

# 令和5年度入学試験問題

## 理 科

	ページ
物 理	1～15
化 学	16～27
生 物	28～44
地 学	45～55

### 注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

# 生 物

1 次の文章を読み、問 1～問 12 に答えよ。

真核細胞における膜タンパク質の合成は、転写された mRNA が核膜孔を通過して細胞質に移動し、リボソームと結合することで開始される。リボソームが付着した  小胞体では合成されたタンパク質が内部に取り込まれ、小胞を介して  に輸送され糖鎖などの修飾を受け細胞膜などに運ばれる。細胞膜は主にリン脂質の二重層に膜タンパク質が埋め込まれた構成をしており、さまざまな種類の膜タンパク質が細胞膜の機能を担っている。それぞれの膜タンパク質は特定の働きをするために特有な立体構造を形成する。

膜タンパク質は神経伝達や感覚の受容においても大切な役割をもつ。ヒトの神経系には、脳と  を中心とする中枢神経系と、それ以外の末梢神経系がある。後者は自分の意思で支配できる  と自分の意思では支配できない  に分けられる。それら神経の興奮は膜タンパク質である  チャネルによる活動電位の発生によって生じる。この興奮が神経終末まで伝わると  チャネルが開き、神経終末内の  イオン濃度が上昇する。これは シナプス小胞の外側に向かう小胞輸送を誘発し、シナプス間隙に神経伝達物質が放出される。神経伝達物質は標的細胞の細胞膜上にある受容体に結合し情報を伝える。放出された神経伝達物質は、分解されたり、シナプス前細胞に回収されたりして速やかに取り除かれる。例えば、運動神経終末から放出されたアセチルコリンは骨格筋にあるアセチルコリン(ニコチン)受容体に結合し筋収縮を引き起こす。シナプス間隙のアセチルコリンはコリンエステラーゼという酵素でコリンと酢酸に分解される。分解されたコリンはコリントランスポーターによって神経終末に取り込まれて再利用される。

一方、感覚の受容のうち、液体中の化学物質による刺激は味覚器によって感知される。舌には化学物質を感知できる受容体を持つ細胞があり、支持細胞、基底細胞などが集まって特徴的な構造をつくっている。ヒトの味覚は、古くから苦味・

甘味・塩味・酸味の4つの組合せと言われてきたが、日本人研究者によって5つ⑧めの味覚が追加された。この5つめの味覚を認識する受容体ファミリーは脳内にも存在し、記憶・学習にも関わることからアルツハイマー病の治療薬開発のため、近年盛んに研究がなされている。

問 1 セントラルドグマにおける下線部①の現象は何か、その名称を記せ。

問 2 文章中の  ～  にあてはまる最も適切な語句を記せ。

問 3 下線部②について、リン脂質は両親媒性である。両親媒性とはどのような意味か、50字以内で答えよ。

問 4 下線部③について、もし誤った立体構造が形成された場合に、生体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、60字以内で説明せよ。

問 5 下線部③に関連して、以下の文章を読み、問に答えよ。

タンパク質の構造を調べるために、ドデシル硫酸ナトリウム(SDS)ゲル電気泳動という方法がよく用いられる。SDSは強い負電荷をもち、タンパク質に負電荷を与える。そのため、SDSゲル電気泳動では、タンパク質はプラス電極へ移動する。したがって、タンパク質本来の電荷に影響されず、分子量で分離することができる。

次のような実験を行った。野生型タンパク質 A と変異型タンパク質 A' の構造を調べるために SDS ゲル電気泳動を行った。左端には既に分子量が明らかなマーカータンパク質と一緒に泳動した。マーカータンパク質の分子量は上から 120,000, 60,000, 40,000, 30,000, 20,000 であった。タンパク質 A は非還元状態で分子量 30,000 の位置にバンドが見られたが、変異型タンパク質 A' は非還元状態では分子量 60,000 であった。還元剤メルカプトエタノールを加えて泳動したところ、野生型タンパク質 A は分子量 30,000 であったが、変異型タンパク質 A' は還元状態では分子量 30,000 の位置にバンドが見られた(図 1)。その後の研究によって、変異型タンパク質 A' では 1 か所のグリシンが、別のアミノ酸に置換していたことがわかった(図 2)。

