

特集：高齢者施設の環境衛生管理と室内環境の改善

<報告>

高齢者施設の室内温熱環境の実態

開原典子

国立保健医療科学院生活環境研究部

State of indoor thermal environment at japanese facilities
for the elderly

Noriko KAIHARA

Department of Environmental Health, National Institute of Public Health

抄録

本研究では、室内温熱空気環境の維持管理や指導に関する法的根拠のない高齢者施設について、環境衛生管理に対する意識や取り組み状況などの実態を調査し、施設の衛生管理に対する支援の方策を検討し、その方策のモデル案を提示することを目指している。筆者らは、南関東の幾つかの高齢者施設において、現状把握及び知見整備を目的とした冬期の室内温熱環境の調査を行っているものの、全国的な実態把握を行なうため、調査数及び調査地域の拡大が必要である。本報では、これまで調査を行ってきた南関東と、東北、北海道の施設を加えた15施設の結果から、高齢者施設の室内温熱環境の概要を示すとともに、東北、北海道の高齢者施設の換気量と加湿量の分析を行ったのでその結果を報告する。具体的には、冬期から夏期にかけて、15の高齢者施設において、それぞれの施設の居室と共用空間の4ヶ所の室内温度・湿度・二酸化炭素濃度、室外の温度・湿度を計測し、その結果を分析した。

冬期の実態調査の結果、1)ほとんどの施設で温度・二酸化炭素濃度に関してはおおむね良好であるものの湿度については相対湿度40%を下まわること、2)南関東や東北よりも北海道の施設において管理温度が高いことが示された。

夏期の実態調査の結果、1)温度、相対湿度、二酸化炭素濃度は良好であること、2)北海道では窓開け換気の影響を大きく受けていることが示された。

冬期の換気量と加湿量の分析結果から、1)窓を開けることによる換気状況や居室の扉の開閉状況などの各施設の運用上の特徴などにより、換気パターンは多様であること、2)寒冷地ほど換気量の増える傾向があること、3)相対湿度40%以上にしようとした場合、ポータブル型の加湿器では加湿量不足のため、施設の建設の仕様を検討する初期の段階において、加湿設備の導入を検討する必要性があること、4)二酸化炭素濃度を1000ppmに制御した場合、不足している加湿量を現状の半分以下に低減できる可能性のあることが示された。

このように、本論文では、換気設備、利用者の状況、スタッフの違いや運用上の特徴等により、温湿度形成の状況が多様であることを明らかにするとともに、換気量に関する分析から不足加湿量の推定を行っている。今後は、臭気や感染症への検討が不可欠である。

キーワード：環境保健、建築物衛生法、温度、湿度、二酸化炭素濃度、換気、加湿

連絡先：開原典子

〒351-0197 埼玉県和光市南2-3-6

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

Tel: 048-458-6247

E-mail: kaihara.n.aa@niph.go.jp

[平成29年3月2日受理]

Abstract

The aims of this study were to investigate awareness and measures to improve environmental hygiene management in facilities for the elderly, which are not regulated, to consider a policy supporting hygiene management of these facilities, and to propose a model plan for the policy. We investigated the indoor thermal environment of some facilities for the elderly in the southern Kanto region in winter. It is required that the number of the surveys and the survey area be increased so as to appraise the situation nationwide. This report describes indoor thermal environment results in the southern Kanto, Tohoku, and Hokkaido regions, and provides an analysis of the ventilation amount and required humidification amount in facilities for the elderly in the Tohoku and Hokkaido regions. From winter to summer, indoor temperature, humidity and CO₂ concentration at 4 places (3 bedrooms and 1 common space), and outdoor temperature and humidity, were measured in 15 facilities for the elderly in the southern Kanto, Tohoku, and Hokkaido regions.

The winter results showed 1) the indoor temperature and CO₂ concentration were almost within reference ranges, but the relative humidity was less than 40% in most facilities, 2) the managing temperature was higher in facilities in the Hokkaido region than the southern Kanto and Tohoku regions.

The summer results showed 1) temperature, relative humidity and CO₂ concentration were within reference ranges, 2) there was ample ventilation when the windows were opened in the Hokkaido regions.

