

住宅におけるダンプネスの評価方法に関する研究 —結露に関するダンプネスの程度の評点算出の検討—

Study on Evaluation Methods for Dampness in Houses
—Study on Calculation Methods of Dampness Index to Condensation—

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

keywords: Dampness, Indoor temperature and humidity, Field measurement, Questionnaire survey
ダンプネス, 室内温湿度, 実測調査, アンケート調査

1. はじめに

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¹⁾。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、物理量からの評点算出法について検討してきた²⁾。

本報では、ダンプネスの程度に関する評点のうち、特に結露に関する評点の予測精度向上を目的として、窓ガラスの表面温度と露点温度の差を積算量で定義される新たな指標「結露デグリーアワー」を提案し、従来の結露発生時間に基づく評点と、提案した結露デグリーアワーによる評点との比較検証結果について報告する。

2. 結露デグリーアワーの定義

図1に結露デグリーアワーの算出方法の概要を示す。実測調査で得られた窓ガラスの表面温度と露点温度の測定値を用い、日射の影響を受けない夜間の時間帯(18時から翌6時)において、窓ガラスの表面温度から露点温度を引いた値を時間積算し、一日当たりの平均値として定義する。この結露デグリーアワーは、結露の発生程度と非発生時における安全度を考慮した評価を行うことが可能な指標として位置づけられる。

3. 調査概要

3.1 アンケート調査

2015年～2022年の冬季にインターネット会社を通じて実施した全国の住宅におけるダンプネスに関するアンケート調査のデータ300件分を分析対象とする。調査項目にはダンプネスの程度の評点を算出するための質問が含まれている。表1にダンプネスの評価方法を示す。居住者が容易に観測可能な「結露・カ

表1: アンケート調査によるダンプネスの評価方法

- (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

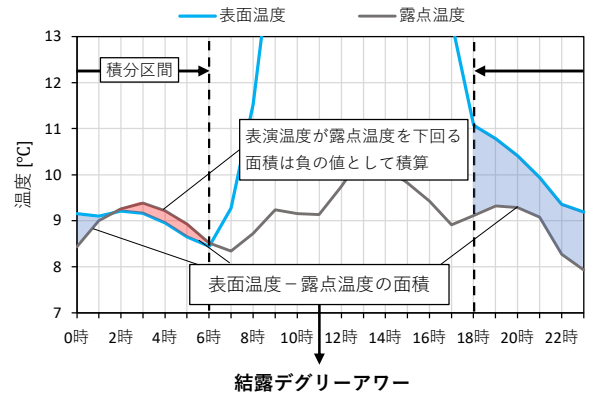


図1: 結露デグリーアワーの算出方法の概要

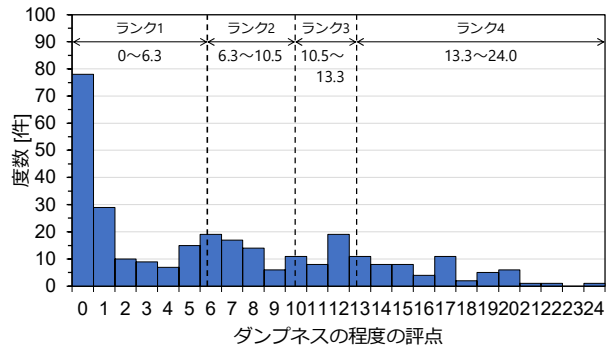


図2: ダンプネスの程度の評点分布

ビの発生」や知覚可能な「カビ臭」に関する主観的な質問項目の回答を点数化し、24点満点で評価する。

* 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 准教授・博士(工学)
Assoc. 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.
**** 大成建設 修士(工学)
TAISEI CORPORATION, Dr. Eng

3.2 実測調査

実測調査はアンケート調査と同時期に実施し、調査対象も上記のアンケート調査を行った住宅と同一である。主な調査項目は居間・寝室の温湿度と窓ガラスの表面温度である。温湿度の測定には小型温湿度ロガー (TR72U,T&D 製) を、窓ガラス表面温度の測定には小型熱電対ロガー (TR45,T&D 製) を使用する。

