

新海研三號 CTD 及附掛探針定期率定
率定日期：2023 年 9 月 9 日至 12 日

操作人員：江秉崧、黃思瑜、陳家婕、黃子芬
指導老師：簡國童、林玉詩

2023 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	站位經度 (°E)	站位緯度 (°N)	站位水深 (m)	率定樣本數	斜率	截距	R ₂	RSS
鹽度	SBE 4C	5003	2020-10-27	2023-9-10	117-36.846	20-40.988	900	9	0.973	0.803	0.999	0.0007
溶氧	SBE 43	4267	2022-4-12	2023-9-10	117-36.846	20-40.988	900	9	0.936	14.7	0.997	16.948
葉綠素	WET Labs ECO-AFL/FL	7158	2021-10-20	2023-9-10 ~ 2023-9-11	117-36.846 / 120-25.382	20-40.988 / 21-55.765	900 / 950	14	0.118	0.105	0.084	0.3939

一、前言

本船所屬之 CTD 及附掛探針雖為國際大廠 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，但考慮儀器隨時間使用下，電子訊號值會產生飄移，以及不同的儀器有不同的校正方法；因此，除了每年定時將校正後的儀器更換上船，並將使用過一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，率定結果可供出海人員參考使用。

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 Unit0) 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；鹽度探針藉由測量海水導電度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氧氣含量；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 NOR3-0173 航次，於 2023 年 9 月 10 日在東沙島東部的一個測站 (DSM: 20-40.988° N, 117-36.846° E, 水深 900 公尺) 採樣；於 2023 年 9 月 11 日，在南海北部的一個測站 (H1: 21-55.765° N, 120-25.382° E, 水深 950 公尺) 採樣，位置如圖 1。

每個站位採集深度列於表 1。海水及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。

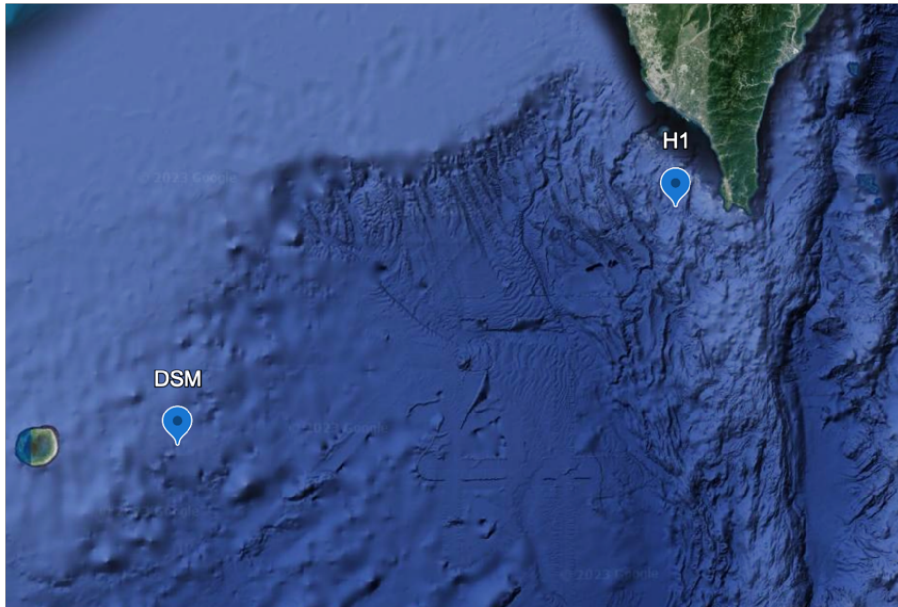


圖 1、本次率定採樣位置。

表 1、本次率定採樣深度 (單位:公尺)

DSM (水深 900m)		H1 (水深 950m)
Salinity、DO	Chlorophyll	
5	5	
25	25	
50	50	
75	75	
100	100	
150	150	
200	200	
300		
500		

表 2、本航次率定相關所使用之 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	1136	2021-4-13
導電度 (鹽度)	SBE 4C	5003	2020-10-27
溶氧	SBE 43	4267	2022-4-12
螢光	WET Labs ECO-AFL/FL	7158	2021-10-20

