

セルロース繊維の酵素処理におけるインジゴ移染に及ぼす汚染防止剤の影響

Effect of some additives on reducing the back-staining of

Indigo-dyed-denim during enzymatic treatment

ライフサイエンス専攻 洗浄科学研究室 0340433 奇昇美 Seung-mi KI

1. 目的

ジーンズのバイオウォッシュ加工において、脱離したインジゴ染料が裏面の横白糸やポケット布、表示ラベルのタグなどに移染して青くする現象が問題とされており、それを防ぐ目的でいくつかの汚染防止剤(非イオン界面活性剤)が市販されている。

そこで本研究では非イオン界面活性剤に加え、親水性ポリマーのポリ(α -ヒドロキシアクリル酸ナトリウム); PHA, 親水性と疎水性を合わせ持つケイ酸塩鉱物であるベントナイト由来の精製スメクタイトをとりあげ、これらの綿布及びポリエステル布への汚染防止効果の比較を行った。

2. 実験

2-1. 試料

インジゴ染色デニム(倉敷紡績提供), 白布: 綿ブロード(#40), ポリエステル(タフタ, TR #58); エタノールでの精練済み,

酵素: 多成分セルラーゼ(Cellusoft L) ... *Trichoderma* 由来 (Novozyme Ltd. 提供),

汚染防止剤: 非イオン界面活性剤 (アルキル鎖 C16~C18, EO 付加モル数 X 25, 50, 80, それぞれ S25, S50, S80 と略称, Clariant International Ltd), ポリ(α -ヒドロキシアクリル酸ナトリウム; PHA-105) (日本パーオキサイド(株)), 精製スメクタイト (SMEC) (黒崎白土工業(株))

2-2. 装置

ターゴトメータ (MS-1801, 上島製作所(株)), 分光光度計 (JASCO V 550 UV/VIS Spectrophotometer 日本分光(株)), 分光光度計 (UV 240 Spectrophotometer, 拡散反射積分球付属, 島津製作所), 卓上小型遠心分離機 KA-1000 (久保田商事(株))

2-3. 方法

(1) 酵素処理実験

酵素液(濃度 1 g/L, pH ; 5) に汚染防止剤を所定量加えた処理浴 1L を 50 °C にし, デニム(5×5 cm) 10 g と白布(綿 3 枚+ポリエステル 5 枚) 10 g を入れ, 100 rpm で 30 min, ターゴトメータで処理した。その後失活処理(80 °C, 20 min, 1:50), すすぎ(イオン交換水, 1:50, 3

回)を行い, 24 hr 室温乾燥し, 白布の汚染の程度を見るため反射率 R を測定 (λ_{max} : 660 nm) し, K/S 値に換算した。

Kubelka-Munk 式

$$K/S = (1-R)^2 / (2 \times R)$$

(2) 減量率測定

(1) の条件でデニムの繊維が酵素により分解される結果減量する量を測定した。これは酵素活性への汚染防止剤の影響を調べる目的でもある。処理前後のデニムをそれぞれ 105 °C, 3 hr 乾燥し, 重量測定(恒量状態を確認)し, 減量率を算出する。

$$\text{減量率}(\%) = (a-b) / a$$

(a ; 処理前の重量, b ; 処理後の重量)

(3) 精製スメクタイトの酵素インジゴとの結合性について

◎インジゴ分散液作成

デニム(5×5cm) 20 g + イオン交換水 1L を 50 °C, 160 rpm, 30 min 処理した後, デニムを取り出し, 液を 24hr 静置後, 2 回濾過(ガラス繊維濾紙 GA 100 → GC 90)

○スメクタイト・酵素の結合挙動

イオン交換水 445 mL, 緩衝液 50 mL, 酵素液 5 mL にスメクタイト (0.8 g/L) を添加し, 50 °C, 100 rpm, 90 min ターゴトメータで処理, 所定時間処理後に 10 mL を採取し, 遠心分離 (2000 rpm, 10 min) し, 上澄みの吸光度を 280 nm (A_{280}) で測定する。

○スメクタイト・インジゴの結合挙動

インジゴ分散液 440 mL, 緩衝液 50 mL, イオン交換水 10 mL, スメクタイトを添加し, 50 °C, 100 rpm, 90 min 処理 → 666 nm で吸光度を測定 (A_{666})

○スメクタイト・酵素・インジゴ結合挙動

インジゴ分散液 440 mL, 緩衝液 50 mL, 酵素 5 mL, イオン交換水 5 mL, スメクタイトを添加し, 50 °C, 100 rpm, 90 min 処理 → 666 nm で吸光度を測定 (A_{666})

3. 結果と考察

(1) 汚染防止剤の効果比較

汚染防止剤として用いた 3 種の試料 (S80 で代表, PHA-105, SMEC) について処理浴に入れた綿白布に対するインジゴ汚染の結果を比較す

ると、スメクタイトの汚染防止効果が最も高かった(図1)。これは少量の添加でもインジゴ吸付着を抑制する(K/Sが小さいほどインジゴによる汚染性が低い)。一方ポリエステルに対する汚染防止効果ではS80の効果が最も高い(図2)。これらの結果から汚染防止剤の効果は基質によって異なることが明らかになった⁴⁾。さらにデニム生地裏面を目視観察した結果、汚染防止剤添加量の増加に伴いデニム裏へのインジゴ移染が改善されたが、スメクタイトの場合は少量の添加量でも効果が高かった(表1)。

