

201237033A

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

東日本大震災にみる災害時居住環境を汚染する真菌の
アレルギーリスク評価及び予防衛生管理に関する研究

平成24年度 総括研究報告書

研究代表者 渡辺 麻衣子

国立医薬品食品衛生研究所 衛生微生物部

平成25（2013）年3月

目次

I.	総括研究報告	
	東日本大震災にみる災害時居住環境を汚染する真菌の	
	アレルギーリスク評価及び予防衛生管理に関する研究・・・・・・・・・・	1
II.	研究成果の刊行に関する一覧表・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25

I． 総括研究報告

平成24年度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)
総括研究報告書

東日本大震災にみる災害時居住環境を汚染する真菌のアレルギーリスク評価
及び予防衛生管理に関する研究

研究代表者 渡辺 麻衣子 (国立医薬品食品衛生研究所 衛生微生物部)
研究協力者 鎌田 洋一 (国立医薬品食品衛生研究所 衛生微生物部)
山崎 朗子 (国立医薬品食品衛生研究所 衛生微生物部)
小沼 ルミ (東京都立産業技術研究センター)

研究要旨

被災地住環境における真菌汚染の現状把握を行うこと、および次年度以降に行う予定の真菌叢解析および真菌のアレルギー性評価実験に使用するための菌株を収集する目的で、実際の被災世帯が居住する、宮城県石巻市内のプレハブ製の応急仮設住宅の寝室・リビング・台所を対象として真菌のサンプリングを行い、真菌数計測と分離菌株の保存を行った。その結果、今回調査を行った応急仮設団地では、年間を通じて、一般家屋と比較して真菌数は非常に高い傾向にあった。調査を行った団地間で部屋を区別せず集計した菌数平均値を比較すると、真菌汚染程度は団地間で差があることが示された。また、年間を通じての経時的なサンプリングが可能であった世帯間で菌数増減の傾向を比較すると、全ての世帯において全体的に一般家屋よりも菌数は高いこと、中でも7月に高く、3月に低いという共通した傾向が見られた。これは、新潟県中越沖地震の応急仮設住宅の事例とは異なる結果であった。さらに、最も高い時期は7月または8月のいずれかであることも共通していたが、7月から10月の間での増減傾向は世帯間で傾向に差があった。これらの事象は、エアコンの使用、換気の頻度、居住人数、荷物の多さ、結露防止対策に対する意識などのライフスタイル、および日当たり、床下の状態、壁・床の断熱加工等結露の出にくい建築条件など、多様な条件の違いによるものと考えられた。

A. 研究目的

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が、室内空気環境中の浮遊真

菌数は、通常では屋外よりも少ないことが報告されている。2011年3月に発生した東日本大震災のような大災害時には、破壊した住宅や避難所、仮設住宅等での被災者居住期間が長期化し、温湿度がコントロール不能、掃除が行き届かない等の劣悪な住環境となることが多い。このような室内空気環境中では真菌は増殖する一方で、真菌叢も通常時と比較して大きく変動し、真菌叢は少数の真菌で大部分を占められることが多い。これら高検出真菌はヒトへの暴露量が多く、特に危害性を検証する必要がある。

室内空気環境の真菌汚染がもたらすヒトへの健康被害の中でも、アレルギーは、乳幼児から高齢者まであらゆる年齢層が罹患し、患者数も非常に多く、また多岐にわたる症状が出る、非常に広い範囲の疾患群である。よって、真菌のヒトへの健康危害性について評価する際には、危害性の大きいアレルギーリスクに特に着目して評価する意義は大きい。

そこで本研究では、東日本大震災を災害時の劣悪な住環境のモデルケースとしてとらえ、被災地住環境における真菌性アレルギー汚染の現状把握とリスク評価および真菌アレルギー汚染の改善と予防衛生管理を行うことを目的とする。今年度は、被災地住環境における真菌汚染の現状把握を行うこと、および次年度以降に行う予定の室内空気の真菌叢解析および真菌のアレルギー性評価実験に使用するための菌株を収集することを特に目的とした研究を行った。

B. 研究方法

実際の被災世帯が居住する、宮城県石巻市内のプレハブ製の応急仮設住宅の寝室・リビング・台所、および同じ団地敷地内の外気を

対象として真菌のサンプリングを行った。地理的条件の異なる仮設団地として、津波による浸水を受けた地域に近接している開成第一・第二仮設団地（開成団地）、および浸水地域と離れた高所にある城内仮設団地（城内団地）を選択し、また、これらと比較するために、開成第六、開成第十一、開成第十三、大森第三仮設団地でのサンプリングもあわせて行った（図1）。サンプリングを行った時期としては、四季をカバーすることで年間の真菌汚染状況を把握できると考え、梅雨、夏季、秋季および冬季の年4回実施し、2012年7月に7世帯、8月に12世帯、10月に14世帯、2013年3月に19世帯、以上延べ52世帯からのサンプリングを行った（表1）。各世帯では、居住者の許可が得られるかぎりでは寝室、台所、居室の3地点（図3）でのサンプリングを行った。

サンプリング手法としては、エアサンプラー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、および好乾性真菌の分離に適するDG-18寒天培地を用いた（図3）。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、10～100L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1m³当りの総真菌数値を算出した。7月の調査において使用した真菌数計測法では検出上限値は32,640 CFU/m³、8月から3月では検出上限値は163,200 CFU/m³である。汚染真菌数の評価方法としては、①住宅内空気の高濃度真菌汚染発生の目安を総真菌数が1,000 CFU/m³を

基準として汚染度を評価（文献 1）、②室内浮遊真菌数を屋外浮遊真菌数で除した I/O 比を算出し、これが 1 以上となった場合を住宅内における真菌増殖による室内空気真菌汚染発生として評価（文献 2）、以上の 2 項目とする。

