



經濟部標準檢驗局 100 年度

自行研究計畫

報告書編號：100BSMI-25

深層海水原水純淨性指標-總有機碳(TOC)之檢測探討

經濟部標準檢驗局花蓮分局編印

中華民國 100 年 12 月 30 日

標準檢驗局 100 年度自行研究報告提要表		填表人：宋勇毅	
		填表日期：100 年 12 月 30 日	
研究報告名稱	深層海水原水純淨性指標-總有機碳(TOC)之檢測探討		
研究單位	標準檢驗局花蓮分局	研究	自 100 年 01 月 01 日
及研究人員	蔡修裕課長、宋勇毅技士	期程	至 100 年 12 月 31 日
報 告 內 容 提 要			
<p>一、研究緣起與目的</p> <p>花蓮地區已有3家深層海水之取水業者，並已投入資金及技術進行深層海水相關領域產品之生產與研發，而其中相關產品如深層海水包裝飲用水已經是本局自願性產品驗證制度(VPC)所規範管理之範圍，而一些產品如深層海水食鹽及海水濃縮礦物質液(鹽滷)及化妝品等已由本局規劃其驗證標準及執行方式之推動。另外屬於養殖領域、能源範疇或觀光休閒產業面之驗證制度，亦需要本局以不同之驗證標準及方法規範管理之。然而這些驗證標準及方法系統面之基礎課題，則必須先瞭解及探討該深層海水原水之特性及項目。本局已於98年花蓮地區深層海水原水特性及驗證制度之研究針對深層海水的基本性質做探討。100年本分局所規劃之自行研究計劃中，將研究主題延續於花蓮地區深層海水原水純淨特性做探討，期望利用總有機碳分析儀檢驗分析的結果佐證深層海水之純淨性，以作為深層海水產業在食品領域、養殖領域、能源領域、休閒領域及農業領域之參考及依據。進而在學術探討上，可對東部海域之深層海水作說明及解明工作。</p>			

## 二、研究方法與過程

本次研究工作係以延續98年研究計畫花蓮地區已有之3家深層海水取水業者之原水為研究對象，主要探討是以總有機碳分析儀來檢測深層海水原水的總有機碳含量，期望藉由結果來證明深層海水原水的純淨性。另外延續營養鹽類之磷酸鹽及矽酸鹽等指標重點項目，持續定期至取水業者水源處取樣進行檢測分析，以獲得其原水特性資料。同時本研究亦取得花蓮地區海域表層海水之樣品及部分台灣地區之自來水樣本進行分析檢測，藉由數據之比較，論述出深層海水純淨性之特點，以作為產業發展之參考。茲將本研究分工及檢測項目敘述如下：

### (一)物理性質

本分局於99年度購入精密鹽度儀器，期望利用精密鹽度含量之性質，來進一步的取得深層海水原水資料，建構各取水業者之原水特性，並能建立出其原水特性資料庫，以作為學術探討及驗證管理之依據。

### (二)化學性質

係探討深層海水原水之TOC及營養鹽成分等之分佈狀況。其作法係以總有機碳分析儀做有機碳之含量分析，而營養鹽係以分光光度計分析深層海水及表層海水中矽酸鹽、磷酸鹽等之分佈及含量。分析方法係依據及參考CNS方法及NIEA方法進行。

### 三、研究發現與建議

本次研究成功的利用總有機碳證明深層海水之純淨性，其深度400米至710米總有機碳平均含量約為1.0ppm，相較表層海水顯露出深層海水與表層海水的區別，深層海水原水終年監測的結果都符合深層海水的穩定性，也直接證明深層海水未遭受其他外在環境的汙染；而表層海水則無規律性可言。

而在營養鹽之磷酸鹽及矽酸鹽的檢測結果表示，此二類營養鹽濃度與海水深度呈正相關，經過多年累積的數據顯示營養鹽磷酸鹽及矽酸鹽是深層海水原水鑑別及驗證管理之重要依據。精密鹽度儀器是本分局於99年度所購置的儀器，經由一年度的數據收集顯示與CNS15091-4的結果相符合。在深層海水深度400米到710米，當深度越深時，海水之精密鹽度會稍微的變小。然其變化量是相當細小的(約為0.01psu)，故我們也僅能利用精密鹽度做深層海水深度推測的輔助工具。雖然如此，在正常的情形下，精密鹽度儀器仍具有快速區別表層海水與深層海水差異性之功能。

本研究計畫之另一價值，在於推論新設取水設施之取水深度，茲說明如下：本年度100年10月時，臺東深層海水模組廠的深層海水順利取水成功，本分局亦參與其指標參數如流量、水溫、懸浮物體、酸鹼值等之檢測工作，而再經由營養鹽類中磷酸鹽及矽酸鹽的檢測結果及精密鹽度等數據比較，由『低溫惟一性』、『懸浮物量比較性』、『營養鹽類之比對性』等性狀說明，其檢測結果可推測出臺東深層海水模組廠的深層海水係取自深度650米以下之海水層，然其實際深度仍須由儀器或以ROV直接量測為準。

# 目錄

壹、前言	1
貳、試驗設備及材料	7
一、深層海水原水取樣說明	7
二、儀器設備與材料	8
三、試劑及配製	8
參、試驗步驟	9
一、儀器分析	9
肆、實驗結果與討論	10
一、深層海水原水總有機碳添加及再現性試驗	10
二、深層海水原水總有機碳之含量探討	13
三、營養鹽類磷酸鹽及矽酸鹽指標性參數探討	15
四、深層海水之精密鹽度探討	19
伍、結論與建議	21
陸、參考文獻	23

# 壹、前言

## 一、台灣深層海水之背景及其特性：

深層海水(Deep Sea Water 簡稱 DSW)，在商業用途定義上，係指海平面下 200 公尺以下之海水，該深度層之水體，陽光無法到達，因此無光合作用之產生；另因為海洋區域受到地球自轉或風力之影響，常會有分層之現象，又因表層海水會受到陸地污染物之干擾，加以多數表層海水會有強烈混合或流攪之情況，因此表層海水之變動性極大。而相較於表層海水，深層之海水水體受到地球自轉、風力、陽光及陸地污染之影響較小較慢，因此相對於表層海水是較為穩定的。也因此，深層海水所具有之三大特性：低溫性、富營養鹽性及純淨性即可成立，也因此成為在海洋產業上可以利用的資源。

