

バイオシリカ

研究背景

地球の地殻中に豊富に存在しているシリカ (SiO_2) は、硬く光透過性に優れるなどの特性をもちます。その中でも生物が作り出すバイオシリカは、生物の種類に応じた様々な形態をもつアモルファスシリカです。バイオシリカとしては、イネやタケなどに存在するプラントオパール、プランクトンの一種であるケイソウやアミダマのシリカ骨格が有名です。シリカを主成分とするガラスの製造には高温プロセスを必要としますが、バイオシリカは海や土壌に含まれるケイ酸の室温重合で合成されることから、環境に負荷を与えない材料合成の手法として注目されています。しかし、マクロ・ミクロ視点からの詳細な構造解析やその形成過程・構造に由来する機能の評価が不十分です。ここでは、我々の研究室で最近行ってきたイネやケイソウの研究成果をご紹介します。

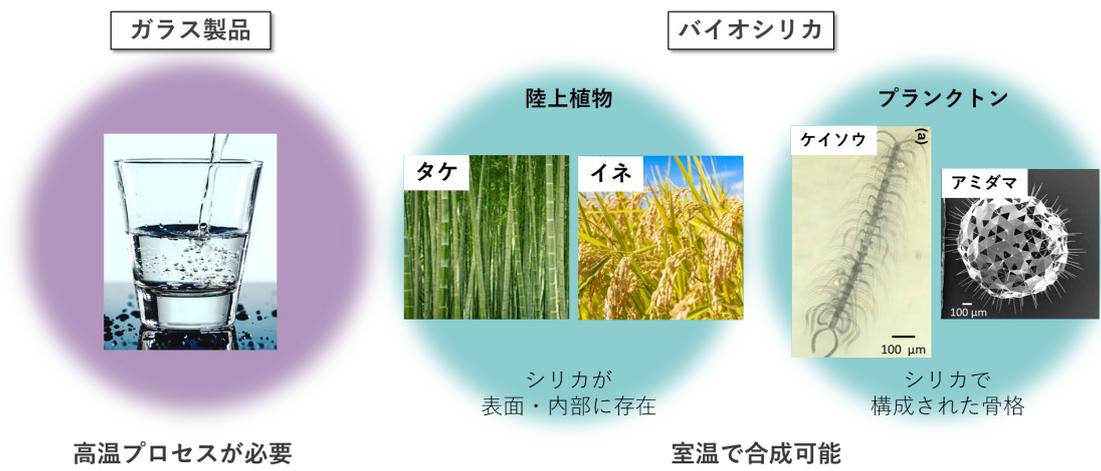


Fig. 1 ガラスとバイオシリカの代表例

研究内容

- イネのプラントオパール

- ・ナノ構造と機械的機能

当研究室ではイネのプラントオパールについて研究し、その形態・特性・形成プロセスを明らかにしてきました。ここでは成果の一部を紹介します。

イネの陸上部位は葉身・穂軸・籾に分類され、それぞれの表面に厚さ約 $2\ \mu\text{m}$ の表面シリカとよばれる突起構造のシリカ層が存在します。また、葉身内部にはファン型シリカとよばれる扇形のシリカが存在します。ミクروسケールの観察により、プラントオパールは粒径約 $100\ \text{nm}$ の粒子から構成されていることがわかりました。シリカ粒子の充填密度は、ファン型シリカにおいて大きく、表面シリカにおいて小さくなっており、この違いが機械的特性に影響を与えていると考えられます。すなわち、表面シリカは葉身全体をしなやかに保護し、ファン型シリカは葉身を背骨のように支える役割があると考えられています。

