

学校の暑さ対策の実証（モデル事業）報告

2025年3月

地方独立行政法人北海道立総合研究機構
建築研究本部北方建築総合研究所

1. 目的

学校においては、主に窓等からの日射熱と人体からの発熱で教室内が暑くなる。冷房能力が小さい窓用エアコンを用いて、教室内の温度上昇を抑えるためには、窓からの日射を遮へいしつつ、エアコンの冷気を効率的に使用することが必要である。

そこで、日射遮へいの方法と、窓用エアコンの効果的な運用方法を検証する。

2. 実施条件

(1) 対象

北海道旭川市内の高校の最上階の教室

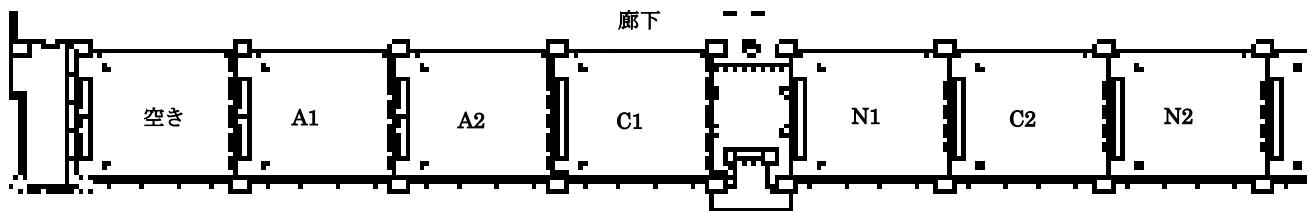


図1 調査対象の教室

(2) 調査期間

2024年6月7日～2024年6月25日

(3) 窓の日射遮へい物

以下の3種類

- A : アルミ箔付プラスチックダンボール (以下、アルミ箔付ボード)
- B : 半透明プラスチックダンボール (以下、ボード)
- C : 模造紙



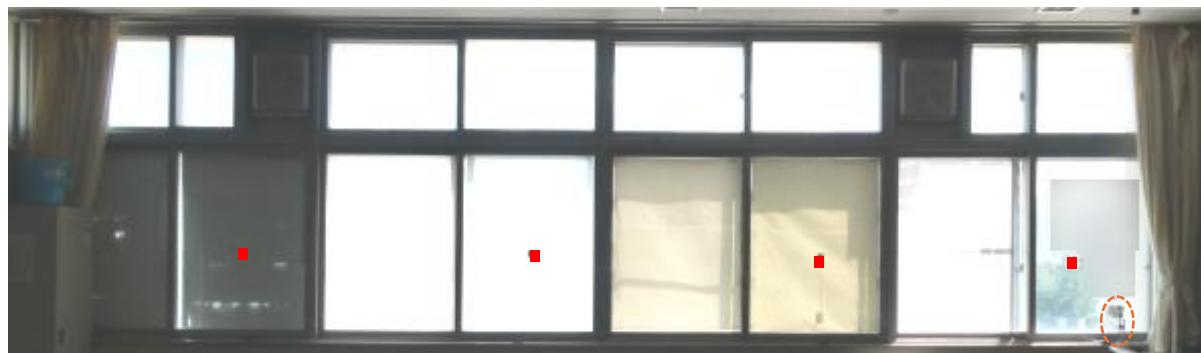
左：アルミ箔付プラスチックダンボール（外側） 右：半透明プラスチックダンボール

写真1 日射遮へい物

(4) 各教室の測定条件と調査項目

1) 空き教室：日射遮へい物による窓表面温度の比較

写真2の通り、窓下段に日射遮へい物A～Cを設置した。ただし、6月19日13時までは各2枚の障子の1枚（温度センサー貼り付け面）に設置、それ以降は2枚に設置している。



アルミ箔付ボード ボード 模造紙 何もなし

写真2 空き教室の窓の日射遮へい物と表面温度測定点

測定点は、以下の通り。

- ・窓室内側表面温度4点 T&D社TR-52（写真2中■、写真3）
- ・教室内温度1点 T&D社TR-53（黒板に向かって右の掲示板）
- ・窓室内側垂直面日射量 FieldPro社SP-110B、T&D社TR-55i（写真2中点線囲い、写真3）

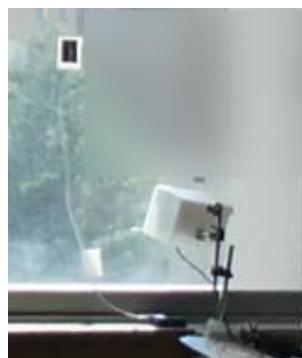


写真3 窓表面温度と日射量測定

2) HR教室：窓の日射遮へい物と窓用エアコン運用の比較

表1の通り、各組の日射遮へいと窓用エアコン運用の説明書きの掲示を行った。写真4に掲示を示す。

表1 各教室の条件

	A1組	A2組	C1組	C2組	N1組	N2組
日射遮へい	A	A	C	C	なし	なし
説明書き	なし	あり	なし	あり	なし	あり

A：アルミ箔付ボード C：模造紙



掲示板に掲示 窓用エアコンに貼り付け
写真 4 窓用エアコン運用の説明書き

扇風機に貼り付け

各教室の測定点は以下の通り。

- ・机高さ温湿度 5 点 T&D 社 TR-72Ui (写真 5)
- ・グローブ温度 1 点 T&D 社 RTR-502 + 直径 4cm グローブ球 (写真 6)
- ・黒板上高さ温湿度・CO₂濃度 1 点 T&D 社 TR-76Ui (写真 7)
- ・エアコン吹出し温度 2 点

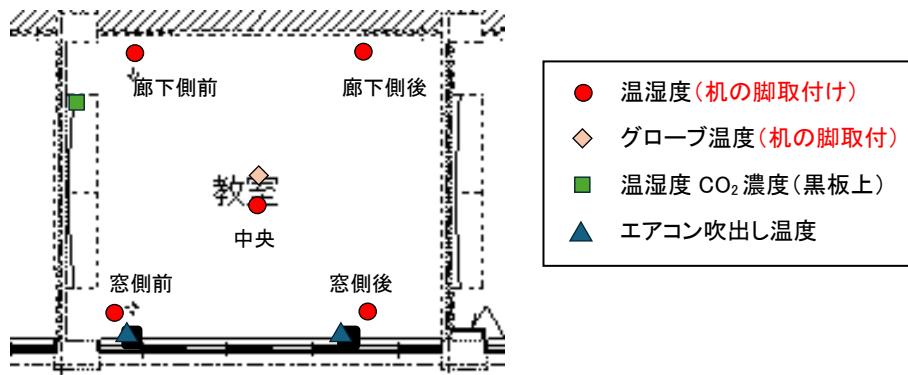


図 2 各教室の測定点



写真 5 温湿度 (机の脚取付け)



写真 6 グローブ温度



写真 7 温湿度・CO₂濃度

そのほかに、外気温度を、教室の廊下の対面にある特別教室の窓から温度センサーを出して測定した。

- ・外気 1 点 T&D 社 TR-52 ※朝 5 時～9 時頃まで日射が当たっていたためデータ除外

3) アンケート調査

エアコンおよび扇風機の運用と日射遮へいの効果を確認するため、2学年全6クラスの生徒を対象に、授業への集中度、寒暑感、気流感、快不快感などに関するアンケートを実施した。

