

# 以色列省水灌溉參訪研習報告

研習期間：96年10月24日至96年10月31日

報告人：黃騰鋒

行政院農業委員會茶業改良場

中華民國九十七年一月七日

# 目 錄

頁次

壹、前言.....	1
貳、參訪研習行程.....	2
參、以色列水資源概況.....	4
肆、參訪研習記要.....	8
伍、心得與建議.....	9
陸、誌謝.....	17

## 壹、前言

以色列由於天然水資源條件不佳，其降雨量約僅世界平均值之 3 成，因此該國近年來積極投入海水淡化、民生污水回收再利用及農業節水灌溉技術之提升，其技術已臻世界先進國家之林。而本國雖然天然水資源尚稱充沛，惟仍然會因為地區、地點、地形、季節等不同，而造成水資源取得之難易。以茶園經營而言，大多位於山坡地或台地，更容易發生灌溉水不足之問題。茶園灌溉成為茶園管理的重要工作項目，茶農對於以灌溉提高茶葉品質與產量，極為了解與重視。本次參訪行程，除拜會以色列水資源、農業等政府部門，另拜訪耶路撒冷大學等研究機構，及參訪世界最大海水淡化廠 Ashkelon、世界級之農業灌溉 Netafim 公司等，也實際參訪以國的大型灌溉工程，並且參加以色列辦理之水科技及環境展覽 WATEC Isreal 2007。本次行程於以色列期間雖僅 1 週，而所獲得成果相當豐碩及務實，未來台以雙方亦達成初步合作共識，將加強官方、學術部門及產業部門之技術交流及經貿合作機會。

## 貳、參訪研習行程

日期	行 程 A	備 註
10/24 (星期三)	晚間 21:35 搭乘以航 LY76 號班機抵達以色列 Ben Gurion 機場	
10/25 (星期四)	<b>08:45—10:00</b> 與以國農業及城鄉發展部灌溉及土壤處處長 Dr. Jorge Tarchitzky 會談 地點： Extension Service Building (building C) at the ground floor.	
	<b>10:00—11:50</b> 拜會以國農業及城鄉發展部農業研究組織 Volcani 中心	
	<b>13:50—14:55</b> 與以國耶路撒冷希伯來大學農業、食品暨及環境品質科學所 Avner Adin 教授會談	
	<b>16:30—17:30</b> 與以國工貿部負責水利產業協調業務組長 Mr. Oded 會談 Distel 地點：以色列出口協會 29 Hamered St., Tel-Aviv	
10/26 (星期五)	<b>09:00—17:00</b> 參訪奈滴芬灌溉公司  <b>09:00—12:00</b> 參觀該公司溫室園區  <b>13:00—14:00</b> 奈滴芬公司簡報討論  <b>14:00—17:00</b> 參觀 Magal 地區果園及水庫	
10/27 (星期六)	參觀以國經建設施	

<p>10/28 (星期日)</p>	<p><b>08:30—10:00</b> 前往 Ashkelon</p> <p><b>10:00—11:30</b> 拜會 IDE 公司</p> <p><b>14:00—16:00</b> 研討會 地點：以色列出口協會 7 樓 29 Hamered St., Tel-Aviv</p>	
<p>10/29 (星期一)</p>	<p><b>08:30—10:00</b> 參觀麥考羅特水公司 visit to Mekorot Shafdan</p> <p><b>11:30—12:30</b> 拜會以色列國家工程部下水道管理局局長 Mr. Yaacov Tzemach,</p> <p><b>15:00—17:00</b> 與以國國家工程部水利局規劃組資深工程師 Mr. David Alkan 會談</p>	
<p>10/30 (星期二)</p>	<p>參加 2007 年以色列水科技與環境監控技術產品展覽暨研討會</p> <p>WATEC Israel 2007</p> <p>晚間 20:50 搭乘以航 LY75 號班機返台</p>	

## 參、以色列水資源概況

### 一、地理位置與氣候

**地理位置** 位於西亞的地中海東岸，是連接歐洲、亞洲和非洲的樞紐地帶，大約 4,000 年前，猶太民族已開始在這片土地上發展他們獨特的宗教和文化。以色列地形狹長，由北部崎嶇的戈蘭高地至最南端的埃拉特灣，長約 450 公里，從死海到地中海沿岸，最寬處約 135 公里，總面積為 27,817 平方公里。

