

科目記号	科目名
J	生物資源化学

解答（解答例）・出題の意図

出題内容：分子栄養学

出題番号 315

【解答例】

(1)

- ① 内分泌型（各種ホルモンなど）：ホルモンは内分泌細胞で産生され、血流によって標的細胞に到達し、特異的なホルモン受容体をもつ細胞だけが認識、応答する。ホルモンの寿命は比較的長く、持続的な応答が必要な情報伝達機構である。
- ② 神経伝達型（神経伝達物質）：神経伝達物質は、シナプスの情報伝達に参与する物質であり、神経細胞に作用する。シナプスに分泌される伝達物質は多量ではないが、細胞間隔が狭いため高濃度になり、受容体が認識することで速やかに情報伝達される。さらに、シナプスには伝達物質を分解する酵素が備わっており、速やかに分解される。
- ③ パラクリン・オートクリン型（局所メディエーター）：分泌されたサイトカインやエイコサノイドなどの情報伝達物質が、近接する細胞に作用し、情報伝達する。特定の内分泌細胞をもたず、様々な細胞が産生・分泌する。分泌された物質の寿命は極めて短く、限られた範囲で効果を示すため、局所メディエーターと呼ばれる。

(2) 経口免疫寛容とは、食品成分等に対してアレルギー反応を起こさない仕組みである。すなわち、小腸上皮細胞層に存在する樹状細胞が、食品成分の情報を T 細胞に抗原提示する。無害な食品抗原の場合には、免疫反応に抑制的に働く制御性 T 細胞 (Treg) が誘導され、腸管が食品成分に対して寛容になることにより、アレルギー反応を示さない。重要な生体内制御因子として、IgA や Treg が産生する IL-10 や TGF- β がある。

(3) DHA が小腸 L 細胞の GPR120 に結合すると、消化管ホルモンのインクレチンであるグルカゴン様ペプチド-1 (GLP-1) の分泌を誘導する。GLP-1 はすい臓の β 細胞にある GLP-1 受容体に結合して、インスリン分泌を促進する。

出題番号 316

【解答例】

- (1) カルシウムは、カルシウムチャネル (TRPV6) によって上皮細胞の粘膜側から細胞内に取り込まれ、結合タンパク質であるカルビンディンにより細胞質内を輸送され、カルシウムポンプ (Ca^{2+} -ATP アーゼ) によって基底膜側から放出される。
- (2) ビタミン D など
- (3) 哺乳類の α -ディフェンシンは、小腸陰窩に分布するパネト細胞から分泌される塩基性ペプチドである。抗菌作用の特徴として、ビフィズス菌などの“常在菌”にはほとんど作用せず、サルモネラ菌などの外来性の病原菌に対して強い殺菌作用を示す。

【出題の意図】

水産資源の食品利用を考えるうえで、その中に含まれる成分の生体に対する応答を分子レベルで理解し、考察することが重要である。分子栄養学に関する本出題では、細胞、組織における生体応答として重要な情報伝達機構（出題番号 315）、および腸管における物質輸送や安全性を担保するためのバリア機能（出題番号 316）について、調節機能を有する食品成分と生体内の制御因子に関する理解度を評価する出題をした。

出題内容：機器分析化学

出題番号 321

【解答例】

(1) 順相クロマトグラフィーは化合物の極性に応じて分離する手法である。シリカゲルなどの高極性固体を担体とし、ヘキサンや酢酸エチルあるいはクロロフォルムなどの比較的極性の低い有機溶媒を移動相として用いる。高極性化合物は担体表面のシラノール基等と水素結合を形成し固定相と強く相互作用する。一方、より低極性な化合物は担体との相互作用が相対的に弱く、移動相と共に早く溶出する。すなわち、順相クロマトグラフィーでは低極性化合物が早く溶出し、高極性化合物ほど溶出が遅い。また、移動相の極性をあげることで、溶媒の溶出力を高めることができる。これら3つの化合物であれば、母核がほぼ共通しているので、水酸基の数の違いが最も溶出順に寄与すると推測される。そう考えると、最も低極性で早く溶出するのはBであり、次がA、最後にCが溶出する可能性が高い。

