

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26292074

研究課題名(和文) 秋植物のゲノミクスで迫る日本の草地の興亡史 林業復活の優先地域の特定

研究課題名(英文) Reconstructing grassland history using genomics of plants species flowering in autumn: identification of high priority area of forestry revival

研究代表者

山浦 悠一 (Yamaura, Yuichi)

国立研究開発法人 森林総合研究所・森林植生研究領域・主任研究員

研究者番号：20580947

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：経済的価値を失った草地は現在急速に減少しており、草地に依存した生物も大きく減少している。私たちは全国各地の70か所を超える草地を訪問し、代表的な8種類の草本植物(キキョウ、ツリガネニンジン、オミナエシ、ワレモコウ、センブリ、リンドウ、カワラナデシコ、アキノキリンソウ)の葉を収集した。このうち草地性スペシャリスト4種(オミナエシ、センブリ、ワレモコウ、カワラナデシコ)を対象に、各種で全国から10地域の草地のサンプルの遺伝子配列情報を得た。コアレセントシミュレーションを行なったところ、これら解析対象種は過去数万年間にわたり、集団サイズは維持もしくは増加傾向にあることが全国的に示された。

研究成果の概要(英文)：In Japan, grasslands have been greatly declined since their economic merits diminished. Organisms dependent on grasslands are also decreasing accordingly. We visited >70 remnant grasslands in Japan, and collected genetic samples of eight grassland plant (herb) species. We then read the gene sequences of four grassland specialist species among them; coalescent simulation suggests that these species have maintained or expanded their population sizes during recent several tens of thousand years at the national scale.

研究分野：森林の生物多様性

キーワード：草地生態系 林業再生 次世代シーケンス コアレセントシミュレーション 草本植物

1. 研究開始当初の背景

近年、日本で草地は長期にわたって人為的に維持されてきた重要な土地利用・生態系であったという指摘がされるようになった。例えば、日本の国土の16%を占める黒色土が生成されるためには、火山灰土壌下で長期にわたって草地であることが必要とされる。温暖多雨で森林が極相である日本で広大な草地が長期間維持されるためには、人間活動が大きく寄与していたはずである。こうした指摘は20年以上前からなされていたが、近年再び大きな脚光を浴びている。

その大きな理由は、経済的価値を失った草地が現在急速に減少していることである。現在、草地は日本ではもっとも危機に瀕した生態系といえる。明治期国土の10%以上を占めたとされる草地は現在1%に過ぎない。草地に依存した草地性の生物もそれに伴い各地で大きく減少しており、草地性生物の全国的な減少が各種分類群ですでに指摘されている。

今後の都市化なども相まって、草地や幼齢林の減少とそれに伴う遷移初期種の減少という生物多様性の喪失(アンダーユース)は今後さらに進展すると予測される。例えば、日本の人口は2008年をピークに減少に転じ、低い出生率と高齢化により今後人口は急速に減少する(100年で半減するという)。列島が盛んに開発される時代は終焉を迎えたといえよう。日本の生物多様性の第一の脅威は過剰利用(オーバーユース)からアンダーユース(過少利用)になりつつある。広域展開できるアンダーユースへの対策として、林業再生が挙げられる。これは、森林の伐採、地拵え、下刈りが典型的な人為攪乱であり、10年生未満の成立段階の林が草地性生物の生息地として寄与するためである。

このように、日本の草地の歴史は日本の生物多様性やその保全上、さらに林業の社会的な価値を考える上で重要な意義を持つ。従来、草地の歴史は絵図や古文書、土壌分析などから検証されてきた。しかし、草地や草地性生物の歴史の重要性を考えると、他の手法、特に草地性生物そのものを対象とした手法でも検証することが望まれる。

2. 研究の目的

そこで本研究では、かつて普通種で日本人に馴染みが深い代表的な秋の草地性植物(ツリガネニンジン、オミナエシ、リンドウ、センブリ、ワレモコウ、カワラナデシコ)を全国的にサンプリングして遺伝子解析を行なうことを目的とした。これから各地の草地性植物集団の過去の集団サイズの動態を復元し、最終氷期から明治まで草地性生物が広域・継続的に維持されてきたが近年その個体数が激減している地域を明らかにし、草地保全、

