

特集

モンゴル: 環境立国の行方 [モンゴルの自然環境]

モンゴル草原はどう維持されてきたか？: 生態気候システム学的序説

気候学からみたモンゴル高原

モンゴル草原は、遊牧と草原生態系が一体となって維持されてきた寒冷な中高緯度のユニークな自然のシステムである。この草原の成立は、チベット高原の形成に関連したアジア大陸での気候変化が密接に関係していると推測される。現在の草原は、夏の降水量により維持されているが、この降水量は草原からの蒸散による水蒸気の供給に依っており、草原生態系による水の再循環系が維持されている。草原の維持には、遊牧も大きな役割を果たしている。すなわち、モンゴルにおける草原と遊牧は、草原生態系と気候系が、水循環と物質循環を介しつつ、長い地球史の中で共進化してきたシステムとして捉える必要がある。

安成哲三

やすなり てつどう

名古屋大学地球水循環研究センター、
地球フロンティア研究システム水循環予測
研究領域(アジア地域の気候と水循環研究から地球環境問題を考えている)。e-mail: yasunari@ihas.nagoya-u.ac.jp

モンゴルに来て、見渡す限りの草原とそこに住む家畜の群れと遊牧民のゲル(移住テント)をはじめ見たときの透きとおったような爽やかさを、私はいまだに忘れられない。そして、ここを訪れた多くの人たちが大なり小なり、同じような印象と感銘を受けているようである。それは、都会に住む私たちが忘れていた、人と自然がまさに一体となって生きている姿を見出した時の郷愁と安堵感からくるのかもしれない。

そのモンゴルの草原と遊牧が、現在、さまざまなカタチの危機に直面している。そのひとつは、シベリアからこの地域で急激に進行している気候の温暖化と乾燥化である。モンゴルの冬季の気温は、過去30年間、約5°Cも上昇しており⁽¹⁾、これが冬から春の降雪状態の変化などを通して、ゾド(寒候期の雪害などによる家畜の被害。本特集の森永由紀・篠田雅人論文参照)と関連している可能性がある。また、中国の黄土高原、内モンゴルからモンゴルにかけては、夏季の乾燥化が進行しており⁽²⁾、後述するように、遊牧にとって最も大事な夏季の草原の状態に大きな影響を与えている。

これに加えて、モンゴルの「民主化」以降の社会経済体制の変化は、草原と遊牧に深刻な変化を強いている。ウランバートルを中心とする都市化と「近代化」は、草原生態系の改変、破壊に拍車

をかけている。例えば、自動車の普及により、牛馬に替わって自動車をゲルの移動に利用する遊牧民が増えているが、これは、自動車の轍(トレール)による草原の破壊を急速に進めている。土地の私有制の開始は、土地の共有を前提としていた遊牧生活そのものへの脅威にもなっている。

このような今、中緯度で唯一といえるモンゴル草原が、どのような気候学的生態学的条件で維持されてきたかを、改めて考察することは重要であろう。この小論では、草原を、気候系と生態系を有機的につながった一体のシステムとしてどう理解できるかという生態気候システム学的視点からの考察を試みる。

アジアモンスーンと乾燥地域の形成

モンゴルの半乾燥気候の形成は、第3紀後半から第4紀にかけてのチベット高原の上昇と密接に関係していると考えられる。すなわち、高原の上昇に伴い、アジア大陸の東南地域では、湿潤なモンスーン気候が、高原の北西方向の大陸内部では乾燥気候が、それぞれ広がり、強まっていく。モンゴル地域の乾燥化もこの一部として進行したと考えられるが、中央アジアの乾燥化との大きな違いは、東アジアへのモンスーン気流の北上に伴い、夏季に比較的湿潤な気候が現れたことである。

