

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06155

研究課題名(和文) タケ・ササ類の植物ケイ酸体の形態的特性に基づく土壌生成メカニズムの解明

研究課題名(英文) Effects of phytoliths produced by bamboo species on soil genesis, focusing on the morphological feature.

研究代表者

梅村 光俊 (Umemura, Mitsutoshi)

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：00737893

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：タケ・ササ類が生成する生体鉱物「植物ケイ酸体」の土壌理化学性へ与える影響を解明するために、その粒子の大きさに着目し、植物体中に含まれる植物ケイ酸体を土壌の粒径区分(砂、粗シルト、細シルト、粘土)(USDA法)に従って分画・定量する手法を開発した。本手法をモウソウチクおよびササ(チシマザサ節)の枯葉に含まれる植物ケイ酸体に適用した結果、両者ともに砂は1%以下と非常に少なく、粗シルトが20%程度、細シルトおよび粘土が各35～45%であることが明らかとなった。また、器官別野外分解試験の結果、稈に比べ葉と細根の分解速度が速く、葉と細根に由来する植物ケイ酸体が早期に土壌に供給される可能性を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

タケ・ササ類は、旺盛な繁殖力により他の植物の更新を阻害する一方、植物体内で生成される生体鉱物「植物ケイ酸体」の土壌への供給を通して、土壌形成に関わる可能性がある。本研究では、タケ・ササから抽出した植物ケイ酸体を、土壌の粒径区分に従って粒径分画する手法を新たに開発し、砂、シルト、粘土として分画・定量することに成功した。本手法により、植物ケイ酸体の供給量を、土壌粒子の供給量としてとらえることができ、竹林・ササ地における植物ケイ酸体による土壌生成作用の解明につなげることが可能となる。

研究成果の概要(英文)：To clarify the effects of phytoliths produced by bamboo species on soil physicochemical properties, I focused on their particle size and established an analysis method of the particle size distribution for phytoliths in plants according to the USDA textural soil classification (sand, coarse silt, fine silt, and clay). I applied this method to phytoliths extracted from dead leaves of *Phyllostachys pubescens* and a species of *Sasa* sect. *Macrochlamys*. The phytoliths of *P. pubescens* and the *Macrochlamys* species were composed of 1.2% and 0.6% sand, 21% and 20% coarse silt, 40% and 35% fine silt, and 37% and 45% clay, respectively. I also found that the decomposition rates of their leaves and fine roots were higher than those of culms, indicating that phytoliths in leaves and fine roots are supplied to soil more quickly than those in culms.

研究分野：物質循環、生物地球化学

キーワード：植物ケイ酸体 粒径分画 土壌粒径区分

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

タケ・ササ類は、旺盛な繁殖力により他の植物の更新を阻害する一方、植物体内で生成される植物ケイ酸体の土壌への供給を通して、土壌形成に関わる可能性がある。植物ケイ酸体は、ガラス成分を主とする生体鉱物の一種であり、様々な形態をした粒子である。植物ケイ酸体が植物の枯死・分解過程を経て土壌中に供給されると、粒子の大きさなどによって土壌の物理・化学性に变化を及ぼす可能性が考えられるが、その実態は未解明である。

### 2. 研究の目的

本研究では、植物ケイ酸体の形態的特性に着目し、タケ・ササ類の植物ケイ酸体がもたらす土壌生成作用を解明することを目的とし、以下の研究に取り組んだ。

- (1) 植物体中に含有する植物ケイ酸体の粒径分画手法の開発
- (2) タケおよびササの各器官の分解速度の把握
- (3) タケおよびササの葉リターから供給される植物ケイ酸体の粒径分布の把握

