ビルピット内物質の成分分析と浸漬試験によるライニング材劣化要因の特定

ビルピット用ライニング材の厨房排水による劣化機構に関する研究 その1

IDENTIFICATION OF DEGRADATION FACTORS OF LINING MATERIAL
BY COMPONENT ANALYSIS OF SUBSTANCES IN PITS AND IMMERSION EXPERIMENT

The mechanism of degradation due to kitchen drainage of lining material for building pits Part1

吉田 真 悟*, 長谷川 完**, 高橋 拡***

Shingo YOSHIDA, Tamotsu HASEGAWA and Hiromu TAKAHASHI

In order to elucidate the mechanism of degradation due to kitchen drainage of epoxy resin used as a lining material for building pits, several investigations and experiments were conducted. The drainage water and the floating substance from the pit of building A and B were sampled and analyzed. Trace amounts of short-chain fatty acids were detected from the drainage water, whereas trace amounts of short-chain fatty acids and large amounts of long-chain fatty acids were detected from the floating substances. Experiments to immerse epoxy resin test pieces in the drainage water, the floating substances, the aqueous solution of short-chain fatty acids, and the large amounts of long-chain fatty acids were carried out. Both test pieces immersed in the floating substances and long-chain fatty acids became expanded by swelling. From the results above, it should be concluded that long-chain fatty acids contained in the floating substances are the factors affecting the degradation of epoxy resin as a lining material in pits.

Keywords : *Lining Material, Kitchen Drainage, Pit, Scum, Organic Acid, Epoxy Resin*

ライニング材, 厨房排水, ビルピット, スカム, 有機酸, エポキシ

1. はじめに

オフィスビルやショッピングモール、ホテル等の建物には、レストラン街が設置されることが多く、これらの厨房からの排水量が50m³/日を超える建物では、排水中に含まれる有機物を低減するため、厨房除害施設の設置が義務付けられている。厨房除害施設に付随し、厨房からの排水を一時的に貯留する水槽は、敷地の関係から建物地下に設置されることが多く、一般的にビルピットと呼ばれている。

ビルピットで起こる腐食あるいは劣化についての研究は少ないが、下水道施設等と同じくコンクリートの硫酸腐食が起こることが知られている^{4,5)}。下水道施設等におけるコンクリート硫酸腐食の機構については、これまでに多くの研究があり、排水中の硫黄分と有機物から嫌気性細菌により硫化水素が発生し、さらに排水中から気相部に放出された硫化水素が好気性細菌の関与により酸化し、下水道管等の天井面結露水と結びついて局所的に濃度の高い硫酸が発生し、この硫酸とコンクリートが反応して石膏を生じることで、コンクリートの腐食が進むことが報告されている⁶⁾。これらの研究成果をもとに日本下水道事業団の規格⁷⁾が設定され、ビルピットにおいても、この規格に準拠して、コンクリート製の躯体を硫酸腐食から保護する目的で耐薬品性に優れるエポキシ樹脂やビニルエステル樹脂がラ

イニング材として施工されることが多くなっている。

このような耐薬品性の高い仕様設定が行われているにも関わらず、有機物量が比較的多い排水が流れ込むビルピットにおいて、エポキシ樹脂製のライニング材が劣化する事例が見られた。このような事例の原因として、糸平らは、ビルピットの排水中の有機物成分が分解することによって生成した有機脂肪酸、特に高級脂肪酸の影響を指摘している⁸⁾。一方、久保内らは、ライニング材として用いられるエポキシ樹脂は、低級脂肪酸である酢酸により劣化することを報告している⁹⁾。最近では、ビルピット用のライニング材として、耐有機酸性を謳う製品も登場してきており、その劣化対策が進んでいているものの¹⁰⁾、ビルピット内に存在する有機酸の種類や存在量を踏まえた体系的な検討はされておらず、その劣化機構はいまだ明らかになっていないとは言い難い。

本報では、このような現状を踏まえ、ビルピット内から採取した排水・浮遊物の成分分析により、ビルピット内における有機酸、特に脂肪酸の存在状況を把握し、その存在状況を踏まえた上で、いくつかの試薬等を使用したライニング材の浸漬試験を行うことによって、ビルピット内のライニング材の劣化機構について考察を行った結果を報告する。

本論文は、文献¹⁻³⁾に発表した内容を修正、加筆したものである。

* 竹中工務店技術研究所 研究主任・工修

** 竹中工務店技術研究所 主任研究員

*** 竹中工務店技術研究所 主任研究員・工修

Associate Chief Researcher, Takenaka Research & Development Institute, M. Eng.

