

エミュレータを活用した空調・換気設備の最適化検討

Optimization Study of Air Conditioning and Ventilation Control Using Emulators

○ 奥田 至音 (愛知工業大学) 石森 義人 (愛知工業大学) 正 会員 河路 友也 (愛知工業大学)

1. 研究の背景と目的

●背景

カーボンニュートラルの実現に向け、建物運用時の二酸化炭素排出を削減するために、建築設備の運用改善は非常に重要である。この課題に対して空気・換気の運用最適化を目指した選手権 (WCCBO2) が開催された。

●目的

以上の背景より、本研究では上記の選手権に参加し、建物最適化技能No. 1を目指して実施した様々な検討内容と結果について示している。

2. 選手権概要・対象建物・設備概要

●WCCBO2とは

表1 選手権概要

開催要項	詳細
選手権名称	第2回電脳建築最適化世界選手権 (WCCBO2)
主催	IBPSA, Japan Regional Affiliate
開催期間	2024年10月1日～11月1日 (本番10月29日以降)
参加数	62チーム (大学33、建築設計2、建築施工11、 機械製造8、情報通信・制御システム4、不明4)

●Shizuku2とは

Shizuku2とは、大会の主催者より提供されたVRF (ビル用マルチエアコン) を導入した建物の建物の熱環境システムを模擬するためのエミュレータソフトウェアである。

●建物概要

全18のエリアに分けられ、VRFは4系統ある。

●設備概要

表2 室外機仕様

室外機名	O1	O2	O3	O4
冷却能力[kW]	40	22.4	33.5	22.4
冷却電力[kW]	12.5	6.07	9.74	6.07
暖房能力[kW]	45	25	37.5	25
暖房電力[kW]	13.1	6.32	10	6.32
風量[m ³ /min]	210	218	187	218
電力[kW]	0.58	0.52	0.42	0.52

表3 室内機仕様

室内機名	I1	I2
冷却能力[kW]	5.6	7.1
冷却電力[kW]	-	-
暖房能力[kW]	6.3	8.0
暖房電力[kW]	-	-
風量[m ³ /min]	15.5	22.0
電力[kW]	0.043	0.072

表4 全熱交換器仕様

全熱交換器名	H1	H2
風量 [CMH]	150	250
顕熱交換効率 [%]	74.0	70.0
潜熱交換効率 [%]	64.5	63.0
電力 [kW]	0.075	0.100

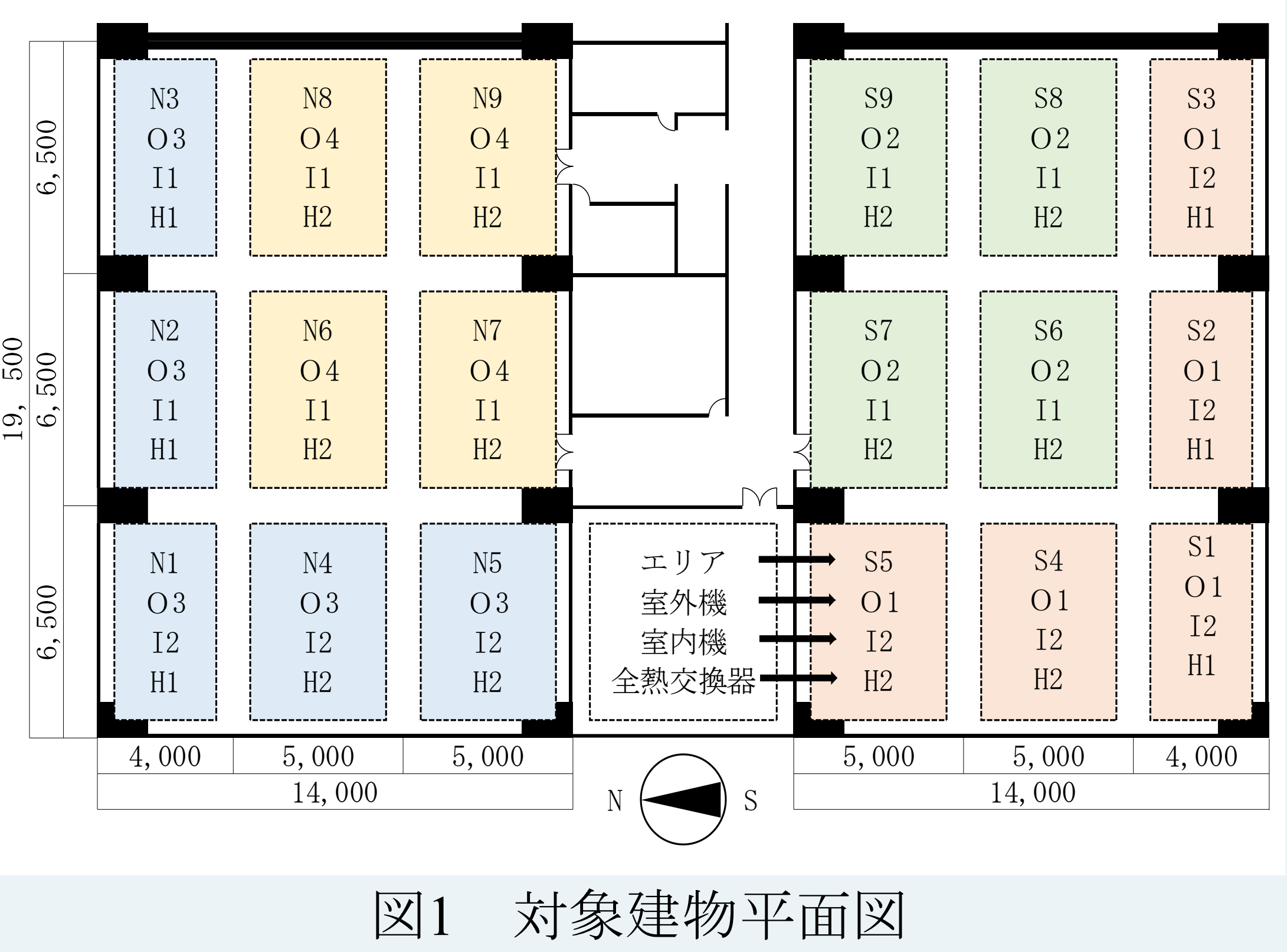


図1 対象建物平面図

3. 感度分析

●データの評価方法

消費エネルギー積算値・平均不満足率の結果をアップロードすることで、それぞれ一定の手順で計算され、エネルギー性能と快適性としてパーセンタイル値に換算される。

●検討方針

表5 制御項目・検討内容

制御項目	夏季	冬季
設定室温(°C)	20~30	15~29
蒸発・凝縮温度(°C)	11~20	38~50
室内機風量	強・中・弱	強・中・弱
全熱交換器風量	強・中・弱	強・中・弱
噴流角度(度)	0、0.5、1、1.5、2、2.5、3	あり
ナイトパーズ	あり	-
外気カット(時間)	0、0.5、1、1.5、2、2.5、3	-
室内機・全熱交換器 空調発停周期(分)	15/15、30/15、45/15、60/15、75/15 凡例: 運転時間/停止時間(分)	15/15

