

油脂之污染特性及處理技術

阮 國 棟*

一、油脂之特性及污染途徑

油脂是醇或甘油與脂肪酸的化合物。在室溫下，油脂之分子中碳鏈之數目少，呈現液體狀態者，稱之為油；分子量大，碳鏈數目多，呈現固體狀態者，稱之為脂或臘。構成水污染之油脂，可分為二種型式，一為動植物油脂，一為石油原油、煉製油等礦油。動植物油脂係由三元醇 (glycerol) 與不同鏈長之脂肪酸 (fatty acids) 合成之甘油酯 (triglyceride esters) 所組成。脂肪酸部分有飽和與不飽和二種，於常溫下，不飽和者呈液狀油。故在學理上及水污染物的認定上，上述依物理性質及分子量大小所做固體與液體以及油與脂的區分均非常重要。原油是碳氫化合物，由不同複雜程度的直鏈、支鏈及環狀結構所組成；輕質碳氫化合物 (light hydrocarbons)，包括輕燃料，如汽油、煤油及噴射燃料等，以及在工業上用來去除油脂或清潔目的所使用的種種溶劑，含有這些化合物之含油廢物，處理起來將特別困難；重質碳氫化合物，例如燃料油、焦油、柴油、瀝青柏油等。油脂一旦進入水體，由於密度比水小，油水不相混合，形成油膜浮於水面，阻止水中溶氧的取得，油輪及船隻是水域油污染的重要來源，大部分之油污係指在正常操作下的油遺漏，而非指船隻失事等特殊事故，汽車廢油及煉油廠亦為重要的油脂污染源。

油脂不是特殊化合物，其來自礦、植物及動物，包括脂肪、肥皂、石臘及其他可經由溶劑萃取之相似物質，不像一般化學品有明確的化學組成可資代表，故實際上，油脂之定義係根據測定分析的方法來定義。油脂的定量視所用溶劑、油脂來源、樣品對溶劑之比，樣品的PH 及其他因素而定。通常使用的溶劑包括己烷 (C_6H_{14})、汽油醚、苯、氯仿，近年來，因為 Freon ($CCl_2F-CClF_2$) 不燃，蒸發損失小，而油脂回收值與正己烷比較還要高，故利用 Freon 萃取的重量測定法，已被美國 EPA 採用為國家污染減輕排放系統 (NPDES) 的標準方法，另外以 Freon 萃取後用紅外線偵測法，由於有更高的油脂測出值，而不被 EPA 採用⁽¹⁾。一些普遍使用於水中油脂測定的方法，歸納列於表 1⁽²⁾。用正己烷抽出物包括：碳氫化合物、動植物油脂、脂肪酸及其衍生物、臘及其衍生物、醇、胺、酯、醚、農藥、染料、酚類、鹵代碳氫化合物、膠體質等。在自來水水質檢驗上，有些採用碳一氯仿抽出物 (Car-bon Chloroform extracts, CCE) 或碳一乙醇抽出物 (Car-bon-Alcohol extracts, CAE) 之有機性污染物以取代油脂的分析項目。

* 行政院環保署、監資處處長

表 1 水及廢水測定油脂之方法

機 構	方 法 名 稱	使 用 溶 劑	溶 劑 沸 點 (°C)	方 法 簡 述	干 擾 物
APHA AWWA	油脂	汽油醚	35-60	直接萃取	
WPCF	脂	正己烷	69	Soxhlet 萃取	元素硫及有機染料
ASTM	工業廢水中油性物	萃、氯仿	60-80	揮發性油蓄餾後直接萃取	酚型物及膠態硫
API	揮發性及不揮發性油物	苯	80	揮發性油蓄餾後直接萃取	醇、甲酚、有機酸
	不揮發性油性物	乙醚	35	形成 Fe(OH)_3 膠羽後溶劑直接萃取	元素硫及葉綠素
	一種安全溶劑用於油脂分析的方法	Freon	48	直接或 Soxhlet 萃取	

注：APHA: American Public Health Association

AWWA: American Water Works Association

WPCF: Water Pollution Control Federation

ASTM: American Society for Testing and Materials

API: American Petroleum Institute

含油脂廢水之來源，如煉油、石化工業、機械工廠、壓延、洗毛等，歸納於表 2。各類工廠廢水之油脂濃度列於表 3。煉油廠產生大量的油脂及含油乳化物，污染問題的歷史最長，付出的努力也最大。金屬工業油脂污染主要來自鋼鐵製造及金屬加工，均含乳化油，未乳化油（或浮油）。鋼鐵廠中，鋼胚經熱軋或冷軋成所需形狀，操作中均需上油潤滑，或以油水乳化劑做為冷卻劑。冷軋工廠每噸鋼約需 6~10 磅的油做為滾軋、塗裝、潤滑等之用^(3,4)。

表 2 油脂污染之工業來源

工 業 別	油 脂 污 染 源
石 油 屬	由煉製、貯存、運輸及零售石油產品所形成之輕質及重質油。
金 屬 加 工	研磨、潤滑及切割等加工過程以及金屬零件之清洗所排出的油脂。
食 品 加 工	來自動植物加工，包括屠宰、清洗及副產加工的天然脂肪及油。
紡 織	自天然纖維（羊毛、棉花等）中去除的油脂。
冷 離 與 加 热	含油之冷卻水、泵浦、冷凝器及熱交換器等的漏出等。

表 3 工業廢水含油脂之濃度

工 業 污 染 源	油 脂 濃 度 (mg/l)	參 考 資 料
煉油廠經 API 處理之流出水	40-154 35-17	(5) (6)
鋼 鐵		
冷 軋	700 (500為游離油)	(3)
冷 軋	60-500	(4)
冷 車 冷 却 水	2088-48742 (2036-36664為游離油)	(7)
冷 車 清 洗 水	113-3034 (83-2284為游離油)	(7)
食 品 加 工	3830	(8)
魚 類 加 工	520-13700	(9)
金 屬 加 工	100-5000 665	(10) (11)
顏 料 製 造	1900	(8)
羊 毛 洗 滌	1605-12260	(12)
紗 線 洗 滌	2300-8160	(12)

金屬加工業生產活塞或其他機械零件等，含油廢水包括研磨、切削、潤滑液等，油水乳化之冷卻劑亦用於許多工廠，廢水中溶解性油及乳化油含量約在 100~500mg/l 之譜。

臺灣省放流水標準為 10mg/l，臺北市為 20mg/l，新店溪管制區為 10mg/l，基隆河管制區為 20mg/l。

二、處理技術

含油脂廢水之處理，主要分為油水分離及油脂分解二大目標，前者包括重力式分離 (API, CPI, PPI)、空氣浮上法、化學混凝法、過濾法、薄膜法等，後者包括生物氧化法、活性炭吸附等。茲將這些方法先予綜合歸納其優缺點於表 4，然後再個別討論之。

