
東北芸術工科大学 紀要

BULLETIN OF TOHOKU UNIVERSITY OF ART AND DESIGN

第29号 2022年3月

内モンゴル自治区における皮革製民俗文化財の硬化に関する基礎研究

Basic Research on Hardening of Leather Folk Cultural Heritage in the Inner Mongolia
Autonomous Region

奇力木格 | Qilimuge

内モンゴル自治区における皮革製民俗文化財の硬化に関する基礎研究

Basic Research on Hardening of Leather Folk Cultural Heritage in the Inner Mongolia Autonomous Region

奇力木格 | Qilimuge

A survey of the preservation of leather cultural properties at the Inner Mongolia Museum in Hohhot, China revealed that leather folk cultural properties are often deteriorated by hardening, tearing, and insect damage. In this paper, we took up the temperature among these deterioration factors and investigated the effect on the deterioration of leather cultural properties. As experimental conditions, they were placed in a high temperature dryer at 120 °C and accelerated and deteriorated for 5, 10, 20, 40, 80 days.

From the measurement results of tensile strength and elongation, it was confirmed that the values decreased sharply with the passage of time, and that the deterioration resistance differed depending on the leather tanning technique. From the FT-IR analysis of each sample, it was found that the change in collagen structure differs depending on the number of days of deterioration and the extent of leather.

From these results, under the condition of accelerated deterioration at 120 °C, the leather sample undergoes a hardening phenomenon when deteriorated for 5 days, sufficiently hardens when deteriorated for 20 days, and the collagen structure is destroyed after 20 days.

Keywords:

皮革、民俗文化財、硬化

leather, folk cultural heritage, hardening

1. はじめに

民俗文化財とは人々が、昔から今まで伝えてきた生活や生業に関わるものである。その中でも、皮革製民俗文化財とは、動物の皮膚を原料として作られた衣服や馬具のことである。皮革は有機物であるため、民俗文化財に用いられているほかの材質と同様に、製造技法、保存環境などの影響を受け、様々な劣化が生じる。皮革の構成成分は、複雑、多様なものであるため、皮革製民俗文化財の研究は少ない。先行研究¹では、出土皮革製品が中心に研究されている。ただし、古いものであっても土に埋没ことされることなく保存されてきた皮革製民俗文化財もある。このような貴重な皮革製民俗文化財を保存していくためには、皮革の劣化メカニズム、保存修復方法及び修復材料の応用などに対して科学的な研究をする必要がある。

著者の出身地である内モンゴル自治区は、遊牧民族の生存と発展において、狩猟、牧畜は主要な生活手段であり、皮製品の利用と製造が多い。そのため、当地に遺っている皮革製民俗文化財も多い。これらは、伝統的な鞣し技法で手作業で作られ、内モンゴル地区の各少数民族の生活、民俗習慣などを研究する重要な資料であり、大きな研究価値がある。しかし、皮革は保存環境などの影響を受け、様々な劣化している。特に、硬化による変形などの病害現象は、当地の皮革製品の保存において大きな問題になっている。したがって、皮革の種類の違いから、異なる制作技術や保存環境などの要素による皮革硬化劣化現象を検討する必要がある。本研究では、保存環境の主要な役割を果たす温度の影響について考察した。文化財として保管されている貴重な資料を実験材料として用いること

は困難であったため、ここでは現代革を用いて高温促進劣化試験を行った。また、皮革の引張強度、伸び率、変色、コラーゲン構造の変化から、硬化劣化挙動を検討した。

2. 皮革製民俗文化財とは

民俗文化財とは、国民の衣食住、生業、信仰などに関する風俗慣習、民俗芸能およびこれらに使用される衣装、道具、住居などを有形・無形の伝承で示すものである。有形民俗文化財には、木材や金属、竹、皮革などの材質が単独、あるいは複合した状態で用いられている。また、中国では、少数民族が多いため、民俗文化財は少数民族が用いた衣服、器具などを示すものが多い。

皮革製民俗文化財とは、牛、豚、羊、鹿などの動物皮で作れたものである。その主要成分はタンパク質であるため、光、温度、湿度、微生物等の影響を受け、水分と脂質等の物質は次第に消失し、コラーゲン繊維も分解され、劣化が進行する。

著者の出身地である内モンゴル自治区は遊牧文化の歴史が長いため、皮革製民俗文化財が多い。それは、当地の少数民族の文化の研究に重要な役割を果たしている。そこで、当地の皮革製民俗文化財の保存手法を検討するため、皮革製民俗文化財の保存現状調査を行った。

3. 内モンゴル自治区の皮革製民俗文化財の劣化現象

フフホト市に位置する内モンゴル博物院の皮革製文化財の保存現状を調査した。内モンゴル博物院は内モンゴル自治区で最も多くの文化財を収蔵、展示している。担当の学芸員から聞き取り、調査によると、この博物院では、約15万点の文化財を所蔵している。そのうち、民俗文化財は約6000点であり、皮革製民俗文化財は比較的多い。収蔵している皮革製文化財の種類は、主に牛、羊、馬、鹿、熊の皮を用いた民具などである。出土製皮革文化財が少なく、大部分の皮革製民俗文化財は使用後保管されてきたものである。これらの皮革製民俗文化財の材質、製造技法などの違い、または収蔵前後の文化財が置かれている環境条件の違いにより、皮革製民俗文化財には様々な劣化が見られ

