

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05950

研究課題名(和文) 外来牧草の侵略性及ばす放牧家畜による地表攪乱の影響

研究課題名(英文) Effects of bare land formation by grazing animals on increase of invasive foreign plants

研究代表者

西脇 亜也 (Nishiwaki, Aya)

宮崎大学・農学部・教授

研究者番号：60228244

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：放牧草地には外来牧草に侵略される草地と、侵略されない草地が存在する。この違いが生じる理由を知ることが外来牧草を適切に管理する上で重要である。そこで、家畜による攪乱の影響を被食とそれ以外(蹄傷、糞)に分離する禁牧区を用いた競争実験を行った結果、禁牧区だけでなく被食のみ区でも外来牧草が有意に減少した。次に、ポット栽培による競争実験を行った結果、馬糞を加えない場合は外来牧草が在来植物(シバ)に対して競争的に優位とならなかったが、馬糞の存在下では、外来植物が競争的に優位となることが明らかとなった。

以上の結果をまとめると、放牧家畜による攪乱の中でも特に馬糞が外来牧草の侵略性を促進することが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本は牧草種子のほとんど全てを外国から輸入しているが、これらの牧草は、環境省の「我が国の生態系等に被害を及ぼすおそれのある外来種リスト」に含まれている。日本には外来牧草の侵略が進行する草地と、侵略が進行していない草地が存在するが、外来牧草が「侵略的外来種になる条件」を知ることが、有用な外来牧草を適切に「制御」して利用・管理する上で重要である。そこで、ポット栽培競争実験を実施したが、予想に反し、外来牧草は在来植物との競争に常に負ける結果となった。競争に弱い外来牧草が放牧草地を侵略できるのはなぜか？この謎を解くために、放牧家畜による攪乱を制御・再現する新規の方法を開発して野外操作実験を実施した。

研究成果の概要(英文)：There are two types native pasture in Japan. The one type is easily invaded and the other type is hardly invaded by foreign pasture plants. To know the reason of difference between two types pasture is important for adequate control of useful foreign pasture plants. I already conducted competition experiment between a foreign pasture plant and a native pasture plant by using pot cultivation methods. Against my prediction, a foreign pasture plant failed to a native pasture plant. Therefore, "Why weak foreign pasture plant invaded native pasture?" is my research question. To answer this question, I conducted competition experiment in a field by using some new treatments for controlling disturbances of grazing horses. Vegetation survey during two years treatment showed the positive effect of horse dung for dominance of foreign pasture plants. This result suggested that disturbances of grazing animal is needed for dominance of foreign pasture plants.

研究分野：草地生態学

キーワード：放牧地 生態系 外来種 攪乱 野外操作実験 競争 在来種 種多様性

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

日本は牧草の種子のほとんど全てを外国から輸入しており、外来牧草の侵略が進行する在来野草の放牧地が存在することが明らかになってきた。しかし、他の外来種と同様に、外来牧草が侵略的外来種になる条件は不明であり、「制御」することが困難な状況となっている。

### 2. 研究の目的

「外来牧草が侵略的外来種になる条件は何か？」を知ることが本研究課題の学術的「問い」である。この「問い」に答えることは、有用な外来牧草を適切に「制御」して利用・管理する上で重要である。しかしながら、この問いに答えることは容易ではない。通常のポット栽培による競争実験では放牧地での家畜による地表攪乱の影響を十分に再現できていないために外来牧草は在来植物との競争に常に負けたと考えられる。例えば、放牧地では馬糞や蹄傷による裸地が形成されるが、もしも、外来牧草の方が在来植物よりも裸地への侵入速度が速い場合には、外来牧草の侵略が進行すると予測される。そこで、裸地形成を制御した野外実験と、ポット実験によって、外来牧草が侵略的外来種になる条件を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

(1) **野外実験**：宮崎県都井岬において10数年間の長期調査によって明らかとなった、外来牧草の侵略が進行せず在来植物の種多様性が高い草地(扇山)と、外来牧草の侵略が進行し在来植物の種多様性が低い草地(小松ヶ丘)を野外実験対象とした。小松ヶ丘で数年間の禁牧処理を行った結果、在来植物が増加し、外来牧草が消失したが、プロテクトケージによる禁牧は、被食も馬糞や蹄傷による裸地形成も制限してしまう。そこで、新規に金網が無い枠組みだけのプロテクトケージ(縦横高さそれぞれ50cm)を制作して放牧地に設置すれば、馬は頭をケージ内に入れることが可能なので草は被食されるが、体全体や足はケージ内に入れることが困難なので馬糞や蹄傷による裸地形成は制限される。そこで、このケージと、金網でガードされたプロテクトケージ(被食も裸地形成も制限)をそれぞれ複数個設置してケージ内外の植生調査を定期的に行うことで、外来牧草の消失に対して、被食制限と裸地形成の制限のどちらの効果が大きいかを明らかにできると考えられる。

