

平成 28 年度博士前期課程入学試験問題

生物工学 II

生物化学，微生物学，分子細胞生物学から 2 科目選択すること。

解答には，問題ごとに 1 枚の解答用紙を使用しなさい。

余った解答用紙にも受験番号を記載しなさい。

試験終了時に回収します。

受験番号	
------	--

## 生物化学

### 問題 1. (配点率 25/100)

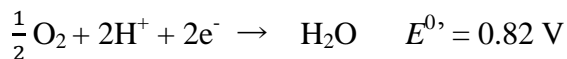
次の文章を読んで、問いに答えなさい。

すべての生物においてエネルギー生産は酸化還元反応が含まれており、( 1 ) から ( 2 ) に電子が受け渡される際に自由エネルギーが放出される。有機化合物を酸化してエネルギーを得る生物を ( 3 ) というのに対し、簡単な無機化合物から細胞の全成分を作り出す生物を ( 4 ) という。( 4 ) には、自由エネルギー源を得る際に  $\text{NH}_3$  や  $\text{H}_2\text{S}$  などの無機化合物を酸化する ( 5 ) と、光のエネルギーで  $\text{CO}_2$  から糖を合成する ( 6 ) がある。これらの生物は得られた自由エネルギーを生体で利用可能な化学エネルギー ( 7 ) の合成に利用する。

( 3 ) 生物が有機化合物を酸化することによって ( 7 ) を合成するには、( 8 ) と ( 9 ) という 2 種類の機構がある。( 8 ) は、有機分子の酸化によってエネルギーを獲得する生化学的反応過程であるが効率が悪い。( 9 ) はより洗練された反応過程で、一連の電子伝達分子が可逆的に電子を受け渡しする。獲得されたエネルギーは ( 7 ) 合成を駆動する A 電気化学的勾配 を作りだすのに使われる。好氣的条件下では、この過程で生じた低エネルギーの電子は  $\text{O}_2$  に渡される。B 嫌氣的条件下では最終的な電子の受容体としては  $\text{O}_2$  以外のものが利用されている。

- (1) 文中の ( 1 ) ~ ( 9 ) にあてはまる語句をそれぞれ英語と日本語で答えなさい。
- (2) 下線 A の電気化学的勾配とはどのようにして形成されるか。勾配が形成される場所に言及しながら 100 字程度で答えなさい。
- (3) 下線 B に関して、嫌気生物の中には硫黄に電子を渡して  $\text{H}_2\text{S}$  を生じるものがある。好気生物では、 $\text{O}_2$  に電子を渡して  $\text{H}_2\text{O}$  を生成する。硫黄が還元される時の  $\Delta G$  と酸素から  $\text{H}_2\text{O}$  が生成するときの  $\Delta G$  を計算しどちらが有利か答えなさい。

硫黄、酸素の還元半反応式は以下のとおりである。



ファラデー定数は  $96.49 \text{ kJ/V} \cdot \text{mol}$  とする。

問題 2. (配点率 25/100)

(1) 以下の問いに答えなさい。

- 1) エピマーとはいかなるものかを、D-マンノースの Fischer 投影式を用いて説明しなさい。
- 2) マルトースの構造を立体構造式を用いて正確に示しなさい。
- 3) 1-パルミトイル-2-アラキドノイル-3-ホスファチジルセリンを、ホスホリパーゼ A2 で加水分解したときの生成物の構造を示しなさい。
- 4) 1-ラウロイル-2-リノレオイル-3-ホスファチジルセリンを、ホスホリパーゼ C で加水分解したときの生成物の構造を示しなさい。

(2) テルペノイドは、炭素 5 個よりなるイソプレン骨格よりなることから別名イソプレノイドとも呼ばれ、 $\beta$ -カロテンなど重要な生体成分を含む化合物群の総称である。

