滋賀医科大学

2024 年度　前期日程　生物

1 次の文章を読み，問 1〜7 に答えよ。

動物は，外部からの刺激に対してさまざまな行動をとる。(1) 生まれつき備わっていて，経験や学習がなくても出現する行動を［　①　］という。［　①　］は，遺伝的にプログラムされた神経回路によって起こり，さまざまな場面で出現する。繁殖期のイトヨの雄は，雌に対して求愛行動を示す。雄は，卵で膨らんだ雌の腹部がかぎ刺激となり，ジグザグダンスとよばれる特殊な泳ぎ方をして求愛する。雌は，雄のジグザグダンスがかぎ刺激となり，求愛に応じる。このように，ある刺激に対して起こる特定の決まった行動を［　②　］という。

動物が分泌したにおい物質が空気中を浮遊し，同種の他個体に刺激となって特定の応答を起こさせる場合，この物質をフェロモンという。カイコガの成虫の雌は，腹部の末端の分泌腺からフェロモンを分泌する。雄は，触角にある受容体でフェロモンを受容すると，(2) 羽ばたきながら雌に向かって歩き出し，近づいて生殖行動を起こす。

カイコガのフェロモンに対する行動を観察するために，羽化したばかりのカイコガの雄と雌を 1 匹ずつ用意し，密閉できる透明のプラスチック容器に雌を入れ，次の実験 1〜4 を行った。

(実験 1)　雌を入れたプラスチック容器を密閉し，雄のそばに置いたが，雄は全く反応しなかった。

(実験 2)　プラスチック容器のふたを開けて，雄のそばに置くと，雄は羽ばたき，雌に向かって動き出した。

(実験 3)　実験 2 の後，プラスチック容器を密閉すると，雄はジグザグターンと回転歩行を行った。

(実験 4)　実験 3 の後，再びプラスチック容器のふたを開けると，雄は回転歩行をやめ，雌に向かって動き出した。

動物を取り巻く環境は一定であるとは限らず，ときと場合によって変動する。(3) そのような環境変化に対応するために，動物は外部の情報を取り込み，その情報に応じた行動をとるようになる。このような行動の変化を学習という。学習では，ニューロンのシナプスが変化することで新しい神経回路がつくられることがある。ロシアの生理学者パブロフは，(4) イヌに餌を与える直前にメトロノームを鳴らすことを繰り返すと，やがてイヌは，音を聞くだけでだ液を分泌するようになることを発見した。条件反射として知られているこの現象は，古典的条件づけとよばれる学習である。

問 1. 文中の①と②に適切な語句を入れよ。

問 2. 下線部 (1) の例として適切なものを，以下のⓐ〜ⓔから 2 つ選び，記号で答えよ。

ⓐ　ウグイスのさえずり

ⓑ　ミツバチの円形ダンス

ⓒ　迷路課題におけるネズミの試行錯誤

ⓓ　アメフラシのえら引っ込め反射の慣れ

ⓔ　ホシムクドリの太陽コンパスによる渡り

問 3. 下線部 (2) について，特定の方向に向かって反応することを何というか答えよ。

問 4. ヒトの鼻では，におい物質が嗅細胞の嗅覚受容体に結合すると，活動電位が発生して，嗅神経の興奮を引き起こす。におい物質が嗅細胞の嗅覚受容体に結合した後，活動電位が発生するまでの過程を説明せよ。（解答欄 17.5×2.5 cm）

問 5. 実験 3 について，カイコガの雄がジグザグターンや回転歩行を行うことは，どのような利点があるか述べよ。（解答欄　17.5×2.5 cm）

問 6. 下線部 (3) について，ヒトやチンパンジーは，未経験の事態に遭遇しても適切な行動をとることができる。その理由を述べよ。（解答欄　17.5×2.5 cm）

