

強者の戦略

核酸に関する問題〔解説編〕

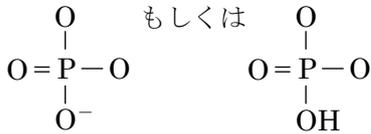
では、前回の問題の解答です。

<解答>

問 1

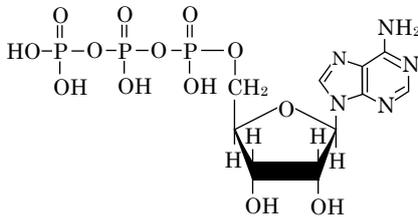
- | | | | |
|---|---------|---|--------|
| ア | ヌクレオシド | イ | ヌクレオチド |
| ウ | アデニン | エ | グアニン |
| オ | チミン | カ | シトシン |
| キ | 水素結合 | ク | ウラシル |
| ケ | Asn Ile | | |

問 2



問 3 ③②②①③④

問 4



問 5 (1), (3), (6), (9), (11)

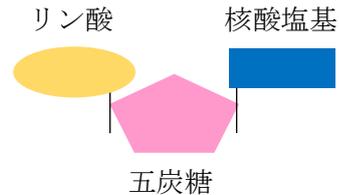
<解説>

問 1, 問 2

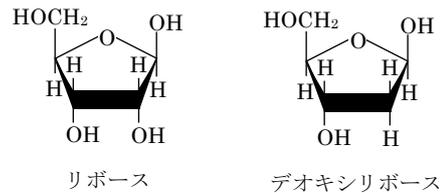
問 1 について、(ク) までは核酸、特にヌクレオチドに関する基本知識を問う問題です。これが答えられないと基本用語のインプット不足が考えられますので、教科書を読むなどして確認しておきましょう。

核酸はヌクレオチドを構成単位とします。ヌクレ

オチドはペントース（五炭糖）、リン酸、核酸塩基からできています。また、核酸塩基と五炭糖が結合したものをヌクレオシドといいます。つまり、ヌクレオシドとリン酸からヌクレオチドができるということです。ここで、五炭糖における 1 位の OH 基と核酸塩基が結合します。模式的に表すと次の通りです。

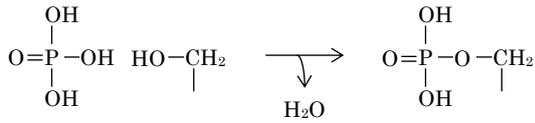


本問では問われていませんが、五炭糖についても基本知識は身につけておかなければなりません。核酸には DNA と RNA がありますが、それぞれのヌクレオチドにある五炭糖は異なります。DNA はデオキシリボース、RNA はリボースです。デオキシリボースはリボースの 2 位の OH 基が H に置き換わった構造をしています。以下に β 型のリボースとデオキシリボースの構造式を記します。これらの構造式を描く問題は頻出ですので注意してください。



問題文中の「ホスホジエステル結合」は聞き慣れないかもしれませんが、リン酸を介したエステル結合です。ヌクレオチドにおいて、リン酸における OH 基のうち 1 つが、五炭糖における 5 位の炭素の OH 基と脱水縮合します。先に示したヌクレオチドの模式図も参考にしてみてください。

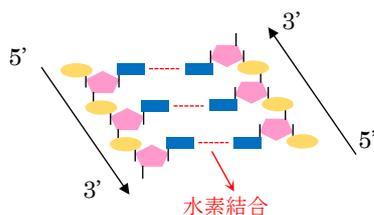
強者の戦略



さらに、ヌクレオチドにおけるリン酸の OH 基が、別のヌクレオチドの五炭糖における 3 位の炭素の OH 基と脱水縮合します。これにより、2 つのヌクレオチドが結びつきます。問 2 ではこの構造が問われています。

このとき、リン酸を介したエステル結合が 2 つできたことになり、この結合をホスホジエステル結合といいます。ホスホジエステル結合の形成を繰り返すことにより、ヌクレオチドが縮合重合して鎖状の高分子ができます。これが核酸です。

この鎖状分子において、リン酸基側を、ヌクレオチドの炭素原子の番号をとって 5' 側、縮合に用いられる五炭糖の OH 基側を同様に 3' 側といいます。つまり、鎖状分子には向きがあるといえます。そして、鎖状分子は 2 本が互いに塩基の間で水素結合を形成して結びつき、2 本鎖を形成します。このとき、2 本の鎖は互いに逆方向を向きます。



