

令和 7 年度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

4. 空気環境管理に向けた BEMS データ活用手法の検討

分担研究者	海塩 渉	東京科学大学	助教
研究代表者	金 勲	国立保健医療科学院	上席主任研究官
分担研究者	下ノ菌 慧	国立保健医療科学院	研究員

研究要旨

これまで、BEMS の環境衛生管理への活用を見据え、居住域・壁面（インテリア・ペリメータ）・還気ダクトの各所に設置されたセンサの値の差異について検討してきた。本報ではさらに、居住域内における温湿度の空間分布について詳細な検討を行った。

関東地方のオフィスビル 1 棟を対象とし、平日の勤務時間帯（9～17 時）における、BEMS センサと居住域内に複数設置した連続測定小型センサのデータを分析した。温度については、小型センサの平均値が BEMS センサよりも高い傾向が見られたが、これはセンサの種類による違いと考えられた。全体として、建築物衛生法の基準（18～28℃）をほぼ満たしており、大きな空間分布は認められなかった。しかし、一部の小型センサにおいて、28℃を超える局所的な温度上昇が確認された。これは、居住域付近に設置したため、人体や機器からの発熱の影響を強く受けたためと考えられた。湿度についても、大きな空間分布はなかったが、局所的に高温となった場所では、温度上昇に伴い相対湿度が低下する傾向が確認された。

これらの結果から、居住域内での温湿度の大きな空間分布はないものの、人体や機器の発熱がセンサの測定値に影響を及ぼし、空間代表性を損なうケースがあることが分かった。建築物衛生法では居室の中央部での測定が規定されているが、常設センサである BEMS を環境衛生管理に活用する際には、設置場所（中央部）に固執するよりも、発熱源の影響を受けにくい適切な位置を選ぶこと、あるいはセンサ周辺の人・機器レイアウトに配慮することが重要である。

研究協力者

塩見 真衣 ダイダン（株）

A. 研究目的

既報^{1,2)}では BEMS に紐づく温度・湿度・CO₂ 濃度センサが、居住域・壁面（インテリア・ペリメータ）・還気ダクトに取り付けられている際の空間代表性について検討を行い、暖房期に注意が必要であるものの、BEMS に紐づくセンサは設置箇所によらず居住域と近い値を示す、もしくは補正を行うことで居住域の値を推定可能であることを示してきた。しかし、これまでの検討では居住域内での分布についての検討が不十分であったため、その点の検討を行った。

B. 研究方法

関東地方に所在し、BEMS を導入している 1 棟のオフィスビル（A ビル）を対象とした。A ビルは、空気調和機 Air Handling Unit (AHU) を基本とした空調方式で、床吹出・天井吸込であった。窓は閉状態で運用されていた。2025 年 3 月～2026 年 2 月（12 月は欠測）に、BEMS データと居住域に設置した連続測定小型センサ（オムロン社製環境センサ 2JCIE-BU）データを 1 分間隔で蓄積した。このデータを基に居住域の温湿度の分布を検証した。なお、データは勤務時間を考慮し、平日の 9～17 時（12～13 時の昼休憩除く）を分析対象とした。センサ設置箇所を図 4-1 に示す。

C. 研究結果

図 4-2 と図 4-3 に、それぞれ 2 階と 3 階の各センサの温度の箱ひげ図を示す。2 階の BEMS センサの平均値は 23.7℃であったのに対し、小型センサの平均値は 24.4～26.1℃であり、全て BEMS センサよりも高い値を記録していた。3 階の BEMS センサの平均値は 23.7℃、小型センサの平均値は 23.7～25.7℃であり、3 階のセンサも 2 階と同様に小型センサの平均値の方が高い値であった。これは場所の差というよりもセンサ種別に起因する差と考えられる。四分位範囲を見ると、いずれのセンサも建築物衛生法の空気環境基準である 18～28℃の範囲に収まっており、全体的には大きな差が認められなかった。空気環境基準範囲を逸脱している時間(図 4-4 と図 4-5)を見ると、BEMS センサの温度は 2 階と 3 階ともにほとんどが基準(18～28℃)の範囲内であったが、特に 2 階の 2F-02 において 28℃を超過している時間帯が確認された。そこで、図 4-6 に 2 階の各小型センサを横軸に、BEMS センサ(基準)を縦軸にとった散布図を示す。2F_02 の散布図を見ると、小型センサの温度の測定値のみが上昇する現象が確認された。これは、居住域付近に設置したがゆえに、人体や機器の発熱の影響を強く受けたためと考えられる。2F_05 でも同様の発熱の影響が見られた。