置換したアミノ酸は何か答えよ。また、なぜこのような電気泳動での移動度の差が見られたのか、その理由を 50 字以内で説明せよ。

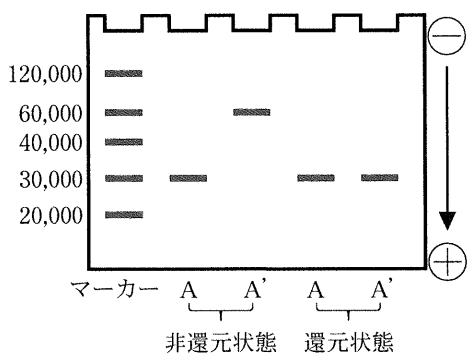


図 1 SDS ゲル電気泳動結果の模式図

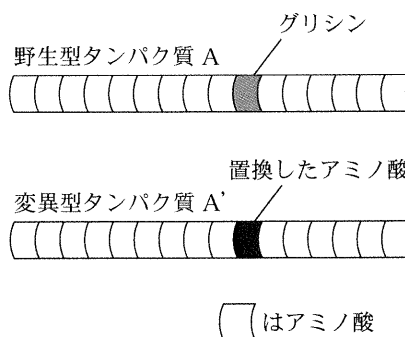


図 2 ポリペプチドの構造模式図

問 6 下線部④の名称を記せ。

問 7 下線部⑤について，筋収縮が強くなったり(増強)，弱くなったり(抑制)する原因や方法について，最も適当と思われる組み合わせを，以下の(ア)～(オ)から1つ選び，記号で答えよ。

記号	増強	抑制
(ア)	ニコチン受容体遮断薬の投与	ニコチン受容体刺激薬投与
(イ)	コリンエステラーゼ阻害薬投与	ニコチン受容体遮断薬の投与
(ウ)	ニコチン受容体遮断薬の投与	コリン再取り込み阻害薬投与
(エ)	ニコチン受容体刺激薬投与	コリンエステラーゼ阻害薬投与
(オ)	コリン再取り込み阻害薬投与	ニコチン受容体に対する自己抗体産生

問 8 下線部⑥について，この細胞の名称を記せ。

問 9 下線部⑦について，この構造の名称を記せ。

問10 下線部⑧について，5つめの味覚とは何か答えよ。

問11 5つめの味覚を生じる化学物質は何か答えよ。

問12 人が5種類の味覚を区別できる理由を35字以内で記せ。

2 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

生物の生殖機構には有性生殖と無性生殖があり、有性生殖と無性生殖の両方を行う例が多い。植物では被子植物は花で有性生殖を行うが、ある種においては葉・根・茎などにおいて栄養生殖と呼ばれる無性生殖を行う例が知られている。これらの植物の特性を活かして、挿し木などの無性生殖による品種の維持と人工的な交雑<sup>①</sup>などによる有性生殖を利用した品種改良が行われている。

生物は多くの場合、有性生殖では配偶子形成の際に減数分裂を行う。体細胞のDNA合成準備期(G1期)の細胞あたりの相対的DNA量を2であるとする<sup>②</sup>と、生殖細胞の減数分裂の第一分裂中期と減数分裂の第二分裂中期の細胞のDNA量は各々、 と  になる。また、減数分裂時には相同染色体間で乗換え<sup>③</sup>により、染色体上の遺伝情報の一部が交換される。ある動物の配偶子である卵や精子が11本の染色体を持っている場合、染色体数のみに着目すると、この動物の1個体の親から形成される配偶子中の染色体の組み合わせは、 通り存在すると考えられる。したがって、これらの卵と精子が接合して生じた子の細胞において、両親から受け継がれる染色体の組み合わせは  通り存在すると考えられる。

問 1 文章中の  と  に適切な数値を記入せよ。

と  には適切な数値を以下の(ア)~(コ)から選び、記号で答えよ。

- (ア) 11            (イ) 22            (ウ) 44            (エ) 88            (オ)  $11^2$   
(カ)  $11^4$         (キ)  $11^8$         (ク)  $11^{11}$         (ケ)  $2^{11}$         (コ)  $2^{22}$