- 1) イソプレンの構造を示しなさい。
- 2)  $\beta$ -カロテンは、イソプレン骨格 8 つよりなる。 $\beta$ -カロテンの構造を記し、イソプレン骨格の存在部位を示しなさい。

問題 3. (配点率 25/100)

光合成に関する以下の問いに答えなさい。

下図は、カルビンサイクルの一部を示している。

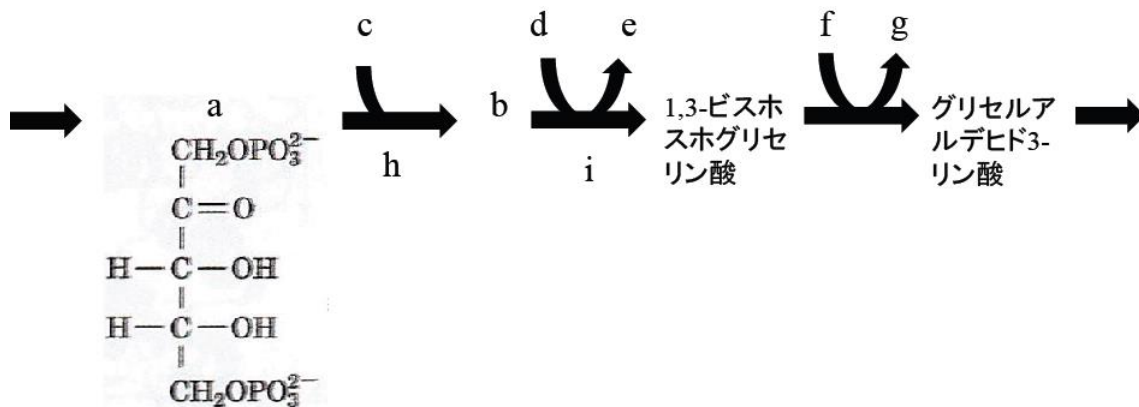


図 カルビンサイクル (部分)

- (1) a~g の物質名、ならびに、h と i の酵素名を記しなさい。c~g については略称表記でも良い。
- (2) 葉緑体を光照射して、カルビンサイクル中間体の濃度が定常状態になるまで待ち、そこで光照射を止めた。以後、a と b の濃度はどのようにになると考えられるか？それぞれ 100 字程度で答えなさい。
- (3) 酵素 h は、物質 c とは異なる物質も基質とする。その異なる物質を基質にした時の生理現象について 100 字程度で答えなさい。
- (4) 高温や乾燥環境下で植物の光合成は進化を遂げ、新たな代謝経路を有するようになった。この代謝経路について 100 字程度で答えなさい。

問題 4. (配点率 25/100)