問 7. 下線部 (4) について，以下のア，イに答えよ。

ア．この実験で，イヌは何を学習したか答えよ。

イ．この学習では，刺激を受け取る感覚器とだ液分泌中枢との間で，どのように神経回路が変化したと考えられるか述べよ。（解答欄　17.5×3.5 cm）

2 次の文章を読み，問 1〜9 に答えよ。

血液中に含まれるグルコースを血糖という。健康な人の血糖濃度は，空腹時で血液 100 mL 当たり約 100 mg である。食事などによって血糖濃度が上昇すると，間脳の［　①　］の血糖調節中枢がこれを感知し，［　②　］神経を通じてすい臓のランゲルハンス島の B 細胞を刺激する。また，血糖濃度の高い血液は，直接，B 細胞を刺激する。これらの刺激により B 細胞からインスリンが分泌される。インスリンは，細胞内へのグルコースの取り込みや，細胞中のグルコースの消費などを促進する。その結果，血糖は通常の濃度に戻る。一方，血糖濃度が低下すると，［　①　］の血糖調節中枢が刺激され，［　③　］神経を通じて［　④　］からアドレナリンが分泌される。また，すい臓のランゲルハンス島の A 細胞は，血糖濃度の低下や［　③　］神経による刺激を受けてグルカゴンを分泌する。(1) アドレナリンとグルカゴンは肝臓に作用し，血糖濃度を上昇させる。さらに，［　⑤　］から分泌された糖質コルチコイドは，組織の［　⑥　］の分解を引き起こし糖新生を促進することで，血糖濃度を上昇させる。

血糖調節のバランスが崩れ，血糖濃度が高い状態が続く病気を糖尿病という。(2) 糖尿病の患者では，尿中にグルコースが排出されることがある。図 1 は，健康な人と糖尿病患者 A〜C の，食事による血糖濃度とインスリン濃度の変化を調べたものである。患者 A〜C のインスリンタンパク質の機能は正常である。(3) 糖尿病の治療方法の 1 つとして，インスリンの定期的な投与がある。

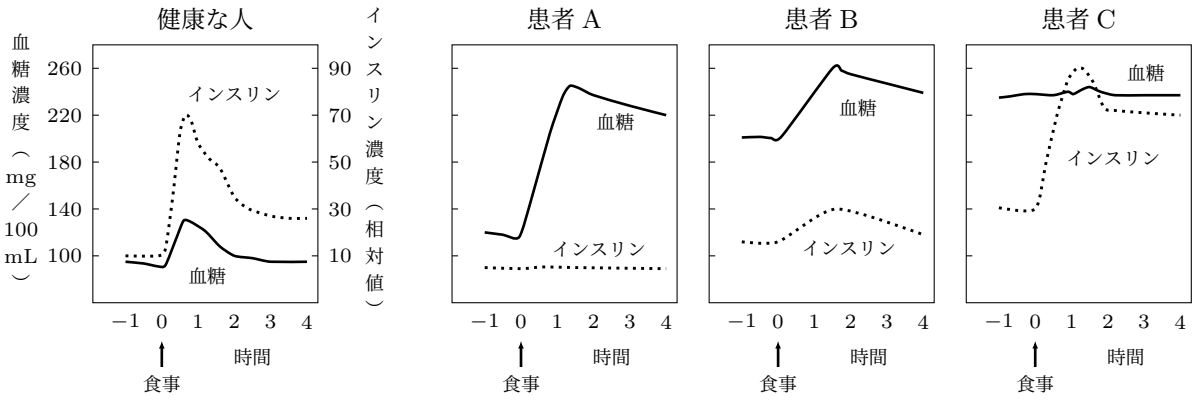

図 1

問 1. 文中の①〜⑥に適切な語句を入れよ。

問 2. 下線部 (1) について，アドレナリンとグルカゴンは肝臓にどのようにはたらいて血糖濃度を上昇させるか説明せよ。

問 3. インスリンと糖質コルチコイドは，それぞれ標的細胞にどのように作用して細胞応答を引き起こすか。「水溶性」，「脂溶性」，「細胞膜」，「受容体」の語句をすべて用いて説明せよ。（解答欄　17.5×2.5 cm）

問 4. 下線部 (2) について，血液中のグルコースが尿中に排出されるのはなぜか。そのしくみを，健康な人と比較して説明せよ。（解答欄　17.5×2.5 cm）

問 5. 糖尿病は，おもにⅠ型とⅡ型に分けられる。Ⅰ型糖尿病は，インスリンを分泌する B 細胞が破壊されることで起こる。図 1 の患者 A〜C のうち，Ⅰ型糖尿病と考えられる患者はどれか。以下のⓐ〜ⓒから 1 つ選び，記号で答えよ。

