

CLT 工法による事務所建築の温熱環境調査

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻 建築環境工学研究室
 学籍番号：1220003 氏名：足立ひよ莉
 高知県 事務所 CLT 指導教員：田島昌樹
 実測調査 温湿度環境

1. はじめに

構造材に木材をより多く使用するためにできた新木質材料の直交集成板 (Cross Laminated Timber, 以下、CLT) は中規模木造建築への活用の期待が持たれている。^[1]しかし CLT を構造材とした建築物の温熱環境に関する研究は国内ではまだ少なく、調査データの蓄積が必要であると考えられる。先行研究^{[2][3]}の結果より夏期から冬期まで建築物衛生管理基準の適合割合が高く、概ね良好な室内環境であることが分かった。また温熱環境評価は室内温湿度だけでなく、着衣量と代謝量を加味した指標を用いることで総合的な評価が可能である。

本研究では CLT 工法による事務所建築物の温熱環境データの蓄積と温冷熱感覚の指標である PMV の実態把握を目的として、対象建築物の実測調査を行った。

2. 概要

2.1. 研究概要

「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」^[4]の省エネルギー基準地域区分が 5 地域にあたる高知県津野町に建設された 2 階建て CLT 事務所建築物(外皮平均熱貫流率 U_A 値:0.65W/m²K, 延床面積:230.90m²)を対象として、夏期から冬期まで連続で室内環境の実測調査を行い、表 1 に示す建築物衛生法の建築物環境衛生管理基準を指標とし、室内空気環境の評価を行った。室内環境の分析のため、特に表 2 に示す勤務時と退勤時の 8 時から 18 時のデータを抽出して比較を行った。また温冷熱感覚の実態把握のため、在室時間と人数が最も多い勤務時の 1F 事務室を対象に PMV の算出を行った。

2.2. 室内空気環境の実測概要

対象建築物の平面図および測定機器の設置場所を図 1 に、暖冷房期間と暖冷房設備を表 3 に、室内空気環境の測定項目と測定機器を表 4 に示す。測定機器の設置場所は直射日光の当たらない場所であつ高さを床上 75cm~150 cm の範囲を基本として、業務上不便にならないことを優先した位置とし、測定間隔は 10 分とした。また当該事務所の暖冷房設備は 1F 事務室で勤務時のみ使用され、2F 会議室は常時は使用されていない。

表 1 建築物衛生法の建築物環境衛生管理基準^[5]

| 測定項目 | 衛生管理基準値 |
|--------------------|-------------|
| 空気温度 | 18~28 ℃ |
| 相対湿度 | 40~70 %RH |
| CO ₂ 濃度 | 1000 ppm 以下 |

※2022 年 4 月以降の基準値とした^[6]

