

高齢者施設における主要室内空気質の測定と 加湿滅菌システムの適用

吉岡 誠 記^{*1} 横山 真太郎^{*2}
小口 智^{*3}

わが国では人口構成の高齢化が進んでおり、今後、社会福祉施設を利用する数の増加が予想される。一方、近年では室内環境における微生物汚染が着目されており、例えば一般に易感染者とされる高齢者を中心とする社会福祉施設においては、重症かつ大規模な被害の可能性も考えられる。そこで、我々は札幌市東区にある老人保健施設を対象に、ビル管法で室内における濃度基準が定められている項目に加え、一般に室内空気汚染の指標として取り上げられることが多いと思われる室内浮遊微生物や自然放射性物質などを加えた項目を主要室内空気質として、その測定調査を実施し、その実態の調査を行った。この結果、冬期では非常に低湿度傾向にあることが確認された。続いて、このような低湿度環境においては細菌やウイルスに対する抵抗力が低下すること多くなることが考えられるため、施設内感染対策に関連した室内空気環境における微生物制御を念頭に、加湿・滅菌複合システムの開発を行った。そして本システムの有効性の考察およびその活用法の具体的手順の提示を目的とし、同施設での導入実験を行い、湿度レベルの保持とともに浮遊微生物数の減少に効果がみられることを確認した。

キーワード：主要室内空気質・実測・施設内感染・加湿滅菌同時システム

はじめに

わが国では人口構成の高齢化が進んでおり、今後、社会福祉施設を利用する数は増大の一途をたどることが予想される¹⁾。一方、近年では室内環境における微生物汚染が着目されており、病院をはじめとする医療施設においてはメチシリン耐性黄色ブドウ球菌(MRSA)、レジオネラ属菌や緑膿菌などによる微生物汚染に関する問題がよく知られている。それとともに特別養護老人ホームおよび介護老人保健施設など、一般に易感染者とされる高齢者を中心とする社会福祉施設においては、微生物汚染による被害は重症かつ大規模なものになる可能性も考えられる^{2) 3)}。

しかし、一般的な住宅やその他の建物よりも温湿度環境を含む室内空気質の管理の徹底が要求されるこのような施設においての実態はあまり知られていないように思われる。そこで我々がこれまでに行った各種住宅^{4) 5) 6)}、医療福祉施設^{7) 8) 9)}あるいは都市公共施設¹⁰⁾などの調査結果は冬期に室内空気質が悪化するものであったことを含め、本研究では実際の高齢者施設を対象として冬期における室内空気質問題の現況を測定調査から明らかにすることを目的とした。二つめには、得られた現況から問題点を抽出し、その改善方法についての検討と実証を行うことを目的とした。

^{*1} 三機工業㈱ 正会員

^{*2} 北海道大学大学院工学研究科 正会員

^{*3} (株)日立プラントテクノロジー

1. 主要室内空気質の実測調査

1.1 測定場所

札幌市東区にある老人保健施設で測定を実施した。この建物は測定当時で竣工7年目であり、3階RC構造、述べ床面積は約4300m²、入所者約100名となっている。

1.2 初年度冬期測定概要

初年度に行った測定では、表-1に示す項目のうち気温、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉塵、浮遊細菌、浮遊真菌の7項目である。自然放射性物質およびホルムアルデヒドの測定については「次年度測定」の項にて述べる。これら測定項目とその測定機器を表-1に示す。測定対象室は2階と3階の各階で1床室と4床室それぞれ2室ずつの計8室である。

気温と相対湿度については12月26日から1月10日までの期間に、この8室のほか、共有スペースとして1階の機能訓練室と北側談話コーナー、2階のサービスステーション前とサービスステーション内および食堂、3階の北側談話コーナーと食堂—サービスステーション間の8箇所を加えた計16ヶ所において連続測定を行った。この計測では、サンプリングインターバルを10分として計測を行った。

1.3 初年度冬期測定結果

表-2に各室における2回の測定結果を示す。また温湿度の連続測定の結果の例として、図-1に個室(305号室)、図-2に共有スペース(2F食堂)の結果を示す。

気温は施設内のほとんどの場所で25℃前後に維持されていた。

相対湿度は脱衣所や食堂等の特に水蒸気の発生が考えられるような場所を除き、測定箇所のほとんどで20~30%の範囲内で非常に乾燥していることが確認された。冬期の過剰乾燥は呼吸器系疾患が懸念されるとともに、インフルエンザウイルス等が生存するのに適した環境であり、インフルエンザが流行しやすい状況であると考えられる。このようなウイルスによる感染症の流行を防ぐためにも積極的な加湿が必要であると思われた。

一酸化炭素はいずれも検出限界以下であった。これは施設内での喫煙場所が定められていることなどが考えられる。

二酸化炭素は1月の測定の301号室を除けばすべて1000ppm以下であった。

浮遊粉塵濃度もすべて基準値以下であった。二酸化炭素と浮遊粉塵は在室者の人数や活動状況に影響されていた。また、喫煙場所が定められていることも低濃度の理由として挙げられる。

浮遊細菌と浮遊真菌は特に低濃度であった。細菌については25~325cfu/m³の範囲内であり平均値では75cfu/m³であり、一方、真菌についてはふたつの部屋で1月の測定時に25cfu/m³となった以外は、全て検出限界以下であった。

