

# 大学図書館の空気環境およびニオイの知覚に関する調査

高知工科大学 システム工学群建築・都市デザイン専攻 建築環境工学研究室

図書館 室内環境 実測  
ニオイ 二酸化炭素 在室者

学籍番号：1190132 氏名：濱田 遼  
指導教員：田島 昌樹

## 1. はじめに

図書館は不特定多数の人が様々な目的で長時間滞在するという性質を持っている。特に大学図書館では試験期間等に在室者が大幅に増加する特徴がある。このような建物において在室者の大多数が快適に過ごせる室内環境の形成をするためには、一定の技術とともに、室内環境の現状を把握し、課題に対して適切な対策を講じる必要がある。このことから、大学図書館の実態把握のために夏期、冬期、梅雨時期に測定<sup>[1][2][3][4]</sup>が行われた。以下、先行研究と示す。温熱環境について夏期では空気温度、冬期では相対湿度がいくつかの測点で、建築物衛生法の建築物環境衛生管理基準<sup>[5]</sup>の基準値適合割合が低い結果となった。空気環境について、CO<sub>2</sub>濃度は在室者の増加によって図 1 に示す測点 B がほかの測点に比べ測定値が高い結果となった。また、CO<sub>2</sub>濃度が 724ppm を上回るとニオイに対する不満足者率が 10%以上になるとの結果を得ている。

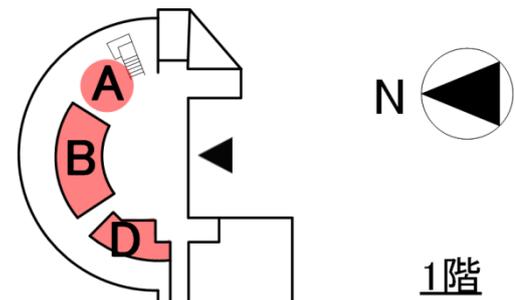
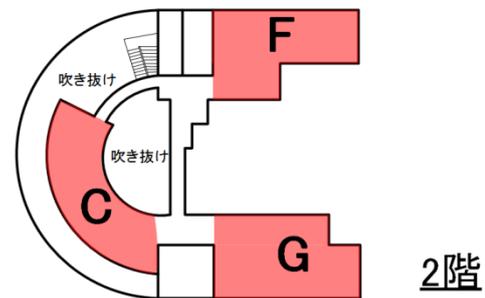
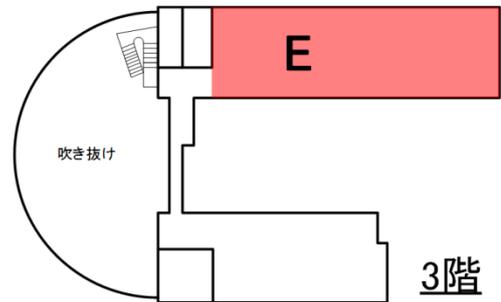


図 1 見取り図

## 2. 研究概要

本研究では、先行研究に引き続き、温熱および空気環境のデータの拡充、ニオイと CO<sub>2</sub>濃度の関係をより明確にすることを目的に室内環境の測定およびニオイと CO<sub>2</sub>濃度の分析を行った。室内環境の測定結果は建築物環境衛生管理基準（表 1 に示す）にもとづき、評価を行った。ニオイについての検討は、時間経過のニオイ知覚への影響を把握することを目的とし CO<sub>2</sub>濃度の測定とアンケート調査を行った。

## 3. 温熱・空気環境のデータ拡充

### 3.1 測定概要

室内環境についての測定項目は、温度、相対湿度、WBGT 値、CO<sub>2</sub>濃度および気流の 5 項目とし、測定間隔は 10 分とした。図書館の各階の見取り図と各測点を図 1 に示す。

測定項目、測定機器および測定箇所については表 2 に、測定期間を表 3 に示す。

表 2 各測定項目および測定箇所

測定項目	測定機器	測定箇所
温度	RTR-53A	A~G
相対湿度		
WBGT 値	HI-2000SD	
CO <sub>2</sub> 濃度	KNS-CO2S	
気流	SWA-03	

