

## ラオス漆工材料「カモク」の製造

研究フェロー 大藪 泰  
身延山大学 柳本伊左雄

### 要 旨

ラオス漆工材料「カモク」について、ルアンパバーン国立王宮博物館仏像修復所での実験（2019年3月1日～3月7日）を基に、カモクの問題点を解決するための製造方法を検討した。その結果、①素性の分かったミャンマー産生漆を使用し、②一定の加熱スケジュールで熱重合漆を作成し、③この熱重合漆に従来よりも低濃度のキタオを混練して、④しっかりと乾燥し割れの発生確率が低いカモクを製造することが出来ると考えられた。今後は、修復所と同じように製造できるのかを実験・確認し、使用目的に合ったいくつかのカモク製造方法のマニュアル化を行う。そして、これらのマニュアル化された製造方法を現地の修復技術者の方々へきっちりと技術移転を行わなければならない。

### 1. はじめに

ナムキャン namkian (漆) に キタオ khithao (菩提樹の灰) 練り込みカモク khamouk とす。美しい響きのラオスの言葉だ。カモクは、ラオスの仏像の模様や寺院の装飾に用いられる、漆を用いたラオスの伝統技法である。その配合の違いにより粘度が異なり、仏像の欠落部等を埋めるパテとして、あるいは型に押し込み図1に示すような螺髪や装飾部材として用いる<sup>1)</sup>。寛容な材料である。同じ様な技法は沖縄の伝統技法の堆錦<sup>2)</sup>やミャンマーのタヨ<sup>3)</sup>としても存在する。これらの共通点としては①漆を加熱する(煮る)。②その加熱した漆に充填剤(顔料、植物灰、動物骨等)を練り込み、③通常の漆では不可能な厚みを持った薄板状や線や形に成形する。④これらの技法は暑い気候の地域に存在する。興味深い伝統的材料・技法である。

身延山大学・東洋文化研究所は、2001年9月にラオス



図1 カモクで制作した螺髪

情報文化観光省との間に世界文化遺産ルアンパバーン地区内の仏像修復に関わる調印を交わし、それ以降毎年世界遺産における仏像の修復を現地の修復技術者(ピエンチャン工芸大学の教師やルアンパバーン国立王宮博物館仏像修復所技術者)と共同で「ラオス世界遺産仏像プロジェクト」を実施している。その間、国際交流基金アジアセンター、アジア・文化創造協働助成等を受けながら20年以上継続している。「ラオス世界遺産仏像プロジェクト」の大切な任務のひとつとして、このカモクについての研究がある。使用目的に沿ったカモクの製造方法を明確にし、誰が製造しても一定の安定した物性を持ったカモクでなければならない。使用漆が不安定、製造方法における技術者の個人差が大きい、カモクの乾燥が遅い、成形物に用いるカモクは経過とともに割れの発生が認められる場合がある、等問題点は多い。

本プロジェクトは京都市産業技術研究所の文化財修復の活動を知り、当研究所にカモクの製造についての相談をされた。そこで我々は「ラオス世界遺産仏像プロジェクト」からの命令を受けて、2019年3月1日から3月7日において、ルアンパバーン国立王宮博物館内仏像修復所でピエンチャン工芸大学の教師やルアンパバーン国立王宮博物館仏像修復所技術者達とカモクについての議

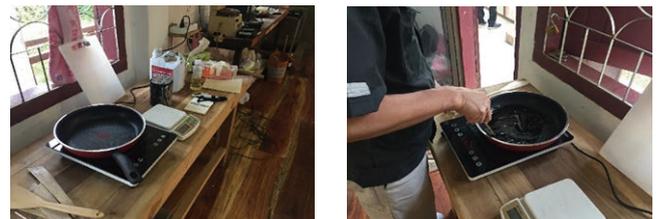


図2 国立王宮博物館内仏像修復所に作った実験台

論や実験を行った。修復所にはカモク製造実験ができるように実験台を設置し、ヒーター、耐熱容器（テフロン製フライパン）、定盤（ポリプロピレン製まな板）、放射温度計、電子天秤等を購入した。実験台の様子を図2に示す。このときの実験を基に、帰国後さらに継続してカモクの問題点を解決するための実験を行っている。

## 2. カモクの基本的な考え方

現在、ラオスでは漆の採取は行われていないので、カモクに使用する漆は輸入に頼っている。過去に採取されたラオスの漆は定かでないが、鈴鹿の報告<sup>4)</sup>によれば、ベトナム系漆やタイ・ミャンマー系漆のいずれも存在したことを報告している。

