

## 南太平洋での下部周極深層水の CFCs 年齢について

○佐々木 建一・渡邊 修一・脇田 昌英 (MIO/JAMSTEC),  
村田 昌彦・深澤 理郎 (RIGC/JAMSTEC)

【はじめに】海洋の循環は、地球上の熱・物質を再配分する主要な機構であり、その経路と時間スケール、およびその変化を調べることは、地球の気候を予測する上でも重要である。化学トレーサの一種である溶存クロロフルオロカーボン類 (CFCs) を用いると、数 10 年スケールの海洋循環で運ばれる物質の移動についての知見が得られる。CFCs は、天然には存在しない人工化合物であり、通常的环境下では、気体として大気中に存在する。工業的に広く使われた CFCs 3 種 (CFC-11、CFC-12、CFC-113) は、生物化学的に極めて安定で、対流圏内での分解は無視されうる。これらの大気中への蓄積は、CFC-11 と CFC-12 は 1950 年頃、CFC-113 は 1970 年頃に始まった (図 1)。大気中の CFCs は、大気海洋間の気体交換によって海洋表層水に取り込まれる。気体交換平衡に達した場合の表層水の CFCs 濃度は、大気中の CFCs 混合比、海水の温度、塩分の関数として表される。表層水に溶けた CFCs は海洋循環によって海洋内部に広がっていくため、それを追うことで海洋循環による物質の移動について知ることが出来る。我々は、MR07-06 および MR09-01 航海で行われた WOCE 測線再観測航海 (図 2) で、南極域に起源を持つ下部周極深層水(LCDW)の西岸境界流を形成する水塊中に CFC-11 と CFC-12 の濃度増加を検出し、過去の観測結果からの濃度増加率から、その水塊には数十年程度以内に気体交換した成分が含まれるだろうと推定した (佐々木ら, 2010, BE' 10)。MR09-01 データの品質管理を終え、トレーサ比を用いた議論が可能になったのでここに報告する。

【観測と結果】CFCs 分析用の海水試料は、採水器から専用の採水瓶に採取し、約 12 時間以内に船上で分析した。自作したパージ&トラップシステムで溶存気体を脱気濃縮し、それを電子捕獲型検出器付ガスクロマトグラフによって分離検出した。分析精度は、 $\pm 0.01 \text{ pmol kg}^{-1}$  程度以下であった。水深 (水圧) 2000db 以深の CFC-11 の鉛直断面分布図を図 3 に示す。P14 測線の深層では 1990 年代には CFC-11 が検出されておらず、MR07-06 航海で初めて検出された (図中の A)。P21 測線の 170°E 付近では、1990 年代の WOCE 観測で最大  $0.02 \text{ pmol kg}^{-1}$ 、2001 年の観測で最大  $0.03 \text{ pmol kg}^{-1}$  の CFC-11 が検出されており、MR09-01 航海ではその濃度が最大で  $0.08 \text{ pmol kg}^{-1}$  まで増加していた (図中の B)。CFC-12 についても同様に増加傾向が見られた。CFCs の濃度は、水塊混合や拡散によって変化するが、その組成比は、

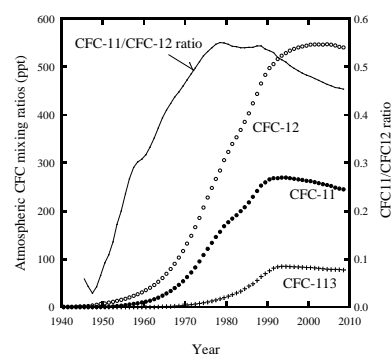


図 1. 大気中の CFCs 蓄積履歴と CFC-11/CFC-12 比の変化。

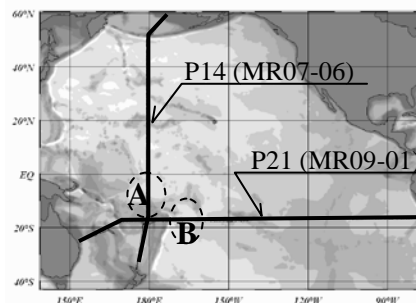


図 2. MR07-06 および MR09-01 の観測線。点線で囲った A と B は、深層で CFCs を検出した海域を示す (図 3 参照)。

図 3 参照)。

CFCs を含まない古い水との混合では変化しないので、新しい水塊成分の比を保存していることになる。図中 A の下部周極深層水中の pCFC-11/pCFC-12 比は、2007 年の観測時で  $0.40 \pm 0.06$  と算出され、図 1 に示した大気 CFC-11/CFC-12 比の履歴と照合すると 1966 年当時の大気組成と一致した。すなわち 40 年ほど前に南極周辺で気体交換した水塊が A の地点に到達していることになる（1990 年代の観測では検出されていないので計算不可）。図中 B の下部周極深層水中の pCFC-11/pCFC-12 比は、2009 年の観測時で  $0.51 \pm 0.03$ 、2001 年の観測データからは  $0.39 \pm 0.03$  と算出され、1975 年および 1966 年の大気組成とそれぞれ一致した。南極周辺で気体交換した水塊が B の地点まで到達するのに概ね 35 年程度掛る計算になる。以上の結果によれば、B の地点から A の地点まで、概ね 2500km の距離を 6-7 年程度で移流することになるので、その速度は約 1cm/s と算出される。

