

平成 22 年 6 月 4 日現在

研究種目：基盤研究（B）
研究期間：2007～2009
課題番号：19405047
研究課題名（和文） 中央ユーラシアにおける過去一千年紀の生産生態環境の復元
研究課題名（英文） Trial for reconstructing ecological environments in Central Eurasia during a recent millennium

研究代表者

舟川 晋也（FUNAKAWA SHINYA）
京都大学・地球環境学堂・教授
研究者番号：20244577

研究成果の概要（和文）：生産生態資源と気候環境の対応関係を明らかにすることを目的として、中央ユーラシア・テンシャン山脈北部およびアルタイ山脈南西部の山間・山麓地における土壌・植生分布に関する広域調査を行った結果、以下の知見が得られた。1) 標高が上がるにつれ、土壌生成環境は乾燥からより湿潤な洗脱の条件に推移した。2) 両山脈において、西から東へ向けた乾燥傾向の増大が明瞭に観察された。本研究の成果は、気候変動データなどと組み合わせて、時系列的な土壌・植生のマッピング——過去の生産生態環境の復元——に利用可能である。

研究成果の概要（英文）：Extensive surveys on distribution patterns of soils and vegetation were carried out in the foothills and mountain slopes of the Tianshan and Altai Mountains in order to give basic information on relationships between them and climatic conditions. In each of the study regions, as elevation increased, soil-forming environments commonly shifted from dry to moist or more leaching conditions. In both the Tianshan and Altai Mountains, a west-to-east transition toward drier moisture conditions was clearly observed. Based on these results, combining with past climatic data, the regional mapping of soils and vegetation in different historical periods were realized.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2008 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2009 年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
年度			
総計	11,400,000	3,420,000	14,820,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：環境農学

キーワード：気候変動、生産生態環境、テンシャン・アルタイ山脈、土壌・植生分布

1. 研究開始当初の背景

本研究は、考古学的・気候学的アプローチと比べてこれまで試みの少なかった生態学的手法を用いて、中央ユーラシア山間・山麓地における広域的な古生産生態環境の面的復元を目指して計画されたものである。

2. 研究の目的

中央ユーラシアでは、年降水量が 500 mm 以下であるような乾燥・半乾燥地が大部分を占める。一次生産量は、少ない水資源量によって厳しく制限されており、過去平原部においては粗放な牧畜が唯一可能な生業であった。そのよう

な条件の中で、テンシヤン・アルタイ両山脈の山間・山麓地は、豊富な降水や河川水によって例外的に高いバイオマス生産が可能であり、過去から現在まで、牧畜や農業などの人間活動を支える重要な地域であった。これらの地域における植生、一次生産量、土壌資源の分布パターンを明らかにすることは、過去における人間活動や自然生態系に対する人為インパクトを議論する際に、また将来の広域的な土地利用プランを提示する上で重要な課題であるといえる。

中央ユーラシアは 18 世紀以降、政治的には清帝国とロシア帝国に分割され、その結果として、土壌資源に関する科学的な知見も、中華人民共和国と旧ソビエト連邦2国の土壌分類体系に基づいて個々に集積されてきた。したがって両国にまたがる環境変動や人為活動を検討する際には、今日の国際土壌分類システムに基づいて、再度土壌分布を把握し直す必要がある。本研究の目的の一つは、カザフスタン～中国新疆にまたがるテンシヤン山脈北部およびアルタイ山脈南西部の山間・山麓地における土壌分布を、近年提案された土壌分類体系である世界土壌照合基準 (World Reference Base for Soil Resources [WRB] [ISSS-ISRIC-FAO 1998, 2006]) によって統一的に理解することである。

一方、比較的母材条件が均質であれば、気候とそこで生成する土壌の間には一定の関係があることが知られている。伝統的に旧ソ連邦における土壌分類では、このような土壌・植生分布の「成帯性」が重視されてきた。1970 年代に提案された米国の「Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 2006)」においてこの成帯性概念はいったん排除されたものの、近年提案されている WRB においては、土壌を 32 の「Reference soil groups」のカテゴリーに分類することを通して、より旧ソ連邦土壌分類体系に親近性を示した枠組みとなっている。もし旧ソ連邦土壌分類で想定されているように、土壌の性質と気候条件(年平均気温や年降水量)の間に比較的単純な関係を見いだせるならば、特に環境科学的な関心から提起される以下のような課題に取り組む際、有用な知見を提供できると考えられる。