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。全ての分離菌株は、マイナス 80℃で凍結保存した。

また、サンプリング時での気温および相対湿度を計測した。

（倫理面への配慮）

被災地でサンプリングを行うにあたり、個人の住宅を訪問する必要があるため、不利益・危険性の排除等についてのインフォームド・コンセントを十分に行った。

C. 研究結果

H24 年度にのべ 52 世帯のプレハブ仮設住宅の真菌調査を行った（表 1）。目視によって室内の真菌発育状況を確認したところ、特に城内団地、開成第六団地で、深刻なカビ汚染が確認された（図 4、5）。また、これら目視できる真菌や空気サンプルの培養から得られた分離株の同定を行ったところ、図 6 のような菌種のカビが多い傾向がみられた。具体的には、*Cladosporium*、*Penicillium* といった国内で通常優先的にみられるカビに加えて、畳や建材での異常発育がしばしば報告される *Trichoderma*、*Aspergillus penicillioides*、*Aspergillus versicolor*、*Aspergillus fumigatus* などであった。

真菌サンプリングを行った世帯でのサンプリング時での気温および相対湿度を計測し、季節毎、部屋毎、団地毎に解析し比較したところ、室内の気温の季節ごとの変動は、いずれの部屋および団地においても外気の気温変動とほぼ一致していることが示された（図 7、8）。相対湿度の変動については、外気と室内の上下動は傾向的には一致しているが、8 月はいずれの部屋および団地においても外気よりも低くなる傾向にあることが示され（図 7）、さらに城内団地および開成第一団地間での比較においては、3 月で城内団地が開成第一団地よりも有意に高い湿度を記録したことが示され（ $p > 0.05$ ）（図 8）、城内団地の室内は、年間を通じて、他の団地よりも高い水準の湿度が維持されていたことが明らかとなった。

調査した全ての団地について各月の真菌数の推移を部屋毎に比較し、箱ひげ図で表した（図 9、10）。好湿性菌・好乾性菌ともに、真菌数は、寝室、台所、居室の全てにおいて、各月で検出上限値の 32,640 CFU/m³ または 163,200 CFU/m³ を記録し、高い真菌数の水準を示したこと、また、真菌数の中央値および最小値が最も低かった時期は 3 月であったことが示された。さらに、城内団地および開成第一団地の間で、部屋を区別せず各月の真菌数の推移を比較し、箱ひげ図で表した（図 11、12）。好湿性菌・好乾性菌ともに、両団地において 7 月から 10 月は高い中央値および最大値を示し、3 月は他の月と比べると低い値を示す傾向にあった。しかしながら、城内団地において 8 月および 3 月で世帯間のばらつきが特に大きい傾向にあり、特に 3 月の好乾性菌ではこの傾向が顕著で、最大値が検出上限値の 163,200 CFU/m³ を記録した世帯も見られ

た（図 12）。

また、年間を通じて 3 回または 4 回の経時的なサンプリングが可能であった 6 世帯間で、菌数増減の傾向を比較すると（図 13, 14）、全ての世帯において全体的に一般家屋よりも菌数は高く、中でも 7 月に高く、3 月に低いことは共通していた。最も高い時期は 7 月または 8 月のいずれかであることも共通していたが、7 月から 10 月の間での増減傾向は世帯間で差があった。さらに、検出真菌数は、7 月を除き、総じて開成第一団地よりも城内団地のほうが高い傾向にあり、両団地間で差があることが示された。

全ての団地で得られた真菌数の I/O 値を算出し、各部屋の区別なく月毎に解析し比較したところ（図 15, 16）、好湿性菌および好乾性菌の両方において、総じて外気の実菌数が高かった 10 月（図 9）で I/O 値は最も低く、7 月と 3 月に高い傾向にあった。その中でも、10 月および 3 月では、城内団地での値のほうが開成第一団地での値よりも高い傾向にあること、また、3 月では特に城内団地での値のばらつきが大きいことが示された。

D. 考察

今回調査を行った応急仮設団地では、年間を通じて、一般家屋の実菌汚染の基準値とされる空気 1 m^3 あたりの胞子数 $1,000\text{ CFU}$ をはるかに超える値を多くの世帯で記録し、一般家屋と比較して真菌数は非常に高い傾向にあることが示された。プレハブ仮設住宅はカビが発生しやすい環境であることを認識し、衛生状態に留意する必要がある。また、その中でも、年間を通じて真菌数を調査することができた 6 世帯の結果から、1 年間の中でも菌

数の最も高い時期は 7 月または 8 月であり、3 月に低かったことが明らかとなった。新潟県中越沖地震の応急仮設住宅では、冬季は結露水による著しい真菌増加が報告されており（文献 3）、本研究でもこれが予想された。しかしながら、城内団地では 3 月に真菌数の検出上限値 $163,200\text{ CFU/m}^3$ が検出された世帯が散見されたものの、一律に高い真菌数が検出されたという事実は無く値のばらつきが大きかった（図 11, 12）。城内団地以外では、3 月に記録した真菌数最高値は $2,700\text{ CFU/m}^3$ と比較的であった。新潟県中越沖地震の応急仮設住宅と比較して、壁や天井に入れた断熱材の増量や二重壁構造の採用などの断熱対策がある程度功を奏した結果である可能性があるが、新潟県中越沖地震の際の応急仮設住宅内の空気浮遊真菌数データが無く比較が不可能であること、結露水自体は本研究の 3 月調査時に頻繁に観察されたことから、結露水以外の要因もあると考えられた。

城内団地での 3 月の高い真菌数の原因としては、直接的には冬季の室内の高湿度（図 8）が影響している可能性が非常に高い。この高湿度をもたらしている要因のひとつとして、建築仕様の問題が考えられる。城内団地はハウスメーカー製のプレハブ仮設住宅である一方で、今回調査を行ったその他団地はプレハブ住宅メーカーであるため、建築仕様は団地間で異なり、この差異が冬季の室内の高湿度、ひいては高真菌数に影響している可能性が有る。具体的には、断熱性能や建築資材の質が考えられる。また、建築資材の質は、カビが生えやすい素材であった場合に、湿度とは関係なく直接的に真菌の発生しやすさに影響を及ぼす。実際に、城内団地では、特に天井に

