<総 説>

(受理：平成 27 年 7 月 29 日)

住まいの接着剤，人と環境に優しい接着剤へ Housing Adhesives Shifting to Human & Environment Friendly

阪 上 祥 平*
Shohei SAKAUE

1. はじめに

我々の住空間には様々な接着剤，又は接着剤が使用されたものに溢れている。例えば，合板，内外装のタイルの貼り付け，目地埋め用途等が挙げられる。これらの接着剤として古くは天然物由来のにかわ，でんぷんが使用されていたが，高い接着性や高機能化を目的として新規の接着剤が開発されてきた。工業の発展とともに化学的に合成・精製した溶剤系や各種ゴム系，使用時に化学反応を利用したものや水に分散させたエマルションが開発されており，様々なタイプの接着剤が世の中に出回っている（表 1）¹⁾。

接着剤は複数種の化学物質の混合物である。従って，接着剤の使い方を誤ると，人体に害を与える可能性がある。接着剤を安全に使用して頂く為に，接着剤メーカーは各製品に対して SDS（安全データシート）の作成，配布義務がある。SDS とは，いわば取扱説明書のようなもので，構成成分，危険性，万が一の事態の対処法等が記載されており，記載事項を守っていただければ，安全に使用できるものである。

さて，新製品を使用する前に，取扱説明書を熟読してから使う，という方はどの程度の割合でいるだろうか。戸建て住宅やマンションには多くの製品が使用されており，接着剤だけでも 10 種類以上使用されている。それら全ての SDS に目を通し，リスクを把握し，そして生活をする，というのは現実的には難しいのが実情である。SDS とはその製品にどのような危険性が潜んでいるかを明記したものであるが，そもそも危険性が潜んでいなければ目を通す手間も掛らず，安心して使用できるのではないだろうか。以上を踏まえて住空間に使用される接着剤にどのような危

険性が潜んでいるのかについて，関連法令・規制等を交えてご紹介していきたい。

2. 接着剤に関わる法令・規制

表 2 に接着剤の開発・製造に関わる法令並びに住空間に関わる法令を示す。先に述べたように，接着剤は有機ないしは無機化合物の混合品であるため，化審法（化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律）や PRTR 制度などに代表される化学物質の規制に関する法令の対象となっている。また，接着剤の構成成分に揮発性の溶剤等が含まれている場合は大気汚染防止法，固液の状態や引火点，発火点によっては消防法の対象となり得る。2000 年には労働安全衛生法が施行され，それに付随して MSDS の提供が義務づけられ，製品のリスク評価結果を開示する必要が生じてきた。さらに 2013 年に労働安全衛生法が改正され，2016 年 6 月までに特定の化学物質についてのリスクアセスメントの実施が義務化される予定である²⁾。また，MSDS は国際整合の観点より，SDS と名称の変更がなされている。SDS は化学品の分類および表示に関する世界調和システム（GHS）により定義されている名称で，SDS の記載事項は GHS に従うことが義務付けられている。

また，住空間に関わる法令は建築基準法をはじめ，バリアフリー新法（高齢者，障害者等の移動等の円滑化の促進

阪 上 祥 平

略歴：2010年 兵庫県立大学理学部卒
2012年 大阪大学大学院理学研究科修士課程修了
同年 積水フーラー株式会社に入社
変成シリコーンを中心とした住宅向け接着剤の開発に従事。
趣味：スキー，読書

* 積水フーラー (株) 住宅・建材事業本部
滋賀県甲賀市水口町泉 1259 〒528-0056
Sekisui Fuller Company, Ltd.
1259 Izumi, Minakuchi-cho, Koka-city, Shiga 528-0056, Japan

