

特集：高齢者施設の環境衛生管理と室内環境の改善

<報告>

高齢者施設の室内空気質の実態調査

金勲

国立保健医療科学院生活環境研究部

Survey on indoor air quality in facilities for the elderly

Hoon Kim

Department of Environmental Health, National Institute of Public Health

抄録

高齢者施設は感染症予防の観点からも適切な環境衛生管理が必要であるが、現行の建築物衛生法では適用対象外である。その管理は個々の施設管理・運営者にゆだねられているが、管理の運用状況や室内環境の実態は明らかではない。

そこで、室内環境の実態を明らかにすることを目的として、宮城及び北海道に所在する特別養護老人ホームを対象に室内空気質の実測調査を行った。

空気中化学物質は問題になることは殆どない低いレベルであったが、アルコール由来のアセトアルデヒド、防虫・殺虫剤成分であるパラジクロロベンゼン、洗剤・香料成分であるd-リモネンなど生活用品から発生する化学物質が検出され、関連製品の過度な使用を避けるなど注意を払う必要がある。グラム陰性菌が産生するエンドトキシンの空気中濃度は一桁台の濃度が多く、一般的には1 EU/m³未満が殆どである。細菌は人体が発生源になることが多いため人が多く集まる共用空間でのET濃度が高い傾向を示している。一方、冬場は10 EU/m³またはそれ以上の高い濃度を示す、また同一室で時期を隔てても高濃度を示す施設が存在していることから、何らかの細菌汚染の可能性が示された。

今回測定対象とした寒冷地域では夏期の気候が良好で、窓開け換気など自然換気に向いている日が多いことは空気環境を改善する要因であり、特に施設職員の換気への配慮が室内空気質に及ぼす影響は大きい。更に、空気中化学物質や微生物のみならずにおい、室内温湿度、気流感など他の空気環境をコントロールする観点からも換気に対する関係者への教育と実践などリテラシー涵養は重要である。

キーワード：特別養護老人ホーム、室内空気質、揮発性有機化合物、アルデヒド類、エンドトキシン

Abstract

It is critical to understand the facility management system and the actual condition of indoor environments in order to improve quality of life, such as health and comfort, and to prevent the spread of infectious diseases.

This article reports the results of measurement for VOCs, aldehydes, and endotoxins in the indoor air.

VOCs concentrations were low in most of the facilities, while detergents, fragrances, and pharmaceutical

連絡先：金勲

〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6

2-3-6 Minami, Wako, Saitama, 351-0197, Japan.

Tel: 048-458-6250

E-mail: kim.h.aa@niph.go.jp

[平成29年2月24日受理]

components such as cineole and limonene were detected. In the one facility, TVOC concentration was observed at over 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ after the floor was cleaned and waxed. Airborne endotoxins frequently appeared in the single digits or less and almost in less than 1EU/ m^3 . However, 10EU/ m^3 or higher concentrations were observed in the two facilities in winter, when the humidification by domestic humidifiers might have been associated with a high risk of bacterial contamination. Since the main source of bacteria is often the human body, endotoxin concentration tends to be high in common spaces where many people gather. The suitability of the climate during summer in the cold region contributes to an improvement in the indoor air environment. More importantly, it should be noted that the care staffs' recognition of the importance of ventilation would have a profound effect on indoor environments such as air temperature, humidity, and airflow, as well as airborne chemicals and microbes.

keywords: special nursing home, indoor air quality, VOC, aldehyde, endotoxin

(accepted for publication, 24th February 2017)

I. はじめに

日本は2007年に超高齢社会に進入し、世界で最も高齢化が進んでいる中、それに伴う高齢者のための施設の需要が急増している。

2010年度国勢調査[1]から入所型社会福祉施設の入所者の8割以上が65歳以上の高齢者であり、本研究グループによる全国アンケート調査からは特別養護老人ホーム利用者の要介護平均は3.9と「最重度な介護が必要な状態(要介護4)」にあることが明らかになっている[2]。

