

露点温度マップを用いた夏季の湿度環境評価

正会員 ○熊埜御堂 令*
同 出端 祐輔*
同 廣岡 志穂*

露点温度 夏季結露 湿度環境

1. はじめに

近年、夏季の外気の高湿化が進行し¹⁾、低温室等の室内近傍で外気が流入する部位における結露（夏型結露）が発生するリスクが高まっている。橋本ら²⁾は、2009–2019年における全国30地点の気象観測結果より露点温度を算出し、さらに夏季における結露リスクが評価可能となる結露ディグリーアワーを導入し、各地点の湿度環境を評価した。

本報では、2000年、2010年、2023年の1年の中でも露点温度が高くなる8月の月平均露点温度マップを作成し、全国各地域の湿度環境の可視化を行った。色の濃淡により地域による10年毎の結露リスクの推移と程度を把握し、建物設計時の参考データとして使用することを目的としている。

2. 方法

2.1 データ

気象庁ウェブサイト³⁾より2000年、2010年、2023年の8月における155都市の1時間平均気温(°C)、相対湿度(%)を取得した。都市は気象官署があり、温度と相対湿度の観測を行っている箇所を選定した。

2.2 露点温度の算出

飽和水蒸気圧(Pa)の計算はGoff-Gratchの式⁴⁾を用いた。1時間平均気温と相対湿度より飽和水蒸気圧を算出し、二分法を用いて1時間平均露点温度を算出した。

2.3 各都市の月平均露点温度の表示

マップの作成は、フリーソフトのMANDARAJS⁵⁾を用いた。各都市名と露点温度を紐づけ、カラースケールの温度範囲を設定し、日本地図をもとに各都市に露点温度に応じて等値線モードでカラーマッピングした。環境省⁶⁾や糸井川⁸⁾の冷房設定温度に関するアンケート調査によると、設定温度範囲は22~30°Cであり、約2割の人は冷房設定25°C以下である。よって、冷房時の夏期結露を評価する観点から、カラースケールの温度範囲は比較的結露リスクの高い低温側の20~25°Cの範囲の1°C刻みとした。また、20°C以下は20°C、25°C以上は25°Cと同じ色で表現される。

表1 月平均露点温度(2000年、2010年、2023年の8月)

