

タイルカーペットからの異臭発生抑制工法「ヘキサガード®」の開発

勘 坂 弘 子 小 川 晴 果

高 橋 晃 一 郎 森 田 敦

Development of Method to Prevent Odor Caused by Tile Carpet

Hiroko Kanzaka Haruka Ogawa

Koichiro Takahashi Atsushi Morita

Abstract

An odor problem occurs when tile carpet is directly bonded to underfloor concrete that contains a high fluid volume. This odor is caused by the outbreak of 2-ethyl-1-hexanol (hereinafter, 2-EH). We established a new method to prevent this odor from occurring (hereinafter, this construction method). It uses a new coating floor agent to suppress the outbreak of 2-EH. The results of laboratory tests confirmed the following. This construction method has a high suppression effect on the 2-EH outbreak; 2-EH and other odors are hardly detected; and the adhesive property between the coating floor agent and adjoining members (the underfloor concrete and tile carpet) is well sustained. As a site test, this method was applied to both new construction and renovation sites. In both cases, the one-year monitoring results confirmed that this construction method was effective at preventing the outbreak of 2-EH.

概 要

水分量の多い下地コンクリートにタイルカーペットを直貼りした場合、異臭が問題となる。異臭成分は2-エチル-1-ヘキサノール（以下、2-EH）であり、この発生を抑制するために、新たな塗布剤を用いたタイルカーペットからの異臭発生抑制工法（以下、本工法）を確立した。実験室内において、本工法は、2-EH発生抑制効果が高いこと、2-EH以外の臭気も少ないことを確認した。さらに、塗布剤は、水分量が多い下地コンクリートおよびタイルカーペットとの接着性が良好であり、下地コンクリートとの間に膨れや剥がれといった不具合を発生しないことを確認した。実際の新築および改修工事に適用し、一年間に亘るモニタリングの結果、2-EH発生抑制効果を確認した。

1. はじめに

水分量の多い下地コンクリートにタイルカーペットを直貼りした場合、異臭成分である2-エチル-1-ヘキサノール（以下、2-EH）が発生してクレームとなることがある。

発生機構を模式的にFig. 1に示す。2-EHは、タイルカーペットのポリ塩化ビニル樹脂バックリング（裏打ち材）に含まれる可塑剤のフタル酸ビス(2-エチルヘキシル)（以下、DEHP）が、スラブコンクリートなどの下地セメント材料中のアルカリ水により加水分解されて発生することがわかっている¹⁾。

対策として、気体および液状物質の透過を遮断するシートや無溶剤型塗料をセメント系下地の上に施工してアルカリ水を封じ込める方法がとられてきた。しかし、シートを使用する方法では、シート下に空気が入り込んで異音が発生すること、および水分量が多い下地に施工した時には下地とシートの接着性が確保できないことなどの問題がある。また、無溶剤型塗料を使用する方法では、下地の含水率が10%以上になると、対策として用いる無溶剤型塗料と下地材との接着性が確保できず、膨れや剥がれといった不具合が起きる場合がある。そのため、タイ

ルカーペットによる異臭に対しては、下地材の含水率が8%（コンクリート用水分計（ケツト社製、HI520）のコンクリートモードでの読み値4.0）を超えると対策が必要とされているが、下地の含水率が10%以上（コンクリート用水分計の読み値5.0以上）になると対策として使用する塗料や接着剤に不具合を生じるため、採用できる対策はなかった。そこで、これらの問題に対応できる異臭発生抑制工法を開発した。