深層海水資源要被利用並作為產業發展之原料，必須要能取得深層海水原水，自94年起，花蓮地區即有3家業者投入資金及技術，進行深層海水取水管路之鋪設，並陸續取得深層海水原水加以利用及發展，亦進行相關產品之生產及研發。而其中相關產品如深層海水包裝飲用水已經是本局自願性產品驗證制度(VPC)所規範管理之範圍，其他產品如深層海水食鹽、沐浴鹽品、海水濃縮礦物質液(鹽滷)、嗜好性飲料、妝藥產品等則正由標準檢驗局規劃其驗證標準及

執行方式，另外屬於養殖領域、能源範疇或觀光休閒產業面之驗證制度，亦需要本局以不同之驗證標準及方法規範管理之。然而這些驗證標準及方法系統面之基礎課題，則必須先瞭解及探討該深層海水原水之特性及項目，而本分局已於98年花蓮地區深層海水原水特性及驗證制度之研究針對深層海水的基本性質做探討。98年研究結論如下：

#### (1)深層海水之低溫性：

經一年之取樣量測，發現其與表層海水有明顯之差異，尤其是當環境氣溫變化時，表層海水或沿海之海水會有與環境溫度接近之水溫，而深層海水原水雖然由海岸至原水泵取樣處有較長之輸送距離，其水溫仍可保持恆定，不因環境氣溫變化而異，可維持在13°C以下；此證明深層海水之低溫特性。

#### (2) 深層海水之富營養鹽性：

表層海水平均之矽酸鹽、磷酸鹽皆屬低濃度，這是因為表層海水因光合作用，造成浮游生物消耗營養鹽之故；而深層海水因未有光合作用參與，其營養鹽濃度較表層海水為高，在本研究檢測中可達15倍以上，且一年之中之濃度變化亦小。這表示若將深層海水用於養殖方面，可提供豐富且穩定濃度之營養鹽，此對於養殖水質之管理有重要之意義。

#### (3) 深層海水原水純淨性：

所取樣之表層海水及深層海水樣品均未檢測出大腸桿菌群之存在，顯示東部海域海水尚未遭受陸地污染物之污染；在腸球菌方面，表層海水及沿岸(七星潭海域)海水在春季至秋季間有測得腸球菌之紀錄，即表示該區域可能遭受到耐鹽性腸球菌之污染；而深層海水樣品則均未檢測出有腸球菌；此結果顯示，深層海水管路及輸送線路雖設於淺海區及潮間帶，但未有破損或脫落現象。亦顯示了深層海水之純淨性。

本 100 年本分局所規劃之自行研究計劃中，將研究主題延續於花蓮地區深層海水原水清淨特性做探討，前次 98 年有關海水純淨性之研究係以微生物之觀點作論述，然並未依其化學性質做探討。本次研究期望利用總有機碳分析儀之檢驗分析結果，來佐證深層海水之純淨性，以作為深層海水產業在食品領域、養殖領域、能源領域、休閒領域及農業領域之參考及依據。

## 二、總有機碳分析儀及檢測方法介紹：

在二十世紀六十年代，有關水污染程度之量測，係以傳統的生化需氧量(BOD)和化學需氧量(COD)作為水污染的指標，而在檢測分析環境樣品中生化需氧量(BOD)和化學需氧量(COD)時，最常存在的問題是干擾狀況嚴重，且檢測結果之準確度較差，而且分析時間長得讓人不能接受，更可怕的是，分析使用的檢液是具有高強度環境污染



性的重鉻酸鉀等化學藥劑<sup>7</sup>；而對於具純淨性的深層海水原水而言，以化學需氧量(COD)方法檢測，其偵測極限(MDL)無法區別呈現海水樣品之微量物質，所以，對檢測深層海水原水樣品，必須以更有效及精確的方法進行檢測。總有機碳(TOC)分析儀提供了另外一種方法來檢測具微量物質之深層海水原水樣品；TOC分析儀在操作時不會有BOD和COD分析時所固有的干擾問題，且其使用之藥劑單純安全，同時具有分析速度快及偵測極限佳之優點，因此是一種更加準確而且分析速度快得多的技術。

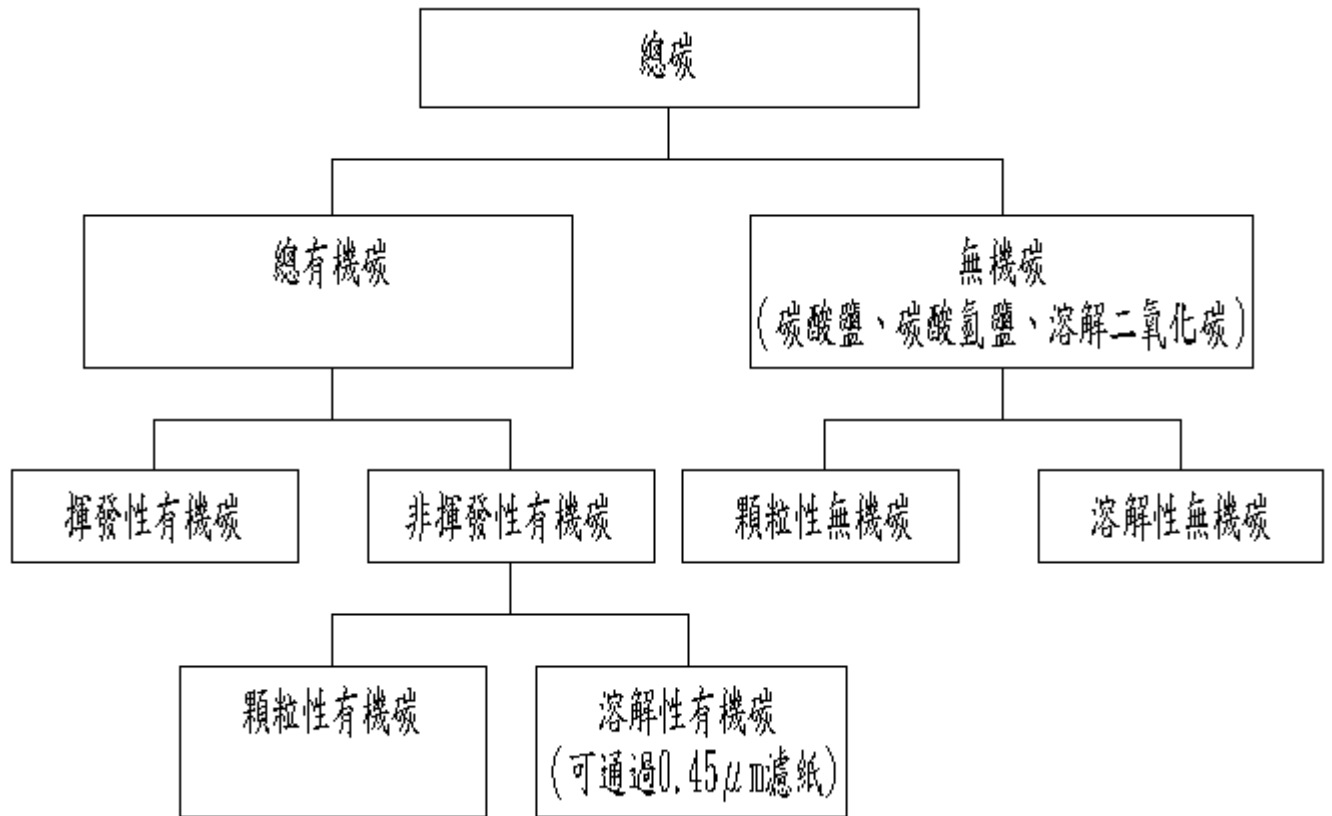
本分局購置之總有機碳(TOC)分析儀係以燃燒／紅外線測定法所建構，其檢測方法概述如下<sup>8</sup>：水樣均勻攪拌及適當稀釋或減量後，經由微量注射針注入一內含催化劑(如氧化鈷、鉑金屬、鉻酸鉬)的加熱反應器內，水分會揮發掉，有機碳被氧化產生二氧化碳和水，無機碳轉換成二氧化碳，將這些二氧化碳以載流氣體送至非分散式紅外線分析儀，檢測所得為總碳濃度。另外，將水樣經由微量注射針注入另一個可將樣品酸化的反應器內，在酸性的條件下，僅無機碳轉換成二氧化碳，利用非分散式紅外線分析儀可測得無機碳濃度，再由總碳濃度減去無機碳濃度即為總有機碳濃度。