都市	2000年 8月	2010年 8月	2023年 8月	都市	2000年 8月	2010年 8月	2023年 8月	都市	2000年 8月	2010年 8月	2023年 8月
稚内	20.1	19.4	20.1	富士山	2.1	3.1	4.0	西郷	22.4	23.4	25.6
北見枝幸	18.0	18.5	19.3	銚子	23.5	23.9	25.2	松江	22.7	23.7	24.1
旭川	19.0	19.0	21.3	千葉	23.3	23.4	24.6	浜田	22.2	23.4	24.8
羽幌	19.2	19.8	21.9	勝浦	23.7	24.5	25.6	境	23.6	24.2	24.9
留萌	20.7	19.8	21.7	館山	23.0	24.4	25.6	米子	22.9	23.7	24.4
札幌	19.7	19.8	22.8	横浜	22.2	23.7	24.8	鳥取	21.8	23.2	24.2
岩見沢	20.5	20.3	22.9	長野	20.1	21.5	21.8	徳島	22.0	23.2	25.2
小樽	19.0	19.9	23.1	軽井沢	18.8	20.9	21.3	高松	21.5	23.0	24.9
俱知安	19.7	20.0	21.9	松本	19.4	20.3	19.9	多度津	22.3	23.0	24.6
寿都	21.3	21.5	22.3	諫訪	19.9	20.6	20.8	松山	21.1	21.7	24.8
雄武	18.4	18.0	19.9	飯田	21.4	21.7	22.0	宇和島	23.2	23.9	24.2
紋別	18.0	18.8	19.2	甲府	21.5	21.8	22.9	高知	22.9	24.6	24.6
網走	17.4	19.2	19.8	河口湖	20.0	20.3	21.1	室戸岬	23.3	24.6	25.6
根室	16.3	17.4	19.8	三島	22.4	23.2	24.8	宿毛	23.3	23.6	25.2
釧路	17.8	17.8	20.3	網代	23.9	23.4	25.0	清水	24.3	24.6	26.0
帯広	18.6	19.0	21.3	静岡	22.8	24.8	24.8	萩	22.7	24.2	25.2
広尾	17.6	18.8	20.6	浜松	24.4	24.6	25.4	山口	22.0	22.7	24.3
苦小牧	19.4	20.1	23.1	御前崎	23.3	25.0	25.4	下関	22.7	23.4	24.8
室蘭	19.7	20.9	23.1	石廊崎	23.9	24.5	25.4	飯塚	23.8	23.9	24.8
浦河	18.9	20.5	22.9	名古屋	22.0	22.3	23.7	福岡	22.7	22.7	24.6
函館	20.1	20.7	23.7	伊良湖	22.9	24.8	25.2	日田	22.0	22.3	24.8
江差	21.1	21.3	23.7	高山	20.9	20.6	21.2	大分	22.5	22.5	25.2
むつ	19.6	22.3	23.1	岐阜	22.0	23.2	23.7	厳原	22.8	24.8	24.8
青森	19.8	21.7	23.6	四日市	22.2	25.0	25.2	平戸	23.7	24.8	25.2
深浦	20.9	21.7	23.9	上野	21.3	24.4	23.6	佐世保	22.7	23.7	25.1
八戸	19.6	21.7	23.5	津	22.7	23.7	25.2	長崎	22.7	24.3	23.2
秋田	20.8	22.6	23.9	尾鷲	24.6	24.0	25.2	雲仙岳	19.8	21.9	22.3
盛岡	20.5	21.4	24.4	相川	22.0	23.8	24.2	福江	22.4	24.2	25.4
宮古	20.3	22.1	24.3	新潟	22.7	23.7	24.6	佐賀	22.5	23.7	24.4
大船渡	19.9	21.7	24.5	高田	23.4	23.9	23.9	熊本	21.8	24.2	23.4
石巻	21.3	22.3	25.2	伏木	22.2	24.6	25.1	人吉	21.9	22.8	24.1
仙台	20.9	22.6	25.2	富山	22.5	24.6	24.1	牛深	23.2	23.9	24.3
酒田	21.1	23.2	21.9	輪島	22.8	23.6	24.1	延岡	23.7	25.0	26.0
新庄	20.7	23.5	24.3	金沢	22.0	22.3	24.1	宮崎	23.5	24.6	25.4
山形	20.3	22.0	23.4	福井	21.1	22.7	23.2	都城	23.0	23.4	24.5
福島	21.0	23.0	23.9	敦賀	23.0	23.0	23.7	油津	23.9	24.8	26.6
若松	20.8	22.0	23.2	彦根	20.8	23.2	23.7	阿久根	22.8	24.0	24.4
白河	20.3	22.5	23.9	舞鶴	22.2	23.4	24.6	鹿児島	22.5	24.6	24.8
小名浜	21.7	23.1	25.4	京都	21.2	21.9	23.0	枕崎	24.2	24.1	24.8
水戸	22.7	23.2	25.0	大阪	21.7	23.1	23.9	種子島	23.5	25.0	26.2
つくば	21.7	22.9	25.2	豊岡	22.7	23.2	24.2	屋久島	23.7	24.6	25.8
奥日光	17.0	18.3	18.5	姫路	23.0	24.2	24.1	名瀬	23.6	25.4	25.2
宇都宮	22.1	23.4	25.2	神戸	21.8	24.6	24.4	沖永良部	24.8	26.0	25.6
前橋	21.5	22.3	22.7	洲本	22.4	24.0	24.2	名護	24.2	25.0	26.6
熊谷	22.9	23.0	24.9	奈良	22.2	23.4	23.7	久米島	24.2	25.4	26.4
秩父	22.7	23.0	24.0	和歌山	21.8	23.4	24.3	那覇	24.2	25.0	26.2
東京	21.8	23.2	24.8	潮岬	23.7	24.6	26.0	南大東	24.6	25.8	25.4
大島	22.9	23.7	25.4	津山	22.4	23.4	24.0	宮古島	24.6	26.0	26.2
三宅島	23.5	23.9	26.0	岡山	21.0	23.6	25.1	与那国島	25.2	25.0	26.6
八丈島	23.5	23.9	25.0	福山	22.7	22.7	24.3	西表島	24.8	25.8	27.4
父島	23.9	24.0	25.8	広島	22.7	21.9	22.2	石垣島	25.0	25.5	26.0
南鳥島	24.1	23.4	25.8	吳	22.7	23.7	23.2	平均	21.8	22.8	23.9

3. 結果

表1に各都市の月平均露点温度(25°C以上を網掛け)、図1~3に2000年、2010年、2023年の露点温度マップを示す。155都市の月平均露点温度の平均値は、2000年は21.8°C、2010年は22.8°C、2023年は23.9°Cとなり、10年ごとに約1°Cずつ上昇している。

2000年8月において、沖縄県の与那国島と石垣島を除き、全国的に露点温度が25°Cを超える地域は見られない。2010年8月において、沖縄県以外にも御前崎、四日市、延岡、種子島、名瀬、沖永良部で25°Cを超え、東北地方でも23°Cを超える地域が増加している。2023年8月において、25°Cを超える都市が西日本だけでなく、東北地方の太平洋側まで拡大しており、全国で50都市にも及んだ。一方、長野県の松本や栃木県の奥日光などの都市は露点温度の上昇が穏やかではあるが、20°C未満のエリアは徐々に縮小傾向である。また、露点温度23°C以下のエリアが函館などの北海道南部の都市まで拡大しており、北海道でも冷房の使用状況によっては夏季結露が発生することが考えられる。

露点温度の変化については、特に太平洋側で露点温度の上昇が大きい都市が多くみられた。一方、比較的標高の高い都市では露点温度の上昇が小さくなる傾向が見られた。露点温度の上昇は海面温度の上昇や気圧配置による降雨量の増加などと関連があるとされている⁹⁾。本報の解析においても、同様に各都市の露点温度の変化に違いがある要因としては、各都市の降雨量や海面との立地的距離（水平距離、標高）が影響していると考えられる。

