

令和 8 年度

琉球大学医学部医学科第 2 年次特別編入学
(学士入学)

生命科学総合問題Ⅱ

問 題 冊 子

1 0 : 5 0 ~ 1 2 : 3 0

注 意

合図があるまで開いてはいけません。

本冊子は回収しますので、持ち帰らないで下さい。

受験番号を記載して下さい。

受 験 番 号	
---------	--

1 以下の設問に答えよ。なお、解答欄へは語群の数字で記入すること。

問1. 細胞内で合成されたタンパク質への糖鎖修飾やジスルフィド結合の形成などの反応を中心的に担う細胞内小器官を語群から選べ。

問2. 細胞の機械的な安定性に最も寄与する細胞骨格の種類を語群から選べ。

問3. 全身の骨は破骨細胞と骨芽細胞により常につくりかえられている。これらの細胞に作用し、骨の代謝に影響を与えているホルモンを語群から2つ選べ。

問4. 可動関節の関節骨表面に存在する軟骨組織を語群から選べ。

問5. 末梢神経では軸索に髄鞘が形成され、神経細胞の活動電位は髄鞘の切れ目であるランビエ絞輪を介した跳躍伝導の様式で伝達される。末梢神経での髄鞘の形成に最も関与の深い細胞を語群から選べ。

問6. 一般的な毛細血管では、血管内からの液体の漏出を防ぐために血管内皮細胞どうしが密接に結合している。その際の細胞間の結合を語群から選べ。

問7. 血管内を循環する赤血球が老化した場合には、ある臓器で除去される。その臓器を語群から2つ選べ。

問8. 胃内を酸性に保つための胃酸（塩酸）を産生する細胞を語群から選べ。

問9. 腸管の蠕動運動に深くかかわる筋肉を語群から選べ。

問10. 肺胞は、おもに肺胞上皮細胞で構成される微細な袋であり、酸素や二酸化炭素などのガス交換の場である。肺胞がつぶれないように生体により分泌されている生理活性物質を語群から選べ。

問11. 血液をろ過し、尿のもととなる原尿の産生に最も深くかかわる、腎臓の組織学的構造体を語群の中から選べ。

問12. 腸管や呼吸器の粘膜に存在し、管腔内の異物をトランスサイトーシスにより直下の粘膜関連リンパ組織に受け渡す、濾胞付属上皮内に存在する細胞を語群から選べ。

問13. 膵臓は消化酵素やホルモンなどを産生する分泌臓器である。血糖の上昇を刺激として分泌されるインスリンは膵臓のどの細胞が産生するか語群から選べ。

問14. 「肝臓は無数の小さな肝小葉で構成されており、肝細胞の間には（ ）とよばれる血管系が走行している。この血管系で肝動脈と門脈の血液が混合され、中心静脈へと流入する。」括弧内に入る組織学用語を語群から選べ。

