

5号館製図室の室内環境調査 —学生による主観評価と実測値との関係—

Study on the indoor environment of the drafting room in Building 5
—The relationship between the subjective evaluation by students and the measured value—

戸倉 三和子*

Miwako Tokura

Following a previous report, I measured the temperature, relative humidity, the carbon dioxide concentration of the Building No. 5 drafting room, and performed the questionnaire survey for the students. There was also time when relative humidity will be less than 30 % about 40 percent by measurement in the winter, and I found out that it's in the state which dried remarkably. It was confirmed that a change in the carbon dioxide concentration undergoes influence of the number of stay in the room students hard by measurement in May, 2015. By the questionnaire survey about the air environment for the student, the conspicuous problem was not seen in air quality and workability, but knew that there was a problem in current of air environment.

1. はじめに

前報¹⁾では、5号館製図室における2014年度前期（7月）の実測結果について報告したが、本報では、2014年度後期（2015年1月）および2015年度前期（2015年5～6月）の実測結果と使用学生に対するアンケート調査の結果を報告する。

2. 測定方法

測定に使用した機器は前報と同様Lutron製の温湿度・二酸化炭素測定器である。2015年1月の測定位置を図1（前報の図4と同様であるが、記号

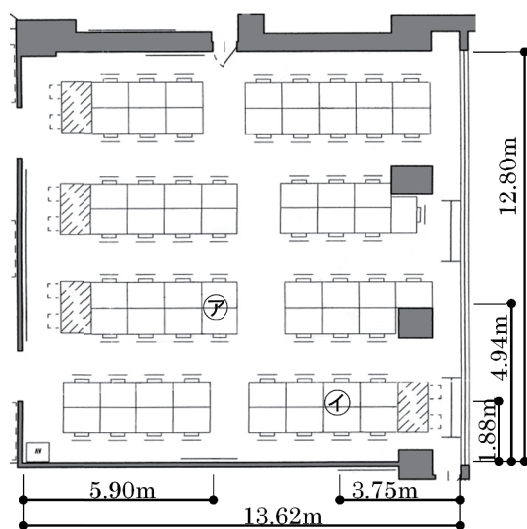


図1 2015年1月の測定位置

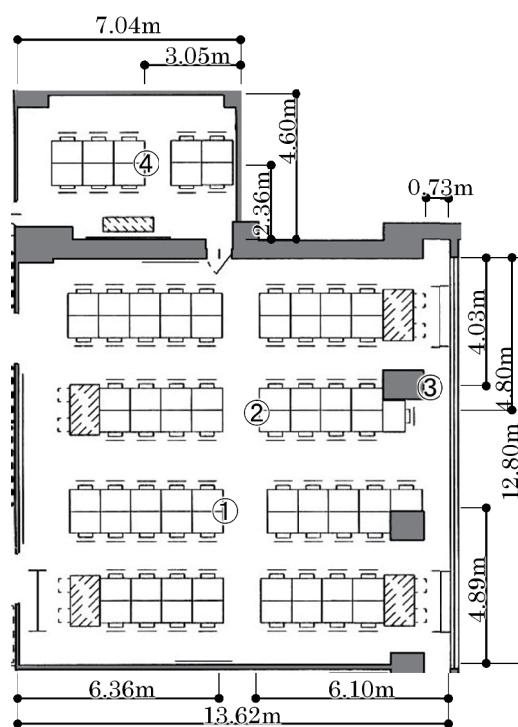


図2 2015年5～6月の測定位置

* 居住空間デザイン学科 准教授

を変更している)に示す。履修学生数の増加に伴い、2015年度より製図台が変更され、製図室内の座席配置が変更になった。図2に2015年5～6月の測定位置を示す。北側の約32m²の小さな室(以後「室(小)」とする)の製図台も使用し、座席数10が設けられた。以前から使用している大きな室(約174m²、以後「室(大)」とする)の座席数も62から70に増加している。室(大)の①～③の3点に加え、室(小)の④を加えた計4点に測定器を配置した。製図台が変更されたため、製図台の間に測定器が設置できなくなったため、製図室内の通路に測定器を設置し、2015年5～6月の約1か月間測定した。測定器は床上高さ1.48mに設置し、5分ごとに測定した。測定器の不備等ですべてのデータが取得できなかった測定点を除き、図に示した①、②、③、④の4点のみの結果を示す。ここでは、製図の授業が実施される火曜日3・4時限の前後約1時間である12:00～17:30の測定値を解析に使用する。



