

平成30年6月28日現在

機関番号：82620

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16277

研究課題名(和文)リアルタイム浮遊菌測定を用いた自然共生型博物館におけるゾーニングについての研究

研究課題名(英文)A zoning method applying microbe sensors for museums coexisting with nature

研究代表者

間渕 創 (Mabuchi, Hajime)

独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存科学研究センター・客員研究員

研究者番号：80601195

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、従来の微生物モニタリング手法にリアルタイム浮遊菌測定を取り入れることで、微生物管理に困難が伴う自然共生型博物館において、より正確性の高いゾーニング方法の確立を目指した。

バイオエアロゾルを利用したリアルタイム浮遊菌測定を用いた自然共生型博物館の各区画の区分・分類、扉の開閉等の短時変化の検出についての検証、モデル施設におけるゾーニングのパイロットテストを行った。

その結果、複数台のバイオエアロゾルを利用したリアルタイム浮遊菌測定を各区画で同時に行い、その相関をみることで数値的根拠をもとにした、従来よりも正確性の高いカビに対するゾーニングをより簡易に行うことができた。

研究成果の概要(英文)： This study aimed to establish precision zoning method applying microbe sensors for museums which coexisting with nature.

Real time air-born mold measurement using microbe sensor (BM-300C, Sharp Life Science Co. ) which detect bioaerosol were tested for (1)classifying types of areas, (2)catching short-time microbial environment changes and (3)zoning in the model museum. In result, more precision zoning based on numerical correlation was practicable with simultaneous measuring at adjacent areas using several microbe sensors.

研究分野：保存環境学

キーワード：博物館 浮遊菌 IPM リアルタイム浮遊菌測定 バイオエアロゾル

## 1. 研究開始当初の背景

文化財の保存において微生物（主にカビ）による被害の防止は重要な項目の一つである。広範に使用されてきた殺虫燻蒸剤（臭化メチル製剤）の使用禁止を契機に、近年では薬剤処置のみに頼らない IPM (Integrated Pest Management: 総合的有害生物管理) による段階的な有害生物コントロールが導入されつつある。博物館 IPM では、培養法による浮遊菌測定を用いた微生物モニタリングをもとにゾーニングを実施している。

しかし自然共生型の博物館では、カビの一次発生源のひとつである野外環境（里山や鎮守の森等）の保全や、これをフィールドとした施設内外での博物館活動のため、カビの発生源回避や経路遮断を徹底することができない。重要な区画の清浄度をより確実に維持していくためには、従来よりも正確性の高いゾーニングによる微生物管理が求められる。

## 2. 研究の目的

近年、空気中を浮遊するバイオエアロゾル（生物由来微粒子）の濃度を測定するリアルタイム浮遊菌測定が開発されてきている。この手法はバイオエアロゾルに含まれる蛍光物質を検出し、この蛍光強度を菌数に換算するものである。従来の浮遊菌測定（培養法）による微生物モニタリングと比較すると、リアルタイムの自動連続計測が可能であることや、短時間でのバイオエアロゾル濃度の変化・異常を検出できることが利点である。

本研究は、自然共生型博物館における微生物モニタリングへ、バイオエアロゾルを利用したリアルタイム浮遊菌測定を取り入れることで、より正確性の高いゾーニング方法を確立することを目指すものである。

## 3. 研究の方法

自然共生型博物館における、正確性の高いゾーニング方法の確立のために以下の研究を行った。

(1) 従来、食品加工工場等の低微生物環境で使用されるバイオエアロゾルを利用したリアルタイム浮遊菌測定が、自然共生型博物館における浮遊菌濃度・菌叢においても測定が可能であるか、また従来の培養法よりも有利であるかの検証を行った。