Chief Researcher, Takenaka Research & Development Institute

Chief Researcher, Takenaka Research & Development Institute, M. Eng.

2. 現地調査とサンプル採取

ビルピット内の状況を把握するため、2つの建物A、Bのビルピットにて現地調査とサンプル採取を実施した。建物Aはショッピングモール、建物Bはホテルでいずれもレストランを有しており、これら厨房からの排水が直接流れ込む水槽（排水処理前）にて調査とサンプル採取を行った。排水はいずれの建物においても褐色に濁り、固形状の浮遊物が浮かんでいた。浮遊物の状態は、水槽内の曝気装置の有無により状況が異なっていた。曝気装置のない建物Aの水槽では、喫水面に泥状の浮遊物（Scum、以下「SC」とする）が存在し、喫水面付近で浮遊物とライニング材が直接接触し、浮遊物のライニング材表面への付着が見られた。ライニング材は喫水面付近で割れてめくれあがり、コンクリート躯体が露出していた。曝気装置のある建物Bの水槽では、球状の浮遊物（Oil ball、以下「OB」とする）が喫水面に存在するものの、ライニング材表面への付着が少なく、ライニング材の劣化も見られなかった。建物Aでは排水とSCを、建物Bでは排水とOBを、それぞれ柄杓や網でボトルに採取し、腐敗が進まないよう冷蔵保存して各種分析に供した。

3. 排水の水質分析

3. 1 分析方法

建物A、Bの排水について、通常行われる水質分析での位置付けを把握するため、一般排水の水質分析項目のうち有機物量に関する項目であるBOD（生物化学的酸素要求量）、SS（浮遊物質量）、n-HEX（ノルマルヘキサン抽出物質含有量、動植物油脂類）について、JIS K 0102、昭和46年環境庁告示第59号付表9および昭和49年環境庁告示第64号付表4に従い、分析を行った。

3. 2 分析結果

水質分析の結果をTable1に示す。BOD、SS、n-HEXの環境省令一律排水基準は、それぞれ160、200、30mg/Lであり、排水処理前では建物A、Bともにこの値を上回っていて、多くの有機物が含まれていることが把握された。特に、曝気装置のない建物Aの排水の方が各項目ともに値が大きく、有機物量が多いことがわかった。

Table1 Result of water analysis				
Building	Aeration system	BOD mg/L	SS mg/L	n-HEX mg/L
A	-	2420	3100	1970
B	○	390	220	83

4. 有機酸分析

4. 1 分析方法

建物Aの排水とSC、建物Bの排水とOBに低級脂肪酸を含む有機酸がどの程度存在するかを把握するため、有機酸分析を実施した。排水はそのまま、SCとOBは弱アルカリ水で振とう抽出した後、濾過を行い、有機酸分析計（昭和電工製：Shodex OA）にて測定を行った。主な分析条件は、カラム：昭和電工製 Shodex Ionpak KC-810P、KC-811、カラム温度：50℃、溶離液：2mM 過塩素酸/純水、溶離液流量1.0mL/min.、発色液：10%ST-3-R（0.6mL/min.）、試料注入量：100μLとした。有機酸成分を試薬により選択的に発色させ、430nm

の吸光度で検出した。

4. 2 分析結果

有機酸分析の結果をTable2に示す。建物Aの排水およびSCからはリン酸と炭素数2から5までの直鎖低級脂肪酸、イソ吉草酸が検出された。建物Bの排水からはリン酸と酢酸、OBからは乳酸と炭素数1から5までの直鎖低級脂肪酸が検出された。建物AとBの排水の比較では、水質分析で有機物量の多かった建物Aの排水の方が、低級脂肪酸含有量が多い結果となった。一方、排水とSC（もしくはOB）を比較すると、排水よりもSC（もしくはOB）に含まれる低級脂肪酸含有量が多い結果であった。排水中の低級脂肪酸の総量は最大で100μg/mL（排水の比重を1とすれば0.01wt%に相当）程度であり、浮遊物中の低級脂肪酸総量は、振とう抽出により低級脂肪酸がすべて抽出されたと仮定すると1000μg/g（0.1wt%）程度であることが把握された。SCとOBの比較では、有機酸の構成比率が異なり、OBの方が炭素数の小さい脂肪酸が多い傾向が見られた。

