

# 偏西風波動の再現実験

地学班 西垣 香苗

共同研究者 地学班：芝岡 紘美 林 遊平

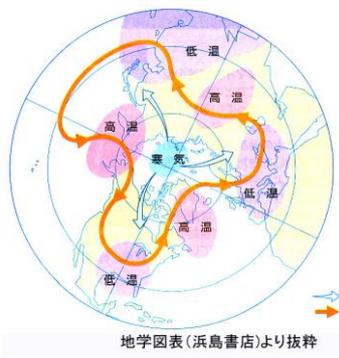
キーワード：偏西風波動 洗い桶実験 ハドレー循環

## 1. はじめに

対流圏の中～上層を吹く偏西風は、図1のように緯線に並行しつつ大きく蛇行しながら地球を取り巻いている。この蛇行の様子の変化は、地表の気象にも寒波や熱波をはじめとした、様々な影響をもたらしている。上空を吹く偏西風に働く主な力は、南北の温度差に起因する気圧傾度力、地球の自転に起因する転向力の2力である。

私たちは、回転電動台と円筒形の鍋を用いて、温度差や回転数を変化させることで生じる水面の運動について研究を行った。

(図1) 寒気暖気の分布および気流



## 2. 実験方法

- (1) 電動回転台に水深6 cmの水を張った金属製の鍋(30 cm φ)を載せ、中央に氷水の入った金属円筒(20 cm φ)を設置する。また、水面の温度を測定する温度計も設置する。
- (2) 電動回転台を回転させ、約20分放置後、鍋の水を台の回転に同期させる。
- (3) 鍋の外壁をガスバーナーで熱し、外壁に接した水を暖める。
- (4) 水面にアルミニウム粉やマーブリング液を浮かべ、水面の運動をビデオに記録する。
- (5) 録画を再生し、水面の様子や温度変化について分析する。



## 3. 実験結果と考察

### (1) 静止系における対流実験(初号機)

#### ①内容

上記の実験方法において、鍋に回転を与えずガスバーナーも使用せず、中央の氷水によって発生する温度差のみによって、どのように水流が発生するかを観察した。

## ②結果

金属円筒の側面の底に投入した色素は、(図 2)のように鍋の底を外に向かい壁に沿って上昇、その後水面を内側に進み、氷水の入った感に接してすぐに、かなり速い速度で真下に下降した。



## ③考察

氷水によって冷やされた金属円筒側の水が収縮し、外側から水位の低下した金属円筒側に水が流れ込んだ。そして金属円筒側の底の水圧が高く、外側の底の水圧が低くなり、底部分の水が外側に流れ込むことによって、色素が循環したと考えられる。

## (2) 回転系における対流実験(回転数は一分間に2周する速さ:2rpm)

### ①内容

上記の実験方法において、鍋を2rpm(1分間に2周する速度)で回転させ、ガスバーナーを1つ点火し、水面の動きを観察する。

### ②結果

水面に浮かべたマーブリング液の動きから、表面の水は回転台の回転による転向力を受けて内側に真っ直ぐには進まず、進路を右側に曲げられて反時計回りに金属鍋を回転しながら、内側へと進んだことがわかった。

また、下表のように加熱条件(バーナー数)を変化させることで、出来る水流の速さに違いが生じた。

(表 1)

	←小 温度差 大→		
火力(点火バーナー数)	なし	1本	2本
水面運動の周期(秒)	308	42	26



### ③考察

内側と外側の温度差が大きければ大きいほど、速い流れができ、水面運動の周期が短く

なった。この現象は、上空の偏西風が南北間の温度差が大きい時に強く吹く、ということに対応していると考えられる。

### (3) 回転系における実験と水流の観察(回転数 4rpm, 8rpm, 12rpm)

#### ①内容

上記の実験方法においてガスバーナーを一つ点火し、鍋を 4rpm, 8rpm, 12rpm で回転させ、水流の様子がどのように変化するかを観察する。

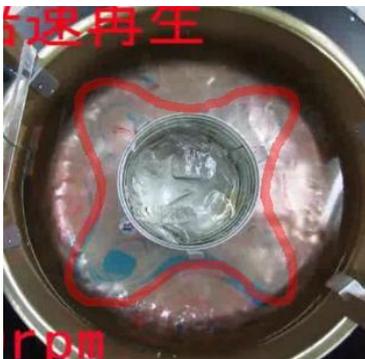
#### ②結果

実験(2)では反時計回りに回転しただけだった水流が、内と外に大きく蛇行して波動を描くようになった。

また回転数を増やすと、波動の数が(表 2)のように増えた。

(表 2)

回転数	2.0rpm	4.0rpm	8.0rpm	12rpm
波動の数	なし	4	5	7



#### ③考察

地球上では、高緯度であればあるほど転向力を強く受ける。したがって、波動の生じなかった 2.0rpm は低緯度のハドレー循環に、波動の生じた 4.0rpm 以上は中・高緯度の偏西風波動に対応していると考えられる。