図 4-7 と図 4-8 に、それぞれ 2 階と 3 階の各センサの相対湿度の箱ひげ図を示す。2 階の BEMS センサの平均値は 44.0%RH であり、小型センサの平均値は 41.5～45.4%RH であった。人体や機器発熱を感知して高温側になっていた 2F_02 の相対湿度が、平均値、25 パーセントイル値、最低値のいずれも最も低い値を示した。これは温度の影響を強く受けたものと言える。3 階の BEMS センサの平均値は 48.8%RH、小型センサの平均値は 44.8～49.4%RH であった。3 階の四分位範囲は全て基準の範囲内(40～70%RH)であったが、2 階は低湿度側に値が偏っており、四分位範囲が一部基準範囲を下回っていた。図 4-9 と図 4-10 に基準値を逸脱した時間の割合を示す。2 階の逸脱時間割合は BEMS センサで 36.0%、小型センサで 32.3～39.4%であった。3 階の逸脱時間割合は BEMS センサで 10.6%、小型センサで 5.9～18.6%であった。

D. まとめ

本報では、これまで実施してきた、居住域・壁面(インテリア・ペリメータ)・還気ダクトにセンサが設置されている際の差の検討に追加する形で、居住域内での分布について検討を行った。その結果、温度と相対湿度ともに、居住域内での大きな差異は認められなかったが、一部で居住域の人体や機器発熱を拾ってしまうセンサが確認された。その場合には、温度の空間代表性が損なわれ、相対湿度も影響を受けるため注意が必要である。

建築物衛生法の目的は「公衆衛生の向上および増進」であり、人がいる居住域での測定が重要である。実際に、空気環境の測定方法として「特定建築物の通常の使用時間中に、各階ごとに、居室の中央部の床上 75cm 以上 150cm 以下の位置」で測定することが規定されている。しかし、今回の結果から常設センサの BEMS の環境衛生管理への活用を見据えた時に、居室の中央部にこだわるよりも、機器や人に左右されないセンサの設置位置が重要と考えられる。また、センサ周辺の人や機器のレイアウトに注意するというソフト面からのアプローチも重要である。

E. 参考文献

1) 海塩渉、鍵直樹、富田怜、金勲、下ノ菌慧、中野淳太、建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考(第 2 報) 空気環境管理へのビルエネルギーマネジメントシステム活用手法の検討、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2023.9; 福井. pp.189-192.

2) 海塩渉、鍵直樹、金勲、下ノ菌慧、中野淳太、建築物衛生法における建築物環境衛生管理手法の再考(第 3 報) ビルエネルギーマネジメントシステム活用による暖冷房期の空気環境管理、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集; 2024.9; 佐賀. pp.117-120.