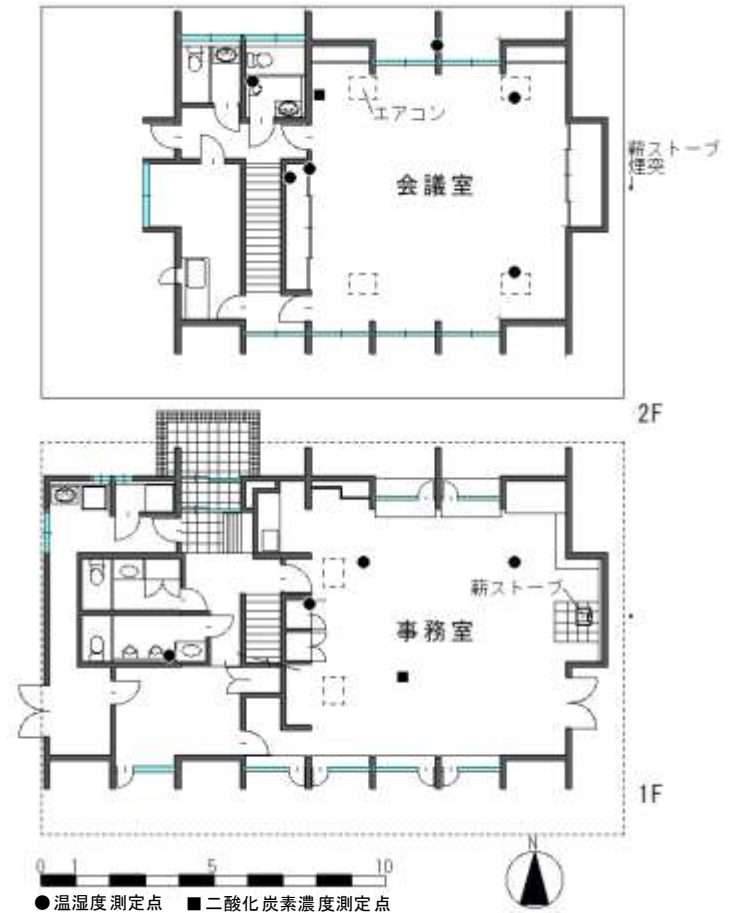


図 1 対象建築物の平面図および測定点

表 2 対象建築物の業務時間

| | 月~金 | 土 | 日 | 祝日 |
|-----|------------|----|---|----|
| 勤務時 | 8:00~18:00 | - | - | - |
| 退勤時 | - | 終日 | | |

表 3 暖冷房期間と暖冷房設備

| | 実測期間* | 使用設備・機器 |
|-----|-------------|----------------|
| 夏期 | 7/28~10/13 | エアコン(冷房) |
| 中間期 | 10/14~10/20 | 無し |
| 冬期 | 10/21~12/31 | エアコン(暖房)・薪ストーブ |

※2021 年度

表 4 連続測定項目と測定機器

| 測定項目 | 使用機器 | 測定間隔 |
|--------------------|-----------|------|
| 空気温度 | RTR-503 | 10 分 |
| 相対湿度 | RTR-576 | |
| CO ₂ 濃度 | HI-2000SD | |
| WBGT | | |

卒業論文概要

3. 実測結果と考察

3.1. 温熱環境

(1) 夏期

勤務時(8時～18時)と退勤時(8時～18時)の夏期の空気温度と相対湿度の箱ひげ図を図2および図3に示す。図中には建築環境衛生管理基準の範囲をグレーで示し、測定箇所の下に基準値適合割合を示す。また箱ひげ図上部の値はデータの平均値を表している。

空気温度の平均値は全測定箇所ですべて基準値を満たしており、適合割合は80%を上回っている。特にエアコンの使用率が高い勤務時の1F事務室は2Fよりばらつきが小さく、25℃程度の室温を保っている。また利用頻度の低い2F会議室と2Fトイレの空気温度はエアコンの使用率も低いことから勤務時と退勤時で大きな差はなかった。

相対湿度の平均値は全測定箇所ですべて基準値を満たしており、適合割合は65%を上回っている。1Fトイレの適合割合は他室と比較して低かった。これは1Fトイレが外壁に面しておらず、外気温や日射の影響が少ないことから他室よりも空気温度が低いことが要因だと考えられる。

(2) 中間期

勤務時(8時～18時)と退勤時(8時～18時)における中間期の空気温度と相対湿度の箱ひげ図を図4および図5に示す。空気温度は夏期と同様に、外気に比べてばらつきが小さく、暖冷房を行っていない条件であるにも関わらず全測定箇所ですべて適合割合は100%となっている。相対湿度は夏期と比較すると、全測定箇所ですべて適合割合が高くなっている。

(3) 冬期

勤務時(8時～18時)と退勤時(8時～18時)における冬期の空気温度と相対湿度の箱ひげ図を図6および図7に示す。

1F事務室以外の部屋の空気温度は比較的低く、1Fトイレ、2F会議室と2Fトイレは平均値が基準値を満たしていない。これは暖房使用率が低いことや、日射熱の取得がほとんどないためであると考えられる。しかし1F事務室は勤務時の空気温度は退勤時より高く、適合割合が高いことから、エアコンと薪ストーブの暖房による影響であると考えられる。また全測定箇所ですべて夏期よりも適合割合が低い結果となっている。空気温度の基準値改正前後の評価について適合割合は空調を行っている測定箇所では大きな差がなく、非空調域では下がる傾向が見られた。