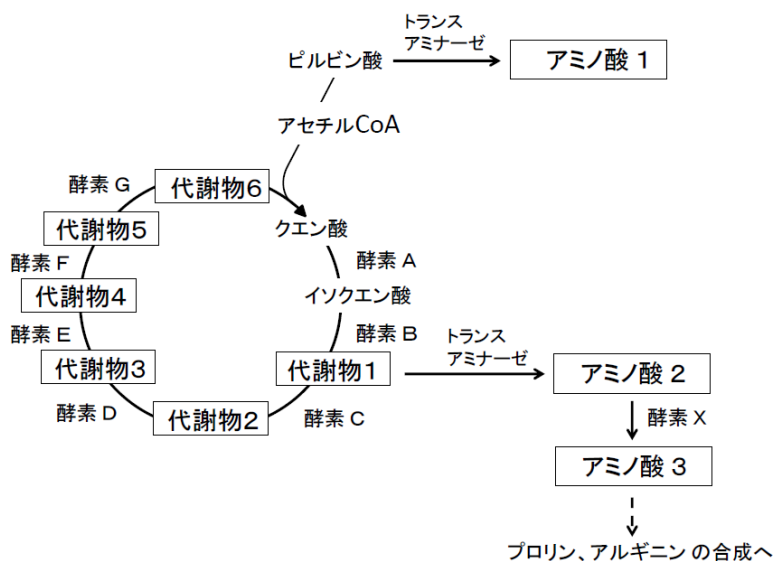
- (1) 我々の身の回りの自然界では、特徴的な構造体を目にすることがある。これは生体中においても同様であり、ここではその例として細胞膜を構成する脂質二分子膜について考える。脂質二分子膜に関する以下の問いに答えなさい。
- 1) 構成する分子の総称を2つ答えなさい。
  - 2) 構成する分子に共通した性質を簡潔に答えなさい。
  - 3) トリアシルグリセロールと呼ばれる脂質がある。トリアシルグリセロールの構造式を記述しなさい。また、脂質二分子膜にほとんど含まれない理由を簡潔に答えなさい。
  - 4) 脂質二分子膜の流動性は温度によって変わる。転移温度より高ければ液晶状態となり、低ければ固体となる。転移温度を制御する要因を2つ答えなさい。また、記述した要因がなぜ流動性を変化させるのか簡潔に答えなさい。
- (2) 多くの真核細胞の細胞膜には、機能の異なる複数のドメインが存在する。特に脂質ラフトと呼ばれるマイクロドメインはスフィンゴ糖脂質やコレステロールがたくさん詰まっており細胞外からのシグナルを、脂質二分子膜を介して細胞内に伝えるシグナル伝達の足場として知られている。脂質ラフトに関する以下の問いに答えなさい。
- 1) スフィンゴ糖脂質はセラミドから構成されている。セラミドの構造式を記述しなさい。また、セラミドの生合成において前駆体となる2つの分子の名称を答えなさい。
  - 2) スフィンゴ糖脂質のうち、シアル酸を1つ以上含む糖脂質をガングリオシドという。ガングリオシドだけの脂質二分子膜が不安定な理由を答えなさい。
- (3) ガングリオシドと疾患に関する以下の問いに答えなさい。
- 1) スフィンゴ糖脂質の代謝異常は、重篤な先天性疾患を引き起こすことが知られている。数多くあるスフィンゴ糖脂質代謝異常症のうち、ガングリオシド代謝異常症の名称を一つ答えなさい。
  - 2) 上で回答した代謝異常の原因となる欠損酵素の名称を答えなさい。

# 微生物学

## 問題 1. (配点率 40/100)

TCA 回路 (クエン酸サイクル) を主とした代謝の様子を図に示している。下記の設問に答えよ。

- (1) CoA を含む代謝物はどれか。図の代謝物 1 - 6 の中から、該当する代謝物の番号と、その代謝物名を示せ。
- (2) 脱  $\text{CO}_2$  反応に関わる酵素はどれか。図の酵素 A - G から選べ。
- (3) 補酵素として  $\text{NAD}^+$  が関わる反応はどれか。図の酵素 A - G から選べ。
- (4) アミノ酸の合成にはトランスアミナーゼが関与する。ピルビン酸、代謝物 1 がトランスアミナーゼの基質となり、アミノ酸 1 と 2 へと変換される。変換されたそれぞれのアミノ酸の名前 (英語名) とその構造を示せ。
- (5) 代謝物 1 はトランスアミナーゼにより代謝物 2 となる。この代謝物 2 は、酵素 X により  $\text{NH}_4^+$  を用いてアミノ酸 3 を合成し、さらにいくつかの酵素反応を経て、プロリン、アルギニンへと変換される。この酵素 X の名前と反応様式 (反応式) を示せ。
- (6) マメ科植物において共生する窒素固定菌の持つ酵素 Y が、自然界の  $\text{N}_2$  を  $\text{NH}_4^+$  へと変換し、N 源として細胞内代謝に供給している。
  - 1) 酵素 Y の名前を示せ。
  - 2) 代表的な窒素固定菌について、その学名のうち属名を示せ。
  - 3) 窒素固定菌は、マメ科植物との共生において特殊な組織を根に形成する。この組織の名称を示せ。



