

太郎君と花子さんと先生の3人が教室で話をしています。これを読んで、後の問に答えなさい。

花子：これ、うちのめい（姉の娘）の写真なの。まだ赤ちゃんだけど、私と目元がそっくりだって。

太郎：本当にそっくりだね。でも、どうして血がつながってるだけで似た特徴になるんだろうね。

花子：遺伝子とかDNAとかいう言葉を聞いたことがあるけど、よくわからないわ。先生、どうして家族や親戚同士で似た特徴を持つんでしょうか。

先生：生物にはさまざまな特徴があります。たとえば髪の毛の色、眼のひとみの色、ヒトのABO式血液型といったものです。実はこれらの特徴は、その生物が持つDNAという物質が指定するタンパク質を作ること、目に見える形になっていることが、ここ数十年の間にわかってきました。タンパク質は、アミノ酸とよばれる物質がたくさんつながってできています。DNAという物質はタンパク質をつくるための、大切な「設計図」なのです。

太郎：設計図が共通しているから、同じ特徴を持つのですね。DNAはどうやってタンパク質をつくるんですか。

先生：DNAはA（アデニン）、T（チミン）、G（グアニン）、C（シトシン）という4つのアルファベットで示される物質が一行に並んでできています。ある生物のDNAの例を、図1に示します。……の部分にもA、T、G、Cのアルファベットは並んでいるのですが、省略してあります。

……TTGTACGCCGTACCCAATAGCAAACAC……

図1 ある生物のDNA

先生：DNAはタンパク質を作るための大事な「設計図」なので、一度壊れてしまうとタンパク質を作ることができなくなってしまい、生物にとって大変なことになってしまいます。そこで実際には、生物はこのDNAに並んでいるアルファベットの順番をコピーしたRNAという物質を作り、そのRNAを用いてタンパク質を作っているのです。DNAとRNAには1つだけ違うところがあります。それは、DNAにはA、T、G、Cという4つのアルファベットで示される物質が並んでいますが、RNAには、A、U（ウラシル）、G、Cという4つのアルファベットで示される物質が並んでいる点です。RNAの作り方には、次のようなルールがあります。

〈RNAを作る時のルール〉

DNAのAを	→	RNAにはUとして
DNAのTを	→	RNAにはAとして
DNAのGを	→	RNAにはCとして
DNAのCを	→	RNAにはGとして

コピーしていく

先生：たとえば、図1のある生物のDNAからある生物のRNAをつくった場合を、図2に示します。

ある生物のDNA
.....TTGTACGCCGTACCCAATAGCAAACAC.....
ある生物のRNA
.....ACAUGCAGGGGUUAUGGUUUGUG.....

図2

花子：この話は見たことがあります。DNAに凹凸がある模式図で、粘土に押しつけたように構造がRNAに写し取られるんですよ。

先生：このRNAに並んでいるA、U、G、Cという4つのアルファベットのうちの3つの並び方で、タンパク質を構成するアミノ酸の種類が指定してされます。これをRNAコドンといいます。RNAの中のアルファベット3つ並びが指定するアミノ酸は20種類あり、主に次のようになっています。

〈RNA上の3つ並びのアルファベットが指定するアミノ酸20個：（あ）～（と）〉

UUU：（あ）	UUA：（い）	AUU：（う）	AUG：「はじめ」兼（え）	GUG：（お）	
UCA：（か）	CCC：（き）	ACA：（く）	GCC：（け）	UAC：（こ）	UAA：「おわり」
CAC：（さ）	CAG：（し）	AAC：（す）	AAA：（せ）	UGU：（そ）	
UGG：（た）	CGG：（ち）	AGC：（つ）	AGA：（て）	GGG：（と）	

注1）AUGは「はじめ」の合図と同時に、アミノ酸（え）を指定する。

注2）UAAは「おわり」の合図で、UAAが指定するアミノ酸はないので、ここにはアミノ酸は並ばない。

太郎：ここで作られる（あ）や（い）のアミノ酸は、すべて異なるものなのですか。

先生：1つ1つに名前がついています。たとえばAGAで作られる（て）はアルギニンというアミノ酸で、栄養ドリンクなどに多く含まれています。このアミノ酸の組み合わせで筋肉だったり内臓だったり、様々なタンパク質が構成されるのです。また、「DNAのコピー」の中のアルファベット3つ並びを用いる時に、次のような〈タンパク質合成のルール〉があります。

〈タンパク質合成のルール〉

- ・RNAに並んでいるA、U、G、Cのアルファベットを、左端から1つずつ見ていく。見ていくときに、アルファベットを1つ飛ばしたり、あと戻りしたりはしない。
- ・RNAの中で、必ずAUGの3つ並びのあるところからアミノ酸は並ぶことができ、そこからアルファベット3つ並びごとに読み取っていく。
- ・RNAの中のアルファベット3つ並びは、記号(あ)~(と)で表されるアミノ酸20個のうちの、いずれか1つを指定できる。指定されたアミノ酸は、左から順に並んでタンパク質を作っていく。
- ・RNAの中で、アルファベットUAAの3つ並びが出るとタンパク質合成は終了する。

先生：図2に示した「ある生物のDNAのコピー」から、この〈タンパク質合成のルール〉にしたがってタンパク質が作られるしくみを示したのが、次の図3です。

ある生物のRNA

.....AACAU[↑]GCGGCAGGGGUUAUGGUUUUGUG.....
指定されるアミノ酸 → (え) (ち) (し) (と) (い) (た) (あ) (お)
つくられるタンパク質 (え) - (ち) - (し) - (と) - (い) - (た) - (あ) - (お)

