

CLT 工法による事務所建築の温湿度環境調査

高知県 実測調査 事務所 温湿度環境 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 CLT 調湿性能 学籍番号：1200156 氏名：森下智稀 指導教員：田島昌樹

1. はじめに

林業・木材産業の活性化と森林の適正な整備・保全の推進、木材自給率の向上のため、2010年に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行され、全国で中規模木造建築物が普及し始めている^[1]。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。それに加え、木材を豊富に活用した建築物の室内では良好な調湿作用があることが考えられるが、CLTを構造材とした建築物の温湿度環境と調湿性能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。

本研究では高知県にあるCLT工法による事務所建築物の温湿度環境と調湿性能の実態把握を目的として、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」^[2]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に示す勤務時と休業時の8時から18時のデータを抽出して比較を行った。また建物の調湿性能の実態把握のため、土屋による絶対湿度の基本式^[4]を用いた計算値と実測値を比較して推定を行った。

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~150cm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会議室では常時は使用されていない。

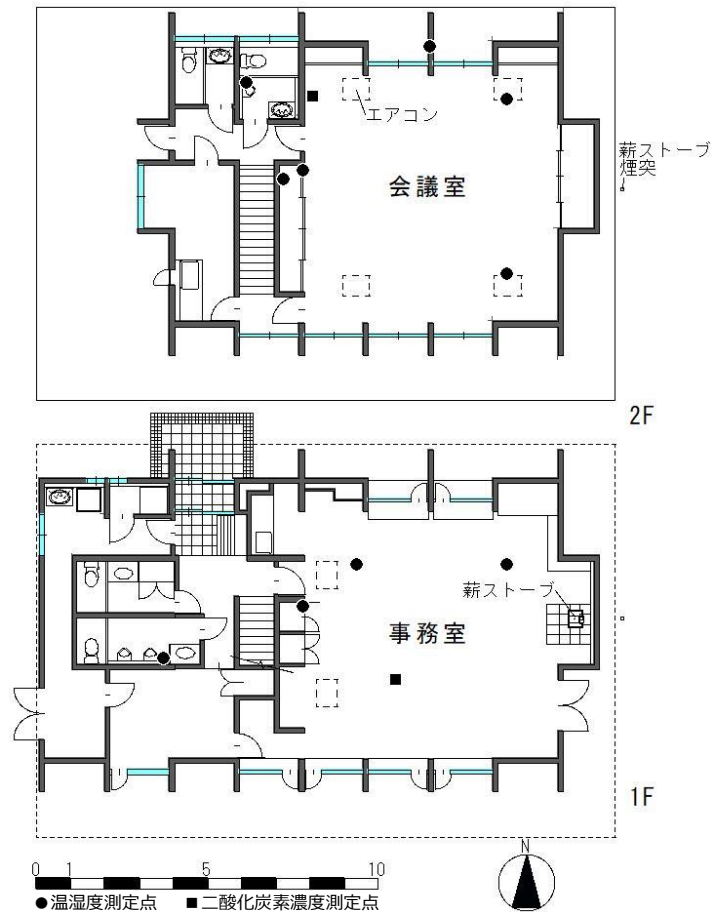


図1 対象建築物の平面図および測定点

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	-	-	-
休業時	-	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	7/2~10/5	エアコン(冷房)
中間期	10/6~11/17	無し
冬期	11/18~1/8	エアコン(暖房)・薪ストーブ

※2019年度実測

表1 建築物衛生法の建築物環境衛生管理基準^[3]

測定項目	衛生管理基準値
空気温度	17~28℃
相対湿度	40~70%RH
CO ₂ 濃度	1000ppm以下

表4 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		
CO ₂ 濃度	KNS-C02S	

3. 実測結果と考察

3.1. 温熱環境

(1) 夏期

勤務時(8時～18時)と休業時(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。図中には建築物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。

空気温度はばらつきが小さく、平均値は全測定箇所でも基準値を満たしており、適合割合は70%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、休業時よりばらつきが小さく、25℃程度の室温を保っている。1Fトイレは外壁に面しておらず、外気や日射の影響が少ないことから、適合割合が一番高くなったと考えられる。また利用頻度の少ない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、勤務時と休業時とで大きな差はない。最大値が30℃を上回っているが、適合割合は高い結果となった。

