

# 福山大学大学院 工学研究科（生命系）

学力試験問題等

受験番号

令和8年度  
福山大学大学院工学研究科  
生命工学専攻 博士前期課程  
前期入学試験  
外国語（英語）試験問題

注 意

- (1) 試験時間は100分である。
- (2) 全4問題の解答は1問題ずつ別々の解答用紙に記入すること。解答用紙の問題番号欄に、問題番号Ⅰ～Ⅳを必ず記入すること。
- (3) 解答欄が不足した場合には、特に断りがない限り当該解答用紙の裏面を用いてもよい。その際、裏面を使用した旨を明記すること。また、「とじしろ」より上部には記入しない。
- (4) 受験番号のみをすべての解答用紙（4枚）に記入し、解答用紙のみ提出すること。
- (5) 英和辞書（ただし、電子辞書を除く）の持ち込みを認める。
- (6) この問題冊子は持ち帰ること。

問題Ⅰ 次の英文を訳しなさい。

The age of Earth is thought to be about 4600 million years. The ocean and atmosphere formed as the planet cooled, some time between 4400 and 3500 million years ago, the latter date marking the appearance of the first forms of life. The earliest organisms are believed to have originated in the ancient oceans, many millions of years before any forms of life appeared on dry land. All known phyla (both extinct and extant) originated in the sea, although some later migrated into freshwater or terrestrial environments.

phyla: phylum (生物分類における「門」) の複数形

【解答】

地球の年齢は約 46 億年と考えられている。海と大気は惑星が冷却される過程で形成され、その時期は 44 億年から 35 億年前の間と推定され、後者の年代に最初の生命形態が出現した。最も初期の生物は古代の海で誕生したとされ、それは陸上に生命が現れる何百万年も前のことであった。既知の全ての門（絶滅したものと現存するものの両方）は海に起源を持ち、その後一部は淡水や陸生環境へと移行した。

【出題の意図】

専門的英文を正確に和訳し、研究に必要な英語読解力を有するか、受験生が基礎的な進化・地球史の知識を持っているか、学術的内容を日本語で自然に表現できるかを総合的に確認することを意図している。

問題Ⅱ 次の英文を訳しなさい。

All people are different. These differences can be due to the environment or the genes we inherit from our parents. Variation in living things has different causes. Where we live and how we are brought up can cause variation, even between identical twins. If one twin overeats and happens to live in a hot country, they would end up bigger and heavier than their twin. They may have a darker skin color because they sunbathe a lot. This sort of variation is called environmental variation. In plants, environmental variation can affect how well the plants grow. There are four very important things that can affect how well a plant grows:

1. light      2. water      3. temperature      4. type of soil

【解答】

人は皆それぞれ異なる。この違いは環境や両親から受け継いだ遺伝子によるものである。生物の多様性には様々な原因がある。生活環境や育ち方によって、一卵性双生児の間でさえも差異が生じることがある。例えば、双子の片方が過食傾向にあり、かつ暑い国に住んでいる場合、もう一方よりも大きく、体重が重くなるだろう。日光を多く浴びるため、肌の色が濃くなる可能性もある。このような差異は環境変異と呼ばれる。植物において、環境変動は植物の生育状態に影響を与える可能性がある。植物の生育状態に影響を与える非常に重要な要素は4つある：

1. 光      2. 水      3. 温度      4. 土壌の種類

【出題意図】

専門用語を含む英文を正確に読解し、日本語で自然に表現できるか、生物学の基本テーマ「遺伝と環境による変異」を理解しているか、科学的説明文の論理展開を把握できるかを確認することを意図している。

問題Ⅲ 次の英文を訳しなさい。

Sports nutrition is a field that requires qualified research and findings about energy, nutrients, and fluids intake during various physical activities such as competitive sports, healthy exercise, and walking. As exercise and diet are the most important factors to prevent non-communicable diseases, we are greatly interested in the interaction of nutritional intake and physical activities.

【解答】

スポーツ栄養学は、競技スポーツ、健康のための運動、ウォーキングなど様々な身体活動におけるエネルギー、栄養素、水分摂取に関する専門的な研究と知見を必要とする学問分野である。運動と食事は非感染性疾患を予防する最も重要な要素であるため、私たちは栄養摂取と身体活動の相互作用に強い関心を持っている。

【出題意図】

英語での学術的な表現を正しく訳せるか、生物学と健康科学をつなぐ学際的テーマの英文を理解できるか、専門知識を背景に非感染性疾患の予防といった応用的テーマにも対応できるかを確認することを意図している。

問題IV 次の英文を訳しなさい。

Aqua regia is the strongest acid known. It is made by mixing one part of concentrated nitric acid with three parts of concentrated hydrochloric acid. Aqua regia is so strong that it even dissolves gold and platinum. It can't be kept in a metal container because the metal will dissolve. It will even attack glass, so it is kept in a plastic container. Getting pure gold from jeweler's scrap is the normal use of aqua regia. The scrap is dissolved in the aqua regia. If the acid is treated with other chemicals, the gold is separated out, leaving the more reactive metals, such as silver and brass, in the solution. The name aqua regia means 'royal water'.

