

# 大気陸域生態系結合モデルの開発と将来予測

## - シベリアにおける流域スケールの植生変化が大気へ与える影響 -

大島 和裕

### 1. はじめに

森林は陸域の大きな面積を占め、大気と陸面間での相互作用において重要な役割を担っている。したがって、大気陸面過程において森林を含めた植生を考慮することが必要不可欠である。地球温暖化のようは気候変動に伴った降水量や気温の変化は植生を変化させ、またこのような植生変化によって大気の諸過程に影響を与えると考えられる。しかし、現在の大気大循環モデルで行われている温暖化実験では各地域での植生が固定され、温暖化時でも同じ植生のままである。これを改善するためには、植生の成長、枯死といった植生動態を考慮したモデルの開発が必要である。

そこで我々は、植生動態を加味した大気陸域生態系結合モデルの開発を行っている。このモデルにより植生の変化を考慮した気候変動シミュレーションが可能となる。本研究の数値実験では、以下の4つの点に着目する。1. 植生と気候の関わり、2. 植生の遠隔的な大気への影響、3. 広域水循環、4. 長期変動。これらの解析を通して、植生 - 気候間の相互作用の理解を深めることで、将来の気候形成、変動における陸域生態系の役割の解明を目指す。

現在、結合モデル開発の前段階として、極端な場合を想定したシベリアの流域スケールの植生変化が大気へ与える影響について大気大循環モデル (AGCM) を用いて調べている。この実験を通して北方林の役割の理解が深まることが期待される。この結果を報告する。

北方林は、全球森林面積の約三分の一を占め、近年、森林火災や伐採によって北方林が減少している。この北方林は一度消失すると再生しにくい森林でもある。このことから北方林の減少が続くことで広域な森林を消失することが懸念される。そこで北方林を実験の対象とする。数値実験による植生変化の研究は熱帯雨林を対象としたものが多いが、数少ないながらも北方林を対象とした研究もある (Bonan et al., 1992)。この先行研究では北半球高緯度の北方林を全て変化したときの広域かつ極端な影響を調べた。本研究では、植生変化の地域性を知るために、シベリアの流域スケールでの植生変化について調べる。

### 2. モデルと実験設定

#### 2.1 結合モデルの開発について

大気大循環モデル (AGCM) と植生動態モデルを結合することによって、植生動態を加味した大気陸域生態系結合モデルを開発する。AGCM は、東京大学気候システムセンター (CCSR) と国立環境研究所 (NIES) で開発された CCSR/NIES AGCM (Numaguti et al., 1997) を用い、植生動態モデルとしては多層微気象モデルと植生動態モデルから構成される MINoSGI (Watanabe et al., 2004) を用いる。段階を追った開発として、まず植生動態モデルのうち多層微気象モデル (MINCER) と AGCM の結合し、その計算負荷等を見積もる必要がある。現在その準備を進めている。

#### 2.2 AGCM による植生変化の実験

シベリアの流域スケールの植生変化が大気へ与える影響について調べる。AGCM は CCSR/NIES 5.6 AGCM

を用い、水平解像度は約300km(T42)、鉛直20層である。この陸面過程は MATSIRO (Takata et al., 2001) とする。ここでは植生の情報を地表面インデックスとしてあらわされているので、このインデックスを変えることで森林を草地化して植生を変化させる。草地化の対象はシベリアの4つ流域(Amur, Lena, Yenisey, Ob)とする(図1)。25年間積分をして、あとの20年分について気候値からの偏差として影響を評価する(草地化実験とコントロール実験の差)。この実験では局地的な影響のみならず遠隔的な影響にも注目する。

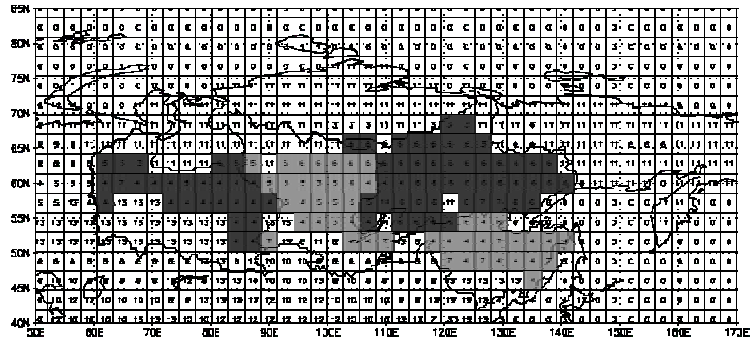


図1: 4つの河川流域と陸面 index. 太線は流域の区分, 陰影は index を変えたグリッド.