An analysis of the ventilation amount and required humidification amount in winter showed that 1) there was diversity in ventilation patterns, and ventilation modes in each facility, such as the opening of windows or opening and shutting the living room door, were closely related to building performances; 2) the colder the regions, the ventilation tended to increase; 3) there was a need to introduce an industrial humidifier at an early stage in the examination of specifications of facility construction so that indoor relative humidity could be more than 40%, because the humidification amount produced by portable humidifiers was insufficient; and 4) if the upper limit of CO₂ concentration was relaxed to 1,000 ppm, the lack of humidification could be reduced to below the current 50%.

This report confirmed that there can be various temperature-humidity situations due to differences in ventilation equipment, user/staff situations, and facilities operations, and estimated the lack of humidification from an analysis of ventilation amount.

keywords: environmental health, Act on Maintenance of Sanitation in Buildings, indoor temperature, indoor humidity, CO₂ concentration, ventilation, humidification

(accepted for publication, 2nd March 2017)

I. はじめに

日本では平均寿命が延び、出生率が低下することにより、世界に類を見ない速度で高齢化が進んでいる。高齢者の免疫力や環境に適応する能力は個人差が大きいといわれており、適切な室内環境や衛生状況を備えた高齢者のための施設の供給体制を整備することが急務となっている。公共性の高い日本の建築物は、室内の環境衛生の担保を図る「建築物における衛生的環境の確保に関する法律（以下、建築物衛生法）」[1]によって、衛生管理資格者のもと、衛生状況の客観的な把握と管理の実施が義務づけられている。しかし、日本の高齢者を対象とした施設に、衛生状況の管理を義務付ける法律はない。

これまでに、我々の研究体制により日本全国の特別養護老人ホームの施設管理者を対象に行った室内温熱空気環境の管理状況などに関するアンケート調査から、施設管理者は室内環境管理に対して一定の意識を持っていることを明らかにした[2]。一方で、冬期の高齢者施設

の室内環境について、いくつかの報告[3-8]があるものの、詳細なデータの公表には至っておらず、その実態を説明するには十分でない。また、筆者らは、南関東の幾つかの高齢者施設において、現状把握及び知見整備を目的とした冬期の室内温熱環境の調査を行っているものの[9]、全国的な実態把握を行なうため、調査数及び調査地域の拡大が必要である。

本研究では、高齢者福祉施設の環境衛生管理に対する問題意識や取り組み状況などの実態を把握し、施設の衛生管理に対する支援の方策について検討、そのモデル案を提示することを目指している。本報では、これまで調査を行ってきた南関東と東北・北海道の寒冷地を加えた15施設の調査結果から、高齢者施設の室内温熱環境の概要を示し、東北・北海道の高齢者施設の換気量と加湿量の分析を行ったのでその結果を報告する。

II. 方法

1. 対象施設の概要

分析対象の高齢者施設は、Table 1に示す南関東（神奈川）5施設、東北（宮城）6施設、北海道4施設である。いずれも1980年代から2010年代までに建設されており、ユニット型（個室と共用室で構成）、或いは、従来型（多床室と共用室で構成）の施設と、従来型とユニット型を併設した施設がある。各施設の特別養護老人ホームとしての床数は、約80～約130である。神奈川の5施設と宮城の1施設では暖冷房にエアコンを使用しており、その他の施設では暖房に温水床暖房を使用している。加湿装置は、一部の施設でのみ設置されている。感染症対策等のために、ほとんどの施設で居室及び共用空間でポータブル型の加湿器が用いられている。

2. 空気温湿度の測定方法

測定項目は、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度である。測定機器（T&D社、CO₂ Recorder Tr-76Ui）を共用室1ヶ所、居室の3ヶ所を基本として各施設に設置し、20分間隔で測定した。機器の設置位置について、共用室は机や棚の上とし、居室はベッド近くのタンスや棚の上とした。調査の報告期間は2015年12月12日～2016年3月12日の約3ヶ月間と2016年7月1日～8月31日の2ヶ月間である。外気温湿度は、各施設の敷地内に温湿度センサー（T&D社、Thermo Recorder RTR-53）を設置し、室内同様、20分間隔で測定した。施設の管理者及び対象居室の利用者には、調査に関する説明と同意を得ており、任意に調査を中止することができる。