相対湿度は、空気温度が安定していることから、外気に比べてばらつきが小さい。1Fトイレの平均値は基準値を上回っており、適合割合は勤務時と休業時ともに約100%となっている。これは、空気温度が低いことが要因だと考えられる。また1F事務室はエアコンの使用により除湿されることから休業時より適合割合が高くなったと考えられる。

(2) 中間期

勤務時(8時～18時)と休業時(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にも関わらず全測定箇所でも適合割合は100%となっている。相対湿度は夏期と比較すると、全測定箇所でも適合割合が高くなっている。室内の平均値は基準値を満たしており、良好な室内環境となっている。

(3) 冬期

勤務時(8時～18時)と休業時(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、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、日射熱の取得が少なくなっているためであると考えられる。しかし勤務時の空気温度は休業時より高く、適合割合が高いことから、1F事務室での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。また全測定箇所でも夏期よりも適合割合が低い結果となっている。

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。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、2F会議室、2Fトイレは高い結果となった。

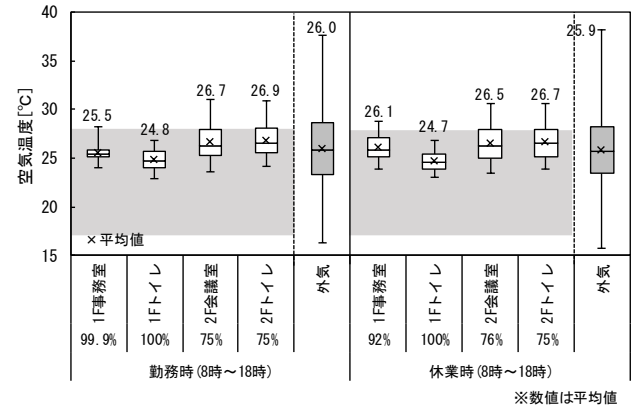


図2 空気温度(勤務時と休業時・夏期)

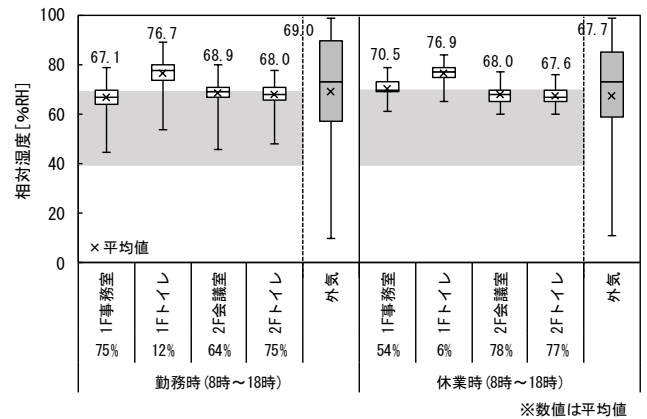


図3 相対湿度(勤務時と休業時・夏期)

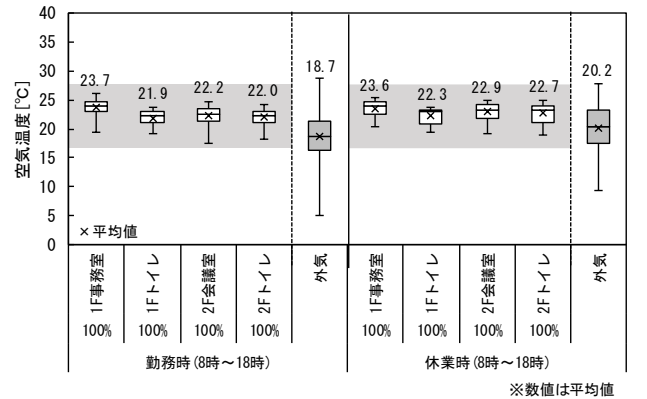


図4 空気温度(勤務時と休業時・中間期)

