

大学キャンパス内個室型喫煙所の有害物質及び粉じん分布状況

内田 美穂* 大友 敦博** 小野 快** 大石 祐弥** 本田 大地**

Distribution of hazardous substances and dust in smoking rooms on university campuses

Miho UCHIDA*, Atsuhiro OTOMO**, Kai ONO**, Yuya OISHI** and Daichi HONDA**

Abstract

The concentrations of hazardous substances and dust in smoking rooms newly constructed on the Yagiyama and Nagamachi Campuses of the Tohoku Institute of Technology were surveyed. In both smoking rooms, formaldehyde was frequently detected above the indoor concentration limit of 0.08 ppm. The dust concentration was also above guideline levels of 0.15 mg/m³ at all times. Maps of the distributions of hazardous substances and dust concentrations showed differences in their concentrations in different parts of the smoking rooms, especially for formaldehyde and dust. The number of room users was positively correlated with the ammonia concentration, which was the substance in the smoking rooms with the highest concentration. The dust concentration was higher in the smoking room on Nagamachi Campus than on Yagiyama Campus, although the variation in dust concentration was small. The concentrations of hazardous substances and dust outside the entrances of the smoking rooms were at normal atmospheric levels. Therefore, it is thought that the construction of smoking rooms can prevent the effects of passive smoking on people outside the smoking rooms.

1. はじめに

喫煙者以外の方がたばこの煙を吸う受動喫煙による健康影響が問題になっている。たばこの煙は、喫煙時にたばこ自体やフィルターを通過して口腔内に達する「主流煙」と、口腔内から吐き出される「呼出煙」、及び点火部から立ち昇る「副流煙」に分けられる[1]。喫煙によって発生する主流煙の粒子成分が約 4,300 種類、ガス成分が約 1,000 種類の合計約 5,300 種類と報告されている。これらの化学物質には、発がん性があると報告される物質も約 70 種類存在している[2]。各種有害物質の発生は主流煙より副流煙の方が多

場合があり、アルカリ性の副流煙は目や鼻の粘膜を刺激する。紙巻たばこ煙の主流煙と副流煙の有害物質含有量を比べてみると、PRTR 対象物質のホルムアルデヒドは主流煙を 1 とした場合、副流煙には主流煙の 14.78 倍含まれ、また、その他の有害物質として、アンモニアは主流煙 1 に対して、副流煙中には 46 倍含まれているとされている[1,2]。大気中に浮遊している 2.5 μ m 以下の小さな粒子を PM_{2.5} といい、肺の奥深くまで入りやすく、呼吸系への影響を与える[3]。PM_{2.5} は、たばこの煙が日常生活における室内からの主な排出源[4]となっており、人の健康に大きく影響を及ぼすため、喫煙者のいる環境の状況を把握することは重要である。

受動喫煙防止対策については、健康増進法第 25 条で学校等の多数の者が利用する施設を管理する者は、これらを利用する者について受動喫煙を防止するための必要な措置を講ずるよう努めな

2016 年 10 月 21 日受理

* 環境エネルギー学科 准教授

** 環境エネルギー学科 学生

なければならない、とされている[5]。また、職場の受動喫煙防止対策については、平成26年6月25日に「労働安全衛生法の一部を改正する法律」が公布され、労働者の受動喫煙を防止するため、事業者及び事業場の実情に応じた適切な措置を講ずることが事業者の努力義務となった[6]。

東北工業大学学生生活実態調査における大学のたばこ環境に関するアンケートの2014年の調査[7]では、「大学内全面禁煙がよい」21.0%、「指定場所喫煙でよい」54.3%、「完全分煙がよい(喫煙室等)」22.0%であった。

このような社会的背景の中で、東北工業大学では2014年度八木山キャンパスに個室型喫煙所が設置された。また、2015年度には長町キャンパスにも個室型喫煙所が設置された。

そこで本研究では、新たに大学キャンパス内に設置された喫煙所内および周辺での有害物質拡散状況を把握するため、各キャンパス喫煙所での利用者数、有害物質及び粉じん濃度を調査した。

2. 調査方法

2.1 調査場所

八木山キャンパスでは4号館入り口に設置された個室型喫煙所において、喫煙所内8箇所、周辺2箇所で測定を行った。喫煙所内の測定地点は作業環境測定における測定地点のデザイン手法[8]に準じて設定した。喫煙所の平面図と測定地点を図1に示す。

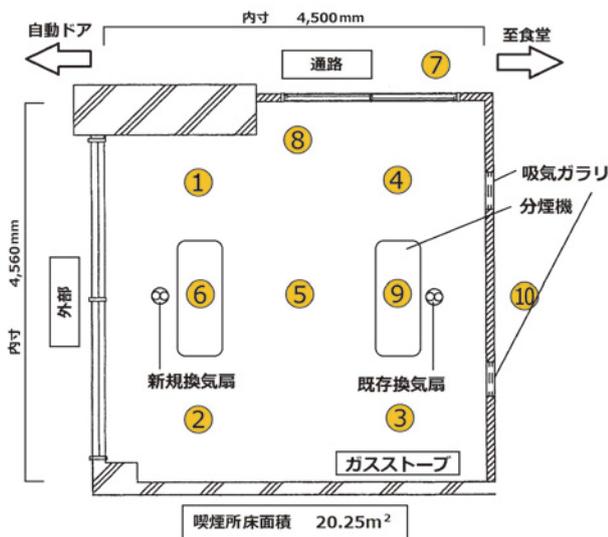


図1 八木山キャンパス個室型喫煙所平面図

①～⑩ 濃度測定地点

喫煙所内には、天井にダクト用換気扇が2台設置されている。その他に分煙器(図2(a))や吸気ガラリ(図2(b))といった、喫煙所内のたばこの煙や空気を吸引する設備が設置されている。分煙器は、

