

蒸暑地域における湿害について - 沖縄における気候、室内温湿度、住まい、住まい方の分析 -  
 Moisture damage in dwelling houses in hot and humid climate area  
 Analysis of climate, temperature and humidity, habitation and way of dwelling in Okinawa

松田まり子<sup>1)</sup>、小椋大輔<sup>2)</sup>、三浦尚志<sup>3)</sup>、孫雪莱<sup>4)</sup>  
 Mariko Matsuda, Daisuke Ogura, Hisashi Miura, Xuclai Sun

- 1) NPO 蒸暑地域住まいの研究会，代表（沖縄県浦添市安波茶，malix@sumai.asia）  
 Research Institute for housing in hot and humid climate area Inc., Director  
 2) 京都大学大学院工学研究科，教授，博士（工）（京都市西京区京都大学桂，ogurad@archi.kyoto-u.ac.jp）  
 Graduate School of Engineering, Kyoto University, Prof., Dr. Eng.  
 3) 国立研究開発法人 建築研究所，主任研究員，博士（工）（茨城県つくば市立原1番地，hisashi.office@gmail.com）  
 Building Research Institute, Senior Researcher, Dr. Eng.  
 4) 京都大学大学院工学研究科，大学院生，（京都市西京区京都大学桂，be.sun@archi.kyoto-u.ac.jp）  
 Graduate School of Engineering, Kyoto University, Graduate Student

蒸暑地域では、一般的に湿害対策が確立している寒冷な地域の冬型結露対策とは違い、主として夏型結露への対策が必要であるが、定量的に十分な知見が得られているとはいえない。2011年に温湿度調査をした沖縄県内の特徴ある12戸の住宅データを用いて分析を行った。構造の違いによって明らかな差異は無いものの、住まい方による内的要因・外的要因による差が大きい事が分かった。また、調湿作用のある内部仕上げや家具による放湿とみられる湿度の上昇も確認した。さらに夏型結露の実態と対策を定量化するため現在進めているRC造住宅の調査について報告した。

In hot and humid climate area, countermeasures against summer condensation are required mainly. However it can not be said that sufficient knowledge has been quantitatively obtained. Analysis was carried out using characteristic hygrothermal survey conducted in 2011 for 12 houses in Okinawa Prefecture. Although there is no obvious difference depending on the difference in structure, It was found that the difference due to internal factors / external factors by living style is large. It is thought that the rise in humidity is due to moisture desorption by finish and furniture.

湿害，夏型結露，カビ，住まい方，蒸暑地域，沖縄

Moisture damage, Summer condensation, Mold, Way of dwelling, Hot and humid climate area, Okinawa

1. はじめに

蒸暑地域には、世界の人口の約1/3の人口が居住していると言われている。年間を通じて外気が高湿な蒸暑地域では、外気の変動、躯体の熱容量、室内の仕上げ、収納物、住まい方（窓の開閉など）などが結露、カビなどの湿害発生に影響を与える。この蒸暑地域では、一般的に湿害対策が確立している寒冷な地域の冬型結露対策とは違い、主として夏型結露への対策が必要であるが、定量的に十分な知見が得られているとはいえない。本研究では、蒸暑地域において生じる湿害発生のメカニズムを定量的に明らかにし、その対策を整理するとともに、建築・設備設計手法、及び住まい方の提案としてとりまとめることを最終目的とする。沖縄県は、日本で唯一の蒸暑地域である。ここでは、第一段階として、湿害と湿害につながる室内湿度、建物と住まい方について沖縄県内の事例について調査結果を元に考察を行う。

