

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：10104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11724

研究課題名(和文)生態学的アプローチに基づく山菜の攪乱応答の解明

研究課題名(英文) Responses of wild edible plants to human-disturbance

研究代表者

片山 昇 (Katayama, Noboru)

小樽商科大学・商学部・准教授

研究者番号：30646857

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)：持続的で効率的な生態系サービスの利用には、人為的攪乱と生態系サービスの関係を科学的に調査し、攪乱後のサービスの変化を予測する必要がある。本研究は「山菜」を材料にして人為的攪乱に対する山菜の応答を調べ、(1)収穫に応じて山菜(タケノコ)の生産性は強化されうること、(2)タケノコの実産性は生育地の傾斜角度に規定(急傾斜の場所ほどタケノコの実産数は少なく、太いタケノコが生産)されること、(3)収穫に応じたタケノコの実産性の強化も傾斜角度の影響を受けることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生態系サービスとしての利用価値は高いにもかかわらず、山菜は資源としてあまり活かされていない。その理由は、山菜の攪乱応答を調べた研究は少なく、どのような攪乱がどのような条件で加わると山菜の実産性が向上するかについて解明されていないからである。本研究は、これまで培われてきた基礎生態学の知見やアプローチを用いて、山菜における人為的攪乱(人による収穫の影響)を科学的に調査し、収穫に応じて山菜の実産性は強化されうることを明らかにした。本研究の成果は森林に眠る山菜資源の有効な活用法を見つけたし、新たな産業基盤を生み出す契機になると期待している。

研究成果の概要(英文)：For sustainable and efficient use of ecosystem services, it is necessary to investigate relationships between anthropogenic disturbances and ecosystem services scientifically and predict changes in the services after disturbance. In this study, I investigated responses of wild edible bamboo (*Sasa kurilensis*) to human-harvesting, and demonstrated that (1) the productivity of edible culms was enhanced after harvesting, and (2) the productivity of edible culms was determined by environmental factors (i.e., the density of bamboo culms decreased but the stem diameter increased along the gradient of increasing slope angle in the habitat), and (3) the intensity of enhanced productivity of edible culms in response to human-harvesting was also affected by the slope angle.

研究分野：生態学

キーワード：チシマザサ 攪乱応答 補償成長 生態系サービス 北方林

1. 研究開始当初の背景

食料資源の供給など、人は自然から様々な生態系サービスを得ている。安定した生態系では、持続的に生態系サービスを利用できるが、自然の回復力を超えた攪乱が加わった場合、生態系サービスは急速に劣化する。一方で、中規模の攪乱が加わることで生態系サービスが向上する場合もある。したがって、生態系サービスを効率的に利用するには、「どのような状況」で「どのような」攪乱が加わった時に生態系サービスは向上するかという問いに科学的に答える必要がある。この問いの検証には、基礎生態学で蓄積されてきた知見やアプローチが有効となる。特に、ここ四半世紀の間、植物生態学や群集生態学の中心テーマとして、攪乱に対する植物の応答の研究は著しい成果を挙げた。例えば、食害のような攪乱に対して、植物は成長を促進させたり、化学成分を変化させたりすることが明らかにされている。食害に対する応答と同じように、人為的攪乱に対しても植物は成長や化学成分を変化させるなら、その効果は生態系サービスとしての植物の利用可能性に影響する。特に、「山菜採り」は生態系サービスに対する人為的攪乱の影響を調べる興味深いテーマである。なぜなら、山菜は森林生態系からの供給サービスであり、人は山菜を採ることで山菜や森林に攪乱を与えるからである。言わば「山菜採り」は、「攪乱と生態系サービス」の関係の縮図といえる。

2. 研究の目的

本研究は、北日本特産の人気の高い山菜であるチシマザサのタケノコを対象として山菜の生産性に及ぼす人為的攪乱(人の収穫)の影響と、山菜の生産性を決める環境要因の特定を目的とした。本目的達成のため、2013年から北海道大学・天塩研究林で行なってきた大規模な収穫実験と広範囲に渡る野外調査を継続・進展させた。さらに、タケノコ以外の山菜における収穫の影響を明らかにするため、タラノキ(タラノメ)を対象とした収穫実験を行なった。本助成で行なった主要な課題は、以下の4つである。

- (1) 継続的な収穫をやめた後のタケノコの実産性の変化
- (2) タケノコの実産性に及ぼす環境要因の探索
- (3) 収穫に応答したタケノコの実産性の変化の大きさと環境要因の関係
- (4) タケノコ以外の山菜における収穫の影響