る。現地調査を行ったところ、特に硬化(図1)、断裂(図2)、虫害(図3)などの劣化が多いことが分かった。



図1:硬化



図2:断裂



図3:虫害



図4:脱毛



図5:硬化



図6:変色

この内モンゴル自治区には、鄂倫春族(オロチョン族)、ダウール族、エヴェンキ等の少数民族が集中している。フルンボイル市のフルンボイル民族博物館、エウエンキ博物館、オロチョン民族博物館の皮革製民俗文化財の劣化現状を調査したところ、フルンボイル民族博物館には、皮革製民俗

文化財が約4000点あり、エウエンキ博物館には、皮革製民俗文化財が約450点、オロチョン民族博物館には、皮革製民俗文化財が約8000点あることが分かった。この三つの博物館の所蔵文化財に用いられている皮の種類は、牛、羊、鹿革が多い。劣化現象としては、脱毛(図4)、硬化(図5)、変色(図6)などの劣化が多いことが分かった。この3つの博物館にも、伝承された皮革製民俗文化財が多く、出土皮革文化財はほとんどない。

4. 皮革硬化について

皮革硬化とは皮革の置かれている環境によって、内部の油脂、鞣剤と水分が絶えず消失し、皮革が乾燥して硬くなり、収縮する現象である。

皮革の硬化劣化要因として、温湿度、光照射、微生物の三つが挙げられる。

(1) 温湿度

温湿度が高くなると、皮革は変色、硬化、変形し、亀裂等が生じる。Axelsson KMら²は、高温の環境条件で、羊皮紙の劣化特性を観察し、その結果、熱酸化の影響で、羊皮紙の色は黒や黄、赤に変色し、革の繊維、アミノ酸の含有量や構造も変化した。このことから、温度の変化によって、羊皮紙の色、繊維形状、構成成分は大きな影響を受けると述べている。

湿度が皮革に与える影響は、主に二つの側面で現れる。一つは皮革の変形である。皮革は水分を吸収すると膨張し、水分を失うと収縮する。水分量が多いと、カビや虫害が生じやすい。

(2) 光照射

光照射によって、皮革は変色や粉状化する。また、アミノ酸の含有量が低下し、コラーゲンの構造にも影響をあたえる。

(3) 微生物

主要な成分がタンパク質である皮革は、微生物にとって理想的な栄養物である。環境によっては、細菌やカビが繁殖しやすい。微生物が皮革に損害を与えるだけでなく、それらによる分泌物もタンパク質を分解する可能性がある。したがって、微生物は皮革の表面に斑点を引き起こし、物理的特性を低下させる。

5. 実験概要

文化財として保管されている貴重な資料を実験材料として用いることが困難であったため、本研究では現代皮革製品を実験対象とし、高温劣化実験を行った。実験では、劣化過程における、引張強度、伸び率、色差、コラーゲン構造の変化を測定し、硬化劣化現象を調べた。

(1) 実験試料

ここでは市販されている牛と羊の皮革を実験試料として使用した。牛革は栃木レザー、タンロー革を使用した。栃木レザー(図7)は、栃木県のタンナー(なめし革業者)である栃木レザー株式会社が製造している革で、植物タンニンなめし技法で作られた牛革である。タンロー革(図8)は、植物タンニンをなめし剤とし、脱色・脱脂処理した、染色し易いヌメ革である。栃木レザーとタンロー革の違いは、栃木レザーは植物タンニン剤で十分鞣した革であり、タンロー革は薄く鞣した革である。

羊革に関しては、スムースレザー、スエードレザーを使用した。スムースレザー(図9)は、クロム塩でなめした後、植物タンニン剤でなめして作った革である。スエードレザー(図10)は、クロム塩で薄くなめした革であり、内側を回転砥やサンドペーパーなどで磨いて起毛(けば立て)した革である。



図7: 栃木レザー



図8: タンロー革



図9: スムースレザー



図10: スエードレザー

(2) 実験方法

それぞれの皮革サンプルを15cm×15cmの正方形に5枚ずつ切りとり、合計20枚の実験片を作製した。それぞれの実験片を120℃の高温乾燥機に入れ、5、10、20、40、80日間劣化させた。

劣化したサンプルに対して、日本皮革研究所にて、引張強さ、伸び率を測定した。測定方法はJISK6557-2革試験方法に基づいた。

また、東北芸術工科大学文化財保存修復研究センターにて、ハンディ型分光色差計(日本電色工業株式会社)で

各サンプルの色差を測定した。さらに、デジタルマイクロスコープで、各皮革サンプルの表面変化を観察した。各写真は160倍で撮影した。

次に、山形県工業技術センターにて、高速顕微FTIR画像分析システム(株式会社パーキンエルマージャパン)を用いて、各皮革サンプルのコラーゲン構造の変化を分析した。測定条件は、分解能 4cm^{-1} 、4回スキャン、測定範囲は $4000\sim 650\text{cm}^{-1}$ に設定した。

6. 実験サンプルの分析結果と考察

(1) 引張強度

各皮革サンプルの引張強度は劣化時間が経過するとともに低下した(図11)。また、10日間程度で、各皮革サンプルの引張強度が急速に低下した。栃木レザーの40、80日間劣化させたサンプルは軽く触ると割れるほど脆弱となり、引張強度を測定することができなかった。スムーズレザーの80日間劣化させたサンプルも、軽く触ると割れるほど脆弱となり引張強度を測定することができなかった。