2. 沖縄における建物の構造

図1に沖縄県における住宅の構造別割合を示す。平成25年(2013年)住宅・土地統計調査によると、沖縄県における住宅の構造は92.7%が鉄筋・鉄骨コンクリー

ト造となっている。

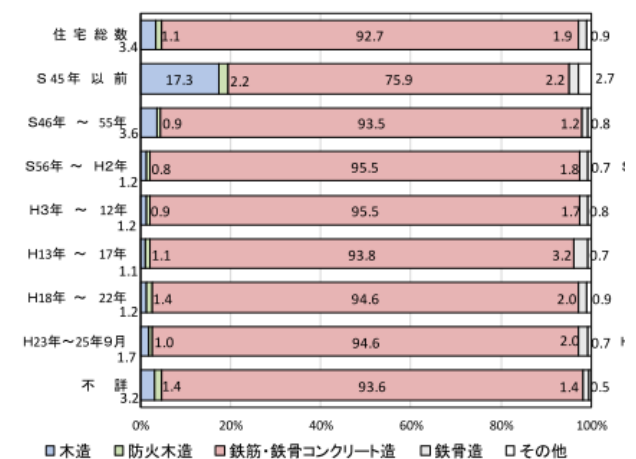


図1 沖縄県における住宅の構造別割合（出典[1]）

今回の調査対象は、まずは既存ストックの圧倒的割合を占めるRC造を基本にして検討を行う。

### 3. 沖縄の気候条件

蒸暑地である沖縄の年間平均気温は23.1 で、季節を通して気温差は小さく、冬でも16 前後の暖かさで、10 を下回る日は、ほとんどない。一方、夏でも30 を大幅に超える日は少なく、年間平均風速も5.3m/s あるため、涼しさを感じることもある。台風の常襲地でもあるが、日常的に涼風を住宅に取り込もうとする「窓を開放させる」習慣がある。一方、市街地では密集化している住宅が多く、このような住宅ではプライバシーと防犯性の確保のため在不在に関わらず窓開けをしないケースがある。窓閉めを行う家ではエアコンの利用率が高い。

図2に示すように、アメダスの気象データ(1981-2010 平年値)によると、沖縄の年間平均相対湿度は74%であり、年間を通して一番湿度が高いのは6月で83%にまで上がる。沖縄では、一般的に4月に夏日入りをして、11月で夏日を終える。冬が終わり夏日入りの直前である時季を沖縄の言葉で「うりずん」と呼び、暖かくて高湿な特徴を持つ気候条件であり、多くの植物が花開き、生物の活動が活発化してくる季節である。

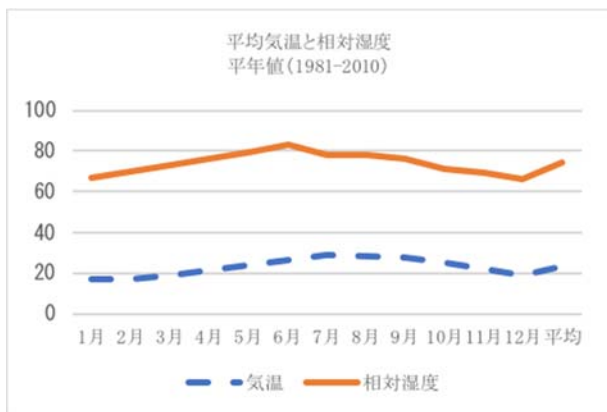


図2 沖縄県の気温と相対湿度の月別平均値(出典[2])

### 4. 沖縄で生じる湿気に由来する問題とその発生時期について

沖縄県内の設計実務者の間では、湿害の原因ともなる結露を起こすのは、先述した「うりずん」の季節ではないかと言われている。冬の間冷えた壁(特にRC壁)に暖かい高湿な風があたり一気に結露を招いていると言われている。

山本・堤らの研究<sup>(1)</sup>によると、図3,4に示すように結露・カビの発生する季節について梅雨(5月から6月)の時期が一番多く、その対策としては、「窓開放」が一番多い。「うりずん」というより梅雨期に湿害が生じていることが多いといえ、窓開放が湿害対策として一般的であるとされていることが分かる。

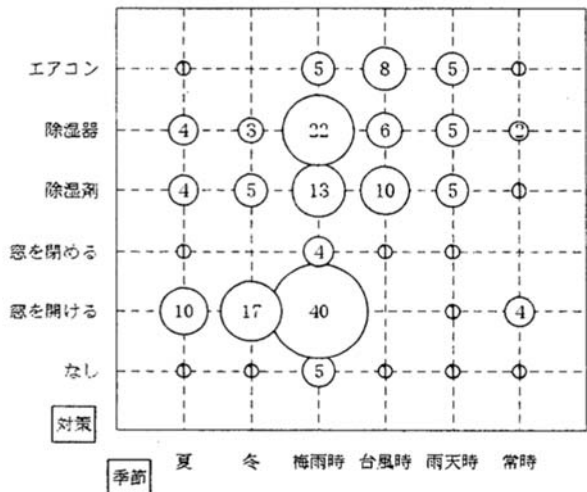


図3 結露の発生する季節 - 対策(全体)(出典[3])