3. 研究の方法

(1) 継続的な収穫をやめた後のタケノコの実産性の変化

複数年に渡る継続的な収穫と、その収穫をやめたことがタケノコの実産性にどのような影響を及ぼすか明らかにするため、2013年から北海道大学・天塩研究林に設置している10m四方の実験コードラート20カ所での野外実験を継続した。本調査地では、コードラートの半数を「収穫区」として、一般的なタケノコ採取の基準で2013年から2015年の間タケノコを収穫し、もう半数のコードラートは「対照区」としてタケノコを収穫しないまま維持した。収穫をやめることの影響を明らかにするため、2016年以降は、収穫区でもタケノコを収穫しないままプロットを維持した。

最初の収穫の年(0年目:2013年)から収穫をやめた翌年(3年目:2016年)、および収穫をやめてから3年後(5年目:2018年)に、各実験区のササ密度とタケノコの実産性を調査した。実産性の調査のために、各実験区に2m四方の「調査プロット」を設置し、その中の成熟したササ(以降、親ザサ)とその年に出現したタケノコを数え、それらの値をその実験区の代表値とした。収穫区のプロットでは、収穫したタケノコと収穫後に出現したタケノコ(取り残したタケノコ)を足した数をタケノコの実産数として評価した。

(2) タケノコの実産性に及ぼす環境要因の探索

これまでの調査から、食用のタケノコの密度はその場所の親ササの密度に、またタケノコの太さは親ササの太さに依存して決まることが判っている。つまり、親ササの個体群の特性(密度と太さ)を基に、我々は「どのような太さのタケノコがどれくらい生産されるか」を知ることができる。しかし、生態系サービスとしての有用性にも関わらず、林業においてササは軽視されがちなため、「親ササの個体群の特性がどのような環境要因に依存して決まるか」といった基礎的な知見も乏しい。本課題では、タケノコの実産性を決める環境要因を探索するため、北海道大学天塩研究林のチシマザサの群落に設置した60個の2m四方の調査プロットでの親ササの個体群の特性(ササやタケノコの密度と太さ)のデータを用い、GISデータから抽出した各プロットの地形要因(標高・斜面方位・斜面角度)や土壌水分含有量との関係を解析した。加えて、収穫に適した太いタケノコ(基部直径が18mm以上のもの)の実産性を決める環境要因について解析した。

(3) 収穫に応答したタケノコの実産性の変化の大きさと環境要因の関係

収穫に応答したタケノコの実産性の変化がどのような環境要因に影響されるかを探索するた

め、上述(2)の調査プロットの半数を収穫区としてタケノコを収穫し、残りのプロットを対照区としてタケノコを収穫しないまま維持する実験を行なった。収穫の翌年に、収穫区と対照区で親ササ密度と生産されたタケノコの数と測定し、回帰分析で親ササ密度とタケノコの生産性の関係を解析した。ここで、対照区における回帰直線は、「収穫がなかった場合の各親ササ密度でのタケノコの生産数の予測値」とみなせる。そこで、各親ササ密度での収穫区のタケノコの生産数から対照区の回帰直線までの残差を計算し、その親ササ密度における「収穫に応答したタケノコ生産の変化の大きさ」を評価した。各プロットの標高・傾斜角度・土壌水分を独立変数にした一般線形モデルで、「収穫に応答したタケノコの生産性の変化の大きさ」を解析した。

(4) タケノコ以外の山菜における収穫の影響

タケノコ以外の山菜で、翌年の生産性に及ぼす収穫の影響を明らかにするため、タラノキ(タラノメ)の収穫実験を実施した。北海道大学天塩研究林のタラノキの個体群で50本のタラノキを選抜し、生育場所や個体サイズ(植物高や茎直径)が偏らないようにそれらを2つのグループに分けた。第1グループは収穫区とし、4月上旬に新芽(タラノメ)を収穫した。第2グループは対照区とし、収穫しないまままで維持した。翌年、これらのタラノキで新芽が形成されたかについて調べた。

4. 研究成果

(1) 継続的な収穫をやめた後のタケノコ生産性の変化

反復測定分散分析の結果に基づくと、親ササの数は時間とともに有意に減少していた($P = 0.033$)。ただし、収穫処理、または時間(年)と収穫処理の間の相互作用は、親ササの数に有意な影響を及ぼさなかった(収穫: $P = 0.465$; 収穫×時間: $P = 0.362$)。一方で、その年に生産されたタケノコの数は、時間(年)と収穫処理の両方に影響され、有意な交互作用もみられた(時間: $P < 0.001$; 収穫: $P = 0.003$; 収穫量×時間: $P = 0.008$; 図1)。調査を開始した年(0年目)は、処理間でタケノコ生産性に有意な差はみられなかったが、収穫区で収穫を継続していた期間(1~2年目)と収穫をやめた年(3年目)にかけては、タケノコの数は対照区よりも収穫区の方で常に高かった。一方で、収穫をやめてから3年後(5年目)には、処理間でタケノコの数に有意差はみられなくなった。以上の結果は、継続的にタケノコを収穫することでタケノコ生産性は強化される(補償反応が起こる)が、収穫をやめるとその生産性の強化は消失することを示唆する。

