

審査の結果の要旨

氏名 ニーラム ニロウラ

背景および目的

地球の生態系にとって、日射は光合成のエネルギー源として直接的に、また気象・水文過程の駆動力として間接的に重要である。人間活動による化石燃料やバイオマスの燃焼は大気中に微粒子を放出し、それが日射を反射・吸収する結果、地表面の日射量を減少させている。かつて世界中で日射強度の低下が観測されたが、微粒子放出量低減対策の実施により、多くの地域で日射量が回復しつつある。ところが、インドでは日射強度の低下傾向が続いており、それが直接的に、また気象や水文の変化を通して間接的に、農林業や自然生態系に影響を及ぼすことが懸念される。

本研究で対象とするネパール連邦民主共和国は、インド亜大陸の北辺にあって北部はヒマラヤを介して中国のチベット高原に接続するが、南部はインダス・ガンジス平原の一部をなす。この位置関係ゆえに、インドで続く日射量の減少がネパールでも生じているのではないかと想定されるが、科学的な解明はなされていない。そこで本研究では、主に地上観測気象データの解析を通じて、ネパールにおける日射量低下の実態を解明するとともに、大気微粒子の衛星観測データや大気汚染物質動態の解析により、日射量低下の主な駆動力と発生原因を追究した。

ネパールにおける日照時間短縮傾向の解明

ネパール水文気象局所管の観測所 13 か所における、1987 年から 2010 年間の気象観測記録を解析に用いた。ネパールでは、日射量はルーチン的に観測されていないが、キャンベル・ストークス日照計を用いた日照時間が観測されているので、日照時間の長期変化傾向を解析して日射の減少傾向を推測した。その結果、ネパール全体では、通年的な日照時間が約 0.2%/年の速度で減少していることが分かった。中でも南部の低地部(標高 300m 以下)で約 0.6%/年と減少率が高く、標高が高くなると減少率が小さくなり、1500 m以上の高地・山岳地帯では、日照時間が有意に増加した地点も見られた。日照時間の変化を季節ごとに見ると、モンスーン季をはさむプレ・モンスーン季とポスト・モンスーン季で、大きく日照時間が短縮した。なお、12 月から翌年 2 月の冬季には、日照時間が低地部で有意に減少、山地部で有意に増加した。

日照時間の短縮をもたらす主な要因の解明

日照時間短縮の主要因として、大気微粒子量の増加が反射や散乱により、地表面の日射量を減少させることがある。しかし、それ以外にも気候が変化して雲量が増加すれば、日射量や日照時間は減少するし、大気微粒子量の増加で雲の性質が変化すれば、日射や降雨が変化する。そこで本研究では、雲の影響が小さいと想定される晴天日と雲の影響がある曇雨天日に分けて、日照時間の変化傾向を解析した。雲量の地上観測値が無いので、衛星観測による雲量推定値により、観測期間中の晴天日と曇雨天日を抽出した。また、大気微粒子量増加に伴う降雨パターンの変化を見出すために、各地上観測点における降水量記録を解析した。

解析の結果、晴天日の日照時間は、低地で最も大きく減少し、標高の増加に伴って減少速度が弱まるという、日照時間全体と同様の変化を示した。他方で、曇雨天日の日照時間は、標高に関わらず減少傾向にあり、減少速度は晴天時の日照時間よりも大きかった。季節別にみても、晴天日の日照時間の変化は全観測日の日照時間と同様であったが、曇雨天時のそれはむしろモンスーン季で最も大きく減少した。こうした日射量の変化は、降水の変化を伴った。降水量には変化傾向が無かったが、降水日数は明らかな減少を示した。特に、10 mm/日以下の降水は降水量・降水日数ともに有意に減少した。一方、40 mm以上の降水は日数が増える傾向にあった。

以上のような日照時間と降水の変化傾向は、大気微小粒子の増加が直接的に日射を減少させたことを示すとともに、大気微粒子の増加が雲核の増加を通して、雲の滞留時間を延長させ、それにより日射を低下させた可能性を示唆した。

ネパールの日照時間短縮に及ぼす大気の色雲及びバイオマス燃焼の影響

以上の解析は、ネパールにおける日照時間短縮が大気微粒子の増加に起因することを示したが、その発生源はネパール国内のバイオマス燃焼とインド亜大陸を覆う大気の色雲の両方があり得る。そこで、衛星観測に基づくインド亜大陸北部におけるバイオマス燃焼の時空間分布解析と、空気塊の後方流跡線解析を組み合わせて、バイオマス燃焼の発生と大気微粒子の増減との関係を解析し、また大気微粒子が高濃度となる日の空気塊の移動経路を解析した。

解析の結果により、プレ・モンスーン季の大気微粒子汚染は、ネパール国内のバイオマス燃焼と関連付けられ、それ以外の時期の微粒子汚染は、大気の色雲に代表される越境汚染の影響も大きいことが分かった。

これらの研究成果は、学術上応用上寄与するところが少なくない。よって、審査委員一同は本論文が博士(農学)の学位論文として価値あるものと認めた。