練習問題

用語

問1

次のa～pの用語に最もよく合致するものを，下の1～16から選びなさい。

a　コドン
b　直線的な1対1の対応
c　読み枠
d　フレームシフト変異
e　遺伝暗号の縮退
f　ナンセンスコドン
g　開始コドン
h　鋳型鎖
i　RNA様鎖
j　イントロン
k　RNAスプライシング
l　転写
m　翻訳
n　選択的スプライシング
o　アミノアシルtRNA
p　逆転写

1　一次転写産物からイントロンに相当する塩基配列を除く。
2　UAA，UGA，UAG
3　一次転写産物と同じ塩基配列をもつDNA鎖
4　適正なアミノ酸が結合している転移RNA
5　1つのアミノ酸を表すmRNAの3個の塩基の集まり
6　ほとんどのアミノ酸は，複数のコドンによって特定される。
7　DNA鎖のヌクレオチド配列の情報を使ってRNA鎖のヌクレオチド配列を特定する。
8　コドンとして読むために，mRNAの塩基を3個ずつグループ化すること
9　配列中の特別なAUG
10　ポリペプチドのアミノ酸の直線状の配列は，遺伝子のヌクレオチド対の直線状の配列と一致する。
11　同じ一次転写産物から異なる完成したRNAがつくられる。
12　コード配列に3の倍数以外の塩基対を付加または欠失させること
13　完成したRNAの塩基配列には存在しない遺伝子内の塩基対の配列
14　一次転写産物と相補的な塩基配列をもつDNA鎖
15　ポリペプチド分子のアミノ酸配列を特定するために，mRNA分子のヌクレオチド配列中にコードされた情報を使うこと
16　RNAをコピーしてDNAにすること

8.1

問2

次のa～fの仮説と，それを生じた下の1～6の結果を組合せなさい。

a　DNAとタンパクとの間を仲介する分子の存在
b　遺伝暗号に重複はない。
c　コドンは1ヌクレオチド以上からなる。
d　遺伝暗号は塩基の3文字にもとづく。
e　終止コドンが存在し，翻訳を終わらせる。
f　タンパクのアミノ酸配列はmRNAの塩基配列による。

1　同一のアミノ酸に影響する2つの変異は，野生型になるために組換えが起こりうる。
2　遺伝子の中で1つまたは2塩基欠失（または挿入）は，その機能を中断させる。3塩基欠失（または挿入）は，多くの場合，機能を互換できることがある。
3　あるコドンを含む人為的な情報は，それらのコドンを含まない情報より短いタンパクを生産する。
4　タンパク合成は細胞質で起こり，一方のDNAは核に存在する。
5　異なる塩基配列をもつ人為的な情報は，試験管内の翻訳系で異なるタンパクを生じる。
6　1塩基置換は，タンパク鎖のたった1つのアミノ酸に影響を及ぼす。

問3

人工mRNA 5′…GUGUGUGU…3′は遺伝暗号に対して，次のそれぞれのモデルにどのように読まれるか？

a　2塩基，重複なし
b　2塩基，重複
c　3塩基，重複なし
d　3塩基，重複
e　4塩基，重複なし

問4

クリックとブレナーが1つの＋変異と1つの－変異を組換えたT4*rIIB*遺伝子のある部分の例を，次に示す（DNAのRNA様鎖を示している）。

```
野生型　　5′ AAA AGT CCA TCA CTT AAT GCC 3′
変異株　　5′ AAA GTC CAT CAC TTA ATG GCC 3′
```

a　変異DNA中で，＋変異と－変異はどこにあるだろうか？

b　この二重変異株について，どの変更がアミノ酸中で生じ，どれが野生型のプラークを形成するのか？

c　二重変異株のアミノ酸配列は野生型のアミノ酸配列とは異なるが，ファージは野生型である。この事実はどのように説明できるか？

問5

ヒトのβグロビン遺伝子の*HbS*対立遺伝子（鎌状赤血球対立遺伝子）では，βグロビン鎖の6番目のアミノ酸はグルタミン酸からバリンに変化している。*HbC*対立遺伝子では，βグロビン鎖の6番目のアミノ酸がグルタミン酸からリシンに変化している。βグロビン遺伝子の地図内で，これらの2つの変異はどのような順であるか？

