学術調査

Ⅳ　近現代彫刻作品の保存修復
―阿部誠「バスの中で」を対象として―

金澤馨 KANAZAWA, Kaoru
担当教員　米村祥央准教授

はじめに

20世紀以降、日本には西洋彫刻の伝来により、表現主義を初めとした新たな表現形態が普及し、作品に用いられる素材も金属や石、ガラスなど多様化が進んだ。特に工業技術の発展に伴い、合成樹脂など素材利用の多様化は顕著である。また、技術的練熟でなく情感表現や新規性を求める傾向は多素材を用いた実験的な試みを促進させ、結果として保存修復の視点からすると作品は以前には見られなかった未知の劣化、損傷を負うリスクがある。

近代以降において、芸術作品や文化財は施設内などの比較的良好な場所で保管がなされることが多く、収集の対象は限られたものであった。施設外の多くの芸術作品、文化財は個人宅などにて保管がなされ、温湿度変化や生物被害への対策を万全にすることは困難であり、適切な環境下では見られない著しい劣化損傷を負う可能性がある。近現代の芸術作品においては、素材や技法の多様性、保管環境上の問題が組み合わさることで、より複雑で多くの劣化、損傷が生じ、保存修復の方法も新たな見識が求められている。

本研究は山形県出身の彫刻家、阿部誠の制作した「バスの中で」を修復対象とした。複数の彫刻群から構成される本作を展示活用に繋げることを研究全体の目標とし、科学的・物理的な側面から劣化状況、劣化要因を把握・特定することとした。そして、これまで検討されてこなかった“鉄汚染”を中心とした損傷に対して、現代の保存修復としてより適切な科学的な方法を新たに検討する。

1．作者概要

作者の阿部誠は山形県長井市に生まれた。同県出身であり、日本の近代彫刻を代表する作家の1人である桜井祐一を師、鈴木実を兄弟子として1960年から1980年代後半にかけて活躍した作家である。

作家としての活動は、師や兄弟子と同様に国画会彫刻部やS.A.S（彫刻家集団）などで出展を重ね、1970年には国画会会員に推挙されるなど注目されていた。しかし、1981年に脳梗塞で倒れ、左半身が不随となり、以降は作品の寸法や素材を変えリハビリを兼ねて制作を続けたが、1988年に国画会を退会、翌年1989年の「裸婦と手のモニュメント」を最後の作品とし、2002年に逝去した。

写真１　阿部誠

2．修復対象作品

タイトル：「バスの中で」
作　者：阿部誠
制作年：1980年
所　蔵：米沢市上杉博物館
出　展：第54回国会展
寸　法：h183.5cm/w165cm/d165cm
材　質：木材（ヒノキ・キリ）、鉄、合成樹脂接着剤
構　成：人物、鞄、右手、右腕接続棒、金属支柱、椅子、展示台

阿部誠は1978年から1980年にかけて、本作に類似する日常の風景を表現した作品を制作していた。本作はそれらのシリーズにおいて最後の作品であり、寸法、部材数が阿部作品の中でも規模が大きな作品である。また、1980年の前後は中国への視察や師の桜井祐一、同門の兄弟子である茨木敏夫が逝去しており、阿部自身も脳梗塞に倒れ、以降の制作には多大な影響が及んでいる。特に「バスの中で」は作品規模や制作前後の出来事からみて

写真２　「バスの中で」出展時写真

も彫刻家阿部誠にとって重要な位置付けにあると判断できる。

３．制作技法、構造

木彫部は複数の材を接合して表現され、加工には木工用サンダーや鑿等を用い、接合は鉄釘とポリ酢酸ビニル接着剤により行われており、接合面の間隙や表面の亀裂には木粉と接着剤を混合した充填材が塗布されている。

金属部は全て鉄が用いられ、溶接による接合が行われている。表面処理としては、金属棒の中央にのみ亜鉛メッキが施されており、その他は地金の露出した状態である。

４．損傷状態

人物

・人物固定台座に著しい金属腐食が生じ、それに伴う破損・亀裂が見られた。また、脚部底部には虫喰や微生物の繁殖による脆弱化など構造的な損傷が多く、人物の自立に際する安定性が失われていた。

