



異なる温度環境に生育する植物の光合成窒素利用効率

課題番号 13640624

平成13年度～平成14年度科学研究費補助金（基盤研究(C)2）
研究成果報告書

平成15年5月15日

研究代表者

東北大学大学院生命科学研究科助教授

彦坂幸毅

はじめに

窒素は植物にとって重要な元素である。葉の窒素の大半が光合成系に投資されているため、種内では窒素含量と光合成能力の間には高い相関がある。しかしこの相関は種によって大きく異なる。窒素含量あたりの光合成能力は光合成の窒素利用効率(PNUE)と定義され、多くの研究者の注目を集めている。PNUEは様々な種間で比較され、遷移初期種で高い・貧栄養などストレス条件を好む種で低い・葉の寿命が長い種で低い等、生態学的特性と密接な関係があることが示された。しかし、未だに手が着けられていないのが温度環境との関連である。

日本のような湿潤な気候では気温が植生を決定する最も大きな要因である。生理学では植物の温度応答について多くの仕事が行われてきたが、ほとんどは5度以下や40度以上などの極端な温度条件が引き起こす傷害を調べたものである。植物が成長・繁殖を行うことができる温度範囲での研究は非常に乏しい。一方、生態学ではニッチの異なる植物の比較が行われてきたが、光合成の高低等の基礎的なパラメータを比較したにすぎず、メカニズムまで踏み込んだ研究は少ない。このため、生態学的な意味では、何が温度ニッチの分化をもたらしているのかは未だ明らかではない。

本研究課題「異なる温度環境に生育する植物の光合成窒素利用効率」では、光合成の窒素利用効率と光障害という生理学的なプロセスに着目し、温度がこれらのパラメータにどのように影響するのか。生育ニッチの異なる植物においてこれらのパラメータがどのように異なるのかを解明することを目指した。本報告書はこの研究成果の発表論文を収録したものである

平成15年5月

彦坂幸毅

研究組織

研究代表者：彦坂幸毅（東北大学大学院生命科学研究科）

交付決定額（いずれも直接経費）

平成13年度 2500千円

平成14年度 700千円

総計 3200千円

研究発表

1 英語論文

- Hikosaka K, Hirose T (2001a) Nitrogen uptake and use of competing individuals in a *Xanthium canadense* stand. *Oecologia*, **126**: 174-181.
- Hikosaka K, Nagashima H, Harada Y, Hirose T (2001) A simple quantification of interaction between individuals competing for light in a monospecific stand. *Functional Ecology*, **15**: 642-646.
- Hikosaka K, Hirose T (2001b) Temperature acclimation of the photosynthetic apparatus in an evergreen shrub, *Nerium oleander*. *PS2001 Proceedings: 12th International Congress on Photosynthesis*. S35-007, CSIRO Publishing, Melbourne.
- Hikosaka K, Nagamatsu D, Ishii HS, Hirose T (2002) Photosynthesis-nitrogen relationships in species at different altitudes of Mount Kinabalu, Malaysia. *Ecological Research*, **17**: 305-313.
- Kato MC, Hikosaka K, Hirose T (2002a) Leaf discs floated on water are different from intact leaves in photosynthesis and photoinhibition. *Photosynthesis Research*, **72**: 65-70.
- Kato MC, Hikosaka K, Hirose T (2002b) Photoinactivation and recovery of photosystem II of *Chenopodium album* leaves grown under different irradiance and nitrogen availability. *Functional Plant Biology* (formerly *Australian Journal of Plant Physiology*), **29**: 787-795.
- Wenger MJA, Hirose T, Doring HJ, Heil GW, Hikosaka K, Ito T, Nachinshonor UG, Nagamatsu D, Shibasaki K, Takatsuki S, van Rheeën JW, Anten NPR (2002) Light partitioning among species and species replacement in early successional grasslands. *Journal of Vegetation Science*, **13**: 615-626.
- Yasumura Y, Hikosaka K, Matsui K, Hirose T (2002) Leaf-level nitrogen use efficiency of species in deciduous forests. *Functional Ecology*, **16**: 826-834.
- Kato MC, Hikosaka K, Hirotsu N, Makino A, Hirose T (2003) The excess light energy that is neither utilized in photosynthesis nor dissipated by photoprotective mechanisms determines the rate of photoinactivation in photosystem II. *Plant and Cell Physiology*, **44**: 318-325.
- Oguchi R, Hikosaka K, Hirose T (2003) Does the photosynthetic light-acclimation need change in leaf anatomy? *Plant, Cell and Environment*, **26**: 505-512.
- Nagashima H, Yamano T, Hikosaka K, Hirose T (2003) Effects of elevated CO₂ on the size structure in even-aged monospecific stands of *Chenopodium album*. *Global Change Biology*, **9**: 619-629.
- Hikosaka K (2003) A model of dynamics of leaves and nitrogen in a plant canopy: An

integration of canopy photosynthesis, leaf life-span, and nitrogen-use efficiency.
American Naturalist, in press.

