

平成 21 年度 入 学 試 験 問 題

生物化学専攻 専門科目

選 択 問 題

[注意事項]

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子をひらいてはならない。この冊子は、表紙および草稿用紙 2 頁を含めて計 15 頁からなる。
2. 解答には、必ず黒色鉛筆（または黒色シャープペンシル）を使用すること。

[以下、特に重要]

3. 問題は全部で 6 問ある。そのうちから 3 問選んで解答せよ。4 問以上解答した場合にはその全てが無効となる。
4. 答案用紙は、各問につき 1 枚、合計 3 枚配布してあるから、確実に配布されていることを確かめること。
5. 各答案用紙の所定欄に、科目名（選択問題）・問題番号（1～6）・受験番号および氏名を必ず記入すること。
6. 解答は、各問ごとに所定の答案用紙を使用すること。
7. 答案用紙は、採点の際、点線で切り取られるので、裏面も使用する場合には、点線の上部を使用しないこと。
8. 答案用紙には、解答に関係ない文字、記号、符号などを記入してはならない。
9. 解答できない場合でも、答案用紙に科目名・問題番号・受験番号および氏名を記入して提出すること。
10. 答案用紙を草稿用紙に絶対使用しないこと。（問題冊子の余白は自由に使ってよい。）

この問題冊子は試験終了後に回収します。以下の欄に受験番号と氏名を記入すること。

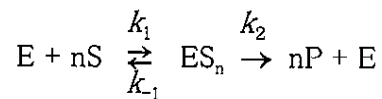
受験番号		氏名	
------	--	----	--

[第1問]

次の文を読み、問題(1)～(5)に答えよ。

酵素は、化学反応の反応速度を生体内で著しく上昇させるため、その活性が様々な方法で調節されている。たとえば、基質濃度が低い場合には反応速度が著しく低下するものがある。基質濃度に対して反応速度をプロットすると S 字型のシグモイド曲線になることがあり、このような酵素の反応速度はミカエリス・メンテンの式に従わない。

このような場合、酵素反応の形式を以下のように表すとする。



Eは酵素、Sは基質、 ES_n は酵素基質複合体、Pは生成物をさす。またnは酵素に対して結合しうる基質の数である。

ここで、全体の反応速度 v は、

$$v = k_2[ES_n] \quad \dots (a)$$

と表すことができる。

次に、 ES_n の生成速度は以下の式で与えられる。

$$d[ES_n]/dt = k_1[E][S]^n - k_{-1}[ES_n] - k_2[ES_n] \quad \dots (b)$$

ここで、 ES_n の生成と崩壊が釣り合い、反応の間の $[ES_n]$ が一定に保たれるような定常状態を仮定する。すると

$$d[ES_n]/dt = 0 \quad \dots (c)$$

となる。

$[ES_n]$ と $[E]$ を実測することは難しいが、 $[E]_0$ (Eの全濃度)が既知であれば、

$$[E] = [E]_0 - [ES_n] \quad \dots (d)$$

とおける。

(問題)

- (1) 上記の式(a)~(d)より、 $[E]_0$ 、 $[S]$ 、 n 、および $K_M=(k_{-1}+k_2)/k_1$ (ミカエリス定数)を用いて $[ES_n]$ を表せ。
- (2) 基質の濃度が十分に高く、酵素が基質で飽和したときの最大速度を $V_{max}=k_2[E]_0$ とおき、式(a)より V_{max} 、 $[S]$ 、 n 、 K_M を用いて v を表せ。さらに、 $\log[v/(V_{max}-v)]$ を $\log[S]$ の関数として表せ。
- (3) ヘモグロビンは $\alpha_2\beta_2$ というヘテロ4量体構造をもち、そのうちの1つのサブユニットに酸素が結合すると、他のサブユニットの酵素親和性が大きく変化する。ヘモグロビンは酸素を結合して運搬するタンパク質であるが、その酸素結合を酵素反応と考えると、相対的な反応速度 v/V_{max} は酸素との結合の飽和度 (y) とみなすことができる。ヘモグロビンの酸素結合飽和度を酸素分圧 (基質濃度とみなすことができる) に対してプロットすると図1のようになる。表1の値を用いて、Hill プロットを描き、Hill 係数 (ヘモグロビンに対する酸素分子の結合の協同性を示す係数) を求めよ。なお、その解答に至った過程も解答用紙に記せ。必要な場合には、表2の対数表と草稿用グラフ用紙を用いよ。
- (4) 図1にはヘモグロビンの酸素飽和曲線に加えて、ミオグロビンの酸素飽和曲線が破線で描かれている。ヘモグロビンでは飽和曲線がS字型になるのに対し、ミオグロビンでは曲線がミカエリス・メンテン型になるのはなぜか。両者の分子構造の見地から3行程度で述べよ。
- (5) なお、酸素分圧は、ヒトの肺泡毛細血管中では $P_{O_2}=100\text{mmHg}$ 、筋肉毛細血管中では $P_{O_2}=20\text{mmHg}$ である。このことから、ヘモグロビンとミオグロビンが働く場所を考えに入れて、両者の機能の違いを酸素分圧との関係において4行程度で述べよ。

