

プラナリアの食性と行動

滋賀県立彦根東高等学校 SS 部生物班
2年 星野 遼 横田 一紗
渡辺 のどか

1. 研究の動機

本校では、2011年より、県内外のプラナリア（ナミウズムシ）のCOI遺伝子の変異に基づく分布に関する研究をおこなってきた。その中で、一般的にレバーはプラナリア採取に良い餌とされているにもかかわらず、本校で飼育しているプラナリア（ナミウズムシ）があまり食べないような印象を持ち、プラナリアの食性についての研究をおこなった。以後ナミウズムシをプラナリアと表記する。



図1 ナミウズムシ

2. 目的

昨年度の研究では、「プラナリアは餌としてアカムシは好むが、レバーはあまり好まない。でも、空腹なら食べる。」という結果が出ていた。その後、専門家の方から、「餌選択実験には実験生物が、空腹かどうかが大きな影響をおよぼす」というアドバイスをいただいたので、餌を与えてからの日数による、餌に対する誘引の変化を調べた。

3. 実験材料と方法

(1) ナミウズムシの系統

今回は、実験個体の遺伝的な差異をなくすために、兵庫県立大学で作製されたHIという単一の飼育系統を使用した。

(2) [実験I] 餌に対する誘引実験

① 実験装置

図2のように、24cmの箸箱を使い、その中心にプラナリアを置く。そして餌をプラナリアから12cm離れた一方の端に置き、餌のある方向を+としてプラナリアの移動距離を測定した。プラナリアが、餌の近くに移動すれば、餌に誘引されたと考えた。プラナリアには負の光走性があるため、容器に段ボールを被せ、部屋の照明を消すことで、暗黒下にして実験を実施した。

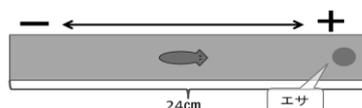


図2 実験装置

② 餌の学習について

[実験I]では、餌に対する学習効果も検証するため、HI系統を3つの個体群に分け、それぞれ、レバー、アカムシ、アユを用いて、1ヶ月以上連続飼育を行った後に[実験I]をおこなった。

③ 飼育餌と誘引餌の組合せ

上記の3種の餌で飼育した個体群それぞれに、レバー・アカムシ・アユの3種の餌で、餌による誘引実験を行った。これにより、9パターンの飼育餌・誘引餌の組み合わせができる(図3)。誘引実験時間は5分である。実験は、餌を最後に十分に与えた日を0日目として、1・3・5・7日目に実施し、プラナリアを空腹にした期間が、実験結果に与える影響も調べた。実験に利用した個体はそれぞれ別の個体である。

飼育時の餌	実験で誘引する餌
アユ	アユ
	レバー
	アカムシ
レバー	アユ
	レバー
	アカムシ
アカムシ	アユ
	レバー
	アカムシ

図3 餌の組合せ

(3) [実験II] 光による走性実験

① 実験装置

24cmの箸箱を使い、その一方の端にプラナリアを置く。そしてプラナリアを置いた側に光を当て、そこから20cmのところまで陰をつくり、負の光走性により、陰に到着するまでの時間を測定した。

② 実験方法

今回の実験では、アカムシ飼育したもののみを使用した。また、餌を与えた日を0日目として、1・3・5日目に実験を行った。負の光走性を利用し、空腹による運動能力の変化を調べた。

4. 実験結果

(1) レバーは比較的好む餌

それぞれの実験Iについて、12個体以上実験を行った。その結果の平均値を次ページ図4にグラフとして掲載する。程度の差はあるが、飼育時の餌が何であったかにかかわらず、空腹期間が5日経過以降、レバー・アカムシには誘引され、比較的好む餌と思われる。アユはあまり好まないようだ。本校の過去の研究で「レバーはあまり好まない」ように見えたのは、プラナリアの餌やり後から実験までの日数をあまり顧慮していなかった

ため、個体の空腹状況が結果に影響したのではないと思われる。

(2) アカムシ餌は早く空腹になる？

図4の各グラフで、アカムシを餌にして誘引したものを比較すると、5日目以降、アカムシを餌で飼育した場合が、最も空腹による誘引効果が高いようだ。このことは、プラナリアはアカムシを餌として好むが、何らかの原因でアカムシは早く空腹になることを示していると思われる。

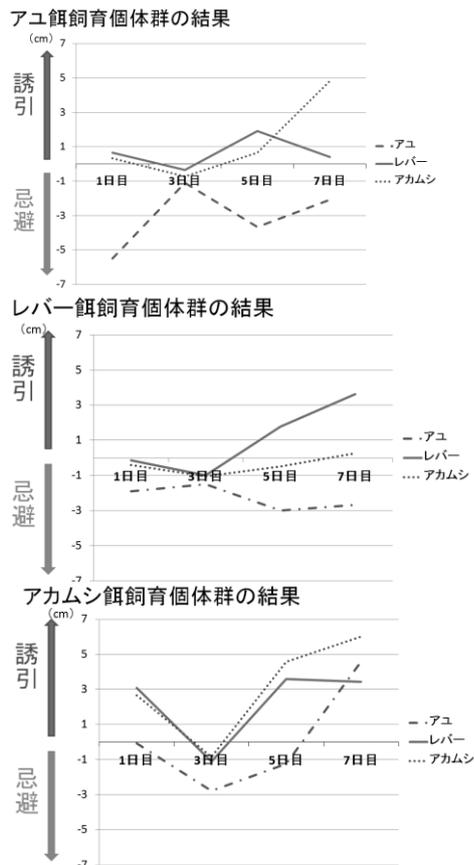


図4 実験I結果

(3) 空腹になっても運動能力は変わらない

実験IIについて、実験Iと同じく12個体以上実験を行った。その結果、1・3・5日目において陰への到達時間にほとんど変化がなく、空腹でも運動能力は変わらないと思われる。

5. 考察

(1) 空腹の誘引に与える影響について

どの場合も、グラフは右上がりとなり、餌やりから時間がたつほど、つまり空腹になればなるほど、餌に強く誘引されるようだ。

(2) アカムシについて

結果の(2)より、プラナリアはアカムシを好む

が、アカムシはプラナリアにとって栄養価が低い餌なのではないかと考えられる。このことは本校で、レバーとアカムシを餌として連続飼育した場合、餌としてレバーを与えた方が、アカムシを与えた場合より増殖しやすいことと一致している。

(3) 餌の学習効果について

図4のグラフより、レバーで飼育した個体群はレバーに、アカムシで飼育した個体群はアカムシに、より強く誘引されるようだ。このことは、それぞれの食べていた餌を学習し、飼育時に食べていた餌に、より強く誘引された結果と考えられる。つまり、プラナリアには餌を学習する能力があると言える。

(4) 餌やり後3日目までの結果について

上記グラフは、えさやり後1日目（空腹期間1日）の方が、えさやり後3日目（空腹期間3日）よりも強く誘引される傾向があるように見え、空腹になればなるほど餌に誘引されるという本研究の考察に対して、矛盾する傾向がある。このことについては、実験IIより1日～5日目の運動能力に変化がないことから、餌への感覚や反応の様子に変化が生じるのではないかと考えている。例えば、「空腹で餌に誘引される状態」と「満腹で消化に専念し誘引されない状態」の2つ行動形態があり、その切り替えに1日以上かかるというようなことである。食事しても、何らかの原因で、1日程度は「空腹・餌探索」状態から「満腹・消化専念」状態に切り替わらないため、食後1日目はまだ餌に誘引されるが、3日目には消化に専念するために、餌を食べなくなり、5日目くらいから、消化吸収が完了しはじめ、また餌に誘引されるようになるのではないかと考えている。

6. 今後の課題

各実験で12個体以上実験を繰り返しているが、統計処理をして、実験結果が有意であるか検討するべきであると考えている。場合によってはもっと試行数を増やす必要があるかもしれない。また、考察(4)の検証のためには、各餌について、えさやり後すぐなど、細かくデータをとる必要があると思われる。そして、7日以上空腹状態にしてみると、またおもしろい結果がでるかもしれない。

今回は3種の餌のみで調べたが、自然界にはもっとプラナリアの好む餌があるかもしれない。それを探することも興味深いと考えている。

米原高校周辺に生息する
カスミサンショウウオについて

滋賀県立米原高等学校 生物部
2年 安居 稜真 北川 竜揮
林 大輔 橋 佑輔
1年 北川 彩乃

1. 動機及び目的

数年前から継続してカスミサンショウウオについての研究を続けてきた。飼育観察を行ううちに胚は複数の膜に包まれており、1つが死亡しても卵のう内に影響を与えないことに気づいた。また、卵のう膜は、常温水中で放置しても1年間残っているため「膜」についてより詳しく知りたいと考えたため今回の実験を行った。

