

課題名 4D-1105 北東アジアの乾燥地生態系における生物多様性と遊牧の持続性についての研究

課題代表者名 吉川 賢(岡山大学大学院環境生命科学研究科環境科学専攻 教授)

研究実施期間 平成23~25年度

累計予算額 117,846千円(うち25年度34,985千円)  
予算額は、間接経費を含む。

本研究のキーワード 遊牧、草原生態系、群落構造、キーリソース、*Achnatherum splendens*、ストレス耐性、持続性

#### 研究体制

- (1)乾燥地生態系における植物の生理生態的特性と相互作用、および立地特性の解明(岡山大学)
- (2)乾燥地生態系の水・物質循環とシステムの安定性の解析(東京大学)
- (3)乾燥地生態系の構造と機能および空間分布についての解析(鳥取大学)
- (4)遊牧社会の構造と持続性についての社会・経済・人文学的解析(早稲田大学)

#### 研究協力機関

千葉大学、モンゴル国立農業大学

#### 研究概要

##### 1. はじめに(研究背景等)

乾燥地の降雨は時間的、空間的に分布が不均一であり、一方でスポット的に降る降雨に対して、成長速度などが植物種によって異なっている。また、乾燥地では、地形や立地特性も場所によって著しく異なっている。それらの条件あるいは事象が重なり合って、草原は異質な植生がモザイク状に分布する地域であると言える。つまり、個々の群落は単純ではあるが、時空間的スケールを広くとると、草原生態系の生物多様性は極めて高い。そして、その自然環境条件の時空間的な異質性を移動によって活用する生産システムこそが遊牧である。こうした遊牧では、干ばつや雪害などの気象災害によって植生が減少すると、これら環境条件の変動の影響を受けにくい特性を持った植物群落に家畜が集中し、資源をめぐる競争が激化する。このような植物群落をキーリソース、あるいはキーリソース(key resource)群落という。資源をめぐる競争が激化したキーリソース群落では密度依存的な死亡が家畜頭数を決定する平衡状態になるが、災害の後に植生が回復過程にある時には、家畜は草原全体に広がり、死亡は密度独立な要因によって起こる非平衡な状態になる。干ばつや雪害が繰り返される草原生態系はこのような平衡非平衡システムであり、遊牧はそうしたプロセスで草原生態系を持続的に利用してきた。したがって、キーリソースの資源量が家畜頭数を制限しているかぎり、通常の放牧地で劣化は起こらない。しかしながら、北東アジアでは、社会経済体制が変化した結果、こうした遊牧生産システムが大きく変貌したため、生産環境は大きく劣化しつつある。したがって、生物多様性を維持しながら持続的な生産環境を維持するためには、市場経済体制の下で、時代に即した新しい遊牧生産システムの構築が強く求められている。

これまで、土地の脆弱性の評価や砂漠化土地の環境修復技術のシナリオアセスメントなどの草原砂漠化対策のほとんどは、遊牧生産システムを平衡システムと見なし、適正な家畜頭数と草原の生産力の維持管理が最も重要な砂漠化対策であるとの認識の基に、様々な技術開発が行われてきた。しかし、先述したように、干ばつや雪害の影響をより強く受けるような地域では、環境収容力に対する家畜個体群の密度依存的な動態のような平衡システムを前提とした対処方針は適用困難・不十分である。そのため、草原生態系の多様性と時空間的異質性に着目し、平衡非平衡システムとして遊牧生産システムの持続性を解明する必要がある。また、そのシステムにとって重要な市場経済の影響や遊牧社会を理解するための社会学的な観点からのアプローチも欠かせな

い。したがって、自然科学と社会科学が連携あるいは融合しながら研究を進めていく必要がある。

## 2. 研究開発目的

本研究は、草原生態系の多様性と時空間的異質性が遊牧生産にとって重要である点に着目し、平衡非平衡システムとして遊牧生産システムの持続性を解明することを目的とした。特に、そのシステムの中でキーリソース群落果たす役割に注目し、その構造、機能、および動態を生態学的に、また生理学的に明らかにすることを目的とした。また、こうした生物多様性と生産環境の持続性を目標として、現在の市場経済体制に即した新しい遊牧生産システムを構築するために、経済学や社会学などの社会科学的視点から遊牧生産システムを解明することを目的とした。このように、自然科学と社会科学が連携あるいは融合しながら分析を進めていくために、4つのサブテーマを設け、それぞれ以下のように具体的な目的を設定した。

サブテーマ1「乾燥地生態系における植物の生理生態的特性と相互作用、および立地特性の解明」:

1) キーリソース植物である *Achnatherum splendens* を対象として、塩ストレスと乾燥ストレスの影響を形態的特性と生理的特性から評価する。2) 最も放牧圧を受ける冬営地に注目し、その周辺の植生の時空間変動を明らかにする。3) 冬営地の設置と移動の基準として植生構造が与える影響を明らかにするとともに、日帰り放牧実態を明らかにする。4) 家畜防護柵の設置により放牧圧が草原群落に与える影響を評価する。

サブテーマ2「乾燥地生態系の水・物質循環とシステムの安定性の解析」:

1) 乾燥地生態系の多様性と不均質性をランドスケープレベルからモデル化し、その中のキーリソース群落について、その成立過程、空間分布と経時的变化、および遊牧民活動との相互作用を明らかにする。2) キーリソースである *A. splendens* 群落形成メカニズムを地上部および地下部の成長と立地条件との関係から明らかにする。3) 衛星リモートセンシングの長期データを用いて、草地生態系バイオマスの消長と気候変動との関係を明らかにする。

サブテーマ3「乾燥地生態系の構造と機能および空間分布についての解析」:

1) 草原生態系の植物群落の構造とその機能および空間分布を立地との関係から明らかにする。2) リモートセンシングデータを利用することによって植物群落の時空間変動と気象要素の時空間変動との関係を評価する。

サブテーマ4「遊牧社会の構造と持続性についての社会・経済・人文的解析」:

1) 遊牧民がキーリソース群落をどのように利用し保全するのかを理解することによって、キーリソース群落をベースとした遊牧生産システムの安定性と草原生態系の生物多様性との関係を明らかにする。2) 伝統社会と比較することによって、現在の市場経済体制での牧畜生産が草原生態系の健全性と遊牧社会の持続性にとって適正であるかどうかを評価し、新しい遊牧生産システムを提言する。

## 3. 研究開発の方法

### (1) 乾燥地生態系における植物の生理生態的特性と相互作用、および立地特性の解明

1) 塩ストレスと乾燥ストレスが *A. splendens* 当年生実生の成長に与える影響では、栽培した *A. splendens* 当年生実生を対象として、実験的に塩ストレスと乾燥ストレス処理を行い、地上部と地下部の現存量、葉の形態、光合成量子収率、および葉の浸透調節物質濃度を測定した。2) 冬営地周辺における植生の時空間変動では、北から南にかけてダルハーン・オウール、トゥブ、ドゥンド・ゴビの三県で冬営地を選び、冬営地からの距離が異なる調査地で植物群落調査を行い、冬営地の地理的位置が植生に及ぼす影響、および冬営地からの距離が植生の及ぼす影響(放牧圧の影響)を解析した。3) 植生構造が宿営地の季節的な移動と宿営地周辺での日帰り放牧に与える影響では、GPSを利用することによって、宿営地の年間の移動を記録するとともに、家畜にGPSを取り付け1日の遊牧移動を記録した。4) 放牧圧が草原群落に与える影響では、家畜防護柵を設置し、柵外と柵内の植生の現存量と種組成の変化を継時的に調査した。

### (2) 乾燥地生態系の水・物質循環とシステムの安定性の解析

1) キーリソース群落の諸性質と遊牧民による利用との相互作用の解明では、まず遊牧民の資源利用と移動戦略のモデル化とモデルによる予測を試みた。そのために、遊牧民の家畜頭数などの経済状態を考慮して、移動コストが変化した場合の遊牧民の飼養家畜頭数と移動距離の関係をモデル化した。遊牧民の資源利用と移動戦略を実証的に検証するため、遊牧民を対象に聞き取り調査を実施し、様々な属性と干ばつ時の移動先、キーリソースの利用実態を調査した。そのときに家畜頭数に応じて大規模牧民と小規模牧民に分類した。また、キーリソース群落の植生劣化を検証するために、家畜防護柵を設け柵内と柵外の植生を比較した。2) キーリソース群落における気象水文環境の把握および水・養分循環動態の解明では、まず、マンダゴビ地域において河床から河畔斜面部上部へベルトランセクト調査区を設置して植生調査を行い、キーリソースである *A. splendens* の分布特性を解析した。次にその吸水深度を特定するため、植物体と土壌の水を抽出し、水素と酸素の安定同位体比を測定した。植物の水利用効率を検討するため、植物体の炭素安定同位体比を測定した。また、植物体

の掘り取り調査を行い、地上部、埋没株、および根に分けバイオマスを測定するとともに、土壌の粒径分布を調べた。3) 衛星リモートセンシングによる草原生態系の長期変動の把握では、衛星データから植生指標のNDVIを算出し、降水量や積雪深などの気象条件との関係を解析した。また、衛星データから、宿営地の分布と草原資源量との関係を解析した。

### (3) 乾燥地生態系の構造と機能および空間分布についての解析

1) 草原生態系の植物群落の構造とその機能の解明では、塩類が集積している低地から斜面上部に向かってベルトランセクト調査区を設置して植生調査を行い、*A. splendens*の分布特性を解析した。また、*A. splendens*の生育立地特性を踏まえ、塩類ストレスと乾燥ストレスに対する応答を見るために、葉の浸透調節物質を測定した。2) キーリソース群落の空間分布及びそれらの時空間変動と気象要素との関係性の解明では、冬季低温現象の長期解析のため、気象庁が公開している再解析データJRA-25/JCDASを用いて、冬季低温現象の時空間分布を地図化した。2000年代の植生応答を解析するため、衛星データからNDVIとGRVIの2つの植生指標を算出し、2つの植生指標軸による植生の分類を行った後、その分類されたタイプによって植生の回復状況を解析した。

### (4) 遊牧社会の構造と持続性についての社会・経済・人文学的解析

1) 牧畜の通時的変容に関しては、国家政策を含むマクロ的視点と牧畜民に主体をおいたミクロ的視点から牧畜形態および草資源利用の変容を明らかにするため、文献資料調査と現地調査を行った。2) 自然災害とキーリソースの利用と課題では、サインツァガン郡で牧畜民が中心の村を対象とし、620世帯から所有家畜頭数に基づき層化抽出法により148世帯を選び訪問し、対面式の聞き取り調査を行った。3) 国際援助機関による遊牧民グループ化についての考察では、国際援助機関の遊牧生産システムの持続性を支援する事業について文献調査と国際機関への聞き取り調査を行った。

## 4. 結果及び考察

### (1) 乾燥地生態系における植物の生理生態的特性と相互作用、および立地特性の解明

キーリソースの*A. splendens*のストレス耐性に関しては、高い浸透調節物質生産能によって、強い塩ストレスあるいは乾燥ストレスに対して光合成機能を維持することが明らかとなった。しかし、両ストレスが同時に加わると光合成機能の維持が困難であり、群落の維持にはストレス制御を考慮することが必要である。

冬営地の植生構造は北部と南部に2つに分類され、南北の境界が年変動し両者の間に移行帯が存在することが判明した。キーリソースの*A. splendens*は北部では認められず、南部で優占した。これは、北部と南部での地形の違いに起因し、キーリソースとしての重要性には地域による著しい違いがあることが示唆された。

牧民の宿営地は、暖季は年に3回から5回移動し、年により移動距離は大きく異なった。草原の現存量が多い年には、宿営地間の距離が近く移動距離も短い。日帰りの放牧距離は、給水のための移動の有無や放牧時間の長さ依存し、暖季は長く寒季は短い。採食に使う時間は季節で異なるが、草原の生産量の影響は全く受けず、家畜に対して、遊牧による移動が採食できる場所を効率よく提供できていることが示唆された。

放牧の影響としては、単子葉植物が最も主な食草で、一年生双子葉植物は採食対象となる年とならない年があることが判明した。多年生双子葉種は食草ではなく、一年生双子葉植物は単子葉植物が十分でない場合の代替資源として利用されていることも明らかになった。

### (2) 乾燥地生態系の水・物質循環とシステムの安定性の解析

遊牧民の移動戦略に関するマルチエージェントモデルを用いた理論的検証とその実証的検証から、遊牧民は貧富の差などによって異なる空間スケールの移動戦略をとることが理論的および実証的に示された。*A. splendens*群落は、干ばつ時には主に小規模・短距離移動牧民に利用され、放牧圧の影響を他の群落に比べ強く受けていることが示された。したがって、小規模・短距離牧民のセーフティネットである*Achnatherum*群落の重点的管理が干ばつに対する脆弱性を低下させることが示唆された。

キーリソースである*A. splendens*群落の生理生態特性では、乾燥時と降雨後で吸水深度が異なることが示された。また、*A. splendens*は同所的に生育する一年生草本種に比べて水利用効率が高いが、耐乾性の高い種ではないことがわかった。したがって、*A. splendens*は深度方向に広い吸水範囲を持ち、効率的に水を利用することで長期間の生育を可能にしていることが明らかになった。さらに、洪水時の河畔への細砂の堆積に対して、*A. splendens*は埋没した株から不定根を出して吸水範囲を広くしており、それが密な群落形成に寄与していると考えられた。

衛星リモートセンシングの長期データから、NDVIで表される草地バイオマスは近年明らかな低下傾向がみられ、夏季気温の上昇、降水量の減少の傾向と同調していた。これに伴い、地表面のボーエン比は漸増の傾向がみられ、地表面の乾燥化が進行していることが示唆された。

### (3) 乾燥地生態系の構造と機能および空間分布についての解析

マンダゴビ調査区では、*A. splendens*の分布は地形と関係し、水分条件の比較的良い河岸段丘の肩の部分等に出現し、強い塩類集積地には分布していなかった。さらに、*A. splendens*はグリシンベタインに依存した浸透調節を行って乾燥ストレスや塩ストレスに対応していると考えられた。

冬季極端低温現象に関しては、2000年代に変動が大きくなっており、雪害による被害を拡大させていた。2000年代の極低温現象の増大の主原因は、バレンツ海での海水面積低下に伴う高圧偏差場の形成と、それに伴う総観規模での循環場変化によるものであった。

NDVIとGRVIの二つの植生指標の散布空間特性より、植生劣化状態から回復過程のモニタリングを行う簡易な手法を開発した。同手法は景観スケール解析にも応用可能であり、適法空間スケールとしては景観スケールから大陸スケールまで対応可能である。

#### (4) 遊牧社会の構造と持続性についての社会・経済・人文的解析

通時的に牧草地利用の変化をみたところ、遊牧社会システムは大きく変わっているものの、「災害時に利用するキーリソース群落を含む草地の確保」が災害対応の一つとして一定の機能性をもって維持されていたことがわかった。その一方で、現在の非常時利用草地制度が必ずしも牧畜民の行動パターンと合致するものではないことは、キーリソース群落のより効果的利用を考えるうえで改善の余地があることを示唆した。

家畜頭数150頭以下の小規模牧民世帯は、災害に対する経済的脆弱性が高く家畜頭数を減らしやすい。災害時に移動性が低く、放牧地への負荷が高いことが推察される。少頭数の家畜を維持することは社会的持続性を高めることを考慮すると、少頭数の家畜が災害で減少しないように、域内で災害時のキーリソースである*A. splendens*の保護・管理が重要になることが明示された。一方、その中で、50頭から150頭で牧畜を続ける世帯に対しては、乾燥草原における環境面の負荷低減の基本戦略である移動性を高める支援も必要である。自らの冬营地周辺の*A. splendens*群落が保護できないため、夏から秋も移動しにくいという世帯があるので、移動先のオトル用地を確保することに加え、キーリソースである*A. splendens*の保護・管理の促進が必要であると考えられる。それに対して、150頭以上を有する大規模牧民世帯は、移動性が高いため域外の「キーリソース」としてのオトル用地(冬季や災害時のために夏季に保護され確保された草原)を利用することが可能である。したがって、オトル用地を適切に保全することによって、持続的な遊牧が可能となり、移動元のキーリソースである*A. splendens*への負荷を軽減すると考えられる。

以上の結果をもとに、下記のように考察を進めた。

経済的な貧富の差は牧民の移動性に反映され、その移動性の違いによって災害時に遊牧民の資源利用空間的スケール性の違いが生じ、それに応じて土地荒廃にも階層性のある空間パターンが生じる。すなわち、低移動性の遊牧民と高移動性の遊牧民とは、依存するキーリソースが異なり、草原に与えるインパクトも異なる。低移動性の遊牧民は、災害時に局所スケールのキーリソースである*A. splendens*群落に依存する。一方、キーリソース群落の*A. splendens*は地下水が豊富で塩類が集積していない立地に生育するため、生育適地が限定される。したがって、局所的な土地荒廃が起こり、低移動性の遊牧民による生産の持続性が懸念される。これを解決するためには、遊牧民のグループ化による共同管理を通じて、セーフティネットとしてキーリソース群落を保全する必要がある。それに対して、高移動性の遊牧民は、災害時に長距離移動によって広域スケールでのキーリソースである災害用オトルに依存する。しかしその受け入れ先オトルで大きな放牧圧を与えるため、草原の劣化や不足を引き起こす。これを解決するためには、遊牧民の移動性向上と受け入れ先での適切な資源管理が必要である。

こうして非平衡環境を前提として生態系と社会システムの不均質性とその相互作用を理解することによって、どのようなメカニズムで草原生態系の生物多様性とその持続性が維持されるのかが理解され、そうした理解の上で保全のための管理メニューが必要である。

## 5. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

これまで、放牧地生態系に対しては、生態系の平衡システムを前提とした研究が行われ、遊牧民の移動戦略を均一とした単純化しすぎた想定で、放牧地システムの動態を議論してきた。そのため、本来の生態系メカニズムとは異なった条件で、家畜頭数によって荒廃が説明され、家畜頭数制限による保全が図られてきた。本研究では、経済状況などにより、遊牧民が空間スケールの異なる移動戦略をとることを理論的および実証的に示し、それによって、土地荒廃とそれに対する対策も単一のスケールではなくそれぞれの移動戦略のスケール性に対応して検証する必要があることを指摘することができた。放牧地システム動態の解明には、資源の空間的異質性と牧民の移動戦略の複数スケールにおける相互作用を明らかにすることが必要であることを明らかにし、乾燥地生態系における理論および実証研究の発展へ大きく貢献した。同時に、非平衡環境を前提として、生態システムと社会システムの不均質性及びそれらの相互作用の十分な理解に基づいた管理メニューの提案が必要で

あることを指摘できた。

モンゴル国の遊牧にとって、気象・気候害時におけるレジリエンスを担保するキーリソースとなる*A. splendens*については、その生態が不明であった。本研究によって、立地と分布との関係、水利用特性、ストレス耐性、および群落成立メカニズムを明らかにすることができた。その成果は、キーリソース群落としての保全手法にとって有用な知見であるとともに、乾燥地生態系に自生する植物種の適応を議論するうえでも貴重な基礎的情報を提供するものであり、乾燥地植物の生理生態学的研究の発展にも大きく貢献するものである。このような乾燥地生態系における植物の生育に関する知見については、マイクロなスケールだけでなく、衛星データを用いたマクロな視点からの研究も推進することができた。生態学的研究と社会学的研究の成果と連携することによって、これらの研究でも新しい知見が得られたとともに、新たな手法の開発が進められた。

## (2) 環境政策への貢献

### <行政が既に活用した成果>

現段階では、特に記載すべき事項はない。

### <行政が活用することが見込まれる成果>

階層性のある空間スケールで生態システムと社会システムが組み込まれた土地利用の理解と管理手法の提言をすることができたことは、生態系の劣化メカニズムとその対策を新たな合理的視点から提示できたことを意味しており、砂漠化対処条約により一層の科学的根拠を与え貢献するとともに、砂漠化対策の推進と開発援助政策に貢献するものである。

本研究によって、乾燥地生態系で景観多様性がもたらす生態系サービスを具体的に明らかにすることができた。それにもとづき新たな持続的生産手法と土地劣化の評価と対処法を提示することができたことは、砂漠化対処条約に科学的根拠を与え貢献するとともに、砂漠化対処条約と生物多様性条約を結びつけることに貢献する。

干ばつや雪害などの気象災害と草原劣化との関係、あるいはキーリソースによる劣化回避を明らかにしたことは、気象災害と砂漠化を統合した非平衡草原理論の実証につながり、それは砂漠化対処条約と気候変動枠組条約を結びつけることに貢献する。

本研究によって、キーリソース群落である*A. splendens*に関して立地と分布との関係、水利用特性、ストレス耐性、および群落成立メカニズムを明らかにすることができたことは、その保全手法に有用な知見を与える。その知見は、*A. splendens*群落の再生手法や積極的な増殖による緑化手法の開発にも有用である。

本研究では、リモートセンシングによるマクロな評価を行っており、これらの研究成果はマクロなスケールで早期土地劣化警戒システムの構築、生態系の回復評価を可能とし、生態系保全計画に有用な情報を提供する。

## 6. 研究成果の主な発表状況

### (1) 主な誌上発表

#### <査読付き論文>

- 1) J. Sergelenkhoo, U.G. Nachinshonhor, T. Otoda, Y. Yamada, J. Undarmaa, K. Sakamoto and K. Yoshikawa: Journal of Arid Land Studies, 22-1, 235-238 (2012)  
"Effect of grazing pressure on the structure of rangeland plant community in Mongolia"
- 2) T. OKAYASU, T. OKURO, J. UNDARMAA and K. TAKEUCHI: Journal of Arid Environments, 78, 144-153 (2012)  
"Inherent density-dependency of wet-season range even at the extreme of nonequilibrium environments"
- 3) T. OKAYASU, T. OKURO, J. UNDARMAA and K. TAKEUCHI: Plant Ecology, 213, 625-635 (2012)  
"Degraded rangeland dominated by unpalatable forbs exhibits large-scale spatial heterogeneity"
- 4) K. KAKINUMA, T. OKAYASU, T. SASAKI, U. JAMSRAN, T. OKURO and K. TAKEUCHI: Grassland Science, 59, 44-51 (2013)  
"Rangeland management in highly variable environments: Resource variations across the landscape mediate the impact of grazing on vegetation in Mongolia"
- 5) 中村洋：環境情報科学学術研究論文集、27、237-242 (2013)  
「モンゴル国ドンドゴビ県で2009年～2010年に発生した自然災害と牧畜民の対処行動」、
- 6) 中村知子：沙漠研究、23-3、印刷中  
「蓄えられた草と土地：モンゴル国ドンドゴビ県におけるネグデル時代の草資源利用からみた災害対策」

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 中村知子: 長期化する生態危機への社会対応とガバナンス調査研究報告書、アジア経済研究所(2013)  
「乾草製造からみるモンゴルの社会主義的牧畜 —社会主義時代がもたらした構造的変化に関して—」
- (2) 主な口頭発表(学会等)
- 1) A. KOYAMA, T. SASAKI, J. Undarma and T. OKURO : 第59回日本生態学会大津大会・第5回EAFES (東アジア生態学会連合) 大会、大津 (2012)  
“Density-dependent facilitation of shrubs in a desert steppe”
  - 2) 星野亜季、藤巻晴行、吉原佑、大黒俊哉、ジャムスラン・ウンダルマ、武内和彦 : 日本土壌肥料学会2011年度大会、つくば (2011)  
「半乾燥地の耕作放棄後の土壌水分移動特性に多年生草本の侵入が及ぼす影響」
  - 3) J. Sergelenkhuu, K. Yoshikawa: 1st International Conference on Arid Land, Narita, Japan (2011)  
“Effect of grazing pressure on the structure of rangeland plant community”
  - 4) K. KAKINUMA, T. OKAYASU, T. SASAKI, U. JAMSRAN, T. OHKURO, K. TAKEUCHI: The 8th IALE World Congress, Beijing, China (2011)  
“The spatial heterogeneity of resources mediates grazing impacts on vegetation in Mongolian rangelands.”
  - 5) N. OHTE, N. TOKUCHI, and M. FUJIMOTO: AGU (American Geophysical Union) Fall Meeting, San Francisco, USA (2011)  
“Seasonal variations of nitrate discharge from forested catchments: Suggestions from Japanese Case Studies”
  - 6) T. OKURO: Japan GeoScience Union Meeting, Makuhari, Japan (2011)  
“Desertification control and sustainable use of ecosystem services in drylands of the Northeast Asia”
  - 7) K. KAKINUMA, T. OKAYASU, U. JAMSRAN, T. OHKURO, K. TAKEUCHI: 第59回日本生態学会大津大会、第5回EAFES(東アジア生態学会連合)大会、大津 (2012)  
“Pastoralists' pasture selections related with plant response to rainfall variability in Mongolian rangeland.”
  - 8) K. KAKINUMA, T. OKAYASU, U. JAMSRAN, T. OHKURO, K. TAKEUCHI: Oxford Interdisciplinary Desert Conference, Oxford, UK (2012)  
“Pastoralists' mobile distance related with their buffer selection during drought in Mongolian rangeland.”
  - 9) 川上聖、樋口篤志 : 日本気象学会 2012 年秋季大会、北海道大学、札幌 (2012)  
「モンゴルにおける冬季低温現象とその時空間変動」
  - 10) 小山明日香、佐々木雄大、Jamsran Undarmaa、大黒俊哉 : 第 28 回個体群生態学会、東邦大学、千葉 (2012)  
「灌木による被度依存的な種間作用が一年生・多年生草本の個体群動態に与える異なる影響」
  - 11) 中桐恵利華、音田高志、廣部宗、坂本圭児、吉川賢、A. Uyanga、N. Baatarbileg : 日本森林学会 123回大会、宇都宮(2012)  
「モンゴル国の北方林における大規模火災後の樹木の侵入と定着」
  - 12) N. OHTE: Symposium on sustaining forest resources in a changing climate, Taipei, Taiwan (2012)  
“Global comparisons on seasonal patterns of nitrate discharge from forested catchments”
  - 13) 田中(小田)あゆみ、大手信人、額尔德尼、小山明日香、J. Undamaa、山中典和、村田直樹、大黒俊哉、那沁、J. Sergerenhuu、廣部宗、吉川賢 : 日本森林学会 123 回大会、宇都宮 (2012)  
「モンゴル国マンダゴビ地域の Key resource としての草本群落における水・養分利用特性」
  - 14) T. MIYASAKA, Q. B. LE, T. OKURO and K. TAKEUCHI: 第59回日本生態学会大津大会・第5回EAFES (東アジア生態学会連合) 大会、大津 (2012)  
“Agent-based modelling for assessing ecological and socioeconomic effects of Chinese PES policies”
  - 15) T. OKURO, A. KOYAMA, T. OKAYASU, K. YOSHIKAWA, Y. YOSHIHARA and U. JAMSRAN: 第59

- 回日本生態学会大津大会・第5回EAFES（東アジア生態学会連合）大会、大津（2012）  
 “Developing ‘Restoration Manuals’ for sustainable use of ecosystem services in drylands of Northeast Asia”
- 16) U. G. Nachinshonhor, L. Jargalsaikhan, T. Hirose: International, cross-disciplinary, academic and associative lecture panel: “Mongolian Space and Heritages”, Paris, France (2012)  
 “Sustainability of Steppe Ecosystem and Nomadic Pastoralism in Mongolia: A case study from Bayan-Unjuul, To’v Prefecture, Mongolia”
- 17) A. KOYAMA and T. OKURO: The 4th Joint Symposium GCOE Asian Conservation Ecology, Fukuoka, Japan (2013)  
 “Effectiveness of plant facilitation on restoration of degraded Mongolian grasslands”
- 18) A. KOYAMA, T. SASAKI and T. OKURO: International Association for Vegetation Science, Tartu, Estonia (2013)  
 “Density-dependent facilitation regulates population dynamics of herbaceous plants in a semi-arid Mongolian steppe”
- 19) 遠藤いず貴、田中(小田)あゆみ、大手信人、額尔德尼、Undarmaa J.、山中典和、岡安智生、大黒俊哉、那沁、廣部宗、吉川賢：第124回日本森林学会大会、岩手大学（2013）  
 「モンゴル国の乾燥地における草本性“Key-resource”群落の水分と養分の利用特性」
- 20) 額尔德尼、大手信人、遠藤いず貴、田中(小田)あゆみ、岡安智生、大黒俊哉、樋口篤志、那沁、山中典和、Undarmaa J.、吉川賢：日本砂漠学会第24回学術大会、広島（2013）  
 「リモートセンシングを用いたモンゴル高原における草地生態系の長期変動の把握」
- 21) J.Sergelenkhoo, G.U. Nachinshonhor, T.Otoda, Y. Yamada, J. Undarmaa, K. Sakamoto, K. Yoshikawa:日本生態学会第60回大会、静岡（2013）  
 “Effect of grazing pressure on the structure of rangeland plant community in Mongolia”
- 22) 柿沼薫、岡安智生、宮坂隆文、ジャムスラン・ウンダルマー、大黒俊哉、武内和彦：第60回日本生態学会静岡大会（2013）  
 「モンゴル草原における時空間的に異質な植生資源の衛星画像を用いた定量化」
- 23) 柿沼薫：第60回日本生態学会静岡大会（2013）  
 「モンゴルの異質な草原植生に対する牧民の資源選択と土地荒廃の関係」
- 24) 川上聖、樋口篤志: パーソナルコンピュータ利用技術学会「第2回 コンピュータ技術と環境動態」研究会、立正大学、熊谷（2013）  
 「冬季モンゴルにおける低温現象の時空間特性」
- 25) 川上聖、樋口篤志 (2013):、日本気象学会 2013 年度秋季大会、仙台国際センター、仙台（2013）  
 「モンゴルにおける近年の気候変動と植生応答」
- 26) K. KAKINUMA, T. OKAYASU, T. SASAKI, U. JAMSRAN, T. OKURO, K. TAKEUCHI: 22nd International Grassland Congress, Sydney, Australia (2013)  
 “Resource variations across the landscape mediate the impact of grazing on vegetation in Mongolian rangeland under high climatic variability”
- 27) K. KAKINUMA: The 4th Joint Symposium GCOE Asian Conservation Ecology, Fukuoka, Japan (2013)  
 “Effect of grazing strategy on vegetation in Mongolian rangeland under high climatic variability”
- 28) 小山明日香、吉原佑、ジャムスラン・ウンダルマー、大黒俊哉: 第60回日本生態学会静岡大会(2013)  
 「モンゴル放牧地においてイネ科叢生草本が草本群集に与える facilitation」
- 29) 中村洋: 環境情報科学学術研究論文発表会、東京（2013）  
 「モンゴル国ドンドゴビ県で2009年～2010年に発生した自然災害と牧畜民の対処行動」
- 30) 中村洋：国際開発学会第24回全国大会、大阪（2013）  
 「モンゴルの自然災害への牧畜民のレジリエンス向上に関する分析—2009年から2010年のドンドゴビ県で発生した“ゾド”の事例から—」
- 31) 中村洋：国際開発学会第14回春季大会、宇都宮（2013）  
 「自然災害による牧民の経済階層移動と労働移動—モンゴル国における自然災害“ゾド”による牧民の家計の変化—」
- 32) S.Kawakami and A.Higuchi: *Japan Geoscience Union Meeting*, Makuhari, Chiba, Japan (2013)  
 “Long-term variability of extreme low- temperature in winter in Mongolia”

- 33) T. ASAKI, A. KOYAMA and T. OHKURO: The 22nd International Grasslands Congress, Sydney, Australia, 2013  
 “Threshold dynamics of vegetation and their management implications in a Mongolian shrubland”
- 34) T. OKURO: The 4th Joint Symposium GCOE Asian Conservation Ecology, Fukuoka, Japan (2013)  
 “Restoration of ecosystem services and sustainable land use in Mongolian rangeland”
- 35) 山中典和、Undarmaa Jamsran、遠藤いず貴、田中(小田)あゆみ、大手信人、額尔德尼、岡安智生、大黒俊哉、那沁、廣部宗、吉川賢：第124回日本森林学会大会、盛岡(2013)  
 「モンゴル国の乾燥地における草本性“Key resource”群落の立地特性」
- 36) Y. YOSHIHARA, A. KOYAMA, U. JAMSRAN and T. OKURO: The 22nd International Grasslands Congress, Sydney, Australia (2013)  
 “Prescribed burning experiments for restoration of Mongolian degraded steppe”
- 37) U. G. Nachinshonhor, Eerdeni, L. Jargalsaikhan、長谷川成明、藤田昇、石井励一郎、吉川賢、小長谷有紀、山村則男：日本生態学会第60回大会、静岡(2013)  
 「モンゴルの遊牧における季節移動と日帰り放牧」
- 38) U. G. Nachinshonhor, Eerdeni, L. Jargalsaikhan, Y. Konagaya, K. Yoshikawa, N. Fujita, N. Yamamura : Congress of the International Union of Anthropological and Ethnological Sciences 2013” Manchester, United Kingdom (2013)  
 “Seasonal migration and daily herding in the Mongolian nomadic pastoral livestock”
- 39) U. G. Nachinshonhor、Eerdeni、L. Jargalsaikhan、藤田昇、山村則男、小長谷有紀、吉川賢：日本文化人類学会第47回研究大会、東京(2013)  
 「季節移動、日帰り放牧と気象条件および草原の生産力の関係-モンゴル国での調査事例」
- 40) 遠藤いず貴、大手信人、額尔德尼、大黒俊哉、Undarmaa J.、川上聖、樋口篤志、山中典和、那沁、廣部宗、吉川賢：日本生態学会第61回大会、広島(2014)  
 「モンゴル半乾燥地域におけるアクナテルム属群落の水利用特性」
- 41) 柿沼薫、佐々木雄大、小山明日香、久保大輔、ジャムスラン・ウンダルマー、大黒俊哉、武内和彦：第61回日本生態学会、広島(2014)  
 「モンゴル草原における放牧庄に沿った植生の非線形な変化からの回復可能性：長期モニタリングによる検証」
- 42) K. KAKINUMA, T. SASAKI, A. KOYAMA, D. KUBO and T. OKURO: The 5th Joint Symposium GCOE Asian Conservation Ecology, Fukuoka, Japan (2014)  
 “Effect of livestock enclosure on vegetation and soil at post-threshold state in Mongolian rangelands”
- 43) 小山明日香、吉原 佑、Undarmaa Jamsran、大黒俊哉：第61回日本生態学会、広島(2014)  
 「火入れはモンゴル放牧草地の荒廃植生を回復させるか」
- 44) 久保大輔、小山明日香、吉原 佑、Undarmaa J.、大黒俊哉：第61回日本生態学会、広島(2014)  
 「モンゴルの荒廃草原における不嗜好性優占種 *Artemisia adamsii* の火入れ及び刈取に対する生態学的応答」
- 45) 大黒俊哉、柿沼薫、エリデニ、坂本圭児、ウンダルマ・ジャムスラン：日本生態学会61回大会、広島(2014)  
 「モンゴルにおける災害時の避難先として整備された非常用草地の植生退行:ヘンティ県ヘルレンバヤンウランの事例」
- 46) T. OKURO, T. OKAYASU, K. KAKINUMA, A. KOYAMA and U. JAMSRAN: The 5th Joint Symposium GCOE Asian Conservation Ecology, Fukuoka, Japan (2014)  
 “Restoration of degraded rangeland in the Northeast Asia: Core site report from Mongolia”
- 47) U. G. Nachinshonhor, Eerdeni, L. Jargalsaikhan、吉川賢：日本生態学会61回大会、広島(2014)  
 「遊牧が草原群落の構成種に及ぼす影響」

## 7. 研究者略歴

課題代表者: 吉川 賢

京都大学大学院農学研究科修了、農学博士、現在、岡山大学大学院環境生命科学研究科教授

研究分担者

- 1) 坂本 圭児  
京都大学大学院農学研究科修了、農学博士、現在、岡山大学大学院環境生命科学研究科教授
- 2) 廣部 宗  
京都大学大学院農学研究科修了、農学博士、現在、岡山大学大学院環境生命科学研究科准教授
- 3) 大黒 俊哉  
東京大学大学院農学系研究科修了、農学博士、農業環境技術研究所主任研究員、現在、東京大学大学院農学生命科学研究科教授
- 4) 大手 信人  
東京大学大学院農学研究科修了、農学博士、現在、東京大学大学院農学生命科学研究科准教授
- 5) 山中 典和  
京都大学大学院農学研究科修了、農学博士、現在、鳥取大学乾燥地研究センター教授
- 6) 松岡 俊二  
京都大学大学院経済学研究科修了、博士(学術)、現在、早稲田大学アジア太平洋研究科教授

## 4D-1105 北東アジアの乾燥地生態系における生物多様性と遊牧の持続性についての研究

## (1) 乾燥地生態系における植物の生理生態的特性と相互作用、および立地特性の解明

岡山大学大学院環境生命学研究科 吉川 賢・坂本 圭児・廣部 宗  
 <研究協力者>

岡山大学大学院環境生命科学研究科 絢野 那陳(那沁、U.G. Nachinshonhor)・J. Sergelenkhuu  
 岡山大学農学部 板野 雄司(平成24年度)・加納 沙織(平成25年度)

平成23～25年度累計予算額：54,645千円（うち、平成25年度予算額：15,385千円）

予算額は、間接経費を含む。

## [要旨]

キーリソースと (key resource) 考えられる *Achnatherum splendens* のストレス耐性を解明するために、塩と乾燥ストレスを同時に与えて、成長経過と光合成機能および浸透調整物質の生産量を測定した。その結果、強い塩ストレスや乾燥ストレスに対して光合成機能を維持することができるのは高い浸透調節物質生産能であることが明らかとなった。しかし、両ストレスが同時に加わると本種の能力では対応できないので、群落の維持にはストレスの制御を念頭に置く必要があることが明らかとなった。

21カ所の冬営地は植生構造によって、3年間とも北部と南部に2分されたが、年によって南北の境界が変動し、両者の間に移行帯が存在した。優占種は3グループ間で異なった。特に *A. splendens* は北部では認められず、南部で優占した。これは、北部と南部での地形の違いに起因するもので、干ばつ時のキーリソースとしての重要性に地域による著しい違いがあることが示唆された。

牧民の宿営地は、暖季は年に3回から5回移動し、年による違いはなかったが、移動距離は大きく異なった。草原の現存量が多い年は植生の均一性が高いために、宿営地の選択幅が広く、宿営地間の距離が近く、移動距離も少なくなかった。日帰りの放牧距離は、給水のための移動の有無や放牧時間の長さの違いで、暖季は長く、寒季は短くなった。移動時間も季節変動した。採食に使う時間は季節で異なるが、草原の生産量の影響は全く受けず、遊牧による移動が効率よく採食できる場所を家畜に提供できていることが示唆された。

牧柵の内外での地上部現存量の長期にわたる測定結果をもとにすると、モンゴル草原は放牧が行われない場合、単子葉植物が現存量の半分以上を占めた。単子葉植物が最も主な食草で、一年生双子葉植物は採食対象となる年とならない年がある。多年生双子葉種は食草ではない。また、一年生双子葉植物は単子葉植物が十分でない場合の代替資源として利用されている。

## [キーワード]

*Achnatherum splendens*、ストレス耐性、群落構造、宿営地選択、牧草

## 1. はじめに

ユーラシア大陸の東部に広がるモンゴル高原では乾燥寒冷な気候が卓越し、国土面積のおよそ7割が草原植生に覆われている (Yunatov 1976<sup>1)</sup>、Zhang 1990<sup>2)</sup>)。降水量の時空間変動が大きく (Begzsuren et al. 2004)<sup>3)</sup>、草原生産力の異質性が高い。このような自然条件をモンゴル高原では、

家畜を時空間的に移動させながら草原植生を利用する遊牧が古くから営まれてきた（Tumerjav and Erdenetsogt 1999<sup>4)</sup>、Douglas et al. 2006<sup>5)</sup>）。

モンゴル高原の東部と南部を占める中国内モンゴル自治区では、急激な人口増加と土地利用の変化により、1980年代から伝統的な遊牧が定住型の牧畜に移行した。それとほぼ同時に、草原生態系の退化および砂漠化が加速し、黄砂などの被害が当の内モンゴルにとどまらず、近隣する北東アジアの国々に深刻な影響を与えるようになった（ナチンションホル 2003）<sup>6)</sup>。

一方、モンゴル高原の西部と北部を占めるモンゴル国では、1950年代から伝統的な遊牧が集団化政策により国営化されたが、1990年に再び民営化される歴史を経過した。その結果、それまでの長い遊牧の歴史の中では利用されてこなかったような草原までもが家畜の飼育に使われることになった。全家畜頭数も史上最高となり、モンゴル国全体の草原に対する被食圧は高くなるとともに、遊牧による移動にも課題が生まれてきた。とりわけ1年のうちで滞在期間が最も長くなる冬営地の選定と利用が重要な課題となっており、草原生態系と遊牧の持続性を考えるためには、草原植生に与える遊牧の影響を解明することが欠かせないものである。

本研究では、①モンゴルの牧畜生産に重要な役割を果たす大型イネ科の種 *A. splendens* の生理生態的な特性、②森林草原、典型草原、砂漠草原の植生帯における冬の宿営地周辺の植生に及ぼす放牧圧の影響、③遊牧のキー活動である季節移動と日帰り放牧、④遊牧による家畜の放牧が草原植生の群落構造に及ぼす影響を調べることを通じて、モンゴル草原生態系と遊牧の関係を究明した。

## 2. 研究開発目的

### （1）塩ストレスと乾燥ストレスが *A. splendens* 当年生実生の成長に与える影響

遊牧の持続性を確保するためのキーリソースと考えられる *A. splendens* の耐塩性と耐乾性を明らかにするために、両ストレスを同時にかけた場合の *A. splendens* の成長応答を形態的特性、生理的特性から明らかにすることを目的とした。

### （2）冬営地周辺における植生の時空間変動

遊牧により広域に草原を利用する牧畜形態において、最も長期間同じ場所に留まるのが冬季の宿営地である。そのため、家畜の摂食圧を最も強く受ける。しかも、冬営地に適した場所は、地形的な制約を受けるために、毎年同じ場所が繰り返し利用されるので、その他の時期に使われる草原よりも草原生態系の劣化が最も強く進む場所である。したがって、遊牧の持続性を担保するためには冬営地の草原生態系の保全が欠かせない。そこで、モンゴル国の北部の森林草原から南に向かって、草原、乾燥草原と変化する植生に対して21か所の冬営地を選定し、冬営地周辺で摂食圧が植生構造に与える影響を明らかにすることを目的とした。

### （3）植生構造が宿営地の季節的な移動と宿営地周辺での日帰り放牧に与える影響

遊牧の最も重要な技術はそれぞれの時期に最も適した草原に家畜を移動させることと、その移動先での摂食が草原の持続性を阻害しないようにすることである。そこで、遊牧民が季節的な移動をする際にどのような植生構造を基準として判断しているのかを明らかにするとともに、各宿営地での日帰り放牧における過放牧の回避の仕方を科学的な定量的データで明らかにすることを目的とした。

### （4）放牧圧が草原群落に与える影響

遊牧地区による家畜の摂食が草原の植物群落に与える影響を明らかにすることは草原の牧養力の定量化に欠かせない。しかし、乾燥、半乾燥の気候下の草原では、年による降雨量や気温の変化が大きく、毎年草原の生産力は大きく変動するので、放牧圧の影響を定量的に評価するためには長期間の調査が欠かせない。そこで、遊牧畜が長期にわたって実施されている草原の中に家畜の摂食が起こらないように牧柵を設置し、牧柵の内外での植生構造の違いから、放牧圧が植生構造に与える影響を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究開発方法

#### (1) 塩ストレスと乾燥ストレスが*A. splendens* 当年生実生の成長に与える影響

乾燥処理3段階（無乾燥区：pF1.8, 弱乾燥区：pF3.2, 強乾燥区：pF4.2）と塩（NaCl）処理3段階（無塩区：0 mM, 弱塩区：50 mM, 強塩区：100 mM）を組み合わせると合計9つのストレス処理区を設け、当年生*A. splendens* 実生の栽培試験を行った。塩処理濃度はモンゴル草原における*A. splendens* の分布場所で土壌ECが15～170 (ms/m) であることから、それらの土壌EC値に相当するNaCl濃度とした（表(1)-1）。

供試した*A. splendens* 実生は、2012年9月に採取した種子を同年10月に播種し、ビニールハウスで育苗したものである。2013年4月4日～19日の期間に、各実生を6.5 Lのプラスチックポット（上部直径20.6 cm、下部直径15.5 cm、高さ26.0 cm）に移植し、合計102個のポットを準備した。ポットに用いた土壌は、2 mmのふるいを通した後に1回水洗いした真砂土である。移植後しばらくは根を活着させるためほぼ毎日全ポットを灌水し、乾燥処理と塩処理は5月19日から開始した。

これらの*A. splendens* 実生について、形態的特性として実験終了時（10月9日～10月26日の掘り取り測定）の地上部と地下部の現存量、葉数、最長葉長および単位葉面積あたりの葉重量（Leaf Mass Area: LMA）を測定した。また、生理的特性として6月24日から10月9日までの量子収率、9月22日のSPAD値、実験終了時(10月9日～10日)の葉の浸透調節物質濃度を測定した。

表(1)-1 各処理区の土壌EC値 (ms/m)

	無乾燥区	弱乾燥区	強乾燥区
無塩区	14.1±11.4	7.9±1.3	16.8±10.6
弱塩区	83.5±26.3	108.3±23.0	163.4±50.5
強塩区	174.6±43.6	155.8±50.9	185.7±56.3

