

平成 30 年 4 月 23 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K18614

研究課題名(和文) 光合成光阻害回避能力の温度依存性における緯度間・標高間種内変異

研究課題名(英文) Intraspecific variation in temperature dependency of photoprotective mechanisms

研究代表者

小口 理一(Oguchi, Riichi)

東北大学・生命科学研究科・助教

研究者番号：10632250

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：世界中の様々な標高や緯度から集められたシロイヌナズナエコタイプを用いて、光化学系修復能力の差を調べ、由来地の環境パラメーターとの関連性の検出を試みた。その結果、各エコタイプの由来地の気温と、低温での光阻害修復速度に有意な負の相関が見られた。このことから、低温での光阻害ストレスに晒されることが多いシロイヌナズナエコタイプでは、低温での光阻害回避機構に選択圧がかかり、低温での修復速度をできるだけ高く保つような適応が起こった可能性が考えられる。

研究成果の概要(英文)：Intraspecific variation of repair capacity of damaged photosystem was studied using *Arabidopsis thaliana* ecotypes derived from all over the world with various latitude and altitude. The repair capacity of damaged photosystem in low temperature showed a significant negative correlation with the average temperature of the habitat of each ecotype. This would indicate that *A. thaliana* populations facing higher photoinhibition stress caused by lower temperature showed adaptation to keep repair capacity of damaged photosystem high even in low temperature.

研究分野：植物生態学

キーワード：種内変異 温度依存性 可塑性 適応 分化 生態学

1. 研究開始当初の背景

光は光合成のエネルギー源であるが、強すぎる光は光合成器官に傷害をもたらし、光阻害と呼ばれる光合成活性や成長速度の低下を引き起こす。これまで、植物が持つ光阻害回避機構について多くの研究が成され、葉緑体移動、熱放散、光化学系 I/II 均衡化(ステート遷移)、活性酸素消去系、光化学系 I 循環的電子伝達、光化学系修復など、多くの知見が蓄積されて来た。植物がこれだけ多くの光阻害回避機構を進化させてきたことは、光阻害耐性にそれだけ強い淘汰圧がかかってきたことを示唆するが、光阻害が種の分布・分化にどのように影響してきたかという知見は乏しい。

2. 研究の目的

光阻害耐性能力のうち光化学系修復能力が、強い温度依存性を示すことに注目し、生息地の気温が低温であるエコタイプほど低温での修復能力が高くなると仮説を立て、検証する。

3. 研究の方法

様々な緯度および標高で集められたシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana*) エコタイプを共通圃場実験で生育し、各光阻害耐性機構の能力をエコタイプ間で比較した。共通圃場として、人工気象機を用いて、以下の環境に制御し、生育した。温度: 22、光強度: $260 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、10 時間明期。

光阻害耐性がエコタイプの生育地環境に応じて異なっているかを明らかにし、また、複数の光阻害耐性機構のうち、低温での能力低下が大きい光化学系修復能力に注目して観察し、低温での修復能力が低温由来のエコタイプほど高くなっているかを調べた。光阻害処理として、恒温機の中で気温を制御した状態で、強光を照射した。葉は、control として水に浮かべたサンプルと、光化学系の修復阻害剤であるリンコマイシン 1 mM に浮かべたサンプルを用意し、光阻害処理前、光阻害処理 30 分後および 1 時間後の光化学系の活性を 2 次元クロロフィル蛍光測定装置 (FluorCam, Photon System Instrument, Czech Republic) を使用して測定し、光阻害速度を測定した。光阻害修復速度は、コントロールサンプルと修復阻害剤処理サンプルの光阻害速度の違いから、Wunshmann & Brand 1992 の方法を用いて計算した。

そして、低い温度で生育された葉では、光阻害回避能力が低温順化によって向上しているかを明らかにするため、22 での生育後、低温順化処理として 12 で 3 日間生育させた葉と、コントロール処理として、環境は同じだが 22 で 3 日間生育した葉を用意し、上記と同様に、光阻害速度および光阻害修復速

度を調べた。

4. 研究成果

低温での光化学系修復能力と由来地の環境パラメーターとの関連性の検出を試みた (図 1)。その結果、各エコタイプの由来地の気温と、低温での光阻害修復速度に有意な負の相関が見られた。このとき、光阻害速度と光阻害修復速度の間には有意な相関は見られなかった (図 2)。また、低温に順化させた葉は、コントロールの葉に比べ、低温での光阻害修復速度が有意に上昇していた (図 3)。そして、この低温順化による低温での光阻害修復速度の増加率も、各エコタイプの由来地の気温と有意な負の相関を示した。これらの結果は、低温での光阻害ストレスに晒されることが多いシロイヌナズナエコタイプでは、低温での光阻害回避機構に選択圧がかかり、低温での修復速度をできるだけ高く保つような適応が起こった可能性を示唆するものであり、国内外に大きなインパクトを与えると考えられる。