表6 制御内容

制御項目	夏季	冬季
①設定室温(°C)	25.5	22.5
②蒸発・凝縮温度(°C)	14	38
③室内機風量	弱	弱
④全熱交換器風量	中	中
⑤噴流角度(度)	0	90
⑥ナイトパーズ	なし	-
⑦外気カット(時間)	2.5	-
⑧室内機発停周期(分)	60/15	15/15
⑨全熱交換器発停周期(分)	45/15	30/15

●感度分析運用結果

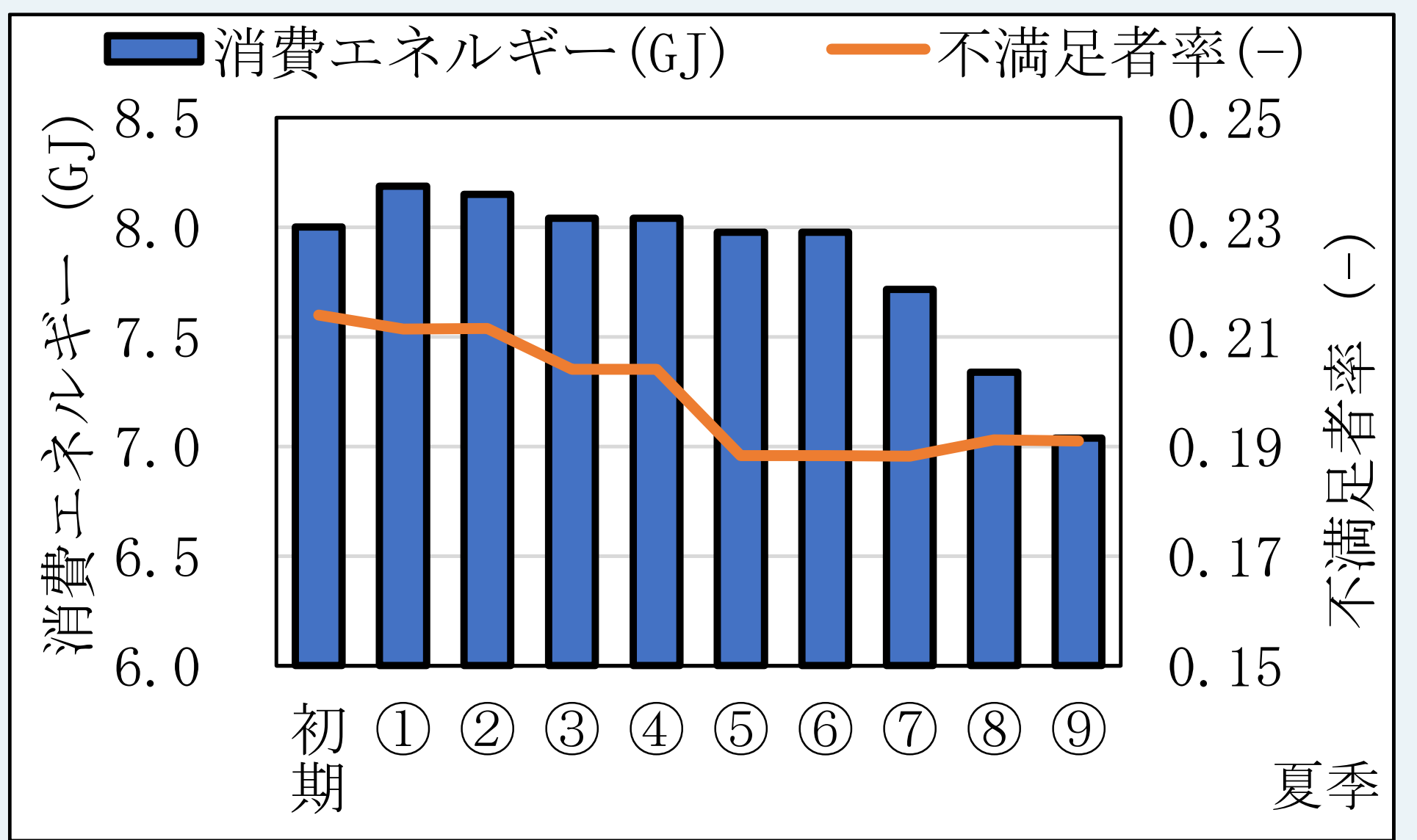


図2 消費エネルギーと不満足率の変化

噴流角度の変更に伴い
不満足率が低下

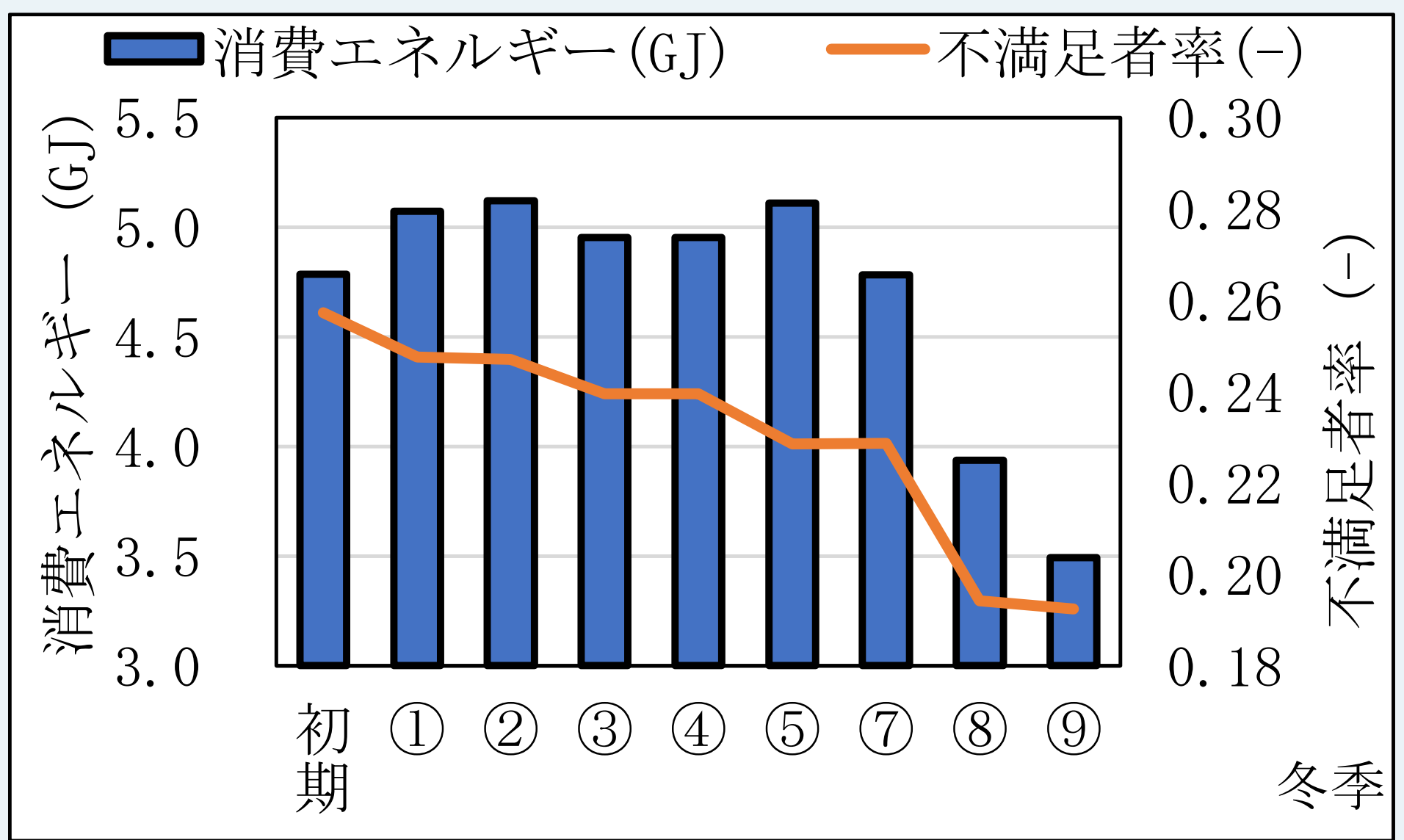


図3 消費エネルギーと不満足率の変化

室内機発停周期の変更に伴い
不満足率が低下

●パッシブリスミング空調の運用検討 (冬季)

