

**住宅におけるダンプネスの評価方法に関する研究**  
**— 数値シミュレーションによるダンプネスの程度の評点算出と防除策の検討 —**  
 Study on Evaluation Methods for Dampness in Houses  
 — Study on Prediction of Dampness Index and Control Measures by Numerical Simulation —

江原 信一\*, 三田村 輝章\*\*, 長谷川 兼一\*\*\*  
 Ebara Shin-ichi, Mitamura Teruaki and Hasegawa Ken-ichi

**Keywords:** Dampness, Indoor temperature and humidity, Numerical simulation, Questionnaire survey  
 ダンプネス, 室内温湿度, 数値シミュレーション, アンケート調査

**1. 緒言**

住宅のダンプネス(高湿度な状態)については、これまでアンケート調査の回答に基づく評価方法が提案され、ダンプネスの程度を点数化した評点として定量化されている<sup>1)</sup>。一方、ダンプネスの防除策を検討するには、物理的な室内湿度の高低のみならず、前述のダンプネスの程度の評点のような主観的な要素を組み込んだ指標により防除策の効果を定量化する必要がある。

本研究では、従来のアンケート調査による主観評価により定量化されたダンプネスの程度の評点を数値シミュレーションにより予測する「ダンプネスシミュレータ」の開発を目的とし、これまでダンプネスの程度に関するアンケート調査による主観評価と実測調査による物理量の関係性について検討し、ダンプネスの程度の評点を構成する項目別に評点と実測結果を比較することで、物理量からの評点を予測する評点算出式を提案してきた<sup>2)</sup>。本報では、提案した評点予測式を用いて室内温湿度の数値シミュレーション結果からダンプネスの程度の評点を算出しダンプネスに対する防除策の効果について検討した結果を報告する。

**2. 方法**

**2.1 数値シミュレーションの概要**

計算には、システム・シミュレーション・ツール TRNSYS18 とアドオンの TRNFlow を用い、外皮の隙間による換気と機械換気も含めた熱・換気連成計算を行う。計算対象建物は「平成 25

表1 アンケート調査によるダンプネスの程度の評点<sup>1)</sup>

- (1) 居間・寝室の結露箇所(3点×2室): 「窓ガラス、窓枠、外気に面する扉等」とそれ以外での発生箇所の数により評価
- (2) 居間・寝室の窓ガラスの結露の程度(3点×2室): 「なし」～「水滴が流れる程度」までの4段階の程度により評価
- (3) 居間・寝室の窓ガラスの結露の頻度(3点×2室): 「なし」～「常に発生する」までの4段階の頻度により評価
- (4) 浴室以外のカビの発生箇所(3点): 「なし」～「3か所以上」までの発生居室の数により評価
- (5) カビ臭の発生箇所(3点): 「台所・洗面所・浴室」とそれ以外での発生居室の数により評価

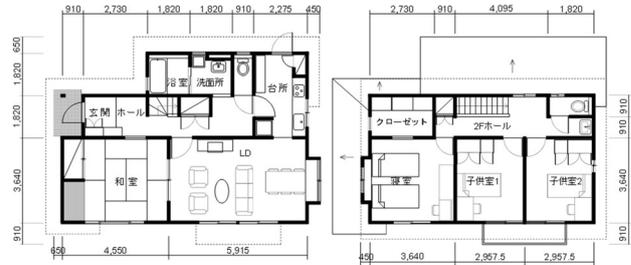


図1 計算対象建物の平面図

年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説II住宅」の標準住戸プラン用いる(図1)。室内の発熱、発湿や暖房運転などの住まい方に関する入力データは住宅事業建築主判断