4. 調査結果

4.1 ダンプネスの程度の評点

図 2 にアンケート調査の結果から算出したダンプネスの程度の評点分布を示す。既往研究¹⁾と同様にダンプネスの程度の評点が 0 点の件数が突出するが、1 点以上は広くならぬかに分布している。また、既往研究¹⁾で定めた 4 段階のランクに分類すると、それぞれランク 1 が 173 件、ランク 2 が 49 件、ランク 3 が 32 件、ランク 4 が 46 件となった。

図 3 にダンプネスの程度の評点内訳を昇順に並べて示す。ランク 1 では寝室の結露に関する評点が高い件数が多く、ランク 2 以上になると居間と寝室両方の結露の程度・頻度の評点が加算されている。ランク 4 では結露に関する評点が満点近くになり、さらに、カビの発生箇所、カビ臭の発生箇所の評点も高くなる。このようにランクに関わらずダンプネスの程度の評点のうち、結露に関する評点は高い割合を占めるため、評点算出の精度を高くすることが重要である。

4.2 ダンプネスの程度の評点と実測結果の比較

図 4 にダンプネスの程度の結露に関する評点と一日当たりの結露発生時間の関係をダンプネスの程度の評点の項目および評点別に示す。実測結果から窓ガラスの表面温度が露点温度を下

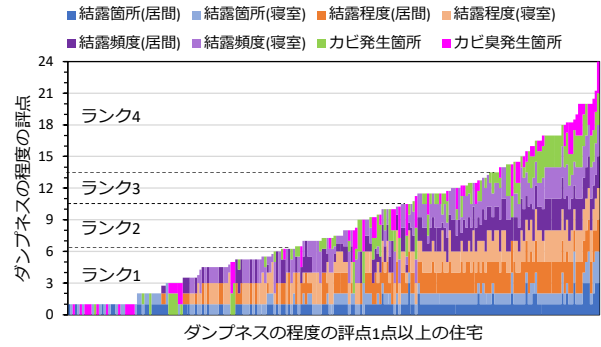


図 3：ダンプネスの程度の評点内訳

回る一日当たりの平均時間を結露発生時間とし、ダンプネスの結露の発生箇所、窓ガラス面での結露の程度と頻度に分けて評点ごとに比較した。なお、窓ガラスの表面温度の計測を行っていない一部の住宅では、室内外温度と窓ガラスの種類から表面温度を推定した。結露箇所の評点は、2 点までは評点が高いほど一日当たり結露発生時間も長くなるが、2 点、3 点の件数が少ないため、結露発生時間にばらつきがあり、3 点の方が短くなる結果となった。一方、結露の程度と頻度の評点はおおむね正の相関が見られ、特に 3 点の結露発生時間が他の点数に比べて長くなる事が分かる。

図 5 にダンプネスの程度の結露に関する評点と結露デグリーアワーの関係性をダンプネスの程度の評点の項目および評点別に示す。すべての項目において、評点が高いほど結露デグリーアワーも低くなる結果となった。ダンプネスの程度の評点と結露発生時間と結露デグリーアワーの関係性をそれぞれ比較すると、両