たばこの煙を吸引・集塵・脱臭し、臭気の原因であるガス成分を軽減する。また、一定量の空気を吸気ガラリから送り続けることで空気の流れができ、換気扇により効率よく換気できる。

長町キャンパスでは3号館に隣接した喫煙所において、喫煙所内2箇所、周辺1箇所を測定を行った。喫煙所の平面図と測定地点を図3に示す。天井にダクト用換気扇1台が設置されている。



(a) 分煙器

(b) 吸気ガラリ

図2 八木山キャンパス喫煙所設置設備

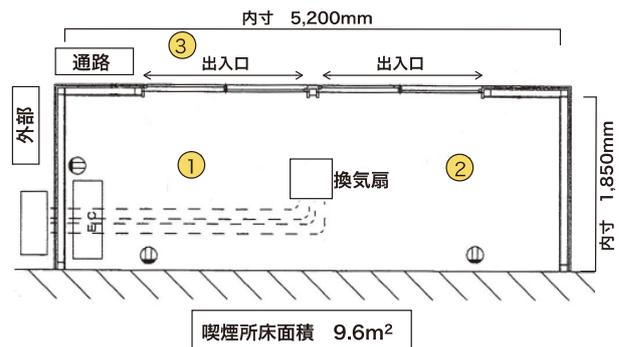


図3 長町キャンパス個室型喫煙所平面図

①～③濃度測定地点

2.2 調査日時

各々のキャンパス喫煙所において次の日時に調査を行った。

八木山キャンパス喫煙所

2014年12月16日～22日

2015年11月11, 18, 20, 25, 26日

12月2日

長町キャンパス喫煙所

2015年11月6, 19日, 12月9日

八木山, 長町両キャンパスとも、昼休み(12:00～13:00)の時間帯に調査した。

2.3 測定方法

(1) 測定条件

大気採取は全ての測定地点で、20歳台男性の鼻口近辺の高さ[9]となる1.5m高に設定した。

(a) アンモニア及びホルムアルデヒド濃度測定

大気中のアンモニア(NH₃)とホルムアルデヒド(HCHO)濃度は検知管(全てガステック製)により測定した。大気の採取は、ポンプ型自動気体採取装置(ガステック GSP-300FT-2,GSP-400FT)及び手動型気体採取器(ガステック GV-100S)で行った。

(i)ポンプ型自動気体採取装置

ホルムアルデヒドは検知管 No.91PL(測定範囲:0.01~0.80ppm)を用い、吸引流量 200 mL/分で10分間吸引した。アンモニアは検知管 No.3S(測定範囲:0.5~5ppm)を用い、吸引流量 150 mL/分で5分間吸引した。

(ii)手動型気体採取器

ホルムアルデヒドは検知管 No.91LL(測定範囲:0.05~1.0ppm)を用い、吸引時間1.5分、吸引体積100 mL/回の条件で5回吸引した。アンモニアは検知管 No.3L(測定範囲:0.5~78ppm)を用い、吸引時間45秒、吸引体積100 mL/回の条件で2回吸引した。

(b)粉じん濃度測定

粉じん濃度は、光散乱方式デジタル粉じん計(KANOMAX 3442)で測定した。測定時間は2分とし、たばこの煙の質量濃度変換係数(K値)[10]を主流煙と副流煙混合煙の場合の9.6×10⁻⁴ mg/m³として、相対濃度CPM(count per minute)値を質量濃度[mg/m³]に変換した。

(c)利用状況及び温度測定

利用者数は12:00~13:00まで数取器で入室者数を10分毎に計測し、昼休み1時間の利用者数を測定した。喫煙所での平均滞在時間は各測定日の利用者のうち25人を抽出し、滞在時間を計測し、その平均値を算出した。また、抽出した25人のうちさらに5人について喫煙時間を計測し、その平均値を平均喫煙時間とした。また、喫煙本数は、利用者数測定時に目視で確認した。

室内外温度はデジタル温度計(kaise SK-6800)を用いて測定した。八木山キャンパス喫煙所では室内は喫煙所中央(地点⑤)、室外は出入口前(地点⑦)、長町キャンパス喫煙所では室内は喫煙所中央、室外は出入口前(地点③)でそれぞれ温度を測定した。

(2)測定手順

(a)八木山キャンパス喫煙所

2014年の測定は喫煙所内及び入り口(図1 地点①~⑨)では手動型気体採取装置により、喫煙所周辺(図1 地点⑩)ではポンプ型自動気体採取装置により一斉に大気を採取し、ホルムアルデヒド、アンモニア濃度を気体検知管により濃度測定した。

2015年の測定は測定時間帯12:00~13:00を前半12:00~12:30、後半12:30~13:00に分け、前後半各1回、計2回測定した。測定時間帯の昼休

みは、人の出入りが多く、利用者数と物質濃度との関連性をより詳細に把握するために前後半に分けて測定した。大気の採取は2014年の測定で喫煙所内での有害物質濃度が最も高かった地点②でポンプ型自動気体採取装置により行った。粉じん濃度は①~⑩の各測定地点で前後半各1回、計2回測定した。

(b)長町キャンパス喫煙所

ポンプ型自動気体採取装置と手動型気体採取器により大気を採取し、気体検知管により、ホルムアルデヒド、アンモニア濃度を測定した。図2の地点①、②は前後半の2回、手動型気体採取器でサンプリングを行った。地点③では1回、ポンプ型自動気体採取装置でサンプリングを行った。粉じん濃度は八木山の場合と同様に測定した。

