日本医科大学

2023 年度　一般選抜　生物

（2 科目　120 分）

Ⅰ 動物の配偶子形成と発生に関する下記の文章を読み，各問いに答えよ。

有性生殖により繁殖する動物の配偶子の形成過程では，体細胞分裂とは異なる減数分裂という特殊な分裂が起こる。卵形成では不均等な細胞分裂が起こるため，減数分裂の第一分裂が終了すると，大きな［ ア ］卵母細胞と小さな［ イ ］ができる。動物の卵では，極体が生じる側を［ ウ ］，その反対側を［ エ ］という。精子形成では 1 個の一次精母細胞から［ オ ］個の精細胞がつくられる。ヒトを含む多くの脊椎動物では，［ ア ］卵母細胞のときに精子の進入を受けて卵形成が完了する。その後，受精卵は発生を開始し，器官形成を経て個体がつくられる。

問 1　(1) 文中の［ ア ］～［ オ ］にあてはまる語句を，以下の (あ)～(こ) より 1 つずつ選び，それぞれ記号で答えよ。また，(2) 始原生殖細胞，［ ア ］卵母細胞および［ イ ］の核相として適切なものを，解答欄より 1 つずつ選び，それぞれ○で囲め。

(あ) 1　(い) 2　(う) 4　(え) 一次　(お) 二次

(か) 第一極体　(き) 第二極体　(く) 動物極　(け) 植物極　(こ) 赤道面

（注）(2) の解答欄は次のとおり。

始原生殖細胞：$n \cdot 2n \cdot 4n$

［ ア ］卵母細胞：$n \cdot 2n \cdot 4n$

［ イ ］：$n \cdot 2n \cdot 4n$

問 2　(1) 以下の (あ)～(お) のカエル胚を，発生の進行順に (あ) から始めて左から右へと記号を並べよ。また，(2) 以下の (a)～(f) が起こるカエル胚を (あ)～(お) より 1 つずつ選び，それぞれ記号で答えよ。同じ記号を何度用いてもよい。

(あ) 受精卵　(い) 尾芽胚　(う) 原腸胚　(え) 桑実胚　(お) 神経胚

(a)　原口ができる。

(b)　体節ができる。

(c)　脊索ができる。

(d)　背腹軸が決まる。

(e)　胞胚腔がなくなる。

(f)　外胚葉，中胚葉，内胚葉の区別ができる。

問 3　(1) ウニの精子が卵に進入する過程を述べたⅠ群について，早く起こる順に (あ) から始めて左から右へと記号を並べよ。また，(2)［ カ ］にあてはまる語句を答え，［ カ ］の説明として適切に述べているものを，Ⅱ群よりすべて選び，記号で答えよ。さらに，(3) ウニは何回目の卵割まで等割か，数字で答えよ。

Ⅰ群：

(あ) 精子が卵の表面のゼリー層に到達する。

(い) 受精膜が形成される。

(う) 先体突起が卵黄膜を通過する。

(え) 表層粒の内容物が放出される。

(お) 精子の頭部が壊れ，タンパク質分解酵素を含む内容物が放出される。

(か) 精子の頭部では［　カ　］が束になって伸長し，先体突起が形成される。

Ⅱ群：

(a) 筋原繊維を構成する。

(b) 細胞骨格の 1 つである。

(c) モータータンパク質である。

(d) 細胞分裂のときに染色体を両極へ移動させる。

(e) デスモソームで他のタンパク質を介してカドヘリンと結合する。

問 4 ウニの卵での多精拒否の過程において，精子が卵に進入してから起こることを，以下の (あ)〜(け) より 4 つ選び，早く起こる順に左から右へと記号を並べよ。

