

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月31日現在

機関番号：82105

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22658051

研究課題名（和文） 重力対抗体制から見た植物個体のコスト類型化

研究課題名（英文） Traits of whole-plant respiration with reference to gravity

研究代表者

森 茂太 (MORI SHIGETA)

独立行政法人森林総合研究所・植物生態研究領域・チーム長

研究者番号：60353885

研究成果の概要（和文）：

生活型の異なる多様な植物の個体呼吸もほぼ「混合ベキ関数」（個体重量と個体呼吸の関係は両対数軸上で上に凸の関係）の分布内にあった。重要な結果は、裸子一被子樹木で個体呼吸の明確な差は無かった点にある。これは、一群落内で個体呼吸の個体間変異や可塑性が大きく、これらが多数集合して、裸子一被子樹木の違いがなくなり個体呼吸がロバストになったと考えた。これは、実生～巨木の個体呼吸を見た場合に、裸子一被子などの系統に関係なく、植物個体呼吸は物理化学要因により主に制御を受けている可能性がある。

研究成果の概要（英文）：

We cannot identify clear difference between angiosperms and gymnosperms in whole-plant respiration including roots from seedlings to giant trees. We concluded that a kind of robustness of whole-plant respiration between angiosperms and gymnosperms may be caused by physicochemical constraints common to the large parts of plants from seedlings to giant trees.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	0	1,200,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,300,000	330,000	2,630,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：個体呼吸、メタボリックスケーリング、重力

1. 研究開始当初の背景

植物個体呼吸は全ての生物に共通の生命維持や成長の「コスト」であり、生命科学の重要研究課題である。

生物個体呼吸と個体サイズの研究はアロメトリー式 $Y = A X^B$ (Y:呼吸速度、X:個体重量、A、B:係数)で議論され、Enquist(Science1997)の $B=3/4$ が主流であ

る。批判も多く P.B.Reich(Nature 2006)は $B=1$ を主張し、議論はつづいている。我々はすでに271個体の根を含む樹木個体呼吸を実測し、上記2式を漸近線として統合する「混合ベキ関数法則」を提案してきた (Mori et al.2010)。

この式の「2傾き混合系」は重力を含めた物理化学的な制御 (Physicochemical

constrain)によると考えた。しかし、樹木以外のツル植物、タケなどは生活型のことなる植物では樹木と異なる「個体呼吸—サイズ」の関係が存在する可能性がある。しかし、これまでこれらの個体レベル呼吸測定はなく、重力対抗体制を視点に多様な生活型の植物全体の機能を議論した研究は無い。発展が期待される Gravitational biology の視点で全植物の個体呼吸類型化を行い、多様な重量対抗体制の植物個体からなる森林生態系の二酸化炭素収支研究を従来にない視点を加えて進める必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、重力対抗体制の異なるツル、タケ、草本、樹木（マングローブを含む）等の個体呼吸を実生～大型植物で連続的に実測する。これらは重力対抗体制が異なる。個体呼吸の実測で重力対抗特性が植物コストを制御する重要要因であることを示す。重力対抗体制で異なる個体呼吸の制御要因を解明して、陸上植物全体の機能類型化を植物個体レベルで行うことが目的である。

3. 研究の方法

初年度はツル植物、タケ、小型植物（草本、コケ）に向けた新たな植物個体呼吸測定方法の開発・測定を行うとともに、樹木を含めた個体呼吸測定を開始する。

次年度はできるだけ多数種類、多数個体、広い個体サイズレンジで根を含む個体呼吸測定を行う。個体呼吸を測定した植物個体は伐採して、根を掘り取り、枝、幹、葉の量を測定する。葉の呼吸は別途行う。これらを元にデータ統計分析・モデル化を行う。琉球大学は亜熱帯森林生態系の種を担当する。森林総研は冷温帯、暖帯の測定と全体の取りまとめを担当する。

