

## 令和6年度ダビンチ入試(総合型選抜)スクーリング内容の公表について

### ★第1次選考

日 程	10月7日(土) 午前	
プログラム	講義・レポート作成【課程に対応する学域ごとに実施】	
ね ら い	基礎知識、数理能力※、理解力、問題解決力、論理的思考力、文章表現力をみる。	
要 約	応用生物学域	遺伝子の機能に関する研究事例の紹介と遺伝の原理と突然変異についての講義をおこなった(40分)。講義では、配付した資料にメモを取ることを認め、その資料を試験に持ち込むことを認めた。これらの講義を踏まえて、レポート作成では、講義の内容を理解する力、基礎知識、計算力、論理的思考力、問題解決力、文章表現力を調べた。
	物質・材料 科学域	固体、液体、気体の分離に係る種々の実験の基本操作と応用例について約40分の講義を行った。レポート作成においては、講義内容に基づいて、実験操作の意味や注意点、実験で生じている現象を題材に、記述式問題を中心に出題した。また、グラフの見方や実験の条件設定などについて計算能力も問うた。
	設計工学域	「交流回路とフェーザ」と題して40分の講義を行い、その後、講義の内容の理解度などを測る90分の試験を行った。講義内容は次の通りである。まず、電気回路と複素数について基本的な事項を説明し、ついで正弦波交流を扱う回路で使用されるフェーザ表示という複素数を使った計算法について、その表示法ならびに演算法を説明した。次に、簡単な回路に対して基本的な計算例を示した。最後に、交流の角周波数を変化させた場合の各素子の電圧の変化について説明した。筆記試験では、講義内容の理解度を測る問題に加え、講義で得た知識を用いて問題を解決する能力を測る問題や、論理的思考力と文章表現力を測る問題を設定した。講義では、配付資料にメモを取ることを許可し、その資料を試験に持ち込むことを認めた。
	デザイン科学域	「壊れない建物をめざして」と題した講義(40分)を行い、その後、講義内容に関して講義の理解力、論理的思考能力、表現能力、問題解決能力、文章表現能力、基礎知識などを見るレポート作成(90分)を行なった。講義の際に配付した資料にメモをとり、それを試験に持ち込むことを可とした。  講義内容 ピラミッドを除いて現存しない「世界の七不思議」の建造物の紹介を通して、建物の崩壊へと注意を向けることから講義を始めた。歴史に残る建造物崩壊の記録を検討したのち、「石で建造物を造る」と題してアーチ、ヴォールトに代表される西洋の石造建築の構造の仕組みを解説し、その後「木材で建造物を造る」と題して日本の木造建築の構造を、その脆弱性に焦点を当てて構造や材料、工法から解説した。職人技と自然材料で成り立つ木造の日本建築の「危うげな構造」の特質を検討したのち、「危うげな構造」をどう使い続けていくかのいくつかの事例を検討する事を通じて、日本建築には持続的な建物との絶え間ない対話が必要である事を説いた。

※デザイン科学域の「講義・レポート作成」では、数理能力は問いません。

# 令和6年度 ダビンチ入試（総合型選抜）

## 第1次選考

### （応用生物学域・応用生物学課程）

講義・レポート作成 問題冊子

（90分）

#### [注意事項]

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 配付資料及びメモは参考にしても良い。
3. 解答用紙の記入については、下記事項に従うこと。
  - ① 必ず「講義・レポート作成 解答用紙」の指定された場所に収まるように記入しなさい。
  - ② 記入は横書きとする。
4. 問題冊子1冊、解答用紙4枚、下書用紙2枚があることを確認しなさい。
5. 試験開始直後に、問題が印刷されているページが12ページあることを確認しなさい。
6. 試験終了後、解答用紙並びに講義資料を回収します。

I 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

(配点率 50%)

講義資料のページ 1-1 から 1-9 までの内容を踏まえて、以下の質問に答えなさい。統計学的に有意な差があるのかそうでないかもよく考慮して、実験結果を解釈しなさい。

科学の研究にありがちなことだが、事前の予想と異なる実験結果が得られることがある。その時には、それを合理的に説明するためのアイデアが必要かもしれない。例えば、実験方法に想定外の問題は無かったかを考える必要があるし、時には、実験結果に合うような新しい仮説を考案する必要があるかもしれない。

なお、本研究に使用した突然変異体のゲノムの塩基配列は、述べられた遺伝子を除き、野生型 (*WT*) のそれと同一であると考えられる。

- 問 1. 図 2 a の実験結果を見ると、FAW の *WT* に比べて FAW の突然変異体 *msd3* では linolenic acid の量が減少したことが分かる。なぜこの化合物が減少したのかを、*MSD3* の機能に基づいて説明しなさい。
- 問 2. 図 2 a の実験結果を見ると、FAW の *WT* に比べて FAW の突然変異体 *msd3* では linolenic acid の量が減少したがゼロではない。なぜゼロにならなかったのか、考えられる理由を 2 つ述べなさい。
- 問 3. この実験を実施した研究者は、突然変異体 *msd2* においては (a) ジヤスモン酸の量が *WT* と違わなかったにも関わらず (b) 害虫に対する抵抗性は減少していた、と結論している。しかし、(c) 他の研究者はこの結論に違和感を持つかもしれない。なぜならこの結論は、一見、突然変異体 *msd3* の結果から得られる結論と矛盾していて、

かつ、害虫に対する抵抗性とジャスモン酸が関連するという、よく知られた学説を否定しかねないからである。

- (1) この研究者がなぜ下線部 (a) のように結論したのかを考え、どの実験の結果に基づく結論かもわかるように説明しなさい。
- (2) この研究者がなぜ下線部 (b) のように結論したのかを考え、どの実験の結果に基づく結論かもわかるように説明しなさい。
- (3) 下線部 (c) について、突然変異体 *msd2* の実験の結果を合理的に説明するためのアイデアを 2 つ考えなさい。
- (4) (3) で回答した 2 つのアイデアが正しいかを検証するためのそれぞれの実験を考え、その概要を述べなさい。
- (5) (4) で回答した 2 つの実験のそれぞれについて、どのような実験結果になれば (3) に回答したアイデアの正しさが支持されるかを述べなさい。

問 4. 先行研究と合わせて考えると、突然変異体 *msd2* および突然変異体 *msd3* は、種子の数が多いという望ましい形質を持つが、残念なことに害虫による食害を受けやすいと考えられる。もし実際の農業にこれらの変異体を利用するなら、どのような工夫をすれば有効に利用できるか。実現可能と思える工夫を 3 つ挙げなさい。

II 講義資料のページ 2-1 から 2-12 までの内容を踏まえ、次の文章 (A ~ F) を読み、後の問い (問 1 ~ 10) に答えなさい。

(配点率 50%)