(あ) K^+ が細胞内に流入する。

(い) K^+ が細胞外に流出する。

(う) Na^+ が細胞内に流入する。

(え) Na^+ が細胞外に流出する。

(お) 受精膜の形成が完了する。

(か) カリウムチャネルが開く。

(き) ナトリウムチャネルが開く。

(く) 負に保たれていた卵の内側の膜電位が正に逆転する。

(け) 正に保たれていた卵の内側の膜電位が負に逆転する。

問 5 カエルの胞胚（図 1）から，A と B を切り出した。それぞれを単独で培養したところ，A は外胚葉に，B は内胚葉になった。一方，A と B を接触させて培養すると，A の培養片のうち B と接触していた領域が中胚葉になり，他の領域は外胚葉になった。B は内胚葉になった。

次に，新たに用意した胞胚から，A と B を切り出した。B を単独で培養したときの培養液をスポンジに染み込ませた。このスポンジを A と接触させて培養したところ，A の培養片のうちスポンジと接触していた領域が中胚葉になり，他の領域は外胚葉になった。また，A を単独で培養したときの培養液を染み込ませたスポンジを B と接触させて培養したところ，B は内胚葉になった。ただし，スポンジは細胞の分化に影響を及ぼさないものとする。

これらの実験結果より，どのようなことが結論として導き出されるか。中胚葉になることができる領域をⅠ群より，誘導因子として適切なものをⅡ群より，誘導因子がどのように標的細胞に到達するかをⅢ群より，それぞれ 1 つずつ選び，記号で答えよ。

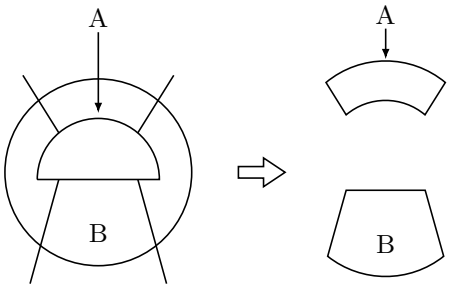


図 1　カエルの胞胚の断面と切り出した培養片

Ⅰ群：

(あ) 予定内胚葉　　(い) 予定外胚葉

(う) 予定内胚葉と予定外胚葉のいずれも

Ⅱ群：

(a) 分泌性タンパク質　　(b) 膜タンパク質　　(c) 調節タンパク質

Ⅲ群：

① 誘導因子を発現する細胞自身が標的細胞となる。

② 誘導因子が細胞外に分泌され，細胞外基質中を拡散して標的細胞の受容体と結合する。

③ 誘導因子を細胞膜上に発現する細胞が標的細胞に接触することで，誘導因子が標的細胞の受容体と結合する。

問 6 図 2 はイモリの眼の形成過程を示した図である。図 2A は尾芽胚の頭部の水平切断面で，図 2B は図 2A の一部を拡大した図である。眼の形成は図 2B から図 2E へと進む。(1) 図中の［キ］～［コ］にあてはまる語句の組み合わせとして最も適切なものを，Ⅰ群より 1 つ選び，記号で答えよ。また，(2) 眼胞を切除する場合と，図 2D のうち水晶体になる領域（水晶体胞）を切除する場合とで，それぞれどのような結果となるか。あてはまるものをⅡ群より 2 つずつ選び，それぞれ記号で答えよ。同じ記号を何度用いてもよい。

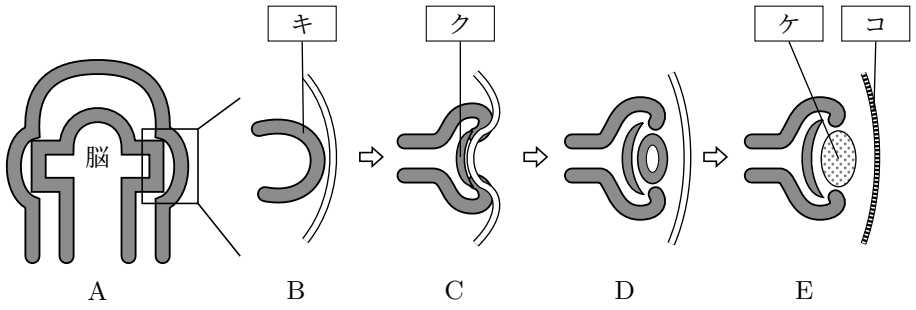


図 2　イモリの眼の形成

Ⅰ群：

	キ	ク	ケ	コ
(あ)	眼胞	眼杯	水晶体	角膜
(い)	眼杯	眼胞	水晶体	角膜
(う)	眼胞	眼杯	ガラス体	角膜
(え)	眼杯	眼胞	水晶体	網膜
(お)	眼胞	眼杯	ガラス体	網膜
(か)	眼杯	眼胞	ガラス体	網膜

