

令和2年度“オール近大”新型コロナウイルス感染症 対策支援プロジェクト研究報告書

企画題目	清浄住宅のための材料研究および空間設計		
研究者所属・氏名	研究代表者：産業理工学部 生物環境化学科 岡伸人 共同研究者：産業理工学部 建築・デザイン学科 堀英祐 産業理工学部 建築・デザイン学科 森岡陽介		

1. 研究、開発・改良、提案目的・内容

本申請研究では、住宅内での感染リスクを軽減する「清浄住宅」を実現することを目的とする。具体的には住宅内での抗菌・抗ウイルス機能を向上させる (1) 材料の研究・開発、(2) 光や換気、温度を最適化する空間設計を検討する。

2. 研究、開発・改良、提案経過及び成果

日本政府の新型コロナウイルス感染症対策の中で柱となった「3密（密閉・密集・密接）の回避」は、結果として新規感染者数を劇的に減少することに成功した。今後は、新型コロナウイルスを含む新しい感染症のリスクを軽減する「新しい生活様式」が求められる。そこで人間社会で最も重要な生活基盤である「住宅」に注目した。3密状況にもなりうる住宅内での感染は増え続け、2020年12月18日に東京都では家庭内感染率が43%（感染経路が判明した人の中での割合）に達したと報道された【1】。現状で有効な感染症対策は消毒やうがい・手洗いを徹底することしかないが、今後の世界的な大流行の状況によっては医療用品が品薄となり手に入らなくなることも考えられる。本研究の最終目的は、住宅内での感染リスクを軽減する新しい「清浄住宅」を開発することである。その第1ステップとして、住宅内のインテリアデザインを向上させつつ、室内環境を清浄するための (1) 材料の研究・開発、(2) 光や換気、温度を最適化する空間設計を検討した。

(1) 材料の研究・開発、および応用

住宅内では遮光カーテンや間接照明など、無駄になっている光エネルギーが少なくないため、光触媒（光のエネルギーにより周りの有機物や菌、ウイルスを分解する材料）による住宅内の清浄化法は有効であると予想される。そこで本研究では、光触媒塗料の開発を試みた (1-1)。さらに光触媒塗料を用いた新しい室内用塗料で室内清浄を行う際、適切に光が照射される室内部材を設計した (1-2)。

(1-1) 光触媒塗料の開発

令和2年度は3色の原料 [TiO_2 (白色)・ Fe_2O_3 (赤色)・ WO_3 (黄色)] をベースに光触媒塗料の作製に成功した。 Fe_2O_3 (赤色) および WO_3 (黄色) は可視光および紫外光をよく吸収し、そのエネルギーにより光触媒活性を発現する（可視光応答型光触媒）。一方、 TiO_2 はバンドギャップが3.1 eVを超えるため可視光を吸収することができない。そのため、可視光よりエネルギーの大きな紫外光を吸収することで光触媒活性を発現する。

次に作製した光触媒塗料をスライドガラスへ塗り、可視光 (1.50 klux) もしくは紫外光 (5.0 mW/cm²) を24時間照射した。光照射の前後における「生物学的汚染」をATPふき取り検査 (A3法) により測定し、光触媒活性による殺菌性能を評価した。なおATPふき取り検査 (A3法) とはATP (アデノシン三リン酸)・ADP (アデノシン二リン酸)・AMP (アデノシン一リン酸) の量を測定する。ATPは生物のエネルギー源として存在する化学物質であり、生命活動がおこなわれている所には必ず存在する。またATPが熱や長期保存、酵素等の働きにより分解するとADPとAMPとなる。そこで生物由来の汚れの中に存在するATP、ADPおよびAMPを指標とすることで、光触媒による殺菌性能を評価した。つまり光触媒の効果により殺菌が進めば、ATP・ADP・AMP量は減少することとなる。

表 1 に ATP ふき取り検査 (A3 法) の結果を示す。塗装をしていない場合、可視光照射後には ATP・ADP・AMP 量は増加していることがわかった。これはスライドガラス表面で菌が繁殖した結果と考えられる。次に Fe_2O_3 や WO_3 を塗装した場合、可視光・紫外光の照射のいずれでも ATP・ADP・AMP 量は大幅に減少した。一方、 TiO_2 を塗装した場合、紫外光を照射したときのみ ATP・ADP・AMP 量が大幅に減少した。これらの ATP・ADP・AMP 量の減少は、 Fe_2O_3 ・ WO_3 (可視光・紫外光) や TiO_2 (紫外光) により誘起された光触媒の効果により殺菌された結果と考えられる。以上、3 色の光触媒塗料の作製に成功した。図 1 に、今回開発した光触媒塗料を木材に塗った写真を示す。

