

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）  
分担研究報告書

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究  
個別空調方式の影響調査

研究分担者 中野 淳太 東海大学 工学部建築学科 准教授

研究要旨

2017～2020年の夏季と冬季において、北海道、東京、埼玉、横浜、名古屋、大阪、福岡にある事務所建築物 27 件にて行った調査の再分析を行い、空気環境不適合率上昇における個別空調方式の影響を調査した。PAC+換気方式は外気の影響を大きく受け、特に相対湿度は不適合となる範囲まで分布しやすい傾向にあることがわかった。空気温度および気流速度については、衛生管理基準の範囲を超えることはまれであった。ISO17772-1 による評価結果からは、PAC+換気方式において総合評価および PMV の評価がカテゴリ I～N/A まで広く分布していることがわかった。これは、同一空間内でもインテリアとペリメータの空気温度および平均放射温度の差が大きくなる傾向にあるためであった。また、冬季の上下温度分布も中央方式より大きくなりやすいことが確認された。以上を総合すると、換気を伴う個別空調方式は外気湿度の影響を受けやすく、同一空間内の高さ方向および水平方向の環境に分布が生じやすいことがわかった。また、同じ空調方式でも建物間の差が生じやすいと言える。衛生管理において、個別空調方式では室内環境分布に着目した評価が重要になると考えられる。

A. 研究目的

R2 年度は COVID-19 の感染拡大により、事務所建築における新規の実測調査が困難となった。そこで、2017～2020 年の夏季と冬季に行った調査の再分析を行い、空気環境不適合率上昇における個別空調方式の影響を調査した。

B. 研究方法

調査は 2017～2020 年の夏季と冬季に行い、北海道、東京、埼玉、横浜、名古屋、大阪、福岡にある事務所建築物 27 件を対象とした。測定対象建物の詳細を表 1 に示す。規模に応じて特定建築物と 3,000 m<sup>2</sup>以下の建築物、空調方式は中央方式と個別方式（PAC）を交えて選定した。建物によっては、複数階の事務所を測定し、測定点は居住者の滞在する室中央部（インテリア：i）と窓近傍（ペリメータ：p）の 2 点とした。測定高さは、温湿度が床上 0.1m、0.6m、1.1m、1.7m の 4 点、その他

の項目は床上 1.1m とした。空気温度、湿度、グローブ温度は 15 分間測定の終了前 30 秒間の平均値、気流速度は 3 分間の平均値を記録した。

これらの測定結果について、建築物衛生法の管理基準および ISO17772-1<sup>1)</sup>により評価を行った。ISO17772-1 は、2017 年に制定された基準で、温熱環境、空気環境、光環境、音環境に関する推奨値を示している。これらは居住者に期待される室内環境の質のレベル（高、中、ひかえめ、低）に応じて、I-IV のカテゴリに分けられている。温熱環境については、PPD（予測不満足者率）、ドラフト、上下温度分布、および非対称放射について不満足者率により推奨値を示している。温熱環境に関するカテゴリ別不満足者率推奨値を表 2 に示す。

C. 研究結果

C1. 空調方式による分類

計 104 点の測定結果を 2 つの季節(夏季・冬季) および 3 つの空調方式に分類して分析を行った。分類別の測定点数を図 1 に示す。最も多いのは換気のある個別空調方式(PAC+換気)で 66 件であった。次に多かったのは中央方式(中央)の 30 件で、換気のない個別空調方式(PAC)は 8 点であった。PAC は他の分類と比較して件数が少ないため、参考データとして扱う。

## C2. 全測定点の測定結果

測定時の外気温に対する高さ 1.1m の室温を図 2 に示す。分布は、外気温 20℃を境に夏季と冬季の 2 群に分かれていた。冬季の中央方式の室温は外気温と比例関係が見られたが、PAC と PAC+換気は相関が見られなかった。特に PAC+換気は、21.5~27.7℃の範囲で室温が広く分布していた。夏季はいずれの空調方式も外気温と室温に相関はなく、外気と無関係に室温が制御されている実態が明らかになった。

測定時の外気湿度に対する高さ 1.1m の室内絶対湿度を図 3 に示す。外気絶対湿度が 10 g/kg' 以下となる冬季は、加湿や人体からの発湿により概ね室内絶対湿度が外気を上回っていた。夏季は除湿により室内の絶対湿度が低くなっており、いずれの季節も空調方式による差は小さかった。空気温度、相対湿度、気流速度、平均放射温度に関する全測定点の結果を比較した。夏季結果を図 4 に、冬季結果を図 5 に示す。X 軸の測定点の下にあるマーカーは空調方式を、添え字の i はインテリア、p はペリメータを示す。また、空気温度、相対湿度、気流速度については衛生管理基準値を赤線で示す。

