

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23310028

研究課題名(和文) 気候温暖化がシダ植物の種多様性に与える影響の予測と検出

研究課題名(英文) Prediction and detection of climate warming impact on species diversity of ferns

研究代表者

田中 信行 (TANAKA, Nobuyuki)

独立行政法人森林総合研究所・北海道支所・地域研究監

研究者番号：80353762

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,500,000円

研究成果の概要(和文)：温暖化が日本のシダ植物の分布へ与える影響を定量的に予測し、検出することを目的とし、おもに次の4つのテーマについて研究を行った。(1)シダ植物7種の分布を気候条件から予測する統計モデルを構築し、将来の気候における生育可能な地域や生育に適する地域を予測した。(2)分布予測における不確実性を把握するために、20個のGCMの気候データを利用して、気候値のばらつきの評価を行った。(3)温暖化の影響検出のため、温暖化に対して感受性の高いと推定される筑波山において谷と尾根の異なる標高と方位で62個の植生調査区を設定した。(4)感受性が高いと推定される北海道ニセコ山系において、30個の植生調査区を設定した。

研究成果の概要(英文)：In order to predict and detect impacts of climate warming on distributions of ferns in Japan, the following four themes have been studied. (1) Statistical models using climatic data were developed for 7 fern species to predict their potential and suitable habitats under future climates. (2) Climatic data from 20 GCMs were compared to assess the uncertainty in predicting habitats of species. (3) Sixty two vegetation survey plots were set up along elevational gradients of valleys and ridges on different aspects to detect changes of fern distributions in Mt. Tsukuba with vegetation sensitive to climate warming. (4) Thirty vegetation survey plots were set up in Niseko mountains with sensitive vegetation in Hokkaido.

研究分野：森林

キーワード：植物生態学 分布予測モデル 分布移動 モニタリング 地理情報システム(GIS) 潜在生育域 適域
植生調査

1. 研究開始当初の背景

今後100年間で地球の温度は1.8~4.0°C上昇すると予測され、生態系や生物の生息域に大きな影響を及ぼすと予想されている(IPCC2007)。また、2~3°Cの気温上昇により、世界の生物の20~30%の種で絶滅リスクが高くなると予測されている。温暖化の生物多様性への影響評価は、今世紀の重要な研究課題であるが、この分野の研究方法は開発途上にある。

シダ植物は、維管束植物の中で孢子によって繁殖する種群で、日本には648種が自生し、維管束植物種の約1割を占める。そのうち、197種が絶滅危惧種である。このように、シダ植物は、植物の種多様性上重要な位置を占める。また、場所によっては地表を被うので、表土保全上も重要な機能を有すると考えられる。この種群は、亜熱帯から亜寒帯まで分布し、生態的に多様な種が含まれる。したがって、温暖化により、亜熱帯・暖温帯種は分布を拡大し、亜高山帯種は分布を著しく縮小させるなど多様な影響が予想される。シダ植物は、孢子により分布移動をするので、気候温暖化に対応して速やかに移動できる。したがって、温暖化影響の早期検出に適する指標と考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、温暖化が日本のシダ植物の種多様性へ与える影響を定量的に予測し、検出することを目的とした。正確な将来予測のためには、現在の分布を高い精度で予測することが必要である。個々の植物種の分布予測精度を上げるため、応答変数と検証に使用する植物分布データ、モデルに組み込む説明変数の種類、分布予測モデルの種類の3点について検討する。日本では過去100年間に1.06°C上昇した(気象庁2005)。近年の温暖化影響を検出するために、温暖化に伴い生育地が大きく移動する感受性の高い種と地域を選んで、現地調査を実施し、分布の変化を検出する。

