

# 芦生生物相保全プロジェクト

## 京都大学芦生研究林での生態系保全

<http://www.forestbiology.kais.kyoto-u.ac.jp/abc/>



京都府南丹市の京都大学芦生研究林には、ブナやアシウスギからなる原生的な自然植生が約2000haものまとまった面積で残されており、西日本有数の自然植生域となっています。800種以上の植物種やツキノワグマやヤマネなどの希少哺乳類の生息が確認されており、生物多様性のホットスポットとして非常に貴重な地域です。

### プロジェクト 前史

1990年代以前の芦生研究林は、溪畔植生や森林下層植生に多種多様な植物種が繁茂する豊かな森林生態系が維持されていました。



1998年

写真提供：村尾嘉彦氏



2005年

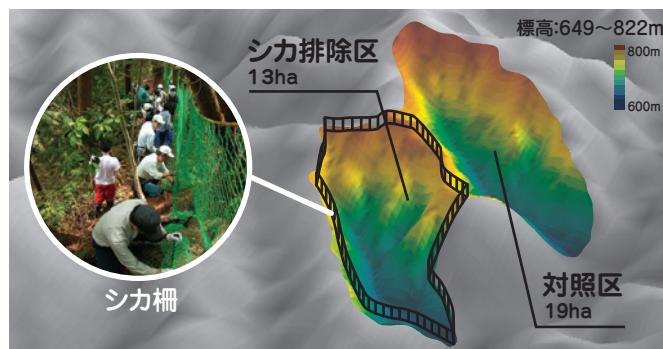
しかし、2000年頃から急増したニホンジカの食害によって、森林下層植生は劇的に衰退しました。現在は、連鎖的な生物相の単純化や生態系プロセスの劣化が危惧されています。

### 2006年 プロジェクト始動



ABCプロジェクトでは、過密度化したシカが芦生の森林生態系に及ぼしている影響の把握に取り組むとともに、集水域スケールでの防鹿柵（以下、シカ柵）設置が森林生態系の保全・回復にもたらす効果について科学的に検証しています。

2006年4月、芦生の森林生態系を保全するため、京都大学内外の有志が集まって、芦生生物相保全プロジェクト（略称：ABCプロジェクト）を発足させました。



藤木大介（兵庫県立大 自然・環境科学研）

詳しくは本パンフレットの中で!

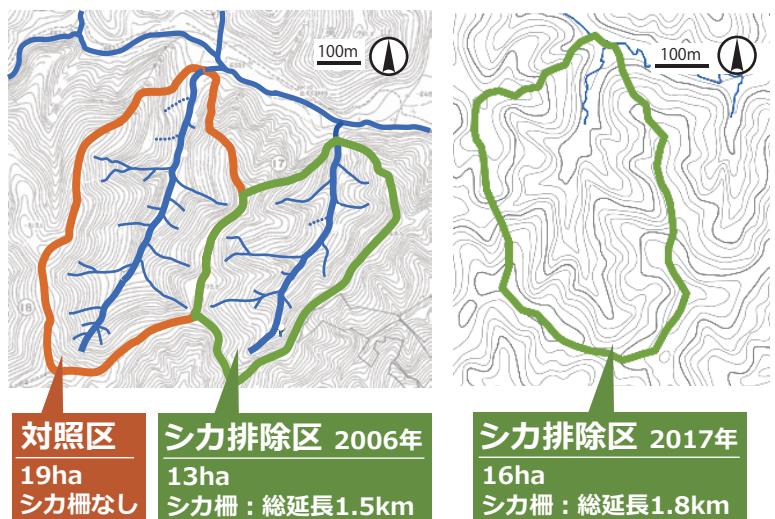
## 試験区

森から川までの影響を調べるため、集水域レベルで研究を行っています。

2006年から一つの集水域を柵で囲い、シカ排除区を作りました。その隣の集水域を柵で囲われていない対照区として比較研究を行っています。

さらに2017年に京都丹波高原国定公園生態系維持回復事業により、別の集水域を柵で囲う、2個目のシカ排除区が完成しました。2006年柵と比較して回復過程を検証しています。

これらを拠点に様々なモニタリングを実施し、実践的かつ科学的な保全と研究を推進しています。



## モニタリング設定



### 植生モニタリング

阪口翔太（京大 人環）  
石原正恵（京大 フィールド研）  
山崎理正（京大 農）

P.5~7へ

これらのモニタリング調査によって森林生態系の中で波及するシカの影響を捉えることができます。



### 水生動物モニタリング 水質モニタリング

福島慶太郎（京大 生態研）  
境 優（国立環境研 福島支部）  
中川 光（京大 東南研）  
平岡真合乃（筑波大 現（国研）土研）  
吉岡憲成（(株) KANSO テクノス）

P.8~11へ



### シカ目撃モニタリング

井上みづき（日大 文理）  
山崎理正（京大 農）  
藤木大介（兵庫県立大 自然・環境科学研）  
阪口翔太（京大 人環）  
高柳 敦（京大 農）

P.3、4へ

# 日本のシカ問題の現状と対策

## シカってどんな動物？

### 幅広い食事メニュー



森は食べ物だらけ！

森林はシカにとって恰好の餌場です。春から秋にかけてはさまざまな植物や木の実、ときにはキノコなども採食します。餌の乏しい冬季にはササなどの常緑植物、さらには落葉・積雪期には樹皮まで食べて飢えをしのぎます。

