



【図2.2】大気中二酸化炭素濃度観測ネットワークと大気の流れ拡散のデータを使い、インバースモデルで解析して得られた大陸海洋を幾つかに分割した規模での炭素収支分布。年平均フラックス (PgC year<sup>-1</sup>) の分布 (区分毎の全フラックス) (Raynerら, 1999) 赤字: スルゲート上空観測結果を加味したときの値 (Maksyutovら, 2003)

### 1 | 4 | 3 | 海洋は大気中に蓄積してくる二酸化炭素の大きな吸収源である

これまで述べてきたように、温室効果ガスの代表とも言える二酸化炭素を、海洋でも吸収している。

1990～2000年の間で、化石燃料の燃焼などで生じる二酸化炭素の年間生成量6.3PgCのうち、実に1.7PgCを吸収していると推定されている。

これは大気に蓄積されてくる二酸化炭素の量 (3.3PgC) を除くと残りの約50%を占めており、海洋は陸上の生態系と並んで大きな二酸化炭素の吸収源となっている。

なぜ海洋が、大気中の二酸化炭素を吸収するのだろうか。

二酸化炭素は水に溶解すると、二酸化炭素、炭酸、重炭酸イオン、炭酸イオンなどの形態となるが、これらの割合はpHによって異なる。

海水のpHではその大部分 (85%) が重炭酸イオンとして存在し、これら無機炭酸の総量では二酸化炭素として存在するのに比べると、100倍以上も多く溶解することができる。実際、現在の海洋は平均水深が3800mであるが、大気中に存在する二酸化炭素の約50倍もの無機炭酸を溶かし込んでいる。

このような海水の性質に加えて、表層の植物プランクトンなどによる生物活動が、二酸化炭素の取り込みを促進させている。

植物プランクトンが、光合成で有機物を生成する際に無機炭酸が使われ、これらの有機物が中・深層に輸送され、そこで分解されて再び無機炭酸を生み出す。この一連のプロセスによって、海洋では大気との溶解バランスで決まるよりも高濃度の無機炭酸を中・深層に蓄えることができる。この働きは「生物ポンプによる海洋の二酸化炭素の貯蔵機能」と呼ばれている。

海洋で、二酸化炭素が大気から海洋に溶け込むのか、あるいは海洋から大気へ放出されるのか、という吸収・放出のバランスを実際に決めているのは、二酸化炭素の大気と海洋表面との分圧差（この二酸化炭素分圧差のことを  $P_{CO_2}$  と呼ぶ。以下  $P_{CO_2}$ ）である。

現在、大気中の二酸化炭素は  $370\mu\text{atm}$ （二酸化炭素分圧、 $P_{CO_2}$ 、100万分の1気圧）であり、これに対して海洋表層の  $P_{CO_2}$  は、海域や季節によって大きく変わる（ $150\sim 750\mu\text{atm}$ ）ので、それを加味した観測が必要である。

海洋表層の二酸化炭素の測定には、大気中の二酸化炭素濃度と海水中の二酸化炭素を同時に測定する平衡システムを使った、赤外ガス分析計による測定が主流である。

これを行うには測定器を積んだ船が現場を通ることが必須であり、広い外洋域で密度の高いデータを得ることはなかなか困難であるといえる。

世界中の海洋表面の  $P_{CO_2}$  は1956～59年の間に行われた国際地球観測年【16】における測定を皮切りにすでに約100万サンプルの分析が行われている。このようなデータを基に、全海洋における大気・海洋間の「 $P_{CO_2}$ マップ」が作られている。

【図23】では、 $P_{CO_2}$  に溶け込みの速度定数を掛けた吸収・放出速度（フラックス）の全海洋での分布を示している。中緯度域や亜寒帯域では、大気より海中の二酸化炭素の分圧が低下することによる海洋への正のフラックスが見られる。

この原因は、低緯度からの表層水が北上するに従って冷却され、水温が下がったことにより多くの二酸化炭素が大気から溶け込むことができるようになるが、その過程に時間がかかるため、通常バランスより低い値で維持されることになる。同様の現象は植物プランクトンが二酸化炭素の固定を行うことによっても起きる。

一方、赤道周辺での高い値は、赤道湧昇【17】によって表層から下の無機炭酸を多く含む海水が表面に出てくるため、大気中の二酸化炭素の分圧より高くなる。

この【図23】は、過去40年以上にわたる観測値を統合して得られたものであり、いわば  $P_{CO_2}$  の平均値である。

最近では、もっと時間や空間的な変動に対応したモニタリングをす

【16】国際地球観測年  
(International Geophysical Year)  
略称 I G Y。1957年7月1日から58年12月31日までの1年半にわたって行われた国際共同の地球物理現象観測事業。全体の計画は国際学術連合会議(ICSU)の下に60か国以上が参加し、極光(オーロラ)気象、海洋、氷河、地震、重力、地磁気、宇宙線など、地球物理のほぼすべての分野にわたる観測が実施された。

【17】赤道湧昇  
赤道付近の深層の海水が上昇して表層で発散する現象。それに伴って栄養塩類が運び上げられて生物の繁殖を助け、生物生産が高くなる。