

平成 26 年台風第 8 号にともなう沖縄本島での大雨の発生要因

～冷気プールによる降雨域の停滞と断熱冷却による不安定の強化～

今年 7 月 9 日、台風第 8 号にともなう沖縄本島で大雨が発生し、大きな災害がもたらされました。この大雨は、台風の南側で線状降水帯によって生じていました。線状降水帯は、強い降水により生じた冷気プールに南西から継続して流入していた暖かく湿った空気が持ち上げられ、風上で次々と積乱雲が発生したこと（バックビルディング）で形成・維持されていました。強い降水は、台風の西方から流入した乾燥空気が上昇することで生じた断熱冷却により上空が冷え、大気状態がより不安定になったことで生じていました。数値シミュレーションからも上記による大雨の発生や維持が確認できましたが、このような大雨を定量的に予測するためには、更に研究を進める必要があります。

今年 7 月 9 日明け方から朝にかけて、台風第 8 号が強い勢力を保ったまま東シナ海を北上していた際に（図 1 左図）、沖縄本島で 6 時間に 300 ミリを超える大雨となりました。この大雨は、台風の南東側に細長く分布していた発達した積乱雲が引き起こしました。このとき台風は、上空で中国大陸から東へ張り出したチベット高気圧の乾燥した下降気流の影響を強く受け、台風中心の北西側では発達した積乱雲がなくなり、通常は台風中心付近に生じる上昇気流とそれに伴う積乱雲は、台風中心の南東側に集中していました（図 1 右図及び左図）。このような台風の構造変化は夏の東シナ海で見られることがあり、台風の南東側での大雨の発現にも影響したと考えられます。

沖縄本島で非常に強い降水が観測された 9 日 05 時～10 時頃に、線状の降水帯が台風のアウターバンドの位相がかかった際に沖縄本島に沿う走向（南西から北東方向）に発生し、停滞していました（図 2 左図）。特に 06 時～09 時頃には 1 時間 80 ミリ以上の猛烈な雨となりました。線状降水帯は複数の積乱雲群で構成され、積乱雲群は風上（南西側）で次々と積乱雲が発生することで形成されていました（バックビルディング形成、図 2 右図）。その降水帯にともなう、沖縄本島付近の下層約 1km には周辺より気温の低い冷気プールが解析値にみられ、南から流入した暖かく湿った空気がその冷気プール上に乗り上げて、次々と積乱雲を発生させる要因となっていました（図 3）。

台風中心の北側の下降気流によってもたらされた乾燥空気は、南側では西方から沖縄本島付近に向かって流入していました（図 4 左図）。この乾燥空気は東進しながら台風中心の南側での上昇気流（図 1 右図）によって持ち上げられ、断熱冷却（参考資料を参照）が生じて、上空が冷えていました（図 4 右図）。上空が冷えることで、大気状態がより不安定になったことに加えて、南から暖かく湿った空気が流入し続けていたために、強い降水を生じさせ大雨になったと考えられます。

数値シミュレーションを用いて、沖縄本島で降水が持続した要因を調査しました。その結果、

雨滴の蒸発によって沖縄本島付近に冷氣プールが形成され、降水域が移動しなかったために、降水が持続して大雨になったことがわかりました（図5）。また沖縄本島の地形は線状降水帯の形成・維持にほとんど寄与していませんでした。なお、最大6時間降水量は、解析雨量（図2左図）では368ミリだったのに対して、数値シミュレーションの予測（図5左上図）では249ミリ（沖縄本島南東部では約150ミリと実況の半分程度）でした。このような大雨を定量的に予測するためには、更に研究を進める必要があります。