問6

次の図は，*A*遺伝子の一部のmRNA配列とφX174ファージの*B*遺伝子の始めを表す。このファージには，読み枠が重ねて読まれるいくつかの遺伝子がある。例えば，読み枠は1塩基ずれているが，*A*遺伝子のコードは*B*遺伝子の一部として使われる。表示されたタンパクAとBのコドンがもつ1本のmRNAを示しなさい。

```
aa      5   6   7   8   9   10 11 12 13 14 15 16
A       AlaLysGluTrpAsnAsnSerLeuLysThrLysLeu

mRNA    GCUAAAGAAUGGAACAACUCACUAAAAACCAAGCUG

B                 MetGluGlnLeuThrLysAsnGlnAla
aa                1   2   3   4   5   6   7   8   9
```

次のアミノ酸が変化したとき，mRNAで起こる塩基の変化と他のタンパクの配列の結果を示しなさい。

a　タンパクA中の10番目のAsnをTyrに変える。

b　タンパクA中の12番目のLeuをProに変える

c　タンパクB中の8番目のGlnをLeuに変える。

d　読み枠の重なりが生じるのは，自然界では大変稀である。それが起こったとき，重なりの範囲はそれほど長くない。なぜ，そうであると考えられるのか？

問7

あるタンパクのアミノ酸配列の一部が決定されている。

N...Gly Ala Pro Arg Lys...C

突然変異原のプロフラビンを使って，このタンパクをコードする遺伝子中で突然変異を誘導する。変異タンパクのアミノ酸配列は，野生型タンパクのアミノ酸配列と，タンパクのN末端から上の配列のグリシンまでまったく同じである。このグリシンから始めて，アミノ酸の配列は次のように変化する。

N...Gly His Gln Gly Lys...C

このアミノ酸配列を使って，このタンパクをコードする野生型の遺伝子から14個のヌクレオチドの配列を決定できる。その配列は何か？

問8

人工のmRNA 5′...UCUCUCUC...3′を試験管中のタンパク合成系に加えたとき，ロイシンとセリンが交互になったタンパクがつくられることがわかった。ロイシンがCUC，セリンがUCUにより特定される，またはその逆かどうかを決定するには，どんな実験を行えばよいか？

問9

点突然変異（1塩基の変化）がナンセンスコドンを生じるアミノ酸を特定する，すべてのコドンを同定しなさい。

問10

遺伝子のRNA様鎖がそれぞれのフレームとも翻訳されると仮定して，図8.6（p.229）の配列のすべてを翻訳しなさい。

問11

ある1つのタンパクは，次のようなアミノ酸配列の一次構造である。

N...Ala–Pro–His–Trp–Arg–Lys–Gly–Val–Thr...C

このタンパクに影響を及ぼす変異を研究している遺伝学者は，変異のいくつかはこの領域内で終止した短いタンパクをつくることを発見した。それらのうちの1つで，HisがC末端のアミノ酸になった。

a　His残基で終止するタンパクになるのは，どのようなDNAの1塩基の変化がおきたためか？

b　このタンパクをコードするDNA配列からわかる，1塩基対の変異により翻訳が早く終止することが可能な他の部位はどこか。

問12

ある1つのヒトの酵素の野生型と変異型の研究をして，遺伝学者はこの酵素の特に興味深い変異型に気付いた。通常の酵素はアミノ酸227個の長さであるが，変異型は312個のアミノ酸の長さで，正常なアミノ酸配列の中央部に85個のアミノ酸が余分にあった。挿入されたアミノ酸は正常のタンパクの配列とは何の対応もつかなかった。これに対する可能な説明は何だろうか？ それはどうやって見分けられるか？

問13

次の配列によって伸長するいくつかの可能なオープンリー

ディングフレーム（終止コドンのないフレーム）にはどのようなものがあるか。

```
5′... CTTACAGTTTATTGATACGGAGAAGG...3′
3′... GAATGTCAAATAACTATGCCTCTTCC...5′
```