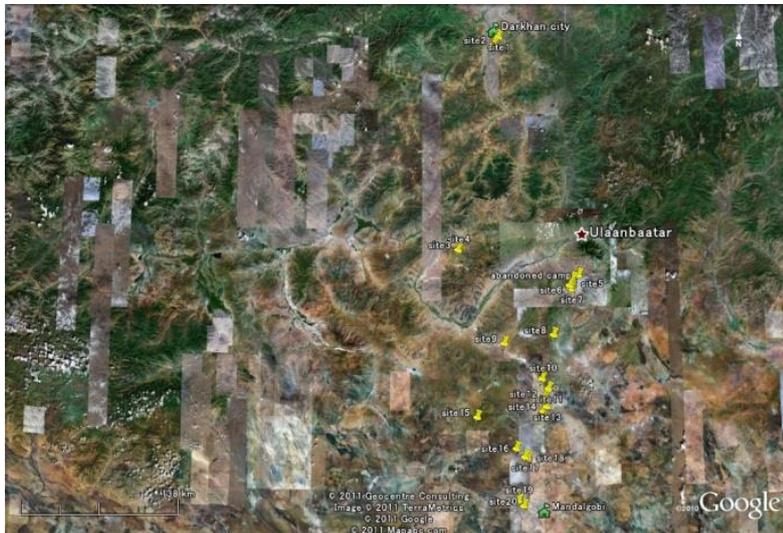
#### (2) 冬営地周辺における植生の時空間変動

2011年7月-8月にモンゴル国ダルハーン・オウル、トゥブ、ドゥンド・ゴビの三県に属する11の郡（村）において、過去に植生調査が実施された合計21箇所の冬営地を対象に植生調査を行った。最北端と最南端の冬営地間の直線距離は422 kmである（表(1)-2、図(1)-1）。

各冬営地において、冬営地の中心にあるシェルタ（家畜が夜間等に滞在する小屋）を起点とし、地形変化が最も少ない方向へ平行な3本のライントランセクト（長さ1600 m）を設置した（図(1)-2）。各ライントランセクト上の25 m、50 m、100 m、200 m、400 m、800 m、1600 mの7つの地点に5 x 5 mのプロットを設置した。起点からの距離は家畜による植生採食圧の勾配を示し、起点に近いほど採食圧が高い。起点から800 m地点までは採食の影響を受けている場所、1600 m地点は採食の影響

表(1)-2 調査地の地理と行政情報

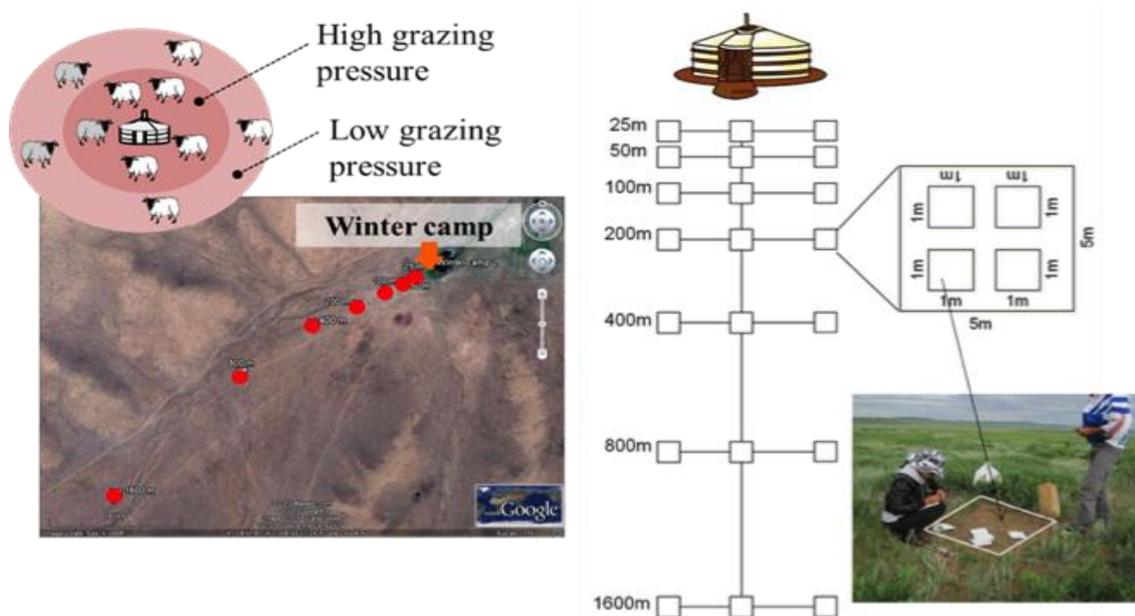
番号	東経	北緯	海拔高(m)	県	郡(村)
1	105 58.757	49 24.853	786	Darkhan Uul	Darkhan
2	105 55.258	49 21.042	785	Darkhan Uul	Khongor
3	105 28.429	47 46.423	1152	Tov	Lun
4	105 28.425	47 46.413	1150	Tov	Argalant
5	106 49.905	47 33.610	1435	Tov	Sergelen
6	106 45.679	47 31.954	1463	Tov	Sergelen
7	106 43.607	47 28.988	1509	Tov	Sergelen
8	106 44.500	47 27.264	1583	Tov	Sergelen
9	106 31.958	47 06.452	1508	Tov	Bayantsagaan
10	105 58.753	47 03.002	1283	Tov	Bayan-O'njuul
11	106 23.647	46 46.347	1419	Tov	Bayantsagaan
12	106 27.768	46 41.596	1388	Tov	Delgertsogt
13	106 24.894	46 37.106	1332	Tov	Bayantsagaan
14	106 26.284	46 33.322	1372	Dundgobi	Delgertsogt
15	106 23.858	46 31.196	1336	Dundgobi	Delgertsogt
16	105 39.915	46 29.122	1486	Dundgobi	Adaatsag
17	106 05.684	46 14.220	1504	Dundgobi	Adaatsag
18	106 11.166	46 10.228	1508	Dundgobi	Sain tsagaan
19	106 13.058	46 09.673	1458	Dundgobi	Sain tsagaan
20	106 06.630	45 49.954	1500	Dundgobi	Sain tsagaan
21	106 10.192	45 47.319	1470	Dundgobi	Sain tsagaan



図(1)-1 各調査の位置。最北の調査地はDarkhan市の南、最南端の調査地はMandalgobi市の北部に位置する。

をほぼ受けない場所である。各プロット内には4つの 1 x 1 mサブプロットを配置した。すなわち、一つの冬営地におけるプロット数は21個（サブプロット数84個）、総プロット数は441個（総サブプロット数1764個）である。各サブプロットにおいて、出現した全ての植物種を同定し、各種の高さと地表被覆度を測定した。植物の種の同定はYunatov (1968)<sup>7)</sup>、Ulzykhutag (1985)<sup>8)</sup>に従った。2009年、2010年および2011年に各サブプロットに出現した植物種の地表被覆度を用いて

TWINSPAN解析を行い、植物群落の特徴から調査地を分類してそのグループ分けの年変動を調べた。また、*A. splendens*に冬営地の地理的位置がおよぼす影響、および冬営地中心からの距離がおよぼす影響（採食圧がおよぼす影響）は分散分析により解析した。



図(1)-2 ライントラセクトと調査プロットの設置状況。

### (3) 植生構造が宿営地の季節的な移動と宿営地周辺での日帰り放牧に与える影響

調査地のモンゴル国トブ県バヤンウンジュール郡は草原と砂漠草原の境界に位置し、面積が470000 haでその98%が放牧地として利用されている。人口が2031人、牧草の年間採食量を基準に定めたヒツジ単位（Sheep Forage Units）に換算した家畜は312014.8頭所有し、遊牧による牧畜が主要産業である。

2012年12月現在、調査協力世帯G家は1609頭の家畜を所有し、その95%にあたる1536頭がヒツジとヤギである。

2008年から20012年の期間に調査協力遊牧民世帯にポータブルGPSを委託し、宿営地の全移動先の地点情報を記録してもらった。

当年の秋営地入りから翌年の夏の放牧が終了までの期間を一つの遊牧年度とみなした。新鮮な牧草と水源地を求める春と夏の移動を暖季の移動、厳しい気候条件から家畜を守る地形と家畜のエサになる枯草を求める秋と冬の移動を寒季の移動と定義した。

調査期間(2008-2012)における草原の植物現存量はその年の8月のNDVIを用いて評価し、草原植生の空間的な異質性は $CV^2$ を用い評価した。 $CV^2$ の値が大きいほど空間的異質性が小さいことを示す。

宿営地の移動調査と同じ調査期間中に同じ調査協力世帯のヒツジとヤギの混合群に放牧されているヒツジにGPSロガーを設置し、朝の6時から夜の22時の間の放牧経路を1時間のインターバルで記録した。

家畜の日帰り放牧には放牧地や水場へのアクセスと放牧地での採食と休憩などが含まれる。本研究では、20メートル/分以上の速度での移動をアクセス、20メートル/分以下1メートル/分間の速度の移動を採食、1メートル/分以下の速度の移動を休憩と定義した。

日帰り放牧におけるアクセスおよび採食の時間に及ぼす年と季節の影響、アクセスおよび採食の距離に及ぼす年と季節の影響をそれぞれ二元配置の分散分析を用いて解析した。

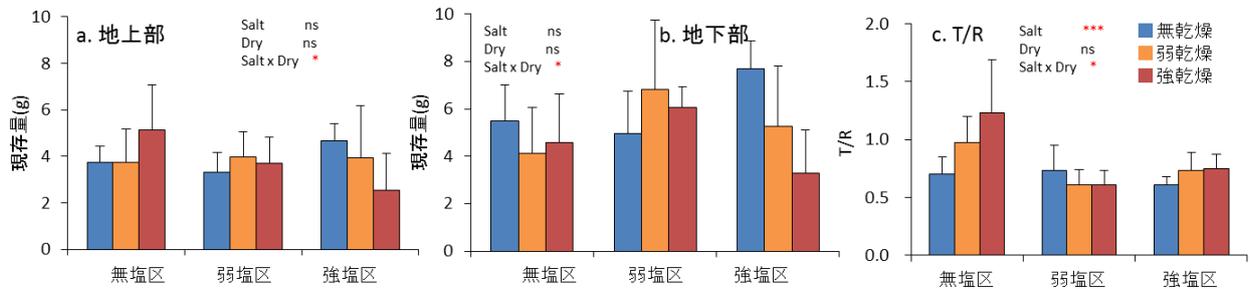
#### (4) 放牧圧が草原群落に与える影響

モンゴル国の典型草原と乾燥草原の境界に位置するトゥブ県バヤンウンジュール郡の放牧地では、1999年6月から100x100mの防畜柵が設置されており、1999年以降、草原群落の地上部が最大になる毎年8月下旬に柵内および柵外でそれぞれ4つの1 x 1 mプロットを設置し、群落構成種調査と地上部乾燥重量を測定による現存量調査が継続されている。本課題研究期間においても同様の継続調査を行い、1999年以降の結果とあわせて解析した。その際、群落構成種は生態的特性から四つの機能群（単子葉植物、一年生双子葉植物、多年生双子葉植物および木本植物）に分類した。また、柵内群落の現存量を生産量、柵外群落の現存量を家畜採食後の残存量とみなし、柵内群落と柵外群落の現存量差を家畜の採食量として算出した。

### 4. 結果及び考察

#### (1) 塩ストレスと乾燥ストレスが*A. splendens* 当年生実生の成長に与える影響

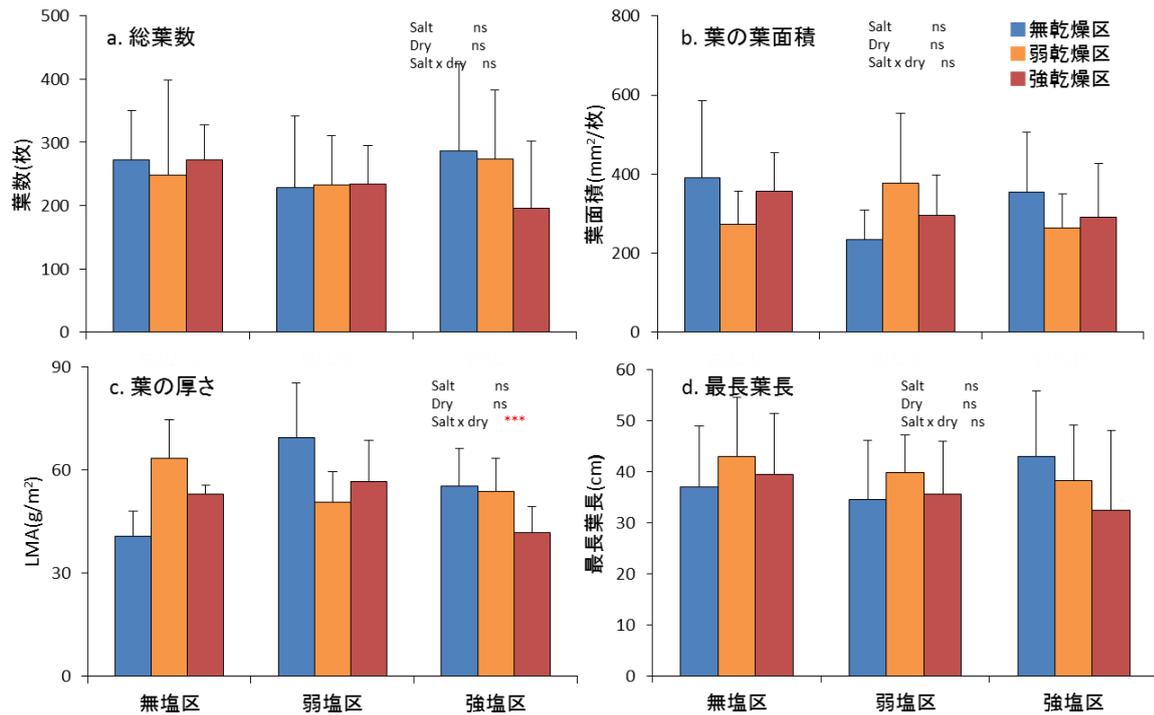
乾燥ストレスと塩ストレスの組み合わせが*A. splendens*の形態的特性に与える影響についてみてみると（図(1)-3および図(1)-4）、地上部と地下部の現存量には塩ストレスと乾燥ストレスの交互作用が認められ、強塩区では乾燥が強くなると現存量が減少した。一方、地上部は無塩区で乾燥が強くなるほど現存量が増加した。地上部と地下部の比率であるT/R比は、無塩区では乾燥が強くなるほど現存量が増加した。



図(1)-3 各処理区のa.地上部現存量、b.地下部現存量、c.T/R比。

エラーバーは標準偏差 (n=5) を示す。ns : 有意差無、\* : p<0.05、\*\*\* : p<0.001。

なるほど地上部の現存量の増加によりT/R比は増加したが、弱塩区、強塩区の塩ストレス下ではT/R比が乾燥ストレスの影響を受けていないことが示された。強塩区では乾燥が進むほど現存量は減少していたが、T/R比に違いがなかった。葉の形態については（図(1)-4）、総葉数、平均個葉面積、最長葉長には有意差は認められなかったが、葉の厚さを示すLMAには交互作用が認められ、強塩区では乾燥が強くなると現存量が減少すると同時に葉も薄くなっていた。乾燥ストレスと塩ストレスは葉の形態的特性（葉数、葉面積および葉長）にほとんど影響を及ぼさず、*A. splendens*の分布域における上限値に近い塩濃度でのみ乾燥ストレスにより現存量が減少したことから、強度の塩

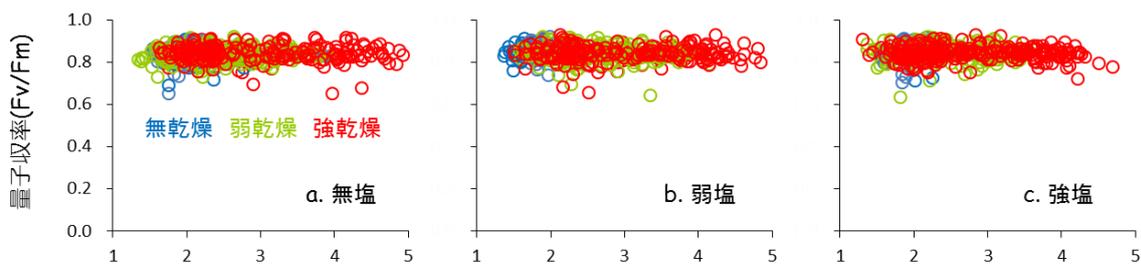


図(1)-4 各処理区のa総葉数、b葉1枚あたりの面積、c葉の厚さLMA、d最長葉長。

エラーバーは標準偏差 (n=5) を示す。ns : 有意差無、\*\*\* : p<0.001。

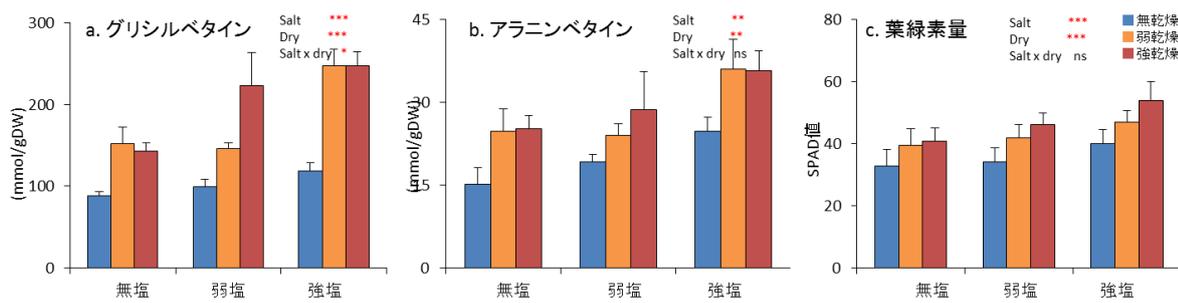
ストレスと乾燥ストレスが複合した場合には成長が抑制されるが、それ以外の条件では何らかの生理的機構により環境ストレスがない条件と同程度の成長を維持することが示唆された。

次に生理的特性についてみてみると (図(1)-5および(1)-6)、夜間の量子収率はいずれの塩処理



図(1)-5 異なる乾燥と塩処理のもとにおける*A. splendens*の夜間の量子収率。

区においても0.8前後であった。量子収率とは光合成に使用できるエネルギーの割合で、健全な状態の葉では夜間には0.8に近い値をとり、0.8を下回るとストレスによって光合成機能の低下がみられることを示す。すなわち、本研究では*A. splendens*の生育限界に近い乾燥ストレスと塩ストレスを与えたが、光合成機能は低下しなかったことが示唆された。また、*A. splendens*体内の浸透調節物質濃度を測定したところ (図(1)-6aおよびb)、グリシルベタイン濃度とアラニルベタイン濃度の両方に塩処理と乾燥処理の有意な効果が認められ、塩ストレスまたは乾燥ストレスが強まると濃度が上昇した。葉緑素量の指標であるSPAD値についても塩処理と乾燥処理の有意な効果が認められ、塩ストレスまたは乾燥ストレスが強まると値が上昇した。これらから、*A. splendens*は塩ス



図(1)-6 異なる処理下における*A. splendens*の浸透調節物質a グリシンベタイン、b アラニンベタイン、光合成量の指標となるc 葉緑素量。エラーバーは標準偏差 (n=5) を示す。ns : 有意差無、\*\*\* :  $p < 0.001$ 。

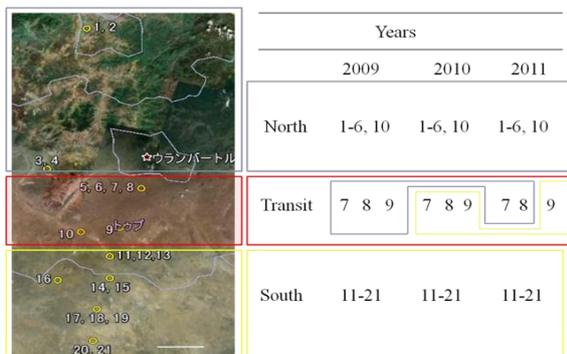
トレスあるいは乾燥ストレスに対し、浸透調節物質濃度を高めることによって吸水力を向上するとともに葉緑素量を増加して光合成機能を維持できるため、実験期間を通じて夜間の量子収率がほぼ一定に保たれたと推察された。このように*A. splendens*は塩ストレスあるいは乾燥ストレスに対し、生理的調節により光合成機能を維持していたが、塩ストレスが強いと乾燥ストレスにより現存量が減少していた(図(1)-3)。イネの幼苗においてベタイン生成量が多くなるほど草丈が制限されていた(岸谷、1999)<sup>11)</sup>という報告と同様に、*A. splendens*においても塩ストレスと乾燥ストレスの両方への対応として浸透調節物質濃度を高めることは、成長への光合成産物の配分量減少を生じさせるほどコストがかかることが示唆された。

以上から、モンゴルの乾燥草原において遊牧生産を支えるキリーソースの一つである*Achnatherum*群落を維持するためには、強塩ストレスと乾燥ストレスを複合させないことが重要であり、自然要因以外での土壌の塩濃度上昇をできるだけ避ける必要があると考えられた。

## (2) 冬営地周辺における植生の時空間変動

調査地には26科60属95種の植物が出現し、キク科が15種で最も種類が多く、イネ科、マメ科、バラ科およびアカザ科の上位5科で全種数の53.6%を占め、地表被覆度に占める割合は53.7%であった。属レベルではヨモギ属が9種で最も多く、地表被覆度に占める割合も10%で最も高かった。種レベルでは、*Caragana microphylla*、*Artemisia frigida*、*Stipa krylovii*、*Agropyron cristatum*、*Leymus chinensis*、*A. splendens*、*Cleistogenes squarrosa*、*Artemisia adamsii*、*Carex spp.*、*Allium spp.*、*Peganum nigelastrum*および*Chenopodium acuminatum*の12種の優占度が高かった。

TWINSPAN解析の結果(図(1)-7)、対象とした21箇所の冬営地は各年で地理的位置が北部にある



図(1)-7 TWINSPAN解析による植生に基づいた冬営地のグループ分け。

グループと南部にあるグループの2つに分類されたが、地理的位置が中間にある3つの冬営地は調査年により分類されるグループが異なっていた。すなわち、1番から6番、および10番の冬営地は3年間を通じて北部のグループ、11番から21番の冬営地は3年間を通じて南部のグループに分類されたが、7番から9番は2009年は北部のグループ、2010年は南部のグループに分類され、2011年には7番と8番が北部のグループ、9番は南部のグループに分類された。以上から、21箇所の冬営地は、降水量が比較的多く、森林草原の南端から典型草原の南限にある北部（1番から6番、および10番：北部冬営地）、降水量が少なく、かつその変動が大きい南部の乾燥草原からゴビ砂漠の手前にある南部（11番から21番：南部冬営地）、および北部と南部の中間地帯（幅約90km）に位置し、各年の環境条件により北部または南部の植生特徴を示す移行部（7番から9番：移行部冬営地）に分類されることがわかった。

北部冬営地での優占種は*Chenopodium acuminatum* (13.9%)、*Artemisia frigida* (5.5%)、*Caragana microphylla* (4.7%)、*Artemisia adamsii* (2.2%)、*Leymus chinensis* (2.0%)であり、南部冬営地での優占種は*Chenopodium acuminatum* (9.7%)、*Caragana microphylla* (4.1%)、*Allium Mongolicum* (2.4%)、*A. splendens* (1.9%)、*Salsola collina* (0.2%)であった。移行部冬営地においては*Artemisia adamsii* (17.4%)、*Carex pediformis* (5.0%)、*Caragana microphylla* (2.8%)、*Leymus chinensis* (2.5%)、*Chenopodium acuminatum* (2.4%)が優占していた。

南部冬営地における優占種のうち*A. splendens*はモンゴル草原の放牧におけるキーリソース（KR）の一つであり、乾燥地域で大きく密な群落を形成する。モンゴル国内において本種はフブスグル県、大興安嶺山脈付近、ホブド県を除く広範な地域に分布しているが（図(1)-8）、我々が調査し

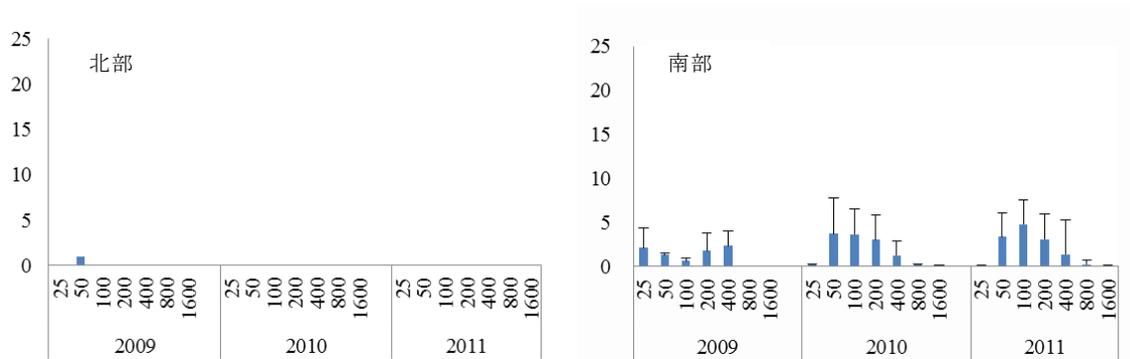


図(1)-8 モンゴル国内における*A. splendens*の分布域（緑色部分）。

た21箇所の冬営地では主に南部冬営地で確認され、分散分析の結果北部冬営地と南部冬営地における本種の平均地表被覆度は有意に異なっていた（ $P < 0.01$ ）。本種は比較的低地で地下水が比較的地表近くに存在し水不足が起きにくい場所に生育するため、周辺地域が干ばつ状態にあるときもその群落は枯死・消滅しにくい（Sasaki et al. 2009）<sup>12)</sup>。このため、南部の牧民は本種の群落を干ばつ時の家畜飼料として利用する（Grubov 1982）<sup>13)</sup>。また、他の草本植物の地上部や落葉性低木の葉などが家畜飼料として利用できない冬季においても、本種の残存地上部は利用可能であり、冬季の貴重な家畜飼料となる。しかしながら、本種の旧桿は固く家畜飼料としての質は良くないため、家畜飼料としての重要性は他の植物が利用できない場合に限られ、北部ではゾド（雪害）の場合の非常飼料としても利用されないとされる。

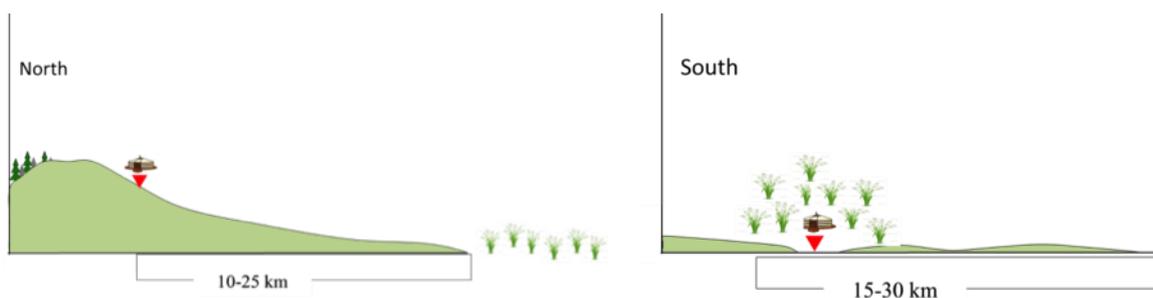
*A. splendens*の地表被覆度の冬営地中心からの距離に伴う変化を見てみると（図(1)-9）、北部冬

営地では周辺に本種がほとんどみられないため傾向は不明だが、南部冬営地では2010年と2011年では中心周辺（～25m）では地表被覆度が非常に低く、ある程度離れた場所（50～200m）で最も地表被覆度が最も高くなり、それ以上の距離（400～1600m）では遠くなるほど減少した。



図(1)-9 *A. splendens*の地表被覆度の冬営地中心からの距離に伴う変化。

以上でみられた北部冬営地と南部冬営地における*A. splendens*の平均地表被覆度の違いは、北部冬営地と南部冬営地の設置場所の選択基準が異なるためと考えられる。すなわち、北部では低温を避けて季節風の風背面となる丘の中腹に冬営地を設置するため、低地に存在する*A. splendens*から離れた場所となる。一方、北部と比較して平坦で一次生産量の低い南部では、冬営地を低地の*Achnatherum*群落近くに設置する（図(1)-10）。また、南部冬営地でみられた冬営地中心からの距離に伴う*A. splendens*の地表被覆度の変化は、低地に存在する南部冬営地中心からの距離に伴う地形的な*Achnatherum*群落の分布の違いと採食圧の勾配の両方を反映していると考えられた。

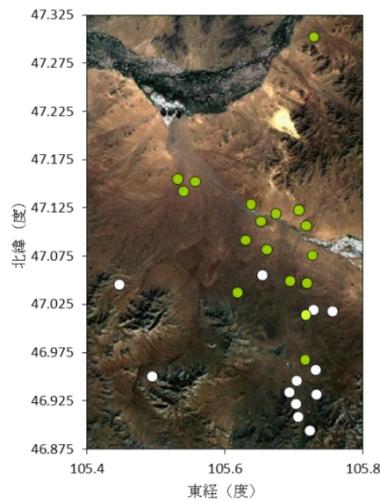


図(1)-10 北部と南部における冬営地の設置場所と*Achnatherum*群落の関係。

### （3）植生構造が宿営地の季節的な移動と宿営地周辺での日帰り放牧に与える影響

#### 1) 宿営地の移動

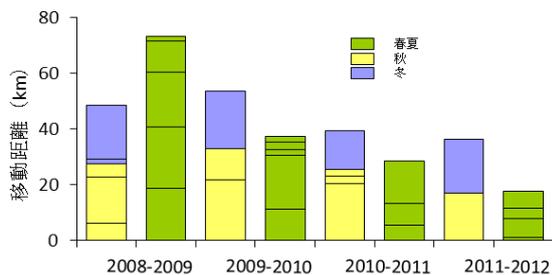
2008年9月から2012年10月の調査期間中に、G家は宿営地を合計30回移動し、31ヶ所に宿営地を構えた。うち17箇所が暖季、残りの14箇所が寒季の営地であった。これらの宿営地は東西におよそ25km、南北におよそ50kmの面積に分布していた（図(1)-11）。



図(1)-11 調査協力遊牧民世帯G家の宿営地（2008年9月 - 2012年10月）分布図。

●は暖季、○は寒季をそれぞれ表す。

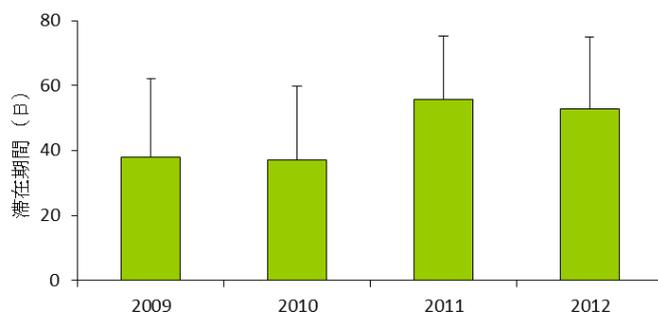
草原の一次生産と直接関係すると思われる暖季の宿営地が2008-2009と2009-2010年度にそれぞれ5箇所、2010-2011年度に3箇所、2011-2012年度の4箇所（図(1)-12）と、年による違いは少なかった。



図(1)-12. 2008年秋から2012年夏における宿営地の数と移動距離。ハコの数が宿営地の数を表す。

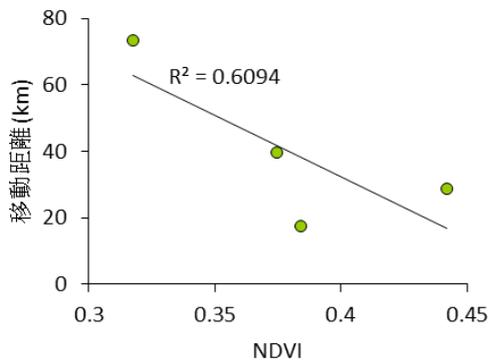
た。暖季における宿営地の移動が毎年3-5回であるのに対し、移動距離は最長が2009年の73.5kmで、最短は2012年の17.6kmとなり、その違いは4倍あまりであった。

2009年と2010年の暖季に宿営地での平均滞在期間が40日に及ばなかったが、2011年と2012年では何れも50日を越えていた（図(1)-13）。移動距離が短いほど滞在日数は長くなる傾向が見られた。



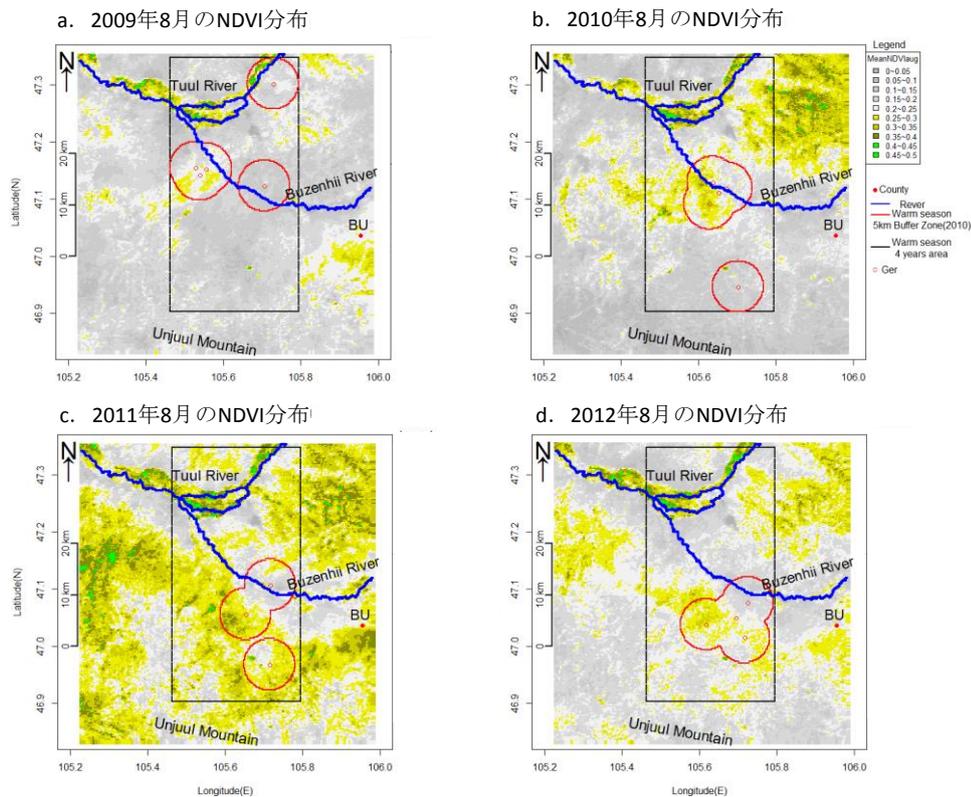
図(1)-13. 2009-2012年の暖季における宿営地での平均滞在期間。エラーバーは標準偏差を示す。

そこで、草原の地上部現存量を示す植生指数(NDVI)と移動距離の関係を見たところ(図(1)-14)、植物生産量が少ない年ほど宿営地を捜しての移動距離が長くなることが示された。



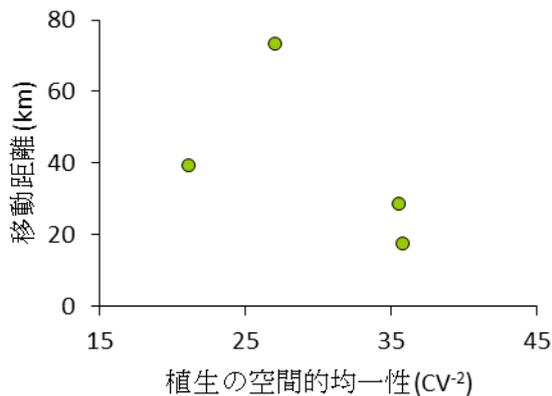
図(1)-14 暖季における植生指数と宿営地の移動距離の関係。

図(1)-15に暖季の宿営地の位置と、その周辺の植生の関係を示す。暖季には水場に近く、かつ草原の現存量が比較的高い場所を宿営地として選定していることが示された。また、草原の現存量が少ない年は宿営地間の距離が離れているが、現存量が多い年に宿営地間の距離が近いことが示された。



図(1)-15 調査地における8月の植生指数 (NDVI)と暖季の宿営地の分布。

図(1)-16では、草原の植生指数の空間的異質性が高い年に宿営地の移動距離が長く、植生指数の異質性が低い ( $CV^2$ の値が高い) 年に宿営地の移動距離が短いことが示された。



図(1)-16 植生(NDVI)分布の空間的な均一性と宿営地の移動距離の関係。

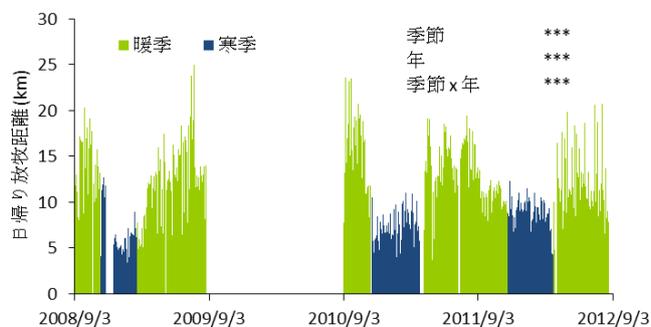
草原の現存量が比較的到低く、空間分布の異質性が高かった2009年と2010年に、植生を求めて暖季における宿営地の移動回数が多く、移動距離が長く、一箇所に滞在する時間が短いことが明らかになった。一方、草原の現存量が高く、空間分布の異質性が低かった2011と2012年に、暖季における宿営地の移動回数が少なく、移動距離が短く、一箇所に滞在した期間が長かった。これらの結果から、宿営地の移動が草原の現存量と直接関連していることが示唆された。

宿営地の移動に働く要因は季節によって異なる。寒季には風が弱くて日当たりがよい、また枯草が豊富で温かい場所を目指す。暖季は牧草と水源が確保できる場所を利用する。暖季の宿営地の移動距離は、草原の生産力に依存していることが示唆された。

## 2) 日帰り放牧の時間と距離

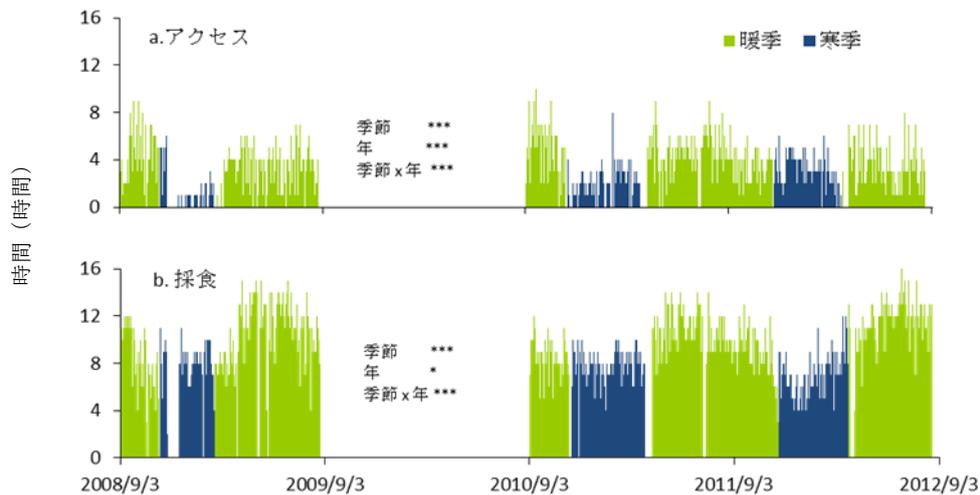
1日の日帰り放牧距離の季節的変化を(図(1)-17)に示す。日帰り放牧の距離は暖季に長く、寒季に短くなっていることと、年によっても有意に異なることが示された。

暖季には、①家畜への給水、②気候が温暖で日照時間が長い、③新鮮で栄養豊富な牧草が採食できるなどにより、放牧地での滞在時間が伸びたと考えられる。寒季では、①積雪により家畜への給水作業が解消され、②気温が低く日照時間が短い、③枯草の栄養価が低いため、日帰り放牧の時間と距離が短くなると考えられる。年による植物生産量の違いも日帰り放牧の距離に影響した。



図(1)-17 日帰り放牧距離の時系列変動。\*\*\*:  $p < 0.001$ 。

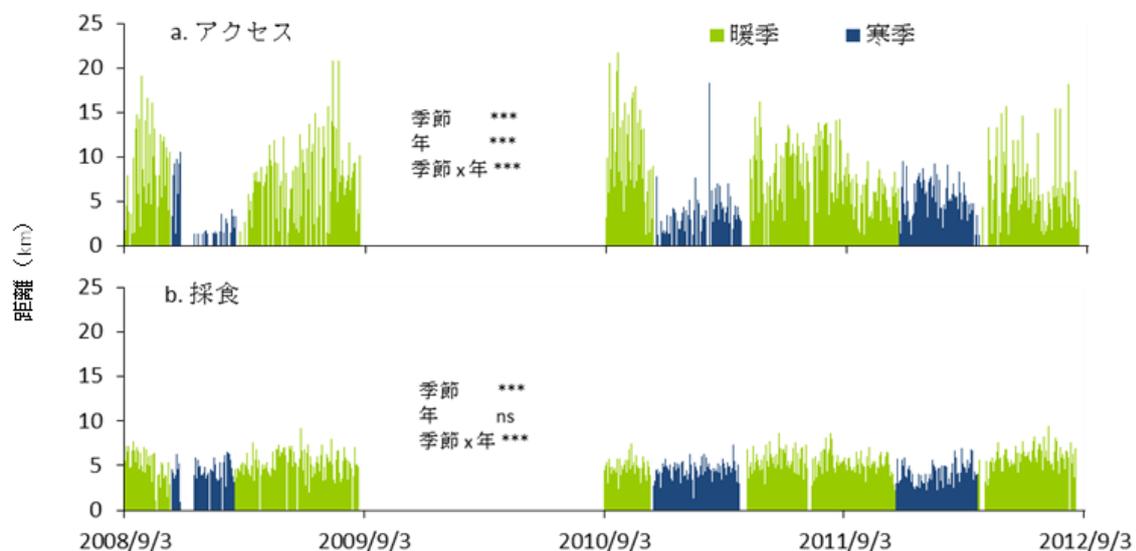
図(1)-18は移動速度から、草原に留まって採食をしている時と、水場か放牧地に向かって移動している時を区別し、それぞれに費やされた時間の季節的变化を示した。家畜の移動図 ((1)-18a) は水場へ向かう移動と放牧地へ向かう移動が含まれている。暖季の移動はその両者の移動を区別できないが、寒季には水場への移動がなくなるので、データは放牧地への移動だけになる。



図(1)-18 日帰り放牧における移動(アクセス)と採食時間の時系列変動。\*:  $p < 0.05$ 、\*\*\*:  $p < 0.001$ 。

移動の時間は年と季節によって有意に異なることが示された。季節的な違いは水場への移動の有無によるものであるが、年による違いは宿营地周辺の植生の均一性(図(1)-16)と関係していると考えられる。

暖季は日照時間が長く、気候が温暖で採食時間が長い。寒季には日照時間が短縮し、厳しい寒さに見舞われるため採食時間が短くなることにより、日帰り採食時間が季節的に有意に異なると考えられる(図(1)-18b)。年による採食時間の有意さが草原の植物現存量の変動によるものと考えられる。図(1)-19に移動と採食の距離の季節的变化を示す。移動距離は季節と年いずれもにつ



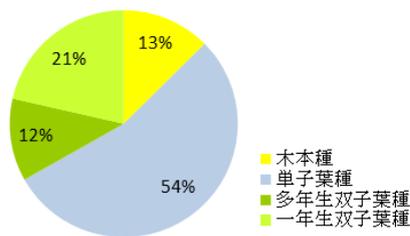
図(1)-19 日帰り放牧におけるアクセスと採食距離の時系列変動。\*\*\*:  $p < 0.001$ 、ns: 有意差なし。

いても有意な影響を受けている（図(1)-19a）。一方の採食距離は季節に有意に異なるが年による有意差がなく（図(1)-19b）、採食のために移動する距離は植生の異質性に影響されないことが示された。

上述の結果から、年に対する宿营地移動の依存性が年に対する日帰り放牧の非依存性を補いながら、高い異質性を持つ草原を利用していることが示唆された。つまり、草原の生産力が低い年に宿营地の移動を高めることを通じて、牧草に対する家畜の需要を満たす努力をしていると考えられる。

#### （４）遊牧による放牧圧と草原群落の関係

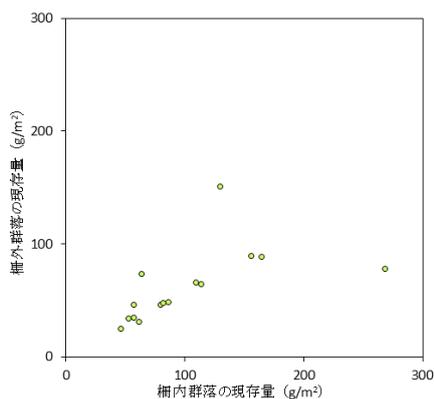
図(1)-20に牧柵の中で、放牧圧を受けない状態での地上部現存量の植物種群別の割合を示す。単