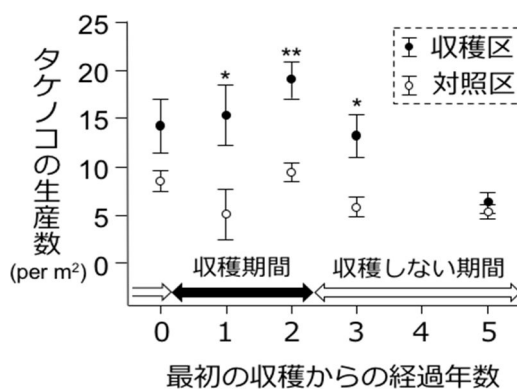


図1. タケノコ生産数に及ぼす収穫の影響。アスタリスクは同年の収穫区と対照区における有意水準を示す(* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$)。

(2) タケノコ生産性に及ぼす環境要因の探索

親ササの密度と茎直径の間には、負の相関がみられたが、親ササの太さを独立変数に入れた一般線型モデルの結果は、これらの相関が環境要因(特に傾斜角度)によって媒介される可能性を示した。つまり、親ササの密度は傾斜角度($P < 0.001$)と標高($P = 0.026$)の影響を受けたが、親ササの太さの効果($P = 0.412$)は検出されなかった。特に、傾斜角度は親ササ密度を決定する最も影響力のある要因であり、強い負の効果を示した。同様に、親ササの太さに対する最も影響力のある環境要因も傾斜角度($P < 0.001$)で、親ササは傾斜角度の増加とともに太くなった。

細いタケノコは食用にあまり適さないため、上述の結果から「傾斜が緩やかな場所や急な場所では、価値の高いタケノコはあまり生産されない」と予測できる。この予測を確かめるため、測定プロットごとに、ある程度(基部直径が18mm)以上の食用に適した太さのタケノコ生産数を推定し、その生産数と傾斜角度の関係を解析した。その結果、食用に適した太さのタケノコ生産数は中程度の傾斜角度(20°程度)の場所で最大となることが判明した(図2)。

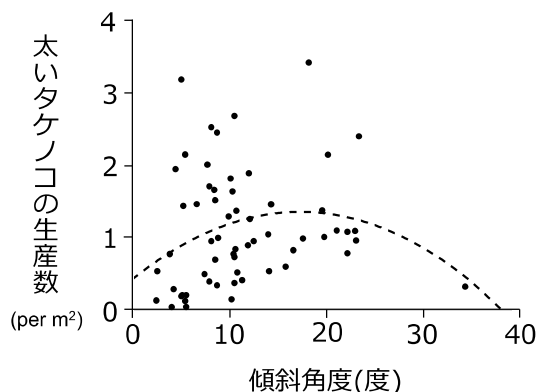


図2. 生育地の傾斜角度と食用となる太いたケノコ(基部直径18mm以上)の生産数の関係。点線は有意傾向をもつ山型の関係を示す($Y = 0.7926 + 0.0368X - 0.0031*(X-11.4767)^2$, $R^2 = 0.064$, $P = 0.077$)。

(3) 収穫に応答したタケノコ生産性の変化の大きさと環境要因の関係

収穫区・対照区ともに、親ササ密度とタケノコ生産性の間には正の相関がみられたが(収穫区: $Y = -0.588 + 0.358X$, $R^2 = 0.463$, $P < 0.001$; 対照区: $Y = -1.520 + 0.198X$, $R^2 = 0.294$, $P = 0.011$; 図

3a), 対照区よりも収穫区の方が多くのタケノコが生産されていた ($P=0.009$). 収穫に応答したタケノコ生産の変化の大きさ (各親ササ密度での収穫区のタケノコ生産数から対照区の回帰直線までの残差) は, 急傾斜の場所ほど強かった ($P=0.047$; 図 3b). つまり, チシマザサでは, 収穫に応答した生産性の強化 (補償反応) も生育地の傾斜角度に規定されることが示唆された.