A 新規の変異の出現に関する研究では、新規の変異が稀であるため大量のデータが必要であること、DNA に新規の変異が生じても表現型に現れない場合には、変異体と野生型を表現型で区別できず検出できないケースが多いことなどの理由により、変異が生じる割合 (変異率) を推定することが以前は難しかった。この困難は、ゲノム解析技術の発展により乗り越えられるようになった。

Kong ら (Nature 488, 471-475, 2012) は、ヒト (*Homo sapiens*) における変異率を明らかにするため、塩基置換変異に着目し、アイスランドの 78 組の親子の 219 人の全ゲノムの塩基配列を決定した。次に、塩基置換変異の詳細を調べるため、塩基配列を決定した 5 組の親子 (親子は 1 世代の違いである) について、検出した新規の塩基置換変異を、家族毎に母親由来の染色体と父親由来の染色体に分けて算出した (表 2)。その結果、新規の塩基置換は、母親由来染色体よりも父親由来染色体に多いことが明らかとなった。なお、変異は塩基置換によって作られるものだけではないので、ヒトにおける変異率は、この研究で明らかになったものよりも大きいと考えられる。

表 2 子 1 人あたりの新規塩基置換数と新規塩基置換の生じた染色体

家族	母親由来染色体	父親由来染色体
A	9	39
B	10	43
C	11	51
D	26	53
E	15	91

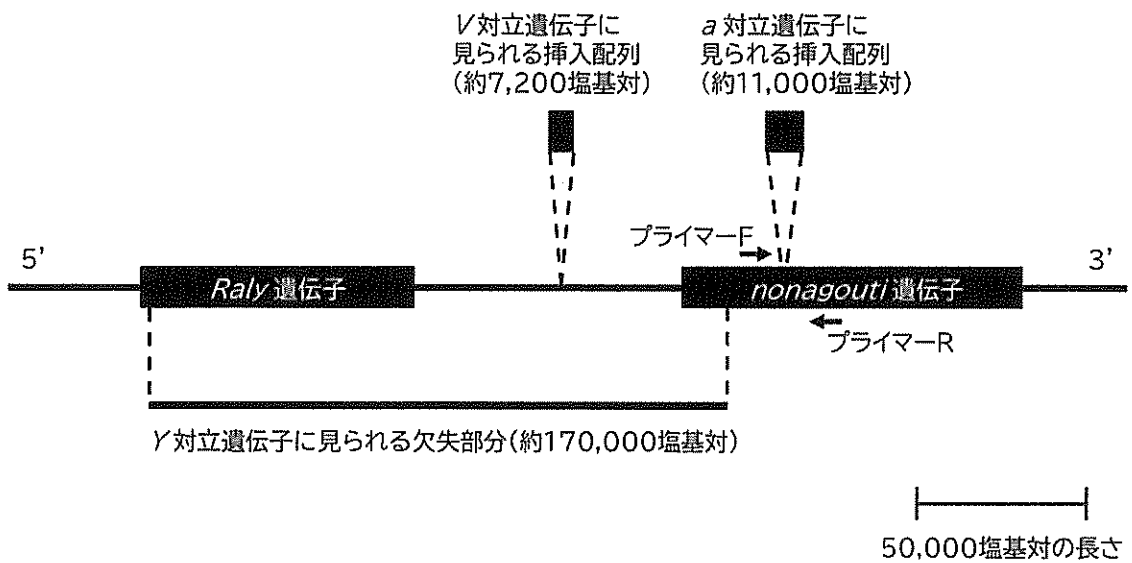
Kong ら (Nature 488, 471-475, 2012) の Table 1 に基づき作成

問 1. ヒトのゲノムサイズ（1倍体の全塩基対の数）は約  $3.1 \times 10^9$  塩基対である。ヒトにおける、1世代あたり1塩基あたりの塩基置換率を、表 2 に示されたアイスランドの 5 組の親子のデータを用い、有効数字 2 桁で答えよ。解答では、性染色体の違いを考慮しなくてよい。

B ここからは、ハツカネズミ (*Mus musculus*) について考えていこう。ヒトを含む多くの哺乳類では、アグーチタンパク質を指定する *nonagouti* 遺伝子が毛色に関わっている。(1) 毛包メラニン細胞でアグーチタンパク質が発現すると黄色から赤色の色素(フェオメラニン)が合成され、発現しないと黒色の色素(ユーメラニン)が合成される。野生型では、毛の伸長に従い、*nonagouti* 遺伝子が毛包メラニン細胞で発現したりしなかったりし、毛の一本一本が黒色と黄色の特徴的なしま模様(アグーチパターンと呼ばれる)となる。アグーチパターンとなった毛は、全体的には黒味がかかった茶色の毛色に見える。以下では、アグーチパターンとなった毛色を、アグーチ色と表記する。

ハツカネズミでは、*nonagouti* 遺伝子座は(2) 第2染色体にあり、多数の対立遺伝子がある。そのうち、*a* 対立遺伝子は、1768年(江戸時代中期)には知られていた、日本産の黒色の愛玩用ハツカネズミに由来する。*a* 対立遺伝子のホモ接合体(*aa*)では毛色は黒色で、*A* 対立遺伝子(野生型)のホモ接合体(*AA*)の毛色はアグーチ色であり、*A* 対立遺伝子と *a* 対立遺伝子のヘテロ接合体(*Aa*)の毛色もアグーチ色である。

毛色の違いは、(a) *nonagouti* 遺伝子の転写の違いによって次のようにして生じる。*A* 対立遺伝子では、アグーチパターンを作るような発現制御の下で *nonagouti* 遺伝子が転写され、アグーチタンパク質へと翻訳される。一方、*a* 対立遺伝子には *nonagouti* 遺伝子の第1エクソンに約11,000塩基対の長さの配列の挿入があり(図2)、この挿入が原因となって *nonagouti* 遺伝子からの正常なメッセンジャーRNA(mRNA)ができず、アグーチタンパク質が作られない。このため、*AA* ホモ接合体や *Aa* ヘテロ接合体では、アグーチタンパク質があるときはフェオメラニンが、ないときはユーメラニンが作られるので、アグーチパターンとなり、毛色がアグーチ色となる。一方、*aa* ホモ接合体はアグーチタンパク質を欠くため、ユーメラニンだけが作られ、毛色が黒色になる。