Aqua regia: 王水

【解答】 王水は知られる中で最も強力な酸である。濃硝酸 1 に対して濃塩酸 3 を混合して作られる。王水は非常に強力で、金や白金さえも溶解する。金属は溶解してしまうため、王水は金属容器では保管できない。ガラスさえも侵食するため、プラスチック容器で保管される。王水は通常、宝飾品のスクラップから純金を抽出するために使用される。スクラップを王水に溶解させる。その酸溶液を他の化学薬品で処理すると、金が分離され、銀や真鍮など反応性の高い金属は溶液中に残る。王水という名称は「王の水」を意味する。

【出題意図】

化学用語を含む英文を正確に和訳できるか、生物学系でも必要となる化学的基礎知識を理解しているか、説明文の論理展開を自然な日本語で再構成できるか、科学知識と応用的な利用法を結びつけて考えられるかを確認することを意図している。

# 生態学

問題Ⅰ～Ⅲの3問に答えなさい。問題ごとに1枚の解答用紙を使用し、問題番号を明記すること。

科目記号	科目名	問題番号
A	生態学	I

以下の問いに答えなさい。解答用紙1枚（裏面使用不可）に記入すること。

問1 以下の文中の空欄（1）～（7）に最も適する語を次の語群から選びなさい。

魚類の成熟卵の大きさと卵数は種によって異なり、一般に（1）を産む魚類の卵数は少なく、（2）を生む魚類の卵数は多い傾向にある。また、（3）を産む淡水魚や、（4）を産む海水魚の卵は大きくて数が少なく、海洋表層で（5）を産む魚類の卵は小さくて数が多い。さらに、同一種であっても（6）や（7）は母体のサイズや生理的条件によって違うため、一概に1回の（7）を特定することは困難である。

小型卵 大型卵 浮遊卵 沈性粘着卵 沈性卵 卵膜 卵径 生殖細胞 放精量 摂餌量 排泄量 産卵数
---

問2 つぎの表は、魚類とそれらの卵の特徴を示したものである。（1）～（4）に入る卵の特徴を答えなさい。

魚種	卵の特徴
マイワシ	分離浮性卵
サケ	(1)
コイ	(2)
ブリ	(3)
サヨリ	(4)

問3 下に示した4つの魚類の発育段階の区分について、それぞれ説明しなさい。

①前期仔魚      ②後期仔魚      ③稚魚期      ④成魚

<生態学問題は次頁につづく>

## 解答

問1 (2点×7=14点)

- 1 大型卵      2 小型卵      3 沈性卵      4 沈性粘着卵      5 浮性卵  
6 卵径      7 産卵数

問2 (4点×4=16点)

- 1 沈性不付着卵      2 沈性粘着卵      3 分離浮性卵      4 沈性纏絡卵

問3 (5点×4=20点)

- ① 孵化直後から卵黄を吸収し尽くすまでの仔魚。  
② 卵黄を吸収し尽くしてから各鰭の鰭条が定数になるまでの仔魚。  
③ 形態はほぼ種の特徴を表しているが、体の各部の特徴は発現初期の状態。  
④ 体の大きさも形態的諸特徴も十分に発達し、生殖能力も完全に備えている。

## 出題意図

生態学関連分野のうち、魚類の繁殖生態と発生過程に関する基礎的知識を確認するため、魚類の産卵、産出卵の特徴、ならびに発育段階について問うものである。



# 生態学

科目記号	科目名	問題番号
A	生態学	II

以下の問いに答えなさい。解答用紙1枚（裏面使用不可）に記入すること。

問1 以下の文を読んで、文中の（ 1 ）～（ 10 ）に入る語を答えなさい。

日本近海には複数の海流が流れており、日本の漁業資源や生態系に大きな影響を与えている。代表的な暖流として知られる（ 1 ）は、フィリピン東方から北上し、九州南部から本州太平洋沿岸に沿って流れる。この海流は高温・（ 2 ）塩分の海水を運ぶのに対し、代表的な寒流として知られる（ 3 ）は、千島列島沿いに南下し、北海道東部や三陸沖に冷たい海水をもたらす。この海流は低温・（ 4 ）塩分で、（ 5 ）に富んでいる。（ 1 ）と（ 3 ）がぶつかる（ 6 ）沖は、①世界有数の好漁場として知られている。

また、黒潮の分流である（ 7 ）海流は九州北部から②日本海沿岸を北上し、一部は（ 8 ）暖流として太平洋側に流入する。一方、日本海を北上した海流は宗谷海峡から（ 9 ）海に流入する。

さらに、日本海北部には（ 10 ）海流という寒流が存在し、ロシア沿岸から南下する。

問2 下線部①に関して、潮境が好漁場になることが多い理由を説明しなさい。

問3 下線部②に関して、日本海は暖流が流れているにもかかわらず、ズワイガニやハタハタなどの冷水性種が多く漁獲される。この理由を説明しなさい。

<生態学問題は次頁につづく>

## 解答

問1 各3点×10＝30点

- (1) 日本海流あるいは黒潮
- (2) 高
- (3) 千島海流あるいは親潮
- (4) 低
- (5) 栄養塩
- (6) 三陸
- (7) 対馬
- (8) 津軽
- (9) オホーツク
- (10) リマン

問2 10点

潮境では海水が湧昇する発散域、あるいは表層水が下に潜り込む収束域が形成される。発散域では湧昇流が生じ、下層の栄養塩の豊富な海水が表層に供給されることにより一次生産が盛んになり、魚類などの高次生産につながる。一方、収束域では魚類の食物となるようなプランクトンが集積する。さらに、潮境では水温や塩分に急激な変化が生じることにより、魚が馴致のため停滞しやすく、魚群が集積する。以上のことから潮境は好漁場となることが多い。

問3 10点

日本海の水深約 200m 以浅の表層には対馬海流が流れているが、閉鎖性が高く、水深が比較的深い海域であることから、その下には日本海固有水と呼ばれる水温 0～1℃の低温の海水が常に存在する。そのため、底生性の冷水性種が分布できることから、ズワイガニなどの漁場が形成される。