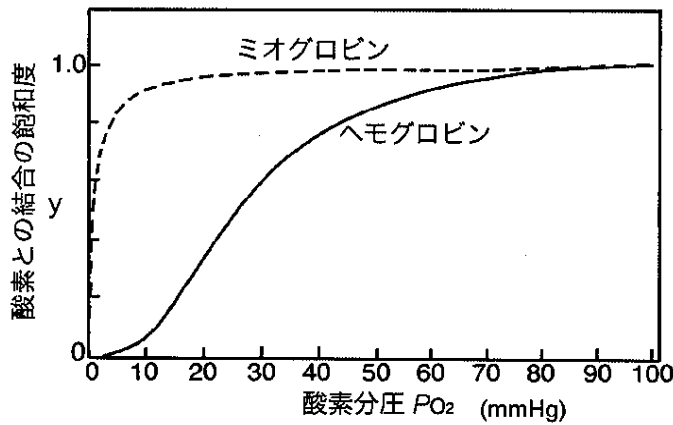


図1. 酸素分圧に対するヘモグロビンとミオグロビンの酸素飽和曲線

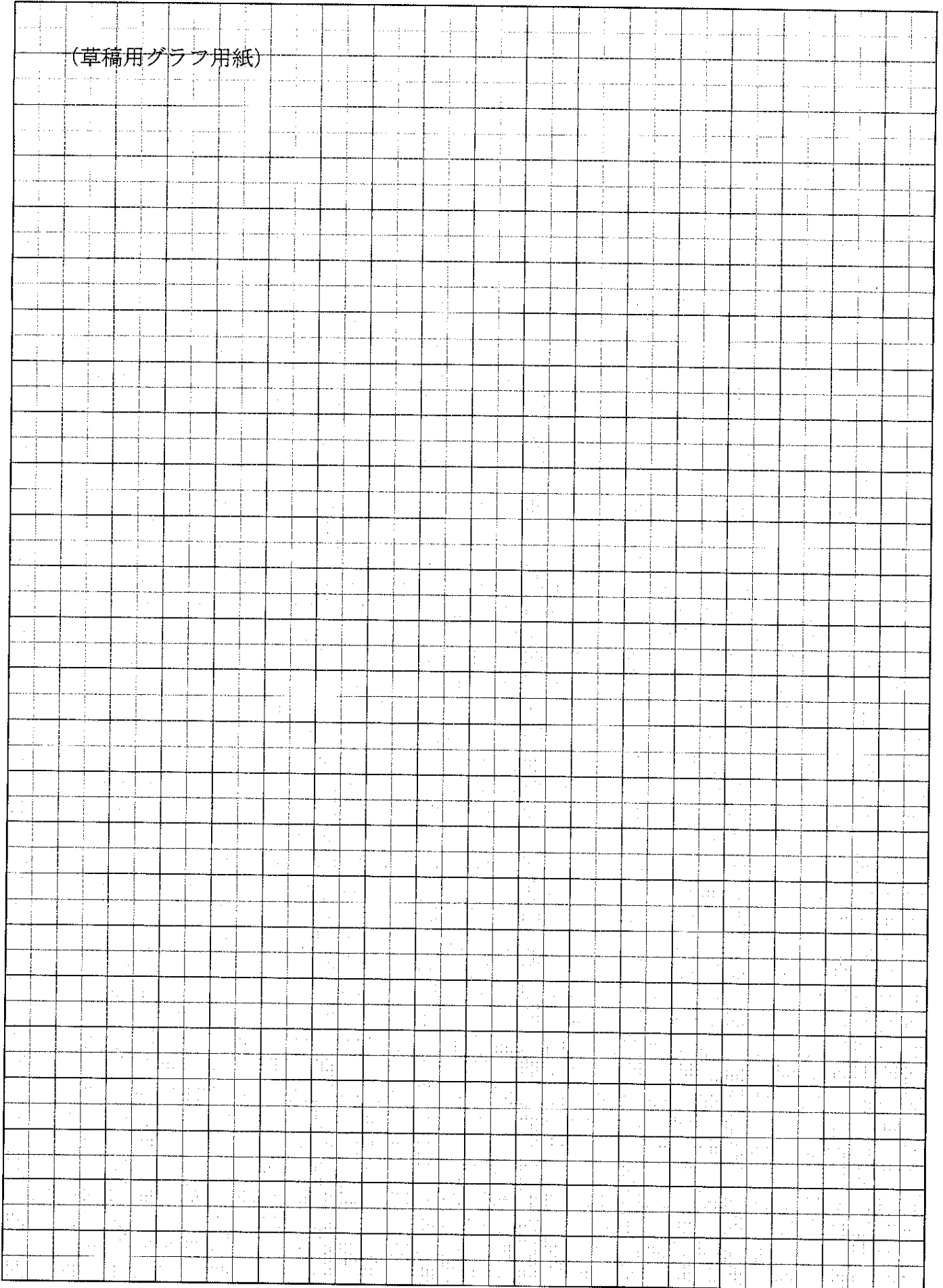
P_{O_2} (mmHg)	y
20	0.33
30	0.59
40	0.75
50	0.84