において目視での真菌汚染が頻繁に確認され（図5）、天井材がかびやすい材質である可能性がある。あるいは、もともとの土地の水はけの状態など、建造物以外の土木的要因である可能性もある。さらには、今回調査を行った対象世帯の住まい方に偏りがあったという可能性も否めない。または全てが関連した複合的な要因である可能性も考えられる。つまり、団地間での真菌数の差は、日当たり、床下の状態、壁・床の断熱加工等結露の出にくい建築条件、およびエアコンの使用、換気の頻度、居住人数、荷物の多さ、結露防止対策に対する意識などのライフスタイルなど、多様な条件の違いによってもたらされたものと考えられた。

本研究で得られたデータのみでは、団地間での真菌数の差が生じた要因を特定することはできない。しかしながら、今後さらに多くの世帯で数年は応急仮設住宅住まいが継続することが予想されているので、現時点での応急仮設住宅における真菌汚染改善のため、さらには今後発生する震災時において建築される応急仮設住宅での真菌汚染予防策を講じるため、今後、さらなるデータ収集と解析を進め、団地間差異の原因を追究する必要があると考えられた。

E. 結論

H24年度にのべ52世帯のプレハブ仮設住宅の真菌調査を行った。一般住宅と比較して室内空気の実菌数が非常に高い傾向にあることを示した。プレハブ仮設住宅はカビが発生しやすい環境であることを認識し、衛生状態に留意する必要がある。また、真菌数は団地間でも差があることが示された。これらの傾向

は、団地毎の建築構造的または地理的な理由によるものか、または住人の個々の住まい方による影響が大きいのかを、今後の解析によって明らかにする必要がある。

F. 参考文献

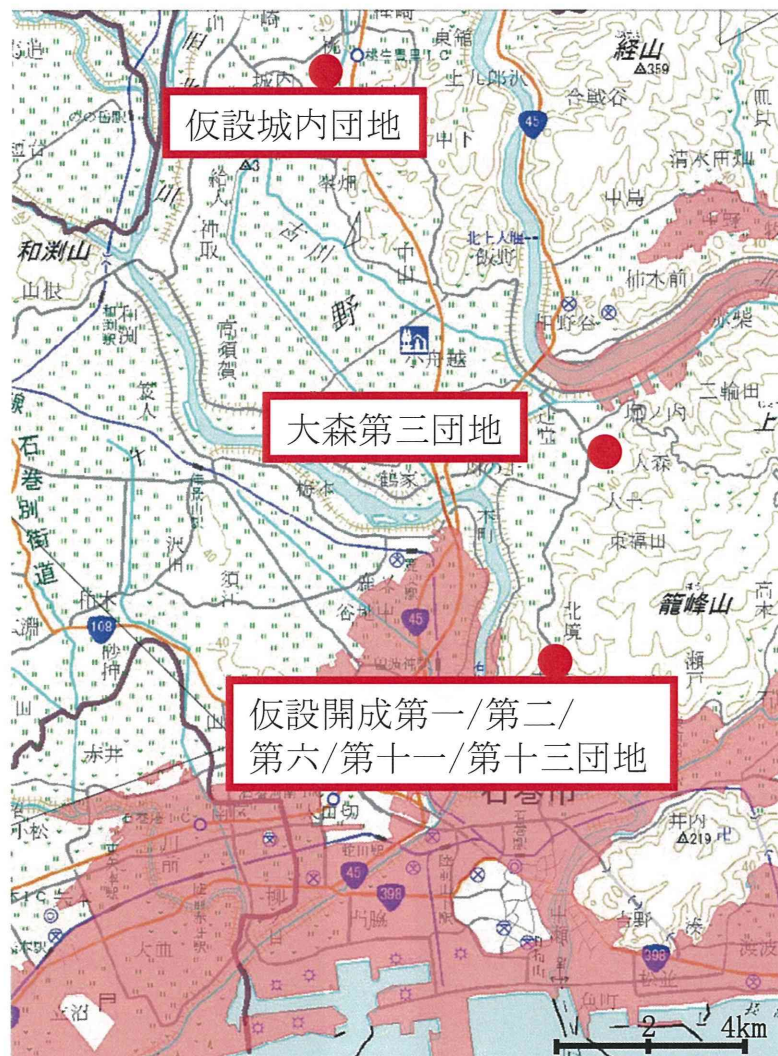
1. 柳ら，居住環境における健康維持増進に関する研究 その9．2009．学術講演梗概集，D-1．p.1001-1002．日本建築学会．
2. 石岡ら，震災関連住宅における温熱・空気環境に関する調査 第9報．2012．シンポジウム「東日本大震災からの教訓、これからの新しい国づくり」シンポジウム資料．p. 463-466．日本建築学会．
3. 木村悟隆，仮設住宅の居住性．2006．長岡科学技術大学 新潟県中越地震被害報告書 第2部 地震とコミュニティ，p.154-163．，長岡技術科学大学中越地震災害調査団 編．

G. 研究発表

1. 誌上発表
渡辺麻衣子，室内環境のカビ毒汚染．2013．かびと生活，6(1)：24-29．
2. 学会発表
渡辺麻衣子．津波被災地域における避難施設内の真菌叢．日本防菌防黴学会第39回年次大会，東京，2012.09．