【本件に関する問い合わせ先】

気象研究所企画室

TEL : 029-853-8535（広報担当）

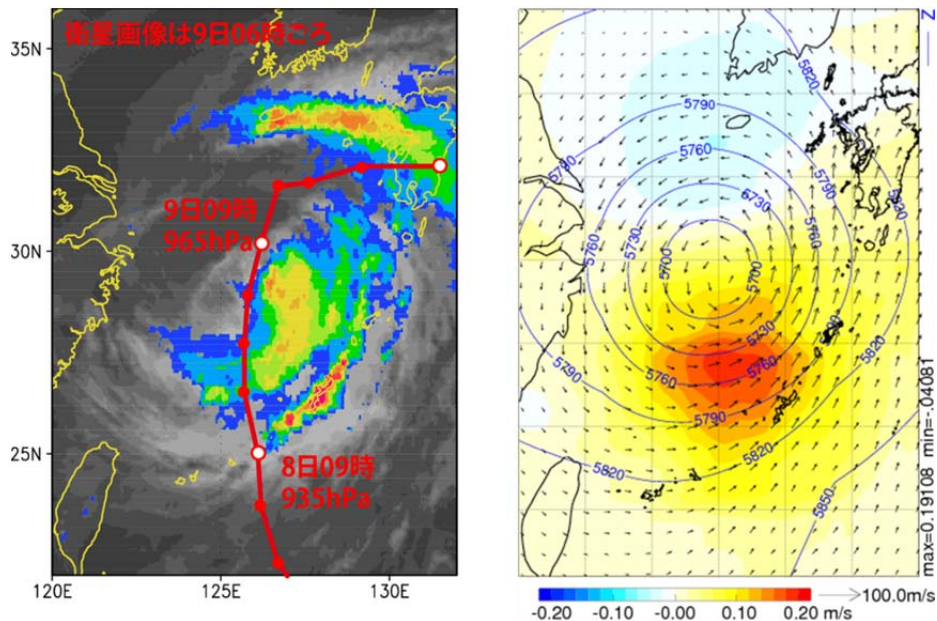


図1 左図：7月9日06時の衛星ひまわりの雲画像（白黒）と米国防衛気象衛星計画衛星（米国海洋大気省が運用）で観測された積乱雲（カラー、暖色系ほど氷晶の量が多く、発達した積乱雲を示す）、台風第8号の経路（赤線）。○は各日09時、●は03時、15時、21時の台風の位置。右図：同時刻の500hPa（高度約5800m）の鉛直流分布（カラー、m/s）、高度（等値線、m）と風ベクトル。気象庁メソ解析から400kmスケールで空間平均して作成。台風の経路等の情報は気象庁速報解析による。中国大陸から張り出した上空のチベット高気圧に伴う乾燥した下降気流（右図の寒色系の領域）により、台風中心の北西側は雲がなくなり、発達した積乱雲（左図の暖色系の領域）は主に台風中心の南東側に分布している。沖縄本島付近には線状の降水帯がかかり、台風中心付近よりも発達した積乱雲が存在している。