表1. 図1のヘモグロビンの曲線の値を読み取ったもの

常用対数表 (1)										常用対数表 (2)											
数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	.0000	.0043	.0086	.0128	.0170	.0212	.0253	.0294	.0334	.0374	5.5	.7404	.7412	.7419	.7427	.7435	.7443	.7451	.7459	.7466	.7474
1.1	.0414	.0453	.0492	.0531	.0569	.0607	.0645	.0682	.0719	.0755	5.6	.7482	.7490	.7497	.7505	.7513	.7520	.7528	.7536	.7543	.7551
1.2	.0792	.0828	.0864	.0899	.0934	.0969	.1004	.1038	.1072	.1106	5.7	.7559	.7566	.7574	.7582	.7589	.7597	.7604	.7612	.7619	.7627
1.3	.1139	.1173	.1206	.1239	.1271	.1303	.1335	.1367	.1399	.1430	5.8	.7634	.7642	.7649	.7657	.7664	.7672	.7679	.7686	.7694	.7701
1.4	.1461	.1492	.1523	.1553	.1584	.1614	.1644	.1673	.1703	.1732	5.9	.7709	.7716	.7723	.7731	.7738	.7745	.7752	.7760	.7767	.7774
1.5	.1761	.1790	.1818	.1847	.1875	.1903	.1931	.1959	.1987	.2014	6.0	.7782	.7789	.7796	.7803	.7810	.7818	.7825	.7832	.7839	.7846
1.6	.2041	.2068	.2095	.2122	.2148	.2175	.2201	.2227	.2253	.2279	6.1	.7853	.7860	.7868	.7875	.7882	.7889	.7896	.7903	.7910	.7917
1.7	.2304	.2330	.2355	.2380	.2405	.2430	.2455	.2480	.2504	.2529	6.2	.7924	.7931	.7938	.7945	.7952	.7959	.7966	.7973	.7980	.7987
1.8	.2553	.2577	.2601	.2625	.2648	.2672	.2695	.2718	.2742	.2765	6.3	.7993	.8000	.8007	.8014	.8021	.8028	.8035	.8041	.8048	.8055
1.9	.2788	.2810	.2833	.2856	.2878	.2900	.2923	.2945	.2967	.2989	6.4	.8062	.8069	.8075	.8082	.8089	.8096	.8102	.8109	.8116	.8122
2.0	.3010	.3032	.3054	.3075	.3096	.3118	.3139	.3160	.3181	.3201	6.5	.8129	.8136	.8142	.8149	.8156	.8162	.8169	.8176	.8182	.8189
2.1	.3222	.3243	.3263	.3284	.3304	.3324	.3345	.3365	.3385	.3404	6.6	.8195	.8202	.8209	.8215	.8222	.8228	.8235	.8241	.8248	.8254
2.2	.3424	.3444	.3464	.3483	.3502	.3522	.3541	.3560	.3579	.3598	6.7	.8261	.8267	.8274	.8280	.8287	.8293	.8299	.8306	.8312	.8319
2.3	.3617	.3636	.3655	.3674	.3692	.3711	.3729	.3747	.3766	.3784	6.8	.8325	.8331	.8338	.8344	.8351	.8357	.8363	.8370	.8376	.8382
2.4	.3802	.3820	.3838	.3856	.3874	.3892	.3909	.3927	.3945	.3962	6.9	.8388	.8395	.8401	.8407	.8414	.8420	.8426	.8432	.8439	.8445
2.5	.3979	.3997	.4014	.4031	.4048	.4065	.4082	.4099	.4116	.4133	7.0	.8451	.8457	.8463	.8470	.8476	.8482	.8488	.8494	.8500	.8506
2.6	.4150	.4166	.4183	.4200	.4216	.4232	.4249	.4265	.4281	.4298	7.1	.8513	.8519	.8525	.8531	.8537	.8543	.8549	.8555	.8561	.8567
2.7	.4314	.4330	.4346	.4362	.4378	.4393	.4409	.4425	.4440	.4456	7.2	.8573	.8579	.8585	.8591	.8597	.8603	.8609	.8615	.8621	.8627
2.8	.4472	.4487	.4502	.4518	.4533	.4548	.4564	.4579	.4594	.4609	7.3	.8633	.8639	.8645	.8651	.8657	.8663	.8669	.8675	.8681	.8686
2.9	.4624	.4639	.4654	.4669	.4683	.4698	.4713	.4728	.4742	.4757	7.4	.8692	.8698	.8704	.8710	.8716	.8722	.8727	.8733	.8739	.8745
3.0	.4771	.4786	.4800	.4814	.4829	.4843	.4857	.4871	.4886	.4900	7.5	.8751	.8756	.8762	.8768	.8774	.8779	.8785	.8791	.8797	.8802
3.1	.4914	.4928	.4942	.4955	.4969	.4983	.4997	.5011	.5024	.5038	7.6	.8808	.8814	.8820	.8825	.8831	.8837	.8842	.8848	.8854	.8859