問14

a　図8.4（p.227）で，物理的地図（塩基対の数）は，正確には遺伝地図（マップ単位）に等しくない。この明白な不一致について説明しなさい。

b　図8.4で，組換えの割合が最も高い領域と最も低い領域はどこか？

問15

次の開始コドンで始まるmRNAの部分の配列は，いくつかの変異株から得られた配列である。

正常	AUGACACAUCGAGGGGUGGUAAACCCUAAG...
変異株1	AUGACACAUCCAGGGGUGGUAAACCCUAAG...
変異株2	AUGACACAUCGAGGGUGGUAAACCCUAAG...
変異株3	AUGACGCAUCGAGGGGUGGUAAACCCUAAG...
変異株4	AUGACACAUCGAGGGGUUGGUAAACCCUAAG...
変異株5	AUGACACAUUGAGGGGUGGUAAACCCUAAG...
変異株6	AUGACAUUUACCACCCCUCGAUGCCCUAAG...

a　それぞれの変異の種類を示しなさい。また，それぞれのアミノ酸配列で，変異した部分の配列を翻訳しなさい。

b　どの変異が，EMS（エチルメタンスルホン酸，p.194～195，図7.10参照）の処理によって，もとの状態に戻ることができるか？ また，プロフラビンでの処理ではどうなるか？

問16

通常の157のアミノ酸タンパクを生産する遺伝子であるが，プロフラビンでつくられた110のアミノ酸ポリペプチドの対立遺伝子の変異を同定した。この突然変異対立遺伝子を広範囲にプロフラビンによる突然変異原にさらしたあと，タンパクのN末端をコードする配列ともとの変異の間の遺伝子に，多くの遺伝子内サプレッサーが位置していたのを見つけることができた。しかし，もとの変異とタンパクの通常のC末端をコードする配列間の領域にあるサプレッサーはなかった。この理由を説明しなさい。

8.2

問17

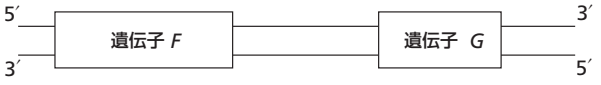
相補的な塩基対が必要な転写の段階を示しなさい。

問18

第6，7章では，DNAポリメラーゼによる誤りは，DNA複製中の校正機構や複製が完了したあとに行われるDNA修復システムによって訂正されることを述べた。DNA複製中の全体のエラー率は約1×10^{-10}で，つまり1,000万塩基対あたり1個の誤りとなる。RNAポリメラーゼもいくつかの校正能力をもつが，転写に対する全体の誤りの割合はかなり高い（1×10^{-4}，または1,000塩基に1個の誤り）。なぜ生物は，DNA複製よりも転写の誤りが高い割合で生じることに耐えることができるのか？

問19

遺伝子*F*に対するコード配列は，次の図のように左から右に読まれる。遺伝子*G*に対するコード配列は右から左に読まれる。どちらのDNA鎖（上または下）が，それぞれの遺伝子の転写の鋳型になるか？



問20

ヒト遺伝子のmRNAを同じ遺伝子のゲノムDNAと混ぜ，RNAとDNAのハイブリッドを形成させると，電子顕微鏡ではどのように観察されるだろうか？ mRNAと同様にDNA鎖（鋳型鎖とRNA様鎖）に関するハイブリッド形成の様子を示しなさい。

8.3

問21

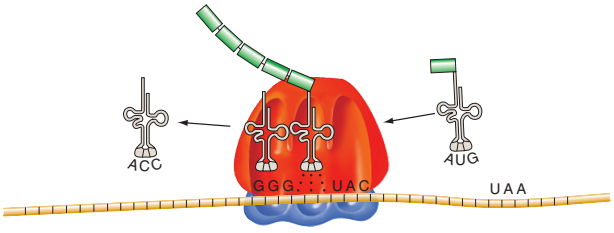
相補的な塩基対が必要な翻訳の段階を示しなさい。

問22

次の項目をできるだけ正確に次の図中に配置しなさい。ただし，いくつかの項目は示していない。

（a）DNA鋳型鎖の5′末端，（b）mRNAの3′末端，（c）リボソーム，（d）プロモーター，（e）コドン，（f）アミノ酸，（g）DNAポリメラーゼ，（h）5′UTR，（i）セントロメア，（j）イントロン，（k）アンチコドン，（l）N末端，（m）アミノアシルtRNAの5′末端，（n）RNAポリメラーゼ，（o）アミノアシル化されていないtRNAの3′末端，（p）ヌクレオチド，（q）mRNAキャップ，（r）ペプチド結合，（s）P