表 1

	内装仕上り工事										外装仕上り工事		
	床仕上り	木れんが	壁天井仕上り	断熱材	陶磁器質タイル・石材	造作（木工）	床根太	滑り止め	一重床	埋め込み金具	陶磁器質タイル	モルタル塗り	防水シート
酢酸ビニル樹脂系エマルジョン形	○		○	○		○	○						
エチレン・酢酸ビニル樹脂系エマルジョン形	○					○	○						
α-オレフィン樹脂系			○										
アクリル樹脂系エマルジョン形	○	○		○		○	○						
合成ゴム系ラテックス形	○				○								
酢酸ビニル樹脂系溶剤形	○	○	○	○	○	○		○	○				
アクリル樹脂系溶剤形	○												
塩化ビニル樹脂系溶剤形													
クロロプレンゴム系溶剤形	○		○	○		○	○	○					○
クロロプレンゴム系溶剤形マッシュクタイプ	○		○	○		○		○					○
ニトリルゴム系溶剤形	○		○										○
再生ゴム系・SBR系溶剤形				○									
ウレタン樹脂系	○		○	○	○	○	○	○	○		○		○
エポキシ樹脂系	○	○	○		○			○		○	○		
シリコン樹脂系				○									
変成シリコン樹脂系	○	○	○	○	○	○	○	○			○		
シリル化ウレタン樹脂系	○	○	○	○	○	○		○			○		
エポキシ・変成シリコン樹脂系	○		○	○	○			○			○		
アクリル樹脂系(SGA)				○									
ポリマーセメントモルタル												○	

表 2

化合物名	主な用途
ホルムアルデヒド	合板、集成材等
トルエン	接着剤、ニス等
キシレン	接着剤、ニス等
パラジクロロベンゼン	防虫剤、消臭剤等
エチルベンゼン	塗料、接着剤
スチレン	発泡ポリスチレン、合成ゴム等
クロルピリホス	防蟻剤等
フタル酸ジ-n-ブジル	塩ビ製品等
テトラデカン	塗料、灯油等
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	可塑剤
ダイアジノン	殺虫剤
アセトアルデヒド	接着剤、防腐剤
フェノカルブ	殺虫剤、防蟻剤

に関する法律）等，居住者の住みよい暮らしを促す法が成立するようになってきている。建築基準法においても室内空間でのホルムアルデヒドの規制基準値の制定や防蟻剤の使用の制限が法改正により加えられている。日本接着剤工業会においてもこれらの法令とは別に『室内空気質汚染対策のための VOC（揮発性）自主管理規定』や『室内空気

質汚染対策のための自主管理規定』を定めている。これらの管理規定は化学物質による室内空気質汚染より居住者の健康への影響を軽減し，それに配慮した接着剤の供給を目的としている。各基準を満たすことで，前者は JAIA 4VOC 基準適合の表示を，後者は JAIA F☆☆☆☆の表示を行っている。

このような団体の自主規定は様々な領域で行われている。接着剤そのものに対しては先にあげた日本接着剤工業会をはじめ，日本シーリング剤工業会，JIS 規格等がある³⁾。また，合板用途に使われるものでも同様の自主規定が，建材試験センターを始めとした関連団体で行われている。このように化学物質に関する法令や自主的な規制は年々増加しており，化学物質やそれを利用したものの安全性への関心が高まっていることが伺える。

さて，なぜこのように化学物質へ関心が寄せられているのだろうか？ここでシックハウス症候群について考えていきたい。シックハウス症候群とは居室内の空気が汚染され，それを居住者が吸引した結果，体調不良を引き起こすといわれている。

（ご参考：厚生労働省，“シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会中間報告書－第8回～第9回のまとめについて”，（<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/02/h0208-3.html>）），

（ご参考：厚生労働省，“「室内空気質健康影響研究会報告書：～シックハウス症候群に関する医学的知見の整理～」の公表について”（<http://www.mhlw.go.jp/houdou/2004/02/h0227-1.html>））

居室内の空気が汚染される原因としては，家屋や家具に使用される塗料や接着剤に含まれる有機溶剤，害虫予防のために使用される防腐剤，揮発性有機化合物に加え，微生物やカビ等が候補として考えられている。日本においては厚生労働省により13種類の化学物質に対して濃度の指標が存在している（表2）。JAIA F☆☆☆☆の基準はこの指標が元になっている。しかし，これらの数値指標の妥当性は判断がついておらず，各団体が自主的に行っているのが実状である。安全性を考慮すると，使用を控えるのが妥当であり，不要なリスクは極力避けるべきである。その為，我々メーカーとしてもより安全なこれらの化学物質を使用しない製品開発を行っている。

3. 住空間に使用される接着剤

我々の会社では，住空間に使用される接着剤を製造・販売しており，特に内外装仕上げ用途に適した変成シリコン形の接着剤に注力している。いくつかの接着剤を例に，住空間に使用される接着剤として人や環境に対して優しいものとはどのようなものが挙げられるかをご紹介します。

