

# 世界の乾燥地から見たモンゴルの気候-生態システム: その研究の潮流と展望

鳥取大学・乾燥地研究センター 篠田雅人

## 1. 生態気候学の事始

大気-陸域相互作用が気候変動に及ぼす影響に関する仮説を、初めてモデル研究により示したのは Charney (1975)である。これは、サハラ砂漠南縁のサヘルにおけるアルベドを変えたときのモデル大気の感度実験である。彼以降のモデル研究から、干ばつや砂漠化に起因する地表面状態の変化がその相互作用によって強められる(正のフィードバック)可能性が示されてきた(図1中)。さらに、モデル研究は陸面過程のより現実的な再現を目指し、フィードバックを明示的に扱う気候-生態系結合モデルの時代に入ってきた。このような流れのなかで、ガイア仮説で有名なラブロックらは、単純な0次元エネルギー平衡モデルを用い

近年では、地球表層の物理過程を生態系との関連に重きを置いて捉えようとする潮流も見える。たとえば、Ecological Climatology (Bonan, 2002) や Eco-hydrology というキーワードがついた専門書が出版されている。Bonan (2002)は、気候にとって生態系を大気下部境界条件として静的に捉えるのではなく、両者を同程度に動的に扱う立場をとっている。「ガイア理論についてのチャップマン会議」を開催したことがあるアメリカ地球物理学連合では、2006年から *J. Geophys. Res.-Biogeosciences* というタイトルの学会誌が発刊されたが、この分野への強い関心を窺わせる。

## 2. モンゴルの気候-生態システム

広大なユーラシア大陸は多様な気候と生態系をもつが、モンゴルには生態系にとって極限的な環境である乾燥・寒冷気候を内包している。この極限的な気候・土壌(非生物的)環境にはそれに適応した生態系が存在しているが、それは極限環境の閾値近傍で生じるわずかな気候変動から大きな影響を受けやすい。

モンゴルについて、安成(2003)は遊牧も含めた生態系と気候の相互作用研究(生態気候システム学)の重要性を述べた。モンゴル草原による気候調節機能(負のフィードバック)の一例に示すと(図1下)、

「干ばつ→土壌水分の減少→植被の減少/枯死植被の増加→蒸散の減少/蒸発の減少」であるが、このあと偶発的な降水があれば、「土壌水分の増加→植被の増加→蒸発散の増加→降水の増加」(干ばつの抑制)というプロセスが進む可能性を指摘できる。講演者らはこの仮説のようなプロセスも含めて、干ばつが植生・蒸発散・土壌水分に及ぼす影響を野外実

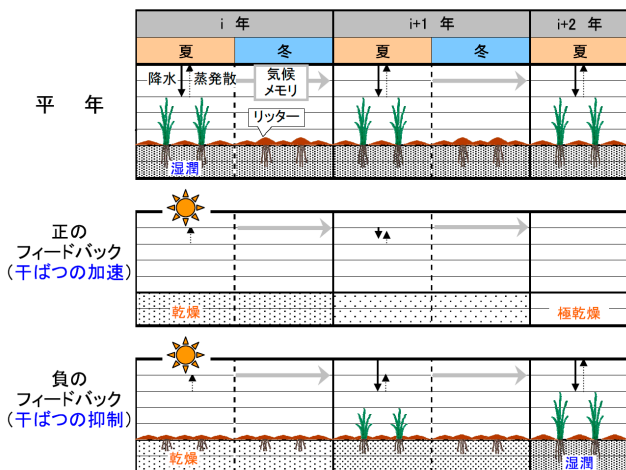


図1 干ばつ状態の加速・抑制(正・負のフィードバック)

上段: 平年の季節変化では、冬季には土壌水分が凍り、リッターが残ることでその状態が翌年まで繰り越される(気候メモリ)。  
中段: 土壌水分・蒸発が減り干ばつが加速される。  
下段: 植生が回復し干ばつが抑制される。