Table2 Result of organic acid analysis				
Organic acid	Building A		Building B	
	Drainage water	Scum (SC)	Drainage water	Oil ball (OB)
	μg/mL	μg/g	μg/mL	μg/g
Oxalic acid	<1	<20	<1	<20
Phosphoric acid	2.5	56	5.7	<20
Citric acid	<1	<20	<1	<20
Lactic acid	<1	<20	<1	200
Formic acid	<1	45	<1	30
Acetic acid	55	80	8.4	660
Propionic acid	34	160	<1	130
Isobutyric acid	<1	<20	<1	<20
n-Butyric acid	11	260	<1	210
Isovaleric acid	6.2	180	<1	<20
n-Valeric acid	7.7	350	<1	50

5. 浮遊物の主成分分析

5. 1 分析方法

(1) 分析の位置付け

4章で有機酸成分の分析を行ったが、この手法は分子量の小さい水溶性の有機酸成分を測定する方法であった。本章では、比較的分子量の大きい有機物成分を定性することを目的として、熱重量分析と熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析を行った。

(2) 前処理

4章で分析に用いたものと同じSC、OBそれぞれを10g程度ガラスシャーレに取り、スパチュラを用いて細かく砕きながら、試料全体が均一に混ざるようによく混練し、分析に供した。

(3) 熱重量分析

SC、OBそれぞれを5mg程度採取し、Rigaku製：Thermo plus TG8120を用いて熱重量分析（以下、「TG分析」とする）を行った。主な分析条件は、N₂雰囲気下、昇温速度：10℃/min.、測定温度：常温～600℃とした。

(4) 熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析

SC, OB それぞれを 500 μ g 程度採取し, 熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析装置 (以下, 「Py-GC/MS 分析」とする) にて主成分分析を行った。装置の構成は, 熱分解装置部 (Py): Frontier Lob 製 PY-2020iD, ガスクロマトグラフィー部 (GC): Agilent 製 7890A, 質量分析部 (MS): 日本電子製 JMS-Q1000GC Mk II であった。ダブルショット法を用い, 300 $^{\circ}$ C 2min. 試料加熱, 500 $^{\circ}$ C 2min. 試料加熱の 2 段階で GC/MS にガスを導入して成分分析を行った。

主な GC 条件は, カラム: Frontier Lob 製 Ultra ALLOY+5 (微極性), 温度条件: 40 $^{\circ}$ C 2min. 保持 10 $^{\circ}$ C/min. 昇温 320 $^{\circ}$ C 30min. 保持, カラム流量: 1mL/min., スプリット比: 10~100 (サンプルによる), 注入口温度: 320 $^{\circ}$ C とした。主な MS 条件は, GC インターフェイス温度: 320 $^{\circ}$ C, イオン源温度: 320 $^{\circ}$ C, 設定質量数: 29-500, サイクルタイム: 500ms, イオン化法: EI 法, イオン化電流: 100 μ A, イオン化エネルギー: 70eV, 検出器電圧: -1000V とした。

5. 2 分析結果

(1) 熱重量分析

SC, OB の TG 分析結果を Fig.1 に示す。なお, 図中灰色の補助線は, 次項の Py-GC/MS 分析の設定温度である。

SC については, 常温から 100 $^{\circ}$ C までに 25% 程度, 200 $^{\circ}$ C から 290 $^{\circ}$ C にかけて 40% 程度, 290 $^{\circ}$ C から 360 $^{\circ}$ C にかけて 10% 程度の重量減少が見られ, 25% 程度が残渣となった。

OB については, 常温から 100 $^{\circ}$ C までに 5% 程度, 200 $^{\circ}$ C から 300 $^{\circ}$ C にかけて 30% 程度, 300 $^{\circ}$ C から 360 $^{\circ}$ C にかけて 10% 程度, 360 $^{\circ}$ C から 440 $^{\circ}$ C にかけて 10% 程度, 440 $^{\circ}$ C から 500 $^{\circ}$ C にかけて 17% 程度の重量減少が見られ, 28% 程度が残渣となった。

Fig.1 Thermal gravity analysis

(2) 熱分解ガスクロマトグラフィー質量分析

300 $^{\circ}$ C で加熱した SC のトータルイオンクロマトグラム (TIC) を Fig.2 に, OB の TIC を Fig.3 に, 300 $^{\circ}$ C 加熱後の残分を 500 $^{\circ}$ C で加熱した SC の TIC を Fig.4 に, OB の TIC を Fig.5 に, Fig.2~5 中の主要なピークのうち MS スペクトルのライブラリ検索 (Nist, Willy を使用) により定性できた成分一覧を Table3 に示す。