このように、高齢者福祉施設では要介護度の高い高齢者が多く環境調整力や代謝が低下しているため室内温熱・換気の調節と管理はより重要となる[3-5]。

しかしながら、高齢者施設における環境衛生の維持管理に対してはその法的根拠がないため、行政からの立ち入りや介入が難しく、いくつかの先行研究[6-13]があるものの、施設運用と室内環境の実態などその全貌には明らかでない部分が多い。

本研究グループは高齢者福祉施設を対象に、施設の室

内空気環境の適正な計画と運用管理のあり方を提案することを目的として実態調査を行っている。本報では寒冷地域における高齢者施設を対象に行った実測から室内空気質について報告する。

II. 対象施設概要及び研究方法

調査対象施設の概要を表1に示す。北海道の4施設及び宮城県仙台市6施設にて、冬期(2016年3月、同年11~12月)及び夏期(2016年8~9月)に室内空気質測定を行った。測定点は1施設につき、居室2室、共用室1室、外気1カ所を原則とした。対象施設の建築年は1970年代から2010年代まで幅広く分布し、全施設RC造。施設タイプは従来型5施設、ユニット型4施設、併設型1施設、床数は80~133床(平均106)である。北海道の施設は冷房無し、暖房は床暖房+パネルヒーター、宮城県施設は冷暖房共にエアコンである。換気設備は居室では第3種(機械排気+給気成り行き)が多く、共用室は第1種換気(機械給気+機械排気)が多い。

表1 測定対象施設の概要

	北海道				宮城県(仙台市)							
	Fac. H01	Fac. H02	Fac. H03	Fac. H04	Fac. S1	Fac. S2	Fac. S3	Fac. S4	Fac. S5	Fac. S6		
建築概要	築年代	1970年代	1980年代	1980年代	1970年代	2010年代	1990年代	2010年代	2000年代	2000年代	1980年代	
	構造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	RC造	
	階数	3	4	3	3	4	4	7	5	4	7	
	床数	133	123	100	100	120	120	80	90	100	90	
施設形態	従来型	従来型	従来型	従来型	ユニット型	従来型	ユニット型	ユニット型	ユニット型	併設		
空調設備	居室	冷房	なし	なし	なし	なし	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン
		暖房	床暖房	床暖房	床暖房+パネル	床暖房+パネル	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン
		換気	第3種	第3種	第3種	第1種	第1種	第3種	第3種	第1種	第3種	第3種
			壁付排気扇(停止)	天井排気	天井排気	給排気+自然換気口	汚物室でオゾン利用					
	加湿	ポータブル	ポータブル	ポータブル	ポータブル(薬剤)	ポータブル	ポータブル	ポータブル	カビ防止のため持込禁止	ポータブル	ポータブル	
	ドア	常時閉	常時閉	常時閉	常時閉	一時閉	一時閉	一時閉	一時閉	常時閉	常時閉	
	共用室	冷房	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン	エアコン	
		暖房	床暖房	床暖房	床暖房+パネル	床暖房+パネル	エアコン	床暖房+ファンヒーター	エアコン	エアコン	エアコン	
		換気	第1種	第1種	第1種	第1種	第1種	第3種	第3種	第1種	第3種	第3種
		加湿	加湿ユニット+ポータブル	ポータブル	ポータブル	加湿ユニット+ポータブル	加湿ユニット+ポータブル	ポータブル	ポータブル	加湿ユニット+ポータブル	ポータブル	ポータブル

高齢者施設の室内空気質の実態調査

空気質の測定項目は化学物質のVOCs (Volatile Organic Compounds; 揮発性有機化合物) 及びアルデヒド類 (Aldehydes), グラム陰性菌が産生するエンドトキシン (Endotoxin; 内毒素, 以下ET) である。

1. 化学物質

VOCsはTenax-TA充填Gerstel Tube (60/80 mesh, 180mg) に5L (166mL/min) の空気を, アルデヒド類はDNPHカートリッジ (350mg) を用いて30L (1L/min) をサンプリングした。定量定性は加熱脱着-GC-MS及びアセトニトリール溶媒抽出-HPLCにて行った。

2. 空気中エンドトキシン (浮遊細菌)

