

## 第7章 将来予測

### 地球温暖化によりモンゴルの降水はどうか？

#### はじめに

二酸化炭素などの温室効果気体の増大により、気候変動が起こり温暖化するとされている。気候変動は気温の上昇にとどまらず、降水量や蒸発量も変化させ、豪雨災害や干ばつなどを発生させることが心配されている(1)。モンゴルは降水量の少ない地域であるため、降水量が大幅に減少すると、社会的にも大きな影響がある。また1990年代には夏季の気温の上昇が見られ、気候変動と関係があるかもしれない。この研究では温暖化によるモンゴルの降水量の変化を予測する。

#### 予測手法

気候変動の予測は地球全体の大気、水蒸気あるいは雲の動きを、GCM(大気大循環モデル)と呼ばれる手法を使って巨大なコンピュータにより予測する。しかし、降水量は場所による違いが大きく、GCMでは地域ごとの変化をとらえることが難しい(Houghton ほか 2001)。この研究では「領域気候モデル」と呼ばれる手法により、モンゴルの今後70年間の降水の変化を予測した。領域気候モデルはGCMの予測をもとに地域の詳細を予測する手法であり、ここでは気象庁気象研究所が温室効果ガスの排出にはSRES-A2シナリオを仮定してGCMにより予測した結果(2)を利用した。

#### 予測結果

図1は2000年前後と2070年代の夏(6,7,8月)の降水量の変化を色で示す。図の右は色と降水量の変化(mm/3ヶ月)の関係を示す。青は降水増加を示し、赤は減少を示す。降水の多い山岳地を中心に降水が減少することを示している。モンゴル全土では3ヶ月降水量で10-20mmの減少である。なおモンゴル全土の平均気温は2.5度の上昇と予測される。これらの結果は現在の10年間と2070年代の10年間のそれぞれ平均の偏差である。実際には気温も降水も年々の変動が大きく、ある年の夏だけで見ると、2070年代であるにもかかわらず、気温の低下や降水量の増大もありうる。

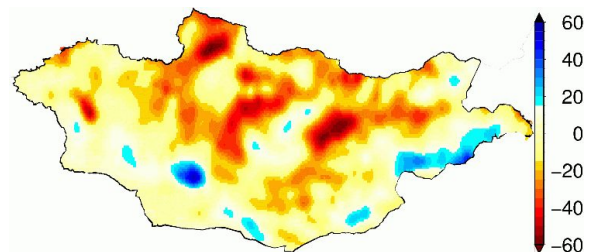


図1 2000年前後と2070年代の夏(6,7,8月)の降水量の変化(mm/3ヶ月)

青：降水増加，赤：減少

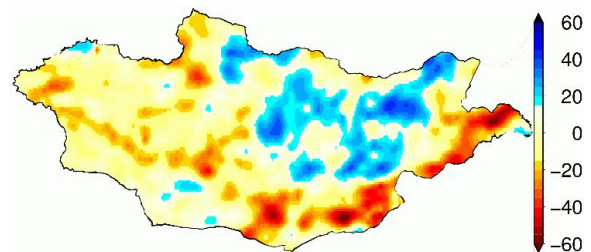


図2 砂漠化が進んだときの夏の降水の変化、図の見方は1図に同じ

## 砂漠化が進んだときとの比較

モンゴルの砂漠化が急速に進んだと仮定したときの気候変化を同様に予測した。予測では現在の草原を半砂漠に、半砂漠を砂漠に変化させた。この結果、図 2 に示すように降水は場所により減るところと増えるところがあると予測され、平均的にはあまり変わらない。気温は上昇するがその大きさはモンゴル全土の平均で 0.5 に満たない。砂漠化による気候への影響は、地球温暖化による影響よりも小さいと言えそうだ。逆にいけば温暖化の降水に対する影響はそれほどまでに大きいと言える。

### 参考文献：

- (1) Houghton, J. T. et al., 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881p.
- (2) Yukimoto, S., et al., 2001: A new Meteorological Research Institute coupled GCM (MRI-CGCM2) - its climate and variability -. Pap. Met. Geophys., 51, 47-88.