3. 換気量の分析方法

1人あたりの換気量 Q_p （(m³/h）/人）は、測定した二酸化炭素濃度から、式1を用いて算出した[9]。1人あたりの二酸化炭素の発生量は、80歳代の男女2：8の重み付けをして、 10.5×10^{-3} （(m³/h）/人）とした[9]。外気の二酸化炭素濃度は350ppmを用いたが、施設周辺の状況に合わせ、森林や田畑に囲まれた施設MAのみ330ppmとした。

$$Q_p = M_{CO2P} / D_{CO2} \dots \dots \dots \text{式1}$$

ここで、 M_{CO2P} は、1人あたりの二酸化炭素発生量（(m³/h）/人）、 D_{CO2} は、内外の二酸化炭素濃度の差（m³/m³）とする。

h）/人）、 D_{CO2} は、内外の二酸化炭素濃度の差（m³/m³）とする。

4. 加湿量の分析方法

利用者の状況から対象室における主な水蒸気発生源は、人体及び加湿器であると考えられる。人体からの水蒸気発生量は、代謝量に応じて変化する。また、水蒸気発生量は、温度による影響を受ける。本報では、文献値から得た人体からの水蒸気発生量[10]をもとに、分析対象の利用者の状況と温度の測定結果を踏まえてその係数を作成し[9]、人体からの水蒸気発生量を算出した。さらに、換気量を用いた室内の水蒸気の収支式により、人体以外からの水蒸気発生量、すなわち1人あたりの加湿量を算出し、目標とする相対湿度に対する不足の加湿量を求めた[11]。

III. 結果

1. 高齢者施設の室内温熱環境の実態

(1) 冬期の温湿度及び二酸化炭素濃度の概要

Fig.1に、各施設内の4ヶ所の平均の室内の温度・湿度の平均値と標準偏差を示す。なお、絶対湿度は測定値をもとにGoff-Gratchの式より算出した。室内湿度について、図より、15施設の室内の冬期の平均温度は、約21℃～約25℃に管理されていることがわかる。高齢者は高めの温度を好むとされており[12]、測定結果と符合する。一部の施設（MB, MF, HB）で、窓開け換気を行ったり、夜間に共用空間の暖房を停止したりするなどの影響で、標準偏差が大きくなっているものの、室温は変化の少ない状況で管理されている[13]。また、施設によって管理温度に多少の差が見受けられ、神奈川や宮城よりも北海道の管理温度が高い傾向にある。室内湿度について、相対湿度は、平均約20%～約35%であり、いずれの施設も低湿度環境にある。相対湿度の最低値は、おむつ交換やシーツ交換の際、窓開けによる換気を行っているときとみられるときに多く確認された[13]。測定した温度と相対湿度をもとに算出した絶対湿度は、平均約4 g/kg(DA)～6g/kg(DA)である。若干の差はあるものの、どの施設も室内外の絶対湿度差は約3 g/kg(DA)であり、加湿量が不足しているといえる。

Table 1 surveyed facilities

Facility		KA	KB	KC	KD	KE	MA	MB	MC	MD	ME	MF	HA	HB	HC	HD
building	construction	1990s	1980s	2000s	2010s	1980s	1990s	2010s	1980s	2010s	2000s	2000s	1980s	1970s	1980s	1970s
	floor count	3	3	5	4	3	4	4	7	7	5	4	3	3	4	3
care type		M.B.	M.B.	S.B.	S.B./M.B.	M.B.	M.B.	S.B.	S.B./M.B.	S.B.	S.B.	S.B.	M.B.	M.B.	M.B.	M.B.
rooms	heating	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.+K.S.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	F.H.	F.H.	F.H.	F.H.
	cooling	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	-	-	-	-
	ventilation	E	E	E	E	E	E	E	E/E&S	E&S	E&S	E	E	E	E	E&S
Comon Spaces	heating	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	F.H.	F.H.	F.H.	F.H.
	cooling	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.	A.C.
	ventilation	E&S	E&S	E&S	E&S	E&S	E&S	E&S	E/E&S	E&S						

