

科目記号	科目名
B	資源生物学

解答（解答例）・出題の意図

出題内容：海洋生態学

出題番号 41

（１）以下より３つ答えれば良い。これら以外でも適切なものは正解とする。

- ①個体群過程の極端な単純化。動態記述に頻用されるプロダクション（ロジスティック）モデルでは増殖と死亡を単一のパラメータで表現しており、また個体群の年齢構成も取り込んでいない。
- ②一定の環境を仮定。流動場や水温の中短期的な変動が資源変動に大きく影響するが、既存モデルではそうした要因を考慮できないものが多いため、それらの影響を適切に捉えることが難しい。
- ③種間関係を見逃す。資源個体群も群集の構成要素であり、捕食-被食関係等の相互作用が動態に影響しているが、既存モデルではそうした要因を捉えきれない。
- ④Ecosystem effects を見逃す。多様な種の産卵・生育場となる藻場やサンゴ礁の豊かさ、底曳網による生息場の破壊といった生息環境の質的変化が資源動態に及ぼす影響を考慮し得ない。

EBFM とは：対象資源を生態系の構成要素の一つとして捉え、種間相互作用を考慮する。漁獲の最大化を目指すだけでなく、混獲、投棄や生息場所破壊といった漁業が生態系にもたらす影響にも配慮し、生態系サービスの最大化を目指す。

（２）以下より３つ答えれば良い。これら以外でも適切なものは正解とする。

- ①種間相互作用の考慮。餌資源の制限や捕食者による影響を動態予測に取り込む。漁業以外の死亡要因である自然死亡係数 M の正確な推定が期待されるが、体系的な調査と膨大なデータの蓄積が求められ、組織的な対応が必要となる。
- ②混獲の防止。意図せぬ生物の死亡と群集構造の改変を減少できるが、その実施には漁具の改良や漁獲効率の低下といったコストが生じるため、政策的な補助が求められる。
- ③投棄の禁止。海鳥や大型捕食者の船付きといった行動改変や海洋食物連鎖構造の改変を防止できる。いわゆるグレーディング（高価な大型魚の選別）を防ぐことにも繋がるが、洋上での監視体制を確立し遵守を徹底するのは困難であり、また漁業者側へのインセンティブが乏しいため反感を招きやすい。
- ④保護区の設定。いわゆる no take zone は生物量と高い多様性を実現するのみならず、再生産の場として機能した場合は加入供給源としての効果が期待される。日本の沿岸域はほぼ全域が共同漁業権漁場であるため、その導入は非常に困難である。いっぽう当該漁場内では禁漁期の設定や漁法・目合の制限などの自主管理が行われており、保護区の一階層と捉えることも可能である。
- ⑤漁場生態系モデルの構築。群集構造や種間関係を可能な限り定量的に把握し、その中での生理・生態的相互作用を含む資源動態を定式化する。複雑かつ困難な作業であり、資源管理実務での利用の期待は高くないが、生態系構造と過程の理解度を整理し、研究課題を探索するツールとしては有用であろう。

【出題の意図】

海洋生態学の社会実装として重要であり、かつ今世紀のホットトピックともいえる EBFM について、その概念と内容を理解し、諸外国での実施例や国内での現状を把握しているかを問うた。

出題番号 42

【解答例】

(1) 一般に、このような大規模な回遊(渡り)が行われる海洋環境は、顕著な季節性によって特徴づけられる。例えば、日照時間、海水温、混合層の深さ、クロロフィル濃度、湧昇の強さ、海氷の被覆率などの海洋条件が季節によって大きく変動し、その結果、局所的な餌の利用可能性に年間を通じて大きな差が生じる。そのため、海洋捕食者は、その場所にとって条件の悪い季節には、より好条件な遠方の海域へ移動することを選択する場合がある。対照的に、年間を通じて環境条件が比較的安定している海洋生態系では、種が大規模な回遊を行う動機は小さくなる。

(2) 種 A (回遊種) は、大規模な移動に伴う高いエネルギー消費を伴うが、移動することで繁殖地周辺の餌場とは異なり、まだ枯渇していない、より好条件な採餌場所を利用できる可能性がある。一方、遠方の海域での採餌条件が悪かった場合、種 A の個体は身体状態に深刻な悪影響を受け、翌シーズンの繁殖を行えなくなったり、繁殖スケジュールの遅延が生じる可能性がある。

対照的に、種 B (定住種) の個体は、繁殖のための帰還タイミングを微調整し、近傍の最良の繁殖場所を確保できる。ただし、近傍の採餌場所は、前回の繁殖シーズン中に他個体によって利用されているため、全体として得られる利益(餌豊度)は少ないかもしれない。

以上を総括すると、種 A の個体は「ハイリスク・ハイリターン」な戦略をとるのに対し、種 B の個体は「ローリスク・ローリターン」なアプローチをとると言える。

【出題の意図】

高次捕食者にみられる回遊(渡り)の二型について、それぞれが生起する対照的な環境要因および利点欠点を理解しているかを問うた。

出題内容：魚類生態学

出題番号 51

【解答例】

餌密度：餌が多いほど餌利用度は高くなるが、高すぎると餌利用度は頭打ちになる。

水温：変温動物である魚類は、低すぎる水温では活動性が低下し、餌利用度が低下する。

周囲の明るさ(餌が反射する光量)：暗いと餌利用度は低下する。

餌の活動性：一般に、餌の活動性が低いほど餌利用度は向上する。

餌の大きさ：魚類の口器に対して、相対的に大型な餌ほど捕獲しにくくなるので、餌利用度は低下する。

【出題の意図】

魚類の捕食過程に影響を及ぼす要因を知ることは、その生産過程を知るうえで欠くことができない。魚類の多くは捕食性であり、多くの餌を捕食できた動物ほど成長率や栄養状態は高く、生残や繁殖にも有利である。