- 1) もし過去の気候変動データが得られれば、地理情報システムを用いて、その時代の土壌や植生の分布を地図上に表現することができるであろう。その上で、
- 2) 例えば炭素動態シミュレーション・モデルと組み合わせ、炭素動態の環境史や人為によるその将来の変容をシミュレートすることが可能であろう。

本研究の目的の2点目として、個々の土壌群および植生の地域的な分布パターンを規定する気候等の環境要因を特定することを目指す。

3. 研究の方法

テンシヤン山脈北部およびアルタイ山脈南西部の山間・山麓地帯において、土壌および植生

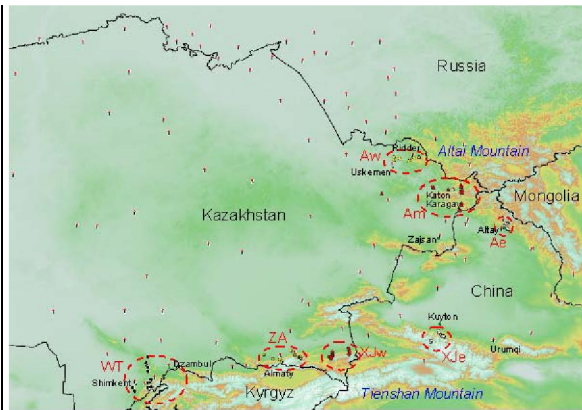


図 1. 調査地および気象ステーションの位置。

分布に関する広域調査を行った(図 1)。調査プロットは、大きく7つの地域に分けて考えることができる。すなわちテンシヤン山脈では、西テンシヤン・シムケント市近郊(WT)、トランス・イリ・アラタウ・アルマティ市南方(ZA)、ケットメン山塊(XJw)、中国新疆クイトン市南部山城(XJe)の4地域、またアルタイ山脈では、西アルタイ・カザフスタン国ウスケメン市近郊(Aw)、同カトンカラガイ渓谷周辺(Am)、中国新疆アルタイ市近郊(Ae)の3地域である。

これらの地域において、全 154 プロット(森林プロット38点、草地プロット116点)の調査を行った(図 1; 後掲の表 1 参照)。土壌調査は、各地域において異なる標高と斜面方向を持つプロットを選定して行った。各プロットにおいて、主要な植生、位置情報、標高、斜面方向および傾斜角を記載するとともに、土壌試料を採取し化学分析に供した。分析項目は、pH、有機炭素含量、炭酸塩炭素含量である。

また月毎の気象データ(気温および降水量)を、Global Historical Climatology Network によって提供されているウェブサイトより収集した。本研究対象地域からは、最終的に 77 点の年平均気温データ、17 点の年降水量データが、解析に利用可能であった(図 1)。

4. 研究成果

- (1) テンシヤン山脈ケットメン山塊(XJw)における土壌・植生分布の垂直成帯性

XJw 地域における土壌・植生の垂直成帯性には、明瞭な傾向が観察された。標高 1,300 m 以下では沙漠に類似した景観が見られ、土壌は WRB 分類によればほとんどが Calcisols か Cambisols に分類された。土壌有機物の蓄積量は小さく、土壌断面を通して明るい黄色～灰白色を示した。しかしながら旧ソ連邦分類によれば、これらの土壌のあるものは Northern Sierozems に分類され、春季短期間の一年生植生を持つという点で、疎らな小灌木植生が主体となる沙漠土壌(Brown soils, Gray brown soils)と区別される。標高 1,400 m を超えると、植生の高さやバイオマス量は増大し、特に北向き斜面においては

表層土壌の色はより暗色を示した。表層土壌の有機物含量も増大し「モリック層」の基準を満たすとともに、炭酸塩集積層もより深層位に出現した。このような土壌は Kastanozems に分類される。標高約 1,550 m 以上では、しばしばより高濃度の土壌有機物を集積し、表層土壌の色もより黒色である(マンセル・カラーで彩度が 2 以下である) Chernozems が出現した。植生としては、背の低い落葉広葉樹林と背の高い草本が混在した。標高 1,800 m 以上では、特に北斜面において、しばしば土壌断面中より炭酸塩集積層が消失した Phaeozems が分布し、植生としてはトウヒ林が見られるようになる。標高 2,000~2,500 m では、土壌はより進んだ洗脱環境のためしばしば酸性を示し、Umbrisols が卓越して分布した。標高 2,500 m 以上ではほぼトウヒ林は消失し、高地草原が卓越した。ここに分布する土壌は主として Umbrisols であり、有機物蓄積量が少なければ Cambisols に分類される。