# モンゴル草原生態系の地上部バイオマスと純一次生産への放牧の影響

## はじめに

モンゴル国土の 75%をしめる草原と低木林では通年で家畜の放牧が行われている。さらに近年、家畜数は急激に増加している。放牧はこれらの草原における主要な活動であり、生態系への影響は無視できない。本研究では、新しいモデル Sim-CYCLE grazing を用いて、モンゴル Kherlenbayan -Ulaan (KBU) における草原生態系の非放牧と放牧条件下での生産性を解析した。

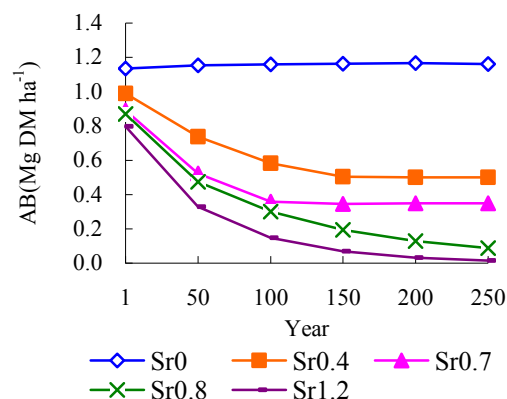


図 1 地上部バイオマスに対する放牧の影響

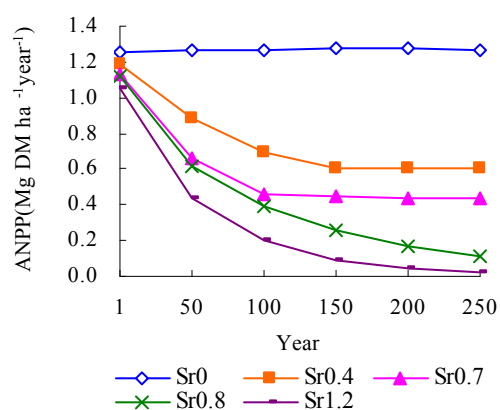


図 2 地上部純一次生産に対する放牧の影響

## モデル

Sim-CYCLE grazing は Sim-CYCLE<sup>(1)</sup> と defoliation formulation<sup>(2)</sup>を統合したものである。モデルの時間ステップは 1 ヶ月、入力データには気象および土壌データが含まれ、これらは RAISE プロジェクトの観測値を用いた。

## バイオマスと純一次生産への放牧の影響

モデル結果は KBU の観測データにより検証された。モデルによると、放牧圧の増加に伴い、地上部バイオマスと地上部純一次生産 (net primary production, NPP) は減少する<sup>(3)</sup>。年間の地上部バイオマスは非放牧条件で最大となり、1.15 Mg DM ha<sup>-1</sup> で一定値を保った (図 1)。放牧条件では、地上

部バイオマスは経年減少し、家畜数  $S_r$  (stocking ratio : sheep ha<sup>-1</sup>) 0.4 または 0.7 の場合には平衡に達したが、 $S_r$  が 0.7 以上の場合には地上部バイオマスは減少を続けた。同様の傾向は地上部 NPP にも見られた (図 2)。年間の地上部 NPP は 1.25 Mg DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> であり、非放牧条件では一定であった。年間地上部 NPP は減少し、 $S_r$  が 0.4 または 0.7 の場合には平衡に達したが、 $S_r$  が 0.7 以上の場合には減少を続けた。これらの結果より、KBU 草原生態系の持続可能な家畜数は最大 0.7 sheep ha<sup>-1</sup> であると考えられる。

### 参考文献：

- (1) Ito, A., Oikawa, T., 2002. Ecological Modelling 151, 143-176.
- (2) Seligman, N.G., Cavagnaro, J.B. and Horno, M.E., 1992. Ecological Modelling 60, 45-61.
- (3) Chen, Y., Lee, G., Lee, P. and Oikawa, T., 2007: Journal of Hydrology, 333: 155-164.

## モンゴル草原生態系における放牧への植物根の応答

### はじめに

放牧はモンゴルの草原において主要な活動であり、生態系への影響は無視できない。本研究では、新しいモデル Sim-CYCLE grazing を用いて、モンゴル Kherlenbayan-Ulaan (KBU) における草原生態系の非放牧と放牧条件下での植物根の応答についての解析を行った<sup>(1)</sup>。

### 放牧への植物根の応答

モデル結果によると、地下部バイオマスと地下部純一次生産 (net primary production, NPP) は家畜数  $S_r$  (stocking ratio: sheep ha<sup>-1</sup>) の増加に伴い減少する。しかし、 $S_r$  が 0.7 以下の場合には、草原生態系は持続可能な状態となり、この結果は KBU の持続可能