すなわち林業復活を優先すべき地域を特定することとした。

3. 研究の方法

全国を200 km四方の10地域に分け、各地域から草本植物の多様性が高い複数の草地を選択した。各草地で、互いに数m離れた5~30個体を各植物種でサンプリングした。各個体から葉を数枚採取し、シリカゲルを用いて乾燥保管した。対象の秋植物は8~10月に主に開花するため、同定しやすいこの時期に北方地域からサンプリングを行なった。

得られた植物サンプルを対象に、次世代シーケンサーを用いて遺伝子配列を解読した。各草地で同種の個体間の遺伝的近縁度(遺伝子系図)を求め、過去から現在に至る集団サイズの変動をコアレセントシミュレーションにより推定した。

4. 研究成果

(1) 現地調査

現地の植物専門家の協力の下、3年間の調査を通して、北海道から九州にかけて、70を超える草地から、代表的な8種類の草本植物(キキョウ、ツリガネニンジン、オミナエシ、ワレモコウ、センブリ、リンドウ、カワラナデシコ、アキノキリンソウ)のサンプルを収集することができた(写真1~6)。



写真1. オミナエシ(十勝平野)



写真2. センブリ(宮城県)



写真 3. キキョウ (岩手県)



写真 4. 調査対象の草地 (霧ヶ峰)



写真 5. カワラナデシコ (奈良県)

(2) 遺伝子解析

まず、初年度に収集した阿蘇の遺伝子サンプルの解析を行なった。サンプリングを行なった種から、カワラナデシコ、アキノキリンソウ、オミナエシ、センブリの 4 種を選び、RAD-seq によりそれぞれ 2997 ~ 6466 座の一塩基多型 (SNP) を得た。これから集団内の多くの個体で観察された座が 417 ~ 1021 座存在した。このうち 120 座をランダムに選出し、それぞれの座で作成した遺伝子系図に基づいて集団サイズの変遷を推定した。この結果、種によって増減の傾向が異なったものの、過去数万年間にわたり、これらの種の個体群が

長期間にわたって維持されてきたことが示された。



写真 6. ワレモコウ (阿蘇)

次に、ワラナデシコ、オミナエシ、センブリ、アキノキリンソウ、キキョウについて、全国 5 か所のサイトからのサンプルを解析した。各種で各サイトの 15 サンプル程度を対象に塩基配列情報を得た。コアレセントシミュレーションの結果、センブリは集団間で動態が異なること、アキノキリンソウはすべてのサイトで最近 1 万年以内に集団サイズが増加した傾向が示された。それ以外の種では、全国的な傾向は大きく変わらず、過去 2 万年程度にわたって安定的に集団が維持されてきたことが推測された。

最後に、遺伝子解析を全国展開するため、解析対象種を草地のスペシャリスト 4 種 (オミナエシ、センブリ、ワレモコウ、カワラナデシコ) に絞り、各種で全国から 10 地域 (北海道、西北海道、北東北、南東北、関東、中部、関西、中国、四国、九州) のサンプルを抽出し、塩基配列情報を得た。コアレセントシミュレーションの結果、これら解析対象種は過去数万年間にわたり、集団サイズは維持もしくは増加傾向にあることが全国的に示された。明治期以降の集団サイズの減少は検出されなかったが、この近年の減少は進化的に最近のイベントのため、遺伝子組成に反映されていないと考えられた。

これらの結果を踏まえると、全国的に草地が激減した現在、草地性生物保全の観点から林業の復活が望まれる地域は、特定の地域に限定されるというものではないだろう。草地性生物を保全するという観点から、林業復活は全国的に意義があるといえよう。今後はこの結果をもとに、地形学や土壌学、人類学的な

視点から草地性生物の保全の意義について、そして林業復活の意義について論文を執筆する予定である。

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6件)

Senzaki, M., Y. Yamaura, F. Nakamura. in press. Predicting offsite impacts on juvenile outputs of the marsh harrier. *Journal of Wildlife Management*. 査読あり。(印刷中)

