

江戸東京博物館「銀座煉瓦街遺構」の劣化と保存

朽津 信明・森井 順之

1. はじめに

東京都江東区にある江戸東京博物館で現在所蔵・展示されている「銀座煉瓦街遺構」では、煉瓦の表面崩落が認められ、保存対策が求められていた。これは通常の建物における煉瓦壁とは異なり、既に大地とは切り離された状態で博物館内に展示されていることから、雨水や地下水の影響はない状況にもかかわらず、今なお劣化が進行していることになる。本稿では、この煉瓦壁の現状と、その置かれている現在の環境を調査することから劣化原因を考察し、そのことに基づいて適切な保存対策を講じることに貢献することを目的とする。

2. 経緯と現状

銀座煉瓦街は、明治5（1872）年の大火を機に明治10（1877）年頃に完成した日本の近代を象徴する建物群だったが、関東大震災でその大半が失われた。昭和63（1988）年に、銀座八丁目の工事現場において偶然その一部が発見され、幅220cm、高さ369cm、厚さ32cmのブロックとして江戸東京博物館に運ばれて1993年の開館以降展示されている（図1）。博物館の資料¹⁾によれば、運搬の際には「表面に酢酸ビニル樹脂を塗った」ことが記されており、展示に際しては裏側をコンクリートで補強したとされている。また、平成8（1996）年度の資料には、酢酸ビニルが煉瓦壁表面で「膜を作っている」と弊害が指摘され、一部それを剥がした後、珪酸アルカリ樹脂を塗布したことが書かれている。

その後、状況が改善されないとのことで平成14（2002）年11月に東京文化財研究所に相談があり、同年12月より筆者らで調査を開始した。

平成14年12月の時点で、当該壁面には、「膜を作っている」という表現に相当すると見られる厚さ1mm程度の白色の膜状物質がところどころ認められ、煉瓦が紛状化して崩落している部分も認められた（図2）。そうした紛状化が認められる部分には、表面に塩類の析出が認められる場合があり、これはX線粉末回折で岩塩（NaCl）と同定された。



図1 江戸東京博物館に展示中の「銀座煉瓦街遺構」
幅220cm、高さ369cm、厚さ32cm



図2 煉瓦壁表面の劣化状況
過去の処理に伴う合成樹脂が膜状化し、塩類も析出して表面崩落が認められる

3. 壁面蒸発量計測法の検討

状況から、煉瓦壁面での蒸発・結露などによる水のやりとりの有無が、保存対策を考える上で重要と判断されたことから、壁面蒸発量を計測する方法を確立することを目標とする、基礎的な実験を行った。

壁面蒸発（または結露）が起きる場合には、壁面付近で絶対湿度が高く（低く）なり、壁面から離れるに従ってそれが低く（高く）なる、いわゆる絶対湿度勾配が形成されることが知られている²⁾ため、一定間隔（約4mm）離れた状態で温度・湿度センサーを二

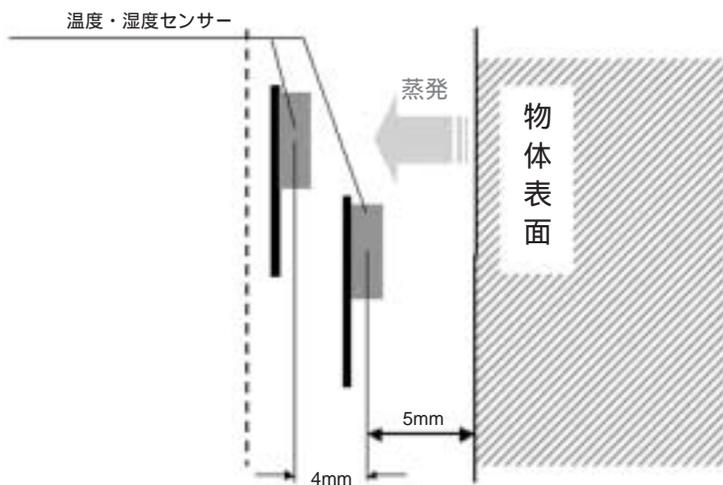


図3 今回試みた表面蒸発量計のイメージ

$$\text{蒸発量} \left[\frac{\text{mg}}{\text{cm}^2 \cdot \text{h}} \right] = \frac{\text{単位面積当たりの絶対湿度差} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} / \text{cm}^2 \right]}{\text{センサー間隔} \left[\text{mm} \right]} \times \text{拡散係数} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right] \times 3600 \times 10^9$$

