

平成 30 年度北海道大学大学院理学院
自然史科学専攻 多様性生物学講座
修士(博士前期)課程 入学者選抜試験問題

-専門科目-

平成 29 年 8 月 17 日(木曜日)実施
13:00～16:00

答案作成上の注意

- 1) 問題 1 から問題 5 のうち、問題 1 は必須(全員解答)です。残りの 4 つの問題から 3 つの問題を選択して解答してください(計 4 つの問題を解答することになります)。
- 2) 解答は問題ごとに別の解答用紙を用いて作成してください。4 枚の解答用紙のそれぞれに受験番号と氏名を明記し、選択した問題番号を○で囲んでください。裏面を使用しても構いません。
- 3) 切取線の 1cm ほど下から解答を記入してください。裏面を使用するときには特に注意して下さい。
- 4) 解答用紙計 4 枚を提出して下さい。
- 5) 解答用紙以外に草稿用紙 1 枚がありますので、利用して下さい。草稿用紙は回収しません。

【必須問題】 問題 1 は全員が解答すること。

問題 1 以下の文章を読み、問 1～問 5 の全てに答えよ。

現在の地球上の生物種について、約 125 万種が記載されているという。しかし、未発見の種もいるので、実際の種数はさらに多いはずである。これまで、地球上の生物種数を推定した研究は数多くあるが、そこで推定された種数は、300 万種から 1 億種を越えるものまであり、推定された種数の範囲は非常に広い。少なくとも見積もっても、既知の種数は実際に存在する種数の半分にも満たないといえるが、地球上の生物種数が実際どれだけであるか、答えを出すのはむずかしいようだ。

Mora *et al.* (2011) は、種より上位の分類階級ごとに、これまでの 250 年間における分類群の発見数の変化を統計的に解析した。その結果、種より上位の分類階級では、今後の分類群の発見数を推測できることを見いだした。さらに、分類階級間における分類群数の関係性を求め、最終的に発見されるであろう種数を推定した (Table 1)。ただし、原核生物については、この方法によりうまく推定することができなかったため、これは、真核生物に関する推定と捉えるべきである。

Table 1. Currently catalogued and predicted total number of species on Earth and in the ocean.

Species	Earth		Ocean	
	Catalogued	Predicted	Catalogued	Predicted
Animalia	953,434	7,770,000	171,082	2,150,000
Chromista	13,033	27,500	4,859	7,400
Fungi	43,271	611,000	1,097	5,320
Plantae	215,644	298,000	8,600	16,600
Protozoa	8,118	36,400	8,118	36,400
Archaea	502	455	1	1
Bacteria	10,358	9,680	652	1,320
Total	1,244,360	8,750,000	194,409	2,210,000
		(±SE:1,300,000)		(±SE:182,000)

Mora *et al.* (2011)から抜粋。

種数について議論するとき、種分類がどのように行われているかが問題となる。例えば、a 動物や植物の分類体系では、形態種が基本であるが、実際には隠蔽種が存在する場合があります、形態種を基準にすると、種数を過小評価してしまう。動物や植物の場合、同所的に存在する種を形態的に区別することは一般的に容易である。一方、b 地理的に離れた場所の間で生物種を比較すると、同種であっても形態が異なる場合があります、形態による同種か異種かの判断がむずかしくなる。

ある地域の種多様性を把握しようとするとき、従来、生物種の採集調査を行ってきた。c 近年、環境 DNA を分析することにより、そこに生息する生物種を検出する技術の開発が進んでいる。例えば、採取した川の水から DNA を得て、そこからユニバーサルプライマーを用いて特定の遺伝子を PCR 法により増幅し、塩基配列を決定して、得られた塩基配列情報から生物種の同定が可能になっている。環境 DNA 分析から未記載種の DNA が発見されることも多い。将来、環境 DNA 分析により、地球上の生物種数に迫ることができるかも知れない。

問 1. Table 1 に示されている結果を簡潔にまとめよ。ただし、以下の語を使用すること：原核生物、地球全体、海洋、記載種、割合

問 2. 下線部 a に関して、形態種とは何か、また、隠蔽種とは何か、説明せよ。

問 3. 隠蔽種は、どのようにしてその存在を認識することができるか、述べよ。

問 4. 下線部 b に関して、同種であっても形態が異なるのはなぜか、説明せよ。

問 5. 下線部 c に関して、環境 DNA 分析の利点と欠点について述べよ。

問題2 動物の系統分類に関する以下の問1～問3に全て答えよ。

問1. 襟鞭毛虫類、腕足動物、半索動物、有櫛動物、類線形動物、鰓曳動物の6つの分類群の間の進化的な関係を表す系統樹を描け。また、後口動物（新口動物）、脱皮動物、冠輪動物（螺旋卵割動物）はそれぞれどの分類群に対応するか、系統樹上に記せ。

