生物　問題　I

次の【A】と【B】の文章を読み，下の問に答えよ。

【A】　ヒトの肝臓は，①数十万個の肝細胞が配列してできる六角柱状の構造（大きさ1～2mm程度）の集合体でつくられ，肝細胞と血液の間で物質のやり取りが行われている。

図1は肝臓における物質の流出入を模式的に示している。食事によって摂取した食物は，器官AからXに分泌される消化酵素などによって分解される。分解によって得られた栄養素は小腸から吸収されたのち，Yを経て肝臓に集められて再分配される。また，赤血球は器官Bで分解されて，その後Yから肝臓に入りさらに分解される。②肝臓における分解物はXに放出され，便とともに体外に排出される。このような図1に示される肝臓とそれをとりまく器官との物質の流れは，③消化・吸収された物質から有害な物質を効率よく取り除くのに都合が良い。

血しょう中に含まれるタンパク質の多くは肝臓に由来する。血しょうタンパク質の60～70%を占めるアルブミンは一定の濃度で維持されており，血液中で様々な物質を運搬する役割に加えて，血液の浸透圧の形成にも重要な役割を担っている。④肝臓の機能が何らかの理由で障害を受けてアルブミンが十分に合成されないと，組織液の量が増えて脚などにむくみが生じることがある。また，血液凝固を担うタンパク質の多くも肝臓で合成されている。⑤そのうちの一つであるプロトロンビンは，血液凝固因子などによりトロンビンに変換され，次に続く血液凝固の反応が進む。

