

## 試験問題(記述式) — 理 科(生物)

(注意) 解答はすべて別紙解答用紙の定められた欄に書くこと。

1 次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

ビニール袋に入った 40 L の水を外気に曝しておくと、真夏の昼間だと水温が 60℃ を越え、真冬の明け方だと氷になってしまう。水温は外気温によって大きく変化するのである。しかし、60 kg の人体には約 ( ア ) L の水が含まれるが、同様に外気へ曝しても体液の温度はほぼ一定である。これを「( イ ) の維持」と言い、ここに体温調節の存在がある。

寒いところへ入ると、ヒトはまず ( ウ ) をする。これにより体温の急速な低下を防ごうとする。これは行動性調節と呼ばれ、体温の低下を予測してこれを防ごうとする一種の予測制御<sup>(a)</sup>であると考えられている。その寒冷な場所に居続けると、これに加えて、熱産生を起すように自律系が作動する。これは自律性調節と呼ばれ、一種のネガティブ・フィード・バック調節である。前者の行動性調節は、皮膚にある ( エ ) が外気温をセンスし、その情報を ( オ ) へ伝え、ここから大脳へ連絡された結果である。一方、後者のネガティブ・フィード・バック調節は、(エ)とともに ( カ ) にある温度受容器が反応し、ここから自律系へ連絡がなされた結果である。この自律系としては、( キ ) と ( ク ) とが存在し、(キ)は立毛筋<sup>(b)</sup>や皮膚血管の ( ケ ) を行い、体温を維持しようとする。(ク)では、( コ ) から TSH という刺激因子が出て ( サ ) を刺激し、( シ ) を分泌させ、細胞の代謝速度を上げる。また、同様に(コ)から ACTH という刺激因子が出て ( ス ) を刺激し、( セ ) を分泌させ、肝臓や筋肉でも代謝速度を上げる。これら自律性調節の中枢も行動性調節の中枢と同じ(オ)である。

こうして体温は一定に保たれているのだが、実はヒトの場合、朝 6 時頃の体温と昼 3 時頃の体温では 0.6℃ から 1.0℃ 近くも差のあることがわかっている。このように、ほぼ一日の周期で自律的な変動することを ( ソ ) と呼ばれる。また、同じ時刻に計測しても、成熟女性ではおよそ 28 日周期<sup>(c)</sup>で 0.5℃ 以上の体温変動を示す。(イ)の状態にあるはずの体温でさえも周期的に変動しているのである。つまり、「(イ)の維持」と言っても、微動だにしない「一定」を意味するのではなく、揺れながら<sup>(d)</sup>全体のバランスの中で、動的に平衡が保たれていることを意味しているのである。

問 1 文中の空欄(ア)～(ソ)内に入る適切な語句を記入し、文章を完成させよ。ただし、同じ語句が入ることもある。

問 2 文中の下線部(a)には、他にどのような例があるか一つ挙げよ。

問 3 文中の下線部(b)を惹起させる神経伝達物質は何か。

問 4 文中の下線部(c)の分泌細胞は、さらに上位器官からシグナルを受ける。そのシグナルは何か。

問 5 文中の下線部(d)に関して、次の問に答えよ。

(1) この(d)は何に基づいて周期を刻んでいるのが。

(2) (1)はどこに存在するか。

(3) 「ほぼ 1 日」の周期を「正確に 1 日」の周期に変調する刺激は何か。

問 6 文中の下線部(e)を惹起させる因子は何か。

問 7 文中の下線部(f)の考え方を唱えた学者は誰か。

2 次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

免疫学の医学への応用は1796年(ア)博士の牛痘による(イ)の予防から始まったと思われる。10世紀の(イ)に関する臨床的な論文を見ると、免疫の根幹である「二度なし現象」<sup>(a)</sup>の記載がなされている。19世紀末には、(ウ)博士は免疫現象を科学的に一般化し、この原理を応用したニワトリコレラ、炭疽菌などの感染予防や狂犬病の予防へと発展させた。1890年、(エ)博士と(オ)博士は血清療法を見出し、(カ)の概念を打ち立てると共に(キ)の治療に応用した。(ク)博士によって生み出された(ケ)免疫の概念は結核に対する予防接種へと発展し、(コ)博士によるABO式血液型の発見は親子関係の鑑定や犯罪捜査に役立つようになった。