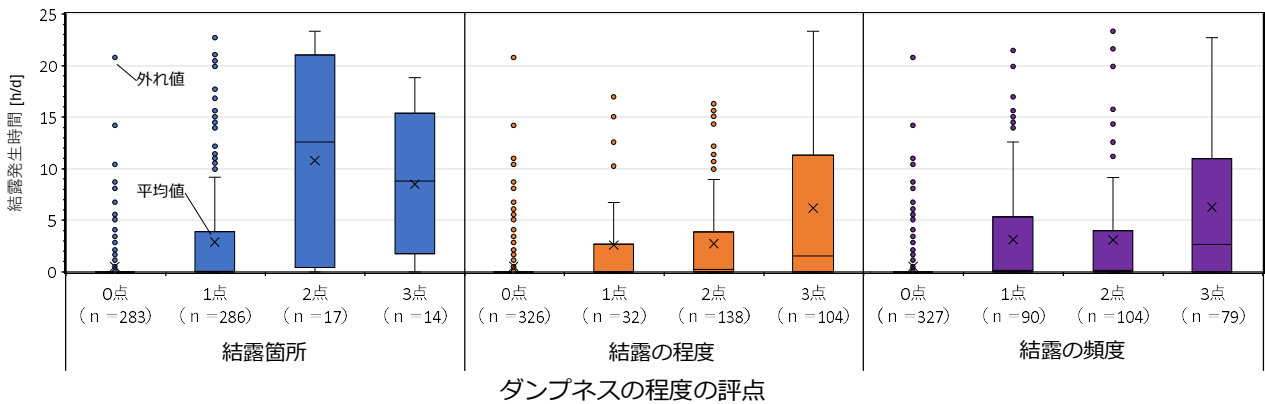


図 4：ダンプネスの程度の結露に関する評点と一日当たりの結露発生時間の関係

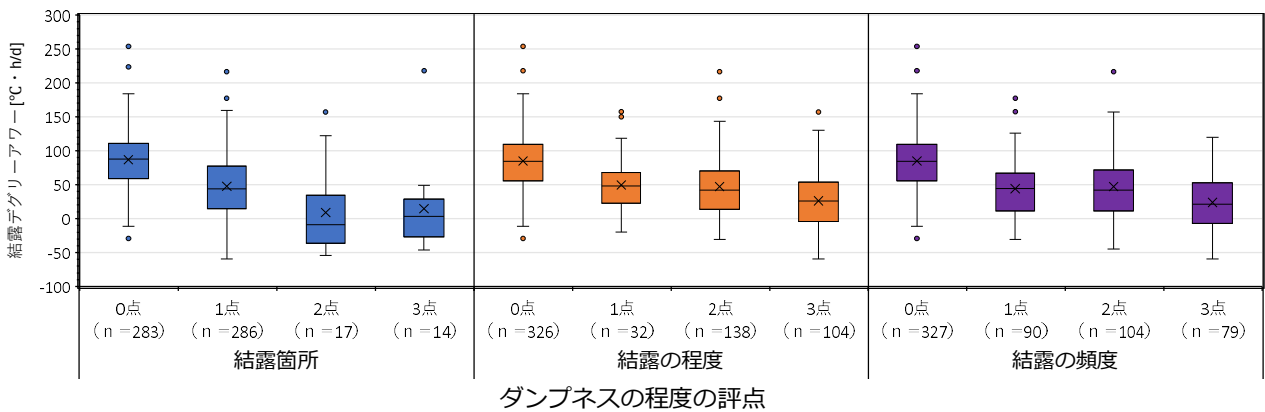


図 5：ダンプネスの程度の結露に関する評点と一日結露デグリーアワーの関係

指標とも明確な相関を示し、結露発生時間は指数関数的に増加を、結露デグリーアワーは線形的に減少を示すことが分かった。

4.3 ダンプネスの程度の評点算出概要

図6および図7は、それぞれ図4に示した結露発生時間と図5に示した結露デグリーアワーについて、ダンプネスの程度の評点との相関から算出した近似式を示す。評価項目別に算出した結露発生時間および結露デグリーアワーの平均値に基づき指数近似曲線を算出し、これをダンプネスの程度の評点算出式として使用する。

図8に、図6の近似式を用いて結露発生時間から算出した評点と、アンケート調査により得られたダンプネスの程度の評点との比較を項目別に示す。すべての項目において評点の算出値はばらつきが大きく、特にダンプネスの程度の評点が2点及び3点において、算出値の平均はアンケート調査から得られた評点を下回る割合が大きい結果となった。また、結露箇所における評点が1点、および結露の程度と頻度が2点において、算出値の中央値は0点となった。総じて、算出値は実際の評点より低く、過小評価となる傾向が認められた。