ⓐ 患者 A　　ⓑ 患者 B　　ⓒ 患者 C

問 6. 図 1 の患者 C では，すい臓の B 細胞やインスリンの標的細胞でどのようなことが起こっていると考えられるか。グラフの結果をもとに説明せよ。（解答欄　17.5×2.5 cm）

問 7. 図 2 はヒトのインスリンタンパク質を模式的に示したものである。各アミノ酸は丸で示している。インスリンタンパク質は A 鎖と B 鎖からなり，灰色の丸で示したアミノ酸の間の共有結合により三次構造が形成される。この共有結合を何というか。また，この結合を形成するアミノ酸は何か。それぞれ答えよ。

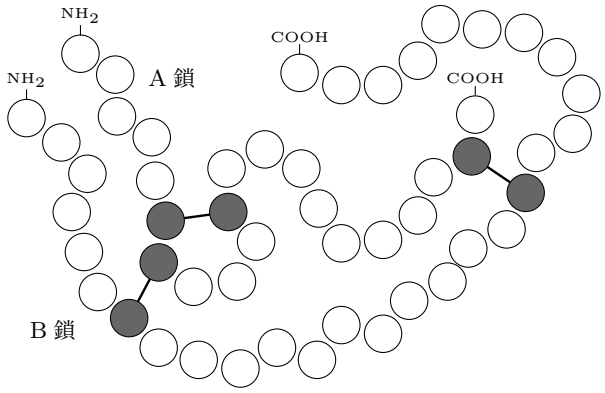

図 2

問 8. 下線部 (3) について，インスリンは注射薬であり，飲み薬として使用しても血糖濃度を下げる効果は見られない。その理由として考えられることを述べよ。

問 9. 図 1 において，食事前にインスリンを注射して，血糖濃度を正常値に下げることが期待される患者はどれか。以下のⓐ〜ⓕから 1 つ選び，記号で答えよ。

ⓐ 患者 A のみ　　ⓑ 患者 B のみ　　ⓒ 患者 C のみ

ⓓ 患者 A と患者 B　　ⓔ 患者 A と患者 C　　ⓕ 患者 B と患者 C

3 次の文章を読み，問 1〜9 に答えよ。

生物は，(1) 外界から取り入れたいろいろな物質をもとにして，生命活動に必要な物質を合成している。また，(2) 細胞内で合成された物質や取り入れた物質を分解し，その際に放出されるエネルギーを利用して ADP から ATP を合成している。この過程によって分解される有機物を呼吸基質とよぶ。呼吸基質を分解して ATP を合成する反応には，酸素を利用する呼吸 (細胞呼吸) や，酸素を利用しない発酵がある。呼吸は，呼吸基質を二酸化炭素と水にまで分解する過程であり，［ ① ］，［ ② ］，［ ③ ］の 3 つの反応過程に大別される (図 1)。呼吸によって呼吸基質が分解されたとき，発生した二酸化炭素と吸収した酸素の体積比を呼吸商という。呼吸商は以下の式で表される。

$$\text{呼吸商} = \frac{\text{発生した二酸化炭素の体積}}{\text{吸収した酸素の体積}}$$

呼吸基質の炭素をすべて二酸化炭素に変換するのに必要な酸素の量は，呼吸基質に含まれる炭素と酸素の割合

により異なる。呼吸基質には，炭水化物のほかに，脂肪やタンパク質なども用いられ，それらはそれぞれ異なる呼吸商の値を示す。したがって，(3) 呼吸商の値がわかれば，その生物が呼吸基質としておもに何を使用しているかを推測することが可能である。