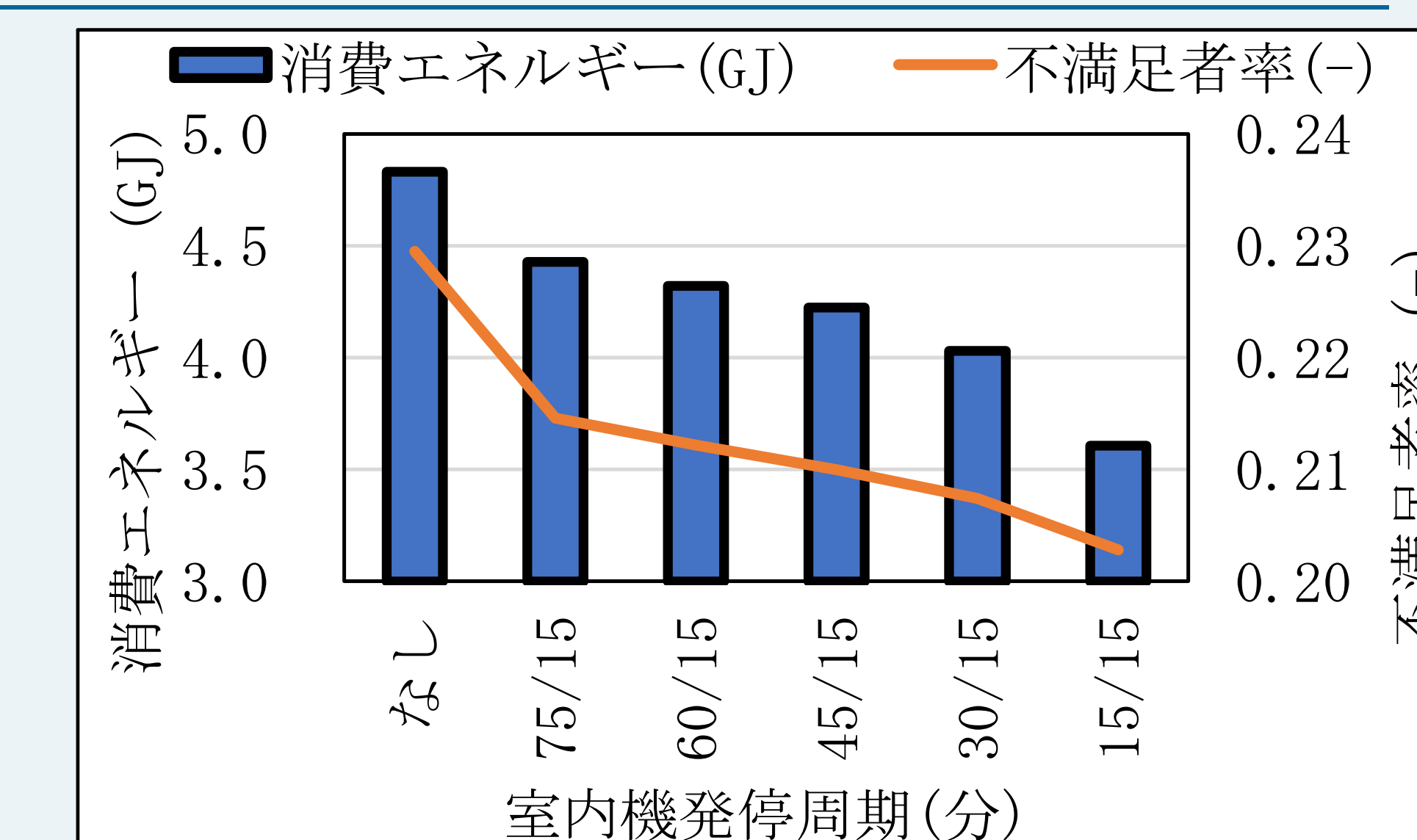


図4 消費エネルギーと不満足率の変化

発停周期の短縮に伴い
不満足率が低下した

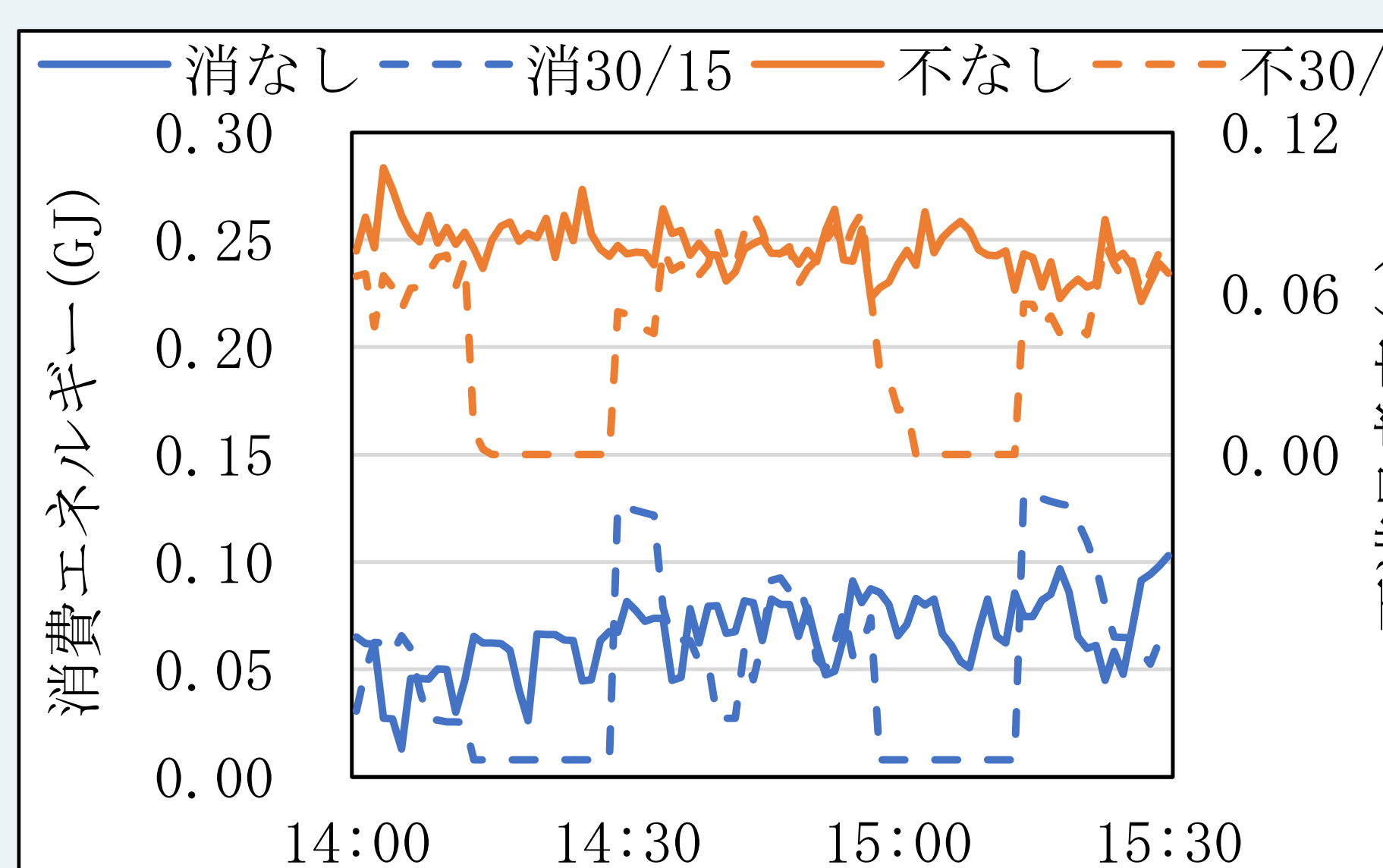


図5 消費エネルギーと不満足率の変化

運転時間の減少に伴い
ドラフトによる不満足率の低下