### 高い繁殖力



栄養状態のよいメスは毎年1頭ずつ子供を産みます。

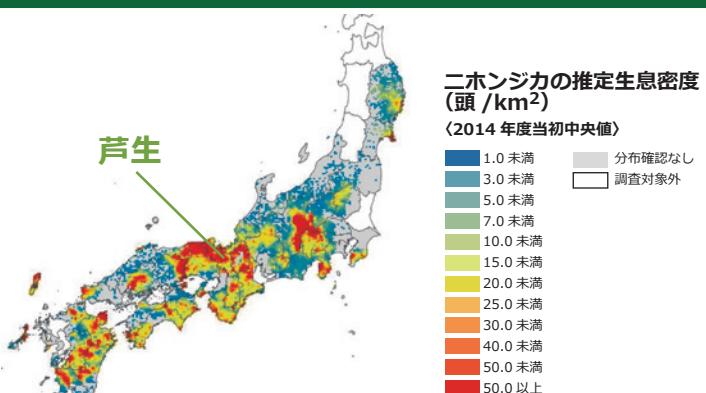
### シカに有利な現在の生息環境



シカの天敵であったニホンオオカミはすでに絶滅し、代わりをする狩猟者も激減しています。また、シカの分布を制限する雪の量も減少傾向にあります。こうした状況のなかでシカは日本全国で増加し農林業被害や森林植生の衰退などの問題を引き起こしています。

### シカはどこに多い？

環境省が推定した2014年時点におけるニホンジカの密度分布図によると、近畿地方は最大のシカの高密度エリアとなっていることが判ります。その他の地域では、関東山地、南アルプス、八ヶ岳、伊豆半島、九州や四国的一部、屋久島に高密度エリアの存在が確認できます。また、図に示されていませんが、北海道も特にシカが多い地域の一つとなっています。

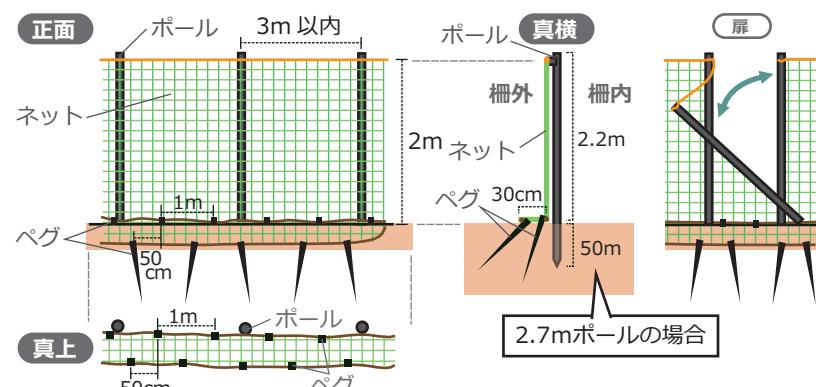


環境省報道発表資料(2015)より

### 森林への被害を減らす対策は？

シカの生息密度が過剰に高くなっていることが直接的な要因ですので、捕獲等によって適切な密度までシカの数を低減させる個体数管理を実施する必要があります。芦生では、地元猟友会や自治体と協力して捕獲を進めています。

その一方で、植生保護柵の設置も進める必要があります。自然林を保全する場合も、人工林を育成する場合も、シカの防護は数年では終わりません。本プロジェクトにて、雪の多い芦生で10年間シカを排除できる柵の規格（AF規格）と、設置技術・維持管理方法を合わせた実用的で経済的な技術の確立を目指し、改良を重ねています。



藤木大介（兵庫県立大 自然・環境科学研）・  
阪口翔太（京大 人環）・高柳 敦（京大 農）

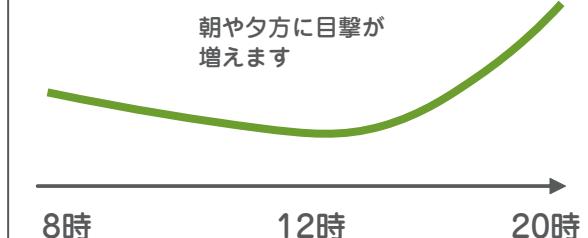
# 芦生のシカは減っている？ 増えている？

農業被害や植生の衰退が著しい地域では、シカの個体数を人間の手で管理する必要が生じています。適切な管理計画を策定するためには、シカの個体数密度や変動をできるだけ正確に推定する必要があります。

本プロジェクトでは、林道を車で走行中に目撃したシカの個体数を記録するシカの目撃モニタリングを行っています。手間のかからない調査を長期間にわたって継続し、目撃数をもとにした個体数密度指標の日変動パターンや季節変動パターンをおさえた上で年度間の変動も推定しています。



## シカ目撃数の日変動



(Mizuki et al. 2013 Journal of Forest Research 18:491-497 の図を改変)



(Mizuki et al. 2020 PLOS ONE 15: e0225872 の図を改変)

目撃モニタリングと区画法・冬季のシカ死体数調査の結果など複数のシカ生息密度指標を組み合せ、個体数の変動を推定した結果が上の図です。2010年に推定個体数が激増し、その後は個体数が低密度で推移していると予測されました。低密度で7年も経過したと考えられるにも関わらず、植生の回復は顕著ではありません。今後は目撃モニタリングと自動撮影カメラを利用したシカ生息密度指標などを組み合わせてシカ個体数を推定していく予定です。

