

寒冷地における漆喰壁土蔵の劣化機構と保存対策（1）

— 漆喰壁土蔵の保存状態調査と凍結—融解サイクルによる劣化促進実験 —

鈴木 雄太¹⁾・松田 泰典²⁾・米村 祥央³⁾

●キーワード：漆喰壁 (plaster wall), 土蔵 (warehouse), 凍結融解 (freeze-thaw), 凍結膨張 (freeze-expansion), 寒冷地 (cold region), 保存 (conservation), 劣化機構 (deterioration mechanism), 左官 (plasterer)

1. 緒言

日本各地に現存している漆喰壁土蔵は、高い調湿効果による保存性、防火性、防犯性を有した高性能の収納・展示施設として利活用されていることが多い。土蔵には、その家々の生活史を物語る民俗資料だけでなく、古文書・史料など、地域の歴史にとって重要な資料となる有形文化遺産が収納されていることも度々確認される。また、土蔵は左官技術の結晶の一つといわれることから、その存在が無形文化遺産を体現しているともいえる。つまり、土蔵はそれ自身が地域の有形・無形の文化遺産を収納する地域文化遺産であり、同時に地域文化のアイデンティティを形成している重要な要素でもある。

一方で、近年の市町村合併推進による都市部の再開発・宅地整理、都市周辺地域では、高齢化・少子化・後継者不足などに代表されるような地域コミュニティの変貌や生活様式の変化により、土蔵はその保存・継承の問題に直面している。土蔵本来の収納ニーズの減少、維持・管理の経費負担、所有者の世代交代による放棄、左官の高齢化や職人の巧みの技を伝承継承する世代の減少など

の理由から、歴史的価値への意識が希薄になり、単なる「物置」と化した土蔵は外壁の漆喰が傷んでいても補修されずに放置されている姿を目にすることが多い。このため、将来的には土蔵の消失や、収納されている地域文化遺産の散逸が懸念される。

文化財科学分野における漆喰に関する研究は、物性試験（石崎ら：2003）や形態学的分類試験（市川ら：2005）、漆喰硬化に対する混和材料の影響に関する試験（稲葉ら：2004）等が行われている。また、土壁の構造と凍結特性、地理的気候と土壁内部の水分量による劣化の相関を研究した事例（瀧野澤ら：2001、高見ら：2006）などがある。土蔵に関しては、土壁や漆喰が持つ水分吸放湿性（朽津ら：2005）や揮発性有機化合物（Volatile Organic Compound）の吸着性などの研究（岩崎：2003）が多くを占めている。

一方、寒冷地環境にある山形県の漆喰壁土蔵に関する調査・研究は、建築・意匠的な観点から、文化財指定された土蔵の修復報告書が数例あるのみで、漆喰壁土蔵の劣化状況や劣化要因を調査・研究した例がほとんど見られない。筆者らは、土蔵が物理的に消失する要因の一つ

¹⁾ 東北芸術工科大学大学院 芸術工学研究科 〒990-9530 山形県山形市上桜田 3-4-5

²⁾ 前 東北芸術工科大学大学院 芸術工学研究科

³⁾ 東北芸術工科大学 芸術学部 〒990-9530 山形県山形市上桜田 3-4-5

として土蔵外壁をなす漆喰の劣化現象に注目した。漆喰壁が劣化し剥落すると中間の土層や下地の土壁が露出し、その結果土蔵のそのものの劣化を進行させる。漆喰の下地でもある土壁が崩れ落ちてしまうと、土蔵の修復も困難になり、土蔵消失につながる可能性が高い。とくに当地では漆喰壁の剥落が目立ち、これは温暖地ではみられない寒冷地特有の環境条件によるものと推察されるからである。

本研究は、地域文化遺産としての漆喰壁土蔵とそこに収蔵されている歴史資料を後世に伝えるため、とくに寒冷地環境における漆喰壁土蔵の劣化要因の究明と劣化機構の解明ならびに壁施工や保存修復に対して有用な提言を可能にすることを最終目標としている。

小論では、寒冷地における漆喰壁土蔵の実態、歴史的背景、現存・劣化状態、施工技術などを明らかにするため、現地での実地調査を実施した。さらに、漆喰壁の劣化機構を明らかにするため、寒冷地環境の凍結・融解サイクルを実験室で再現し、簡易試験片を用いた劣化促進実験を行った。

2. 現地調査および気象調査

2.1 調査地における漆喰壁土蔵の歴史的背景

寒冷地における漆喰壁土蔵の保存状態を把握するための調査対象地域として、漆喰壁土蔵群が遺る山形県西村山郡河北町を選定した。山形県村山盆地、特に最上川流域の市町村には数多くの土蔵が伝存している。この地域は、江戸時代中期から明治時代にかけて最上川舟運によって廻米や紅花・青苧などの産物を江戸や京都、大阪へ北前船で運び、その帰り荷として上方商品や雛人形、紅花染めなどをもたらした。そして豪農・豪商のみならず、一般農民家庭までがこれらを収蔵する土蔵を建てた。土蔵は、それ自身を含め、江戸や上方からもたらされた生活文化の象徴である。中でも文化遺産を数多く収蔵した河北町の土蔵群は、材質上土蔵が不適とされる寒冷地にありながらも顕著に伝存され、その歴史を護り伝えている。

2.2 現地調査

2.2.1 調査方法

調査方法は、既存調査（伊藤：1984）において調査対象であった土蔵の現存・消失棟数の確認と、当時の調査内容であった「建築年代」、「使用形態」の他に、「階数」、「修理履歴」、「外観特徴」、「劣化箇所」、「劣化箇所の方角」、「収蔵物」、「所有者の現状の保存対策と今後の保存意思」、「土蔵にまつわる歴史」について所有者から聴取し、データシートにまとめることである。土蔵の時代区分は所有者の了解を得た上で固定資産課税台帳、棟札を参考にした。劣化箇所や修復箇所は所有者とともに確認した。また、外観全体像、外観特徴、方角ごとの現状はデジタルカメラによる写真撮影記録を行った。

調査の承諾を得られた土蔵のうち、外壁が漆喰壁仕上げの土蔵を対象として、漆喰壁の劣化指標を5段階に設定し、漆喰壁の劣化状況を評価した。健全状態<1>、漆喰の亀裂発生状態<2>、漆喰の剥落による下地露出状態<3>、漆喰下地の崩壊状態<4>、漆喰下地崩壊に伴う小舞構造露出状態<5>とし、土蔵1棟につき各方角（東西南北4面）について確認した。母屋や廂が附設されている場合も、漆喰面があれば同様に扱った。

調査対象は、河北町を構成する7区域のうち、多くの土蔵が残っていると予想された中心部の中南部地区と、旧家や分家の多い西部地区の2地区に現存する土蔵全てである。調査は2005年および2006年に行った。また、2007年および2008年には、2005年および2006年に調査した土蔵が消失状況の確認を行った。2005年から2008年の調査を本調査とする。小論では、調査した土蔵棟数に関して、「現存する土蔵の棟数」、「既存調査で対象とした土蔵の現存・消失棟数」、「既存調査で対象としたが調査漏れになっていた土蔵の棟数」、「既存調査で調査後から、本調査までの間に消失した土蔵の棟数」、「既存調査時に現存していた土蔵の棟数」、「仕上げが漆喰壁の土蔵と漆喰でない土蔵の棟数」を算出した。さらに、調査地区内で左官業を行っている工務店数と、経過年数10年以上の熟練技能者職人の人数を併せて調査した。

2.2.2 土蔵棟数調査結果

中南部地区、西部地区に現存している土蔵はそれぞれ120棟、28棟で合計148棟あり、土蔵は河北町の中心部である中南部地区に多く現存していることが判明した。土蔵調査の承諾を得られた軒数（所有者）は中部・南部地区が42軒74棟、西部地区が9軒14棟であった。