H. 知的財産権の出願・登録状況

特に無し。



出典：国土地理院，浸水範囲概況図

図1. 宮城県石巻市内における真菌サンプリングを行った団地位置

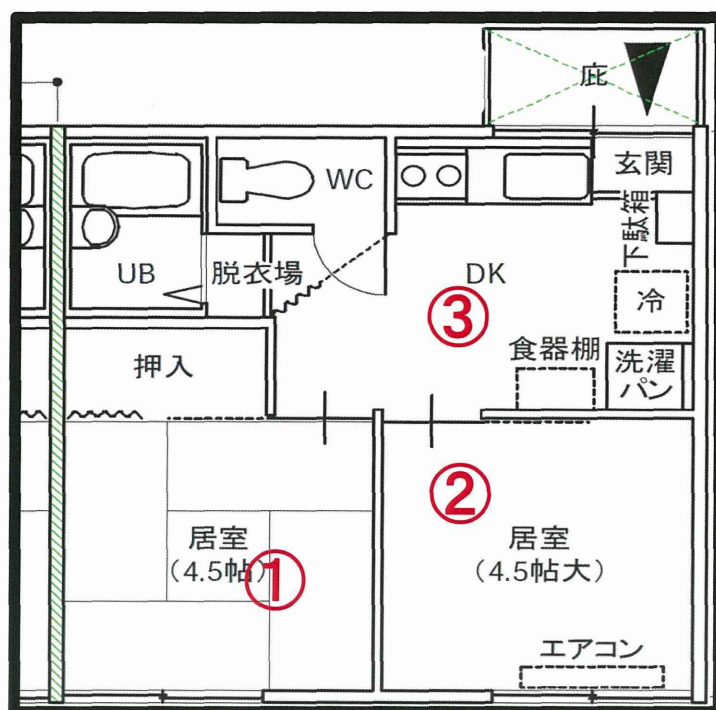


図 2．応急仮設住宅の基本的な間取りおよび室内のサンプル採取地点



図 3．培地上で培養された空气中的浮遊真菌サンプル
左： DRBC、右： DG-18

表 1. 真菌サンプリングを行った世帯数

期間	場所	調査世帯数*
2012. 07	開成第一仮設団地	2
	開成第八仮設団地	2
	開成第十一仮設団地	1
	城内仮設団地	1
	グループホーム	1
2012. 08	開成第一仮設団地	7
	開成第二仮設団地	1
	城内仮設団地	4
2012. 10	開成第一仮設団地	5
	城内仮設団地	9
2013. 03	開成第一仮設団地	2
	開成第十三仮設団地	3
	城内仮設団地	8
	大森第三仮設団地	5
	仮設病院医師寮	1

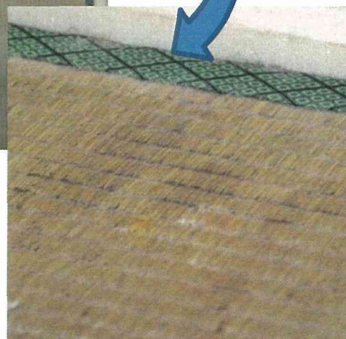
*複数期間で重複する調査世帯有り。



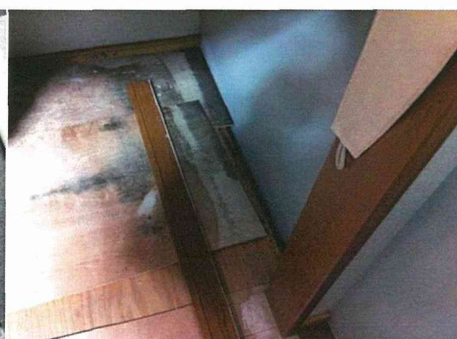
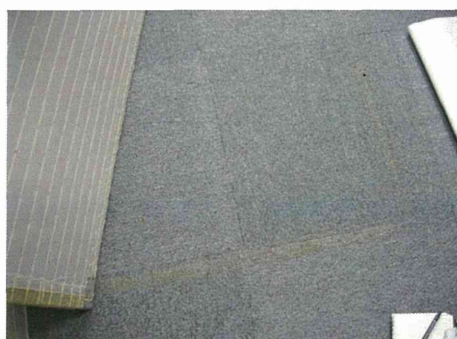
敷布団のカビ汚染



