

エノキタケ廃菌床を利用した漁礁ブロックの開発

鹿児島工業高等専門学校 (学) ○田尻 遥輝, (正) 安井 賢太郎, (正) 山内 正仁

1. はじめに

我が国では食用キノコの菌床栽培が盛んであり, 中でも, エノキタケは年間 13 万トン栽培されている¹⁾. その栽培過程において, 可食部の 2~3 倍量²⁾の使用済み菌床 (以下, 廃菌床) が発生している. 廃菌床は高有機質で水分が多く腐敗しやすい性質から廃棄せざるを得ず, その処分費用は生産者の経営を圧迫している. 廃菌床の利用には堆肥化や飼料化³⁾があるが, その発生量に対して利用先が十分ではないため, 廃菌床の有効利用方法について検討の余地がある. 一方, 近年の海面水温の上昇などにより, 沿岸域における藻場面積の減少 (磯焼け), 並びに魚介類収穫量の減少も深刻化している⁴⁾. 水産資源の確保と生態系の維持のため, 人工漁礁 (漁礁ブロック) の設置等が求められている.

既往の研究では, 廃菌床に草本系, 木質系バイオマス由来のセルロースや培地栄養材, 菌糸由来のアミノ酸の素となる粗たんぱく質が多く含まれている⁵⁾ことが報告されており, また, アミノ酸が混和されたコンクリートは高い集魚効果を有する⁶⁾ことが報告されている.

以上のことから本研究では, 廃菌床の有効利用及び海域における生態系の維持を目的に, エノキタケ廃菌床を用いたコンクリート漁礁ブロックの開発を行った. 具体的には, 廃菌床を混合したモルタルを作製し, 廃菌床の混合率がモルタル強度, 並びにモルタルフロー値に及ぼす影響を明らかにし, 走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope, 以下 SEM) によるモルタル表面組織の観察を行った.

2. 実験方法

2.1 モルタル供試体の原料, 及び作製方法

図-1 にモルタルに混合したエノキタケ廃菌床を示し, 図-2 に作製したモルタル供試体の断面を示す. 廃菌床の組成 (乾燥重量比) は, 針葉樹おが屑 80%, 米糠 15%, 及びコーンコブ 5%である. 廃菌床は粒径の違いによるモルタル品質のばらつきを防ぐため, 風乾後に粉碎し, 5 mm ふるいを通過させて使用した.

モルタルの結合材には, 高有機質対応のセメント系固化材 (以下, 固化材) を用いた. これは, 廃菌床に含まれるフミン酸やフルボ酸がセメントの水和反応を阻害



図-1 廃菌床 (5 mm 以下)

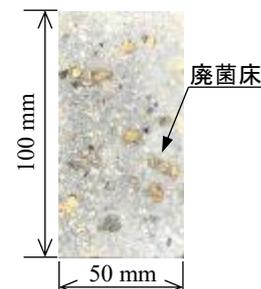


図-2 供試体断面

表-1 モルタル供試体の配合例

結合材 水比 P/W	廃菌床 混合率 R_B (%) (=B/P×100)	混合量 (g)			
		水 W	結合材 P	細骨材 S	廃菌床 B
2.0	5	210	420	600	21
1.8	5	233	420	600	21
2.0	6	210	420	600	25
2.0	10	210	420	600	42

するためである. また, この固化材の強度発現効果を確認するために, 比較用として結合材に普通ポルトランドセメント (以下, OPC) を用いた供試体も作製した. 細骨材は, 鹿児島県指宿市沖合の海砂を用いた.

表 1 にモルタル供試体の配合例を示す. 配合設計では練り混ぜ水に対する結合材の割合 (P/W) を 1.8~2.3 の間で変えた. また, 結合材に対する廃菌床の混合率 R_B を 0 (プレーン), 5, 6, 10%に変えた. なお, 細骨材に対する結合材の割合 (P/S) は 0.7 に固定した. 供試体は, 以下の手順で作製した.

