

平成 22 年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学
Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2 月 25 日 (木) (情—自然) 13 : 45—15 : 00

(理・医・工・農) 13 : 45—16 : 15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、51 ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報文化学部自然情報学科志望者には 16 枚(物理 3 枚, 化学 5 枚, 生物 3 枚, 地学 5 枚), 医学部志望者と農学部志望者には 11 枚(物理 3 枚, 化学 5 枚, 生物 3 枚), 工学部志望者には 8 枚(物理 3 枚, 化学 5 枚)ある。
4. 落丁, 乱丁, 印刷不鮮明の箇所などがあつたら, ただちに申し出よ。
5. 情報文化学部自然情報学科志望者は, 物理, 化学, 生物, 地学のうち 1 科目を選択して解答せよ。
理学部志望者は, 物理, 化学, 生物, 地学のうち 2 科目を選択して解答せよ。ただし, 物理, 化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部志望者と農学部志望者は, 物理, 化学, 生物のうち 2 科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は, 物理と化学の 2 科目を選択して解答せよ。
6. 解答にかかる前に, 答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し, 自分が選択する科目の答案紙の, それぞれの所定の 2 箇所に受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には, 大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には, 受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは, 退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

III

生 物

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、I，II，IIIの3題ある。全問解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号は、まぎらわしくないようにはっきり書け。

生物 問題 I

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

文 1

日本列島の陸地の 3 分の 2 は森林である。森林地域の生物群集は、生産者である植物、一次消費者である (ア) 動物、二次消費者である (イ) 動物とさらに高次の消費者、そして、動植物の遺体や排泄物の分解者である (ウ) や (エ) からなる。生産者・消費者・分解者のつながりを (オ) という。

さまざまな種で構成された植物の集団を植物群落といい、そして、植物群落の外観的な特徴の違いで分けたものを (カ) という。日本列島は地域によって気温と降水量が大きく異なり、それゆえ、地域ごとに (カ) を構成する植物種とその優種に違いがみられる。すなわち、(カ) として沖縄や南九州では亜熱帯多雨林、九州から関東地方までは (キ) ，東北地方から北海道南部までは夏緑樹林、北海道北東域では針葉樹林が分布している。日本以外では、例えば熱帯では高温多雨林、降水量の少ない地域では森林が形成されずに草原となる。

このように、現在の地球上には多種多様な生物群集が互いに関わり合いながらさまざまな環境に適応して (ク) を形成しているが、現存する個々の生物の (ケ) ，遺伝、生理を調べると、それらは忠実に子孫に伝えられ、その生物種が別の種へ変化することは起こらないようにみえる。それでは、多種多様な生物種はどのようにして生じたのであろうか？創造神話を信じる時代もあったが、近代の生物学の進展によって、今では、およそ 40 億年前に地球上で誕生した原始的生物が自己複製をくり返して子孫を生み出していく過程で、親とは異なる生物が長い時間をかけて生み出され、それらが多様に進化してきたと考えるようになった。1866 年ヘッケルはダーウィンの進化論にヒントを得て、生物全体の進化の過程を (ク) と (コ) の比較に基づいて考察し、生物間の類縁関係を樹木状に表現した系統樹を描いた。その後、1960 年代以降に細胞の構成成分であるタンパク質や DNA の分析が① 進み、それらの比較に基づいた分子系統樹が描かれるようになった。特定のタンパク質のアミノ酸配列や DNA 塩基配列をいろいろな生物種間で比較したときにみられる

アミノ酸配列や塩基配列の変化を分子進化という。分子進化の解析では、タンパク質や遺伝子ごとに変異速度が異なるので分析目的ごとに適切なタンパク質や遺伝子を選ぶ必要がある。例えば新世代第四紀以降の進化を調べるにはミトコンドリアが有用である。ヒトの場合、受精の時、 のミトコンドリアだけが子孫へ伝わる。そして、ミトコンドリアは核とは異なる独自の DNA(ミトコンドリア DNA)を持ち、また、そのコピー数は多く変異速度が大きい。近年、このミトコンドリア DNA の特質を使った解析によって、我々現生人類が 20 万年前にアフリカで誕生したとの有力な説が提唱された。

