

特集：高齢者施設の環境衛生管理と室内環境の改善

<総説>

高齢者住居の微生物環境と健康影響

柳宇

工学院大学建築学部

Microbe environment and healthy influence of elderly-people dwellings

U YANAGI

School of Architecture, Kogakuin University

抄録

日本では、高齢化社会が進んでいる。2015年10月1日現在、65歳以上の高齢者人口は全人口の26.7%を占めている。一般に高齢者は加齢に伴って免疫力が低下するため、疾病に罹患しやすくなる。したがって、健常者の居住環境より、高齢者の居住環境の衛生管理はより重要となる。本報は、高齢者福祉施設と高齢者介護施設における室内環境中の微生物の測定結果について述べるものである。病原菌の *Corynebacterium durum*, *Eubacterium bifforme*, *Prevotella intermedia*, *P. melaninogenica*, *Propionibacterium acnes*, *P. granulosum*, *Roseomonas mucosa*, *Rothia aeria* が室内空中、テレビのリモコン表面、エアコンフィルタの表面から検出され、高齢者住居の微生物環境を改善する必要があることが強く示唆された。

キーワード：高齢者福祉施設、高齢者介護施設、微生物環境、健康影響

Abstract

The aging society is progressing in Japan. On October 1, 2015, people over 65 years of age accounted for 26.7 percent of the total population. Generally, as immune systems decline in association with aging, elderly people easily contract diseases and infections. Therefore, the hygiene management for the elderly's living environments becomes more important than a healthy person's living environment. This paper describes the measurement results of the microbes in indoor environments of five aged welfare facilities and two aged care facilities. Since pathogenic bacteria, such as *Eubacterium bifforme*, *Prevotella intermedia*, *P. melaninogenica*, *Propionibacterium acnes*, *P. granulosum*, *Roseomonas mucosa*, and *Rothia aeria* were detected in the indoor air, the surface of the TV remote control, and an air-conditioner filter, it was strongly suggested that it is necessary to improve the microbe environment of an elderly-people dwelling.

keywords: aged welfare facility, aged care facility, microbe environment, healthy influence

(accepted for publication, 24th February 2017)

連絡先：柳宇

〒163-8677 東京都新宿区西新宿1-24-2

1-24-2 Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo, Japan.

Tel: +81-3-3340-1468

Fax: +81-3-3340-1468

E-mail: yanagi@cc.kogakuin.ac.jp

[平成29年2月24日受理]

I. はじめに

内閣府の平成28年版高齢社会白書[1]によれば、日本の総人口は2015年10月1日現在、12,711万人であり、そのうち65歳以上の高齢者人口は過去最高の3,392万人に上っている。また、総人口に占める65歳以上人口の割合（高齢化率）は26.7%で、そのうち、「65～74歳人口」は1,752万人で総人口に占める割合は13.8%、「75歳以上人口」は1,641万人で、総人口に占める割合は12.9%である。さらに、高齢者人口は、「団塊の世代」が75歳以上となる2025年には3,657万人に達すると見込まれている。

また、2015年10月1日現在で、老人福祉施設数は158,025があり[2]、多くの高齢者が施設を利用していることがわかる。高齢者は加齢にともなって免疫力が低下し、病気にしやすくなる。これまで、老人福祉施設で、インフルエンザ、感染性胃腸炎（ノロウイルス感染症等）、腸管出血性大腸菌感染症、結核などの集団感染が報告されている[3]。また、高齢者は、健常者と異なり弱毒性の病原体でも病気を引き起こす可能性がある（日和見感染症）。

本報では、筆者らが行った高齢者福祉施設5施設と介護福祉施設2施設の微生物に関する調査の結果について述べたうえで、高齢者居住の微生物環境の改善策を示す。

II. 高齢者住居の微生物環境と健康影響

1. 微生物環境調査事例1—高齢者福祉施設

表1に調査を行った対象施設、測定対象室の建築、空調、換気設備などの概要を示す。施設TOのダイルूमに用いられる外気処理用エアハンドリングユニット（OAHU）に中性性能エアフィルタ、他のパッケージ型空調機（PAC）とガスヒートポンプ（GHP）に粗塵用エアフィルタが備えられている。また、ほかの空調機類については空気清浄機が設置されているのはHF施設のダイルूमのみであった（測定期間中運転停止状態）。加湿器については、卓上式を含めばすべての測定対象室に設置され、運転されている（冬期）。

