

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：82601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700795

研究課題名(和文)大震災被災地の住環境汚染真菌の危害性評価と予防衛生学的研究

研究課題名(英文)Study on the risk assessment and preventive health from fungal contamination of dwelling environments in disaster areas of the great earthquake.

研究代表者

渡辺 麻衣子(WATANABE, MAIKO)

国立医薬品食品衛生研究所・衛生微生物部・室長

研究者番号：00432013

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：温湿度をコントロールできない被災地住環境では、真菌汚染の進行が懸念される。そこで、津波浸水した家屋での真菌汚染の現状把握と健康リスクの評価および予防に関する研究を行った。宮城県石巻市内の津波浸水被害を受けた家屋およびアレルギー性呼吸器疾患患者宅において、室内空気浮遊真菌叢の調査を行った。その結果、津波浸水家屋、特に賃貸住宅では高レベルな真菌汚染が進行している傾向にあること、また患者宅では疾患の原因菌の異常増殖が確認された。津波浸水家屋での真菌による健康被害リスクの上昇が示唆された。建築的な問題点の改善および換気・清掃の徹底を軸とした真菌汚染の改善策を行い、健康リスクの低減に努める必要がある。

研究成果の概要(英文)：We cannot control temperature and humidity in dwelling environments at/after the time of disaster. This condition contains a problem of deep concern for indoor fungal contamination. We studied on the risk assessment and preventive health from fungal contamination of dwelling environments in disaster areas of the great earthquake. In Miyagi, fungal phases were investigated in flooded houses where victims including patients of allergic bronchopulmonary aspergillosis (ABPA) are living. Our results indicated that the air in rooms of flooded houses, particularly privately-rented housing, had tendency of serious contamination by fungi, and fungal species causing ABPA for each patient unnaturally grown in their rooms. It was suggested the increase in health risk by fungal contamination in flooded houses. To lower the health risk, there is a need for the improvement of both architectural problems of dwelling and common practice of inhabitants including ventilation and cleaning.

研究分野：真菌学

キーワード：大震災被災地 津波浸水世帯 賃貸住宅 真菌汚染 アレルギー

1. 研究開始当初の背景

室内空気環境中には、通常、浮遊真菌が常在しており、真菌は住環境においては普遍的な微生物である。室内空気環境中に浮遊している真菌には、外部より流入してくる真菌と、壁紙など建材やハウスダスト中に存在し室内で増殖したものが浮遊している真菌とがある。室内環境が真菌の増殖にとって適した条件に変動した際に、室内で増殖した真菌胞子が飛散することによって、室内空気環境の真菌汚染が生じる。室内環境空気中の浮遊真菌数は、通常では屋外よりも少なく、空気 1 m^3 あたりおよそ $10 \sim 10^3$ colony forming unit (CFU) であると報告され、建築学会の推奨する基準値によれば、 $1000\text{ CFU} / \text{m}^3$ が室内が真菌に汚染されている状態を示す目安となる。

住環境の温湿度がコントロールできない、および掃除が不可能であったり行き届いていない状態、すなわち災害時やその他の理由で異常時の住環境にあっては、室内空気環境中の真菌叢は通常真菌叢から変動する。真菌生菌数全体が高くなる一方で、通常は優占的に検出されないような菌種が多く見られるようになる場合が多い。今回発生した東日本大震災は未曾有の大災害である。このような大災害時には、被災者が一部破壊した住宅や避難所、仮設住宅等に居住する期間が長期化し、温湿度がコントロールできない劣悪な住環境となることが多い。このような環境にあっては、室内で真菌が増殖することが容易に想定される。研究代表者による過去の研究成果から、震災後、宮城県石巻市の複数の避難所の真菌叢調査の結果、室内空気浮遊真菌数は $1000\text{ CFU} / \text{m}^3$ を越えるという事実は確認されなかったが、菌数は屋外よりも高く、室内空気環境が真菌に汚染されていることが示唆された。さらに、ある特定の避難所では通常の住環境から優占的に検出されることはない、