3.2	.5051	.5065	.5079	.5092	.5105	.5119	.5132	.5145	.5159	.5172	7.7	.8865	.8871	.8876	.8882	.8887	.8893	.8899	.8904	.8910	.8915
3.3	.5185	.5198	.5211	.5224	.5237	.5250	.5263	.5276	.5289	.5302	7.8	.8921	.8927	.8932	.8938	.8943	.8949	.8954	.8960	.8965	.8971
3.4	.5315	.5328	.5340	.5353	.5366	.5378	.5391	.5403	.5416	.5428	7.9	.8976	.8982	.8987	.8993	.8998	.9004	.9009	.9015	.9020	.9025
3.5	.5441	.5453	.5465	.5478	.5490	.5502	.5514	.5527	.5539	.5551	8.0	.9031	.9036	.9042	.9047	.9053	.9058	.9063	.9069	.9074	.9079
3.6	.5563	.5575	.5587	.5599	.5611	.5623	.5635	.5647	.5658	.5670	8.1	.9085	.9090	.9096	.9101	.9106	.9112	.9117	.9122	.9128	.9133
3.7	.5682	.5694	.5705	.5717	.5729	.5740	.5752	.5763	.5775	.5786	8.2	.9138	.9143	.9149	.9154	.9159	.9165	.9170	.9175	.9180	.9186
3.8	.5798	.5809	.5821	.5832	.5843	.5855	.5866	.5877	.5888	.5899	8.3	.9191	.9196	.9201	.9206	.9212	.9217	.9222	.9227	.9232	.9238
3.9	.5911	.5922	.5933	.5944	.5955	.5966	.5977	.5988	.5999	.6010	8.4	.9243	.9248	.9253	.9258	.9263	.9269	.9274	.9279	.9284	.9289
4.0	.6021	.6031	.6042	.6053	.6064	.6075	.6085	.6096	.6107	.6117	8.5	.9294	.9299	.9304	.9309	.9315	.9320	.9325	.9330	.9335	.9340
4.1	.6128	.6138	.6149	.6160	.6170	.6180	.6191	.6201	.6212	.6222	8.6	.9345	.9350	.9355	.9360	.9365	.9370	.9375	.9380	.9385	.9390
4.2	.6232	.6243	.6253	.6263	.6274	.6284	.6294	.6304	.6314	.6325	8.7	.9395	.9400	.9405	.9410	.9415	.9420	.9425	.9430	.9435	.9440
4.3	.6335	.6345	.6355	.6365	.6375	.6385	.6395	.6405	.6415	.6425	8.8	.9445	.9450	.9455	.9460	.9465	.9469	.9474	.9479	.9484	.9489
4.4	.6435	.6444	.6454	.6464	.6474	.6484	.6493	.6503	.6513	.6522	8.9	.9494	.9499	.9504	.9509	.9513	.9518	.9523	.9528	.9533	.9538
4.5	.6532	.6542	.6551	.6561	.6571	.6580	.6590	.6599	.6609	.6618	9.0	.9542	.9547	.9552	.9557	.9562	.9566	.9571	.9576	.9581	.9586
4.6	.6628	.6637	.6646	.6656	.6665	.6675	.6684	.6693	.6702	.6712	9.1	.9590	.9595	.9600	.9605	.9609	.9614	.9619	.9624	.9628	.9633
4.7	.6721	.6730	.6739	.6749	.6758	.6767	.6776	.6785	.6794	.6803	9.2	.9638	.9643	.9647	.9652	.9657	.9661	.9666	.9671	.9675	.9680
4.8	.6812	.6821	.6830	.6839	.6848	.6857	.6866	.6875	.6884	.6893	9.3	.9685	.9690	.9694	.9699	.9703	.9708	.9713	.9717	.9722	.9727
4.9	.6902	.6911	.6920	.6928	.6937	.6946	.6955	.6964	.6972	.6981	9.4	.9731	.9736	.9741	.9745	.9750	.9754	.9759	.9763	.9768	.9773
5.0	.6990	.6998	.7007	.7016	.7024	.7033	.7042	.7050	.7059	.7067	9.5	.9777	.9782	.9786	.9791	.9795	.9800	.9805	.9809	.9814	.9818
5.1	.7076	.7084	.7093	.7101	.7110	.7118	.7126	.7135	.7143	.7152	9.6	.9823	.9827	.9832	.9836	.9841	.9845	.9850	.9854	.9859	.9863
5.2	.7160	.7168	.7177	.7185	.7193	.7202	.7210	.7218	.7226	.7235	9.7	.9868	.9872	.9877	.9881	.9886	.9890	.9894	.9899	.9903	.9908
5.3	.7243	.7251	.7259	.7267	.7275	.7284	.7292	.7300	.7308	.7316	9.8	.9912	.9917	.9921	.9925	.9930	.9934	.9939	.9943	.9948	.9952
5.4	.7324	.7332	.7340	.7348	.7356	.7364	.7372	.7380	.7388	.7396	9.9	.9956	.9961	.9965	.9969	.9974	.9978	.9983	.9987	.9991	.9996