Ishizaki S, Hikosaka K, Hirose T (2003) The increase in leaf mass per area benefits plant growth at elevated CO₂ concentration. *Annals of Botany*, in press.

Tsonev TD, Hikosaka K (submitted) Contribution of photosynthetic electron transport, heat dissipation, and recovery of photoinactivated photosystem II to photoprotection at different temperatures. *Plant and Cell Physiology*.

2 日本語総説など

彦坂幸毅 (2001) 環境への順化と適応 植物生理学シリーズ 第5巻環境応答 寺島一郎編 pp.187-195 朝倉書店

彦坂幸毅 (2001) 光合成の環境応答 アエラムック 植物学がわかる pp. 112-115 朝日新聞社

衣笠利彦・彦坂幸毅・広瀬忠樹 (2003) 一年草の一章におけるエネルギー消費-呼吸消費を考慮に入れた物質分配- 日本生態学会誌 53: 55-60.

村岡裕由・彦坂幸毅 植物生理生態学が目指すもの 光と水と植物のかたち 種生物学会編 文一総合出版 印刷中

彦坂幸毅 (2003) 群落の光合成 葉の集合としての群落~個体の集合としての群落 光と水と植物のかたち 種生物学会編 文一総合出版 印刷中

彦坂幸毅 (2003) クロロフィル蛍光から何がわかるのか 光と水と植物のかたち 種生物学会編 文一総合出版 印刷中

3 学会発表

Onoda Y, Hikosaka K, Hirose T. Photosynthetic Nitrogen Use Efficiency of *Polygonum cuspidatum* grown under Elevated CO₂ with Different Nutrient Availability and Plant Age. International Geosphere-Biosphere Programme, Open Science Conference, Amsterdam, The Netherland, July, 2001

Kinugasa T, Hikosaka K, Hirose T. How does Elevated CO₂ Affect Reproductive Yield of an Annual Plant? International Geosphere-Biosphere Programme, Open Science Conference, Amsterdam, The Netherland, July 2001

Hikosaka K, Hirose T. Temperature acclimation of the photosynthetic apparatus in an evergreen shrub, *Nerium oleander*. XIIth International Congress of Photosynthesis, Brizben, August 2001.

Hikosaka K, Yamano T, Nagashima H, Hirose T. Effects of elevated CO₂ on even-aged monospecific stands of an annual, *Chenopodium album* 6th International Carbon Dioxide Conference, Sendai, Japan, October, 2001

Onoda Y, Hikosaka K, Hirose T. Nitrogen Economy of Photosynthetic Capacity under Elevated CO₂ with Different Nutrient Availability and Plant Aging. 6th International Carbon Dioxide Conference, Sendai, Japan, October, 2001

Kinugasa T, Hikosaka K, Hirose T. Reproductive yield of an annual plant under elevated CO₂ concentration. 6th International Carbon Dioxide Conference, Sendai, Japan, October 2001

- Muller O, Hikosaka K, Hirose T. Photosynthetic acclimation of an evergreen understory shrub, *Aucuba japonica*, to seasonal environment in different light regimes. 第49回日本生態学会大会 2002.3 仙台
- 彦坂幸毅・高島輝之・壁谷大介・広瀬忠樹・鎌田直人 コナラ・アベマキにおける奪葉後の窒素経済 第49回日本生態学会大会 2002.3 仙台
- 衣笠利彦・彦坂幸毅・広瀬忠樹 一年草の一生におけるエネルギー消費－呼吸消費も考慮に入れた物質分配－ 第49回日本生態学会大会 2002.3 仙台
- 安村有子・彦坂幸毅・広瀬忠樹 ブナ林構成種の異なる光環境に展開する葉からの窒素回収 第49回日本生態学会大会 2002.3 仙台
- 小口理一・彦坂幸毅・広瀬忠樹 木本3種の光合成光順化における葉の解剖学的変化 第49回日本生態学会大会 2002.3 仙台
- 小野田雄介・彦坂幸毅・広瀬忠樹 発芽時期がイタドリの光合成特性に及ぼす影響 第49回日本生態学会大会 2002.3 仙台
- 石崎伸二郎・彦坂幸毅・○広瀬忠樹 高CO₂における葉重/葉面積比の増加は成長の増加につながるか? 第49回日本生態学会大会 2002.3 仙台
- Onoda Y, Hikosaka K, Hirose T. Effects of seasonal environments on CO₂ response of photosynthesis. International Congress of Ecology, Seoul, Korea, August, 2002
- Kinugasa T, Hikosaka K, Hirose T. Growth and respiration in annual plants under elevated CO₂" 8th International Congress of Ecology, Seoul, Korea, August 2002
- Miller O, Hikosaka K, Hirose T, Werger MJA. Photosynthetic acclimation of an evergreen understory shrub, *Aucuba japonica*, to seasonal environment in different light regimes. International Congress of Ecology, Seoul, Korea, August, 2002
- Oikawa S, Hikosaka K, Hori Y, Shiyomi M, Takahashi S. Leaves with different emergence time have different ecophysiological characteristics in deciduous fern *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn var. *latiusculum*. International Congress of Ecology, Seoul, Korea, August, 2002
- 及川真平・彦坂幸毅・広瀬忠樹 葉群内における個葉、葉面積、窒素のターンオーバー 第50回日本生態学会大会 2003.3 つくば
- 安村有子・彦坂幸毅・広瀬忠樹 異なる光・窒素条件下で生育したシロザの葉からの窒素回収効率 第50回日本生態学会大会 2003.3 つくば
- 壁谷大介・松井淳・彦坂幸毅・中野暁 ブナ林以外の広葉樹林の実生の動態に対するササの一斉開花・枯死の影響 第50回日本生態学会大会 2003.3 つくば
- 小野田雄介・彦坂幸毅・広瀬忠樹 八甲田山田代平のCO₂ springにおけるCO₂環境と植物の生理生態学的特性 第50回日本生態学会大会 2003.3 つくば
- 小口理一・彦坂幸毅・日浦勉・広瀬忠樹 冷温帯林における人工ギャップ形成後の林床植物の光合成光順化 第50回日本生態学会大会 2003.3 つくば
- 彦坂幸毅 窒素利用に着目した、オオバコにおける光合成系の温度順化の解析 第50回日本生態学会大会 2003.3 つくば
- Muller O, Hikosaka K, Hirose T. Does photosynthetic acclimation contribute to carbon gain under seasonal environment in the evergreen understory shrub *Aucuba japonica*? 第50回日本生態学会大会 2003.3 つくば
- 彦坂幸毅・加藤真晴・Tsonev TD・広瀬忠樹 吸収光エネルギーの定量化－過剰エネルギーが光化学系IIの不活性化を引き起こす－ 植物生理学会年会 2003.3 東大阪