Ⅱ群：

(a) 水晶体が形成される。

(b) 水晶体が形成されない。

(c) 角膜が形成される。

(d) 角膜が形成されない。

問 7 以下の (1)～(5) で示すカエルの組織や器官について，起源となる主たる構造物をⅠ群より，その構造物が生じる

胚葉をⅡ群より，それぞれ 1 つずつ選び，記号で答えよ。同じ記号を何度用いてもよい。

(1)　骨格筋　(2)　腸管の平滑筋　(3)　脊髄　(4)　網膜　(5)　脊椎骨

Ⅰ群：

(あ) 神経管　(い) 側板　(う) 体節　(え) 腎節　(お) 脊索

Ⅱ群：

(a)　外胚葉　(b)　中胚葉　(c)　内胚葉

II 内分泌に関する下記の文章を読み，各問いに答えよ。

動物はさまざまな体外環境に適応するため，①体内環境を一定に保とうとする性質を備えている。この性質は，主として自律神経系と内分泌系により支えられている。内分泌系による制御で重要な役割を果たしている各種ホルモンは，体内環境や体外環境の変化に応じて，特定の器官や組織において合成される。合成されたホルモンは［ ア ］中に分泌され，全身へ行き渡る。体内の器官を構成する細胞は，特定のホルモンと結合するための受容体をもち，ホルモンが受容体に結合すると応答する。このような細胞を［ イ ］細胞とよぶ。

恒温動物であるヒトの体温が上昇すると，その変化は体温調節の中枢である［ ウ ］で感知される。その後，［ エ ］神経のはたらきにより発汗が促進され，熱の放散量が増える。さらに，［ オ ］神経のはたらきにより肝臓での代謝が抑制されることで，体温が低下する。その一方で，ヒトの体温が低下すると，［ ウ ］が脳下垂体前葉にはたらきかけ，甲状腺からの［ カ ］の分泌を促し，肝臓の代謝を促進する。また，［ エ ］神経が副腎髄質を刺激して［ キ ］の分泌を促し，肝臓での代謝や心臓の拍動を促進させたりする。こうしたホルモンなどのはたらきにより熱の産生が増えることで，体温が上昇する。このようにヒトは外界の温度変化に応じて，体温を一定に保つ能力をもつ。一方，②変温動物とよばれる動物は，外界の温度変化に伴って体温も変化する。

問 1　文中の［ ア ］～［ キ ］にあてはまる最も適切な語句を，以下の (あ)～(た) より 1 つずつ選び，それぞれ記号で答えよ。

(あ) 鉱質コルチコイド　(い) 糖質コルチコイド　(う) 成長ホルモン
(え) ノルアドレナリン　(お) アドレナリン　(か) チロキシン
(き) 副交感　(く) 交感　(け) 記憶
(こ) 標的　(さ) 産生　(し) 延髄
(す) 大脳皮質　(せ) 間脳の視床下部　(そ) リンパ液
(た) 血液

問 2　文中の下線部①の性質を何というか，漢字 3 文字で答えよ。

問 3　図 1 のグラフは，外界の温度変化に伴う動物の体温の変化を表している。文中の下線部②を表すグラフは A，B のどちらか，記号で答えよ。また，変温動物を以下の (あ)〜(か) よりすべて選び，記号で答えよ。