4. 選手権実施

●執務者条件・外気条件

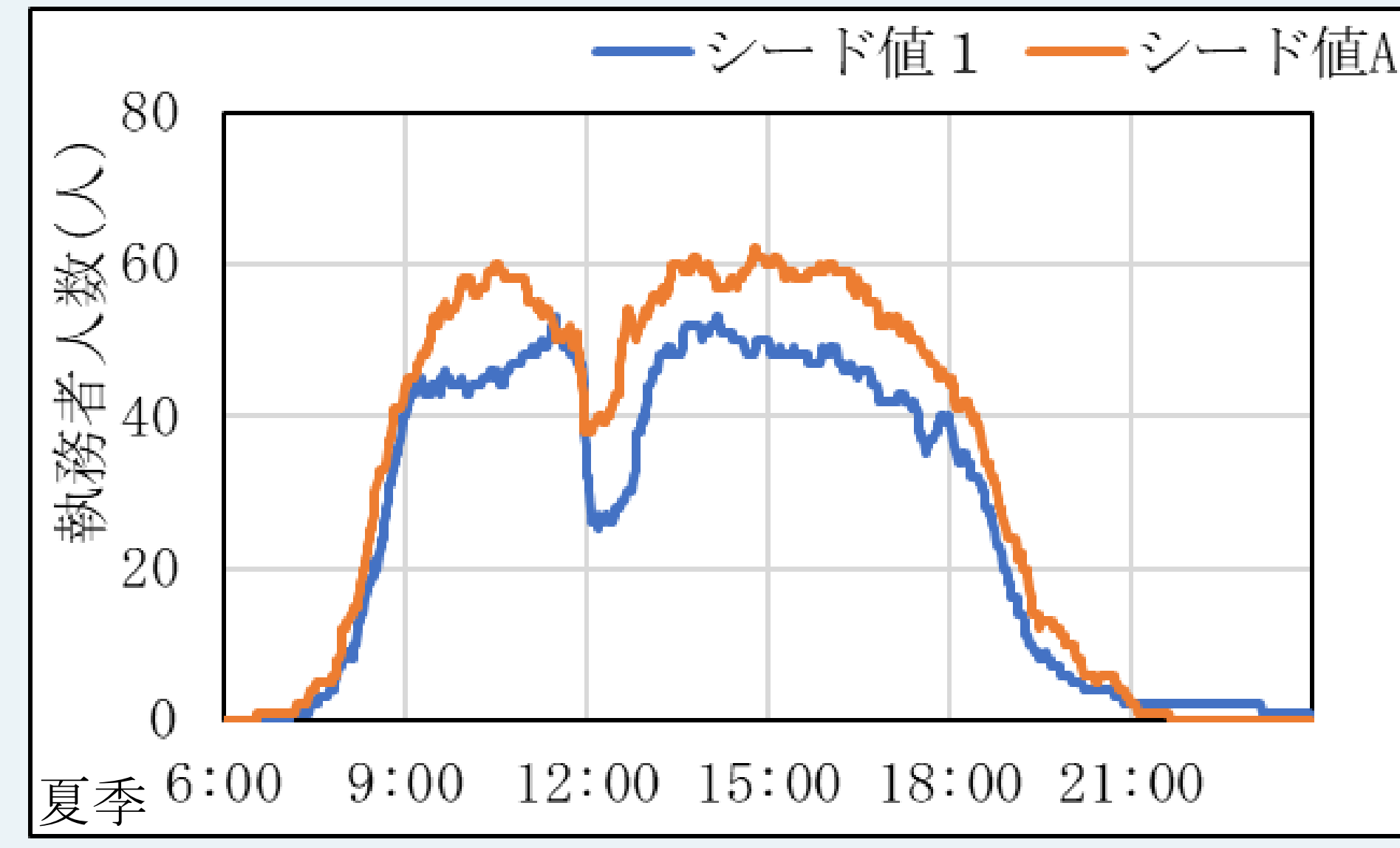


図6 シード値変更による夏季の執務人数

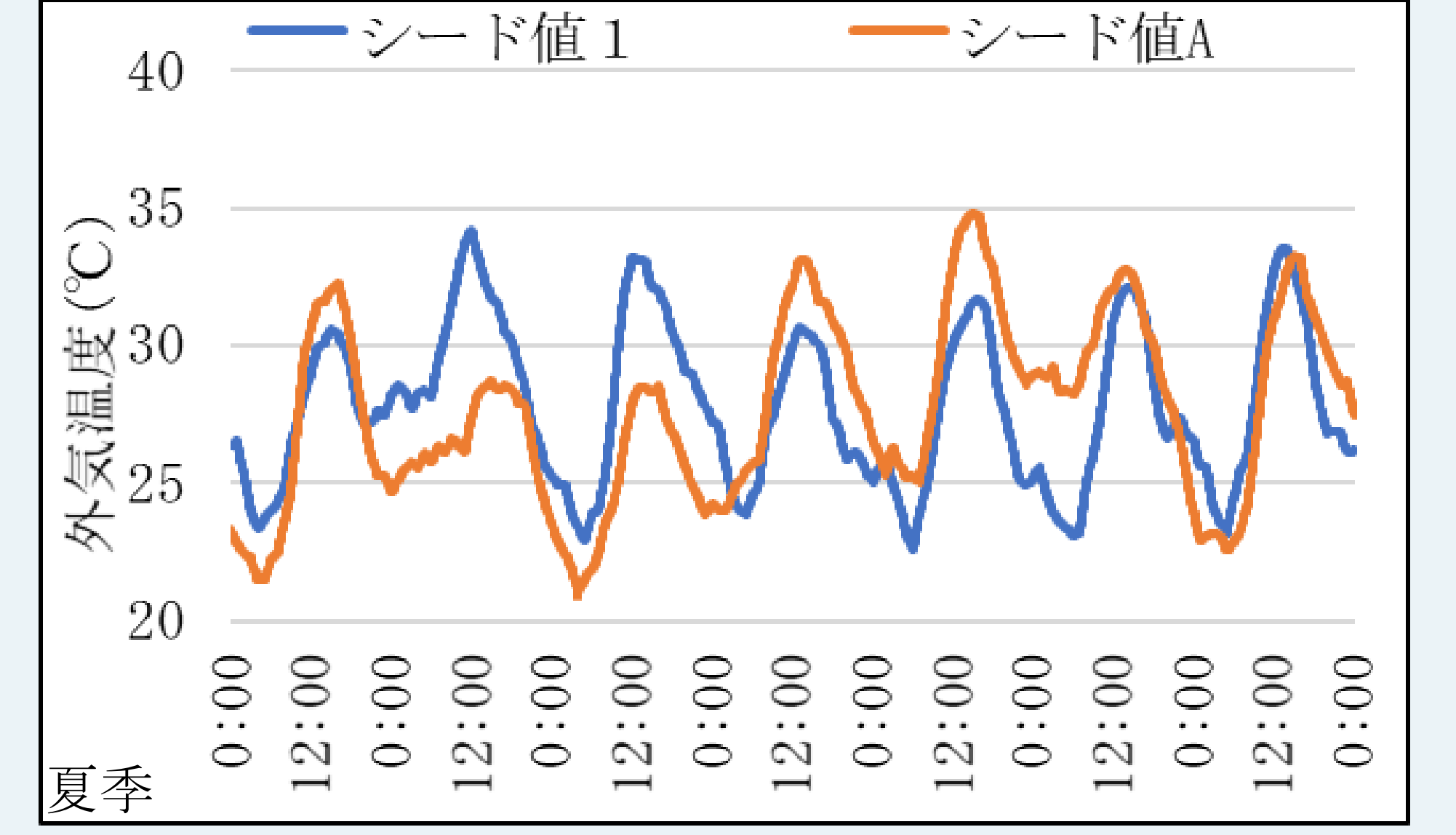


図7 シード値変更による夏季の外気温度

執務者条件の変更に伴い