1. API 油水分離器 (API separators)

為矩形或圓形槽，廢水水平流入，游離之油因比重不同而上浮。設計因素包括：油的比重、廢水的比重、廢水的溫度、乳化狀況、懸浮固體的濃度等。油水的比重決定分離的速率，而比重與溫度有關。以上種種因素共同決定容許之溢流率，美國石油協會 (API) 提供 API 油水分離器之圖解法，可供設計之用⁽¹³⁾。

表 4 各種油水分離及油脂分解方法之比較

方 法	優 點	缺 點
重力分離法	經濟、操作簡單。	效率有限、對氣候變化敏感、對溶解性油無法去除、對乳化油去除有限。
API		
CPI		
PPI		
空氣浮上去	較高的固體濃度及突增負荷下仍可操作。	使用混凝劑時須處分化學污泥。
化學混凝法	高固體濃度可處理。	產生大量化學污泥，處分困難。
過濾法	高固體濃度可處理。	需逆洗，逆洗水為一大問題。
聚結器 (coalescers)	高潛在效率。	由於固體及生物沈積，無法處理高固體濃度之廢水，實用化之示範性例子尚不多。
板、纖維及鬆質材料		
薄膜	實驗室證明能去除溶解性油能	低質流率，膜污染及壽命問題尚無實用化之示範性例子。
生物	能分解溶解性油	前處理很重要。
活性炭吸附	去除溶解性油潛在效率高。	價貴、需再生、需相當程度前處理，耗能源。

理論上，油粒根據史篤克 (Stoke) 定律直線上升，但實際上有紊流及短路。因此水中油脂上升的速度為分離器設計上最重要的依據，API 的標準為：

式中 V_t =直徑 0.15mm(150 μ) 油滴之上升速度 (m/min)。

ρ_w = 废水比重。

ρ_0 =油脂比重。

μ =該溫度下廢水之絕對粘滯係數 (poise·g/cm·sec)。

最小總表面積 A_{min} ,

式中， F = 短路及紊流影響之修正因子，短路之影響係數為 1.2，亂流之影響係數隨 V_H/V_t 值而定 (V_H 表示水平平均流速)。

Q_m =廢水流量 (m^3/min)。

設計 API 分離器之幾個規範為：

(1) 分離器之表面積不能小於式(2)求出之最小總面積。

(2) 垂直斷面積不能小於使產生 $V_H > 1.0 \text{m/min}$ 流速之斷面。

(3) 深度與寬度比值約須為 0.3~0.5，如有鏈形清除器時，槽寬應不超過 6 公尺，深度則不得小於 1 公尺。

API 油水分離器之截面圖，如圖 1 所示。其性能受許多條件之影響，但最重要者為廢水流量及含油濃度。分離器須有妥善的水力保護，可採用側流或溢流管。流量影響放流水質（操作性能）如圖 2 所示，其中尖峰流量至少持續約 15 分鐘。進流水含油濃度影響性能之資料

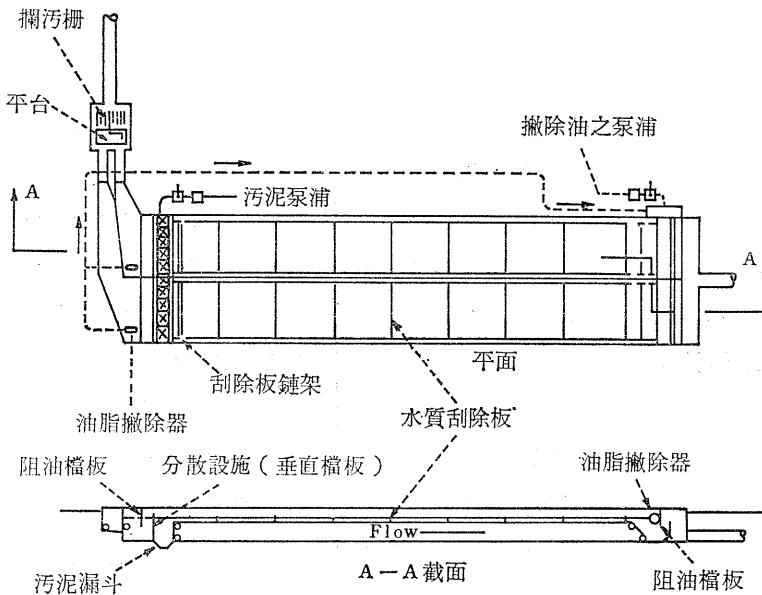


圖 1. API 油水分離器

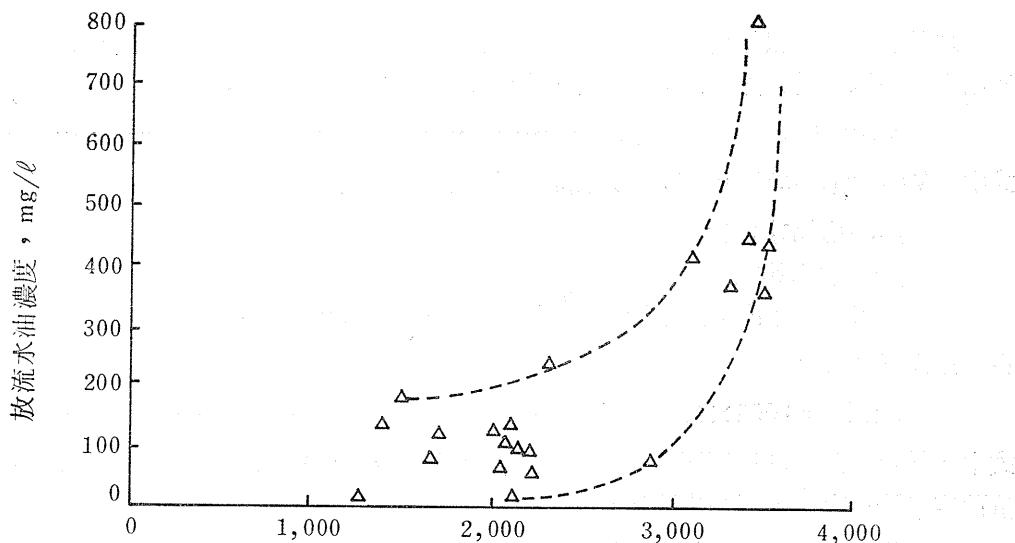


圖 2. API 分離器性能與流量之關係

，如表 5 所示。因為 API 油水分離器之處理極限約在 50mg/l 左右，所以初濃度越高時，去除率越高。

API 分離器雖然對油水分離很有效，並且易於操作，但建造費高，所需空間大，蒸發損失及火災的危險性，在寒帶地區為防凍所需之費用等均為其缺點。

2. PPI 分離器 (Parallel-Plates Interceptor) :

此為 API 的改良結構之一，由 Shell oil co. 於1950年首先推介問市，第二年即廣被接受。平行板傾斜 45° ，油在每一板之下層聚結而後上移至液面撇除，固體粒子則集結於板之上層面然後滑降至底。此種分離器之基本構造，如圖 3 所示，或用二個不同高度的堰及一個泵浦來收集浮油，而不需要撇除器 (skimmer) ，如圖 4 所示⁽¹⁴⁾。有關 PPI 的設計準則，分析如下^(15, 16)：