グラム陰性菌が産生するETを分析することによって細菌汚染度を測定した。MCEフィルタ (Mixed Cellulose Ester Membrane Filter, Φ47mm) に空気100L (3 L/min) を吸引・捕集し, 注射用水 (ETフリー) 8 mL で溶出・稀釈, カイネティック比濁法 (120min at

37.0°C, 閾値光透過率94.9%) により分析した。

ET分析装置としてはToxinometer ET-5000 (和光純薬) を用いた。ライセート試薬と反応させたETのゲル化に伴う濁度変化をカイネティック比濁法でゲル化時間 (Tg) を測定し, 検量線に基づいて定量した。

生活周辺でも水・食品などの細菌基準は厳格に管理されているが, 室内環境における微生物 (カビ・細菌) 濃度に関しては培養法による学会規準[14]があるものの社会的効力を持つ指針や基準は未だに定まっていない。また, 環境中エンドトキシンに関する環境中濃度基準や指針も存在しない。

III. 結果・考察

1. VOCs及びアルデヒド類

室内濃度に関する厚生労働省指針値を表2に示す[15]。13の個別物質に対する指針値及びTVOCの暫定目標値が設定されている。

化学物質に対する2回の冬期測定及び1回の夏期測定結果を図1及び表3に示す。厚生労働省指針の13物質に該当するもの及びTVOCを陰影で記している。

個別物質濃度として指針値を超える成分はなかった。ホルムアルデヒド, アセトアルデヒドは厚生労働省指針値100µg/m³及び48µg/m³に対し, 1施設のみ夏期にホルムアルデヒド60µg/m³, アセトアルデヒド47µg/m³とやや高めであった。他のアルデヒド成分としては, プロピオンアルデヒド, メタアクロレイン, ブチルアルデヒド, ベンズアルデヒドなどが検出されているがいずれも微量または低い濃度であった。

指針値が定められているVOCsとしては, トルエン, エチルベンゼン, キシレン, スチレン, パラジクロロベ

表2 厚生労働省室内濃度指針値

成分	指針値
ホルムアルデヒド	100µg/m ³ (0.08ppm)
アセトアルデヒド	48µg/m ³ (0.03ppm)
トルエン	260µg/m ³ (0.07ppm)
キシレン	870µg/m ³ (0.20ppm)
エチルベンゼン	3800µg/m ³ (0.88ppm)
スチレン	220µg/m ³ (0.05ppm)
パラジクロロベンゼン	240µg/m ³ (0.04ppm)
テトラデカン	330µg/m ³ (0.04ppm)
クロルビリホス	1µg/m ³ (0.07ppb) 小児 0.1µg/m ³ (0.007ppb)
フタル酸ジ-n-ブチル	220µg/m ³ (0.02ppm)
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	120µg/m ³ (7.6ppb)
ダイアジノン	0.29µg/m ³ (0.02ppb)
フェノブガルブ	33µg/m ³ (3.8ppb)
TVOC (暫定目標値)	400µg/m ³

表3 VOCsの気中濃度 [単位 µg/m³]

