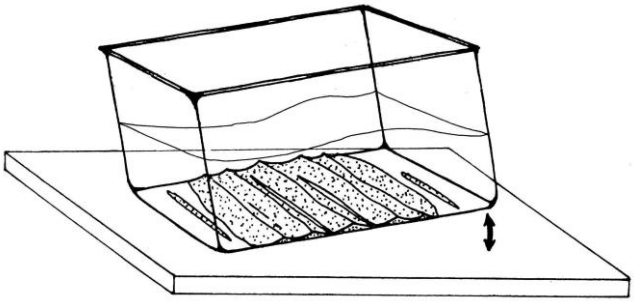
水槽の中のサンド・リップルマーク
砂を使った対称リップルマークの形成

右側の図に示すように、できれば透明な、水槽や大容量の飲料用ボトルを切るなどした容器に水を入れる。スプーン２～３杯分の洗った砂をできるだけ均等に水槽に加える。飲料用ボトルを使う場合、砂はスプーン半分にする。なお、洗った砂を使用しないと、水が濁り、様子が観察しづらくなる。砂の洗浄は、水で数回すすぎ、濁った水を捨てればよい。

右側の図に示すように、容器の底部に砂の模様ができるまで、容器の一端をゆっくりと上下させる。



対称的な形のリップルマーク
写真：Peter Kennett

生徒への質問：
- なぜ砂はこのような対照的な形になると思うか？
- この形は水流の方向や速度とどのような関係があるか？
- 昔の砂岩にみられる ‘化石化した’対称なリップルマークから、砂が堆積していたときの流水の速度と方向をどのようにして調べるか？
- ‘化石化した’対称なリップルマークから、昔の海岸線についてどのようなことがわかるか？
- リップルマーク形成時、そこはどのような様子だったか？

指導の要領：

題名：水槽の中のサンド・リップルマーク

副題：砂を使った対称リップルマークの形成

概要：リップルマークは波の流れの条件を示唆し、‘化石となった’対称なリップルマークが形成された当時の環境の手がかりを含む

対象年齢：10 - 18 歳

活動時間：20 分

学習効果：
- 二方向に行ったり来たりする（振動する）水流により、砂に対称なリップルマークができる理由を説明できる
- 水流が一定の速度に達した時、砂粒子がどのように水中を動き始めるかを述べることができる
- 砂岩中によく見られる‘化石の’対称なリップルマークは、海岸などで二方向に振動する水流によって形成されたものだと解釈できる
- ‘化石となった’対称なリップルマークの向きを、波の方向と海岸の位置に関連付けることができる
- このような波紋が形成される可能性がある海岸または浅海の環境について説明できる

活動内容と関連事項：この活動は、堆積岩と堆積構造から岩石形成時の様子を調べる授業として実践できる
- なぜ砂はこのような対照的な形になると思うか？ *水はうねりを形成するほどの速さである。水が一方に流れるとき、砂粒子はリップルマークの上を移動し、下流側に堆積する。水が逆方向に流れる場合にも同じことが起こり、結果として対称的な形のリップルマークが形成される。砂質の海岸や波のある浅海では普通に見られる*
- この形は水流の方向や速度とどのような関係があるか？ *二方向に振動する流れがあるので、リップルマークは対称な形になる。それらは特定の波の速度でしか形成されず、遅すぎると粒子のほとんどが移動せず、速すぎるとリップルマークは崩れる*

注：水をこぼさないで水槽のリップルマークを崩すことは難しい！

- 昔の砂岩にみられるこのような‘化石化した’対称なリップルマークから、砂が堆積していたときの流水の速度と方向をどのようにして調べるか？ *昔のリップルマークは、水槽でリップルマークが形成された流速と同じくらいの二方向に振動する流れで形成されたはずである*
- ‘化石化した’対称なリップルマークから、昔の海岸線についてどのようなことがわかるか？ *‘化石化した’対称なリップルマークの向き(特定の方向)は波の方向、つまりは海岸線を示す。例えば、‘化石化した’対称なリップルマークのほとんどが東西方向を向いている場合、北または南からの波によってそれらが形成され、海岸線は東西方向だったことがわかる。海や湖が北にあったのか南にあったのかを明確にするには更なる証拠が必要である*
- リップルマーク形成時、そこはどのような様子だったか？ *砂質な海岸か浅海域。海岸は、（砂が岩石の侵食によるものならば）黄色、（熱帯のサンゴの砂の場合は）白色、（火山の砂の場合は）黒、または混合している*

発展的な活動：‘そこはどんなところだった？ - 堆積物から環境を復元する鍵’を行う

この活動に関する原理・原則：

- 多くの堆積岩は、他の岩石が風化および侵食されてできた礫、砂、泥のような堆積物から形成される
- これらの堆積物は、ほとんどの場合、過去の地質時代に川や海で堆積した
- 熱帯で形成される別の堆積岩は炭酸カルシウム（石灰）の堆積物から形成される
- これらの堆積岩には、対称なリップルマークなどの堆積構造が見られ、形成された様子についての手がかりが含まれる
- 砂粒子はリップルマークの斜面を移動し、頂部を越えて堆積する。そのあとすぐに、反対方向の水流により運ばれ、斜面を移動し、反対側にたまる。これが継続すると、対照的な形をしたリップルマークが形成される
- 水槽をより速く動かし、二方向の流れの速度を速くすると、リップルマークは壊れる
- 直径が約 0.3 ㎜の中粒砂は、約 0.25m/の水流で運ばれる
- ほとんどの堆積岩は、過去に水流によって運ばれた未固結の堆積物から形成される。このような流れは、大量の砕屑物や炭酸塩堆積物をある場所から別の場所へと運搬する

思考力の発達：

- リップルマークの形は流れの特徴を示唆する（パターンの認識、建設的な思考）
- リップルマークの向きは波と海岸線の向きを示唆する（認知の矛盾）
- 対称なリップルマークがどのようにしてできるか、すなわちその根拠を説明する（メタ認知）
- ‘化石となった’ 対称なリップルマークは、形成時の環境についての手がかりを含む（橋渡し）

準備するもの：

- 水槽または大きな飲料用ボトルを切り取って作った容器
- 洗った砂
- 水

参考になるサイト：

http://www.geology.pitt.edu/GeoSites/sedstructures.htm
http://www3.interscience.wiley.com:8100/legacy/college/levin/0470000201/chap_tutorial/ch03/chapter03-5sedstr.html

原典：Association of Teachers of Geology (1988) Science of the Earth, Unit 4. *Building Sedimentary Structures - in the Lab and Millions of Years Ago.* Sheffield: Geosupplies.

飲料用ボトルの対称リップルマーク
写真：Elizabeth Devon

©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る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