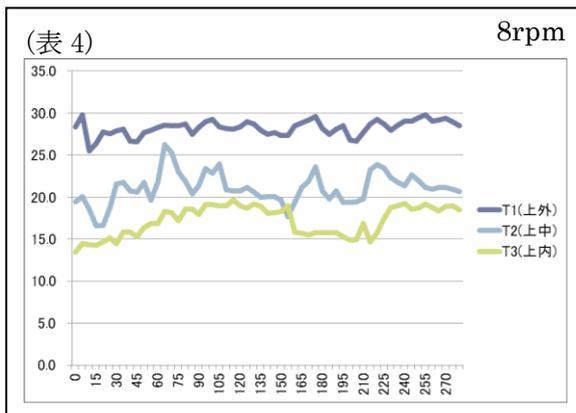
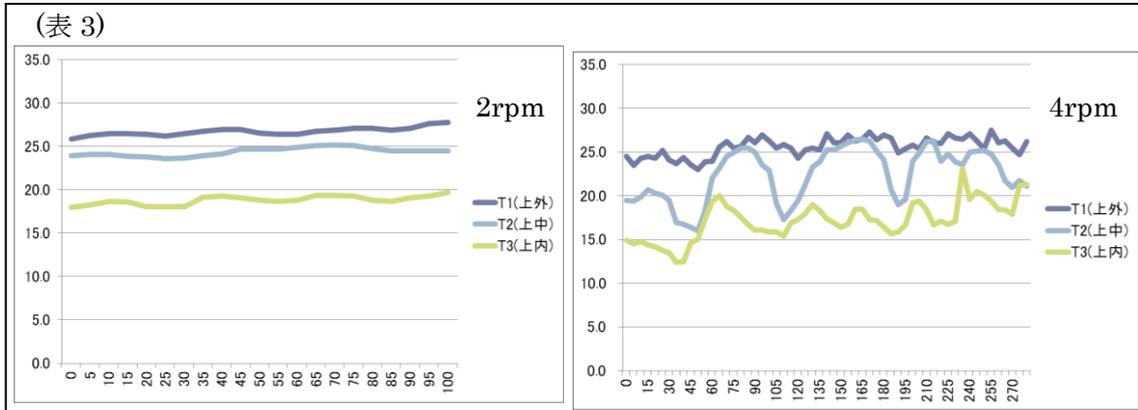
### (4) 水面の温度変化の計測(回転数 2rpm, 4rpm, 8rpm)

#### ①内容

上記の実験においてガスバーナーを一つ点火し、金属円筒側から外側に向かって、水面付近三地点の温度を計測する。

## ②結果

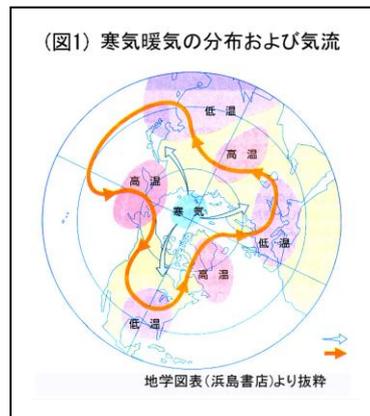
(表 3)から(表 4)のように、2rpm では波動が出来ず、大きな温度の変化が見られなかった。しかし 4rpm と 8rpm では波動が出来て、金属円筒と外壁の間の中間地点では大きな温度変化が見られた。



4rpm では約 70 秒周期で温度変化が大きく、8rpm では約 30 秒周期で温度変化が 4rpm よりも小さいことが分かった。また、波動と温度変化を観察した結果、波動の内側では温度が低く、波動の外側では温度が高いことがわかった。またそれらの水塊は、反時計回りに移動していた。

## ③考察

(図 3)のように、水流が蛇行して出来た波動の内側には冷水塊が、また外側には暖水塊が出来ていると考えられる。これらの水塊は、(図 1)と対応しており、中緯度上空の寒気暖気の分布を再現できたと考えられる。



#### 4. まとめ

小さな金属鍋を用いて、地球上の中から高緯度の大気の循環、2rpm に対応するハドレー循環や、4rpm から 8rpm などに対応する中・高緯度の偏西風波動を再現することが出来たと考えられる。

しかし、今回の実験では金属鍋内の水の表面の温度と水流のみの計測となり、再現できたのは地球上空の気象のみしか再現することが出来なかった。

また今回の実験は、実験器具の用意等に時間を要し、計測結果のサンプルの数が少ない中での実験結果の考察となった。

よって、今後の実験では同じ条件下での実験を行いサンプルを増やし、金属鍋の底の温度と水流を計測し、地球の地表付近の気象の再現も試みてもらいたい。

#### 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>)