表2. 常用対数表

(草稿用グラフ用紙)



[第2問]

次の文を読み、問題(1)～(5)に答えよ。

ある酵素反応の初速度 (v) と外界の温度 (T) の関係を調べたところ、図1に示す結果が得られた。これに基づいて、以下の問題に答えよ。但し、ガス定数 $R = k_B \cdot N = 2.0 \text{ cal mol}^{-1} \text{ deg}^{-1}$ とする。ここで、 k_B はボルツマン定数 ($= 3.3 \times 10^{-24} \text{ cal deg}^{-1}$)、 N はアボガドロ数 ($= 6.0 \times 10^{23}$)、また、 $e = 2.7$ 、 $e^{-10} = 4.5 \times 10^{-5}$ 、 $\log_e 2 = 0.69$ と近似する。

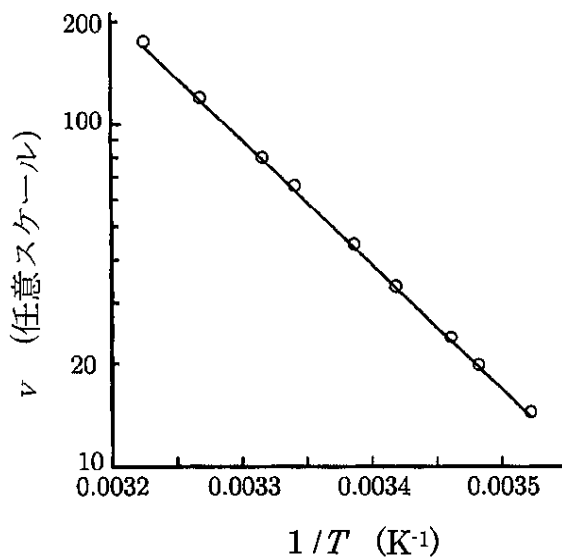


図1. ある酵素の反応初速度 (v) の温度 (T) 依存性

(問題)