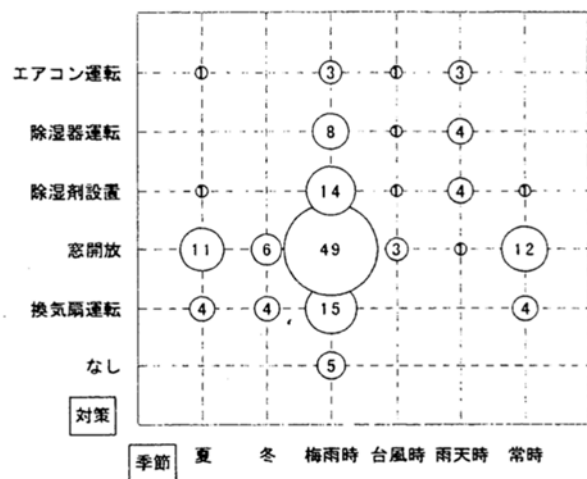


図4 カビの発生する季節 - 対策(全体)(出典[3])

### 5. 住宅設計者の結露、カビ対策の実態について

2018年に沖縄県内の住宅設計者を対象に筆者が行ったアンケートでは、以下に示す様に結露に対して様々な対策を行っていることが明らかとなった。

無垢材・漆喰・珪藻土等の調湿作用の高い内装仕上げ材を選定するといった方法から、通風しやすい開口を設けており、常時通風を促すことで結露対策としている場合が多い。一方で外部が高湿度のときは、窓を開けさせないようにするといった住まい方へのアドバイスを言っている設計者もいた。

上記対策を講じた住宅の温湿度環境調査から、その効果の分析が必要であると考えられる。

### 6. 各種住宅内の温湿度と住まい方の関係について

#### 6.1 調査の概要と検討方法

2010年の12月から1年間に亘って、表1にまとめられている12件の住宅の温湿度環境計測を行い、同時に各住戸において住まい方に対するアンケート調査をする機

会を得た。

対象としている住宅の構造は、RC造、木造、混構造（RC造と木造の混合構造）である。その中で、特に4章で示した外気をもっとも高温となる梅雨期(2011年6月)に室内湿度が高かったため、この時期の室内湿度について以下で検討を行う。

分析にあたって、住まい方の指向に関するアンケート結果に基づいて、自立循環型住宅への設計ガイドライン（蒸暑地版）<sup>(2)</sup>を踏襲して、以下の3つの住まい方の区分を用いた。

伝統的自然生活指向

変化のある環境を楽しむことを大切にして、自然エネルギーを最大限活用する。

自然生活指向

自然エネルギーを活用しながら、省エネルギー設備利用と両立させる。

設備生活指向

安定した室内環境を希求し、省エネルギー設備を優先して利用する。

なお、屋根のみ断熱を行っている住宅が多いことから断熱の影響に関する考察はここでは行わない。

表1 調査した沖縄県内住宅の特性

	構造	住宅名	住まい方	設備(上段) 断熱材他(下段)
1	木造	IT	自然生活	エアコン 壁・屋根 有
2	木造	NS	伝統的自然	設備なし 断熱なし
3	木造	MH	伝統的自然	エアコン 屋根のみ有
4	木造	KS	自然生活	エアコン 屋根のみ有
5	RC造	NK	自然生活	エアコン 屋根のみ有
6	RC造	SY	自然生活	エアコン 屋根のみ有
7	RC造	ND	自然生活	エアコン 断熱なし・屋上緑化
8	RC造	UM	自然生活	エアコン・除湿器 断熱なし
9	混構造	OK	伝統的自然	なし 屋根のみ有
10	混構造	NZ	自然生活	エアコン 屋根のみ有
11	混構造	NH	設備生活	エアコン・太陽光発電※ 屋根のみ有
12	混構造	OS	自然生活	エアコン 屋根のみ有

