

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K15285

研究課題名(和文) 森林の空洞化により熱帯雨林生態系キーストーン植物イチジクが受ける影響の評価

研究課題名(英文) Effect of the loss of large animals on figs on Borneo

研究代表者

中林 雅(Nakabayashi, Miyabi)

広島大学・先進理工系科学研究科・助教

研究者番号：70770858

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)：本研究ではボルネオ島の健全な森林、大型動物を喪失した空洞化した森林、近年大規模な伐採を受けた二次林の3か所でイチジクの密度を比較した。対象のイチジクは、発芽・生長や体の支えに宿主が必要な半着生性とする性の種である。3か所の調査地に50ヘクタールのプロットを各1か所設置し、25m間隔で作成したトランセクト上で発見したすべての対象種を記録し、種数と密度、果実サイズを比較した。

その結果、健全な森林と近年大規模な伐採を受けた二次林では種数、密度、果実サイズともに有意差はなかった。空洞化した森林の調査は未完成で中断したが、種数、密度、果実サイズのすべてが他の森林よりも小さい(少ない)ことが分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、大型種子散布動物を喪失した森林では、イチジク属の種多様性や密度に影響があることが分かった。このことから、種子が小さい植物でも大型種子散布動物の喪失による影響は無視できないことが示唆された。また、近年に伐採された森林でも大型動物が生息していれば、イチジク属の種子散布機能は喪失していないことも分かった。本研究は、小型種子をつける植物は森林の空洞化の影響を受けにくいという従来の考えを覆すものであり、大型動物の保全の意義を明確に主張する証拠となり得る。

本研究により、大型動物の喪失による被食散布型植物や生態系への影響は、種子サイズに関わらず包括的に評価されるべきであることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this study, we compared density of Ficus spp. among a healthy forest, a heavily logged forest, and an empty forest without large animals on Borneo. The target species are hemi-epiphytic and climber species which need host trees for growth. We set a 50 hectare plot with 25m-interval transects in each study site, and we recorded species diversity, density, and fig size of all the target individuals on transects within the plots.

We found that there were no significant differences in species diversity, density, and fig size between the healthy and heavily logged forests. However, all of them were smaller in the empty forest compared to the other two forests, though we interrupted the survey since 2019 due to the worldwide spread of covid-19.

研究分野：生態学

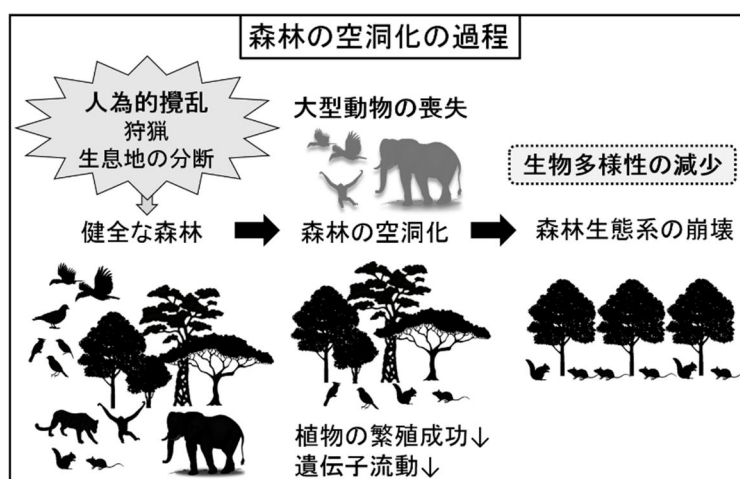
キーワード：種子散布 イチジク 大型動物 空洞化 熱帯雨林

1. 研究開始当初の背景

近年、東南アジアの熱帯雨林の多くが保護区として指定されており、保護区の拡大や拡張が進んでいる。しかし、保護区内での管理が十分に行き届いておらず、狩猟や違法伐採が続いているのが現状である (Corlett 2009, Harrison 2011)。その結果、狩猟圧や伐採などの人為的攪乱による森林機能の低下によって大型動物が局所的に絶滅した、「空洞化した森林」が熱帯雨林で拡大している (Curran 2005, Wilkie et al. 2011)。特にボルネオ島ではその傾向が顕著に見られ、高い狩猟圧によって、森林の状態は良好だが、動物相が希薄である例が多く報告されている (Bennett et al. 2000, McConkey and Chivers 2004)。

空洞化した森林では、果実が動物に被食されて種子が移動する被食散布型植物は強く影響を受ける。固着生活を送る植物は、遺伝子流動を花粉や種子の移動に依存しており、熱帯雨林では多くの場合、動物による媒介を必要とする (Corlett 2009)。被食散布型植物は、熱帯雨林の構成種の半数以上を占めており、動物による種子散布は重要な生態系機能のひとつである (Howe & Smallwood 1982)。種子散布動物の喪失または減少により、植物の繁殖成功や遺伝子流動が低下し、連鎖的に熱帯雨林の生物多様性が減少することが懸念されている (Redford 1992)。こうした危機的状況にも関わらず、東南アジア熱帯では、種子散布動物の喪失が、植物の更新など生態系に与える影響は、ほとんど分かっていない。