(2) HPLCでは可視紫外、蛍光、フォトダイオードアレイ、質量分析、屈折率、ORD、蒸発光散乱、コロナ荷電化粒子、電気伝導度など様々な検出器が用いられる。それぞれの化合物の物性や目的により使い分けられる。

3つの化合物を区別して検出するには分子量の違いを利用した質量分析器が最も簡便である。化合物1は分子式が $C_{40}H_{52}O_4$ なので、陽イオンモードであれば $(M+H)^+$ の m/z 597を与え、化合物Bが m/z 639、化合物Cが m/z 617を与えられと考える。また、フォトダイオードアレイを用いた場合、化合物AとBは同じクロモフォアなため、同様のUVスペクトルを与えられと考える。化合物CはAおよびBと比較し、発色団の共役系が短いためより短波長に最大吸収極大が来ると推測される。また、化合物AとBではより低極性なBが後に溶出するはずなので、それで区別可能である。

出題番号 322

【解答例】

(1) エレクトロスプレーイオン化法のネガティブモードなので、 $(M-H)^-$ で検出している可能性が高い。そう考えると m/z 175.1, 351.1, 527.1 はそれぞれセロウロン酸の単量体、二量体、三量体から18小さいものと推測される。この分子式を満たすのは1と5である。

(2) 構造式1と5を比較すると1では二重結合が形成されており、 sp^2 炭素およびオレフィンプロトンが存在する。一方、5ではエポキシが形成されている。これらを区別するにはNMR分析により、 sp^2 領域の ^{13}C および 1H の有無を確認するのが最も確実である。1の場合は ^{13}C NMRで110-150 ppm付近に2本のオレフィン炭素のシグナルが観測されるはずである。一方、5であればそれが見られず、 ^{13}C で60-80 ppm付近に8本のシグナルが存在し、 1H NMRスペクトルもセロウロン酸と大きく変わらないものになるはずである。また、UVスペクトルにおいても、1であれば共役オレフィンに由来する230-240 nm付近の吸収極大がみられるはずである。

【出題の意図】

生物資源化学分野の受験者は進学後に様々な分析機器による化合物の解析や同定を必要とする。そのためには化合物の特徴や性質を構造式から推測する知識と思考力が必須である。また、様々な分析手法の原理や方法、得られたデータの解析に関する知識が必要であり、またデータ解釈の経験も重要である。進学後にこの分野を研究するために必要な考え方と知識を身につけているかを確認するため、この分野に関連する分離分析（出題番号 321）、およびスペクトル解析（出題番号 322）を中心とした問題を出題した。

出題内容：天然物化学

出題番号 331

(1) 【解答例】 芳香族アミノ酸（フェニルアラニン，チロシン，トリプトファン）は，シキミ酸経路（shikimate pathway）を通じて生合成される。これは，クエン酸回路や解糖系の中間代謝物から出発し，芳香環構造を有するアミノ酸を生成する一連の反応系であり，植物，菌類，細菌などの非動物生物に特有の経路である。動物はこの経路を有しておらず，芳香族アミノ酸を外部から摂取（栄養素として）する必要があるため「必須アミノ酸」となる。これらのアミノ酸が欠乏すると神経系や内分泌系に重大な障害をもたらすため，動物はこれらを食事から安定的に摂取する必要がある。これらの芳香族アミノ酸はタンパク質合成にとどまらず，例えばアドレナリンやドーパミンなどカテコールアミンといった神経伝達・調節物質，メラニン色素，甲状腺ホルモン（チロキシン），ナイアシンなどの生理活性物質の前駆体になる。ここに挙げた内容をカバーしつつ自らの知識・考察を適切かつ丁寧に述べているかを勘案し採点する。