本調査においては、表1に示す5施設の10室を対象とした。測定は、2011年8～10月（夏季）と2012年1～2月

（冬季）の合計2回実施した。調査場所は、多数の人が集まるダイルूम（KTでは食堂・談話室、KIではレクリエーションルूम）、長時間滞在する居室、および外気の3箇所とした。ここでは、ダイルूम・食堂・談話室・レクリエーションルूमの測定結果について述べる。

日本建築学会では、高齢者福祉施設の居室、食堂・談話室、ダイルूम・機能訓練室内での浮遊微生物（総菌）の維持管理規準値を500cfu/m³以下と定めている[4]。図1に夏季における各施設の浮遊細菌、浮遊真菌、浮遊総菌（細菌と真菌の合計）の連続測定結果から求めた四等分値（最大値、75%タイル値、中央値、25%タイル値、最小値）を示す[5]。なお、施設KIの浮遊真菌は欠測のため、その施設の浮遊総菌濃度に参考として浮遊細菌濃度を示す。浮遊細菌、浮遊真菌濃度の一日の変動幅は2～3桁であった。また、浮遊総菌については、TM施設の中央値が日本建築学会の規準値を超えていたが、ほかの施設の75%タイル値はその規準値以下であった。

浮遊微生物濃度の経時変化について、一例として図2に施設TMの浮遊細菌、真菌、総菌濃度、および在室者数の経時変化を示す[5]。浮遊細菌濃度については10:00頃、14:00頃に高濃度、昼休み時間帯と15:30以後に低濃度となっている。10:00と14:00にはダイルूमでイベントが行われており、その影響で室内が高濃度になったと考えられる。一方、浮遊真菌については、1日の変動が大きく時間帯によって検出された真菌が異なることが分かった[5]。

表2に各施設で検出された日和見病原菌等の病原性菌を示す[5]。各施設で確認された日和見病原菌等の病原性菌について、屋内環境において高頻度で確認される*Staphylococcus hominis*や*S. epidermidis*などの*Staphylococcus sp.*や、*Bacillus cereus*が多くの場所で確認された。その一方で、TOではダイルूम午後において日和見感染症の代表的な微生物であるセラチア菌（*Serratia marcescens*；BSL2）が確認された（検出率7%）。午前の測定時には確認されなかったことから、午後に保菌者がダイルूमに来所したことで検出されたものと考えられる。それ以外に、日和見病原菌である*Corynebacterium xerosis*や*C.frenyi*、*Acinetobacter baumannii*や、*A.calcoaceticus*、*Stenotrophomonas*

表1 測定対象施設の概要（その1）

施設名	種別	所在地	建築概要	測定対象室	空調設備	換気設備	床数
TM	介護老人保健施設	東京都三鷹市	RC造、地上3階、地下1階 延床面積:3,465m ²	ダイルूम(1F)	FCU	HEX	61
				事務室(2F)			
TO	指定介護老人福祉施設	東京都練馬区	RC造、地上5階、地下1階 延床面積:8,259m ²	ダイルーム(1F)	OAHU+FCU	HEX	120
				居室(2F)	FCU		
KT	介護老人福祉施設	京都府相楽群	RC造、地上4階 延床面積、5,190m ²	食堂・談話室(2F)	GHP	HEX	100
				居室(1F)			
KI	介護老人福祉施設	京都府八幡市	RC造、地上4階 延床面積、3,850m ²	レクリエーションルूम	PAC	HEX	100
				居室(3F)	GHP		
HF	特別養護老人ホーム	広島県福山市	RC造、地上3階 延床面積、3,846m ²	ダイルーム(1F)	PAC	HEX	50
				居室(2F)			