或者，可利用酸化將樣品中的碳酸鹽類轉換成二氧化碳，由吹氣的方式將二氧化碳吹除，然後再將樣品注入內含催化劑的加熱反

應器分析，此時樣品中只含非揮發性有機碳；若要得到真正的總有機碳則需再檢測揮發性有機碳。

本方法適用於各種水體中總有機碳含量測定，其方法偵測極限為 1mg 碳/L 或更低，視儀器狀況而定，可以濃縮樣品或增加注射體積的方式降低方法偵測極限。

測總有機碳的方法及儀器有兩種或兩種以上的模式來分析總碳及總有機碳的濃度，可用一樹狀圖來了解總碳及總有機碳的關係。



$$\text{總有機碳(TOC)} = \text{總碳(TC)} - \text{無機碳(TIC)}$$

$$\text{總有機碳} = \text{非揮發性有機碳} + \text{揮發性有機碳}$$

## 總有機碳樣品分析方法<sup>1</sup>

共有兩種分析方法可得 TOC 數據，如以下所示。分析方法由軟體之方法選擇控制，有直接法及間接法可求得。

### 1. TOC/NPOC/TC (直接法)

當分析時選擇此模式，可由樣品要不要先酸化去除無機碳及做吹掃動作，得到要分析之樣品內總碳或有機碳的含量。其工作之動作為直接將樣品注入反應器內，加入 HCl 酸化之樣品因樣品內無 TIC 存在，樣品內之總有機碳被趕出至紅外線偵測器偵測，所以可得 TOC(NPOC)之數據；若無加酸之樣品，樣品直接燃燒後將總碳趕出至紅外線偵測器偵測，所以可得 TC 之數據。本實驗採取直接法來求得 TOC(NPOC)含量。

### 2. TIC /TC (間接法)

當分析時選擇此模式，主要分析樣品內總有機碳及總碳的含量。其工作之動作為直接將樣品注入酸液反應器內與  $H_3PO_4$  反應，樣品內之總無機碳被趕出至紅外線偵測器偵測；第二次注射將樣品注入燃燒管內將樣品燃燒，樣品內之總碳被趕出至紅外線偵測器偵測。因此樣品內之 TOC 之數據，使用此方法可由  $TC - TIC = TOC$  得到。

藉由總有機碳分析儀的檢測，我們可更直接的瞭解深層海水原水中的非揮發性有機化合物總含量，若要更精準的分析，則可搭配

吹氣捕捉(Purge & Trap)裝置的氣相層析串聯質譜儀(GC/MS/MS)來分析揮發性有機物質的成份及含量，例如檢測深層海水是否含有總三鹵甲烷。

本分局除了以總有機碳分析儀來做深層海水原水檢測外，本次自行研究也加入了精密鹽度計的分析，期望能以更多指標參數及利用更快速的檢測方式，來區別表層海水及深層海水原水的差異性。

## 貳、試驗設備及材料

### 一、深層海水原水取樣說明：

此次自行研究計畫之試驗方法係參考CNS及NIEA之方法進行深層海水原水之檢測，茲說明如下：

以每月一或二次間隔十數日之時間，赴三家具深層海水取水設施廠商處進行原水樣品取樣工作；項目則以PP材質容器裝填樣品；深層海水原水溫度則於現場量測及記錄；其餘各項目則攜樣品回實驗室進行檢測。若有故障或停機情事無法取樣，則在檢測表格中以『ns』表示。取樣樣品之代號如下：TF-050表示：台肥公司花蓮廠深度50米之表層海水。TF-662(A662)：台肥公司花蓮廠深度662米之深層海水。DZ-710(B710)表示：東潤生技公司深度710米之深層海水。DZ-400(B400)表示：東潤生技公司深度約400米之深層海水(10吋管)。HW-618(C618)表示：海灣深層水公司深度618米之深

層海水。HW-460(C460)表示：海灣深層水公司深度約 460 米之深層海水(6 吋管)。SE-000 表示：七星潭海域深度 0 米(海平面)之表層海水。

## 二、儀器設備與材料

- (一) 總有機碳分析儀：德國 elementar vario TOC CUBE 型之總有機碳分析儀。係利用高溫裂解及高溫燃燒的方式，可分析固體、懸浮液及液體樣品中的總有機碳及總氮的含量。
- (二) 分光光度計：GBC cintra 202型；波長190~1100 nm。
- (三) 精密鹽度計(Laboratory Salinometer)：Guildline AUTOSAL 8400B型，最低可偵測0.0001鹽度(psu)之解析度。

## 三、試劑及配製

### (一) 試劑水

Millipore Milli-Q<sup>®</sup> 去離子水 (比電阻值18.2 MΩ-cm )。

### (二) 6 N 鹽酸(HCl)溶液

移取濃鹽酸液(12N) 5.0 mL 至玻璃試管，以試劑水稀釋至 10.0mL。

### (三) 500 ppm TOC 標準品

將鄰-苯二甲酸氫鉀 potassium hydrogen phthalate (KHP) 移至於烘箱120°C除去水分後，秤取1062.7mg至1000mL的定

量瓶中，以試劑水稀釋至標線。

(四) 3.0ppm TOC 工作標準溶液：

先移取500ppm TOC 標準溶液原液0.6 mL 至 100 mL 的塑膠定量瓶中，以試劑水稀釋至標線，該溶液(3.0 mg/L) 分作為檢量線校正用，每次檢測均須重新配製。