【出題の意図】 アミノ酸の基礎知識は天然物研究の礎である。必須アミノ酸の中でも生理作用が多彩な芳香族アミノ酸は 2 次代謝物の原料として構造式や反応性も含め知識が必要なアミノ酸群であり，生合成経路は動物に存在しないシキミ酸経路を介しており他のアミノ酸とは一線を画する。その生理的・進化的意義を考察する能力は天然物化学の研究を発案・遂行するため大変重要である。

(2) 【解答例】

エリスロマイシン

放線菌 *Streptomyces erythraeus* が産生する還元型ポリケチド系抗生物質で，細菌のリボソーム 50S サブユニットに特異的に結合してタンパク質合成を阻害する。主にグラム陽性菌に有効で，マクロライド系抗生物質として広く使用されている。

メバスタチン

アオカビの一種 *Penicillium citrinum* より最初に見いだされた還元型ポリケチドで，HMG-CoA 還元酵素を阻害し，コレステロール合成を抑制する。医薬として多大な収益を上げているスタチン系高脂血症治療薬の先駆けであり，心血管疾患の予防に重要な医薬品である。

エバメクチン

静岡県の土壌から分離された放線菌 *Streptomyces avermectinius* によって生産される抗寄生虫薬。線虫類の神経細胞のグルタミン酸作動性 Cl⁻チャネルを活性化させ，麻痺させることで駆除する。ヒトや動物のフィラリア予防，農薬にも利用される。

アフマトキシン

Aspergillus flavus（クロカビ）の産生する芳香族ポリケチドで，極めて強い発癌性を持つ。特に肝癌との関連が深く，汚染された穀類，ナッツ類に蓄積し食品衛生上の重大な問題となっている。

オカダ酸

海綿 *Halichondria okadai* から単離されたポリエーテル型ポリケチドで、実際には渦鞭毛藻によって生産される。強力なタンパク質リン酸化酵素 (PP1, PP2A) 阻害活性を示し、下痢性貝毒の原因物質として知られる。

学名は問わないが、それぞれの生物分類群については正確に記述していることを求める。生理作用や生合成・構造的な特徴について適切な用語で述べているかを評価する。

【出題の意図】 ポリケチドは特に医薬品として利用されるものが多い天然物群である。医薬や毒として広く知られている重要なポリケチド化合物の構造的多様性と、それに起因する生理作用・用途の多様性について理解しているかを評価することを目的とする。これは知識を問う問題であるが、天然物研究を行う大学院生に必須の知識と考える。これらはまた水産学や食品科学にも波及する内容である。ポリケチドは脂肪酸類似の生合成経路により形成されるが、還元の種類やビルディングブロックの違いにより、抗生物質、抗寄生虫薬、コレステロール低下薬、食品毒、海洋毒など、幅広い機能性・作用を有する天然物を生み出す。この多様性獲得の進化戦略を理解することは天然物化学の面白さの理解と研究の発案に大きくかわる。これらの化合物の起源・構造・作用を個別に暗記するだけでなく、それらをポリケチドという共通の生合成的枠組みの中で体系的に理解しているかを確認する。

また、各化合物の生理作用 (例：抗菌作用、酵素阻害、イオンチャネル作用、発癌性など) がどのような分子標的に由来するかを意識・考察し、医薬品・毒物としての位置づけについて明確に説明できるかを問う。これにより、構造と機能の関連づけ、および天然物の応用的意義に対する理解の深さを見るものであるが、論述の丁寧さ・文章の構成と独自性も勘案しながら採点し、天然物研究を推進する基礎能力を調べる。

(3) 【解答例】

化合物 1：エクチナサイジン (例：トラベクテジン, ET-743)

化合物名：トラベクテジン (エクチナサイジン 743, ET-743)