表-1 測定項目と測定機器

測定項目	測定機器
(1) 気温	アスマン通風乾湿度計(温度: -30~50℃ ±0.2℃ 通風: 3~5m/s) サーモレコーダ(湿度: 0~50℃ ±0.3℃)
(2) 相対湿度	アネモマスター(湿度: 0~100℃ ±1℃ 風速: 0.2~25m/s ±5%) アスマン通風乾湿度計(温度: -30~50℃ ±0.2℃ 通風: 3~5m/s) サーモレコーダ(湿度: 10~95%RH ±5%RH)
(3) 二酸化炭素	アネモマスター(湿度: 0~20%RH ±2% 風速: 0.2~25m/s ±5%) 非分散型赤外線分析計(CO ₂ : 0~20000ppm ±3ppm)
(4) 一酸化炭素	ポータブル型一酸化炭素ガス測定器(CO: 0~500ppm ±3ppm)
(5) 浮遊粒子状物質	光散乱式デジタル粉塵計(粉塵: 0~5mg/m ³ ペンノバ(ラシ式))
(6) 自然放射性物質	シンチレーションカウンタ(ZnSシンチレータ 検出面積φ50.6mm)
(7) 浮遊細菌	シンチレーションカウンタ(計数分解能: 3μs以内 計数管: 889999count) バイオテストエアサンプラ(40l/min) 一般細菌専用培地(SCD培地)
(8) 浮遊真菌	バイオテストエアサンプラ(40l/min) 一般真菌専用培地(ロ・ズベンガル培地)
(9) ホルムアルデヒド	簡易測定キット(アルデヒド類: 5ppb~1ppm AHMT比色法)

表-2 測定結果(初年度)

階	室	測定日時	気温	相対湿度	CO ₂	浮遊粉塵	浮遊細菌	浮遊真菌
			[℃]	[%]	[ppm]	[μg/m ³]	[cfu/m ³]	[cfu/m ³]
201	1A	12/26	22.7	26	820	5	50	0
		1/8	23	30	816	11	75	25
205	1B	12/26	21.9	30	850	2	75	0
		1/8	23.1	28	752	8	25	25
211	1B	12/26	21.5	21	858	5	100	0
		1/8	22.8	29	984	13	75	0
217	1B	12/26	20.6	22	856	4	25	0
		1/8	24.3	30	657	8	75	0
301	1B	12/26	22.3	29	820	25	25	0
		1/8	23.6	28	1031	41	100	0
305	1B	12/26	22.4	30	833	9	75	0
		1/8	23.4	28	938	13	50	0
311	1B	12/26	22.1	31	765	9	325	0
		1/8	23.9	28	843	20	25	0
317	1B	12/26	22.8	28	685	12	75	0
		1/8	23.3	28	696	14	25	0

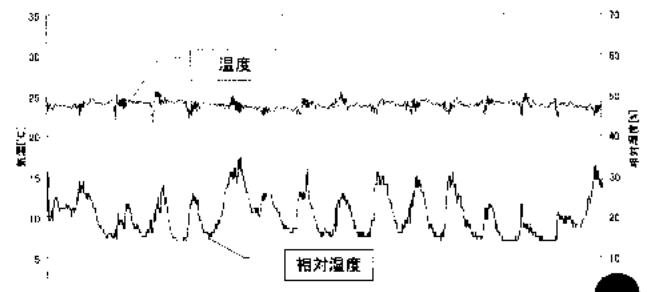


図-1 温湿度測定結果 301号:0時~24時(初年度)

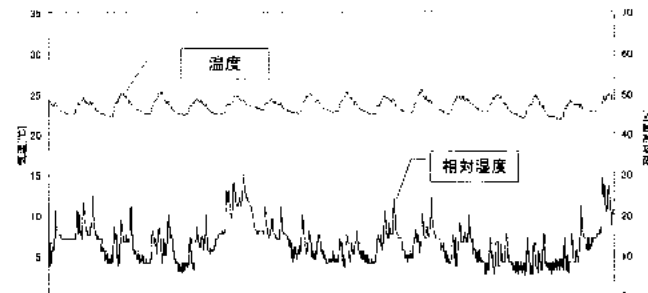


図-2 温湿度測定結果 2F食堂:0時~24時(初年度)

清掃管理が徹底されていることや、一般に冬期にはこれらが低濃度になる傾向にあることなどによるものと考えられた。

高齢者施設における主要室内空気質の測定と加湿滅菌システムの適用

1.4 次年度冬期測定概要

次年度の測定は、ほぼ同時期である1月に測定を行った。

測定項目は前年度のものに加え、この施設における室内空気質の現況をより把握し、湿度条件以外に改善を要する項目が無いかを確認するため、自然放射性物質、腸内細菌、ブドウ球菌、そしてホルムアルデヒドを中心とするアルデヒド類を測定した。測定機器は表-1で示したものと同一である。腸内細菌、ブドウ球菌についてはそれぞれ専用の培地（アガーストリップS型；同C型）を用い、浮遊細菌と同様にサンプリング時間を1分間、サンプリング流量を40リットルとして捕集した後、いずれも35~36°Cで48時間培養した。本測定では、培地上のコロニー数を計数するものとし、格別な顕微鏡等による同定試験は省略した。アルデヒド類については簡易測定法であるSILSETによる測定を行なった。

