

学 位 論 文 題 名

Infilling Processes in a Zero Order Basin near
Sapporo, Hokkaido, Northern Japan

（北海道，札幌近郊の山地における 0 次谷の埋積過程）

学位論文内容の要旨

本論文は、山地源流域の0次谷における埋積過程について、土層構造および土砂運搬量、斜面の安定性に関する野外観測結果を基に論じたものである。

山地源流域には、0次谷と呼ばれる水流がない谷が広く分布する。この0次谷の谷底では、地中水の集中および周囲の斜面から運搬されてきた土砂の埋積、が原因となって多くの崩壊が発生する。崩壊の発生は、山地斜面の地形を変化させるだけでなく、河川への土砂供給にも大きな影響を与える。したがって、山地源流域の地形変化および土砂運搬に対して、0次谷における地中水の挙動および土砂の埋積が大きな役割を果たしていることになる。近年の斜面水文学の進展にともなって、地中水の集中過程は解明されつつある。しかしながら、0次谷の埋積過程を野外観測に基づいて検討された例はない。

本研究では、0次谷流域内の詳細な土層分布を把握することによって、埋積土砂の供給源を特定した。また、0次谷の谷底（hollow）およびその集水域にあたるnose（尾根付近の斜面）およびside slope（noseとhollowの間に位置する斜面）において、土壤匍行による土砂運搬量および崩壊の発生ポテンシャルを評価した。これらの結果を基に、0次谷の埋積過程を考察した。野外調査は、北海道、札幌近郊の定山溪、冷水沢流域に位置する0次谷において行った。

まず、99地点における土層断面の観察から、1) hollowは、堆積性の土層である崩積土および礫質崩積土によって埋積されていること、2)以前に土層が除去されたことを示す未熟土は、noseおよびside slopeに分布すること、3)hollowはnoseおよびside slopeから供給された土砂によって埋積されたこと、があきらかになった。

つぎに、土壤匍行の機構を検討するために、表土の変位量および圧力水頭、地温を3地点にて1994年6月から9月にかけて連続観測した。変位量の観測には、本研究で改良したひずみプローブ法を用いた。表土の変位は、夏期には降雨時に土壤の水分状態が大きく変化し、

飽和に近い状態に達した時に生じた。この期間の変位は地表面下40 cmよりも上の層で生じ、地表面での斜面下方への変位量は1.6-2.4 mmであった。一方、冬期には季節的な凍結融解によって1.5 mmの変位が生じた。しかしながら、変位が生じた層は地表面付近に限られた。したがって、土壌匍行による土砂運搬量は、夏期に土壌の水分変化によって生じるものが大きな割合を占めると考えられる。

そこで、表土の水分状態を16地点にて1994年7月から10月まで計測した。この期間に、土壌の水分変化が大きく、しかも飽和に近い状態にまで達した降雨は2回みられた。これらの降雨時の水分変化を積算した値は、noseで956 cmH₂O、side slopeで778 cmH₂O、hollowで373 cmH₂Oとhollowで最も小さい値を示した。これは、hollowには地中水が集中し、高い水分状態が保たれやすいためと考えられる。

これらの結果を基に、nose、side slope、hollowにおける土砂運搬量を以下のように見積もった；1) 水分変化量あたり、および単位幅あたりの土砂運搬量Kを変位量の観測結果から決定し、2) Kおよび水分変化量の積より、単位幅あたりの土砂運搬量Sを算出した。そして、3) Sおよび斜面の縁辺長の積を土砂運搬量とした。結果として、土砂運搬量は、noseで207.0、side slopeで159.5、hollowで 9.0×10^{-3} m³/yrと見積もられた。さらにこれらの斜面の土砂収支を算出し、noseでは 207.0×10^{-3} m³/yrの土砂が除去され、side slopeおよびhollowでは各々25.1および 172.9×10^{-3} m³の土砂が堆積することを明らかにした。すなわち、hollowは土壌匍行によって埋積されていること、そして埋積土砂はnoseから供給されることを示す。

つぎに、無限長斜面の安定解析式を用いて、斜面の安定解析を行った。この式を変形して得られる土層中の飽和水深に関する臨界値である限界水深を算出し、これと土層深との関係から崩壊の発生ポテンシャルを評価した。解析に必要なせん断強度定数および単位重量、傾斜は、現地および室内にて測定した。その結果、side slopeでは土層深の増大にともなって限界水深が低下するのに対して、noseやhollowでは場所によっては土層深の増大が限界水深を増大させることがあきらかになった。限界水深の低下は、より小さな間隙水圧で崩壊が発生しうる、すなわちより不安定な状態になることを示す。したがって、崩壊の発生ポテンシャルは、side slopeにおいて最も大きいと考えられる。

