

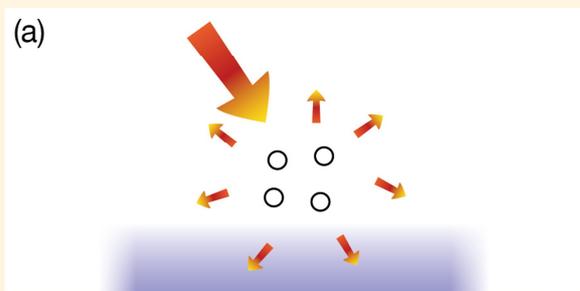
よくある質問と回答

FAQ 7.2 | エアロゾルは気候と気候変動にどう影響するのか？

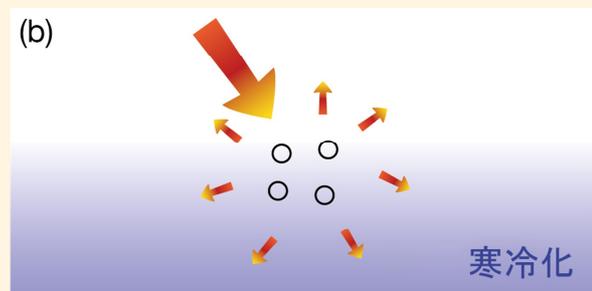
大気中のエアロゾルは、大気中に浮遊している小さな液体粒子や固体粒子から成り、より大きな雲粒や降水粒子は含まない。こうした粒子は自然起源のものや人為起源のものがあり、放射や雲との相互作用を通じて多数の複雑な方法で気候に影響を与え得る。全般的に、モデルと観測結果によると、人為起源エアロゾルは工業化以前の時代以降地球に寒冷化効果を及ぼしており、エアロゾルがなければ生じていたであろう、温室効果ガスによる世界平均気温の上昇の一部を隠してきたことを示している。将来、大気質政策により人為起源エアロゾル排出量の減少が予測されているが、この減少が実現すれば、隠されていた気温の上昇が最終的に現れるだろう。

大気中エアロゾルの典型的な寿命は対流圏では1日から2週間、成層圏では約1年である。大きさ、化学組成、形状は多種多様である。砂ぼこりや海水のしぶきのようなエアロゾルは大部分又は全部が自然起源だが、硫酸塩や煤煙などのエアロゾルは自然放出源からも人為的な排出源からも発生する。

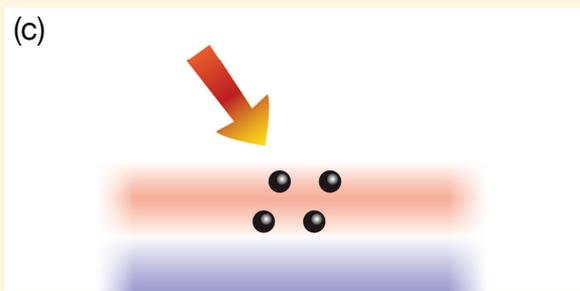
エアロゾルは気候に様々な形で影響を及ぼす。まずエアロゾルは太陽光を散乱・吸収するが、これによって地球の放射収支が変わる(FAQ 7.2 図1を参照)。エアロゾルによる散乱は一般に地球の反射率を高めて気候を寒冷化する傾向がある一方で、エアロゾルによる吸収はそれと逆の効果を持ち、気候システムを温暖化する傾向がある。寒冷化と温暖化のバランスは、エアロゾルの特性と環境条件に依存する。多くの観測による研究では人為起源と自然起源のエアロゾルによる局所的な放射効果を定量化してきたが、それが地球全体に与える影響を決定するには衛星データとモデルが必要になる。残された不確実性の一つは黒色炭素に起因する。黒色炭素は、散乱性エアロゾルよりも測定するのが難しいだけでなく、雲の複雑な応答をもたらす吸収性エアロゾルである。もっともほとんどの研究は、人為起源エアロゾルによる全般的な放射効果は地球を寒冷化させる方向に働くとの見解で一致している。(次ページに続く)

エアロゾル-放射相互作用**散乱性エアロゾル**

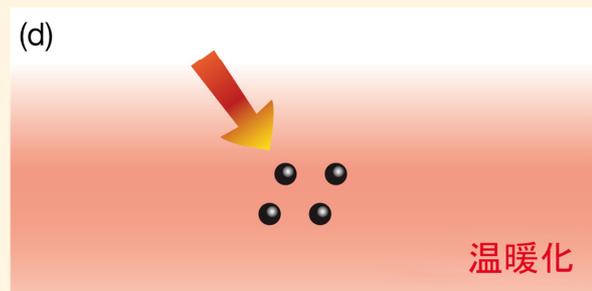
エアロゾルが太陽放射を散乱させる。地表面に到達する太陽放射が減少し、局所的な寒冷化をもたらす。