## C3. 建築物衛生法管理基準の適合状況

全測定点における建築物衛生法管理基準(以下、衛生管理基準)の適合状況を図 6 に示す。不適合率で見ると、気流速度は 0%、空気温度は 2%であったのに対し、相対湿度は 35%と最も高かった。季節および建物分類による適合状況を図 7 に示す。空気温度で不適合となったのは夏季に 28℃を超えた 2 点のみであった。図 4 で確認すると、いずれも測定空間面積が 44m<sup>2</sup> の小規模オフィス F01 で、PAC+換気であった。

夏季に相対湿度が不適合となったのは PAC+換気の特定建築物 A03 の 2 点のみで、外気相対湿度が 90%を超えている条件であった。冬季の相対湿度は 68%と全体的に不適合率が高く、特に PAC+換気では 81%が不適合となっていた。

PAC+換気方式が外気条件の影響を受けやすく、特に相対湿度は不適合となる範囲まで変化しやすい傾向にあることがわかった。

## C4. ISO 17772-1 による評価結果

ISO 基準による評価に当たり、高さ 1.1 m の空気温度湿度、平均放射温度、気流速度の測定結果、代謝量 1.1 met から PMV および PPD を求めた。着衣量は夏季 0.5 clo、冬季は 1.0 clo とした。局所不快感については推奨値がカテゴリ III まで示されているため、上限値を超えた場合は IV 評価とした。PMV の推奨値はカテゴリ IV まで示されているため、上限値を超えた場合は「N/A(不適合)」とした。総合評価は、4 つの評価項目のうち、最も低い評価を適用した。

全測定点のカテゴリ評価結果を図 8 に示す。総合評価のカテゴリ I は 13%、カテゴリ II が最も多い 35%、カテゴリ III と IV がそれぞれ 29%、21%、評価対象外が 2%となった。衛生管理基準においては、冬季の相対湿度以外は概ね適合していたのに対し、ISO17772-1 による総合評価では、全体の約 1/4 が最も低いレベルまたは不適合に相当することがわかった。

項目別に見ると、全測定点の評価結果で、最もカテゴリ I の評価が低かったのが PMV であった。反対に、非対称放射はすべての測定点でカテゴリ I の評価であった。以下の分析は、季節および空調方式の種別に分けて行うが、PAC の調査件数は他の方式と比べて極端に少ないため、参考値として示す。

季節および空調方式の種別による各項目のカテゴリ評価を図 9 に示す。総合評価では、PAC+換気がいずれの季節も I~N/A まで広く評価が分布していることがわかった。中央方式も夏季は同様の傾向が見られるものの、冬季はカテゴリ II と III のみで、一定の範囲内に環境調整されていた。PMV は総合評価とほぼ同等の分布となっていた

が、PAC+換気のカテゴリ I 評価の割合が高くなっていった。夏季の上下温度分布は 1 点を除いて全て I 評価であったが、冬季の PAC+換気では I 評価は 28%に激減しており、38%が IV 評価となっていた。夏季のドラフトは、いずれの空調方式も約 6 割が I 評価であった。冬季の中央方式は I 評価が 87.5%まで上昇していたが、PAC+換気では 53%と微減していた。

夏季における全測定点の PMV 評価結果を図 10 に示す。カテゴリ II に相当する±0.5 の値を太線で示している。カテゴリ I の評価には PMV が±0.2 以内、カテゴリ II には±0.5 以内である必要がある。夏季には+0.5 を超えていたのは、主にペリメータゾーンであった。-0.5 を下回る測定点も見られたが、これらに特定の傾向は見られなかった。冬季における全測定点の PMV 評価結果を図 11 に示す。-0.5 を下回る測定点はなく、±0.5 を逸脱していたのはすべて上限を超えたためであった。

高さ 0.1m の空気温度に対する高さ 1.1m の空気温度を図 12 に示す。高さ 1.1m の空気温度は 0.1m よりも高い傾向にあり、23℃以下で温度差が大きくなる傾向にあった。特に PAC+換気方式は分布が大きく、冬季の中央式の平均温度差が 1.0℃に対し、冬季の PAC+換気方式は 2.6℃であった。

#### C5. インテリアとペリメータの環境の差

同一空間内のインテリアを基準としたペリメータとの環境の差を図 13 に示す。PAC の結果は省略し、中央式と PAC+換気の比較を行っている。

相対湿度、絶対湿度および気流速度については、空調方式による差は見られなかった。しかし、空気温度と平均放射温度については、PAC+換気の分布が広く、結果的に PMV の値も分布が広がっていることがわかった。

#### E. 結論

PAC+換気方式は外気の影響を大きく受け、特に相対湿度は不適合となる範囲まで分布しやすい傾向にあることがわかった。空気温度および気流速度については、衛生管理基準の範囲を超えることはまれであった。

ISO17772-1 による評価結果からは、PAC+換気方式において総合評価および PMV の評価がカテゴリ I~N/A まで広く分布していることがわかった。これは、同一空間内でもインテリアとペリメータの空気温度および平均放射温度の差が大きくなる傾向にあるためであった。また、冬季の上下温度分布も中央方式より大きくなりやすいことが確認された。