既存調査では、調査対象の土蔵を座敷蔵・店蔵・仏蔵の3形態とし、山形県教育庁が県内教育事務所を通じて、当時現存している土蔵の棟数や所有者名の予備調査を行っている。山形県河北町には昭和58年3月時点で座敷蔵63棟、仏蔵1棟、店蔵3棟の計67棟（47軒）の土蔵が存在していたという記載がある。当初は67棟の土蔵を調査予定であったが、当時の調査記録（自治体管理・保管）を見直したところ、座敷蔵57棟、仏蔵5棟、店蔵5棟、利用形態不明6棟、合計73棟という内訳になり、棟数計算と使用形態内訳の不備が明らかになった。

既存報告では、調査対象の土蔵が座敷蔵・店蔵・仏蔵の3形態に限定されていたことや、「予備調査における当該家屋数と実在する当該家屋数には差があり、（調査の）漏れ落としが生じた」と述べている。既存調査を見直し、調査土蔵を調査地区毎に分類した結果、中南部地区では27棟、西部地区では16棟の合計43棟の土蔵が調査されていたことを確認した。

既存調査において、土蔵の調査漏れが予想されるとの記述があったが、実際には何棟の調査漏れがあったのかまでは把握できていない。そこで、今回の調査において、1981年・1982年の調査対象であったが調査漏れした土蔵が何棟あるのか、既存調査で調査対象であった座敷蔵・店蔵・仏蔵と、現在の利用形態は異なるが1981年・1982年当時に座敷蔵、店蔵、仏蔵として利用していた土蔵も調査対象に含めた。今回の調査で明らかになった既存調査対象土蔵における調査漏れ棟数は、中南部地区では22棟に対し、西部地区は1棟であった。よって、上述した既存調査記録を見直して判明した結果と合算すると、既存調査時には少なくとも中南部地区に49棟、西部地区には17棟の土蔵が存在していたと推察された。表1の既存調査対象土蔵該当欄の分子/分母に、分子は本調査で現存を確認した既存調査対象土蔵の棟数を、分母は既存調査対象土蔵棟数と調査漏れ土蔵棟数を合算し

た棟数として示す。

1981・1982年の調査以降に、既存調査で調査対象であった土蔵の消失数は、中南部地区では4棟、西部地区では2棟であることが判明した。土蔵の消失理由として、道路拡張に伴う区画整理、後継者不在による維持・管理の困難から取り壊されたという事実が土蔵所有者の話から明らかになった。

既存調査では調査対象外であった土蔵も含め、1982年から2008年の26年間にどれだけの土蔵が消失しているのかを調査・確認した。中南部地区では1982年の調査から26年間で14棟もの土蔵が消失していた。これは、2年に1棟の割合で消失するペースである。14棟中2棟は、2007年・2008年の調査で消失を確認した。この2棟は、2005年・2006年の調査においては存在していた漆喰壁土蔵である。西部地区では、26年間で2棟の消失を確認した。消失理由は、既存調査対象だった土蔵の消失理由と同様であった。

以上より、既存調査時には少なくとも中南部地区132棟、西部地区には30棟で合計162棟の土蔵があったと推定した。

次に、中南部地区42軒74棟、西部地区9軒14棟の

表1 既存調査・本調査において確認した中南部、西部地区の土蔵棟数と漆喰壁仕上げ土蔵の棟数

Table 1 The number of survived warehouse and the final coating of plaster-wall warehouse in the central and the west areas

調査年度	中南部地区			西部地区		
	既存調査対象土蔵	本調査 漆喰壁	-	既存調査対象土蔵	本調査 漆喰壁	-
1981 1982	27/49*1	132*1	-	16/17*1	30*1	-
2005 2006	23/49	120	67*2	14/17	28	13*2
2007 2008	23/49	118	65	14/17	26	13

*1 他にも調査漏れの土蔵があった可能性あり。分母は既存調査対象土蔵棟数と調査漏れ土蔵棟数の合算値

*2 本調査の中で、調査承諾を得られた土蔵棟数

土蔵を対象に、外壁が漆喰壁仕上げの土蔵を算出した。中南部地区は74棟中67棟(89.2%)が、西部地区は14棟中13棟(93.1%)が漆喰仕上げの土蔵であった。中には中塗り土仕上げやセメントモルタルの壁の蔵もあり、全ての土蔵が漆喰壁ではなかった。

河北町2地区の土蔵棟数に関する調査結果を、表1に示す。既存調査の土蔵棟数は、本調査で確認した土蔵棟数に含まれる。

2.2.3 河北町2地区内に残る左官工務店と熟練左官技能者の数

調査を行った中部、南部、西部地区に現存する左官工務店は8軒で、うち6軒は現在も仕事を請け負っている。経験年数10年以上の熟練左官技能者の人数は、4軒が1人、2軒が2人であった。経験年数10年以上の熟練左官技能者が2人いる2軒のうち、一方の工務店は1人が社長兼務で出張が多く地元にはほとんど不在、もう一方の工務店は1人が高齢につき、第一線を退き後進の指導にあっている。しかし、重要な仕事では自らが鎧を揮うという。現在は仕事を請け負っていない2軒は、左官技能者の高齢化、後継者不在により既に廃業している。そのうち、1軒の引退した熟練技能者は近隣住民から頼まれば土蔵修復に携わるといふ。

2.2.4 漆喰壁の劣化調査結果

漆喰壁の各方角(東西南北4面)における劣化状態調査を上述した劣化指標(<1>から<5>)を用いて実施した。しかし、調査の承諾を得られた場合であっても、諸般の理由によって調査できなかった漆喰壁土蔵を除くと、中南部地区では59棟、西部地区では12棟の漆喰壁土蔵を調査した。調査した土蔵の漆喰壁の劣化指標数を

表2 中南部、西部地区における漆喰壁各方角の劣化指標の積算
Table 2 Accumulated deterioration indexes at each direction of plaster-walls in the central and the west areas

調査地区	調査した漆喰壁土蔵数	壁面の方角(向き)			
		東	西	南	北
中南部	59	93	110	112	103
西部	12	22	18	17	25
計	71	115	128	129	128

積算した結果を表2に示す。

過去に修復履歴があった土蔵は55棟中36棟で、うち16棟は漆喰を使用して劣化箇所を修復していた。また、東西南北4面とも劣化指標が<1>であった土蔵は15棟、4面中1面でも劣化指標が<3>以上であった土蔵は36棟、同じく<4>以上であった土蔵は17棟、<5>であった土蔵は5棟に達した。

漆喰壁の劣化箇所として、水切り箇所周辺や柱と壁の取り合い部(チリ廻り)において、漆喰の亀裂や剥離、剥落が生じていた。漆喰が剥落し、中塗り土が露出した範囲では中塗り土の亀裂や剥離、剥落を確認した。表12に示した劣化指標の合計より、漆喰壁土蔵南面と西



図1 山形県河北町の漆喰壁土蔵にみられる漆喰壁土蔵北面の漆喰層の剥落

Fig. 1 A traditional warehouse in Kahoku-town (Yamagata) and its north wall showing outer exfoliated plaster layers



図2 漆喰壁土蔵南面の漆喰層の剥落喰層の剥落

Fig. 2 A traditional warehouse in Kahoku-town (Yamagata) and its south wall showing outer exfoliated plaster layers



図3 地面に剥落した漆喰層

Fig.3 Fragments of plaster layer exfoliated and fallen onto the ground

面および北面の劣化傾向が顕著であり、漆喰層だけが中塗り土から剥落している漆喰壁土蔵が多くみられた。図1に漆喰壁土蔵北面の、図2、3に土蔵南面の漆喰の劣化現状の一例を示す。