問題 2. (配点率 : 30/100)

以下の(1)~(3)の設問に答えよ。

細菌における遺伝子の水平伝達では、主に[ア][イ][ウ]の3つの方法が知られている。[ア][イ][ウ]をそれぞれ英語で表すと[エ][オ][カ]である。人為的な[ア]の方法は、研究室において遺伝子クローニングなどで多用されており、大腸菌を受容菌とする代表的な方法の名称として[キ]が挙げられる。[イ]では、供与菌から受容菌への遺伝子の伝達に特殊な環状 DNA が関与する。大腸菌においてその環状 DNA は[ク]と呼ばれ、[ク]が大腸菌染色体に挿入された菌を[ケ]と呼ぶ。[ウ]において、供与菌から受容菌への遺伝子の伝達の媒体となるものは[コ]である。[コ]には2つの生活サイクル[サ]と[シ]があり、[ウ]には2つのタイプ[ス]と[セ]がある。A[ス]は供与菌のさまざまな形質を受容菌に伝達する。[セ]も供与菌の特定の形質を受容菌に伝達するが、これは、[コ]の染色体 DNA のコピーが供与菌の染色体 DNA に一旦挿入された後、不正確に切り出されるからである。このように供与菌の染色体 DNA に一旦挿入された状態の[コ]を[ソ]と呼ぶ。

- (1) 上記の文章の空欄[ア]～[ソ]を埋めよ。ただし、[エ][オ][カ]は英語表記とする。
- (2) [ケ]が供与菌となる場合、受容菌にどのような DNA を伝達するか。50字以内で答えよ。
- (3) 下線部 A が示す機構を 100字以内で説明せよ。

問題 3. (配点率 30/100)

下記の文章を読み、(1)~(3)の設問に答えよ。

- (1) 下記の文章の下線部が正しいか誤っているか答えよ。また、誤りについては指摘し、正しい内容に変えよ。
- 1) 真核生物では、転写と翻訳が同じ細胞内区画で起こるため、翻訳は多くの場合、転写と共役する。
  - 2) 原核生物では、一次転写産物は5'末端に三リン酸を有する。
  - 3) 真核生物の mRNA の3'末端プロセッシングでは、ポリ A ポリメラーゼが転写産物を切断し、新しい3'末端上に100~200個のAを加える。
  - 4) 原核生物のリボソームは、沈降係数60Sサブユニットおよびペプチド転移酵素の機能がある沈降係数30Sサブユニットを持つ。
  - 5) 原核生物において、翻訳はリボソーム結合部位に含まれる開始コドンAUGに隣接したシャイン・ダルガノ配列から始まる。
- (2) タンパク質翻訳の伸長反応機構について200字程度で説明せよ。ただし、以下の言葉を必ず使用すること。(リボソーム、アミノアシル部位、ペプチジル部位、脱出部位、アミノアシル転移RNA)
- (3) いくつかの変異原は塩基の構造を変えるため、複製期でゲノムは本来とは異なる不適切な塩基対を形成する。例えば、亜硝酸は( A )を脱アミノ化することでウラシルに変え、その結果、ウラシルは( B )と塩基対を形成する。
- 1) AおよびBの物質名を答えよ。
  - 2) 下線部の変異が起きた場合、塩基除去修復が行われる。このDNA修復機構について150字程度で説明せよ。ただし、以下の言葉を必ず使用すること。(APエンドヌクレアーゼ、DNAリガーゼ、DNAポリメラーゼ、DNAエキソヌクレアーゼ、グリコシラーゼ)