以上を総合すると、換気を伴う個別空調方式は外気湿度の影響を受けやすく、同一空間内の高さ方向および水平方向の環境に分布が生じやすいことがわかった。また、同じ空調方式でも建物間の差が生じやすいと言える。

衛生管理において、個別空調方式では室内環境分布に着目した評価が重要になると考えられる。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

なし

#### G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

##### 1. 特許取得

なし

##### 2. 実用新案登録

なし

##### 3. その他

なし

#### <参考文献>

- 1) ISO: ISO7726 Ergonomics of the thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities, 1998

表1 調査対象建築物

都道府県	建築物区分	ID	季節	調査日	測定階	測定場所面積 [m <sup>2</sup> ]	天井高 [m]	空調設備
北海道	特定建築物	H01	夏	2017/8/25	3F	200	2.5	中央式 (AHU)
	3,000㎡未満	H02	夏	2017/8/25	6F	25	2.5	個別式 (PAC+換気)
	3,000㎡未満	H03	夏	2017/8/25	2F	75	2.6	個別式 (PAC)
東京	特定建築物	E01	夏 冬	2018/9/18 2018/1/10	6F	118	2.4	個別式 (PAC+換気)
埼玉	3,000㎡未満	E02-1	夏 冬	2018/8/23 2018/1/10	1F	328	2.8	個別式 (PAC+換気)
		2F			409	2.8	個別式 (PAC+換気)	
		3F			614	2.8	個別式 (PAC+換気)	
東京	3,000㎡未満	E03	夏	2018/8/23	3F	169	2.54	個別式 (PAC+換気)
東京	特定建築物	E04	夏 冬	2018/9/18 2018/12/19	27F	1178	3	中央式 (外調機+放射)
東京	特定建築物	E05	秋	2018/9/18	1F	133	2.56	個別式 (PAC)
神奈川	3,000㎡未満	E06-2	夏	2019/8/2	2F	123	2.9	中央式 (外調機)
		E06-1	冬	2018/12/18	1F	204	2.9	中央式 (外調機)
東京	3,000㎡未満	E07	夏 冬	2019/8/1 2020/1/15	3F	55	2.41	個別式 (PAC+換気)
東京	特定建築物	E08	夏	2019/8/1 2020/2/17	9F	1050	2.71	中央式 (外調機)
東京	3,000㎡未満	E09	夏 冬	2019/8/1 2020/2/14	3F	92	2.4	個別式 (PAC+換気)
東京	3,000㎡未満	E10	夏 冬	2019/8/27 2020/2/21	5F	93	2.5	個別式 (PAC+換気)
東京	3,000㎡未満	E11	夏 冬	2019/8/27 2020/2/17	5F	196	2.4	中央式 (外調機)
東京	3,000㎡未満	E12	夏 冬	2019/8/27 2020/1/15	2F	110	2.5	個別式 (PAC+換気)
群馬	3,000㎡未満	E13	冬	2020/2/21	2F			個別式 (PAC+換気装置)
東京	特定建築物	E14	冬	2020/2/21	8F			中央式 (外調機)
名古屋	特定建築物	A01	夏 冬	2019/8/29 2020/2/13	6F	96	2.5	中央式 (外調機)
	3,000㎡未満	A02	夏 冬	2019/8/30 2020/2/13	4F	176	2.7	個別式 (PAC+換気)
	特定建築物	A03	夏 冬	2019/8/30 2020/2/13	4F	266	2.5	個別式 (PAC+換気)
大阪	3,000㎡未満	W01	夏 冬	2018/8/28 2018/3/5	2F	124	2.3	個別式 (PAC+換気)
	3,000㎡未満	W02	夏 冬	2018/8/29 2018/3/5	2F	109	2.7	個別式 (PAC)
	特定建築物	W03	夏 冬	2018/8/29 2019/1/10	2F	193	2.4	中央式 (外調機+PAC)
福岡	3,000㎡未満	F01	夏 冬	2018/8/27 2019/1/11	6F	44	2.5	個別式 (PAC+換気)
	3,000㎡未満	F02	夏 冬	2018/8/27 2019/1/10	2F	93	2.4	個別式 (PAC+換気)
	3,000㎡未満	F03	夏 冬	2018/8/27 2019/1/11	2F	122	2.6	個別式 (PAC+換気)
	特定建築物	F04	夏 冬	2018/8/28 2019/1/11	4F	383	2.45	個別式 (PAC+換気)

表 2 ISO17772-1 の温熱環境に関するカテゴリ別推奨値(不満足者率)

区分	PPD	ドラフト	上下温度分布	非対称放射
I	< 6	< 10	< 3	< 5
II	< 10	< 20	< 5	< 5
III	< 15	< 30	< 10	< 10
IV	< 25			