## 參、試驗步驟

### 一、TOC 儀器分析

(一) 儀器準備：

分析條件：總有機碳分析儀加熱溫度設定為 680°C

(二) 檢量線製備：

以 3.0 mg/L 之 TOC 標準品進行分析，利用儀器軟體內建之體積吸取不同，製作檢量線。

(三) 樣本檢測

將樣品依序進行分析，分析前會先以少許 6N 鹽酸(儀器自動酸化設定)做樣本之酸化，以趕去碳酸根等無機碳，以達到更精密之有機碳含量分析。

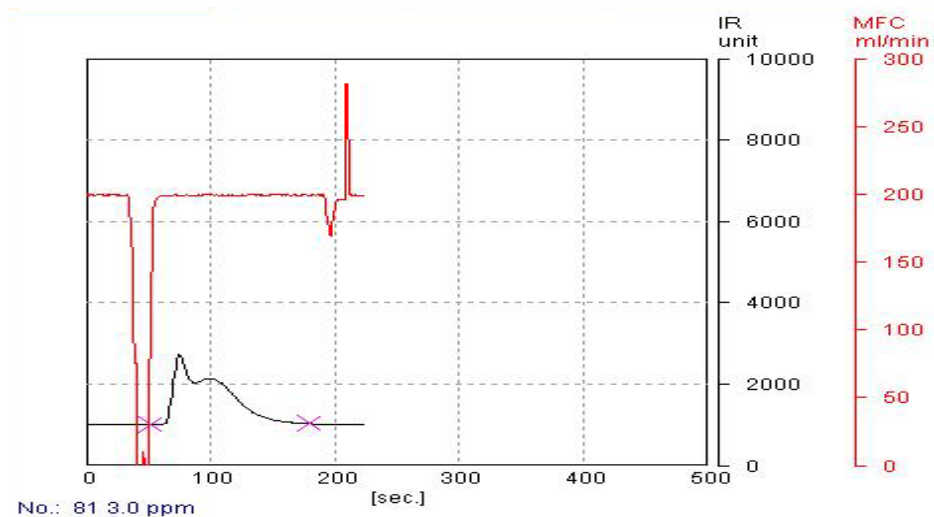
## 肆、實驗結果與討論

本次自行研究計畫之樣品，係由本分局於各月份至三家深層海水取水設施廠商處進行取得並執行分析，在溫度、矽酸鹽、磷酸鹽、酸鹼度、精密鹽度及TOC(NPOC)項目方面，進行各樣品之檢測；並以99年度所購置之儀器(精密鹽度計、總有機碳分析儀)進行檢測，期望以其數據觀察深層海水原水指標參數之趨勢。

數據中有空白者係因取樣過程中未取得樣品者，其原因為該廠維修或停機所致。

### 一、深層海水原水總有機碳添加及再現性試驗：

本次檢測之深層海水原水樣本皆為取樣後儲存於4°C環境中，而深層海水與表層海水鹽度極為相近(稍後的章節會做鹽度的探討)，而具高鹽度的樣本中鹽度成分對於儀器檢測是一大挑戰。為確保檢測結果的正確性及重複性，證明海水的基質並不會干擾實驗結果，我們嘗試將已知總有機碳含量的台肥花蓮廠662米深層海水原水樣品加入1.5ppm的標準品後再執行檢測，檢測之結果顯示深層海水樣本原總有機碳含量為1.0ppm，添加後的檢測結果為2.3ppm。理論添加後濃度為2.5ppm，因此其回收率為92.0%，符合所預期的結果，因此高鹽度的基質樣本並不會造成過大的試驗結果干擾。圖一顯示總有機碳儀器執行樣品分析之實際圖譜。



圖一、總有機碳檢測樣品之圖譜

另外我們亦也嘗試深層海水原水總有機碳再現性試驗，樣品包含以海水樣品及高濃度鹽水(約 28% NaCl)進行測試。並執行一批次 80 個添加適當量總有機碳之(1:1)稀釋的飽和食鹽水溶液樣品檢測，其檢驗結果 RSD 值均小於 7%。如表一所示。

表一、80 個高濃度鹽水及純海水樣品



Text report

No.	Hole Pos.	Name	Method	Coefficients	NPOC vol [ml]	NPOC Area	NPOC [mg/l]	NPOC Blank	Date	Time
28	3	K15(salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	34031	11.136	0	1.12.2010	13:56
29	3	K15(salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	34020	11.132	0	1.12.2010	14:02
30	3	K15(salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	33782	11.055	0	1.12.2010	14:05
31	3	K15(salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	33923	11.101	0	1.12.2010	14:08
32	3	K15(salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	33989	11.122	0	1.12.2010	14:12
33	4	Low Carbon (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	2139	0.720	0	1.12.2010	14:19
34	4	Low Carbon (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	2222	0.747	0	1.12.2010	14:22
35	4	Low Carbon (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	2518	0.844	0	1.12.2010	14:26
36	4	Low Carbon (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	2633	0.881	0	1.12.2010	14:28
37	4	Low Carbon (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	2828	0.945	0	1.12.2010	14:32
38	5	Deep Sea (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	3231	1.077	0	1.12.2010	14:41
39	5	Deep Sea (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	2981	0.995	0	1.12.2010	14:45
40	5	Deep Sea (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	2919	0.975	0	1.12.2010	14:48
41	5	Deep Sea (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	2881	0.962	0	1.12.2010	14:52
42	5	Deep Sea (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	2905	0.970	0	1.12.2010	14:56
43	6	1(salt)	NPOC - precise	20101201	0.150	496	0.733	0	1.12.2010	15:04
44	6	1(salt)	NPOC - precise	20101201	0.150	566	0.812	0	1.12.2010	15:07
45	6	1(salt)	NPOC - precise	20101201	0.150	489	0.724	0	1.12.2010	15:09
46	6	1(salt)	NPOC - precise	20101201	0.150	504	0.744	0	1.12.2010	15:12
47	6	1(salt)	NPOC - precise	20101201	0.150	591	0.857	0	1.12.2010	15:28
48	7	2(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	3330	0.832	0	1.12.2010	15:41
49	7	2(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	3282	0.820	0	1.12.2010	15:45
50	7	2(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	3337	0.833	0	1.12.2010	15:49
51	7	2(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	3346	0.836	0	1.12.2010	15:53
52	7	2(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	3412	0.852	0	1.12.2010	15:57
53	8	3(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	929	0.244	0	1.12.2010	16:07
54	8	3(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	914	0.240	0	1.12.2010	16:11
55	8	3(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	943	0.247	0	1.12.2010	16:15
56	8	3(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	901	0.237	0	1.12.2010	16:19
57	8	3(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	897	0.236	0	1.12.2010	16:23
58	9	4(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	1355	0.348	0	1.12.2010	16:34
59	9	4(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	1530	0.391	0	1.12.2010	16:39
60	9	4(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	1255	0.323	0	1.12.2010	16:43
61	9	4(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	1424	0.365	0	1.12.2010	16:48
62	9	4(salt)	NPOC - precise	20101201	0.200	1265	0.326	0	1.12.2010	16:52
63	10	Blank	NPOC - precise	20101201	0.200	583	0.000	583	1.12.2010	17:02
64	10	Blank	NPOC - precise	20101201	0.200	558	0.000	558	1.12.2010	17:06
65	10	Blank	NPOC - precise	20101201	0.200	570	0.000	570	1.12.2010	17:09
66	10	Blank	NPOC - precise	20101201	0.200	553	0.000	553	1.12.2010	17:13
67	10	Blank	NPOC - precise	20101201	0.200	537	0.000	537	1.12.2010	17:18
68	21	Low Carbon (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	548	0.200	0	1.12.2010	17:49
69	21	Low Carbon (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	514	0.189	0	1.12.2010	17:53
70	21	Low Carbon (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	484	0.179	0	1.12.2010	17:56
71	21	Low Carbon (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	490	0.181	0	1.12.2010	18:00
72	21	Low Carbon (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	488	0.181	0	1.12.2010	18:03
73	21	Low Carbon (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	466	0.174	0	1.12.2010	18:08