### 3. 結果

4つの流域実験のうち Amur と Yenisey 流域を草地化した実験を中心に結果に示す

#### 3.1 局地的な影響

局地的な影響として、草地化した領域で夏に地表面気温が上がり、春には気温が下がる。(図2 a, c)。このような気温の変化は、とくに Yenisey と Ob で顕著である。水蒸気量の変化は夏にあらわれ、Lena, Yenisey, Ob で乾燥化する。しかし、Amur ではそのような水蒸気量の変化はみられない(図2 b, d)。このような地表面気温の変化と夏の乾燥化は Lena や Ob でも共通した変化である。

地表面の熱フラックスをみると(図は省略)、春に短波放射が小さくなる。これは草地化の影響を受けて雪融けが遅くなりアルベドが大きいため、短波放射が抑えられる。この短波放射の変化に対応して草地化領域では気温が低くなっている。Yenisey や Ob では夏に潜熱が小さくなる。この潜熱の減少は草地化領域の地表面が乾燥化することと対応し、これは夏に暖かくなることとも一致する。

#### 3.2 遠隔的な影響

局地的な影響でみられた地表面の温度変化は局地的な影響だけではなく、遠隔的な影響としてもみられる。Yenisey の 11 月には、アラスカを中心として負の大きな SLP(海面気圧) 偏差がみられた(図3a)。また地表面気温では、カナダの西側で正、オホーツク海で負の偏差があらわれた(図3b)。これはアラスカの低気圧性循環の偏差に伴って、カナダ側では南風偏差によって暖かく、オホーツク海側では北風偏差によって寒いこととよく対応している。この 11 月の SLP や気温偏差について若干の違いはあるものの4つの流域で共通する。

他の月では Yenisey の 12 月に日本から東側の北太平洋上に正の SLP 偏差がみられ、これは大まかに Amur の結果と一致する。一方で、Yenisey の 2 月は北太平洋上に負の SLP があらわる。これはアリューシャン低気圧の強化を示唆する。Amur の 2 月には北太平洋には有意な偏差は見られない。このように流域ごとに異なる影響もある。

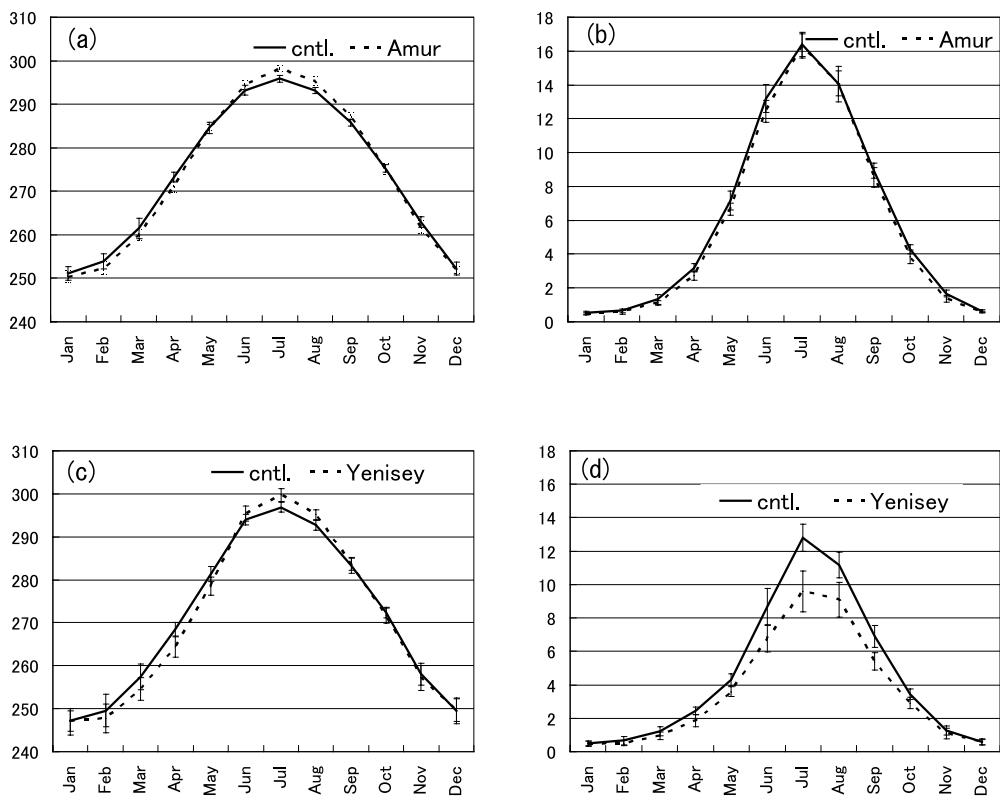


図2：流域で平均した地表から2mの気温(a, c)と比湿(b, d)の季節変化。(a)と(b)はAmurについて,(c)と(d)はYenisey. 実線はコントロールラン, 破線は草地下ラン.

