

専門共通(I)

●出題意図

科学的知見の正確性と不確実性を区別した上で，社会的文脈や価値判断との関係を整理し，地球環境科学の具体例を用いて分かりやすく伝える能力を評価することを目的としている。

●解答例

地球環境問題の解決には，科学的知見の蓄積のみならず，それを社会がどのように理解し，意思決定に反映するかが重要である。そのため，科学者には研究成果を専門家間で共有するだけでなく，社会に対して適切に伝達する役割が求められる。

まず，科学的知見の不確実性を明確に示すことが重要である。福島第一原子力発電所におけるALPS処理水の海洋放出をめぐる議論では，トリチウムをはじめとする放射性核種の環境中での拡散過程や濃度分布の将来予測に不確実性が伴う。これらの評価は，放出量，海洋循環，混合過程などを仮定した数値モデルに基づいており，実際の海洋環境では時間的・空間的変動が生じうる。この不確実性を十分に説明せず，安全性のみを強調した場合，予測と観測との差異が生じた際に科学的説明への不信を招く可能性がある。そのため，評価結果と併せて不確実性の要因や前提条件を明示し，モニタリングによって知見を継続的に検証・更新していく必要性を社会に伝えることが，相互理解の形成に不可欠である。

次に，科学的事実と価値判断を区別して伝える姿勢が不可欠である。福島第一原子力発電所のALPS処理水の海洋放出に関しては，トリチウム濃度や被ばく線量の評価は科学的事実として定量的に示すことが可能である。一方で，これらの線量が社会として受容可能かどうか，あるいは漁業や地域社会に与える影響をどのように評価するかは，科学のみで決定できる問題ではなく，社会的・倫理的判断を含む。科学的評価と価値判断を混同した説明は，科学が特定の政策選択を正当化しているとの誤解を招きかねない。そのため，科学者は安全性評価や環境影響に関する知見を整理して提示する役割に徹し，最終的な意思決定は社会に委ねられるべきであることを明確に伝える必要がある。

さらに，専門的な概念や数値を社会が理解可能な形に翻訳することも重要である。例えば，被ばく線量や放射エネルギーを，日常生活や身近なスケールと結び付けて説明することで，問題の実感を共有しやすくなる。

以上のように，地球環境科学の知見を社会に伝える際には，不確実性の明示，価値判断との切り分け，分かりやすい説明を通じて，科学と社会の相互理解を促進することが，環境問題解決に向けた基盤となる。

専門共通(II)

●出題意図

地球温暖化による氷河後退の仕組みと、その社会・生態系への多面的な影響を理解しているかを問う設問であり、水資源、農業、水力発電、自然災害、海面上昇といった相互に関連する内容を英文の文章から読み取り、因果関係を整理できる英語の読解力と要約力を問う。

●解答例

地球温暖化の進行により世界の氷河は急速に後退し、その結果として河川の基流を支えてきた融解水の供給は一時的に増えるものの、氷河が縮小してピークウォーターを過ぎると年間流出量は減少に転じる。将来、氷河がさらに後退すれば流出は雨量の多い季節に偏り、乾季には基底流がほとんど得られず、熱波や干ばつの緩衝材として機能しなくなる可能性が高い。アンデス、中央ヨーロッパ、西カナダの小規模氷河はすでにピークを過ぎつつあり、ヒマラヤでも2050年頃を境に流出が減少に向かうと予測される。こうした氷河流出量の減少は農業生産や食料安全保障に悪影響を及ぼし、人口増加に伴う水需要の拡大と相まって水ストレスを深刻化させる。また、水力発電にも影響が及び、ペルーの主要発電所では氷河消失時に発電量が15%減少すると試算されている。加えて、氷河の後退は生態系の分布変化を促し、融解の加速によって形成・拡大する氷河湖は生態系サービスを提供し得る一方で、決壊洪水を引き起こす重大な危険性を伴う。氷河湖決壊洪水は大量の土砂とともに下流域に甚大な被害をもたらす、水質悪化やインフラ損傷にもつながる。さらに、融解水の海洋流入と水温上昇に伴う熱膨張は海面上昇を加速し、海に終端する氷河では山体崩壊による津波の発生も懸念される。露出した暗色地表が日射をより多く吸収することで温暖化がさらに強まり、負の連鎖が進行する点も重要である。