OAHU:外調エアハンドリングユニット、FCU:ファンコイルユニット、HEX:全熱交換機、PAC:パッケージ型空調機、GHP:ガスヒートポンプ

柳宇

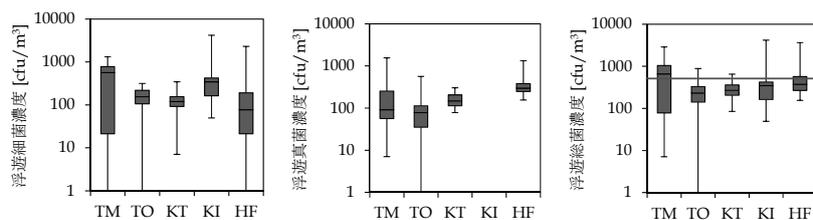


図1 連続測定結果より求めた浮遊細菌・真菌・総菌濃度の分布 (右図中の線は規準値 500cfu/m³を示す)

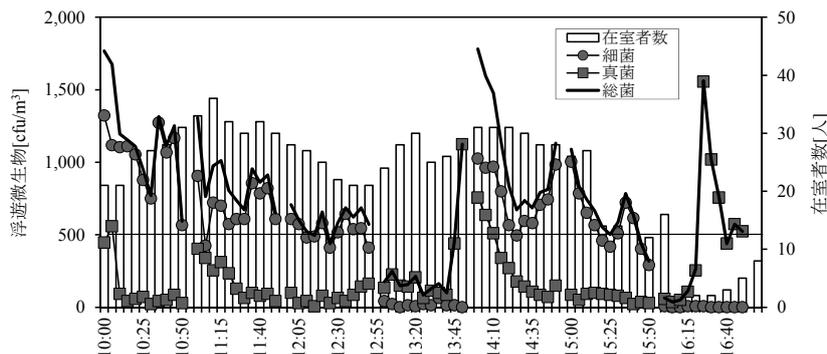


図2 施設 TM における浮遊細菌・真菌・総菌の経時変化

表2 各施設で検出された日和見病原菌等の病原性菌

施設名	時期	時間帯	Genus	デイルーム	居室
TM	冬季	—	<i>Corynebacterium</i> sp.	検出されず	<i>C. xerosis</i>
			<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>S. haemolyticus</i> , <i>S. hominis</i> <i>S. epidermidis</i>	検出されず
TO	夏季	AM	<i>Acinetobacter</i> sp.	検出されず	<i>A. baumannii</i>
			<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>S. hominis</i>	<i>S. saprophyticus</i>
		PM	<i>Bacillus</i> sp.	検出されず	<i>B. cereus</i> *
			<i>Serratia</i> sp.	<i>S. marcescens</i> *	検出されず
	冬季	—	<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>S. hominis</i>	検出されず
			<i>Acinetobacter</i> sp.	検出されず	<i>A. calcoaceticus</i>
			<i>Aerococcus</i> sp.	<i>A. viridians</i>	検出されず
			<i>Corynebacterium</i> sp.	<i>C. freneyi</i>	検出されず
KT	夏季	AM	<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>S. saprophyticus</i>	<i>S. aureus</i> *, <i>S. hominis</i>
			<i>Bacillus</i> sp.	<i>B. cereus</i> *	検出されず
		PM	<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>S. hominis</i> , <i>S. epidermidis</i>	<i>S. hominis</i>
	冬季	—	<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>S. hominis</i> , <i>S. haemolyticus</i>	<i>S. hominis</i> , <i>S. epidermidis</i>
			<i>Bacillus</i> sp.	<i>B. cereus</i> *	検出されず
			<i>Stenotrophomonas</i> sp.	<i>S. maltophilia</i>	<i>S. maltophilia</i>
KI	夏季	AM	<i>Bacillus</i> sp.	<i>B. cereus</i> *	<i>B. cereus</i> *
			<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>S. capitis</i> , <i>S. haemolyticus</i> <i>S. epidermidis</i> , <i>S. hominis</i>	<i>S. hominis</i>
		PM	<i>Staphylococcus</i> sp.	<i>S. hominis</i>	検出されず
	冬季	—	<i>Staphylococcus</i> sp.	検出されず	<i>S. saprophyticus</i>
			<i>Staphylococcus</i> sp.	検出されず	検出されず

*はBSL2を示す。

*maltophilia*が確認された。これより、デイルームなど大勢の人が集まる場所では、日和見感染症などのリスクが存在するものと考えられ、リスク低減対策を施すことが必要であることがわかった。一方、真菌については、確認された真菌はクロカビが80%以上を占め、外気もクロカビが優先種であったことから、フィルタによる除去が不十分であったと考えられた。TO, KT, KIのデイルーム

