

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 12 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26340073

研究課題名(和文) 沙地修復を目的とした低木類の分布と土壌微環境因子の関係解明

研究課題名(英文) Relationship of shrub distribution and soil properties in Horqin Desert

研究代表者

康 峪梅 (KANG, Yumei)

高知大学・教育研究部総合科学系生命環境医学部門・教授

研究者番号：70284429

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：中国内モンゴル自治区のホルチン地域は本来草原が分布する気候であるが、最近百年あまりの過度な人間活動により草原が破壊され、沙地に変貌した。沙地化は主産業の牧畜業に壊滅的な打撃を与え、砂嵐や黄沙の発生など深刻な環境問題を引き起こしている。これら沙地の修復はいわば砂漠化を止める最後の砦といえる。本研究ではまず沙地に生育する低木類と土壌微環境因子の関係を検討した。その結果、沙丘の斜面と頂上は低地より土壌の養水分含量が低く、低木類が多いことが明らかになった。また、沙地で低木類牧草アルファルファの現地品種(Aohan)の栽培を試み、成功した。自生の低木類植物の栽培は沙地修復効果が大きいことが示された。

研究成果の概要(英文)：The Horqin area in the Inner Mongolia of China is a climate where the grasslands are originally distributed, but the grassland has been destroyed by excessive human activities of recent centuries and transformed into desert. The desertification gave catastrophic blow to pastoral livestock industry, causing severe environmental problems such as sandstorm and yellow sand generation. Restoration of these sandy areas can be said to be the last fort to stop desertification. In this study, we first examined the relation between shrubs growing in desert area and soil micro environmental factors. As a result, it was revealed that compared to lowland, the slope and top of desert dunes had lower nutrient and moisture contents in soil and more shrubs. In addition, we succeeded in cultivating the local varieties (Aohan) of shrub Alfalfa in sandy soil. It was shown that cultivation of autogenous shrub plants had a great effect on restoration of desert.

研究分野：土壌環境学

キーワード：中国 内モンゴル ホルチン沙地 低木 牧草 アルファルファ 窒素 土壌

1. 研究開始当初の背景

中国内蒙古自治区のホルチン沙地は日本から最も近い砂漠で、黄砂による近隣諸国への影響は年々増している。ホルチン沙地は総面積が4.23万km²で、最近百年余の人為的な作用によって草原が減少・消滅した砂漠化した場所である。そのため、中国では気候的になるべくしてなっている自然砂漠と区別して、沙地と呼ぶ。このように、沙地は気候的には草原が分布し、人々の生活の息吹が感じられる場所であり、適切な方法を取れば、緑の草原に戻せる可能性が残っている。現にホルチン地域は約三百万人の人口を抱え、軽工業、農業、及び小規模の牧畜業を営んでいる。しかし、土壌の砂質化、流沙によって覆われる面積の増加、砂嵐の頻発、地下水位の低下など深刻な環境問題が進行しており、生態環境は危機的な状況にある。この地域での砂の固定、植被の回復は喫緊な課題である。

2. 研究の目的

本研究は沙地で生育する低木類に着目し、低木類の分布と土壌微環境因子との関係を解明し、最終的には沙地修復のモデルを構築することを目的としている。

3. 研究の方法

(1) 沙地における低木類の分布特性の解明

本研究の調査地である内モンゴル自治区通遼市はホルチン沙地(図1)の中央に位置し、年平均降水量が約400mmで、調査を行った夏季には東南の季節風が吹く。2014年8月に通遼市近郊のノグスタイとバインモドゥの砂丘にそれぞれ約250mと120mのトランセクトを設置した(図2)。測量後、5m×5mのコドラートを各々5地点設け、植生調査を行った。また、各コドラートから0-5cmと5-15cmの土壌試料をそれぞれ3点ずつ採取し、土壌の一般理化学分析を行った。加えて2015年8月にバインモドゥに約80mのトランセクトを比高8mと4mの二つの砂丘をまたぐように設置した(図3)。また、勾配の異なる2つの北斜面には斜面上部、中部、下部と3地点ずつ5m×5mのコドラートを設置し、2014年と同様の植生調査と土壌分析を行った。



