

# 氟氯碳化物回收規劃及替代品發展現況

陳淨修\*

## 摘要

在全球管制CFCs的趨勢下，如何加強CFCs之回收再利用以彌補CFCs消費量的大量不足，為目前各國努力之方向。有鑑於此，我國亦必須制訂相關規定以規範CFCs之回收作業，確保CFCs不致排放至大氣並增加CFCs消費量。本文參考美、日CFCs回收規定、規劃建立我國CFCs回收制度並介紹美國82年11月實施之標籤法，及CFCs替代品發展現況。

### 【關鍵字】

- ①氟氯碳化物(CFCs) ②標籤法(labeling rule)
- ③機動車輛空調設備(motor vehicle air condition)
- ④地球溫度潛能(global warming potential)

## 一、前言

根據最新調查資料顯示，春夏在溫帶地區上空的臭氧層破壞情形，比過去所有測量的更為快速且嚴重，因此提早停止生產及使用列管氟氯碳化物(CFCs)已成為全球趨勢，全球四大CFCs生產商(Du Pont、ICI、Atochem、Allied-Signal)皆已投入相當經費開發CFCs替代品。由於1992年11月在丹麥哥本哈根召開之蒙特婁議定書第四次締約國大會已做成提早於1995年禁產CFCs的決議，使我國相關產業如電子工業、家電空調業及發泡工業，將遭受重大打擊，尤其替代品未普及之前，價格高且相關之機械結構亦必須配合重新設計，所費不貲，因此，如何引進、開發、推廣替代品及輔導業者減少排放，合理使用及回收再利用CFCs以紓解管制CFCs所造成之衝擊，協助業界渡過難關，為我國目前推動管制破壞臭氧層政策之重點工作。尤其CFCs的回收不計入消費量，在未來，將扮演相當重要之角色，惟不同業者因所採節省使用及回收設備的不同，所需費用及回收效益亦有別，故CFCs的回收再利用必須考量CFCs特性，技術可行性及回收效益等因素，據以策

\*行政院環境保護署空保處技正

訂我國CFCs的回收制度。本文擬簡介國外有關CFCs回收規定及美國已於1993年11月實施之標籤法(Labeling Rule)並規劃我國未來CFCs回收策略。

## 二、國外有關CFCs回收之規定

衡諸國外情勢，全球CFCs之回收再利用，有立法制度化趨勢，值得我國注意，目前已較為具體規定者僅有美、日兩國。

### 2.1 美國方面

在1990年美國清潔空氣法修正案第六篇第六〇八節中提出了全國CFCs回收及排放減量計畫，其規定略述如下：

#### 1. 總則

- (1) 在1992年1月1日之前，環保署應公布與家用電器及工業加工冷凍相關之服務、修理或處置時，利用列管物質之標準，並於1992年7月1日生效。
- (2) 在立法後四年內，環保署應公布在前項中未涵蓋之列管物質及過渡物質使用及處置標準，並於公布後12個月正式生效。
- (3) 此規則應將此類物質之使用及排放降到最低，並在回收此類時達成最高效益。

#### 2. 安全處置—應建立冷凍劑安全處置規則如后

- (1) 規定在處置家電、機械或其他物品時，應將列管物質及過渡物質先予回收清除。
- (2) 規定除非有回收設備，在維修或處置家電、機械或此類用品時，可回收這類物質，否則禁止含列管物質或過渡物質之家電、機械、或物品之製造、銷售以及分配等。
- (3) 規定任何以列管物質或過渡物質形成其固有特性之產品，在處置時應注意儘量不致使此類物質外洩，若對環境之影響輕微時，則屬例外。