(2) 自然共生型博物館の各区画の微生物環境を区分・分類できるか、また来館者数、扉の開閉等、瞬間的・短時的な要因の検出が可能であるかの検証を行った。

(3) モデル施設におけるゾーニングのパイロットテストを行い、適用性・汎用性の検証を検討した。

なお本研究では、バイオエアロゾルの蛍光検出を阻害する塵埃等が多い博物館施設等での測定が有利な機器を選定する必要があった。そこでメイラード反応による蛍光を利用し、生体蛍光物質が直接発する蛍光の約 50 倍程度の蛍光強度が得られ、また蛍光を発す

る非生体微粒子（紙片など）による蛍光の影響を低減することで、選択的に生体蛍光のみをリアルタイムに検出することができるバイオエアロゾル測定器として、微生物センサ BM-300C（シャープ社製）を用いた。

## 4. 研究成果

(1) 外気を含め、博物館施設内での様々な区画でバイオエアロゾル測定が可能であった (Fig. 1)。また従来の培養法（ミドリ安全社製 BIOSAMP BMS-1000, PDA）による浮遊菌測定（浮遊菌濃度:CFU/m<sup>3</sup>）とバイオエアロゾル測定（蛍光強度:V/sec/m<sup>3</sup>）を同時に数時間行い、その推移の比較を行った結果、同一区画内では両者の挙動はよく一致した（相関係数  $r=0.58\sim0.92$ ） (Fig. 2)。短時間の変化に対する検出感度は、バイオエアロゾル測定が有利であった (Fig. 3)。ただし環境が大きく異なる区画同士では、浮遊菌濃度/蛍光強度の比が異なり、蛍光強度からカビ生菌の多寡を判断することはできなかった (Fig. 4)。

(2) 自然共生型博物館の各区画において、それぞれ 1 台ずつバイオエアロゾル測定器を設置し同時にリアルタイム測定を行い、それぞれの区画の蛍光強度推移の比較による区画の分類とその特徴の把握を試みた。この結果、外気の影響を受けやすい連続した区画について、外気及び各区画の蛍光強度推移に強い相関が見られ ( $r=0.64\sim0.88$ )、相関係数を根拠として同一の環境を分類することができた (Fig. 5)。また独立した清浄区画について、閉館時には、周辺区画と清浄区画とでは  $r=0.11\sim0.19$  と相関が見られず、清浄区画の独立性を確認することができ (Fig. 6)、これに対し、開館時は来館者の影響でその独立性が低下することを検出できた (Fig. 7)。一日の内の独立区画とその周辺の蛍光強度推移を精査・分別することで空調運転や施設運用、来館者等の影響を検出することができ、区画の特徴についても把握が可能であった。

(3) モデル施設である三重県総合博物館の施設平面においてバイオエアロゾルを利用したリアルタイム浮遊菌測定によるゾーニングを試みた。複数台のバイオエアロゾル測定器を同時に用い、その相関をみることで博物館施設内の区画の分類が可能であり、数値的根拠をもとにした、従来よりも正確性の高いカビに対するゾーニングをより簡易に行うことができた (Fig. 8)。

本研究から、自然共生型博物館における微生物モニタリングへ、バイオエアロゾルを利用したリアルタイム浮遊菌測定を取り入れることについて、以下の結論を得ることができた。

(1) 文化財に被害を与えるカビ生菌の多寡は判断できないが、収蔵庫・展示室等の区画単体についての異常検出・清浄度モニタリングへの利用は可能である。また細菌・酵母や損傷菌・死菌を含んだバイオエアロゾル全

体を、従来の浮遊菌（カビ生菌）とは別の微生物汚染度の指標としてモニタリングすることができる。（IPM における 3. Detect: 発見への活用）

（2）複数台の測定器を用いることで自然共生型博物館施設の区画の分類が可能であることから、従来よりも正確性の高いカビに対するゾーニングを簡易に行うことができる。（IPM における 1. Avoid: 回避、2. Block: 遮断への活用）