大気循環と混合過程が地域的かつ鉛直方向に寒冷化を拡大させる。

吸収性エアロゾル

エアロゾルが太陽放射を吸収する。これによりエアロゾル層が加熱されるが、地表面では受けとる太陽放射が減少し、局所的に寒冷化することがある。



より大きな規模においては、大気循環と混合過程が熱エネルギーを再分配するため、地表面と大気は正味で温暖化する。

FAQ 7.2 図1 | エアロゾルと太陽放射の相互作用とそれが気候に与える影響の概観。左側の図はエアロゾルの瞬時放射効果を表し、右側の図は気候システムがその放射効果に応答した後の全般的影響を表す。

FAQ 7.2(続き)

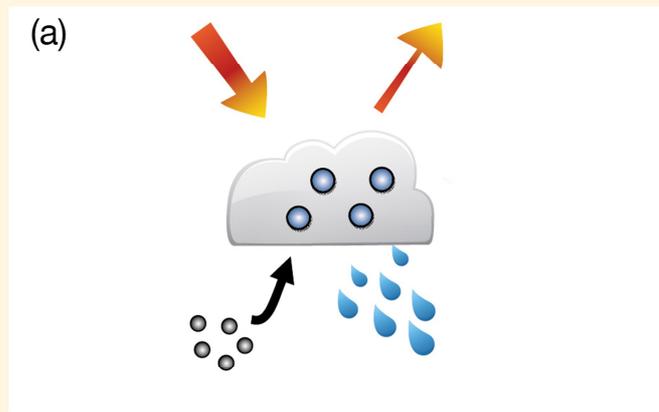
エアロゾルは凝結や氷核形成の場所としても機能し、エアロゾルの上で雲粒や氷粒子が形成し得る(FAQ 7.2 図 2 を参照)。影響するエアロゾル粒子の数が多きほど、液滴で形成された雲は、雲粒の数がより多く、大きさはより小さくなる傾向にあり、このため形成された雲はより多くの太陽放射を反射することになる。もっとも、エアロゾル-雲相互作用には他にも多くの経路がある。特に、水と氷の間の相転移がエアロゾルの濃度と特性に敏感に反応する氷雲、又は水と氷が混合した雲はその代表例である。当初はエアロゾル濃度の増加が下層雲の量を増やすと考えられていたが、いくつかの反作用過程が関与してくるため、この見解には異議が唱えられている。雲の量と特性に対するエアロゾルの全般的な影響を定量化することは、当然のことながら困難である。気候モデルや衛星観測に基づく利用可能な研究は、雲に対する人為起源エアロゾルの正味の効果は気候システムの寒冷化であることを総じて示している。

エアロゾルは大気中に一様に分布していないため、気象の変化をもたらすようなパターンで、エアロゾルが気候システムに加熱や冷却をもたらすこともある。こうした効果は複雑で現在のモデルでは再現が難しいが、複数の研究は特定の地域の降水量に重要な影響を与えることを示唆している。

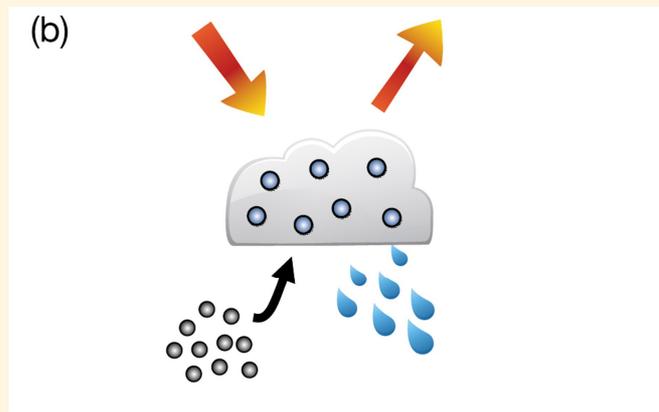
エアロゾルは短寿命なため、エアロゾルの量及びその気候への影響は時間とともに変動してきたが、大まかにはエアロゾルと、二酸化硫黄(SO₂)や一部の揮発性有機化合物のような気体のエアロゾル前駆物質の人為起源の排出に連動していた。人為起源エアロゾルの排出量は工業化時代にわたって大幅に増加したため、よく混合された温室効果ガスの増加によって現れていたはずの温暖化の一部を相殺している。エル・チヨンやピナトウボのような大規模な火山噴火によって放出され成層圏に注入されたエアロゾルも、一般に1~2年間の寒冷化期間を生じさせた。

この20年間に、一部の先進国では人為起源エアロゾル排出量が減少したが、多くの発展途上国では増加している。したがって、この期間にエアロゾルが世界平均地上気温に与えた影響は小さいと考えられている。もっとも最終的には、人為起源エアロゾル排出量は大気質政策に対応して減少することが予測されており、そうなれば地球の表面に与える寒冷化効果も抑制され、温暖化の加速につながるだろう。

エアロゾル-雲相互作用



エアロゾルが、液滴の形成を可能とする雲凝結核の役目を果たす。



エアロゾルが増加すると、液滴は小さくなりその濃度が増加する結果、雲の輝きが増す。ただし、他にも様々なエアロゾル-雲-降水過程があると考えられ、この効果を増幅する場合もあれば減少させる場合もあるだろう。

FAQ 7.2 図 2 | エアロゾル-雲相互作用とそれが気候に与える影響の概観。図(a)は清浄な下層雲、図(b)は汚染された下層雲を表す。