その他の専門科目

人文地理学

●出題意図

I では、人文地理学に関する基本用語や基礎的概念の理解力を問う。II では、世界の都市分布および都市規模別都市数の変化を示す図表を読み取り、都市化の歴史的展開、地域差、グローバル化との関係を統合的に説明できるかを問う。

●解答例

I：移民政策／移民政策とは、国家や地域が外国人の受け入れ、滞在、就労、社会統合などに関して定める制度や方針を指す。移民政策は、人口構造、労働市場、社会統合、国家安全保障など、多様な社会課題と密接に関連している。近年、多くの先進国では少子高齢化や労働力不足への対応として移民受け入れが拡大している。例えば、ドイツやカナダでは、高度人材や技能労働者を対象とした選択的移民制度を導入している。一方で、急速な移民流入は、社会統合の困難さや文化摩擦、都市内部の社会的分断などの課題を生む場合もある。また、移民は都市空間の構造にも影響を与える。移民コミュニティの形成はエスニックタウンの形成や都市の多文化化を促進する一方、居住分離や社会経済格差の固定化につながることもある。このように移民政策は、人口問題や労働市場のみならず、都市構造や地域社会の形成にも影響を与える現代社会の重要な政策領域として位置づけられる。

※各自が選択した3つのキーワードについて、上の例と同様に説明する。

II：世界の都市分布と都市規模の変化からは、20世紀後半以降に都市化が急速に進展したことが読み取れる。1950年以降、人口30万人以上の都市数は大幅に増加しており、とくに1980年代以降は増加傾向が顕著である。これは工業化の進展やサービス経済化に加え、農村から都市への人口移動の拡大によるものである。都市規模別にみると、中規模都市（30万～100万人、100万～500万人）が大きく増加しており、都市化が一部の巨大都市だけでなく、多くの都市へ広がってきたことがわかる。一方で、1000万人以上の巨大都市も増加しており、都市規模の拡大も同時に進んできた。地域分布では、従来の欧米中心の都市分布に加え、近年ではアジア、中南米、アフリカにも大都市が広く分布している。これは新興国における経済成長と人口増加、都市部への雇用機会の集中を背景としている。また、大都市の増加は、国際金融、生産ネットワーク、情報流通の拠点としての都市の役割の拡大とも関係している。その一方で、急速な都市人口の増加は、住宅不足やインフラ整備の遅れなどの都市問題とも結びついている。以上のことから、世界の都市化は都市数の増加と都市規模の拡大が同時に進行し、都市分布も世界各地へ拡大してきたといえる。

その他の専門科目

地誌学

●出題意図

I では、地誌学に関する基本用語や基礎的概念の理解力を問う。II では、アメリカ・アトランタ大都市圏の図を読解して、郊外核（エッジシティ）が発達して多核分散型の大都市圏構造が見られることを、交通条件や所得階層などの社会・経済的条件と関連づけて説明できるかを問う。

●解答例

I：アウトバウンドツーリズム

アウトバウンドツーリズムは国際観光流動において、一観光者の居住地の国・地域から他の国・地域に向かう流動を指し、ツーリズムの地域的特徴を示す指標の一つと位置づけられる。アウトバウンドツーリズムと逆の流動はインバウンドツーリズムと呼ばれる。アウトバウンドツーリズムの規模は一般に先進国で大きいが、人口や可処分所得の規模、国境の越境しやすさなどにも依る。インバウンドツーリズムに比べてアウトバウンドツーリズムが過剰な国としてはイギリスとドイツが代表的である。日本もこの二か国と類似の傾向を示してきた。しかし、経済不況が長期間継続する日本ではアウトバウンドツーリズムが停滞し、逆に2010年代以降にインバウンドツーリズムが大きく成長したために、インバウンドツーリズム過剰地域となっている。

