

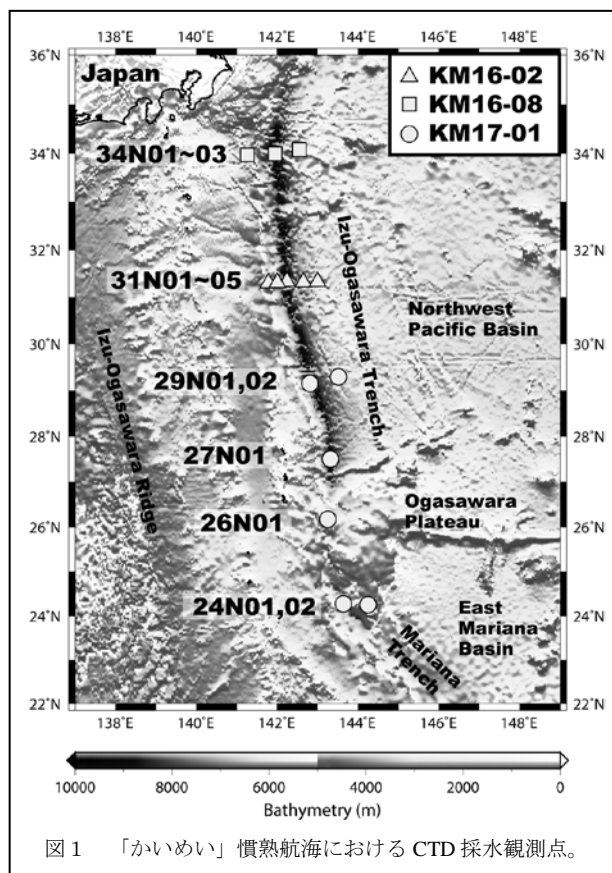
## 「かいめい」慣熟航海における伊豆・小笠原海溝の CTD 採水観測

○内田裕 (海洋研究開発機構), 小野越郎 (海洋研究開発機構[現気象庁]), 横川太一・川口慎介・布浦拓郎・脇田昌英, 梅田振一郎・熊本雄一郎・前野克尚・前田洋作・平井美穂・眞壁明子・松井洋平・宮崎征行・多田雄哉・田角栄二・佐々木瑤子・望月芳和 (海洋研究開発機構), 砂村倫成 (海洋研究開発機構/東京大学), 浦山俊一 (海洋研究開発機構[現筑波大学]), 須田好 (海洋研究開発機構[現産業技術総合研究所])

海洋プレートが沈み込む場所に形成される溝状の海溝は、世界で最も深い所で 10,924 m (マリアナ海溝) に達する。一般的な観測船では、海水特性の観測に使用する鋼線ケーブルの自重が重く、深さ 6,000 m 程度までしか観測できない。より深い海溝部では、転倒温度計付き時限式採水器を係留系に取り付けた採水観測 (Mantyla and Reid, 1978)、転倒温度計付き採水器をワイヤーに 1 台 1 台直付けした採水観測 (Nozaki et al., 1998)、CTD センサー観測 (Taira et al., 2005; Taira 2006; van Haren 2017)、あるいは、無人探査機に搭載した簡易 CTD・採水観測 (Nunoura et al., 2015) などのいくつかの観測例がある。しかし、CTD センサー観測のみではセンサー補正用の採水試料が利用できないためセンサーを精度良く校正できず、また、係留系やワイヤー直付けの採水観測では多大な労力を要するため観測例が少なく、転倒温度計では精度の良い水温測定ができないという問題があった。

海洋研究開発機構では、2016 年から海底広域研究船「かいめい」による運航を開始した。「かいめい」には海中の浮力がほぼゼロの 12,000 m 繊維索ケーブルが搭載されており、CTD 採水システムを用いて、世界中の海溝底までの詳細な観測が可能である。2016 年 5 月 (KM16-02)、9 月 (KM16-08)、および、2017 年 1 月 (KM17-01) に実施した「かいめい」慣熟航海では、伊豆・小笠原海溝、および、北部マリアナ海溝で CTD 採水観測を行い (図 1)、世界で初めて海溝底までの高精度・多項目海水特性データの取得に成功した。

「かいめい」の CTD 採水システムは、耐圧 10,500 m のシーバード社製 SBE9plus CTD、および、12 L ニスキ X 採水ボトル 36 本掛け SBE32 カラーセル採水器で構成される。耐圧が 6,800 m を超えるオプションセンサーはほとんど存在しないが、JFE アドバンテック社製の溶存酸素センサー RINKO (耐圧 7,000 m) を海溝底 (最大 9,796 m) まで使用した。CTD 採水システムを海中に投入するためのウインチには、マッカートニー社製の AHC (アクティブ・ヒープ・コンペンセーション) ウインチが搭載され、ケーブル・ドラムの回転方向・速度を制御することで、波浪による船体動揺の影響をキャンセルし、CTD 採水システムを一定速度 (1.2 m/s 以上、ばらつき ±0.01 m/s 以内) で降下・巻き上げが可能である。ウイ



ンチ・ケーブルには、OCC 社製の 12,000 m 繊維索ケーブルが用いられ、CTD 採水システムを海中に投入直後から海溝底まで、ウインチにかかる張力は一定（約 500 kg 重）であった。また、ケーブルの撚り取に有効な、はなゆう社製スリッピング・スィベルを用いた。採水器フレームにはメーカー純正のアルミ・フレームを用いたが、「みらい」のステンレス・フレームと回転抑止板を用いることで、降下・巻き上げ時の CTD 姿勢動揺を抑え、さらに高品質な CTD データの取得が期待できる。