#### 3. 禁止

- (1) 自1992年7月1日開始，任何人在維修、處置家電或工業用冷凍設備時，明知故犯地將列管物質及過渡物質外洩者即為違法。但儘力遵循法規然未達成者，不在此範圍內，另下列三種型態之複合物可以不受禁令限制，仍可排放於大氣中。
  - 維修者善意嘗試回收，或是安全處置冷凍劑時，有極其微量的冷凍劑外洩。
  - 空調設備或冷凍設備在正常運作下，所排放之冷凍劑可不受此禁令之限制，因此當設備在正常運作用途中，造成漏洩或機械清洗途中發生外洩是可允許的。
  - 用作測漏氣體或維持電荷的R-22及氮氣混合體不受本禁令之限制，因為這種情況下，耗蝕臭氧的混合氣體並非當為冷媒使用。
- (2) 自立法後五年內，前段所述之適用性涵蓋列管物質及過渡物質之替代物，不過環保署認為此類物質之外洩對環境不構成嚴重之影響。

另在第六〇九節中規定機動車輛空調設備之維修標準，其規定為：環保署應在1991

年11月15日之前，公布機動車輛空調設備(motor vehicle air condition,MVAC)維修之標準。

1. 這種標準將提供「核准冷凍劑回收設備(approved refrigerant recycling equipment, ARRE)」證明，以及對如何使用這類設備之指導，並對MVAC之維修人員提供訓練及證明。其標準至少也要與現行之工業標準同等嚴格。「冷凍劑」一詞指任何使用在MVAC中之列管物質或過渡物質。立法後五年，任何可替代性之物質亦包括在內。
2. MVAC維修之考慮—自1992年1月1日起（對一個在1990年維修的MVAC少於100者，則自1993年1月1日起）任何MVAC維修人員必須知道如何適當使用ARRE，並須經過訓練及取得證明。
3. 證明—立法後兩年，任何要從事MVAC之維修，都應向環保署證明此人具有下列條件：
  - (1)受過適當之訓練及具有書面證明，並且具備及適當使用ARRE。
  - (2)或在某企業擔任維修而在1991年維修之MVAC少於100者，在1993年1月1日前，此人必須提供前項敘述之證明。
4. 列管物質及過渡物質之小型容器—自立法後兩年生效，任何人銷售含列管物質或過渡物質之MVAC冷凍劑時，放在小於20磅之容器中即屬非法。

## 2.2 日本方面

1. 日本於1989年公布「列管CFCs的抑制排放及合理使用指南」，其中規定使用列管CFCs的業者應採取的對策中，明列引進清洗用列管CFCs使用設備相關的抑制排放、回收設備及清洗用溶劑等的再生。
2. 修改高壓氣體取締法，將38°C時表壓力 $60\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下之CFCs回收設備不列入該法的管制對象。
3. 研擬優惠措施，將回收設備列入租稅特別措施法所規定之公害防治用設備中，承認其特別折舊。
4. 目前日本全國已有2,000部回收設備，在日本政府的推動下，預料將有46,000部被引進到汽車保養廠和加油站。
5. 以低利融資及減稅措施鼓勵業者使用設置，減少使用及回收設備。

## 三、國內業界回收CFCs可行性分析

CFCs用途極為廣泛，主要用於工業用清洗劑、冷媒、發泡劑及噴霧罐，其中以CFC-11、CFC-12兩項物質佔所有用途的74%，為我國CFCs之主要消費物質，於圖1中所示分別為我國1991年冷媒、清洗、發泡等行業CFC用量分布情形。茲就國內業界回收使用CFCs技術及效益可行性，略予分析如后：

