

4. 日本における停滞性降水系の特徴と 近年の豪雨時に見られた大気環境条件

竹 見 哲 也*

1. はじめに

最近、社会に大きな影響を及ぼす風水害が続いている。中でも豪雨災害では、過去の観測記録を上回る大雨が全国で多発し、洪水・氾濫・土砂災害など被害が多岐に及んでいる。特に平成29年7月九州北部豪雨時に顕著に見られたように、大雨の範囲が線状に分布する線状降水帯が豪雨発生の要因のひとつとして挙げられる。線状降水帯は、集中豪雨発生に関与する現象として以前から認識されていた(吉崎・加藤 2007)。

そもそも、なぜ、どのようにして、線状に分布する降水域が形成されるのであろうか。線状の降水域が形成される理由として、積乱雲群が組織化して停滞するプロセスが挙げられる。そこで、ここでは、停滞性の降水系の気候学的特徴および環境条件について述べる。また、最近の豪雨時に見られた環境条件の特徴を概観する。最後に、今後の方向性について議論する。

2. 日本の暖候期の停滞性降水系の特徴

日本のメソ降水系に関する研究は、特別観測により捕捉された事象を対象としたデータ解析や数値シミュレーションなど、どちらかと言えば事例解析が多い。一方、多数事例に基づく統計的な解析も並行して進められてきた。Chuda and Niino (2005) は、長期間の高層気象観測データを用いて、日本における対流活動の環境条件を調べ、大気的不安定度の地域特性や季節進行を統計的に明らかにした。また最近では、降水レーダーによる観測データの蓄積が進んだことで、集中豪雨や降水系の統計的な研究も進められている。津口・加藤 (2014) は、4～11月に発生する集中豪雨を解析雨量データから客観的に抽出し、豪雨をもたらす

降水系の実態を統計的に調べ、降水系の形状は抽出事例の2/3程度の割合で線状であることが分かった。

一方、降水を生じさせる積乱雲の動的な活動性に着目すると、メソ降水系形成の視点から停滞性降水系の気候学的性状が分かるであろう。Unuma and Takemi (2016a) は、気象庁全国合成レーダーデータにより、暖候期における停滞性降水系の特徴と発生環境条件を調べ、発生頻度の高い地域は、太平洋側、九州地方、中国地方、中部地方内陸部、関東地方内陸部であることを示した。さらに、停滞性降水系の形状は、日本の大半の地域で8割以上は線状の形態をとり、その走向は南西-北東の場合が最も高頻度で現れることが分かった(Unuma and Takemi 2016b)。ただし、地域によっては、走向が東西・南北・南東-北西が卓越する場合もあり、線状降水系の走向には地域性がある。

また、停滞性降水系発生前の安定度や鉛直シアーなどの環境条件の解析から、各種指数の中でも可降水量が、停滞性降水系発生時と非降水時との違いを明瞭に示すことが分かった(Unuma and Takemi 2016a)。停滞性降水系発生時の可降水量は、50～60mmの頻度が最も高く、60mmを超える場合の頻度も高い。反対に40mmを下回ると、停滞性降水系発生時の頻度が急減する。さらに、可降水量に占める高度別の水蒸気量の寄与については、高度3 km以上の中層の水蒸気量が多いことが降水系発生時の特徴であることが分かり、中層の水蒸気が多寡が停滞性降水系の発生に大きく影響することが示唆される。

3. 最近の豪雨事例における環境条件の特徴

最近の顕著な豪雨事象の中でも、平成30年7月豪雨では、九州地方から中部地方にかけて洪水、氾濫、地滑り、土石流などで多大な人的・物的被害が発生した。前年には平成29年7月九州北部豪雨による顕著な災害

* Tetsuya TAKEMI, 京都大学防災研究所.

© 2023 日本気象学会

も発生しており、また平成30年7月豪雨の後には記録的な猛暑が発生し、2年連続して社会に大きな影響を及ぼした極端気象現象が発生した。気象集誌およびSOLAの合同特別号「2017年・2018年の豪雨イベント」では、これら2つの豪雨事例や関連した極端気象に係る論文が発表されている(Takemi 2019, 2021)。

2019年10月に発生した台風19号による豪雨災害(令和元年東日本台風)では、東日本の各地で記録的な大雨が発生し、洪水・氾濫・土砂災害など大規模な災害が生じた。本節では、2019年台風19号の事例解析を紹介する(Takemi and Unuma 2020)。本事例の解析では、Bryan and Fritsch (2000) が提唱した第6の安定性を示す大気層 MAUL (Moist Absolutely Unstable Layer: 湿潤絶対不安定層) に着目した。