表 1. ATP ふき取り検査 (A3 法) の結果

	TiO_2 塗装	Fe_2O_3 塗装	WO_3 塗装	塗装なし
光照射前	571 RLU	444 RLU	341 RLU	324 RLU
可視光照射後	560 RLU (2%減)	118 RLU (73%減)	105 RLU (69%減)	346 RLU (7%増)
紫外光照射後	224 RLU (61%減)	189 RLU (57%減)	148 RLU (57%減)	277 RLU (15%減)

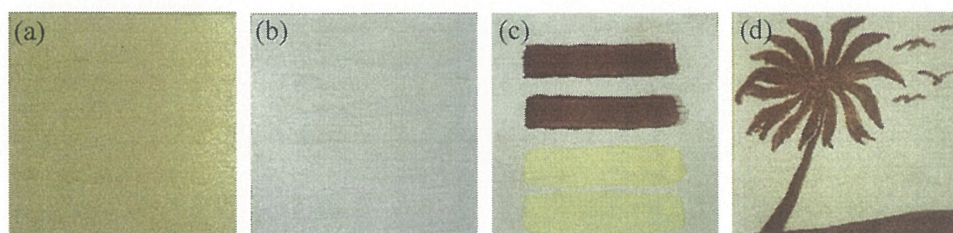


図 1. 光触媒塗料を塗った木材の写真 [(a) 塗装無しの木材、(b) 木材に TiO_2 (白) を塗装、(c) TiO_2 を下塗りした上に Fe_2O_3 (赤)・ WO_3 (黄) を塗装、(d) 木材に Fe_2O_3 (赤) を塗装]

【参考文献】 [1] NHK, <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20201218/k10012771061000.html> (2021 年 1 月アクセス)

(1-2) 光触媒塗料を用いた室内清浄のための室内部材の設計

光触媒材料を用いた新しい室内用塗料で室内清浄を行う際、適切に光が照射される室内部材を設計した。室内部材の設計においては「光の適切な照射」と「部材の形態」の 2 点について検討し試作を設計・制作した。

・光の適切な照射

開発される光触媒材料を用いた新しい室内用塗料は自然光・人工光のどちらにも反応する材料であったが、清浄住宅の効果を向上させるためには室内での生活と連動することで必要であるため、人工光を対象に検討した。

次に材料が塗布される室内部材の箇所について検討を行い、室内空間において最も自由な面である天井を選択した。床及び壁面は生活行為の中で動いたり隠れたりするが、天井は変化が少ないため一定の効果が得られるからである。

最後に室内部材の種類についての検討を行い、照明器具を選択した。天井の部材は一般に天井面、廻縁、照明器具・火災報知器等の設備器具のみであり、人工光を対象としているため照明器具に付加する部材を検討することが最良であると判断した。また天井照明器具の中で最も一般的なシーリングライトを対象を絞ることで一般の家庭に普及しやすいと考えた。

・部材の形態

一般的なシーリングライト (約 $\Phi 600$) に付加する部材は形態の決定ルール作りを検討した。部材は極力軽量な必要があるため、取り付けベースはアルミ板 $t=1.0\text{mm}$ 、塗布面材はシナベニヤ $t=2.5\text{mm}$ の使用を前提とし、研究室所属学生 8 名のスタディ (図 2) から既存円形照明との違和感払拭のため放射線状の形態とした。

また、4枚の塗布面材への塗装は子供のお絵描きに対応するため W560×H250mm としており、これは八つ切り画用紙のサイズを引用し若干小さい面積とした。面材入れ替え時に思い出を壁に飾れるよう壁面取り付け用の穴も設けている。

図 3. パーツ図面

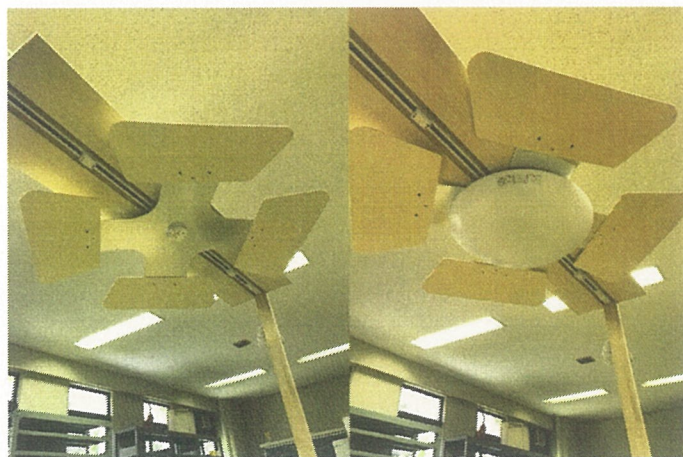


写真 1. 試作

試作後、大学生・小学6年生・幼稚園児の3名による着彩ワークショップを実施した(写真2)。約2時間で4枚の木部に着彩ができ、木部のサイズは絵を描きやすい大きさであることが分かった。新しい室内用塗料は白・赤・黄色の3色であったが、市販品の水彩絵の具との調合もでき、画用紙に絵を描く感覚で扱いも容易であった。(写真3)