## 出題意図

海洋生態学の基礎となる海流の基本的な性質を理解し、海流が生態系に与える影響を説明できる能力を有するかを問うものである。

# 生態学

科目記号	科目名	問題番号
A	生態学	III

以下の問いに答えなさい。解答用紙1枚（裏面使用不可）に記入すること。

問1 以下の文中の空欄（1）～（10）に最も適する語を次の語群から選び書きなさい。

資源調査や栽培漁業の放流事業等では様々なタイプの標識が用いられる。標識の性状は外部から識別可能な外部標識と体内に標識する内部標識があり、これらは更に「装着型」と「マーキング型」に区分される。装着型の外部標識にはアンカー型、ダート型、アトキンス型などの（ 1 ）があり、マーキング型の外部標識には人工種苗に特異的に現れる（ 2 ）の鼻腔隔皮の欠損、（ 3 ）の鰭条の乱れ、（ 4 ）の無眼側体色異常を目印とする自然標識がある。この他、鰭の一部を切除する（ 5 ）や抜去する（ 6 ）、体表の一部に火傷を負わせて治癒痕を目印にする（ 7 ）などの体部分標識、医療用シリコンに蛍光色素を混ぜた（ 8 ）などがある。装着型の内部標識には磁性ステンレスを素材とするコーデットワイヤータグ、純金を材料とする金線標識が各々ガザミとクルマエビで利用されている。この他、ロガー機能を有し、ブリなどの回遊魚の調査に用いられるアーカイバルタグ、マイクロチップが内蔵されていることから親魚などの大型個体の管理に用いる（ 9 ）などがある。一方、マーキング型の内部標識には（ 10 ）の ALC（アリザリンコンプレクソン）やARS（アリザリンレッドS）などが用いられる。

トラフグ、ヒラメ、マダイ、ピットタグ、試薬、焼印標識、鰭切除標識、タグ型標識、イラストマー標識、体部分標識、鰭抜去標識

問2 外部標識の長所と短所を説明しなさい。

## 解答

問1 (3点×10=30点)

1 タグ型標識 2 マダイ 3 トラフグ 4 ヒラメ 5 鰭切除標識 6 鰭拔去標識  
7 焼印標識 8 イラストマー標識 9 ピットタグ 10 試薬

問2 (20点)

長所：内部標識よりも視認性が高く，タグ型標識はカラーバリエーションに富むため，群識別機能が高い。

短所：内部標識よりも装着に伴う物理的負荷が大きいため，卵や仔魚などの小型魚には装着できない。タグ型標識は装着後に脱落するリスクが高く，鰭切除標識，鰭拔去標識，焼印標識などの体部分標識は装着精度が低いと標識部位が再生する恐れがある。

## 出題意図

研究対象生物の資源量や移動範囲を推定するためにはフィールドでの生態調査が不可欠だが，現状ではどのような調査にもオールマイティに対応できる万能標識は存在しない。このため，調査の精度は用いる標識の選択(適不適の判断)能力によって大きく影響を受ける。この出題は受験者が多種多様な標識のメリット，デメリットを理解し，調査目的に応じて正しく使用する能力を有するかを問うものである。

受験番号

令和 8 年度  
福山大学大学院工学研究科  
生命工学専攻 博士前期課程  
第一次入学試験  
専門科目試験問題

注意

- (1) 試験時間は 120 分である。  
(2) 下記の 7 科目から 2 科目を選択し、解答しなさい。

科目記号	科目名	解答すべき問題数／出題数
A	生態学	3／4
B	生理学	
C	微生物学	
D	生化学	
E	分子生物学	
F	生物有機化学	

各科目ごとにローマ数字（Ⅰ、Ⅱ・・・）で区分された問題が出題されている。科目によっては、さらに問題を選択するものがあるので、各科目の問題用紙の冒頭にある指示に従うこと。各科目の問題数は上表に示した。

- (3) 解答はすべて解答用紙に記入すること。各科目のローマ数字番号の問題ごとに 1 枚の解答用紙を使用すること。解答用紙の問題番号欄に科目記号、問題番号を記入すること。選択指定の問題数を超えて余分に解答すると採点しない。余分な解答を消すこと。
- (4) 解答欄が不足した場合には、特に断りがない限り当該解答用紙の裏面を用いてもよい。その際、裏面を使用した旨を明記すること。また、「とじしろ」より上部には記入しない。
- (5) 受験番号のみをすべての解答用紙（8 枚）に記入し、解答用紙のみ提出すること。問題の選択によって使用しなかった解答用紙も、記号の箇所には×印を記入し、提出すること。
- (6) この問題冊子は持ち帰ること。

# 生理学

以下の問題Ⅰ～ⅣのうちⅠ及びⅡは必ず解答しなさい。また、Ⅲ及びⅣの中から1問を選択して解答しなさい。1問題ごとに1枚の解答用紙を使用し、問題番号を明記すること。

科目記号	科目名	問題番号
B	生理学	I

動物の筋組織は、体内でもエネルギー消費の多い組織の1つであり、酸素呼吸によりそのエネルギーの多くを生産している。そのため他の組織に比べていくつか特徴的な仕組みが備わっている。その仕組みにおいて

- (1) エネルギー源の貯蔵について
- (2) 酸素の供給について
- (3) エネルギーの貯蔵について

の3つの観点から筋組織における酸素呼吸の特徴を説明しなさい。

## 【解答例】

(1) 一般に細胞内でのエネルギー生産過程は3つにわけられる。1分子のグルコースを2分子のピルビン酸まで分解する解糖系、ピルビン酸をアセチル CoA に変換して取り込み、二酸化炭素と水素を放出するクエン酸回路、生成した水素イオンの濃度差を利用して ATP を合成する電子伝達系である。このとき過剰のグルコースは筋肉内で筋グリコーゲンに変換され、貯蔵される。筋グリコーゲンは必要に応じてグルコースに分解され解糖系のエネルギー源として使用される。

(2) 解糖系及びクエン酸回路では直接酸素は必要とされないが、電子伝達系で最終的に水素は酸素によって酸化され水となる。このとき酸素の供給が不十分であると電子伝達系だけでなくクエン酸回路も停止してしまう。それを防ぐため筋肉では、ヘモグロビンによって運搬された酸素をミオグロビンに受け渡して貯蔵する。ミオグロビンはヘモグロビンと異なり、酸素親和性が高いため、必要時以外容易に酸素を遊離しないため良い貯蔵庫となる。筋肉はこのミオグロビンを大量に含んでいる。