M.B.: multi-beds, S.B. single bed, A.C.: air conditioning, K.S. kerosene stove, F.H.: floor heating, E: exhaust ventilation, E&S: exhaust and supply ventilation

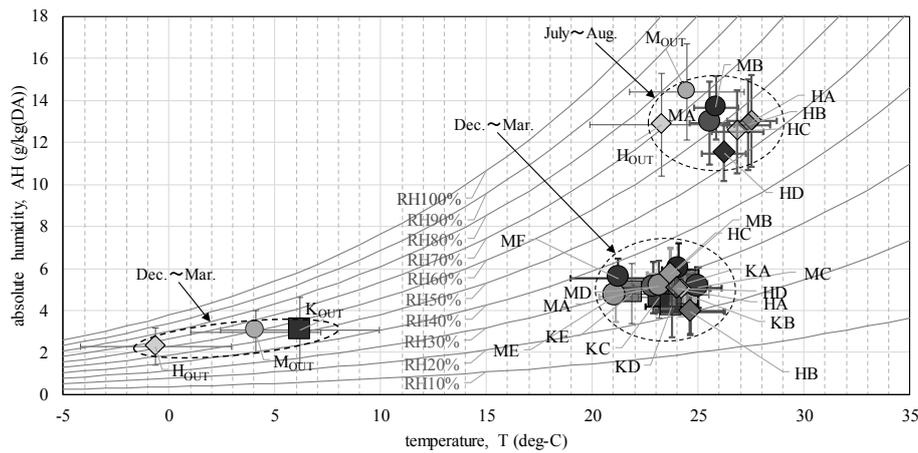


Fig.1 temperature and humidity (Ave. and S.D.)

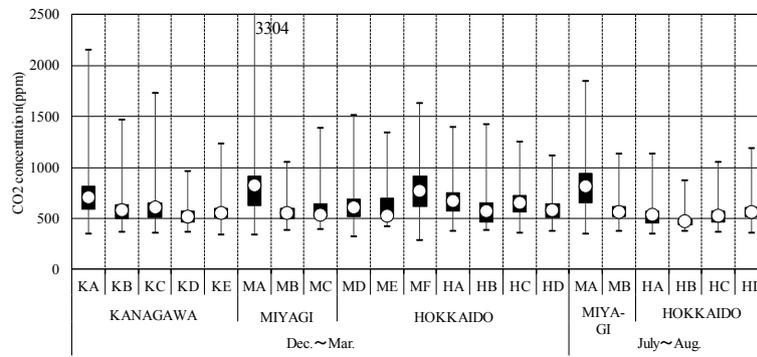


Fig.2 CO₂ concentration

Fig.2に、二酸化炭素濃度の測定結果を施設ごとに示す。図中のボックス部は下から1/4分位点, 3/4分位点を示し、最上及び最下の線は最大最小値、○印は平均値を示している。図より、施設ごとの冬期の平均の二酸化炭素濃度は、約500ppm～約800ppmであり、多くの施設が平均600ppm程度であるものの、一部の施設の平均値や最大値がやや高いことがわかる。宮城県の施設MAは、室内で唯一石油ファンヒータを用いているということ、神奈川の施設KAでは、就寝時に居室の扉を閉めることが多いということがそれぞれ確認されており、これらのことが、他の施設より二酸化炭素濃度を高くする要因になっていると考えられる。また、図には示さないものの、それぞれの施設内の二酸化炭素濃度の時間的変化は多様である[11]。

このように、冬期の実態調査の結果から、ほとんどの施設で温度・二酸化炭素濃度に関してはおおむね良好であるものの湿度については相対湿度40%を下まわること、南関東（神奈川）や東北（宮城）よりも北海道の施設において管理温度が高いことが示された。これらの結果を建築物衛生法に基づく空気環境基準[1]を参考にすると、温度と二酸化炭素濃度については基準を満たしているものの、湿度については相対湿度40%の基準を満たしていない。

