

2020年度 明治大学【農学部】

農学科・農芸化学科・生命科学科

国語・数学・理科のうち2科目選択

【解答時間】120分



【配点】1科目 120点 計 240点

そ

国語，数学，理科(化学，生物)問題

はじめに、これを読みなさい。

1. これは、国語，数学，化学，生物の4科目の問題を綴じた冊子である。必要な科目を選択して解答しなさい。食料環境政策学科受験者は「国語」が必須である。
2. 問題は、数学，化学，生物については表面から71ページ，国語については裏面から16ページある。ただし、ページ番号のない白紙はページ数に含まない。
3. 解答用紙に印刷されている受験番号が正しいかどうか、受験票と照合して確認すること。
4. 監督者の指示にしたがい、解答用紙の氏名欄に氏名を記入すること。
5. 監督者の指示にしたがい、解答用紙にある「解答科目マーク欄」に1つマークし、「解答科目名」記入欄に解答する科目名を記入しなさい。なお、マークしていない場合、または複数の科目にマークした場合は0点となる。
6. 解答は、すべて解答用紙の所定欄にマークするか、または記入すること。所定欄以外のところには何も記入しないこと。解答番号は各科目の最初に示してある。
7. 問題に指定された数より多くマークしないこと。
8. 解答は、必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれもHB・黒)で記入のこと。
9. 訂正する場合は、消しゴムできれいに消し、消しくずを残さないこと。
10. 解答用紙は、絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。
11. 解答用紙はすべて回収する。持ち帰らず、必ず提出すること。
12. この問題冊子は必ず持ち帰ること。
13. マーク記入例

良い例	悪い例
	

化 学

(解答番号 1～26, 101～105, 201～202)

注意： 1. 原子量が必要な場合は、次の数値を用いなさい。

H = 1 C = 12 N = 14 O = 16 F = 19 Na = 23
S = 32 Cl = 35.5 K = 39 Ca = 40 Cr = 52 Mn = 55
Fe = 56 Cu = 64 Zn = 65 Br = 80 Ag = 108 I = 127

2. 気体定数 $R = 8.31 \times 10^3$ [Pa·L/(K·mol)]
3. アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}$ [/mol]
4. 絶対温度 $T(\text{K}) = 273 + t(^{\circ}\text{C})$

[I] 以下の問いに答え、 ～ にあてはまる答えとして最も適切なものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。また、解答欄 には数値を、解答欄 には分子式を、解答欄 には構造式を書きなさい。

石油はガソリンや灯油などの燃料として用いられるだけでなく、多くの化合物を化学合成する化学工業の原料としても重要な役割を果たしている。エチレンは石油から合成される代表的なアルケンであり、有機化合物や高分子化合物の原料として広く用いられている。以前は、アセチレンや石炭から有機化合物が合成されることが多かったが、20世紀以降は石油化学工業が主流となっている。しかし、石油は有限な化石資源であるため、代わりとなる炭素資源の開発が必要である。そこで、メタンを主成分とする天然ガスが、21世紀を支えるエネルギー資源および化学工業の原料として期待されている。

(1) 以下の14族から17族の水素化合物について、沸点が高い順に並べたものとして正しいものは である。

- A メタン > アンモニア > 水 > フッ化水素
- B アンモニア > メタン > フッ化水素 > 水
- C フッ化水素 > アンモニア > メタン > 水
- D 水 > メタン > フッ化水素 > アンモニア
- E 水 > フッ化水素 > アンモニア > メタン
- F フッ化水素 > 水 > アンモニア > メタン
- G アンモニア > 水 > メタン > フッ化水素
- H メタン > フッ化水素 > 水 > アンモニア

(2) エチレンの2つの炭素原子に結合した水素原子が、他の原子あるいは原子団で置換されると幾何異性体が生じる場合がある。マレイン酸と幾何異性体の関係にある化合物は である。

- A シュウ酸 B フマル酸 C コハク酸 D ギ酸
- E 酢酸 F 乳酸 G ステアリン酸 H フタル酸

(3) メタンの炭素原子に結合した水素原子のうち3つがそれぞれ異なる原子または原子団に置換された化合物には光学異性体が生じる。光学異性体が存在する化合物は である。

