

機関番号：18001

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20510011

研究課題名（和文） マングローブの林分動態に伴う二酸化炭素吸収機能の予測モデルの構築

研究課題名（英文） Simulation of the dynamics of a mangrove *Kandelia obovata* stand on Okinawa Island, Japan

研究代表者

萩原 秋男（HAGIHARA AKIO）

琉球大学・理学部・教授

研究者番号：90126889

研究成果の概要（和文）：

マングローブは炭素固定や沿岸保全で重要な生態系である。我々は、個体機能の実測データを用い動態モデルを構築した。その結果、林齢 0～6 年で RGR/RMR （相対成長率/相対死亡率）は急激に低下した。最多密度に達した 7～27 年は RGR/RMR は 1.5 で安定し、その後、大型個体の枯死で RGR/RMR に振動が現れた。これは一斉更新後に密度効果が現れ、その後、大個体の枯死でギャップ形成され、ギャップへの新規加入個体により異齢林へ 3 段階のフェーズのある動態を表し、実際の林分動態を反映した。

研究成果の概要（英文）：

We report the results of the simulated dynamics of a *Kandelia obovata* (S., L.) Yong forest at Manko wetland on Okinawa Island. Based on the structural and physiological properties of *K. obovata*, we simulated forest dynamics for 50 years and compared these results to field data sets measuring tree density and mean tree weight. In general, the ratio of the relative growth rate (RGR) to the relative mortality rate (RMR) is around 1.5 in the full-self-thinning phase. On the basis of the simulation results, we hypothesize that the RGR/RMR in the *K. obovata* stands at Manko wetland is greater than 1.5 in the pre-full-self-thinning phase from 0-6 years, is 1.5 in the full-self thinning phase from 7-27 years, and fluctuates in the post-full-self-thinning phase after 27 years.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2008年度 | 2,700,000 | 810,000 | 3,510,000 |
| 2009年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 2010年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,700,000 | 1,110,000 | 4,810,000 |

研究分野：植物生態生理学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態分析

キーワード：マングローブ、個体モデル、相対成長率、相対死亡率

1. 研究開始当初の背景

沖縄島の漫湖干潟には、90年代前半に一斉更新したメヒルギ個体群で構成されるマングローブが見られる。同調査地では、マングローブの群落動態に伴う二酸化炭素の吸収

機能の推移を明らかにすることを目的として、様々な生態・生理学的な研究を行って来た。我々はこれまで、地下部(根および土壌)を含んだメヒルギ個体群の炭素蓄積量の推定(Khan et al. 2007)、各器官のバイオマス推定

のためのアロメトリー式の確立(Suwa et al. 2008)、平均個体重-密度関係の確立(Analuddin 2006)、総生産量(Suwa et al. 2006; Suwa and Hagihara 2008)や純生産量(Khan 2005)を推定するなど行って来た。これら基礎的な測定を予測モデルとして発展させる必要がある。

2. 研究の目的

マングローブは定期的な完水にさらされるため、土壌は嫌気的な状態に保たれる。また、マングローブ樹木はぬかるんだ土壌において植物体を支持するため、多量の根バイオマスを有する。嫌気的な土壌環境においては有機物の分解は遅く、マングローブの根を含む枯死体は泥炭として土壌中に長く保存される。ゆえにマングローブは膨大な炭素を土壌中に蓄積させ、あたかも炭素の貯蔵庫として機能している。このように、マングローブは二酸化炭素の吸収源として、高い潜在性を有していることから、その二酸化炭素の吸収機能の統合的評価モデルを確立することは価値が高いと思われる。マングローブの二酸化炭素の吸収機能を時間軸に沿って統合的に評価するようなモデルは世界的にみても未だない。さらには、既に野外調査に基づく研究結果が豊富に得られていることも本研究の背景として重要であり、そのことが本研究に SEIB-DGVM の検証を可能にさせている。SEIB-DGVM は、シミュレーション結果が IPCC の報告に掲載を予定されている地球統合モデル(JAMSTEC)の下位モデルであり、その検証を行うことは社会的に意義が大きいと思われるが、SEIB-DGVM の二酸化炭素の吸収機能を詳細に検証することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 生理過程に関する調査