井上みづき（日大 文理）&山崎理正（京大 農）

# 希少植物の域外保全プロジェクト

## 絶滅の瀬戸際にある希少植物たち

芦生には900種を超える植物が分布しますが、そのうち194種は全国あるいは京都府で絶滅が危惧される種です。

こうした希少植物の多くは、広大な芦生研究林の険しい場所に点在しているためシカ柵で保護することが難しく、シカの食害で数を減らし続けています。

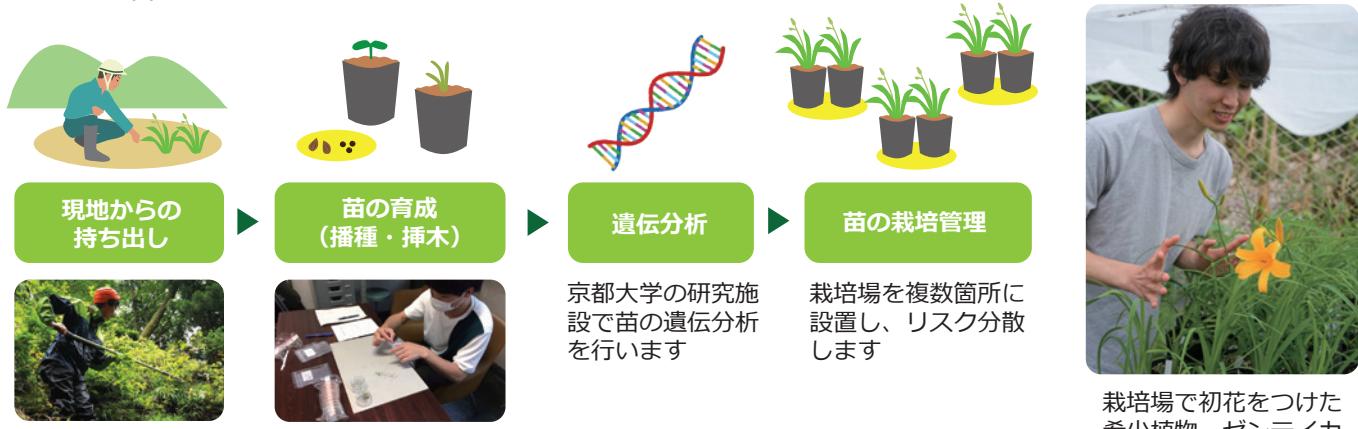


葉を全て食べられたキク科・タイミンガサ  
この植物は芦生で1地点にしか残っておらず  
絶滅寸前の状況です。

## 域外保全とは？

そこで緊急避難措置として、絶滅の危機に直面している希少植物を生育地の外（域外）で増殖・栽培管理する取り組み（域外保全）を2018年から始めています。

このプロジェクトでは、野生株から種子や挿し木を採取し、安全な栽培場で苗を育成します。増殖した苗は将来の野生復帰・自生地復元にも活用できるよう、遺伝分析によって「遺伝的な多様性が十分に確保できているか」を調査します。苗には個体単位でバーコードをつけ、由来産地や遺伝的特徴を踏まえて管理しています。



## 知恵と技術をあつめて

域外保全はいくつものステップを踏んで進める息の長い事業です。そのためこのプロジェクトでは、森を管理する芦生研究林・高い栽培技術をもつ京都府立植物園・大学や市民研究者など、多くの主体が協力して推進しています。

現在この体制のもと、特に緊急性の高い以下の5種を対象に域外保全が進められています。



京都大学  
芦生研究林

阪口翔太（京大 人環）& 石原正恵（京大 フィールド研）

# シカの過採食で荒廃した森林植生の回復プロセスを探る

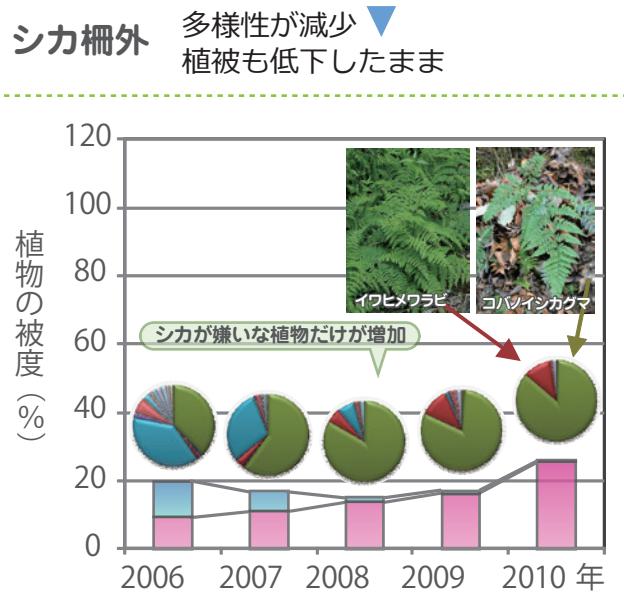
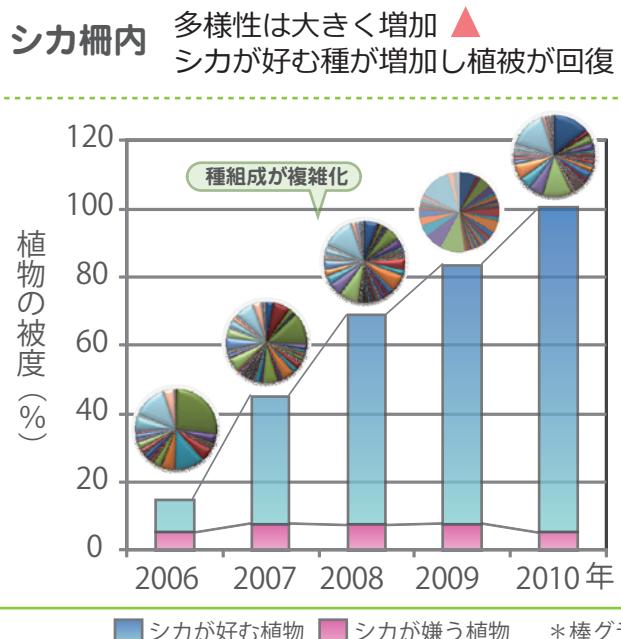
芦生の森で増えすぎたシカは林床の植物を食べつくし、2000年以降には地面がむき出しになった場所が増加しました。森林の植物多様性と林床植被を保全するために、2006年から大規模なシカ柵（13ha）を設置して植生回復が試みられています。

