

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：12701

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2013～2016

課題番号：25712036

研究課題名(和文) 生物多様性の消失による生態系機能の減少の仕組み：種の機能形質に基づく包括的理解

研究課題名(英文) Mechanistic understanding of consequences of species loss on ecosystem functioning and stability based on plant functional traits

研究代表者

佐々木 雄大 (Sasaki, Takehiro)

横浜国立大学・環境情報研究院・准教授

研究者番号：60550077

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：人間社会は生態系の多様な機能の安定的供給に依存しており、環境変動に対して生態系の機能を安定的に維持・管理するための知見の確立は地球的な課題となっている。本研究では、中国内モンゴルシリンゴル草原の実験サイトを用いて、降水量変動下における生態系の多機能性(生態系による複数の機能の発揮)の安定性を決定する生物多様性の要素を特定し、多機能性の安定化メカニズムを検証することを最終目的とした。

結果、環境変動に対する種の非同調性が高いほど、多機能性の安定性が高くなることがわかった。多機能性の安定化メカニズムは、多様性が消失するシナリオには依存せず、本研究地域における一般的なメカニズムであると考えられた。

研究成果の概要(英文)：Human societies depend on the stable provisions of multiple ecosystem functions. Understanding how we can sustain and manage ecosystem functioning against environmental changes has become a global issue.

In our study, we identified the determinants of stability of ecosystem multifunctionality under rainfall variability in the well-established experimental system in the Inner Mongolia grassland. We further examined the underlying mechanisms of stabilization of ecosystem multifunctionality.

We found that asynchrony of species' responses to environmental fluctuations is the key factor for enhancing the stability of ecosystem multifunctionality. This mechanism did not depend on the scenarios of plant species loss, suggesting that the mechanism is general in the studied area rather than specific to this experimental system.

研究分野：生物多様性保全学

キーワード：生態系の安定性 生態系の多機能性 応答の多様性 草原の持続的利用 降水量変動 生物多様性の消失シナリオ 相補性効果 選択効果

### 1. 研究開始当初の背景

人間活動による急速な生物多様性消失への危機感の高まりから、“生物多様性自体をいかに保全するか”、ということが研究者の間で重視されてきた。しかし次第に、「なぜ生物多様性を保全しなければいけないのか」という問いかけの中で、生態系が健全に機能する上での生物多様性の重要性が認識され始めた。

現在では、生物多様性と生態系機能の関係とその背景にあるメカニズムの解明が、生物多様性研究の最も重要な課題の一つとなっている。これまでの研究のコンセンサスとして、生物多様性の減少は生態系機能に負の影響を与え、生態系を利用する人間社会にも悪影響が及ぶ、ということが得られている。

しかし、どのような仕組みで、生物多様性の消失によってさまざまな生態系機能が損なわれるのかという根本的な問いに対して、未だ明確な答えは出ていない。また、人間社会は生態系による多様な機能の安定的な供給に依存しており、環境変動に対して生態系の機能を安定的に維持・管理するための知見の確立は地球的課題となっている。

### 2. 研究の目的

本研究では、中国内モンゴルの自然草原において、種を除去する実験操作を用いて、生物多様性の消失が単一および複数の生態系機能とその安定性を損なわせる、という因果関係を検証する。さらに、その背景にある仕組みを種の機能形質に基づいて解明する。機能形質とは、種が持つ機能的な役割に関連する形質のことで、例えば植物種の葉の窒素濃度等は光合成速度に影響し、生活史や葉の高さ等は放牧などの攪乱や環境変化に対する種の応答と関連する。

### 3. 研究の方法

本研究は、中国内モンゴル自治区シリンドル草原にある草原生態系研究拠点から東へおよそ 13km に位置する草原実験サイト (8ha) で行った (図 1)。当サイトは、*Stipa grandis*、*Leymus chinensis* などの多年生イネ科草本植物が優占する成熟した草原である。サイトにおいて、8 つの実験ブロックの各プロット (6m 四方) に対して、植物種の直接除去による多様性操作を行い、16 の多様性レベルを無作為に割り当てた (計 128 プロット)。除去操作は、2006 年から 2009 年にかけて行い、2010 年以降は操作レベルが一定に保たれている。

調査期間 (平成 25~28 年度) を通して、植物の生育期間である 7 月から 9 月にかけて、以下の調査を行った。128 プロットにおいて、植物種組成 (出現種およびその被度と個体数) および生態系機能 (純一次生産量、生態系呼吸、地上部生産量、地下部生産量、リター分解、窒素無機化速度など) を測定した。また、128 プロットに出現した植物種の形質

