

平成 30 年 6 月 27 日現在

機関番号：32604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12308

研究課題名（和文）寝たきり高齢者のQOL改善のための機能性繊維の応用に関する研究

研究課題名（英文）Study on application of functional fibers for improving QOL of bedridden elderly people

研究代表者

水谷 千代美（Mizutani, Chiyomi）

大妻女子大学・家政学部・教授

研究者番号：00261058

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）：我が国の寝たきり高齢者の人口が福祉先進国よりも圧倒的に多い。福祉先進国では、介護器具を用いて身体の残存機能を活かして高齢者の自助を支援する。本研究は、介護システムや介護器具について調査した。また、尿臭、排泄物臭のような身体起源の悪臭が問題視されていることから、本実験では、寝たきり高齢者の病室内環境を想定した実験室を作り、消臭性繊維を悪臭源近傍で消臭する方法を検討した。まず、室内空気の流れをシミュレーションした装置を作成し、消臭性繊維の消臭機構および消臭効果を調べた。次に、排気ダクト内や換気マットレス内に消臭性繊維を設置または寝具に応用し、消臭効率を測定して消臭性繊維の適正化を提案した。

研究成果の概要（英文）：The population of bedridden elderly people in our country is overwhelmingly larger than that of welfare-developed countries. Welfare-developed countries provide the self-supporting nursing care equipment. In this study, we investigated the nursing care system and nursing care equipment in welfare-developed countries. The unpleasant odor results in the inhabitable atmosphere. We constructed a testing room simulating the bedroom environment of bedridden elderly people and examined the deodorizing effect in the vicinity of odor sources using deodorant fibers. The device was set up to simulate the indoor air flow of indoor, and the deodorizing effect of the deodorant fiber was examined with this device to understand the deodorant mechanism. The deodorizing fibers are installed in the exhaust duct and in the ventilating mattress, or applied to bedding in the next step, and the deodorizing efficiency was evaluated to optimize the effect of the deodorant fiber.

研究分野：被服学

キーワード：寝たきり高齢者 QOL改善 身体起源の悪臭 介護用品 局所換気 消臭性繊維

1. 研究開始当初の背景

我が国は、高齢者の占める割合が全人口の20%以上を超えており、今後も急速に高齢化が進むと予想されている。特に、我が国の寝たきり高齢者人口の割合が福祉先進国(デンマークやスウェーデン)よりも多いことが問題である。福祉先進国の介護は、体の一部が不自由な高齢者は介護器具を用いて残存機能を活用して高齢者の自助を支援する介護方法が通常である。それに対して日本では、高齢者に負荷を与えない介護であり、両国の高齢者介護に対する考え方や生活環境の違いが寝たきり高齢者数の差となっている。また、寝たきり高齢者(被介護者)はベッド上で終日過ごすことによって、高齢者施設や病院では、排泄物臭や体臭などの身体起源の不快臭が問題となり、いまだに解決されていない。不快臭が問題で家族が被介護者に近寄りたく、不快臭が家族関係を悪化させている原因の一つと言っても過言でない。これまでに不快臭の対策として、病院では主として循環式の空調設備に消臭フィルターを組入れ、換気扇や消臭壁紙、消臭カーテンなどを用いて部屋全体の消臭を試みているが、現行の方法ではエネルギー消費が大きい。このような背景から、高齢者施設や病院内で発生する悪臭をエネルギー効率よく消臭する方法が必要である。さらに、寝たきりにならないような予防法を同時に検討することが重要である。

2. 研究の目的

(1) 高齢者施設や病院では、尿臭、排泄物臭、体臭などの身体起源の不快臭が問題視されている。我々は、これらの不快臭に対して消臭機構の異なる消臭性繊維を用いて、実際の使用環境に則した消臭性評価方法で消臭効果を調べることを目的とした。消臭性繊維の消臭性は、これまでに検知管法やクロマトグラフィーのように静的な方法で評価されてきた。病院や高齢者施設の室内環境では、温・湿度、空気の流れ、換気量や換気回数などによって不快臭の感じ方が異なる。静的な消臭性評価は、空気の流れを加味しておらず消臭性繊維の実際の使用状況に則した評価方法になっていない。したがって消臭性は室内環境、消臭性繊維の設置条件、不快臭源などを考慮し、動的な方法で評価をする必要がある。本研究では、室内環境・消臭性繊維・不快臭源を一つの系と考えて消臭性を動的に評価する方法を提案した。