文 2

生物はその誕生以来、水中で進化し多様化していたが、 や の光合成によって放出された酸素の濃度が 5 億年ほど前までに大気中で増加し、大気圏上層には が形成された。 は生物にとって有害な紫外線を吸収するため生物の陸への進出が可能となったが、大気中は水中と異なり、湿度、気温、日照などが変動する過酷な非生物的環境であり、さまざまな適応機構の獲得が必要であった。

最初に、淡水に進出していた緑藻類(車軸藻類)が陸上生活のしゅみを獲得して陸へ上がったと考えられている。最古の陸上植物の化石であるクックソニア(4 億 1000 万年前の地層で見つかった)には維管束はないが、酸素と二酸化炭素の交換や蒸散のための があるのでクチクラ層もあったと推測される。したがって、体表の乾燥防止機構の獲得が最初だったのであろう。一方、動物の場合、陸へ上がる前段階として、からだを支える骨格と筋肉、浸透圧調節とミネラル吸収のための臓器である を進化させて海水生活から淡水生活へ適応した原始的な硬骨魚類が現れた。そして、これらの硬骨魚類の中から、乾燥に耐えられる皮膚を進化させ、また、酸素と二酸化炭素の交換をするための臓器である を内胚葉由来の臓器である から発達させて陸へ上がるものが進化した。最古の四肢動物の化石として知られるアカンソステガ(3 億 6000 万年前の地層で見つかった)が原始的両生類であると思われる。

陸上生活に適応する次の段階が水に依存しない受精機構の獲得である。コケ植物と

シダ植物は卵細胞を乾燥から保護するため、多細胞性の をつくるので、
 植物ともよばれるが、受精には外界の水を必要とする。古生代後半になると、胚珠の中に卵細胞をつくり受精後に胚珠が発達して種子をつくる裸子植物がシダ
^②植物から進化し、陸上での受精機構がそなわった。動物の場合、ほとんどの両生類は寒天質で覆われた卵を水中で生み、受精する。また、発生した幼生は水中で過ごす。古生代後半、殻を持つ卵を生むハ虫類が両生類から進化し、陸上での受精機構がそなわった。ハ虫類、鳥類、哺乳類の発生中の胚は を持つので 類とよばれる。

問 1 文 1 と文 2 の空欄 ～ に適切な語句を記入せよ。

問 2 下線①に関して、ヘモグロビンの分子系統解析の研究がある。表 1 はヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列(140 個のアミノ酸からなる)をヒト、ウシ、カンガルー、イモリ、コイで比較し、ヒトを基準にして異なっているアミノ酸の数(アミノ酸相違数)を示したものである。ヒトと同じ哺乳類であるウシでは 17 個の違いであるが、ヒトと両生類であるイモリでは 62 個も違っている。これは脊椎動物の共通祖先が持っていたヘモグロビン遺伝子が長い時間を経過する間に変化し、その結果アミノ酸配列にも違いが生じたことを示している。図 1 は 5 種類の動物の進化的隔たりを表す分子系統樹である。A, B, C, D は分岐点を表し、例えば、B はヒト、ウシ、カンガルー、イモリが共通の祖先から分岐した時期である。以下の設問(1)から(3)に答えよ。

