

～水や氷を素材とする教育実験～

アイスレンズをつくる

北海道教育大学(釧路) 矢作 裕

1. 研究の目的

教育実験は、すでに確立した科学や技術の成果を再現する経過が表面に現れるために、教育の関係者は、その方法や装置の改善に積極性を欠く傾向が強い。科学教育の基礎が崩れかけているという指摘の、ひとつの要因となっているとも考えられる。この一連のシリーズはそのような視点から、その方法の斬新さと多数が同時に実験可能な内容を意識して問題を取りあげ、科学教育に資することを目的として研究が続けられている。表題の論文は、水を素材とする教育実験のテーマのひとつとして、アイスレンズ(地中の霜柱)を 25°C 程度の室温下で約10分で作ります方法について述べたものである。この方法によって、教室や[こども実験室]などで、多人数が同時にアイスレンズの発生から成長、消滅までを室温の机上で直接的に観察することができる。文具のような身近で親しみやすい素材による簡潔な装置のもとで、試料である水を含んだストローのなかの土は、食塩と水による寒剤か冷却した不凍液によって冷却される。やがて試料は、室温との温度差のみで、ストロー内に寒冷地特有の土中の自然現象、アイスレンズの成長が再現され、机上で現象の終始を観察することができる。

2. 研究の方法

凍上現象の研究のために、実験的に霜柱や土の試料にアイスレンズを発生させようとしたことのある人なら、誰でもその難しさを味わったことがあるに違いない。だから、地表のアイスレンズ、霜柱を暖房の効いた室内で短時間に成長させるなどは、できない相談と思いこみ、ほとんど試みる人はなかったのであろう。霜柱は、湿った土を食塩と水による寒剤で冷却して、温度計すら使わずに茶の間でその成長を観察できる。では、地中の霜柱(アイスレンズ)の成長はどうであろうか。凍土の厚さが2～3カ月かかって数十cmに達し、その間に生成される水の薄層を茶の間で再現することが簡単にできるだろうか。これも答えはイエスである。図-1のような容器に試料を入れ、水と食塩による寒剤から融ける低温の液か、冷却した不凍液(20cc)を注げば $18\sim 26^{\circ}\text{C}$ の室内で、10分間ほどの間に、ストローの薄いプラスチックフィルム内に、アイスレンズの発生を見ることができ、ほとん

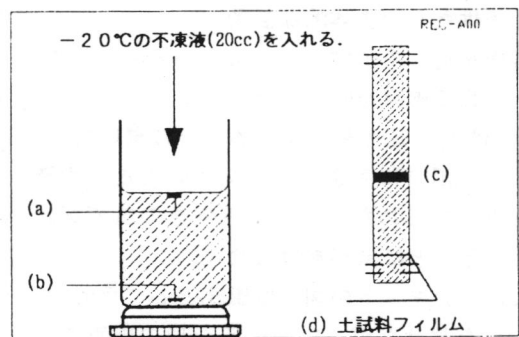


図-1 フィルムケース内の温度測定

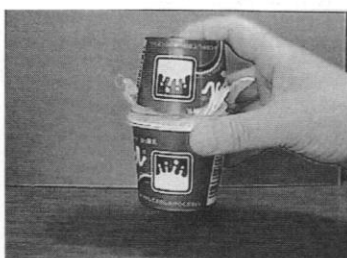
ど直接的にアイスレンズの発生から成長～融解までの過程を肉眼で観察できる。おもしろいことに、精密な恒温槽内の -20°C の冷却液に、おなじ方法でつくった水分を含んだ土の試料の一端を浸しても、凍土ができるばかりで、その発生や成長を観察するのは難しい。この実験では冷却液の小さな容器内の温度変化を調べ、土のストローへの充填のしかた、その冷却の方法を工夫して、アイスレンズの成長をもっとも簡単に観察できる方法を探った。ここに紹介する方法はそのもっとも簡単なものである。

3. アイスレンズができるまで

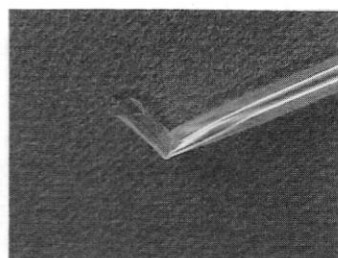
以下の①～⑩の18葉の写真は、土の試料づくりから透明なストロー内にアイスレンズが発生するまでを時間を追って示したものである。事前に冷却液を準備をしておけば20～30分の時間を見込めばよい。使用する土の試料は、霜柱のよく立つ場所の土を採取しておくのがもっともよい。夏期であれば畑の土は庭先の土など何種類か試みてもよいだろう。どちらも乾いた状態にして試料にする。写真-1は、ストロー内に発達したアイスレンズで、表-1は実験の手順の時間的な経過を示したものである。フィルム容器内の冷却液の温度経過(図-2(放置)、図-3(攪拌))は実験結果とよく対応している。