図1 調査地

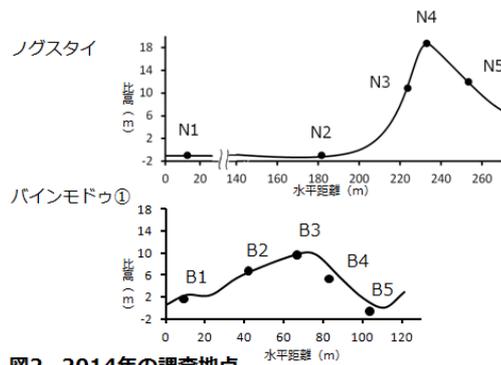


図2 2014年の調査地点

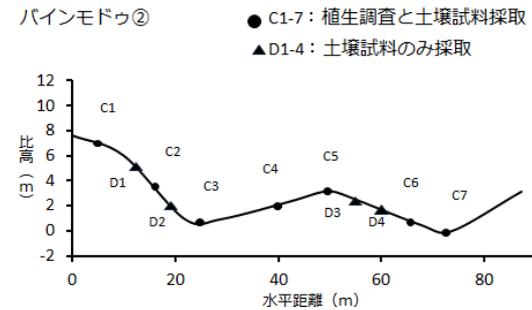


図3 2015年の調査地点

(2) 低木類牧草アルファルファの栽培試験

ホルチン沙地に位置する通遼市モリビョウ村南の農地でアルファルファ (*Medicago sativa*) の栽培試験を行った。2015年6月に3.3haの農地に現地品種 (*Ohan*) 35kgを直播した(図4)。図5は2016年アルファルファの生育の様子を示している。

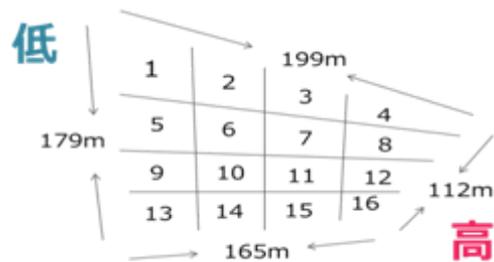


図4 アルファルファ栽培試験地



図5 アルファルファの生育の様子

農地を16区画に分け(図4)、2015と2016年8月にそれぞれ一区画につき5地点、0-15cmの深さより土壌試料を採取し、理化学性を測定した。また、アルファルファの草丈を各区画で30個体測定した。さらに、16区画に対角線で1m²のコドラートを8つ設け、収量調査を行った。

4. 研究成果

(1) 沙地における低木類の分布特性

調査した三つのトランセクトで計18科53種の植物が確認された。その内訳は低木10種、多年草31種、一年草12種で、キク科、イネ科、マメ科およびアカザ科が多く生育していた。ノグスタイの砂丘の高低差は18mで、植被率は15-90%であった。標高が最も低い地点では含水率が3.8%と顕著に高く、湿性の多年生草本が優占した。バインモドゥの砂丘の高低差は10mで、植被率は50-98%であった。南斜面と頂上では一年草と低木が、丘間低地と丘間低地へ続く北斜面では多年生草本が優占していた。バインモドゥの高低差は8mで、植被率は30-90%で、全般的に>50%であったが、北急斜面上部でのみ30%と低い値を示した(図6)。図7は植生の分布を示している。一年草本がほとんどの地点で優占していたが、低木は斜面で、多年草は最も比高の低い丘間低地と、その丘間低地に続く北緩斜面、頂上でよく生育していた。三つのトランセクトに共通して、低地では植被率が高く、多年生草本が優占する傾向にあった。一方、砂丘の頂上と斜面では植被率が低く、低木類と一年生草本が優占する傾向にあった(図7)。