300 $^{\circ}$ C で加熱した SC の TIC (Fig.2) では, 炭素数 12 のラウリン酸, 炭素数 14 のミスチン酸, 炭素数 16 のパルミチン酸, 炭素数 18 のステアリン酸, 炭素数 18 の不飽和脂肪酸であるオレイン酸のピークが確認された。300 $^{\circ}$ C で加熱した OB の TIC (Fig.3) では, SC

と同じ脂肪酸のピークが確認された。

300 $^{\circ}$ C 加熱後の残分を 500 $^{\circ}$ C で加熱した SC の TIC (Fig.4) では, パルミチン酸, オレイン酸に加えて, コレステロール類, スチグマステロール類のピークが確認された。一方, 300 $^{\circ}$ C 加熱後の残分を 500 $^{\circ}$ C で加熱した OB の TIC (Fig.5) では, パルミチン酸, オレイン酸に加えて, ケトン基もしくはエポキシ基を持つピークが複数確認された。

5. 3 考察

前節の結果より, SC, OB の主成分について考える。SC と OB の TG 分析にて重量変化が最も大きかった 200 $^{\circ}$ C から 290 $^{\circ}$ C の成分は, 300 $^{\circ}$ C における TIC で確認された炭素数 12~18 の高級脂肪酸類であり, その含有量は TG 分析の 200 $^{\circ}$ C から 290 $^{\circ}$ C の重量減少量から推定すると, SC においては 35wt% 以上, OB においても 20wt% 以上である。SC の TG 分析にて 390 $^{\circ}$ C から 360 $^{\circ}$ C で減少している成分は, 500 $^{\circ}$ C

Fig.2 Total ion chromatogram (SC, 300 $^{\circ}$ C)

Fig.3 Total ion chromatogram (OB, 300 $^{\circ}$ C)

Fig.4 Total ion chromatogram (SC, 500 $^{\circ}$ C)

Fig.5 Total ion chromatogram (OB, 500 $^{\circ}$ C)

Table3 Qualitative analysis

Group	Symbol	Structural formula
Long-chain fatty acid	C12
	C14
	C16
	C18
	C18:1
Nitrile	C18:1N
Cholesterol	Chol.
Stigmasterol	Stig.
Ketone /Epoxy	CO1
	CO2
	CO3
	CO4
	CO5
	CO6

における TIC で確認されたコレステロール類等, OB の TG 分析にて 360℃から 440℃, 440℃から 500℃で減少している成分は, 500℃における TIC で確認されたケトン類等の高分子量成分が含まれていると考えられる。

厨房からの排水は, 今回調査対象としているビルピットに流入する前に, 厨房内に設置されたグリーストラップと呼ばれる装置で油水分離されるが¹¹⁾, グリーストラップの堆積物の成分についても, 脂質の成分割合が大きく, その種類はパルミチン酸 (C16) やオレイン酸 (C18:1), リノール酸が多いことが報告されている¹²⁾。今回調査対象としているビルピットにおいても, グリーストラップの堆積物と同様に, グリセリンと高級脂肪酸で構成される食用油がリパーゼ等により加水分解し, 非水溶性であるために遊離して浮遊物 (SC, OB) となったものと考えられる。また, OB の構成成分は, SC に比べてケトン類等の酸化物が多かったが, これは排水槽内の曝気により, 油脂類が酸化して生成したものと推定される。

6. 排水と浮遊物への浸漬・接触試験

6. 1 試験方法

排水と浮遊物について, どちらがよりライニング材を劣化させるのかを確認することを目的として, 排水と浮遊物 (SC, OB) への浸漬・接触試験を実施した。

ライニング材は, 日本下水道事業団の規格 D 種に適合した汎用的なエポキシ樹脂系ライニング材を成型して 20℃60%の環境下で 1 週間養生したものを用いた。排水に浸漬させる試験片は, 60×25×1.5mm の短冊状とした。SC, OB に接触させる試験片は, 泥状の浮遊物の中に安定して接触させるために, やや大きい 80×50×1.5mm の寸法とした。試験片数は, 各水準 1 体ずつとした。

排水は 3 章と 4 章の分析結果から有機物量と有機酸成分がともに多かった建物 A のものを使用した (以下「DW」とする)。SC と OB については 4 章で主成分分析に用いたものと同じものを使用した。