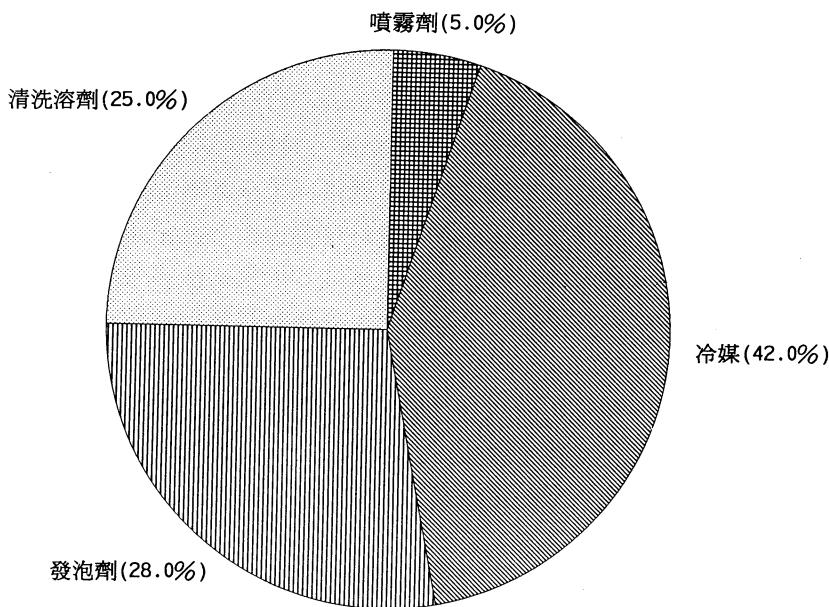


圖 1 我國1991年各種CFCs消費量在各用途上的比較

### 3.1 發泡劑方面

通常分成軟質發泡體及硬質發泡體，軟質發泡已改成水及二氯甲烷發泡，CFCs用量少，因此，沒有必要回收。硬質發泡仍依賴CFC-11，但有一半的CFC-11會捕捉在泡泡中，所以回收的必要性也不高。

### 3.2 清洗溶劑方面

CFC-113 易揮發逸散，做回收不如將清洗設備改善，例如改成密閉式或利用活性碳吸附CFCs並加裝冷卻系統來得有效，這方面的回收設備目前尚未有被認可的。一勞永逸的方法係改成免洗、水洗、或半水洗等替代技術，且該等技術目前在國外先進國家皆已發展完成。

### 3.3 噴霧劑方面

可改用機械式，但目前CFCs用量少，無回收之經濟效益。

### 3.4 冷凍方面

分汽車冷氣、大型空調系統及家用冷凍空調設備加以討論，其中大型空調通常使用CFC-11，其他則使用CFC-12。

1. 家用冷凍空調包括冷氣、冰箱、除濕機等，目前家用冷氣及除濕機都可以改用替代品CFC-22，這些家電若要回收，行政費用將很龐大，又如何將報廢家電回收到冷媒回收中心也是個問題，管理上亦難控制，尤其此類家電用量皆很少，且為密閉系統，一敲開冷媒即溢出，很難回收。
2. 大型空調在維修時，維修人員常將其中冷媒釋放至大氣中，雖曾宣導各維修人員回收冷媒，維修完畢後，再重新裝填回空調系統中，但因價格便宜，故成效不彰。將來可行的對策可能要求使用移動式或抽氣回收裝置及小型除凝設備，儘可能連氯化部份也加以回收，已回收之冷媒則委託有技術之業者處理，以便回收再利用。
3. 汽車冷氣冷媒的回收，目前已在日本及美國推動中（日本已推行四、五年），日本的做法是業界自動來作，而政府配合要求，例如修改相關法規以利回收之推行等。美國則在清潔空氣法中規定維修汽車冷氣必須適當使用被認可回收設備，並要求不得任意釋放冷媒至大氣中，如前節所述。目前這方面的回收設備已相當普及，亦有許多大型維修車廠購有該等回收設備，因此車輛冷氣的冷媒回收為各國目前回收冷媒之主要對象之一。