図(1)-20 地上部現存量が植物種群の占める割合（1999-2014の平均値）。

子葉植物の占める割合が最も大きく、一年生双子葉植物がそれに続き、モンゴル草原は放牧が行われない場合、単子葉植物が現存量の半分以上を占めていることが示された。

牧柵の内外での地上部現存量の違いを明らかにするために、図(1)-21に調査全期間の柵内外の地

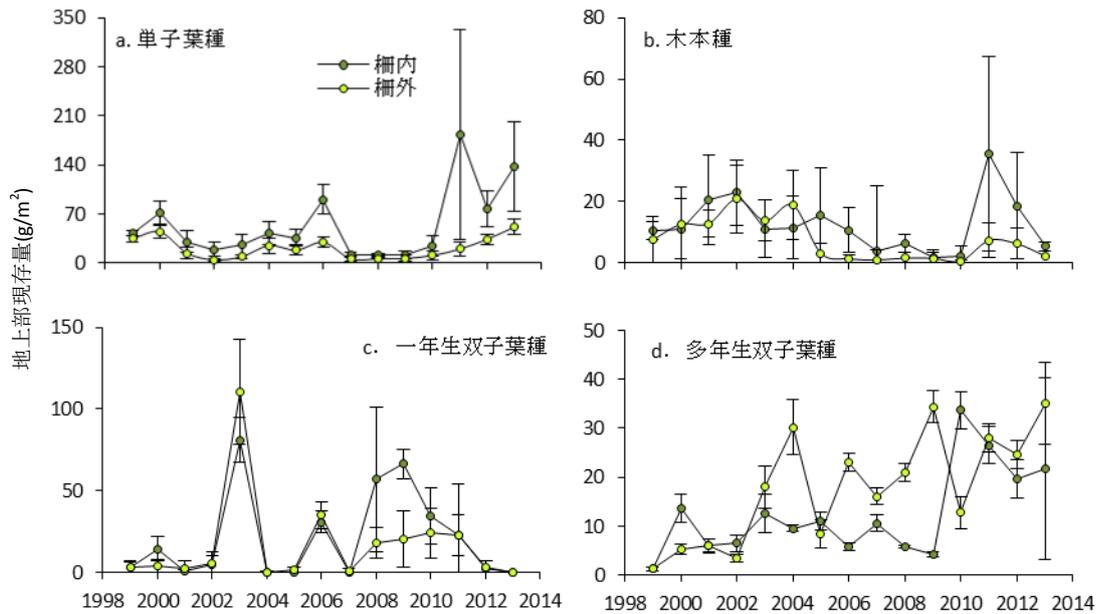


図(1)-21 柵内外群落における地上部現存量（1999－2013）。

上部現存量の関係を示す。柵内の地上部現存量が非常に多い年でも、柵外の地上部現存量は、2003年を除き、 $100\text{g/m}^2$ を上回ることはなかった。すなわち、群落の生産量が多い年ほど生産量に占める採食量の割合が増え、強い採食圧がかかることが示された。一方、群落の生産量が少ない年（1999-2002年と2007年）は、生産量の空間的異質性も高いため、より良好な状態の草原を求めて宿营地を移動する回数と距離が増大する。このため、柵内外で生産量が少ない年には生産量に占

める採食量の割合が少なくなったと考えられた。このような草原生産量の異質性に合わせた採食圧の調整は、広い面積の草原を自由に利用できることが前提となる。また、2003年はゾドによって家畜が大量に死亡した直後であるため、採食量が少なかったと考えられた。

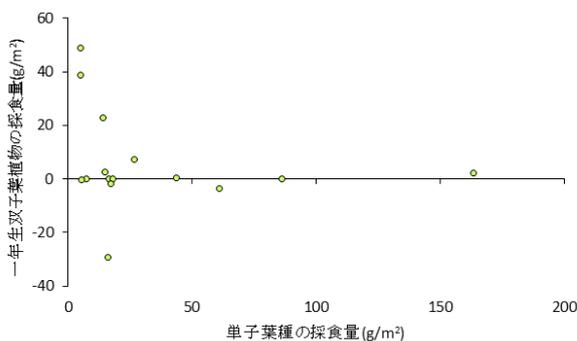
次に柵内外における地上部現存量を機能群別に比較すると（図(1)-22）、単子葉植物は常に柵内に比べて柵外で少なく、生産量の多い年には採食量が多かった。木本植物も柵内に比べて柵外で



図(1)-22 異なる機能群の柵内外群落の地上部現存量の経年変化。バーは標準偏差、 $n = 4$ 。

少ない年が多かったが、採食量は単子葉植物と比較して少なかった。一年生双子葉植物は柵内外ではほぼ差がない年と柵内に比べて柵外で少ない年があり、多年生双子葉植物は多くの年で柵外に比べて柵内で少なかった。これらから、単子葉植物がこの地域において家畜の最も主な採食資源であること、一年生双子葉植物は採食対象となる年とならない年があること、および多年生双子葉種は採食資源ではないことが示唆された。

一年生双子葉植物が採食対象となるか否かの決定要因を明らかにするため、最も主な採食資源である単子葉植物の採食量と一年生双子葉植物の採食量を比較した（図(1)-23）。その結果、2003



図(1)-23 単子葉植物と一年生双子葉植物の採食量の関係。

年を除き一年生双子葉植物は単子葉植物の採食量が少ない年に多く採食されており、単子葉植物の現存量が十分でない場合の代替資源として家畜に利用されていることが示唆された。本調査地で出現した単子葉植物は全て高採食嗜好性種であり、一年生双子葉植物の多くが中採食嗜好性種であったこと (Dashzeveg 1986)<sup>14)</sup>とも関係があると考えられた。一方、2003年では単子葉植物の採食量が少ないにも関わらず、一年生双子葉植物の採食量が負の値となったが、直前の冬に発生したゾドによる家畜の大量死が、地域全体の採食圧を減少させたことが原因と考えられた。

以上のように、宿营地移動と日帰り放牧を組み合わせられているモンゴル草原における遊牧形式の牧畜では、草原の生産量が少なく生産量の空間的異質性が高い年には移動距離と回数が増えるため生産量に占める採食量の割合が減少することがわかった。一方、生産量が多く生産量の空間的異質性が低い年には移動距離と回数が減るため、そのような年に暖季の宿营地となった場所周辺では生産量に占める採食量の割合が増加することがわかった。このような草原の異質性に合わせた放牧圧の調整が、草原生態と遊牧そのものの持続性に重要な役割を果たしていると考えられた。一方、採食圧は群落を優占する単子葉植物と一年生双子葉植物に集中していることから、生産力の高い年でも場所を変えながら放牧することが重要であろう。

## 5. 本研究による得られた成果

### (1) 科学的意義

#### 1) 塩ストレスと乾燥ストレスが*A. splendens*当年生実生の成長に与える影響

特定の地形的条件下で密な群落を形成している*A. splendens*の耐塩性と耐乾性およびその相互作用について圃場実験を行った。その結果、塩ストレスが大変強い場合には乾燥が進むほど葉が薄くなることで現存量は減少し、強度の塩ストレスと乾燥ストレスが複合した場合には成長が抑制された。しかし、その場合もT/R比に違いはなく、他の葉の形態には全く影響しなかったし、光合成機能も低下しなかった。一方、塩ストレスあるいは乾燥ストレスに対し、浸透調節物質濃度を高めることが明らかとなった。本種は通常の高塩ストレス、乾燥ストレス下では、浸透調節物質濃度を調整することで吸水力を向上するとともに、葉緑素量が増加して光合成機能を維持できる能力を有している。そこで、本種の群落を維持するには、強い塩ストレスと乾燥ストレスを複合させないことが重要であり、土壌の塩濃度上昇をできるだけ避けるような群落の取り扱いや土地の保全が必要であることが示唆された。

#### 2) 冬营地周辺における植生の時空間変動

広大に広がっている北東アジアの草原地帯においても、数100kmのスケールで植生構造に明らかな違いがあることが定量的に示されたことは、草原の管理にとって有用な知見である。しかも、北部と南部で地形に起因する土地利用の違いが、キーリソースの重要性に差異を生じさせていることは、キーリソースの保全を考える上で有用である。

#### 3) 植生構造が宿营地の季節的な移動と宿营地周辺での日帰り放牧に与える影響

年による草原の生産力の変動に対して、宿营地の選択がどのように行われているのかを明らかにすることで、干ばつやゾドに対する遊牧移動による回避行動を科学的に解明することができた。家畜の毎日の行動から、現在利用している草原から次の草原へ移動することで、効率的に採食できる植生を家畜に提供できていることを明らかにすることができた。

#### 4) 遊牧による放牧圧と草原群落の関係

モンゴル草原の潜在的な植生の半分以上は単子葉植物であることが明らかとなったことで、放牧に利用されている草原の自然度を判定する基準に植物群落の構造が利用可能であることが示された。柵内外の植生の比較から家畜の主な食草を定量的に把握することができた。

## (2) 環境政策への貢献

### <行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

### <行政が活用することが見込まれる成果>

経験的に行われている宿営地の移動と草原植生の量や質との関係を定量的に評価することができたことは、干ばつやゾドなどの災害時の危険度評価の精度の向上につながるものであり、災害防止のための施策に有効なものである。モンゴル草原の南部と北部では、地形要因が異なるために冬営地の環境が大きく異なる。その違いが、遊牧の持続性を左右する災害時の重要な植生（キーリソース）である*A. splendens* への依存度の違いを生んでいることを明らかにすることができ、さらにその*A. splendens* のストレス耐性の強さとそのメカニズムを明らかにしたことは、群落の再生・保全を組み入れた遊牧草地の管理体制の推進などの放牧地管理の政策に資するものである。

## 6. 国際共同研究等の状況

本研究プロジェクトのモンゴル側責任者であるUndarmaモンゴル農業大学准教授とは引き続き共同研究を実施する予定になっているが、当面は経費の裏付けがないため、現地調査の継続はUndarma准教授の通常の研究費で行ってもらうこととなっている。一方、岡山大学大学院に留学していたSergelenkhoo博士は学位を取得後、モンゴルに戻り、元の職場であるフスタイ国立公園で嘱託の研究者として活動を開始している。植生構造については彼女を主たるカウンターパートとして今後の共同研究を推進する予定である。

また、日中韓3カ国による黄砂対策共同研究が2008年から始まっており、その調査地が2013年に中国内蒙古自治区ハイラル市の流砂地帯とすることが決まった。そのメンバーにモンゴル地理学研究所の研究者を加えることとなっており、モンゴル草原の植生と遊牧の関係についての共同研究の一環として実施する予定である。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文（査読あり）>

- 1) J. Sergelenkhoo, U.G. Nachinshonhor, T. Otoda, Y. Yamada, J. Undarmaa, K. Sakamoto and K. Yoshikawa: Journal of Arid Land Studies, 22-1, 235-238 (2012)  
“Effect of grazing pressure on the structure of rangeland plant community in Mongolia”

#### <その他誌上発表（査読なし）>

- 1) U. G. Nachinshonhor: The Mongolian Ecosystem Network - Environmental Issues Under Climate and Social Changes” Springer, 145-156 (2012)  
“Use of Steppe Vegetation by Nomadic Pastoralists in Mongolia”
- 2) У. Г. Начиншонхор: МОНГОЛЫН НҮҮДЛЫН МАЛ АЖ АХУЙ ЭКОСИСТЕМИЙН СҮЛЖЭЭ, АДМОН ХХК, УЛААНБААТАР, 353-365 (2012)

“Монголын нүүдлийн мал аж ахуй болон хээрийн ургамалжилтын уялдаа” (in Mongolian)

- 3) G.U. ナチンションホル、L. ジャルガルサイハン、藤田昇ら編：モンゴル 草原生態系ネットワークの崩壊と再生、京都大学学術出版会、339-352 (2013)  
「モンゴルの遊牧における季節移動 - モンゴル国トゥブ県バヤンウンジュール郡の事例」
- 4) U. G. Nachinshonhor, Eerdeni, L. Jargalsaikhan, 藤田昇、山村則男、小長谷有紀、吉川賢：日本文化人類学会第47回研究大会発表要旨集、145 (2013)  
「季節移動、日帰り放牧と気象条件および草原の生産力の関係-モンゴル国での調査事例」
- 5) Г. У. Начиншонхор: Proceedings of the 10th International Congress of Mongolists Vol.3 “*Mongolia's Economy and Politics*”, 52 - 55 (2013)  
Монголын хээрийн бэлчээрийх тогтвортой байдалд нүүдлийн мал аж ахуйн үзүүлэх нөлөө (Effects of nomadic pastoralism on the sustainability of Mongolian steppe ecosystem).

## (2) 口頭発表 (学会等)

- 1) J. Sergelenkhoo, K. Yoshikawa: 1st International Conference on Arid Land, Narita, Japan, 2011  
"Effect of grazing pressure on the structure of rangeland plant community"
- 2) 田中(小田)あゆみ、大手信人、額尔德尼、小山明日香、Undamaa Jamsran、山中典和、村田直樹、大黒俊哉、那沁、Sergerenhuu Jambal、廣部宗、吉川賢：日本森林学会 123 回大会、宇都宮 (2012)  
「モンゴル国マンダルフゴビ地域の Key resource としての草本群落における水・養分利用特性」
- 3) 中桐恵利華、音田高志、廣部宗、坂本圭児、吉川賢、A. Uyanga、N. Baatarbileg：日本森林学会123回大会、宇都宮 (2012)  
「モンゴル国の北方林における大規模火災後の樹木の侵入と定着」
- 4) U. G. Nachinshonhor, L. Jargalsaikhan, T. Hirose: International, cross-disciplinary, academic and associative lecture panel: “*Mongolian Space and Heritages*”, Paris, France, 2012  
“Sustainability of Steppe Ecosystem and Nomadic Pastoralism in Mongolia: A case study from Bayan-Unjuul, To’v Prefecture, Mongolia”
- 5) U. G. Nachinshonhor, L. Eerdeni, Jargalsaikhan, 長谷川成明、藤田昇、石井励一郎、吉川賢、小長谷有紀、山村則男：日本生態学会第 60 回大会、静岡 (2013)  
「モンゴルの遊牧における季節移動と日帰り放牧」
- 6) J. Sergelenkhoo, U. G. Nachinshonhor, T. Otda, Y. Yamada, J. Undarmaa, K. Sakamoto, K. Yoshikawa: 日本生態学会第 60 回大会、静岡 (2013)  
“Effect of grazing pressure on the structure of rangeland plant community in Mongolia”
- 7) 遠藤いず貴、田中(小田)あゆみ、大手信人、額尔德尼、J. Undarmaa、山中典和、岡安智生、大黒俊哉、那沁、廣部宗、吉川賢：第 124 回日本森林学会大会、岩手大学 (2013)  
「モンゴル国の乾燥地における草本性“Key-resource”群落の水分と養分の利用特性」
- 8) 山中典和、Undarmaa Jamsran、遠藤いず貴、田中(小田)あゆみ、大手信人、額尔德尼、岡安智生、大黒俊哉、那沁、廣部宗、吉川賢：第 124 回日本森林学会大会、盛岡 (2013)  
「モンゴル国の乾燥地における草本性“Key resource”群落の立地特性」
- 9) 額尔德尼、大手信人、遠藤いず貴、田中(小田)あゆみ、岡安智生、大黒俊哉、樋口篤志、那沁、山中典和、Undarmaa J.、吉川賢：日本砂漠学会第24回学術大会、広島 (2013)

「リモートセンシングを用いたモンゴル高原における草地生態系の長期変動の把握」

- 10) U. G. Nachinshonhor, Eerdeni, L. Jargalsaikhan, Y. Konagaya, K. Yoshikawa, N. Fujita, N. Yamamura: Congress of the International Union of Anthropological and Ethnological Sciences 2013”  
Manchester, United Kingdom, 2013

“Seasonal migration and daily herding in the Mongolian nomadic pastoral livestock”

- 11) U. G. Nachinshonhor, Eerdeni, L. Jargalsaikhan, 藤田昇、山村則男、小長谷有紀、吉川賢：日本文化人類学会第47回研究大会、東京（2013）

「季節移動、日帰り放牧と気象条件および草原の生産力の関係-モンゴル国での調査事例」

- 12) 遠藤いず貴、大手信人、額尔德尼、大黒俊哉、Undarmaa J.、川上聖、樋口篤志、山中典和、那沁、廣部宗、吉川賢：日本生態学会第61回大会、広島（2014）

「モンゴル半乾燥地域におけるアクナテルム属群落の水利用特性」

- 13) G. U. Nachinshonhor, Eerdeni, L. Jargalsaikhan, 吉川賢：日本生態学会61回大会、広島（2014）

「遊牧が草原群落の構成種に及ぼす影響」

- 14) 大黒俊哉、柿沼薫、エリデニ、坂本圭児、ウンダルマ・ジャムスラン：日本生態学会61回大会、広島（2014）

「モンゴルにおける災害時の避難先として整備された非常用草地の植生退行:ヘンティ県ヘルレンバヤンウランの事例」

- 15) U. G. Nachinshonhor, Eerdeni, L. Jargalsaikhan, 小長谷有紀、吉川賢：日本文化人類学会50周年記念国際研究大会、幕張（2014）

“Relationship between nomadic pastoral animal husbandry and the steppe ecosystem in the Mongolia”

- 16) U. G. Nachinshonhor, Eerdeni, L. Jargalsaikhan, Y. Konagaya, K. Yoshikawa: IAS 2014. Changing Patterns of Power in Historical and Modern Central and Inner Asia Conference, Ulaanbaatar, Mongolia, 2014

“Relationship between nomadic animal husbandry and the steppe biomass in Mongolia”

（アブストラクト提出済み）

### （3）出願特許

特に記載すべき事項はない。

### （4）シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない。

### （5）マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

### （6）その他

特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

- 1) Yunatov A. A., 1976. Main features of vegetation cover of the Mongolian People's Republic. Ulaanbaatar, Mongolia.
- 2) Zhang Zutong, 1990. Grassland resource of Inner Mongolia. Huhhot, China
- 3) Begzsuren S., Ellis J.E., Ojima D.S., Coughenour M.B., Chuluun T., 2004. Livestock responses to

- droughts and severe winter weather in the Gobi Three Beauty National Park, Mongolia. *Journal of Arid Environments*, 59(4): 785-796
- 4) Tumurjav M. and Erdenetsogt N., 1999. Nomads of Mongolia, Ulaanbaatar Mongolia
  - 5) Douglas, A.J., Dennis, P.S., Daniel, M., Daalkhaijav, D., 2006. Mongolian rangelands in transition. *Secheresse* 17, 133-141.
  - 6) ナチンションホルG.U., 2003. 日本からみたモンゴルの自然環境——内モンゴルの苦悩、『科学』75(5): 578-581、岩波書店
  - 7) Yunatov A. A., 1968. Forage plants in pastures of the Mongolian People Republic. Ulaanbaatar, Mongolia
  - 8) Ulzykhutag N., 1985. Reference book of forage plants in the Mongolian People's Republic. Ulaanbaatar, Mongolia
  - 9) 岸谷幸枝、1999、『環境ストレス耐性イネ作出への新戦略』、平成9年-平成10年度科学研究費助成金（基盤研究C）研究成果報告書、東北大学
  - 10) Takehiro Sasaki, Satoru Okubo, Tomoo Okayasu, Undarmaa Jamsran, Toshiya Ohkuro, and Kazuhiko Takeuchi, 2009. Two-phase functional redundancy in plant communities along a grazing gradient in Mongolian rangelands. *Ecology* 90:2598–2608
  - 11) Grubov V.I., 1982. Key to the vascular plants of Mongolia, Leningrd
  - 12) Dashzeveg L., 1986. The study of forage plants palatability. Ulaanbaatar, Mongolia

## (2) 乾燥地生態系の水・物質循環とシステムの安定性の解析

東京大学大学院農学生命科学研究科 大手 信人・大黒 俊哉  
岡安 智生（平成23～24年度）

<研究協力者>

東京大学大学院農学生命科学研究科 柿沼 薫・エリデニ  
遠藤 いず貴（平成24～25年度）

(独) 森林総合研究所

立地環境研究領域 養分動態研究室 小田(田中)あゆみ（平成23年度）

平成23～25年度累計予算額：42,100千円（うち、平成25年度予算額：13,500千円）  
予算額は、間接経費を含む。

### [要旨]

降水量の変動性が高い地域における放牧圧による土地荒廃の検証を目的とし、遊牧民の移動戦略に関してマルチエージェントモデルを用いた理論的検証と現地聞き取り調査および禁牧柵を用いた植生調査による実証的検証を実施した。その結果、遊牧民は貧富の差などによって異なる空間スケールの移動戦略をとることが、理論的および実証的に示された。牧民にキーリソース（KR: Key Resource）と認識されている *Achnatherum* 群落は、干ばつ時に主に小規模・短距離移動牧民に利用されており、放牧圧の影響を他の群落に比べ強く受けていることが示された。これにより干ばつが頻発する地域においても家畜数の制限といった放牧圧のコントロールの必要性が示された。特に、小規模・短距離牧民のセーフティネットである *Achnatherum* 群落を重点的に管理することで干ばつに対する脆弱性を低下させることができるという持続的管理上重要な知見を提示した。

キーリソースである *Achnatherum* 群落の生理生態特性について、水・養分利用特性に着目した調査解析を行った。水の酸素と水素の安定同位体比による吸水深度の推定により、乾燥時と降雨後で吸水深度が異なることが示された。また炭素の安定同位体比の結果から、*A. splendens* は同所に生育する一年生草本種に比べて水利用効率が高いものの、耐乾性の高い種ではないことがわかった。以上の結果より、*A. splendens* は深度方向に広い吸水範囲を持ち、効率的に水を利用することで長期間の生育を可能にしていることが明らかになった。さらに、地下部のバイオマスおよび土壌の粒径分布を調べた結果、*A. splendens* が洪水時の河畔への細砂の堆積に対して、埋没した株から不定根を出して吸水範囲を広くすることが、密な群落形成に寄与していると考えられた。

衛星リモートセンシングの長期データを解析した結果、NDVIで表される草地バイオマスは近年明らかな低下傾向が見られ、夏季気温の上昇、降水量の減少の傾向と同調していた。これに伴い、地表面のボーエン比は漸増の傾向がみられ、地表面の乾燥化が進行していることが示唆された。

### [キーワード]

遊牧民の移動戦略、資源の時空間的異質性、キーリソース、安定同位体比、水利用効率

## 1. はじめに

乾燥地における持続的放牧地管理の実現への障壁は、放牧要因と気候要因が植生動態へ及ぼす複合的影響が解明されていないことである<sup>1)</sup>。放牧地生態学における非平衡理論によると、降水量の変動性が高い地域では、降雨のばらつきに対して日和見的に遊牧民が移動を繰り返し、家畜頭数が干ばつによって制限されるため、放牧圧による土地荒廃が起こりにくいとしている。一方で、非平衡理論の予測に対して、一致しない結果も示されており、放牧圧による土地荒廃が生じるのか否か長らく議論されてきた。そのため持続的管理へ向けた対策が立てられず、家畜頭数の制限といった放牧圧のコントロールの有効性についても、未だに一貫した見解が得られていない。

降水量の変動性が高い地域において、放牧圧が植生へ及ぼす影響を解明するためには、植生動態（生態システム）のみに着目するのではなく、牧民の移動形態（社会システム）との相互作用を明らかにすることが重要と認識されている（Vitter, 2005）<sup>1)</sup>。牧民は干ばつ時の影響を緩和するために、降雨や地形がもたらす植生の空間的異質性を利用する。このような資源をここでは、“キーリソース群落”とよぶ。降水量の変動性が高い地域においても、干ばつ時に遊牧民の利用が集中するキーリソース群落では、土地荒廃が生じることが予想される（Illius and O'Connor, 1999）<sup>2)</sup>。このように、牧民の植生資源の選択によって放牧圧の空間分布が決定されるため、そのメカニズムを明らかにすることで放牧圧が植生へ及ぼす影響の解明につながる。

植物の水・養分利用の違いは種の分布や成長を決定する主要因である。モンゴル国マンダラゴビ地域では、イネ科草本の*Achnatherum*群落<sup>3)</sup>がキーリソース群落として利用されており、*Achnatherum*群落の成立要因や生理生態特性を解明し、持続的な利用および保全・管理方法を確立する必要がある。

## 2. 研究開発目的

本サブテーマではまず、遊牧およびそれを支える生態系の空間時間的ダイナミクスを明らかにしたうえで、乾燥地生態系のランドスケープの多様性・不均質性、およびその中で牧民の生存と砂漠化プロセスの鍵とされるキーリソース群落について、その成立要因から、現在の空間分布とその経時的変化、そして遊牧民との相互作用に関する関係性を明らかにする。

つぎに、乾燥地植物の生育に重要な水・養分利用特性に着目し、同所に存在する他種と比較することで*Achnatherum*群落の成立要因を明らかにする。*A. splendens*は河畔やそれに続く谷の中腹など比較的水分条件の良い場所に定着して、深く根を張って密な群落を形成することが知られている。そこで*Achnatherum*群落の発達特性を推定するために、この群落形成のメカニズムについて以下のような仮説を立てた。河畔や谷の中腹などの立地環境では、洪水時などに流水が近傍を通過することで川から土砂が流されてくる。群落の地上部は運ばれてくる土砂によって覆われるため、埋没した地上部だった部分が生育を続けられる場合、植物体の地下部は深くなる。このことによって、植物体が養水分を吸収できる領域が広がり、再び地上部を成長させて群落を発達させる。上記の仮説を検証するために、地上部、地下部のバイオマスと立地条件の関係を明らかにする。

さらに、衛星リモートセンシングの長期データを用いて草地生態系のバイオマスが長期的にどのような変化をしてきたかを俯瞰するとともに、気候値データとの関係を解析し、バイオマスの消長に対する気候変動の影響を把握する。また、遊牧がバイオマス変動に及ぼす影響を評価するため、宿営地の分布と草資源量の関係を把握する。

### 3. 研究開発方法

#### (1) キーリソース群落の諸性質と遊牧民による利用との相互作用の解明

##### 1) 遊牧民の資源利用と移動戦略—理論モデルによる予測

既存研究では、牧民の資源利用を均一という単純化した想定をして、放牧地システムの動態および土地荒廃の可能性を議論している。一方で、先行研究により、牧民間の貧富の差は放牧形態の違いに影響することが分かっている。そこで、干ばつ時の移動や資源利用は、牧民の家畜頭数などの経済的狀態によって異なるかを理論モデルによって予測した。具体的には、移動コストが変化した場合の遊牧民の飼養家畜頭数と移動距離の関係について、Multi-Agent Modelによるシミュレーションを行った。

##### 2) 遊牧民の資源利用と移動戦略—現地調査による実証

###### a 移動形態のグループ分けと特徴

遊牧民の干ばつ時の資源利用や移動戦略の異質性を実証的に検証するため、現地の遊牧民に対する聞き取り調査を通して検証した。調査地に在住する牧民77人のゲル（遊牧民が住む白いテント）を訪問した。この地域は、遊牧民の移動が比較的頻繁に行われること、またゲルの分布はまばらで、見つけ出すことが困難であるため、対象地の村長を通じてゲルを訪問した。1世帯あたり1人を対象とし、モンゴル語と日本語の通訳を通じて、1人当たり約30分の対面式聞き取り調査を実施した。各回答者に移動性、干ばつ時の資源利用、経済性について聞き取った。

対象者のうち52名（男性35名、女性17名）の有効回答を得た。回答者の平均年齢は46.1歳（20-77歳）だった。それぞれの項目で得られたデータを主成分分析にかけた。そしてその主成分スコアを用いてクラスター分析を実施し、牧民の放牧形態をグループ化した。さらに、各グループの特徴を把握するため、干ばつ時の移動先、平年時の移動先、キーリソース利用はカイ自乗検定を用いてグループ間を比較した。

###### b 大規模・長距離牧民の移動形態

家畜頭数を多く所有し、長距離に移動する牧民（大規模・長距離牧民）について、その移動形態を把握するため下記の通り現地調査を実施した。

###### i 大規模牧民の割合

郡全体における大規模・長距離移動牧民の割合を調べるため、2013年8月にドントゴビ県庁の統計局を訪問し統計データを入手した。入手したデータは、2008-2012年の1世帯あたり所有家畜頭数および、2011-2012年に「県内」または「県外」で過ごした世帯数である。前者は、「200頭以下」、「201-500頭」、「501-999頭」、「1000頭以上」の項目ごとに世帯数が集計されている。家畜頭数は「ヒツジ」、「ヤギ」、「ウシ」、「ウマ」、「ラクダ」をヒツジ換算した「全家畜頭数」のデータを用いた。またデータはドントゴビ県の全群を含んでいたが、そのうち対象地であるサエンツァガン群のデータを利用した。

###### ii 大規模・長距離牧民の移動先

長距離移動の移動先および長距離移動にかかるコストを明らかにするために、牧民世帯を訪問して聞き取り調査を2013年8月に実施した。この地域は、遊牧民の移動が比較的頻繁に行われること、またゲルの分布はまばらで、見つけ出すことが困難であるため、対象地の村長を通じてゲルを訪問した。村長には、県を越えて移動する遊牧民を紹介してくれるように依頼した。1世帯あたり1人を対象とし、モンゴル語と日本語の通訳を通じて、1人当たり約30分の対面式聞き取り

調査を実施し、2000年以降の移動有無、時期、場所、移動手段、経費等である。15名（男性14名、女性1名）の有効回答を得た。回答者の平均年齢は42.5歳（30-65歳）だった。家畜頭数はヒツジ換算した。その結果、回答者の平均所有家畜頭数は934頭（280-2500）だった。

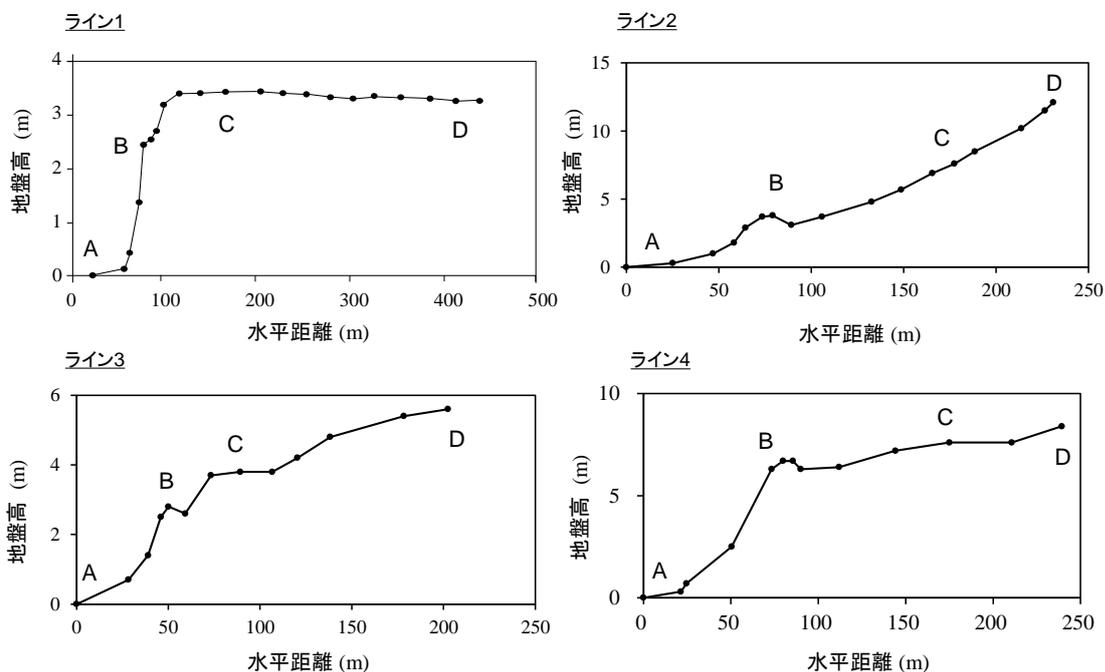
### 3) キーリソース群落における植生劣化の実証

キーリソース群落における放牧圧による植生劣化を実証的に検証するため、各群落タイプ（*Caragana*、*Allium*、*Achnatherum*、*Reaumuria* 群落）に放牧区(N=3)と禁牧区(n=1 or 2)を設置した。放牧区と禁牧区でそれぞれ1m x 1mコドラート（20コドラート/プロット）の出現した植物種とその被度を記録した（Total n=340）。放牧区と禁牧区で植生構造の非類似度指数（Sorensen's Index）を算出した。群落間で非類似度指数を比較し（多重比較 ボンフェローニ補正）、放牧圧が植生へ与える影響を定量的に評価した。さらに各群落タイプにおける放牧圧のインパクトを推定するため、5つの円（直径1m）/プロットに出現した家畜のフン数を計測し（Total n=60）、群落間で比較した（多重比較 ボンフェローニ補正）。

## (2) キーリソース群落における気象水文環境の把握および水・養分循環動態の解明

### 1) 調査地と調査プロット

調査は2011年から2013年のそれぞれ8月にモンゴル国マンダルゴビ地域に設置した調査地で行った。乾燥地域では地盤高の違いで植生が大きく変化するため、河床から河畔斜面部上部へ4本のトランセクトラインを設け、地盤高別に低地からA-Dの4つのプロットを設定した（図(2)-1）。各プロットには2 x 2mのサブプロットを1m間隔で5つ設置して植生調査を行った。



図(2)-1 調査地（ライン1-4）の地形。

### 2) 水の酸素と水素の安定同位体比の測定

植物の吸水深度を特定するため、1年目には*A. splendens* (3個体：プロットB、C)、*Kalidium* sp. (1

個体：プロットD)、*Reaumuria soongorica* (1個体：プロットD)、2年目には21種68個体、3年目には *A. splendens*のみ18個体の根を掘り取り、ガラス瓶に密閉して持ち帰った。同時に、1、2年目はライン1-4の各プロットに深さ50cmの土壌断面を作成し、表層(0-5 cm)、5-10、10-15、20-25、35-40 cmの深さの土壌をそれぞれ採取した。3年目はライン2-4のプロットB、Cで表層(0-5 cm)、5-10、10-15、50-55、80-85 cmの深さの土壌を採取した。真空蒸留法により植物および土壌中の水をそれぞれ抽出し、水素および酸素の安定同位体比を測定した。分析を行ったライン1とライン3の土壌および6種14個体の植物の結果を示す。

### 3) 植物と土壌の炭素と窒素の安定同位体比の測定

植物種ごとに水利用効率の指標である炭素安定同位体比を比較するため、植生調査で出現した植物について1年目に24種108個体、2年目に27種206個体、3年目に13種49個体の葉のサンプルを採取した。3年目は、*A. splendens*のみで根と埋没株のサンプルも採取した。サンプルの中から代表的な種を選び、炭素の安定同位体比を測定した。土壌中の養分分布を把握するため、植物と土壌のCN含量と窒素の安定同位体比も測定した。

### 4) バイオマスの測定

地上部と地下部のバイオマスの測定は、*A. splendens*が密な群落を形成するプロットBと、*A. splendens*は出現するが疎な群落を形成するプロットCでそれぞれ行った。繰り返しとして3つのトランセクトラインを対象とした。各プロットに50 cmx50 cmの調査区を設け、調査区内の全地上部と地下部のバイオマスを測定した。地下部は地表から20 cm毎に最深80 cmまでの土壌を掘り取った後、根と株を分けてそれぞれ回収した。地上部、埋没株、根はそれぞれ60°Cで48時間以上乾燥させた後、乾重量を測定した。

### 5) 土壌の粒径分布

群落の密度の違いと立地条件の関連を調べるために、各プロットで深度別に土壌を採取し、粒径分布を調べた。

#### (3) 衛星リモートセンシングによる草原生態系の長期変動の把握

##### 1) モンゴルの草地生態系における植生・気候変動の長期変化

モンゴル国を対象にまず草地を抽出し、以下の2種類のデータセット、すなわち①Global Inventory Modeling and Mapping Studies (GIMMS, Tucker et al. 2005)<sup>3)</sup>および②MODIS/MOD13Q1プロダクト (MODIS Science Team, 2000)<sup>4)</sup>を用いて、植生指標としてNDVIを算出した。つぎに、Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) 等により公開されている降水量、積雪深、気温、ポアソン比等の気象データと植生指標との関係を解析した。

##### 2) 宿営地における草資源量の時空間分布の把握

トゥブ県バヤンウンジュールソム (以降BUと略) を事例対象地として、宿営地の分布と草資源量の変動との関係について解析を行った。解析に使用したデータは以下の通りである。

植生指数 (NDVI) : Terra/MODISによる、植生指数時系列データセット。

地形 : NASA の Shuttle Radar Topography Mission (SRTM90) 標高データ。

家畜頭数情報 : モンゴル国家統計局データ (Mongolian Statistical Information Service 2014)<sup>5)</sup>。

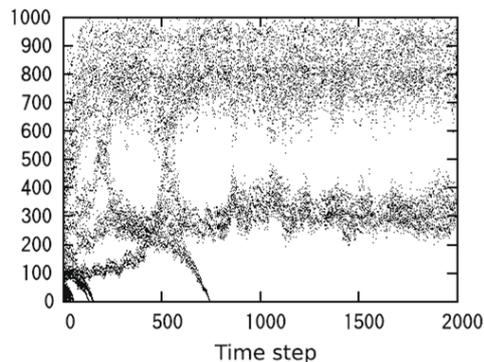
また、GPSを家畜に装着し、家畜移動の追跡データを取得した。ここでは、2009年3月から2012年3月までのデータを用いた。

#### 4. 結果及び考察

##### (1) キーリソース群落の諸性質と遊牧民による利用との相互作用の解明

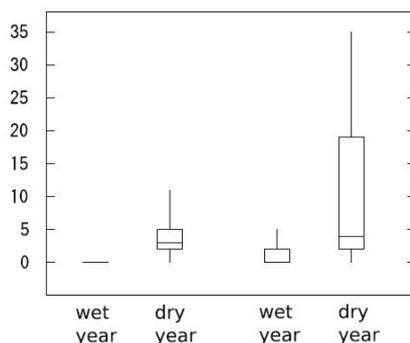
##### 1) 遊牧民の資源利用と移動戦略—理論モデルによる予測

マルチエージェントモデルによるシミュレーションの結果、移動コストによって生き残る移動戦略が均一な場合と多様な場合が存在することが分かった。移動コストがかからない場合は、大規模牧民のみが残ることが推測された。一方で、より現実的な想定である移動コストを想定した場合は、家畜飼養頭数の多い大規模牧民と、飼養頭数の少ない小規模牧民の2極化が進み、両者は共存することがわかった（図(2)-2）。また、干ばつ年に大規模牧民は長距離移動を行い、小規模



図(2)-2 マルチエージェントモデルによるシミュレーションの結果：大規模・小規模牧民が共存するケース（移動コスト1500）。

牧民はそのまま留まる傾向が推定された（図(2)-3）。以上のことから、これまで放牧地システム動態を検証する上で均一と想定されていた遊牧民の移動戦略には、異なる空間スケールを利用したパターンが存在していることが理論的に示された。

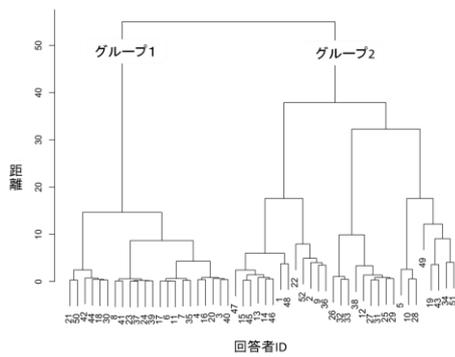


図(2)-3 遠距離の放牧地に滞在する回数の通常年（wet year）と干ばつ年（dry year）間の比較。左：小規模牧民、右：大規模牧民。

##### 2) 遊牧民の資源利用と移動戦略—現地調査による実証

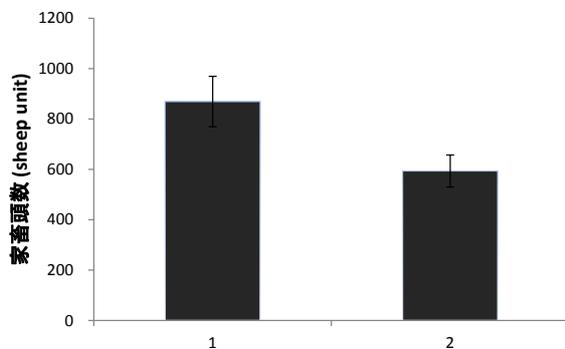
##### a 移動形態のグループ分けと特徴

クラスター分析の結果、牧民の移動形態は大きく2つに分けることができた（図(2)-4）。両者の所有家畜頭数を比較したところ、グループ1はグループ2に比べて多かった( $U = 52$ ,  $p < 0.01$ ;



図(2)-4 牧民の移動形態のグループ分け。

図(2)-5)。このため、グループ1を大規模牧民、グループ2を小規模牧民とした。大規模牧民は、



図(2)-5 グループ1とグループ2の家畜頭数の比較。

干ばつ時に小規模牧民に比べて遠い場所へ移動していた ( $X^2 = 15.4$ ,  $p < 0.01$ : 表(2)-1)。干ばつだった2009年に、大規模牧民は半数が対象地であるサエンツァガンソム内に移動し、残りの牧民はサエンツァガンソムの外へ移動していた。一方で、小規模牧民は回答者全員がソム内に移動していた。平年並みだった2010年では、大規模牧民と小規模牧民で移動先に違いがなかった ( $X^2 = 5.9$ ,  $p = 0.05$ : 表(2)-1)。干ばつ時の資源利用にも、大規模牧民と小規模牧民で違いがみられた ( $X^2 = 19.3$ ,  $p < 0.01$ : 表(2)-1)。小規模牧民は全ての回答者が、干ばつ時に *Achnatherum* 群落

表(2)-1 小規模牧民と大規模牧民の干ばつ時と平年時の放牧形態。\*\*は有意差 ( $P < 0.01$ ) を示す。

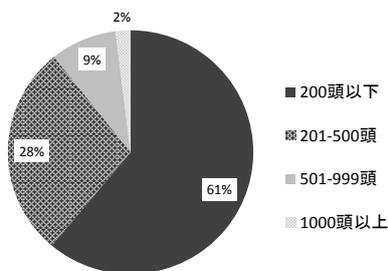
	小規模牧民		大規模牧民		$\chi^2$	P
	回答者数	%	回答者数	%		
干ばつ時の移動先					15.4	< 0.01*
	群内	22	100	15	50	
	郡外-県内	0	0	12	40	
	県外	0	0	3	10	
平年時の移動先					5.9	0.05
	郡内	22	100	22	73	
	郡外-県内	0	0	3	10	
	県外	0	0	4	13	
キーリソースの利用					19.3	< 0.01*
	利用する	22	100	11	37	
	利用しない	0	0	19	63	

を利用すると回答したのに対し、大規模牧民は回答者の63%（19名）が*Achnatherum*群落を利用しないと回答した（表(2)-1）。彼らは、*Achnatherum*群落を利用しないで、降雨があった良い草地へ長距離移動すると回答していた。

干ばつ時の放牧戦略（移動距離、資源利用）には牧民の経済性により異質性が存在することが明らかになった（図(2)-4; 表(2)-1）。大規模牧民は雨が降り植生が豊富な場所へ長距離移動するため、*Achnatherum*群落のようなキリーソースを利用していなかった。一方、家畜頭数が少ない小規模牧民は、*Achnatherum*群落を利用し、移動性が低い傾向にあった（表(2)-1）。既存研究により、長距離移動には車、ガソリンや労働力といったコストがかかるため（McCarthy and Gregorio, 2007）<sup>6)</sup>、経済的に余裕のある牧民ほど長距離移動をするという指摘がある（McCarthy and Gregorio, 2007; Turner, 1999; Butt, 2011）<sup>6)7)8)</sup>。このため、本研究ではコストのかかる長距離移動ができない小規模牧民が、短距離移動で利用可能な*Achnatherum*群落を利用しコストを下げていることが考えられた。

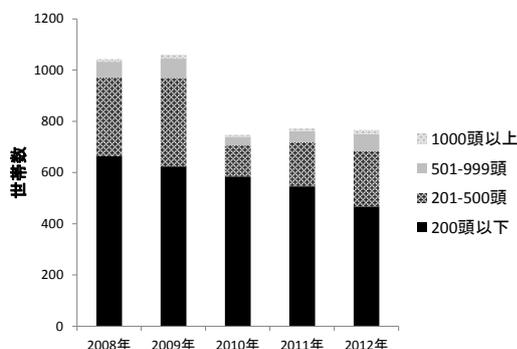
### b 大規模・長距離牧民の移動形態

2012年のサエンツァガン群における1世帯あたりの家畜頭数について図(2)-6に示す。2012年のサ



図(2)-6 家畜頭数別の世帯数（2012年）。

エンツァガン群の牧民世帯数は615であった。うち200頭以下の世帯数は468（61%）、201-500頭は216（28.2%）、501-999頭は67（8.7%）、1000頭以上は15（2.0%）であった。大規模牧民と小規模牧民は2009年時点でそれぞれ平均所有家畜頭数が869.1頭、593.3頭であった（図(2)-5）。このため、本調査の結果では500頭以下を小規模牧民、500頭以上を大規模牧民と位置づける。すると、大規模牧民は全体の10%（82世帯）であることがわかった。2008-2012年の推移をみると、大規模牧民の全体に占める割合は5.3-10.7%であり少ないことがわかった（図(2)-7）。2010年に全体の世帯数が減



図(2)-7 家畜頭数別世帯数の推移（2008-2012年）。

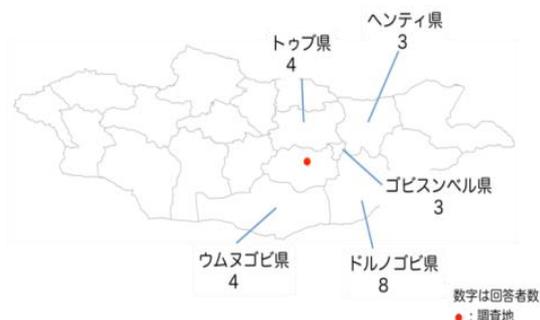
少しているが、これは2009年冬に起った雪害の影響が考えられる。大規模、小規模牧民ともに2010年に世帯数が減少しているが、大規模牧民の世帯数は2012年の時点で雪害前と同程度まで増加している。一方で、小規模牧民の世帯数は雪害前より依然として少ない世帯数であった。今後各世帯の家畜頭数の推移を明らかにする必要があるものの、本調査の結果から大規模牧民と小規模牧民では災害に対する応答が異なる可能性が考えられた。一方で、2011-2012年の間、県外へ移動した世帯数は60で県内にいた世帯数は600であった(表(2)-2)。つまり2011-2012年の間に長距離