3.1 溶剤形⁴⁾・水系

水系や溶剤形の接着剤は，いわゆる木工用ボンドに代表される接着剤である。用途としては木材同士の接着や，溶剤の性能を利用してPVC等の被着体を溶かして接着するものなどが例に挙げられる。溶剤形の接着剤は単一，又は複数種の有機溶剤に接着性を有するものが溶解，または分散している。分散している成分がクロロプレナム（CP）であればCP型溶剤形接着剤，酢酸ビニル樹脂であれば酢酸ビニル系溶剤形接着剤というように小分類される。先ほど述べた木工用ボンドは酢酸ビニル樹脂を水に分散した酢酸ビニル樹脂系のエマルジョンである。このタイプの接着剤の硬化機構は溶剤成分の揮発による。そのため，使用する溶剤によって接着剤の強度発現を早くすることが可能で，多種多様な部位に使われる一方で，揮発した溶剤により前述のシックハウス症候群をはじめとした健康被害の可能性が懸念される。表3に積水フーラー社の溶剤形接着剤に分類される製品を構成する，PRTR法の規制対象となる化合物を抽出した。ここでは7種の化合物が挙げられた。こ

表3

溶剤形含有化合物（PRTR対象物質）	
n-ヘキサン	溶剤
エチレングリコール	溶剤
テトラエチレンペンタミン	溶剤
トルエン	溶剤
酢酸ビニル	ポリマー合成時の残渣
アクリル酸n-ブチル	ポリマー合成時の残渣
ニッケル	触媒

の中での有機溶剤が4種，ポリマー合成時の残渣が2種，触媒が1種である。このように有機溶剤の他にもポリマー合成時の残渣や触媒が対象となっている。ポリマー合成時の残渣を取り除くことは困難であり，また，代替の触媒を用いた結果，性能面で劣る可能性が生じる。これらの化学物質を取り除くには多大な労力が必要となる。加えて，有機溶剤に関しても製品の構成成分の大多数を占めていることもあり，これらの解消には多大な時間と工数が必要と考えられる。これらを踏まえると，溶剤形の接着剤は少なからずリスクを持つものが大半である。その要因は溶剤成分と樹脂成分の両方に起因する。

3.2 ウレタン形

ウレタン形接着剤はウレタン樹脂に充填材，希釈剤等を練り込んだ接着剤を指す。ウレタン樹脂はアルコールとイソシアネートにより合成され，原料として選択される化合物により，様々な物性のウレタン樹脂が合成される。接着剤として使用するものは末端にイソシアネート基を残したウレタンプレポリマーとして反応をとめ，使用時に反応させ接着するように設計されている。ウレタン樹脂を合成する際に使われるイソシアネートに着目したい。ウレタン形接着剤の原料として使われるイソシアネートとしてTDIやMDI（図1）が挙げられる⁵⁾。

図1 MDI

（ご参考：厚生労働省，“有害性総合評価表 物質名：メチレンビス（4,1-フェニレン）=ジイソシアネート（MDI）”，（<http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002grzr-att/2r9852000002gsby.pdf>））

（ご参考：厚生労働省，“製品安全データシート メチレンビス（4,1-フェニレン）=ジイソシアネート”，（<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/gmsds/0246.html>））

図2 イソシアネートと水の反応

(ご参考：厚生労働省，“製品安全データシート トリレンジイソシアネート”，(<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/gmsds/0208.html>))

イソシアネートは非常に反応性の高い化合物であり、水やアミン等と反応し、様々な化合物の原料となる。MDI もその例に漏れず、反応性に優れた化合物である。イソシアネート基が水と反応する時の反応経路について示す。(図 2)⁶⁾ 図に示すように、イソシアネートは水と反応することにより、カルバミン酸を生成する。この時に生成されたカルバミン酸は複数の化合物へと反応する。カルバミン酸は不安定な構造をしているため、様々な反応を引き起こし、最終的にはビウレットと呼ばれる 3 次元の化合物へと反応していく。この反応は様々な経路で反応が進行する為、順に追っていきたい。まず、カルバミン酸が自己分解反応を起こしアミンを生成する場合である。この時生成されるアミンは MDI を出発原料とした時、MDA となる。MDA は発がん性の疑いがある物質であり TDI を出発原料とした時も同様の発がん性物質が生成される。

(ご参考：環境省，“4,4’-メチレンジアニリン”，(https://www.env.go.jp/chemi/report/h16-01/pdf/chap02/02_2_53.pdf)),

(ご参考：環境省，“4,4’-メチレンジアニリン”，(<https://www.env.go.jp/chemi/report/h21-01/pdf/chpt1/1-2-2->

