

生物基礎・生物 (5 問)

注 意 事 項

字数制限のある設問については，句読点，アルファベット，数字を含めた字数で答えること。

〔Ⅰ〕 細胞に関する次の文章を読み、問1～問8に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

インシュリンなどの分泌タンパク質の合成は、核内で転写された mRNA が核の内膜と外膜がつながった穴^(a)を通して細胞質へ移動し、 と結合することで開始される。mRNA の塩基配列をもとに翻訳されて から露出してきたペプチド鎖にはタンパク質を細胞内の適切な場所へ誘導する配列が含まれており、分泌タンパク質の場合にはこの配列を認識する分子を介して とペプチド鎖の複合体^(b)が小胞体に結合する。小胞体膜の小孔を通して小胞体内へ取り込まれたペプチド鎖は部分的に α ヘリックス構造や 構造といった二次構造をつくり、正しく折りたたまれて分泌タンパク質となり、^(c)ゴルジ体^(d)を経由して細胞膜まで運ばれ、細胞外へ分泌される。

細胞膜は主に の疎水性の部分が向き合うようにしてできた二重層にさまざまなタンパク質がモザイク状に分布した構造をしており、膜中のタンパク質を介してイオンやグルコースなどの低分子を細胞質内に取り込む機能^(e)をもっている。細胞膜には、低分子の輸送に関わるタンパク質のほかに、細胞間の情報伝達^(f)に参与するタンパク質もある。細胞外にあるタンパク質などの高分子物質は細胞膜の変形によって細胞内へ取り込まれ利用される。細胞内で不要になったタンパク質や細胞小器官は生体膜によって小胞に取り込まれ、小胞と が融合して、これらの不要物は の内部で分解される。生じたアミノ酸は別のタンパク質の構成成分として再利用される。

問1 文章中の ～ に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

問2 下線部(a)について、核内と細胞質を連絡する穴の名称を答えよ。

問3 下線部(b)について、複合体が結合した状態の小胞体の名称を答えよ。

問 4 下線部(c)について、もし正常な折りたたみができず誤った立体構造のタンパク質が形成された場合に、細胞は何というタンパク質を使ってどのような対応をするか、50 字以内で記述せよ。

問 5 下線部(d)について、ゴルジ体の機能として最も適切なものを次の①～⑤から一つ選び、番号で答えよ。

- ① 不要な物質の分解
- ② タンパク質の修飾
- ③ 生体エネルギーの生産
- ④ 遺伝子の複製
- ⑤ 脂質の貯蔵

問 6 下線部(e)に関連する次の①～⑤の文章から誤りを含むものを二つ選び、番号で答えよ。

- ① ナトリウムイオンの受動輸送はエネルギーを必要としない。
- ② グルコースはチャネルによって輸送される。
- ③ 水分子を特異的に透過させるチャネルが細胞膜に存在する。
- ④ ナトリウムイオンに依存したグルコースの輸送はエネルギーを必要とする。
- ⑤ グルコースの受動輸送はエネルギーを必要とする。

問 7 下線部(f)について、内分泌系における細胞間の情報伝達のしくみを 70 字以内で記述せよ。

問 8 下線部(g)について、高分子物質が細胞膜の変形(陥入)によって細胞内へ取り込まれる現象の名称を答えよ。

〔Ⅱ〕 遺伝情報の発現などに関する次の文章を読み、問1と問2に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

mRNA の塩基配列にはタンパク質の合成を指示する情報が記されており、連続した三つの塩基からなる ア が一つのアミノ酸を指定している。ア の全容は1960年代にニールンバーグらによって解明され、64通りの ア が表1の遺伝暗号表にまとめられている。翻訳反応は mRNA 上の開始 ア を起点に始まる。まず、イ とよばれる ア と相補的な塩基配列をもつ ウ が最初の開始 ア に結合する。ウ に連結され運ばれてきた最初のアミノ酸は、2番目の ア に運ばれてきたアミノ酸との間にペプチド結合を形成する。3番目以降の ア に対しても同様の反応が繰り返されながら翻訳反応が進行する。ア はアミノ酸の指定のみならず、翻訳反応の終了も指示する。