表2 建物性能グレードの概要

グレード	グレード1	グレード2	グレード3	グレード4	グレード5	グレード6	グレード7	
断熱性能	無断熱	等級2相当	等級3相当	等級4相当	等級5相当	等級6相当	等級7相当	
断熱材厚 [mm]	天井	/	50(GW10K)	100(GW10K)	200(GW10K)	200(GW10K)	270(吹込GW18K)	400(HGW16K)
	壁		30(GW10K)	75(GW10K)	100(GW16K)	105(HGW16K)	105(HGW16K) + 100(XPS3種)	210(HGW40K) + 100(XPS3種)
	床		30(GW10K)	50(GW10K)	100(GW16K)	95(XPS3種)	95(XPS3種)	150(PF) 150(PF)
気密性能 (C値) [cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	7.1	4.1	2.24	1.25	0.71	0.5	0.2	
窓仕様	気密等級	A-2等級	A-3等級	A-3等級	A-4等級	A-4等級	A-4等級	A-4等級
	サッシ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ	アルミ樹脂複合	樹脂	樹脂
	ガラス	シングル	シングル	シングル	ペア	ペア	ペア	トリプル
	種類	普通	普通	普通	普通	Low-E	Low-E	Low-E
暖房設備	石油ストーブ(主要室・間欠)	石油ストーブ(主要室・間欠)	エアコン(主要室・間欠)	エアコン(主要室・間欠)	エアコン(主要室・間欠)	エアコン(主要室・間欠)	エアコン(主要室・間欠)	
換気設備	居室	無し	無し	第3種・24h	第3種・24h	熱交換・24h	熱交換・24h	熱交換・24h
	浴室等	換気口	局所排気・間欠	局所排気・24h	局所排気・24h	局所排気・24h	局所排気・24h	局所排気・24h

※主要室: 居間, 子供室1, 子供室2

\* 前橋工科大学大学院・工学研究科 博士前期課程

Master's Program., Graduate School of Engineering, Maebashi Institute of Technology

\*\* 前橋工科大学・工学部 教授・博士(工学)

Professor, Faculty of Engineering, Maebashi Institute of Technology, Dr. Eng.

\*\*\* 秋田県立大学・システム科学技術学部 教授・博士(工学)

Professor, Faculty of Systems Science and Technology, Akita Prefectural University, Dr. Eng.

表3 計算ケース

グレード	ケース	断熱性能(等級)	種類	ガラス	サッシ	暖房設備	居室	浴室等	備考
グレード1	G1_Case1	無断熱相当	普通	シングル	アルミ	石油ストーブ	無し	換気口	ベース
	G1_Case2		Low-E	ペア	樹脂	エアコン			窓改善
	G1_Case3		普通	シングル	アルミ	石油ストーブ	換気口	局所排気(間欠)	暖房改善
	G1_Case4		Low-E	ペア	樹脂	エアコン			換気改善
	G1_Case5		普通	シングル	アルミ	石油ストーブ			全て改善
グレード2	G2_Case1	等級2相当	普通	シングル	アルミ	石油ストーブ	無し	局所排気(間欠)	ベース
	G2_Case2		Low-E	ペア	樹脂	エアコン			窓改善
	G2_Case3		普通	シングル	アルミ	石油ストーブ	換気口	局所排気(間欠)	暖房改善
	G2_Case4		Low-E	ペア	樹脂	エアコン			換気改善
	G2_Case5		普通	シングル	アルミ	石油ストーブ			全て改善
グレード3	G3_Case1	等級3相当	普通	シングル	アルミ	エアコン	第3種(24h)	局所排気(24h)	ベース
	G3_Case2		Low-E	ペア	樹脂	石油ストーブ			窓改善
	G3_Case3		普通	シングル	アルミ	石油ストーブ	24h換気停止	局所排気(間欠)	暖房悪化
	G3_Case4		Low-E	ペア	樹脂	エアコン			換気停止
	G3_Case5		普通	シングル	アルミ	石油ストーブ			窓改善・換気停止
グレード4	G4_Case1	等級4相当	普通	ペア	アルミ	エアコン	第3種(24h)	局所排気(24h)	ベース
	G4_Case2		Low-E		樹脂	石油ストーブ			窓改善
	G4_Case3		普通	アルミ	石油ストーブ	24h換気停止	局所排気(間欠)	暖房悪化	
	G4_Case4		Low-E	樹脂	エアコン			換気停止	
	G4_Case5		普通	シングル	アルミ			石油ストーブ	窓改善・換気停止
グレード5	G5_Case1	等級5相当	Low-E	ペア	複合	エアコン	熱交換(24h)	局所排気(24h)	ベース
	G5_Case2					石油ストーブ			暖房悪化
	G5_Case3					エアコン	第3種(24h)	局所排気・間欠	換気悪化
	G5_Case4					石油ストーブ	24h換気停止		換気停止
グレード6	G6_Case1	等級6相当	Low-E	ペア	樹脂	エアコン	熱交換(24h)	局所排気(24h)	ベース
	G6_Case2					石油ストーブ			暖房悪化
	G6_Case3					エアコン	第3種(24h)	局所排気・間欠	換気悪化
	G6_Case4					石油ストーブ	24h換気停止		換気停止
グレード7	G7_Case1	等級7相当	Low-E	トリプル	樹脂	エアコン	熱交換(24h)	局所排気(24h)	ベース
	G7_Case2					石油ストーブ			暖房悪化
	G7_Case3					エアコン	第3種(24h)	局所排気・間欠	換気悪化
	G7_Case4					石油ストーブ	24h換気停止		換気停止