以色列雖然面積很小，但卻具有多種地形和氣候的特點。北部的加利利是森林高地，夾雜有肥沃青蔥的谷地，地中海沿岸一帶乃是海濱平原，有沙丘和富饒的農田；以色列中部則為丘陵地帶，向東升高至撒馬利亞及猶他山脈的嶙峋峰頂，接著陡然急降至約旦河谷和地球的最低處死海（海拔以下 400 公尺）。由中部向南伸展的是多山的沙漠地帶，經過內蓋夫和阿拉伯沙漠，直達紅海最北端的港口埃拉特灣。

**氣候** 以色列氣候多陽光，每年 11 月到 4 月之間為雨季，每年的降雨量低，於北邊約為 800 公釐，在最南邊則僅約 50 公釐，差異極大。區域性的氣候狀況非常的不同。海岸平原夏季濕熱，冬季略冷有雨，在山丘區域偶有小雪。在約旦山谷區域夏季乾燥炎熱，南方區域則屬半乾燥型氣候，白天暖熱，夜晚涼爽。

### 二、水資源概況

#### （一）水資源基本資料：

以色列之年降雨量隨區域不同而差異，約 50—800 公釐，約僅世界平均值 30—40%，明顯偏低。全國年平均用水量約為每日 600 萬噸，現行之各標的用水量如下：(1). 民生

用水量：36%（每日 216 萬噸）；(2). 工業用水量：6%（每日 36 萬噸）；(3). 農業用水量：58%（每日 348 萬噸）。主要水源除傳統水源：自然湖泊、人工水庫、天然地下水外，另有海水淡化、民生污水回收再利用等水源。

## （二）世界最大之海水淡化廠

海水淡化為以色列之重要替代水源(生活用水及工業用水)。以色列現已建置全世界最大之 Ashklon 海水淡化廠(30 萬 CMD)，預計 2020 年海水淡化水量將達到 205 萬 CMD，達全國用水量之 1/3，且可供應大部分之生活用水及工業用水。現有 2 座海水淡化廠，主要為世界最大的 Ashkelon 海淡廠(產水量每日 30 萬噸，每年 1.1 億噸)，產水量達以色列全國用水量之 5%。預計於 2010 年海水淡化水量達到每日 86 萬噸(每年 3.2 億噸)，2020 年海水淡化水量達到每日 205 萬噸（每年 7.5 億噸）。

## （三）污水回收再利用之重要性

如前述，以色列自建國以來即面對水源逐漸短缺與用水需求增加的挑戰，在乾旱或半乾旱地區水源不足，由都市污水處理後的再生水是以國重要水資源，如用於農作使用可減少該區域或全國對清淨水源的需求，故以色列將適切與有效率的使用再生水於農業灌溉，視為必須面對的挑戰。目前以色列生活污水現行約有 60% (110 萬 CMD)回收作為農業用途，回收水量約佔總農業用水量之 32%。然而，以色列政府的目標為回收 80%之生活污水，使得農業用水有 50%被回收水取代。

民生污水經由處理再利用後，使用於灌溉用水，可供應植物生長利用之灌溉水，只要控制得當，並不會影響農產品品質，並且污水處理後灌溉或排放於自然界，對於環境污染防治有正面的效益。圖 A 顯示以色列農業使用再生水的用水比例從 1963 年以來逐年增加，預計到 2010 年，再生水於整體農業用水比例將達到 50%。