22.pdf)),

(ご参考：厚生労働省，“製品安全データシート 4,4’-メチレンジアニリン”，(<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/gmsds/0211.html>)),

(ご参考：環境省，“2,4-トルエンジアミン”，(https://www.env.go.jp/chemi/report/h16-01/pdf/chap02/02_29.pdf))

この時生成されたアミンはイソシアネートと反応することで2次元構造の尿素結合を生成する。また、カルバミン酸とアミンが反応することによりアンモニウムカーバミドが生成される。アンモニウムカーバミドから水が脱離することで、2次元構造の尿素結合を生成する。また、カルバミン酸とイソシアネートが反応することで、無水カルバミン酸が得られる。無水カルバミン酸を加熱することで、炭酸ガスが抜け、2次元構造の尿素結合を生成する。尿素結合をもつ化合物がさらにイソシアネートが反応することにより、3次元構造のビウレットを生成する。このようにしてイソシアネートと水のみから高分子の3次元構造が生成される。

さて、このように反応性に富むイソシアネート基は、人体や環境に対して安全なものだろうか。MDI の SDS の記載を見ると、呼吸や皮膚への接触による有害性が記載されている。人体に対しては何らかの悪影響があると示唆され

る。反応性の観点から見ても，人体との反応は十分に考えられ，実際にMDIの過剰ばく露により，喘息を始めとする呼吸障害が報告されている⁷⁾。先に述べたように，中間体のアミンも発がん性の疑いがある物質である。（ご参考：環境省，“2,4-トルエンジアミン”，（https://www.env.go.jp/chemi/report/h16-01/pdf/chap02/02_2_29.pdf））

しかし，環境への有害性という観点から見ると有害とは言えない。例えば，SDSの健康有害性の項目に水生環境急性有害性という項目がある。これは魚類，甲殻類および藻類/水生植物に対する有害性を示す項目であるのだが，MDIではこの項目は分類できないとなっている。これは，イソシアネートは水との反応性が非常に高いため，仮にイソシアネートが河川に流れ込んでしまったとしても，迅速に反応し・不活性な固体へと変化しているのではないかと考えられる⁹⁾。以上を踏まえ，ウレタン形の接着剤について考えていきたい。繰り返しになるがウレタンはイソシアネートとアルコールにより合成される。有機合成では理想的な合成経路・条件等を選択しても原料系が残ってしまう。ウレタン合成においても原料であるイソシアネートは若干量残ってしまう。先に述べたように水にさらすことでイソシアネートを失活させることも可能だが，同時にウレタンプレポリマーも失活してしまう。原料系のイソシアネートのみを工業的な手法で除去するのは現在の技術では困難であり，原料のイソシアネートが製品中に含まれた状態で販売されているのが実状である。

ここで混合物におけるSDS上の記載内容に着目したい。混合物における有害性の分類は，①混合物として評価・分類し，混合物としての評価，データがない場合には②含有成分の危険有害性を勘定して評価するよう記載されている。では接着剤の実状はどうかというと，①のように混合物として評価・分類するということは基本的には行われない。

時間や費用がかかりすぎてしまうからである。そのため②含有成分の危険成分を勘定する方法が取られるのだが，有害物質の濃度によっては記載義務がなくなる。判定区分にもよるのだが，成分として1.0%ないしは0.1%以上含んでいることで初めて記載義務が発生する。ここで，人体へ影響があると考えられる濃度はどの程度かご紹介したい。著者の知る範囲で，イソシアネートの類であれば5ppm（0.0005%）以下であっても喘息等の影響を与えるかもしれない，とされている⁷⁾。SDS上ではイソシアネート含有量が0.1%以下であれば記載しなくてもよいのだが，それよりもさらに低濃度であっても実害が起こりうる。これらを踏まえると，ウレタン形接着剤を人体への影響を無害化して使用するには十分な換気と，加湿等の処理が必要と考えられる。

3.3 変成シリコン形

変成シリコン樹脂の一般的な構造は図3のようにになっている。変成シリコン形接着剤は変成シリコン樹脂に充填材や希釈剤等を練り込んだ接着剤を指す。変成シリコン樹脂はポリオールをシリル化することで得られるのだが，①ポリオールにシリル化イソシアネートを反応させる1段階の方法もしくは，②ポリオールをビニル化した後にシリル化する2段階の方法のいずれかの方法が取られている。工業的に考えると反応は少ない方がよさそうなので，①の1段階の方法が良さそうに思えるが，前述したようにイソシアネートの完全除去は困難であるため，②の2段階の方

