

厚生労働科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業)
分担研究報告書

寝具の熱湿気性状及びウイルス感染対策に関する検討

研究分担者 本間義規 宮城学院女子大学教授

研究要旨

住宅宿泊事業の衛生管理の一環として、微生物汚染源となり得る寝具の熱湿気性状の検討と、ウイルス感染対策(接触感染・空気感染)に関する検討を行った。

寝具の熱湿気性状については、ポリエステルが含水率上昇を抑制できる安全な素材であること、また、綿素材の掛け布団は比較的多くの湿気を吸収するため、適切な放湿が必要であることを明らかにした。

住宅内(客室内)は、スイッチプレートおよび近傍壁面の汚染度が高く、ドアノブ自体は高くないことを明らかにした。一方で、TCID50/ml の長いステンレスはリスクの高い接触面であり、その意味で汚染度の低いドアノブもやはり適切な清掃が必要である。汚染除去率は、ドアノブは一回の清掃で 95%程度、スイッチプレート等は 75%程度の除去が可能であることを示した。さらに、ダイニングテーブル以外の再転写率は 0.5 以下であること、手指の鼻・口・目に対する接触頻度は 17.6 回であることを示した。

さらに、Wells-Riley モデルを用いて、既往測定物件の空気感染確率を算出した。比較的高い換気回数であったとしても、気積の小さな客室(居室)ではリスクが高いこと、その意味で、気積によらず換気量ベースで考えることの重要性を明らかにした。滞在時間が長くなる宿泊施設では、換気は抜本的な対策が必要である。

A. 研究目的

住宅宿泊事業は、通常の宿泊業法や簡易宿所法に定められている衛生管理の規制外となるため、その衛生管理状況および品質は不明である。民泊等への宿泊は、一般のホテル等と異なり、日常生活行動に準じる室内での調理行為、洗濯物の乾燥行為等の生活行為を伴うことが多い。従って、これらは室内のおもな水分発生源となり、室内相対湿度上昇が微生物汚染リスクを高めることが懸念される。

不十分な清掃管理状態での高湿度状態は、真菌やダニなどの微生物の繁殖状況が整えるこ

ともなり、アレルギー系疾患の増悪や感染症リスクを高めることが危惧される。特にCovid-19の接触感染対策が取り沙汰されている昨今では(2021年4月現在)、住宅宿泊事業といえども軽視することはできない。いわゆる家庭内感染のメカニズムは明確にはなっておらず、また、ウイルスと真菌・細菌とでは対策が異なる部分があるが、付着・除去という点では共通する部分は多い。真菌・細菌は、増殖するための環境条件と増殖するまでの時間が必要であるため、清掃は早い方が良い。一方、ウイルスの場合、人体外では時間が経過するごとに不活性化す

ることから、感染リスクを考えると、一定程度の時間間隔を空けた方が良い。つまり、真菌・細菌およびウイルスともに対応できる最適時間が存在することになる。その最適時間内に、確実に汚染している箇所もしくは手を触れる場所を清掃することが求められる。また、清掃による除去が不完全な状況での汚染物質の接触感染（皮膚経由再転写に起因する接触感染）を避ける意味で、客室内における利用者の手指接触行動を明らかにする必要がある。

本検討では以下に示す3点について明らかにすることを目的とする。

- ① 平時運用時の客室内寝具の熱湿気性状を把握するための実測および実験的検討を行い、寝具の微生物汚染のリスクについて検討する。
- ② Covid-19パンデミック対応を視野に入れた感染症対策としての室内汚染部位の再転写について実験的把握を行う。
- ③ 空気中に浮遊する菌等を確実に排出するための常時換気設備の設置は重要である。この点に関して、既往研究⁹⁾の知見に基づき、既に実測済の住宅、民泊物件およびホテルなど13軒を対象に感染リスク算出を試みる。

B1. 研究方法

B1.1 寝具の熱湿気性状の把握方法

寝具は住宅宿泊では中心的な備品のひとつであり、その衛生管理が利用者の健康を確保する上で重要である。不十分な換気状態で調理行動由来もしくは洗濯物乾燥由来の水分発生が生じると、寝具で吸放湿が生じ、結果として布団やベッド・枕周辺に多くのチリダニ類が生息する危険性を高めることが危惧される。特にワンルーム型民泊ではそのリスクが高い。

