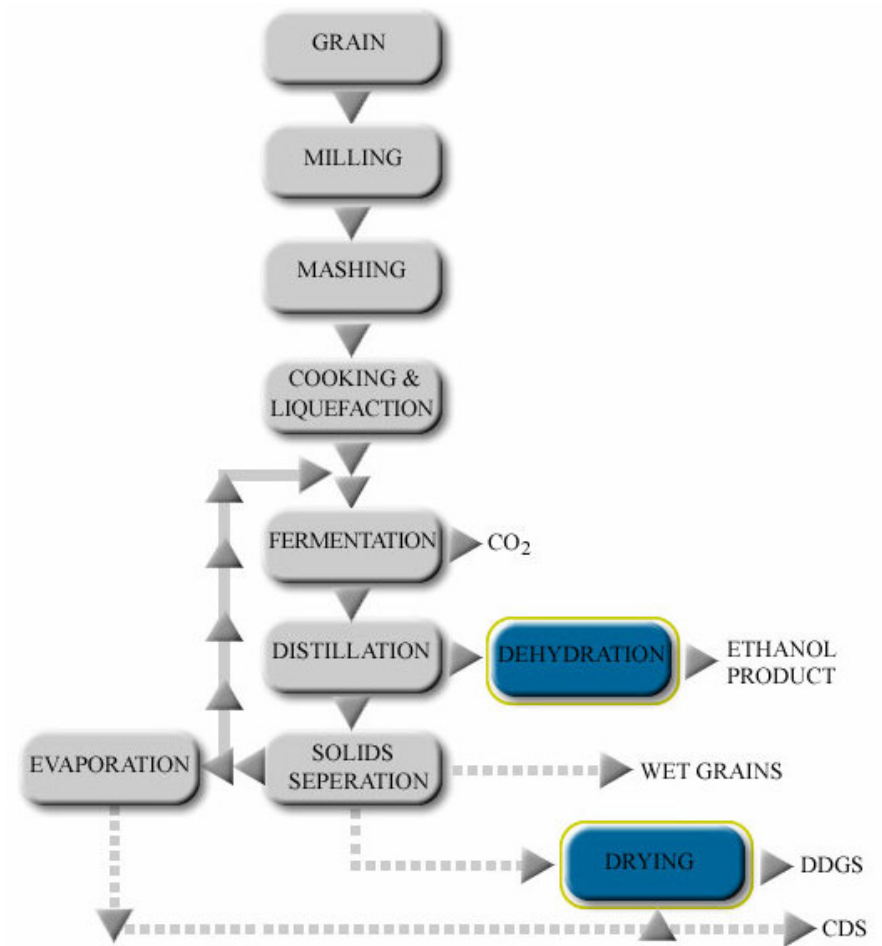
圖七、DDGS decanter 外觀。(A) Z6E-4，(B) Z73-4。