表 1 ヒトのヘモグロビン α 鎖アミノ酸配列と異なるアミノ酸の数

	ウ	シ	カンガルー	イモリ	コイ
相違数	17	27	62	68	

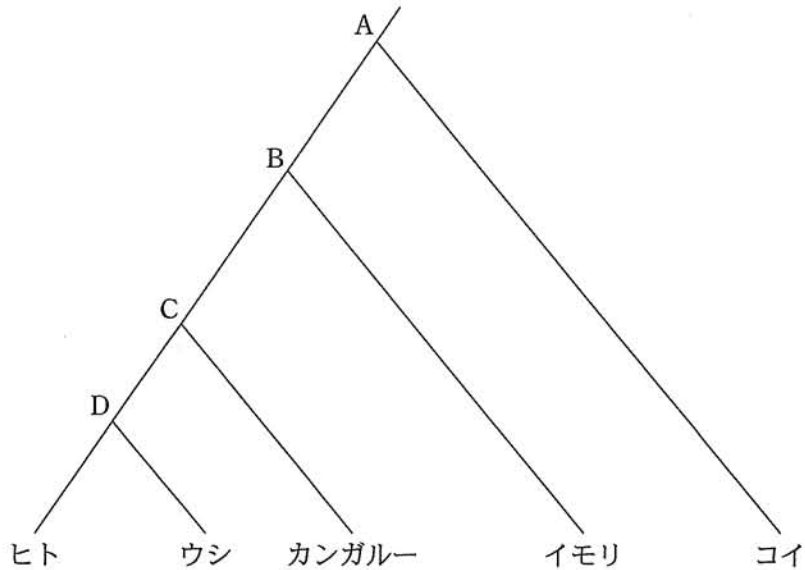


図1 5種類の動物の分子系統樹 Aで共通祖先から分岐した。

設問(1) 化石の解析から、ヒトとウシは共通の祖先から9000万年前に分岐したことが知られている。表1と図1から、ヘモグロビン α 鎖の1つのアミノ酸が別のアミノ酸へ置換するのに要した時間を計算せよ。計算の過程も示して有効数字2桁で、また、時間の単位は年で示せ。

設問(2) ヒト、ウシ、カンガルー、イモリが共通の祖先から分岐したBの時期は今から何年前か、計算の過程も示して有効数字2桁で示せ。

設問(3) 木村資生は進化のしくみを説明する中立説を提唱した。「突然変異」と「遺伝的浮動」という語を使って中立説を120字以内で説明せよ。

問3 下線②の裸子植物の生殖法は重複受精する被子植物とは異なる。イチョウを例にして、胚珠に到着した花粉が胚珠の中の卵細胞と受精するしくみを100字以内で述べよ。

生物 問題Ⅱ

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

文1

ヒトを含む動物では、からだを取り巻く外界のさまざまな情報は、受容器を通じて神経系に伝えられる。神経系に伝えられた情報は統合・整理されて処理されたのち、適切な命令として効果器に伝えられて、外界の刺激に応じた反応が起こる。

神経系では、多数の神経細胞(ニューロン)が連絡しあい、情報を伝える経路が形成されている。一般的なニューロンは、核のある細胞体を中心にして、そこから延びて枝分かれしている多数の と、1本の軸索からなる。脊椎動物の軸索の多くは、神経鞘とよばれる細胞でおおわれており、神経鞘の細胞が幾重にも巻きこんで を形成しているものを有髄神経線(織)維、 のみられないものを無髄神経線(織)維という。軸索の末端は、ごく狭いすき間を隔てて次のニューロンや効果器と連絡しており、この部分を という。刺激を受けたニューロンの興奮が軸索の末端まで伝わると、 小胞から^①神経伝達物質が放出され、次のニューロンや効果器に刺激が伝達される。

文2

脊椎動物の中樞神経系は、脳と脊髄からなる。脳はその構造とはたらきの違いから大脳・間脳・中脳・ ・ に分けられる。間脳・中脳・ には個体の生命維持に重要な機能の中樞があり、まとめて とよばれている。大脳は左右の半球に分かれ、外側の大脳皮質はニューロンの細胞体が集中する ，内側の髄質はニューロンの軸索で構成される に区分される。 には、からだの平衡などを制御する中樞がある。脊髄には末梢神経の束が通る と が左右にあり、 には感覚神経が通り、 には運動神経と自律神経が通る。脊髄、中脳および は、大脳の支配を受けることなく刺激に対して無意識に反応が起こる の中樞である。

文3

間脳の一部である視床下部には、内分泌系と自律神経系の中枢があり、内分泌腺・内臓のはたらきや、体温・血糖値・摂食・睡眠などの調節を行っている。視床下部ニューロンには、神経伝達物質を [ウ] のすき間に放出して他のニューロンに情報を伝達するものの他に、ホルモンを合成・分泌する機能を持ったニューロンがある。このニューロンは [シ] 細胞とよばれ、脳下垂体前葉からのホルモン分泌を調節する視床下部ホルモンや、脳下垂体後葉から直接分泌されるホルモンを分泌する(図1)。 [シ] 細胞が分泌する視床下部ホルモンの主要なものは、数個から数十個のアミノ酸が [ス] によってつながったホルモンである。