## 四、我國列管氟氯碳化物回收再利用之規劃

全面淘汰CFCs是全球各國所面臨之一項大挑戰，許多世界級的著名廠商莫不投入相當心力研究生產替代品，但事實上CFCs替代品的研發相當困難，須經各種不同測試（參第六節）始能商品化。因每一種替代品的開發皆必須注意從環保的觀點來看其中程及長程的安全風險。不含氟之CFCs替代品可能不會影響臭氧層，但卻可能造成溫室效應，不含氟的冷凍劑可能會消耗大量能源，某些絕緣泡棉之生產技術雖可發展，但卻反而增加低層大氣的污染，而使消費者曝露於有毒的化合物中。有鑑於此，我國採取引進替代品的作法而不主動研發替代品，一方面全面輔導廠商發展替代技術及引進使用替代品，並採取各項優惠措施例如將CFCs的回收或回用設備視為污染防治設備而予免稅，提高CFCs的進口關稅。降低替代品的進口關稅、獎勵廠商發展替代技術，或引進技術生產替代品，期能儘早促成CFCs替代品的普及化，以減少我國的經貿損失。另一方面積極進行CFCs的回收再利用規劃，在全球管制CFCs的壓力下，推動CFCs的回收再利用已成為必然趨勢，就上節之分析，顯示我國如要推動CFCs的回收再利用，最可行的對象為冷媒業，尤其是汽車冷媒的回收，其次為大型空調冷媒的回收，在技術的成熟及經濟效益上，最為可行，且1992年冷媒在國內CFCs的使用上（以臭氧破壞潛勢較重）亦佔有相當比例（35%），尤其未來CFCs短缺之後，回收之CFCs或許有燃眉救急之用，因此，在未來的管制方向，我國亦可制訂冷媒回收作業要點，以促使業者減少使用及回收利用CFCs並提昇鼓勵回收

技術之發展，在該要點中可以原則規範：

1. 空調及冷凍設備在服務及維修時應儘可能回收含耗蝕臭氧的化合物（包括氟氯碳化物及HCFCs）。
2. 設備之回收及回復原狀均需取得證明文件。
3. 所有送入廢棄場之設備（包括汽車空調、家用冰箱、及大型空調等）所含冷媒皆須先經回收，始得處理。

但為考量台灣地區使用中車輛數量的龐大及行政作業配合度的特性，環保署將先公告車輛冷氣冷媒灌充、拆解、換裝作業，未使用回收或回用設備者為空氣污染行爲，其主要目的為減少每年排放入大氣中之CFCs並防止汽車空調中冷媒之不當處置及洩漏，其對象包括從事汽車空調安裝服務者及從事撞車修理、變更汽車零件、肢解汽車車體者等，公告之要點可能包括：

1. 維修、換裝、拆解汽車空調設備必須回收或回用CFCs，否則將依空氣污染防治法第39條規定處罰。

據此可知汽車維修廠未來將不得從事下列行爲：

- (1)故意將冷媒排放於大氣中。
  - (2)未使用具相當功能之回收設備即進行汽車空調設備之安裝、服務、修理、摧毀或肢解等。
  - (3)未事先檢查冷媒系統並確定現有冷媒不會外洩前就將冷媒加入空調設備中。
2. 回收相關作業應作成記錄並至少保存三年，紀錄內容包括：
    - (1)冷媒之來源及去向，例如維修車輛年份、廠牌、型號、牌照號碼、服務型態、日期等資料。
    - (2)回收設備廠牌、型號及其維護，使用紀錄，包括每月現場回收之冷媒數量及送至純化之數量。
    - (3)每月購買及消耗之冷媒數量記錄。

在整個回收作業當中，除須考慮回收據點及純化（再精製）中心之設置外，如何提供適當誘因，促使業者及消費者全面配合亦為重點之一，否則單靠地方環保單位的稽查，事倍功半，不易達成目標。

## 五、美國標籤法簡介

美國環保署業於日前通過了標籤法規，並已於1993年5月15日起正式實施，緩衝期為6個月，因此11月15日起，全球輸往美國的工業產品，凡含有氟氯碳化物或製程中使用CFCs者，都應依照此項標籤法規定，於商品的包裝上，商品本身或容器上面貼附明顯及易懂的文字說明標籤，讓消費者可以在採購前清楚的看到警語，預料此將對我國汽車、電子、冷氣及電腦等相關產業造成相當程度的衝擊。

