

インジゴ染色布の酵素処理

Enzymatic treatment of Indigo dyed fabrics

奇 昇美・駒城 素子

Seungmi KI and Motoko KOMAKI

(お茶の水女子大学大学院 人間文化研究科 ライフサイエンス専攻)

1. 繊維加工と酵素

繊維分野への酵素の利用は、布を織るときに糸切れや毛羽立ちを防ぐために付けられた経糊の除去に α -アミラーゼを用いたことに始まる。その他にも、絹の精練用にプロテアーゼが用いられてきた。最近ではインジゴ染色したデニムに古着のような風合いを与えるために酵素が用いられている。インジゴ染料を物理的に脱落させるストーンウォッシュ加工では、石による糸切れや石や砂が残る問題点が指摘されたため酵素を利用したバイオウォッシュ加工法に変わったという背景がある。この加工法はストーンウォッシュ加工と同様の効果を得ながら上記の欠点を回避できる利点を持つ。しかし、酵素を用いると染色糸上のインジゴが白糸に移ることによって白糸が青く染まる傾向があり、それを防ぐ研究がされている。

2. インジゴ染料

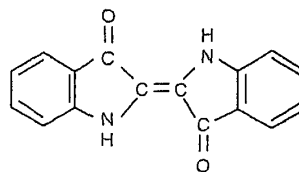
インジゴ及び関連構造の染料をいう。それ自身は水に溶けないがアルカリ性ヒドロサルファイト (hydrosulfite) で還元するとロイコ化合物となって水に溶け、セルロース繊維に親和性を示す。これにセルロース繊維を浸漬させて繰り返し空気酸化させることによって繊維上で元の不溶性染料として残る。

インジゴ (indigo dye) は“インドの石”を意味し、葉から製造する indican を主体とした色素を含む藍色の染料であり、最も古くから知られる天然藍の主成分である。単一の染料としては、全染料中最も使用量

が多く、主にジーンズ、剣道衣、浴衣、暖簾等に使用されている。2つのケト基 ($>C=O$) を含むインジゴの特徴は①還元性②染め足は遅いがそれによるむら染めはほとんどない③染着力が弱い酸化を繰り返す必要がある④20℃前後、pH11~12が最適⑤移染性が大きいなどがあげられる²⁾。

*Indigo

[C.I. Vat Blue 1, C.I. Pigment Blue 66]

C₁₆H₁₀N₂O₂ 分子量: 262.27

<Fig1> Structural formula of indigo

3. セルロース繊維

綿で代表されるセルロース繊維の主な成分はセルロースである。セルロースは元素分析の結果 C₆H₁₀O₅ に相当し、酸で加水分解すると、ほとんど定量的にグルコースを与える。セルロースの基本分子はグルコースであり、グルコース基が2個連結したセロビオースが繰り返し替え単位 (n) となり、重合度は300~4000である。繊維の内部構造は結晶領域と非結晶領域で成立しており、セルロース繊維に染色や樹脂加工などが起きるのは非結晶領域である。セルラーゼはこの非結晶領域を広げて染色や加工に役立つ。

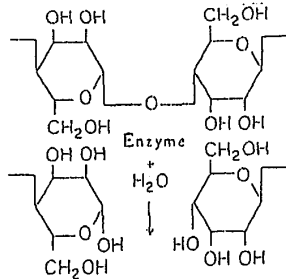
4. 酵素

酵素とは、生物の体内で起こる化学反応における非常に効率のよい触媒で、基質特異性を持つタンパク質であり、分子の形状

はほぼ球形、大きさは約 0.01 μm 、分子量は一から数十万に及ぶ。

4-1. セルラーゼ

セルラーゼは、セルロースの β -1,4 グルコシド結合を加水分解する酵素の総称である。



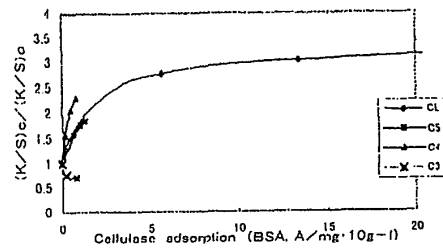
<Fig2> Cutting off β -1,4 glucoside combination by enzyme

