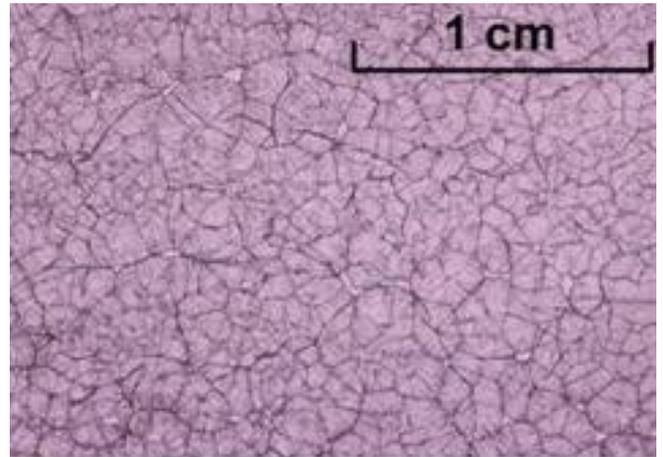
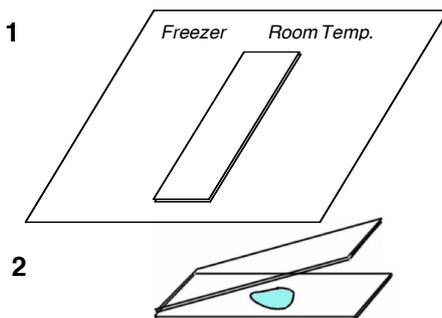


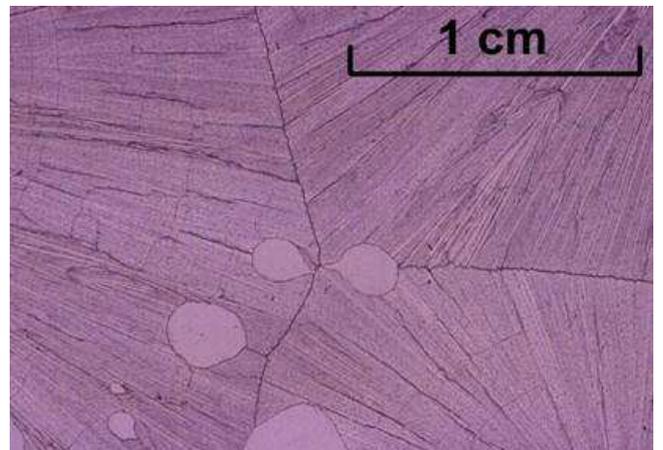
なぜ火成岩の結晶サイズは異なるのか？ 異なる冷却速度でメルトからの結晶作用をシミュレートする

生徒に以下の作業をさせる：

- 図1に示すように、紙にラベルをつける。スライドガラス数枚を冷凍庫に入れておく。
- サロル（サリチル酸フェニル）を温めて溶かす。温度はちょうどサロルが溶ける45°C程度にする。それ以上に温めると上手くいかない。
- 冷凍庫から2枚のスライドガラスを取り出し、1枚のスライドの上に攪拌棒を使って溶けたサロルをすばやく数滴落とす。図2のように、その上からもう1枚のスライドを重ねる。室温のスライドガラス2枚を使って同じ作業を行う。何が起きるかを観察する。
- 以下の質問に答えてみよう：
 - どちらのスライドガラスの結晶が先に結晶化が始まった？
 - どちらのスライドガラスの結晶が速く成長したか？
 - どちらのスライドガラスの結晶が大きく成長したか？
 - 暖かいスライドガラスではどのようなことが起きると予想できるか？：
 - 結晶はすぐに成長し始めるか？または、しばらく経ってから成長し始めるか？
 - 速く成長するか？ゆっくり成長するか？
 - 成長した結晶は大きいのか？小さいのか？
 - 予想を書いてみよう。
 - あなたの考え（予想）を、実際にホットプレートか、またはお湯で温めてから拭いたスライドガラスを使って実験して確かめてみよう。先ほどと同じようにサロルをのせ、注意深く観察しよう。
 - あなたの結果を火成岩の例に適用してみよう。いくつかの火成岩は大きな結晶から構成されている。これらはゆっくり冷却されたか？それとも急激に冷却されたか？細粒な火成岩はどのくらいの速さで冷却されたか？
 - あるマグマは地殻深部で冷却・結晶化するが、別のマグマは火山の溶岩のように地表まで上昇して固結する。火成岩の形成において、この違いは結晶サイズにどのように影響しているか？



急激に冷却することで形成されたサロルの小さい結晶



ゆっくり冷却することで形成されたサロルの大きな結晶（空気の泡も見える）

写真はJESEIウェブサイト -
<http://www.esta-uk.net/jesei/index.htm>

指導要領

題名: なぜ火成岩の結晶サイズは異なるのか？
副題: 異なる冷却速度でメルトからの結晶作用をシミュレートする

トピック:

