

牧草地消失に伴う砂漠化（風侵食）のメカニズムに関する実験的研究

○東京電機大学大学院 学生会員 山本美樹
飛島建設（株） 正会員 福島大介
東京電機大学理工学部 正会員 中井正則

1. はじめに

風侵食による砂漠化現象は、世界中で起こっている地球環境問題の1つとして認知されておりながら、現象自体が複雑多岐にわたっているため、そのメカニズムが十分に解明されていないのが現状である。このような背景を踏まえて、本研究では過放牧などに伴って牧草地が消失する際に生じる風侵食に注目し、実験的に検討を行った。

2. 本研究の概要

本研究では、牧草地が連続的に消失する場合を対象にして、その際の砂漠化のメカニズムについて、砂丘形成の有無を含めて考察した。なお、牧草地消失プロセスとして、牧草密度が徐々に低下していくケース、および牧草地が部分的・段階的に消失していくケース（2種類：①風上側から消失、②風下側から消失）を採用した。

3. 実験装置と実験方法

実験には、東京電機大学理工学部建設環境工学科所有のゲッチング型境界層風洞を使用した。風路（断面形：1.2(m)×1.2(m)）の底部から0.4(m)の高さに図1に示すような模型土壌面を設置し、移動床領域には中央粒径 $d_{50}=0.38(\text{mm})$ の珪砂を厚さ10(cm)で敷き詰めた。なお、牧草の模型およびその配置形態は図2(a), (b)に示されている。

実験は、風速7.35(m/s)（断面中心点）で模型土壌面へ送風することによって行った。表1に実験ケースの

一覧を示す。同表のように、実験では牧草地消失の進行プロセスをパラメータとして変化させ、全ケースともに牧草の除去を3回にわたって行った（いずれのケースも最終的には全域裸地の状態に至る）。初期状態および各回の牧草除去の後にそれぞれ送風を行い（送風回数は全4回）、送風時間は各回ともに約90分とした。また、各回の送風終了後に地表面形状をX（初期状態における牧草地風上端からの距離：図1参照）=60~220(cm)の部分に限定し、両側壁付近20(cm)の領域を除いて5(cm)間隔で格子状に測定した。

4. 実験結果と考察

図3~5に、ケース1~3における各回の送風終了後の横断平均した地表面変位（初期状態からのトータルの変位）を示す。なお、同図中の縦軸の地表面変位は+が堆積を、-が侵食を表している。

ケース1は、牧草地全域にわたって牧草密度が密から疎へと徐々に低下していき、最終的には全域裸地に至るケースである。図3より、このケースでは、牧草密度が低下するにつれて侵食が徐々に激化すること、また、地表面変位が空間的にほぼ一様性を保つことが確認できる。このように、風侵食防止に対して牧草密度の果たす役割は大きく、当然のことながら、牧草密度が密の場合に侵食緩和効果が大きいと言える。また、地表面侵食の空間的一様性は地表面せん断応力の空間的一様性に基いており、このケースでは砂丘は形成されないと結論付けられる。

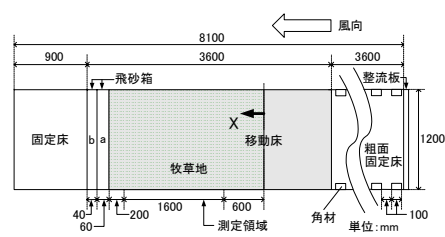


図1 模型土壌面

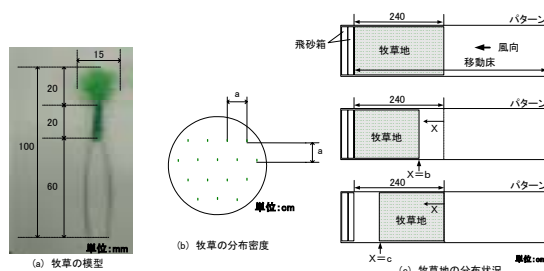


図2 牧草地の分布状況

表1 実験ケース

実験ケース	牧草地の分布状況	牧草地の消失形態
ケース1	① a = 4 ② a = 8 ③ a = 16 ④ 裸地	牧草密度の低下（密→疎）
ケース2	① a = 4 ② バターン1 バターン2 b = 75 ③ バターン2 b = 150 ④ 裸地	風上側からの部分的・段階的消失
ケース3	① a = 4 ② バターン1 バターン3 c = 150 ③ バターン3 c = 75 ④ 裸地	風下側からの部分的・段階的消失