上記調査期間のうち 2024 年 6 月 12 日から 6 月 25 日までの期間で、Google Form を用いた。

3. 結果

(1) 日射遮へいの効果

日射遮へいによる教室の温度上昇抑制の効果を見るため、休日の晴れた日である 2024 年 6 月 15 日の窓表面温度、各教室の温度を比較した。

- ・日射遮へいをしない窓に対して、A (アルミ箔付ボード) の日射遮へいをした窓は、室内側表面温度の最高温度が 4°C 低く、C (模造紙)、B (ボード) の日射遮へいをした窓は 2°C 低くかった。
- ・日中、A の日射遮へいをした窓の室内側表面温度は、日射遮へいをしない窓が柱の影になった時の温度と同じであった。A の日射遮へいは、ひさし等で窓を日陰にするのと同等の効果があると言える。
- ・日射遮へいをしない教室の最高温度 30°C に対し、A アルミ箔付ボードの日射遮へいをした教室は、最高温度が 26°C で、外気温度の最高温度より低かった。C 模造紙の日射遮へいをした教室は 28°C であった。
- ・以上の結果から、窓に日射遮へいをすることにより、何もしないよりも窓の室内側表面温度および教室の温度の上昇を 2 ~ 4°C 抑えられる効果があることが確認できた。ただし、日射遮へいの効果が高いほど、室内側からみたときに日射が入らず暗くなる。

以下に詳細のデータを示す。

1) 窓表面温度

図 3 に空き教室の窓の室内側表面温度、教室温度、外気温度、窓面日射量を示す。なお、日射遮へいをしていない窓の温度と日射量は、測定点が 14 時以降に柱の影になり日射が当たらない。また、B ボードの窓表面温度は、6 月 14 日以降センサーが窓から離れていたと推測されるため除外したが、それ以前のデータ (図 6 参照) では、C 模造紙とほぼ同じ温度であった。

A アルミ箔付ボードは、窓の室内側表面温度の最高温度が 34°C、C 模造紙は 36°C 強、何もしない窓は 38°C を超えた。

なお、旭川気象観測所の外気温度と、高校で測定した外気温度では、高校で測定した方が高い値で推移していた。

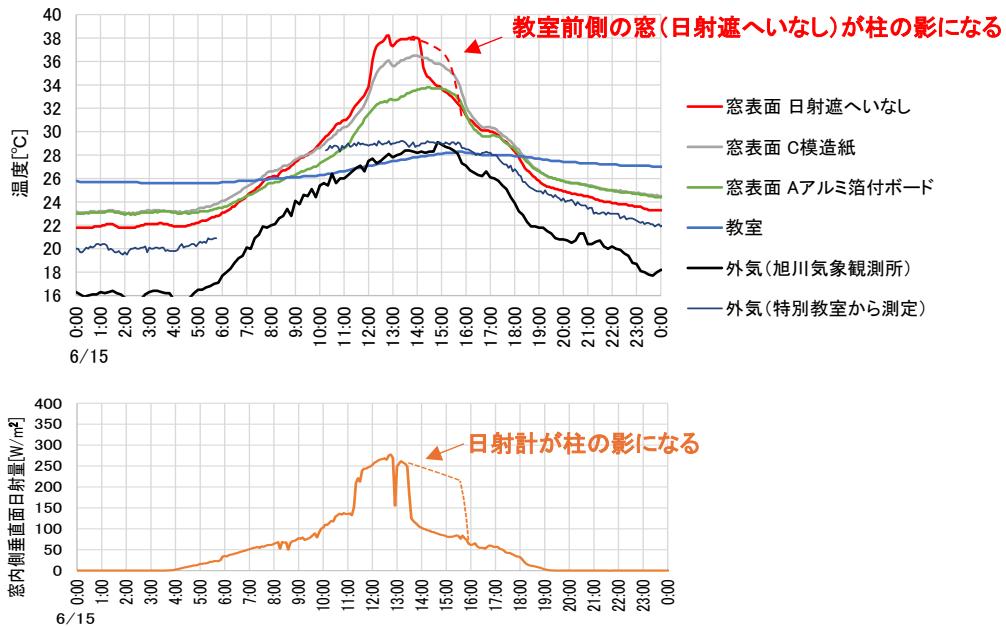


図3 0組の窓の室内側表面温度、教室温度、外気温度、窓面日射量（6月15日）

2) 教室の温度

図4にHR教室の教室内の中央（机の脚取付け）の温度を示す。日射遮へいなしのN1組とN2組は外気温度より高く最高温度29.5°Cを超えたが、C模造紙の日射遮へいをしたC1組とC2組は28.7°C、Aアルミ箔付ボードの日射遮へいをしたA1組とA2組は28°C以下であった。A2組は、9時から12時に教室の利用があった（CO₂濃度の上昇があった）ためA1組よりは温度が高くなつたが、教室の利用がなければA1組とほぼ同程度の温度になつたと推測される。なお、グローブ温度は、空気温度と差がなかつた。

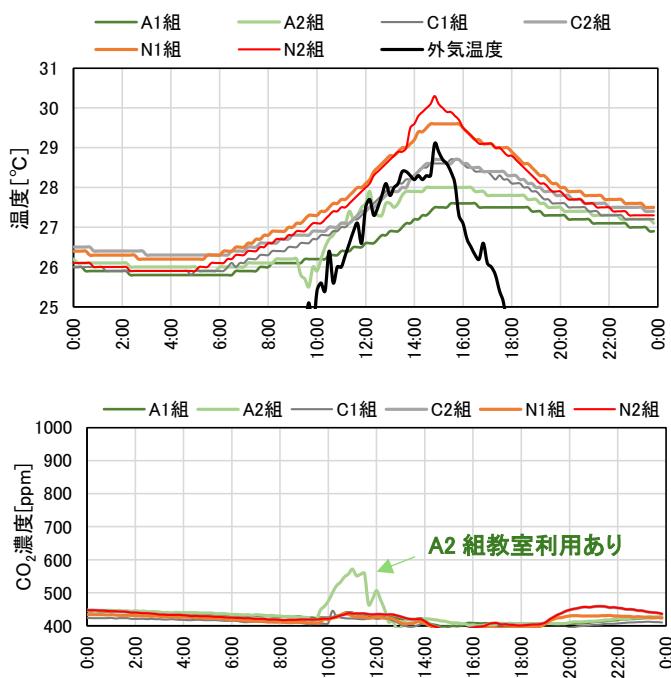


図4 各教室の中央温度と外気温度、CO₂濃度（6月15日）

3) 温度差

図5-1～図5-6に、各教室の机の脚に取り付けた温度計5点と、黒板上の温度を示す。AまたはCの日射遮へいをした組は、机の位置による温度差はほとんどなかった。また、黒板上の温度は、いずれも机の温度より1.5°C程度高かった。3組の廊下側前の位置のみ他の点より低いが、廊下側の戸が開いていて廊下の温度の影響を受けた可能性がある。

日射遮へいをしていないN1組は、窓側後の温度が高く、黒板上と同程度の温度となっているが、窓側前は中央の温度とほぼ同じであった。N1組の横に外壁が飛び出た空間があるため、窓側前はその影になっていた可能性があり、日射が当たる窓側後が高くなつたと考えられる。廊下側は窓側後より1.5°C低かった。N2組は、13時半頃までは窓側および中央の温度が廊下側より1°C程度高く、その範囲に日射が当たつていると考えられる。14時から15時は測定点の温度差がないが、15時以降は再度窓側と中央が廊下側より高くなり、西日が当たつていたと推測される。

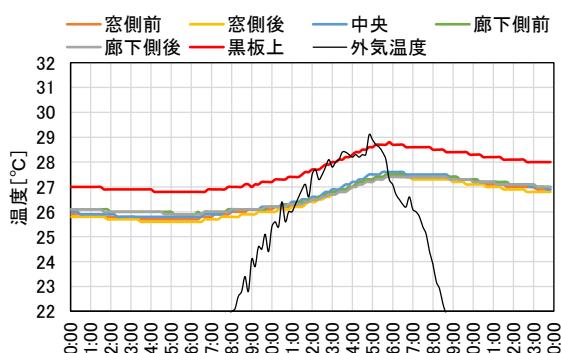


図5-1 A 1組の各測定点の温度 (6月15日)

