

令和3年度(10月期入学)及び令和4年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験 問題用紙		
専攻名	自然システム学専攻(生命システムコース)(一般選抜)	
試験科目名	専門科目 ①生物学	P.(1/9)

I 次の問1～3に答えなさい。

問1 次の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 細胞膜の構造モデルとして「流動モザイクモデル」が広く受け入れられている。どのようなモデルか、説明しなさい。
- (2) 膜タンパク質には、膜貫通型タンパク質や表在性タンパク質がある。それぞれについて、アミノ酸配列にもとづくどのような性質をもつタンパク質か、説明しなさい。

問2 次の文を読んで、(1)～(3)に答えなさい。

精子や原生生物など、一部の真核細胞には、運動のために鞭毛をもっているものがある。一方で、細菌にも運動のために鞭毛をもつ種が知られている。真核細胞と細菌の鞭毛は、どちらも細胞運動に用いられる構造であるが、構成成分、動き、エネルギー源が異なる。

- (1) 真核細胞の鞭毛を構成する細胞骨格の名称を答えなさい。また、その細胞骨格の鞭毛運動以外の役割を1つ答えなさい。
- (2) 真核細胞の鞭毛は「鞭打ち運動(whip-like motion)」することで、細胞を進ませる。細菌の鞭毛はどのような動きで細胞を進ませるか、簡潔に答えなさい。
- (3) 真核細胞と細菌の鞭毛運動のエネルギー源の違いについて説明しなさい。

問3 次の文を読んで、(1)～(4)に答えなさい。

①グラム陽性細菌 *Listeria monocytogenes* は、リステリア症の病原菌である。*L. monocytogenes* で汚染された食品を摂取すると、本細菌は消化管から侵入し、細胞の中に入り込んで増殖し、最終的に細胞を溶解させて周辺の細胞へと感染を広げる。

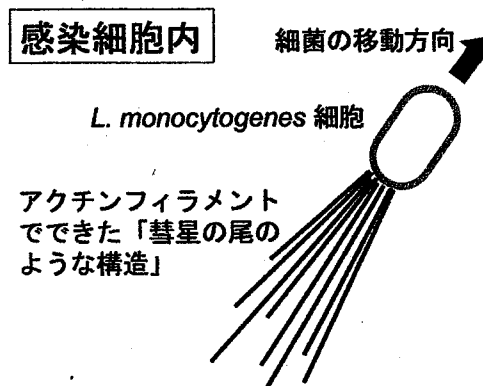
L. monocytogenes は、感染した細胞のアクチンを利用して感染した細胞内を移動する。*L. monocytogenes* は、図のように自身の後部でアクチンを重合させ、アクチンフィラメントで「彗星の尾のような構造」を形成する。このアクチンフィラメントの形成により、細菌細胞を前方へと押し出し、細胞内を移動する。

1999年、Loiselらは、*L. monocytogenes* のアクチンを用いた移動を試験管内で再現した。②ATPを含む緩衝液中に、*L. monocytogenes* 細胞とアクチン、さらに③Atp2/3複合体、キャップタンパク質、コフィリンの3つのアクチン細胞骨格の補助タンパク質を加えると、*L. monocytogenes* 細胞の後部でアクチンの重合が起

問題用紙

専攻名	自然システム学専攻（生命システムコース）（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ①生物学	P. (2/9)

こり、「彗星の尾のような構造」ができて、*L. monocytogenes* 細胞は 0.5 $\mu\text{m}/\text{min}$ の速度で移動した。その後の研究で、「彗星の尾のような構造」の形成には、*L. monocytogenes* 細胞後部の表層に存在する ActA とよばれるタンパク質が必要であり、ActA は Arp2/3 複合体と結合し、Arp2/3 複合体を活性化することがわかった。