本報告では、異臭発生抑制効果について、実験室にお

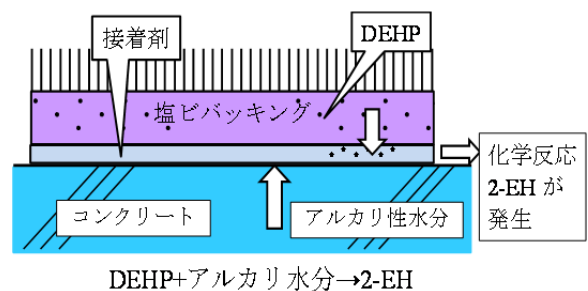


Fig. 1 2-EH 発生機構
Mechanism of 2-EH Emission

ける性能試験の結果と、実際の建築物の室内で検証した結果を述べる。

2. 異臭発生抑制工法の概要

本工法の特徴は、使用する塗布剤が液体は通さないが透湿性を持ち、セメント系下地材の水分量が多い場合でも、良好な接着性を示し、かつ、2-EH発生抑制効果が高いことである。そのため、これまで下地水分量が多く施工不可とされてきた状態の下地でも、膨れや剥がれといった不具合を起こすことなくタイルカーペットを施工でき、可塑剤とアルカリ水分との接触を遮断して、異臭発生を効果的に抑制することができる (Fig. 2)。また、この塗布剤は水性エマルジョン樹脂であり、VOC (揮発性有機化合物) をほとんど発生しないことから、室内の改修工事にも適している。

3. 実験室における性能評価

3.1 試験方法

3.1.1 2-EH発生抑制効果確認試験 2-EH発生試験用試験体一覧をTable 1に、試験体模式図をFig. 3に示す。試験体は、接着剤へのDEHPの溶け込み速度などの影響をなくすために予め10%DEHPを添加したタイルカーペット用ピールアップ接着剤を使用し、さらにタイルカーペットの代わりに、水分を保持し、臭気を透過しやすいポリエチレン製のラップで表面を覆った。本工法を模した試験体Aにはモルタル上に塗布剤a (水性エポキシエマルジョン樹脂) を塗布し、比較用の従来法を模した試験体Nには塗布剤n (無溶剤型エポキシ樹脂) を塗布した。また、無対策の床構造を模した試験体には、塗布剤を塗布せず、充填したモルタルに直接10%DEHP添加ピールアップ接着剤のみを塗布した。水分量の多い下地とするために、スチレン容器 (85×175×35mm) にモルタル (JIS R 5201:2015「セメントの物理試験方法 11.強さ試験」に準拠) を充填した翌日に、それぞれ塗布剤を塗布した。さらに、1日静置後、塗布剤の上に10%DEHP添加ピールアップ接着剤を標準使用量で塗布し、表面をポリエチレン製のラップで覆い、表面以外からの化学物質の放散を防止するために周囲にアルミテープを貼った。作製直後の試験体を10Lの窒素ガスを充填したポリエステル製ガスバッグに密閉し、40℃で静置した。14日後に、ガスバッグ内に発生した2-EHの気体を、TENAX TA吸着管にて捕集し、加熱脱着にてGC/MS (ガスクロマトグラフ質量分析装置) に導入して分析し、2-EH濃度をトルエン換算値で示した。

3.1.2 臭気の確認試験 Fig. 3で示した2-EH発生抑制効果確認試験と同様の試験体を作製し、窒素を充てんしたガスバッグ内に密閉して40℃で2週間静置した後、ガスバッグ内の臭気を確認した。臭気の強さは悪臭防止法で採用されている6段階臭気強度表示法 (Table 2) に準

拠した。数値は0.5刻みで表し、被験者の平均値を臭気強度とした。ただし、今回の被験者数は3名とした。また、臭質 (臭気の種類) の評価については自由記述とし、列記した。

3.1.3 引張せん断接着強さ試験 JIS A 5536:2007「床仕上げ材用接着剤」において、タイルカーペットと下地の引張せん断接着強さは0.01N/mm²以上と規定されている。試験体AおよびNについてJIS A 5536-5.3.4に準拠した方法でタイルカーペットの引張せん断接着強さを

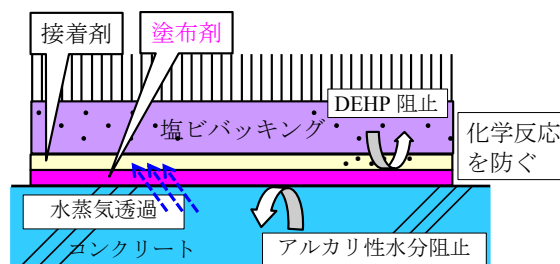


Fig. 2 2-EH発生抑制工法
Method of Preventing 2-EH Emission

Table 1 2-EH 発生試験用試験体一覧
List of Specimens for 2-EH Emission

記号	塗布剤の種類	塗布量 kg/m ²
なし	塗布剤なし	—
N	従来型塗布剤n (無溶剤型エポキシ樹脂)	1.40
A	塗布剤a (水性エポキシエマルジョン樹脂)	0.30