今年度は、睡眠時の温湿度状態のモニタリング、特に寝具（枕・掛布団）の温湿度変動実測および含水率の推定を行った。

C1. 研究結果

C1.1 寝具含水率分布に関する実測評価

どのような素材の寝具が利用されているかによって真菌、ダニ等の汚染状況は異なる。山崎らの研究²⁾によると、中綿が綿素材の布団に特に一般細菌およびダニが多い。中綿内に誘引されるダニはそのままそこに堆積されることが多く、衛生上好ましくない。一般に人体からの発汗・不感蒸泄に伴う水分発生が寝具に対する主たる水分供給となっているが、その水分が適切に蒸発するのであれば問題はない。しかし、調理や衣類乾燥に伴う室内水分発生状況によっては、その乾燥性を低める可能性がある。図1に各種テキスタイルの平衡含水率を引用する³⁾。同図中に出端（式1）および石黒（式2）が衣類もしくは寝具中の含水率曲線として用いている式を示す^{4) 5)}。式1のほうが、文献1の実測データに近い。また、今回評価している枕の素材はポリエステルのため、文献2)のポリエステルの平衡含水率を直線近似して用いる（式3）。

$$W = 34.13 \cdot h^3 - 40.77 \cdot h^2 + 25.21 \cdot h \quad \dots \text{(式 1)}$$

$$W = 0.222 + \frac{3.376}{1.155 - h} \quad \dots \text{(式 2)}$$

$$W = 0.0085 \cdot h - 0.1476 \quad \dots \text{(式 3)}$$

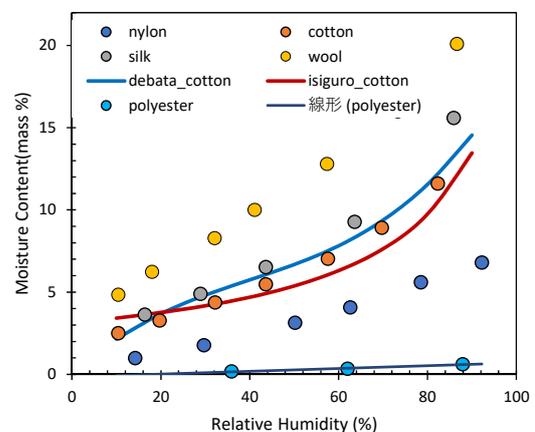


図1 各種テキスタイルの平衡含水率曲線

また、寝具の温湿度モニタリングを行った結果を示す。図2は枕（ポリエステル、マイクロファイバー）両面および内部の含水率変化である。就寝前の枕は 0.28 mass% で一様平衡状態にあり、その後 30 分以内に底部の含水率が最も高くなる。室内空気の絶対湿度は開始時点で 6.2g/kgDA であり、ほぼ同様の絶対湿度になっている。その後、使用開始すると同時に枕含水率が変化する。頭部接触部から水分供給されるため、接触面の含水率が高まるのが想定されるが、想定に反して枕底部が最も高くなる。接触面の温度も高くなることから、温度勾配湿流と絶対湿度勾配湿流、また枕の透湿係数が大きいことが要因である。起床後は温度勾配および絶対湿度勾配が逆転し、枕表面の含水率が高くなるのがわかる。この結果を見る限り、ポリエステル素材の枕は、あまり問題があるようには考えられない。

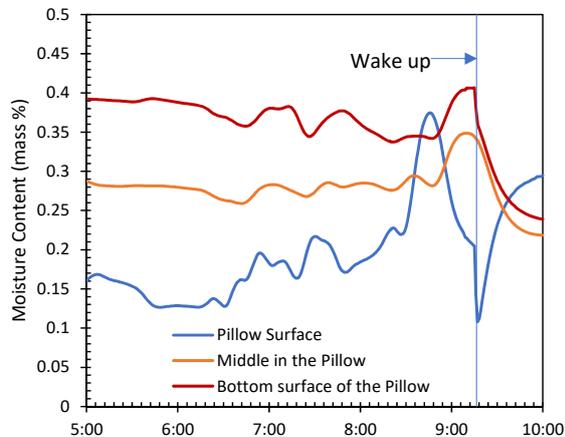


図2 枕(ポリエステル)の含水率変化(1月測定)

図3, 4, 5はベッド寝具(ブランケット, シーツ, 掛布団)の含水率変化である(計算値・式1を使用)。各々測定時期は異なるので相互間の比較はできないが、ブランケット, シーツは大きな含水率変化は見られず、一方で掛布団に関しては、約 1.5~2mass%の含水率変化があることがわかる。綿の真密度は 1540kg/m³であ

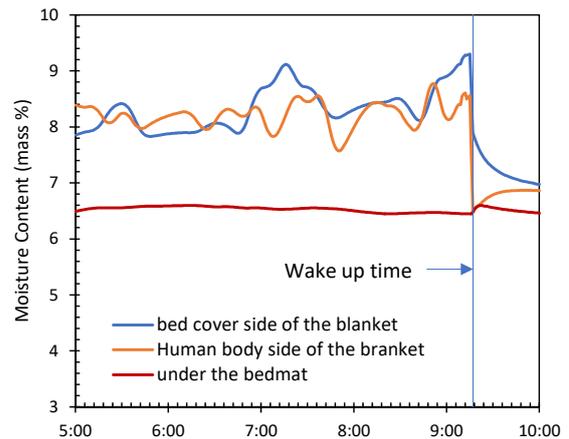


図3 ベッドマット・ブランケットの含水率変化(1月測定)

