

令和 3 年 6 月 29 日現在

機関番号：32678

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H06216

研究課題名（和文）建築環境マイクロバイオームの実態把握による集団感染機構のモニタリング

研究課題名（英文）Monitoring of outbreak mechanism by grasping actual conditions of building environmental microbiome

研究代表者

加藤 信介（Kato, Shinsuke）

東京都市大学・理工学部・教授

研究者番号：00142240

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 19,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、環境空気中及び建具や家具表面などに存在する微生物叢（Microbiome、マイクロバイオーム）の解析から感染リスクを評価し、有効な感染防止策に繋げることを目的とする。中学校における夏季と冬季の分析を行った結果、サンプルあたりのリード数には大きな違いはなく、特定の傾向は見られなかった。一方、マイクロバイオームの多様性を表すOTUは、外気温が低い時期ほど大きい値を示した。幼稚園における計測では、計測期間内（8～11月）で組成にも大きな差異は見られなかった。病院手術室における計測では、開胸手術における電気メス使用中には浮遊粒子数が有意に増加した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、これまであまり着目されてこなかった環境中の微生物叢（マイクロバイオーム）の多様性を把握し、その分布特性や季節依存性などを明らかにすることによって、感染症防止策に資することを目的とし、様々な施設を対象にして分析を実施した。その結果、環境中のマイクロバイオームのリード数には季節依存性はあまり見られないのに対し、多様性には外気温依存性があることが示唆された。日和見感染症の原因菌や皮膚常在菌、大腸菌などは、人の周囲環境の多くの箇所から検出されたことから、感染弱者がそれら環境中の病原菌に曝露されることで感染するリスクがあるため、換気による外気取り入れや建材表面の殺菌などの対策が求められる。

研究成果の概要（英文）：The research project focused on the microbiome in the surrounding environment such as in the atmosphere and on the surface of the interior. The investigation of the variety of the microbiome will lead to prepare the plan to prevent the disease infection. The investigation results at a junior-high school did not show the difference on the volume of the microbiome between the sampling season. However, the variety of microbiome was larger in the lower outdoor temperature. The sampled data in a kindergarten did not indicate season-dependency as well. In a operation room of a hospital, the number of the floating particle in the air increased during electrocautery was being used.

研究分野：建築環境工学

キーワード：マイクロバイオーム メタゲノム解析 感染伝播 空気質

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究は、パンデミックなどにつながる集団感染リスクを、工学に基づく公衆衛生の視点から包括的に評価する新たな研究分野を開拓するものである。建築空間内の空気中及び建具や家具表面などには、感染性の微生物だけでなく、多種多様のウイルスや細菌、真菌などの微生物が叢を形成している。この微生物叢 (Micro-Biome、マイクロバイーム) を包括的、直接的に観察、評価することは、従来、困難であった。しかしながらこうしたマイクロバイームを、一体のものとして全ゲノム (メタゲノム) 解析し、これら微生物叢を評価する技術が開発され、人の腸内マイクロバイームなどの把握に応用されている。本研究は、このマイクロバイーム解析を、人の居住する建築空間に適用することを最終的な目的とする。建築環境内でのマイクロバイーム解析は、現在、世界的に見てもほとんど手掛けられておらず、日本では、本研究提案者らのグループを除き、皆無である。

2. 研究の目的

老健施設、病院、学校など、人から人への集団感染が懸念される様々な場において建物室内の空気中やドアノブなど表面の、現状ではその実態解明が全く行われていない微生物叢 (マイクロバイーム) の実態を包括的に解析する。環境マイクロバイーム性状に影響を与えと思われる様々な条件ごとにこれを測定し、統計的にこれを整理し、その時間的、空間的、建物用途別の性状を把握する。

3. 研究の方法

人から人に感染する集団感染リスクの高い建築用途の室内空間を対象に、年変動、季節変動、週変動、日変動などの時間的変動を統計的に満足できるサンプル数で解析する。また室内でのマイクロバイームの採取場所は、室内空気、居住域の床、天井、窓ガラス、壁面などの他、人が接触しやすいテーブルなどの家具面、ドアノブなど、人から人への感染経路に関わると思われる面に関して行う。

4. 研究成果

大学構内を対象とした分析では、ほとんどの箇所でグラム陰性菌の割合が検出された細菌の半数以上を示していた (図 1)。日常的に不特定多数の人が利用する空間において人体に悪影響を及ぼす可能性のある菌が潜伏していることと言える。また、トイレ個室のドアノブと湯呑、机、椅子の菌叢の類似性が非常に高いことから、腸内細菌などが食堂内へ伝搬されている可能性が示唆された。日和見病原体である *Acinetobacter lwoffii*, *Staphylococcus agalactiae*, 食中毒を引き起こす病原体である *Bacillus cereus*, 中耳炎や副鼻腔炎や肺炎などの気道感染症をもたらす可能性のある *Haemophilus influenzae* などの菌種が確認された。