直径 90mm の蓋付きのガラス瓶の中に, 排水 300mL, もしくは SC, OB 250g を入れ, 排水については試験片の全部が埋まるように, SC, OB については試験片の半分程度が隠れるように泥状の SC, OB の中に試験片を半分程度差し込んで接触した。試験状況を Photo1, 2 に示す。20℃の室内環境中に静置し, 期間 1, 4, 7, 14, 21, 28 日のタイミングでライニング材を取り出し, 重量測定と外観観察を行い評価した。SC はそのまま, OB は前処理としてスプーンで細かく砕いて使用した。重量測定は, 試験片を純水で洗浄して付着物を除去し, 清浄なウエスで拭き取り後に行った。初期重量に対する変化量を初期重量で除し重量変化率を求めた。SC と OB に接触したライニング材は, 接触範囲の重量を接触面積から推定し初期重量として用いた。

Photo1 The situation of immersion test in DW

Photo2 The situation of contact test in OB

6. 2 試験結果

浸漬・接触試験結果を Fig.6 に示す。排水に浸漬した試験片は 28 日間の浸漬によって 1%以下の重量増加であったのに対し, SC や OB への接触では 10%以上重量が増加した。外観についても, 排水に浸漬した試験片は, 浸漬していない試験片と比較してほとんど変化がなかったのに対し, SC や OB に接触した試験片は, 接触部分に SC や OB が付着し, 軟化膨潤して大きく変形していた。排水に 28 日間浸漬した試験片の様子を Photo3 に, OB に 28 日間浸漬した試験片の様子を Photo4 に示す。なお, 写真中左側の試験片が排水もしくは OB への浸漬・接触品, 右側の試験片が比較用の未浸漬・未接触品である。

Fig.6 Weight gain of lining material

Photo3 Test piece
immersed in DW (28 days)

Photo4 Test piece
contacted in OB (28 days)

6. 3 考察

ライニング材を排水と浮遊物に28日浸漬・接触した結果、排水に浸漬した試験片はほとんど劣化せず、浮遊物（SC、OB）に接触した試験片は著しく劣化する結果となった。今回の試験は各水準の試験片数1体の結果であり、さらに浮遊物への接触試験は、試験片と浮遊物の接触状況によって試験片の劣化程度が変化するバラツキの大きい試験方法である。したがってSC、OBのどちらがライニング材をより劣化させるかは判断できない。一方で、排水への浸漬と浮遊物への接触について、試験片の寸法や浸漬（接触）面積等試験条件の違いがあり単純な結果比較はできないが、ライニング材の重量変化率や外観変化の大きな違いに着目すると、排水への浸漬に比べて浮遊物（SC、OB）への接触の方が、ライニング材をより劣化させることは明らかであると言える。

5章までの分析により、ビルピット内に存在する排水には、水の中に総量で0.01wt%程度の低級脂肪酸を含む有機酸が含まれ、浮遊物（SC、OB）には、泥状の固形分のうち20wt%以上が高級脂肪酸（ミリスチン酸、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸）で、その中に総量で0.1wt%程度の低級脂肪酸が含まれることがわかっている。これらの結果から、ビルピット内においてライニング材を劣化させる主な要因は、排水中に微量に含まれる低級脂肪酸の影響ではなく、喫水面の浮遊物の付着による低級脂肪酸もしくは高級脂肪酸の影響である可能性が高いと考えられる。

7. 低級脂肪酸・高級脂肪酸への浸漬試験

7. 1 試験方法

(1) 試験の位置付け

6章の結果から、ビルピット内のライニング材を劣化させる主な要因として、排水からの影響よりも浮遊物からの影響によることが確認できたが、浮遊物中の成分としては、低級脂肪酸と高級脂肪酸

が両方含まれており、どちらの影響がより大きいかを区別することができなかった。本章では、浮遊物に微量含まれる低級脂肪酸と、浮遊物の主成分である高級脂肪酸のどちらの影響が大きいかを明らかにすることを目的として、浸漬液に低濃度の低級脂肪酸と高濃度の高級脂肪酸の試薬を用いて、ライニング材の浸漬試験を行った。

(2) ライニング材試験片

ライニング材は、前章と同じく日本下水道事業団の規格D種に適合した汎用的なエポキシ樹脂系ライニング材を成型して20℃60%の環境下で1週間養生したものを用いた。試験片は、60×25×1.5mmの短冊状とした。

