

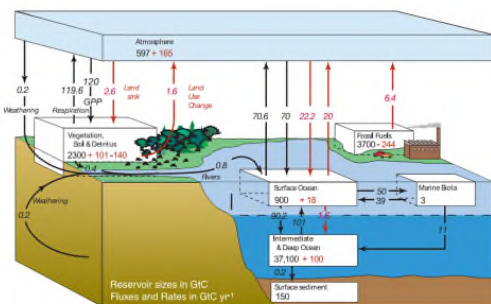
太平洋における CO₂ 収支に関する情報提供について

宮尾 孝 （函館海洋気象台 海洋課）

1. はじめに

現在問題となっている地球温暖化の主な原因が、人間活動による温室効果ガスの増加であることは、ほぼ確実であると考えられている。水蒸気を除く温室効果ガスのうち、大気中の濃度が最も高い二酸化炭素（CO₂）は、地球温暖化への影響が最も大きいとされている。

CO₂は形を様々に変えながら気候システムの中を循環している（第1図）。地球の表面積の7割ほどを占める海洋は、大気中にCO₂として存在する量のおよそ50倍もの炭素を溶存無機炭素の状態で貯えており、年々人為的に放出されるCO₂の約3分の1を吸収していると考えられている（IPCC 2007）。



第1図 炭素循環の概念
IPCC (2007) より転載

今後数十年から数百年のうちに起こると予想される気候変化がもたらす様々な社会・経済的影響に対し、世界各国との協力体制を構築し、解決策を見いだすためには、まず地球温暖化の進行に伴う気温上昇を正しく評価することが重要である。しかし、温暖化予測モデルによるCO₂濃度の予測ひとつとっても、そこには大きな不確実性が存在している。この不確実性を低減させるためには、観測データをもとに炭素循環の

各素過程の実態を明らかにし、予測モデルの炭素循環部分を改善することが必要である。

こうした背景から、気象庁は2008（平成20）年に「地球環境に係る気象庁の主要な施策」を掲げ、地球温暖化の監視・予測に係る重点施策の一環として、地球温暖化の監視強化（温室効果ガスの監視）および地球温暖化予測情報の改善に取り組むこととした。

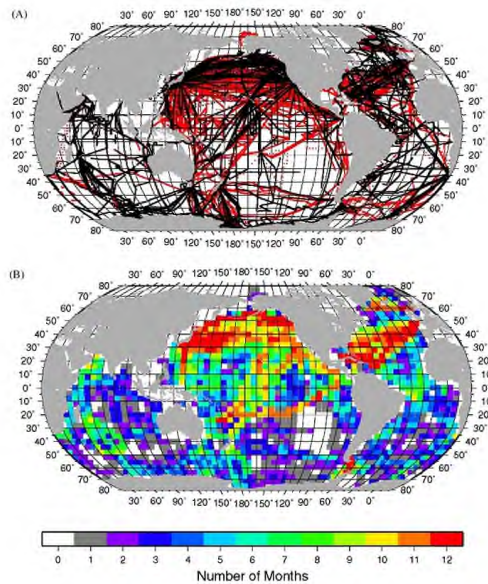
ここでは、気象庁 地球環境・海洋部による太平洋域におけるCO₂フラックス推定の試みと、それを利用したウェブ上でのCO₂収支に関する情報提供について簡単に紹介する。

2. CO₂フラックスの評価法

大気-海洋間のCO₂フラックスを評価するには、大気中および表面海水中のCO₂分圧、pCO_{2a}とpCO_{2s}の情報が必要である。pCO_{2a}に比べるとpCO_{2s}の季節・経年変動は大きく、このため大気-海洋間のCO₂フラックスは大きな時空間変動を示す。しかし、船舶やブイなどに頼らざるを得ないpCO_{2s}の観測データは量的に乏しく、時間的にも空間的にも偏在している（第2図）。したがって、CO₂フラックスの評価においては、pCO_{2s}の時空間分布の適切な推定手法の開発が課題となる。

