

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07567

研究課題名(和文)人とケモノと熱帯林 自律的な熱帯林劣化の脅威構造の解明

研究課題名(英文) Autonomous degradation of tropical forests

研究代表者

山田 俊弘 (Yamada, Toshihiro)

広島大学・統合生命科学研究科(総)・教授

研究者番号：50316189

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では(1)熱帯林の破壊・劣化の脅威である、ケモノによる熱帯林の更新阻害問題の認識と、(2)熱帯林を取り巻く人の社会・経済構造の変化がその根本原因にあるという仮説の検証、そして(3)この脅威構造の一般化を通じ、自律的な熱帯林劣化の解決に向けた対処方法の設計・提案を行うことを目指した。研究期間中の現地調査により、野生のケモノ、特にイノシシによる森林劣化とイノシシの個体数増加の原因となっている人の社会・経済構造の変化を明らかにすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究が明らかにした、マレーシアの山村域の過疎・高齢化は、マレーシアをはじめとした熱帯林をもつ途上国が共通して抱える問題である。パソ保護林で起きている社会・経済構造変化に起因するケモノ(イノシシ)による熱帯林の更新阻害問題は、今後、世界中のどこで発生してもおかしくないということである。その歴史の特異性から当問題がいち早く発生したパソ保護林を調べることで、今後、世界中のどこでも起こり得る熱帯林のケモノによる自律的な破壊・劣化の問題を認知することが、この問題による森林劣化を回避するために必須である。

研究成果の概要(英文)：In this study, I aimed the following three items; (1) the recognition of the root cause hindering the regeneration of tropical rain forests, which is an autonomous threat to the destruction and deterioration of tropical forests, (2) the clarification of the changes in the social and economic structures of the people who surround tropical forests that are leading to the problem, and (3) the generalization of this threat structure to design and propose a coping method for the autonomous deterioration of tropical forest. Field surveys during the research period clarified that the changes in the social and economic structure of humans are causing the increases in wild boar populations, and in turn it leads to the degradation of a tropical rain forest.

研究分野：植物生態学

キーワード：熱帯雨林

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

熱帯林は生物のゆりかごと称されるように生物多様性が著しく高い生態系であり、林内に多様な野生生物が生息する。生態系内の野生生物の個体数は種々の要因により動的な平衡状態を保つ。代表的な例が、口トカボルテラ捕食式で表わされるような食うケモノと食われるケモノの個体群動態である。一方、食植性の食われるケモノは、植物側から見ると食うケモノである。よって、食植性のケモノの増加は熱帯林を構成する植物の生残の低下や繁殖の減少、すなわち適応度の減少に帰結する。大きすぎる食植性ケモノによる被食圧は、熱帯林の存続さえも危うくさせるだろう。そこで熱帯植物は食植性のケモノの数を制限するため、数年置きにしか起こらない大量結実を進化させてきた。こうした一連の機構により、熱帯林の中のケモノの数は本来、それぞれが発散しないよう調整されている。

調査地としたマレーシアパソ保護林では、1970年代から日本、イギリス、マレーシア、アメリカ等からなる国際生態学共同研究が行われてきた。その結果、多くの科学的な知見が培われた場所であるが、共同研究が果たした最も重要なことは、パソに天然林を存続させたことにある。さもなければ、首都からわずか数十キロの、周りを居住域に囲まれる立地に天然の熱帯林が残されることはない。

共同研究によりパソに天然林が残されることになったのだが、天然林の属性はここ数十年で大きく変化した。パソ周辺の人口が上がるにつれ、パソ内に生息する肉食のケモノは人にとっての脅威となった。パソでは肉食の獣の駆除が行われ、マレートラは1970年を最後に見られなくなった。それ以降、パソ保護林に生息する最大の肉食のケモノはクロヒョウであるが、カメラトラップ以外でその生息を確認したものはいない、幻のケモノとなっている。上述のとおり、元来これら肉食のケモノは、イノシシなどを捕食し、彼らの個体数を統制する役割があった。

当然、肉食のケモノの排除は、食われていたケモノ、特にイノシシの増加を引き起こした。しかしその増加速度は当初、イノシシがアポリジニ(オランアスリ)のタンパク源として利用されたため穏やかであった。これはちょうど捕食者が肉食のケモノから人に変化したと考えれば説明ができる。

しかし近年、パソ保護林ではイノシシの営巣地がいたるところに見られ、イノシシの個体群密度の急激な増加が起こっている。イノシシは営巣のため直径1cm程の樹木を噛み倒す。よってイノシシの営巣は、樹木の個体群動態に影響し、特に稚樹の加入を減少させる。実際パソ保護林の樹木長期動態データは、樹木の加入率が死亡率を下回っていることを示している。この状態(=森林更新の停滞)が百年という時間スケールで継続すれば、森林生態系を維持することができなくなるだろう。