(3)分析方法

検知管による濃度測定は、検知管内に吸引された物質が検知剤と反応して変色層が反応後に変色し、変色した変色層の先端部分の長さで検知管に記された濃度目盛りを照らし合わせて濃度を読み取る。今回使用した検知管では、アンモニアの変色領域境界は明瞭であるが、ホルムアルデヒドについては変色領域境界が明瞭でないため、変色と見なすことができる境界値(閾値)を予備実験により決定した。変色層の閾値を決定する予備実験は八木山喫煙所で行った。ホルムアルデヒド検知管の変色層を撮影した画像の変色層を気体吸引入り口から順次、Adobe PhotoshopによりRGB値を読み取りとった。No.91PL(ポンプ型)は検知管の目視読取り値が0.3ppmの変色境界で、R/G値:1.15、R-B値:25を示し、No.91LL(手動型)は目視読取り値が0.07ppmの変色境界でR/B値:1.4、R-B値:48を示した。変色層の境界前後でのRGB値の増減傾向から、No.91PL(ポンプ型)はR/G値:1.15、R-B値:25、No.91LL(手動型)はR/B値:1.4、R-B値:48を変色境界の閾値とし、以降の測定ではポンプ型はR/G値、R-B値の両方が、手動型ではR/B値、R-B値の両方が閾値以上の値を示す層を変色の先端境界として濃度の読み取りを行った。

3. 調査結果及び考察

3.1 2014年12月の状況

(1)喫煙所利用状況

2014年の測定期間における八木山キャンパス喫煙所の利用者数等を表1に示す。

測定期間中の昼休み1時間の利用者数は昼休み1時間で59~102人であった。比較的寒冷ではない時期は屋外の公認喫煙エリアでの喫煙者が多く見受けられるが、測定期間中は、喫煙所内の室

温は約 21℃に保たれているが、室外は 3~7℃となっているため、喫煙所の利用者数は多かった。また、喫煙所での平均滞在時間は 4 分 41 秒~6 分 21 秒、平均喫煙時間は 3 分 18 秒~6 分 9 秒であった。利用者数が多い測定日は、平均喫煙時間が短い傾向にあった。

表 1 八木山キャンパス喫煙所利用状況(2014 年)

測定日	利用者数 (人)	平均滞在時間 (分)	平均喫煙時間 (分/本)	室外温度 (℃)	室内温度 (℃)
12月16日	100	4:45	4:13	4.2	21
12月17日	102	4:41	3:18	3.2	21
12月18日	59	6:21	6:09	4.0	21
12月19日	75	5:54	4:55	6.8	21
12月22日	71	5:56	5:21	2.9	21

(2) 有害物質濃度分布

各測定地点におけるホルムアルデヒド及びアンモニア濃度の平均値、最小値及び最大値を表 2 に示す。

表 2 各測定地点での測定対象物質濃度(2014 年)

測定地点	HCHO測定値(ppm)			NH ₃ 測定値(ppm)		
	平均	最小	最大	平均	最小	最大
①	0.05	0.03	0.09	0.80	N.D.	1.3
②	0.10	0.10	0.10	0.74	0.50	1.0
③	0.07	0.04	0.13	0.75	0.50	1.0
④	0.06	N.D.	0.12	0.62	0.50	0.80
⑤	0.06	0.03	0.13	0.74	N.D.	1.5
⑥	0.05	0.01	0.10	0.68	N.D.	1.0
⑦	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
⑧	0.04	0.01	0.06	0.74	N.D.	1.0
⑨	0.07	N.D.	0.11	0.77	0.50	1.0
⑩	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D.: 検出下限未満

全地点で検出された有害物質の平均濃度は、ホルムアルデヒドが 0.04~0.1 ppm, アンモニアが 0.62~0.80 ppm であった。喫煙所外の地点⑦(入り口前)と地点⑩(喫煙所裏)では、ホルムアルデヒド、アンモニアともに検出されなかった。地点②では、ホルムアルデヒド濃度は厚生労働省が、ヒト吸入曝露における鼻咽頭粘膜への刺激を毒性指標としてホルムアルデヒドの室内濃度指針値 [11]として定めた 0.08 ppm を超える値を示した。また、喫煙所内ではアンモニアは、その臭気を測定者が鼻で感知することができる程度であった。