## シカ柵の設置に伴う林床の変化 時系列写真でみる急速な回復



柵で保護したある場所では、わずか2年で地面が緑のじゅうたんで覆われました。

## モニタリングで明らかになった植生変化のプロセス



まとめ

植生荒廃の初期にシカ柵で植生を保護すると植物の多様性や植被が回復する  
⇒ 増えすぎたシカを放置すると植生の荒廃が止まらない

では、植生の荒廃が進行してしまった場合には、土壤中の埋土種子を植生回復に利用できるでしょうか？

阪口翔太（京大 人環）

# 植生回復の可能性を探る – 地下に眠る埋土種子 –

## 埋土種子とは？

土壤中には休眠したままで発芽に最適な時期を待ち続けている種子（埋土種子）が存在します。この埋土種子は、種によっては土壤中で数年～数十年も生きるために、地上部では既に見られなくなってしまった植物種を再生させるための重要な回復源だと言えます。



### ▶ 調査方法

埋土種子相の調査では、採取した土壤をポットに播き出して発芽した植物を調べました。



\* 写真：発芽してきた芽生えの例

## シカ柵内外での埋土種子相の比較

### 柵内（植生保護区）

39種976個体



### 柵外（放置区）

22.6種181.3個体



植生保護区では草本種の種数が2倍以上

植生保護区の土壤中には放置区よりも多様な植物の種子が多数存在している

\* 1: グラフの各数値は、柵内は1集水域・柵外は3集水域の平均を記しています。

\* 2: 柵設置から4年後の調査結果を示しています。

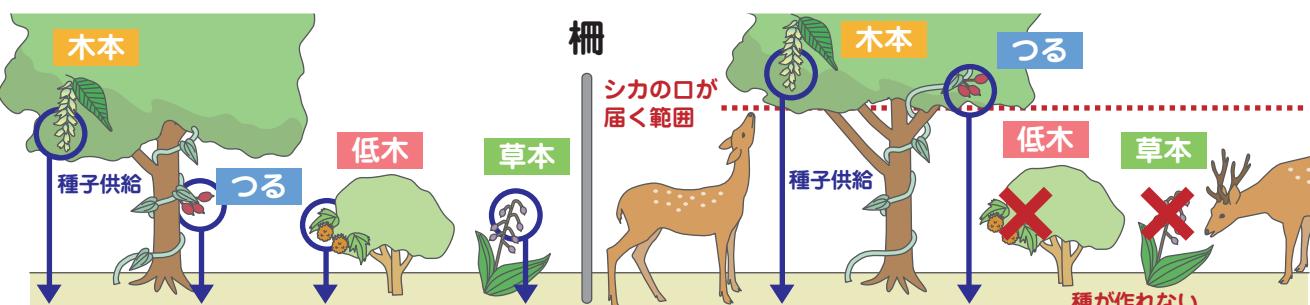
## 埋土種子相にシカが及ぼす影響

### 柵内

林床植生の回復に伴って、草本・低木種の埋土種子相も回復

### 柵外

草本・低木種で地上部からの種子供給が途絶え、埋土種子相が貧弱に…



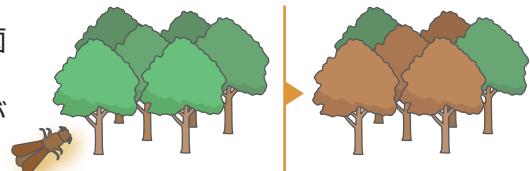
シカの地上部植生の採食は、土壤中の埋土種子相にも影響している  
その影響を受けやすい草本・低木種では、埋土種子を回復源として利用できない可能性もある



## シカだけじゃない！ 森を脅かす生き物たち

近年、日本各地でミズナラなどブナ科樹木が集団枯死するナラ枯れが問題になっています。芦生では2002年に初めて被害が確認され、上谷の天然林では多くの大径木が枯死しました。被害は一旦収束しましたが、2020年には新しい被害が確認されています。

ナラ枯れはカシノナガキクイムシという昆虫が樹木に病原菌を持ち込むことで起こります。薪炭林放置二次林が成熟し、キクイムシにとって利用できる資源が増えたことが、被害が拡大し続けている一因ではないかと考えられています。



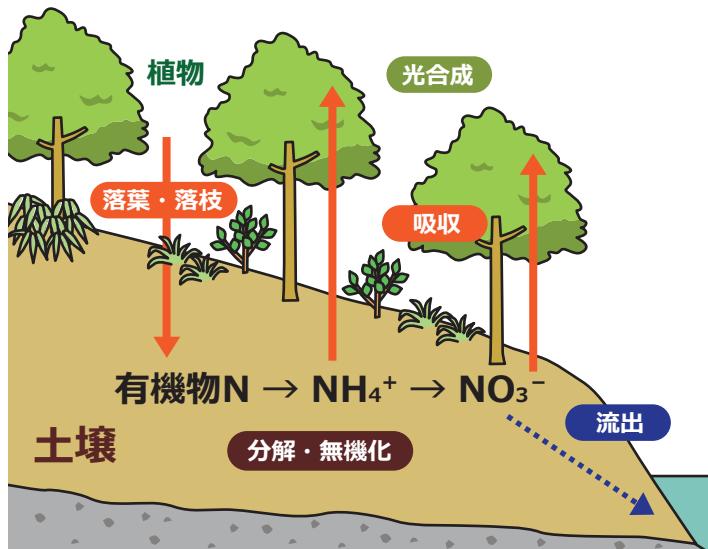
山崎理正（京大 農）& 阪口翔太（京大 人環）

# 森林の溪流水質にまで影響は及ぶのか??

## 森林での下層植生の役割

芦生の下層植生のバイオマス(現存量)は約0.5t/haと、上層木の約250t/haに対して、極めて少ないですが、養分を吸収して保持したり、地面に直接雨が当たるのを防いで土壤の流出を防いだりするなど、生態系の多面的な機能の発現に貢献しています。

