

とやま科学オリンピック 2015

生 物

(高校部門)

2015年8月12日(水)

時間: 9時45分～12時15分(150分)

注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 問題は1から3まで、9ページにわたって印刷してあります。
3. 机の上には、筆記用具、電卓（計算機能のみのもの）、電子辞書およびインターネットに接続できる端末の使用は認めない。
4. 解答はすべて解答用紙に記入し、解答用紙だけを提出すること。
5. 参加番号を解答用紙の決められた欄に記入すること。
6. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合は、すぐに申し出ること。
7. 実験はチームで協力して行うこと。他のチームの実験操作を参考にしてはいけない。
8. 実験にあたっては、周囲の人の安全に十分に注意すること。
9. 実験中に器具が故障・破損したり、けがをしたりした場合には速やかに申し出ること。

みなさんの健闘を期待しています。

はじめに

富山県は、海底 1000m から標高 3000m 級の山々まで高低差が 4000m に達するたぐい希な地形を有する。陸上の植生帯は標高に対応して暖温帯・冷温帯・亜寒帯・寒帯が存在し多様な動植物が生息している。富山湾は日本海では最大の外洋性内湾であり、急激に海が深くなっていることが特徴の一つとしてあげられる。そこには冷たい日本海固有水（深層水）が満たされており、その上に暖かい対馬暖流系の水が乗り、さらに表層を河川水が覆っている層構造を形成している。そのため、富山湾は冷水系と暖流系の両方の魚が生息できる環境となっており、様々な種類の動植物を見ることができる。

また、近年では外国からの観光客も多く訪れる立山は、厳密には立山連峰雄山（標高 3,003 m）、大汝山（標高 3,015 m）、富士ノ折立（標高 2,999 m）の 3 つの峰の総称で、御前沢雪渓に存在する氷体は、日本では数少ない現存する氷河であることが確認されている。室堂周辺から上部は、森林限界のハイマツ帯で、多くのライチョウが生息している。また、立山は花の百名山に選定されており、室堂周辺などでは雪解けと共に多くの高山植物の開花が見られる。

標高約 1000m 付近にある有峰県立自然公園は、北アルプス薬師岳のふもとの常願寺川に建設された有峰ダムを中心に、鋏崎山一帯および祐延湖周辺の地域からなる。自然公園には、県内の多くの生物種が生息することで知られており、例えば富山県内での生息が確認されているチョウ目の約 90% はこの自然公園で観察することができる。

1 植物の多様性に関する文 1、文 2 を読んで、各問いに答えなさい。

文 1

日本では、バイオームの分布と気温の相関関係を示すための指標として「暖かさの指数」がよく用いられる。「暖かさの指数」とは、「1 年間のうち月平均気温が 5℃以上の各月において、それぞれの月平均気温から 5℃を差し引いた値を年間累積した数値」のことである。表 1 は「暖かさの指数」とバイオームの関係をまとめたものである。また、表 2・3 は富山市（標高 9 m）の、表 4・5 は有峰の月平均気温(℃)を示したものである。

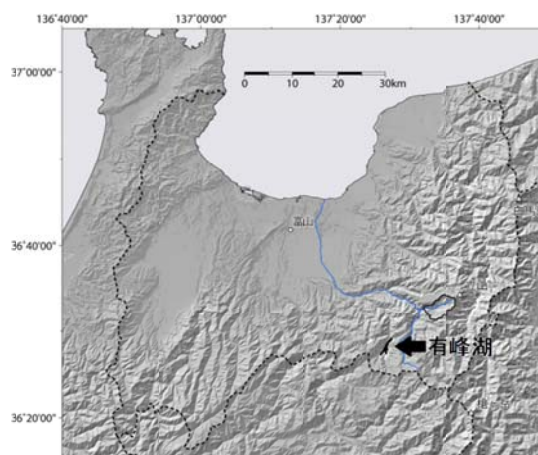


表1 暖かさの指数とバイオームの関係

暖かさの指数	バイオーム
0以上～15未満	ツンドラ
15～45	針葉樹林
45～85	夏緑樹林
85～180	照葉樹林
180～240	亜熱帯多雨林
240以上	熱帯多雨林

表2 1992年の富山市における月平均気温(°C)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均気温	4.0	3.4	6.6	12.3	15.1	19.9	24.6	26.1	21.9	16.2	11.1	6.1

表3 2013年の富山市における月平均気温(°C)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均気温	2.9	2.8	6.8	12.2	18.3	22.5	25.8	26.2	22.1	16.6	11.5	4.8

表4 1994-1995年の有峰における月平均気温(°C)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均気温	-4.8	-5.5	-1.1	4.4	10.3	13.1	18.6	20.3	16.3	11.2	4.8	-0.8