### 3. 研究の方法

#### (1) 植物体中に含有する植物ケイ酸体の粒径分画手法の開発

森林総合研究所関西支所構内のモウソウチク林にて採取したモウソウチクの葉リターを用いて、植物体から抽出した植物ケイ酸体を土壌の粒径区分(砂: 50  $\mu\text{m}$ ~2 mm、粗シルト: 20~50  $\mu\text{m}$ 、細シルト: 2~20  $\mu\text{m}$ 、粘土: 2  $\mu\text{m}$ 未満)(USDA法)に従って粒径分画する手法を検討・開発した。特に粒径分布に影響を与える実験操作として、植物試料の粉碎処理、粘土分散時の分散液のpHについて検討した。

試料の粉碎処理が植物ケイ酸体の粒径分布に与える影響を検討するため、リタートラップにより採取し洗浄・乾燥処理したタケの葉リターを用いて、A. 剪定ばさみで1 cm片に切断したもの、B. ミルミキサー (Iwatani IFM-150 MILLSER: 1秒×10回、続けてYAMAZEN MR-280: 1秒×10回)で粉砕後、710  $\mu\text{m}$ の篩を通過させたもの、C. 高速振動粉碎機 (CMT TI-200, CMT Co. Ltd., Fukushima, Japan)を用いて微粉碎し、210  $\mu\text{m}$ の篩を通過させたものを準備した。各試料3 gを硝酸で湿式灰化し、分解残渣を孔径0.45  $\mu\text{m}$ メンブレンフィルターで吸引ろ過することで、植物ケイ酸体粒子を抽出・単離した。これらの粒子を脱イオン水中で5分間超音波処理(約220 W/20 kHz, VP-60, TAITEC, Saitama, Japan)して分散させ、1 mol/L HClを数滴加えて分散液のpHを4に統一し、1 Lに定容した。5~6時間50 rpmで往復振とう後、ほぼ一定の温度環境下で一晩静置し、ストークス則に基づく沈底法(粒子比重2.3 g/cm<sup>3</sup>)およびピペット法により、粘土、細シルトの重量を求めた。さらに沈底法で粘土、細シルトを十分に除去した後、目開き45  $\mu\text{m}$ のふるいを用いて粗シルト、砂を分画し、105~12時間以上乾燥させて重量を求めた。

分散液のpHが、粘土画分の定量値に与える影響を把握するため、1 cm片に切断した試料3 gを用いて、上述と同様の方法で、植物ケイ酸体粒子を抽出・単離した。超音波処理により粒子を分散させたのち、9つの分散液それぞれに1 mol/LのHClまたはNaOHを適量添加し、pHを3~11に1段階ずつ調整した。それらを1 Lに定容し5~6時間往復振とう後、ほぼ一定の温度環境下で一晩静置した。沈底法およびピペット法により、粘土重量を求め、この操作を計6回繰り返した。

#### (2) タケおよびササの器官別分解速度の把握

同研究所関西支所構内のモウソウチク林にてタケの野外分解試験を行った。供試料として、2017年5月にリタートラップで採取した葉リター、平均的なDBH・年令の稈の胸高節間部を用いて1 cm角のチップ状にした稈、2017年5、6月にルートマット層から採取した細根を用いた。土などの表面付着物を水で洗浄除去し40~48時間以上乾燥させた後、葉および細根3 g、稈5 gを孔径1 mmナイロンメッシュの袋(10×10 cm)に充填し、計80個のリターバッグを作成した。同竹林林床のA0層の上に葉、稈、細根の一部を設置し、残りの細根を表層土壌A層に斜めに埋設した。培養期間は2年間(2017年7月30日~2019年7月30日)とし、3、7、12、18、24ヶ月後にリターバッグの一部を回収した。土壌を除去後、70~48時間以上乾燥させ絶乾重量を測定し、重量残存率を求めた。

同研究所北海道支所構内で、シラカバ・ミズナラ等が優占しササを下層植生とする二次林において、ササ(チシマザサ節)の野外分解試験を行った。供試料として、2020年5、6

