

【正解又は解答例】

令和8年度 愛媛大学大学院農学研究科入学者選抜学力検査

(生物環境学専攻 環境保全学コース)

専門科目	生態系保全学
------	--------

第 1 頁 (6 頁の内)

問 1 (1)

生態毒性試験に使用される水生生物

ムレミカズキモ	オオミジンコ
ヒメダカ	ユスリカ

水生生物を用いた生態毒性試験

<p>水系食物連鎖における生産者として、単細胞緑藻類の一種であるムレミカズキモ (<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>) を試験対象生物とする。OECD テストガイドライン 201、または化審法テストガイドラインに準拠した藻類生長阻害試験では、試験化学物質に 72 時間ばく露した際の藻類の生長・増殖に及ぼす影響を、50%生長阻害濃度 (EC50) およびその無影響濃度 (NOEC) として評価する。</p>
<p>水系食物連鎖における一次消費者として、オオミジンコ (<i>Daphnia magna</i>) を試験対象生物とする。OECD テストガイドライン 202、または化審法テストガイドラインに準拠したミジンコ急性遊泳阻害試験では、試験化学物質に 48 時間ばく露した際のミジンコの遊泳に及ぼす影響を、半数遊泳阻害濃度 (EC50) として評価する。OECD テストガイドライン 211 に準拠したミジンコ繁殖試験では、試験化学物質に 21 日間ばく露した際のミジンコの繁殖に及ぼす影響を、繁殖の 50%阻害濃度 (EC50) およびその無影響濃度 (NOEC) として評価する。</p>
<p>水系食物連鎖における高次消費者として、ヒメダカ (<i>Oryzias latipes</i>) を試験対象生物とする。OECD テストガイドライン 203、または化審法テストガイドラインに準拠した魚類急性毒性試験では、試験化学物質に 96 時間ばく露した際の魚類に及ぼす影響を、半数致死濃度 (LC50) として評価する。OECD テストガイドライン 210 に準拠した魚類初期生活段階毒性試験では、試験化学物質に卵の段階からふ化後約 30 日までばく露した際に試験魚の成長や行動に及ぼす影響を、その最小影響濃度 (LOEC) および無影響濃度 (NOEC) として評価する。</p>

【正解又は解答例】

令和8年度 愛媛大学大学院農学研究科入学者選抜学力検査

(生物環境学専攻 環境保全学コース)

専門科目	生態系保全学
------	--------

第 2 頁 (6 頁の内)

問 1 (2)

生態毒性試験を用いた化学物質のリスク評価では、まず半数致死濃度 (LC50) などの指標を用いて、生物に対する化学物質の毒性の強さを評価する。次に、LC50 値などの毒性データから予測無影響濃度 (PNEC) が算出される。予測無影響濃度とは、生態系に対して有害な影響を及ぼさないと予測される濃度であり、実験データ (例: LC50 や NOEC など) に対して不確実係数を適用することで求められる。不確実係数は、実験条件と実際の環境との違いや、種間差などの不確実性を考慮するために使用されるもので、通常は 10 ~ 1000 程度の値が用いられる。一方で、環境中に化学物質がどの程度存在すると予測されるかを示すのが予測環境中濃度 (PEC) である。これは、化学物質の使用量、排出量、環境中での分解・拡散などをもとにモデル化されて算出される。最終的なリスク評価は、PEC と PNEC の比 (PEC/PNEC) を用いて行われる。もし PEC/PNEC の値が 1 を超える場合、その化学物質は生態系に対してリスクがあると判断される。

問 2 (1)

1. ポリ塩化ジベンゾ-*p*-ジオキシン (PCDDs) は、2つのベンゼン環が酸素原子 2つを介して連結した「ジベンゾ-*p*-ジオキシン」骨格をもつ。この骨格上の水素原子が、部分的または完全に塩素原子に置換し、塩素の置換位置や数により、75 種類の異性体が存在する。最も毒性が強いのが 2,3,7,8-テトラクロロジベンゾ-*p*-ジオキシン (TCDD) である。
2. ポリ塩化ジベンゾフラン (PCDFs) は、2つのベンゼン環が酸素原子 1つと炭素原子 1つを介して連結した「ジベンゾフラン」骨格をもつ。PCDDs と同様に、水素が塩素に置換した構造である。塩素の置換位置や数により、135 種類の異性体が存在し、一部の異性体は、PCDDs と同程度の毒性を持つ。
3. コプラナーPCB (コプラナー・ポリ塩化ビフェニル) は、2つのベンゼン環が単結合で直接結合した「ビフェニル」構造をもつ。各ベンゼン環の水素原子が塩素原子に置換した構造 (ポリ塩化ビフェニル: PCB) で、特に塩素がパラ位およびメタ位に置換され、分子が平面構造 (コプラナー) を取るものが、ダイオキシン様毒性を示す。ダイオキシン類似の構造・毒性を持つため、「ダイオキシン類」に含まれる場合がある。

【正解又は解答例】

令和8年度 愛媛大学大学院農学研究科入学者選抜学力検査

(生物環境学専攻 環境保全学コース)

専門科目	生態系保全学
------	--------

第 3 頁 (6 頁の内)

問 2 (2)

ダイオキシン類の代表的な毒性として、発がん性（国際がん研究機関ではグループ 1 のヒトに対して発がん性があるに分類）、内分泌かく乱作用（特に生殖器の異常、性分化の異常、甲状腺ホルモンの代謝異常などが報告）、免疫毒性（感染症への抵抗力の低下、リンパ球の減少、脾臓や胸腺の萎縮などが確認）がある。

