

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 1 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24656287

研究課題名(和文)水食と風食の連動による土砂侵食・流出機構の解明とリスク評価への展開

研究課題名(英文)Soil erosion and run-off mechanism linked with wind and heavy rainfall and its evaluation

研究代表者

安福 規之(YASUFUKU, NORIYUKI)

九州大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：20166523

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、亜熱帯化先進地である沖縄で顕在化している赤土等の土砂流出・侵食問題と風食により砂漠化が進行している乾燥地に焦点をあて、水食と風食の連動による侵食特性を明らかにすることを旨とした。その成果として、砂質土では、主に含水状態に着目し、風速と土壌損失量の関係、含水比と土壌損失量の関係の評価した。その結果、低含水比下においても、含水比の増加に伴い、表層のせん断抵抗は増加すること、また、含水比がわずかでも増加すると限界流速は40%程度増加することを明らかにした。加えて、統計的・力学的手法を組み合わせた土砂流出・侵食量予測モデルを提示し、その妥当性を降雨強度を種々変えた模型実験を通して検証した。

研究成果の概要(英文)：In this study, the erosion characteristics of sandy and clayey soils due to linkage of wind and water forces are investigated by experimental and analytical approaches in order to give a basic idea not only for combating progress of desertification in arid area, but also for solving the sediment runoff problem in Okinawa area due to heavy rainfall. At first, the relationship between wind speed and soil loss were evaluated paying attention to the initial density and water contents of sandy soils. The surface shear resistance of sandy soil increases with just increasing the water contents from almost zero initial water contents. Secondly, the limit wind speed increases about 40% comparing with the case in dry condition when the water contents of surface soil slightly increase. Furthermore, a simple model for estimating the soil loss as mainly due to rainfall is presented. The proposed model gives a good agreement with the small size model test results under various rainfall strengths.

研究分野：地盤工学

キーワード：風食・水食 土砂流出・侵食 不飽和浸透 砂漠化 土地劣化 適応策 土砂流出モデル 限界最大粒径

1. 研究開始当初の背景

2009年山口・九州北部、2010年奄美大島、2011年紀伊半島における災害など、この数年でも、想定を越える局地的集中豪雨により、人命にかかわる甚大な土砂災害が発生している²⁾。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の第4次報告によれば、このような気象状況、特に降雨・風変動の不規則性と降雨・風強度の増大は、今後も世界中で顕在化する。このため、災害外力の変動に対する災害防災力の長期的な視点からの検討は、高齢化・少子化が進むわが国においては、焦眉の急務課題である。しかしながら、水と風による侵食機構は別々に議論されることが多く、風による侵食が水食にどのような影響を与えるのか、あるいはその逆の影響について体系的に検討されている例は見当たらない。

2. 研究の目的

本研究では、3年の研究期間に以下のことを明らかにすることを目的とした。

1) 水食と風食機構を連動させた新たな土砂流出・侵食量予測モデルの開発:

災害外力として風と水を想定した複合的な土砂流出・侵食メカニズムを実験を通して明らかにし、その上で、申請者らが実績を持つ統計的手法と力学的手法を組み合わせ、拡張することで水と風による侵食機構を連動させた簡易な土砂流出・侵食量の予測モデルを開発する。

2) 社会・地盤学的アプローチによるリスク評価手法の提案:

沖縄のモデル地区を対象に、1)の予測モデルを基礎として、50年~100年をスパンとした気象シナリオと社会経済シナリオに基づく、気象条件、地理情報、土質情報、社会経済指標等を反映した土砂流出・侵食のリスク評価手法を提案する。

3) 持続可能な適応策のための地域連携型の社会事業モデルの行動計画(シナリオ)を沖縄の赤土対策を事例として作成:

限られた予算と人的資源の中で、適応策を持続的なものにするための地域連携による社会事業モデルの行動計画(シナリオ)を総合的な地盤防災の視点を活かして描く。

3. 研究の方法

1) 過去の研究を整理し、現状を把握し、課題を整理する。

2) 現有する降雨装置を改良し、水食と風食の連動による流出・侵食特性を把握するための風洞型の模型チャンバー(発表概要参照)を試作する。外的影響要因として「風力と風速」、「降雨量と降雨強度」、内的影響要因として「粒度分布」、「粒径」、「初期含水比」に着目した実験条件を設定して一連の実験を実施した。

3) 2)の結果の分析と申請者らの実績を基礎として、表層地盤の粒状性を統計手法を用いて評価し、また、流出限界の土粒子径を微

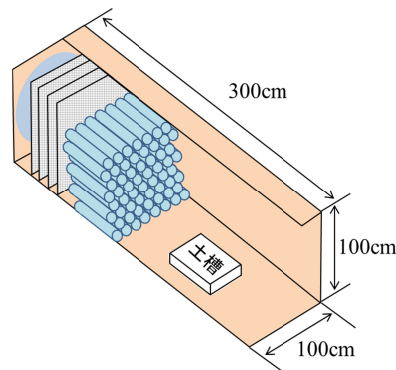


図1 試作した風洞装置

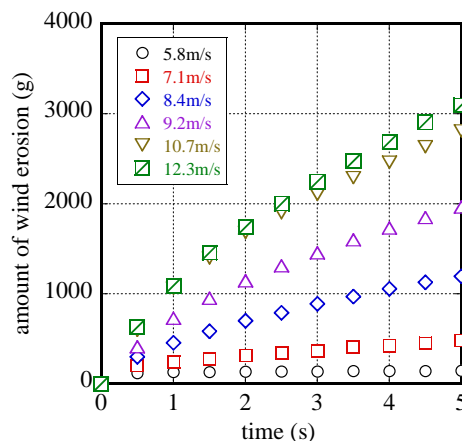


図2 風速に着目した乾燥砂の侵食量の経時変化

小粒子間の力学的なつり合いに基づいて誘導し、国頭マージからなる赤土の流出特性を評価することを試みた。

4) 50-100年後の気象・社会経済シナリオの沖縄地区へのダウンサイジングとして、全国規模で示されている、気象シナリオを沖縄地域にダウンサイジングし、50~100年後の降雨形態の把握を試みた。

