

よくある質問と回答

FAQ 7.1 | 雲は気候と気候変動にどう影響するのか？

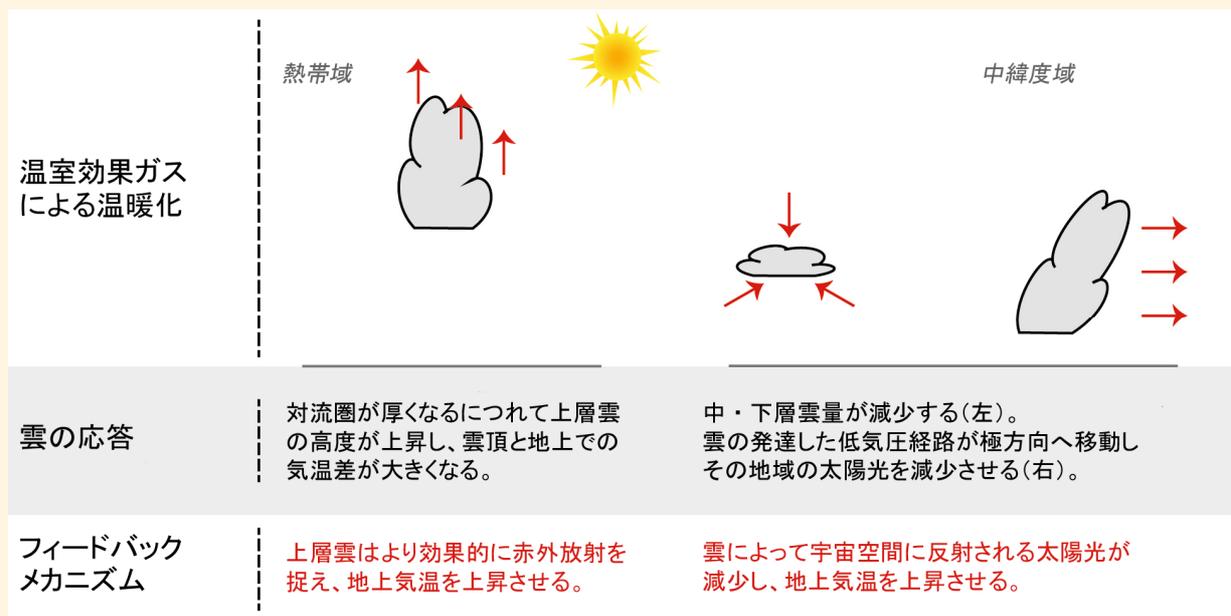
雲は現在の気候に強く影響を与えているが、将来温暖化した気候にどう影響するかについては、観測結果だけではまだわからない。雲量の変化を包括的に予測するには、全球気候モデルが必要になる。こうしたモデルは観測されているものにおおよそ似ている雲の場を再現するが、重要な誤差や不確実性は残る。温暖化する気候において雲がどう変化するかについては、気候モデルによって予測は異なる。利用可能なあらゆる証拠に基づくと、正味の雲—気候フィードバックが地球温暖化を増幅する可能性は高そうである。そうであるとしても、この増幅の強さは不確実なままである。

1970年代以降、科学者は気候システムと気候変動に対する雲の決定的な重要性を認識してきた。雲は様々な方法で気候システムに影響する。雲は陸域のほとんどの生物に必要な降水(雨と雪)をもたらす。水蒸気が凝結するときには大気を温める。凝結した水は、一部は再蒸発するが、地表面に落ちてくる降水は、正味として空気を暖めていることを意味する。雲は、大気を通過する太陽光(地球を温める)と赤外線(宇宙空間に放射されることで地球を冷やす)の両方の流れに強い影響を与える。そして、雲は地表面近くからかなりの高さまで空気を急速に運ぶことのできる強力な上昇気流を含んでいる。上昇気流はエネルギー、水分、運動量、微量気体、エアロゾル粒子を運ぶ。気候科学者たちは数十年にわたり、観測とモデルの両方を利用して、日々の天気、季節変化、エルニーニョ現象などに関係する年々の変化に対して、雲がどう変化するのかについて研究を行ってきた。

