

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26740045

研究課題名(和文) タケノコ採取の生態学～人為的攪乱に対するタケノコの応答

研究課題名(英文) Ecological research on bamboo shoot-harvesting: Responses of bamboo to human disturbances

研究代表者

片山 昇 (Katayama, Noboru)

京都大学・生態学研究センター・研究員

研究者番号：30646857

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、山菜として利用されるチシマザサのタケノコを対象とし、生態学的な知見に基づいて人為的攪乱に対するチシマザサの応答について調べ、タケノコ資源を活用するための情報を提言することである。野外実験の結果、「タケノコ採取」はササの補償成長を促すことで翌年以降のタケノコの生産性を高めることを発見した。一方で、「地上部の刈取り」のような破壊的な攪乱ではタケノコの生産性が低下する可能性が高く、大規模な刈取り後では、タケノコの生産性が元の状態に回復するまでに30年以上かかると予想された。以上の結果から、「タケノコの利用性を高めるには、攪乱の種類や程度を考慮することが重要である」と提起する。

研究成果の概要(英文)：An aim of this study is to give ecological information about effective use of a wild edible plant receiving human disturbances. I carried out two field experiments, focusing on dwarf bamboo (*Sasa kurilensis*), and found that the productivity of edible bamboo shoots was enhanced after human-harvesting of bamboo shoots. This indicates that over-compensatory growth occurred in the bamboo. On the other hand, the shoot productivity tended to decrease when reaped mature culms. Moreover, another field survey indicated that it might take over 30 years to recover original productivity of the bamboo shoots after the bamboo's population had received large-scale reaping. From these results, I suggest that we should consider 'sorts' and 'strength' of anthropogenic disturbance for effective use of the edible bamboo.

研究分野：生態系サービス

キーワード：山菜 チシマザサ 補償成長 収穫 伐採 復元速度 北方林 北海道

1. 研究開始当初の背景

食料の供給や気候の安定など、人は様々なサービスを生態系から得ている。生態系が安定して維持されていれば、持続的に生態系サービスを得ることができるが、自然の回復力を超えて過度に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、生態系に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。生態系サービスの利用には人為的攪乱がともなうため、生態系サービスの持続的かつ効率的な活用のためには、「生態系サービス」と「人為的攪乱」の関係を科学的に調査し、攪乱後の生態系サービスの変化を予測する必要がある。

山菜は森林生態系からの供給サービスである。山菜資源を最大限利用するためには、その生産性を決める環境要因を特定するとともに、「山菜採り」などの人為的攪乱に対する山菜の応答について調べる必要がある。このような問題の解決には、基礎生態学で蓄積されてきた知見やアプローチを駆使して山菜採りを研究することが求められるが、山菜採りを生態学的な視点から研究した事例は少ない。

2. 研究の目的

本研究では、北日本特産の山菜であるチンマザサのタケノコを対象とし、生態学的な知見を駆使して人為的攪乱に対するチンマザサの応答について調べ、タケノコ資源を活用するための情報を提言することを目的とした。特に、野外で大規模な操作実験と野外調査を実施し、「タケノコ採取」と「地上部のササの刈取り」という2つの人為的攪乱が、翌年以降のタケノコの実産性や、タケノコの長期的な生産性を規定するササ密度に及ぼす影響について調べた。

3. 研究の方法

(1) タケノコの収穫実験

平成 25 年から、タケノコの実産性に及ぼす収穫の影響を明らかにするための野外実験を開始した。北海道大学・天塩研究林に 10m 四方の実験区を 20 ヶ所設置し、その半数を収穫区として一般的なタケノコ採取の基準で平成 25 年からの 3 年間、タケノコを収穫した。もう半数は対照区としてタケノコを収穫しないまま維持した。

最初の収穫の年(平成 25 年)からプロジェクト最終年(平成 28 年)まで、各実験区のササ密度とタケノコの実産性を毎年モニタリングした。モニタリングのために、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) タケノコの食味試験

生態系サービスとしての山菜の評価には、山菜の実産量だけでなく、食品の質も調べる必要がある。そこで、タケノコの味や食感に対する収穫の影響を明らかにするため、収穫実験の最終年(平成 27 年)に収穫され続けた場所[実験(1)の収穫区]と収穫されなかった場所[実験(1)の対照区]からタケノコを採取して食味試験を行った。