表1

1番目の塩基	2番目の塩基				3番目の塩基
	U	C	A	G	
U	UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU シス테인	U
	UUC フェニルアラニン	UCC セリン	UAC チロシン	UGC シス테인	C
	UUA ロイシン	UCA セリン	UAA (終止)	UGA (終止)	A
	UUG ロイシン	UCG セリン	UAG (終止)	UGG トリプトファン	G
C	CUU ロイシン	CCU プロリン	CAU ヒスチジン	CGU アルギニン	U
	CUC ロイシン	CCC プロリン	CAC ヒスチジン	CGC アルギニン	C
	CUA ロイシン	CCA プロリン	CAA グルタミン	CGA アルギニン	A
	CUG ロイシン	CCG プロリン	CAG グルタミン	CGG アルギニン	G
A	AUU イソロイシン	ACU トレオニン	AAU アスパラギン	AGU セリン	U
	AUC イソロイシン	ACC トレオニン	AAC アスパラギン	AGC セリン	C
	AUA イソロイシン	ACA トレオニン	AAA リシン	AGA アルギニン	A
	AUG メチオニン	ACG トレオニン	AAG リシン	AGG アルギニン	G
G	GUU バリン	GCU アラニン	GAU アスパラギン酸	GGU グリシン	U
	GUC バリン	GCC アラニン	GAC アスパラギン酸	GGC グリシン	C
	GUA バリン	GCA アラニン	GAA グルタミン酸	GGA グリシン	A
	GUG バリン	GCG アラニン	GAG グルタミン酸	GGG グリシン	G

問 1 文章中の ア ～ ウ に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

問 2 図 1 の遺伝情報はヒトのタンパク質 A をコードするセンス鎖 DNA の最初のエキソンに含まれる部分塩基配列を 5' 側から示したものであり、1 番目のアミノ酸を指定する遺伝暗号を含んでいる。この遺伝子の発現について次の(1)～(4)の問いに答えよ。

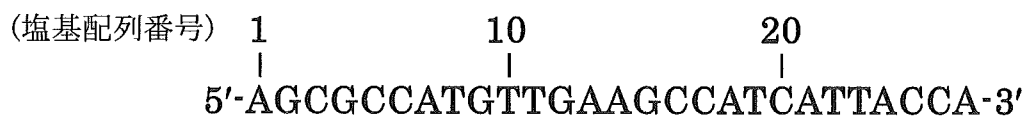


図 1

- (1) この DNA 領域から転写される mRNA のうち、タンパク質をコードする領域の部分塩基配列のみを抜き出し、5' から 3' の方向に記せ(記載例：5'-CGCAAGG-3')。また、記載した mRNA の部分塩基配列と表 1 の遺伝暗号表をもとに、図 1 の mRNA 配列から翻訳されるタンパク質 A のアミノ酸配列も記せ(記載例：チロシン-アラニン-バリン)。
- (2) タンパク質 A の遺伝子は X 染色体上に存在しており、男性におけるこの遺伝子の変異は遺伝病の原因となることがある。^(a)そこで、図 1 の DNA 塩基配列領域において次に示す(i)～(iii)の変異が男性に認められる場合、遺伝病の発症リスクが高まるか、あるいは高まらないか、解答欄のいずれかの語句を選んで丸で囲み答えよ。また、その答えを選んだ理由について表 1 の遺伝暗号表を参考に 30 字以内で記述せよ。
- (i) 図 1 の塩基配列番号 9 の塩基 G が A に変異する。
- (ii) 図 1 の塩基配列番号 10 の塩基 T が欠失する。
- (iii) 図 1 の塩基配列番号 21 の塩基 A が G に変異する。

(3) (2)の下線部(a)について、タンパク質 A の遺伝子の変異による遺伝病は女性のほうが男性よりも発症しにくい。その理由について 70 字以内で記述せよ。

(4) (2)の下線部(a)について、遺伝病を発症した人の体内では血液中の T 細胞の数が著しく減少するとともに、その機能も損なわれている。この遺伝病を発症した人の多くが示す特徴や症状について当てはまるものを次の①～④から全て選び、番号で答えよ。