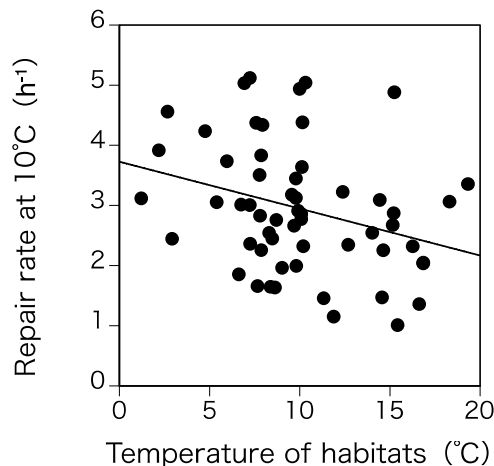


図 1 シロイヌナズナエコタイプの由来地の平均気温と 10 で光阻害処理を行った時の修復能力の関係

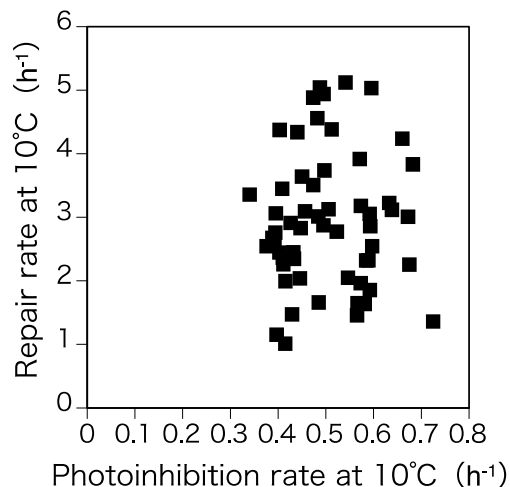


図 2 シロイヌナズナエコタイプの 10 で

光障害処理を行った時の光障害速度と修復能力の関係

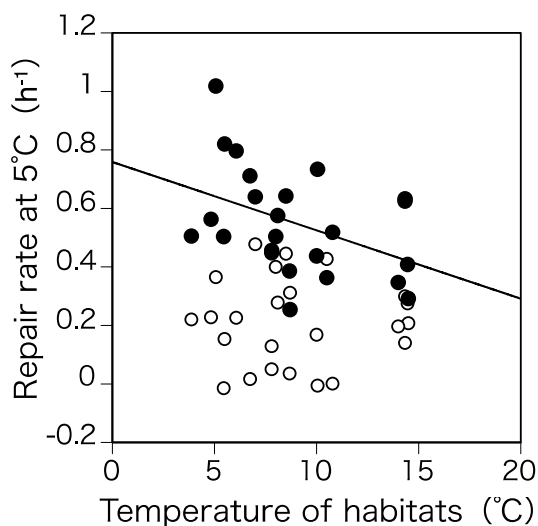


図3 シロイヌナズナエコタイプの由来地の平均気温と5で光障害処理を行った時の修復能力の関係は22での生育後、12で3日間、低温順化させた個体。は22での生育後、同じ環境で22でcontrol処理した個体。

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4件)

1. Riichi Oguchi, Tsutomu Hiura and Kouki Hikosaka, 2017, The effect of interspecific variation in photosynthetic plasticity on 4-year growth rate and 8-year survival of understory tree seedlings in response to gap formations in a cool-temperate deciduous forest. *Tree Physiology* 査読有 37: 1113-1127. DOI 10.1093/treephys/tpx042
2. Kaori Kohzuma, Motoko Chiba, Toyooki Anai, Miki Ueda, Riichi Oguchi, Kazumasa Shirai, Kosuke Hanada, Hideyuki Takahashi, Kouki Hikosaka, Nobuharu Fujii, 2017, Mutant selection in the self-incompatible plant, radish (*Raphanus sativus* L. var. *sativus*), using two-step TILLING. *Breeding Science* 査読有 67: 268-276. DOI 10.1270/jsbbs.16200
3. Ichiro Terashima, Hiroki Ooeda, Takashi Fujita and Riichi Oguchi, 2016, Light environment within a leaf. II. Progress in the past one-third century, *Journal of Plant Research* 査読有 129: 353-363. DOI 10.1007/s10265-016-0808-1

