

# 論文審査の結果の要旨

氏名 陳 麒文

本論文は7章からなり、第1章は研究の背景と既存研究の特徴、第2章は調査地域の概要、第3章はデータと手法の解説、第4章は基本的な分析から得られた結果、第5章はマスマーブメント（斜面崩壊と土石流）の発生に関する考察、第6章は斜面崩壊の発生規模と河川の土砂流出に関する考察、第7章は研究の結論について述べている。

台湾では急峻な地形、複雑な地質、頻繁に襲来する台風といった要素のために、降雨によるマスマーブメントが多発する。しかし台湾全土についてマスマーブメントと降雨の関係を検討した研究はほとんどなかった。そこで本研究では、台湾の水土保持局が収集したデータを用いて、2006～2012年に台湾全土で発生した263のマスマーブメントの事例を分析した。各事例の発生位置を検証した後、台湾全土に分布する400ヶ所以上の降雨観測所のデータから、各事例に対応する降雨イベントのデータを抽出した。次に、降雨の強度と継続時間との関係（ $I-D$ ）を、全てのイベントのデータを用いて統計的に分析し、マスマーブメントを引き起こす降雨特性の閾値を判定した。その結果、降雨イベントが短時間の場合には、土石流の発生には斜面崩壊よりも強い降雨を要するが、イベントが長時間の場合には同様の強度の降雨が土石流と斜面崩壊をともに生じさせることが判明した。また、台湾における $I-D$ の閾値は世界の他の地域よりも高い傾向が認められた。しかし、降雨の強度を年平均降水量で基準化すると、閾値は他地域よりも概して低くなった。これらは台湾でのマスマーブメントの頻発に対応する。また、大半のマスマーブメントは降雨の強度がピークに達した頃に発生しているが、一部はピークよりもかなり離れた時間に発生している。この原因として先行降雨や地形・地質の影響が推定された。また、先行降雨の影響は土石流よりも斜面崩壊で強いことも指摘された。

次に、日本で考案された土壤雨量指数（ $SWI$ ）を台湾のマスマーブメントの事例に適用した。 $SWI$ は降雨データに基づく概念的な土壤の含水量であり、日本でのマスマーブメントの発生の予測に活用されている。検討の結果、主成分分析を用いて降雨を短時間・高強度（SH）および長時間・低強度（LL）の二つに分けると、それぞれについて $SWI$ の特徴的な変化が認められ、それを踏まえてマスマーブメントの発生を予測できることが示された。

上記の結果に基づいて、 $I-D$ と $SWI$ を併用してマスマーブメントの警報をリアルタイムで発する手法を提案した。 $I-D$ は簡便に活用できるが、先行降雨の詳細といった情報を扱うことができない。 $SWI$ はこの点を補うものであり、その適用はより複雑ではあるが、両指標をともに用いるべきことを指摘した。

本論文で検討した172の斜面崩壊について、衛星画像を用いて各崩壊の範囲を認定し

て地図化した。さらに崩壊の深さと体積を経験式を用いて推定した。これらの値と降雨データとを比較した結果、深層崩壊は長期間・中強度の降雨で生じやすく、表層崩壊は短時間・高強度の降雨で生じやすいことが示された。一方、崩壊の規模と頻度の関係を調べたところ、台湾では他地域に比べて大規模な崩壊の相対的な比率が高いことが判明した。

次に台湾の 17 の主要な河川流域について、過去の 15 回の台風襲来の際に生じたマスマーブメントと土砂流出の関係を検討した。土砂流出のデータは台湾の水資源局が行った浮遊土砂量の計測値を用いた。分析の結果、降雨量の増大とともに土砂流出が増大するが、土砂流出に最も寄与する要素は降雨の強度よりも総量であることが判明した。また、広大で急峻な流域ほど土砂流出量が多いが、他の流域でも日雨量が増えると土砂流出が急増する傾向が認められ、このようなメカニズムが世界的にみても多量の土砂流出に寄与していると判断された。一方、台風による降雨イベントで生じた斜面崩壊の規模と、その際の土砂流出の相関はあまり高くなく、以前から流域内に蓄積されていた土砂の再移動の影響が強いことが示唆された。

以上の内容からなる本論文は、台湾全土におけるマスマーブメント、降雨、土砂流出の関係を最新のデータを用いて初めて総合的かつ統計的に検討した最初の事例であり、客観性の高い結果を得ていると考えられる。台湾は世界の中でマスマーブメントが最も活発な地域の一つであるため、成果は国際的な意義を持つ。また、日本で考案された *SWI* 初めて海外の地域に適用し、その有効性を示したことは、日本の科学の国際的な貢献という点でも意味がある。

なお本論文の第 3～5 章は、齋藤 仁、小口 高との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1974 字