

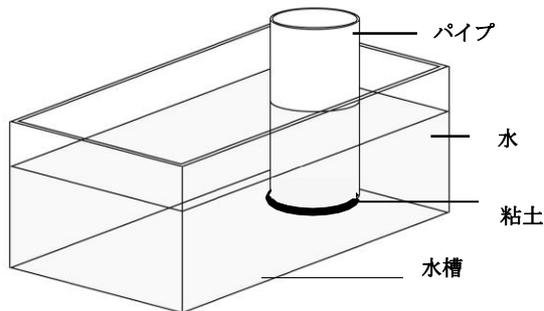
上の流れ？下の流れ？：タンクの中の大気と海洋 大気や海洋で生じている、温度と粒子による密度流



雲の写真、著作権フリー。出典先：
<http://yotophoto.com/search?page=10&kw=cloud>

準備

半透明の容器に半分ほど水を入れる（容器はどんな大きさでも良いが大きいほどよい - プラスチック製の魚用の水槽が理想的）。図のように、一方の端にパイプ、または同様のものを立てる。



演示では、パイプと水槽の底の仕切りとして円形の粘土を使うとより効果的だが、必ずしも必要ではない。

熱い流れ

湯を沸かしてカップまたは似たような容器に注ぐ（およそ4分の1カップ）。水槽に入れた時に見やすいように、水に染料を加える。（水が熱いので）赤い染料が最適だが、食品用の染料、インク、コーヒー、紅茶など、どんな染料でも良い。色水をパイプに注ぎ、反対方向に混ぜて流れをなくす。それから、ゆっくりと慎重にパイプを取り除いて、様子を観察する。

熱い水は上昇し、水面を水平方向に流れ、側面にぶつかって戻ってくる。この熱い層はしばらくの間 - 恐らく1時間以上表面に残る。

冷たい流れ

熱い層をできるだけそのままにして、冷たい水で再度演示を行う。別の容器に氷水を注ぎ、染料を加える（例えば冷たいので青色）。

パイプを取り除くと、冷たい水は沈み、水槽の底を流れ、側面に当たったら戻り、水槽の底面に安定な層を形成する。

牛乳の流れ

さらに、上下の層をできるだけ攪拌しないように、牛乳を使って演示する。

牛乳は水槽の底にそってうねる雲のように流れ、側面で跳ね返り、水槽の底にもう一つの安定な層をつくる。

実際の様子

水槽が海の様子だとしたら：

- 熱い水は、北大西洋海流（または湾流）やエルニーニョ現象の間に太平洋を流れる温かい表層流のような、暖流のことである
- 冷たい水は、極付近で生じ、深海に沈んで深海底を流れる、冷たい流れのことである
- 牛乳は、地震によって生じる砂や泥が混じった流れで大陸斜面から海洋底へ数千 km²も流れ下る密度流のことである

水槽が大気の様子だとしたら：

- 上昇する熱い‘空気’は、暑い‘空気’が大気の上層へ向けて流れる低気圧にあたる
- 沈んでいく冷たい‘空気’は、冷たい‘空気’が‘風’として‘地表（水槽の底）’に向かって流れる高気圧にあたる。冷たい‘空気’が水槽の底にそって流れると、寒冷前線のように暖かい‘空気’と入れ替わる。る。
- 牛乳は、雪崩（空気中の氷の結晶）や火砕流（空気中の白くて高温の火山灰）、世界貿易センターのような建物の崩壊（空気中のホコリ）によって生じる固体粒子の密度流のようなものである

双方向のアプローチ

演示の前に、何が起こるかを予想するように生徒に指示すると、生徒の積極性が増し、より注意深く観察する。生徒はまた、密度によって結果が決まり、最終的には密度が大きいほうから順に、牛乳、冷たい色水、室温と同じ温度の水、熱い色水となることを効果的に学習する。

指導の要領：

題名：上の流れ？下の流れ？：タンクの中の大気と海洋

副題：大気や海流で生じている、温度と粒子による密度流

概要：海洋と大気に見立て、密度流が水槽の水の中をどのようにして流れるかという演示



水槽での様子 (写真：Peter Kennett)