問 2 下線部①について、美しい花が咲く品種を得たとする。その美しい花が咲く形質が 2 つの遺伝子により決定され、1 つの遺伝子は優性(顕性ともいう)形質が  $A$ 、劣性(潜性ともいう)形質が  $a$  で表され、もう 1 つの遺伝子は優性形質が  $B$ 、劣性形質が  $b$  で表されるとする。純系  $AABB$  の親と純系  $aabb$  の親を交配して作出された  $F_1$  が美しい花が咲く形質を示した時、その  $F_1$  同士の受粉による種子の中で美しい花が咲く形質を示すものの割合を以下の(ア)~(コ)から選び、記号で答えよ。ただし、この 2 つの遺伝子は異なる染色体上に存在するものとする。

- (ア) 6.25 %        (イ) 18.75 %        (ウ) 25 %        (エ) 37.5 %  
(オ) 43.75 %        (カ) 50 %        (キ) 56.25 %        (ク) 62.5 %  
(ケ) 75 %        (コ) 100 %

問 3 下線部②について、多くの有性生殖の配偶子形成に減数分裂が必要である理由を 55 字以内で説明せよ。

問 4 下線部③の現象が起こることによって、生物にはどのような利点があると考えられるか、85 字以内で説明せよ。

問 5 キイロショウジョウバエには表 1 に示すように、眼を[赤眼]にする遺伝子  $W$  と、その対立遺伝子であり眼を[白眼]にする遺伝子  $w$  がある。さらに、体色を[正常体色]にする遺伝子  $B$  と、その対立遺伝子であり体色を[黒体色]にする遺伝子  $b$  がある。 $W$  と  $B$  はそれぞれ  $w$  と  $b$  に対して優性(顕性ともいう)であり、 $W$ 、 $w$  は X 染色体上に、 $B$ 、 $b$  は常染色体上に存在する。形質の違いが交配には影響を及ぼさず、雌雄は 1:1 で生じるものとして、以下の間に答えよ。

表 1 キイロショウジョウバエの遺伝子と形質の関係

	優性(顕性)	劣勢(潜性)	存在する染色体
眼色に関する対立遺伝子	$W$ [赤眼]	$w$ [白眼]	X 染色体
体色に関する対立遺伝子	$B$ [正常体色]	$b$ [黒体色]	常染色体

(1) 純系の[赤眼・正常体色]の雌と[白眼・黒体色]の雄を交配して  $F_1$  を得た。さらに  $F_1$  同士を交配して  $F_2$  を得た。 $F_2$  の中で、雌の[赤眼・黒体色]：雄の[赤眼・黒体色]の比として最も適切なものを以下の(ア)~(コ)から選び、記号で答えよ。

- (ア) 1:2      (イ) 1:3      (ウ) 1:4      (エ) 2:1      (オ) 2:3  
 (カ) 3:1      (キ) 3:2      (ク) 3:4      (ケ) 4:1      (コ) 4:3

(2) [赤眼・正常体色]の雌と[白眼・正常体色]の雄を交配したところ、生じた次世代は雌雄とも[赤眼・正常体色]：[白眼・正常体色]：[赤眼・黒体色]：[白眼・黒体色] = 3:3:1:1 となった。交配に用いた[赤眼・正常体色]の雌と、[白眼・正常体色]の雄の遺伝子型として最も適切なものを以下の(ア)~(ク)から選び、それぞれ記号で答えよ。

- (ア)  $WWBB$       (イ)  $WwBB$       (ウ)  $WWBb$       (エ)  $WwBb$   
 (オ)  $wBb$       (カ)  $wBB$       (キ)  $wwB$       (ク)  $wB$



(3) キイロショウジョウバエの[黒体色]の遺伝子  $b$ ，紫眼の遺伝子  $pr$ ，痕跡ばねの遺伝子  $vg$  は図 1 のように同一の染色体に存在する。1,000 個の配偶子を調べたところ， $b$  と  $vg$  の組換えが起こった配偶子は 185 個， $b$  と  $pr$  の組換えが起こった配偶子は 60 個であったとする。この場合， $pr$  と  $vg$  との組換えが起こった配偶子の出現予想数として最も適切なものを以下の(ア)～(コ)から選び，記号で答えよ。

- (ア) 1            (イ) 3            (ウ) 5            (エ) 65            (オ) 125  
 (カ) 245        (キ) 250        (ク) 305        (ケ) 360        (コ) 365