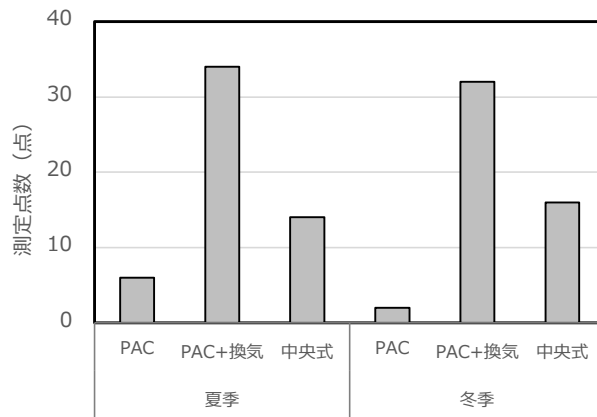


図 1 建物分類別測定点数

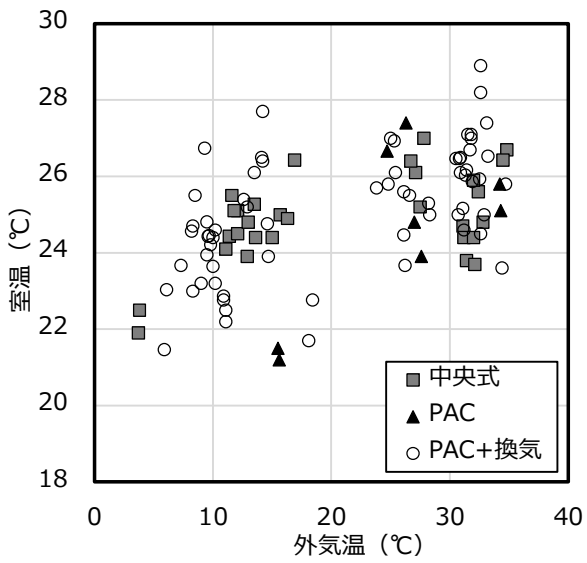


図 2 外気温と室温

