

新海研三號 CTD 及附掛探針定期率定

報告日期：2025 年 10 月 09 日

採樣日期：2025 年 09 月 09 日

操作人員：江秉崙、黃思瑜

指導老師：林玉詩

2025 年 9 月 CTD 探針率定結果摘要

參數	探針 種類	探針 序號	最近校正 日期	率定 日期	站位位置 經緯度	站位 水深 (m)	率定 樣本 數	斜率	截距	R ²	RSS	RPD (%)	平均 差異*
鹽度	SBE 4C	1344	2025-04-15	2025-09-09	123.6011°E 21.8087°N	4772	11	0.9946	0.1766	0.999	0.001	0.002	-0.012 ●
溶氧	SBE 43	0460	2025-04-17	2025-09-09	123.6011°E 21.8087°N	4772	10	0.8971	18.2953	0.978	267.408		1.820 ●
螢光	WET Labs ECO-AFL	6497	2025-04-10	2025-09-09	123.6011°E 21.8087°N	4772	11	0.2697	0.0053	0.883	0.035	0.04	0.392 ●

*燈號說明：根據 2024 年 6 月 7 日 CTD 探針率定與維護會議討論事項第三項決議，以「所有率定值與探針測值的平均差異」作為率定結果判斷標準，供使用者參考。各燈號對應標準如下表：

燈號	鹽度	溶氧	螢光
綠燈 ●	<0.02	<10 μM	<0.05 mg/m ³
黃燈 ●	0.02~0.05	10~20 μM	0.05~0.1 mg/m ³
紅燈 ●	0.05	20μM	0.1 mg/m ³

一、前言

本船所屬之 CTD 及附掛探針為國際大廠 Sea-Bird Scientific (簡稱 SBE) 所推出之產品，經過歷年的使用，學界對其測量的精度準度皆有一定信心，但探針隨時間使用下，電子訊號值會產生飄移。因此，除了定時將使用一至兩年後的儀器拆下送回原廠進行校正、並更換剛校正完畢的探針回船，在航次條件允許下，技術員每年會進行 4 次 (約每季) 的率定實驗，率定結果可供數據使用者參考。

本船的 CTD 系統為 SBE 911plus，由 CTD 主體 SBE 9 壓力探針及 SBE 11plus V2 控制裝置 (Deck Unit) 所組成。SBE 9 壓力探針包含 8 個電子通道，用以供電、資料傳輸以及附加其他設備如海水馬達、溫度探針、鹽度探針、溶氧探針及其他光學探針等，隨船收集各種海洋數據。SBE 11plus V2 控制裝置為水上端，負責供給水下端探針電源，並與船上電腦連接，扮演接收資料及控制水下端 CTD 及採水瓶的開啟及關閉的角色。

溫度探針量測海水溫度；鹽度藉由測量海水導電度配合溫度及壓力數據換算出鹽度；溶氧探針利用電極法，透過不同溶氧濃度對電極造成不同的電位差，並將電壓值換算成水中溶氧濃度；透光度探針是透過光經固定長度的光通道，受到海水中的顆粒體影響而分散、吸收、衍射、折射等作用衰減，計算得到穿透度，為量測海水總懸浮顆粒濃度的工具；螢光度探針 (fluorometer) 可以得到水體中的螢光資料，若搭配過濾並實測水體中的葉綠素 *a* 濃度，可推估海洋中浮游植物數量。

二、採樣

貴儀中心利用新海研3號NOR3-0283航次，於2025年9月9日在台灣西南部海域的一個測站 (St.1：21.8087°N，123.6011°E，水深4772公尺) 採樣，位置如圖 1。