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

3. 著書

なし

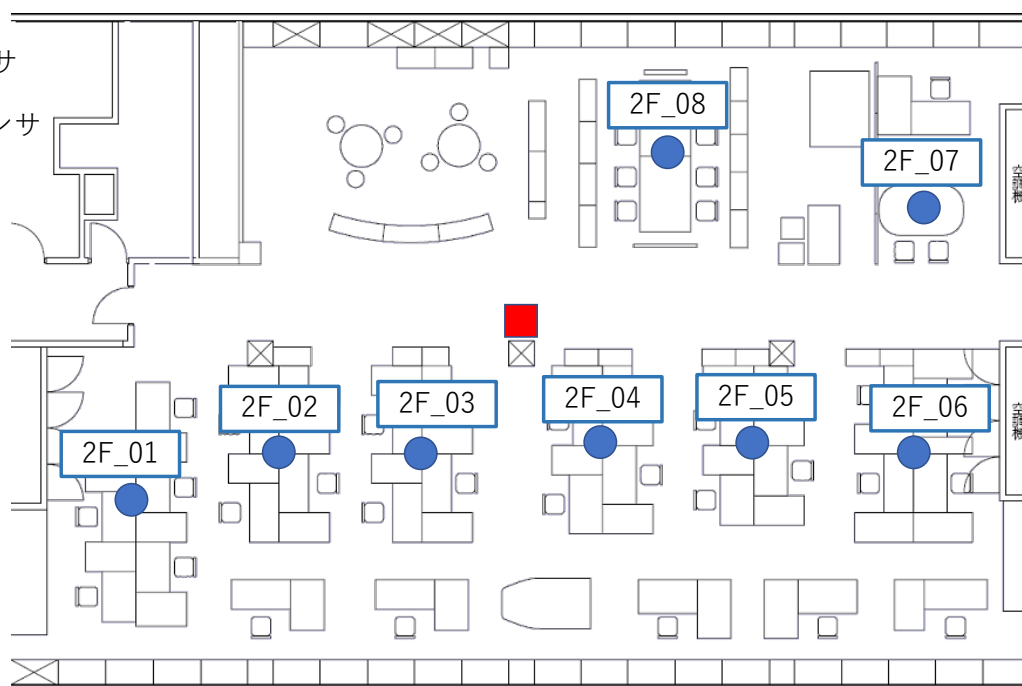
G. 知的財産権の出願・登録状況（予定含む）

予定なし

(a) 2F

● 環境センサ

■ BEMSセンサ



(b) 3F

● 環境センサ

■ BEMSセンサ

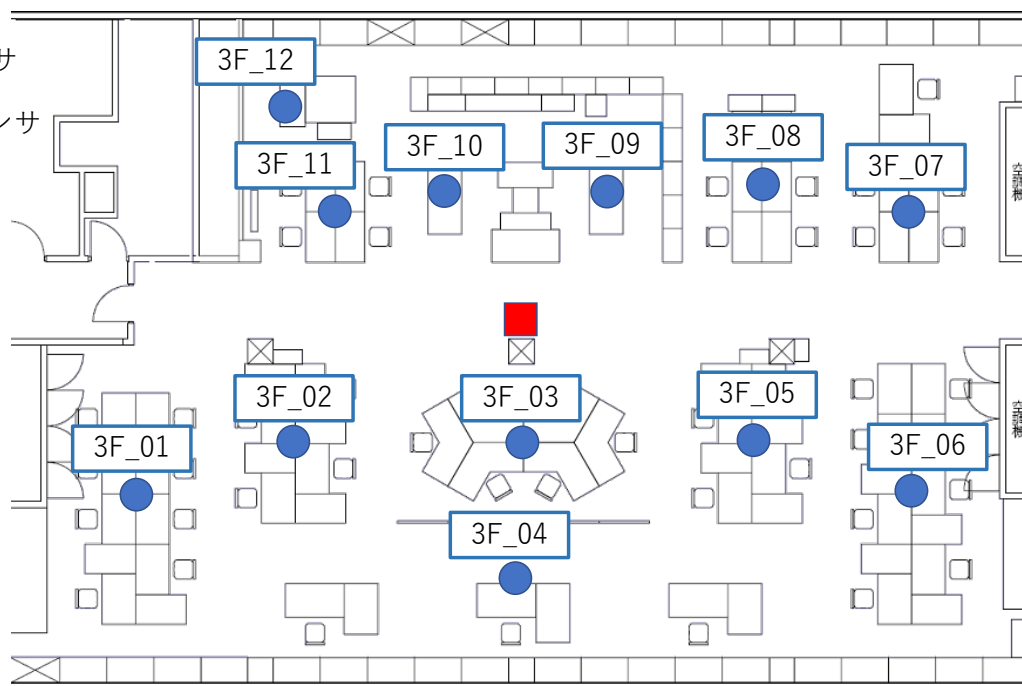


図 4-1 ビルの平面図とのセンサ設置箇所

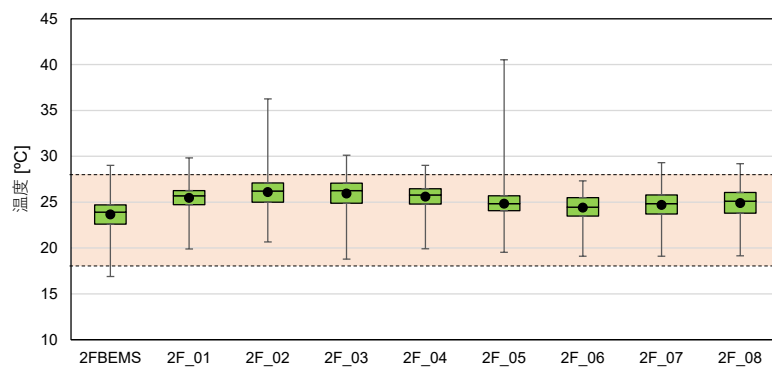


