

大循環モデルにおける海塩粒子と水雲の雲粒有効半径の関係

Correlations between sea-salt aerosol and cloud droplet effective radius of water clouds in a general circulation model

五藤 大輔 [1]; 竹村 俊彦 [2]; 中島 映至 [3]

Daisuke Goto[1]; Toshihiko Takemura[2]; Teruyuki Nakajima[3]

[1] 東大・理・地惑; [2] 九大・応力研; [3] 東大気候センター

[1] Earth and Planetary Science, Tokyo Univ.; [2] RIAM, Kyushu Univ.; [3] CCSR, U. Tokyo

(序論)

エアロゾルは太陽・地球放射を吸収・散乱し、また雲凝結核 (CCN) となり雲の特性を変化させる。前者をエアロゾル直接効果といい、後者をエアロゾル間接効果という。エアロゾルの両方の効果による放射強制力の見積りは非常に不確実性が高く、間接効果に関しては大気大循環モデル (AGCM) 間でもばらつきが強い (IPCC-TAR2001; Lohmann and Feichter, 2005)。これらの不確実性は、エアロゾルと雲が複雑な関係で影響し合っていることが主な原因であり、その中でもエアロゾルが成長して CCN となるエアロゾルの活性化過程は複雑である。大部分の AGCM においては、エアロゾルの活性化過程はエアロゾルの数濃度と CCN との相関を反経験的な形で記述し単純に算出している (e.g. Menon and Rotstayn, 2006)。しかし、観測や理論によれば、この過程を決定する物理量には、エアロゾル数濃度、エアロゾルの粒径分布、エアロゾルの化学特性、雲内部の上昇流速、の 4 つがある (Pruppacher and Klett, 1997)。また、ある環境場でエアロゾルが活性化する際には、エアロゾル同士が水蒸気を奪い合う競合効果が見られる。例えば、ある環境場に硫酸性エアロゾルと海塩粒子が共存していたとする。一般的には、硫酸性エアロゾルの粒径は 0.1-1 μm 程度であるが、海塩粒子の粒径は 1 μm 以上であるので、その環境場においては海塩粒子がより優先的に活性化し、粒径の小さい硫酸性エアロゾルは活性化しにくくなると考えられる。このような現象が O'Dowd et al. (1999) などによって報告されているが、これまでのところ、それらを全球で捉えた結果はない。そこで我々は、こうした現象を表現することのできるエアロゾルの活性化過程を AGCM に取り入れたエアロゾル輸送モデル (SPRINTARS; Takemura et al., 2005) を用いて、特に海塩粒子の存在が雲場、特に水雲の雲粒有効半径 (R_{eff}) にどのような影響を与えるのかを全球的に調べた。

(モデルの概要と実験設定)

本研究では全球 3 次元エアロゾル輸送モデル (SPRINTARS) を使用した。これは東京大学気候システム研究センター、国立環境研究所、地球環境フロンティア研究センターとで共同に開発した AGCM と結合している (Takemura et al., 2005)。今回の実験では、エアロゾルの活性化割合をエアロゾルの輸送における雲に取り込まれる除去過程の係数とした。エアロゾル活性化の式は、Abdul-Razzak and Ghan (2000) を用いた。このパラメタリゼーションは、異なる種類のエアロゾル間での競合過程も加味して、環境場の過飽和度を計算することができる。また、 R_{eff} は AGCM で計算される雲水量と、上で記述したパラメタリゼーションによって求められた CCN 数濃度を用いて算出した。本実験の目的である、海塩粒子が及ぼす雲場への影響を評価するために、様々な海塩粒子フラックスの式や大きさの異なるものを用いて、エアロゾル活性化の割合及び R_{eff} を求めて比較した。

(結果)

Twomey (1974) によっていわれているエアロゾルの間接効果の一つである粒径効果では、雲水量が一定と見なせる場合、吸湿性エアロゾル数濃度が増加することによって雲粒数濃度が増加する傾向にある。しかしこの効果は、活性化するエアロゾルの粒径分布が広い場合には当てはまらない。こうした状況は、硫酸性エアロゾルや有機炭素エアロゾルのような粒径が小さい吸湿性エアロゾルと、海塩粒子のような粒径が大きい吸湿性エアロゾルが共存するような、海岸付近で起こりやすい。すると、海岸や大陸では海塩粒子の数濃度が増加することによって、過飽和度が減少し、これによって粒径の小さい吸湿性エアロゾルの活性化割合を急激に減少させる。結局、雲粒数濃度が減少し、 R_{eff} が増加する結果が得られた。それに対して、海岸から遠く離れた海においては、卓越する粒子は海塩粒子がほとんどであると考えられるので、海塩粒子が増加することによって、活性化する海塩粒子の数濃度が増加し、雲粒も増加し、 R_{eff} が減少する結果が得られた。これらの結果は図に示された大きさの異なる海塩粒子フラックスを用いたときの R_{eff} の差によって見て取れる。

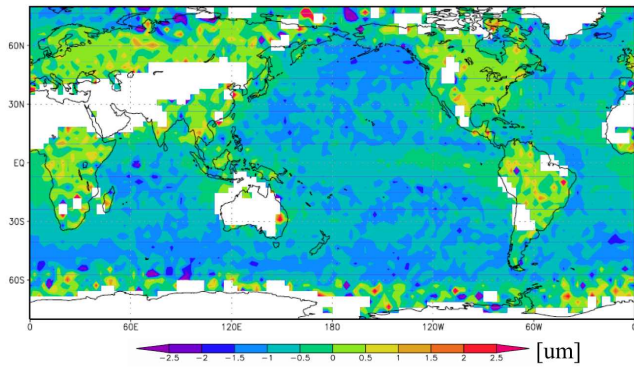


Fig. Monthly mean simulated R_{eff} difference near the top of water clouds between sea-salt emission fluxes set at 133% and at 100% .