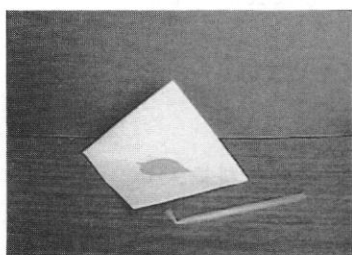
①土とふるいの準備



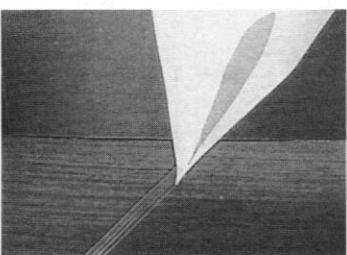
②ガーゼを使ってふるう。



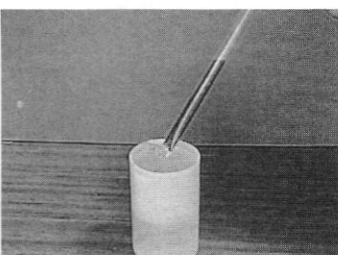
③先端を折り曲げる。



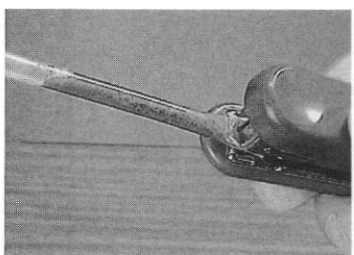
④土の試料とストロー



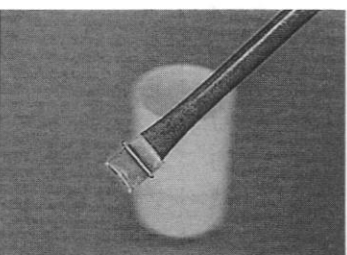
⑤ストローに土を入れる。



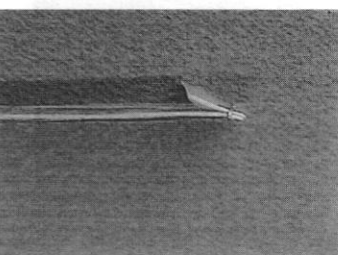
⑥水を吸い上げる。



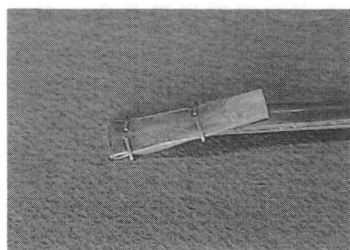
⑦先端を閉じる。



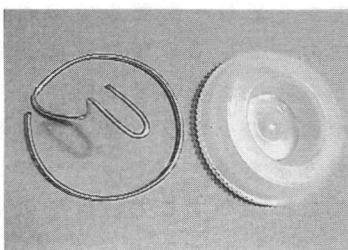
⑧閉じ終えたところ



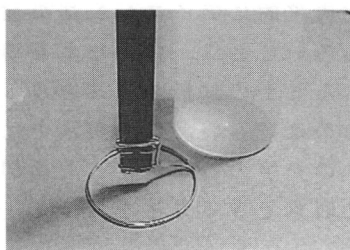
⑨フィルム状にする。



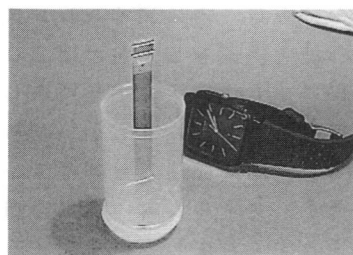
⑩他の端を閉じる.



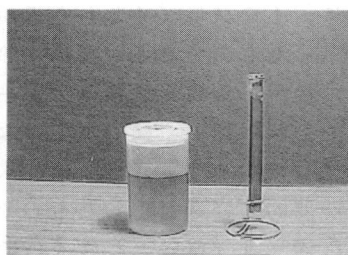
⑪針金で台をつくる.