3. 研究の方法

(1) シダ植物への温暖化影響予測

異なる分布域をもつシダ植物7種の分布を気候条件から予測する統計モデル(分類樹)を構築し、将来の気候における潜在生育域(生育可能な地域)や適域(生育に適する地域)を予測し、モニタリングの候補種と地域の評価を行った。7種には、分布域が暖温帯のイシカグマ、コシダ、ベニシダ、冷温帯のシシガシラ、オシダ、シラネウラボ、オオバショリマを含む。シダ植物の分布データとしては、日本のシダ植物分布図(倉田・中池1979-2005)を電子化し、種の在不在データを説明変数に使用した。一方、建設中の植物社会学ルベデータベース(PRDB: Tanaka et al. 2005)から抽出した在不在データをモデルの精度検証に使用した。対象地域は日本全域で、空間解像度は5' N×7.5' E(約10 km×10 km)

とした。現在気候にはメッシュ気候値2000(気象庁2002)を、将来の気候には2081~2100年のRCM20(気象庁2004)とMIROC(K-1 model developers 2004)を使用した。これらの気候データから植物の生育と関係が深い4気候変数、すなわち暖かさの指数(WI)、最寒月日最低気温平均(TMS)、夏期(5~9月)降水量(PRS)、冬期(12~3月)降水量(PRW)を計算し、説明変数として使用した。

(2) 気候シナリオの比較

将来気候の推定値は、全球気候モデル(GCM)によって異なるため、分布予測モデルを用いた温暖化影響評価には将来気候データ(気候シナリオ)に起因する不確実性が存在する。しかし、将来の気候データに起因する不確実性が生物分布予測結果に及ぼす影響については、国内外ともにほとんど検討されていない。そこで、World Climate Research Programの第3次結合モデル比較実験(CMIP3)で公開されている20個のGCMの気候データを利用して、将来気候データを整備し、SRES A1B排出シナリオにおける気候値のばらつきの評価を行った。

SRES A1B排出シナリオの気候変化予測実験および20世紀気候再現実験における20個のGCMの結果を利用して、将来気候データを以下の手順で作成した。まず、日平均気温と、日最低気温、日降水量より現在(1961~1981年)と将来(2081~2100年)の平年値(月平均気温、月平均最低気温、月降水量)を求めた。気温については将来と現在の差を、降水量はその比を求めた。その後、差比データを1km²解像度まで空間補間(単純線形内挿)し、現在の3次メッシュ気候値(気象庁1996)にオーバーレイした。以上の作業をすべてのGCMについて行い、20個の将来(2081~2100年)気候データを作成した。各気候データから、4つの気候変数(WI、TMC、PRS、PRW)の中央値を算出した。

(3) 筑波山におけるモニタリング

温暖化に対応する植物の移動は種によって異なるので、多種の分布情報が得られる植生調査の方法が分布変化の検出に適すると考えた。そこで、温暖化の影響検出のためのモニタリングとして、温暖化に対して感受性の高いと推定される山岳保護区において異なる標高と地形部に多数の植生調査区を設定した。これにより、植物の垂直分布の現状が把握でき、将来の再調査によって植物分布の変化を明らかにできる。

冷温帯林と暖温帯林が中腹で接する筑波山において、植物分布変化検出のためのモニタリングシステムを構築するため、初回の植生調査を実施した。62地点の植生調査区を、尾根系列と谷系列の異なる標高(850、800、750、650、550、450m)と異なる方位に設定した(図1)。植生調査は、直系20mの円形プロット内をブラウンプランケ法に則して調

査を行い、GPS で緯度経度を記録した。

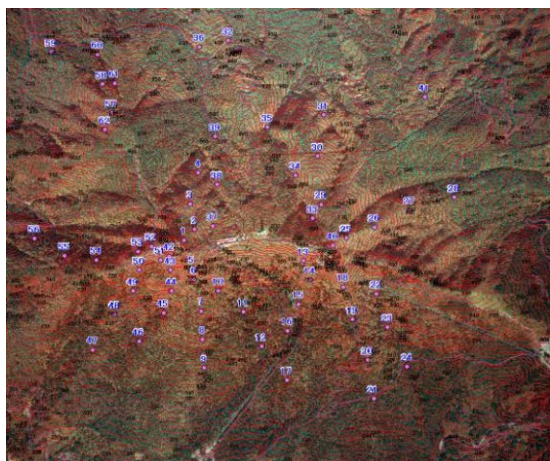


図 1. 筑波山に設定した 62 地点の永久植生調査区. 空中写真と 10m 間隔の等高線の上に、植生調査区の番号が表示している.