(3) 浸漬液

浸漬液をTable4に示す。低級脂肪酸は、4章の分析結果からSC、OBともに含有量の多かった3種を、浮遊物中有機酸総量0.1wt%の10倍の1wt%の水溶液として調製したものを浸漬液とした。高級脂肪酸は、5章の分析結果からSC、OBの主成分として同定された5種を浸漬液とした。2章の調査よりビルピット中の浮遊物は、排水中に浮遊し喫水面付近でライニング材と直接接触过していたことから、鹿一級もしくは特級試薬を濃度調整せずそのままの形で用いた。

ビルピット内の排水・浮遊物の温度は、ビルピットと厨房施設等からの距離や排水量・頻度等によって決まり、特に距離が近い場合には、厨房から沸騰した水が流れ込む場合がある。高級脂肪酸のうちC12、C14、C16、C18は、融点がそれぞれ45、53.8、64、70℃であり、常温で固体であるが、高温の排水が流れ込むビルピットにおいては液体でライニング材に作用する。そのため、ビルピットに流れ込む可能性があり、浮遊物に含まれる高級脂肪酸が液体となる温度として75℃を浸漬液の温度に設定した。

(4) 浸漬試験

直径90mmの蓋付きのガラス瓶の中に、300mL（常温で固体の脂肪酸は250g）の浸漬液を入れ、試験片1片の全部が埋まるように浸漬した。浸漬中は容器を湯せんし一定温度75℃に保った。75℃において、全ての高級脂肪酸は液体となっていた。浸漬時間15min.、1h、1日、4日、7日のタイミングで試験片を取り出し、重量測定と外観観察を行い評価した。重量測定は、試験片を純水で洗浄して付着物を除去し、清浄なウエスで拭き取り後に行った。初期重量に対する変化量を初期重量で除し重量変化率を求めた。

Table4 Immersion liquid

Group	Symbol	Acid	Concentration
Short-chain Fatty acid	C3	Propionic acid	1wt%
	C4	n-Butyric acid	〔aqueous solution〕
	C5	n-Valeric acid	
Long-chain Fatty acid	C12	Lauric acid	≒100wt% (reagent)
	C14	Myristic acid	
	C16	Palmitic acid	
	C18	Stearic acid	
	C18:1	Oleic acid	

7. 2 試験結果

浸漬試験結果をFig.7に示す。低級脂肪酸の1wt%水溶液に浸漬し

た試験片（C3，C4，C5）は，7 日間の浸漬により 5～15%ほどの重量増加が見られた。この 3 種類の酸の比較では，7 日間の浸漬による重量の増加量は C5 > C4 > C3 の順であった。C5 に 7 日間浸漬した試験片の様子を Photo5 に示す。

高級脂肪酸試薬に浸漬した試験片（C12，C14，C16，C18，C18:1）は，いずれの試験片も浸漬開始から 15min.で 10%程度の重量増加を起し，膨潤軟化して試験片端部に反りが見られた。端部の反りの様子は，2 章の現地調査においてめくれあがっていたライニング材や，6 章の浮遊物と接触させたライニング材試験片と類似した様子であった。浸漬から 1 日で 100%以上重量が増加し，4～7 日で試験片にクラックを生じて形状が崩壊し，重量測定が不可能となった。試験片の形状が保たれていた 1 日時点における重量の増加量は C12 > C14 > C18:1 ≒ C16 > C18 の順であった。C16 に 15min.浸漬した試験片の様子を Photo6 に示す。

Fig.7 Weight gain of lining material

Photo5 Test piece
immersed in C5 (7days, 75C°)

Photo6 Test piece
Immersed in C16 (15min., 75C°)

7. 3 考察

2 章のビルピット内の調査では，ビルピット内の浮遊物は排水と分離して喫水面付近でライニング材に接触していた。低級脂肪酸は水溶性，高級脂肪酸は非水溶性であり，浮遊物中の低級脂肪酸は，浮遊物中の水分に一部溶け込んで水溶液としてライニング材に接触し，非水溶性の高級脂肪酸は，固体または液体で単体としてライニング材に接触していると考えられる。一方，本章では，浮遊物に含まれる総量の 10 倍に相当する濃度（1%）の低級脂肪酸水溶液と 100%の高級脂肪酸に同条件下でライニング材を浸漬させたところ，高級脂肪酸への浸漬の方が，ライニング材を著しく劣化させる結果となった。以上より，75℃の温度条件下においてビルピット内のライニング材を劣化させるのは，ビルピット内において相対的に存在量が多く，非水溶性で濃度が高い状態でライニング材に接触し得る SC や OB 中の高級脂肪酸であると考えられる。また，排水の流れに

