

平成29年9月26日

報道関係者各位

国立大学法人 筑波大学

国立大学法人 富山大学

北極圏-高山帯の植物は緯度が低いほど遺伝的多様性が減少している

研究成果のポイント

1. 北半球の高緯度ツンドラから中緯度山岳にかけて広く分布する周北極・高山性の生物種^{注1}の遺伝的多様性が、緯度の低下に沿って、減少していることを明らかにしました。
2. 対象種の世界的な分布の最南限にあたる本州中部の山岳地域では、顕著な遺伝的多様性の低下が認められましたが、その遺伝的固有性は高いことも明らかになりました。
3. 周北極・高山性の生物種では一般的な種とは逆のパターンが実証されました。温暖化に伴う北方系の生物の適応進化や分布の変化を考える上でも示唆に富む成果です。

国立大学法人筑波大学生命環境系 平尾章助教(山岳科学センター菅平高原実験所)、国立大学法人富山大学極東地域研究センター 和田直也教授らの研究グループは、周北極・高山性の植物であるチヨウノスケソウ^{注2}が北半球の北極圏から温帯山岳域にかけて広く分布することに着目し、高緯度ツンドラから中緯度山岳までの各集団の遺伝的多様性^{注3}が緯度によってどのように変化するのかを解析しました。その結果、集団内の遺伝的多様性が、高緯度から低緯度へ緯度が低下するにつれて、減少していることを明らかにしました。また、チヨウノスケソウの世界的な分布の最南限にあたる本州中部山岳地域では、遺伝的多様性の減少が顕著であり、高緯度地域を基準とすると9割以上もの遺伝的多様性が喪失していることも明らかになりました。その一方で、本州中部山岳地域の遺伝的固有性は高く、過去の氷期・間氷期の気候変動を通じて、隔離・孤立化という独自の歴史を辿ったという仮説が支持されました。

これまで一般的な生物種では、緯度の低下に沿って、種内の遺伝的多様性の増加傾向が認められてきましたが、周北極・高山性の種において逆パターンを実証した点で本成果は評価されます。地球温暖化に伴う北方系の生物の適応進化や分布の変化を考える上でも示唆に富む成果です。

本研究の成果は、2017年9月19日に「Journal of Biogeography」誌オンライン版で先行公開されました。

* 本研究は、一般財団法人・長野県科学振興会の科学研究費助成金および環境省地球環境研究総合推進費(D-0904)などの支援を受け実施したものです。

研究の背景

生物がなぜ現在のような分布域をもつに至ったのかは、生態学における重要で普遍的な問いです。その取り組みの1つとして、18世紀ドイツの偉大な生物地理学者アレクサンダー・フォン・フンボルト以来、緯度傾度に沿った生物多様性パターンは、多くの生態学者の関心を集めてきました。緯度の低下に沿って、種レベルの生物多様性が増加することは以前から認識されていましたが、近年、遺伝子レベルの生物多様性(=遺伝的多様性)も同様の緯度傾度パターンを示すという考えが、多くの生物種の事例から支持されています。しかしながら、周北極・高山性の生物種では、1)その本来の分布中心が高緯度地域にあること、2)より低緯度に位置する集団ほど高標高に押し上げられて隔離・分断化が促進される、との予想から、緯度の低下に沿って遺伝的多様性が低下している可能性があります。そこで高緯度ツンドラから中緯度山岳にかけて広く分布する周北極・高山性の植物種であるチョウノスケソウを対象として、緯度傾度に沿った遺伝的多様性のパターンを解析することで、異なる地域集団の歴史を読み解こうと考えました。

研究内容と成果

1. 緯度傾度に沿った周北極高山植物の遺伝的多様性パターン

日本列島の山岳地域から北極圏スバル諸島までのチョウノスケソウの18集団からサンプルを集め、集団内の遺伝的多様性が緯度によってどのように変化するのかを解析しました。その結果、これまでの一般的な生物種とは逆のパターンとして、緯度の低下に沿って遺伝的多様性が減少することが認められました。特に、世界的な分布の最南限地にあたる日本の本州中部では、遺伝的多様性の減少が顕著であり、高緯度地域を基準とすると9割以上もの遺伝的多様性が喪失していることも明らかになりました。

2. 南限集団と北限集団の遺伝的多様性の特徴

南限の辺縁部にあたる本州中部山岳地域の集団では、遺伝的多様性が顕著に低くなっているにもかかわらず、その遺伝的組成の固有性が高いことが明らかになりました。さらに本州中部山岳地域の集団では、天空の島々に隔離されることで遺伝的分断化が促進されるという仮説が、集団間の強い遺伝的分化係数から支持されました。これらの結果から、本州中部山岳地域のチョウノスケソウの集団は、過去の氷期・間氷期の気候変動を通じて、隔離・孤立化という独自の歴史を辿ったと考えられます。それとは対照的に、北限の辺縁部にあたる北極圏スバル諸島の周辺では、集団間の遺伝的分化の程度は緩やかであり、これは最終氷期以降の氷河の後退に伴った新規移住に由来すると考えられています。