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 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ，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 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 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 資料比對。

2. 螢光值率定：以平均孔徑約 $0.7 \mu\text{m}$ 的 GFF 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 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) :

$$\text{Chlorophyll a} = K * [\text{Fm}/(\text{Fm}-1)] * \text{Ve} * (\text{Fo}-\text{Fa})/\text{Vf}$$

$$\text{Pheopigment a} = K * [\text{Fm}/(\text{Fm}-1)] * \text{Ve} * [(\text{Fm} * \text{Fa})-\text{Fo}]/\text{Vf}$$

(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) :

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

3. 溶氧率定：將海水取樣至 65 ml BOD 瓶中，過程中確保不會產生氣泡，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)，在海上進行醃氧，回到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 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ，且將樣本及藥品置於室內等待至少半小時，待樣本溫度穩定在 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 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值，再與該航次 CTD 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皆吻合，顯示探針的再現性良好，但實驗室分析值與 CTD 數值有差異，顯示探針結果已出現偏移，使用數據需注意。

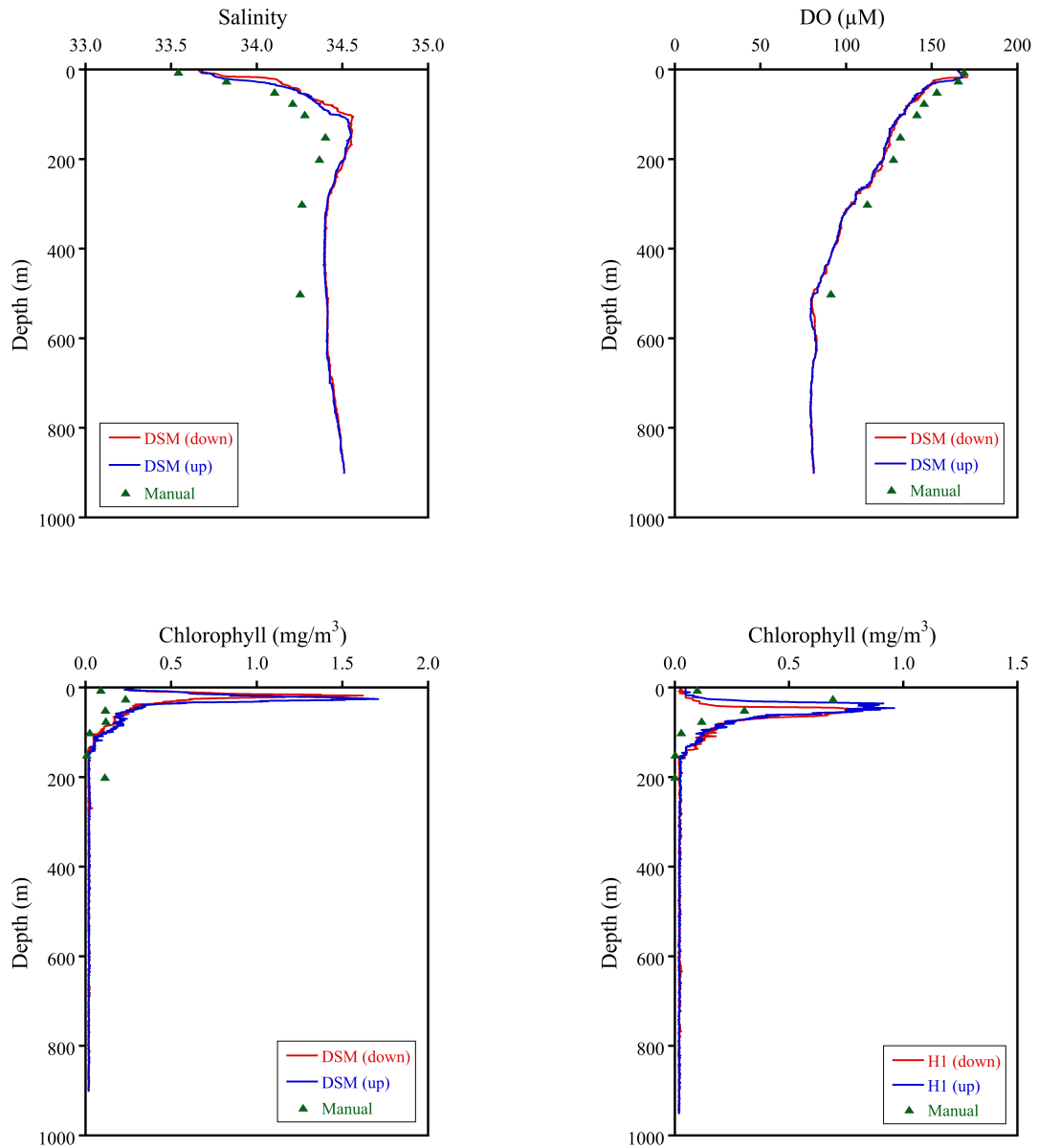


圖 2、本次率定人工實驗 (Manual) 與 CTD 下放、上收鹽度、溶氧、葉綠素資料。

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互作用圖，原始數據匯整於 Excel 檔。率定數據對水深變化遵循 CTD 剖面所呈現的垂直趨勢，率定鹽度範圍為 33.542 至 34.401，兩者具有良好的相關性 ($R^2=0.999$)，斜率為 0.972，截距為 0.803，殘差平方和 (residual sum of squares, RSS) 為 0.0007。

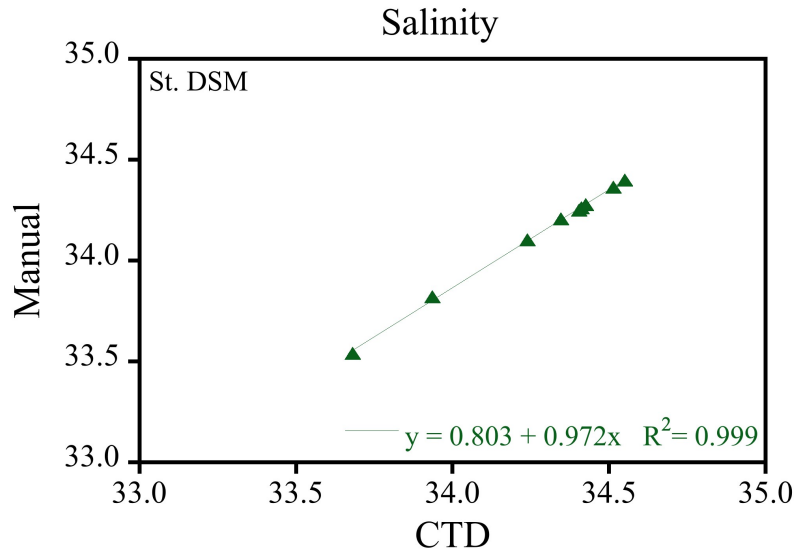


圖 3、鹽度人工測值資料對 CTD 資料相關性。

4.2. 溶氧量

CTD 溶氧量數據及實驗室測量結果如附表 2，圖 4 則是兩種溶氧量數據相互作用圖，原始數據彙整於 Excel 檔。率定數據對水深變化遵循 CTD 剖面所呈現的垂直趨勢，率定溶氧量範圍為 90.972 至 168.85 μM ，兩者具有良好的相關性 ($R^2=0.997$)，斜率為 0.936，截距為 14.7，RSS 為 16.948。