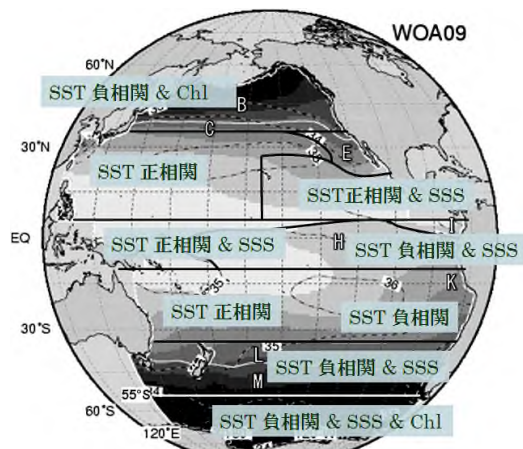
気象庁は、大気-海洋間のCO₂フラックスに関する情報を、北西太平洋亜熱帯域（11°N～30°N，130°E～165°E）については1999年から、また、太平洋赤道域（10°S～5°N，135°E～95°W）については2007年から、毎年提供してきた。これは、大気-海洋のCO₂分圧差とガス交換係数からCO₂フラックスを直接的に評価するものである。しかし、北太平洋の亜寒帯域や南半球の海域についてはpCO_{2s}の適切

な推定手法が見いだされておらず、情報を提供できなかった。



第2図 偏在する pCO_{2s} の観測データ
Takahashi *et al.* (2009) より転載

杉本と平石 (2009) は、気象庁でそれまでに用いていた推定手法をもとに、衛星観測による海色データに基づくクロロフィル濃度データも加えることによって、太平洋のほぼ全域（全海洋面積の 45% をカバー）における pCO_{2s} の推定を可能にした。pCO_{2s} の推定には、気象庁の作成した海面水温・塩分 (SST, SSS)、衛星観測の海色データに基づく海面クロロフィル濃度 (chl)、海面気圧・海面風速を用いた。

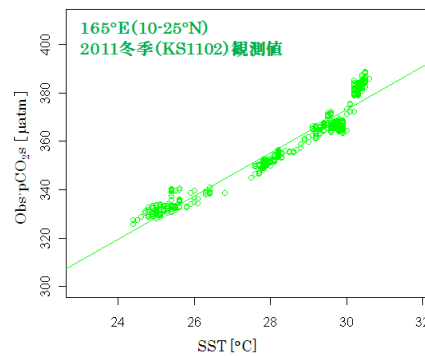


第3図 解析海域と推定式のパラメータ

本来、解析対象海域の区分は pCO_{2s} の変動をもたらす要因の違いで決められるべきだが、便宜上緯度・経度の線や SST, SSS の特定の等値線等が境界となっている (第3図)。

3. pCO_{2s} 推定の実際

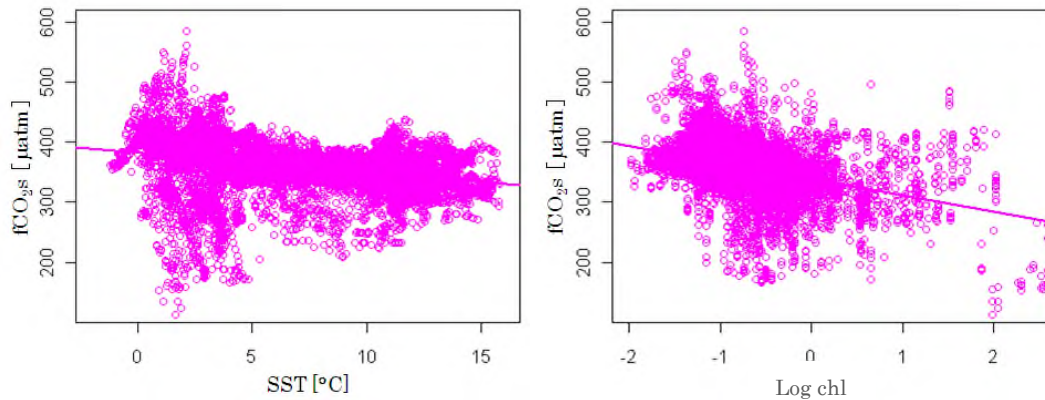
まず pCO_{2s} と SST の正相関によって推定値を作る北太平洋亜熱帯域の例を示す(第4図)。この海域は、生物の一次生産に乏しく、冬季における表層の鉛直混合もあまり発達しない。pCO_{2s} と SST の間にはほぼ線型の関係があり、SST だけから pCO_{2s} の推定値を得ることができる。