通常の漆の乾燥は常温高湿雰囲気で行われる。漆の乾燥は、漆に含まれる酵素ラッカーゼが触媒的な働きで脂質成分（ウルシオール、ラッコール、チチオール）を重合させる。このときラッカーゼが働くためには、高湿度雰囲気が必要とされる。しかし厚塗りをすると膜の内部は未乾燥のまま、表層のみが乾燥しシワが発生する。しかしカモクは厚塗りしても成形物にしても、長期間ではあるが、表層にシワが発生せず乾燥する。堆錦やタヨーにおいても同様である。ラッカーゼは40℃程度以上になると熱による失活が始まり、ついには活性を失い、漆は乾燥しなくなる。カモクは加熱した漆を使用する、つまりラッカーゼの失活温度以上で熱するにもかかわらず、時間はかかるが乾燥する。この事実は、ラッカーゼ以外の反応系が発生している証拠である。

漆は加熱することで徐々に脂質成分が熱重合し粘度を上昇させる<sup>5)</sup>。重合した漆は、その程度（重合度）にもよるが、脂質成分の側鎖の2重結合の存在により、空気中の酸素により酸化重合タイプの塗料となる。ポイル油等を代表する油性塗料と同じと考えることが出来る。カ

モクは、これに多量の充填剤としてのキタオを混練する。すなわち、カモクはラッカーゼの働きによらない酸化重合による非常にゆっくりとした硬化機構で、充填剤を多量に含有し、従って酸素も内部まで行き届き、厚塗りや成形物としての使用が可能となる。さらにこれらの反応は、高温なほど促進され、従って気候面で恵まれた地域の技法として、ラオスのカモクに限らず、沖縄の堆錦、ミャンマーのタヨーが生まれたものとする。

## 3. ラオス（ルアンパバーン国立王宮博物館仏像修復所）での試み

2019年3月1日から3月7日の滞在中、まず、現地の修復技術者の方々に漆の加熱方法やカモクの作り方、カモクの使用方法等を見せて頂いた。そしてカモクのイメージをしっかりと私の中に植え付けた。

### 3.1 使用材料

使用している漆を図3に、キタオを図4示す。漆はタイより輸入しているとのことであった。固形分を調べると（加熱前後の重量比）約85%であった。通常漆の揮発成分は水のみであるが、この漆は溶剤臭がした。帰国後、ラベル等からこの漆を調査した。その結果、ミャンマー・シャン州産の漆であり、輸入したタイの業者が小分けして溶剤で薄めて販売しているものと分かった。熱分解GC/MSで分析したところ、確かに主成分をチチオールとする漆であった。溶剤希釈は原材料の漆の粘度が高いためであると考えられるが、この漆が加熱されているのか否かは定かではなかった。また、仏像修復所にある同じラベルの缶の漆は、粘度等もこれとは大きく異なり、カモクに使用する原材料の漆が一定の性質でないことが分かった。一方キタオは安定した性質の材料として供給されているという。

### 3.2 漆の加熱

漆の加熱方法、つまり熱重合漆の製造法である。橘らの報告<sup>1)</sup>では、現地では鍋に漆を入れかき混ぜながら5分煮るとの記述があるが、仕込み量や加熱温度等具体的な方法は明確でない。そこで、修復所の修復技術者が製造する方法やその粘度の様子を観察し、ここからいくつかの製造条件を試してみた。その一例を下記に示す（表記温度は放射温度計測定による漆の表面温度）。

- ①ヒーターにフライパンを置き、15gの漆を入れ加熱を開始。



図3 カモク用漆



図4 カモク用キタオ

- ②しっかり攪拌しながらゆっくり加熱。70℃過ぎたぐらいで泡が発生。125℃10分。
- ③しっかり攪拌。130～150℃20分。
- ④しっかり攪拌。150～160℃30分。

ここで、「しっかり攪拌する」とは、漆の中に空気を吹き込み、乾燥性を向上させることを意味する。漆の温度が上がると粘度が低くなる（①～③）。150℃以上になると、粘度は低い状態のままであるが、注意してみると③の終了時の粘度がやや上昇している。常温に戻すと、漆の粘度はかなり高くなっている。以上のプロセスは、主成分であるチチオール熱重合が起こっていることを示している。しかし、常温放置（温度約20～35℃、湿度約25～75%RH）では、滞在中に乾燥はしなかった（5日たっても乾燥していない）。その様子を図5に示す。乾燥性を改善するにはさらに加熱時間長くし、温度を上げることが必要と考えられる。