執務者人数が増加

外気条件の変更に伴い
2日目、3日目の外気温度が低下

●運用結果

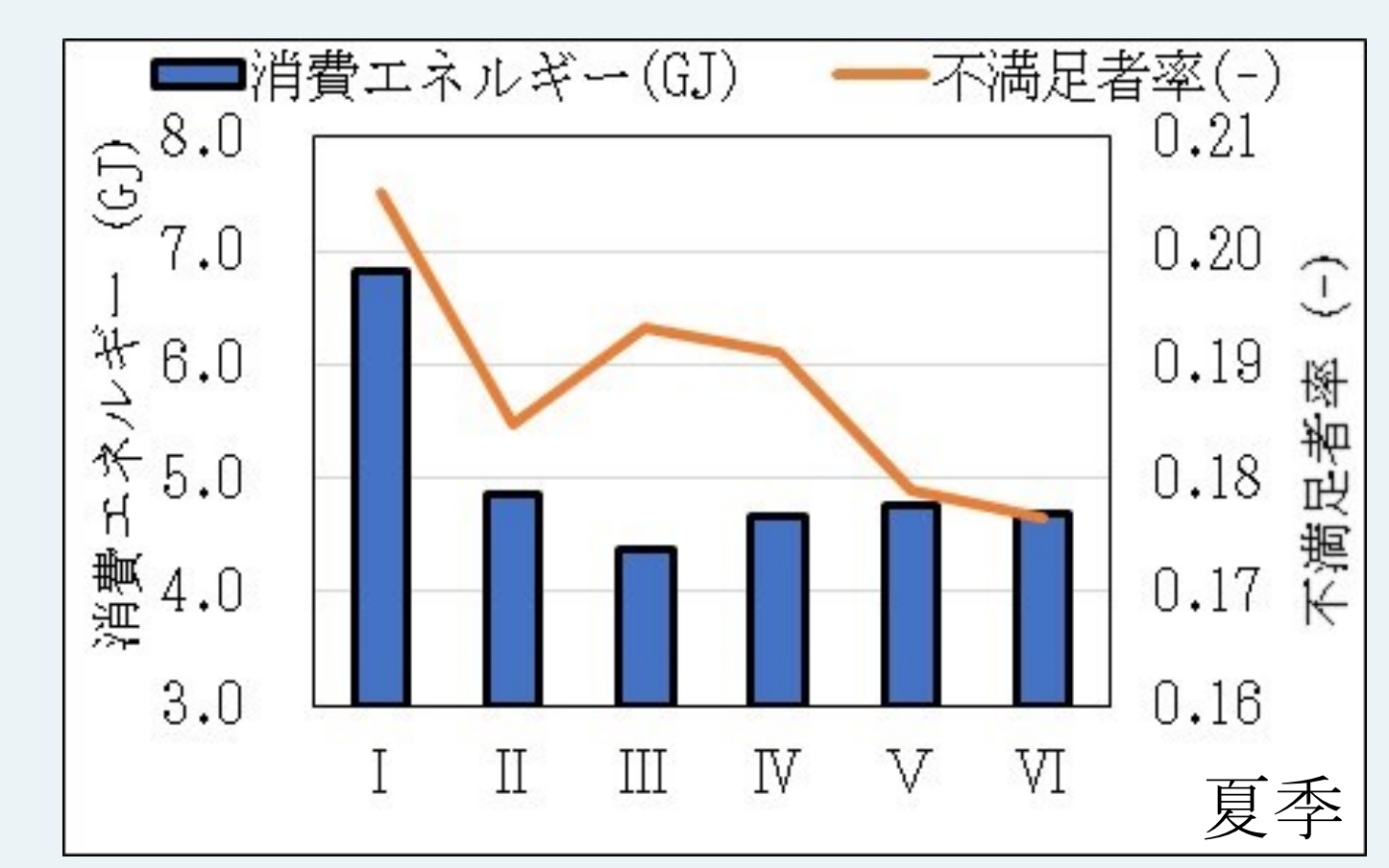


図7 消費エネルギーと
不満足率の変化

外気カットの時間短縮に伴い
不満足率が低下

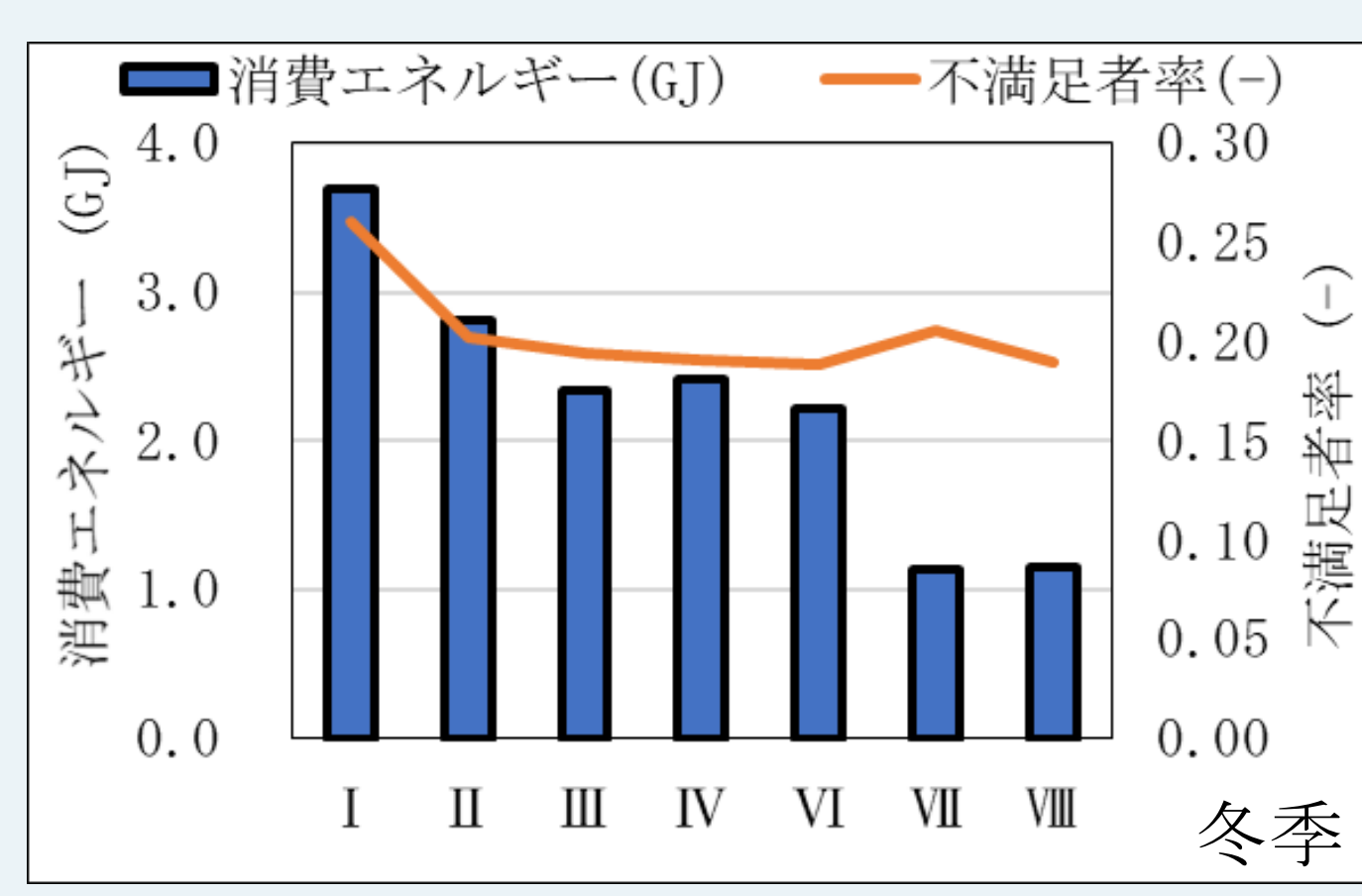


図8 消費エネルギーと
不満足率の変化

室内機運転条件変更に伴い
消費エネルギーが低下

表7 制御内容

制御内容
I 初期設定
II 感度分析
III 室内機発停周期変更
IV 蒸発・凝縮温度変更
V 外気カット時間短縮
VI 全熱交換器運転条件変更
VII 室内機運転条件変更
VIII リモコン操作許可

