

審査の結果の要旨

論文提出者氏名

石崎 安洋

降水同位体比は過去の気候の復元や水循環を解明するために用いられている。この降水同位体比は時間的にも空間的にも大きく変動し、特に高緯度では気温と強い相関関係があることが知られており、グリーンランドや南極などのアイスコアに含まれる降水同位体比を用いて最終氷期などの過去の気候の復元が行われてきた。

一方、低緯度の降水同位体比の変動について、当初は観測地点の気温よりも降水量の変動の影響(降水量効果)が支配的であると考えられてきた。しかし、近年では、負の相関であるこの降水量効果だけでなく、エルニーニョ/南方振動(ENSO)やモンスーンなど大規模な大気循環の変動とも大きく関係することが指摘されるようになり、過去の低緯度の気候を復元する研究が活発に行われるようになってきている。特に、アジアモンスーン域では、チベット高原のアイスコアに加え、中国の鍾乳石に含まれる水の安定同位体比を用いて、過去のモンスーンの変動を復元する研究が盛んに行われるようになった。

しかし、水の安定同位体比を用いて過去の大気大循環を復元する研究はその物理的根拠があいまいであり、また、得られる結果の空間代表性がどの程度あるのかといった検証も不十分である。そこで、本研究では、同位体の輸送や分別などの物理過程が組み込まれた CCSR/NIES/FRCGC 水同位体大循環モデルを用いて、水の安定同位体比変動がどのようなスケールのどんな気候変動の影響を受けているのかについて定量的な検討を行っている。

第1章ではこうしたこれまでの研究の経緯と、本研究の意義、狙いについて述べており、第2章では、水の安定同位体比が水循環においてどのように変化するか、その基礎が丁寧にまとめられている。また、水の安定同位体比の地理的分布に関する従来の経験的な法則などについても紹介されている。

第3章では CCSR/NIES5.4g を基本モデルとした水同位体循環モデルにおける同位体比分別や輸送過程に関して、どのような概念モデルに基づいた数値化がなされているのかに関して記述されている。

第4章では、その水同位体循環モデルの推計値を Global Network for Isotope in Precipitation(GNIP)観測値と全球規模で比較検証しこのモデルが全球規模の降水酸素同位体比や中・高緯度における降水酸素同位体比と気温との空間的な関係を比較的良く再現しており、全球規模の降水酸素同位体比を研究するために有用なツールであることを確認している。その過程で、大規模凝結雲にお

ける同位体比分別過程や、雲底から下での雨滴の再蒸発の際の分別過程を適切に考慮することが必要であることも、感度分析から明らかにし、同位体循環モデルによる観測値の再現精度を高めている。

次に、第5章では、その同位体循環モデルとGNIP観測を用いて、アジアモンスーン域での降水酸素同位体比と気候の年々変動との関係を、特にENSOとモンスーン循環に注目して詳細に解析し、GNIPの観測点(バンコク、ニューデリー)に対して降水酸素同位体比と気温、降水量、大規模な大気大循環の変動との年々変動の相関関係、また降水の酸素の同位体比の年々変動の分散について、観測とモデルとで同様の傾向を示していることを確認している。

さらに、夏季(JJAS)の降水酸素同位体比と降水量やENSO、インドモンスーンや北西太平洋モンスーンの指標との年々変動に関する相関関係については、観測では必ずしも統計的に有意ではないものの、モデルではアジアモンスーン地域で統計的に有意な正の相関関係が広く見出された。

これらの成果を踏まえ、第6章ではアジアモンスーン域における夏季(JJAS)の降水酸素同位体比の経年変動に対して、その場所の降水量の変動と、起源から観測点に到達するまでの輸送経路上の降水量の変動のどちらが大きいのかについて、バックトラジェクトリー解析と感度実験により定量的に調べられた。

その結果、ケーススタディとして取り上げられたバンコク、ムンバイともに降水酸素同位体比の経年変動に対するその場所の降水量の変動の寄与率は、分散で評価して、それぞれ、37%、32%であるのに対し、起源と輸送経路上の降水量の変動の寄与率は、それぞれ60%と61%であることが示された。また、ENSO、インドモンスーン、北西太平洋モンスーンの各指標との相関関係に対するその場所の降水量変動の寄与率は、変動幅のおおよそ20パーセントほどであることもわかり、降水の起源から観測点までの輸送中の降水量の変動がより重要であることが示された。

これらの研究によって、アジアモンスーン域における降水酸素同位体比の経年変動における最大の要因は、少なくとも、バンコクとムンバイにおいては、起源から観測点までの輸送中の降水量の変動であることが定量的に示された。したがって、この地域の降水酸素同位体比観測結果はローカルな気候の変動の指標というよりは、起源から観測点までの輸送中の降水量を反映した大規模な気候変動の指標として用いるべきであることが明らかとなった。

このように、本論文は、降水同位体比の変動情報をどのようなスケールの気候情報と結び付けて解釈すべきかについて、先端的な同位体大循環モデルを用いて定量的に明らかにしており、グローバルな水循環科学としての水文学、その応用としての水資源工学への貢献は極めて大きい。

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。