No.	Hole Pos.	Name	Method	Coefficients	NPOC vol [ml]	NPOC Area	NPOC [mg/l]	NPOC Blank	Date	Time
74	22	Deep Sea (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	1254	0.431	0	1.12.2010	18:17
75	22	Deep Sea (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	1249	0.429	0	1.12.2010	18:20
76	22	Deep Sea (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	1255	0.431	0	1.12.2010	18:24
77	22	Deep Sea (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	1289	0.442	0	1.12.2010	18:27
78	22	Deep Sea (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	1276	0.438	0	1.12.2010	18:31
79	22	Deep Sea (salt)	NPOC - precise	20101201	0.600	1304	0.447	0	1.12.2010	18:35
80	23	悅氏	NPOC - precise	20101201	0.600	19383	6.352	0	1.12.2010	18:43
81	23	悅氏	NPOC - precise	20101201	0.600	19564	6.411	0	1.12.2010	18:46
82	23	悅氏	NPOC - precise	20101201	0.600	19417	6.363	0	1.12.2010	18:49
83	23	悅氏	NPOC - precise	20101201	0.600	19460	6.377	0	1.12.2010	18:52
84	23	悅氏	NPOC - precise	20101201	0.600	19739	6.468	0	1.12.2010	18:55
85	23	悅氏	NPOC - precise	20101201	0.600	19704	6.457	0	1.12.2010	18:59
86	24	光陰	NPOC - precise	20101201	0.600	12595	4.135	0	1.12.2010	19:07
87	24	光陰	NPOC - precise	20101201	0.600	12329	4.042	0	1.12.2010	19:10
88	24	光陰	NPOC - precise	20101201	0.600	12221	4.013	0	1.12.2010	19:13
89	24	光陰	NPOC - precise	20101201	0.600	12253	4.023	0	1.12.2010	19:16
90	24	光陰	NPOC - precise	20101201	0.600	12120	3.980	0	1.12.2010	19:20
91	24	光陰	NPOC - precise	20101201	0.600	12066	3.962	0	1.12.2010	19:24
92	25	東瀾	NPOC - precise	20101201	0.600	16504	5.412	0	1.12.2010	19:32
93	25	東瀾	NPOC - precise	20101201	0.600	16637	5.455	0	1.12.2010	19:35
94	25	東瀾	NPOC - precise	20101201	0.600	16638	5.455	0	1.12.2010	19:38
95	25	東瀾	NPOC - precise	20101201	0.600	16322	5.352	0	1.12.2010	19:42
96	25	東瀾	NPOC - precise	20101201	0.600	16014	5.252	0	1.12.2010	19:45
97	25	東瀾	NPOC - precise	20101201	0.600	15920	5.221	0	1.12.2010	19:49
98	26	光11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	39540	12.935	0	1.12.2010	19:57
99	26	光11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	39107	12.794	0	1.12.2010	20:00
100	26	光11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	39041	12.772	0	1.12.2010	20:03
101	26	光11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	38875	12.718	0	1.12.2010	20:07
102	26	光11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	38945	12.741	0	1.12.2010	20:10
103	26	光11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	38048	12.442	0	1.12.2010	20:14
104	27	D2 7#	NPOC - precise	20101201	0.600	43634	14.272	0	1.12.2010	20:23
105	27	D2 7#	NPOC - precise	20101201	0.600	44850	14.870	0	1.12.2010	20:27
106	27	D2 7#	NPOC - precise	20101201	0.600	43422	14.203	0	1.12.2010	20:30
107	27	D2 7#	NPOC - precise	20101201	0.600	43680	14.287	0	1.12.2010	20:33
108	27	D2 7#	NPOC - precise	20101201	0.600	43431	14.206	0	1.12.2010	20:37
109	27	D2 7#	NPOC - precise	20101201	0.600	43453	14.213	0	1.12.2010	20:40
110	28	台11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	40056	13.104	0	1.12.2010	20:48
111	28	台11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	40289	13.180	0	1.12.2010	20:51
112	28	台11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	40215	13.156	0	1.12.2010	20:54
113	28	台11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	40178	13.144	0	1.12.2010	20:57
114	28	台11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	40235	13.162	0	1.12.2010	21:01
115	28	台11#5	NPOC - precise	20101201	0.600	55261	18.070	0	1.12.2010	21:05