●全熱交換器運転条件変更

全熱交換器の運転条件を変更することで消費エネルギーの削減が行えるか検討した。

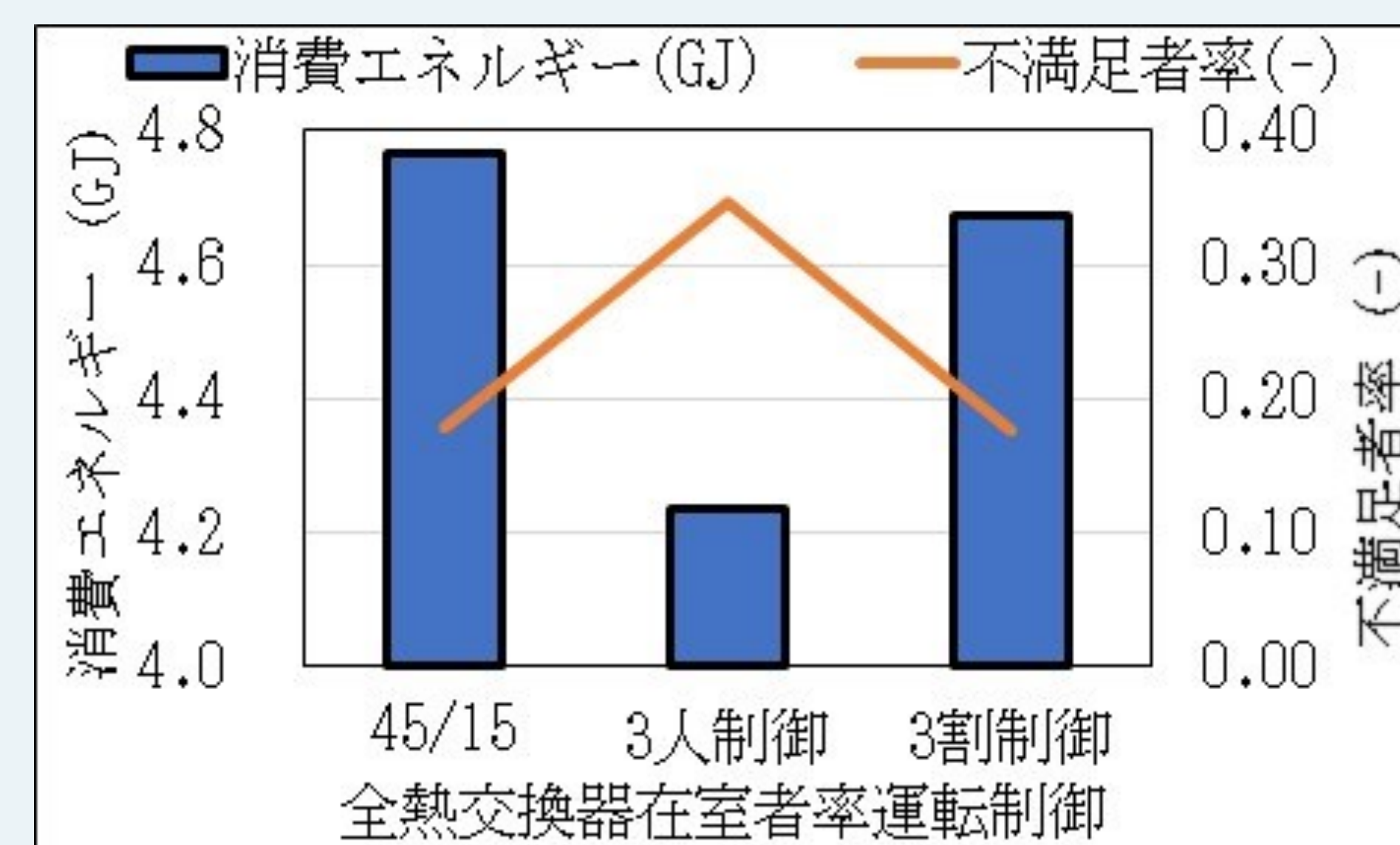


図9 消費エネルギーと不満足率の変化

在室者率で制御した場合
不満足率が低下した

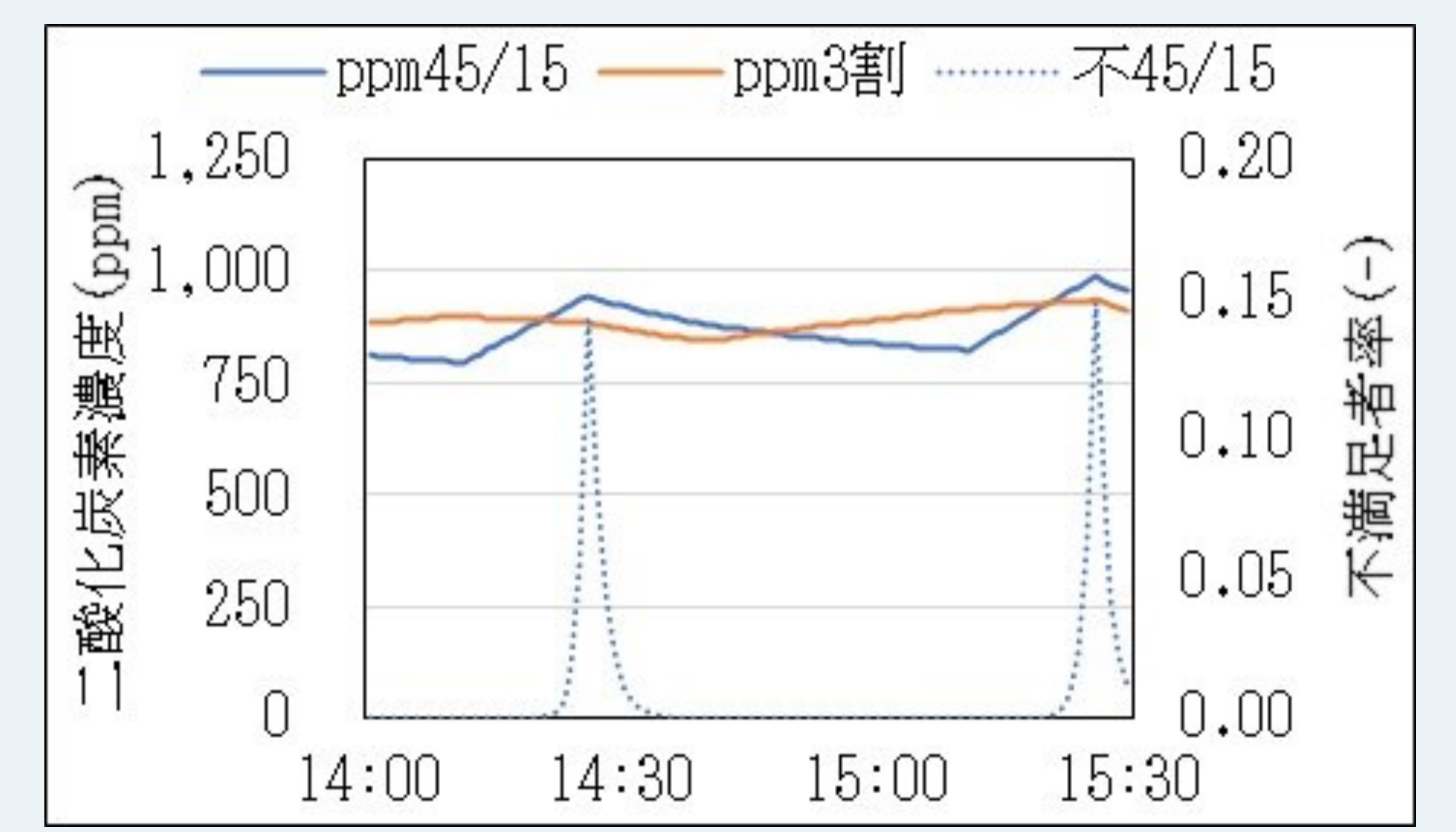


図10 消費エネルギーと不満足率の変化

在室者率で制御していない場合
瞬間的に二酸化炭素濃度が高くなる

●最終結果

表8 制御内容

制御項目	夏季	冬季
①設定室温(°C)	25.5	22.5
②蒸発・凝縮温度(°C)	14	38
③室内機風量	弱	弱
④全熱交換器風量	中	中
⑤噴流角度(度)	0	90
⑥ナイトパーズ	なし	-
⑦外気カット(時間)	2.5	-
⑧室内機発停周期(分)	60/15	15/15
⑨全熱交換器発停周期(分)	45/15	30/15

表9 選手権結果上位5チーム

順位	チーム名	ECI	季節	消費エネルギー (GJ)	不満足率 (-)
1	Youworks	0.79929	夏	4.334	0.1708
			冬	0.804	0.1886
2	Withvac	0.76354	夏	5.371	0.1610
			冬	1.072	0.1819
3	Standrock	0.74644	夏	4.379	0.1825
			冬	1.142	0.1855
4	LeonAIT	0.74599	夏	4.675	0.1765
			冬	1.153	0.1876
5	RRKSO	0.73447	夏	4.541	0.1829
			冬	1.269	0.1830

