

ヤマグワ (*Morus australis*) の葉で形成される鍾乳体の形態・成分に関する研究

生命科学研究室

指導教員 倉田薫子准教授

0924035 米山あんず

1. 緒論

多くの生物は、鉱物を形成し利用しながら生育している。生物が形成した身近な鉱物として、脊椎動物の歯や骨、無脊椎動物の貝殻、サンゴ骨格などがある。このような生物が鉱物を形成する作用をバイオミネラリゼーション (Biom mineralization) といい、これにより作られた生物起源の鉱物をバイオミネラル

(Biom ineral) という。バイオミネラルは生物が生存・生育していくために必要不可欠な役割を担っていると考えられている (長澤, 2010)。植物でも鉱物を形成する種が知られている。イネ科植物はケイ酸 (プラントオパール)、サトイモ科植物はシュウ酸カルシウムの針状結晶、クワ科植物は非晶質の炭酸カルシウム (鍾乳体, Cystolith) を形成する。

鍾乳体はクワ科、ニレ科、イラクサ科、ウリ科、キツネノマゴ科の限られた維管束植物の鍾乳体細胞内に形成される (図 1)。鍾乳体は葉表面積 1cm^2 あたり 1000~4000 個存在し、形態的多様性に富んでいる。柄はケイ酸、本体の主成分は炭酸カルシウムである。Wu *et. al.* (2006) は水耕栽培実験により、カルシウム濃度の違いは葉の発達や鍾乳体に影響を与えることを報告した。他にも様々な報告はあるが、種ごとに鍾乳体の形態や成分の報告はされていない。

クワ科クワ属は落葉性の高木または低木で、日本には 5 種が自生している。クワ属では、シュウ酸カルシウム、ケイ酸、鍾乳体の 3 種類のバイオミネラルを形成している (渡部, 1997)。

本研究では、土壌成分が、自然環境下で生育しているヤマグワの鍾乳体の形態と成分に影響を与えているのか検討することを目的とする。

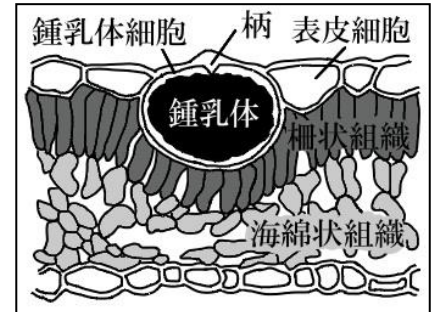


図 1. 鍾乳体の模式図。

2. 材料と方法

2-1. 材料

材料にはクワ科クワ属ヤマグワ (*Morus australis*, MORACEAE) を用いた。調査地は埼玉県秩父郡二子山 (FUT) と山梨県南都留郡道志村 (DOH) の 2 ヶ所とし、植物と土壌の試料を採取した (図 2)。植物試料は各地点 4 個体ずつ、30 枚以上の成熟葉を採取し、70%エタノールに漬けて保存した。土壌試料は各個体中心に半径 2m 範囲内から 3 地点を選定し採取した。

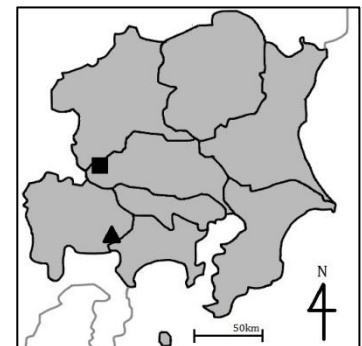


図 2. 採取地。

(■ : FUT ▲ : DOH)

2-2. 方法

(1) 鍾乳体の形態と成分

各個体 10 枚の葉をランダムに選出し、ピスにカミソリで切れ込みを入れ、葉を挟み、薄く切ること

で切片を作製した。光学顕微鏡 (SZX7, OLYMPUS) を用いて鍾乳体の観察を行った。採取した全ての葉を手で破碎し、70%エタノールと共にミルで磨砕した、磨砕物をろ過し、鍾乳体を単離した。乾燥機で乾燥させ、真空デシケーターに入れ保存した。単離した鍾乳体を SEM 試料体にカーボン製両面テープで固定し、イオンスパッタリング装置で Pt 蒸着を行った。これを EDS-SEM (JSM-6510LA attached with JOEL 94300S4L1Q, JOEL) を用いて、形態観察及び成分分析を行った。また、鍾乳体のサイズ測定を測定した。

(2) 土壌サンプルの成分

採取した土壌試料を乾燥器 (DRG400AA 型, ADVANTEC) で乾燥させ、2mm メッシュで篩い分け、直径 2mm 以下のものを土壌サンプルとして扱った。土壌サンプルと蒸留水を 1:5 で混ぜ合わせた。pH・EC メーター (TMS514C/TA412NH, タスコジャパン) を用いて pH と EC を測定した。ロートとろ紙 (ACVANTEC 2 型) でろ過し、ICP (ICPS-8000E, SHIMADZU) を用いて化学成分分析を行った。