經由添加試驗及重複性試驗之結果顯示，雖然深層海水原水為

具高鹽度的樣品，本次研究的方法及儀器並不會因高鹽度的基質環境而產生檢測之不正確性。

## 二、深層海水原水總有機碳之含量探討

自99年12月至100年11月，本分局至各深層海水廠商取樣數約為11件，總共深層海水檢驗樣品件數為44件。經檢測得知，台肥公司深度662米深層海水原水樣品總有機碳檢驗結果範圍為0.7至1.1ppm；東潤公司深度400米深層海水原水總有機碳檢驗結果範圍為0.8至1.0ppm；東潤公司深度710米深層海水原水總有機碳檢驗結果範圍為0.7至1.1ppm；海灣公司深度460米深層海水原水總有機碳檢驗結果範圍為0.7至1.2ppm，各取水設施廠商之深層海水原水樣品之總有機碳平均值皆落在0.9至1.0ppm；而台肥公司50米表層海水總有機碳檢驗結果為1.2ppm；七星潭海域表層海水總有機碳檢驗則分布範圍較大，其檢測值在2.3至18.0ppm(會因取水點的不同，而結果就會不同)。數據如表二所示。

以上數據顯示，深層海水原水總有機碳平均含量約為1.0ppm，與表層海水相互比較後，則可清楚顯露出深層海水與表層海水的區別，深層海水終年監測的結果都符合深層海水的穩定性，也直接證明深層海水未遭受其他外在環境的汙染；而表層海水則較無規律性可言，因而可說明兩者的不同。然而本研究的樣本深度從0米(表層海水)、深度50米表層海水(台肥公司)及深度400米到710米的深層海

水原水，從數據裡可發現在臺灣東部海域的海水中，深度50米以下的海水之總有機碳含量皆差異性不大，這代表總有機碳的含量與海水深度沒有直接相對的關係，並不會因為深層海水的深度越深，總有機碳的含量就會跟著下降。

表二、深層海水原水樣品及七星潭海水總有機碳分析表

	TF 662	TF 050	DZ400	DZ710	HW460	七星潭海域
取樣時間	總有機碳	總有機碳	總有機碳	總有機碳	總有機碳	總有機碳
2010/12月	1.1	ns	ns	ns	1.2	ns
2011/1月	0.7	1.2	1.0	1.2	1.3	ns
2011/2月	1.0	ns	0.8	0.8	0.9	ns
2011/3月	1.1	ns	1.1	1.1	1.1	ns
2011/4月	1.1	ns	0.9	0.9	0.8	ns
2011/5月	1.1	ns	1.0	1.0	1.1	ns
2011/6月	1.0	ns	1.0	1.1	1.1	ns
2011/7月	1.0	ns	0.8	0.7	ns	ns
2011/8月	1.0	ns	0.9	1.0	1.0	18.7
2011/9月	1.0	ns	0.9	0.9	1.0	2.6
2011/10月	1.1	1.3	1.0	1.1	1.0	ns
2011/11月	1.0	ns	1.0	0.8	1.0	ns
平均	1.0	1.2	0.9	1.0	1.0	10.6
標準差	0.11	0.04	0.10	0.14	0.14	11.41

由檢測數據得知，深層海水原水樣品中的總有機碳平均值為1.0ppm；經查證超純水的總有機碳背景值約為0.2ppm；而以深層海水製成的初級加工品包裝飲用水經檢測得知其總有機碳約為0.6至0.8ppm；另外我們也檢測以深層海水製成的食鹽，其總有機碳含量

為0.7至0.8ppm。

雖然我們無法利用總有機碳的含量來推論深層海水原水存在於海水層之深度，但本次研究可直接證明了深層海水與表層海水的純淨性之差異，且可說明深層海水原水之總有機碳含量終年為一個穩定值約為1.0ppm左右；而表層海水則為不穩定的狀態，會因取水點的汙染程度而有不同的表現；此亦顯示了深層海水原水純淨性之穩定程度，對於使用該資源為原料之加工品，具有純淨性穩定之優勢。

### 三、營養鹽類磷酸鹽<sup>2</sup>及矽酸鹽<sup>3</sup>指標性參數探討

海水中磷酸鹽濃度及矽酸鹽濃度之趨勢為觀察深層海水指標之重點，此二類營養鹽濃度與海水深度呈正相關，是深層海水原水鑑別及驗證管理之重要依據。98年自行研究計畫<sup>4</sup>之磷酸鹽及矽酸鹽分布如表三、表五。台肥公司深度662米深層海水之磷酸鹽平均濃度為2.42uM及矽酸鹽平均濃度為74.7uM；東潤公司深度400米深層海水之磷酸鹽平均濃度為1.72uM及矽酸鹽平均濃度為43.7uM；東潤公司深度710米深層海水之磷酸鹽平均濃度為2.42uM及矽酸鹽平均濃度為80.1uM；海灣公司深度460米深層海水之磷酸鹽平均濃度為1.70uM及矽酸鹽平均濃度為40.7uM。

相較於100年度台肥公司深度662米深層海水之磷酸鹽平均濃

度(表四)為2.33uM及矽酸鹽平均濃度(表六)為73.4uM；東潤公司深度400米深層海水之磷酸鹽平均濃度為1.89uM及矽酸鹽平均濃度為50.0uM；東潤公司深度710米深層海水之磷酸鹽平均濃度為2.50uM及矽酸鹽平均濃度為82.7uM；海灣公司深度460米深層海水之磷酸鹽平均濃度為1.65uM及矽酸鹽平均濃度為40.5uM。

比較98年度及100年度之各取水設施廠商之深層海水樣品顯示，無論是磷酸鹽或是矽酸鹽的數據，皆顯示深層海水的穩定性。

表三、98年自行研究計畫取樣海水之磷酸鹽含量分析表(μM)

取樣點	98 0122	98 0219	98 0303	98 0317	98 0402	98 0429	98 0527	98 0611	98 0630	98 0712	98 0731	98 0813	98 0824	98 0922	98 1009	98 1030	98 1120	98 1224	99 0129	平均	range (M-m)	最大值(M) 最小值(m)	標準差
A650	2.23	2.43	2.51	2.33	2.43	2.61	2.51	2.40	2.30	2.30	2.35	2.59	2.59	2.30	2.49	2.35	2.45	2.30	2.47	2.42	0.31	M=2.61 m=2.30	0.11
A050	0.19	0.49	0.06	0.50	0.05	0.17	0.13	0.34	0.27	0.44	0.55	0.45	0.22	0.63	0.92	ns	ns	ns	ns	0.36	0.87	M=0.92 m=0.05	0.24
B700	2.52	2.53	2.62	2.43	2.59	2.33	2.46	2.48	2.42	2.43	2.59	2.71	2.71	2.39	2.56	2.44	2.50	2.36	2.52	2.50	0.38	M=2.71 m=2.33	0.11
B400	1.80	1.98	1.79	1.61	1.82	1.72	1.48	1.77	1.85	1.56	1.58	1.75	1.74	1.85	1.75	1.67	1.54	1.65	ns	1.72	0.50	M=1.98 m=1.48	0.13
C600	2.05	2.07	2.24	1.99	1.69	ns	ns	ns	1.91	1.99	1.89	1.90	2.03	1.96	ns	1.97	1.91	ns	ns	1.97	0.55	M=2.24 m=1.69	0.13
C450	1.71	1.96	2.15	1.65	1.26	ns	ns	ns	1.79	1.67	ns	1.65	1.63	ns	ns	ns	ns	1.62	1.64	1.70	0.89	M=2.15 m=1.26	0.22
七星潭	ns	ns	ns	0.24	ns	ns	ns	ns	ns	0.39	ns	ns	ns	ns	ns	0.14	ns	0.12	ns	0.22	0.27	M=0.39 m=0.12	0.12