問1 次の各問いに答えなさい。

- (1) 富山市における暖かさの指数から考えられるバイオームを決定せよ。
- (2) 有峰における暖かさの指数から考えられるバイオームを決定せよ。
- (3) 温暖化の影響により月平均気温が上昇すると分布するバイオームが変化することがある。
 - ① 表4の有峰において、各月の平均気温が平均何°C上昇するとバイオームが変化するか。小数点第1位まで求めよ。
 - ② そのとき、バイオームは何になるか。ただし、降水量は変化しないものとする。

文2

森林の植生は、一様ではなく時間の経過とともにしだいに変化する。この現象を遷移という。昨年噴火した御岳のように火山の噴火によって土砂や火山灰土が堆積したような、植物が生息しておらず土壌もない状態では①最初に乾燥に強い地衣類やコケ類が現れる。初めはそれらの先駆種のみしか生息できないが、やがて②1年生草本が生育し始め、③ススキなどの草原、④クロマツなどの陽樹林、⑤陽樹と陰樹の混交林を経て、⑥陰樹のみからなる陰樹林へと進行し、極相（クライマックス）となる。ただし、これらの遷移には一定以上の降水量と気温が必要となる。

植生の調査には主にライントランセクト法という方法が用いられる。ライントランセクト法とは、植物の出現頻度を特徴的な地形ごとに比較する方法であり、これを用いて有峰湖周辺のある地点で植生調査をおこなった。今回の調査では、各地点で50mの線上を10mごと5区間に区切り、幅2m以内の樹種を記録した。調査の結果は、表5のようになった。表中の数字は、Ⅰ低木、Ⅱ亜高木、Ⅲ高木として植物の階層を表している。

表5

植物名 \ 区間	0～10m	～20m	～30m	～40m	～50m	出現頻度
ウリハダカエデ	Ⅱ	Ⅰ		Ⅱ	Ⅱ	4
ウワミズザクラ		Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	4
ミズナラ			Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	3
チシマザサ			Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	3
ヤチダモ	Ⅲ	Ⅲ				2
ハイイヌツゲ		Ⅰ	Ⅰ			2
ガマズミ				Ⅰ		1

調査地点において観察されたミズナラ・ウリハダカエデ（以下カエデ）・ハイイヌツゲ（以下イヌツゲ）を材料として、光合成に関する以下の実験を行った。

【実験】

- 方法1. 試験管A～Fに、pH指示薬（チモールブルーとフェノールレッド）を入れる。
2. 試験管A～Eに、ほぼ同じ大きさの葉を入れる。試験管Fは葉を入れない。
 3. 試験管A～Fの管口をゴム栓でしっかりふさぐ。
 4. 試験管A～Dを表6の素材で包み、試験管立てにセットする。
 5. 蛍光灯の光を50分間当てる。
 6. 50分後に消灯し、アルミホイル等を取り除いて、指示薬の色を調べる。

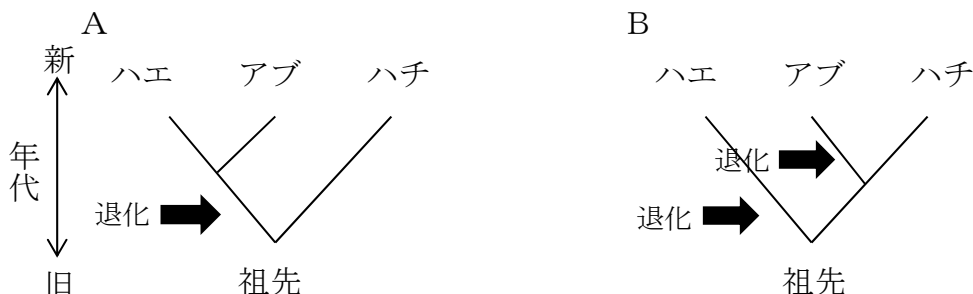
2 動物の多様性に関して、問いに答えなさい。

富山県の冬の味覚の代表格のベニズワイガニは、水温がほとんど変化しない水深1000mの深海で生息している。富山で水揚げされるベニズワイガニは特に育ちが良く、北アルプスから流れ出る良質な水とプランクトンの影響もあるといわれている。ベニズワイガニはズワイガニと混同されることがあるが、ふたつは数千年前に分かれた別の種類である。ベニズワイガニは成長が遅く、成熟するまで6～7年かかり、産卵周期も2～4年と長い。また、ベニズワイガニの脚は10本だが、タラバガニの脚は8本しかなく、タラバガニはベニズワイガニよりも、ヤドカリに近い仲間となる。正確には、タラバガニも10本あるが、2本は退化して小さくなり甲羅の中に隠れている。ただ、ベニズワイガニもタラバガニも堅い甲羅に覆われているので、甲殻類という同じ分類のグループになる。一部の昆虫は体が堅い外骨格で覆われているが甲殻類には入らず、昆虫類として別のグループである。このように無脊椎動物の4つのグループ、昆虫類（トンボなど）、鋏角類（クモなど）、甲殻類（エビなど）、多足類（ムカデなど）は節足動物としてまとめられている。