図3 変成シリコン樹脂

図4 変成シリコンとスズ触媒の反応

法が取られることが多い。変成シリコンの硬化機構は触媒によるシロキサン結合の形成である。シロキサン結合を形成するにはスズやチタン等の触媒が必要となる。変成シリコンの触媒としては多くの場合、スズ触媒が利用される為、そちらのケースについて考えていきたい。反応としては weij の機構と呼ばれる経路で反応が進んでいくと考えられる (図 4)⁸⁾。まず、スズ化合物が水と反応することで、カルボン酸が遊離し、スズ化合物が活性化される。活性化されたスズ化合物はアルコキシシリル基と反応することで、アルコールが遊離し、スズ-酸素-シリルの結合を形成する。ここで、変成シリコン末端のアルコキシシリル基も水と反応することで、シラノール基へと反応する。このシラノール基とスズ-酸素-シリルが反応することでシロキサン結合が形成し高分子量化・硬化する。また、スズ触媒が再活性化される。このように、変成シリコンは硬化時にスズ触媒由来のカルボン酸とアルコキシシリル基由来のアルコールが脱離する。一般的に使われる変成シリコンではメタノールが遊離することになる。また、スズ触媒は水とさらに反応することで酸化スズへと不活性化する。

ここでも SDS の記載について見ていきたい。積水フーラー社の製品を始め、他社の変成シリコン形の接着剤の SDS には遊離するメタノールやカルボン酸について述べられているものはほとんど無い。これは混合物における SDS の記載方法の内、含有成分の危険有害性を勘定して評価するが取られており、変成シリコン樹脂単体ではメタノールがほとんど発生しないためである。では、変成シリコン系の接着剤からはどの程度のメタノールが発生するのだろうか。積水フーラー社のある製品 1000g 中における樹脂由来のメタノールの発生量 (≒メトキシ基の重量) は、概算ではあるが 1g 以下である。潜在的に発生するメタノールの濃度は 0.1% 以下であり、SDS 上の記載義務は無い。しかし、メタノールのばく露濃度は 0.02% 以下とされているので、閉所で使用する際には換気を行った方が無難である^{9,10)}。

(ご参考：厚生労働省，“製品安全データシート メタノール”，(<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/gmsds/67-56-1.html>))

またスズ触媒について考えてみると、スズ触媒を活性化した時にカルボン酸が遊離している。変成シリコン系の接着剤全体から見たスズ触媒の含有量は、1.0% 以下である。スズ触媒の詳細な構造は一般には公開されていないが、カルボン酸の発生量は 0.5% 以下である。なお、遊離し得るカルボン酸についてだが、労働安全衛生法や PRTR 法には該当しない。また、スズ触媒としてはジブチルスズ化合物やジオクチルスズ化合物が使用されることが多い。ヨーロッパでは、ジブチルスズ化合物やジオクチルスズ化合物

は REACH 制限物質であり、スズ換算で 0.1% 以上混合しているものは使用に制限がかかる。ジブチルスズ化合物に関しては 2015 年 1 月 1 日以降に全ての製品に対して規制がかかったのだが、ジオクチルスズ化合物に関しては、接着剤製品に対しては規制が除外されている。これはジオクチルスズ化合物が比較的 안전한物質であることが要因と考えられる。

(ご参考：環境省，“ジブチルスズ化合物” (<http://www.env.go.jp/chemi/report/h22-01/pdf/chpt1/1-2-2-05.pdf>))

(ご参考：厚生労働省，“製品安全データシート ジブチルスズオキサイド” (<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/gmsds/818-08-6.html>))

(ご参考：環境省，“有機スズ化合物” (<http://ceis.sppd.ne.jp/fs2011/factsheet/pdf/1-239.pdf>))

安全性を高めるために、ジブチルスズからジオクチルスズへの移行がまず行われるだろう。将来的にはスズを使用しない触媒の開発が必要と考えられる。接着剤メーカー各社ともにこれらの研究・開発に注力しており、様々な脱スズ触媒の検討がなされている^{11~13)}。

以上より、多種多様な接着剤に内在している安全に関する問題・課題を解決する手段として、変成シリコン形の接着剤の活用が有用であり、近年様々な場面で使用されるようになってきている。