図 2 に、表層 20 cm の土壌 pH と、表層 30 cm までの土壌有機炭素蓄積量を標高に対してプロットしたものを示した。このように XJw 地域では、標高の上昇に従って、降水量の増大あるいは気温低下に伴う蒸発散量の減少の結果、炭酸塩が洗脱され土壌 pH が低下するとともに、一次生産量の増大あるいは土壌有機物分解速度の低下に伴い土壌有機物蓄積量が増大した。プロットの立地条件を説明変数とした重回帰分析によれば、土壌 pH、土壌有機炭素 (SOC) および無機炭素含量 (CO₃-C) を以下のように求めることができた ($n = 34, p < 0.15$)。

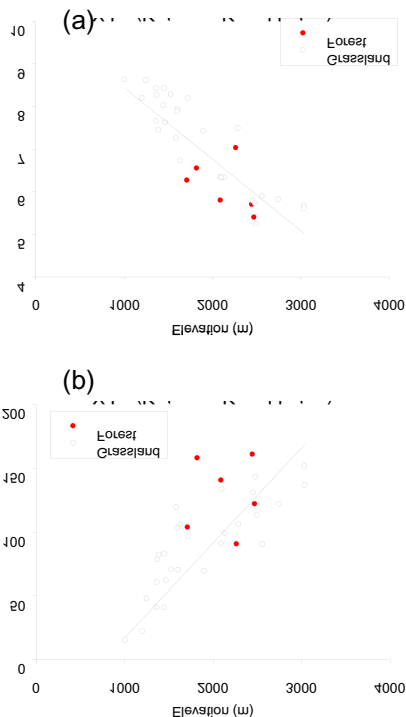


図 2. XJw 地域における標高と表層土壌 pH(a)および有機炭素蓄積量(b)の関係。

$$\text{pH}(\text{H}_2\text{O}) = 33.5 - 3.52\ln(\text{elevation [m]}) - 0.441\cos(\text{slope direction}) \quad (r^2 = 0.85^{**})$$

$$\text{SOC (Mg ha}^{-1}\text{)} = -696 + 105\ln(\text{elevation [m]}) + 30.7\cos(\text{slope direction}) \sin(\text{slope gradient}) \quad (r^2 = 0.65^{**})$$

$$\text{CO}_3\text{-C (Mg ha}^{-1}\text{)} = -290 - 33.7\ln(\text{elevation [m]}) - 46.8\sin(\text{slope gradient}) \quad (r^2 = 0.46^{**})$$

ここで斜面方向 (slope direction) は、北向き(0°)から東(90°)、南(180°)、西(270°)というように数値化されている。このように XJw 地域の土壌の理化学性は、標高や斜面方向といった環境パラメーターの変動により説明することが可能であった。

(2) テンションおよびアルタイ山脈各地域における土壌・植生分布パターンの比較

テンション山脈北部およびアルタイ山脈南西部各地域における土壌・植生分布パターンを表 1 と図 3 にまとめた。

表 1. 各調査地域に分布した参照土壌群 (Reference soil groups).

Region	Number of samples						
	Cambisols (CM) and Leptsols (LP)	Calcisols (CL)	Kastanozems (KS)	Chernozems (CH)	Phaeozems (PH)	Luvissols (LV)	Umbrisols (UM)
Tianshan Mountain							
West Tianshan (WT)	11	5	3	0	2	10	0
Transil-Aratau (ZA)	1	2	2	3	2	0	5
Ketmen range (XJw)	2	5	5	5	6	0	11
Kuyton region (XJe)	5	6	10	0	2	0	0
Altai Mountain							
West Altai (Aw)	1	0	1	1	0	7	2
Katon Karagay (Am)	5	1	3	2	6	0	1
Altay region (Ae)	4	6	3	0	8	0	0
Total	29	25	27	11	26	17	19

* Classified according to World Reference Base for soil resources (WRB) (2006).