相対湿度は1F事務室のみ平均値が基準値より低く適合割合が低い結果となった。これは暖房により空気温度が高くなったことで相対湿度が低くなったためだと考えられる。1F事務室の相対湿度の適合割合は夏期よりも低く、反対に1Fトイレは高い結果となった。

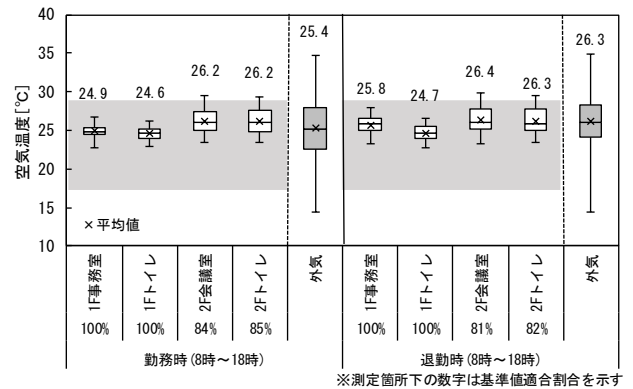


図2 空気温度(勤務時と退勤時・夏期)

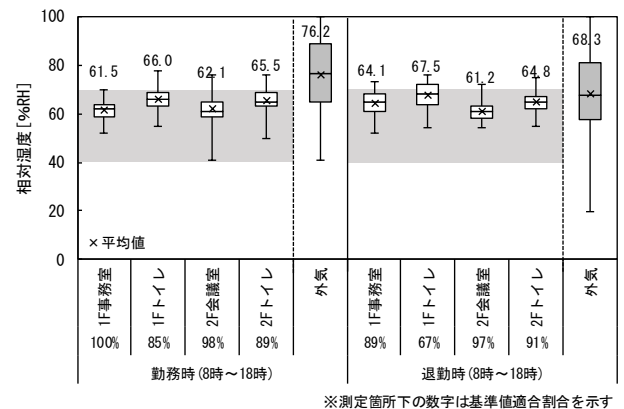


図3 相対湿度(勤務時と退勤時・夏期)

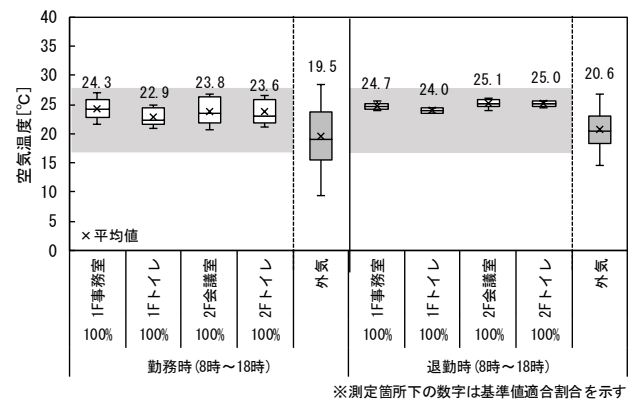


図4 空気温度(勤務時と退勤時・中間期)

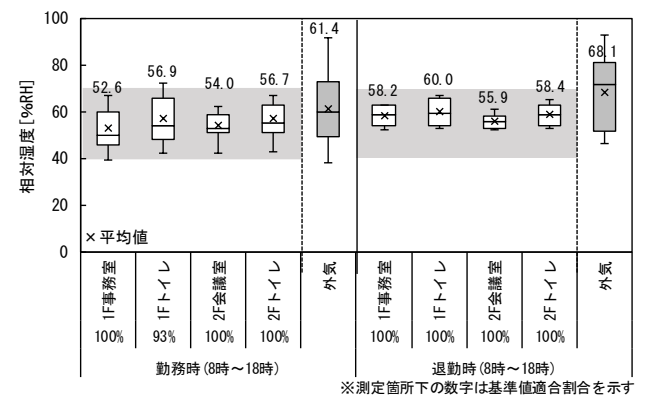


図5 相対湿度(勤務時と退勤時・中間期)