また温湿度の連続測定についても前年度とほぼ同時期の同一箇所で行なった。

1.5 次年度冬期測定結果

表-3に気温、相対湿度、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉塵、浮遊細菌、浮遊真菌の測定結果を示す。これらについては、初年度とほぼ同じ傾向が見られる結果であり、低湿度であることを除いては問題ないように思われた。

気温は施設内のほとんどの場所で25°C前後に維持されており、良好な気温条件が得られているものと考えられた。

相対湿度はやはり低レベルであり、脱衣所や食堂等の特定の発生が考えられるような場所を除き、測定箇所のほとんどで20~30%の範囲内で非常に乾燥していることが確認された。

一酸化炭素について初年度と同様に、いずれも検出限界以下であった。

二酸化炭素についてもほとんどが1,000ppm以下であり、特に問題はないように思われた。

浮遊粉塵濃度についても、いずれもすべて基準値以下であった。この2項に関しては特に在室者数や活動状況に起因すると思われるような変動が見受けられたが問題となるレベルではなかった。

浮遊細菌については、8部屋中4部屋で350~200cfu/m³程度であり、病院の待合室や一般病室における維持管理の基準値¹¹⁾である500cfu/m³を下回るレベルであった。他ではそれ以上であり、換気などの対応が必要であると考えられるが、学校施設での基準値¹¹⁾や既往の一般住宅の測定値¹²⁾と比較すると全体的には低レベルであると言える。

浮遊真菌についてはいずれも検出限界以下であった。

表-4にブドウ球菌および腸内細菌の測定結果を示す。これらは各対象室において低濃度あるいは検出限界以下というレベルであった。

表-3 測定結果（次年度）

	気温 [°C]	相対湿度 [%]	CO ₂ [ppm]	浮遊粉塵 [μg/m ³]	浮遊細菌 [cfu/m ³]	浮遊真菌 [cfu/m ³]
201	25.4	32.5	830	12	925	0
205	24.1	35	975	8	1000	0
211	26.3	37	994	11	225	0
217	25.4	30	847	10	275	0
301	24	37.5	1016	49	1275	0
305	24.5	33.3	1012	23	775	0
311	24.8	36	984	23	350	0
317	24.4	34.3	813	16	350	0

表-4 ブドウ球菌・腸内細菌の測定結果（次年度）

	ブドウ球菌 [cfu/m ³]	腸内細菌 [cfu/m ³]
205号室	225	25
脱衣所	138	0
305号室	38	0
1Fトイレ	25	0

表-5 自然放射性物質の測定結果（次年度）

	Rn	RaA	RaB	RaC
	[Bq/m ³]			
1F会議室	14.8	11.9	4.0	0.9
201号	13.4	11.2	4.7	0.5
205号	12.2	10.1	3.9	1.0
311号	9.0	5.4	3.6	0.4
317号	9.1	6.9	1.4	0.7

表-6 アルデヒド類測定結果（次年度）

測定箇所	アルデヒド類濃度 [ppb]
1F会議室	7
201号	12
205号	13
311号	32
317号	9

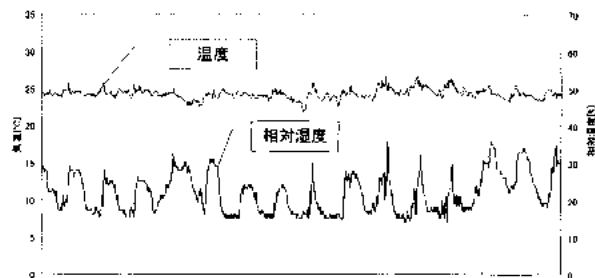


図-3 温湿度測定結果 305号室：0時~24時（次年度）

表-5に自然放射性物質の測定結果を示す。測定を行なった各室とも低レベルでありWHOおよびASHRAEによる指針値の100Bq/m³以下であった。この発生源としては上にコンクリートや土壌などが考えられるため、今回の測定においても下階ほど放射能濃度が高くなる傾向が見られている。

表-6 にアルデヒド類の測定結果を示す。いずれもわが国の指針値である $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を満足する結果となっている。この施設が竣工7年目ということが反映した結果であると考えられた。

温湿度連続測定結果の例として、図-3、図-4 に初年度と同じ箇所での測定結果を示す。これらから、前年度の測定結果と同様に施設全体で乾燥傾向にあることが示されている。特に入床室においては相対湿度がおよそ 20~30% の範囲内での変動となっており、建築物衛生法の基準である 40%~70% のレベルに達しているデータは他の部屋の結果からもほとんど見られなかった。このような温湿度条件においては前述のようにインフルエンザの流行や呼吸器系疾患などが懸念される。そのため積極的な加湿が必要であると考えられる。

本研究ではこの対策として、加湿と微生物制御の複合効果を見えた加湿システムの導入を試み、第1段階としての実験を行った。

2. 加湿減菌システムの開発

一般に低湿度環境においては目や鼻腔、咽頭などの粘膜が激しく乾燥し、損傷され、細菌やウイルスに対する抵抗力が低下することが多くなる。また、例えばインフルエンザウイルスは低湿度の方が生存に適しているため、ウイルス自体の活動が活発になり、さらに感染の危険性が高まるとされている^{13) 14) 15)}。また乾燥した室内雰囲気では、くしゃみや咳などによる飛沫感染に加え、ウイルスが付着したエアロゾルが空中に舞いやすくなることにより、飛沫核感染を起こしやすいとされる¹³⁾。このように乾燥した室内雰囲気では、ウイルスの活性化と併せ、感染経路にも影響を及ぼすため、インフルエンザへの感染の危険性が高まると考えられる。