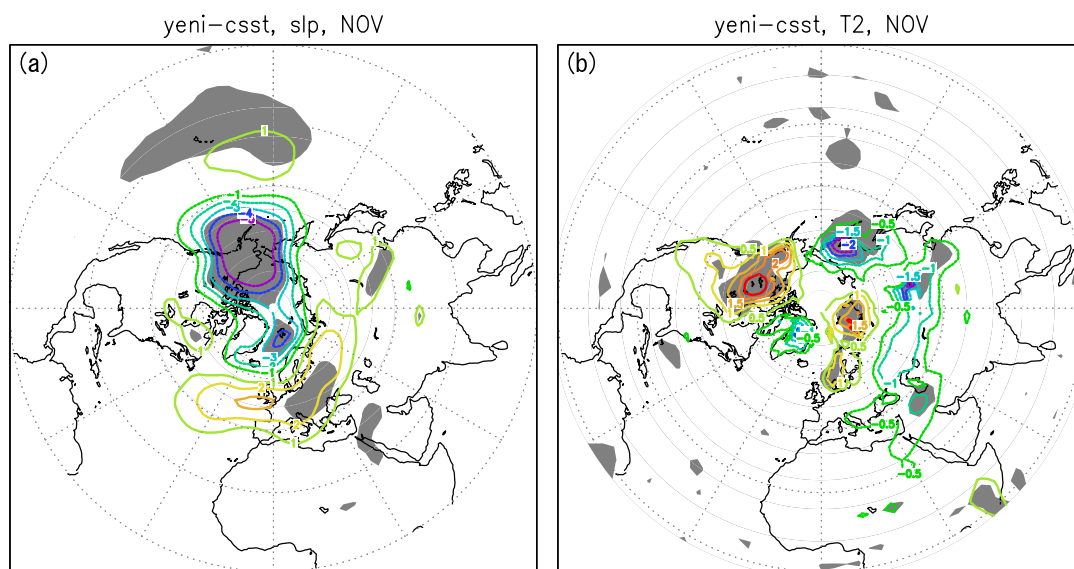


図3：(a)海面気圧と(b)地表面気温の偏差, Yenisey ランについて.

#### 4. まとめ

AGCM を用いて, シベリアの流域スケールの森林が草地化することによる大気への影響を調べた。草地化による大気への影響は, 局地的のみならず遠隔的な影響がある。また, これらの草地化による大気への影響は4流域で共通した影響として見られるものと, 他の流域と異なる特徴を示すものがあることがわかった。

この流域間の違いについては今後検討する。また局地的な影響については、土壤中での変化や幾つかの追加実験をすることでより確かな原因の解明をする。どのような過程を経て植生変化が遠隔的な影響を与えるか調べる必要がある。

## 参考論文

1. Bonan, G.B., D. Pollard, and S. L. Thompson, 1992: Effects of boreal forest vegetation on global climate. *Nature*, 359, 716-718.
2. Numaguti, A., M. Takahashi, T. Nakajima, and A. Sumi, 1997: CGER's Supercomputer Monograph Report, Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, No.3, 1-48.
3. Takata, K., S. Emori, and T. Watanabe, 2003: Development of the minimal advanced of the surface interaction and runoff. *Global and Planetary Change*, 38, 209-222.
4. Watanabe, T., M. Yokozawa, S. Emori, K. Takata, A. Sumida, T. Hara, 2004: Developing a multilayered integrated numerical model of surface physics-growing plants interaction, MINoSGI. *Global Change Biology*, 10, 963-982.

## 論文および学会発表

### COE 関連:

< 学会発表 >

大島和裕, 山崎孝治, 渡辺力, 高田久美子, 江守正多, 原登志彦, シベリアにおける流域スケールの植生変化が大気循環へ与える影響, 生態学会 53 回大会, 2006 年 3 月 . (新潟)

大島和裕, 山崎孝治, 渡辺力, 高田久美子, 江守正多, 原登志彦, シベリアにおける流域スケールの植生変化が大気へ与える影響, 気象学会, 2006 年 5 月 . (つくば)

### その他:

< 投稿論文 >

Oshima, K. and K. Yamazaki, Moisture and Eddy Activity Effects for Seasonal Variation of  $P-E$  over Polar Regions. (In preparation)

< 学会発表 >

Yamazaki, K. and K. Oshima, Seasonal Variation of the Atmospheric Hydrologic Cycle in Polar Regions and the Relation with Annular Modes, CliC First Science Conference, April 2005. (Beijing, China)

山崎孝治, 大島和裕, 極域における大気水循環と環状モード, 日本気象学会 2005 年春季大会, 2005 年 5 月 . (東京)

大島和裕, 山崎孝治, 極域における  $P-E$  の季節変化の要因, 日本気象学会 2005 年春季大会, 2005 年 5 月 . (東京)