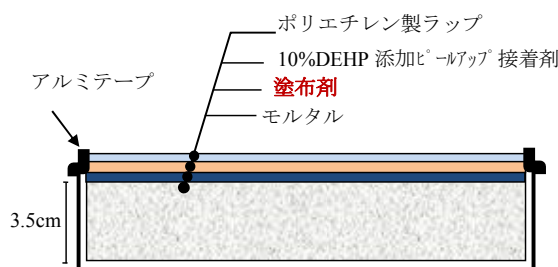


Fig. 3 試験体模式図
Diagram of Specimen for 2-EH Emission

Table 2 6段階臭気強度表示法²⁾
Six Grade Odor Intensity Measurement Method

臭気強度	においの程度
0	無臭
1	やっと感知できるにおい
2	何のにおいであるかがわかる弱いにおい
3	楽に感知できるにおい
4	強いにおい
5	強烈なにおい

測定した。試験体は、水分量が多い下地とするために、ポリプロピレン製容器（180×280×35mm）に前述のモルタルを充填した翌日に、塗布剤をそれぞれ塗布した。さらに1日静置後、タイルカーペット用ピールアップ接着剤を用いてタイルカーペット（東リ製GA-400）を接着して作製した。

3.1.4 接着強さ試験 塗布剤aおよびnについて接着強さ試験を行なった。塗布剤の塗布量はTable 1に従った。塗布剤と水分量の多い下地コンクリートとの接着性を確認するために、コンクリート下地表面を#80の紙やすりで骨材が見えるまで目荒しし、全体を1週間水に浸漬した後、表面から1cm下までを水面上に出して表面の水を乾いた布で拭き取った。直後に、塗布剤を塗布して1週間静置した。その後、引張接着強さ試験および引倒し接着強さ試験を行った。引張接着強さ試験は、Photo 1に示した日本建築工学会認定の油圧式簡易引張試験器により行い、それぞれの試験体で3箇所ずつ測定した。破壊または剥離したときの最大の強さ（N/mm²）と樹脂層とコンクリートの界面で破断した面積の割合である界面破断率（%）を合わせて判断した。引倒し接着強さ試験は、Fig.4に示すように、エポキシ系二液性接着剤でL型鋼板（接着面20×20mm）を塗布剤に貼り付け、鋼板の4隅に沿って切込みを入れ、力計を用いて、L型鋼板を引倒した時の最大の強さを測定した。それぞれの試験体で5箇所ずつ測定した。破壊または剥離したときの最大の強さ（N/mm²）と樹脂層とコンクリートの界面で破断した面積の割合である界面破断率（%）を合わせて判断した。

3.1.5 透湿性試験 透湿性試験用試験体の種類をTable3に、模式図をFig.5に示す。水を入れたアクリル容器（φ71×110mm）の表面をフレキシブル板（t3mm）で蓋をし、周囲は、漏れないようにエポキシ系二液性接着剤でシールした。シールされていないフレキシブル板の表面（φ70mm）に塗布剤を塗布し、室温で一日硬化させた。硬化後、試験体を40℃の恒温槽に入れ、経時的に重量を測定した。重量減少量を塗膜を透過した水蒸気量とし、試験体3体の平均値で表した。40日後までの結果から、単位面積、単位日数あたりの減少量を求め、透湿度とした。

3.2 試験結果と考察

3.2.1 2-EH発生抑制効果確認 ガスバッグ内の2-EH濃度をFig.6に示す。塗布剤なしの試験体では、バッグ内の2-EH濃度は150,000μg/m³を超えて非常に高い濃度となったが、塗布剤aは2-EH濃度が塗布剤なしの1/250以下と低く、従来法の塗布剤nと同様に2-EH発生が抑制されていることがわかった。