※各自が選択した3つのキーワードについて、上の例と同様に説明する。

II：アトランタ大都市圏の構造には、自動車交通を基盤とした分散的で多核的な特徴がみられる。①まず、商業地区や業務地区が集積するダウントウンは都心（CBD）を核としながらも、その機能がCBDから北側へ連続的に帯状に広がっており、一極集中型の大都市圏構造とは異なる特徴がみられる。②さらに、都心から半径およそ10km前後の位置には環状道路が通り、郊外へ放射状に延びるインターステートハイウェイとのジャンクション周辺で交通利便性の高い郊外核が発達している。これらの地点では大規模ショッピングセンターやオフィスパークが立地し、就業・消費の場が都心外へ移動している。③図中に示されたMajor CenterはCBDだけでなく郊外各所にも多数確認でき、こうした郊外の業務・商業核はエッジシティと呼ばれる。エッジシティの成長により通勤流動は都心への一方向ではなく郊外間移動が増加し、都市圏全体がネットワーク的に結び付く構造であることが推察される。また、高速道路網に沿った土地利用の分化は、時として居住地の社会階層的分化とも結び付き、広域にわたるモザイク状の都市景観を生んでいる。以上から、アトランタはCBDを中心に持ちながらも、北側への中心地区の連続的拡大と環状道路・ハイウェイ結節点を軸とする郊外核の形成によって、多核分散型の大都市圏構造の特徴が読み取れる。

その他の専門科目

地形学

●出題意図

Iでは、地形学に関する基本用語や基礎的概念の理解力を問う。IIでは、地形図を読解して地形断面を描いたうえで、勾配が異なるそれぞれの斜面の特徴を地形プロセスと関連づけて説明できるかを問う。

●解答例

I：蛇行河川／蛇行河川とは川の流れが左右に大きく曲がりくねりながら進む河川であり、網状河川と比べると緩勾配・低流量で発達する。蛇行河川の直線部には水深が概ね一様に浅いriffleが発達する。これに対し、曲流部では2次流の影響を受け、流速が大きいカーブ外側で侵食が卓越してカットバンクおよびプールが発達し、流速が小さい内側では堆積が卓越しポイントバーが発達する。蛇行が時間経過とともに成長すると頸部切断が発生し、旧流路は三日月湖（河跡湖）となる。

※各自が選択した3つのキーワードについて、上の例と同様に説明する。

II：鳥島は火山島であり、大規模噴火で形成されたと考えられる火口縁（旭山～月夜山、および子持山）と、その後の火山活動で形成された中央火口丘（硫黄山）が特徴的である。これらの地形は、鳥島が複数回の火山活動により形成された複成火山であることを示す。鳥島の東・南側斜面は西・北東側斜面はより急勾配であり、海岸には海食崖とみられる急崖、その上部には斜面崩壊跡がみられる。つまり、東・南側斜面は、波浪侵食による海食崖の発達、およびそれに伴う斜面不安定化で発生した斜面崩壊によって急勾配斜化したと考えられる。一方、そのような地形的特徴が顕著に見られない西・北東側斜面は成層火山形成時の勾配を概ね保っていると考えられる。北部には溶岩流出などの火山活動により形成されたと考えられる低勾配部（千歳浦）とそれを囲う馬蹄状の急崖が存在する。

その他の専門科目

水文科学

●出題意図

I では、水文科学に関する基本用語や基礎的概念の理解力を問う。II では、模式図に描かれた状態を読解したうえで、地下水流動の原理を鉛直2次元断面内の水の動きとして説明できるかを問う。

●解答例

I：飽和透水係数／飽和帯の水フラックスは動水勾配に比例する。これはダルシーの法則と呼ばれるが、その比例係数の絶対値を飽和透水係数という。一般に、その大きさは地層を構成する物質によって異なり、砂質土壌で大きく、緻密な堆積岩で小さい。これは間隙径が小さいほど水の粘性の影響が強くなり、透水性が乏しくなるためである。不飽和状態では間隙全体を水が流れるわけではなく、粘性の影響も増す。このときの透水係数は飽和透水係数と区別して不飽和透水係数と呼ばれ、マトリックポテンシャルの関数として表現されることが多い。

※各自が選択した3つのキーワードについて、上の例と同様に説明する。

II：地下水面やピエゾメータの水位は水理ポテンシャルの高低を反映しており、水は水理ポテンシャルの高いところから低いところに向けて流れる。地下水面は地点AからBを経由して河川に至るまで緩やかに低下していることから、不圧地下水は図中右側の丘陵部から左側の河川に向けて流動している。地点Aのピエゾメータ水位は地下水面よりも低いことから、水理ポテンシャルは不圧帯水層よりも被圧帯水層のほうが低い。したがって、難透水層を横切る下向きの流れが僅かながら存在する。逆に地点Bではピエゾメータ水位が地下水面より高く、さらには地表面よりも高いため、被圧地下水は自噴状態にある。しかし、地点AとBでピエゾメータ水位を比較すると地点Aのほうが高いことから、被圧地下水もまた不圧地下水同様に左向きに流れている。