問題文の図にも、2 本鎖がそのように表されています。

DNA を構成する塩基は 4 種類ありますが、これらは大きく 2 種類に分けることができます。プリン塩基であるアデニン、グアニンと、ピリミジン塩基である、グアニン、シトシンです。これらはそれぞれ

れ、プリン、ピリミジンの置換体です。

さて、問題文の二段落目を見ると、「プリン塩基には (ウ) と (エ) があり・・・」とあります。一見するとウとエは順不同のように見えますが、これは入試問題の空欄穴埋めの問題ではよくあるパターンで、後に続く文章を読めば、順不同ではないことがしばしばあります。実際、その後に「(ウ) と (オ) は (キ) が 2 つ・・・」とあるので、ここでウが確定しそうです。キは DNA が 2 本鎖をつくる時に形成される結合の名称が入るので、先に述べた通り「水素結合」と分かります。

この 2 本鎖についても、次のようなことを理解しておく必要があります。DNA が 2 本鎖を形成するとき、それぞれの鎖の塩基が互いに結びつくことは先に述べました。このとき、アデニンはチミンと、グアニンはシトシンと、それぞれ水素結合を形成します。このことから、一方の鎖の塩基配列が分かれば、他方の塩基配列が決まることが分かります。このような 2 本鎖を相補鎖といいます。そして、アデニンとチミンは水素結合を 2 本形成するのに対して、グアニンとシトシンは水素結合を 3 本形成することを思い出せば、ウはアデニンと分かるでしょう。塩基対で水素結合を形成しているようすを図示させる問題も頻出ですので注意しましょう。

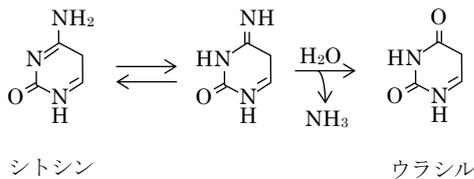
問題文の三段落目には、なかなか面白いことが書かれてあります。ここまでで、空欄キまでは埋まっているはずですので、それを埋めて問題文を見ていくと、「シトシンが脱アミノ化して (ク) へと変化する作用機構がある。(ク) は次の DNA 複製時にアデニンと相補鎖を形成する」とあります。ここは少し難しいのですが、クがチミンでないことは明らかでしょう。アデニンと相補鎖を形成するとはいえ、チミンはオに当てはまるのですから。

強者の戦略

ではクに当てはまるものは何かというと、これはウラシルです。ウラシルは RNA に存在する塩基です。核酸塩基のうち、アデニン、グアニン、シトシンは DNA と RNA に共通で、チミンは DNA にのみ、ウラシルは RNA にのみ存在します。

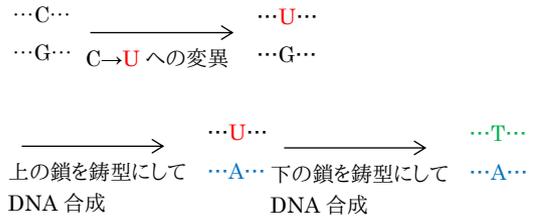
「アデニンと相補鎖を形成して、かつチミンでないもの」を考えればクに当てはまるものは分かるのですが、果たしてなぜシトシンがウラシルに変化するのか、です。これについて詳しく見ていきましょう。

シトシンとウラシルはよく似た構造をしています。そしてシトシンは脱アミノ化により、以下のようウラシルに変化します。



一段階目の反応は可逆反応なのですが、この変化に注目してください。これはビニルアルコールからアセトアルデヒドができる反応とよく似ています。実際 N=C 結合を C=C 結合に、NH₂ を OH と置き換えれば同じ反応が起こっていると理解できます。

これにより、グアニンとシトシンの塩基対は、シトシンからウラシルへの変化を経て、次のように変化します。少し飛躍があるので補足すると、細胞の分裂に伴い、DNA は複製されるのですが、このとき、一方の鎖をもとに相補鎖を合成することにより複製されます。つまり、次のような変化をたどって G—C の塩基対が A—T 塩基対に変化するのです。