生物多様性は、過去数億年にわたる系統進化の結果としてもたらされたものであり、現在数千万種にもものぼる生物の種も一つの共通する祖先から進化し分岐してきたものである。系統関係が近ければ形態の相違も少ないはずであると考え、共通の祖先生物から形態が変化するような進化上の出来事が起こった回数が最少となるように系統関係を推定することができる。これを最節約原理という。

たとえば、ハエ、アブ、ハチの3種において、後翅の形質をもとに説明する。共通の祖先とハチは後翅があるのに対し、ハエとアブは後翅が退化している。それをもとに下の図1の2つの系統樹が考えられる。Aではハエとアブの共通祖先において後翅の退化が1回起こったとし、Bでは後翅の退化がハエとアブそれぞれの祖先で独立に計2回起こったと仮定している。そこで、後翅の変化を生じた進化上の出来事が少ないAの系統関係を、より確からしいと考える。

図1



近年では系統関係を推定するのにDNAの塩基配列を用いることが多くなってきた。自然選択に関わらない中立的な塩基配列の変異は特に、共通祖先から分岐した種ごとに独自に蓄積されるために、系統関係をよく反映すると考えられる（中立説）。すなわち、分岐した年代が古い種の間ほど塩基配列の違いは多く、分岐年代が新しいほど塩基配列の違いは少なくなる。これも最節約原理の考え方を基盤にしている。

問1 4種の生物において、DNAの比較すべき部分の塩基配列が下の表1のようであったとき、最節約原理にしたがってこれら生物の系統関係を推定し、図1のように系統樹を図示せよ。

表1

	塩基配列										
生物種1：	A	A	C	C	A	C	G	C	A	G	C
生物種2：	A	G	C	T	G	C	G	C	T	T	C
生物種3：	A	G	C	T	A	C	G	C	A	T	C
生物種4：	G	G	A	T	A	C	T	G	A	T	A

3 生物多様性の実験

近年、生物多様性の保全がうたわれている。私たち人間は直接的・間接的に他の生物の助けを借りて生きている。その生物たちのバランス（生態系）が崩れてきていると危惧されている。しかし、私たちは生物多様性が低下しても実感が沸きにくく、身近な問題としてとらえるのはなかなか難しい。現存する生物たちは長い歴史を経て、多種多様な形態・性質を持つ生物になってきた。今回は実験を通して、多様な生物の変化の道筋を考え、生物多様性を実感してみよう。

以下の4種類の節足動物を対象として、それらの形態データを取得し、取得したデータをもとに系統樹を作成する。

【実験材料】

甲殻類（イソガニ）、昆虫類（コオロギ・コガネムシ）、多足類（ヤスデ）

【実験方法】

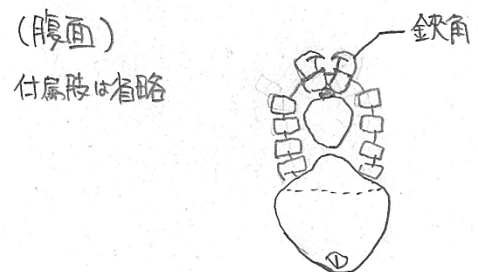
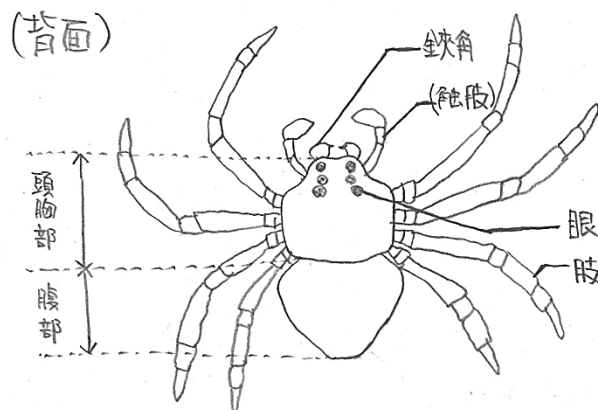
1. 各実験材料のスケッチをする。