各測定地点でのホルムアルデヒド及びアンモニア濃度の測定結果をもとに、喫煙所内外での有害物質濃度分布図を作成した。図中の濃度は、測定期間中の平均値を表している。

図 4 にホルムアルデヒドの濃度分布図を、図 5 にアンモニアの濃度分布図をそれぞれ示す。

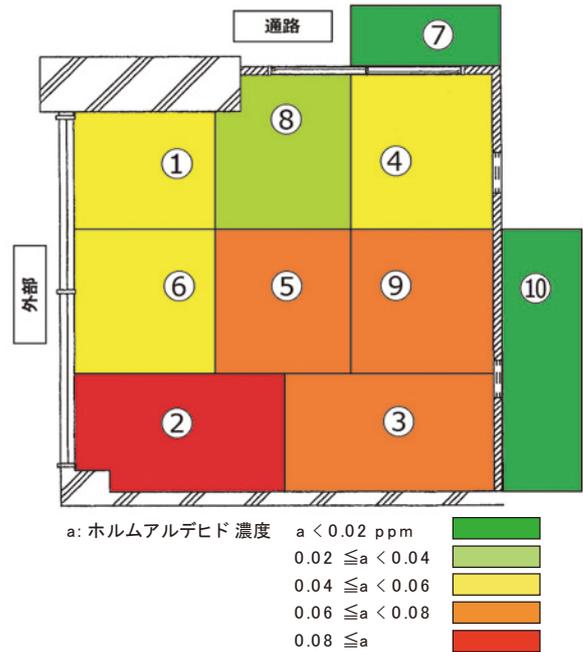


図 4 八木山キャンパス喫煙所 ホルムアルデヒド濃度分布

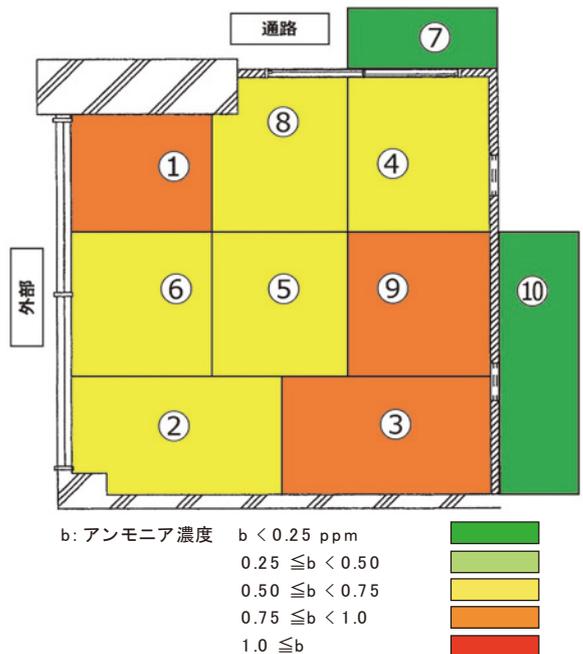


図 5 八木山キャンパス喫煙所 アンモニア濃度分布

喫煙所入口から部屋の奥に進むにつれて両物質とも濃度が高くなっている。地点⑨の天井に設置された換気扇は古く、吸引力の弱い既存のものを使用している。そのため地点⑥の天井に新しい換気扇が設置されている。このことから地点⑥の物質濃度が低く、地点⑨周辺の濃度が高くなったと考えられる。測定中、地点⑧は出入り口エリアということもあり、喫煙者が少なく、このことも、物質濃度が低い要因の一つと考えられる。一方、地点①, ②, ③, ⑤, ⑥, ⑨では喫煙者が多く、このことから濃度が高かったと考えられる。また、ホ

ホルムアルデヒドとアンモニアでは、喫煙所内での濃度分布が異なっていた。ホルムアルデヒドでは、部屋の奥に濃度の高いエリアが偏っているが、アンモニアは、濃度分布差が少なかった。喫煙室内では換気により室内気流が発生し、有害物質は移流・拡散されると考えられる[12]。この時、同じ気流により移流が起きた場合、室内の物質濃度は空気中の相互拡散係数に大きく影響されると考えられる。ホルムアルデヒドの 23 °C, 101.3 kPa における空気中相互拡散係数は $1.53 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$ [13], アンモニアの 22 °C, 101.3 kPa における空気中相互拡散係数は $2.47 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$ [14] である。同じ室内の空気流中ではアンモニアはホルムアルデヒドより拡散しやすいために室内の濃度の偏りは小さかったと考えられる。

3.2 2015 年 11～12 月の状況

(1) 喫煙所利用状況

2015 年の測定期間における八木山キャンパス喫煙所の利用者数等を表 3 に示す。

表 3 八木山キャンパス喫煙所利用状況(2015 年)

測定日	利用者数	喫煙本数	室外温度	室内温度	天気
	(人)	(本)	(°C)	(°C)	
11月11日	76	-	17.5	17.5	晴れ
11月18日	66	71	18.5	19.5	雨
11月20日	85	84	17.5	16.5	雨
11月25日	91	88	17.5	19.5	曇り
11月26日	83	81	14.5	15.5	雨
12月2日	54	53	17.5	16.5	晴れ

八木山喫煙所の昼休み 1 時間の利用者数は 54～91 人(平均 76 人)だった。天候が悪い日は利用者数が多く、これは雨、風などの要因で屋外での喫煙が困難となり屋内の喫煙所を利用したためと考えられる。逆に、天候が良い日は屋外での喫煙が増え、喫煙所の利用者は減少した。また、2014 年の 12 月と比較して、利用者数は若干少なかった。これは、室外温度が 14.5～18.5 °C と寒冷ではないため、屋外での喫煙が可能な日は、喫煙所外での喫煙が増えるためであると考えられる。

表 4 に 2015 年の測定期間における長町キャンパス喫煙所の利用者数等を示す。

表 4 長町キャンパス喫煙所利用状況(2015 年)

測定日	利用者数	喫煙本数	室外温度	室内温度	天気
	(人)	(本)	(°C)	(°C)	
11月6日	25	-	18.5	17.5	晴れ
11月19日	37	-	12.5	13.5	晴れ
12月9日	39	34	11.5	22.5	晴れ

長町喫煙所の昼休み利用者数は 25～39 人(平均 34 人)であり、八木山と比べ利用者が少ない。これは喫煙所面積が八木山の約半分で喫煙スペースが狭いためと考えられる。

(2) 有害物質濃度分布

表 5 に各測定日における八木山キャンパス喫煙所内地点②のホルムアルデヒド及びアンモニア濃度を示す。

表 5 八木山キャンパス喫煙所測定対象物質濃度(2015 年)

測定日	HCHO測定値(ppm)		NH ₃ 測定値(ppm)	
	前半	後半	前半	後半
11月11日	0.22	0.07	0.8	0.5
11月18日	0.08	0.25	0.5	0.7
11月20日	0.18	0.46	0.5	1.1
11月25日	0.33	0.37	0.9	1.1
11月26日	0.15	0.24	0.4	0.8
12月2日	0.14	0.37	0.1	0.3

ホルムアルデヒドは 11 月 11 日の後半を除く全ての測定値で厚生労働省が定めた室内濃度指針値の 0.08ppm を超えていた。その中でも測定日 11 月 25 日が最も高く、前後半平均で 0.35ppm を示した。表 3 から 11 月 25 日は最も利用者数が多いため、平均濃度も高くなったと考えられる。アンモニアも 11 月 25 日が最も濃度が高かった。1 時間の喫煙所内で測定において、測定者はアンモニアの目にしみるような刺激と臭気を感じた。

表 6 に各測定日における長町キャンパス喫煙所のホルムアルデヒド及びアンモニア濃度を示す。

表 6 長町キャンパス喫煙所測定対象物質濃度(2015 年)

測定日	HCHO測定値(ppm)				
	①前半	①後半	②前半	②後半	③
11月6日	0.39	0.39	0.33	0.33	N.D.
11月19日	0.66	0.66	0.66	0.88	N.D.
12月9日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
測定日	NH ₃ 測定値(ppm)				
	①前半	①後半	②前半	②後半	③
11月6日	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
11月19日	1.0	1.9	N.D.	1.0	0.5
12月9日	0.1	1.9	0.1	1.7	N.D.