ムや居室では、コウジカビやクロカビ、アオカビが高濃度に確認された以外に、土ほこり由来と考えられるさまざまな植物病原菌や担子菌が検出された。一方、TMでは土ほこり由来の真菌がほとんど確認されなかった。

2. 微生物環境調査事例2—高齢者介護福祉施設
前述した社会福祉施設において、いわゆる生菌を測

表3 測定対象施設の概要 (その2)

施設名	種別	所在地	建築概要	測定対象室	空調設備	換気設備
KF01	介護福祉施設	神奈川県相模原市	S造, 地上2階 延床面積: 460m ²	食堂 44m ²	ルーム エアコン	換気扇
KF02			S造, 地上2階 延床面積: 447m ²	食堂 47m ²		

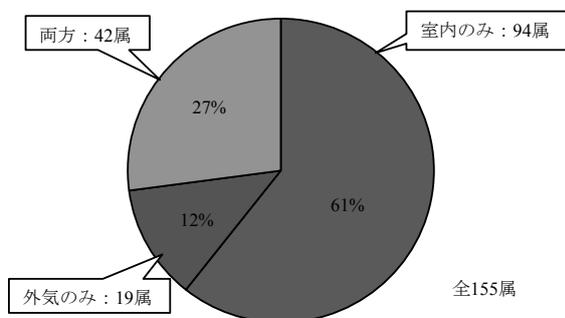


図3 KF01 施設から検出された菌の属数

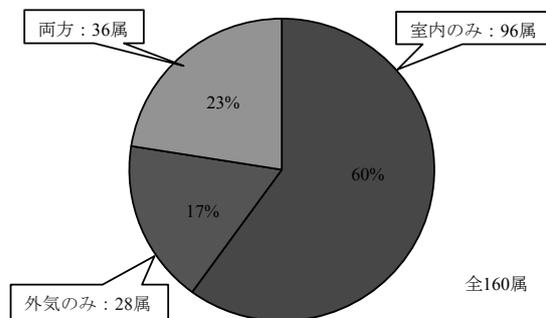


図4 KF02 施設から検出された菌の属数

表4 検出された病原菌

細菌	特徴	検出場所					
		KF01			KF02		
		室内空中	ACフィルタ	TVリモコン	室内空中	ACフィルタ	TVリモコン
<i>Corynebacterium durum</i>	肺炎の起因菌。		○				
<i>Eubacterium bifforme</i>	腸内菌、外科感染症分離菌。		○	○			
<i>Prevotella intermedia</i>	種々の口腔感染症に関連しており、とくに感染根管由来の感染症からもっとも高頻度にしかも高比率に分離される細菌種である。			○			○
<i>Prevotella melaninogenica</i>	誤嚥性肺炎は高齢者において頻度が高く、口腔感染症起因菌。						
<i>Propionibacterium acnes</i>	ヒトの皮膚に常在し、不潔になると増殖してプロピオン酸を作り寝たきり老人などにみられる悪臭の原因となる。	○	○	○	○	○	○
<i>Propionibacterium granulosum</i>	難病サルコイドーシスの病因菌。			○			
<i>Roseomonas mucosa</i>	腹膜炎の原因菌。		○	○		○	○
<i>Rothia aeria</i>	呼吸器感染症の原因菌。敗血症、気管支炎、肺炎および心内膜炎などの日和見感染症患者試料からも分離されることから着目されている。		○	○			○

定対象としたが、世の中に培地で培養できる生菌は全体の1%程度に過ぎない。そのため、高齢者居住環境における微生物の全体像を解明するには、メタゲノム (Metagenome) 解析手法を用いる必要がある。メタゲノム解析は、培養のプロセスを経ずに、環境サンプルから直接に回収したDNAを解析する方法であり、99%以上培養できないとされている微生物のDNAも解読できるようになっている。以下に、筆者らが高齢者介護福祉施設を対象に行った居住環境内のマイクロバイオーム (Microbiome, 細菌叢) の調査結果について述べる。なお、解析対象は16S rRNAであり、解析にI社の次世代シーケンサーを用いた。