太陽光発電の設置によりエアコンを使用することに住み手は抵抗がない。

6.2 結果と考察

図5に調査した住宅12件のリビングと寝室の相対湿度の2011年6月における月平均値と標準偏差の結果を外気と併せて示す。図5より、外気の相対湿度がどの住宅の室内よりも高いことが分かる。また、住宅内の相対湿度については以下の事が明らかになった。

・構造の違いによる湿度の差

RC造、木造、混構造といった構造の違いによって室内の相対湿度の差が明確に区分されることはなかった。

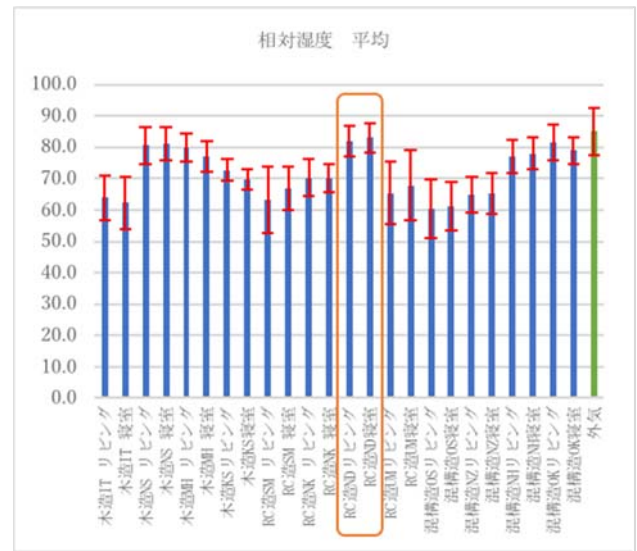


図5 各住宅における相対湿度の月平均と標準偏差 (2011年6月)

・住まい方の違いによる湿度の差

ここで、室内の相対湿度を3つの湿度域に分けて、住まい方との関係について考察を行う。相対湿度60%前後を低湿、70%前後を中湿、80%前後を高湿とした3つに区分した。以下では代表的な住戸について、典型的な1日の温度、絶対湿度の結果を示して、窓開け、エアコン・除湿機使用といった住まい方との関係について考察を行う。まず住まい方の特徴を述べて、その後、測定結果の考察を行う。

1) 低湿(60%前後)となっている住宅と住まい方

木造IT邸(図6参照)：日中不在のためその間に窓を閉め、窓を閉めたまま夕方からエアコンを使用する生活を行っている。図6より、温度は一日中外気より高めの値である。また温度と絶対湿度は共に朝9時から低下し、また2時すぎに低下し、この時間帯に相対湿度も低下している。これは、窓を閉めてエアコンを運転している事が要因として挙げられる。1日の平均絶対湿度は外気よりも低くなっているが、エアコン運転による除湿の影響が大きいと考えられる。

RC造UM邸(図7参照)：日中はドアを開け(網戸)、エアコンを使用し、夜に開口部を閉め除湿器とエアコンを併用している。図7より、温度は一日の変動が大きく、外気より常に高い。リビングでは、夕方から21時頃まで温度が低下エアコンを使用し、寝室は深夜2時まで使用している。絶対湿度は外気より低く、相対湿度は夜間の時間帯のみ外気より低くなる。これは除湿器とエアコンの使用によると考えられる。ただし、エアコン停止後4時間程度で内外絶対湿度差は逆転し除湿した効果は朝までしか続かない。IT邸と比較すると、湿

