(学位第3号様式)
《和　文》

学位論文要旨

氏　名	李　海珠
題　目	青海チベット高原東部における高山草地土壌の特性，分類および草地退化にともなう生産力の変化に関する研究 (Studies on the characterization and classification of alpine grassland soils and change in soil productivity with rangeland degradation in the Eastern Qinghai-Tibetan Plateau)

青海チベット高原では，近年，食料需要の増大により，一方的な家畜の増産を追求しているため，過放牧，草地退化に伴う草地小動物の増殖，地球温暖化などの影響により，草地の荒廃・砂漠化が進んでいる。本研究では，退化草地の回復，草地資源の保全および土壌資源の保全と持続的な利用のための土壌に関する基礎的情報を得ることを目的として，高山草地土壌の特性，分類，分布様式を明らかにし，土壌生産力の評価に基づいて草地退化に伴う土壌生産力の変化および草地退化過程について考察した。

青海チベット高原東部の草地退化程度の異なる37点の高山草地土壌は，WRB（2006）に基づき，Phaeozems，Cambisols，Stagnosols，Arenosols および Fluvisols の5つの照合土壌群と13の亜群に分類された。これらの土壌は，扇状地および谷底平野の中の微地形の違いと密接に対応して分布していた。また，草地退化の進んでいない高山草甸土壌は，有機物に富む肥沃な土壌であった。

土壌生産力評価の結果，次の問題が指摘された。

(1) 高山草地土壌は，細砂，シルトおよび腐植物質を多量に含んでいるため水食および風食を共に受けやすい素地を持っており，草地の退化により植被の減少が起これば直ちに風食・水食を受け，表土と有効土層の減少と共に土壌生産力の低下をもたらす。

(2) 高山草甸地帯は，年平均降水量が400～700 mmあり，それは草が生長する夏に集中しているため，また主要河川は夏でも背後の山脈からの雪解け水の供給があるため，極端な土壌乾燥は起こらない。しかし，草地の退化により沙漠化すれば，干ばつを受ける恐れが高くなる。

(3) 高山草地土壌の有機物含量は，シルト，全窒素，可給態リン酸，全リン酸，全K含量，交換性Mg，Na，CECと強い正の相関および砂，炭酸石灰含量，pH（H_2O）と強い負の相関を示し，また粘土含量，交換性Kともかなりの正の相関を示す。高山草地土壌の肥沃度は，保肥力，可給態窒素，リン酸，交換性K，Mg，微量要素および土壌反応に問題のある土壌があり，草地の退化に伴い土壌有機物が減少し，肥沃度の問題は大きくなる。

草地退化，土壌生産力低下の過程は，土壌群または亜群レベルの土壌の種類の変化をもたらし，段丘上の風成塵（レス）を母材とする土壌は，Haplic Phaeozem (Calcaric, Pachic, Siltic)・Haplic Cambisol (Calcaric, Humic, Siltic) → Haplic Phaeozem (Calcaric, Siltic) → Haplic Cambisol (Calcaric, Siltic) → Haplic Cambisol (Calcaric) → Haplic Arenosol (Calcaric)へと変わる。

過放牧を契機として起こる草地の退化，小動物の繁殖，土壌侵食，土壌有機物の減少，土壌生産力の低下は相互依存の関係にあり，これらは相互に影響を及ぼしながら加速され，豊かな高山草甸は高山沙漠へと変わる。

土壌生産力の維持には，草地退化を招かないよう牧畜の飼養密度を低減することが必要である。また，退化した土壌の生産力回復には不足する養分の補給と共に過放牧を規制した適正な牧畜管理が求められる。

（学位第３号様式）
《英　文》

学　位　論　文　要　旨	
氏　名	Haizhu　Li
題　目	Studies on the characterization and classification of alpine grassland soils and change in soil productivity with rangeland degradation in the Eastern Qinghai-Tibetan Plateau （青海チベット高原東部における高山草地土壌の特性，分類および草地退化にともなう生産力の変化に関する研究）

With the increasing of population in recent decades, the overgrazing of domestic animals has been required for food demands in Qinghai-Tibetan Plateau. Consequently the rangeland degradation and desertification are promoted simultaneously owing to overgrazing of domestic animals, propagation of small animals following rangeland degradation, and global warming. In this study I investigated the characteristics, classification, and distribution patterns of alpine rangeland soils, and have discussed about changing of soil productivity with the rangeland degradation and process of rangeland degradation based on the evaluation of soil productivity.