対象年齢：10-18 歳

活動時間：20 分

学習効果：

- 色付きの熱い液体や色付きの冷たい液体、密度の大きい粒子をたくさん含んだ液体の様子を説明することができる
- 密度が異なる液体が、どのように別々の層をつくるのかを述べることができる
- 海洋でみられる暖流や寒流、密度流について、演示を行って説明することができる
- 大気でみられる低気圧での暖かい空気の上昇や高気圧での冷たい空気の下降、風、寒冷前線、雪崩・火砕流・ホコリによる密度流について、演示を行って説明することができる

活動内容と関連事項：

この活動は、大気や海洋で起こる現象を紹介し、学習内容を補強するために行われる。双方向の活動を行う場合には、以下に概要を示す通り、思考力を発達させる効果的な活動でもある。

発展的な活動：

色付きの塩水を加えるとどのようになるかを生徒に尋ねる。塩水が牛乳よりも密度が大きいと、底にそって流れる。

このため、汽水域ではたいてい、真水の層が海水の上にある。

一年を通して、水が熱くなったり冷たくなったりすると、さらに嵐によって泥水が流れ込んだりすると、池では何が起こるか生徒に質問する。

‘熱が上昇する’理由を尋ねる。‘冷たい’ときに何が起こるかを説明させる。

この活動に関する原理・原則：

- 密度が小さい液体は上昇し、‘浮きあがる’
- 大気中や海洋では、数日や数週間という長い期間、流体は安定する
- 大気と海洋のほとんどの鉛直循環は、流体の密度差によって生じ、たいていの場合、相対温度によって制御される

思考力の発達：

水の密度と気温によって制御される効果についてのパターンを認識する。牛乳（未知の物質とその効果も未知なもの）を加えたとき、認識の矛盾が生じることがあり、多くの生徒は水槽の真ん中や水面にそって流れると予想する。注意深く議論を行うと客観的に認識できるようになり、水槽の中での現象と実際の大気や海洋で起こることを関連付けて考えることができる。

準備するもの：

- 半透明の容器 - プラスチック製またはガラス製の魚用または両生類用の水槽が理想的だが、どんなものでもよく、食品の梱包や保存用のものでもよい。長方形の容器が最適。
- パイプかプラスチック製のチューブ、または底が取り外せるプラスチック製のカップ
- ふたをするための粘土か塑像製作用の粘土（任意）
- 容器3つ（例えば、カップやビーカー）
- 染料（例えば、食品用染料、インク、コーヒー、紅茶）
- お湯
- 水
- 水
- 攪拌棒

参考になるサイト：

大気については以下を参照：

http://www.ucar.edu/learn/1_1_1.htm

海洋については以下を参照：

http://seawifs.gsfc.nasa.gov/OCEAN_PLANET/HTML/oceanography_currents_1.html

原典：

King, C. & York P. (1995) ‘Atmosphere and ocean in motion’ in *Investigating the Science of the Earth, SoE1: Changes to the atmosphere*.

Sheffield: Earth Science Teachers’ Association, GeoSupplies.

©Earthlearningideateam. The Earthlearningidea team は、学校教育程度の地理や科学を通じて地学を教える教員指導者や教員のために、最小限の資金と手段で、毎週、教材開発をしようと努めるとともに、国際的な支援ネットワークを発展させるために各教材についてオンラインでの議論も行っています。'Earthlearningidea' はほとんど資金提供を受けていませんが、自発的な努力によって大きな成果を上げています。

この活動に含まれる著作物の著作権は、教室や実験室での授業に使用する場合に限り、放棄されており、一緒に掲載されている他の発行者からの著作物についても同様です。この著作物の利用を希望する場合は、いかなる組織の方も、the Earthlearningidea team に連絡をお願いします。

この活動に含まれる著作物の著作権者には許可を得よう努めていますが、万が一、著作権を侵害している可能性がある場合は改訂などを行いますので、我々に連絡をおねがいします。どのような情報でも構いませんので、お気づきの点がありましたら情報をお寄せください。

また、これらの文書に関して不明な点などございましたら、the Earthlearningidea team にご連絡ください。

The Earthlearningidea team の連絡先 : info@earthlearningidea.com