- 1) 結合材 (固化材または OPC), 海砂, 及び廃菌床を練り鉢に入れ空練り後, 練り混ぜ水を添加して混練した.
- 2) 混練したモルタルを $\phi 50$ mm×100 mm モールドに詰め, 振動を与えながら気泡を取り除き, 硬化させた.
- 3) 脱型し, 材齢 28 日まで 20°C の水中で養生した.

2.2 モルタル供試体の物性試験

モルタル供試体の圧縮強度, 及びフレッシュ状態におけるフロー値は, 圧縮強度試験 (JIS A 1108) 及びモルタルフロー試験 (JIS R 5201) に準拠し実施した.

2.3 SEM 観察

廃菌床モルタルの表面組織は SEM (JSM-IT200, 日本電子株式会社) を用いて観察した. 観察条件は, 加速電圧を 15 kV とし, 試料に導電性を付与するために 30 nm の Au 膜で予めコーティングした.

3. 試験結果及び考察

図-3 に廃菌床混合率 R_B 、結合材水比 P/W を変化させた時のモルタル供試体の圧縮強度を示す。まず、 R_B に着目すると、 R_B の増加に伴い圧縮強度の低下が認められた。次に、P/W に着目すると、結合材量の増加に伴い、強度が線形的に増加した。また、結合材に対して同じ割合の廃菌床 5% を混合した固化材と OPC を比較すると、固化材 5% は OPC5% と比較して圧縮強度が約 10 N/mm² 高いことが明らかとなった。ここで、漁礁ブロックの設計基準強度は 18 N/mm² 以上とされているが、固化材を用いた場合においても、 R_B が 10% になると基準値を満足しなかった。

図-4 に R_B 、P/W を変化させた時のフレッシュモルタルのフロー値を示す。まず、 R_B に着目すると、 R_B の増加に伴いフロー値の低下が認められた。これは、廃菌床がモルタルの中の水分を吸収して流動性が低下した為であると考えられる。特に、 R_B が 8% で P/W を 2.1 以上に増加した時や、 R_B が 10% の時のフロー値は 100 mm を示し、ほとんどフローしない性状であった。

以上の結果から、モルタルの目標強度を 18 N/mm² とした場合は、廃菌床を固化材に対して最大で 8% まで混合することが可能であった。また、このときの P/W を 1.9 (水結合材比で 53%) とすることで、良好なフロー値を有するモルタルを作製することができた。

図-5 に廃菌床モルタルの表面組織を示す。(a) は固化材を用いたモルタルに廃菌床を 5% 混合したもの、(b) は固化材を用いたプレーンモルタル、(c) は OPC を用いたモルタルに廃菌床を 5% 混合したものである。固化材を用いた(a)及び(b)の組織内には、エトリンガイトの特徴である針状結晶が多く確認された。一方、OPC を用いた(c)の組織内には、針状結晶は僅かに確認できる程度であった。このことから、廃菌床混合モルタルの強度発現にはエトリンガイトが寄与したものと考えられる。

4. まとめ

エノキタケ廃菌床を利用してモルタル供試体を作製し、漁礁ブロックの開発に向けて以下の知見を得た。

- 1) モルタル供試体の圧縮強度は、廃菌床混合率の増加に伴い低下するが、混合率 8%、P/W1.9 以上の条件で作製したモルタルは、18 N/mm² 以上を有していた。
- 2) モルタルフロー値は、廃菌床混合率の増加に伴い低下する。
- 3) 廃菌床混合モルタルの作製において、固化材は OPC