(4) 北海道ニセコ山系におけるモニタリング

ブナの分布北限地域以北で近接する山地のニセコ山系において、筑波山と同様のモニタリングシステムを設定した。

4. 研究成果

(1) シダ植物への温暖化影響予測

シダ植物 7 種の分類樹モデルから予測された現在の適域と 2 つの将来の気候における適域を比較すると、種によって違いがみられ、増加する種と減少する種に分けられた。また、地域別にも種間で違いがみられた。亜熱帯や暖温帯に分布するイシカグマ、コシダ (図 2)、ベニシダの適域は温暖化後に増加し、中間温帯から寒温帯の間に分布する 4 種の適域は縮小すると予測された。このような解析結果から、温暖化影響の検出のためのモニタリングの対象種と地域として、温暖化後に適域や潜在生育域の拡大や消失が予測される感受性の高い種と地域が候補に選定できた。

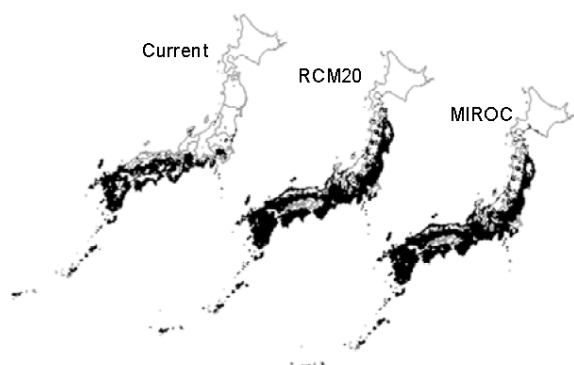


図 2. コシダの現在と 2 つの将来 (2081~2100) 気候シナリオ (RCM20、MIROC) における適域の予測

(2) 気候シナリオの比較

主成分分析を行った結果、SRES A1B 排出シナリオにおける 2081~2100 年の気候データ

は 20 個の GCM 間で大きく異なることが明らかとなった。気温変数 (WI、TMC) に比べて、降水変数 (PRS、PRW) の方が GCM 間のばらつきが大きかった。このことから、気温変数への依存性が高い種に比べて、降水変数への依存性が高い種は予測結果のばらつきが大きくなると推察された。

(3) 筑波山におけるモニタリング

調査の結果、谷系列にシダ植物が多く出現し、尾根系列ではスズタケが多いため草本植物は貧弱であることがわかった。低標高域には暖温帯性のベニシダ、ハチジョウベニシダ、キジノオシダ、ホソバカナワラビ、サイゴクベニシダ、イワヘゴ、キヨズミオオクジャク、ナガバノイタチシダ、イノデモドキなどが出現した。これらの種は、気候変化に対して敏感に移動する可能性があり、温暖化の指標種の候補と考えられる。

(4) 北海道ニセコ山系におけるモニタリング

調査では、11 種のシダ植物が出現した。シラネウラボシ、オクヤマシダ、ホソバトウゲシバ、シノブカグマ、ヤマソテツ、オシダは出現頻度が高く、エゾメシダ、ゼンマイ、ヤマドリゼンマイ、シシガシラ、ジュウモンジシダは出現頻度が低かった。出現頻度の高い環境は、標高 400m~800m、斜面中部から谷部、ササ類密生しない群落などであった。この植生調査区を再調査することにより、植物の分布変化を把握できる。