# 分子細胞生物学

## 問題 1. (配点率 15/100)

ミトコンドリア内膜における電子伝達系のモデル(下図)を参考に、以下の問いに答えなさい。

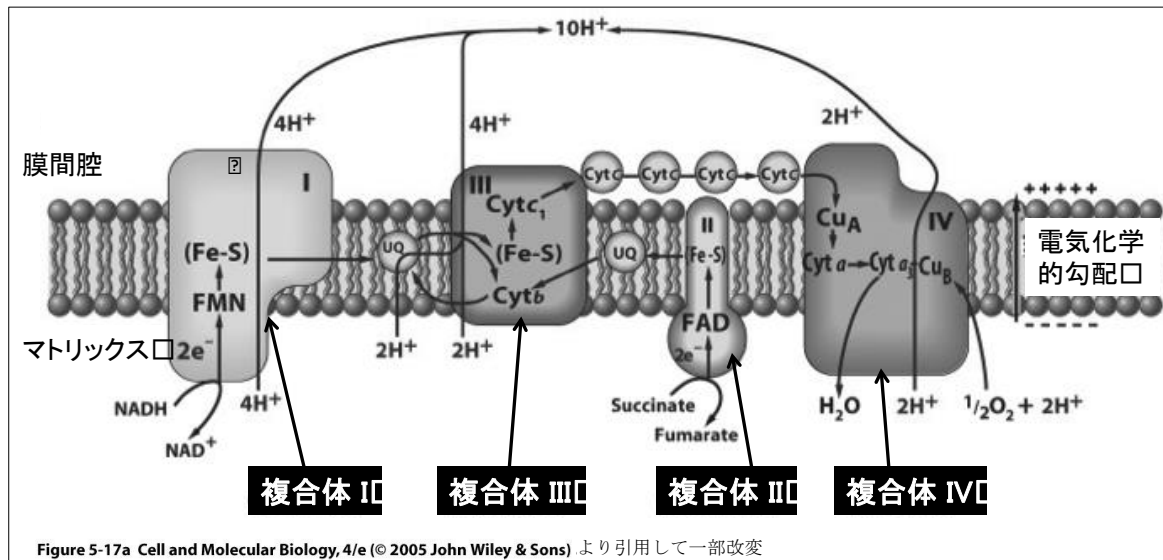


Figure 5-17a Cell and Molecular Biology, 4/e (© 2005 John Wiley & Sons) より引用して一部改変

- (1) 複合体 I~IV それぞれの別名を答えなさい (ただし、「プロトンポンプ」は不可とする)。
- (2) 電子伝達系における複合体 I~IV それぞれの役割について各 50 字程度で述べなさい。
- (3) 複合体 I、III、IV を電子が通過するのに付随してマトリックスから膜間腔へプロトンが移動し、内膜を介した電気化学的勾配が生じる。これらの複合体はプロトンポンプといわれることも多い。複合体 IV を例にして、どのようにしてプロトンポンプであることを実験的に証明できるのかを 100 字程度で述べなさい。

問題 2. (配点率 20/100)

上皮細胞の模式図(下図)を参考に、細胞骨格を構成する代表的な3つの繊維構造 A、B、C の名称を述べなさい。またそれぞれの構造について構成サブユニット、極性、酵素活性、機能、また存在する場合には関連モータータンパク質について簡単に説明しなさい。(機能の説明については、上皮細胞にかぎらなくてもよい。)