4. 研究成果

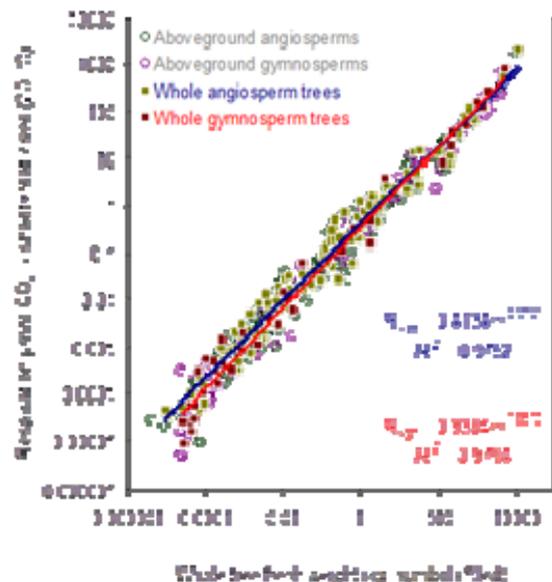
多様な生活型の植物の個体呼吸を測定した結果、タケやヤシなど生活型がことなると両対数軸上での傾きは生活型・植物体の構造に依存して変化した。しかし、これらの個体呼吸はこれまで Mori et al. (2010)が報告した個体呼吸の分布範囲にほぼあり、この範囲を大きく外に出ることはなかった。また、木性シダなども測定したが同じ個体重量のヤシの個体呼吸速度とはほぼ同じであった。

また、実生～巨木で裸子—被子樹木間の根を含む個体呼吸を比較した。その結果、図—1 に示したように裸子—被子植物個体呼吸に大きな差は殆ど無かった (Mulder, Boit, Mori et al. 2012)。これは当初予想しなかった結果であった。野生樹木の個体間変異は大きい上に、個体の可塑性も森林内の環境に応じて大きく変化する。特にギャップ下や林

縁の傘型小個体の重量当たりの呼吸は大型個体の重量当たりの呼吸速度よりも高く、個体全体で生理学的な環境適応を行っていた。すなわち、器官ごとの重量を殆ど変化させずに、各器官への呼吸分配を変化させて適応した結果であった。大型樹木は葉へ、小型樹木では幹への呼吸分配が高くなる傾向があった。こうした群落内では個体呼吸の大きな分配可塑性があり、さらに個体変異もあり、これらが多数の群落で集合して実生から巨木までの呼吸を見た場合には裸子と被子植物個体呼吸間に差がなくなったと考えた。

数ミリグラムの実生から10トン程度の巨木までの個体呼吸を比較した場合には一種のロバスト性が存在したことになる。これは裸子、被子に関係なく個体呼吸が制御されている可能性を示す結果であった。すなわち、実生～巨木まで幅広く成長する植物の個体呼吸は大きさにかかわる物理化学的な制御をもっとも強く受けており、系統、栄養塩類、生育条件など、他に一般的に予想される制御要因の影響が「個体サイズ」に比べて相対的に小さかった可能性がある。

この結果は、比較するスケールにより比較結果が異なることを示している。窒素要求性の高い同種内の器官レベルの比較では栄養塩による個体呼吸制御が重要な制御要因になる。しかし、実生～巨木のスケールでは個体変異や個体可塑性によりこれらが隠れてしまい、個体サイズ依存性が主要制御になると考えた。これは、呼吸を比較する際にスケールをそろえる必要があることを示している。



図—1. Respiration rate for the whole angiosperm trees (Rwat) and whole gymnosperm trees (Rwgt) as predicted by

the fresh plant mass m . The scaling exponents for whole angiosperm and gymnosperm trees (aboveground and belowground parts together) are not significantly different from those shown for aboveground parts, as expected seen the high shoot/root ratios occurring in most trees. (Mulder, Boit, Mori et al. 2012).