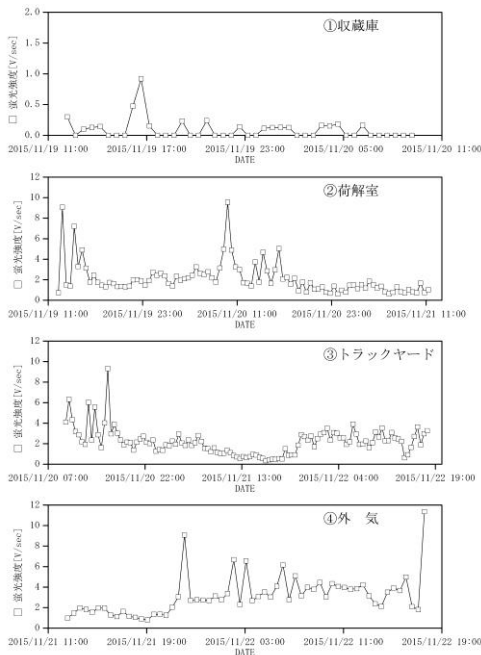


Fig. 1 自然共生型博物館の諸区画におけるバイオエアロゾルを利用したリアルタイム浮遊菌測定

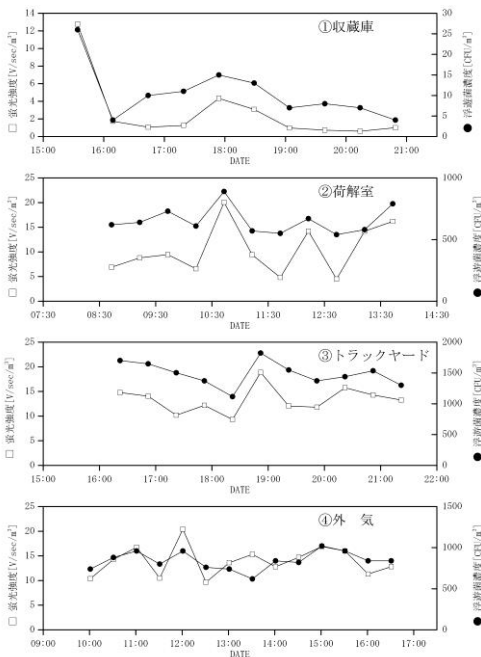


Fig. 2 従来の培養法とバイオエアロゾルを利用した浮遊菌測定結果の相関

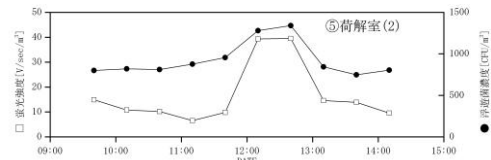


Fig. 3 従来の培養法とバイオエアロゾルを利用した浮遊菌測定の短時間変化に対する検出感度

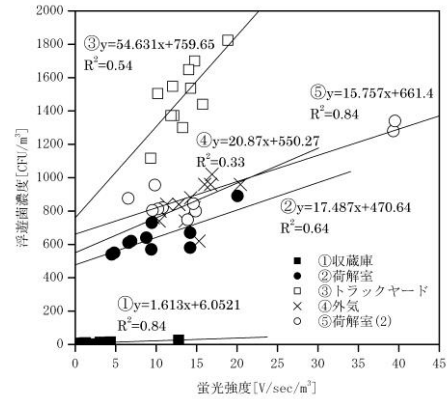


Fig. 4 同一区画で測定した培養法による浮遊菌濃度とバイオエアロゾルによる蛍光強度の関係

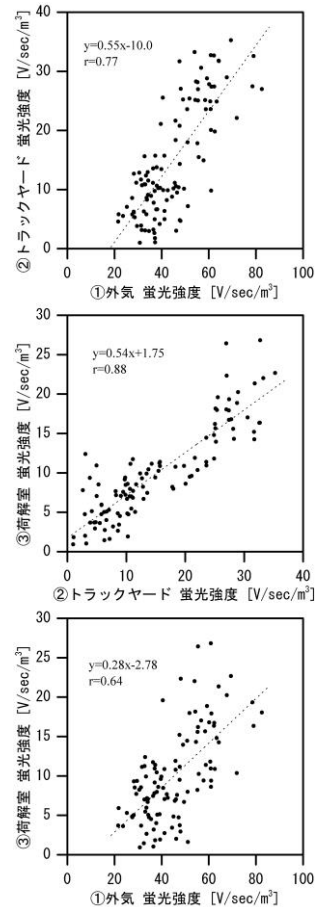


Fig. 5 外気及び各区画のバイオエアロゾル蛍光強度推移の相関

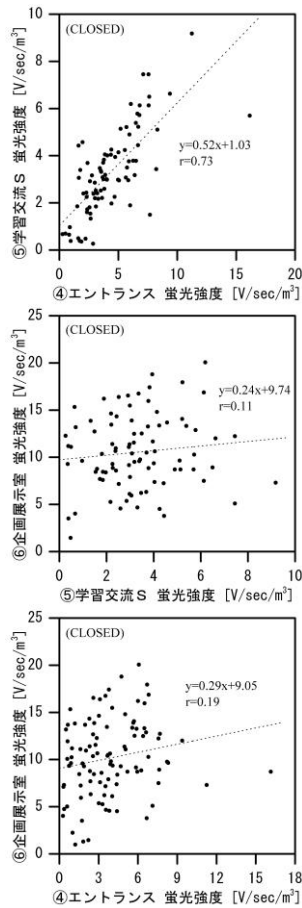


Fig. 6 閉館時における清浄区画とその周辺のバイオエアロゾルによる蛍光強度の相関

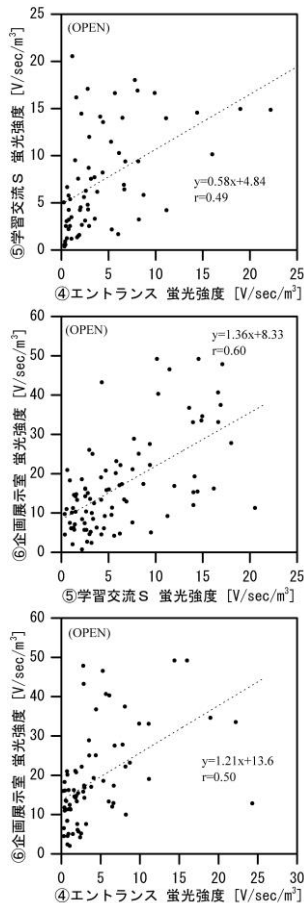


Fig. 7 開館時における清浄区画とその周辺のバイオエアロゾルによる蛍光強度の相関



[G.] 清浄区画

陽圧管理され、外部から隔離されている収蔵庫群の区画⇒独立区画のため単独で管理できる。

[B.] 外気の影響を受ける区画

施設が陰圧のため外気が流入している⇒夏季に浮遊菌濃度増大、冬に減少、仮置き等に注意が必要。

