

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：82620

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700931

研究課題名(和文)自然共生型博物館における野外由来微生物の浮遊真菌濃度予測に関する研究

研究課題名(英文)A Prediction Method of Indoor Airborn Mold Concentration at Museums in Accord 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・保存修復科学センター・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) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：自然共生型博物館では、施設内における野外由来微生物の定量的な濃度の把握が求められている。本研究では、気流測定を用いた定量的な濃度予測手法の確立を目的とした。

モデル施設内において指標菌を用いた浮遊菌測定による野外浮遊菌濃度の実測値と、気流測定を用いた予測値の比較を行った。その結果、各区画の予測値と実測値に高い相関がみられた。気流測定を用いた浮遊菌濃度予測は、浮遊菌測定による実測が困難な野外空気の流入口から離れた区画や、指標菌の内部発生がある施設においても、野外由来浮遊菌の定量的な把握が可能であることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In case of museums in accord with nature, it is required to understand the distribution of concentration of indoor air-born mold delivered from outside the facilities. In this study, the concentration predicting method applying air flow measurement has been evaluated.

The predicting values has been compared with measured values, then there are high correlation between them. It is suggested that this method is possible to grasp quantitative concentration of mold delivered from outside, even though the area which is difficult to measure index species.

研究分野：保存科学

キーワード：浮遊菌 博物館 保存環境 生物被害 総合的有害生物管理 IPM

様式 C - 19、F - 19、Z - 19 (共通)

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^{1,2)}。博物館等でのIPM実施では、微生物の「発生源回避と経路遮断」が求められるが^{1,2)}、自然環境との共生を目指す「自然共生型博物館」では、微生物の大きな発生源のひとつである野外の植生(里山や鎮守の森等)の作為的な制御(発生源回避)や、これをフィールドとした施設内外での博物館活動を妨げること(経路遮断)は難しい。

施設内における野外由来微生物の定量的な把握による汚染許容区画と清浄維持区画の明確な区分や、従来よりも正確性の高いゾーニングの実施が求められる。

2. 研究の目的

施設内における野外由来微生物の定量的な把握について、指標菌を内部標準として設定し、直接測定することで野外由来浮遊菌を判別・定量することは可能である。しかしこの手法では指標菌が施設内で発生している場合には正確に算出できないことや、外気流入接点から離れた区画においては指標菌が低濃度となり捕集できない可能性もある。

そこで本研究では、気流測定を用いた化学物質の濃度予測手法³⁾を応用し、自然共生型博物館内における野外を由来とする浮遊真菌の定量的な濃度予測手法の確立を目的とした。

3. 研究の方法

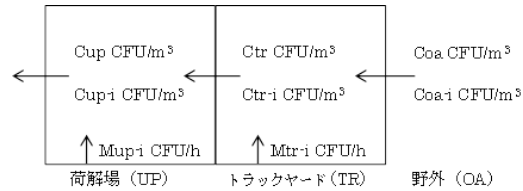
施設内の野外由来浮遊菌について、新築のモデル施設(指標菌の内部発生がない)の外気接点に隣接した区画で、指標菌を内部標準として用いた浮遊菌濃度測定(ミドリ安全社製MBS-1000/PDA培地)(実測値)と、同区画において気流測定(testo社製testo425)を用いた野外を由来とする浮遊菌の濃度予測とを行い(予測値)、これらの比較を行うことで、濃度予測手法の評価を行った。

(1) 指標菌を用いた野外由来浮遊菌濃度測定

自然共生型博物館の施設内において検出される微生物のうち、里山などからの野外由来浮遊菌の指標菌を設定するため、様々な野外環境(森林、鎮守の森、再生里山、海岸、市街地の5環境)での浮遊菌測定を年間を通じ継続的に行った。捕集されたカビについて16s rRNAを用いた菌種同定を行い、いずれの環境、季節においても捕集される菌種を指標菌(index species)として設定した。

野外(OA)で測定した総浮遊菌濃度と指標菌濃度の比率が、その比率を保ったまま施設内の区画(TR)(UP)へ流入するとし、施設内で捕集された指標菌濃度から、施設内における野外由来浮遊菌濃度を算出した。

概念図及び算出式は以下のとおり。



トラックヤードの野外由来浮遊菌濃度の算出式
 指標菌の内部発生量 $Mtr=0$ の時、
 $Coa-i/Coa = Ctr-i/Ctr$
 $Ctr = (Coa/Coa-i) \times Ctr-i \dots$

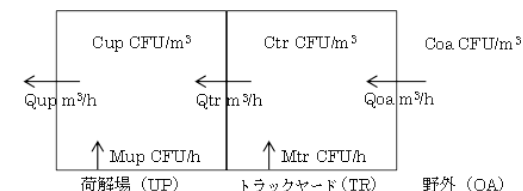
荷解場の野外由来浮遊菌濃度の算出式
 指標菌の内部発生量 $Mup=0$ の時、
 $Coa-i/Coa = Cup-i/Cup$
 $Cup = (Coa/Coa-i) \times Cup-i \dots$