N.D.: 検出下限未満

ホルムアルデヒド濃度は、室内は指針値の 0.08ppm を超えていたが、室外では検出されなかった。12 月 9 日は利用者数が 39 人と最も多かったが、ホルムアルデヒドは検出されなかった。検知管 91LL を使用し濃度の測定を行うと、本来は試薬がホルムアルデヒドと反応し赤色に変色す

るが、12月9日の測定では黄色に変色した。検知管 91LL は、アンモニアが共存するとアンモニアと反応し黄色に変色し、負の干渉を示すことから、ホルムアルデヒドも発生していたが、それを大幅に上回るアンモニアが検出されたため測定が妨害され、赤色に変色せず、測定結果が不検出になったと推測される。一方、11月19日においては、アンモニアが検出されているが、同時にホルムアルデヒドも検出され、検知管 91LL はアンモニアによる黄色の変色は起こらなかった。アンモニアが共存する場合に、負の干渉を受けるかどうかは測定時の温度が影響していると考えられる。検知管 91LL の変色は温度の影響を受けやすく、11月19日の室内温度 13.5°Cでの変色層の温度補正係数は 1.8 であるのに対し、12月9日の室内温度 22.5°Cでの温度補正係数は 0.9 である。温度によりアンモニアの干渉がどのように変化するかは不明であるが、測定時の温度、ホルムアルデヒド及びアンモニアの濃度の条件によってはホルムアルデヒドが検出できなくなる場合があることがわかった。高濃度の有害物質が混在する場合の測定時における相互影響については今後の検討課題である。アンモニアは八木山キャンパス喫煙所と同様に目にしみるような刺激と臭気を感じられた。

室外の地点③で11月19日に両物質通して、初めてアンモニアが検出された。これは測定時に利用者が増加し室内が混雑したため、室外での喫煙者が数人存在したためと考えられる。

図6に八木山キャンパス喫煙所地点②のホルムアルデヒド、アンモニアの濃度の測定日別変動幅を示す。

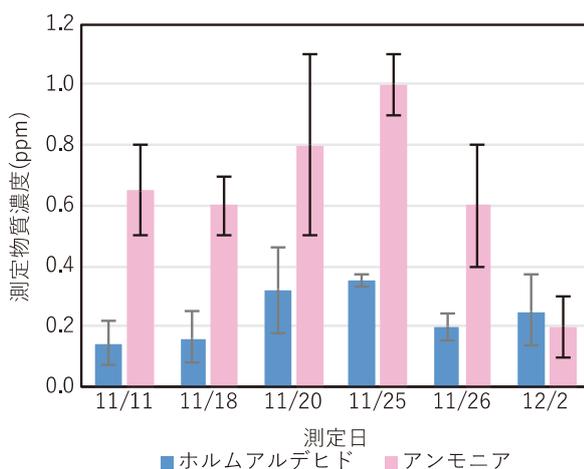


図6 八木山キャンパス喫煙所測定物質濃度の測定日別変動幅(2015年)

物質濃度は各測定日で地点②において前半後半各1回測定した。エラーバーの上端は各測定日の物質濃度の最大値を下端は最小値を表してい

る。濃度の最大値と最小値の差は測定日により大きく異なった。濃度の変動幅を各測定日の平均濃度に対する濃度の最大値と最小値の差の百分率と定義する。濃度の変動幅はホルムアルデヒドで6~54%, 平均変動幅 37%, アンモニアで10~50%, 平均変動幅 28%で、ホルムアルデヒドの濃度の変動のほうが大きかった。濃度の変動は後述する長町キャンパス喫煙所の濃度変動よりも小さかった。これは、八木山喫煙所の特徴として室内に換気設備が複数備えられているため煙が室内では拡散しやすく、喫煙所容積が比較的大きいため、人の出入りによる室内外での気流移動に、大きく影響されないためだと考えられる。八木山喫煙所での測定地点②(室内左奥)では、測定中臭気などを感じる事が多々あった。他の地点での測定中においても、明らかに室内奥での臭気などを強く感じる事があった。これは室内に喫煙者が集中した場合、たばこの煙が部屋の奥に溜まっていたためだと考えられる。喫煙所内には換気扇、分煙機などが設置されていたが喫煙者が増えることで、煙の吸引処理が追いつかなくなり、物質濃度が指針値を超えたと考えられる。

図7に長町キャンパス喫煙所地点①、②のホルムアルデヒド、アンモニアの濃度の測定日別変動幅を示す。

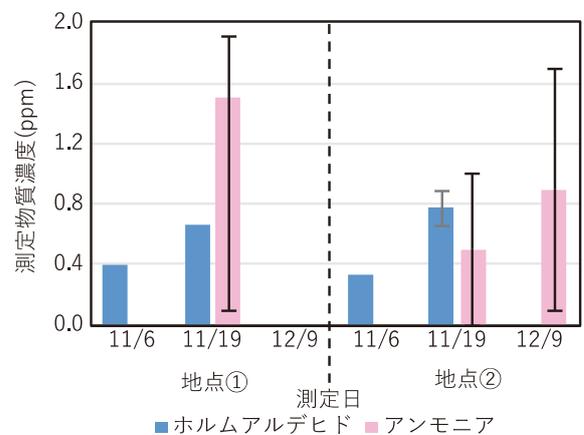


図7 長町キャンパス喫煙所測定物質濃度の測定日別変動幅(2015年)