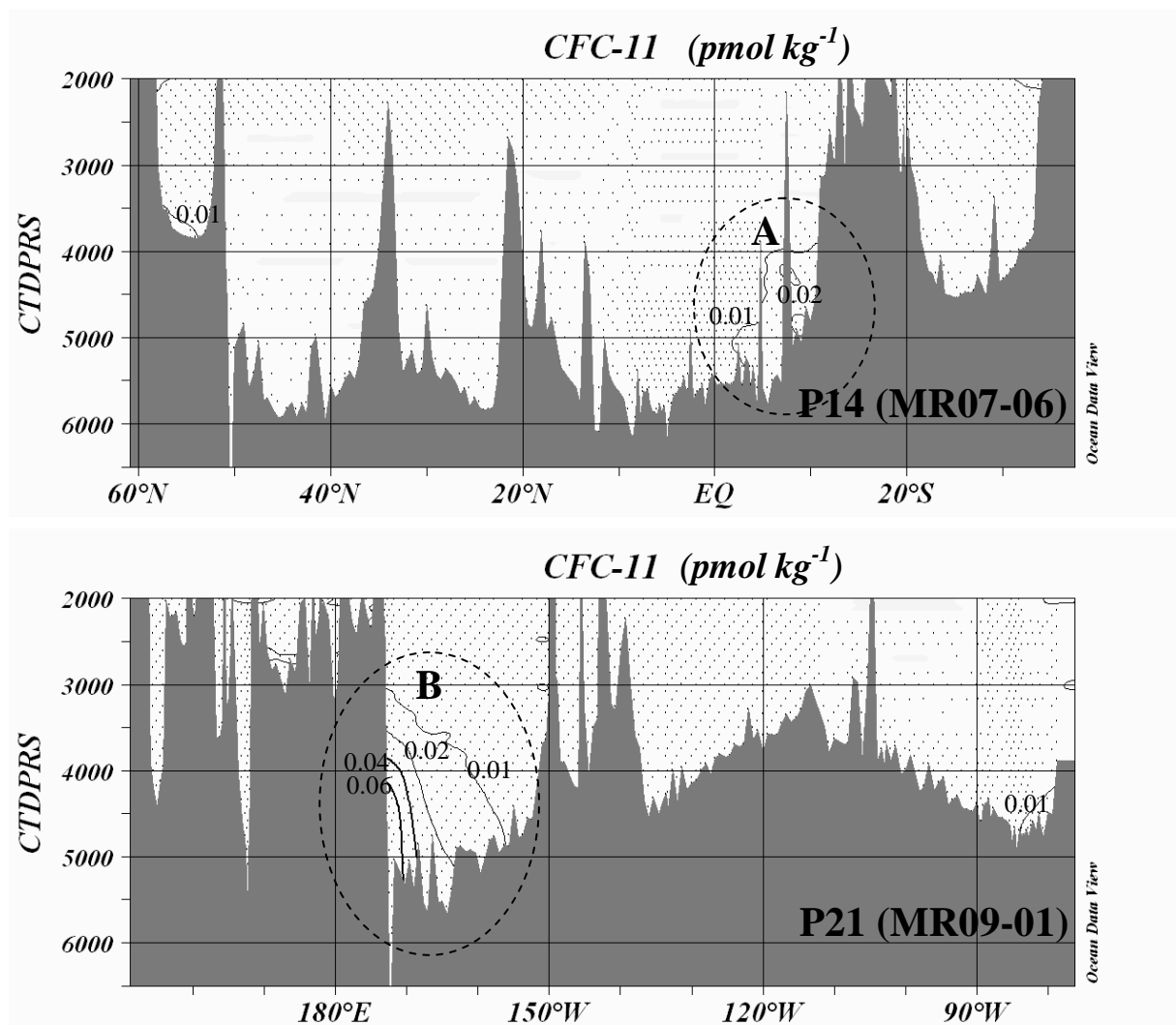


図 3. MR07-06 および MR09-01 で得られた CFC-11 濃度の鉛直断面分布(2000db 以深のみ)。下部周極深層水と思われる水塊中に CFC-11 が検出された(図中の A と B)。1990 年代に行われた WHP 観測では、A の海域では検出されず、B の海域では最大で  $0.02 \text{ pmol kg}^{-1}$  程度の CFC-11 が既に検出された。また、B の海域では 2001 年にも観測があり、最大で  $0.03 \text{ pmol kg}^{-1}$  の CFC-11 が検出されている。