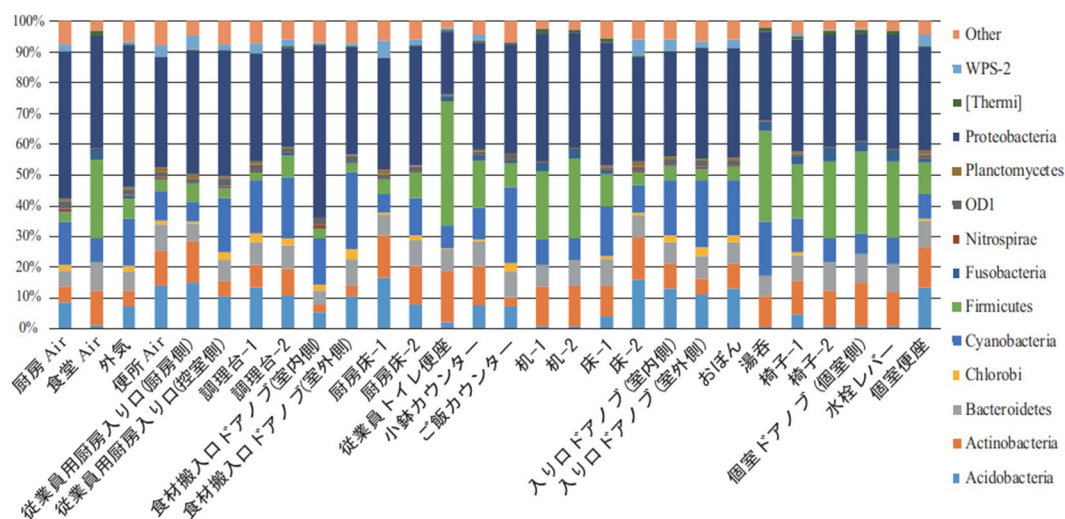


図 1 大学構内におけるサンプルの分析結果

中学校を対象とした分析では、夏季期間は *Pseudomonas* と *Staphylococcus* が占める割合が高かった (図 2)。気温、湿度、CO₂ 濃度の計測データから気温や湿度が高いことと関連があると考えられる。逆に、気温、湿度、CO₂ 濃度が低い期間は、様々なマイクロバイームが満遍なく分布されるのではないかと考えられる。調査結果から、教室で *Acinetobacter* や *Enhydrobacter* が多く見られたことが分かるが、環境的要因は見つからなかった。季節の特徴として、冬季では *Methylobacteriaceae*、夏季では *Staphylococcus* の組成比が、他の季節より全体的に高かった。

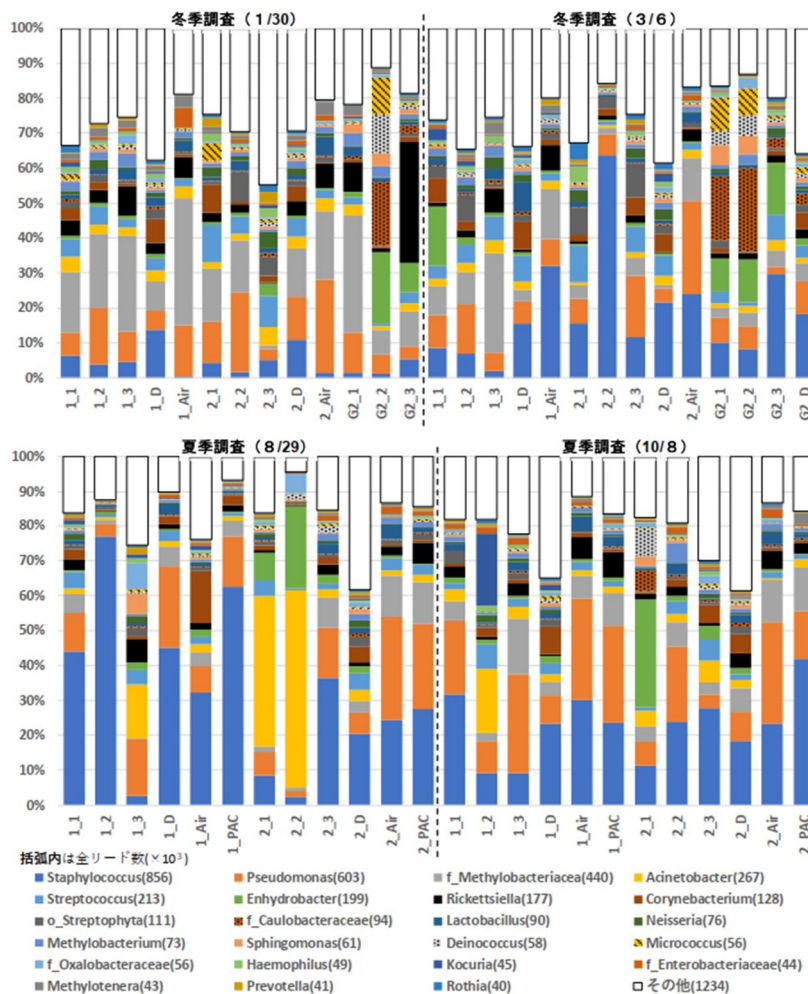


図2 中学校におけるサンプルの分析結果

幼稚園を対象とした分析では、計測期間内(8~11月)で組成にも大きな差異は見られなかった。計測期間中、特に人の出入りが多かった日にはドアノブ表面において、空気中よりも *Staphylococcus* 属が多く検出されていたものの、他の日においては空気中のほうが多かったため、人の接触頻度の指標としての有効性は示されなかった。