おいて，ビルピットに流入する前の厨房排水グリーストラップ中の OB と，ビルピットから流れ出た後の都市下水処理場の流入井の OB の構成成分を分析報告した既往研究¹²⁾においても，OB の主成分として高級脂肪酸が含まれることが報告されていることから，今回調査対象とした建物 A，B 以外のビルピットにおいても同様の機構でライニング材の劣化が起り得るものと推察される。

しかしながら，本章の浸漬試験は，ビルピットと厨房が比較的近い場合を想定した 75℃の温度条件下で実施されており実測に基づいた温度条件は踏まえていないこと，低級脂肪酸の水溶液と高級脂肪酸液体の温度上昇によるライニング材劣化への加速度合いの違いが考慮されていないこと，今回試験に用いた高級脂肪酸のうち，常温においてはオレイン酸（C18:1）のみが液体状であり，ライニング材中への浸透に大きく影響を及ぼすと考えられる固体と液体の分子の流動性の差異が考慮されていないこと等から，今後さらなる検討が必要である。

8. まとめ

ビルピットから採取した排水・浮遊物の成分分析により，ビルピット内における脂肪酸の存在状況を把握し，その存在状況を踏まえた上で排水・浮遊物ならびに低級脂肪酸・高級脂肪酸を使用したライニング材の浸漬試験を行い，ビルピット内のエポキシ樹脂製ライニング材の劣化機構について考察を加え，以下のことがわかった。

- (1) ビルピット内の排水は褐色で有機物量が多く，0.01%程度の低級脂肪酸を含んでいる
- (2) ビルピット内の排水には固形状の浮遊物が浮かんており，曝気装置がない場合には泥状で存在し（SC，スカム），曝気装置がある場合には球状で存在する（OB，オイルボール）
- (3) SC と OB の主成分は油が加水分解して生成したパルミチン酸，ステアリン酸，オレイン酸等の高級脂肪酸であり，0.1%程度の低級脂肪酸も含む
- (4) 汎用的なエポキシ樹脂製ライニング材は，排水に浸漬させても顕著な重量増加は見られないが，SC と OB に接触させると著しい重量増加や変色・変形を伴う劣化を起こす
- (5) 汎用的なエポキシ樹脂製ライニング材は，75℃の条件においては，1%の低級脂肪酸水溶液に比べて 100%の高級脂肪酸への浸漬によって，著しい重量増加を伴う劣化を起こす
- (6) ビルピット内の脂肪酸の存在状況と，ライニング材の浸漬試験結果から，75℃の温度条件下におけるビルピット内のライニング材の劣化要因は，浮遊物中の主成分である高級脂肪酸との接触である可能性が高い

本研究の試薬による浸漬試験は，ビルピット内の実測に基づく温度条件が踏まえていないこと，ライニング材中への浸透に大きく影響を及ぼすと考えられる固体/液体の分子の流動性の違い等が考慮されていないことから，今後さらなる検討が必要である。