・帽子部分に乾燥応力が生じ発生した欠損が見られた。また、上辺と底部を中心として作品全体に保管環境に存在した塵埃や砂泥、パルプなどの付着が目立ち、金属部の周囲の木材に錆染み、鉄汚染による変色が発生するなど作品本来の形状、外観から大きく変化が見られた。

鞄

・鞄の持ち手を接合している鉄釘が腐食し、腐食膨張による木材の破損が見られた。

・全体に塵埃が堆積し、鉄釘の腐食生成物の木部への浸透により錆染みや鉄汚染が発生し美観を損ねていた。

右手

・木材横棒の挿入部が欠失しており、設置が困難となっていた。

・全体に塵埃の堆積が見られたほか、使用された鉄釘周辺の木材と接着剤に鉄汚染の発生など外観的損傷が生じていた。

金属支柱

・亜鉛メッキの施されている部分の鉄は保護されたが亜鉛メッキの施されていない箇所には金属腐食が生じ、特に底面において著しい進行が見られた。

椅子

・鉄釘の腐食崩壊や接着剤の劣化、木材の変形によって部材が脱落し、形状を維持できない状態であった。

・使用された鉄釘の周囲に非常に濃い鉄汚染による変色が生じ、美観を著しく損ねていた。

部材の欠失

・金属支柱と右手首を接合するための接続棒、全体を設置するための展示台が作者アトリエから美術館への輸送前にすでに失われており、作品の組み立てが不可能な状態にあった。

５．処置方針

金属の腐食や強度低下を伴う亀裂や欠損など、構造体の安定性に関わる部分の処置を優先的に行い、今後の適切な保管・展示により劣化の進行を避けることが可能な箇所は現状維持に留める。

美観に関わる箇所は、カビの発生など二次的な被害につながる付着物や進行性のある変色のみ処置を行う。作品全体の統一感を損なわせる危険がある洗浄等の処置は最小限に留めることとする。

６．実施処置

6.1　人物

・エスカルフィルムによる密封後、炭酸ガスを用いて燻蒸を行い、殺虫処理を行った。

・脚部底部に癒着した固定台座をディスクグラインダー等を用いて解体し、残存した芯棒を筒状の鋸（ホルソー）により除去を行った。その後、固定台座をオリジナルの形状と同様に設計し、新規に作成した。
・刷毛、粘着テープ、蒸留水、イオン交換水により付着物の除去を行った。
・エタノール、塩化ベンザルコニウムにより脚部底面に繁殖していた微生物の殺菌、漂白を行った。
・脆弱化した脚部底面に対し、中性PVAcエマルジョンによる含浸強化を行い、エポキシ樹脂充填剤による欠損部の充填を行った。
・破損した脚部爪先は接着部にステンレスの芯棒を設け、アクリル樹脂（パラロイドB-72）による保護膜形成後、エポキシ樹脂接着剤による接着を行った。
・脚部背面亀裂はアクリル樹脂接着剤をジエチルエーテル、イソプロパノール、アセトンにより物理的な特性、特に表面張力や硬化時間を調整した後、亀裂内部に注入、接着を行った。また、強度向上のため間隙の大きな部分にエポキシ樹脂接着剤と鋏による接合を行った。
・チアグリコール酸アンモニウムにより錆染みの漂白を行った。
・鉄汚染に対してリン酸、ハイドロサルファイトを用いて漂白を行った。

写真３　固定台座の解体

写真４　新規固定台座

6.2　鞄

・綿棒を用い蒸留水による付着物の洗浄を行った。
・剥離した木材樹皮をヒドロキシプロピルセルロース（クルーセルG）により接着した。
・鉄汚染箇所をチアグリコール酸アンモニウム、ガラスペンによる漂白、除去を行った。

写真５　鞄上面　洗浄前

写真6　鞄上面　洗浄後

6.3　右手

・刷毛、蒸留水、イオン交換水による付着物の除去を行った。
・間隙の生じた接合部にアクリル樹脂接着剤の部分的な含浸を行い、接合力の強化を行った。
・展覧会写真や断面などから欠損部を設計し、木