以上の結果より、noseからは土壌匍行によって、side slopeからは崩壊によって、hollowを埋積していると結論した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 小 野 有 五

副 査 教 授 平 川 一 臣

副 査 教 授 福 田 正 己

副 査 助 教 授 中 村 太 士 (農学部)

学 位 論 文 題 名

Infilling Processes in a Zero Order Basin near Sapporo, Hokkaido, Northern Japan

(北海道、札幌近郊の山地における 0 次谷の埋積過程)

山地源流域の斜面は、0次谷と呼ばれる水流がない谷から構成されている。この0次谷の谷底 (hollow) は、周囲の斜面から運搬されてきた土砂によって埋積されること、そして、埋積土砂は崩壊によって河川へと排出されることが知られている。崩壊によって河川へと排出された土砂は、山地斜面から河川への土砂供給の中で大きな割合を占める。したがって、0次谷底の埋積を引き起こす土砂運搬は、山地源流域全体の土砂運搬に対して大きな影響を与えていることになる。しかしながら、0次谷の埋積過程を野外観測に基づいて検討した例はなかった。

本論文では、0次谷をhollow (谷底に位置する斜面)、nose (尾根付近の斜面) および side slope (noseとhollowの間に位置する斜面) に区分し、まず、それらの斜面における土層構造を調査することによって、hollowを埋積している土砂の供給源を推定している。さら土壌匍行による土砂運搬量および崩壊の発生ポテンシャルを評価することによって、これらのプロセスによる hollowへの土砂供給を論じている。

本論文は8章からなり、第1章では、従来の研究を簡潔にまとめ、その問題点を指摘するとともに、埋積過程を解明することの重要性を指摘している。第2章では、調査対象とした、北海道、札幌近郊の0次谷における地形、地質の概要を記している。

第3章では、99地点における土層構造の観察から、1) hollowの大部分は、崩積土および礫質崩積土に占められていること、2) noseおよび side slopeには、残積土および未熟土、匍行土が分布することをあきらかにした。このような土層分布から、

hollowは noseおよび side slopeから供給された土砂によって埋積されたこと、が推定された。

第4章および第5章では、土壌匍行の観測法であるひずみプローブ法の改良と、それを用いた観測結果を記している。まず、ひずみプローブ法の改良を行い、その精度を室内実験にて検討した結果、改良されたプローブは表土の変位量の時間変化を正確に測定できることを示した。そして、この方法を用いて表土の変位を連続観測した結果、夏期には、降雨時に表土の水分状態が大きく変化し、飽和に近い状態に達した時に変位が生じること、冬期には、表土の凍結融解によって変位が生じることがあきらかになった。さらに、各々の斜面における表土の水分状態の観測から、水分量変化に起因する土壌匍行による土砂運搬量を見積もり、hollowが埋積されていることを示した。

第6章では、無限長斜面の安定解析式を用いて、崩壊の発生ポテンシャルを評価している。せん断強度定数、単位重量および傾斜を現地および室内にて測定し、これを用いて解析を行ったところ、side slopeでは土層深の増大にともなう限界水深の低下が最も顕著であることがあきらかになった。限界水深の低下は、より小さな間隙水圧で崩壊が発生しうることを意味するため、崩壊の発生ポテンシャルは、side slopeにおいて最も大きいことが示された。

第7章では、以上の結果をもとに0次谷の埋積過程を考察している。そして、土壌匍行は noseから side slopeを経由して hollowへと土砂を供給していること、そして崩壊によって side slopeから hollowへと土砂が供給されていること、が示された。

第8章では、各章で得られた結果を簡潔にまとめている。

以上のように、本論文は、従来に例がないほど詳細な土層分布をあきらかにするとともに、従来は推測にとどまっていた土砂運搬プロセスに関して、新たな手法を用いた観測および力学的な解析を行うことによって多くの新知見をもたらした。このような成果は、山地源流域での土砂運搬および地形変化の研究に大きな進歩をもたらすもので、今後の発展が大いに期待される。よって、審査委員一同は、申請者が博士（環境科学）の学位を授与されるに十分な資格があるものと認めた。