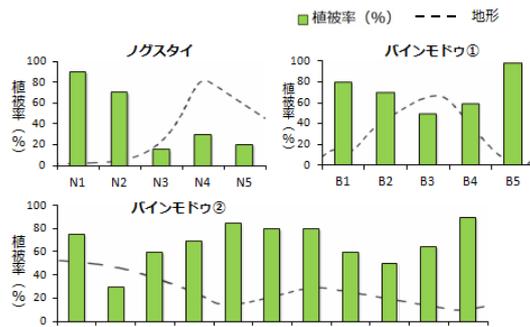


図6 各トランセクトの植被率

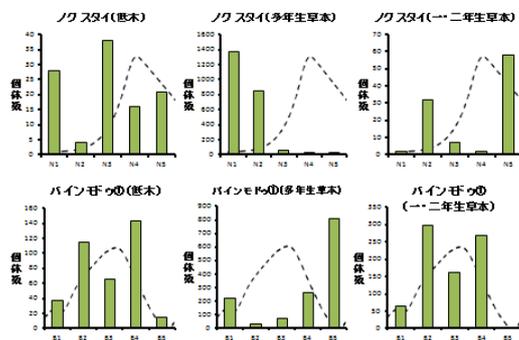


図7 ノグスタイとバインモドゥ①の植生分布

土壌の含水率は低地になるほど高くなる傾向を示し(図8)、EC、全炭素、全窒素、交換性Ca、Mg、K、有効態リン酸は植被率と正の相関を示した。砂丘頂上と斜面では粗砂含量が高く、低地で細砂、シルト及び粘土含量が高い傾向を示した(図9)。また、細砂含量は南斜面よりも北斜面で高く、シルトと粘土含量は緩斜面よりも急斜面下部で高い値を示した。以上の結果から、含水率の高い低地では多年生植物がよく生育し、安定して有機物の添加が期待できる。また、低地では土壌の流亡が少ないため、粘土やシルト含量が高く、養水分の保持力も高いと考えられる。一方、砂丘の頂上と斜面では、土壌の流亡が激しいため養水分が乏しく、植物の生育が悪く定着し難いと推察され、特に急斜面でこの現象が顕著である(表1、表2)。

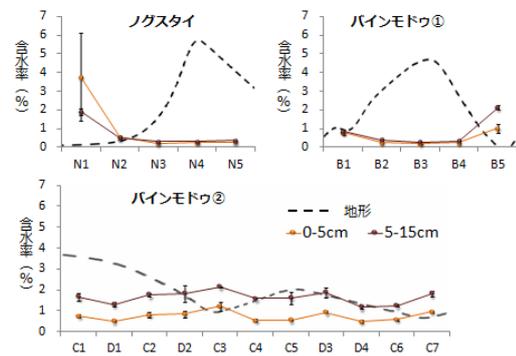


図8 土壌の含水率

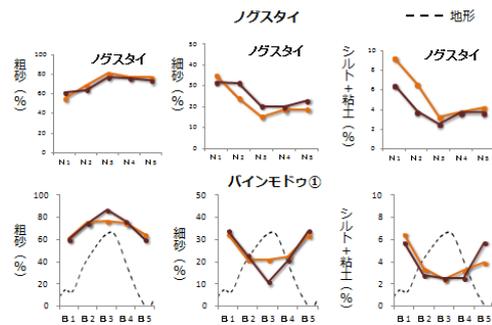


図9 土壌の粒径組成

表1 土壌の化学性(表層0-5cm)

	ノグスタイ					バインモドゥ①				
	低地	低地	南斜面	頂上	北斜面	低地	南斜面	頂上	北斜面	丘間低地
pH	N1	N2	N3	N4	N5	B1	B2	B3	B4	B5
	6.75	6.71	6.76	6.81	6.78	7.50	7.11	7.32	7.22	7.06
TC	12.67	5.95	1.14	2.74	2.14	6.65	1.88	0.93	2.57	11.18
TN	1.12	0.53	0.14	0.26	0.23	0.62	0.22	0.12	0.25	0.92
CEC	5.42	2.67	1.50	2.21	2.04	4.06	1.83	1.83	1.92	4.54
Ex.Ca	5.56	2.85	1.41	1.96	1.48	5.27	1.40	1.19	1.88	4.40
Ex.K	0.47	0.37	0.17	0.17	0.17	0.25	0.22	0.17	0.23	0.38
Ex.Na	0.32	0.30	0.22	0.18	0.15	0.12	0.13	0.19	0.13	0.09
Ex.Mg	1.13	0.59	0.32	0.45	0.33	0.82	0.40	0.29	0.46	0.74
有効態P	23	22	11	15	11	33	15	6	17	26

表2 土壌の化学性 (下層5-15cm)

	ノグスタイ					バインモドゥ①				
	低地	低地	農科草	頂上	北科草	低地	農科草	頂上	北科草	自然低地
	N1	N2	N3	N4	N5	B1	B2	B3	B4	B5
pH	6.85	6.95	6.86	7.05	6.94	7.59	7.09	7.32	7.29	7.09
TC g kg^{-1}	7.16	2.20	0.69	1.67	1.83	4.21	1.35	0.93	1.41	9.71
TN g kg^{-1}	0.66	0.23	0.11	0.17	0.19	0.41	0.16	0.12	0.16	0.87
CEC $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$	3.96	2.29	1.67	2.13	2.25	3.17	1.92	1.42	2.08	4.75
Ex.Ca $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$	4.31	1.89	1.15	1.42	1.12	3.29	1.30	1.19	1.54	5.28
Ex.K $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.31	0.31	0.12	0.15	0.13	0.21	0.16	0.17	0.18	0.30
Ex.Na $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.35	0.24	0.19	0.15	0.18	0.14	0.14	0.19	0.06	0.09
Ex.Mg $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.85	0.44	0.28	0.32	0.30	0.61	0.31	0.27	0.35	0.82
有効態P mg kg^{-1}	14	10	7	12	8	20	12	7	10	18

