

2. アミラーゼの実験

問3

④と⑤の分解曲線について

曲線が水平になった時間にアミラーゼがすべて完全に失活してしまい、デンプンを分解できなくなってしまったことを表している。

3. 脱水素酵素の実験

コハク酸脱水素酵素

ミトコンドリア内膜，細菌細胞膜の電子伝達系に存在する金属フラビントタンパク質クエン酸回路において重要で，コハク酸を酸化してフマル酸を生成する。

補欠分子としてFADをもつ。FADはコハク酸を脱水素したときの水素の受容体である。酵素に含まれるタンパク質以外の低分子物質を補助因子という。

補助因子

補助因子を必要とする酵素の場合，酵素タンパク質本体をアポ酵素といい，アポ酵素と補助因子の複合体をホロ酵素という。

酵素活性をもつのはホロ酵素である。

補助因子	補酵素	タンパク質部分（アポ酵素）と容易に解離できる。 NAD（呼吸での水素受容体）, NADP（光合成での水素受容体）など
	補欠分子族	タンパク質部分（アポ酵素）と容易に解離できない。 FAD（水素受容体），鉄イオン（カタラーゼ），コエンザイムQ ₁₀ など

コハク酸脱水素酵素とメチレンブルーの反応関係

コハク酸脱水素酵素はコハク酸を酸化し，2Hを奪う。

↓

奪った2Hはコハク酸脱水素酵素の補助因子FADが受け取りFADH₂とする。

↓

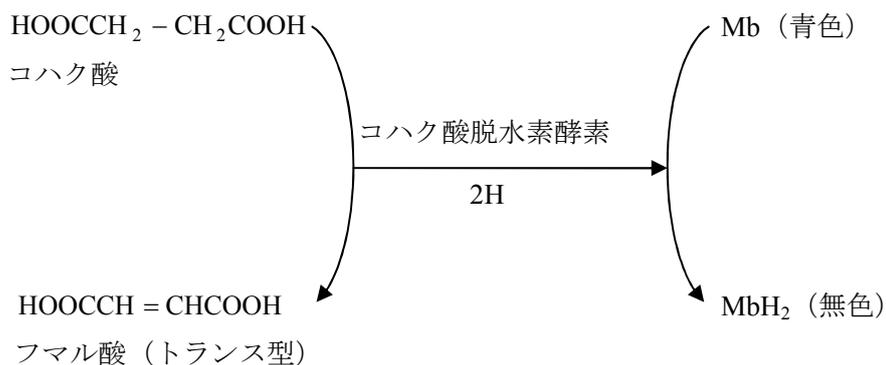
Mb（メチレンブルー，青色）はFADH₂から2Hを受け取り，

MbH₂（ロイコメチレンブルー，無色）になる。

こうして，コハク酸脱水素酵素の活性をMbの色の変化を通して間接的に観察できる。

尚，酸素があると，FADH₂はMbではなく酸素にHを渡すので，色の変化が観察されない。

したがって，ツンベルク管の空気を除いてから反応させなければならない。



問 5

③・④・⑤の実験条件の違いと実験結果から考察すればよい。

実験条件で異なる点は、反応液の液性であり、③は中性、④は酸性、⑤は塩基性である。

③のみ色の変化が認められたことから、この酵素は中性付近ではたらくことがわかる。

補足

酵素が触媒する化学反応による分類

加水分解酵素：「基質 + H₂O → 生成物」を触媒

アミラーゼ：デンプン → マルトース

マルターゼ：マルトース → グルコース

スクラーゼ：スクロース → グルコース + フルクトース

ラクターゼ：ラクトース → グルコース + ガラクトース

ペプシン：タンパク質 → ポリペプチド

トリプシン：タンパク質 → ポリペプチド

キモトリプシン：タンパク質 → ポリペプチド

ペプチダーゼ：ポリペプチド → アミノ酸

リパーゼ：脂肪 → グリセリン + 脂肪酸

エンテロキナーゼ：トリプシノーゲン → トリプシン

ペクチナーゼ：ペクチン (植物の細胞壁間の接着剤) を分解

セルラーゼ：セルロースを分解

ATP アーゼ (ATPase)：ATP → ADP + リン酸

ウレアーゼ：尿素 → 二酸化炭素 + アンモニア

アルギナーゼ：アルギニン → オルニチン + 尿素 (オルニチン回路で働く)

トロンビン：フィブリノーゲン → フィブリン

DNA ヌクレアーゼ：DNA → ヌクレオチド (塩基とデオキシリボースとリン酸の複合体)

RNA ヌクレアーゼ：RNA → ヌクレオチド (塩基とリボースとリン酸の複合体)