注: A 対立遺伝子には、挿入配列も欠失もない

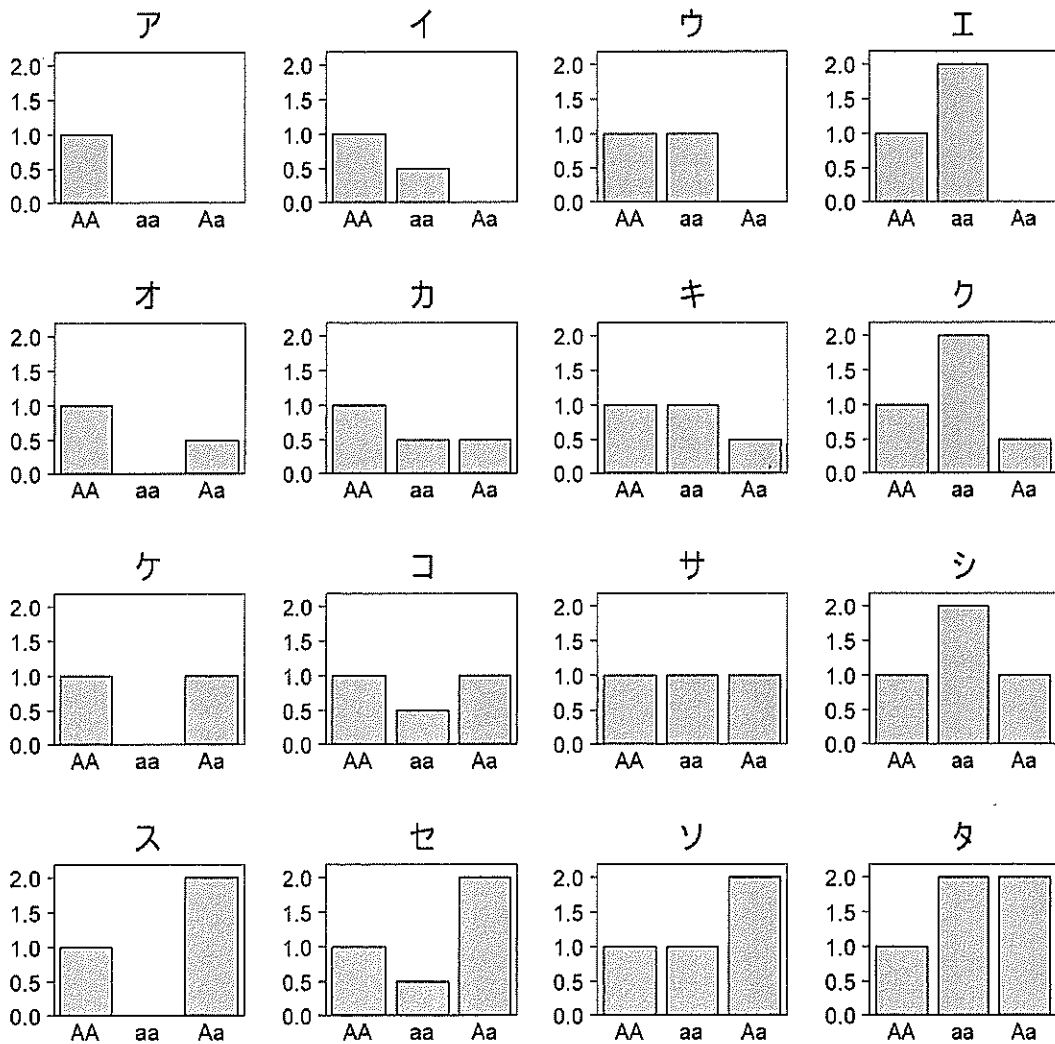
図 2 ハツカネズミゲノムの *nonagouti* 遺伝子周辺の模式図

下線部 (1) および (2) の用語と解説

- (1) 毛包メラニン細胞：哺乳類の毛根を包んでいる皮膚付属器官を毛包と呼び、毛包にある、メラニン色素（フェオメラニンやユーメラニンなど）を産生する細胞を毛包メラニン細胞と呼ぶ
- (2) 第2染色体：常染色体である



問 2. 下線部 (a) に関連して、*nonagouti* 遺伝子の mRNA の相対量をグラフ表示することを考える。*AA* ホモ接合体における *nonagouti* 遺伝子の正常な mRNA の量を 1.0 としたとき、*aa* ホモ接合体と *Aa* ヘテロ接合体における *nonagouti* 遺伝子の正常な mRNA の量はどのようにになると予測できるか。正常な mRNA の量を示す最も適当なグラフを、下図のア～タの中からひとつ選べ。



問 3. 問 2 で選んだ理由を述べよ。

C Y対立遺伝子は、19世紀初頭からヨーロッパで知られる愛玩用ハツカネズミに由来する。A対立遺伝子や a対立遺伝子とのヘテロ接合体 (AY や aY) は成体まで成長し、黄色の毛色となるが、ホモ接合体 (YY) は胚の段階で死亡し、生まれて来ない。毛色の違いと胚の段階での死亡は、*nonagouti* 遺伝子に加え、*Raly* 遺伝子が関わっており、次のようにして生じる。

*nonagouti* 遺伝子と *Raly* 遺伝子の座位は、染色体上で隣接している (図 2)。野生型では *nonagouti* 遺伝子はアグーチパターンとなるように転写され、*Raly* 遺伝子はどの細胞でも常に転写される。一方、Y対立遺伝子のある染色体では *nonagouti* 遺伝子の 5' 側に約 170,000 塩基対の長さの欠失があり (図 2)、*Raly* 遺伝子のプロモーターに *nonagouti* 遺伝子がつながり、融合遺伝子となっている。そのため、野生型の *Raly* 遺伝子と同じパターンで *nonagouti* 遺伝子が転写される。つまり、Y対立遺伝子では *nonagouti* 遺伝子がどの細胞でも常に転写され、アグーチタンパク質が常に作られる。その結果、毛包メラニン細胞ではフェオメラニンだけが作られ、Y対立遺伝子のヘテロ接合体の毛色は黄色となる。また、この欠失により、*Raly* 遺伝子は発現しない。YYホモ接合体が胚で死亡する理由は、*Raly* 遺伝子が発現していないためと考えられる。

ここで、ハツカネズミの遺伝子型を調査するため、ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) 法を用いた実験を行った。図 2 に模式的に矢印で示すように、PCR プライマー対 (プライマーF とプライマーR) を設計した。挿入配列を持たない A対立遺伝子から増幅される DNA が約 2,300 塩基対の長さで、かつ、a対立遺伝子の挿入配列を挟むような外側の位置に PCR プライマー対はある。ハツカネズミの尾部組織から DNA を抽出し、この PCR プライマー対を用いて PCR 法によって DNA を増幅した。次に、(b) 増幅した DNA をアガロースゲル電気泳動法によって分離し、DNA 可視化試薬を用いて、DNA を可視化した。

問 4. 下線部 (b) で述べられている、PCR 法によって増幅した DNA を電気泳動した後、可視化されたバンドは、アガロースゲル上のどのような位置に現れると予測できるか。既知の長さの DNA (DNA サイズマーカー) を一番左側に泳動したとき、 $AA$  個体および  $Aa$  個体、 $aa$  個体、 $AY$  個体、 $aY$  個体から増幅した DNA が現れると予測されるバンドを、それぞれ模式的に太線 (線分) として、解答用紙の図に描き込め。バンドが現れないと予測される場合は、遺伝子型の上に大きくバツ印 (×) を付けよ。なお、解答用紙の図には、バンドを描くための補助として、実際のアガロースゲルにはない、破線の水平線が印刷されている。