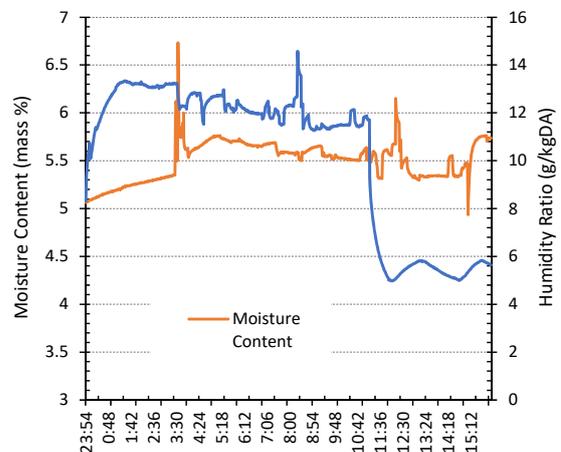


図4 ベッドマットの含水率変化および絶対湿度変化(11月測定)

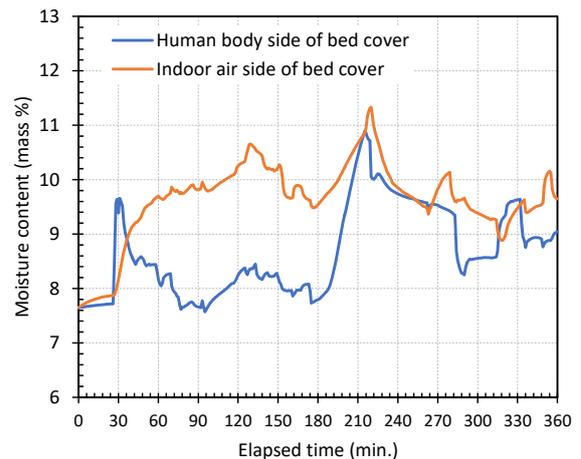


図5 掛布団両面の含水率変化(3月測定)

り⁶⁾、空隙率を 98% とすると(グラスウールと同等)、かさ密度は約 32kg/m³ となることから、

布団の大きさ(1.8m×1.0m×0.1m)から含水率の増加分は85~115g程度と見積もられる。室内湿度が低い場合、これらは同等の透湿性能で脱着するが、高湿度環境および収納されるような状態になるのであれば、微生物増殖のリスクは比較的高いと考えられる。素材選択および寝具水分管理は重要だと考える。

D1. 考察

D1.1 寝具選択とその管理方法

寝具は使用部位、素材および室内環境、外気環境の影響を受けるが、使用時の人体からの水分発生(不感蒸泄および発汗)を蓄積することなく空間に放出すること、また蓄積したとしても、早期に放出する湿気伝導性を有することが重要であることが示唆された。また、今回の実験はセンサーの都合上、最大12点で測定し、同一面の平均値で評価しているが、人体形状がふとん形状と一致しないため、本来は多次元含水率分布となる。つまり、リスクの高まる寝具部位も想定され、そうしたことへの配慮も必要であろう。今回の結果から、素材の選択に対する配慮で含水率上昇を抑制できること、布団収納時の放湿を完了するため、起床後すぐに寝具を収納しないようにすること(ベッドであればその懸念は不要)、室内湿度が高くなると放湿が不十分となるので、水分管理上、必要な換気量を確保することが求められる。

B2. 研究方法

B2.1 接触感染に寄与する人間の日常動作の把握と室内汚染部位の再転写率

パンデミック対応の一環として、住宅宿泊事業の衛生・清掃に関わる接触感染対策について検討した。本検討では、客室内の汚染箇所同定として、蛍光イメージ法を用いることとする。また、汚染度評価法としてATP測定法を用い

ることとする。清掃時間間隔については、ウイルスの不活性化時間に関する既往研究をレビューし、実際の汚染状態の調査は蛍光イメージ法およびATP測定法を利用した。各々の研究方法を次節以降に説明する。

B2.2 ウイルスの接触感染に関する既往研究

ウイルスの接触感染はヒトの手指(皮膚)を介してのウイルス伝播および体内への侵入により成立する。従って、ヒト皮膚表面および材料表面でのウイルスの生存時間を勘案したリスク評価が欠かせない。

ヒト皮膚表面に存在するSARS-CoV-2の生存時間(TCID50/mlで検出限界0.5Log10TCID50を下回るまでの時間)は約9時間であることが広瀬らより示されている⁷⁾。A型インフルエンザウイルスの生存時間は1.8時間であるので、5倍程度長いことになる。また、皮膚表面の温度依存性は、低温であればあるほど生存時間が長いことが示されている⁸⁾。皮膚表面では37°Cで8時間、22°Cで96時間、4°Cで336時間である(22°C、4°Cは生体ではない場合であり、常温時もしくは冷蔵時を示している。なお、文献8ではTCID50/mlで検出限界0.5Log10TCID50を下回るまでの時間で示されており、基準が異なる)。なお、皮膚表面上の新型コロナウイルスは80%W/Wエタノールの15秒間消毒によって完全に不活性化されることがわかっている⁷⁾。従って、適切な手指洗浄もしくは手指消毒を行わないと、室内で活動している間は常に各種材料にウイルスを付着させるリスクがあることを意味する。

