



## 電子報第 189 期

### 近期會務

- ◆ 第10屆常務監事、常務理事及正副理事長

### 活動訊息

- ◆ Supergreen 2022 暨第 21 屆超臨流體技術應用與發展研討會及 111 年度會員大會 [活動精選照片](#)

### 產業新聞

- ◆ 亞果生醫 2023 年大放異彩  
資料來源：  
<https://readers.ctee.com.tw/cm/20221201/a71asa1/1216690/70ce6bdbaab75021340fac9fb4ac13ae/share#.Y4fVN0fMa0I.lineme>
- ◆ 國立中興大學食品暨應用生物科技學系特聘教授謝昌衛 完整技術體系支援 初級加工助小農加值成功  
資料來源：  
[https://www.agriharvest.tw/archives/94615?fbclid=IwAR1O15mGgmD1VKsrm8L-7\\_7IISYqfHwMy9KCYo2KZe4y2nwHqQLEiJz5GZ4](https://www.agriharvest.tw/archives/94615?fbclid=IwAR1O15mGgmD1VKsrm8L-7_7IISYqfHwMy9KCYo2KZe4y2nwHqQLEiJz5GZ4)

### Supergreen 2022 優良論文

- ◆ OP-4-1  
**Supercritical carbon dioxide functionalization of polyethylene terephthalate (PET) for flexible biosensors**  
Po-Wei Cheng<sup>\*</sup>, Tomoyuki Kurioka, Chun-Yi Chen, Masato Sone, Tso-Fu Mark Chang  
(Tokyo Institute of Technology)
- ◆ PP-17  
**Improvement of thermal conductivity of hybrid materials by organically surface modification of h-BN filler**  
Haruka Onuma, Takaaki Tomai, Akira Yoko, Gimyeong Seong, Tadafumi Adschiri<sup>\*</sup>  
(Tohoku University)

### 技術專欄

- ◆ 超臨界二氧化碳洗淨技術簡介(I)

### 團體會員介紹

- ◆ 冷研科技有限公司



## 教育訓練班

- ◆ (夜間班)高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練班 12/13~12/25
- ◆ (日間班)高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練班 01/09~01/13

## 技術文摘

- ◆ A study of Novec 649<sup>TM</sup> fluid jets injected into sub-, trans-, and **supercritical** thermodynamic conditions using planar laser induced fluorescence and elastic light scattering diagnostics 使用平面激光誘導熒光和彈性光散射診斷對注入亞臨界、跨臨界和超臨界熱力學條件的 Novec 649<sup>TM</sup> 流體射流進行的研究
- ◆ Cfd Prediction of Heat Transfer at **Supercritical** Pressure with Rough Walls: Parametric Analyses and Comparison with Experimental Data 具有粗糙壁的超臨界壓力下傳熱的 Cfd 預測：參數分析和與實驗數據的比較
- ◆ Electro-Optic Optimization of Porcine Collagen through Protein-Amicable **Supercritical** Treatment 通過蛋白質友善超臨界處理對豬膠原蛋白進行電光優化
- ◆ Influence of Geometric Parameters for a 100 kW Inward Flow Radial **Supercritical** CO<sub>2</sub> Turbine 幾何參數對 100 kW 向內流徑向超臨界 CO<sub>2</sub> 渦輪機 的影響
- ◆ Preparation and characterization of **supercritical fluid** - dried (CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) cobalt blue nano-pigment 超臨界流體-乾燥(CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) 鈷藍納米顏料的製備及表徵
- ◆ Relationship between physical parameters of **supercritical fluids** and normal shock characteristics 超臨界流體物理參數與正常衝擊特性的關係

台灣超臨界流體協會

電話：(07)355-5706

E-mail：[tscfa@mail.mirdc.org.tw](mailto:tscfa@mail.mirdc.org.tw)



## 台灣超臨界流體協會

### 第 10 屆常務理、監事暨正副理事長選舉統計結果

日期：111 年 11 月 16 日 (三)

地點：亞果生醫股份有限公司

理事會召集人：謝達仁理事長。

#### 【常務理事 5 名】

當選順序	1	2	3	4	5
姓名	梁明在	蘇至善	黃松筠	吳弦聰	曾裕峰
票數	10	10	7	6	6

#### 【正副理事長】

當選順序	正	副			
姓名	梁明在	蘇至善	黃松筠	吳弦聰	曾裕峰
票數	9	10	0	0	0

由理事會推選-

監票 1 人：邱永和

發票 1 人：吳家瑩

唱票 1 人：郭子禎

計票 1 人：吳家瑩



監事會召集人:邱永和常務監事。

【常務監事 1 名】

當選順序	1				
姓名	邱永和	廖怡禎	馮瑞陽	李金樹	翁堉翔
票數	3	0	1	0	0
備註					

由監事會推選-

監票 1 人：馮瑞陽

發票 1 人：吳家瑩

唱票 1 人：郭子禎

計票 1 人：吳家瑩



## 亞果生醫 2023 年大放異彩

榮獲最佳平台技術獎，並與博而美簽訂骨基質相關醫材供應合約，雙喜臨門

工商時報 20221201 · 文 / 周榮發

興櫃生醫尖兵「亞果生醫」(6748)，近期締造經營雙喜；首先是率國內生醫產業之先，榮獲 IMAPAC 2022 亞太地區生技製藥產業「最佳平台技術獎」，再來，與國內知名大型醫療院所外科醫材通路商博而美國際，簽訂骨基質相關醫材複數年獨家供應合約；該生醫策略合作案首(2023)年產值即突破今(2022)年整體營收，若再加上同是已準備簽約代理可塑型骨填料的複數年供應合約，明年將是「亞果生醫」極為亮眼的一年。

該公司執行長謝達仁博士表示，亞果生醫十年磨一劍，已到準備騰空躍起的時侯，強化自身生醫技術的應用研發，從生醫領域取得多項相關認證以及專利，除發表多篇國際期刊，也將相關生醫產品與最先進科學機構進行協同開發，如與 NASA 美國太空總署進行骨填料的外太空研究計劃。近幾年，則是為產品上市做準備，相繼取得多個國家上市許可，如「骨基質」產品通過美國 FDA510K 銷售許可證等，無非就是要將優質的生醫產品貢獻給全人類。

此次，榮獲 IMAPAC 2022 亞太地區生技製藥產業「最佳平台技術獎」，這是生醫產業所戮力追求的最高獎項，所彰顯的是生醫平台全面性資源，非某一製程或單一製劑能比擬，代表「亞果生醫」已躍為頂尖的生醫企業，正因從不間斷研發及不畏懼挑戰，且開發多款獨特性且符合生醫產業應用的產品，終致獲得以外科醫材嚴選聞名的博而美國際通路商青睞，雙方達成一紙複數年供應合約，且每年供應值上調 20%。此合作案對於亞果生醫將是開啟營收與獲利同時俱增的一年；事實上博而美國際是國內相當知名的外科醫材通路商，握有相當程度的市場供應量，由該公司來推動亞果生醫的骨基質相關醫材，將是 1+1 大於 2。

亞果生醫與三軍總醫院、高雄榮總及高雄醫學大學進行人工眼角膜人體臨床試驗已完成收案，預計明年正式送件衛福部申請銷售許可；再者，亞果生醫研製眼角膜的成果受到全球生醫產業重視，正評估將與國際級的 CRO(臨床試驗委託機構) IQVIA 攜手進入印度人體臨床，同時也與香港上市之生技公司研商中國大陸市場授權合作案，這將是亞果生醫進入國際生醫市場的關鍵跳板。

資料來源：

<https://readers.ctee.com.tw/cm/20221201/a71asa1/1216690/70ce6bdbaab75021340fac9fb4ac13ae/share#.Y4fVN0fMa0I.lineme>



## 國立中興大學食品暨應用生物科技學系特聘教授謝昌衛 完整技術體系 支援 初級加工助小農增值成功

豐年雜誌 20221215

口述 / 謝昌衛 採訪·整理 / 葉小慧

### 設立專章提供合法場證 銜接市場通路

初級加工場登記證其實就是工廠登記證，既有了上通路市場的機會，同時變成合法的工廠，只要取得初級加工場登記，其農產加工品就有上架通路販售資格。申請人須為農民或農民團體，已有合法「農糧產品加工室」者，可直接向縣政府申請初級加工場場證；未有「農糧產品加工室」者，先至公所取得農地的容許使用，接著比照衛福部衛生標準蓋合法的加工室，再向縣政府登記取得初級加工場場證。加工室室內面積以 200 平方公尺（約 60 坪）為限（冷鏈及囤貨區域不在此限）。與食藥署、經濟部工業局有所區隔，一般食品加工「廠」是工廠的廠，初級加工「場」的場是場所的場。

農委會是臺灣主管農業單位，主管食品的單位是行政院衛生福利部食品藥物管理署（簡稱食藥署），依據食品相關法規，任何食品都須符合《食品安全衛生管理法》的基本規定，工廠就是要符合《食品良好衛生規範準則（GHP）》，在這個原則下，農產初級加工場雖設立專章特別配合，但也必須符合 GHP，當農產初級加工產品想上通路，競爭對手仍是一般工廠。

初級加工場目前法規正面表列所適用的農糧加工品項，可分類別為「乾燥」、「粉碎」、「碾製」和「焙炒」等四大類初級加工範疇，須有加工原料為國產的證明，採用國產溯源「三章一Q」的農產品。有取得產銷履歷加工驗證或有機加工驗證者不在此四類限制中，不在表列項目者亦可向農委會提出審查申請。所謂產銷履歷，以鳳梨釋迦為例，即使果品有產銷履歷，加工場所若無產銷履歷加工驗證，所加工產品不能標示產銷履歷。

從永續經營的角度思考，從事農產初級加工，產品要有競爭力才行，沒有競爭力的產品，即使有上市的規模，也難以成為消費者的選擇，消費者甚至更傾向大型工廠的產品，因為給人較安心的保障；如果沒有競爭力，放幾個月都賣不出去，本來只是賠原料的錢，現在連時間、設備、攤提、加工和包材都損失了。因此雖是初級加工場，希望透過制度、管理與教育，能讓初級加工場具有跟大廠一樣品質。



## 永續經營須看競爭力 一條鞭式輔導網路支持

為了達成這個目標，最重要的是教育。如果農民或農民團體要設立初級加工場，必須通過農委會農糧署（簡稱農糧署）委辦如食品工業研究所加工技術及食品安全衛生教育訓練 40 小時以上，取得各科目所定及格證書，才有申請的資格。

其次是用好的原料，一定要以有機驗證或產銷履歷為主。大廠買原料都是經過檢驗篩選，因為可能來自四面八方，勢必哪邊便宜往哪邊收，選擇價格有競爭力的原料；小農沒有這個能力，更要選擇好的且國家標準驗證過的原料，對民眾相對安全較無風險，即使原料價格上沒那麼有競爭力，卻也是保護自己的方式，所以從原料開始就要更好、更安全的原料。