站位採集深度列於表1。海水及葉綠素濾紙樣本均帶回實驗室進行分析，並與探針資料比對，本次航次所使用之CTD及附掛探針如表2。

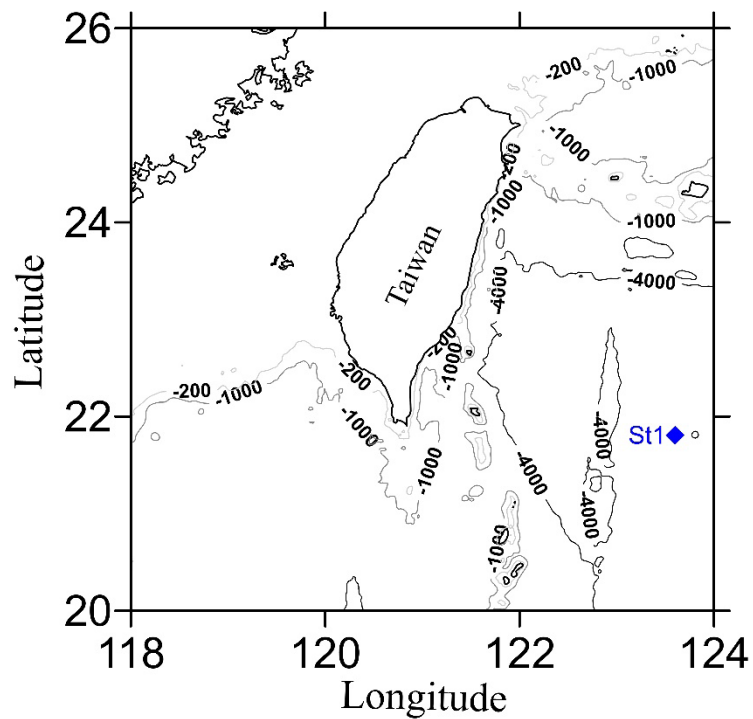


圖 1、本次率定採樣點

表 1、本次率定採樣深度

採樣深度 (公尺)	備註
20	
70	
100	
120	鹽度、葉綠素分析樣品取重複水樣
150	
200	
300	
500	
700	
3000	

表 2、本次率定所使用之 CTD 及附掛探針

探針種類	型號	序號	最近一次原廠校正日期
CTD 主體	SBE 9plus	1443	2024-04-04
導電度 (鹽度)	SBE 4C	1344	2025-04-15
溶氧	SBE 43	0460	2025-04-17
螢光	WET Labs ECO-AFL	6497	2025-04-10

三、實驗室分析方法

1. 鹽度率定：現場採集海水裝於鹽度瓶中，帶回實驗室進行測量前，開啟室內空調，確認環境溫度為 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ，開啟鹽度分析儀，設定機器內水溫 25°C ，並將樣本及標準海水置於室內至少半小時，待樣本溫度回復室溫後再進行實驗。使用 Guildline 公司出品的 Autosal 8400B 精密鹽度儀測量標準海水 (IAPSO standard seawater P-series) 及海水樣本的導電度比值後，利用 Lewis and Perkin (1978) 提出的鹽度計算公式進行換算，再與航次 CTD 鹽度資料比對。
2. 螢光值率定：於航次期間利用抽氣過濾設備，過濾水樣 2 公升至平均孔徑 $0.7\ \mu\text{m}$ 的 GF/F 玻璃纖維濾紙，並將濾紙保存於 -80°C ，後攜回實驗室進行分析。根據 Aminot and Rey (2000) 及 Welschmeyer (1994) 的方法，樣本前處理及分析均在無光的環境下進行，確保葉綠素不受光照影響。將濾紙磨碎後置於 90% 丙酮溶液，在室溫以震盪機震盪 30 分鐘後，放回 4°C 冰箱萃取至少 4 小時，再置入離心機，以 4000 rpm 於 4°C 離心約 2 分鐘，取得萃取液，再以 Turner Designs 公司出品的 Model 10-AU 螢光儀測量葉綠素 *a* 的螢光值。最後依測得葉綠素標準品 (Sigma Aldrich 出品的 Chlorophyll *a* from *Anacystis nidulans* algae；以分光光度計校正濃度) 製作之檢量線求得葉綠素 *a* 濃度，再與該航次 CTD 螢光探針資料比對。

葉綠素 *a* 濃度計算方式：

假設脫鎂色素影響可忽略之葉綠素 *a* 濃度計算公式 (公式與代號請參考經濟部標準檢驗局葉綠素 *a* 測定方法)：

$$\text{Chlorophyll } a = [a \times (F_o - F_{bk}) + b \times (F_o - F_{bk})^2] / D$$

