

地球上で生物が進化してきた道筋は系統とよばれる。複数の生物間での系統関係を推定するため、近年ではDNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列などの分子データを比較して系統樹を作成する方法が用いられるようになってきた。ある特定の遺伝子の塩基配列やアミノ酸配列を生物間で比較すると、(a)種間で異なる塩基やアミノ酸の数は分岐後の経過時間に比例して増加する傾向がある。このことは生物が共通祖先から分岐してどれくらい時間が経っているかの指標として用いることができる。これに、化石から推定される祖先種の生息年代を合わせ、分岐年代を推測することも可能である。また、木村資生が提唱した(ア)説によると、DNA配列に起こる突然変異は自然選択に対して、①有利なもの、②不利なもの、③どちらでもないもののうち、(イ)が大部分で、このような突然変異は(ウ)によって集団全体に広がることがあると考えられている。

問1 空欄(ア)、(ウ)に入る適切な語句と、空欄(イ)に①～③のどれが当てはまるかを答えよ。

問2 塩基配列が変化する速度にはいくつかの傾向が見られる。例えば、アミノ酸の種類の変化を伴わない同義置換率とアミノ酸の変化を伴う非同義置換率はタンパク質の種類によって異なる。表1はヒトとマウスで比較したヒストンサブユニットの1つと成長ホルモンの同義置換率と非同義置換率(1塩基当たり10億年当たり)である。

(1)どちらの分子においても同義置換率のほうが非同義置換率より高い理由を、空欄(ア)と(ウ)に入れた単語を用いて、100字程度で答えよ。

(2)ヒストンサブユニットはDNAを巻きつけて核内に収納する役割がある。一方、成長ホルモンは標的細胞の受容体に結合することで作用する。これらの分子で非同義置換率が異なる理由を100字程度で答えよ。

表1 タンパク分子の置換率

	非同義置換率	同義置換率
ヒストンサブユニットの1つ	0.0	3.9
成長ホルモン	1.3	3.8

問3 120アミノ酸からなるタンパク質Xのアミノ酸配列を比較したところ、4種の動物間でのアミノ酸の置換数は表2のようになった。例えば、ヒトとネコで2種間のタンパク質Xのアミノ酸配列を比べたとき、18箇所の座位でアミノ酸が異なっていた。下線部(a)が成り立つと考え、以下の問い合わせに答えよ。なお、有効数字2桁とする。

(1)ヒトとネコがその共通祖先から分岐したのが約9500万年前と考えられている。タンパク質Xのアミノ酸座位置1個に置換が起こる率は1000万年当たりでどれくらいか。

(2)ヒトとカエルがその共通祖先から分岐したのは今から何億年前と考えられるか。ヒト、ネコ、カエル間のアミノ酸の置換数の平均から計算し、答えよ。

表2 アミノ酸置換数

	ヒト	ネコ	カエル
ネコ	18		
カエル	60	58	
メダカ	64	68	66