(3) 最終的に生成した ATP は化学エネルギー以外にも生体内に必要な種々の生理機能のエネルギー源として消費される。そのため筋肉では、エネルギー

一のもとであるリン酸を ATP からクレアチンに受け渡し、クレアチンリン酸を合成する。クレアチンリン酸は筋肉内に大量に貯蔵されており、必要に応じて、リン酸を ADP に受け渡して ATP を合成することができる。

【出題意図】

筋組織の他組織とは異なる生理的特徴の理解、特にエネルギー生成に必要な代謝に関する基本的な知見を確認するため。

科目記号	科目名	問題番号
B	生理学	Ⅱ

海水魚と淡水魚の浸透圧調節の仕組みを、その違いがわかるように、イオンの移動を中心に簡単に説明しなさい。

【解答例】

海水魚は体液の浸透圧が周囲の海水よりも低いため、体内の水が失われやすく、逆に塩分が入り込みやすい。そこで、水を飲み続け、えらの塩類細胞から  $\text{Na}^+$  や  $\text{Cl}^-$  を能動的に排出し、腎臓からは少量の濃い尿を排泄することで体液の浸透圧を一定に保つ。

一方、淡水魚は体液の浸透圧が周囲の水よりも高いため、体内に水が流入しやすく、塩分が失われやすい。そのため、ほとんど水を飲まず、えらの塩類細胞から  $\text{Na}^+$  や  $\text{Cl}^-$  を能動的に取り込み、腎臓からは大量の希薄な尿を排泄して体液のイオン濃度を維持している。

【出題意図】

魚類における生理の基本的知識を確認するため。

科目記号	科目名	問題番号
B	生理学	Ⅲ

細胞膜を介した物質の輸送には、膜タンパク質が重要な役割を果たしている。以下の3つの膜タンパク質が関与する物質輸送について、具体的な例を1つ以上挙げ、その仕組みを説明しなさい。

(1) チャネル

(2) トランスポーター

(3) ポンプ

【解答例】

細胞膜は脂質二重層できており、高分子の物質や、低分子でも電荷を帯びたイオンなどは透過しにくい。そのため膜上にはこのような物質を選択的に輸送するための特殊な膜タンパク質が存在する

(1) チャネルはそのような膜タンパク質の一種で、細胞を貫通した孔を形成する。種々の刺激に応じてその入り口にあるゲートが開き、特定のイオンなどをその孔を通じて透過させる。この透過はエネルギーを消費せず、膜内外の濃度差により拡散によって行われる受動輸送である。一例として筋小胞体に存在するカルシウムチャネルは、膜電位の変化に応じて開き、カルシウムイオンを細胞内に放出し筋肉を収縮させる引き金となる

(2) トランスポーターも輸送膜タンパク質であるが、チャネルと異なり透過物質と結合することで、イオン以外にもアミノ酸や薬物を輸送することができる。脳内のグルコーストランスポーターは、栄養源であるグルコースを血液内から脳内の細胞に取り込むときに利用される。

(3) ポンプは **ATP** の分解エネルギーを利用して物質をその濃度差に逆らって運ぶ能動輸送に関わる膜タンパク質である。例えば筋肉細胞の収縮では神経からの刺激により開いたナトリウムチャネルがナトリウムイオンを筋肉細胞内に流入させ、細胞内外の膜電位を逆転し活動電位を生じるが、やがて細胞内の過剰のナトリウムイオンはナトリウムポンプにより細胞内に排出される。

【出題意図】

膜輸送に関わる代表的な膜タンパク質の構造と機能に関して、その違いを明確に説明できるかを確認するため

科目記号	科目名	問題番号
B	生理学	IV

モノクローナル抗体とポリクローナル抗体について、その作製方法の違いに基づいて、両者の基本的な違いが分かるように説明しなさい。



**【解答例】**

ポリクローナル抗体は、複数のエピトープを持つ抗原を動物に免疫して得られる抗体であり、エピトープに反応する多数の B 細胞群が抗体を産生する。このため、複数のエピトープに対する抗体が産生される。したがって、これらの抗体の混合物である。いっぽう、モノクローナル抗体は、抗原を認識した B 細胞を取り出して、骨髄腫細胞と融合させてハイブリドーマ細胞を作り、そこからクローンを選んで培養する。したがって、モノクローナル抗体は単一の B 細胞由来（単一のエピトープを認識する）であり、抗原の特定のひとつのエピトープに特異的に結合するという特徴をもつ。

**【出題意図】**

生理学における基礎的知識と、生理学の実験で用いられる抗体試薬に関する基本的な知見を確認するため。

## 微生物学

問題I. この問題は、微生物学実験に必要な滅菌法の基礎知識と応用力を評価することを意図としている。培地や器具に応じて適切な滅菌法を選択できるか、滅菌操作を具体的に説明できるかを確認するとともに、高圧蒸気滅菌で生じうる化学的な副反応を理解し、その回避方法を論理的に説明できるかを問う。これにより、受験生が実践的な知識を備えているかを確認する。

問題II. この問題は、微生物学の歴史上重要な発見についての科学的意義を理解しているかを問うことを意図している。自然発生説とその否定に関するスパンツァーニとパスツールの研究を通して、受験者が歴史的背景・実験の論理・科学的思考の発展を体系的に理解しているかを確認する。

問題III. この問題は、環境微生物の増殖に必要な条件についての理解を問うことを意図している。微生物の生理的特徴や実験技術の限界を理解し、適切な培養技術を選択するための基礎的知見を有しているかを確認する。