3. 溶氧濃度率定：將海水取樣至 65 mL 生物需氧量瓶 (簡稱 BOD 瓶)，過程確認不捲入氣泡，並依據 Pai et al. (1998) 所發展出來的疊氮修正希巴辣光度測氧法 (Shibala colorimetry)，在海上採樣後立即進行醃氧。回到岸上後，在實驗室加酸進行釋碘反應，溶氧樣本於測定前後，確認環境溫度為 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ，且將樣本及藥品置於室內等待至少半小時，待樣本溫度回復室溫後再進行分析。最後以矽新科技的 SH-U880 分光光度計測量，配合標準品 (Titrisol KIO_3) 製作的檢量線換算出樣品的溶氧濃度，再與該航次 CTD 溶氧濃度資料比對。

四、率定結果

圖 2 為 CTD 測得鹽度、溶氧及葉綠素與其率定資料分別對深度圖。實驗室分析值與 CTD 探針數值有些許差異，本次率定的鹽度及溶氧參數結果沒有顯著差異，螢光探針與葉綠素測量結果比較線性關係不佳($R^2=0.883$)，顯示螢光探針結果出現偏移，使用數據需注意。

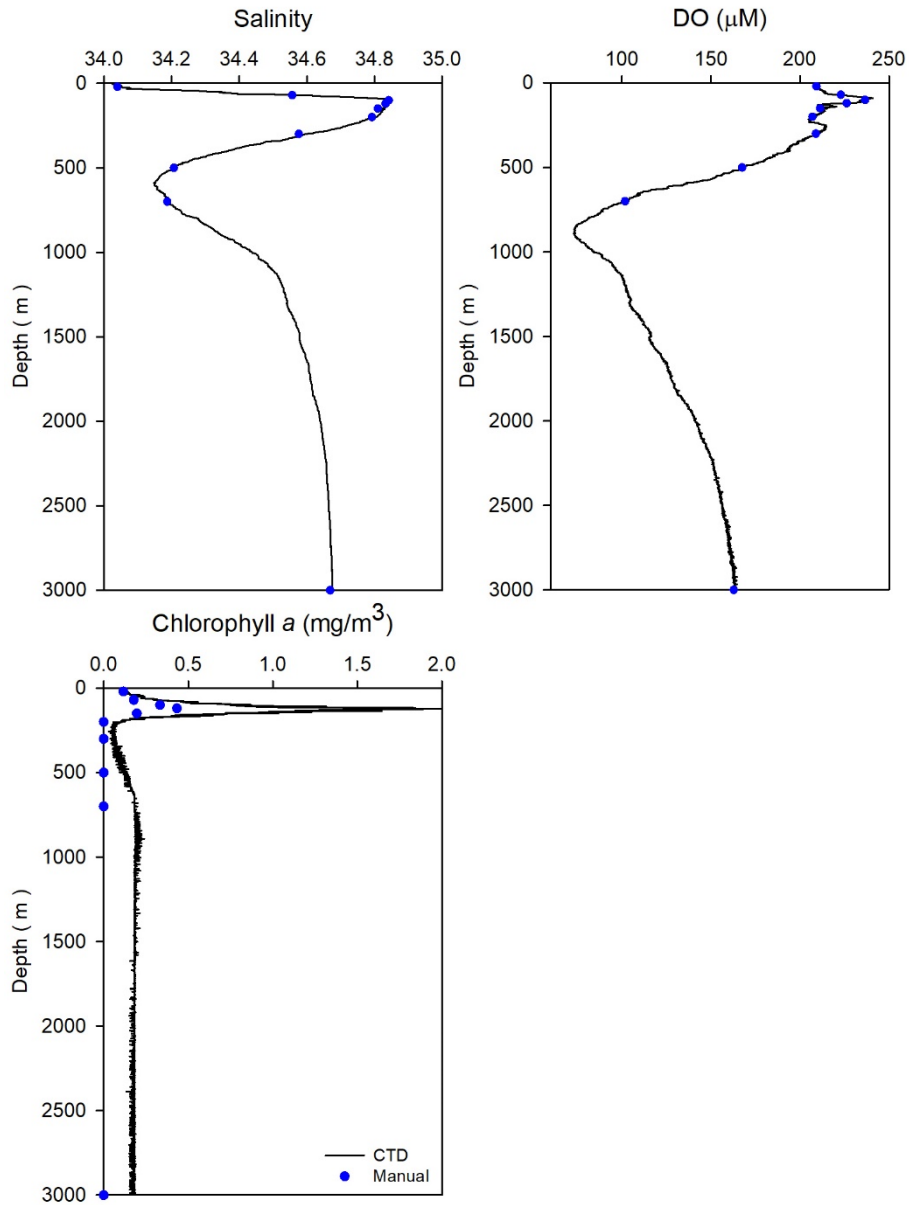


圖 2、本次率定實驗 (Manual) 與 CTD 鹽度、溶氧濃度、葉綠素濃度上剖面資料。

4.1. 鹽度