脳下垂体前葉からのホルモン分泌を調節する視床下部ホルモンの存在は、ラット(動物実験に用いられるネズミの一種)を用いた実験により、視床下部と脳下垂体を連絡する部位(下垂体柄(へい)という)を通過するすべての神経線(繊)維と血管を切断する手術を行うと、甲状腺や副腎などの萎縮がみられることから明らかとなった。

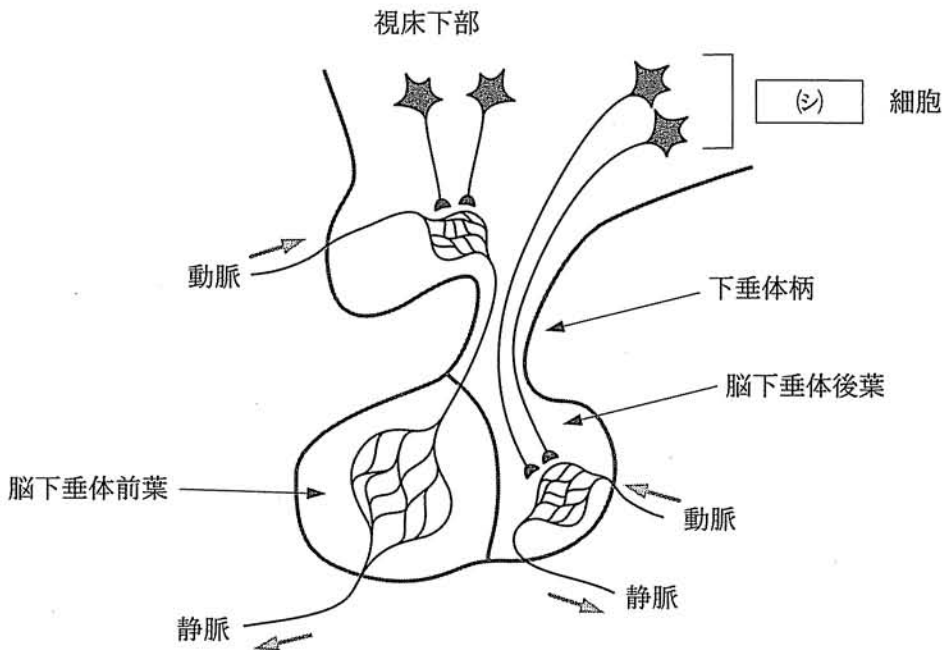


図1 視床下部と脳下垂体(模式図)

文 4

1962年に下村脩らによりオワンクラゲから発見された生体内蛍光物質である緑色蛍光タンパク質(GFP)は、その後1990年代にGFP遺伝子の同定が行われ、現在では、遺伝子工学を用いて、細胞や組織における遺伝子の発現を追跡するための目印(レポーター)として、生物学の研究に広く用いられている。

ある視床下部ホルモンAの遺伝子の に GFP 遺伝子をつなぎ合わせた DNA 断片を作製し、マウスの受精卵の核に注入して受精卵の DNA の一部として取り込ませた。この受精卵を別のマウスの子宮に移植して生まれたマウスでは、視床下部ホルモンA^③を合成・分泌するニューロンで特異的に GFP が発現していた。このように、GFPを利用して、ある特定のニューロンに特異的な遺伝子発現を可視化し、そのニューロンの機能や神経活動の制御のしくみを調べることができる。