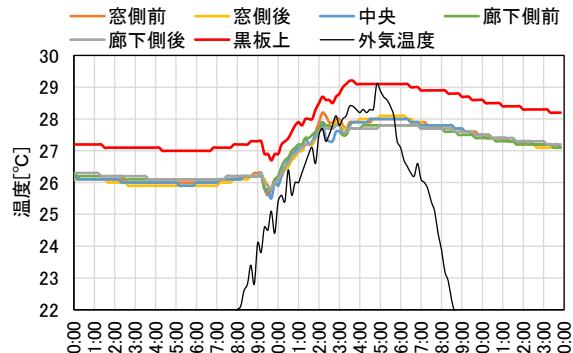


図5-2 A 2組の各測定点の温度 (6月15日)

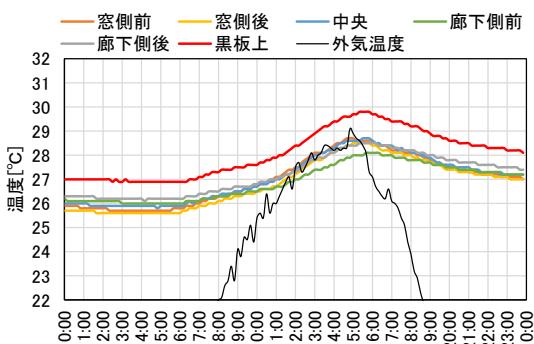


図5-3 C 1組の各測定点の温度 (6月15日)

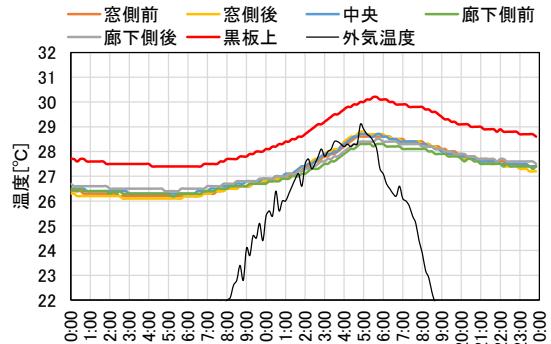


図5-4 C 2組の各測定点の温度 (6月15日)

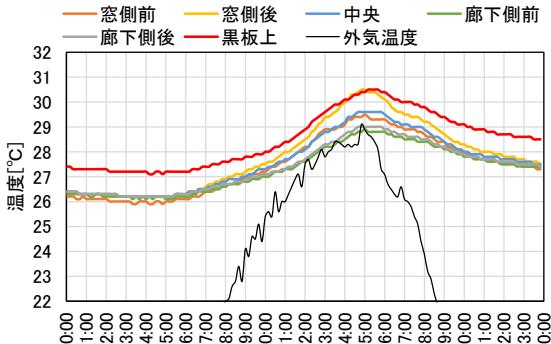


図5-5 N 1組の各測定点の温度 (6月15日)

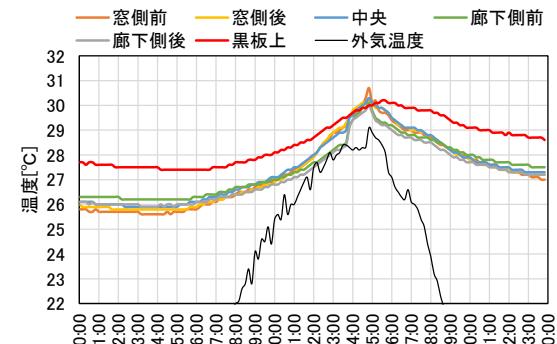


図5-6 N 2組の各測定点の温度 (6月15日)

(2) 日射遮へいと窓用エアコンの効果

日射遮へいと窓用エアコン使用による教室の温度上昇抑制の効果を見るため、測定期間中の平日のうち最も外気温度が高かった2024年6月12日の窓表面温度、各教室の温度を比較した。

- ・エアコンを最大能力で運転すると、教室内の温度より約15°C低い温度で吹き出していた。教室が設定温度程度のときは、エアコンが間欠（吹出し⇨停止）で動き、設定温度より高いと、おおむね最大能力で動いており、設定温度を26~27°C程度にすると、おおむね教室が28°C超えるときには最大能力で連続に動くと推定される。
 - ・Aアルミ箔付ボードの日射遮へいをした教室で、エアコンが最大能力で動いているとき、授業時間は外気温度と同程度以下、授業をしていない（移動教室などで教室内に人がいない）時間は、外気温度より低い温度になった。
 - ・C模造紙の日射遮へいをした教室では、エアコンが最大能力で動いているとき、外気温度同程度となった。
 - ・日射遮へいをしていない教室は、エアコンが最大能力で動いているかデータからは判断できないが、エアコン運転時も、外気温度より高い温度となった。
 - ・朝7時過ぎに窓開けを行うことで、8時15分頃までに1°Cほど教室温度が低下した。
 - ・以上から、室温上昇を抑えるために、
 - ・明るさ等許容できる範囲で日射遮へいをする。（模造紙+室内カーテンなど）
 - ・朝、登校前の時間にできるだけ窓開けをして教室内の温度を下げる。
 - ・教室内温度が26°C以上になったら、エアコンを26~27°C設定で自動運転する。（26~28°Cで間欠運転、28°C程度で連続運転になる）
- ことが効果的と考えられる。

以下に、詳細のデータを示す。

1) 窓表面温度

空き教室の窓の室内側表面温度、教室温度、外気温度、窓面日射量を示す。A（アルミ箔付ボード）の窓の室内側表面温度は最高33°C、B（ボード）とC（模造紙）は36°C、であるが、何もしない窓は38°Cを超えた。

なお、旭川気象観測所の外気温度は最高28°C、高校で測定した外気温度は最高30°C程度では、高校で測定した方が日中は2°C程度高かった。

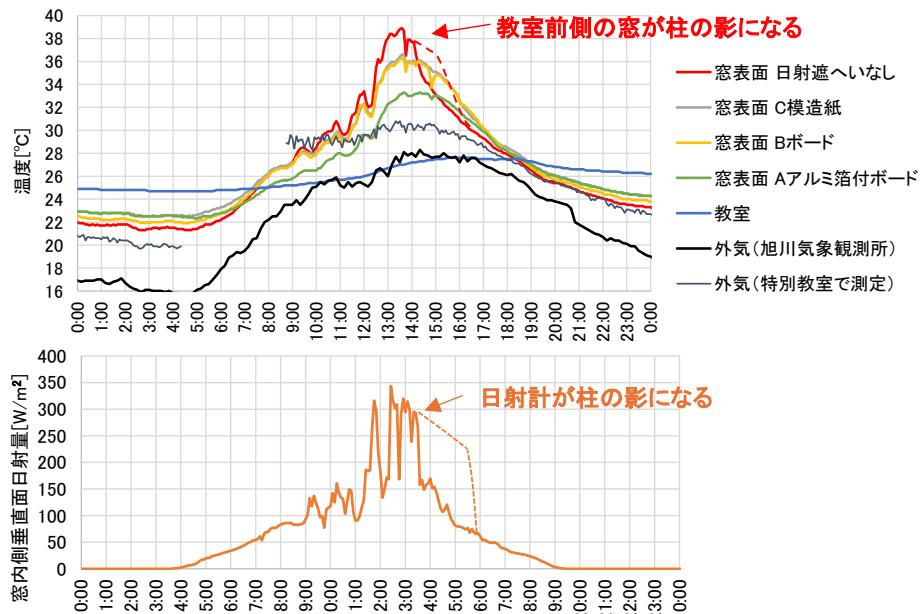


図 6 空き教室の窓の室内側表面温度、教室温度、外気温度、窓面日射量（6月12日）

2) 教室の温度・CO₂濃度・エアコン吹出し温度・教室と外気の絶対湿度差

① Aアルミ箔付ボードの教室 図7-1、図7-2

図7-1の教室A 1組は、7時過ぎから15時半まで、エアコンの吹出し温度が教室温度-15°C（10°C程度）であり、エアコンが最大能力で動いていたことがわかる。設定温度を低くしているか、リモコン等で風量最大等に設定していたと推測される。図7-2の教室A 2組は、8時15分頃からエアコンは運転されているが、吹出し温度が変動しているので、温度設定により間欠運転となっていたと考えられ、教室の温度が28°Cを超える13時から15時の間は最大能力で動いていた。