部位，（t）アミノアシルtRNA合成酵素，（u）水素結合，（v）エキソン，（w）5′ AUG3′，（x）潜在的な“ゆらぎ”反応



問23

問22の図について，次の問いに答えなさい。

a　図はどの過程が示されているのか？

b　図で，伸長している鎖に加えられる，次の構成成分は何か？ また，伸長鎖のどの末端にこの構成成分が加えられるのか？ 完成すると，いくつの構成成分が鎖中にあることになるか？

c　他の構成要素にはどのようなものが知られているか？

d　この図について，真核細胞と原核細胞で異なる，どのような細かい点が付け加えられるか？

8.4

問24

原核生物では，DNA配列中の遺伝子の検索は，DNA配列に対して長いオープンリーディングフレームの存在を調べる（つまり，終止コドンによる中断のない読み枠）。真核生物ではこの検索でどんな問題を見つけることができるか？

問25

細胞分裂の研究をしている研究室で分裂期の紡錘体中にあるタンパクをコードする酵母遺伝子が，クローニングされた。その遺伝子は477個のアミノ酸をもつタンパクをコードする。

a　この酵母遺伝子のタンパクをコードする部分のヌクレオチドの中で，最小の長さのものは何か？

b　この酵母遺伝子のコード領域の中央にあたる，エキソン中の1本のDNA鎖の一部の配列を下に示した。遺伝子のこの領域のmRNAのヌクレオチド配列は何か。mRNA鎖の5′末端および3′末端の方向性を示しなさい。

```
5′ GTAAGTTAACTTTCGACTAGTCCAGGGT 3′
```

c　酵母の分裂期の紡錘体中でみられるタンパクのこの部分のアミノ酸配列は何か。

問26

小さなタンパクMet，Tyr，Arg，Gly，Alaをコードしている完全な真核生物の遺伝子配列を下に示した。鋳型鎖上の配列はすべてRNAに転写される。

```
5′ CCCCTATGCCCCCCTGGGGGAGGATCAAAACACTTACCTGTACATGGC 3′
3′ GGGGATACGGGGGGACCCCCTCCTAGTTTTGTGAATGGACATGTACCC 5′
```

a　どちらの鎖が鋳型鎖か。遺伝子を転写するとき，鋳型鎖に沿って，どちらの方向（右から左，または左から右）にRNAポリメラーゼは移動するか？

b　この遺伝子に対してプロセシングを受けたmRNA分子中でのヌクレオチド配列はどうなるか。このmRNAの5′末端と3′末端の方向性を示しなさい。

c　遺伝子中の1塩基変異は，結果としてMet，Try，Thrのポリペプチドを合成する。この変異遺伝子によってつくられたmRNAのヌクレオチド配列は何か？

問27

組換えDNA技術（第9章で述べる）を使って，どんな生物のどんな部分からでも遺伝子のDNAを取り出し，それを酵母細胞の核にある染色体に挿入することが可能である。ヒト遺伝子のDNAを取り出し，酵母細胞の染色体中に挿入すると，変化した酵母細胞はヒトのタンパクをつくることができる。しかし，通常，酵母のミトコンドリアの染色体上にある遺伝子のDNAを取り出し，核内の酵母の染色体に挿入すると，たとえ同じ生物体由来の遺伝子であっても，酵母細胞は正しいタンパクを合成することができない。このような酵母細胞が正確なタンパクをつくるのを保証するためには，何が必要になるのか？

問28

a　図8.3（p.226）に示す遺伝暗号表はヒトと大腸菌の両方で使用できる。インスリンをコードする完全な遺伝子を含むヒトゲノムからDNAの断片を調製するとしよう。今，このDNA断片を大腸菌のものに変える。なぜ，ヒトのインスリン遺伝子を含む大腸菌細胞は，インスリンをつくることができないのか？

b　製薬会社は，実際にヒトのインスリンをつくる大腸菌細胞を得ることができた。そのようなインスリンを細菌細胞から精製し，糖尿病患者の治療に使うことができる。製薬会社はインスリンをつくるためにどのように“細菌工場”をつくったのか？