CTD 鹽度數據及實驗室測量結果如表 1，圖 3 展示兩種鹽度數據相關性。率定數據對水深變化遵循 CTD 剖面所呈現的垂直趨勢，率定鹽度實際範圍為 34.040 至 34.669，CTD 測量鹽度範圍 34.049 至 34.676，兩者具有良好的正相關 ($R^2 = 0.999$)，斜率為 0.9946，截距為 0.1766，殘差平方和 (residual sum of squares, RSS) 為 0.001，實驗室與 CTD 測值平均差異為 0.012，於深度 120 m 重複採樣的實驗數值分別為 34.833 與 34.834，相對百分比差異 (relative percentage difference, RPD) 為 0.002%。

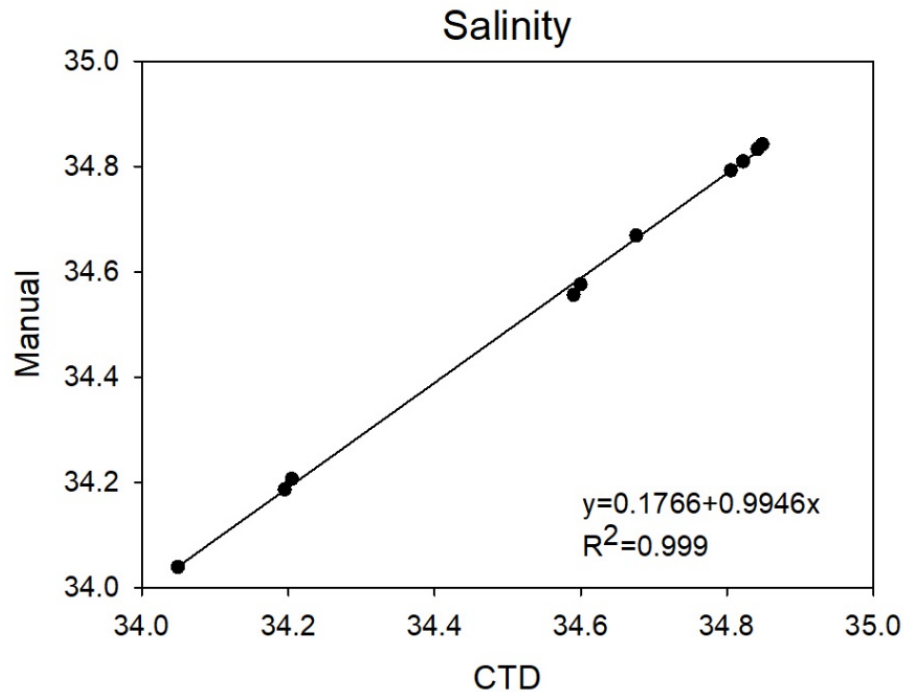


圖 3、鹽度實驗室測值 (Manual) 對 CTD 資料相關性。

4.2. 溶氧濃度

CTD 溶氧濃度數據及實驗室測量結果如附表 2，圖 4 展示兩種溶氧濃度數據相關性。率定數據對水深變化遵循 CTD 剖面所呈現的垂直趨勢，率定溶氧濃度實際範圍為 114.7 至 232.1 μM ，CTD 測量範圍 101.8 至 236.6 μM ，兩者具有良好的正相關 ($R^2=0.978$)，斜率為 0.8971，截距為 18.2953，RSS 為 267.41，平均差異為 1.8 μM 。