A 1組は8時40分から9時半、11時20分から12時10分頃はCO₂濃度が下がっているので、移動教室や体育等で教室に生徒がいなかった可能性がある。A 1組の授業をしている時間は、CO₂濃度が午前は700ppmから800ppm、午後は850～1000ppmの間であったため、事前に運用方法で通知をした通り、窓を10～20cmに絞って開けていたと考えられる。A 2組は、午前中の授業時間は500～600ppmの間で、午後は700～800ppmであるので、A 1組よりは窓が大きく開いていたと推測されるが、後述の教室よりは濃度が高めであるため、やはり窓の開きを絞って開けていたと考えられる。

A 1組の生徒がいないと推測される時間は、人からの発熱がないため、エアコン最大運転により、机の脚に取り付けた温度計の温度は外気温度よりやや低くなっていた。教室で授業を行っている時間で、エアコンが最大運転されている時間は、気象観測所の外気温度と同等か0.5°C程度高いが、高校の位置での外気温度が気象観測所より1～2°C程度高いことを考えると、外気温度と同程度以下であった。A 2組には、エアコンの運用の掲示を行ったためか、エアコン最大運転時の13～15時の間、机の位置による温度差は小さく、また、黒板上の温度よりも低くなっていた。一方、A 1組の同時間は、エアコンに近い窓側の温度が、廊下側の温度よりも低く、廊下側の温度と黒板上の温度の差は小さかった。1組は同時間の室内の最高温度が2組より0.5°C程度低いが、11時半から13時頃の教室に人がいないあるいは人が少ない間に教室の温度が外気より低くなつたという違いによるものと考えられる。

窓用エアコンでは、学校の教室の授業中の場合、教室の温度が高くなつてから運転しても、室温

を下げる能力はない。したがって、教室内の温度が高くなる前（26~27°C程度）から運転を始めた方がよい。そのとき、リモコンの設定温度を下げたり強運転にしたりすることで、A 1組のように最大能力で運転すると、室温の上昇を抑える効果は高くなるが、電力消費量が増える懸念がある。2組のように、26~27°C程度の設定で自動運転にして、28°Cになった時には自動で最大能力の運転になるように運用するのが現実的である。

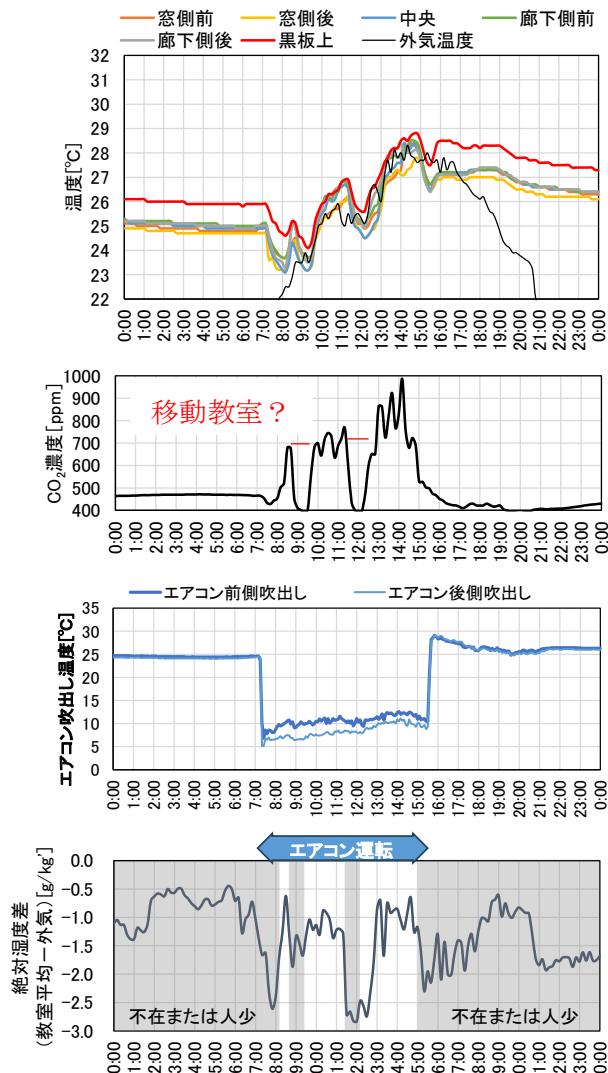


図 7-1 A 1組の各測定点の温度・CO₂濃度 (6/12)

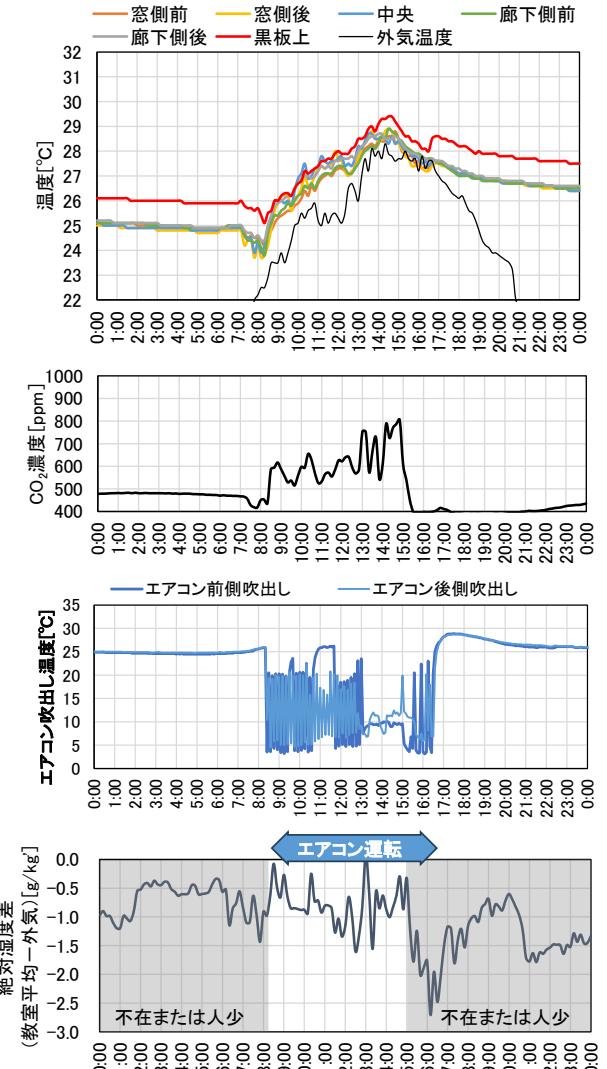


図 7-2 A 2組の各測定点の温度・CO₂濃度 (6/12)

絶対湿度は、空気 1kg に含まれる水蒸気量である。教室の絶対湿度と外気の絶対湿度の差がマイナス側に大きくなるほど、除湿をしていることになる。移動教室や下校時間後等で教室に人がいないときには、エアコン 2 台運転していると 1 時間で絶対湿度が 2g/kg'、相対湿度にすると 10%近く低下している。しかし、生徒が教室で授業を受けているときは、エアコンを運転しても大きく変わっていない。授業中、高校生 1 人あたり気温 26°C で水蒸気を 55~90g/h 程度発生するので、1 クラスの高校生が発生する水蒸気量を除去するのと同程度の除湿能力（1 台あたり 1,600~2,000g/h 程度）だったと推測される。6 月 12 日は、天気が晴れで外気の湿度も高くない（水蒸気量が少ない）日だったが、雨などで外気の湿度が高いときには、エアコン運転による除湿量は増える可能性がある。

② C模造紙の教室 図7-3、図7-4

図7-3の教室C 1組のエアコンの運転状況は吹き出し温度からは判断できないが、教室前側は13時～14時40分と16時20分から17時50分頃には運転され、後ろ側は8時20分から19時頃まで運転されていたようである。図7-4の教室C 2組は、13時から18時半頃まで運転され、14時から16時くらいまでは最大能力で動いていたようである。

