

## 2) - 5 躯体等の熱容量評価方法の構築と熱容量計画手法の開発 【基盤】

### Study on the evaluation method of thermal capacity of buildings

(研究期間 平成 26~27 年度)

環境研究グループ  
Dept. of Environmental Engineering

西澤繁毅  
NISHIZAWA Shigeki

瀬戸裕直  
SETO Hironao

Thermal capacity planning is important for suitable indoor climate in the buildings with high insulation performance. But there is not an appropriate index to evaluate the thermal capacity. In this study, the evaluation method of thermal capacity is developed based on thermal conduction. And simple thermal load calculation method is constructed from the evaluation index of thermal capacity. And thermal capacity of furniture is also examined because it has influence on the indoor climate.

#### 【研究目的及び経過】

現在の外皮設計においては、断熱・遮熱性能については省エネルギー性や室内温熱環境の面から合理的な計画が行われるようになってきているが、断熱を強化した建築物において室内温熱環境に対し相対的に影響が増大する熱容量については、適切な評価が行われておらず合理的な設計がされていないのが現状である。

本研究では、建築物の躯体や什器の熱容量を定量的に評価する手法を開発し、定量評価に基づく合理的な熱容量計画手法を構築することを目的とし、検討を行ってきた。本研究の成果は、省エネ基準における蓄熱評価の技術的資料として活用することを想定している。

#### 【研究内容】

##### 1) 複層躯体の熱容量評価法の開発

熱容量の定量的な評価ならびに合理的な熱容量計画手法の構築に向けて、伝熱理論に基づく躯体の熱容量の評価手法を開発した。

##### 2) 什器の蓄放熱能力に係る評価

室内熱容量としての什器の調査を調査し、資料としてとりまとめた。

##### 3) 簡易熱負荷計算法の構築

躯体の伝熱を熱容量による影響を加味しつつ定常計算で扱う簡易な熱負荷計算法を開発した。

#### 【研究結果】

##### 1) 複層躯体の熱容量評価法の開発

非定常一次元伝熱における周期定常解をもとに、複層躯体の熱容量が発揮する吸放熱能力を評価する手法の検討を行った。対象側の室温を  $\cos\omega t$  [°C] で励振した際の熱流をベースに室・住戸単位の吸放熱能力を評価する

方法を検討し、計算方法の整理を行った(図1)。この計算方法に基づき、住宅省エネルギー基準における一次エネルギー消費量計算法に使用している住宅モデルを対象に、外皮性能、蓄熱部位の設置による影響を検討したところ、実効の吸放熱能力  $H' \cos\Psi$  を指標として用いることで、住宅省エネ基準一次エネルギー消費量計算法において蓄熱利用の有無を判定する際の熱容量の閾値 170kJ/(m<sup>2</sup>K) (本検討における RC90mm 付加が該当) 以上で蓄熱部位付加による効果が鈍化すること、断熱性能によらず吸放熱能力を切り分けて評価できること、断熱性能が向上するにつれ、相対的に吸放熱能力が大きく評価されること(図2)を確認した。

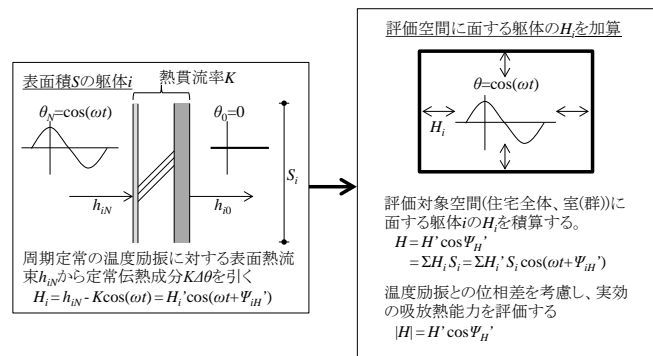


図1 空間の吸放熱能力で評価する手法

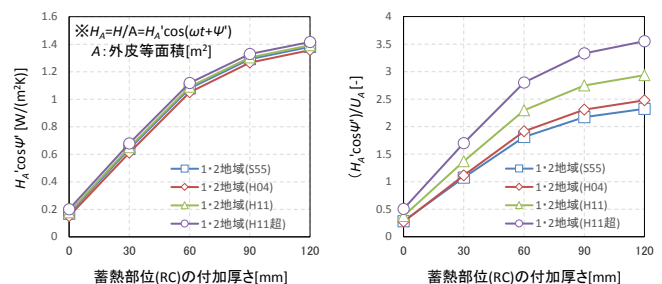


図2 吸放熱能力(左)と吸放熱能力比(右)