図3 「ある生物のRNA」と指定されるアミノ酸とつくられるタンパク質の関係

花子：体の中に、こんな複雑な設計図があるなんて驚きです。このしくみでできるアミノ酸とタンパク質について、もっと深く知りたいです。

先生：ここから先は高校生の生物の授業の範囲ですから、難しくなりますよ。ですが、一度このしくみを使った問題を解いてみましょうか。

太郎：ぜひ、やってみたいです。

先生：いま、ある動物の細胞から取り出したDNAを☆DNA、そのコピーを☆RNAと呼ぶことにします。☆DNAは、次のようなアルファベットの並びになっていました。

AATTGTTACTTGGGGACACAC.....GCCCGGAATCCCATTTTTGTA

なお、☆DNAの途中の.....の部分には360個のアルファベットが並んでいますが省略してあります。また、.....の部分には、☆RNAをつくった時に、その「☆RNA」の中に「おわり」を意味するアルファベット3つ並びはふくまれていません。

〔問題1〕 〈RNAをつくる時のルール〉にしたがって、☆DNAからできる「☆RNA」を書きなさい。ただし、☆DNAの途中で省略されている部分……は、「☆RNA」の中に……と記入しなさい。

〔問題2〕 〔問題1〕で答えた「☆RNA」通りに〈タンパク質合成のルール〉にしたがってできたタンパク質は、全部で何個のアミノ酸からできていますか。考え方も書きなさい。

〔問題3〕 もし☆DNAで、次の①と②の変化がそれぞれ起こった場合、タンパク質をつくるアミノ酸の並ぶ数や並び方(順番)はどうなりますか。それぞれの場合の☆DNAをコピーした「☆RNA」を書きなさい。その「☆RNA」を見ながら、〈RNA上の3つ並びのアルファベットが指定するアミノ酸20個：(あ)~(と)〉と、〈タンパク質合成のルール〉を用いて、図3を参考にして考え方を書き、タンパク質を作るアミノ酸の並ぶ数と並び方がどうなるか答えなさい。

①DNA☆の左端から13番目のGがCに置きかわってしまった場合

②DNA☆の右端から14番目のAがTに置きかわってしまった場合

〔問題1〕

〔問題2〕

アミノ酸の数：

〔問題3〕 ①

アミノ酸の並ぶ数： 並び方：

〔問題3〕 ②

アミノ酸の並ぶ数： 並び方：

解答

[問題1]

話は難解ですが、指示されているのはA→Uに、T→Aに、G→Cに、C→Gに変換することだけです。ある意味約束記号の問題と思ってよいでしょう。

AAT TGT TAC TTG CGG ACA CACGCC CGG AAT CCC ATT TTT GTA



UUA ACA AUG AAC CCC UGU GUG.....CGG GCC UUA GGG UAA AAA CAU

となれば正解です。

[問題2]

[AUG]から開始、[UAA]で終了というルールで、3文字ずつに区切って変換されます。

UUA ACA AUG AAC CCC UGU GUG.....CGG GCC UUA GGG UAA AAACAU

え す き そ おち け い と (終)

省略された.....の部分には360個のアルファベットが並ぶので、

$360 \div 3 = 120$ (個) のアミノ酸ができるので、全部で

$5 + 120 + 4 = 129$ 個のアミノ酸が並びます。

[問題3]

(1)

AAT TGT TAC TTG CGG ACA CACGCC CGG AAT CCC ATT TTT GTA



UUA ACA AUG AAC GCC UGU GUG.....CGG GCC UUA GGG UAA AAA CAU

え す け そ おち け い と (終)

となり、左から3番目のアミノ酸が(き)から(け)に変わるだけで、129個のままです。

(2)

AAT TGT TAC TTG GGG ACA CACGCC CGG ATT CCC ATT TTT GTA



UUA ACA AUG AAC GCC UGU GUG.....CGG GCC UAA GGG UAA AAA CAU

え す け そ おち け (終)

となり、アミノ酸が2個減って127個になり、最後のアミノ酸が右から3番目にあった(け)に変わります。

〔問題1〕

UUA ACA AUG AAC CCC UGU GUG·····CGG GCC UUA GGG UAA AAA CAU

〔問題2〕

UUA ACA AUG AAC CCC UGU GUG·····CGG GCC UUA GGG UAA AAA CAU

より、アミノ酸はAUG～GGGまで、上に書かれた9個と、・

·····内に $360 \div 3 = 120$ (個) できるので、全部で $120 + 9 = 129$ 個になる

アミノ酸の数：129個

〔問題3〕 ①

UUA ACA AUG AAC GCC UGU GUG·····CGG GCC UUA GGG UAA AAA CAU

より、下線部がCCC (き) からGCC (け) に変わるだけで、アミノ酸の数は129個で変わらない

アミノ酸の並ぶ数：129個 並び方：左から3番目が (け) になる

〔問題3〕 ②

UUA ACA AUG AAC GCC UGU GUG·····CGG GCC UAA-GGG UAA AAA CAU

より、右端のアミノ酸がGCC (け) になり、個数は2個減って127個になる

アミノ酸の並ぶ数：127個 並び方：2つ減り右端が (け) になる