C 1組は、10時半から11時20分の間、CO₂濃度が下がっているので、移動教室等で教室に生徒がいなかった可能性がある。C 1組、C 2組とも、朝7時15分頃からCO₂濃度が下がっているので、この時間に窓開けをしたと推定される。朝、窓開けをした7時15分頃から、登校してくる8時頃までに、教室内の温度は窓開け前から1°C程度下がった。

C 1組、C 2組とも、外気温度が高くなる14時の机の脚に取り付けた温度計の温度は、低い場所で外気+0.5°C、高い場所では外気+1.5°C程度となった。高校で測定した外気温度は、気象観測所より1～2°C程度高いことを考えると、外気温度と同程度であった。1、2組と比べると、1°C程度高い結果である。

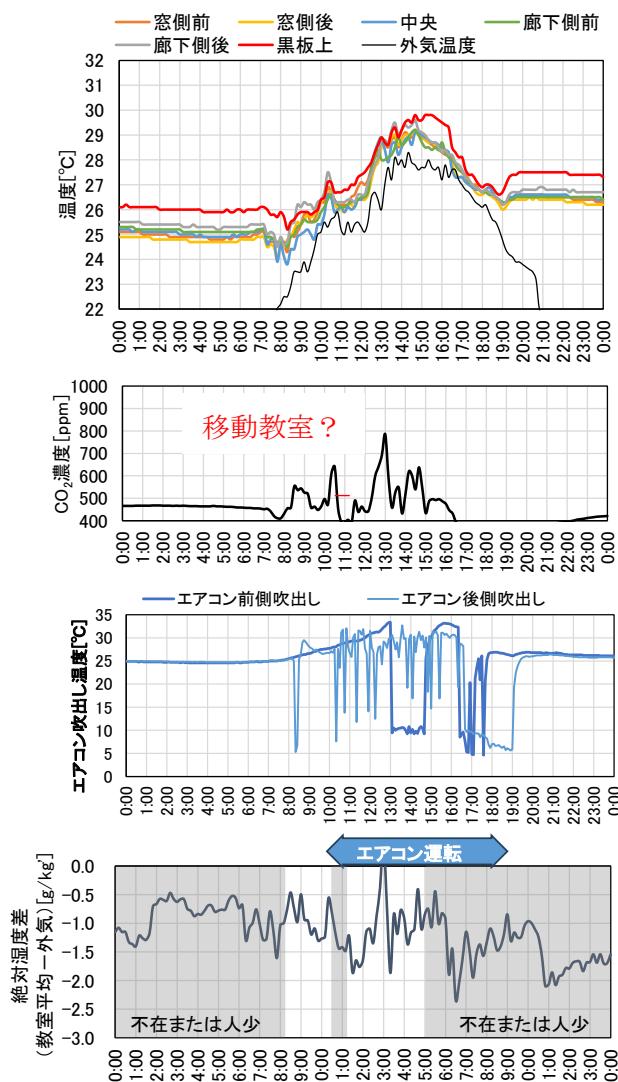


図7-3 C 1組の各測定点の温度・CO₂濃度 (6/12)

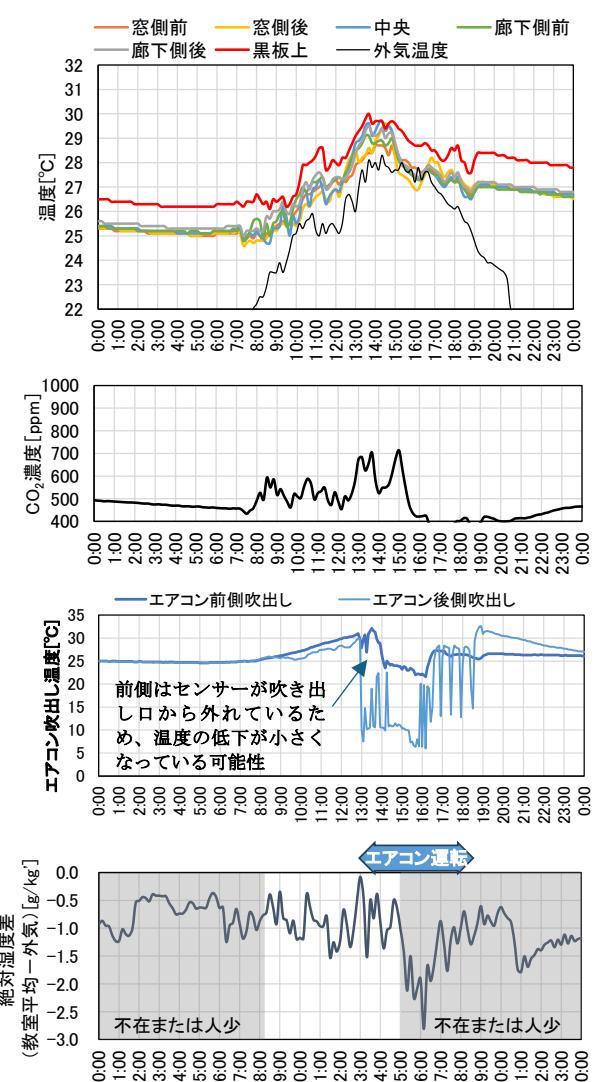


図7-4 C 2組の各測定点の温度・CO₂濃度 (6/12)

③ 日射遮へいなしの教室 図 7-5、図 7-6

図 7-5 の教室 N 1 組は 13 時にエアコンの運転を開始し、前側は 14 時、後ろ側は 17 時半頃まで運転されていた。図 7-6 の教室 N 2 組は、エアコンの吹き出しの温度センサーが室内温度よりも高い温度を示す時間があるため、吹き出し口からは外れていると推測され、正確な運転時間は把握できないが、吹き出し温度が下がる瞬間がある 8 時 20 分頃から 14 時 40 分頃までエアコンが運転されていたと推測される。

N 1 組は、11 時 20 分から 12 時 10 分の間、CO₂ 濃度が下がっているので、移動教室や体育等で教室に生徒がいなかった可能性がある。N 1 組、N 2 組とも、午前は授業中の CO₂ 濃度が 600ppm 以下、午後は 700~800ppm 程度なので、窓や教室の戸が A 1 組、A 2 組よりも大きく開いていたと推測される。また、朝 7 時 15 分頃から CO₂ 濃度が下がっているので、この時間に窓開けをしたと推定される。

教室の温度が、朝 5 時頃から 7 時 15 分頃まで、日射遮へいした A 1、A 2 組は上昇していないが、日射遮へいをしていない N 1 組、N 2 組は、温度が上昇している。窓を開けた 7 時 15 分頃から、生徒が登校してくる 8 時過ぎまでに、教室内の温度は窓開け前から 1~1.5°C 程度下がった。

教室に人がいないまたはいても少ないと推測される時間（8 時前、15 時以降、N 1 組の 11 時 20 分から 12 時 10 分の間）を除き、授業時間は、外気温度に対して 1.5°C から 2.0°C 程度高い。日射遮へいをした教室と比べると明らかに高くなかった。