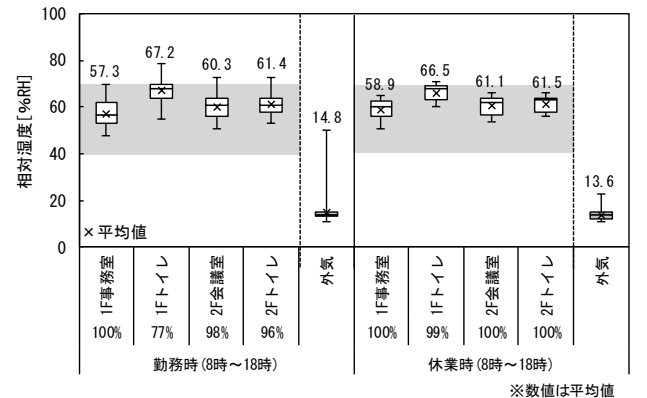


図5 相対湿度(勤務時と休業時・中間期)

3.2. CO₂濃度

夏期から冬期におけるCO₂濃度の箱ひげ図を図8に、冬期から一部抽出した空気温度とCO₂濃度を図9に示す。勤務時の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^[5]を下回る結果となった。夏期の勤務時では、1F 事務室の平均値が基準値を上回り、適合割合が一番低い結果となっている。

図9より、勤務時に1F 梁上の空気温度が40℃を超え、かつ1F 事務室のCO₂濃度が1000ppmを下回る結果となっている。この時間帯は半密閉型の薪ストーブを使用しており、排気量が増えることにより室への給気が促進されCO₂濃度が低下したと考えられる。

4. 外壁室内側の調湿性能の推定

4.1. 推定概要

木材は調湿性能が他の建材よりも高く、内装材への使用量が多ければその効果も大きいと考えられる。そこで本研究では一番利用頻度の高い1F 事務室の外壁室内側の調湿性能に着目して土屋による絶対湿度の基本式^[4](1)より実測値と計算値の比較および係数の推定を行った。

$$G \frac{dx}{dt} = W - \frac{dw}{dt} + \sum_j V(x_j - x) - \alpha'' S_g (x - f_g) \quad (1)$$

ここでは、

G: 室の乾燥空気重量[kg (DA)]

W: 水蒸気発生量[kg/h]

V: 換気重量[kg (DA)/h]

x: 室の絶対湿度[kg/kg (DA)]

w: 周壁の含水量[kg]

x_j: 外気または他室の絶対湿度[kg/kg (DA)]

S_g: ガラス面積[m²]

f_g: ガラス面で結露無 f_g=x

ガラス面で結露有 f_g=ガラス表面温度に対する飽和絶対湿度[kg/kg (DA)]

α': 表面の絶対湿度基準の湿気伝達率

[kg/(m²・h(kg/kg (DA)))]

式(1)の右辺第4項のガラス面での結露はないものとし、第2項周壁の含水量は鉾井^[6]および土屋の研究^[4]を参考とし、前章で示したとおり室内湿度が安定していることから、木材の含水量が十分にあると仮定して、以下の式(2)で算定できるものとした。

$$\frac{dw}{dt} = \frac{1}{X_s} \times \frac{dX}{dt} \times C \quad (2)$$

ここでは、

X_s: 飽和絶対湿度[kg/kg (DA)]

dX: 絶対湿度の差分[kg/kg (DA)]

C: 調湿特性に関する定数

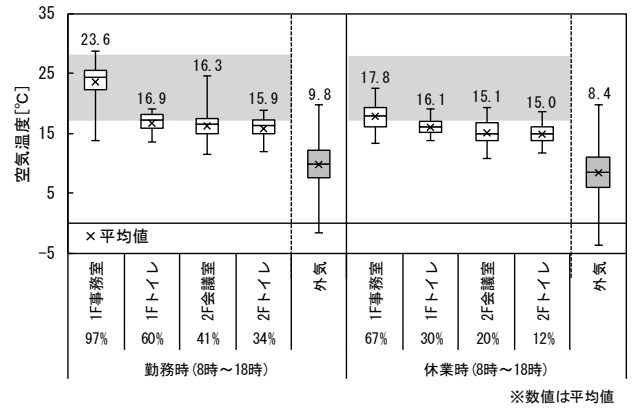


図6 空気温度(勤務時と休業時・冬期)