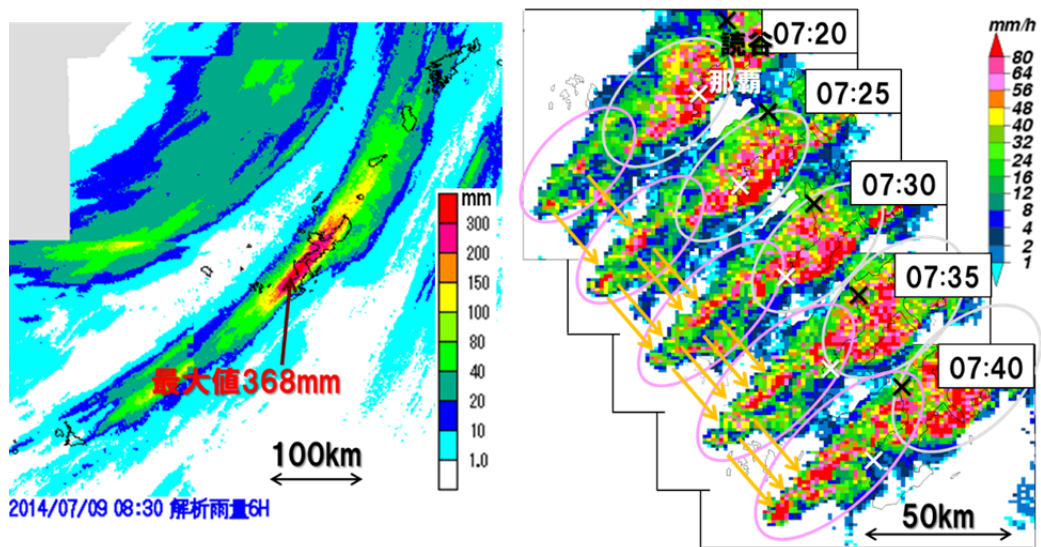


図2 左図：7月9日02時30分～08時30分の積算降水量分布（解析雨量、mm）。右図：7月9日07時20分～40分の気象レーダーによる降水強度分布（mm/h）の時系列。沖縄本島付近に南西から北東に延びる、長さ200km以上の線状の降水帯がみられ、最大降水量は300mmを超えている。線状降水帯は複数の積乱雲群（右図のピンクや灰色の楕円で囲まれたもの）で構成され、積乱雲群は風上（南西側）で次々と積乱雲が発生することで形成している（バックビルディング形成）。

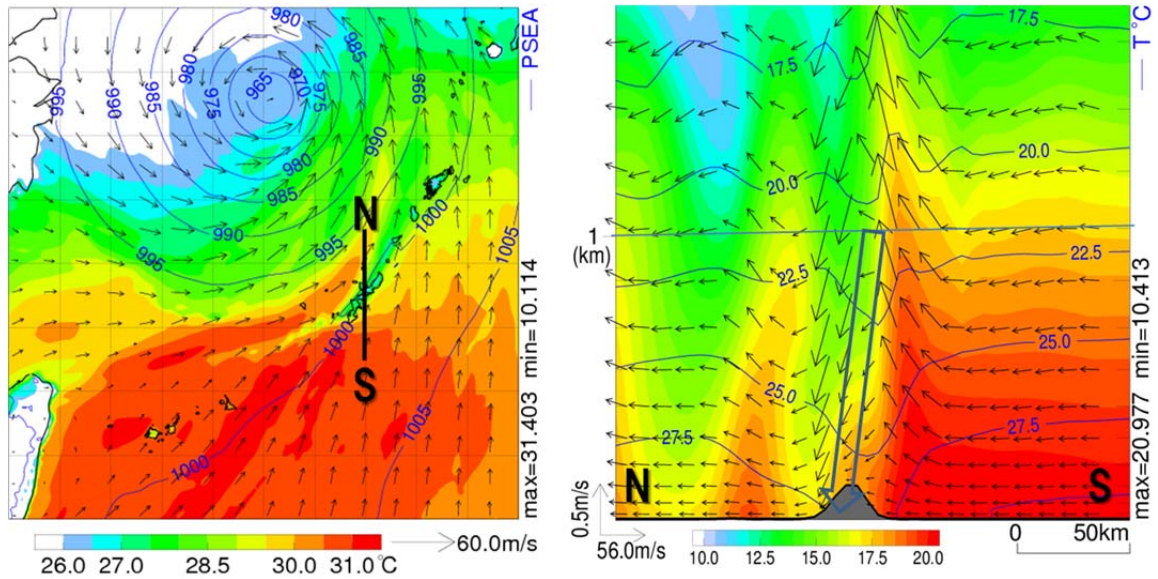


図3 左図：7月9日06時の地表付近の気温分布（カラー、°C）、海面気圧（等値線、hPa）と風ベクトル。右図：左図の線分S Nの大気1kg中の水蒸気量（カラー、g）と気温（等値線、°C）の南北-鉛直断面図。矢印は断面図上の空気の動きを示す。気象庁メソ解析から作成。沖縄本島付近には27°C以下の冷氣プールが形成され、その気温は周辺よりも約3°C低い。その冷氣プールに南からの暖かく湿った空気が乗り上げて、次々と積乱雲が発生して大雨がもたらされた。上昇気流域の北側には降水によって作られた下降気流域が存在し、その領域の高度1km以下には降水の蒸発により気温の低下が顕著である（右図青矢印）。