再來是更安全的製程。一般的食品加工廠原則上只要符合食安，什麼都可以生產，初級加工場不行，目前限定 4 種。這 4 種很多人本來就在做，但既然要取得食藥署同意，一定要從最安全的開始，例如做果醬，目前並不允許，是怕食藥署與一般食品工廠反彈，不過未來勢必會逐步開放。

接下來就是透過輔導的力量。中央單位由農委會科技處提供許多輔導計畫，主要由農業科技研究院（簡稱農科院）承接，成立農產加工整合服務中心，並執行 3 個重要政策。一是盤點各地的初級加工場與打樣中心資訊，讓農民能就近取得資源；二是讓農民享有一條鞭的服務，設立初級加工場或法規問題都可以協助；三是提供行銷資源，包括協助製作公版包裝，甚至協助做完包裝包材，同時輔導需要媒合通路的農民。農民最受益的是包裝，因為服務中心的公版包裝，設計是國家出錢幫忙增值，申請使用將部分免費，超過定量再做收費動作；在協助媒合通路同時，也辦理多個展售會活動，讓合法申請通過的初級加工場參加。

農科院的政策使命是促成更多家初級加工場的成立，同時讓農民產品賣得更好，為此農科院第一步先成立農產加工整合服務中心（簡稱整合中心），提供農民一站式諮詢服務，一條龍輔導措施包括整合諮詢、打樣輔導、試量產、公版包裝服務等，以提高地方農作物價值。整合中心沒有專門的技術人員，是專門派案的單位，等於一個 operator（總機），除了收集農民的問題，也在法規釋疑上提出協助，最主要的工作是媒合與提供一條鞭的協助，就農民所提問題的需求建議適合技術的單位，在此同時，更大的政策使命是整合所有人的績效以及輔導上市通路部分。

整合中心在技術層面上，透過搭配學校與農場試所單位，目前已有 16 家成員，再以學校為核心整合出北、中、南、東 4 個區域聯盟。如中興大學與農業試驗所、苗栗區農業改良場、茶業改良場和臺中區農業改良場共同成立中區聯盟，透過區域性的協調，提供更適切的服務。



區域聯盟或整合中心均屬於虛擬的編制，區域聯盟的重點在於滾動式的學習，補足彼此資源上的差異，不似學校是一個實體，但能實現截長補短的好處，透過每個單位的專長，當自己能力不足或案件太多，可請求對方協助，且地區就近，整合方面較容易做協調，能定時開會進行動態修正，其次是基於對彼此的熟悉度互相介紹，如：火龍果的問題可請教臺中場，遇到菇菌的問題就找農試所，紅棗問題可以詢問苗栗場。

區域聯盟是一個滾動機制，會定時做資源教育平臺，有聯合授課。許多農改場開的課程，個別能教的農民可能不多，若聯盟內 5 個單位互相上課與支援，有效運用這些行政資源，並非由誰負責主導，而是通力合作，就過程遇到的問題討論再做解釋。

### **競爭都在商業場上 企業化思維才能錢滾錢**

個人實務輔導上，常常遇到兩個問題，一是法規問題，農民都會問「我們到底可不可以做？」法規問題多涉及農民本身專業知識、包裝法規了解上的相對薄弱。一個食品完整包裝必須有營養標示、商品結構、宣告過敏原等，大部分沒做食品的人通常都不懂。輔導過程中也發現，農民雖然上過食品法規的課程，可是沒真的被罰過，講 100 遍也沒用，因此經常在擔任審核或評估時，看到農民產品不合乎包裝規定。

其次是農民對生產設備的採購，以及量產的規畫上較缺乏概念。農民有生產技術，清楚知道 1 分地可以種出多少稻米，但加工場產能要多大，需要什麼生產設備與製程，除了原料是自己的，過程中是要直接賣原料，還是做成加工品，又有多少要作成加工品？如：今年芒果特別貴，根本沒有量，生吃都不夠了，不可能再做加工，但萬一碰到盛產，生產規模又太小，的確會讓農民感到困惑。

回到初級加工場的設計，其實是鼓勵一部分做出自己品牌，更大量或更有效地讓他的農產品轉移到更高價的地方，一部分可做為中大企業末端原料的前處理場。例如加工場做成果乾後，交由更下游的大型工廠再加工成更精緻的產品。這是一種獲利模式，而且量可能更多。最主要的思考邏輯，在於如何讓初級加工場的業者賺到錢。

只是任何商業行為會不會賺錢？永遠沒有解方；就像如果投資股票一定賺，那誰在賠？因此還是回到農民本身，必須自己不斷滾動式學習，扭轉用勞力獲取利潤的習慣，學習生意人的思考模式，並體認到做任何改變就是一種冒險，國家提供的是一個機會，讓農民更合理地評估產品和通路適不適合。

綜合以上，國家一直說要攻擊型的農業，要先定位什麼東西具有攻擊力，具有攻擊力的農業，本身要回到品種權，或是有特殊的加工技術。農產加工就是利用科



技包裝，做出不一樣的東西來，而加工當然希望原料好，有特色之後更加強化，通過產製程安全的方法達成一定的規模。

初級加工場成立以後，如何讓農業產銷問題獲得解決，目前還在逐漸發酵中。我看到很多人逐步努力，特別是現在很多農民從科技業轉換跑道，或是以年輕人身分投入，這些人本來就願意轉型，相對好教育。有些初級加工場已經做得很好，如花蓮曾吉生經營的「淺草堂有機農產加工室」，是比較指標性的案件；屏東經營牛蒡產業的「大力蔘農產加工場」也有不錯的產業規模。

農產初級加工場的政策走了這麼久，終於走到專法，在臺灣其實是萌芽期，如何努力縮短萌芽期，擴大成長期，唯有穩定行銷和穩定媒合，才能讓這制度可長可久。

資料來源：

[https://www.agriharvest.tw/archives/94615?fbclid=IwAR1O15mGgmD1VKsrm8L-7\\_7IISYqfHwMy9KCYo2KZe4y2nwHqQLEiJz5GZ4](https://www.agriharvest.tw/archives/94615?fbclid=IwAR1O15mGgmD1VKsrm8L-7_7IISYqfHwMy9KCYo2KZe4y2nwHqQLEiJz5GZ4)



# Supergreen 2022 優良論文

OP-4-1

## Supercritical Carbon Dioxide Functionalization of Polyethylene Terephthalate (PET) for Flexible Biosensors

Po-Wei Cheng<sup>a,\*</sup>, Tomoyuki Kurioka<sup>a</sup>, Chun-Yi Chen<sup>a</sup>, Masato Sone<sup>a</sup>, Tso-Fu Mark Chang<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology, Yokohama 226-8503, Japan

\*Corresponding author: [cheng@ames.pi.titech.ac.jp](mailto:cheng@ames.pi.titech.ac.jp)

Supercritical carbon dioxide (scCO<sub>2</sub>) is used in preparation of flexible catalytic electrodes for sensing of biomolecules. The flexible catalytic electrode is a composite of Au/Ni-P/polyethylene terephthalate (PET). Three steps are involved in the functionalization of PET: a catalyzation step, a Ni-P deposition step and a gold deposition step. ScCO<sub>2</sub> is used as the solvent in the catalyzation step to promote interaction between the PET and the deposited metal layer. Palladium bis-hexafluoroacetylacetonate is used as the source of the palladium catalyst for the high solubility in scCO<sub>2</sub>. A thin layer of Ni-P is deposited on the ScCO<sub>2</sub> catalyzed PET as the sacrificial layer for the deposition of gold. The electrical resistance of the Ni-P metallized PET is 0.27 Ω, and it slight changes to 0.30 Ω after a tape adhesion test, which reveals the positive contribution of the scCO<sub>2</sub> catalyzation on the adhesion. After deposition of the gold layer, the catalytic activity of the flexible Au/Ni-P/PET composite electrode in oxidation of urea, ascorbic acid and glucose is evaluated to demonstrate the applicability in flexible biosensors. The experiment process is shown in Fig. 1.

### Supercritical CO<sub>2</sub> Functionalization of PET

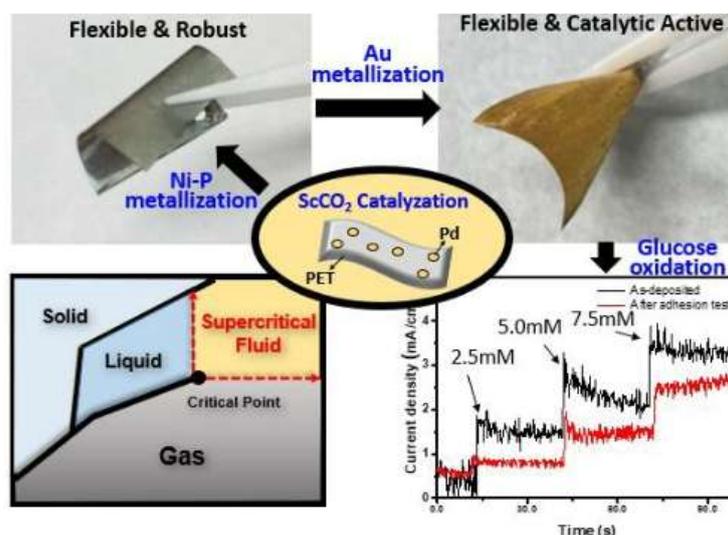


Figure 1. The graphical abstract for process flow



**PP-17**

## **Improvement of thermal conductivity of hybrid materials by organically surface modification of h-BN filler**

Haruka Onuma<sup>1</sup>, Takaaki Tomai<sup>2</sup>, Akira Yoko<sup>3</sup>, Gimyeong Seong<sup>4</sup>, Tadafumi Adschiri<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup> Department of Chemical Engineering, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Sendai, Japan

<sup>2</sup> Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Sendai, Japan

<sup>3</sup> World Premier International Research Center-Advanced Institute for Materials Research, Tohoku University, Sendai, Japan

<sup>4</sup> New Industry Creation Hatchery Center, Tohoku University, Sendai, Japan  
E-mail: haruka.onuma.t2@dc.tohoku.ac.jp

For stable operation of power semiconductor devices with large heat generation, a thermal interface material (TIM) that efficiently transfers the exhaust heat to the cooling system is required. Understanding and controlling the dispersion state of h-BN fillers in polymers and their thermal connection is necessary to advance h-BN-polymer composites with high thermal conductivity. In this study, the effect of organically surface modification of h-BN on the dispersion of h-BN fillers in polymer and the thermal conductivity of the composites were evaluated.