また、材料表面での生存時間は、衣類で4時間(22°C)⁸⁾、紙幣で8~24時間(22°C)、ステンレスやプラスチックノート、紙ノートで28日(20°C)となっており⁸⁾、汚染された状態では約1か月は放置するか、適切に除去することが

必要である。

B2.3 客室内の蛍光イメージング

試料に励起光を照射すると、試料に含まれる有機物などから様々な波長の光（蛍光）が発出される⁹⁾。蛍光パターンは励起波長と蛍光波長、蛍光強度の情報を持つ。医学分野、食品化学分野等では蛍光イメージングや蛍光指紋分析などに応用されている。洗浄科学分野でも蛍光増白剤などで利用されている比較的身近な技術でもある。本検討では、部位の汚染度指標として、ルミテスター（ルシフェン-ルシフェラーゼ反応）を利用しているが、これも発光原理の一つである。

そこで、ATP分析法に先立ちブラックライトを用いた汚染箇所探索を行った。

蛍光発光剤を用いて敢えて汚染させて、日常的に触れる場所を検索する方法も考えたが、建築材料表面への蛍光発光剤の塗布は、その後の除去が困難である。従って、除去不可能な蛍光剤の使用を断念した。一般的なタンパク汚れは、特別な試薬等を使わずとも検出できるため、今回は通常の利用状態で確認を行った。

用いたブラックライトは高強度 UV-A LED 検査用ランプ Optimax365（株式会社リークラボ・ジャパン）と表面異物識別視認ツール D ライト（新日本空調株式会社）を用いた。この方法はあくまで汚染箇所の発見および清掃状態の確認が目的であり、定量的評価までは今回は考えていない。

B2.4 ATP 測定法による汚染度評価と再転写率

ウイルスや真菌、細菌を含めた微生物汚染度評価法としてATP測定法がある¹⁰⁾。全ての生命活動にはアデノシン三リン酸（ATP）等のエネルギー伝達物質が関与し、それを栄養源とする微生物の増殖と均衡は常に行われている。人間

活動に伴い、特に汚れている部分はATPの値も高くなることから、定性的判断方法としてATP測定法を活用することが可能である（ただし、検量線がなければ定量的把握は困難であるし、また特定の汚染物質を定量的に評価することも困難である）。また、汚染された手指で触れたものが物質に移動するもしくは汚染表面から手指に移動する割合（これを再転写率と定義する）を評価することは可能である。

また、手指に付着した汚染物質が手指に付着してもすぐに感染は成立しない。汚染された手指から口・鼻・目の粘膜に到達することが必要である。部位の汚染程度、および清掃による汚染物質除去率、手指への再転写率、手指から呼吸器系までの経路とその確率・回数が明らかになれば、感染リスクは推定できる。

ATP測定は、キッコーマン Lumitester PD-30（以下、PD-30）を用いた。ATPをルシフェラーゼ酵素反応による相対発光量（Relative Light Unit ; RLU）を測定する方法であり、食品衛生管理分野で広く利用されている。今回は、ATP、ADP、AMPを測定できるKikkomanルシパックTM A3 Surfaceを利用した。

C2. 研究結果

C2.1 蛍光イメージング分析結果

床面積70m²の3LDKの民泊マンション（仙台市青葉区）を対象とした。蛍光イメージングは室内が暗くないと確認しにくいいため、日没後（23～1時）に実施した。

検出画像の例を写真1～4に示す。写真2および4は、写真1および3の人工照明下での画像である。スイッチプレートやドアノブが代表的な手指接触箇所である。写真1は洗面台のダウンライト用スイッチプレートであるが、明確に手指のタンパク汚れがあることがわかる。以外だったのは、スイッチプレートだけではなく、

その周辺の壁ビニルクロスにも汚染状況が確認できたことである。洗面台は濡れた状態でスイッチング操作をすることもあるため、手についていた水滴が飛散したものと考えられる。

写真3は引手側のドアノブである。ドアノブ自体はステンレスであるが、表面に粒状の発光がみられるだけであり、指紋がわかるような汚れは確認できなかった。一方、ドアノブ周辺は明確にタンパク汚れを確認できた。表面は平滑でない面であり、かつ拭き掃除をしない場所はリスクが高いと考えられる。