5. 改善策検討

●在室者人数制御

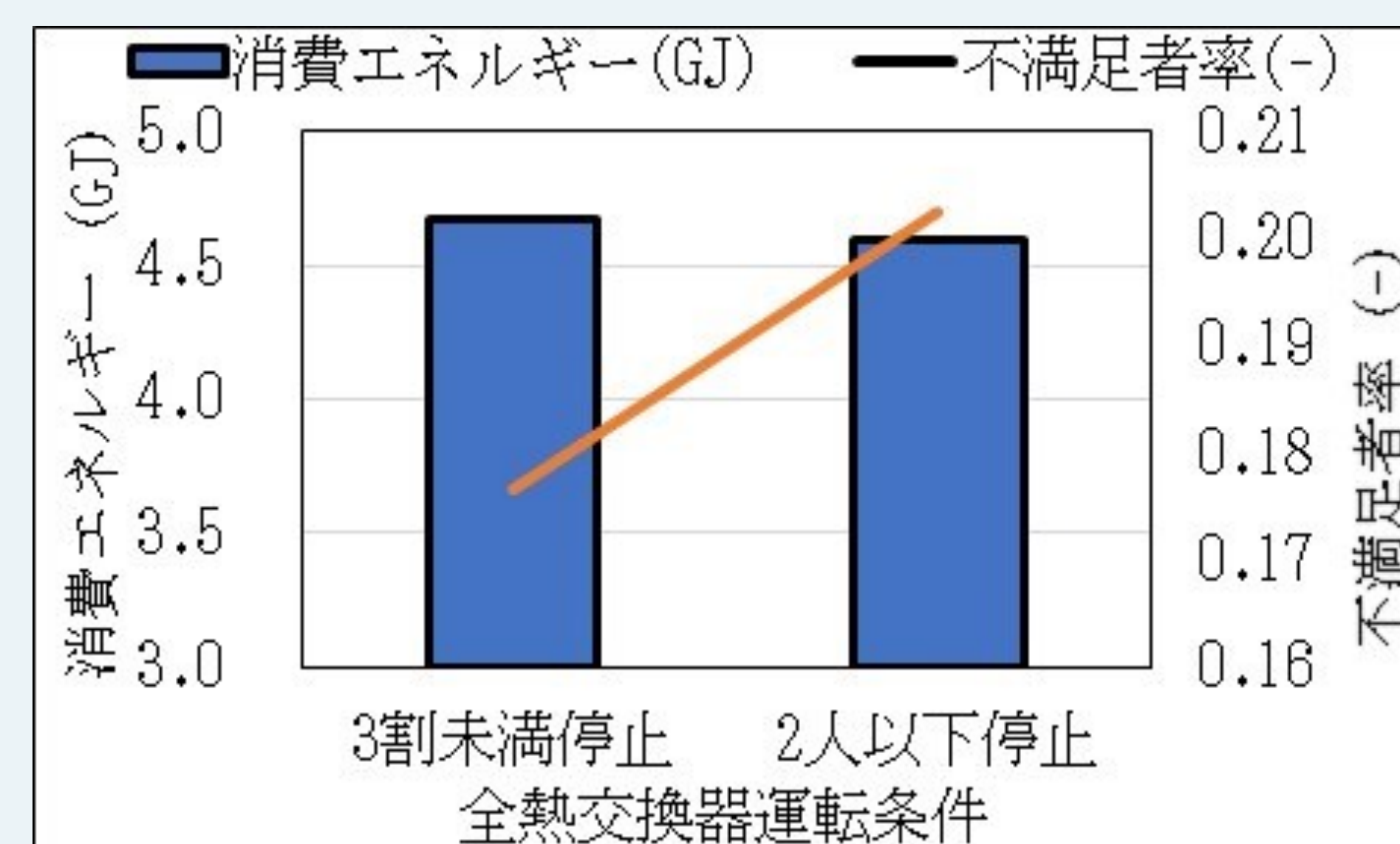


図11 消費エネルギーと不満足率の変化

在室者人数で制御した場合
不満足率が増加した

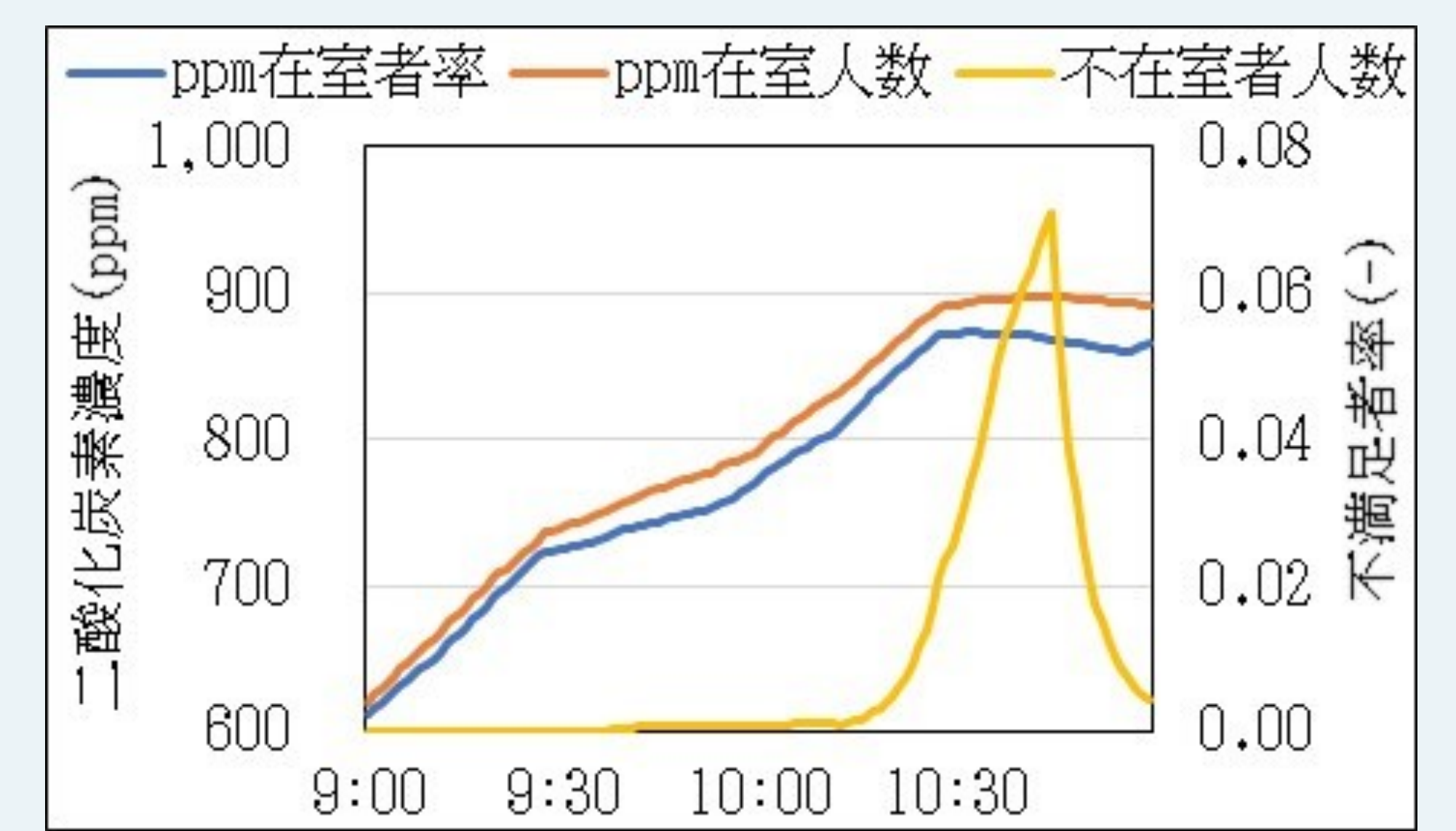


図12 消費エネルギーと不満足率の変化

在室者人数で制御した場合
瞬間的に二酸化炭素濃度が高くなる

6. まとめ

カーボンニュートラルの達成のために、温室効果ガスの排出量の削減が必要である。温室効果ガスである二酸化炭素は建物運用時に多く排出されるため、建物運用の最適化が必要である。第2回電脳建築最適化世界選手権に参加し、建物運用方法を比較し評価することが可能なエミュレータソフトウェアを用いて制御の変更を行い最適運用方法の検討を行った。エネルギー性能と快適性の改善には外気条件や執務者条件に応じた運転制御の変更が必要である。

【参考文献】

- 富樫英介他: 2ndWCCBOのためのVRFシステムエミュレータの開発<https://www.wcbo.org/ja/paper.pdf>
- 岩下将他: パッシブリスミング空調についてhttps://www.okumuragumi.co.jp/technology/tri/annual_report/2018/pdf/44-10.pdf