(葉の重さあたりの葉面積、葉の水分含有率、葉高、葉の強度、根の長さあたりの面積、種子重など) について、1 種あたり 6~30 個体を対象に測定を行った。



図 1. 本研究で対象とした、中国内モンゴル自治区シリンドル草原における生物多様性操作実験サイトの概観。実験区画 (6×6m) において、植物種を除去することによって多様性を操作している。

### 4. 研究成果

得られたデータを基に、植物種多様性の消失による生態系機能への影響とそのメカニズムについて、検証を行った。植物種多様性の変容が生態系機能に影響を与える過程には様々なパスが考えられる。本研究では、構造方程式モデルを用いることで、生物多様性を構成する要素間の相互作用も考慮に入れた上で、各要素の効果の相対的重要性を把握した。地上部および地下部の生態系機能 (地上部生産量、純一次生産量、地下部生産量、生態系呼吸量) は、各実験プロットにおける植物の各機能形質の加重平均値 (プロット内の出現種の相対量で重み付けした値) および機能形質の多様性の両方で説明されることが明らかとなった。このことは、ある特定の優占種の存在によって生態系機能が向上するというメカニズムと、群集に多様な種が含まれることで効率的な資源利用が行われることによって生態系機能が向上するというメカニズムの両方が、生態系の機能を駆動していることを示唆している。

さらに、2014、2015、2016 年の 3 年間データを用いて、降水量変動下における生態系の機能および多機能性 (解析の対象とした機能は、地上部生産量、純一次生産量、地下部生産量、生態系呼吸、リター供給量の 5 種類の機能) の安定性を決定する生物多様性の要素を特定し、多機能性の安定化メカニズムを検証した。結果、種の応答の多様性 (環境変動に対する応答の方向性の種間差に関する指標) が高いほど、環境変動に対する種の非同調性が高く、種の非同調性が高いほど多機能性の安定性が高くなることがわかった。また、観測年を通した群集バイオマスの平均が高いプロットほど、多機能性の安定性が高くなることがわかった。このような多機能性の安定化メカニズムは、多様性が消失するシナリ

オ(人為的操作によって消失させる機能群が実験プロットごとに異なる)には依存しなかったため、本研究地域における一般的なメカニズムであると考えられた。この成果は、生態系機能を捉える次元の拡張に加えて、時間の次元を考慮することで、多機能性の安定性を規定する要因を特定し、そのメカニズムを解明した世界に先駆けた成果である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 14 件)