### 3.3 キタオの混練

キタオを熱重合漆に混練する。つまりカモクの製造である。現地の修復者が製造する方法やその粘度の様子から、いくつかの製造条件を試してみた。その一例を下記に示す。

- ①熱重合漆を常温で、少しずつしっかり篋で混練しな



図5 熱重合漆

- ①130℃サンプリング ②140℃サンプリング ③150℃サンプリング（より高い温度で加熱した熱重合漆の粘度が高く、垂れが少ない様子が見える）



図6 試作したカモク①

- がらキタオを加え、成形用に適した粘度（固さ）に調製。キタオの濃度は71wt%程度となった。
- ②ヒーター（デジタル目盛100℃）上の熱重合漆に、少しずつしっかり篋で混練しながらキタオを加え、成形用に適した粘度（硬さ）に調製。キタオの濃度は75wt%程度となった（なお、仏像修復所では、熱重合漆の固形分を正確に測定することが出来ないため、キタオの濃度は正確な固形分比ではなく、目安として考える）。

カモク自身の粘度は①<②。キタオの濃度も①<②である。これらは滞在中（製造後5日間）では乾燥していないものの、表層はベトベト感がなく乾燥が進んでいることが分かった。そのときの上記カモク①の様子を図6に示す。

以上の試みから、これまでのカモクの問題点を解決するための基本的な考え方は、

- ①漆をしっかり加熱することで、熱重合漆自身の乾燥性を向上させる。結果的には、カモクの乾燥が向上する。
- ②漆をしっかり加熱することで、チチオールの重合度を上げ熱重合漆の粘度を高くする。結果的には、同じ粘度のカモクとした場合、混練するキタオの量が少ない。つまりカモク自身の割れ発生の確率が低くなる。

## 4. カモク製造実験

ラオス（ルアンパバーン国立王宮博物館仏像修復所）での試みを基に、当研究所でカモクの製造実験を行っている。ゴールは、これまでのカモクを改善し乾燥性や割れの防止を向上させた、①カモク用熱重合漆の製造方法の確立、②熱重合漆とキタオの混練方法の確立、③熱重合漆とキタオの用途別による配合比の決定、④カモク製造方法（①～③）のマニュアル化である。

### 4.1 カモク用漆について

3.1で述べたように、カモク用の漆はタイから輸入し

ており、履歴の分からない性質が一定しない漆を使用している。このため、製造したカモクについても一定の製造方法を定めることが出来ず、また性能も異なる。そこで、まず安定した原料漆の輸入を考えなければならない。鈴鹿<sup>4)</sup>は、過去に存在したラオスの漆は、ベトナム系漆やタイ・ミャンマー系漆のいずれもあったことを報告しているので、過去のカモクはいずれの漆が使用されていてもおかしくはない。また、ベトナム系漆とタイ・ミャンマー系漆は、組成や性質も異なる。現在のルアンパバーン国立王宮博物館仏像修復所ではタイ経由のミャンマー産漆を使用しているため、いわば使い慣れた漆を使用の方が作業上好都合と考えた。

そこで、素性のわかったミャンマー産漆を生漆のまま入手し、自らで加熱し、安定した品質のカモク用漆を製造することが必要となる。ミャンマー産生漆入手には、漆生産地のラオス国境隣接のミャンマー・シャン州から直接入手するか、パガン漆器産地の漆商から入手するか、の二通りの方法が考えられる。前者は陸路で輸入できる可能性もある。いずれにせよ、素性のわかったミャンマー産生漆を輸入するルートを作らなければならない。

4.2 カモク用漆の加熱について

これまでのカモクは、割れの発生が認められる場合があるという。これは、成形材料として利用するときの粘度にカモクを調製した場合、キタオの濃度が大きく、つまりバインダーとなる熱重合漆が少ないためと考えられる。これには、現状よりもさらに漆を加熱し、熱重合漆の重合度を上げ粘度を高くして、相対的にキタオの濃度

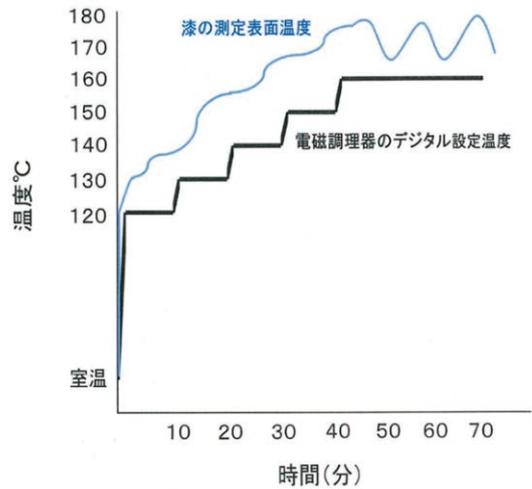


図7 熱重合漆製造の加熱スケジュール

を低下させる方法が考えられる。そこで、仏像修復所での試みを基に、加熱のスケジュールをいくつか試みている。実験は仏像修復所で再現が図れるように、電磁調理器上にフライパンを置き、15gの漆を入れ加熱をすることにより製造している。