問 1 文 1～文 4 の空欄 ～ に適切な語句を記入せよ。

問 2 下線①について、設問(1)および(2)に答えよ。

設問(1) ニューロンの細胞膜の内外で起こる電気的な変化について、あてはまるものに○、あてはまらないものに×を付けよ。

- a) 興奮していない状態の細胞では、カリウムイオンが細胞の内側から外側へ拡散するため、細胞膜の内側がマイナスとなる静止電位を発生させる。
- b) 活動電位を発生するときは、ナトリウムイオンだけを通すイオンチャネルが短時間だけ開き、ナトリウムイオンが細胞の内側から外側に向かって流出するので、細胞膜の内側がマイナスとなる電位を瞬間的に生じる。
- c) 軸索の一部分が興奮すると、その部分の膜電位が瞬間的に逆転して興奮した部分と興奮していない部分との間に電位差が生じ、電位の高い方から低い方へ向かって微弱な電流が流れる。

設問(2) 刺激を受けたニューロンの興奮が、細胞体から軸索の末端まで逆戻りすることなく軸索を伝わる電気的なしくみについて、120字以内で述べよ。

問 3 下線②の実験について、下垂体柄の切断手術「あり」20 頭と切断手術「なし」20 頭で実験を行い、2 ヶ月後に甲状腺の状態を調べた結果は以下の表の通りであった。設問(1)および(2)に答えよ。

	切断手術「なし」	切断手術「あり」
甲状腺が正常であったラット	20 頭	8 頭
甲状腺が萎縮していたラット	0 頭	12 頭

設問(1) 下垂体柄の切断手術「あり」において、甲状腺が萎縮していたラットが出現したのはなぜか、100 字以内で述べよ。

設問(2) 下垂体柄の切断手術「あり」において、一部のラットで甲状腺が正常であった理由として、以下の a～dの中から考えられるものをすべて記号で答えよ。

- a) 脳下垂体前葉ホルモンの分泌を調節する視床下部ニューロンの軸索が再生していた。
- b) 視床下部と脳下垂体前葉を結ぶ血管が再生していた。
- c) 脳下垂体前葉から甲状腺のはたらきを刺激するホルモンが放出されていた。
- d) 脳下垂体後葉に向かう視床下部ニューロンの軸索が再生していた。

問 4 下線③の実験で生まれたマウスでは、GFP 遺伝子はからだを構成するすべての細胞に存在することになる。それにもかかわらず、視床下部ホルモン A を合成・分泌するニューロンで特異的に GFP が発現していたのはなぜか、80 字以内で述べよ。

生物 問題Ⅲ

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

文1 ー免疫系の進化ー

免疫には、大きく分けて生まれつきそなわった と生後にそなわってくる の2つがある。 は原始的免疫システムと言えるもので多細胞生物の誕生とほぼ同じ頃から存在するが、 は脊椎動物のみが持っている免疫システムである。両者の大きな違いは、免疫学的記憶を司っているか否かにある。免疫学的記憶とは、免疫系が一度感染した病原体を覚えていて同じ病原体が二度目に感染した場合には、一度目の感染よりも かつ 免疫応答を起こすことである。また、抗原の違いを見極めて応答し、別の抗原に対しては異なった応答を起こすという抗原特異性を持っているかどうか、という点においても違っている。ここで言う抗原とは が作る抗体に対する抗原だけでなく、 が作る特定の抗原を識別して結合する分子に対する抗原も含めたものである。 と の比較を簡単にまとめると以下の表ようになる。

	(ア)	(イ)
免疫学的記憶の有無	(キ)	(ク)
抗原特異性の有無	(キ)	(ク)
主に働く細胞	(ケ)	(オ)
	顆粒球	(カ)
そなえている生物	無脊椎動物を含むほぼすべての多細胞生物	脊椎動物

文2 ー免疫と遺伝子解析ー

近年の免疫学研究の発展に、遺伝子解析技術が多大な貢献をしたことは明らかである。初めに遺伝子解析を免疫学研究の分野に導入して大きな成果をあげたのは、利根川進による抗体遺伝子の解析であろう。抗体分子の決定的特徴は、その の多様性であり、ありとあらゆる形状の抗原分子に特異的に結合できる能力を生み出し