基準に準ずる。計算は助走期間を1か月とし、冬季(10月～翌年3月)の室温、露点温度、室絶対湿度、各部屋における窓ガラスの表面温度、二酸化炭素濃度を算出する。なお、本報では壁体等の吸放湿は考慮せず、建物の断熱気密性能や住まい方の影響を中心に確認する。

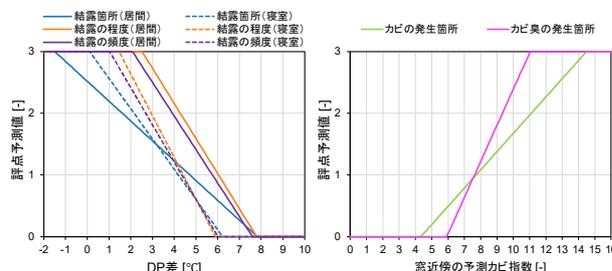
## 2.2 計算条件

建物性能を断熱気密性能についてグレード1～7の7段階を設定し、暖房・換気設備は各グレードに応じて使用が想定される設備を設定する。表2に建物性能グレードの概要を示す。暖房設備における石油ストーブでは、燃焼による水蒸気発生を暖房負荷に応じて設定する。気象データは前橋の拡張アメダス(標準年)を用いる。

表3に計算ケースを示す。計算ケースは、グレード1～4(以下、G1～G4と示す)でCase1～5の5ケース、G5～G7でCase1～4の4ケースの全32ケースを設定する。Case1を基本ケースとして、断熱気密性能の低いG1、G2ではダンプネスの程度が改善する影響、断熱気密性能が中程度のG3、G4ではダンプネスの程度が改善する影響および悪化する影響の両方を検討するために、窓仕様(Case2)、暖房設備(Case3)、換気状況(Case4)を変更したケース、以上を複合したケース(Case5)について考察する。断熱気密性能の高いG5～G7ではダンプネスの程度が悪化する影響を検討するために、暖房設備(Case2)、換気状況(Case3、Case4)を変更したケースについて考察する。

## 2.3 ダンプネスの程度の評点算出方法

図2にダンプネスの程度の評点と実測値の相関から導出した



項目	居間	寝室
結露箇所	$y = -0.32x + 2.52$	$y = -0.36x + 2.24$
結露の程度	$y = -0.57x + 4.43$	$y = -0.71x + 4.26$
結露の頻度	$y = -0.54x + 4.13$	$y = -0.68x + 4.01$
カビの発生箇所	$y = 0.30x - 1.28$	
カビ臭の発生箇所	$y = 0.59x - 3.46$	

図2 ダンプネスの程度の評点算出式<sup>2)</sup>

評点算出式を示す<sup>2)</sup>。ダンプネスの程度の評点のうち、結露に関する評点は計算結果から算出した窓ガラスの表面温度と露点温度の差(以下、DP差とする)を、カビに関する評点は窓ガラスの表面温度と室内絶対湿度から算出した窓近傍での予測カビ指数<sup>3)</sup>を評点算出式に代入し、アンケート調査によるダンプネスの程度の評点に基づき各項目最大値を3、最小値を0として評点予測値を算出する。この予測値は、各時刻(1時間ごと)に算出された予測値を期間平均した値を評価する。なお、DP差は、日射

の影響を受けない19時から翌5時までの値を用いる。また、カビに関する評点算出式は寝室の実測値との比較結果から導出したものであるが、アンケート調査では、カビの発生箇所数で評価することから、廊下等を含めた各室での評点予測値の合計をカビに関する評点予測値として評価する。