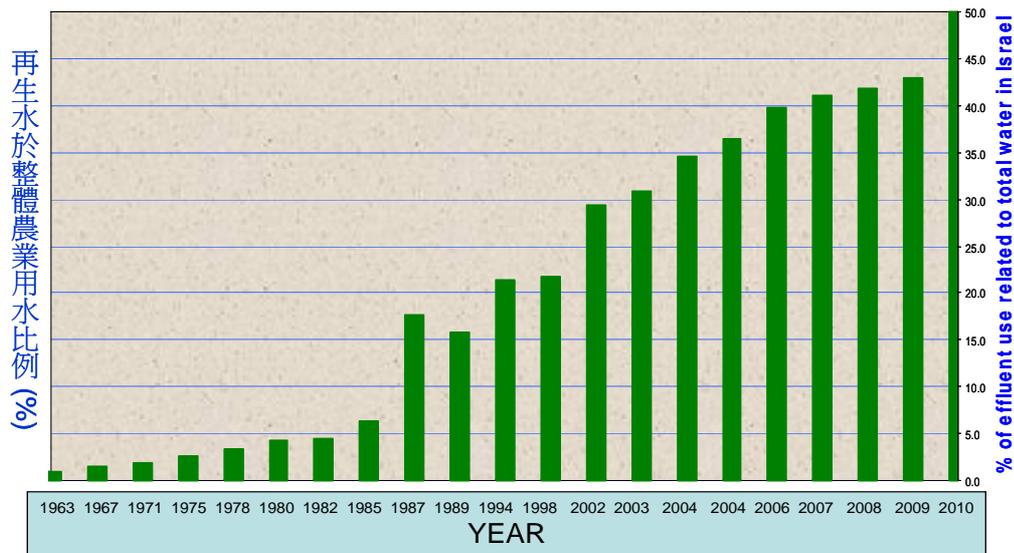


圖 A. 以色列農業使用再生水的用水比例變化

(四) 成立專責機構有效控管水質

以色列政府基於再生水灌溉重要性日益增加，於 2000 年 7 月第 46 號決議(Decision 46, July 2000)經濟部長會議 (Ministers Committee for Economics)，組成一個跨部會專門委員會 (Inter-Ministerial Committee, Inbar Committee)來制訂新的再生水用於灌溉與釋放於環境的水質規範，將處理後之污水視為一種可再利用的灌溉水資源，須符合各項新的水質標準規範，再生水水質必須提高。由於水處理的設備與容量限制，以色列對不同類別的污染原，定有不同的處理方法：基本上有機質、營養元與病原體可在污水處理廠，現有設備或經過適當的設備升級，得到妥善處理；而鹽分與重金屬由於種類繁多，目前污水處理廠無法妥善處理，需在來源處預作處理。

以色列對於水質的規範分為灌溉水與環境放流水，在跨部會專門委員會 (Inbar Committee)所訂出的灌溉與放流水標準如下表所示：

以色列灌溉與放流水標準(2000 Inbar Committee)

PARAMETER	UNIT	IRRIGATION	STREAMS
EC	dS/m	1.4	
BOD	mg/L	10	10
TSS	mg/L	10	10
COD	mg/L	100	70
Ammonia	mg/L	20	1.5
Total Nitrogen	mg/L	25	10
Total Phosphates	mg/L	5	1.0
Chloride	mg/L	250	400
Fluorine	mg/L	2	
Sodium	mg/L	150	200
Fecal Coliforms	U/100ml	10	200
Dissolved Oxygen	mg/L	>0.5	>3
pH		6.5-8.5	7.0-8.5
Residual Chlorine	mg/L	1	<0.05
SAR	(mmol/L)	5.0	
Boron	mg/L	0.4	

其中可看出灌溉水在營養元（氮、總氮、總磷）部份的標準較河川放流水高出許多，可增加灌溉水之營養成分，然而在大腸桿菌數等衛生相關因子，又顯得很嚴格。

(五) 建立回收水灌溉申請許可制度

除了水質規範外，以色列農民需要申請再生水用水許可方能用於灌溉，這主要是基於用水的衛生考量。再生水用水許可由衛生部門核定，依據輸送至該地農戶的再生水水質與預計種植的作物為核發考量依據。如果是超高品質再生水(Very high quality effluent)即在物理—生物處理廠產生符合 20/30 (BOD/TSS)標準，再經沙床（或相同等級濾材）過濾，且經過消毒過程至少 30 分鐘，這種超高品質再生水可不限制灌溉任何作物。而另一種稱作高品質再生水(High quality effluent)，即未經消毒過程的再生水，但仍符合 20/30(BOD/TSS)標準。使用這種高品質再生水灌溉時，需要考慮 2 層防護屏障來保護農產品安全，防護屏障例如：再生水是否會接觸到農產品、農作是否可食、是否經過高溫處理、是否有厚實果皮、是否煮熟後食用等，都在考量之內。

## 肆、參訪研習活動記要

### 一、10月25日

與以國農業及城鄉發展部灌溉及土壤處處長 Dr. Jorge Tarchitzky 會談，聽取有關以色列水資源現況，及四位專家介紹以色列水資源應用之重要研究與相關科技發展。