表(2)-2 移動した世帯数と家畜頭数(2011-2012年)

	牧民世帯数	家畜数
県内	600	74800
県外	60	35200
合計	660	110000

移動を実施した牧民は全体の10%程度であった。また、県外へ移動した家畜頭数は35,200頭、県内に留まった家畜頭数は74,800頭であった。群全体の32%の家畜が県外へ移動していた。

牧民への聞き取り調査の結果、長距離移動牧民の移動先はドルノゴビ県、ヘンティ県、トゥブ県、ウムヌゴビ県、ゴビスンベル県と周辺の複数の県にまたがっていた(図(2)-8)。降雨量が安



図(2)-8 回答者が2000-2013年の間に移動したと回答した県。

定した北の地域だけでなく、南の地域へも長距離移動を行っていた。また2000-2013年まで各年で移動先を調べると、長距離移動が多い年と少ない年があること、また多い年でも移動先が集中することはなく、様々な県へばらつくことが分かった。雪害が起きた2009年は長距離移動したと回答した牧民が最も多かったことから(表(2)-3)、草原の状態と長距離移動の実施に関連があることが示唆された。また、長距離移動の手段についての聞き取り調査の結果、対象者15名中全員が車を利用して長距離移動していたこと、12名が追加的な労働力を得ていたこと、さらに7名が移動先のソムや牧民へ利用料として金銭または家畜による支払いを実施していたことが分かった。これらの結果から、県を越える長距離移動には多くのコストがかかることが示された。

以上の県の統計データおよび牧民への聞き取り調査の結果から、大規模・長距離移動牧民が占める割合は10%前後と多くはないこと、行き先は周辺の複数県が該当し、特定の県へ集中することはなかった。ただし、雪害や干ばつ等特定の年に長距離移動をする傾向があること、所有する

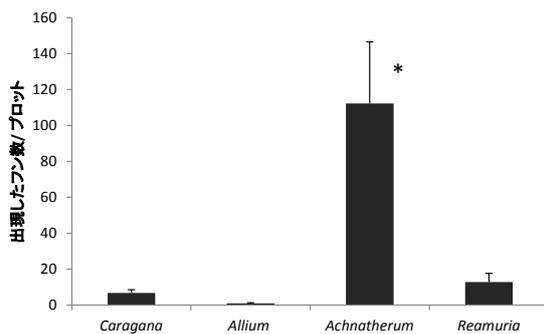
家畜頭数が多いため、行き先によっては大きなインパクトとなりうることもわかった。今後、大規模・長距離移動牧民が生態系へ与えるインパクトを検証するためには、県スケールでその移動先や家畜頭数を把握し、特定の場所に集中する傾向がないか明らかにする必要があるだろう。

表(2)-3 2000-2013年に各県へ移動したと回答した数

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ドルノゴビ県	3	0	3	0	2	0	1	1	1	0	1	1	1	0
ヘンティ県	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	0
トゥブ県	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	1	0	1	1
ウムヌゴビ県	0	0	0	0	0	1	1	2	2	1	1	1	1	0
ゴビソンベル県	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
合計	4	0	5	0	2	1	3	3	5	7	4	3	3	1

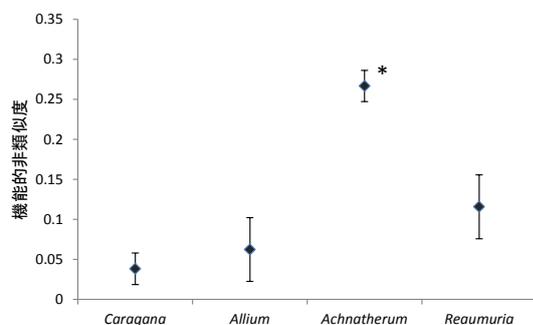
### 3) キーリソース群落における植生劣化の実証

植生調査の結果、*Allium*、*Caragana*、*Reaumuria*群落タイプではフン数が少なく（図(2)-9）、放牧圧による影響が観察されなかったが、*Achnatherum*群落タイプではフン数が多かった（図(2)-9）。



図(2)-9 群落タイプごとにみたフン数平均±標準誤差。\*：P<0.05で有意。

モンゴルにおけるフンの消失速度は年間9-12%以下であったことから、おおよそ10年以上の家畜の訪問を反映していると想定すると、*Achnatherum* 群落には家畜が多く訪れていることが推察された。さらに放牧区と禁牧区の植生構造の非類似度が*Achnatherum* 群落は他の群落に比べ高いことがわかった（図(2)-10）。



図(2)-10 群落タイプごとにみた牧柵内外植生の非類似度。平均±標準誤差。\*：P<0.05で有意。

*Achnatherum*群落の放牧区では、優占種であり”キーリソース”となる*A. splendens*の被度が低下し、過放牧の指標種となる1年生双子葉草本*Chenopodium album*の増大が確認された（表(2)-4）。以上

表(2)-4 *Achnatherum*群落における牧柵内（放牧区：n=60）外（禁牧区：n=20）での機能タイプごとの出現比較。値は被度（%）を示す。\*\*：P<0.01で有意。

種名	放牧区	禁牧区	P	放牧区において増加／減少
<b>多年生イネ科</b>				
<i>Achnatherum splendens</i>	6.34	14.25	< 0.01**	減少
<b>一年生広葉草本</b>				
<i>Chenopodium album</i>	2.18	0	< 0.01**	増加

のことから、“キーリソース”である*Achnatherum*群落の植生は、放牧圧による影響を強く受けていることが示唆された。

既存研究においても、禁牧柵を用いた経年のモニタリングを実施して、放牧圧の影響を評価している。しかしながら、特定の景観のみを対象としているにもかかわらず、その結果を放牧地システムの植生動態全体へと発展させている点に問題があった。本研究では複数の景観を対象として禁牧柵を設置したことで、景観を通じて放牧圧が植生へ与える影響は不均一であることを示した。システム全体の植生動態を解明するためには、このように資源の空間的異質性を考慮すべきであることを実証的に提示した。

#### 4) まとめ

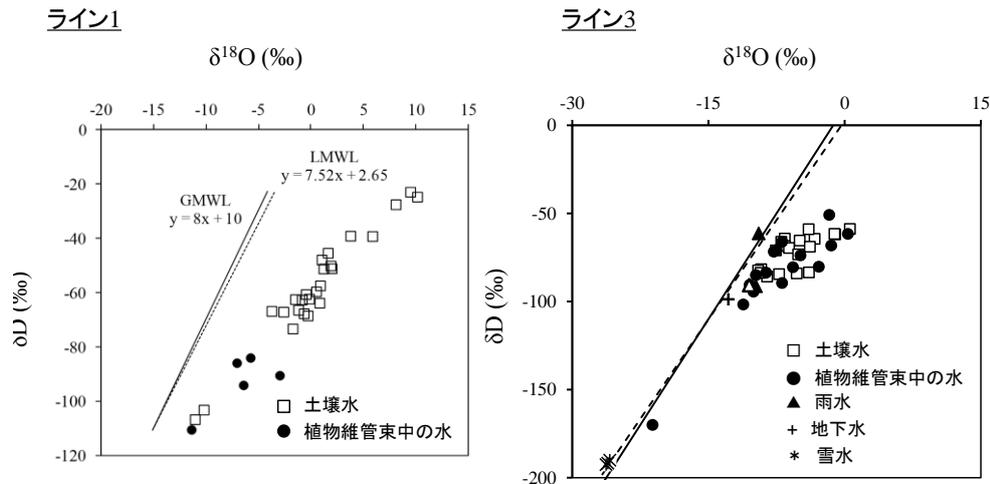
本研究により、遊牧民の移動戦略は既存研究で想定されていたような均一ではなく、経済状況の差などによって異なる空間スケールの移動戦略をとることが、理論的、実証的に示された。具体的には、家畜を少数所有して移動距離が短い「小規模・短距離牧民」と家畜を多数所有して移動距離が長い「大規模・長距離牧民」に分けられた。キーリソース群落である*Achnatherum*群落は、干ばつ時に主に小規模・短距離牧民に利用され、大規模・長距離牧民はあまり利用していなかった。さらに、キーリソース群落では放牧圧の影響を他の群落に比べ強く受けていることが示された。これにより干ばつが頻発する地域においても家畜数の制限といった放牧圧のコントロールの必要性が示された。特に、小規模・短距離牧民のセーフティネットである*Achnatherum*群落を重点的に管理することで干ばつに対する脆弱性を低下させることができるという持続的管理上重要な知見を提示した。

### （2）キーリソース群落における気象水文環境の把握および水・養分循環動態の解明

#### 1) 吸水深度の推定

##### a δD と δ<sup>18</sup>O との関係

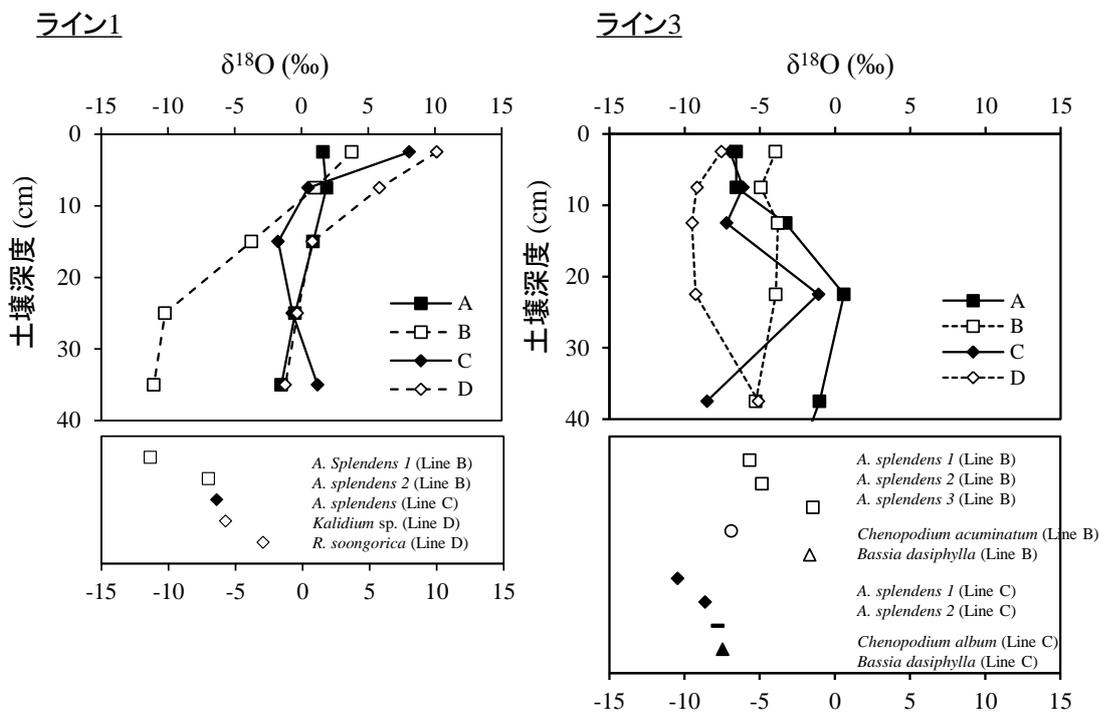
土壌中の水の水素および酸素安定同位体比は、天水線（Global Meteoric Water Line; GMWL, Craig, 1961）<sup>9)</sup>から大きく外れており（図(2)-11）、土壌面からは恒常的に強い蒸発が起こっていることが分かった。ライン1に比べてライン3の値がGMWLに近いのは、サンプリング前日の降雨の影響が考えられる。2年目と3年目にマンダゴビで採取した雨水の酸素安定同位体比は、それぞれ-9.47‰と-9.76‰だった。



図(2)-11 ライン 1、3 における  $\delta D$  と  $\delta^{18}O$  の関係。直線は Global Meteoric Water Line (Dansgaard 1964)<sup>11)</sup>、破線は Local MWL(Tsujimura et al. 2007)<sup>12)</sup>。

#### b 植物と土壌の $\delta^{18}O$ の値の比較

ライン1、プロットBの2個体の *A. splendens* から抽出した水の  $\delta^{18}O$  は、 $-7.03\text{‰}$  と  $-11.36\text{‰}$  だった (図(2)-12)。同様に、土壌水の  $\delta^{18}O$  は、深さ 10-15、20-25、35-40 cm でそれぞれ  $-3.76\text{‰}$ 、 $-10.23\text{‰}$ 、 $-11.07\text{‰}$  だった (図(2)-12)。このことから、*A. splendens* が地下 15 cm より深い層から吸水していることが考えられた。一方、ライン3、プロットBの土壌の  $\delta^{18}O$  は、深さによって値に大きな変化がなかったことから、吸水源は特定できなかった (図(2)-12)。*A. splendens* は降雨後に地表面付近の水も利用できることが考えられる。

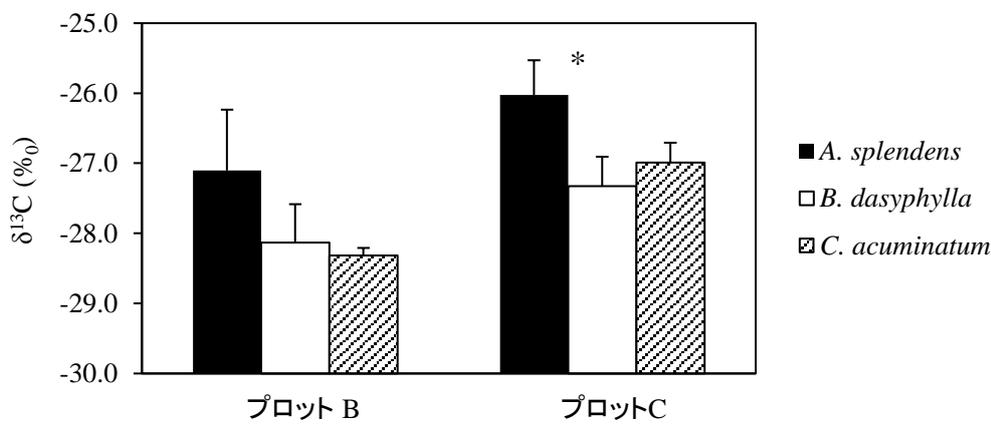


図(2)-12 ライン 1、3 における土壌深度ごとの土壌と、植物維管束中の水の  $\delta D$  と  $\delta^{18}O$  の値。

ライン1、プロットBから採取した土壌水の $\delta^{18}\text{O}$ は、表層で重く、地下深いほど軽かった(図(2)-12)。それに対し、プロットB以外のプロットで、地下20 cm以下の水の $\delta^{18}\text{O}$ はプロットBよりも重かった(図(2)-12)。これは、プロットBで*A. splendens*が地上部を被覆することにより地表からの水の蒸発が抑えられ、雨水が蒸発を受けずに地下に浸透している可能性がある。

## 2) 水利用効率

長期的な水利用効率の指標となる炭素安定同位体比の結果から、*A. splendens*の $\delta^{13}\text{C}$ の値は-27.97 ‰から-23.97 ‰の範囲だった。このことから*A. splendens*は、C3植物であることが確認できた(Deines, 1980)<sup>10)</sup>。*A. splendens*の $\delta^{13}\text{C}$ の値は、同所に生育する他の一年生草本種に比べてやや高い傾向があったが、大きく変わらなかった(図(2)-13、表(2)-5)。 $^{13}\text{C}$ の値は乾燥ストレスを受け



図(2)-13 ライン3のプロットCとDに共通して出現した3種の植物の $\delta^{13}\text{C}$ の値。値は平均±標準偏差を表す(n=3)。\*は、 $p < 0.05$ で*A. splendens*と*B. dasiphylla*の $\delta^{13}\text{C}$ の値に有意差があることを示す(Tukeyの方法)。

ると上昇することから、*A. splendens*は同所的に生育する種に比べ耐乾性を上げて生育している可能性がある。通常、多年生の草本植物は長期間生育するために少ない水を効率よく利用する。このことから、*A. splendens*は、同所的に生育する1年生草本植物に比べて水利用効率は良いが、高い耐乾性を持つ種ではないことが考えられる。

表(2)-5 植物体地上部の  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ 、C、N、CN 比の値。  
 ライン 1 は 2011 年、ライン 2-4 は 2012 年に採取した。

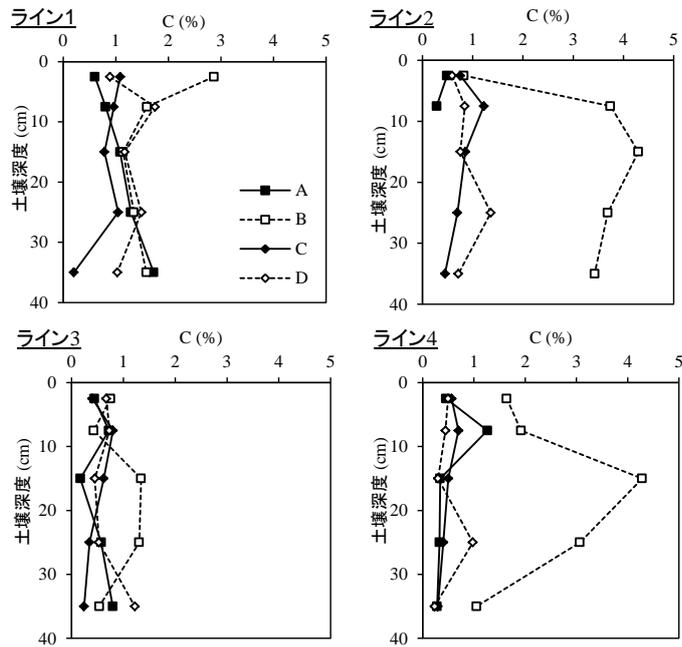
L <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>	species	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C (%)	N (%)	CN	L <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>	species	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	C (%)	N (%)	CN			
1	A	<i>Salsora colina</i>	-22.41	6.93		3.87		B		<i>Achantherum splendens</i>	-26.24	12.24	44.1	3.3	13.5			
		<i>Kalidium foliatum</i>	-22.92	7.46		2.53				<i>Achantherum splendens</i>	-27.09	12.91	44.16	2.75	16.0			
		<i>Halocnetum</i> sp.	-23.59	6.16		2.48				<i>Bassia dasyphylla</i>	-27.51	11.37	34.97	5.48	6.3			
		<i>Koeleria</i> sp.	-23.64	6.09		2.03				<i>Achantherum splendens</i>	-27.97	11.69	45.1	3.14	14.5			
		<i>Artemisia macrocephala</i>	-23.9	8.14		2.04				<i>Chenopodium acuminatum</i>	-28.23	9.41	33.2	4.71	7.0			
		<i>Nitraria sibirica</i>	-23.91	7.23		2.75				<i>Chenopodium acuminatum</i>	-28.27	11.81	32.36	4.94	6.5			
		<i>Reaumuria soongorica</i>	-24.32	6.02		2.61				<i>Bassia dasyphylla</i>	-28.33	8.97	34.9	5.3	6.5			
		<i>Phragmites communis</i>	-24.63	7.42		2.61				<i>Chenopodium acuminatum</i>	-28.44	12.73	33.1	4.73	7			
		<i>Bassia</i> sp.	-25.09	6.01		2.47				<i>Bassia dasyphylla</i>	-28.55	9.43	35.35	5.06	6.9			
		<i>Bassia dasiphylla</i>	-25.63	9.69		1.61				<i>Salsola collina</i>	-12.33	10.9	34.62	5.32	6.5			
		<i>Chenopodium album</i>	-15.12	8.62		2.21				<i>Salsola collina</i>	-12.4	9.44	35.18	5.37	6.5			
											<i>Salsola collina</i>	-12.74	7.88	35.42	4.99	7.1		
		B	<i>Alium mongolicum</i>	-24.82	6.53		2.85				3	C	<i>Achantherum splendens</i>	-25.46	9.52	44.14	3.2	13.5
			<i>Bassia</i> sp.	-25.4	10.98		3.25						<i>Achantherum splendens</i>	-26.26	15.56	43.67	3.38	12.5
			<i>Achnatherum splendens</i>	-25.59	9.43		2.87						<i>Achantherum splendens</i>	-26.35	10.5	44.14	3.04	14.2
	<i>Bassia dasiphylla</i>		-26.39	9.63		3.4		<i>Chenopodium acuminatum</i>	-26.7	15.21			35.7	4.06	8.7			
	<i>Polygonum lapathifolium</i>		-27.62	10.57		3.21		<i>Bassia dasyphylla</i>	-26.99	9.05			36.45	5.34	6.8			
	<i>Saussuria amara</i>		-29.46	12.5		3.33		<i>Chenopodium acuminatum</i>	-27.01	13.66			34.66	4.01	8.6			
	<i>Chenopodium album</i>		-13.79	9.99		2.21		<i>Bassia dasyphylla</i>	-27.19	9.28			36.86	4.93	7.4			
	C		<i>Peganum nigellastrum</i>	-23.38	17.71		2.7		<i>Chenopodium acuminatum</i>	-27.27			17.96	33.51	4.62	7.2		
			<i>Achnatherum splendens</i>	-24.17	9.7		2.86		<i>Bassia dasyphylla</i>	-27.79			10.99	37.11	5.51	6.7		
			<i>Alium polyrrhizum</i>	-24.29	9.37		2.8		<i>Salsola collina</i>	-12.61			8.47	36.24	5.18	7		
			<i>Reaumuria soongorica</i>	-24.4	5.83		2.78		<i>Salsola collina</i>	-12.83			6.77	37.18	5.02	7.4		
			<i>Bupleurum</i>	-24.87	5.28		2.66		<i>Salsola collina</i>	-14.16			6.94	34.6	4.56	7.5		
			<i>Kalidium foliatum</i>	-24.92	10.29		2.5		D	<i>Caragana leucophloea</i>			-23.53	10.18	49.22	4.07	12.5	
			<i>Caragana leucophloea</i>	-24.95	10.31		2.57			<i>Caragana leucophloea</i>			-23.7	8.42	49.56	4.31	11.4	
			<i>Alium mongolicum</i>	-24.99	9.29		3.69			<i>Allium polyrrhizum</i>			-24.26	9.29	47.87	4.91	9.7	
		<i>Carex</i> sp.	-25.19	3.6		3.87		<i>Convolvulus ammannii</i>		-24.83	9.67	45.89	3.74	12.5				
		<i>Stipa gobica</i>	-26.59	4.52		3.24		<i>Caragana leucophloea</i>		-24.83	6.3	49.21	4.84	10.1				
		<i>Salsora colina</i>	-13.95	8.52		3.69		<i>Allium polyrrhizum</i>		-24.99	10.8	47.92	5.53	8.6				
		<i>Cleistogenes squarrosa</i>	-14.5	6.44		2.64		<i>Convolvulus ammannii</i>		-25.05	-0.81	45.28	4.42	10.5				
		D	<i>Bassia</i> sp.	-22.88	8.26		2.69			<i>Convolvulus ammannii</i>	-25.16	10.88	45.11	3.67	12.5			
			<i>Reaumuria soongorica</i>	-24.56	7.78		1.76			<i>Allium mongolicum</i>	-25.37	8.83	46.29	5.27	8.7			
			<i>Alium polyrrhizum</i>	-24.74	7.36		2.19			<i>Allium mongolicum</i>	-25.52	9.93	46.34	5.49	8.4			
	<i>Kalidium foliatum</i>		-24.87	7.48		3.71		<i>Allium polyrrhizum</i>		-26	10.62	47.6	4.4	10.8				
	<i>Salsora colina</i>		-13.71	8.65		1.26		<i>Artemisia pectinata</i>		-26.2	12.66	47.69	2.08	22.5				
	<i>Chenopodium album</i>		-14.22	7.8		3.86		<i>Allium mongolicum</i>		-26.22	8.48	46.19	5.11	9.0				
	<i>Cleistogenes squarrosa</i>		-14.24	5.08		3.14		<i>Artemisia pectinata</i>		-26.57	10.92	47.54	2.81	16.5				
	2		B	<i>Achantherum splendens</i>	-26.27	12.98	43.08	3.23		13.32	<i>Artemisia pectinata</i>	-26.68	12.04	46.67	2.69	17.5		
				<i>Achantherum splendens</i>	-26.56	12.53	42.95	2.73	15.74	<i>Artemisia sieversiana</i>	-27.41	10.08	44.98	3.66	12.5			
				<i>Chenopodium acuminatum</i>	-28.51	10.7	33.59	5.89	5.7	<i>Artemisia sieversiana</i>	-28.12	9.48	44.16	4.22	10.4			
				<i>Chenopodium acuminatum</i>	-29.19	10.99	33.3	5.08	6.56	<i>Artemisia sieversiana</i>	-28.3	12.28	45.77	2.19	20.5			
				<i>Chenopodium acuminatum</i>	-30.13	12.57	33.05	5.03	6.57	<i>Eragrostis minor</i>	-13.44	5.28	42.2	2.55	16.5			
			C	<i>Achantherum splendens</i>	-25.54	11.07	43.92	3.36	13.07	<i>Eragrostis minor</i>	-14.36	9.02	41.44	2.51	16.4			
				<i>Eragrostis minor</i>	-13.7	14.47	41.15	2.13	19.35	<i>Eragrostis minor</i>	-14.45	11.29	41.56	3.06	13.5			
<i>Eragrostis minor</i>				-14.29	11.72	41.13	2.59	15.87	4	A	<i>Kalidium foliatum</i>	-25.72	6.68	28.46	4.68	6.0		
<i>Eragrostis minor</i>		-14.54		11.5	41.08	2.51	16.36	<i>Kalidium foliatum</i>			-25.78	6.42	30.33	5.41	5.6			
D		<i>Stipa gobica</i>		-25.08	7.73	46.03	2.63	17.51			<i>Achantherum splendens</i>	-26.27	7	43.53	3.09	14.5		
		<i>Stipa gobica</i>	-25.68	6.1	44.97	2.54	17.72	<i>Kalidium foliatum</i>			-26.59	6.77	31.22	4.83	6.4			
		<i>Stipa krylovii</i>	-25.72	9.4	44.87	2.78	16.14	<i>Eragrostis minor</i>			-14.87	6.7	40.73	4.52	9.0			
		<i>Stipa krylovii</i>	-25.83	5.5	45.52	3.07	14.84	<i>Eragrostis minor</i>	-15.07	3.21	41.07	4.81	8.5					
		<i>Stipa gobica</i>	-26.27	8.7	45.05	3.04	14.84	<i>Eragrostis minor</i>	-15.3	5.47	40.31	3.84	10.5					
<i>Eragrostis minor</i>		-14.24	10.27	41.37	1.96	21.07	B	<i>Nitraria sibirica</i>	-27.28	13.24	36.62	4.81	7.6					
<i>Eragrostis minor</i>	-14.47	8.58	42.09	1.99	21.19	<i>Achantherum splendens</i>		-27.35	12.97	44.06	2.77	15.5						
3	A	<i>Reaumuria soongorica</i>	-24.6	9.44	37.36	2.98		12.55	C	<i>Achantherum splendens</i>	-24.46	11.96	43.91	3.37	13.0			
		<i>Nitraria sibirica</i>	-24.65	11.35	35.05	4.72		7.42		<i>Achantherum splendens</i>	-25.3	12.27	43.59	3.55	12.5			
		<i>Reaumuria soongorica</i>	-24.69	11.11	39.07	2.86		13.64		<i>Achantherum splendens</i>	-25.82	11.54	43.96	3.21	13.5			
		<i>Nitraria sibirica</i>	-25.37	13.11	34.63	4.85	7.14	<i>Eragrostis minor</i>		-14.28	23.31	41.56	2.5	16.0				
		<i>Nitraria sibirica</i>	-26.15	13.4	32.17	4.73	6.8	<i>Eragrostis minor</i>		-14.53	13.49	40.79	2.91	14.0				
	<i>Kalidium</i> sp.	-26.39	10.68	29.01	3.55	8.16	<i>Eragrostis minor</i>	-14.54	20.93	41.89	3.5	11.5						
	<i>Kalidium</i> sp.	-27.05	10.47	31.71	4.31	7.36												
	<i>Kalidium</i> sp.	-28.33	10.32	29.5	4.18	7.06												
	<i>Chenopodium album</i>	-12.79	15.32	31.38	3.75	8.37												
	<i>Chenopodium album</i>	-12.96	14.71	30.8	3.59	8.58												
	<i>Chenopodium album</i>	-12.96	14.64	29.83	4.07	7.33												

1: Line, 2: Plot

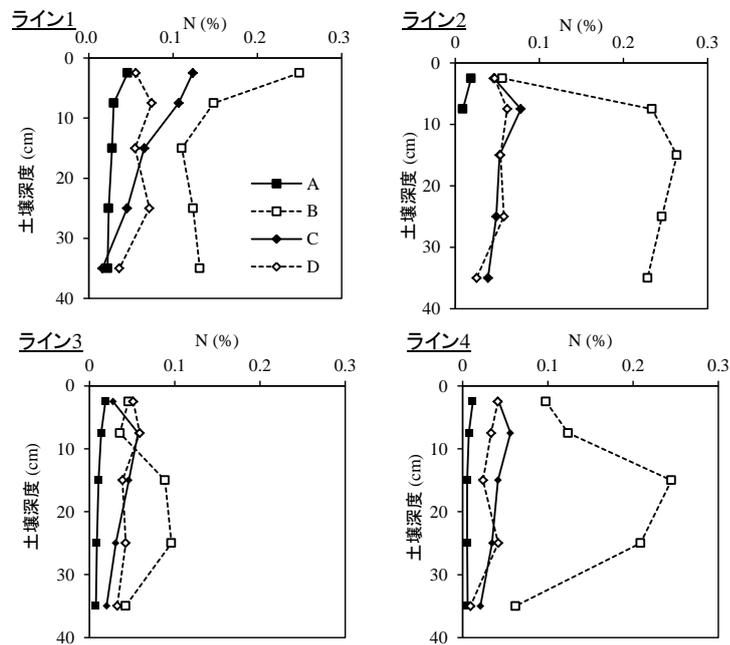
### 3) 土壌中の炭素と窒素の深度別分布

ライン2-4のプロットBで、土壌中の炭素と窒素の含有率がいずれも土壌深度10-25 cmで高い傾向を示した(図(2)-14、図(2)-15)。他のプロットは表層から40 cmまでほぼ同様の値だった。このこ

とから、*Achnatherum*の密な群落下の地下部で養分条件が高いことが示唆された。



図(2)-14 ライン1-4の各プロットで深度ごとに採取した土壌の炭素含有率。

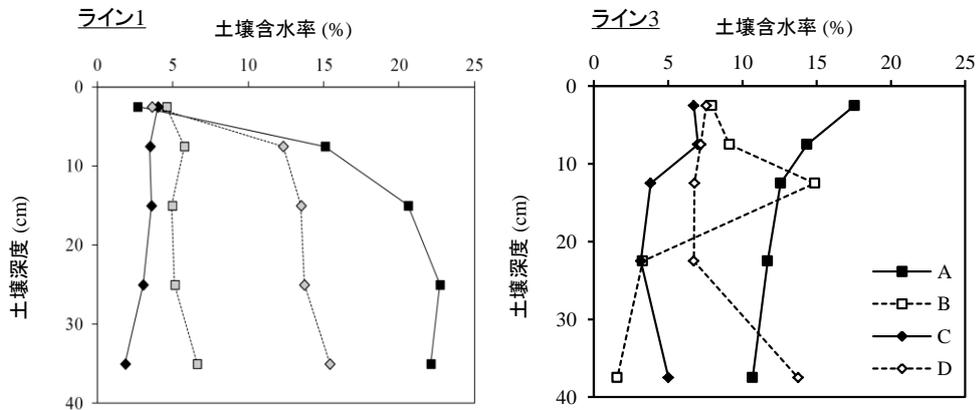


図(2)-15 ライン1-4の各プロットで深度ごとに採取した土壌の窒素含有率。

#### 4) 含水率

図(2)-16に深度別の含水率を示す。ライン1の土壌の含水率は表層で低く、深くなるほど高くなったが、*Achnatherum*群落を含むイネ科草本に被覆されたプロットB、Cでは土壌深度と含水率に関係が見られなかった。ライン1の地表面は非常に乾燥しており、プロットB、Cでは、植物の蒸散に

より地下深くまで土壌水が失われていることが考えられた。一方で、ライン3の土壌含水率はばらついた。これはサンプリング前日の降雨が影響していると考えられる。

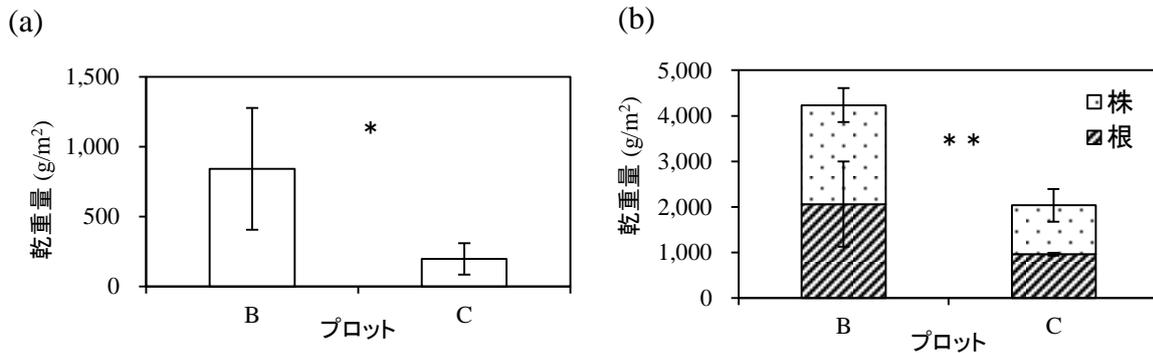


図(2)-16 ライン1、3の各プロットにおける土壌深度ごとの含水率。

## 5) バイオマスの測定

### a 地上部と地下部のバイオマス量

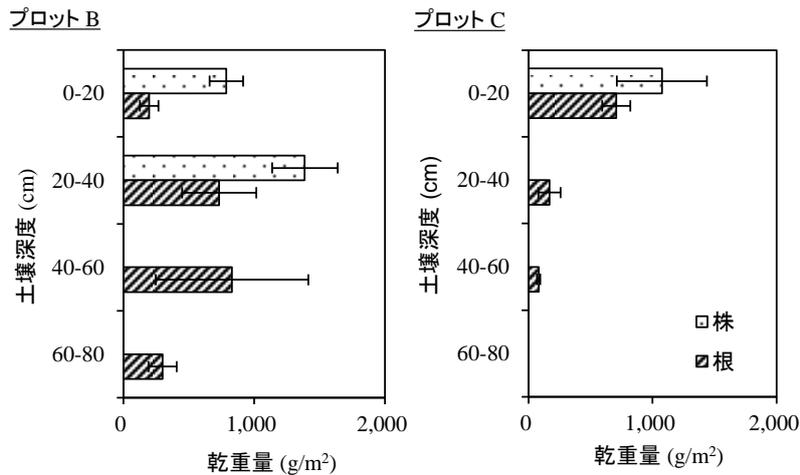
地上部のバイオマスは、プロットBでプロットCに比べ大きかった (図(2)-17a)。地下部の株のバイオマスはプロットBで有意に大きかったが、根のバイオマスにプロット間で有意差はなかった (図(2)-17b)。根のバイオマスは、特にプロットBのトランセクトライン間で大きくばらついた。地上部と株のバイオマスが対応したことから、地下に埋まった株が地上部のバイオマスの発達に影響していることが示唆された。A. splendensの大きく発達した地上部を維持するために、地下部の発達が寄与しているということが検証された。



図(2)-17 A. splendensの(a)地上部と(b)地下部のバイオマス量。平均値±標準偏差 (n=3)、T検定 (地上部：\*0.05<p<0.10、株：\*\*p<0.05、根：有意差なし)。

### b 地下部の深度別バイオマス量

図(2)-18は、株と根の土壌深度別の乾重量の結果を示す。プロットBの株は、土壌表面から40 cmの深さまで存在した。一方、プロットCの株は土壌表面から20 cmの深さまでだった。根の乾重量は、プロットBで深度20-40 cm、プロットCで深度0-20 cmで多く、株の最も深い場所と対応した。

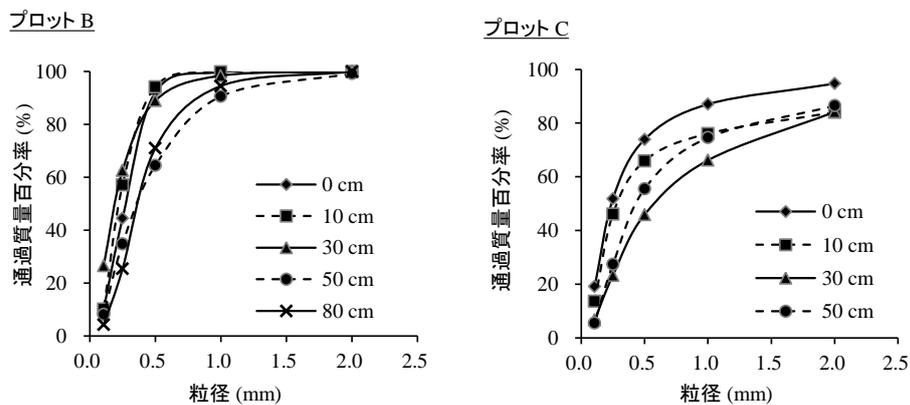


図(2)-18 土壌深度別の根と株の乾重量。平均値±標準偏差 (n=3)。

根はプロットBで地下80 cmまで、プロットCで地下60 cmまでから採取した。プロットCの60-80 cmの根は測定していない。これらの結果から、根は株の下端から主に発生して分布し、それより深部に伸長していることが示唆された。「3. 土壌中の炭素と窒素の深度別分布」(図(2)-14、図(2)-15)の結果より、*Achnatherum*群落が密なプロットBで、土壌深度0-40 cmの地下に埋没した株や、株の途中から発生した根から土壌に養分が供給されている可能性がある。

#### 6) 土壌の粒径分布解析

プロットBにおける土壌粒子の粒径加積曲線は、プロットCに比べて全深度で急な曲線を示した(図(2)-19)。特に、深度0-30 cmで粒径0.106 mm以上、0.5 mm以下の土壌粒子が60%以上を占めた。



図(2)-19 ライン2のプロットB、Cにおける深度別の土壌の粒径加積曲線 (n=1)。

このことから、プロットBの土壌は細砂のクラスで粒径がそろった粒子で構成されていることが分かった。一方、プロットCの粒径加積曲線はどの土壌深度でも比較的緩やかな曲線を示した(図(2)-19)。このことから、プロットBに比べ、プロットCの粒子の多様性が高いことが示された。プロットBのように細砂で粒径がそろっており、上下の層で粒径分布が異なる場合、土壌水分の蒸発が生じる際に土壌表面への孔隙の連続性が断たれやすく、乾砂層が生じることが多い。乾砂層は、

無降水期間に砂地表面に形成される非常に乾燥した層のことで（吉川ら、2004）<sup>13)</sup>、乾砂層の形成によって土壌からの蒸発量が減少することが知られている（竹田、1993）<sup>14)</sup>。乾砂層が形成されると、それより下の土壌中の水分が保持されやすいことから、プロットBでは地下部への水分供給量がプロットCに比べ多いことが示唆された。

## 7) まとめ

モンゴル国マンダルゴビ地域でキーリソースとされる*Achnatherum*群落の成立要因を、水と養分利用特性に着目して調査した。吸水深度の推定と水利用効率の結果から、*A. splendens*は比較的水分条件の良い場所に定着した後、土壌中のさまざまな深度の水を効率よく利用して群落を形成することが考えられた。地下部のバイオマス測定と土壌の粒径分布解析から、洪水時の河畔への細砂の堆積によって*A. splendens*の地上部が埋没し、埋没した株から不定根を出すことで、吸水範囲を広くすると推論できる。そして、土壌中の炭素と窒素の深度別分布から、地下に埋まった地上部や根が地下部の養分増加に寄与することを示唆した。これらの機能が密な群落形成に寄与していると考えられる。

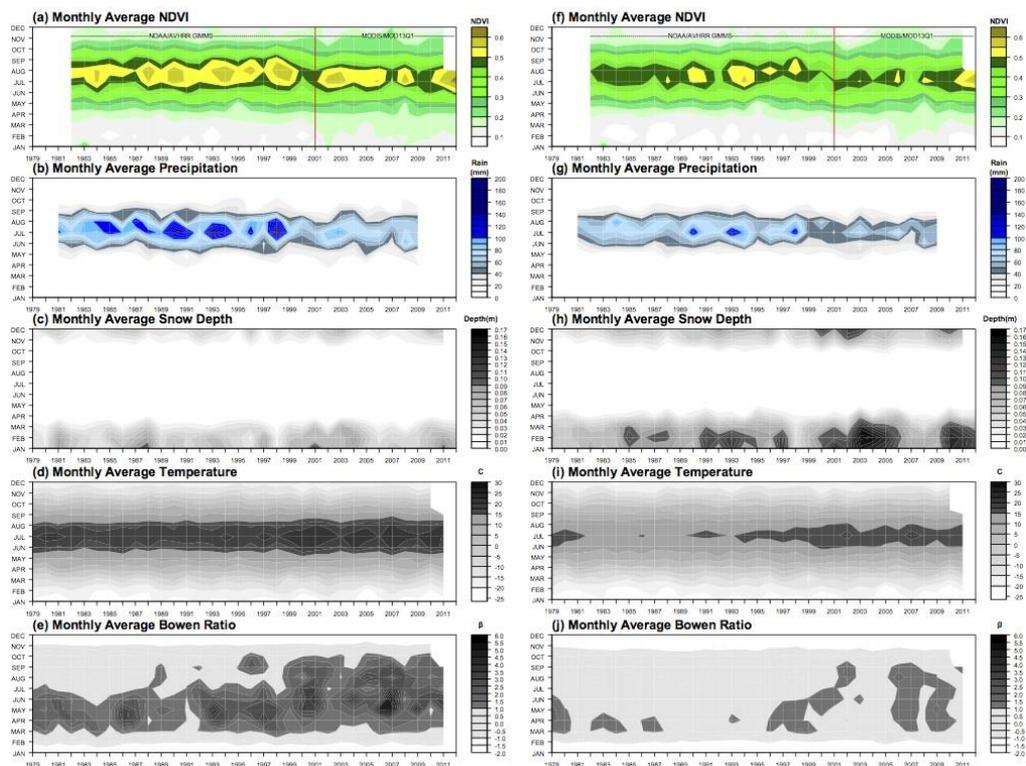
以上のことから、*A. splendens*は、おそらく降雨イベント時に生じる細砂の移動の結果生じる河畔の堆積を利用して密な群落を形成することが推測される。この堆積によって養水分の吸収範囲を広くし、土壌中の養水分環境を有利にすることで、乾燥環境に適応している種であることが示唆される。以上のことは、キーリソース群落の生息が、水資源量の多寡に強く左右されることを再認識させる。生息地の水環境を維持させることで牧畜生産におけるキーリソース群落の持続的な利用が可能になると考えられる。

### (3) 衛星リモートセンシングによる草原生態系の長期変動の把握

#### 1) モンゴルの草地生態系における植生・気候変動の長期変化

図(2)-20に内蒙古自治区内の草原とモンゴル国の草原の、空間平均NDVI、降水量、積雪深、気温、ボーエン比の長期変動（1980～2000年代）を示す。内蒙古自治区内の草原とモンゴル国内の草原におけるNDVIの季節変化には大きな相違は無い。夏季に最も活性が高いことが示された。NDVIの絶対値は、モンゴルより内蒙古において高い。これは内蒙古の草原の方が平均気温、年降水量ともに高いので、生産性が高いことが示唆される。降水量の長期変動は、1998年以降、両地域で減少傾向が見られ、それに伴うNDVIの低下傾向も見られる（図(2)-20b,g）。とくに2000年から2001年にかけての少雨年でのNDVIの低下は著しい。この傾向は、内蒙古よりモンゴルの方が幾分顕著であった。冬季の積雪深の変動（図(2)-20c,h）は、2000年以降、増加傾向が示された。内モンゴルに比較してモンゴルにおける積雪深の増加と積雪期間の長期化が著しいことが示された。とくに、2001～2004年、2010～2011年にかけて積雪が多い。この2期間のいずれもゾドの被害が大きかったことが報告されている。降水量と合わせてみると、モンゴル高原では、夏季の降水量が減少し、冬季の降水（雪）量が増加傾向にあることがわかる。

NDVIの低下傾向に示される草本バイオマスの減少は、地表面付近の熱環境に影響を与える。特に乾燥地や半乾燥地生態系では、植生被覆の変動が蒸発条件に強く影響するといわれている。ボーエン比（顕熱フラックス／潜熱フラックス、図(2)-20e,j）は、両地域において漸増の傾向がみられ、夏季気温の上昇、降水量の減少、草本バイオマスの減少等の傾向と同調し、地表面の乾燥化を示しているといえることができる。

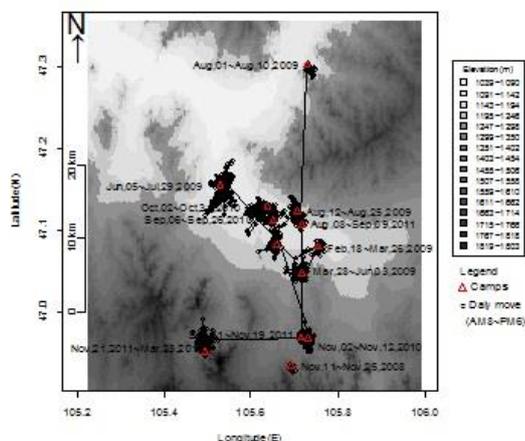


図(2)-20 モンゴル高原における植生指数 (NDVI)、月降水量、月平均積雪深、月平均気温、月平均ボーエン比の長期変動 (a~e: 中国内蒙古自治区、f~j: モンゴル国)。