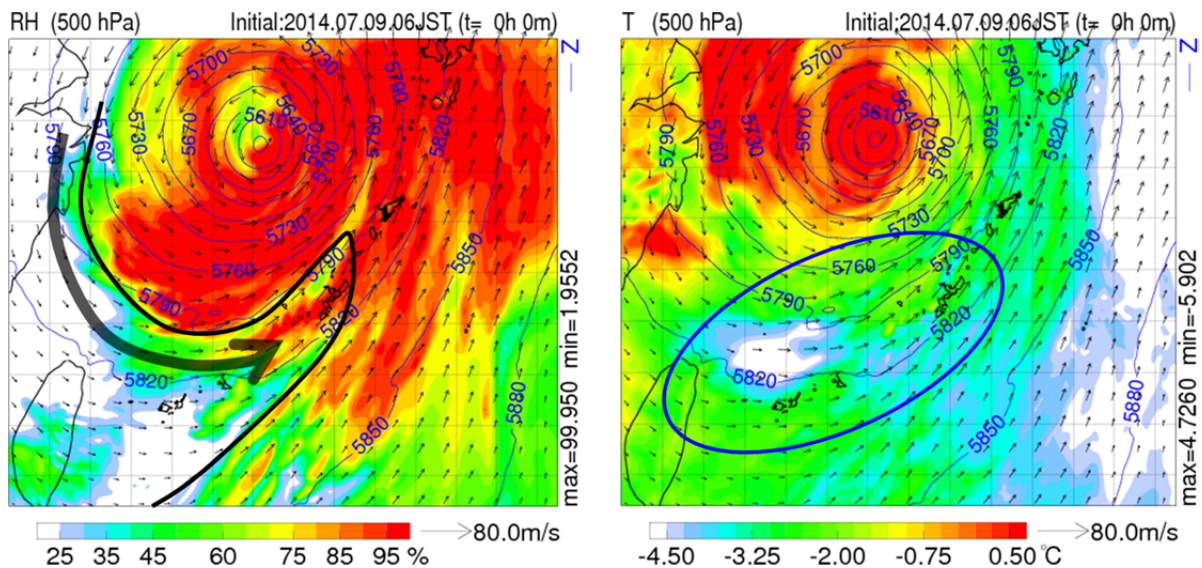


図4 左図：7月9日06時の500hPa（高度約5800m）の相対湿度分布（カラー、%）、高度（等値線、m）と風ベクトル。右図：左図と同じ、ただし気温の分布（カラー、°C）。気象庁メソ解析から作成。台風中心の北側の下降気流（図1右図）によってもたらされた乾燥空気が、南側では西方から沖縄本島付近に向かって流入している（左図黒矢印）。下流側ほど相対湿度が高くなっており、このことは乾燥空気が上昇して断熱冷却（参考資料を参照）により上空が冷えていること（右図青楕円内）と整合的である。また台風中心の南側の上昇気流域は図1右図でも確認できる。