2. 実験1 温度と膜の有無による発生の違い

(1) 方法

卵のう膜の有無や温度の違いが幼生の成長に与える影響を調べるため、胚を包む膜と卵全体を包む膜の有無と9個の実験区を設置した。

卵は処理を行った後1日ごとに体長を測定した。

表1 実験区の種類

卵条件/ 温度	未処理	卵のう膜除去	卵包膜除去	胚のみ5
5℃	卵のう膜付5	卵包付5	胚のみ5	
10℃	卵のう膜付10	卵包付10	胚のみ10	
15℃	卵のう膜付15	卵包付15	胚のみ15	

(2) 結果と考察

表2 経過日数と体長の関係

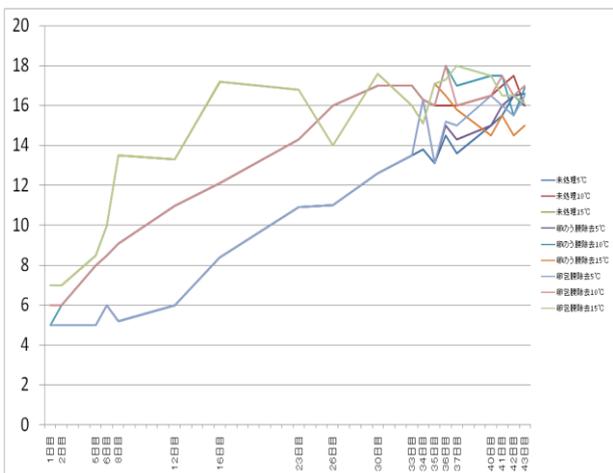


表2より、実験開始から30日までは卵の膜の条件に左右されず、15℃、10℃、5℃と、温度が高い順に成長し、最終的には卵膜の有無より水温の影響が多いことがグラフから読み取れる。



(図1) 胚のみ10 (図2) 卵包付10 (図3) 卵のう膜付10

しかし、図1~図3のようにグラフ上の体長のデータに表れない成長の差が見られた。3枚の写真からわかるように同じ温度条件の中で胚のみの個体は他の個体に比べ、外腮(呼吸のための器官)の発達に差が見られる。胚のみの個体は卵包膜付きの個体や卵のう膜付きの個体に比べて明らかに外腮が小さい。外腮の発達不足が影響したのか、実験終了時において胚のみの個体の生存数はそうでない個体に比べて少なかった。また表3より、どの膜条件においても15℃で、最終的な生存数が少なかったのは、カスミサンショウウオが冬から早春に産卵するため、初期発生条件としては、暑すぎたせいと考えられる。地球温暖化による影響を受けやすい生物かもしれない

表3 条件ごとの生存数

匹数	胚のみ	卵包膜付き	卵のう膜付き
5℃	7	19	22
10℃	7	17	10
15℃	×	3	1

以上の実験1の結果より、卵包膜や卵のう膜について次のような仮説を立てた。

- これらの膜は胚を物理的に動けなくすることで胚の器官が十分に成長し、膜の制限を突破できる程度まで孵化を制限している。

- これらの膜、もしくは膜の中身に外腮などの器官の発達に必要な成分が含まれている。

しかしながら、これらの仮説についての実験は、難しいと考えている。

3. 実験2 卵のう膜の成分

(1) 方法

小さく切った卵のう膜とタンパク質分解酵素を含む液体をシャーレに入れ、40℃インキュベータに静置する。その後1日目と5日目に目視による観察を行う。比較のため同じ両生類で産卵時期、

場所の同じカエルの卵のう膜を使用した。

(2) 結果と考察



図4 目視による観察

5日目のカスミサンショウウオの卵のう膜をピンセットで触ると1日目に比べ、破れやすくなっていた。2015年3月に採取した卵のう膜については色が薄くなっていた。カエルの卵のう膜は5日目には分解されて、ピンセットではつまめなかった。

観察の結果より、卵のう膜にはタンパク質が含まれていて、それがタンパク質分解酵素によって分解されたことによって1日目と比べて5日目のものは破れやすくなったと考えられる。また、カエルの卵のう膜はカスミサンショウウオの卵のう膜と比べてタンパク質の含有量が多かったために分解されたのではないかと考える。

しかし、使用したタンパク質分解酵素が全てのタンパク質を分解できるわけではないため、タンパク質の種類の違いによって起こった差だという可能性を否定することができない。

4. 実験3 キサントプロテイン反応による確認

(1) 方法

卵のう膜をすりつぶし、すりつぶした膜と純水を試験管に入れ濃硝酸を0.5ml入れる。それを沸騰するまで観察した後、流水で冷やし6mol/Lのアモニアを2ml入れて反応を観察する。

(2) 結果と考察

カスミサンショウウオの卵のう膜が黄色～橙色に変化した。なお、カエルの卵のう膜でも黄色に変化した。ただし膜の分解が進んでいたため正確な結果とはいえない。

この実験の結果より、卵のう膜にタンパク質が

含まれていることが分かった。キサントプロテイン反応ではベンゼン環を持ったチロシンやトリプトファンといったアミノ酸が含まれると考えられる。

しかしこの実験ではカスミサンショウウオの卵のう膜は水中で1年たっても保存できるがカエルは保存できないことの説明がつかないため、不溶性タンパク質の代表格であるケラチンに注目して実験を行うことにした。

5. 実験4 燃焼による確認

(1) 方法

乾燥させた卵のう膜を燃焼させ、においを確認する。比較として髪の毛も燃焼させる。なお、ケラチンを燃焼させると硫黄臭が発生する。

(2) 結果と考察

燃焼させた卵のう膜は硫黄臭が発生した。また、髪の毛の場合も同じようなにおいが発生した。

この結果から、カスミサンショウウオの卵のう膜には不溶性タンパク質であるケラチンが含まれていることがわかった。しかしカエルの膜は『完全に分解されていた』ため実験にしようできなかったが、『完全に分解されていた』ことからケラチンは存在していないと考えられる。

6. 反省と課題

実験1について

幼生の成長の差異には温度が大きくかかわっている事が分かったが産卵直後の卵のうを発見することが難しく、再度実験はできていない。今後、頻繁に観察に行き同じ実験を行いたい。

実験2,3,4について

カエルの卵のう膜のケラチンの有無を明確にする。また、カエルだけではなく他の生物の卵のう膜でも比較する。

琵琶湖淡水植物プランクトンの日周鉛直移動に関する研究

滋賀県立膳所高等学校 生物班
2年 佐藤源気 1年 田畑千織 吉川航武

1. 動機及び目的

プランクトンは、浮遊状態で生活し、媒質(水)の営力に依存して移動する移動能力の低い生物である。⁽¹⁾しかし、実際には多くのプランクトンは鉛直的に非ランダム分布を示し、さらに魚類などと同様に日周鉛直移動を行うことが知られている。日周鉛直移動について、特に動物プランクトンでは数々の報告がなされており⁽²⁾⁽³⁾、植物プランクトンについても、藍藻類や鞭毛藻類では多くの報告がある。⁽⁴⁾⁽⁵⁾しかしながら、琵琶湖の淡水植物プランクトン、特に珪藻類や緑藻類について、日周鉛直移動の報告は少なく、解析があまりなされていないのが現状である。そこで、本研究では、淡水植物プランクトンに着目し、鞭毛藻類・緑藻類・珪藻類の日周鉛直移動を解析することを目的とした。そのために、植物プランクトンの日周鉛直移動についてフィールド調査と実験室での実験を行った。

2. 方法

【フィールド調査】滋賀県大津市膳所(琵琶湖南湖)にある水深約 3m の漁港にて、2016 年 4 月 29 日 10:00,14:00,17:00,20:30 と、30 日 6:00,10:00 の計 6 回採取を行った。各採水時刻に水深約 0~0.5m,0.5~1.0m,1.5m~2.0m の湖水を、塩化ビニルパイプを加工したバンドン式採水器様の装置を用いて 10L 採取しプランクトンネット(NXXX25 型:目合 41 μ m)を用いて 50mL まで濃縮した。濃縮した試水はプランクトン計数板と界線スライドガラス(松浪硝子製造)を用いて検鏡して属レベルで同定⁽⁶⁾、個体数の計測を行い、属ごとに湖水 1mL あたりの個体数[個体数 \cdot mL⁻¹]を算出した。調査時は無風、水温約 17 $^{\circ}$ C,pH7 程度で一定、調査約 1 週間前から調査期間中まで降雨無しであった。