## 植物-土壤間の窒素の動き



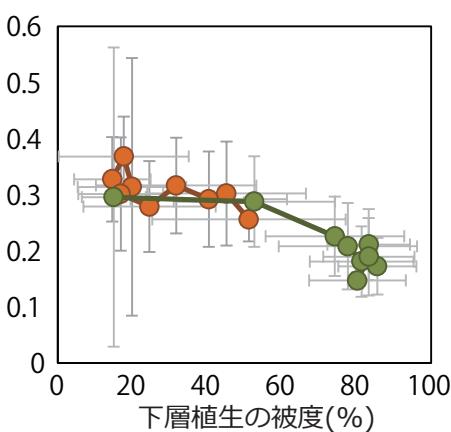
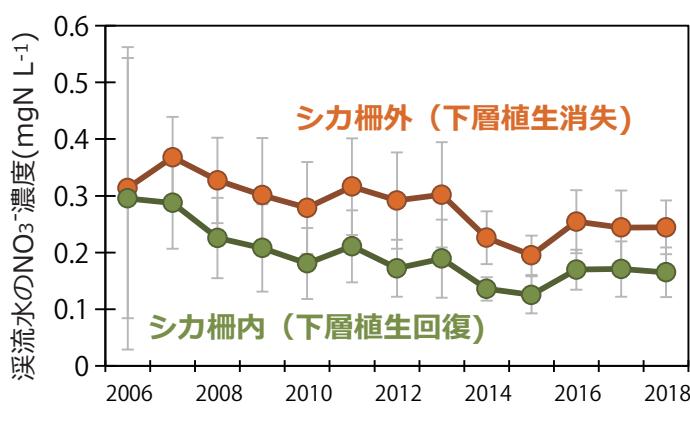
植物と土壤の間には、閉鎖的な窒素の循環が存在します。

窒素は、生物の養分として重要である一方、河川の富栄養化の一因にもなってしまいます。特に窒素の形態の一つであるNO<sub>3</sub><sup>-</sup>は、土壤を通り抜けて溪流水に流出しやすいのです。植物-土壤間の窒素循環のおかげで、森林から流出する窒素の量は少なく抑えられています(水質浄化機能)。

一般に上層木の伐採や枯死など、植物の生育状態が悪化すると、窒素保持能力が低下し、溪流水にNO<sub>3</sub><sup>-</sup>が流出しやすくなります。

## 下層植生の衰退でNO<sub>3</sub><sup>-</sup>の流出が増大する

溪流水のNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度の年平均値の変化（左）と下層植生の被度との関係（右）



シカ柵を設置すると、年々少しずつNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が低下しました。これは、下層植生の被度回復と対応していました。シカ柵外では、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度がほとんど変わらず、高止まりしています。このことから、**下層植生のバイオマスは小さいですが、シカによって消失してしまうと、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>が溪流水へと流れ出ることが分かりました。**

最近は、柵外でもシカが食べない不嗜好性種が増えることで、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度がわずかに低下する傾向がみられています。

参考文献: 福島ほか (2014) 日本緑化工学会誌 39: 360-367;  
Fukushima et al. (2017) Journal of Forest Research 22: 309-313

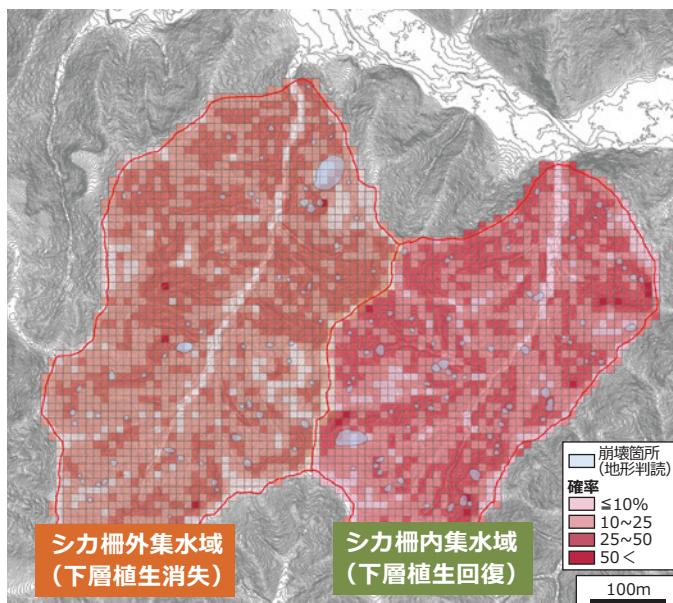
推定された下層植生の被度の様子  
(2012年時)



福島慶太郎 (京大 生態研)

# 森林斜面から溪流への土砂流出

## 地形から解析した土砂流出ポテンシャル

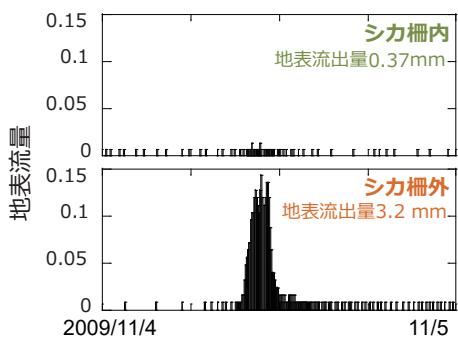
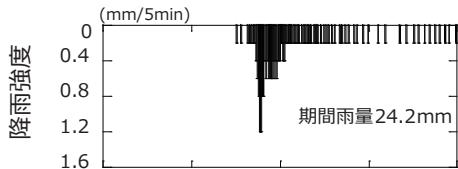