問1．下線部①の構造の名称を記せ。

問2．図1のXとY，および，器官AとB，それぞれの名称を記せ。

問3．下線部②の体外に排出されるヘモグロビンの分解物の名称を記せ。

問4．下線部③について，有害な物質を取り除くのに都合が良いしくみを，図1の構造をふまえて簡潔に説明せよ。

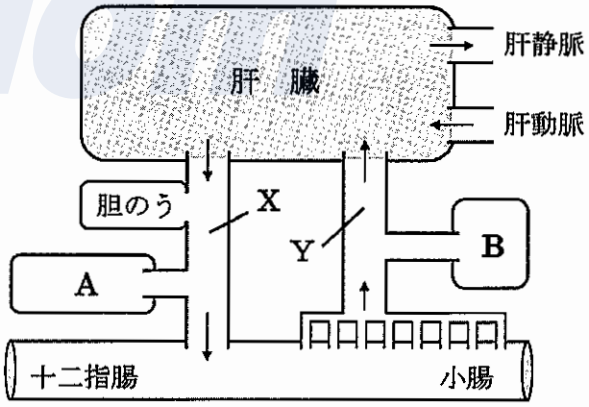


図1　肝臓における血液と組織液の流出入

問5．下線部④について，肝臓の機能の低下で組織液の量が増える理由を，次の4つの用語をすべて用いて説明せよ。

[用語]　水　・　浸透圧　・　血しょう　・　アルブミン

問6．下線部⑤に記された血液凝固のしくみを図2に示す。

（i）（　あ　）～（　う　）に当てはまる適切な語句をそれぞれ記せ。

（ii）　血液凝固因子をつくるZの名称を記せ。

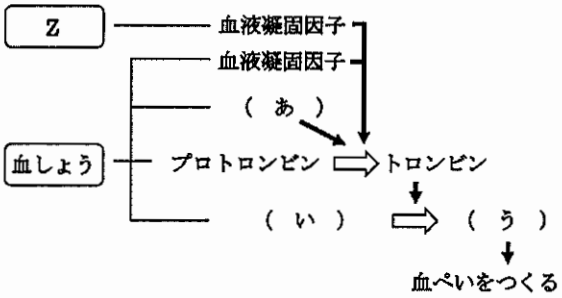


図2　血液凝固のしくみ

【B】　肝臓の重要なはたらきの１つが，血液中のグルコース濃度（血糖濃度）の調節である。空腹時の血糖濃度は血液 100mL 中に 80～100mg で維持されている。食事をして糖質を摂取すると血糖濃度は一時的に上昇して高い値を示すが，やがて正常な範囲にもどる。血糖濃度を一定に保つことは生命活動にとって必須である。そのため，肝臓は内分泌系や自律神経系の調節を受けて，適切な血糖濃度の維持にはたらいている。空腹時や絶食飢餓時など低血糖状態において，⑥血糖濃度を高めるためのしくみが幾重にも備わっている（図３）。一方，血糖濃度を低下させる内分泌調節はインスリンの作用のみである。⑦インスリンを分泌する内分泌腺は複数の細胞種で構成されている（図４）。インスリンはグルコースの細胞内への取り込みや代謝を促進し，血糖濃度を低下させる。⑧糖尿病では，血糖濃度が高い状態が継続して，血管などへ悪影響を及ぼして様々な合併症へとつながる。

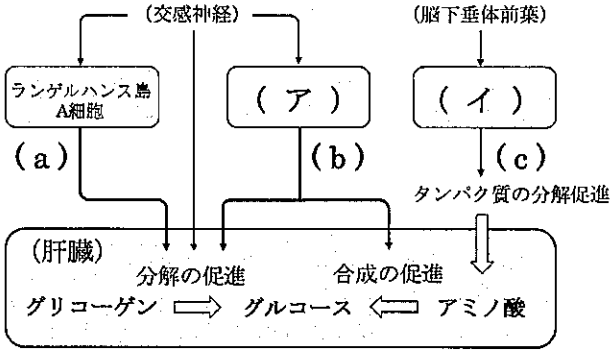


図３　肝臓の機能を調節して血糖濃度を高めるしくみ

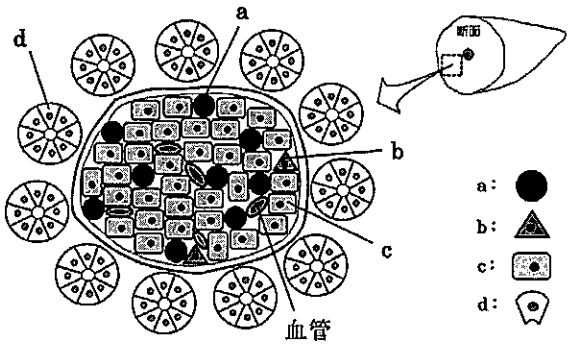


図４　インスリンを分泌する内分泌腺（模式図）

問７．下線部⑥について，図３の（a）～（c）に当てはまるホルモンと，分泌する器官（ア）と（イ）の名称をそれぞれ記せ。

問８．下線部⑦について，図４においてインスリンを分泌する細胞は a ～ d のうちどれか，理由とともに記号を記せ。

問９．下線部⑧について，３人のヒト被験者（１）～（３）を対象に次のような試験をおこなった。12 時間の絶食後に 75g のグルコースを含む飲料を摂取してもらい，０分（摂取直前），30 分，60 分，120 分後に採血をおこなって，血糖濃度とインスリン濃度をそれぞれ測定したところ，図５の結果を得た。そして，図６に従って被験者３人を３つの型に分類した。