また、河北町内に現存する漆喰壁土蔵の漆喰壁の中塗り層として、二種類が用いられていることを確認した。一つは漆喰壁土蔵に一般的に用いられている中塗り土で、粘性土に砂と植物繊維（藁切）を混ぜた左官材料であり、基本は一層で施工する。もう一つは漆喰に砂を混ぜた砂漆喰である。砂漆喰は、重厚な造りの土蔵や、社寺仏閣などの壁塗りなど、高級な左官仕事で使われた左官材料で、中塗り土を中塗り下層、砂漆喰を中塗り上層とし、基本は二層で施工する。図4に中塗り土、図5に砂漆喰が露出した漆喰壁を示す。

2.3 漆喰壁土蔵が受ける気象環境

寒冷地における凍結の様相は、寒さの程度や積雪量、物質の性質や周囲の植生環境などに左右される（久保：1990）。寒さの程度は積算寒度 ΣF （単位 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{days}$ ，Accumulated freezing index）もしくは凍結指数（単位 $^{\circ}\text{C} \cdot \text{days}$ ，Freezing index）で表される。積算寒度 F （ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{days}$ ）は、11月から3月の凍結期間の日平均気温が連続して 0°C 以下になった日の値を積算し算出して表される。積算寒度が大きければ大きいほど気温は氷点下での温度変動が顕著で、小さければ小さいほど 0°C 近辺での温度変動が顕著であるといえる。表3に、過去6年



図4 漆喰層の剥落によって露出した中塗り土層

Fig.4 A deteriorated wall exposing a soil wall as its intermediate coat layer by exfoliation of its surface plaster layer



図5 漆喰層の剥落によって露出した砂漆喰層

Fig.5 A deteriorated wall exposing its sand plaster layer as an intermediate coat layer

間における山形県村山地方（河北町周域）の積算寒度を示す。日平均気温（ $^{\circ}\text{C}$ ）は、気象庁の気象統計情報（河北町で計測実績がないため近隣測定地点の山形市、村山市、東根市、大江町を使用）から読み取った。

表3より、積算寒度 F （ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{days}$ ）は年毎に異なり、2006年のように積算寒度 F が低い年もあった。

次に、凍結破碎の出現日数を算出した。凍結破碎は、

表3 山形市および河北町周辺地域における積算寒度

Table 3 Accumulated freezing indexes in Yamagata-city and the surrounding areas of Kahoku-town

年度	山形市	村山市	東根市	大江町
2003	58.3	98.2	97	100.4
2004	76.7	121.5	114.5	124
2005	121.1	171.4	168.9	183.9
2006	4.9	20.4	20.1	22.1
2007	66.9	101.3	96.6	126.4
2008	27.4	84.5	50.7	75.4

表4 山形市および大江町における降雪量(11月~4月)

Table 4 The number of appeared snowfall in Yamagata-city and Oe-town from November to April

年度	山形市	大江町
2003	280	549
2004	290	579
2005	354	762
2006	407	861
2007	164	329
2008	317	626

(単位:cm)

表5 山形市および河北町周辺地域における凍結-融解サイクル出現日数(11月~4月)

Table 5 The number of appeared days of freeze-thaw cycle in Yamagata-city and the surrounding areas of Kahoku-town from November to April

年度	山形市	村山市	東根市	大江町
2003	4	8	10	13
2004	3	7	9	9
2005	6	13	13	15
2006	6	13	22	16
2007	4	11	13	14
2008	9	19	23	27

1) 物質の空隙率が高く, 2) 水分供給があり, 3) 寒冷度(『凍結-融解サイクル』+4℃以上から-4℃以下への気温変化の出現頻度)が高い, の三条件が揃っている場合に発生し, 材質劣化の原因となる(三浦ら: 1985)。

表4に過去6年間における11月から4月までの河北町周域における降雪量を, 表5に凍結-融解サイクル出

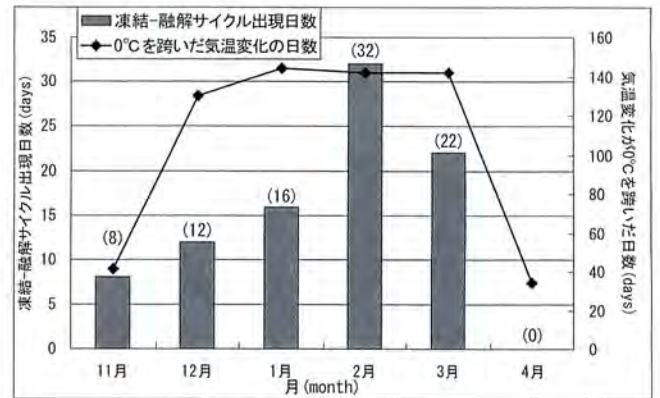


図6 2003年から2008年における東根市での凍結-融解サイクル出現日数と気温変化が0℃を跨いだ日数

Fig.6 The number of appeared days of freeze-thaw cycle (bar) and that of recorded days of striding over 0℃ (line) nearby Kahoku-town from 2003 to 2008

現日数を, 図6に一例として河北町周辺地域(東根市)において気温変化が0℃を跨いだ日数と凍結-融解サイクルの出現日数を合せて示す。降雪量と凍結-融解サイクル出現日数と気温変化が0℃を跨いだ日は, 気象庁の気象統計情報(測定地点: 山形市, 村山市, 東根市, 大江町)から読み取った。なお, 村山市と東根市では降雪量の測定実績が存在しなかった。

表3および表4より, 積算寒度Fが低い年度でも降雪量が多いことが, 表3および表5より, 積算寒度Fが低い年度でも, 凍結破砕出現日があることがわかった。また, F値がより低い2006年度や2008年度では, F値が高かった2005年度より同数以上の凍結破砕出現日があった。図6より, 山形県村山地方(東根市)における凍結-融解サイクル出現日数(月)は12, 1, 2, 3月には10日を超え, また2月がもっとも少なく, 3月, 1月, 12月, 11月の順で多くなった。

3. 室内実験

3.1 漆喰の空隙率の計測と表面状態の観察

山形県河北町における凍結破砕の発生のための三要因「物質の空隙率が高い」「水分供給」「寒冷度」のうち, 「水分供給」と「寒冷度」の二要因は満たしていると考えられたが, 残る「物質の空隙率」に関しては把握できていない。そこで, 漆喰の空隙率を把握するため, 漆喰の試験体を作製し, 物性試験から密度と空隙率を求めた。また, 漆喰表面の状態を電子顕微鏡によって観察した。

3.1.1 実験試料

漆喰試験体は縦×横×高さを50×50×50mmの立方体とし、金鋳で成形した後、室内常温常圧において3ヶ月間養生した。表6に漆喰の材料組み合わせを、図7に漆喰試験体外観を示す。

3.1.2 実験方法

試験体の乾燥重量 (W_0) を測定後、80℃に設定したオーブンに5日間静置し、電子天秤によって絶乾重量 (W_1) を計測した。つぎに、底部にシリカゲルを敷いたガラスデシケーター内で試験体が室温になるまで放冷した。試験体を放冷した後、プラスチック容器に入れて蒸留水で浸し、真空デシケーター内に入れ、0.07MPaで24時間減圧した。24時間後、デシケーター内から試験体を取り出し、液中重量 (W_2) を計測した。その際、試験体を浸漬した水の温度を計測した。その後、試験体表面の水を水で濡らした布で軽くふき取り、空気中での飽水重量 (W_3) を電子天秤によって計測した。以上の測定値から、嵩密度 (D_b)、真密度 (D_r)、空隙率 (P)

