

インジゴ染色機構を利用した銀担持綿布の作製

Preparation of Silver-loaded Cotton Cloth Based on Indigo Dyeing Mechanism

國藤勝士・前田進悟

Katsushi KUNITOU and Shingo MAEDA

キーワード インジゴ／銀担持／還元／綿／摩擦堅牢度

KEY WORDS Indigo / Silver loading / Reduction / Cotton / Rubbing fastness

1 はじめに

インジゴはジーンズや藍染め製品に使用される染料であり、このインジゴは銅や亜鉛等の金属と反応し、インジゴ金属錯体を形成することが知られている¹⁾。既報において、金属として銅に着目し、インジゴ銅錯体を綿布上で反応させ、銅を担持した綿布を作製した²⁾。金属を綿布に担持することにより、金属の有する抗菌性や消臭性等の機能性を保持した従来にないインジゴ染色製品が創出されることが期待される。

本研究では新たな金属素材として銀に注目し、インジゴとの反応を利用した綿布への銀担持について検討した。当初はインジゴと銀との錯体化による担持方法を検討したが、銀は銅と同様なインジゴ錯体を作製することが困難であった。このため、別手法として還元インジゴ(ロイコインジゴ)の還元力を利用し、綿布上で銀イオンを還元させ銀粒子として担持させる方法を適用した。

インジゴはそのままの状態では綿布に染着しないため、還元剤を使用して還元状態のインジゴ(ロイコインジゴ)を作製する必要がある。通常はロイコインジゴとして綿等の布に染着され、空気中の酸素に接触することで、元のインジゴに酸化されて固着する。ロイコインジゴが染着した綿布は還元剤を担持した綿布と同等と見なせる(図1)。

本試験では綿布へ銀を担持し、その担持状態について検討した結果について報告する。

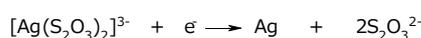
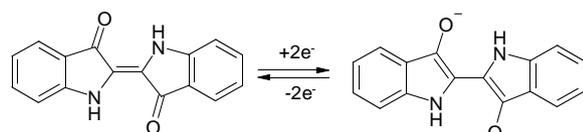


図1 インジゴおよび銀イオンの酸化還元機構

実験方法

2.1 試料

試料はダイスター社製の合成インジゴ(Dystar Indigo Gran)、また被染物は(財)日本規格協会より購入した綿添付白布を使用した。硝酸銀は和光純薬工業(株)製、水酸化ナトリウムはナカライテクス(株)製、チオ硫酸ナトリウムは関東化学(株)製のそれぞれ特級試薬を使用した。

2.2 銀の担持方法

文献記載³⁾の方法により約 1.9g/L の銀を含有するチオ硫酸銀イオン(硝酸銀/チオ硫酸/水酸化ナトリウム)溶液 100mL を作製し、その溶液中にロイコインジゴを染着させた綿布 1g を浸漬させた。約 1 分後に布を取り出し、水洗して試料とした。

2.3 銀担持綿布の評価

綿布に担持されたインジゴ染着量、銀担持量、摩擦堅牢度について、それぞれ下記操作により評価した。

- ①インジゴ染着量：試料 0.5g を切り出し、ジメチルホルムアミドにより綿布に染着したインジゴを抽出した。抽出液を紫外可視吸光度計((株)島津製作所製、UV-3600)を用いて、605nm の吸光度を測定することによりインジゴ染着量を定量した。
- ②銀担持量：試料 0.5g を乾式分解した後、誘導結合プラズマ発光分析装置((株)島津製作所製、ICPS-7500)により定量した。
- ③銀の状態：X 線回折装置((株)リガク製、RINT 2000/PC)により染色布を測定し、回折図から綿布に担持した銀の状態を評価した。
- ④摩擦堅牢度：JIS L 0849 に準じた試験を行い、乾燥および湿潤状態の白綿布に付着した銀量を②と同操作にて定量した。

3 結果と考察

ロイコインジゴが染着した綿布をチオ硫酸銀イオン溶液に浸漬したところ、ほぼ瞬間的に布の色が黄色から黒色へと変化した。黒色となった綿布を水洗しても、綿布から色成分はほとんど溶出しなかった。銀イオンはほぼ瞬間的にロイコインジゴと反応して、綿布内に水不溶性の状態として存在していることが示唆された。

作製された銀担持綿布を X 線回折により解析したところ、回折図から綿布の結晶構造を示すセルロース I と Ag^0 の結晶構造が観察された。このことから綿布中の銀は銀粒子として担持されていることが確認された(図2)。