(2) **ポット実験**：以前に行ったポット栽培による競争実験では放牧地での馬糞や蹄傷による裸地形成を想定しなかったために、外来牧草は在来植物との競争に常に負けたと考えられる。そこで、ポット栽培による置換型競争実験に馬糞と蹄傷による裸地形成の因子を追加する新たな工夫を考えた。まず、1/5000aポットに黒ボク土を充填して植物を隙間無く植栽して栽培する。単植区には、在来植物(シバ)もしくは外来牧草(カーペットグラス)を植栽し、混植区には、在来植物(シバ)と外来牧草(カーペットグラス)をそれぞれ植栽する。これら通常の単植区と混植区に加えて、馬糞散布処理や模擬蹄傷処理を加えた。

### 4. 研究成果

#### (1) 家畜による攪乱の影響を被食とそれ以外(蹄傷、糞)に分離した競争実験結果

競争に弱い外来牧草が放牧草地を侵略できるのはなぜか？この謎を解くために、放牧地での家畜による攪乱の影響を被食とそれ以外(馬糞、蹄傷)に分離する放牧制限処理(写真1)を行った。草の被食は制限されないが馬糞や蹄傷による裸地形成は制限されるプロテクトケージ(被食のみ区)と、被食も裸地形成も制限されるプロテクトケージ(禁牧区)と放牧区をそれぞれ4個、2018年秋に設置しその後2年間、枠内の植生調査を行った。

その結果、放牧区では外来牧草の優占が持続したが、被食と裸地形成をともに制限した禁牧区では設置後 1 年後にはチガヤやシバなどの在来植物が優占して、カーペットグラスやバヒアグラスなどの外来牧草はほとんど消失し、被食のみ区でも在来植物の優占度が増加して外来牧草が減少したが、設置後 2 年後でも放牧区と禁牧区の間程度であった。放牧家畜による被食以外の攪乱（馬糞、蹄傷）が外来牧草の侵略性を促進することが示された。この結果は、被食よりも被食以外（馬糞、蹄傷）の攪乱の方が外来牧草の侵略を促進することを示唆すると考えられた。しかし、2020 年の秋でも被食のみ区における在来イネ科植物と外来牧草の被度%は変化していて競争の決着がついていなかった。この結果から、被食は外来牧草の維持に貢献していると考えられ、少なくとも今後の 2 年間は処理区を補修（交換）しながらの継続調査が必要であると考えられた。禁牧区だけでなく被食のみ区でも外来牧草が減少したことから、放牧家畜による被食以外の攪乱（馬糞、蹄傷）が外来牧草の侵略性を促進することが示された（図 1, 2；西脇 2020 に 2020 年のデータ追加）。これは、馬糞か蹄傷（or 両方）の方が被食よりも外来牧草の侵略を促進する効果が大きいことを示した初めての結果である。



写真1 放牧区と禁牧区、被食のみ区

李ら（2019）と李ら（2020）は、野草放牧地においては頻繁に裸地形成がなされることを報告した。草の生育が盛んな暖季ではなく、草の生育が停止する寒季に裸地形成がなされることも報告している。都井岬においては、寒季（冬季）だけでなく、秋季でも裸地形成がなされていた。