4. 住宅用接着剤の最近の動向

前述のように、人や環境への悪影響が少ない接着剤として変成シリコン形の接着剤が使用されるようになってきている。接着剤としては主にタイル張りやフローリング張りの用途で使用されている¹⁴⁾。使用される箇所により、要求される特性がそれぞれ異なっているのだが、変成シリコン系接着剤の場合では、従来から要求されている特性に加え、従来にはなかった機能性の付与が可能である。例えばタイル張り用途では従来の接着剤よりもタイルの落下リスクを抑制することが可能となっている¹⁵⁾。また、タイル張り用途の使用については国土交通省より発行される標準仕様書への記載が平成 25 年版よりなされるようになった^{14,16)}。他にも、誤って不要箇所に接着剤が付着してしまった場合に容易に除去可能な点 (図 5) やフローリング張替の際に手間が掛かりにくい、という点でフローリング張り用途へも使用されている。加えて 2015 年に床仕上げ材用接着剤の JIS が改定された¹⁷⁾。この改定は主に変成シリコン形接着剤の用途を拡大するものであり、様々な用途に変成シリコンが使われようとしている事が伺える。タイルや床用途の JIS^{17,18)} に加え、壁や天井ボード、保温板用途の JIS^{19~21)} も整備されて始め、変成シリコン形接着剤の使用拡大が予想される。

図5 変成シリコーンの剥離性

5. 総 括

化学物質の中には潜在的に人体，環境等にリスクを与えるものがあり，身近なものにも使用されている。化学物質を扱うメーカーも世間の流れに従い，低リスクなものを使用するように変わってきている。しかしながら，全く危険性が無い接着剤というものは，でんぷんのようなものを除けば現時点では存在せず，また，でんぷんでは十分な接着力が期待できないことが多い。どのような接着剤でも少なからずリスクがあるため，そのリスクを回避した居住者に優しい接着剤の開発が望まれている。そのような背景から，環境リスクの小さい変成シリコーンに着目されつつあり，様々な用途に使われようとしている。我々としても，リスクをさらに縮小し，環境にも居住者にも優しい理想的な接着剤の開発に尽力している。

文 献

- 1) 日本接着剤工業会，“建築接着工法ハンドブック”，建築接着協議会，p. 10 (2010)。
- 2) 厚生労働省，“労働安全衛生法の一部を改正する法律”，“平成 26 年法律第 82 号” (2014)。
- 3) JIS A 1901 “建築材料の揮発性有機化合物 (VOC)，ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定方法—小形チャンバー法”，日本工業標準調査会 (2015)。
- 4) 日本接着剤工業会，“プロを目指す人のための接着技術読本”，日刊工業新聞社 (2009)。
- 5) 日本化学物質安全・情報センター，“2. メチレンジフェニルジイソシアナート” 情報 B，34(11)，56 (2012)。
- 6) 滝 欽二，富田 文一郎，水町 浩，木材学会誌，29，2 (1983)。
- 7) Yuko Tsuya, Yoshiyuki Uchida, Mikio Miyata, *Jpn. J. Clin. Ecol.*, 21, 1 (2012)。
- 8) F. W. van. der. Weij, *Macromol. Chem.*, 181, 2541 (1980)。
- 9) 大橋教良，日本中毒情報センター編，改定版 “症例で学ぶ中毒事故とその対策”，“株式会社じほう”，p. 360 (2000)。
- 10) *Environmental Health Criteria*, No. 196, (1997)。
- 11) 特開 2015-038196。
- 12) 特開 2012-007105。
- 13) 特許 4676726。
- 14) 国土交通省，建築保全センター，“公共建築改修工事標準仕様書 建築工事編” 平成 25 年版”，平成 26 年 3 月改定，(2014)。
- 15) シンポジウム，陶磁器質タイル張り工事の現状と今後の動向 (2014)。
- 16) 国土交通省，建築保全センター，“公共建築工事標準仕様書 建築工事編 平成 22 年版” (2010)。
- 17) JIS A 5536 “床仕上げ材用接着剤”，日本工業標準調査会 (2015)。
- 18) JIS A 5557 “外装タイル張り用有機接着剤”，日本工業標準調査会 (2010)。
- 19) JIS A 5538 “外装タイル張り用有機接着剤”，日本工業標準調査会 (2003)。
- 20) JIS A 5537 “木レンガ用接着剤”，日本工業標準調査会 (2003)。
- 21) JIS A 5547 “発泡プラスチック保温板用接着剤”，日本工業標準調査会 (2003)。