問 5. 問 4 でその位置にバンドを描いた、または、バツ印を付けた理由を、 $AA$  個体および  $Aa$  個体、 $aa$  個体、 $AY$  個体、 $aY$  個体、それぞれについて述べよ。

D 1962年に報告された  $V$ 対立遺伝子は、*nonagouti* 遺伝子座にある対立遺伝子のうちのひとつで、ハツカネズミの実験室系統から生じた自然変異である。塩基配列の調査から、*nonagouti* 遺伝子の転写開始点の5'側に約7,200塩基対の長さの挿入があることがわかっている(図2)。 $V$ 対立遺伝子を持つ個体は、ホモ接合体( $VV$ )、および、他の3つの対立遺伝子とのヘテロ接合体( $AV$ 、 $aV$ 、 $VY$ )のいずれも成体まで成長し、毛色は黄色である。一方、文章Cで説明されているように、 $Y$ 対立遺伝子をヘテロ接合に持つ個体( $AY$ 、 $aY$ )は成体まで成長し、毛色が黄色であるが、 $Y$ 対立遺伝子のホモ接合体( $YY$ )は胚で死亡する。このことから、毛色そのものは生存に関わらないこと、および、毛色が黄色となる顕性(優性)の対立遺伝子のホモ接合体が死亡するか否かは、対立遺伝子によって異なることがわかる。

問6.  $V$ 対立遺伝子を持つ個体の毛色が黄色となる理由は、どのようなことが考えられるか、遺伝子の発現との関連を含めて述べよ。

問7.  $V$ 対立遺伝子と  $Y$ 対立遺伝子のヘテロ接合体は、いずれも成体まで成長し、毛色が黄色である。 $V$ 対立遺伝子のホモ接合体( $VV$ )は成体まで成長するが、 $Y$ 対立遺伝子のホモ接合体( $YY$ )は胚で死亡する。ホモ接合体の生存に関する、2つの対立遺伝子の違いは、どのようにして生じると考えられるか、遺伝子の発現との関連を含めて述べよ。

E 次のような交配実験を行った。 $Aa$ ヘテロ接合体のメスと  $aY$ ヘテロ接合体のオスのペアを多数作り、それぞれ交配させ、子 (F1) を得た。成長した各 F1 個体の毛色を記録し、尾部の組織を取り、凍結保存した。F1 個体のうち、毛色が黄色の個体を無作為に多数選び、雌雄のペアを多数作り、それぞれ交配させ、子 (F2) を得た。成長した各 F2 個体の毛色を記録し、尾部の組織を取り、凍結保存した。後日、凍結保存しておいた尾部の組織から DNA を抽出し、PCR 法によって各個体の遺伝子型を決定した。

問 8.  $YY$ ホモ接合の受精卵は胚で死亡するため、成長した F1 個体や F2 個体の遺伝子型はそれ以外の、 $AA$ 、 $aa$ 、 $Aa$ 、 $AY$ 、 $aY$ のいずれかであると期待できる。予測される F1 および F2 個体の、各々の遺伝子型を示す個体数の最も適当な比を、最も簡単な整数比で、それぞれ答えよ。ここでは比に 0 を含んでよく、例えば、 $0:0:0:0:1$  との解答もよいものとする。ここでいう F1 個体は、毛色が黄色の個体を選び出す前の、はじめの交配 ( $Aa$ ヘテロ接合体のメスと  $aY$ ヘテロ接合体のオスのペアの交配) から得られた全ての子を指す。

問 9. 成長した F1 個体や F2 個体の毛色の表現型は、アグーチ色、黒色、黄色のいずれかであると期待できる。予測される F1 および F2 個体の、各々の表現型を示す個体数の最も適当な比を、最も簡単な整数比で、それぞれ答えよ。ここでは比に 0 を含んでよく、例えば、 $0:0:1$  との解答もよいものとする。ここでいう F1 個体は、毛色が黄色の個体を選び出す前の、はじめの交配 ( $Aa$ ヘテロ接合体のメスと  $aY$ ヘテロ接合体のオスのペアの交配) から得られた全ての子を指す。つまり、F1 個体の毛色の表現型を示す個体数の比は、アグーチ色 : 黒色 : 黄色 =  $0:0:1$  ではないことに注意すること。

F 1927年に、ハツカネズミの野外の集団から発見された  $t$ ハプロタイプは(3) 第17染色体にある変異で、野生型の染色体(+)と  $t$ ハプロタイプの染色体( $t$ )をヘテロ接合に持つ個体( $+t$ )は尾が短くなる。 $tt$ ホモ接合体は胚の段階で死亡し、生まれて来ない。 $t$ ハプロタイプは多数の遺伝子からなる変異だが、染色体の複雑な構造異常があるため組換えが起こらず、伝達においては複数の遺伝子があたかも一つの遺伝子のように振る舞う。そこで、 $t$ ハプロタイプの世代間の伝達を考えるにあたっては、単一の対立遺伝子の伝達と考えてよい。

父親に  $t$ ハプロタイプがあると、子の遺伝子型の個体数の比が、メンデルの分離の法則から期待される比から大きくずれる。野生型(++)のメスとヘテロ接合体( $+t$ )のオスの交配から得られる子(F1)は、10%が野生型ホモ接合で、90%が  $t$ ハプロタイプを持つ(++) :  $+t$  = 1 : 9)。その後の研究で、ヘテロ接合体( $+t$ )のオスを作る精子では、野生型の染色体を持つ精子(+精子)よりも、 $t$ ハプロタイプの染色体を持つ精子( $t$ 精子)は9倍受精しやすいことが明らかとなった。つまり、精子の受精の比が+精子 :  $t$ 精子 = 1 : 9であった。一方、ヘテロ接合体( $+t$ )のメスの卵には、 $t$ ハプロタイプの影響はない。

### 下線部(3)の用語と解説

第17染色体：常染色体である

問10. 下の(1)と(2)に示す雌雄のペアを多数作り、それぞれ交配させ、子(F1)を得た。 $tt$ ホモ接合の受精卵は胚で死亡するため、成長したF1個体の遺伝子型は、++、または、 $+t$ のいずれかであると期待できる。予測されるF1個体の各々の遺伝子型を示す個体数の最も適当な比を、最も簡単な整数比で、それぞれ答えよ。ここでは比に0を含んでよく、例えば、0:1との解答もよいものとする。

(1) ヘテロ接合体( $+t$ )のメスと野生型(++)のオス

(2) ヘテロ接合体( $+t$ )の雌雄

令和6年度ダビンチ入試（総合型選抜）  
第1次選考

講義・レポート作成  
（物質・材料科学域）  
（90分）

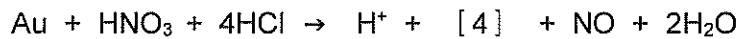
問題冊子

〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙の記入については、下記事項に従うこと。
  - ① 必ず「解答用紙」の指示された場所に収まるように記入しなさい。
  - ② 欄外や裏面に記入してはいけません。
3. 問題冊子1冊、解答用紙4枚、下書用紙1枚があることを確認しなさい。
4. 試験開始直後に、問題冊子が表紙とは別に、1ページから8ページまで印刷してあることを確認しなさい。落丁・乱丁および印刷不鮮明な箇所があれば、手を挙げて監督者に知らせなさい。
5. この冊子の余白は適宜下書きに使用してもかまいません。
6. 電子式卓上計算機（電卓）と定規を貸与する。電卓の使い方は、講義資料または添付された説明書を参考にしなさい。貸与したものは、試験終了後に回収する。
7. 講義資料と解答用紙は、試験終了後に回収する。問題冊子と下書用紙は持ち帰りなさい。

講義資料 6, 7 ページに関連した次の文を読んで, 問1~問4 に答えよ.

