

問題解答

必要時のみ選択

2025年 大学院試験問題

(一般入試1期)

点

2025 The Graduate School Entrance Examination (General exam, April admission 1st term)

| 試験日 Date of the exam | 課程 Program | 科目 Examination subjects | 受験番号 Application No | 氏名 APPLICANT NAME |
|--|----------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 2024年9月6日 6th September, 2024 | 博士前期課程 Master's Program | 水産増殖学 Fisheries Ecology | | |

解答は本用紙に記載し、どの問いに対する解答であるかを明記すること。裏面を使用しても構わないが、使用する場合は「裏へ続く」と明記すること。

問1. 水産学および生態学用語としての「藻場」について説明し、近年の「藻場」の減少要因を述べなさい。

【解答例】藻場とは海藻や海草が群落を形成している場所である。海中における一次生産だけではなく、魚類や甲殻類、貝類、ウニ・ナマコ類など多くの生物にとって産卵場・育成場・隠れ場として機能し、水域の環境浄化や底質安定化の場でもある。

減少要因としては、沿岸開発や埋立てによる浅海域の消失、水質悪化や濁度上昇による光量不足が挙げられる。さらに、海水温上昇などの気候変動に伴う生育環境の変化、植食性動物による過剰な摂食が引き起こす食害もある。これらの要因が重なることで藻場は回復しにくくなり、水産資源や生物多様性の低下につながっている。

問2. 汽水域(海跡湖や河口など)は、開放性の高い海域に比べて特徴的な生態系が形成されやすい。その理由を論じなさい。

【解答例】汽水域は河川水と海水が混合する海跡湖や河口域で、塩分が時空間的に大きく変動し、成層や塩分勾配が形成されやすい環境である。この不安定な物理環境により、広塩性種が優占し、種数は比較的少ないが特定種が高密度で分布する独自の群集が成立する。また、河川由来の栄養塩により生産性が高く、魚類などの重要な成育場となる一方、底層の貧酸素化が生物分布を制限する要因にもなる。

問3. 北海道オホーツク海沿岸で行われている水産増殖の具体例をひとつ挙げ、説明しなさい。

【ホタテガイの水産増殖を例にした場合の回答例】

ホタテガイの地まき式放流漁業が該当する。この水産増殖では、6月頃に自然発生した着底直前のホタテガイ幼生をネットに付着させることで採苗し、そのまま垂下養殖する。稚貝が約1cmまで成長する9月頃に、稚貝密度を調整した上で養殖かごに移し、再び垂下する。この工程は中間育成と呼ばれる。その後、翌年の5月頃に養殖かごを陸揚げして稚貝を取り出し、4区画に分かれた漁場の1区画に計画的に稚貝密度を計算した上で放流する。放流から3年後に商品サイズまで成長したホタテガイを地引網で漁獲する。なお、区画数は漁場によって異なり、3~5区に分かれていることもある。採苗から漁獲までの一連の工程を輪採制と呼ぶこともある。北海道オホーツク海沿岸のホタテガイの地まき式放流漁業は世界的にも最も成功した水産増殖として認識されている。

問4. 現在、養殖による漁業生産量が急増している。その社会的背景と養殖における問題点について説明しなさい。

【解答例】社会的背景には、世界の増加による食料需要の急拡大があり、天然漁業(漁獲漁業)への依存度が増したことで過剰な漁獲(乱獲)が生じ、さらに気候変動の影響なども加わり、漁獲量の頭打ちや、水産資源の減少等が起きている。その結果、漁獲漁業から養殖漁業への転換が起こりつつある。種苗生産や飼料改良などの技術革新や、政策的支援もあることが、養殖による漁業生産量が急増している主要因である。

養殖における問題点としては、過密飼育による疾病の蔓延や薬剤使用、排泄物による水質悪化、魚粉依存による野生漁業資源への負荷、逸出個体による生態系攪乱などの問題も生じている。持続的発展には環境への配慮と適正管理が不可欠である。