標籤法係美國環保署依據1990年清空法案第611節之規定，並於1992年5月4日完成

了標籤法規則草案，其主要規定為立法後第30個月(1993年5月15日)開始，下列對象需貼標籤。

1. 含第一類(CFCs、Halons、CCl<sub>4</sub>、TCA)和第二類(HCFCs)管制物質之容器。
2. 含第一類管制物質之產品。
3. 使用第一類管制物質製造之產品，除非證實尚無任何替代品可取代者。

以第一類物質製造，其定義包括：

- 使用管制物質在產品的製造過程中，包括零件部份。
- 在銷售點的產品不含管制物質。
- 產品和管制的物質有實體上之接觸。
- 管制物質在製造過程中未被轉換成其他物質。

4. 在西元2015年1月1日之前，所有含第一或第二類物質，或以第一或第二類物質製造之產品皆需貼標籤。

標籤之字句內容大致為：「本項製品包含破壞高層臭氧而對公眾健康及環境有害之物質」，廠商須以適當字體大小、顏色對比自行貼於明顯處。在標籤法的規定中，下列九項不須貼標籤：

- 產品在1993年5月15日前製造者（需有證明文件）。
- 不追溯至供應商，但若供應商為子公司者，則需貼標籤。
- 輸美產品在5月15日之前生產者。
- 非例行性使用於生產製程中，間歇性使用者。
- 在生產製造過程中，管制物質已轉換。
- 產品因化學反應而殘存微量管制物質者。
- 使用CFC-113或TCA之製程，但證明該公司已盡力減少95%之用量者（相對於1990年）需於1994年5月15日前提出證明。
- 只因外銷目的生產之產品。
- 研發過程中，所開發產品、製程或替代化學品。

## 六、氟氯碳化物替代品之研發現況

### 6.1 氟氯碳化物替代品之發展及測試方法

氟氯碳化物(CFCs)會破壞臭氧層而對全球生態有不可預期之影響，這是當時發明CFCs的人始料所未及，因此，在發展CFCs替代品時，科學家小心翼翼地進行各種長期測試，目的無非希望不致發生解決了目前臭氧層破壞危機，但在未來卻造成另一個新問題。目前委託完全取代CFCs，下列三項程序不可或缺。

1. 產業界必須在不到10年的時間內完成開發CFCs替代品，而這些替代品之研發及製造過程較CFCs當初的開發及製造困難且成本更高。
2. CFCs之使用者必須修正其生產程序，調整生產設備，或完全淘汰舊機器而改用新設備。

3. 消費者必須接受新產品必然有的新增成本，這些成本涵蓋了新技術及回收或保育活動所需成本。

此外，對每一個CFCs替代品之研發必須就安全、環境及功效三方面考慮下列幾項因素（見圖2）：

- 替代品是否會影響臭氧層？
- 替代品是否會造成溫升？
- 替代品在大氣中之化學轉化情形
- 替代品及其衍生物質對空氣、水及土壤是否有不良影響？
- 替代品是否產生毒性而影響人體健康？

目前已開發完成之CFCs替代品有兩類，分別為HCFCs及HFCs，此兩類仍保有許多CFCs之特性，不過，在其結構中保有氫的存在，可使其在較低的大氣層中被自然過程加以分解，因其在大氣中存留時間較短，臭氧耗蝕及地球溫升之可能性即大幅減少，表1所示為CFCs替代品之開發現況，HFC雖不會對臭氧層造成任何不良影響，但其對溫室效應的影響卻也是值得注意的問題。從表中可知五種主要使用之CFC(CFC-11、CFC-12、CFC-113、CFC-114、CFC-115)目前皆已有替代品。