問題IV. この問題は、微生物学とバイオテクノロジーの基盤となる大腸菌と枯草菌について、その特徴と利用に関する理解を評価することを意図している。問1では両者の基本的な形態・分類学的特徴を比較させ、問2では両者の共通性を整理させる。問3では産業利用例を具体的に説明させ、問4では組換えタンパク質生産の観点から長所と短所を考察させる。これらを通じて、微生物の特徴を体系的かつ応用的に理解しているかを確認する。

問題V. この問題は、微生物学や分子生物学において頻出する基本概念や専門用語を正しく理解し、自らの言葉で簡潔に説明できるかを問うことを目的としている。

微生物学

科目番号	科目名	問題番号
C	微生物学	I

問 1

- (1) ビタミンなど熱に不安定な成分を含む合成液体培地 → (ウ) ろ過滅菌法
- (2) 熱に安定な成分で構成される半合成寒天培地 → (ア) 高压蒸気滅菌法
- (3) 綿栓を詰めた三角フラスコ → (イ) 乾熱滅菌法
- (4) 熱に弱いプラスチックシャーレ → (オ) ガンマ線滅菌法
- (5) 菌体接種に用いる直前の白金耳 → (エ) 火炎滅菌法

問 2

- (1) 合成液体培地 (熱不安定成分)

滅菌フィルター (0.2  $\mu\text{m}$  孔径) を用いて無菌的にろ過滅菌し、あらかじめ滅菌済みの容器に分注する。

- (2) 半合成寒天培地

オートクレーブで 121°C・20 分間の高压蒸気滅菌を行い、滅菌後に冷却して使用する。

- (3) 三角フラスコ (綿栓付)

160°C程度の乾熱滅菌器で 3 時間加熱し、容器と綿栓を同時に滅菌する。

- (4) プラスチックシャーレ

放射線滅菌 (ガンマ線照射) によって無菌状態とし、通常は市販の滅菌済み製品を用いる。

- (5) 白金耳

ガスバーナーの炎にかざして赤熱させて滅菌する。

問 3

問題点としては、培地中のリン酸塩と二価金属イオン ( $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  など) は、高压蒸気滅菌の高温・高压条件下で反応し、リン酸カルシウムやリン酸マグネシウムなどの不溶性沈殿を生成する可能性がある。これにより培地の透明性が失われ、成分の利用可能性も低下することが考えられる。その回避方法としては、金属イオンを含む溶液を別途滅菌して調製し、オートクレーブ後のリン酸塩培地に無菌的に添加することが考えられる。

科目番号	科目名	問題番号
C	微生物学	II

#### 問 1

自然発生説は、泥から微生物が発生するなど、無生物から生物が誕生するという説のこと。

当時の人々の生物に関する知識は限定的で、泥の中から突然現れる生物や、顕微鏡下でしか観察できない微小な生物の発生についての合理的な説明ができなかったために、広く受け入れられていた。

#### 問 2

フラスコに入れた肉汁を十分に加熱し、フラスコの口を溶接密栓して放置したところ微生物の発生は認められなかった。この結果から、例え肉眼では見えないような微小な生物であっても、「タネ」なしで自然発生することはないと結論付けた。

ジョン・ニーダムなどの自然発生論者からは、スパンツァーニの実験では、空気の中の何らかの「生命の素」が入ってこないために微生物が生きられないのだ、という反論を受けた。

#### 問 3

パスツールは、細く S 字に湾曲した長い首を持つフラスコを考案し、このフラスコに肉汁を入れて加熱して放置した。その結果、肉汁は新鮮な空気に触れているにもかかわらず微生物は発生せず、湾曲した首に肉汁に触れさせると微生物の発生が見られた。このことから、自然発生説を完全に否定し、「すべての生物は生物から発生する」という考え方を確立した。

パスツールの実験は、近代微生物学の基礎となり、発酵や感染症の研究に多大な貢献を果たした。また、先入観にとらわれず、実証に基づいて理論を構築するという姿勢は、現代の科学者にも求められる重要な資質である。

#### 問 4

パスツリゼーション（低温殺菌法）とは、一般に 60℃から 85℃で食品を処理して殺菌すること。

パスツリゼーションは、有害な微生物を死滅させつつ、食品の栄養素や風味を損なわないようにして、「食品の保存性を高めることを目的とする。

科目番号	科目名	問題番号
C	微生物学	Ⅲ

微生物は、特定の栄養素の存在がないと増殖できない。通常の培地では、環境中に存在する多くの微生物にとって必要な栄養条件が満たされないため、増殖できない。

微生物の増殖は、pH、温度、酸素、浸透圧などの環境条件に強く依存する。実験室での培養条件は自然環境とは異なるため、多くの微生物は増殖できない。

科目番号	科目名	問題番号
C	微生物学	IV

#### 問 1

大腸菌はグラム陰性の桿菌であり細胞壁外に外膜を持ち、胞子を形成しない。通性嫌気性で、酸素があれば好気呼吸を行い、酸素がなくても発酵や嫌気呼吸により生育できる。

一方、枯草菌はグラム陽性の桿菌で外膜を持たず、環境条件が悪化すると芽胞を形成して耐久性を示す。好気性細菌として知られている。

#### 問 2

大腸菌と枯草菌はいずれも原核生物であり、ロッド状の形態の桿菌である。また、いずれも遺伝子工学で利用可能な遺伝子操作技術が確立されている。

#### 問 3

大腸菌に関しては、組換えタンパク質の生産宿主として一般的に用いられている。また、K-12 株などにおいて遺伝子操作系が確立されており、DNA クローニングや組換えタンパク質の発現系の開発に広く利用されている。