図10はノグスタイとバインモドゥで出現した低木の分布を示している。この二つのトランセクトで出現した低木は9種で、種数はN4やN5、B3の斜面や頂上で多く、低地で少なくなる傾向を示した。出現回数の最も多い低木は*A.halodendron*で、低地から斜面頂上まで幅広く生育していた。*C.thesioides*はN2、B3、B4で出現したが、N2は低地であるが、含水率が0.5%以下と低く、この低木は含水率が低いところで生育することが示唆された。*L.davurica*は低地から斜面頂上にかけて生育していたが、その個体数は相対的に含水率の高いN1とB5で多く、この低木は含水率の高いところで生育することがわかった。また、*C.thesioides*、*E.sinica*、*A.halodendron*、および*P.sepium*は斜面や頂上で、*S.gordejevii*は低地でみられた。以上の低木の分布は、表記していないバインモドゥでも同様の傾向を示した。

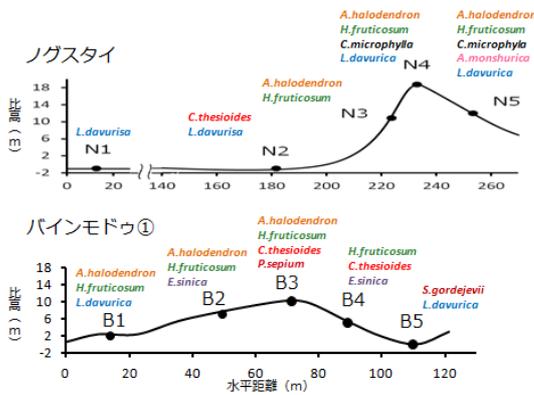


図10 砂丘に分布する低木類植物



図11 出現地点の多い低木種

砂地修復は、砂丘頂上や斜面に植物を定着させることが重要である。本研究で砂丘頂上や斜面において低木の *Artemisia halodendron* が多く分布していることが分かった。この低木は耐乾性を持ち、根茎による栄養繁殖をすることが知られており、砂丘修復の先駆植物として期待される。

(2) アルファルファ栽培の結果

2015年と比較して、2016年に土壌のpH、ECは低く、含水率、全炭素、全窒素、および有効態P含量は有意に高かった。アルファルファの草丈の平均値は72.5cmで、昨年の値より倍以上高く、また収量は内モンゴルの各種草原と比較して約5~50倍の11.5 t/haであった。収量は土壌の全窒素含量と有意な正の相関を示し、マメ科植物であるアルファルファの窒素固定によると考えられる。土壌の一般理化学性を用いて主成分分析を行ったところ、主成分1はpH(KCl)、EC、含水率、全炭素、全窒素、有効態Pと高い正の相関を示し、土壌養分に関連する主成分であることがわかった。主成分2はC/Nと高い正の相関を、全窒素と高い負の相関を示したことから、窒素含量に関する主成分であると考えられた。