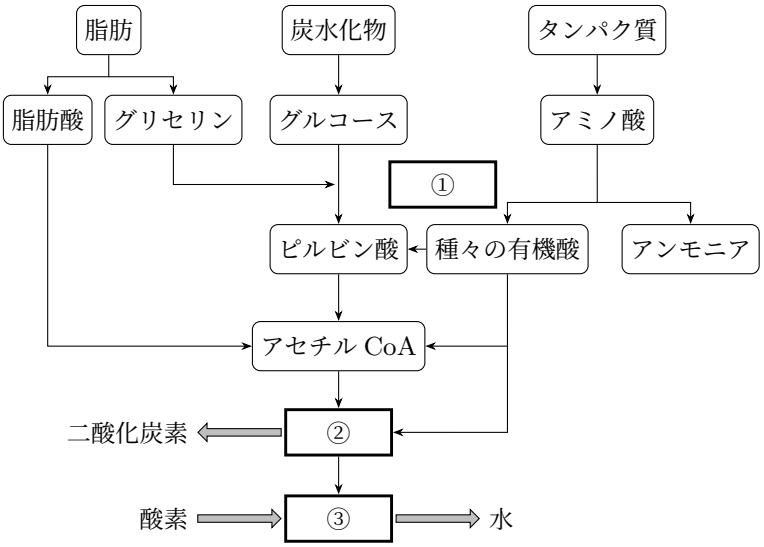

図 1　呼吸による呼吸基質の分解過程

問 1. 下線部 (1) と (2) について，それぞれの反応を何というか答えよ。

問 2. 文中の①〜③に反応過程の名称を入れよ。

問 3. 呼吸基質が炭水化物のみの場合，呼吸商は 1.0 になる。呼吸基質としてグルコースが分解されるときの反応式を用いて，その理由を説明せよ。（解答欄　17.5×2 cm）

問 4. 下線部 (3) について，ヒト，イヌ，ネコ，ブタ，ウマの呼吸商を調べたところ，図 2 のような結果を得た。図中の①〜③に最も適切な動物名を入れよ。

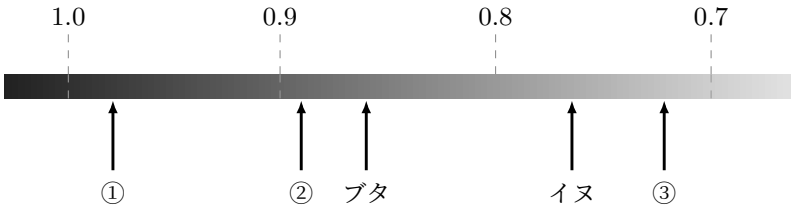

図 2　いろいろな動物の呼吸商

(4) 呼吸商を測定するため，発芽種子を用いて実験を行った。図 3 に示すように，二酸化炭素吸収剤を入れた計測装置 A，および蒸留水を入れた計測装置 B を用意し，それぞれに同量の発芽種子を入れ，25 ℃の室内に置いた。L 字型のガラス管に着色液を入れ，その位置を「測定開始の位置」として記録した。直線型のガラス管に取り付けた密閉栓を閉めて測定を開始し，着色液の移動距離を 5 分ごとに記録した。(5) 対照実験として，発芽種

子を入れていない計測装置 A を用いて同様に着色液の移動距離を測定した。計測装置 A と B の内部の体積は同じである。20 分間に移動した着色液の距離を表 1 に示す。