図4 表面蒸発量の計算方法

つ組み合わせ、それを壁面近傍に近づけることで、その絶対湿度勾配を計測することを試みた。まず、容器に湿った状態の土を満たし、初期重量を測定した後、その表面付近（近い方のセンサーまでの距離約5mm）に上記のように組み合わせたセンサーを固定した（図3）。それを株式会社「おんどとりJr」につないで一分間に一回ずつ絶対湿度勾配を自動計測し、一時間が経過した時点でセンサーを外し、再度重量を計測した。その結果、重量変化から見積もられた蒸発量は $4.33 \text{ mg/cm}^2/\text{h}$ となった。一方、測定された温度・湿度のデータの中で、比較的安定した状態の温度・湿度の値（89%、24.7 と80%、24.8、87%、24.6 と78%、24.8）を用いて、水蒸気の拡散係数を用いて計算（図4）された表面蒸発量は $4.41 \text{ mg/cm}^2/\text{h}$ となった。両者はオーダーとしては一致した。

4. 調査内容

まず、江戸東京博物館内における当該煉瓦壁の現在の展示環境として、展示室の温度・湿度を測定し、また水で満たしたメスシリンダーを展示室内に設置してその水面を周期的に計測することでポテンシャル蒸発量³⁾を算出した。さらに煉瓦壁の現状として、煉瓦内の含水率と壁面からの表面蒸発量とを計測した。含水率は、IMKO社のTDR水分計を用い、表面から約5cmの煉瓦内の平均値を測定した。また表面蒸発量は、上記で開発されたセンサーを煉瓦壁表面付近（壁面から5mmと10mmの地点）に設置し、一時間あたりの蒸発量（または結露量）として算出した。計測は、原則的に一時間に一回として、いずれもデータロガーに自動記録した。

環境計測，含水率，そしてポテンシャル蒸発量の計測は2002年12月24日から2003年12月8日まで，そして壁面蒸発量は2003年5月26日から12月8日まで行った。

5. 結果

展示室の温度，湿度は，期間中の最高値が26.6℃，79%，最低値が16.1℃，19%で，いずれも顕著な季節変動を示し，夏に高く冬に低い傾向を示した(図5)。含水率も，最高含水率が15.7%，最低含水率が4.9%で，上記温度湿度の動きに比べれば僅かに遅れがちな傾向が見られるものの，やはり夏に高く冬に低い傾向が認められた(図6)。ポテンシャル蒸発量は，期間中に477mmで，一月あたり40～50mm程度で比較的安定していた。なお壁面近傍の表面蒸発量計測用センサーでは，ロガーのメモリーの関係でデータの欠損期間があったが，測定された範囲では二地点間でデータにあまり違いが見出されない状態で推移した(図7)。なお，計測された範囲での最高湿度はいずれも70%であった。

6. 考察

当該煉瓦壁は現在博物館内に存在し，雨水や地下水などが直接供給される環境にはない。それにも関わらず煉瓦の含水率は変動を示しており，このことが表面崩落に関係していると考えられる。すなわち，煉瓦内の水分量が低下することによって水分中に溶けていた塩分が結晶の形(この場合には岩塩)で析出し，それにともなって表面崩落が促進されているのであろう(塩類風化⁴⁾)。この場合の煉瓦含水率は，一方的に低下し続けているわけではなく，ほぼ一年周期での増加・減少という周期性が認められることから，屋外にあった時代に煉瓦壁内に含まれていた水分が，今なお一方的に放たれ続けているような状態とは考えられず，従って現在の展示環境における周りの環境との水のやりとりを想定する必要があるだろう。このような場合には通常，一番一般的な空気中からの水の受け取り方としては表面結露が考えられるが，観察された展示環境(展示