2. 研究の目的

なぜ近年のイノシシ個体群密度の激増が、パソ保護林で起こったのだろうか。申請者はパソ保護林を取り巻く人の社会・経済構造の変化が引き起こしたと仮説立てた。以下にイノシシ増加を引き起こす人の社会・経済高層の変化仮説を紹介する。

肉食のケモノに変わってイノシシの個体群密度を調整していたアポリジニの生活は、マレーシアの国策である人種融和政策により激変した；アポリジニはかつての森の恵みを狩猟・採取していた生活から、農耕や都市での就労に生業を変えていった。この変化により、彼らの生活から森林が遠のいていっただけでなく、アポリジニ村の過疎化も起こった；若者が村から都市に流れたのだ。さらにこの事態を深刻化させたのは高齢化である。アポリジニ

の中でも狩猟採取の伝統的知識を持つ者が高齢化し、アボリジニ社会がますます森から遠のいたのである。こうしたアボリジニの社会構造の変化により、人がイノシシの捕食者になりえなくなり、結果として肉食のケモノがいなくなった森林でイノシシが急激に個体数を上昇させたと考えた。この状況に拍車をかけたのはマレー人の入植者である。彼らはパソ保護林の周辺を徹底的にアブラヤシ農園に変換した。パソ保護林はあたかもアブラヤシ園の海に浮かぶ森の島の様相となった。この状況はパソ保護林に住むイノシシにとって有利に働いた。アブラヤシはイノシシにとっても魅力的な餌になるのだ。一斉結実による種子供給量の変動は、イノシシが餌を森林資源のみに頼っていた時分にはイノシシの個体数統制に効果があったかもしれない。しかし、餌を安定的に供給される森林外のアブラヤシに頼れば、イノシシは安定して高い密度で生息することが可能となる。イノシシは餌を求めて林外に出るが、営巣地は森林である。加えて入植者のマレー人はイスラム教徒である。彼らがイノシシを食すことはない。増えすぎたイノシシによる森林劣化の深刻化が進むことになる。以上がイノシシ増加を引き起こす人の社会・経済高層の変化仮説である。

そこで本研究では、以下の3つの調査を行うことでケモノ（イノシシ）による熱帯林の更新阻害とそれを引き起こす社会・経済構造の変化仮説の検証を行う。

1. パソ熱帯雨林の更新状況とそれに与えるイノシシの影響の解明に関する調査
2. パソ保護林におけるイノシシの営巣地調査とアクティビティ調査
3. パソ保護林周辺のアボリジニとマレー入植者の社会・経済調査

本研究では基礎科学より得られた知見の直接的な社会への還元も目指す。自律的な脅威とは「共有地の悲劇」モデルのように構造的に脅威が取り除き難く、生態系の破壊が不可逆的・自律的に進行するものを指す。よって自律的な脅威による生態系の破壊は、自立的な脅威の構造が認識され、解決のための抜本的な設計を行い、根本原因を取り除かない限り、一方向的に進行する。

本研究では(1)熱帯林の破壊・劣化の自律的な脅威である、ケモノによる熱帯林の更新阻害問題の認識と、(2)熱帯林を取り巻く人の社会・経済構造の変化がその根本原因にあるという仮説の検証、そして(3)この脅威構造の一般化を通し、自立的な熱帯林劣化の解決に向けた対処方法の設計・提案を行う。

3. 研究の方法

研究地：本研究課題は、熱帯林が都市部に例外的に残され、その為にケモノによる熱帯林の自律的な破壊・劣化がどこよりも早く起こっているマレーシア、パソ保護林で行う。

森林更新状況：パソ保護林における樹木の更新状況は、保護林内に設置された長期観察調査プロットで得られた既存のデータ(50haと6haプロット)を用いて解析する。

野生生物調査：野生生物(イノシシ)の営巣の野外調査をIckesに倣い行う。加えて野生生物のアクティビティを動物自動撮影装置を用いて調査する。

社会・経済構造調査：パソ保護林と隣接するマレー人入植者村とアボリジニ村を対象に野生生物の利用状況と経済状況、および社会構造に関する聞き取り調査を行う。

研究目標を達成するため、すなわちケモノ(イノシシ)による更新阻害とその根本原因となる社会・経済構造の変化仮説を検証するため、以下の6項目の確認・観察・定量を行う。

項目1 パソ保護林では樹木の加入速度が死亡速度より遅く、定常(平衡)状態が保ててい

ない。

項目 2 加入速度の低下はイノシシのアクティビティ、特に営巣活動によるものである。

項目 3 イノシシのアクティビティは過去に比べて上昇している（過去の同様の調査との比較）。

項目 4 保護林中心部からアブラヤシ園に向けてイノシシのアクティビティが高くなり、樹木の

更新も滞る（保護林中心部とアブラヤシ園接続部との比較）。

項目 5 アボリジニの生活において森林資源（特にイノシシ肉）の重要性は過去に比べて低い。

項目 6 入植者はイノシシに無関心である。

4. 研究成果

平成 29 年度と平成 30 年度は森林更新状況に関する現地調査を行い、項目 1 から項目 4 のデータをおもに収集した。

森林更新状況

森林構造、森林動態、森林更新に関する調査を行い、森林周辺部が、中心部と明らかに異なる森林構造、森林動態、森林更新を持つ事を明らかにした。林縁部では特に小さい木の数が減り、最近、新しい木の加入が滞っていた。これらは森林周辺部分が劣化していることを示している。また、生物多様性の評価も行い、林縁部で生物多様性が下がっていることも発見した。この成果は