そこで本研究では施設内感染対策に関連した室内空気環境における微生物制御を念頭に、加湿・減菌の複合システムの開発に取り組み、また本システムの有効性の考察およびその活用法の具体的手順の提示を目的とし、施設での導入実験を行った¹⁶⁾。このシステムは弱電解酸性水(次亜塩素酸素酸: HClO)^{17) 18)}を加湿水に用いることにより、冬期における湿度のレベルの保持と同時に、室内浮遊微生物の制御の複合効果を期待したものである。

2.1 機能水(次亜塩素酸水)の特徴

近年、歯科・口腔外科では、強電解酸性水を含嗽用水に用いる例がある。これは強電解酸性水が持つ殺菌効果に期待するものである。このように、医療・衛生・農業・食品などの分野で活用が注目されている電解水の中から、安全性が特に高いとされる弱酸性電解水(一種である次亜塩素酸水(HClO)^{17) 18) 19)}を加湿水に用いるシステムを導入した。

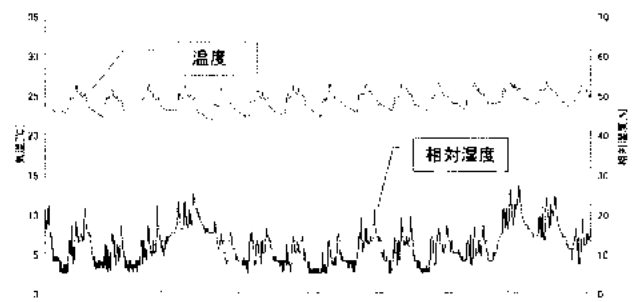


図-4 温湿度測定結果 2F 食堂: 0時~24時(次年度)



写真-1 システム概観

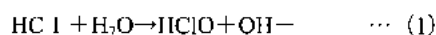
表-7 構成機器一覧

加湿器	遠心式 加湿量0.6kg/h 80m ³ /h 消費電力36W
コンピュータ	ラップトップ型 N88BASICプログラム RS232Cケーブル
信号入出力装置	AI/AO, DI/DO 電圧入力レンジ 10mV 100mV 1V 16ch
リレー回路	リレー出力 16点(1a×16) DC24V
湿度センサ	湿度: 20~80%RH±3% 4~20mA出力 DC12V/24V
熱電対	C-C熱電対

この弱電解酸性水である HClO (次亜塩素酸塩 [hypochlorites]) は、強力な酸化剤であることから殺微生物剤として作用することが知られており、幅広い微生物に対する殺菌効果を有している。既往の研究により、細菌はもちろん酵母などの真菌やウイルスに対する効果が示されており、さらには従来の次亜塩素酸ナトリウムではほとんど殺菌効果を示さない細菌芽胞にも有効塩素濃度 12~14ppm で効果のあることが報告されている¹⁷⁾。本システムに選定した方式のような噴霧器では、噴霧による有効塩素濃度の低下がほとんどないことが示されており²⁰⁾、噴霧前と同じ有効塩素濃度であると考えられる。次亜塩素酸は、

高齢者施設における主要室内空気質の測定と加湿滅菌システムの適用

塩酸 (HCl) を水 (H₂O) に溶解したときに起きる次式の反応により生成されるものである。



これらの塩素化合物のうち殺菌力を有する化合物の主体は、塩素 (Cl₂) 分子の非解離の次亜塩素酸 (HClO) と次亜塩素酸イオン (ClO⁻) である。この次亜塩素酸の解離平衡は pH によって大きく異なるが、溶液の pH は 5 ~ 6 であるため次亜塩素酸 (HClO) 分子と次亜塩素酸イオン (ClO⁻) が存在し、非解離の次亜塩素酸 (HClO) 分子が主体となるのである。そして次亜塩素酸 (HClO) の殺菌力は、次亜塩素酸イオン (ClO⁻) と比較して約 100 倍大きいことがわかっている¹⁸⁾。そこで本研究では原水基準で 10~30ppm の塩素濃度レベルを含むものを加湿水とした。

また、このような塩素濃度レベルの弱酸性電解水の噴霧による、ゾットを対象とした吸入毒性試験の各種検査項目において異常な結果は認められなかったこと、解剖後の観察においても肺・肝臓・腎臓・胃等の主要臓器について異常は認められなかったことなどが報告されている²¹⁾。ヒトに対する次亜塩素酸ナトリウムや強酸性電解水の安全性が確認されているところであるが^{18), 22)}、今回の次亜塩素酸の噴霧絶対量はそれらと比較して低レベルであり、居住者への健康影響の可能性は極めて低いと考えられる。

そのほかの主な性質を以下に示す。

- 1) 溶液の pH が 5~6 であるため殺菌力の高い HClO の存在比率が大きい。
- 2) Cl₂ としての存在比率が低く気散しにくいいため安定性が良い。遮光、密閉系では数日保存しても有効塩素濃度の低下はほとんどない。開放系での低下も少ない。
- 3) 低い有効塩素濃度 (10ppm 以下) で使用されかつ Cl₂ の気散が少ないため環境への影響が少ない^{17), 23)}。
- 4) 塩素臭がほとんどない。