図3 2015年5～6月の測定風景

図3に2015年5～6月の測定風景を示す。

3. 測定値の較正

測定には4台の測定器(④、⑤、⑥、⑦)を使用したもので、測定器間の誤差を把握し、測定値誤差を補正する必要がある。そこで、密閉容器内の空気環境を4台の測定器で同時に測定した。容器はバックルコンテナにパッキンを追加し密閉性を高め、二酸化炭素濃度と相対湿度が変化するように観葉植物の鉢植えを一緒に入れた(図4参照)。測定器④を基準にするために、測定器④の測定値を従属変数とし、測定器⑤、⑥、⑦の測定値をそれぞれ独立変数として線形回帰を行った。図5に横軸を測定器⑤、⑥、⑦の気温の測定値T_b、T_f、T_gとし、縦軸を同時刻の測定器④の測定値T_aとした場合の関係を示す。図中にそれぞれの線形回帰式と相関比を記載している。



図4 較正風景

同様に図6に測定器⑤、⑥、⑦の相対湿度の測定値RH_b、RH_f、RH_gと測定器④の相対湿度の測定値RH_aとの関係と回帰式、図7に測定器⑤、⑥、⑦の二酸化炭素濃度の測定値C_b、C_f、C_g

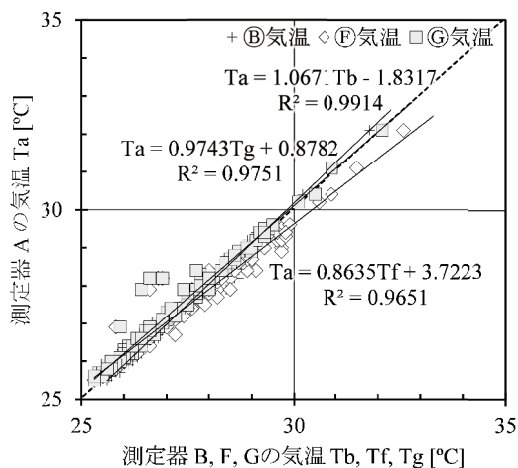


図5 測定器④と測定器⑤⑥⑦の気温測定値の関係

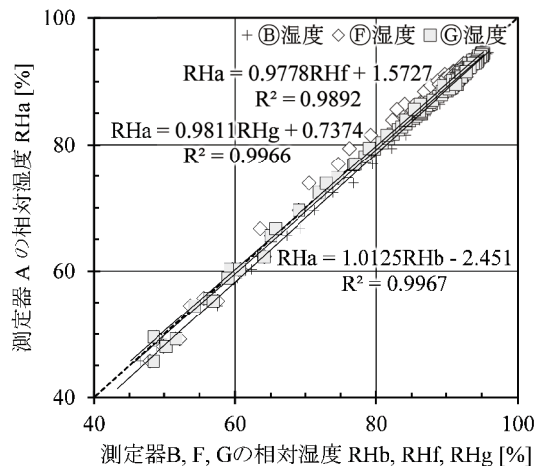


図6 測定器④と⑤⑥⑦の相対湿度測定値の関係

と測定器④の二酸化炭素濃度の測定値Caとの関係と回帰式を示す。

以後の解析では、これらの回帰式を用いて測定器③、⑥、⑦の測定値を測定器④の測定値に変換した値を用いることとする。

4. 授業時の気温、相対湿度、二酸化炭素濃度の変化

図8に測定期間中の火曜日12:00～17:30の気温の変化の例を示す。横軸は下が日付(月/日)その上は時刻を表し、網掛け部分は授業が行われている時間である。2015年1月および5～6月の2回の測定期間中に製図の授業は全部で8回行われた。2015年の1月の⑦と①、2015年5～6月の①と②と③は同じ室(大)の測定点であり、全体的に測定値に大きな違いは見られない。2015年の5～6月の④のみ室(小)の測定点であり、測定値が他の測定点とは異なっている。