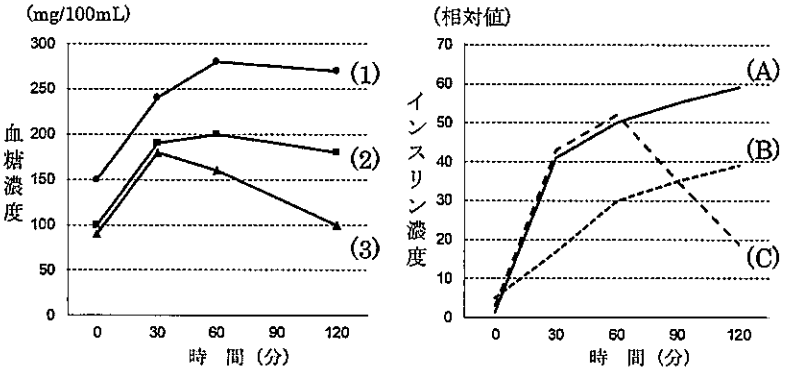


図５　グルコース飲料摂取後の血糖濃度とインスリン濃度の変化

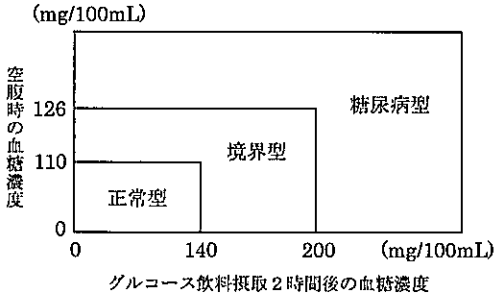


図６　血糖濃度にもとづく分類

（ｉ）　（１）から（３）の３人の被験者はそれぞれ図６のどの型にあてはまるか，それぞれ型名を記せ。

（ii）　（１）から（３）の３人の被験者それぞれの血液インスリン濃度の変化を示すものは，図５の（A）～（C）のどれか，それぞれ記号を記せ。

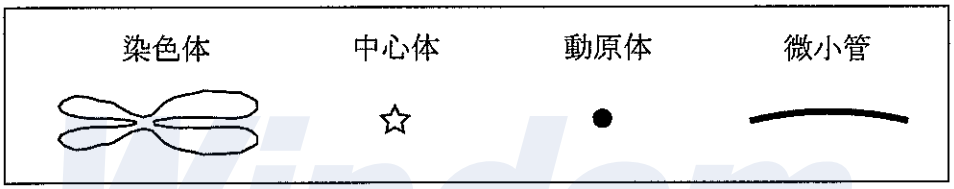
Windom

生物　問題　II

次の文章を読み，下の問に答えよ。

細胞は，間期における DNA 複製と，分裂期における DNA の分配を周期的に繰り返す。この周期のことを細胞周期という。細胞周期は，G_1 期（DNA 合成準備期），S 期（DNA 合成期），G_2 期（分裂準備期），①M 期（分裂期）に分けられる。細胞周期に要する時間は，生物または細胞の種類によりさまざまである。ヒトの腫瘍組織から分離したがん細胞は，培養シャーレの中で盛んに増殖し，細胞周期の観察に適している。なお，以下の実験に用いたがん細胞は，すべて細胞周期を同じ速度でまわり続けるものとする。さらに，細胞分裂はランダムにおこり，がん細胞は細胞周期に一様に分布しているとする。

問１．下線部①について，体細胞分裂の M 期（分裂期）は，さらに前期，中期，後期，終期に分けられる。染色体構成が 2n=4 の動物細胞を仮定し，この細胞における M 期の中期の様子を図示せよ。なお，染色体・中心体・動原体・微小管については下記の模式例を用いて、場所や構成を細胞内に明確に記すこと。



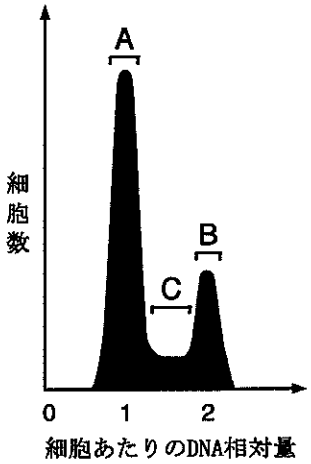
Windom

問２．１個のがん細胞の重さを 1 ng とすると，１個のがん細胞が細胞分裂を重ねて，その総量が 1 g に達するまでに，およそ何回の細胞分裂が必要か。下記の（ア）～（オ）から一つ選び記号を記せ。なお，すべてのがん細胞の１個あたりの重さは一定とする。