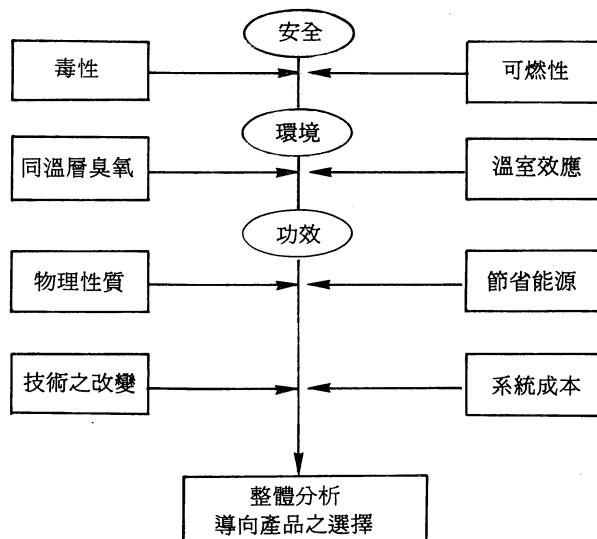


圖2 CFCs替代品研發須考慮因素

表 1 CFC替代品之開發現況

項 目	HFC					
	HCFC			HFC		
名 稱	HFC-22	HFC-123	HCFC-124	HFC-141b	HCFC-142b	HFC-225ca
化 學 式	CHClF <sub>2</sub>	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	CHClFCF <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> CCl <sub>2</sub> F	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub>	CCl <sub>2</sub> CF <sub>2</sub>
沸 點(°C)	-40.8	27.5	-12.0	32.0	-9.7	51.1
臭氧破壞係數 (ODP)*	0.055	0.02	0.022	0.11	0.065	0.025
地球溫室效應 (GWP)*	0.36	0.02	0.1	0.12	0.42	0.04
開 發 情 況	已上市	開發中	開發中	已上市	開發中	開發中
用 途	冷 媒	○	○	—	○	—
	發 泡 劑	○	○	○	○	—
	噴 霧 劑	○	○	—	○	—
	溶 劑	—	○	—	○	○
取 代 列 管	CFC	CFC-12	CFC-11, 113	CFC-114	CFC-11, 113	CFC-12
					CFC-113	CFC-115
						CFC-12

\*以CFC-11為1時的相對數值

## 6.2 氟氯碳化物替代品與溫室效應

溫室效應是眾所周知的自然現象，所排放的能源輻射相當於所吸收能源並形成了地表之溫度。存在於大氣中的化合物吸收了部份排放出來之能源並使地球的溫度上升直到此一等量能源重新平衡，此一現象即所謂溫室效應。若缺乏了自然界這種平衡作用，地球上的平均溫度將只有 $-20^{\circ}\text{C}$ 左右，目前地球表面的溫度所以不會這麼低是因為大氣中聚積了微量(trace)氣體之故。CFCs 及其替代品間接影響大氣層，微量氣體亦同。自然界原本就存在微量氣體濃度或因人類活動所產生的微量氣體（二氧化碳、甲烷、氮氧化物）自1950年即已大幅度增加。自1950年以來，因人類活動導致大氣中CFCs濃度迅速增加，但微量氣體濃度仍千百倍於CFCs之量，而HCFC及HFC 在大氣中所占之濃度比例就更少了，與CFCs相較，其存於大氣中之期間亦很短，故其對溫室效應之影響就更微不足道了。

化合物在大氣中之存在可延續很久很久，若以二氧化碳、HCF及CFC-12 之生命期作比較，CFC-12及HCF若存於大氣中15年，則二氧化碳可存續100年之久，當所有的HFC 微量氣體都消散了，CFC分子在排放後 400年仍存在，而二氧化碳分子在500年之後仍存在。因此，在比較溫室效應就必須以最長的期限來進行比對。圖3為CFCs、HCFC及HFC 之地球暖化潛能(global warming potential, GWP)比較，由圖中可知其對溫室效應之影響能力，所謂地球暖化潛能是一個指數，通常用以比較不同的溫室效應氣體對地球溫升之影響。