The pristine surface of h-BN is inert and surface modification is generally difficult. Therefore, we treated h-BN with 1 M NaOH aqueous solution to add OH groups to the surface of h-BN, which would behave as organic modification sites. Subsequently, the h-BN samples were treated in ethanol with 5-oxohexanoic acid, for organic modification by dehydration reaction between OH groups and carboxy groups. h-BN and epoxy resin were mixed and thermally cured to prepare their composite. Since there was a difference in the degree of kneading between the center and corner of the container, the samples from the center and corner were collected and cured.

h-BN was kneaded with epoxy resin at 70 wt% and the variation of thermal diffusivity with kneading time was evaluated. Figures 1 and 2 show the thermal diffusivity results of hybrid materials with raw h-BN or modified h-BN (mod. h-BN). In the case of raw h-BN, h-BN initially accumulated in the center and



gradually mixed homogeneously. In the case of mod. h-BN, h-BN and epoxy resin were mixed rapidly after h- BN was distributed throughout the entire surface. The difference in mixing and thermal diffusivity should be due to the difference in affinity between h-BN and epoxy resin.

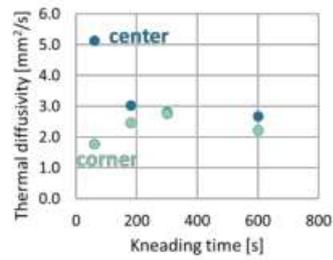


Fig.1 Thermal diffusivity of hybrid materials with raw h-BN

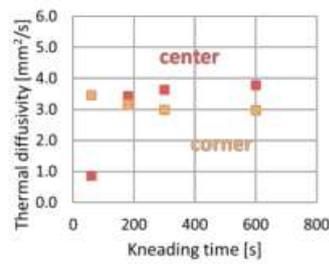


Fig.2 Thermal diffusivity of hybrid materials with mod. h-BN



## 超臨界二氧化碳洗淨技術簡介(I)

在電子零組件、光學及雷射元件、精密機械、電機機械、電腦元件等之製造過程，常需使用到氟氯碳化物(CFCs)等有機溶劑以去除油漬及其他殘留污染物。蒙特婁議定書(Montreal Protocol)及清潔空氣法案(Clean Air Act)均要求在 1995 年底前把會破壞臭氧層的溶劑(包括 CFCs)必須漸次停用。因此歐美各國均致力於開發有機溶劑替代品，並且能符合精密洗淨的要求。

超臨界流體(Supercritical Fluid, 超臨界流體)因同時具有氣相般的高擴散率、低黏度、低表面張力以及液相般的密度與溶解力，使其易於滲入多孔性、複雜的組件內將污染物溶解後帶出而達到洗淨的效果，適合用作多種污染物的去除媒介。

### 一、超臨界流體技術發展回顧

高壓氣體的臨界現象與超臨界狀態於 1869 年即已被 Andrews 所發現，其所發表的二氧化碳臨界點值與目前所知相當接近。而超臨界流體(超臨界流體)獨特的溶解性，亦即氣體在超臨界狀態下可成為溶劑而且溶解力與壓力有關之特性，於一百二十年前(1879)即已被 Hannay 與 Hogarth 發現，但運用在工業上則遲至 1970 年代才開始。由於歐洲國家禁止使用二氯甲烷等有機溶劑於咖啡因之去除，1978 年德國 Bremen 公司首先建立商業化的超臨界流體製程，用來除去咖啡及茶葉中的咖啡因；1980 年，澳洲的 Carlton and United 啤酒公司以超臨界二氧化碳萃取啤酒花香料(hops)以釀造啤酒。1980 年代初期歐、美、日開始出現年產量一千萬至一億磅的大型萃取工廠。

諾貝爾獎得主 Büchner 為最早研究茶在超臨界 CO<sub>2</sub> 中之溶解度者(Z. Phys. Chem., 1906, 56:257)。歐洲約自 1960 年代即有較多的超臨界流體技術學術研究，然而開始大量投入研發卻是在能源危機的 1980 年代，彼時的超臨界流體技術主要應用於萃取製程及物質之分離，諸如食品、聚合物、醫藥、石化、天然產品等。及至 1990 年代因環保意識抬頭，超臨界流體技術被大量運用於取代有機溶劑的萃取製程。

約自 1980 年代末期超臨界流體技術開始有萃取以外的應用，諸如高分子加工、再結晶、分餾(fractionation)、沉積(deposition)、注入(impregnation)、精密洗淨等。

超臨界流體技術亦應用於廢棄物處理，1982 年 Michael Modell 發明以超臨界水氧化有機物之製程(U.S. Pat. 4338199, Modar Inc., "Processing methods for the oxidation of organics in supercritical water")，為超臨界流體應用在廢棄物處理之先驅者。1980 年代末期，開始有以超臨界流體萃取技術分析廢棄物中有機污染物之特性的研究。



蒙特婁議定書規定會破壞臭氧層的有機溶劑（包括 CFCs）均須於 1995 年前禁用，因此有一些替代性溶劑如 PFCs (perfluorocarbons, 全氟碳化物)、HCFCs 及其他 HCs 開發出來，並廣為應用在工業洗淨用途。但這些溶劑代用品不但用途受限且衍生新問題：價格貴（材料、營運成本，如 PFCs 價格\$15/lb）、有毒性（如 VOCs 及 HCFCs），易燃性（如 HCs，酒精、酮），以及廢水處理問題（水洗及半水洗系統）。因此這些替代性溶劑仍不能免除危害環境、健康的問題，將來仍可能被管制或禁用。

1994 年 U.S. EPA 出版之 Guide to Cleaner Technologies—"Alternatives to Chlorinated Solvents for Cleaning and Degreasing"，書中建議之替代性溶劑包括：水性清洗劑、半水性清洗劑、石油系碳氫化合物、HCFCs、非鹵素有機溶劑（如酒精、酮等）、超臨界流體（CO<sub>2</sub> 為主）及雪花狀二氧化碳。其中水洗法因為普遍被認為「對環境無害」而廣泛使用，事實上水洗系統中使用之清潔劑，特別是乙醇胺（MEA, ethanolamine）與帖烯類（terpenes）已知對人體有害並可能產生水性毒素（aquatic toxicity），因此仍有安全及健康上的疑慮。此外，清洗用水與乾燥所需能源、處理廢水、廢棄物（污泥）等均增加環境及營運成本之負擔。迄今沒有一種溶劑能完全替代 CFCs 而廣泛運用在精密洗淨領域，超臨界 CO<sub>2</sub> 則是明日之星。

基於上述考量，自 1990 年開始，美國能源部（DOE, Department of Energy）推動 IWP 計畫（Industrial Waste Program），贊助研發超臨界流體技術及促進商業化，以取代傳統的溶劑清洗製程。此計畫的主要研究方向是運用既有的超臨界流體萃取技術研發成果，開發實用之超臨界流體洗淨製程。IWP 所贊助的大型計畫之一："Solvent Waste Minimization by Supercritical CO<sub>2</sub> Cleaning"，執行期間為：Sep. 1990 ~ Sep 1996，總經費\$11,800,000，參與單位包括 Los Alamos (LANL), Pacific Northwest (PNL), Sandia (SNL) 等國家實驗室，以及 Hughes, Boeing 飛機公司與其他大量使用溶劑作洗淨處理的企業。[2]

除 IWP 外，另有民間團體組成的研發聯盟 JAASST (Joint Association for the Advancement of Supercritical Technology)，成員包括工業界、大學、國家實驗室，目的為找出阻礙超臨界流體洗淨法成長與接受度的原因。由於 IWP 與 JAASST 致力推動超臨界流體洗淨法運用在特殊，商業化用途（如用於精密洗淨，清洗對水及溫度敏感之元件等）使得此技術逐漸被接受。[3][4]

超臨界 CO<sub>2</sub> 在精密洗淨用途上的研究始於 1985 年之後，大多為 U.S. DoD (國防部) 支持的計畫。如 Small Business Innovation Research Program 提出計畫開發多功能精密洗淨機，所有可能的洗淨功能均可在單一洗淨槽內完成，而且只使用 CO<sub>2</sub> 可同時去除微粒及有機污染物。此原型機在



1995 年完成並進行各種工業洗淨用途之測試，為第一套商業化超臨界 CO<sub>2</sub> 洗淨系統，用於洗滌航空電子(avionics)與導航系統元件及組件，洗淨槽容積小且為高壓設計。[5]

1990 年代為超臨界流體洗淨技術蓬勃發展的重要時期，此可從 1990 ~1999 單是有關超臨界 CO<sub>2</sub> 洗淨技術之美國專利即超過 60 篇即可看出，而且 1995 年(含)以後獲得之專利佔 73%，可見正值技術快速成長期。

第一套商業化大型 (60L)、全電腦控制的超臨界 CO<sub>2</sub> 洗淨系統為美國的 Autoclave Engineers 公司於 1991 年替 LANL 建造的設備[3]。1992 年 Integrated Automation 公司 (荷蘭) 與 Messma - Kelch (德國) 合作開發出超臨界 CO<sub>2</sub> 單晶圓洗淨機可直接取代 8" 晶圓之傳統清洗設備[6]。1998 年 5 月 MiCELL 公司推出「MiCARE System」之衣物乾洗機，技術來源為 Battelle。

日本在超臨界 CO<sub>2</sub> 萃取技術之應用亦相當早(如 Kobe Steel Ltd.)且已有連續式進料的量產工廠，但在洗淨技術方面的研發較遲，目前主要有東北大學的 Smith R.I. 教授主持的超臨界流體技術研究中心，並於 1997 年成立類似 JAAST 的區域性企業聯盟能量計畫 (Regional Consortium Energy Project)，目的為開發商用超臨界流體洗淨系統[7]。同年實驗室級 17.8 升的超臨界流體洗淨系統設置完成，為熱動式(thermally-driven)的低壓、低溫洗淨系統。S.R.C.與 ITEC 公司合作，於 1999 年 2 月在大阪府立產業研究所中的實驗室設置完成 17.8 升中壓 (~100bar)、中溫 (< 50°C) 洗淨系統，並著手設計 100 升的商用設備。

金屬工業研究發展中心於 1999 年開始關注超臨界 CO<sub>2</sub> 洗淨技術之發展，並於 2001-2003 年執行「超臨界二氧化碳洗淨設備技術引進計畫」，分別從 Raytheon Technology Inc.(USA)取得專利授權與超臨界 CO<sub>2</sub> 洗淨製程技術，從 Natex Prozesstechnologie GesmbH (Austria)引進超臨界 CO<sub>2</sub> 洗淨設備技術，於 2003 年完成國內第一套商用超臨界 CO<sub>2</sub> 洗淨雛形機。

## 二、超臨界 CO<sub>2</sub> 洗淨原理

適合用作超臨界流體之化合物如下表 1-1 所示，但以 CO<sub>2</sub> 最常被用在超臨界流體製程以及洗淨過程，其原因如下：

- 臨界點易於達到，使得設備及操作成本較低。
- CO<sub>2</sub> 易於取得，便宜(在諸多溶劑中價格僅次於水)，且來源為工業副產品(石化業、發酵業)不會促進溫室效應。[1]
- 對環境、人體無害，具有無毒、無臭、無色、不燃性等優點。



