

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 10 日現在

機関番号：24506

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26850009

研究課題名(和文) イネ光合成過程におけるCO₂拡散効率の多様性とデータに基づいたモデルの確立研究課題名(英文) Investigation on the diversity of CO₂ diffusion during photosynthesis of rice and establish a model based on multiple data

研究代表者

児玉 直美 (Kodama, Naomi)

兵庫県立大学・環境人間学部・客員研究員(研究員)

研究者番号：60594611

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題の目的は植物の種間や品種間の葉内のCO₂拡散効率を効率よく測定するシステムを確立し、大量のデータを取得しそれを基にモデルを提案することであった。またCO₂拡散効率に影響を及ぼしていると考えられている主な要因として乾燥や光強度があるが、本研究では乾燥が及ぼす短期的な影響や長期的な影響について調べた。

植物の葉内のCO₂拡散効率を効率よく測定するシステムはほぼ確立しており現在内容をまとめ研究論文として公表する予定である。主に研究対象としてイネを用いたが、品種の異なるイネを栽培をして同齢の植物を大量に測定することが特に困難であり公表できるデータは未だに取得できていないのが現状である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of research is firstly to establish the system to measure CO₂ diffusional conductance inside leaves efficiently for collecting multiple data and propose an empirical model based on the data. In addition, CO₂ diffusional conductance inside leaves is supposed to be influenced mainly light intensity and drought, thus this research investigated the influence of the environmental factor on the CO₂ diffusional conductance inside leaves. This research has successfully established a system to measure CO₂ diffusional conductance inside leaves efficiently and I am going to publish this result publicly. This research mainly was firstly aimed to deal with rice as a research target, however it was found difficult to measure multiple rice subspecies at the same age while maintaining the conditions therefore this research fundamentally failed to collect multiple data of rice so far. Therefore, it has been so far impossible to publish data.

研究分野：光合成

キーワード：光合成 葉内コンダクタンス 安定同位体

1. 研究開始当初の背景

植物の水利用効率や乾燥ストレスの指標として用いられ炭素の取り込みと水の損失によって決定される。決定要因の一つは光合成の過程の CO₂ の通導性であり従来は葉の表面に存在する気孔の開閉によって制御をしていると考えられてきた。近年の研究で葉の内部の通導性が植物のバイオマス獲得によって気孔と同程度かそれ以上に重要な決定要因であることが解明されつつあり、そのデータの蓄積とメカニズムの解明が必要とされている。

従来のガス交換の手法を用いた測定・推定方法では技術的な制約があり、葉の内部の CO₂ の通導性を測定しデータを蓄積することが難しかった。近年の技術的な発展によってより効率的に測定することが可能になった。特に現在まで葉の内部の CO₂ の通導性の短期的・長期的な応答についての研究例は少ない。葉の内部の CO₂ の通導性は主に乾燥や光環境の変動によって変化するとされているが、その短期応答を調べるための手法は現在までに確立されていない。

また、イネ科の草本は葉内の制御の幅が大きく品種間差が大きいことがこれまでの研究によって提唱されているが実際のイネ科のデータは少ない。

2. 研究の目的

本研究では、葉の内部の CO₂ の通導性のデータの蓄積とメカニズムの解明を目的とする。材料は主にイネのことなる品種を用いてそのデータの蓄積と環境の応答性を調べる。

近年発展のあったレーザー分光法を応用し、これまでの方法と比較して数十倍の効率で葉の CO₂ の内部通導性を測定する技術を確立する。まず、効率よくデータの蓄積をするためのシステムを組み上げて、従来の方法であるガス交換法による手法よりも効率のよいシステムを確立する。

また、秒単位の短期の環境応答性を調べるためにレーザー分光法と組み合わせ、環境条件を即座に変更可能なシステムを用いて測定を可能にする。

環境の変化（特に乾燥や光条件）に対する品種間差や種間差の短期的・長期的応答を調べる。

3. 研究の方法

レーザー分光装置と連結し、チャンバーからのサンプルを自動で切り替えながらレーザー分光装置と連結しチャンバーからのサンプルを自動で切り替えながらレーザー分光装置に流し CO₂ の安定同位体を直列で測定するシステムを組み上げ、制御は PC 経由で自動でチャンバーの切り替えなどが行うことが可能なシステムを作成する。