表 3 測定期間

冬期 <sup>※1</sup> (平成 28 年度)	2 月 17 日～3 月 3 日
夏期 <sup>※2</sup> (平成 29 年度)	7 月 24 日～8 月 4 日
夏期 <sup>※2</sup> (平成 30 年度)	7 月 17 日～8 月 8 日
冬期 <sup>※3</sup> (平成 30 年度)	11 月 19 日～12 月 6 日

※1 冬期(平成 28 年度)は大学休業期間

※2 夏期(平成 29、30 年度)の 7 月 25 日以降は試験期間

※3 冬期(平成 30 年度)の 11 月 20 日～11 月 30 日は試験期間

表 1 衛生管理基準値

項目	基準値
空気温度	17～28 °C
相対湿度	40～70 %RH
CO <sub>2</sub> 濃度	1000 ppm 以下
気流	0.5 m/s 以下

### 3.2 測定結果

本研究の測定結果と先行研究の測定結果の比較を行った各測定項目の結果を以下に示す。各図の着色部は衛生管理基準の範囲を示す。以下、平成 28 年度を H28、平成 29 年度を H29、平成 30 年度を H30 と示す。

#### (1) 空気温度

夏期における空気温度の測定結果を図 2 に示す。H30 の測定結果は H29 に比べて衛生管理基準内の測定値の割合（以下、適合範囲率）が高い結果となり、測定期間中の長期降雨が一因であると考えられる。測点 A の空気温度のデータを図 3 に示す。H29 と H30 では 7℃前後の差が見られ、測点 A は外気の影響を受けやすいことが予想できる。

#### (2) 相対湿度

夏期および冬期における相対湿度の測定結果を図 4、5 に示す。

夏期は H29 に比べ、H30 の平均値が高い値を示した。適合範囲率も低い結果となり、空気温度と同様に測定期間中の長期降雨が一因であると考えられる。H30 冬期の適合範囲率は H28 に比べ、全体を通じて高い値を示していた。H28 の測定期間が大学休業期間と重なっていたことや、2 月から 3 月に測定したことで、利用者数、外気環境の違いによる差であると考えられる。また測点 B、D は H30 の測定結果でも適合範囲率が 50%以下であった。

#### (3) 絶対湿度

空気温度と相対湿度から算出した絶対湿度を図 6 に示す。測点 D のみ空調機の設置方法が異なるため、他の測点と比較した時、空気温度および相対湿度の値に差が生じ、絶対湿度の範囲が大きくなったと考えられる。一方、測点 E は値の範囲がほかの測点に比べて小さく、空気温度および相対湿度はばらつきが小さい結果となった。

各測点の絶対湿度の平均値は夏期と冬期で最大 7g/kg(DA)の差があることを確認した。

#### (4) CO<sub>2</sub>濃度

夏期および冬期における CO<sub>2</sub>濃度の測定結果を図 7、8 に示す。全測定期間を通じて、測点 B を除く測点は適合範囲率が 80%を上回っていた。測点 B では、H28 冬期の大学休業期間を除いて、平均値が 1000ppm に近い値となり、適合範囲率が低い結果となった。