出題番号 52

【解答例】

- (1) 卵生：雌が体外に卵を産み、卵は親の体外で発生・ふ化する生殖様式。魚類の大部分はこの卵生。受精は体外受精または体内受精。

卵胎生：受精卵を親の体内に保持し、胚は卵黄の栄養を利用して発生する。母体から栄養供給は受けない。ふ化後またはふ化直前に仔魚・仔魚状幼体が産出される。

胎生：受精卵を母体内で発生させ、胚は卵黄に加えて母体から直接栄養供給を受けながら成長する。発達した胎仔を産出する。

- (2) 外洋・不安定な場所ほど産卵数が多い。岩礁・海藻への付着卵や、巣作り・口内保育などの親が卵を保護する魚種は産卵数が少なく、卵が大型化傾向を示す。

魚類の産卵数（よう卵数）は体重の増加に伴って増加し、両者の間には正の相関が認められる。同一種・同一体重であっても生息場所によって産卵数は変化し、高緯度海域の個体群ほど 1 回当たりの産卵数（バッチ産卵数）が多くなる傾向がある。水温や成長速度、成熟年齢、餌環境によっても変化する。

【出題の意図】

魚類は種によって産卵数が約 $10^1 \sim 10^9$ の範囲で変化し、陸上生物に較べて較差が大きい分類群である。種による少産と多産の違いを知ることは、産卵数は親魚の卵の保護の有無やその方法等の相違を通じて、産卵行動の多様性を産む重要な要因であり、再生産を数理的にモデル化する場合にも必要な知識である。さらに産卵数調整機構は、再生産過程を知るうえで基本的な知識であり、可能であれば代表的な魚種の産卵様式は知っておいて欲しい知識である。

出題内容：生物資源学

出題番号 61

【解答例】

- (1) 体長 L と体重 W の関係は $W=aL^b$ で表される。 b を相対成長係数（相対成長指数）とよび、等成長の場合は 3 となる。実際には通常 3 前後の値を示す。 a を始原成長指数と呼ぶ。
- (2) $b=3$ の場合には $W/L^3=a$ となる。この値に適当な定数を乗じたものを肥満度 K といい、個体の栄養状態の良否を評価する指標として用いられる。
- (3) b は必ずしも 3 とはならないため、 b が 3 から大きくずれる場合、体長が大きく異なる個体間で K を比較すると体長の影響を受けることがある。同種内の全個体から体長体重関係式 $W=aL^b$ を推定し、期待体重 $\hat{W}=aL^b$ に対する実測体重 W の比 $K_n=W/\hat{W}$ を相対肥満度とすることで、体長の相違による影響を軽減できる。異種間では形態や成長様式が異なるため、 K や K_n の直接比較には注意を要する。

【出題の意図】

生物の形態と体重の関係を示す相対成長式と肥満度、相対肥満度の関係を説明することで、体長と体重のアロメトリー関係についての理解を問うた。

出題内容：基礎生態学

出題番号 521

【解答例】

(1) 一方の種の存在が他方の種の生息，成長または繁殖に負の影響を及ぼしている状態。前提として同一のニッチを占めている，即ち共通の資源を利用していることが挙げられる。

(2)

①両種の長期的な密度の変化や餌資源の利用状況を調べ，一方の種の存在の有無が他種の豊度や資源利用に影響を及ぼしているかを調べる。厳密な競争の証明とはならないが，これが最善の方法となる。

②一方の種を取り除くことにより他方の種のニッチが拡大するか，又は何れかの種のみが分布するところに他方の種を添加することによりニッチの置換や縮小が生じるか，またそれによる成長や繁殖への影響を調べる。

【出題の意図】

生態学の重要事項である種間相互作用のうちで重要なトピックといえる種間競争についての基本的な理解を問うた。

出題内容：水産資源学

出題番号 531

【解答例】

(1)

漁獲量 (Catch)：各操業における漁獲尾数または漁獲重量。

漁獲努力量 (Effort)：操業日数，使用した自動イカ釣機の数，操業時間など。

漁獲係数 (漁獲能率： q)：資源量と単位漁獲努力量当たりの漁獲量 CPUE を結びつける係数で， $CPUE=qN$ (N ：資源量) の関係が仮定される。

(2)

漁場・分布域の変化：海洋環境の変化によってアカイカの分布が変化すると，資源量が同じでも CPUE が変動する。例えば海水温が経年的に変化すると，主漁場の位置が変化し，排他的経済水域の範囲内に入る年と入らない年で漁獲圧が変化する等の影響を受ける。

漁獲効率の経年的変化 (操業技術・漁具性能の向上)：集魚灯の高性能化 (白熱灯からメタルハライド灯，さらに LED 集魚灯への移行)，自動イカ釣り機やイカ角の性能向上，GPS や魚群探知技術の発達，洋上インターネット受信環境の発達に伴って，衛星画像による海面水温やクロロフィル濃度等の海洋環境情報の入手性が向上，漁船間の情報共有が進み，漁場探索時間が短縮され，漁獲係数 q が変化した。そのため，単純な CPUE 比較では資源量変化を正しく評価できない。

【出題の意図】

操業日誌から得られる CPUE を用いて資源量を推定する際には，漁獲量や努力量だけでなく，漁獲係数 (q) の変化を規定する環境要因や技術要因を考慮する必要があることを理解しているかを問う問題である。

また，CPUE が必ずしも資源量に比例しないことを踏まえ，資源評価における標準化の必要性を理解しているかを確認することを目的としている。