Coa: 野外浮遊菌濃度(CFU/m³)、Ctr: トラックヤードにおける野外由来浮遊菌濃度(CFU/m³)、Cup: 荷解場における野外由来浮遊菌濃度(CFU/m³)、Coa-i: 野外の指標菌濃度(CFU/m³)、Ctr-i: トラックヤードにおける指標菌濃度(CFU/m³)、Cup-i: 荷解場における指標菌濃度、Mtr-i: トラックヤードにおける指標菌の内部発生量(CFU/h)、Mup-i: 荷解場における指標菌の内部発生量(CFU/h)

(2) 気流測定を用いた野外由来浮遊菌濃度予測

指標菌を用いた実測を行った同区画(TR)(UP)において、野外(OA)からの外気流入量と隣接区画への排気量を測定し、その収支から野外由来浮遊菌の濃度予測を行った。

概念図及び予測式は以下のとおり。



トラックヤードの野外由来浮遊菌濃度の予測式
 $Coa \times Qoa + Mtr = Ctr \times Qtr$
 $Ctr = Qoa/Qtr \times Coa + Mtr/Qtr$
 野外由来浮遊菌の内部発生量 $Mtr=0$ の時、
 $Ctr = Qoa/Qtr \times Coa \dots$

荷解場の野外由来浮遊菌濃度の予測式
 $Ctr \times Qtr + Mup = Cup \times Qup$
 $Cup = Qtr/Qup \times Ctr + Mup/Qup$
 野外由来浮遊菌の内部発生量 $Mup=0$ の時、
 $Cup = Qtr/Qup \times Ctr \dots$

Coa: 野外浮遊菌濃度(CFU/m³)、Ctr: トラックヤードにおける野外由来浮遊菌濃度(CFU/m³)、Cup: 荷解場における野外由来浮遊菌濃度(CFU/m³)、Qoa: 野外からトラックヤードへ流入する風量(m³/h)、Qtr: トラックヤードから荷解場へ流入する風量(m³/h)、Qup: 荷解場から隣接区画へ流入する風量(m³/h)

る風量(m^3/h)、Mtr：トラックヤード内の野外由来菌の内部発生量(CFU/h)、Mup：荷解場内の野外由来菌の内部発生量(CFU/h)

4. 研究成果

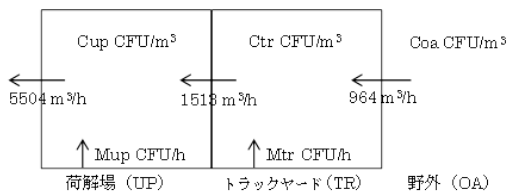
(1) 野外由来浮遊菌の指標菌

様々な野外環境(森林、鎮守の森、再生里山、海岸、市街地の5環境)での浮遊菌測定を年間を通じ継続的に行い、捕集されたカビ160検体について16s rRNAを用いた菌種同定を行った。

その結果、測定した5環境について、浮遊菌濃度の季節的変動から a) 再生里山・市街地、b) 鎮守の森・森林、c) 海岸の3タイプ分類されたが、いずれの環境・季節においても *Cladosporium cladosporioides* を主とする *Cladosporium sp.* が捕集された。また、*Cladosporium sp.* は野外で普遍的に捕集される一般的カビで⁴⁾、分生子とともに菌糸も有色であり、PDA培地上で濃色のコロニーを形成することことから、計数が容易である。これらのことから、*Cladosporium sp.* を野外浮遊菌の指標菌として設定した。

(2) 各区画の気流測定

モデル施設において、トラックヤードについては外気の流入接点と荷解場への排気接点、荷解場については諸室への排気接点合計の気流測定を行った。測定結果を下図に示す。



この測定結果を式に入れると以下の通りとなった。

トラックヤードの野外由来浮遊菌濃度の予測式

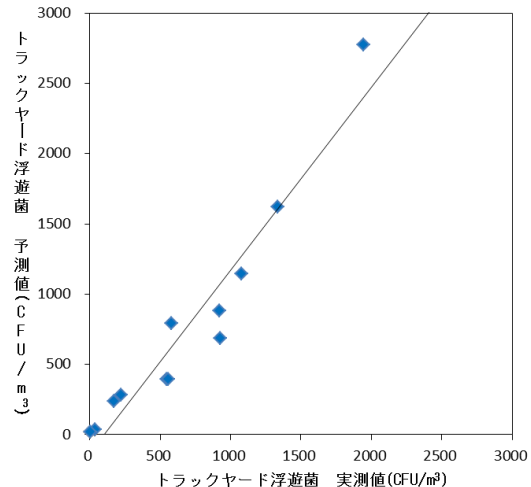
$$\begin{aligned} \text{Ctr} &= \text{Qoa}/\text{Qtr} \times \text{Coa} \dots \\ \text{Ctr} &= 964/1513 \times \text{Coa} = 0.64 \times \text{Coa} \dots \end{aligned}$$