を次式から求めた。

$$\text{嵩密度: } D_b = W_1 / \{(W_3 - W_2) / \delta^*\} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$\text{真密度: } D_r = W_1 / \{(W_1 - W_2) / \delta\} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

$$\text{空隙率: } P = W_3 - W_1 / W_3 - W_2 \times 100 \text{ (\%)}$$

* δ は測定時における水温の密度

漆喰試験体の表面観察は、走査型電子顕微鏡 (以下 SEM: JEOL 社製 JSM-6390A Analytical Scanning Electron Microscope) を使用し、加速電圧 5 kV、作動距離 10mm の条件で物性値測定前に行った。

3.1.3 実験結果

試験体の乾燥重量、絶乾重量、液中重量、飽水重量、水温と密度は以下ようになった。表7に嵩密度・真密度・空隙率を示す。値は小数点第3位を四捨五入した。

$$\text{乾燥重量 (} W_0 \text{)} = 124.25 \text{ (g)}$$

$$\text{絶乾重量 (} W_1 \text{)} = 123.73 \text{ (g)}$$

$$\text{液中重量 (} W_2 \text{)} = 67.53 \text{ (g)}$$

表6 漆喰試験体の材料組み合わせ

Table 6 Combinations of material for plaster test cube

	消石灰 貝灰	麻苳	角叉
漆喰	20kg(8.5) 3kg(1.5)	200g (0.1)*1	250g (0.125)*1

*1 消石灰 20kg に対する容積比

表7 漆喰試験体の密度と空隙率

Table 7 Densities and porosity of a test cube

嵩密度 (Bulk Density) (g/cm ³)	真密度 (Real Density) (g/cm ³)	空隙率 (Porosity) (Vol.%)
1.02	2.20	54

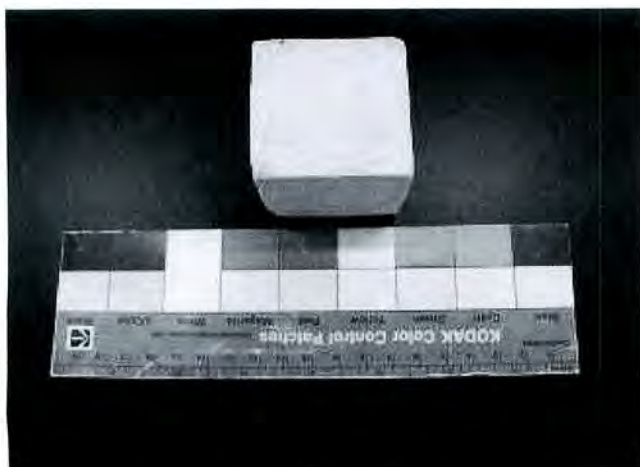


図7 漆喰試験体外観

Fig. 7 Appearance of a plaster test cube

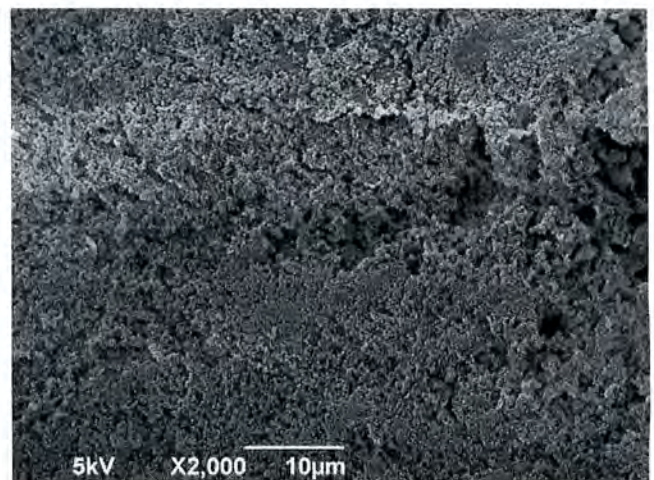


図8 SEMによる漆喰試験体表面拡大写真

Fig. 8 Magnified surface of a plaster test cube under SEM

飽水重量 (W_s) = 188.81 (g)

水温 (δ) = 24.0 (°C)

水の密度 (ρ) = 0.997 (g/cm³)

以上の結果から、実験に使用する漆喰試験体は空隙率54%であり、凍結破碎を引き起こす条件とされる空隙率20%以上を満たしている。図8にSEMによる漆喰試験体表面の状態を示す。

漆喰表面は鍍圧により平滑であった。SEMによる漆喰の表面観察によると、存在する気孔直径は数 μ mであり、漆喰表面から水が壁内部に浸透する構造を有している。

3.2 簡易漆喰壁試験片を用いた凍結-融解サイクルによる劣化促進実験

上述の現地調査によって、漆喰壁土蔵の漆喰の多くは単体で中塗り層からの剥離、剥落等の劣化症状が認められた。それらは凍結破碎による劣化が推測されたが、他の物理的、化学的もしくは生物的要因による劣化なのかは断定できなかった。そこで、凍結破碎による漆喰の劣化挙動を把握するため、漆喰壁土蔵の調査にて確認した中塗り層二種を基層とし、漆喰を上塗りした簡易的な漆喰壁試験片を作製し、凍結-融解サイクルによる劣化促進実験を行った。

3.2.1 実験試料

試験片材料、配合比は、建築工事標準仕様書・同解説 JASS15 左官工事に準拠し、実際の現場で施工されている手順で A と B 二種類の試験片を作成した。試験片 A は基層を「中塗り土」、試験片 B は基層を「砂漆喰」とした。試験片は縦×横×厚さが 100mm×100mm×5 mm のガラス板に、各塗り層の厚さの目安として基層に長さ×幅×厚さが 95mm×5 mm×5 mm の木枠を四本、漆喰層に長さ×幅×厚さが 95mm×5 mm×2 mm の木枠を四本用いて外枠とした。図9に試験片外観を、表8および表9に漆喰と基層の材料の組み合わせを示す。

荒壁は山形県中山町内最上川河川敷から採取した粘土を用いた。川砂は山形県長井市で採取し 3 mm メッシュ

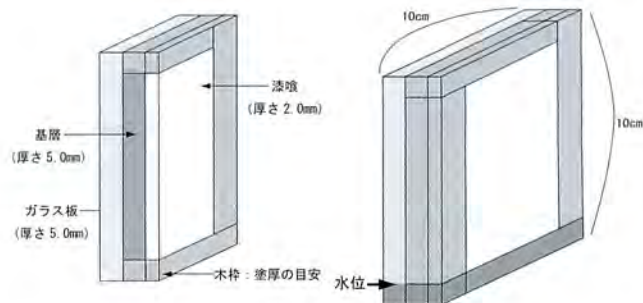


図9 試験片構造 (模式図)

Fig.9 Schematic diagram of a test piece structure

表8 試験片 A, B に用いた材料組み合わせ

Table 8 Combinations of materials used in test pieces A and B

種類	消石灰 貝灰	麻苧	角叉	基層
A	20kg(8.5)	200g	250g	中塗り土
	3kg(1.5)	(0.1)*1	(0.125)*1	
B	20kg	200g	250g	砂漆喰
	3kg			

*1 消石灰 20kg に対する容積比

表9 基層に用いた材料組み合わせ

Table 9 Combinations of materials used as the in base layer

塗り層 材料	主材 (原土)	骨材*2 (川砂)	補助材 (藁苧)
中塗り土	1L	1.5L	30g
砂漆喰*1	1L	1.5L	なし

*1 砂漆喰は漆喰に砂を混ぜたもの

*2 砂は 3mm 篩通過分を使用

の篩通過分を用いた。金鍍でガラス板に基層を塗り、室内常温常圧において1週間乾燥、養生させた。その後、金鍍で基層に漆喰を塗り、室内常温常圧において28日間乾燥、養生させた。漆喰表面は磨きをかけた。