(1) スケッチには、背面、腹面の両面を描きなさい。また、体節、触角、肢、翅などは、できるだけ伸ばした状態で描くこと。スケッチで、色彩や濃淡の表現はしなくても良い。

(2) 次ページの形質1～4の4カ所を観察して形態データを取得し、スケッチにこの4形質を記入しなさい。また、肢・眼の明記、頭・胸・腹部の区別もすること。

そのとき、実体顕微鏡を使用しても良い。

[スケッチ] (例) クモ（鋏角類）



- ・形質1：触角（有／無）



表には「有」と記入



表には「無」と記入

- ・形質2：摂食に用いる頭部付属肢（顎／鋏角）

*頭部付属肢は必ず頭部の前端に位置している。

なお、ザリガニの鋏は鋏角ではなく、鋏脚である。



表には「顎」と記入

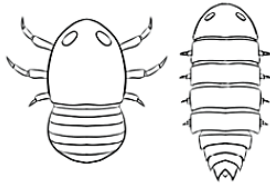


表には「鋏角」と記入

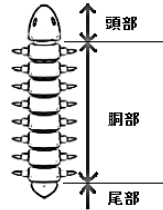
* 背面からも見える

- ・形質3：翅（有／無）

- ・形質4：胴部体節の特殊化（特殊化している／特殊化していない）



表には「している」と記入



表には「していない」と記入

* 胴部とは、頭部以外の場所（胸部や腹部）を指す。また、「特殊化している」とは祖先の特徴と異なっていることを指す。

参考

頭部付属肢の変形（形質1、2）



触角（形質1）

頭部から外側に突出し、外界の情報を得るためのセンサーとして機能する。棒や鞭のような形で、鋏状になることはない。



顎（形質2）

左右から餌を挟める構造になっている。噛み合わせの部分がギザギザになったり、濃く着色している場合が多い。



鋏角（形質2）

1本の付属肢が変形して鋏（はさみ）状の形になっている。内側に複数の突起があり、でこぼこになっているものもある。

形質1、2を観察するときの注意

触角と鋏角は、必ず頭部の前端に位置している。つまり、棒状や鞭状で、センサーとして機能していると推察される付属肢が観察された場合、それが前端に位置していれば触角であるが、それ以外の場所で観察されたものは触角ではない。同様に、鋏状の付属肢が観察されても、前端にあれば鋏角、それ以外は鋏角ではない。



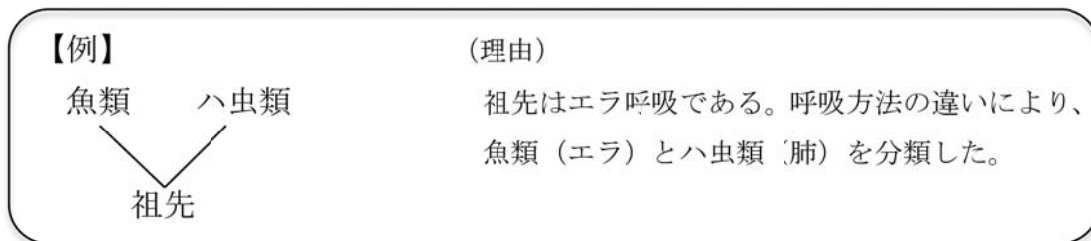
【実験結果】

表中にすでに結果を記入してある鋏角類や形質5：呼吸様式（エラ／気管）になったら形質1～4を記入しなさい。

形質 \ 分類		鋏角類	甲殻類 イソガニ	昆虫類 コオロギ	昆虫類 コガネムシ	多足類 ヤスデ	祖先*
形質1	触角	無					無
形質2	鋏または顎	鋏角					特殊化していない 付属肢
形質3	翅	無					無
形質4	胴部特殊化	している					していない
形質5	呼吸	エラ	エラ	気管	気管	気管	エラ

・【実験考察】

系統樹のパターンは全部で15パターン考えられるが、実験結果により、節足動物の4グループの系統関係を最もよく再現していると考えられる最節約系統樹を作成し、その理由も述べよ。特に系統樹の分岐の理由は必ず入れること。



(注) 作成する系統樹は今回与えられた形質のみを考慮するため、現在考えられている系統樹とは異なった結果になることも考えられる。

*祖先（原始的な節足動物）の特徴
 体は頭部・胴部・尾部の3つに区別され、頭部と胴部には左右対になった足（付属肢）が付いている。頭部付属肢は摂食やセンサー用に使われたが、形態的にはあまり特殊化していなかったと考えられる。

引用文献：三本博之・八畑謙介・長谷川由利子, 2013, 文系学生を対象とした新しい系統進化学実験, 慶應義塾大学