ている。その多様性がいかにして作られるかを解き明かしたのが利根川の研究である。抗体の [コ] をコードする遺伝子は、 [カ] では V, D, J の 3 つ、 [シ] では V, J の 2 つの部分(セグメント)に分かれて存在し、それぞれのセグメントについて数個から数百個の異なる配列を持った遺伝子が用意されている。 [オ] の分化過程で、その中から 1 つずつのセグメントが選ばれて結合し、 1 つの分子の [コ] を構成する遺伝子が作られることによって、抗体分子の多様性が生み出されるのである。抗体遺伝子の再編成は、遺伝子の基本台帳である [ス] の段階の組換え現象であり、抗体を産生する細胞のみに見られる現象である。この [ス] 段階での遺伝子再編成の発見は、それまでの生物学の常識であった概念^①を根底から覆したことで評価され、利根川はノーベル賞の受賞に至ったわけである。

免疫においては、 [セ] とよばれる細胞間の情報伝達物質が非常に重要な働きをしている。免疫系が多様な細胞の働きの絶妙なハーモニーによって成り立っていることを考えれば、その細胞間の情報伝達は絶対に欠かせないことがわかる。その [セ] も当初は「 [カ] を培養した培養液中に存在する、 [オ] の抗体産生を促す作用を持った因子」といったような実体のつかみにくいものであったが、遺伝子解析の進歩によって次々とそのような因子の遺伝子クローニングがなされ、それぞれの因子の物質としての同定が進んだ。それによって、それまで別物だと思われていた因子が実は同一の物質であることが判明したりして、 [セ] の名称の系統の変更(例えば [ソ] の 1 番から順番に数字を割り当てていくなどによって整理していくこと)が行われた。

文 3 ー免疫と遺伝子操作ー

遺伝子操作技術も免疫学研究の発展に大きく貢献した。遺伝子操作によって多くの遺伝子改変動物が作製され、免疫学研究の分野に利用された。免疫学の分野にとどまらず、遺伝子改変動物が最も数多く作られた脊椎動物種はマウスである。遺伝子改変マウスには、受精卵や初期胚に外来性遺伝子を導入し、からだを構成するすべての細胞に導入された遺伝子を持つ [タ] マウスや、逆からからだ全体もしくは一部の細胞の特定の遺伝子を破壊してその遺伝子産物ができないようにした通称ノックアウトマウスなどが存在する。ノックアウトマウスの作製には、通常高い [チ] と分化

〔ツ〕を持ったES細胞(胚性幹細胞)が用いられる。このES細胞に標的とする遺伝子に変異を加えた遺伝子を導入し、標的遺伝子と〔テ〕を起こしたES細胞クローンを選別する。このようにして得た標的遺伝子に変異の入ったES細胞を、胚盤胞腔内に打ち込んで内部細胞塊と融合させ、それを代理母マウスの子宮内に移して発生させる。生まれてくるマウスには、胚盤胞内の内部細胞塊由来の細胞とES細胞由来の細胞が混ざり合ったキメラマウスが現れてくる。ノックアウトしたい遺伝子が常染色体上にある場合、このキメラマウスの生殖細胞がES細胞由来であれば正常マウスとの交配によって〔ト〕%の確率でその子孫に変異の入った遺伝子が伝えられる。初代の子孫ではどちらか一方の対立遺伝子に変異が入ったヘテロ接合体型であるが、そのヘテロ接合体型マウス同士を交配させることによって〔チ〕%の確率でホモ接合体型の変異遺伝子を持ったノックアウトマウスができることとなる。このようにして作られたノックアウトマウスを調べることによっていろいろなことがわかったが、免疫学の分野では例えばある〔セ〕の遺伝子をノックアウトしてみるとそれまでには予想されなかった異常が現れたりして、その〔セ〕の新たな機能が見いだされることとなった。

問1 文1～文3の空欄〔ア〕～〔チ〕に適切な語句または数字を記入せよ。

問2 免疫を担当する細胞の発生・分化や、免疫応答のために特に発達した臓器・器官を4つあげよ。

問3 文2の下線①の概念とはどのようなものか。そして、それを利根川の発見はどのように覆したか。「体細胞」と「生殖細胞」という語を使って140字以内で答えよ。

問4 〔セ〕の中で〔ソ〕に属さないものの名称を1つあげよ。

草稿用紙

(切りはなしてはならない)

草 稿 用 紙
(切りはなしてはならない)