（ア）10 回　　（イ）20 回　　（ウ）30 回　　（エ）40 回　　（オ）50 回

【実験１】

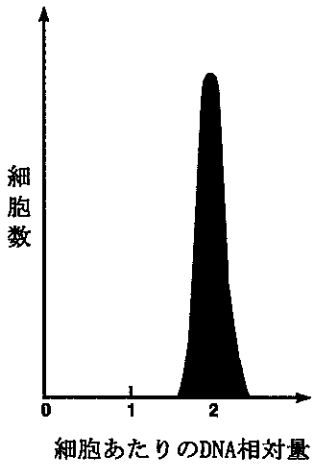
ある肺がん患者の組織から得られたがん細胞 X を培養シャーレから取り出し，DNA と結合した時に蛍光を発するヨウ化プロピジウムで染色した。染色された細胞が発する蛍光の強さは，細胞に含まれる DNA 量に比例する。各細胞が発する蛍光の強さを測定した結果，右のグラフを得た。細胞あたりの DNA 量が，細胞周期の中で最も少なくなった時の DNA 相対量を 1 とする。



問３．G_1 期，S 期，G_2 期，M 期それぞれの細胞は，グラフの A，B，C のどこにおもに含まれるか。A，B，C のそれぞれにあてはまる時期をすべて記せ。

【実験２】

このがん細胞Ｘの細胞周期は24時間であった。がん細胞Ｘの培養液中に，抗がん剤であるビンブラスチンを24時間以上加え，その後，ヨウ化プロピジウムで染色した。各細胞が発する蛍光の強さを測定した結果，右のグラフを得た。



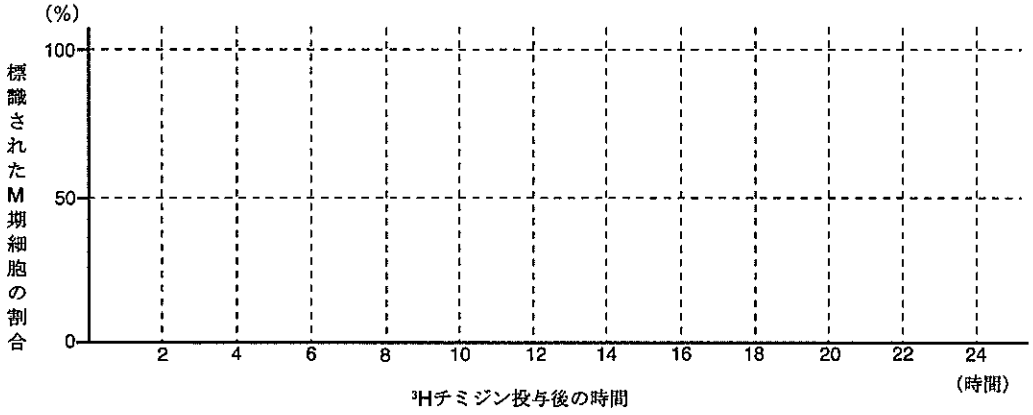
問４．ビンブラスチンはチューブリンに結合することがわかっている。ビンブラスチンはどのようにしてがん細胞の増殖を防ぐのか，得られた結果をもとに，そのメカニズムを簡潔に記せ。

【実験３】

ある胃がん組織から得られたがん細胞Ｙの細胞周期におけるG_1期，Ｓ期，G_2期，Ｍ期の所要時間を求めるために，以下の実験をおこなった。Ｓ期の細胞に水素の放射性同位体^{3}Hを含むチミジン（^{3}Hチミジン）を与えると，^{3}Hチミジンは複製中のDNAに取り込まれ，DNAを標識することができる。がん細胞Ｙの培養液中に，^{3}Hチミジンを加えてDNAを短時間標識した。その後，細胞を洗浄して細胞外の^{3}Hチミジンを完全に除き，^{3}Hチミジンを含まない培養液にもどし，培養を続けた。