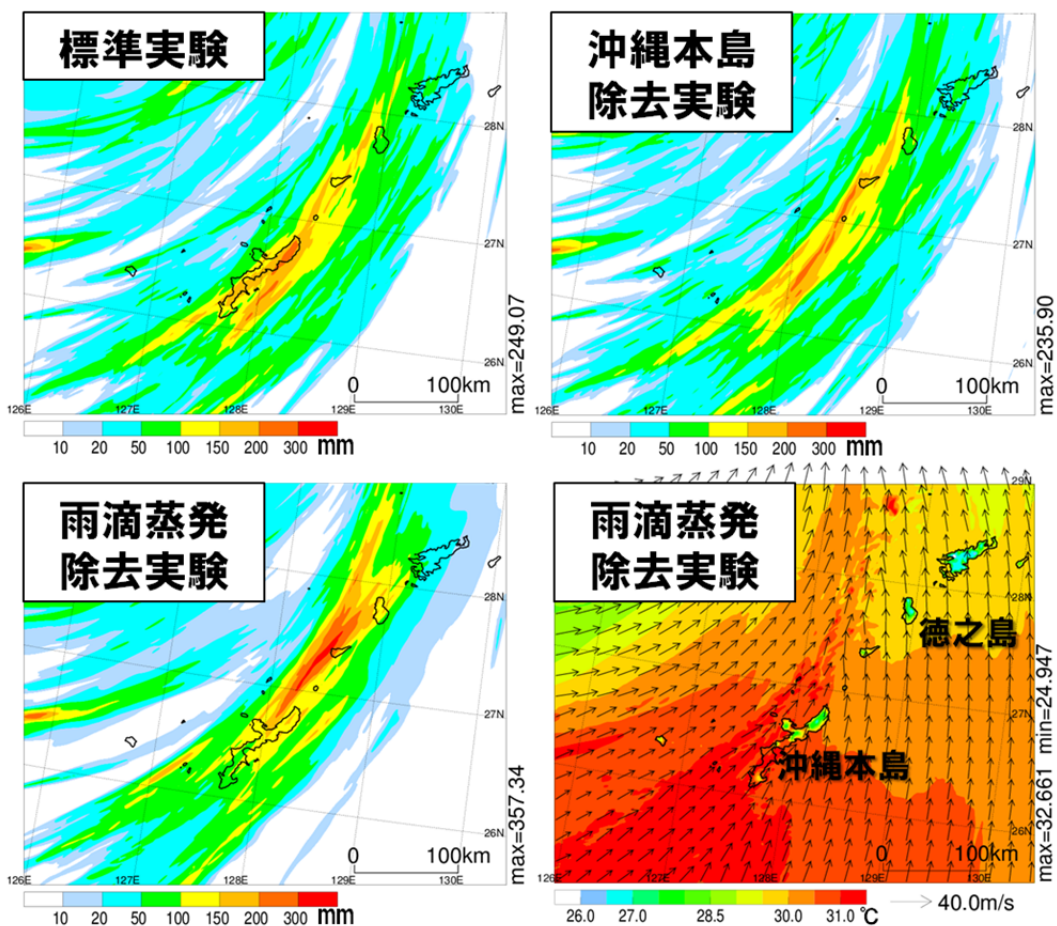
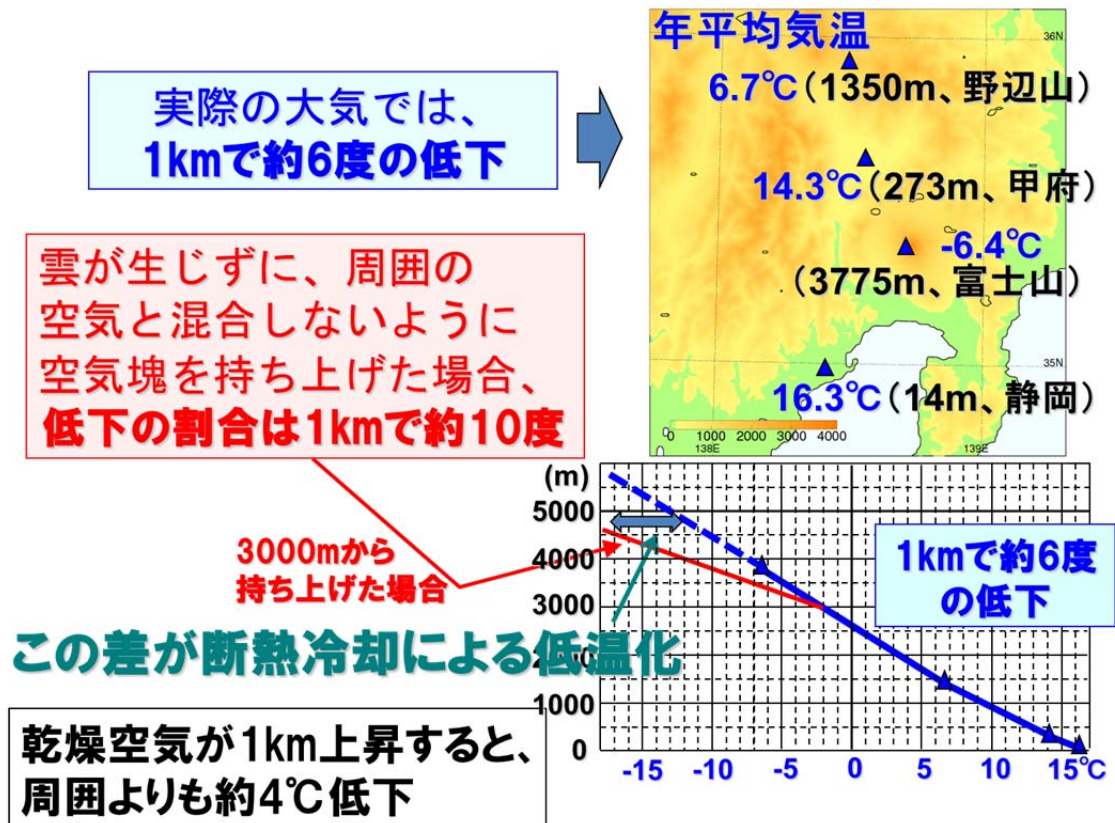