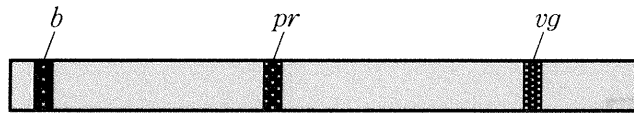


図 1 染色体上における遺伝子  $b$ ， $pr$  および  $vg$  の位置関係

3 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

ヒトの細胞のほとんどは、体外の環境に直接は接しておらず、体液に浸されている。ヒトにおいては、体外の環境が変化しても体内環境が一定に保たれる性質があり、体液は体外の環境<sup>①</sup>が変化してもほぼ一定に保たれている。体液は、血液、組織液、リンパ液に分けられ、細胞の正常な活動を維持するうえで最適な状態に保たれている。

血液の重さの約55%は液体成分の [ 1 ] であり、残りの約45%は [ 2 ] , [ 3 ] , [ 4 ] の有形成分が占める。

[ 1 ] は、絶えず血管の中を循環しており、アルブミン、免疫グロブリン、血液凝固に関わるタンパク質などのほかに無機塩類、グルコースなどが含まれる。

[ 2 ] は、生体防御を担う重要な役割を持つ免疫細胞であり、体内に侵入した病原体を食作用によって細胞内に取り込んで処理するマクロファージなどの食細胞や、T細胞、B細胞などのリンパ球が含まれる。

[ 3 ] は、核を持たない小さな細胞で、傷口に集合して血液凝固を引き起こし、出血による体内からの失血を防ぐ。その反応では、血液凝固因子のはたらきにより、血液中で水に溶けにくい繊維状のタンパク質が形成され、血球と絡み合つて [ 5 ] を形成し、傷口をふさぐ。これらの細胞は骨髄にある [ 6 ] から分化する。

[ 4 ] は、内部のヘモグロビンが酸素と結合し、体内の各組織に酸素を運ぶ。哺乳類の [ 4 ] は核やミトコンドリアを [ A ] 扁平な形の細胞であり、寿命は約 [ B ] である。

問 1 文章中の 1 ～ 6 にあてはまる最も適当な語句を記せ。

問 2 文章中の A および B について、最も適当な語句の組み合わせを以下の(ア)～(カ)から1つ選び、記号で答えよ。

記号	A	B
(ア)	持つ	4日
(イ)	持つ	4週間
(ウ)	持つ	4ヶ月
(エ)	持たない	4日
(オ)	持たない	4週間
(カ)	持たない	4ヶ月

問 3 血液の有形成分にはそれぞれ寿命があり、主に体内のある器官あるいは組織にて破壊される。そのある器官あるいは組織とはどこか。最も適当なものを以下の(ア)～(オ)から1つ選び、記号で答えよ。

(ア) 肺            (イ) 腎臓            (ウ) 心臓            (エ) ひ臓            (オ) 骨髄

問 4 下線部①について、体内環境は、絶えず変動する体外環境の影響を受けるが、さまざまな変動を敏感に感知して、できるだけ体内環境を一定に保とうとする。この調節のしくみとは何か、その名称を記せ。

問 5 下線部①と関連するが，哺乳類は腎臓の働きによって，体液中のイオン濃度や水分量をほぼ一定に保つとともに，尿素などの老廃物を排出している。

図 1 はヒトの腎臓における尿の生成過程を示している。以下の問に答えよ。

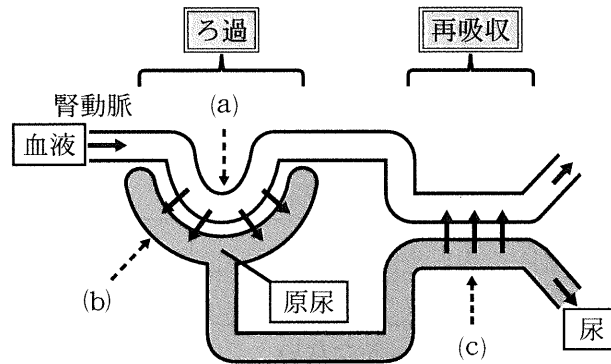


図 1 腎臓における尿の生成過程の模式図

(1) 図 1 の(a)~(c)の構造の名称を以下の(ア)~(オ)から選び，それぞれ記号で答えよ。また，(a)~(c)を合わせて何と呼ぶか，その名称を記せ。

- (ア) 尿管                      (イ) ボーマンのう              (ウ) 腎う  
 (エ) 細尿管(腎細管)      (オ) 糸球体