図

- (1) 下線部①について、グラム陽性細菌とグラム陰性細菌の主な細胞構造の違いを説明しなさい。
- (2) 下線部②について、Loisel らの実験における ATP の役割を説明しなさい。
- (3) 下線部③について、次のア)～カ) から、Arp2/3 複合体、キャップタンパク質、コフィリンのアクチンフィラメントにおける働きを説明した最も適当な文章を1つ選び、それぞれ記号で答えなさい。
 - ア) アクチンフィラメント全長にわたって結合し、脱重合を促進する。
 - イ) アクチンフィラメント全長にわたって結合し、脱重合を阻害する。
 - ウ) アクチン重合の核となり、プラス端方向への伸長を促進する。自身は、マイナス端に結合したまま残る。アクチンフィラメントによる網目状構造の形成を促進する。
 - エ) アクチン重合の核となり、プラス端方向への伸長を促進する。自身は、伸長するプラス端に結合したまま残る。直線的なアクチンフィラメントの形成を促進する。
 - オ) アクチンフィラメントのプラス端に結合して、重合と脱重合を阻害する。
 - カ) アクチンフィラメントのマイナス端に結合して、重合と脱重合を阻害する。
- (4) Loisel らの実験で、Arp2/3 複合体、キャップタンパク質、コフィリンは、「彗星の尾のような構造」を形成して細菌が移動するために、どのような役割を果たしたと考えられるか、それぞれ説明しなさい。

問題用紙

専攻名	自然システム学専攻（生命システムコース）（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ①生物学	P. (3/9)

II 次の問1と2に答えなさい。

問1 学術論文の中では、さまざまな略称が用いられている。次に示す(1)~(5)は、解析手法や装置を示すために用いられている略称である。それぞれ何の略称か、省略しない英語表記を示すか、あるいはその日本語訳を答えなさい。また、何をどのようにして調べる手法であるか、それぞれ簡潔に説明しなさい。

(1) RNAi (2) SEM (3) qPCR (4) ELISA (5) LC-MS

問2 次の(1)と(2)に答えなさい。

(1) ヒトの骨格筋の収縮について、運動ニューロンからの刺激を受けて筋繊維が収縮するまでのメカニズムを以下の用語をすべて用いて説明しなさい。

活動電位 筋小胞体 トロポニン ATP アーゼ

(2) シロイヌナズナの青色光応答について、例を1つ示し、以下の用語をすべて用いて説明しなさい。

受容体 自己リン酸化 プロトンポンプ 水ポテンシャル

専攻名	自然システム学専攻(生命システムコース)(一般選抜)	
試験科目名	専門科目 ①生物学	P.(4/9)

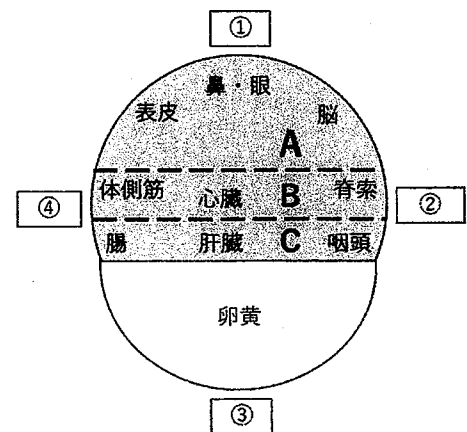
Ⅲ 次の問1～3に答えなさい。

問1 次の文を読んで、(1)～(3)に答えなさい。

胚発生初期に現れる始原生殖細胞は、将来、(ア)となる場所に移動したのち、(イ)細胞へと分化する。(イ)細胞はその後、細胞分裂を開始し、やがてその一部は栄養分を蓄えて肥大化し、(ウ)細胞となる。①(ウ)細胞は、減数分裂を経て、最終的に受精可能な卵(卵子)を形成し、排卵される。ヒトを含む多くの哺乳類の(ウ)細胞は排卵された時点では、第(エ)減数分裂の(オ)期で停止しているが、受精の刺激によって減数分裂を再開する。ヒトの受精卵は卵割を繰り返しながら(カ)へ輸送され、(キ)期にまで成長した時点で(カ)内膜上へ着床する。
 ②有胎盤類では、胚は母体の(カ)内で発生を完了する。

- (1) (ア)～(キ)に適する語を記しなさい。ただし、(ア)と(カ)には、器官の名称を入れなさい。
- (2) 下線部①について、8個の受精卵を得るためには、第1次(ウ)細胞は何個必要となるか、答えなさい。ただし、途中で死ぬ細胞は無く、全ての卵(卵子)は受精するものとする。
- (3) 下線部②について、昆虫、魚類、鳥類、爬虫類、両生類などとは異なり、哺乳類では「卵子あるいは精子の遺伝情報のみで胚発生する単為発生は困難である」と考えられてきた。その理由を説明しなさい。解答の記述の際には、『刷り込み』もしくは『インプリント』という用語を必ず用いなさい。