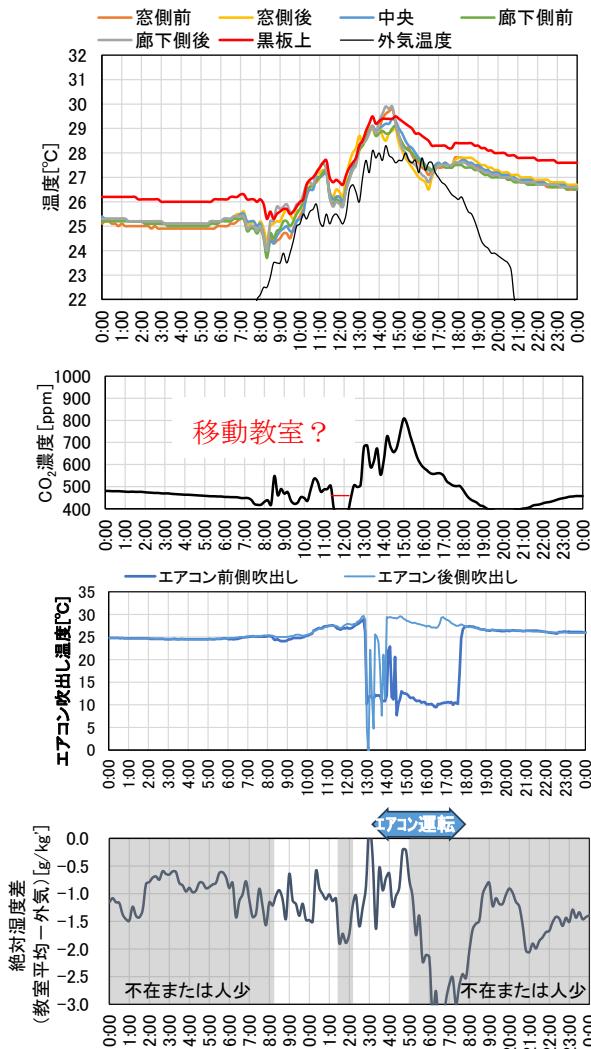


図 7-5 N 1 組の各測定点の温度・CO₂ 濃度 (6/12)

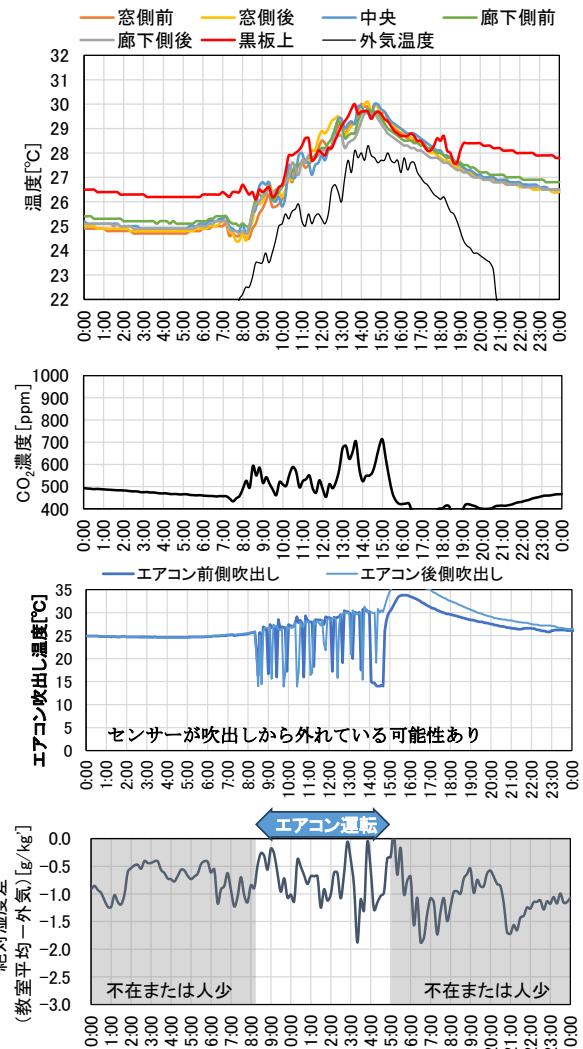


図 7-6 N 2 組の各測定点の温度・CO₂ 濃度 (6/12)

(3) アンケートの結果

測定期間中の平日のうち最も外気温度が高かった 2024 年 6 月 12 日の回答を分析した。なおアンケートは、アルミ箔付ボードで日射遮へいを行なった 2 クラス（以下、アルミとする）、模造紙で日射遮へいを行なった 2 クラス（以下、紙とする）、日射遮へいは特段行なっていない 1 クラス（以下、なしとする）の 3 分類に分けて分析を行なった。

1) アンケートの回答数

調査期間中のアンケートの有効回答数は 453 件であり、分析の対象である 6 月 12 日の有効回答数は 135 件（アルミ：63 件、紙：36 件、なし：36 件）だった。以降の図中グラフ内の数値は、この回答数を意味する。

2) アンケートの結果

① 回答者の性別・体質（暑がり・寒がり）・座席位置 図 8-1、8-2、8-3

回答者の性別は、男性・女性がほとんど同程度であった。回答者の体質は、「暑がり」と「どちらかと言えば暑がり」を併せた暑がり申告の割合が、アルミ・紙のクラスの方がなしのクラスよりもやや多かった。回答者の座席位置は、アルミ・紙・なしのクラスで大きな差はなく、窓側・中央・廊下側がそれぞれ 3 割程度だった。

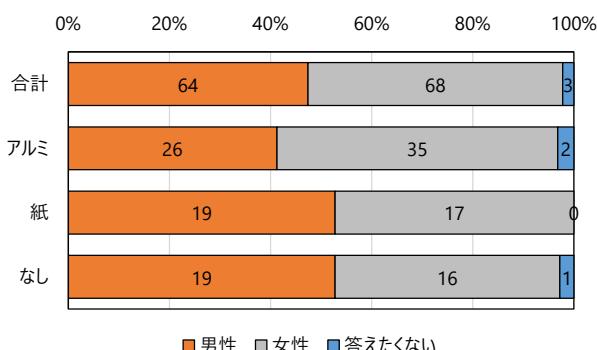


図 8-1. 回答者の性別

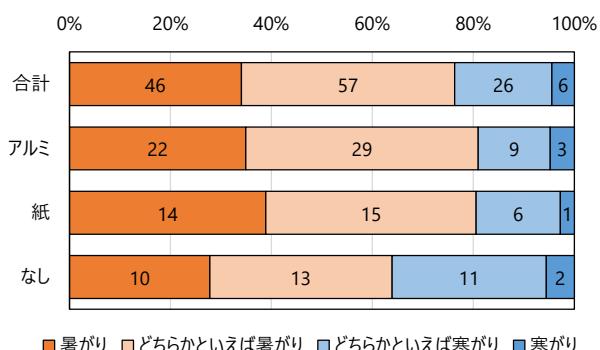
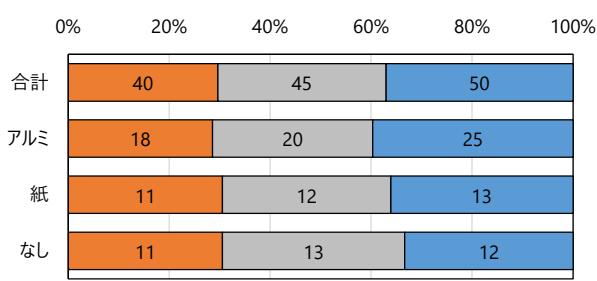


図 8-2. 回答者の体質（暑がり・寒がり）



■ 窓側から2列目まで □ 上記以外の教室の中央
■ 廊下側から2列目まで

図 8-3. 回答者の座席位置

② 授業への集中度、エアコンの音 図 8-4、8-5

授業への集中度は、「やや集中できた」と「集中できた」を併せた集中できた側の申告が5~6割程度であり、どのクラスも集中ができていた。ここで、日射遮へいの方法と授業への集中度の関連を明らかにするため、有意水準 p を0.05と定めたカイ²乗検定を行なった。このとき、集中できた側の申告、「あまり集中できなかった」と「集中できなかった」を併せた集中できなかった側の申告、どちらでもない申告の3分類に分けて分析を行なった。その結果、 $p>0.05$ となり、日射遮へいの方法に寄らず、5~6割の生徒は集中できている環境だったことがわかった。

エアコンの音が気になるかは、「気にならない」がどのクラスも8割以上であり、ほとんどの生徒はエアコンの音を気にしていなかった。ここで、座席位置とエアコンの音が気になるかの関連を明らかにするため、上記と同様にカイ²乗検定を行なった。このとき、「気にならない」とそれ以外の2分類に分けて分析を行なった。その結果、 $p>0.05$ となり、座席の位置に寄らず、8割以上の生徒は集中できている環境だったことがわかった。