呼吸測定：異なるサイズの個体について個体

呼吸量の測定を毎月、2007年4月から行っている。夜間に樹木個体を覆い、内部のCO₂濃度の増加速度を現有設備のCO₂分析器で測定する。

光合成および蒸散測定：個葉の光合成および蒸散速度の日変化の季節変化を考慮に入れて測定を行う。また、これまでの調査で、個葉のガス交換特性は群落内の光環境に適応的に変化を示すこと明らかにしており、この点を考慮した。また、気孔内二酸化炭素濃度と光合成との関係についても測定を行う。光合成および蒸散速度の測定は、現有設備の光合成・蒸散測定装置により行う。

(2) 林分動態に関する調査

毎木調査：林齢および樹木サイズの異なる群落において、5 m×5 mの調査区を25個設置し、全ての個体の樹高、直径、樹冠径について測定を2004年から毎年行っている。また、同プロットにおいて、リタートラップを用いた落葉落枝量の調査も継続して行う予定である。

(3) 有機物分解過程に関する調査

落葉落枝の分解過程に関する調査：異なるメッシュサイズ(2 mm および 0.8 mm)のリターバッグを群落内の土壌表面に設置し毎月回収を行うことで、分解速度を測定する。この際、土壌温度の測定も同時に行い、分解速度の温度依存性について解析を行う。

土壌呼吸に関する調査：干潮時に土壌呼吸測定装置を用いて、土壌呼吸速度を毎月測定する。同時に土壌温度を測定し、土壌呼吸の温度依存性について解析を行う。

(4) SEIB-DGVM による統合モデル構築

野外調査で得られる樹木諸特性および有機物分解過程に関するパラメーターを入力し、バイオマス、地下部からの二酸化炭素放出速度、総生産量、純生産量などの諸機能量の群落の発達に伴う変化を推定し、野外調査で得

られる各機能量に関する実測値との比較を行い、モデルの検証を行う。モデルによる予測値と実測値との間に隔たりが見られる場合、モデル内に組み込まれている関数の変更などを通じてプログラムの改変を行い、統合モデルの構築を目指す。

4. 研究成果

図 - 1 に示したように、立木密度は最初の数年は安定していた。その後、10年から20年の間に密度は急激に減少して、その後は約7500本/haで安定化した。10年、30年における新規加入率と死亡率に対して感度テストを行ったところ、シミュレーションの結果はチューニングパラメーターを用いたキャリブレーションに対して頑健であった。

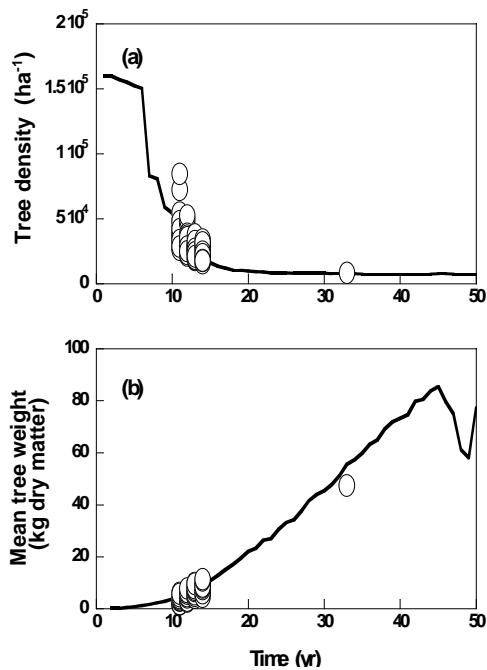


図 1 . 立木密度と返金個体重量の実測値 (○) とシミュレーションモデルによる時間推移 (実線)

図 2 に密度と平均個体重量の軌跡を示した。シミュレーション結果と実測値の双方は、よく一致した。調査地のマングローブ林の成

長にともなう密度減少 (自己間引き) を基にして、森林の動態を検証するため RGR と RMR を 4 年間隔で計算し、 RGR/RMR (相対成長率 / 相対死亡率) の関係を図 3 に示した。