(2) 図 1 (a)に入る腎動脈の血液量が 1,000 mL/分とした場合の 1 日の尿量(mL)を計算せよ。なお，腎動脈の血液量は一日中一定であると仮定し，血液が(a)から(b)へろ過される割合は 10%，原尿が(c)で再吸収される割合は 99%とする。求めた尿量(1日あたり)を思考過程(計算式など)を含めて記せ。

(3) 腎臓の機能は図1(a)から(b)へとろ過される量(mL/分)によって表され、イヌリンと呼ばれる物質の血液中の値および尿中の値を用いることで求めることができる。腎臓での物質の再吸収の割合は、体液量などによって変わるが、なぜイヌリンは腎臓の機能評価に使用できるのか。考えられる理由を30字以内で記せ。

(4) 食事で塩分を多く摂取し、一時的に血液の塩類濃度が高まると、水の再吸収が促進される。逆に、多量の水分摂取により血液の塩類濃度が低下したときは、水の調節の他に、無機塩類の再吸収が促進される。腎臓に作用する塩分・水分の調整に関わるホルモン名を2つ挙げ、これらのホルモンがどのようにして水分および塩分を調整するのかを60字以内で記せ。

問6 下線部②について、図2(ヒトにおける酸素と結合したヘモグロビンの割合と酸素濃度の関係を表す酸素解離曲線)および図3(ヒトにおける一酸化炭素と結合したヘモグロビンの割合と一酸化炭素濃度の関係を表す一酸化炭素解離曲線)を参照して以下の問に答えよ。

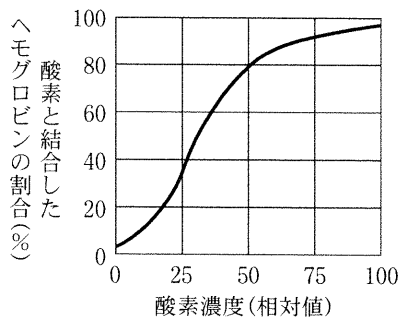


図2 ヒトにおける酸素解離曲線

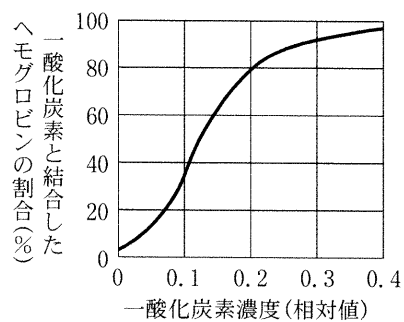


図3 ヒトにおける一酸化炭素解離曲線

- (1) 一酸化炭素と酸素のヘモグロビンとの結合のしやすさの違いについて言及した次の文中で  に当てはまる数字に最も近いものを整数で答えよ。

一酸化炭素は酸素のおよそ  倍の親和性でヘモグロビンと結合する。

- (2) 石油やガスを使った暖房器具の不完全燃焼などが原因で、一酸化炭素中毒により人が亡くなることがあるが、一酸化炭素中毒によってなぜ死にいたるのか。考えられる理由を「一酸化炭素」「酸素」「ヘモグロビン」「組織」の4つの語句を使い、90字以内で記せ。



4 次の文章を読み、問1～問9に答えよ。

独立栄養生物は、様々なエネルギー源<sup>①</sup>を用いて有機物を合成することから、生態系において生産者とよばれる。また従属栄養生物は、食物網上の位置により、生産者を食べる一次消費者、それを食べる二次消費者などの栄養段階に区分される。各栄養段階を経るごとに物質やエネルギーの量は減少するため、食物連鎖<sup>②</sup>における栄養段階の数はある程度限られる。個体数や生物量、生産速度などについて、生産者からはじめて、より高次の栄養段階へと積み重ねると、ピラミッド型<sup>③</sup>になることが多い。栄養段階が高い種(高次捕食者)は、捕食により優占種を間引き、餌となる生物群集内での競争的排除<sup>④</sup>が生じるのを妨げるため、個体数は少ないものの、生物多様性を保つ働きを担うといわれる。捕食と同様に、台風や洪水<sup>⑤</sup>などといった物理的な外力も、優占種を間引くことから生物多様性を保つ働きがある。一方で、生物多様性を減少させる要因として生息地の減少や分断化、外来生物による在来生物の捕食<sup>⑥</sup>⑦などが挙げられる。

