

新海研三號 CTD 及附掛探針定期率定

率定日期：2025 年 05 月 17 日

採樣日期：2025 年 05 月 23 日

操作人員：江秉崙、黃思瑜、陳家婕、黃子苓

指導老師：簡國童、林玉詩

2025 年 5 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	4107	2024-04-25	2025-05-23	120.199°E 21.8134°N	1781	11	1.0042	-0.262	0.998	0.15326	0.005	-0.118 
溶氧	SBE 43	4267	2024-05-22	2025-05-23	120.199°E 21.8134°N	1781	10	1.1385	15.8	0.988	13038.5		35.7 
葉綠素	WET Labs ECO-AFL	7511	2022-04-12	2025-05-23	120.199°E 21.8134°N	1781	11	0.7092	0.075	0.882	0.11983	0.998	0.019  *

*葉綠素濃度與螢光探針結果差異趨勢(正或負)不一致，平均值較小。

一、前言

本船所屬之 CTD 及附掛探針為國際大廠 Sea-Bird Scientific 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，但考慮探針隨時間使用下，電子訊號值會產生飄移，以及不同的探針有不同的校正方法；因此，除了定時將校正後的探針更換上船，將使用過一至兩年後的儀器拆下並送回原廠進行校正外，在航次條件允許的狀況下，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。

本船研究船上的 CTD 系統是採用美國 Sea-Bird Scientific (簡稱 SBE) 所製造的 SBE 911+，是由 CTD 主體 SBE 9 壓力探針及 SBE 11+ V2 控制裝置 (Deck Unit) 所組成。SBE9 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探針像是海水馬達、溫度探針、鹽度探針、溶氧探針及其他光學探針等，隨船收集剖面上各種海洋數據。SBE 11+ 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。

溫度探針量用以測海水溫度；鹽度藉由測量海水導電度配合溫度及壓力數據進而換算成的鹽度資料；溶氧探針是利用電極法，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的有效工具；螢光度探針 (fluorometer) 可以得到水體中的螢光資料，該資料若經以現場過濾並實測水體中的葉綠素 a 濃度校正，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NOR3-0267航次，於2025年5月17日在台灣西南部海域的一個測站 (St.1：21.8134° N，120.199° E，水深1781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。

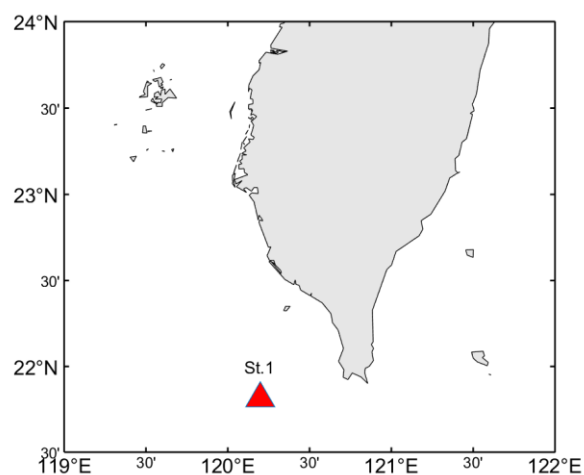


圖 1、本次率定採樣點

表 1、本次率定採樣深度 (單位：公尺)

St. 1 (水深 1781m)
Salinity、DO、Chlorophyll
11
20
40
70
96 (鹽度、葉綠素分析樣品重複取水)
121
300
400
500
602

表 2、本次航次所使用之 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 9+	1443	2024-04-04
導電度(鹽度)	SBE 4C	4107	2024-04-25
溶氧	SBE 43	4267	2024-05-22
螢光	WET Labs ECO-AFL	7511	2022-04-12