問5. 個体群の増殖(内的自然増加率)における個体群中の密度の効果について説明しなさい。

【解答例】個体群全体の個体数の増加率は基本的に以下のロジスティック式(式1)で表される。

$$dN(t)/dt = r \cdot N(t) \cdot ((K - N(t))/K) \quad (式1)$$

ここで $N(t)$ は時刻 t における個体数、 K は環境収容力、 r は密度が極めて低いときの内的自然増加率(理論上の最大値)である。

式1を1個体あたりの増殖率として表すと

$$1/N(t) \cdot dN(t)/dt = r \cdot ((K - N(t))/K) \quad (式2)$$

となる。1個体あたりの増殖率は密度が低いときに最大値 r に近く、密度の増加とともに単調に低下し、環境収容力 K に達したときにゼロとなる。これは資源を巡る競争の激化により出生率が低下し、死亡率が上昇するためである。したがって、設問の密度の効果とは、このように1個体あたりの増殖率が密度に応じて変化する現象のことである。

2026 The Graduate School Entrance Examination (General exam, April admission 1st term)

| 試験日 Date of the exam | 課程 Program | 科目 Examination subjects | 受験番号 Application No | | | | 氏名 APPLICANT NAME |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|--|--|--|----------------------|
| 2025年9月5日 5th September, 2025 | 博士前期課程 Master's Program | 海洋生物学 Marine biology | | | | | |

1) 北海道にも侵入している外来生物が引き起こす問題を具体的に答えなさい。回答の際には、以下のキーワードを4つ以上使用し、具体例も挙げること。キーワード:「在来生態系・絶滅・農林水産業・相互作用・生物多様性・経済効果」

解答1)

北海道にも侵入している外来生物は、在来生態系に深刻な影響を与えている。例えば、アライグマは農地や市街地周辺に定着し、在来種の巣を襲ったり餌を奪ったりすることで、生物間の相互作用のバランスを崩している。その結果、在来の両生類や鳥類の個体数が減少し、地域の生物多様性の低下を招いている。

また、セイヨウオオマルハナバチは農業利用のために導入されたが、野外に定着した個体が在来のマルハナバチ類と競合し、交雑や資源競争を引き起こしている。これにより在来種の減少、場合によっては絶滅のリスクを高める可能性がある。さらに、ウチダザリガニは河川や湖沼に広がり、水草や水生昆虫を捕食することで水域の生態系構造を変化させている。この影響は漁業資源にも及び、農林水産業への被害や管理コストの増大という経済的負担を生じさせる。例えば、水産資源の減少や防除対策費用の増加は地域社会の経済効果を低下させる要因となる。

このように、外来生物の侵入は単に一種の問題にとどまらず、在来生態系の構造変化、生物多様性の損失、産業被害、さらには地域経済への悪影響へと連鎖的に広がる複合的な問題である。したがって、早期発見・早期対策とともに、生態系全体の相互作用を考慮した管理が求められている。

2) 人間活動は、様々な動植物の生息地を分断化させているが、どのように調査地を設定し、どのような方法を使えば、分断化の影響を定量化できるか答えなさい。北海道内で生じている生息地分断化の例を挙げながら回答すること。

解答2)

人間活動による生息地の分断化の影響を定量化するためには、まず分断の程度が異なる複数の調査地を設定することが重要である。北海道では、農地開発や道路建設によって森林が分断されている地域が多く、例えば石狩平野や十勝平野では、かつて連続していた森林が農地や市街地によって小さな林分に分かれている。このような地域では、連続した大規模森林を対照区(コントロール)とし、面積の小さい孤立林や道路で囲まれた林分など、分断化の程度が異なる場所を複数選定する。さらにGISを用いて、パッチ面積、林縁長、周囲の森林被覆率、道路密度などを数値化し、分断化の指標として整理する。

次に、生物学的データを収集する。各調査地で種数、個体数密度、繁殖成功率などを調べ、分断化指標との関係を統計的に解析することで、分断化が生物多様性に与える影響を定量化できる。例えば森林性鳥類や小型哺乳類が小規模パッチで減少していないかを比較する。また、分断化は個体の移動を妨げるため、GPS発信器やカメラトラップを用いて移動頻度や通過率を測定することも有効である。さらに、マイクロサテライトDNAやmtDNA解析を行い、集団間の遺伝的分化(Fst値など)を算出すれば、遺伝的孤立の程度を数値として示すことができる。例えばエゾシカでは、高速道路や市街地が移動経路を制限し、地域個体群間の遺伝的交流が低下している可能性が検証対象となる。

また、水域においても分断化は生じている。北海道の河川ではダムや堰が設置され、回遊魚の移動が妨げられている。サクラマスのような種では、ダムの上下流で個体数や遺伝的多様性を比較することで、分断の影響を定量的に評価できる。このように、分断化の程度が異なる調査地を空間的に設定し、GISによる景観指標の数値化、生物の個体数・種多様性・移動データ・遺伝データを統合し、統計解析を行うことで、生息地分断化の影響を科学的に定量化することが可能となる。