図 4-2 2F の BEMS センサと各環境センサの温度の値

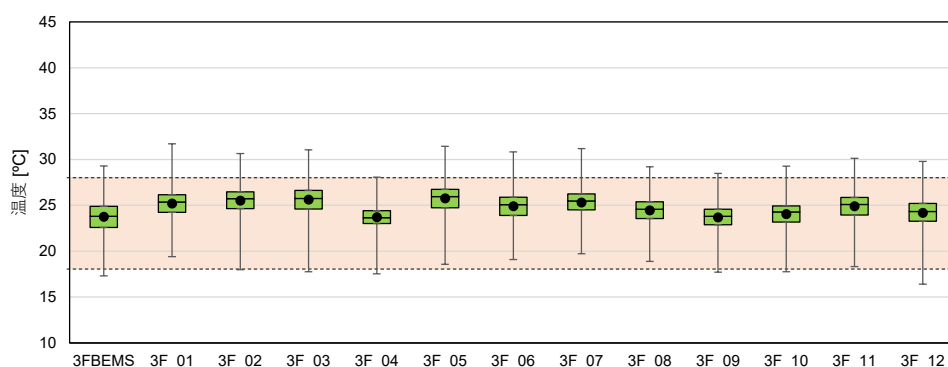


図 4-3 3F の BEMS センサと各環境センサの温度の値

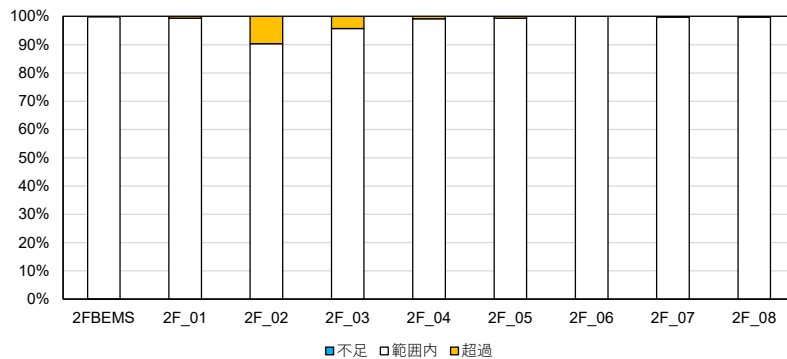


図 4-4 2F の BEMS センサと各環境センサの温度の環境基準範囲内の時間割合

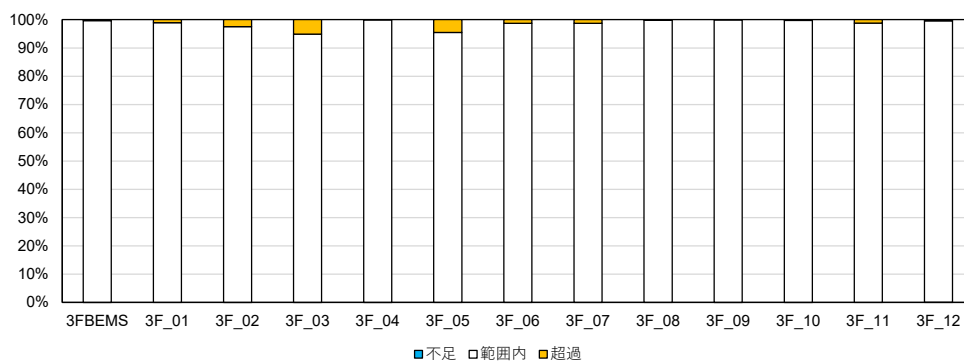
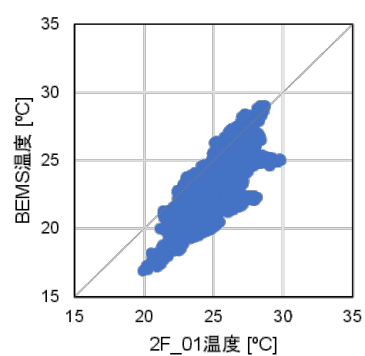
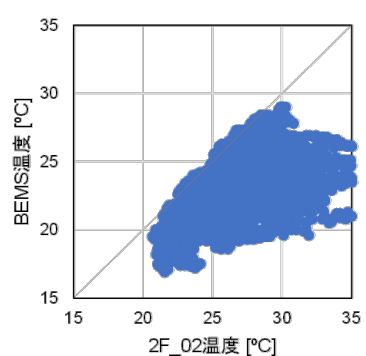