4. Da-Yong Fan, Duncan Fitzpatrick, Riichi Oguchi, Weimin Ma, Jiancun Kou and Wah Soon Chow, 2016, Obstacles in the quantification of the cyclic electron flux around Photosystem I in leaves of C3 plants, *Photosynthesis Research* 査読有 129: 239-251. DOI 10.1007/s11120-016-0223-4

〔学会発表〕(計10件)

1. 小口理一, Bender, Lukas, 光合成光障害回避能力における緯度間・標高間種内変異, 第65回日本生態学会大会、札幌、2018年3月17日
2. 小口理一, 日浦勉、彦坂幸毅、光環境変化に対する落葉樹実生の光合成・成長可塑性と林床生存率とのトレードオフ, 第7回東北植物学会大会、盛岡、2017年12月9日
3. 吉田直史、鳥居怜平、小口理一、藤井伸治、久保田涉誠、森長真一、花田耕介、彦坂幸毅、ハクサンハタザオの局所適応解析：機能遺伝子の観点から, 第7回東北植物学会大会、盛岡、2017年12月9日
4. 中村由紀子、Qing-Wei Wang、小口理一、森長真一、彦坂幸毅、ハツカダイコンとハマダイコンの高温ストレス耐性, 第7回東北植物学会大会、盛岡、2017年12月9日
5. 上妻馨梨、千葉元子、穴井豊昭、白井一正、上田実希、小口理一、花田耕助、彦坂幸毅、藤井伸治、2step-TILLINGを用いた自家不和合植物ハツカダイコンの突然変異体選抜法, 第131回日本育種学会講演会、名古屋、2017年3月29日
6. 上妻馨梨、千葉元子、穴井豊昭、上田実希、小口理一、花田耕助、彦坂幸毅、藤井伸治、Mutant selections of self-incompatibility plant, Radish (*Raphanus sativus* L. var. *sativus*), by two step TILLINGS, 第58回日本植物生理学会年会、鹿児島、2017年3月18日
7. 小口理一、尾崎洋史、花田耕介、彦坂幸毅、A variation of elevated CO₂ response among *Arabidopsis thaliana* ecotypes derived from a variety of habitats, 第64回日本生態学会大会、東京、2017年3月16日
8. 小口理一、極細光ファイバーを用いた葉内光合成活性の勾配の測定, 第6回東北植物学会大会、仙台、2016年12月10日
9. 小口理一、日浦勉、彦坂幸毅、落葉広葉樹林でのギャップ更新における、実生の光合

成・成長可塑性と林床生存率とのトレードオフ、第61回日本生態学会東北地区会、山形、2016年10月30日

10. 小口理一、日浦勉、彦坂幸毅、冷温帯落葉広葉樹林でのギャップ更新における、木本実生の光合成可塑性と林床生存率とのトレードオフ、第80回日本植物学会大会、沖縄、2016年9月16日

11. 尾崎洋史、小口理一、上林真実、森長真一、彦坂幸毅、一塩基多型情報を用いた侵入種の緯度に沿った遺伝的背景の解析、第80回日本植物学会大会、沖縄、2016年9月16日

12. Riichi Oguchi, Causes of errors in the estimation of photosynthetic activity of higher plant leaves using conventional chlorophyll fluorometers, The 17th International Congress on Photosynthesis, Maastricht, The Netherlands, 8 August 2016.

13. 上妻馨梨、尾崎洋史、小口理一、澤田有司、平井優美、藤井伸治、彦坂幸毅、シロイヌナズナにおいて異なるエコタイプ間の相対成長速度やそのCO₂応答のばらつきをもたらす生化学的要因、第7回日本光合成学会年会、東京、2016年5月27日

14. Riichi Oguchi, A trade-off between photosynthetic plasticity and survivorship in shaded understory in gap-dynamics of a cool-temperate deciduous forest, Japanese-German Workshop on Plant Traits in Dresden, Dresden, Germany, 9 May 2016.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：

種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等
個人ページ：
hostgk3.biology.tohoku.ac.jp/oguchi/oguchihome.html
研究科内個人ページ：
<https://www.lifesci.tohoku.ac.jp/research/teacher/detail---id-15645.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

小口 理一 (OGUCHI, Riichi)
東北大学・大学院生命科学研究科・助教
研究者番号：10632250

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()