(2) (1) で得られた成果をもとに、病院や高齢者施設の環境条件(温度、湿度、気流、換気量・回数)をシミュレートし、消臭機構の異なる消臭性繊維を適切な箇所に設置し、消臭効果を調べる。消臭性効果を不快臭源近傍で可及的に効率よく消臭するデバイスを構築することを目的とする。

(3) 福祉先進国では、寝たきり高齢者が日本と比べて少なく、介護用品や介護器具の開

発が進んでいることから、デンマークの介護システムや高齢者施設国の介護器具・介護用品について調査した。

3. 研究の方法

(1) 試料は、有機ガス用の活性炭素繊維不織布(ACF-15:細孔容積0.8mL/g、細孔直径1.9mm)とその表面に酸処理したアンモニアガス用の活性炭素繊維不織布(ACF-15A:細孔容積0.8mL/g、細孔直径1.9mm)を用いた。不快臭のモデルガスとして、尿臭や汗臭の原因物質であるアンモニアガス(NH₃)を用いた。実験はガラス容器(2L)にNH₃1000ppmを容器中に貯めた後、流量(25、50、75、100mL)変化させてNH₃を流した。試料を通過したNH₃濃度は、ガスモニター(INNOVA社製1412i型)で連続的に測定した。NH₃の吸着効果(Absorbent efficiency)は次式から算出した。

$$\text{吸着効果} = \frac{\text{試料前の NH}_3 \text{ 濃度} - \text{試料後の NH}_3 \text{ 濃度}}{\text{試料前の NH}_3 \text{ 濃度}}$$

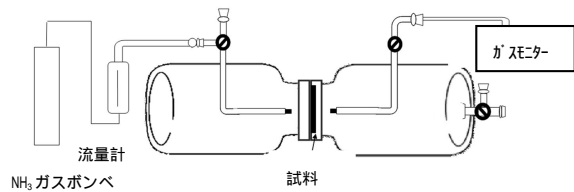


図1 動的消臭性評価装置の概要

比較として静的な方法でNH₃吸着効果を調べた。静的消臭評価は、気体測定法を採用し、真空式気体採取器((株)ガステック製CV-100S型)と検知管を用いた。実験は、テドラバックに一定量のNH₃と試料布を入れ所定時間置き、気体採取器でNH₃を採取してNH₃の残存量テドラバック内にNH₃1000ppmを入れて一定時間放置後、気体採取器と検知管を用いてNH₃濃度を測定した。NH₃の吸着効果は、次式により算出した。

$$\text{吸着効果} = \frac{\text{試料無の NH}_3 \text{ 濃度} - \text{試料有の NH}_3 \text{ 濃度}}{\text{試料無の NH}_3 \text{ 濃度}}$$

(2) 病室を模倣した人工気候室(面積22.5m² 換気量10L/sec:換気回数1.6ACH)に立位の医者(身長170cm)とベッド上に横たわった寝たきり高齢者(身長170cm)が在室した状態をシミュレーションし、室内の悪臭を除去する方法を検討した。医者と寝たきり高齢者として、サーマルダミーマネキンを使用した。不快臭として、寝たきり高齢者の股間からアンモニアガス(NH₃)を継続して発生させた。NH₃濃度は、立位の医者の口、寝たきり高齢者の口、排気口および床から1.7m上でガスモニター(INNOVA社製1312型)により連続的に測定した。室内の不快臭を除去するため

に、活性炭素繊維（ACF-15A）を排気ダクトや換気マットレスおよび掛布団カバーに用いて7時間継続して実験し、それぞれの消臭効果を調べた。室内のNH₃濃度およびNH₃の減少率は、(1)と(2)から算出した。

$$\text{NH}_3 \text{濃度} = C_i / C_{\text{iref}} \quad (1)$$

$$\text{減少率}(\%) = \frac{C_{\text{iref}} - C_i}{C_{\text{iref}}} \times 100 \quad (2)$$

