

マイクロ流体デバイスを用いた海洋 pCO₂ 計測に関する研究

○中神夏子（横浜市立大学）, 中野善之・三輪哲也（海洋研究開発機構）

柳田保子（東京工業大学）

はじめに

人類の活動により大気に排出された二酸化炭素は約 30%が海水に吸収されており、地球温暖化の将来予測のため海洋の二酸化炭素濃度観測の需要が高まってきた。しかし海洋における二酸化炭素濃度の観測は現在も時空間的な空白域が存在する。そのため、海洋全体を高精度高頻度で観測できる観測機器の開発が求められてきた。海洋研究開発機構では海洋観測漂流ブイにセンサーを取り付け、二酸化炭素濃度の観測データを長期的かつ広範囲にて収集することを目指している。そのためには、漂流ブイを一定量の台数で展開する必要があり、センサーの堅牢性とコストダウンが必要となる。そこで要となるガス交換を行うデバイスの改善に注目した。現在はガス交換デバイスにアモルファステフロンチューブを用いているが、これはガス透過性に優れている利点とともに、コスト高で、構造上脆い問題点がある。これを解決するには、アモルファステフロンチューブに代わる、ガス透過性が高く、低コストで丈夫な素材が必要である。そこでジメチルポリシロキサン (PDMS) とシリコン膜を組み合わせたマイクロ流体デバイスに注目した。本研究では、漂流ブイ用センサーに適した PDMS ベースのマイクロ流体デバイスの作成、およびその性能とガス透過性を評価し、最適な流路パターンを検討した。

実験内容

本研究で用いる二酸化炭素センサーは海水と二酸化炭素平衡になった pH 指示薬溶液の pH を高精度に計測することによって、海水の二酸化炭素濃度を計測した。この方法では、指示薬の極大吸収波長 2 波長における吸光度の比を計算することによって二酸化炭素濃度が求まるため、長期経時変化が少なく、理論上は絶対測定となり標準物質を必要としない特徴がある。

ガス交換デバイスとしてのマイクロ流体デバイスの製作にあたり鋳型は Si 基板にフォトレジスト膜 (SU8-3050) を塗布し、露光することで流路パターンを転写し、流路高を約 100 μm になるよう調節した。この鋳型に PDMS を流して作成した流路膜と、プラズマ処理を施しガス透過性を有するシリコン膜で、両膜を貼り付けた。この方法で円形らせん状の 2m、1m、矩形の 2m、1m の 4 種類の流路長のマイクロ流体デバイスを製作し、二酸化炭素濃度を変化させたときの応答性能を調べた。

二酸化炭素濃度が異なる海水を作るために海水を入れたビーカーを 2 つ用意し、それぞれ 2500ppm と 368ppm の混合ガスにて 1 時間以上バブリングし平衡させた。pH 指示薬溶液であるブロモクレゾールパープルをガス交換デバイスに流したものを大気中から 2500ppm のビーカーへ入れ平衡状態に達するまで計測した後、そのガス交換デバイスを 368ppm のビーカーへ入れ替え、同じように平衡状態まで計測した。最初にそれぞれの反応時間を調べるために平衡条件を定めた。平衡条件は二酸化炭素濃度検出器の精度が 1.5%であり、今回は実験室での計測ということを加味して 1%とした。

研究結果

ガス交換デバイスの流路パターン 4 種類全てにおいて精度 1%を満たすことが確認できたため、今回作成したマイクロ流体デバイスのうち、すべてがガス交換を行う機能を有していると考えられた。次に、デバイスの流路パターン 4 種類の 2500ppm, 400ppm の場合の平衡条件までの反応時間を調べた。図 1 に矩形 1m の流路パターンの測定結果を示す。

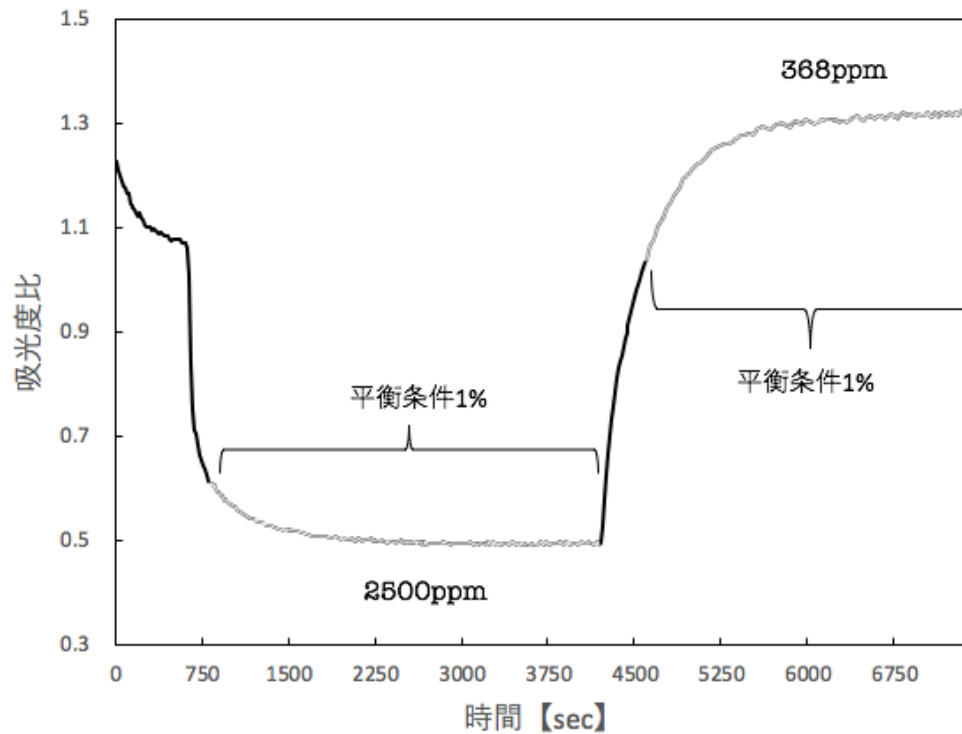


Fig 1. 矩形 1m の流路パターンにおける吸光度比の変化。灰色部分が平衡条件 1%を満たした場所を示す。

また、今回の実験で、平衡に必要なバブリング時間を円形 2m, 矩形 2m, 矩形 1m では 1 時間強で行なったが、円形 1m のみ 3 時間半で行った。これは、海水が平衡になるまでの時間を検討するために行ったが、1 時間ではバブリングによる平衡に多少のばらつきがあった。各デバイスの 2500ppm 時の結果と、そこから 368ppm へ移した時の結果の詳細はポスターにて詳しく紹介する。また、吸光度比の変化量についても発表する予定である。2500ppm の反応時間は円形 2m, 矩形 2m, 円形 1m, 矩形 1m の順に、165s, 165s, 240s, 225s であった。流路が長い方が反応時間が早い傾向がみられた。