これにたいして、薄く植物タンニンで鞣したタンロー革、薄くクロム塩で鞣したスエードレザーは、80日間劣化させた後も形状を保ち引張強度試験を行うことができた。この栃木レザーは植物タンニンで十分鞣した革であり、スムーズレザーは、クロム塩で鞣した後、植物タンニンでもう一度鞣した革である。これらの結果から、引張強度は皮革試料の鞣し方の違いの影響も受けると考えられる。

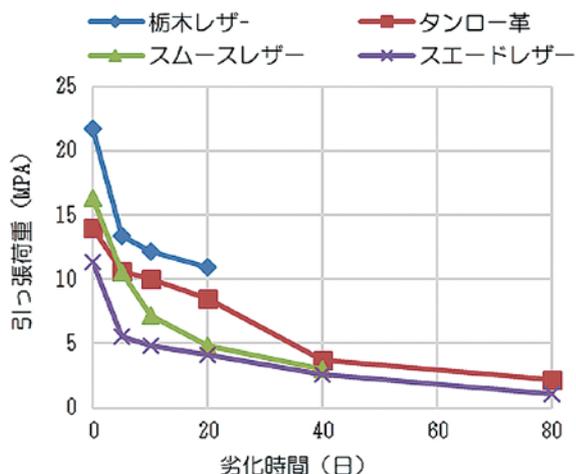


図11 皮革サンプルの引張強度変化

(2) 伸び率

スエードレザーとタンロー革は劣化時間10日間以内の伸び率測定では、一部伸び率が上昇した(図12)。これは、測定誤差と考えられるが、原因は検討中である。他の二種類のサンプル革は、日数が経過するとともに、伸び率が低下した。また、栃木レザーとスムーズレザーは引張強度試験と同様の理由で途中段階で測定ができなくなった。各皮革の伸び率も、引張強度と同様に、鞣し方の違いの影響を受けると考えられる。

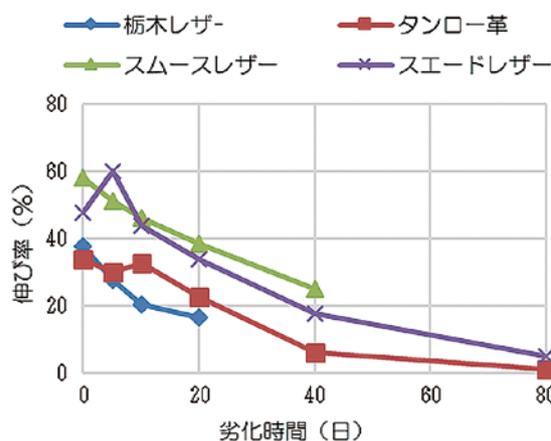


図12 皮革サンプルの伸び率変化

(3) 色差

各皮革サンプルの変色を確認するため、分光色差計で色差を測定した。 ΔL^* が正の値の場合は、色が薄くなることを示し、負の値の場合は色が暗くなることを示す。 Δa^* が正の値の場合、色は赤色に近づくことを示し、負の値の場合だと、色が緑色に近づくことを示す。 Δb^* が正の値の場合、色が黄色に近づくことを示し、負の値の場合、青色に近づくことを示す。

ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* の色差は ΔE^* で示す。 ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* を測定して、 ΔE^* を下記の式で計算することができる。

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

ΔE^* の数値が大きくなると、色差が大きく変化したことを示す。

1) 栃木レザーの色差変化

栃木レザーの色差変化(表1)を見ると、劣化日数が増えるとともに、 ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* 、 ΔE^* の数値変化が大きい。特に、40日間劣化させたサンプルの ΔL^* 値の変化が著しく、表面の色は暗くなったことをわかる。それ以降は、色差はほぼ安定した。

2)タンロー革の色差変化

劣化日数の増加によって、タンロー革の ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* 、 ΔE^* の数値に変化があり(表2)、特に40日間劣化させたサンプルの ΔL^* の数値変化が大きく、色が非常に暗くなり、黄色味が増したことがわかる。

3)スムーズレザーの色差変化

スムーズレザーの ΔL^* 、 Δb^* 、 ΔE^* の数値変化(表3)は、特に20日間劣化させた際の Δb^* と ΔE^* の数値変化の大きさが顕著である。このことから、黄色味が増したことがわかる。また、40日間劣化させた際には、 ΔL^* 値が大きく変化し、色が暗くなったことがわかる。

表1:栃木レザーの色差変化

劣化日	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
5日	-24.43	10.94	-1.14	26.79
10日	-29.37	9.78	-1.42	30.99
20日	-30.57	8.97	-1.50	32.86
40日	-40.71	5.89	-3.75	40.71
80日	-41.35	1.84	-5.87	40.81

表2:タンロー革の色差変化

劣化日	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
5日	-24.41	13.51	4.09	26.49
10日	-26.88	12.68	6.20	30.36
20日	-30.20	13.01	7.76	33.78
40日	-39.43	10.44	10.32	42.07
80日	-41.70	7.26	10.22	43.55

表3:スムーズレザーの色差変化

劣化日	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
5日	0.47	-1.67	5.64	5.90
10日	0.60	-2.10	6.27	6.64
20日	-0.83	-1.98	12.86	13.03
40日	-5.39	-0.10	16.81	17.66
80日	-10.62	1.18	20.28	22.92

