

チベット高原における凍土の融解と土壤水分の不均一性の相互作用について

長岡技術科学大学大学院

学生会員 広瀬 望*

東京大学大学院社会基盤工学専攻,

地球フロンティア研究システム地球変動研究所

正会員

小池俊雄*

山梨大学工学部

正会員

石平 博**

1. はじめに

大規模な大気加熱域であるチベット高原域における水・エネルギー循環過程の解明には、陸面が与える大気への影響を理解することが不可欠である。そのため、筆者らは陸面の不均一性、特に土壤水分に着目し、その不均一性を再現できるモデルを提案し、その不均一性がフラックス算定に与える影響を評価した²⁾。

その中でモデル開発の基礎とする、土壤水分の不均一性を生成するメカニズムについて述べる。

チベット高原域が広く永久凍土帯に覆われ、その水文過程が複雑であることを踏まえ、土壤水分の不均一性を形成する主たる要因として、以下の二点に着目した。

i) 凍土の融解過程と土壤水分との相互作用

ii) 平坦な領域における微地形の凹凸

これらの観点から、平坦な領域における微小な地形の凹凸により、降水発生時に表層に水分の貯留分布が形成される。水分が貯留する凹部では、土壤水分が高くなり、太陽放射によるエネルギーが潜熱の発生に多く使われ、土壤の熱容量も大きくなるため、地中への熱流量は抑えられ、凍土の融解深さは浅くなる。さらに、凍土層上面が不透水層として機能するために土壤水分が高いまま維持される。一方、凸部では、乾燥化が進み、融解深さは徐々に深くなるという相互作用がチベット高原における水文過程に大きな影響を与えている。

本研究では、このメカニズムの妥当性を評価するため、チベット高原域における観測結果より検討を行った。

2. 土壤水分の不均一性を再現のための水・熱フローモデルについて

土壤水分の不均一性を再現するため、上記で述べたメカニズムより凍土帯を対象としたモデルを提案した¹⁾。

このモデルは熱輸送については、熱拡散方程式を差分化し、計算し、水分移動は土層を5層に分割し、層間の水の移動を表現している。特徴として、凍結面境界を層区分と独立して決定が出来ることである。

次に微地形の凹凸による水分の貯留効果を考慮するため、凹凸を貯留層の最大貯留高と捉え、領域内の最大貯留高分布をモデルの表層に与えることにより、土壤水分の不均一性を再現した。

3. チベット高原における観測

GAME-Tibet プロジェクトの一環として、チベット高原において大規模な観測が実施された。

その中で鉛直方向における水・エネルギーフローの把握を目指し、1997年から土壤水分と地温のプロファイルを計測している。また、1998年には地表面水文量の分布観測を行った。この観測は対象領域を1km四方の領域を100m間隔で土壤水分や地温等の領域内分布量を計測した。さらに、1999年には平坦な領域において微地形による凹凸を知る目的から、土壤水分分布観測を行った同一地点(Amdo)において、10m毎の水準測量を行った。

4. 凍土の融解と土壤水分との関係

チベット高原における観測で得られた土壤水分と地温の同時観測結果を用いて、凍土の融解と土壤水分の関係について検討する。図-1は凍結直前の秋期土壤水分の鉛直プロファイルであり、図-2は凍土の融解深さと積算暖度のルートをとって、図化したものである。図に示すように乾燥した地点(D66)に比べ、湿潤な地点(D110)の

Key word : 永久凍土、土壤水分の不均一性、微地形

Address : *〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL:03-5841-6106 / FAX:03-5841-6130