圖八、Flottweg 公司分離技術應用的事業。

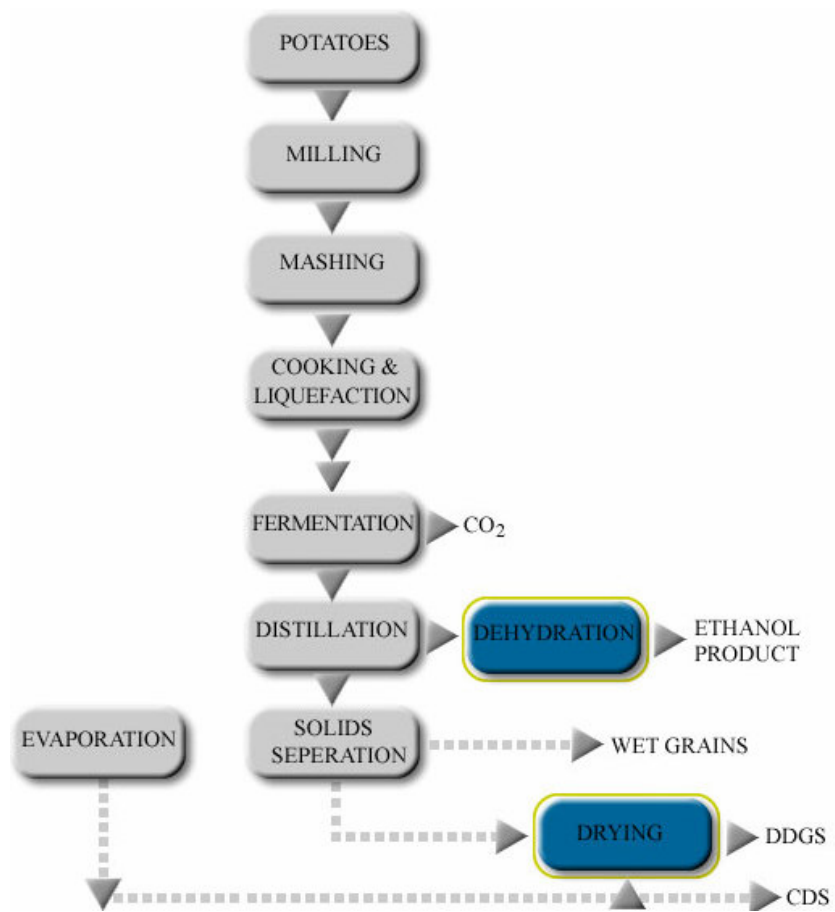


圖九、Agrana 生質酒精工廠外觀，其中四支蒸餾塔為酒精萃取單元。



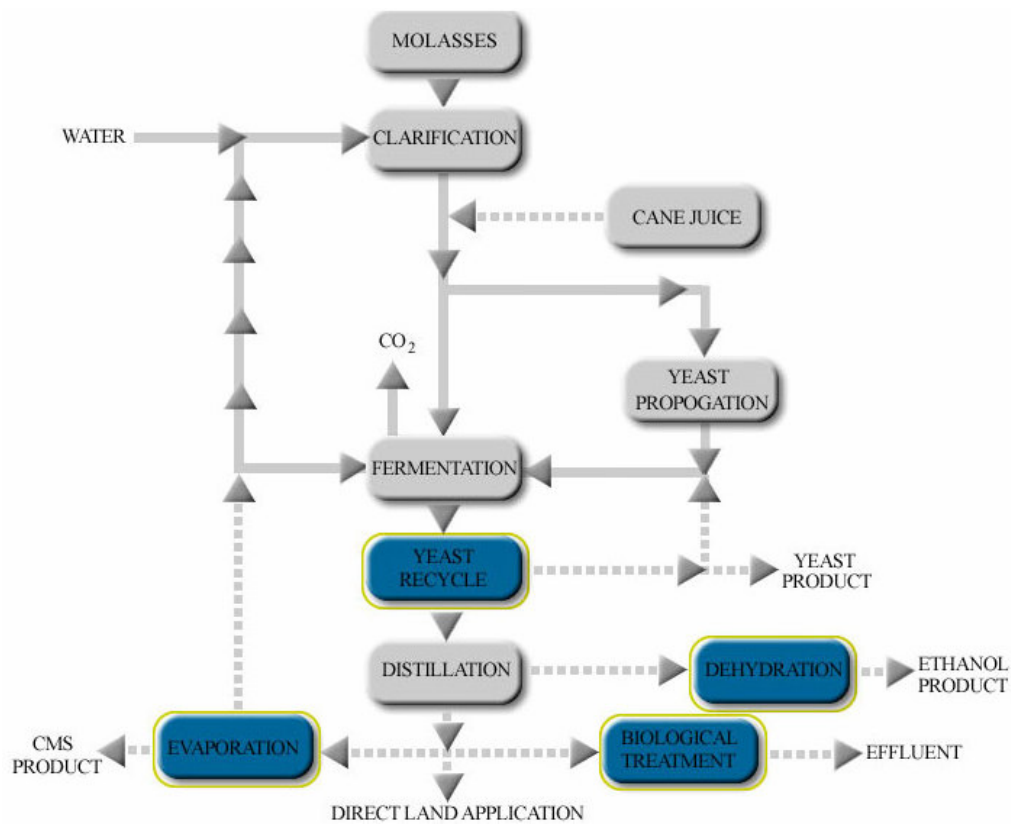
圖十、以穀物為原料的生質酒精製造流程。

資料來源：<http://www.katzen.com/>



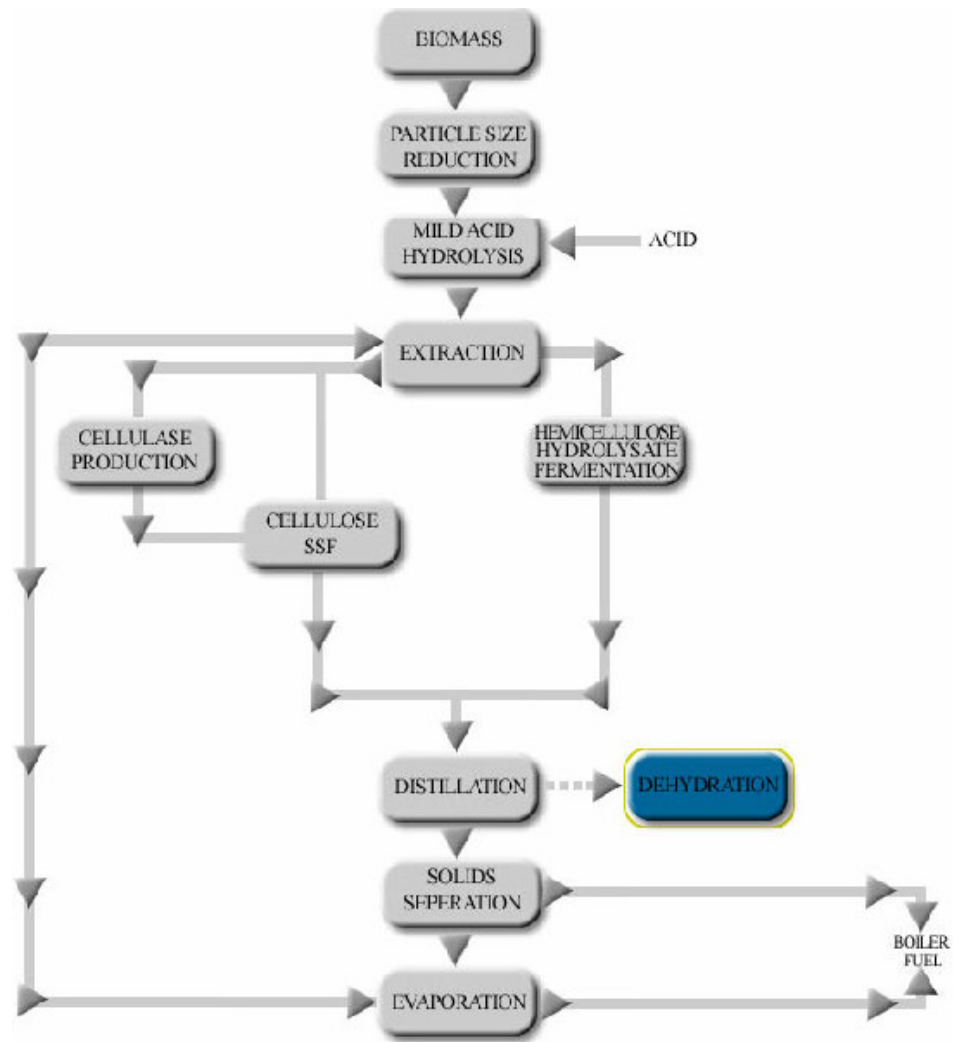
