

**【2-1503】 地球温暖化に伴う気候変動と日本・東アジア域の降水現象の変化に関する研究（H27-29 110,090 千円）**

研究代表者 高藪 縁（東京大学）

**1. 研究実施体制**

- (1) 温暖化に伴う水蒸気大循環・大気海洋結合変動が日本と東アジア域の降水現象に及ぼす影響（東京大学）
- (2) CMIP データを用いたアジアモンスーンの現在気候再現性評価と将来変化（国土交通省気象庁気象研究所）
- (3) 水輸送に係る対流圏上層ジェットの力学的メカニズムの解明（北海道大学）
- (4) 温暖化に伴う北極圏雪氷の変化に起因する日本・東アジア降水への影響解明（岡山大学）
- (5) 温暖化に伴う成層圏循環の変動の解明（国立研究開発法人海洋研究開発機構）
- (6) 東アジアの気象に対する熱帯擾乱の影響（国立研究開発法人海洋研究開発機構）

**2. 研究開発目的**

近年、気候変動に伴う雨の激甚化などの「降水異変」が危惧されており、社会が降水の将来変化に適切に対応できるような政策策定が必要である。そこで、気候変動に伴う大気大循環の変化と、日本・東アジア地域での降水特性変化や極端降水との関係について集中的に調べ、有効な温暖化影響対策に生かすための情報を抽出し、対応策の策定に科学的根拠を与えて貢献することを目的とする。そのために、世界の気候モデル比較実験データ（CMIP）、最新の気象・衛星観測データ、水同位体比データ、全球雲解像モデル出力データ等を利用して、成層圏、北極圏、対流圏上部、海水温、熱帯の効果まで含め、大気大循環などの大規模状態と日本・東アジアの降水特性について解析する。最終的にサブテーマ間の連携により、地球規模の気候変化に伴い、日本・東アジア域の降水が大気海洋の大規模場状態の変化を通していかに将来変化するかという問題について、従来の方法では答えの出せなかった降水特性の変化に注目し、衛星観測とモデル実験解析を組み合わせて予測することを目標とする。サブテーマは各々以下の研究を受け持つ。

(1) 温暖化に伴う各季節の水蒸気大循環の将来変化が日本・東アジア域の極端降水に与える影響の評価。日本周辺の海洋変動や熱帯太平洋の長期変動が日本周辺の雲・降水系に与える影響の季節性について、温暖化に伴う将来予測と不確実性の評価。課題全体の総括。(2) CMIP データ解析によるアジアモンスーンの構造および変動の再現性と将来変化、アジアモンスーンの極端現象の再現性と将来変化。(3) 長期客観解析データ（JRA-55）を用い、対流圏上層のジェットと渦位の変動の季節進行、及び、これらが引き起こす対流圏下層の循環への強制効果の解明。CMIP 気候モデル出力によるその再現性

の調査。(4) 近年の地球温暖化に伴う北極圏雪氷の変化が東アジア域の対流圏循環の変動に与える影響の寄与の議論と、日本・東アジア域降水の将来変化への効果の評価。(5) 気候変動予測の成層圏変動との関連の理解と、温暖化に伴う東アジア域の対流圏循環の変動に対する成層圏の寄与の解明。(6) 台風や MJO に代表される熱帯亜熱帯の数千 km 規模の大気現象が、東アジア域の前線活動や温帯低気圧等に与える影響の調査と、気候変動に伴う中緯度への影響の調査。

### 3. 本研究により得られた主な成果

#### (1) 科学的意義

(1) 日本・東アジア域の集中豪雨の発生メカニズムにおいて、通常注目される大気最下層の水蒸気場や地形の効果以外に、大気上層の大規模場の影響の重要性を指摘した。広島豪雨の事例について定量的に示した結果を、統計的な調査によって一般化した点にも科学的意義がある。

(2) 集中豪雨のように極端に強い雨をもたらす現象が、「ゲリラ豪雨」と称されるような霰・雹を伴う激しい雷雨の延長ではなく、雷雨より安定な大気で発生すること、さらに自由対流圏の大規模な水蒸気の流れの環境場で多いことが明らかになったことは科学的意義が大きい。

(3) 衛星による雨の立体観測データの統計により、梅雨前後の日本域の雨が数個の特徴的なタイプのシステムに分類されることを示した。さらに各タイプからの総雨量への寄与を下層安定度と上層の循環に関する大規模環境場指標に定量的に関係づけたことは科学的意義が大きい。さらに衛星解析による降水システムの詳細構造との関係を用いて気候モデルによる大規模場の将来予測を組み合わせ、例えば集中豪雨を伴う組織化した雨が将来どの地域で増えるかなど降水の特性についての具体的な変化予測が可能になったのは世界初であり、科学的意義が大きい。

(4) 降水に比べ力学的な解釈や変化の因果関係が捉え易いジェット気流に着目することが、降水分布の将来変化の予測の解釈に役立つことが示された。このことは気候の将来変化の傾向とその不確実性の評価に役立つ。

(5) 今世紀に入ってから温暖化の停滞は継続的気候上昇傾向に自然変動が重畳した階段状の気温上昇の反映に過ぎず、産業革命前からの人為起源の気温上昇推算値が観測値を上回る 1.2°C に達したという結果は、継続的な温暖化緩和策と適応政策の早急な加速の重要性に科学的根拠を付与する成果である。