		Winter (Mar.)					Summer (Aug./Sep.)					Winter (Nov./Dec.)				
		Mean	SD	Max	Median	Min	Mean	SD	Max	Median	Min	Mean	S.D.	Max	Median	Min
Toluene	Bed	3.3	0.6	4.1	3.6	-	2.5	1.9	5.8	2.2	-	3.4	3.8	11.7	2.7	-
	ComS	1.9	1.9	5.6	1.5	-	2.4	2.1	5.6	1.9	-	2.6	3.4	9.6	1.2	-
	OA	0.6	0.8	1.7	<L.D.	-	0.8	1.2	3.2	<L.D.	-	1.7	2.2	6.8	0.9	-
Ethyl benzene	Bed	5.9	5.6	16.1	3.1	-	2.0	3.3	13.1	1.6	-	1.3	2.5	8.7	<L.D.	-
	ComS	0.2	0.5	1.6	0.0	-	2.9	7.6	25.6	<L.D.	-	0.9	1.8	4.9	<L.D.	-
	OA	0.3	0.6	1.4	0.0	-	0.9	2.3	7.4	<L.D.	-	0.3	0.6	1.7	<L.D.	-
Xylene	Bed	10.8	8.2	23.9	7.6	-	3.9	4.3	11.9	2.6	-	4.0	7.2	25.8	<L.D.	-
	ComS	0.9	2.1	6.2	<L.D.	-	3.8	7.1	22.4	<L.D.	-	3.6	6.0	17.6	0.6	-
	OA	0.5	1.1	2.4	<L.D.	-	0.8	2.0	6.1	<L.D.	-	-	-	-	-	-
Styrene	Bed	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ComS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	1.0	3.2	<L.D.	-
	OA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4	1.1	3.5	<L.D.	-
α-Pinene	Bed	-	-	<L.D.	-	-	2.2	7.3	31.2	<L.D.	-	0.3	0.6	1.8	<L.D.	-
	ComS	0.3	0.6	1.4	<L.D.	-	4.1	10.8	36.0	<L.D.	-	0.4	0.9	2.7	<L.D.	-
	OA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p-Dichloro benzene	Bed	3.2	6.4	18.8	0.7	-	7.2	14.9	54.5	1.0	-	1.7	3.0	10.6	<L.D.	-
	ComS	2.4	4.4	14.7	1.1	-	4.8	7.9	21.9	1.0	-	1.6	2.8	7.7	<L.D.	-
	OA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D-Limonene	Bed	3.3	2.7	7.5	2.4	-	8.7	24.6	105.6	1.3	-	3.0	5.0	22.5	1.4	-
	ComS	1.8	1.7	4.5	2.2	-	19.2	53.0	178.0	1.9	-	10.0	13.9	44.2	3.6	-
	OA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nonanal	Bed	4.3	0.5	5.1	4.2	-	4.3	2.1	8.8	4.1	-	4.3	1.8	8.4	3.6	2.1
	ComS	3.0	1.5	5.1	2.9	-	3.5	2.4	7.1	3.7	-	3.7	1.4	6.4	3.5	2.1
	OA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetra decane	Bed	0.5	0.3	0.7	0.6	-	0.8	1.4	6.0	0.3	-	0.3	0.5	1.9	<L.D.	-
	ComS	0.2	0.4	1.1	<L.D.	-	0.6	0.9	2.9	<L.D.	-	0.2	0.3	0.7	<L.D.	-
	OA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TVOC	Bed	84.1	14.2	108.3	79.5	65.3	179.1	353.4	1494.9	60.0	7.2	67.7	54.7	227.6	54.8	15.3
	ComS	56.3	64.9	234.5	34.6	9.7	270.6	620.4	2091.9	30.4	0.7	76.0	58.5	215.3	69.9	13.0
	OA	26.8	24.9	61.0	13.5	6.7	15.7	13.2	45.5	10.3	4.2	7.6	9.7	28.9	3.0	<L.D.

※陰影部分は厚生労働省により指針値が定められている物質

ンゼン、テトラデカンが検出されたが、いずれも濃度は低かった。パラジクロロベンゼンは防虫・殺虫剤成分であり夏場にやや高く検出されていることから関連薬剤の使用によるものと考えられる。α-ピネンは杉、ヒノキなど天然木材由来の香り成分であり内装に木材を使っている施設で検出されているが、濃度は高くなかった。d-リモネンが100μg/m³を超える施設があったが、リモネンは柑橘類の香り成分として木材からも放散されるが、洗剤・香料など生活用品によく使われる。また高齢者施設特有と考えられる芳香・薬成分であるシネオール（オイカリプトール）が検出されることがあった。

TVOCは共用室で2,000μg/m³（暫定目標値400μg/m³）を超える施設が1施設存在しているが、測定当日ワックス掃除をしていたため、Ethanol,2-(2-ethoxyethoxy)-やEthanol,2-(2-butoxyethoxy)-が大量に検出されたことが原因である。それ以外の施設では400μg/m³未満と高い濃度を示す施設はなかった。