生合成：チロシン由来のイソキノリン骨格を 3 つ組み合わせて構築された高度な縮合構造をもつアルカロイドであり、非リボソームペプチド合成酵素 (NRPS) およびポリケチド合成酵素 (PKS) が関与するハイブリッド生合成経路をとる。

起源：海産被囊動物 (ホヤ) *Ecteinascidia turbinata* から単離されたが、実際の産生者はホヤと共生する放線菌の系統 (*Candidatus Endoecteinascidia frumentensis*) とされる。

生理活性：DNA のマイナーグループに結合して転写を阻害し、抗腫瘍作用を示す。特に軟部肉腫などに対する抗がん剤として臨床応用されている (製品名：Yondelis)。

化合物 2：ドウモイ酸

生合成：グルタミン酸をビルディングブロックとし、イソプレノイド様の側鎖が結合した構造をもつ。

起源：初期には紅藻ハナヤナギから発見されたが、その後珪藻類（特に *Pseudo-nitzschia* 属）により産生されることも判明した。海洋食物連鎖を通じて貝類や魚類に蓄積される。カナダで発生した記憶喪失性貝毒の原因成分であることが分かっている。

生理活性：グルタミン酸様の構造をもつ興奮性アミノ酸であり、脳の海馬の AMPA およびカイニン酸受容体に高親和性で結合し、神経毒性を示す。ヒトでは「ドウモイ酸中毒（Amnesic Shellfish Poisoning, ASP）」を引き起こす。海産哺乳類においてもドウモイ酸を含む魚の摂取により斃死や行動異常が報告されている。

化合物 3：ピペリン（Piperine）

化合物名：ピペリン

生合成：リジンから生合成されたピペリジン骨格と、脂肪酸由来のアシル鎖とのアミド結合により構築される。リジンの脱炭酸によってピペリジンが生成される過程が重要。

起源：コショウ属植物（*Piper nigrum* など）に含まれる天然アミドアルカロイド。

【出題の意図】

天然物化学におけるアミノ酸由来化合物のうちアルカロイドに焦点を当て、構造や起源の異なる代表的アルカロイド3種を題材に以下の点を総合的に理解しているかを評価することを目的としている。この問題は基礎的知識を問うものであるが、単なる暗記ではなく、構造、生合成、起源、生理活性という天然物研究の四本柱を一貫して論述する力を要求する応用的な設問であり、大学院での研究を遂行するために必須な能力を問うている。たとえ化合物を記憶していなかったとしても以下の点でどのように論述していくかを評価することで学生の資質を適切に評価できる。