表 5. API 分離器性能與初濃度之關係

進流油脂濃度 (mg/l)	放流濃度 (mg/l)	去除率 (%)
42	20	52
98	44	55
100	40	60
220	49	78
1250	170	87
1400	270	81
2000	746	63

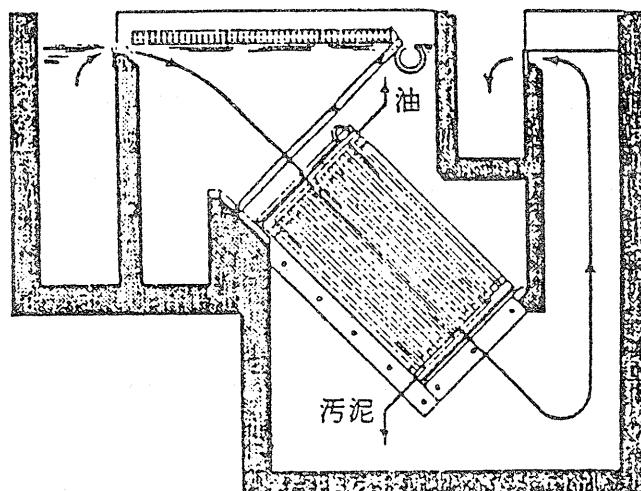


圖 3 PPI 油水分離器 (水流上下流動)

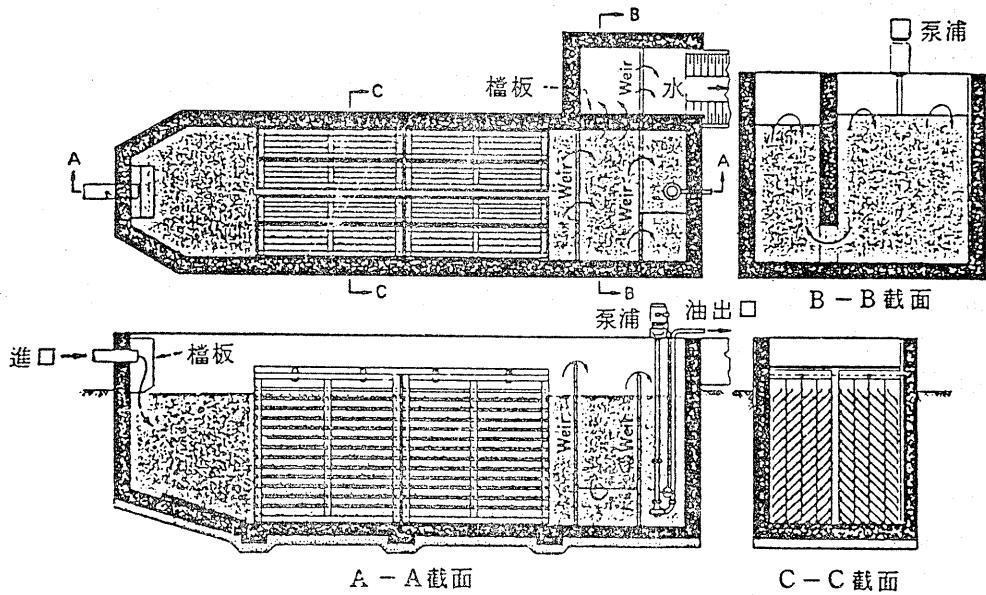


圖 4 PPI 油水分離器之剖面圖（水流水平流動）

PPI 中一個單位斜板的構造如圖中所示，則停留時間 (tr) 可以由(3)(4)式算出：

式中， V_t =油滴（或油泡）的上升速率，cm/sec。

d = 平行板之間距, cm

A = 橫斷面積, cm^2 。

L = 分離器長度，cm。

QA =通過斷面A的流量， cm^3/sec 。

若 $a, b \gg d$, 則水力半徑 $R_H = d/2$, 雷諾數 (Reynolds number, N_{Re}) 為：

式中， ρ =流體密度（接近於水）。

μ =流體粘滯係數（與水相近）。

所以，

合併(3), (4), (6)式,

$$\therefore v = \mu / \rho \quad (v \text{ 為動力粘滯係數})$$

故，

(8),(9) 二式爲設計式，式中 Q_A , ρ , μ 為已知條件， V_t 由設計去除之最小油泡直徑來決定，依 Stoke 定律：

式中， g = 重力加速度。

ρ_w =水之密度。

ρ_0 =油之密度。

D = 油滴或油泡直徑。

由於只有(8),(9)二個方程式，卻有A,L,d及 N_{Re} 等四個未知數，所以通常均先假定d及 N_{Re} 的值。PPI所需空間遠小於API，故可以設計為層流狀態(laminar flow)，亦即 $N_{Re} \leq 2000$ 。至於d的決定，須考慮二個事實。d越小，表示在固定流量及