問2. 次の(1)～(3)の特徴を示す動物門を答えよ。また、文中の空欄 [ア] ～ [キ] に当てはまる語句を答えよ。

(1) 真体腔をもつ左右相称動物であり、体は頭部、内臓塊、足からなり、[ア] が内臓塊あるいは背面全体を覆う。[ア] から分泌される殻は、i) キチン質の薄い殻皮、ii) 色素を含み、炭酸カルシウムの密な結晶からなる厚い殻質層、および iii) 光沢を帯び、真珠層とも呼ばれる殻質下層の3層から成る。[ア] と体の間には [イ] と呼ばれる腔所がある。消化管は口に始まり肛門に終わる。口腔には粘液腺、唾液腺が開口し、一部の例外的な下位分類群を除き [ウ] と呼ばれるキチン質の歯列をそなえる。

(2) 成体は口を中心とする [エ] 放射相称で、腸体腔に由来する真体腔をもち、すべて海産、単体で群体を形成しない。他の動物群にみられない、[オ] と呼ばれる器官をもつ。[オ] は海水に近い組成の体腔液を満たした細管のネットワークであり、口を取り巻く環状管と、そこから出る [エ] 本の放射管をそなえる。放射管は左右に枝を出し、その末端は多数の管足となって体外へ突き出る。

(3) キチン質の棲管にすむ蠕虫様の動物であり、体はやわらかく、先端に馬蹄形または渦巻状の [カ] をもつ。すべて海産で、主に砂泥中にすみ、成体はしばしば密集して群生する。[カ] でとらえた海中の懸濁物を [カ] の中央にある口へ運ぶ。消化管はU字形で、肛門は [カ] の外側に開口する。閉鎖血管系で、ヘモグロビンをもつため血液は赤い。[キ] 幼生と呼ばれる特徴的な浮遊幼生を経る。

問3. 側系統群とはどのようなグループであるか述べよ。また、側系統群であるような動物の分類群を2つ答えよ。

問題3 藻類に関する問1～問4の全てに答えよ。

問1. 次の(1)と(2)は、不等毛植物と紅色植物に関する記述であるが、誤りを含んでいる。(1)と(2)のそれぞれについて、誤っている部分を正しく書き改めて記述を完成させ、完成させた記述（文章全体）を解答用紙に記せ。

(1) 不等毛植物は、卵菌類、ピコソエカ類とともにスーパーグループ・リザリアに属する。不等長の二鞭毛をもち、前鞭毛の表面にはらせん状の小毛が付着している。葉緑体は3重の包膜をもち、光合成色素としてクロロフィル*a*と*b*、フィコビリタンパク質をもつ。不等毛植物には、褐藻類、ハプト藻類などが所属する。

(2) 紅色植物は、光合成色素として、クロロフィル*b*、フィコビリタンパク質をもつ。葉緑体のチラコイド表面には、フィコビリ小胞が付着している。紅藻植物の体色が一般に赤いのは、キサントフィルのためである。精子は、1本の鞭毛をもつ。