#### 4. 結果

図3に数値シミュレーションの結果から算出したダンプネスの程度の評点予測値の合計値とその内訳を計算ケース別に示す。なお、これまでのアンケート調査と実測調査は2月に実施されたことから、評点予測値についても同月における平均値を評価対象とする。なお、既往研究<sup>1)</sup>で定めたダンプネスのランク分けは、ランク1が6.3未満、ランク2が6.3以上10.5未満、ランク3が10.5以上13.3未満、ランク4が13.3以上とされている。G1、G2では、Case1において評点予測値はそれぞれ16.0、16.8と、ともにランク4であり、ダンプネスの重篤度が高いことが確認できる。改善効果はCase5が最も大きく、評点予測値はG1で12.0点、G2で13.0点低下し、ランク4からランク1へ、大幅な改善がみられた。Case2およびCase3はG1、G2ともに約5~8点低下し、ランク2まで改善している。一方、Case4の低下はG1、G2ともに2点ほどに留まり、ランク4を改善させるほどの効果は認められなかった。この結果から、断熱気密性能が低い住宅においては、個別の防除策よりも窓性能と暖房器具の複合的な防除策が有効であることが示唆される。G3、G4ではCase1の評点予測値は5.8点と3.2点であり、ともにランク1である。Case2の予測値はG3で4.3点、G4で2.7点低下し、評点予測値がCase1の約25%とG1、G2と比べて、相対的に窓改善の効果が大きいことがわかる。また、Case3ではG3で3.5点上昇、Case4ではG4で5.0点上昇し、ランク2への悪化がみられた。これらから、ダンプネスのリスクが低い住宅でも、暖房設備や換気設備の運転状況で容易にダンプネスのリスクが顕在化することがわかる。G5、G6、G7は、Case1の評点予測値がいずれも1点未満と極めて低く、ランク1であり、ダンプネスの重篤度は最小に抑えられている。これらのグレードでCase4が最も影響が大きく、G5で9.5点、G6で7.6点の評点予測値が上昇し、ともにランク2に悪化した。評点予測値の内訳もカビに関する項目の予測値が大きく占めていることから、高气密な住宅ほど、換気状況によって特にカビ発生リスクが顕在化する危険性があることがわかる。一方、G7はCase4の上昇幅が1.0点に留まりランク1を維持していることから、G7がダンプネスに対して高い耐性を有していることがわかる。

図4に評点予測値を居間および寝室の結露に関する項目（結露箇所・結露の程度・結露の頻度）、カビに関する項目（カビの発生箇所・カビ臭の発生箇所）の3つに分類して示す。居間の結露に関する項目は、特に窓を改善した計算ケース（G1、G2、G3におけるCase2、Case5）の予測値が大きく低下した。G4以上の計算ケースは全て1点未満と低い水準にあった。一方、寝室の結露に関する項目では、G1、G2においてCase2~5の各計算ケースで予測値は低下しているものの、居間と比較して、その低下が小さく、各防除策の効果が小さい。これは、寝室は暖房の使用を想定していないことや、居間に比べて在室時間が長く、結露リスクが恒常的に高いことが推測される。また、全体的に換気が不十分な計算ケース（特にG3、G4、G5、G6におけるCase4）の予測値が高くなる傾向が見られた。カビに関する項目では、G1、G2のCase3の予測値が0点近くに低下していることか

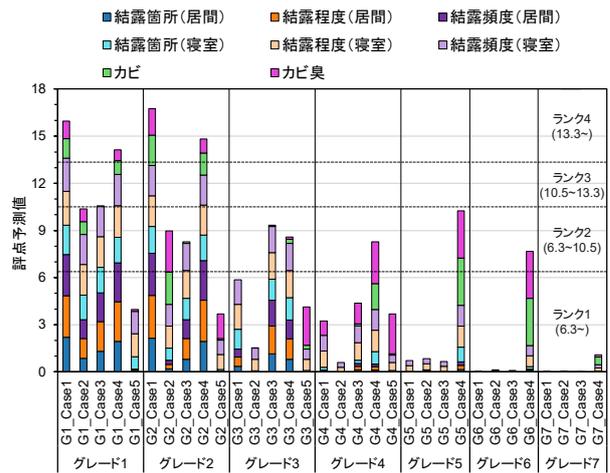
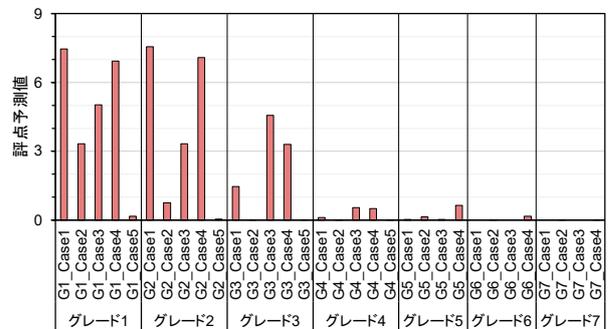
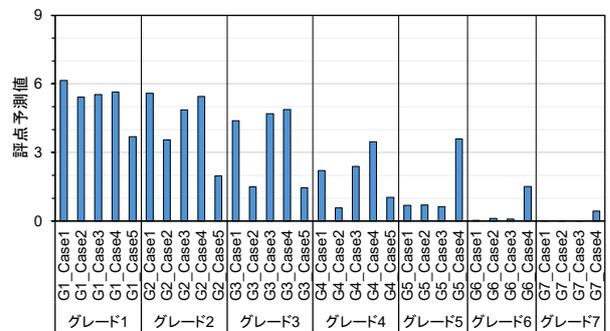