2026 The Graduate School Entrance Examination

(General exam, April admission 1st term)

| 試験日 Date of the exam | 課程 Program | 科目 Examination subjects | 受験番号 Application No | | | | 氏名 APPLICANT NAME |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|--|--|--|----------------------|
| 2025年9月5日 5th September, 2025 | 博士前期課程 Master's Program | 海洋生物学 Marine biology | | | | | |

3) 野生動物の個体識別をすることによって以下の各分野においてどのようなことが解明されるのかを具体例を挙げて説明しなさい。

①動物行動学 ②個体群生態学(社会学) ③個体群動態学

解答3)

野生動物の個体識別を行うことは、生態学のさまざまな分野において重要な知見をもたらす。個体を区別して継続的に追跡できるようになることで、「どの個体が、いつ、どこで、どのような行動をとり、その結果どうなったのか」を明らかにすることが可能になる。

まず①動物行動学においては、個体ごとの行動特性や役割分担、社会的関係が解明される。例えば、ゼニガタアザラシでは、体の斑紋を利用した写真識別により、特定の個体が毎年同じ上陸場を利用するか、採餌場所に個体差があるか、母子関係がどれほど継続するかなどを追跡できる。このように個体を識別することで、行動圏の広さや採餌戦略の違い、繁殖期の行動変化といった個体レベルの行動様式を具体的に明らかにすることができる。また、シャチでは背びれの形状による識別から、家族単位の安定した群れ構造や、世代を超えて受け継がれる採餌文化の存在が解明されている。これは個体を区別して長期追跡できるからこそ可能になった成果である。

次に②個体群生態学(社会学)の分野では、群れの構造や個体間関係、社会的ネットワークが明らかになる。例えば、エゾシカに耳標やGPS首輪を装着して個体識別を行うと、雌系集団の形成や雄の分散行動、群れの安定性などが把握できる。どの個体が群れの中心に位置し、どの個体が周辺的存在であるのかを分析することで、社会構造と繁殖成功との関係も検証できる。また、マッコウクジラでは尾びれ写真による識別によって、母系を中心とした長期的に安定した社会集団の存在が明らかにされている。このように個体識別は、単なる個体数把握にとどまらず、社会構造そのものの解明に貢献する。

さらに③個体群動態学においては、出生率、死亡率、生残率、移出入率などを推定することが可能となる。個体を識別し、再観察される割合を解析する標識再捕法を用いれば、生残率を定量的に推定できる。例えば、ゴマファアザラシで写真識別を継続すれば、年齢別生残率や繁殖成功率、個体数の増減傾向を推定することができる。これによりライフテーブルや個体群増殖率(λ)を算出し、将来の個体群サイズを予測することも可能になる。このような情報は、絶滅リスク評価や保全管理計画の策定に不可欠である。

このように、野生動物の個体識別は、行動の理解から社会構造の解明、さらには個体群の将来予測に至るまで、生態学研究を定量的かつ予測的に発展させる基盤となる重要な手法である。

2026 The Graduate School Entrance Examination (General exam, April admission 1st term)

| 試験日 Date of the exam | 課程 Program | 科目 Examination subjects | 受験番号 Application No | 氏名 APPLICANT NAME |
|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------|
| 2025年9月5日 5th September, 2025 | 博士前期課程 Master's Program | 水圏生産科学 Aquaculture Science | | |

水圏生産科学の問題は、2種類の問題の内の一方を選択して回答すること。

問題1: 以下の設問に対して、番号を伏してこの用紙に回答すること。裏面を用いて良い。

A: 魚病の防除に関して、対象動物の生息場所と疾病の発生要因について、詳しく述べよ。

B: 魚病の防除のために必要な3つの原則について、詳しく述べよ。

C: Bの3つの原則をなんと呼ぶか、及びその具体的な内容について、詳しく述べよ。

D: セッコウ病について、詳しく述べよ。

以下模範解答

A 魚病の特徴：対象動物が水中に生息することが大きな特徴→病原体の生存期間が、空气中よりはるかに長い。 → 病原体の伝播が起りやすい。

・物質の拡散速度が遅い。 → 環境悪化の影響が長期間に及び、被害が拡大。 → 防疫（早急な治療や予防）が重要
魚病の診断では、瀕死魚を採集して行う必要がある。

感染源として、不顕性感染魚が非常に重要

B①感染源に対する処置 外来の病気：国内への侵入防止 国内の病気：早期発見、治療、処分と消毒、媒介者の処置（親魚選別、卵消毒、媒介者）

②感染経路に対する処置：飼育水、飼育用具etc.