2.2 加湿滅菌システムの概要

本システムは、主として PC と外部リレー回路および信号入出力装置により構成されている。写真-1 に外観を表-7 に構成機器一覧を示す。

湿度制御は相対湿度の基準値と計測値の差によって加湿器の on-off を行うものとした。本論文における各実験では、湿度の基準値の設定を共通して 36% としている。加湿器は遠心式で、加湿量 0.8kg/h、風量 80m³/h、消費電 36W と、省エネルギー性に優れているといえる。なお微量気中塩素に対する考慮として気中塩素センサを備えるものとした。

冬期の低湿度状態では呼吸器系器官の損傷が起きやすく、また複合的にインフルエンザウイルスの活性が問題となり

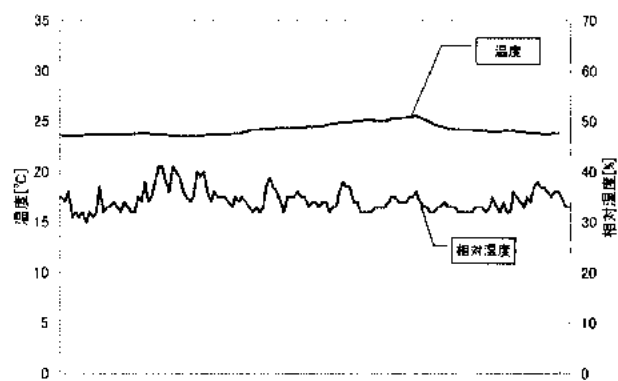


図-5 205号室における温湿度測定結果(0時~24時)

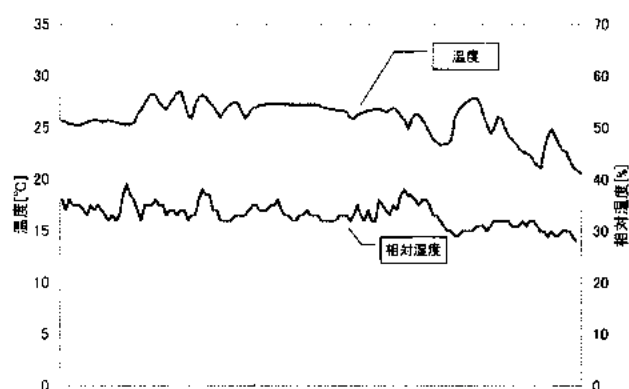


図-6 2FSSにおける温湿度測定結果(0時~24時)

うるが、その一方で過度の加湿は窓面への結露に起因する建物への被害が懸念される。この両面に留意した温湿度制御を行うため、実際のシステム稼働時には、対象室内のほぼ中央の主な居住領域に加え、窓表面等の箇所における温湿度測定から加湿器制御を行うものとした。

3. システム導入実験

3.1 実験概要

実験内容は、対象室にシステムを導入し、設定相対湿度 36% で加湿器を稼働させたあと実験期間中の 3 日間継続して運転を行った。その間の温度・相対湿度の連続測定、および浮遊細菌・真菌数を 3 日間の各日毎に測定し、システム導入前との結果から、室内の相対湿度レベルの改善と微生物の失活効果に着目するものとした。

また、本システム導入による加湿効果に関連して、快適感および乾湿感に関する主観評価を、施設職員に対するアンケート調査により実施した。快適感に関する申告の数値評定尺度は、快適感が 0 (快適) ~ 100 (不快) となっており、50 が「どちらでもない」に相当し 50 以下であれば不快感をもたらさないというものである。一方、乾湿感に関しては、0 (乾燥している) ~ 100 (じめじめしている) と

なっており、50 が従来の「どちらでもない」に相当する。この場合、50 近傍の値が良好な湿度条件であると考えられる。対象室は施設 1 階の会議室、2 階の 205 室とサービスステーションである。

次年度測定期間内の年末から翌年 1 月 10 日夕刻において、常在者のない 1 階会議室でシステムの試運転を行ったあと、入所者がいない 1 床室である 2 階 205 号、2 階サービスステーションに順次システムを移設し実験を行った。

3.2 実験結果

図-5 と図-6 に 205 号および 2 階サービスステーションにおけるシステム導入前後の温湿度測定結果を示す。図-7、図-8 に浮遊細菌数の測定結果を示す。

温湿度測定結果から、205 号室では相対湿度が平均値で 20% 前後の状態から 37% 程度まで改善されていることが確認された。2 階サービスステーションについては、205 号室と違い開放された状態であるため、加湿器はほぼ常時稼働状態であっても平均値で 32% と若干低い値であった。しかし、システム導入前のレベル (10~20%) と比べ改善されていることが確認された。

次に浮遊細菌数についてみると、205 号室では図-7 に示すように、システム導入後の継続運転期間中では導入前に比べおおよそ 50% 以下の値で推移していることが確認された。一方、浮遊真菌数についてはシステム導入前後にわたり 25cfu/m³~検出限界以下といったレベルで推移が継続していたため、本システムの浮遊真菌に対する効果については確認されなかった。