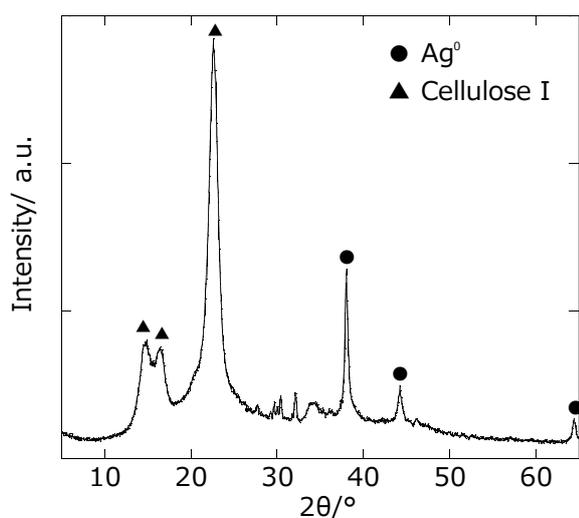


図2 本試験により作製された銀担持綿布の X 線回折図

担持された銀がロイコインジゴとの反応によって生じたものか確認するため、インジゴ染着量と銀担持量との関係について検討した(図3)。その結果、インジゴが染着してしない綿布では銀はほとんど担持されておらず、銀の担

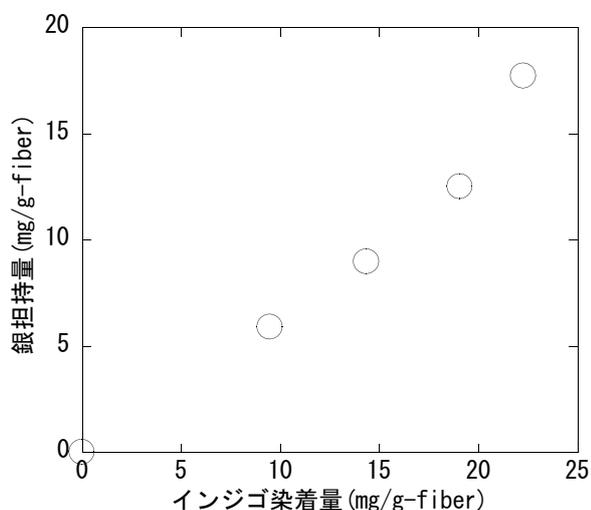


図3 インジゴ染着量と銀担持量との関係

持量は綿布に染着されたインジゴ量にほぼ比例して増加することがわかった。さらに担持された銀量はインジゴ 1mol に対して約 2mol に相当することが確認された。これらの結果から、本系で使用したチオ硫酸銀イオンは綿布に付着したアルカリや還元剤とはほとんど反応せず、ロイコインジゴの酸化反応に共役して銀粒子として担持されたことが確認された。

担持された銀の堅牢性を調べるため、摩擦堅牢度試験を適用して白綿布に移行した銀量を評価した。硝酸銀を使用した系を比較例として、それぞれ担持された銀量が 19mg/g-fiber とほぼ同一となるように調製した。

検討の結果、白綿布が乾燥状態、湿潤状態ともに白綿布への移行量は、硝酸銀と比較して 1/4 以下に減少することが確認された。硝酸銀はアルカリと反応して容易に酸化銀を生成することが知られている。硝酸銀を使用した場合、銀イオンの多くが綿布表面に付着したアルカリと反応し、綿布表面で多くの銀が担持された状態となったと推察される。このために硝酸銀を使用した系では摩擦により多くの銀が白綿布へ移行したものと考えられる。一方のチオ硫酸銀を使用した本系では綿布内部に染着したインジゴと反応して担持されたことにより、白綿布へ移行した銀量が減少したものと推察される。

表1 摩擦により白綿布に移行した銀量($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)

	チオ硫酸銀(本)	硝酸銀(比較例)
乾燥	2.3	12.5
湿潤	4.9	22.2

4 まとめ

インジゴとの反応を利用した綿布への銀担持について検討した。銀はロイコインジゴの還元力を利用することにより、銀粒子として綿布に担持され、その担持量はインジゴ量とほぼ比例することがわかった。また担持された銀の摩擦堅牢度は硝酸銀を使用して担持した系と比較して高いことがわかった。

今後は銀を担持した綿布の機能性(抗菌性、消臭性)について検討する。

参考文献

- 1) K. Kunz, *Ber.*, **55B**, 3688 (1922).
- 2) 國藤勝士、前田進悟、*岡山県工業技術センター報告*, **33**, 38 (2007).
- 3) 寺嶋久史、坂口嘉人、加藤弘、*染色工業*, **44**, 175 (1996).