ダイニングテーブル（広葉樹突板）やテレビ



写真1(左), 2(右) 洗面所の照明スイッチプレートの蛍光イメージング画像と人工照明下画像



写真3 引手側ドアノブの蛍光イメージング画像



写真4 引手側ドアノブの人工照明下画像

リモコン、冷蔵庫把手は明確な発光がみられなかった。一方、台所、トイレ等は明確に確認できた。通常の生活に伴う行為のみでは検出限界があり、今後、容易に除去可能かつ比較的長時間手指に保持できる蛍光剤を利用し、通常の生活状態での手指接触箇所の同定法を確立したいと考えている。

C2.2 ATP 測定法による汚染度評価

蛍光イメージングで確認した箇所について、ATP 検査を実施した。スイッチプレートおよびドアノブに関する結果を表1に示す。スイッチプレートは96.7~462 RLU/cm²、壁面は110.6~1465.5 RLU/cm²、ドアノブは24.6~152.0 RLU/cm²となった。

洗面ドアノブ（引き戸）の近傍壁が最も汚染度が高い。引き戸なのでつまむような触れ方する箇所が高いものと思われる。また、引き戸のノブは比較的狭い場所なので拭きづらく、清掃を怠りがちなのかも知れない。蛍光イメージングより、スイッチプレートの近傍壁の輝度が高かったが、ATP 測定でもほぼ正の相関がありそうである。

表1 客室内において蛍光イメージングで明確に検出された場所のATP 測定結果(清掃前・清掃後)

		現状	清掃後
		RLU/cm ²	RLU/cm ²
洗面ダウンライト	スイッチプレート	96.7	38.9
	壁面	110.6	39.3
洗面台ダウンライト	スイッチプレート	268.6	35.4
	壁面	558.9	106.6
洗面浴室	スイッチプレート	462.5	132.1
	壁面	182.7	64.5
洗面ドア(洗面室側)	ノブ	36.1	2.2
	壁面	1465.5	27.1
居間-廊下ドアノブ(居間側)	ドアノブ	152.0	6.2
	壁面	790.7	70.5
居間-廊下ドアノブ(廊下側)	ドアノブ	48.3	2.4
	壁面	306.9	79.8
トイレドアノブ(外側)	ドアノブ	99.6	7.0
	壁面	412.9	177.5
トイレドアノブ(内側)	ドアノブ	24.6	0.8
	壁面	133.4	41.4

これらの箇所を清潔なフキンで水拭きし、その後、乾拭きした状態（これを清掃とする）の結果も表 1 に示す。

スイッチプレートの清掃後汚染除去率は 59.7～86.8% (平均 72.7%)、壁面は 64.7～98.2% (平均 74.9%)、ドアノブは 92.9～96.7% (平均 94.9%) となった。ドアノブは平滑度が高く、清掃によって 95% 程度の除去が可能であることがわかった。ドアノブ以外は平均で 75% 程度であり、同じ清掃方法を 2 度繰り返せば、同程度の除去率の確保が期待できる ($1-0.25^2=0.9375$, 約 94% の除去率)。

また蛍光発光が明確に確認できなかった部位の汚染度評価を実施している。

パソコンキーボードは 450 RLU/cm²、ダイニングテーブルは 374.8 RLU/cm²、冷蔵庫の把手は 727.9 RLU/cm²、テレビリモコンは 2425.2 RLU/cm²、スマホは 26.8 RLU/cm² となった。

スマホ以外は汚染度としては蛍光発光した部分と同水準にあり、ドアノブ等よりもリスクが高いことがわかった。テレビリモコンは凹凸が多数あるため清掃しにくいことが要因として挙げられ、スマホは平滑で指紋等が目立つことから比較的清掃頻度が高く、そのため低い水準になったものと考えられる。

C2.3 汚染箇所の再転写率

上記とは別の物件（一般住宅）において、手指が触れる部位（室内汚染部位）6 か所の汚染度を ATP 検査法で確認した。1 週間後、石鹸で洗浄した手（洗浄後の手指の ATP 量は 100 RLU/cm² 程度であった。なお、触れる指は親指以外の第一関節までとしその総面積は 10cm² である）で室内汚染部位に触れ、その前後で ATP 増加量を測定し、再転写率を求めた。なお、室内汚染部位に触れる時間は 10 秒である。結果を表 2 に示す。

再転写率はテーブルが 0.92 と最も高い。テーブルの素材は広葉樹突板であり、もともと汚れが残りやすい部位である。そのほか、リモコン、トイレドアノブが 0.40, 0.33 と比較的高い。冷蔵庫ドアノブ、階段手摺は 0.12 であった。

表 2 一般住宅における部位汚染度の再転写率

	部位ATP	手指増加量	再転写率
	RLU/cm ²	RLU/cm ²	(-)
冷蔵庫ドアノブ	718.56	111.4	0.16
テーブル	748.52	689.4	0.92
階段手摺	299.5	36.2	0.12
リモコン	228.12	91.2	0.40
パソコン	219.7	52.5	0.24
トイレドアノブ	191.98	64.1	0.33

