

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月7日現在

機関番号： 1 2 1 0 2

研究種目： 挑戦的萌芽研究

研究期間： 2 0 0 9 ~ 2 0 1 1

課題番号： 2 1 6 5 6 1 5 0

研究課題名（和文） 歴史的建造物内部で展開される多様な利用形態が建物や
収蔵文化財に与える影響研究課題名（英文） The effect of the various utilization forms on interior
objects in historical buildings

研究代表者

松井 敏也 (MATSUI TOSHIYA)

筑波大学・芸術系・准教授

研究者番号： 6 0 3 0 6 0 7 4

研究成果の概要（和文）：

様々な用途で活用されている歴史的建造物において、建物内の空気質の測定を行ない、活用形態との関係を調査した。その結果、活用形態に応じた空気質の相違が確認できた。特に人の出入りが激しい空間ではアルカリ成分が多く認められた。また音源を伴うイベント開催時や観光客により発生する振動の調査を実施し、建物の構成材料による振動特性を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

Following the various uses given to historical buildings, the air quality in the interior of these was measured, and its relationship with the mentioned uses has been investigated. As a result, a connection between the utilization form and the indoor air quality of the building has been confirmed. It has been particularly noticed that the coming and going of many visitors has a severe increasing effect on alkaline components. The vibration caused by visitors and by events that include music was also researched, revealing the vibration characteristics of architectural material.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2009年度 | 900,000 | 0 | 900,000 |
| 2010年度 | 1,400,000 | 0 | 1,400,000 |
| 2011年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,000,000 | 210,000 | 3,210,000 |

研究分野： 工学

科研費の分科・細目： 建築学・建築史・意匠

キーワード： 保存・再生

1. 研究開始当初の背景

文化遺産である歴史的建造物の多くは飲食店、アパレルや雑貨などのショップ、イベントスペースそして文化財の展示、収蔵などの資料館、博物館として利用される。歴史的建造物はそれが使われていた往時の機能を既に失っており、活用のために本来の用途とは異なる環境をその内部に抱き込んでいる。そこには様々なストレスが発生し、本来は想定していなかった損傷が起きている。さらに、内部に文化財展示と収蔵を行っている場合

も、展示・収蔵する文化財材質に即した展示環境が確保できていない。一方理想的な展示環境は建造物の構成要素の劣化要因になることもある。このように求める環境が相反する利用形態の中で活用していかなくてはならない現状において、より利用形態と文化財とのバランスのとれた活用指針の作成するの必要を感じた。

2. 研究の目的

歴史的建造物は建築学的な評価を受けることにより価値づけられ、その後の活用されてからの利用形態がどのような影響が建造物に生じているかのモニタリングは意識されてこなかった。飲食店、アパレルなどのショップ、イベントスペースに利用されるときの発生する環境汚染物質の把握と文化財展示・収蔵施設に利用されるときに展示・収蔵文化財が施設から受ける影響、来館者による様々なインパクト因子の調査をおこない、利用形態ごとの劣化因子を明らかにすることを目的としている。

3. 研究の方法

(1) 空気質調査

歴史的建造物の各空間における空気質測定のための調査項目は文化財への劣化因子として挙げられる次の項目である。有機酸（酢酸、ギ酸）、無機酸（Cl⁻、NO₂⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻）、NH₄⁺、TOC、アルデヒド類、浮遊菌（細菌、真菌）、酸性度、温度、湿度。条件は表1のとおりである。

表1 測定対象物質とその方法

| 対象物質 | 方法 | 流量 (L/min) | 時間(h) |
|------------|-----------------|---------------|-------|
| 酸性度 | 変色試験紙 | — | 24 |
| 有機酸 | インジコ捕集/IC分析 | 1.0 | 約20 |
| 無機酸・7%NaCl | インジコ捕集/IC分析 | 1.0 | 約20 |
| アルデヒド | DNPH捕集/HPLC分析 | 0.5 | 2 |
| 有機ガス | TENAX捕集/GC-MS分析 | 0.1 | 1.5 |
| 浮遊菌 | 空中採ア | 100 | 2 min |

また、一部では大気中のCO₂濃度の経時変化を測定した。

(2) 振動調査

NR-600（データロガー）と加速度センサを用い、様々な条件を設定し振動の測定を行った。データ解析には専用ソフトを用いて振動の波形データを見ることにより、振動の伝播の特徴を捉えた。得られたデータは高速フーリエ変換（FFT）し、振動の周波数成分を解析した。調査結果の表示には振動波形とフーリエ変換した周波数波形の2種類を用い、振動波形は振動の素材への伝わり方を、周波数波形は伝播する周波数を把握するために用いた。

4. 研究成果

(1) 空気質調査

①事例調査

事例1

レストランや展示施設に用いられる歴史的建造物（国重要文化財、レンガ造）の空気質調査を行った。レストランとして活用中の建造物では有機酸、無機酸、アルカリ（NH₄⁺）が他の場所よりも濃度が高い結果であったが、問題のあるレベルではなかった。また展示室に利用されている箇所では酸性雰囲気であったが、その原因物質についてはおそらく建造物本来の用途で稼働していた時に付帯したものと思われた。このように稼働時の影響が文化財として活用している時に出ていると考えられた。