問15. 皮膚の表皮内に存在し、侵入してきた病原体などの異物を認識し、所属リンパ節などで免疫細胞に抗原提示を行う細胞を語群から選べ。

問16. 卵巣での排卵後に顆粒層と卵胞膜が再構築されて形成される、プロゲステロンを産生する一過性の内分泌組織を語群から選べ。

問17. 外界からの光刺激を感知し、色の識別に関わる視細胞を語群から選べ。

問18. 精子や卵子などの配偶子が、精母細胞や卵母細胞から形成される際の分裂様式を語群から選べ。

【 語群 】

1. α 細胞, 2. β 細胞, 3. δ 細胞, 4. M細胞, 5. アクチンフィラメント, 6. 黄体,
7. 横紋筋, 8. オリゴデンドロサイト, 9. カルシトニン, 10. 肝臓, 11. 杆体細胞,
12. ギャップ結合, 13. 共有結合, 14. グルカゴン, 15. 減数分裂, 16. 甲状腺ホルモン,
17. 黒質線条体, 18. ゴルジ装置, 19. コルチ器官, 20. サーファクタント, 21. 糸球体,
22. 耳小石, 23. 主細胞, 24. シュワン細胞, 25. 松果体, 26. 硝子軟骨, 27. 小胞体,
28. 心筋, 29. 心臓, 30. 腎臓, 31. 錐体細胞, 32. セルトリ細胞, 33. セロトニン,
34. 線維軟骨, 35. タイト結合, 36. 弾性軟骨, 37. 中間径フィラメント, 38. 肺,
39. 微小管, 40. 脾臓, 41. ビリルビン, 42. 副甲状腺ホルモン,
43. 副腎皮質刺激ホルモン, 44. 平滑筋, 45. 壁細胞, 46. ヘミデスモソーム,
47. ヘンレのループ, 48. ミクログリア, 49. ミトコンドリア, 50. 免疫グロブリン,
51. 有糸分裂, 52. ライディッヒ細胞, 53. ランゲルハンス細胞, 54. リソソーム,
55. 類洞, 56. レニン

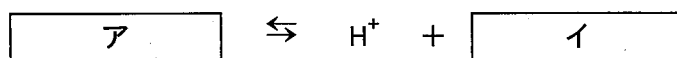
2 以下の文章を読んで、空欄 ア ～ ト にあてはまる内容を解答せよ。

生体内での化学反応で非常に重要なことが2つある。一つは酸塩基平衡における緩衝作用であり、もう一つは半減期である。

血液は $\text{pH}=7.40\pm0.05$ と非常に狭い範囲に調節されている。ヒトの血液には血球と血漿が含まれているが、血球内は主に核酸の成分である①リン酸二水素イオンとリン酸水素イオンによる緩衝溶液によって $\text{pH}\approx 6.9$ に保たれている。

また血漿では細胞の呼吸で放出された二酸化炭素が溶解し、②炭酸は炭酸水素イオンとなり緩衝溶液を作っているが、実際は血漿では $\text{pH}\approx 7.4$ に保たれている。

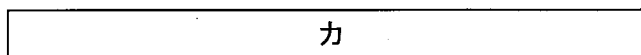
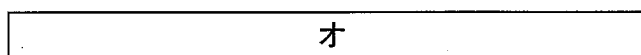
下線部①の平衡式は



下線部②の平衡式は



実際、水溶液中では $\boxed{\text{ウ}}$ は3つの平衡状態が考えられることから式③に加え残り2つの平衡反応式は以下のようなになる。



ここで弱酸 HA の解離について考えてみる。

$\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$ のとき、平衡定数 K_a は

$$K_a = \boxed{\text{キ}}$$

これを変形して

$$[\text{H}^+] = \boxed{\text{ク}}$$

両辺対数を取り、－符号をつけると

$$-\log [\text{H}^+] = -\log \boxed{\text{ケ}} - \log \boxed{\text{コ}}$$

$$\text{つまり } \text{pH} = \boxed{\text{サ}} + \log \boxed{\text{シ}}$$

これを $\boxed{\text{ス}}$ の式と呼ぶ。

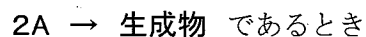
以上から、例えば 298K、分圧 $3.3 \times 10^{-4} \text{atm}$ での平衡状態にある二酸化炭素の水への溶解度が $1.1 \times 10^{-5} \text{mol (kg} \cdot \text{H}_2\text{O)}^{-1}$ である。このとき第一解離定数 $K_1 = 4.2 \times 10^{-7}$ 、第二解離定数 $K_2 = 4.8 \times 10^{-11}$ とすると

$$\text{HCO}_3^- \text{ は } \boxed{\text{セ}} \text{ M}$$

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ は } \boxed{\text{ソ}} \text{ M} \quad \text{となる} \quad * \text{M} = \text{mol/l}$$