制限酵素：DNA の特定の塩基配列を認識し切断

酸化還元酵素：酸化還元反応（酸素・水素・電子の授受）を触媒

脱水素酵素：有機酸から水素を奪う。補助因子 NAD・NADP・FAD などをもつ

例：コハク酸脱水素酵素

カタラーゼ： $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2 + \text{O}_2$

オキシダーゼ： $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ （呼吸の電子伝達系）

ニトロゲナーゼ： $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$

ルシフェラーゼ：ルシフェリン + $\text{O}_2 \rightarrow$ 酸化ルシフェリン（ホタルの発光）

硝酸還元酵素：硝酸を亜硝酸に還元
 亜硝酸還元酵素：亜硝酸をアンモニアに還元 } 窒素同化

除去酵素

脱炭酸酵素：有機酸から二酸化炭素を発生する反応を触媒

「デカルボキシラーゼ」ともいう。

呼吸に関与

炭酸脱水酵素： $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

「カルボニックアンヒドラーゼ」ともいう。

赤血球に含まれ、二酸化炭素の運搬に関与

転移酵素

アミノ基転移酵素：アミノ酸のアミノ基を有機酸に移す。

窒素同化に関与

クレアチンキナーゼ：クレアチンリン酸 + ADP \rightarrow クレアチン + ATP

筋収縮に関与

アデニル酸キナーゼ：ADP + ADP \rightarrow AMP（「アデニル酸」ともいう） + ATP

筋収縮に関与

ホスホフルクトキナーゼ：フルクトースリン酸のリン酸を移す。

呼吸に関与

その他の酵素

DNA ポリメラーゼ：DNA を鋳型にして DNA を複製

RNA ポリメラーゼ：DNA を鋳型に RNA を合成

DNA リガーゼ：DNA 断片をつなぐ

逆転写酵素：RNA を鋳型に DNA を合成

アミノアシル tRNA 合成酵素：アミノ酸と tRNA を結合

グルタミン合成酵素：グルタミン酸とアンモニアからグルタミンを合成

窒素同化に関与

グルタミン酸合成酵素：グルタミンと α -ケトグルタル酸からグルタミン酸を生成

4. 酵素の透析実験

問4

AとDはXがない条件下ではアルコール発酵が起こることを示すための対照実験である。
したがって、BとEを比べればよい。

Bは透析内液と酵素Xを反応させ、反応停止後透析外液を加えており、
Eは透析外液と酵素Xを反応させ、反応停止後透析内液を加えている。

その結果、Bではアルコール発酵が起こらなかった。

対照実験では、アルコール発酵が起こることから、

酵素Xは透析内液と反応し、アルコール発酵を阻害したことになる。

透析内液に存在するのは酵素タンパク質だから、

酵素Xはそのタンパク質を分解するなどし、その働きを阻害するものであると考えられる。

5. 酵素反応の速度

問1

この酵素反応は不可逆反応である。

したがって、基質が（スクロース）がすべて加水分解されるまで反応が進み、
グルコース生成量10（相対値）となる。

よって、①、②、③はない。

また、グルコース生成量が5（相対値）となる⑤と⑦は酵素が失活した場合の曲線だから、
これもない。

よって、選択肢は③、④、⑥のいずれかである。

これらのうち、酵素濃度を2倍にしたのは③、 $\frac{1}{2}$ にしたのは⑥である。

補足

図1および図3の接線の傾きは $\frac{d(\text{グルコース生成量})}{d(\text{時間})}$ より、

その時間における瞬間の反応速度を表す。

つまり、接線の傾きが大きいほど反応速度が大きい。

問2

問1の問題文より、酵素に対し基質が過剰量あることがわかる。

したがって、

基質濃度を増やしても反応初速度（時間0分における接線の傾き）は変わらない。

また、基質量も1.5倍になるから、グルコース生成量は15（相対値）になる。

よって、②

補足

反応速度の比較は反応初速度（時間0における接線の傾き）で比較する。

6. アロステリック酵素

アロステリック酵素

酵素の中には基質と酵素が反応する部位（活性部位）以外の部位（アロステリック部位）をもつものがあり、そのような酵素をアロステリック酵素という。

アロステリック部位には、特定の調節物質（エフェクター）が結合し酵素タンパク質の立体構造を変化させることで酵素活性、つまり酵素反応速度の調節を行う。

ちなみに、アロステリック *allosteric* とは「立体的に異なる」という意味で、発見当初、アロステリック部位に結合する物質が基質とは立体構造が異なる物質であったことからそう呼ばれた。現在では、基質がエフェクターとして働くものも知られており、エフェクターが基質や生成物の場合、それをホモトロピックエフェクター、基質や生成物以外のエフェクターをヘテロトロピックエフェクターという。