- A シュウ酸 B フマル酸 C コハク酸 D ギ酸
- E 酢酸 F 乳酸 G ステアリン酸 H フタル酸

(4) エチレンの製法は であり、メタンの製法は である。

- A 酢酸カルシウムを加熱する。
- B 酢酸ナトリウムに水酸化ナトリウムを加えて加熱する。
- C ニクロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液を用いてエタノールを酸化する。
- D 銅に濃硝酸を加える。
- E 銅に濃硫酸を加えて加熱する。
- F 過酸化水素の水溶液に少量の酸化マンガン(IV)を加える。
- G 加熱した濃硫酸(160～170℃)にエタノールを加える。
- H 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱する。

(5) により合成したメタンを水上置換により捕集したところ、27℃、 1.04×10^5 Pa で、498.6 mL の気体が得られたとする。得られたメタンの質量は g である。27℃における水の蒸気圧を 4.00×10^3 Pa とし、得られた気体にはメタンと水蒸気だけが含まれるものとする。有効数字2桁で解答欄 に書きなさい。

(6) メタンは、温度が20℃、圧力が 1.0×10^5 Pa のとき、標準状態に換算して水1.0 Lに33 mL溶けるとする。同じ温度で圧力が 5.0×10^5 Pa のとき、水5.0 Lに溶けるメタンの量は g である。

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| A 0.02 | B 0.04 | C 0.12 | D 0.59 |
| E 1.21 | F 13.2 | G 36.8 | H 66.3 |

(7) エチレンに塩素を反応させたところ、化合物 A が得られた。化合物 A を加熱したところ、塩化水素が発生し、15.0 g の化合物 B が残った。得られた化合物 B には水素原子が $\times 10^{23}$ 個含まれている。なお、これらの反応は完全に進んだものとする。

A 1.4

B 2.8

C 3.2

D 3.6

E 4.3

F 5.8

G 9.6

H 13.0

また、化合物 B の分子式を解答欄 に書きなさい。

(8) アルケン構造を持つ化合物 C (その炭素数は 5 個以下とする) がある。

10 g の化合物 C が約 38 g の臭素と結合した。この反応様式は である。

A 酸化還元反応

B 中和反応

C 脱水反応

D 付加反応

E 縮合反応

F 置換反応

また、化合物 C の構造式を解答欄 に書きなさい。

〔Ⅱ〕 以下の問いに答え、 ～ にあてはまる答えとして最も適切なものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

解答欄 にはイオン反応式を書きなさい。

指定のない場合は、実験は25℃で行い、水溶液の混合による体積変化、および塩酸を加えることによる体積変化は無視できるものとする。必要があれば以下の値を用いなさい。

$$\log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 3 = 0.48, \log_{10} 7 = 0.84$$

水に強酸や強塩基を少量加えると、そのpHは大きく変化する。例えば、1.0 Lの純水に10 mol/Lの塩酸を1.0 mL加えると、pHは(ア)から(イ)になる。

文章中の(ア)、(イ)にあてはまる最も適切な数値の組み合わせは

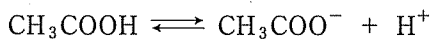
である。

	(ア)	(イ)
A	1.0	7.0
B	2.0	7.0
C	3.0	7.0
D	4.0	7.0
E	7.0	1.0
F	7.0	2.0
G	7.0	3.0
H	7.0	4.0

一方、弱酸とその塩、あるいは弱塩基とその塩の混合水溶液は、少量の強酸や強塩基を加えてもpHがほぼ一定に保たれる緩衝作用を示す。このような水溶液を緩衝液という。緩衝液の緩衝作用を検証してみよう。

酢酸は食酢に含まれる弱酸である。酢酸は水溶液中でその一部だけが電離しており、電離していない分子と電離によって生じたイオンの間に、以下に示す電離

平衡が成立している。



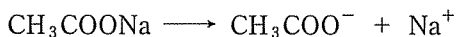
酢酸の電離定数を K_a とする。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

酢酸水溶液のモル濃度を c 、電離度を α とすると、 c と α を用いて、 $K_a = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$ と表される。酢酸の電離度は 1 に比べて十分小さいので、 $1-\alpha \approx 1$ と近似すると、 c と K_a を用いて、 H^+ のモル濃度 $[\text{H}^+] = \sqrt{cK_a}$ と表される。

まず、0.20 mol/L 酢酸水溶液の pH は(ウ)となる。ただし、25℃における酢酸の電離定数を $K_a = 2.8 \times 10^{-5}$ mol/L とする。

次に、0.20 mol/L 酢酸水溶液 500 mL に、0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 500 mL を加えて緩衝液をつくと、酢酸ナトリウムは、以下のように、ほぼ完全に電離している。