枯草菌に関しては、アミラーゼやプロテアーゼなどの分解酵素の分泌生産に利用されている。また、納豆などの発酵食品の製造にも利用されている。

#### 問 4

大腸菌の長所は遺伝子操作系が整備され、増殖速度が速く、大量培養が容易であることである。短所は、ヒトなどの哺乳類に対して炎症作用を及ぼすリポ多糖類（エンドトキシン）を含んでいることであり、大腸菌で生産させた組換えタンパク質をヒトや哺乳類細胞などに投与する際には、リポ多糖類を完全に除去しておくことが求められる。

枯草菌の長所は、分泌機構が発達している点であり、分解酵素などの目的タンパク質を細胞外に分泌させることで、回収や精製過程を容易にすることができる。また、大腸菌とは異なり、リポ多糖類を含んでおらず、FDA で GRAS (generally recognized as safe) 認定されており、ヒトなどに対して安全であることが広く認知されている。したがって、ヒトや哺乳類細胞などに投与することを目的とした組換えタンパク質を生産する場合には大腸菌よりも適しているといえる。枯草菌の短所は、外来タンパク質を分泌生産させた場合に細胞外プロテアーゼにより分解されやすいことや、大腸菌に比べて分子生物学的ツールが少ないことが考えられる。

科目番号	科目名	問題番号
C	微生物学	V

#### オペロン

原核生物にみられる遺伝子発現単位で、複数の遺伝子が共通のプロモーターにより 1 つの mRNA として転写される。これによって、オペロン内の遺伝子群の発現を一括して制御できる。

#### クオラムセンシング

細菌が自己の産生するシグナル分子を感知し、一定密度に達すると遺伝子発現を協調的に変化させる仕組みのことである。

#### バイオフィーム

微生物が細胞外多糖などを分泌して形成される集合体であり、これを形成することで環境耐性や薬剤抵抗性を高めることができる。

#### Sec 輸送系

細菌や真核細胞に存在するタンパク質輸送経路であり、未フォールディング状態のタンパク質が Sec 輸送系を介して輸送され、膜通過後に細胞外でフォールディングが行われる。

#### アナログ耐性変異株

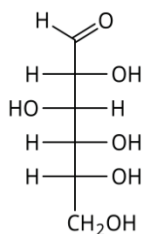
基質に類似した阻害剤（アナログ）に対して耐性を示す変異を獲得した株で、代謝経路の解析や、フィードバック阻害を回避することで最終産物を高生産する菌株として利用される。

生化学 模範解答

I

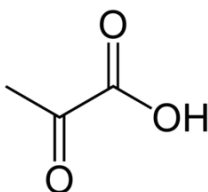
(1) 分子式  $C_6H_{12}O_6$

構造式



(2) ピルビン酸 分子式  $C_3H_4O_3$

構造式

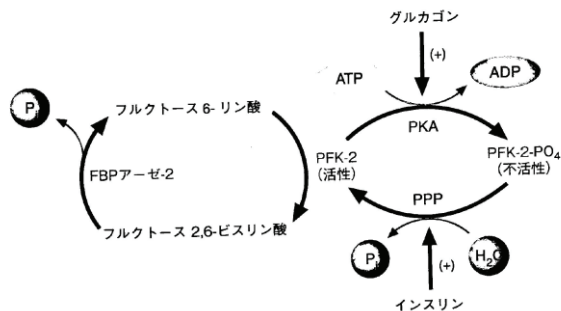


- (3) 酵素タンパク質の活性部位以外の場所に低分子の物質が結合すると、酵素の立体構造が変化し、酵素活性が変化する現象をアロステリック効果という。このような現象を示す酵素をアロステリック酵素と呼ぶ。

正のエフェクター      フルクトース 2,6-ビスリン酸      AMP

負のエフェクター      ATP      クエン酸

- (4) ペプチドホルモンであるグルカゴンが標的細胞の表面にあるグルカゴン受容体に結合すると、細胞内のアデニル酸シクラーゼが活性化されて ATP から cAMP が合成される。合成された cAMP はプロテインキナーゼ A を活性化し、PFK-2 のフォスファターゼ機能を活性化させる。その結果、細胞中のフルクトース 2,6-ビスリン酸濃度が低下し、PFK-1 の活性が抑制される。



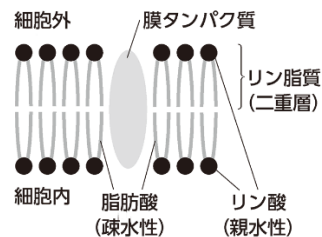


## II

問1 ① 水 ② 20

問2 リジン K ヒスチジン H アルギニン R

問3 ホスファチジルコリン ホスファチジルエタノールアミン



細胞膜は主にリン脂質二重層とタンパク質で構成されており、リン脂質は親水性の頭部と疎水性の尾部を持ち、水中で尾部を内側、頭部を外側にして二重層を形成している。この脂質二重層は流動的で、「流動モザイクモデル」と呼ばれ、二重層中に埋め込まれたタンパク質や、表面に付着しているタンパク質が自由に移動できる。さらにリン脂質は両親媒性であるため、リン脂質で構成されている細胞膜は、イオンや有機化合物に対して選択的透過性（特定の物質のみを通す性質）を持ち、細胞内外への物質の出入りを制御している。つまり、脂溶性物質やガスはリン脂質二重層を自由に通過できるが、水溶性物質は膜タンパク質（輸送タンパク質、チャネルなど）を介して移動することになる。また、細胞膜は、細胞同士の接着や、細胞外からの情報（シグナル）を受け取る役割も担っており、細胞表面の受容体タンパク質が情報分子と結合し、細胞内に情報を伝達している。さらに、細胞質を取り囲み、細胞の内部環境を外部から保護するバリアとして機能している。

問4 ゲルろ過クロマトグラフィー

多孔性のポリマー樹脂（ゲル）を固定相として用いる。これを充填したカラムに分子量の異なる物質を移動相とともに流すと、大きな分子はゲル中を通り抜けるため早く溶出されるが、小さな分子は、ゲル孔に入りゆっくりと移動するため遅く溶出されるため、分子の大きさにより分離することができる。