- (1) 図に示された温度範囲において、この反応の初速度 v は、あるエネルギー差 (ΔG^*) と温度の関数として簡単な式で表すことが出来る。その式を示せ。
- (2) ある分子の集団がボルツマン分布に従うエネルギー分布を持つとする。すなわち、あるエネルギー E を持つ分子の割合 $P(E)$ は $\exp(-E/k_B T)$ に比例する。この集団のうち、あるエネルギー閾値 E_0 を超える分子の割合を示す式を導け。

- (3) (1) と (2) で求めた式の形から、この酵素反応の進行に参加する分子のエネルギーに関しどのようなことが言えるか。特に、この酵素反応の温度依存性は E_0 からどのように説明できるか。また、 ΔG^* はどのようなエネルギーを表していると考えられるか。
- (4) 高等動物の多くの酵素においては、温度が 10°C 上昇すると反応初速度は約 2 倍になる。このことを $Q_{10} = 2$ であるという。このとき、 ΔG^* の値はおよそどれくらいか。それは、熱エネルギー $k_B T$ のおよそ何倍か。また、 E_0 を超えるエネルギーを持つ分子の割合はどれほどか。但し、温度は 27°C とし、有効数字 1 桁以上で求めよ。
- (5) 低温で生活する動物（例えば魚類）でも Q_{10} は約 2 であろうか。どうしてそのように考えるか、理由も述べよ。

[第3問]

ニューロンの活動電位に関する次の文を読み、問題(1)～(4)に答えよ。

ニューロンが刺激を受けて細胞体での膜電位が閾値を越えた場合に、活動電位と呼ばれる膜電位の変化が軸索を伝わり、次のニューロンへと信号が伝達される。また、膜電位が閾値を越えなければ活動電位は発生しない。これを (ア) の法則とよぶ。活動電位の大きさは刺激の強度にかかわらず一定であるため、単発の活動電位だけでは刺激の強度を伝達できない。しかし、実際にはひとつのニューロンでも刺激の強度に応じて信号を伝達できることが知られている。では、ニューロンは活動電位を使ってどのように刺激の強度を伝達するのだろうか。これに関して概念的な実験結果を基に考える。あるニューロンの細胞体にある強度の一定電流 I を加え続けると、膜電位 V が上昇して閾値 V_0 に達すると活動電位が発生し、直ちに静止膜電位 V_r に戻り再び膜電位が上昇することを一定間隔で繰り返した (図1) (a)。

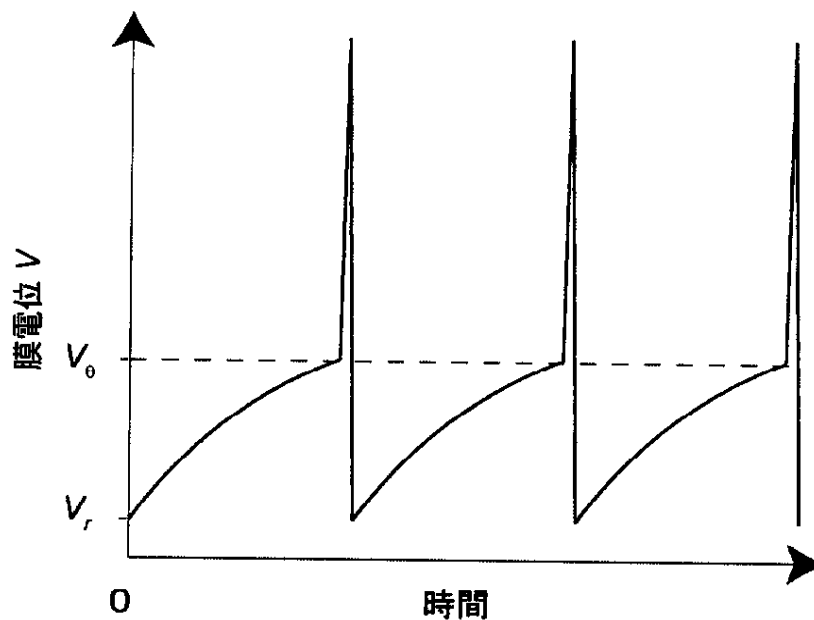


図1 ニューロンにおける膜電位の変化と活動電位の発生の関係

(問題)