この緩衝液の pH は(エ)になった。

文章中の(ウ)、(エ)にあてはまる最も適切な数値は、それぞれ

と である。

,

A 2.2 B 2.4 C 2.6 D 2.8

E 4.2 F 4.4 G 4.6 H 4.8

さらに、この緩衝液 1.0 L に 10 mol/L の塩酸を 1.0 mL 加えると、pH は(オ)

になる。この場合、(カ)によって平衡が動き、塩酸から生じる H^+ は酢酸イオンの一部と反応して酢酸が生成することにより、 $[H^+]$ はほとんど増加しない。このことから、この緩衝液の緩衝作用が確認できる。

文章中の(オ)にあてはまる最も適切な数値は 12 である。

12

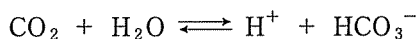
- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| A 3.4 | B 3.6 | C 3.8 | D 4.0 |
| E 4.2 | F 4.4 | G 4.6 | H 4.8 |

文章中の(カ)にあてはまる適切な語句は 13 である。

13

- | | |
|--------------|--------------|
| A エネルギー保存の法則 | B ファラデーの法則 |
| C ヘンリーの法則 | D ファントホッフの法則 |
| E ルシャトリエの原理 | F ヘスの法則 |

動物細胞の性質やタンパク質の機能を明らかにする目的で培養細胞を用いる実験が行われる。動物細胞は一般に CO_2 インキュベーターとよばれる装置を用いて、 $37^\circ C$ で空気に 5% CO_2 を加えた条件下で培養される。培養中の動物細胞は有機酸などを生産して、培養液の pH が低下する傾向がある。しかし、 CO_2 インキュベーターでは、培養液が二酸化炭素 CO_2 と炭酸水素イオン HCO_3^- の緩衝液となっており、以下に示す電離平衡が成立していて、pH は中性に近い約 7.4 に保たれている。



この緩衝液に塩基(OH^-)を加えたときに生じる緩衝作用をイオン反応式

103 で書きなさい。

103

〔Ⅲ〕 以下の問いに答え、14 ~ 19 にあてはまる答えとして最も適切なものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。

解答欄 104 には化学反応式、105 には数値を書きなさい。

植物の生育には、タンパク質や核酸などの窒素を含む化合物が必要とされる。空気中には窒素ガス N_2 が高濃度に含まれているが、植物は N_2 を直接利用することができず、雷や土壤中の微生物の作用により窒素酸化物から生じる硝酸塩やアンモニウム塩などの形で利用している。窒素酸化物のうち、一酸化窒素 NO は(ア)色の気体であり、空気中の酸素により酸化されると、(イ)色の二酸化窒素 NO_2 になる。

(ア), (イ)の正しい組み合わせは 14 である。

14

	(ア)	(イ)		(ア)	(イ)
A	無	赤 褐	D	赤 褐	黄
B	無	黄	E	黄	赤 褐
C	赤 褐	無	F	黄	無

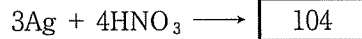
実験室で銀 Ag と(ウ)を反応させると、銅 Cu を用いた場合と同様に主に一酸化窒素が生成し、銀と(エ)を反応させると主に二酸化窒素が生成する。生成した一酸化窒素は(オ)により捕集する。

(ウ), (エ), (オ)の正しい組み合わせは 15 である。

15

	(ウ)	(エ)	(オ)		(ウ)	(エ)	(オ)
A	希硝酸	濃硝酸	上方置換	D	濃硝酸	希硝酸	上方置換
B	希硝酸	濃硝酸	下方置換	E	濃硝酸	希硝酸	下方置換
C	希硝酸	濃硝酸	水上置換	F	濃硝酸	希硝酸	水上置換

以下は下線部の化学反応式である。右辺のみを解答欄 に書きなさい。



この反応では、銀は硝酸により(カ)されて、酸化数が0から(キ)へ変化する。

(カ)、(キ)の正しい組み合わせは である。

	(カ)	(キ)		(カ)	(キ)
A	酸化	-1	E	還元	-1
B	酸化	+1	F	還元	+1
C	酸化	+2	G	還元	+2
D	酸化	+3	H	還元	+3

自動車や工場などから排出される二酸化窒素 NO_2 は冷水と反応することにより硝酸 HNO_3 となるため、酸性雨発生の原因となっている。植物に対する酸性雨の直接的な影響として、葉の表面のクチクラ層が侵食され、透過した酸性雨が表皮細胞やその下の柵状組織細胞を破壊することによる壊死や黄色化が起こる。また、間接的な影響としては、土壤の酸性化にともなう根圏環境の変化によって、植物の成長に必要なカルシウム、マグネシウム、カリウムなどが土壤から溶脱すること、および、土壤微生物の減少と機能低下が知られている。