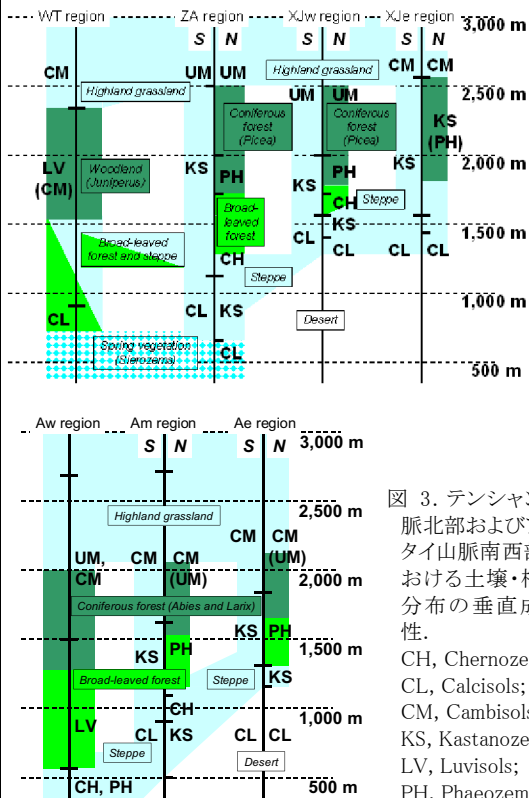


図 3. テンション山脈北部およびアルタイ山脈南西部における土壌・植生分布の垂直成帯性。
CH, Chernozems;
CL, Calcisols;
CM, Cambisols;
KS, Kastanozems;
LV, Luvissols;
PH, Phaeozems

XJe 地域(中国新疆)。前述したように XJw 地域では、中標高帯の北向き斜面において森林植生が観察された。しかしながらそのような森林植生は、テンシヤン山脈中国側の XJe 地域では著しく減少した。XJe 地域では落葉広葉樹林帯は存在せず、限られた面積のトウヒ林が北側斜面に点在するのみであった。図 3 にまとめたように、薄いモリック層と浅い炭酸塩集積層を持つ Kastanozems が XJe 地域で見られる主な黒色系土壌であり、XJw 地域ではしばしば Kastanozems のより湿潤側に分布していた Chernozems や Phaeozems は、XJe 地域ではほとんど見られなかった。土壌分析結果によれば、XJe 地域では中～高標高帯域における表層土壌の pH が、テンシヤン山脈他地域と比べて相当程度高かった。また旧ソ連邦分類による、春植生を伴った Northern Sierozems も XJe 地域には存在しなかった。以上の結果より、テンシヤン山脈西部(カザフスタン側)と比べて、テンシヤン山脈東部地域(中国新疆)は、より乾燥した気候条件下におかれていると推察される。さらにカザフスタン南部と比べてより強度であったと想定される、中国新疆地域における人為活動が森林劣化を加速した面もあったと考えられる。

ZA 地域(トランス・イリ・アラタウ)。東に隣接する XJw 地域と比べて、ZA 地域における草地と沙漠帯の境界はより低標高側に位置し、落葉広葉樹林帯の下方境界もより低標高帯側に存在した(図 3)。またモリック層で特徴付けられる黒色表層を持つ土壌群が、標高 700 m 以上から高標高地まで幅広く分布した。本地域の北側(タルディ・クルガン市東方のカザフスタン・中国国境帯)に隣接するジュンガル・アラタウが ZA 地域と似たような、しかしそれぞれの土壌・植生帯の境界がおよそ 200 m 程度ずつ下方へ移動した垂直成帯性を示すこと(広域調査のみ終了済)を考えると、イリ盆地の底部(XJw 地域の低標高帯)がフェーン現象の影響を受け、特別に乾燥していることも考えられる。

WT 地域(西テンシヤン)。テンシヤン山脈西部において南東から北西方向へ分岐するカラタウ山脈は、テンシヤン山脈と比べてより古い時代に形成されたもので、北東側のイリ・シュー川流域とより温暖な南カザフスタン州を分ける気候条件上の境界ともなっている。カラタウ山脈の南西側に位置する WT 地域では、草地帯の Kastanozems や森林帯の Phaeozems のようなモリック層を持つ土壌はほとんど見られなかった。これに対応する山腹中標高帯では、ビヤクシンの疎林が草地に混在する景観が、また土壌としては粘土集積層を持つ Luvisols が卓越し分布していた。WT 地域では、高温で乾燥した夏季の存在が森林植生の存在やモリック層の生成を妨げているものと考えられる。また土壌や景観の南北の斜面による差はあまり顕著には見られなかった。山麓部の乾燥した平地近くに分布する Southern Sierozems(旧ソ連邦分類)においてさ