現在、免疫学は様々な医学分野へ応用されている。例えば、臨床検査での応用を挙げると、生体試料中に存在する種々雑多なタンパク質の中から特定のタンパク質を定量するのに用いられる。特定のタンパク質を(サ)と見立て、このタンパク質に対する(カ)を作用させ、(シ)反応を導く。実際には、(カ)を試験管内の壁に固定しておき、測定したいタンパク質Aを含むサンプル及び発色する基質と結合した一定量のタンパク質A[このタンパク質はAと同じタンパク質で別に調整したもの]<sup>(e)</sup>を入れる。両方のタンパク質が(カ)と接すると、(シ)反応が起こる。試験管内で反応しなかったタンパク質を洗い流した後、試験管内の発色量を測定する。この方法と同様の原理でウイルス感染の有無を検出できるクロマトグラフィーを応用した簡易キットが日常的に使用され、検出時間はたったの15分である。一方、がん治療への応用も行われている。腫瘍細胞の細胞膜には様々な(ス)が存在する。ある種の腫瘍では、自らの増殖を促進するタンパク質を産生する。そのような場合、細胞増殖を促進するタンパク質と結合する(ス)も細胞膜に存在する。その(ス)タンパク質に対する(カ)を作成し、腫瘍細胞に作用させると、腫瘍細胞膜上で(シ)反応が起こり、腫瘍細胞の増殖を促進するタンパク質と(ス)タンパク質の反応を阻害することができる。そのため、腫瘍細胞の増殖が抑えられることになる。

しかしながら、免疫と言う自然の摂理は時として有害にもなりうる。(シ)反応が自己のタンパク質に対しても起こるからである。自己の特定のタンパク質に対して(カ)を作成し、自らを攻撃する病気や(シ)反応を起こした産物が血液中に巡回し、特定の部位に沈着することによって病気を引き起こすこともある。

近年、障害された臓器を移植<sup>(f)</sup>によって甦らせようとする人類のもくろみに対して免疫は大きな障壁となっているし、輸血<sup>(h)</sup>でもしばしば邪魔をする。免疫学は「突起」と「くぼみ」と言う単純な概念から端を発した生体防御に関する学問である。しかし、移植や輸血のことを考えると、「諸刃の剣」となる免疫機構を人類は制することができるのであろうか。人類の未来の可能性に期待する。

問1 文中の(ア)、(ウ)、(エ)、(オ)、(ク)と(コ)に入る人物名を下記から選び、記号で答えよ。

- (あ) 北里柴三郎 (い) 木原 均 (う) サンガー (え) ジェンナー (お) 利根川 進  
(か) パスツール (き) ベーリング (く) ブラックマン (け) ラントシュタイナー (こ) ローマン  
(さ) ヨハンセン (し) メチニコフ

問2 文中の(イ)、(カ)、(キ)、(ケ)、(サ)、(シ)と(ス)に入る語句は何か。

問3 文中の下線部(a)で示す「二度なし現象」とは何か、その機序を含め説明せよ。(50字以内)

問4 文中の下線部(b)で示す血清療法とは何か、説明せよ。(40字以内)

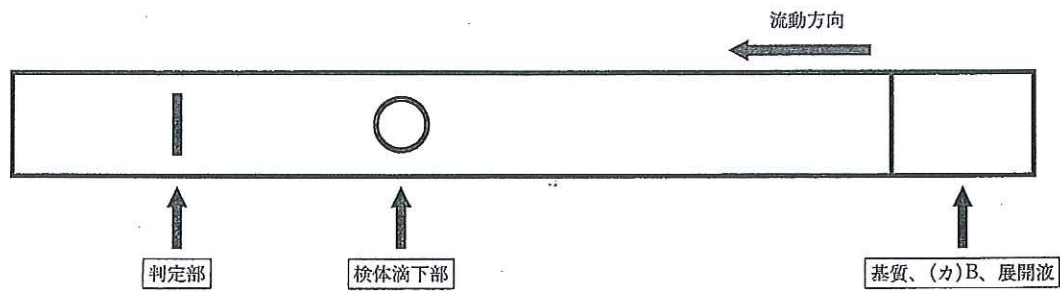
問5 文中の下線部(c)で示す(カ)とはどのような構造からなるか、解答用紙に図示せよ。(カ)の特異性が決定される部位とその名称をその図中に記入せよ。また、なぜ特定のタンパク質のみに機能するか、遺伝子レベルから説明せよ。(50字以内)