度は高くなっており、UM邸は窓を開けて外気を取り入れているためと考えられる。

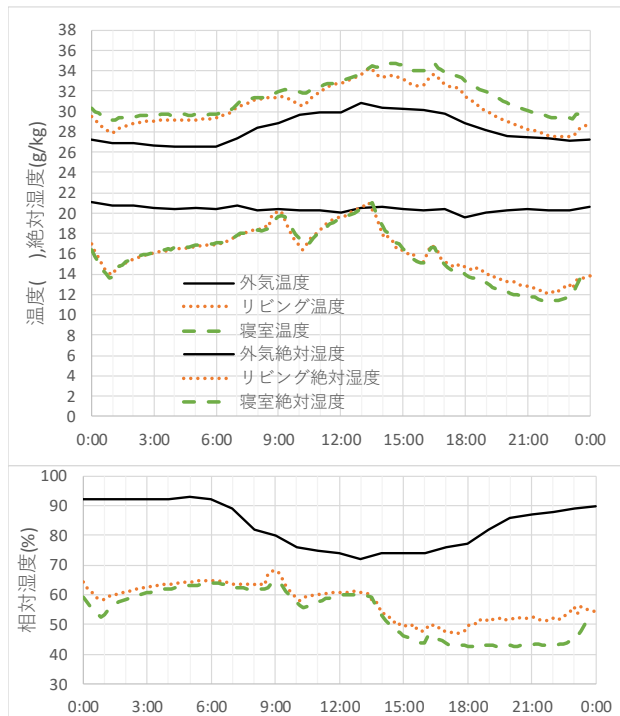


図6 木造 IT邸 外気と室内の温度、絶対湿度、相対湿度の比較 (2011年6月28日)

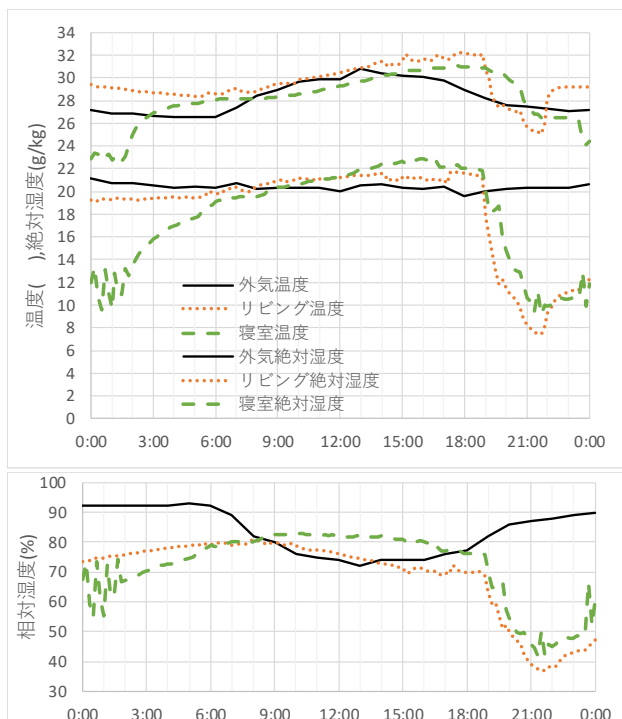


図7 RC造 UM邸 外気と室内の温度、絶対湿度、相対湿度の比較 (2011年6月28日)

2) 中湿 (70%前後) となっている住宅と住まい方

・RC造NK邸、RC造SM邸、混構造OS邸、混構造NZ邸 (図8参照) : 日中に窓を開け、夜だけ窓を閉めてエアコンを使用する。図8より、温度は、外気より常に高い。絶対湿度はリビングで朝に急激に上がり、日中は外気より高く、夕方に急激下がり、相対湿度も同様である。これは朝方には窓を開け、夕方にはエアコンを使用しているためと考えられる。