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，帶回實驗室進行鹽度測量前，開啟室內空調，確認環境溫度為 25 ± 1 °C，開啟鹽度分析儀，設定機器內水溫在 25 °C，並將樣本及標準海水至於室內等待至少半小時，待樣本溫度穩定在 25 ± 1 °C 後再進行實驗，在恆溫的狀況下用 Guildline 公司出品的 Autosal 8400B 實驗室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，再與該航次 CTD 鹽度資料比對。
2. 螢光值率定：以平均孔徑約 $0.7 \mu\text{m}$ 的 GF/F 玻璃纖維濾紙利用抽氣過濾設備，過濾現場水樣 2 公升，並將濾紙保存於 -80 °C 冷凍庫後，帶回實驗室進行分析。根據 Aminot & Rey (2000) 及 Welschmeyer (1994) 所發表的葉綠素分析方法，樣本前處理及分析時，會保持在室內無光的環境進行，確保濾紙上的葉綠素不會受到光照的影響。將濾紙置於 90% 丙酮溶液中在室溫以震盪機震盪 30 分鐘後，冰回 4°C 冰箱萃取至少 8 小時，再置入低溫離心機在 4°C 以 4000 r.p.m 離心約 2 分鐘後得到葉綠素 a 萃取液，萃取液再以螢光儀測得葉綠素 a 的螢光值，之後在萃取液中再加入 1 N 鹽酸酸化樣本，以螢光儀測得脫鎂色素的螢光值。最後依測得葉綠素標準品 (SIGMA Chlorophyll a from *Anacystis nidulans* algae；以分光光度計校正濃度) 製備之螢光值檢量線求得葉綠素 a 及脫鎂色素濃度，再與該航次 CTD 螢光探針資料比對。

文獻中葉綠素 a 濃度有不同計算方式：

- (1) 排除脫鎂色素貢獻之葉綠素 a 濃度計算公式 (公式與代號參考 Aminot & Rey, 2000):

$$\text{Chlorophyll a} = K * (F_m / (F_m - 1)) * V_e * (F_o - F_a) / V_f$$

$$\text{Pheopigment a} = K * (F_m / (F_m - 1)) * V_e * ((F_m * F_a) - F_o) / V_f$$

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

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

3. 溶氧濃度率定：將海水取樣至 65 ml BOD 瓶中，過程中確保不產生氣泡，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，皆有用紅外線測溫槍量測環境溫度，確認環境溫度為 25 ± 1 °C，且將樣本及藥品置於室內等待至少半小時，待樣本溫度穩定在 25 ± 1 °C 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 KIO₃) 做出的檢量線換算出各樣品的溶氧濃度，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、葉綠素及溶氧與其率定資料分別對深度圖。鹽度、螢光及溶氧探針上收集下放資料有小幅差異，可能因測站水文變化所致，實驗室分析值與 CTD 探針數值亦有差異，本次率定的鹽度及溶氧參數結果有顯著差異，螢光探針與葉綠素測量結果比較線性關係不佳($R^2=0.882$)，顯示鹽度、溶氧及螢光探針結果皆已出現偏移，使用數據需注意。