C2.4 手指の顔面を含む頭部接触頻度

汚染部位に触れても直接経皮感染するわけではない。その手指で顔面を含む頭部を汚染することによってそのリスクを高める。そのため、どの程度の頻度で顔を触るのかの回数を測定した。どのような活動状態なのかによって、行動に違いが生じるが、本報告では、椅座位で手を使わない状態を条件として、オンライン会議（6名参加）をビデオレコーディングした。時間は 80 分である。カウントは動画撮影したものをコマ送りで見視確認する方法によった。結果を表 3 に示す。

被験者によって触れる回数に約 5 倍の差があること、特に髪の毛（頭部）に触れる回数が多いことがわかった。

表 3 オンライン会議中における手指が頭部・顔面に触れる回数(80 分間)

	A	B	C	D	E	F	合計
あご	0	4	8	1	5	0	18
鼻	9	8	10	12	8	9	56
口	3	8	48	2	9	4	74
頬	14	20	20	2	36	6	98
髪	33	0	37	16	107	62	255
目	3	3	3	0	1	1	11
合計	62	43	126	33	166	82	512

D2. 考察

D2.1 接触感染に寄与する人間の日常行動・動作と汚染量・再転写率

住宅宿泊事業の衛生・清掃に関わる接触感染対策として SARS-CoV-2 の材料生存時間をレビューし、フル稼働する状態（180 日上限）を考えると、清掃もしくは消毒作業を行わずにウイルスが不活性化するまでの時間間隔は取りづらいことがわかった。

客室内の蛍光イメージングは、特殊な蛍光剤を使わなくても、人間由来の汚染タンパク質等で汚染をある程度把握できることを示した。

また、蛍光イメージングで汚染確認した箇所について、ATP 検査を実施した。スイッチプレートおよび近傍壁面の汚染度が高く、ドアノブ自体はそれほど高くないこと、その差は、表面の平滑度の違いによるものと推定された。

これらの箇所の清掃による汚染除去率は、ドアノブは一回の清掃（水拭き＋乾拭き）で 95% 程度除去でき、スイッチプレートおよび近傍壁面は 75% 程度の除去が可能であることが示唆された。

汚染箇所の再転写率は部位・素材によって異なり、0.12～0.92 となった。ダイニングテーブルが 0.92 と一番高いが、それ以外は 0.5 以下であることがわかった。

さらに手指の頭部・顔面接触頻度の調査より、1 時間あたり 64 回であり、そのうち鼻・口・目の接触頻度は 27.5%（17.6 回）であることがわかった。

B3. 研究方法

B3.1 空気感染リスク評価

感染症対策としての換気の重要性は比較的認知されるようになってきているが、適切な換気量が確保されているかどうかの確認は容易ではない。単独宿泊であれば、基本的に他者に

感染させる危険性はないが、複数人で宿泊する場合は高い確率で感染を引き起こす（クラスター化）する可能性が高い。また、真菌・細菌・ダニなどの微生物汚染も湿度依存し、使用していない際にカビ汚染することはよく知られていることから、利用時・非利用時間問わず換気しておくことが求められる。

B3.2 Wells-Riley モデル

SARS-CoV-2 を対象とした空気感染モデルは現在のところ存在していないが、空気感染リスクを検討するために、Wells-Riley 感染確率モデルが一般的に利用される。Wells-Riley モデルはインフルエンザを対象として構築された感染リスク評価モデルである¹⁾。このモデルは、エアロゾル粒子の発生率に基づいて、定常状態の十分に拡散混合された室内環境での感染確率を算定する（式 4）。実際には、濃度むらや換気量変動に伴う濃度変化があるため、非定常状態に拡張した方法¹¹⁾も提案されている。

$$P = \frac{C}{S} = 1 - \exp\left(-\frac{Iqpt}{Q}\right) \quad \dots (式 4)$$

ただし、

P: 感染確率(-)

I: 一次感染者数 (-) 通常一人に設定。

q: quantum 生成率 (1/h)

p: 呼吸量 (m³/h)

t: 暴露時間 (h)

Q: 換気量 (m³/h)

B3.3 感染確率の計算対象

本研究の前段にあたる「民泊サービスにおける衛生管理等に関する研究」において、換気量を実測した一般戸建て住宅、民泊施設およびホテルを対象とする。物件概要を表 4 に、測定対象室の床面積および気積を表 5 に示す。

表 4 測定住戸・民泊施設・ホテルの概要

	形態	住所	延べ面積	部屋数
MI1	戸建て	富谷市	134.14 m ²	3LDK
MI2	戸建て	仙台市	144.4 m ²	4LDK
MI3	戸建て	仙台市	139.2 m ²	4LDK
MI4	戸建て	多賀城市	146.57 m ²	5LDK
MI5	戸建て	多賀城市	114.04 m ²	4LDK
MI6	戸建て	仙台市	186.73 m ²	5LDK
MI7	マンション	仙台市	72.09 m ²	3LDK
MI8	マンション	仙台市	69.98 m ²	3LDK
KYM1	民泊(戸建)	京都市	69 m ²	2LDK
KYM2	民泊(戸建)	京都市	87 m ²	2LDK
SE1	民泊(集住)	仙台市	20.24 m ²	1LDK
KYH1	ホテル	京都市	13.7 m ²	S
MOH1	ホテル	盛岡市	8.1 m ²	S
KOH1	ホテル	高知市	13 m ²	S