材を加工、内部にステンレス芯棒を設け、エポキシ樹脂接着剤による接着を行った。

写真７　欠損部の接合

写真８　欠損部の接合後

6.4　金属棒

・クルミブラスト、ディスクグラインダーにより腐食生成物の除去を行い、脱脂した後に赤錆転換剤（赤錆を緻密な黒錆に転換させ金属腐食を抑制する防錆剤）の塗布、ウレタン樹脂塗料による塗装を行い防錆処置を施した。
・上部鉄パイプ内の破片をミニルーターにより整形し、木材の挿入時に破損を防ぐ処置をとった。

写真９　クルミブラストの処置写真

6.5　椅子

・燻蒸袋にて炭酸ガスによる燻蒸を行い、殺虫処理を行った。
・刷毛、蒸留水、イオン交換水による付着物の除去を行った。
・座面脱落部の崩壊した鉄釘や接着剤の除去後、アクリル樹脂接着剤による接着、間隙の充填を行い、座面の再接合を行った。
・鉄汚染発生箇所にリン酸を塗布し漂白を行った。

写真10　椅子部背もたれ　鉄汚染漂白前

写真11　椅子部背もたれ　鉄汚染漂白後

6.6　欠失部の補作

・失われていた右手接続棒は、出展時写真や金属棒上部の寸法から設計し、新規に制作を行った。また、鉄材との接触による鉄汚染の発生を防ぐため、EDTA水溶液の塗布を行った。
・作品の全部材を設置する展示台を出展時の写真を元に設計し、新規制作を行った。

7．鉄汚染について

鉄汚染とは木材中に含まれる有機物質であるタンニンと鉄イオンとが反応し、錯体化合物を形成することで木材繊維を青～緑黒色に変色させる汚染現象である。発生に関係する因子としては鉄イオンの溶出とその濃度や量、木材中に含まれるタンニンの量やpHが挙げられ、木材の含水率も大きく発生の有無に関係する。

7.1　タンニンについて

タンニンとは木材中に含まれ、ゼラチンやたんぱく質と反応し不溶性の沈殿物を生じる特性を持つ。抽出されたタンニンは水やエタノール、アセトンに可溶であり、エーテルやベンゼン、クロロホルムに不溶である。

タンニンは木材樹皮に多く含まれ、心材や辺材部にも含まれており、特に多く含まれているミズナラやウォルナットでは含有量の少ない樹種に比べて変色が発生しやすい。しかし、樹種ごとに含有するタンニンの種類が異なるため、含有量の少ないヒノキやキリにおいては鉄イオン濃度が少なくとも容易に変色が発生することがわかっている。

表１　樹木中のタンニン含有量

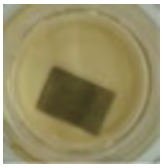
樹種		タンニン含有量（%）
針葉樹	スギ（心材）	0.3
	スギ（辺材）	0.1
	ヒノキ（心材）	0.1
	サワグルミ（心材）	2.1
広葉樹	ミズナラ（心材）	5.6
	ミズナラ（辺材）	1.2
	ブラックウォルナット（心材）	2.0
	キリ（心材）	0.6

7.2　鉄含有物質の溶出と鉄汚染発生の関係

鉄汚染は鉄イオンによって引き起こされる木材の変色現象のことである。現代社会において鉄イオンを含んだ物質は非常に多く存在しており、各物質によって鉄汚染の発生に差異が生じる。ここでは純鉄片の外、文化財に汎用される材料としてベンガラ粉末とステンレス片を比較試料とし、鉄イオンの溶出や変色の有無を確認した。

結果は純鉄片のみタンニン溶液への浸漬後間もなく変色が発生し、時間経過とともに濃く変化する様子が確認され、弁柄とステンレス片は全く変色が発生することはなかった。このことから純鉄は室温において溶液中にイオンが溶出し、弁柄とステンレス片においては全く鉄イオンが溶出していないと思われる。鉄を含む物質であっても、イオンの溶出が起こり難い物質であれば鉄汚染は発生しないことが確認された。