1. Sasaki, T., Yoshihara, Y., Takahashi, M., Byambatsetseg, L., Futahashi, R., Nyambayar, D. & Suyama, Y. (2017) Differential responses and mechanisms of productivity following experimental species loss scenarios. *Oecologia*, 183, 785-795. (査読有)
2. Shackelford, N., Starzomski, B.M., Banning, N.C., Battaglia, L., Becker, A., Bellingham, P.J., Bestelmeyer, B., Catford, J.A., Dwyer, J.M., Dynesius, M., Gilmour, J., Hallett, L.M., Hobbs, R.J., Price, J., Sasaki, T., Tanner, E.V.J. & Standish, R.J. (2017) Isolation predicts compositional change after discrete disturbances in a global meta-study. *Ecography*. (in press) (査読有)
3. Matsuzaki, S.S., Sasaki, T. & Akasaka, M. (2016) Invasion of exotic piscivores causes losses of functional diversity and functionally unique species in Japanese lakes. *Freshwater Biology*, 61, 1128-1142. (査読有)
4. Yanagawa, A., Sasaki, T., Jamsran, U., Okuro, T. & Takeuchi, K. (2016) Factors limiting vegetation recovery processes after cessation of cropping in a semiarid grassland in Mongolia. *Journal of Arid Environments*, 131, 1-5. (査読有)
5. Siefert, A., Violle, C., Chalmandrier, L., Albert, C.H., Taudiere, A., Fajardo, A., Aarssen, L.W., Baraloto, C., Carlucci, M.B., Cianciaruso, M.V., Dantas, V.L., de Bello, F., Duarte, L.D.S., Fonseca, C.R., Freschet, G.T., Gaucherand, S., Gross, N., Hikosaka, K., Jackson, B., Jung, V., Kamiyama, C., Katabuchi, M., Kembel, S.W., Kichenin, E., Kraft, N.J.B., Lagerström, A., Bagousse-Pinguet, Y.L., Li, Y., Mason, N., Messier, J., Nakashizuka, T., Overton, J.M., Peltzer, D., Pérez-Ramos, I.M., Pillar, V.D., Prentice, H.C., Richardson, S., Sasaki, T., Schamp, B.S., Schöb, C., Shipley, B., Sundqvist, M., Sykes, M.T., Vandewalle, M. & David A. Wardle (2015) A global meta-analysis of the relative extent of intraspecific trait variation in plant communities. *Ecology Letters*, 18, 1406-1419. (査読有)
6. Sasaki, T.\*, Furukawa, T.\*, Iwasaki, Y., Seto, M. & Mori, A. (2015) Perspectives for ecosystem management based on ecosystem resilience and ecological thresholds against multiple and stochastic disturbances. *Ecological Indicators*, 57, 395-408. (\* equal contribution) (査読有)
7. Koyama, A., Sasaki, T., Jamsran, U. & Okuro, T. (2015) Shrub cover regulates population dynamics of herbaceous plants at individual-shrub scale on the Mongolian steppe. *Journal of Vegetation Science*, 26, 441-451. (査読有)
8. Kakinuma, K., Sasaki, T., Jamsran, U., Okuro, T. & Takeuchi, K. (2014) Relationship between pastoralists' evaluation of rangeland state and vegetation threshold changes in Mongolia rangelands. *Environmental Management*, 54, 888-896. (査読有)
9. Kamiyama, C., Katabuchi, M., Sasaki, T., Shimazaki, M., Nakashizuka, T. & Hikosaka, K. (2014) Leaf-trait responses to environmental gradients in moorland communities: contribution of intraspecific variation, species replacement and functional group replacement. *Ecological Research*, 29, 607-617. (査読有)
10. Yoshihara, Y., Okada, M., Sasaki, T. & Sato, S. (2014) Plant species diversity and forage quality as affected by pasture management and simulated cattle activities. *Population Ecology*, 56, 633-644. (査読有)
11. Hikosaka, K., Sasaki, T., Kamiyama, C., Katabuchi, M., Oikawa, S., Shimazaki, M., Kimura, H. & Nakashizuka, T. (2014) Understanding of species niche, coexistence and extinction based on functional traits: approaches from community and physiological ecology for subalpine moorland plant communities. *Chikyu-Kankyo*, 19, 33-46. (in Japanese) (査読有)
12. Sasaki, T., Katabuchi, M., Kamiyama, C., Shimazaki, M., Nakashizuka, T. & Hikosaka, K. (2014) Vulnerability of moorland plant communities to environmental change: consequences of realistic species loss on functional diversity. *Journal of Applied Ecology*, 51, 299-308. (査読有)
13. Matsuzaki, S.S., Sasaki, T. & Akasaka, M. (2013) Consequences of the introduction of exotic and translocated species and future extirpations on the functional diversity of freshwater fish assemblages. *Global Ecology and Biogeography*, 22, 1071-1082. (査読有)
14. Mori, A.S., Furukawa, T. & Sasaki, T.

(2013) Response diversity determines the resilience of ecosystems to environmental change. *Biological Reviews*, 88, 349-364.  
( 査読有 )

〔学会発表〕(計 3 件)

1. 佐々木雄大・吉原佑・高橋昌也・陶山佳久・Nyambayar Dashzveg・Xiaoming Lu・Yongfei Bai (2015) 自然草原における生物多様性消失シナリオによる生態系機能の変化について．日本生態学会第 62 回大会、鹿児島大学(2015 年 3 月 21 日)
2. 佐々木雄大 (2015) 生物多様性消失シナリオによる生態系機能の応答とそのメカニズムの違いについて .2016 年度日本草地学会大会、石川県立大学 (2016 年 3 月 30 日)
3. 佐々木雄大・Xiaoming Lu・廣田充・Yongfei Bai (2017) 気候変動に対する生態系機能の安定性を規定する要因を探る：自然草原における実験から．日本生態学会第 64 回大会、早稲田大学 (2017 年 3 月 15 日)

〔図書〕(計 2 件)

1. 大黒俊哉・吉原佑・佐々木雄大 (著) (2015) 草原生態学—生物多様性と生態系機能．東京大学出版会．
2. 佐々木雄大・小山明日香・小柳知代・古川拓哉・内田圭 (著) (2015) 植物群集の構造と多様性の解析．共立出版．

〔その他〕

ホームページ等：

<http://www.sasa-lab.ynu.ac.jp/pukiwiki-151/index.php?Laboratory%20of%20Community%20and%20Landscape%20Ecology>

## 6．研究組織

### (1)研究代表者

佐々木 雄大 (Sasaki Takehiro)  
横浜国立大学大学院環境情報研究院・准教授  
研究者番号：60550077

### (2)研究分担者

なし

### (3)連携研究者

なし

### (4)研究協力者

Yongfei Bai  
中国科学院植物研究所教授・中国科学院内  
モンゴル草原生態系研究拠点長