イオン交換クロマトグラフィー

固定相として正あるいは負に帯電したイオン交換樹脂を用いる。これにより、タンパク質中の負電荷あるいは正電荷をもつ基と樹脂が可逆的に結合する。その後、移動相の溶媒の塩濃度あるいは pH を変化させることにより、目的のタンパク質を得ることができる。

### III

#### 問 1

- ①X 線結晶構造解析法
- ②二次元核磁気共鳴分光法 (2D NMR)
- ③低温 (クライオ) 電子顕微鏡法
- ④結晶化

#### 問 2

- ⑤ 高分子量のタンパク質の解析が難しい
- ⑥ 解像度が得られないことがある、振動に弱い、など

生化学において、生物を構成する物質のかたちと性質、それらの解析方法、さらにはそれらが生き物の中で起こっている反応（代謝）を理解することは、基礎的であるが最も重要なことである。そのためこれからこの分野での研究を遂行する者にとっては、必要不可欠な内容である。そこで、本試験では、生物を構成している物質である糖質、脂質、タンパク質の構造と性質、ならびにその解析法について十分な知識、ならびに我々が生きていくのに必要なエネルギーを生み出す解糖に関わる酵素反応の特徴と制御システムについての知識を有しているかを問うものである。

# 解答例

## E 分子生物学

### 問題 I

- (1) アデニン、グアニン、シトシン、チミン
- (2) テロメア
- (3) 5′-GATCATG-3′
- (4)
  - (ア)
    - (a) DNA
    - (b) RNA
  - (イ)
    - (a) DNA (プローブ)
    - (b) DNA または RNA (プローブ)

出題意図 分子生物学と遺伝子工学に関する基礎的な理解を問う。

### 問題 II

- (1)
  - ステップに関する語句
  - 1 DNA 複製
  - 2 転写
  - 3 逆転写
  - 5 翻訳

酵素の名称

- 1 DNA ポリメラーゼ
  - 2 RNA ポリメラーゼ
  - 3 逆転写酵素 (リバーストランスクリプターゼ)
- (2) 5′ キャップの形成、ポリ A の付加、スプライシング
- (3) mRNA : 遺伝子 (DNA) の遺伝情報をリボソームまで運び、タンパク質合成を指示する。  
tRNA : コドンが指定するアミノ酸をリボソームに運ぶ。

rRNA：リボソームタンパク質と共にリボソームを構成し、タンパク質を合成する。

(4) ステップ 1

説明 岡崎フラグメントは、DNA 複製においてラギング鎖の複製で合成される短い DNA である。

(5) 開始コドン AUG

終止コドン UAA、UAG、UGA

出題意図：分子生物学に関する専門知識の理解や説明力を問う。

### 問題Ⅲ

(1) 複製起点をもつ。

選択マーカー遺伝子をもつ。

クローニング部位となる制限酵素部位をもつ。

(2) DNA の切断 制限酵素

DNA の連結 DNA リガーゼ

(3) 形質転換法

(4)

(ア) 大腸菌の細胞壁の合成を阻害する。

(イ) アンピシリン耐性遺伝子の発現によって  $\beta$ -ラクタマーゼが合成され、 $\beta$ -ラクタマーゼが培地中のアンピシリンを分解することでアンピシリン耐性となる。

(5)

- ・ 遺伝子の塩基配列を決定する。また、塩基配列から遺伝子がコードするタンパク質のアミノ酸配列を推定する。
- ・ 大腸菌などで遺伝子を発現させてタンパク質を生産し、調製する。
- ・ ノーザンハイブリダイゼーションやレポーター遺伝子を利用して遺伝子の発現を解析する。
- ・ 遺伝子を異種生物に導入して発現させ、異種生物の形質を改変する。

出題意図：遺伝子工学に関する専門知識の理解や説明力を問う。

# 栄養・食品学

問題Ⅰは必答問題である。また、問題Ⅱ～Ⅳのうち2問を選択し解答せよ。1問題ごとに1枚の解答用紙を使用し、問題番号を明記すること。

科目番号	科目名	問題番号
F	栄養・食品学	I

食中毒に関する以下の各問に答えよ。

問1 次の①～③の食中毒細菌の性質と、その食中毒の特徴について説明せよ。

- ① 腸管出血性大腸菌
- ② ブドウ球菌
- ③ ボツリヌス菌

問2 キノコ中毒の症状による分類について説明せよ。

問3 アニサキスの生活史と食中毒の予防方法について説明せよ。

<栄養・食品学問題は次頁につづく>

## 解答

### 問 1

- ① 腸管出血性大腸菌：グラム陰性の桿菌で O157 が知られている。生体内毒素型で、生体内でベロ毒素を生産し、出血性大腸炎を引き起こす。一部の患者は尿毒症症候群 HUS を発症し重症となることがある。感染源は牛肉、水等で少量でも感染する。
- ② ブドウ球菌：グラム陽性の球菌で、人の化膿創および鼻腔に生息している。毒素型で食品中に耐熱性を有する毒素エンテロトキシンを生産する。潜伏期間は 3 時間程度で吐き気、嘔吐等が顕著な症状である。
- ③ ボツリヌス菌：グラム陽性の桿菌で嫌気性である。芽胞を形成し、その芽胞の耐熱性が微生物の中で最も高く、殺菌には 121℃、4 分以上が必要である。毒素型であり食品中でボツリヌス毒素を生産する。この毒素は生物毒の中で最も強い神経毒で致死率が高い。飯寿司、辛子レンコン、ソーセージ等による感染が知られている。