- ① 抗体産生の低下
- ② アナフィラキシーショック
- ③ 獲得免疫の低下
- ④ 日和見感染症

〔Ⅲ〕 光合成に関する次の文章を読み、問1～問5に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

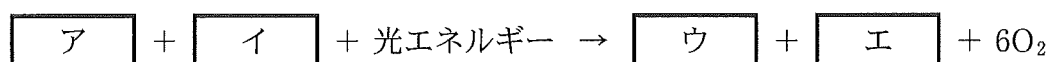
約27億年前、太陽光を利用して光合成を行うシアノバクテリアが海中に誕生すると大気中に酸素が増えはじめた。その後、^(a)光合成を行う真核生物が誕生して陸上に進出し、^(b)植物を中心に光合成が活発に行われることで酸素はさらに増え、大気は窒素と酸素を主成分とする現在の組成になった。^(c)また、大気中の酸素の増加に伴い植物以外の多細胞生物の多様化と陸上進出も進み、陸上と水界で生産と消費が複雑に循環する現在の生態系が形づくられた。^(d)

(国立研究開発法人 国立環境研究所ホームページより一部抜粋・改編)

問1 下線部(a)について、光合成を行うが酸素を生成しない生物も存在する。そのような生物の一例とその光合成の過程で酸素の代わりに生成される物質の名称を答えよ。

問2 下線部(a)について、次の式の ア ～ エ に物質の化学式を必要に応じて係数とともに記入し、シアノバクテリアの光合成の反応式を完成させよ。

なお、ア ～ エ には何らかの物質の化学式がそれぞれ一つずつ当てはまり、空欄は生じないものとする。



問3 下線部(b)について、真核生物がもつ細胞小器官のうち、ミトコンドリアや葉緑体はそれぞれが好気性細菌およびシアノバクテリアに由来するという細胞内共生説(共生説)が有力である。細胞内共生説が有力とされるいくつかの理由のうち、二つをそれぞれ40字以内で記述せよ。

問 4 下線部(c)について，維管束をもつ植物では光合成産物は師管を通して各部に運ばれる。ホウセンカやエンドウのような一般的な被子植物の師管の特徴を次の①～⑤から二つ選び，番号で答えよ。

- ① 生きた細胞からできている。
- ② 木部の主要素である。
- ③ 茎の維管束では道管よりも茎の中心側に位置する。
- ④ 葉の維管束では道管よりも葉の裏側に位置する。
- ⑤ 細胞壁が道管よりも厚い。

問 5 下線部(d)について、生態系の物質生産に関する次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

一定面積内の生産者が一定期間内に光合成により生産する有機物の総量を オ とよび、 オ から カ を引いたものが純生産量となる。陸上での純生産量は水界での純生産量より キ。また、陸上では、森林の純生産量は草原の純生産量より ク，森林が高齢になるにしたがって純生産量は ケ する。水界においては、海洋での純生産量は概して沿岸域では大きく、外洋域では小さい。しかし、外洋域でも栄養塩類に富む深層水が上昇してくる コ とよばれる水域では純生産量は比較的大きい。

(1) オ と カ に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

(2) キ ～ ケ に当てはまる語句の組み合わせを、次の①～⑧から一つ選び、番号で答えよ。

	キ	ク	ケ
①	大きい	大きく	増加
②	大きい	大きく	減少
③	大きい	小さく	増加
④	大きい	小さく	減少
⑤	小さい	大きく	増加
⑥	小さい	大きく	減少
⑦	小さい	小さく	増加
⑧	小さい	小さく	減少

(3) コ に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

(4) 海洋での主な生産者となっている生物の総称を答えよ。

〔Ⅳ〕 植物ホルモンによる成長制御に関する、問 1 ～問 3 に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

問 1 次の文章を読み、(1)～(4)の問いに答えよ。

ジベレリンは発芽や茎の伸長成長を促進する植物ホルモンである。ジベレリンの生合成と情報伝達に関する研究は、変異体を用いて進められてきた。ここにシロイヌナズナのジベレリンに関する変異体 *a*、変異体 *b*、変異体 *c*、変異体 *d* がある。各変異体は、それぞれ遺伝子 *A*、遺伝子 *B*、遺伝子 *C*、遺伝子 *D* の機能が失われており、変異型対立遺伝子をそれぞれ *a*、*b*、*c*、*d* とする(表 1)。また、遺伝子 *A*、遺伝子 *B*、遺伝子 *C*、遺伝子 *D* は、それぞれ異なる染色体上に存在する。