Alpine rangeland soils in 37 sites, where the different levels of degradation has been observed, in the Eastern Qinghai-Tibet Plateau were classified into 5 reference soil groups, and 13 second-level units of the WRB. These soils were distributed corresponding to different micro-landforms in alluvial fan and valley plain. The Alpine meadow soils without degradation were the most fertile soils with high organic matter content.

The following issues have been pointed out based on the evaluation of soil productivity.

(1) The alpine rangeland soils are easily susceptible to wind and water erosion because of the high content of fine sand, silt and humus. Therefore the loss of vegetation coverage by rangeland degeneration is thought to result in wind and water erosion, the loss of surface soil, and the decrease of soil productivity.

(2) The annual mean precipitation is 400-700 mm in alpine meadow zone. The precipitation is concentrated in summer when grass grows. Therefore the extreme dryness of soils does not occur. However if desertification of rangeland is promoted, it is considered to result in serious drought.

(3) The soil organic matter content showed strong positive correlation with silt, TN, AP, TP and TK contents, ExMg, ExNa, and CEC. On the other hand that showed strong negative correlation with sand content, calcium carbonate contents, pH(H_2O). Clay content and ExK also showed moderate positive correlation with soil organic matter content. The issue of soil fertility was in low CEC, deficiency status on AN, AP, ExK, ExMg and trace-elements, and high soil reaction in some soils. The issue of soil fertility becomes obvious through decreasing the soil organic matter content with the rangeland degradation.

The process of rangeland degradation and decreasing of soil productivity cause the soil type change in group or subgroup levels. The soils derived from loess parent material on terraces were estimated to changes as follows; Haplic Phaeozem (Calcaric, Pachic, Siltic)・Haplic Cambisol (Calcaric, Humic, Siltic) → Haplic Phaeozem (Calcaric, Siltic) → Haplic Cambisol (Calcaric, Siltic) → Haplic Cambisol (Calcaric) → Haplic Arenosol (Calcaric)

Rangeland degeneration, propagation of small animals, soil erosion, decreasing of soil organic matter contents and soil productivity are thought to take place synchronously for their interdependent relationships. Thus occurred degradation processes are estimated to accelerate degradation furthermore by interacting each other. Consequently, the green-rich alpine meadow appeared to shift into the alpine desert.

In order to maintain the soil productivity, it is required to decrease the overgrazing of domestic animals not to spread the rangeland degradation. Also it is required the proper management regulating the overgrazing of animal husbandry together with nutrient supplement to the soil for the recovery of degenerated soil productivity.

（学位第８号様式）

No. 1

学位論文審査結果の要旨

学位申請者氏名	李　海珠			
審査委員	主査	鹿児島大学	教　授	境　　雅夫
	副査	鹿児島大学	准教授	樗木　直也
	副査	佐賀　大学	教　授	井上　興一
	副査	琉球　大学	教　授	鬼頭　　誠
	副査	琉球　大学	准教授	金城　和俊
審査協力者	農業環境技術研究所名誉研究員　浜崎　忠雄			
題　　目	青海チベット高原東部における高山草地土壌の特性，分類および草地退化にともなう生産力の変化に関する研究 (Studies on the characterization and classification of alpine grassland soils and change in soil productivity with rangeland degradation in the Eastern Qinghai-Tibetan Plateau)			

青海チベット高原は，中国の全面積の4分の1を占める広大な地域であり，平均海抜4500mの独特な高原生態系を形成し，中国だけではなく全地球の気候の変化，水循環，生物圏の安定に非常に重要な役割をもつことが知られている。しかし，食料需要の増大により，一方的な家畜の増産を追求しているため，過放牧などが原因で草地の荒廃・砂漠化が進んでいる。本研究では，退化草地の回復，草地資源の保全および土壌資源の保全と持続的な利用のための土壌学的情報を得ることを目的として，高山草地土壌の特性，分類，分布様式を明らかにし，土壌生産力の評価に基づいて草地退化に伴う土壌生産力の変化および草地退化過程について考察した。本研究によって得られた知見は以下のように要約できる。

1.　青海チベット高原で最も重要な草地である高山草甸の主要な分布地であり，草地退化が生じていない門源バレーの高山草甸では，扇状地と谷底平野の段丘面，旧河道，流路州といった微地形の違いに対応して世界土壌資源照合基準（WRB）の少なくともPhaeozems，Cambisols，Stagnosols，Fluvisolsの４つの照合土壌群とそれらの９つの細分タイプが発達していた。この高山草甸土壌は，扇状地の旧河道に分布する表層礫質土壌を除き，放牧地土壌として理化学性にほとんど問題がなく，世界の無機質土壌の中で最も多く有機物を貯留した肥沃な土壌であった。土壌有機物は，腐植化度の低い腐植