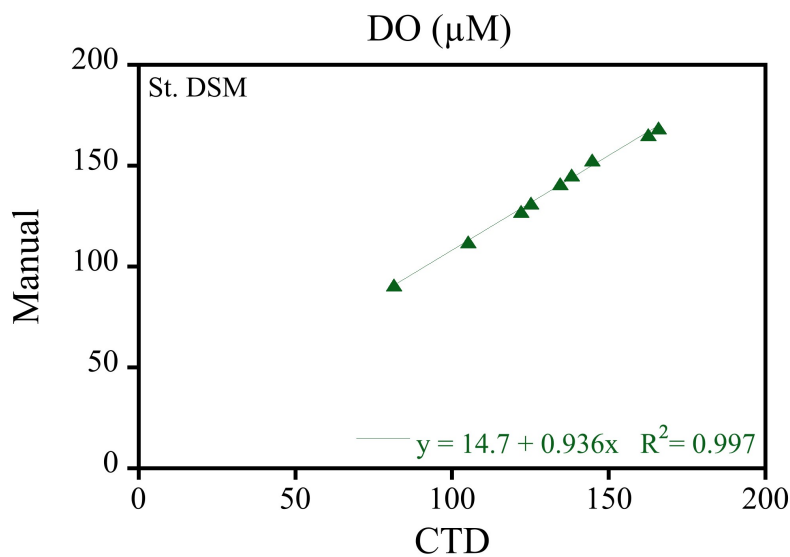


圖 4、溶氧量人工測值資料對 CTD 資料相關性。

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互作用圖，原始數據彙整於 Excel 檔。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，率定範圍為 0 至 0.692 mg/m³，人工測值與 CTD 探偵測值無良好的相關性，斜率為 0.118，截距為 0.105，RSS 為 0.3939。本次葉綠素率定無意義。

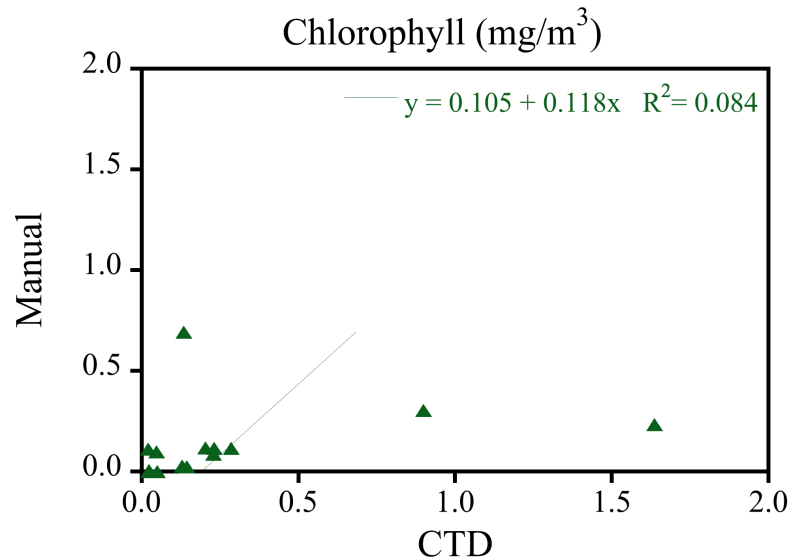


圖 5、葉綠素濃度人工測值資料對 CTD 資料相關性。

本次鹽度、螢光及溶氧率定相關資料與結果匯整於附表 4。

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)	探針數值	實驗室測量數值
5	33.681	33.542
25	33.936	33.822
50	34.239	34.103
75	34.346	34.209
100	34.425	34.279
150	34.550	34.401
200	34.514	34.365
300	34.412	34.262
500	34.404	34.252

附表 2、溶氧量數據

深度(M)	探針數值(μM)	實驗室測量數值(μM)
5	165.90	168.85
25	162.52	165.40
50	144.67	153.00
75	138.08	145.42
100	134.45	141.28
150	125.13	131.63
200	122.00	127.50
300	105.16	112.34
500	81.433	90.972

附表 3、葉綠素濃度數據

深度(M)	探針數值(mg/m^3)		實驗室測量數值(mg/m^3)	
	DSM	H1	DSM	H1
5	0.2881	0.0466	0.088	0.098
25	1.6357	0.134	0.234	0.692
50	0.2852	0.899	0.116	0.305
75	0.2035	0.2313	0.118	0.117
100	0.1433	0.1292	0.025	0.028
150	0.0232	0.0494	0.007	0.001
200	0.021	0.0232	0.112	0