えも、土壌中における粘土生成や粘土皮膜の存在が確認できた。これら XJw 地域より西部のテンシヤン山脈北麓で観察される、春季短期間の草地植生と Sierozems(WRB では Calcisols)の存在は、家畜生産における意義という観点からとりわけ重視されるべきものだと考える。

Ae 地域(中国新疆アルタイ市近郊)。アルタイ山脈における森林帯の上限は、高緯度・低温条件を反映して標高 2,000 m 程度と、テンシヤン山脈と比べると低くなっていた(図 3)。ジュンガル盆地は沙漠気候下にあるため、これに隣接する Ae 地域の低標高帯でも沙漠気候の下、Calcisols が分布した。標高 1,200 m 以上では灌木植生が、山腹の中標高帯では 1,400 m 近辺よりポプラやカンバなどの落葉広葉樹林が、また森林帯上部ではモミやカラマツの針葉樹林が分布し、2,000 m 以上で高地草原に遷移した。土壌は中標高帯では Kastanozems や Phaeozems が卓越して分布し、高標高地ではおそらく一次生産量が制限されるためであろうが、土壌有機物含量がそれほど高くない Cambisols(酸性)が主として分布した。

Am 地域(カザフスタン・カトンカラガイ渓谷周辺地域)。前述のアルタイ山脈・中国新疆地域と後述の西アルタイの中間的様相を示した。平原上の成帯性土壌は Kastanozems であり、モリック層を持つ Kastanozems、Chernozems、Phaeozems の分布域が標高 1,600 m の中標高帯まで伸びていた。このあたりの植生は落葉広葉樹林であり、これより高標高帯域では、植生はモミ等の針葉順林、後に高地草原に移行し、土壌は Cambisols(酸性)が主として分布していた。

Aw 地域(西アルタイ)。中国新疆からカザフスタンに至るアルタイ山脈南西部における平原上の成帯性土壌は、中国側で Calcisols であるのに対し、カザフスタン側では Kastanozems である。Aw 地域では、落葉広葉樹林帯の下限が標高 500~600 m 近辺まで下がっており、これを反映してこの標高帯の土壌では Luvisols が卓越した。森林帯の下半が落葉広葉樹林であるのに対し、上半では針葉樹林が分布し、標高 2,000 m 以上では高地草原が卓越した。標高が上がるにつれ、主要土壌は Luvisols から Cambisols(酸性)に遷移した。このように本研究で調査したアルタイ山脈南西部における東西の地域間差は主として低標高帯において観察された。すなわち、沙漠と草地、草地帯と森林帯、森林帯の中でも落葉広葉樹林帯と針葉樹林帯の境界は、いずれも西から東へ向けてより乾燥条件が厳しくなるにつれて上昇した。また表層土壌の pH の傾向もこれとよく一致した。

図 3 にまとめたように、Kastanozems や Chernozems 分布域の高標高側(湿潤側)に、テンシヤン・アルタイ両山脈とも最西部域(WT および Aw 地域)にのみ Luvisols が分布した。一方他の地域では、この領域に分布するのは Phaeozems であった。

(3) 環境パラメータを用いた土壌・植生分布パターンのシミュレーション

出現土壌や植生タイプと気候条件の関係を論じる際、気温や降水量といった気象観測データは不可欠であるにもかかわらず、山間地においてこれらのデータを収集することは一般に困難である。そこで本研究では、位置情報など二次データセットを用いて、調査対象地域における年平均気温や年降水量の推定を試みた。年平均気温および年降水量の実測値には、Global Historical Climatology Networkによってウェブ上で提供されたデータベースを用いた。対象地域からは、最終的に77点の年平均気温データ、17点の年降水量データが、解析に利用可能であった。

図4aに示したように、年平均気温(AT)は、観測地の緯度および標高データにより、正確な推定が可能であった。

$$AT = 51.2 - 0.901(\text{Latitude [degree]} - 0.00574(\text{elevation [m]}) \quad (n = 77, r^2 = 0.86^{**})$$

これに対し年降水量に関しては、位置情報のみによる推定が困難であった。そこで、本研究でここまで解析してきた土壌 pH と土壌の洗脱程度の関係に着目し、観測地の位置情報と周辺土壌表層の pH を用いて、以下のような式で年降水量を推定することに成功した(図4b)。

$$PPT = 2670 - 28.6(\text{Latitude [degree]} - 125(\text{Soil pH}) \quad (n = 17, r^2 = 0.70^{**})$$