※3 以下の図中の着色部は前頁に示す基準値の範囲である。

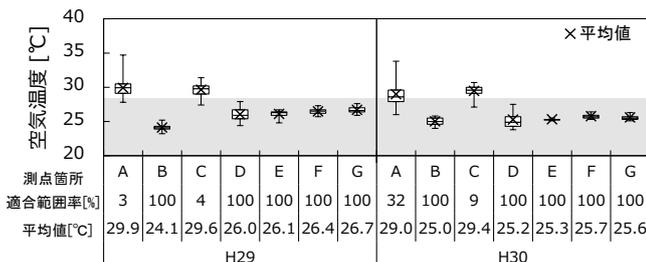


図 2 空気温度 (夏期)※4

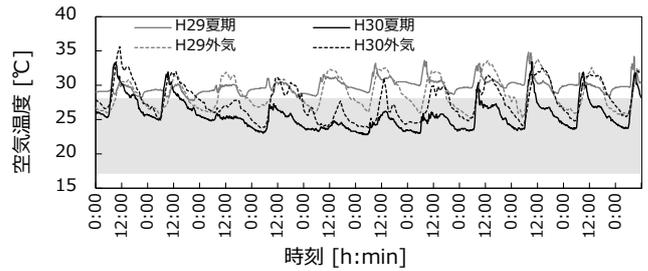


図 3 測点 A における H29 年度と H30 年度の空気温度※4

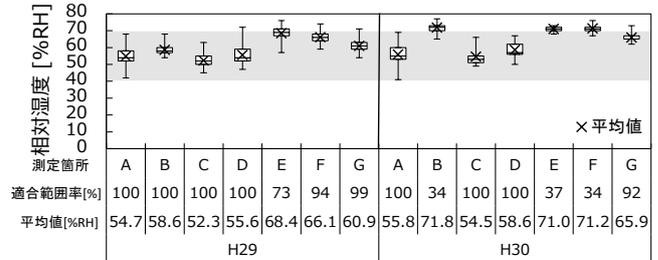


図 4 相対湿度 (夏期)※4

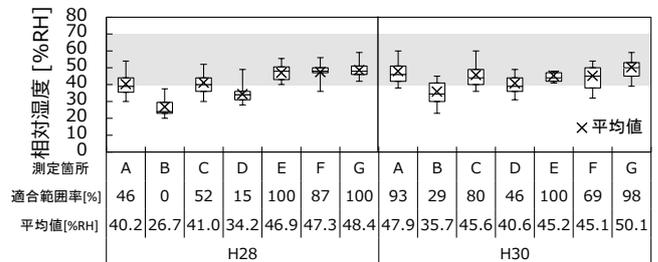


図 5 相対湿度 (冬期)※4

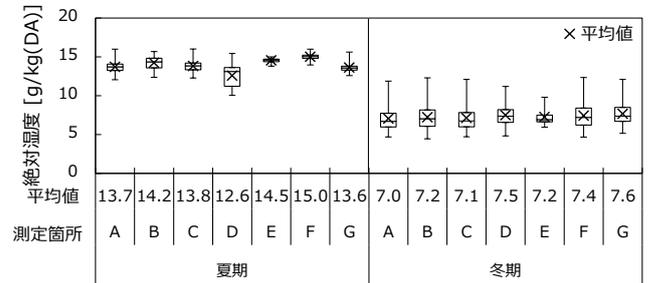


図 6 絶対湿度 (H30)

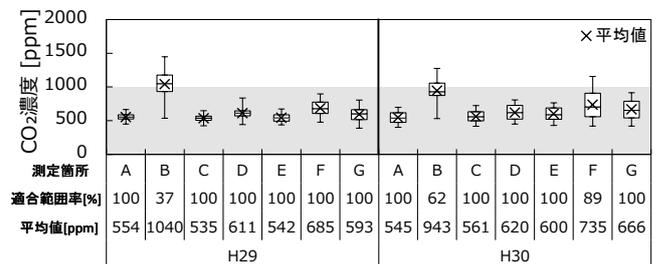


図 7 CO<sub>2</sub>濃度 (夏期)※4

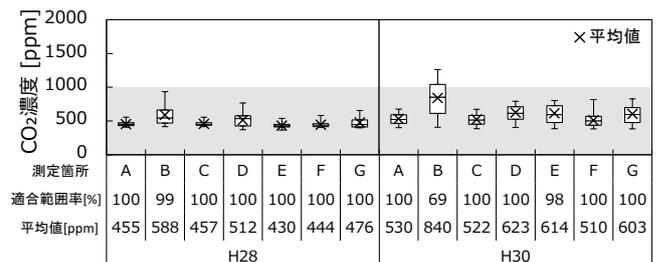


図 8 CO<sub>2</sub>濃度 (冬期)※4

#### 4. ニオイに関する分析

先行研究では人由来のニオイと CO<sub>2</sub>濃度が強い相関をもつ結果であった。本研究ではデータの拡充と精度の向上を目的として、先行研究と同様のアンケートを(以下、アンケート I と示す)を追加で実施し、また比較的不満足者率が高かった測点 B で時間経過によるニオイの知覚への影響を把握する目的で CO<sub>2</sub>濃度の測定とアンケート調査(以下、アンケート II と示す)を行った。