表3に測定対象の高齢者介護福祉施設の概要を示す。測定日は2016年8月1~3日 (KF01施設) と8月8~10日 (KF02施設) であった。図3と図4にKF01施設とKF02施設から検出された菌の属数を示す。両施設から

150~160属数の細菌が検出され、これまで知られていない多くの情報を得ることができた。菌種レベルについては表4に示す病原菌が検出された。肺炎の起因菌や呼吸器感染症の原因菌など多種の病原菌が検出された。また、両施設の全て測定対象箇所から*Propionibacterium acnes*が検出された。*P. acnes*はヒトの皮膚に常在し、不潔になると増殖してプロピオン酸を作り寝たきり老人などにみられる悪臭の原因となる菌である。介護福祉施設において問題の原因菌が遍在しており、その衛生管理が必要であることが示唆された。さらに、腸内菌である*Eubacterium bifforme*がKF01施設のエアコンフィルタとリモコンから検出され、空気環境の表面に対する消毒が不十分であることが分かった。

III. 高齢者住居の微生物環境改善策

ここまで、高齢者福祉施設の微生物環境の調査結果について述べた。一般に高齢者は加齢に伴って免疫力が低下し、疾病に罹患しやすくなる。したがって、健常者の居住環境より、高齢者の居住環境の衛生管理はより重要となる。しかし、前述した通り、高齢者福祉施設のダイニングや食堂など多数の人が集まる場所の空中から日和見感染菌が低い割合で検出された（調査事例1）。さらに病原菌の*Corynebacterium durum*（肺炎起因菌）、*Prevotella melaninogenica*、*P. intermedia*（口腔感染症の病原体）、*Roseomonas mucosa*（腹膜炎の原因菌）、*Rothia aeria*（呼吸器感染症の原因菌）が表面（テレビリモコン）と空中（エアコン還気のフィルタ表面）から検出されており（調査事例2）、その対策が必要となる。感染症の感染経路には、空気感染、飛沫感染、媒介物接触感染などがある。上記の調査結果から、下記に示す対策が重要であると考えられる。

空気感染・飛沫感染の対策：高齢者福祉施設にパッケージ型空調（ルームエアコンを含む）を採用される例が多い。パッケージ型空調には、中性能フィルタに比べ性能が劣る粗塵用フィルタしか備えられておらず、空中病原体のろ過能力は高くない。そのため、空気清浄機の併用が有効である。

媒介物感染の対策：多くの人に触るテレビのリモコンなどの表面消毒を怠らなく行う必要がある。また、リモコンから大腸菌が検出されていることから、入居者自身の衛生管理も不可欠であることが示唆された。

一方、高齢者施設においてにおいによる不快の問題が常に指摘されている。前述した介護福祉施設の全ての測

定対象から*Propionibacterium acnes*（不潔になると増殖してプロピオン酸を作り寝たきり老人などにみられる悪臭の原因）が検出されていることから、換気による希釈などの対策が必要である。

引用文献

- [1] 内閣府. 平成28年版高齢社会白書. http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/zenbun/28pdf_index.html (accessed 2017-01-30)
- [2] 厚生労働省. 平成27年社会福祉施設等の調査の概況. <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/fukushi/15/> (accessed 2017-01-02)
- [3] 厚生労働省. 「高齢者介護施設における感染対策マニュアル（平成25年3月）」の公表について. <http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/tp0628-1> (accessed 2017-01-02)
- [4] 日本建築学会. 日本建築学会環境基準AIJES-A002-2005：微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理基準・同解説. 東京：日本建築学会；2013.
- [5] 柳宇, 四本瑞世, 杉山順一, 緒方浩基, 鍵直樹, 大澤元毅. 高齢者福祉施設における室内環境に関する研究 第1報 遺伝子解析法を用いた微生物汚染実態詳細調査の結果. 空気調和・衛生工学会論文集. 2015;215:19-26.
- [6] 国立感染症研究所. 国立感染症研究所病原体等安全管理規定別冊1「病原体等のBSL分類等」. 平成22年6月. http://www0.niid.go.jp/niid/Biosafety/kanrikitei3/Kanrikitei3_1006_1.pdf (accessed 2017-01-22)