表—1. Plant physiological switch for gymnosperm and angiosperm trees as predicted by the scaling analyses for the whole-tree weight of Figure 1. In the header, fresh weight of the total plant (kg), tree respiration at 20 ° C in $\mu\text{mol CO}_2$ forecasted for gymnosperms and angiosperms, and efficiency rate between gymnosperm and angiosperm trees at the same weight. (Mulder, Boit, Mori et al. 2012)

WEIGHT	GYMNOSPERM	ANGIOSPERM	RATE
0.0001	0.00013	0.00022	0.57
0.001	0.0009	0.0015	0.62
0.01	0.007	0.010	0.68
0.1	0.05	0.06	0.75
1	0.3	0.4	0.82
10	2.4	2.7	0.90
100	17.5	17.9	0.98
1000	126.2	117.7	1.07
10000	908.30	774.05	1.17

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 10 件)

- ① C. MULDER, A BOIT, S MORI et al. Distributional (in)congruence of Biodiversity-Ecosystem Functioning, *Advances in Ecological Research*, vol. 46, 査読有、2012、印刷中 (掲載確定)
- ② 森茂太、植物個体呼吸のロバストネスから見た生物多様性、*生物科学*、査読有、63 巻、2012、94-101
- ③ ATMR Hoque, S Sharma, A Hagihara, Above and Belowground Carbon Acquisition of Mangrove *Kandelia obovata* Trees in Manko Wetland, Okinawa, Japan, *International Journal of Environment*, 査読有、1 巻、2011、7-13
- ④ S Sharma, Md Kamruzzaman, ATMR Hoque, K Analudin, A Hagihara, Vegetative and reproductive phenology, and litterfall production of *Rhizophora stylosa* in Okinawa island, Japan, *International Journal of Environment*, 査読有、1 巻、2011、20-26
- ⑤ 森茂太・山路恵子、実生～巨木の個体呼吸を表す「混合べき関数」モデル — 生物学のミッシングリンク「個体生理学」— 農業および園芸、査読無、86 巻、2011、29-40
- ⑥ 森茂太、動・植物の機能スケーリングの多様なシフトとは？、*京都大学生態学センターニュース*、査読無、111 号、2011、15
- ⑦ 森茂太、芽生えから大木まで多種多様な樹木の呼吸を一つの式で表す新学説研究の森から、*季刊森林総研*、査読無、第 11 号、2011、14-15
- ⑧ 橋本良二・伊藤京平・白旗学・森茂太、ニセアカシア林における立木の幹基部に応力伝播速度と形成層近傍木部組織の呼吸速度の測定、*東北森林学会誌*、査読有、15 巻、2010、20-25
- ⑨ 橋本良二・白旗学・森茂太、立木の幹木部組織試料の呼吸速度測定、*岩手大学演習林報告*、査読有、39 巻、2010、27-35
- ⑩ ATMR. Hoque, S. Sharma, R. Suwa, S. Mori, A. Hagihara, Seasonal variation in the size-dependent respiration of mangroves *Kandelia obovata*, *Marine Ecology Progress Series*, 査読有、404 巻、2010、31-37

[学会発表] (計 15 件)

- ① S Mori, Inter-specific robustness and intra-specific flexibility of whole-plants metabolic scaling from seedlings to giant trees, The JSRR's 20th Anniversary Symposium The Latest Frontiers of Root Research in Asia, 2011 年 11 月 6 日、東京大学 (東京都)
- ② K Moctar, K Analudin, R Deshar, S Sharma, A Hagihara, The self-shining of overcrowded *Kandelia obovata* stands in Manko Wetlands, Okinawa islands, Proceedings of the international conference on environmental aspects of Bangladesh (ICEAB), 2011 年 9 月 10-11 日、北九州大学 (福岡県)
- ③ Md Kamruzzaman, S Sharma, ATMR Hoque, K Analudin, A Hagihara, Phenology of *Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Lamk, In Manko Wetland, Japan, Proceedings of the international conference on environmental aspects of Bangladesh (ICEAB), 2011 年 9 月 10-11 日、北九州