4)スエードレザーの色差変化

スエードレザーの色差変化(表4)から見ると、 Δb^* 、 ΔE^* の数値変化が著しく、20日間劣化させた際に、革の色が黄色味を増していることがわかる。

表4:スエードレザーの色差変化

劣化日	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE^*
5日	0.68	-0.77	3.89	4.02
10日	2.67	-1.42	3.25	4.44
20日	1.79	-1.42	7.55	7.88
40日	2.45	-0.73	12.01	12.28
80日	0.08	-0.38	18.99	18.99

(4)皮革の表面変化

各皮革サンプルの毛穴の収縮、ひび割れ、しわ等の変化を確認するため、デジタルマイクロスコープを用いて、表面変化を観察した。

栃木レザー(図13)の劣化時間における表面変化を見ると、5、10、20日間劣化させた皮革サンプルの毛穴が徐々に収縮していることがわかる。40、80日間劣化させた皮革サンプルの表面には、ひび割れ、しわが発生した。タンロー革(図14)は、劣化時間が長くなるに伴い、毛穴が徐々に収縮し、40、80日間劣化させた後は、しわが多くなった。

スムーズレザー(図15)は、10日間劣化させた後、ひび割れやしわが出た。スエードレザー(図16)は、5日間劣化させた後、ひび割れやしわが出て、毛穴が大きくなった。

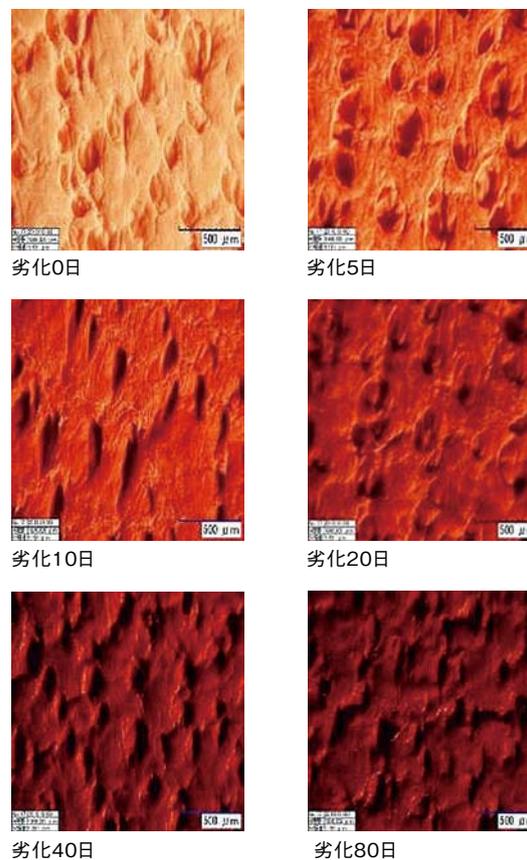
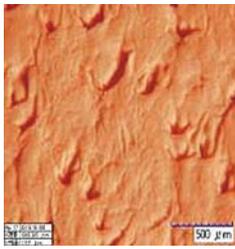
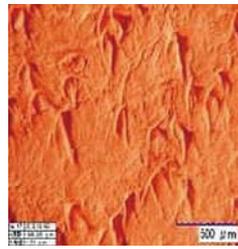