問6 文中の下線部(d)で示す結核に対する予防接種を何と呼ぶか、その名称を答えよ。また、ツベルクリン反応とはどのような検査か、その機序を含め詳しく説明せよ。(50字以内)

問7 文中の下線部(e)で示す文章をもとにして測定したいタンパク質の量と発色量の関係をグラフで表せ。

問8 文中の下線部(f)で示す簡易キットの使用法と構造は下記のごとくである。簡易キットによる判定が陽性的の場合、図の判定部に一致してラインが発色する。なぜこのような現象が起こるか、説明せよ。下記の文中の(カ)は本文中の(カ)に一致する。(50字以内)

簡易キットの右端には基質、基質に結合して発色する物質を付けた(カ)B[ウイルスのタンパク質Bに反応する]、及び展開液が入っている。検体滴下部に検体を入れる。判定部にはウイルスのタンパク質Cに対する(カ)Cが線状に固定されている。右端の部分を押すと、基質、(カ)B、展開液が混ざり合い、膜に沿って矢印の方向へ流動する。15分以内に混ざり合った液は判定部に達する。



問9 文中の下線部(g)で示す移植に関連した2つの間に答えよ。

- (1) 移植の時に起こる免疫現象に関わる3つの細胞の名称を書き、各々の機能を説明せよ。(各々20字以内)
- (2) (1)の現象を起こす細胞膜上に存在するタンパク質は何と呼ばれているか。ヒトの場合、このタンパク質の遺伝子は第6染色体の6対の遺伝子によって構成されている。そのうち、3対は非常に近い距離に存在する。この6対の遺伝子はほぼ完全に連鎖し、全て発現する。兄弟間で移植する場合、移植が成功する確率は何%か。

問10 文中の下線部(h)で示す「輸血でもしばしば邪魔をする」とは、どのような機序で起こるか。本文中の(カ)などに相当する別の語句を使用し、説明せよ。(40字以内)

3 次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

ミツバチでは、ローヤルゼリーを与えられた幼虫だけが女王バチに分化することは100年以上も前から知られている。ローヤルゼリーの酵素類は、働きバチの下咽頭腺や大あご腺(図)から分泌される。女王バチは働きバチに比べて成長が早く、体長は1.5倍、寿命は20倍にもなる。女王バチだけが産卵でき、1日に約2000個もの卵を産む。これまでローヤルゼリーについて、次のような実験が行われている。

〔実験〕

- 1 幼虫に新鮮なローヤルゼリーと、40℃で30日間保存した古いローヤルゼリーを与えたところ、新鮮なものを摂取した幼虫が女王バチに成長した。40℃で30日間保存した古いローヤルゼリーを摂取した幼虫は働きバチになった。
- 2 新鮮なローヤルゼリーには、複数のタンパク質が含まれていた。そのうち、あるタンパク質Xは、40℃では時間がたつにつれて分解してしまうことがわかった。
- 3 2で見出されたタンパク質Xを粗抽出し幼虫に投与してしらべたところ、ミツバチの幼虫を女王バチに成長させる効果をもつことがわかった。このタンパク質Xはロイヤラクチンとして知られるようになった。
- 4 そこでロイヤラクチンの遺伝子を取り出して、遺伝子工学の技術を利用して大腸菌にロイヤラクチンを大量に作らせ、このタンパク質をミツバチの幼虫に投与した。その結果、幼虫を女王バチに成長させることができた。

(ミツバチ科学, 2002; Nature, 2011)

ロイヤラクチンは、将来女王バチとなる幼虫の体腔内の随所にある脂肪体に作用することで、頭部のアラタ体から幼若ホルモンの分泌を促進し、産卵数を増加させるとともに、早い成長、大きな体格、長い寿命といった女王バチのもつ特徴を生じさせる。

すべての働きバチのもつ遺伝子は、同じ集団(コロニー)に属するほかの働きバチや女王バチのものと極めてよく似ている。働きバチの日常行動は、他の個体のために一生働きつづけることが主であり、自分の子を残すことはない。一匹の働きバチは、羽化した後に加齢するにしたがって、育児、女王バチの世話、花蜜・花粉の採取など、多種類の仕事を順次転換していく。しかし、ミツバチの繁殖システムの重要な部分は、働きバチのロイヤラクチン分泌能力に支えられている。このようなメカニズムの解明は、蜂蜜を安定供給するミツバチ飼育法の開発や、働きバチが突然いなくなる蜂群崩壊症候群を理解するための手掛かりとして役立つ可能性がある。このように考えると、ロイヤラクチンはミツバチの個体にとって、社会性の維持、早い成長と体の大きさや寿命、産卵数に関与するなど、種に特異性のある重要な物質といえるかもしれない。