3.2.2 臭気の確認 ガスバッグ内の臭気強度をFig.7に、臭質をTable 4に示した。塗布剤なしの試験体では、2-EH臭があり、臭気強度は「4.5 強い～強烈なおい」であった。また、塗布剤nを塗布した場合は、臭気強度は「4.0 強いにおい」で、溶剤臭が感じられた。無



Photo 1 油圧式簡易引張試験器
Simplified Hydraulic Pulling Adhesion Test Machine

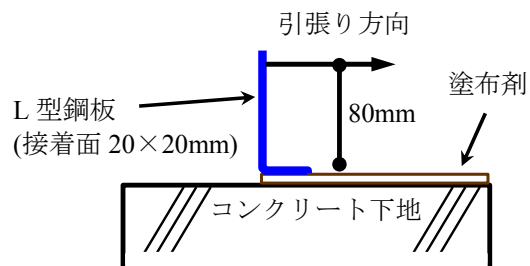


Fig. 4 引倒し接着力試験
Pulling down Adhesion Test

Table 3 透湿試験用試験体一覧
List of Specimens for Moisture-permeable Examination

記号	内容	塗布量 kg/m ²
なし	フレキシブル板のみ（塗布剤なし）	—
N	フレキシブル板+従来型塗布剤n	1.40
A	フレキシブル板+塗布剤a	0.26

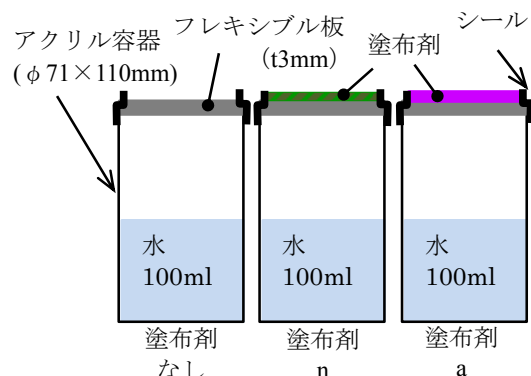


Fig. 5 透湿試験模式図
Diagram of Moisture-permeable Examination

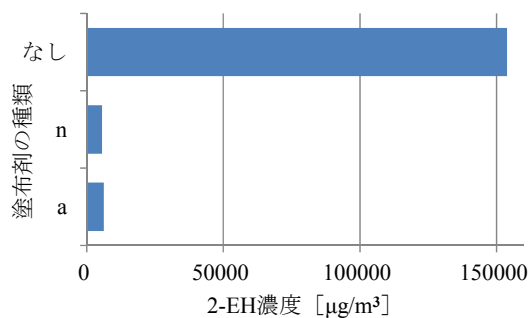


Fig. 6 ガスバッグ内の 2-EH 濃度
2-EH Concentration in Each Gas Bag

溶剤型塗料とはVOC（揮発性有機化合物）1%以下の塗料のことであり、含有量は少ないがVOCは含まれていたため臭気が感じられたと考えられる。しかし、塗布剤aの場合では、2-EH臭はなく、臭気強度も「2.0 何のにおいであるかがわかる弱いにおい」で2-EHだけでなく他の臭気も少なく、臭気対策に適していることが示された。

3.2.3 引張せん断接着強さ 引張せん断接着強さ試験の結果をFig.8に示す。塗布剤aは塗布剤nと同様に基準である0.01N/mm²を超えており、いずれもタイルカーペットとの接着性に問題がないことが示された。

3.2.4 接着強さ 引張接着強さ試験の結果をFig.9、破断面をPhoto 2に、そして引倒し接着強さ試験の結果をFig.10に示す。塗布剤を塗布する前の重量測定による下地の含水率は、塗布剤a用が6.86%、塗布剤n用が6.76%でほぼ同じであった。結果は、引張接着強さ、引倒し接着強さともに、塗布剤aは、塗布剤nに比較して接着強さの値は大きかった。またいずれの試験においても、塗布剤nでは界面破断率が100%で接着性に問題があることが示されたが、塗布剤aの界面破断率は、引張り接着強さ試験で20%、引き倒し接着強さ試験で25%であった。塗布剤aの水分量の多いセメント系下地への接着性が従来法の塗布剤nと比べて良好であることが示された。