特集

またユーラシア大陸全体の第3紀以降の寒冷化に伴う偏西風ジェット南下は、この地域への偏西風じょう乱(低気圧)による降水を増やし、夏季の湿潤化をさらに進めた可能性もある。著者らによる最近の大気海洋結合気候モデルによる数値実験⁽³⁾では、高原が現在より20~40%の高さの時にむしろ湿潤で、その後は、現在のような半乾燥気候に変化していくことが示された。このことはモンゴルの草原生態系の進化を考える上で、重要な意味があるかもしれない。現在が同じ気候でも、過去の気候が湿潤であったか乾燥であったかにより、異なった生態系になることもありうるであろう。このことは、気候と植生を、現在の状態をもとに、ほぼ1対1の静的な対応関係で考えてきたケッペンの気候分類の妥当性を再考する必要も示唆している。

水循環からみた草原の生態系と気候

モンゴルの草原は、植生活動の季節変化から、主として夏の降水によってその植生(生態系)が維持されていると考えられる。そこで、モンゴル地域の夏の降水のもとになる水蒸気がどうこの地域に供給されているかを、大気水収支法により算定してみた。この地域全体の気候ボックス(95 E-115 E, 42 N-50 N)での水収支は、水蒸気量の時間変化が非常に小さいと仮定すると、降水量をP、水蒸気輸送量の収束(発散)量をC、蒸発散量をEとすると、 $P=C+E$ という簡単な式で記述できる。Pは地上観測データと衛星データから算定されている全球格子点降水量データ⁽⁴⁾を用い、Cを全球客観解析気象データ⁽⁵⁾の水蒸気量、風速、気圧などから計算すると、Eはこれらふたつの残差として推定できる。この手法により求めた過去約20年間の大気水収支の平均的な季節変化が図1に示されている⁽⁶⁾。もちろん推定の誤差はあるが、モンゴル地域では、降水量の多い夏季を中心に、 $P \approx E$ であることがわかる。即ち、この地域に降る降水は、ほとんどその地域からの蒸発散量に依っていることになる。この地域の大部分は草原植生に覆われているので、草原の光合成活動に伴って蒸散した水蒸気がそのまま雲を形成し、降

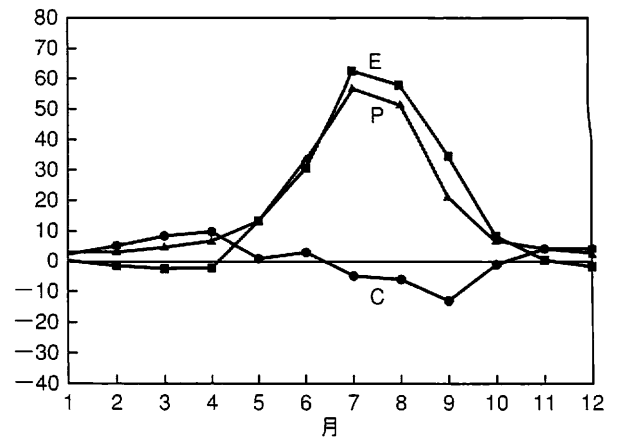


図1—現在のモンゴル草原における大気水収支の平均的な季節変化。P: 降水量, E: 蒸発散量, C: 水蒸気輸送の収束量。単位はmm/月。15年間(1979~93)のデータを用いて計算。

水となって再び地上に戻るという、水の再循環が活発に起こっていることを示唆しているわけである。降水が草原を生かしていると同時に、草原もまた、蒸散→雲の形成→降水という水の再循環を維持することにより、自らの生存を保っているともいえる。

降水の季節進行と草原植生の活動

前節では、夏季の降水量と草原からの蒸発散量が、水の再循環を通して、ほぼバランスしていることを指摘したが、では、この地域の降水量と草原の活動の年々変動は何によって決まっているのであろうか。モンゴル中部のアルバイヘルで2年間(1999~2000年)にわたる観測から、興味ある結果が示唆されている。この観測地点は、国際共同研究プロジェクトGAME(アジアモンスーンエネルギー・水循環研究観測計画)の一環で行われたアジア地域地表面エネルギー収支観測ネットワークのひとつの観測サイトであり、1998年以降、熱収支と地表面状態の集中観測が行われた⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