③宿主の抵抗性：ワクチン、免疫賦活物質、プロバイオティクスetc.

C防疫の三原則という。具体的な知識を問う問題であり、模範解答の記述は困難。

D19世紀末の欧州でブラウントラウトから発生したのが初発。わが国では1929年頃から存在が知られていた。

・病原体：Aeromonas salmonicida、グラム陰性、非運動性、通性嫌気性、短桿菌、分離には普通寒天培地やTSA培地を用いられる。褐色色素を産生する。新鮮分離株は自己凝集性を示し、

継代株は示さない。

・症状：体表に「せッコウ」と呼ばれる膨張患部が形成される。

・発病：外部症状が発現せずに死亡する急性型、せッコウを発現して死亡する亜急性型、腸炎と鰭基部の出血が見られ死亡が続く慢性型、病原菌は分離されるが症状を示さず死亡しない慢

性型の4タイプに分けられる。

・病理：皮膚の創傷を侵入門戸とし、原因菌の増殖によって筋肉が融解し、出血、漿液の浸出、遊走細胞の浸潤によって「せッコウ」が形成される。経鰓感染や経口感染の場合には、異なる

症状を示す。

・診断法：「せッコウ」を呈する病魚は症状と褐色色素を産生するコロニーの分離で可能。

・鑑別法：抗血清による凝集反応。

問題2: 以下のA~Cの設問について、この用紙に回答すること。裏面を用いて良い。

問1 魚介類の「必須脂肪酸」を3つ挙げよ。さらに、必須脂肪酸の「必須」の意味を説明した上で、淡水魚と海水魚が要求する必須脂肪酸が異なる理由を述べよ。

問2 消化吸収されたアミノ酸の役割は、下記の式で表せる。

この式のAm、Ag、Aeの役割を説明せよ。

さらに、Am、Ag、Aeが生体の成長に伴い、どのように変化するかを解説し、配合飼料の設計時に留意すべき点を述べよ。

問3 魚種交代、海洋環境の変化等の理由により、漁獲される魚介類の種類や量が著しく変化している。このような状況下は続くことが考えられることから、水産業において安定して利益を得られる新たな漁業、事業を提案せよ。

【回答例】

問1 魚類の必須脂肪酸として淡水魚では α リノレン酸LNA、海水魚ではエイコサペンタエン酸EPAおよびドコサヘキサエン酸DHAが知られている。魚類はこれらの脂肪酸を体内で合成できない、合成できたとしても生命活動の維持に必要な量に達しないことから他の生物を摂餌して得る必要がある。摂餌により獲得しなければならない脂肪酸であることから、必須脂肪酸と呼ばれている。

淡水魚と海水魚では脂肪酸の代謝系が異なる。淡水魚では $\Delta 4, 5, 6$ の不飽和化酵素を有することからLNAからEPA、DHAを生合成できる。しかし、海水魚では $\Delta 4, 5, 6$ の不飽和化酵素が欠損、もしくはその活性が著しく低いため、LNAを摂取してもEPAやDHAを生合成できない。また環境水の塩分の有無、水温といった生息環境も要求する必須脂肪酸の種類に影響をおよぼしている。

問2 この式は生物が摂取したアミノ酸(A)が体内でどのように配分・利用されるかを示す。Aは摂取したアミノ酸の総量であり、Amは生命維持・恒常性の維持maintenanceのために消費されるアミノ酸量、Agは成長growth、すなわち体のサイズの増大に用いられ、Aeは生命の維持、活動に用いるエネルギーenergyを意味する。生体の成長やその状態によりアミノ酸の利用先は異なってくる。魚類ならばふ化から未成魚までは成長に用いられるAgの割合が多く、成魚では成長が鈍化する、もしくは停止することからAgはゼロに近づく。その一方、成魚では体の維持に向けられるアミノ酸、すなわちAmが増加する。ただし、AgとAmでは量的にはAgが多い。配合飼料を設計する際にはその給餌対象の成長段階、仔稚魚、未成魚、成魚に留意する必要がある。さらにAgが多くなる仔稚魚、未成魚では粗タンパク質の割合を増やすと同時に、タンパク質がエネルギーに使われないようにエネルギー源として適量の脂質を添加することを考えなければならない。