## 2) 宿営地における草資源量の時空間分布の把握

### a バヤンウンジュール (BU) における宿営地の移動と Grazing 距離

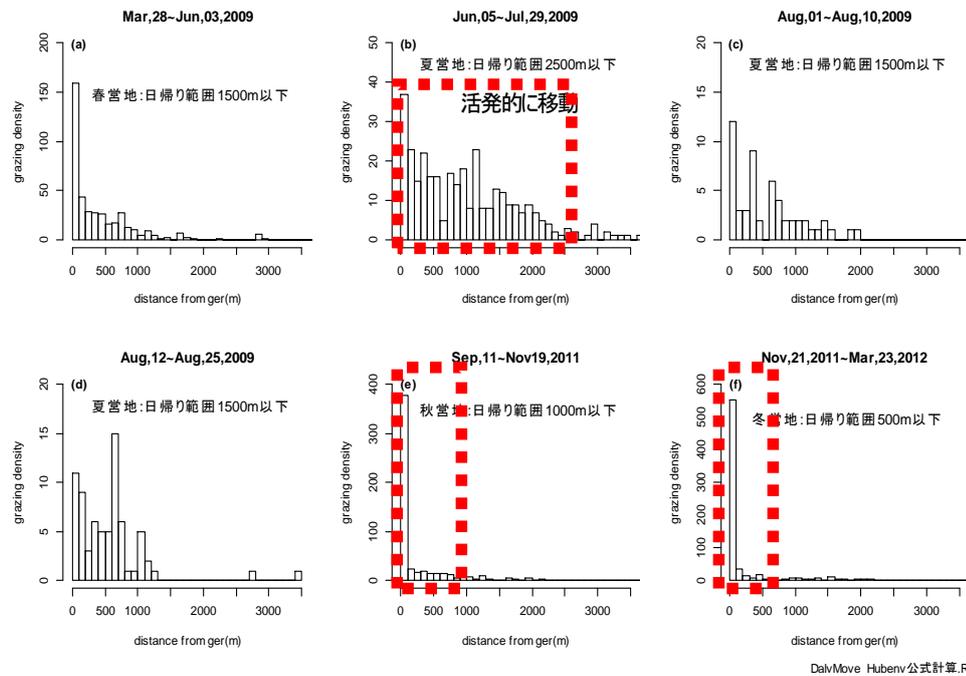
家畜にGPSを装着した牧民は1536頭の羊とヤギ及び73頭の馬・牛を持っていた。季節的な移動は、干ばつや冬期の寒波などを避けることが主要な目的なので、気象条件が異なることで季節的な移動も大きく変わることがわかった。2009年は干ばつ年であり、G家は2009年3月から9月までに4箇所に宿営し、合計約65kmの移動を行った。図(2)-21に、その移動ルートと日帰りの移動ポイントを



図(2)-21 バヤンウンジュールBU調査地における家畜の季節移動追跡。

地形図上に示した。記録した期間では、夏季に標高の低い河川沿いの低地への移動が見られた。G家の談話でも夏営地の選択は、家畜の水場へのアクセスと植生が豊富な場所が条件となることが裏付けられた。また、11月～3月の冬季は夏営地から20km程度離れた山地に宿営していることが示された。

上記のGPSデータから、宿営地毎に午前6時～午後6時の家畜の移動頻度と宿営地からの距離を計算した(図(2)-22)。その結果、宿営地のうち、春営地、夏営地、秋営地からの移動は、宿営地か

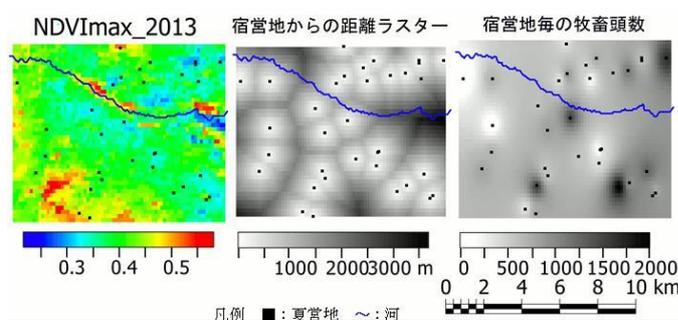


図(2)-22 季節ごとの宿営地からの日帰り移動距離の頻度分布。

ら1000m以下の範囲であることが示された。とくに、6～7月の夏営期間では宿営地から移動距離が最も長く、且つ頻度が比較的均等であり、最も活発に移動していることが示された。同じく夏営期間でも8月には、宿営地からの移動距離は短かった。これは、8月の草資源量が最も大きく、狭い範囲の移動でも十分な採食が可能だったためと考えられる。

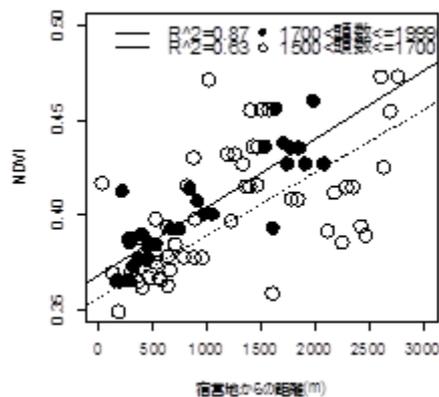
#### b 夏営地の分布と草資源量、家畜頭数の関係

図(2)-23左は、MODIS/Terra MOD13Q1プロダクト (Tucker et al. 2005)<sup>3)</sup>を用いて計算した2013



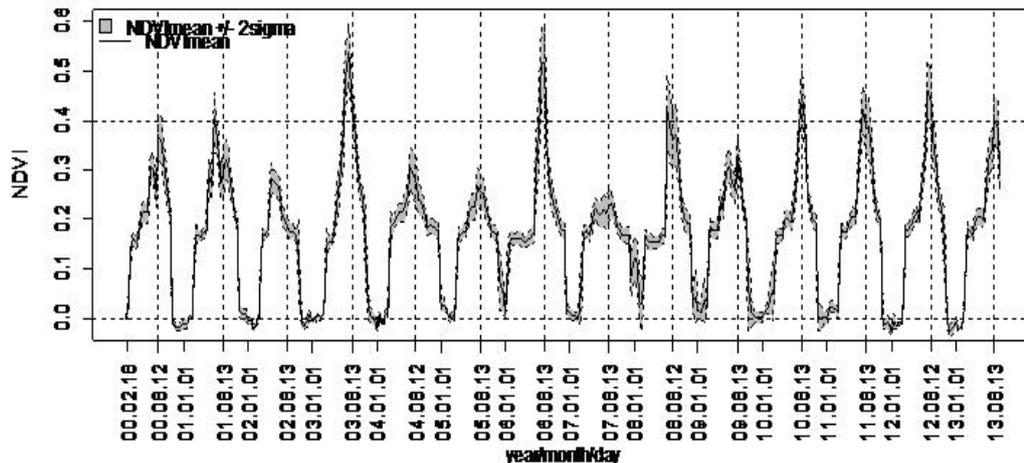
図(2)-23 宿営地の空間分布と植生指数(左)、宿営地間の距離(中)、宿営地ごとの頭数密度(右)。

年8月13日のNDVIの空間分布と8月13日~20日間での宿営地の分布を示す。図(2)-23中は、宿営地のポイントデータを用いた宿営地間の距離を示す。図(2)-23右は、宿営地の世帯毎の家畜頭数の空間分布を示す。図(2)-23左に示すNDVIと宿営地の分布には相関が見られなかった。一方、家畜頭数の空間分布（図(2)-23右）とNDVIとの関係を調べたところ、家畜頭数が1,500頭を超えると宿営地からの距離とNDVIの間の正の相関が有意になり、1,700頭を超えると顕著になった（図(2)-24）。



図(2)-24 宿営地からの距離と植生指数（NDVI）との関係。

図(2)-25に前述のMOD13Q1データによる調査地におけるNDVI（空間平均）の時系列変動を示す。



図(2)-25 バヤンウンジュール（BU）調査地におけるNDVIの時系列変化。

2000年から現在までの14年間で2010年からのNDVIの年最大値が高い傾向が見られた。しかし、長期的な変動からみるとこの14年間において、植生の旺盛な時期である8月のNDVI最大値の低い年が数年に一度の間隔で生じていることが分かる。このような時間的な不均一性は、この地域の草資源の生産に常にある程度の不安定性があることを示している。これは、降水量に強く影響されているが、草資源量の年々の不均一性に対処する方策として、HZNUの高度な活用が必要と考えられる。これには草資源量に関する空間情報の収集と牧民への伝達の必要があり、今日的な技術の活用のあるのではないかと考えられる。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

放牧地生態学において、降雨の変動性が高い地域における放牧圧が生態系へ及ぼす影響について長らく議論されており、このような地域で土地荒廃が生じるのか一貫した見解が得られていなかった<sup>1)</sup>。これは、特定の景観にしか着目していないにもかかわらず、その検証結果を放牧システムの植生動態全体へと一般化してしまう点に由来する。本サブテーマでは、複数の景観（資源の時空間的異質性）と遊牧民の移動戦略の関係に着目することで、“キーリソース群落”では放牧圧による土地荒廃が生じる可能性を実証的に示した。降雨の変動性が高い地域における土地荒廃の可能性を示したことは、乾燥地における放牧システムの動態解明へ大きく貢献したといえる。

さらに、これまでの既存研究では、遊牧民の移動戦略を均一とした単純化しすぎた想定で、放牧地システムの動態を議論してきた。本サブテーマでは、遊牧民はそれぞれの経済状況などにより、空間スケールが異なる移動戦略をとることを理論的および実証的に示した。つまり、土地荒廃も単一のスケールではなく、それぞれの移動戦略のスケール性に対応して検証する必要がある。本サブテーマにより、放牧地システム動態の解明には、資源の空間的異質性と牧民の移動戦略の複数スケールにおける相互作用を明らかにする必要性を示し、理論および実証研究の発展へ大きく貢献した。

モンゴル国の遊牧での草地利用の形態において、気象・気候害時におけるレジリエンスを担保する草資源としてKeyとなる*A. splendens*の水利用特性と、群落成立のメカニズムについての基礎的な情報が収集できた。

モンゴル国の草地生態系のバイオマスの長期的な変動と、気候環境変動との対応が見いだせた。遊牧での草地利用行動の実態の一例が示された。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

これまでの放牧地管理は、移動戦略や資源の異質性を考慮せずに、画一的に提案されることが多かった。たとえば、移動性が非常に高い牧民がいるにもかかわらず、草地の共同管理が進められること、または、反対に家畜頭数のコントロールは有効でないという提案がなされていた。本サブテーマにより遊牧民の移動戦略は、貧富の差などにより異なる空間スケールの移動戦略をとることが示された。つまり、画一的な政策ではなく、それぞれの移動戦略に対応した政策をとることの重要性が示された。具体的には、大規模・長距離移動牧民に対しては、移動のサポートおよび受け入れ先の適切な整備といった資源へのアクセス性の確保が有効となる。また、小規模・短距離移動牧民には、グループ化による共同管理を通じた、セーフティネットとしての”キーリソース群落”の保全を実施する必要がある。このように、資源の空間的異質性と移動戦略の相互作用を複数スケールで考慮した放牧地管理の立案を今後も実施していく必要がある。

## 6. 国際共同研究等の状況

国際共同研究計画名：東京大学大学院農学生命科学研究科とモンゴル国立農業大学の間における学術交流協定

協力案件名：生物多様性・生態系再生研究拠点

担当者氏名・所属：大黒俊哉（東京大学）

カウンターパート氏名・所属・国名： Prof. Badarch Byambaa（学長）、Prof. Undarmaa Jamsran・Mongolian State University of Agriculture・モンゴル国

参加・連携状況：生物多様性・生態系再生に関する共同研究および学生の研究に関する相互指導を行っている。

国際的な位置づけ：乾燥地における生物多様性・生態系再生に関する学術交流・共同研究の推進を通じた、砂漠化対処条約、生物多様性条約等への学術面からの貢献。

国際共同研究計画名：文部科学省グローバルCOEプログラム

協力案件名：自然共生社会を拓くアジア保全生態学

担当者氏名・所属：大黒俊哉（東京大学）

カウンターパート氏名・所属・国名：Prof. Undarmaa Jamsran・Mongolian State University of Agriculture・モンゴル国

参加・提携状況：GCOEにおける海外3拠点のうちの一つであり、乾燥地の生物多様性調査／観測を担う。教員・学生が毎年モンゴルを訪問し、モンゴル国中央県アルガラントソムに気象／土壌観測サイトを設置している。

国際的な位置づけ：Asia-Pacific Biodiversity Observation Network (AP-BON)及びDIVERSITASに対する貢献を目指す。

国際共同研究計画名：JSPS日本学術振興会平成24年度二国間交流事業共同研究・セミナー

協力案件名：環境変動に対する森林集水域・生態系の応答に関する日米合同セミナー

担当者氏名・所属：大手信人（東京大学）

カウンターパート氏名・所属・国名：Kevin J. McGuire・Department of Forest Resources and Environmental Conservation, Virginia Polytechnic Institute and State University・アメリカ

参加・連携状況：2013年1月に二国間セミナー開催した。

国際的な位置づけ：本セミナーによって、この分野の研究の世界におけるイニシアティブをとれるネットワーク体制の構築について具体的な計画策定を目指す。加えて、情報共有のために両グループが持っているデータベースのネットワーク化を進める。これには現在運用されている両国のLTER（Long Term Ecological Research、長期生態学研究）ネットワークのリソースを活用する。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) T. OKAYASU, T. OKURO, J. UNDARMAA and K. TAKEUCHI: Journal of Arid Environments, 78, 144-153 (2012)  
"Inherent density-dependency of wet-season range even at the extreme of nonequilibrium environments"
- 2) T. OKAYASU, T. OKURO, J. UNDARMAA and K. TAKEUCHI: Plant Ecology, 213, 625-635 (2012)

"Degraded rangeland dominated by unpalatable forbs exhibits large-scale spatial heterogeneity"

- 3) K. KAKINUMA, T. OKAYASU, T. SASAKI, U. JAMSRAN, T. OKURO and K. TAKEUCHI: Grassland Science, 59, 44-51 (2013)

"Rangeland management in highly variable environments: Resource variations across the landscape mediate the impact of grazing on vegetation in Mongolia"

- 4) K. KAKINUMA, T. OKAYASU, U. JAMSRAN, T. OKURO and K. TAKEUCHI: Journal of Arid Environments, 109, 88-91 (2014)

"Herding strategies during a drought vary at multiple scales in Mongolian rangeland"

<その他誌上発表（査読なし）>

- 1) K. KAKINUMA, T. SASAKI, T. OKAYASU, U. JAMSRAN, T. OHKURO and K. TAKEUCHI: Journal of Integrated Field Science, 8, Meirin-sha Company, 119, (2011)

"The linkage between pastoralists' perspectives and vegetation threshold changes in Mongolian rangelands"

(2) 口頭発表（学会等）

- 1) T. OKURO: Japan GeoScience Union Meeting, Makuhari, Japan, 2011

"Desertification control and sustainable use of ecosystem services in drylands of the Northeast Asia."

- 2) K. KAKINUMA, T. OKAYASU, T. SASAKI, U. JAMSRAN, T. OHKURO, K. TAKEUCHI: The 8th IALE World Congress, Beijing, China, 2011

"The spatial heterogeneity of resources mediates grazing impacts on vegetation in Mongolian rangelands."

- 3) 星野亜季、藤巻晴行、吉原佑、大黒俊哉、ジャムスラン・ウンドルマ、武内和彦：日本土壌肥料学会2011年度大会、つくば（2011）

「半乾燥地の耕作放棄後の土壌水分移動特性に多年生草本の侵入が及ぼす影響」

- 4) N. OHTE, N. TOKUCHI, and M. FUJIMOTO: AGU (American Geophysical Union) Fall Meeting, San Francisco, USA, (2011)

"Seasonal variations of nitrate discharge from forested catchments: Suggestions from Japanese Case Studies"

- 5) K. KAKINUMA, T. OKAYASU, U. JAMSRAN, T. OHKURO, K. TAKEUCHI: 第59回日本生態学会大津大会、第5回EAFES(東アジア生態学会連合)大会、大津（2012）

"Pastoralists' pasture selections related with plant response to rainfall variability in Mongolian rangeland."

- 6) A. KOYAMA, T. SASAKI, J. Undarma and T. OKURO：第59回日本生態学会大津大会・第5回EAFES（東アジア生態学会連合）大会、大津（2012）

"Density-dependent facilitation of shrubs in a desert steppe."

- 7) T. MIYASAKA, Q.B. LE, T. OKURO and K. TAKEUCHI: 第59回日本生態学会大津大会・第5回EAFES（東アジア生態学会連合）大会、大津（2012）

"Agent-based modelling for assessing ecological and socioeconomic effects of Chinese PES policies."

- 8) T. OKURO, A. KOYAMA, T. OKAYASU, K. YOSHIKAWA, Y. YOSHIHARA and U. JAMSRAN: 第59回日本生態学会大津大会・第5回EAFES（東アジア生態学会連合）大会、大津（2012）

- “Developing ‘Restoration Manuals’ for sustainable use of ecosystem services in drylands of Northeast Asia.”
- 9) K. KAKINUMA, T. OKAYASU, U. JAMSRAN, T. OHKURO, K. TAKEUCHI: Oxford Interdisciplinary Desert Conference, Oxford, UK, 2012  
 “Pastoralists' mobile distance related with their buffer selection during drought in Mongolian rangeland.”
- 10) 田中(小田) あゆみ、大手信人、額尔德尼、小山明日香、Undamaa J.、山中典和、村田直樹、大黒俊哉、那沁、Sergerenhuu J.、廣部宗、吉川賢：日本森林学会123回大会、宇都宮（2012）  
 「モンゴル国マンダールゴビ地域のキーリソースとしての草本群落における水・養分利用特性」
- 11) N. OHTE: Symposium on sustaining forest resources in a changing climate, Taipei, Taiwan, 2012  
 “Global comparisons on seasonal patterns of nitrate discharge from forested catchments”
- 12) 小山明日香、佐々木雄大、Jamsran Undarmaa、大黒俊哉：第28回個体群生態学会、東邦大学、千葉（2012）  
 「灌木による被度依存的な種間作用が一年生・多年生草本の個体群動態に与える異なる影響」
- 13) T. OKURO: The 4th Joint Symposium GCOE Asian Conservation Ecology, Fukuoka, Japan, 2013  
 “Restoration of ecosystem services and sustainable land use in Mongolian rangeland”
- 14) K. KAKINUMA: The 4th Joint Symposium GCOE Asian Conservation Ecology, Fukuoka, Japan, 2013  
 “Effect of grazing strategy on vegetation in Mongolian rangeland under high climatic variability”
- 15) A. KOYAMA and T. OKURO: The 4th Joint Symposium GCOE Asian Conservation Ecology, Fukuoka, Japan, 2013  
 “Effectiveness of plant facilitation on restoration of degraded Mongolian grasslands”
- 16) 柿沼薫、岡安智生、宮坂隆文、ジャムスラン・ウンダルマー、大黒俊哉、武内和彦：第60回日本生態学会静岡大会（2013）  
 「モンゴル草原における時空間的に異質な植生資源の衛星画像を用いた定量化」
- 17) 柿沼薫：第60回日本生態学会静岡大会（2013）  
 「モンゴルの異質な草原植生に対する牧民の資源選択と土地荒廃の関係」
- 18) 小山明日香、吉原佑、ジャムスラン・ウンダルマー、大黒俊哉：第60回日本生態学会静岡大会（2013）  
 「モンゴル放牧地においてイネ科叢生草本が草本群集に与える facilitation」
- 19) 額尔德尼、大手信人、遠藤いず貴、田中(小田)あゆみ、岡安智生、大黒俊哉、樋口篤志、那沁、山中典和、Undarmaa J.、吉川賢：日本沙漠学会2013年度第24回学術大会、広島（2013）  
 「リモートセンシングを用いたモンゴル高原における草地生態系の長期変動の把握」
- 20) A. KOYAMA, T. SASAKI and T. OKURO: International Association for Vegetation Science, Tartu, Estonia, 2013  
 “Density-dependent facilitation regulates population dynamics of herbaceous plants in a semi-arid Mongolian steppe”
- 21) T. SASAKI, A. KOYAMA and T. OHKURO: The 22nd International Grasslands Congress, Sydney, Australia, 2013  
 “Threshold dynamics of vegetation and their management implications in a Mongolian shrubland”

- 22) Y. YOSHIHARA, A. KOYAMA, U. JAMSRAN and T. OKURO: The 22nd International Grasslands Congress, Sydney, Australia, 2013  
 “Prescribed burning experiments for restoration of Mongolian degraded steppe”
- 23) K. KAKINUMA, T. OKAYASU, T. SASAKI, U. JAMSRAN, T. OKURO, K. TAKEUCHI: 22nd International Grassland Congress, Sydney, Australia, 2013  
 “Resource variations across the landscape mediate the impact of grazing on vegetation in Mongolian rangeland under high climatic variability”
- 24) T. OKURO, T. OKAYASU, K. KAKINUMA, A. KOYAMA and U. JAMSRAN: The 5th Joint symposium between Kyushu University and University of Tokyo on Asian Conservation Ecology, Fukuoka, Japan, 2014  
 “Restoration of degraded rangeland in the Northeast Asia: Core site report from Mongolia”
- 25) K. KAKINUMA, T. SASAKI, A. KOYAMA, D. KUBO and T. OKURO: The 5th Joint Symposium GCOE Asian Conservation Ecology, Fukuoka, Japan, 2014  
 “Effect of livestock enclosure on vegetation and soil at post-threshold state in Mongolian rangelands”
- 26) T. OKURO, T. OKAYASU, K. KAKINUMA, A. KOYAMA and U. JAMSRAN: The 5th Joint Symposium GCOE Asian Conservation Ecology, Fukuoka, Japan, 2014  
 “Restoration of degraded rangeland in the Northeast Asia: Core site report from Mongolia”
- 27) 久保大輔、小山明日香、吉原佑、Undarmaa J.、大黒俊哉：第61回日本生態学会、広島（2014）  
 「モンゴルの荒廃草原における不嗜好性優占種*Artemisia adamsii*の火入れ及び刈取に対する生態学的応答」
- 28) 柿沼薫、佐々木雄大、小山明日香、久保大輔、ジャムスラン・ウンドルマー、大黒俊哉、武内和彦：第61回日本生態学会、広島（2014）  
 「モンゴル草原における放牧圧に沿った植生の非線形な変化からの回復可能性：長期モニタリングによる検証」
- 29) 小山明日香、吉原佑、Undarmaa Jamsran、大黒俊哉：第61回日本生態学会、広島（2014）  
 「火入れはモンゴル放牧草地の荒廃植生を回復させるか」
- 30) 大黒俊哉、柿沼薫、エリデニ、坂本圭児、ウンドルマ・ジャムスラン：第61回日本生態学会、広島（2014）  
 「モンゴルにおける災害時の避難先として整備された非常用草地の植生退化：ヘンティ県ヘルレンバヤンウランの事例」
- 31) 遠藤いず貴、大手信人、額尔德尼、大黒俊哉、Undarmaa Jamsran、川上聖、樋口篤志、山中典和、那沁、廣部宗、吉川賢：第61回日本生態学会、広島（2014）  
 「モンゴル半乾燥地域におけるアクナテルム属群落の水利用特性」

### (3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

### (4) シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない。

### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

## (6) その他

特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

- 1) Vetter, S. 2005. Rangelands at equilibrium and non-equilibrium: recent developments in the debate. *Journal of Arid Environments* 62: 321-341.
- 2) Illius, A.W. and O'Connor, T.G. 1999. On the relevance of nonequilibrium concepts to arid and semiarid grazing systems. *Ecological Application* 9: 798-813.
- 3) Tucker, C. J. P. et al. 2005. An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data. *International Journal of Remote Sensing* 26: 4485-4498.
- 4) MODIS Science Team. 2000. MOD13Q1, Available at [http://modis.gsfc.nasa.gov/sci\\_team/pubs/](http://modis.gsfc.nasa.gov/sci_team/pubs/)
- 5) Mongolian Statistical Information Service. 2014. Mongolian Statistical Information. Available from <http://www.1212.mn/en/>
- 6) McCarthy, N. and Di Gregorio, M. 2007. Climate variability and flexibility in resource access: the case of pastoral mobility in Northern Kenya. *Environment and Development Economics* 12: 403-421.
- 7) Turner, M.D. 1999. Labor process and the environment: The effects of labor availability and compensation on the quality of herding in the Sahel. *Human Ecology* 27: 267-296.
- 8) Butt, B. 2011. Coping with Uncertainty and Variability: The Influence of Protected Areas on Pastoral Herding Strategies in East Africa. *Human Ecology* 39, 289-307.
- 9) Craig, H. 1961. Isotopic Variations in Meteoric Waters. *Science* 133(3465): 1702-1703.
- 10) Deines, P. 1980. The isotopic composition of reduced organic carbon. In: Fritz P. & Fontes J.C. (eds) *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry* vol. 1: 329-406.
- 11) Dansgaard, W. 1964. Stable isotope in precipitation. *Tellus* 16: 436-468.
- 12) Tsujimura, et al. 2007. Vertical distribution of stable isotopic composition in atmospheric water vapor and subsurface water in grassland and forest sites, eastern Mongolia. *Journal of Hydrology* 333: 35-46.
- 13) 吉川賢、山中典和、大手信人（編著）2004. 「乾燥地の自然と緑化」第1章 乾燥地の自然環境、共立出版、pp.1-42.
- 14) 竹田信 1993. 砂丘地における乾砂層の蒸発抑制効果、地下水学会誌、35(3): 217-225.

### (3) 乾燥地生態系の構造と機能および空間分布についての解析

鳥取大学乾燥地研究センター

山中典和

<研究協力者>

千葉大学

樋口篤志・川上 聖

平成23～25年度累計予算額：10,201千円（うち、平成25年度予算額：2,600千円）  
予算額は、間接経費を含む。

#### [要旨]

モンゴル国マンダルゴビ地域では、多年生イネ科草本の*Achnatherum splendens*群落は災害時に家畜の生存を左右するキーリソースと考えられている。本サブテーマでは*Achnatherum*群落を含む草原生態系の群落構造と*Achnatherum*群落の立地特性を明らかにすること、およびそれらの時空間変動と気象要素の時空間変動との関係性を明らかにすることを目的に研究を行った。

結果として、マンダルゴビ調査区では、*A. splendens*の分布は地形と関係し、水分条件の比較的良好な河岸段丘の肩の部分等に出現した。また、強い塩類集積地には分布せず、EC：15～170 の範囲内、PH：7.69～8.92 の範囲内に生育が見られた。さらに*A. splendens*はグリシンベタインに依存した浸透調節を行って乾燥ストレスや塩ストレスに対応しているものと考えられた。

冬季極端低温現象に関しては、1980～2000年代にかけ10年変動的な変化をしていた。2000年代にはより振れ幅が大きくなっており、放牧の市場経済化による牧畜の増大と併せ、ゾドによる被害を拡大させていた。2000年代の極低温現象の増大の主原因はバレンツ海での海氷面積低下に伴う高圧偏差場の形成、それに伴う総観規模での循環場変化によるものであった。

また、NDVI, GRVIの二つの植生指標の散布空間特性より、簡便な形で植生劣化状態から回復過程のモニタリングを行う手法を開発した。GRVIはLandsat MSSから続く景観スケールモニタリングに適した高解像度衛星でも計算出来ることから、同手法による景観スケール解析にも応用可能であり、適法空間スケールは景観スケールから大陸スケールまで対応可能である。

#### [キーワード]

キーリソース群落、群落構造、立地特性、冬季低温現象、植生回復

#### 1. はじめに

草原管理にとって、遊牧生産の持続性に欠かせないキーリソースを特定するとともに、その機能を牧畜生産と生態系保全の面から解明し、草原生態系の生物多様性と生態系サービス（供給）の関連を、自然科学と社会科学の両面から明らかにすることが求められている。

モンゴル国マンダルゴビ地域では、多年生イネ科草本の*Achnatherum*群落は災害時に家畜の生存を左右するキーリソースと考えられている。本サブテーマでは*Achnatherum*群落を含む草原生態系の群落構造と*Achnatherum*群落の立地特性を明らかにすること、およびそれらの時空間変動と気象要素の時空間変動との関係性を明らかにすることを目的に研究を行った。

## 2. 研究開発目的

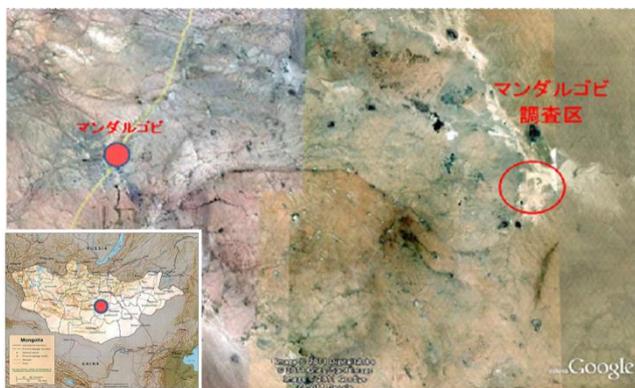
本サブテーマでは、草原生態系の植物群落の構造とその機能および空間分布を解明するとともに、それらの時空間変動と気象要素の時空間変動との関係性を明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究開発手法

### (1) 草原生態系の植物群落の構造とその機能の解明

#### 1) キーリソース群落の構造と立地特性

重点的に調査するマンダルゴビ調査区をマンダルゴビの中心街から約30km東に位置する場所に設定した（図(3)-1）。この場所はドンドゴビ県の保護区に指定されている場所であり、レンジャーの監視のもとで草原が守られている。放牧も多少行われているが、全体として放牧圧は低い状態で抑えられている。マンダルゴビ調査区に見える中の白い部分が低地となっており、降雨時には大規模な水たまりになると思われるが、干上がった状態では塩類が集積した場所になっている。



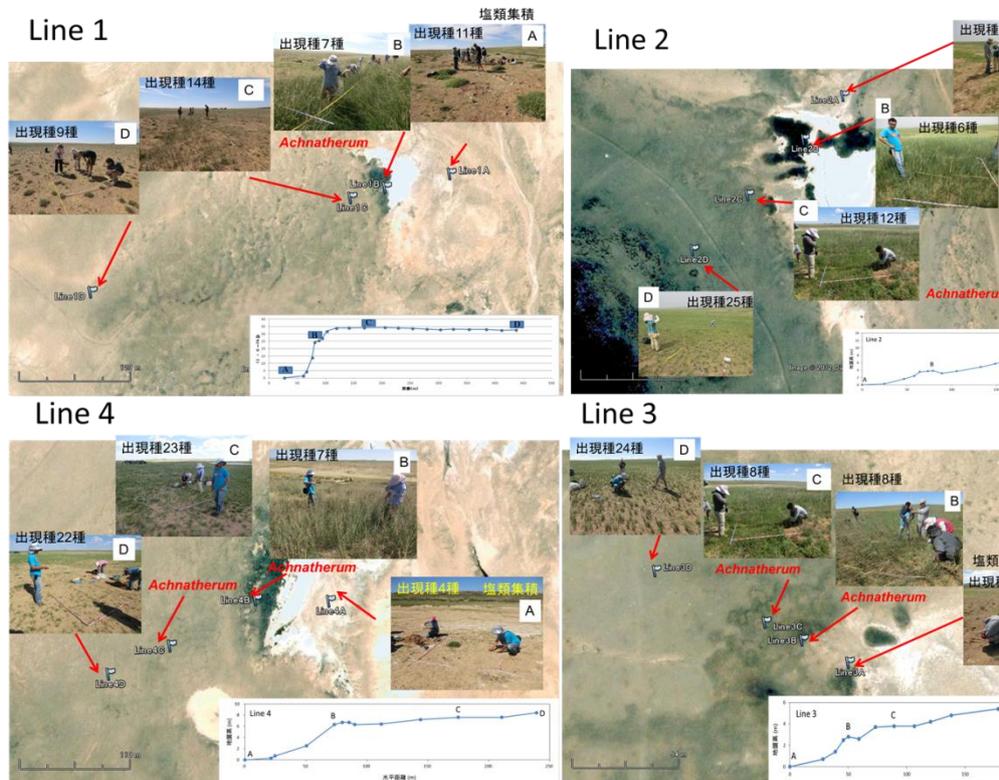
図(3)-1 マンダルゴビ調査区の位置。



図(3)-2 マンダルゴビ調査区における各調査トランセクトの位置。

キーリソース群落である *Achnatherum* の特性を明らかにするために、マンダルゴビ調査区で、塩類が集積している低地から、斜面上部に向かって4つのトランセクトラインを設置した（図(3)-2、(3)-3）。ライン1は2011年8月に設置、ライン2～4は2012年8月に設置した。ラインに沿った斜面傾

度に伴い変化する植物群落について、各植物群落の中心地で2 m x 20 mの調査プロットを設置するとともに、2 m x 2 mのサブプロットに分割した。植生調査として、各調査プロット内において、サブプロットを5つ選び、出現種を同定するとともに、種ごとに被度を記録した。



図(3)-3 マンダルゴビ調査区における各調査トランセクトの地形と植生状況。

## 2) *A. splendens*の浸透調節物質の解明

野外調査で得られた*A. splendens*の生育立地特性を踏まえ、*A. splendens*が乾燥ストレスや塩ストレスに対する反応を圃場実験から解析した。本実験はサブテーマ1と共同で行われ、サブテーマ3-1では、特に*A. splendens*が乾燥ストレスや塩ストレスに対する反応を浸透調節物質に着目して解析した。

解析は岡山大学の圃場でサブテーマ1が行ったストレス実験の終了時に、各処理区より葉のサンプルを収集し、鳥取大学乾燥地研究センターにおいて、浸透調節物質の分析を行った。分析にあたっては、鳥取大学農学部の岡田憲和氏、鳥取大学乾燥地研究センターのエリジャンマイマイチ氏の協力を得た。

分析した浸透調節物質は、ベタイン類、糖類、糖アルコール類である。分析方法に関しては以下に示す。

葉内ベタイン類含有量の分析に関しては、グリシンベタイン、アラニンベタインおよび $\gamma$ -ブチロベタインの分析を行った。葉を採取後ただちに80°Cで48時間乾燥させ、細胞粉碎機（BMS-12 バイオメディカルサイエンス）で粉末状にした。サンプル粉碎後、熱抽出を行った。マイクロチューブ（2 ml）に粉末試料：蒸留水を0.1 g：1.5 mlの割合で加え、恒温水槽（THB-2 アズワン株式会社）を用いて75°Cで20分間熱抽出した後、上澄みを分取した。

熱抽出後、フェナシルエステル化反応を行った。ベタイン抽出液0.1 mlを0.05 ml緩衝液（100 mM リン酸二水素カリウム：蒸留水：アセトニトリル=1：1：4）に溶かし、0.3 ml臭化p-ブロモフェナシル（PBB, 20 mg ml<sup>-1</sup> アセトニトリル溶液）を加え、恒温水槽を用いて80℃で75分間反応させた。反応後、0.05 ml分取した。これに泳動緩衝液（50 mM リン酸緩衝液、pH 3.0）を0.45 ml加え、高速冷却遠心機（KUBOTA7780 久保田商事株式会社）で15,000 rpm x 10分間遠心した。遠心後、0.45µmのフィルター（Millex-LG Millipore Corporation）を取り付けたシリンジ（3ml）でろ過し、標準サンプルバイアル（大塚電子株式会社）に注入し、これを泳動サンプルとした。

分析にはキャピラリー電気泳動装置（CAPI-3300 大塚電子株式会社）を用いた。使用したキャピラリーは75 µm i.d. x 80 cm、検出は262 nmでおこなった。試薬はすべて和光純薬製のものを、蒸留水はMilli-Q（日本ミリポア製）で精製したものを使用した。測定温度25℃、サンプリングは落差法25 mm x 60 secで行い、印加電圧は20 kV、測定時間は20分とした。

葉内糖類と糖アルコール類の分析に関しては、80%アルコール15 mlにサンプリングした葉を0.5 g入れて糖類の抽出を行った。サンプルはアルコールごと細胞破碎装（BMS-12 株式会社バイオメディカルサイエンス）で5分間破碎した後、遠心機（7780 株式会社久保田製作所）で10,000 rpm 10分間遠心し、上澄みを採取した。アルコールを60℃の温度で蒸発させ、10 mlまで蒸留水でメスアップした。メスアップしたサンプルをシリンジで吸い取り0.2µmのフィルター（Millex-LG Millipore Corporation）で濾過し、これを定量用試料として、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）により分析した。HPLCにはポンプ（LC-20ABおよびLC-10A T）、デガッサー（DGU-20A5）、オートサンプラー（SIL-10A）、カラムオープン（CTO-10ACVP）、化学反応槽（CRB-6A）、蛍光検出器（RF-10AXL）、システムコントローラ（SCL-10AVP）およびデータ処理用ソフト（LC solution）、すべて島津製作所製のものを扱い、島津還元糖分析システムにより還元糖および糖アルコールの分析を行った。

## （2）キリーソース群落の空間分布及びそれらの時空間変動と気象要素の関係性の解明

上記課題達成のため、最初に総観規模スケールでの気象要素の長期解析を冬季極端低温現象に着目して解析を行った。気候変動要素解析結果を踏まえ、市場経済化で牧畜数が急速に増え、かつゾドに被害が拡大している2000年代の植生応答について、衛星観測データを用いて解析を行った。特に2009-2010のゾド後の植生回復過程に着目した。

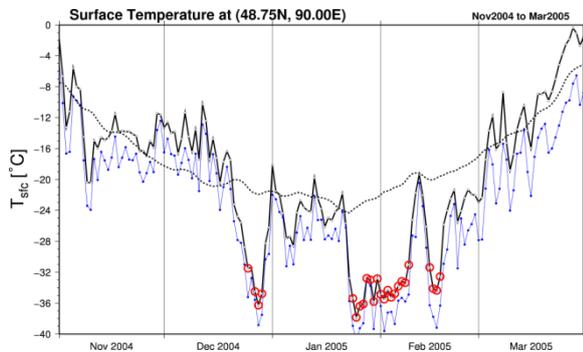
### 1) 冬季低温現象の長期解析

地球温暖化研究に伴い、温暖化の影響は高緯度帯で顕著であることが想定されている。モンゴルでも1940-2001年で冬季気温が3.6℃上昇したことが報告されている。しかし、近年日本でも豪雪を伴う冬季低温現象が報告され、地球温暖化が単に冬季温度上昇をもたらすとは限らないことから、特に近年での冬季低温現象がモンゴルを中心にどのような時空間分布を持つのかを調査した。

使用データは気象庁が公開している再解析データJRA-25/JCDASである。解像度1.25°、タイムステップは6時間である。解析対象期間は1979-2010年の各冬季(10、11、12、1、2、3月)、使用要素は地表面気温、海面校正気圧(SLP)、および850hPaおよび500hPaでのジオポテンシャル高度・気温である。

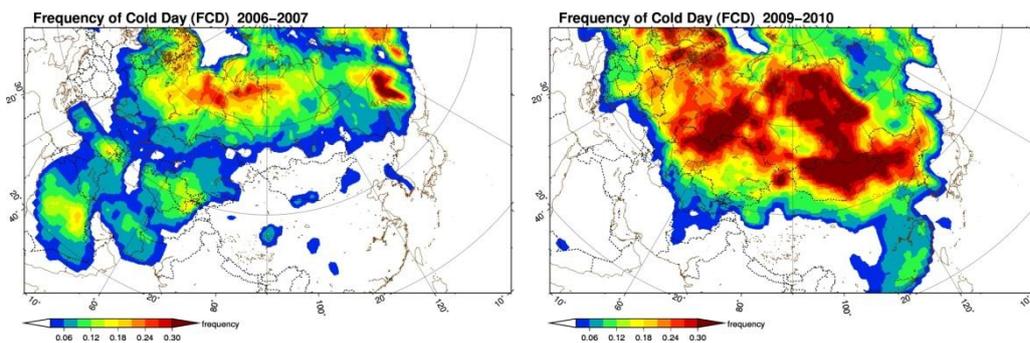
低温現象に着目するため、低温日(Cold Day; CD)、極端な低温日(Extreme Cold Day; ECD)を同定した。これらは各対象日の日平均気温から日気候値を引いた値（日気温偏差）を各メッシュ・各解析対象日毎に算出し、日気温偏差が-5℃以下 -10℃未満はCD、-10℃以下はECDと定義し、それ

らの日数を統計的に整理した。図(3)-4は解析事例の時系列であり、実線に地上気温、気候値を点線、赤丸で示した日がECDと同定された日である。



図(3)-4 北緯48.75°、東経90°での2004年11月～2005年3月の時系列変化。

空間分布特性を把握するためにメッシュ毎に発生頻度を算出した。図(3)-5にCD発生頻度が低かった2006-2007年、及び多かった2009-2010年の分布を示す。



図(3)-5 低温日 (CD) の空間分布。(左) 2006-2007年、(右) 2009-2010年。

## 2) 2000年代の衛星観測による植生応答解析

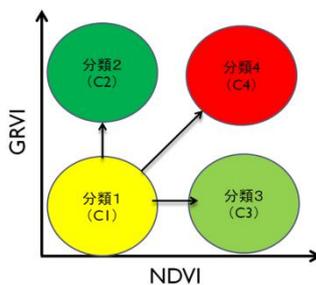
植生応答特性をモニタリングするために地球観測衛星 Terra/Aqua に搭載されているMODIS (MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer) により観測された分光反射特性を利用した。使用したデータセットは分光反射プロダクトであるMOD/MYD09CMGおよびMOD/MYD09A1である。MODはTerra、MYDはAqua搭載MODISによる観測を指し、CMGは解像度0.05°のdailyデータ、09A1は解像度500mで8日コンポジットデータである。A1は現地観測域を含むマンダゴビ域での詳細解析、CMGはモンゴル全体での広域解析でそれぞれ使用した。それぞれのデータセットにはデータ品質、雲フラグ等に関する品質フラグがあるため、雲がかかっていなく、かつデータ品質で問題が無いもののみを利用した。今回の解析では季節進行ではなく、年々の変動特性を見るため、品質管理フラグを信用しても一定数のノイズが混じることを考慮に入れ、各ピクセルの同年の時系列データより85%タイル値 (CMG)、および 95%タイル値 (A1) を用いた。各タイル値はまずA1で95%タイルを採用することを、時系列を目視で確認することで決定、その後A1値に近いタイル値を取るタイルをCMGで決定した。解析対象期間は2009-2012年であり、この期間は2009-2010

年のゾドにより牧畜数が大幅に減少し、その後植生が回復に向かうフェーズにあったことより、回復過程のモニタリングを通じ、どのような回復過程を経るのか考察するためである。上述した処理を施した分光反射率データを用いて2種類の植生指標を計算した。各植生指標の計算式は以下の通りである。

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{Red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{Red})$$

$$GRVI = (\rho_{Green} - \rho_{Red}) / (\rho_{Green} + \rho_{Red})$$

正規化植生指標 (NDVI; Normalized Difference Vegetation Index) は赤 (Red)と近赤外 (NIR) の分光反射を利用する。これは光合成による吸収 (赤) と反射 (近赤外) の特性を利用しており、植生量 (バイオマス等) と関係性が高いことから光学リモセンの初期より広く用いられる指標である。一方GRVI (Green-Red Vegetation Index)は近年着目された植生指標であり、文字通り赤と緑の分光反射を利用する。紅葉モニタリングや植物季節に対し、NDVIより感度が高い特長を持つ。本研究では、NDVIをバイオマス等植物量そのものの指標、GRVIを植生状態 (植生の活性度、種の多様性の保持等) の指標として扱った。GRVIと種の多様性との関連は、今年度実施した現地観測にて、劣化草地として単一種により被覆が優占された状況を多く観察したこと、その状態を携帯型分光放射計で計測した際に、NDVIの変化よりもGRVI変化が大きかったこと、より採用した。



図(3)-6 NDVI、GRVI空間による植生劣化分類。

植生の回復過程を分類する方法として、本研究はNDVI・GRVIによる2次元空間 (図(3)-6) での散布特性に着目した。2009年を最も植生劣化した年、2012年を植生回復状態の基準と仮定し、対象領域内での上位80%が含まれる値をNDVI、GRVIの閾値と設定し、閾値より4分類とした (表(3)-1)。ここで閾値を固定値とせず、相対値とした理由は広域での適応時に多様な土地被覆が含まれることによる分類固定化を避けるためである。

