

中国大陸上で発生した積乱雲の水分配特性

～特に総降水量と降水効率について～

* 出世ゆかり・坪木和久 (名古屋大学 地球水循環研究センター)

1 はじめに

積乱雲が周囲から集めた水蒸気を降水として地上へ、あるいは再び大気中にどのように分配するのかを調べることは、積乱雲の降水形成過程を理解する上で重要である。また積乱雲は大気中の水の鉛直輸送の大部分を担う対流降水システムの基本的要素の一つであり、その水分配特性は地域水循環や地球水循環という観点からも理解する必要がある。これらの問題の解明には降水効率の評価が有効である。これまで積乱雲の降水効率に関する研究の多くは、時間分解能の粗い飛行機観測データをもとに雲底からの水蒸気流入量を算出しており、同時に存在する複数の積乱雲を扱うことが困難だった為、発達度との統一的な関係は示されていない。またアジア地域の積乱雲の降水効率は事例解析としてもほとんど調べられていない。

本研究では中国淮河流域で行われた GAME/HUBEX の集中観測期間中の 1998 年 7 月 10 日、11 日、13 日に、名古屋大学と北海道大学の 3 台のドップラーレーダーで観測された 23 個の積乱雲を解析対象とし、レーダー反射強度から各積乱雲の総降水量を調べた。さらにその中で、発生から消滅までデュアルドップラーレーダー解析が可能であった 6 つの積乱雲 (いずれも 7 月 13 日) については降水効率を求めた。本研究の目的は、同じ環境場で発生した複数の積乱雲の総降水量と降水効率を観測データより求め、それらと発達度の指標である最大面積との関係を明らかにすることで、積乱雲の水分配特性を示すことである。

2 解析方法

本研究では、高度 1km で 10dBZ のレーダーエコー反射強度の等値線で囲まれた対流性エコーを積乱雲と定義する。降水量は、K-R 関係 [$K = 0.01 R^{1.21}$ (Doviak and Zrnich, 1984)] を用いて降水減衰を補正した下層の高度 1km のレーダー反射強度から、Z-R 関係 [$Z = 486R^{1.37}$ (Jones, 1956)] を用いて推定した。また、ゾンデデータから求めた持ち上げ凝結高度を雲底高度とした。積乱雲への流入水蒸気量は、雲底高度において、デュアルドップラーレーダー解析より求めた上昇気流速度を雲領域で面積積分し、水平一様と仮定した大気密度と水蒸気混合比 (ゾンデデータより) をかけて求めた。降水効率は、積乱雲のライフサイクルを通して雲底からの流入した水蒸気量に対する総降水量の割合とする。

3 結果

解析期間中、観測領域は梅雨前線の南側に位置し、亜熱帯高気圧の勢力下にあった。大規模場の収束や前線などは見られず、解析した積乱雲は、いずれも午後の強い日射に伴い発生したものと考えられる。

図 1 に積乱雲の高度 1km における最大面積と、総降水量 (面積時間積算) の関係を示す。図 1 より、積乱雲の総降水量 ($R_{total}[kg]$) は、最大面積 ($A_{max}[km^2]$) と強い相関があることがわかる。両対数グラフでの回

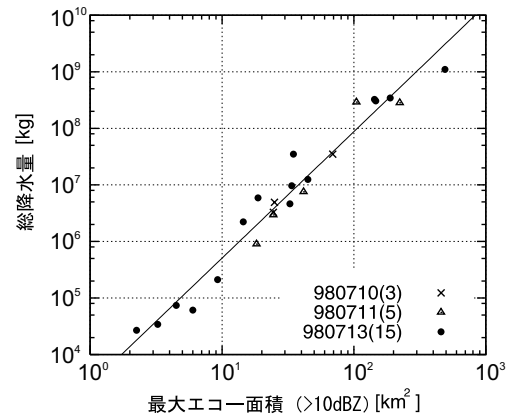


図 1: 積乱雲の高度 1km における最大エコー面積 (10dBZ 以上) と総降水量の関係。

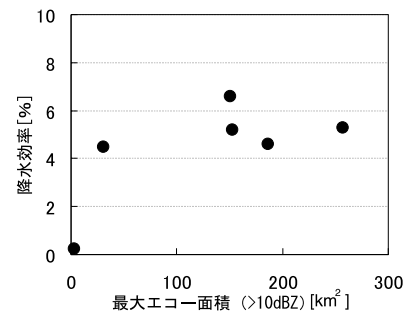


図 2: 積乱雲の高度 1km における最大エコー面積 (10dBZ 以上) と降水効率の関係。

帰直線は、 $R_{total} = 2937.39 A_{max}^{2.24}$ で与えられた。

図 2 は積乱雲の高度 1km における最大面積と降水効率の関係を示す。降水効率は、最大面積が $30km^2$ 以下の積乱雲では 1 % 以下と特に小さかったが、それより大きい積乱雲でも 4 % から 7 % 程度であった。異なる Z-R 関係式による降水効率の変動の範囲も調べたが、降水効率は最大でも 10 % 程度であった。つまり、梅雨前線の南側で亜熱帯高気圧の勢力下にある積乱雲では、雲底から流入した水蒸気の 90 % 以上が大気中に再分配されたと言える。また、最大面積が $30km^2$ を超える積乱雲については、最大面積との明瞭な関係はみられなかった。これは、積乱雲の発達に伴い、積乱雲の側面からのエントレインメントの影響は小さくなる一方、アンビルの発達に伴う水物質の流出の割合は大きくなる等の要因が作用した結果であると考えられる。

4 まとめ

観測データを用いて、中国大陸上で発生した積乱雲の総降水量と降水効率を調べ、それらの最大面積との関係を示した。総降水量は最大面積との強い相関を示したが、降水効率は、 $30km^2$ より大きい積乱雲はいずれも 5 % 前後の値を示し、最大面積や総降水量によらなかった。このことから、亜熱帯高気圧の勢力下において中国大陸上で発生した積乱雲は、雲底から流入した水蒸気の大部分を大気中に再分配しており、その割合は発達度によらないということが示された。