壁等-木造

| 名前       | 方位<br>[選択]       | 部位の種類<br>[選択] | 隣接空間の種類<br>[選択]   | 部位の面積<br>A<br>[m <sup>2</sup> ] | 熱貫流率 U<br>吸放熱能力 H=H'cos(ωt+Ψ)<br>[W/m <sup>2</sup> K] |                       |                       | 日射の有無<br>[選択] |        |                       |
|----------|------------------|---------------|-------------------|---------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|---------------|--------|-----------------------|
|          |                  |               |                   |                                 | 仕舞番号  | U[W/m <sup>2</sup> K] | HTW[m <sup>2</sup> K] |               | Ψ[rad] |                       |
|          |                  |               |                   |                                 |   |                       |                       |               |        | U[W/m <sup>2</sup> K] |
| 外壁(南)    | 南                | 外壁            | 外気等               | 33.14                           | WO2   | ↑かざる                  | 0.34                  | 0.79          | 1.33   | 有                     |
| 外壁(西)    | 西                | 外壁            | 外気等               | 26.95                           | WO2   | ↑かざる                  | 0.34                  | 0.79          | 1.33   | 有                     |
| 外壁(北)    | 北                | 外壁            | 外気等               | 50.82                           | WO2   | ↑かざる                  | 0.34                  | 0.79          | 1.33   | 有                     |
| 外壁(東)    | 東                | 外壁            | 外気等               | 29.25                           | WO2   | ↑かざる                  | 0.34                  | 0.79          | 1.33   | 有                     |
| 間仕切壁     | 断熱境界でない          | ※間仕切壁         | 住戸内空間どうし(断熱境界でない) | 92.65                           | WO3   | ↑かざる                  | 0.00                  | 0.46          | 1.47   | 有                     |
| 天井(断熱境界) | 屋根上面             | 天井            | 外気等               | 67.90                           | WO5   | ↑かざる                  | 0.24                  | 0.08          | 1.47   | 有                     |
| 天井(室内)   | 断熱境界でない          | ※室内天井         | 住戸内空間どうし(断熱境界でない) | 52.17                           | WO4   | ↑かざる                  | 0.00                  | 0.21          | 1.53   | 有                     |
| 床(断熱境界)  | 下面               | 床             | 外気に通じる床裏等         | 65.42                           | WO1   | ↑かざる                  | 0.31                  | 5.13          | 0.45   | 有                     |
| 床(室内)    | 断熱境界でない          | ※室内床          | 住戸内空間どうし(断熱境界でない) | 49.27                           | WO6   | ↑かざる                  | 0.00                  | 1.48          | 0.71   | 有                     |
| 基礎       | 基礎まわり(外気/床下/地盤等) | ※基礎壁          | 基礎まわり(外気/床下/地盤等)  | 0.64                            | WO7   | ↑かざる                  | 0.66                  | 6.22          | 0.48   | 有                     |
| 土間床      | 基礎まわり(外気/床下/地盤等) | ※土間床          | 基礎まわり(外気/床下/地盤等)  | 2.48                            | WO8   | ↑かざる                  | 0.22                  | 0.58          | 1.23   | 有                     |
|          |                  |               |                   |                                 |   | ↑かざる                  |                       |               |        | 有                     |
|          |                  |               |                   |                                 |   | ↑かざる                  |                       |               |        | 有                     |
|          |                  |               |                   |                                 |   | ↑かざる                  |                       |               |        | 有                     |
|          |                  |               |                   |                                 |   | ↑かざる                  |                       |               |        | 有                     |

外気に面していない部位(間仕切壁等)の入力に対応するための選択肢を追加

熱容量の計算値を反映させる列を追加

図 3 入力シート案(①壁等-木造シート)

また、住宅省エネルギー基準における一次エネルギー消費量計算法への躯体の熱容量評価の導入に向けて入力シート案を作成した(図3)。申請側の入力の簡易さと審査側の確認の容易さを考慮して入力項目・方法を検討した。また、熱容量評価に関する計算をシート内で行う機能を実装している。