(2) 夏期の温湿度及び二酸化炭素濃度の概要

Fig.1に示す夏期にデータの得られた6施設の室内の平均温度は、約25℃～約28℃である。冷房設備のない北海道の施設（HA, HB, HC, HD）では、窓を開けて過ごす影響で、冬期に比べて標準偏差が大きくなっているものの、6施設の室内の平均温度は、高齢者の快適といわれている室温範囲[12]である。

Fig.2に示す施設ごとの平均の二酸化炭素濃度は、約500ppm～約800ppmである。北海道の施設（HA, KB, HC, HD）では、ほぼ外気と同じレベルにあり、このことから窓を開けて過ごしていることが確認できる。

このように、夏期の実態調査の結果から、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度は良好であること、特に、北海道では窓開けによる外気の影響を多く受けていることが示された[14]。また、冬期と同様に、これらの結果を建築物衛生法に基づく空気環境基準[1]を参考にすると、夏期の温度・相対湿度・二酸化炭素濃度の平均値は基準を満たしている。

2. 寒冷地における二酸化炭素濃度を用いた加湿の分析

(1) 換気量

ここでは、宮城の2施設（MA, MB）と北海道の4施設（HA, HB, HC, HD）について、換気量の分析を行う。

高齢者施設の室内温熱環境の実態

Fig.3に、1人あたりの換気量を示す。図中のボックス部は下から1/4分位点, 3/4分位点を示し、最上及び最下の線は最大最小値、○印は平均値を示している。共用空間をCS, 居室をR (R1~R4まで) とする。6施設 (MA, MB, HA, HB, HC, HD) の共用空間・居室の1人あたりの換気量の平均は、約50(m³/h)/人である。なかには、20(m³/h)/人程度の居室もいくつかみられるものの、多くの居室や共用空間における1人あたりの換気量は、二酸化炭素濃度1000ppm基準の1人あたりの必要換気量30(m³/h)/人と比べると多い。

各施設の共用空間・居室の1人あたりの換気量を時刻別に分析したところ、以下に示すいくつかの特徴的な傾向が見られた。

- ①共用空間 (CS) の換気量は、昼間に少なく、夜間に多くなっている (Fig.4-a)。これは、共用空間に昼間利用者が多く、二酸化炭素濃度が高くなり、夜間に利用者が居なくなると二酸化炭素濃度が低くなることを示している。
- ②居室 (R) の換気量は、昼間に多い (Fig.4-b)。状況により居室の在室時間の多くなる利用者もいるが、昼間に利用者が共用空間へ移動しているためと考え

られる。

③昼間の居室で食事の前後で換気量が多くなる (Fig.4-c)。利用者への対応スケジュールとして排せつ介助による窓開けによる換気が行われている可能性がある。

④宮城の施設より北海道の施設において、換気量が多くなる傾向にある (Fig.3)。その他、図には示さないものの、それぞれの施設内の認知度や体調、排せつ介助等の利用者の状況、或いはスタッフの違いや運用上の特徴などにより換気のパターンは多様となっている[11]。

このように、冬期の換気量の結果から、換気パターンの多様性が示されるとともに、寒冷地ほど換気量の増える傾向が示された。

(2) 不足加湿量

Fig.5に、相対湿度40%に対する1人あたりの不足加湿量と二酸化炭素濃度1000ppmに換気量を抑えた場合の1人あたりの不足加湿量の結果を示す。本報告の分析において、燃焼機器の発生する二酸化炭素量と人体から発生する二酸化炭素量を分離していないため、石油ファ

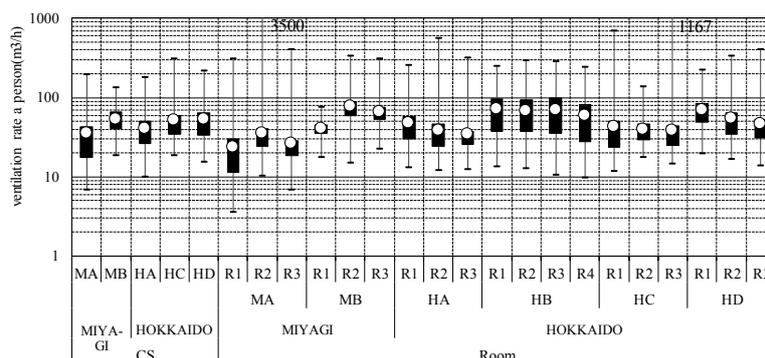


Fig.3 ventilation rate a person (winter)

