

## 物理

### 植物からコンクリートを作ろう！

長野県飯山高等学校自然科学部 藤田菜緒 松澤実夢 熊代愛紗陽 榊原明 藤澤和翔

#### 1. 要旨

コンクリートはセメント、砂、砂利から作られるが、世界的に砂が不足している。本研究では植物を乾燥させた粉末を砂の代わりに混合し、日常生活に使える強度のコンクリートの製造を目指した。市販のセメントと混合する水の割合や植物粉末の混合比率と粒子サイズを検討した。2.0~4.0mm のバナナ粉末において、植物率 2.5%で硬化度5のバナナコンクリートを製造することができた。粒子サイズを揃えると硬化度が高まり、粒子サイズは大きいほど良いことが明らかとなった。

#### 2. 動機及び目的

砂はスマートフォン画面のガラスやコンクリート製造に使用されるなど、水を除き人類が最も利用している天然資源である。スマートフォンの普及や都市化に伴う高層ビルの建設のため砂の需要が高まっており、世界中で砂が不足している。その一方で、食品ロスや果物の皮などの不可食部といった食品廃棄物等は世界では10億トン以上発生しており、これらの有効利用が必要である。そこで私たちは、世界の砂不足と食品廃棄という2つの問題を同時解決するため、砂の代わりに植物を乾燥させ粉末にしたものを材料に用いて植物コンクリートを製造しようと考えた。これまで植物コンクリートの開発ではマンチェスター大学が、結合剤としてセメントではなく、ジャガイモ澱粉を用いている。しかしながら、この製法は可食部を大量に使用する必要がある。また、東京大学はコンクリートの4倍近い曲げ強度を有する100%植物由来の新素材の開発に成功しているが、金型で50MPaで熱圧縮成形して製造するためエネルギーを消費する。そこで、私たちは、植物の皮（セルロース）などの非可食部を材料として、熱圧縮することなく常温で静置するだけで固まる植物コンクリートの製造を目指した。

#### 3. 研究の目標

砂の代わりに果物の皮など捨てられてしまう不可食部分を乾燥させ粉末にしたものを利用し、植物率が2.5%以上でも、指で破壊できない強度（硬化度5）の植物コンクリートを製造する。

#### 4. 仮説

植物粉末を使用することで、砂の使用量を減らしてコンクリートを製造することができる。

#### 5. 方法

〈材料と機材〉

インスタントセメント、ドライフルーツメーカー（マリン商事株式会社）、ミキサー（粉末ミルグライNDER-Guisinart）、植物粉末を得るために使用した材料（部位）：さつまいも、落花生（殻）、ひまわり（茎）、バナナ・みかん・リンゴ（皮）、とうもろこし（芯）、お茶・コーヒー

〈実験手順〉

##### ①植物粉末の準備

材料をドライフルーツメーカーで乾燥させた後、ミキサーで粉碎し植物粉末を得た。バナナ粉末はふるい分け法で粒子サイズごとに分けた。粉末の形状を実体顕微鏡で観察した。

##### ②植物コンクリートの製造

植物粉末をセメントおよび水と混合し、常温で静置し植物コンクリートを製造した。強度がより高くなる条件を見つけるために、混合する植物粉末の質量（植物率）と水比率、粒子サイズを検討した。

※植物率(%)=植物粉末÷(セメント+植物粉末)×100

水比率(%)=水÷(セメント+植物粉末+水)×100

##### ③植物コンクリートの評価方法

指での硬化度評価<sup>[1]</sup>に基づき、植物コンクリートを人差し指と親指ではさみ、押しつぶせるか否かで硬化度を判断した。硬化度評価は、1:容易に破壊~5:指で破壊できないまで5段階とした。バナナコンクリートは水中試験<sup>[2]</sup>を実施し、水中での強度を試験した。

## 6. 結果

##### ①作製した植物粉末の特徴

密度はバナナ粉末 (0.63 g/cm<sup>3</sup>) が最大だった。実体顕微鏡で観察した様子 (図1) から、粒子サイズも0.5 mm以上あったため、コンクリートの材料として適切であると考えた。



図1. 植物粉末の特徴 (黒線は1 cm)

##### ②作製した植物コンクリートの評価

みかん皮では、水比率13%、植物率2.5%のみ硬化度2だった。そこで様々な植物で植物率や水比率を変え、適した割合を調べた。とうもろこし、落花生の殻、さつまいも、ひまわりの茎、コーヒーの殻では植物粉末がコンクリートの表面に浮き出しまい硬化度を調べることができなかつ

た。最終的にバナナとみかんの皮のコンクリートのみ、植物粉末が浮かずに評価することができた。植物混合率が0.5%~2.0%までのものは硬化度1で植物率が2.5%のものは硬化度2だった(図2)。