卒業論文概要

3.2. CO₂濃度

夏期から冬期の勤務時(8時~18時)と退勤時(8時~18時)のCO₂濃度の箱ひげ図を図8に示す。勤務時はCO₂濃度が基準値を上回ることがあるが、空気調和・衛生工学会において定められた二酸化炭素濃度単独による健康への被害を考慮した基準値 3500ppm^[7]を上回ることがなかった。夏期の勤務時では1F会議室の適合割合が最も低い結果となっている。夏期の勤務時における2F会議室では、一時的に基準値を超える時間帯があった。これは複数の人が集まり、会合等が行われたと考えられる。

4. PMV

4.1 着衣量の推定

勤務時(8時~18時)における執務者男女それぞれのPMVを算出した。PMV算出に必要な着衣量については正確に把握することが困難であるため本研究ではISO9920の手法により着衣量の推定を行った。夏期・冬期の代表日の執務者の着衣を記録し、ISO9920の単品衣服の合計から着衣量を求める式(1)、(2)^[8]より着衣量(clo値)を算出し、これら二式の比較を行った。

$$I_{cl} = 0.161 + 0.835 \sum I_{clu} \quad (1)$$

$$I_{cl} = \sum I_{clu} \quad (2)$$

ここで、

I_{cl} : 着衣基礎熱抵抗 [clo]

I_{clu} : 衣服の有効熱抵抗 [clo]

4.2 着衣量の推定結果

式(1)、式(2)の精度を確かめるために被験者実験を行ったところ、差は0.02~0.1程度であり、式(1)のほうが精度高く推定できることが分かったため本研究はISOが推奨する式(1)を用いることとした。

執務者の着衣を記録し、ISO9920のTableB.2^[9]の値をもとに式(1)を用いて算出した夏期の男性は0.60clo、女性は0.75clo、冬期の男性は0.95clo、女性は0.86cloであった。夏期の女性、冬期の男性は着用アイテムが多いことから値が大きくなった。男女差は夏期が最も大きく0.15cloの差となった。

4.3 PMV算出結果

夏期と冬期の実測データを用いてPMVの算出を行った。PMVの算出には在室時間と執務者の最も多い1F事務室の空気温度、相対湿度は実測データを用い、気流速度は実測より夏期が0.1m/s、冬期は0.05m/sとした。代謝量は事務作業であることから1.2metとした。PMVの計算結果を図9に示す。

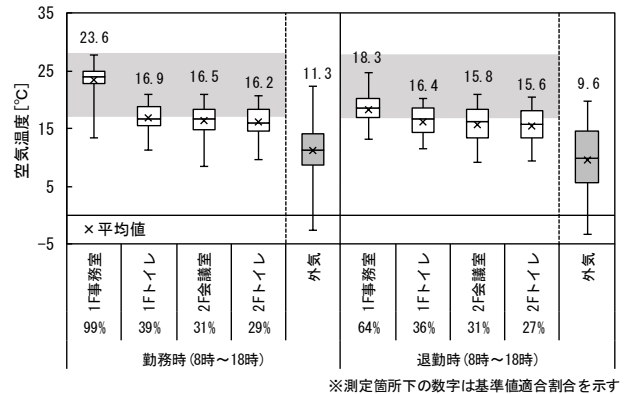


図6 空気温度(勤務時と退勤時・冬期)

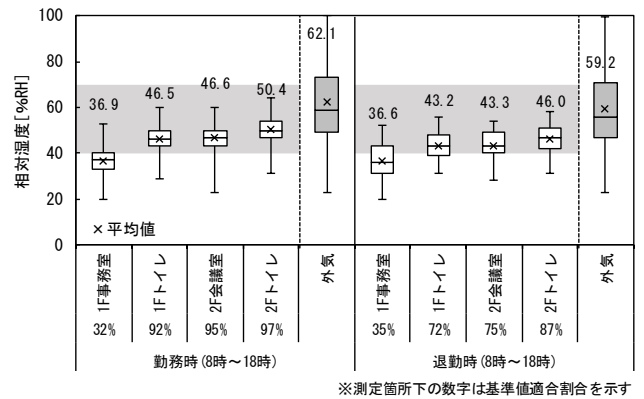


図7 相対湿度(勤務時と退勤時・冬期)