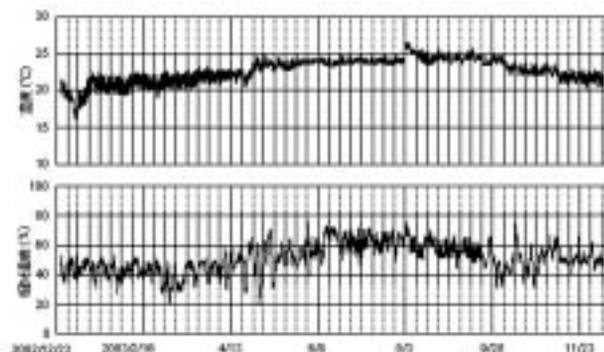


図5 展示室における温度・湿度の変動

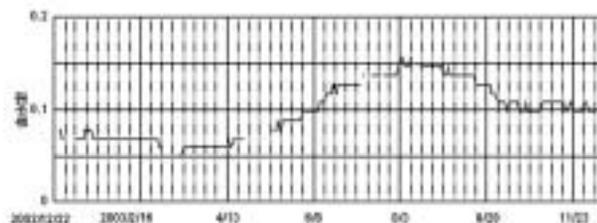


図6 煉瓦壁含水率の変動

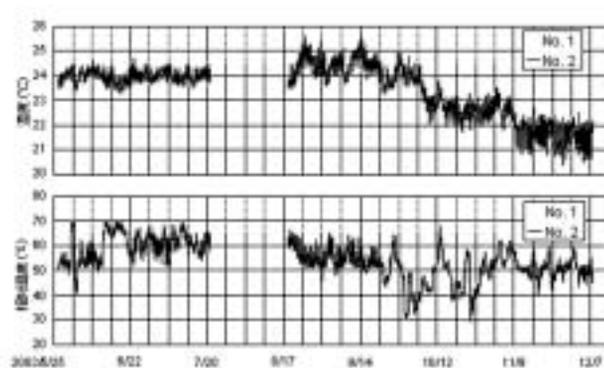


図7 表面蒸発量計測用の壁面近傍温度・湿度の変動

室の最高湿度は79%、壁面近傍ではその時期のデータが欠損しているため、計測された最高湿度は70%)を考慮すると容易に結露が起こるとも考えにくく、むしろ既存の塩類の潮解現象の方が主体となっている可能性が考えられる。潮解とは、当該煉瓦のように多量の塩類が空气中に存在する場合に、周りの湿度が平衡相対湿度(岩塩は20 の場合には75%)を越えると、塩が空气中から水分を吸い飽和水溶液となって溶けてしまう現象⁴⁾のことである。つまり周りの湿度が高い時期に、あるいは周りの湿度が高くなる時期に若干遅れて煉瓦含水率が上昇したのは、煉瓦壁内の岩塩が潮解現象を起こし、結果的に空气中の水分を吸い込んだことによるのではないかと推定されるものである。逆に含水率低下を起こしたのは、周りの湿度が平衡相対湿度を下回ったことで、再び水分が放たれたことによると思われる。こうした塩類の潮解と水分蒸発による再結晶とが繰り返されると、煉瓦の表面崩落が促進される場合があることは既に指摘されている³⁾。今回の場合には、平行相対湿度の理論値である75%を越える相対湿度はそれ程頻繁には観察されておらず、また開発された表面蒸発量計では煉瓦壁表面における日々の水分のやりとりは殆ど検出できていないが、そうしたマイクロな現象よりも、恐らくは季節変化レベルのゆっくりとしたやりとりによって、煉瓦内の含水率変動が引き起こされているのではないかと推測される。

次に、その水のやりとりによって析出する岩塩の起源についてであるが、これは恐らくは移築前の銀座にあった時点で既に煉瓦壁内に蓄えられていた塩分が、今なお残されているのであろう。展示環境とは異なり、大地に接し、地下水や雨水や大気の影響を受け続ける屋外環境下においては、そうした塩類が煉瓦壁内部に蓄積される現象はこれまでも少なからず指摘されており³⁾、それを含んだまま現在の環境で展示されていることが、今見られる劣化原因の一つとなっていると考えられる。

そうだとすると、既存の塩類が原因となって、現在の展示環境の影響で劣化が促進されているということになるが、だからと言って当該展示物だけのためにすぐに博物館全体の展示環境改善を検討するのは拙速であろう。現状で他の展示品に特に問題が現れているわけでもなく、また当該煉瓦壁にしても、著しい結露などの現象が見られているわけでもないことから、もう少し当該煉瓦だけに特化した対策を考える方が先決であろう。

では、今後どのようにしてこの表面崩落を止めればよいのであろうか。この点については、江戸東京たてもの園(以下、単に「たてもの園」とする)における事例が参考になるであろう。小金井市にある「たてもの園」では、江戸東京博物館に展示されている当該煉瓦壁と同一壁面の別の一部分(幅214cm、高さ143cm、厚さ30cm)が、展示・公開されている(図8)。「たてもの園」の資料⁵⁾によれば、これは江戸東京博物館のものと同様に、移築の時点では表面が樹脂処理され裏にはコンクリート打ちがなされており、平成6(1994)年の時点で「塗膜が剥離・剥落して煉瓦自体が風化・剥離してきた」「可溶性塩類