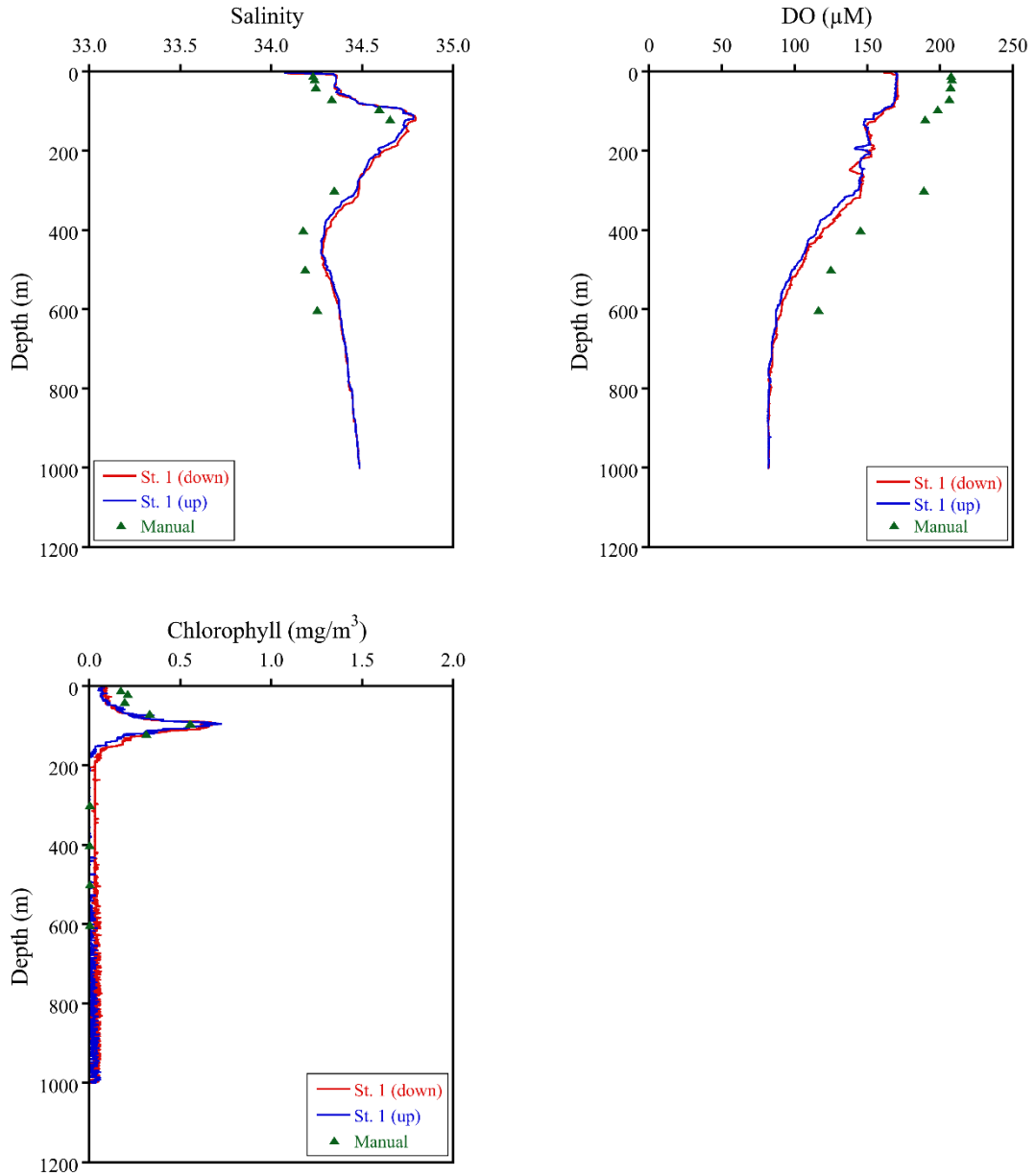


圖 2、本次率定實驗(Manual)與 CTD 下放、上收鹽度、溶氧濃度、葉綠素濃度垂直剖面資料。

4.1. 鹽度

CTD 鹽度數據及實驗室測量結果如附表 1，圖 3 則是兩種鹽度數據相關性，原始數據匯整於附錄表 1。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 34.175 至 34.653，CTD 測量鹽度範圍 34.293 至 34.753，兩者具有良好的正相關性 ($R^2=0.998$)，斜率為 1.0042，截距為-0.262，殘差平方和 (residual sum of squares, RSS) 為 0.15326。實驗室鹽度測值與 CTD 鹽度值差異平均為-0.118，於深度 96 m 重複採樣的實驗數值分別為 34.594 與 34.592，RPD 為 0.005%。

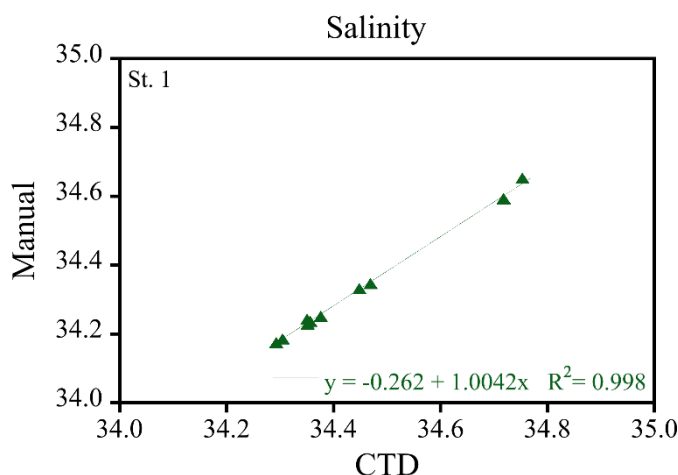


圖 3、鹽度實驗室測值資料對 CTD 資料相關性。

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 則是兩種溶氧濃度數據相關性，原始數據彙整於附錄表 2。率定數據對水深變化遵循 CTD 剖面所呈現的垂直趨勢，但數值有顯著差異，率定溶氧濃度實際範圍為 116.4 至 207.9 μM ，CTD 測量範圍 87.663 至 170.327 μM ，兩者具有良好的正相關性 ($R^2=0.988$)，斜率為 1.1385，截距為 15.8，RSS 為 13038.5。實驗室溶氧濃度測值與 CTD 溶氧濃度值差異平均為 35.7 μM 。