- (1) 文中の空欄 (ア) に入る最も適切な語句を記せ。
- (2) 下線部 (a) について。膜電位が静止膜電位から閾値に到達するまでの間の膜電位 $V(t)$ (mV)は以下の式で与えられるものとする。

$$V(t) = V_r + IR(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

ただし、 t は刺激後の時間(msec)、 R は膜の抵抗、 τ は膜の電気容量に依存して決まる時定数である。このニューロンの静止膜電位 V_r を-70 mV、閾値 V_0 を-40 mV、抵抗 R を $1 \text{ G}\Omega$ 、 τ を 100 msec とする。静止膜電位や抵抗、膜電位の漏れの時定数は常に一定とする。なお、 $1 \text{ G}\Omega = 1 \times 10^9 \Omega$ 、 $1 \text{ pA} = 1 \times 10^{-12} \text{ A}$ である。

このニューロンが活動電位を発生するためには、一定電流 I の強度(pA)はいくら以上必要かを、上記の式を用いて求めよ。なお、導出した計算式も記せ。

- (3) このニューロンに対して静止膜電位の状態から一定電流 I を 40 pA, 60 pA, 90 pA の強度でそれぞれ加え続けると、一定の時間間隔で活動電位が繰り返し見られた。それぞれの電流強度における活動電位の周期 (2つの活動電位の時間間隔) を求めよ。ただし、 $\log_e 2 = 0.69$, $\log_e 3 = 1.1$ とする。なお、活動電位がおきてから静止膜電位へ戻るまでの時間は常に 2 msec とする。また、この条件下では不応期は考慮しないものとする。
- (4) 上記 (2) と (3) の結果から、このニューロンは刺激の強度をどのように伝達していると考えられるか。数行程度で述べよ。

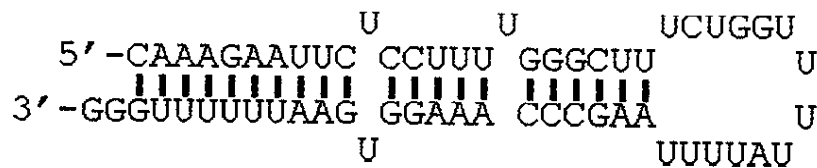
[第4問]

次の文を読み、問題(1)～(5)に答えよ。

ヒトでは、これまでに500種以上の microRNA (miRNA) の存在が知られていて、その数は今後さらに増加するものと考えられている。ゲノム上の miRNA 遺伝子は通常、(ア) という酵素により転写され、その転写産物は細胞核内で (イ) という RNase により切断されて pre-miRNA へとプロセスされる。この pre-miRNA は細胞質に輸送され、(ウ) という RNase により切断を受けた後、最終的には成熟型の miRNA として(エ)鎖がより優先的に(オ)と呼ばれる複合体中に取り込まれる。(オ)は特定の遺伝子の mRNA を標的として遺伝子の発現を抑制する (a)。

(問題)

- (1) (ア)～(オ)に適切な語句をいれよ。
- (2) 下図は、ヒトの miRNA のひとつである、miR-186 の pre-miRNA の配列と構造を示している。成熟型 miR-186 は、22 塩基であることが知られている。成熟型 miR-186 の配列を予測して、その根拠とともに示せ。



- (3) miR-X の標的となっている mRNA を、いくつかの標的予測アルゴリズムを用いて予測したところ、Y タンパク質をコードする遺伝子の mRNA がその有力候補の一つであることがわかった。Y 遺伝子はどのような構造を持つと考えられるか、2行以内で記せ。
- (4) 下線部 (a) の抑制機構として、現在どのようなものが考えられているか。主要な機構を2つ挙げて説明せよ。

- (5) 問題(3)で述べた、Y 遺伝子が実際にmiR-X の標的であることが実証されたとしよう。miR-X の作用について、問題(4)にあげた2つの機構のどちらが主として働いているのか区別する実験を考案して10行程度で記せ。ただし、あなたは、次の(i) ~ (iii) の試薬や情報を持っているものとする。(i) miR-X を発現していないが、Y タンパク質を発現するヒト由来樹立細胞株P。(ii) 外来的にmiR-X を強制発現させるプラスミドベクター。(iii) Y 遺伝子とY タンパク質の構造に関する情報。

[第5問]