写真2 2種類のプロテクトケージ区と放牧区（2019年）

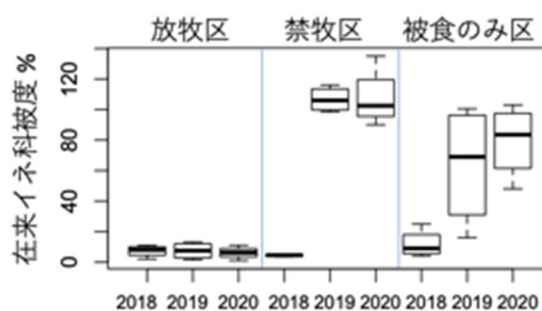


図1 2年間の放牧制限処理結果（在来イネ科）

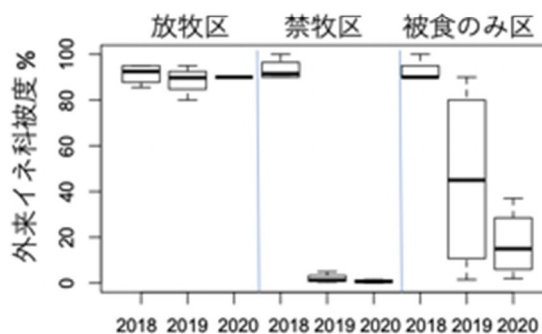


図2 2年間の放牧制限処理結果（外来イネ科）

表1. 2018年秋から2020年秋までの2年間にけるイネ科植物の平均被度%の変化

	放牧区			禁牧区			被食のみ区		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
チガヤ	1.5	2.0	1.1	1.8	92.0	79.5	3.0	48.8	53.8
ケカモノハシ	0.3	0.8	1.0	0.8	5.0	6.3	6.4	9.3	12.5
コブナグサ	0.0	0.0	0.0	0.1	1.3	13.8	0.0	0.3	5.3
シバ	2.4	2.9	1.5	1.3	5.6	8.0	1.5	2.8	5.5
スズメノヒエ	3.1	1.8	2.5	0.5	2.8	0.0	0.9	2.6	2.5
カーペットグラス	66.3	65.0	67.5	63.8	1.8	0.5	77.5	35.1	8.3
バヒアグラス	5.0	2.3	1.3	26.3	0.1	0.3	15.0	2.8	1.5
センチピードグラス	20.1	21.4	21.3	3.3	0.1	0.0	0.0	7.5	7.5



写真3. 2019年7月(左)と11月(右)のUAV空撮画像

写真3に示したように、都井岬の扇山の固定試験地(3m×10m)において、春から夏に馬糞の落下量が多かった地点で秋における外来牧草の優占度が大きく増加した。この観察結果は、馬糞によって生じた裸地が外来牧草の侵入を促進することを強く示唆する。過去数十年間にミサキウマの頭数が増加して放牧圧が増加したことが、小松ヶ丘における外来牧草の侵入と優占化、および種多様性の減少の一因であると考えられた。放牧区では外来牧草の優占が持続したが、禁牧区ではシバやチガヤなどの在来植物が増加して外来牧草は消失した。被食のみ区でも在来植物が増加して外来牧草が減少したが、禁牧区よりも植生構成の変化は緩やかであった。これらの結果は、放牧地における馬糞や蹄傷による裸地形成が被食よりも外来牧草の侵略を促進するが、被食も外来牧草の維持に貢献することを示すと考えられた。

## (2) ポット栽培による在来植物のシバと外来植物のカーペットグラスとの競争実験

過去の実験と同様の組み合わせのデータを用いて1個体当たりの被度に関する分散分析を行った結果、主効果である月は有意であったが、競争と種は有意では無かった(表2)。一方、攪乱条件を加えた結果に関する分散分析の結果、主効果である月と糞、密度、種は有意であった。そして、競争×種、密度×種、密度×競争×種、糞×密度×種の交互作用も有意であった。1個体当たりの地上部重に関する分散分析の結果も被度とほとんど同様であったが、糞×種、糞×密度の交互作用も有意であった。以上より、低密度や糞有りの攪乱条件での競争においては、シバに対するカーペットグラスの優位性が高まることが示された。

攪乱条件を加えない競争では、外来植物であるカーペットグラスが在来植物であるシバに対して競争的に優位であるとは言えなかったが、低密度条件や糞有りの攪乱条件での競争ではシバに対するカーペットグラスの優位性が高かった。また、糞の効果は、被度よりも地上部重に対する方が大きかったが、これは、全窒素濃度の分析の結果から見て、馬糞は肥料成分が豊富であり、カーペットグラスの侵略性を助長していると考えられた。これらの事から都井岬における外来植物の侵略性には、野生馬の蹄による裸地形成や馬糞が大きく関わっており、野生馬による攪乱が大きい場合には外来植物がより有利になると考えられる。



写真4 点格子法

表2 刈り取り後被度に関する分散分析表-高密度・糞無し(6-11月)

	自由度	平方和	平均平方和	F値	P値
月	1	34.45	34.45	16.203	0.000102 ***
競争	1	4.95	4.95	2.328	0.129773
種	1	7.56	7.56	3.557	0.061832 .
競争×種	1	135.73	135.73	63.834	1.15E-12 ***
残差	115	244.53	2.13		