測定日によっては物質が検出されないこともあり、濃度の変動が大きかった。特に12月9日は二つの地点で検出されたアンモニアは最大・最小値の差が 1.5ppm 以上あった。これは長町キャンパス喫煙所が、室内が狭く、引き戸式の出入口も複数ある施設のため、人の出入りにより室内に滞留していた物質が室外へ流出したため、濃度の変動に大きな差が出たと考えられる。これは、二つある出入口のうち、長町キャンパスの他の建物出入口により近い地点①前の出入口のほうが、地点②前の出入口より利用する人が多く、その一方

で、物質濃度と後述する粉じん濃度ともに地点①よりも地点②のほうが高かったことから裏づけられる。

図 8,9,10 に八木山喫煙所の利用者数に対する測定物質濃度の散布図を示す。

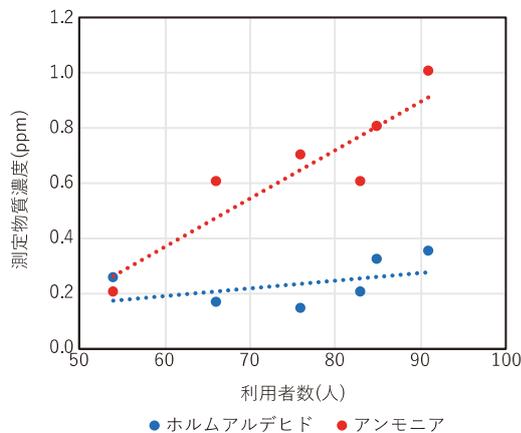


図 8 八木山喫煙室内の利用者数と測定物質濃度の相関
(2015 年 全測定時間)

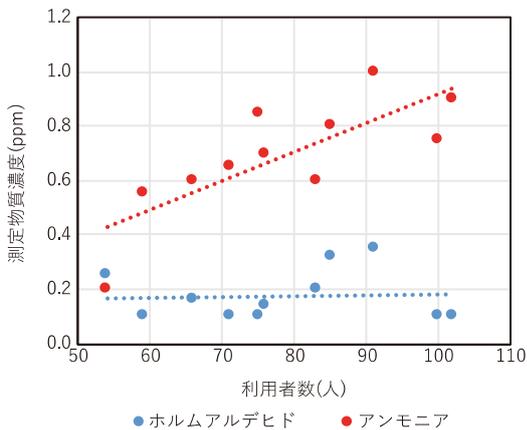


図 9 八木山喫煙室内の利用者数と測定物質濃度の相関
(2014, 2015 年 全測定時間)

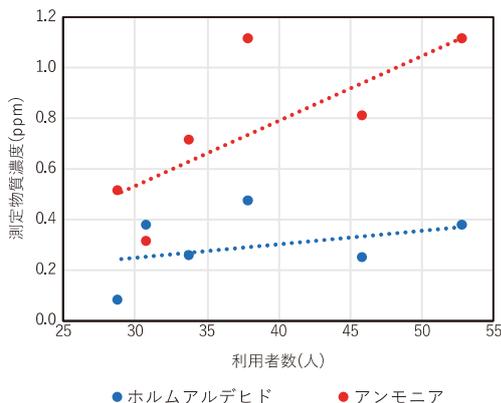


図 10 八木山喫煙室内の利用者数(前半)と測定物質濃度
(後半)の相関

図 8 は昼休み 1 時間全体での利用者数と物質濃度の相関を示している。物質濃度は前半・後半の濃度の平均値を用いた。後述する測定時間帯（前半または後半）による利用者人数と物質濃度相関と比較するため、全測定時間での相関解析には物

質濃度の前半・後半の平均値を用いた。利用者数と物質濃度の相関係数は、ホルムアルデヒドで 0.455, アンモニアで 0.912 であった。図 8 から、アンモニア濃度は利用者数に高い正の相関を示したが、ホルムアルデヒドは低い正の相関が見られた。

たばこの主流煙に対する副流煙の含有量がホルムアルデヒドは 15 倍、アンモニア 40~50 倍 [1,2]あるので、喫煙所内に拡散されるアンモニアの量は喫煙所利用者の使用するたばこの量に反映されやすいため、アンモニアのほうが高い相関を示したと考えられる。

図 9 に 2014, 2015 年における地点②での測定結果を合わせた場合の利用者数に対する物質濃度の散布図を示す。相関係数はアンモニアで 0.776 と 2015 年のみの測定データの場合と同様に高い相関を示したが、ホルムアルデヒドは 0.041 とほぼ無相関になった。

利用者人数と物質濃度の各測定値を前半・後半に分けた場合には、利用者数と物質濃度の間の相関係数はホルムアルデヒドで 0.049, アンモニアで 0.407 となった。アンモニアについては 1 時間全体の場合よりも相関係数が小さくなった。そこで、前半の利用者の吸ったたばこの影響が後半の物質濃度に関係があるかどうかを検討するため、図 10 では前半の利用者数に対する後半の測定物質濃度で散布図を作成した。ホルムアルデヒドの相関係数は 0.371, アンモニアの相関係数は 0.753 となり、1 時間全体での相関係数より小さく、前半・後半に分けた場合よりも大きくなった。この結果から利用者数にアンモニア濃度は影響を受けるが、喫煙所内でアンモニアが拡散し、濃度がどのような経時変化をするかは今回の調査からは明らかにならなかった。