ここで、C_i はそれぞれの点で測定した NH₃ 濃度の平均値、C_{iref} は換気量 10L/sec で換気回数 1.6ACH 時の NH₃ 濃度とした。

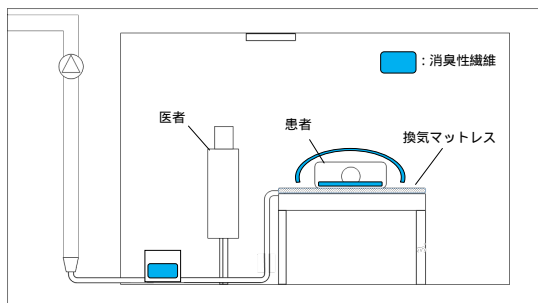


図2 病室を模倣した人工気候室の構造

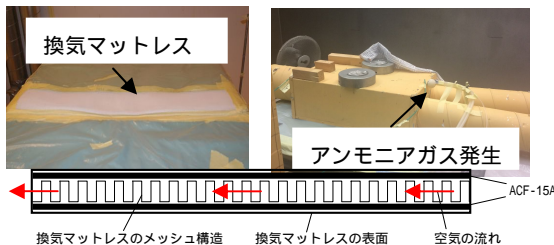


図3 換気マットレスの構造とアンモニアガス発生機構

4. 研究成果

活性炭素繊維のアンモニアガスの吸着機構を調べた。風速 0 m を想定した静的な状態でアンモニアガスの活性炭素繊維への吸着効果を図4に示した。

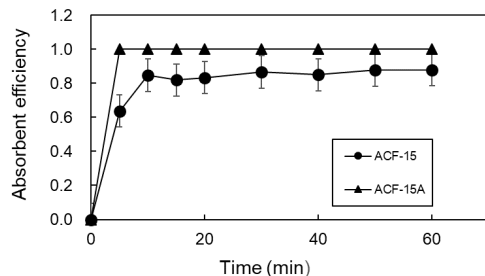


図4 二種類の活性炭素繊維の NH₃ 吸着効果

活性炭素繊維 ACF-15A は、NH₃ に対して5分

後で NH₃ を 100% 吸収して完全に消臭効果があった。一方、ACF-15 は 10 分後で NH₃ 吸着効果 85% であった。NH₃ の密度 0.772kg/m³ から換算すると、試料 1g あたり ACF-15 は 656 μg/g ACF-15A は 772 μg/g で NH₃ を吸収した。ACF-15 および ACF-15A 共に多孔構造で、ACF-15A は ACF-15 に NH₃ 用に表面に酸処理が施してあり、両者の差が酸処理の効果であるといえる。

次に、動的消臭性評価装置を用いて NH₃ 流速を変化させて活性炭素繊維の消臭効果を調べた。図5は、2つの活性炭素繊維(ACF-15、ACF-15A)およびブランク(試料なし)を流速 100ml/min で通過する NH₃ 濃度の時間変化を示す。

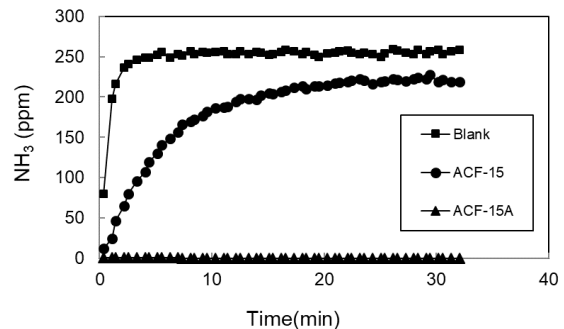


図5 二種類の活性炭素繊維の NH₃ 吸収の時間変化 (NH₃:1000ppm, 100mL/min)

ブランクと ACF-15 は、一定時間経過後に一定値の NH₃ 濃度を示し、この濃度を飽和アンモニア濃度とした。一方、酸処理した ACF-15A は、初期から 0 ppm で高い消臭効果を示した。繊維の表面にある酸とアンモニアが中和反応し、消臭されたものと考えられる。

ACF-15 の吸着挙動は、アレニウス型方程式 $S = SS (1 - \exp(-At))$

で表される。ここで、S は時間 t までに ACF-15 の表面に吸収されたアンモニアの累積質量、SS は ACF-15 が吸着できる飽和アンモニア質量、A は吸収の活性化エネルギー定数、t は測定時間である。吸着プロセスが、吸着のための同じ活性化エネルギーで、半減時間 (T_{1/2}) は、ガス流量に関係なく不変でなければならない。