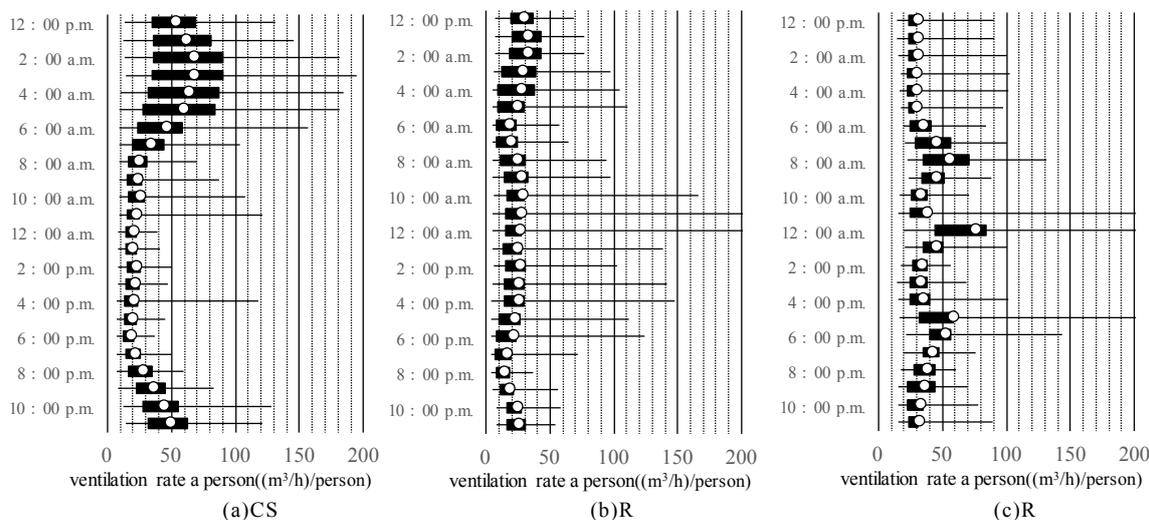


Fig.4 ventilation rate a person (winter)

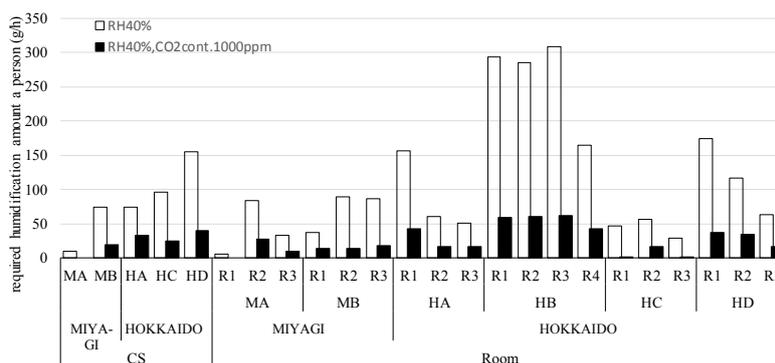


Fig.5 required humidification amount for RH40%, and required humidification amount for RH40% to current when mitigating CO₂ to 1000 ppm