Soga, M., K. J. Gaston, Y. Yamaura. 2017. Gardening is beneficial for health: a meta-analysis. *Preventive Medicine Reports* 5: 92-99. 査読あり. doi: 10.1016/j.pmedr.2016.11.007

Yamaura, Y., M. Kéry, J. A. Royle. 2016. Study of biological communities subject to imperfect detection: bias and precision of community *N*-mixture abundance models in small-sample situations. *Ecological Research* 31: 289-305. 査読あり. doi: 10.1007/s11284-016-1340-4

Yamaura, Y., E. F. Connor, J. A. Royle, K. Itoh, K. Sato, H. Taki, Y. Mishima. 2016. Estimating species-area relationships by modeling abundance and frequency subject to incomplete sampling. *Ecology and Evolution* 6: 4836-4848. 査読あり. doi: 10.1002/ece3.2244

Higa, M., Y. Yamaura, M. Senzaki, I. Koizumi, T. Takenaka, Y. Masatomi, K. Momose. 2016. Scale dependency of two endangered charismatic species as biodiversity surrogates. *Biodiversity and Conservation* 25: 1829-1841. 査読あり. doi: 10.1007/s10531-016-1161-3

Shimazaki, A., Y. Yamaura, M. Senzaki, Y. Yabuhara, T. Akasaka, F. Nakamura. 2016. Urban permeability for birds: an approach combining mobbing-call experiments and circuit theory. *Urban Forestry and Urban Greening* 19: 167-175. 査読あり. doi: 10.1016/j.ufug.2016.06.024

[学会発表](計8件)

曾我昌史, Kevin Gaston, 山浦悠一. 植物との触れ合いは健康を促進する: メタ解析による検証. 日本生態学会第64回全国大会. 2017年3月16日 早稲田大学(東京都新宿区).

成田あゆ, 山浦悠一, 楠本良延, 手塚あゆみ, 川口利奈, 永野惇, 井鷺裕司. 日

本の草地性植物は過去にどのような変遷をたどってきたのか? 全国規模のゲノム解析で推定した草本4種の集団サイズ動態. 日本生態学会第64回全国大会. 2017年3月15日. 早稲田大学(東京都新宿区).

山浦悠一. 人工林の主伐は生物多様性保全のチャンス!? 木を伐って、残して守る日本の自然. 森林関連学会合同シンポジウム. 2016年12月25日. 筑波大学東京キャンパス(東京都文京区).

山浦悠一. 生物多様性の保全・創出から見た森林管理の研究. 平成28年度(第15回)日本農学進歩賞. 2016年11月25日. 東京大学弥生講堂(東京都文京区). 成田あゆ, 山浦悠一, 手塚あゆみ, 永野惇, 井鷺裕司. 草地性草本植物の有効集団サイズ動態. 日本植物学会第80回大会. 2016年9月18日. 沖縄コンベンションセンター(沖縄県宜野湾市).

成田あゆ, 山浦悠一, 楠本良延, 井鷺裕司. 草原性植物のデモグラフィの種間・集団間比較 ゲノミクスによる草原の歴史の再構築. 日本生態学会第63回全国大会. 2016年3月22日. 仙台国際センター(宮城県仙台市).

山浦悠一, 中村太土. 森林の管理と生物多様性の保全 課題と提案. 第126回日本森林学会・公開シンポジウム. 2015年3月27日. 北海道大学(北海道札幌市).

山浦悠一, Marc Kéry, J. A. Royle. Biological communities subject to imperfect detection: behavior of multi-species abundance models using *N*-mixture in small-sample situations. 日本生態学会第62回全国大会. 2015年3月21日. 鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市).

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山浦 悠一(YAMAURA, Yuichi)

国立研究開発法人・森林総合研究所・森林植生研究領域・主任研究員

研究者番号: 20580947

(2) 研究分担者

井鷲 裕司 (ISAGI, Yuji)
京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・
教授
研究者番号: 50325130

青木 京子 (AOKI, Kyoko)
大阪大学・連合小児発達学研究科・寄付講
座助教
研究者番号: 70378537

(3)研究協力者

成田 あゆ (NARITA, Ayu)
京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・
大学院生