1月13日は年初の授業であったので、昼休みに暖房を入れてから急に気温が上昇している。5月26日は前半別室で講義があり、後半製図室での作業が開始されたので、学生が入室した後半から気温が上昇している。それ以外は比較的安定しているといえるが、他の3か所に比べ、室(小)の測定点である④は温度変化が大きいことがわかる。空調機は自由に操作できるため、小さな部屋の場合は設定温度や風量の変更に応じて変化していると考えられる。

図9に測定期間中の火曜日12:00～17:30の相対湿度の変化を示す。冬季の1月では、相対湿度が全体に低く、30%を下回る時間もあった。気温が上昇すれば相対湿度が低下し、気温が低下すれば相対湿度が上昇する傾向が見られ、気温の変化に伴い相対湿度が変化しているように見受けられるが、その傾向は冬季で顕著である。また、冬季の変化は緩やかなのに比べ、夏季の変化は細かく上下している。

図10に測定期間中の火曜日12:00～17:30の二酸化炭素濃度の変化を示す。授業開始前には450～500ppm程度であったが、時間の経過とともに上昇し、1時間後には1500ppmを超えるほどの

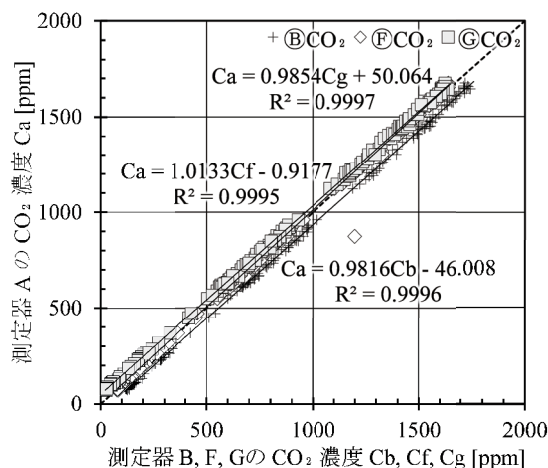


図7 測定器④と③⑥⑦のCO₂濃度測定値の関係

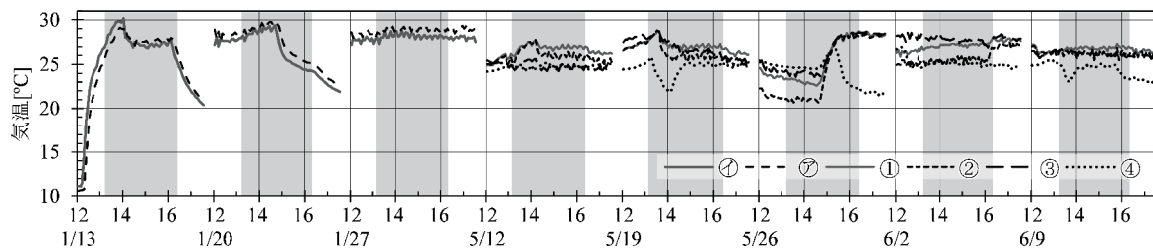


図8 測定期間中(2015年1月、5～6月)の火曜日12:00～17:30の気温の変化

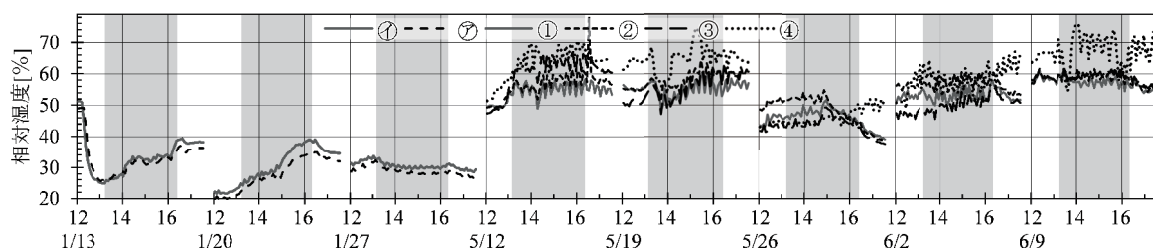


図9 測定期間中(2015年1月、5～6月)の火曜日12:00～17:30の相対湿度の変化

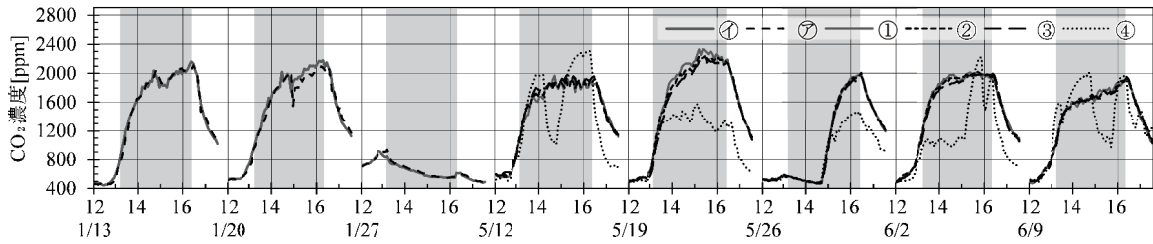


図10 測定期間中（2015年1月、5～6月）の火曜日12:00～17:30の二酸化炭素濃度の変化