**〒400-0016 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL:055-220-8602 / FAX:055-253-4915

方が凍土の融解速度が遅いことが良く表れている。

5. 微地形による凹凸が土壤水分に与える影響

微地形の凹凸と土壤水分との関係を見るため、1998年に得られた土壤水分分布と1999年に行われた同一地点（Amdo 地点）での水準測量のデータを用いて検討する。

図-3 は土壤の乾湿偏差（各点の観測された土壤水分量 - 領域平均土壤水分量）と同一測点での凹凸度（基準点から相対的な起伏差 - 起伏差の 50m 毎の移動平均）を比較し、5月から8月までの計5回の土壤水分分布観測の結果について、両者の関係を示したものである。同時に土壤水分観測と測量を行っていないため、データにばらつきが見られるが、降水の増加する6月後半から、凹凸度が低い時に土壤水分の乾湿偏差が高い傾向がよく表れている。

しかし、5月初旬では逆の傾向を示している。これは凍土の融解や積雪の影響による要因も作用していると考えられる。また、6月中旬までは降水が少ない時期であり、微地形の凹凸の影響は現れていない。

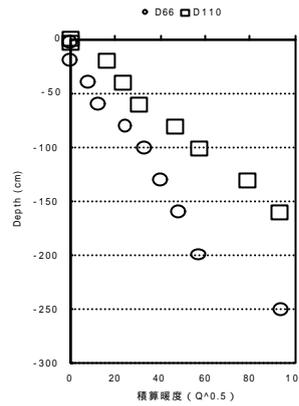


図-1 D66 地点と D110 地点における凍土の融解深さと積算暖度との関係

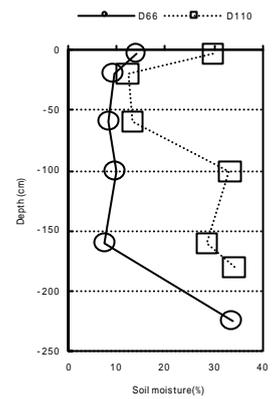


図-2 D66 地点と D110 地点における前年秋期の土壤水分プロファイル

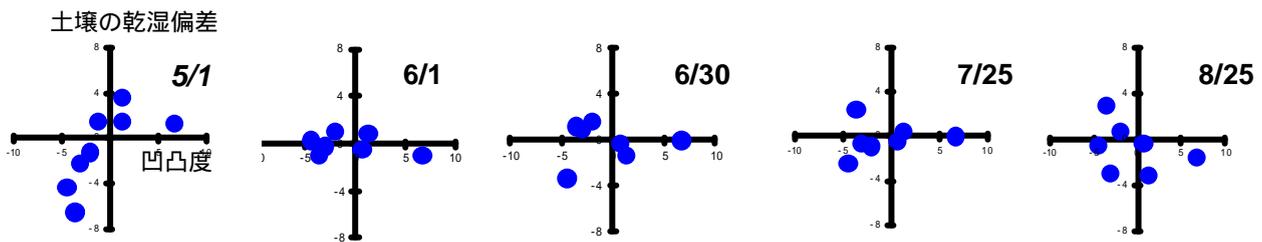


図-3 土壤の乾湿偏差と微地形の凹凸度の関係

6. まとめ

チベット高原において土壤水分の不均一性を形成するメカニズムの妥当性を検討するため、凍土の融解と土壤水分との相互作用、微地形の凹凸と表層土壤水分との関係の二点について、観測結果より検討した。

その結果、凍土の融解過程における土壤水分が果たす役割の重要性と、微地形の凹凸が土壤の乾湿決定に与える影響が示めされた。

謝辞

本研究では、文部省国際共同研究等経費(GAME)、国際学術共同研究(チベット)、地球フロンティア研究システム(陸域寒冷圏)の研究成果の一部である。本研究では、GAME-Tibet プロジェクトを通して得られたデータを使用している。

参考文献

- 1)石平 博, 小池俊雄: 永久凍土帯での一次元的な水・エネルギー輸送の変動に関する基礎的研究, 水工学論文集, 第 41 巻, pp233-238, 1997
- 2)広瀬 望, 小池俊雄, 石平 博: 土壤水分の空間不均一性が領域平均蒸発量算定に及ぼす影響, 水工学論文集, 第 44 巻, pp103-pp108, 2000