食味試験は、北海道大学・天塩研究林のスタッフと研究林付近の住人の合計 111 人に協力してもらい実施した。収穫区と対照区で採ったタケノコを同じ条件で別々に茹でた後、両方のタケノコを被験者に食べてもらい以下の 5 項目[(a)食感の良さ、(b)水っぽさ、(c)甘さ、(d)エグミの強さ、(e)総合的な美味しさ]についてどちらが優れているか評価してもらった。また、食感は茹でた後のタケノコの硬さが影響するため、収穫区と対照区のタケノコそれぞれ 10 本を無作為に選び、茹でた後の硬さ(硬度計でタケノコが破壊された時の圧力)を測定した。

(3) 地上部の刈取り実験

後述のように、収穫することでタケノコの実産性は強化されたことから、「適度な攪乱を加えることで、タケノコの実産性は高まる」という仮説を持った。この仮説を確かめるために、「地上部のササの刈取り」という収穫とは異なる攪乱をササに与える「刈取り実験」を実施した。

刈取り実験は平成 26-27 年に、北海道大学・天塩研究林で実施した。研究林内のチンマザサの群落 20 ヶ所を選び、タケノコの潜在的な生産力と相関する「親ササの密度」が処理間で偏らないように考慮して、実験区を「刈取区」と「対照区」に分けた。平成 26 年 9 月に「刈取区」のササを、林道の入り口から幅 2m、奥行き 8m に渡って刈取った。このような帯状の刈取りは「タケノコ採取用の散策道」をササ群落に作った状態を模しており、本研究をより応用的な課題へと昇華させることを念頭においている。

ササは地下茎でつながるため、刈取りの影響はその場所だけでなく周囲にも及ぶと考えられる。そこで本実験では、刈取りの直接的な影響と周囲のササに対する間接的な影響を調べるため、刈取られた場所(刈取地)と、刈取られた周囲(周辺地)に 1m x 2m の調査プロットを設置し、刈取りの翌春(平成 27 年)に各プロットで出現したタケノコの数を測定した。「対照区」でも同様の調査プロットを設置してタケノコの数を測定し、刈取区の値と比較した。

(4) 大規模伐採の長期的影響

北方林では樹木の更新を促すために、広範囲にわたってササを刈取る施業が行われている。人為的攪乱とタケノコの生産性の関係を明らかにするには、このような森林施業にともなう大規模伐採がササ林に与える長期的影響も調べることが必要となる。大規模伐採からの経過年数に沿ったササ密度やタケノコの生産性の変化を明らかにするために、過去数十年にわたる施業履歴（大規模伐採を行った場所と年）が残っている北海道大学・天塩研究林で野外調査を行った。

調査地として、大規模伐採から2~44年経過した場所を14カ所選定した。平成26年7月に、それぞれの場所で1m四方の測定プロットを無作為に4個（あるいは10個）作成し、その中の親ササの密度とタケノコの生産数を記録した。大規模伐採から経過年数が12年未満の場所では十分な数のササが見られなかったため、それらの場所では1カ所あたり10個の測定プロットを作り、ササとタケノコの数を測定した。また、伐採を受けなかった時のササの極相密度は各調査地で異なるため、大規模伐採からのササ林の回復過程は各場所での極相密度を考慮して評価する必要がある。「各調査地において数十m離れた伐採履歴がない場所（対照区）」を極相と仮定し、対照区の測定値と上述の伐採場所の測定値の相対的な比較によりササ林の回復状態を解析した。

4. 研究成果

(1) タケノコの収穫実験

取り残したタケノコの数から、収穫区ではその年に生産されたタケノコの約7割を収穫していた。収穫の開始年（平成25年）のタケノコ生産数は処理区間で違いがなかったが、収穫の翌年（平成26年）には、タケノコ生産数は対照区よりも収穫区で2.5倍も多かった（図1a）。この傾向はその後も続き、平成26-28年のタケノコ生産数は収穫区で常に高かった（GLMM, $P < 0.001$, 図1a）。一方で、親ササの密度変化に対しては、収穫の影響はみられなかった（図1b）。将来タケノコになる冬芽は親ササの根元に形成されるため、親ササの密度は生産されるタケノコの数と強い相関がみられる（ $R^2 = 0.46$, $P < 0.001$, 図2）。しかし、3年間の収穫では、チシマザサの密度に影響しないタケノコ生産性は高まっていた。

