

海洋の風成循環理論

—風が吹くと海洋西岸に強い流れができる話—

1 北太平洋亜熱帯循環と黒潮

北太平洋において、北赤道海流を南縁、北太平洋海流を北縁とする時計回りの循環を北太平洋亜熱帯循環という。この北太平洋亜熱帯循環の西端には黒潮と呼ばれる強い流れが存在する。



図1 北太平洋亜熱帯循環（Encounter Edu ウェブサイト^{*1}より転載）

我々の目標は、この亜熱帯循環と黒潮の成因の概略を理解することである。

2 回転系において現れる力

上記目標を達成するため、以下の知識を前提とする。

- 北半球では、海水の運動方向に対して直角右向きにコリオリ力が働く
- コリオリ力は高緯度ほど強く働く

3 エクマン境界層とエクマン輸送

海面に風が吹いたとき、その直接的影響を受ける海面付近の10m程度の厚さの層をエクマン境界層と呼ぶ。恒常的に吹く風によりこの層内に生じる正味の流れは、流れに働くコリオリ力が風の及ぼす応力と釣り合うよ

^{*1} <https://encounteredu.com/multimedia/images/where-is-the-north-pacific-gyre>

うに風の向きに対して直角右向きとなる。この流れによる海水の輸送をエクマン輸送と呼ぶ。

4 エクマン収束とエクマンパンピング

北太平洋の中緯度には東向きの偏西風が、低緯度には西向きの貿易風が吹いている。これらの風により、偏西風帯では南向きの、貿易風帯では北向きのエクマン輸送がそれぞれ生じる。これらのエクマン輸送は、偏西風帯と貿易風帯の境で収束し、エクマン境界層下の海洋内部領域へと流出する。この海水の海洋内部領域への流出をエクマンパンピングと呼ぶ。

5 海洋内部領域での循環の生成

エクマン境界層下の海洋内部領域の海水は、エクマンパンピングに押し潰されて外向きに広がる。これに伴って生じる流れに働くコリオリ力により内部領域には時計回りの循環、すなわち亜熱帯循環が生成される。

6 惑星ベータ効果と惑星ロスビー波

コリオリ力が高緯度ほど強く働くことを惑星ベータ効果と呼ぶ。惑星ベータ効果により、北上する海水には時計回りの、南下する海水には反時計回りの回転がそれぞれ生じる。このメカニズムにより、循環のパターンが西向きに移動する惑星ロスビー波と呼ばれる現象が発生する。

7 西岸強化

エクマンパンピングにより、エクマン境界層下の海洋内部領域に生成された時計回りの循環パターンは、惑星ロスビー波として西向きに移動し、海洋西岸に押し付けられる。その結果、海洋西岸には強い流れが現れる。この現象を西岸強化と呼ぶ。

8 スベルドラップ平衡と西岸境界流

海洋西岸を除く領域では、南下する海水が反時計回りの循環を生成しようとする働きと、エクマンパンピングが時計回りの循環を生成しようとする働きとが釣り合って平衡状態に達する。この釣り合いをスベルドラップ平衡と呼ぶ。一方、海洋西岸では、北上する海水が時計回りの循環を強めようとする働きと、西岸との摩擦抵抗が時計回りの循環を弱めようとする働きとが釣り合って平衡状態に達している。このような釣り合いのもとで流れる海洋西岸の強い流れを西岸境界流と呼び、黒潮はその代表例である。