この現象が、問題文で示された塩基対からなる配列で起こるとどうなるでしょうか。コドン表を用いれば、塩基配列をアミノ酸に読み換えることができます。ところでコドンとは何でしょう。それについては DNA のもつ遺伝情報に関する知識が必要になります。

DNA は遺伝情報の本体とされますが、遺伝情報とはいったい何でしょう。これはタンパク質の情報なのです。タンパク質はアミノ酸が多数つながった高分子ですが、このアミノ酸の配列を決めているのが塩基配列なのです。3つの塩基配列が1つのアミノ酸を決定しており、この3つの塩基配列をコドンといいます。3つの塩基配列は 4³=64 通りあるのですが、これらが 20 種類のアミノ酸に対応しています。複数のコドンが同じアミノ酸を対応づけていることもあります。

ということで、与えられた塩基配列を3つの塩基ごとに読んでいけば、アミノ酸の配列が分かる、ということです。ところが DNA は2本鎖あり、塩基配列も2種類あります。ではどちらを読んでいけばいいのでしょうか。

与えられた塩基配列を改めて確認すると、上の配列は「タンパク産物を規定する鎖」とあり、下の配列は「mRNA 合成の鋳型となる鎖」とあります。いまはタンパク質を構成するアミノ酸の配列を知りたいので、ここから上の配列を読めばいいということになります。そこに気づかなくても、「変異前は

強者の戦略

AsnValであったものが・・・」と構成するアミノ酸が明示されているので、そこから分かるでしょう。同時に、この塩基配列をどの方向に読めばアミノ酸配列が分かるのかもここで把握できます。つまり、「タンパク産物を規定する鎖の塩基配列を5'から3'方向に読めばアミノ酸配列が分かる」のです。

では、実際に空欄ケを考えてみましょう。変異前は次の通りです。

AATGTA

TTACAT

ここで変異が起こると、CがUに変化し、

AATGTA

TTAUAT

となります。変異が起こった下の鎖をもとにDNAを複製した場合、新しくできた2本鎖のDNAは次のようになります。

AATATA

TTAUAT

このように、変異後の「タンパク産物を規定する鎖」はAATATAとなったので、コドン表と照合すると、Asn-Ileであると分かります。

問3

与えられているのは塩基の構造式です。塩基の構造式をみて、どの塩基なのかは答えられないといけません(入試でも頻出です)。①がアデニン、②がグアニン、③がシトシン、④がチミンです。

しかし、それぞれの塩基が分かったとしても、問題文の読み落としに注意が必要です。問われているのは「5'ATTCCG3'に相補的な6塩基配列の塩基」です。まず相補的な配列を考えてみましょう。

ATTCCG

TAAGGC

ではTAAGGCを答えればいいのかというと、そうではありません。「5'から3'方向へ並べ」とある

ので、読む順番はCGGACTとなります。

問4

知識問題としてはかなり難しいでしょう。アデノシン三リン酸の名前から推測して、アデニンとリン酸が3つあるな、と分かればよいでしょう。あとはヌクレオチドが材料となるので、塩基とリン酸が結合する位置も判断できます。あるいは、図AのNAD⁺やNADHの構造を判断にしても良いです。五炭糖がリボースであることを知らなければ、図Aをヒントにするほかないと思います。ちなみに、五炭糖がデオキシリボースであれば、デオキシアデノシン三リン酸となります。

問5

これは知識問題ではありません。問題文から、NADは酸化還元反応に関わると考えられるので、選択肢の中で酸化還元反応であるものを答えればよいです。紛らわしいものが(2)や(5)で、一見すると還元反応が起こっていそうですが、炭素数が変化しているため、これは違う反応であると判断します。

核酸は手薄になりがちな単元ですので、知識の抜けがないようにしておきましょう。逆に基本的な知識さえあれば、難問が多く出題される単元ではないので、得点源にすることも可能です。

核酸は一見覚えるしかないことでも、構造を見れば理解できることが多くあります。また、DNAからタンパク質がどのようにできるのかも非常に面白い内容を含んでいます。いずれも大学に入ってから理系であれば学ぶことになると思いますが、興味のある方は調べてみてください。

<参考文献>

「ブルース有機化学」(下)(化学同人)

「理系総合のための生命科学」(羊土社)