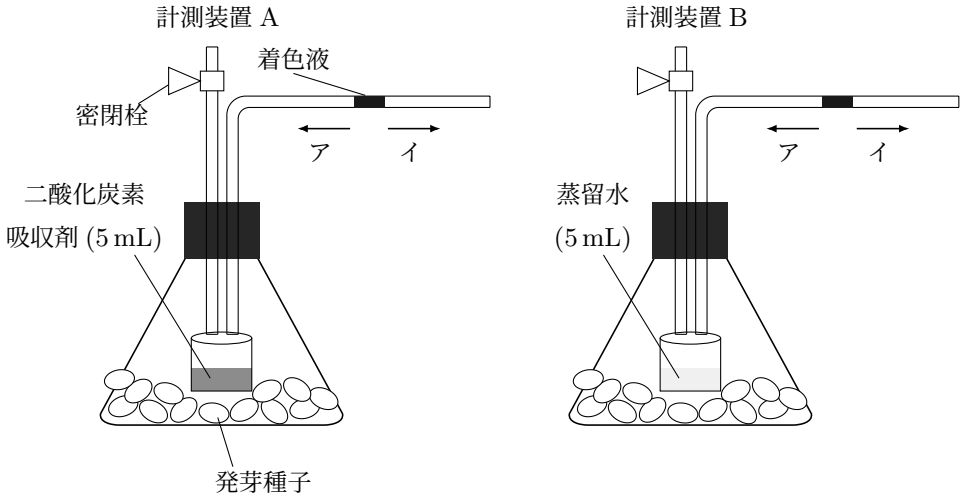

図 3　呼吸商を測定するための計測装置

表 1

発芽種子の種類	着色液の移動距離 (mm)	
	計測装置 A	計測装置 B
コムギ	100	0
ダイズ	80	15
トウゴマ	90	26
対照実験	0	—

問 5. 下線部 (4) について，今回の実験の材料として子葉が出る前の発芽種子を用いた理由を説明せよ。

問 6. ダイズの呼吸商の測定中に，計測装置 A，B の着色液はそれぞれア，イのどちらの方向に移動したか答えよ。

問 7. 下線部 (5) について，表 1 の対照実験の結果からどのようなことがわかったか述べよ。

問 8. 表 1 の結果から，コムギ，ダイズ，トウゴマの呼吸商をそれぞれ計算して求めよ。また，その値から，それぞれ呼吸基質としておもに何を使ったと考えられるか述べよ。（解答欄　17.5×3 cm）

問 9. 酵母がグルコースを呼吸基質として呼吸とアルコール発酵を同時に行っている場合，呼吸商はどのような値になるか。以下のⓐ〜ⓒから適切な値を 1 つ選び，記号で答えよ。また，その理由を説明せよ。（解答欄 17.5×2.5 cm）

ⓐ　1.0 より小さい　　ⓑ　1.0　　ⓒ　1.0 より大きい

4 次の文章を読み，問 1〜8 に答えよ。

産業革命が進んだ時代，イギリスに生息するオオシモフリエダシャクというガの体色が，数十年の間に急速に変化したことが知られている。このガには翅 (はね) の色が白っぽい明色型と黒っぽい暗色型が存在する。(1) もともと明色型がほとんどであったが，19 世紀後半から工業地帯では暗色型の割合が高くなった。これは，工場から出るばい煙などが原因で，ガの生息場所である木の幹に生えている白っぽい地衣類が枯れたり，樹皮が黒くすすけたりして，暗色型のほうが捕食者の鳥に見つかりにくくなったためと説明される。鳥による捕食率の差が自然選択として作用して，(2) 環境に［ ① ］した形質をもつ集団になったと考えられる。このような［ ① ］進化は，条件が整えば，(3) ヒトでさえも急速に進む場合があることが報告されている。

ペストは，ネズミが媒介する病原性細菌であるペスト菌によって引き起こされる感染症である。14 世紀に起きたペストの大流行は，黒死病とよばれて恐れられ，ヨーロッパの人口の半分近くを死に至らしめた。黒死病が自然選択としてはたらいて遺伝子頻度が変化した可能性を調べるため，研究者たちは，11〜13 世紀にヨーロッパに住んでいた人々と，15〜16 世紀に住んでいた人々の骨から取り出した DNA の塩基配列を解析した。その結果，遺伝子頻度の変化は，病原体に対する免疫に関与する遺伝子座に多く見られることがわかった。

免疫に関与する遺伝子の 1 つ (遺伝子 E とよぶ) は，19 個のエキソンと 18 個の［ ② ］からなり，エキソン 10 のすぐ後に一塩基多型がある (図 1)。この塩基がアデニン (A) である対立遺伝子 M では，(4) 正常なスプライシングが起きて完全長のタンパク質 (タンパク質 M) をコードする mRNA が形成されるのに対し，この塩基がグアニン (G) である対立遺伝子 N では，この部位のスプライシングが抑制され，これより後のほうでスプライシングが起こるため，エキソン 10 が長くなる。その結果，新たな終止コドンが出現することで短縮型タンパク質 (タンパク質 N) をコードする mRNA が形成される。この mRNA は速やかに分解されることがわかっている。今回の研究で，対立遺伝子 M の遺伝子頻度が黒死病流行の後に上昇していたことがわかった。