研究概要

窒素は光合成系タンパク質の構成には窒素が不可欠であり、多くの自然生態系で植物の成長の制限要因となっている。窒素をいかに効率よく利用するのかは植物の生存・成長・繁殖に重要な意味を持つと考えられている。本研究では、異なる標高間・緯度間など、異なる温度環境に生育する植物が、光合成においてどのように効率よく窒素を利用しているのかを調べた。

- ・常緑広葉樹キョウチクトウを異なる温度で育成し、光合成系の温度順化を調べた。キョウチクトウでは、高温でのRuBP（リブローズ二リン酸）再生能力が低温育成葉で相対的に低いことを明らかにした（Hikosaka and Hirose 2001b）。
- ・多年生草本オオバコを異なる温度で育成し、低温生育葉のFBPase（フルクトース二リン酸化酵素）活性が相対的に高く、RuBP再生能力を相対的に高めていることを発見（2003年3月の生態学会で発表・論文準備中）。
- ・マレーシアキナバル山の異なる標高に生育する植物の現地での光合成窒素利用効率（光合成能力/窒素含量比）を調べ、高標高の植物ほど光合成窒素利用効率が低いことを明らかにした（Hikosaka et al. 2002）。
- ・冷温帯に属する八甲田山ブナ林（青森県）と中間温帯林に属する東北大学植物園コナラ林（宮城県）において、林内に生育する種の葉レベルの窒素利用効率（葉生産量/葉に分配された窒素量）を調査した。落葉樹は高い光合成窒素利用効率のため、常緑樹は長い葉の寿命によって同等の窒素利用効率を実現していることを明らかにした（Yasumura et al. 2002, Yasumura et al. in preparation）。この結果を草本群落内の異なるサイズの個体の窒素利用効率と比較した（Hikosaka and Hirose 2001a）。
- ・同一種が異なる温度にさらされたときに光合成系にどのようなダメージ（光阻害）を受けるのかを調べるための手法を確立した（Kato et al. 2002a, b, 2003）。その手法を用いて、25℃で育成したシロザの葉を10～35℃の様々な温度にさらしたときの光阻害の程度とその違いをもたらす原因を調べた。その結果、シロザ葉は低温で光阻害が起こりやすく、その原因は主にダメージを受けた光化学系IIの修復能力の違いに由来することが明らかとなった（Tsonev and Hikosaka, 投稿中）。
- ・種間で光合成窒素利用効率が違うことが植物の成長や葉群の構造にどのように影響するのかをモデル化した（Hikosaka 2003）。
- ・この他、冷温帯に属する北海道苫小牧市の北大苫小牧演習林の落葉高木ミズナラや、青森県八甲田山系のダケカンバの異なる標高に生育する生態型、中間温帯林の林床常緑低木アオキなどについて調査を行った（一部は学会などで発表）。

本報告書収録の学術雑誌等発表論文は本ファイルに登録していません。なお、このうち東北大学在籍の研究者の論文で、かつ、出版社等から著作権の許諾が得られた論文は、個別に **TOUR** に登録しております。