3.2.5 透湿性 透湿性試験の結果をFig. 11に示す。塗布剤aを塗布したフレキシブル板の透湿度は、何も塗布されていないフレキシブル板のみよりは低いが、塗布剤nを塗布したものと比較すると3倍以上大きく、本工法では従来法に比べて透湿性が高いことが示された。

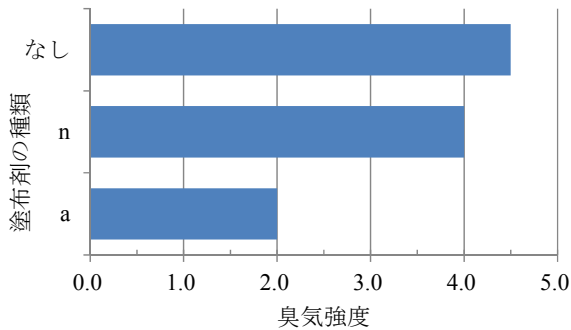


Fig. 7 ガスバッグ内の臭気強度
Odor Intensity in Each Gas Bag

Table 4 ガスバッグ内の臭質
Kinds of odors in Each Gas Bag

塗布剤の種類	臭質（臭いの種類）
なし	・2-EH臭 ・強い刺激臭 ・鼻につく臭い
n	・セメント臭 ・溶剤臭 ・刺激臭、樹脂臭、冷たいにおい
a	・弱いセメント臭 ・酸っぱい臭い ・非常に薄い酢酸のような臭い