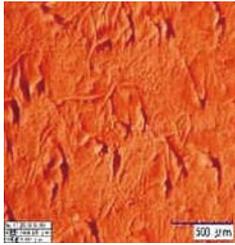
図13 栃木レザーの表面観察結果



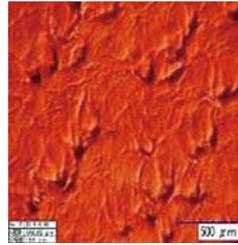
劣化0日



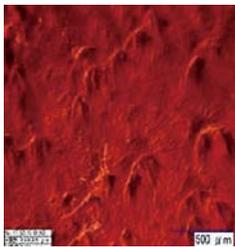
劣化5日



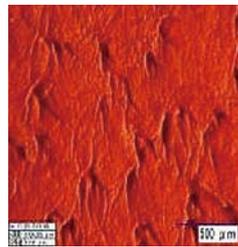
劣化10日



劣化20日

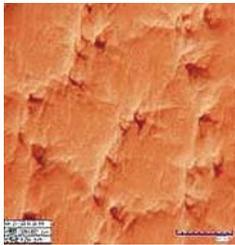


劣化40日

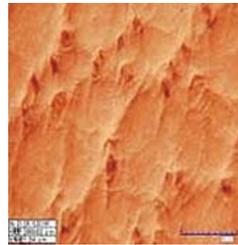


劣化80日

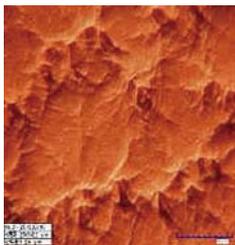
図14 タンロー革の表面観察結果



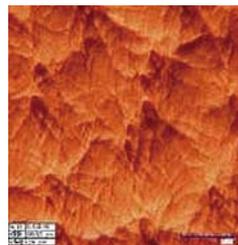
劣化0日



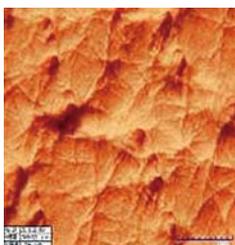
劣化5日



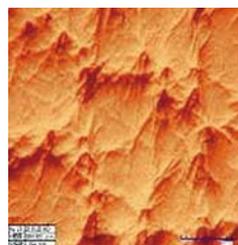
劣化10日



劣化20日

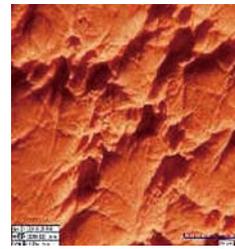


劣化40日

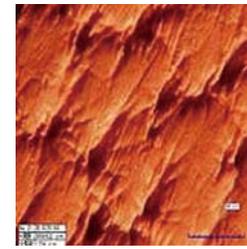


劣化80日

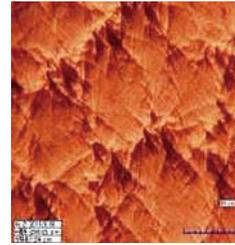
図15 スムースレザーの表面観察結果



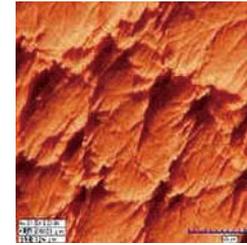
劣化0日



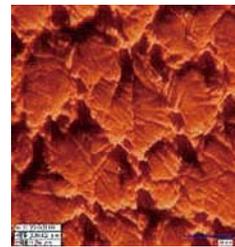
劣化5日



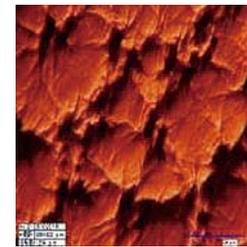
劣化10日



劣化20日



劣化40日



劣化80日

図16 スエードレザーの表面観察結果

(5)FT-IR分析結果

1) 栃木レザーの結果

劣化していない栃木レザーのFTIRスペクトルでは、 3289cm^{-1} 、 2923cm^{-1} 、 1643cm^{-1} 、 1547cm^{-1} 、 1453cm^{-1} 、 1278cm^{-1} 、 1236cm^{-1} 、 1079cm^{-1} 、 1030cm^{-1} 、 840cm^{-1} 付近にピークが検出された(図17)。劣化時間が増加するにしたがって、これらのピークに変化が見られた。

アミドIの波数範囲は $1690\sim 1630\text{cm}^{-1}$ の間であり、アミドIIは $1655\sim 1590\text{cm}^{-1}$ 、アミドIIIは $1335\sim 1200\text{cm}^{-1}$ 、アミドAは $3500\sim 3000\text{cm}^{-1}$ の間である³。アミドIは、ポリペプチド鎖のC=O伸縮振動によって引き起こされる。アミドIIは主に、N-H面内変角振動とC-N伸縮振動によって引き起こされる。アミドIIIは主にC-N伸縮振動とN-Hの変角振動によって引き起こされる。アミドAは主にN-Hの伸縮振動と関係がある。

検出したピークから見ると、劣化時間が増加するとともに、アミドA、アミドI、アミドII、アミドIIIのピークは下降したことがわかる。これは、コラーゲン分子の螺旋構造が破壊されたことをしめしている。5、10日間劣化させた時、各ピークが

激しく下降した。20、40日間劣化させた時、各ピークは安定している。80日間劣化させた時は、各ピークが消失していることが確認できた。これは、80日間劣化させた後、皮革内部の脂質がなくなり、コラーゲン分子の螺旋構造の安定性が