一方、硝酸は工業的には火薬・染料などの製造や窒素肥料の原料などに利用されている。硝酸の主要な工業的製法はオストワルト法である。この方法は最初に(ク)を触媒として、アンモニアを空気と混合し $800 \sim 900^\circ\text{C}$ に加熱して酸化することにより一酸化窒素を生成する。次に、一酸化窒素を空気中の酸素で酸化して二酸化窒素とし、温水に吸収させて硝酸とする。オストワルト法によりアンモニア 10.2 kg を完全に硝酸にすると、最終的に 60% 硝酸として kg 得られる。有効数字2桁で、解答欄 に書きなさい。

文章中の(ク)にあてはまる語句は 17 である。

17

A	亜鉛	D	ニッケル
B	銅	E	白金
C	鉄	F	炭素

硝酸を保存する時は(ケ)を用いる。タンパク質水溶液に濃硝酸を加えて熱すると(コ)色になる。これはタンパク質を構成するアミノ酸のうち、芳香族アミノ酸のベンゼン環のニトロ化による呈色反応のためである。この反応はキサントプロテイン反応として知られ、タンパク質の検出に用いられている。

(ケ), (コ)の正しい組み合わせは 18 である。

18

	(ケ)	(コ)		(ケ)	(コ)		(ケ)	(コ)
A	褐色ビン	赤	D	ポリ容器	赤	G	透明ガラスビン	赤
B	褐色ビン	青	E	ポリ容器	青	H	透明ガラスビン	青
C	褐色ビン	黄	F	ポリ容器	黄	I	透明ガラスビン	黄

0.10 mol/L の硝酸 HNO_3 100 mL をアンモニア NH_3 水または水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液で中和したところ、過不足なく中和するのにそれぞれ 20 mL を要した。この時、中和に用いたアンモニア水の濃度は(サ)mol/L、水酸化カルシウム水溶液の濃度は(シ)mol/L である。

(サ), (シ)の正しい組み合わせは 19 である。

19

	(サ)	(シ)		(サ)	(シ)		(サ)	(シ)
A	0.25	0.25	D	0.50	0.25	G	1.0	0.25
B	0.25	0.50	E	0.50	0.50	H	1.0	0.50
C	0.25	1.0	F	0.50	1.0	I	1.0	1.0

化学 問題は次ページに続いています。

〔IV〕 以下の問いに答え、 ～ にあてはまる答えとして最も適切なものを各解答群の中から1つ選び、記号をマークしなさい。解答欄 には構造式を書きなさい。

酵母によるアルコール発酵で作られる醸造酒のアルコール濃度は、酵母のアルコール耐性のため16～20%が限界である。アルコール度数20%以上の酒類を製造するためには、エタノールを濃縮する必要がある。エタノールの沸点は78℃であり、水の沸点よりも低いことから、単純に加熱するとエタノールの方が先に気化してアルコール濃度が下がってしまう。そこで、エタノールを含む気化成分を集めて液化し濃縮する蒸留を行うことにより、アルコール度数の高い酒類を製造することができる。

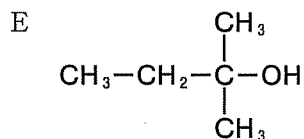
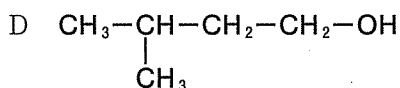
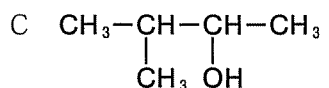
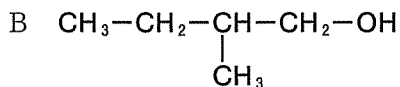
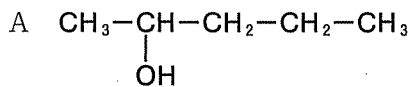
フーゼル油は、蒸留酒を作る際に沸点の高い揮発性成分として得られる黄色ないし褐色の油状混合物である。フーゼル油の構成成分は、いずれもエタノールより沸点が高く、水に溶けにくい性質を持つ。また、フーゼル油は密度が水よりも低いので、蒸留酒を作った際には油滴として分離して表面に浮いてくることがある。フーゼル油は本格焼酎のうまみ成分のもととなることが知られているが、酒に濁りを生じ油臭とよばれる臭みの原因ともなるため、ろ過して取り除くことが多い。一方、コクのある焼酎を求めるファンの間ではフーゼル油を残したままの無ろ過の焼酎が好まれている。