畳表面の
カビ汚染



敷布団のカビ汚染



畳下のカビ汚染

図 4. 仮設団地室内でのカビ発生状況 1



天井のカビ汚染



天井のカビ汚染

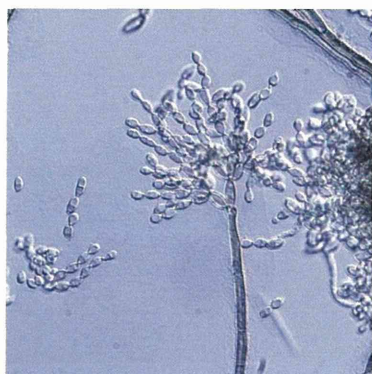


食器棚のカビ汚染

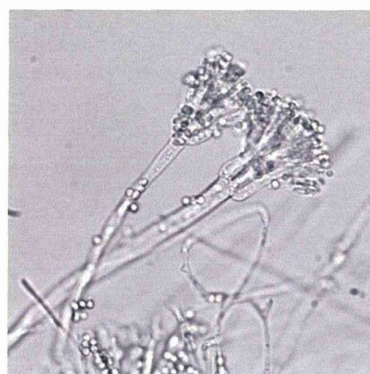


カーテンのカビ汚染

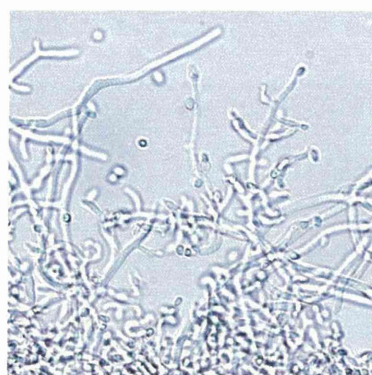
図 5. 仮設団地室内でのカビ発生状況 2



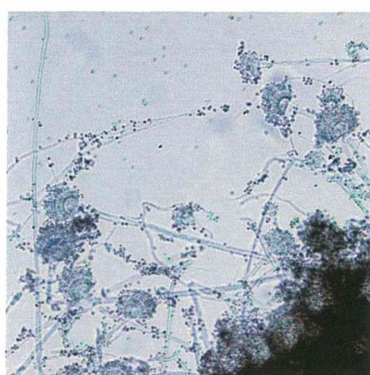
Cladosporium



Penicillium



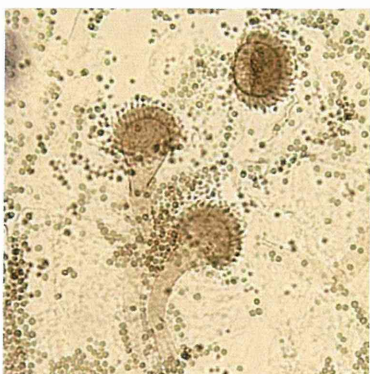