問2. 図1は、緑色植物の分類体系の一例である。ただし、一部の分類階級を曖昧にしてある。この図に関して、以下の(1)および(2)に答えよ。

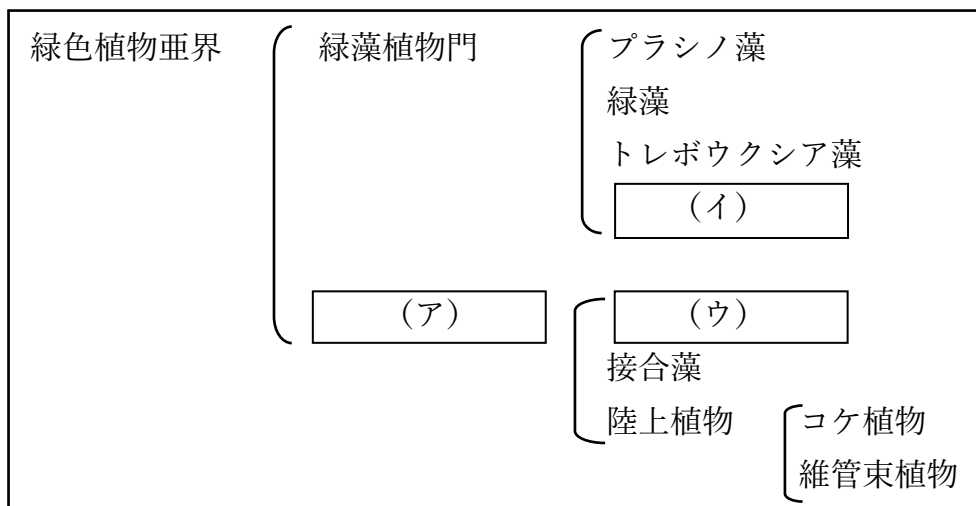


図1

- (1) (ア) ~ (ウ) に入る適切な生物群名を答えよ。
(2) (ア) を特徴づける形質について述べよ。

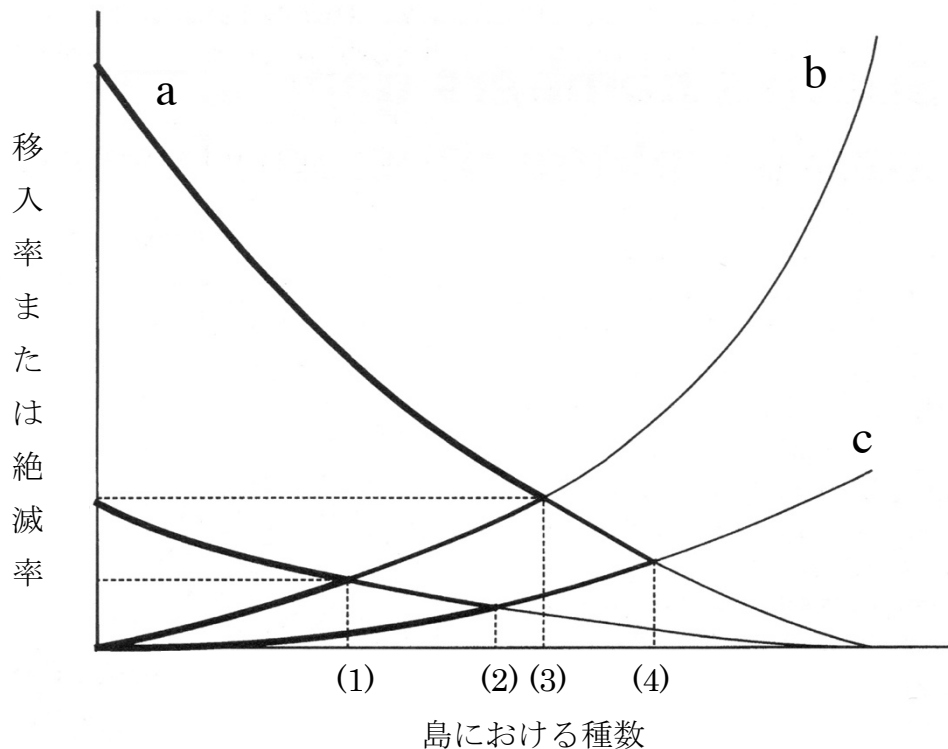
問 3. 葉緑体は、従属栄養性真核生物がシアノバクテリア細胞を取り込むことによって成立したことは広く受け入れられている。一方、葉緑体がもつ光合成色素組成は植物(真核藻類を含む)のグループによって著しく異なることが知られている。この多様な葉緑体色素組成の起源に関しては、二つの仮説が考えられる。仮説【1】：異なる光合成色素組成をもったシアノバクテリアがそれぞれ独立に共生して葉緑体になった。仮説【2】：シアノバクテリアが葉緑体に変換されたのは一度だけで、光合成色素の多様化はその後二次的に生じた。ここに挙げた仮説【1】と仮説【2】のどちらが正しいのかを検証するにはどうしたら良いだろうか。考えられる検証方法を述べ、その結果、仮説【1】が正しい場合と仮説【2】が正しい場合でそれぞれ期待される結果を述べよ。