2 階のサービスステーションでも同様に、システム導入後の継続運転期間中においては導入前よりも低いレベルでの推移となっていることが確認された。サービスステーションにおける実験では、205 号で見られたような差は見られなかったものの、在室人数や清掃状況、あるいは測定の時間や空調設備の運転スケジュールなどは実験期間中においても通常どおりであったことから、浮遊細菌数が減少したことに対しては本システムの効果である可能性が高いと考えられる。また、本実験において使用した加湿器は 0.8kg/h という能力であるが、2F サービスステーションが廊下を介して多室と連結しており、205 号室と比べ非常に大きな室容積となるのに対して、加湿量が不足したためと考えられ、室容積に対して十分な加湿量で行った場合、さらに効果が明確になる可能性があると思われる。

一方、浮遊真菌数については 205 号室と同様に、システム導入前後にわたり検出限界以下であったため、浮遊真菌に対しての効果については確認されなかった。浮遊細菌数については、先述のように、病院の待合室や一般病室での基準値¹¹⁾や既往の一般住宅の測定値¹²⁾との比較、または日本病院設備協会規格 (HEAS-02-1998) の病院設備設計・

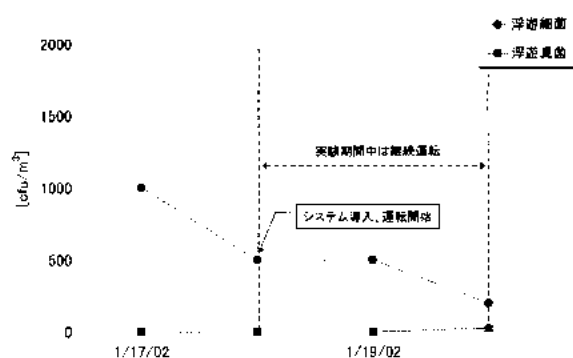


図-7 205 号室における実験結果

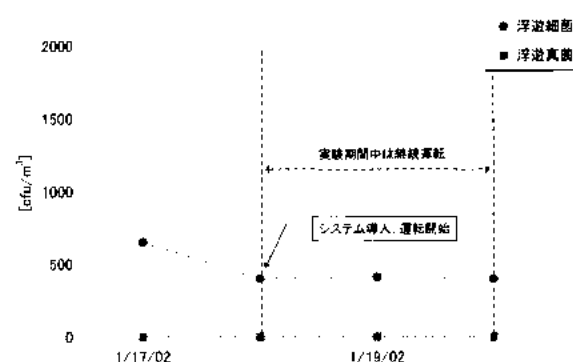


図-8 2F サービスステーションにおける実験結果

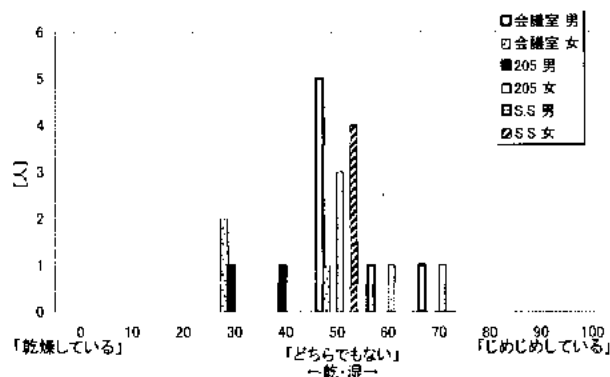


図-9 乾湿感に関する自己申告結果

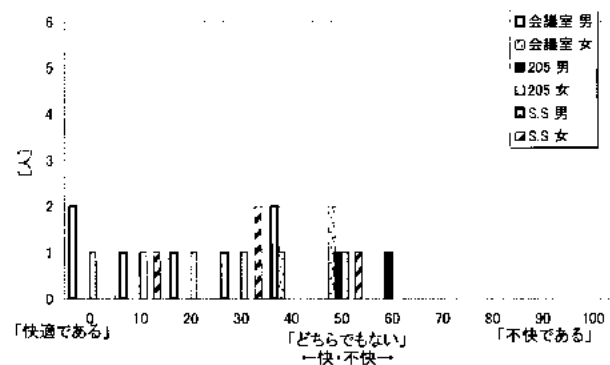


図-10 快適感に関する自己申告結果

高齢者施設における主要室内空気質の測定と加湿滅菌システムの適用

管理指針においては一般清潔区域の浮遊細菌濃度の日標が $200\sim 500\text{cfu}/\text{m}^3$ とされていたことなどから、システム導入後の $250\sim 500\text{cfu}/\text{m}^3$ というレベルでの推移は、低レベルであると言え、浮遊細菌数については特に問題はないものと考えられる。なお、本システムの稼動における次亜塩素酸水の使用による、気中塩素の存在レベルの確認として、塩素検知管（検知管式気体測定器 Gastec・気体検知管 No.8 Cl_2 目盛範囲：0.5～8ppm）での検知確認を行ったが、いずれの場合も検出限界以下であった。

図-9 および図-10 に 1 階会議室と 2 階 205 号およびサービスステーションにおける快適感と乾湿感に関する主観申告の結果をまとめたものを示す。最終的な被験者数は計 21 名で、男性 14 名、女性 7 名である。乾湿感について得られた回答はすべて 30～70 の範囲という結果となっている。各対象室における平均値は会議室で 47.5、205 号で 49.3、2F-S.S で 50.0 となっており、いずれも 50 近傍であることが確認された。