この活動は、火成岩を形成するマグマの冷却と結晶作用をモデル化した岩石サイクルの講義にも含めることができる。

対象年齢: 11 - 18 歳

活動時間: 15 - 30 分

学習効果：

- ・冷たいスライドガラスの方が先に結晶が成長し始めることを見る。
- ・冷たいスライドガラスの方が結晶が速く成長することを見る。
- ・室温のスライドガラスの方が結晶が大きく成長することを見る。
- ・温めたスライドガラスでは、すぐに結晶が成長し始めず、ゆっくりと大きく成長することを予測する。
- ・冷却速度と形成される結晶サイズとの関係を見つける
- ・様々な種類の火成岩の結晶サイズを理解する。ゆっくりと冷えたマグマからは大きな結晶が成長し、溶岩のように急激に冷やされると結晶は肉眼では確認できないほど小さい。
- ・貫入岩では結晶サイズは大きく、噴出岩では結晶サイズは小さいことを識別する。
- ・結晶サイズから、火成岩が結晶化した相対的な深さを予測することができる。
- ・火成岩の結晶化作用に影響を与えるのは冷却速度だけではないことに注意。

活動内容と関連事項：

サロル（サリチル酸メチル）結晶は、冷却速度の関数として結晶サイズのモデルを与える。最も大きなサロルの結晶は、最も冷却速度の遅いメルトから形成され、最も小さい結晶は、最も冷却速度が速いメルトから形成される。火成岩もこれと同様の振る舞いをする。花崗岩のような粗粒な岩石は、ある程度の深さでゆっくり冷却されることで形成される一方、玄武岩のような火山岩は、結晶が小さく、溶岩は急速に冷却された。

ノート：

- ・火成岩は、その構成鉱物と結晶サイズによって分類される。
- ・サロル結晶は、実際の岩石の組織を完全に再現はしていない。火成岩は一般に複数の鉱物を含み、それらは異なるタイミングと速度で結晶化し、それによって異なる結晶サイズを持つ。サロル結晶は中心核から放射状に成長するのに対して、火成岩中の多くのシリカ鉱物は同心円状に成長する。
- ・冷却速度はメルトからの結晶化を研究する時に考えなければならない唯一の要因ではなく、その他の要因としては鉱物組成、含水量、地殻中の場所と時間、などがある。
- ・しばしばこの実験は上手くいかないことがある。理由としては、液体のサロルは過冷却の状態にあって、結晶化せずに室温にまで冷却されることがある。最終的に結晶化が始まった時、その時は“間違った温度”であり、“間違った結果”が得られる。このような失敗を減らすためには：
 - ・サロルがちょうど溶ける温度まで温める

(100°Cまで温めると過冷却になりやすい)

- ・きれいなスライドガラスを使用する（スライドガラスの汚れは結晶化のきっかけとなる）
- ・（1回目は冷却/室温スライドガラス、2回目は温めたスライドガラスで行う。少なくとも1回は“正しい”結果が得られるはずである）

発展的な活動：

火成岩の研磨標本を観察させ、結晶の大きさ・形・関係を調べさせる。同量の硫化銅と硝酸カリウムを温めた希硫酸に溶解させた溶液から、2つの成分の結晶化の実験も可能である。溶液は時計皿に入れて冷却させることで結晶化する。安全性の観点から、この実験は教員が行い、生徒には行わせないこと（生徒が硝酸カリウムを使うことは許されない）。

この活動に関する原理・原則：

- ・地表から数km深度では、部分溶融が生じるほど十分に温度が高い。生成されたマグマは上にある岩石よりも密度が低いので上昇する。
- ・マグマの結晶化は、地殻の様々な深度で貫入した場所で生じ、地表に噴出した場合は、地表でも結晶化する。地下で貫入した岩石は後の風化と侵食過程によって地表に露出する。
- ・火成岩は1000°C以上に達するメルトから形成される。この活動は、マグマの冷却をモデル化しているが、より低い温度（約40°C）で行われている。
- ・噴出した溶岩は、数秒から数週間で契約して結晶化するのに対して、貫入したマグマは数千年から数百万年かかって結晶化する。
- ・同じメルトから形成されない限りは、火成岩には1つとして同じものはない。全てが固有の特徴を持つ。

思考力の発達：

ゆっくりした冷却による大きな結晶と急激な急冷による小さな結晶は規則性がある。ある火成岩には大きな結晶が含まれ（斑晶）、認知的葛藤を引き起こす。得られた結果を説明することはメタ認知を含む。この実験の結果を火成岩の結晶に適用することはブリッジを含む

準備するもの：

- ・サロル（サリチル酸メチル） おおよそ5g
- ・boiling tube
- ・250ml ビーカー
- ・スライドガラス6枚（+予備）
- ・攪拌棒
- ・安全ゴーグル
- ・虫眼鏡または拡大鏡
- ・デジタル顕微鏡（あれば）
- ・熱湯
- ・冷凍庫
- ・色紙またはカード（できれば暗い色）

- 様々な粒径の火成岩サンプル（例：花崗岩、細粒花崗岩、流紋岩、ドレライト、玄武岩）

参考になるサイト：

以下のサイトの中に、サロルの結晶化動画が3本ある。

<http://www.earthscienceeducation.com>

Joint Earth Science Education Initiative

<http://www.esta-uk.net/jesei/index.htm>

原典

この活動は、ESTAの‘The Science of the Earth 11-14’ serieの中にある‘マグマー 火成作用入門’に基づいており、Earth Science Education Unitのワークショップ‘ダイナミックな岩石サイクル’にも組み込まれている。 <http://www.earthscienceeducation.com>

© 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