ンヒータを用いている施設MAは参考にとどめる。共用空間（CS）の不足加湿量は、従来型の施設の場合（HA, HC, HD）、約70（g/h）/人～約160（g/h）/人であり、ユニット型の施設の場合（MB）、約70（g/h）/人である。一人当たりの不足加湿量は、従来型の施設もユニット型の施設も同程度に見える。しかし、施設や時間によって利用者数に差はあるものの、従来型の施設とユニット型の施設では共用空間を利用する人数が異なる。そのため、従来型の施設の共用空間全体の不足加湿量は、1単位10名の利用するユニット型の共用空間の数倍となる。居室についての不足加湿量は、従来型の施設の場合（HA, HC, HD）、約30（g/h）/人～約300（g/h）/人であり、ユニット型の施設の場合（MB）、約40（g/h）/人～約90（g/h）/人である。共用空間と同様に部屋当たりの不足加湿量を求めると、従来型の居室1部屋の不足加湿量は約120（g/h）～約1,200（g/h）であるのに対して、ユニット型の居室1部屋の不足加湿量は約40（g/h）～約90（g/h）となる。本報の範囲において、従来型の施設より、ユニット型の施設の不足加湿量は少ないといえる。

二酸化炭素濃度1000ppmに換気量を抑えた場合の1人あたりの不足加湿量の結果から、臭気や感染症への対応が必要であるものの、図より、両施設の共用空間では現状の約0.3倍、居室でも現状の約0.4～約0.1倍以下となる。施設全体の平均として、現状の半分以下に不足加湿量を低減できる可能性がある[11]。

このように、全ての施設で加湿量が不足していることが示されるとともに、換気量を抑えた場合に加湿量を大幅に減らすことが可能であることが示された。ただし、換気量を抑える場合には、空気質や感染症等のリスクに注意が必要である。

IV. 考察

1. 冬期の湿度管理の実態

これまでの阪東ら[2]の調査により、冬期の湿度対策に、施設管理者の意識が一定以上あることがわかっている。一方で、調査を行った結果、対象の施設において築年数や建築設備などが異なるものの、どの施設も同様に

湿度の低い状況にあり、管理者の意識と室内の湿度の現状に乖離がある。また、湿度対策として、ほとんどの施設でポータブル型の加湿器を導入しているものの、効果の得られていない状況は、不足加湿量の分析結果と符合する。施設内の居室の扉は、認知度や体調等の利用者の状況により異なるものの、常時全開のところも多い。また、窓開けによる換気状況も、排せつが自力でできるかどうかや担当者の臭気への感覚等により30分以上窓を大きく開ける施設から少ししか開けない施設まで多様である。外気との換気や室間の換気の状態を調べていくと[11]、ポータブル型の加湿器のみを利用している場合、居室の扉を全開にした状態で、湿度基準を満たす加湿量をまかなえる可能性は非常に低い。施設建設の仕様検討初期段階において、加湿設備導入の検討が必要である。

2. 湿度管理の工夫

調査した施設への聞き取りにより、特に冬期の低湿度の対策に困っているという実態が明らかになるとともに、調査データからもそのことが裏付けられた。相対湿度を上げるには、主に2つの手段が考えられる。空気中の水分量（絶対湿度）を増やすか、温度を下げるかである。高齢者は高めの温度を好むとされており[12]、温度を下げることは快適性や健康を損ねる可能性もあるため、注意を払う必要がある。空気中の水分量を増やす方法について、具体的には、加湿器等で直接水を空気に拡散させる方法や、換気量を抑えることにより室内で発生する水蒸気をとどめ置き、結果的に空気中の水分量を増やす方法等である。ただし、建物の断熱性能が一定以上ない場合には、壁面や窓面で結露することになり、カビ発生などの問題が生じることもある。また、臭気や感染症対策、施設の運用方針など、施設の現状を把握したうえで、改善策について、対応していくことが重要である。

V. まとめ

南関東と寒冷地の15の高齢者施設を対象に、室内の温度・湿度・二酸化炭素濃度について、冬期から夏期にかけて調査した結果、共用室・居室の温熱環境形成に関す

る以下の知見を得た。

冬期の実態調査から、以下の結果を示した。

- ①ほとんどの施設で温度・二酸化炭素濃度に関してはおおむね良好であるものの湿度については相対湿度40%を下まわる
- ②南関東や東北よりも北海道の施設において管理温度が高い

