

4.1 海洋環境の特徴

4.1.1 海と陸の生態系の違い

海の生物のほとんどは、その生活史の一部あるいは全部期間、海水とともに漂流する浮遊生活を送る。また海藻などの植物では、その成長に必要な栄養も海水に乗って運ばれてくる。このような、流れの影響を強く受けた生態系は Hydro-dynamically controlled ecosystem（流れに支配された生態系）と呼ばれ、陸上のそれとは著しく異なっている。

生物が生きていくうえで必要なエネルギーの源は太陽光にある。植物の光合成は、生態系の中を循環するエネルギーの基礎となるものであるため、**基礎生産**または**一次生産**と呼ばれる。また植物の光合成にあたっては、光エネルギー、炭酸ガスの他に栄養を必要とする。陸上植物の栄養素（肥料）としては、窒素（N）・リン（P）・カリ（K）があげられる。一方、海ではカリはもともと十分な濃度であるため、無機窒素・リンが栄養塩（ $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ ）と呼ばれ、これに、海水中で枯渇しやすい珪素（ Si ）が栄養塩に加えられることがある。

窒素・リンの生態系中での循環は、陸上と海中では異なっている。例えば樹木では、落ち葉は地上に落ちて腐敗し、分解されて地中に入り、これが根から樹木に吸収されてまた樹木の生長に使われる。このように窒素・リンは生態系の中で循環して用いられる。一方、海の生態系では、窒素・リンは基本的には循環利用されない。海での一次生産と物質輸送を図 4.1.1 に示す。

光合成に必要な光は、太陽から海面に注ぎ、その約 90%は海面によって反射され、約 10%のみが海中に入る。植物プランクトンの光合成による有機物の生成が、呼吸による消費よりも勝る層を有光層と呼ぶ（両者が等しくなる深度は補償深度と呼ばれる）。地球上の海の深さの平均は 4000 m であるのに対し、補償深度は、よく透き通った外洋水でも約 100 m であり、外洋に比べて濁りの大きい沿岸の海では 10~20 m である。有光層では、植物プランクトンは栄養塩を取り込み、光合成をおこなって成長、繁殖していく。このため有光層では、栄養塩が枯渇していることが多い。植物プランクトンが死ぬと、海水中を沈降し、光の届かない無光層へと沈んでいき、ここで分解されて無機の窒素・リンへと帰っていく。このため無光層では栄養塩が豊富にある。窒素・リンという物質の流れをみると、海面の上層から、下層への一方向の輸送であり、物質循環が行われないフローとなっている。

図 4.1.2 に、日本南岸海域（紀伊水道沖）の栄養塩の鉛直分布を示す。ここで栄養塩の単位： μM はマイクロ・モラーと読む。モラーは mol/L のことである。水深 50 m までの硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）の濃度はほぼ 0

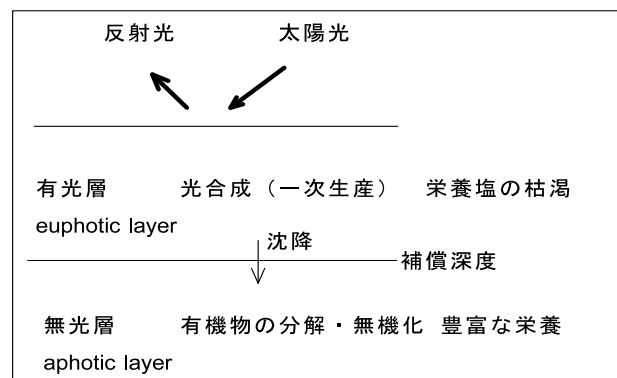


図 4.1.1 海の一次生産の模式図

であり、植物プランクトンに使い尽くされている。これより深い所では、濃度は水深とともに急激に増加しており、水深 100 m 以深では、富栄養化した海である大阪湾や伊勢湾よりも高濃度となっている。

近年、海の一次生産量に対して大きな興味を持たれている。その動機は、①地球温暖化問題に関連して、海の CO₂ 固定能力（一次生産に対応する）を知る、②地球の食料生

産力評価の一環として、人類は海からどれだけの食料を得ることができるか、一次生産量に基づいて評価する、③地球の生態系そのものをもっと良く知る、特に不明の部分の多い海洋生態系をもっとよく知ろう、というものなどである。

外洋域の一次生産力については、船舶による多くの調査、人工衛星によるリモートセンシングなどによりかなりの精度で評価できるようになってきた。一方、沿岸海域（大陸棚上の海域）は、面積は狭いものの一次生産力は特に大きい。この海域には陸上からの栄養供給があり、海洋構造も複雑であるので、ここでの一次生産量の評価は、まだ十分にはできていない。