塩酸は [1] の水溶液であり, 水素よりイオン化傾向が大きい金属と反応する. その際, 金属から [2] に電子が渡されて水素が発生する. 硫酸も塩酸と同じように金属を溶かす. ①実験室で濃硫酸を希釈するときには注意を要する. 一方, 硝酸は塩酸や硫酸と違って銅や銀を溶かすことができる. それは硝酸自身の酸化力に由来し, 濃硝酸が銅や銀と反応すると硝酸が還元されて [3] が発生する. 王水は単独の酸には溶けない白金や金を溶かすことができる. 王水との反応で, 金は, 酸化数が 0 価から +3 価に酸化されて, 水中では錯イオンとして溶ける. 金の王水への溶解反応は, 錯イオンを含む化学反応式によって次のように表される.



マリー・キュリーが放射性元素として発見したラジウムは, 2 族元素のなかでも互いに性質が似ている [5] 金属と呼ばれるグループに属する. キュリーがウラン鉱から分離した②塩化ラジウムの物質量は硝酸銀水溶液と反応させて塩化銀の沈殿重量として間接的に求められた. キュリーの功績にちなんで, 放射能の単位としてラジウム 1 g のもつ放射能が 1 キュリー Ci ( $= 3.7 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$ ) と定義された. 最近では, 単位の普遍性や精密さを重視するためにベクレル Bq ( $= \text{s}^{-1}$ ) が用いられる.

問1 次の文章中の [1]~[4] にあてはまる化学式を書け. また, [5] にあてはまる最も適切な語句を書け.

問2 下線部①について, 次の問(a), (b) に答えよ.

- (a) 濃硫酸 (質量パーセント濃度 98%, 密度  $1.8 \text{ g cm}^{-3}$ ) を水で希釈して, 質量パーセント濃度 10% の硫酸 100 g を作るには, 濃硫酸が何  $\text{cm}^3$  必要か. 有効数字 2 桁で答えよ. 計算過程も示せ.
- (b) 濃硫酸と水の必要量を準備した後, 希釈する手順として, (ア)~(ウ) から最も安全な方法を選び記号で答え, その理由を述べよ.
- (ア) 濃硫酸に水を少しずつ加える.
- (イ) 水に濃硫酸を少しずつ加える.
- (ウ) 濃硫酸と水を少しずつ同時に混ぜる.

問3 下線部②の塩化ラジウムと硝酸銀の化学反応式を書け. ただし, ラジウムの元素記号は Ra である.



問4 1986年のチェルノブイリ原発事故で環境に放出された放射性元素セシウム 137 は当時用いられた単位で、 $2.3 \times 10^6$  キュリー(Ci)とされている。一方、2011年の福島第一原発事故で放出されたセシウム 137 は  $1.5 \times 10^{16}$  ベクレル(Bq)である。事故時のセシウム 137 の放出量としては、いずれの方が多いか。解答欄のチェルノブイリと福島をいずれかを丸で囲んで答えよ。単位を Bq に揃える計算過程も示せ。

講義資料 9～15 ページに関連して、問1～問3に答えよ。

問1 「沈殿生成とろ過の操作」について、次の問(a), (b)に答えよ。

- (a) 「かき混ぜながらゆっくり加える」、「沈殿生成後は適度に温めてから放冷、放置する」と、なぜろ過が効率的に進むようになるのか、その理由について、次の文中の [1]～[3] にあてはまる最も適切な語句を、講義資料から抜き出して書け。また、(ア)～(オ)には (大きい, 小さい) のいずれか適切な方を丸で囲んで答えよ。

いずれの操作も (ア) 結晶を得るためである。溶液をかき混ぜないで沈殿剤を一気に加えると、加えた部分の [1] が高くなる。[1] が上昇すると、(イ) 粒径の結晶が多数析出する。(ウ) 結晶はろ過する際、ろ紙の目詰まりを引き起こし、ろ過の速度を遅くする。沈殿生成後の [2] という操作では、相対的に (エ) 粒径の結晶が溶解する。その後の [3] という操作は、いったん溶けた沈殿成分を残った結晶の周りに再結晶させることで、さらに (オ) 結晶に成長させる操作である。

- (b) 講義資料 9 ページのろ過操作の図を参照して、ろ過操作における注意点について、ろ紙をろうとに密着させる以外に注意する点をあげよ。注意点が複数あっても答えるのは一つだけでよい。

問2 「蒸留」について、次の問(a), (b)に答えよ。

- (a) 講義資料 13 ページの「蒸留」の状態図において、点 c の気体を凝縮して得た点 d の液体を、沸騰するまで加熱してその温度で一定に保ち、気化した気体を d と同じ温度まで冷却して凝縮した。以上の変化を、状態図の中の a→b→c→d にならって、解答用紙の図中に黒丸と矢印を書き入れ、d→e→f→g の順に記号を示せ。また、得られた液体 g 中の A の割合  $x_A$  を、有効数字 2 桁 (小数点以下第 2 位まで) で答えよ。

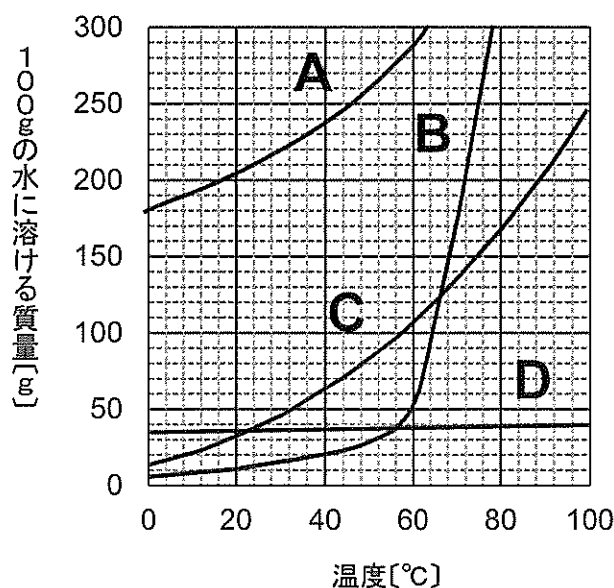
- (b) 湯浴 (油浴) 内の温度計はフラスコ内の液体の温度を制御するために必要であるが、フラスコの上から挿入してある温度計は何のためにあるか、答えよ。また、その目的のために、温度計の位置について注意すべきことを答えよ。

