

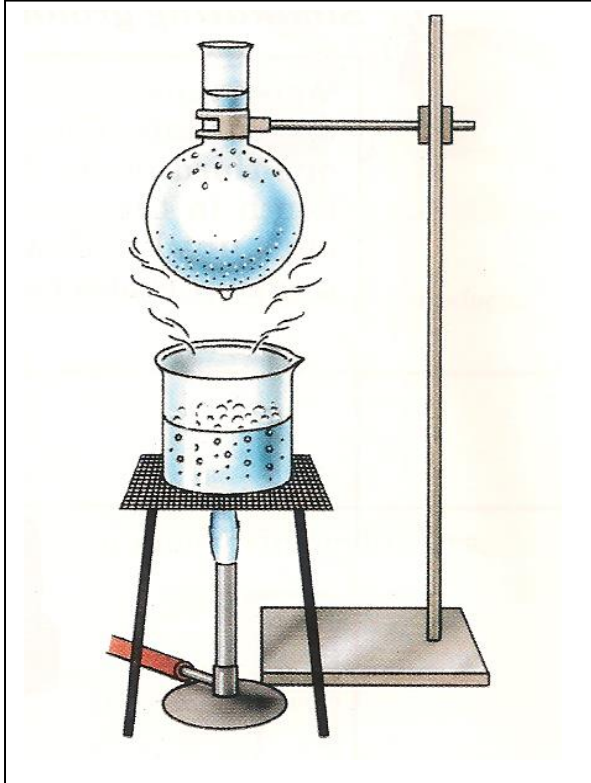
実験室（と地球）での水と熱の循環

水循環、潜熱、地球規模でのエネルギー輸送のデモンストレーション

この実験は、生徒の年齢や能力、授業の目的によって様々な方法で行うことのできる、水循環のデモンストレーションです。

A. 水循環デモ

下の図に示すように実験器具を準備します。

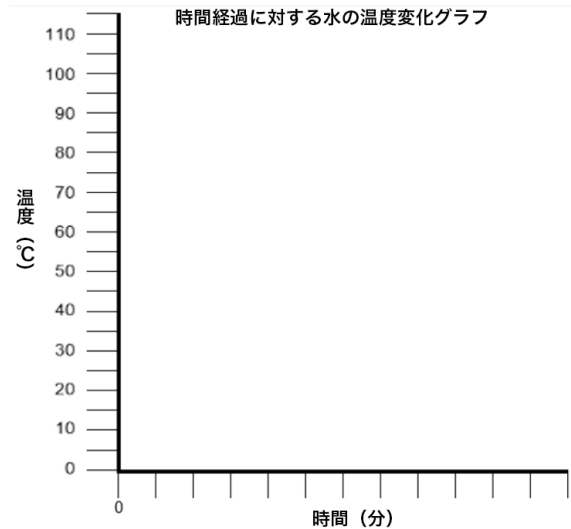


図の出典は最後に参照

丸底フラスコに冷たい水を入れ、バーナーに火をつけます。ビーカーの水は蒸発し、冷たい丸底フラスコのまわりで直ぐに凝縮し、結果として元のビーカーにしずくとして落ちます。これは、水循環の一部である蒸発と凝縮を表しており、暖められた水の表面から蒸発し、冷たい表面で凝縮、しずくとして落ちるまで成長する、つまり、雨を意味しています。

B. 温度変化の予測

ここで、関連するプロセスをより深く生徒が理解することを助ける目的で、予測活動に実験を拡張してみましょう。ビーカーと丸底フラスコの両方に温度計を差し込みます。生徒に図のようなグラフの目盛りを書かせます（事前に作成したグラフ用紙を渡しても構いません）まず、最初の温度を測定して、グラフにプロットさせます。生徒には、水が暖められて沸騰し、そのまま加熱し続けた場合の、ビーカーの水の温度変化を予測してグラフを書かせます。最後に、丸底フラスコの温度も予測して、グラフを書かせます。



それでは、バーナーに火をつけて、水が沸騰してそのまま暖め続けた時に何が起きるかを見てみましょう。ビーカーの水の温度は徐々に上昇し、100°Cまで達するとその後はグラフは平らになります。バーナーはビーカーを暖め続けているのに温度が100°C以上に上がらないのは、熱エネルギーに何が起きているのか、疑問に思うかもしれません。答えは次の通りです。時間が経つと、丸底フラスコの水の温度も上昇を始めるにも、同様に以下のような理由です。

C. 熱輸送を議論する

生徒に熱の輸送について思い出させてみましょう。生徒は次の3つを挙げるでしょう。

- 伝導
- 対流
- 放射

次のように答えるかもしれません。

- 固体中の伝導
- 流体（液体と気体）の対流
- （媒体を必要としない）放射

次に、丸底フラスコの水が温まったら、熱はどのように輸送されるかを問かけます。

答えは、温まったことはここでは全く重要ではない、ということです。ほとんどの熱は、潜熱として、蒸発する時に水蒸気の水分子に伝わっている。その個々の分子を分解して解放するためには、熱エネルギーが必要である。反対に、丸底フラスコの表面で水蒸気の水分子が凝縮して水に戻る時に潜熱が放出されてフラスコとその中の水が暖められるのである。

蒸発や凝縮といった水循環プロセスを通じた潜熱輸送による海洋や大気における全体のエネルギー（フラックス）輸送量は莫大なので、地球の熱収支の重要な一部を構成している。