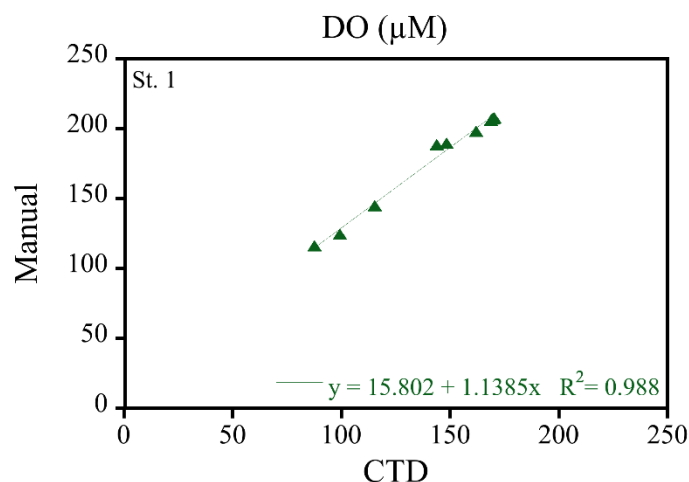


圖 4、溶氧量實驗室測值資料對 CTD 資料相關性。

4.3. 葉綠素濃度

CTD 葉綠素濃度數據及實驗室葉綠素 a 測量結果如附表 3，圖 5 則是兩種葉綠素濃度數據相關性，原始數據彙整於附錄表 3。率定數據對水深變化遵循 CTD 剖面所呈現的垂直趨勢。排除脫鎂色素貢獻的情況下，率定實際範圍為 0.002 至 0.557 mg/m³，CTD 測量範圍 0 至 0.725 mg/m³，兩者具有正相關性($R^2=0.882$)但相關性不佳，斜率為 0.7092，截距為 0.075，RSS 為 0.11983，差異平均為 0.019 mg/m³，於深度 96 m 重複採樣的實驗數值分別為 0.557 與 0.551，RPD 為 0.998%。

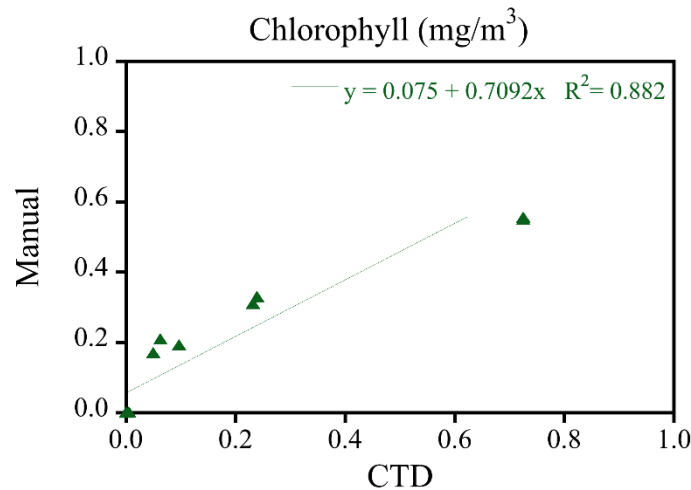


圖 5、葉綠素濃度實驗室測值資料對 CTD 資料相關性。

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.

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>

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)

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
11	34.229	34.351	-0.122
20	34.237	34.356	-0.119
40	34.244	34.351	-0.107
70	34.332	34.448	-0.115
96	34.594	34.718	-0.124
96	34.592	34.718	-0.126
121	34.653	34.753	-0.100
300	34.347	34.469	-0.122
400	34.175	34.293	-0.118
500	34.186	34.304	-0.118
602	34.252	34.376	-0.124
平均差異			-0.118

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
11	207.4	169.902	37.5
20	207.9	170.327	37.5
40	207.1	169.345	37.8
70	206.2	168.655	37.6
96	198.3	162.016	36.2
121	189.6	148.452	41.2
300	188.7	143.863	44.8
400	145.2	115.349	29.8
500	124.8	99.293	25.5
602	116.4	87.663	28.8
平均差異			35.7

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
11	0.172	0.049	0.123
20	0.211	0.063	0.148
40	0.194	0.097	0.097
70	0.331	0.239	0.092
96	0.557	0.725	-0.168
96	0.551	0.725	-0.173
121	0.312	0.232	0.081
300	0.003	0.000	0.003
400	0.002	0.001	0.002
500	0.003	0.005	-0.002
平均差異			0.019

CTD 探針燈號說明

根據 2024 年 6 月 7 日之 CTD 探針率定與維護會議討論事項第三項決議所有率定值與探針測值的平均差異燈號判斷標準如下表，本次鹽度、溶氧及螢光率定值與探針測值的平均差異及對應燈號彙整於 CTD 探針率定結果摘要表。

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