図9に、図7の近似式を用いて結露デグリーアワーから算出した評点と、アンケート調査から得られたダンプネスの程度の評点との比較を項目別に示す。結露発生時間から算出した評点と同様に、すべての項目において評点の算出値のばらつきが大きいが、ダンプネスの程度の評点が2点及び3点においては、算出値の平均および中央値は、結露発生時間から算出した評点と比較して本来の評点により近い値を示した。一方で、評点0点における算出値の精度は低下する結果となった。また、結露発生時間から算出した評点と比較して、本来のダンプネスの評点が

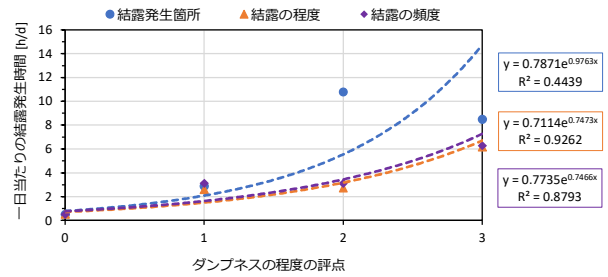


図6：ダンプネスの程度の評点と一日当たりの結露発生時間の関係から算出した近似式

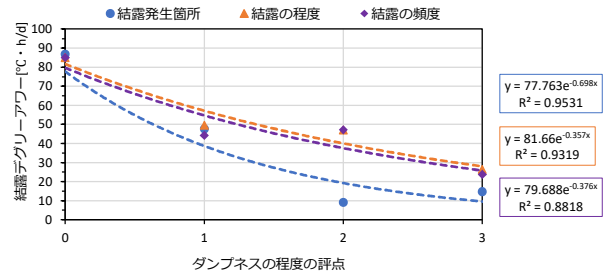


図7：ダンプネスの程度の評点と結露デグリーアワーの関係から算出した近似式

低い住宅において算出値が高くなり、過大評価となる傾向が認められた。

図10および図11は、結露発生時間と結露デグリーアワーによってそれぞれ算出した評点を、アンケート調査から得られたダンプネスの程度の評点と比較した結果を示す。結露発生時間