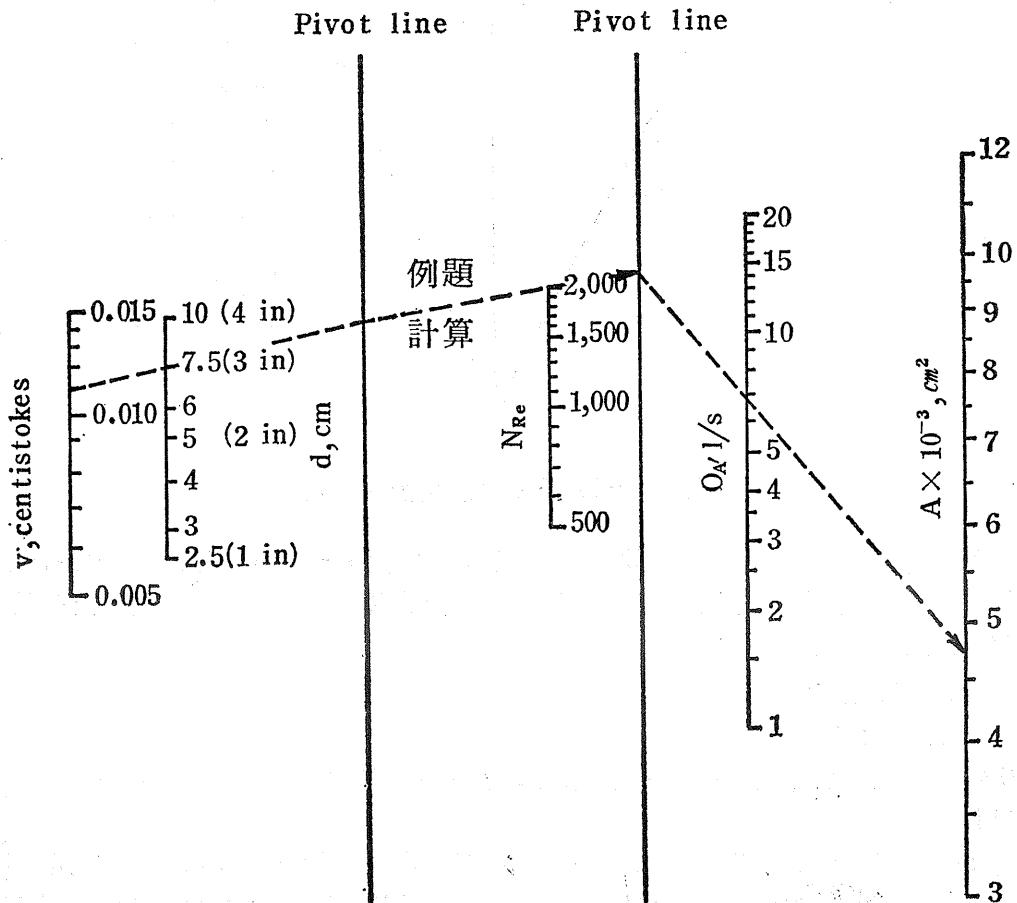


圖 5 PPI 在層流狀態下所需的面積

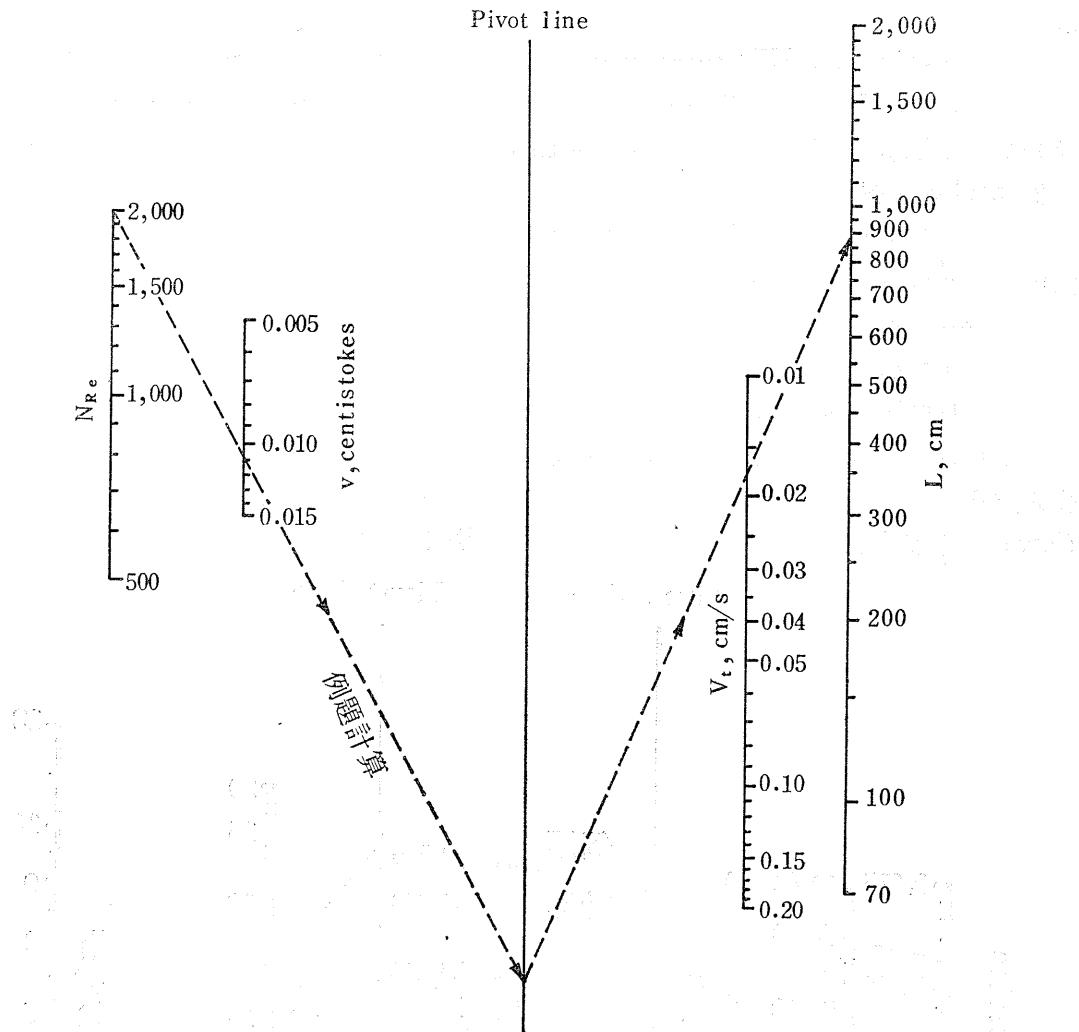


圖 6 PPI 分離油滴所需的長度

N_{Re} 值下，所需的面積也越小，即效率越高。但另一方面， d 越小，表示阻塞的機會越大，及由於浮渣等物體停留在斜板上減少了真正可供除油的水流面積，亦即增加操作維護的費用。考慮以上因素，一般採用：

$$500 \leq N_{Re} \leq 2000$$

$$1\text{吋} \leq d \leq 4\text{吋}$$

決定了 N_{Re} 及 d 值之後，可利用 (8), (9) 式的圖解法（如圖 5，圖 6），求出所需的 A 及 L 值。

例題：含油廢液流量 = 27.8 l/s, $\nu = 0.011$ centistokes, $V_t = 0.018$ cm/s，使用 PPI 的板距 $d = 7.5\text{cm}$, $N_{Re} = 2000$, 油水分離器有 2 個槽 (Channel)，每一槽有二個板組（單位）(packages of plates)，試求分離器之總面積及長度？

解題： $QA = 27.8/4 = 6.95 \text{ l/s}$

由圖 5 知， $A = 4740 \text{ cm}^2$ ，

總面積 $= 4A = 18960 \text{ cm}^2$

由圖 6 知， $L = 865 \text{ cm}$ 。

若已知油滴之粒徑分佈，亦可經由圖 6 求出在希望達到去除效率之下的所需長度。

PPI 係根據傾斜板提高沉澱槽沉降面積的原理（有效面積為所有板的水平投影面積之和）而設計的，故能減少油水分離器之溢流率，同時比 API 的水力半徑小，雷諾數及福祿數 (Froude Number) 均減小，減少了亂流及短流的程度⁽¹⁷⁾。PPI 分離器可分離 90u 以上的油粒，60~90u 的油粒去除率約 90%，30~60u 的油粒去約 80%⁽¹⁸⁾。

3. CPI 分離器 (Corrugated-plates intercepator)

皺褶板油水分離器，僅是將 PPI 分離器中之平行平板換成有皺紋褶紋的浪板而已（增加油粒與板之接觸面積，但並不增加板之投影面積），其平行板與水平夾角仍為 45°，基本構造與圖 3 一樣，此種改良式 PPI 結構，約在 1970 年開發完成⁽¹⁷⁾⁽¹⁹⁾。其性能方面，由製造廠家提供的一組數據，列如表 6⁽²⁰⁾。