- 問1 昆虫類では、下線部(a)のミツバチのように、多数の個体が集団で生活し、集団内の個体間では形態・役割・習性などにより分業が決まっているものがある。このような昆虫を何と呼ぶか。(漢字5文字)
- 問2 問1のような昆虫はミツバチ以外にどのようなものがあるか。一つ選び(あ)～(お)の記号で答えよ。  
(あ) カブトムシ (い) アゲハチョウ (う) セスジユスリカ (え) ヤマトシロアリ  
(お) オオシモフリエダジャク
- 問3 下線部(b)の働きバチの性別は何か。(か)～(こ)の記号で答えよ。  
(か) すべてオス (き) すべてメス (く) オスとメスがほぼ半数ずつ (け) 大部分がオス  
(こ) 大部分がメス
- 問4 下線部(c)の脂肪体はロイヤラクチンから見て内分泌学的に何と呼ばれるか。
- 問5 昆虫類は三胚葉動物であることが知られている。図中に示した脳、中腸、飛翔筋は、発生過程のどの胚葉に由来するか。(それぞれ漢字3文字)
- 問6 下線部(d)のような行動は、自己の遺伝子を次世代に残すという意味から、働きバチにとって合理的でないように見える。しかし、このような行動は、遺伝子を残せない働きバチにとって生物学的にどのような意味があると考えられるか。「遺伝子」、「集団」の2語を含めて説明せよ。(50字以内)
- 問7 〔実験〕4が必要だった理由を述べよ。(30字以内)

問8 ロイヤラクチンをショウジョウバエの幼虫に投与したところ、女王バチの場合と同様に体の成長や産卵数、寿命の増加が認められた。この結果から何が言えるか。(50字以内)

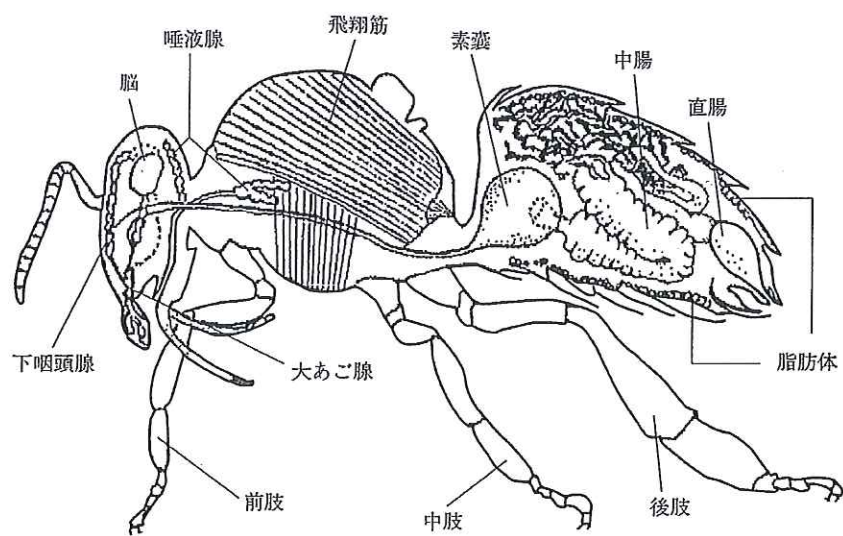


図 ミツバチの成虫の器官 (働きバチ)