表２　鉄含有物質の鉄汚染発生の有無

	純鉄	弁柄	ステンレス
変色前			
変色後			

7.3　水分、pHとの関係

鉄汚染は鉄イオンの溶出とタンニンの他、鉄イオンを溶出させる水分の存在も重要であり、木材含水率が20～40%における繊維飽和点を越えた状態で鉄汚染の発生が促進される。含水率が28%以下では水分は木材繊維と結合した分子の状態であるが、28%を越えると自由水となり細胞内腔の空隙に液体状で存在するようになる。この状態で木材中に鉄が存在すると自由水が鉄のイオン化を促し木材繊維を鉄イオンが移動するため、タンニンと鉄イオンが接触するし鉄汚染が発生すると考えられる。

鉄汚染発生を促進させる因子としてはpHの存在が挙げられ、酸性領域において発生は促進される。pH７～４といった弱酸性領域において鉄汚染の発生が促され、pHが２以下になると鉄汚染の発生は抑制され変色が起きない状態となる。これは酸性領域において鉄の溶出が進み腐食速度が加速するものの、pH２以下においては鉄の溶出が抑制されるためと考えられる。「バスの中で」に使用されているヒノキはpH5.3～5.4、キリが

pH4.8と弱酸性を示し、鉄汚染が発生し易い樹種である。

7.4　鉄汚染の予防

鉄汚染は鉄イオンとタンニン、水分の要素が揃うことで発生に至るため、何れかの因子を排除することにより発生を阻害が可能である。予防方法は、タンニンの含有量が少ない樹種の使用、イオンの溶出がし難いステンレス等の合金や表面処理を施した物を使用することで鉄汚染の発生を根本的に防ぐことができる。また、加工時などに使用する鉄製工具の表面処理や作業環境を整備し木材と鉄イオンの接触を避ける事も重要である。加工後の予防方法としては、木材の保管環境を低湿度に保ち結露を防ぐため、温度を一定に保つことで発生を防ぐことが可能である。また、木材が酸性領域になくとも酸性雨などによる外部要因によって木材pHが酸性に傾く場合もあるため、劣悪な外部因子との接触を回避する必要がある。

7.5　文化財保存修復における鉄汚染漂白

鉄汚染発生後の処置にはシュウ酸による漂白が主に行われているが、シュウ酸の使用は文化財にとって好ましいものとは言えず以下の欠点が挙げられる。

・シュウ酸は強酸であり、木材が変色する「酸焼け」の可能性がある。
・シュウ酸は大気暴露により二酸化炭素に分解され、再度鉄汚染が発生する可能性がある。
・シュウ酸が酸素分子を還元し過酸化水素を作ることにより、酸性に弱い木材セルロース分子を切断し、木材の強度を低下させる危険がある。

以上のリスクは必ずしも全てのケースにおいて問題となるわけではない。しかし、本研究における保存修復としての最大の問題点は鉄汚染の処置はリスクの有無に関わらず、手法選択の余地がない点にあった。 しかしながら、今後の保存修復をより安全に展開していくためにも漂白能力の所在を試験的に確認することとし、次項にまとめた。

7.6　漂白能力の所在

鉄汚染に対する漂白能力は還元性漂白剤、もしくは酸性薬品に存在することが事前実験により確認された。そこで漂白能力の所在を明らかにし、本研究内での薬品以外にも漂白効果を期待できる作品を示唆するため、漂白効果を数値化し効果を比較することとした。

比較した薬品は金属イオンや腐食生成物の除去に用いられるキレート剤、酸性物質、還元剤を用い、テストピースに各薬品を塗布、積分球分光測色計を用いて変色後と漂白後の差が大きいほど漂白効果が高いものとした。