2) 什物の蓄放熱能力に係る評価

住宅の家具・家電機器等の熱容量について整理した。カタログ等を調査し、寸法、重量等に材料等の推定を合わせて熱容量の算定を行い、資料として整理している(表1)。

表 1 LDKの家具の想定熱容量

| No. | 種別           | サイズ[cm]     | 素材      | 重量 [kg] | 比熱 [kJ/kgK] | 組成等の想定  | 熱容量 [kJ/K] |
|-----|--------------|-------------|---------|---------|-------------|---|------------|
| 1   | ダイニングテーブル4人用 | 125×80×70   | MDF     | 25      | 1430        | 合板  | 35.8       |
| 2   | ダイニングテーブル4人用 | 120×80×70   | オーク突板   | 24      | 1430        | 合板  | 34.3       |
| 3   | ダイニングテーブル4人用 | 150×80×70   | MDF     | 31      | 1430        | 合板  | 44.3       |
| 4   | ダイニングチェア     | 40×56×80    | ライバーウッド | 4       | 1430        | 合板  | 5.7        |
| 5   | ダイニングチェア     | 40×58×82    | ライバーウッド | 5.5     | 1430        | 合板  | 7.9        |
| 6   | ダイニングチェア     | 44×52×76    | ライバーウッド | 4.5     | 1430        | 合板  | 6.4        |
| 7   | ベンチチェア       | 97×33×40    | ライバーウッド | 7       | 1430        | 合板  | 10.0       |
| 8   | システムキッチン     | 250×108×236 | 不明      | 不明      | -           | 容積の30%(2.0m <sup>3</sup> )が木材(合板、各種比熱 715.8kJ/m <sup>3</sup> K) | 1421.6     |
| 9   | システムキッチン     | 271×65×236  | 不明      | 不明      | -           | 容積の30%(1.2m <sup>3</sup> )が木材(合板、各種比熱 715.8kJ/m <sup>3</sup> K) | 859.0      |
| 10  | キッチンボード      | 100×50×206  | MDF     | 98      | 1430        | 合板  | 140.1      |
| 11  | キッチンボード      | 120×50×206  | MDF     | 113     | 1430        | 合板  | 161.6      |
| 12  | キッチンボード      | 160×51×201  | MDF     | 148     | 1430        | 合板  | 211.6      |
| 13  | 食器棚          | 118×44×198  | プラグアッシュ | 76      | 1430        | 合板  | 108.7      |
| 14  | 食器棚          | 70×42×201   | MDF     | 67      | 1430        | 合板  | 95.8       |
| 15  | ソファー3人用      | 174×88×80   | 不明      | 35      | 1377        | 充填物(ポリウレタン)、フレーム(合板)、脚(アルミ)1/3ずつ                                | 48.2       |
| 16  | ソファー3人用      | 204×97×93   | 不明      | 64      | 1377        | 充填物(ポリウレタン)、フレーム(合板)、脚(アルミ)1/3ずつ                                | 88.1       |
| 17  | ソファー3人用(革)   | 182×90×85   | 不明      | 50      | 1377        | 充填物(ポリウレタン)、フレーム(合板)、脚(アルミ)1/3ずつ                                | 68.8       |

3) 簡易熱負荷計算法の構築

複層躯体の熱容量評価法の考え方をベースに躯体の熱容量も含めて簡易に扱うことが可能な熱負荷計算のモデルを構築した。室単位の吸放熱能力を単一の時定数のcos関数で表したことから、瞬時一様拡散の換気計算モデルのアナロジーとして、仮想的な熱バッファとなる気積と交換換気量を導入したモデルとなっており、躯体の定常計算に加えて吸放熱流を表現する熱バッファと交換

熱量により簡易な負荷計算を行うことを想定している(図4)。このモデルを用いると、熱流が急激に変化する暖房の立ち上がり時を中心に誤差が生じている(1割程度。熱容量が小さい場合には2割程度)ものの、逐次積分法による非定常計算結果の傾向を再現できる結果が得られており(図5、6)、簡易なモデルにより躯体の非定常伝熱を反映した負荷計算が可能となることを確認した。

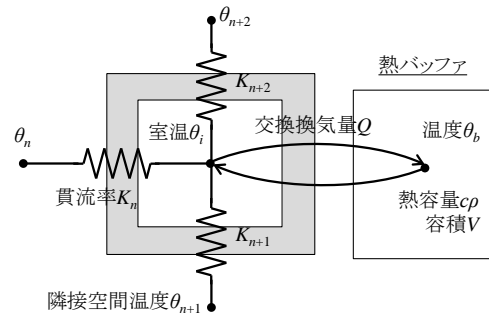


図 4 簡易計算モデル

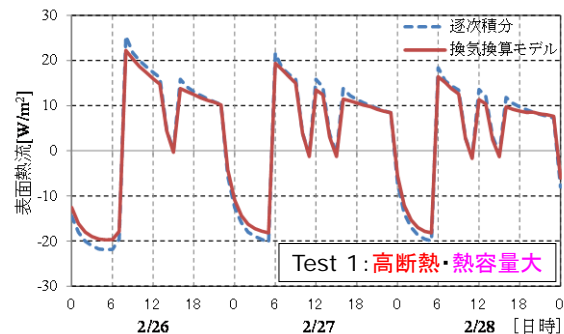


図 5 簡易モデルによる吸放熱流束(高断熱・熱容量大)

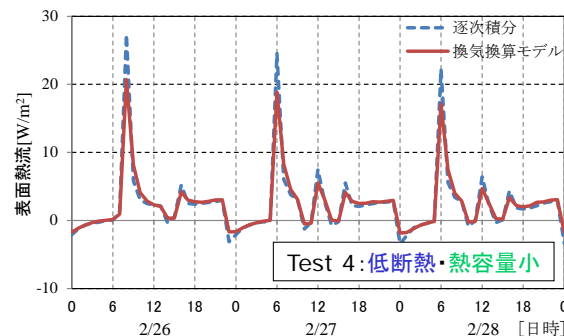


図 6 簡易モデルによる吸放熱流束(低断熱・熱容量小)

【参考文献】

1) 西澤他：熱容量評価指標の構築に向けた検討，日本建築学会大会学術講演梗概集 D2, pp.129-130, 2015.9