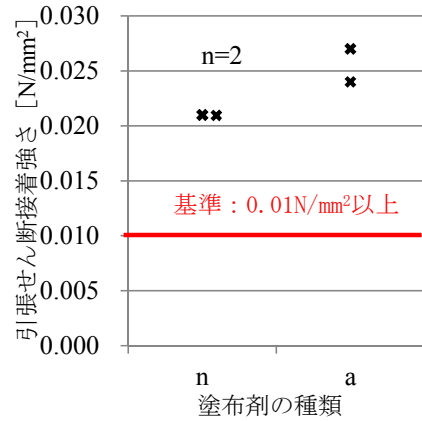


Fig. 8 引張せん断接着強さ試験の結果
Results of Tensile Shear Strength Test

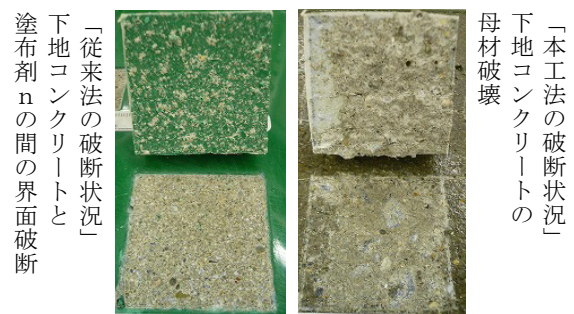


Photo 2 引張接着強さ試験の破断面
Fracture Surface of the Tensile Strength Test

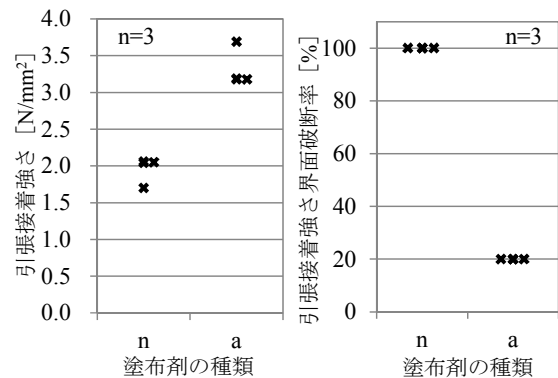


Fig. 9 引張接着強さ試験の結果
Results of the Tensile Strength Test

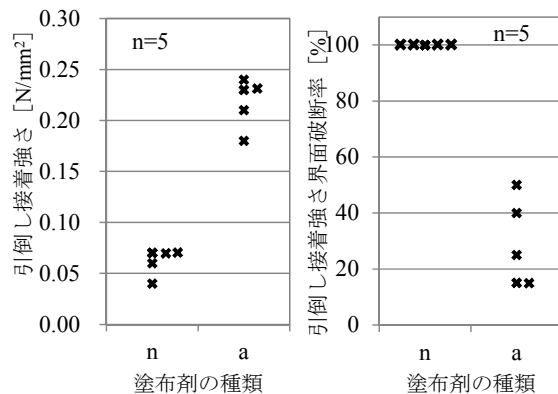


Fig. 10 引倒し接着強さ試験の結果
Results of the Pulling Down Tensile Strength Test

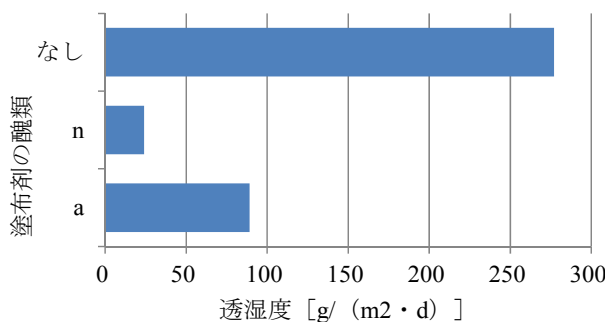


Fig. 11 透湿試験結果
Moisture-Permeable Examination

4. 実際の建築物における検証試験

実際の建物において、本工法による異臭発生抑制効果の検証を行なった。一つは異臭が発生した部屋の改修工事であり、もう一つは新築工事である。改修工事については施工前後のそれぞれ一年間ずつ、新築工事については施工後一年間、室内の2-EH濃度をモニタリングして効果を確認した。

4.1 改修工事における検証

4.1.1 試験方法 会議室A (異臭あり→対策) は、夏毎に2-EH臭が発生しており、モニタリングを始めた1年目の10月に対策として改修工事を行なった。この部屋は、築後8年の建物の林に面した2階北西角部屋の会議室で、床面積は48m²、床仕様はデッキスラブのコンクリート上にタイルカーペット直貼り、空調は使用時のみ稼働されている。タイルカーペット撤去時の下地コンクリートのコンクリート用水分計による読み値は、5箇所の平均で4.6であった。コンクリート表面を露出した状態で10日間ベークアウトを行ない、再度測定した結果でも平均4.5で、2-EH発生の可能性のある含水率状態とされる4.0を超えていた。この状態で、本工法を適用し、タイルカーペットを施工した。

改修工事前後の2-EH濃度のモニタリングを行ない、サンプリング時の温湿度も測定した。同時に、比較用として、夏毎に異臭が感じられている無対策の「会議室B (異臭あり)」および床下地が金属製OAフロアで2-EHが発生しない「OAフロア室 (異臭なし)」も測定対象とした (Table 5)。

4.1.2 試験結果と考察 モニタリングの結果、改修前後の2-EH濃度をFig. 12に、サンプリング時の温度をFig. 13、相対湿度をFig. 14に示した。「会議室A (異臭あり→対策)」では対策工事の施工前は、「会議室B (異臭あり)」と同様に高温の時期に2-EH濃度が高く、最大1087μg/m³であった。このときの臭いは臭気強度4.5の強いにおいて2-EH臭が感じられた。しかし、施工後は高温の時期でも2-EH濃度は最大80μg/m³と「OAフロア室 (異臭なし)」と同程度に低く、このときの臭気強度は2.5の弱いにおいて2-EH臭は感じられず、本工法の効果が確認された。

Table 5 測定対象室 (改修工事)
Conditions of Rooms for Tests (Repairing Work)

部屋名	異臭	対策	換気	築年数	測定時の状況
会議室A (異臭あり→対策)	あり→対策後なし	あり	使用時のみ	8年	3日前から測定中は縮切。
会議室B (異臭あり)	あり	なし	使用時のみ	3年	
OAフロア室 (異臭なし)	なし	なし	常時換気	3年	通常使用状態