2. エンドトキシン

北海道における高齢者福祉施設4施設を対象に季節変化（3月冬期→8月夏期→12月冬期）を調べた結果を図2に、宮城における6施設の季節変化（9月夏期→11月末冬期）を調べた結果を図3に示す。棒グラフはET濃度であり、図中の●印はI/O比（室内濃度/外気濃度）である。また、Bedは居室、ComSは共用室（Common space）、OAは外気（Outdoor air）である。

室内気中濃度は1EU/m³未満が多く全体的には低いが、場合によっては10EU/m³を超え70EU/m³以上（図3、9月・11月Fac.S4のComs01）も観察される。

図2において、3月のFac.H01は居室・共用室ともに高く夏期には低くなっていたが、翌冬（12月）の測定では居室（Bed_01）において再度濃度が高くなっていることから、冬期に限った発生源が存在することが疑われる。Fac.H03も居室の冬期（3月）濃度が3.0EU/m³と他の室内より高く、夏期（8月）には改善されているが翌冬（12月）になると再び2 EU/m³近くまで上昇している。地域特性上、寒冷地域である北海道は夏期の外気条件が良いため（窓開け）自然換気を行う時間帯が多いこともあり室内濃度は低く、全測定箇所において1 EU/m³未満となっている。しかし、冬期は1 EU/m³を超える室が複数あり、その中には居室・共用室共に10EU/m³に近いまたはそれを超えている。

一方、宮城地域の夏期（図3上）は1室を除く全居室で1 EU/m³を下回っており、普通の室内濃度となっているが、共用室は居室より高い濃度を示していることが分かる。宮城地方の結果からは夏期と冬期に明確な違いは見られない一方、Fac.S4のComs01では夏期・冬期共70EU/m³以上の高濃度が観察されている。

北海道施設では夏期に、宮城地方では夏期・冬期共に共用室が居室より高い濃度を示している。室内における細菌濃度は建物及び設備に汚染が無い限り、人体が主要な発生源となり、複数の人が集まって活動する共用室

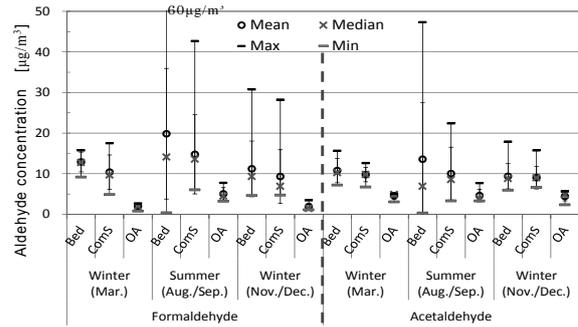
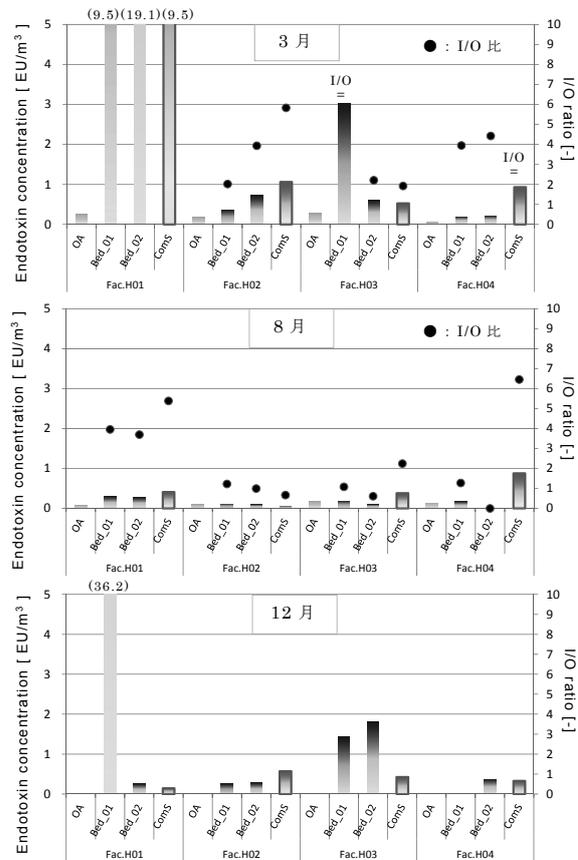