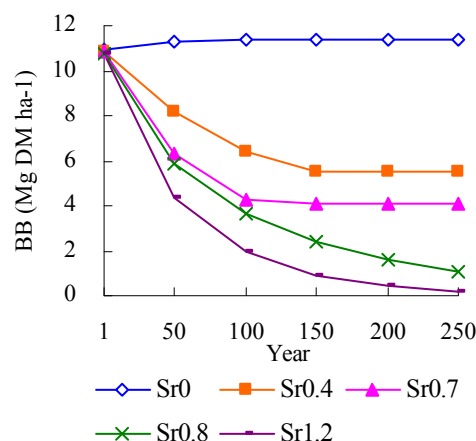


図1 異なる放牧条件における地下部バイオマス

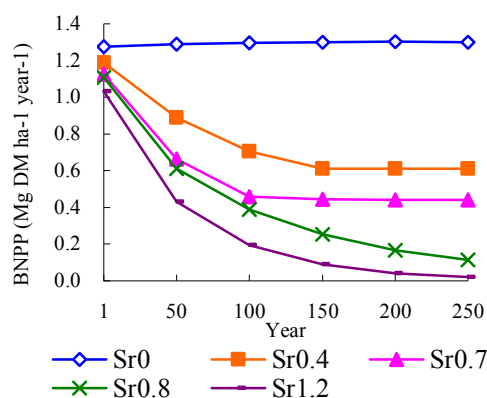


図2 異なる放牧条件における地下部純一次生産

$S_r$  は 0.7 を超えてはならないことを示している。このような持続可能な状態においては、年間の最大地下部バイオマスは非放牧条件で約 11 Mg DM ha<sup>-1</sup>、放牧条件  $S_r=0.4$  で約 5 Mg DM ha<sup>-1</sup>、放牧条件  $S_r=0.7$  で約 4 Mg DM ha<sup>-1</sup> となる (図 1)。同様に、年間の地下部 NPP は、非放牧条件で 1.3 Mg DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>、放牧条件  $S_r=0.4$  で 0.6 Mg DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>、放牧条件  $S_r=0.7$  で 0.4 Mg DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> となる (図 2)。根の回転率 (turnover ratio) は家畜数増加に伴い減少し、非放牧条件では 12%、放牧条件  $S_r=0.7$  では 11% となった。これらの結果より、KBU での草原生態系を維持するためには、 $S_r=0.7$  sheep ha<sup>-1</sup> を超えてはならないと考えられる。

**参考文献：**

- (1) Chen Y, Lee P., Lee G, Mariko, S. Oikawa, T. 2006. *Plant Ecology*, 188(2): 265-275.

# モンゴル草原生態系を 対象とした炭素/ 水動態の推定と未来 予測

**はじめに**

北東アジアの過去20年に渡る気象観測結果、この地域の温暖化は急速に進んでいることが判明された(1979-1997, +1.5°C)。このような気候変化はモンゴルのステップ草原にも深刻な影響を与える。また、これらの影響はフィードバックされ、アジア地域だけでなく世界の気候変化も加速化させると言われている。本研究ではこれらの一連の流れを理解するため、モンゴルのステップ草原を対象とした炭素/水動態の現状を把握し、未来変化パターンを予測した。

**モデルの構成と研究対象地の特徴**

*Sim-CYCLE* は生態系の炭素と水動態の計算を各コンパートメント別に行うプロセスベースの生理生態モデルである(図1)。モデルシミュレーションは Kherlenbayan-Ulaan (KBU: 47°12N, 108°44E)に位置するステップ草原を対象とした。気候変動予測はモンゴル気象庁から提供された気象データをベースにした。

**研究結果**

図1の各コンパートメントに示された数字は2003年の草原(KBU)を対象としたモデルシミュレーション結果と観測された炭素/水動態データを比較したものである。ここで、*Sim-CYCLE*の結果は生態学的観測データ(ex. AB, BB, WS)は勿論、微気象学的観測データ(ex. NEP, HR, ET)も高い相関で再現したことが確認された。

降水、気温及び、大気CO<sub>2</sub>濃度変化など未来の気候変化要因を組み込んだ100年間のシミュレーションからはそれぞれの影響が重なった結果となった。気候変化要素それぞれの影響を見ると、まず、降水減少(NPPとTRはそれぞれ52と71%減少)と気温増加(NPPとTRはそれぞれ32と47%減少)は草原生態系に水と温度ストレスを発生させ炭素/水循環に負の影響を及ぼした。それに対して、大気CO<sub>2</sub>濃度増加(NPPとTRはそれぞれ55と22%増加)はCO<sub>2</sub>施肥効果の影響により正の影響を及ぼした。KBU地域の半乾燥草原は降水減少による影響を最も強く受けていたため、これらの現象が続くとこの地域の草原生態系は衰退されると予測される。

**参考文献：**

- (1) Ito, A. and T. Oikawa, 2002: *Ecol. Model.*, 151, 147-179.

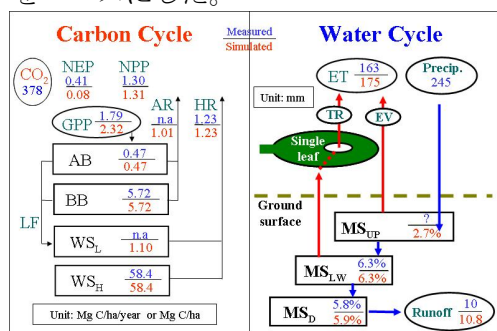


図1 *Sim-CYCLE* の模式図と2003年の草原生態(KBU)を対象としたシミュレーション結果と観測された炭素/水動態データの比較