Column 《文化財修理に用いられるフノリについて》

文化財修理に用いられる接着剤の一つにフノリという海藻由来の材料があります。フノリは布海苔や布糊とも書き、原料は紅藻類と呼ばれる赤い色の海藻であり、潮間帯に繁茂します。古くから食用や糊料に用いられ、平安期には既にその名の記録が残っています。主な用途は染織品の糊付けや洗い張りであり、これらは布に関連することからそれが名前の由来にもなったのではないかと考えられています。ただ、古くから用いられている材料であるため、それ以外にも用途は多岐に渡り、食料や、漆喰塗りの際に混ぜる糊料、陶磁器の絵付け、載金、また洗髪などにも用いられていました。これらの用途は整理すると、やわらかな接着剤、増粘剤、洗浄剤の３種類に分類されます。このことは、フノリが様々な機能性を持つことを示しており、それぞれの機能がどのような化学的性質に由来するのかはまだわからないことが多く、化学的に興味深い研究対象です。

乾燥フノリ

フノリと一般的に言われているものにはマフノリ、フクロフノリ、ハナフノリの３種類があります。いずれも紅藻類フノリ科フノリ属に属し、これらを採集した後に漂白して乾燥したものが市場に流通しています。この乾燥フノリには前述の３種類が混在しており、特に分別しないまま用いられています。糊料として用いる場合には、これに水を加えて煮溶かした上で濾過した抽出液を使います。

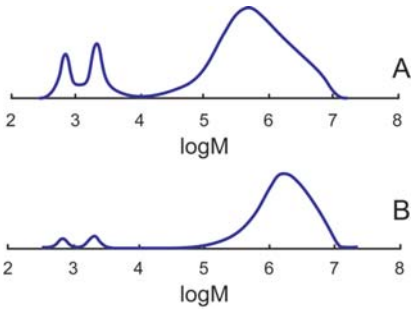
一枚の乾燥フノリから分別したマフノリ（左）、ハナフノリ（中）、フクロフノリ（右）

現在、日本の文化財修理でフノリを用いるのは、主に絵画修理での用途が多く、使用目的は大きく二つに分けられ、絵画表面の一時的な保護（表打ち）と、膠やデンプン糊といった他の接着剤に混ぜる増粘とが挙げられます。表打ちとは、修理の際に表面を一時的に保護する作業で、作業後に確実に剥離する必要があります。フノリは水への高い溶解性があるため、作業後に水で容易に剥離させることができることから、この用途に用いられています。水に溶けるものは私たちの身近に多いため、水に溶ける性質というものは当たり前と考えがちですが、接着剤に限ると水に再溶解するものはそれほど多くありません。そのため、フノリの水に対する高い溶解性は修理現場で高く評価されています。一方、増粘性は修理の作業において、作業効率や浸透性に大きく影響します。フノリは、小麦デンプン糊や膠溶液に少量でも添加すると大きく粘度が上昇し、しかもゲル化（凝固）しにくいという性質があるため、文化財修理のみならず伝統工芸の中では増粘用途で用いられることも多いようです。このように、絵画の修理に限っても複数の用途があるフノリですが、実は粘度や接着力などが調製のたびに異なるという一面があります。そのため、安定したフノリ抽出液を得るためにフノリに関する科学的な調査を進めています。

フノリを使った表打ち作業

フノリは場所により繁茂しやすい種類が異なるため、前述した3種類のフノリの混ざり具合は産地により異なります。また、海藻であるため、その生活環（ライフサイクル）を考えると採取した時期によって抽出される成分が異なると考えられます。さらに、漂白の方法、抽出の温度や加熱時間の長さにより、抽出される成分が異なるため、これら複合的な要因が重なり、フノリの抽出物の物性に影響を与えていると考えられます。現在、これらの要因を確認するため分析や調査を行っています。

まず、実際の修理作業現場において調節しやすい要素として抽出温度に着目し、その違いが抽出されたものの性質にどのように反映するかを確認しました。フノリを洗浄後そのまま室温で水に浸して濾過した試料と、従来通り加熱して炊いて濾過した試料とを調製し、これらの分子量や粘度、接着剥離強度を比較しました。その結果、重量平均分子量では前者は130万程度、後者は230万程度という結果が得られ、粘度についても11.5 mPa・s、121 mPa・sと大きく異なることが明らかになりました。これは、抽出時の温度により抽出成分が異なることを示しています。一方でほぼ同じ濃度で紙を接着した試料の剥離強度については、1.45 N/mm、0.90 N/mmと、むしろ加熱しないフノリの方が大きい値を示しました。このことから、加熱せずに抽出したフノリについては、その分子量や粘度の低さゆえに作業後除去しやすいという性質を活かした表打ちに向いていると考えられ、増粘剤としては粘度の高い加熱したフノリが適していると考えられます(i)。ただし、実際に表打ちの作業に使用してみると、室温で抽出したフノリについては、高い濃度で用いないと作業中に剥離しやすいという傾向も見られ、科学的に確認した性質を活かす場合には、作業を行う修理現場との情報交流が欠かせないことが再認識されました。



上段：室温で抽出したフノリ
下段：加熱して抽出したフノリ

また、フノリの種類による性質の違いについても明らかになりつつあります。マフノリのみを抽出した場合には、フクロフノリやハナフノリより粘度や分子量が高いことを確認しています。さらに、採取時期による成分の差異についても現在調査中です。

食用のフノリについては、「寒ふのり」と呼ばれる寒い時期に採取されたものがよいとされていますが、糊料のフノリはむしろ春以降に採取されたものが使用されているようです。これはフノリの生活環と大きく関係しており、食用には成長途中のもの、糊料に使うフノリは十分に成長したもの、という使い分けがあるのではないかと推定しています。糊料のフノリの主成分は細胞壁から抽出するため、抽出に適したフノリが採れる時期が選ばれていると考えられます。

フノリの主成分はガラクタンという多糖類に硫酸基が結合したもので、フノランと呼ばれています。このフノランにも複数の種類があることが明らかにされており(ii)、前述した抽出条件の差異による物性の違いは、おそらくこのフノランの種類の違いと思われます。現在、これらの点について明らかにするために、現地での調査や化学分析を行っており、得られた成果を修理現場での安定した材料使用に活かしていく予定です。

（保存修復科学センター・早川典子）

(i) 早川典子、荒木臣紀、貝沼諭、田畔徳一、川野辺渉：文化財修復材料としてのフノリ抽出物の特性、文化財保存修復学会誌 48 号、pp.16-32(2004)
(ii) Ryo Takano, Kaeko Hayashi, Saburo Hara, and Susumu Hirase: Funoran from the red seaweed, Gloiopeltis complanata: polysaccharides with sulphated agarose structure and their precursor structure, Carbohydrate Polymers, 27, pp.305-311 (1995)
Ryo Takano, Hiroko Iwane-Sakata, Kaeko Hayashi, Saburo Hara, and Susumu Hirase : Concurrence of agaroid and carrageenan chains in funoran from the red seaweed Gloiopeltis furcata Post. et Ruprecht (Cryptonemiales, Rhodophyta) , Carbohydrate Polymers 35, pp.81-87 (1998)