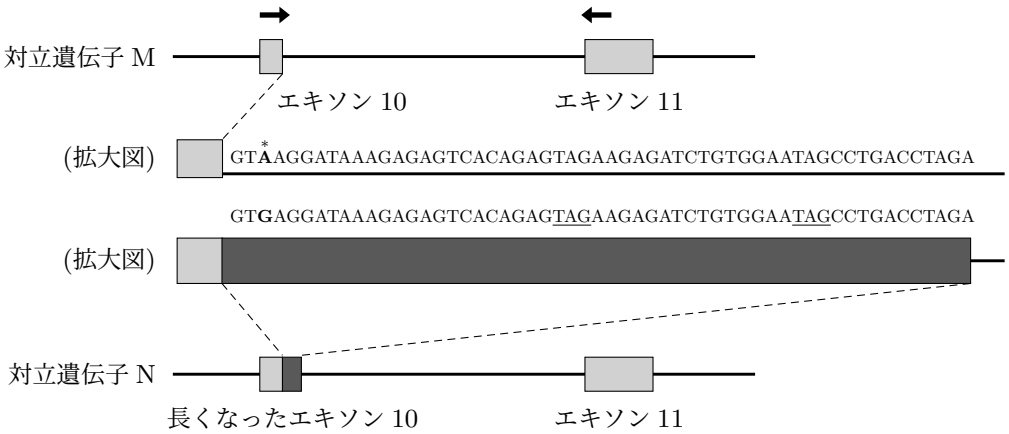

図 1　遺伝子 E のエキソン 10 とエキソン 11 を含む領域
対立遺伝子 N で長くなったエキソンの部分を拡大して，そのセンス鎖の塩基配列を示す。
塩基配列中の太字 (＊) は一塩基多型，下線は終止コドンである。
図中の矢印はプライマーの位置を示す。

問 1. 文中の①と②に適切な語句を入れよ。

問 2. 下線部 (1) に関する実験として，1950 年代にイギリスの研究者が，工業地帯の林と田園地帯の林で，明色型および暗色型のオオシモフリエダシャクに印をつけて放し，その数日後に再捕獲してそれぞれの個体の数を調べた。その結果を表に示す。表中のアに入る数字を下のⓐ〜ⓒから，イに入る数字をⓓ〜ⓕからそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ。

		明色型	暗色型
工業地帯	放した数	64	154
	再捕獲した数	16	ア
田園地帯	放した数	496	473
	再捕獲した数	イ	30

ⓐ 10　ⓑ 39　ⓒ 82　ⓓ 16　ⓔ 31　ⓕ 62

問 3. 下線部 (2) に関連して，異なる種の生物が互いの進化に影響を与えながら進化することを何というか答えよ。また，その例を 1 つあげて説明せよ。（解答欄　17.5×3.5 cm）

問 4. 下線部 (3) について，ヒトでは自然選択を証明するのが難しい。その理由として考えられることを 1 つあげよ。

問 5. 下線部 (4) について，スプライシングを経てできた mRNA は，この後どうなるか。翻訳が開始されるまでの過程を，「核」，「細胞質」，「リボソーム」，「開始コドン」，「アンチコドン」，「tRNA」の語句をすべて用いて説明せよ。（解答欄　17.5×2.5 cm）

問 6. 対立遺伝子 M からは 960 個のアミノ酸からなるタンパク質がつくられる。エキソン 10 までの塩基配列が 524 個のアミノ酸に対応する場合，対立遺伝子 N からつくられるタンパク質は何個のアミノ酸からなるか。対立遺伝子 N からできる mRNA のうち，一部が分解されずに残ると仮定して答えよ。

問 7. 遺伝子 E の遺伝子型は，MM か MN か NN である。現在生きている 5 人の人について，遺伝子 E の遺伝子型を調べたい。それぞれの人のリンパ球で，対立遺伝子 M と対立遺伝子 N からつくられる mRNA を，ポリメラーゼ連鎖反応法 (PCR 法) と電気泳動で区別することで遺伝子型を判別する場合，どのような実験をすればよいか説明せよ。PCR 法で用いるプライマーはエキソン 10 とエキソン 11 に位置する (図 1)。なお，対立遺伝子 N からできる mRNA は，一部分解されずに残ったものを検出することができる。（解答欄　17.5×4.5 cm）

問 8. 遺伝子 E の各遺伝子型について予想されることを，以下のⓐ〜ⓕから 1 つ選び，記号で答えよ。

ⓐ MM の遺伝子型の人はペスト菌に感染すると死に至る。
ⓑ MM の遺伝子型の人は NN の人より一人当たり生涯に多くの子を残す。
ⓒ MN の遺伝子型の人は黒死病流行の前にはいなかった。
ⓓ MN の遺伝子型の人のリンパ球中のタンパク質 M の量は MM の人の半分くらいである。
ⓔ NN の遺伝子型の人は MM の人より自己免疫疾患にかかりやすい。
ⓕ NN の遺伝子型のリンパ球で，分解されずに残った mRNA からタンパク質 N が合成された場合，タンパク質 M と同程度の活性をもつ。