3.2.2 実験方法

試験片 A および B 両方ともに同じ試料を2組用意し、これらを同一条件で試験した。試験片は外径の幅×奥行き×高さ(蓋除く)が 208mm×122mm×80mm のプラスチックケースの底に脱脂綿を敷き詰め、試験片側面に気泡緩衝材をそえて垂直に各種二枚ずつ設置し、外径の幅×奥行き×高さが 330mm×203mm×92mm のステ

ンレスバット内に静置した。恒温恒湿機（ADVANTEC社製 THN064PA）を用いて+10℃を12時間保持した後、機器の降温最大能力（10分間で-10℃低下）で-10℃まで低下させ、その後-10℃を12時間保持した後、機器の昇温最大能力（10分間で+10℃上昇）で+10℃に上げて12時間保持した。これを1サイクルとして、計20サイクルの劣化促進実験を行った。図10に試験片設置状況を、図11に試験片設置模式図を、図12に一連の実験における温度変化の一部を示す。

蒸留水は実験開始時、7サイクル後、14サイクル後



図10 試験片を用いた劣化促進実験の様子

Fig.10 Appearance of a test piece in the accelerated ageing experiment

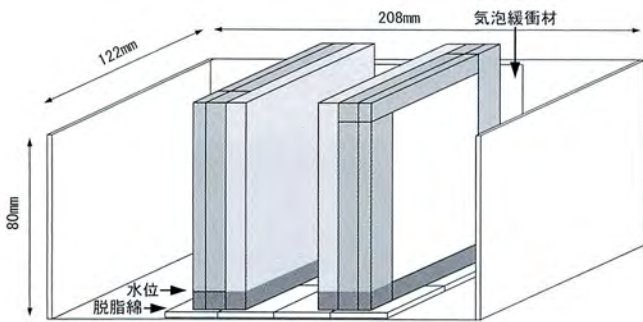


図11 試験片設置（模式図）

Fig.11 Schematic diagram of a test piece installation

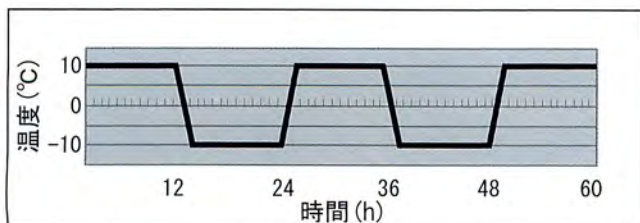


図12 凍結-融解サイクル劣化促進実験における温度変化

Fig.12 Temperature changing of the freeze-thaw cycles in the accelerated ageing experiment

の+10℃の期間中に毎回300mlずつ、図11に示した水位ラインまで供給した。試験片の変化は目視、実態顕微鏡、SEMによる表面観察ならびに、デジタルカメラ、SEMによる記録・撮影とした。実験終了後、まず垂直状態での漆喰表面の亀裂や剥離などの劣化状態を、その後水平に置き漆喰表面、基層の劣化状態を目視によって観察した。

3.2.3 実験結果

<試験片A>

図13に実験終了後の試験片Aの様子を示す。基層が



図13 劣化促進実験後の試験片A

Fig.13 Appearance of test piece A after the accelerated ageing experiment

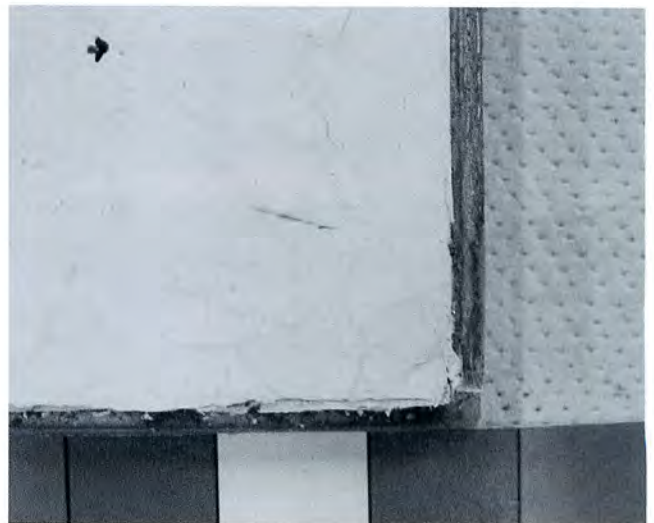


図14 劣化促進実験後の試験片Aの表面の様子；下端から明瞭な亀裂が上部に向かって無数に生じた

Fig.14 Surface of test piece A after the accelerated ageing experiment, showing a lot of distinct cracks at the lower ends

中塗り土の試験片 A をプラスチック容器から取り出し、水平に置いて試験片表面を観察したところ、漆喰表面全体に多数の亀裂が試験片下隅から上部に向かって生じ、試験片上部よりも下部で顕著に見られた。図 14 に漆喰表面に生じた亀裂（一部）を示す。また、漆喰層は基層から一部剥離していた。

給水部の木枠を外し、吸水箇所当たる底面断面の劣化状態を観察したところ、漆喰層底面付近ではそれ自身の層状剥離が顕著であり層間に空隙を生じていた。



図 15 水供給方向から見た劣化促進実験後の試験片 A の断面；漆喰層の一部が基層から剥離するとともに、漆喰層自身が層状に剥離している
Fig. 15 Cross section of test piece A after the accelerated ageing experiment, observed from the underside where water supplied

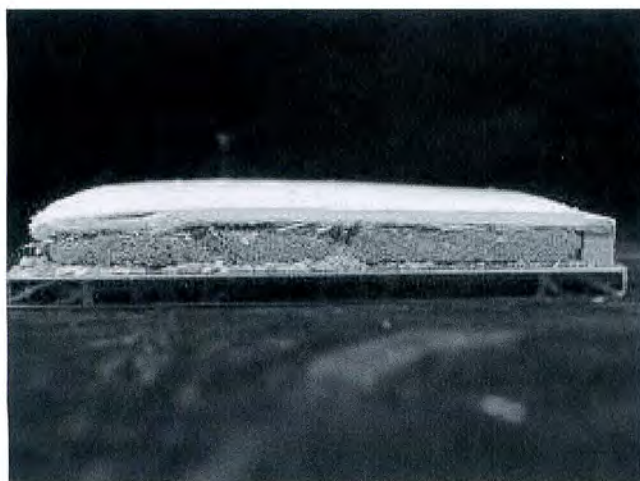


図 16 側面から見た劣化促進実験後の試験片 A の断面；試験片下部（写真の左側）は膨張し、上側（右側）は変化が見られない
Fig. 16 Cross section of test piece A after the accelerated ageing experiment observed from the side, showing expanded lower part (left side in photo), while unchanged upper part (right side)

5.0mm 厚の中塗り土は、漆喰層の中心部分、表面方向に 1.2mm 程度の膨張を確認した。図 15 に底面方向からみた漆喰の劣化状態と中塗り土層の膨張の状態を示す。

側面の木枠を外し、劣化状況を観察したところ、側断面からは試験片下部（吸水箇所）の盛り上がり（膨張）が顕著であった。図 16 に側面から見た試験片の膨張の状態を示した。

後述の試験片 B で発生した基層裏面のクレーター状の孔は試験片 A では観察されなかった。周囲木枠を完全に外し反転させたところ、試験片の中塗り土は完全に崩壊した。また試験片 A の 2 組の試料は、ほとんど同



図 17 劣化促進実験終了後の試験片 B
Fig. 17 Appearance of test piece B after the accelerated ageing experiment ; the plaster layer was completely exfoliated from the sand plaster layer

