

審査の結果の要旨

氏名 シャキル アーマッド

各地域の異常寡雨と異常多雨のそれぞれのパターンの特徴、持続性、メカニズムを理解することは、統合的水資源管理を実現するための水文学的検討の第一段階として重要な課題である。本論文は、アジアモンスーン地域の北西縁に位置するパキスタンでの水資源管理に大きな影響を与える異常寡雨、異常多雨の発生パターンの理解を目的として、1979年～2008年に発生したそれぞれ4回のイベントを対象として、夏季モンスーンの開始直前から最盛期（6月下旬～7月下旬）の大気循環場の気候学的な特徴およびその熱力学的な構造の解明を目的としている。

本論文では、対流圏上層の再現性が大幅に改善された長期再解析データ（JRA25）から得られる10日平均の気候値を用いて、渦度収支解析、および熱エネルギー収支解析により、まず、パキスタンにおける夏季モンスーンの開始直前から最盛期に至る大気循環場の季節進行の気候学的特性を次の通り明らかにしている。

- (1) モンスーン開始直前には、パキスタン上空の対流圏では、上層に強い収束が生じ、高気圧性渦度が強化され、対流圏中層～上層に下降流が生じ、それに伴う断熱加熱と放射冷却により、対流活動が抑制される。
- (2) モンスーンの開始から最盛期には、対流圏中層～上層の加熱が進み、緯度方向の温位勾配の逆転が強化され、亜熱帯ジェットの本流がパキスタン北部からカスピ海上空へと北西に移動し、対流圏上層の収束域も北西に移動する。
- (3) この変化とともに、対流圏下層にトラフが形成、強化され、湿潤な南東、南西風がベンガル湾とアラビア海からパキスタン域に蛇行しながら流入し、モンスーンの最盛期を迎える。

次に、上記の気候的な平均場と比較して、夏季モンスーンの開始直前から最盛期の大気のエネルギー収支の季節進行が、異常寡雨、異常多雨のそれぞれ4回のイベント時では、共通して対比的に異なることを見出し、そのコントラストを明瞭に示している。さらに、モンスーンの最盛期として7月を対象として、気候値と比較して、異常寡雨（異常多雨）時の4年の共通した大気構造を次の通り明らかにしている。

- (1) パキスタンから北西部にかけての対流圏中層～上層の温位が気候値に比べて低下（上昇）し、緯度方向の温位勾配の逆転が弱体化（強化）する。
- (2) カスピ海上空の亜熱帯ジェットの本流が気候値に比べ弱体化（強化）し、対流圏上層に現れる低気圧性（高気圧性）の偏差とともに、南方（北方）に移動する。
- (3) パキスタン対流圏上層の収束（発散）が気候値に比べ強くなり、同時にパキスタン北部の亜熱帯ジェットが弱まる（強まる）。

- (4) パキスタン付近の対流圏下層のトラフが気候値に比べ弱まり（強まり）、モンスーン活動は抑制（強化）される。
- (5) チベット高原からベンガル湾に向かう北西風（南東風）に偏差が現れ、ベンガル湾やアラビア海からパキスタンへの水蒸気の移流が減少（増加）する。

本論文ではさらに、これらの7月の異常寡雨、異常多雨時に、大西洋からパキスタンにわたる対流圏上層に、各4年間で類似の気圧偏差の波列パターンが持続的に現れること、パキスタン上空での外向き長波放射の変動に対して、10日遅れで対流圏上層に低圧性の偏差が現れることなどを示しており、異常寡雨、異常多雨の予測の可能性に関する重要な知見を提示している。その上で、北大西洋や熱帯太平洋における海面温度の偏差と対流圏上層の波列パターンの関連性に関する解析的研究や数値モデルを用いた感度分析、あるいはパキスタン付近を囲む低緯度帯から高緯度帯への偏差の伝播に関する理論的、モデル研究の必要性を提起している。

以上、本研究は、パキスタンにおける水資源管理に大きな影響を与える異常寡雨、異常多雨について、過去のそれぞれ4回のイベントに共通する気候学的な特徴およびその熱力学的な構造を明示し、水資源管理上有用な知見を与えている。さらに本研究では、パキスタンにおけるこれらの異常現象と全地球規模での海面温度や気圧場の偏差との関係や、前兆現象の理解につながる大気偏差の時間発展についても言及しており、これらの指摘は、今後の大気力学分野における研究によって予測可能性の研究へと発展する可能性を示唆している。よって、本研究の成果は、水資源管理はもとより、農業、生態系などの社会的利益分野にも貢献するところが大きく、工学的、社会的有用性に富む独創的な研究成果と評価できる。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。