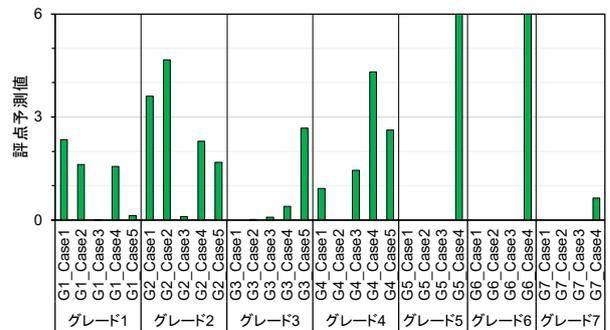
図3 数値シミュレーションの結果から算出したダンプネスの程度の評点予測値（合計）



(a) 居間の結露に関する項目の合計



(b) 寝室の結露に関する項目の合計



(c) カビに関する項目の合計

図4 ダンプネスの程度の評点予測値（項目別）

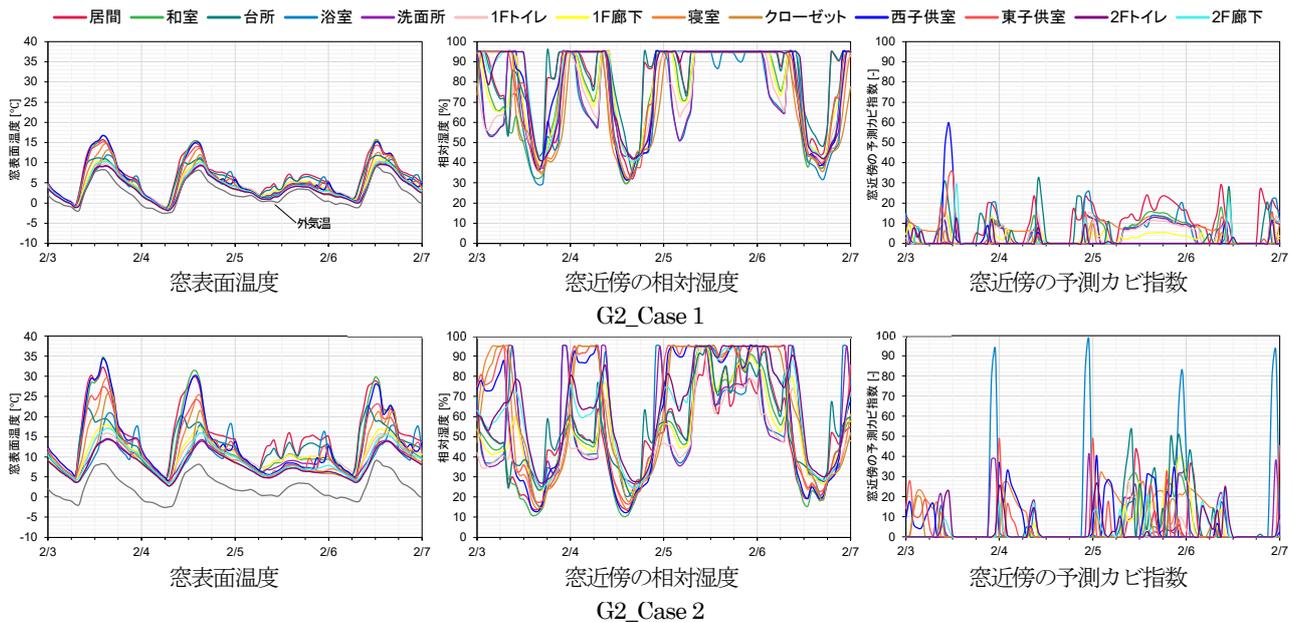


図5 G2\_Case 1とG2\_Case 2の窓表面温度・窓近傍の相対湿度・窓近傍の予測カビ指数の推移 (2/3~2/6)

ら、暖房設備を開放型からエアコンに変えることがカビの発生を抑制するうえで効果的であることがわかる。一方、G5、G6におけるCase4はカビに関する項目の予測値が満点(6点)に達しており、気密性能が高い住宅ほど湿気が滞留しやすく、換気運転の悪化が、カビ発生リスクを急激に顕在化させることが示唆される。また、窓を改善した計算ケースであるG2のCase2およびG3のCase5において、予測値がそれぞれCase1、Case4から上昇している。

図5にG2のCase1と2の、2月において最も外気温が低かった日を含む4日間の窓表面温度、窓近傍の相対湿度、窓近傍の予測カビ指数の推移を示す。Case1と比べてCase2は、窓の断熱性能向上により窓表面温度が上昇している。一方、窓近傍の相対湿度は低下する傾向がみられたにもかかわらず、窓近傍の予測カビ指数は上昇しており、G3のCase4とCase5でも同様な傾向が確認された。これは、相対湿度は低下しているものの、窓性能の向上によって窓表面温度が上昇し、カビの発育に適した温度域に移行したため、窓近傍の予測カビ指数が上昇したと考えられる。