このタケノコ生産性の強化は、「補償反応」という植物の攪乱応答によって説明できる。多くの植物では、攪乱による損傷にตอบสนองして損傷で失った以上に新しい組織を生産する反応を示す。このような補償反応は、植食性生物に対して新しい資源を提供すると

いう生態的役割を持つことが知られる。山菜となるタケノコを生産するチシマザサでも、人の収穫によって補償反応は起き、翌年以降のタケノコの生産性は高まったと考えられる。

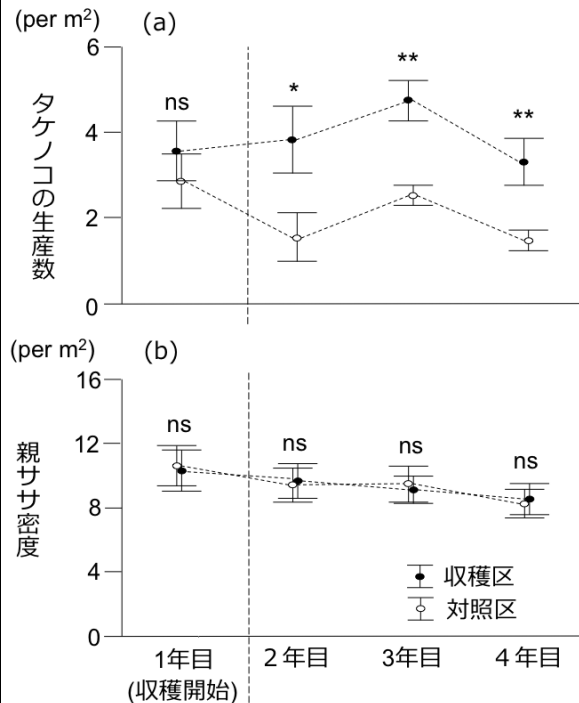


図1. (a) タケノコ生産数と (b) 親ササの密度に及ぼす収穫の影響。nsとアスタリスクは同年の収穫区と対照区における有意水準を示す (ns: $P > 0.05$, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$)。 (エラーバー: 標準誤差)

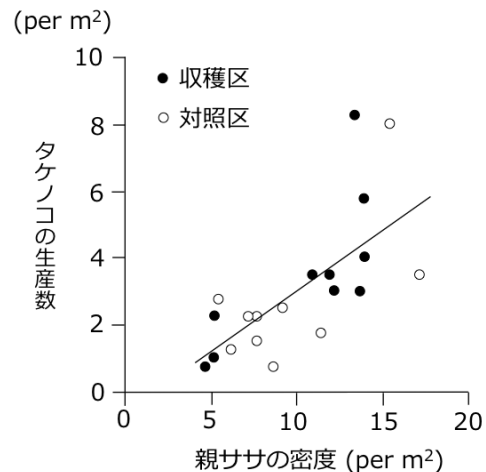


図2. 親ササ密度とタケノコ生産性の関係。収穫を開始した年（平成25年）の結果から作成した。

(2) タケノコの食味試験

食味試験の結果、タケノコの食感の良さは、収穫区よりも対照区のタケノコで評価が高かった（ t 検定, $P = 0.021$, 図3a）。補償反応で生産される植物組織は、速く成長できるように、従来の組織に比べて柔らかいこと

が多い。このような植物形質の変化が食感に作用したと思われる。実際に、本試験で用いたタケノコでは、対照区よりも収穫区の方が若干柔らかかった（タケノコの破壊時の圧力 [平均±SE]：対照区：3.8±0.2 G，収穫区：3.2±0.2 G）。

しかし、食感（硬さ）以外の3項目[水っぽさ、甘さ、エグミの強さ]については、収穫区と対照区のタケノコで違いはみられず（ $P > 0.3$, 図3b-d）。総合的な美味しさも両者で差がなかった（ $P = 0.18$, 図3e）。このように、収穫はタケノコの品質にそれほど強く影響しないと思われる。