イネの数品種とシダ植物を用いて実験室内の測定によって精度を検証する。多サンプル測定を達成するために葉チャンバーを5連で実装した光合成・蒸散測定システムを組み上げる。

また葉の CO₂ の内部通導性に影響を与えていると考えられている主な環境要因である乾燥についての短期的・長期的な影響について調べる。木本植物を用いて年輪を精査することで葉の CO₂ の内部の通導性を推定が可能であるため、その推定値を用いて、過去の環境の変化と対応させてその長期の環境応答性を調べる。

4. 研究成果

レーザー分光装置と連結し、チャンバーからのサンプルを自動で切り替えながらレーザー分光装置と連結しチャンバーからのサンプルを自動で切り替えながらレーザー分光装置に流し CO₂ の安定同位体を直列で測定するシステムを組み上げ、制御は PC 経由で自動でチャンバーの切り替えなどが行うことが可能なシステムを作成した (Fig3)

リアルタイムでデータを見ることに可能にし実験中の制度を確認することができるシステムを作成した。またイネについてはこれまでの手法と比較すると 10 倍程度の効率で測定を行うことが可能になった (図 1)

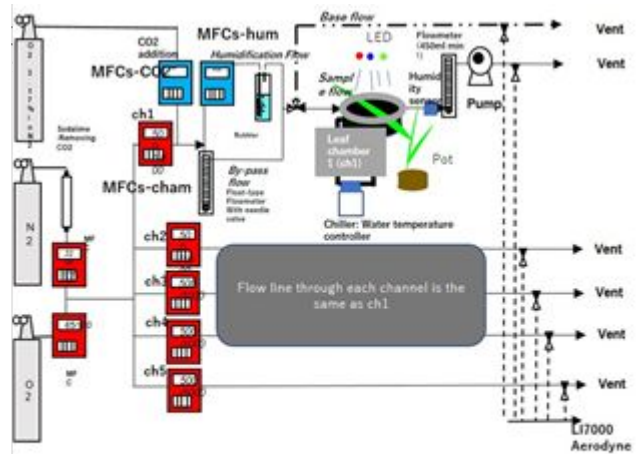


Fig.3 Schematic diagram of measurement system

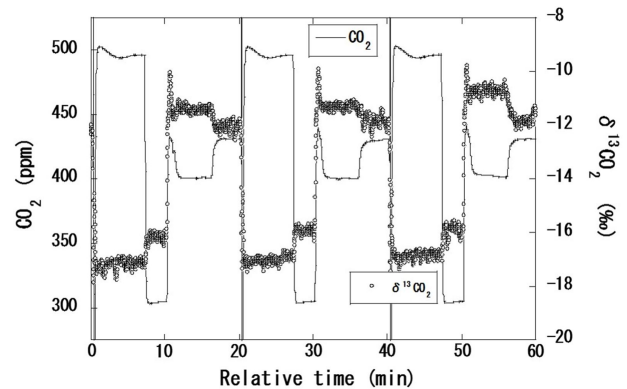


図 1

葉内の CO₂ の通導性に影響を及ぼしていると考えられている主な要因として乾燥や光強度があるが本研究では乾燥が及ぼす短期的な影響や長期的な影響について調べた(図2, 3)。材料はシダ植物の異なる2種を用い、種間差を調べた。新しく組み上げたシステムによって効率よく短期的な環境応答性を測定することに成功し、その変化を調べることができた。