夏期の実態調査から、以下の結果を示した。

- ①温度、相対湿度、二酸化炭素濃度は良好である
- ②北海道では窓開けによる換気量が多い

冬期の換気量と不足加湿量の分析結果から、以下の結果を示した。

- ①窓を開けることによる換気状況や居室の扉の開閉状況などの各施設の運用上の特徴などから、換気パターンは多様である
- ②寒冷地ほど換気量が増える傾向にある
- ③ポータブル型の加湿器のみでは加湿量に限界があり、施設の建設の仕様を検討する初期の段階において、加湿設備の導入を検討する必要がある
- ④二酸化炭素濃度の上限を1000ppmに緩和した場合、現状の半分以下に不足加湿量を低減できる可能性がある

本報告では、現状の把握と測定した温湿度及び二酸化炭素濃度の結果を用いた換気量と加湿量の分析に留まったものの、今後は、臭気や感染症への検討が不可欠である。

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。

謝辞

本研究に参加している施設関係者及び居住者に謝意を表すと共に、本研究で用いた高齢者施設の室内環境に関するデータの取得は、北海道大学羽山広文教授、菊田弘輝助教、宮城学院女子大学本間義規教授、厳爽教授の協力によって行われたことを記し、謝意を表する。

引用文献

- [1] 厚生労働省. 建築物における衛生的環境の確保に関する法律. 昭和45年法律第20号. 2015年3月20日.
- [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] 青木哲, 宮野則彦, 水谷章夫, 須藤千春, 宮野秋彦. 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査: その1 東北・東海および山陽

地域の冬季観測結果の比較. 日本生気象学会雑誌. 2010;47(3):44.

- [4] 青木哲, 宮野則彦, 水谷章夫, 須藤千春, 宮野秋彦. 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査: 第2報—瀬戸内地域に建つ某施設について—. 日本生気象学会雑誌. 2010;47(3):45.
- [5] 宮野則彦, 青木哲, 水谷章夫, 須藤千春, 宮野秋彦. 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査: 第3報—新潟県魚沼地方の某特別養護老人ホームにおける室内温湿度—. 日本生気象学会雑誌. 2011;48(3):80.
- [6] 青木哲, 宮野則彦, 水谷章夫, 須藤千春, 宮野秋彦. 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査: 第4報—宮城県平野部に建つ某施設について—. 日本生気象学会雑誌. 2011;48(3):91.
- [7] 宮野則彦, 青木哲, 須藤千春, 水谷章夫, 宮野秋彦. 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査: 第5報—沖縄県那覇市内に建つ某施設について—. 日本生気象学会雑誌. 2012;49(3):82.
- [8] 宮野則彦, 青木哲, 須藤千春, 水谷章夫, 宮野秋彦. 特別養護老人ホーム等を対象とした室内温湿度環境の実態調査 第6報. 日本生気象学会雑誌. 2013;50(3):76.
- [9] 金勲, 林基哉, 開原典子, 大澤元毅, 阪東美智子. 高齢者施設における冬期の温度, 湿度, CO₂濃度の実測調査及び湿度管理に関する分析. 室内環境. 2015;18(2):77-87.
- [10] 鈴木修一, 池田哲朗, 新田利通. 建築環境工学Ⅱ 熱・湿気・換気. 東京: 朝倉書店; 2002.
- [11] 開原典子, 林基哉, 大澤元毅, 金勲, 本間義規, 菊田弘輝, 他. 高齢者施設における室内環境と健康性に関する調査 第9報 寒冷地における二酸化炭素濃度を用いた加湿の分析. 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集. 2016. p.113-6.
- [12] 健康維持増進住宅研究委員会/健康維持増進住宅研究コンソーシアム編. 健康に暮らすための住まいと住まい方エビデンス集. 東京: 技報堂; 2013.
- [13] 開原典子, 林基哉, 大澤元毅, 金勲, 阪東美智子, 小林健一, 他. 高齢者施設における健康リスク低減のための室内環境衛生管理 その6 寒冷地における冬期の室内温湿度およびCO₂濃度の実態. 日本建築学会大会学術講演梗概集. 2016. p.1223-1224.
- [14] 大澤元毅, 林基哉, 開原典子, 金勲, 本間義規, 菊田弘輝, 他. 高齢者施設における室内環境と健康性に関する調査 第8報 寒冷地における冬期室内温湿度特性. 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集. 2016. p.109-112.