写真 2. ワークショップ風景



写真 3. 着彩後の状態

(2) 光や換気、温度を最適化する空間設計

住宅内での感染症リスクを軽減する「清浄住宅」を実現するための、光や換気、温度を最適化する空間設計の検討を行った。ここでは住宅内の換気状態について CFD（数値流体力学）シミュレーションを使って検討を行った。シミュレーションで用いた住宅モデルは、「自立循環型住宅への設計ガイドライン」（国土技術政策総合研究所・独立行政法人建築研究所監修・財団法人建築環境・省エネルギー機構発行）に記載されている標準住戸モデルプランを参考に作成した。入力条件として東西南北 4 方向の風向（風速 0.3m/s）に対する各居室の換気回数は、2.3 回/h から 76.3 回/h となり、南風時の 2 階中央個室で最も換気回数が低くなるものの、商業施設等における新型コロナウイルス感染症対策での換気回数の基準とされている換気回数 2.0 回/h に対しても、十分な換気回数が確保できていることが確認された。結果の一例を図 4 に示す。換気回数が増える部屋の特徴として、風上側に位置していること、外気に面する開口が確保できていること、室内側開口部が容積に大きな空間に接していること又は外気に面する開口部と近いことが確認された。この結果から、清浄住宅の平面計画に対して効果的な換気回数が確保できるプランの方向性を明らかにした。

また、採光については、日射シミュレーションを用いて居室の積算日射量による検討を行った。住宅モデルを東西南北 4 方向に向きを変え、各居室の積算日射量を求めた。結果の一例を図 5 に示す。この結果から、本研究で提案している光触媒塗布材料を住宅内で使用する場合は自然採光による清浄作用を効率的に発揮させるために推奨すべき使用場所について明らかにすることができた。

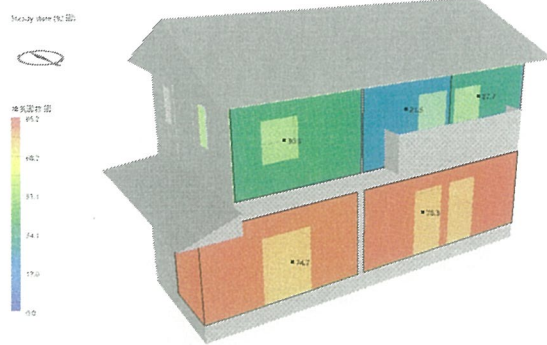


図 4. 換気回数のシミュレーション結果例

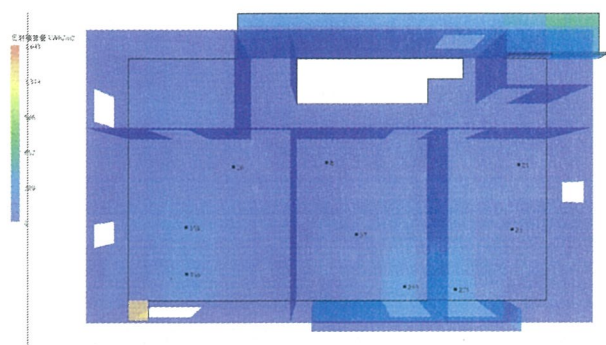


図 5. 積算日射量のシミュレーション結果例

以上の結果を踏まえて、住宅内での感染症リスクを軽減する新しい「清浄住宅」の検討を次年度以降も進めていく。

3. 本研究と関連した今後の研究、開発・改良、提案計画

(1) 材料の研究・開発

光触媒塗料の性能を向上させる。さらに光触媒塗料を用いた室内清浄のための室内部材の設計では、設計要件が少ない場合における形態の決定方法を検討する。

(2) 光や換気、温度を最適化する空間設計

光や換気、温度を最適化する空間設計の検討では、住宅モデルを用いた換気回数及び積算日射量のシミュレーションによる換気、採光の検討を行ったが、住宅の最適化モデルの提案までは至らなかった。今後は、シミュレーションによる検討を重ね、感染症対策に適した空間設計の最適化モデルを検討する。

4. 研究成果の発表等

発 表 機 関 名	種類 (著書・雑誌・口頭)	発表年月日(予定を含む)
日本図学会九州支部研究発表論文集	口頭	令和 3 年 6 月 (予定)
化学関連支部合同九州大会	口頭	令和 3 年 7 月 (予定)

5. 開発・改良、提案課題の成果発表等

現時点では、なし。