健康危害性が他の菌種よりも高いことが知られる *Aspergillus* 属菌が多く検出された、などの事実を明らかにした。

2. 研究の目的

温湿度をコントロールできない被災地住環境では、真菌が増殖し真菌汚染が進行することが懸念されるため、現状を把握し対策を講じることが急務である。また、非常時の住環境が住人に与える健康リスクについてデータが得られる貴重な機会である。そこで、今回の大震災を劣悪な住環境における真菌汚染のモデルケースとしてとらえ、津波浸水した家屋の真菌汚染の現状把握と改善、および汚染真菌が与える健康リスクの把握を目的とした検討を行う。それによって、検出頻度の高い真菌について、室内環境における生態、ヒトへの危害性などを検証し、真菌汚染を制御する方策の実施および健康リスクの評価を行うことができると思われる。

3. 研究の方法

平成 24 年～25 年度にかけて、石巻市内の津波による浸水被害を受けた一般家屋（持ち家と賃貸住宅を含む）において、室内空気浮遊真菌調査を行った。各世帯では、居住者の許可が得られるかぎりでは、居室の許容が得られるかぎりでは、居室を含むサンプリングを行った。サンプリング手法としては、衝突法によるエアサンプラー（エアサンプラー エアーイデアル 3P™；シスメックス・バイオメリュー株式会社、東京）を用いて空気浮遊真菌を採取した。寒天平板培地として、好湿性真菌の分離に適する DRBC 寒天培地（OXOID、アメリカ）、および好乾性真菌の分離に適する DG-18 寒天培地（OXOID）を用いた。1 部屋あたりで、これら 2 種類の培地それぞれ 3～5 枚に室内空気を採取した。1 枚の培地に採取する空気量は、 $10 \sim 100\text{ L}$ とした。空気採取後の培地を実験室内で 4～7 日間

25 で培養後、生じたコロニー数を計測し、空気 1 m³ 当りの総真菌数値を算出した。この値を、エアサンプラーに付属の MPN 表を用いて MPN 値に換算した。DRBC および DG-18 寒天平板培地上に生じたコロニーについて、実体顕微鏡および光学顕微鏡で観察しておおまかに分類し、その部屋において優占種となっている菌種のコロニーを釣菌して分離した。分離株は、ポテト・デキストロース寒天平板培地 (PDA; 栄研化学、東京) に接種し、10 から 14 日間 25 で培養の後、目視によるコロニー性状の観察、および顕微鏡によるプレパレート観察を行い、形態学的性状を観察した。さらに、*Aspergillus* 属菌については、チュープリン遺伝子の部分塩基配列を決定し、GenBank の登録配列と相同性検索を行い、一致率を指標とした菌種検索を行った。これらを指標として菌種の同定を行った。これらの比較対象として、別の研究課題として本研究代表者によって同地域で行われた、応急仮設住宅に対する真菌汚染調査の結果との比較解析を行った。

また、平成 26 年度に、連携研究者である石巻市内医療機関の呼吸器内科医師のもとで治療中の、津波浸水家屋に居住するアレルギー性気管支肺アスペルギルス症 (ABPA) 患者 2 名の自宅において、上述の方法によって真菌叢調査を行った。また、患者の特異的アレルゲンとなっている菌種の特定のため、連携研究者の所属医療機関において、真菌株の抗原エキスをを用いての当該患者への抗原曝露試験を行った。できる限り患者宅由来の菌株を用いての液体培養によって作製したカピアレルゲン粗精製物を抗原として使用した。皮内に少量注射して腫脹性を観察する皮内試験を行った後、陽性となった精製物を用いて、呼吸器症状を誘起する吸

入試験を行った。

4. 研究成果

石巻市内の津波による浸水被害を受けた一般家屋延べ 23 件から空気浮遊真菌のサンプリングを行い、空気浮遊真菌生菌数の解析および分離菌株の同定を行った。この結果を、一戸建てとアパートタイプに分け、研究代表者の過去の研究から室内真菌汚染が著しいことがすでに示されている同地域の仮設住宅での室内真菌叢との比較解析を行った (図 1)。