Trichoderma



Aspergillus penicillioides



Aspergillus versicolor



Aspergillus fumigatus

図6．仮設住宅室内でよく見られた真菌の顕微鏡像

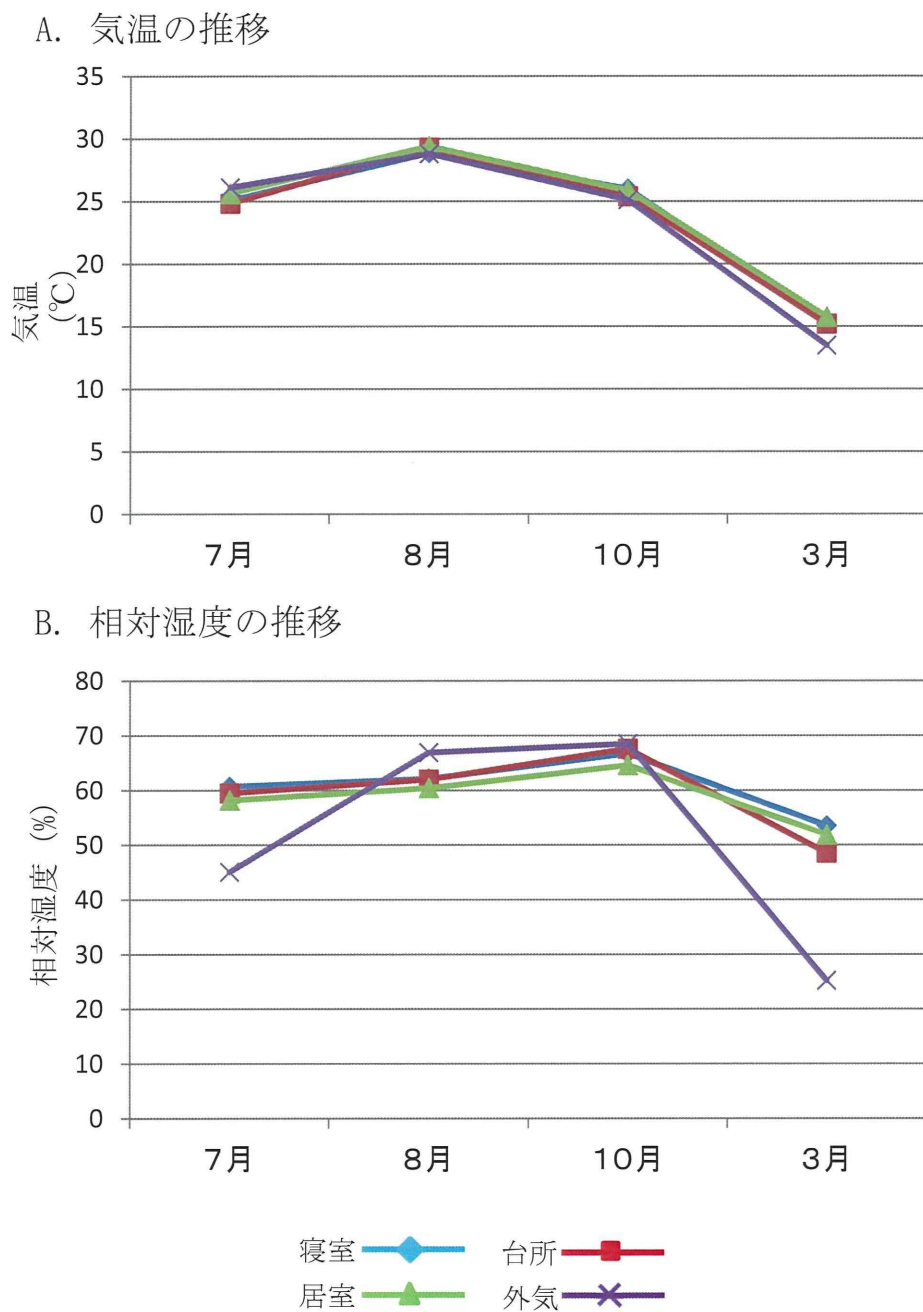


図 7. 真菌サンプリングを行った世帯での
気温・相対湿度の推移（全団地）

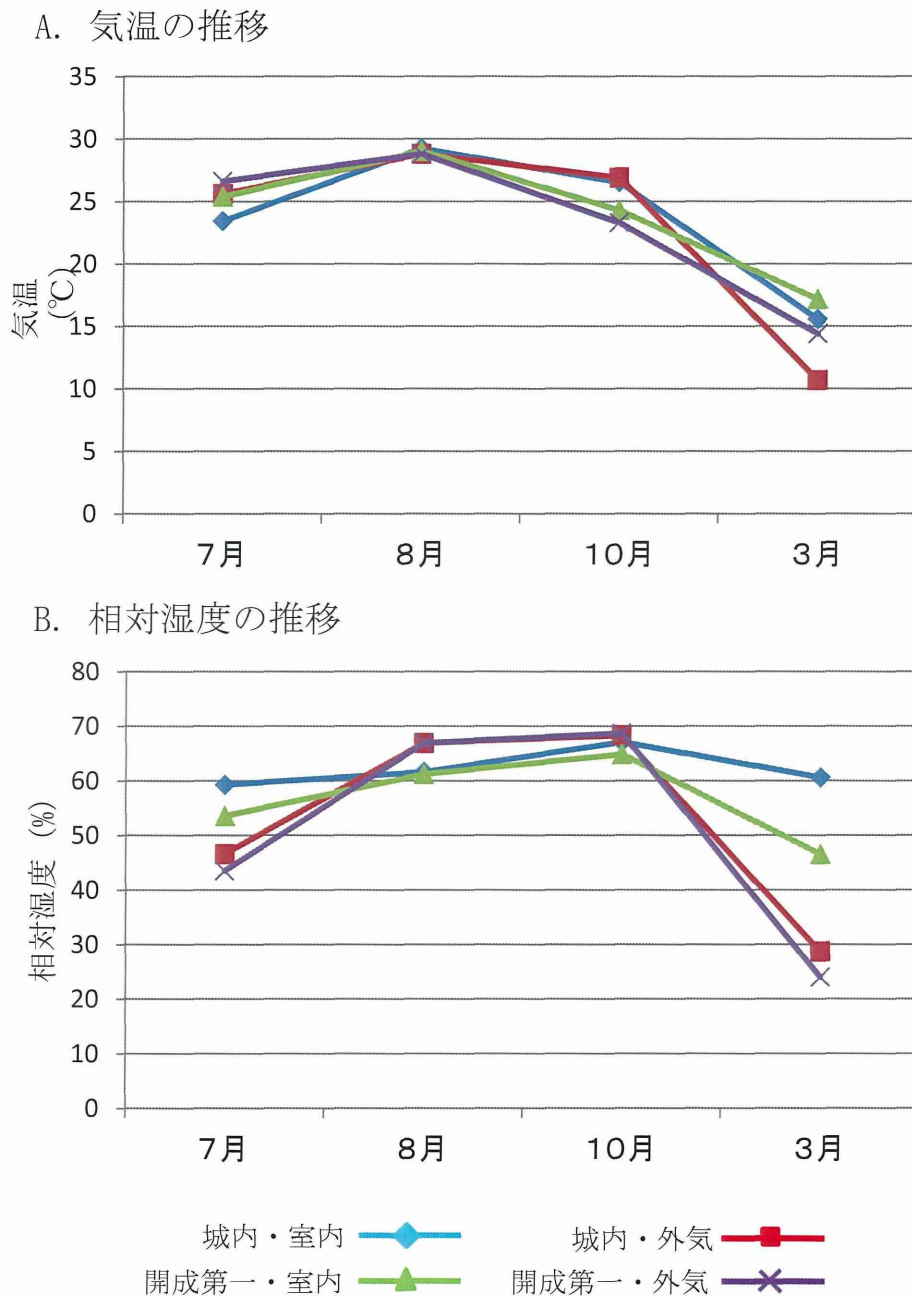


図 8. 真菌サンプリングを行った世帯での
気温・相対湿度の推移 (城内・開成第一)

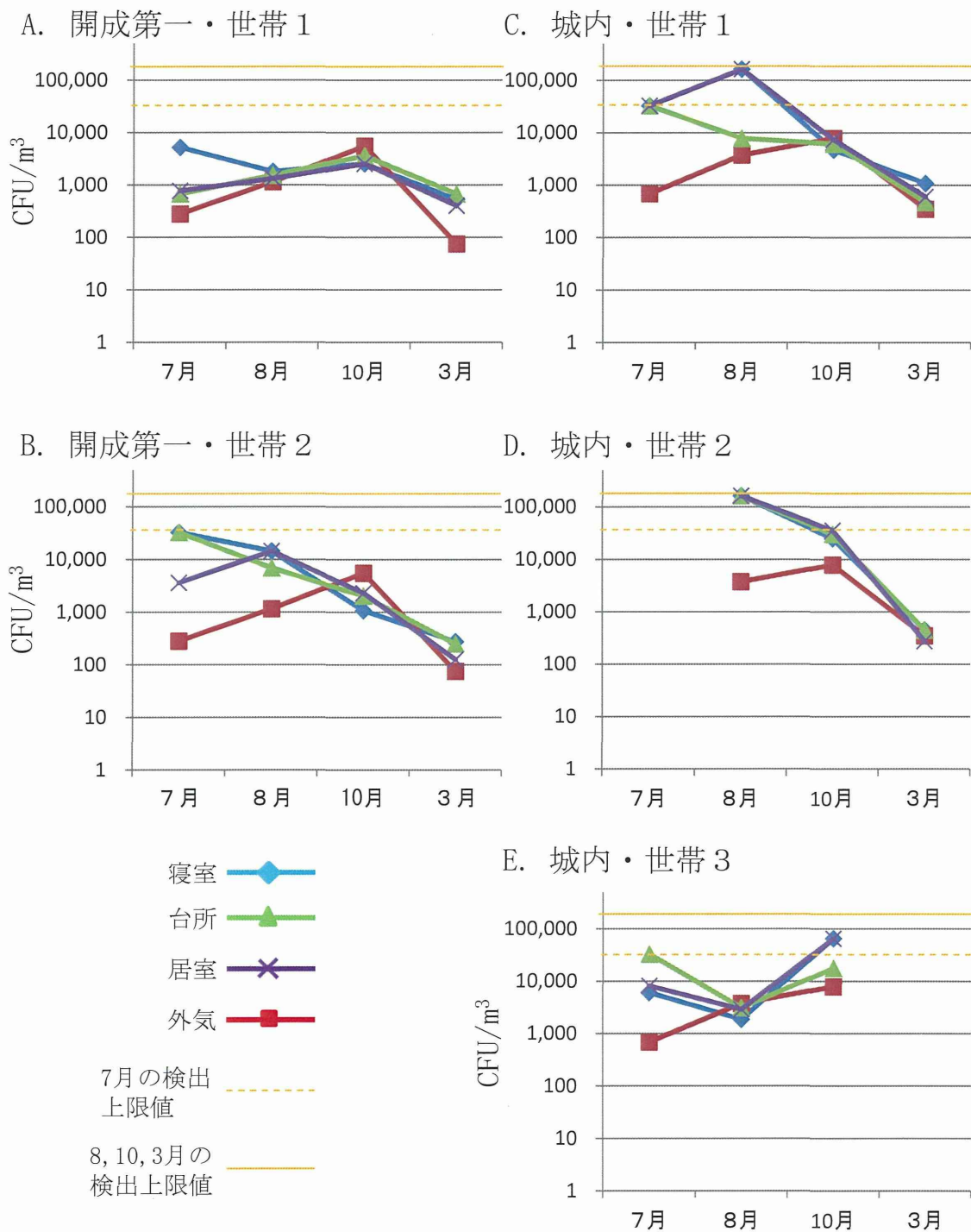


図 9. 世帯ごとにみた各部屋の真菌数の推移 (好湿性菌)