第4図 165°E 線 (亜熱帯域) における pCO_{2s} と SST の関係

次に、pCO_{2s} と SST の関係だけでなく、chl との関係にも注目する北太平洋亜寒帯域の例を示す (第5図)。この海域は冬季鉛直混合が発達しやすいので、SST が低下する冬季に下層から表層へと溶存無機炭素が豊富な水が供給され、pCO_{2s} は SST と負の相関を示す。また、高い一次生産により CO₂ が消費されることに関連して、chl の対数と pCO_{2s} との間にも負相関がみられる。そこで、SST および chl の対数を用いて pCO_{2s} の推定値を求めることとした。

本稿では他の海域における pCO_{2s} の推定法については述べないが、いずれの海域においても pCO_{2s}[atm] の推定値と pCO_{2a}[atm] とが揃えば、次式により CO₂ フラックス F[mol・m⁻²・yr⁻¹] を評価することができる：



第5図 アリューシャン列島南方（亜寒帯域）における $f\text{CO}_2\text{s}$ と SST の関係（左）および $f\text{CO}_2\text{s}$ と Log chl の関係（右）。

$f\text{CO}_2$ は分子間力の影響を考慮した値で $p\text{CO}_2$ と大きな差はない。

$$F = 0.088 \cdot k \cdot L \cdot (p\text{CO}_2\text{s} - p\text{CO}_2\text{a})$$

k : ガス交換速度 [$\text{cm} \cdot \text{hr}^{-1}$],

L : CO_2 の溶解度 [$\text{mol} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{atm}^{-1}$]

係数の 0.088 は各パラメータの単位を合わせ

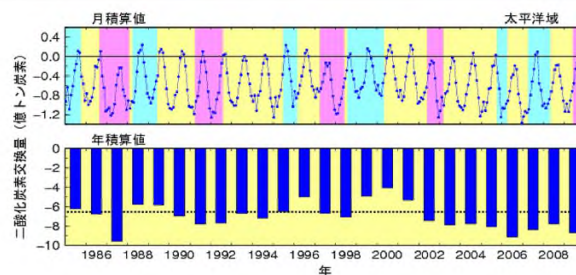
るためのものに過ぎない。ガス交換速度 k は風速の自乗に比例し、 CO_2 の溶解度 L は水温・塩分の経験的な関数で表現される。

大気－海洋間の二酸化炭素交換量（太平洋）

平成23年4月26日発表（次回発表予定 平成24年3月21日）
気象庁地球環境・海洋部

診断（2009年）

- 太平洋では、年単位で見ると、1985～2009年の期間を通じて、大気から海洋中に二酸化炭素が吸収されています。
- 太平洋は、平年（1985～2000年の平均）では6.5億トン炭素/年（炭素の重量に換算した年間交換量）の二酸化炭素を吸収しており、その量は全海洋で見積もられた1990年代の年平均吸収量の22億トン炭素/年（IPCC, 2007）の約30%に相当します。
- 1985～2009年の期間では太平洋の二酸化炭素の吸収量には長期的に有意な変化はありません。
- 2009年の太平洋の二酸化炭素の吸収量は、8.7億トン炭素/年であり、平年の吸収量の6.5億トン炭素/年より多くなりました。



第6図 気象庁がウェブ上で提供している「海洋の健康診断表」の「大気－海洋間の二酸化炭素交換量」の診断ページ（部分）。

4. 気象庁が提供している情報

気象庁がウェブ上で提供している「大気－海洋間の二酸化炭素交換量」の診断ページ (http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/a_2/c

[o2_flux_pac/co2_flux.html](http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/shindan/a_2/c/o2_flux_pac/co2_flux.html)) の一部を第6図に示した。関連する知識のページへのリンクも充実しているので、興味をお持ちの方はご覧いただきたい。