事例2

旧富岡製糸場（国史跡、国重要文化財）にて行った。測定箇所は活用スペースと未活用スペースにて7か所を実施した。



測定風景

結果は活用未活用問わず倉庫建物からアルカリ成分や有機酸濃度が高いことがわかった。しかし文化財に影響のあるレベルではなく、問題は見られなかった。

事例3

舞鶴市赤レンガ倉庫群（国重要文化財）を対象として行った。旧富岡製糸場と同様に展示施設やイベントスペースなどに利用されている建造物と整備し今後活用が見込まれる建造物から成る。全体としては文献の推奨値と比較し低いレベルであり問題なかった。変色試験紙の結果では、赤れんが博物館1階、まいづる智恵蔵1階および2階において酸性を示し、舞鶴市政記念館1階と国三棟室内においてアルカリ性を示した。それぞれの箇所において、有機酸（ギ酸）の濃度やアルカリ（NH₄⁺）の濃度が高い結果となっていることから妥当と考えられる。即座になにかに影響がある値ではないが、弱酸性の空気質であることを考慮した活用計画を立てた方がよいことがわかった。

展示施設として使用している建物内部からは有機酸（ギ酸）が他の場所よりも濃度が高い結果だが、問題のあるレベルではない。ギ酸の発生原因は合板やクロスなどの接着剤が考えられる。パネル展示が多い分、酸性物質が多く揮発しているものと思われるので、今後のパネルの設置に関しては酸性物質を揮発しない材料を用いるなど検討した方がよい。また、イベントスペースと現在未活用の建物内においては、アルカリ（NH₄⁺）が他の場所よりも濃度が高い結果であった。特に多目的ホールとなり様々な活用がなされるイベントスペースは同じ建物の空間内でも2階や外気と比較してアルカリ成分、有機TOC、ギ酸などが高い値となっている。問題のある値ではないが、利用者や搬入物が多く見込まれるイベントによっては使用後は十分換気を行う方がよいであろう。硫酸イオン（SO₄²⁻）が外気で高い結果となったが、測定場所近くを幹線道路が走っており、車などの排気ガスの影響もあったと考えられる。海に近接する施設としては塩化物イオン（Cl⁻）が室内まで流入していることはなかった。

冬季は季節風などによる影響でまた異なる結果が予想される。

②二酸化炭素濃度の調査

旧富岡製糸場にて行った。東繭倉庫1階の二酸化炭素の測定結果を図1に示す。建造物開場時間にピークが見られた。二酸化炭素の上昇は入場者がある時にのみみられ、蓄積されることがないため影響は少ないと考えられる。西繭倉庫1階の結果においてCO2濃度は若干変動しているが顕著なピークは見られない。来場者の影響によりCO2濃度の増減量を把握することができた。

西繭倉庫1階におけるCO2濃度のベースラインが東繭倉庫1階と比較すると高い値となっている。気象データによれば西繭倉庫の測定時期は東繭倉庫の測定時期よりも湿度が高い傾向が見られた。CO2濃度のベースラインが高くなった原因の一つに建物の素材の吸放湿性が関係していると考えられた。

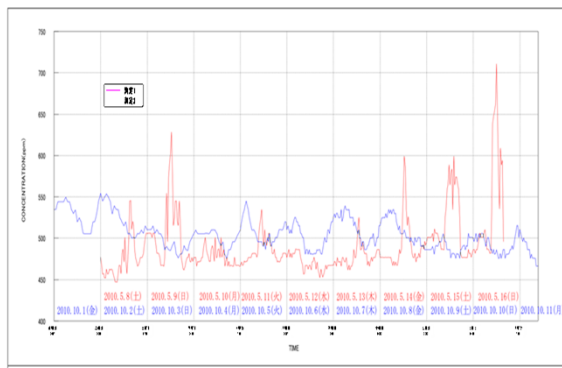


図1 二酸化炭素測定結果の一部 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(2) 振動調査結果

①来場者による振動

旧富岡製糸場において、来場者によって発生する振動の解析を実施した。調査箇所は倉庫として用いられていた部屋である。現在は入場者数数十万人のうち多くの来場者がこの空間に訪れる。この場所において、来場者の歩行による振動が建造物の構成材料にどのように伝播するのかを調べた。