3. 結果

(1) 鍾乳体の形態と成分

切片観察より、鍾乳体細胞内に鍾乳体が形成されている事を確認した。また、鍾乳体には無色透明と淡褐色の2種類があった。その他にケイ酸である毛が見られた。SEM観察より、ヤマグワのバイオミネラルには鍾乳体、毛、シュウ酸カルシウムの3種類があることを確認した。鍾乳体はFUTの方が多く形成されており、毛はDOHの方が多く形成されていた。また、シュウ酸カルシウムは、どちらの地点でも鍾乳体や毛より多く形成されていた。

EDS分析より、FUTとDOHのどちらにも、鍾乳体はカルシウムを主成分とするもの（Ca質）とケイ酸を主成分とするもの（Si質）の2種類が形成されていた（図3）。Si質の鍾乳体が多い個体の単離鍾乳体に希塩酸を加えたが、溶解しなかった。また、Ca質の鍾乳体に局部的にケイ酸が含まれているものがあつた。SEM写真より、鍾乳体はCa質・Si質どちらも柄に本体が付着し、球形であつた。また、1個体内のCa質・Si質の鍾乳体の最大長・最大幅は、ともに有意差は認められなかった（ $P>0.05$ ）。

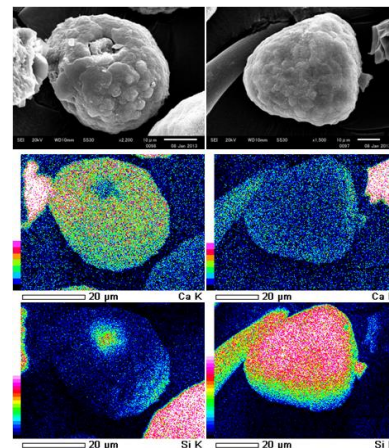


図3. EDSによる鍾乳体の成分比較。

(2) 土壌サンプルの成分

多くの地点ではpHが5.0~6.5であり、弱酸性だった。ECはFUTの方がDOHに比べ値が大きい傾向が見られた。ICP分析より、CaはDOHに比べFUTの方が、SiはFUTに比べDOHの方が、多い傾向が見られた。必須元素であるK、Mg、Feは1ppm以下であつた。

表1. 鍾乳体の割合と土壌成分の関係。

採取地	鍾乳体 (%)		土壌 (ppm)	
	CaCO ₃	SiO ₂	Ca	Si
FUT	44.2	55.8	9.87±5.54	3.14±0.89
DOH	69.9	30.1	6.97±7.48	5.61±2.86

4. 考察

EDS分析から、Ca質とSi質の鍾乳体があることが明らかになった（図3）。瀬戸口（私信）は、EPMAのSEM画像におけるSi分布が時に大部分を占めており、その鍾乳体に希塩酸を加え鍾乳体の本体が溶解したことから、Siは鍾乳体の本体の表面を覆っている場合もあると考えた。そのため、Si質鍾乳体に希塩酸を加えたが、溶解しなかった。従って、ヤマグワでは主成分がケイ酸である鍾乳体が形成されていると考えられる。切片観察より鍾乳体は鍾乳体細胞に形成されていた。また、1個体内のCa質鍾乳体とSi質鍾乳体の最大長・最大幅に有意差が認められなかったことから、サイズに違いはなかった。これらよりSi質鍾乳体も鍾乳体細胞で形成されると考えられる。また、菱沼（1989）が鍾乳体にMnが蓄積すると赤褐色に着色することを報告していることから、今回の淡褐色の鍾乳体は何かしら他の元素を蓄積したCa質鍾乳体だと考えられる。蓄積して淡褐色になる元素としてFeが挙げられるが、土壌サンプルに1ppm以下しか含まれていなかったことからFeが蓄積している可能性は少ないと考えられる。表1より、土壌のSi含有量はSi質鍾乳体の形成量に関係がないと考えられる。今後の課題として、Ca質鍾乳体とSi質鍾乳体の2種類が形成される要因を明らかにするために、より詳しい土壌の化学成分を分析し、2種類の鍾乳体形成過程の解明を行うことが期待される。

5. 参考文献

- ・菱沼春美, 鍾乳体の生理学的意義について—特に鍾乳体による重金属の解毒と光合成炭素源としてのCO₂貯蔵について, 東京学芸大学理科学科卒業論文, 1989.
- ・長澤寛道, バイオミネラリゼーションとは, 生物の科学 遺伝 64(4): 18-22, 東京, 2010.
- ・Setoguchi, H., Okazaki, M. and Suga, S., Calcification in higher plants with special reference to cystolith. In: (R. E. Crik, ed.) Origin, Evolution, and Modern Aspects of Biomineralization in Plants and Animals. Plenum Publishing Company, New York, 1989.
- ・Wu, CC., Chen, SJ., Yen, TB., and Kuo, HL. Influence of calcium availability on deposition of calcium carbonate and calcium oxalate crystals in the idioblasts of *Morus australis* Poir. leaves. *Botanical Studies*, 47: 119-127, 2006.
- ・渡部哲光, バイオミネラリゼーション, 東海大学出版会, 東京, 1997.