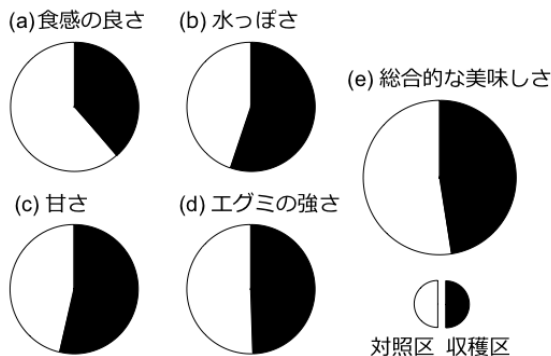


図3. タケノコの味の比較。(a) 食感の良さ、(b) 水っぽさ、(c) 甘さ、(d) エグミの強さ、(e) 総合的な美味しさ。各項目での半円の大きさは、対照区（白）と収穫区（黒）のタケノコの比較において優れていた方の割合を示す。

実験(1)と(2)で示したように、「収穫によってタケノコの品質が低下することなく翌年以降のタケノコの生産性は高まる」ことから、収穫による人為的攪乱は、その後の人間に対する『タケノコの利用可能性』を高めると結論づける。

(3) 地上部の刈取り実験

統計的な有意差はみられなかったものの、刈取地では対照区の値の約7割しかタケノコは生産されなかった（GLMM, $P = 0.177$, 図4）。刈取地の周辺でも、タケノコの実数は対照区よりも少ない傾向がみられた（図4）。「地上部の刈取り」という破壊的な攪乱では、ササの補償反応は発揮されず、逆にタケノコの実数は低下する可能性が高いと考えられる。本実験では当初に期待していた結果は得られなかったが、「タケノコの実産性を強化する上で攪乱の種類（や強さ）を考慮することが必要」という重要な示唆を得ることができた。

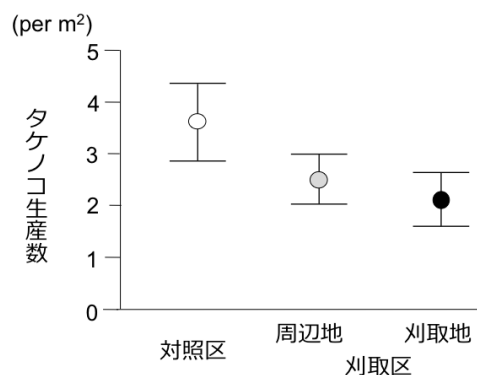


図4. 処理翌年のタケノコの実産数に対する地上部の刈取りの影響。（エラーバー：標準誤差）

(4) 大規模伐採の長期的影響

大規模伐採からの経過が10年未満の場所では、親ササの密度とタケノコの実産性はともに対照区の値の11%以下だった（図5）。ササ刈りから14年経過した場所では、ササ密度は対照区の62%まで回復していたが、タケノコの実産性はまだ23%程度だった。ササ刈りから30年以上経過した場所で、ササ密度は対照区と同程度にまで回復しており、タケノコの実産性も、一部で生産性が低かった場所（伐採後31年が経過した地点）がみられたが、全体の傾向として高いレベルに達していた。このように、大規模伐採からタケノコの実産性が回復するには、30年以上かかると予想される。