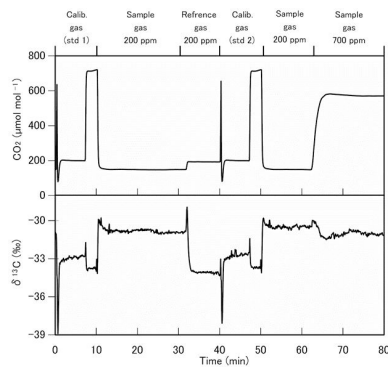


図 2

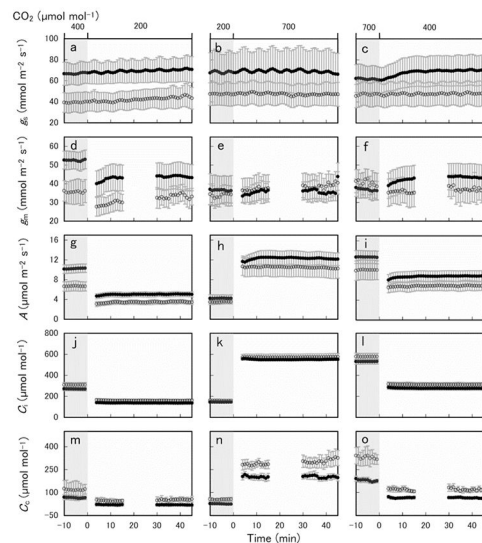


図 3

これによって、シダの異なる品種について環境の応答速度が異なることがわかった。これは葉の内部構造の違いに起因していることを示した(成果論文)。

イネの異なる遺伝型を持つ品種を用いて葉の内部の CO₂ 通導性の品種間差を測定する実験を行った(成果論文)。用いたイネは CO₂ や水の通導性が異なる遺伝型をもつイネ品種で、新たな実験装置を用いて異なる遺伝型の植物を効率よく測定することに成功した。

木本植物については長期的な環境の影響について調べるために年輪の安定同位体比を測定した(図4)。2011年の東北の津波の被害にあったマツとそうでないマツの津波の前後の年の安定同位体比を測定して光合成

のパラメータの推定を行った。経年変化を調べて乾燥の影響に近い塩の影響について調べた(図4)。

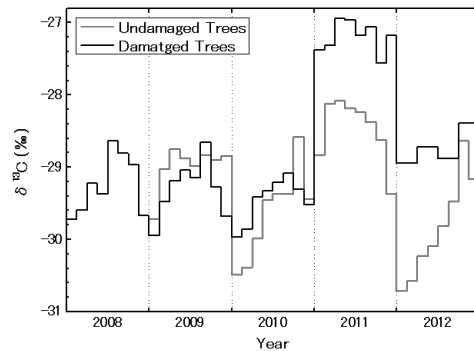


図 4

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)

K Nishida, N Kodama, S Yonemura, YT Hanba

Rapid response of leaf photosynthesis in two fern species *Pteridium aquilinum* and *Thelypteris*

s. dentata to changes in CO₂ measured by tunable diode laser absorption spectroscopy. *Journal of plant research*, 2015

Liang Li, Hao Wang, Jorge Gago, Haiying Cui, Zhengjiang Qian, Naomi Kodama, Hongtao Ji, Shan Tian, Dan Shen, Yanjuan Chen, Fengli Sun, Zhonglan Xia, Qing Ye, Wei Sun, Jaime Flexas, Hansong Dong -

Harpin Hpa1 interacts with aquaporin PIP1; 4 to promote the substrate transport and photosynthesis in *Arabidopsis*. *Scientific reports*, 2015

Ryuichi Wada, Yutaka Matsumi, Satoru Takanashi, Yuichiro Nakai, Nakayama Tomoki, Mai Ouchi, Tetsuya Hiyama, Yasushi Fujiyoshi, Takashi Nakano, Kurita Naoyuki, Kenichiro Muramoto, Naomi Kodama (2016) In situ measurement of CO₂ and water vapor isotopic compositions at a forest site using mid-infrared laser absorption spectroscopy. *Isotopes in environmental and health studies* 52 (6), 603-618

T Kubota, A Kagawa, N Kodama, (2017)

Effects of salt water immersion caused by a tsunami on $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values of *Pinus thunbergii* tree-ring cellulose. Ecological Research 32 (2), 271-277

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 1 件)

N. Kodama and W. Yamori, (2016) Handbook of Photosynthesis. 3rd Edition.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

児玉直美 (Kodama Naomi)

兵庫県立大学・環境人間学部・客員研究員

(研究員)

研究者番号：60594611