荷解場の野外由来浮遊菌濃度の予測式

$$\begin{aligned} \text{Cup} &= \text{Qtr}/\text{Qup} \times \text{Ctr} \dots \\ \text{Cup} &= 1513/5504 \times \text{Ctr} = 0.27 \times \text{Ctr} \dots \end{aligned}$$

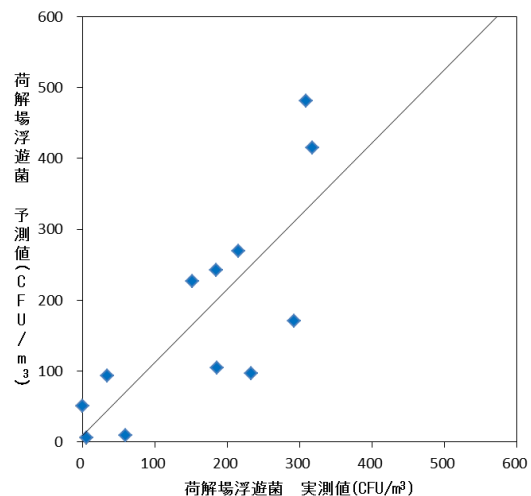
(3) 実測値と予測値の比較

野外由来浮遊菌についての実測及び濃度予測を2012年から2014年まで年間を通じて行った。以下にトラックヤードと荷解場における、野外由来浮遊菌濃度について、実測値(横軸)と予測値(縦軸)の比較を示す。なお、実測値における浮遊菌濃度測定の平均相対標準偏差は、野外：30.0%、トラックヤード：16.6%、荷解場：14.1%であった。



トラックヤードにおける野外由来浮遊菌濃度の実測値と予測値の比較

トラックヤードについて、実測値と予測値の間に、相関係数 $r=0.96$ と非常に高い相関が見られた。また平均絶対誤差率は38.2%であった。



荷解場における野外由来浮遊菌濃度の実測値と予測値の比較

荷解場について、実測値と予測値の間に、相関係数 $r=0.79$ と比較的高い相関が見られた。また平均絶対誤差率は53.0%であった。

以上の比較から、トラックヤード、荷解場ともに、実測値と予測値に相関がみられ、本濃度予測手法によって定量的な野外由来浮遊菌の把握が可能であると評価できる。

また、自然共生型博物館においては、a) 再生里山・市街地、b) 鎮守の森・森林と類似した環境に囲まれていると考えられる。モニタリングの結果からこれらの環境の総浮遊菌濃度は、冬季 $10^1 \sim 10^2$ CFU/ m^3 程度、夏季は 10^3 CFU/ m^3 以上となることが分かっており、一度施設内の気流に関する施設特徴を把握すれば、その都度初期濃度である野外浮遊菌濃度の測定を行わなくとも、季節ごとの各区画における野外由来浮

遊菌濃度のオーダーは予測できると考えられる。この情報をもとに、汚染許容区画と清浄区画の設定や、施設運用の方針の決定に適用できるものと考えられる。

(4)課題

本測定結果について、施設奥方向へ行くに従い、実測値と予測値の相関が低くなり、またばらつきが大きくなることについて、実測値は、施設奥へ行くに従い指標菌の濃度が低下し、一定空気量を吸引する測定では測定誤差が大きくなるため、予測値との差異が大きくなったと考えられる。また実測値が予測値を下回る傾向が見られ、本測定では考慮しなかった浮遊菌の壁面床面への吸着・脱着・沈降等の影響が、野外から館内奥へ行くに従い大きくなっているものと考えられる。

予測値については気流測定において、荷解場は排気経路が多いことや、微気流の測定誤差などが考えられる。

今後これらのことを踏まえ、微生物センサのような別手法を取り入れ、浮遊菌の実測について精度を高めることや、予測式へ浮遊菌の壁面等への吸脱着パラメータや係数の追加などを検討する必要がある。

<参考文献>

- 1)独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所編、『博物館資料保存論』,中央公論美術出版(2011)
- 2)三浦定俊・佐野千絵・木川りか,『文化財保存環境学』,朝倉書店(2004)
- 3)佐野千絵・呂俊民・吉田直人・三浦定俊,『博物館資料保存論 - 文化財と空気汚染』,みみずく舎(2010)
- 4)宇田川俊一・椿啓介ほか,『菌類図鑑(上)』,講談社(1991)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計0件)

〔その他〕(計0件)

6. 研究組織

(1)研究代表者

間渕 創 (Hajime MABUCHI)

独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存修復科学センター・客員研究員

研究者番号：80601195

(2)研究分担者

なし()

研究者番号：