問3 抽出操作において、分層したあと、水層とジエチルエーテル層を別々に取り分ける場合、分液ろうとを用いると、試験管やビーカーに比べて取り分けやすい。分液ろうとを用いて、具体的にどのように取り分けるか、操作を説明せよ。

講義資料 17, 18 ページに関連して、問1と問2に答えよ。

問1 「再結晶法」について、次の問いに答えよ。下図に、講義資料 17 ページの溶解度曲線を再掲した。

B 100 g と C 50 g を混合した固体試料がある。この混合試料の全量を 50 g の水に加えたあとに、いったん 80℃に加熱して溶解させたあと、ゆっくりと冷却する。ある温度でろ過を行い、C を析出させずに、B のみをできる限り多く取り出したい。取り出せる B の質量 [g] を、小数点以下第 1 位を四捨五入して整数で答えよ。



問2 講義資料 18 ページに示した、酸化マンガン (IV) と濃塩酸を用いた塩素発生の実験における「気体の分離」について、次の問(a)~(c)に答えよ。

(a) 洗気びんの取り付け方について、通気の出入りの方向が分かるように、解答用紙の洗気びんの通気口に矢印を書け。また、びんの中に入れる洗気用の液体の適切な深さが分かるように、液面を実線で書いて示せ。

(b) 反応フラスコと塩素の集気びんの間に入れる 2 つの洗気びんのそれぞれで、何の気体を捕集するかを物質名で答えよ。反応フラスコに近い方から、第 1 洗気びん (水)、第 2 洗気びん (濃硫酸) とする。

(c) 最終的に、塩素を捕集するための捕集法の名称と、その捕集法が他の捕集法に比べて適している理由を説明せよ。

講義資料 20～25 ページに関連して、問1と問2に答えよ。なお、溶液中の化学種 X のモル濃度を [X] と表し、単位は mol/L とする。

問1 講義資料 21 ページにおいて、第2属の  $\text{Cd}^{2+}$  を硫化物の沈殿として、第3属  $\text{Fe}^{2+}$ 、第4属  $\text{Mn}^{2+}$  から分離するための pH 条件を検討するために、次の問 (a)～(c) に答えよ。金属イオンの濃度はすべて  $1.0 \times 10^{-3}$  mol/L とする。2価金属イオン  $\text{M}^{2+}$  と硫化物イオン  $\text{S}^{2-}$  の溶解度積  $K_{\text{sp}}$  は次の通りである。

$$K_{\text{sp}} = [\text{M}^{2+}][\text{S}^{2-}]$$

$$\text{CdS} : 6.0 \times 10^{-27} \text{ (mol/L)}^2$$

$$\text{FeS} : 5.0 \times 10^{-18} \text{ (mol/L)}^2$$

$$\text{MnS} : 8.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$$

また、溶液中の硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  の濃度を 0.1 mol/L で一定に保つとすると、硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$  の2段階電離で生じる硫化物イオン  $\text{S}^{2-}$  の平衡濃度と水素イオン  $\text{H}^+$  の濃度の関係は次のようになる。

$$[\text{S}^{2-}] = 10^{-22} / [\text{H}^+]^2$$

- (a) 第2属の  $\text{Cd}^{2+}$  が 99%以上沈殿するための硫化物イオン  $\text{S}^{2-}$  の平衡濃度の条件を求めよ。また、その  $\text{S}^{2-}$  濃度を与える水素イオン濃度の条件を求めよ。数値は有効数字 2 桁で答えよ。範囲は、以上・以下のいずれかを丸で囲んで示せ。計算過程も示せ。
- (b) 第3属  $\text{Fe}^{2+}$  と第4属  $\text{Mn}^{2+}$  がいずれも沈殿しないための硫化物イオン  $\text{S}^{2-}$  の平衡濃度の条件を求めよ。また、その  $\text{S}^{2-}$  濃度を与える水素イオン濃度の条件を求めよ。数値は有効数字 2 桁で答えよ。範囲は、以上・以下のいずれかを丸で囲んで示せ。計算過程も示せ。
- (c) 以上より、第2属の  $\text{Cd}^{2+}$  を 99%以上沈殿させて、第3属  $\text{Fe}^{2+}$ 、第4属  $\text{Mn}^{2+}$  をいずれも沈殿させないための pH の範囲を答えよ。pH は小数点以下第2位まで記せ。計算過程も示せ。pH =  $-\log_{10}[\text{H}^+]$  とする。

問2 講義資料 23 ページの操作において、最終的に炎色反応で  $\text{Ca}^{2+}$  の確認をする際、 $\text{BaCrO}_4$  の沈殿をろ過したあとのろ液でそのまま炎色反応を行うと、 $\text{Ca}^{2+}$  の橙赤色の確認がしづらくなる。その理由を書け。

講義資料 27, 28 ページに関連して, 問1と問2に答えよ.

問1 次の文を読んで, 問(a), (b)に答えよ.

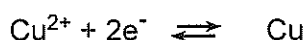
古来の灰吹法による金の精錬では, 金も酸化鉛も高温で液体になっているが, 金だけが液滴状になり灰の上に浮く. これは, 金の場合には, 原子どうしを (ア) が結びつけることにより金属結合が生じ, 葉っぱの上の水玉のように, 液体の表面積を小さくしようとする (イ) という力が働くからである. 一方, 酸化鉛などの酸化物は原子どうしの結合が金属結合ほど強くないため, 液体状態での (イ) が小さく, 同じ酸化物である灰になじみやすくなり, 液滴にならずに浸み込んでいく. これは, (ウ) を含む水が衣服に浸み込みやすく洗浄効果が上がる様子と似ている.

現代では, 銅を含む鉱物から得られた粗銅を用いる電解精錬において, 粗銅を陽極, 純銅を陰極として, 希硫酸中で電気分解して金を得る. 粗銅に含まれる主たる金属は Fe, Ni, Cu, Zn, Ag, Au である.

- (a) 文中の (ア) ~ (ウ) にあてはまる最も適切な語句を書け.
- (b) 粗銅の電解精錬において, 粗銅に含有する銅以外の不純物の金属の挙動は次の (1) か (2) に分類される. Fe, Ni, Zn, Ag, Au をいずれかの分類にあてはめて, 元素記号を記せ.
- (1) 陽極泥として, 陽極の下に沈殿する.
  - (2) 電解液の中に陽イオンとして溶ける.