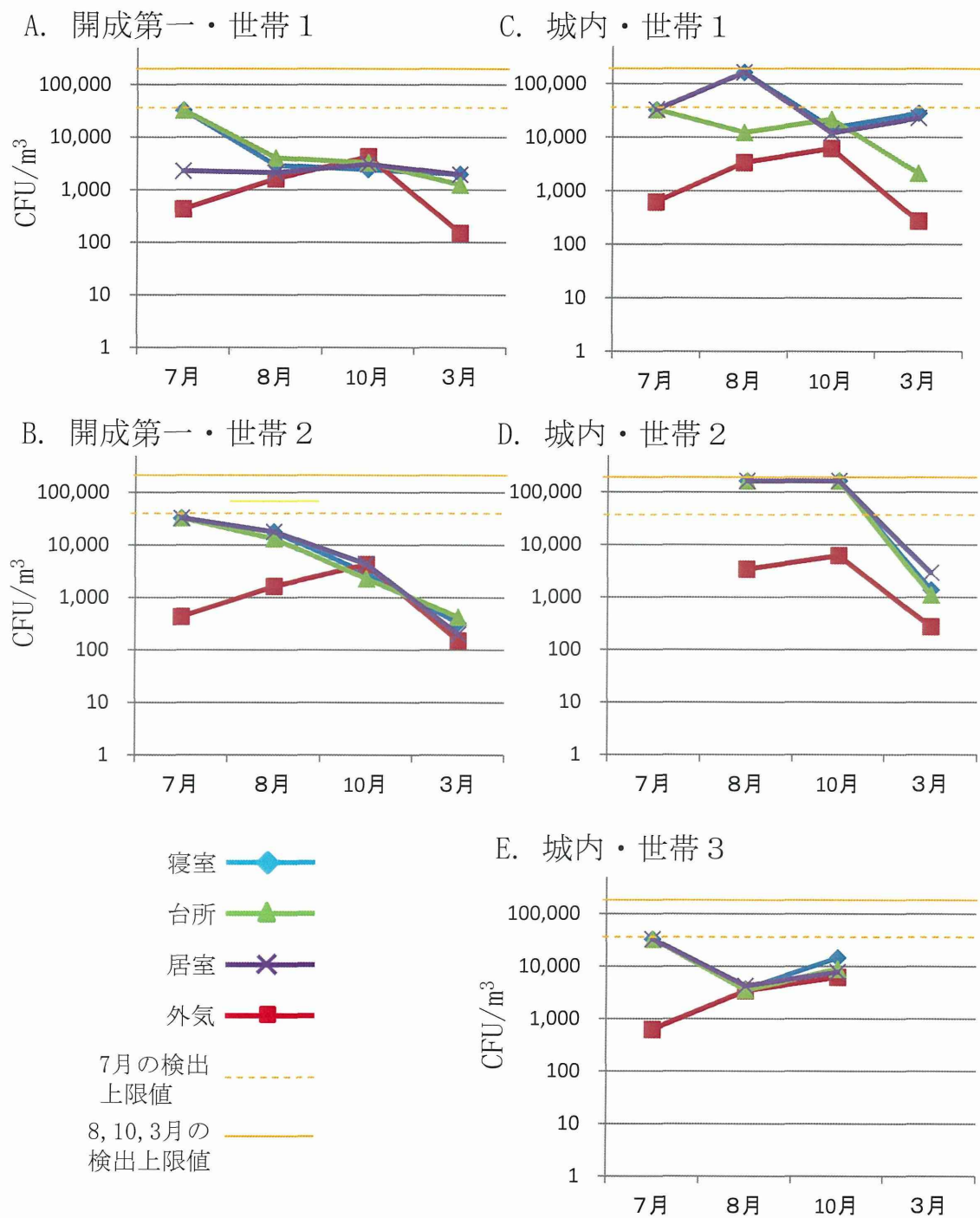
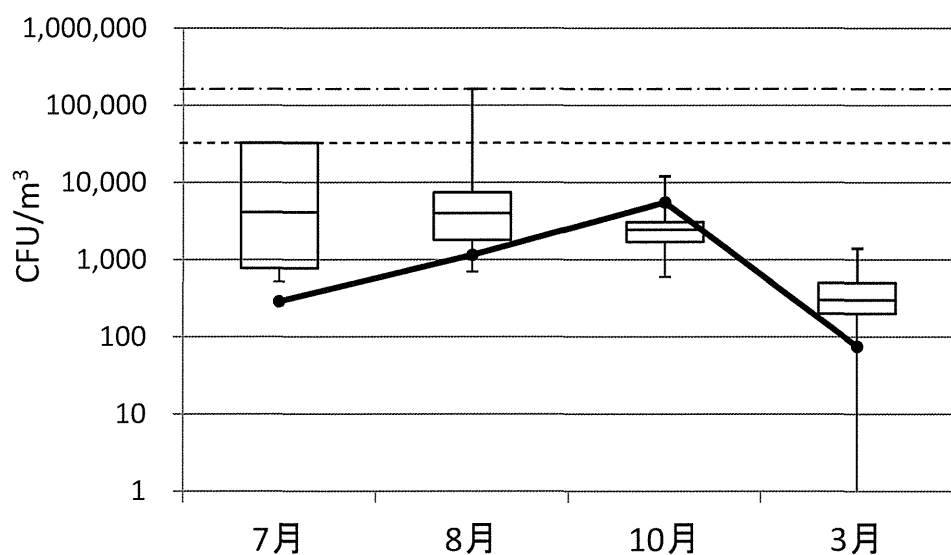
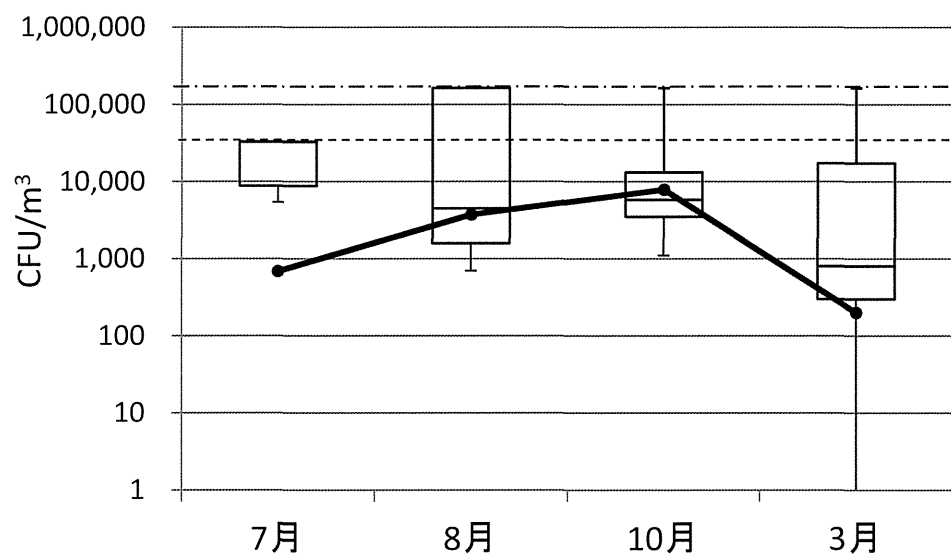