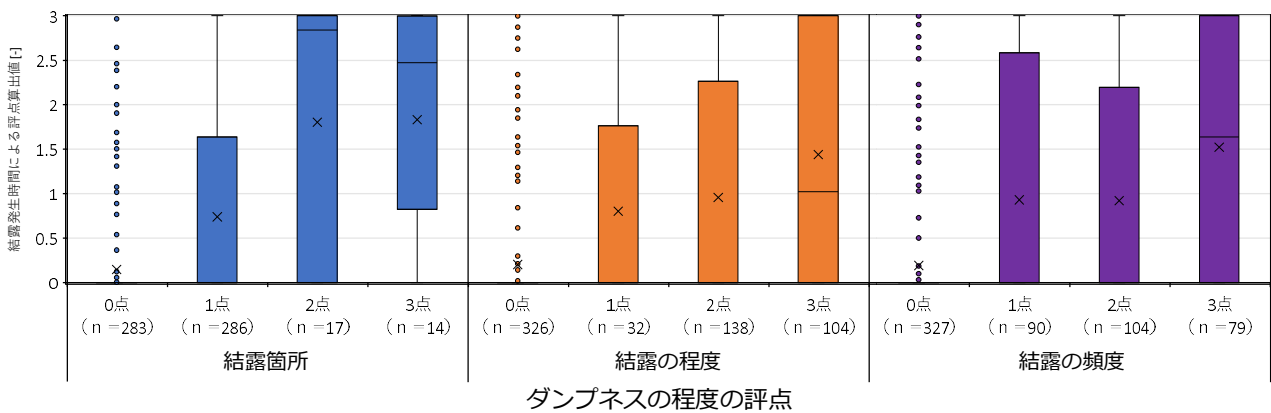


図8：ダンプネスの程度の評点と結露発生時間による評点算出値の関係（項目別）

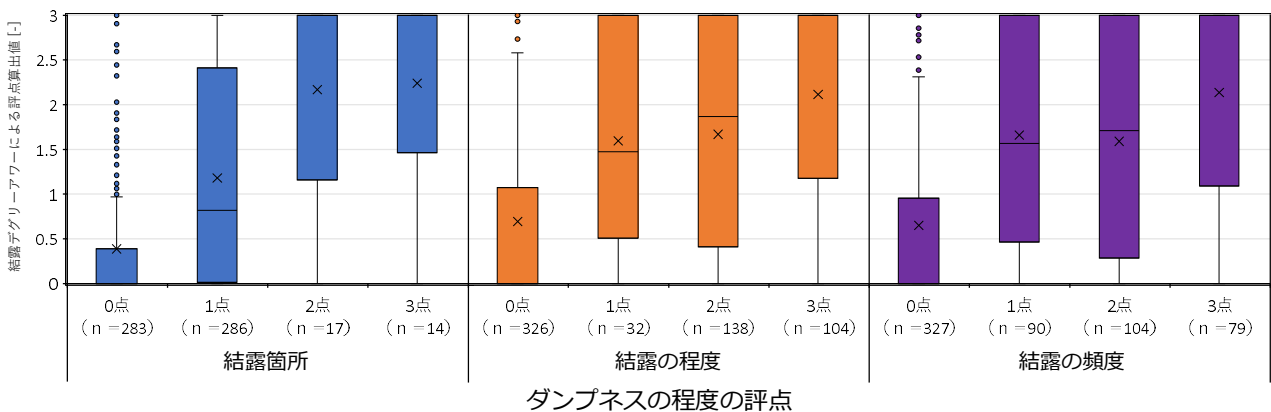


図9：ダンプネスの程度の評点と結露デグリーアワーによる評点算出値の関係（項目別）

から算出された評点は、全般的に過小評価の傾向を示した。一方、結露デグリーアワーから算出された評点は、結露発生時間による評点と比較してより本来の評点に近い値を示したものの、評点0~4点の範囲において顕著な過大評価が確認された。両手法とも、合計点での比較においては評点のばらつきが大きく、評価手法としてさらなる改良の必要性が示唆された。

図12に結露発生時間から算出したダンプネスの程度の評点の分布を示す。ダンプネスの程度の評点が0点と6点台の件数が突出し、それ以外の評点は10件程度で分布している。4段階のランクの分類では、ランク1が197件、ランク2が23件、ランク3が19件、ランク4が37件となり、本来の評点と比較して、ランク1の件数が増加し、他のランクでは減少した。

図13に結露デグリーアワーから算出したダンプネスの程度の評点の分布を示す。結露発生時間から算出した評点の分布と比較して、0点の件数が大幅に減少し、より緩やかな分布傾向を示した。また、満点である24点の件数が増加した。4段階のランクの分類では、ランク1が139件、ランク2が30件、ランク3が9件、ランク4が98件となり、アンケート調査から得られた評点と比較して、ランク1の件数が大幅に減少し、ランク4の件数が増加した。

住宅のダンプネスの評価においては、危険度の高い住宅の判別がより重要である。したがって、過小評価の傾向がある結露発生時間による算出法よりも、過大評価の傾向がある結露デグリーアワーによる算出法の方が適していると考えられる。

5. まとめ

本報では、ダンプネスの結露に関する評点算出方法について、新たな指標である結露デグリーアワーを提案し、既往研究で提案した結露発生時間による算出法との比較検討を行った。その結果、結露発生時間による算出方法では過小評価される傾向が、結露デグリーアワーによる方法では過大評価される傾向が確認された。両算出法とも評点算出値のばらつきが顕著であり、算出精度向上に課題が残るが、現段階では過大評価を示す結露デグリーアワーを用いた算出法がより安全側であると考えられる。