野生型*および上記四つの変異体の種子を吸水させた後、暗所で 2 日間低温処理を行い、ジベレリンを含む培地またはジベレリンを含まない培地にまき、白色光照射条件下において発芽率を調べた。野生型および各変異体の遺伝子型とジベレリンの含有が異なる培地での発芽の有無を表 1 に示した。ジベレリンを含まない培地では変異体 *a*、変異体 *b*、変異体 *c* は発芽しなかった。ジベレリンを含む培地では、変異体 *a*、変異体 *c* は発芽したが、変異体 *b* は発芽しなかった。一方、変異体 *d* はジベレリンを含まない培地でも発芽し、発芽後も野生型にジベレリンを投与したときのような伸長成長が促進された表現型を示した。

*野生型：野生の集団に最もよくみられる型。突然変異型に対し、基本と考えられる表現型。また、その個体。

表 1

	変異型 対立遺伝子	遺伝子型	ジベレリンを 含まない培地 での表現型	ジベレリンを 含む培地 での表現型
野生型	無し	<i>AABBCCDD</i>	発芽する	発芽する
変異体 <i>a</i>	遺伝子 <i>a</i>	<i>aaBBCCDD</i>	発芽しない	発芽する
変異体 <i>b</i>	遺伝子 <i>b</i>	<i>AAbbCCDD</i>	発芽しない	発芽しない
変異体 <i>c</i>	遺伝子 <i>c</i>	<i>AABBccDD</i>	発芽しない	発芽する
変異体 <i>d</i>	遺伝子 <i>d</i>	<i>AABBCCdd</i>	発芽する	発芽する

(1) 変異体 *b* はどのような変異体であると考えられるか、次の①～④から一つ選び、番号で答えよ。

- ① ジベレリンを受容できない変異体
- ② ジベレリンを合成できない変異体
- ③ ジベレリンを分解できない変異体
- ④ ジベレリンに過剰に応答する変異体

(2) ジベレリンを含まない培地に変異体 *a* と変異体 *b* を交配した F_1 種子をまき、育成したところ、全ての F_1 植物体は野生型と同様に生育した。ジベレリンを含まない培地またはジベレリンを含む培地に F_1 植物体の自家受粉により得た F_2 種子をまき、発芽率を計測した。それぞれの培地において発芽しない種子の割合を分数で答えよ。ただし、ジベレリンを含まない培地における野生型の種子の発芽率を 100 %、変異体 *a* と変異体 *b* の種子の発芽率を 0 % とし、染色体の乗換えによる遺伝子の組換えは起こらないものとする。

(3) ジベレリンを含む培地で育成した変異体 a と変異体 d を交配して F_1 種子を得た。この F_1 植物体の自家受粉より得た F_2 世代の種子をまき、変異遺伝子 a 、変異遺伝子 d をともにホモ接合でもつ二重変異体 ad を選抜した。この二重変異体 ad の種子はジベレリンを含まない培地でも発芽し、伸長成長が促進された表現型を示した。この結果から、遺伝子 D より翻訳されるタンパク質のはたらきとして最も適切なものを次の①～⑤から一つ選び、番号で答えよ。

- ① ジベレリン生合成酵素
- ② ジベレリンの応答を促進する因子
- ③ ジベレリンの応答を抑制する因子
- ④ ジベレリン分解酵素
- ⑤ ジベレリンの輸送体

(4) 植物体内ではジベレリンは複数の酵素反応を経て合成される。図 1 に示すように、ジベレリンの生合成経路では前駆体 W が前駆体 X に変換され、次に前駆体 X がジベレリンへと変換される。変異体 a 、変異体 c の種子をジベレリンを含まない培地にまくと発芽しないが、ジベレリンを含む培地に種子をまくと全て発芽する。ジベレリンの代わりに前駆体 X を含む培地に変異体 a および変異体 c の種子をまくと変異体 a の種子は発芽するが、変異体 c の種子は発芽しない。前駆体 X を含む培地、ジベレリンを含む培地、どちらも含まない培地における各変異体の発芽実験の結果を表 2 に示した。変異体 a および変異体 c のジベレリン合成に関する説明として最も適切な文章を次の①～⑤から一つ選び、番号で答えよ。