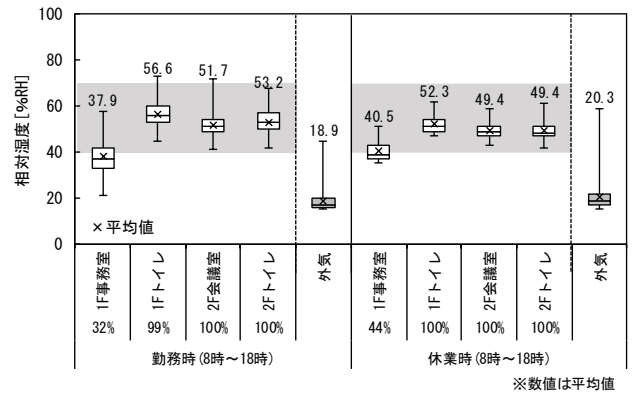


図7 相対湿度(勤務時と休業時・冬期)

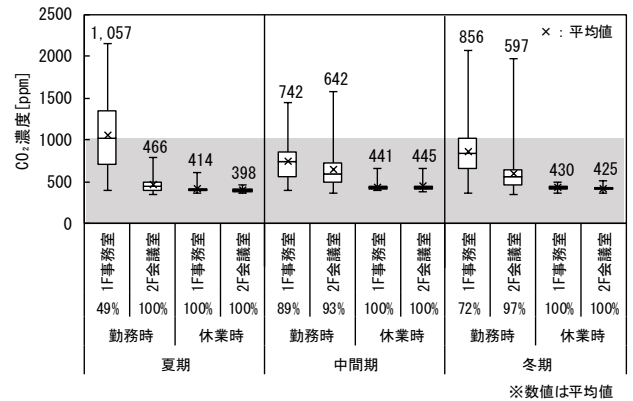


図8 CO₂濃度(勤務時と休業時)

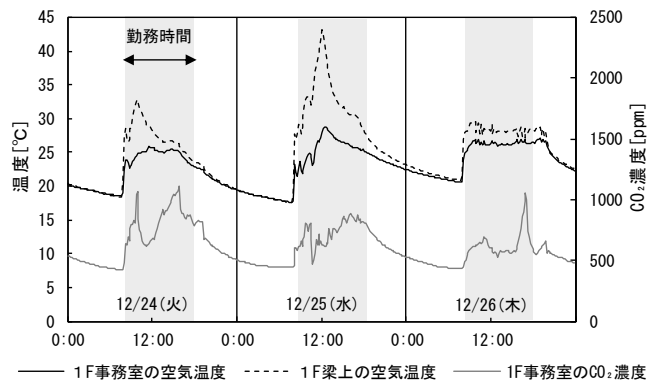


図9 空気温度とCO₂濃度(冬期の例)

4.2. 推定結果

夏期から冬期における実測値と計算値による絶対湿度の比較した結果を図10、図11、図12に示す。計算値が実測値と一致するように各係数の計算および設定を行い、各期間における係数の設定値を表5に示す。当該事務所には複数の換気システムが設置されており所員の出勤などにも発停していることから実際の換気量の推定は特にむずかしい。水蒸気発生量は全期間で勤務時の1F事務室の空気温度が平均で約25℃のため、田中による作業強度および環境温度水蒸気発生量^[7]から、作業強度が軽動作、環境温度が25℃の162g/(h・人)としている。ここで、水蒸気発生量は人体から発生するもののみとした。

全期間で、計算値が絶対湿度の実測値に概ね一致する結果となった。実使用条件での推定であるため、係数の同定は難しいが、概ねの傾向が一致しており、様々なケーススタディに利用できるモデルが作成できたと考える。

表5 各期間における係数の設定値

	換気量 Q [m³/h]		在室者 [人]	C
	勤務時	退勤時	勤務時	
夏期	150.2	45.0	6	4500
中間期	90.0	10.5	6	4500
冬期	150.2	15.0	6	4500

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温湿度環境の実態把握および室内側絶対湿度の算定式による計算値と実測値を比較した結果に基づき、CLT事務所外壁室内側の調湿性能の推定を行い以下の結果を得た。

