

植物性コンクリートの開発

東京大学生産技術研究所 人間・社会系部門

酒井 雄也

ysakai@iis.u-tokyo.ac.jp
http://r.goope.jp/ysakai

コンクリートの主原料



様々な課題が出てきている

セメント製造におけるCO2排出

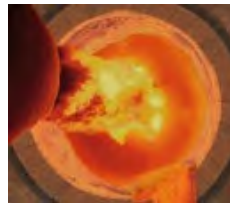
From: 日本コンクリート, ZKG Cement Lime Gypsum



セメントの主原料は石灰石 (CaCO₃)



焼成により
多量のCO₂が発生



全世界のCO₂排出の8%がセメント製造で発生している

日本だけで毎年3000~3500万トンのコンクリートがれき 再資源化率は99% (内訳に課題)





次世代のコンクリートの開発を進める必要がある

目指す新材料

- ・新たなセメントを使用しない (CO₂排出の低減)
- ・コンクリートがれきの活用

廃棄される植物系の資源



廃棄木材

- ・国内だけで年間約600万トン発生。
- ・約3割が焼却処分。



廃棄植物

- ・例えばトマトでは生産量と同量の茎葉が発生 (国内だけで年間70万トン)
- ・ほかにも茶殻など様々

製紙廃液

- ・リグニンを主成分とする廃液が国内だけで年間7000万トン発生
- ・バイオマスに利用されているが発電効率が低い

植物性コンクリートの製造

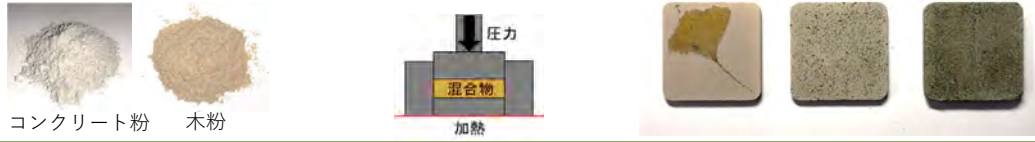
廃木材の粉末を接着剤としてコンクリートがれきを接着し、新たな土木/建築材料を製造した



セメント・コンクリート工場の設置や原料の調達が困難な地域や新興国で持続可能な土木/建築材料として活用

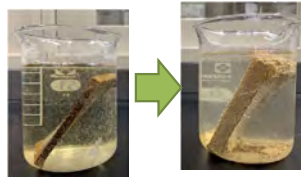
課題と本研究の目的

- ①コンクリートがれきと 廃木材を粉砕
- ②2種の粉体を混合して 加熱成形
- ③成形体として再生



- ・コンクリート粉の代わりに**砂粉**を使った場合の性能が不明
- ・植物性コンクリートの**強度発現機構**の理解が不十分
- ・**耐水性**が低い

本研究の目的：上記の理解や改善



実験方法：コンクリートと砂の違いの理解

- ①原料を粉砕
コンクリート粉 + 木粉
- ②混ぜ合わせて 水を加えて加熱成形
- ③成形体が完成 (縦5cm、横6.5cm)



条件	割合 コンクリート or 砂:木	コンクリート粉 砂粉の最大粒径 mm	木粉の 最大粒径 mm	含水率 %	成形 時間 min	成形 温度 °C	成形 圧力 MPa
1	1:1	0.105-1.18	0.3	10	5	180	50
2	2:1-1:2	0.3	0.3	10	5	180	50

その他に、木粉の最大粒径、含水率、成形時間、成形温度、成形圧力の影響も検討したが省略

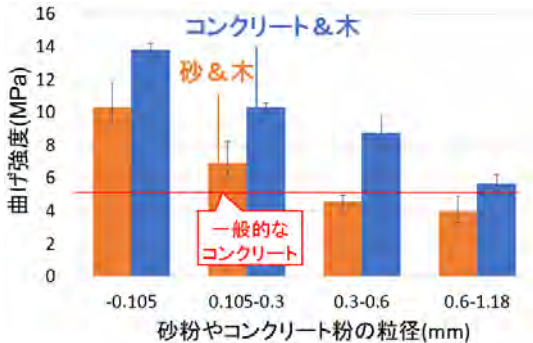
$$\text{含水率(\%)} = \frac{\text{水の質量}}{\text{全体の質量}} \times 100$$