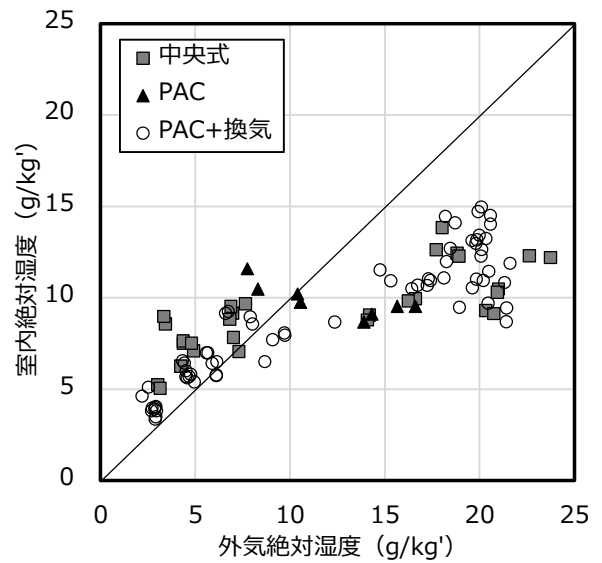


図 3 外気絶対湿度と室内絶対湿度

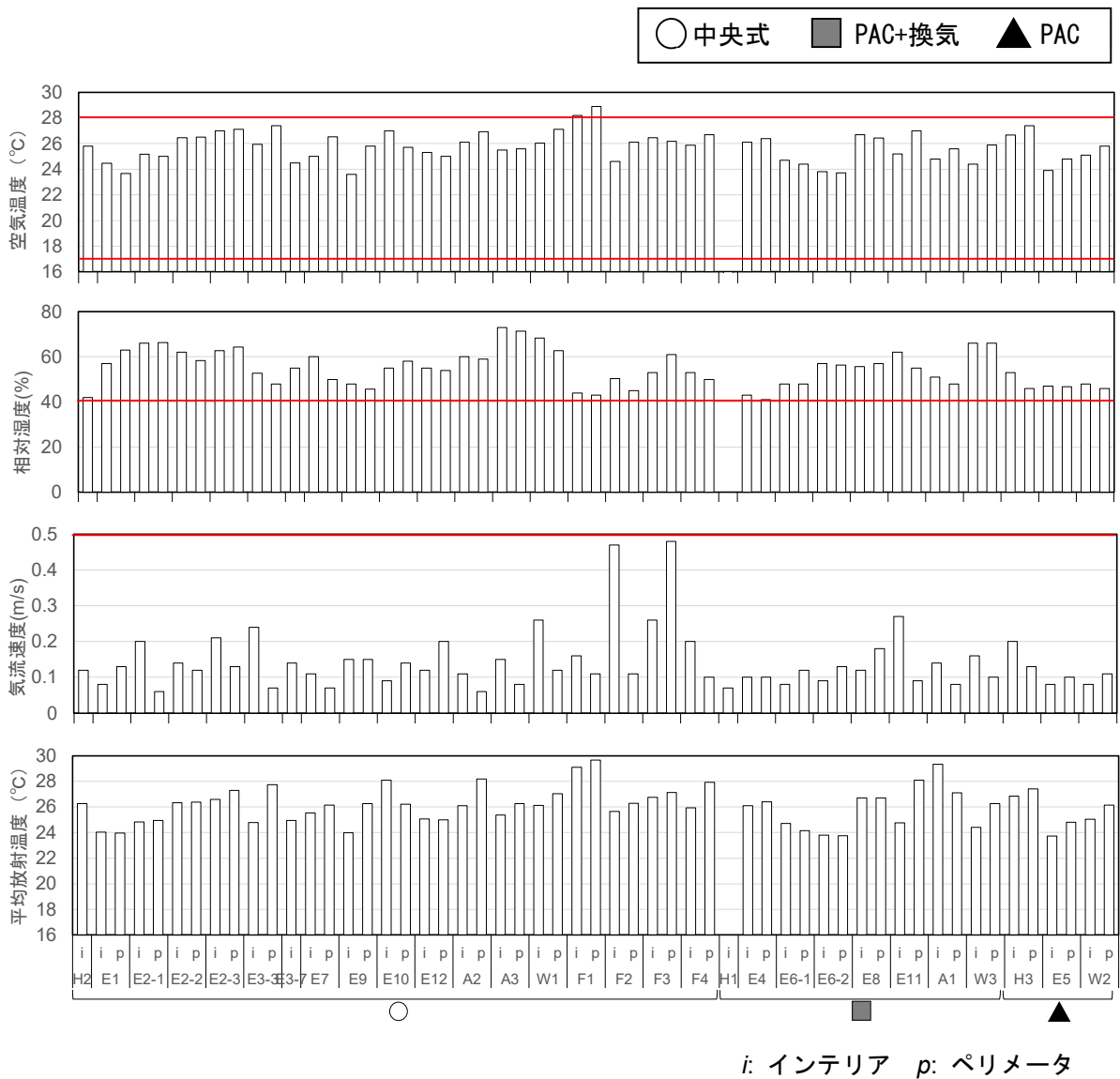


図4 夏季測定結果(上:空気温度、中:相対湿度、下:気流速度)