圖十一、以馬鈴薯為原料的生質酒精製造流程。

資料來源：<http://www.katzen.com/>



圖十二、以糖蜜為原料的生質酒精製造流程。

資料來源：<http://www.katzen.com/>



圖十三、以農業廢棄物為原料的生質酒精製造流程。

資料來源：<http://www.katzen.com/>

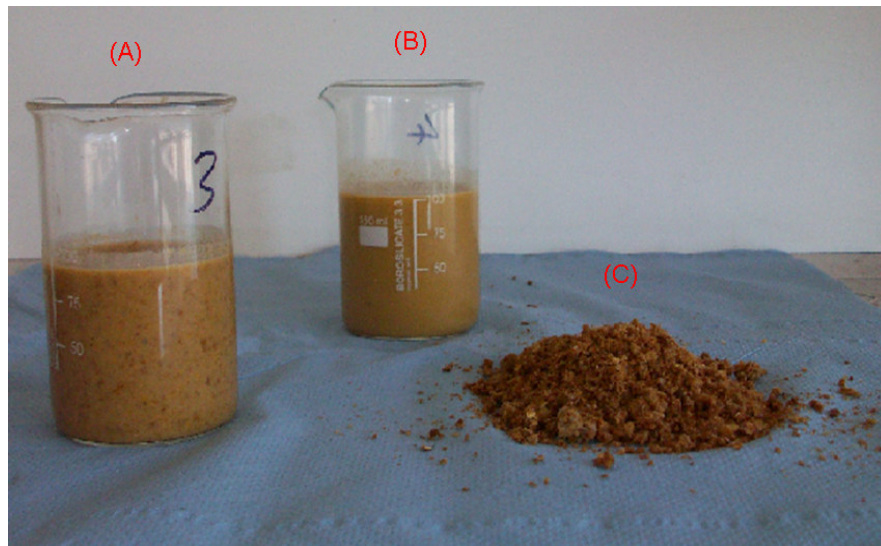