- 大学 (福岡県)
- ④ S Sharma, ATMR Hoque, K Analudin, A Hagihara, Leaf Phenological traits in the mangrove *Rhizophora stylosa* Griff. In Okinawa Island, Proceedings of the international conference on environmental aspects of Bangladesh (ICEAB), 2011年9月10-11日、北九州大学 (福岡県)
- ⑤ M Kamruzzaman, S Sharma, A. Hagihara, Vegetative and reproductive phenological traits of mangrove *Kandelia obovata* dense stands of Manko wetland, Okinawa island, Proceedings of the 21 annual meeting of the Japan society of tropical ecology in Okinawa, 2011年5月27日、沖縄県男女共同参画センター (沖縄県)
- ⑥ 森茂太、Hoque Rafiqul ATM、諏訪錬平、萩原秋男、植物個体呼吸スケーリングを決めるのは何? - 環境/系統などから -、第58回日本生態学会、2011年3月12日、札幌コンベンションセンター (北海道)
- ⑦ Deshar R, Hoque Rafiqul ATM, Min W, Sharma S, Hagihara A, The self-thinning of overcrowded mangrove *Bruguiera gymnorhiza* stands, 第58回日本生態学会、2011年3月11日、札幌コンベンションセンター (北海道)
- ⑧ Sharma S, Hoque Rafiqul ATM, Analuddin K, Hagihara A, Seasonal litterfall production in mangrove *Kandelia obovata* stands on Okinawa Island over five years, 第58回日本生態学会、2011年3月11日、札幌コンベンションセンター (北海道)
- ⑨ 森茂太、混合べき関数の植物個体呼吸スケーリング」にたどり着くまで、京大大学生態学研究センター公募研究集会 口頭発表、2011年2月14日、京大大学生態学研究センター (京都府)
- ⑩ Sharma S, Hoque Rafiqul ATM, Analuddin K, Hagihara A, Seasonal foliage dynamics of mangrove *Bruguiera gymnorhiza* (L.) lamk. in a subtropical region, Manko Wetland, Okinawa Island, Japan. The 15th International Forestry and Environment Symposium, 2010年11月16-27日、University of Sri Jayewardenepura (Sri Lanka)
- ⑪ Hoque Rafiqul ATM, Sharma S, Hagihara A, Carbon acquisition of mangrove *Kandelia obovata* trees, The International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh, Japan, 2010年9月4日、北九州大学 (福岡県)
- ⑫ Sharma S, Hoque Rafiqul ATM, Analuddin K, Hagihara A, Phenology and litterfall production of mangrove *Rhizophora stylosa* Griff. in the subtropical region, Okinawa Island, Japan., The International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh, Japan, 2010年9月4日、北九州大学 (福岡県)
- ⑬ Wu M, Feroz SM, Hagihara A, Xue L, Huang ZL Comparative studies on vertical stratification, floristic composition, and woody species diversity of subtropical evergreen broadleaf forests between the Ryukyus Archipelago, Japan, and South China, The World Academy of Science, Engineering and Technology, 2010年8月26日、River view hotel Singapore (Singapore)
- ⑭ 森茂太、樹木個体呼吸から何が見えるか?、東北森林科学会15回大会、2010年8月24日、岩手大学農学部 (岩手県)
- ⑮ 森茂太、Mixed-power scaling of whole-plant respiration from seedlings to Giant trees including roots Gordon Research Conference "The 5th Metabolic basis ecology and evolution" in Boston, 2010年7月14日、New England University (Boston)

[その他]

ホームページ等

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/ecovege/Plaeco/shigetamori.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森 茂太 (MORI SHIGETA)

独立行政法人森林総合研究所・植物生態研究領域・チーム長

研究者番号：60353885

(2) 研究分担者

萩原 秋男 (HAGIHARA AKIO)

琉球大学・理学部・教授

研究者番号：90126889