以上からG5~G7のダンプネスのリスクが低いことが示されたが、室内空気質の観点からの評価も不可欠である。図6にG5~G7の2月の居間、寝室における二酸化炭素濃度を示す。換気の停止を想定した各グレードのCase4では、二酸化炭素濃度の四分位範囲が1,000 ppmを超えており、室内空気質が著しく悪化していることが確認できる。また、グレードが上がるにつれて濃度が高くなっており、住宅の気密性が高まるほど、換気運転が必須となり、換気停止時の室内空気質の悪化が深刻化することを示している。したがって、高断熱高気密な住宅において快適な室内環境を実現するには、カビ対策としてだけでなく、二酸化炭素濃度を許容範囲内に維持するためにも、適切に換気設備を運転することが重要である。

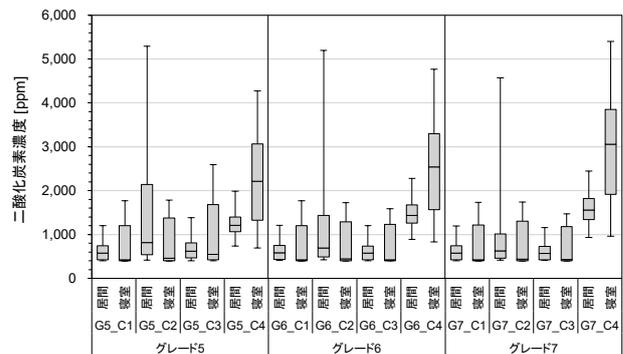


図6 二酸化炭素濃度 (グレード5~7)

## 5. まとめ

本報では、提案した評点予測式を室内温湿度の数値シミュレーション結果に適用し、ダンプネスの程度の評点を算出し、防除策の効果を定量的に評価した。

今後は、夏期・梅雨期のダンプネスにおいても評点算出式を導出し、本報と同様に数値シミュレーションを用いた分析を進め、年間を通じたダンプネスの防除策の有効性を検証していく予定である。

## 参考文献

- 1) 長谷川兼一 他:住宅のダンプネスのアンケートによる評価法の提案と子供のアレルギー疾患に及ぼす影響に関する全国調査、日本建築学会環境系論文集 第81巻 723号、2016年
- 2) 江原信一 他:住宅におけるダンプネスシミュレータの開発(その2) 物理量に基づくダンプネスの程度の算出方法の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学、2025年
- 3) 阿部恵子:カビ指数による室内環境評価、防菌防黴 第29巻9月号、2001年