表 1-1 常用超臨界溶劑之臨界性質

溶劑	臨界溫度(°C)	臨界壓力(atm)	密度(g/cm <sup>3</sup> )
氙(Xenon)	16.6	57.6	0.12
乙烯(Ethylene, C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	9.3	49.7	0.22
氧化亞氮(N <sub>2</sub> O, 笑氣)	36.5	70.8	0.45
甲醇(Methanol, CH <sub>3</sub> OH)	239.5	80.0	0.27
丙醇(1-Propanol, CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH)	235.2	50.0	0.27
甲苯(Toluene, C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub> )	318.6	40.6	0.29
氨(Ammonia, NH <sub>3</sub> ) <sup>a</sup>	132.5	111.3	0.24
乙烷(Ethane, CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> ) <sup>a</sup>	32.2	48.2	0.20
丙烷(Propane, CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> ) <sup>a</sup>	96.7	41.9	0.22
二氧化碳(CO <sub>2</sub> ) <sup>a</sup>	31.1	72.8	0.47
水(H <sub>2</sub> O) <sup>a</sup>	374.2	217.7	0.32

資料來源：1. *Supercritical Fluid Cleaning as a Solvent Alternative*, Pollution Prevention Opportunity Data Sheet, U.S. EPA, Apr 1995  
 2. *Introduction to Supercritical Fluid*, Supercritical Research Group at U. of New South Wales, Australia

a：常用作洗淨用途之超臨界流體

## 2.1 超臨界二氧化碳之物理化學特性

所謂超臨界流體(超臨界流體)是指任何化合物處於臨界溫度、臨界壓力以上的狀態。臨界溫度的定義：當大於此溫度時，無論壓力多大皆無法使純物質的氣相部分變成液相；而臨界壓力的定義為：氣體在臨界溫度時的蒸汽壓。氣相與液相共存點為臨界點。在超臨界狀態中，只有單相存在，既非氣相亦非液相，而是介於兩者之間的"中間相"。此中間相保有液相時的溶解力以及氣相的輸送特性[8]。



超臨界流體顯現出壓力與溶解力 (dissolving power; solvency) 成正比關係的特性，壓力愈高，溶解力愈強，此特性可應用於各種材料之純化、萃取、分餾及再結晶。如圖 1-1 所示為萘 (naphthalene) 在  $\text{CO}_2$  ( $P_c = 73 \text{ atm}$  ,  $T_c = 31^\circ\text{C}$ ) 中的溶解度 (Solubility) ，當低於  $P_c$  時，溶解度為零，隨著壓力增加萘之溶解度亦增加。因此基本的萃取原理為溶質在溶劑中的溶解度會隨著壓力與溫度而變化。在大氣壓力下，溶質在氣體中的溶解度只與溶質的蒸汽壓有關，因此非常小；但在超臨界流體中其溶解度為理想氣體理論值的 100 倍以上。超臨界二氧化碳的物理特性如下表所示，由此可看出超臨界  $\text{CO}_2$  的物化特性介於氣—液之間，主要特性描述如下：

- ◆ 超臨界  $\text{CO}_2$  的密度近似液態，因此對許多物質具有高溶解性。
- ◆ 超臨界  $\text{CO}_2$  的黏度近似氣態，因此其擴散係數比液態高，對物質的萃取、析出較快。

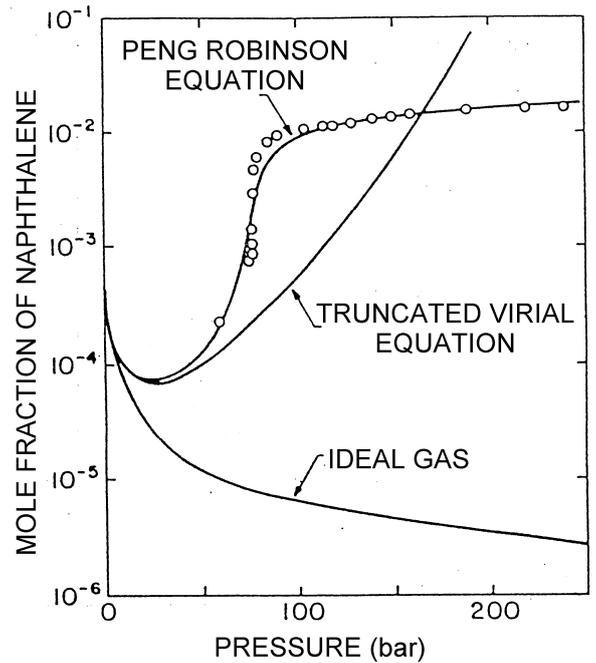
表 1-2 超臨界二氧化碳物理特性表

	氣態 $P=0.1\text{Mpa}$ $T=15\sim 30^\circ\text{C}$	超臨界流體		液態 $P=0.1\text{Mpa}$ $T=15\sim 30^\circ\text{C}$
		$T_c, P_c$	$T_c, 4P_c$	
密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	0.0006~0.002	0.2~0.5	0.4~0.9	0.6~1.6
黏度 ( $\mu\text{kg}/\text{m}\cdot\text{sec}$ )	10~30	10~30	30~90	200~3000
擴散係數( $\text{cm}^2/\text{sec}$ )	0.1~0.4	$0.7\times 10^{-3}$	$0.2\times 10^{-3}$	$(0.2\sim 2)\times 10^{-5}$

資料來源：Kobe Steel Ltd., Japan

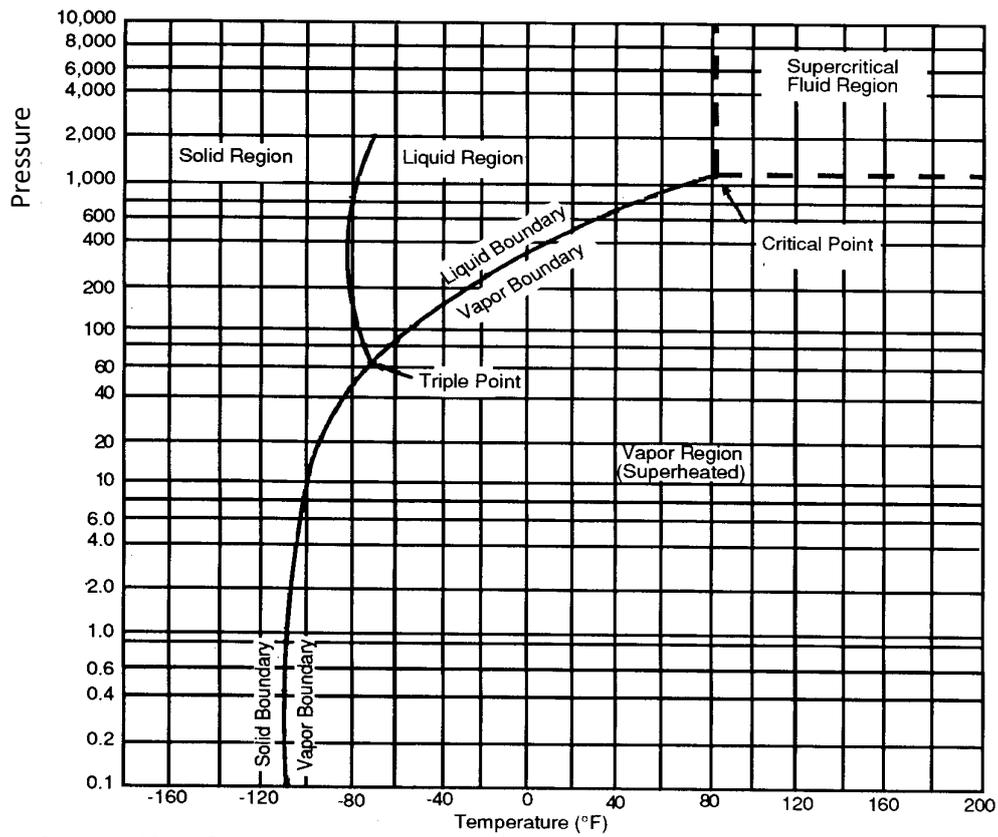
$\text{CO}_2$  的三相及超臨界相的壓力—溫度關係如圖 1-2 所示，在氣—液平衡線的盡頭虛線所示區域為超臨界狀態。由此圖不難得知，從液相至氣相可以不經過相過渡區 (氣—液平衡)，而是藉等壓升溫至超臨界相，再等溫降壓至氣相。

超臨界流體的溶解力隨著流體密度的增加而增強，而超臨界  $\text{CO}_2$  在適當壓力下可達液態般的密度。圖 1-3 所示為  $\text{CO}_2$  的壓力—密度關係圖，其中陰影區為常用的超臨界洗淨範圍，超臨界  $\text{CO}_2$  的密度變化從  $0.2\sim 0.8\text{g}/\text{cm}^3$ 。由此圖可知，在超臨界區壓力的微小變化即可使密度明顯改變，藉此可操控  $\text{CO}_2$  的溶解力。