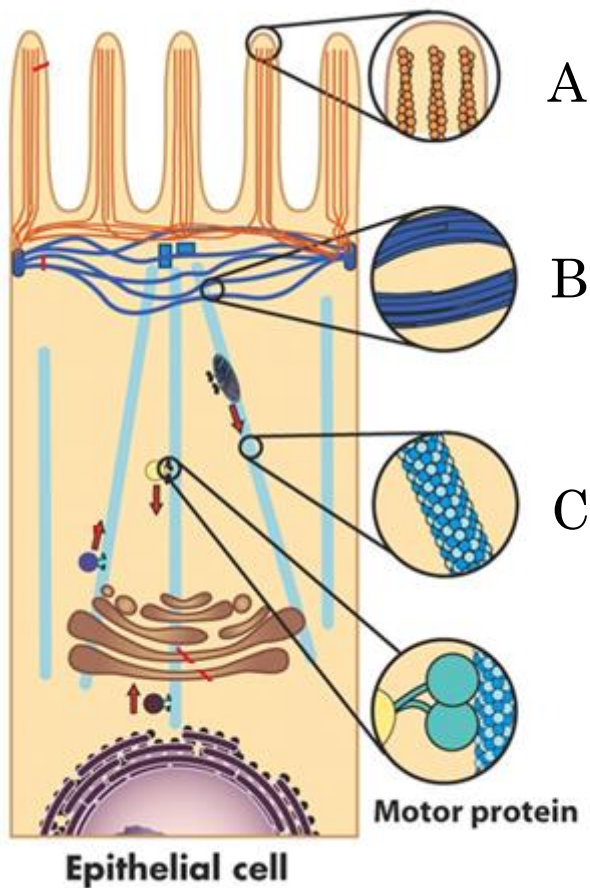


Figure 9-1a Cell and Molecular Biology, 4/e (© 2005 John Wiley & Sons) より引用して一部改変

問題 3. (配点率 30/100)

下図を参考に、(1)から(3)の問いに答えなさい。

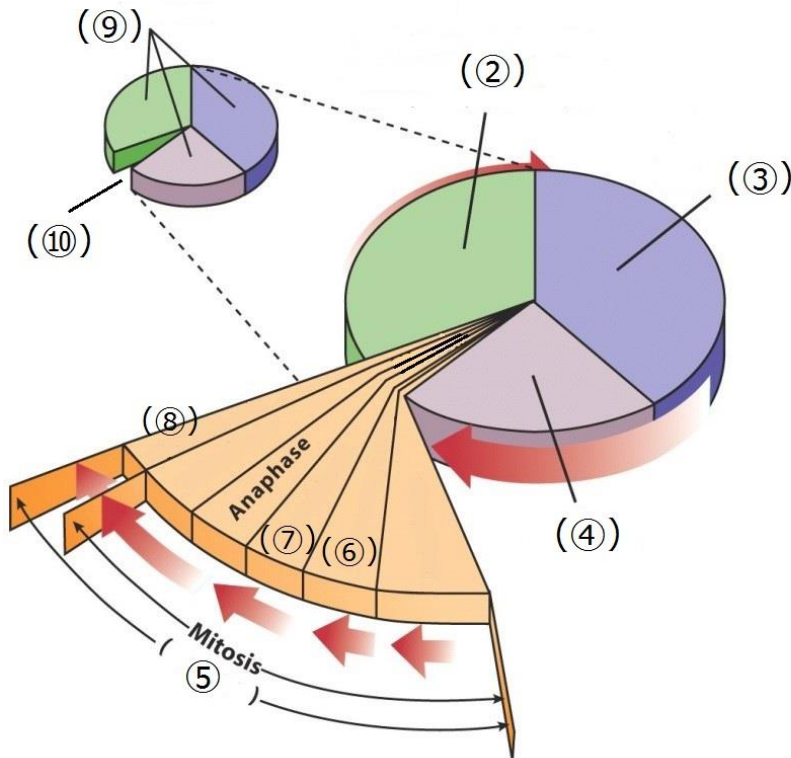


Figure 14-1 Cell and Molecular Biology, 4/e (© 2005 John Wiley & Sons) より引用して一部改変

- (1) 上図および以下の文章の括弧内の数字に対応する語句を答えなさい。

上図は真核生物の(①)の概略を示したものであり、①は4つの時期に分けることができる。それらは時間の経過順に (②)、(③)、(④)、(⑤) とよばれる。⑤はさらに6つの時期に分けられる。この内、核膜が崩壊する時期は (⑥) と呼ばれ、染色体が赤道板上に整列する時期は (⑦) と呼ばれる。細胞質が分割され2つの娘細胞が形成される時期は (⑧) という。これら全体を2つの時期すなわち (⑨) および (⑩) に分ける場合もある。