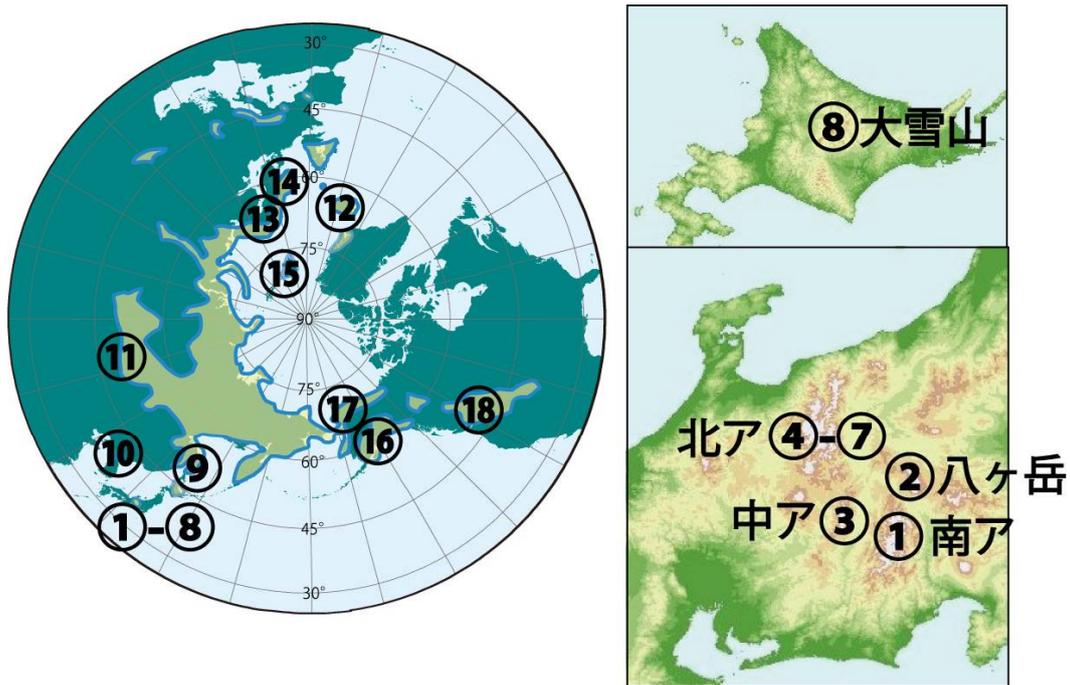
今後の展開

地球環境の変化に直面しても、生物は、自然選択(自然淘汰)を通じて新たな環境に適応しようとします。しかしながら、進化の素材となる遺伝的変異が減少してしまうと、適応進化が抑制されるという理論的な予測があります。チョウノスケソウにおける適応進化の例として、高緯度のアラスカ集団では、局所環境の違いに適応した風衝地型と雪田型の生態型が報告されています。しかしながら日本の山岳地域では、チョウノスケソウは風衝地にのみ分布しており、雪田には生育していません。これは、雪田環境に進出できるような潜在的な適応能力が失われているせいかもしれません。近年、遺伝子解析技術の進歩によって、異なる環境への局所適応を遺伝子レベルから解明することが可能になってきました。幅広い緯度にかけて分布するチョウノスケソウでは、地域間で葉形質などの変異が生じており、今後も興味深い研究テーマを提供してくれると期待されます。

参考図



図1 高緯度ツンドラから中緯度山岳地域にかけて幅広く分布するチョウノスケソウ: a),b)北極圏スバルバル諸島
ニーオルスン、c)アラスカ・ANWR、d),e)スウェーデン・ヘマバン、f)スウェーデン・ケブネカイセ、g,h)中国・長白山、i)白
馬鑪ヶ岳、j)八ヶ岳、k)木曾駒ヶ岳、l)荒川中岳および前岳。