月に採取したササの脱落前の枯れ葉、立枯れ稈、2019年7月に油圧ショベルにより掘り取った地下茎、細根を用いた。土などの表面付着物を水で洗浄除去し40～48時間以上乾燥させた後、2年間の培養期間を見込み、各試料3gを用いて計155個のリターバッグ（孔径1mmメッシュ、10×10cm）を作成した。それらを2020年7月30日に、同二次林床のA0層の上に設置、またはA層に斜めに埋設し、分解試験を開始した。3、9、12か月後にリターバッグの一部を回収し、土壌を除去後、70～48時間以上乾燥させ絶乾重量を測定し、重量残存率を求めた。

### (3) タケおよびササの葉から供給される植物ケイ酸体の粒径分布の把握

上述の手法((1) - 葉1cm片を用いた方法)により、各支所構内で採取したモウソウチクおよびササ(チシマザサ節)の落葉または脱落直前の成熟葉から植物ケイ酸体を抽出し粒径分画を行った。また、ササから抽出した植物ケイ酸体の細シルト粒径以上の粒子について、カナダバルサムを封入剤としてプレパラートを作成した。偏光顕微鏡を用いて各分画を構成するケイ酸体タイプを同定し、300粒以上計数することでケイ酸体タイプごとの粒数率を求めた。

## 4. 研究成果

### (1) 植物体中に含有する植物ケイ酸体の粒径分画手法の開発

植物試料の粉碎処理が粒径分布に与える影響について調査した結果、植物体から抽出・分画された植物ケイ酸体の粘土割合は、植物試料を高速振動粉碎機で微粉碎したもので最も大きく、次いでミルミキサーで粉砕したものの、剪定ばさみで1cm片に切断したものの順であった( $P < 0.05$ )(図1)。これは、植物試料を細かく粉砕するほど、植物ケイ酸体粒子が物理的に破壊され、粘土割合が過大に評価されたものと考えられた。

分散液のpHが、粘土の分散性すなわち粘土量の定量値に与える影響を調査した結果、pH3～9では粘土の分散性に有意な変化はなく安定的な定量値が得られた。一方で、pH10、11では、粘土量の増大が認められた( $P < 0.05$ )(図2)。pH10、11では、実験後に回収された全粒子重量がpH3～9のものに比べ顕著に減少していたことから、植物ケイ酸体の溶解によって粘土量が増大したと考えられた。

以上の結果から、タケ葉から抽出された植物ケイ酸体の粒径分布(特に粘土量)を精度高く求めるためには、機械による強度の試料粉碎は避けること、また、粘土分散はpH3～9の条件下で行うことが重要であることが示された。

### (2) タケおよびササの器官別分解速度の把握

タケ・ササの野外分解試験の結果、モウソウチク各器官の平均重量残存率は、分解試験開始から2年後の時点において、稈(地表)71%>細根(地表)58%>葉(地表)48%>細根(地中)26%の順に高かった(図3-A)。また、ササの各器官の平均重量残存率は、1年後の時点で、稈(地表)94%>稈(地中)92%>地下茎(地表)76%>細根(地表)75%>地下茎(地中)70%>葉(地表)70%>葉(地中)66%>細根(地中)59%の順に高かった(図3-B)。このことから、タケ・ササともに、地中に埋設した細根の分解速度が最も早く、次いで地表に設置または地中に埋設した葉、そして稈は各器官の中で最も分解速度が遅いことが明らかとなった。このことから、タケ・ササの細根および葉に含まれる植物ケイ酸体は、比較的早期に表層土壌に供給される可能性が示された。

### (3) タケおよびササの葉リターから供給される植物ケイ酸体の粒径分布の把握

モウソウチクおよびササの落葉または脱落直前の成熟葉から植物ケイ酸体を抽出し、粒径分画を行った。その結果、両者ともに砂は1%以下と非常に少なく、それぞれ粗シルト21%、20%、細シルト40%、35%、粘土37%、45%で構成されていることが明らかとなった。また、ササから抽出された粗シルト粒径の粒子を顕微鏡で観察したところ、90%以上(粒数率)が、不定形のファン型ケイ酸体であった。この形態は、イネ科植物でみられるケイ酸体タイプの中でも土壌中での保存性が極めて良いことが知られていることから、土壌への供給を通して、土壌中のシルト粒子の一部として機能する可能性が示された。