今後は、評点算出値のばらつきを低減し、評点算出精度の向上を目的として実測調査との比較分析を継続するとともに、今回の算出方法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することで防除策に関する検討を進めていく予定である。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費（課題番号 21K04374,21H01493）の助成を受けたものである。

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1) 冬季におけるアンケート調査と実測調査の比較によるダンプネスの程度の評点算出について、日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学、2024年

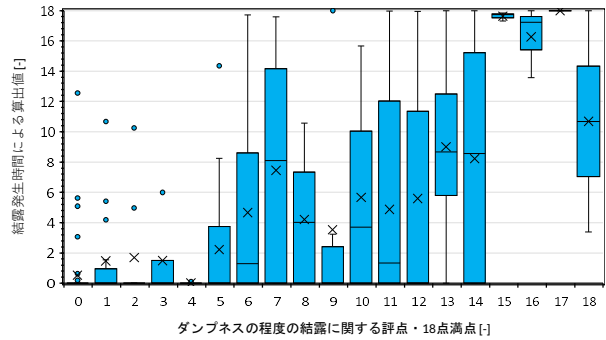


図10：ダンプネスの程度の評点と結露発生時間による評点算出値の関係（合計）

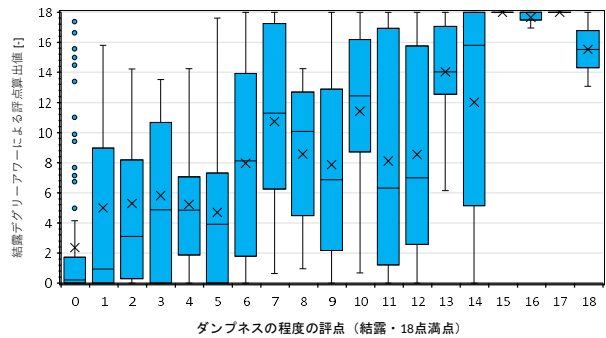


図11：ダンプネスの程度の評点と結露デグリーアワーによる評点算出値の関係（合計）

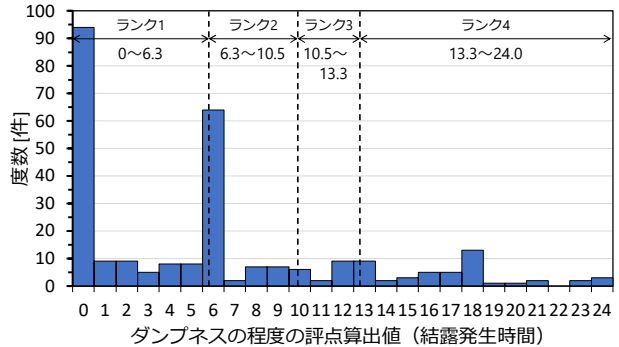


図12：結露発生時間によるダンプネスの程度の評点算出値の分布

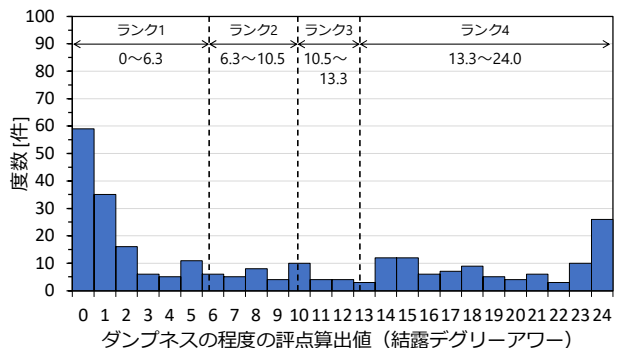


図13：結露デグリーアワーによるダンプネスの程度の評点算出値の分布