4. まとめ

本報では、2000年、2010年、2023年の8月の月平均露点温度マップを作成し、全国各地域の湿度環境の可視化を行った。

地域による露点温度の差は見られたが全国的に露点温度は上昇しており、将来的に夏季結露リスクへの対策は全国的に必要となる可能性があることが示唆された。今後、建物は長寿命化が進んでいるため、全国気象の将来予測データに基づくマップを作成し、建設時だけでなく建物建設後の暮らし方も含めた夏季結露リスクが評価できるようデータ整備を推進していきたい。また、露点温度と降雨量や気圧配置などの気象条件との関係性についても検討を進めていきたい。

参考文献 1) 川田、高木: 気象観測点周辺における土地被覆状況と気候変化の関係について、日本建築学会環境系論文集,84(756),197-204. 2) 橋本ら: 結露ディグリーアワーを用いた夏季の湿度環境評価、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.935-936, 2020.9. 3) 気象庁ウェブサイト <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsl/index.php> 4) Goff & Gratch (1946), Tran. Am. So. Heat. Vent., 52, 95-121. 5) MANDARAJS ウェブサイト <https://ktgis.net/mdrjs/> 6) 環境省: 令和2年度家庭部門のCO2排出実態統計調査 資料編（確報値）, pp.66,70, 令和4年3月 7) 環境省: 平成29年度家庭部門のCO2排出実態統計調査 資料編（確報値）, pp.66,70, 平成31年3月 8) 糸井川: 冷房を使用する理由と設定室温、日本建築学会環境系論文集第81巻第724号, pp.545-551, 2016.6. 9) 安立、近藤: 近年の温暖化に伴う夏型結露の増加と対策 その1 温暖化による結露状況の変化、日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1201-1202, 2022.7.

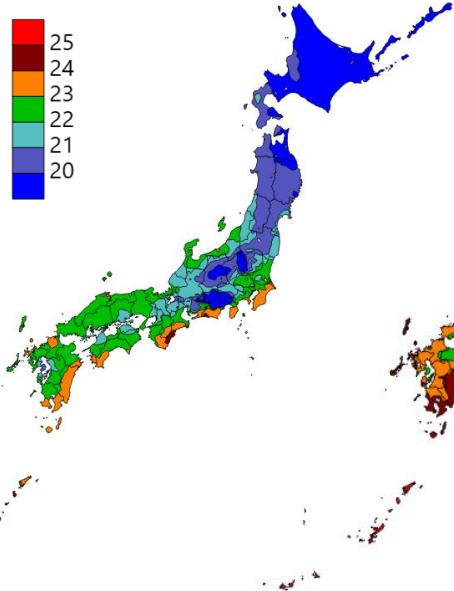


図1 2000年8月

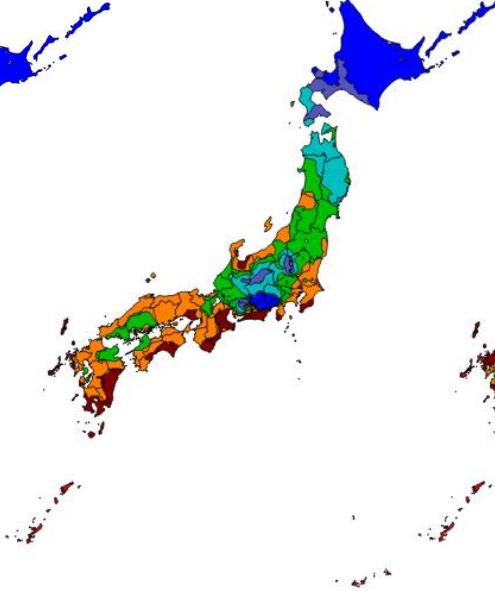


図2 2010年8月

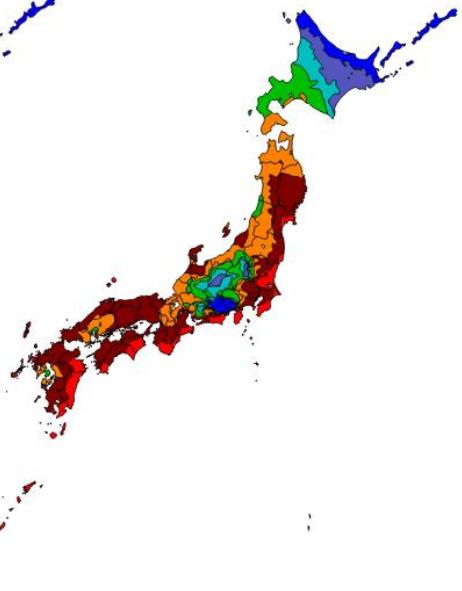


図3 2023年8月

*積水ハウス株式会社 修士（工学）

* Sekisui House, Ltd. M. Eng