セルラーゼは、エンドグルカナーゼ(EG)、エキソセロビオヒドロラーゼ(CBH)、 β -D-グルコシダーゼの 3 種類に分類されるが、そのそれぞれが酵素の反応に関与していると考えられている。ほとんどのセルラーゼは、実際に触媒反応を起こす領域 (コアドメイン) とともに、セルロースに結合する領域 (CBD ; cellulose binding domain) を持っており、この 2 つのドメインがリンカーと呼ばれる領域でつながっている構造をとっている。CBD は酵素反応率を高めるために重要なドメインであるが、これをもたないセルラーゼも存在する。また、遺伝子組替で触媒部位のみで構成されているセルラーゼを作ることもできる。

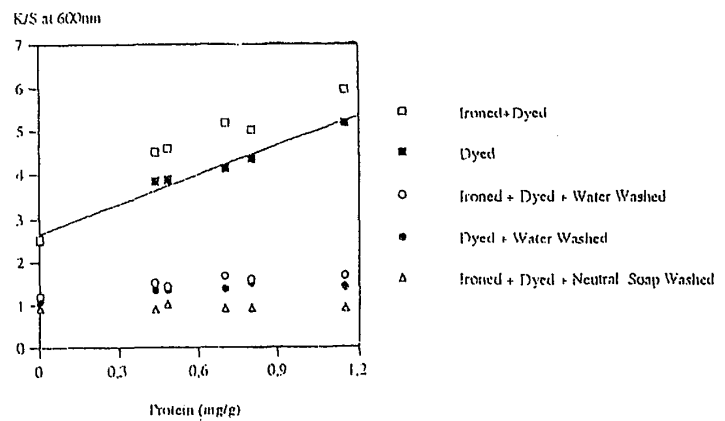
5. 本研究室におけるこれまでの研究

繊維上の酵素とインジゴ吸着量との間には比例関係からあること、酵素の種類によって汚染性が異なることがわかっている¹⁾。また CBD の有無により汚染の具合にも差があることが確認された¹⁾。CBD を持たない酵素は繊維に吸着しても、インジゴ汚染を促進せず、むしろ抑制することがわかった^{1) 3)}。CBD を持つ酵素では酸性より中性の方が高い染着力を示した³⁾。Cavaco-Paulo らの研究では染色前にアイロンをかけることによって染料の固着を可能にした

4)。アイロンをかけることによって酵素タンパク質が変成され、染着性が向上されたと考えられる。またタンパク質サイズが小さいほど固着性が高いことも報告された。



<Fig3> Indigo staining and cellulose adsorbed on cotton fabric



<Fig4> Staining levels of fabrics absorbed without previous ironing and before and after washing

<Table1> Protein size and protein amount absorbed on the fabrics

Proteins (<i>Cellononas fimi</i> —with CBDs of Family II)	MW (kDa)	Protein bound of (mg/g fabric)
CenA D392A---Inactive endoglucanase A	43.8	3.6
DBD392---Inactive endoglucanase A with an extra added CBD of Family II (inactive catalytic domain with 2 CBDs)	56.6	2.9
CBD CenA---Cellulose binding domain of endoglucanase A	11.3	4.5

[引用文献]

1)都甲由紀子 生活工学研究 1 (2)、98-101、(1999)
 2)向野仁美 お茶の水女子大学卒業論文 (2001)
 3)王 丹 お茶の水女子大学修士論文 (2002)
 4)Interactions of cotton with CBD peptides : ArturCavaco—Paulo,JoseMorgado,JuergenArdreus,DouglasKilbum, Enzyme and microbial technology 25、639-643、(1999) *