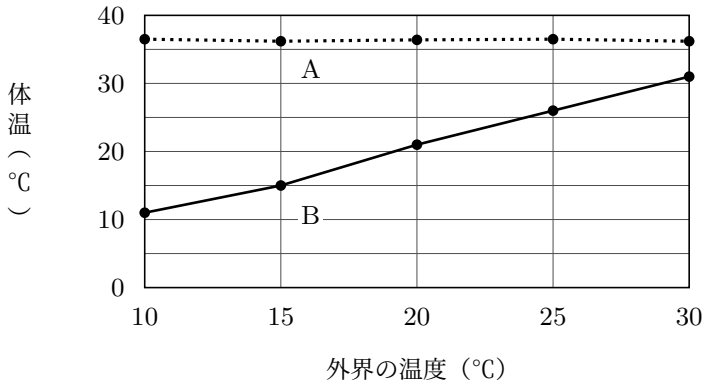


図 1　外界の温度変化に伴う動物の体温の変化

(あ) ミドリゾウリムシ　　(い) ニワトリ　　(う) アフリカツメガエル
(え) チンパンジー　　(お) ニホンイシガメ　　(か) ザトウクジラ

問 4　以下の (1)〜(3) の体内環境の変化を感知する主要な器官をⅠ群より，感知した変化に応答してホルモンを合成・分泌する器官をⅡ群より，その器官から分泌されるホルモンをⅢ群より 1 つずつ選び，それぞれ記号あるいは番号で答えよ。同じ記号あるいは番号を何度用いてもよい。

(1)　脱水に伴う血液の浸透圧の上昇
(2)　血液中のカルシウム濃度の低下
(3)　食事による胃酸の増加

Ⅰ群：
(あ) 十二指腸　　(い) 延髄　　(う) 間脳の視床下部
(え) 副甲状腺　　(お) 脳下垂体

Ⅱ群：
(a)　肝臓　　(b)　すい臓　　(c)　副甲状腺
(d)　腎臓　　(e)　脳下垂体

Ⅲ群：
①　バソプレシン　　②　グルカゴン　　③　インスリン
④　セクレチン　　⑤　パラトルモン

問 5　図 2 のグラフは，健康な人とⅡ型糖尿病患者の食事前後の血糖濃度と血液中のインスリン濃度を示している。このⅡ型糖尿病患者について正しく述べているものを，以下の (あ)〜(か) よりすべて選び，記号で答えよ。

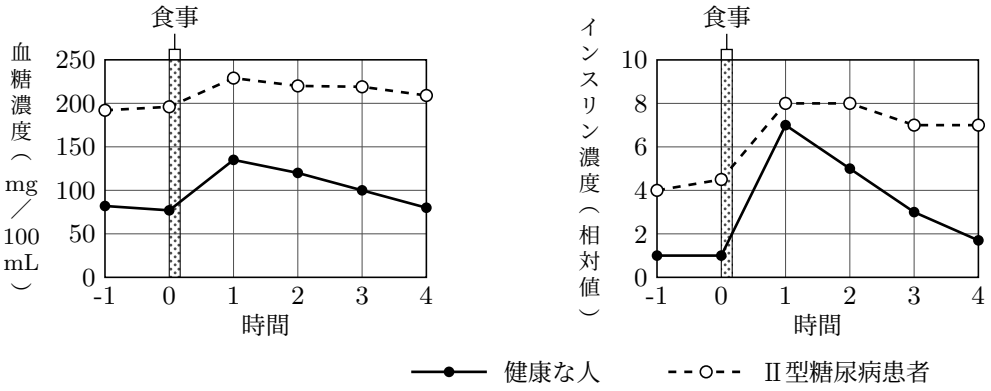


図 2　食事前後の血糖濃度と血液中のインスリン濃度の変化

(あ) ランゲルハンス島 A 細胞におけるインスリンの分泌が促進された。
(い) ランゲルハンス島 B 細胞におけるインスリンの分泌が阻害された。
(う) すい臓において，血糖濃度の上昇を感知する機能がはたらいた。
(え) すい臓において，血糖濃度の上昇を感知する機能がはたらかなかった。
(お) インスリンに応答したグリコーゲンの合成が低下した。
(か) インスリンに応答したグリコーゲンの合成が増加した。