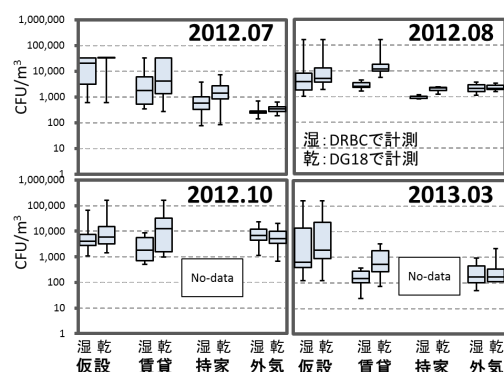


図 1. 住宅タイプ別にみた空中浮遊真菌叢の比較

その結果、特に春から秋にかけては、津波浸水家屋では、いずれの住宅タイプでも室内空気での一般的な家屋の真菌汚染の指標とされる 1,000 CFU /m³ を大きく超える住宅があり、真菌汚染が進行している傾向にあることが示された。空気 1 m³ あたりの真菌数は、持家では 16,880 CFU、賃貸住宅では本研究での検出上限値である空気 1 m³ あたりの真菌数 163,200 CFU を記録し、津波浸水した持ち家と賃貸住宅間でも真菌数に顕著な差が見られた。両住宅の間では、壁・床の断熱加工等建築条件、建物所有者の浸水被害後の建物への対応などが異なると考えられ、この違いによって生じたものと推察された。さらに、分離株の同定を行った結果、アレルギー性やマイコトキシ

ン産生性、感染性が報告される *Aspergillus niger*、*Aspergillus flavus*、*Aspergillus versicolor* など *Aspergillus* 属菌が、国内の一般的な住環境室内空気真菌叢と比べると多く検出された。以上のことから、津波浸水被害を受けた一般家屋、特に賃貸住宅では、真菌による室内汚染レベルが高まっており、健康危害リスクも上昇している可能性が示唆された。

また、ABPA 患者 2 名の自宅菌叢を調査した結果、患者 A 自宅では、空中浮遊総真菌数はいずれの部屋も 1,000 CFU/m³ 以上、最高で約 2,600 CFU/m³ 真菌汚染が進行した状況を示し、特に脱衣所で *Aspergillus* 属菌 の優占率が 13.7% と高く、そのほとんどが *A. versicolor* であることが確認された (図 2)。通常の家屋では、*A. versicolor* が検出される頻度は一般的

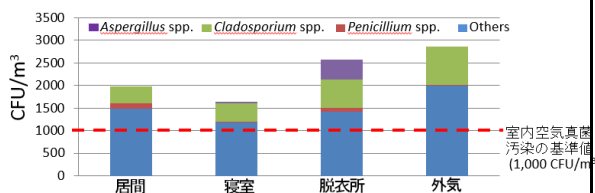


図 2 . 患者 A 自宅室内の空中浮遊真菌叢

に 10% 前後で必ずしも検出されなく、検出されたとしてもその優占率は一般的に 7% 前後であることが知られており、当該患者宅の検出濃度は一般的な状況と比較して、*A. versicolor* が異常に発育した状態にあることが示された。患者 B 自宅では、空中浮遊総真菌数は最高で約 3,000/m³ と真菌汚染が進行した状態ではあったが、菌叢も *Cladosporium* 属菌 および *Penicillium* 属菌 が優占的となり、*Aspergillus* 属菌 は少なく、一般住宅と同様の菌叢を示した。しかし、畳敷きの居間に敷かれたゴザ裏から、高濃度の *A. niger* が検出され、局所的に異常な菌叢であることが確認された。また、当該患者