その他の専門科目

大気科学

●出題意図

I では、大気科学に関する基本用語の理解力を問う。II では、放射や大気力学等に関する基礎理論の理解力を問う。

●解答例

I： 顕熱・潜熱フラックス／顕熱フラックスと潜熱フラックスは、どちらも単位面積・単位時間あたりを通過するエネルギー（熱）である。地表面の場合は、地表面と大気の間での顕熱および潜熱のやりとりを意味し、その比率（顕熱フラックス／潜熱フラックス）をボーエン比と呼ぶ。ボーエン比は地表面の状態に依存し、地表面が植生などで覆われている場合は、都市域や人工物に覆われている場合に比べて、その値は小さい。

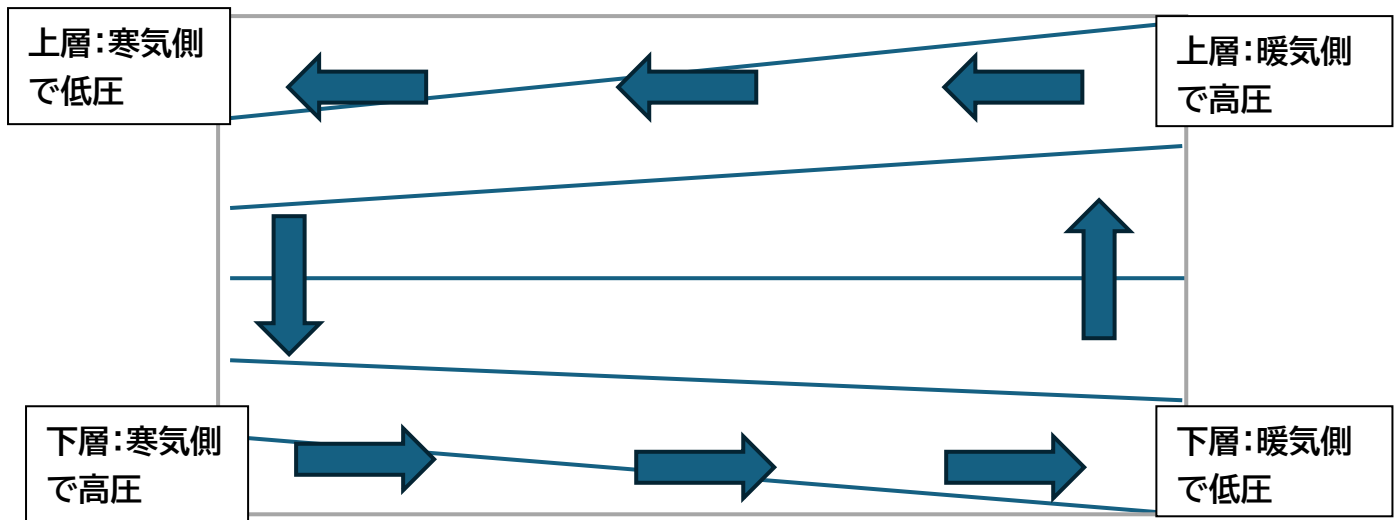
※各自が選択した3つのキーワードについて、上の例と同様に説明する。

II (1)： b, d

II (2)：

初期状態で地上気圧が水平方向に一様であり、水平方向に温度（密度）差が存在すると仮定すると、静力学平衡により、層厚（等圧面の間隔）は暖気側で大きく、寒気側で小さくなる。したがって、初期状態では、等圧面は暖気側で相対的に高く、寒気側で低くなるように傾き、上層では同一高度における気圧は暖気側で高く寒気側で低くなる。問題文の条件では地球回転・摩擦を無視するため、気圧傾度力により上層では空気が暖気側（高圧）から寒気側（低圧）へ流れる。この上層における収束・発散に伴う流れにより質量が再配分され、地上付近では寒気側で相対的に質量が増えて気圧が上昇し、暖気側では相対的に質量が減って気圧が低下する。その結果、下層では寒気側が高圧、暖気側が低圧となる水平気圧差が形成される。その結果、下層では空気が寒気側（高圧）から暖気側（低圧）へ流れ、暖気側で上昇気流、寒気側で下降気流が生じ、循環が形成される。なお、循環が生じた状態では、境界条件のもとで一般的に中間のある高度で等圧面は水平となる。