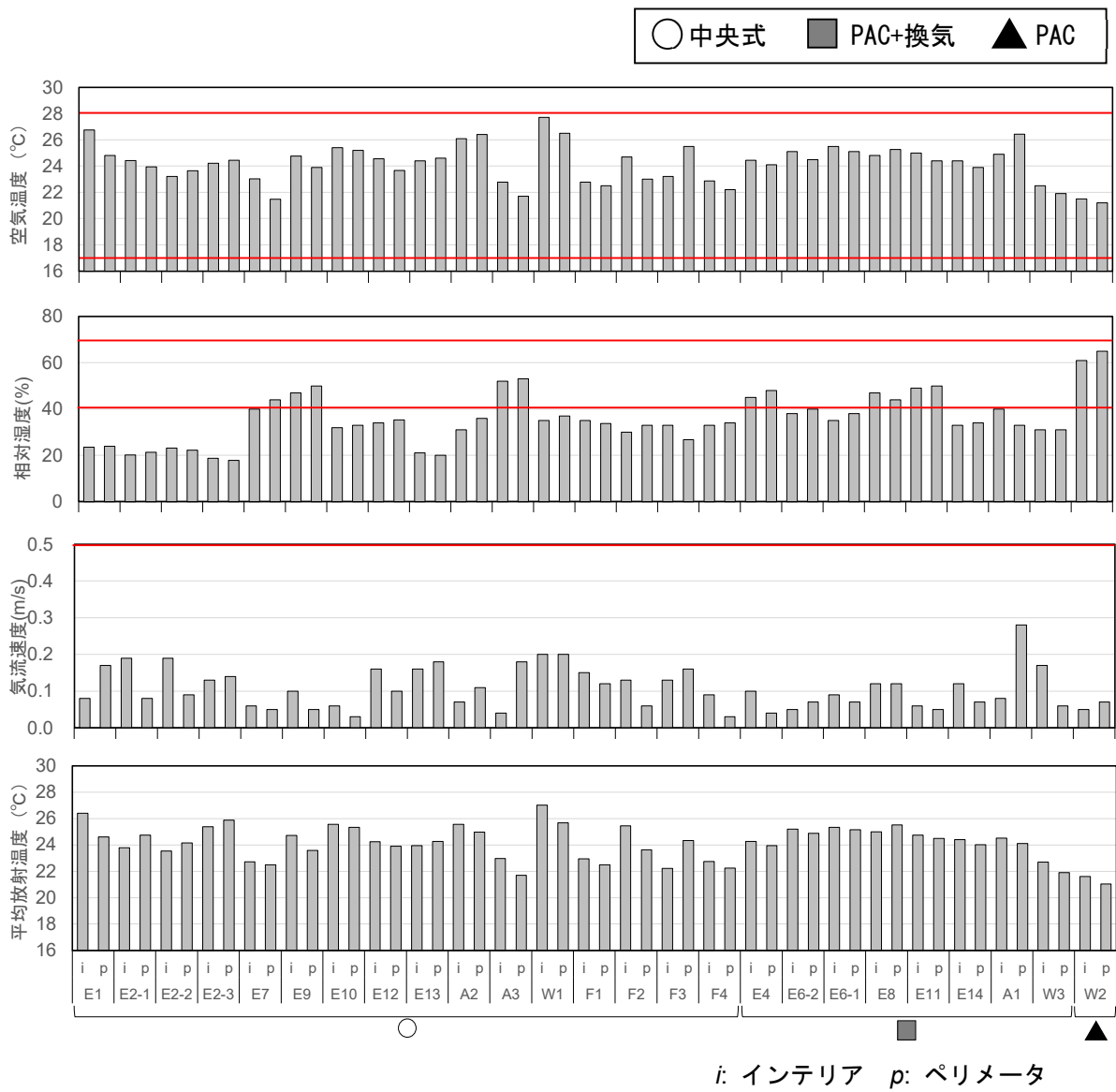


図5 冬季測定結果(上:空気温度、中:相对湿度、下:気流速度)

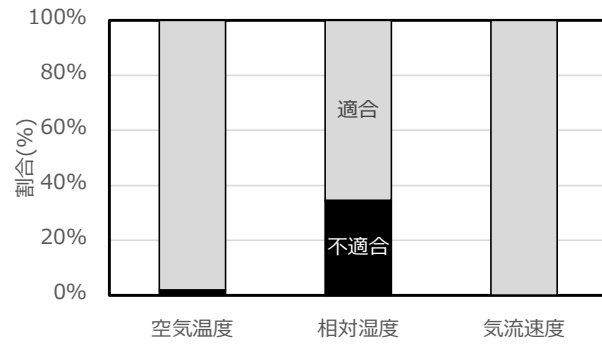


図 6 衛生管理基準の適合状況 (通年)

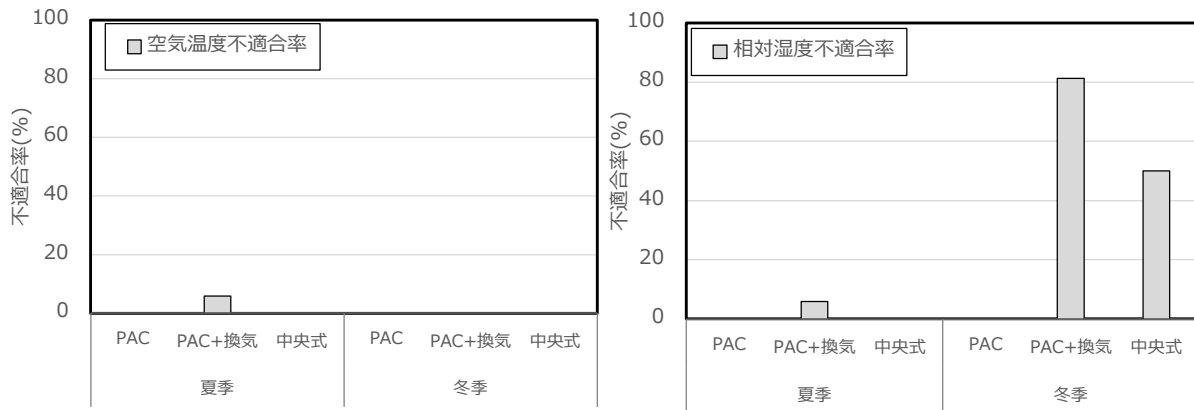


図 7 衛生管理基準の建物分類別適合状況 (左: 空気温度、右: 相対湿度)