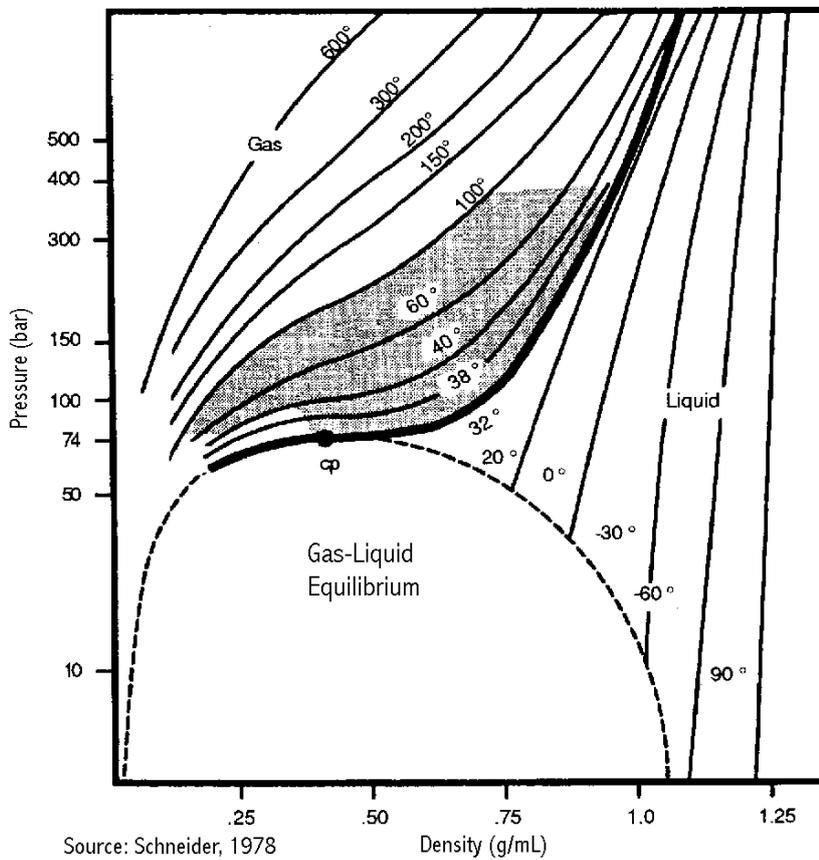
Source: U.of New South Walse, AU

圖 1-1 萘在  $\text{CO}_2$  中的溶解度



Source: Airco Gases

圖 1-2 純 CO<sub>2</sub> 之三相圖



Source: Schneider, 1978

圖 1-3 CO<sub>2</sub> 的壓力—密度關係圖

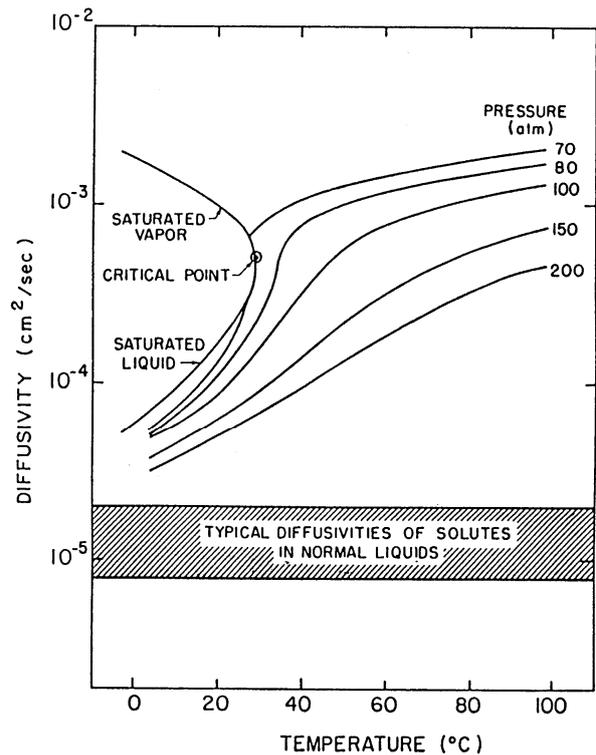


影響超臨界流體洗淨能力的因素還有氣相般的低黏度與高擴散性，使之可滲入極小空間，如裂隙、盲孔。圖 1-3 陰影區之黏度約為常壓下同溫氣體的 2 倍，而擴散性約為 1/30 (Lira, 1988)。圖 1-4 所示為 CO<sub>2</sub> 之擴散度—溫度關係圖，可看出超臨界流體的擴散度隨著壓力增加而降低，但隨著溫度升高而增加，在略大於臨界溫度時有較大變化，而且溫度的影響程度大於壓力者。溶質在超臨界流體中之溶解度與蒸汽壓及溶質—溶劑間交互作用有關，固態溶質在超臨界流體中之溶解度不只與壓力有關，如圖 1-5 所示，萘在乙烯中之溶解度變化，於某跨越壓力（約 110 bar）之下，溫度提高反而造成溶解度降低；原因係即使溫度增加提高了蒸汽壓，但相對之超臨界流體密度卻降低，而密度降低的影響遠大於蒸汽壓提高之貢獻，所以整體溶解度降低。反之，在大於跨越壓力之區域，蒸汽壓的影響較大，因此溫度升高也就增加了溶解度。

若以 Hildebrand 溶解度參數為度量單位，則 CO<sub>2</sub> 在氣態時之溶解度為 0，超臨界流體時可高達 10，通常使用在 6~8，與正己烷(Hexane)及四氯化碳相當。[9]

綜合而言，超臨界流體同時具有氣相般的高擴散性與低黏度、低表面張力，使其易於滲入多孔性材料或複雜形狀元件，以及具有液相般的高密度，使其對污染物具有高溶解力，而且可以控制溫度、壓力等操作條件來去除不同的污染物。

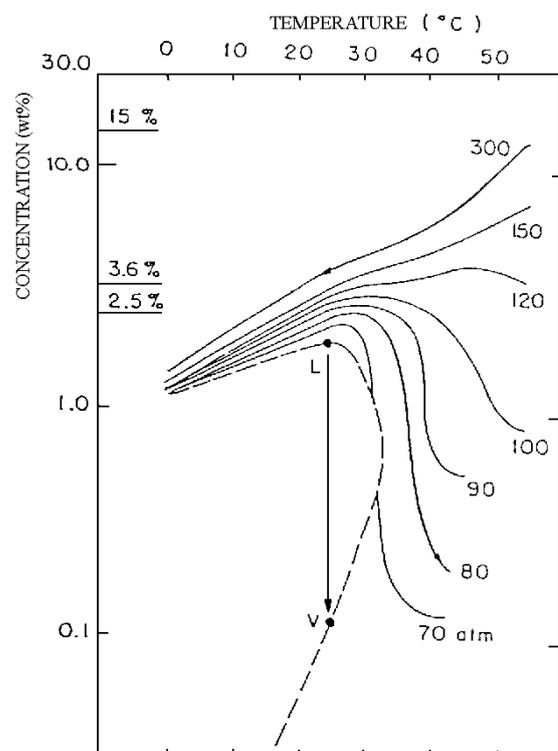
超臨界流體結合了氣相與液相的雙重特性，使其易於滲入微細孔縫中將污染物溶解後帶出，具有高質量轉換率



Diffusivity behavior of carbon dioxide

[ Extracted from: McHugh, M. and Krukonic, V., In "Supercritical Fluid Extraction", ISBN 0-409-90015-X, Butterworth, 1986 ]

圖 1-4 CO<sub>2</sub> 之擴散度—溫度關係



Source: Phasex

圖 1-5 萘在 CO<sub>2</sub> 中之溶解



(mass transfer rate)以及快速去除污染物的能力。以  $\text{CO}_2$  為溶劑的優點在於蒸發後只留下濃縮的污染物，所佔空間極少又不需廢液處理，可直接作廢棄物處置或回收再使用；而變為氣體的  $\text{CO}_2$  既對環境友善也可回收再利用。

## 2.2 超臨界二氧化碳洗淨方法

許多化合物溶解在超臨界流體中均產生壓力與溶解力成正比關係的特性，利用此特性可將超臨界流體作為萃取溶劑，設計出分離、純化的製程。目前從忽布子中萃取香料的工業製程，如下圖 1-6 所示，主要的系統構成元件有萃取器 (extractor, 內置待萃取之原料)、壓縮機 ( $\text{CO}_2$  的再生)、減壓閥 (降低壓力) 及分離器 (separator; 收集產生的香料及與  $\text{CO}_2$  分離)。 $\text{CO}_2$  從貯存筒中經壓縮機加壓至設定壓力 (如 4000 psi)，並加溫至設定溫度 (如  $50^\circ\text{C}$ )。當超臨界  $\text{CO}_2$  流經忽布子原料時，香精及香油被溶解析出至溶解度平衡態 (約 10% 重量)。氣相的溶液離開萃取器，經過減壓閥，壓力降低使得  $\text{CO}_2$  溶解力亦降低，於是香精成份在分離器內沉澱並與  $\text{CO}_2$  分離。氣態的  $\text{CO}_2$  經過壓縮機再回收為高壓  $\text{CO}_2$ 。以上過程不斷循環，直到忽布子的香精成分完全萃取出來。之後放掉萃取器中的氣體，取出榨乾的忽布子，置入新原料。同樣製程亦可用作高分子或製藥的純化過程。[10]

由於批量式 (batch type) 生產效率太低，於是改良為使用多個萃取器並聯，使得某些正在進/出料，同時某些在作萃取動作，可提高製程效率及  $\text{CO}_2$  回收比例。現今的咖啡與茶之去除咖啡因製程及香料、香草的萃取法均與上述方法類似，只是在成本、效率上有所改良，如圖 1-7 所示為日本神戶製鋼的 SFE (Supercritical Fluid Extraction) 製程。超臨界  $\text{CO}_2$  除了溶解度特性外，最重要的是對環境無害，合乎環保，且無任何有害溶劑成份殘留於產品中，同時  $\text{CO}_2$  也是除了水以外目前最便宜的工業用溶劑。[11]

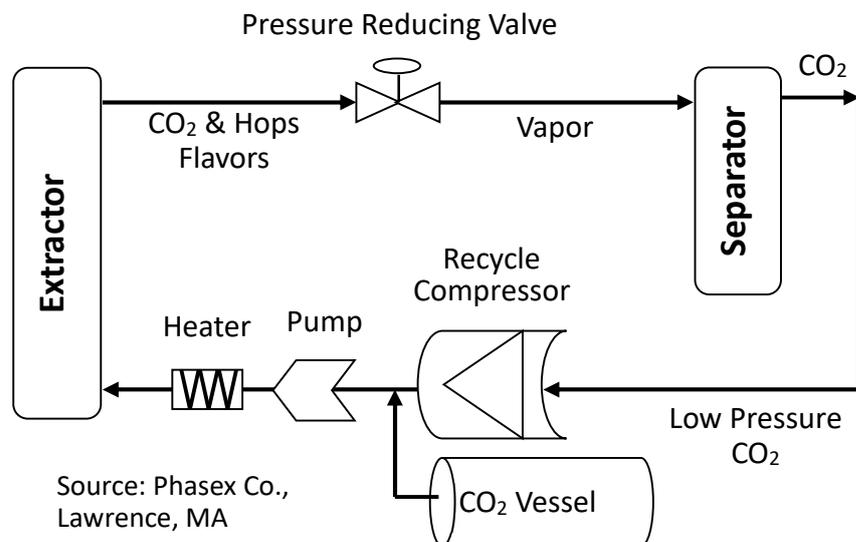


圖 1-6 典型的  $\text{SCCO}_2$  萃取製程

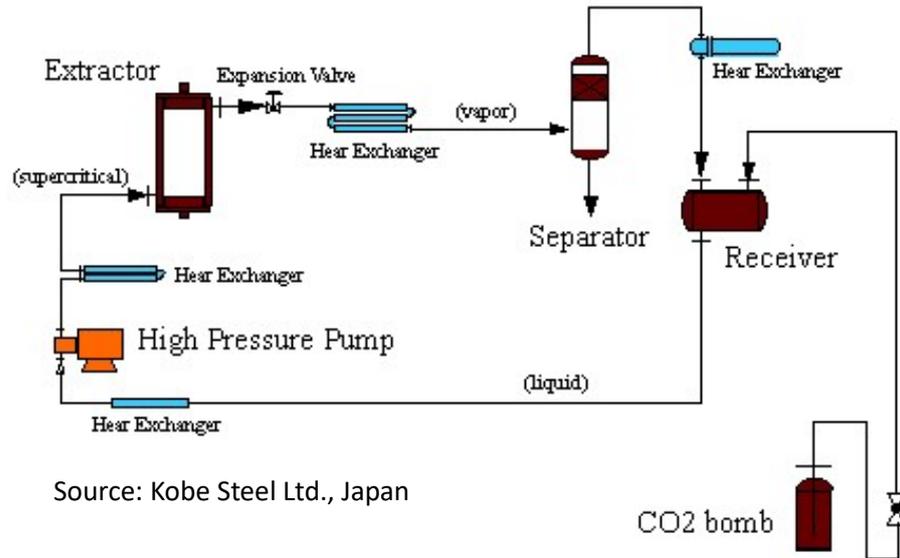


圖 1-7 神戶製鋼的 SFE 流程圖

基本的超臨界 CO<sub>2</sub> 洗淨製程如圖 1-8 所示，在 P<sub>1</sub>，T<sub>1</sub> 狀態的 CO<sub>2</sub> 液體自貯存槽中流出，經高壓泵浦壓縮至 P<sub>2</sub>、T<sub>1</sub> 狀態，然後引入洗淨槽再加溫至 P<sub>2</sub>，T<sub>2</sub> 超臨界狀態，或者先加熱至 P<sub>2</sub>，T<sub>2</sub> 狀態再引入洗淨槽。在 P<sub>2</sub>，T<sub>2</sub> 狀態的某固定時間內，藉由槽內容積的連續置換（即超臨界 CO<sub>2</sub> 流體持續流進、流出）而將物件洗淨。此洗淨方式稱為動態洗淨（Dynamic cleaning）。另有靜態洗淨（Static cleaning）模式，亦即類似浸泡方式，適合難溶物質之洗淨。