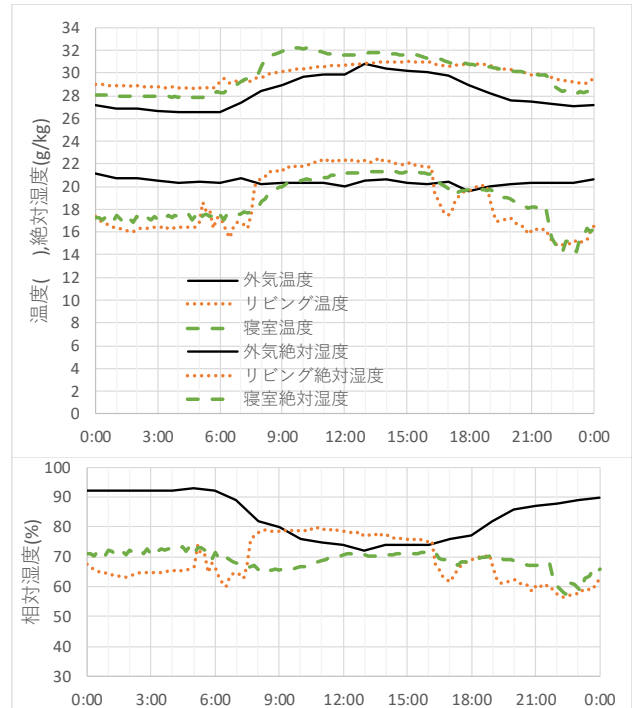


図8 混構造 OS邸 外気と室内の温度、絶対湿度、相対湿度の比較 (2011年6月28日)

・混構造NH邸 (図省略) : 涼しい日は一日中窓開け、暑い日は一日中エアコン使用する。

3) 高湿 (80%前後) となっている住宅と住まい方

・木造NS邸、木造MH邸、混構造OK邸 (図9参照) : この家は、常時窓を開けておりてエアコンを使用していない。図9より、温度も絶対湿度も日変動が小さく、相対湿度は日中若干下がるが変動は小さい。外気と室内の日平均温度はかなり近く、絶対湿度の日平均値は若干室内の方が高い。窓を開けている事で外気に近づいているが、安定した環境となっている。

・RC造ND邸 (図10参照) :

窓を一日中開けており、エアコンはほとんど使っていない。ここでは結露・カビの発生の申告を受けている。

図10より、室温は一日をとおして非常に安定しており、室絶対湿度は一日中外気より高く、相対湿度は一日中変化が小さく80%以上を維持しており高い。温度は、屋上緑化していることから屋根からの日射が抑制される。絶対湿度は、屋上緑化とも関連している可能性も考えうるが、入浴後、浴室の外部に面した窓と室内に通じ

るドアの両方を開放することを習慣としており、浴室の湿気が室内に流入し結露を起こす要因となっている事が要因の一つと考えられる。ここでは、調査後に実施したヒアリング調査時に、天井面のほか室内の収納カラーボックスにカビが付着しているものを確認しており、高湿な相対湿度で維持されていることが理由と考えられる。

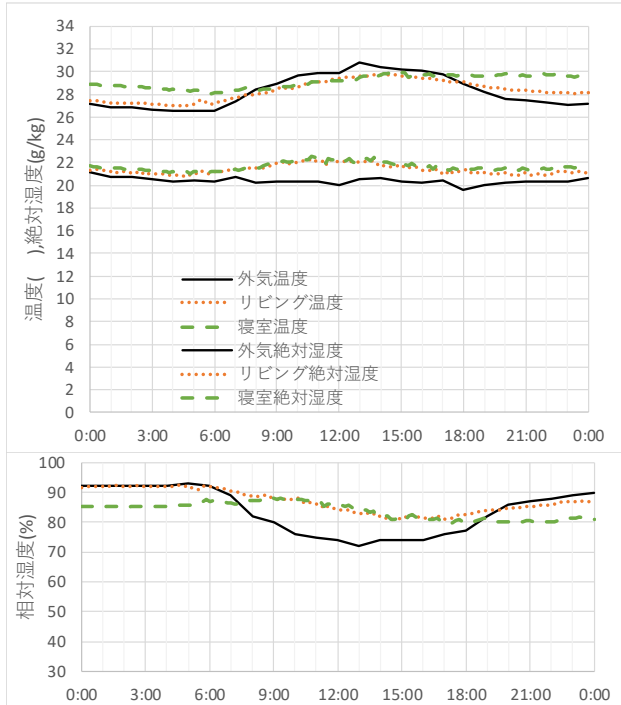


図9 混構造OK邸 外気と室内の温度、絶対湿度、相対湿度の比較 (2011年6月28日)