次に化学反応における半減期 $t_{1/2}$ について考えてみる。半減期は、生体内での物質の代謝、薬物の代謝などにおいて非常に重要である。

物質 A の化学反応が



$$\text{反応速度 } v = \boxed{\text{タ}} = k \boxed{\text{チ}} \quad *k \text{ は速度定数}$$

両辺を分離して積分すると

A の初濃度 $[\text{A}]_0$ 、時間 t 経過後の A の濃度を $[\text{A}]$ のとき

$$\boxed{\text{ツ}}$$

よって

$$\boxed{\text{テ}}$$

したがって半減期 $t_{1/2}$ つまり $[\text{A}] = [\text{A}]_0 / 2$ のとき

$$t_{1/2} = \boxed{\text{ト}}$$

となる。

3 図1に示すのは、ヒトの β グロビンをコードする *HBB* 遺伝子の mRNA 前駆体の塩基配列である。ただし、3つあるエクソンの配列は大文字で、2つあるイントロンの配列は小文字で示し、開始コドンは白抜きにしてある。また、5' 末端にはキャップ構造「m⁷Gppp」が3' 末端にはポリA尾部「(A)_n」が付加されている。図2には、遺伝暗号表(コドン表)を示す。

```

m7Gppp ACAUUUGCUU CUGACACAAC UGUGUUCACU AGCAACCUCA AACAGACACC 50
AUGGUGCAUC UGACUCCUGA GGAGAAGUCU GCCGUUACUG CCCUGUGGGG CAAGGUGAAC 110
GUGGAUGAAG UUGGUGGUGA GGCCCUGGGC AGguugguau caagguuaca agacagguuu 170
aaggagacca auagaaacug ggcaugugga gacagagaag acucuugggu uucugauagg 230
cacugacucu cucugccuau uggucuaauu ucccacccuu agGCUGCUGG UGGUCUACCC 290
UUGGACCCAG AGGUUCUUUG AGUCCUUUGG GGAUCUGUCC ACUCCUGAUG CUGUUAUGGG 350
CAACCCUAAG GUGAAGGCUC AUGGCAAGAA AGUGCUCGGU GCCUUUAGUG AUGGCCUGGC 410
UCACCUGGAC AACCUC AAGG GCACCUUUGC CACACUGAGU GAGCUGCACU GUGACAAGCU 470
GCACGUGGAU CCUGAGAAACU UCAGGgugag ucuauugggac gcuugauguu uucuuuuccc 530
uucuuuucua ugguuaaguu caugucauag gaaggggaa uuaaacaggg uacaguuuag 590
aaugggaaac agacgaauga uugcaucagu guggaagucu caggauuguu uuaguuuucu 650
uuauuugcug uucauaacaa uuguuuuucu uuguuuuauu cuugcuuucu uuuuuuuucu 710
ucuccgcaau uuuuacuaau auacuuaaag ccuaaacaau guguaaaca aaaggaaaua 770
ucucugagau acauaaagua acuaaaaaaa aaacuuaaca cagucugccu aguacauuac 830
uauuuggaau auaugugugc uuaauuugcau auucauaauc ucccuaauu auuuuucuau 890
auuuuuauuu gauacauaau cauuauacau auuuauuggu uaaaguguaa uguuuuaaua 950
uguguacaca uauugacca aacaggguua uuuugcauuu guauuuuaa aaaaugcuuu 1010
cuucuuuuua uauacuuuuu uguuuuacuu auuucuaaua cuuuccuaa ucucuauucu 1070
ucagggcaau aaugauacaa uguaucaugc cucuuugcac cauucuaaag aauaacagug 1130
auaauuucug gguuaaggca auagcaauau cucugcauau aaauauuucu gcauaauaa 1190
uguaacugau guaagagguu ucauauugcu aaauagcagc acaauccagc uaccuauucug 1250
cuuuuauuuu augguuggga uaaggcugga uuaauucugag uccaagcuag gccuuuugc 1310
uaaucauguu cauaccucu aucuuccucc cacagCUCCU GGGCAACGUG CUGGUCUGUG 1370
UGCUGGCCCA UCACUUUGGC AAAGAAUUCA CCCCACCAGU GCAGGCUGCC UAUCAGAAAG 1430
UGGUGGCUGG UGUGGCUAAU GCCCUGGCC ACAAGUAUCA CUAAGCUCGC UUUCUUGCUG 1490
UCCA AUUUUCU AUUAAAGGUU CCUUUGUUC CUAAGUCCAA CUACUAAACU GGGGGAUAUU 1550
AUGAAGGGCC UUGAGCAUCU GGAUUCUGCC UAAUAAAAAA CAUUUAUUUU CAUUGCAA (A)n