本台風19号の環境条件としては、対流圏の下層から中上層に至る深い層で相対湿度がほぼ100%という極めて湿度の高い状況が形成されていたのが特徴である。高湿度の状況であったため可降水量は70mmを超えていた。一方、気温減率は湿潤中立よりも少し大きな数値を示している場所があり、湿潤絶対不安定な状況が形成されていた。台風が関東地方に上陸する前後の各時刻で、MAUL が持続して形成され、台風の北上とともに MAUL が東日本各地を覆うようになった。MAUL を含む大気層が、地形影響によって強制的に上昇し、すぐさま不安定が解消されるような運動が生じることになる。このような状況から、結果として降水活動が強化され、豪雨に至ったものと考えられる。

4. 今後に向けて

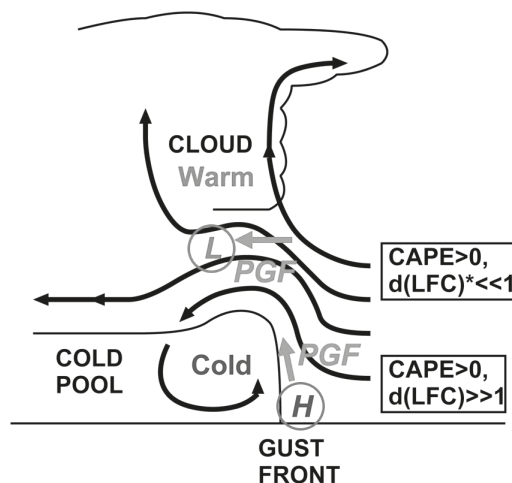
逆説的だが、乾燥地でのスコールラインの維持メカニズムには興味深い点がある。水蒸気量が少なく、湿度が極めて低い環境において、いかにしてメソ対流系が維持されるのか、という問題である。そのメカニズムに関する概念図(竹見・里村 1998)を第1図に示す。乾燥地では深い対流境界層が形成され、水蒸気が寡少であっても、境界層上部の空気塊は少しの上向き変位によって LFC (Level of Free Convection: 自由対流高度) に達し、対流が活発化することを示している。図中の $d(LFC)$ というのは、空気塊の元々位置していた高度とその空気塊の LFC までの長さを示している。 $d(LFC)$ が小さければ、少しの強制によって容易に対流活動に繋がる。また、小さいながらも CAPE (Convective Available Potential Energy: 対流有効位置エネルギー) が存在しているため、例えば冷

気プールによる強制が作用すれば不安定が容易に発現することになるのである。 $d(LFC)$ が小さいという状況は対流の活性化には好都合であるという観点は、MAUL での対流の活性化を理解することに繋がると言える(Takemi and Unuma 2020)。

今後の課題としては、線状降水帯を形成する降水雲の発生・発達予測可能性の理解である。特に、降水系が停滞することを精度よく予測することが、線状降水帯の予測精度向上には必要不可欠であることから、気象場の特徴や地形効果を考慮して、予測可能性研究を基礎から実用に至る視点で進めることが大事である。

参考文献

- Bryan, G., H. and J. M. Fritsch, 2000: Moist absolute instability: The sixth static stability state. Bull. Amer. Meteor. Soc., 81, 1207-1230.
- Chuda, T. and H. Niino, 2005: Climatology of environmental parameters for mesoscale convections in Japan. J. Meteor. Soc. Japan, 83, 391-408.
- Takemi, T., 2019: Editorial of special edition on extreme rainfall events in 2017 and 2018. SOLA, 15A, i.
- Takemi, T., 2021: Editorial for the special edition on extreme rainfall events in 2017 and 2018. J. Meteor. Soc. Japan, 99, 1145-1147.
- 竹見哲也, 里村雄彦, 1998: スコールラインの維持メカニズムに関する数値実験. 京都大学防災研究所年報, 41,



$$*d(LFC) = LFC - \text{Parcel's level}$$

第1図 乾燥条件でのスコールラインの維持メカニズムに係る概念図(竹見・里村 1998)。

- B-1, 349-356.
- Takemi, T. and T. Unuma, 2020: Environmental factors for the development of heavy rainfall in the eastern part of Japan during Typhoon Hagibis (2019). SOLA, **16**, 30-36.
- 津口裕茂, 加藤輝之, 2014: 集中豪雨事例の客観的な抽出とその特性・特徴に関する統計解析. 天気, **61**, 455-469.
- Unuma, T. and T. Takemi, 2016a: Characteristics and environmental conditions of quasi-stationary convective clusters during the warm season in Japan. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., **142**, 1232-1249.
- Unuma, T. and T. Takemi, 2016b: A role of environmental shear on the organization mode of quasi-stationary convective clusters during the warm season in Japan. SOLA, **12**, 111-115.
- 吉崎正憲, 加藤輝之, 2007: 豪雨・豪雪の気象学. 朝倉書店, 187pp.
-