問2 右の図は、1990年代に発表されたゼブラフィッシュ胞胚(50%エピボリー期)における予定運命図を簡略化して示したものである。図を参考にして(1)～(4)に答えなさい。



- (1) 「植物極側」と「背側」は、①～④のうちのどれか、答えなさい。
- (2) 中胚葉マーカー遺伝子の発現を *in situ* hybridization 法で調べたとき、破線で区切られた A, B, C のどの領域が染色されるか、答えなさい。

図

問題用紙

専攻名	自然システム学専攻(生命システムコース)(一般選抜)	
試験科目名	専門科目 ①生物学	P.(5/9)

(3) 下記の a)~e) は、卵形成から胚発生の過程で起こる現象である。これらを時系列で並べなさい。

- a) 胚盾の形成 b) 脊椎骨の形成 c) 中期胞胚期遷移
d) 体節の形成 e) 母性因子の蓄積

(4) (3)の a)~e) のそれぞれに最も関係する用語をア)~コ)の中から1つ選びなさい。

- ア) cortical rotation イ) neurogenesis ウ) zygotic gene expression
エ) polyspermy オ) sexual dimorphism カ) segmentation clock
キ) organizer ク) endoskeleton ケ) maternal mRNA コ) hematopoiesis

問3 胚発生過程においては、組織や器官の形態や機能を変化させる、あるいは維持させるためにプログラム細胞死(programmed cell death)が起こる。次の a)~f)の文を読み、プログラム細胞死について誤って説明している文を4つ選び、誤りとした理由を説明しなさい。

- a) 四肢動物の指は、発生の過程で生えてくるのではなく、指間の細胞がネクローシスによって除去されることで形成される。
b) プログラム細胞死した細胞では、細胞と核が凝集したのちに破裂し、周囲に炎症反応を誘発する。
c) プログラム細胞死は、デスリガンドと呼ばれる TNF α などのサイトカインが細胞膜上の受容体に結合することによって引き起こされる。
d) デスリガンドを受容した細胞内では、タンパク質分解酵素であるカスパーゼ(caspases)が不活性化される。
e) プログラム細胞死は、小胞体への異常な立体構造のタンパク質の蓄積など、細胞内の要因によって引き起こされることがある。
f) プログラム細胞死した細胞の同定には、断片化されたRNAを検出する方法がよく用いられる。

令和3年度（10月期入学）及び令和4年度 金沢大学大学院自然科学研究科 博士前期課程入学試験		
問題用紙		
専攻名	自然システム学専攻（生命システムコース）（一般選抜）	
試験科目名	専門科目 ①生物学	P. (6/9)

IV 次の問1と2に答えなさい。

問1 次の用語(1)と(2)を説明しなさい。

(1) alternative splicing

(2) operon

問2 免疫について、次の(1)～(6)に答えなさい。

(1) 免疫グロブリン G の模式図を描き、その中に抗原と結合する部位を示しなさい。

(2) 多様な抗原を認識できる抗体が産生される仕組みを説明しなさい。

(3) 大腸菌に免疫グロブリン G の一部を組換えタンパク質として合成させるために、open reading frame 中の 630 bp の DNA 断片を挿入した発現プラスミドを構築した。得られる組換えタンパク質のおよその分子量を計算過程を含めて答えなさい。

(4) 研究には抗体がよく用いられる。モノクローナル抗体およびポリクローナル抗体について、作製方法とともにそれぞれ説明しなさい。

(5) 抗体を作製する際には、免疫動物に抗原を複数回接種する。初回の免疫応答よりも同じ抗原に対する2回目以降の免疫応答の方が迅速かつ多量の抗体を産生する。そのメカニズムを説明しなさい。

(6) ヒトの疾患に対する治療に抗血清や抗体を用いることがある。ヒトの治療に、異種生物の抗体ではなくヒト抗体を用いることが望ましい。その理由を説明しなさい。

問題用紙

専攻名 自然システム学専攻（生命システムコース）（一般選抜）

試験科目名 専門科目
①生物学 P. (7/9)

V 次の問1～3に答えなさい。

問1 次の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 次の①～⑥の生態・進化に関する用語の意味を簡潔に説明しなさい。

- ① Carrying capacity
- ② Negative frequency-dependent selection
- ③ Positive frequency-dependent selection
- ④ Metapopulation
- ⑤ Genetic drift
- ⑥ Overdominance

