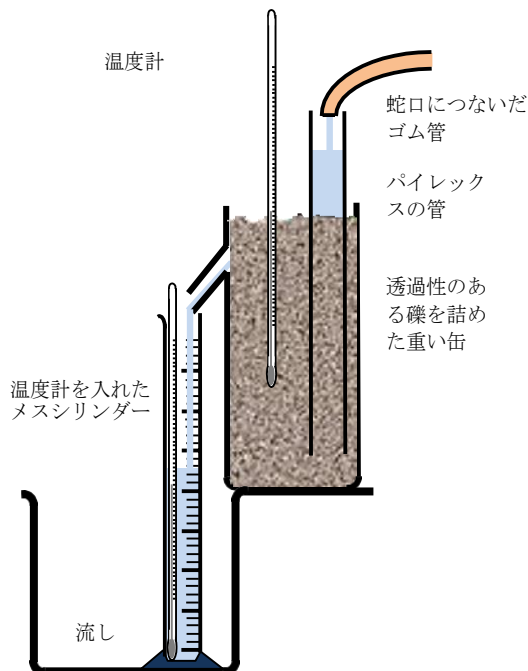


岩石の力：地熱発電シミュレーション

地熱発電をモデル化する - 再生エネルギー？それとも非再生エネルギー？

熱した礫を詰めた密度缶（ユリーカ缶）に水を注ぎ、地熱発電の三種類の熱源を次のように再現する。

図に示すように、密度缶に粗粒で透過性のある礫を詰め、底近くまでパイレックス（耐熱性のある）の垂直な管を慎重に挿入する。そうしたら、その装置をオープンに入れるかホットプレートの上で（例えば 100℃に）加熱する。なお、缶は非常に熱くなるので取り扱いに注意すること。熱くなったら、礫の上部に温度計か温度検知器をさして、あふれ出た水の温度を測定する準備をする。



次に、この装置を使って三種類の地熱発電の熱源について演示する。

- ‘熱く乾いた岩石’。パイレックスの管に水を注ぎ続け、あふれ出た水をため、礫とあふれ出た水の温度を測定する。‘熱く乾いた岩石’とは、含有する放射性鉱物が数百万年かけて崩壊して暖かくなった花崗岩のような岩石である。熱は、亀裂でつながるように花崗岩に二本の掘削孔を掘り、その周囲の水をくみ上げて取り出す

- ‘熱く湿った岩石’。上述のように実演するが、最初に加熱した缶に水をあふれるくらいまで入れ、しばらくの間（例えば 5 分間）放置する。このモデルでは、上にある厚い岩石層によって断熱された地下深くの透過性のある岩石（帯水層）にたまった水が、蓄熱する様子を再現する。上記のようにパイレックスの管に水を注いで熱を取り出し、礫とたまった水の温度を測定する
- ‘熱水’。このモデルでは、密度缶をホットプレートの上に置いて実演を行う。熱水は、アイスランド、イタリア、日本、ニュージーランドや米国のイエローストーン地域で見られるように、地表付近に地熱があるところで取り出される。上記のように、パイレックスの管に水を注いで熱を‘取り出す’
- これら三つの演示からわかったことをもとに、これらの地熱が再生可能かどうかを話し合う

あるいは、これらのうち一つだけを実演し、わかったことをもとに、他の二つがどのように機能するかを話し合う。

最後に、多くの科学の教科書に書かれてある「地熱エネルギーは再生可能である」という主張について話し合う。



地熱発電の仕組みについて‘演示している様子’

写真：
Chris King

指導の要領

題名：岩石の力：地熱発電シミュレーション

副題：地熱発電をモデル化する - 再生エネルギー？それとも非再生エネルギー？

概要：密度缶に礫を詰めて、地熱発電の複数の熱源に関する実演を行う

対象年齢：14–19 歳

活動時間：各演示につき 15 分

学習効果：

- 岩石から取り出すことが可能な複数の地熱の状況を説明することができる
- これらの地熱について実演するために、熱い礫が入った缶をどのように使うかを説明することができる
- これらの地熱は再生可能エネルギーとみなせるかどうかを話し合うことができる