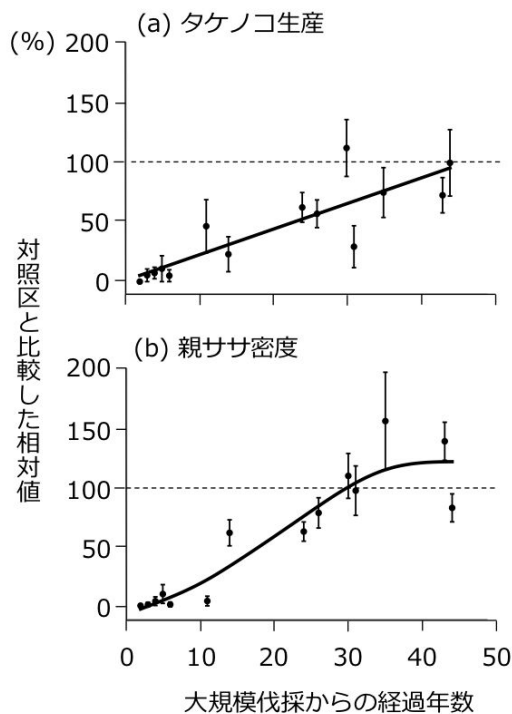


図5. 大規模伐採からのチシマザサの回復過程。(a) タケノコ生産数と(b) 親ササ密度。縦軸はそれぞれの場所での対照区（調査地の近傍で伐採されてない場所）と比較した際の相対値を示し、図中の点線は相対値が

100%の状態(対照区と同レベル)を示す。(エラーバー：標準誤差)

(5) まとめ

人工的な環境で育つ野菜とは異なり、山野に自生する山菜の生産性は収穫や林業施業にともなう人為的攪乱に対する山菜の応答に依存する。そのため、山菜を持続的かつ効率的に利用するには「人為的攪乱がその後の山菜にどのような影響をもたらすか」を明らかにすることが必要である。本研究では、「タケノコ採取」と「地上部の刈取り」という2種類の人為的攪乱がタケノコ生産性に及ぼす短期的・長期的な影響を評価し、「少なくとも3年間の収穫では、ササの遷移過程に影響しないタケノコ生産性を高める」という興味深い結果を得た。この成果から、「補償反応を活用することが山菜の有効利用の鍵である」と提案する。一方で、「地上部の刈取り」のような破壊的な攪乱では、タケノコ生産性が低下する可能性が高く、大規模な伐採では、ササの密度やタケノコ生産性がもとの状態に回復するまでに30年以上かかることが予想された。以上の結果は、「タケノコの利用性を高めるには、攪乱の種類や程度を考慮することが重要である」ことを提起する。

北方林では林床の大部分が覆われるほどチシマザサのバイオマスは大きく、山菜としての資源価値は高い。にもかかわらず、チシマザサのタケノコは産業資源としてほとんど活かされていない。本研究が契機となり、広大な北方林に眠る有用資源を活用すべく、安定的にタケノコを収穫するための森林管理手法が開発されることを期待している。

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 1 件)

Katayama, N. et al. Response of a wild edible plant to human disturbance: Harvesting can enhance the subsequent yield of bamboo shoots. PLoS ONE、査読有、10, 2016, e0146228
<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0146228>

〔学会発表〕(計 5 件)

片山昇, 岸田 治, 高木健太郎「継続的なタケノコの収穫がチシマザサの個体群の状態とタケノコ生産に及ぼす影響」日本生態学会第64回全国大会 2017年3月16日 早稲田大学(東京都)

片山昇「人為的攪乱に対するタケノコ

の応答～収穫することで生産性は高まる」竹林景観ネットワーク第19回研究集会 2017年1月28日 奈良教育大学(奈良市)

片山昇, 岸田 治, 坂井 励, 伊藤欣也, 早柏慎太郎, 実吉智香子, 浪花愛子, 高橋廣行, 高木健太郎「補償反応を介した生態系サービスの向上：収穫はその後のタケノコ生産性を高める」日本生態学会第62回全国大会 2015年3月19日 鹿児島大学(鹿児島市)

片山昇, 岸田 治, 坂井 励, 伊藤欣也, 早柏慎太郎, 実吉智香子, 浪花愛子, 高橋廣行, 高木健太郎「人為的攪乱に対する山菜の応答～収穫することで翌年のタケノコ生産は増す」第30回個体群生態学会大会 2014年10月11日 筑波大学(つくば市)

片山昇, 岸田 治, 坂井 励, 伊藤欣也, 実吉智香子, 浪花愛子, 高橋廣行, 高木健太郎「収穫に適したタケノコはどのような場所で採れるのか?～生態学的にタケノコ採りを科学する～」日本生態学会第61回全国大会, 2014年3月17日 広島国際会議場(広島市)

〔その他〕

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/katayamaswebsite/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片山昇 (KATAYAMA, Noboru)

京都大学・生態学研究センター・研究員

研究者番号： 30646857