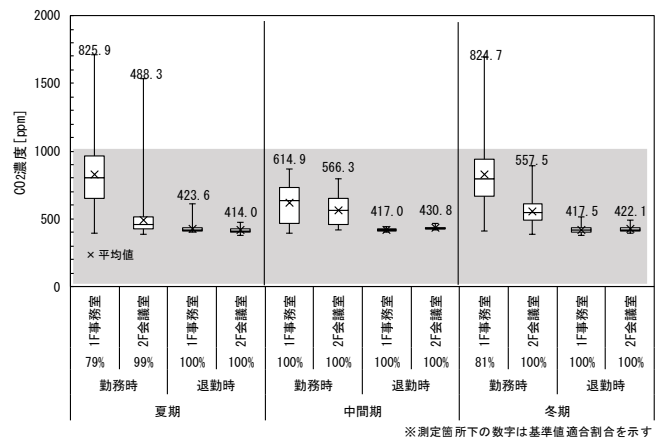


図8 CO₂濃度(勤務時と退勤時)

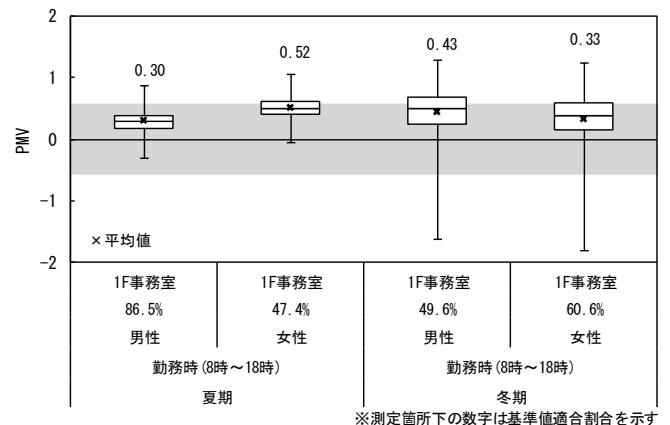


図9 PMV(勤務時)

卒業論文概要

夏期の PMV の平均値は男女ともに ISO7730 における快適推奨範囲^[10]である $-0.5 \leq PMV \leq 0.5$ の間に入っており、男性は適合割合が 85% を上回っている。冬期の平均値は推奨域にあるもののばらつきが大きい。これは夏期に比べて空気温度、相対湿度のばらつきが大きいことが影響していると考えられる。また PPD の平均は夏期の男性が 7.5%、女性が 11.1%、冬期は男性が 11.7%、女性が 10.3% となった。推奨域 $PPD \leq 10\%$ は超えているが、熱的快適性は高いといえる。

5. おわりに

本研究では CLT 工法による事務所建築の実測調査による室内環境の実態把握および PMV による熱的快適性評価をおこない、以下の結果を得られた。

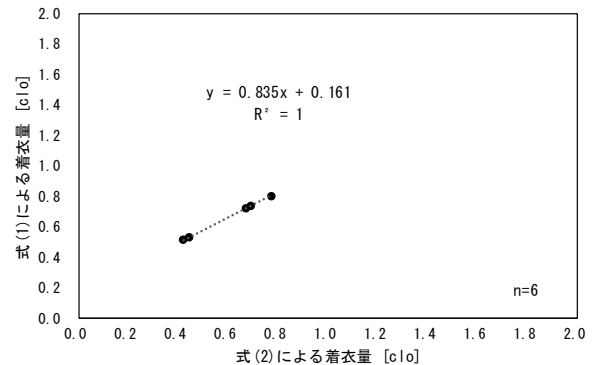
- 1) 夏期の勤務時と退勤時で空気温度は全測定箇所概ね基準値を満たし適合割合が高かった。相対湿度は 1F トイレが外壁に面しておらず、外気温や日射の影響が少ないことから、他室より空気温度が比較的低くなり、適合割合が低かった。
利用頻度の少ない 2F の空気温度と相対湿度はエアコンの使用率も低いことから、勤務時と退勤時で大きな差はなく、適合割合が高かった。
- 2) 中間期は暖冷房を行っていない条件でも空気温度、相対湿度ともに全測定箇所適合割合が高かった。
- 3) 冬期の勤務時に 1F 事務室では暖房使用率が高いため相対湿度の平均値は基準値を満たさず、適合割合が低い。他室では暖房使用率が低いため適合割合が高くなった。逆に空気温度では 1F は適合割合が高く、2F は低くなった。
- 4) 夏期と冬期の勤務時(8 時~18 時)で CO_2 濃度が基準値の 1000ppm を超えており、夏期の 1F 事務室は執務者が多いことから適合割合が比較的 low だった。
- 5) 夏期の勤務時では男性の PMV が ISO7730 の推奨範囲に入る割合が 86% と高かった。
- 6) 空気温度の基準値改正前後の評価について夏期・中間期は適合割合に差は見られなかった。冬期は空調を行っている測定箇所では大きな差がなく、非空調域では適合割合が下がる傾向が見られた。