【実験室での実験】滋賀県大津市膳所(琵琶湖南湖)にある水深約 0.5m の湖岸にて湖水をプランクトンネット(NXXX25 型)で濃縮して採取し、それを試水とした。試水をそのままの湖水を用いて希釈し、植物プランクトン濃度がもとの湖水の 4.5×10^3 倍になるように調整した。調整後の試水を高さ約 30cm の透明な円筒形容器に入れ、高さ 25cm で底面が直径 4cm 円の水柱を作成した。作成した水柱を恒温機内に設置し、塩化ビニル管や黒紙を用いて光条件を光の方向と量に着目して 3 \times 2 通り(図 2)に設定した。各条件のもと 20 $^{\circ}$ C に維持して 2 時間静置後、水深 0cm,12.5cm,

21cm の試水を採取してフィールド調査同様に検鏡し、属ごとに湖水 1mL あたりの個体数を算出した。なお、採水時、水の対流が起きないように工夫した。また、試水は pH7 程度であった。

3. 結果と考察

フィールド調査・実験室での実験に共通して、個体数が多く、特徴がみられると判断した 5 属のプランクトンを解析対象とした。(図 1・図 2)

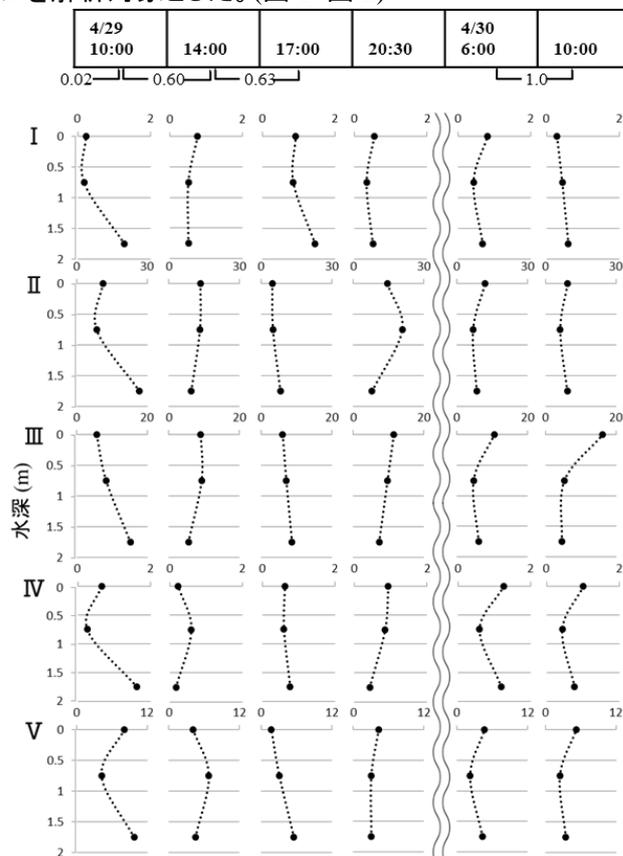


図 1 フィールド調査における時間ごとのプランクトンの鉛直分布

枠内: 採取時刻

(下の数字は、同月の快晴日の日照時間に対する本調査時の日照時間の比⁽⁷⁾)

グラフ縦軸: 水深[m]

横軸: 湖水中の個体数[個体数 \cdot mL⁻¹]

- I : *Ceratium* (渦鞭毛藻類) 鞭毛で遊泳 単独細胞
- II : *Aulacoseira* (珪藻類) 円筒形細胞の糸状群体
- III : *Fragilaria* (珪藻類) 棒状細胞の帯状群体
- IV : *Asterionella* (珪藻類) 棒状細胞の星状群体
- V : *Staurastrum* (緑藻類) 単独細胞

フィールド調査において、*Ceratium* は日照時間が長くなるにつれ表層に増加する傾向をみせた。(図 1 I) 実験室での実験では上方・暗下条件では沈降し、それらと比較すると四方条件では均一に分布した。(図 2 I) この結果から、ケラチウム属が光を求めた能動的な鉛直移動をすることが示唆される。しかし、実験室での実験では光を避けるような傾向がある。こ

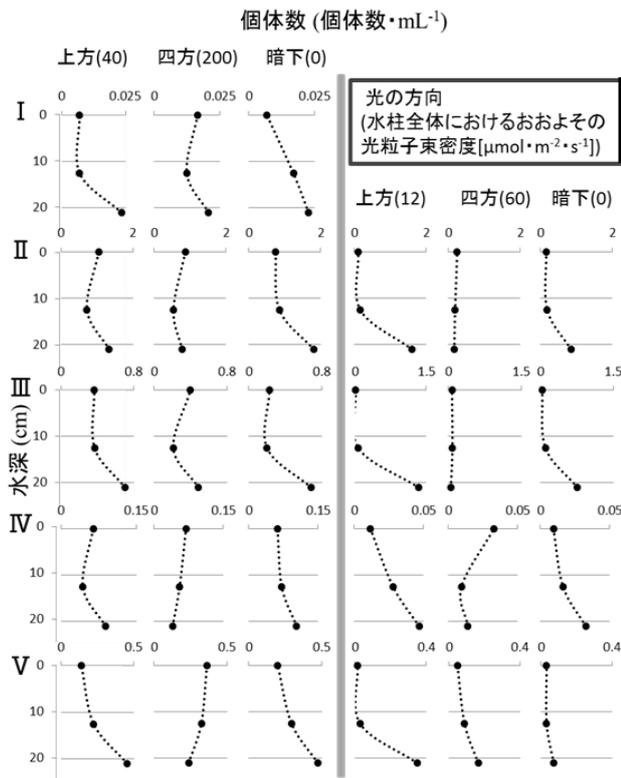


図 2(2 枚目) 実験室での実験における各条件下でのプランクトンの鉛直分布 (I ~ V は図 1 に同じ)

の現象が起こった一つの可能性として、実験室での実験条件では *Ceratium* にとって光が強すぎたため、光障害を回避したものと考えられる。四方条件では四方から光があたっていたため強い光を避けようにも光量の少ない部分がなかったために均一に分布し、暗下条件では移動を引き起こす光刺激がなかった結果、重力に従って沈降したと考えられる。

Ceratium が鞭毛をもち遊泳可能である⁽⁶⁾ことから前述の考察ができるが、能動的に移動できない珪藻・緑藻類の 4 属については異なる考察が必要である。*Staurastrum* は日照時間が短いと沈降、長くなると浮上する傾向を示しており、*Aulacoseira*, *Fragilaria*, *Asterionella* は単純に日照時間の増加に伴い浮上する傾向を示している。(図 1 II ~ V) 実験室での実験の結果では、これらの属はどれも水柱が受ける光量が多くなるほど浮上傾向が顕著である。さらに、*Aulacoseira*, *Fragilaria* と比較して *Asterionella* はより少ない光量で浮上傾向を示しており、一方、*Staurastrum* は少ない光量では浮上傾向をあまり示さなくなっている。(図 2 II ~ V) 実験室での実験の結果から、浮上がおこるための光閾値が存在する可能性がある。また、図 2 に示される傾向が正しければ、その閾値は属ごとに異なり、*Asterionella*, *Aulacoseira* と *Fragilaria*, *Staurastrum* の順に低いと考えられ、この日周鉛直移動機構に

おける閾値の概念は、フィールド調査で *Staurastrum* が日照時間の短い 1 日目に沈降していたという結果を説明できる。

ここで、水中における植物プランクトンの沈降速度 v は以下の Stokes 式で表される。⁽⁸⁾

$$v = \frac{2gr^2}{9} \cdot \frac{(\rho' - \rho)}{\eta \cdot \phi_r}$$

g は重力加速度、 η は湖水の粘性、 ρ は湖水の密度で定数と捉えられ、植物プランクトンの直径 r 、外抵抗係数 ϕ_r は、今回の調査・実験で大きく変化したとは考えにくい。よって、珪藻・緑藻といった一般に非運動性とされる植物プランクトンの鉛直移動を引き起こしたのは、光条件による生物体密度 ρ' の変化が原因ではないかと考えられる。つまり、光によって代謝系が直接的に影響を受け、密度が変化することにより日周鉛直移動が引き起こされたのではないかと予想される。