降雨や融雪によって森林から土壌が流出するとき、下層植生の有無の他、地形による影響が大きいと考えられます。

シカ柵内外の2つの集水域において、集水域に占める斜面崩壊が起きやすい場所の割合（土砂流出ポテンシャル）は、シカ柵内外で同程度でした。つまり地形だけで見ると、両集水域は同じくらいの量の土砂流出が発生すると考えられました。

## 斜面からの細粒土砂量は増えるか？

雨が降った時に斜面の上を流れる地表流の量



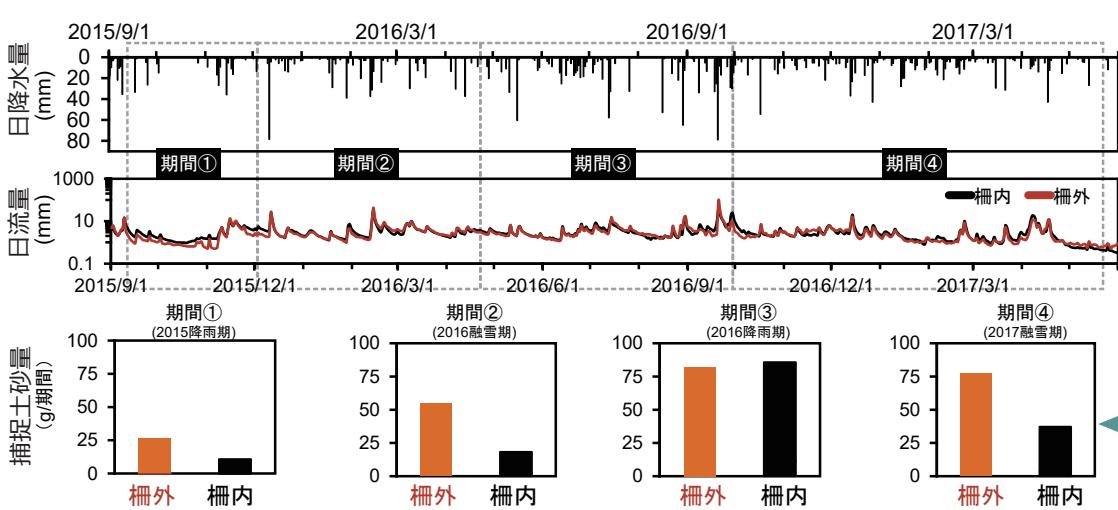
斜面に下層植生があれば、雨が降っても地表流がほとんど発生しません。

下層植生がないになると、雨が強く降った時に地表流が発生し、土壤侵食が進みます。

下層植生があってもなくても、溪流の流量は降雨や融雪があると増加します。

一回の降雨では、下層植生がない方で地表流が発生しやすく、斜面から溪流へ侵食土砂が運ばれやすい状態であるようです（左図）。

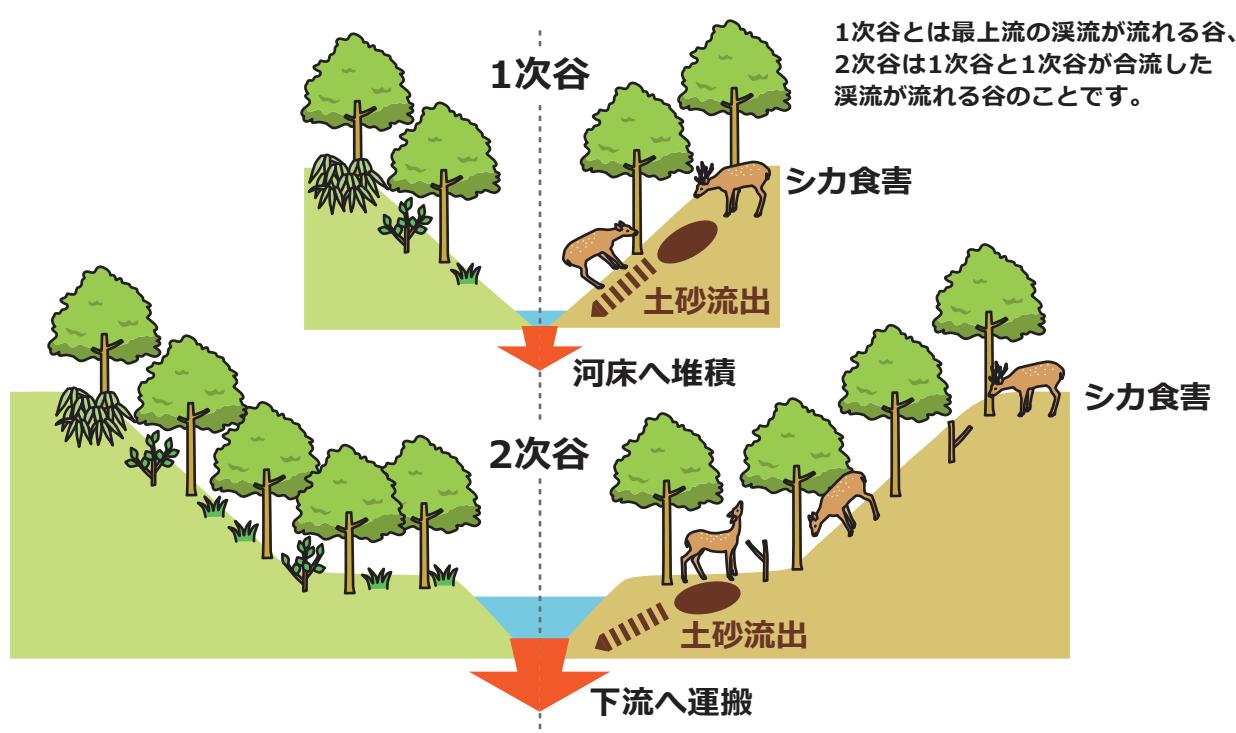
年間を通して、溪流を流れる細粒土砂の量は、下層植生がない集水域の方が多い傾向が見られます（下図）。地形で見た集水域の土砂流出ポテンシャルが同程度なので、下層植生の有無が土砂流出の多寡を決めている可能性があります。しかし、大きな台風などが発生した場合は、下層植生によらず多くの細粒土砂が出ることもあります。