III 肝臓における小胞体のはたらきに関する下記の文章を読み，各問いに答えよ。

細胞小器官である小胞体は，細胞質基質に広がる滑面小胞体と，核の周辺に存在する粗面小胞体とに分けられる（図 1)。滑面小胞体は，脂肪を含む脂質の合成や解毒など，物質の代謝に関わる。一方，リボソームが付着した粗面小胞体は，主にタンパク質の合成と輸送を担う。小胞体は細胞内で形成されるが，その過程でタンパク質 A，B，C は小胞体の膜に埋め込まれる。

肝細胞や脂肪細胞には脂肪が蓄積されやすく，これらの細胞は過剰な脂肪を脂肪滴というリン脂質からなる細胞小器官に貯蔵する（図 1)。しかし，小胞体と脂肪の代謝の関係はよくわかっていない。そこで，マウスおよびマウスの肝細胞を用いて以下の各実験を行った。ただし，小胞体の形成に関わるタンパク質はタンパク質 A〜C のみであり，それ以外のタンパク質については考えなくてよいものとする。また，正常マウスと肥満マウスにおいて，タンパク質 A〜C のはたらきは同じである。さらに，実験で用いたタンパク質は，細胞内あるいは体内で分解されることも，はたらきを失うこともないものとする。

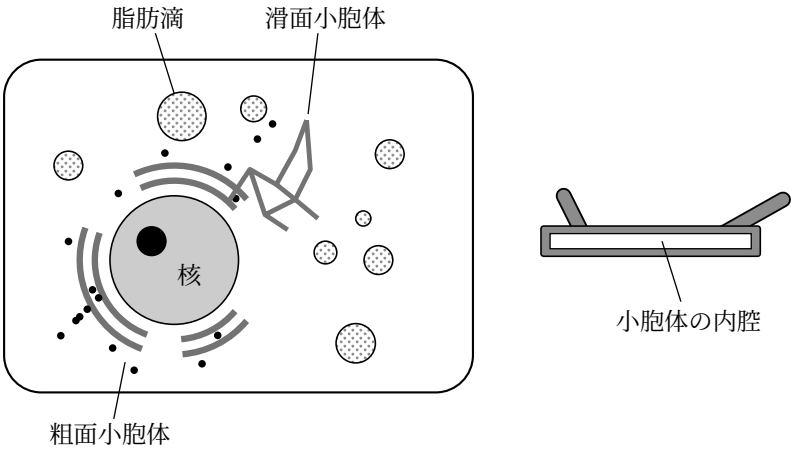


図 1　細胞内の小胞体と脂肪滴（右図は小胞体の拡大図）

【実験 1】 細胞や細胞小器官の体積を計測できる測定器を用いて，正常マウスと肥満マウスの肝細胞の体積を，それぞれ 5 個ずつ計測した（表 1）。次に，各細胞におけるさまざまな細胞小器官の体積を計測し，細胞 1 個あたりのそれらの割合をグラフにした（図 2A）。また，滑面小胞体と粗面小胞体については，細胞 1 個あたりの体積を計測し，グラフにした（図 2B）。