図 4-5 3F の BEMS センサと各環境センサの温度の環境基準範囲内の時間割合

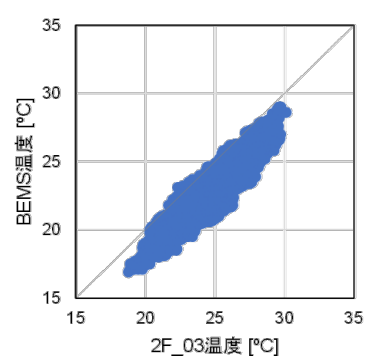
(a) 2F_01



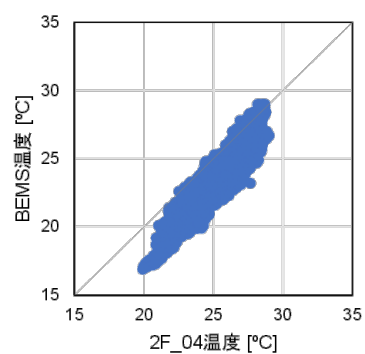
(b) 2F_02



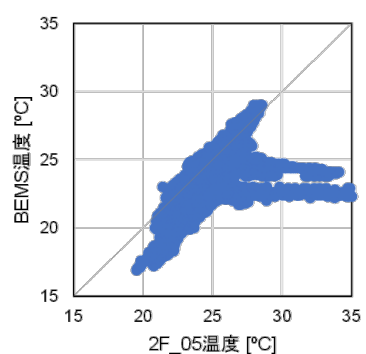
(c) 2F_03



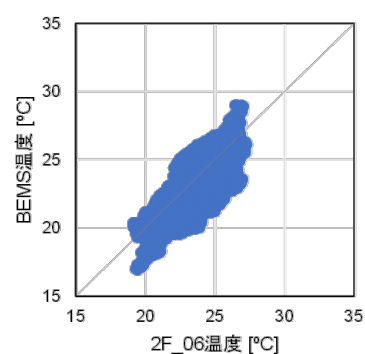
(d) 2F_04



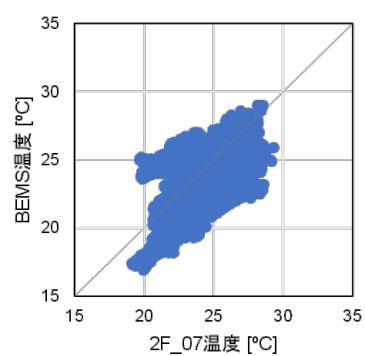
(e) 2F_05



(f) 2F_06



(g) 2F_07



(h) 2F_08

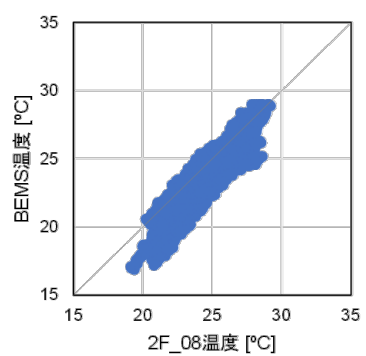