図1 ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドの気中濃度



※ 12月測定では全てのOAが検出限界以下となったためI/O比の表示無し
※ OA : Outdoor Air (外気), Bed : Bedroom (居室), ComS : Common Space (共用室)

図2 北海道の高齢者施設におけるET測定結果 (2016年3月, 8月, 12月)

高齢者施設の室内空気質の実態調査

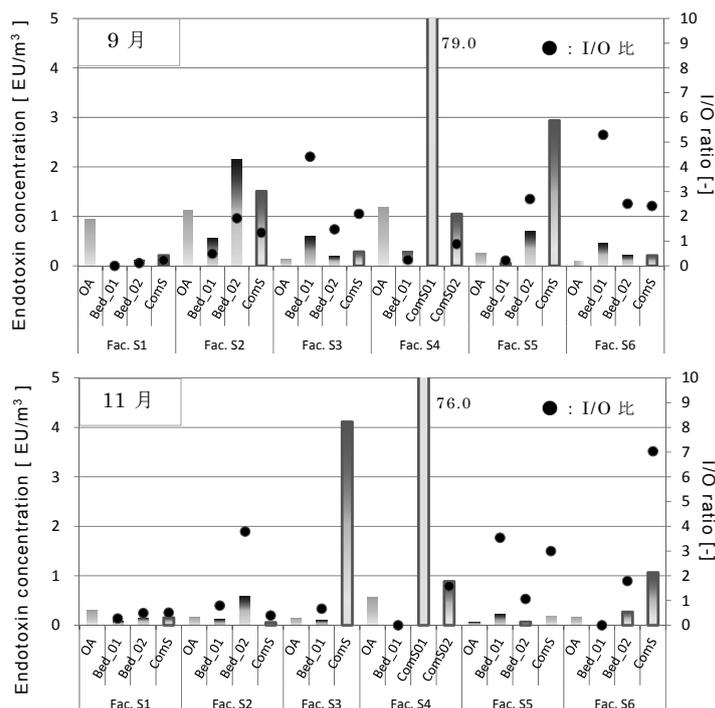


図3 宮城の高齢者施設におけるET測定結果(2016年9月, 11月)

で濃度が高くなる傾向が現れている。両地域の夏期結果に違いが見られたが、これは冷房用エアコンの使用とそれによる換気の差から生じることと考えられる。即ち、冷房設備がない北海道では自然換気として冷房対応をしているが、全室にエアコンが設置されている宮城の施設では窓を閉め切ってエアコンを使用する頻度が高くなる。

また、一部施設で冬期に高いET濃度が観察される原因としては加湿器の汚染が疑われる。更に、冬期には夏期に比べ換気が少なくなる、開口部を閉めきった時間が長くなることも室内汚染リスクを高める一因と考えられる。

IV. まとめ

空气中化学物質濃度は殆どの施設で低かったが、アセトアルデヒドが厚生労働省指針値に近い施設が存在した。VOCsにおいてはパラジクロロベンゼン、リモネン、シネオールのような防虫剤・洗剤・芳香剤・薬剤成分が検出された。床ワックス掃除をしていた1施設ではTVOCが高めに検出されたが、その他の施設では厚生労働省暫定目標値を超えることはなかった。

化学物質で問題になることは殆どないと言えるが、施設用途上消毒剤やアルコール含有製品を使うことが想定され、この場合は酸化生成物であるアルデヒド類の濃度上昇に注意する必要がある。また、防虫・殺虫剤成分であるパラジクロロベンゼン、洗剤・香料成分であるd-リモネンなど生活用品から発生する化学物質についても過度な使用を避けるなど注意を払う必要がある。

空气中ET濃度は一桁台の濃度が多く、1 EU/m³未滿が殆どである。細菌は人体が発生源になることが多いため、人が多く集まる空間(共用室)でのET濃度が高い傾向を示す。一方、冬場は10EU/m³またはそれ以上の高い濃度を示す。また同一室で時期を隔てても高濃度を示す施設が存在していることから、何らかの細菌汚染の可能性が示された。