與以國耶路撒冷希伯來大學農業、食品暨環境品質科學所 Avner Adin 教授會談，交換水源取得及水處理與再生水利用等相關議題。

與以國工貿部負責水利產業協調業務組長 Mr. Oded 會談，交換以色列水利產業技術與資材引進之相關事宜。

### 二、10月26日

參訪奈滴芬灌溉公司灌溉器材展示場及生產線，並參觀該公司溫室及灌溉系統兼施液肥設施與自動灌溉系統操作使用情形。

往 NEGAL 地區果園，觀摩大面積果園灌溉系統施設與使用管理，果樹有杏、柑橘、酪梨、石榴等。

### 三、10月28日

往農業及城鄉發展部灌溉及土壤處與處長 Dr. Jorge Tarchitzky 討教有關灌溉水處理與作物省水灌溉技術。

往西 Negav 地區觀摩葡萄柚、酪梨及甜柚園灌溉、並實地觀摩利用 Irriwise 自動灌溉控制系統之操作使用。

### 四、10月29日

往 Mekorot 水處理場，參觀以國生活用水回收處理與再利用情形。

### 五、10月30日

參加 2007 年以色列水科技與環境監控技術產品展覽暨研討會，觀摩及收集有關省水灌溉技術、器材、灌溉系列、控制設備等。

## 伍、參訪研習心得與建議

本次前往以色列研習與觀摩，主要目標為引進適用於台灣之省水滴灌系統。因此在為期八天的行程中，除了搜集各項省水灌溉系統與器材資料，了解其應用方式亦為主要工作。經由以色列最大的灌溉器材公司 Netafim 的引導、說明及現地參訪，及以色列農業及城鄉發展部專家之介紹其農業經營現況，得以知曉以色列研發並推廣省水灌溉材料及系統的動機與成效。

### 一、以色列的作物灌溉近況

以色列年平均雨量在北部約 800 mm，而往南遞減至 50 mm，種植物作物區平均約 500~600 mm，而蒸發量卻自北部 1600 mm，向南漸增至 3400 mm。很明顯地，蒸發量遠大於降雨量，故農作物非得藉助灌溉方式才能存活，但在有限的水資源下，為應付生活與工業用水，農業用水相對的會受到擠壓，為有效應用寶貴的水源，目前以色列以海水淡化及水庫的清水供給民生及工業用水，而另一方面將民生用水使用後之污水經排水管路收集後，予以處理後再提供農業灌溉用，回收處理污水的比率已超過 80%，亦即至少有 80% 的污水被處理後供應農作物灌溉。

在有效再利用民生用水所產生之污水方面，以色列政府採行下水道集水系統，將污水引導至污水處理廠，如 Mekorot 水處理公司，經過二級處理後之水，進一步送至補注池中，以便讓二級處理水滲透入地下，再於距離補注池適當距離處，藉抽水機抽自深度 80~100 米處地下水，此時的三級處理水已很接近飲用水，處理後之三級處理水供應農民灌溉，須以每立方公尺 0.2 美元水費購買，部分處理費由政府分擔。

由於灌溉水源嚴重不足，促使以色列必須研發使用節水的作物灌溉系統（圖 1），例如微噴灌、滴灌及滴灌管等，已普遍被應用。本次研習過程中，曾前往 Netafim 公司，觀摩其田間及溫室內省水灌溉的設施及使用情形（圖 2）。以色列國內田間



(圖 1)



(圖 2)

應用噴洒灌溉系統較少，主要原因為噴洒灌溉為全面性濕潤灌溉，在施灌過程中除了部份灌溉水蒸發至空中，另有部份灌溉水則濕潤到無種植作物的植株間，施灌於無種植作物地表上，對於極度缺水區之作物灌溉，事實上是浪費，因此所見之果園及部份雜作，都採用滴管式灌溉，其目的為縮減灌溉濕潤面積，將灌溉水施灌於根部附近，讓根部吸收。以這次前往 Western Negev 地區觀摩而言，葡萄柚、石榴、杏及酪梨、柑橘等果樹，皆利用滴管灌溉，滴管佈置於每株果樹兩旁（圖 3），經過種植與灌溉 20 餘年後，成長極為茂盛，著果情形亦良好，



(圖 3)