4. 反省と課題

本研究で、琵琶湖における淡水植物プランクトンの鉛直分布が変化し、その変化の一因としてプランクトンの鉛直移動があることを示唆する結果が得られ、さらに、プランクトンの種類、光条件によっていくつかの解析ができた。今後、フィールド調査・実験室での実験を蓄積し、信頼性を高める必要がある。また、光による鉛直移動以外の、鉛直分布が変化する要因として、対流・pH・水中の気体分圧や塩類濃度などについても調べていかなければならない。代謝系に注目した生化学・生理学的な解析の実験も必要である。

珪藻・緑藻類の鉛直移動機構を解明することは大きな意義がある。このような研究の成果が、将来的に赤潮などのプランクトン由来の現象に対する人工的なコントロール技術開発の一助となることを期待する。

5. 参考文献

- (1)奥谷, "自然の中の粉粒体シリーズ プランクトン", 紛体工学研究会誌, P37(1976)
- (2)伊藤・花岡, "動物プランクトンの鉛直移動と照度変化に関する実験室での実験的観察"(1968)
- (3)元田, "動物プランクトンの生態特に日周鉛直移動の習性について"(1972)
- (4)米田・吉田, "赤潮の生理生態学的研究-I 赤潮プランクトンの垂直的移動について", 日本水産学会誌 Vol.23, P405(1957)
- (5)増木・若林, "成層化したダム湖における藍藻類の鉛直移動"(2012)
- (6)若林徹哉 他, やさしい日本の淡水プランクトン図解ハンドブック (2008)
- (7)気象庁ホームページ, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2016年8月25日閲覧)
- (8) Smayda, "The suspension and sinking of phytoplankton in the sea" (1970)

日高川のハマボウの分布と生態について

和歌山県立紀央館高校高等学校 自然科学部
3年 名古美幸 坂口幸紀 2年 岡本直樹

1. はじめに

自然科学部は平成22年度より御坊市指定の天然記念物、「ハマボウの群生」の日高川（王子川含む）河口干潟における分布とハマボウ *Hibiscus hamabo* の生態についての調査・研究を継続的に実施している。

2. 調査・研究内容・目的

(1) ハマボウの生態

(i) ハマボウとは

アオイ科フヨウ属の落葉低木。三浦半島以西に分布し、暖地の汽水域で砂泥堆積地に自生。純群落をつくるので半マングローブ植物であり、パイオニア植物でもある。県のレッドデータブック（2012）のカテゴリーでは準絶滅危惧種（NT）で、原因は開発によるものである。

(ii) 塩生植物

ハマボウは塩生植物の一種で塩分耐性があり、独特の群生を形成する。このような植物の例としてウラギクやマングローブ林などがある。

(iii) 花

花色は黄色で中心部は茶褐色の蜜標がある。夕方になると花はオレンジ色に変色。花弁は5枚で7月から8月にかけて開花し紅葉は10月から始まる。花は1日花で最盛期には、毎日花が咲く。日高川河口付近の花の直径を調査（100個）すると7月初旬より8月初旬の方が約1cm大きくなり、その後徐々に小さくなった。今年度樹高約4mのハマボウ1本を調査した結果、花の数のピークが7月下旬で約50の開花数を確認この時の花の直径平均は70.5mmであった。

フヨウ属の仲間であるオクラとハマボウを比較観察した。花弁が5枚で柱頭、葯の形態は非常に似てい

る。花粉を顕微鏡（150倍）で観察すると両方も球体でまわりが棘状になっている。直径がハマボウと比較してオクラの方が40 μ m大きい。

(iv) 葉

葉の縁の部分には細かい鋸歯があり先端は急に

細くなって突出、葉は落葉樹にしては厚く両面に星状毛があり、裏面には特に密生するので灰白色に見える。

(v) 葉の裏の表面

葉の星状毛は水をはじく機能があり雨が降っても気孔がふさがれにくいなどの効果がある。

(vi) ハマボウの根

ハマボウの根は縦に約1mあり、タコ足状で通気性に富む構造である。

(vii) ハマボウの種子の特徴

①種子（縦横約5mm）の散布形態は海流散布で水に浮きやすい。中に少し空洞があり、水に浮きやすい構造である。果実は5つの部屋からできており、1つの部屋には3個から6個の種子が入っていた。昆虫により食害された果実には穴が開いており、幼虫や蛹が入っていた。

②調査果実278個中、47.8%が虫害果実であり、虫害果実の平均種子数は8.7で正常果実は15.8正常果実145個中の約2割が未熟な果実であった。虫害果実中には2種類の幼虫と1種類の蛹が入っていた。

(viii) 考察1. ハマボウの生態（花）

- ・夕方になると変色してしぼむ1日花であるが、昼でもオレンジ色の花が観察できた。実際には1日以上しぼまず咲いているものもある。
- ・花の直径調査より8月初旬が花の最盛期で虫媒による受粉の確率が最も高い。
- ・花粉について他のキク科、バラ科などと比較するとフヨウ属の仲間の花粉は120~150 μ mと、かなり大型の花粉であった。
- ・種子からガの幼虫が出てきた。この幼虫を調べるとマダラトガリホソガの幼虫であった。その他にカクモンノメイガの幼虫と蛹を確認
- ・ハマボウを食害する鱗翅目昆虫を調べると、本州西部ではマダラトガリホソガをはじめ、9種類確認されている。
- ・ガは種子ではなく柔らかい果実を食べている。
- ・種子調査より成木1本から約3400個の種子が作られることから日高川河口の成木が約900本として年間に約306万個の種子が散布される。しかし種子が発芽し成木となる確率はかなり低い。
- ・海流散布であるが、ハマボウの種子は発芽すると根を下ろすスピードがとても速いと推測する。
- ・海流散布により種子は波打ち際に沿って自生している。これはハマボウの特徴である。

(2) ハマボウの分布

(i) 和歌山県におけるハマボウの分布

県のハマボウの分布は過去には和歌川河口が北限であったが絶滅、現在は日高川河口が北限。

(ii) 日高川河口のハマボウ分布 (H22~27 年度調査) 合計 1097 本

- ・ A. 天田橋北詰北側 : 16 本 B. 南側 : 6 本
- ・ C. 天田橋南詰北側 : 64 本 D. 南側 : 518 本
- ・ E. 北塩屋船着場 265 本 OF. 北浜群生地 : 226 本
- ・ G. 発電所前堤防付近、干潟のなごり : 2 本

(iii) 王子川のハマボウ分布 (H26 年度調査)

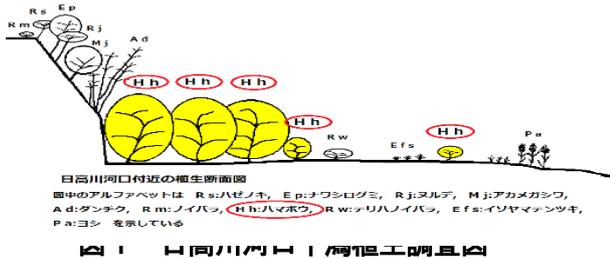
合計 243 本

- ・ A. 王子橋北詰北側 : 6 本
- ・ B. 425 号線付近 : 89 本
- ・ C. 農道付近 : 122 本
- ・ D. 王子橋より 1km 付近 : 226 本

(iv) 日高川河口干潟植生調査 (H26 年度調査)

調査方法 : 堤防沿いの横 46m × 縦 37m を調査

調査結果



(v) 考察 2. 日高川河口干潟 ハマボウの分布

・ 準絶滅危惧種に登録されているが日高川河口付近のハマボウの数は 1985 年の調査 (836 本) から現在 (日高川河口 1097 本・王子川 243 本) に至るまでかなりの数のハマボウが増加。これは県全体としては減少傾向にあるが日高川河口付近のハマボウの数は安定している。

(3) ハマボウの塩分濃度に対する耐性実験

(i) 実験方法 : ハマボウを含む 4 種類の植物をそれぞれ塩分濃度の溶液 [0・0.6・(汽水)・2.0・3.2 (海水)・5・10・15%] につけてその経過を観察

- ・ ハマボウ : 塩分耐性実験結果 : 15 時間後、塩分濃度 5% 以上で葉や茎から塩がふきでていた。
- ・ マユミ : 15 時間後マユミに変化はなし。実験後数日放置しても変化なし。
- ・ クスノキ : 24 時間後 5.0% 以上で葉が萎れてきた。
- ・ イチョウ : 24 時間後 5.0% 以上で葉が萎れてきた。

(ii) 実験方法 : ハマボウと同属のハイビスカスと比較し、塩分濃度を細かく設定して経過を観察し

た。

・ ハマボウ塩分耐性実験結果 : 10 時間後、4.0% 以上の濃度で茎や葉が萎れてきた。その後、約 2 日間観察した結果、3.6% 以下の濃度では変化はなかった。

・ ハイビスカス : 10 時間後に 4.4% で葉が黄色く変色し、2 日後には 4.0% でも黄色に変色した。

(iii) 考察 3. ハマボウの塩分濃度に対する耐性実験

・ 結果ではハマボウとマユミとも耐性があった。ハマボウは塩分を体外に出す機能が優れていた。

・ マユミは実験後も枯れずにいたので耐性が強いと考える。イチョウとクスノキは耐性なし。

(4) ハマボウの発芽実験

(i) 実験方法 : 塩分濃度 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1% を明・暗各シャーレ 5 個ずつ準備し、種子を 50 個ずつ播種。脱脂綿がつかる程度に溶液を入れ、種子を塩酸で 1 日処理したものと比較する。

* 明は太陽光線に当て、暗は太陽光線を段ボールをかぶせて遮断

・ 無処理結果 : 25 日目で明は 0~0.6%、暗は 0~0.4% で発芽

・ 塩酸処理結果 : 25 日目で明は 0~0.8% で発芽 0.6% は発芽せず。暗は 0~0.8% で発芽

(ii) 考察 4.

