

次亜塩素酸ナトリウム水溶液によるインジゴの脱色に関する考察

岩 蒨 仁*†・松本侑子*・浦野博水*

*岡山県工業技術センター 岡山県岡山市北区芳賀5301 (〒701-1296)

† Corresponding Author, E-mail: hitoshi_iwabuki@pref.okayama.lg.jp

(2018年5月1日受付, 2018年6月15日受理)

要 旨

デニムのブリーチ加工にかかわる、次亜塩素酸ナトリウム (NaOCl) によるインジゴの脱色機構について、次亜塩素酸 (HOCl) の解離平衡に注目して考察した。インジゴ染色綿布およびインジゴ分散液の脱色、すなわち凝集したインジゴ粒子の脱色は、NaOCl水溶液のpHが低いほど大きくなった。一方、分子レベルで溶解したインジゴ誘導体 (インジゴカルミン) の水溶液の脱色は、pHが高いほど大きくなった。HOClの解離平衡より、凝集粒子の脱色は非解離型HOClの濃度に依存することが明らかとなった。解離型OCl⁻イオンは疎水性のインジゴ凝集体の内部に拡散できないので、固液界面でのみ作用する。それに対し、電気的に中性なHOClは凝集体の内部へ浸透し、拡散した内部においても作用できるので、効率的にインジゴを脱色できる。

キーワード：インジゴ, デニム, 脱色, 次亜塩素酸ナトリウム, 解離平衡

1. 緒 言

インジゴはジーンズを始めとするデニム製品に使用される染料である。一般にデニムはインジゴによって染色した経糸と未染色の緯糸を綾織りした厚地の織物であり、織物自体の風合いに加えて、洗濯による脱落や光による分解等によって染着したインジゴが徐々に退色することで生じる表情の変化が好まれ、着古し感によってビンテージ性が高くなる。このような中古感や色落ち感を人工的に再現し、商品に付加価値を付与するための工程がブリーチと呼ばれる洗い加工である。インジゴの脱色は酸化剤、還元剤のいずれでも可能であるが、現在、デニムのブリーチ加工においては酸化剤が使用されることが多く、とくに安価で取り扱いが比較的容易である次亜塩素酸ナトリウム (NaOCl) 水溶液の使用が多い。

NaOCl水溶液は漂白用途以外にも殺菌、洗浄、脱臭操作に汎用され、その主成分は、次亜塩素酸 (HOCl) と水酸化ナトリウム (NaOH) である。弱酸であるHOClの解離定数 (pK_a) は298 Kで約7.5であり¹⁾、pH7.5よりアルカリ性側では解離型の次亜塩素酸イオン (OCl⁻) の存在比が高くなり、酸性側では非解離型のHOClの存在比が高くなる。HOClおよびOCl⁻は遊離有効塩素 (Free Available Chlorine : FAC) と呼ばれ、分子内に酸化数が+1の塩素原子 (Cl⁺) を有することから、いずれも強力な酸化剤として作用するが、その作用機構は異なっている。

NaOCl水溶液による殺菌においては、殺菌能力はHOCl濃度に依存する²⁻⁵⁾。これは、細菌の細胞を保護する疎水性の形質膜をイオンであるOCl⁻は透過できないが、電気的に中性である非解離型のHOClは透過できるからとされる。また、ゴムパッキン材料の劣化においては、材料強度の低下は非解離型HOClによって著しくなる⁶⁾。プラスチック内部に収着した色

素の分解⁷⁾、香気成分の除去⁸⁾ においては、非解離型HOClが有効であり、解離型OCl⁻はほとんど効果がない。これらの現象も、疎水性の材料内部に非解離型HOClが拡散できることと材料内部における酸化作用によって説明される。

一方、NaOCl水溶液による洗浄効果については、解離型のOCl⁻濃度に依存する^{4,9,10)}。これは、汚れの酸化分解作用に加えて基材表面での吸着置換作用の効果が大きいためと考えられている。また、NaOCl水溶液による水中の色素の分解脱色についても、OCl⁻濃度に依存する¹¹⁾ ことが知られている。

以上のようなHOClの解離状態とNaOCl水溶液の作用に関する知見の蓄積によって、用途や目的に応じてpHを制御したNaOCl水溶液の使用法が提案されてきているが、現状でデニムのブリーチ加工においてはほとんど考慮されていない。そこで、本研究では、デニムのブリーチ加工におけるHOClの解離状態の影響を明らかにする目的で、pH制御したNaOCl水溶液によって綿に染着したインジゴの脱色試験を行った結果について報告する。

2. 実 験

2.1 インジゴ染色綿布の調製

染色布は、綿100%の白生地を用いた。インジゴ (Dystar製 Indigo Pure Gran) を被染物に対して5重量%、ハイドロサルファイトナトリウムを5 g/L、水酸化ナトリウムを3.5 g/L、硫酸ナトリウムを20 g/L、炭酸ナトリウムを10 g/Lに調製した水溶液に綿生地を入れ、40℃で20分間染色処理した。染色処理後、脱水し、還元状態のインジゴを空気中で酸化させた。さらに、ソービング剤 (㈱日新化学研究所製ニュースーパーCM-2) を添加 (1 g/L) した60℃の温水で5分間の水洗と脱水を2回行い、乾燥してインジゴ染色綿布を得た。インジゴ染色綿布を30 mm × 30 mmにカットし、脱色試験に供した。