表1 吸着効果と吸着のパラメータ

NH ₃ 流量 (ml/min)	Y _{∞,blank} (ppm)	Y _∞ (ppm)	SS (μg)	T _{1/2} (min)	A	AE
25	70.9	52.8	8.3	5.1	0.135	0.255
50	139.3	118.0	34.8	5.0	0.139	0.153
75	204.6	163.5	59.8	4.9	0.141	0.201
100	253.3	222.8	94.3	4.0	0.175	0.120

AE: Absorbent efficiency

表1のように、飽和濃度に達した半減時間 (T_{1/2}) はガス流速 75ml/min まで約 5.0分

でほぼ一定であった。しかし、NH₃ 流量を 100ml /min に増やすと、4.0 分に減少した。NH₃ 流量を 100ml /分に増加させたときに得られた吸収の活性化エネルギー定数 A も同様の傾向が見られた。今回の実験の NH₃ 流量の範囲内では、NH₃ 吸着効果 (AE) は、流量が少ないほど高く、ACF-15 は表面の孔に物理的に吸着する挙動であると考えられる。本実験結果から、ACF-15A を以下の実験に用いた。

(2) 消臭性繊維 ACF-15A の適正化を試みた。尿臭の原因物質である NH₃ を模擬ガスとして、サーマルダミーマネキンの股間から NH₃ 濃度平均 277ppm を連続的に発生し続けて約 7 時間で人工気候室内の NH₃ 濃度 4 - 6ppm に安定した。アンモニア臭を人間が臭覚により感じる閾値は 1.5ppm と言われており、今回の実験室内の濃度はアンモニア臭を感じる濃度である。

活性炭素繊維 ACF-15A を消臭フィルターとして用いて排気ダクトの位置に設置した結果を図 6 に示す。ACF-15A を使用しない場合は NH₃ 濃度 21.52ppm となり、ACF-15A を排気ダクトに使用した場合 20.90ppm となり、ACF-15A の消臭効果が認められなかった。

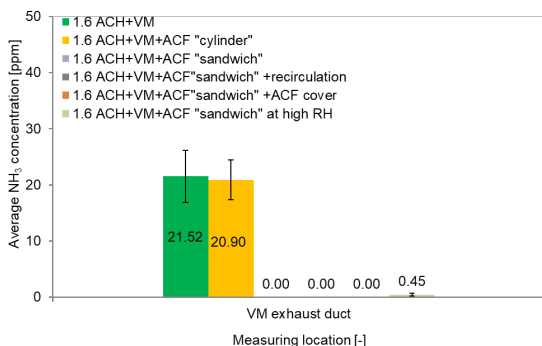


図 6 消臭フィルターとして使用時の NH₃ 濃度

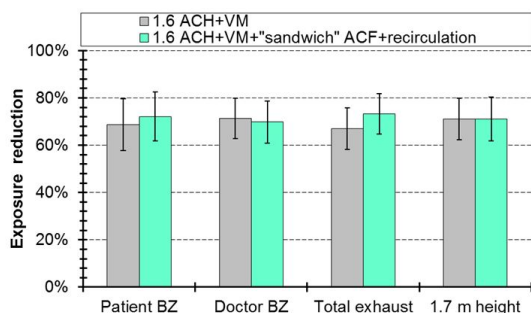


図 7 換気マットレスのみ (VM) と ACF-15 を換気マットレスに ACF-15A 使用時 (sandwich ACF + recirculation) の NH₃ 減少率

悪臭源近傍で消臭する方が効率的であるために、換気マットレスのみと図 3 のように活性炭素繊維 (ACF-15A) を換気マットレス装着して消臭効果を比較した。その結果、換気マットレスのみでは、消臭効果は 70% であ