* a(cm), b(cm), c(cm). パターン1, 2, 3は図2(b), (c)参照。

キーワード：砂漠化，風侵食，牧草地消失，砂丘，地表面せん断応力

連絡先：(住所) 350-0394 埼玉県比企郡鳩山町大字石坂 (TEL) 049-296-2911 (FAX) 049-296-6501

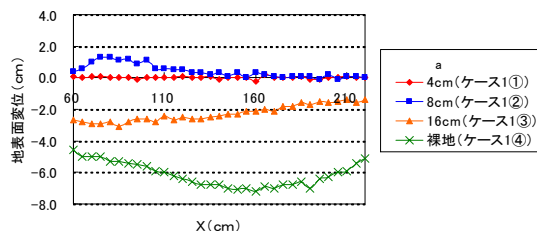


図3 地表面変位（ケース1）

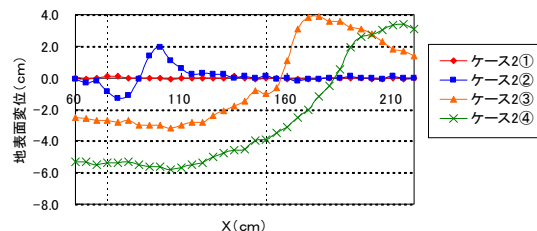


図4 地表面変位（ケース2）

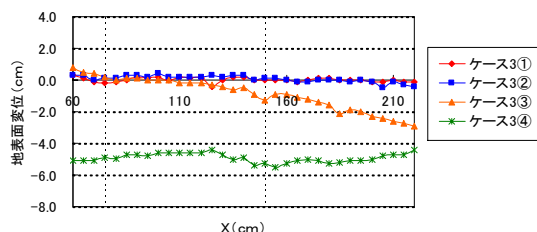


図5 地表面変位（ケース3）



図6 砂丘の様子（ケース2③）

ケース2は、牧草地が風上側から順に部分的・段階的に消失していき、最終的にはやはり全域裸地に至るケースである。なお、砂の堆積によって除去できない牧草はそのまま放置し、堆積部分の砂が風下方向に移動することによって牧草の姿が明確に現れた段階で除去した。図4より、2～3回目（ケース2②、③）の送風終了時において裸地と牧草地との境界付近に侵食が、そのすぐ風下側に堆積が生じていることがわかる（図6参照）。また、4回目（ケース2④）の送風終了時には、侵食と堆積が大規模化している。これらの侵食と堆積はケース1において見られたそれ（ケース1②：図3参照）と異なり、非常に明確であるため、ここではこれを「砂丘」と定義した。

このケースにおける砂丘形成の直接的な原因は、裸地と牧草地との境界周辺において地表面せん断応力が大きく変化することと考えられる。つまり、境界付近の砂粒子がこの部分特有の強い地表面せん断応力によって移動させられ、地表面せん断応力が限界掃流力以下に低下する、そのすぐ風下側（牧草地）に集中的に堆積するわけである。しかし、ケース2③、④の砂丘はケース2②のそれに比べてその規模が明らかに大きく、この点になんらかの別なメカニズムが介在していることが示唆される。

ケース2③、④の砂丘はいずれも、風上側にすでに砂丘（以後、前砂丘と称する）が存在する状況下で形成されたものであり、前砂丘が砂粒子の匍行を跳躍に変換し、砂粒子をより遠方（風下側）へ輸送する役割を果たしていると考えられる。すなわち、前砂丘が存在しない場合の砂丘形成は主として匍行に依っている

のに対し、存在する場合のそれは跳躍（前砂丘より風上側の砂）と匍行（前砂丘より風下側の砂）の両方に依っている。その結果、後者のケースでは前砂丘の風下側への砂の供給量が増大するため、そこにより規模の大きい砂丘が新たに形成されるものと推察される。なお、このプロセスにおいて、前砂丘は新たな砂丘の形成に伴って風下へ移動しながら消失していく。

ケース3は、牧草地が風下側から順に部分的・段階的に消失していき、最終的に全域裸地に至るケースである。図5より、2回目（ケース3②）の送風終了時には風下側の裸地に侵食がほとんど発生していないことがわかる。これは、この領域が牧草地の風下側に形成されるはく離領域に入っており、そのはく離渦が弱いと考えられる。一方、3回目（ケース3③）の送風終了時には裸地の風下部分（ $X \geq 110(\text{cm})$ ）で侵食が生じているが、これはこの領域がはく離領域の風下側であり、大きな地表面せん断応力が作用するからである。また、最終的に全域裸地に至ると（ケース3④）、全域にわたる激しい侵食が発生している。このように、牧草地が風下側より消失する場合には、風上側から消失する場合に比べて、風侵食の程度が初期には大きく軽減されるものの、最終的にはほぼ同程度になる。なお、このケースでは砂丘は形成されなかった。

5. まとめ

牧草地消失に伴う砂漠化（風侵食）のメカニズムには、①侵食型（ケース1、3）と②侵食+堆積型（ケース2）の2つが存在し、後者の場合に砂丘が形成されることが考えられる。