8.5

問29

次の（a）～（k）の真核生物の遺伝子の要素を，ゲノムに現れ，遺伝子に沿ってRNAポリメラーゼが動く方向の順に

配置しなさい。ただし，遺伝子の1つのイントロンが読み枠を中断すると仮定する。また，これらの名前のいくつかは省略して書かれ，DNAとRNAのどちらの成分か区別できないことに注意しなさい。例えば，“スプライス供与部位”に関して，スプライシングは遺伝子のRNA転写産物上で起こり，遺伝子自体には出てこないので“DNA配列はスプライス供与部位に転写される”と略して書かれている。遺伝学者は簡略のためにこのような省略を，たとえ不明確でもよく使う。

(a) スプライス供与部位，(b) 3′ UTR，(c) プロモーター，(d) 終止コドン，(e) メチル化キャップをしたヌクレオチド，(f) 開始コドン，(g) 転写終結部位，(h) スプライス受容部位，(i) 5′ UTR，(j) poly-A付加部位，(k) スプライス分枝部位

問30

問29で，真核生物の遺伝子の要素（a）～（k）について，次の問いに答えなさい。

a　（a）～（k）のうち，要素の名前が略されているのはどれか（つまり，これらのどれが実際に遺伝子自身より，遺伝子の一次転写産物またはmRNAに起こるか）？

b　（a）～（k）のうち，どれがこの遺伝子（または，このエキソンから転写されたRNA）の最初のエキソン内で部分的，または完全にみられるか？ あるいは，イントロン内，2番目のエキソン内であるか？

8.6

問31

次の各変異の種類は，重大な作用，穏やかな作用，作用がまったくないのどれと考えられるか？

a　タンパクのN末端の近くで，アミノ酸をコードする配列中に起こっているナンセンス突然変異

b　タンパクのC末端の近くで，アミノ酸をコードする配列中に起こっているナンセンス突然変異

c　タンパクのN末端の近くで，アミノ酸をコードする配列中に起こっているフレームシフト変異

d　タンパクのC末端の近くで，アミノ酸をコードする配列中に起こっているフレームシフト変異

e　本来のアミノ酸と同一のアミノ酸に置換する突然変異

f　保存的な（本来のアミノ酸と似たアミノ酸に置換する）ミスセンス突然変異

g　タンパクの活性部位に影響を与える保存的でないミスセンス突然変異

h　タンパクの活性部位にない保存的でないミスセンス突然変異

問32

特定のタンパクが完全に欠損した状態で，生物に何が起こるかを確かめることができるので，ナル突然変異は価値のある遺伝材料である。しかし，その変異が遺伝子のナルの状態を表すかどうか判断するかは重要な問題である。

a　遺伝学者は，ときどき2倍体の生物で，対立遺伝子がナルかどうかに対して，次の検査を使用する。対立遺伝子のホモ接合体でみられる異常な表現型が，1つの染色体は問題の対立遺伝子をもち，それに相同染色体では完全に遺伝子が削除されているヘテロ接合体で同じようにみられる欠如の場合，この対立遺伝子はナルである。この検査を根拠づける理由は何か？ このような結果と解釈するうえでどんな制約がありえるか？

b　個々の遺伝子で対立遺伝子がナルの状態であるかどうかを判断する，他の方法を考えることができるか？

問33

次は，60以上のエキソンをもち，2,532のアミノ酸から成る，大変大きなタンパクをコードする遺伝子中で発見されている変異のリストである。それぞれの変異が，mRNAの大きさあるいは量および（または）タンパク産物の大きさあるいは量の検知可能な変化を引き起こすかどうかをそれぞれ示しなさい（大きさや量の検知可能な変化は通常の値より1%以上大きくなければならない）。また，どのような変化が予想されるだろうか？

a　Lys576Val（アミノ酸576をリシンからバリンに変更）

b　Lys576Arg

c　AAG576AAA（コドン576をAAGからAAAに変更）

d　AAG576UAG

e　Met1Arg（この変異には少なくとも2つの可能な道筋がある）

f　プロモーター変異

g　コドン1841に1塩基対を挿入

h　コドン779を欠失

i　IVS18DS，G−A，＋1（この変異は，遺伝子の18番目のイントロン中の最初のヌクレオチドが変化し，エキソン18はエキソン20と結合し，エキソン19を飛び越す）