快適感の評価結果については、いずれの被験者も 60 以下を支持し、全体の平均値は 30 であった。各室における平均値は会議室で 29.4、205 号で 31.5、2F-S.S で 30.0 となっている。

3.3 考察

以上の実験の結果から、205 号室およびサービスステーション内において、システム導入後の継続運転期間中では、システム導入前よりも低い浮遊細菌数で推移していることが確認できた。また、その場合における各室の在室者数や清掃状況、空調運転などは実験期間中においても通常どおりであり、また測定時間帯も毎回同様な時間帯に行ったことなどから、浮遊細菌数が減少したことについては本システムの効果によるものと考えられた。

また奥邨、塩崎らの実験²⁴⁾によると、蒸留水噴霧ではインフルエンザウイルスは失活化せず、今回使用した弱酸性電解水ではウイルスは短時間で活性を大きく失うことが実証されており、さらに、本実験においては施設側からの要望もあり図-5 および図-6 に示すような相対湿度のレベルで実施していることから、本システムが室内微生物の失活化に有効である可能性を示すことができたと考えられる。

一方、主観申告調査から、乾湿感については「どちらでもない」(=50) が多数を占める結果となっており、「少しじめじめしている」、「少し乾燥している」が少数ずつ認められたものの、いずれも極端な乾湿感が認められず、本システムによる湿度制御は良好な状態であると考えられた。

快適感については、21 名中 20 名が「どちらでもない」から「快適である」側への申告を示しており、おおむね良好な結果が得られた。また、調査状況下では静穏気流であ

り、職員の着衣量が軽作業衣 (0.8clo 程度) であることから、PMV および SET* においても不満足率の低い温熱環境が具現化されたことが大きいと考えている。よって、施設スタッフの作業環境に対する主観申告からも、本システムの適用が可能であるという実例を示すことができたと考えられる。

また少数意見としてはシステムの作動中、「施設特有の老人臭を感じない」という申告も得られており、次亜塩素酸水による、一部の臭気物質の無臭化の可能性が見受けられる意見も得られたが、本実験では室内微生物の殺菌効果の検討を目的とするため参考までとする。

4. まとめ

高齢者施設における主要室内空気質の測定から、一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉塵、浮遊細菌などについては基準値以下あるいは清浄なレベルであることが確認された一方で、冬季における湿度条件については著しく低湿度である傾向が確認され、早急な改善が必須である状況が明らかになった。そのため、それに由来するインフルエンザ等の集団感染やその他呼吸器系疾患の予防を念頭に、室内環境における微生物制御の手法について検討した。

そこで、弱酸性電解水の一種である次亜塩素酸水 (HClO) を加湿水として用いるシステムを導入することにより、湿度レベルの保持と複合に室内浮遊微生物の失活効果を有する加湿・滅菌の複合システムの開発に取り組み、その有効性の考察およびその活用法の具体的手順の提示を目的とし、老人保健施設での導入実験を行った。

その結果、湿度レベルの保持とともに、室内浮遊細菌数が 30%～50% 程度の範囲内で減少する傾向が見られ、本システムが室内微生物の制御に効果を有する可能性があることを示すことができた。

また、加湿対象室の快適性、乾湿性に関する施設スタッフより得られた主観申告においても、90% 以上が「どちらでもない」～「快適」の範囲内であり、かつ極端な乾湿感を持った被験者が認められなかったことから、施設スタッフの作業環境に対する主観申告からも、本システムの適用が可能であることを示すことができた。

以上から、本システムの有効性および活用法の具体的手順を示すことができたと考えられる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なるご指導を頂いた前・北海道大学保健管理センター長・高橋香織先生に心より感謝いたします。また、ご協力頂きました老人保健施設の職員の皆様方、技術のご支援を頂きました株式会社エコロフコンテニアの三田村隆社長、並びに元・森永乳業製装置開発研究

所長の上井豊彦氏に心より感謝し、ここに記します。

本論文に関連した既発表論文

横山真太郎・吉岡誠記・中村真人・濱田靖弘・窪田英樹：
老人保健施設における多元室内空気質の評価と制御，空気
調和・衛生工学会平成 14 年度学術講演会講演論文集，
p.1377-1380 (2002)

