

大気の大循環モデルの再現実験

地学班 越智 友祐 嶋谷 洋輝

共同研究者 地学班：川岸 大祐 長田 知樹

キーワード：大気の大循環 偏西風波動 洗い桶実験 ハドレー循環

1. はじめに

大気は低緯度で高温、高緯度で低温であり、大気上層では北向きの流れが、大気下層では南向きの流れが生じるような温度分布となっているが、地球上では自転による転向力が作用するため、運動は北半球で右に曲げられ、結果として上層の大気は東向きの流れとなっている。また、地上では赤道向きの流れが北東貿易風として吹き、この一連の対流性循環をハドレー循環という。一方、中緯度上空では自転による転向力が強く作用し、鉛直方向の対流の発生を妨げるため、傾圧不安定という状態になり、気流が南北方向へ蛇行することで熱輸送を行うようになっており、これを偏西風波動という。

われわれは、手持ちの機器を利用してこの実験を様々な条件で再現するとともに、気象学に関する文献や論文でもあまり扱われていない、dishpan 実験における底層の水流の可視化に挑戦し、実際の大气運動との共通点と相違点について研究を行った。



2. 実験方法

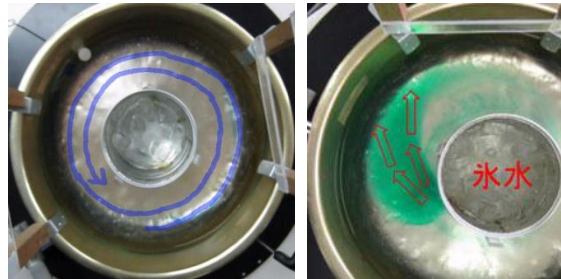
- ①電動回転台に右のような装置を設置する
- ②金属鍋に水を入れ、中央に氷水の入った缶を設置、回転台を回転させながら外側からバーナーで加熱する
- ③青いマープリング液を表面に落とす
- ④低層の流れを見るために氷水で冷やしたマープリング液で観察する
- ⑤上部よりカメラで撮影する

3. 実験結果と考察

(1) 回転数 3 r p m の場合

表層では色素は反時計回りに移動しながら、螺旋を描くように外側から内側へと徐々に流れた（右図左）。底層ではマープリング液は時計回りに外側に向けて拡散した。（右図右）

表層で上図のような流れとなったのは、内向きにはたらく圧力傾度力と、水流に対して直角右向きにはたらく転向力が釣り合ったためにできた流れで、低緯度地域にみられるハドレー循環の上層の西風に対応している。また、底層の流れは北半球の低緯度を吹く北東貿易風に一致する。



(2) 5 r p mの場合

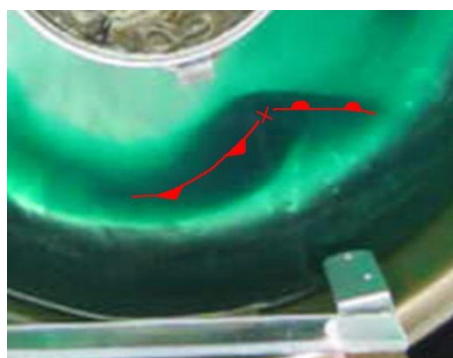
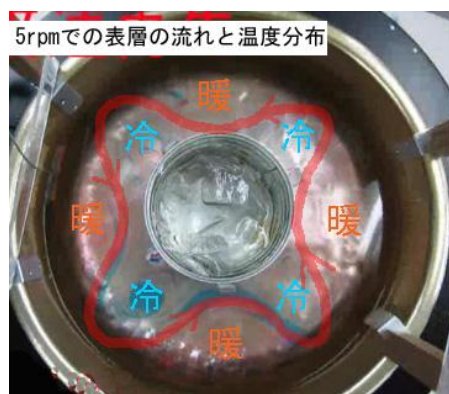
表層においては水の流が蛇行して、反時計回りに移動する4つの波動ができた。底層は円を描くように反時計回りに流れ、その後流れの中にインクの濃い部分と薄い部分ができていた。

波動は地球の中緯度上空にみられる偏西風波動に対応している。温度測定の結果により、波動の中心側には冷水塊が、外側には暖水塊ができおり、これは大気上層における寒気と暖気の分布に一致する。赤の色素で表層の流れも確認すると、先ほどの画像と同様に、4つの波動が形成されていた。

底層のインクの濃い部分については、インクがつくる形が地上の温帯低気圧による寒冷前線と温暖前線に伴う雲のようすと似ている。(右図)

また、底層の流れを表層の流れに重ねてみると、インクの濃い部分は冷水塊の真下に位置しているが、実際の大気においては、地上の低気圧の中心は上空の気圧の谷の東側にできることが知られている。また、実際の大気では地上の低気圧から上空の気圧の谷に向かって西に傾いた渦管を形成するが、実験ではインクの濃い部分は水面の冷水塊の真下に位置し、渦管が直立しており、実際の大気と異なる。

また、地上の低気圧は南北間の温度差によって生じ、渦を形成しながら発達し南北の空気をかき混ぜ終わると衰退するが、本実験ではそのような成長・発達の過程は再現できていないように思える。



4. まとめ

今回の実験で、低緯度と中緯度における、地上と上空の大気の流れに近い現象を、小規模の実験装置で再現することができ、地球上の大規模な運動をシミュレートすることができた。しかし、渦管の傾き具合の違いなど、実際の大気とは異なる部分も見られた。

今後は水槽内の温度の分布や中層での流れをしらべ、底層にできた低気圧性の渦の位置が冷水塊の真下にある理由や、水槽内の水流による熱交換のメカニズムについて解明していきたい。

5. 参考文献および参考 web ページ

- ・ 地学図表(浜島書店)
- ・ 偏西風のシュミレーション

(<http://www.higo.ed.jp/ws/kchigaku/seito/h17/seiseiko/houkoku.htm>)