こうした現状の背景には、動物による種子散布系では、散布された種子の運命の追跡が困難であることや、特定の動物種に種子散布を依存する植物はほとんど存在しないと考えられていたことがある (北村 2007)。また、東南アジア熱帯では、他の熱帯地域と比較して、狩猟圧が動物に及ぼす影響は少ないと考えられていることも関係する (Corlett 2007)。しかし、特殊な発芽環境を必要とする植物 (例えば着生植物) や、ある特定の動物によってのみ種子散布が行われる植物も存在する (Kitamura et al. 2004)。したがって、東南アジア熱帯でも、種子散布系の崩壊が起きているかどうかを評価することは、



ことは、現存の森林管理法の妥当性を検討するうえで必要不可欠である。

イチジクは、宿主となる木の樹上で成長する半着生型の種や、樹幹に直接結実する幹生果をつける種などを含み、飛翔性や樹上性の動物に種子散布を依存する典型的な被食散布型植物である (Berg 1989)。申請者はこれまでボルネオ島で、動物の生態および生態的機能に関する研究を行ってきた。特に果実食性動物の採食生態に関する研究を長期間行っており、ジャコウネコなどの大型の果実食性動物が、食資源をイチジクに強く依存していることを明らかにした。また、申請者が現在行っている研究により、こうした動物がイチジクの種子散布者として有効に機能していることが分かりつつある。

こうした種子散布動物を欠く森林では、イチジクの種子散布距離が原因となって、空間的に近接する個体間に強い血縁関係があることが新熱帯で実証されている (Honorio Coronado et al. 2014, Heer et al. 2015)。イチジクは個体あたりの結実量が多く、一年を通して連続的に結実するので、不作期の間の餌資源として様々な動物に利用される熱帯雨林生態系のキーストーン植物である (Terborgh 1986, Shanahan et al. 2001)。したがって、種子散布動物の喪失や減少によるイチジクの更新の阻害は群落レベルの生産性の低下につながり、他の植物よりも生態系に及ぼす影響が強いと考えられる。森林の空洞化に関する研究例が少ない東南アジア熱帯でも、こうしたキーストーン植物をモデルにして、大型種子散布動物の喪失によって生態系の崩壊現象が生じているかどうかを明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、『大型種子散布動物が生息している健全な森林』と『人為的攪乱が原因で大型種子散布動物が喪失した「空洞化」した森林』において、大型の果実をつけるイチジクをモデルに、大型種子散布動物の喪失が被食散布植物に与える影響を評価することである。

本研究では、森林の空洞化による生態系への影響がほとんど分かっていない東南アジア熱帯において、他の植物よりも生態系に及ぼす影響が強い、熱帯雨林生態系のキーストーン植物であるイチジクを対象として、大型種子散布動物の喪失によって生態系の崩壊現象が生じているかどうかを明らかにする。

3. 研究の方法

本研究では、東南アジアの熱帯雨林の空洞化によって大型の果実(果囊)をつけるイチジクが受ける影響を評価するために、「健全な森林」と「空洞化した森林」において、50ヘクタールの調査プロットを作成し、プロット内に25m間隔で作成したトランセクトを踏査して、下記項目について比較検証を行った。対象としたイチジクは、宿主となる木の樹冠で発芽・生長する半着生性イチジクと、地面で発芽するが宿主となる植物を体の支えにするつる性イチジクである。

生長に宿主となる木が必要なイチジクの分布は、宿主の木の分布に影響を受けている可能性がある。そのため、そうしたイチジクの分布が、大型種子散布動物がいないことによる影響なのか、宿主となる木がないことによる影響なのかを検証する必要がある。そこで、比較対象として「健全な森林」と「近年大規模な伐採を受けた二次林」でそれぞれ12.6ヘクタール、8.1ヘクタールのプロットを作成し、同様の調査をおこなった。

調査項目 1. イチジクの種構成と密度：すべてのイチジクの種多様性と種多様性

調査項目 2. イチジクの果実サイズ：プロット内のイチジク種が生成する果実サイズ(直径×長径/100)

本来は種子散布動物の種多様性や同種イチジク個体の個体間距離・血縁関係も調査する予定であったが、新型コロナウイルスの世界的な感染拡大によりこれらの項目の調査は中断せざるを得なかった。

調査地は、ボルネオ島マレーシア領サバ州、タンクラップ森林保護区(健全な森林)、カピリセピロク森林保護区(空洞化した森林)、インバックキャニオン自然保護区内の1990年代に大規模な伐採を受けた若い二次林(近年大規模な伐採を受けた二次林)とほぼ手つかずの状態では保存されている老齢林(健全な森林)を選定した。