表(3)-1 図(3)-6で分類した結果が持つ意味

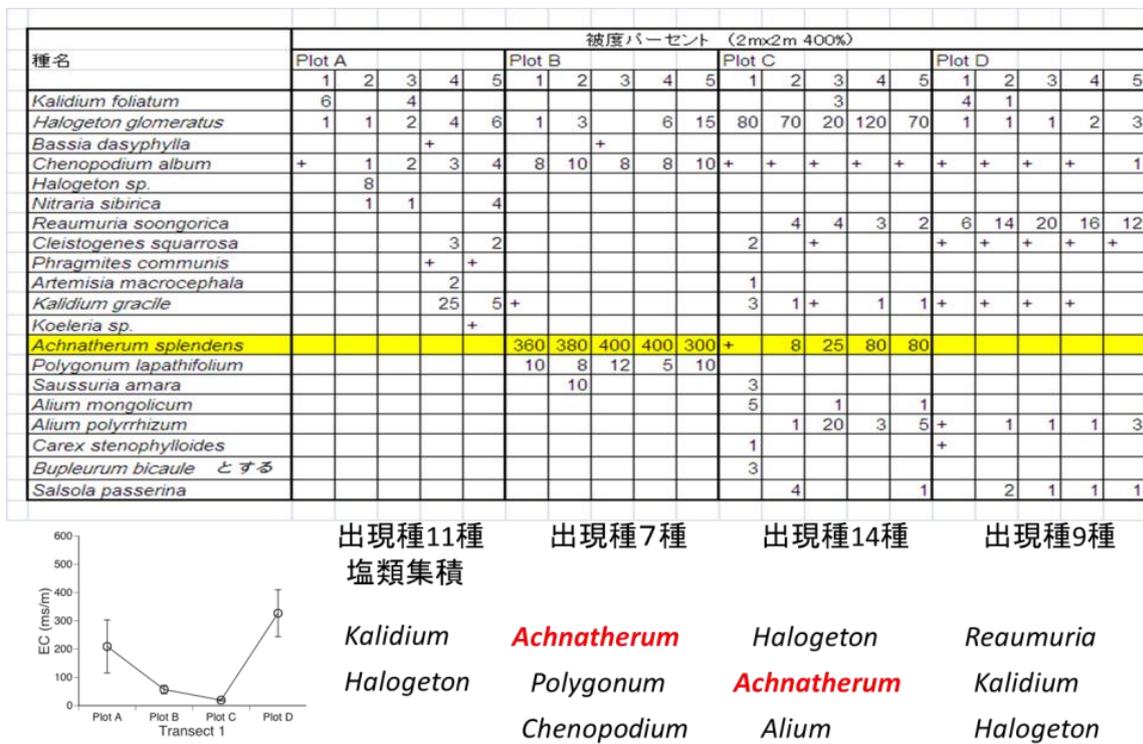
分類1	NDVI・GRVIともに低く植生の劣化状態
分類2	緑化・多様性の回復、背丈低い
分類3	バイオマスの増加、単一種・劣化植生
分類4	NDVI・GRVIともに高く植生が回復した状態

4. 結果及び考察

(1) 草原生態系の植物群落の構造とその機能の解明

1) “キリーソース”群落の構造と立地特性

ライン 1における植生調査結果を図(3)-7に示す。プロットAが最も低地の部分で、ワジの中心部に位置し、塩類が集積している場所である。土壌はほとんどがシルト成分となっている。ここでは11種の植物がみられ、特に塩生植物である *Halogeton* と *Kalidium* が優占していた。プロットBは河岸段丘の肩部に位置しており、土壌はシルト成分が多い状態であった。7種の植物が出現したが、キリーソース種である *A. splendens* が最も優占している場所であった。プロットCとDは良く似た状態で、A、Bに比べて乾燥が強く効いている環境であり、地表面には礫が多く見られた。プロットCでは14種、プロットDでは9種の植物が出現した。また、プロットCではプロットBに比べて被度パーセントは低いものの、*A. splendens* の生育が認められた。しかしプロットDでは全く *A. splendens* の生育が認められなかった。



図(3)-7 ライン1における、斜面傾度に伴う植生と土壌ECの変化。

ライン 2の結果を図(3)-8に示す。ライン 2のプロットAでは塩生植物である *Halogeton* が最も優占していた。 *A. splendens* はプロットBで最も優占しており、 *Polygonum* とともに密な群落を構成していた。 *A. splendens* の出現が見られなくなるプロットDでは *Chenopodium* や *Artemisia* の優占が見られた。出現種数はプロットDが最も多く、低地に向うに伴って種数の減少が認められた。

種名	被度パーセント (2mx2m 400%)																			
	Plot A					Plot B					Plot C					Plot D				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<i>Halogeton glomeratus</i>	100	120	200	200	200															
<i>Bassia dasyphylla</i>											1	+								
<i>Chenopodium album</i>	10	+	+	+	24					2	1	30	8	10	8	32	2		6	1
<i>Chenopodium acuminatum</i>					+	+	+	+			130	140	110	160	200	20	+	120	120	90
<i>Achnatherum splendens</i>						280	250	320	220	280	60	50	30	8	12					
<i>Polygonum latifolium</i>						1	40	30	50	20										
<i>Salsola collina</i>						+			+		+	+				+	7	+	1	2
<i>Artemisia anethifolia</i>								+					+			15	25	16	8	15
<i>Eragrostis minor</i>											1	2	2	4	10	3	15	10	8	16
<i>Convolvulus ammanii</i>											+	+				+	1	+		9
<i>Allium polyrrhizum</i>											+		2	4	3.5	1	+			1.5
<i>Allium anisopodium</i>											2	42	40	13	5	4	3	8	8	9
<i>Carex stenophylloides</i>												+		1	1	2	+	+	+	+
<i>Asparagus gobicus</i>																+		+	+	+
<i>Iris tenuifolia</i>																1	+	+	+	+
<i>Stipa krylovii</i>																1	6	1	2	1
<i>Stipa gobica</i>																2	6	2	+	
<i>Sibbaldianthe sericea</i>																0.1		4		
<i>Astragalus sp</i>																+	+		+	
<i>Ptilotrichon canescens</i>																+				
<i>Artemisia pectinata</i>																8	7	8	3	16
<i>Artemisia frigida</i>																2				
<i>Cleistogenes soongorica</i>																+				
<i>Caragana leucophloea</i>																	15			
<i>Chenopodium sp</i>																	+			+
<i>Youngea tenuifolia</i>																			+	
<i>Chamaerhodos erecta</i>																			+	
<i>Bupleurum bicaule</i>																				+



図(3)-8 ライン 2における、斜面傾度に伴う植生と土壤ECの変化。

種名	被度パーセント (2mx2m 400%)																				
	Plot A					Plot B					Plot C					Plot D					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
<i>Halogeton glomeratus</i>	1	8	20	20	10																
<i>Bassia dasyphylla</i>						3	80	70	110	80	40	1	12	1.5	20	7.5	1.5	1.5	2	5	2.5
<i>Chenopodium album</i>	+	1	4	3	20	+	+		3	2	11				1.5	+	+	+	+	+	+
<i>Chenopodium acuminatum</i>											230	200	250	170	160	+	+	3.5	+	+	
<i>Nitraria sibirica</i>	2		6		3																
<i>Reaumuria soongorica</i>	4	1		+	2																
<i>Kalidium gracile</i>																					
<i>Cleistogenes squarrosa</i>																				+	
<i>Artemisia macrocephala</i>																				+	
<i>Achnatherum splendens</i>						100	160	120	120	120	60	60	45	35	30						
<i>Salsola collina</i>		+	+		+	+	+	10	5	10	15	2	+		15	1.5	+	3.5		1.5	3
<i>Artemisia anethifolia</i>																1	3	5	4.5	1.2	
<i>Eragrostis minor</i>							1	1	+	1	5	1	1	+	1	5	20	30	40	28	25
<i>Pegatum nigellastrum</i>																				+	
<i>Convolvulus ammanii</i>																				+	
<i>Allium mongolicum</i>											3	+		6	2		4	4.5	4	+	
<i>Allium polyrrhizum</i>													+			1	40	30	80	80	
<i>Allium anisopodium</i>																			3	2	
<i>Carex stenophylloides</i>																	8	2	2	4	
<i>Asparagus gobicus</i>																					
<i>Sibbaldianthe sericea</i>																	6	1	1	6	
<i>Ptilotrichon canescens</i>																	+	+	+	+	
<i>Artemisia pectinata</i>																	2.5	5	2.5	4.5	
<i>Artemisia frigida</i>																	1.5	+	+	+	
<i>Caragana leucophloea</i>																	6	3		3	
<i>Caragana pygmaea</i>																	+	1			
<i>Bupleurum bicaule</i>																					
<i>Artemisia palustris</i>																	+		1	5	
<i>Heteropappus biennis</i>																	+	2			
<i>Iris lactea</i>																		+	+		



図(3)-9 ライン 3における、斜面傾度に伴う植生と土壤ECの変化。

ライン 3では（図(3)-9）、ライン 2同様、プロットAで*Halogeton*が最も優占しており、*Kalidium*の出現も認められた。*A. splendens*が最も優占するプロットBでは、*A. splendens*以外に*Bassia*や*Polygonum*の出現が多く認められた。ライン 2とは異なり、*A. splendens*の出現が見られなくなるプロットDでは*Alium* や*Eragrostis*の優占が見られた。ライン2同様、出現種数が最も多かったのは、*A. splendens*の出現が見られなくなるプロットDであった。

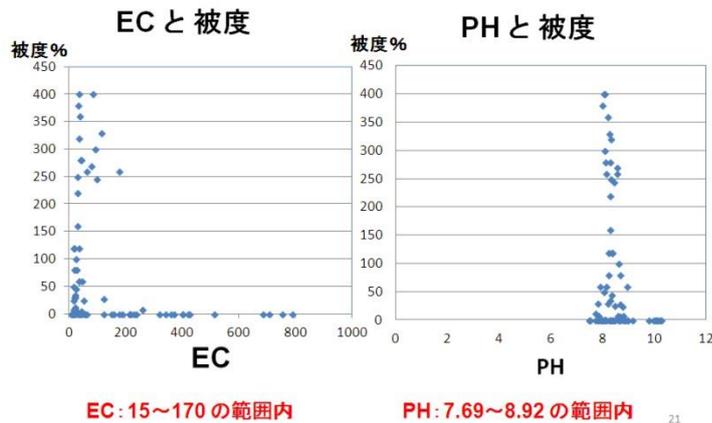
ライン 4では（図(3)-10）、ライン 2,3と同様、プロットAで*Halogeton*が最も優占しており、*Kalidium*以外にの出現が認められた。*A. splendens*が最も優占するプロットBでは、*A. splendens*以外に*Bassia* や*Polygonum* の出現が認められたが、優占度は低かった。*A. splendens*の出現が見られなくなるプロットDでは*Alium*の他に*Stipa*の優占が認められた。ライン2、3同様、出現種数が最も多かったのは、*A. splendens*の出現が見られなくなるプロットDであった。プロットDから低地に向っての出現種数の変化は、ライン3と同じであった。

種名	被度パーセント (2mx2m 400%)																			
	Line-4																			
	Plot A					Plot B					Plot C					Plot D				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
<i>Kalidium foliatum</i>	20	20	4																	
<i>Halogeton glomeratus</i>	35	35	12	11	32	+	1.5			+	15	1	4							
<i>Bassia dasyphylla</i>											3	15	18	12	8	1	1	1	1	1.5
<i>Chenopodium album</i>		+	+			+	+	+	+	+	7.5	5	2.5	2	1.5	+	+	+	+	+
<i>Chenopodium acuminatum</i>														+	+					+
<i>Reaumuria soongorica</i>												1		1.3	+	+				+
<i>Cleistogenes squarrosa</i>																	1			
<i>Artemisia macrocephala</i>																				+
<i>Achnatherum splendens</i>						260	245	330	270	260	24	28	7	5	8					
<i>Salsola collina</i>						+	2	+	+	+						+	+	+	+	+
<i>Artemisia anethifolia</i>											+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eragrostis minor</i>	+	+	+			0.1	1	+	2	3	8	5	3.5	3.5	3	1	1.5	+	+	+
<i>Peganum nigellastrum</i>											4	3.5	3		1					
<i>Convolvulus ammanii</i>																				
<i>Alium mongolicum</i>											22	55	30	12	80	+	+	+	+	+
<i>Alium polyrrhizum</i>											4	+	3.5	1	8	12	20	2	5	5
<i>Allium anisopodium</i>											+	1				2	+	1	+	+
<i>Carex stenophylloides</i>													+		+	2	9	3	3	5
<i>Asparagus gobicus</i>															+					
<i>Iris tenuifolia</i>																	+			
<i>Stipa krylovii</i>																35	40	90	90	80
<i>Sibbaldianthe sericea</i>														+		+	3	+	2.5	+
<i>Artemisia pectinata</i>											2.5	5	2.5	+	2	+	+	+		+
<i>Artemisia frigida</i>											+									
<i>Caragana leucophloea</i>																1.5			3	
<i>Caragana pygmaea</i>															2					
<i>Micropeplis arachnoidea</i>									+	+	25	18	16	80	20	17	15	2.5	4	4
<i>Bupleurum scorzonifolium</i>											+				+	+	+	+	1	+
<i>Artemisia scoparia</i>															+					
<i>Salsola passerina</i>														4	+	+	+	+	+	4



図(3)-10 ライン 4における、斜面傾度に伴う植生と土壤ECの変化。

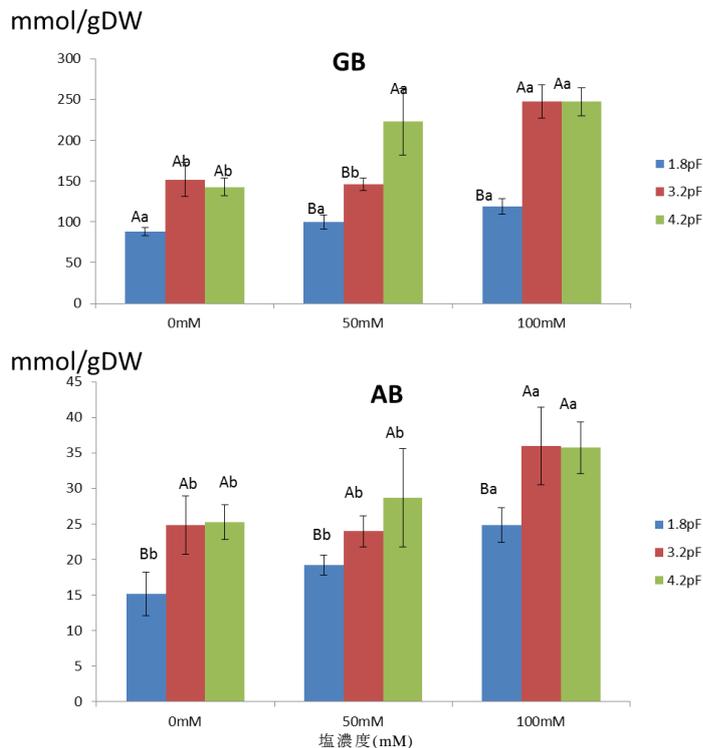
これらの結果を併せて、マンダゴビ調査区に出現したキーリソースである*A. splendens*の出現範囲を土壤ECとPHから示したものが、図(3)-11である。マンダゴビ調査区では*A. splendens*は土壤ECで15~170の範囲、PHで7.69~8.92の範囲に出現することが明らかとなった。



図(3)-11 土壌ECとPHからみた*Achnatherum*の生育範囲。

## 2) *A. splendens*の浸透調節物質の解明

植物の耐乾燥、耐塩性に関わる浸透調節物質として知られるベタイン類に関しては、グリシンベタイン(GB)とアラニンベタイン(AB)、そして $\gamma$ ブチロベタインの測定を行った。分析した3種のベタイン類のなかで、 $\gamma$ ブチロベタインは今回検出されなかった。検出されたGBとABについて、塩ストレスと乾燥ストレスの関係を示したものが、図(3)-12である。特筆すべき結果として、非常



図(3)-12 各処理区におけるグリシンベタイン (GB) とアラニンベタイン (AB) の含有量。

に高濃度のGBが*A. splendens*の葉から検出された。各塩処理濃度においても、乾燥ストレスが強くなるに従い、GB濃度も高くなっていった。強いストレスに対して、GBを作り出すことにより浸透調

節を行ってストレス耐性を高めていることとも思われた。ABについても、高い濃度が検出された。

糖類に関してはスクロース濃度が最も高かった。しかしストレスに対して顕著な傾向は認められなかった。グルコース、フルクトースについては、ややストレスに対して、増加する傾向が見られた。この他マルトースとマンノースはほとんど検出されなかった。

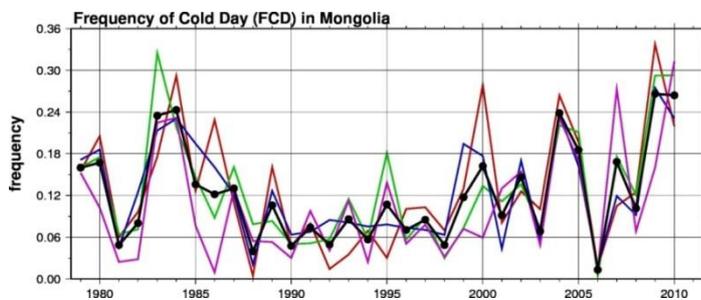
糖アルコール類に関しては、2種類の糖アルコール（ソルビトールとマンニトール）が検出されたが、誤差が大きく、ストレスに対する反応は顕著ではなかった。

これらの分析結果より、*A. splendens*では特にグリシンベタインの蓄積が顕著であり、グリシンベタインに依存した浸透調節を行っているものと考えられた。

## (2) キーリソース群落の空間分布及びそれらの時空間変動と気象要素の関係性の解明

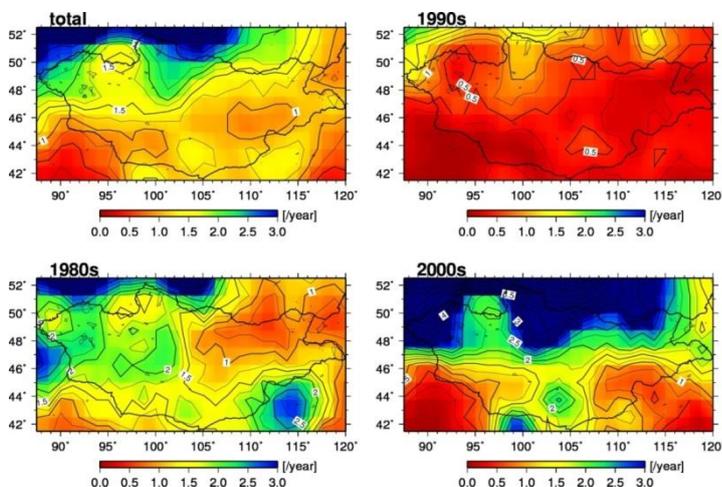
### 1) 冬季低温現象の長期解析

図(3)-13に低温日出現頻度の経年変化を示す。1980年代～1990年代までは出現頻度は減少してい



図(3)-13 CD頻度の経年変化。モンゴル全域平均（黒）、北西領域（青）、北東（赤）、南西（紫）、および南東（緑）をそれぞれ示す。

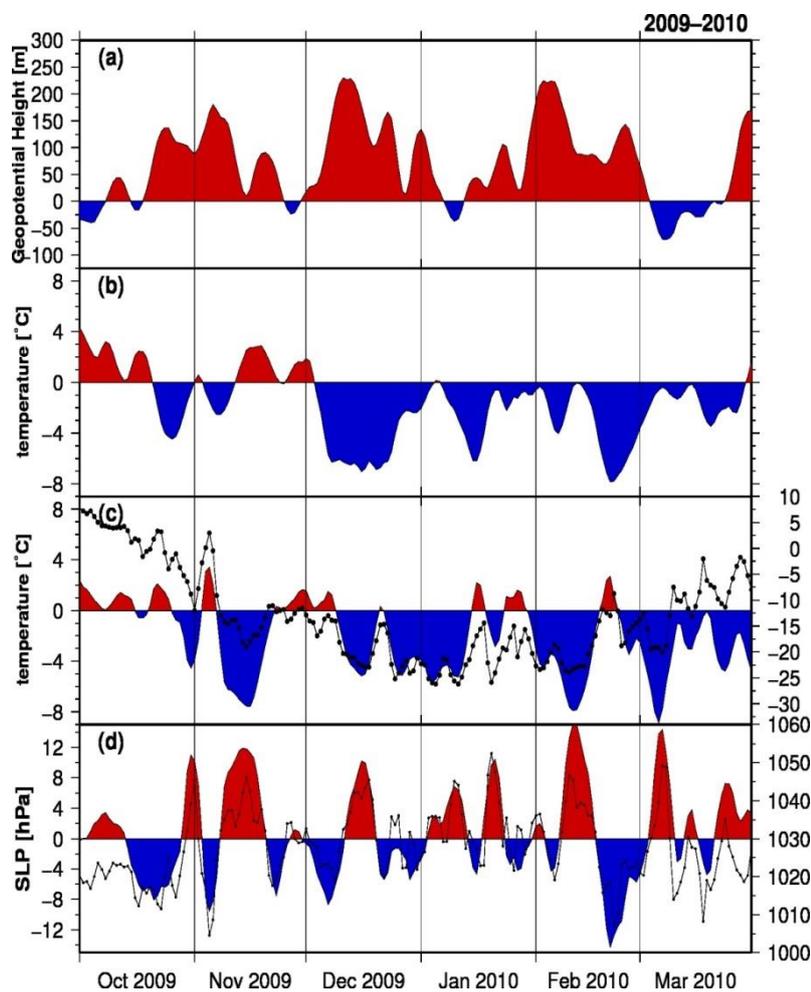
るが、2000年を境に傾向は大幅に変わり、年々変動がより激しくなっていることが分かる。極端な低温日出現頻度でも同様な傾向が認められた。図(3)-13より、10年規模での長期変動が低温現象に影響を与えていると仮定し、10年単位で低温頻度発生頻度の分布図を作成した（図(3)-14）。



図(3)-14 全解析期間、および10年毎の極端な低温日（ECD）発生頻度の分布図。

図(3)-14より、比較的低温日が多い1980年代では東西のコントラストが見られるが、2000年代では南北のより強いコントラストが認められる。この結果より、1980年代と2000年代では、冬季総観規模での循環場が大きく変化していることが推察される。

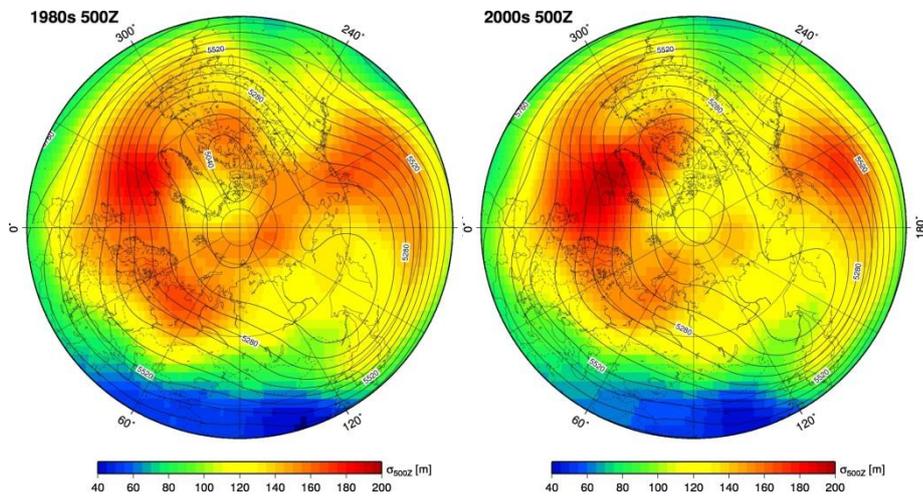
我が国に多く到来する寒波に関する最近の研究例として、Hori et al. (2011)<sup>1)</sup>は西ロシア北部に位置するバレンツ海上での高気圧偏差に着目し、そこで蓄えられた冷気がジェット気流の蛇行によりユーラシア大陸を経由し、日本側に移流し、寒気をもたらしている事例が近年多いことを示している。最新の研究事例に基づき、本研究でも事例解析を行った。2009-2010年の事例（図(3)-15）では、バレンツ海中層大気の高気圧偏差場を基点とした低温偏差場が西シベリアを経由し、モンゴルまで到達していく様子が多く見られた（循環場も精査し、伝播過程を確認した）。一方1980年代の事例では図(3)-15のような明瞭な伝播過程を認めることは出来なかった（図省略）。



図(3)-15 2009-2010年での (a)バレンツ海500hPaジオポテンシャル高度の偏差、(b)西シベリア850hPaでの気温偏差、(c)モンゴル地上気温（実線）および偏差、および(d)モンゴル地上気圧偏差の季節変動。

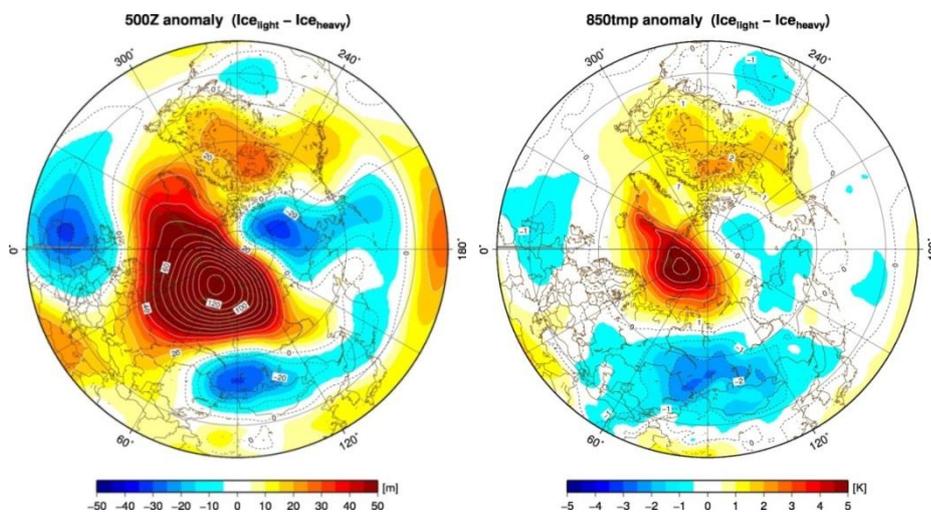
図(3)-16に寒波発生時の中層大気の平均ジオポテンシャル高度面（コンター）および高度偏差（色）を示す。これは偏西風の蛇行具合を示すものであり、1980年代（左）と2000年代（右）を見比べ

ると大きくは変化していない（特にコンター）が、標準偏差場に注目すると、強い偏差場が1980年代には西大西洋、東太平洋、および北西シベリアに認められるが、2000年代には北西シベリアの強い高度偏差場が弱まっていることが分かる。これはバレンツ海を基点とした高気圧偏差が定常化しつつあることを示し、事例解析で示した伝播過程と整合的である。



図(3)-16 モンゴルで寒波が発生時の500hPa面の平均高度（コンター）および標準偏差（色）。左が1980年代、右が2000年代をそれぞれ示す。

Inoue et al. (2012)<sup>2)</sup>は Hori et al (2011)<sup>1)</sup>で指摘した寒波伝播の始点となるバレンツ海高気圧場は、同海での海水面積に密接に関係すると指摘している。本解析でもバレンツ海の海水面積の偏差よい、海水面積の少ない年 (Light Year)と多い年 (Heavy Year)によるコンポジット解析（差分：Light - Heavy）を行った（図(3)-17）。図(3)-17より、海水面積の差が500hPaの気圧面高度に有意に影響を与えている（北極海付近での強い正偏差）こと、850hPaの気温でバレンツ海付近での正偏差に加え、ユーラシア大陸北部の負偏差を確認することができる。

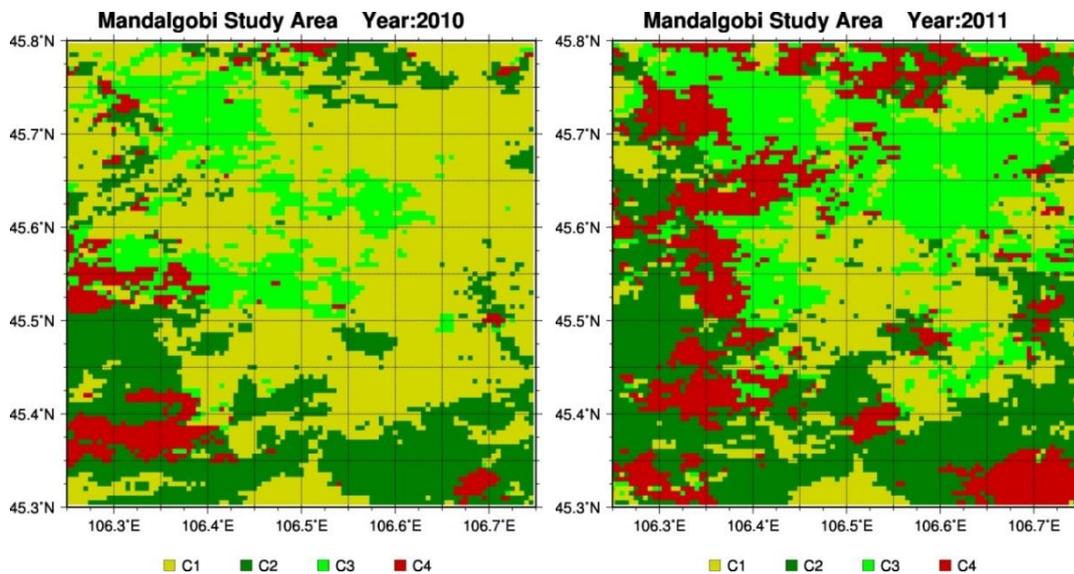


図(3)-17 バレンツ海海水面積の少ない年と多い年を基にコンポジット解析（差分：少ない年 - 多い年）を行った結果。（左）500hPaの気圧面差、（右）850hPa気温の差。

これらの解析結果より、2000年代以降モンゴル冬季に極端低温現象をもたらす主要因は、バレンツ海付近での海氷面積の変化に伴う循環場の変化であり、ゾドによる被害をできる限り低減するためには、バレンツ海を始めとした北極海海氷モニタリングおよびそれに伴う循環場の変化をできる限り現業ベースで継続的に実施し、速報を市民に伝える仕組みを設けることにあると考える。

## 2) 2000年代の衛星観測による植生応答解析

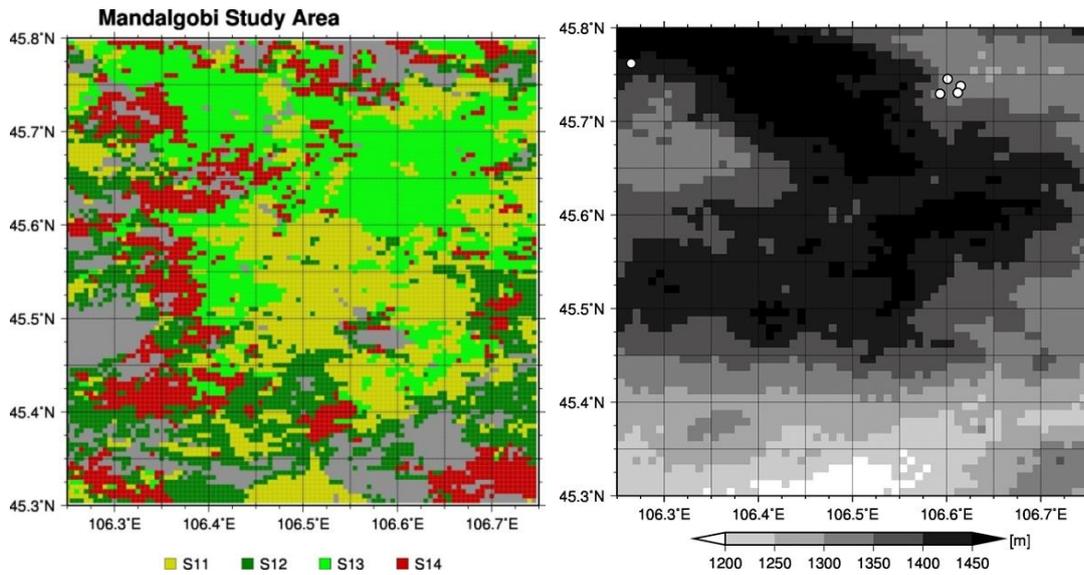
図(3)-18に本研究で提案した手法による分類結果を示す。回復過程にあることから、年を追う毎に分類4が増えていく様子が見て取れる。特に2011年の分布特性に着目すると、分類2は南部、分類3は北部に多く分布し、南部はゴビステップであることを考えると、簡便な手法であるが妥当な結果が得られていると考えられる。分類4の分布と地形図との関係を精査すると、分類4は丘の麓付近に沿って多く分布していたこと(図(3)-19)から、*A. splendens*等水分条件の良いところに生育する植生種をモニタリングできた可能性が高い。



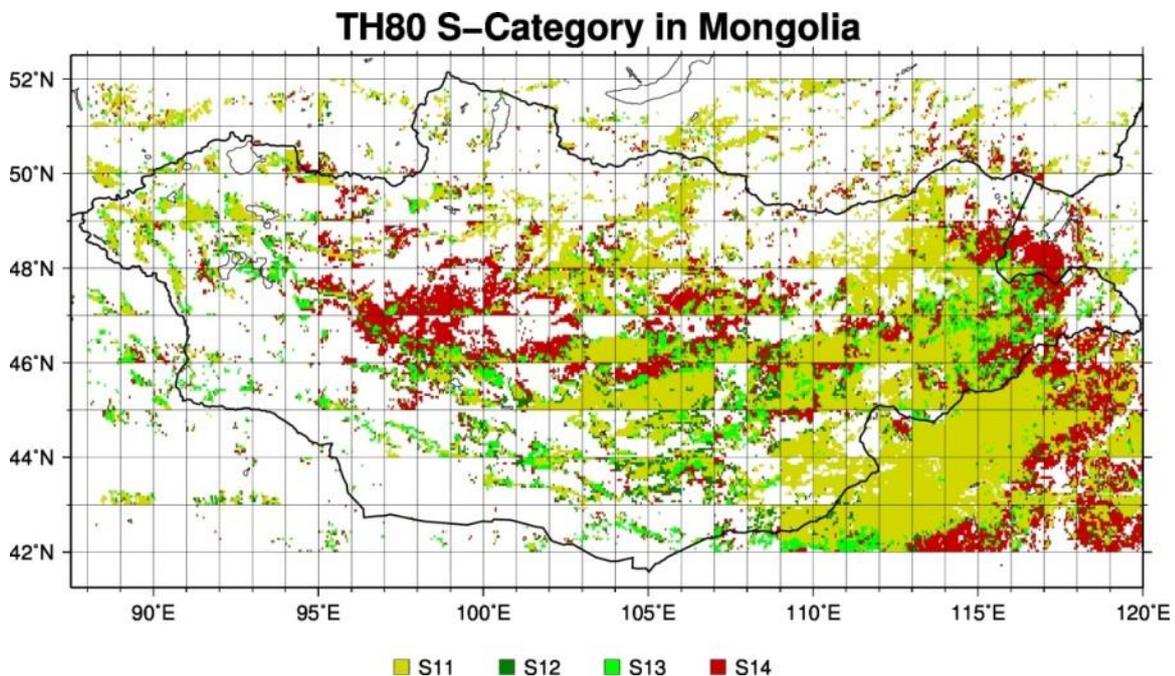
図(3)-18 NDVI、GRVI散布特性より得られたマンダゴビ地域での植生状態分類。C1は表(3)-1での分類1、C2は分類2、C3は分類3、C4は分類4にそれぞれ対応する。MOD/MYD09A1を利用。2010年(左)、2011年(右)。

本手法をモンゴル全域に適応した。NDVI・GRVIの分類閾値を自動的に求めるために、1°メッシュ内で閾値を自動的に求めるアルゴリズムを構築し、図(3)-18と同様の分類を行った。図(3)-20にモンゴル全域での適応結果(2009-2011年の回復過程)を示す。変化の少ない地域はマスクしてある。

1°メッシュ内で閾値を決めていることから不自然な結果が表れているところも見受けられるが、ウランバートル近郊等で劣化状態が継続していること、モンゴル国内ではないが、中国内モンゴル地域で劣化状態にあること、等が検出されており、本研究での分類方法が劣化植生、ならびに回復過程にある植生(バイオマスは回復しているが多様性は回復していない、あるいは多様性は回復したが、バイオマスとしては回復していない)の広域モニタリングに有効であることを示した。



図(3)-19 図(3)-18から抽出したマンダルゴビ域での2009-2011年での植生回復過程分類（右）。S11は2009年:分類1→2011年:分類1、S12は2009年:分類1→2011年:分類2、S13は2009年:分類1→2011年:分類3、S14は2009年:分類1→2011年:分類4への変化を示す。それ以外の分類はマスク（灰色）としている。左は同地域の地形図。



図(3)-20 MOD/MYD09CMGより得られたモンゴル全域での2009-2011年での植生回復過程分類。S11は2009年:分類1→2011年:分類1、S12は2009年:分類1→2011年:分類2、S13は2009年:分類1→2011年:分類3、S14は2009年:分類1→2011年:分類4への変化を示す。それ以外の分類はマスク（白抜き）としている。

## 5. 本研究開発により得られた成果

### (1) 科学的意義：

#### 1) 草原生態系の植物群落の構造とその機能の解明

モンゴルの草原生態系において、キーリソース群落の生態学的特性、特にその構造や立地特性等については未解明な部分が多く残されているが、今回“キーリソース”群落として、*Achnatherum* 群落をとりあげ、斜面経度に伴って変化する植生の中での特徴を明らかにした。塩類集積がみられる低地部分では塩生植物の *Kalidium* や *Halogeton* が主に生育していたが、その上部の河岸段丘の肩の部分で *A. splendens* が出現した。より斜面の上部にゆく *Stipa*、*Artemisia*、*Alium* の群落へと変化した。*A. splendens* の分布は地形と関係し、水分条件の比較的良いところに出現。また、強い塩類集積地には分布せず、EC：15～170 の範囲内、PH：7.69～8.92 の範囲内に生育することを明らかにした。さらに、このような立地特性のもと、*A. splendens* はグリシンペタインに依存した浸透調節を行って乾燥ストレスや塩ストレスに対応していることも明らかとなった。

#### 2) キーリソース群落の空間分布及びそれらの時空間変動と気象要素の関係性の解明

ゾドと気象要素との関係から長期冬季極端現象に関する解析を行った。これまで多く行われてきた解析では冬季温暖化傾向をモンゴルでも示してきたが、極端低温現象に着目すると2000年以降に低温・極端低温現象が増えていることが新たに判明した。これらの原因は近年着目されるバレンツ海での海表面積低下に伴う高圧偏差場の形成、それに伴う総観規模での循環場変化に起因することが本解析で新たに明らかになった。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

#### 1) 草原生態系の植物群落の構造とその機能の解明

今回キーリソースとしての *Achnatherum* 群落の群落構造や立地特性が明らかとなった。今後、*Achnatherum* 群落の再生や積極的な増殖を検討する際には、今回得られた *A. splendens* の斜面上での群落成立場所や、PH, EC等で示される *A. splendens* の適正生育範囲を考慮した施策が望まれる。

#### 2) キーリソース群落の空間分布及びそれらの時空間変動と気象要素の関係性の解明

近年の冬季極端現象主要因が明らかになったことで、ゾド被害低減のため、自国の気象観測網データのみならず、遠隔の北極海海面積モニタリングデータをモンゴル気象局で活用することで、ゾド警戒システムを構築することが可能である。また、植生回復・劣化過程の広域モニタリングは衛星観測のみで為しえる。今回は粗い解像度(0.05°)でのMODISデータを利用し、衛星データ処理部分には恣意性の低い(再現性の高い)モニタリング手法を提案した。本モニタリング手法は行政でも衛星データ取得が可能であればオペレーショナルに運用し易いと思われる。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 7. 研究成果の発表状況

**(1) 誌上発表**

特に記載すべき事項はない

**(2) 口頭発表 (学会等)**

- 1) 山中典和、Undarmaa J.、遠藤いず貴、田中(小田) あゆみ、大手信人、額尔德尼、岡安智生、大黒俊哉、那沁、廣部宗、吉川賢：第 124 回日本森林学会大会、盛岡 (2013)  
「モンゴル国の乾燥地における草本性“Key resource”群落の立地特性」
- 2) 川上聖、樋口篤志：日本気象学会 2012 年秋季大会、北海道大学、札幌(2012)  
「モンゴルにおける冬季低温現象とその時空間変動」
- 3) 川上聖・樋口篤志：パーソナルコンピュータ利用技術学会「第 2 回 コンピュータ技術と環境動態」研究会、立正大学、熊谷 (2013)  
「冬季モンゴルにおける低温現象の時空間特性」
- 4) S. Kawakami, A. Higuchi: *Japan Geoscience Union Meeting, Makuhari, Chiba, Japan* (2013)  
“Long-term variability of extreme low- temperature in winter in Mongolia”
- 5) 川上聖・樋口篤志 (2013):、日本気象学会 2013 年度秋季大会、仙台国際センター、仙台 (2013)  
「モンゴルにおける近年の気候変動と植生応答」

**(3) 特許出願：**

特に記載すべき事項はない。

**(4) シンポジウム、セミナー等の開催**

特に記載すべき事項はない。

**(5) マスコミ等への公表・報道等**

特に記載すべき事項はない。

**(6) その他**

特に記載すべき事項はない。

**8. 引用文献**

- 1) Hori, M. E., J. Inoue, T. Kikuchi, M. Honda, and Y. Tachibana (2011), Recurrence of intraseasonal cold air outbreak during the 2009/2010 winter in Japan and its ties to the atmospheric condition over the Barents-Kara sea. *Sci. Online Lett. Atmos. (SOLA)*, 7: 25-28.
- 2) Inoue, J., M. E. Hori, and K. Takaya (2012), The Role of Barents sea ice in the wintertime cyclone track and emergence of a warm-Arctic cold-Siberian anomaly. *J. Climate*, 25: 2561-2569.