例如表 6⁽²⁰⁾。大約粒徑在 60u 以上的油滴可完全去除，20~40u 之油粒去除率約 90%，0~20u 之油粒去除率約 60%⁽²¹⁾。

CPI 分離器一般包括一束 12~48 片皺褶式平板，板厚 0.05 吋 (1.27mm)，每片間隔 0.75~1.5 吋，當廢水在平行板之間流過時，較輕的油粒上浮到皺褶板之頂端，在上浮過程中，有聚集成較大油粒的作用。通常板的分離器，如 PPI 及 CPI，僅需 15~20% API 所需的面積，故在建造費及空間需求上可以節省很多。但使用任何一種分離器，必須注意不使進流廢水之游離態油乳化。

上述三種重力式分離器，僅對游離油 (free oil) 的處理有效，對乳化油 (emulsified oil) 分離效果不好，故僅能做為一種前處理 (pretreatment) 或初級處理 (primary

表 6. CPI 分離器之效果

處理流量 (gph)	進流油脂濃度 (mg/l)	放流濃度 (mg/l)	去陳率 (%)
8000	150	50	67
8000	375	66	82
8000	500	86	83
16000	500	178	65
18600	500	190	62
18600	570	185	67
18600	700	330	53

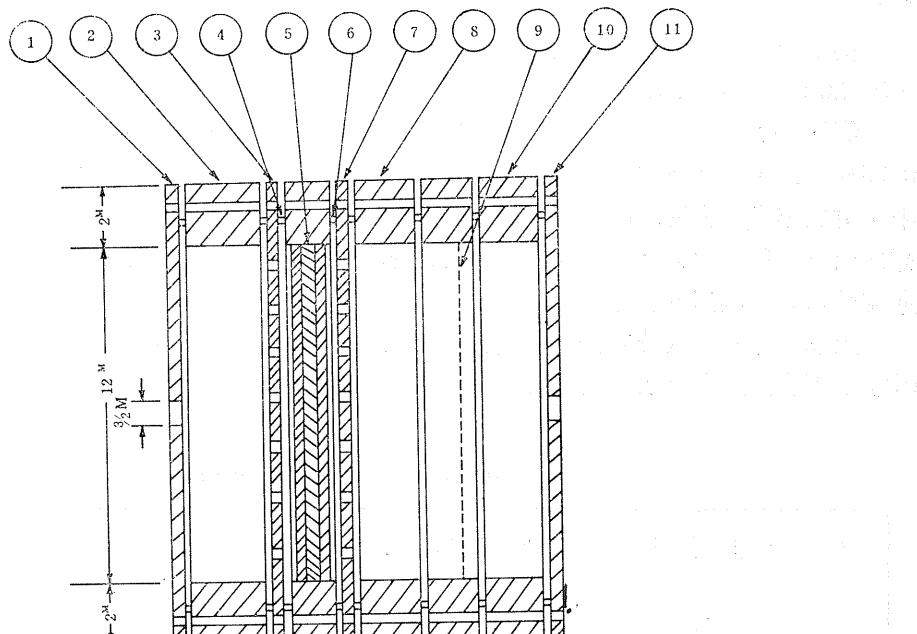
treatment)，其功能在節省後續單元之負荷及費用。

4. 過濾法 (filtration)

過濾法也可做為油脂去除的前處理法，但通常均與重力分離法或浮上法 (flotation) 並用。過濾系統可以去除游離油及乳化油，其去除機轉包括直接過濾及引發聚結 (induced coalescence)。當廢水流經濾床，固體物沉積在濾床上方數吋的表面，油滴也聚結在上面，其餘不能在表面聚結的油脂，則經過數呎深之濾床，此時油滴與油潤濕的濾料表面或油滴與油滴本身互相碰撞，導致聚結⁽²²⁾。濾料可以用玻璃、多孔性陶瓷、金屬、塑膠粒、砂、無煙煤等。模型廠用5.5呎的砂，2.5呎的無煙煤及1呎多的卵石組成的濾床，處理 API 分離器的放流水，進流油脂濃度 35~178 mg/l，可以得到 7~17 mg/l (平均 11 mg/l) 的放流水，若用油濕性良好的石墨等材料為濾料，效果會更佳。

5. 聚結器 (coalescers)

聚結器的原理與過濾器類似，微細分散或乳化的油滴通過聚結器碰撞凝結變大，使用的設備有平板式聚結器 (plate coalescer)、纖維介質聚結器 (fibrous-media coalescer)、鬆散介質聚結器 (lose-media coalescer)。平板式係利用重力分離及平行板原理，如圖 7



- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| ① 端 板 (end plate) | ⑦ 擴 散 板 (diffusion plate) |
| ② 進 口 構 架 (entrance frame) | ⑧ 脫 油 構 架 (oil disengaging frame) |
| ③ 擴 散 板 (diffusion plate) | ⑨ 100 網 目 篩 網 |
| ④ 篩 網 支 撐 (screen support) | ⑩ 放 流 構 架 (ffluent frame) |
| ⑤ 聚 結 器 主 體 (coalescer bed) | ⑪ 端 板 (end plate) |
| ⑥ 篩 網 支 撐 (screen support) | |

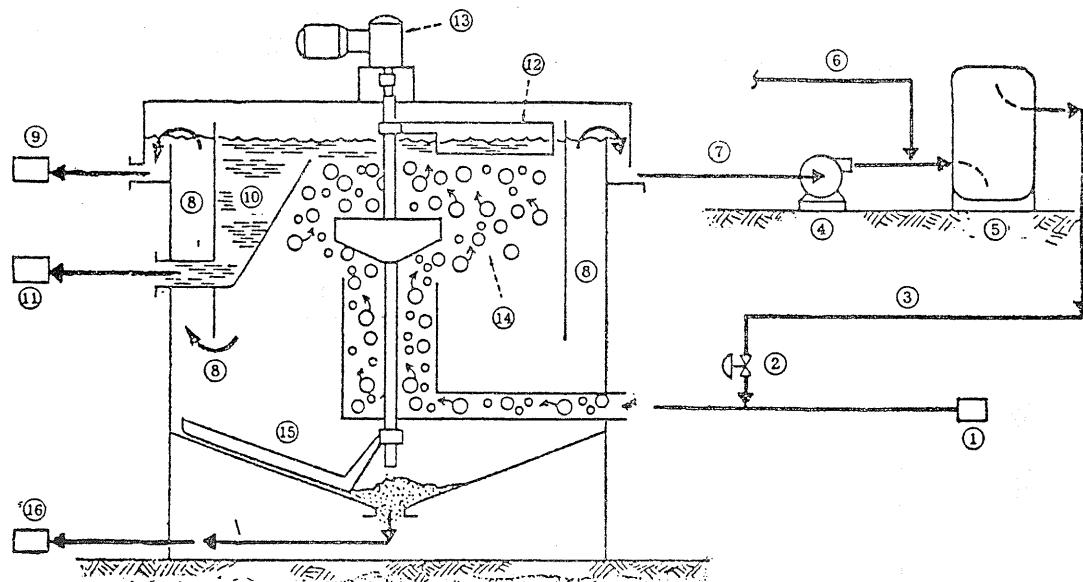
圖 7 平板式聚結器

所示⁽²³⁾。當油水乳化物 (O/W emulsion) 通過填充物時，膠態之分散相油脂 (dispersed oil) 就會聚結，經過油脂脫離槽及100網目之篩濾再排放。板式聚結器對流量變化很敏感，當砂或其他小顆粒等附在板上面時，板需要清洗。纖維及其他介質的更換或逆洗，為聚結器的主要問題。聚結器的效率與原油性質、乳化程度、油滴大小、懸浮固體、水流速率、進流濃度及其變化、設備的擾動（不正常）情況等有關。