說明：

1. A、B、C為取水位置點代號；數字表示估計深度(m)。["ns"代表"未取水"]

2. 七星潭取樣係岸邊之表層海水，列於981224欄位之七星潭水溫的實際量測日為981211。

表四、100年自行研究計畫取樣海水之磷酸鹽含量分析表( $\mu\text{M}$ )

取樣時間	A662	B400	B710	C460
2010/12月	2.21	ns	2.39	1.55
2011/01月	2.39	1.78	2.80	1.55
2011/02月	2.80	1.80	2.58	1.44
2011/03月	2.28	2.05	2.61	1.64
2011/04月	2.39	2.08	2.47	1.55
2011/05月	1.98	1.90	2.53	1.82
2011/06月	2.18	1.71	2.33	1.91
2011/07月	2.38	2.05	2.41	1.43
2011/08月	2.16	ns	2.53	1.96
2011/09月	2.48	1.88	2.29	1.42
2011/10月	2.24	1.64	2.43	1.82
2011/11月	2.48	2.02	2.67	1.72
平均	2.33	1.89	2.50	1.65
標準差	0.21	0.16	0.15	0.19

表五、98年自行研究計畫取樣海水之矽酸鹽含量分析表( $\mu\text{M}$ )

取樣點	98 0122	98 0219	98 0303	98 0317	98 0402	98 0429	98 0527	98 0611	98 0630	98 0712	98 0731	98 0813	98 0824	98 0922	98 1009	98 1030	98 1120	98 1224	99 0129	平均	range (M-m)	最大值(M) 最小值(m)	標準差	
A650	73.7	79.8	71.8	76.4	75.1	83.0	69.1	76.0	73.2	73.1	70.2	80.6	77.3	73.1	76.4	71.2	77.5	68.5	73.0	74.7	14.5	M=83.0 m=68.5	3.9	
A050	5.5	11.0	2.5	9.0	1.7	2.4	1.9	3.8	6.5	7.0	6.8	9.3	8.8	7.8	6.4	ns	ns	ns	ns	6.0	9.3	M=11.0 m=1.7	3.0	
B700	86.5	87.5	78.3	82.6	81.0	69.6	68.6	78.9	84.7	80.8	74.6	80.2	80.1	84.0	81.1	82.9	84.5	77.3	78.2	80.1	18.9	M=87.5 m=68.6	5.0	
B400	47.6	54.6	41.6	39.2	42.8	31.3	30.5	42.4	52.0	47.5	46.2	45.9	46.8	46.5	46.5	46.4	37.1	41.9	ns	43.7	24.1	M=54.6 m=30.5	6.2	
C600	56.6	57.5	56.3	45.8	39.0	ns	ns	ns	55.1	49.5	49.2	47.5	48.2	52.0	ns	50.8	48.8	ns	ns	50.5	18.5	M=57.5 m=39.0	5.1	
C450	42.3	51.7	45.0	39.2	26.5	ns	ns	ns	49.5	48.3	35.2	36.5	36.5	ns	ns	ns	ns	37.5	39.7	40.7	25.2	M=51.7 m=26.5	7.1	
七星潭	ns	ns	ns	5.7	ns	ns	ns	ns	ns	6.6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	2.8	ns	6.7	ns	5.4	3.9	M= 6.7 m= 2.8	1.8

說明：

1. A、B、C為取水位置點代號；數字表示估計深度(m)。["ns"代表"未取水"]

2. 七星潭取樣係岸邊之表層海水，列於981224欄位之七星潭水溫的實際量測日為981211。

表六、100年自行研究計畫取樣海水之矽酸鹽含量分析表( $\mu\text{M}$ )

取樣時間	A662	B400	B710	C460
2010/12月	66.15	ns	77.87	38.79
2011/01月	80.30	57.53	94.48	29.55
2011/02月	87.05	48.89	81.80	34.65
2011/03月	72.69	48.95	92.20	47.03
2011/04月	70.00	56.50	83.70	38.63
2011/05月	75.9	51.50	79.69	52.70
2011/06月	66.64	41.43	76.87	52.90
2011/07月	76.36	39.96	73.85	37.17
2011/08月	67.52	ns	82.37	ns
2011/09月	68.52	52.02	75.44	37.23
2011/10月	69.41	53.32	90.15	34.71
2011/11月	80.62	50.37	83.58	42.65
平均	73.4	50.0	82.7	40.5
標準差	6.64	5.71	6.64	7.52

而在100年10月份時，位於臺東縣知本溪南岸之臺東深層海水模組廠抽取深層海水成功，本分局亦參與其深層海水原水水質之檢驗工作，經取樣檢驗其連續4日的深層海水原水樣品顯示，該深層海水原水樣品之平均磷酸鹽值為 $2.19\ \mu\text{M}$ 及平均矽酸鹽值為 $79.73\ \mu\text{M}$ ，與台肥公司深度662米及東潤公司深度710米深層海水數據相互比較，檢測結果顯示臺東深層海水模組廠的深層海水原水數據與台肥公司的662米深層海水數據較為相當，因此我們可以推論證其取水深度應有達到650米左右之深度或是更深的深度。

表七、台東模組廠磷酸鹽及矽酸鹽含量分析表( $\mu\text{M}$ )

取樣時間	磷酸鹽	矽酸鹽
2011/10/25	2.12	81.15
2011/10/26	2.16	72.75
2011/10/27	2.20	80.35
2011/10/28	2.28	84.65
平均	2.19	79.73
標準差	0.07	5.01

#### 四、深層海水之精密鹽度探討

收集及檢測各取水設施廠商深層海水原水樣品全年度的精密鹽度值如表八所示。而在CNS 15091-4<sup>5</sup>的內容如圖二所示，深層海水原水的鹽度會隨深層海水深度之加深而有微幅的下降，經檢測結果顯示，深度400米至710米的深層海水，其鹽度會介於34.3至34.4psu之間，而表層海水則會有大幅度的變動，其數值約為34.2至34.8psu之間。