##### 4.1 アンケート調査概要

H29、H30 におけるアンケート回答数を表 4 に示す。アンケート I は、測点 A、B、C、G で先行研究のアンケート調査と同様に臭気強度<sup>[6]</sup>を表 5 のように 0~5 の 6 段階で評価、不快感<sup>[7]</sup>については「不快」と「不快ではない」の 2 段階での評価を得た。また、「不快」と答えた人を不満足者として不満足者率を算出した。

アンケート II は本研究から、測点 B における滞在時間によるニオイに対する評価のアンケート調査を実施した。入退室時に、アンケート I と同様の項目で調査を行った。

アンケート調査時には調査箇所において CO<sub>2</sub>濃度を同時に測定した。

##### 4.2 アンケート I に関する分析結果

###### 4.2.1 臭気強度と CO<sub>2</sub>濃度

図 9 にニオイに対する不満足者率と臭気強度の関係を示す。着色部は不満足者率 10%<sup>(註1)</sup>以下の範囲を示している。また不満足者率は各臭気強度から算出した。臭気強度が「1」(やっと感知できるニオイ)と評価した時には不満足者率が 7%となり、臭気強度が「1」を上回ると不満足者率が 10%を超える結果となった。また、臭気強度が高くなるにつれ、ニオイに対する不満足者率も高くなる結果となった。

次にアンケート調査時の CO<sub>2</sub>濃度と臭気強度の関係を図 10 に示す。CO<sub>2</sub>濃度の平均値は各臭気強度で算出した。前述で不満足者率が 7%となった臭気強度「1」の CO<sub>2</sub>濃度は 713ppm であった。また臭気強度が「4」以上になると衛生管理基準値 1000ppm を上回る結果となった。

###### 4.2.2 ニオイに対する不満足者率と CO<sub>2</sub>濃度

4.2.1 で臭気強度とそれぞれ相関関係が見られた不満足者率と CO<sub>2</sub>濃度について分析を行った。図 11 に CO<sub>2</sub>濃度と不満足者率の関係を示す。着色部は不満足者率が 10%の時の CO<sub>2</sub>濃度の範囲を示し、横軸は対数により示している。

CO<sub>2</sub>濃度と不満足者率の関係から回帰式を作成した。回帰式より CO<sub>2</sub>濃度が 1000ppm の点で、ニオイに対する不満足者率は 34%と高い値であった。また不満足者率が 10%の点では CO<sub>2</sub>濃度が 660ppm であった。従って、対象図書館では CO<sub>2</sub>濃度を 650ppm 以下に保つことで、ニオイに対する不満足者率を 10%以下に抑えることができると考えられる。

回帰式の決定係数が 0.963 で高い値を示していることから、対象図書館における不満足者率は CO<sub>2</sub>濃度から予測することが可能ではないかと考えられる。

表 4 アンケート回答数

アンケート種類	回答数
アンケート I	139 (496 サンプル)
アンケート II	40 (40 サンプル)

表 5 臭気強度の 6 段階評価と各評価数

臭気強度	内容	評価数
0	無臭	n=141
1	やっと感知できるニオイ	n=146
2	感知できるニオイ	n=111
3	楽に感知できるニオイ	n=77
4	強いニオイ	n=19
5	強烈なニオイ	n=2