- ・ 種子の発芽の塩分限界は 0.8% 以下
- ・ 発芽条件は暗い方が発芽する確率が高い。
- ・ 発芽の温度条件は 21~23°C でも発芽
- ・ 播種後、約 10 日で発芽
- ・ 発芽する割合は 1/50~3/50
- ・ 発芽促進には塩酸処理の効果があった。

3. 参考文献

・ 中西弘樹. 1979 : ハマボウ群落の分布と生態. 植物分類地理, 30, p169-179. ・ 村瀬ますみ・

高須英樹. 2007 : ハマボウを食樹とする蛾. 蛾類通信, No246, p. 373-374.

・ 北村泰一, 西村幸恵. 2003 : ハマボウ挿し穂及び種子の耐塩水評価 (研報), 南九州大学地域環境学科緑地保全学研究室.

・ 高須英樹, 2012 : 保全上重要な和歌山の自然和歌山県レッドデータブック (2012 改訂版, p320, 和歌山県環境生活部環境制作局環境総務課自然観教室.

花崗岩の風化による土砂災害への影響

兵庫県立加古川東高等学校 自然科学部地学班
 2年 岩本南美 田島晴香 田村笙 東森碧月
 1年 中野勝太 中野美玖 尾藤美樹

1. 動機と目的

平成26年8月、広島市で局地的豪雨による大規模な土砂災害が発生した。また、兵庫県加古川市北部の大藤山でも、平成23年に台風の影響で土砂災害が発生した。この2つの場所には花崗岩が分布していることから、花崗岩体では土砂災害が発生しやすいという仮説を立てた。そこで、平成23年から平成26年の間に全国で発生した土砂災害を調べた結果、花崗岩の分布面積は全国のおよそ12%であったのに対し、花崗岩体での土砂災害発生件数が最も多いことが分かった(図1)。

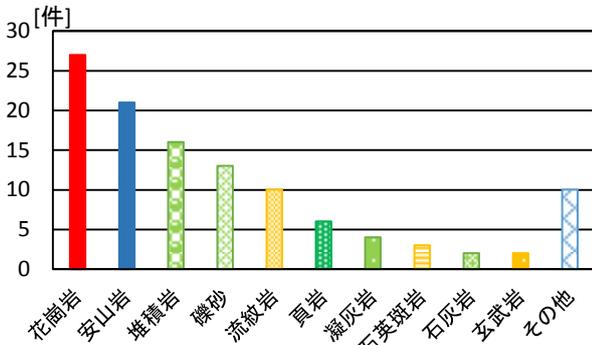


図1 地質別土砂災害発生件数 (平成23~26年)

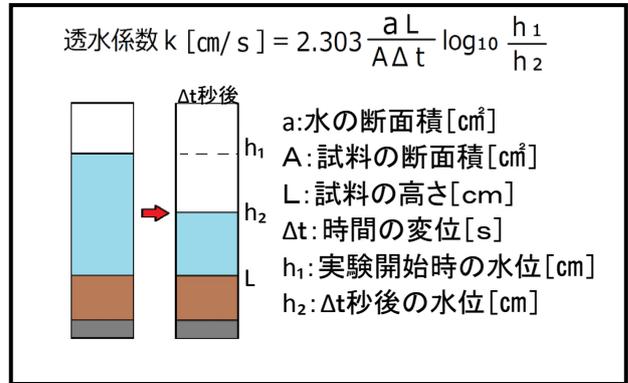
このことから、土砂災害の発生には地質的条件が大きく関わっていると考えた。そこで、兵庫県発行のハザードマップに地域の地質的条件を考慮した項目を加筆することを目的に研究を行った。

2. 研究方法

まず、大藤山で調査を行い土砂や水を採取した。また比較として、加古川市に隣接する高砂市にある、凝灰岩体の高御位山でも調査を実施した(図2)。なお、この2つの山は地形的特徴が類似しているが、大藤山では過去60年間に6回の土石流が発生しているのに対し、高御位山では過去70年間に土砂災害が発生したという記録は見られなかった。そして、採取した試料をもとに以下の実験を行った。

- ①岩石の物理的風化を調べるため、花崗岩・凝灰岩・流紋岩を電気炉で加熱し、偏光顕微鏡で観察。
- ②化学的風化を調べるための、大藤山・高御位山を流れる水と雨水のCa硬度を測定するキレート滴定。

- ③花崗岩・凝灰岩・流紋岩を乾燥させて水に浸し、増加した質量の割合を求める、岩石の吸水率測定。
- ④大藤山の土砂層を、基準地点から高さを揃えて層ごとに採取し、各層についての透水係数試験。実験では変水位透水試験を用い、以下の式1から透水係数を算出した。



式1 透水係数

- ⑤④の各土砂層の粒度測定。



Gs : 角閃石含有斑状黒雲母花崗岩及び文象斑岩
Hhs : 成層火山礫凝灰岩

図2 調査場所

3. 結果

現地調査の結果、大藤山では厚い土砂層が形成されていたのに対し、高御位山では土砂層があまり見られなかった。

- ①凝灰岩、流紋岩では間隙が見られなかったのに対し、花崗岩は鉱物間に間隙が生じ、加熱回数を重ねるごとに間隙が広がった(図3)。

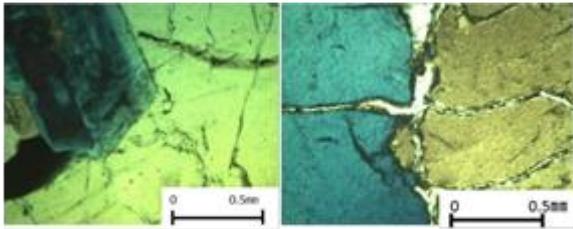


図3 加熱なし(左)と2回加熱(右)花崗岩の薄片

- ②高御位山の水のCa硬度は雨水とほぼ同じ値であるのに対し、大藤山の水はその約10倍の値だった。
- ③花崗岩は0.83%、凝灰岩は5.1%、流紋岩は4.6%で、花崗岩が最も吸水率が小さかった。
- ④土砂によって透水係数に違いがみられた(表1)。

表1 層ごとの細粒の砂の割合と透水係数

基準からの高さ [cm]	細粒(粒径420μm以下)の砂の割合	透水係数 [cm/s]
119-137	24.9%	9.9×10^{-4}
100-118	19.4%	23.9×10^{-4}
85-100	26.9%	12.9×10^{-4}
75-85	22.3%	10.4×10^{-4}
59-70	21.4%	12.9×10^{-4}
40-59	-	13.9×10^{-4}
30-35	32.1%	15.5×10^{-4}
0-15	20.3%	29.0×10^{-4}

- ⑤土砂の透水係数が大きいほど、細粒土砂の割合が小さくなっていった。

4. 考察

①②の結果から、花崗岩体は熱による物理的風化により鉱物間に間隙が生じ、雨水が染み込み、Ca²⁺が溶脱することで化学的風化が進行し、厚い土砂層を形成する。

また③の結果から、花崗岩は水を吸収しにくく、岩体の上に水が溜まりやすい。そして④⑤の結果から、細粒の割合が小さく、あまり風化の進行していない層では透水係数が高くなっている。