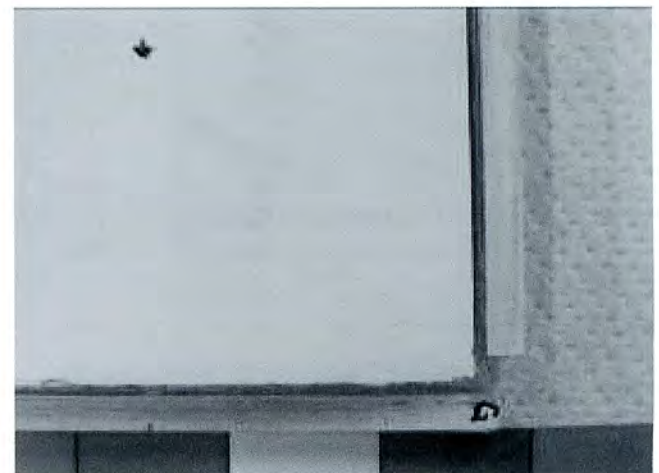


図 18 劣化促進実験後の試験片 B の表面の様子；下端に微細な亀裂が生じた
Fig. 18 Surface of test piece B after the accelerated ageing experiment ; only some minute cracks observed at the lower ends

じ結果を示した。

<試験片 B>

図 17 に実験終了後の試験片の外観を示す。基層が砂漆喰の試験片 B の漆喰層は、基層から完全に剥離していた。実験後の試験片をプラスチック容器から取り出し、水平に置き試験片表面を観察したところ、漆喰表面全体に亀裂はほとんど見られず、給水面だった試験片底部から上部に向けて長さ約 1 mm の微細な亀裂が数箇所が生じていた (図 18)。これは試験片 A の結果とは大き

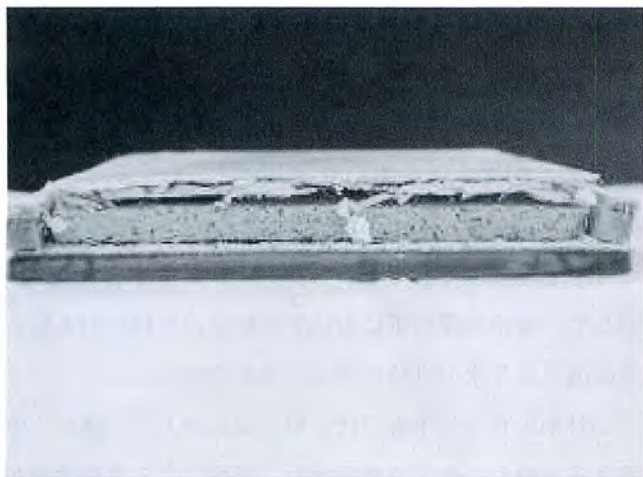


図 19 水供給方向から見た劣化促進実験後の試験片 B の断面
Fig. 19 Cross section of test piece B after the accelerated ageing experiment; observed from its underside where water supplied



図 20 側面から見た劣化促進実験後の試験片 B の断面；試験片下部 (写真の左側) の漆喰層は膨張し、上部 (右側) は変化がない
Fig. 20 Cross section of test piece B after the accelerated ageing experiment observed from its side, showing exfoliated plaster layers of the lower part (left side in photo) and unchanged the upper part (right side)

く異なった。亀裂は試験片上部ではほとんど見られなかった。

給水部の木枠を外し、底面断面の劣化状態を観察したところ、漆喰層断面では層内に剥離が顕著に起きていた。しかし基層を中塗り土とする試験片 A とは異なり、試験片 B の砂漆喰層の底面では膨張が観察されなかった。図 19 に底面方向からみた漆喰層と砂漆喰基層の実験後の状態を示した。

図 20 に側面から見た試験片の様子を、図 21 に砂漆喰基層表面の外観を、図 22, 23 に砂漆喰基層裏面の外観をそれぞれ示す。側面断面の観察によると、水供給部の底部で漆喰層が膨張し剥離など変化していたが、試験片



図 21 劣化促進実験後の試験片 B の砂漆喰層表面
Fig. 21 Surface appearance of the sand plaster layer of test piece B after the accelerated ageing experiment

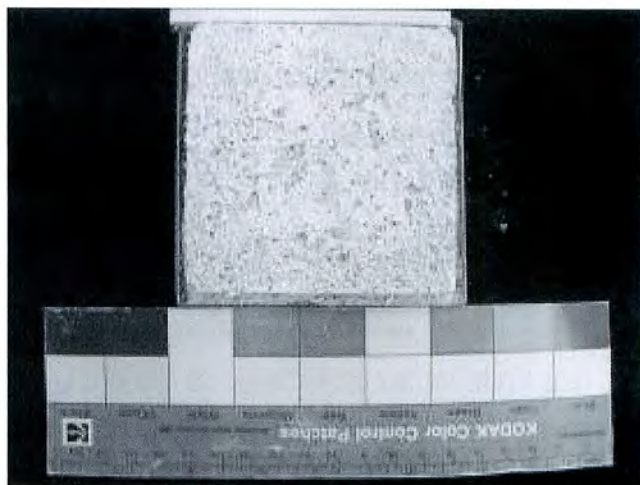


図 22 劣化促進実験後の試験片 B の砂漆喰層裏面
Fig. 22 Reverse surface of the sand plaster layer of test piece B after the accelerated ageing experiment

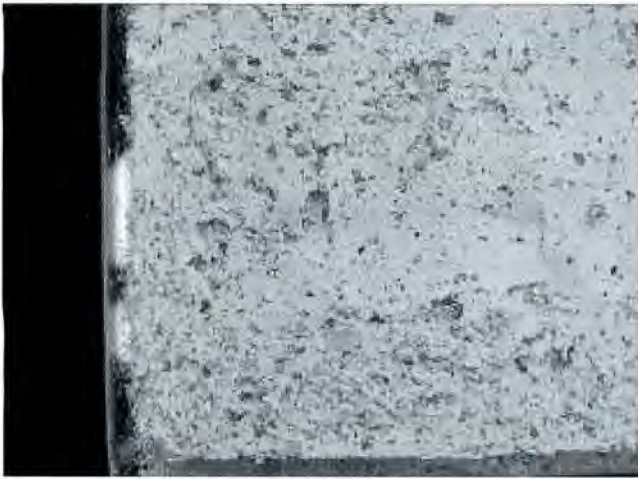


図 23 図 22 の拡大図 (左下) : クレーター状の大小の孔が無数に見える
Fig. 23 Close-up (lower-left) of Fig. 22 showing innumerable pores like craters

A とは異なり基層 (漆喰層) の膨張は見られなかった。

剥離した漆喰層を取りはずして基層の砂漆喰層を観察・計測したところ、表面に微細な亀裂が生じていたが、砂漆喰の膨張はほとんど確認できなかった。また砂漆喰の裏面にはクレーター状の大小の孔が生じていた。特に、吸水箇所である試験片下部に多数見られた。これを反転させても、試験片 A のような崩壊は発生しなかった。

また試験片 B の 2 組の試料は、同様の実験結果を示した。

4. 考察

4.1 現地調査

既存調査の調査対象であった土蔵の調査漏れの原因は、中南部地区の調査漏れ土蔵の立地条件が影響していると考えられる。中南部地区は大きな幹線道路と旧道や細い路地が複雑に交差し、それに伴い宅地造成も不規則であることから、土蔵が母屋の陰になっていて表通りからは見えにくい、入り組んだ路地奥に立地している等の理由により、調査漏れが多くなったと思われる。一方、西部地区はほとんどの住居が一本の幹線道路に面していること、住宅と住宅の距離が離れており、遠くからでも土蔵を確認することが容易であったため、調査漏れがわずか 1 棟であったと推察される。

漆喰壁の劣化状態と方角の関係性に関しては、本調査結果と既存の研究結果 (高見ら : 2006) とは必ずしも一

致するとはいえない。山形県村山地方は周囲を山々に囲まれた盆地であることや、凍結期間における気温以外にも、日射量や風向、風速、積雪量などの微気象も劣化現象に大きく影響していると考えられた。

