

# 「水の循環系モデリングと利用システム」

平成 13 年度採択研究代表者

杉田 倫明

(筑波大学大学院生命環境科学研究科 助教授)

## 「北東アジア植生変遷域の水循環と生物・大気圏の相互作用の解明」

### 1. 研究実施の概要

本研究では、北東アジアの植生の乾燥・半乾燥域を対象とした大気・水・生物圏の相互作用の解明のために、現地での観測に基づく気象、水文、生態、土壌の実態の解明を計ると同時に、モデルによる将来予測の実施のためのパラメータ取得、モデル改良を行ってきた。本年度までに実態の解明とモデル化がほぼ完了し、予測についても一部の結果が出てきたところである。次年度において、将来予測の作業を完了し、これまで得られた知見を統合し、北東アジア地域における大気・水・生物圏の相互作用を解明する予定である。

### 2. 研究実施内容

本年度は、観測データの解析の継続、モデルによる将来予測の実行、長期モニタリングデータの取得と解析、成果の論文集としての取りまとめの4点に重点を置いて研究を進めた。

#### 2.1 データの解析

これまでに取得されたデータのうち、解析を継続する必要がある以下の点につきさらに研究を進めた。

- ・ 降水、河川水、地下水サンプルの安定同位体分析  
2004 年 10 月まで継続して取得したヘルレン川流域およびその周辺域のサンプルの分析を進めることで、同位体分布の季節変化、年変化特性を把握し、水循環プロセスの季節、年変化についての研究を進めた。
- ・ ヘルレン川流域を含むモンゴル北東域における降水と水蒸気の安定同位体比からみた気団の再循環プロセスの解析  
当該地域の降水の起源がどこにあるのか、どの程度が当該地域で蒸発した水なのかを、ある程度定量的に明らかにすることができた。さらに、同位体データを気候領域モデルと組み合わせることで、当該領域の主に大気中の水循環プロセスをある程度明らかにできた。

- 草原と森林サイトにおける大気－土壌－植生系の安定同位体比形成プロセス解析  
これまでに解明の進んだ土壌－植生系までのプロセスに加え、大気まで含んだプロセスとしての地表面水循環の解明を進めた。
- モンゴルにおける表面流出発生および土砂流出発生機構に関する放射性同位体解析  
これまでの研究で、2試験流域の特性と強い降水時に発生する表面流による土壌浸食過程が明らかにされてきたが、さらに DEM データなどを併用することで、面的な広がりを持った土壌浸食量を推定できるような解析を進めた。
- 森林地帯及び草原地帯における熱・水・二酸化炭素フラックスの長期データの解析  
すでに集中観測時のデータからそれぞれの地域における熱・水・二酸化炭素フラックスの季節変化が明らかにされたが、継続観測されているデータを解析することで、フラックスの年々変化とその要因を明らかにした。
- 航空機観測・リモートセンシング・シンチロメータを用いた広域熱・水フラックス及び熱収支の解析  
観測ステーションのデータによる大気と植生の間の交換プロセスがある程度明らかになったので、その様な地点でのプロセスを流域全体に広げていくために、シンチロメータ、航空機、衛星リモートセンシングのデータの解析を進め、 $10^1$  m- $10^2$  km までの異なる水平スケールでの大気と植生の間の交換プロセスを明らかにした。
- 土壌試料の分析、解析  
降水量の多い北部森林地域から半乾燥のステップ地帯、乾燥した南部砂漠地帯で取得された土壌資料の分析を継続して進め、水循環と土壌理学特性の関係を明らかにした。
- 下層雲と起伏や植生などの地表面状態との対応関係の解明  
高分解能衛星画像の解析により、モンゴル高原に出現する下層雲と起伏や植生などの地表面状態との対応関係を統計的に明らかにするための予備的な解析を行った。
- モンゴルにおける降水と水蒸気輸送の季節進行の解明  
地上気象データ、レーダー降水量、GPS 可降水量と NCEP 再解析データを用いて、モンゴルにおける降水と水蒸気輸送の季節進行の特徴を明らかにした。

## 2.2 モデルによる将来予測

- モンゴルの気候再現と将来予測  
再解析データを境界値とした、モンゴル全土の 30km メッシュによる再現計算の検証がほぼ終了したので、A2 シナリオにもとづく気象研究所の GCM-T42 による出力をもとに、同じ領域気候モデルによりモンゴルの温暖化実験を実施した。また、年々変動を考慮するため、現状 10 年、70 年後の 10 年間の数値積分を実

行し、温暖化予測のもとでの対象地域の気候変化の予測を行った。

- ・ 放牧効果を含めた Sim-CYCLE モデルによる再現実験と将来予測

生態系物質の循環を予測するモデルである Sim-CYCLE への放牧効果の追加を行い、気候領域モデルの現在の気候条件を入力とした現状の生態系の再現実験を行った。さらに異なる放牧圧を与えた数値実験を行い、放牧の生態系への影響を明らかにした。一方、温暖化シナリオを与え、温暖化、乾燥化の生態系への影響を明らかにするための予備的な数値実験を実施した。