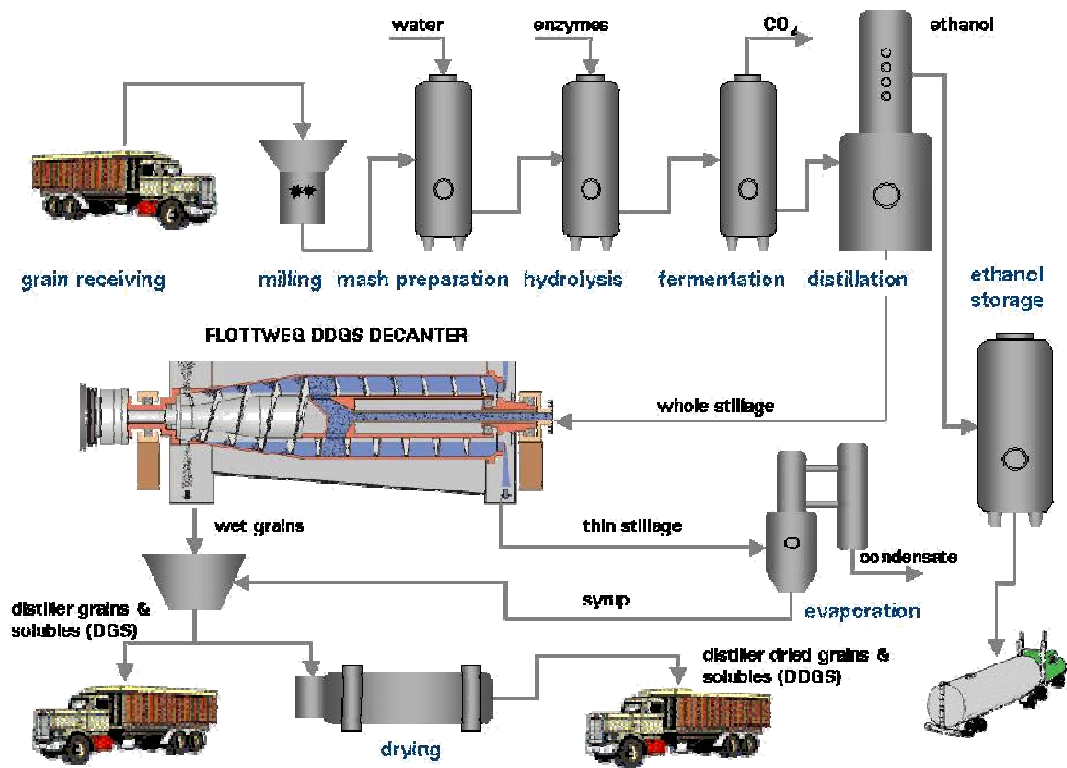
圖十四、Agrana 生質酒精工廠廠區配置圖。



圖十五、Agrana 生質酒精工廠離心操作。其中一部正進行維修，由於是在高溫中操作，拆開之設備可見水蒸氣冒出。



圖十六、發酵萃餘物離心之結果，其中(A)萃餘物進料，(B)離心後之上層液，(C)固型物。



圖十七、Agrana 生質酒精工廠以穀物為原料生產生質酒精與 DDGS 的生產流程。



圖十八、商品名爲 ActiProt 的 DDGS。