なくなったことを示唆している。図中に円形で示したところは、劣化により新しい遊離アミノ酸またはペプチドが生成されたことによるものと考えられる。

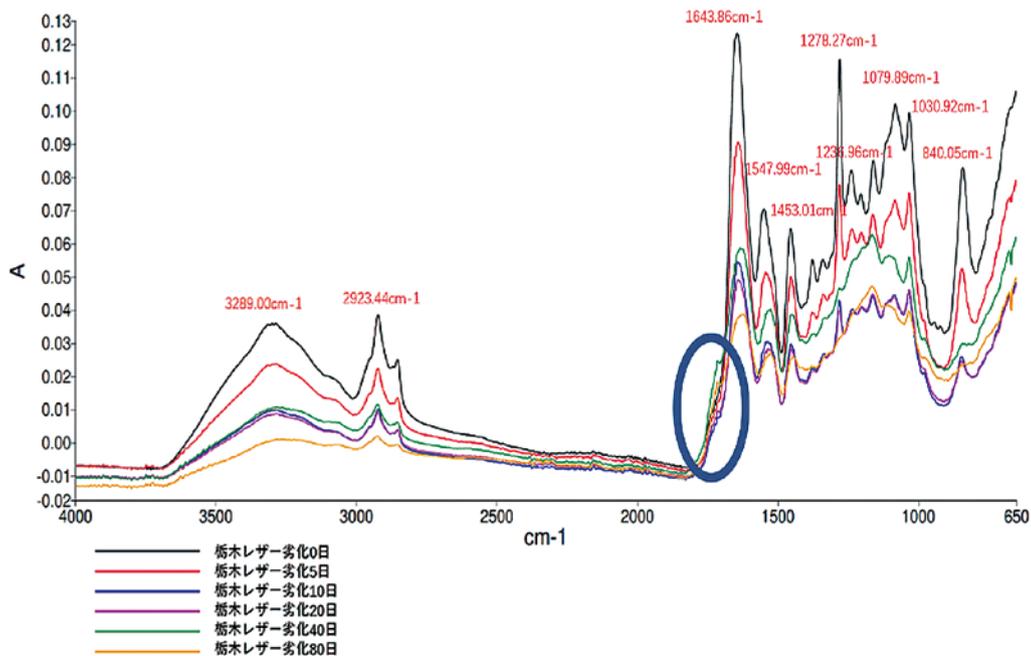


図17 劣化時間が異なる栃木レザーのFT-IRスペクトル

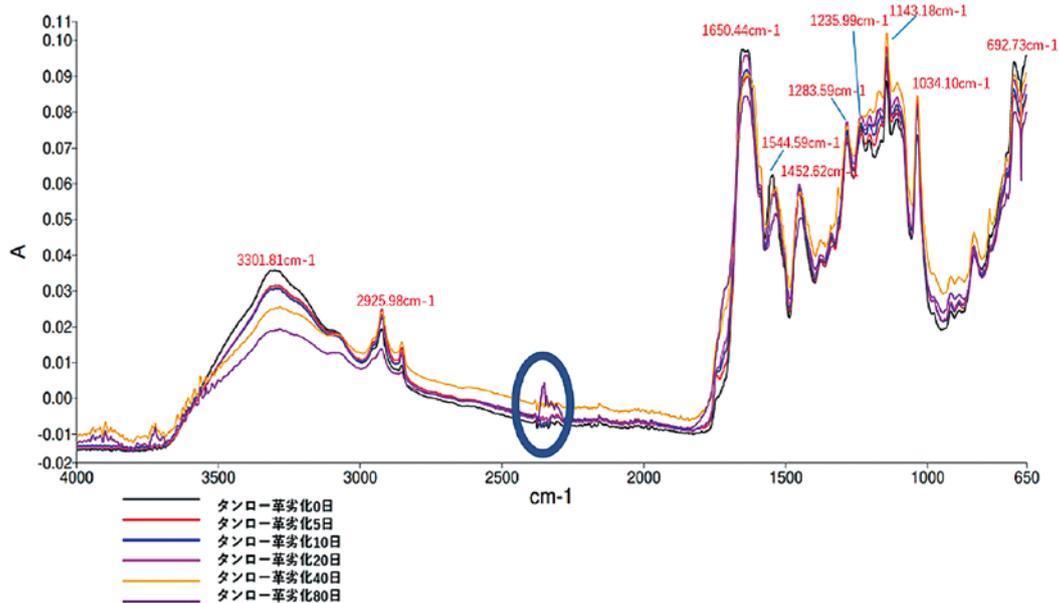


図18 劣化時間が異なるタンロー革のFT-IRスペクトル

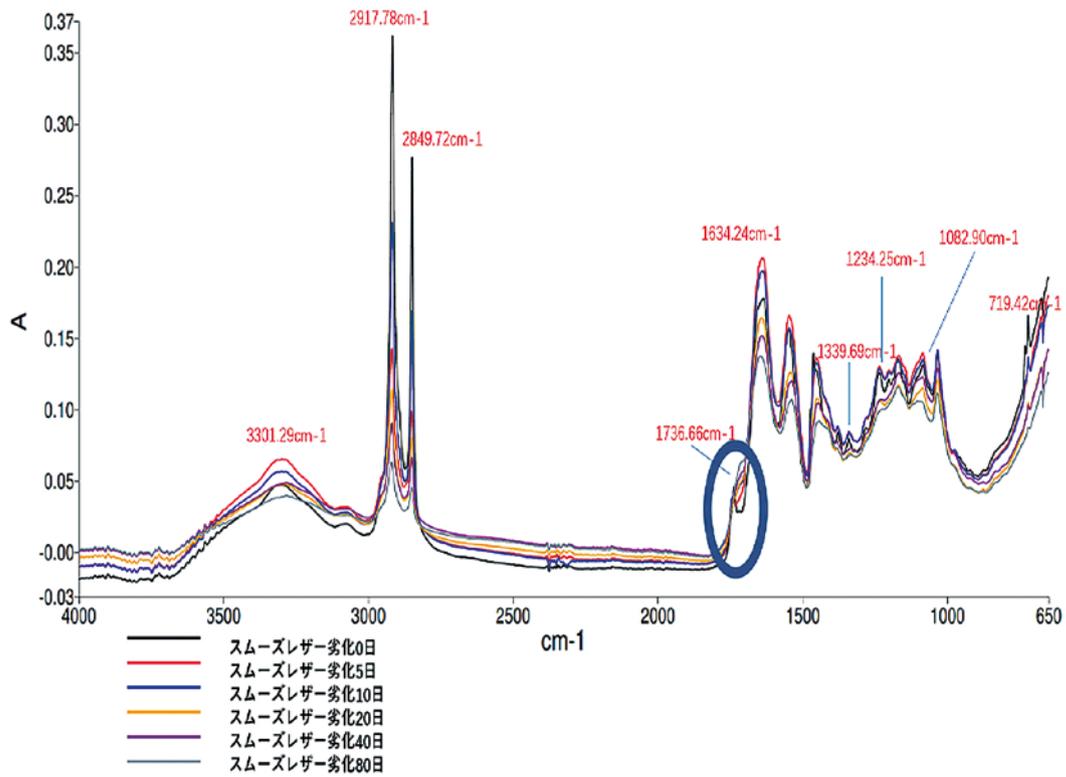


図19 劣化時間が異なるスムーズレーザーのFT-IR スペクトル

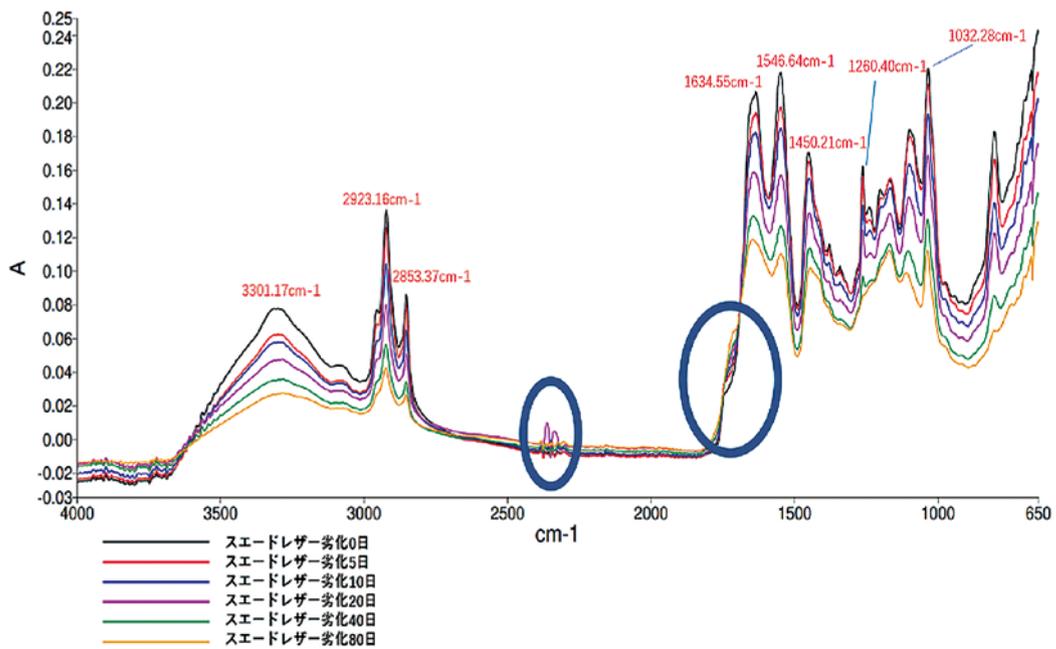


図20 劣化時間が異なるスエードレーザーのFT-IR スペクトル

2) タンロー革の結果

劣化していないタンロー革のFTIRスペクトルでは、 3301cm^{-1} 、 2925cm^{-1} 、 1650cm^{-1} 、 1544cm^{-1} 、 1452cm^{-1} 、 1283cm^{-1} 、 1235cm^{-1} 、 1143cm^{-1} 、 1034cm^{-1} 、 692cm^{-1} 付近にピークが検出された(図18)。これらのピークから、5日間劣化させた後、アミドA、アミドI、アミドII、アミドIIIのピークは下降し、10、20日間劣化させた後からは、ピークが安定していることを確認できた。40、80日間劣化させた後、アミドA、アミドI、アミドII、アミドIIIのピークはだんだん目立たなくなってきた。これは、40、80日間劣化させた後、皮革内部の脂質がなくなり、コラーゲン分子の螺旋構造の安定性がなくなったことを示している。図中に円形で示したところは、40、80日間劣化させた後、新しい遊離アミノ酸またはペプチドが生成されたことによるピークであると考えられる。

3) スムースレザーの結果