近年、生物多様性の減少が環境問題の一つとして注目されている。地球上に存在する生物は、形態、生態、生理などの様々な面で多様である。国際条約である「生物多様性条約」では、3つの階層(視点)<sup>⑧</sup>にそれぞれ多様性があるとしている。その条約の締結を受けて、わが国では生物多様性国家戦略が策定された。現在、次の改訂に向けた検討が進められている「生物多様性国家戦略2012-2020」の中で、生物の絶滅をもたらす4つの危機が挙げられている。そのうち地球温暖化<sup>⑨</sup>がもたらす生物多様性への影響は比較的最近になって問題になり始めたものである。



問 1 下線部①の具体例として、ふさわしいものはどれか。以下の(ア)～(カ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) カビ                      (イ) 硫化水素                      (ウ) 光                      (エ) 亜硝酸  
(オ) 生分解性プラスチック                      (カ) 水

問 2 下線部②の減少率は、摂食効率、同化効率および生産効率によって決まる。ある生態系において、一次消費者と二次消費者の生産量がそれぞれ 26.8 と 1.2 (mg 乾燥重量 / (m<sup>2</sup> · 日)) であり、一次消費者の生産効率が 18 %、二次消費者の摂食効率と同化効率はそれぞれ 40 % と 60 % であることが明らかとなっている。この生態系の二次消費者の生産効率を算出せよ。数値は四捨五入して整数で記せ。

問 3 下線部③について、場合によってはピラミッドの形が逆転する可能性があるものを、以下の(ア)～(ウ)からすべて選び、記号で答えよ。

- (ア) 個体数ピラミッド  
(イ) 生物量(現存量)ピラミッド  
(ウ) 生産速度(生産量)ピラミッド

問 4 下線部④は、どのようなことを指すのか、30 字以内で説明せよ。

問 5 一般に、下線部⑤のような現象の強さや頻度がどのような場合に生物群集中の種数が高まると言われているのか。最も適切な語句を以下の(ア)～(ウ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 小規模な場合                      (イ) 中規模な場合                      (ウ) 大規模な場合

問 6 下線部⑥のように，生息地の分断化により，それぞれの局所個体群の孤立が進むと，様々な要因により個体数が少なくなる。個体数が少ないこと自体が新たな要因を誘発し，個体群を「絶滅の渦」に巻き込むことがあるという。その場合，孤立した局所個体群がどのような過程を経て絶滅へ向かうのか，可能性が指摘されている様々な要因の中から，2つの要因を取り上げて，「個体数が減少すると」から始まる文章で130字以内で説明せよ。

問 7 下線部⑦について，わが国での具体例としてふさわしい組み合わせを以下の(ア)～(オ)からすべて選び，記号で答えよ。

- (ア) ウシガエルとブルーギル
- (イ) ホンモロコとゲンゴロウ
- (ウ) オオクチバスとホンモロコ
- (エ) アメリカザリガニとウシガエル
- (オ) オオクチバスとブルーギル

問 8 下線部⑧で述べている生物多様性の3つの階層(視点)とは何か，すべて答えよ。

問 9 下線部⑨で述べられた地球温暖化のように、地球規模での環境問題について述べられた以下の文章中の空欄 [ 1 ] ~ [ 6 ] に適切な語句を記せ。

人類は、化石燃料の燃焼などにより、 [ 1 ] ガスと呼ばれる種々の気体を大気中に増加させ続けている。 [ 1 ] ガスは、地球表面から放射される [ 2 ] を吸収し、再び地球表面に放射する。排出量を特定できるガスの中で、最も多く排出されて温暖化に寄与したのは [ 3 ] である。森林生態系の破壊などとあわせて、地球全体の [ 4 ] 循環のバランスを乱すようになり、地球規模で取り組むべき課題となっている。

人間活動により地球上の野生生物の種は減少し続けており、種の絶滅の回避は緊急の課題となっている。国際自然保護連合では、地球上の全生物を対象に絶滅の恐れを継続的に評価し、絶滅の恐れのある野生生物の種の一覧である [ 5 ] を公表している。最新の評価(2021年時点)によると、全評価種の27%以上が絶滅危惧種であり、両生類で41%と最も高いことが明らかにされている。

多様な生物を育む場として知られる干潟やマングローブのような様々な [ 6 ] は、水質を浄化する等の重要な役割を果たしている。そのため、それらの保全やワイズユースなどを柱としたラムサール条約が1971年に制定され、日本では50か所以上が重要な [ 6 ] として登録されている。