可見滴管式滴水灌溉用於大形果樹灌溉，應付果樹生長並無問題。估計其滴灌水量在成木果園每公頃約 1200 mm/年。而較幼小果樹則約 800 mm/年，大約為 2.5~4 mm/day。每日施灌水量 4 mm/day 之施灌水量與本省旱作物灌溉需水量相近。

在溫室栽培方面，除了盆鉢栽植需要每盆放置一小型滴嘴外，若可種植於人工畦面上，則大都亦採用滴管的方式（圖 4），採用微噴的情形不多。主要原因為灌溉水必須準確且有效地直



(圖 4)

接供給作物根部吸收且不致浪費。而溫室中種植畦之下，都設有灌溉水回收槽，其目的在回收滲入種植畦而下漏的灌溉水(圖 5)。以色列對灌溉水的珍視由此可見。



(圖 5)

以色列除了發展田間省水灌溉的器材外，亦開發灌溉兼施肥 (Fertigation) 及自動控制系統 (圖 6、圖 7) 使灌溉系統可達到多目標利用及省工與作業精確化，灌溉水兼施肥於作物根系，可有效促進作物對肥分之吸，因此 Netafim 開發自動混



(圖 6)



(圖 7)

合液體肥料至灌溉系統中，其氮、磷、鉀等肥料可按設定的濃度自動依時，定量混入灌溉水中，達到灌溉兼施肥的目標。大面積灌溉系統之控制，目前 Netafim 開發之 Irriwise 系統可以在控制中心，藉各灌溉區由無線電發出的土壤水份訊號，自動執行灌溉，各區之土壤水份藉感應器可將測得之土壤水份資料，以無線方式送至控制中心電腦接收（圖 8），而後再由電腦自動下達開啟制水閥進行灌溉的指令。負責控制中心的人員只



（圖 8）

要在電腦上便可了解各區土壤水份及施灌的情形。此套自動灌溉控制系統的應用，可以有效地節省人工控制之勞力與時間，並且在最適當時間施灌。

## 二、台灣目前的作物管路灌溉及未來應用以色列省水滴灌系統之可行性分析。

台灣的管路旱作灌溉已推行數十年，以往大面積灌溉多採行噴洒灌溉，而部份果樹及園藝與農藝作物也曾經大量採行噴灌方式（圖 9），惟近年來由於農業精緻化及品質化的要求，粗



（圖 9）

放式的農業經營方式已漸不符合現代化潮流，又農業灌溉水量也往往受到旱季的影響而不足，因此因應各種不同的作物灌溉材料與灌溉方式逐漸被引進應用。例如果園採行之微噴灌（圖 10）及 PE 穿孔軟管（圖 11）或滴頭式滴灌（圖 12），各種灌溉



（圖 10）



（圖 11）



（圖 12）

器材有國內生產，亦有自國外引進，雖然都能夠達到灌溉目的，但大都缺少水量的觀念，所採行灌溉器材也不一定適合該作物灌溉，長此以往，可能造成水資源浪費或無法達到最佳的施灌效果。

為期解決台灣各項作物的灌溉問題，有效利用寶貴水源施灌，引進以色列省水滴灌管（圖 13）應極具可行性，其原因如下列述。



（圖 13）

- (一)滴灌管有穩壓及非穩壓型，可適用於不同地形上之作物灌溉，各出水孔之出水量變異小。
- (二)滴灌管的出水孔距可依據作物需要選擇。
- (三)滴灌管有自動清除雜物的功能，可降低出水口阻塞情形。
- (四)設計及施工容易，系統按裝及使用困難度低。
- (五)出水量穩定，使得作物因灌溉水量均勻而得以有較穩定的產量與品質。

田間灌溉器材除了滴灌管令人印象深刻外，以色列在管路系統多目標利用上，亦值得借鏡，例如灌溉兼施液肥的自動控制系統，可配合滴灌管分區自動實施灌溉與適量的液肥施放，不但可提升灌溉與施肥效果，也可有效節省人工施肥勞力。

而在有限水源條件限制下，台灣的作物灌溉必須採用輪流灌溉的措施以解決各田區的灌溉需求。以色列研發的自動灌溉控制系統，能就各灌區不同作物、不同生長期與土壤水分的資料，自動開啟制水閥予以灌溉，此套自動控制系統也值得引進應用於較大面積的管路灌溉。