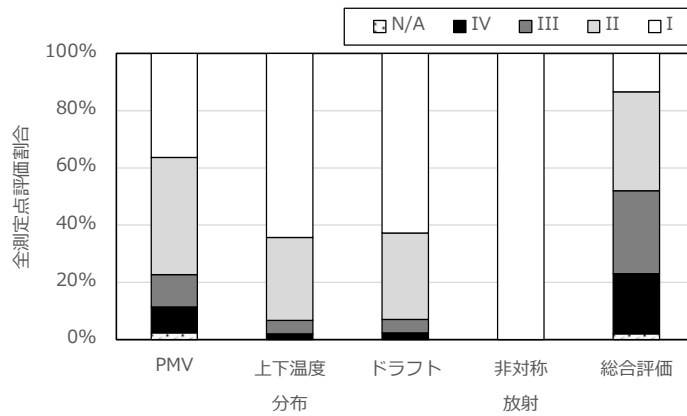


図 8 ISO17772-1 による評価結果



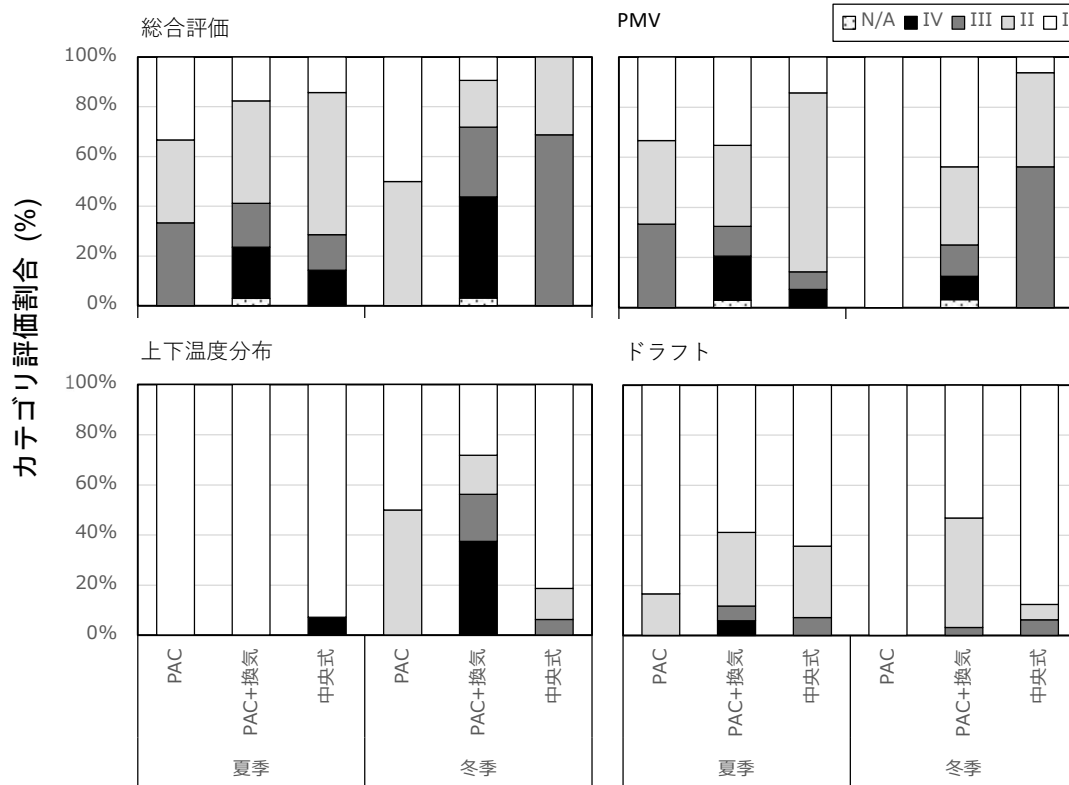


図9 ISO17772-1による建物分類別評価結果

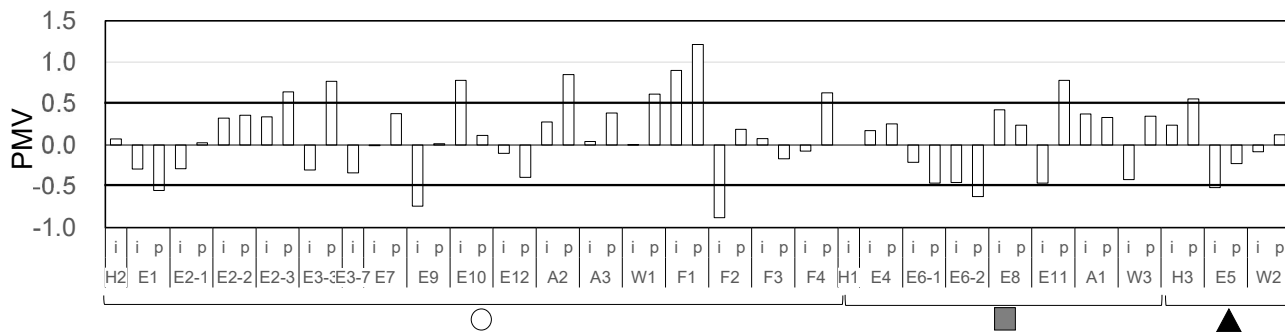


図10 夏季PMV測定結果