問 4. シアノバクテリアは葉緑体の起源とされるが、両者には共通点と相違点がある。緑色植物の葉緑体とシアノバクテリアを比較した場合、次の特徴(a)～(f)は、【1】葉緑体にもみ見られる特徴、【2】葉緑体とシアノバクテリア両方に見られる特徴、【3】葉緑体とシアノバクテリアの両方に見られない特徴、【4】シアノバクテリアのみに見られる特徴、のそれぞれ【1】～【4】のどれに分類されるか、解答用紙に数字【1】～【4】と記号(a)～(f)の正しい組合せを記せ。

- (a) クロロフィル *a* をもつ
- (b) バクテリオクロロフィル *a* をもつ
- (c) グラナをもつ場合がある
- (d) 2本鎖環状 DNA をもつ
- (e) ペプチドグリカン壁をもつ
- (f) 光化学系 I と II の両方をもつ

問題 4 以下の文章を読み、問 1 から問 3 の全てに答えよ。

島嶼の生物相は、一般に最も近い本土域からの移入により構成される。そのため島嶼における生物の種数は供給源となる本土からの距離の影響を受け、また島嶼の面積によって規定される。下図は、動的平衡モデルとして知られる MacArthur と Wilson による古典的な理論モデルである。このモデルが現実を反映しているかどうかは、カリフォルニアの沖合に位置するチャネル諸島の鳥類の種数の安定性と種構成の変化から確認される。この諸島の 9 つの島における鳥類の種数は、1917 年の調査から 50 年を経た 1968 年にもほぼ変化していなかった。一方、種構成は 17-62% 変化していた。



問 1. 図中の (1) から (4) は、4 つの異なるタイプの島々における平衡種数を示している。それぞれ、どのような特徴を持った島の種数か、本土からの距離 (近い・遠い)、島の面積 (大きい・小さい) の 2 つの組み合わせで答えよ。

問 2. 曲線 b の増加率は、a の減少率よりも大きい。曲線 c の増加率は、曲線 b の増加率よりも小さい。それぞれの違いをもたらす理由を説明せよ。

問 3. このモデルは島嶼の生物相を説明するには単純すぎるものとして、問題点が指摘されることがある。その問題点を考え、答えよ。

問題5 以下の問1～問3の全てに答えよ。

問1. 以下の小問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 異なる生物種がもつ相同タンパク質のアミノ酸配列を比較することによって、遺伝子の内部での突然変異が進化の過程においてどの位の速度で蓄積してきたかを推定することができる。哺乳動物のヘモグロビン分子は α 鎖2本と β 鎖2本で構成されているが、そのうちの α 鎖は141個のアミノ酸で構成されており、ヒトとウマの間ではそのうちの18か所が異なっている。また、古生物学の研究からヒトとウマの共通祖先が分岐したのは、今からほぼ8,000万年前にさかのぼると考えられている。以上に基づき、進化の過程において一つのアミノ酸部位に起こった年あたりの置換率を求めよ。ただし、同一部位に2回以上置換の起きる確率は十分小さく無視できるものとする。
- (2) 遺伝子突然変異と遺伝子置換について、両者の違いがわかるように簡潔に説明せよ。
- (3) タンパク質をコードする遺伝子において、アミノ酸の変化を伴わない塩基置換の大部分が見られるのはコドンの何番目か、また、このような塩基置換を何とよぶか答えよ。

問2. ある動物集団の5個体（個体1～個体5）について、ミトコンドリアDNAの相同領域から以下の塩基配列が得られたとする。

個体1 TACGG ACATA ACTTT

個体2 CACGG GCATA ACTTC

個体3 TACGG ACATA ACTTC

個体4 TACGG GCATA GCTTC

個体5 TACGG GCATA GCTTC

そのうえで、多型性の指標である以下の(1)～(4)を算出せよ。

- (1) 多型座位数
- (2) ハプロタイプ数
- (3) ハプロタイプ多様度
- (4) 塩基多様度

問3. 以下の小問(1)～(2)に答えよ。

- (1) 「有根系統樹」および「無根系統樹」とは、それぞれどのような系統樹を指すか、図とともに説明せよ。

- (2) 遺伝子の塩基配列情報から得られた系統樹（遺伝子系統樹）の樹形は、種の間を反映した系統樹（種系統樹）のそれと必ずしも一致しないことがある。この不一致を引き起こす要因を列挙し、説明せよ。