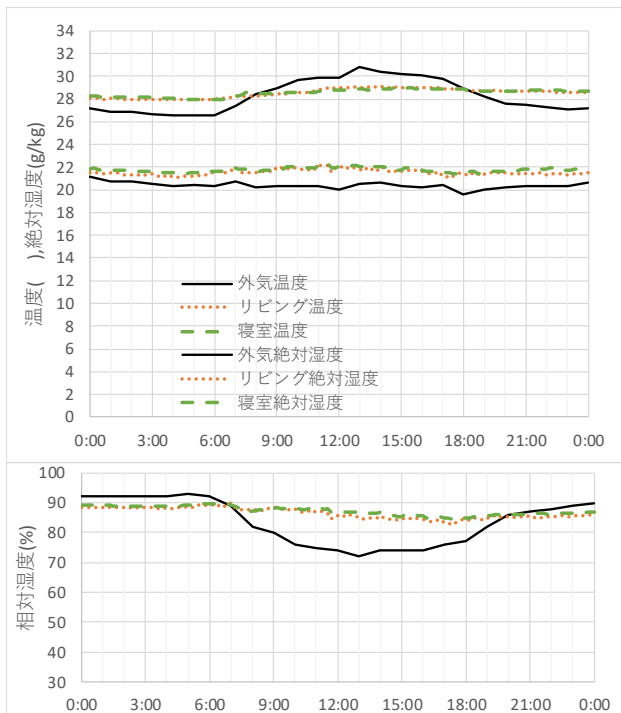


図10 RC造ND邸 外気と室内の温度、絶対湿度、相対湿度の比較 (2011年6月28日)

4) 不在中で閉めきった住宅 (中湿 (70%前後) の結果)

・木造KS邸 (図11参照) : 不在中の住宅の測定結果について考察する。

図11より室温は外気より常に高く日変動が大きく、絶対湿度は温度に併せて同様の変化をしており、相対湿度は安定している。温度と絶対湿度が同様に上下し、相対湿度が安定している理由は、室内の仕上げ、建材等が吸放湿を行うことで調湿が行われていると考えられる。ここでは湿度は中湿と若干高めだが、常時開放している住宅より低い。

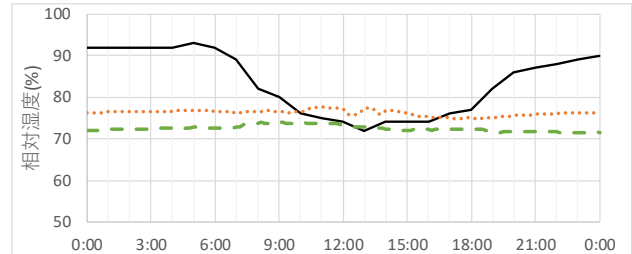
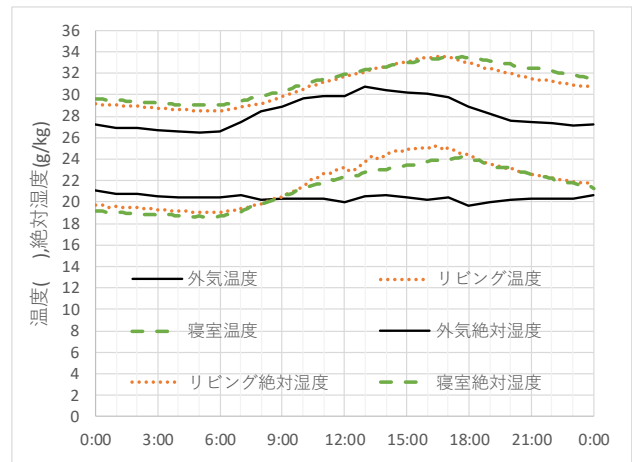


図11 木造KS邸 外気と室温 (リビングと寝室)、絶対湿度、相対湿度の比較 (2011年6月28日)