劣化していないスムースレザーのFTIRスペクトルでは、 3301cm^{-1} 、 2917cm^{-1} 、 2849cm^{-1} 、 1736cm^{-1} 、 1634cm^{-1} 、 1339cm^{-1} 、 1234cm^{-1} 、 1082cm^{-1} 、 719cm^{-1} 付近にピークが検出された(図19)。アミドII、アミドIIIのピークは、劣化時間の増加によって、だんだん目立たなくなってきた。検出された 3301cm^{-1} 、 1634cm^{-1} ピークは、アミドAとアミドIであり、5、10日間劣化させた後、増えている。アミドAは主にN-Hの伸縮振動と関係があるため、高温劣化中に、アミンが増えたためと考えられる。20、40、80日間劣化させたサンプルのアミドA、アミドIのピークはだんだん下降していた。これは、20日間劣化させた後、ポリペプチド鎖がバラバラになって、コラーゲン構造が破壊されたことを示している。図中に円形で示したところは、劣化により、ピークがなくなったことに対応している。これは、劣化時間の増加によって、アミドAとアミドIが短期的に増えていることが原因と思われる。また、スムースレザーはクロム塩で鞣した後、植物タンニンで鞣した革なので、劣化時間によって、革のコラーゲン構造に変化があった可能性があると考えられる。

4) スエードレザーの結果

劣化していないスエードレザーのFTIRスペクトルでは、 3301cm^{-1} 、 2923cm^{-1} 、 2853cm^{-1} 、 1634cm^{-1} 、 1546cm^{-1} 、 1450cm^{-1} 、 1260cm^{-1} 、 1032cm^{-1} 付近にピークが検出された。アミドA、アミドI、アミドII、アミドIIIのピークは5日間劣化させた後、激しく下降し、20日間劣化させたときから、だんだんと安定していることがわかった。スムースレザーのようなピークの増加は見られなかった。スエードレザーは