参考文献

- 1) 建築思潮研究所編：特別養護老人ホーム 小規模生活
単位への道. 建築資料研究社. 1996
- 2) 山田一義・井口明久：施設集団発生の予防. 臨床と薬物
治療, 第 19 巻, 第 12 号, p.p1181-1184, 2000
- 3) 出口安裕：老人福祉施設などにおける感染症対策への
新しいアプローチ・高齢者のインフルエンザ対策を例
として. 公衆衛生, Vol.63, No. 7, p.p56-58, 1999
- 4) S. Yokoyama and K. Ochifuji: A Study on Indoor Radon and
Radon Daughter Concentrations in Hokkaido of Japan,
Proceedings of the 4th International Conference on Indoor
Air Quality and Climate Indoor Air '87, Vol.2, p.430-436,
1987
- 5) S. Yokoyama, H. Uchimi, N. Izumi, M. Nakamura, Y. Hamada,
K. Ochifuji, K. Jin, S. Kobayashi and E. Katsura: The
Long-term Multicomponent Measurements and Analysis of
Indoor Air Quality in Hokkaido University Low Energy
House, Proceedings of The 7th International Symposium on
Building and Urban Environmental Engineering and
Management, p.1-6, 1999
- 6) 横山真太郎・月館司・青木徹・西願栄二・内見裕聡・
池田耕一・飯田孝夫：北海道における屋内ラドンとラ
ドン短寿命娘核種放射能濃度の測定調査. 室内環境
学会誌, 第 6 巻, p.9-17, 2003
- 7) S. Yokoyama, D. Yamada and K. Ochifuji: A Comprehensive
Study of Environmental Conditions and Equipment in
Hospitals: Questionnaire survey for all of the hospitals in
Hokkaido, Proceedings of the Cold Climate HVAC '97
Conference, p.43-48, 1997
- 8) S. Yokoyama, D. Yamada and K. Ochifuji: A Comprehe
nsive Study of Environmental Conditions and Equipment
in Hospitals, Part 1 Questionnaire Survey. Proceedings o
f Second International Conference on Human-Environment
System ICHES ' 98, p.358-361, 1998
- 9) S. Yokoyama, et al: A questionnaire survey of special
old age nursing homes and elderly health care facilities i
n Japan. Healthy Buildings 2003, Vol. 2, p.266-271, 2003
- 10) T. Ito, T. Aoki, S. Yokoyama, K. Shimakura, R. Fujiyoshi
and W. Zhuo: Investigation of Behavior Pattern and
Risk Assessment of Natural Radioactive Substances in Ur
ban Facilities, Proceedings of 3rd International Conference
of Human-Environment System, p.396-399, 2005
- 11) 日本建築学会：日本建築学会基準 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, 2005
- 12) 横山真太郎, 月館司: 北海道の気密住宅の室内空気質,
空気調和・衛生工学, vol.69, No10, p.p.11-19, 1995
- 13) 庄司眞: 季節と風邪—特にインフルエンザの流行につ
いて—, 日本胸部臨床, 第 56 号 11 号(増刊号), p.p48-57,
1997
- 14) 飯田広夫: 細菌学. 金原出版. 1978
- 15) 飯田広夫: ウィルス学. 金原出版. 1978
- 16) 横山, 小口, 吉岡ほか: 老人保健施設における多元室内空
気質の評価と制御. 空気調和・衛生工学会平成 14 年度
学術講演会論文集, p.p1377-1380, 2002
- 17) 土井豊彦: 電解塩素ガスで調整した低濃度塩素水の特
性と食品産業における利用. 食品機械装置, 第 36 巻 6
号, pp.65-75, 1999
- 18) 松岡昌樹: 電解水の基礎と利用技術. 技報堂出版, 2000.
- 19) 佐々木健: 微酸性電解水生成・噴霧器の有用性と安全
性, 第 3 回微酸性電解水研究会講演集, p.p.38-43, 2007
- 20) 飯本ら: 強酸性水散布による施設栽培での防除法の確
立. 農機学会 56 回大会講要, p.p.89-90, 1997
- 21) 川村, 吉田, 田村ほか: ラットにおける電解水ミスト吸入
による血液一般, 生化学値及び気道内組織に及ぼす影
響. 実験動物と環境, vol.13, (1), p.p.51-56, 2005
- 22) 岩沢篤郎, 中村良子: 強酸性電解水の抗菌活性と安全性,
防菌防黴, vol.27, No.7, p.p.449~462, 1999
- 23) 土井豊彦: 弱酸性電解水の特性と食品産業での利用,
防菌防黴誌, vol.29, No.6, p.p.379~388, 2001
- 24) 奥部, 塩崎, 横山ほか: インフルエンザウイルス感染防止
システム開発のための基礎的研究. 空気調和衛生工学
会平成 19 年度学術講演論文集, p.p.1375-1378, 2007
(平成 20.7.17 原稿受付)

高齢者施設における主要室内空気質の測定と加湿滅菌システムの適用

Measurements of Major-Indoor Air Quality and Application of Humidify and Sterilization System in the Facility for Elderly

by Masaki YOSHIOKA ^{*1}, Shintaro YOKOYAMA ^{*2}, Satoshi KOGUCHI ^{*3}

Key Words: Major-Component Indoor Air Quality, Measurement, infection contracted in a facility, Humidify and Sterilization System

Synopsis: In Japan, aging population is advancing, therefore it seems that the number of users of social welfare facilities increase. On other side, microbe pollution has lately attracted considerable attention. For example, in medical facility, methicillin resistant staphylococcus aureus (MRSA), Legionella-pnumophila, Pseudomonas aeruginosa are notorious. In special old age nursing homes and elderly health care facilities, the terrible deccase by microbe pollution may occur among elderly people for their sensitiveness to infection.

However, it is not clear the actual situation of indoor air quality there. Such a kind of facility requires more completely control and management of IAQ, temperature and humidity than general residences and office buildings.

In this study, making of investigate of actual situation by measurement of multi-component IAQ in elderly facilities. In addition, we developed control system of microbe indoor environment related to anti-infection measures in facility.

(Received July 17 ,2008)

*1 Sanki Engineering Co., Ltd., Member

*2 Hokkaido University, Member

*3 Hitachi Plant Technology Co., Ltd.,