- (2) 上図中の②および③の時期における細胞内での主なイベントをそれぞれ3つ、および2つあげなさい。
- (3) ①の制御について2つの用語、サイクリンおよびサイクリン依存性キナーゼ (Cdk) を用いて150字以内で述べなさい。

問題 4. (配点率 35/100)

(1) 下図は細胞外メッセンジャー分子が細胞内応答を引き起こすシグナル伝達経路の概略図である。図を見て以下の質問に答えなさい。

- 1) 段階①で示されている細胞外のメッセンジャー分子として知られている分子を2つ以上答えなさい。ただし、一般名称は不可とする。
- 2) 段階②で示されている膜タンパク質として適切なものを以下から全て選び答えなさい。  
 クラスリン・Gタンパク質共役型受容体・カドヘリン・インターフェロン・リガンド依存性チャンネル・p53・IgG抗体・受容体型チロシンキナーゼ
- 3) 以下はシグナル伝達の2つの主要経路に関する文章である。文章の括弧に入る適切な用語を答えなさい。ただし、【ア】と【カ】は2)の選択肢から選びなさい。

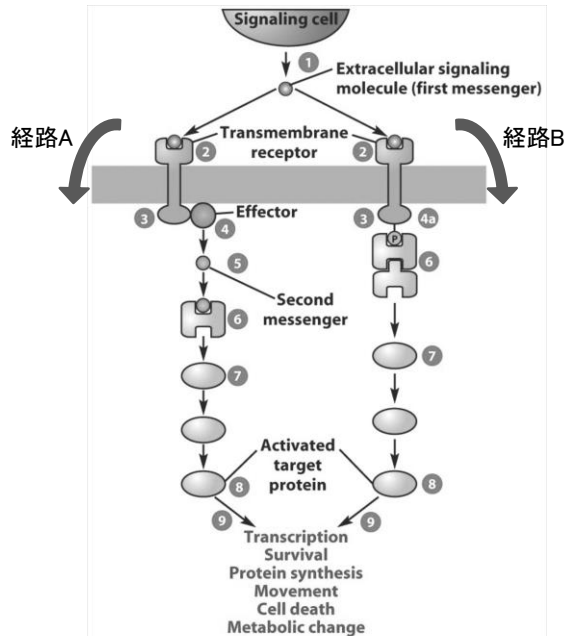


Figure 15-1 Cell and Molecular Biology, 4/e (© 2005 John Wiley & Sons) より引用して改変

経路 A における段階②の分子の1つである【ア】は、細胞外リガンド依存的に【イ】を持つヘテロ3量体Gタンパク質と結合する(図では示されていない)。結果、ヘテロ3量体Gタンパク質の【イ】は【ウ】と交換される。次に、【ウ】を持つヘテロ3量体Gタンパク質の1つのサブユニットがエフェクターと結合し、これを活性化する「段階④, ⑤」。エフェクターの1つにアデニルシクラーゼがあり、これは【エ】を基質として【オ】を生成する酵素である。  
 経路 B における段階②の分子の1つである【カ】は、細胞外リガンド依存的に【キ】を形成する(図では示されていない)ことで活性化し【ク】を起こす「段階③, ④a」。【ク】された受容体には、シグナル伝達タンパク質が SH2 ドメインや PTB ドメインを介して結合する「段階⑥」。

- 4) 段階⑥から段階⑧において上流タンパク質は下流タンパク質にどのように作用し、これを活性化するのか。100字程度で説明しなさい。
- (2) DNA マイクロアレイは、細胞内に存在する遺伝子の発現プロファイルを網羅的に調べることができる手法である。
- 1) この手法の原理・概要をわかりやすく説明しなさい。図を使っても良い。
  - 2) がんの治療・診断にマイクロアレイデータがどのように貢献できるかを説明しなさい。