図 4-6 2F の BEMS センサと各環境センサの温度の対応

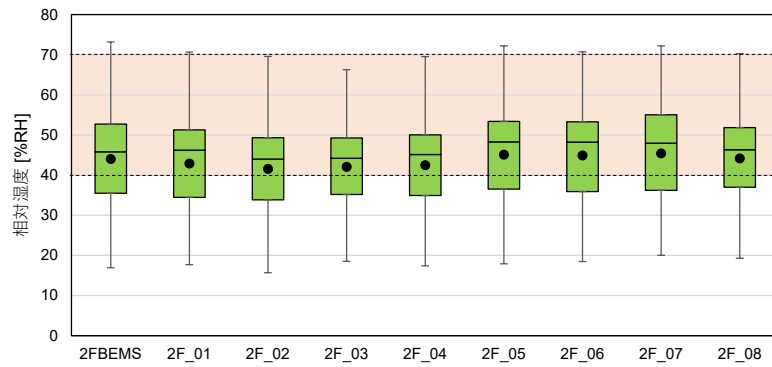


図 4-7 2F の BEMS センサと各環境センサの相対湿度の値

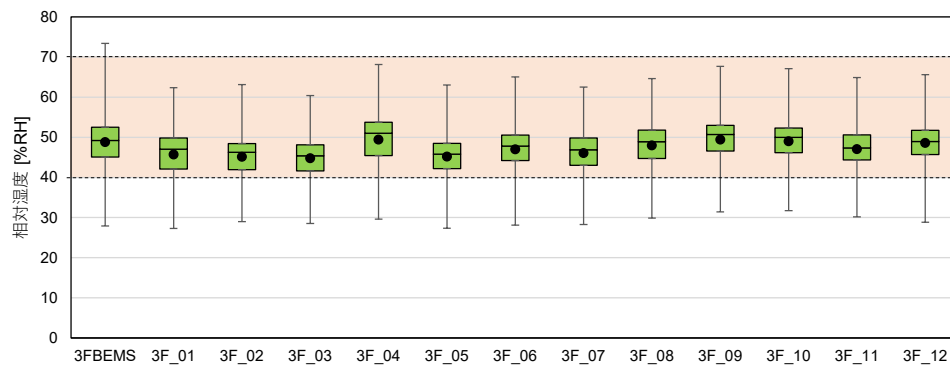


図 4-8 3F の BEMS センサと各環境センサの相対湿度の値

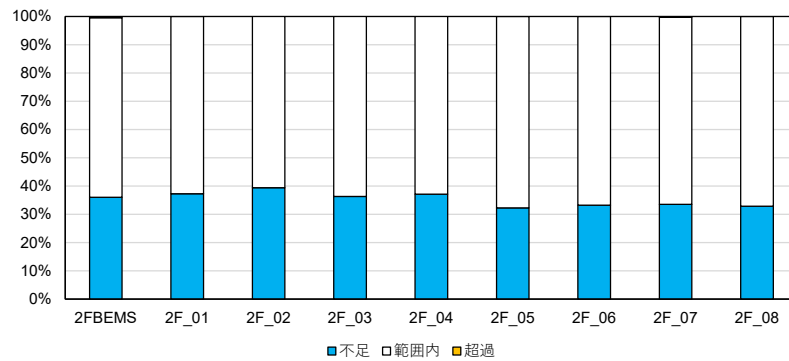


図 4-9 2F の BEMS センサと各環境センサの相対湿度の環境基準範囲内の時間割合

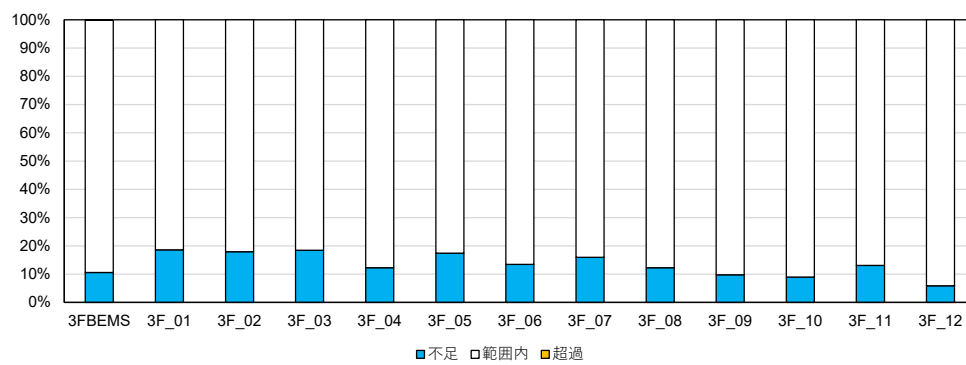


図 4-10 3F の BEMS センサと各環境センサの相対湿度の環境基準範囲内の時間割合