この式の妥当性は、今後さらに多くのデータベースによって厳密に検証される必要があるが、本論ではこれ以降、本研究で調査した各プロットの分布土壌や植生と気候条件の関係を検討するためにこれらの式を用いることとする。

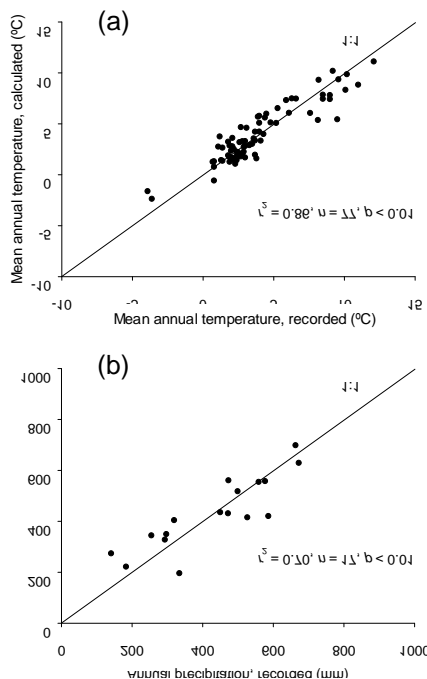


図4. 気象ステーションにおける実測値と二次データセットによる推定値の比較。(a) 年平均気温、(b) 年降水量。

図5は、前述の式に基づいて算出した各調査プロットの年平均気温、年降水量を、それぞれ(a)WRBにおける参照土壌群毎、(b)代表植生毎に凡例を分けてプロットしたものである。図5aによれば、もっとも乾燥した土壌群は Calcisols であり、これはおおむね年降水量400 mm以下の乾燥帯に分布している。一方もっとも湿潤な条件下で生成した土壌は Umbrisols であり、年平均気温0°C以下、年降水量600 mm以上の冷涼・湿潤な気候帯に分布している。モリック層を持つ黒色表層系土壌(Kastanozems、Chernozems、Phaeozems)は、それぞれかなり狭い気候帯域に分布する。また Luvisols は2つの異なる気候帯域に分布するように見える——年平均気温0°C近辺で黒色表層系土壌と混在するグループと、年平均気温5°C以上の黒色系土壌高温側限界域に分布するグループに分けることができよう。また図5bによれば、草地帯乾燥側限界域に灌木状植生が卓越すること、落葉広葉樹は針葉樹と比べてより温暖・湿潤な条件下で分布すること、針葉樹の中ではトウヒがモミよりも湿潤な条件下で卓越していること、などを見て取ることができる。

ここで用いた気候条件の推定はなお仮設的なものであるが、このようなアプローチが土壌・植生の分布パターンに関して有用なヒント、情報を与えてくれることは確かであろう。緒論で述べたように、これらの情報を用いることによって、特に環境科学的な関心から提起される以下のような課題に取り組む際、有用な知見を提供できると考えられる。