病院手術室における計測では、開胸手術における電気メス使用中には浮遊粒子数が有意に増加した。また空気中からは、*Proteobacteria*, *Firmicutes* などが検出された。

以上より、環境中のマイクロバイオームのリード数には季節依存性はあまり見られないものの、多様性に関しては季節依存性があり、特に外気温湿度との関連が示唆された。したがって、換気による外気取り入れや建材表面の殺菌などの対策についても、季節特性を考慮して各対象菌株に応じた適切な対策を選択することが有効である可能性がある。日和見感染症の原因菌や皮膚常在菌、大腸菌などは、採取箇所の多くの箇所から検出されたことから、感染弱者がそれら環境中の病原菌に曝露されることで感染するリスクがあることが示された。

2019年末に始まったとされる COVID-19 の感染拡大において、2021年現在でも変異株による再流行など、未だ収束の兆しは見られない。感染拡大への対策には、ワクチンの開発および接種といった医学薬学的対策が有効だが、そのほかにも、人々の移動制限や隔離などを行う集団的対策、手洗いうがいの励行といった個人的対策がある。それらに加え、空気清浄技術や表面殺菌などによる環境制御もまた有効であろうと期待されるものの、未だ具体的な感染抑制効果は定量的には示されていない。そのような中で本研究では、環境中のマイクロバイオームの分布特性や季節特性を明らかにし、特に人の移動に伴う環境マイクロバイオームの伝播を示唆する結果を得ることができた点は、国内外にも類を見ない。その成果に基づき、具体的な感染対策立案に資するためにも、今後は具体的な感染対策による病原体の除去効果や不活化効果と合わせ、環境マイクロバイオームと感染リスクを分析していく必要があると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

| |
|---|
| 1. 発表者名 柳宇、加藤信介、畑中未来 |
| 2. 発表標題 建築環境における呼吸器系病原体モニタリング法の確立に関する研究 その1 研究全体の概要とサンプリング・DNA解析方法 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 石垣祐里奈、羽山広文、森太郎、菊田弘輝 |
| 2. 発表標題 建築環境における呼吸器系病原体モニタリング法の確立に関する研究 その2 業務用厨房環境におけるマイクロバイオームの実態に関する調査研究 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小林光、菅原正則 |
| 2. 発表標題 建築環境における呼吸器系病原体モニタリング法の確立に関する研究 その3 小学校におけるマイクロバイオームの実態に関する調査研究 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 桃井良尚 |
| 2. 発表標題 建築環境における呼吸器系病原体モニタリング法の確立に関する研究 その4 福井市内の幼稚園におけるマイクロバイオームの実態把握 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 永野秀明 |
| 2. 発表標題 建築環境における呼吸器系病原体モニタリング法の確立に関する研究 その5 パス内環境におけるマイクロバイオームの実態に関する調査研究 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 加藤 信介 |
| 2. 発表標題 建築環境における呼吸器系病原体モニタリング法の確立に関する研究 その1 マイクロバイオーム解析に基づく室内環境モニタリングの意義 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 柳 宇 |
| 2. 発表標題 建築環境における呼吸器系病原体モニタリング法の確立に関する研究 その2 KG大学研究室におけるマイクロバイオームの調査結果 |
| 3. 学会等名 日本建築学会 大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------------------|---|-------------------------------------|----|
| 研究 分 担 者 | 伊藤 一秀 (Ito Kazuhide) (20329220) | 九州大学・総合理工学研究院・教授 (17102) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|--|---|----|
| 研究分担者 | 桃井 良尚 (Momoi Yoshihisa) (40506870) | 福井大学・学術研究院工学系部門・講師 (13401) | |
| 研究分担者 | 柳 宇 (Yanag U) (50370945) | 工学院大学・建築学部（公私立大学の部局等）・教授 (32613) | |
| 研究分担者 | 永野 秀明 (Nagano Hideaki) (50610044) | 東京都市大学・工学部・准教授 (32678) | |
| 研究分担者 | 山中 俊夫 (Yamanaka Toshio) (80182575) | 大阪大学・工学研究科 ・教授 (14401) | |
| 研究分担者 | 羽山 広文 (Hayama Hirofumi) (80301935) | 北海道大学・工学研究院・教授 (10101) | |
| 研究分担者 | 小林 光 (Kobayashi Hikaru) (90709734) | 東北大学・工学研究科・准教授 (11301) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
| | |