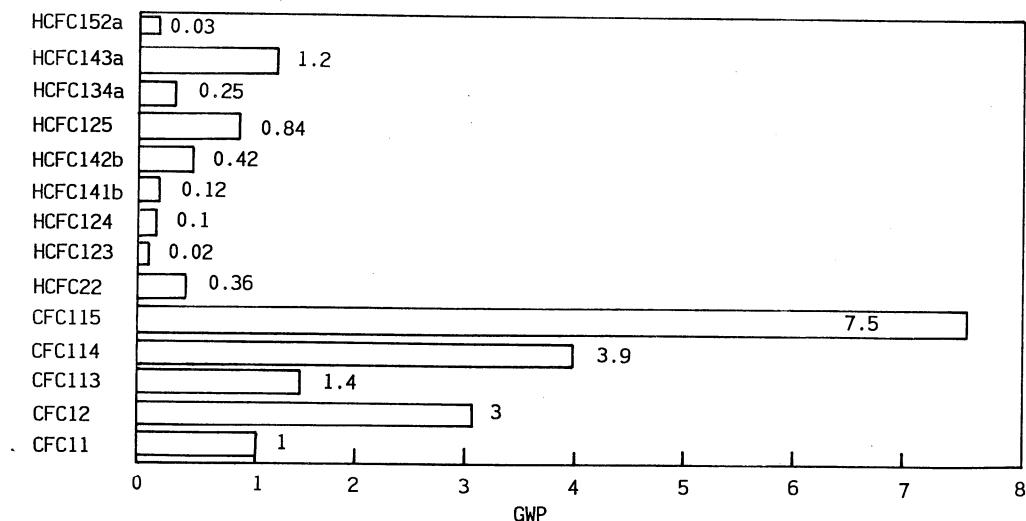


圖3 CFCs及替代品之溫室效應潛勢比較

### 6.3 各行業因應之道

使用CFCs之每個行業都有保護臭氧層之責任，因此都在積極尋求既可實用而對環保又無礙的替代品、對工業界而言，要在很短時間內開發出完善的替代品可謂是空前的挑戰，目前業界正集中全力努力以赴，期望在短期內有滿意之成果。目前相關產業因應之道略述如后：

#### 1. 發泡業

因CFCs之故，開發出許多具有彈性之泡棉及硬式絕緣體。目前已發展出一種可製造硬式泡棉的替代品，其對臭氧層的影響小很多。彈性泡棉目前已完全不用CFCs了。

#### 2. 溶劑(solvents)

因為其所具的複雜清潔劑特性，CFC113仍被繼續使用中，但其排放物已大量減少。以HCFC所製造的新式清潔劑將逐漸地取代CFC之用途而終將予以淘汰。

#### 3. 冷凍業

若化學界欲使其新開發的CFC替代品廣被利用，則冷凍業所有的設備皆須大幅度更新。這方面的科技革命必須在短期內完成。.

#### 4. 消費者

為更有效利用、回收及保存新產品，使用者必須改變消費行為模式，更經濟之使用方式及參與回收過程是現代消費者應具有之態度。

## 七、結語

在聯合國環境規劃署之推動下，全球工業國家及開發中國家、政治家、工業家及科學家刻正致力於研究及開發新產品，而CFCs替代品的開發無疑是業界在科學、技術、及財務三方面空前努力的成果，尤其須考慮到環境、工作場所的安全及實施後在經濟、政治及工業等各方面所受到之限制。然而更重要的是在整個CFCs的淘汰及替代品的引進使用，開發中國家的參與尤具決定性角色。

為避免臭氧層危機所引發之浩劫，各國各行業的投入有目共睹。然在這一場全球CFCs的管制行動中，誰能洞燭機先，在替代品的使用及CFCs的回收作業中領先，誰就握有籌碼掌握商機，因此說這是一場各國政治、經貿間的角力賽亦不為過。