- ・ 分布型水文モデルによる水循環過程の再現実験と将来予測

水循環過程を予測するモデルに 1 次元水・熱輸送モデルの改良、1 次元水・熱輸送モデルと routing モデルの結合を行った後、気候領域モデルの現在の気候条件を入力とし、現状の水循環過程の再現実験を進めた。

### 2.3 長期モニタリングデータの取得と解析

- ・ 保護区内外の植生、土壌調査とフラックスの測定

保護柵設置による禁牧処理による植生、土壌の回復、それに伴う地表面における植生と大気の交換過程の変化を継続して観測し、その解析を進めた。

- ・ 気象ステーションと河川水位観測ステーションの継続観測

上記ステーションを継続運用し、1 年の集中観測で観測できない年々変化に関するデータの取得し、その解析を進めた。

### 2.4 シンポジウムの開催と論文集の編集

得られた成果を共同研究相手のモンゴル国気象学・水文学研究所および ECO ASIA や、水循環領域研究チームをはじめとするモンゴル国の関係と共有し、その内容を議論し、更なる発展を図るために、2004 年度に続き、モンゴルにおいて自然環境の調査を行っている他 2 プロジェクトと共同で、First International Symposium on Terrestrial and Climate Change in Mongolia をウランバートル市にあるモンゴル日本センターにおいて 7 月 26-28 日に開催した。会議の Proceedings(178 ページ)を刊行し、関係者に配布した。

得られた成果を広く公開するために、本プロジェクトとしての特集号論文集を Elsevier 発行の国際誌 Journal of Hydrology の Special Issue として発行するため、査読を含む編集作業を進めた。

## 3. 研究実施体制

### グループ 0

①研究分担グループ長：杉田 倫明（筑波大学、助教授）

②研究項目：総括

#### グループ 1

- ①研究分担グループ長：浅沼 順（筑波大学、助教授）
- ②研究項目：広域地表面と大気間の熱・水蒸気の交換過程の解明と蒸発散量の推定

#### グループ 2

- ①研究分担グループ長：鞠子 茂（筑波大学、助教授）
- ②研究項目：草原生態系の人間活動の関心の解明

#### グループ 3

- ①研究分担グループ長：辻村 真貴（筑波大学、講師）
- ②研究項目：同位体を利用した水・物質循環プロセスの解明

#### グループ 4

- ①研究分担グループ長：木村 富士男（筑波大学、教授）
- ②研究項目：メソスケールモデルの構築とモンスーン水循環

#### グループ 5

- ①研究分担グループ長：陸 旻皎（長岡技術科学大学、助教授）
- ②研究項目：分布型水文モデルによる流出解析

#### グループ 6

- ①研究分担グループ長：Gombo Davaa (Institute of Meteorology and Hydrology, Hydrology Section head)
- ②研究項目：モンゴル国内のデータ収集と水文・気象・生態現象の解析

## 4. 主な研究成果の発表

### (1) 論文（原著論文）発表

- 西川知行・恩田裕一・田中幸哉・加藤弘亮・辻村真貴・関李紀・浅野真希・Gombo Davaa・Dambaravjaa Dyunbaatar(2005):Cs-137 を用いたモンゴル国における土壌侵食量の推定. 砂防学会誌, Vol.58, No.3, P. 4-14.
- Liu, J.-J., T. Urano, S. Mariko, and T. Oikawa (2005):Influence of Grazing Pressures on Belowground Productivity and Biomass in Mongolia Steppe. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, Vol.25, No.1, 88-93.
- Li, S.-G., J. Asanuma, A. Kotani, W. Eugster, G. Davaa, D. Oyunbaatar, and M. Sugita (2005):Year-round measurements of net ecosystem CO<sub>2</sub> flux over a montane larch forest in Mongolia. Journal of Geophysical Research, 110, D09303, doi:10.1029/2004JD005453.

- Sato, T. and F. Kimura (2005):Diurnal cycle of convective instability around the central mountains in Japan during the warm season. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 62, No.5, 1626–1636.
- Li, S.-G., M. Tsujimura, A. Sugimoto, L. Sasaki, T. Yamanaka, G. Davaa, D. Oyunbaatar, and M. Sugita(2005):Seasonal variation in oxygen isotope composition of waters for a montane larch forest in Mongolia. *Trees – Structure and Function*20, 122–130.
- Li, S.-G., J. Asanuma, W. Eugster, A. Kotani, G. Davaa, D. Oyunbaatar, and M. Sugita(2005):Net ecosystem carbon dioxide exchange over grazed steppe in central Mongolia. *Global Change Biology*, online: 11, doi: 10.1111/j.1365-2486. 2005. 01047.x
- Li, S.-G., M. Tsujimura, A. Sugimoto, G. Davaa, D. Oyunbaatar, and M. Sugita (2006): Natural recovery of steppe vegetation on vehicle tracks in central Mongolia. *Journal of Biosciences* 31(1), 101–111.