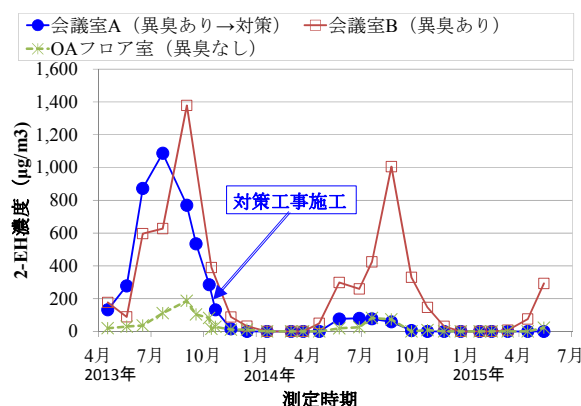


Fig. 12 改修工事前後の2-EH濃度
2-EH Concentration Before and After Repairing Work

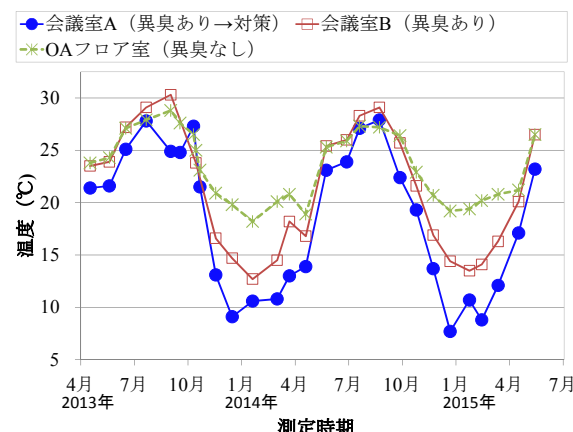


Fig. 13 測定時の温度
Temperature at 2-EH Sampled

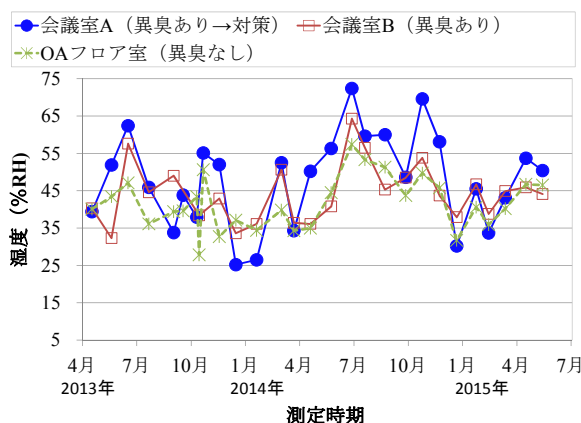


Fig. 14 測定時の相対湿度
Relative Humidity at 2-EH Sampled

4.2 新築工事における検証

4.2.1 試験方法 会議室1（対策あり）は、建物2階の西側に位置する会議室で、床面積は115m²、床仕様はデッキスラブのコンクリート上にタイルカーペット直貼りである。空調は使用時のみ稼働されている。

タイルカーペット施工前の下地コンクリートのコンクリート用水分計の読み値は、1箇所5回測定で、5箇所測定し、その平均が5.5であった。従来は施工不可とされた高含水率状態であったが、本工法を適用し、タイルカーペットを施工した。

新築工事後の2-EH濃度のモニタリングを行ない、サンプリング時の温湿度も測定した。比較用として、同じ2階でデッキスラブ上のタイルカーペット直貼り仕上げで、2-EH対策を行っていない「会議室2（対策なし）」および「執務室（対策なし）」を測定対象とした（Table 6）。

4.2.2 試験結果と考察 モニタリングの結果、新築工事後の2-EH濃度をFig. 15に、サンプリング時の温度をFig. 16、相対湿度をFig. 17に示した。「会議室2（対策なし）」では気温が高いときに2-EH濃度が435μg/m³と高い濃度を示しており、「執務室（対策なし）」でも「会議室（対策なし）」より低い濃度ではあるものの2-EHが検出されている。一方、対策工事を行なった「会議室1（対策あり）」では、工事後、2-EHは検出されておらず、対策工事の効果が確認された。