問3 近年オホーツク沿岸ではサケの水揚げ量が減少する一方でブリ、シイラが水揚げされるようになった。さらにマフグの漁獲量が年々増加している。漁獲される魚種の変化は地球の環境変化やレジームシフト（魚種交代）などが原因であり、人間が制御できることではない。それ故に獲れる魚を獲り、それを活用することが重要であろう。

近年、オホーツク沿岸では夏からサケを漁獲対象とする定置網にブリが入網するようになっている。定置網に入ったブリを海上小割生け簀に収容して数日から1週間蓄養し、活締めして首都圏へ出荷する「ブリの蓄養」を新規事業として提案する。夏から秋にかけては刺身等生食に向けた良質な白身魚が減少することから、適度な脂の乗りで締まった肉質の「夏ブリ」は食材として高いポテンシャルを有していると考えられる。またブリは1尾で数キロあることから、小型魚よりは輸送料を販売価格に反映させやすい。価格という視点では、小型であっても高単価を期待できるマフグも蓄養して出荷する事業のスキームとの相性が良いと考えられる。魚の特性を考慮した蓄養事業は漁獲される魚種の変化に柔軟に対応し、獲れた魚の高度利用を可能とするであろう。

2026 The Graduate School Entrance Examination (General exam, April admission 1st term)

| 試験日 Date of the exam | 課程 Program | 科目 Examination subjects | 受験番号 Application No | 氏名 APPLICANT NAME |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|
| 2025年9月5日 5th September, 2025 | 博士前期課程 Master's Program | 水圏生態学 Aquatic ecology | | |

問1. 陸圏生態系も水圏生態系も、光合成植物が一次生産者であり、それを消費者として動物が摂食することで食物連鎖が構築されており、基本構造は同じである。しかし、水圏生態系と陸圏生態系とは異なる特徴がいくつかある。そのことについて説明せよ。

出題意図

陸圏、水圏それぞれの生態系の基盤をなすのは光合成植物である。これら一次生産者が有機物生産を行い、それを消費者が利用している。このように太陽エネルギーを駆動源とする採食食物連鎖の基本的な仕組みは陸圏も水圏も同じである。しかし、陸圏と水圏それぞれの生態系、食物連鎖の中身は異なる。その要因は環境の違いである。陸圏と水圏の環境の違いについての理解度を判断する。空気と水という環境媒体の違い、それぞれの媒体により構築された環境に適応しているのが一次生産者である。どのような特性にどのように適応しているかを回答することを求めている。さらに一次生産者に依存している消費者は、それぞれの一次生産者にどのように対応して食物連鎖は構築されているかを回答することを求めている。

問2. 海氷は地球環境にどのような影響をもたらしているか説明し、海氷が海洋生態系の低次生産層にもたらす影響について考察せよ。

出題意図

海氷が生成される環境は、極海と季節的氷域に限られる。これら海域における海氷が面積で占める割合は数パーセントにすぎない。しかしこの数パーセントによって、地球環境は多大な影響を受けてきた。どのような影響があるかの理解度を判断する。ここでは海氷がどのように生成されるか、どのような特性を持っているかに対する知識、そこからつながる地球環境への影響を回答することを求めている。具体的には、大気と海洋間の熱・ガス交換の遮断、太陽エネルギーの取り込みの制御、淡水の再配分、さらに海氷生成により生じるブラインによる熱延循環といった事象がどのようにして起こるのか、起こることによってどのような影響をもたらすかを回答することを求めている。そして地球環境を安定化させる機能を持つ海氷に対して、海洋生態系の低次生産層はどのような対応をしているかについての回答を求めている。海氷は一次生産者にとって重要な太陽エネルギーを減少させる側面がある。この点では一次生産者にとってマイナスの効果とも言える。光環境という点ではマイナスに見える海氷環境に対して、海洋の一次生産者はどのような対応をしているか、一方、別の観点では一次生産に有利にはたらいっている側面もある。これら海氷が一次生産者にもたらす影響をどのように理解しているかを判断する。さらに海氷に対応した一次生産を消費者はどのように利用しているか、海氷の有無により食物連鎖の低次生産層では、どのようなことが起こっているかを回答することを求めている。