活動内容と関連事項：

これらの実演から次のことがわかる

- ‘**熱く乾いた岩石**’の地熱は、あふれる水によって熱が取り出されて礫の温度が徐々に下がり、あふれた水の温度も時間がたつにつれて下がるので、再生可能ではない。これは、岩石の放射性崩壊によって熱が生じるよりもかなり速く熱が取り出されるためである
- ‘**熱く湿った岩石**’の地熱は、蓄熱されるよりも非常に速く、最近の地質時代に蓄熱された‘化石熱’を使ってしまうので、再生可能ではない
- ‘**熱水**’は、下にある熱源から蓄熱するよりも遅い速度で熱を取り出す場合は、再生可能に取り出すことができる。しかし、ほとんどの地熱発電所では、蓄熱よりも速い速度で熱を取り出すので、有限であり、最終的には閉鎖してしまう。この場合、熱は非再生可能な速度で取り出されている

注：最初に、密度缶を熱したと仮定して、それに触れて指をやけどするふりをする。そうすることでクラス全体がそのことを確信する！

‘地熱’と呼ばれることもある第四の熱源は、地下や地表の水から建物を暖めるために熱を取り出して再利用する‘地中熱ヒートポンプ’である。しかし、このうちの 98%は地表の太陽熱に由来し、地中熱によるものはわずか 2%にすぎないので、これは上述した意味での地熱ではない。空気熱源ヒートポンプも利用可能で、熱は地面からではなく空気から取り出される。

発展的な活動：

‘地中熱ヒートポンプ’はどのように機能するか、また、それは‘再生可能’と呼べるかどうかを調べる。蓄熱と同じ分だけ熱を取り出すことができるので、再生可能と呼べる。

この活動に関する原理・原則：

- 地球は地熱と呼ばれる熱を生み出す
- 地球の熱は（地球形成時に生じた熱に加え）、岩石の放射性崩壊によって生じる
- 地球の熱は表面へと伝わり、上述したように三種類の地熱として蓄熱される
- そのような熱は、蓄積されるよりも速い速度で取り出されるので、通常は再生可能ではない

思考力の発達：

一種類だけを実演し、その結果をもとに他の二つの場合の準備方法を話し合う場合、実演に関して‘建設的な思考’を行い、それを他の二種類の状況にあてはめると‘認知の矛盾’が生じる。演示に関して話し合い、現状と関連付けることで、客観的な把握につながる。各演示を‘実際の状況’に結び付けることで、関連付けて考えるようになる。

準備するもの：

- 重い缶か大きな缶（密度缶はアルキメデスの原理をもとに密度測定のために設計されたので‘ユリーカ缶’とも呼ばれる）
- 缶の注ぎ口の上まで詰められる量の透過性のある粗粒な礫（砂利）
- 礫の下の方まで差し込んでも上部が突き出るくらいの長さの耐熱性の管（Pyrex™ tube や Perspex™ tube）
- オープンかホットプレート（ホットプレートは‘熱水’の演示の際に必要）
- 熱い容器を持つための耐熱ミットか手袋
- 礫に差し込む温度計か温度検知器（缶を 100℃以上に熱する場合には目盛りが 100℃以上あるもの）
- あふれた水をためる容器（例. メスシリンダー数本）
- あふれた水をためる容器に入れる温度計
- 流しか鉢
- 水道

原典：このモデルは、Adrian Cook が Geo Supplies, Sheffield 発行の地学教師協会の‘Science of the Earth’, ‘Rock power! – geothermal energy resources’ (1991)に執筆したもの。これは、Blackwell から発行された James Bradbury (1986)の‘Introducing Earth Science’がもとになっており、使用許可を得ている

©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