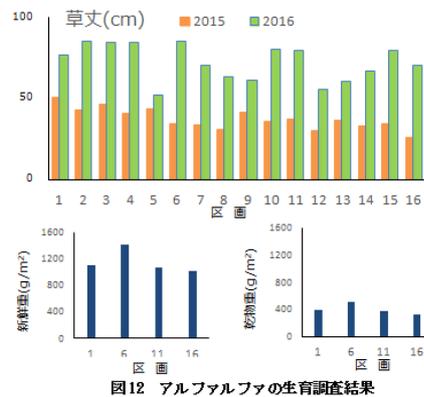


図12 アルファルファの生育調査結果

表3 アルファルファ栽培土壌の理化学性

区画	含水率(%)	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	EC(mS/m)	全炭素(g/kg)	全窒素(g/kg)	有効態P(mg/kg)
1	1.86	8.92	8.45	9.78	5.77	0.42	15.9
2	1.04	9.13	8.72	6.09	2.30	0.22	8.3
3	1.05	8.88	8.54	6.50	3.26	0.28	15.3
4	1.16	9.12	8.43	6.65	2.41	1.09	13.4
5	1.33	9.17	8.53	8.42	4.42	1.12	17.8
6	1.18	9.13	8.49	7.14	2.86	1.04	13.0
7	0.87	9.21	8.48	6.10	2.14	0.18	12.5
8	0.76	8.95	7.71	4.39	1.92	0.18	8.7
9	0.99	8.98	8.53	7.28	3.15	0.21	10.9
10	1.08	9.03	8.52	7.05	3.29	0.24	12.4
11	1.6	8.75	8.29	7.15	3.80	0.39	14.5
12	0.81	8.53	7.56	3.82	1.93	0.19	7.8
13	1.16	9.22	8.59	7.68	3.77	0.27	14.2
14	0.91	9.05	8.49	6.63	2.74	0.21	14.1
15	1.18	8.97	8.31	5.72	1.95	0.19	10.7
16	1.18	8.50	7.11	4.09	1.71	0.19	8.5
平均	1.14	8.97	8.30	6.53	2.96	0.40	12.4
標準偏差	0.28	0.22	0.44	1.55	1.09	0.34	3.0

ほぼ全ての区画で土壌の全窒素量が増加していたことから窒素固定の効果が顕著に出てと推察され、アルファルファ栽培によって砂地土壌の養分状態が改善されていることがわかった。アルファルファは2015年より個体が大きくなっており、収量は内モンゴ

ルの各種草原よりかったので、今後継続して栽培を行うことでさらなる土壌の改善が見込めるのではないかと考えられる。

本研究で三年間現地調査を行う中、ホルチン沙地の修復の対象として二つのタイプがあることが分かった。一つは本研究の対象とした放牧地としての砂丘で、もう一つは農耕地として利用されているか利用したのちに放棄された土地である。前者は多くの場合禁牧の対策が取られているが、違反行為が多いようだ。後者の場合は半年以上あるいは一年中裸地状態となっている。放牧地は条例上栽培が許可されないなどの制限があり、また使用中の農耕地は農作物の栽培に優先的に使われる。従って、修復にすぐに着手できるのは放棄農地である。これらの沙地にアルファルファのような低木類を栽培することで、植被を回復させ、根系によって砂を固定することは可能と考えられる。

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 3 件)

1. 康峪梅: ホルチン沙地における低木類の分布と土壌微環境因子の関係。アグリバイオ, Vol.1(5), 2017. 査読無
2. Jun Yang, Yumei Kang, Katsutoshi Sakurai, Kouhei Ohnishi and Siriguleng, 2016. Change of Soil Microbial Biomass C, N between Longtime Free Grazing and Exclosure Pasture in Semiarid Grassland Ecosystem in Tongliao and Chifeng of Inner Mongolia. J Bioremediat Biodegrad 2016, 7:3 DOI: 10.4172/2155-6199.1000347 査読有
3. Jun Yang, Yumei Kang, Katsutoshi Sakurai & Kouhei Ohnishi, 2017. Fixation of carbon dioxide by chemoautotrophic bacteria in grassland soil under dark conditions. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science. in press 査読有

〔学会発表〕(計 2 件)

1. Jun Yang, Shaota Fukusima, Yumei Kang, Katsutoshi Sakurai: The effect of grazing on the grassland soil microbial biomass carbon and nitrogen in Inner Mongolia, China. 日本土壤肥料学会東京大会、2014 年 9 月 9 ~ 11 日
2. 福島将太、笹田百合、楊 俊、康峪梅、櫻井克年: 沙地における低木類の分布と土壌微環境の関係。日本土壤肥料学会京都大会、2015 年 9 月 9 ~ 11 日

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 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 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

康峪梅 (KANG Yumei)
高知大学・教育研究部総合科学科・教授
研究者番号: 70284429

(2)研究分担者

櫻井克年 (SAKURAI Katsutoshi)
高知大学・その他部局・副学長
研究者番号: 90192088

(3)連携研究者

()

研究者番号:

(4)研究協力者

劉鉄志 (LIU Teizhi)
中国赤峰学院・生命科学部・教授

張衛国 (ZHANG Weiguo)
中国内蒙古民族大学・農学院・准教授

斯日古冷 (Siriguleng)
中国赤峰学院・観光学部・講師