j　poly-Aの付加位置を欠失

k　5′ UTR中でGからAへ置換

l　6番目のイントロンに1,000塩基の挿入（この特殊な挿入はスプライシングを変えない）

問34

問33について，さらなる変異を考察する。

a　どの変異がナル突然変異の可能性があるか？

b　野生型に対して，劣性な対立遺伝子となるのはどの変異

か？

c　どの変異が野生型に対して優性な対立遺伝子となる可能性があるか？ また，どのような仕組みでこの優性を説明するのが可能か？

問35

メチオニン栄養素要求性変異をもつ1倍体の酵母の培養液中の100万個の細胞がメチオニンを欠いた固形培地にまかれたとき，5つのコロニーが成長した。もとのメチオニン変異が逆戻りした細胞はメチオニンを欠いた培地上で成長するだろう。しかし，これらの明白な復帰突然変異のうちのいくつかは，もとのメチオニン変異を抑圧する，何か別の遺伝子中の変異による可能性がある。もし，5つのコロニーの変異がもとの正確なメチオニンの変異，または別の染色体上の遺伝子中のサプレッサー変異による場合，どのように区別することができるだろうか？

問36

a　ナル，低い形質発現，高い形質発現，ドミナントネガティブ，新形質の変異の違いは何か？

b　これらの種類の変異のそれぞれに対して，野生型の対立遺伝子に対して変異体の表現型を生じるときに，優性または劣性であるかを予想できるだろうか？

問37

細菌*B. adonis*変異株は，UAGコドンに一致し（他のナンセンスはないが），グルタミン（Gln）を挿入するナンセンスサプレッサー変異tRNAをもっている。

a　サプレッサーtRNAのアンチコドンは何か。5′末端と3′末端を示しなさい。

b　1塩基対の変異がかかわると考えられるサプレッサーをつくるために，変異した野生型$tRNA^{Gln}$をコードする遺伝子の鋳型鎖の配列は何か？

c　野生型*B. adonis*細胞に存在可能な$tRNA^{Gln}$遺伝子の**最小の**数はいくつか？ 相当するアンチコドンで書きなさい。

問38

アミノ酸配列が知られている酵素をコードする細菌遺伝子中の変異を研究している。野生型タンパクで，プロリンはN末端から5番目のアミノ酸である。この変異株を変異原にさらし，3つの異なる変異株を回収する。A株は5番目の位置にプロリンをもっており，まさに野生株のように作用する。B株は5番目の位置にトリプトファンをもっており，野生株のように作用する。C株はどの温度に対しても検出可能な酵素の機能がなく，酵素に似たどんなタンパクも回復できなかった。C株に変異原を与えて，酵素機能をもつC-1株が回収される。酵素機能の回復を招くC-1株中の第二の変異は，酵素遺伝子座の地図内には表れない。

a　この位置で野生型遺伝子の両方の鎖のヌクレオチド配列は何か？

b　B株が野生型の表現型をもつのはなぜか？ また，5番目の位置にセリンをもつ，もとの変異株では機能が欠如するのはなぜか？

c　C株の変異の特徴は何か？

d　C-1で生じた第二の変異は何か？

問39

本文では示していないが，サプレッサー変異の別の種類は，ミスセンス変異を抑圧する変異である。

a　このようなミスセンスサプレッサー変異をもつ細菌株は，ナンセンスサプレッサー変異をもつ株より一般にゆっくり成長する。この理由を説明しなさい。

b　タンパクをコードする遺伝子中のミスセンス変異を抑圧するような遺伝子発現に必要とされた成分をコードする遺伝子の中で，他のどんな種類の変異を想像することができるか？

問40

本文には示されていないが，別の種類のサプレッサー突然変異には，フレームシフト変異を抑圧することができるtRNAの変異もある。1塩基対挿入に関連して，フレームシフト変異を抑圧することができるtRNAについて，何が起こっていなければならないだろうか？

問41

2種類以上のナンセンスコドンを抑圧できることが知られている，ナンセンスサプレッサーtRNAが少なくとも1つある。

a　そのようなサプレッサーtRNAのアンチコドンは何か？

b　どの終止コドンが抑圧されるか？

c　このナンセンスサプレッサーtRNAに運ばれるアミノ酸は何か。

問42

研究者は，細菌のUAGナンセンス変異に関する研究に興味をもっている。細菌のある種について，2つの異なる変異を選択することができた。1つは$tRNA^{Tyr}$遺伝子，もう1つは$tRNA^{Gln}$遺伝子である。しかし，2番目の変異では，非常に広範囲に調査したが，そのようなナンセンスサプレッサー変異を得ることができなかった。この2つの違いは何か。