4 次の文章を読んで以下の設問に答えよ。

地球上の生態系について学ぶと驚くほど多種多様な植物が存在することに気がつくであろう。樹高が100メートルにも達する樹木、森林限界より標高の高い高山帯に群落を作る低木、灼熱の砂漠の乾燥に耐えるもの、熱帯の河口付近の汽水で群落を作るものや、寒冷なツンドラ地帯に生息するものなど、植物は様々な生態系に適応した生活様式をとっている。植物は光合成によって太陽の光エネルギーを取り込みCO<sub>2</sub>と水から糖を合成しながら、一生移動すること無く同じ場所で生活する。一方、動物は自前でエネルギー源となる物質を作り出せないため常に動きまわり餌を探して摂取する必要がある。植物は約4億5千万年前に水中から上陸し、地上に固着する生活を選んだ。重力存在下で温度変化や乾燥のストレスに耐え地上での生息域を増大させるために、植物は「より好条件の方向に向けて体を伸長させる巧みな制御方法」を発達させてきた。例えば、植物は光が当たらない不都合な環境を避けるために茎を光の方向に伸ばして問題を解決しようとする。これを(ア)と呼ぶ。また重力を感知して根を下に向かって伸ばそうとする。これを(イ)と呼ぶ。植物の茎や根の先端にある(ウ)では細胞分裂が盛んにおこなわれ茎や根となる細胞が作り出されている。一方、光や重力に反応して特定の方向にむけた茎や根の屈曲を誘導する植物ホルモンがオーキシンである。

オーキシンは最初に植物ホルモンとして認識され同定された「物質」である。そのオーキシンが同定されるまでの経緯を概説する。

・ダーウィン親子の実験(1880年、図1)

イネ科のクサヨシ(カナリアソウ)の幼葉鞘に横から光をあけると光の向きに屈曲する。幼葉鞘の先端を帽子で覆うと屈曲が見られなくなる、また先端より下の屈曲部を覆いで遮光しても光の向きに屈曲が起こる。

・ホイセー-イエンセンの実験(1913年、図2)

マカラスムギの幼葉鞘先端を切って水溶性の物質を通すゼラチンを間に挟んでも屈曲が起きる。一方、水溶性物質を通さない雲母板を光が当たる側に差し込んだ場合は光への屈曲は起きたが、光の反対側に差し込むと屈曲が起こらなかった。

・ウェントの実験1(1928年、図3)

マカラスムギの幼葉鞘先端を切って水溶性物質を通す寒天の上に載せた後、遮光中で先端を切除した幼葉鞘の片側にこの寒天のみをのせると反対側に屈曲した。

・ウェントの実験2(1928年、図3)

実験1と同様の実験で、幼葉鞘の屈曲の角度を測定するとそれは載せた寒天の数や、寒天を載せておいた時間の長さに比例することを見出した。これは「アベナの屈曲試験法」と呼ばれ、オーキシン量を測る優れた生物検定法として近年まで利用されてきた。

その後1930年代に、ケーグルは人尿より、ティマンはカビからオーキシンを分離し、オーキシンはインドール-3-酢酸という物質であることを報告した。

図4のように幼植物全体に横から光をあけると、地上部の茎は光の方向に傾くが、根は光を避ける方向に曲がる。適当量のオーキシンは茎や根に働きかけ硬い細胞壁を緩めて伸長を引き起こす。図5に示すように、茎と根でオーキシンに対する感受性に差があり、ある濃度範囲ではオーキシンへの反応が茎と根で逆転するために互いに反対方向への屈曲が起きると考えられる。

農業の分野では分解されにくい化学的に合成された合成オーキシンが水田などで除草剤として広く使用されているが、その使用には環境への配慮も必要である。

問1 下線部(a)~(e)に該当する代表的な植物を一つずつ選んで記号で答えよ。

(a) サボテン (い) ハイマツ (う) ヒルギ (え) ミズゴケ (お) セコイア

問2 下線部(f)(g)のように栄養を獲得する生物をそれぞれ何生物と呼ぶか答えよ。

問3 下線部(h)について、浅瀬に住む緑藻類から進化し、最初に維管束をもち陸上生活に広く適応したのは何植物か、またそれらが陸上生活を選んだ理由を簡潔に述べよ。(15字以内)

問4 本文中の(ア)~(ウ)に当てはまる語句を答えよ。

問5 オーキシンの「物質」の同定にたどりつくためにダーウィン親子の実験、ホイセーイエンセンの実験、そしてウェントの実験1はそれぞれ重要な意義があった。(エ)~(カ)にあてはまる語句を記入し各文章を完成させよ。