表 5 対象居室の床面積および気積

住宅 ID	対象部床面積(m ²)	気積(m ³)
MI2	21.53	57.06
MI3	21.53	50.6
MI4	19.44	46.66
MI5	25.23	60.55
MI6	16.56	36.43
MI7	20.7	49.68
MI8	17.4	41.76
KYM1	69.0	142.12
KYM2	87.0	174.0
SE1	20.24	48.58
KYH1	13.7	31.51
MOH1	8.1	18.00
KOH1	13	31.20

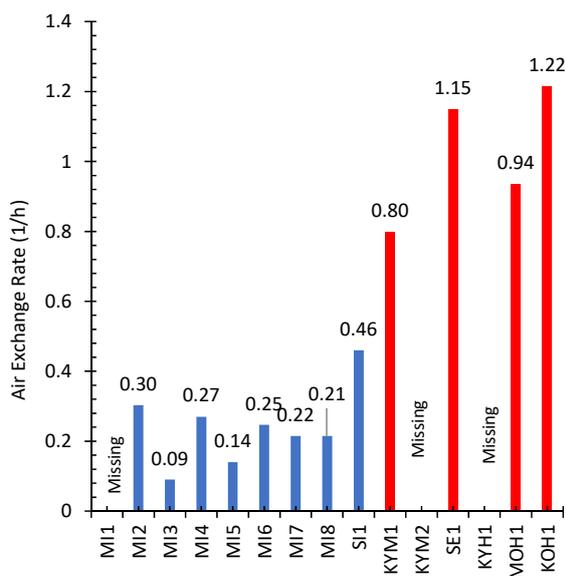


図 6 対象居室の推定換気回数

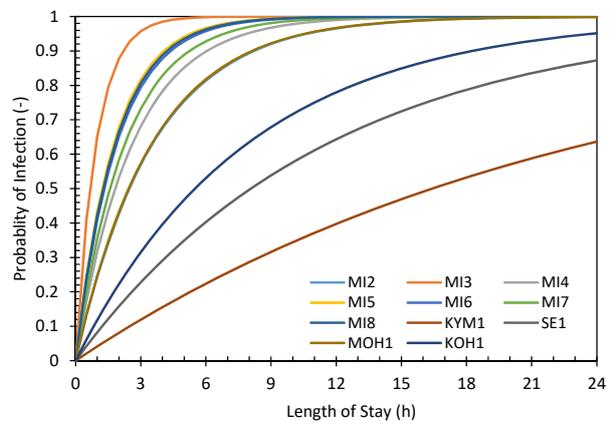


図 7 対象居室で感染者が 1 人いると仮定した場合の感染確率

換気回数測定は炭酸ガス濃度減衰法により実施した。算出した対象居室の推定換気回数を図 6 に示す。建築基準法で定めている 0.5 回/h をクリアしている物件は民泊施設・ホテルであり、住宅居室は 0.5 回/h を満たしていない。

D3. 考察

D3.1 各対象居室の感染確率算出結果

換気回数と気積を乗じることで、各物件の換気量を算出、Wells-Riley モデルで感染確率を計算する。マスクなし (quantum = 20 1/h), 呼吸率 0.24m³/h (静座時) とし、感染者が 1 名在室しているという条件で、暴露時間 (Length of Stay, hour) に対する確率を求めた。結果を図 7 に示す。換気回数が小さく (0.09 回/h), 気積の小さな MI3 が最も感染確率が高く、5 時間程度で 99% を超える。最も長いのは気積が大きい KYM1 (換気回数 0.80 回/h) であり、KYM1 よりも換気回数の大きな SE1, MOH1, KOH1 よりも安全である。すなわち、換気回数の確保よりも換気量自体が重要であるということを示す。

換気回数が大きい民泊・ホテルは、住宅よりもリスクが少ないが、いずれにしても滞在時間の長い空間では、適切な換気量の確保と常時運用の確立がまずは必要であろう。

E. 結論

住宅宿泊事業における衛生管理の一環として、第一に、微生物汚染につながる客室内寝具の熱湿気性状(含水率変動)を把握し、第二に、ウイルス感染対策としての接触感染および空気感染リスクの低減に資する検討を行った。

寝具の熱湿気性状については、ポリエステルが含水率上昇を抑制できる安全な素材であること、また、綿素材の掛け布団は比較的多くの湿気を吸収するため、適切な放湿が求められることを明らかにした。