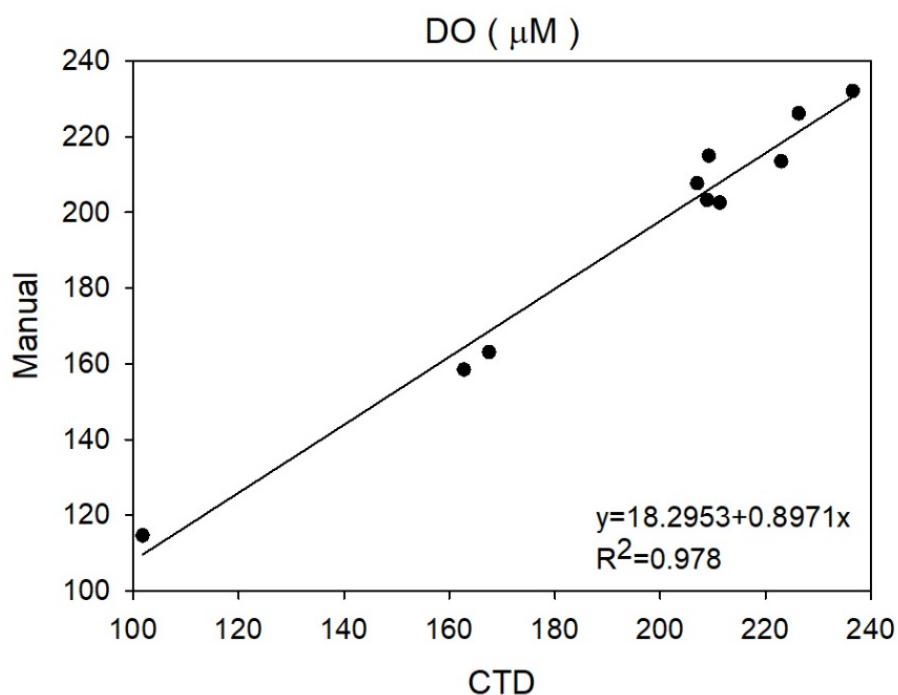


圖 4、溶氧量實驗室測值資料對 CTD 資料相關性。

4.3. 葉綠素濃度

CTD 螢光數據及實驗室葉綠素 *a* 測量計算所得結果如附表 3，圖 5 展示兩種葉綠素濃度數據相關性。率定數據對水深變化大致遵循 CTD 剖面所呈現的垂直趨勢，率定範圍為 0 至 0.433 mg/m^3 ，CTD 測量範圍 0.061 至 1.642 mg/m^3 ，兩者相關性不佳 ($R^2 = 0.883$)，斜率為 0.2697，截距為 0.0053，RSS 為 0.0351，差異平均達 0.392 mg/m^3 ，重複採樣數值分別為 0.433 與 0.415 mg/m^3 ，RPD 為 0.04%。