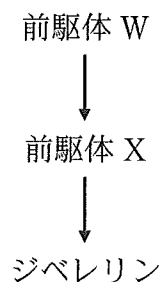


図 1

表 2

	培地に含まれる添加物		
	無し	前駆体 X	ジベレリン
変異体 a	発芽しない	発芽する	発芽する
変異体 c	発芽しない	発芽しない	発芽する

- ① 変異体 a および変異体 c は、どちらも前駆体 X からジベレリンを合成できない。
- ② 変異体 a は前駆体 X からジベレリンを合成できず、変異体 c は前駆体 X を合成できる。
- ③ 変異体 a は前駆体 X を合成できず、変異体 c は前駆体 X からジベレリンを合成できる。
- ④ 変異体 a は前駆体 X を合成できず、変異体 c は前駆体 X からジベレリンを合成できない。
- ⑤ 変異体 a は前駆体 X からジベレリンを合成できず、変異体 c は前駆体 X を合成できない。

問 2 次の文章を読み、(1)と(2)の問いに答えよ。

シロイヌナズナの野生型の種子を植物ホルモン Z を含む培地にまき、発芽率を計測したところ、植物ホルモン Z ^(a) を含まない培地にまいた時と比べて野生型の種子の発芽率は顕著に低下した。次に、植物ホルモン Z に応答しなくなる変異体 *e* を単離し、表現型を観察した。変異体 *e* と野生型を同じ環境下で育成させると、変異体 *e* は野生型と比較して乾燥に弱く、十分に水やりを行わない場合、野生型 ^(b) よりも早く枯れやすかった。また、物体の表面温度を可視化する装置であるサーモグラフィーで観察すると、変異体 *e* は野生型よりも葉の表面温度が低かった。

(1) 下線部(a)の植物ホルモン Z はどのような植物ホルモンであると考えられるか。その名称と発芽抑制以外の生理作用をそれぞれ一つ答えよ。

(2) 下線部(b)の原因を以下の語句を全て用いて 70 字以内で説明せよ。

(葉の表面温度, 水分, 気化熱)

問 3 次の文章を読み、文章中の ア ～ エ に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

発芽する条件として、水、温度、ア 以外に光を必要とする種子は光発芽種子と呼ばれる。光発芽種子として、レタス、シロイヌナズナ、タバコ等が知られている。光発芽種子をつくる植物には、生育に適さない光環境では発芽しない機構が存在する。光発芽種子の発芽に関与する光受容体 イ は、ウ で Pfr 型、エ で Pr 型へと分子構造が可逆的に変化する。Pfr 型では胚の細胞におけるジベレリンの合成を促進することで発芽が促進される。植物の葉を通過した太陽光は ウ を含む大部分の光が吸収され、エ の割合が高くなる。よって、他の植物によって光が遮られる場所では相対的に エ の割合が多くなり、イ は Pr 型となり種子の発芽が抑制される。

〔V〕 生物の移入などに関する次の文章を読み、問 1 ～問 4 に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

インドネシア西部に、クラカタウ(南緯 6 度，東経 105 度)という島がある。クラカタウは最も近い陸地から約 40 km 離れた海洋上にあり，海底で火山の噴火によって形成された島である。この島では 1883 年に大噴火が発生した。この噴火によって島のほぼ全ての生物が死滅した。

問 1 噴火前のクラカタウでは，どのような植生が最も多い割合を占めていたと考えられるか。次の①～④から最も適切なものを一つ選び，番号で答えよ。

- ① 照葉樹林
- ② 硬葉樹林
- ③ 熱帯多雨林
- ④ サバンナ

問 2 噴火 1 年後のクラカタウでは，どのような特徴をもつ陸生の動物が島外から定着したと考えられるか。次の①～⑤から適切なものを二つ選び，番号で答えよ。ただし，人為的な移入はなかったものとする。

- ① 数日間であれば他の動物の消化管内で生息できる。
- ② 飛翔できない大型の陸生哺乳類の肉を主食とする。
- ③ 樹高 60 m の木の上でしか生活できない。
- ④ メスだけで子孫を残すことができる。
- ⑤ 幼体は成熟した森林で生息する。

問 3 次の文章は、クラカタウの噴火直後から森林が形成されるまでの遷移の過程を説明したものである。 ～ に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