### 三、台灣茶園引進以色列省水滴灌系統的可行性。

茶樹為密植行栽多年生作物，適宜的灌溉才能有較佳的品質與產量，台灣的茶園多位於山坡或台地上，因此多數無法取得足夠水源施灌，以往茶園灌溉之示範推廣，以噴洒灌溉為主，但自民國 70 年以後，以內銷生產包種茶與烏龍茶的茶產區逐漸往中部及東部山坡地快速增加，而台灣的夏季高溫旱害及冬季乾旱期，卻造成前述各茶區的茶樹，在價格較高的春、冬生長受到傷害。事實上，茶農對茶園灌溉的需要性也非常了解，然而許多茶區卻因水源不足而無法有效施灌。因此茶改場自民國七十二年始，推介茶農應用 PE 穿孔管實施茶園灌溉（圖 14），雖然具節水的優點，但也因容易受壓力變化影響，致出水量不



(圖 14)

均，加以耐久性不佳，導致降低茶農廣泛使用的意願。

以色列的滴灌管功能類似 PE 穿孔管，但卻沒有因地形不平整而致壓力不均及出水量不均勻的情形，且滴灌管也佈置於茶叢下，灌溉水直接入滲於茶樹根部，施灌後茶行間不予濕潤，也可減少雜草的發生，又其管壁較厚，受外力破壞亦較輕微，有利於茶農使用與維護。經本次往以色列觀摩評估，台灣茶園的省水灌溉要求，滴灌管的引進應用可符合需求。

茶樹每年須施追肥 3~4 次，以往皆採撒施於茶行間再覆蓋方式，既費工費時又容易造成肥料揮發與流失。茶園施肥如果能配合滴灌系統，於灌溉時，同時施放適量的肥料，則可提高施肥效果，更有利用茶園生長。以色列的灌溉兼施肥作業系統，亦值得引進於本省坡地茶園灌溉施肥管理應用。

#### 四、台灣引進以色列灌溉系統之建議。

(一)以色列的省水灌溉器材及自動灌溉控制系統與灌溉系統兼施液肥之裝置，經實地觀摩與了解，確具省水與效率優點，從該國引進各項灌溉器材與系統應用於本省作物灌溉，極具可行性。

(二)以色列的自動灌溉控制系統 (Irriwise) 已實用化，具省工省水與高施灌效率優點，若能引進該系統應用，對本地各項須賴灌溉作物，含田間或設施栽培作物之省水有效灌溉目標，將能達成。

- (三)以色列的省水灌溉器材項目與種類非常完整，針對本省各種不同作物，尤其是高經濟作物，如果樹、茶樹、溫室栽培等，皆有可資引用的部份，建議於下年度以後，辦理以色列省水灌溉器材之講習會，由以國派專家擔任講師，把各項我方認為較可行之器材施設與使用技術做完整與深入的講授，我方則派各水利會及試驗改良場所有關人員接受訓練與指導。
- (四)持續派遣我方技術人員往以色列觀摩研習，確實體會以色列在缺水困境下的農業灌溉作為，並學習其施設、使用、維護及管理技術，以便輔導國內作物省水灌溉的施行。
- (五)以色列的灌溉器材進口至台灣，其價格對農民而言，相當高，每公頃可能需 20 萬以上，若能促使降低灌溉器材的價格，或鼓勵台灣廠商合作生產，則可能因降低成本而增加茶農投資施設的意願。

## 陸、誌謝

本次參訪行程於以色列期間雖僅 1 週時間，為使參訪行程緊湊與順利及考慮對方接待與行程安排之方便，經行前聯繫，決定與經濟部水利署、成功大學水利產業知識化育成中心、農業工程研究中心、屏東水利會等單位之專家，組成參訪團一齊前往。參訪研習行程中，承各位長官與先進協助與照應，使參訪行程及成果極為務實及豐碩。此外也感謝以色列駐台經濟文化辦事處賀華夫處長全程陪同，居間引薦協調及機場通關協助；本國駐台拉維夫經濟文化辦事處丁干城代表鼎力協助，熱誠招待外，尤對於辦事處史美振組長及林陳洲秘書，假日無休全程陪同、溝通協調、旅宿交通安排及相關行政幕僚等協助。對其專業及認真負責態度，甚為敬佩，並至表感謝。