3点曲げ試験により 曲げ強度を評価

結果①：砂やコンクリートの粒径の影響

砂やコンクリートの 最大粒径	割合 コンクリート or 砂:木	木粉の 最大粒径 mm	含水率 %	成形時間 min	成形 温度 °C	成形 圧力 MPa
0.105-1.18 mm	1:1	0.3	10	5	180	50

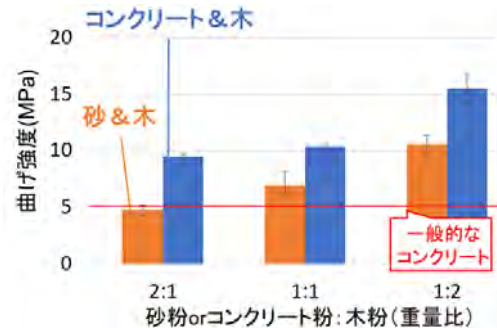


- ・コンクリート粉を用いた場合と比較して強度が低下
- ・いずれも粒径が大きくなるにつれて強度が低下

砂を用いるとコンクリートの場合よりも強度が低下することを確認

結果②：混合比の影響

混合割合 (重量比) コンクリート粉 or 砂粉:木粉	コンクリート粉 砂粉の最大粒径 mm	木粉の 最大粒径 mm	含水率 %	成形 時間 min	成形 温度 °C	成形 圧力 MPa
2:1, 1:1, 1:2	0.3	0.3	10	5	180	50



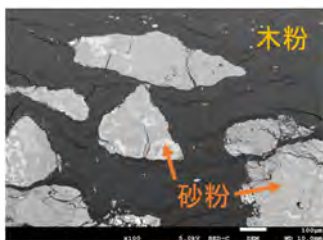
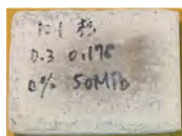
- ・いずれも木粉の割合が大きいほど強度が増加

木粉に含まれるリグニンにより接着されるためか

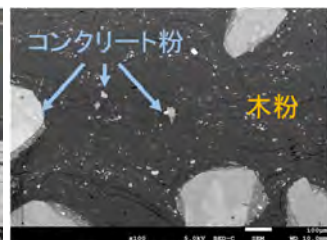
砂を用いるとコンクリートの場合よりも強度が低下することを確認

結果③：SEM観察

割合 コンクリート or 砂:木	コンクリート粉 砂粉の 最大粒径 mm	木粉の 最大粒径 mm	含水率 %	成形 時間 分	成形 温度 °C	成形 圧力 MPa
1:1	0.3	0.3	10	5	180	50



砂&木
間隙の面積率：9.9%



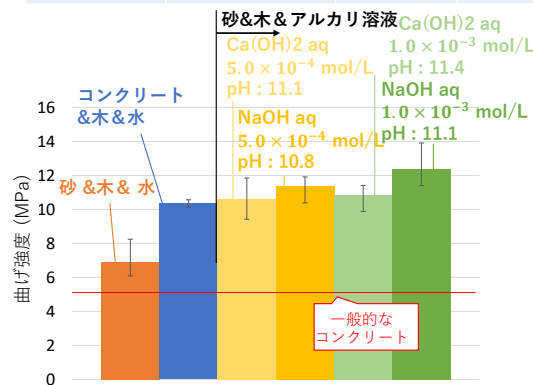
コンクリート&木
間隙の面積率：6.2%

- ・コンクリート粉の方が丸みを帯びており微粒子が点在
- ・間隙の面積率はコンクリート粉の場合に抑制

コンクリート粉と木材の成形体の方が隙間が少ないことを確認

仮説: pHが影響している可能性がある

割合 コンクリート or 砂:木	コンクリート粉 砂粉の 最大粒径 mm	木粉の 最大粒径 mm	含水率 %	成形 時間 分	成形 温度 °C	成形 圧力 MPa
1:1	0.3	0.3	10	5	180	50



- ・水の代わりにアルカリ溶液を使用すると強度が増加

強塩基溶液は成形中に木材の化学変化を促進(Song, J. et al., 2018)