1) ダーウィン親子の観察は、幼葉鞘の先端で受けた光方向の(エ)が何らかの形で下部の屈曲部に(オ)されることを示した。

2) ホイセーイエンセンの実験は幼葉鞘の屈曲を促進する水溶性物質が光の当たる反対側を通ることを示した。

3) ウェントの実験1は幼葉鞘の屈曲を誘導する活性物質を植物体から(カ)できることを示した。

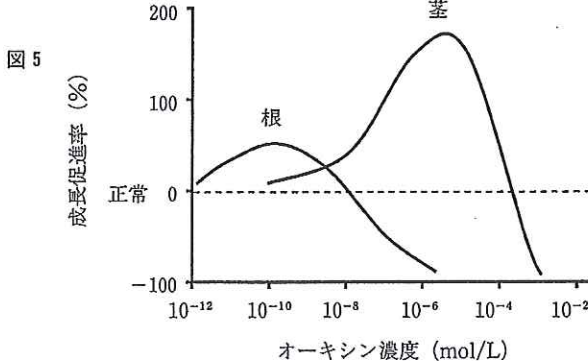
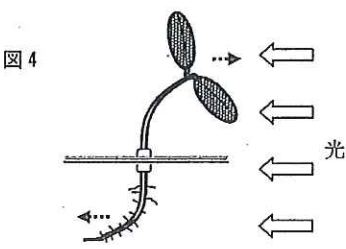
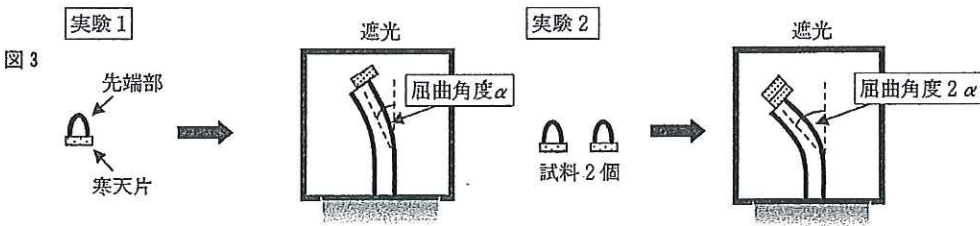
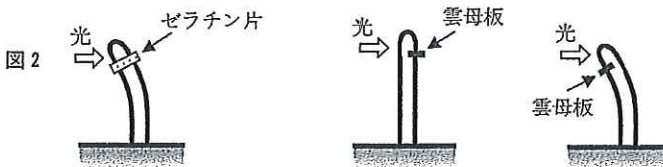
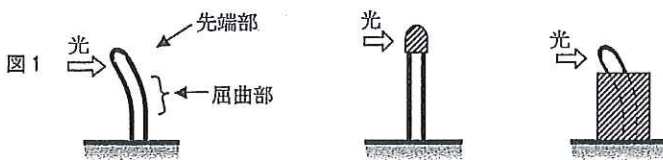
問6 ウェントの実験2(アベナの屈曲試験法)を利用してオーキシンを最も多く含む植物体の部位を特定する実験方法を考案せよ。(60字以内)

問7 下線部(i)について、オーキシン濃度と茎・根の成長促進率の関係を図5に示す。光の当たらない側の幼植物体内のオーキシン濃度がどの範囲であれば図4のような反応が期待できるか。このオーキシン濃度の範囲を $\longleftrightarrow$ (両矢印)として解答用紙のグラフ下の $\square$ に明確に図示せよ。

問8 以下の事実を考慮して、図4のように光に反応した茎が屈曲に至る機序を解説せよ。(40字以内)

幼植物体の光への反応を観察する準備段階で、うっかりして十分な水分を植物に与えていなかった。幼植物体の茎はまっすぐで萎れてはなかったが、幼植物体の片側から光を当てても図4のような屈曲が起らなかった。この後、十分な水分を与えなおし観察したところ光に対する屈曲反応が回復した。

問9 下線部(j)について、幼植物体に対するオーキシンのどのような働きが除草剤として利用されているか、図5を参考に説明せよ。(20字以内)



解 答 用 紙 理科(生物)

受 験 地	受 験 番 号

(5枚の1)

得点	
----	--

1

問1	ア	<input type="text"/>	イ	<input type="text"/>	ウ	<input type="text"/>
	エ	<input type="text"/>	オ	<input type="text"/>	カ	<input type="text"/>
	キ	<input type="text"/>	ク	<input type="text"/>	ケ	<input type="text"/>
	コ	<input type="text"/>	サ	<input type="text"/>	シ	<input type="text"/>
	ス	<input type="text"/>	セ	<input type="text"/>	ソ	<input type="text"/>

問2

問3

問4

問5 (1)  (2)

(3)

問6

問7