1. 構造の読み取り能力

与えられた化合物構造から、アミノ酸がどのようにビルディングブロックとして組み込まれているかを見抜く力を問う。

2. 生合成経路に関する知識

それぞれの化合物がどのような代謝経路を経て生合成されるか、特に一次代謝産物（アミノ酸）からどのように変換されるかを説明できること。

3. 起源（産生生物）と分類の理解

化合物がどの生物群（例：海洋細菌、放線菌、真菌など）に由来するかを明確にし、その分類と生合成の関係性を理解しているかを問う。

4. 生理活性と機能の知識

天然物化合物としてのそれぞれの化合物が持つ生理活性（抗菌、抗腫瘍、神経毒など）について述べ、その生物学的意義と応用の可能性について言及できるかを評価する。

5. 構造の読み取り能力

与えられた化合物構造から、アミノ酸がどのようにビルディングブロックとして組み込まれているかを見抜く力を問う。

(4) 【解答例】 リボソームペプチド (RP) と非リボソームペプチド (NRP) は、どちらも天然由来の生理活性物質であるが、その生合成機構と構造の多様性において大きく異なる。リボソームペプチドの代表例として、エンケファリン (enkephalin) をはじめとする内在性オピオイドペプチドが挙げられる。これらは哺乳類の脳内でリボソームにより合成された前駆体タンパク質から、酵素的に切り出されて生成される短鎖ペプチドであり、モルヒネ様の鎮痛作用を持つ。 μ , δ , κ オピオイド受容体に結合することで、神経伝達を抑制し、鎮痛や快感、ストレス応答の制御に関与している。一方、非リボソームペプチドの例としては、バンコマイシンが挙げられる。これは放線菌によって NRPS (非リボソームペプチド合成酵素) を介して合成される抗生物質であり、グラム陽性菌に対して強力な抗菌作用を示す。NRPs は D-アミノ酸や脂肪酸、糖鎖など多様な基質を取り込むことができるため、構造の複雑性と多様性が高く、薬剤耐性菌に対する新薬開発にも有望である。

創薬の観点では、リボソームペプチドは高い特異性と安全性を持つが、安定性や膜透過性に課題がある。一方、非リボソームペプチドはその構造的自由度により、薬物動態や標的結合性の最適化が行いやすく、化学修飾や合成生物学的手法との親和性が高い。したがって、内因性ペプチドを模倣・修飾するペプチドミメティクスの設計や、NRP 類縁体の合成などを通じて、両者は異なる方向から医薬開発に寄与している。

これは授業で取り上げた代表的なものを例にとった解答例であるが、そのほかの化合物においてもおよそその構造や生成機構、生理活性、用途などが網羅され記述されていることを採点のポイントとする。

【出題の意図】 天然物創薬における重要なペプチド群であるリボソームペプチド (RPs) と非リボソームペプチド (NRPs) の構造的・生合成的特徴の違いを理解し、それぞれの代表的な例 (医薬品など) を通して、その生理活性の多様性や創薬への応用可能性を比較・考察させることを目的とする。ペプチドの生成機構に関する知識が必要であるが、天然物の構造と機能の関係、生合成経路の違いが薬理活性や利用法にどう影響するか、多様性の創出についてどのような戦略があるのかなど、現代の天然物創薬に直接関連するものであり、大学院で天然物研究を行おうとする学生に求められる知識と能力を想定する作問をしている。

(5) 【解答例】 テトロドトキシン (TTX)、サキシトキシン (STX)、シガトキシン (CTX) は、いずれも海洋生物に由来する強力な神経毒であり、電位依存性ナトリウムチャネル (Na^+ チャネル) に作用する点で共通している。これらはいずれも神経インパルス伝導を阻害・攪乱することで麻痺・致死性を示す点が挙げられる。また、水産物 (魚介類) を介して人に摂取されるため、食中毒の原因物質として水産化学的に重要である。

一方で、作用機構には相違点がある。TTX と STX は電位依存性 Na^+ チャネルの細胞外側からチャネル孔をブロックすることで Na^+ の流入を阻害し、活動電位の発生を妨げる。TTX はフグ毒として知られ、STX は麻痺性貝毒 (PSP) の原因物質であり、いずれもチャネルを遮断するブロッカーである。これに対し、CTX はチャネルの持続的開口を誘導することにより Na^+ が細胞内へ過剰流入し、膜脱分極を持続させて神経筋系を攪乱する。つまり、TTX/STX はチャネル阻害、CTX はチャネル活性化という機序の違いがある。水産化学的意義として、TTX はフグの食品毒として日本で特に重要であり、種・臓器ごとの毒性管理や加工基準が整備されている。STX は渦鞭毛藻が原因であり、二

枚貝による麻痺性貝毒として世界中で問題となっている。CTX は熱帯魚類に蓄積されるシガテラ毒であり、熱帯・亜熱帯域の水産物流通における監視対象である。いずれも生産者（微生物・藻類）と食物連鎖による蓄積，生物種間の毒性差，非可視性といった特徴があり，水産物の安全管理や毒性研究において極めて重要な対象である。また，TTX では最近鎮痛薬としての創薬利用も展開しており，毒から薬を生む研究が期待されている。