- 1) 夏期の勤務時と休業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、平均値が基準値を満たさず、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、勤務時と休業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、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) 全実測期間の勤務時(8時~18時)でCO₂濃度が基準値の1000ppmを超えており、夏期の1F事務室は平均値が基準値を上回り適合割合が比較的低かった。冬期のCO₂濃度の結果から、薪ストーブを使用した時間帯はCO₂濃度が1000ppmを下回り給気量の増加が示唆される。
- 5) 1F事務室の絶対湿度の計算値は実測値に概ね一致し、使用形態がより明確になれば様々なケーススタディに使用できると考えられる。

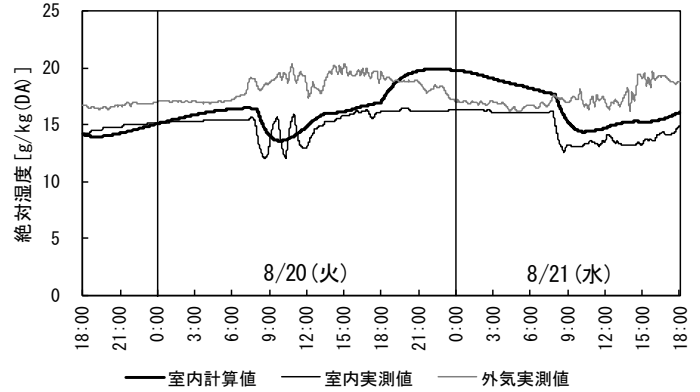


図10 実測値と計算値の比較(夏期)

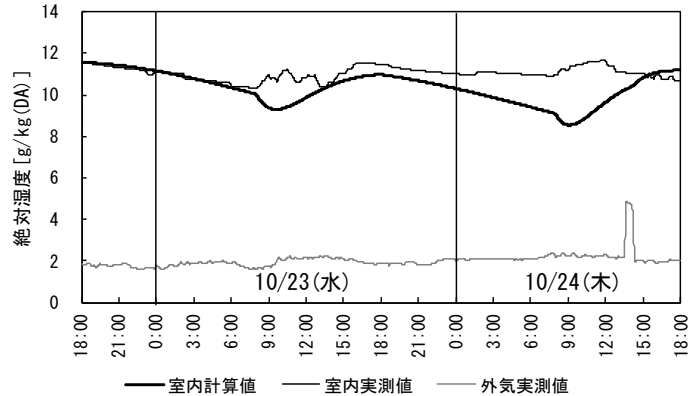


図11 実測値と計算値の比較(中間期)

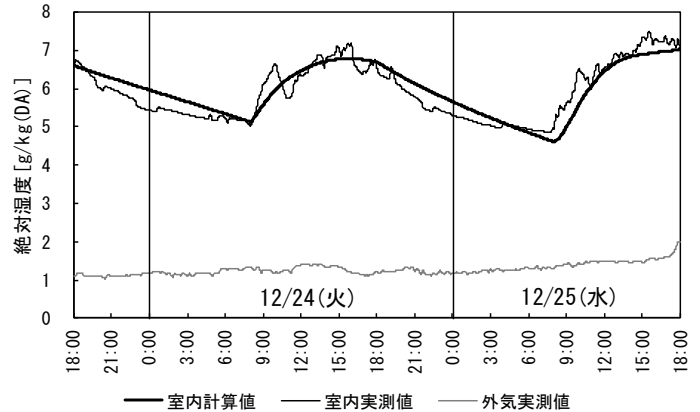


図12 実測値と計算値の比較(冬期)

<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] 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>, 2019.1.2 取得 [3] 厚生労働省建築環境衛生管理基準, <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei10/> [4] 土屋喬雄(1978): 住宅の結露防止性能評価法(その1)-周壁吸放湿性の現場測定にもとづく室内湿度計算-, 日本建築学会大会学術講演梗概集, p467-468 [5] 社団法人空気調和・衛生工学会: 空気調和・衛生工学会規格 S HASE-S 102-2011 換気規準・同解説 Ventilation Requirements for Acceptable Indoor Air Quality, p8, 2012.2 [6] エース 建築環境工学II-熱・湿気・換気-, p85, 2002, 3 [7] 最新建築環境工学(改訂4版), p255, 2014.2