有意性: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 0.5 ' ' 1.0

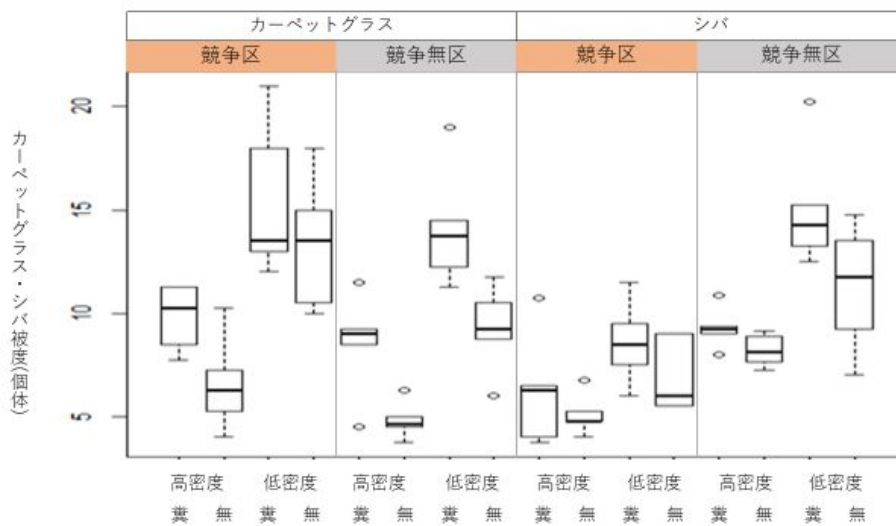


図4 刈り取り後被度に対する種と競争、密度、糞の影響(11月)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 李 曉琴, 宋 維茹, 宋 仁徳, 李 国梅, 山本直之, 西脇亜也	4. 巻 63
2. 論文標題 青海チベット高原の放牧密度が高い草地における裸地発生状況について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本暖地畜産学会報	6. 最初と最後の頁 5-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11461/jwaras.63.5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 坂上清一, 西脇亜也, 福田栄紀	4. 巻 66
2. 論文標題 黒毛和種母子牛の夏季放牧にともなうミヤコザサ草地の葉部現存量と家畜生産性の経年変化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本草地学会誌	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14941/grass.66.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nomura, Y., Yasuda, K., Nishiwaki, A., & Tominaga, T.	4. 巻 18
2. 論文標題 Reciprocal transplant experiments testing the performance of common and early flowering types of <i>Imperata cylindrica</i> in Japan.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Weed Biology and Management	6. 最初と最後の頁 167-175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/wbm.12164	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Dong, H., Green, S. V., Nishiwaki, A., Yamada, T., Stewart, J. R., Deuter, M., & Sacks, E. J.	4. 巻 11
2. 論文標題 Winter hardiness of <i>Miscanthus</i> (L): Overwintering ability and yield of new <i>Miscanthus</i> × <i>giganteus</i> in Illinois and Arkansa	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 GCB Bioenergy	6. 最初と最後の頁 691-705
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/gcbb.12588	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 李 曉琴, 宋 維茹, 宋 仁徳, 李 国梅, 西脇亜也	4. 巻 64
2. 論文標題 青海チベット高原の野草地におけるヤクと緬羊の放牧実験区における裸地率の変動. 日本暖地畜産学会報	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本暖地畜産学会報	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11461/jwaras.64.13	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 古川海人, 西脇亜也
2. 発表標題 外来植物と在来植物との競争に及ぼす野生馬による攪乱の影響
3. 学会等名 第51回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西脇亜也
2. 発表標題 野生馬放牧地における野外操作実験による外来牧草の侵略条件の解明
3. 学会等名 第51回種生物学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西脇亜也
2. 発表標題 ミサキウマ放牧地に設置した2種類のプロテクトケージによる禁牧が外来牧草の優占度に与える影響の違いについて
3. 学会等名 2020年度日本草地学会静岡大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hanif Afzali, Aya Nishiwaki
2. 発表標題 Use of handy-held NIR sensor to estimate water status of leaves and soils
3. 学会等名 2018年度日本リモートセンシング学会九州支部大会講演要旨集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Xiaoqin Li, Weiru Song, Rende Song, Guomei Li, Aya Nishiwaki
2. 発表標題 The relationship of RGR between animal BW and grass biomass in Qinghai Tibetan plateau, China
3. 学会等名 Proceedings of the 7th Japan-Korea-China Grassland Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Weiru Song, Xiaoqin Li, Rende Song, Guomei Li, Aya Nishiwaki
2. 発表標題 Use of hand ;held devices to estimate green biomass of pastures in Japan and China
3. 学会等名 Proceedings of the 7th Japan-Korea-China Grassland Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西脇亜也, 益満美里, 宋 維茹
2. 発表標題 光の反射を用いた緑色現存量の測定方法間の比較
3. 学会等名 2019年度日本草地学会広島大会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 西脇亜也
2. 発表標題 競争に弱い外来牧草が放牧地生態系を侵略する条件の解明
3. 学会等名 三学会合同宮崎大会2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 西脇亜也 分担執筆（根本 正之，山田 晋，田淵 誠也 編）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 440
3. 書名 在来野草による緑化ハンドブック： 身近な自然の植生	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
中国	中国青海省玉樹ヤク総合試験場	中国青海省玉樹草地センター	