全ての雲過程には、気候状態の変化に伴って変化する可能性がある。気候変動との関連で雲のフィードバックは強い関心の的となっている。気候変動が原因となって雲過程に生じた変化は、その結果今度は気候に影響を与え、雲—気候フィードバックとなる。雲は太陽光と赤外線のどちらも非常に強い相互作用があるため、雲量の小さな変化が気候システムに強力な効果をもつこともあり得る。

雲—気候フィードバックについては、雲量、雲頂高度、及び/又は雲反射率の変化に関連した、様々な種類があることが示唆されている(FAQ 7.1 図1を参照)。文献は一貫して、上層雲が大気と地表面によって射出される赤外線と相互作用することで地球温暖化を増幅させることを示している。もっとも、下層雲に関連するフィードバックや、一般に雲量及び反射率に関連する雲フィードバックについては、不確実性は大きくなる。

厚い上層雲は太陽光を効率的に反射し、厚い上層雲と薄い上層雲はともに、大気と地表面が宇宙空間に射出する赤外線量を大きく減少させる。この二つの効果の相殺により、地上気温の上層雲量の変化に対する感度は、下層雲量の変化に対する感度よりもやや低下する。厚い上層雲から薄い巻雲へ、あるいはその逆への
(次ページに続く)



FAQ 7.1 図1 | 重要な雲フィードバック機構の概略図

FAQ 7.1(続き)

系統的变化がある場合には、この相殺は乱されかねない。ただしこの可能性は除外できないが、今のところ証拠による裏付けはない。他方、上層雲の高度の変化は(所与の上層雲量に対して)、地上気温に強い影響を与え得る。上層雲が上方に移動すれば、地表面と大気が宇宙空間に射出する赤外線を減少させるが、太陽反射光にはほとんど効果を及ぼさない。より温暖な気候において、このような雲の移動を示す、強固な証拠がある。このことは、大気と地表面から射出される追加的な赤外線の一部が気候システムから出て行くのを妨げることによって、地球温暖化を増幅する。

下層雲は多くの太陽光を反射し、宇宙空間に返すが、ある所定の大気と地表面の状態に対し、地球から宇宙空間に射出される赤外線に対しては弱い効果しか持たない。結果として、下層雲は現在の気候に正味の寒冷化効果をもたらす、程度は弱まるが中層雲も同じ効果を有する。温室効果ガスの増加によって温暖化が進んだ将来の気候において、IPCC が評価したほとんどの気候モデルは低・中層雲量の減少を予測しており、太陽光の吸収が増えて温暖化を増加させる傾向が生じることになる。しかし、この雲量の減少の程度はモデルによる差が大きい。

このほかにも、温暖化した気候で雲は様々な変化を見せるだろう。風の分布や低気圧経路の変化は、雲量と降水量の地域的・季節的分布に影響する可能性がある。一部の研究は、気候モデルに見出されたそのような変化傾向のシグナル(すなわち、中緯度域の低気圧経路に関連した雲の極方向への移動)は既に観測記録において検出できることを示唆している。この雲の動きも、受け取る太陽光が少ない地域に雲を移動させることによって、地球温暖化を増幅する可能性がある。大きさは小さいが数が多く、同質量のより大きな氷晶で形成された雲に比べてより多くの太陽光を反射して宇宙空間に返す、水滴で形成された雲が増加する可能性がある。薄い巻雲は、正味の昇温効果を発揮するが、気候モデルで再現するのが非常に難しく、未だ証拠はないがモデルでは再現できない方法で変化する可能性がある。他の過程は地域的に重要であろう。例えば、海水が融解している海洋上や、植物蒸散が減少している陸域上では、雲と地球表面の相互作用が変化することもあり得る。

雲の長期変化傾向やより短い時間スケールでの変動の観測結果から地球規模の雲フィードバックを推測するにあたり、広く受け入れられている方法はまだない。それにもかかわらず、今回の評価報告書(及び前2回のIPCC 評価報告書)に用いられている全てのモデルでは、正味の雲フィードバックとして、人為起源の地球温暖化を強化するか、又は全般的な影響がほとんどないかのいずれかを予測している。フィードバックはモデルに「搭載」されるのではなく、再現された大気中の雲が機能し、それが気候システムにおけるエネルギーの流れや変換に与える効果により表現される。様々なモデルにより予測された雲フィードバックの強さの違いは、主に温室効果ガス濃度の変化に対する各モデルの感度の違いによるものである。