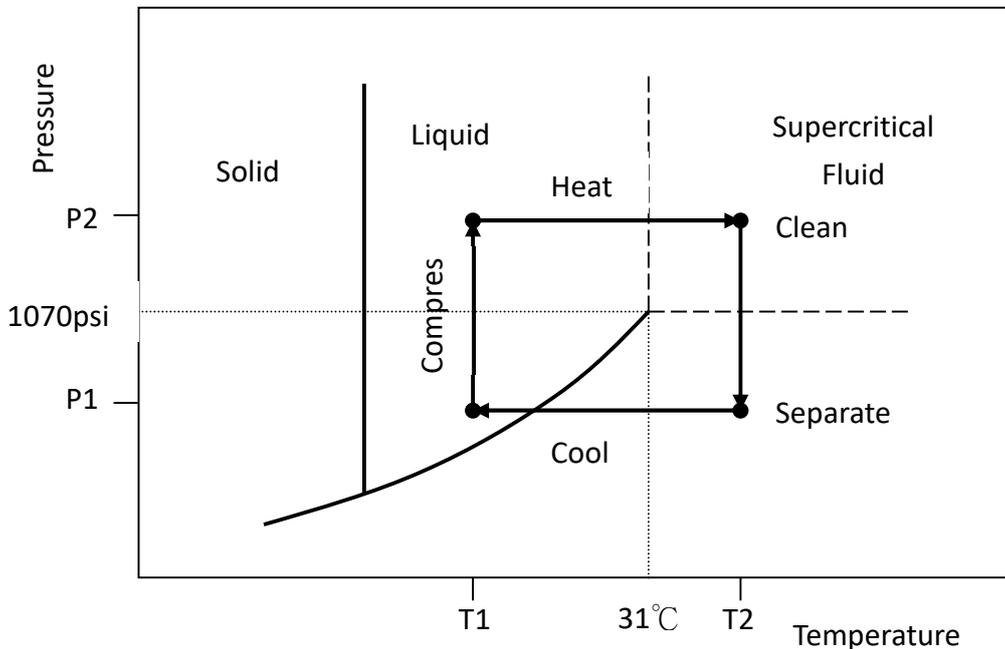


圖 1-8 基本的 SCCO<sub>2</sub> 洗淨製程

從洗淨槽流出帶有污染物的超臨界 CO<sub>2</sub> 進入分離槽，經減壓至 P<sub>1</sub>，T<sub>2</sub> 狀態，CO<sub>2</sub> 恢復氣態而使污物析出與系統分離，氣態 CO<sub>2</sub> 再經冷卻至 P<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> 之液態並回收重複使用。已洗淨之物件自洗淨槽取出已呈乾燥狀



態，可直接使用或進入下一個處理程序，如 PVD 表面處理等。全系統架構大致如圖 1-9 所示。[3]

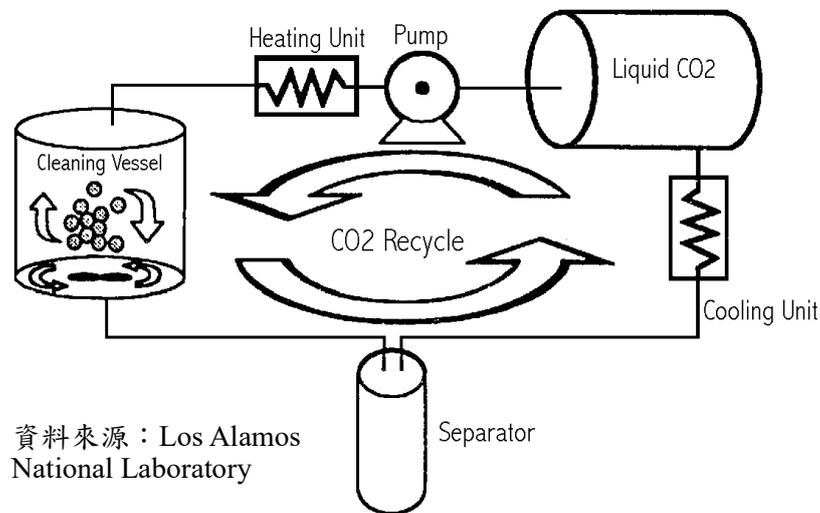


圖 1-9 SCCO<sub>2</sub> 洗淨系統示意圖

由此圖不難看出與圖 1-6 的萃取製程大同小異，只是把萃取槽換成洗淨槽而已，但洗淨槽構造應比萃取槽複雜許多，因為除須供超臨界流體進出外，尚可設計成噴灑、沸騰及附加攪拌器、超音波產生器等諸多功能。此外，CO<sub>2</sub> 的純度要高，以免挾帶雜質而污染待洗淨之元件，因此需要較精密的過濾器。

操作條件上，主要的控制參數為溫度與壓力，其次是洗淨時間及減壓時間，舊式系統設計的壓力、溫度範圍均極大，較近似萃取用條件，亦有可能為測試最佳參數而將控制範圍儘量放大。從文獻顯示，操作條件有：T：38~85°C，P：1450~4350 psi [99~296 bar][9]。但由於高壓設備昂貴且有安全顧慮，近來研究多朝低壓、中溫域發展，如 T：25~60°C，P：250~3000 psi [5]，而且涵蓋亞臨界範圍之利用。日本研發的商業化設計更致力將最大壓力置於 100 bar 以下，甚至捨棄高壓泵浦系統，以求降低設備成本[7]。

超臨界 CO<sub>2</sub> 的常用密度範圍為 0.48~0.8 g/cm<sup>3</sup>；CO<sub>2</sub> 流量一般為 2~11 lb/hr [15~83 g/min][SVC]。洗淨週期上，美國多為 0.5~3 hr(1995 年以前)，近年來商用系統已進步到 10~20 分鐘，日本的研發方向鎖定在 10~15 分鐘。特殊專用洗淨設備之週期更短，如 8"單晶圓洗淨機的週期只要 40 秒[6]。

總言之，超臨界流體洗淨技術源自超臨界流體萃取技術，製程已臻成熟，各系統間些微之差異，目的多為增進洗淨效果、效率。但為使超臨界 CO<sub>2</sub> 洗淨設備普遍化，勢必降低設備成本及改善 CO<sub>2</sub> 之特性（不適用於洗具極性、無機、離子化污物）。因此近年來之發展趨勢為降低操作壓力



與溫度，減少昂貴零組件之使用，開發界面活性劑、助溶劑等添加物以及諸如噴、浸、沸騰、攪拌等輔助方法方興未艾。

### 參考資料

1. David R. Linger, "The Fundamentals of Dry Ice Blast Cleaning", Cold Jet Inc.
2. Project: "Solvent Waste Minimization by Supercritical CO<sub>2</sub> Cleaning", Craig Taylor, Los Alamos National Laboratory, duration: 9/90-9/96  
[http://pprc.pnl.gov/rpd/fedfund/doe/doe\\_oit/solventw.html](http://pprc.pnl.gov/rpd/fedfund/doe/doe_oit/solventw.html)
3. Sarah B. Williams et al., "Elimination of Solvents and Waste by Supercritical Carbon Dioxide in Precision Cleaning", *American Chemical Society Emerging Technologies in Hazardous Waste Management VI*, Sep 19-21, 1994
4. M. R. Phelps et al.(PNL) & K. E. Laintz et al.(LANL), "Waste Reduction Using Carbon Dioxide: A Solvent Substitute for Precision Cleaning Applications", *Precision Cleaning 1995 Conference*, May 15-17, 1995
5. David C. Weber et al., "Precision Surface Cleaning with Supercritical Carbon Dioxide: Issues, Experience, and Prospects", *Metal Finishing*, Mar 1995, pp.22-26
6. Edward Bok et al., "Supercritical Fluids for Single Wafer Cleaning", *Solid State Technology*, Jun 1992, pp.117-120
7. Smith R. I., Jr. et al., "A New Thermally - Driven Supercritical Fluid Cleaning System as a CFC Dry Cleaning Replacement", *Proceedings of the Fifth Meeting on Supercritical Fluids, Materials and Natural Products Processing*, Mar 23-25, 1998, Nice, France, pp.143-148
8. "Introduction" & "Application", <http://www.ceic.unsw.edu.au/centers/SF1/超臨界流體.htm>
9. Donald M. Mattox, "PVD Processes: Cleaning with CO<sub>2</sub>", *Plating and Surface Finishing*, May 1995, 82:130
10. "Introduction to Supercritical Fluids", <http://www.phase4.com/超臨界流體.htm>
11. "Applications in Extraction and Purification", <http://www.kobelco.co.jp/eneka/p14/sfe06.htm>



## 關於冷研科技有限公司

冷研科技創立於 2000 年，是**乾冰 (Dry Ice)**、**二氧化碳 (CO<sub>2</sub>)** 的專業製造供應商，通過 ISO 9001、ISO 14001 國際認證，提供電子、醫療、工業等相關客戶所需之高純度氣體，及二氧化碳應用解決方案。

研發乾冰清洗技術，取代有害及二次污染的不良清洗，並成功運用在相關的產業上，全廠為零排放、零廢水、100%為綠色行動 GreenForever。

2020 年新建**食品級二氧化碳專用廠**，符合**食藥署食品安全規範**，通過**ISO22000、HACCP 品質管理系統認證**，冷研以「安全、健康、減塑、永續經營」為核心，將產品延伸至民生應用，專研以減塑結合工藝設計金屬元素帶入生活減碳各式情境，達到一同減塑愛地球的目標。

## 主要商品/服務項目

- ◆ 工業氣體及合格食品級 CO<sub>2</sub>
- ◆ 乾冰清洗設備/清洗工程
- ◆ 乾冰低溫不斷鏈解決方案
- ◆ 氣泡水機



## 永續發展

提供二氧化碳各式應用解決方案，是冷研深耕逾 60 年的專業與企業命脈。跳脫多數人看待二氧化碳多停留於溫室氣體形象...