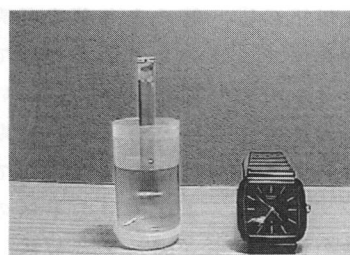
⑫台に試料をセット



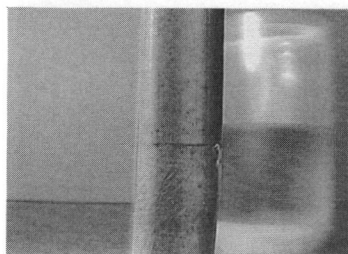
⑬容器に試料をセット



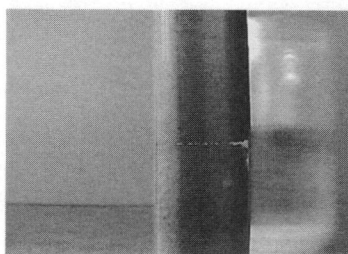
⑭冷却液を準備



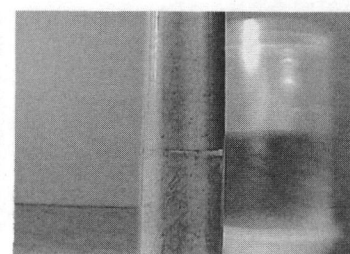
⑮実験開始



⑯アイスレンズ発生



⑰アイスレンズの成長



⑱成長から融解へ

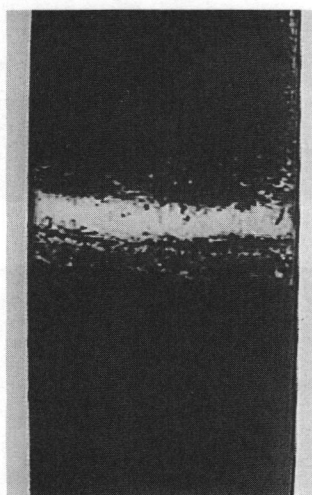


写真-1 アイスレンズ

表-1 アイスレンズをつくる

min (経過時間)	
0	冷却液注入 (冷却液に試料挿入)
1	
2	試料の底部急速凍結
3	アイスレンズ発生>かき混ぜ(1)
4	
5	アイスレンズ発達>かき混ぜ(2)
6	アイスレンズ成長
7	アイスレンズ停滞・融解
8	アイスレンズ融解
9	アイスレンズの痕跡が残る
10	実験終了

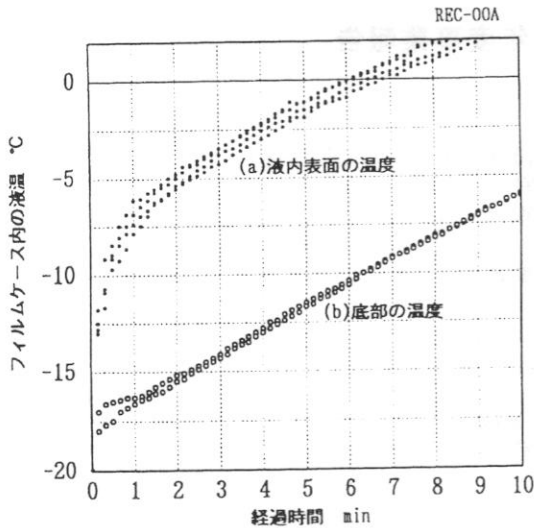


図-2 不凍液の温度上昇

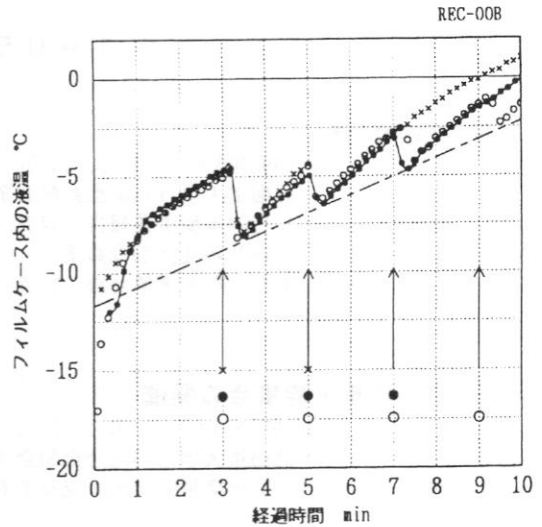


図-3 かくはんの効果

4. おもな研究結果

この研究の具体的な目標「季節凍結の一年間に相当する現象を室温下で短時間に再現する。」という試みは達せられた。一般にアイスレンズの生成は、土中の水の凍結時に発生するダイナミックな現象である点に特徴がある。低温と高温のせめぎあいの状態で生ずる現象をみるのに、北海道の冬の地表付近の一方的な寒さの中では、かえってその現象を見ることが難しいはずである。冬の戸外で冬特有の現象を人工的に再現させるのは、制御できない自然の気温が相手だけに得策ではない。アイスレンズの発生は、0℃を境に適当な高温と低温が必要である。室内であれば試料の湿った土を凍結させ、それを短時間維持できるほどの冷熱源が用意できればよい。試料の熱容量は観察さえできれば小さいほどあつかいやすい。試料は工夫によって小さく、薄くすることができる。また暖房という、とくに冬の期間は制御された環境がある。冬の戸外で熱源を用意するよりは制御が容易である。このような点に注目することによって、簡素な装置で短時間でしかも室温で観察が可能となった。この実験は、純水の生成、過冷却現象の観察といったテーマや、温度の制御をして研究的な用途にも発展させ得る要素をもっている。

参考文献

- (1) 矢作 裕 寒冷地における自然科学教育 寒地技術シンポジウム '88 講演論文集 59-60,1988
- (2) 矢作 裕 土はどれほど深く凍っているか 寒地技術シンポジウム '89 講演論文集 34-43,1989
- (3) 矢作 裕 水や氷を素材とする教育実験 寒地技術シンポジウム '92 講演論文集 460-465,1992
- (4) 矢作 裕 コインの電池は使えるか? 寒地技術シンポジウム '95 論文・報告集 vol.11,1-6,1995
- (5) 矢作 裕 『釧路と凍土』 釧路叢書第31巻 (釧路市) 222-226,1995 =960327-STRAW964=