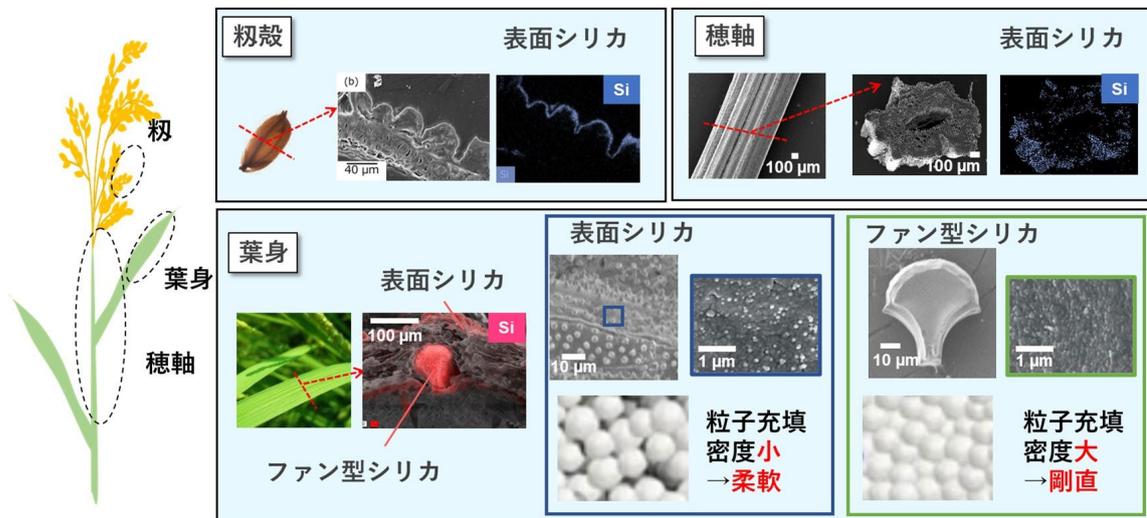


Fig. 2 イネ各部位に存在するプラントオパール

・マクロ形態と光学機能

イネの葉身のプラントオパールは Fig. 2 に示す突起状あるいは扇状の特異な形をしています。このシリカの形状の光学機能を評価しました。Fig. 3 に示すように、表面シリカに存在する突起状構造は様々な方向から入射する光を散乱し、透明性の高いファン型シリカを経由して、葉身全体の葉緑体に届ける役割があると考えられます。すなわち、プラントオパールはイネの光合成の効率を高めていることが示唆されます。



Fig. 3 表面シリカ・ファン型シリカの光学機能

・形成プロセス

イネの表面シリカが形成プロセスを観察することで明らかにしました。Fig. 4 に示すように、成長初期に表面近傍の空洞にセルローズナノファイバー (CNF) が積層されます。成長後期では、CNF の間にシリカ粒子が徐々に充填されていきます。すなわち、表面シリカは CNF とシリカナノ粒子との複合体です。