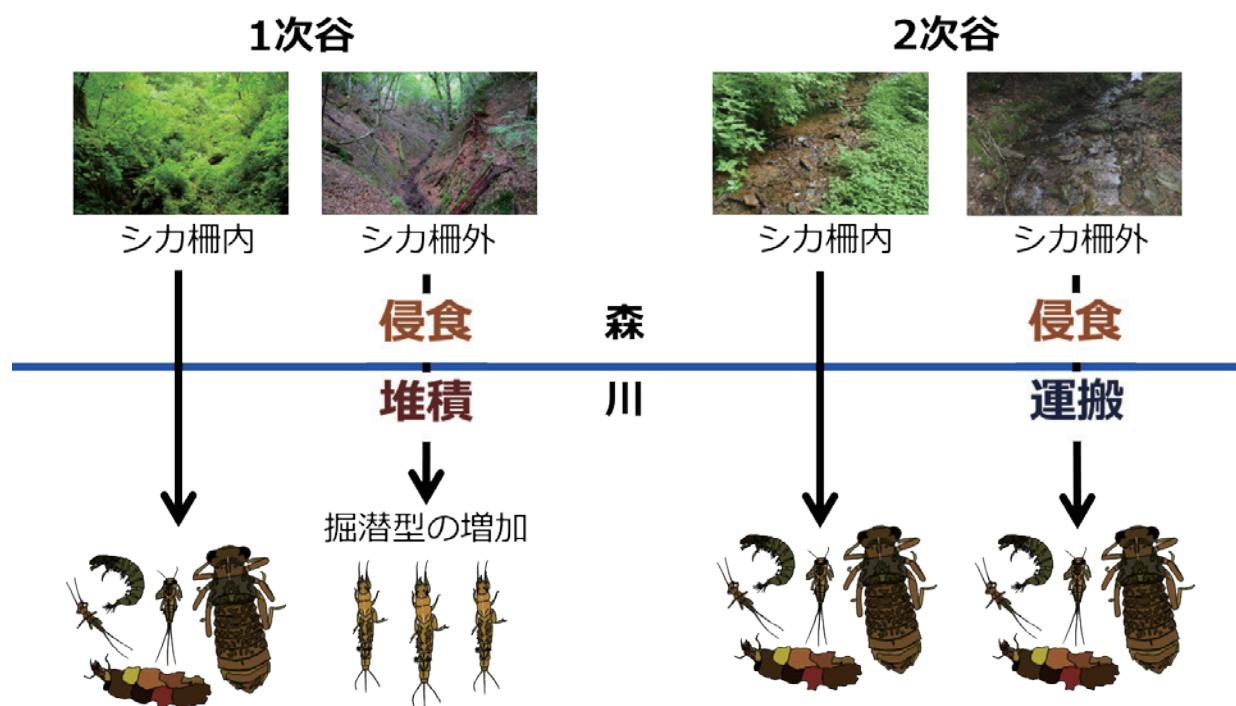
細粒土砂とは、直径2mm以下の浮遊した状態で流下する土砂のことを指します。本調査では、集水域の出口の渓流中に写真のような筒を一定期間沈めて回収しています。



# 溪流の虫たちにはどんな影響が？



シカによって下層植生が消失した斜面から溪流へ土砂が流入すると、源流の1次谷では河床に堆積し、水量が多い2次谷ではより下流に運搬されます。



シカ柵外の1次谷の溪流では、河床に堆積した細かい土砂に潜って生活する掘潜型の虫が多くなり、多様性が低下しました。2次谷の溪流では細かい土砂が河床に堆積しにくいので、シカ柵内・柵外で出てくる虫の種類にあまり違いが見られませんでした。

参考文献 : Sakai et al. (2012) Population Ecology 54:65-74; Sakai et al. (2013) Freshwater Science 32:563-575; 境 (2013) 日本緑化学会誌 39:248-255

境 優 (国立環境研 福島支部)