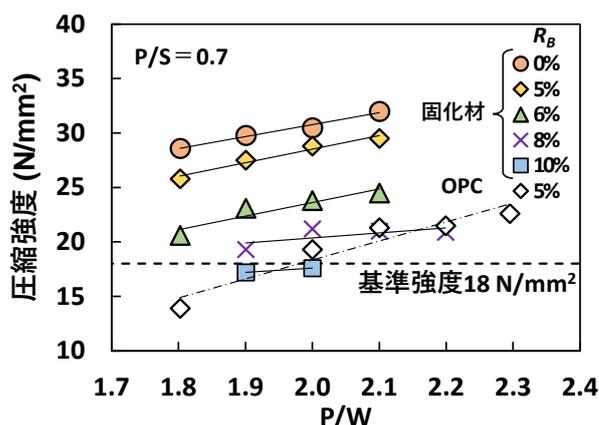


図-3 廃菌床混合率 R_B 、P/W と圧縮強度の関係

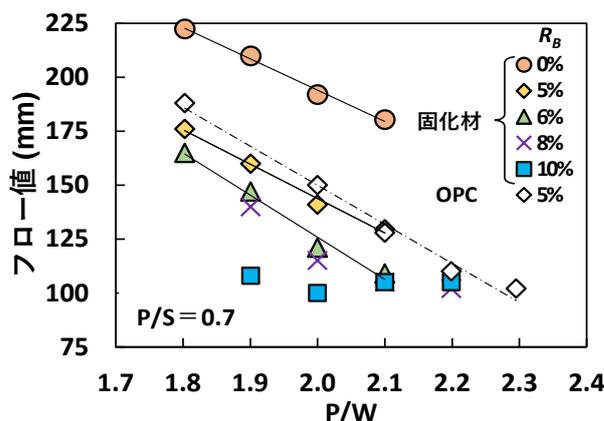
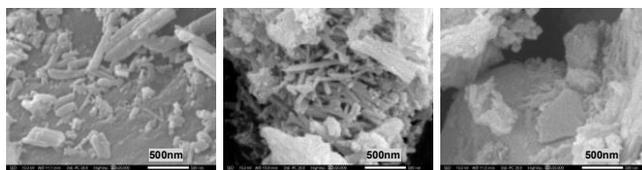


図-4 廃菌床混合率 R_B 、P/W とフロー値の関係



(a) R_B 5%混合固化材 (b)プレーン固化材 (c) R_B 5%混合 OPC
図-5 廃菌床モルタルの表面組織

よりも強度発現に優れており、組織内に生成されたエトリンガイトが強度に寄与したものと考えられる。

謝辞：

本研究の一部は、技術イノベーション機器共用ネットワーク (SHARE 事業) (JPMXS0430300121) 及び技術コアファシリティネットワーク (JPMXS0440900821) で共用された機器を利用した成果である。

参考文献：

- 1) 農水省：農林水産基本データ集, <https://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/25.html> (閲覧日 令和 3 年 12 月 31 日)
- 2) 中部経済産業局：施肥後の土壌酸性化を大きく低減するきのこ廃菌床堆肥製造技術の研究開発, 研究開発成果等報告書概要版, pp.1-20, 2010, <https://www.chusho.meti.go.jp/keiei/sapoin/portal/seika/2010/22h-178.pdf> (閲覧日 令和 3 年 12 月 31 日)
- 3) 早田剛, 他：コーンコブ主体廃菌床の飼料化と給与技術の開発—第 1 報 コーンコブ主体廃菌床サイレージ報告, No. 7, pp.159-164, 2015
- 4) 農林水産省：令和 2 年漁業・養殖業生産統計, https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/kaimen_gyosei/attach/pdf/index-52.pdf (閲覧日 令和 3 年 12 月 31 日)
- 5) 上月康則, 他：アミノ酸混和コンクリート上の遷移初期の付着生物相に関する考察, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.67, No.2, pp. 1126-I-1130, 2011
- 6) 伊藤幸広, 他：マイクロ波加熱養生によるコンクリート強度の即時判定法に関する研究, 土木学会論文集, No.514, pp.19-28, 1995
- 7) 水産庁：漁港・漁場の施設の設計参考図書 (2015 年版), pp.220-224, 2015