

Pre-YMC 期間中に観測された降水雲内の固体降水粒子分布

○鈴木賢士（山口大学） 勝俣昌己， 耿驃， 森修一， 米山邦夫（海洋研究開発機構）

1. はじめに

近年では中高緯度でも熱帯のような雨の降り方をすることがあると言われる。実際、札幌で直径 7-8mm の雨滴が観測されたという報告もある。頻発する集中豪雨やゲリラ豪雨をもたらす雲内の水の集中化メカニズムを明らかにするためには降水プロセスの理解が必要であり、そのための降水粒子の直接観測は必要不可欠である。我々は YMC (Years of the Maritime Continent) の予備キャンペーン (Pre-YMC) としてインドネシアおよびインド洋上で 2015 年 11~12 月に実施された集中観測に参加し、降水雲内を直接観測できる強力なツールのひとつであるビデオゾンデを用いた熱帯降水雲内の降水粒子の直接観測を実施した。ビデオゾンデは、CCD カメラを搭載し、降水粒子が赤外線センサーを遮ることによる電圧変化をトリガーとしてストロボを発光させ、粒子の静止映像を捉える。つまり大気中の粒子をそのままの状態の映像を捉えることができ、画像処理により降水粒子の粒子のサイズ（長径、短径、周長）、形状、種類および空間濃度の情報が得られる。降水粒子は、映像の透明度や輪郭などから雨滴、凍結粒子、霰、氷晶、雪片に分類される。ビデオゾンデは、2015 年 11 月 23 日より 12 月 17 日までインドネシア・ベンクル空港気象台（南緯 3.86 度，東経 102.33 度）から降水雲内に合計 18 台が放球された。一方、みらいは観測航海 MR15-04 において、ベンクルより約 50 km 沖合において定点観測を実施し、ビデオゾンデの放球後には、ビデオゾンデ飛揚方向に対してみらい搭載の C バンド偏波レーダの RHI スキャンを実施した。今回は上層の固体降水粒子分布に注目し、ビデオゾンデとみらい搭載の C バンド偏波レーダの同期観測による降水強化プロセスの理解を目的とし、2015 年 11 月 25 日と 2015 年 12 月 15 日に観測された事例を中心に報告する。

2. 結果および考察

2015 年 11 月 15 日は対流性降雨の典型的な日変化がみられた。昼頃からベンクルの北西山麓部に降雨域が見え始め、18 時を過ぎると海岸線にほぼ沿う形で団塊状セルが次々と発生していく様子が見られた。ベンクルサイト周辺では雷も観測されている。ビデオゾンデ#2 は 18:40LST に放球された。図 1 左は 18:45LST のみらいレーダによる RHI 図である。ベンクルの西側には、上層のレーダエコーがかなとこ状に広がった典型的な強い対流性の降雨域が見られた。ベンクルサイト付近では西側の降雨域からのアウトフローと一般風による収束があり、これにより下層に上昇流が形成されたと考えられる。下層はやや弱い対流性を示しているが、上層は西側の強い対流域から延びる層状域で覆われていた。図 2 左はビデオゾンデ#2 により得られた降水粒子の粒径-高度分布である。下層には最大で直径 4mm 程度の雨滴がみられ、上層には多くの氷晶とともに直径 1mm 前後の霰が観測された。

一方、2015 年 12 月 15 日は、前面に対流域、後面に層状域を伴った大きな降水システムの北端の対流域に 1 台目のビデオゾンデ#17 (20:31LST) を、後面の層状域にもう 1 台 (#18, 21:06LST) を放球された。この日、雷は観測されていない。2015 年 12 月 15 日 21:14LST のみらいレーダの RHI (図 1 右) は、明瞭なブライトバンドを伴う典型的な層状性降水雲を示し、エコー頂は約 9km であった。ビデオゾンデ#18 により観測された降水粒子は、下層の最大 2mm 程度の雨滴、上層の氷晶、融解層付近の雪片が特徴的であり、霰はほとんど観測されなかった (図 2 右)。