さて、1999年夏は、葉面積指数(LAI)などでみた植生の状態が良好であったが、2000年夏は非常に貧弱であった。これに伴う蒸発散(潜熱フラックス)も、99年が大きく、2000年は小さかった。このふた夏の総降水量を比較したところ、両年とも平年の200mm程度に較べ、140mm程度とかなり低めであったが、年による違いはあまりなかった。しかし、99年は夏の初め(6~7

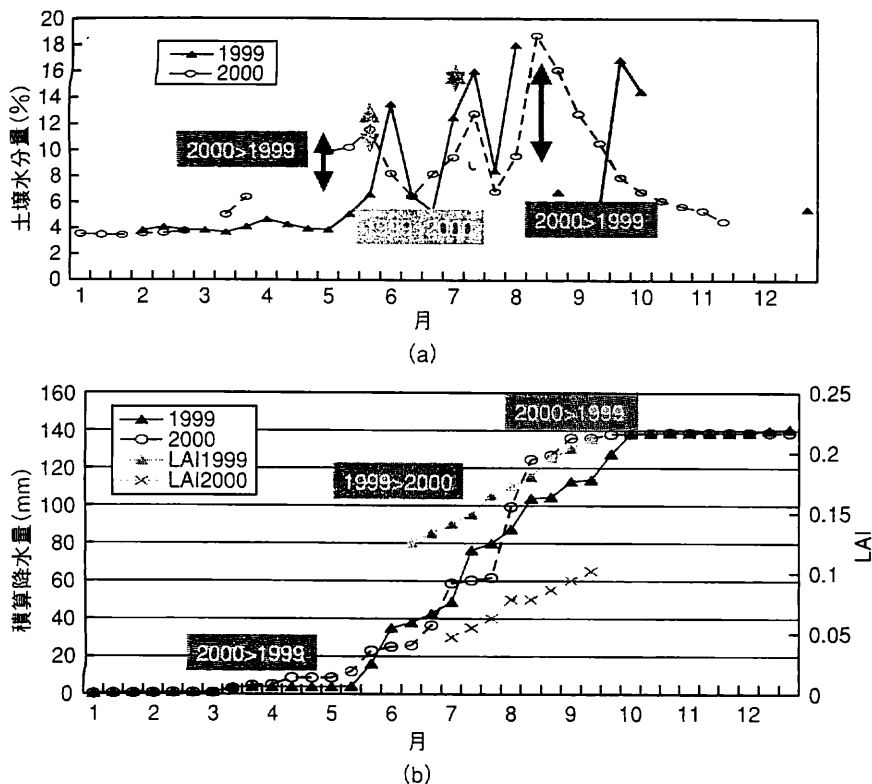


図2—1999年と2000年のモンゴル中部アルバイヘルにおける(a)土壌水分と(b)積算降水量とLAI(葉面積指数)。単位は%(土壌水分量), mm(積算降水量)。LAIは表面積に対する割合。

月)にかなりの雨が短期間にあったのに対し、2000年は、夏の後半に集中していた(図2)。この違いが、実は夏季における植生指数と蒸発散量の季節変化とその値の違いに大きく関与していることがわかった。

この観測結果は、まだ詳しく解析中であるが、夏の初めの草原植生の生長期に、十分な雨とそれによる十分な土壌水分が維持されるかどうか、その後の植生活動に大きく影響し、ひいては蒸発散量も大きく左右する可能性を示唆している。このことは、「夏の初めの雨がその年の草を決める」という現地の遊牧民にも経験的によく知られている事実を裏付けているようである。

新しい生態気候システム学の必要性

モンゴルの草原生態系は、ここに述べてきたように、水循環を(そしておそらく炭素循環も)通して、広域の草原スケールの気候あるいは大気状態と、密接に相互作用しながら維持されていることが明らかになってきた。さらに草原とともに生きる羊や馬などの放牧の動物たちも、同じ相互作用系の一員として組み込まれていると考えられる。私たちがはじめてモンゴル草原に気象観測システ