Appendix 着衣量の推定被験者実験

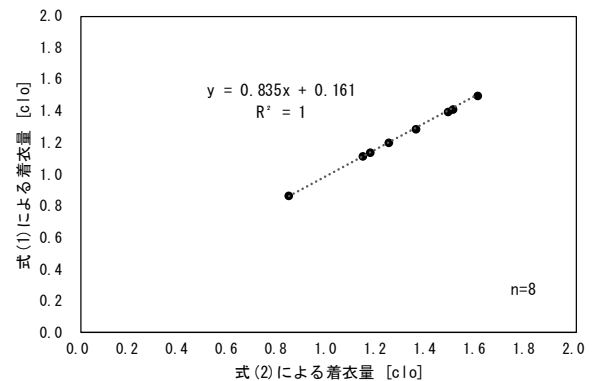
ISO9920 の着衣熱抵抗値を求める式(1)、式(2)を用いて夏期は男性 2 人、女性 4 人、冬期は男性 3 人、女性 5 人の着衣量を記録し算出を行い、二式の比較を行った。夏期と冬期の二式の関係を付図 1、付図 2 に示す。

式(1)により算出すると夏期の男性の着衣量は $0.53 \sim 0.72c_{lo}$ 、女性は $0.51 \sim 0.80c_{lo}$ となり、式(2)を用いて算出すると男性は $0.44 \sim 0.67c_{lo}$ 、女性は $0.42 \sim 0.77c_{lo}$ となった。式(1)、式(2)の差は $-0.03 \sim -0.09$ であった。

冬期は式(1)を用いて算出すると男性は $0.86 \sim 1.50c_{lo}$ 、女性は $1.14 \sim 1.41c_{lo}$ となり式(2)では男性が $0.84 \sim 1.60c_{lo}$ 、女性は $1.17 \sim 1.5c_{lo}$ となった。式(1)、式(2)の差は $-0.02 \sim 0.087$ であった。夏期・冬期ともに ISO9920 に記載されている二式の適用範囲である $0.2c_{lo} \sim 1.6c_{lo}$ 程度よりも小さくなったことから本研究では ISO9920 の推奨する式(1)を用いて執務者の着衣量を算出することとした。



付図 1 夏期



付図 2 冬期

<参考文献>

- [1] 林野庁, 平成 29 年度の公共建築物の木造率について, <https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/riyou/190314.html>
- [2] 森下智樹 (高知工科大学) CLT 工法による事務所建築の温湿度環境調査
- [3] 木本蔵馬 (高知工科大学) CLT 工法による事務所建築の室内環境
- [4] 国土交通省, 建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律(建築物省エネ法)の概要, <https://www.milt.go.jp/common/001204678.pdf>, 2019.12 取得
- [5] 厚生労働省建築環境衛生管理基準, <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei/10/>
- [6] 建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令の一部を改正する政令
- [7] 社団法人空調和・衛生工学会: 空調和・衛生工学会規格 SHASE-S 102-2011 換気規準・同解説 Ventilation Requirements for Acceptable Indoor Air Quality, p8, 2012.2
- [8] ISO9920 Ergonomics of the thermal environment - Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble, 2007p8
- [9] ISO9920:2007 p46~ Annex B
- [10] 最新建築環境工学(改訂 4 版), p60, p61