Shima, K., Yamada, T., Okuda T., Christine, F., Kassim AR.: Dynamics of Tree Species Diversity in Unlogged and Selectively Logged Malaysian

Forests. Scientific Reports 8:1024 DOI:10.1038/s41598-018-19250-z. 2018

に発表した。

野生生物調査

Ickes は 1996 年にパソ保護林中心部でイノシシの営巣調査を行った。彼が行ったのと同じ方法、同じ場所でイノシシの営巣調査を行い、イノシシの営巣活動の経時的な変化を定量した。その結果、1996 年度と同様の、高いイノシシの営巣密度を確認した。同時に自動撮影装置によるイノシシのアクティビティ調査も行った。結果として、他の森林と比べて場合、パソ保護林ではイノシシのアクティビティが高いことを示すことが出来た。

Ickes が行ったのと同じ方法で パソ保護林周辺域（アブラヤシ園接続部）にてイノシシの営巣調査を行った。その結果、上の調査で明らかにした中心部の二倍以上に高い営巣密度を発見した。

同時に自動撮影装置によるイノシシのアクティビティ調査を行うことで、アブラヤシ園近隣域でのイノシシのアクティビティを定量した。定量のため、林内に 15 台の動物自動撮影装置を設置した。結果として、森林周辺部（＝アブラヤシ園近隣）で、イノシシのアクティビティが中心域と比べもにならないほど高くなることを明らかにできた。

以上の調査より、林縁部では中心部に比べ、イノシシのアクティビティが高いことをイノシシの営巣地の調査から明らかにした。森林周辺部が、中心部と明らかに異なる森林構造、森林動態、森林更新を持つ事はイノシシの活動のためだと考えられる。通常、森林の周辺部が劣化する要因はケモノとは独立なことが多いのではあるが、この保護林では、森林の直ぐ

横にアブラヤシ園が広がっており、イノシシは頻繁にアブラヤシ園に出ては、食料を調達し、このために林内のイノシシの個体群密度が高まっているようである。

令和元年度は、主に社会・経済構造調査について調査を進めた。

熱帯林周辺に住む人々と熱帯林および野生のケモノの関係である。この目的のため、マレーシア森林研究所と共同して地域住民へのインタビューを令和2年3月に行った。農地を経営するマレー人(イスラム教徒)は野生のケモノについて、一定の許容を示すものの、イノシシを激しく嫌う。しかし、自分たちではほぼ何も対策していないことが、農地経営者とのインタビューで明らかとなった。この理由としてイノシシを苦手にしていただけでなく、農地経営そのものには、イノシシがそれほど影響しないことにある。その結果、イノシシ個体群が増加し、熱帯林に悪影響を与えているという基本構造が分かった。かなり前まではイノシシの駆除を非イスラム教徒に依頼することもあったらしいが、豚インフルエンザの感染拡大以降、依頼を受ける人が減ったこともこの状況に拍車をかけていた。

アボリジニは、野生のケモノを尊敬することがインタビューで分かった。しかし、銃を持たず、吹矢で狩りをする彼らの狩猟対象にイノシシはないことが分かった。

以上より、イノシシに対する人の採集圧も低いことが明らかとなった。

今後は、イノシシの活動とアブラヤシ園の関係、イノシシの活動と森林劣化の関係を定量的に示すことのできるデータの収集を目指す。

過疎・高齢化は、マレーシアをはじめとした熱帯林をもつ途上国が共通して抱える問題である。パソ保護林で起きている社会・経済構造変化に起因するケモノ(イノシシ)による熱帯林の更新阻害問題は、今後どこで発生してもおかしくない。その歴史の特異性から当問題がいち早く発生したパソ保護林を調べることで、今後どこでも起こり得る熱帯林のケモノによる自律的な破壊・劣化の問題を認知することが、この問題による森林劣化を回避するために必須である。

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 Shima, K., Yamada, T., Okuda T., Christine, F., Kassim AR.	4. 巻 8
2. 論文標題 Dynamics of Tree Species Diversity in Unlogged and Selectively Logged Malaysian Forests	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1 8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） DOI:10.1038/s41598-018-19250-z. 2018	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1件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 山田俊弘
2. 発表標題 自己崩壊する熱帯雨林
3. 学会等名 広島大学大学院統合生命科学研究科開設記念シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019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
---------------------------	-----------------------	----