これらのことから、花崗岩は岩体の上や透水係数の低い層の上に水が溜まり、土砂に浮力が働くことで厚い土砂層が滑りやすくなり、

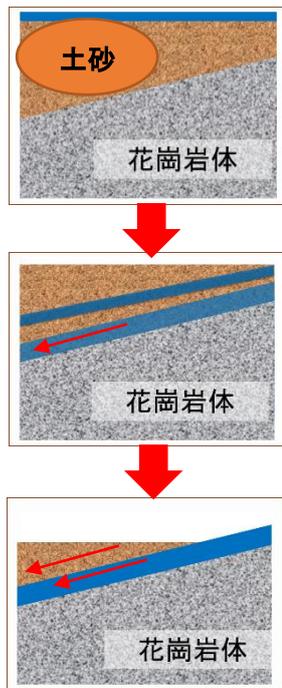


図4 花崗岩体における土砂災害発生過程

土砂災害が発生しやすくなると考えられる(図4)。

しかしながら、筆者らが平成23年から平成26年にかけて全国各地で発生した土砂災害を調べた結果をもとに、地質的条件と降水量と傾斜の相関関係を分布図(図5)にしたところ、現在の危険箇所の指定は傾斜が30度以上であるにも関わらず、30度以下の範囲にある地域にも多数の土砂災害の発生がみられた。

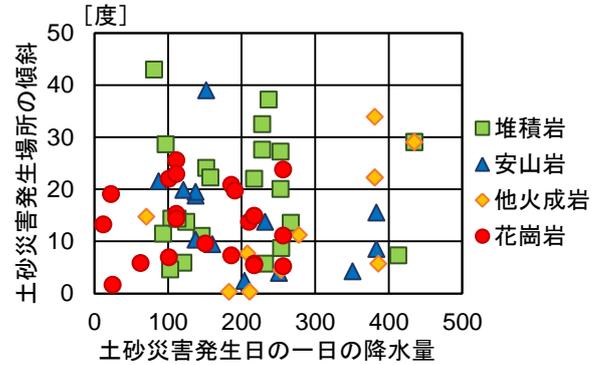


図5 土砂災害発生要因相関図(平成23年~26年)

このことから、現在ハザードマップの作成は主に斜度などの地形的条件を考慮して行われているが、今後この研究を発展させ、兵庫県発行のハザードマップへ、地質的条件を考慮した項目の加筆を行うことを目標としている。現在は六甲砂防事務所などと研究・協議を実施している(図6)。



図6 六甲砂防事務所の調査員との協議

5. 今後の課題

大藤山土砂層の各データを増やし、同じ花崗岩体である六甲山のより詳細な調査(図7)を行うことで、風化度基準の定量化を目指す。



図7 六甲山フィールドワークの様子

時系列でみた御坊周辺の津波浸水状況 (レベルL1, L2 津波のシミュレーション比較)

和歌山県立紀央館高校高等学校 自然科学部
3年 名古屋幸 坂口幸紀 2年 岡本直樹

1 動機

東日本大震災後、和歌山県の各自治体でM9.1クラス(レベルL2)の津波ハザードマップが作成されたが、避難対策を考える場合、時間を追っての津波浸水の状況を知る必要があると思った。今後、この結果をもとに自分たちで南海トラフ巨大地震への対策を考える基本資料としたい。

2 方法

御坊市街への津波浸水を知るために、レベルL2(M9.1)とレベルL1(M8.7)の地震発生後60分の0.5分ごとの津波時系列の浸水計算を和歌山工業高等専門学校環境都市工学科小池教授にいただき、それをもとに時系列の浸水図をつくり、浸水アニメーションを作成し、浸水パターンを調べた。御坊の三地点(日高川河口部、御坊市役所、紀央館高校)の時系列浸水深を読み取りグラフ化して浸水の速さ等を算出した。

(1) コンピュータによるシミュレーション計算

① 計算モデル

L2 レベル：内閣府モデル case3

L1 レベル：宝永南海地震相田モデル

② 計算値は陸上に上がった津波(浸水深)・海面と川面の高さの設定は0mとしている。

③ 浸水深は10mメッシュ単位で計算。

(2) シミュレーション計算の画像化

① 計算結果を画像化ソフトを使って画像化

② 浸水深は10mメッシュの平均値

③ 色別表現の設定範囲は、最小値-15m 最大値17mとした。

(3) 画像と地形図の合成とアニメーション化

① (時系列浸水

分布図) 国土地理院の航空写真を海岸線や河川、山地をえとって地形図化した。

② 地形図とのシミュレーションは、パワーポイント上で大きさを調整して重ねた。

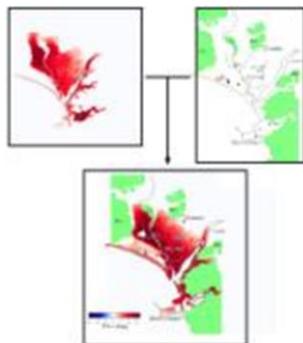


図1 浸水図と地形図の合成

③ 合成画像をパワーポイント上で時系列に並べてアニメーションにした。

(4) グラフ化

日高川河口、御坊市役所、紀央館高校の3地点の浸水深を計算結果の座標から読み取り浸水深変化をグラフ化した。



図2 グラフ化地点

3. 結果

(1) 浸水パターン

アニメーションを分析して、L1, L2の浸水パターンをまとめると表1と図3, 図4になる。

表1 浸水パターン

L2		L1	
時間	浸水の浸水状況	時間	浸水の浸水状況
20	津波発生直後	27	津波発生直後
23.5	日高川河口に到達	31	日高川河口に到達
27	日高川河口に到達	34.5	日高川河口に到達
31.5	日高川河口に到達	38	日高川河口に到達
35.5	日高川河口に到達	41.5	日高川河口に到達
39.5	日高川河口に到達	45	日高川河口に到達
43	日高川河口に到達	48.5-50.5	日高川河口に到達
46.5-50.5	日高川河口に到達	54	日高川河口に到達
54	日高川河口に到達	58	日高川河口に到達
57.5	日高川河口に到達	60	日高川河口に到達

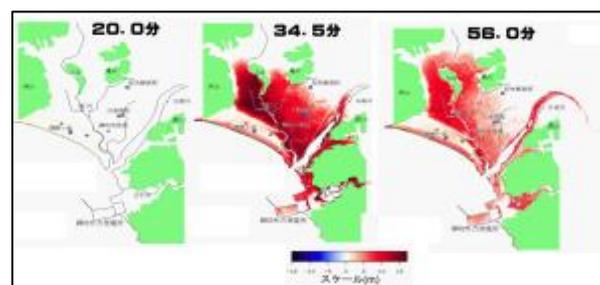


図3 L2 浸水図

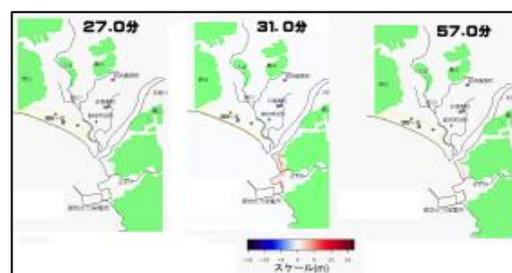


図4 L1 浸水図

(2) 3 地点の時系列浸水深変化

① L1 の日高川河口における浸水変化

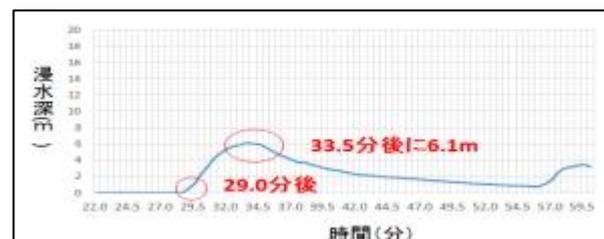


図5 日高川河口の浸水深変化 (0分-60分)

②L2 3カ所の浸水深変化

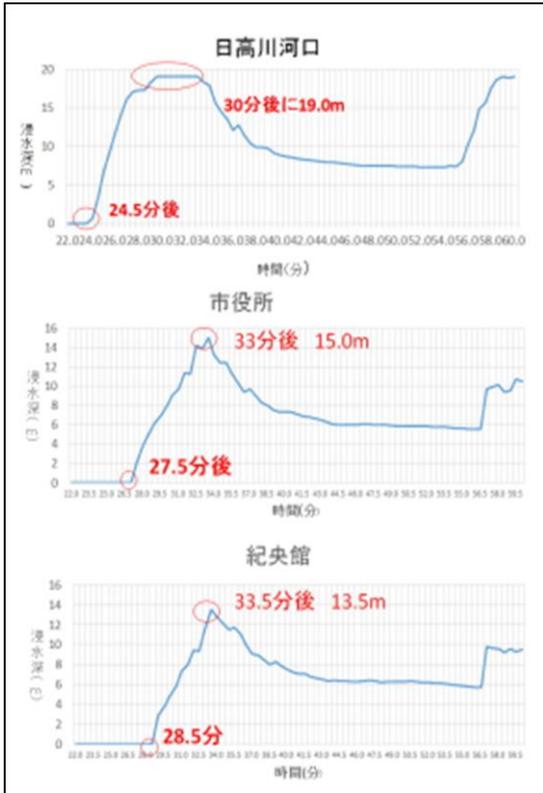


図6 3カ所の浸水深変化(0分-60分)