```

図1. ヒト *HBB* 遺伝子 mRNA 前駆体の塩基配列

右端の数字は各行の右端の塩基の位置を示す。

コドン												
	AGA			UUA								
	AGG			UUG								
	GCA	CGA		CUA								
	GCC	CGC		CUC								
アミノ酸(3文字表記)	GCG	CGG	GAC	AAC	UGC	GAA	CAA	GGA	CAC	AUA	AUC	CUG
	GCU	CGU	GAU	AAU	UGU	GAG	CAG	GGU	CAU	AUU	CUU	
アミノ酸(1文字表記)												

コドン											
				AGC							
				AGU							
				CCA	UCA	ACA	GUA				
				CCC	UCC	ACC	GUC				
アミノ酸(3文字表記)	AAA		UUC								UAA
	AAG	AUG	UUU	CCU	UCU	ACU	UGG	UAU	GUU		UAG
											UGA
アミノ酸(1文字表記)											

図2. 遺伝暗号表(コドン表)

これらの情報に基づき、以下の各問いに答えなさい。

問1. 終止コドンは、図2にあるとおり「UAA」「UAG」または「UGA」のいずれかである。

- (1) *HBB* 遺伝子の mRNA の終止コドンはこのうちのどれか？
- (2) *HBB* 遺伝子の mRNA の終止コドンは何番目のエクソンにあるか？
- (3) *HBB* 遺伝子の mRNA が翻訳されてできるタンパク質は、開始コドンを含めて何個のアミノ酸残基から成るか？
- (4) *HBB* 遺伝子の mRNA の 3' 非翻訳領域にあるポリ A 付加シグナル配列を抜き出せ。

問2. 鎌状赤血球貧血の患者では、 β グロビントタンパク質の6番目(成熟 β グロビントタンパク質では開始コドンのメチオニンが翻訳後のプロセッシングで離脱するためコドンとしては7番目)のアミノ酸残基がグルタミン酸からバリンに変化する変異のホモ接合体となっている。

- (1) この変異では何番目の塩基が何から何に置換していると考えられるか？
- (2) このアミノ酸置換変異により、タンパク質の性質がどのように変化してヘモグロビンの性質に影響したと考えられるか？

問3. 重度の貧血の8か月の男児が β -サラセミアであることがわかった。サラセミアは、ヘモグロビンの量的異常による貧血であり、 β -サラセミアでは、 β グロビントタンパク質の量が大きく減少している。遺伝子解析により、この男児がもつ2コピーの*HBB* 遺伝子のうち1つに変異があり、最初のイントロンの本来の3' スプライス部位から19塩基上流に新しく3' スプライス部位が作られることがわかった。

- (1) この変異が一塩基置換であるとするれば、何番目の塩基が何から何に置換したと考えられるか？
- (2) この変異により、どんなタンパク質が産生されと考えられるか？
- (3) 正常な *HBB* 遺伝子の mRNA はたいへん安定であるが、この変異をもつアレルから産生される mRNA は、品質管理機構により分解されるためたいへん不安定である。この mRNA 品質管理機構について説明しなさい。