採点は，これらの観点を取り入れながら論理的かつ丁寧な記述があるかを勘案して行う。

【出題の意図】 この問題は，海洋天然毒の中でも特に水産資源に関わる代表的な神経毒であるテトロドトキシン（TTX），サキシトキシン（STX），シガトキシン（CTX）の毒性機構の共通点と違いの理解を測るとともに，これらの毒が水産業・食品衛生・資源管理の観点からどのような意義を持つかを論じさせることを目的とする。単なる毒の知識にとどまらず，天然物化学と水産科学の接点を理解する応用的な力を問う設問である。

出題番号 332

（１）【解答例】 昆虫の試料をメタノールやアセトン等の有機溶媒で抽出し HPLC で分析する。標品として利用できるカロテノイドがあればそれを用いて同定する。未知のカロテノイドは UV スペクトルから発色団を予測するとともに質量分析を行い，分子式を確定する。文献値から同定を進めるが多くのカロテノイドは二重結合の位置が異なる異性体で分子種を特定することが困難である。そのような化合物は単離し NMR を用いた構造解析を行うが，これにはサンプル量の確保が必要で困難な可能性もある。

【出題の意図】：カロテノイドのような互いが近似する化合物を分離し正確に構造を導く研究は非常に難しく特に新規物質の構造研究には経験と技術を要する。このような側面を想像しながら実験結果を読み取れるかは大学院での研究遂行を大きく左右することになる。実際の実験について実現可能性も考えながら適切に述べることができるかを見る問題。内容は理論的に問題がなければ解答例に沿ってなくとも加点する。

（２）【回答例】： β -カロテンの構造と比較すると β γ -カロテンの環構造の一つにはビニルメチル基に代わってビニル基が存在している。 ^1H NMR でビニル基は他の二重結合と異なったシグナルパターンを示すので構造同定の指標になる可能性が高い。

【出題の意図】：化学構造を適切に記述できるかを評価する。IUPAC のカロテノイドの環構造の定義を覚えている必要はない。特に特徴的な官能基を認識できているか，それを適切に論述できるかを問う。この能力は実際に物質を同定する際に，その手法を論理的に構築する上で必要となる。

（３）【解答例】 以下の内容が適宜述べられていること。実験結果の要約になっていないこと。アキアカネのカロテノイド組成が生活環の変化に応じて変動していることは，アキアカネが成長過程において食性を変化させていることを示唆している。すなわち，水生期のヤゴでは水生動物を摂食し，陸生の成虫期には別の餌資源を利用している可能性が高い。成虫から検出された

β , γ -carotene は、 γ -環を持つ極めて特殊なカロテノイドであるが、腸内微生物からはそのようなカロテノイドを産生する菌は確認されていない。一方で、アキアカネの成虫が捕食すると考えられるアブラムシからは、 β , γ -carotene が主要なカロテノイドとして検出された。この結果はアブラムシが特殊なカロテノイドをどのように獲得したのかという更なる疑問を生む。一部のアブラムシのゲノム解析により、リコペンから γ -carotene 類を合成可能なカロテノイド生合成遺伝子が確認されており、これらの遺伝子は真菌由来と考えられることから、アブラムシが水平伝播によって生合成能力を獲得した進化的背景が示唆される。これらの知見から、アキアカネ成虫に見られる β , γ -carotene は、アブラムシ由来である可能性が極めて高く、アキアカネは自身でこの特殊なカロテノイドを合成しているのではなく、餌から取り込んでいると考えられる。

加えて、カロテノイドには抗酸化作用があり、強い日光にさらされる環境においては、光酸化障害から体を守る重要な役割を担う。アキアカネの成虫は開放的な陸上環境で活動し、高い日照や紫外線にさらされるため、抗酸化能力の高いカロテノイドの摂取は、生理的に有利であると考えられる。特に、 β , γ -carotene のような構造的に特殊なカロテノイドが選択的に蓄積されていることは、その機能的な重要性を反映している可能性がある。したがって、本事例は、動物が餌資源を通じて機能的な色素を選択的に取り込み、生理的適応を図っている興味深い一例であり、色素獲得の多様性を理解するうえで貴重な知見を提供する。 β , γ -carotene が他のカロテノイドとは異なる生理作用を持つのかといった研究に発展することが期待される。