謝辞

本研究の遂行にあたり，昭和電工株式会社 村瀬典子氏，昭和電工建材株式会社 若林康人氏，野口隆志氏には，サンプルの提供と分析方法等に関する貴重なアドバイスを頂きました。ここに深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 長谷川完, 吉田真悟, 高橋拡, 鈴木貴大, 若林康人, 野口隆志: ビルビット用ライニング材の厨房排水による劣化機構に関する研究 その1 研究概要と排水成分分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1269~1270, 2014.9
- 2) 吉田真悟, 長谷川完, 鈴木貴大, 高橋拡: ビルビット用ライニング材の厨房排水による劣化機構に関する研究 その2 喫水面浮遊物の主成分分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1271~1272, 2014.9
- 3) 高橋拡, 長谷川完, 吉田真悟, 鈴木貴大, 若林康人, 野口隆志: ビルビット用ライニング材の厨房排水による劣化機構に関する研究 その3 有機酸浸漬試験によるライニング材の評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1273~1274, 2014.9
- 4) 平野竜行, 村上信直, 板倉静雄, 竹久英治, 谷岡由男: 腐食環境抑制型防食手法(アクティブライニング)に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.575~576, 1999.9
- 5) 佐々木晴夫: 厨房排水槽の防食技術, BE 建築設備, Vol.52 No.12, pp.31-37, 2001.12
- 6) 三品文雄編著: さらに詳しい下水道腐食対策講座 基礎から応用まで, 環境新聞社, 2003
- 7) 地方共同法人 日本下水道事業団: 下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル, 一般社団法人 下水道事業支援センター, 2012
- 8) 糸平敏也, 渡部康夫, 足立伸幸: 汚水中の有機脂肪酸による防食塗料への影響に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1003-1004, 2013.8
- 9) 久保内昌敏, 平元伸一郎, 鄭盛吉, 仙北谷英貴, 津田健: 有機酸水溶液環境下におけるアミン硬化エポキシ樹脂の劣化挙動および環境液の侵入挙動, 材料の科学と工学, Vol.42 No.4, pp.211~217, 2005.8
- 10) 渡部康夫, 糸平敏也, 足立伸幸: 厨房排水中の有機脂肪酸による防食塗料への影響に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1, pp.1111~1112, 2014.9
- 11) 高地進, 小南和也, 小早川香, 川谷翔二, 岡崎隆: グリース阻集器の流出管径と阻集性能についての検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.631-632, 2013.8
- 12) 嶋野雄大, 小林敬之, 局俊明: 食堂排水および下水中のオイルボール構成成分と流入水中成分の関係, 用水と廃水, Vol.56 No.5, pp.358-363, 2014.5

IDENTIFICATION OF DEGRADATION FACTORS OF LINING MATERIAL BY COMPONENT ANALYSIS OF SUBSTANCES IN PITS AND IMMERSION EXPERIMENT

The mechanism of degradation due to kitchen drainage of lining material for building pits Part1

Shingo YOSHIDA *, *Tamotsu HASEGAWA* ** and *Hiromu TAKAHASHI* ***

* Associate Chief Researcher, Takenaka Research & Development Institute, M. Eng.

** Chief Researcher, Takenaka Research & Development Institute

*** Chief Researcher, Takenaka Research & Development Institute, M. Eng.

There are many cases where restaurant areas equipped with kitchen facilities are created in buildings such as office buildings, shopping malls, or hotels. A large amount of organic compounds from cooking oils and food waste is contained in the kitchen drainage water. Drainage water is impounded in a pit located in a basement before being discharged into the sewers. Epoxy resin is used as a lining material for pits in Japan because of its high chemical resistance. However, cases of remarkable degradation in the lining material (epoxy resin) were seen in building pits. The purpose of this paper is to identify the factors in the degradation of lining materials.

Drainage water and floating substances were sampled from two building pits. The floating substances from building A are called “SC” for being in a scum-like form. The floating substance from building B is called “OB” for being orbicular. A water analysis was conducted on the drainage water samples (Table1). Both samples contained a level above the Japanese effluent standards of organic substances. An organic acid analysis was conducted on the drainage water, SC, and OB (Table2). The total amount of short-chain fatty acids was about 100µg/mL ($\approx 0.01\%$) at the most in the drainage water and about 1000µg/g ($\approx 0.1\%$) at the most in the floating substances. A thermal gravity analysis (TGA) (Fig.1) and a pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry (pyGC/MS) analysis (Fig.2-5, Table3) were conducted on the SC and OB. It was clear from the results that the major component of SC and OB were long-chain fatty acids, particularly palmitic acid (C16), stearic acid (C18), and oleic acid (C18:1).

Test pieces of epoxy lining material were created and then immersed in the drainage water (DW), SC and OB (Fig.6, Photo1, 2). The test piece immersed in DW did not increase the weight, whereas those immersed in SC and OB remarkably increased the weight. Remarkable, obvious changes and degradation occurred in the test pieces immersed in SC and OB (Photo4). Test pieces were immersed in a 1% aqueous solution of short-chain fatty acids and in a long-chain fatty acid reagent at 75°C (Table4, Fig.7). The long-chain fatty acid reagents were liquid form at 75°C. Those immersed in the 1%aqueous solution of short-chain fatty acids did not increase the weight, whereas those in the long-chain fatty acid reagent remarkably increased the weight in a short period. The test pieces immersed in the long-chain fatty acid reagent were obviously expanded(Photo6).

From the results above, it should be concluded that the factors causing the degradation of epoxy resin as a lining material in a pit were long-chain fatty acids contained in floating substances.

(2015 年 4 月 3 日原稿受理, 2015 年 8 月 10 日採用決定)