[O.] 利用状況によって変化する区画

それぞれ用途が異なる実験室⇒清掃等によって適切な管理が必要、場合によっては室内発生源になる。

⇒相互関係を知ることでゾーニングし、特徴に合わせた管理により重要な区画を Avoid, Block する。

Fig. 8 モデル施設におけるリアルタイム浮遊菌測定によるゾーニング

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2件)

①間涸創・佐藤嘉則. 2017. 博物館施設におけるゾーニングへのバイオエアロゾル測定の活用. 保存科学, 56: 89-98. [査読有]  
<http://www.tobunken.go.jp/~ccr/pdf/56/5607.pdf>

②間涸創・佐藤嘉則. 2016. 博物館施設におけるバイオエアロゾル測定の活用について. 保存科学, 55: 103-114. [査読有]  
<http://www.tobunken.go.jp/~ccr/pdf/55/5509.pdf>

〔学会発表〕(計1件)

①間涸創・佐藤嘉則. 2018. 博物館 IPM におけるバイオエアロゾル測定の活用に向けた基礎的な研究. 文化財保存修復学会第 39 回大会

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

間渕 創 (MABUCHI, Hajime)

独立行政法人国立文化財機構東京文化財研  
究所・保存科学研究センター・客員研究員

研究者番号：80601195