4.1.2 湧昇流の重要性

先に述べたように、海洋での栄養（N・P）の輸送は、基本的には上から下への一方向の流れである。しかしながら、ある特定の場所や時間には、下層の海水が上層へとあがってくる。このような、栄養豊富な海水が上昇（湧昇）してくる海域は、湧昇海域と呼ばれ、一次生産量・生産性が高く、多くの場合、豊かな漁場となっている。

規模が大きく、有名な漁場ともなっているペルー沖海域（赤道湧昇海域）の例でみよう。赤道上では、西に向かって吹く風（貿易風）が卓越しており、これによって海面海水も西へと運ばれている。この流れのもっとも上流にあたる部分がペルー沖海域であり、ここでは西に向かう上層海水を補うように、下層の海水が湧昇してきている。このため、この海域の栄養塩濃度は高く、また一次生産力も大きい。この大きな一次生産に支えられて、アンチョビなどのイワシ類も多く、これらを餌にする海洋動物・海鳥も多い。長年にわたって堆積した海鳥の糞はグアノとよばれるリン鉱石ともなっており、この鉱石は日本にも輸出されている。つまり、リンは海の深い所から湧昇によって海面に運ばれ、植物プランクトン、イワシ、海鳥に利用され、鉱物となった後、日本へと船で運ばれてくることとなる。

この海域では、エルニーニョ、ラニーニャと呼ばれる興味深い現象が起きる（図 4.1.3）エルニーニョ現象は、太平洋赤道域の中央部（日付変更線付近）から南米のペルー沿岸に