表 1　正常マウスと肥満マウスの肝細胞の体積（$\times 10^3\ \mu m^3$）

	細胞 1	細胞 2	細胞 3	細胞 4	細胞 5
正常マウス	18	22	18	19	21
肥満マウス	36	38	41	37	46

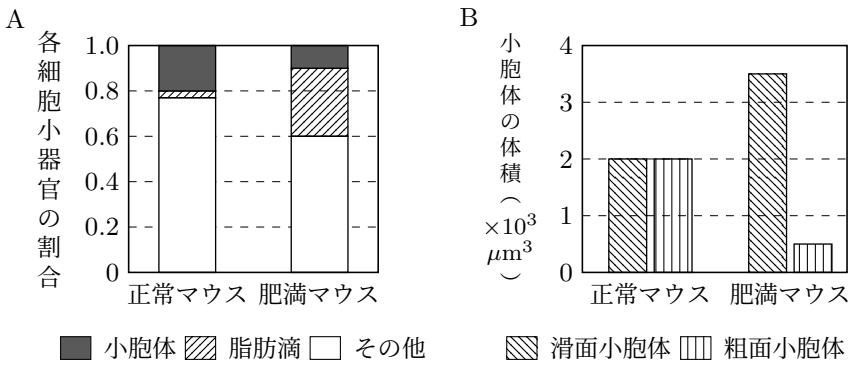


図 2　正常マウスと肥満マウスの肝細胞における各細胞小器官の割合および各小胞体の体積

A　細胞 1 個あたりの細胞小器官の全体積を 1 としたときの各細胞小器官の割合。

B　細胞 1 個あたりの滑面小胞体と粗面小胞体の体積。

【実験 2】 正常マウスと肥満マウスの肝細胞から取り出した小胞体（滑面小胞体と粗面小胞体のすべて）のタンパク質を抽出し，小胞体あたりのタンパク質 A〜C の量を調べた。結果を図 3 に示す。

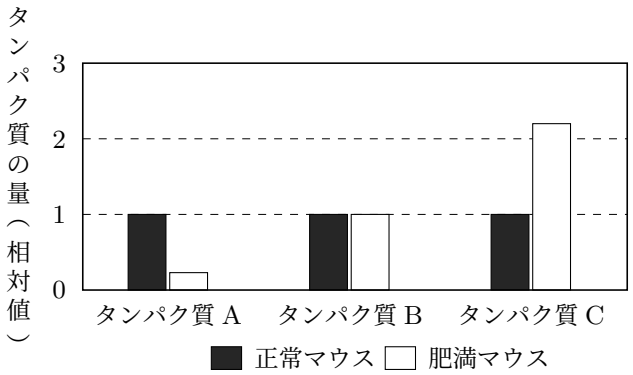


図 3　正常マウスと肥満マウスの小胞体あたりのタンパク質 A〜C の量
正常マウスにおける小胞体あたりのタンパク質 A の量を 1 とする。

【実験 3】 タンパク質 A〜C を合成し，お互いに結合するかを試験管内で調べた。すると，タンパク質 A はタンパク質 B と結合し，複合体 A-B を形成することがわかった。しかし，タンパク質 C はタンパク質 A とタンパク質 B のどちらにも結合しなかった。

【実験 4】 タンパク質 A〜C のいずれにも小胞体の内腔に入り込む領域がある。各小胞体の形成におけるタンパク質 A〜C のはたらきを調べるために，この領域をそれぞれ 2 つずつに分けた（領域 A1，領域 A2，領域 B1，領域 B2，領域 C1，領域 C2）（図 4）。そして，これらのいずれかの領域を取り除いた変異体タンパク質を合成した（図 5）。