図2に振動波形とそのフーリエ変換結果の一例を示す。

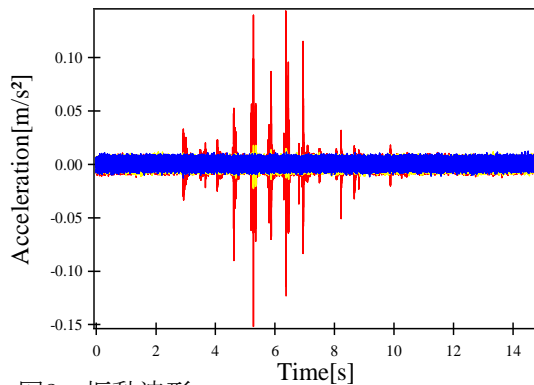


図2 振動波形

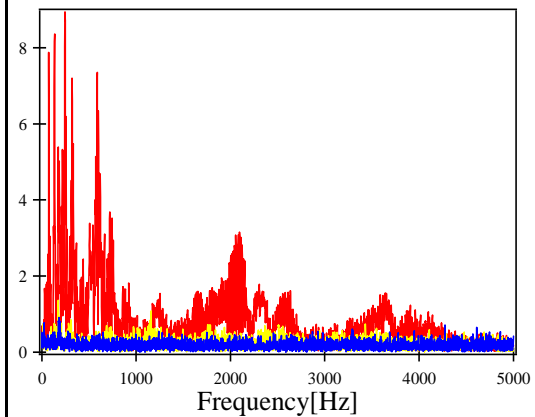


図2 フーリエ変換結果

人が歩くことによって床が1000Hz以下、2000Hz、3500Hzで複雑なピークを示しているのに対し、壁を構成する漆喰壁ではほとんどピークが見られず、300Hzと1200Hzで微かに振動していることがわかった。床を歩くことの壁への影響はほとんどないと考えられた。

② イベントによる振動

歴史的建造物敷地内で開催された音楽イベントによる音響が建物にどのように伝わるのかを振動波形と振動変位の2種類の調査で行なった。図3には通常時の振動波形を、

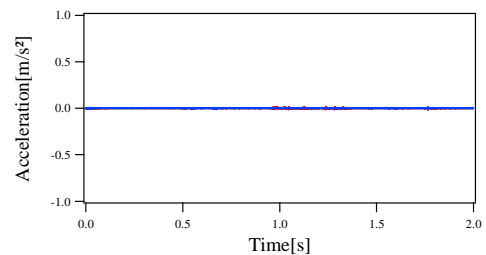


図3 通常時の振動波形

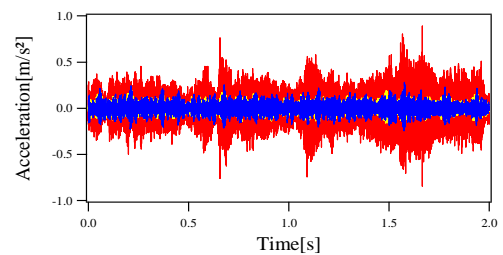


図4 イベント開催時の振動波形

音楽イベントの際に発生する音で建造物が大きく振動することがわかった。特に木造部で大きな揺れが観測されたが、木造部と煉瓦で振動のギャップが生じ建造物に悪影響を及ぼす可能性がある。

音源から離れた場所では振動も減衰しているので、音量もしくは音源からの距離を離すことによって振動の影響を緩和できると考えられる。

まとめ

施設近くを走る幹線道路の影響や展示利用施設では展示パネルからの放散と思われる成分が検出されるなど立地や活用形態に見合った結果を確認できた。これまでの調査においてはおおむね文化財収蔵環境としておおきな問題がある建造物はみられていない。

展示スペースやイベントスペースで若干アルカリ (NH4+) 値が高い値を示した。これは来館者に由来する。CO2濃度については開館時間上昇がみられるものの閉館後には元の状態 (未活用時) に回復し、ガス濃度が蓄積する傾向はみられなかった。

建物を構成する素材の振動特性を明らかにすることができ、観光客やコンサートで発せられる振動の伝播特性を把握できた。今後はこれらの振動が素材の劣化などにどのような影響を与えるのか調査する必要がある。活用にあたってその建造物の構成材料が持つ振動特性を把握することは、適切な管理運営に必要となる。

歴史的建造物はその規模にもよるが、年間数万もの来場者数がある。今後の活用によってはさらに来場者は増えるであろう。その場合現在の活用スペースだけで補えず、新たな活用スペースを生み出す必要に迫られる。本調査は活用の際し建造物が受ける影響をモニタリングするにあたっての基礎データとなる。今後はさらに建造物の活用形態に見合った測定項目の選定を行ない、効果的な調査方法の確立を目指す予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計0件)

〔学会発表〕 (計2件)

① 跡見洋祐、松井敏也、他、中国麦積山石窟における観光客に起因する振動調査、東アジア文化遺産保存学会第二回大会、2011年8月17日、内モンゴル博物館 (中華人民共和国)

② 松井敏也、河崎衣美、跡見洋祐 他、歴史的建造物の環境計測(1)―旧富岡製糸場について―、文化財保存修復学会第33回大会、2011年6月4日、奈良県新公会堂 (奈良県)

〔図書〕 (計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松井 敏也 (MATSUI TOSHIYA)

筑波大学・芸術系・准教授

研究者番号：60306074

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

斎藤 英俊 (SAITO HIDETOSHI)

京都女子大学・家政学部・教授

研究者番号：30271589