海溝内の海水特性はかなり一様なことが考えられ、可能な限り高い精度での測定が要求される。CTD 圧力センサーについては、電子式基準圧力計（EDWT）を用いて 100 MPa まで事前校正を行い、CTD 観測前後の大気圧測定結果などから、圧力測定の拡張不確かさは 0.8 dbar と見積もられた。水温センサーについては、深海用基準温度計（SBE35）を基に現場で校正し、深海での水温測定の拡張不確かさは 0.7 mK と見積もられる（Uchida et al., 2015）。電気伝導度センサーから求める実用塩分、および、溶存酸素センサーについては、それぞれ採水試料に対する分析値を基に現場校正した。ただし、「みらい」等で用いている補正式では誤差が無視できず、圧力等のより高次の補正項の導入が必要で、また、圧力（あるいは水温）変化に対するセンサーの動的応答（ヒステリシス）も無視できないため、現場校正用試料を採取する巻き上げ時の連続データを校正した（図 2）。

各測点での水温、塩分分析値、酸素分析値の 7,500 dbar 以深の標準偏差は、それぞれ、最大で 0.3 mK、0.4 mg/kg、0.2  $\mu\text{mol/kg}$  であった。伊豆・小笠原海溝に接続する北西太平洋海盆とマリアナ海溝に接続する東マリアナ海盆では、底層水の経路が異なるため水塊特性が大きく異なり、両海溝内の水温差、塩分差、酸素差は、それぞれ、25 mK、3 mg/kg、7.5  $\mu\text{mol/kg}$  であった（図 2）。水塊特性の水平的な違いに対する各測点での測定のばらつきの大きさは、水温、酸素が、それぞれ、1.2 %、3 %なのに対し、塩分は 13 %と一桁大きく、水温や酸素の変化と同様の議論を行うには、塩分の測定精度を一桁向上させる必要がある。伊豆・小笠原海溝内の水塊特性はほぼ一様だが、北端（34° N）から南端（27.5° N）に向けて有意な温度勾配（+1.4 mK）が見られ、北側ほど新しい底層水の特徴を示す。今後、海溝内を詳細に縦横断する CTD 観測により、海溝内の海水交換過程が明らかになると期待できる。

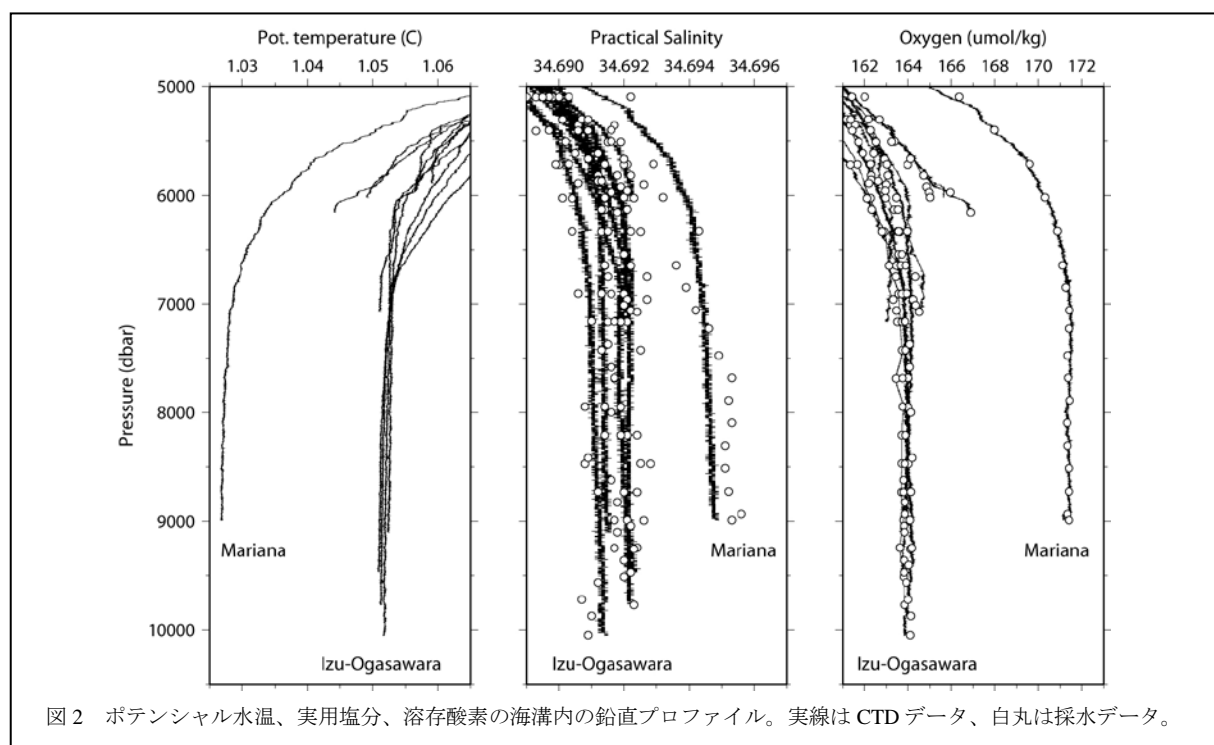


図 2 ポテンシャル水温、実用塩分、溶存酸素の海溝内の鉛直プロファイル。実線は CTD データ、白丸は採水データ。