副題: 水循環、潜熱、地球規模でのエネルギー輸送のデモンストレーション

トピック: この水循環の実験は、潜熱輸送とその地球規模での影響を理解し、考える力を伸ばすことができる。

対象年齢: 11 – 19 歳

活動時間: 20 – 30 分

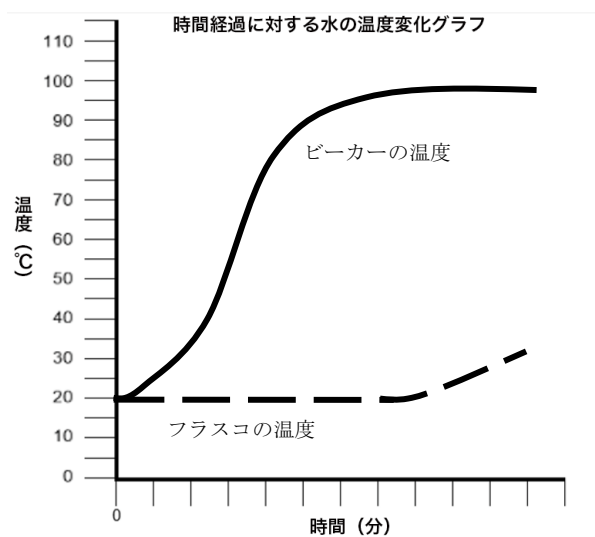
活動内容と関連事項:

- 蒸発と凝縮を見るための実験器具を使うことができる
- A. この実験器具が重要な水循環プロセスをどのように表しているかを説明
- B. 実験の中での温度変化をグラフにあわらすこと
- B. グラフの異なる要素を説明
- C. 潜熱がどのように運ばれるかを説明
- C. 地球の熱フラックスにおいて、なぜ潜熱が重要な役割を果たしているかを説明

この活動に関する原理・原則:

この実験器具は、水循環プロセスを理解するための、様々なレベルでの学習で利用できる。

B のグラフは次のようになる。



発展的な活動:

潜熱輸送が 'Earth's energy budget (地球のエネルギー収支)' にどのような役割を果たしているかを、グーグルなどの検索エンジンにこのフレーズを入力してみる。

基礎となる原理:

- 水の温度が上昇すると、表面から蒸発が起きる。
- 沸騰中も蒸発は継続する。

- 水蒸気 (分子) をたくさん含む空気は、湿度が高い。
- 湿度の高い空気が冷やされると、空気は水蒸気に飽和し、液体の水が凝縮してしずくとなる。
- 蒸発は、しずくが成長して落下するまで継続する。
- 水を温めると、熱エネルギーは温度として吸収される。
- 沸点まで達すると (1 気圧で 100°C)、温度はそれ以上上昇せず、代わりにすべてのエネルギーは液体から気体に変化した水蒸気分子の潜熱として吸収される。
- 水が凝縮する時、潜熱は放出され、まわりを温める。
- このメカニズムによる地球規模での潜熱輸送 (フラックス) は莫大で、地球のエネルギー収支に重要や粹割を果たしている。
- 伝導は、隣り合う分子間での振動/衝突による輸送であり、固体のような密な分子配列を必要とする。
- 対流は、流体の自由に移動する分子の集合体によって輸送される。
- 放射は、光子の流れのような概念である。

思考力の発展:

実験 B では、水の温度がどのように変化するかを図示して考え (知識の構築)、予測した B のグラフ生徒毎に異なるグラフは、認知的葛藤を生じさせ、お互いに説明をさせたり、教師に説明をさせることで、メタ認知を通じて強化される。この活動を通じての学習を、地球規模での水循環と熱収支の理解に転換させることが、ブリッジ活動である。

準備するもの:

- ガスバーナー
- 三脚、ガーゼ、耐熱マット
- 500mL ガラスビーカー
- 丸底フラスコ
- 取付金具、スタンド、つなぎ
- 水
- 実験 B 用に温度計

参考になるサイト:

他の ELI などを参考 'watery', http://www.earthlearningidea.com/home/Teaching_strategies.html

原典: 実験器具の図は、*Earth science for secondary teachers – an INSET handbook*, published by the National Curriculum Council, York in 1993. が出典。この実験は、*Coordinated Science: Earth Science* by P. Whitehead, Oxford University Press, 1993. Parts B. and C. に基づいており、ELI チームの Chris King によって考案された。

ELI の“水循環”を用いた思考力の発展

ELI	戦略と発達させるスキル
状態の変化- 水 水の3 状態変化を体験する	実際に触ることのできる水の状態変化実験によって、言語化スキルを発達させる。
小さい世界の水循環 - 箱の中で再現される水循環	シンプルなモデルを使って、水循環の鍵となるプロセスを実験することで、抽象的な水循環にブリッジし、議論を通じてより高いレベルの思考力を発達させる。
“ウォーター” サイクル” ワールド - 地球上の水の状態変化に関するディスカッション	水循環の異なる要素と生成物についてより発展した議論をおこなう。
水分子に印をつける - 水循環を調べるための思考実験	水循環という文脈を使った思考実験によって、生徒の創造性と想像力を引き立てる。
水の循環と熱 (ELI+) - 水循環、潜熱、および地球の熱収支を再現する	実験室での水循環の再現は、より高いレベルの思考力と抽象的な潜熱というプロセスの理解を助ける。

© Earthlearningidea team. 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

