



温水槽と冷水槽逆転による回転水槽

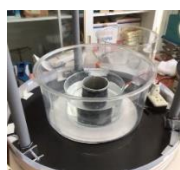
新潟県立高田高校 理数科3年 美納正宗

1. はじめに

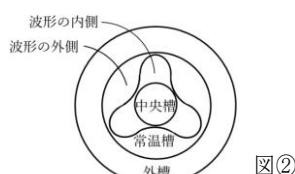
回転水槽実験とは、水槽内に中緯度地域の気象の様子を再現するものである。温水槽と冷水槽の位置を逆転させることで、温度差による通常の回転水槽への影響を探ろうと考えた。

2. 研究方法

図①の装置の水槽に外側から順に熱水、常温水、氷水を入れ反時計回りに約 0.5rad/s で回転させる（通常の回転水槽）。また、温水と冷水の位置を入れ替えて同様にする（逆転した回転水槽）。アルミ粉末を用いて上層を、染料を注入して下層を観察する。また、赤外線カメラを用いて上層の温度分布を観察する。（以降図②のように各場所を呼称する。）



図①



図②

・使用した器具

・円筒形水槽(常温槽直径 163mm 中央槽直径 73mm) ・電動回転台 ・iPad(撮影用) ・FLIR ONE(赤外線カメラ) ・マーブリング墨流しインク(染料) ・アルミ粉末 ・注射器型スポイト

3. 結果と考察

・結果

・染料・アルミ粉末を用いた観察

通常の回転水槽・逆転した回転水槽ともに、上層と下層の波形は山一つ分ずれている（図③～⑥）。図③⑤は通常の回転水槽、図④⑥は逆転した回転水槽である。図⑤⑥は図③④を波形が分りやすいよう実線で示したものであり、赤線が上層、青線が下層の波形を示している。



図③



図④



図⑤

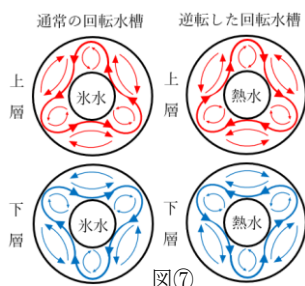


図⑥

通常の回転水槽の上層は反時計回りに、下層は時計回りに回転した。逆転した回転水槽の上層は時計回りに、下層は反時計回りに対流した（図⑦）。また、通常の回転水槽ではアルミ粉末が波形の外側に集まったのに対し、逆転した回転水槽では、波形の内側に集まった。

・赤外線カメラを用いた観察

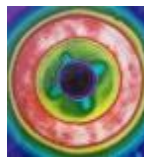
通常の回転水槽では波形の内側に冷水が分布し、外側に温水が分布している（図⑧）。逆転した回転水槽では波形の内側



図⑦

に温水が分布し、外側に冷水が分布している（図⑨）。

また、波形の形状に大きな違いが見て取れた。



図⑧



図⑨

・考察

・鉛直方向の対流について

上層と下層の波形がずれていることと、上層の温度分布から図⑩のように温水と冷水が分布していると考えられる。

図⑩より、上層に温水、下層に冷水が流れ込む部分（部分A）と、上層に冷水、下層に温水が流れ込む部分（部分B）が発生する。この時、部分Aは安定するが、

部分Bでは密度差により温水が上昇しようとし、冷水が下降しようとする。温度の違う流体は混ざりにくいため、温水と冷水は互いに押し合い、それぞれに力が加わる。力が加わることで水の塊は変形し離散しようとするが、水圧がそれを妨げる力として働く。水圧は下に行くほど大きくなるため、温水の方が離散しにくい。結果、温水が上昇し冷水が離散することにより部分Bで上昇流が発生すると考えられる。また、連続の法則より、上層へ流入（上昇）する水と同量の水が、部分Aで下層へ流出（下降）すると考えられ、この下降流の分布は、アルミ粉末が集まった位置と同じである。

さらに、図⑧⑨より上層では温水の分布範囲が広いことがわかる。このことから、部分Bの面積は部分Aよりも小さいと考えられ、連続の式より、2種類の回転水槽どちらにおいても上昇流の流速は下降流より速いと予想できる。

4. おわりに

通常の回転水槽と逆転した回転水槽の主な違いは、対流の方向、上層の波形の形状であった。今後は温度差と波形の内側・外側の面積の関係などに焦点を当てて、研究していきたい。

参考文献

坪井章太郎、小林伊生奇、西山晴矢、桐山萌、2017：H29 年度高田高校課題研究 フルツの実験における波形の変化
中里天音、齊藤麻衣、矢崎千尋、綿貫寛華、2019：R1 年度高田高校課題研究 回転水槽実験における流体内部の可視化
横川淳、三浦郁夫、2015：身につく気象の原理、株式会社技術評論社、240 ページ