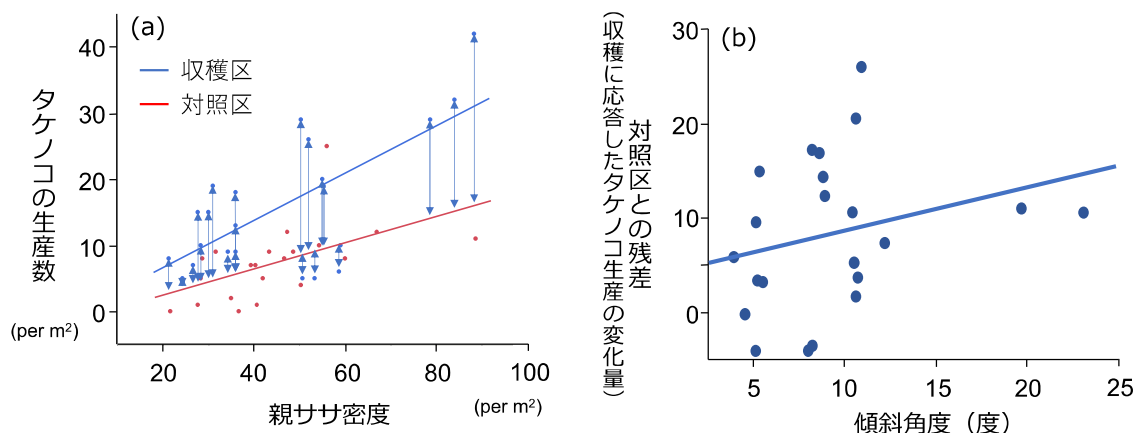


図 3. (a) 親ササ密度とタケノコ生産性の関係. 青の矢印は, 収穫区の各親ササ密度におけるタケノコ生産数から同じ親ササ密度における対照区の回帰直線までの残差で, その親ササ密度での収穫に応答したタケノコ生産の変化量を示す. (b) タケノコ生産の残差と傾斜角度の関係.

(4) タケノコ以外の山菜における収穫の影響

タラノメを収穫した場合の翌年の新芽の発現率は 76% (19 本/25 本) で, 収穫しなかった場合の発現率 (84%; 21 本/25 本) と有意に異ならなかった ($P=0.478$). タラノメでは収穫の影響はそれほど強くないと思われる.

(5) まとめ

多くの山菜は生態系サービスとして利用価値が高いにもかかわらず, 資源としてあまり活かされていない. その理由は, 国内外を問わず, 山菜の攪乱応答を調べた研究は少なく, どのような攪乱がどのような条件で加わると山菜の生産性が向上するかについて解明されていないからである. 本研究は, これまで培われてきた基礎生態学の知見やアプローチを用いて, 山菜における人為的攪乱 (人による収穫の影響) を科学的に調査した. 特に, チシマザサでは人の収穫に応答して翌年の生産性が強化され, その効果の大きさは生育地の環境条件 (特に, 傾斜角度) に依存する可能性を提示した. 一方でタラノキでは, 収穫の有無で翌年の新芽の出現率に差はみられず, 必ずしも人の収穫が山菜の生産性を強化するわけではないことも示した. 本研究の成果は森林に眠る山菜資源の有効な活用法を見つけだし, 新たな産業基盤を生み出す契機につながると期待している.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Katayama, N.	4. 巻 26
2. 論文標題 Slope angle determines the productivity of edible culms of <i>Sasa kurilensis</i> in a northern Japanese forest	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 54-61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/13416979.2020.1857000	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Katayama N., O. Kishida, C. Miyoshi, S. Hayakashi, K. Ito, R. Sakai, A. Naniwa, H. Takahashi, and K. Takagi	4. 巻 e0243089
2. 論文標題 Demography and productivity during the recovery time sequence of a wild edible bamboo after large-scale anthropogenic disturbance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0243089	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 -

1. 著者名 Katayama, N.	4. 巻 25
2. 論文標題 Sustained enhancement of productivity of edible culms of <i>Sasa kurilensis</i> in response to repeated annual human harvesting in a northern forest in Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Forest Research	6. 最初と最後の頁 426-432
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/13416979.2020.1834059	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 片山 昇, 岸田 治, 高木健太郎
2. 発表標題 大規模な人為的攪乱後の山菜の個体群サイズと生産性の時間的变化
3. 学会等名 日本生態学会第67回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 片山 昇, 岸田 治, 高木健太郎
2. 発表標題 林業施業にともなう大規模伐採からのササ密度とタケノコ生産性の回復過程
3. 学会等名 第35回個体群生態学会大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

個人ホームページ https://sites.google.com/site/katayamaswebsite/

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
---------	---------