5. まとめ

水分量が多いコンクリート下地に対しても、下地コンクリートとの間に膨れや剥がれといった不具合を発生せず、タイルカーペット由来の異臭である2-EHの発生を抑制する工法を確立し、室内試験および実際の建築物における検証試験を行なった。主な結果を以下に示す。

- 1) 実験室での試験より、本工法の塗布剤は、透湿性があり、水分量の多い下地コンクリートに対する接着性が良好で、2-EH発生効果が高かった。
- 2) 実際の建築物で、異臭が発生した部屋に対する改修工事および新築工事に適用後、一年間モニタリングを行い、2-EH発生抑制効果を確認した。

参考文献

- 1) 長尾聡子, 他: 塩化ビニル床材からの可塑剤分解物質等の放散メカニズム解明 その2 セルフベリング材の含水率, 水分の状態が化学物質放散量に与える影響, 日本建築学会大会梗概集, D-2, pp875-876 2005.9
- 2) 岩崎好陽: 新訂 臭気の嗅覚測定法, 社団法人においかおり環境協会, pp12-14, 2005.4

Table 6 測定対象室（新築工事）
Conditions of Rooms for Tests (New Construction)

部屋名	換気	測定時の状況
会議室1 (対策あり)	使用時のみ	3日前の夜から締切り。測定中締切り継続
会議室2 (対策なし)	使用時のみ	通常の使用状態
執務室 (対策なし)	常時換気	通常の使用状態

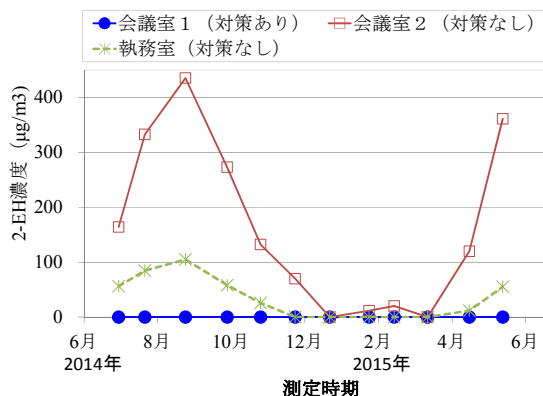


Fig. 15 新築工事後の2-EH濃度
2-EH Concentration After New Construction

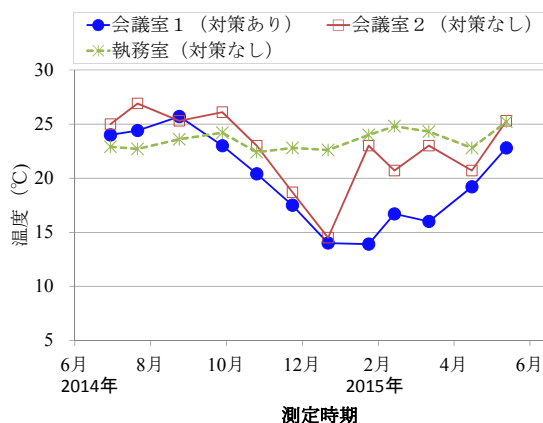


Fig. 16 測定時の温度
Temperature When 2-EH was Sampled

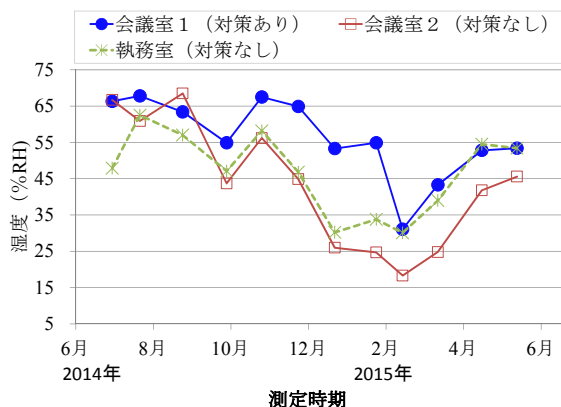


Fig. 17 測定時の相対湿度
Relative Humidity when 2-EH was Sampled