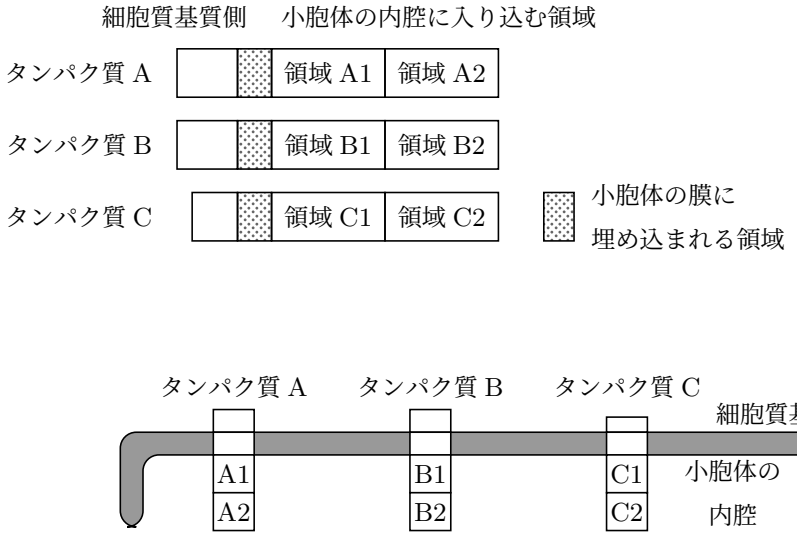


図 4　タンパク質 A〜C の構造

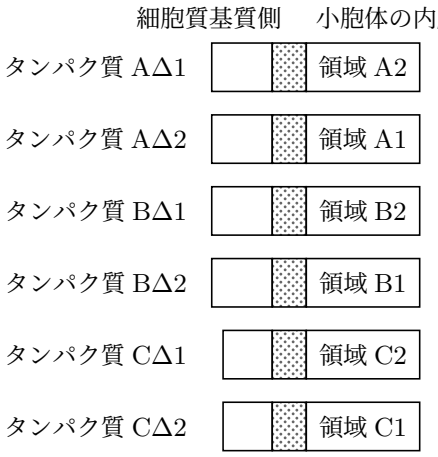


図 5　変異体タンパク質の構造

【実験 5】 実験 3 と 4 で合成したタンパク質を用いて，表 2 で示す組み合わせでタンパク質を混合し，複合体 A-B が形成されるかを調べた。結果を表 2 に示す。ただし，変異体タンパク質を含む複合体も複合体 A-B とした。

表 2　各タンパク質を混合した結果

	タンパク質 A	タンパク質 AΔ1	タンパク質 AΔ2
タンパク質 B	○	×	○
タンパク質 BΔ1	×	×	×
タンパク質 BΔ2	○	×	○

「○」は複合体 A-B が形成されたことを，「×」は形成されなかったことを，それぞれ示す。

【実験 6】 実験 5 の結果にもとづき，タンパク質 A，タンパク質 AΔ2，タンパク質 B，タンパク質 BΔ2 を用いて，これらのタンパク質が小胞体の形成に関与するかを調べた。また，タンパク質 C についても同様に調べた。正常マウスから採取した肝細胞内に，各タンパク質を導入して 3 日間培養し，各小胞体の体積が変化するかを調べた。結果を表 3 に示す。

表 3　合成したタンパク質を用いた各小胞体の形成への影響

導入したタンパク質	A	B	A と B	A と BΔ2	AΔ2 と B	AΔ2 と BΔ2
滑面小胞体	±	±	±	±	±	±
粗面小胞体	±	±	＋	＋	±	±

導入したタンパク質	C	CΔ1	CΔ2	無し
滑面小胞体	＋	±	＋	±
粗面小胞体	±	±	±	±

「＋」は小胞体の体積が増加したことを，「±」は変化しなかったことを，それぞれ示す。

【実験 7】　正常マウスの肝細胞にタンパク質 A あるいはタンパク質 C を投与した。3 日後，両方のマウスから肝細胞を採取し，それぞれの細胞 1 個あたりの各小胞体の体積を調べ，何も投与しなかった正常マウスと比較した。その結果，タンパク質 A を投与した正常マウスでは，どちらの小胞体の体積も変化しなかった。一方，タンパク質 C を投与した正常マウスでは滑面小胞体の体積が大きくなったが，粗面小胞体の体積は変化しなかった。

【実験 8】　正常マウスと肥満マウスの肝臓に，放射性同位体 ^{14}C で標識した脂肪酸を同量ずつ注入し，3 時間後に呼気 1 mL 中の ^{14}C を含む二酸化炭素（$^{14}CO_2$）の量を測定した。結果を図 6 に示す。