(3) 粉じん濃度分布

図 11, 12 に八木山, 長町キャンパス喫煙所の測定日及び測定地点別粉じん質量濃度を示す。

図 11 の測定日毎の粉じん濃度は、喫煙所外での測定地点を除外し、喫煙所内での前半・後半測定値の平均値を表している。エラーバーの上端は各測定日の粉じん濃度の最大値を、下端は最小値を表している。図 12 の測定地点別の粉じん濃度は各測定地点での全測定日前半・後半の測定値の平均値を表している。エラーバーの左端は各地点の粉じん濃度の最小値を、右端は最小値を表している。

両キャンパス喫煙所内での粉じん濃度は厚生労働省通達「職場における喫煙対策のためのガイドライン」[15]に示されている浮遊粉じん濃度 0.15 mg/m^3 を上回っていた。また、環境省が定めた大気中の $10 \mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子状物質(SPM)

の1時間値の環境基準 0.2 mg/m^3 [16]も超えている。

長町喫煙所の利用者数は八木山喫煙所の利用者数の半分程度であるが、粉じん濃度は八木山での粉じん濃度の高い場合と同程度であった。また、粉じん濃度の測定日による変動幅は長町の場合が小さく、測定日別の変動係数は八木山が 19.9~64.7%,平均変動係数は 47.6%に対し、長町は 11.3~18.6%,平均変動係数は 14.6%であった。これはアンモニアの濃度変動幅が八木山より長町のほうが大きいという結果と逆になった。

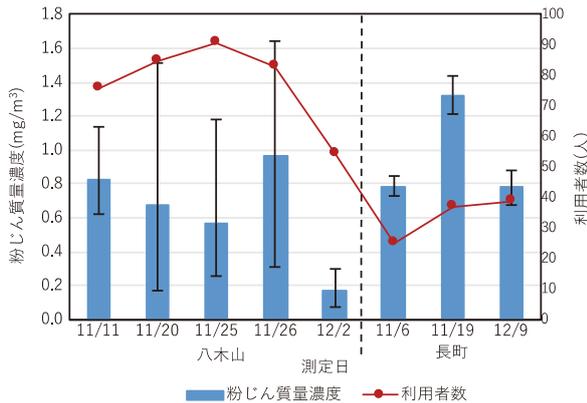


図11 八木山・長町キャンパス喫煙所 粉じん質量濃度の測定日別変動幅

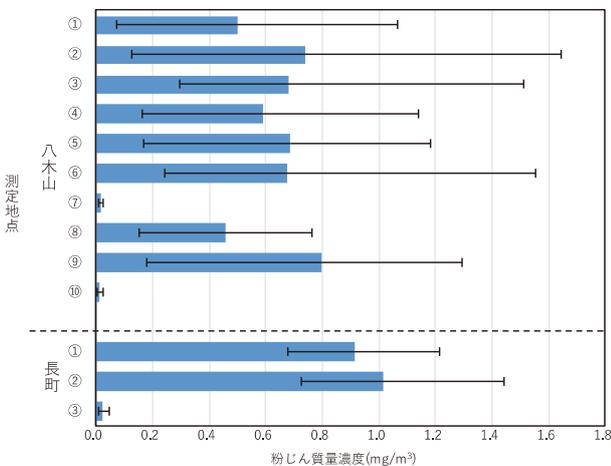


図12 八木山・長町キャンパス喫煙所 粉じん質量濃度の測定地点別変動幅

長町キャンパス喫煙所において 11月19日と12月9日の地点①、②の測定結果を比較すると、前者の濃度が高かった。表4から11月19日の利用者数が若干少なかったが、濃度は高かったことがわかる。これは利用者の出入りが少なく、室内の粉じんが室外へ流出しにくい状況であったためだと考えられる。

また、測定地点別の変動幅を室内測定地点で比較すると、濃度の変動係数は八木山が 57.7~85.1%,平均変動係数は 69.1%に対し、長町は 30.0

~37.1, 平均変動係数は 33.5%で、地点別の変動も八木山の方が大きかった。粉じん濃度の日別変動と地点別変動を比較すると、八木山、長町ともに、地点別変動幅が日別変動の幅よりも大きかった。