物質からなっていた。粘土鉱物は，CECの小さなイライト，カオリナイトおよびクロライトを主としており，高いCECの大部分は腐植に依存していた。

2. 草地の退化が進んでいる地域である青海省黄南州澤庫県の高山草地土壌では，軽度退化草地土壌はモリック層をもつHaplic Phaeozem (Calcaric, Siltic)であり，中～強度退化草地土壌はモリック層をもたないHaplic Cambisol (Calcaric, Siltic)であった。土壌は石灰質レスを母材とし，土性はシルト質壌土であった。草地の退化とともに表層土において有機態炭素，全窒素，CEC，可給態リン酸および可給態窒素の明らかな減少と，pH，塩基飽和度および炭酸カルシウム含量の増大が見られた。

3. 沙漠化が最も進んでいる地域の一つである青海省海南チベット自治州共和県の高山沙漠化草地土壌では，強度沙漠化土壌はHaplic Cambisol (Calcaric)，極強度沙漠化土壌はHaplic Arenosol (Calcaric)に分類された。土壌は石灰質風成塵（細砂質）を母材とし，土性は壌質砂土であった。土壌は7～14%の炭酸カルシウムを含むが，炭酸カルシウムの二次的集積や塩類の集積は認められなかった。

4. 草地退化および土壌生産力低下の過程は，土壌の群または亜群レベルでの変化をもたらし，段丘上の風成塵（レス）を母材とする土壌は，Haplic Phaeozem (Calcaric, Pachic, Siltic)・Haplic Cambisol (Calcaric, Humic, Siltic) → Haplic Phaeozem (Calcaric, Siltic) → Haplic Cambisol (Calcaric, Siltic) → Haplic Cambisol (Calcaric) → Haplic Arenosol (Calcaric)へと変わることを明らかにした。

5. 土壌有機物含量は，シルト含量，全窒素含量，交換性Mg，Na，陽イオン交換容量，可給態リン酸含量，全リン酸含量，全カリウム含量と正の強い相関および砂含量，炭酸石灰含量，pHと負の強い相関を示し，また粘土含量，交換性Kとも正のかなりの相関を示す。即ち，高山草地土壌の肥沃度は，保肥力，可給態窒素，リン酸，交換性K，Mg，微量要素および土壌反応に問題のある土壌があり，草地の退化に伴い土壌有機物が減少し，肥沃度の問題は大きくなると推察された。

以上のように本研究で得られた成果は，青海チベット高原における草地の荒廃・砂漠化の進行と土壌特性との関係を示す知見を提供しており，これは退化草地の回復，草地および土壌資源の保全と持続的利用に貢献することが期待される。よって，学位論文として十分に価値があるものと判定した。

（学位第９号様式）

No. 1

最終試験結果の要旨

学位申請者氏名	李　海珠			
審査委員	主査	鹿児島大学	教　授	境　雅夫
	副査	鹿児島大学	准教授	樗木　直也
	副査	佐賀　大学	教　授	井上　興一
	副査	琉球　大学	教　授	鬼頭　誠
	副査	琉球　大学	准教授	金城　和俊
審査協力者	農業環境技術研究所名誉研究員　浜崎　忠雄			
実施年月日	平成　23年　12月　27日			

試験方法（該当のものを○で囲むこと。）　口答（○）・筆答

主査，副査及び審査協力者は，平成 23 年 12 月 27 日の公開審査会において学位申請者に対して，学位申請論文の内容について説明を求め，関連事項について試問を行った。具体的には別紙のような質疑応答がなされ，いずれも満足できる回答を得ることができた。

以上の結果から，審査委員会は申請者が博士（農学）の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。

学位申請者 氏　　　名	李　海珠

［質問1］草地土壌の生産力評価の手法において，元来の分級方式を改変して用いているが，具体的にはどのように改変したのか。

［回答1］まず，養分の豊否については，対象土壌が日本の酸性土壌と違って半乾燥地の石灰質土壌であることから，比較的高地で半乾燥地の石灰質土壌地帯である米国オレゴン州の土壌診断基準を採用して分級しました。また，対象が自然草地で耕耘されることはないので，耕起の難易は評価する基準項目から除外しました。基準項目の等級決定に用いられる要因項目の中でリン酸吸収係数と保水性はデータの欠落のため用いませんでした。さらに，障害性の要因項目の中で塩類含量は塩素含量で区分することになっていますが，国際的に用いられているECによる5区分を採用し，EC（1:5浸出法）のデータにより区分しました。