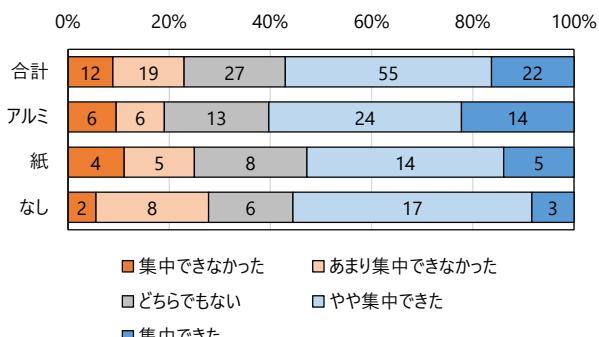


図 8-4. 授業への集中度

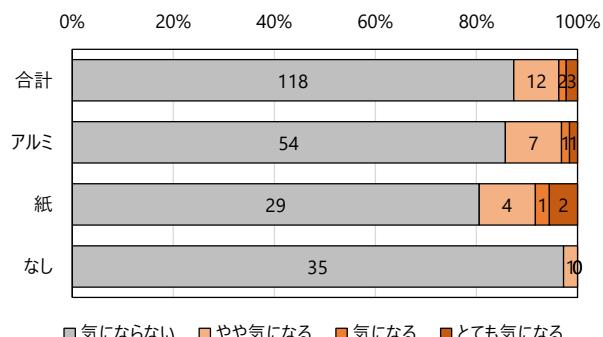


図 8-5. エアコンの音が気になるか

③ エアコンからの気流感、扇風機からの気流感 図 8-6、8-7、表 8-1、8-2

エアコンからの気流感は、「感じない」が7~8割以上であった。ここで、座席位置とエアコンからの気流感の関連を明らかにするため、上記と同様にカイ²乗検定を行なった。このとき、「感じない」とそれ以外の2分類に分けて分析を行なった。その結果、 $p<0.01$ となり、着席位置とエアコンからの気流感の間には関連が認められた。具体的には、窓側の生徒は、エアコンからの気流を感じられているが、廊下側の生徒はほとんど感じられていなかった。

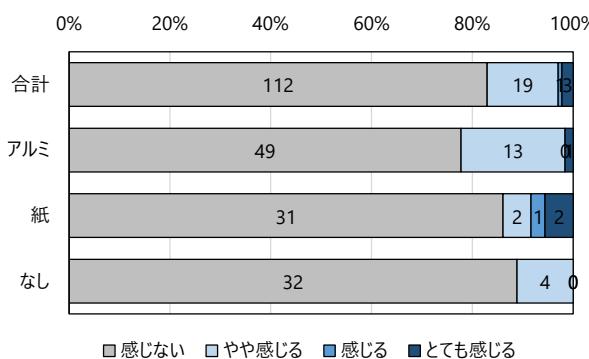


図 8-6. エアコンからの気流感

表 8-1. 座席位置とエアコンからの気流感

	感じない	感じる
窓側から2列目まで	28(-)	12(+)
上記以外の教室の中央	38	7
廊下側から2列目まで	46(+)	4(-)

カイ²乗検定： $p<0.01$

凡例：(+)有意に割合が高い、(-)有意に割合が低い

扇風機からの気流感は、「感じない」が5~6割程度で、エアコンからの気流よりも感じる生徒が多かった。ここで、座席位置と扇風機からの気流感の関連を明らかにするため、上記と同様にカイ2乗検定を行なった。その結果、 $p<0.05$ となり、着席位置と扇風機からの気流感の間には関連が認められた。具体的には、廊下側の生徒は、扇風機からの気流を感じられていなかった。

以上の分析結果から、廊下側の生徒は、エアコン・扇風機の双方の気流を感じられていなかったことがわかった。これは、エアコンは窓面に、扇風機は窓側前方に設置されていたことで、廊下側まで気流が届いていなかったためと考えられる。防暑対策として、気流は重要であるため、廊下側の生徒向けの扇風機の導入等の検討が必要である。

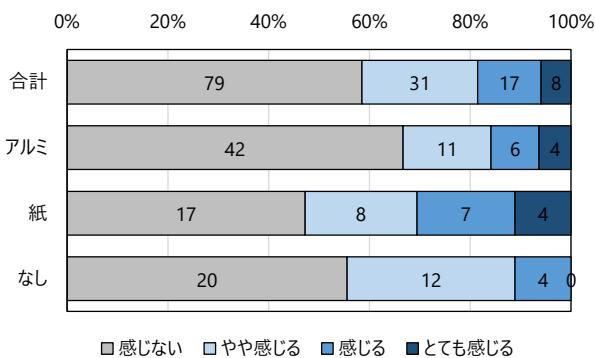


図 8-7. 扇風機からの気流感

表 8-2. 座席位置と扇風機からの気流感

	感じない	感じる
窓側から2列目まで	19	21
上記以外の教室の中央	24	21
廊下側から2列目まで	36(+)	14(-)

カイ2乗検定： $p<0.05$

凡例：(+)有意に割合が高い、(-)有意に割合が低い

④ 圧迫感・開放感、明るさ感 図 8-8、8-9、表 8-3、8-4

圧迫感・開放感は、アルミ・紙のクラスで「圧迫感がある」と「やや圧迫感がある」を併せた圧迫感申告が8割以上であり、他方でなしのクラスは5割未満だった。ここで、日射遮へいと圧迫感・開放感の関連を明らかにするため、上記と同様にカイ2乗検定を行なった。このとき、圧迫感・どちらでもない・開放感の3分類に分けて分析を行なった。その結果、 $p<0.05$ となり、日射遮へいと圧迫感・開放感の間には関連が認められた。具体的には、アルミのクラスは圧迫感を感じている生徒が有意に多く、また開放感を感じていなかった。

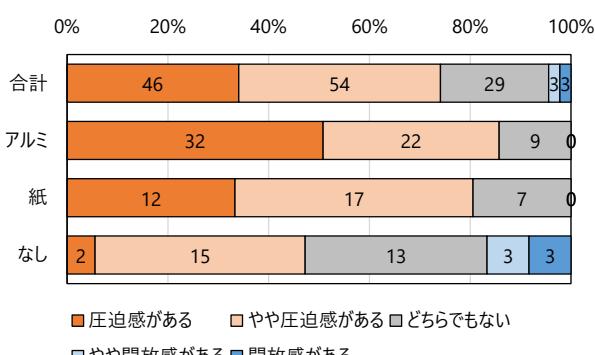


図 8-8. 圧迫感・開放感

表 8-3. 日射遮へいと圧迫感・開放感

	圧迫感	どちらでもない	開放感
アルミ	54(+)	9	0(-)
紙	23	9	4(+)
なし	23	11	2

カイ2乗検定： $p<0.05$

凡例：(+)有意に割合が高い、(-)有意に割合が低い

明るさ感は、アルミ・紙のクラスで「もっと明るくしたい」と「やや明るくしたい」を併せた明るくしたい申告が過半数であり、他方でなしのクラスは1割程度だった。これらのことから、本調査で実施した日射遮へいは、温熱環境の改善には寄与するが、生徒に圧迫感や暗さを感じさせることがわかつた。

ここで、日射遮へいと明るさ感の関連を明らかにするため、上記と同様にカイ2乗検定を行なった。このとき、明るくしたい・ちょうどいい・暗くしたいの3分類に分けて分析を行なった。その結果、 $p < 0.01$ となり、日射遮へいと明るさ感の間には関連が認められた。具体的には、アルミのクラスは、明るくしたいと感じている生徒が有意に多く、ちょうどいいと感じている生徒が有意に少なかった。他方で、なしのクラスは、明るくしたいと感じている生徒が有意に少なく、ちょうどいいと感じている生徒が有意に多かった。