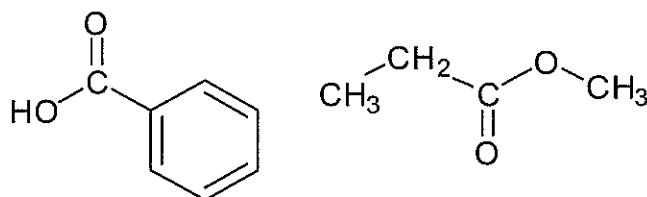
問2 めっきについて, 問(a), (b)に答えよ.

- (a) 電気めっきを適用できず, 化学めっき (無電解めっき) を使わざるをえない対象物質としてプラスチックや陶磁器があげられるが, それらの物質の共通点を答えよ.
- (b) 講義資料 28 ページにある, 銅のめっきにおいて, 反応液の中では, シアン化物イオン  $\text{CN}^-$  や酒石酸イオン  $(\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-)_2$  を加えて,  $\text{Cu}^{2+}$  を錯イオンにする. 例えば, シアン化物イオンの銅錯体の場合は, 次のような反応を経て, 銅が析出する.



錯イオンにすると, なぜ, ムラのないめっきが行えるのか, 簡潔に説明せよ.

講義資料 30～34 ページに関連して、問1～問3に答えよ。以下、ジエチルエーテル層はエーテル層と略す。



構造式の例

問1 講義資料 32 ページにおいて、水層が十分に酸性であるとき、安息香酸は全体の何%がエーテル層に存在するか。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、水層とエーテル層の体積は等しいとする。

問2 サリチル酸  $o\text{-C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}$  にメタノール  $\text{CH}_3\text{OH}$  と濃硫酸を加えて加熱し、サリチル酸メチルを合成した。冷却後、反応液中の酸を中和するのに十分な量の飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加えた。その後、未反応のサリチル酸からサリチル酸メチルを分離するため、ジエチルエーテルを加えて振り混ぜた。以上の実験について、問(a)～(c)に答えよ。

(a) サリチル酸メチルの構造式を、例にしたがって書け。

(b) 炭酸水素ナトリウムの添加が十分であるかどうかは観察によって判断できる。その観察内容を記せ。

(c) 水とジエチルエーテルを振り混ぜたあと、サリチル酸メチルは、水層とエーテル層のどちらに存在するか、いずれかを丸で囲んで答えよ。

問3 サリチル酸  $o\text{-C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}$  に無水酢酸と濃硫酸を加えて加熱し、アセチルサリチル酸を合成した。その後、再結晶法によりアセチルサリチル酸を精製した。以上の実験について、問(a)～(c)に答えよ。

(a) アセチルサリチル酸の構造式を、例にしたがって書け。

(b) 未反応のサリチル酸とアセチルサリチル酸を分離するために、エーテル層による抽出を使えない理由を、水層が酸性の場合とアルカリ性の場合について説明せよ。ここで、アセチルサリチル酸の加水分解は考慮しない。

(c) 問2で得たサリチル酸メチルと本実験で得たアセチルサリチル酸を区別するための呈色反応に用いる物質を化学式で答えよ。また、どのように区別されるかを答えよ。

以 上

# 令和6年度 ダビンチ入試（総合型選抜）

## 第1次選考

### 設計工学域

## 講義・レポート作成

(90分)

## 問題冊子

### [注意事項]

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙の記入については、以下の指示に従うこと。
  - (1) 必ず解答用紙の指示された場所に収まるように記入しなさい。
  - (2) 記入は横書きとする。
  - (3) 欄外や裏面に記入してはいけません。
3. 問題冊子1冊、解答用紙3枚、下書き用紙1枚があることを確認しなさい。
4. 試験開始直後に、問題冊子が表紙および白紙を含めて5枚あることを確認しなさい。  
落丁・乱丁および印刷が不鮮明な箇所などがあれば、静かに手を上げて監督者に知らせなさい。
5. この冊子の余白は適宜下書きに使用してもよろしい。
6. 試験終了後、解答用紙および講義資料を回収します。問題冊子と下書き用紙は持ち帰りなさい。



導出過程は書かず、解答のみを書くこと。必要な場合は単位を付けて答えなさい。  
 解答において、 $\sqrt{2}$ 、 $\sqrt{3}$ 、 $\pi$  (円周率)などの無理数はそのまま残してよい。

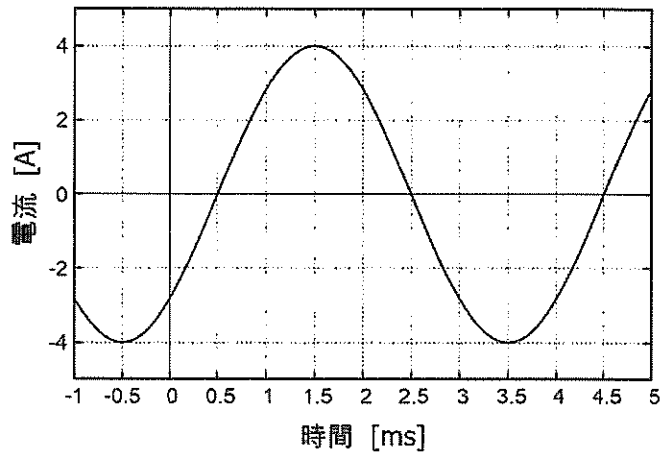
【問 1】 以下の設問に答えなさい。(配点率 15%)

直交表示で表された(1), (2), (3)の複素数を極表示で表し、また極表示で表された(4)の複素数を直交表示で表せ。

(1)  $1 - j\sqrt{3}$     (2)  $-5 + j0$     (3)  $-3 + j4$     (4)  $10 \angle -\frac{3}{4}\pi$

【問 2】 正弦波電流  $i(t)$  を観測すると問図 1 のような波形が得られた。この図をもとに、以下の設問(1)~(5)に答えなさい。(配点率 20%)

- (1) 初期位相はいくらか。ラジアンを単位として答えよ。
- (2) 角周波数を  $\omega$  とするとき、瞬時値を表す関数  $i(t)$  を示せ。
- (3) 対応するフェーザ電流  $\dot{I}$  を求めよ。
- (4) 問図1から周期を読み取ることで、角周波数がいくらか求めよ。
- (5)  $L = 10 \text{ mH}$  のインダクタにこの電流が流れたとき、フェーザ電圧を求めよ。



問図 1

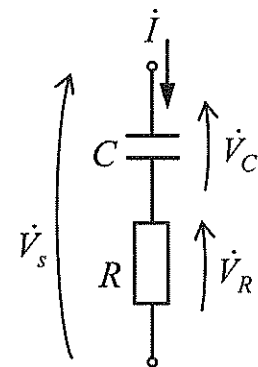
【問 3】 以下の設問(1)~(4)に答えなさい。(配点率 25%)