河北町内の土蔵が劣化していても修復されずにいるのは、所有者の高齢化と後継者不在、所有者の転居による管理者不在、熟練左官技能者の高齢化と後継者不在といった原因が関係していると考えられる。

4.2 漆喰壁土蔵の気象環境

表 2 および表 3 より、降雪量が多く積算寒度 F が低いこと、ならびに積算寒度 F が低いと平均気温が高いといえることから、雪は融解しやすく、降雪も雨に変わりやすいと推察される。また、表 2 および表 4 より、積算寒度 F が低くても凍結破砕出現日があることから、漆喰壁土蔵の気象環境を積算寒度 F のみで判断することは不十分であると考えられる。これらより、漆喰壁に対して、寒冷地環境下において凍結破砕劣化を引き起こす要因となる水の供給は容易と考えられる。

2 月末から 3 月末までは日中の気温が上昇し始め、冬季に降り積もった雪の融雪水や、降雨による水分供給が豊富なこと、夜間や早朝の気温は氷点下まで下降することが多いことから、凍結破砕劣化を引き起こすための水の供給と凍結—融解サイクルの出現回数が十分に満たされていると考えられる。上述の調査結果および山形県村山地方の気象から、漆喰壁の主な劣化は凍結破砕によるものと推定できる。

漆喰単体は多孔質で、不凍水 (氷点下でも凍結しない水) が少ないと考えられている。つまり、漆喰は氷点下において不凍水膜を通じた間隙水の移動が制限されるため、材質劣化要因を満たしておらず、凍結しにくくかつ凍上性が低いと考えられる。しかし、一定の条件を満たせば凍結による材質劣化は引き起こされるとされている (赤川ら : 2003)。これより、漆喰自体も条件次第では凍結破砕によって劣化することが考えられる。

4.3 室内実験

4.3.1 漆喰試験体

漆喰試験体の実験結果より、漆喰表面から水が漆喰壁

内部に浸透する可能性は高いと考えられる。現地調査において確認した漆喰壁土蔵の劣化現象は、春先における凍結破砕による可能性が高いことが示唆された。

4.3.2 凍結破砕劣化促進実験

<試験片 A>

基層が中塗り土の試験片 A では、底部からの給水後に毛管現象などにより吸い上げられた水が、基層、漆喰層、基層・漆喰層間に留まり、氷点下で凍結膨張し氷晶が析出したと考えられる。そのため試験片 A では、漆喰層に背面の中塗り土層から力が加わった結果、漆喰層下部で顕著な亀裂が多数発生した（図 13）。また漆喰層下方部が盛り上がったのも、毛管現象などにより吸い上げられた水が、漆喰層と中塗り土層との境界の間隙部分で氷晶が析出し凍結膨張を起こしたためと考えられる。また、漆喰層内で発生した剥離も同様に理解できる。図 14 や図 15 で見られた底部における漆喰層の亀裂や剥離などは実際の漆喰壁土蔵でもよく観察される劣化現象である。しかし、図 15 に見られる漆喰の層状剥離は実際の漆喰壁では確認できていない。

また中塗り土は粘土と砂からなるため適度な空隙を有し、凍結面へ水を吸い寄せられる力は大きく、凍上性が高いと考えられる。今回の実験では凍結の際に土の間隙に侵入した水分が凍結-融解を 20 回繰り返すうちに劣化し、大きな崩壊という現象につながったものと考えられる。つまり、中塗り土は漆喰よりも凍上性が大きく水の凍結膨張による劣化を受けやすいと考えられる。

<試験片 B>

基層が砂漆喰の試験片 B で漆喰層が砂漆喰層から完全に剥離したが、その原因としては漆喰層と砂漆喰層との境界部分において氷晶が析出した影響や、漆喰自身の乾湿による反りの影響などが考えられる。

断面観察では、漆喰層の一部が膨張し、また層状剥離を起こしているのに対し、基層の砂漆喰にはほとんど膨張が見られなかった。3.1.3 で示したように、漆喰の空隙率は 50% を超えているため、劣化箇所では凍結破砕が発生する「水分供給」、「寒冷度」、「物質の空隙率」の三要因をすべて満たしており、劣化が生じたと推察された。空隙率約 44% を示す砂漆喰^{*)}は、空隙率の高い漆

喰に粒径 3 mm 未満の砂を混和しているため、中塗り土より凍上性が低く、凍結膨張が生じ難かったと考えられる。

寒冷地の道路工事などでは、凍上を防ぐ方法としていくつかの対策手法が知られている。例えば、凍上の起こりやすい粘土やシルトからなる地盤を凍上の起こりにくい砂に置き換える置換工法や、土にセメントや石灰を混ぜ、その性質を変化させたり凍結温度を下げたりする安定処理工法などがある（久保：1990）。これらより、砂漆喰は中塗り土よりも凍上が起こりにくいと推察された。しかし、今回の実験条件では凍結速度が速く、砂漆喰では凍上が起きなかったとも考えられる。

図 21 および図 22 で観察された状況は、砂漆喰層の間隙水が氷晶となって析出したために、クレーター状の孔ができたためと推測できる。今回の実験では試験片下部に木枠と背面にガラスがあり、高い空隙率の砂漆喰でも水が完全に排水されず、表面張力で水が存在していた砂漆喰層とガラスの間隙にて氷点下で水の体積膨張が起きたと考えられる。また、漆喰や砂漆喰のような空隙率が高い多孔質内部に常に水が存在しつつ、気温が氷点下になるような環境下では、水の体積膨張による凍結破砕が懸念される。

空隙率が小さい場合には水の浸透性は低く、大きければ水が抜け落ちて凍結しにくくかつ凍上性が小さくなるとみられる。ある物質の凍上性を明らかにするためには、1) 土粒子の粒度分布及び粒度の把握、2) コンシステンシーや現場の地下水位の把握、3) 冷却温度、荷重等の凍上実験より、定量的に凍上量を求める（石崎：1993）等が必要とされている。したがって、今回実験に使用した中塗り土と砂漆喰の空隙率のみならず、凍上性や透水性、保水性といった物理的性質、凍結速度や温度勾配などの熱的条件といった微視的な見地も合わせて検討する必要がある。

漆喰試験片を用いた凍結-融解サイクルによる劣化促進実験の結果、以下のことが確認、推察された。

- 1) 漆喰層が基層から剥離した。これは実際の漆喰壁土蔵でも確認でき、漆喰層と基層の境界に氷晶が析出したためと考えられる。
- 2) 今回の劣化促進実験の条件では、基層として砂漆喰

よりも中塗り土を用いる方が漆喰表面に凍結の影響が反映された。これは、砂よりも粘土の方が凍結の際、凍結面に水を吸い寄せられる力が大きく、凍上性が高いためと考えられる。

- 3) 漆喰層内部で層状剥離を起こしていた。これは実際の漆喰壁土蔵から剥落した漆喰や、既存研究には見られない結果である。
- 4) 中塗り土（基層）に含まれた水の氷点下での体積膨張による影響によって基層が変形（膨張）し、漆喰層の亀裂や剥離に影響を与えた。

現地調査、室内実験より、調査地とした山形県河北町内に現存する漆喰壁土蔵における漆喰層の亀裂や剥離、剥落といった劣化現象は、中塗り層内部および漆喰層と中塗り層の境界面における氷晶の析出が一因で発生している可能性が高いと考えられた。また、漆喰が剥落して中塗り土が露出した場合、中塗り土は漆喰よりも凍上性が高いと考えられるため、劣化がより進行すると推察された。

今後は、より微視的な考察を行うために、凍結速度や温度勾配などの熱的条件を明確に設定し、本実験に用いた中塗り土と砂漆喰の凍上性、物理的性質の詳細を明らかにする必要がある。