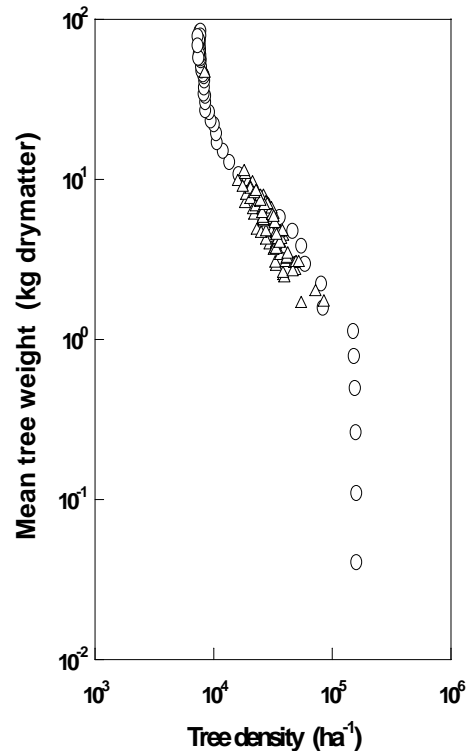


図 2 . 両対数軸上のシミュレーション結果 (○) と実測データ (△) の推移

上記値は、50年間を通じて -12.0 から 66.8 であった。最初の 1-6 年で値は急激に減少し、7-27年の間で安定した値 (約 1.5) を示した。その後、値は -12.0 から 20.9 の間で振動を少なくとも 1000年にわたり続けた (50年以降の推定値は図に示さず)。 RGR/RMR (相対成長率 / 相対死亡率) は最多密度に達する 0-6 年生までは RGR/RMR は時間とともに急激に減少した。7-27年生では最多密度線の RGR/RMR と同じほぼ 1.5 であり、これ以降は振動するフェーズが生じた。

初めの 6 年間は密度効果が生じる前のフェーズであった。1 から 27 年は密度効果により制御されるフェーズである。しかし、そ

の後の振動は Yoda et al. (1963) の自然間引きから説明することはできなかった。

27年後の振動現象は、樹木の枯死と実生が新たに新規加入するもとにより、森林が同齡から異齡林へと徐々に変化することにより生じると考えられた。このシュミレーションは大型個体が枯死することで失われる炭素量が光合成生産により獲得する炭素量を超えるために生じることを意味した。大きな樹木の枯死は林冠にギャップを形成し、さらに次の世代の個体生育の空間を作り、これがさらに次のギャップを形成すると考えた。このようにモデルは長期間にわたり現実的な森林の動態の一般性をよく表していた。

さらにこのシュミレーションを発展させるため、台風による不定期のかく乱などをモデルに組み込む必要があるだろう。

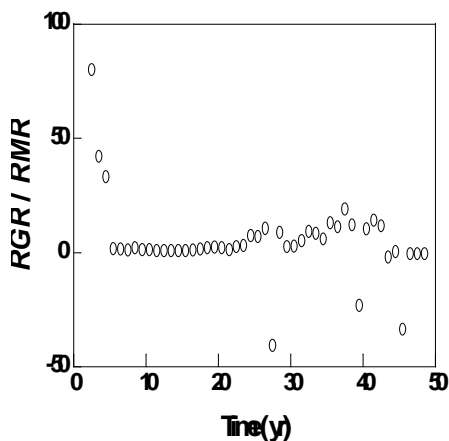


図 3 . 4年ごとに計算した RGR/RMR (相対成長率 / 相対死亡率) の時間推移

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 18 件)

S Mori, A Hagihara (6 番目) et al (他 2 1 名). Mixed-power scaling of whole-plant respiration from

seedlings to giant trees. PNAS (査読有)107 : 1447-1451. (2010).

S Sharma, ATMR Hoque, K Analuddin, A Hagihara. Phenology and litterfall production of mangrove *Rhizophora stylosa* Griff. in the subtropical region, Okinawa Island, Japan. Proceedings of the International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh, Japan. Proceedings of the International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh, Japan. (査読有). :87-90. (2010).

M Wu, SM Feroz, A Hagihara, L Xue, ZL Huang. Comparative studies on vertical stratification, floristic composition, and woody species diversity of subtropical evergreen broadleaf forests between the Ryukyus Archipelago, Japan, and South China. Proceedings of the World Academy of Science, Engineering and Technology, Thailand. (査読有). 69: 463 - 468. (2010).

M Wu, SM Feroz, A Hagihara, L Xue, ZL Huang. Vertical stratification, floristic composition and woody species diversity in a subtropical evergreen broadleaf forest (Dinghushan nature reserve, South China). Tropics (査読有). 19: 9-19. (2010).

K Ogawa, S Adu-Bredu, Yokota T, A Hagihara. Leaf biomass changes with stand development in hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa* [Sieb. et Zucc.] Endl.). Plant Ecology (査読有).211: 79-88. (2010).

ATMR Hoque, S Sharma, R Suwa, S Mori, A Hagihara. Seasonal variation in the size-dependent respiration of mangroves *Kandelia obovata*. Marine Ecol Progress Series (査読有).404: 31-37.(2010).