### 問 2

キノコが生育する 9、10 月に多く、植物性自然毒の中で最も多い。  
腹痛下痢等の胃腸炎症はツキヨタケ、クサウラベニタケ等  
重篤となる肝腎機能障害はドクツルタケ、コレラタケ、タメゴテングタケ等  
幻覚等の向精神作用はベニテングタケ、ワライタケ等  
激痛等の神経刺激症状はドクササコ、シロトマヤタケ等

### 問 3

クジラ、イルカが宿主で、胃で成虫となり産卵する。排泄された虫卵から幼虫が孵化し、中間宿主のオキアミに入る。オキアミはサバ、サンマ、イカ等の 2 次宿主の海産魚に食べられ寄生する。これらの魚をクジラ、イルカが食べることで、宿主で成虫となる。予防は 60℃、1 分間の加熱処理や、-20℃、24 時間の冷凍処理である。

## 出題意図

食品衛生学における細菌、自然毒、寄生虫の食中毒について問う問題である。

<栄養・食品学問題のつづき>

科目番号	科目名	問題番号
F	栄養・食品学	Ⅱ

食品機能科学に関する以下の各問に答えよ。

問1 食物繊維による血中コレステロールの低減作用と腸肝循環との関係について説明せよ。

問2 次の機能性関与成分について説明せよ。

- ① カゼインホスホペプチド (CPP)
- ② キシリトール
- ③ エイコサペンタエン酸 (EPA)

<栄養・食品学問題は次頁につづく>

## 解答

### 問 1

コレステロールは肝臓で胆汁酸に異化される。胆汁酸は胆のうを経て十二指腸へ排出される。そして小腸大腸から再吸収され肝臓に戻る。食物繊維は胆汁酸と結合し排出されるため再吸収が阻害される。そのためコレステロールの肝臓への取り込みが増加し、血中コレステロールは低下する。

### 問 2

#### ① カゼインホスホペプチド (CPP)

カゼインのトリプシン分解ペプチドで、ホスホセリン、アスパラギン酸、グルタミン酸残基が多く、これらのリン酸基イオン、カルボキシル基イオンがカルシウムを溶解し吸収を高める。

#### ② キシリトール

木材成分のキシランを加水分解したキシロースを還元したもので、砂糖に類似した甘味があり、非う蝕性、溶解時の吸熱、血糖値に影響しない等の性質がある。

#### ③ エイコサペンタエン酸 (EPA)

2 重結合を 5 個有する n-3 系脂肪酸で、代謝されて生理活性物質の TXA<sub>3</sub>、PGI<sub>3</sub> となることで血液凝集抑制を促し、抗血栓性となる。青魚に多い。

## 出題意図

特定保健用食品等で利用されている関与成分の機能性およびその原理について問う問題である。



<栄養・食品学問題のつづき>

科目番号	科目名	問題番号
F	栄養・食品学	Ⅲ

食品加工における褐変反応について、各問に答えよ。

問1 アミノカルボニル反応（メイラード反応）による褐変を有する食品を3つ挙げよ。

問2 アミノカルボニル反応とカラメル化について説明せよ。

問3 アミノカルボニル反応の副経路であるストレッカー分解について説明せよ。ただし、「 $\alpha$ -ジカルボニル化合物」「ピラジン類」の語句を必ず用いよ。

問4 アミノカルボニル反応に関する以下の文章について、誤っているものはどれか。1つ選び記号で答えよ。

- (ア) 常温では反応が起こらない。
- (イ) 鉄イオンや銅イオンなどの金属イオンは、反応を促進する。
- (ウ) 水分活性が0.65～0.85の領域において、最も反応性が高い。
- (エ) pHの上昇に伴い反応性が高まる。

<栄養・食品学問題は次頁につづく>

解答

問 1

しょうゆ、味噌、コーヒー、パンの焼き色など

問 2

どちらも非酵素的褐変反応であるが、カラメル化は糖類を加熱することで褐変化するのに対し、アミノカルボニル反応は還元糖のカルボニル基とアミノ酸やタンパク質のアミノ基が反応して褐色物質メラノイジンを生成する反応である。

問 3.

メイラード反応で生成した $\alpha$ -ジカルボニル化合物が、 $\alpha$ -アミノ酸と反応してアルデヒド類やピラジン類を生成し、食品に特有の香気を生じさせる。

問 4

(ア)

出題意図

食品科学における褐変反応について問う問題である。

＜栄養・食品学問題のつづき＞

科目番号	科目名	問題番号
F	栄養・食品学	IV

クローン病の栄養管理に関する以下の各問に答えよ。

- 問 1 活動期（軽症～中等症）の栄養療法に用いられる成分栄養剤の特徴について説明せよ。
- 問 2 寛解期において、成分栄養剤と食事との併用により栄養管理する場合の、食事内容の基本について説明せよ。

解答

問 1 医薬品であるエレンタール®が用いられる。  
成分栄養剤は、成分化学的に明確な組成で構成されており、窒素源は結晶アミノ酸である。窒素源がアミノ酸であることから、抗原性を有しない。糖質は浸透圧性下痢の予防のため、デキストリンからなる。脂質含量は脂肪エネルギー比率 約 1 % と非常に低い。よって長期投与では、必須脂肪酸欠乏のリスクがあり、脂肪乳剤の静脈投与を行う必要がある。食物繊維を含まず、低残渣である。浸透圧が高いため、浸透圧性の下痢に注意を要する。

問 2  
十分なエネルギー：30～35kcal/kg IBW。成長期ではより多くのエネルギーを要する。  
低脂肪：20 g/日以下が望ましい。牛・豚は極力脂肪を取り除く。鶏ささみや白身魚が推奨。  
低残渣：不溶性食物繊維の多いものは避ける。  
易消化：脂肪の多いものを避ける。皮や種、筋を取り除く。細かく切る。生より加熱する。よく噛むよう指導する。

出題意図

臨床栄養学におけるクローン病の栄養管理を問う問題である。