冷研對二氧化碳進行保存後的應用發揮使用價值，體現碳不僅是一項基本工業構件，更是附有價值的可利用資源。

促進綠色經濟，確保永續消費及生產模式，在碳循環經濟的多元應用下，

**" 紮根 B2B 範疇，友善環境方式回饋自然，秉持專業創新以維持產品品質信譽 "**

**" 橫跨 B2C 領域，結合永續經營企業精神，轉換產品商業模式以深入民生應用 "**





**冷研科技**  
DRY ICE TECHNOLOGY CO., LTD.  
氣體供應、CO<sub>2</sub>捕捉與應用

## CO<sub>2</sub> = COO

台灣知名的食品級二氧化碳氣體供應商及乾冰專業製造與應用廠。致力於節能減碳的碳捕捉與應用的碳循環經濟。

將二氧化碳技術應用在冷鏈低溫保冷、清洗、冷卻及萃取等領域，為循環經濟的最佳示範。

為推動二氧化碳科普教育與應用體驗，成立冷研碳索館-全台首家氣體主題教育館，全廠零廢水、零空汙排放。



工廠排放 CO<sub>2</sub> → 碳權 → 冷研回收再應用 → 碳捕集與利用 (CCU) → 民生及工業應用 → 回歸自然

## 觀光工廠 - 冷研碳索館

永續經營，基於「環保意識」抬頭及對「環境友善」所肩負的信念，於2020年成立台灣首間氣體觀光工廠 - 冷研碳索館，推動寓教於樂的 CO<sub>2</sub> 體驗與科學實驗場域。

創新求變，開發系列「減塑 MIT 氣泡水機」、「獨門精釀飲品」、「特色文創商品」與「CO<sub>2</sub> 食驗料理」，打造五感體驗的全新價值。

追求品質，把關消費者食品安全，**符合食藥署食品安全規範及通過 ISO22000、HACCP 品質管理系統認證。**

歡迎點選此處，[了解更多冷研碳索館資訊。](#)

✦ 全台首家以二氧化碳為主題的教學觀光工廠，位在嘉義馬稠後園區！



✦ 首創 **超吸睛攝影點** | 泡泡樹、乾冰瀑布

Ⓧ 泡泡氛圍下，沉浸泡泡成型、結合與化為泡沫的瞬間

Ⓧ 漫漫雲霧中，回憶在白色煙霧間的浪漫際遇

✦ 首創 **乾冰互動科學** | 漸層氣泡飲、魔幻熔岩燈、漂浮沐浴球

Ⓧ 加入蝶豆花產生漸層效果，視覺效果加上微氣泡口感的過癮，真是夏天一大滿足！



- ⑤ 或是當位小藝術家，在油水分離中，滴印眼中最獨特的色彩。
- ⑥ 使用食品級小蘇打、檸檬酸產生大量 CO<sub>2</sub>，再滴入食用色素，完成夢幻的飄浮沐浴球。

- ✦ 首創 全台第一台 MIT 氣泡水機 | 酷泡氣泡水機
- ✦ 獨家 結合冷研科技食品級 CO<sub>2</sub> 創新料理 | 乾冰魚丸



冷研碳索館將不定期舉辦活動，敬請追蹤冷研碳索館粉專

(<https://www.facebook.com/CO2tour>) !

✦ 獨家館內活動 ✦



乾冰瀑布



泡泡樹



專人導覽

可前往粉絲專頁獲得最新時刻資訊！

冷研實驗室



自助氣泡水  
無限暢飲

創意氣體DIY課程  
課程隨季節變化，詳細可關注館內資訊



漸層氣泡飲



魔幻熔岩燈



來冷研盡情碳索氣體科學！

冷研食驗室



研選CO<sub>2</sub>食驗料理



主餐



特色飲品/酒品



輕食



親子餐



炸物



甜點

### 嘉義廠

嘉義縣鹿草鄉馬稠後園區  
一路 38 號

TEL 05-362-0606  
FAX 05-362-2626  
service@dryicetech.com.tw

### 水上廠

嘉義縣水上鄉嘉朴路 45 號

TEL 05-260-0963  
FAX 05-268-4347  
service@dryicetech.com.tw

### 高雄廠

高雄市苓雅區金門街 88 號

TEL 07-226-9966  
FAX 07-226-9992  
kdit@dryicetech.com.tw



# TSCFA 台灣超臨界流體協會

Taiwan Supercritical Fluid Association

## (夜間班)高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練班



需要有操作證照的單位，歡迎向協會報名。

- 上課日期：**(夜班)12/13~12/22 18:30~21:30**；**12/24~12/25 08:00~17:00(實習)**
  - 上課時數：高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練課程時數 35 小時 + 2 小時(測驗)。
  - 課程內容：高壓氣體概論 3HR、種類及構造 3HR、附屬裝置及附屬品 3HR、自動檢查與檢點維護 3HR、安全裝置及其使用 3HR、操作要領與異常處理 3HR、事故預防與處置 3HR、安全運轉實習 12HR、高壓氣體特定設備相關法規 2HR，共 35 小時。(另加學科測驗 1 小時及術科測驗約 1~2 小時)
  - 上課地點：高雄市楠梓區高楠公路 1001 號【金屬工業研究發展中心研發大樓 2 樓 產業人力發展組】
  - 參加對象：從事高壓氣體特定設備操作人員或主管人員。
  - 費用：本班研習費新台幣 7,000 元整，**本會會員享九折優惠**。
  - 名額：每班 30 名，額滿為止。
  - 結訓資格：期滿經測驗成績合格者，取得【高壓氣體特定設備操作人員安全衛生訓練】之證書。
  - 報名辦法：1.傳真報名：(07)355-7586 台灣超臨界流體協會  
2.報名信箱：tscfa@mail.mirde.org.tw  
3.研習費請電匯至 兆豐國際商銀 港都分行(代碼017)  
戶名：社團法人台灣超臨界流體協會 帳號：002-09-018479 (註明參加班別及服務單位)或以劃線支票抬頭寫「台灣超臨界流體協會」  
連同報名表掛號郵寄台灣超臨界流體協會，本會於收款後立即開收據寄回。
- ※洽詢電話：(07)355-5706 吳小姐 繳交一吋相片一張及身份證正本



# 報 名 表

課程名稱	高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練				上課日期	111 年 12/13~12/25	
姓 名	出生年月日	身份證字號	手機號碼	畢業校名	公司產品		
服務單位					電 話		
服務地址	□□□				傳 真		
發票住址	□□□				統一編號		
負 責 人	人	訓練聯絡人 / 職稱		email :			
參加費用	共 元		參加性質	<input type="checkbox"/> 公司指派		<input type="checkbox"/> 自行參加	
繳費方式	<input type="checkbox"/> 郵政劃撥		<input type="checkbox"/> 支票	<input type="checkbox"/> 附送現金	報名日期	年 月 日	

※ 出生年月日、身份證字號、畢業校名、電話、地址須詳填，以利製作證書。〔！〕

## 上課日期時間表

課程名稱：(日間班)高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練班

2022/12/13 (二)	18:30 ~ 21:30
2022/12/14 (三)	18:30 ~ 21:30
2022/12/15 (四)	18:30 ~ 21:30
2022/12/16 (五)	18:30 ~ 21:30
2022/12/19 (一)	18:30 ~ 21:30
2022/12/20 (二)	18:30 ~ 21:30
2022/12/21 (三)	18:30 ~ 21:30
2022/12/22 (四)	18:30 ~ 21:30
2022/12/24 (六)	08:00 ~ 17:00 (實習第 1 組)
2022/12/25 (日)	08:00 ~ 14:00 (實習第 1 組)



# TSCFA 台灣超臨界流體協會

Taiwan Supercritical Fluid Association

## (日間班)高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練班

需要有操作證照的單位，歡迎向協會報名。

- 上課日期：**111/01/09~01/13 08:00~17:00**；**01/12~01/12 08:00~17:00(實習)**
- 上課時數：高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練課程時數 35 小時 + 2 小時(測驗)。
- 課程內容：高壓氣體概論 3HR、種類及構造 3HR、附屬裝置及附屬品 3HR、自動檢查與檢點維護 3HR、安全裝置及其使用 3HR、操作要領與異常處理 3HR、事故預防與處置 3HR、安全運轉實習 12HR、高壓氣體特定設備相關法規 2HR，共 35 小時。(另加學科測驗 1 小時及術科測驗約 1~2 小時)
- 上課地點：高雄市楠梓區高楠公路 1001 號【金屬工業研究發展中心研發大樓 2 樓 產業人力發展組】
- 參加對象：從事高壓氣體特定設備操作人員或主管人員。
- 費用：本班研習費新台幣 7,000 元整，**本會會員享九折優惠**。
- 名額：每班 30 名，額滿為止。
- 結訓資格：期滿經測驗成績合格者，取得【高壓氣體特定設備操作人員安全衛生訓練】之證書。
- 報名辦法：
  - 1.傳真報名：(07)355-7586台灣超臨界流體協會
  - 2.報名信箱：tscfa@mail.mirdc.org.tw
  - 3.研習費請電匯至 兆豐國際商銀 港都分行(代碼017)  
戶名：社團法人台灣超臨界流體協會 帳號：002-09-018479 (註明參加班別及服務單位)或以劃線支票抬頭寫「台灣超臨界流體協會」連同報名表掛號郵寄台灣超臨界流體協會，本會於收款後立即開收據寄回。

※洽詢電話：(07)355-5706 吳小姐 繳交一吋相片一張及身份證正本



# 報 名 表

課程名稱	高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練				上課日期	112 年 01/09~01/13	
姓 名	出生年月日	身份證字號	手機號碼	畢業校名	公司產品		
服務單位					電 話		
服務地址	□□□				傳 真		
發票住址	□□□				統一編號		
負 責 人	人	訓練聯絡人 / 職稱		email :			
參加費用	共	元	參加性質	<input type="checkbox"/> 公司指派		<input type="checkbox"/> 自行參加	
繳費方式	<input type="checkbox"/> 郵政劃撥		<input type="checkbox"/> 支票	<input type="checkbox"/> 附送現金	報名日期	年 月 日	