ATMR Houque and A Hagihara. Allometric relationships for estimating the aboveground mass and leaf area of a mangrove *Bruguiera gymnorhiza* trees in Manko wetland, Okinawa Island, Japan. Proceedings of 2010 international conference science and development. (査読有).:441-446.

R Suwa and A Hagihara. Forest structure of a subtropical mangrove along a river inferred from potential tree height and biomass. Aquat Bot (査読有) 91: 99-104. (2009).

R Suwa and A Hagihara. Simulation of the dynamics of a mangrove *Kandelia obovata* stand on Okinawa Island, Japan. Proceedings of the FORTROP (査読有)6: 28-40. (2009).

MNI Khan, R Suwa, A Hagihara. Biomass and aboveground net primary production in a subtropical mangrove stand of *Kandelia obovata* (SL) young at Mnako wetland, Okinawa, Japan. Wetland Ecol Manage (査読有)17: 585-599. (2009).

ATMR Houque and A Hagihara. Comparison of the size-dependence of aboveground respiration between *Kandelia obovata* and *Bruguiera gymnorhiza* on Okinawa Island, Japan. Proceedings of the FORTROP (査読有) 6 : 55-71. (2009).

SM Feroz, M Wu, S Sarma, Y Li, R Suwa, K Nakamura, A Hagihara, T Denda, M

Yokota. Floristic comparison, woody species diversity and spatial distribution of trees on the basis of architectural stratification in a subtropical evergreen broadleaf forest on Ishigaki Island of the Ryukyu Archipelago, Japan. Tropics (査読有)18: 103-114. (2009).

T Enoki, M Ueda, D nanki, R suwa, A Hagihara. Distribution and stem growth patterns of mangrove species along the Nakara River in Iriomote Island, Southwestern Japan. J For Res (査読有)14: 51-54. (2009).

R Deshar and A Hagihara. Leaf water potential of two mangrove species in different seasons and salinity conditions on Okinawa Island, Japan. Proceedings of the FORTROP (査読有) 6 : 86-97. (2009).

K. Analuddin and A Hagihara. The tree size dynamics of *Kandelia obovata* stands on Okinwa Island. Proceedings of the FORTROP (査読有) 6 : 41-53. (2009).

K. Analuddin and A Hagihara. The self-thinning process in Mangrove *Kandelia obovata* stands. J Plant Res (査読有) 122 : 53-59. (2009).

R Suwa and A Hagihara. Seasonal changes in canopy photosynthesis and foliage respiration in a *Rhizophora stylosa* stand at the northern limit of its natural distribution. Wetland Ecology and Management (査読有)16: 31-343. (2008).

R Suwa, AK Analuddin, AI Khan , A Hagihara. Structure and productivity

along a tree height gradient in a *Kandelia obovata* mangrove forest in the Manko Wetland, Okinawa Island, Japan. Wetland Ecology and Management (査読有)16:331-343. (2008).

[学会発表] (計 7 件)

森茂太・Hoque Rafiqul ATM、諏訪鎌平、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 5 8 回日本生態学会. 2011.03.12. 札幌コンベンションセンター

R Deshar, ATMR Hoque, W Min, S Sharma, A Hagihara. The self-thinning of overcrowded mangrove *Bruguiera gymnorhiza* stands. 第 5 8 回日本生態学会. 2011.03.11. 札幌コンベンションセンター

S Sharma, ATMR Hoque, K Analuddin, A Hagihara. 第 5 8 回日本生態学会. 2011.03.11. 札幌コンベンションセンター

S Sharma, ATMR Hoque, K Analuddin, A Hagihara. Seasonal foliage dynamics of mangrove *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Lamk. in a subtropical region, Manko Wetland, Okinawa Island, Japan. 2010.11.16-27. University of Sri Jayewardenepura, Sri Lanka.

ATMR Hoque, S Sharma, A Hagihara. Carbon acquisition of mangrove *Kandelia obovata* trees. The International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh, Japan. 2010.09.04. 北九州大学.

S Sharma, ATMR Hoque, K Analuddin, A Hagihara. 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. 2010.09.04. 北九州大学.

M Wu SM, Feroz, A Hagihara, L Xue, ZL Huang. 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. 2010.08.25. Singapore.

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

萩原 秋男 (HAGIHARA AKIO)
琉球大学・理学部・教授
研究者番号 : 90126889

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :