

繊維に含まれる水の近赤外吸収スペクトル（2）

（東農工大農^a，東農工大院^b）○石井大介^a，吉村季織^b，高柳正夫^b

【序】我々は、繊維（布地）の近赤外吸収スペクトルを測定し、バンドの帰属や材質判定手順の開発を行なってきた¹⁻⁴。その結果、繊維の近赤外吸収スペクトルには材質によって特徴的なバンドが観測され、適切な手順を踏めば材質の判定が可能であることが分かった。また綿・ポリエステルなどの混紡についても、含まれる繊維の種類と含有率を、近赤外吸収スペクトルの測定結果から求めることができるようになってきた。

ところで、繊維の近赤外吸収スペクトルには、吸着されている水によるものと考えられるバンドが観測されている。そこで今回は、(1) 各種繊維の近赤外吸収スペクトルに観測されている水のバンドの帰属、(2) 繊維の種類や吸着量によって水のバンドの位置、バンド形、強度がどのように変化するかを検討、(3) 繊維に吸着されている水の定量法の開発、の三点を目的として研究を行なった。

【実験】測定は、AOTF型近赤外分光光度計（オプト技研株式会社，OptScan）により拡散反射測定法により行なった。綿，リネン，レーヨン，絹，ウール，ナイロン，ポリエステル，アクリルの8種について測定を行なった。これらの繊維を、強制循環式定温恒温器（いすゞ，DSR-111）を用いて110℃で1～4時間乾燥させ、乾燥前後のスペクトルを比較した。また、乾燥後の繊維が空気中の水分を吸収してゆく様子を、質量の変化（Chyo，JP-300Wで測定）および近赤外吸収スペクトルの測定により追跡した。

【結果と考察】図1に、綿，絹，アクリルの乾燥前，乾燥後およびそれらの差スペクトル（乾燥前－乾燥後）を示した。いずれの繊維についても、およそ1時間の乾燥で定常状態に達し、それ以上の時間乾燥を続けても大きな変化は観測されなかった。また、乾燥後十分な時間大気にさらすことによりスペクトルが完全にもとに戻ることから、乾燥以外の変質等が起きていないことが確かめられた。

差スペクトルに観測されているバンド（乾燥により強度減少するバンド）が、繊維に含まれる水によるものである。いずれの繊維についても、1.40～1.44 μm および 1.92～1.97 μm 付近に観測されているが、繊維の種類によってピーク波長や線幅が異なることが観測された。ポリエステルやアクリルでは、1.92 μm を極大とする比較的幅の狭いバンドが観測されている。一方、綿では1.94 μm，リネン，レーヨン，絹，ウールでは1.96 μm，ナイロンでは1.97 μm にポリエステルやアクリルに比べて幅広いバンドが観測されている。また、1.40～1.44 μm に観測されているバンドについても、繊維によって形状，位置，強度が変化するこ

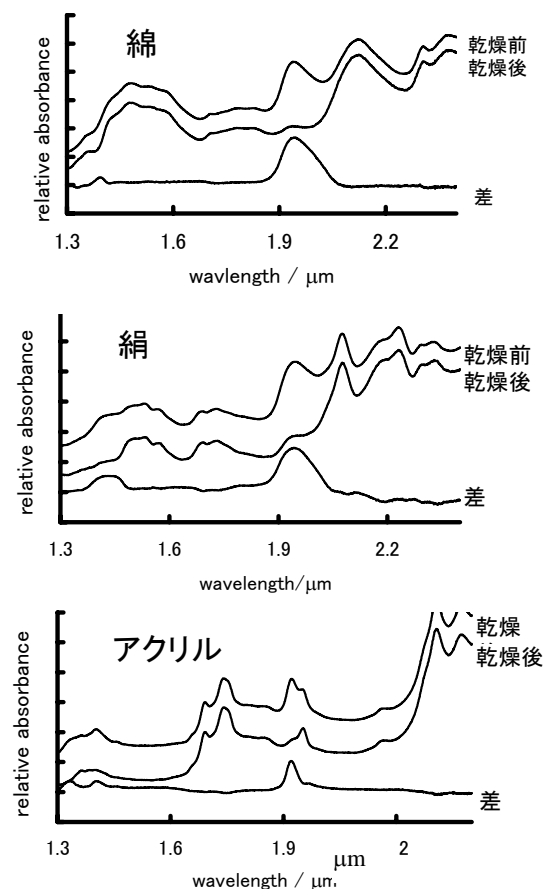


図1 乾燥前後の近赤外吸収スペクトルと差スペクトル

とが見出された。これらの観測結果から、繊維に含まれる水は繊維を構成する分子と相互作用をしていて、相互作用の違いによりそれぞれ異なったスペクトルを与えていると考えられる。アクリルやポリエステルのように水素結合ができる部分を持たない繊維は、含水率（乾燥により除去される水の量）も低く（1～2重量%）、短波長に線幅の狭いバンドを与える。セルロース系やポリアミドの繊維には水素結合能をもった OH や NH が存在し、水はこれらの部分と強く相互作用をしているものと考えられる。これらの繊維は含水率が大きく（6～14重量%）、乾燥後の吸湿性も強い。繊維との強い相互作用のために、吸収は幅広く長波長にシフトしているものと考えられる。含水率や吸収極大の位置から判断すると、繊維内では OH 基よりも NH 基のほうが水と強い相互作用をするように考えられる。この点については、モデル分子を用いた測定や量子化学計算により確認をしてゆく計画である。

図2に、乾燥させた繊維が吸湿してゆく過程を測定した近赤外吸収スペクトルを示す。近赤外吸収スペクトルの測定と同時に試料の質量も測定し、各スペクトル測定時の含水率も求めた。

いずれの繊維についても、乾燥および乾燥後吸湿させてゆく過程で、バンド形や吸収極大の波長に大きな変化は観測されなかった。このことから、通常含まれる水分の範囲内では、どの繊維も複数の異なった相互作用のしかたをする水を含むことがないとわかった。従って、含水率に対する水のバンドの強度をプロットすれば、繊維に含まれる水分を定量するための検量線を求めることができる。

図3は、セルロース系の繊維（綿、リネン、レーヨン）について、水のバンドの強度（約1.95 μm に観測されるバンドの面積強度）を含水率

に対してプロットした図である。乾燥により重量およびスペクトルの変化が観測されなくなった点を、含水率ゼロとしている。プロットはほぼ直線にのることが見出され、近赤外分光法が繊維の含水率測定に応用可能であることがわかった。

図3と同様のプロットを種々の繊維に対して行なうと、含水率に対する傾きが繊維に依存することが見出され、水との相互作用が繊維の種類により異なることがこのようなプロットからも確かめられた。

【参考文献】1) 新田, 吉村, 高柳: 分子構造総合討論会 2003 (京都) 4Pp063. 2) 高柳, 新田, 吉村, 第20回非破壊計測シンポジウム 2004 (つくば). 3) 石井, 吉村, 高柳, 日本分光学会春季講演会 2005 (東京) P27. 4) 新田, 吉村, 高柳: 分光研究, **53**, 249 (2004).

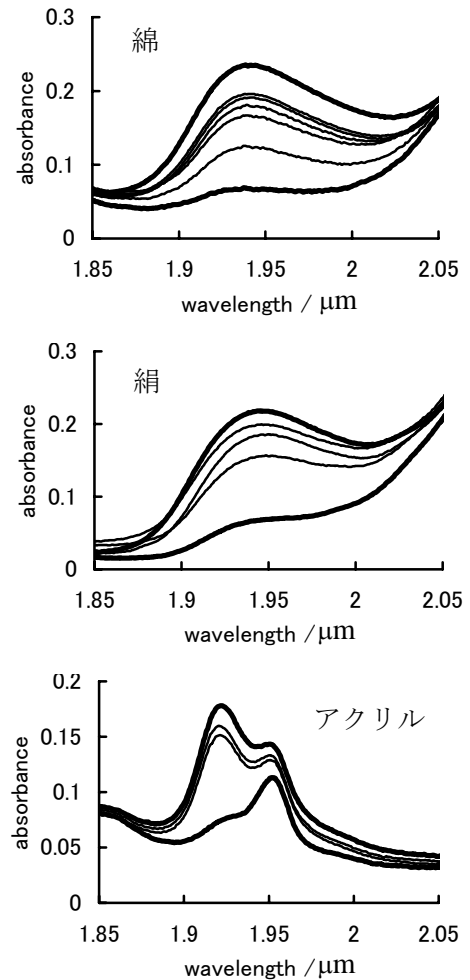


図2 含水率によるスペクトルの変化

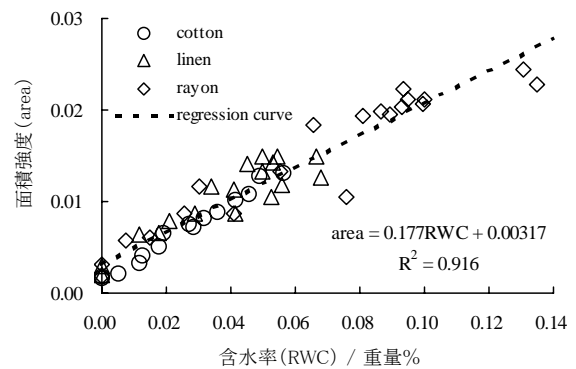


図3 含水率と水のバンドの面積強度の関係