加熱スケジュールの一例を図7に示す。使用漆は、先に述べたように、素性が明確であり、ラオスの修復技術者が使用しやすいと考えられるミャンマー産生漆を使用した。2018年9月にミャンマーのシャン州インレー湖のナンパンの市場で購入したものである。水分14.9%、乾燥時間は20°C80% RH 雰囲気中で約30時間（乾燥膜厚約30μm）。まず、電磁調理器のスタート温度をデジタル目盛120°Cに設定し、40分間かけて160°Cに設定温度を上げ、その後160°Cで30分加熱した。加熱中は常に箆で

表1 熱重合漆の乾燥性

加熱時間 (分)	加熱なし	10	20	30	40	50	60	70
乾燥時間	20°C 80% RH 約30時間	室内放置 約90日 未乾燥	室内放置 約90日	室内放置 約90日	室内放置 約70日	室内放置 約60日	室内放置 約40日	室内放置 約30日
乾燥膜の様子								

漆を攪拌している。このときの放射温度計測定による漆の表面温度は、デジタル目盛温度 $\sim +20^{\circ}\text{C}$ 程度であった。このようにして製造した熱重合漆について、10分ごとにサンプリングを行い、ポリプロピレン板に塗布した。乾燥時間等の様子を表1に示す。熱重合漆は、加熱により酵素が失活しその乾燥性は低下したが、加熱時間を長くするほどその乾燥性は向上し、トータル70分加熱した熱重合漆は常温において約30日(2019年9月13日 $\sim$ )で乾燥している。これは、ミャンマー漆の主成分であるチチオールが加熱されることにより重合度が増加し、自動酸化の酸化重合タイプの塗料に変わってきたものと考えられる。

一方、仕込み容器や漆の仕込み量で漆の加熱による液温が異なり、同じ加熱スケジュールで行ったとしても同じ熱重合漆が仕上がることは少ない。従って図7に示す基本的な加熱スケジュールを基に加熱し、終点判断をどのようにするかを考えなければならない。そこで、終点間際の熱重合漆を筥に取り水に一滴落とし、水面に拡がった漆の様子やそれを再び筥で水面から拾い上げたときの漆の様子、さらにはその漆を指で触ったときの粘り具合から終点を判断できると考える。図8は図7及び表1で示した熱重合漆の終点間際の漆を水に滴下した様子であり、図9はその漆を拾い上げたときの様子である。さらに図10はその漆を指で触ったときの様子である。感覚的な判断であるが、簡便な方法と考える。

### 4.3 カモクの配合とその製造方法について

カモクの配合、つまり熱重合漆とキタオの混合割合は、カモクの使用用途により異なる。凹み等を埋めるためのパテとして利用する場合に比較して、螺髪等の成形材の材料として利用する場合は、粘度を高くする必要があり、従ってキタオの混合割合は大きい。一方、長年による割れの発生確率を低くする必要があり、可能な限りキタオの混合割合は小さくしたい。つまり、加熱重合漆の重合をより進め粘度を高くして、キタオの混合割合を