今回測定対象とした地域では夏期の気候が良好で、窓開け換気など自然換気に向いている日が多いことは空気環境を改善する要因であり、特に施設職員の換気への配慮が室内空気質に及ぼす影響は大きい。更に、空气中化学物質や微生物のみならずにおい、室内温度、気流感など他の空気環境をコントロールする観点からも換気に対する関係者への教育と実践などリテラシー涵養は重要である。

本研究は国立保健医療科学院基盤的研究費による研究(倫理審査承認番号NIPH-IBRA#12081, NIPH-IBRA#12100)成果の一部である。

文献

- [1] 総務省. 平成22年国勢調査—人口等基本集計結果一, 一人人口等基本集計(男女・年齢・配偶関係, 世帯の構成, 住居の状態など), II年齢別人口—表V-3-4. <http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2010/kihon1/pdf> (accessed 2017-02-24)
- [2] 阪東美智子, 金勲, 大澤元毅. 特別養護老人ホーム

- における環境衛生管理の現状と課題. 保健医療科学. 2014;63(4):359-367.
- [3] 久野真矢, 清水一. 文献調査から見出した高齢者施設の好ましい物理的環境. 広島大学保健学ジャーナル. 2003;3(1):21-36.
- [4] 矢野久子, 鈴木幹三. [高齢者の冬季感染症の現状と対策] 冬季における高齢者の施設内感染症の現状と対策 高齢者施設と在宅領域の要介護高齢者への感染予防. Geriatric Medicine. 2008;46(11):1337-1341.
- [5] 稲松孝思. 高齢者施設における感染症対策. INFECTION CONTROL. 2006;15(11):1080-1083.
- [6] 西村直也, 柳宇, 鍵直樹, 池田耕一, 吉野博, 齊藤秀樹, 齊藤敬子, 鎌倉良太, 小畑美知夫. 老人福祉施設における室内環境の衛生管理に関する研究 第1報 建築物衛生法に基づく実測調査とその結果. 空気調和・衛生工学会論文集. 2012;179:27-34.
- [7] 西村直也, 柳宇, 鍵直樹, 池田耕一, 吉野博, 齊藤秀樹, 齊藤敬子, 鎌倉良太, 小畑美知夫. 老人福祉施設における室内環境の衛生管理に関する研究 第2報 連続測定の結果及びVOC類の測定結果. 空気調和・衛生工学会論文集. 2012;185:11-18.
- [8] 王春旭, 龍有二, 姜燕. 高齢者福祉施設の湿度環境に関する調査研究 湿度環境及び加湿器利用状況. 日本建築学会研究報告九州支部. 2011;50:473-476.
- [9] 山岸明浩, 五十嵐由利子, 飯野由香利. 新潟県内における高齢者居住住宅の温熱環境に関する研究その4 冬季における加湿器の運転による湿度環境の変化. 日本建築学会学術講演梗概集. 2002. p.323-324.
- [10] 姜燕, 龍有二, 香川治美. 高齢者福祉施設における温熱環境と利用者の心理反応に関する研究. 日本建築学会環境系論文集. 2008;624:191-197.
- [11] 姜燕, 龍有二. 高齢者居住空間の湿度及び乾燥感と加湿器利用状況に関する研究. 日本建築学会学術講演梗概集. 2012. p.275-276.
- [12] Mui KW, Wong LT, Fong KNK, Wong WWY. Evaluation of Indoor Environment Quality of Elderly Centers of Hong Kong, Int. Journal for Housing Science. 2008;32(2):121-131.
- [13] 五十嵐由利子, 高橋啓子, 中嶋亜紀佳, 高本麻美. 特別養護老人ホームにおける冬季の湿度環境改善に関する研究 その1 加湿設備のある施設における実測調査. 日本建築学会北陸支部研究報告集. 1998;41:179-182.
- [14] 日本建築学会. 日本建築学会環境規準AIJES-A0002-2013微生物による室内空気汚染に関する設計・維持管理規準・同解説. 東京:日本建築学会; 2013.
- [15] 厚生労働省. 室内濃度指針値. <http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/situnai/hyou.html> (accessed 2017-02-24)