今後、このモニタリング法を、東アジアの植物系の研究機関 7 つが参加する東アジア生物多様性ネットワーク (EABCN) を通して、東アジアでも展開する計画である。

<引用文献>

- ① IPCC (2007) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- ② 気象庁 (1996) 気象庁観測平年値 (CD-ROM).
- ③ 気象庁 (2002) メッシュ気候値 2000 年.
- ④ 気象庁 (2004) 気候統一シナリオ、第 2 版、気象庁 気候・海洋気象部気候情報課.
- ⑤ 気象庁 (2005) 異常気象レポート 2005 概要版、近年における世界の異常気象と気候変動.
- ⑥ K-1 Model Developers (2004) K-1 coupled GCM (MIROC) description. In: H. Hasumi and S. Emori, eds., K-1 Technical Report No. 1, Center for Climate System Research University of Tokyo.
- ⑦ 倉田悟、中池敏之 (1979~2005) 日本のシダ植物図鑑、全 8 巻、東京大学出版会.
- ⑧ Tanaka, N., Matsui, T., Shimada, K., Yagihashi, T. and Taoda, H. (2005)

Constructing vegetation databases useful for assessing impact of climate changes in Japan. *Journal of Agricultural Meteorology*, 60, 433-438.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① 田中信行 (2013) 気候温暖化の自然林への影響と適応策、*グリーンテクノ情報*、9(3)、15-19、査読無
- ② 田中信行、松井哲哉・津山幾太郎・小南裕志 (2012) 植物分布を規定する気候要因の特定および気候変化に伴う生育地の移動予測、*天気*、59(8)、681-686、査読有

〔学会発表〕(計5件)

- ① Tanaka, N. (2014) Climate change impact assessments by EABCN. The 2014 EABCN Symposium "Conservation and Sustainable Development of Biodiversity in East Asia", 9-15 October 2014, p.11-13. Pyeongchang, Korea.
- ② Tanaka, N., Nakao, K., Tsuyama, I., Higa, M., Nakazono E. and Matsui, T. (2012) Toward assessment of the impact of climate change on plant species and conservation in East Asia. The 55th Symposium of the International Association for Vegetation Science. 23-28 July 2012, Mokpo, Korea.
- ③ Matsui, T., Tsuyama, I., Nakao, K., Higa, M., Nakazono, E., Horikawa, M., Kominami, Y., Yagihashi, T. and Tanaka, N. (2012) Impact assessment of climate change on potential habitats of Japanese forest species. The 55th Symposium of the International Association for Vegetation Science. 23-28 July 2012, Mokpo, Korea.
- ④ Tanaka, N., Nakao, K. Tsuyama, I., Higa, M., Nakazono, E. and Matsui, T. (2012) The climate change impact on potential habitats of *Abies nephrolepis* on the East Asian continent in comparison with that on *Abies* species in Japan. 日本生態学会第59回全国大会/EAFES5、2012年3月18日、大津
- ⑤ Matsui, T. Tsuyama, I., Nakao, K., Higa, M., Nakazono, E., Horikawa, M., Kominami, Y. and Tanaka N. (2012) Predicting Impact of climate change on potential habitats of some forest dominant species in Japan. 日本生態学会第59回全国大会/EAFES5 (招待講演)、2012年3月18日、大津

〔図書〕(計1件)

- ① 田中信行 (2011) ヒマラヤと東アジアの植生分布－変動する地球環境の中で－、吉永英明・大澤雅彦・朱宮丈晴編、*ブータンヒマラヤの自然と登山－千葉大学のヒマラヤ－*、千葉大学学士山岳会、p. 59-65.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 信行 (TANAKA, Nobuyuki)
森林総合研究所・北海道支所・地域研究監
研究者番号：80353762

(2) 研究分担者

松井 哲哉 (MATSUI, Tetsuya)
森林総合研究所・植物生態研究領域・チーム長
研究者番号：20414493