反応速度曲線が S 字カーブ (sigmoidal curve) ならばアロステリック酵素である。

基質がエフェクターを兼ね、

基質がアロステリック部位に結合すると活性が低い E_0 型から高い E_A 型になる酵素では、基質濃度が低いときは活性が低い E_0 型の割合が高いため反応速度は E_0 型に近いが、基質濃度を高くしていくと活性が高い E_A 型の割合が高くなるので反応速度は E_A 型に近くなる。つまり、基質濃度の増加に伴い酵素反応速度が E_0 型から E_A 型へとシフトしていく。

よって、横軸に基質濃度、縦軸に反応速度をとると、反応速度曲線は S 字カーブを描く。さらに、酵素に反応を抑制するアロステリック部位があれば、抑制物質が存在すると、その S 字カーブは基質濃度方向に平行移動する。

補足

ATC アーゼは、アロステリック部位が活性部位も兼ねる。

問 1

a も b も S 字曲線であり、b は a が基質濃度方向に平行移動したものだから、CTP は ATC アーゼの活性を抑制する働きがある。

問 2・問 3

ATC アーゼに始まる一連の酵素反応の最終生成物が CTP であり、

CTP の濃度が低い時は ATC アーゼの活性が高く、

CTP の濃度が高いときは CTP による抑制を受けることから、

ホルモンによる負のフィードバックと同じ調節を受けることがわかる。

負のフィードバックと言え、恒常性の維持だから、

ATC アーゼは CTP の影響を受けることにより、CTP 濃度を一定に保つ働きをしている。

問 6

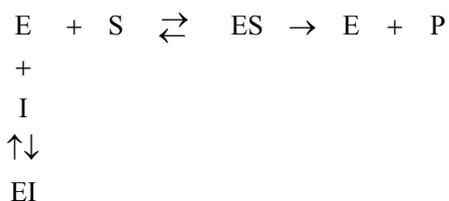
マロン酸はコハク酸デヒドロゲナーゼの基質であるコハク酸と類似物質であり、コハク酸デヒドロゲナーゼの活性部位に結合することでその活性を阻害する。したがって、マロン酸が結合した不活性型酵素と結合していない活性型酵素が存在する。よって、横軸に基質濃度、縦軸に反応速度をとると、ルシャトリエ原理のような原理に従い、基質濃度の増加とともに活性型の酵素の割合が増え、活性型酵素の曲線の傾きを緩めた曲線になる。

補足**阻害のパターン**

E：酵素，S：基質，I：阻害剤，P：生成物とする。

競争阻害

阻害剤が活性部位またはその近くに結合して酵素活性を阻害する。

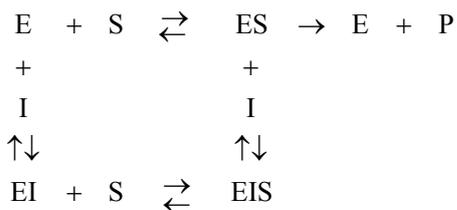


大学受験では競争阻害だけをおさえればよい。

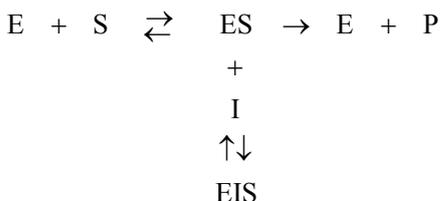
とくに、競争阻害剤がある場合とない場合の基質濃度と反応速度の関係は重要である。

非競争阻害

酵素または酵素基質複合体と可逆的に結合して酵素活性を阻害する。

**不競争阻害（反競争阻害）**

酵素基質複合体とだけ可逆的に結合し、遊離の酵素とは結合しない阻害。



9. ATPの構造と働き

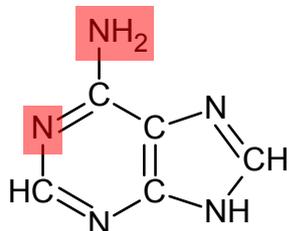
リボース（デオキシリボース）と塩基が1分子ずつ結合したものをヌクレオシドという。

ヌクレオシドの名称

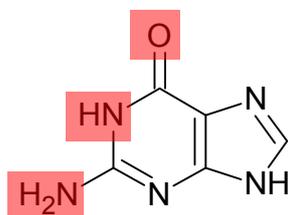
糖 \ 塩基	アデニン	グアニン	シトシン	チミン	ウラシル
リボース	アデノシン	グアノシン	シチジン	存在しない	ウリジン
デオキシリボース	デオキシアデノシン	デオキシグアノシン	デオキシシチジン	チミジン	デオキシウリジン

塩基の構造（赤で塗りつぶした部分は水素結合に関与）

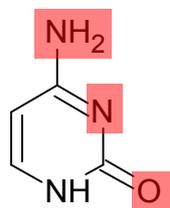
アデニン



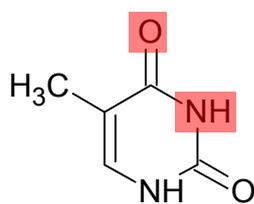
グアニン



シトシン



チミン



ウラシル