濃度となり、授業終了時頃には2000ppm程度まで増加している。網掛け部分の中ほどは3時限目と4時限目の間の休憩時間に当たり、二酸化炭素濃度が若干減少していることがわかる。1月27日は別室で合評会が行われたため、製図室を使用しておらず、二酸化炭素濃度の上昇がない。前半別室で講義を受けた5月26日は、後半から二酸化炭素濃度が顕著に上昇している。室（小）の④の測定値が他の測定点の値より小さいのは、室（大）の一人当たりの床面積が2.5m²であるのに対し、室（小）の一人当たりの床面積が3.2m²と2割以上大きいことが要因であると推測される。気温と相対湿度が空調機の運転状況の影響を受けて変化しているのに対し、二酸化炭素濃度は在室している学生数の変化の影響を強く受けていることがわかる。

5. 授業時の気温、相対湿度、二酸化炭素濃度

図11に測定期間中の製図授業時（13:10～16:20）の気温の累積出現割合を示す。ここでは、前報で実測値のみ報告した2014年7月の測定値についても合わせて解析する。図中の左側に2014年7月と2015年1月の測定点⑦および①の累積出現割合、右側に2015年5～6月の測定点①、②、③、④の累積出現割合を示す。網掛け部分は文部科学省の学校環境衛生基準²⁾において「望ましくない範囲」を示す。累積出現割合算出には、学生全員が時間中継続的に製図室を使用していたときの測定値を使用しており、例えば、後半から使用していた5月26日は含まれていない。測定期間のうち学生全員が授業時間中継続的に製図室を使用していたのは13回の授業中、2014年7月の4回（データ数156）、2015年1月の2回（データ数78）、2015年5～6月の4回（データ数156）の10回であった。

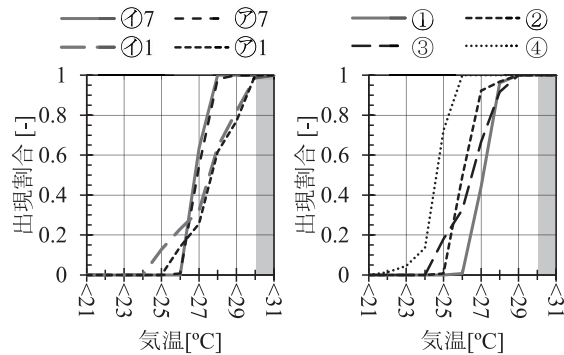


図11 製図授業時（学生在席）の気温の累積割合

2014年の7月の授業時間中の気温は2つの測定点ともほぼ26～28℃であり、空調の設定温度に近い範囲であるが、1月の授業時間中では25～30℃の範囲で推移している。図8に示すように、空調機による暖房と学生の活動により気温が上がり過ぎたため空調機の運転を止め、その後気温が下がり始めたと考えられ、設定温度を外れた範囲であると推測される。2015年5～6月では、図8に示すように室（小）の測定点④と室（大）の測定点①～③とで気温の変化が異なるため、累積割合にも違いがみられる。