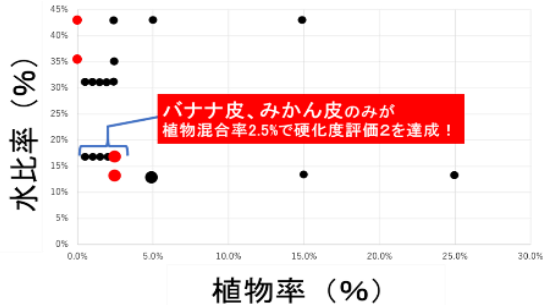


図2. 粒子サイズを揃えずに作製した植物コンクリートの硬化度

### ③水中試験

粒子サイズを揃えていないバナナコンクリートの水中試験の結果、植物率1.5%以上では水中で崩壊し、水に漏れ出してしまう危険があることが明らかとなった(図3)。

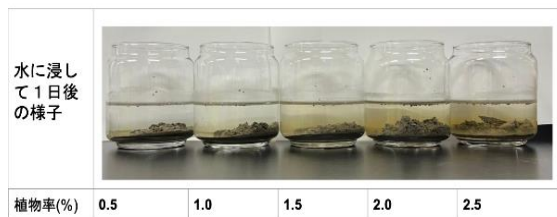


図3. バナナコンクリートの水中試験

### ④粒子サイズを揃えた結果

バナナ皮の植物粉末の粒子サイズを揃え、植物コンクリートを製造した(図4)。

粒子サイズが2.0~4.0mmでは植物率2.5%において硬化度5を達成することができた。粒子サイズ0.5~1.0mmや1.0~2.0mmでも植物率が低い条件では硬化度5を達成したが、粒子サイズが0.5mm未満では硬化度2になった(図5)。

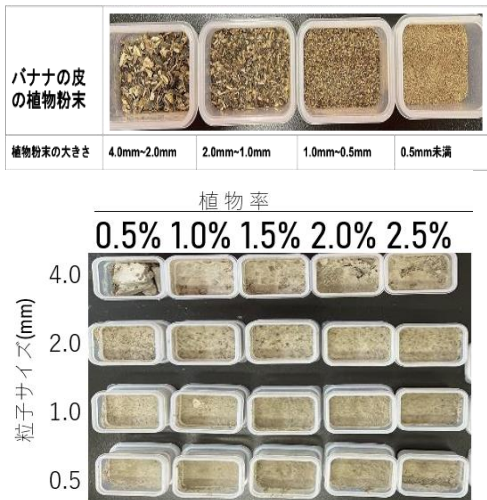


図4. 粒子サイズを揃えたバナナコンクリート

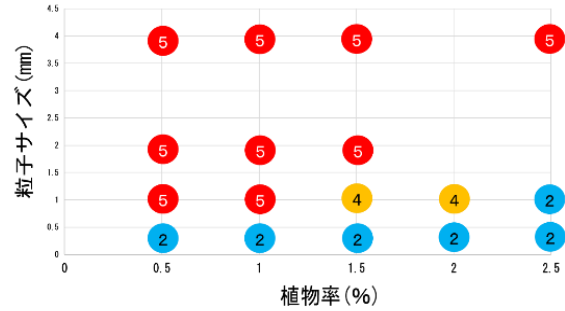


図5. 粒子サイズを揃えたバナナコンクリートの硬化度

### ⑤バナナコンクリートプランター

大・小2つの紙コップを型として使って、バナナ皮の植物粉末でバナナコンクリートプランターを製造した(図6)。今回は形を丸くしたが、これより強度が強くなる形や作り方、植物率を明らかにしたい。



図6. バナナコンクリートプランターの製造

## 7. 考察と結論

本研究で試した10種類の材料の中ではバナナの皮が最適であり、その理由として、皮に含まれるリグニンが接着剤として機能するからと考えられる<sup>[3]</sup>。植物粉末の密度が小さいとコンクリートの表面に浮き出してしまうし、粒子サイズが0.5mm未満のものはコンクリートへの利用が困難であることもわかった。これは砂漠の砂がコンクリート製造に使えないことと矛盾しない。さらに、植物粉末の粒子サイズを揃えた方がより硬化度が高まり、そのサイズは2.0~4.0mmが最適である。

## 8. 今後の予定と課題

バナナの皮以外の材料についても、2.0~4.0mmの粒子サイズで植物コンクリートを製造し、硬化度5となるか確かめたい。さらに、プレス機などで圧縮し、強度(N/mm<sup>2</sup>)を正確に調べたい。応用として作製したバナナコンクリートを用いて、コンクリートプランターやレンガを作り、日常生活に活用する予定である。

## 9. 参考文献

- [1] 東京大学生産技術研究所(2021)「砂同士を直接接着した次世代コンクリートの開発」
- [2] 東京大学生産技術研究所「コンクリートがれきと廃木材を用いた植物性コンクリートの開発」
- [3] 生産研究 72 巻2号(2020)「コンクリートがれきと木材を原料とする建設材料の開発」