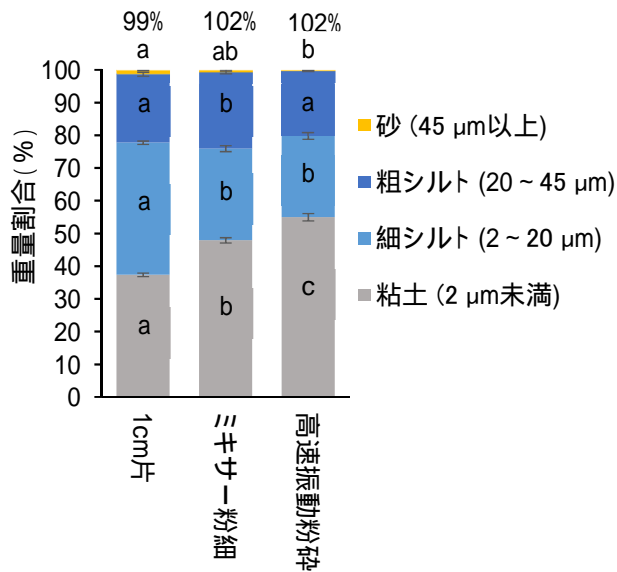


図1 強度の異なる粉碎処理をしたモウソウチクの葉リターから抽出した植物ケイ酸体の粒径分布。エラーバーは標準誤差、異なるアルファベットは有意な差が認められたことを示す (Tukey 's HSD test,  $N = 3$ )。バーの上の数値は収率を示す。

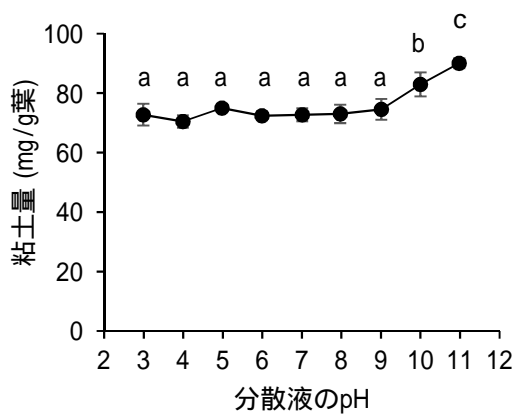


図2 モウソウチクの葉リターから抽出した植物ケイ酸体の分散液の pH と粘土量との関係。エラーバーは標準誤差、異なるアルファベットは有意な差が認められたことを示す (Tukey 's HSD test,  $N = 3$ )。

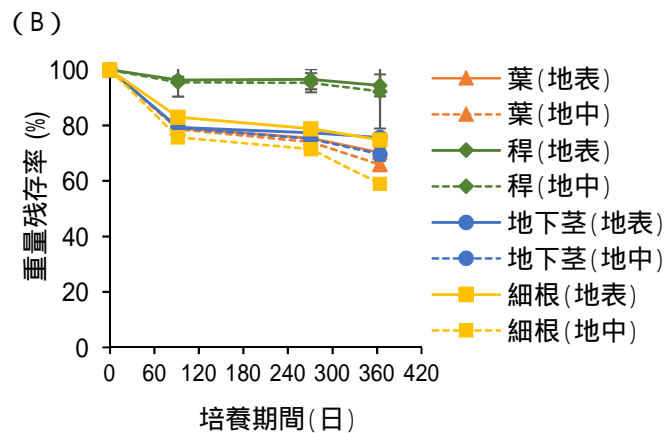
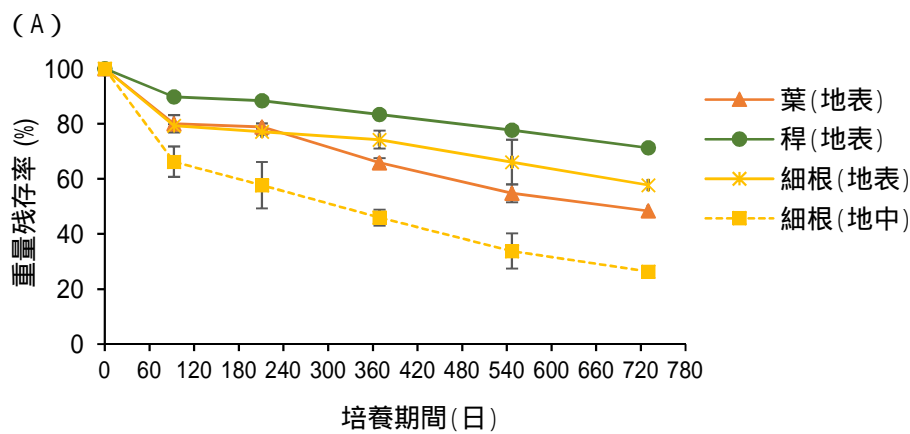