これら2事例について上層の固体降水粒子分布に注目すると、典型的な層状雲(#18)では霰がほとんど観測されていないのに対し、下層に弱い対流域を伴う#2の事例では上層に霰が多く見られた。降水粒子の粒径縦横比や円形度(図省略)を比較するとそれらの鉛直分布も異なっていた。表1は、降水粒子の密度を仮定して算出した降水寄与率を示す。降水寄与率はビデオゾンデで観測されたすべての降水粒子重量の総和に対する各降水粒子の割合として定義している。上層域の固体降水粒子を比較すると、#2の事例における霰の降水寄与が顕著に大きくなっていた。下層の収束に伴う上昇流が形成されたことにより、既に上空に広がっていた層状域内に、下層から過冷却水滴が供給され、着氷成長によって霰形成が加速されたものと考えられる。これは梅雨期にしばしばみられる埋め込み型(Shusse et al., 2009; Oue et al., 2010)の降水強化プロセスと関連して興味深い結果であった。

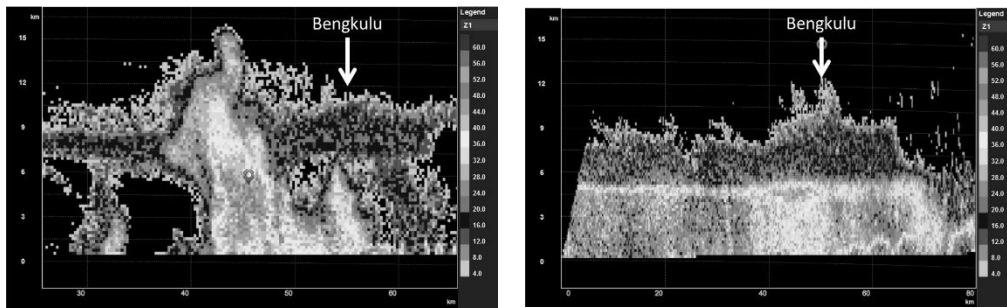


図1. みらいレーダによるRHI画像(左:2015年11月25日18:45LST,右:2015年12月15日21:14LST) 矢印はベンクルサイトの位置を示す。

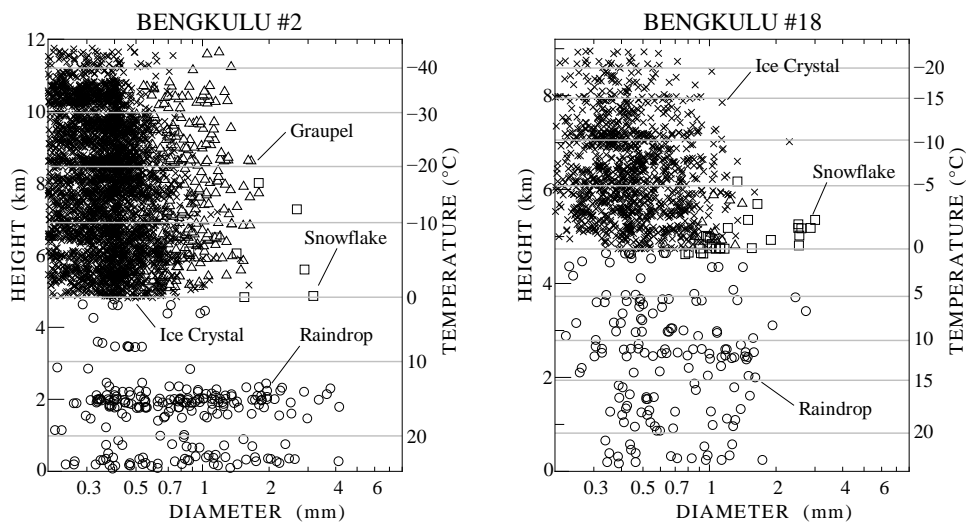


図2. ビデオゾンデ#2(左図)とビデオゾンデ#18(右図)により得られた降水粒子の粒径-高度分布。○:雨滴, □:雪片, △:霰, ×:氷晶をそれぞれ示す。

表1. 降水粒子ごとの降水寄与率(%)

	Videosonde #2	Videosonde #18
Raindrop	86.9 %	77.4 %
Frozen Drop	0.2 %	-
Graupel	8.5 %	2.3 %
Ice Crystal	3.3 %	11.5 %
Snowflake	1.1 %	8.8 %

※ビデオゾンデでは降水粒子の重量や密度を直接測定できないため、降水寄与率は一般的な数値モデルで用いられる密度(雨滴:1.0g/cm³,凍結粒子:0.9g/cm³,霰:0.3g/cm³,氷晶および雪片:0.1g/cm³)を仮定している