6. 溶解空氣浮上法 (Dissolved Air Flotation, 簡稱 DAF)

溶解空氣浮上法係將全部或部份廢水加壓，經減壓後形成30~120u直徑氣泡，氣泡附著在懸浮粒子或油粒表面上，與粒子一同上浮，為一般常用於煉油及石化廢水去除油脂及懸浮固體的方法，通常在其前面先以 API 等重力分離器做初步處理，以減輕處理容量及費用，得到較佳的水質。若廢水中主要成分為乳化油，則須加入化學藥劑，經混凝破壞乳化狀態後再用 DAF 處理，化學藥劑包括鋁鹽、鐵鹽、鈣鹽等並配合高分子電解質使用。DAF 單元設備圖如圖 8 所示。

DAF 設計變數包括：壓力、迴流比、溢流率、停留時間及化學添加劑量。壓力槽通常維持40~60 psig (3~5 atms)，迴流比30~40%，溢流率1~4gpm/ft² (包括迴流)，停留時間20~40分鐘。一般以空氣價廉，無害，且能氧化大部分硫化物，故較常用。



- | | |
|--------------------|----------|
| ①含油廢水進入 | ⑨處理水排放 |
| ②減壓閥 (flash valve) | ⑩油 |
| ③曝氣之循環水 | ⑪撇除油排放 |
| ④循環泵浦 | ⑫撇除器 |
| ⑤曝氣 (加壓) 槽 | ⑬馬達及減速機 |
| ⑥壓縮空氣 | ⑭含氣泡油脂上升 |
| ⑦循環水 | ⑮刮泥機 |
| ⑧清淨水 (處理水) | ⑯污泥 |

圖 8. 溶解空氣浮上法之設備 (DAF)

DAF 之處理效率，可以由幾個煉油廠之處理實例中獲得⁽²⁴⁾。圖 9 為煉油廢水，進入 API 分離器的含油濃度為 1020mg/l (50% 值) , 2150 mg/l (90% 值) 經 API 出來之油脂濃度為 68 mg/l (50% 值) , 105 mg/l (90% 值) , 再經矩形 DAF 出來之油脂濃度為 15 mg/l (50% 值) , 26 mg/l (90% 值) , DAF 去除率約為 75%。圖 10 為另一案例，由於廠內分流系統完善，使含油脂初濃度提高，先經 API 分離器，再經二個圓型之 DAF 單元，圖中數值即為其去除效率，油脂從 580 mg/l 降至 68 mg/l (50% 值) ，或 1930mg/l 降

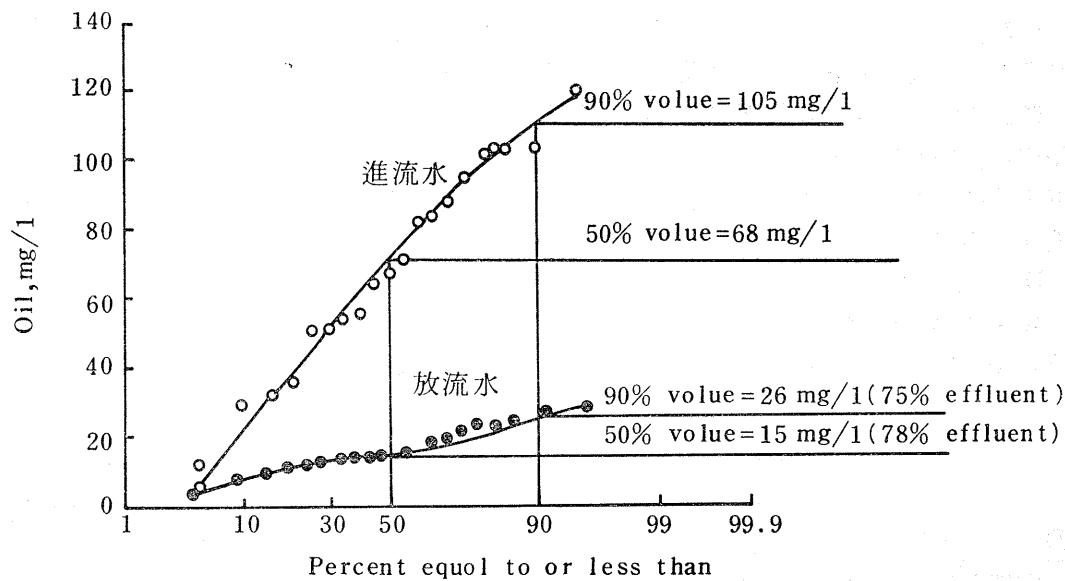


圖 9. DAF 處理煉油廢水之案例一

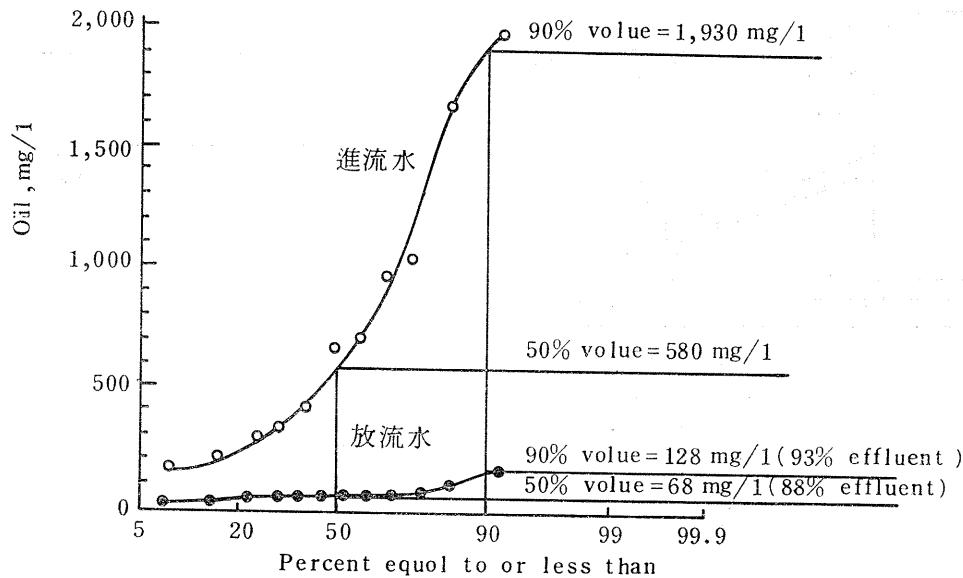


圖 10. DAF 處理煉油廢水之案例二

至 128 mg/l (90% 值)，平均去除率約 90%。圖 11 顯示 DAF 單元放流水油脂濃度的變化情形，為某煉油廠經二年以上操作 DAF 單元的記錄，雖然沒有進流水資料，但放流水平均值為 12 mg/l (50% 值) 及 28 mg/l (90% 值)，特別高濃度的情形則為廠中不正常的傾倒或滲透所引起。根據許多設計條件類似的處理廠，其中 DAF 的效率受油脂初濃度的影響最大，表 7 為 DAF 的性能數據⁽²⁴⁾，圖 12 為根據表中資料繪成，可以明顯看出放流水水質受進流水油質濃度的影響，去除率為 60~94%，為進流水油脂濃度的函數。