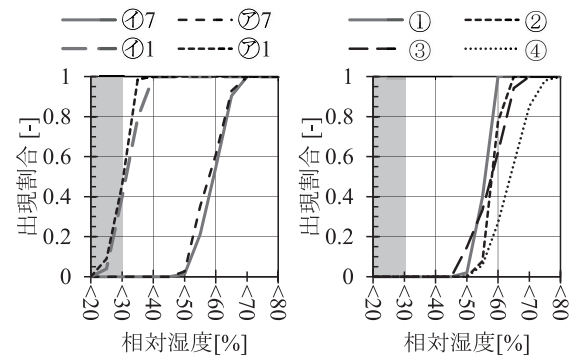


図12 製図授業時の相対湿度の累積割合

図12に測定期間中の製図授業時（13:10～16:20）の相対湿度の累積出現割合を示す。2014年7月と2015年5～6月では、ほぼ50～70%の範囲であり、学校衛生基準の「望ましい範囲」内であるが、2015年1月では、約4割が30%未満の「望ましくない範囲」にあり、かなり乾燥した空気状態であると言える。

図13に測定期間中の製図授業時（13:10～16:20）の二酸化炭素濃度の累積出現割合を示す。2015年5～6月の室（大）と室（小）とに

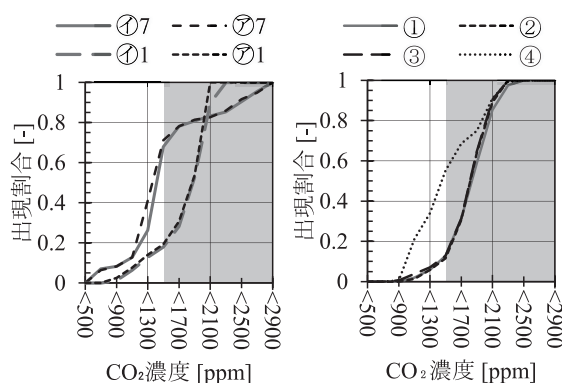


図 13 製図授業時の二酸化炭素濃度の累積割合

差が見られるものの、それ以外は測定点による違いは見られない。二酸化炭素濃度が1500ppmを超える割合は、2014年7月で30%、2015年1月で81%、2015年5～6月の①～③で88%、④で45%である。2014年7月の二酸化炭素濃度は、4回のうち2回は授業終了時でも1500ppmを超えることがなかった（文献1）図14参照）。換気や学生の作業状況などによる違いではないかと推測されるが、7月は22日を除くと1500ppmを超えるのは10%であった。2014年7月と2015年の1月では、窓の開閉や前期と後期の課題内容などの差が二酸化炭素濃度の違いの要因ではないかと考えられる。2014年7月と2015年5～6月では、課題内容はほぼ同じであるが、座席数が62から70に1割以上増加している。しかしながら、二酸化炭素濃度の差は座席数の差より大きく、窓の開閉状況が異なっていたと考えられる。2015年5～6月には窓の外の遮音壁はないものの、高校の仮設校舎が建っており、窓が開けにくい状況になっていたのではないかと推測される。

空調機と換気設備により気温と湿度は学校環境衛生基準の「望ましい範囲」に保たれているが、どの時期でも二酸化炭素濃度が1500ppmを超える時間があり、二酸化炭素濃度に代表される空気質についても「望ましい範囲」に保つには能力不足か保守点検の不備を考える必要がある。

6. 製図室の空気環境に関する学生へのアンケート

前述のような製図室の空気環境が学生の作業へどのような影響を与えているのかを探るため、2015年5～6月の測定期間中の5月19日と6月9日の中間時（3限目と4限目の間、14:40～14:50）と終了時（16:20）の4回、学生に製図室の空気環境に関するアンケート調査を行った。

室内環境アンケート	月日	時間	場所
	5月19日	中間・最終	—
選択肢（思うのに○をつけてください）			
①快適—不快	快適—やや快適—やや不快—不快		
②暑—寒	暑い—やや暑い—やや寒い—寒い		
③乾—湿	乾燥して—やや乾燥—やや湿っている—湿っている		
④空気の良さ	息苦しい—やや息苦しい—息苦しくない		
⑤におい	気になる—少し気になる—気にならない		
⑥作業性	集中できる—あまり集中できない—集中できない		