これらのことから、日射遮へいを行なう場合は、教室内の照明を使用して生徒の明るさ感を改善することが必要と考えられる。

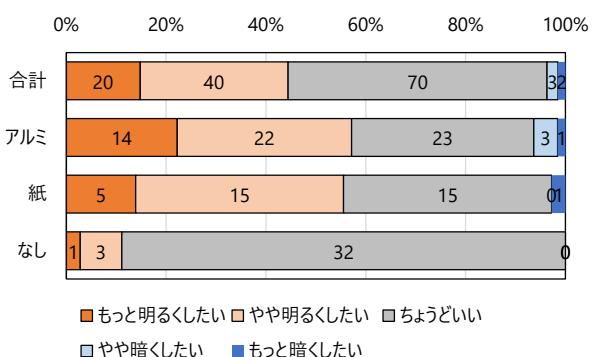


図 8-9. 明るさ感

表 8-4. 日射遮へいと明るさ感

	明るくしたい	ちょうどいい	暗くしたい
アルミ	36(+)	23(-)	4
紙	20	15	1
なし	4(-)	32(+)	0

カイ2乗検定: $p < 0.01$

凡例: (+)有意に割合が高い、(-)有意に割合が低い

⑤ 寒暑感、発汗感、快不快感 図 8-10、8-11、8-12、表 8-5

寒暑感は、全てのクラスのほとんどの生徒が「非常に暑い」「暑い」「やや暑い」の暑熱側申告だった。

発汗感は、全てのクラスで「汗をかいている」申告が6割を超えていた。なお、統計的な有意差は認められないものの、アルミ・紙のクラスと比較して、なしのクラスの「汗をかいている」申告は10ポイント以上高かった。

これらのことから、調査期間中の全てのクラスは、日射遮へいやエアコン・扇風機を用いても暑い環境であったことがわかつた。これは、生徒のうちわの使用や飲水など、防暑対策の行動を推奨することで改善できる可能性がある。

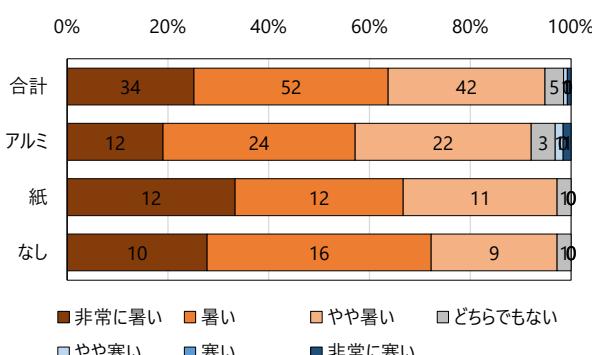


図 8-10. 寒暑感

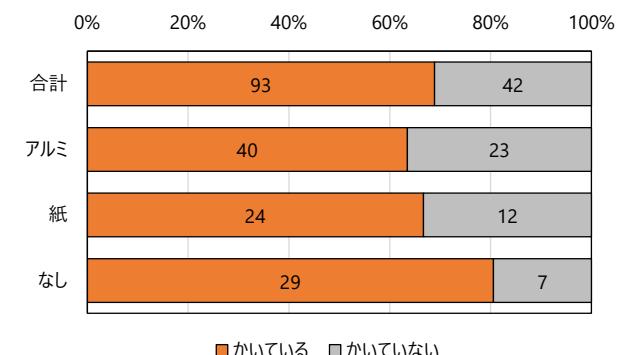


図 8-11. 発汗感

快不快感のうち「不快」申告は、なしのクラスが約6割で最も多く、次いで紙のクラスが5割程度、アルミのクラスが3割程度だった。

ここで、日射遮へいと快不快感の関連を明らかにするため、上記と同様にカイ2乗検定を行なった。その結果、 $p<0.05$ となり、日射遮へいと快不快感の間には関連が認められた。具体的には、アルミのクラスは、不快に感じている生徒が有意に少なく、不快でないと感じている生徒が有意に多かった。他方で、なしのクラスは、不快に感じている生徒が有意に多く、不快でないと感じている生徒が有意に少なかった。

これらのことから、本調査で実施した日射遮へいは、温熱環境の改善に加えて、生徒の熱的快適性を改善にも寄与していたことがわかった。

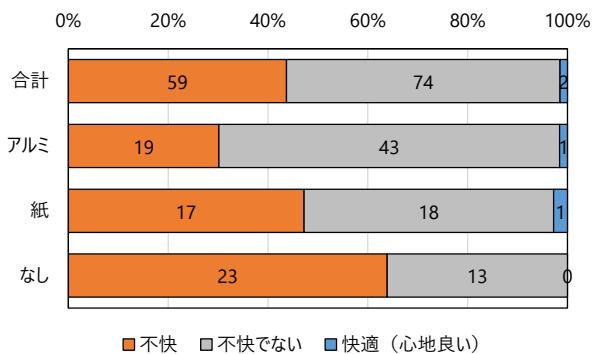


図 8-12. 快不快感

表 8-5. 日射遮へいと快不快感

	不快	不快でない	快適(心地良い)
アルミ	19(-)	43(+)	1
紙	17	18	1
なし	23(+)	13(-)	0

カイ2乗検定: $p<0.05$

凡例: (+)有意に割合が高い、(-)有意に割合が低い

⑥ 想像温度 図 8-13

想像温度とは、「今、何°Cだと思うか?」という質問に対してヒトが直感で回答する心理的な温度である。夏期では、寒暑感や快不快感が暑い側・不快申告から寒い側・快適申告になるにつれて、想像温度が低くなる関係性が明らかにされている。本調査では、なしのクラスを対象群として、紙・アルミのクラスの想像温度を比較した (Kruskal-Wallis 検定、多重比較は steel 法)。その結果、なしとアルミのクラスの間で有意差が認められた ($p<0.05$)。アルミのクラスの不快申告は、有意に少なかったこととも矛盾しない結果であり、このことから、日射遮へいにより生徒の想像温度が低くなることがわかった。

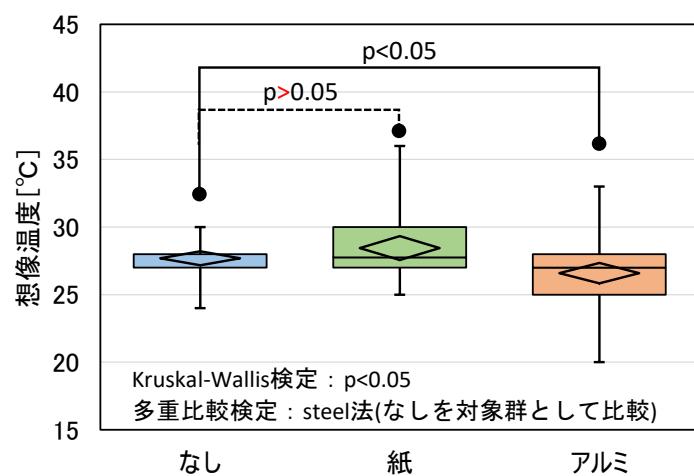


図 8-13. 想像温度

⑦ アンケートのまとめ

6月12日のアンケートに着目して、日射遮へいの種別や座席位置と、気流感や熱的快適性などとの関係性を分析した。以下に、本調査でわかったことを示す。

- 廊下側の座席の生徒は、エアコンと扇風機の両方の気流を感じられていないことがわかった。
- 夏期の防暑対策として、気流は重要であると考えられるため、廊下側に扇風機を設置することや、生徒自らがうちわ等を使用する環境調整行動の実施を検討する必要がある。
- 日射遮へいにより、室内が暗くなってしまうため、生徒は圧迫感を感じ、また明るくしたいという意向を持っていた。日射遮へいは、室温の上昇を抑制するため、日射遮へいを実施する場合には、室内の照明を使用するなどの対応が必要である。
- 日射遮へいとエアコン・扇風機の併用した場合でも、生徒は暑さを感じていた。一方で、アルミ箔を用いた日射遮へいを実施したクラスは、不快申告が有意に少なく、他方で不快でない申告が有意に多かった。そのため、日射遮へいとエアコン・扇風機を併用した場合の温熱環境は、不快でない状態まで改善できていた。