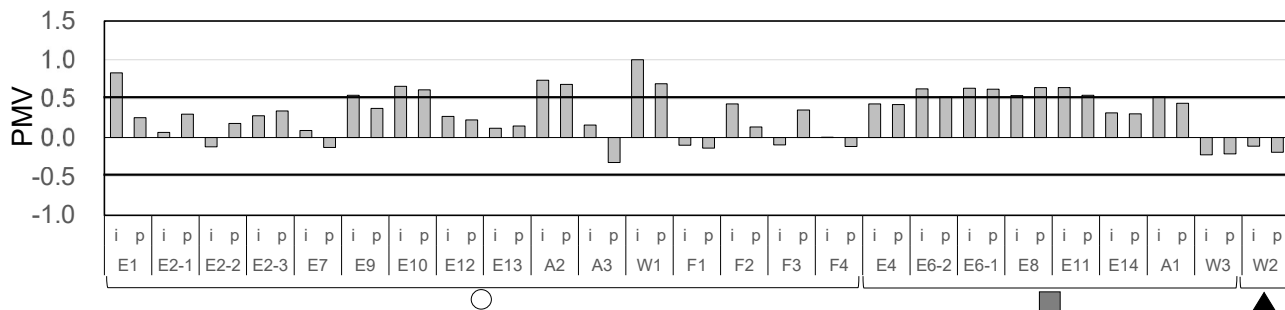


図11 冬季PMV測定結果

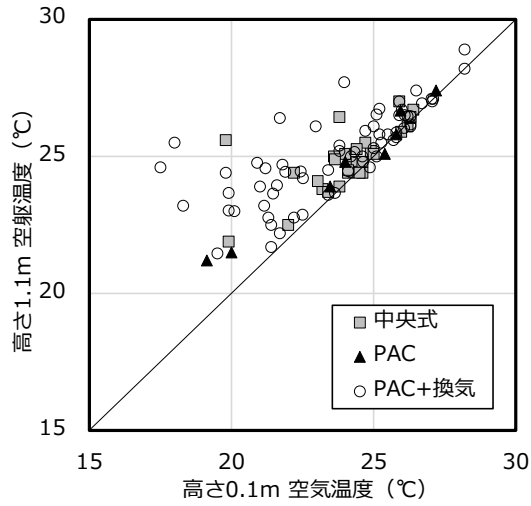


図 12 高さ 0.1m の空気温度に対する高さ 1.1m の空気温度

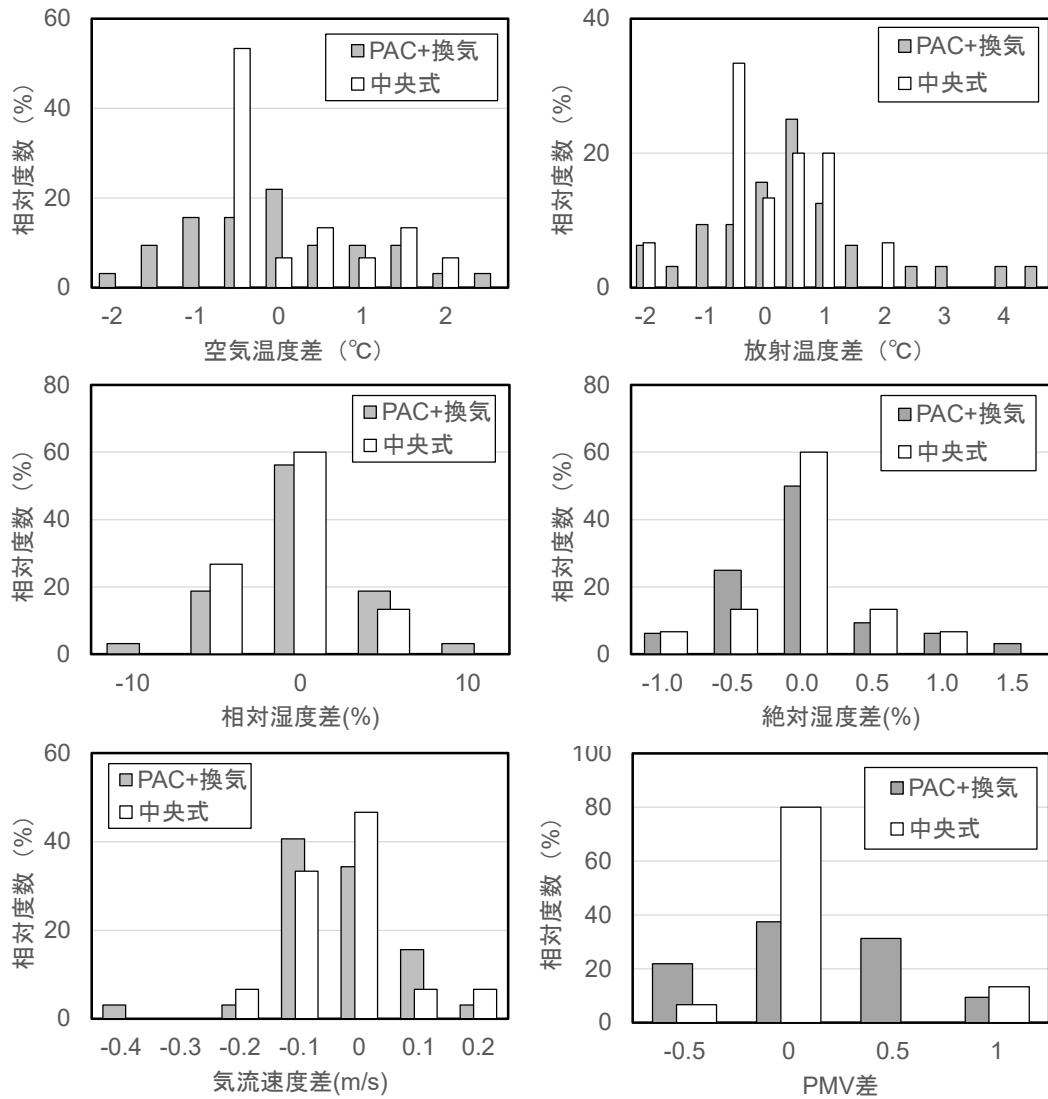


図 13 インテリアを基準としたペリメータとの環境の差