図 14 アンケート用紙

図14にアンケート用紙を示す。アンケートは「快適—不快」「暑—寒」「乾—湿」を4段階、「空気の良さ」「におい」「作業性」を3段階で質問した。アンケート用紙を机に貼っておき、アンケート記入のアナウンス後、回答済のアンケート用紙を回収し、回答場所がわかるようにした。室（小）の座席数は10と少数なので、ここでは、座席数70の室（大）の回答のみを解析に使用する。室（大）の回答率は、5月19日の中間時が97%、終了時が84%、6月9日の中間時が88%、終了時が88%であった。

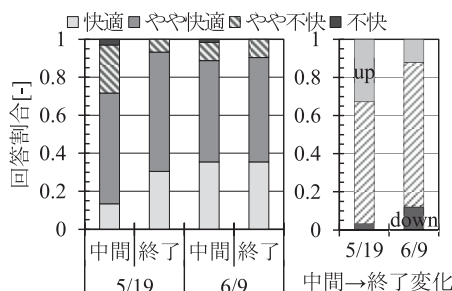


図 15 室（大）の「①快適—不快」に関する回答

図15に室（大）における「①快適—不快」に対する回答の内訳と中間時と終了時での回答の変化を日ごとに示す。回答の変化で「up」はより良い評価に変化した回答者の割合、「down」はより悪い評価に変化した回答者の割合を示す。5月19日の中間時には「やや不快・不快」が3割程度あったが、終了時にはより良い評価に変化した回答者が多く、1割程度に減少している。6月9日の回答割合は中間時と終了時での違いが見られないが、より良い変化とより悪い変化の割合が同程度であった。

図16に室（大）における「②暑—寒」に対する回答の内訳と中間時と終了時での回答の変化を日ごとに示す。5月19日の中間時と終了時を比べると、より寒くなったと回答する学生が多くなっていた。

図17に室（大）における「②暑—寒」に対する回答の分布を示す。枠内の数値は「②暑—寒」に対する回答を数値化したもので、1=暑い、4=寒いとして、寒いほど数値が大きくなり、網掛けの色を濃くしている。枠外の数値は回答20分前からの平均気温、「※」は空調機のおよその位置を示している。色が濃く変化している部分は空調機の近傍で、特に空調機の間にいる学生がより寒くなったと回答している。中間時では、空調機から離れた場所で暑いと回答していた学生もいたが、終了時にはやや暑いに改善されている。気温に大きな変化はないが、空調機からの気流を直接受ける場所では気温以上の温度低下を感じていると推測される。

図18に室（大）における「③乾—湿」に対する回答の内訳と中間時と終了時での回答の変化を示す。5月19日の回答では、中間時より終了時のほうが乾燥していると回答している学生が多い。しかし、図9に示すように、5月19日の相対湿度は緩やかに上昇しており、学生の回答とは一致していない。湿度は冬季に「望ましくない」レベルまで低下するので、冬季の調査が必要である。

図19に室（大）における「④空気の良い」に対する回答の内訳と中間時と終了時での回答の変化を示す。時間の経過に伴い二酸化炭素濃度は上昇しているので、息苦しさを覚える学生が増えると予想したが、反対に息苦しいと回答する学生は減少している。中間時の段階ですでに終了時の二酸化炭素濃度の約90%程度まで上昇してい