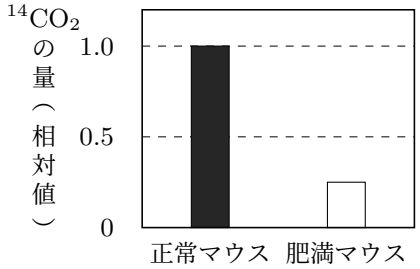


図 6　呼気 1 mL 中の $^{14}CO_2$ の量
正常マウスの呼気 1 mL 中の $^{14}CO_2$ の量を 1 とする。

問 1　正常マウスの肝細胞に比べて，肥満マウスの肝細胞はどうであるか。(1) 細胞の体積について最も適切なものをⅠ群より 1 つ選び，記号で答えよ。また，(2) 以下の (i)〜(iii) の細胞小器官の細胞 1 個あたりの体積について適切なものをⅡ群より 1 つずつ選び，それぞれ記号で答えよ。同じ記号を何度用いてもよい。

Ⅰ群：

(あ) 正常マウスの約半分である。
(い) 正常マウスの約 2 倍である。
(う) 正常マウスの約 10 倍である。
(え) 正常マウスとほぼ同じである。

(i)　脂肪滴　　(ii)　全小胞体　　(iii)　滑面小胞体

Ⅱ群：

(a)　正常マウスより小さい。

(b)　正常マウスより大きい。

(c)　正常マウスと同じである。

問 2　複合体 A-B をつくるのに必要な領域をⅠ群より，また，小胞体の形成に必要な領域をⅡ群より，さらに複合体 A-B のはたらきとして適切なものをⅢ群より，それぞれ 1 つずつ選び，記号あるいは番号で答えよ。

Ⅰ群：

(あ) 領域 A1 と領域 B1　　(い) 領域 A1 と領域 B2

(う) 領域 A2 と領域 B1　　(え) 領域 A2 と領域 B2

Ⅱ群：

(a)　領域 A2　　(b)　領域 B2　　(c)　領域 A2 と領域 B2

Ⅲ群：

①　滑面小胞体の形成を抑制する。

②　滑面小胞体の形成を促進する。

③　粗面小胞体の形成を抑制する。

④　粗面小胞体の形成を促進する。

問 3　実験 7 において，正常マウスの肝細胞にタンパク質 C の代わりに，タンパク質 CΔ1 あるいはタンパク質 CΔ2 を投与し，3 日後に肝細胞をそれぞれ採取した。これらの細胞 1 個あたりの小胞体の体積は，何も投与しなかった正常マウスと比べてどうなったか。滑面小胞体および粗面小胞体の体積として適切なものを，以下の (あ)〜(う) より 1 つずつ選び，それぞれ記号で答えよ。同じ記号を何度用いてもよい。

(あ) 何も投与しなかった正常マウスと同じであった。

(い) 何も投与しなかった正常マウスより小さくなった。

(う) 何も投与しなかった正常マウスより大きくなった。

問 4　肥満マウスの肝細胞にタンパク質 A を投与し，3 日後に肝細胞を採取した。この細胞 1 個あたりの粗面小胞体の体積は，何も投与しなかった肥満マウスと比べてどうなったか。以下の (あ)〜(う) より適切なものを 1 つ選び，記号で答えよ。また，その理由を簡潔に説明せよ。

(あ) 何も投与しなかった肥満マウスと同じであった。

(い) 何も投与しなかった肥満マウスより小さくなった。

(う) 何も投与しなかった肥満マウスより大きくなった。

問 5　(1) 実験 8 において，呼気中に $^{14}CO_2$ が含まれた理由を簡潔に説明せよ。また，(2) 図 6 の測定結果から導かれる結論として最も適切なものを，以下の (あ)〜(え) より 1 つ選び，記号で答えよ。

(あ) 正常マウスより，肥満マウスのほうが脂肪酸の分解が盛んである。

(い) 正常マウスより，肥満マウスのほうがグルコースの分解が盛んである。

(う) 肥満マウスより，正常マウスのほうが脂肪酸の分解が盛んである。

(え) 肥満マウスより，正常マウスのほうがグルコースの分解が盛んである。