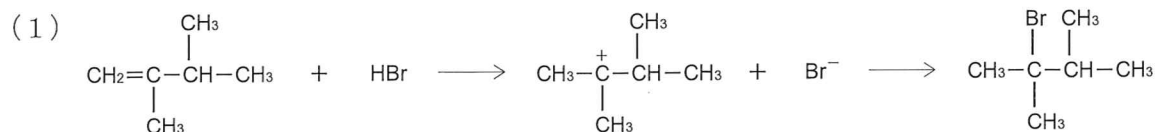
丁寧かつ論理的な考察ができているか、独自の視点で研究の展開や意義への論述があるかなどを勘案しながら採点する。実験結果に対する考察力が大学院での研究を行う上で十分にあるのか否かに着目し採点する。

【出題の意図】：動物はカロテノイドを生合成できないが、それを利用している。この点を踏まえてアキアカネの食物連鎖を介したカロテノイドの蓄積とその起源生物であるアブラムシが、動物ながらも真菌の遺伝子を獲得し、カロテノイドを合成している点に着目できているか。またカロテノイドの役割も考察されているのかを評価する。特殊な構造を持つ化合物は食物連鎖のマーカーとして有用であるが、天然物を用いた生物研究の好例である本実験は、水産生物・海洋生物の食物網の構造を研究する上でも役に立つコンセプトである。このような研究デザインを理解することは、天然物化学の研究を立案する上で重要となる。

出題内容：資源有機化学

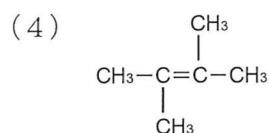
出題番号 341

【解答例】



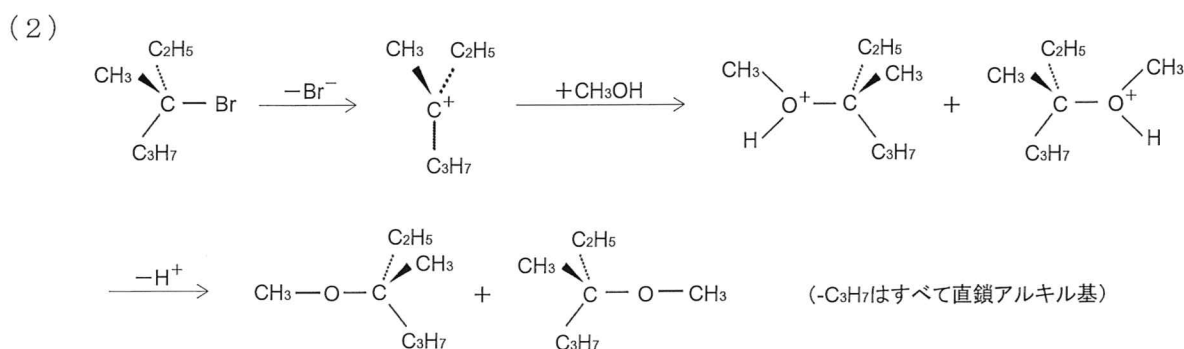
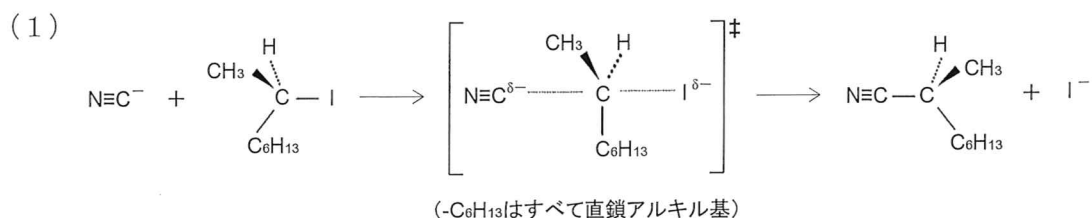
(2) Markovnikov 則。非対称アルケンへのハロゲン化水素の付加において、水素はアルキル置換基の少ない方の炭素に結合し、ハロゲンはアルキル置換基の多い方の炭素に結合する。