浮上法尚有其他型式，例如引發空氣浮上法 (Induced-air flotation, 簡稱 IAF)，原理與 DAF 同，但氣體由旋轉分散器 (rotor) 迫使液體通過分散器孔，產生負壓，使氣體進入液體中，互相接觸，帶油浮渣上浮後去除。

7. 混凝沉澱法：

通常煉油或石化廢水使用化學混凝法之目的不僅在去除油脂，其他污染物的去除也很重要。上述在浮上法或過濾法中添加化學藥劑，均為混凝法之應用。上流式混凝沉澱槽，利用生成膠羽形成高濃度的污泥層 (sludge blanket)，而增加顆粒 (膠羽) 的碰撞機會，較傳統式混凝沉澱槽，可以提高其效率。

8. 生物處理法：

微生物氧化溶解性有機物，包括分散性油或乳化油，但大量的游離油，若超出 0.1 公斤／公斤 MLVSS，即應予以避免。油脂會包在生物膠羽外圍，阻止氧的傳送並減低污泥的沉降性，所以在生物處理之前應行前處理，將油脂濃度降到生物能有效處理的程度。圖 13⁽¹³⁾

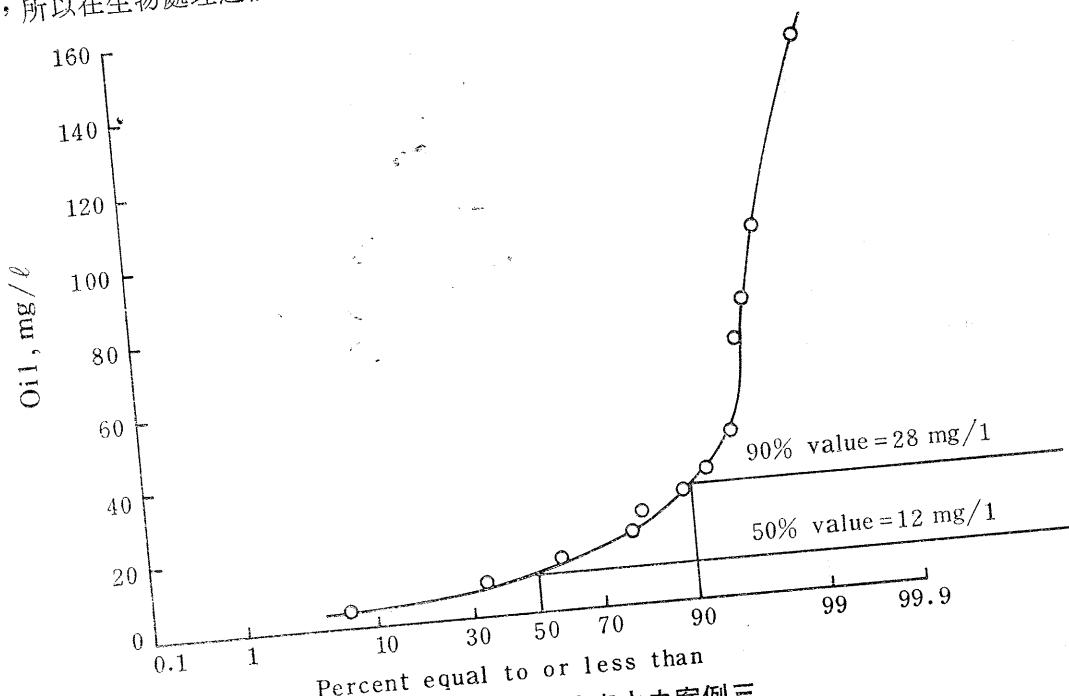


圖 11. DAF 處理煉油廢水之案例三
(二年操作期間之放流水含油量變化情形)

表 7 DAF 單元之性能

進流水油脂濃度 (mg/ℓ)	放流水油脂濃度 (mg/ℓ)	去除率 (%)	形狀
1930(90%值)	128(90%值)	93	圓
580(50%值)	68(50%值)	88	圓
105(90%值)	26(50%值)	78	長
68(50%值)	15(50%值)	75	長
170	52	70*	方
125	30	71	圓
100	10	90	圓
133	15	89	圓
94	13	86	圓
638	60	91	長
153	25	83	長
75	13	82	長
61	15	75	長
360	45	87	長
315	54	83	長

* 除此之外，各廠均使用化學品藥劑，明礬大約 $100\sim 130\text{mg}/\ell$ ，高分子電解質偶亦添加，約 $1\sim 5\text{mg}/\ell$ 。

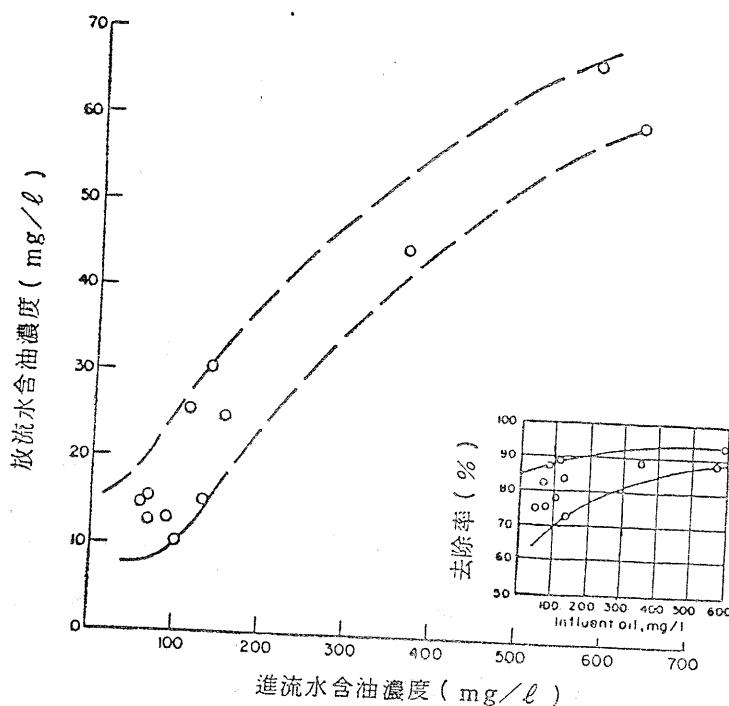


圖 12. DAF 單元的性能曲線 (有加化學藥劑)