フーゼル油の主成分は数種類の炭素数5のアルコールであり、その他にプロパノール、ブタノール、1-ヘキサノールなどのアルコール、酢酸イソアミル(酢酸3-メチルブチル)、ヘキサノール酸エチル、オクタン酸エチル、デカン酸エチルなどのエステルを含む。酢酸イソアミルは、バナナのような果実臭をもち、酒類の芳香成分の1つとして知られている。

- (1) アルコールの性質について述べた以下のA～Fの文章で、誤っているものは 20 である。

20

- A 炭素数の少ないアルコールは水に溶けやすいが、炭素数が多くなると水に溶けにくくなり、水と混合すると二層に分かれるようになる。
- B アルコールは分子間に水素結合を形成するため、分子量が同程度の炭化水素と比較して、融点や沸点が高い。
- C エタノールにヨウ素と水酸化ナトリウム溶液を加えるとヨードホルム反応を起こして黄色の沈殿を生じる。
- D フェノールのヒドロキシ基はベンゼン環に直接結合しているため、アルコールのヒドロキシ基と比べて電離しやすく、その水溶液はカルボン酸よりも強い酸性を示す。
- E 濃硫酸を 130℃程度に加熱してエタノールを加えると、分子間脱水が起こり、ジエチルエーテルが生成する。
- F アルコールに金属ナトリウムを加えると、水素ガスが発生する。
- (2) フーゼル油の成分を含む炭素数5のアルコールが4種類ある(化合物ア～エ)。これらの化合物の化学構造は、以下に示したA～Eのうちのいずれかである。それぞれの化合物については、以下の(a)～(c)の特徴をもつ。



- (a) 化合物ア～エを適当な酸化剤を用いて酸化したところ、
- ・化合物アからアルデヒドを生じた。
 - ・化合物イ，ウからそれぞれケトンを生じた。
 - ・化合物エは反応しなかった。
- (b) 加熱した濃硫酸に化合物ア～エを加えて、分子内脱水反応を起こさせたところ、以下のような生成物が得られた。
- ・化合物ア，エからは、1種類の生成物が得られた。
 - ・化合物イからは2種類の生成物が得られた。
 - ・化合物ウからは3種類の生成物が得られた。これら3種類の化合物のうち2つの化合物は、互いに幾何異性体の関係にあった。
- (c) 化合物ア，イ，ウは不斉炭素を有するが、化合物エは不斉炭素を持たない。

化合物ア～エの化学構造として最も適当なものを化合物A～Eの中から1つ選んで解答欄にマークしなさい。 は大学側の指示により削除。

化合物ア	<input type="text" value="21"/>
化合物イ	<input type="text" value="22"/>
化合物ウ	<input type="text" value="23"/>
化合物エ	<input type="text" value="24"/>

(b)の文章中の、化合物ウから得られる2つの幾何異性体のうち、トランス形の化合物の構造式を に書きなさい。

化合物ア、ウ、エを沸点の高い順に並べたものは 25 である。

25 は大学側の指示により削除。

25

A	ア > ウ > エ
B	ア > エ > ウ
C	ウ > ア > エ
D	ウ > エ > ア
E	エ > ア > ウ
F	エ > ウ > ア

- (3) フーゼル油に含まれる炭素数5のアルコールの1つにイソアミルアルコールがある。イソアミルアルコールが酢酸とエステル化した化合物が酢酸イソアミルである。酵母菌体内では右図のように、グルコースからの代謝により、その一部が酢酸イソアミルになる。

米 900 g を原料に用いて、加水分解によって得られたグルコースを利用

し、酵母によりアルコール発酵を行ったところ、グルコース 1 mol に対して酢酸イソアミルが 2×10^{-5} mol 生成した。このとき、得られた酒には 26 mg の酢酸イソアミルが含まれる。なお、米に含まれるデンプン含量は 72 % であり、デンプンは完全に加水分解されてグルコースに変換されたものとする。

この程度の酢酸イソアミルを含む日本酒は、吟醸酒とよばれ華やかな芳香をもつ。

グルコース



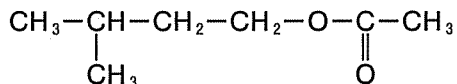
ピルビン酸 \dashrightarrow エタノール



イソアミルアルコール



酢酸イソアミル ($C_7H_{14}O_2$)



26

A 5.20 B 10.4 C 20.8 D 52.0 E 104 F 208