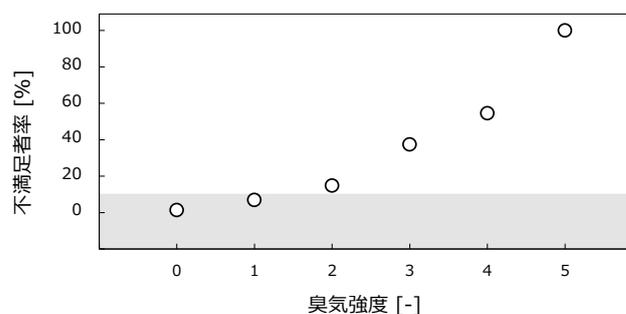


図 9 不満足者率と臭気強度

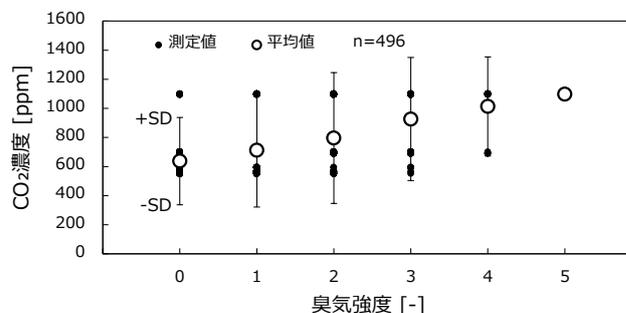


図 10 臭気強度と CO<sub>2</sub>濃度

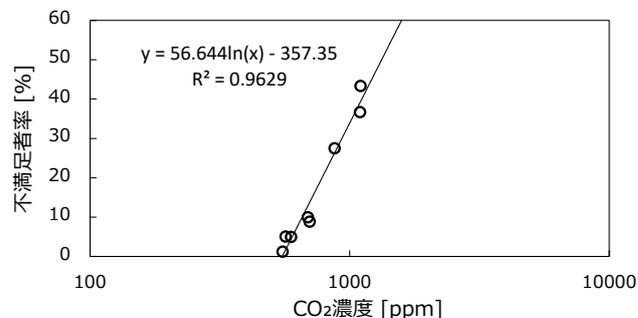


図 11 全データの不満足者率と CO<sub>2</sub>濃度

註1) ISO - 7730<sup>[8]</sup>快適推奨値とされている予測不満足者率が 10%以下を参考に設定した。

#### 4.3 アンケートⅡに関する分析結果

##### 4.3.1 滞在時間によるニオイに対する知覚の変化

図12に入退室時の臭気強度の変化を示す。入室から退室にかけて臭気強度が減少したデータのみを抽出した。なお変化がなかった在室者のデータは27データであった。その中から入室時点で臭気強度が「2」以上のデータの滞在時間と臭気強度の傾きを求め、ニオイに関する知覚の時間変化について分析を行った。この結果、対象データの傾きは-0.11[強度/分]となった。

図13に入退室時の臭気強度とCO<sub>2</sub>濃度について示す。また図10の平均CO<sub>2</sub>濃度も併せて記し、分析を行った。入退室時のCO<sub>2</sub>濃度は図10の値に比べ、高い値を示していた。退室時にはさらに高い値を示す結果となったが、前述でも示したように臭気強度は時間経過で減少する傾向にあった。以上の結果から時間経過による臭気強度の減少は、CO<sub>2</sub>濃度と関係が見られず、在室者の対象空間に対する慣れによる影響が一因だと考えられる。

##### 4.3.2 滞在時間によるニオイに対する不満足者率の変化

表6にアンケートⅡから得られた入退室時の不満足者率を示す。また図14に入退室時の不満足者率を示す。入室時の平均CO<sub>2</sub>濃度は873ppmであり、退出時は981ppmであった。また40人のデータの平均滞在時間は34分であった。以上の条件の時、入室時の不満足者率は28%、退出時は18%となり、10ポイントの低下が見られた。4.3で示した臭気強度とCO<sub>2</sub>濃度の関係と同様にCO<sub>2</sub>濃度が退出時に高くなっても、不満足者率は減少傾向にある結果となった。この結果から時間経過による不満足者率の変化も対象空間に対する慣れが結果に影響していると考えられる。

#### 5. おわりに

本研究では対象図書館における空気環境のデータの拡充およびニオイとCO<sub>2</sub>濃度の関係についての分析を行い以下の知見を得た。

温熱環境では、外気による影響を受けやすい測点があり、夏期には温度、冬期には相対湿度の適合範囲率が低い結果となった。

空気環境について、昨年度と同様に測点Bの適合範囲率が特に低い結果となった。その他の測点の適合範囲率はH29、H30の全期間を通じて高い値が示された。

ニオイに対する不満足者率が10%となる点でのCO<sub>2</sub>濃度が約660ppmと予測され、対象図書館ではCO<sub>2</sub>濃度を650ppm以下に保つことで不満足者率を抑えることができる結果となった。