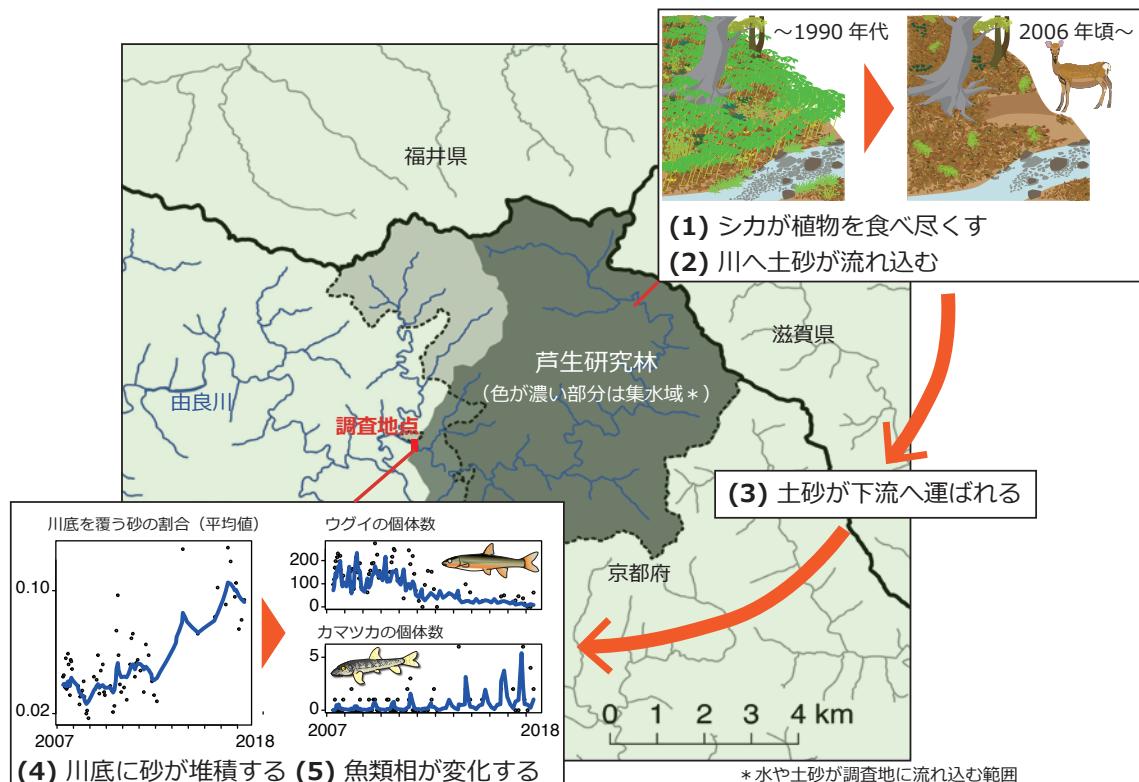
# 河川の魚類相への影響は??

## 河川を通して上流から下流へと拡がるシカの影響

川に流れ込んだ物質は、水の流れにのって上流から下流へと運ばれます。そのため、シカによる森林下層植生の消失によって、河川の上流部での流入土砂が増加し、下流部の生態系にも影響を与える可能性があります。

芦生研究林は、由良川の最上流部に位置しており、人間活動の影響が小さいため、シカが起こした環境変化が下流に生息する魚類に与える影響を検討できる格好のフィールドです。

そこで、芦生研究林の最下流部にて、シカの影響が顕著となってすぐの2007年から2018年まで、河川環境と魚類の観察を続けました。



1998年 芦生研究林内



2008年 芦生研究林内



2007年 調査地点河川



2018年 調査地点河川



ウグイ（礫底を好む）



カマツカ（砂底を好む）

観察期間を通して、砂に覆われた川底が増加しておおり、上流の森林から川に流れ込んだ土砂が下流に運ばれたと考えられました。

魚類相にも変化が見られ、小石に覆われた川底を好む種（ウグイ）が減少し、砂地を好む種（カマツカ）が増加しました。

これらの結果は、シカによる森林生態系への影響が、河川を介して遠く離れた下流の生態系にまで拡がりうることを示しています。

参考文献 : Nakagawa (2019) Conservation Science and Practice 1: e71

中川 光（京大 東南研）

# 他の保全・研究プロジェクト

## 残されたササを死守する：Ashiu Sasa Quercus(芦生ササクエルカス)の活動

危機に瀕するササ型林床



ミズナラ実生の単木防除



芦生は、1990年代まで林床がササだけで歩くのが困難と言われていましたが、今ではほとんど消失しました。数十年に一度というササの一斉開花後の枯死に加え、シカによる過剰採食が原因と見られています。

こうした中、芦生研究林の東端にササが奇跡的に残り、ミズナラの実生も多数存在する往時の景観が見られる場所があります。しかし、そこにもシカが忍び寄ってきました。

そこで2016年度からAshiu Sasa Quercusを立ち上げ、ササやミズナラ実生を保全・調査するボランティア活動を開始しました。小規模柵と単木防除を組み合わせて、森林景観の保全に努めています。保全活動に一緒に参加してみたい方、是非ご連絡ください。

池川凜太郎・平田有加（芦生ササクエルカス）  
連絡先：sasaquerqus@gmail.com まで

小規模シカ柵の内



小規模シカ柵の外

## 草地・湿原生態系の保全

草地・湿原には森林には見られない植物が生育しています。これらを保全するために2008~2012年にシカ柵を設置し、多様な植物が守られています。さらに2019年から回復力が落ちた生態系を回復させるための方法を模索する実験を行っています。



## 芦生研究林の森への入り方

一般の方の入林は一部のルートのみ許可しています。  
事務所または入林ボックスに申請書を提出してください。  
詳細は芦生研究林ホームページを御覧ください。  
<http://www.ashiu.kais.kyoto-u.ac.jp/guidance2/>

芦生研究林では、芦生もりびと協会と「芦生研究林内におけるガイドツアー」に関して協定を結んでおり、上谷エリアなどの見学を希望される場合には、ガイドツアーをご利用ください。

### 芦生もりびと協会

TEL: 050-5326-8824



Mail: info@ashiu-moribito.jp

<https://ashiu-moribito.jp/>

芦生もりびと協会  
ASHIU MORIBITO KYOKAI



本パンフレットは、(財)自然保護助成基金によるProNaturaFund、京都大学総長裁量経費の支援を受け作成されました。また、ABCプロジェクトは芦生研究林をはじめ、ProNaturaFund、京都大学大学院農学研究科等、多方面の方々のご協力をいただいて活動しています。深く感謝申し上げます。