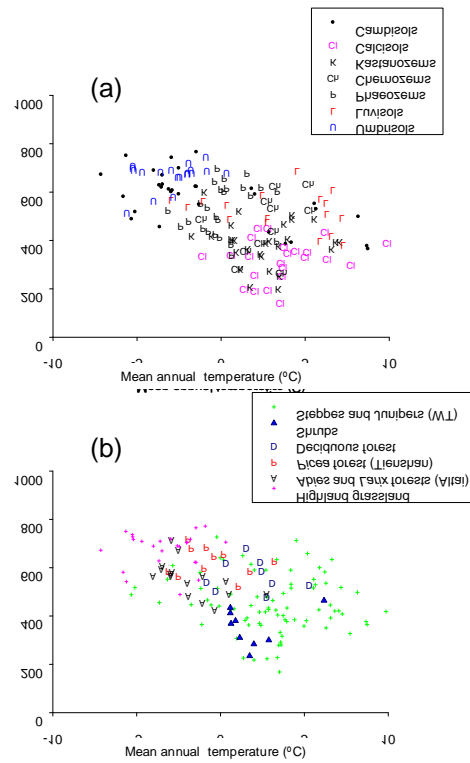


図5. 本研究における調査地点の年平均気温と年降水量推定値。(a) 参照土壌群および (b) 植生タイプによるプロット。

- 1) もし過去の気候変動データが得られれば、地理情報システムを用いて、その時代の土壌や植生の分布を地図上に表現することができるであろう。その上で、
- 2) 例えば炭素動態シミュレーション・モデルと組み合わせて、炭素動態の環境史や人為によるその将来の変容をシミュレートすることが可能であろう。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① Pachikin K, Erokhina O, Funakawa S 2009: Properties and distribution pattern of soils in Kazakhstan. *Pedologist*, 53(1), 30-37 (査読無).
- ② 舟川晋也, 小崎隆, 矢内純太 2008:1. カザフスタンにおける最新土壌研究—乾燥地・半乾燥地における持続的土地利用とは何か?—, [講座]アジアにおける多様な土壌と我が国ペドロジストによる研究の最前線, 土肥誌, 79(4), 399-407 (査読無).
- ③ Takata Y, Funakawa S, Akshalov K, Ishida N, Kosaki T 2008: Regional evaluation of the spatio-temporal variation in soil organic carbon dynamics for rainfed cereal farming in northern Kazakhstan. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54(5), 794-806 (査読有).
- ④ Sawada K, Funakawa S, Kosaki T 2008: Soil microorganisms have a threshold concentration of glucose to increase the ratio of respiration to assimilation. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 54, 216-223 (査読有).
- ⑤ Sugimori Y, Funakawa S, Pachikin KM, Ishida N, Kosaki T 2008: Soil salinity dynamics in irrigated fields and its effects on paddy-based rotation systems in southern Kazakhstan. *Land Degrad. Develop.*, 19, 305-320 (査読有).
- ⑥ Kadono A, Funakawa S, Kosaki T 2008: Factors controlling mineralization of soil organic matter in Eurasian steppe area. *Soil Biol. Biochem.*, 40, 947-955 (査読有).
- ⑦ Funakawa S, Kosaki T 2007: Potential risk of soil salinization in different regions of Central Asia with special reference to salt reserve in deep layers of soils. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 53, 634-649 (査読有).

[学会発表] (計 11 件)

- ① Funakawa S, Shinjo H, Kadono A, Kosaki T 2009: Factors controlling the in situ decomposition rate of soil organic matter in different bioclimatic conditions of Eurasia. 9th Conference of the East and Southeast

Asian Federation of Soil Science. Oct. 27, Seoul, Korea.

- ② 舟川晋也, 森岡こころ, Pachikin K, 王根緒, 窪田順平 2009: 中央ユーラシア山間・山麓地における土壌分布規定要因の解析. 日本ペドロジー学会 2009 年度大会, 2009 年 4 月 3 日, 京都テルサ(京都市)
- ③ 森岡こころ, 舟川晋也, 窪田順平, Pachikin K, 王根緒 2009: 中央ユーラシア山間・山麓地における土壌有機炭素蓄積量とその規定要因. 日本ペドロジー学会 2009 年度大会, 2009 年 4 月 3 日, 京都テルサ(京都市)
- ④ Takata Y, Funakawa S, Akshalov K, Ishida N, Kosaki T 2007: Analysis of spatial and temporal variation of soil organic carbon budget in northern Kazakhstan. 8th Conference of the East and Southeast Asian Federation of Soil Science. Abstracts, Oct. 22, Tsukuba International Congress Center. (Tsukuba)

[図書] (計 1 件)

- ① Funakawa S, Yanai J, Takata Y, Karbozova-Salnikov E, Akshalov K, Kosaki T 2007: Dynamics of water and soil organic matter under grain farming in Northern Kazakhstan - Toward sustainable land use both from the agronomic and environmental viewpoints. In *Climate Change and Terrestrial Carbon Sequestration in Central Asia*. Eds. R. Lal, M. Suleimenov, B.A. Stewart, D.O. Hanson, and P. Doraiswamy. p.279-331, Taylor & Francis, Leiden, Netherlands.

[その他]

ホームページ等

<http://rafale.kais.kyoto-u.ac.jp/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

舟川 晋也 (FUNAKAWA SHINYA)
京都大学・地球環境学堂・教授
研究者番号: 20244577

(2) 研究分担者

小崎 隆 (KOSAKI TAKASHI)
首都大学東京・都市環境科学研究科・教授
研究者番号: 00144345
(H21 連携研究者)
真常 仁志 (SHINJO HITOSHI)
京都大学・農学研究科・助教
研究者番号: 70359826