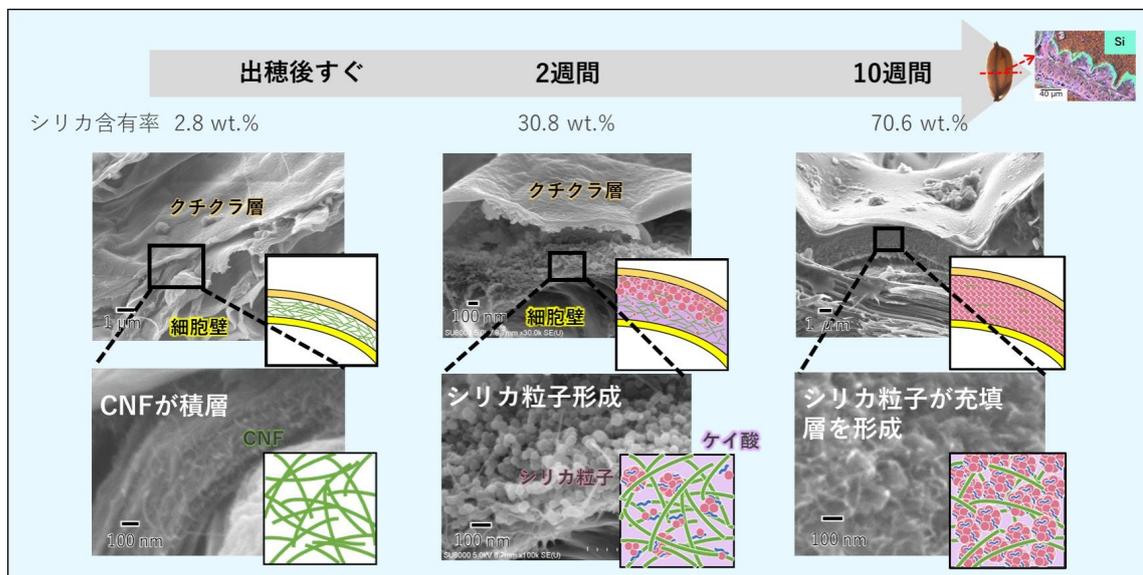


Fig. 4 籾の表面シリカの形成プロセス

- ツノケイソウのバイオシリカ

- ・刺毛の構造

植物プランクトンのケイソウは非常に多くの種類が存在しており、シリカからなる骨格（被殻）を有しています。我々の研究室で着目したツノケイソウの一種 ”*Chaetoceros*” は、「刺毛」とよばれる棘状で葉緑体を含む突起をもつケイソウで、Fig. 5 のように複数の個体が一行に合体し群体を形成します。しかし、刺毛の構造の詳細は観察されていませんでした。Fig. 5 に示すように、一つの群体には大きく分けて3種類の刺毛（M字先端・U字末端・中央）が存在し、全て中空構造をもつシリカであり、直径約90 nmのシリンダー型細孔が配列しています。また、3種類の刺毛ではシリカの厚さや穴の配列性に違いがあることも明らかになりました。M字先端はシリカの厚さが500 nm、U字末端は厚さが1.5 μm、中央は厚さ150 nmであり、サイズの違いから水中の魚のエラのような細かい流路において姿勢を維持することに役立っていると考えられています。

- ・刺毛の機能性

中央の刺毛は群体に最も多く存在します。この細孔を持つシリカをモデルとした光学シミュレーションを行い、刺毛の光学機能を検討しました。その結果、多孔質のシリカは海水中の光合成を促進するための400~500 nmの波長域の青色光の透過率を向上させていることが分かり、光合成の効率向上に寄与していることが示唆されました。

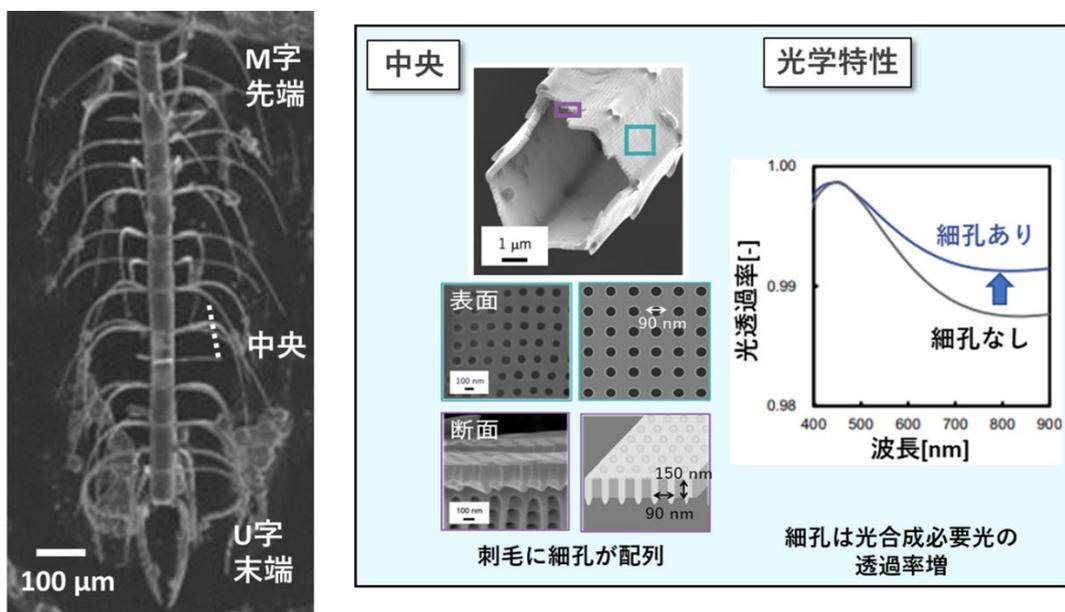


Fig. 5 ツノケイソウの刺毛構造と光学特性

➤➤➤関連リンク [スーパーマイクロポーラスシリカ](#) [蛍光体](#) [量子ドット](#) [光触媒](#)