時間経過によって変化するニオイの分析では、入室時から退室時にかけて、CO<sub>2</sub>濃度が高くなっても臭気強度と不満足者率は減少する傾向にあった。この結果から人のニオイに対する知覚は、対象空間に滞在している間に慣

れが生じ、知覚に影響を与えていると考えられる。

退室時におけるニオイの評価は、既に対象空間に慣れが生じている恐れがあり、人によってニオイに対する知覚の変化は様々である。従って、在室者の不快感を最小限にするためには入室直後の評価が最も適している。

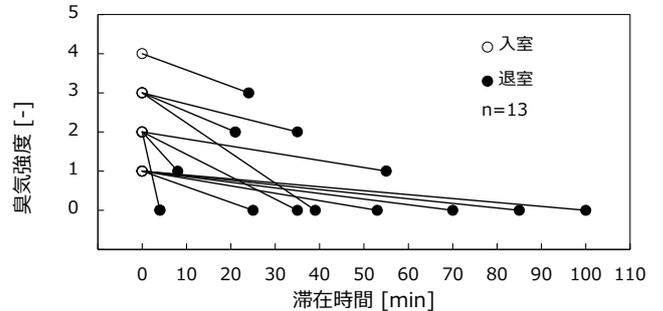


図12 滞在時間による臭気強度の変化

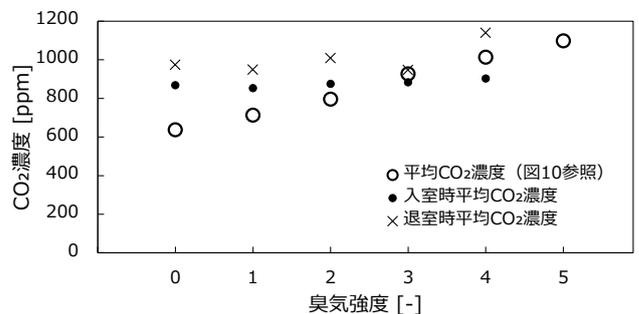


図13 入退室時の臭気強度とCO<sub>2</sub>濃度

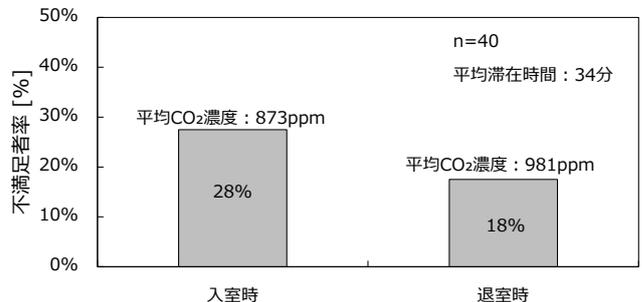


図14 入室時と退室時の不満足者率

表6 アンケートⅡ結果

	入室時	退室時
回答者数	40	40
臭気強度 [-]	0	13
	1	11
	2	9
	3以上	7

(参考文献)

[1]大西裕治 河田浩太郎 田島昌樹 中島瑠偉 大学図書館の室内環境評価-その1 温熱環境の評価-, 日本建築学会四国支部研究報告集, 第17号, pp63-64, 2017.5 [2]中島瑠偉 大西裕治 河田浩太郎 田島昌樹 大学図書館の室内環境評価-その2 空気環境の評価-, 日本建築学会四国支部研究報告集, 第17号, pp65-66, 2017.5 [3]濱田遼 中島瑠偉 田島昌樹 大学図書館の室内環境調査 その1 室内空気環境の実測, 日本建築学会四国支部研究報告集, 第18号, pp45-46, 2018.5 [4]中島瑠偉 濱田遼 田島昌樹 大学図書館の室内環境調査 その2 ニオイに関する検討, 日本建築学会四国支部研究報告集, 第18号, pp47-48, 2018.5 [5]厚生労働省:建築物環境衛生管理基準 <http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/sei/katsu-eisei10/>, 2018.1取得 [6]環境省:臭気指数規制ガイドライン [http://www.env.go.jp/air/akushu/guide\\_ind/index.html](http://www.env.go.jp/air/akushu/guide_ind/index.html), 2018.1取得 [7]2013ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS p12.6, 2013 [8]ISO 7730:1994 :Moderate thermal environments-Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for the thermal comfort