#### (4) 遊牧社会の構造と持続性についての社会・経済・人文学的解析

早稲田大学アジア太平洋研究科 松岡 俊二

<研究協力者>

常盤大学 中村 知子

地球・人間環境フォーラム 中村 洋

早稲田大学アジア太平洋研究科 Qin Ziyi

平成23～25年度累計予算額：10,900千円（うち、平成25年度予算額：3,500千円）

予算額は、間接経費を含む。

#### [要旨]

本サブテーマは、遊牧社会と草原生態系の相互依存構造として遊牧生産システムを把握し、砂漠化や気候変動などの影響による急激な環境変化においても遊牧生産システムの持続性を担保するキーリソース群落とは何かを社会科学および人文学の視点から究明した。遊牧生産システムにおけるキーリソース群落の利用と保全をめぐる伝統的構造（1990年以前の構造）とその変容過程（歴史的過程）、さらには社会的構造や経済的メカニズムについても研究した。さらに、遊牧社会および草原生態系の持続性という観点から、ドナーなどの国際社会の開発援助政策や政府の開発政策や農牧畜政策の評価を行った。

以上の研究を踏まえ、遊牧社会と草原生態系の持続性に関して、経済、社会、環境、制度・政策の面から持続性の指標と基準の検討を行い、モンゴル遊牧社会を持続可能とする政策について考察した。結果としては、遊牧民の経済力などの家計状況を考慮し、具体的な基準に基づき、それぞれに違う政策で対応することを提言した。

#### [キーワード] 遊牧社会、草原生態系、持続性

##### 1. はじめに

モンゴルの遊牧システムは砂漠化や気候変動の影響を受けやすく、その遊牧社会の安定性や持続性は環境変動に極めて敏感である。本研究では、砂漠化・生物多様性劣化などの影響を受けているモンゴルにおいて草原生態系と遊牧社会が両立し、持続しうる制度や政策の検討を行った。

##### 2. 研究開発目的

遊牧生産にとってのキーリソース群落とはどういうもので、それはどのように分布しているのかを明らかにする。また、遊牧民がキーリソース群落をどのように利用し、保全しているのかを知ることで、キーリソース群落をベースとした遊牧生産システムの安定性が草原生態系の生物多様性とどのような関係にあるのかを解明することが研究の目標である。

伝統社会に比べ、社会構造が大きく変化してしまった現在、市場経済における生産性の高い牧畜業の推進を目指した政策が、草原生態系の健全性および遊牧生産の持続性の面から、合理的か

つ適正なものであるのかを評価し、市場経済システムの下で、草原生態系の持続的利用を可能にする新しい遊牧生産システムの提言を行う。

### 3. 研究開発方法

#### (1) 牧畜の通時的変容に関して

モンゴル遊牧社会の通時的変容に関しては、文献資料収集および現地調査によって明らかにした。なお、現地調査は、2012年2月～3月、2012年8月～9月にモンゴル国ヘンティ県（ヘルレンバヤーンウラーン）、ドンドゴビ県（サインツァガーンなど）、トゥブ県（エルデネサント）において実施した。また文献資料収集は、国立国会図書館、モンゴル国国立公文書館、モンゴル国ヘンティ県県公文書館、ドンドゴビ県県公文書館で実施した。その他、モンゴル国ドンドゴビ県の行政関係者からも、適宜、資料を収集した。

これらの資料を、社会体制区分に応じて通時的に整理し、4の結果および考察で示すように、牧畜形態および草資源利用の変容を明らかにした。分析は、国家政策を含むマクロ的視点と、牧畜民に主体をおいたミクロ的視点から行い、最終的に両者を統合し、全体像が明らかになるように心がけた。さらに、現地調査から現在の草地利用の問題点と課題を明らかにした。

#### (2) 自然災害とキーリソースの利用と課題

調査は、2009年の冬から2010年の春に発生したゾド（寒雪害）により、家畜頭数が約48%（約104万頭）減少し、モンゴル国で最大の被害をうけたドンドゴビ県で行った。同県は面積74,700km<sup>2</sup>、人口37,700人であり（人口密度0.51人/km<sup>2</sup>）、牧畜業は県のGDPの63%を占める主要産業で、135万頭の家畜が飼われている（2011年現在、NSO, 2012）<sup>1)</sup>。ドンドゴビ県で牧畜民が集中し、利用できる放牧地に制限がかかり、従来の対処行動がとりづらくなった地域がある。調査は、その傾向が見られるドンドゴビ県の県庁所在地サインツァガーン郡で行った（同郡の人口密度は約4人/km<sup>2</sup>、年間降水量が平均131mm、年平均気温2.3℃）。

サインツァガーン郡で牧畜民が中心である第2・3・4村を対象とし、620世帯（2009年時点）から所有家畜頭数に基づき層化抽出法により148世帯を選び、移動式住居“ゲル”を訪問し、構造化された調査票を用いた対面式の聞き取り調査を行った。調査は2011年・2012年・2013年の1月に同じ対象世帯に対してモンゴル国立農業大学と共同で実施した。調査票作成等のために牧畜民に聞き取り調査を行う等の予備調査を2010年6月と8月に実施した。

#### (3) 国際援助機関による遊牧民グループ化についての考察

国際援助機関の遊牧生産システムの持続性を支援する事業について調査し、文献レビューをベースに、国際機関の聞き取り調査を加え、教訓をまとめた。

#### (4) 遊牧社会と草原生態系の持続性に関する基準指標

上記の三つの研究結果に基づき、総合的にまとめました。

### 4. 結果及び考察

#### (1) 牧畜の通時的変容—災害時の草地利用の視点から—

##### 結果の概要

牧畜の通時的変容は、社会体制の質的変化を重視し、便宜的に①社会主義時代直前、②社会主義時代（ネグデル完成以前）、③社会主義時代（ネグデル）完成以降、④社会主義崩壊直後、に

分けて分析した。その結果、以下で詳細に記すように、社会体制の変化に伴い災害時の草地利用のシステムは大きく変化したことが明らかになった。

しかしその一方で、それらのシステムの構造を分析すると、社会体制やシステムが変われども、「災害時に利用するキーリソース群落を含む草地の確保」が牧畜民にとって災害対応の一つとして一定の機能をもって維持されていたこと、さらには牧畜民にとってその重要性は普遍的に存在し続けていたことが明示された。

以下に通時的牧畜の変容を、1)～4)に分けて記す。

### 1) 社会主義時代直前

社会主義時代以前のモンゴルの牧畜は、基本的に5畜（ウマ、ウシ、ラクダ、ヤギ、ヒツジ）を組み合わせ、家族経営で飼育する方法を基本とし、季節毎に放牧地を移動する牧畜であった。放牧地の利用権に関しては、「土地は共用であって王公もラマも平民も、土地に対しては同一の権利を持って各自の家畜を放牧していた」（善隣協会調査部編）<sup>2)</sup>という。ただし、その利用範囲は通常旗（筆者注：現在の県に相当する行政区域）の内部に限られており、飢饉や干ばつその他の特別の理由のない限り、又は所属行政機関（即ち旗廟）の許可なく一旗の家畜を他旗領域内に移すことはできなかった。旗の内部では放牧地は強制的に割り当てられていたものではなかったが、お互いに他を侵すことなく慣れた場所において遊牧を行っていた（善隣協会調査部編 1935）<sup>2)</sup>。

すなわち、旗内部の草資源は旗内部に居住する人々が利用するものであり、緊急時には通常利用地域をこえた場所の草資源を利用していた。このような移動は、モンゴル語で“オトル”と呼ばれている移動に相当する。オトルとは、環境が悪い時期に通常の宿营地から世帯および家畜を分離させ、環境が良い場所へ移し、被害を免れる移動のことをさし、トランス・ヒューマンの原理による世帯分離型での移動が基となっている（利光＝小長谷 1983<sup>3)</sup>、吉田 1982<sup>4)</sup>）。利光や吉田によると、かつては馬群に多く適用される移動形式であった。

一方で乾草は極めて限局的な使用であった。というのも当時、モンゴル族の間で広く信仰されていたラマ教は、青草を刈取ることを罪悪だと教えていた。そしてモンゴル人の間にも「青草を刈取るとは穀物に降霜を来すことになる」という口伝が行われていた（善隣協会調査部編 1935）<sup>2)</sup>。

このように乾草利用も少なくそれぞれの利用草原の草資源にみあった畜群飼育を基本とするものの、災害時には草質の良い場所へ移動することによって被害を免れるのが社会主義時代直前のモンゴル牧畜の基本であった。ちなみに、冬のゾド（寒雪害）時のオトル先、すなわち避難場所として選ばれた草質の良い場所は、夏季には水浸しになり、蚊が発生するため牧地に向かない沼沢地や井戸が近くにないため夏場に放牧が出来ない場所など、夏場に使用するのに向かない土地が多く選ばれていた（利光＝小長谷 1983）<sup>3)</sup>。これは必ずしも本プロジェクトが扱ったキーリソース、すなわち*A. splendens*のみが生えている場所を直接的に指しているわけではないが、現在の牧畜民が述べるところの「*A. splendens*を含めた様々な草が残っている場所が良い場所」に相当し、*A. splendens*も含めたキーリソース群落の非常時利用として解釈することが可能である。

### 2) 社会主義時代（ネグデル完成以前）

社会主義時代初期の大きな変化はイデオロギー的な側面であった。牧畜そのものは、人口一人当りの家畜数において、モンゴル人民共和国は世界第一位を占めていたこともあり（東亜研究所

1943)<sup>5)</sup>、国の基幹産業となりうると評価されていた。その一方で、従来の牧畜形式は、冬季飼料貯蔵もなく冬季の家畜大量死を引き起こしていたことから、社会主義的価値観のもとでは「粗放的」(東亜研究所 1943)<sup>5)</sup>とみられるようになった。モンゴル人民共和国成立当時、党及び政府が最も重要な課題として考えていた事項は牧畜業の集約化であり(東亜研究所 1943)<sup>5)</sup>、その集約化を為すべく対策が取られていった。

一つはソ連のコルホーズを模したネグデルとよばれる牧畜生産協同組合を組織することであった。しかし、社会主義時代初期にすぐに集団化が完成したわけではなく、モンゴル国全土にネグデルが定着するまでには少し時間を要するものであった(ネグデル形成以降は③にて説明)。

一方、モンゴル人民共和国建国初期から精力的に行われた牧畜改革の一つが乾草製造であった。1924年に行われた第一回大会議において、国家全体で冬季飼料を社会的に調達できるよう組織することが表明され(東亜研究所 1943)<sup>5)</sup>、1937年にはソ連の援助の下にモンゴル人民共和国にて最初の機械乾草刈ステーション10ヶ所が建設された。1937年の草刈り取り総面積は7万1959ヘクタールに及んだ。1938年には機械草刈ステーションは24か所に増加し、総面積11万5239ヘクタールとなり、続く1939年には刈取り総面積は12万6703ヘクタールに及び、その乾草は最貧遊牧民に無料で配布された(東亜研究所 1943)<sup>5)</sup>。

このようにソ連の指導のもとソ連の技術を導入しながら、国家的に草資源の利用を試みたのがネグデル完成以前の社会主義時代の特徴であった。

### 3) 社会主義時代(ネグデル)完成以降

本項目以降に記すデータは、特記事項を除きすべて2011年から2013年の現地調査で得られた牧畜民の聞き取りから明らかになったものである。

#### a 牧畜体制の変化

ネグデル化、すなわち牧畜の集団化が進むと様々な変化が現れるようになった。まずその体制は、ソ連のコルホーズを模したネグデルの中にブリガードと呼ばれる生産大隊がおかれ、さらにその下にソーリと呼ばれる2~3世帯から成る生業集団がおかれた。

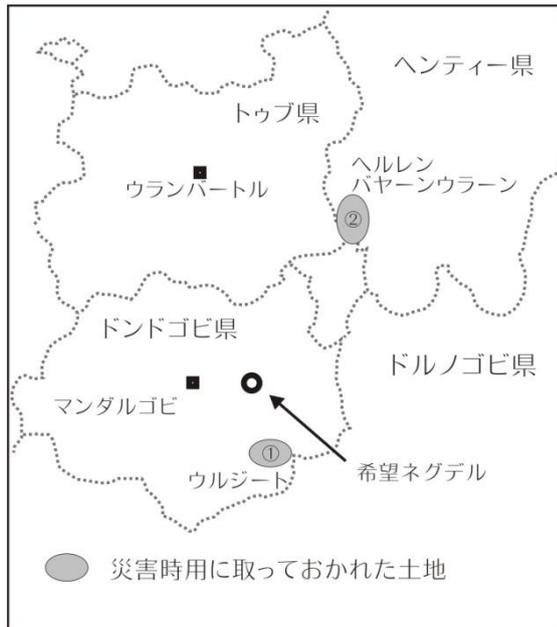
牧畜はソーリを基本単位として行われ、家畜は種類および母畜や去勢畜ごとに細かく分けられ、1ソーリ1種の家畜を飼育するようになった。従来の研究では、ネグデルは牧地選定、干草など補助飼料の供給、井戸などの貯水設備の設置や管理などを共同で行っていたといわれている(湊2004)<sup>6)</sup>。しかし、今回の推進費研究で実施した現地調査では異なる側面が明らかとなった。

#### b 放牧地選定の主導権

家畜の日常的な放牧地選定はソーリ主導で行われており、細かな規定等がネグデルから与えられることはなかった。しかしその一方で、ネグデルは大きな季節移動や災害時の移動場所はすべて決定していた。ソーリが移動する前に、ネグデル長、ブリガード長や優秀な牧畜民が共に牧草地をみてまわり、草の量などから牧草地としての可否を判断していた。牧草地とする決め手は草の種類よりも総合的な量であった。

#### c 非常時利用牧草地

一方で、行政主導の組織的な草地利用は、雪害など災害時に利用する牧草地に関して特に顕著であった。これは先に述べた緊急時の移動である“オトル”を社会システムの中に位置づけ発展させたものであった。この緊急時に利用する牧草地は、ブリガード・レベルと国家レベルの少なくとも



図(4)-1 災害時に利用する草地。

も2段階に設置されていた。こうした緊急時に利用する草地をここでは非常時利用草地と呼ぶ。

非常時利用草地は、夏の間に家畜を放牧出来ない場所が選ばれる。放牧出来ない理由には、水場が近くにないこと、虫等の発生により家畜が好まない土地であることなど様々な要因がある。このような土地には冬場にも草が残っているため、雪が降り飲み水として使うことが出来る冬には立派な放牧地となる。

たとえば、調査地であったモンゴル国ドンドゴビ県の「希望ネグデル」（図(4)-1参照）では、県内のウルジートに非常時利用草地が設定されていた。このような非常時利用草地は、ブリガードごとに持っていることが多く、見張り人をつけて意図的に管理した草地もあったという。非常時利用牧草地は主にウマが利用していたが、雪害がひどい時はヒツジも利用していたものの、ラクダの利用はなかった。

一方で、国が管理していた県外の非常時利用牧草地も存在した。これは200 km以上離れたヘンティ県ヘルレンバヤーンウラーン周辺に設置されていた。この牧草地の利用は頻繁ではなかったものの、県内の非常時利用牧草地で越冬が困難な時に利用されていた。ヘルレンバヤーンウラーン周辺は、トゥブ県、ドルノゴビ県など複数県の非常時避難先と指定されていた。このように大量の家畜を受け入れ可能であった背景には、当該地域の草の量が多く、川が流れているが、夏場に利用する牧畜民が少なかったことがある。そのため冬場であっても、草丈はウマの鏡まであり、ヒツジは草に埋もれ姿が見えず、また雪が降っても枯れ草が埋もれることはなかったほどであった。さらに、雪が降って風が強い条件下でも、草に雪が引掛かかり吹雪になることはなかったという。

ここでは詳細な利用実態は割愛するが、使用に際してはネグデルが移動家畜頭数を把握し、移動先と交渉のうえ移動手段まで準備し家畜を移動させていた。当時を知るヘルレンバヤーンウラーンの住民は「冬季になると毎年たくさんの家畜が各地から集まっていた」と語っており、非常時利用草地は家畜を安全に越冬できる場所としての機能を果たしていた。

このように、キリーソース群落が大量に残る広大な場所を災害時に利用する方法を、国家主導で組織的に利用可能にしたのが社会主義時代であり、その方法は従来のモンゴル族が持っていたオトルという慣習を基本としたものであったことがわかる。

#### d 乾草製造

社会主義時代初期に乾草製造技術を伝授し急速に普及させたことは先に示したとおりであるが、ネグデルが普及するころには全国10か所の地点に乾草飼料作りの拠点が設置された。その中の一つであり初期の段階から乾草製造に携わっていたヘンティ県ヘルレンバヤーンウラーン飼料用ステーション（後の国営農場）では、1961年、国家大会議の175号によりオトル用乾草ステーション設立が決定された。これはcで述べた非常時利用草地と一致する場所に設置されており、もともとの目的はオトルにきた家畜用の乾草を準備・備蓄することであった。全国で牧畜の集約化が軌道に乗った1974年になると、本ステーションは国民大会議の決定によって国営農場化された。予算や資金も増加したため活動範囲も拡大し、本ステーションは近隣ゴビ三県（ドンドゴビ、ウムヌゴビ、ドンドゴビ）の家畜用の乾草製造を担う役割も担うことになった。

#### i 乾草移動ルート

興味深い点は乾草の刈り取り場所である。乾草の刈り取り場所等は全て農牧省からの指示によって定められており、その範囲は近隣県に及んだ。基本的に毎年国が草の豊富な場所を把握し、刈り取り場所を決定していた。むろん毎年草が良いところは異なるため、スフバートル県とヘンティ県の県境やセレンゲ県まで行って草を刈り取ることもあった（図(4)-2参照）。

刈り取られた乾草は、草の少ない沙漠地域まで運ばれる。特に、災害時は軍人牧畜民総出で被災地まで乾草を運んだという。すなわち、乾草としてリソースを移動させることにより、沙漠・半沙漠の牧畜を支える社会システムであった。このシステムはそれまで乾草を利用する習慣のなかった沙漠や半沙漠地域の牧畜を大きく変えることとなった。

このように、ネグデル時代は北部で乾草製造を盛んに行い、南部の草が少ない地域に運搬する社会システムが機能していた。植生からみると、モンゴル国北部の良質草原の自然環境ゾーンにおいて自然草が刈られ、ヘルレンバヤーンウラーンを介して乾燥ゾーンまで大量に乾草が移動している実態がわかる。



図(4)-2 乾草移動ルートおよび国営農場位置。

ゴビ地域の牧畜民によると、社会主義時代に人や家畜が草を求めて気候帯を超えて越境することは多くはなかったという。しかし人と家畜の移動が少なかった一方で、草が大量に越境（自然環境ゾーン、行政区ゾーン）することで、乾燥地域の草資源の量を補う牧畜が行われていたと解釈できる。さらにネグデル管理下での乾草利用が計画的に実施されており、ゾド（寒雪害）対策の要となっていた。乾草利用は、遠方まで移動することのできない弱った家畜に対し、逆に乾草を移動し与えることになり、体力を改善し越冬させる社会システムであったといえる。

## ii 乾草利用

乾草の利用も災害時の放牧地選択同様ネグデルの管理下にあった。そのため牧畜民が自由に使えるものではなく、その使用は限局的であった。その手順は次の通りである。

ネグデルは、毎年、ウランバートルなど北の方にある乾草拠点や飼料作成拠点に必要量を予約し、乾草が完成するとトラックで乾草をネグデルまで運ぶ。それと同時に、ネグデルからの派遣員や獣医、牧畜民が各ソールをまわり、それぞれ弱った家畜を調べて登録する作業を行う。そして脂肪の蓄え方や体力などから放牧に耐えうるかどうかを判断し、耐えられない家畜に対しては、獣医が乾草や飼料の投与量を処方し、配分した。牧畜民には、配られた乾草を何月までに使い切るといったノルマが課せられており、乾草は弱った家畜を越冬可能にするためにネグデル主導で使用していたことがわかる。

一方で、牧畜民自らが放牧地内の草を用いて簡単な飼料を作ることもあった。一つは“ソルス”といわれており、ゴビに良く生えるフムルやターナといった類の草を夏の間に集め、手で丸めて乾燥し、保存しておいたものである。また、モンゴルウブスと呼ばれる草を刈り取り、乾燥させたものも保存するなどしていたが、その量は決して多いものではなかったという。

この様に、ネグデル時代はネグデル主導のもと、3段階で災害対応が取られていたことが分かる。

まず、①災害に耐えうる家畜であるか否かの選別を行い、乾草および飼料を与えて冬を乗り切る段階、次に、②通常使っている放牧地に草が足りなくなる際に、県内の非常時利用牧草地へ移動する段階、さらに、③県内の非常時利用牧草地では家畜を維持出来ない場合に、遠距離の非常時利用牧草地を利用する段階、というように、複数のステップで家畜維持が試みられていた。特に②、③の方法は、言い換えればキーリソース群落が豊富な場所を行政主導で保存し、災害等の危機時に使用するものであった。このように、非常時利用草地制度は「キーリソース群落が豊富な場所を保存する」ことを重要視した国家政策であると解釈できる。

## 4) 社会主義崩壊後

社会主義が実質的に崩壊していく1989年以降、社会体制が変わるにつれ、③のシステムも崩壊していく。それまでネグデル主導のもとで行われていた放牧地選択や乾草利用も次第に個人主導で行われ、国家主導の乾草製造及び分配利用制度も廃れていった。

さらに社会主義崩壊後は、牧畜形態も大きく変化した。牧畜を行う集団は、それまでのソールから、地縁、血縁関係を軸とした数世帯からなるホトアイル（移動集団）が基本となり、放牧地の選定などは全てホトアイル単位で実施するようになった。また、多種類の家畜を複合的に飼育するスタイルに戻ったこの時期、牧畜民は危機的状況に際しても個々の判断で様々な行動をとるようになった。

ここでは聞き取りによる細かな事例は割愛するが、結果として現在の牧畜は多様なパターンに分けられる。ここでは移動パターンによって便宜的に3つに分類する（（2）ではより詳細な分類

が掲示される)。

- I 定住的パターン：町近郊の住まいをあまり移動させずに放牧を行う。
- II 県内移動パターン：ドンドゴビ県内部で季節毎に放牧地を変えて移動するパターン。
- III 遠距離移動パターン：ドンドゴビ県を超えて移動式牧畜を行う。移動期間は数ヵ月から十数年に及ぶこともある。

もちろん、これらのパターンは世帯の所有家畜頭数や生活スタイルによって変わる流動的なものである。例えば、同じ世帯であっても前年はIIのパターンであるのに対し、翌年以降はIIIのパターンに変化する例も実際に見られる。

以下に、草地利用に主眼を置いた、社会主義崩壊後の牧畜の特徴を記す。

#### a 乾草利用の変化

現在、企業が作った乾草や輸入飼料が販売されているが、その用い方は牧畜民の経営スタイルによって大きく異なっている。

移動を頻繁に行いながら家畜を多く飼養するIIタイプやIIIタイプの牧畜民にとっては、身軽であることが大切である。そのため夏の間には乾草等を準備する世帯はほとんど見られない。むしろ、彼らはなるべく草のあるところを選んで移動するため、彼らにとっては乾草を準備する必要がないと解釈することも可能である。しかしながら、長距離移動をしていてもゾド（寒雪害）に遭うこともある。そのような時には乾草を購入し危機を乗り切る。

一方で、移動が少なく所有家畜も少ないIタイプの牧畜民にとっては、乾草は重要な資源である。実際、ある牧畜民は「乾草の利用は、街の近くに住んで當地をあまり移動させない小規模の牧畜民に多い」と話している。長距離移動をしない場合、ある程度草を備えることが可能であり、さらに、飼育家畜頭数が少ないためオトルに出るにはコストが見合わないのである。

#### b オトル（移動）と放牧地選定の変化

2011年から2013年にかけてモンゴル国ドンドゴビ県内、ヘンティ県内にて行った聞き取り調査では、崩壊直後から1999年までの間、オトルに相当する移動を行った牧畜民は見られなかった。この時期、オトルを行っていた牧畜民が皆無であったという訳ではないだろうが、その数が少なかったことは事実だろう。というのも、先述したように、オトルには車やガソリンなど大変コストがかかる。しかし社会主義崩壊後の混乱期、とくにガソリン等の物資は不足しており、オトルを行う術が揃っていなかったと考えられる。また、牧畜民からは、この時期はそもそもそこまでオトルを必要とする気象条件ではなかったとの話も聞かれる。

一方で、1999年から2001年頃にかけての大規模なゾド期を契機に、オトルに関する話が多数挙がってくる。

その当時オトルを始めた牧畜民は、様々な要因でオトル先を選ぶ。勿論オトルとは、自分の居住区域内の草地の質が悪化した為に行う行為であるので、草の条件がいいところであるのは言うまでも無い。しかし人間は必ずしも草の条件だけで土地を選んでいるとも限らない。社会主義時代に非常時利用草地を利用した経験を持つ者は、自分がよく知る草地に行きたいとの理由から、かつてと同じ北部へ向かうことが多い。北部にはウランバートルもあるため、学校や病院等のインフラも揃っており社会面でもメリットがある。そのため北部に大量の牧畜民が押し寄せることが社会問題ともなっている。そのため、近年北部ではA氏の事例（Box (4)-1参照）に見られるように、金銭や物品を提供することにより草地を借りる新しいスタイルが見られるようになっている。

金品の支払いを伴うオトルはある程度豊かな世帯でないと行えないため、結果的に家畜の多い豊かな牧畜民が行うことが多い。

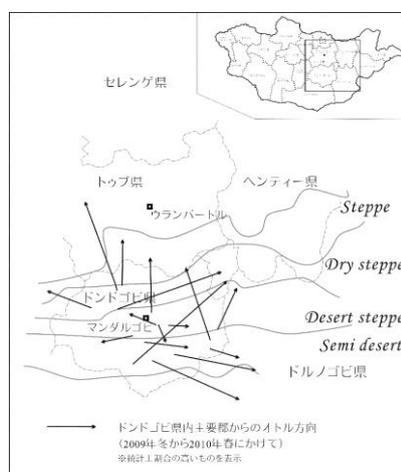
#### Box (4)-1 A氏の事例

A氏は2005年以降県を離れて移動を続けるが、現在多くの牧畜民が北へ移動しているため、新しい牧草地を借りる手順が複雑になっている。その手順は次の通りである。

- i 牧草地の質、すなわち草の量を調べる。さらに都会で学校に通う子供の利便性を考え、道沿を選んで場所を探す。
- ii 適正地が定まると、地元の人たちとの話し合いを行う。家畜囲いなどがどれくらいあるのか、そして地元の人たちの態度、地元の人たちの話、管理している人等と、冬営地の賃貸に関して話す。
- iii 賃金、労働力、牧草地に値する賃金を交渉する。
- iiii 交渉がまとまると、一時滞在許可を取り、地元の行政に対し土地税を払う。
- iiiii 個人の間では現金や家畜、もしくは一冬に食べる肉用の家畜（冬の備え）などを払う。

その一方で、トラブルを避けるために牧草地使用料の支払いが不要な場所を選び、短期間の滞在で転々と移動しながら草地を選ぶ人々もいる。例えばC氏は、数週間単位の短い期間で営地を動かしているため一時滞在手続きはとらない。そのため交渉で土地を借りるのではなく、人が少ない場所を選んで移動を行う。「移動するということは正直他の人が集まっている冬営地の端を進んでいくこと」と述べるように、C氏は他人に迷惑がかからない場所を選ぶ。例えば、行政区の境界（ソム境や県境）は、区画が曖昧であり人が少ない事が多い。また、人々から最近何年間か誰も使っていない場所の情報を仕入れ、移動することもある。さらに、オオカミが沢山いる東側や石が多い山がちな場所も人が入りにくいいためオトル先とするという。また、人の出入りが多い街の周辺も、泥棒が多いため牧畜民が敬遠するためオトル先となる。

このように様々な理由により人々は放牧地を選択するため、移動先は必ずしも草質や量が良い北部には限らない。図(4)-3は、2009年冬から2010年春にかけてドンドゴビ県内主要郡からオトル



図(4)-3 ドントゴビ県からのオトルの方向。

に出た世帯の方向性を、統計上割合の高かったものに焦点を当て示した図である。この図からも、人々の移動先が必ずしも北部に限らず様々な場所が選択されていることが裏付けられている。

このように、現在のオトル先を選ぶ論理は、過去と同様、「夏場に人があまり入っていない場所を選ぶ」という構造において同じである。しかしその人が入らない要因については、行政区域の境であったり、都市の近くであったり、というような、現代的な様々な要因が関与している。

単に草の条件のみではオトルを行えないのが現在の状況である。また、いずれのパターンにせよ、牧畜民は常々会話の中で「○○周辺の草の状態はどうか、△△周辺には雨が降ったか、家畜は集まっているか」といった牧草地の情報交換し、牧草地に関する情報をストックしている。そしてひとたび移動の必要性を察知すると、その情報のストックの中から最適な場所を選択し、移動しており、牧草地に関するあらゆる情報のストックが多様な移動パターンを支えているのである。

### c 新たな非常時利用草地制度

社会主義崩壊後、行政主導の災害対策を失った牧畜民は、移動が必要な草原状態に陥った時、移動によってその被害から逃れようと試みていた。特に2000年以降、頻繁に移動を必要とする気象現象が多く発生したのだが、その当時を知る人々はヘルレンバヤーンウラーンに多数の家畜と人々が集まったことを記憶している。この現象は、社会主義時代には完全監理下にあった非常時利用草地が、社会主義崩壊とともに無法地帯になり、人々が容易に逃げ込むことが出来る場所へと形を変えたことを示している。ヘルレンバヤーンウラーンではこのころから草質の悪化が顕著となったため、しばしば地元民から草原荒廃を食い止めるべく申し立てが起きていた。同時期、ウランバートルに近い北部地域等、環境が良い場所に牧畜民が集中する現象が各地でみられ、放牧地争いが発生することもあった。

このような状況下、現在ではオトル用の草地を社会主義時代のように国家管理下におくプロジェクトが国家主導で実施されている。実施期間は2011年から2017年であり、県境を越えて利用できる草地の面積は64万9300平方メートルとなる。この非常時利用牧草地は、主にネグデル時代に使用されていた非常時利用牧草地を再整備する形となっている。本報告書のネグデル時代の項目で扱ったヘンティ県ヘルレンバヤーンウラーン周辺も国家管轄化の非常時利用牧草地として認定されており、モンゴル政府閣僚の2007年第187決議の第1条で、7万3100平方メートルにおよぶ地域を特有需要敷地の県間利用牧草地として定められている。このプロジェクトには井戸や家畜囲い等の整備のほか、移動先での牧畜民の子供に対する学校教育へのサポートなど牧畜民の社会生活サポートも積極的に行うことが盛り込まれている。また、現在県レベルでも、県内に非常時利用草地を設置すべく準備が進められている。

一方で非常時利用草地制度に伴い、問題も発生している。例えば、非常時利用草地として新に設置された区域内に、もともと習慣的に通常の放牧を行っている牧畜民が居住している場合、立ち退きを命じられているケースがみられる。また、非常時利用草地は“草地の保存”に重点が置かれているため、牧畜民が利用できる期間は11月から3月と限られており、どのような状況であれ、春先には必ず退去しなければならない。そのためⅡタイプのように戻る場所が決まっている一時的オトルを行う牧畜民には対応できるものの、Ⅲタイプの長期にわたり地元を離れてオトルを行う牧畜民には利用しづらい面があることが指摘できる。

### まとめ

このように、通時的に牧草地利用の変化をみてみると、その社会システムは大きく変わっている

ものの、「災害時に利用するキーリソース群落を含む草地の確保」が牧畜民にとって災害対応の一つとして一定の機能性をもって維持されていたこと、さらには牧畜民にとってその重要性は普遍的に存在し続けていたことがわかる。その一方で、現在の非常時利用草地制度が必ずしも牧畜民の行動パターンと合致するものではないことは、キーリソース群落のより効果的利用を考えるうえで改善の余地があることを示唆している。

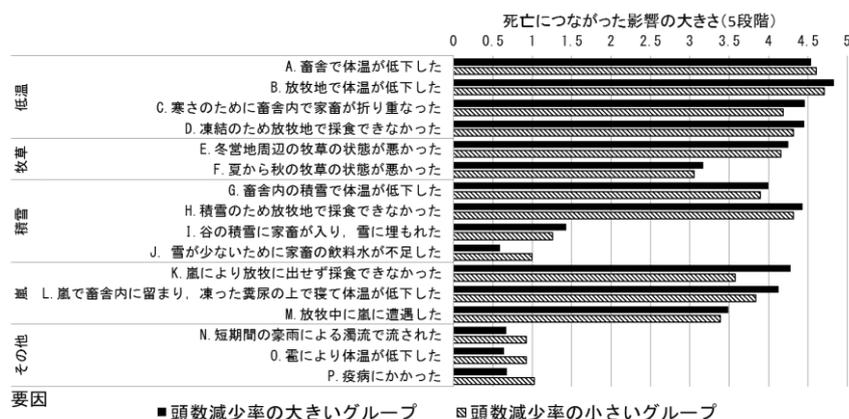
( (1) では国の制度面を含むマクロレベルに重点をおいて記述したため、人々の活動レベルに関してはいささか記述が足りない部分が見受けられるが、ミクロレベルの草地利用およびキーリソース群落の利用に関する報告は4-(2)に詳しく記されているためそちらを参照していただきたい。)

## (2) 自然災害とキーリソース

### 1) 自然災害“ゾド”

モンゴルでは、冬から春にかけて放牧地の不足、悪天候を中心とした複合的な要因（篠田と森永 2005<sup>7)</sup>、森永 2009<sup>8)</sup>）により、家畜が大量死する自然災害“ゾド”（寒雪害）が発生する（Natsagdorj and Dulamsuren 2001<sup>9)</sup>、Begzuren et al. 2004<sup>10)</sup>）。ゾドは繰り返し発生しており（小宮山 2005<sup>11)</sup>、Sternberg 2010<sup>12)</sup>）。モンゴル国で最大の労働人口が携わる牧畜業（NSO 2012）<sup>1)</sup>に悪影響を与えてきた（World Bank 2006）<sup>13)</sup>。小宮山（2005）<sup>11)</sup>はゾドを積雪が少なく、家畜の飲料が不足する“黒いゾド”、積雪が多すぎて牧草を採食できない“白いゾド”、極端な低温による“寒さのゾド”、雪が解けて低温で凍る“鉄（ガラス）のゾド”、過放牧により放牧地が劣化する“ひづめのゾド”、強風等で放牧できない“嵐のゾド”に分類している。

先行研究によるゾドの分類に事前調査から得られた家畜の死亡要因を加え、2009年冬から2010年春にかけて発生したゾド時に、家畜の死亡に影響を与えた要因について牧畜民に聞き取り調査を行った。家畜の減少率は世帯により大きく異なったことから、災害後の頭数減少率に応じて対象世帯をグループに分けた。その際、得られたデータを客観的にグループ分けする手法として、クラスター分析を用いた。同分析により、災害後の家畜頭数の減少率の大きいグループ（平均減少率70%、n=116）と小さいグループ（同15%、n=31）に分けた。その後、グループ間で家畜の死亡要因の回答の違いを分析した（図(4)-4）。



図(4)-4 2009年から2010年のゾドの死亡要因の影響の大きさ（家畜頭数の変化割合の異なるグループ間の比較）。（注記）頭数減少率の大きいグループ（n=116）、頭数減少率の小さいグループ（n=31）。

その結果、両グループともに低温、放牧地、積雪の影響が大きかったと回答した。ただし、家畜頭数の減少率の大きいグループは、小さいグループより嵐で放牧に出せず、牧草を採食させることができなかつたことも大きな影響があったと回答していた ( $p < 0.05$ )。積雪が少なかつたことによる家畜の飲料水不足の影響を挙げたのは、減少率の小さいグループであった ( $p < 0.05$ ) が影響の度合いは小さかつた。

2009年から2010年にかけて調査対象地域で発生したゾドでは、多くの世帯が低温、積雪、冬营地周辺の放牧地の悪化といった影響を受けていた。その中で嵐の影響がきっかけとなり家畜頭数を大きく減少させていた。森永 (2009)<sup>8)</sup>が示すように、積雪や放牧地の不足、悪天候を中心とした複合的な要因を何とか耐えてきた家畜の体力消耗が嵐により加速された結果と考えられる。牧畜民への聞き取り調査から、嵐は雪や砂まじりの強風が1~2日程度続き、その間、家畜を放牧に出せないことで牧草を採食できず、家畜が死亡するとのことであつた。

## 2) 災害の影響を緩和するキーリソース

モンゴルの遊牧における災害対処は、災害の影響を受けない地域への家畜の移動か他の地域からの飼料の移動が基本となる。以下に、社会主義時代から災害の影響を逃れるための基本戦略の経済移行による変化と当研究で扱う域内の*A. splendens*の重要性を調査結果から分析する。

### a 域外のキーリソース

モンゴルでは、11~12世紀から遊動的牧畜 (以下、遊牧) が営まれてきた (岩村 1968)<sup>14)</sup>。遊牧は地形のさまざまな要素を季節ごとに巧みに取り入れながら移動・循環することによって畜群をぎりぎりのところで飼育し、人間の生活を可能にした手法である。極端気象でない場合には、四季を通じて同じ放牧地を使用し (小貫 1985)<sup>15)</sup>、干ばつなどの極端気象時には通常用いる放牧地から家畜群を切り離す“オトル”を行ってきた (利光=小長谷 1983)<sup>3)</sup>。モンゴルの遊牧は、この二つの移動により維持されてきた (後藤 1942)<sup>16)</sup>。

遊牧は降水が空間的にも時間的にも不均質な乾燥草原に適した土地利用であり (Scoones 1994)<sup>17)</sup>、放牧地の劣化も引き起こしにくい (Coppock 1994)<sup>18)</sup>、持続的な資源利用方法である (Broad 1994)<sup>19)</sup>。ただし、このような移動性の高さを維持するために、遊牧民は自分が優先的に利用できる放牧地であっても互惠関係を重視し、移動してきた遊牧民の放牧地の利用を妨げなかつた (Perevolotsky 1987)<sup>20)</sup>。

特に災害時には、災害の影響を受ける範囲を超える移動“オトル”をすることで、域外で頼りになる放牧地 (域外のキーリソース) を確保してきた。調査結果からも、災害時に通常利用する放牧地から家畜群を切り離す“オトル”を行うと家畜頭数の減少率が小さくなつていた。ただし、ドンドゴビ県内の比較的短距離のオトルではオトルをしなかつた世帯と頭数の減少率に差はなかつた。県外にオトルした世帯は家畜頭数の減少率がしなかつた世帯と比べて小さくなつていた ( $p < 0.01$ )。県外にオトルをした世帯はオトルをしない世帯に比べて家畜頭数が多く、牧畜関係の所得も高い傾向にあつた ( $p < 0.05$ )。

重回帰分析の結果からは、オトル (県外、県内共通) をしにくい世帯は牧畜関係の現金消費支出が少ないことが分かつた。牧畜関係の現金消費支出は、オトルに関する費用だけでなく、飼料購入、畜舎の整備、疫病予防・治療費用など牧畜に関する費用がすべて含まれる。オトルしにくい世帯は、オトルにより災害の影響を逃れるのに十分な移動ができないだけでなく、災害の影響を緩和するその他の手段に対してもアクセスできていないと考えられる。

<分析結果 オトルしにくい世帯の特徴>

調査結果：<重回帰分析結果> 県外までのオトルに関してはオトルする世帯ほど、牧畜関係の現金支出が多いことが分かった（表(4)-1参照）。

表(4)-1 重回帰分析の結果

説明変数	B	標準化β	T	有意確率
牧畜関係現金支出	0.174	0.463	3.090	0.004

$R^2=0.214$ 、調整済み $R^2=0.192$

県外オトルの有無ダミー =  $\beta_1$ \*労働人数 +  $\beta_2$ \*世帯主年齢 +  $\beta_3$ \*平均年齢 +  $\beta_4$ \*マンダゴビでの就学者の有無 +  $\beta_5$ \*牧畜関係所得 +  $\beta_6$ \*牧畜以外所得 +  $\beta_7$ \*牧畜関係現金支出 +  $\beta_8$ \*牧畜以外現金支出 +  $\beta_9$ \*家畜頭数 +  $\beta_{10}$ \*都市までの距離 +  $\beta_{11}$ \*主要道路までの距離 +  $\beta_{12}$ \*医療費 + 定数項

<個別の分析結果>（共線性が低い要因のみ個別の要因とオトルの実施度合いの相関を分析）

- ①家畜頭数が比較的少ない。
- ②現金所得・支出ともに比較的少ない。
- ③車両を有しない。
- ④（県外に出るようなオトルに限り）マンダゴビ（都市部）へ通勤・通学する人がいる。
- ⑤（県外に出るようなオトルに限り）マンダゴビの北側に冬営地がある世帯。

## b 域内のキーリソース

家畜の移動ではなく、飼料を移動させることで災害の影響を逃れる対処も行われてきた。降水量の変動が激しい乾燥地域では、家畜の健康状態改善に乾草の給飼は重要な対策の一つである（Illius & O'connor 1999<sup>21)</sup>、Vetter 2005<sup>22)</sup>）。

飼料の移動は社会主義経済時に主に推進された。飼料は濃厚飼料（ふすま等）と粗飼料（乾草等）に分別される。濃厚飼料はタンパク質の高い飼料でモンゴルではふすま等が用いられる。粗飼料は咀嚼を必要とする家畜に不可欠であり、乾草がこれにあたる。モンゴルで主要な5種類の家畜のうち咀嚼を必要とするのは羊、ヤギ、牛、ラクダであり、家畜頭数の94%を占める（2011年時点）（NSO 2012）<sup>1)</sup>。

調査では、2種類の濃厚飼料と粗飼料の給飼重量及び給飼家畜の種類・頭数を調査した。一頭あたりの給飼重量を計算し、家畜頭数の減少率と相関分析を行ったところ、濃厚飼料2種類と頭数の減少率に相関は見られなかった。なお、オトルをした世帯としなかった世帯に乾草の給飼重量に差は見られなかった。乾草の給飼重量と頭数の減少率には負の相関がみられ（Pearsonの相関係数 -0.258、 $p < 0.01$ ）、乾草の給飼により頭数の減少率が小さくなる傾向がみられた。

モンゴル国立農業大学牧畜研究所が所蔵する計画経済時の研究結果によると、調査対象地域が含まれるゴビ地域では、1日1頭あたり500gの乾草の給飼が必要とされている。本調査でも、500g以上乾草を与えていなかった世帯は、500g以上与えていた世帯と比べて、家畜頭数をより減少させていた（ $p < 0.01$ ）。与えなかった理由は、75%の世帯が入手できなかったためと回答した。入

手できなかった理由は、国が管理する備蓄倉庫に在庫がなかった（51%）、価格の高騰（27%）であった（理由の無回答22%）。

### c 経済移行に伴う域内のキーリソース確保の重要性と課題

モンゴルの遊牧において、家畜と飼料の移動は災害の影響を逃れるために重要な役割を果たしてきた。しかし、都市部周辺では家畜の移動性が低下し始めている。その要因は1990年代の市場経済への移行時に都市部で職を失った労働者が遊牧を始め、遊牧民世帯数が増加したこと及び先進国でカシミア需要が増加し、ヤギの頭数が増加したことがあげられる（湊 2004）<sup>6)</sup>。市場アクセスのために主要道路周辺も含めて遊牧民が集中している（Fernandez-Gimenez and Batbuyan 2004<sup>23)</sup>、上村 2004<sup>24)</sup>）。モンゴルの遊牧は放牧地がいくらでもあることを前提で最適であった（小長谷 1996）<sup>25)</sup>が、その前提が変わっている地域もみられる。

飼料の移動は、計画経済時には農牧業協働組合（ネグデル）が飼料の生産・備蓄を行ってきたが、市場経済への移行後、ネグデルは解体され、飼料生産量が3分の1に減少し（白石 2001）<sup>26)</sup>、国家による備蓄量も激減した（小宮山 2006）<sup>11)</sup>。飼料を移動させる対処も経済移行時のネグデル解体により、機能が低下している。

そのため、オトルもしにくく、乾草へのアクセスも限られる世帯の域内でのキーリソースの確保の重要性は高まっている。域内で災害時に頼りになる植物として、牧畜民は灌木類（*Caragana* spp.）、*A. splendens*をあげる（地球・人間環境フォーラム 2014）<sup>27)</sup>。ただし、灌木類は保護・管理の対象として見た場合、ポットは面積が必要で、かつ春先の芽の利用という時期の限定性のため、災害時に頼りになる放牧地で管理・保護する対象として牧畜民は認識していない。それに対して、*A. splendens*は、慣習的な利用権が牧民間で認められている冬営地に近い放牧地を柵により禁牧して保護することで社会的な争いになりにくい。また、*A. splendens*は密集しているため柵を用いた禁牧の効果も高い。さらに、ゾドのうち、数日間続く嵐によって家畜の死亡を招くことから、災害の影響を受けやすい弱った家畜がアクセスできる畜舎に近い飼料が必要とされる。*A. splendens*は畜舎に近いところで群生し、草丈があるため積雪があっても家畜が採食可能であり、密生して草丈の高い植物があることで防風効果のあることから、牧畜民に災害時に頼りになるキーリソースとして認識されている（地球・人間環境フォーラム 2014）<sup>27)</sup>。

しかし、調査結果からは、災害時に頼りになる放牧地の管理ができていない現状が見て取れる



図(4)-5 災害時に頼りにしたい放牧地の管理状況。

(図(4)-5)。これらは、都市部における牧畜民の集中が発生することにより、従来の放牧地がいくらかでもあることを前提として遊牧による慣習的な放牧地の管理が機能しなくなっていることを示している。

### (3) 国際援助機関の遊牧生産システムの持続性を支援する事業についての調査

#### 1) 遊牧民グループ化の由来

土地の私有化が議論される一方で、モンゴルでは、共有資源としての牧草地を利用するための法制度の確立と、ソム、バグ（村）や遊牧民組織による規制・管理・監視体制を築き、強化していく方法を作り上げていくことが必要とされた。そのため、1999年から2002年のゾド（雪害）の被害をきっかけとして、国際機関は共有地としての牧地の利用体系に注目し、危機回避をする活動の一つとしてCommunity-based resource management: CBNRM、つまり、遊牧民のグループ化政策への援助を始めた。遊牧民のグループ化は、遊牧民グループの形成を支援し、各グループに牧地を割り当て、彼らに保有権を与えて持続的に草地管理をさせようとする共同管理システムのことである。

遊牧民のグループ化は、牧地という共有資源を管理するために、多くの開発援助プロジェクトにおいて実施されるようになった。2002年から2012年現在までの期間に、23プロジェクトにおいて遊牧民のグループ化支援が行われている（表(4)-2参照）。2006年時点では、15,954の遊牧民世帯が、国際機関の支援を受けて、1,957のグループを組織した。このうち206は、ビジネス関係で結びついており（11%）、355はNGOで（18%）、1,396がインフォーマルなグループで成り立っている（71%）。また、グループのうち、54%が5-10世帯、30%が10-15世帯、16%が15～20世帯から成り立っている（UNDP 2006）<sup>28)</sup>。

または、生計手段の多様化を通じて、遊牧民の生計や牧地管理を高めることを目的とし、現在では、①放牧のローテーションの確立（牧地管理）、②井戸の共同管理（井戸管理）、③生産物の共同販売（市場経営）、④事業資金の共同借入（基金化）といった活動を行っている（松岡 2009）<sup>29)</sup>。

一つのグループは、複数の活動を行っているが、グループを作る際の名目は、表(4)-2のように市場経営と牧地管理が多い。井戸管理や基金は少なく、グループ活動の一つとして行われていることがわかった。

遊牧民グループの呼び方は、Herder groups、herder communities、pasture user groups (PUGs)、territory-based herder groupなどがあり、高い水準の教育、能力開発、家畜の改良、マーケティングまたは、生計手段の多様化を通じて、遊牧民の生計や牧地管理を高めることを目的とし、現在では、①放牧のローテーションの確立（牧地管理）、②井戸の共同管理（井戸管理）、③生産物の共同販売（市場経営）、④事業資金の共同借入（基金化）といった活動を行っている（松岡 2009）<sup>29)</sup>。

一つのグループは、複数の活動を行っているが、グループを作る際の名目は、市場経営と牧地管理が多い。井戸管理や基金は少なく、グループ活動の一つとして行われていることがわかった。遊牧民のグループ化政策を行うことで、ワークショップなどを行い遊牧民間の協調行動が強化されているのと同時に、フェンス（禁牧区）の設置、井戸の修繕・新規掘削等のインフラ整備や、遊牧民に対する技術的支援、マイクロ・ファイナンスによる基金の設置などの活動で効果が出てきているとの報告が各プロジェクトにおいてなされている。

表(4)-2 国際援助機関とプロジェクトリスト

<b>Major External Assistance to the Agriculture Sector</b>	
<b>Funding Source and Title</b>	<b>Duration</b>
<b>Asian Development Bank</b>	
1. Agriculture Sector Development project	2002-2007
2. Agriculture Sector Development program	2002-2006
3. Agriculture Sector Strategy Study	2004-2007
4. Agriculture and Rural Development Project	2008-2012
5. Poverty Reduction through Community-Based Natural Resource Management	2009-2012
6. Water Point and Extension Station Establishment for Poor Herding Families	2007-2012
7. Establishment of Climate-Resilient Rural Livelihoods	2013-2016
<b>UNDP, Government of the Netherlands, and GEF</b>	
1. Sustainable Grassland Management	2003-2007
2. Sustainable Land management for combating desertification in Mongolia	2008-2012
3. Community-based Conservation of Biological Diversity in the Mountain Landscapes of Mongolia's Altai Sayan Eco-region	2004-2011
<b>World Bank</b>	
1. Sustainable Livelihood Project1	2002-2007
2. Sustainable Livelihood Project2	2007-2012
3. Index-Based Livestock Insurance Project	2005-2010
<b>Food and Agriculture Organization</b>	
1. Improved Cereal Production Technology	2000-2002
2. Pasture Risk Management	2001-2002
3. Diagnostic Technology Improvement in Animal Diseases	1997-2002
4. Supply Dairy Product Project	2004-2007
<b>European Union and TACIS</b>	
1. Integrated Crop and Livestock Production	2002-2004
2. Development of Agricultural Services	2004-2006
<b>United States Agency for International Development</b>	
1. Strengthening Participation and Institutional Capacities in Enterprise and Market Development in Rural Areas, Agriculture Cooperative Development International Volunteers Overseas for Cooperative Assistance	
2. Gobi Regional Economic Growth Initiative	2004-2008
<b>Swedish International Development Agency</b>	
1. Rural Development and Environment Education Program	2004-2007
<b>Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit</b>	
1. Conservation and Sustainable Management of Natural Resources (Gobi Component)	2002-2006
2. Conservation and Sustainable Management of Natural Resources	2002-2007
<b>Swiss Agency for Development and Cooperation</b>	
1. Green-Gold Pasture Ecosystem Management Project	2004-2012
2. Coping with Desertification in Mongolia Project	2007-2014
<b>International Fund for Agriculture Development</b>	
1. Rural Poverty Reduction Programme	2002
2. Arhangai Rural Poverty Alleviation Project	
3. Project for Market and Pasture Management Development	2011-2014
<b>Millennium Challenge Corporation</b>	
1. Peri-Urban Rangeland Project of MCA-Mongolia	2008-2013