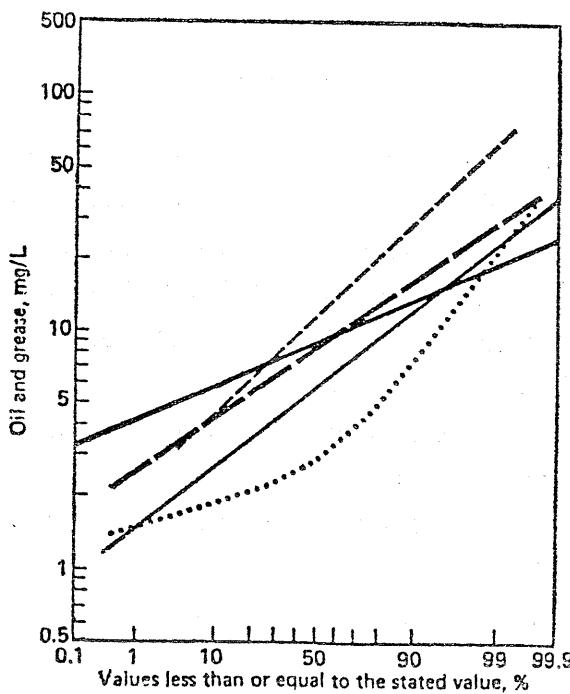


圖 13. 生物處理單元除油之性能

為各家設計良好、正常操作之下的生物單元處理煉油廢水的放流水水質，放流水中數值為 $3\sim12\text{ mg/l}$ ，超負荷時($>50\text{ mg/l}$)或0.1公斤／公斤MLVSS)則無法達到圖示之水質。

在生物處理系統之後增加過濾，能降低放流水油脂濃度，視固體去除之程度而定。用活性污泥法處理煉油廢水放流水TSS與油脂有很好的相關，加上過濾可得到 $3\sim15\text{ mg/l}$ 的放流水質。但油脂與BOD及COD之相關性則較差。

9. 活性炭吸附及薄膜方法等：

活性炭吸附用在油脂去除上受到很大限制，吸附主要在去除溶解性油，但須前處理，防止阻塞及表面被覆。薄膜方法，無論超過濾及逆滲透，實驗室均有很高的去油率(拒油率)，但質流率相當低，膜的污染及壽命均限制實際應用的可行性。

三、結論

利用重力分離器及撇除器處理游離性浮油，是經濟有效的方法。處理油水乳化混合物則較複雜且費用較高，在處理程序上將此視為第二階段的處理，而以游離性浮油的重力去除視為第一階段的處理。化學混凝加上浮上法或高率過濾法，為乳化油的有效處理法，一般前者可以得到 $10\sim15\text{ mg/l}$ 的放流水質，而高率過濾法可以達到 10 mg/l 或以下更佳的水質。利用化學混凝沉降及生物處理法也能得到類似上述的水質。

參考資料

1. Davis L. Ford and R.L. Elton, "Removal of Oil and grease form industrial wastewaters," Chemical Engineering/Desktop issue/oct. 17 (1977)
2. Boyd, J. L., et al., "Treatment of Oil Wastewaters to meet Regulatorn Standards," *AICHE Symposium Series No. 124, Vol. 68.* p. 391 (1971)
3. Symons, C. R. "Treatment of Cold mill Wastewaters by Ultrahigh Rate Filtration," *J. WPCF, 43,* 2280-2286 (1971)
4. Donovan, E.J. Jr., "Treatment of Wastewater for Steel Cold Finishing Mills," *Water Waste Eng. F.* 22-F. 25 (1970)
5. Wigren, A. A. and F. L. Burton. "Refinery Wastewater Control," *J. WPCF. 44,* 117-128 (1972)
6. "Humble Oil Treats Wastes at Baytown," *Water Sewages Works 118,* IW4-5 (1971)
7. "Treatment of Wastewater-Waste Oil Mixtures," U.S. EPA Report 12010 EZV 02/70 (1970)
8. Boyd, J. L. and G. L. Shell, "Dissol ved Air Flotation Application to Industrial Wastewater Treatment," Presented at *45th Annual Conf. Water Poll. Cont. Fed.* (1972)
9. Chun, M. J., R. H. F. Young and N.C. Burbank, Jr. "A Characterization of Tuna Packing Waste," *Proc. 23rd Purdue Ind. Waste Conf.* 33, 786-805 (1968)
10. Brink, R.J. "Operating Costs of Waste Treatment at General Motors," *Proc. 19th Purdue Ind. Wate Conf. 19,* 12-16 (1964)
11. Germain, J. E. C. A. Vuth and C. F. Griffin, "Solving Complex Waste Disposal Problems in the Metal Finishing Industry," Presented at Georgia Water Poll. Cont. Assoc. Conf. (1968)
12. Evans, B. R. "Treatment of Scouring Liguor by Electroflotation." *Effluent Water Treat. J.* 14(2), 85-88 (1974)
13. Liquid Wastes, in "Manual on Disposal of Rafinery Wastes," 1st ed., American Petroleum Institute, Washington D. C., (1969)
14. Mirands, J. G., "Sump design for oil/water sepatators," *Chem. Eng., Nov.* 24, p.85 (1975)

15. Kirby, A. W. W., "The Separation of Petroleum Oils from Aqueous Effluents," *The Chem. Engineer.* (1964)
16. J.G. Mirands, "Designing Parallel-plates separators" *Chemical Engineering*, Jan. 31 (1977)
17. T. W. Gray, "Oil-water separation in pollution control," *Effluent and Water Treatment Jour.*, April (1970)
18. J. J. Brunsmarn, et al., "Improved Oil Separation in Gravity Separators," *J. WPCF*, 14, 1. p. 44 (1962)
19. T. W. Gray and F. C. Farrell, "The Corrugated Plate Interceptor," *Effluent and Water Treatment Jour.*, Sep. (1972)
20. Morrison, J. "Tilted plate Separators for Refinery Wastewater," *Oil and Gas Journal*, Dec. (1970)
21. N.C. Thank and Thipsuwan, "Oil Separation from Oily Wastewater by Inclined Plates," *Asian Institute of Technology* p. 553, 21-25 Feb. (1978)
22. Beavon, D. K., "Sand Filtration Cuts Pollution." *Oil and Gas J.* June (1973)
23. Illinois Institute of Technology, "Experimental Evaluation of Fibrous Beel Coalescers for Separating Oil-Water Emulsions," EPA-Water Pollution Research Series, (1971)
24. D. L. Ford, "Water Pollution Control in the Petroleum Industry," in Industrial Wastewater Management Handbook, edited by H. S. AZAD, McGraw-Hill Bool Company, New York (1976)