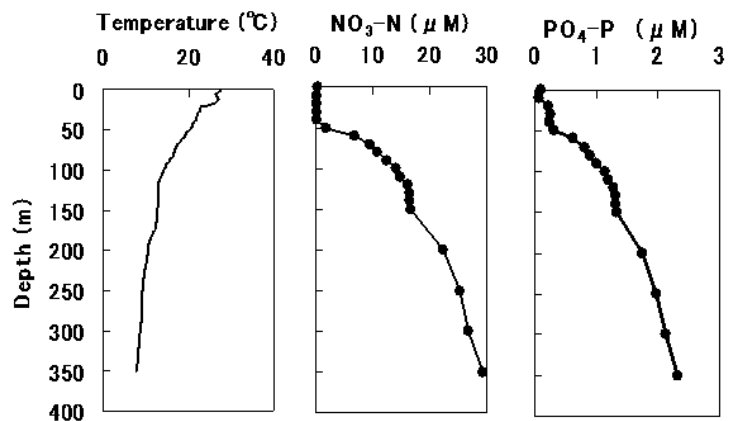


図 4.1.2 紀伊水道沖の水温，栄養塩の鉛直分布

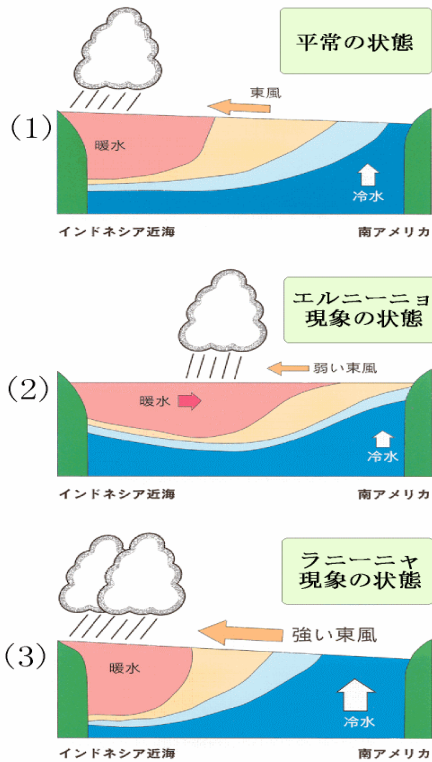


図 4.1.3 エルニーニョ・ラニーニャ現象

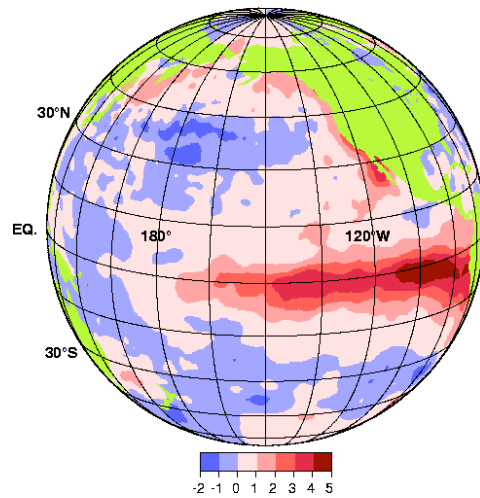


図 4.1.4 1997年11月の海面水温
平年偏差

かけての広い海域で海面水温が平年に比べて高くなり、その状態が半年から1年半程度続く現象である。これとは逆に、同じ海域で海面水温が平年より低い状態が続く現象はラニーニャ現象と呼ばれている。図 4.1.4 は、1997 年の春に発生して 1998 年の夏に終息したエルニーニョ現象が最盛期にあった 1997 年 11 月における太平洋の海面水温の平年(1971～2000 年の 30 年間の平均)からの偏差の分布を示している。赤道に沿った海域では、日付変更線(経度 180 度)の東から南米沿岸にかけて海面水温が平年より 1℃以上高く、西経 100 度付近では 4℃以上高くなっている(気象庁 HP より)。

エルニーニョ現象が発生すると下層からの湧昇が止まり、一次生産も著しく低下し、イワシの漁獲量も激減し、イワシに依存する海獣・海鳥も大きなダメージを受ける。世界の総漁獲量の 1997, 1998 年の減少(図 4.5.1)はこのエルニーニョによるものである。

湧昇には、季節的に発生するものもある。カルフォルニア沖では、夏季に北風が卓越する(図 4.1.5)。この風向は海岸線に沿う方向である。この風によって海面の海水は、地球自転の影響を受けて、岸から沖合へと流れ、この流れを補うように、下層の海水が湧昇してくる(沿岸湧昇と呼ばれる)。この湧昇によって栄養塩が有光層に運ばれ、植物プランクトンの増殖、引き続いて動物プランクトンの増殖が起きることが詳しく調べられている。このような沿岸湧昇は日本の沿岸海域でも頻繁に起きている。

有光層に栄養塩を供給するのは湧昇流だけではない。一般に、河川水は、陸上からの栄養を沿岸海域に供給する働きをする。このため、沿岸海域の一次生産量は大きな値となっている。

4.1.3 地球規模の海の流れ

地球規模でみると海水は長い年月をかけて大きな循環をしている（図 4.1.6）。

上層の海水が大洋の深層に沈み込む海域はきわめて限られた場所に集中している。大西洋北部、ラブラドル海で冷やされ、沈み込んだ海水は深海底にそって南に流れ、南極海底層を通過して太平洋に入り、北上して太平洋北部でゆるやかに湧昇し（約 1 cm/日）、海面に達する。この間に要する時間は約 2000 年である。上層に現れた海水は、インドネシア諸島海域を通り、アフリカの南をまわって、また大西洋北部へと帰っていく。

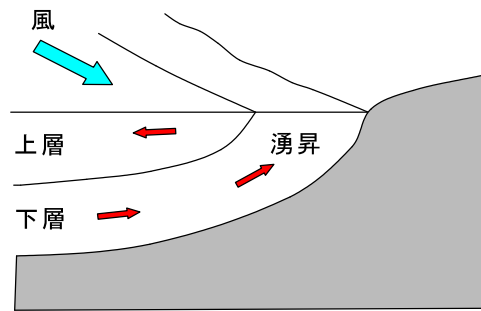


図 4.1.5 沿岸湧昇の模式図

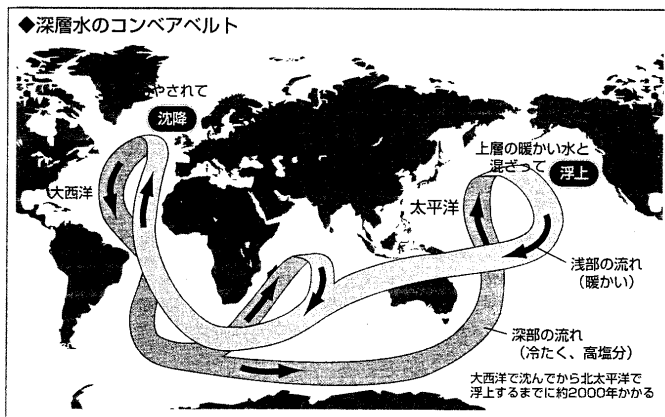


図 4.1.6
地球規模での循環流

(藤原建紀)

【参考図書】

東京大学海洋研究所：海洋のしくみ，日本実業出版社，東京，1997.