図3 モウソウチク(A)およびササ(B)の各器官のリターバッグ分解試験における重量残存率 (%) の経時変化。エラーバーは標準偏差を示す ( $N = 3 \sim 5$ )。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Umemura Mitsutoshi, Tanikawa Toko	4. 巻 32
2. 論文標題 Washing methods for Moso bamboo ( <i>Phyllostachys pubescens</i> ) leaf litter and effects on elemental components	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bamboo Journal	6. 最初と最後の頁 21 ~ 31
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 Kobayashi Keito, Umemura Mitsutoshi, Kitayama Kanehiro, Onoda Yusuke	4. 巻 37
2. 論文標題 Massive investments in flowers were in vain: Mass flowering after a century did not bear fruit in the bamboo <i>Phyllostachys nigra</i> var. <i>henonis</i>	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Plant Species Biology	6. 最初と最後の頁 78 ~ 90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1442-1984.12358	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 梅村光俊	4. 巻 71
2. 論文標題 ササ・タケ類が生み出す生体鉱物「プラント・オパール」	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 北方林業	6. 最初と最後の頁 67 ~ 70
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 無
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6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 梅村光俊・橋本徹・伊藤江利子・岡本透・鳥居厚志
2. 発表標題 ササの葉と根から抽出した植物ケイ酸体の粒径分布の特徴
3. 学会等名 第133回日本森林学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 梅村光俊・岡本透・鳥居厚志
2. 発表標題 モウソウチクの葉から抽出した植物ケイ酸体の粒度分布分析手法の検討
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小林慧人・梅村光俊・北山兼弘・小野田雄介
2. 発表標題 1世紀ぶりに日本各地で一斉開花期を迎えたタケ類ハチクの繁殖戦略
3. 学会等名 第132回日本森林学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅村光俊・橋本徹・伊藤江利子・相澤州平・岡本透・鳥居厚志
2. 発表標題 北海道のササ地土壤中に含有する植物ケイ酸体の粒径分布
3. 学会等名 第131回日本森林学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林慧人・梅村光俊・北山兼弘・小野田雄介
2. 発表標題 約1世紀ぶりに日本各地で一斉開花しているマダケ属ハチクの繁殖生態
3. 学会等名 第67回日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梅村光俊
2. 発表標題 タケ・ササ類が生成する植物ケイ酸体は「土をつくる」材料になるか？
3. 学会等名 竹林景観ネットワーク第24回研究集会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 梅村光俊	4. 発行年 2021年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 694 (84-85)
3. 書名 タケの生理生態 (日本森林学会編 森林学の百科事典)	

1. 著者名 Umemura Mitsutoshi	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 129-139
3. 書名 Radiocesium Translocations in Bamboos	

〔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
研究協力者	鳥居 厚志  (Torii Atsushi)		

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	岡本 透  (Okamoto Toru)		

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