小さくすることが望ましい。そこで図7で得た熱重合漆(固形分100wt%を確認している)を用い、これにキタオを混練してカモクの製造をいくつか試みている。例として、まずパテ用のカモクについては、この熱重合漆に常温で少しずつキタオを加え、筥でしっかり混練しながらパテに適した粘度まで加えた。このときのキタオの濃度は50wt%であった。一方、螺髪等の成形材として使用するカモクについてはキタオの混練が容易なように、熱重合漆をフライパンで再度加熱しながら粘度を下げ(電磁調理器上のデジタル目盛 $100^{\circ}\text{C}$ )、キタオを筥でしっかり混練し加えた。冷却後の粘度を見ながら、螺髪等に適した粘度までキタオを加えたときのキタオの濃度は、66wt%であった。カモクの配合について、Jillら<sup>6)</sup>は、パテ等に使用するカモクにおいてはキタオの濃度は70 $\sim$ 72wt%、螺髪用に使用するカモクにおいては72 $\sim$ 73wt%と報告している(なお、熱重合漆の固形分が不明のため、キタオの濃度は正確な固形分比ではなく、目安として考える)。また、先に述べた我々が試みた仏像修復所でのキタオの濃度は、常温混合で71wt%程度であり、Jillらの報告と一致している。例として示した熱重合漆は、電磁調理器のスタート温度を $120^{\circ}\text{C}$ に設定し、40分間かけて $160^{\circ}\text{C}$ に設定温度を上げ、その後 $160^{\circ}\text{C}$ で30分加熱したものである。この漆は、現地で通常使用する熱重合漆に比べ重合が進み粘度が高いと考えられ、Jillらの報告や我々が仏像修復所で試みたカモクに比べ、キタオの濃度が低くなっている。つまり、経時による割れの発生確率がより低いと考えられる。また、キタオの濃度66wt%のカモクの乾燥性を確認するため、シリコン型(凹形状 $10\text{mm} \times 7\text{mm} \times 5\text{mm}$ )にこのカモクを押し込んで立体物を製造し、離型後これを常温に放置した(2019年9月)。その結果、数日で表層はベトベト感が無くなり、約2 $\sim$ 3週間ですっかり乾燥していたが、指で強く押すとまだ内部はやや柔らかい状態であった。約5 $\sim$ 6週間後は、内部もほとんど固まった様子であった。このときの様子を図11に示す。一方、キタオの濃度50wt%のカモクでは、約1mmの厚みにおいて、これより1 $\sim$ 2週間ほど早い乾燥性が認められた。

以上の様に、しっかりと乾燥しキタオの濃度が低いカモクを製造することが出来ることを確認できた。さらに、堆錦技法を参考にして、カモクをハンマー等で叩くことによる効果やロール等で板状のカモクを作成し、これを吊り下げて、より表面を空気に触れさせた後再び練ることの効果を検証することも必要であると考えられる。つ



図8 水面に滴下したときの様子  
 図9 筥で拾い上げた様子  
 図10 指で触った様子



図11 試作したカモク



図12 板状のカモクを干している様子

## 謝 辞

ミャンマーの漆事情をご教示頂き、また素性の分かった新しいミャンマー産生漆を提供して頂きました、宇都宮大学松島さくら子教授に感謝申し上げます。

また、ルアンパバーン国立王宮博物館仏像修復所において一緒に討論・実験をさせていただきましたピエンチャン国立工芸大学 Sithong Sibouxay 講師，ルアンパバーン国立工芸学校 Phimpha Phangsavad 講師，ルアンパバーン国立王宮博物館 Vilaivanh Phomsamai 修復技術師，身延山大学 Jill Emma Strothman 講師をはじめ，参加されたピエンチャン国立工芸大学，ルアンパバーン国立工芸学校，ルアンパバーン国立王宮博物館，身延山大学の皆様に心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 橘洋一，秋山沙也香：身延山大学東洋文化研究所所報，17，53 (2013)
- 2) 糸数正次：“平成21年度沖縄県工芸指導所試験研究報告書”，p1 (2009)
- 3) Sakurako Matushima：“Report-Asian Lacquer Craft Exchange Program in Cambodia” p14 (2018)
- 4) 鈴鹿清之介：工芸研究，1，29 (1961)
- 5) 松井悦三：工化，31，1067 (1928)
- 6) Jill Emma Strothman, Minoru Suzuki, Viraivan Phonsamai: Journal of International Institute for Nichiren Buddhism, 2,1 (2018)

まり、カモクの「叩く ⇄ 干す ⇄ 練る」を繰り返す、重合の促進と乾燥性の向上を確認したい。カモクを板状に延ばし干している状態の様子を図12に示す。

## 5. 今後の取り組み

現地仏像修復所での試みと帰国後のいくつかの実験により、①素性の分かったミャンマー産生漆を使用し、②一定の加熱スケジュールで熱重合漆を作成し、③この熱重合漆に従来よりも低濃度のキタオを混練して、④しっかりと乾燥し割れの発生確率が低いカモクを製造することが出来ると考えられた。

今後は、素性の分かったミャンマー産生漆を入手するために、ミャンマーの漆事情について、その内情に良く通じている方からのご助言を伺いながら、実際の漆生産者や販売者と接触して、どのようにして直接漆を買い付けることが出来るか、また、その輸入及び輸送手段等を詳しく検討する必要がある。さらに、これまでのカモク製造実験を基に、修復所で同じように製造できるのかを実験・確認し、使用目的に合ったいくつかのカモク製造方法のマニュアル化を行う。そして、これらのマニュアル化された製造方法を現地の修復技術者の方々へきっちりと技術移転を行わなければならない。