

精製スメクタイトのインジゴ移染防止効果

Effect of purified smectite on controlling the back-staining of Indigo-dyed-denim

0330102 井上 伶 Rei INOUE

1. 目的

セルロース分解酵素(セルラーゼ)を使用したインジゴデニムのバイオウォッシュ加工において、裏面の白糸部分のインジゴ汚染が増大するという現象が指摘されている。当研究室ではその対策を探るとして、現象の再現とメカニズムの追究を行って来た。その結果、酵素タンパク質が綿繊維に著しく吸着し、そこにインジゴが吸着する結果青く汚染されるということが明らかになった^{(1),(2)}。さらにこの現象を防止する方法として、処理浴に汚染防止剤を併用すること、特にその中でスメクタイト系粘土鉱物が有効であることを見いだした⁽³⁾。

本研究ではこの結果の再現性を確認するとともに、インジゴとスメクタイトの、酵素有無による結合挙動の変化についてさらに詳しく探ることを目的とした。

2. 実験

2.1 試料

- ・インジゴデニム: 7番手 綿 100%, (倉敷紡績(株))
- ・綿白布: 40番手, 綿 100%, ブロード
- ・セルラーゼ: Cellusoft L (ノボザイムズ ジャパン(株))
- ・精製スメクタイト(黒崎白土工業(株))

2.2 装置

- ・ターゴトメーター MS-1801((株)上島製作所)

2.3 インジゴ分散液の調製^{(1),(2)}

インジゴデニム[5 cm × 5 cm]19枚(20 g)を、浴比 1:50, 50°C, 160 rpm で 30分攪拌した。攪拌後1日静置し、ガラス繊維濾紙(保留粒子径 1.0 μm, 0.5 μm)で2回濾過した。

2.4 インジゴ分散液による白布の処理⁽³⁾

* 処理条件

酵素濃度: 1 g / L

浴比 1:50

pH: 5 (酢酸-酢酸ナトリウムの緩衝液で調整)

50°C, 100 rpm, 30分

スメクタイト添加量: 0~1.2 g / L

* 手順

- 1) pH 5に調整したインジゴ分散浴を所定温にした後、所定量の酵素、スメクタイトを添加し、綿白布を入れ、ターゴトメーターで30分間攪拌した。
- 2) 処理布を取り出し、80°Cの水浴(浴比 1:50)に入れ20分間保ち、酵素を失活させた。

2.5 汚染度の測定

- 1) 失活処理浴から綿白布を取り出し、浴比 1:50 の脱

イオン水で3回すすいだ後、処理布を24時間室内で乾燥させた。380nm~700nm にわたって、紫外/可視分光光度計 UV-240により反射スペクトル(R 値)を測定した。

- 2) Kubelka-Munk 式により、測定した反射率(R)から K/S を算出した。

$$K/S = (1-R)^2 / 2R \quad (\text{Kubelka-Munk 式})$$

K : 有色粉末の吸光係数, S : 有色粉末の光散乱係数, R : 表面反射率

2.6 減量率測定

* 処理条件

機械力を 60~150 rpm とした以外は 2.4 と同じ

* 手順

- 1) インジゴデニムを 105°Cで恒量になるまで乾燥した。
- 2) 50°Cにした緩衝液、脱イオン水に酵素、スメクタイトを添加し、デニム生地を入れてターゴトメーターにて 60~150rpm で攪拌処理をした。
- 3) デニムを取り出して失活し、脱イオン水で3回すすいだ。
- 6) デニムを 105°Cで恒量になるまで乾燥し、処理前の秤量値との差から、減量率を求めた。

2.7 精製スメクタイト、酵素、インジゴ分散液の混合処理(スメクタイトの添加量の影響)

* 処理条件

2.4 と同じ

* 手順

- 1) pH 5に調整したインジゴ分散液を所定温にした後、所定量の酵素、スメクタイトを添加し、ターゴトメーターにて攪拌処理した。
- 2) 処理液を約 10 mL 採取し、遠心分離(2000 rpm, 10分)し、上澄みの吸光度を 665 nm で測定した。

3. 結果と考察

3.1 白布へのインジゴ汚染性とスメクタイトの添加量

Fig.1 に、インジゴ分散浴処理における綿白布の K/S スペクトルに及ぼす、スメクタイト添加量の影響を示した。Fig.2 は λ_{\max} : 660 nm での値をスメクタイト添加量に対してプロットした。

スメクタイトの添加量が増えてもスペクトルの形は変わらない(Fig.1)が、値は減少している(Fig.2)。この結果からスメクタイトの顕著なインジゴ汚染防止効果を確認することができた。

3.2 減量率と酵素活性

Fig.3 にスメクタイトの添加量と減量率の関係を示した。どの機械力においても減量率の低下が見られるが、スメクタイトを大量に添加しても減量は起こっている。即ち、スメクタイトを添加しても酵素の活性がなくなることはないようである。

3.3 精製スメクタイト、酵素、インジゴの相互作用

Fig.4 に、スメクタイトの添加量と処理浴の吸光度変化を、スメクタイトブランクの値($A_{665}0$)によって基準化して示した。酵素がない場合、インジゴ分散液にスメクタイトを添加することにより、吸光度は著しく低下する。一方、酵素が存在すると、この効果は抑制される。これはインジゴがスメクタイトより酵素のほうに結合するためではないかと考えた。しかし、スメクタイトを大量に添加すると、インジゴ・スメクタイトの結合が生じ、酵素処理浴中において白布へのインジゴ汚染を抑制できるのだと考えた。