4. 研究成果

3年間の研究成果として、次のことが挙げられる。

1) 水食と風食の連動による流出・侵食特性を把握するための風洞型の模型チャンバーを開発し、安定した風速条件で砂地盤を対象として行える実験環境を整えた。また、人工降雨下で赤土流出特性を調べるために、土中のサクシオンと水分量をリアルタイムで計測できる実験環境を整備した。この2種類の実験装置より、体系的な実験を行うことができるようになった。

2) 砂漠土(砂質土)と赤土(粘性土)を対象とした実験を行い、砂質土土槽では、主に含水状態に着目し、風速と土壌損失量の関係、含水比と土壌損失量の関係の評価した。その結果、低含水比下においても、含水比の増加

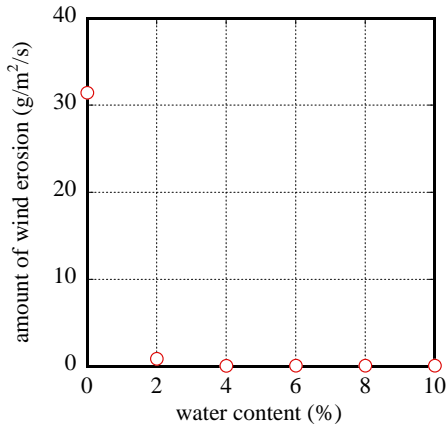


図3 含水比に着目した侵食量（中密の砂，
風速 8m/sec、送風時間 5 分間）

に伴い、表層のせん断抵抗は増加すること、それによって含水比がわずかでも増加すると限界流速は 40%程度増加することを明らかにした。また、粘性土では、降雨強さが侵食特性に与える影響を調べた。その結果、地盤の初期条件・境界条件が同じ場合、雨量に伴い表流量、流出最大粒径、赤土流出量が大きくなることを明確にした。なお、風速が粘性土の侵食特性にどのようにどの程度影響するかについては、明確な結論を得ることができず、今後の課題とした。

3) 表層地盤の粒状性を統計手法を用いて評価し、また、流出限界の土粒子径を微小粒子間の力学的なつり合いに基づいて導いた。提案式を用いれば、流出限界の土粒子径が降雨強度と表層土の物性値（粘着力 c と摩擦抵抗角）の関数として表現できることを示した。その妥当性については、室内降雨実験を通して検証した。加えて、運動の動的釣り合いを導入することで、限界粒子径と降雨強度および降雨時間の関係性を評価できる算定手法に拡張し、その予測精度を室内模型実験結果に基づいて検証した。

4) 農地からの赤土流出を最小化するための適応策を提示するために、宜野座村で現地実験を 2 年間継続して行った。その結果、風と降雨の状態にかかわらず面的な適応策と線的（流末部）な適応策を組み合わせる方法が有効であることを示すことができた。しかし、地域において最適な適応策実施のための例えばサトウキビの栽培を組み入れた栽培こよみ曆の作成にはいたらなかった。これも今後の課題とした。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 1 件)

— N.Yasufuku, K.Araki, K.Omine,
K.Okumura and K.Iwami,

Evaluation of inhibitory effect by adaptation measures for red soil runoff from farmland due to heavy rainfall, Journal of Disaster Research Vol.10, No.3, 2015

〔学会発表〕(計 5 件)

荒瀬幸太、安福規之、古川全太郎、乾燥地を想定した砂地盤の風食抵抗性に関する検討、平成 24 年度土木学会西部支部研究発表会(2013 年 3 月)
荒瀬幸太、安福規之、古川全太郎、乾燥地を想定した不飽和砂地盤の風食抵抗性に関する検討、土木学会第 68 回年次学術講演会(2013 年 9 月)、
荒瀬幸太、安福規之、古川全太郎、風速及び地盤の密度が乾燥した砂地盤の侵食に与える影響、平成 25 年度土木学会西部支部研究発表会(2014 年 3 月)
荒瀬幸太、安福規之、古川全太郎、地盤の密度および含水比が乾燥した砂地盤の侵食に与える影響、第 49 回地盤工学会研究発表会(2014 年 7 月)
荒瀬幸太、安福規之、粒径および粒度分布が砂地盤の風食に与える影響、平成 26 年度土木学会西部支部研究発表会(2015 年 3 月)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www7.civil.kyushu-u.ac.jp/geotech/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安福 規之 (YASUFUKU, Noriyuki)

研究者番号：20166523

(2)研究分担者

大嶺 聖 (OMINE Kiyoshi)

研究者番号：60248474

(3)連携研究者

(4)研究協力者

荒瀬幸太 (ARASE Kota)

古川全太郎 (FURUKAWA Zentaro)

岩見康平 (IWAMI Kohei)