※ 出生年月日、身份證字號、畢業校名、電話、地址須詳填，以利製作證書。〔！〕

## 上課日期時間表

課程名稱：(日間班)高壓氣體特定設備操作人員安全衛生教育訓練班

2023/01/09 (一)	08:00 ~ 17:00
2023/01/10 (二)	08:00 ~ 17:00
2023/01/11 (三)	08:00 ~ 17:00
2023/01/12 (四)	08:00 ~ 17:00 (實習第 1 組)
2023/01/13 (五)	08:00 ~ 14:00 (實習第 1 組)



**A study of Novec 649<sup>TM</sup> fluid jets injected into sub-, trans-, and supercritical thermodynamic conditions using planar laser induced fluorescence and elastic light scattering diagnostics**

使用平面激光誘導熒光和彈性光散射診斷對注入亞臨界、跨臨界和超臨界熱力學條件的 Novec 649<sup>TM</sup> 流體射流進行的研究

By **Georgios Kasapis<sup>1</sup>**, **Shangze Yang<sup>1</sup>**, **Zachary Falgout<sup>2</sup>**, and **Mark Linne<sup>1</sup>**

**Hide Affiliations**

<sup>1</sup>Institute for Multiscale Thermofluids, School of Engineering, University of Edinburgh, Edinburgh, United Kingdom

<sup>2</sup>Scania AB, Södertälje, Sweden

**Abstract**

This paper describes laser imaging experiments on steady, rotationally symmetric, laminar jets aimed at observation of the interface between an injected liquid and the surrounding gas under subcritical, transcritical, and supercritical conditions. A steady, laminar flow of fluoroketone enters a chamber of high pressure and temperature nitrogen, allowing direct examination of the interface as it evolves with flow time (i.e., axial position in the chamber). Vapor/liquid equilibrium calculations identifying the critical locus for mixtures of fluoroketone and nitrogen are used to define six test cases, covering the range from entirely subcritical to entirely supercritical states. Planar laser induced fluorescence (PLIF) and planar elastic light scattering (PELS) imaging are applied to these jets, to image mixture fraction (via PLIF) simultaneously with the detection of the interface strength (via PELS). Temperature distributions are acquired using thermocouples. Evidence for the evolution of the interface, and for supercritical states, is presented and discussed.

資料來源：Physics of Fluids 34, 102106 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0106473>



## Cfd Prediction of Heat Transfer at **Supercritical** Pressure with Rough Walls: Parametric Analyses and Comparison with Experimental Data

具有粗糙壁的超臨界壓力下傳熱的 Cfd 預測：參數分析和與實驗數據的比較

By Sara Kassem<sup>a</sup>, Andrea Pucciarelli<sup>b</sup>, Walter Ambrosini<sup>a</sup>

<sup>a</sup> *affiliation not provided to SSRN*

<sup>b</sup> University of Pisa, Lungarno Pacinotti, 43, Pisa PI, 56126, Italy

### Abstract

(Shortened because of character limitations)The results obtained by these analyses can be considered quite interesting, especially in view of the design of **supercritical** water-cooled nuclear reactors; however, an assessment against experimental data was obviously necessary. Experimental carbon dioxide data published in a very recent archival paper were thus addressed and were found extremely useful in this regard. Addressing these data allowed to extend the above analysis to provide confirmation of the promising features of the model in comparison with wall temperature values obtained with different boundary conditions. The model here described appears promising not only for its capability to predict experimentally measured effects, but also for the perspective to be used in the study of the behaviour of purposely roughened surfaces reducing the probability of occurrence of deteriorated heat transfer.

**Keywords:** SCWR, **supercritical** pressure, heat transfer, rough surfaces, heat transfer deterioration

資料來源：

<https://ssrn.com/abstract=4247823> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4247823>



## Electro-Optic Optimization of Porcine Collagen through Protein-Amicable Supercritical Treatment

通過蛋白質友善超臨界處理對豬膠原蛋白進行電光優化

By Pei Huang<sup>1</sup>, Lei Li<sup>1</sup>, Dar-Jen Hsieh<sup>2</sup>, and Kuan-Chang Chang<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> School of Electronic and Computer Engineering, Peking University Shenzhen Graduate School, Shenzhen518055, China

<sup>2</sup> R&D Center, ACRO Biomedical Co., Kaohsiung City82151, Taiwan

### Abstract

The advanced field of bioelectronics bridges the electronic world and biological systems, opening a new area for More than Moore and stirring a wave of exploration in biomaterials. However, previously reported biomaterials usually suffer from poor purity and inferior electro-optic performance, discouraging their further development in bioelectronics. Here, porcine collagen extracted from pigskin through **supercritical** carbon dioxide is utilized as a dielectric layer in capacitors. A protein-amicable and low-temperature **supercritical fluid** (LT-SCF) strategy is also explored to enhance the electro-optic figure of merits. With the assistance of **supercritical** CO<sub>2</sub> fluids, free amino acids that might have a detrimental effect on the electro-optic performance of the devices have been eliminated. After LT-SCF, the electrical characteristics involving current–voltage and capacitance–voltage become more stable. The leakage currents of capacitors treated with LT-SCF drop by 15 times. The capacitance and conductance also have declining tendencies, contributing to reduced power consumption. Regarding optical characteristics, transparency and refractive index are also substantially enhanced. And numerous material analyses further verify the role of **supercritical** CO<sub>2</sub> fluids. More notably, the biodegradability of collagen films can be achieved with fast water dissolution. Overall, this low-temperature and protein-amicable **supercritical fluid** technology brings endless possibilities to explore collagen-based bioelectronics.

**Keywords:** collagen, insulating property, **supercritical fluids**, biocompatibility, low temperature

資料來源：<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c05700>



## Influence of Geometric Parameters for a 100 kW Inward Flow Radial Supercritical CO<sub>2</sub> Turbine

幾何參數對 100 kW 向內流徑向超臨界 CO<sub>2</sub> 渦輪機 的影響

By Syed J. Hoque<sup>1</sup>, Pramod Kumar<sup>2</sup>, Pramod Chandra Gopi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Indian Institute of Science, Bengaluru 560012, India

<sup>2</sup> Department of Mechanical Engineering, Interdisciplinary Center for Energy Research (ICER), Indian Institute of Science, Bengaluru 560012, India

<sup>3</sup> Triveni Turbines Limited, Bengaluru 560012, India

### Abstract

Highly compact and efficient design makes inward flow radial (IFR) turbine a preferred choice for kilowatt scale **supercritical** CO<sub>2</sub> (sCO<sub>2</sub>) power blocks. The influence of geometric design parameters on sCO<sub>2</sub> turbine performance differs from gas turbines because of their small size, high rotational speeds, and lower viscous losses. The paper presents a computational fluid dynamics (CFD) study for a 100 kW IFR turbine to arrive at optimal geometric design parameters—axial length, outlet-to-inlet radius ratio, number of rotor blades, and velocity ratio, and understand their influence on the turbine's performance. The results are compared with well-established gas turbine correlations in the specific speed range of 0.2 to 0.8 to understand the implications on sCO<sub>2</sub> IFR turbines. The analysis shows significant variations in the optimal values of design parameters when compared with gas turbines. It is found that sCO<sub>2</sub> turbines require fewer blades and higher velocity ratios for optimal performance. The maximum turbine efficiency (~82%) is achieved at a lower specific speed of ~0.4 compared to a gas turbine with specific speed varying between 0.55 and 0.65. Additionally, higher negative incidence angles in the range of -50 deg to -55 deg are required at high specific speeds to counter the Coriolis effect in the rotor passage. The paper presents the variation of stator, rotor, and exit kinetic energy losses with specific speeds. The cumulative losses are found to be minimum at the specific speed of ~0.4.

**Keywords:** velocity ratio, radius ratio, Coriolis effect, Ns–Ds diagram, meanline design, radial turbine losses

資料來源：<https://doi.org/10.1115/1.4055714>



## Preparation and characterization of **supercritical fluid** - dried (CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) cobalt blue nano-pigment

超臨界流體-乾燥(CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)鈷藍納米顏料的製備及表徵

By Weiran Zhang, Jieqin Li, Fan Zhong, Guohua Wu, Haiyun Jiang, Weili Zhang & Qilong Liu

School of Packaging and Materials Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou, P.R.China

### Abstract

Cobalt blue pigments, which mainly comprise CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, are widely synthesized as nano-scale particles using the coprecipitation method. Such ultrafine powders are necessary for the ceramics industry because of their significant effect on the color of glaze and bulk tiles. In this paper, cobalt blue pigments have been prepared using the coprecipitation method and then subjected to **supercritical fluid** drying. The differences in their physicochemical and optical properties are characterized using a series of analysis including X-ray diffraction (XRD), field emission scanning electron microscopy (FESEM), energy-dispersive spectrometer (EDS), and CIE-*L\*a\*b\** colorimetry analysis. The results indicate that the CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> pigments subjected to **supercritical fluid** drying exhibit a fine-scale structure, a crystallite size of approximately 52 nm at 1400°C, and an excellent stability at high temperatures. They also present a vivid blue color, with improved brightness and hue than those of other cobalt blue pigments. Furthermore, this study elucidates the promising potential of **supercritical fluid** drying for fabricating nano-sized CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> pigments with excellent optical and physicochemical properties.

**Keywords:** Nano-sized pigment, CoAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, **supercritical** drying, coprecipitation method

資料來源：<https://doi.org/10.1080/21870764.2021.2004727>



## Relationship between physical parameters of **supercritical fluids** and normal shock characteristics

超臨界流體物理參數與正常衝擊特性的關係

By Yunzhu Li (李雲柱), Zhen Li (李楨), Rui Yang (楊瑞), Yuxin Zhao (趙玉新), and Bo Zhang (張博)

National University of Defense Technology (NUDT)  
College of Aerospace Science and Engineering  
Doctor of Engineering

### Abstract

Physical parameters of **supercritical fluids** change drastically near the critical region, which makes it difficult to predict and analyze the **supercritical fluid** flow parameters behind the normal shock wave. In this paper, in combination with **supercritical fluid** physical parameters database, we employed an iterative algorithm to solve the flow parameters behind normal shock by deriving shock equations. The change of normal shock parameters of six **supercritical fluids** with inflow state was studied by the controlled variable method and a correlation analysis. The results show that when the inflow Mach number is fixed, the normal shock parameters, such as density ratio and pressure ratio, change rapidly in the Widom zone as a result of the dramatic changes of the physical parameters. When the inflow state is the same, the normal shock pressure ratio of  $\text{NH}_3$  is the highest, whereas that of  $\text{C}_8\text{H}_{24}\text{O}_2\text{Si}_3$  and  $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$  are pretty low. The normal shock intensity of **supercritical fluid** is better reflected by the pressure ratio rather than Mach number. According to the correlation analysis, the compressibility factor and the sound speed of inflow are the main physical factors that affect the normal shock density ratio and pressure ratio, respectively. Based on the main physical factors, empirical equations for predicting the change trend of normal shock pressure ratio and density ratio are obtained.

資料來源：Physics of Fluids 34, 116120 (2022)

<https://doi.org/10.1063/5.0122905>