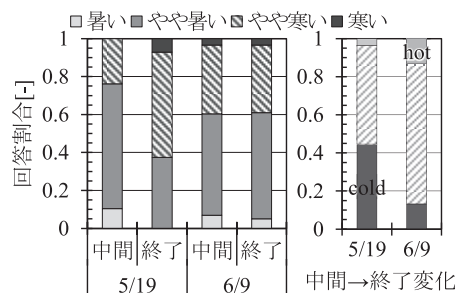


図16 室（大）の「②暑—寒」に関する回答

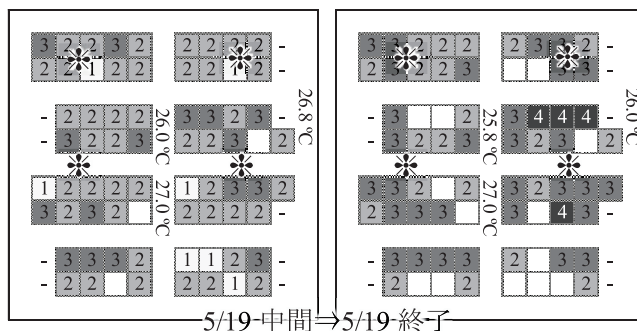


図17 室（大）の「②暑—寒」に関する回答の分布

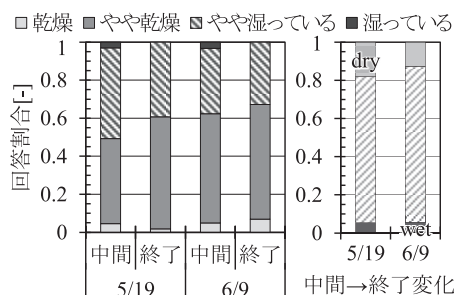


図18 室（大）の「③乾—湿」に関する回答

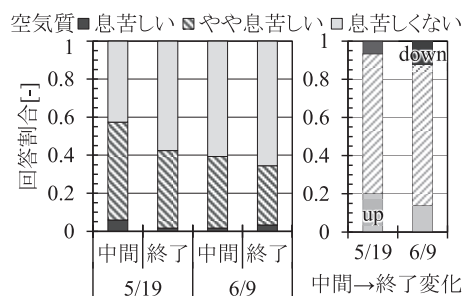


図19 室（大）の「④空気の良い」に関する回答

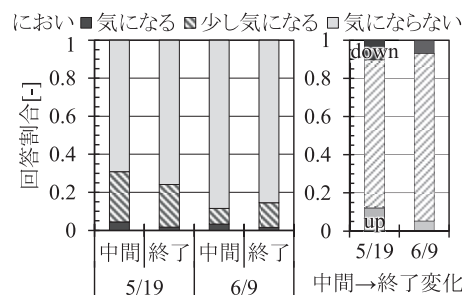


図20 室（大）の「⑤におい」に関する回答

るので、回答にも大きな変化がないと推測される。

図20に室（大）における「⑤におい」に対する回答の内訳と中間時と終了時での回答の変化を示す。1年生前期の課題には模型の制作などがなかったため、製図室内で接着剤などの揮発性の化学物質が使用されることはなく、人体からの発生のみと考えられるが、気になるほどではないことがわかる。

図21に室（大）における「⑥作業性」に対する回答の内訳と中間時と終了時での回答の変化を示す。集中でき

ないと回答する学生は少数で、終了時には0%になっているが、集中できない学生は終鈴を待たずに退室することもあり、アンケートに回答していない場合もある。70%以上の学生が集中できると回答しているが、あくまでも自己申告であるため、実際に作業効率が低下していないかは不明である。

7. まとめ

実測調査では、製図作業中の二酸化炭素濃度の上昇が顕著であり、学生の作業性への影響が危惧されたが、今回の学生へのアンケート調査では、空気質や作業性に関する問題は見られなかった。しかし、温冷感（暑-寒）に関する回答によると冷房時の気流で寒さを感じる学生がいる一方、冷風が届き難い場所では暑さを感じる学生もおり、気温だけではわからない問題が明らかとなった。

【謝辞】 アンケート調査は4年生の竹本龍生君によるところが大きい。記して謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 戸倉三和子：5号館製図室の室内環境調査—気温・相対湿度・二酸化炭素濃度の実測—、帝塚山大学現代生活学部紀要、第11号、pp.39-44、2015年2月
- 2) 文部科学省：学校環境衛生基準、p.15、2009年4月

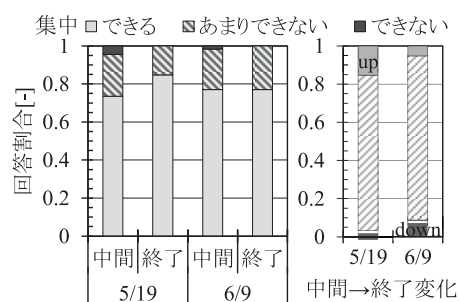


図21 室（大）の「⑥作業性」に関する回答