- ・砂を用いてもアルカリ溶液によりコンクリートの強度を上回った

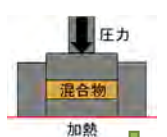
砂と木粉から製造する場合も、アルカリ溶液の使用で強度改善

検討: 耐水性の改善

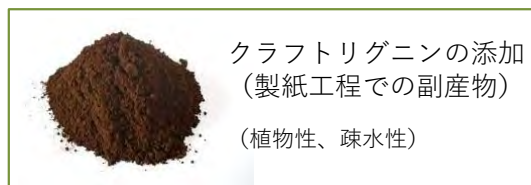
①コンクリートがれきと廃木材を粉砕



② 3種の粉体を混合して加熱成形

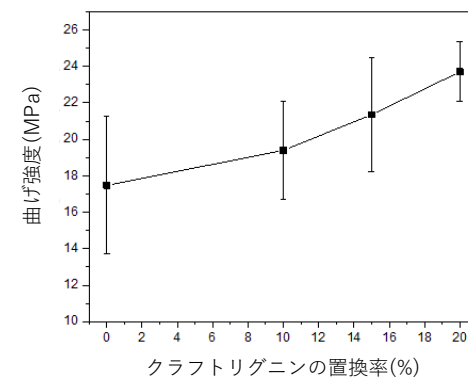
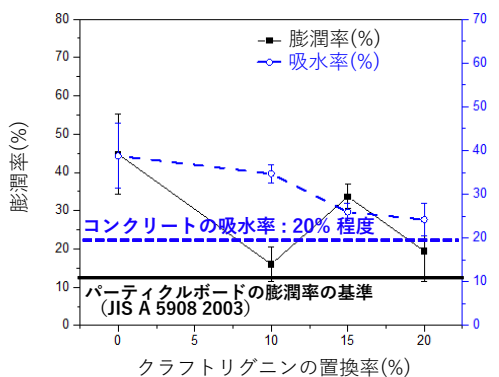


③成形体として再生



結果: 耐水性の改善 (クラフトリグニンの置換)

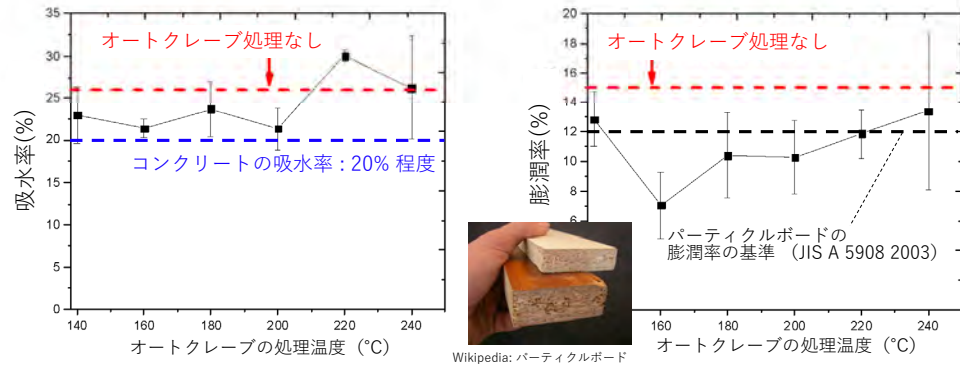
- ・コンクリートと木材を重量比1:1で混合。ホットプレスの条件は220 ° C、5 min、50 MPaで固定
- ・クラフトリグニンは木粉に対して置換 (重量比)



クラフトリグニンの使用により強度と耐水性を同時に改善可能

結果: 耐水性の改善 (木粉のオートクレーブ処理)

- ・コンクリートと木材を重量比1:1で混合。ホットプレスの条件は220°C、5 min、50 MPaで固定
- ・クラフトリグニンは木粉に対して30%置換 (重量比)



オートクレーブの併用により吸水性、膨潤率を他の材料程度に改善可能

17

まとめ

本研究の目的と成果

- ① **コンクリート** 粉の代わりに**砂粉**を使った場合の性能の理解
 - ・ **砂粉**を使用すると**コンクリート**の場合と比較して強度低下
 - ・ アルカリ溶液の使用で**コンクリート**の場合を上回る強度発現
- ② 植物性コンクリートの**強度発現機構**の理解
 - ・ 高pHの環境でリグニンが軟化し、ホットプレス中の変形が促進され、間隙が埋められることで強度が増進か
- ③ **耐水性**の改善
 - ・ **クラフトリグニン**の添加、木粉の**オートクレーブ**処理によりコンクリート程度の吸水率、パーティクルボード程度の膨潤性を付与可

18