ムを設置したとき、これらの動物たちから守るために柵を作ったところ、ひと夏過ぎる頃には、柵の中は、草が茫々になり、外の本来の草原とはまったく異なる草の状態になってしまった。これは、現在の広大な草原の生態系の維持に、家畜の放牧・遊牧そのものが能動的に関与していることを示している。モンゴルにおける草原と遊牧は、動物群を含む草原生態系と気候系が、水循環と物質循環を介しつつ、しかも長い地球史の中でのいくつかの初期・境界条件のもとに共進化してきたシステムとして捉える必要がある。

モンゴルの遊牧を半世紀以上も前に調査していた今西錦司は、表現は違うが、すでにこのような歴史の時間軸も含めた考察の必要性を論じていた。「生態学という学問は、……なんでも現象と現象のあいだの関係を、とらえようとする。だから、気候や土壌といったような無機的自然と、植物のような有機的自然とを、その相互間の関係という立場において、これを一つの視野のなかにもってこることができる。……」

人間の、自然としての草原に対する働きかけぶりの、生態学的価値判断ということ、生態進化史を通じて、試みてみたい……」⁽⁹⁾。

しかし、その後の生態学は、必ずしも、生物と

気候・土壌系(環境)の相互作用ではなく、気候・土壌系(環境)を生物に影響する環境要因として考える視点が強くなっていった。いっぽう、気候学や土壌学も、それぞれ独立した学として、生物的要因を単に気候や土壌を反映する外部要素として捉えてきた。あるいは、最近の気候モデルに見られるように、気候を決める境界条件としての取扱いにとどまっている。

モンゴルの草原に展開されてきた、そして今の展開されている遊牧の意味と問題をより深く掘り下げて考えるとき、草原はどう進化し、維持されてきたかを考察する新たな生態気候システム(Eco-Climate System)的な視点が、必要であろう。

文献

- (1) T. Yasunari & M. Nishimori & T. Mito: J. Meteor. Soc. Japan, 76, 517(1998)
- (2) A. Yatagai & T. Yasunari: J. Meteor. Soc. Japan, 76, 799(1994)
- (3) M. Abe & A. Kitoh & T. Yasunari: J. Meteor. Soc. Japan(2003) (submitted)
- (4) P. -P. Xie & R. Arkin: Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, 2539(1997)
- (5) E. Kalney et al.: B. Amer. Meteor. Soc., 77, 437(1993)
- (6) T. Yasunari & A. Yatagai & K. Masuda: Proc. 2nd Int. Conference on Reanalysis, 985, 261(2000)
- (7) S. Miyazaki & T. Miyamoto & I. Kaihotsu & T. Yasunari & G. Davaa & D. Oymbattar & L. Natsagdorj: Proceedings of the 5th International GAME Conference, vol. 1, 107(2003)
- (8) 宮本 格: 筑波大学環境科学研究科修士論文(2001)
- (9) 今西 錦司: 草原の自然と生活, 遊牧論そのほか, 平凡社ライブラリー(1944)

編集部が届いた本から

中村収三著
実践的工学倫理
みじかく、やさしく、役にたつ

化学同人 2003年 B5変形判
156ページ 1900円(本体)

目次

- I部 工学倫理教育を考える
II部 技術者OBが教える実践的工学倫理
4章 専門職と組織人の倫理
8章 事例から学ぶ
III部 わたしの講義録



1999年に起こったJCOの臨界事故をはじめとして、近年、雪印乳業、三菱自動車、みずほ銀行、東京電力など、企業倫理に関わる事件が続出している。しかし、これははたして一部の企業だけが「特異的に」病んでいることの現れであろうか？

著者は、「『安全と安心は別物』であることを認識し、技術者が安全だと思っただけでは不十分だし、大衆が安心しているだけでも不十分」であると、技術者は、組織と社会両方の視点を持つべきだと説く。そこには、技術者に対する要求だけではなく、社会に対しても成熟を求める公平な目がある。本書は、決して個々の事例対応を詳細に記したマニュアルではない。しかし、こういった過去の苦い失敗を教訓として伝え、次代の技術者たちに自ら考えさせるという「場」の提供こそ、社会が大学教育に求めている役割の1つだと考える。