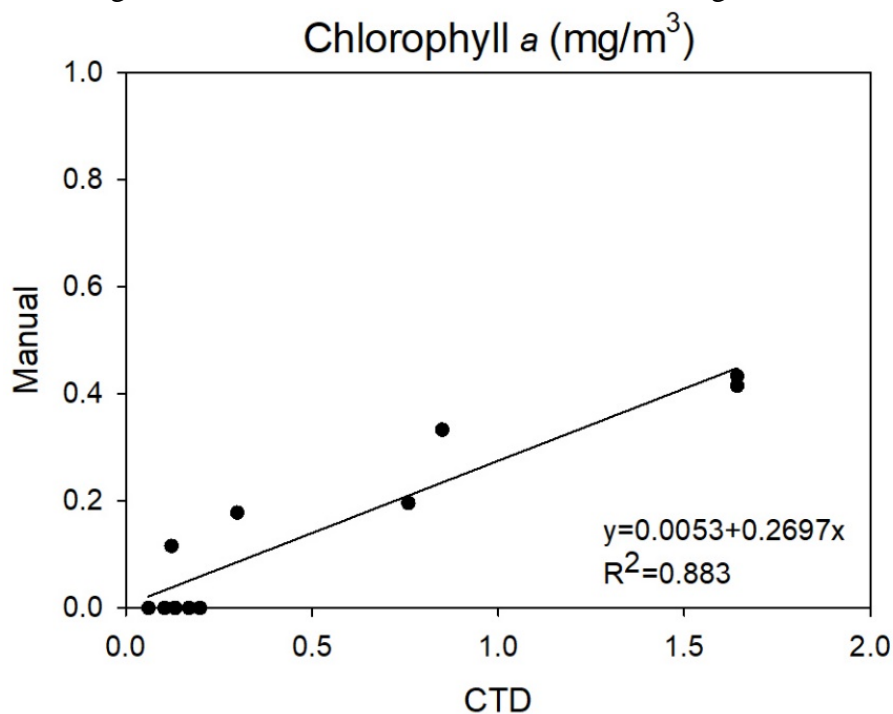


圖 5、葉綠素濃度實驗室測值對 CTD 資料相關性。

五、參考資料

- Aminot, A., & Rey, F. (2000). Standard procedure for the determination of chlorophyll a by spectroscopic methods. International Council for the Exploration of the Sea, 112.
- Lewis, E. L., & Perkin, R. G. (1978). Salinity: Its definition and calculation. Journal of Geophysical Research: Oceans, 83(C1), 466-478.
<https://doi.org/10.1029/JC083iC01p00466>
- Pai, S. C., Gong, G. C., & Liu, K. K. (1993). Determination of dissolved oxygen in seawater by direct spectrophotometry of total iodine. Marine Chemistry, 41(4), 343-351. [https://doi.org/10.1016/0304-4203\(93\)90266-Q](https://doi.org/10.1016/0304-4203(93)90266-Q)
- Welschmeyer, N. A. (1994). Fluorometric analysis of chlorophyll a in the presence of chlorophyll b and pheopigments. Limnology and oceanography, 39(8), 1985-1992. <https://doi.org/10.4319/lo.1994.39.8.1985>
- 經濟部標準檢驗局，2008。深層海水檢驗法-葉綠素 *a* 之測定。CNS 總號：15091-30，類號：N7001-30。

六、附錄

附表1、鹽度數據

深度 (m)	實驗室測量數值	探針數值	數值差
3000	34.669	34.676	-0.007
700	34.187	34.195	-0.008
500	34.207	34.205	-0.002
300	34.576	34.600	-0.024
200	34.793	34.805	-0.013
150	34.810	34.822	-0.012
120	34.834	34.842	-0.008
120	34.833	34.842	-0.009
100	34.842	34.849	-0.007
70	34.556	34.590	-0.034
20	34.040	34.049	-0.010
平均差異			-0.012

附表 2、溶氧濃度數據

深度 (m)	實驗室測量數值 (μM)	探針數值 (μM)	數值差 (μM)
3000	158.461	162.812	-4.351
700	114.675	101.803	12.872
500	163.092	167.568	-4.476
300	203.257	208.953	-5.696
200	207.704	207.037	0.667
150	202.615	211.334	-8.719
120	226.136	226.293	-0.157
100	232.050	236.575	-4.525
70	213.481	222.99	-9.509
20	214.948	209.249	5.699
平均差異			-1.820

附表3、葉綠素濃度數據

深度 (m)	實驗室測量數值 (mg/m ³)	探針數值 (mg/m ³)	數值差 (mg/m ³)
3000	0.000	0.1694	-0.1694
700	0.000	0.1992	-0.1992
500	0.000	0.1318	-0.1318
300	0.000	0.0608	-0.0608
200	0.000	0.104	-0.1040
150	0.196	0.7588	-0.5628
120	0.433	1.6421	-1.2091
120	0.415	1.6421	-1.2271
100	0.333	0.8502	-0.5172
70	0.178	0.2988	-0.1208
平均差異			-0.3917