(3) E2 反応と考えられる。脱離反応の試薬として強塩基である KOH が使われているため。



出題番号 342

【解答例】



【出題の意図】

生物資源化学は有機化合物との関わりが極めて密接であり、「資源有機化学」は当該分野における学修および研究全般に求められる有機化学の基礎学力を有しているかを測るものである。あらかじめ設定された出題範囲から、基本的な反応機構を中心に有機化合物の構造、立体化学を含めた大問2題を出題した。

出題内容：栄養化学

出題番号 451

(1) 【解答例】 魚肉タンパク質。一般に、動物性タンパク質の方が植物性タンパク質より消化吸収性が高く、生体を構成するタンパク質のアミノ酸との相同性が高いため栄養価が高い。

(2) 【解答例】 食品タンパク質のアミノ酸含量を分析し、比較タンパク質と比べることで不足度合いを計算で求める栄養価評価法 (AAS:アミノ酸スコア)。その際、基準タンパク質の必須アミノ酸含量に対して、評価したい食品タンパク質のアミノ酸組成を 100 分率で表す。制限アミノ酸 (100%未満の不可欠アミノ酸) の中でもっとも低値のアミノ酸を第一制限アミノ酸といい、その値をアミノ酸スコアとする。

(3) 【解答例】 窒素出納とは、摂取窒素量と排泄窒素量のバランスのことである。窒素が主にタンパク質に含まれ、脂質や糖質中には少ないため、体タンパク質の増減を把握するうえで有効な指標となる。①のタンパク質は摂取量に応じて速やかに窒素出納が平衡維持量の 0 になるのに対し、②のタンパク質は摂取量を多くすることで 0 (平衡維持量) に達する。よって、①のタンパク質のほうが栄養価が高いといえる。

出題番号 452

(1) 【解答】 コレシストキニン

(2) 【解答例】 VLDL はトリアシルグリセロールの割合が高く比重が非常に小さいリポタンパク質であり、肝臓で合成されたトリアシルグリセロールを含め、リン脂質、コレステロール、アポタンパク質から構成される脂質-タンパク質粒子である。肝臓から分泌された VLDL はリポタンパクリパーゼの作用を受け LDL となり、末梢組織へ脂質を輸送・供給する役割を持つ。

(3) 【解答】 ①アシルカルニチン；②カルボキシ；③アセチル CoA；④クエン酸 (TCA)；⑤水

(4) 【解答例】 牛肉ステーキ中に含まれる主要な脂肪酸として、パルミチン酸 (16:0) などの飽和脂肪酸があげられる。これらの脂肪酸は、エネルギー源として利用される一方で、過剰に摂取した場合、血中コレステロール値を上昇させ、動脈硬化の危険因子となる場合がある。魚肉中には、EPA や DHA などの n-3 系多価不飽和脂肪酸が特徴的に含まれており、これらの脂肪酸は血中のコレステロールや脂質を低下させる働きが知られている。

【出題の意図】

水産資源の食品への有効利用をはかるうえで、栄養化学は基礎となる学術分野であり、進学者が研究の方向性を考えるうえでも重要な知識となる。本出題は、食品栄養において主要な成分であるタンパク質の栄養価についての理解度を評価する問題 (出題番号 451) と脂質の生体利用に関わる消化、吸収、代謝に加え、食品ごとの脂質成分の栄養特性について理解度を評価する問題 (出題番号 452) として出題した。