一方、初期状態で上空のある高度の気圧が水平方向に一様な場合でも、水平温度（密度）差が存在する限り、静力学平衡のもとで等圧面は高度とともに傾く。その結果、時間の経過とともに上層と下層で逆向きの水平気圧差が生じ、下層では空気が寒気側（高圧）から暖気側（低圧）へ流れ、上層では暖気側（高圧）から寒気側（低圧）へ流れる。結果として、暖気側で上昇気流、寒気側で下降気流が生じ、循環が形成される。



解答図： 水平方向に温度差（密度差）がある場合の等圧面と風の模式図。実線は等圧面を意味する。
矢印は風向きを意味する。

その他の専門科目

空間情報科学

●出題意図

I では、空間情報科学に関する基本用語や基礎的概念の理解力を問う。II では、衛星データを用いて湖沼の水質を推定する具体的な研究例を説明してもらい、空間情報科学、特にリモートセンシング手法に関する基礎知識をどの程度習得したかを問う。

●解答例

I：機械学習／機械学習とは、コンピュータが人間の学習能力を模倣し、既存の大量のデータに含まれるパターンや特徴を学習し、自動的に推論や判断を行う技術である。この技術は人工知能（AI）の一部であり、ニューラルネットワークやディープラーニングと密接に関連している。機械学習には、教師あり学習、教師なし学習、強化学習という3つの主な方法がある。現在、機械学習は幅広い分野で活用されている。例えば、過去のデータに基づいて将来の売上や需要を予測したり、画像認識によって業務効率化を図ったり、観測済みの湖の水質データに基づいて観測されていない湖の水質を推定したりといった活用が考えられる。

※各自が選択した2つのキーワードについて、上の例と同様に説明する。

II：衛星データから湖水中の懸濁物質濃度を推定する方法を例に説明する。まず、衛星データにさまざまな補正を加える必要がある。例えば、正確な地理座標を確保するための幾何学的補正、大気中の分子や粒子による吸収と散乱を除去するための大気補正、直達日光や散乱日光による鏡面反射を除去するための放射補正などが含まれる。これらの補正プロセスにより、湖水の正確な分光反射特性が得れる。次に、湖水の分光反射特性に基づいて、湖水中の懸濁物質の濃度を推定するための最適なアルゴリズムを選択する必要がある。この場合、湖水の濁度と粒子組成の特性考慮する必要がある。例えば、湖水の濁度が低い場合は、より短い波長帯域を選択し、湖水の濁度が高い場合は、より長い波長帯域を選択する必要がある。また、湖水を有機粒子が優勢な水域とミネラル粒子が優勢な水域に分け、それに応じてアルゴリズムを選択することにより、より高い推定精度を実現できる。

その他の専門科目

環境動態解析学

●出題意図

I では、環境動態研究に関連する基本用語の理解力を問う。II では、環境動態研究について、現象の理解、定量的評価において、地球環境科学における基礎的知識と論理的思考力を総合的に備えているかを問う。

●解答例

I-1. 移流拡散／物質が流体の平均的な流れによって輸送される移流と、濃度勾配に起因して広がる拡散が同時に作用する輸送過程である。環境物質の時空間分布を記述する基本概念である。

※各自が選択した 3 つのキーワードについて、上の例と同様に説明する。

II-1, 2 各自が選択した 1 つの設問について、II-3 の例と同様に説明する。

II-3. 福島第一原子力発電所事故により海洋へ放出された放射性核種のうち、トリチウムとセシウム 137 は、その物理化学的性質の違いから海洋環境中で異なる動態を示す。トリチウムは主にトリチウム水として存在し、海水とほぼ同様に振る舞うため、移流や拡散などの物理過程に支配されて広域に希釈される。生物への取り込みは体水分を介したものに限られ、生物濃縮はほとんど生じない。一方、セシウム 137 はカリウムと類似した化学的性質を持ち、海水中では溶存態として存在するだけでなく、粒子や堆積物に吸着しやすい。そのため沿岸域では局所的な蓄積が生じやすく、生物に取り込まれて筋肉組織に蓄積するなど、生物濃縮や食物網を通じた移行が問題となる。このように、トリチウムは海水に追随する保存的な挙動を示すのに対し、セシウム 137 は非保存的に振る舞い、空間的・生態学的に不均一な影響を及ぼす点で両者の動態は大きく異なる。