て、生物圏による自動温度調節機能(負のフィードバック)を示した(Watson and Lovelock, 1983)。

験により調べている。

### 3. 気候メモリ

気候メモリを「大気の物理量(気温・水蒸気量・降水量など)における季節変化成分あるいは経年変化成分の偏差を、その発生以降、引き継ぎ、保持する地球表層における大気以外のサブシステム(土壌水分、植生、雪氷、海面など)の働き」と定義する(篠田, 2005)。たとえば、平年より降水が多い、あるいは、少ないという状態が土壌水分として維持されていく現象が降水の経年変化成分のメモリである(図2)。

これまで、乾燥地における土壌水分メモリの地理的な違いを調べてきた(篠田, 2005)。サヘルのような低緯度乾燥地域では、蒸発散が大きいいため、雨季にできた土壌水分の経年偏差が比較的早く消滅するのに対して、中緯度の乾燥地における冬の降水偏差は、積雪メモリ→土壌水分メモリとして、比較的長く維持される。モンゴルでは積雪が小さいため、その春の土壌水分に対する影響は小さい。一方、少雪と冬の低温のため土壌凍結が深く、秋の積雪以前の土壌水分が翌春まで維持される。このような冬の土壌凍結による土壌水分メモリが、最近の数年間続いた夏の干ばつの影響を蓄積する効果を持っている可能性が高い。

### 4. 気象災害の早期警戒システム

モンゴルにおいて、ゾド(寒害)で家畜が餓死するまでの過程のおおもとは天候の平年から大きな偏差が存在し、「大気大循環→地域的な天候→土壌水分→植生→家畜」というように、影響が図2の上から下へと時差をもって及んでいく。この連鎖現象のメカニズムを解明すれば、上流の現象をモニタリングすることで家畜に影響が及ぶ前に早期警戒が可能となる。このような気象災害の早期警戒システムの構築は、JICAの技術協力プロジェクト「モンゴル国気象予測及びデータ解析のための人材育成プロジェクト」(2005～2008年)のなかで取り組んでいる。

### 5. まとめと提言

現在、気候-生態系間のフィードバックが気候形成にどう影響を及ぼすかといった長期的な視点の研究が注目されているが、この研究のためには、長期観測データと現実味のあるモデル研究を組み合わせるとともに、野外実験などの新手法の開発も必要であろう。モンゴル研究においては、今後、「草原力」と「遊牧知」(白石私信)がキーワードとなるだろう。干ばつなどの外的なインパクトに対する草原生態系の負のフィードバック(草原力)の解明と、草原力を支え・生かす遊牧知の現代科学による検証が肝要である。

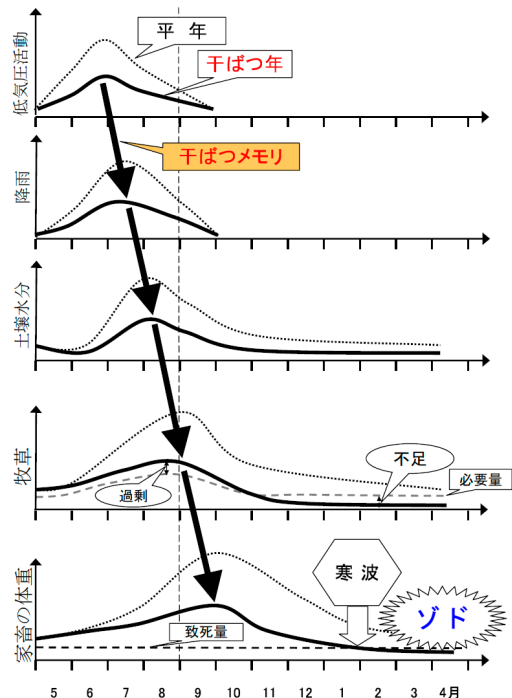


図2 干ばつメモリの波及効果(篠田・森永 2005)

キーワード: 大気-陸面相互作用、干ばつ、ゾド、気候メモリ、早期警戒システム

#### 参考文献

- 篠田雅人 (2005): 沙漠研究, 14(4) 185-197.
- 篠田雅人・森永由紀 (2005): 地理学評論, 78(13), 928-950.
- 安成哲三 (2003): 科学, 73(5), 555-558.
- Bonan, G. (2002): Ecological Climatology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Charney, J. G. (1975): Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 101, 193-202.
- Watson and Lovelock (1983): Tellus, 35B, 284-289.