抵抗値が  $R$  の抵抗器とキャパシタンスが  $C$  のキャパシタを使った問図 2 のような直列回路に、フェーザ電流が  $\dot{i} = I_e \angle \theta$  で表される電流を流した。角周波数は  $\omega$  とする。

- (1) 抵抗のフェーザ電圧  $\dot{V}_R$  を求めよ。
- (2) キャパシタのフェーザ電圧  $\dot{V}_C$  を求めよ。

ここで、 $I_e = 1 \text{ A}$ 、 $R = 40 \Omega$ 、 $C = 25 \mu\text{F}$ 、 $\omega = 1000 \text{ rad/s}$  とする。また、 $\dot{V}_s$  の位相は  $0 \text{ rad}$  であった。

- (3)  $\dot{V}_R$  および  $\dot{V}_C$  を図示せよ。解答欄には  $\dot{V}_s$  があらかじめ描き入れているので、それに描き加えること。
- (4)  $\dot{V}_s$  を求めよ。



問図 2

【問4】以下の設問(1)~(6)に答えなさい。(配点率25%)

抵抗値が  $R$  の抵抗器2つとインダクタンスが  $L$  のインダクタ2つを使って問図3の回路を作り、h-g間に  $v_s(t) = 2\sqrt{2}\sin\omega t$  [V] の電圧を加えた。

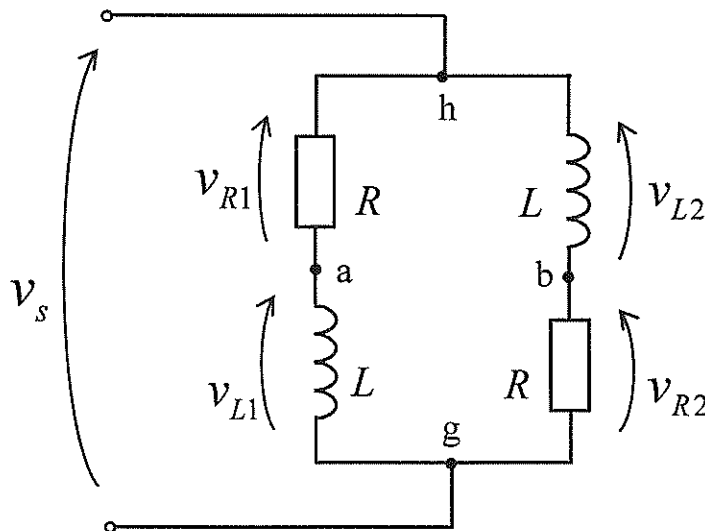
$v_s$  の実効値と位相は変えずに角周波数  $\omega$  を変化させたとき、 $v_s$  に対応するフェーザ電圧は  $\dot{V}_s = 2\angle 0$  [V] であり、変わらないが、 $v_{L1}$ 、 $v_{R1}$  などの実効値や位相は変化する。

今  $\omega$  を  $\omega_0$  に設定したとき、 $v_{L1}$  が  $v_{L1}(t) = \sqrt{2}\sin\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{3}\right)$  [V] になったとする。

- (1)  $\dot{V}_{L1}$  を求めよ。
- (2)  $\dot{V}_{R1}$  を求めよ。
- (3)  $\dot{V}_{L1}$  ならびに  $\dot{V}_{R1}$  を図示せよ。解答欄には  $\dot{V}_s$  があらかじめ描き入れてあるので、それに描き加えること。
- (4)  $\dot{V}_{R2}$  を求めよ。

次に  $\omega$  を  $\omega_0$  から  $\omega \rightarrow \infty$  まで増加させた。

- (5) 原点を  $\dot{V}_{L1}$  のフェーザの始点にとり、 $\omega$  を変化させた場合の  $\dot{V}_{L1}$  のフェーザの先端の軌跡を図示するとともに、 $\dot{V}_{L1}$  の大きさと位相はどのように変化するかを説明せよ。
- (6) a-b間のフェーザ電圧(b点を基準としたa点の電位)は  $\dot{V}_{ab} = \dot{V}_{L1} - \dot{V}_{R2}$  で計算できる。 $\omega$  を変化させても、大きさ  $|\dot{V}_{ab}|$  は一定であることを、図を示して説明せよ。また、その位相が変化する範囲を示せ。



問図3

【問5】以下の設問に答えなさい。(配点率15%)

正弦波交流回路において、電圧・電流を時間関数のまま扱う代わりに、フェーザ電圧・フェーザ電流を使って計算することにはどのような利点があるか、述べよ。(字数の上限は100字とする。)

(以上)

令和6年度ダビンチ入試（総合型選抜）  
デザイン科学域

## 講義・レポート作成

レポート作成（90分）

### 〔注意事項〕

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙は3枚あります。すべての解答用紙に受験番号を必ず記入してください。
3. この冊子は、4枚（問題を印刷してあるのは1枚）あります。落丁・乱丁、および印刷が不鮮明のものがあれば、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 下書用紙は1枚あります。自由に使ってください。
5. 解答は、問題番号に対応した解答用紙に記入してください。解答を解答用紙の裏面に書いてはいけません。
6. 問題冊子の白紙と余白は、下書きなどに使用してかまいません。
7. 解答用紙と講義資料は、持ち帰ってはいけません。
8. この問題冊子と下書用紙は、持ち帰ってください。

## 【問題 1】

講義で紹介された建物崩壊の種類を整理し、模式図にして自由にまとめてください。模式図とは、事物の様子を理解しやすいように、図と文字で表したものです。(配点 100 点)

## 【問題 2】

講義資料 58 ページのスライド番号 57 と 58 にある岡山の後樂園に建つ「流店」の建物について、以下の問 1) ～問 3) に答えてください。(配点 100 点)

- 問 1) この建物の、構造としての危うげな点を 2 点、写真から判断して、理由とともにそれぞれについて 100 字以内で指摘してください。
- 問 2) 問 1) であなたが指摘した 2 つの問題点を、この建物の現状の形や外観をなるべく変えずに解決するには、どのような方策が考えられるか、指摘した 2 点それぞれについて 100 字以内で答えてください。
- 問 3) 問 1) であなたが指摘した問題点があるにも関わらず、この「流店」の建物は、なぜその問題を解決せずに建ち続けているのか、講義で聞いた話の全体を思い返して、考えられる理由を 200 字以内で述べてください。

## 【問題 3】

講義に見られたように、人は、崩壊との格闘の中で「建てること」の術を工夫しながら、同時に「美しくあること」をも追求してきました。洋の東西を問わず、職人の熟達した技量や鋭敏で繊細な感覚といった「手の力(ちから)」は、「建てること」と「美しくあること」の両面で重要な役割を担ってきました。あなたの考える美しい建築とはどのようなものですか、講義資料の中にある建築の中から美しいと思うものを一つ以上選び、その建築が「美しくあること」に、「手の力」がどのように関わっているのか、建築における人の役割に着目して 600 字以内で論じてください。(配点 100 点)