(2) 上記①～⑥の中から局所集団内遺伝子多型の維持に働くものを2つ選び、それぞれの番号を記入し、どのように多型維持に働くのか説明しなさい。

問2 次の文を読んで、(1)と(2)に答えなさい。

日本政府は2020年4月7日に新型コロナウイルス対策のため東京など7都府県に緊急事態宣言を行い、16日には対象を全国に拡大した。2020年3月1日から5月28日にかけての国内の新型コロナウイルス感染者の累計を表1に示す。

表1 国内の新型コロナウイルス感染者数

	感染者数(累計)
3月1日	256
3月28日	1727
4月 緊急事態宣言が全国に出された	
5月1日	14687
5月28日	16745

- (1) 3月（1日から28日）及び5月（1日から28日）の感染者数の日増加率を計算式でそれぞれ答えなさい。
- (2) 表1の情報から、4月に行われた対策は有効であったと考えられる。どうしてそう考えられるのか、その理由を説明しなさい。ただし、新型コロナウイルスの incubation period（ウイルス感染者が感染力をもつまでに要する期間）は7日とする。

問題用紙

専攻名 自然システム学専攻(生命システムコース)(一般選抜)

試験科目名 専門科目
①生物学

P.(8/9)

問3 次の文を読んで、(1)と(2)に答えなさい。

個体群の成長を予測するため生命表を作ることがある。表2は動物種Xの生命表である。動物種Xは生後2年目と3年目に繁殖し、繁殖した後、3歳で死亡する。動物種Xの1歳未満個体を観察区に 1 km^2 あたり1000個体導入し、その後の齢別個体密度 N_1 (1歳未満)、 N_2 (1歳以上-2歳未満)、 N_3 (2歳以上-3歳以下)および全個体密度 N の値が表2に示されている。

表2 動物種Xの年齢別個体密度の変化(単位:個体数/ km^2)

年	N_1	N_2	N_3	N
0年目	1000	0	0	1000
1年目	0	200	0	200
2年目	400	0	80	480
3年目	800	80	0	880
4年目	A	B	C	D

- (1) 動物種Xの分布に偏りがなく、齢別生存率や産仔率が安定しているとき、表2中のA、B、C、Dにあてはまる数値を答えなさい。
- (2) 個体群の成長予測のためには、なぜ齢別個体数の記録が重要なのか、(1)で答えた過程をふまえて、その理由を説明しなさい。

問題用紙

専攻名	自然システム学専攻(生命システムコース)(一般選抜)	
試験科目名	専門科目 ①生物学	P.(9/9)

VI 次の問1～3に答えなさい。

問1 魚類の受精機構について述べた次の文を読んで、(1)と(2)に答えなさい。

魚類の精子は、遺伝情報であるDNAを含む(ア)を有する頭部と運動性の鞭毛からなる尾部という構造を持つ。多くの硬骨魚類において、精子は(イ)を溶解する成分を含む先体を持たず、卵には動物極の(イ)表面に精子が侵入するための(ウ)と呼ばれる穴が1箇所のみ開口している。体外に放出された精子は、淡水魚では環境中の浸透圧の(エ)、海水魚では(オ)そしてサケ科魚類では(カ)イオンの(エ)が刺激となって運動を開始する。1つの精子が(ウ)を通過して、卵細胞に到達すると、精子と卵の細胞膜に由来する膜が融合した後、膨潤して(キ)を形成して(ウ)管を塞ぐ。そして、卵内の表層胞崩壊反応が植物極まで順次伝播する。さらに、(イ)と卵細胞膜が分離し(ク)と呼ばれる広い隙間が生じることで、精子の卵表面への到達が物理的に不可能となる。

(1) 文中の(ア)～(ク)に適切な語を入れなさい。

(2) 魚類の人工受精の2つの方法の名称をあげなさい。また、それぞれの手法について説明するとともに、利点もしくは欠点についても簡潔に説明しなさい。

問2 魚類(XX-XY型)の染色体操作による雌性発生2倍体生産法と、ホルモン処理による全雌生産法についてそれぞれ簡潔に説明しなさい。

問3 近年、マダイやトラフグにおける骨格筋の分化と成長を抑制的に制御する遺伝子であるミオスタチン遺伝子をCRISPR/Cas9などのゲノム編集技術により破壊することで、筋肉の増量したマダイやトラフグが作出された。水産対象魚類の品種改良へのゲノム編集技術の応用について、あなた自身のアイデアを1つ記述しなさい。