4.4 保存対策

漆喰壁の凍結破砕劣化を防止するためには、「水分供給」、「寒冷度」、「物質の空隙率」のいずれかを改善すればよい。しかし、土蔵のような屋外建築物を対象に「寒冷度」、「物質の空隙率」を改善するのは過大な労力が必要であり、この中では「水分供給」を改善（水の排除）することが最も効率的であると考えられる。その方法の一例としては、凍結期間における漆喰壁の雪囲いが挙げられる。また、土蔵周囲に降り積もった雪の除雪作業や、排水設備を整えるなども有効であると考えられる。漆喰が剥落し、中塗り土が露出している場合は、雨や雪が壁に直接当たらないように、木板や葎、トタンなどで防護し、適切な時期に修復することが望ましい。

本研究では、今後「寒冷度」、「物質の空隙率」についても研究の対象とし、これまで実施されてきた方法や小論で明らかになった内容を合わせて科学的に検討し、よ

り効果的な保存対策を提案していきたい。

5. まとめ

寒冷地に現存する漆喰壁土蔵の劣化機構を解明し保存対策を立案するために、山形県河北町を選出し、現地での保存状態調査ならびに実験室での簡易試験片を用いた凍結—融解サイクル劣化促進実験を行った。結果を以下にまとめる。

- ・現地調査より、1981年・1982年の既存調査で多くの土蔵の調査漏れがあったことが判明した。
- ・河北町中部、南部、西部地区には2006年に土蔵148棟の現存を確認したが、2008年には後継者や熟練左官技能者の不在といった社会問題から4棟の土蔵が消失し、144棟に減少した。
- ・山形県村山地方では、凍結期間における積算寒度Tが低くても、漆喰壁土蔵の凍結破砕劣化が発生する危険性がある。
- ・簡易試験片用いた劣化促進実験より、漆喰層の亀裂、膨張などの劣化現象は、基層として用いた中塗り土に含まれた間隙水の凍結膨張の影響によるものと考えられた。また、漆喰の剥離や剥落は、漆喰と中塗り層の境界面における氷晶の析出による可能性がある。今回の実験条件では、同じく基層として用いた砂漆喰には凍結膨張の影響がほとんど見られなかった。漆喰壁土蔵の漆喰の劣化は、中塗り層の空隙率、透水性、保水性といった物理的性質、粘土や砂の凍上性に左右されると考えられた。
- ・漆喰壁土蔵の凍結破砕劣化を防止するためには、凍結期間における水分供給を改善することが望ましいと考えられた。
- ・漆喰が剥落し中塗り土が露出した土蔵は、更なる凍結—融解サイクルによる劣化が繰り返されることが予測され、中塗り土の露出は漆喰壁補修時期の到来を示唆していると考えられた。仮にこれを放置すれば、いずれ漆喰壁土蔵が倒壊する危険性があると推察された。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、凍結—融解サイクルによる劣化メカニズムに関する内容を北海道立地質研究所企

画調整部研究企画科長の高見雅三氏にご教示いただきました。また試料作製を原田左官工業所の原田正一・正志の両氏にご協力いただきました。記してここに謝意を表します。

註

- * 1 別途試験の結果で、本試験で使用した砂漆喰と同じ試料の参考値

参考文献

- 赤川 敏・原口征人・スレンダラ・バハデュール・タムラカル 2003「寒冷地鉄道工学講座（JR 東日本・JR 北海道）寄附講座終了報告書」 pp.12-13
- 石崎武志 1993「土の凍上予測と試験法に関する研究」低温科学 物理篇 51 pp.159-172
- 石崎武志・大野 彩・佐野千絵・稲葉治美 2003「漆喰壁の物理的性質に関する研究」日本文化財科学会 第 20 回大会研究発表要旨集 pp.186-187
- 市川佐織・松井敏也・松田泰典 2005「炭酸カルシウム原材料に用いられた貝殻と石灰岩の形状による識別」文化財保存修復学会誌 49 pp.1-12
- 伊藤鄭璽 執筆・編集 1984「山形県蔵座敷等調査報告書」 pp.5-11, pp.40-41, pp.46-55
- 稲葉治美・大野 彩・石崎武志・佐野千絵 2004「漆喰の硬化過程—硬化速度に対するすき、のりの影響—」文化財保存修復学会第 26 回大会研究発表要旨集 pp.152-153
- 岩崎 博 2003「産地別壁土の諸性質と空気汚染物質の除去効果」建築知識 pp.212-216
- 気象庁ホームページ 気象統計情報過去の気象データ検索 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2009 年 11 月 18 日現在)
- 朽津信明・森井順之 2005「土壁の水分吸収・放出に関する基礎的研究」保存科学 No.44 pp.103-108
- 久保 宏 1990「地盤の熱的問題：7. 地盤の凍結と凍上：7.2 道路の凍上被害と対策」土と基礎 38(5) pp.77-84
- 高見雅三・石崎武志 2006「北海道開拓の村」の歴史的建造物の壁面劣化調査」保存科学 45 pp.241-249
- 瀧野澤聡子・石崎武志・三浦定俊 2001「日本壁の凍結による劣化機構の研究」文化財保存修復学会第 23 回大会発表要旨集 pp.30-31
- 日本化学会編集 1977「化学便覧 基礎編Ⅱ 改訂 2」Ⅱ-4
- 三浦定俊・福田正巳 1985「凍結—融解サイクル出現頻度の全国分布」石造文化財の保存と修復（東京国立文化財研究所） pp.33-40
- 諸戸靖史 1994「土の凍結・凍上および青森県における路床構造の設計」八戸工業大学構造工学研究所紀要 1 pp.19-29

(2009 年 7 月 1 日受付, 2009 年 12 月 1 日受理)

Deterioration Mechanism and Preservation Strategies of Plaster-wall Warehouses in the Cold Region (I) : Research on Preservation Condition of Plaster-wall Warehouses and Accelerated Aging Experiment with Freeze-Thaw Cycles for Plaster-wall Samples

Yuta Suzuki¹⁾, Yasunori Matsuda²⁾ and Sachio Yonemura³⁾

¹⁾ Department of Conservation Science, Graduate school of Art and Technology, Tohoku University of Art & Design, 3-4-5 Kamisakurada, Yamagata-shi, Yamagata 990-9530, Japan

²⁾ Department of Conservation Science, Graduate school of Art and Technology, Tohoku University of Art & Design (former)

³⁾ Department of Art History and Conservation, Tohoku University of Art & Design, 3-4-5 Kamisakurada, Yamagata-shi, Yamagata 990-9530, Japan

Historical plaster-wall warehouses survived in the cold climate were surveyed in terms of their preservation conditions and researched scientifically from the viewpoint of deterioration mechanism of plaster-wall. They has been used and preserved around Mogami River valley (Yamagata prefecture) where thriving merchants have been active with shipping in the Edo and the Meiji Period. Unfortunately, the number of warehouses has decreased gradually in recent years caused by the alternation of younger generations, lack of successor of the assets, lack of skillful plasterers and so on. In particular the cold environmental condition of this area has affected directly to the deterioration outer plaster wall which has brought the breaking of the whole warehouse without restoration. In this paper, accelerated ageing experiments with freeze-thaw cycles for two kinds of simple plaster-wall samples were performed for researching on the deterioration phenomena of the plaster-wall. As a result the deterioration of plaster-wall was considered to be due to the transformation of the soil layer as base bringing from the freezing expansion of water in vacancy by repetition of freezing. On the other hand, the sand plaster layer (as a base) which is often used to be one of upper intermediate layer was hardly affected by the freeze-thaw cycles in the experiment. The deterioration of the plaster-wall was considered to be depended on the rate of vacancy, as well as water permeability and retaining ability of water. The breaking of the outer plaster-layer and exposure of the intermediate layer was considered to inform “the time for restoration of the plaster-wall”, and was suggested the risk of collapse of a whole warehouse.