Fig.5 に、スメクタイトを添加した場合のインジゴブランク浴の吸光度(A_{280})変化を、スメクタイトブランクの値を差し引いて示した。酵素溶液の場合、スメクタイトを添加すると一旦低下する。これは酵素がスメクタイトに吸着するためであり、さらにスメクタイトを添加すると、スメクタイトの吸収に由来して吸光度が上がるのではないかと考えた。

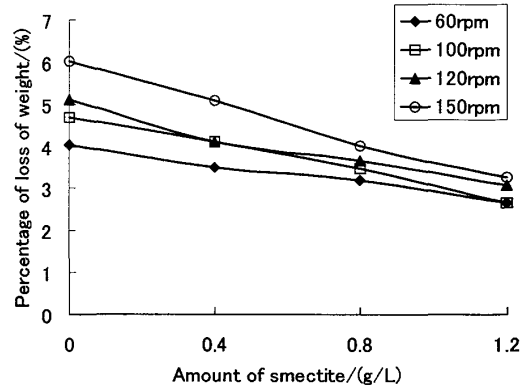


Fig.3 Relation between the weight loss of the denim fabric by the cellulase and the amount of smectite

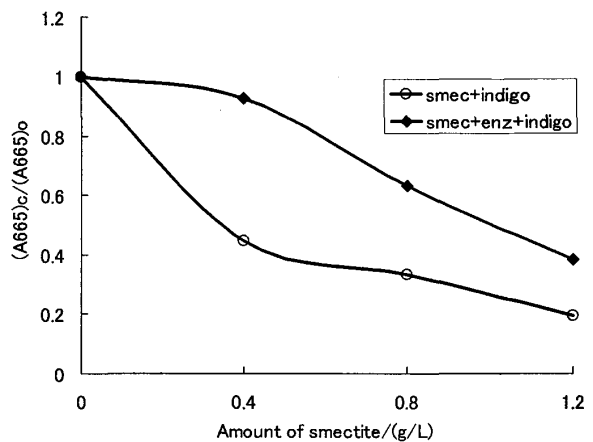


Fig.4 Relation between absorbance of indigo dispersion and the amount of smectite added to the bath

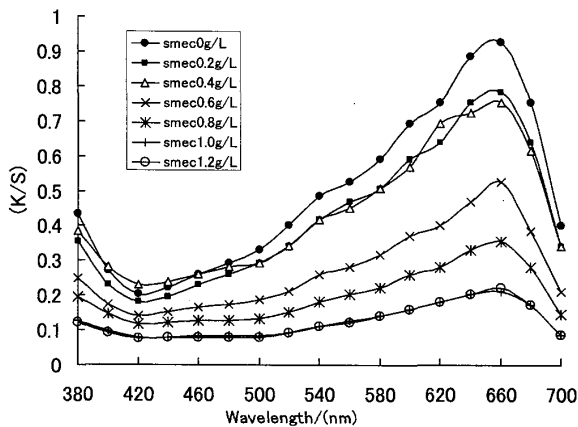


Fig.1 K/S spectra of indigo-stained white fabric treated with different smectite content

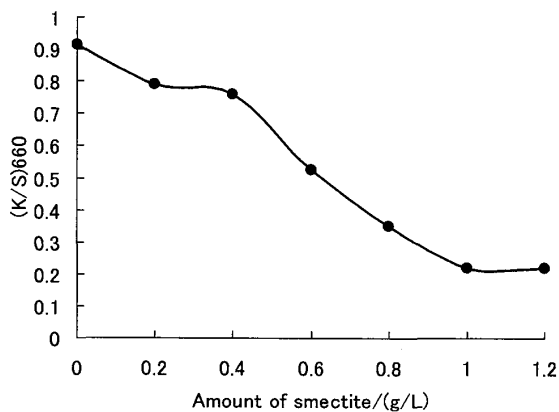


Fig.2 Relation between $(K/S)_{660}$ of white cotton cloth treated in cellulase and indigo dispersion and the amount of smectite added to the bath

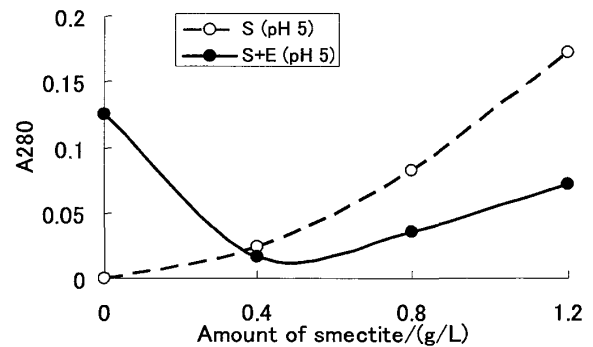


Fig.5 Relation between absorbance of enzyme solution and the amount of smectite added to the bath

4. まとめ

- ・精製スメクタイトには顕著なインジゴ汚染防止効果がある。
- ・精製スメクタイトの添加によって酵素活性の低下が生ずる。

[引用文献]

(1)都甲由紀子, お茶の水女子大学修士論文, 2000.3
 (2)王丹, お茶の水女子大学修士論文, 2003.3
 (3)奇昇美, お茶の水女子大学修士論文, 2005.3
 (指導教員:駒城素子)