結果としては鉄汚染の漂白能力はいずれの薬品においても効果が見られたが、特にリン酸やシュウ酸、チアグリコール酸アンモニウム、ハイドロサルファイトなどの還元性漂白剤に高い効果が示された。次いでpHが酸性領域にある薬品に効果が見られ、金属イオンの封鎖剤として有用されるキレート剤に関しては効果は示すものの低い値であった。この結果は鉄汚染に対して漂白効果のある薬品は数多く存在することがわかり、漂白能力の関係性としては「還元作用＞酸性＞キレート」であると判断できる。また複数の作用を併せ持つ薬品ほど高い漂白効果を持つ可能性が高い。

本実験によって、これまでリスクを伴うシュウ酸のみであった処置方法の選択肢が広がる結果となった。変色の濃度が高く、変色後の経過時間が長い鉄汚染に対してはシュウ酸よりも漂白効果の高いリン酸やチアグリコール酸アンモニウムが効果的であり、木材の状態によってはチアグリコール酸アンモニウムやハイドロサルファイトなど中性の薬品が有効である。また、変色が薄いが美観のため僅かに漂白を行いたい場合にはEDTAやシュウ酸アンモニウムなど効果の薄い薬品による処置を選択することができる。

漂白能力の所在が明らかとなったため、本実験において取り上げた薬品以外にも多くの薬品が漂白効果を示すのではないかと考えられる。そのため、漂白対象の状態などによって更なる選択肢を増やすことが可能となったと考える。

表３　鉄汚染の漂白実験

試薬	pH	色差(△)	順位
リン酸（還元作用）	1	22.21	1
チアグリコール酸アンモニウム（還元作用）	6	17.91	2
シュウ酸（還元作用）	1	17.81	3
ハイドロサルファイト（還元作用）	6	14.31	4
クエン酸ナトリウム（キレート作用）	5	12.37	5
硝酸	1	10.65	6
EDTA（キレート作用）	4	9.23	7
シュウ酸アンモニウム（キレート作用）	7	6.44	8
蒸留水	8	1.45	9

8．おわりに

近代以降の保存修復における記録は、素材や技法が多様化し表現形態も複雑化が顕著であるが、膨大な劣化、損傷の全てを把握することは困難であり、そこに作品の保管環境など外部要因を含めると更に複雑化は進行する。そのため情報を更新していくことで、未知の劣化損傷とその処置方法を減らすことができる。

本研究においては実際の作品に対する保存修復処置を行うことを研究の根幹とし、近現代の修復として観察や実験を行い、物理的化学的な視点によって損傷の原因を探り、より適切な処置を行った。

本作の保存修復においては作品の展示を目的とし、失われた部材の復元や強度の向上を中心に処置を行った。しかし、現状では十分な検討がなされていない鉄汚染による変色が発生しており、鉄汚染という損傷の原因を究明し、さらなる処置方法の改善を行っていきたいと考えている。

本研究においては近現代以降の保存修復における情報の更新、作品を展示可能な状態へ回帰することを目的とした作品の修復を完了した。「バスの中で」が再び地域の方々の目に触れ、作者への理解が深まることを望む。

最後になりますが、立体作品は素材や形状、重量の部分で自分一人では移動や処置が行えない場合も多く、ゼミ生をはじめとする多くの方々にご助力いただく場面が何度もありました。この場をお借りして御礼申し上げます。

参考文献

1）松浦力、『木材の鉄汚染防止』、広島県立東部工業技術センター研究報告第16号、2003年
2）峯村伸哉・梅原勝雄、「色戻りのない木材の鉄汚染の除去方法」、林産試月報、1981年３月
3）武南勝美、「木材の化学汚染について」、材料第16巻 第169号、昭和42年10月
4）今村博之編、「木材利用の化学」、共立出版 1983年３月
5）岡野健･祖父江信夫､「木材科学ハンドブック」、朝倉書店、2006年２月
6）森林総合研究所、「木材工業ハンドブック」、丸善株式会社、平成16年
7）下平三郎、「腐食・防食の材料科学」、アグネ技術センター、1995年
8）岡本剛・井上勝也、「腐食と防食」、大日本図書株式会社、昭和46年
9）日本家政学会編、「被服の機能性保持」、朝倉書店、1992年６月
10）皆川基・藤井富子・大矢勝、「洗剤・洗浄百科事典」、朝倉書店、2003年10月