また、蛍光イメージング法で汚染箇所をある程度把握できることを示し、それらの箇所のATP量を測定した。その結果、スイッチプレートおよび近傍壁面の汚染度が高いこと、ドアノブ自体は高くないことを明らかにした。一方で、TCID50/mlの長いステンレスはリスクの高い接触面であり、その意味では、汚染度の低いドアノブもやはり適切な清掃が必要であることを示した。

室内の汚染箇所の清掃による汚染除去率は、ドアノブは一回の清掃(水拭き+乾拭き)で95%程度、またスイッチプレートおよび近傍壁面は75%程度の除去が可能であることを示した。従って、ステンレスのような平滑面は1回、それ以外の材質・部位は2回の清掃実施で、5%程度まで接触感染確率を低下させることができると推定できた。

汚染箇所の再転写率は部位・素材に依存し、ダイニングテーブル以外は再転写率0.5以下であることがわかった。また、手指の頭部・顔面接触頻度は1時間あたり64回程度、そのうち鼻・口・目の接触頻度は27.5%(17.6回)であることを示した。従って、ドアノブは1回以上、それ以外は2回の清掃を実行できれば、本検討で得られた再転写率、手指の顔面接触頻度および鼻・口・目の接触回数の積より算出される接

触感染回数(期待値)を1以下にできることを示した。

そして、感染症対策としての換気量を把握するため、Wells-Rileyモデルを用いて既往施設の感染確率を算出した。その結果、比較的高い換気回数であったとしても、気積の小さな客室(居室)ではリスクが大きいこと、滞在時間が長くなる宿泊施設では抜本的な対策が必要であることを示した。

参考・引用文献

- 1) Yong Guo et. al.: Assessing and controlling infection risk with Wells-Riley model and spatial flow impact factor, Sustainable Cities and Society, 67(2021) 102719
- 2) 山崎義一:ふとんの消費性能特性及び衛生特性の経時変化, 繊維製品消費科学, Vol.29, No.6 231-236, 1988
- 3) 中村けい・井上尚子・富田明美・高橋勝六: 布を構成する繊維特性が水分脱着速度に及ぼす影響, 日本家政学会誌, Vol.62, No.4,233-240, 2011
- 4) 出端祐輔・埴淵晴男:実測に基づく室内干し時における洗濯物の乾燥時間および室内温湿度環境, 平成22年度日本建築学会近畿支部研究発表会
- 5) 石黒晃子・銚井修一・高田暁・石津京二: 着衣・寝具を考慮した睡眠時の人体熱モデルに関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 第74巻, 第636号, 141-149, 2009年2月
- 6) Morton, W. E. and Hearle, J.W.S.: Physical Properties of Textile Fibres, The Textile Institute, Heinemann, London, p.169, 1962
- 7) Ryohei Hirose, Hiroshi Ikegawa, Yuji Naito, Naoto Watanabe, Takuma Yoshida, Risa Bandou, Tomo Dainoji, Yoshito Itoh,

- Takaaki Nakata: Survival of SARS-CoV-2 and influenza virus on the human skin: Importance of hand hygiene in COVID-19, *Clinical Infectious Diseases*, 2020 Oct 3 : ciaa1517.
- 8) David E Harbourt et.al. : Modeling the stability of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) on Skin, currency and Clothing, *PLOS Neglected Tropical Diseases*, printed.0008831, November 9, 2020.
- 9) 大倉洋甫・甲斐雅亮・能田均：蛍光及び化学発光法による生体成分の高感度分析, *分析化学*, Vol. 43, 259-288, 1994
- 10) 尾方壮行・飯島美希・松村美保・堤仁美・堀賢・田辺新一：ATP 測定法による病室における清掃前後の環境表面汚染度実測調査, *日本建築学会環境系論文集*, 第 81 巻, 第 726 号, 723-729, 2016 年 8 月
- 11) D.K. Milton et. Al. : Risk of Indoor airborne infection transmission estimated from carbon dioxide concentration, *Indoor air* 2003, 13, 237-245
- 12) Shane Riddell et.al.: The effect of temperature on persistence of SARS-CoV-2 on common surface, *Virology Journal*, (2020) 17:145
- 13) Jennifer Biryukov et.al.: Increasing Temperature and Relative Humidity Accelerates Inactivation of SARS-CoV-2 on Surfaces, *Applied and Environmental Science*, July/August 2020, Volume 5, Issue 4, e00441-20
- 14) 彭城郁子・須藤千春：高層集合住宅における屋内性ダニ類の生息状況と居住環境要因の重回帰分析, *衛生動物* 46(4), 367-380, 1995
- 15) 橋本果歩ほか：行動による感染リスク低減に関する研究, その 1 模擬電車内における顔面接触頻度の把握, 905-906, *日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北)*, D-2, 2018 年 9 月
- E. 研究発表
1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし
- F. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む。)
1. 特許取得 なし
2. 実用新案登録 なし
3. その他 なし