(2) 非イオン界面活性剤の効果と親水基(EO)付加モル数の影響

エチレンオキサイド(EO)付加モル数を変えたS25, S50, S80について0.4 g/L添加で、汚染実験を行った。その結果、付加モル数50以上で有効であった(図3)²⁾。

(3) 汚染防止剤の酵素活性への影響

酵素処理と同条件での処理によるデニム生地の減量率を測定し、汚染防止剤の酵素活性への影響を調べた結果、汚染防止剤の種類や添加量などに関係なく減量率は一定であった。その結果から汚染防止剤が酵素の活性を阻害しない事を確認した。

(4) スメクタイトの酵素、インジゴとの結合挙動について

スメクタイトと酵素の混合液の吸光度 A_{280} を0~90分にかけて測定した結果、変化が見られずスメクタイトは酵素とは結合しないことが分かった。一方、 A_{666} は処理時間の経過とともに低下した(図4)。基質・酵素・インジゴ共存系におけるスメクタイトの汚染防止効果が高い理由は、スメクタイトがインジゴ粒子と結合することによって基質への付着が抑制されるものと考えた。さらにその傾向は酵素とインジゴが共存する場合に汚染が促進される(図5)。それはスメクタイトがインジゴ粒子だけでなく酵素・インジゴの複合体にも結合したと考えられる。

表1) デニム裏面の定性評価(目視観察)

	S80	PHA105	SMEC	
0 g/L		△		◎優
0.4	△	△	○	○良
0.8	△	△	○	○△
1	△○	○△	◎	△不良

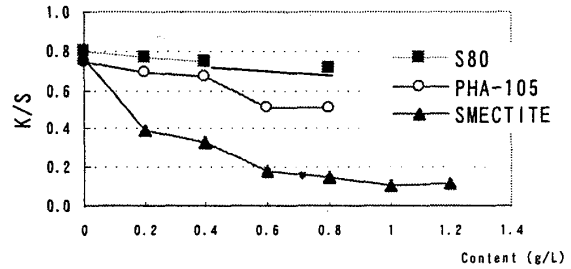


図1. 綿におけるインジゴ汚染性と添加量

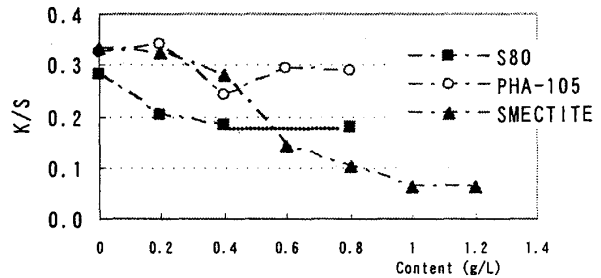


図2. ポリエステルにおけるインジゴ汚染性と添加量

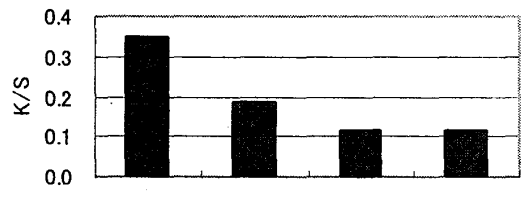


図3. 親水基(EO)の数とインジゴ汚染性(綿, 0.4 g/L)

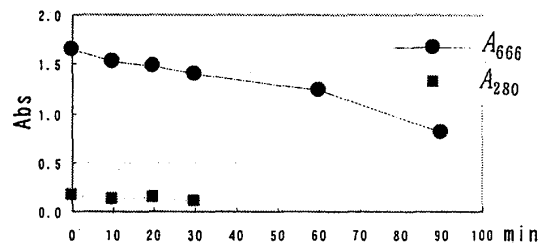


図4. スメクタイトと酵素あるいはインジゴとの混合液の処理時間と吸光度

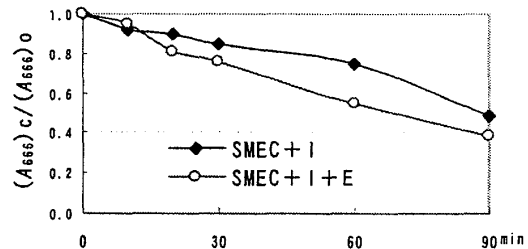


図5. スメクタイトとインジゴの混合液の吸光度の時間変化に及ぼす酵素の影響

(発表状況及び引用文献)

- 1) 生活工学研究, 5 (2), 250-251 (2003)
- 2) The International Conference on Dyeing and Finishing, 207-209, Daegu, KOREA, (2003)
- 3) 生活工学研究, 6 (1), 100-101 (2004)
- 4) 繊維学会年次大会研究発表要旨集, 59 (1), 142 (2004)
- 5) 生活工学研究, 7 (1), (2005)

(指導教員 駒城素子)