 チョウノスケソウの分布域
 本研究で調査した集団

図2 チョウノスケソウの分布図および本研究で調査した集団

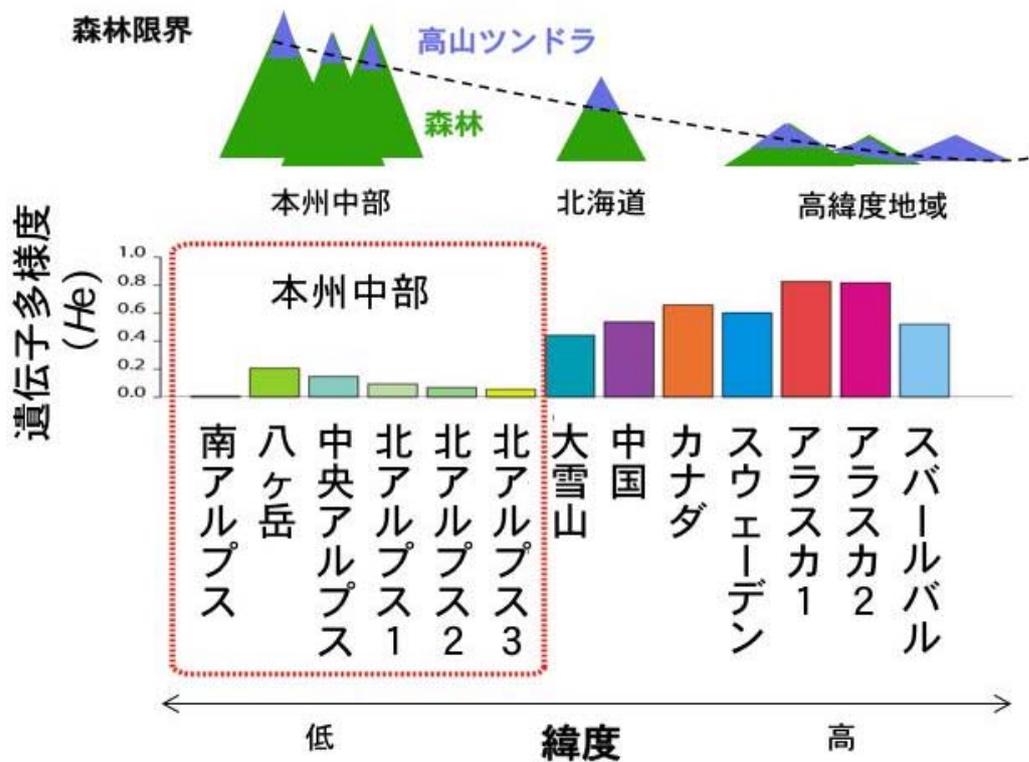


図3 緯度傾度に沿ったチョウノスケソウ集団の遺伝的多様性。緯度が低くなるほど集団内の遺伝的多様性は減少し、分布南限の日本列島の山岳地域では遺伝的多様性が大きく喪失していた。

用語解説

注1) 周北極・高山性の生物種: 日本列島などの温帯の高標高山岳地域には、北極圏に分布する生物と同一または近縁な種が生育しており、寒冷な氷期に北方から南下した集団が温暖な間氷期に高山帯に逃げることで生き延びてきたと考えられています。

注2) チョウノスケソウ(*Dryas octopetala* L.): 北半球の寒帯・亜寒帯から温帯山岳にかけて広く分布する周北極・高山性のバラ科植物。氷期の寒冷期気候に適応して広く分布していた周北極植物群をチョウノスケソウの属名 *Dryas* にちなみドリラス植物群と呼ぶように、過去の寒冷期イベントを象徴する植物種です。和名は、日本産の発見者である須川長之助氏に由来します。

注3) 遺伝的多様性: 同じ種でも、個体間や地域間に遺伝的な違いが存在します。遺伝的多様性の度合いは、その生物種の歴史や遺伝子の進化的動態を反映していると考えられています。

参考文献

Hirao, A. S., Watanabe, M., Liu, Q.-J., Li, X., Masuzawa, T., Ohara, M., & Wada, N. (2015). Low genetic diversity and high genetic divergence in southern rear edge populations of *Dryas octopetala* in mountain sky islands of the Far East. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*, 66:11-22.

平尾章(2015)わが国の高山植物の遺伝的多様性と脆弱性: 温暖化条件下で氷期遺存種の南限集団が示すこと. *地球環境*, 19:63-70.

掲載論文

【題名】Genetic diversity within populations of an arctic-alpine species declines with decreasing latitude across the Northern Hemisphere

(北半球における周北極高山種の集団内における遺伝的多様性は緯度とともに減少する)

【著者名】Akira HIRAO, Mikio WATANABE, Shiro TSUYUZAKI, Ayako SHIMONO, Xuefeng LI, Takehiro MASUZAWA, Naoya WADA

平尾章(筑波大学)、渡辺幹男(愛知教育大学)、露崎史郎(北海道大学)、下野綾子(東邦大学)、LI Xuefeng(ノースカロライナ州立大学)、増澤武弘(静岡大学)、和田直也(富山大学)

【掲載誌】 *Journal of Biogeography*

doi:10.1111/jbi.13085

問い合わせ先

平尾 章(ひらお あきら)

筑波大学生命環境系(山岳科学センター菅平高原実験所) 助教

〒386-2204 長野県上田市菅平高原 1278-294

和田 直也(わだ なおや)

富山大学研究推進機構極東地域研究センター 教授

〒930-8555 富山県富山市五福 3190