図13に八木山キャンパス喫煙所、図14に長町キャンパス喫煙所の全測定日地点別平均粉じん濃度分布を示す。

八木山キャンパス喫煙所では、通路側に扉があり、入り口から室内奥に進むに連れ濃度が高くなっており、その中で地点⑨が最も濃度が高かった。

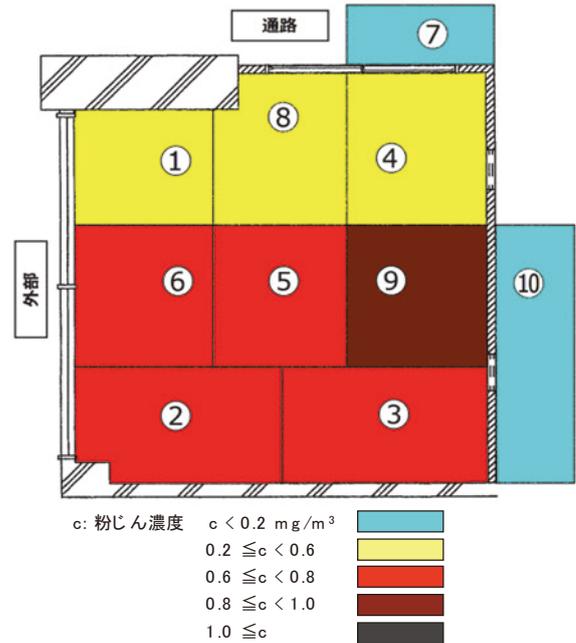


図13 八木山キャンパス喫煙所 粉じん濃度分布

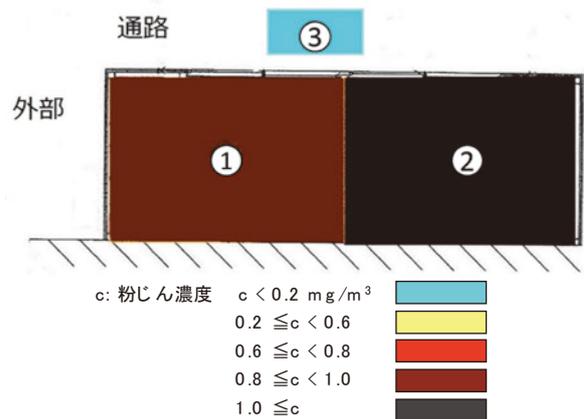


図14 長町キャンパス喫煙所 粉じん濃度分布

その要因としては地点②に測定機材を設置していたことに加え、地点⑨の壁付近に灰皿が置かれていたため、地点⑨付近に利用者が集中していたためだと考えられる。

長町キャンパス喫煙所において地点①、②はともに八木山キャンパス喫煙所より濃度が高かった。その中でも地点②が 1.0 mg/m^3 を超えた。喫

煙所内容積[八木山 53.4m³、長町 38.5m³]に対する換気設備の換気容量の小さい[八木山：換気扇 2 台，最大風量 800 m³/(h・台)，長町：換気扇 1 台，最大風量 110 m³/(h・台)]ことが原因であると考えられる。また，地点別濃度が①より②のほうが高かったのは，地点①前の出入口を利用する人が地点②前の出入口を利用する人よりも多く，人の出入りにより室内の空気が室外に流出したため，及び地点①の壁に温風を送風する空調が設置されており，地点②に空気が流れていったためと考えられる。

4. まとめ

大学キャンパス内に新たに設置された個室型喫煙所内とその周辺の有害物質濃度を測定した。喫煙所内において全ての測定対象物質が指針値等を超過していた。八木山キャンパス喫煙所内では室内の場所により有害物質濃度に差があり，特にホルムアルデヒドと粉じんについてその傾向が顕著であった。また，長町キャンパス喫煙所では粉じんの濃度は高いがその変動は小さかった。八木山喫煙所の特徴として，出入口の大きさに対して，室内が広く換気設備が複数あるため，室内空気が対流しやすく，空気との相互拡散係数等の物質の性質により，室内での濃度の偏り方が異なると考えられる。一方，長町喫煙所の特徴として，室内が狭く換気設備が少ないため，煙が充満しやすく，粉じん濃度が高い傾向が継続するものと考えられる。

大学キャンパス内に個室型喫煙所が設置されたことにより，非喫煙者から隔離された喫煙スペースが確保された。測定結果が示すように，喫煙所入り口付近であっても有害物質と粉じんの濃度は一般屋外大気中濃度と同程度であり，大学キャンパスにおける喫煙所外の非喫煙者への受動喫煙の影響は減ったと考えられる。一方で，喫煙所周辺やキャンパス内の屋外公認喫煙エリアでの喫煙が散見されることから，これらの喫煙に対する対策が今後必要である。また，2020年の東京オリンピックにむけて厚生労働省は受動喫煙対策の強化を掲げており，公共施設，特に学校等での敷地内全面禁煙も考慮されている。このような社会的要請への大学としての対策も今後益々必要となるであろう。

参 考 文 献

- [1] e-ヘルスネット 生活習慣病予防のための健康情報サイト たばこの煙と受動喫煙，厚生労働省 <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/tobacco/t-05-004.html>
- [2] 喫煙と健康 喫煙の健康影響に関する検討会報告書，喫煙の健康影響に関する検討会編，厚生労働省，2016.
- [3] 最近の微小粒子状物質（PM_{2.5}）による大気汚染への対応，微小粒子状物質に関する専門家会合，環境省，2013.
- [4] e-ヘルスネット 生活習慣病予防のための健康情報サイト PM2.5 と受動喫煙，厚生労働省 <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/tobacco/t-05-005.html>
- [5] 職場における喫煙対策，中央労働災害防止協会 安全衛生情報センター，2011. https://www.jaish.gr.jp/user/anzen/sho/panf/2011syokuiba_kitsuen_all.pdf
- [6] 職場の受動喫煙防止対策に係る技術的留意事項に関する専門家検討会報告書，厚生労働省，2015.
- [7] 2014(平成 26)年度東北工業大学学生生活実態調査結果，東北工業大学 学生部委員会，Mar. 2015.
- [8] 作業環境測定ガイドブック 0 総集編，(公社)日本作業環境測定協会，東京，2014.
- [9] 平成 24 年国民健康・栄養調査，第 11 表 身長・体重の平均値および標準偏差，厚生労働省.
- [10] たばこの K 値測定の概要，第 2 回職場の受動喫煙防止対策に係る技術的留意事項に関する専門家検討会，厚生労働省，Jan. 2015.
- [11] 職域における屋内空気中のホルムアルデヒド濃度低減のためのガイドライン，厚生労働省 <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/03/h0315-4.html>
- [12] 横田知博，加藤信介，村上周三，安宅勇二，徐長厚，”室内空気汚染濃度低減材の濃度低減性能に関する研究-実大スケールの居室モデルにおける室内空気汚染濃度低減材の室内化学物質低減効果に関する数値解析-，”日本建築学会環境系論文集，vol.620，pp.37-42，Oct. 1007.
- [13] 化学工学便覧 改訂 6 版，化学工学会編，丸善，東京 1999.
- [14] 化学工学便覧 改訂 7 版，化学工学会編，丸善，東京 2011.
- [15] 職場における喫煙対策のためのガイドライン，厚生労働省，<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2003/05/h0509-2a.html>
- [16] 浮遊粒子状物質に係る環境基準の設定について，環境省，<http://www.env.go.jp/hourei/01/000065.html>