図8 江戸東京たてもの園に展示中の「銀座煉瓦街遺構」
幅214cm、高さ143cm、厚さ30cm

が劣化をさらに促進した」と書かれている。ここまでの経緯は江戸東京博物館の状況とよく類似しているが、現在の煉瓦壁に塩類の析出はあまり認められず、煉瓦の表面剥離のような現象も殆ど見られない。展示環境としてはこちらは屋外博物館であり、覆屋はあるものの容易に風雨に晒される環境であり、博物館内に置かれている江戸東京博物館の環境に比べて厳しいことはあっても、環境が柔和であるために保存が良好であるとは考えにくい。従って、スケールの違いに基づく塩類の絶対量の違いなどに加え、両者の現状の違いにはその後の保存対策の違いも大きく影響を与えている可能性が考えられる。

「たてももの園」の資料⁵⁾によれば、1994年の時点で状態が悪かった当該煉瓦壁に対して、以前の樹脂塗膜を除去した後に、新たな合成樹脂（シラン系樹脂）による撥水処理が行われたことが書かれている。このため撥水剤の存在が、恐らくは煉瓦の含水率変化を軽減し、そのことで江戸東京博物館では見られるような塩類風化が防がれている面があるのではないかと考えられる。

以上から、江戸東京博物館における対策を考えると、まず理屈の上からは1．既存の塩を除去する、2．塩の潮解（及び表面蒸発）を起さにくくする、の二つの方向性が考えられる。ただし、3mを越える大きさの展示物を博物館環境の中で脱塩処理することは、容易なことではないだろう。だとすると、江戸東京博物館においても、膜を作った状態の既存の樹脂を取り除いた後に、煉瓦の含水率変動を押さえるような処理を施す方向性が対策としては考えられる。ただしこの場合には、風雨に伴う表面からの直接的な液体としての水の供給が想定される「たてももの園」の状況とは異なり、江戸東京博物館では既存の塩の潮解現象が主要因となっていると考察されたことから、必ずしも「たてももの園」と同じ処理が有効とは限らない。こうした背景をきちんと見通した上で、潮解現象を起さにくくするような対策が検討されることを希望するものである。

7. まとめ

江戸東京博物館で展示されている「銀座煉瓦街遺構」では、屋内展示であるにもかかわらず煉瓦の含水率が季節変動を示し、それに伴って煉瓦表面が塩類風化で崩落している。これは、展示室の湿度が高くなる季節に、既存の塩類が潮解することに伴って、主に引き起こされると推定される。従って、過去の処理による樹脂を取り除いた後に、潮解現象を起さにくくする新たな対策が必要となるであろう。

謝辞

本研究における現地計測に関して、齋藤慎一氏・新田太郎氏をはじめとする江戸東京博物館学芸課の皆様、そして東京文化財研究所の青木繁夫氏に便宜をお図りいただいた。また、江戸東京たてももの園の阿部由紀洋氏からは、同園における煉瓦壁処理に関する情報をご教示いただいた。以上を記して御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 江戸東京博物館 (1996) 館内資料
- 2) 渡辺邦夫：地中の虹，近未来社 (1993)
- 3) Kuchitsu, N. : Process of salt weathering observed at a brick building , Shimoren Kiln , Central Japan , Transactions , J.G.U. , 21 , 261 - 276 (2000)
- 4) Goudie, A. : Salt weathering Hazards, John Wiley & Sons (1997)
- 5) 江戸東京たてもの園 (1994) 園内資料

キーワード：煉瓦 (Brick) ; 塩類風化 (Salt weathering) ; 潮解 (Deliquescence) ; 蒸発 (Evaporation) ; 岩塩 (Halite)

Weathering and Conservation of the Ruin of “ Ginza Brick Town ” in the Edo-Tokyo Museum

Nobuaki KUCHITSU and Masayuki MORII

“ Ginza Brick Town ” was built in the 1870's as a symbol of modernization in Tokyo , but was almost completely destroyed by the Great Kanto Earthquake in 1923 . A part of a brick wall of the “ Ginza Brick Town ” was excavated by accident in 1988 and has been moved to the Edo-Tokyo Museum for display with some consolidation treatments . Now in the museum , the brick wall is suffering from salt weathering . Although no influence either by rain or ground water is observed in the Museum , the water content of the brick wall shows typical seasonal changes following those in temperature and relative humidity of the display room . It is considered that the water of the brick wall is supplied by deliquescence of existing NaCl in the brick wall , because the maximum relative humidity of the room is only 79% , far from causing condensation . So for conservation of the brick wall , it will be necessary to remove the resin of the previous consolidation and to reduce the deliquescence of the existing NaCl .