への抗原曝露試験の結果、患者 A で *A. versicolor* で皮内反応及び吸入試験陽性 (図 3) となり、この菌種が当該患者の

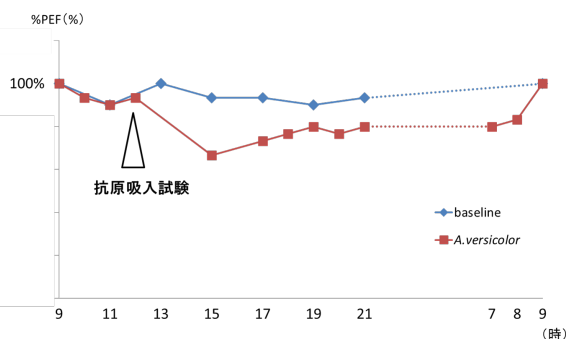


図 3 . 患者 B に実施された抗原吸入試験結果

%PEF : 肺からの努力性最大呼気流量の日内変動率を示す。抗原として *A. versicolor* の培養精製物を吸入した跡で、優位な呼吸機能の低下が確認され、症状が誘発された。

時

ABPA 原因菌であると特定された。患者 B では *A. niger* が同様の反応を示し、ABPA 原因菌であると特定された。以上の結果から、本例の発症背景には震災による家屋の被害とそれに伴う真菌の異常発育が強く関与していると考えられ、津波浸水家屋での真菌による健康被害リスクの上昇が示唆された。

室内の換気の励行や清掃の徹底といった住民側の住まい方の改善とともに、住宅の換気や断熱性能に欠陥がないかを確認・改善し、室内の真菌汚染と健康リスクの低減に努める必要がある。今後、これらの患者宅において、建築学的な換気の向上・結露の防止対策などを実施、また住まい方の改善指導等を行い、それと平行して継続的に真菌叢調査および臨床症状の観察を行い、真菌汚染と健康リスクの変動についての調査を継続する予定である。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 6件)

小沼ルミ, 渡辺麻衣子, 瓦田研介, 高鳥浩介, 小西良子, 鎌田洋一. *Aspergillus fumigatus* アレルゲン遺伝子の変異と菌分離由来の影響. 日本防菌防黴学会第39回年次大会, 2012.09. 東京

渡辺麻衣子, 山崎朗子, 小沼ルミ, 横瀬英里子, 園田 愛, 瓦田研介, 林健太郎, 武藤真祐, 鎌田洋一. 東日本大震災被災地における住宅タイプでみた空中浮遊真菌数の比較検討. 日本防菌防黴学会第40回年次大会, 2013.09. 吹田市

大波純一, 渡辺麻衣子, 山田 修, 水谷治, 高橋 徹, 川上裕司, 橋本一浩, 清水公德, 高橋治男, 横山耕治, 鎌田洋一. カビアレルゲンデータベースの構築. 日本農芸化学会 2014 年度大会, 2014.03. 東京

大波純一, 渡辺麻衣子, 山田 修, 水谷治, 高橋 徹, 川上裕司, 橋本一浩, 清水公德, 高橋治男, 横山耕治, 鎌田洋一. カビアレルゲンデータベースの構築とその活用. 日本防菌防黴学会第41回年次大会, 2014.09. 東京

窪崎敦隆, 山崎明子, 宮原美和子, 菊池裕, 工藤由紀子, 寺嶋淳, 渡辺麻衣子. 医薬品汚染真菌のモデルとしての真菌性髄膜炎原因菌 *Exserohilum rostratum* の DNA 解析. 日本薬学会第135回年回. 2015.03. 神戸市

石田雅嗣, 矢内勝, 大久保愉一, 矢満田慎介, 花釜正和, 小林誠一, 齋藤明美, 押方智也子, 釣木澤尚実, 渡辺麻衣子. 東日本大震災後に発症した *Aspergillus versicolor* によるアレルギー気管支肺真菌症の1例. 第64回日本アレルギー学会学術大会, 2015.05. 東京.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

特に無し

6. 研究組織

(1)研究代表者

渡辺 麻衣子 (WATANABE MAIKO)
国立医薬品食品衛生研究所・衛生微生物部・室長
研究者番号: 00432013

(2)連携研究者

小沼 ルミ (KONUMA RUMI)
東京都立産業技術研究センター・開発本部・副主任研究者
研究者番号: 90463075

石田 雅嗣 (ISHIDA MASATUGU)
石巻赤十字病院・呼吸器内科・医師
研究者番号: 無し