図10. 世帯ごとにみた各部屋の真菌数の推移（好乾性菌）

A. 開成第一団地



B. 城内団地



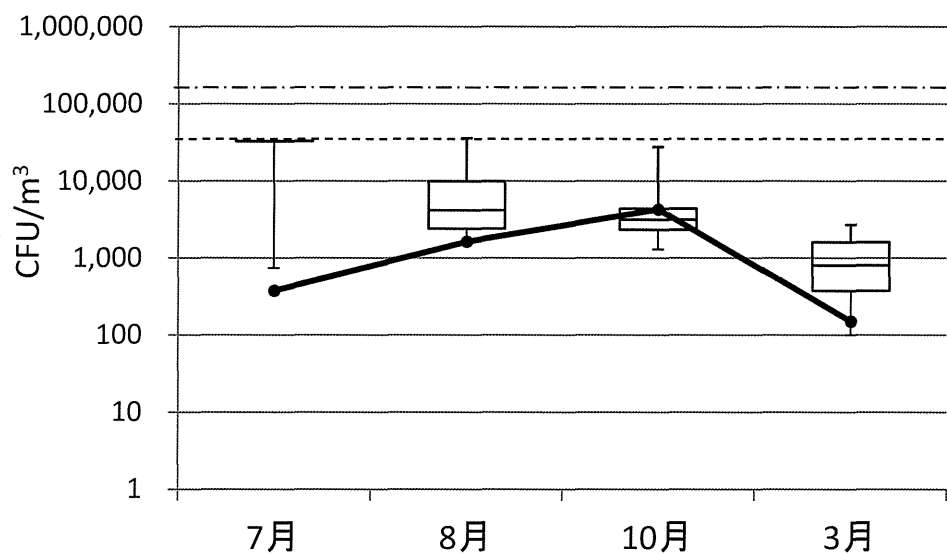
7月の検出
上限値

8, 10, 3月の
検出上限値

図11. 団地ごとにみた各月の真菌数の比較（好湿性菌）

箱ひげ図は、最大値-第3四分位点-中央値-第1四分位点-最小値を表した。折れ線グラフは各団地における外気の実菌数平均値を表した。

A. 開成第一団地



B. 城内団地

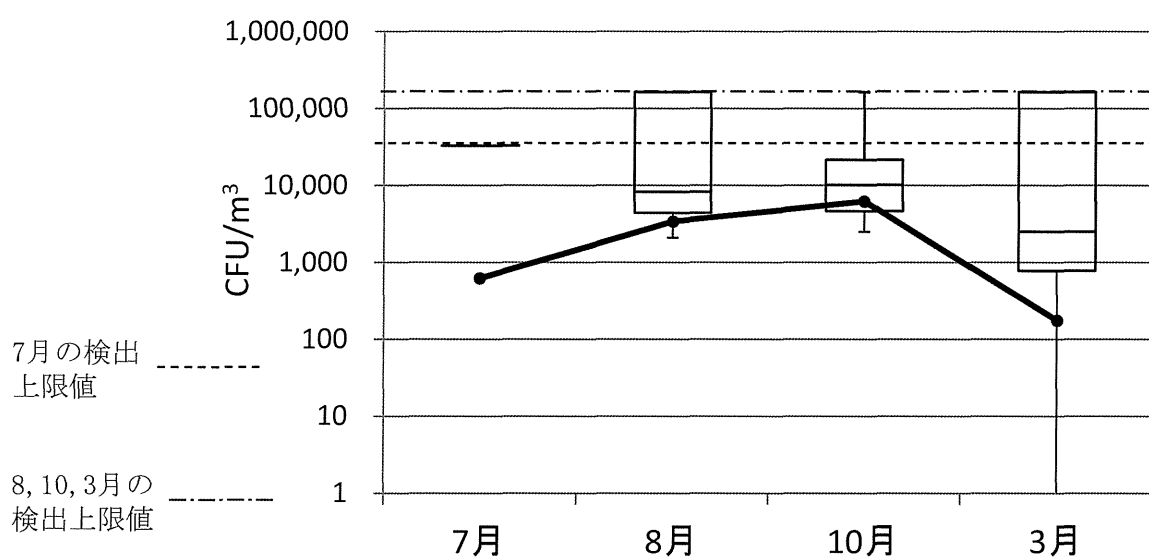


図12. 団地ごとにみた各月の真菌数の比較（好乾性菌）

箱ひげ図は、最大値-第3四分位点-中央値-第1四分位点-最小値を表した。折れ線グラフは各団地における外気の実菌数平均値を表した。