［質問2］青海チベット高原における草地退化の主な原因として過放牧をあげているが，放牧密度は草地にどのような影響を及ぼすのか。

［回答2］放牧密度の増加は放牧草地の植生構成，種多様性，生産性にさまざまな影響を及ぼします。適度な放牧は草地の種多様性および生産性を維持・向上させますが，過放牧はそれらを低下させ，草地の荒廃を引き起こします。青海チベットの放牧地でも，放牧密度の増加に伴って，地上部現存量はイネ科植物およびカヤツリグサ科植物が減少し，広葉草本の割合が著しく増加し，草種構成が単純化します。

［質問3］地球の温暖化は青海チベット高原の草地退化に対してどのように影響するのか。

［回答3］青海チベット高原において草地への水分供給には，降水と雪溶け水がありますが，地球の温暖化にともない，氷河の面積は減少し，雪溶け水の供給が年々減少してきています。また，青海チベット高原は半乾燥地域であり蒸発散量は降水量の約3倍もあるため，さらに温暖化によりこの蒸発散量が増えることが予想されます。

［質問4］草地の小動物の増加と草地退化との関係は。

［回答4］青海チベット高原の草地地域では，草地の植被率が減少すると，草地小動物の生存・繁殖条件がよくなるため，個体数が急速に増加します。増加した小動物は多くの牧草を消費し，また，腐植質A層直下の柔らかい下層に巣穴を張り巡らすため腐植質A層は不安定になり，崩壊してゆきます。これらの要因により有機物の少ない下層土が露出し，あるいは運び上げられ，草地の荒廃が進みます。

［質問5］草地退化にともなう土壌有機物の減少と砂の増加の関係は。

［回答5］土壌中の有機物にはさまざまな役割がありますが，重要なものとして団粒形成能があります。草地退化にともない土壌有機物が減少すると，土壌の団粒形成の進行が難くなります。また，本研究で用いた土壌は中性～強アリカル性の土壌であり，水により粘土やシルトが分散しやすい特徴をもつため，侵食されやすい土壌です。これらの原因で土壌有機物

が減少すると，草地土壌は風食と水食を受けて，シルトや粘土は風や水により移動されてしまい，土壌中の含量が減少し，残った砂の含量が増えていきます。

［質問６］ 本研究で得られた結果から，青海チベット高原における退化草地の回復についてどのような対処が必要と考えているか。

［回答６］ 本研究により，調査地の草地土壌の粘土鉱物は，CECの小さなイライト，カオリナイトおよびクロライトを主としており，高いCECの大部分は腐植に依存していました。そのため，有機物に富む資材を供給することがまずは必要と考えます。また，退化した土壌の生産力回復には不足する養分の補給と共に過放牧を規制した適正な牧畜管理が必要であると思います。

［質問７］ 草地土壌の土壌有機物含量の減少にともない土壌養分はどのように変化するか。

［回答７］ 草地退化とともに土壌有機物は減少し，シルト主体の土壌から砂主体の土壌へと変わります。土壌有機物および粘土・シルト画分の減少は，土壌の急激な養分保持力(CEC)の低下をもたらし，可給態養分である交換性Mg，Kが減少します。可給態リン酸や全リン酸は直接，間接に土壌有機物と関係しているため，有機物の減少とともに減少します。一方，土壌pHと炭酸カルシウム含量は有機物の減少とともに大きくなります。これは適正な状態からpHのアルカリ性化，カルシウム過剰への変化であり，土壌生産力は低下します。

［質問８］ 土壌分類上の特徴層位Calcic horizonと識別物質Calcaric materialはどのように違うのか。

［回答８］ Calcic horizon (石灰層)は，二次的な炭酸カルシウムの拡散，あるいは不連続な濃縮により集積した層です。Calcaric materialは，すべての炭酸塩のことです。その特徴は1MHClを用いて，風乾細土に滴下したときに激しい発泡があり，２％以上の$CaCO_3$含量に相当します。

［質問９］ 本文図5.2 (スライド22) に示されている理化学性の直線はどのようにして求めたものか。

［回答９］ 土壌の侵食の強度や草地の退化程度と土壌種類の変化により，土壌中の有機物含量を基準にして土壌中の有機物含量と土壌中の養分含量やpH，シルト含量などとの強い相関関係から回帰直線を求めて作成しました。

［質問10］ 草地退化，土壌生産力の低下は土壌群又は亜群レベルでの土壌の種類の変化をもたらすとあるが，その土壌の変化は腐植，土性，炭酸石灰においてはどのような変化なのか。

［回答10］ 腐植は土壌中の含量の減少ばかりではなく腐植層の厚さも減少します。土性はシルト主体の土壌から砂主体の土壌へ変わります。炭酸石灰の含量は増加します。