遷移初期には、地衣類やコケ植物、草本植物などの 植物が侵入して、落葉や落枝が蓄積して が形成される。そして低木林が形成され、より多くの植物が生育する森林を経て、安定した植生の 状態となる。

問 4 噴火後のクラカタウで生息が確認された生物 α の個体数の推定に関する(1)～(3)の問いに答えよ。

(1) 標識再捕法を用いて生物 α の全体の個体数を推定した。ある条件下で捕獲採集した生物 α の全ての個体(X)の体表にマーカーペンで標識して放し、3日後に同条件下で再度捕獲採集を行った。2度目に捕獲した個体(Y)のうち標識された再捕獲個体(Z)の捕獲個体数を記録した。調査を行った範囲は、一辺5mの正方形からなる25 m²内とする。

標識再捕法の式の ～ に X, Y, Z のいずれかを入れて、式を完成させよ。

$$\text{全体の個体数} = \text{ の個体数 } \times \frac{\text{ の個体数 }}{\text{ の個体数 }}$$

(2) (1)の条件で、標識再捕法を適用して個体数を推定するのに、生物 α の特徴として適切ではないものを、次の①～⑥から三つ選び、番号で答えよ。

- ① 50 時間ごとに脱皮する。
- ② 2 日ごとに体長が 1 cm 伸長する。
- ③ 内部骨格をもつ。
- ④ 1 日ごとに 10 個体の子を産む。
- ⑤ 24 時間周期の概日リズムをもつ。
- ⑥ 捕獲されて放された後、1 週間にわたって、活動する時間の長さが通常の 3 倍になる。

(3) ある調査範囲内で、ある方法を用いて生物 α を捕獲採集した。採集した個体は放さずに別の場所で一時的に飼育した。これを 1 回目の調査とする。一定時間が経過した後、再び同じ方法で生物 α を捕獲採集した。この一連の調査を 5 回行った。全ての調査で、捕獲採集した個体は放さず、調査が終了するまで別の場所で一時的に飼育した。

各調査回における努力量* 1 単位あたりの生物 α の捕獲個体数 C と累積捕獲個体数 T を表 1 にまとめた。各調査回の努力量 1 単位あたりの捕獲個体数 C と累積捕獲個体数 T は、図 1 のように $C = 5.2 - 0.06T$ の直線で近似されることが明らかになった。

*努力量：調査にかけた時間，人数，消費エネルギーなどを掛け合わせた数値。

(i) この調査範囲内に生息する生物 α の推定される全個体数を、小数点第 2 位を四捨五入した数字で答えよ。

(ii) 表 1 を参考に、2 回目の調査の努力量が 4 単位だったとすると、2 回目の調査で捕獲した個体数は推定された全個体数の何%だったのか、小数点第 2 位を四捨五入した数字で答えよ。

表 1

調査回	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
努力量 1 単位あたりの 捕獲個体数 C	4.96	4.00	3.52	2.38	1.48
累積捕獲個体数 T	4	20	28	47	62

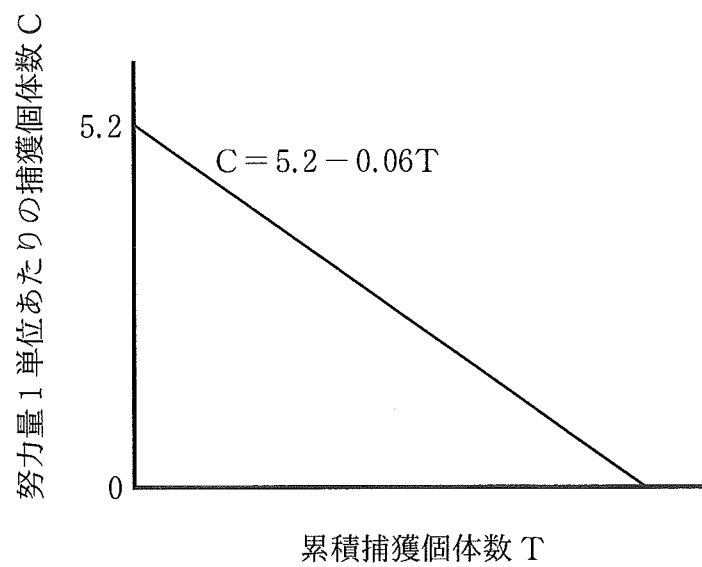


図 1