その他の専門科目

水災害科学

●出題意図

I では、水災害に係る大気や海洋分野における基本用語の基礎的理解力を問う。II では、海面水温と大気との相互作用の基礎について数理的・物理的な理解力を問う。

●解答例

I：海洋熱波／30年など気候学的期間で確率10%以下(90パーセンタイルを超える)の高水温が期間5日を超える異常な水温上昇を海洋熱波と呼ぶ。海洋熱波は、生態系や水産資源、そして極端気象にも影響をもたらす事象として、近年研究が進められている。海洋熱波の代表的な例として2014年から2016年にかけて北東太平洋で発生したブロブ(blob)と呼ばれる現象である。日本近海においても、2010年から2016年にかけて三陸沖で毎年夏季に海洋熱波が発生しており、ブリの漁獲量に影響を与えたことが近年の研究で報告されている。海洋熱波の形成メカニズムはさまざまで、中緯度域における海洋熱波の形成要因としてはまず、上空の高気圧の強化があげられる。この高気圧の強化は、雲量の減少に伴う海洋へ届く日射量の増加、海上風の弱化による潜熱放出減少/海洋混合層の浅化などを通じ、海洋熱波の発生につながる。また、海洋前線によく見られる中規模渦や、モード水の厚さの変化の影響といったように、海洋内部の変動が役割を果たす場合もある。

※各自が選択した2つのキーワードについて、上の例と同様に説明する。

II-1 (a)

以下のような式で表される。

$$\theta_a = \theta_s - (\theta_s - \theta_L) \exp \left[-\frac{C_H}{H} x \right]$$

ここで、 θ_L は沿岸での初期の空気塊の温位であり、風下に行くに従い、空気塊の温位は海面水温に近づく。

II-1 (b)

式から、温位は風速の大きさによらない。

II-2 (a)

暖かい（冷たい）海面上では大気境界層が不安定（安定）となり、鉛直混合が促進（抑制）され、気温・風速の鉛直シアが弱まる（強まる）と同時に海上風（及び応力と熱フラックス）が増大（減少）する。鉛直混合メカニズムの場合、収束はBで生じる。

II-2 (b)

令和8年度（令和7年8月実施） 地球科学学位プログラム入学試験
筆記試験科目 【出題意図と解答例】

海面水温分布が大気境界層温度の空間変化を通して海面気圧分布を形成する静水圧調節（あるいは海面気圧調節）メカニズムを呼ぶ。水温フロント近傍の場合、海面気圧傾度は冷水上から暖水上に向き、最も強い海上風応答は水温フロント上に生じる。海面気圧調整メカニズムの場合、収束はAで生じる。

その他の専門科目

海洋大気相互システム

●出題意図

I では、海洋と大気の循環とその相互システムに関連する基本用語の理解力を問う。II では、地球システムに内在するプロセスについてそのメカニズムの理解力を問う。

●解答例

I：エアロゾル日傘効果／エアロゾルは太陽放射を散乱・吸収するため、地表に到達する放射エネルギーを減少させる。そのことをエアロゾル日傘効果と言う。日傘効果により、人為起源エアロゾルは対流圏下層の気温低下を引き起こし、成層圏に達する火山起源エアロゾルは長期間・広範囲にわたって気温低下を引き起こす。

※各自が選択した3つのキーワードについて、上の例と同様に説明する。

II-1：エアロゾルによる気候影響には直接効果と間接効果があり、いずれも正味で大気を冷やす働きがある。直接効果とは、エアロゾルが太陽放射を散乱・吸収することにより、地表に到達する放射エネルギーを減少させる、日傘効果によるものを指す。一方、間接効果とは、エアロゾルが雲凝結核、雲氷晶核として機能することで、雲の微物理特性・光学特性を変化させ、間接的に地球上の放射収支に影響を及ぼすものである。間接効果には、雲凝結核となるエアロゾルの個数濃度が増えると、（凝結量が同じならば）初期雲粒の粒径が小さくなり数濃度が増え、その結果、散乱断面積が増えて日射をより散乱して地球を冷やす雲アルベド効果と、初期雲粒の粒径が小さくなるため成長が抑制されて雲の寿命が延びる雲寿命効果がある。また、ブラックカーボンや鉱物ダストのような光吸収性エアロゾルには、大気を直接加熱したり、大気加熱による大気安定度の強化を通して雲の生成を抑制するなど、大気を暖める傾向があり、準直接効果と言われる。直接効果と準直接効果を合わせてエアロゾル放射相互作用、間接効果をエアロゾル雲相互作用と呼ぶこともある。

II-2：各自が挙げた複数の役割について、II-1の例と同様に説明する。