４時間後からDNAが標識されたＭ期の細胞が観察され始め，５時間後にはＭ期の細胞の50%が標識された。その後にＭ期の細胞は100%標識されたものになり，やがて減じて，11時間後にはその割合は再び50%になった。さらに培養を続けたところ，DNAが標識されたＭ期の細胞は全く見られなくなったが，22時間後から再び観察されるようになった。この実験では，細胞の標識に要した時間は便宜上０時間とし，Ｓ期の細胞はすべて標識されたとする。

問５．^{3}Hチミジン投与後の時間と，DNAが標識されたＭ期細胞の割合との関係をグラフに示せ。



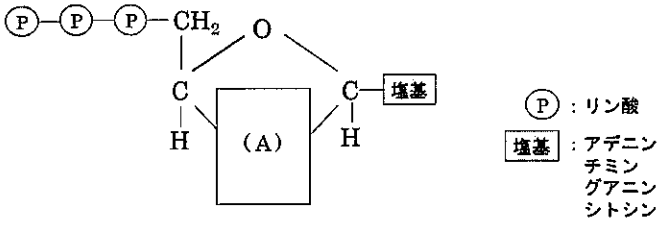
問６．がん細胞Ｙの細胞周期におけるG_1期，Ｓ期，G_2期，Ｍ期の所要時間をそれぞれ求めよ。

問２．下線部②について，神経管は内胚葉，中胚葉，外胚葉のうち，どれに由来するか記せ。また，体の中で神経管から形成される組織を次の【　】の中から３つ選べ。

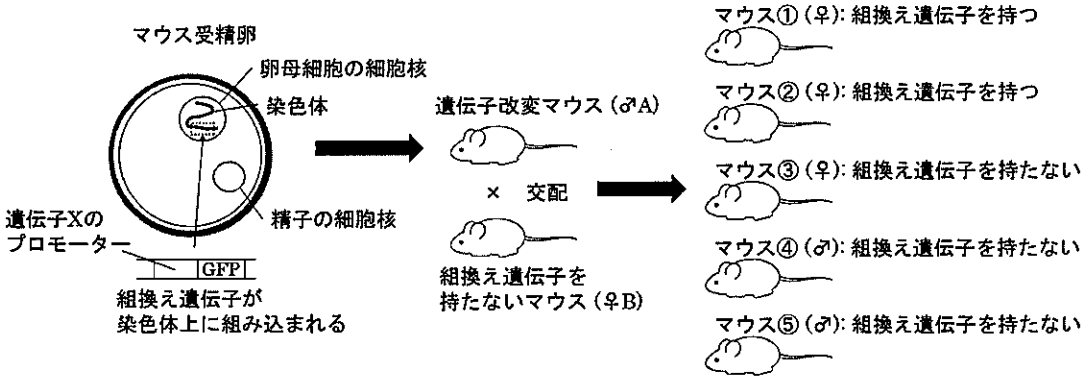
【　脳，肝臓，すい臓，腎臓，気管，消化管，脊髄，脊索，網膜　】

問３．下線部③について，プラスミドｂ，ｃにおいてGFPの蛍光が観察されなかったのはなぜか。図３の結果から原因を考察し，プラスミドｂ，ｃについて，それぞれ原因を記せ。

問４．下線部④について，下図はサンガー法で用いるジデオキシヌクレオシド三リン酸の構造式である。空欄（A）に入る構造式を記せ。



問５．下線部⑤について，図４のように受精卵内の卵母細胞の細胞核に組換え遺伝子を導入し，生まれた遺伝子改変マウス（オス：♂A）と組換え遺伝子を持たない普通のマウス（メス：♀B）を交配させたところ，下図のように５匹のマウス①～⑤（♀3匹，♂2匹）が生まれた。生まれたマウスが組換え遺伝子を持っているかどうか調べたところ，下図に示す結果が得られた。なぜ，このような結果になったと考えられるか，理由を記せ。



問６．下線部⑥について，心臓に移動してきた神経堤細胞由来の細胞でGFPが観察できなかったのはなぜか，理由を記せ。なお，マウスの発生過程で異常は生じていないものとする。