根據收集一年時間的深層海水樣品進行其精密鹽度之檢測，台肥公司深度662米深層海水的平均精密鹽度為34.3368psu；東潤公司深度400米深層海水的平均精密鹽度為34.3439psu；東潤公司深度710米深層海水的平均精密鹽度為34.2929psu；海灣公司深度460米

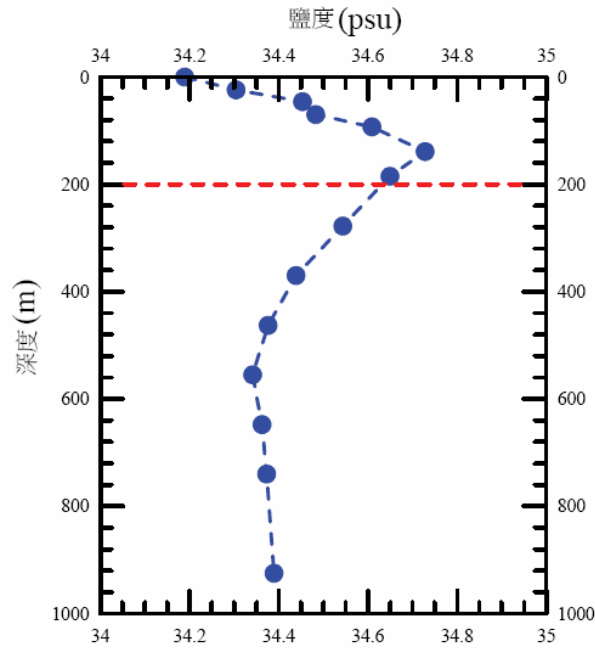


深層海水的平均精密鹽度為34.3687psu；精密鹽度大小排列為：東潤400米 > 海灣460米 > 台肥662米 > 東潤710米，因此可以推論出『深度400米至710米範圍的深層海水，其精密鹽度數值會隨著深層海水的取水深度變深而精密鹽度會呈現變小趨勢』。

另外表層海水之精密鹽度則因其檢測數變動大，呈現不穩定之狀態。而對照深層海水之精密鹽度，即呈現不同深度有對應穩定數值精密鹽度之規律特性。

表八、100年自行研究計畫取樣海水之精密鹽度含量分析表(psu)

取樣時間	A662	B400	B710	C460	A050	七星潭
2010/12月	34.3237	ns	34.3037	34.3686	ns	ns
2011/01月	34.3336	34.315	34.3019	34.3876	34.4434	ns
2011/02月	34.3414	34.2921	34.2999	34.3874	ns	ns
2011/03月	34.3312	34.3347	34.3201	34.3054	ns	ns
2011/04月	34.3347	34.3177	34.3439	34.3785	ns	ns
2011/05月	34.3353	34.3529	34.3167	34.3507	ns	ns
2011/06月	34.3404	34.3627	34.2309	34.3697	ns	ns
2011/07月	34.3765	34.3950	34.2296	ns	ns	ns
2011/08月	34.3170	34.3847	34.2661	34.4057	ns	ns
2011/09月	34.3404	34.3437	34.2952	34.3648	ns	33.9673
2011/10月	34.3309	34.3406	34.3144	34.3687	ns	ns
2011/11月	34.3309	34.3406	34.3144	34.3687	ns	ns
平均	34.3368	34.3439	34.2929	34.3687	34.4434	33.9673
標準差	0.015	0.032	0.036	0.027	ns	ns



圖二、台灣東部深水海域實測深度隨深度變化情形

## 伍、結論與建議

本次研究成功的利用總有機碳分析儀檢測海水中總有機碳含量以證明深層海水之純淨性，其深度 400 米至 710 米深層海水之總有機碳平均含量約為 1.0ppm，相較表層海水之不穩定性，呈現出深層海水與表層海水的區別，深層海水原水終年監測的結果都符合深層海水的穩定性之特性表現，也直接說明了臺灣東部海域深層海水未遭受其他外在環境污染之事實。

在海水營養鹽之磷酸鹽及矽酸鹽的檢測結果表示，此二項營養鹽濃度與海水深度呈正相關效果，經過多年檢測所累積的數據顯示，營養鹽類磷酸鹽及矽酸鹽是深層海水原水鑑別及驗證管理之重

要依據。

在精密鹽度檢測方面，該部精密鹽度儀器是本分局於 99 年度所購置的機器，經由一整年度的檢測數據收集，並與 CNS15091-4 作比對，其檢測結果符合該標準之內涵，即在深度 400 米到 710 米範圍之深層海水原水，當深度越深時，其精密鹽度會稍微的變小。然其變化量是相當細小的(約為 0.01psu)，故我們也僅能利用精密鹽度做深層海水深度推測的輔助工具。雖然如此，在大多的情形下，精密鹽度數值仍能作為快速區分表層海水與深層海水差異性之輔助工具。另外精密鹽度數值在海洋學上所謂等比例定理推定氯度及海水主要元素之重要指標<sup>6</sup>。

另外 100 年 10 月份，臺東深層海水模組廠的深層海水順利取水成功，本分局參與其中樣品取樣及指標參數(流量、水溫、酸鹼值、精密鹽度、總有機碳、懸浮物、磷酸鹽、矽酸鹽、硼、大腸桿菌群、腸球菌)等項目之檢測，經由顯著指標參數如營養鹽類中磷酸鹽及矽酸鹽濃度的檢測結果及精密鹽度等數據比對分析，由其數據可推測該座位於臺東縣知本溪南岸之臺東深層海水模組廠取水設施所抽取之深層海水深度可達 650 米或更深，然其實際深度仍須直接由儀器或 ROV 直接量測為準。

## 陸、參考文獻

- 1 中華民國國家標準 CNS 15091-17 『深層海水檢驗法-總有機碳之測定』
- 2 中華民國國家標準 CNS 15091-12 『深層海水檢驗法-磷酸鹽之測定』
- 3 中華民國國家標準 CNS 15091-13 『深層海水檢驗法-矽酸鹽之測定』
- 4 標準檢驗局花蓮分局 98 年度 『花蓮地區深層海水原水特性及驗證制度之研究』
- 5 中華民國國家標準 CNS 15091-4 『深層海水檢驗法-鹽度之測定』
- 6 中華民國國家標準 CNS 15091-25 『深層海水檢驗法-溴之測定』
- 7 環境檢驗所 NIEA W514.21B 『海水中化學需氧量檢測方法-重鉻酸鉀迴流法』
- 8 環境檢驗所 NIEA W530.51C 『水中總有機碳檢測方法-燃燒/紅外線測定法』