4. 考察

(1) M8.7 (L1) M9.1 (L2) の比較

L1とL2はM値の違いは0.4だが、エネルギー規模を比較すると、L2はL1の4倍大きい。これが以下の違いとなっている。

- ① 到達時間
L2が5分ほど早くなっている。これはエネルギー差ではなく、モデルの違いによるものと思われる。
- ② 最大浸水深
第1波の最大浸水深はL2がL1に比べ3倍程度大きい。
- ③ 浸水規模
L2は日高平野の最奥にの日高町まで達するのにに対し、L1は御坊市海岸沿いの名屋地域でわずかに浸水する程度。L2では第一波侵入後はほとんど引かずそこへ第2波が入るため、2波のピークも1波と同程度になる。
- ④ 襲来パターン
第1波のあと30分ほどで第2波が来るというパターンは似ている。しかし高さは、L2では第1波の1/2程度になっている。

(2) L2における各地点の浸水状況

3地点の津波到達時間、最大浸水深、第1波平均増加率と人が立っていられなくなる水深0.3mに

達する時間を表2にまとめた。

また、各項目を棒グラフ(図7)にして示した。

- ① 到達時間、最大浸水深は河口からの距離に対応している。

表2 3地点での最大浸水深、浸水増加率等

地点	河口からの距離(km)	モデルマグニチュード	最大浸水深に達する時間(分)	最大浸水深(m)	平均増加率(m/分)	0.3mに達する時間(秒)
日高川河口	0	8.7	5.0	6.1	1.2	14.7
		9.1	6.0	19.0	3.2	5.7
市役所	1.8	9.1	6.5	15.0	2.3	7.8
紀央館高校	3.6	9.1	5.5	13.5	2.5	7.3

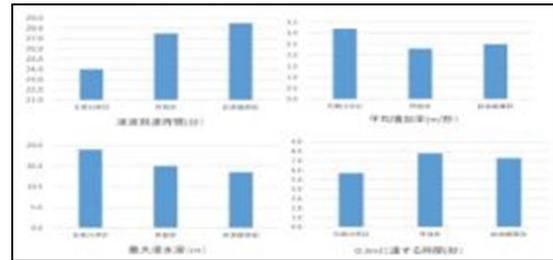


図7 3カ所における津波到達時間 平均増加率 最大浸水深 0.3mに達する時間の比較

- ② 第1波の浸水が始まって最大浸水深に達するまでの平均増加率を計算すると、河口、紀央館、市役所の順番になっている。それをもとに、人が移動できなくなる浸水深0.3mになる時間を計算した。これが小さくなるほど危険性が高いことを示し、危険性は河口、紀央館、市役所の順になっている。しかし違いは5秒から8秒と3秒ほどしか差がなく、いったん浸水が始まったら3カ所ともほぼ逃げるのは不可能であることを示している。
- ③ L1レベルの津波については、この結果から避難については十分対応ができそうだが、L2レベルとなるときわめて対応が難しくなる。津波浸水が始まる25分前後で市街全部が避難を完了せねばならない。どのような対策があるのか、今後自分たちで対策を考えてみたい。

5. 参考引用文献

- ・和歌山県. 2013:平成25年度公表津波浸水想定和歌山県,和歌山県総務部危機管理局防災企画課.
- ・佐藤良輔. 1989:日本の地震パラメーター,鹿島出版会.

謝辞

今回、津波のデータの提供およびご指導をして頂いた和歌山高等専門学校環境都市工学科 小池信昭教授ならびに印南町立印南中学校 阪本尚生先生に深く感謝申し上げます。

木星の模様を探れ

滋賀県立米原高等学校 地学部

2年 山田直人, 小林晃啓, 大城悠斗, 小倉匠翼

1年 北村天音, 小野和樹, 岸田優衣,

谷口秀平, 田中克宜, 山中達

1. 動機・目的

人工衛星など他の研究機関の撮影画像を用いずに惑星研究に耐えうる綺麗な画像を自分たちの手で撮影したいと思ったこと、また木星の大気の特徴を調べたいと考えたことからこの研究を始めた。

2. 研究 1

目的 本校にある機材を用いて、木星を最も綺麗に撮影できる方法を確立する。

方法 今回の研究では7台の望遠鏡を用いて、それぞれカメラを天体望遠鏡に直接取り付ける直接焦点法、アイピースを用いて拡大するリレーレンズ法、バローレンズを用いて拡大するバローレンズ法といった撮影方法を試した。(図1)

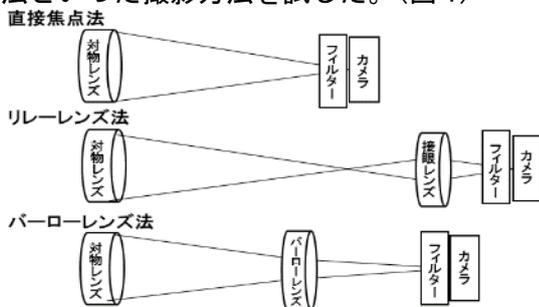
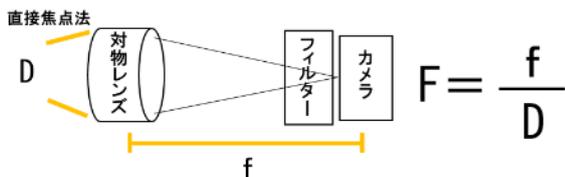


図1. 撮影方法

また、カメラはモノクロカメラを使用し L、R、G、B フィルターを通して撮影した。この時に各撮影機材の F 値 (合成 F 値) を計算した。私たちは、F 値が大きいほどより大きく綺麗な画像が得られると考えた。(図2)



f・・・対物レンズの焦点距離(mm) D・・・対物レンズの直径(mm)

図2. F 値の求め方

画像処理には RegiStax を使用し、カラー合成にはステライメージを使用した。

結果 処理後の各画像を比べた結果、高橋製 μ -180 反射望遠鏡を用いリレーレンズ法での撮影が最適だということが分かった。(図3,4)



図3. μ -180 と撮影機材



図4. 撮影機材の拡大図

また、L、R、G、B、それぞれの画像を比較することで、木星の模様の特徴の違いを見つけることができた。最も綺麗な画像を見ると、フェストーンや後方攪乱、白斑、南赤道縞に STBZ と呼ばれる白い縞などが確認することができた。(図5)

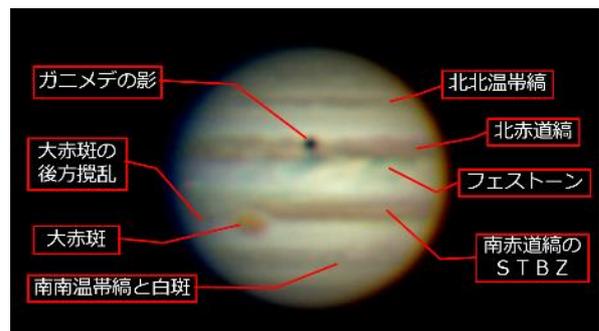


図5. 最も綺麗な画像

また、F 値が大きいほど綺麗であると考えていたが実際は 25 より少し大きい程度に設定すると綺麗な画像が得られるということが分かった。

3. 研究 2

目的 研究1で「綺麗な画像」と評価した際に、

評価が主観的であった。客観的に評価するために独自で決めた尺度より木星の綺麗な画像の定義を決める。

方法 初めに、処理後の画像の中央に線を引き、すばる画像処理ソフト「マカリ」を用いて、輝度変化のグラフを作成する。木星の三本の縞の部分に明暗の角度を決めた後、角度の大きさや輝度差を求めた。そして、角度①、②、③の平均と輝度差を数値化したものの平均を評価の値とした。(図6)