るのに対して、換気マットレス中に活性炭素繊維 ACF-15A を組み入れても消臭効果は 71% で活性炭素繊維の消臭効果は認められなかった。一方、活性炭素繊維 ACF-15A を掛布団カパーとして用いると消臭効果 84% であったが、さらに換気マットレスと活性炭素繊維を組み合わせると消臭効果 100% であった。これらの結果から、活性炭素繊維 ACF-15A を設置箇所によって消臭効果が異なることがわかった。悪臭源近傍で活性炭素繊維 ACF-15A を掛布団カパーに用い、局所で換気することが有効であった。

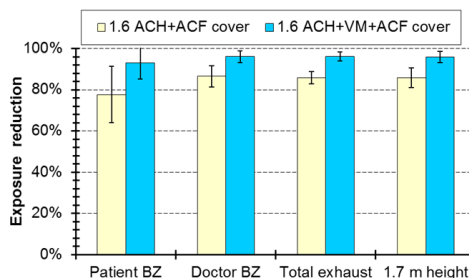


図 8 ACF-15 を掛布団カパー (ACF cover) または換気マットレスと掛布団カパーを組み合わせたとき (VM + ACF cover) のアンモニア減少率

(3) 我々は日本とデンマークの介護制度や介護用品について現地調査を行った。補助器具を作る補助器具センターやそれを認定するデニッシュスタンダード、高齢者施設を訪問し、高齢者自らの取り組み、高齢者の残存機能と介護用品の種類、介護用品の認定の比較などについてインタビュー調査を行った。その結果、高齢者は、不可能になった体の部分や残存機能を活かすような補助器具が多く使われていた。また、介護者に負担がないように、デンマークでは高齢者をベッドから車椅子に移動するリフトやアームレストやフットレスト着脱可能な介護用椅子などが使われていた。さらに、デンマークは市の判定委員会が高齢者の身体機能を調べ、高齢者へのサービス内容を決定し、実際の介護はサービス提供者が行っていた。市の判定委員会、サービス提供者、利用者の三者が連携して行う制度であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

Saori Kitaguchi, Mio Matsumoto, Tetsuya Sato and Kanji Kajiwara, Perception on Clothing by Elderly Females, Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Affective and Pleasurable Design, 査読有, 483, p.57-66, 2016

Mariya P BIVOLAROVA, Arsen K MELIKOV, Chiyomi Mizutani, Kanji Kajiwara, Zecho D.Bolashikov,

Bed-integrated local exhaust ventilation system combined with local air cleaning for improved IAQ in hospital patient rooms, Building and Environment, 査読有,100,p.10-18, 2016,http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.02006

マリヤ ビボワロヴァ (Mariya P BIVOLAROVA)
デンマーク工科大学・博士後期課程学生

〔学会発表〕(計5件)

水谷千代美,デンマークの介護用品と機能性繊維の展開,第69回日本家政学会,2017

Chiyomi Mizutani, Applications of functional fibers for bedridden elderly people, SLEEP ENVIRONMENT International Symposium, 2017

水谷千代美, 矢羽田明美,日本とデンマークの介護システムの比較,日本家政学会第68回大会,2016

水谷千代美, 梶原莞爾, Mariya P.Bivolarova, Zhecho D.Bolashikov, Arsen K. Melikov,室内環境を改善するための消臭システムの提案,平成28年度繊維学会年次大会,2016

水谷千代美, Mariya P.Bivolarova, Arsen K.Melikov,消臭抗菌性繊維の介護医療分野への応用,空気調和・衛生工学会、環境工学研究会(招待講演),2016

6. 研究組織

(1)研究代表者

水谷 千代美 (MIZUTANI, Chiyomi)
大妻女子大学・家政学部・教授
研究者番号: 00261058

(2)研究分担者

梶原 莞爾 (KAJIWARA, Kanji)
信州大学・繊維学部・リサーチフェロー
研究者番号: 10133133

(3)連携研究者

佐古井 智紀 (SAKOI, Tomonori)
信州大学・繊維学部・准教授
研究者番号: 70371044

矢羽田 明美 (YAHATA, Akemi)
佐久大学信州短期大学・教授
研究者番号: 80369313

(4)研究協力者

アーセン メディコフ (Arsen K. MELIKOV)
デンマーク工科大学・室内環境・エネルギー国際研究所・教授

ゼッチョ ボラシコフ (Zhecho D. BOLASHIKOV)
元デンマーク工科大学・室内環境・エネルギー国際研究所・准教授