ダイオキシン類の毒性発現に中心的に関与するのが、アリールハイドロカーボン受容体 (AhR, Aryl hydrocarbon receptor) である。AhR は細胞質に存在するリガンド依存性転写因子であり、通常はシャペロンタンパク質と複合体を形成して不活性状態で存在している。ダイオキシン類が細胞内に入り、AhR と結合し、AhR は構造変化を起こして複合体から解離し、核内へ移行する。核内で ARNT (AhR nuclear translocator) とヘテロ二量体を形成し、この複合体が DNA 上の XRE (Xenobiotic Response Element) と呼ばれる特定の配列に結合し、遺伝子発現を調節する。その結果、CYP1A1 などの薬物代謝酵素の誘導や細胞分化・増殖・免疫機能などの異常が生じ、さまざまな毒性が発現すると考えられている。

問 2 (3)

ダイオキシン類の毒性評価においては、さまざまな異性体（化学種）が存在し、それぞれ毒性の強さが異なる。そのため、異なるダイオキシン類の毒性を比較・統一的に評価するための指標として、毒性等価係数 (TEF : Toxic Equivalency Factor) および毒性等量 (TEQ : Toxic Equivalentents) が用いられる。

TEF は、さまざまなダイオキシン類 (PCDDs、PCDFs、コプラナーPCBs など) の毒性の強さを、最も毒性の強い 2,3,7,8-テトラクロロジベンゾ-*p*-ジオキシン (TCDD) の毒性を「1」とした場合の相対的な毒性の指標である。また、TEF は、科学的な毒性データ（動物実験、細胞試験など）をもとに、国際機関 (WHO など) によって設定されている。

TEQ は、ある試料中に含まれる複数のダイオキシン類の毒性を、TCDD の毒性量に換算した合計値である。各化合物の濃度×TEF を計算し、それらを全て合計することで求める。TEF と TEQ は、環境中や食品中、人体中に含まれるダイオキシン類の総合的な毒性評価に用いられる。

【正解又は解答例】

令和8年度 愛媛大学大学院農学研究科入学者選抜学力検査

(生物環境学専攻 環境保全学コース)

専門科目	生態系保全学
------	--------

第 4 頁 (6 頁の内)

問3 (1)

1	褐虫藻	4	無機栄養塩
2	共生	5	炭酸カルシウム
3	光合成	6	石灰化

問3 (2)

高水温	台風の巨大化
海洋酸性化	海水の富栄養化
強光・紫外線	赤土の流入

問3 (3)

サンゴが環境ストレスに晒されると、褐虫藻が光合成を正常に行えなくなり、活性酸素種 (ROS) を発生する。サンゴはこの活性酸素を処理できず、細胞障害を防ぐために褐虫藻を体外に排出してしまい、その結果、褐虫藻を失ったサンゴは、色素を持たない石灰質の白い骨格が透けて見えるため「白化」となる。短期的な白化であれば、環境が回復すれば褐虫藻が再び取り込まれ、回復することもあるが、長期化・繰り返し発生すると、サンゴは栄養不足や病気によって死滅する。サンゴ礁が衰退すると、そこに依存する多様な海洋生物 (魚、無脊椎動物など) も棲みかや食物を失い、沿岸の漁業、観光、海岸保全などの人間社会にも深刻な影響を及ぼす。

【正解又は解答例】

令和8年度 愛媛大学大学院農学研究科入学者選抜学力検査

(生物環境学専攻 環境保全学コース)

専門科目	生態系保全学
------	--------

第 5 頁 (6 頁の内)

問 4 (1)

1	二本	6	伸長反応
2	DNA	7	プライマー
3	DNA ポリメラーゼ	8	2^n
4	熱変性	9	蛍光
5	アニーリング	10	分光蛍光光度

問 4 (2)

絶対定量法：

濃度が既知の標準サンプルを段階的に希釈したものを用いて検量線を作成し、未知のサンプルのターゲット DNA の実際のコピー数（絶対量）を算出する。サンプル中の特定 DNA の正確なコピー数を測定できるため、細菌やウイルスの DNA の絶対量を測定するのに適している。

相対定量法：

発現量を知りたい遺伝子（標的遺伝子）の量を内在性コントロール遺伝子（内部標準遺伝子）の量で補正して、サンプルごとに比較することで相対的に定量する。例えば、標的遺伝子の発現量が正常組織に比べてがん組織では何倍かを算出する。相対定量法では $\Delta \Delta Ct$ 法などが用いられ、標的遺伝子と内部標準遺伝子を比較する方法のため、各遺伝子の PCR 増幅効率が同程度であることが前提となる。

【正解又は解答例】

令和8年度 愛媛大学大学院農学研究科入学者選抜学力検査

(生物環境学専攻 環境保全学コース)

専門科目	生態系保全学
------	--------

第 6 頁 (6 頁の内)

問4 (3)

内部標準遺伝子

β -アクチン	GAPDH
---------------	-------

内部標準遺伝子の役割

内部標準遺伝子は、遺伝子発現量の相対定量において、測定対象となる遺伝子（標的遺伝子）の発現量を標準化するために用いられる遺伝子である。発現量比較の正確性向上のため、細胞や組織から RNA を抽出する際の量のばらつきや、実験操作中の誤差（例えば逆転写効率の差など）を補正し、より正確な遺伝子発現量の比較を可能にする。また、内部標準遺伝子を用いることで、特定の遺伝子の mRNA 量を絶対量でなく、内部標準遺伝子に対する相対量として表現できる。これにより、異なったサンプル間（例：正常組織とがん組織）での mRNA 量の比較が容易になる。