## 2) グループ化の現状および問題点

モンゴル国政策研究センター（MPRC）は、遊牧民グループを「遊牧民の生活手段に関する普遍的な目的を達成し、問題を解決するため、意思、労働、場合によって資金面で協力する血縁・地縁関係に基づいた牧民家族の共同体」と定義し、認定基準を①少なくとも年中一季の営地・移動をとともにすること、②牧地・水場の利用や保護、乾草飼料の調達、家畜の質の改善、生産物の輸送・販売、中小企業経営等のいずれかの事業を共同で行い、これらの事業に関する協議・決議も共同で行うこと、③尊敬できる評判の高いリーダーが存在していること、と定義している（ズンドゥイほか 2008）<sup>30)</sup>。プロジェクトのメンバーも、その地域を伝統的に使用し、慣習的な権利を持つ遊牧民（地縁）や血縁で構成され、それ以外の遊牧民はグループのメンバーには入れない。地縁・血縁で構成されていないhoc herder groupsといわれるグループも存在するが、グループの効果は世帯数等よりもグループ形成期間の長さに影響するため、血縁・地縁に比べうまくいっていない（ズンドゥイほか 2008）<sup>30)</sup>。

また、牧地管理（based on territorial boundaries）を名目としてグループを形成する遊牧民グループは、territory-based herder groupといわれ、グループを設定するうえで、最初に、共有資源の境界を設定し、牧地の一部を使用する権利を与えることから始める。境界の設定は、遊牧民たちがマッピング（sketch map for pasture use）を行い、Pasture use planを作ることにより決められる。その際は、話し合いによって伝統的な配置に基づいた土地に公正にアクセスできるようにし、過去の経験、最近の事情、遊牧地に将来起こりうる事態、水の利用や牧地の質を基にして作っている。また、冬営地・春営地の周りに生産力のある牧地が十分にあること、冬季飼料のための干し草を用意できること、オトル用地があることなども考慮して境界を決めている。

グループによって決められた牧地の境界がバグ（村）に認められると、ソム（郡）の土地利用計画に反映される。グループで牧地の境界を定めることにより、ソムやバグの行政機関の許可がなくとも、外部の遊牧民を追い出すことができるようになるため、他のソムやバグから来た遊牧民から牧地を守ることができる。しかし、遊牧民グループのメンバーが流動的で、複数のバグの遊牧民がメンバーに入っているため、牧地の境界を設定することは困難であり、他の土地から来た遊牧民を追い出すことも、互酬性の倫理が働くモンゴルの遊牧社会では難しい。

なお、グループの規模は、小さい方が情報の伝達や合意形成や監視がしやすいが、移動や柔軟性も制限され、牧地利用の調整が難しくなる。特に、災害時は広範囲に渡る移動が必要となるため、グループの規模はグループ化を行う上で重要である。地域差もあり、モンゴルの中でも、西部・中央地域では、グループの平均世帯数が10世帯を超える傾向があり、ハンガイ、東部地域では、5世帯前後で構成されることが多いとわかった（表(4)-3参照）。

UNDPは、“HERDER GROUP EVALUATION Policy Options for the Government of Mongolia”<sup>28)</sup>（以下、UNDP 2006と表記）の中で、モンゴルで行われている遊牧民のグループ化に対する評価を行っている。そこでは、①政策に一貫性がない、②グループの法的義務がない、③土地の所有権が不明確である、④技術やトレーニングへの援助が足りない、⑤市場へのアクセスが不十分、⑥成功例が模範されていない、⑦遊牧民自身による普及・研修が必要、⑧地方遊牧民のモチベーションが続かない、⑨ドナーが去った後の持続性が疑わしい、⑩明確なインセンティブが不足している、⑪家畜の品種改良が進んでいない、⑫貧困を改善する非経済的インセンティブが足りない、といったことが遊牧民のグループ化の課題としてあげられていた。また、筆者らが2012年8月にモ

ンゴル国で行った遊牧民に対するヒアリングでは、グループに参加する一番大きな理由は、国際機関による金銭的な援助であり、遊牧民自身もオトルに行くことにより、グループ化がうまく機能していないと感じているとの結果が得られた。

表(4)-3 アイマグ（県）別遊牧民グループ数と所属世帯数（UNDP 2006）<sup>28)</sup>

地域	アイマグ	グループ数	グループに所属する世帯数	グループの平均世帯数
西部	バヤン・ウルギー	168	1024	6
	ゴビ・アルタイ	109	1283	12
	ザウハン	78	1170	15
	オブス	142	1825	13
	ホブド	89	1313	15
	西部合計	586	6615	11
ハンガイ地域	アルハンガイ	183	1098	6
	バヤンホンゴル	183	1450	8
	ボルガン	59	354	6
	ウブルハンガイ	178	1315	7
	ホブスグル	59	371	6
	ハンガイ合計	662	4588	7
中央地域	ゴビ・スンバー	24	144	6
	ドルノゴビ	11	110	10
	ドンドゴビ	54	891	17
	ウムヌゴビ	113	1282	11
	セレンゲ	27	315	12
	トゥブ	91	837	9
	中央地域合計	349	3299	9
東部地域	ドルノド	119	561	5
	スフバートル	20	180	9
	ヘンティー	133	704	5
	東部合計	272	1445	5

（注記）グループの平均世帯数は少数点以下を四捨五入。

遊牧民のグループ化が直面している課題の主な原因は、モンゴル遊牧社会の特徴である高い移動性と遊牧民の間の互酬性だと考えられている。遊牧民のグループ化では、グループ内の遊牧民の話合いによって、牧草地利用の境界を決め、その範囲内で遊牧を行う。だが、こうした決まり（ルール、制度）にたいする社会的強制力は弱く、元からある互酬性の倫理もあいまって、長距離オトルに来た外部の遊牧民を排除することができず、牧民グループで決めた境界が有効に機能しないとといったグループ化の矛盾がおこっている。このため、グループ化に参加している遊牧民たちは、グループに所属するメリットを見いだせず、国際機関や政府からの物的・財政的支援が途絶えるとグループの持続は難しくなる。さらに、多数の家畜を有した裕福な遊牧民は、広大な牧地を必要とするため、遊牧民グループに入りたがらず、グループのメンバーも裕福な遊牧民にはグループに加入してほしくないという傾向もみられ、遊牧民社会の貧富の差もグループ構成する上で大きな問題である。

また、グループの活動内容では、①活発に活動するグループとなるためには数年を要するため、

その間の遊牧民のモチベーションを維持することが難しい、②国際機関の援助では“know-how”を教えても“how-to”を教えてくれず、モデルグループ作りだけで終わり、実際に普及されることがない、③グループのリーダーがそのコミュニティ自身によって選任されており、国などの行政機関によって定められたしっかりとしたプロセスを踏んで決められていない、④畜産物の仲介業者であるMiddle man（モンゴルの遊牧社会ではChangeと呼ばれている）が、遊牧民が市場に畜産物を出すときの壁となっている、といったことが問題となっている（Schmidt 2006）<sup>31)</sup>。

一方で、成功するグループの特徴は、高い興味とモチベーションが維持され、経営力のあるリーダーが存在し、実行性やフォローアップのための資源能力があり、地方のニーズや事情に適したインセンティブがあり、実践するための学習資源があるといったグループだと考えられている。しかし、モンゴルにおいてこれらのことが全て満たされていることは少ない。そのため、限られた条件の中で、いかにして遊牧民のグループ化を成功させるかが重要となっている。

対応策の一つとしては、遊牧民が経験をつんだ遊牧民から知識を学ぶことを活かしてワークショップを開き、情報の共有を行ったり、遊牧の知識や技術について学んだりする場を提供することが試みられている。ワークショップの中では、現実にそぐわない規範や非公式な慣習を改め、正しい牧地の利用を行うために、牧地利用の規範の再建を促進させるボトムアップ・アプローチを心掛けている。しかし、変化した社会経済状況の中で、遊牧民間の互酬性を考慮した牧地管理の解決法を見つけ、グループでその制度を強化するためには、技術的支援と金銭的支援の両方が必要となり、時間のかかるプロセスが必要と考えられている。また、牧草地の使用の排他性と互酬性の間の調和を達成するためには、それに伴うアクセス権とコストに関するヒエラルキーを規定することが必要だとされている（Fernandez-Gimenez 2002<sup>32)</sup>、Chantsalkham 2009<sup>33)</sup>）。

また、Batsaikhan et al (2010)<sup>34)</sup>やChantsalkham (2009)<sup>33)</sup>などは、非平衡地域をグループ化による効果がでない地域として対象から除外し、平衡地域のみでグループ化について論じている。モンゴルにおける平衡・非平衡に関しては、必ずしも明確に定義がされていないが、非平衡地域の一つと言われているゴビ地域で、遊牧民のグループ化がうまくいっていないというのは事実である。ゴビ地域では、他の地域と比較して一つのグループに与えられる牧地が広く、冬になる前に、牧草地を求めてオトルを行うため、遊牧民が広範囲に点在し、まとまりづらいと言われている。ドンドゴビ・アイマグはゴビ地域に属するとされているが、他のアイマグと比較して牧地の範囲が広く、100ha当たりの家畜数も少ないことがわかる。また、ゴビ地域の遊牧民が他のグループの牧地内でオトルを行ってしまい、しばしば遊牧民間の摩擦を生むことも問題となっている。

このように、遊牧民のグループ化は普及に伴い、直面する課題も増えてきている。そのため、UNDP (2006)<sup>28)</sup>では、モンゴル政府に対し、①国の牧地政策の包括性が必要：牧地管理、家畜の生産性向上、地方開発といった問題を包括的に扱う政策が必要である、②産業構造の高度化政策の必要性：非効率的な遊牧民が遊牧生活を離れ、他の産業で働けるようにすることが必要である、③新しいタイプの遊牧民グループ：政府の責任を分担し、牧地管理を行っていく新しいタイプのグループが必要である、④明確なインセンティブの必要性：マイクロ・ファイナンス、市場へのアクセス、成功した遊牧民自身による手ほどきなど、グループに参加するインセンティブを提示する必要がある、⑤公的な表彰システムの必要性：地方政府による優秀な遊牧民グループの表彰システムを作り、他の遊牧民がそこから学べるようにする、といった提案を行い、グループ化の改善を促している（松岡 2009）<sup>29)</sup>。

また、Chantsallkham (2009)<sup>33)</sup>は、牧草地の管理を明確にした遊牧民グループは、持続的な資源利用システムとして、現在のオープン・アクセスの状況を変える最も良い案だと主張し、そのためにも、遊牧民間の互酬性を考慮した遊牧民グループ形成を支援する法律を作り、牧草地の使用や管理のためのルールを設定し、牧草地に対する合法的な権利をグループに与えるべきだと述べている。さらにDulamsuren et al. (2012)<sup>35)</sup>も、遊牧民のグループ化を広げ、実行に移していくには、モンゴルの社会環境条件に合わせた柔軟性を持ったルールを作るべきだとし、遊牧民の意見をくみ上げたボトムアップによる政策と法律の必要性を説いている。こうした意見を踏まえ、2009年には「牧草地法」法案が作成されたが、地域間や牧民間の利害対立が調整出来ず、いまだに法律は成立していない。

遊牧民のグループ化を支援している国際機関では、牧草地法の成立に力を入れており、2011年にはSDC (Swiss Agency for Development and Cooperation、スイスの開発援助機関)のGreen Goldプロジェクトが、モンゴル農牧省や専門家を交えて行った牧草地法に関する会議を行った。そこでは、牧草地法を推進するために、①放牧用・農場用・禁牧区用といった明確な目的別に牧地管理を行うこと、②牧草地の所有者と使用者が異なり、二重となっている牧草地管理の責任を明確に線引きすること、③牧草地使用权を与えるための方法を導入することが必要であるという結論に至っている。また、①議会で、強力に牧草地法を通過させようとする政党がない、②牧畜関係者が選挙民の3分の1を占めているにも関わらず、多くの政治家は牧草地管理や遊牧民の問題について関心がない、③政治家や政府の中で、牧草地法のために必要な一般的な情報と理解が欠けている、④牧草地法の推進に関わる専門家や関係者が牧草地法の理念と法案の重要性を分けて考えている、といった問題も指摘されている。

一方で、モンゴルは、古来、移動性の高さと遊牧民の互酬性によって遊牧社会を維持してきており、遊牧こそがモンゴルに適した持続的な生産方式と考えられているため、遊牧民のグループ化を行い、メンバーを設定し、牧地の境界を決めて共同管理をさせることは、そもそも困難であると述べる研究者もいる(鈴木 2006a)<sup>36)</sup>。

Fernandez-Gimenez (2002)<sup>32)</sup>は、遊牧民グループのメンバーと冬・春の牧草地の境界を明確にするは、グループの空間的・社会的境界を明確にすることが重要だとしており、土地利用権の保障が自然資源管理をうまく行うためにも不可欠だと述べている。しかし、モンゴルにおいて牧地の境界を明確化するには、①多様で、重層のかつ偶発的な資源を遊牧民が利用している、②資源の境界も本質的に曖昧で絶えず移動している、③資源を利用する遊牧民も多様で重層的な集団を構成している、④潜在的使用者を排除しない資源利用倫理(互酬性)を共有している、といった理由で困難ではないかと考えている。そして、遊牧の移動性と経営の柔軟性を損なわないためにも、土地利用権の保障と、移動・柔軟・互酬性の維持とを、同時に叶える方法として、①土地登記と牧草地のリース、②牧民参加の協議制による牧草地管理、③季節移動の管理(統制)を提案している(Fernandez-Gimenez 2002<sup>32)</sup>、上村 2009<sup>37)</sup>)。

これらの提案の中で、①は土地の境界が極めて曖昧なため、土地の登記に馴染まず、それを他人から守ろうとすると監視コストが高くつくとして、失敗すると考え、②と③を組み合わせた牧民参加の協議制による季節移動の管理が、モンゴルの牧畜社会にとって最も良い選択であると結論づけている(上村 2009)<sup>37)</sup>。そして、この提案を実現させるには、①季節ごとの牧草地を割り当てるができること、②遊牧民が現在の牧草地使用のやり方を変えたいと思った時、それが

可能であること、③牧民が移動の強制を受け入れることが必要であると指摘している。上村（2009）<sup>37)</sup>は、上記の方法が、現在考えられる中で実現可能で効果的だと考えているが、実行するためにはソムやバグの首長の強制力が行使できるかどうかにか左右されるとしている。

先行研究では、遊牧民のグループ化には、移動・柔軟・互酬性を考慮した制度を政策・法律によって支えていくことが必要だと述べられているが、既存の遊牧民のグループ化政策において、どのような制度が設けられ、どのような効果が得られているのか、また、どの程度ルールが守られているかについては明確に指摘されていない。

そこで本研究では、遊牧民のグループ化政策は、牧草地という共有資源を持続的に管理するための制度的な条件を備えているのか、また、その制度は、移動・柔軟・互酬性を必要とするモンゴルの遊牧社会において効果的に実施・実行可能なのかについて、Ostrom（1990）<sup>38)</sup>の「長期持続型コモンズの7+1条件」を用いて評価・分析を行った。

表(4)-4 評価基準

条件	長期持続型コモンズの7+1条件	評価基準
1	コモンズの境界のみならず、コモンズの構成員も明瞭に定義できること。	牧地の境界とグループに所属する遊牧民が明確に定義できる
2	時間、場所、技術等を定めた利用ルールと、労働や原材料等の提供を定めた管理と、地域特性が相互に関連していること。	グループにルールが存在する
3	運営ルールによって影響を受ける個人は、そのルールの変更に参加できること。	グループに所属している遊牧民は、ルールの変更に参加できる
4	コモンズの状態、構成員の行動を監視すること。	牧地の状態、遊牧民の行動を監視している
5	運営ルールに違反したものに対して科される制裁は、違反の程度に応じてなされること。	ルールに反したものに対して科される制裁は、違反の程度に応じてなされている
6	利用者間の利害の不一致を低コストで調整できる機構が存在すること。	遊牧民間の利害の不一致を調整する機構がある
7	コモンズを組織し、管理する権利が、ローカルなコモンズに属していない外部の政府機関等によって大きく侵害されないこと。	遊牧民の主体性が保たれている
8	各段階（1から7）の必要に応じて、多層的な構造であること。	多層的な構造である

（出所）松岡（2002）<sup>39)</sup>、宮崎ほか（2008）<sup>40)</sup>、井上真（1997）<sup>41)</sup>。

### 3) 評価

Ostrom（1990）<sup>38)</sup>が定めた「長期持続型コモンズの7+1条件」を評価基準として用いる（表4）。「長期持続型コモンズの7+1条件」をモンゴル国の遊牧民のグループ化に置き換え、コモンズを牧地、構成員をグループに参加している遊牧民と定める。また、「長期持続型コモンズの7+1条件」には、利用ルール・管理ルール・地域特性・運営ルールなどのルールが存在するが、評価対象としている国際機関の資料においてはルールの区別が明確にされていなかったため、ここでは一つにまとめてルールと呼ぶことにする。

現在まで実施されてきた23プロジェクトは、遊牧民グループを作る目的によって、大きく3つに

分けられる。牧草地管理を目的にするもの、市場経営を目的にするもの、井戸の管理を目的にするものである。本報告では、牧草地という共有資源を持続的に管理するための制度的な条件を明らかにしたいため、牧草地管理を目的とし、territory-based herder groupを行っている7つの国際機関のプロジェクトを対象にして評価を行う（表(4)-5）。

対象となるプロジェクトでは、グループに参加する遊牧民自身が慣習的に使用している牧地のマッピングを行い、境界を設定しPasture use planによって牧地の管理を行っている。また、その他に、フェンス（禁牧区）の設置、井戸の修繕・新規掘削等のインフラ整備や、遊牧民に対する技術的支援、マイクロ・ファイナンスによる基金の設置などの活動を行い、遊牧民の生活向上や牧地の改善を目指している。

表(4)-5 評価対象一覧

国際機関	期間	プロジェクト名	対象地域
SDC	①2004-2008 ②2009 ③2010-2012	“Green Gold” Pasture ecosystem management project	①アルハンガイ、バヤン・ウルギー、ザウハン、トゥブ、ドンドゴビ ③アルハンガイ、バヤン・ウルギー、ザウハン、オブス、ゴビ・アルタイ、ホブド
WB	①2002-2007 ②2007-2013	①Sustainable Livelihood Project ②MN- Sustainable Livelihood Project II	バヤン・ウルギー、オブス、バヤンホンゴル、ウブルハンガイ、ウムヌゴビ、ドンドゴビ、トゥブ、ドルノド
ADB	2008-2012	Poverty Reduction through Community-Based Natural Resource Management	ヘンティーとその近隣のアイマグ（Onon川流域）
UNDP1	①2002-2007 ②2008-2012	① Sustainable Management of Mongolia Grasslands ②Sustainable Land Management for Combating desertification in Mongolia	①セレンゲ、ウブルハンガイ、バヤンホンゴル ②ウブルハンガイ、トゥブ、ドルノゴビ、スフバートル
UNDP2	2004-2011	Community-based Conservation of biological Diversity in the Mountain Land Scapes of Mongolia’s Altai Sayan Eco-region	ホブド、オブス、バヤン・ウルギー、ホブスグル

#### 4) 結論

分析の結論として、遊牧民のグループ化政策は、牧草地という共有資源を持続的に管理するための制度的な条件を備えているが、その制度は遊牧民の行動を制限しきれていないということが明らかとなった（表(4)-6）。

遊牧民のグループ化政策を実施していくうえで、グループによって遊牧を行うことは、インフラや市場へのアクセスなどに対して効果がある。だが、設定された牧草地の境界は守られておらず、牧草地法も反対意見が出ており施行されていない。

表(4)-6 評価基準による分析

条件	評価基準	SDC	WB	ADB	UNDP1	UNDP2
1	牧地の境界とグループに所属する遊牧民が明確に定義できる	×	—	—	×	—
2	グループにルールが存在する	○	—	—	○	—
3	グループに所属している遊牧民は、ルールの変更に参加できる	—	○	—	○	○
4	牧地の状態、遊牧民の行動を監視している	○	○	○	○	○
5	ルールに反したものに対して科される制裁は、違反の程度に応じてなされている	×	—	—	—	—
6	遊牧民間の利害の不一致を調整する機構がある	○	○	○	○	○
7	遊牧民の主体性が保たれている	○	○	○	○	○
8	多層的な構造である	○	○	○	○	○

(注記) ○→条件を満たしている、×→条件を満たしていない、—→記述なし。

また、グループ化を考える際に、地域特質や遊牧民の伝統習慣 (informal rules and customs) に配慮することが極めて重要である。今後は、地域の特徴を考慮し、地域別のグループ化政策を設定する必要があると考えられる。遊牧民グループ化の実行が難航しているゴビ地域では、グループ以下外の他の政策を進めるべきであろう。マイクロ・ファイナンス・ファンド (Micro Finance Fund, World Bank) による資金援助や、市場や物流を改善しつつ、放牧を維持しにくい遊牧民を牧畜以外の産業へ導き、市場を発達させることにより、モンゴル全体の家畜頭数を減少させることも期待できる。

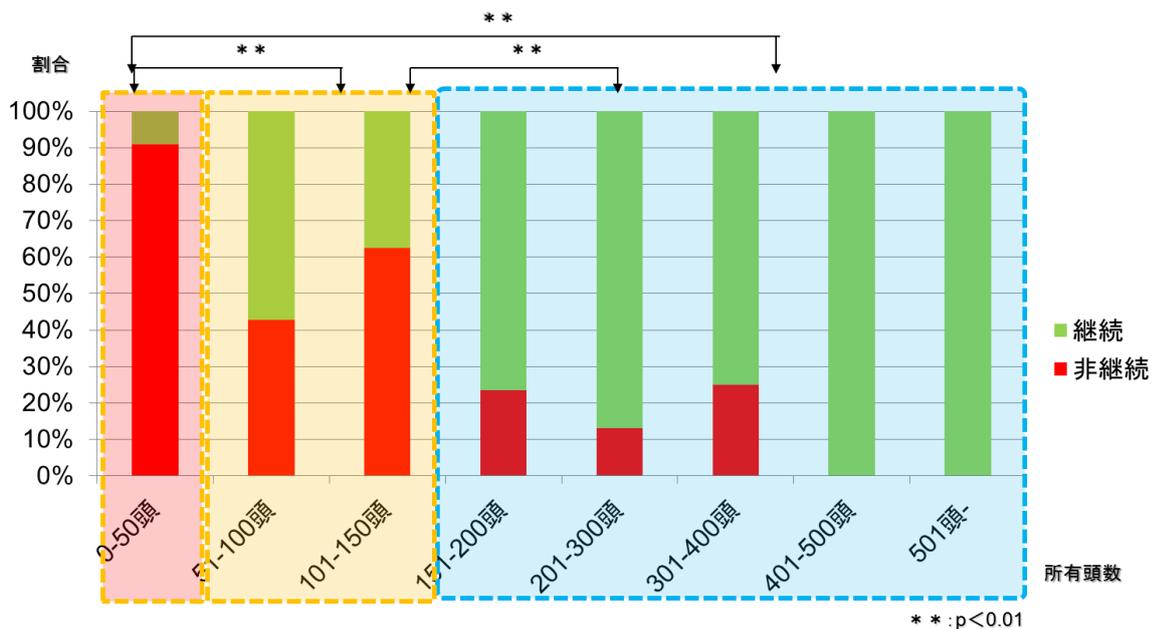
#### (4) 遊牧社会と草原生態系の持続性に関する基準指標と制度・政策

遊牧社会と草原生態系の持続性に関して、経済、社会、環境、制度・政策の面から持続性の指標と基準の検討を行い、モンゴル遊牧社会を持続可能とする政策について考察する。

##### 1) 経済的持続性

2009年から2010年に発生した自然災害後の遊牧民の牧畜業の継続を調査した結果 (ドントゴビ県対象)、所有家畜数が150頭以下では、災害後に牧畜業から離職した世帯の割合が有意に高まった (図(4)-6、注: これらの世帯には自然災害を契機としない離職 (年齢、児童の就学等) は含まない)。なお、2013年1月に実施した調査から、牧畜を離れた世帯の大部分は、災害後3年経過しても牧畜業に戻っていないということが分かっている。牧畜業を離れた世帯のうち、他の産業へ労働移動ができなかった世帯は、家計としても回復しておらず、経済的に不可逆的な変化が起こっている。

災害前に150頭以下の世帯は151頭以上の世帯に比較して、災害により経済的な持続性が不可逆的に低下しており、家畜数151頭以上というのが、ゴビ地域における経済的持続性を確保する条件であり、150頭はそうした意味での閾値 (threshold) と考えられる。



図(4)-6 ゾド後に牧畜業を止めた世帯の割合（災害前の頭数による分類）。

## 2) 社会的持続性

牧畜業を離れた世帯では、残った少頭数の家畜を自主的に手放す世帯はなかった。その理由は、肉やミルクは生活の満足度を高めるために必要であるためとのことであった。

ただし、調査対象の牧民は平均して年50頭程度、自家消費・販売などで頭数を減らしているため、そのような満足度を維持するためには、最低限50頭程度の頭数維持が必要と考えられる。また、1990年代の市場経済移行期の経済的な外生ショックの発生時には、都市部の産業が労働者を吸収できなくなり、その際、牧畜業への労働移動はモンゴル国民の生活を守る緩衝剤（social safety net）となった。

以上の観点からすると、社会保障制度や就業機会の多様化がまだ十分ではないモンゴル社会の現況においては、地方の遊牧民にとっては、ある程度の少頭数（50頭程度）家畜を所有することは、社会的持続性のためには重要であると考えられる。

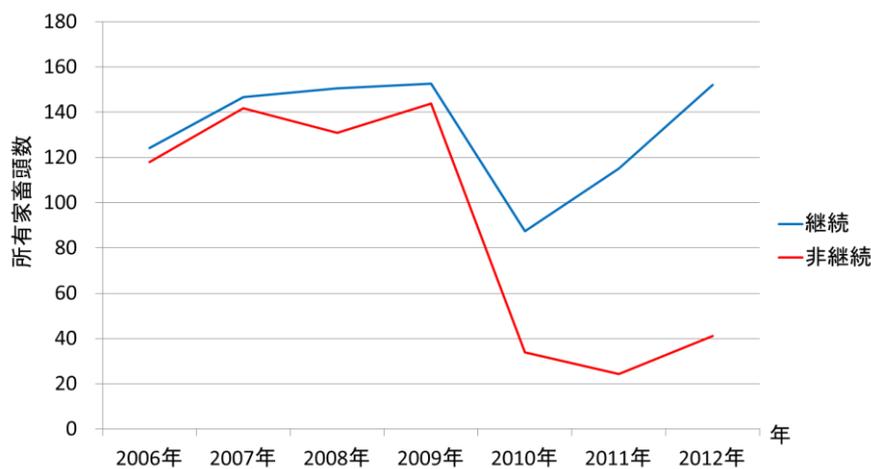
## 3) 環境的持続性

オトルをしない傾向にある牧民世帯に代表される移動性の低い世帯は、放牧地への圧力が高いと考えられる。また、ゾドなどの災害により頭数が大きく減少し、残った家畜を他の遊牧民へ預けることにより、牧畜業を自らしなくなった世帯は、家畜頭数が増加しない傾向にある（図(4)-7）。そのため、災害を契機として移動性の低い少頭数牧民世帯は、他の産業への労働移動を促すことにより、自ら牧畜をしないようにすることで、ソムセンターへの集中の一因である少頭数牧民世帯の頭数増加は抑制されることが考えられる。

環境的持続性を考えると、少頭数で移動性に乏しい牧民世帯は、災害による頭数減少を、家畜数総かにより緩和させるよりも、災害後の他産業への労働移動を促進させることが有用と考えられる。

また、災害の影響緩和やレジリエンスという観点からは、家畜頭数の少ない世帯は、災害の影

響を緩和する家畜移動（オトル）ができず、乾草確保もできないために、保有家畜頭数をより減少させる傾向があり、災害後の頭数の回復割合も高くない。このため、こうした少頭数牧民世帯を、自然環境に依存しない他産業へと、労働移動を促進する政策は、自然災害の影響を受けにくく、家計の回復も早めることができることから、災害に強い社会を築くという点でも有用と考えられる。



図(4)-7 100頭～200頭を所有する世帯の所有家畜頭数の経年変化。

(注記) 継続 n=20、非継続n=19

#### 4) 政策的・制度的持続性

調査対象地域であるドントゴビ県マンダルゴビを有するサインツァガーン郡においても、ソム（郡）内の災害対策のために、頼りになる放牧地を非災害時には使わないようにする制度（土地利用計画）がある。しかし、現状では、ソム政府の政策実施能力が低く、有効に機能していないとの指摘が多い。

また、域外の頼りになる放牧地へのアクセスを促すオトルに関する政策は、国や県などで整備されているものの、国の制度は牧民にとって遠距離のために利用されておらず、県の制度は運用ルールがないために牧民が利用しにくくなっている。

今後のゴビ地域において、災害に強い持続可能な遊牧社会を維持して行くためには、多様な遊牧民（牧民）のタイプに応じた政策が必要とされている。

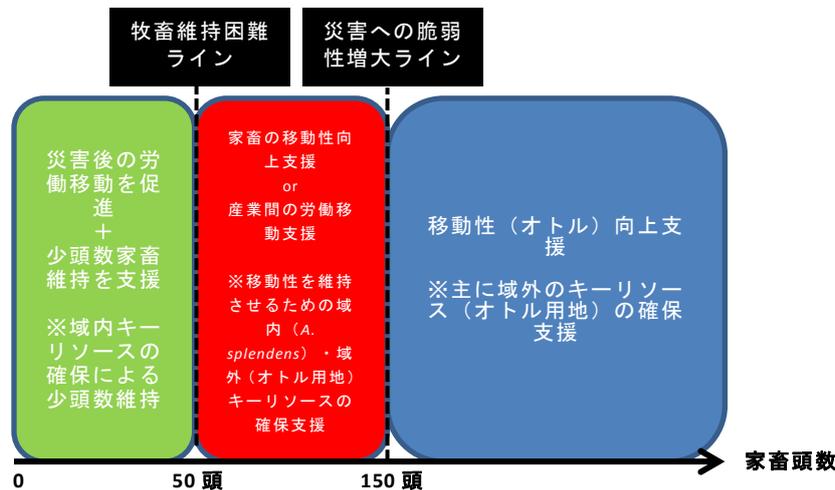
オトルを実施しうる中規模から大規模な遊牧民については、災害時に備えた、県内および県間における災害時用放牧地の整備が重要であり、こうした目的のための、国による県間オトル用地の整備が行われている。しかし、現在の県間オトル用地は、サインツァガーン郡の遊牧民の移動パターンである南北移動からはかけ離れた立地となっており、災害時に役立つかどうかは疑問である。むしろ、県内および県間のソム政府の間の災害対策協力協定を整備し、日頃から、災害時における相互協力の仕組みを作っておくことが有効ではないかと考えられる。

オトルを実施することが難しい小規模な牧民世帯に対しては、短期的には、災害に備えて、キリーソースである*A. splendens*の禁牧区を郡内に配置し、災害影響の緩和を計ることが必要であろう。また、中長期的には、他の産業における就業機会を創出し、牧畜業以外の産業へと転出させ

ることが、こうした小規模牧民世帯の経済的・社会的持続性の確保においても、生態的持続性の確保においても重要となると考えられる。

## 5) まとめ

持続性に関する基準・指標と政策・制度に関する考察から、以下の諸点が結論として指摘する(図(4)-8)。



図(4)-8 遊牧社会と草原生態系の持続性に関する基準指標。

経済的には150頭以下の小規模牧民世帯は、災害に対する経済的脆弱性が高い。災害時に、より家畜頭数を減らすということから、この世帯は移動性も低く、放牧地への負荷も高いことが推察される。また、50頭程度まで家畜を失うと、牧民は自ら放牧することをあきらめ、他の産業への移動を目指して都市部に移動する。他の産業への労働移動が行われれば、頭数は抑制されることから、災害後、50頭以下になった世帯には、労働移動を効果的に促す政策により、経済的・環境的持続性は高まると考えられる。ただし、少頭数の家畜を維持することは社会的持続性を高めることから、抑制された少頭数の家畜が災害で減少しないように、域内で災害時に頼りになるキーリソースである*A. splendens*の保護・管理が重要になる。

災害後、50頭から150頭で牧畜を続ける世帯に対しては、乾燥草原における環境面の負荷低減の基本戦略である移動性を高める支援が必要である。この際にも、聞き取り調査では、自らの冬营地周辺の*A. splendens*が保護できないため、夏から秋も移動しにくいという世帯があったことから、移動先を確保することに加え、*A. splendens*の保護・管理の促進が必要であると考えられる。

災害後、150頭以上を有する牧民世帯は、移動性を向上させ、域外の「キーリソース」であるオトル用地の利用を促進し、域内の*A. splendens*への負荷を軽減することが必要と考えられる。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

従来の遊牧システムの変動に関する議論をまとめ、現地調査を加え、人類学と経済学の面から遊牧社会の現状や草原生態系との相互作用における遊牧民行動パターンとキーリソースとの関係性を解明した。そのうえで、遊牧社会および草原生態系の持続性を維持するための指標、および

キーリソースの保護・管理やオトルに関する政策を明らかにした。

## (2) 環境政策への貢献

### <行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

### <行政が活用することが見込まれる成果>

従来、あまり研究が行われていなかったゴビ地域を対象として、家畜数のタイプ別による経済的・社会的・生態的持続性の指標を提案することにより、今後のゴビ地域におけるキーリソースである*A. splendens*の保護・管理の重要性やオトルに関する政策を明らかにすることにより、モンゴルの砂漠化対策などの今後の環境政策に資するものと考えられる。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文(査読あり)>

- 1) 中村洋：環境情報科学学術研究論文集、27, 237-242 (2013)  
「モンゴル国ドンドゴビ県で2009年～2010年に発生した自然災害と牧畜民の対処行動」
- 2) 中村知子：沙漠研究, 23, 3、印刷中：  
「蓄えられた草と土地：モンゴル国ドンドゴビ県におけるネグデル時代の草資源利用からみた災害対策」

#### <査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 中村知子：長期化する生態危機への社会対応とガバナンス調査研究報告書、アジア経済研究所 (2013)  
「乾草製造からみるモンゴルの社会主義的牧畜 —社会主義時代がもたらした構造的変化に関して—」

#### <その他誌上発表(査読なし)>

特に記載すべき事項はない。

### (2) 口頭発表(学会等)

- 1) 中村洋：環境情報科学学術研究論文発表会、東京 (2013)  
「モンゴル国ドンドゴビ県で2009年～2010年に発生した自然災害と牧畜民の対処行動」
- 2) 中村洋：国際開発学会第24回全国大会、吹田 (2013)  
「モンゴルの自然災害への牧畜民のレジリエンス向上に関する分析—2009年から2010年のドンドゴビ県で発生した“ゾド”の事例から—」
- 3) 中村洋：国際開発学会第14回春季大会、宇都宮 (2013)  
「自然災害による牧民の経済階層移動と労働移動—モンゴル国における自然災害“ゾド”による牧民の家計の変化—」

### (3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

## (4) シンポジウム、セミナー等の開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない。

## (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

## (6) その他

特に記載すべき事項はない。

## 8. 引用文献

- 1) National Statistical Office of Mongolia (2012) “Mongolian Statistical Yearbook 2011” 462 pp. Ulaanbaatar, Mongolia
- 2) 善隣協会調査部編（1935）『外蒙古の現勢』、pp.126-127、日本公論社、東京
- 3) 利光（小長谷）有紀（1983）「オトルノートーモンゴルの移動牧畜をめぐって」、『人文地理』、35(6): 68-79
- 4) 吉田順一（1982）「モンゴルの遊牧における移動の理由と種類について」『早稲田大学大学院文学研究科紀要』、28: 327-342
- 5) 東亜研究所、1943、40 pp.
- 6) 湊邦生（2004）「移動牧畜と牧地管理の問題ーモンゴル国を事例としてー」、『国際開発研究』、13(2): 1-13
- 7) 篠田雅人、森永由紀（2005）「モンゴル国における気象災害の早期警戒システムの構築に向けて」、『地理学評論』、78(13): 928-950
- 8) 森永由紀（2009）「モンゴル国の自然災害ゾド」、『朝倉世界地理講座、2 東北アジア』（境田清隆・佐々木史郎・岡洋樹編）、pp.91-99、朝倉書店、東京
- 9) Natsagdorj, L. & Dulamsuren, L. (2001) Some aspects of assessment of the dzud phenomena. *Papers in Meteorology and Hydrology*, 23(3): 3-18.
- 10) Begzuren S., Ellis, J., Ojima D., Coughenour M. & Chuluun T. (2004) Livestock Response to Droughts and Severe Winter Weather in the Gobi Three Beauties National Park, Mongolia. *Journal of Arid Environments*, 59(4): 785-796.
- 11) 小宮山博（2005）「モンゴル国畜産業が蒙った2000～2002年ゾド（雪寒害）の実態」、『日本モンゴル学会紀要』、35 : 73-85.
- 12) Sternberg T. (2010) Unraveling Mongolia’s Extreme Winter Disaster of 2010, *Nomadic Peoples*, 14(1): 72-86.
- 13) World Bank (2006) Mongolia Poverty Assessment. World Bank, Washington, USA, 105 pp.
- 14) 岩村忍（1968）『モンゴル社会経済史の研究』京都大学人文科学研究所。京都、581 pp.
- 15) 小貫雅男（1985）『遊牧社会の現代』青木書店、東京、298 pp.
- 16) 後藤十三雄（1942）『蒙古の遊牧社会』生活社、東京、301 pp.
- 17) Scoones I. ed. (1994), Living with Uncertainty: New Direction in Pastoral Development in Africa, Intermediate Technology Publications, London, 210 pp.
- 18) Coppock, D. L. (1994) The Borana plateau of southern Ethiopia: Synthesis of pastoral research,

- Development and Change, 1980-1991. International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, Ethiopia, 393 pp.
- 19) Broad, R.(1994) The poor and the environment: friends or foes? *World Development*, 22(6): 811-822
  - 20) Perevolotsky, A. (1987) Territoriality and resource sharing among the Bedouin of southern Sinai: a socio-ecological interpretation. *Journal of Arid Environments*, 13(2): 153-161.
  - 21) Illius A.W. and O'Connor T.G. (1999) On the relevance of nonequilibrium concepts to arid and semiarid grazing system. *Ecological Applications*, 9(3): 798-813
  - 22) Vetter S. (2005) Rangelands at equilibrium and non-equilibrium: recent development in the debate. *Journal of Arid Environments*, 62(2): 321-341
  - 23) Fernandez-Gimenez M. E. and Batbuyan B. (2004) Law and disorder: local implementation of Mongolia's Land Law. *Development and Change*, No.35: 141-165.
  - 24) 上村明 (2004) 「ポスト社会主義モンゴル国の牧畜における土地利用」、モンゴル法研究会 (2004年7月17日開催) 資料.
  - 25) 小長谷有紀 (1996)、『モンゴル草原の生活世界』、朝日新聞社、東京、228 pp.
  - 26) 白石晋 (2001)、「農牧業の構造変化と協同組合」、『遊牧地域 (モンゴル国) における市場化に適応した農業・牧畜業振興のための基礎条件』(科学研究費補助金研究成果報告書)、pp.42-54.
  - 27) 地球・人間環境フォーラム(2014)、「平成25年度乾燥地における住民参加による持続可能な牧草地利用等検討業務報告書」(環境省請負業務)
  - 28) United Nations Development (2006), Herder Group Evaluation Policy Options for the Government of Mongolia
  - 29) 松岡俊二 (2009)、「モンゴルの開発政策と環境政策：ゴビ地域における持続可能な牧地利用と開発援助事業を中心に」、『平成20年度モンゴルにおける砂漠化対策に関する調査委託業務報告書』、財団法人地球・人間環境フォーラム、pp.1-12.
  - 30) ズンドウイゾルザヤ, 淵野雄二郎, 千年篤 (2008)、「モンゴル遊牧民社会における自助組織の現状と課題—トゥブ県を事例とした農牧業協同組合と遊牧民グループの比較分析—」、『協同組合研究』、第27巻2号pp.56-73
  - 31) Schmidt, Sabine M. (2006), “Pastoral Community Organization, Livelihoods and Biodiversity Conservation in Mongolia's Southern Gobi Region”. USDA Forest Service Proceedings RMRS, No.39: 18-29
  - 32) Fernandez-Gimenez, Maria, E. (2002),” Sptial and Social Boundaries and the Paradox of Pastoral Land Tenure: A Case Study from Postsocialist Mongolia”, *Human Ecology*, 30(1): 49-78.
  - 33) Chantsalkham, Jamsranjav (2009),” SUSTAINABLE RANGELAND MANAGEMENT IN MONGOLIA: THE ROLE OF HERDER COMMUNITY INSTITUTIONS”, Land Restoration Training Programme Keldnaholt, Iceland Final project 2009
  - 34) Batsaikhan, Usukh et al. (2010),” FOSTERING THE SUSTAINABLE LIVELIHOODS OF HERDERS IN MONGOLIA VIA COLLECTIVE ACTION”, Swiss Agency for Development and Cooperation
  - 35) Dulamsuren, Dorligsuren. et al. (2012),” Lessons from a Territory-Based Community Development Approach in Mongolia: Ikhtamir Pasture User Groups”, in Maria, E. Fernandez-Gimenez ed.

Restoring Community Connections to the Land: Building Resilience Through Community-Based Rangeland Management in China and Mongolia, *C a B Intl*, 166-188.

- 36) 鈴木由紀夫 (2006)、「モンゴル農牧業の現状と課題」、『日本とモンゴル』、第40巻2号、p.p.12-23
- 37) 上村明 (2009)、「モンゴル国における『牧地保有』の概念について—調査方法とデータ」、今西淳子・Ulzibaatar Demberel・Husel Borjigin (編)『国際シンポジウム「アーカイブズ・地図・文学・メディアからみたグローバル化のなかの世界秩序—北東アジア社会を中心に—」論文集』、風響者、pp.365-374
- 38) Ostrom, Elinor (1990), “GOVERNING the COMMONS The Evolution of Institutions for Collective Action”, Cambridge
- 39) 松岡俊二 (2002)、「持続的環境利用システムとしての市場・政府・コモンズに関する比較研究」、平成12年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C) (2)) 研究成果報告書、(課題番号: 10680547)
- 40) 宮崎悟、原田禎夫、板倉孝雄 (2008)、「コモンズとしての共同受注グループ—津山ステンレスネットの事例から—」、『同志社大学技術・企業・国際競争力研究センターワーキングペーパー08-01』、pp.1-32
- 41) 井上真 (1997)、「コモンズとしての熱帯林：カリマンタンでの実証調査をもとにして(<特集>コモンズとしての森・川・海)」、『環境社会学研究』、3号、pp.15-32

## **Studies on Grassland Biodiversity and Sustainability of Nomadic Production in Semiarid Regions of Northeast Asia**

Principal Investigator: Ken YOSHIKAWA

Institution: Okayama University,  
Graduate School of Environmental and Life Science  
1-1-1 Tsushima-naka, Kita-Ku, Okayama-City,  
Okayama 700-8530, JAPAN  
Tel/Fax: +81-86-251-8376  
E-mail: kenchan@cc.okayama-u.ac.jp

Cooperated by: The University of Tokyo, Tottori University, Waseda University

[Abstract]

Key Words: Key resource, Nomadism, Dryland ecosystem, Sustainability

During the last several decades, a great number of livestock were killed by severe drought and Sod (heavy snow cover) in every three to four years in Mongolia because of overgrazing and unreliable weather condition. Moreover, drastic changes in socio-economic condition occurred in Mongolia. Then new management strategy is desired to ensure the sustainable nomadic production. Livestock survival from severe disaster is determined by the amount of vegetation being free from drought (Key resource). This project aims to analyze the effects of grass land vegetation on the sustainability of nomadic production.

*Achnatherum splendens* is available during drought and pastoralists who have few livestock often use it as the key resource during drought for a safety net. To secure the sustainability of rangeland production, control of grazing impact on the key resource is necessary in highly variable environment.

Spatial distribution of *A. splendens* was governed by topographic conditions. Dense community was established on the edge of river terraces with high water availability. It cannot survive in salt accumulated site and can grow in the range of EC from 15 to 170 and pH from 7.69 to 8.92. *A. splendens* can absorb soil water from wide range of vertical layer by changing depth of absorption in accordance with the shift of soil water distribution.

One-year-old seedling of *A. splendens* could maintain growth and photosynthetic production in normal level under both saline and/or drought stresses. However synergic stress of strong salinity and aridity harmed the osmolyte production of seedlings in response to saline and drought stresses and resulted growth reduction.

Winter camps located from north forest steppe to south gobi steppe in 400km were

classified into three groups by the vegetation structure. As *A. splendens* dominated only in southern part, the importance of *A. splendens* as a key resource changed from north to south due to the difference of topographic condition.

By the analysis of remote sensing data for long period, gradual decreases of NDVI and precipitation was detected and the mean summer temperature and the Bowen ratio increased gradually, which indicate the global warming.

To understand the role of key resource securing the sustainability of nomadic production under high environmental changes by the effect of desertification and global warming, the structure of interdependence between nomadic society and grass land ecosystem was analyzed by the sociological and humanities view points.