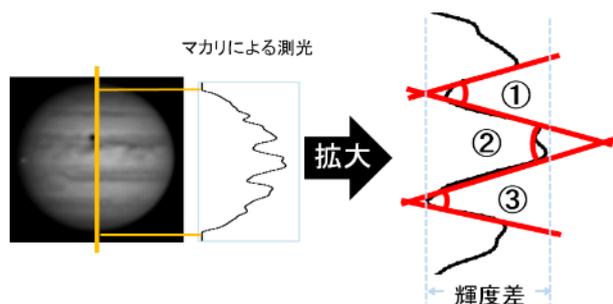


図 6. 画像の評価方法

結果 20 枚の画像を評価した結果「綺麗な画像」は明暗の角度が 35° 以下、輝度差が 8000 以上であると定義した。

4. 研究 3

目的 木星の自転周期である 10 時間分の画像を用いて展開図を作成する。

方法 はじめに WinJUPOS という天体画像の測定ソフトを用いて、1 枚の木星画像から 1 枚の展開図を作成する。(図 7)

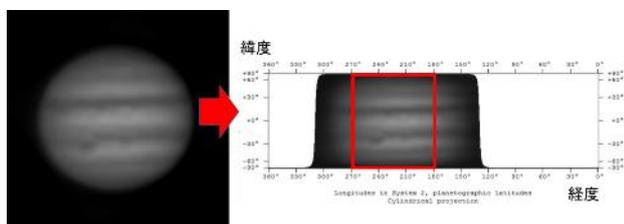


図 7. 1 枚の展開図を作成

その後、画像処理ソフトを用いて展開図から木星中央の経度 30° 分を取り出す。この処理を 10 時間分全ての画像に行い、それらの経度をあわせて貼り付け一枚の展開図を作成する。(図 8)

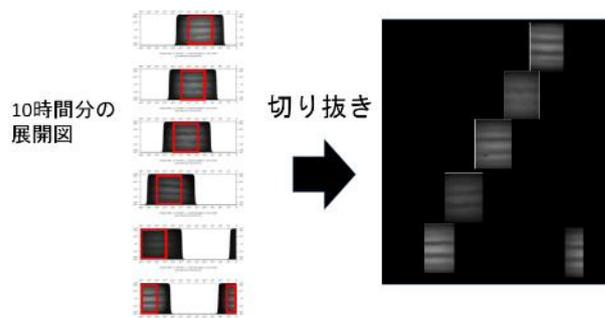


図 8. 切抜き作業

結果 今までには南赤道縞と北赤道縞しか見えなかったが、今回は南南温帯縞や北北温帯縞まで確認することができた。(図 9)

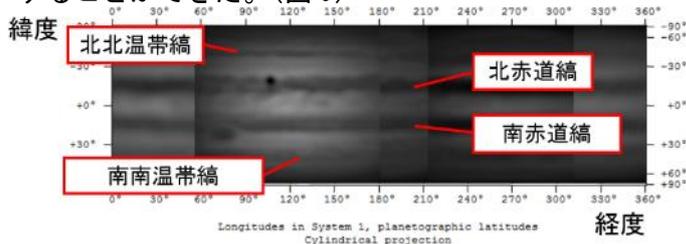


図 9. 完成した展開図

他にも 2 通りの方法を試みたが先ほど記載した方法が最適だった。

5. 結論

- ① 今回の研究から、惑星の撮影に最適な方法は、焦点距離の長い反射望遠鏡を用いてリレーレンズ法で撮影する。
- ② 展開図の作成は Winjupos と画像処理ソフトを用いた方法が最適であるとわかった。

6. 今後の課題

- ① より綺麗な画像を撮影するために結露対策などの工夫をすること。
- ② 木星を継続して撮影することで、木星の縞の変化や大赤班や白斑など大気の動きを調べること。
- ③ R 画像や IR 画像を調べることで更に木星の模様の特徴を調べていきたい。

7. 謝辞・参考文献

月惑星研究会関西支部

安達様、熊森様をはじめとする皆様

天文年鑑 2015 年版、2016 年版

～天文年鑑編集委員会編～ 誠文堂新光社

ゲル法を用いた結晶作成

滋賀県立彦根東高等学校 SS部化学班
2年 大澤暉, 宇佐美正成, 田中輝,
相馬龍斗, 西山大稀, 三原滉平

1. 動機及び目的

薬の開発において、結晶を用いた化合物の構造解析は必要不可欠であり、そのためには解析に見合うきれいな結晶を得ることが重要となる。

結晶作成の手段として、再結晶法がよく知られているが、再結晶法では温度による溶解度の差が小さい物質、水に溶けにくい物質などの結晶作成は難しいという課題がある。

そこで、私たちは他の結晶作成の方法としてゲル法に注目し、研究を始めた。

2. 方法

ゲル法とはゲル中で結晶の生成反応を起こし、結晶作成を行う方法である。試験管中に化合物 B を混ぜたゲル (B 液) を作成し、ゲルが固まった後、ゲル上部から化合物 A の水溶液 (A 液) を添加して数日静置する。ゲル中に A 液が浸透し、B と反応することで、化合物 AB の結晶がゲル内に生成される。

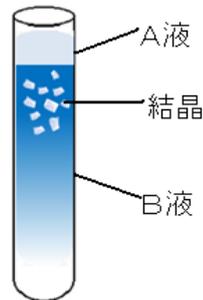


図1 ゲル法の様子

以下にゲル法の利点をあげる。

- ・ 反応がゆるやかに進行するため、溶液同士の反応では作成しにくい化合物も結晶化できる。
- ・ ゆっくり結晶化が進むため、きれいな結晶が得られやすい。
- ・ 固形のゲルを扱うため実験時の条件を変更しやすい。

3. 実験結果と考察

ゲル法による結晶作成について調べることを目的に3つの実験を行った。

実験 I ゲルおよびゲル化の検討

【目的】

ゲル法には、ゲル中を溶液がゆっくりと侵入することが必要であり、ゲルの材料検討を行った。また、pH や温度がゲル化に与える影響について調べた。

① 材料検討

【材料】 寒天(くらしモア製)、ケイ酸 H_2SiO_3
(ケイ酸のゲル化: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{酸} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{塩}$)

【方法】 それぞれのゲルを作成後に、着色水を添加し観察した。

【結果と考察】(一日後)

添加翌日、寒天では着色水がゲル下部にまで達していた。一方、ケイ酸は着色水がゲル上部にのみ侵入しており、寒天よりもケイ酸の方がゲルの構造が細かいと考えられた。よって、今後はケイ酸のゲルを使用することとした。

② pH・温度の影響

【方法】

ケイ酸のゲルに対して、pH や温度を調整し、ゲル化までにかかる時間、ゲルの硬さ、ゲルの外観を調べた。

○pH 調整 … 1M 塩酸、酢酸、 NH_3aq 、 NaOH_{aq} を用いてそれぞれ調整した。

○温度…恒温機を用いて 40°C 、 80°C の一定温度下でゲル化させた。

○硬さ測定

… 圧力測定器(図2)を用いて、ゲル中を測定棒が沈む様子を観察し、始点と終点の目盛から沈度を測定した。(図3)硬いゲルほど沈度は小さいと考えられる。



図2

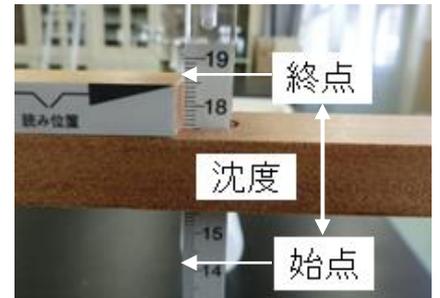
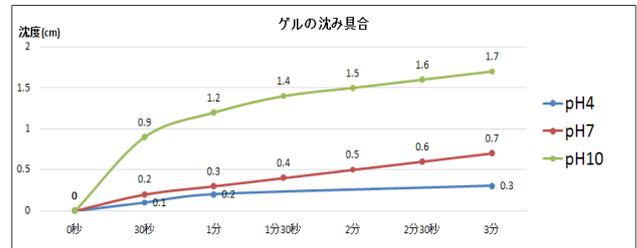


図3

【結果】

pH	2	3	4	5	6	7	8	9	10
時間	—	>1week	54h	10h	2h	33min	3min	8min	14min
外観	透明	←—————→ 白濁							



ゲル化にかかる時間は pH8 を最短とし pH が高いほど短くなった。ゲルの外観は pH が高いほど白濁した。pH が高いほどゲルは軟らかく、pH が低いほど硬くなった。温度によるゲル化までの時間やゲルの硬さへの影響はみられなかった。

【考察】