図5 左上図：水平分解能1kmの数値シミュレーション結果（標準実験、初期値の時刻は7月9日01時）。7月9日03時～09時（2～8時間の予報）の積算降水量分布（mm）。右上図：左上図と同じ、ただし沖縄本島とその周辺の地形を除去して、その領域を海上としたもの。左下図：7左上図と同じ、ただし雨滴の蒸発をなくしたもの。右下図：雨滴の蒸発をなくした実験での、7月9日06時（5時間予報）での地表付近の気温分布（ $^{\circ}\text{C}$ ）と風ベクトル。標準実験（左上図）では、実況（図2左図）よりも降水量が少ないものの、沖縄本島上に線状の降水域がみられ、また図3左図のような冷氣プールも再現された（図略）。沖縄本島の地形を除去した実験（右上図）でも、標準実験とほぼ同じ降水分布が再現されていることから、沖縄本島の地形が線状降水帯の形成・維持にほとんど寄与していなかったことが示唆される。一方、雨滴の蒸発をなくした実験（左下図）では、降雨域は沖縄本島付近に停滞せず、北東方向に引き延ばされた降雨分布になっている。これは、05時頃に沖縄本島付近に予想された降水域が09時頃には徳之島付近まで移動したためである。なお、降水が強まっているのは、雨滴が蒸発せずに全ての降水が地上に達したためである。地表付近の気温分布（右下図）には、冷氣プールが予想されていない。



図A 断熱冷却の仕組み。右上図：富士山付近の観測点の年平均気温分布（°C）とその観測点の標高（m）。右下図：鉛直方向の気温変化。青線は富士山付近の年平均気温分布から作成。赤線は静岡の年平均気温と標高から空気塊を持ち上げた場合の気温変化。なお、上昇中に周囲の空気と混合せず、雲が生じない場合。

- 1) 富士山付近の年平均気温の鉛直変化（右下図の青線）から、1km高くなると気温が約6度低下していることがわかる。参考までに、標準大気では1km高くなると6.5度の気温低下。
- 2) 雲が生じずに、周囲の空気と混ざらないように空気塊を持ち上げた場合、1km上昇すると気温が約10度低下する。なお雲が生じると、凝結熱が出るので、実際の大気の気温低下（1kmで約6°C）よりも低下割合が小さくなる。
- 3) 雲が生じないためには、持ち上げる空気塊が乾燥している必要がある。10度気温が下がると、空気中に含まれる水蒸気量が約半分になるためである。例えば、50%の相対湿度を持つ空気塊が1km以上上昇すると、相対湿度は100%を超え、過剰部分が雲になる。
- 4) 上空に向かっての、実際の大気の気温低下（1kmで約6°C）と乾燥空気を持ち上げた時の低下（1kmで約10°C）の差が断熱冷却である。具体的には、乾燥空気が1km上昇すると、周囲よりも約4°C低下する。