次の文を読み、問題(1)～(5)に答えよ。

ショウジョウバエの雄の成虫は、縄張りをめぐって互いに戦い、その攻撃性は遺伝的に制御されていることが知られている。A君は、ショウジョウバエの攻撃性を制御する遺伝的なメカニズムを調べることを研究のテーマとした。まずショウジョウバエを変異原EMSを含む餌で飼育することでDNAに変異を導入し、突然変異を誘発した。その結果、高い攻撃性を示す1系統の変異を同定し、その対立遺伝子をFと名付けた。この表現型を持つ系統を野生型系統と交配して得られる系統のうち半数はF/+^Fの遺伝型となり、高い攻撃性を示した(ここで+^FはFの野生型の対立遺伝子を表す)。Fのように野生型遺伝子とヘテロ接合で表現型を示す変異を一般に(ア)変異という。A君がF遺伝子を同定した^(a)ところ、+^Fはタンパク質リン酸化酵素をコードしており、F変異ではアミノ酸置換によって、リン酸化酵素が常時活性型になっていることがわかった。A君はこの酵素にFightingという名前をつけた。次にA君は、F変異を持つ系統に再びEMSを投与し、攻撃性が野生型と等しくなった系統を得た。この系統はFighting遺伝子に2回目の変異が入ることによって表現型が野生型に復帰したことがわかった。この2回目の変異が入ったFighting遺伝子にfという対立遺伝子名を与えた。f/+^Fは野生型の表現型を示すが、f/fは野生型より攻撃性が顕著に低くなっていた。このように、野生型対立遺伝子とのヘテロ接合では表現型が野生型と同じであるが、ホモ接合になると野生型と異なる表現型を示す変異を一般に(イ)変異という。ちなみにF/fはF/+^Fと同じ表現型を示した。

Fighting遺伝子の発現を調べたところ、脳の中のP、QおよびRの3種の神経細胞で発現していることがわかった。A君はFighting遺伝子の働きを指標として、3種の神経細胞P、QおよびRのうちどの神経細胞が攻撃性の制御を担っているか調べた。研究室にはショウジョウバエ成虫のP、QおよびR神経細胞のそれぞれに任意の遺伝子を発現させる実験系がある。A君は遺伝型(ウ) 〔①(+^F/+^F)、②(f/+^F)、③(f/f)、④(F/+^F)、⑤(F/f)〕の系統のショウジョウバエのP、QあるいはR神経細胞に(エ) 〔⑥(+^F遺伝子)、⑦(f遺伝子)、⑧(F遺伝子)〕を発現させたトランスジェニック・ショウジョウバエを作成し、表現型が野生型となるもの^(b)を探した。その結果、Q神経細胞が攻撃性の制御に働くことがわかった。

(問題)

- (1) 上記 (ア) および (イ) を適切な語句でうめよ。
- (2) 下線部 (a) に関して、F 遺伝子を同定する方法を2つ述べよ。
- (3) f 変異はどのような変異であると考えられるか、考えられる可能性のうち2つについて簡潔に述べよ。
- (4) Fighting 遺伝子の発現細胞を同定する方法を2つ述べよ。
- (5) 下線部 (b) について。(ウ) には①～⑤から1つ、(エ) には⑥～⑧から1つ語句を選び、正しい文章を完成させよ。

[第6問]

次の文を読み、問題(1)～(4)に答えよ。

胚性幹細胞 (ES 細胞) は *in vitro* で無限に増殖する能力をもち、培養条件により様々な細胞へと分化することができる。さらに、ES 細胞に遺伝子操作をすることによりマウスの遺伝子改変が可能となり、マウスの個体レベルでの遺伝子機能解析が急速に発展した。

(問題)

- (1) ES 細胞は胚のどこに由来するのか。また、ES 細胞を使って遺伝子 A を欠損するマウスを作るには、ES 細胞にどのような操作をすればよいか。実験操作の概略を 5～10 行程度で述べよ。
- (2) ES 細胞とともに体細胞クローン技術が再生医療において大変注目を集めている。体細胞クローン技術とはどのようなものか簡潔に説明せよ。
- (3) ES 細胞を全能性を保ったまま増殖させたり、神経細胞、筋肉細胞、血液細胞など特定の細胞へと分化誘導する試みが行われている。多くの場合、このような制御は特定のサイトカインを作用させることにより達成できる。サイトカインとは何か。5 行程度で簡潔に述べよ。
- (4) 成体の様々な組織においては、その恒常性を保つために組織幹細胞が存在する。組織幹細胞とはどのような細胞か。一例をあげて、幹細胞としての特徴を述べよ。

(草稿用紙)