4. 研究成果

・空洞化した森林と健全な森林の比較

空洞化した森林の調査は未完成の段階で中断したが、1ヘクタール当たりの種数、密度、果実サイズのすべてが健全な森林よりも小さい(少ない)ことが分かった(表1、図1)。

・若い二次林と老齢林(健全な森林)の比較

健全な森林と近年大規模な伐採を受けた若い二次林では1ヘクタール当たりの種数、密度、果実サイズとも有意差はなかった(表2、図2)。

本研究により、大型種子散布動物を喪失した森林では、生長に宿主となる木が必要な、半着生性とつる性イチジクの種多様性や密度が低下することが分かった。また、空洞化した森林に分布するイチジクの果実サイズは、健全な森林よりも小さいことが明らかになった。つまり、空洞化した森林では大型の果実をつけるイチジクはほとんど分布していない。近年に伐採された若い二次林でも、大型動物が生息していれば、大型果実をつける種を含むイチジクの種子散布機能は喪失していないことも分かった。半着生性とつる性イチジクは、宿主の木の直径に関わらず、宿主があれば生育できることが分かっている(Nakabayashi et al. 2020 *Journal of Tropical Biology and Conservation*)。したがって、イチジクのような長径が5mm以下の種子をつける植物でも、とくに大型の果実をつける種は、種子散布を大型動物に依存していることが考えられる。これらの結果から、種子が小さい植物でも大型種子散布動物の喪失による影響は無視できないことが示唆された。

本研究は、小型種子をつける植物は森林の空洞化の影響を受けにくいという従来の考えを覆すものであり、大型動物の保全の意義を明確に主張する証拠となり得る。本研究により、大型動物の喪失による被食散布型植物や生態系への影響は、種子サイズに関わらず包括的に評価されるべきであることが示唆された。この結果は、現在の森林管理及び野生動物管理の妥当性に疑問を呈するもので、森林を管轄する組織に、大型果実食性動物の再導入の検討など、明確な助言を提供でき

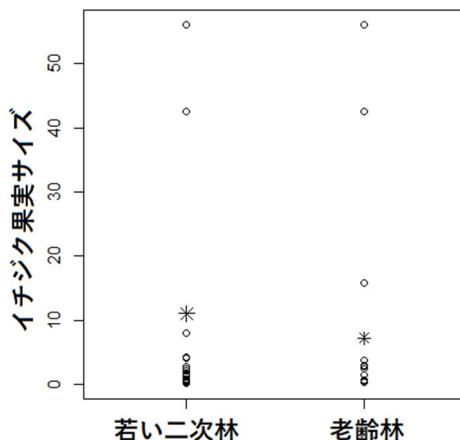


図1. 近年大規模な伐採を受けた若い二次林と老齢林に分布するイチジクの果実サイズ(直径×長径/100)

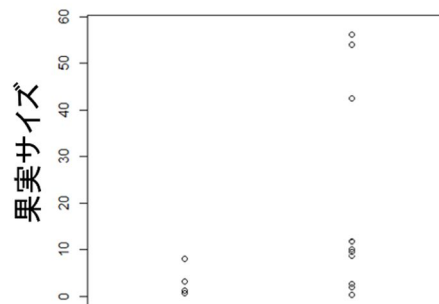


図2. 空洞化した森林と健全な森林に分布するイチジクの果実サイズ(直径×長径/100)

ると考えられる。

表 1. 空洞化した森林と健全な森林の 1 ヘクタール当たりの半着生性、つる性イチジクの種数、密度、果実サイズ

	空洞化した森林	健全な森林
種数/ha	0.1	0.5
密度/ha	0.18	0.64
果実サイズ	3.3	12.2

表 2. 若い二次林と老齢林の 1 ヘクタール当たりの半着生性、つる性イチジクの種数、密度、果実サイズ

	若い二次林	老齢林(健全な森林)
種数/ha	1.34	1.51
密度/ha	1.60	2.01
果実サイズ	11.0±5.1	7.2±3.6

2019 年度までに取得したデータをまとめたものを、渡航できなかったため発表代理人を立てて、2019 年度に 1 件の国際学会、2020 年度に 1 件の国内学会で発表した。また、本研究の一部が 1 本の国際雑誌に掲載された。本研究は、従来の生態系保全の評価方法を改める必要性を提示した研究として、国際的にも高く評価された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Nakabayashi M, Bin Salam PGMS, Leung LY, Ahmad AH, Bin Battin J	4. 巻 17
2. 論文標題 Effect of Logging on the Ficus Community at Batu Timbang Research Station, Imbak Canyon Conservation Area, Sabah	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Tropical Biology and Conservation	6. 最初と最後の頁 233, 249
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 中林雅, Eyen K
2. 発表標題 小型種子をつける植物でも大型種子散布者が必要
3. 学会等名 第68回日本生態学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miyabi Nakabayashi, Eyen Khoo
2. 発表標題 Even small seeds need large seed dispersers
3. 学会等名 7th Frugivores and Seed Dispersal Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
マレーシア	Forest Research Centre	Sabah Forestry Department	