以上得られた結果を以下にまとめる。

- ・RC造、木造、混構造といったそれぞれの構造によって室内の相対湿度の差が明確に区分されることはなかった。
- ・低湿(60%前後)となっている住宅は、日中窓を閉め、夜間のみエアコンを使用している場合と、日中窓やドアを開放して除湿器を運転し、夜間には除湿器に加えてエアコンを使用していた。
- ・中湿(70%前後)となっている住宅は、日中に窓を開け、夜だけ窓を閉めてエアコンを使用するが多かった。
- ・高湿(80%前後)となっている住宅は、伝統的自然生活指向の住宅つまり窓を積極的に開けて風を通してエアコンを使わない場合であった。また、浴室の使用後、室内に扉を開放することなどが一つの要因として高湿をもたらしていると考えられる住宅もあった。

## 7. RC住宅内の温湿度と住まい方の関係について

結露やカビ発生の実態やその室内環境の形成要因を定量的に分析するため、RC造の住宅1戸を対象として、表面温度や浴室・エアコン使用のタイミング、窓の開放等の計測も2018年5月より調査を始めた。今後、検討を進めていくが、簡単に報告する。

図12に、寝室とそれに隣接する和室と外気の温度、絶対湿度、相対湿度の結果を示す。

- ・和室の方が寝室よりも外気の影響を受け変化している。また壁面温度が低く、相対湿度が高い。(図12)
- ・浴室前の廊下につながる階段室では、入浴の使用後で温度はあまり影響を受けないが、湿度は影響を受けている(図省略)。階段室壁面でのカビが目視で確認されている。



図12 RC造NM邸 和室、寝室、外気の温度、絶対湿度及び相対湿度の比較

## 8. まとめと課題

湿害と湿害につながる室内湿度、建物と住まい方について沖縄県の住宅設計者に対するアンケート調査を行った。また、12件の住宅の温湿度環境等の調査結果から、梅雨時期を対象として検討を行い、以下の結果を得た。

- 1)住宅設計者のアンケートから、調湿作用の高い内装仕上げ材を選定するといった方法から、通風しやすい開口を設けており、常時通風を促すことで結露対策としている場合が多いことを確認した。
- 2)RC造、木造、混構造といった構造の違いによって室内

の相対湿度の差が明確に区分されることはなかった。

- 3) 窓を積極的に開けて風を通してエアコンを使わない住宅の室内相対湿度が最も高かった。
- 4) 日中窓を閉じ、夜間にエアコンを使用する住宅では、室温が高い傾向にあるが相対湿度は低湿度になっていた。
- 5) 日中に窓を開け、夜間にエアコンを使用する住宅は、相対湿度は、4)より高くなっていた。
- 6) 浴室使用以外に扉を開けていることが室内の高湿化に影響を与えている要因の一つなる可能性がある。
- 7) 不在中で開口部が一日中閉じた住宅では、室温がやや上昇するもの、内装材等による吸放湿により室内の相対湿度の上昇が抑制され安定化していた。

結露やカビ発生の実態やその室内環境の形成要因を定量的に分析するため、RC造の住宅1戸を対象とした検討を始め、梅雨時期は壁面温度が低く、壁面の湿度が高くなる傾向になることと、入浴後に周辺の廊下の湿度が上昇することが確認された。今後、カビの実態調査に加え数値シミュレーションにより定量化を行い、内的要因あるいは外的要因なのかを明らかにして、その対策を整理するとともに、建築(断熱含む)・設備設計手法、及び住まい方の提案としてとりまとめたい。

謝辞：本研究の一部は日本建築学会九州支部沖縄支所研究・活動助成により行われた。記して謝意を表す。

## 図表出典

- [1] 沖縄県 住生活基本計画(平成28~37年) p.7
- [2] 気象庁アメダスの過去のデータを基に作成
- [3] 山本浩之、堤純一郎、新川亮樹、仲松亮、Uddin M Moin、福田真：沖縄の住宅環境におけるカビ対策とその効果、日本建築学会九州支部研究報告、pp.285~288、2004年3月

## 参考文献

- (1)山本浩之、堤純一郎、新川亮樹、仲松亮、Uddin M Moin、福田真：沖縄の住宅環境におけるカビ対策とその効果、日本建築学会九州支部研究報告、pp.285~288、2004年3月
- (2)国土交通省国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所監修：蒸暑地版 自立循環型住宅への設計ガイドライン、財団法人 建築環境・省エネルギー機構発行、2010年10月