薄くクロム塩で鞣した革であるため、劣化時間によって、安定してピークが下降していると考えられる。図中に円形で示したところは、新しい遊離アミノ酸やペプチドが生成されたために生じたピークであると考えられる。

7. まとめ

中国のフフホト市にある内モンゴル博物院の皮革製民俗文化財の保存状況を調査した所、皮革製民俗文化財には、硬化、断裂、虫害などの劣化が多いことが分かった。本論文では、これらの劣化要因のうち温度を取り上げ、皮革製民俗文化財の劣化に対する影響調査を行った。文化財として保管されている貴重な資料を実験材料として用いることは困難であるため、市販されている栃木レザー、タンロー革、スムースレザー、スエードレザーを用いた。実験条件としては、 120°C の高温乾燥器に入れ、5、10、20、40、80日間加速劣化させた。

引張強度と伸び率の測定結果から、時間の経過とともに値が急激に低下すること、また皮革の鞣し技法の違いによって劣化耐性が異なることが確認された。また、色差、皮革表面の観察結果から、動物の種類によって皮革の色味、表面状況の変化が異なることが分かった。各試料のFT-IR分析から、劣化日数、皮革の種類や鞣し技法の違いによって、コラーゲン構造の変化が異なることが分かった。

これらの結果から、皮革試料は、 120°C の加速劣化の条件では、5日間劣化させると硬化現象が発生し、20日間劣化させると十分硬化に至り、20日間を越えるとコラーゲン構造が破壊されることが分かった。

各サンプル、劣化によって、生成した新しい遊離アミノ酸やペプチドは分からなかったため、今後の課題として研究していきたい。今後は、皮革の保存環境により、恒温恒湿劣化実験、光照射劣化実験、塩類の影響による劣化実験を行う。異なる劣化実験によって、皮革サンプルのコラーゲン線維変化などによるマイクロ構造の変化、またはタンパク質成分の変化を観察する。それから、異なる劣化によって、保存対策を提出したい。

註、参考文献

- 1) 張楊「皮革文化財保護研究」中国科学技術大学博士学位論文2020.p.04.
- 2) Axelsson KM, Larson R, Sommer DVP, et al. 「Degradation of collagen in parchment under the influence of heat-induced oxidation: preliminary study of changes at macroscopic, microscopic, and molecular levels」[J]. Studies in conservation, 2016, 61(1). p.46-57
- 3) 張楊『皮革文化財保護研究』中国科学技術大学出版社2020p.50.
- 4) 杜澤昕「皮革製品の硬化劣化による加脂軟化応用研究」内モンゴル師範大学歴史文化学位論文2014.p.1-63.
- 5) 何俊「人工劣化牛革の構造および加脂に関する研究」浙江理工大学学位論文.2013. p.158.
- 6) 奥村章、村井大輔「皮革繊維の加熱時の収縮挙動」皮革科学.2018.64(1)p.39-45.
- 7) 日本皮革技術協会『皮革および皮革製品用語辞典』1987.
- 8) 日本皮革技術協会『新版皮革科学』2016.
- 9) のびしょうじ「皮革の歴史と民俗」解放出版社. 2009.
- 10) 王雅倩「皮革製品の劣化と鞣し技法に関する研究」内モンゴル師範大学歴史文化学位論文 2013
- 11) 張曉嵐、張恒金「皮革製品の劣化とその原因に関する研究」文化財保護と考古科学2015. 8 (27)p.35-46.
- 12) 張曉嵐、張恒金等. 「内モンゴル地区の皮革文化財の種類、構成と物質化特性の研究」文化財保護と考古科学2012.24(4) pp.33-44.
- 13) 鍛冶雅信「加脂」皮革科学.2018.4(64) p.6-11.
- 14) 榎本雅穂、相馬成男、竹内徹、西山誠、内山雅章「ポリウレタン合成皮革の損傷劣化とPVC レザー硬化」繊維製品消費科学.2018.9(3)p.198-203.
- 15) 山口寿男「皮革加脂剤」化学工業資料.1955.23(3)p.8-15.
- 16) 道志智「羊革と山羊革における乳頭層中のエラスチン繊維の走行状態の違い」皮革科学.2012.p.40-45.
- 17) 佐藤忠「液中熱収縮温度測定装置の改良と皮革の熱収縮挙動の検討」皮革科学.2013.59(1).p.22-24.
- 18) Kite Marion, Thomson Roy 「Conservation of Leather and Related Materials」Butterworth Heinemann.2005.8.
- 19) 張楊、魏彦飛、方楽民「硬化による皮革文化財の保存に関する研究」江漢考古 2012.p.113-116.
- 20) 謝軍「皮革の加熱劣化によるメカニズムと軟化プロセスに関する研究」浙江理工大学学位論文.2015.
- 21) 久保知義「皮革に及ぼす加熱の影響に関する研究」京都大学農学部学位論文.1972.
- 22) Kite, Marion, Roy Thomson, eds 「Conservation of leather and related material」[M]Routledge.2006.
- 23) Sebestyen Z, Czegeny Z, Badea E, et al. 「Thermal characterization of new artificially aged and historical leather and parchment」Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2015, p.419-425.