(6) モンスーンに関するこれまでの温暖化予測研究の多くは、熱帯対流圏上層の顕著な昇温の役割に着目してきた。今回の研究で、別のメカニズムとしてユーラシア大陸の顕著な昇温将来変化に伴う気圧低下は、南アジアを中心に下層収束を強化し大陸上で顕著な降水量増加をもたらすことがわかった。

(7) 東アジア夏季の降水に対する上層ジェットの影響が、日々の気象の時間スケール

から数10年の平均まで、基本的に同じ原理で成り立つことを示した。これは、降水の将来変化を予測し解釈する上で大きな意味を持つ。

(8) 既存データの問題点を改良した衛星観測データから、北半球高緯度積雪域の年々変動や長期変化に関する信頼度の高い情報を抽出し、西シベリア域における春季積雪減少が日本・東アジア域の大気循環場に影響を及ぼしている可能性を示した意義は大きい。

(9) 同一の力学・物理過程を組み込み、モデル上端を変化させた系統的な高解像度気候モデル実験の先行研究は殆ど無く、成層圏が対流圏の循環場や降水形成を変えうることを示し、気候モデルに成層圏を含めることの重要性を示した点は科学的意義がある。

(10) 熱帯・亜熱帯域での大規模現象が及ぼす影響の解析を温暖化予測実験の結果に適用し、関東地方での局地的な大雪や大雨の発生が増加するとの予測を提示した。また、観測された台風の長期変動と温暖化予測実験の結果が整合的な傾向にあるという統計特性を提示した。

## (2) 環境政策への貢献

### <行政が既に活用した成果>

(1) 東京大学と気象研究所が共同試作した全球大気再解析データ JRA-55CHS の作成において高解像度海面水温データを与える重要性が認められた成果を踏まえ、気候系監視に活用される気象庁次期大気再解析 JRA-3Q の作成にも衛星観測に基づく高解像度海面水温データを本格的に用いる方針が決定した。

### <行政が活用することが見込まれる成果>

(1) 梅雨期前後の日本各地域の雨の温暖化に伴う将来変化について、気候モデルのみでは表現できない降雨特性の変化について衛星レーダ観測を併用して予測した。特に、豪雨をもたらす組織化した雨が、現在比較的少ない日本海側、関東・東北地方で将来は増加することが予測され、これらの地域における豪雨対策の必要性を示したことは意義が大きい。IPCC AR6 への貢献も見込まれる。

(2) 災害をもたらす豪雨の可能性を判断する上で、従来から着目されている大気最下層の状況だけでなく、大気上層の大規模場状況にも着目すべきであることを示すことができ、豪雨災害に備えるための重要な情報となる。本成果も IPCC AR6 への貢献が見込まれる。

(3) 気候監視に広く活用される全球大気再解析データ作成における高解像度海面水温データの重要性は、WMO の第5回再解析国際会議や CLIVAR の境界流に関する国際会議における招待講演で訴えた。

(4) 温暖化対策にあたって気象研高分解能(60 km)全球大気モデル実験による夏季東アジアの平均降水量の将来変化分布は、中緯度ジェット気流の南下に相当する低気圧性の循環変化分布とこれによる鉛直流の将来変化によっておおまかに説明できるが、地域詳

細分布についてはモデルや海面水温変化による不確実性が大きいという知見を与えた。

(5) 梅雨降水帯は、不確実性はあるものの南下する可能性の高さとその要因を明らかにしたことは、行政が活用しうる成果である。次期 IPCC のための CMIP6 データ解析への即刻の適用と AR6 への貢献が期待できる。

(6) 既存データに存在する問題点を改良した日本発の新たな衛星観測データからの近年の地球温暖化にともなう広域積雪の長期変動・変化に関する信頼度の高い情報は、次期 IPCC に貢献できる重要な成果である。

(7) 成層圏を気候モデルに含めることで、対流圏循環場、地表面気圧、降水分布が変わることを示した成果は、将来の気候変動予測モデルに成層圏を含む必要があることを強く示唆し、IPCC の取り組みへ貢献する。

(8) 熱帯・亜熱帯域の現象把握と解明は、日本周辺域への影響のみならず、アジア・太平洋地域の気候リスクの評価や適応計画の策定に直接的に資することとなり、「アジア太平洋適応情報プラットフォーム (AP-PLAT)」等の構築にむけた基盤的知見となり得る。

(9) 課題全体の成果から、一般向け冊子「暑いだけじゃない温暖化 3 ―日本の雨の降り方は変わるのか―」を作成し気象庁などに配布。

#### 4. 委員の指摘及び提言概要

我が国の降水プロセスが、広域における大気循環と大陸・海洋の相互作用の影響を受けて決まってきたことを観測データとモデル解析を組み合わせて解析し、IPCC AR6 で引用されうる論文を含む多くの論文にまとめた点は高く評価出来る。国民との対話も活発に行われた。気候変動により激甚水災害が増加している中、防災の観点からも重要な成果である。ただし、サブテーマ相互の融合した成果が十分に示されたとは言い難い。

#### 5. 評点

総合評点：A