

厚生労働科学研究費補助金  
厚生労働科学特別研究事業

水道に用いられる塗料等からの溶出の  
実態と評価に関する研究

平成17年度 総括・総合研究報告書

主任研究者 安藤正典

平成18(2006)年3月

平成17年度 厚生労働科学研究費補助金

厚生労働科学特別研究事業

水道に用いられる塗料等からの溶出の実態と評価に関する研究

(順不同、敬称略)

主任研究者 安藤 正典

武蔵野大学 薬学部 環境化学研究室 教授

分担研究者 西村 哲治

国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 第三室長

西野 二郎

社団法人 日本水道協会 工務部 水質課 課長

協力研究者 広瀬 明彦

国立医薬品食品衛生研究所 総合評価研究室 主任研究官

齋藤 敬子

財団法人 ビル管理教育センター 調査研究部 課長

協力研究機関

財団法人 千葉県薬剤師会検査センター

## 水道に用いられる塗料等からの溶出の実態と評価に関する研究

主任研究者 安藤 正典 武蔵野大学 薬学部 環境化学研究室 教授  
分担研究者 西村 哲治 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 第三室長  
西野 二郎 社団法人 日本水道協会 工務部 水質課 課長  
協力研究者 広瀬 明彦 国立医薬品食品衛生研究所 総合評価研究室 主任研究官  
齋藤 敬子 財団法人 ビル管理教育センター 調査研究部 課長  
協力研究機関 財団法人 千葉県薬剤師会検査センター

研究要旨 建築物の管理者が実施する建築物内の給水管の更生工事において、規格に適合しない塗料が使用される等の不適切な施工により、これら塗料に起因する水質上の問題の発生が懸念されている。また、建築物内で用いられる管更生用塗料には、塗料の溶剤を蒸散させ塗料を硬化させる物理的方法ではなく、二種の別々の塗料組成を施工時に混合して硬化させる化学的方法が、速硬化性で、かつ臭気の少なさ等、利便性の観点から広く利用されている。しかしながら、二種の別々の塗料原料を混合することには専門性を要求され、二種の塗料組成の混合割合に不具合があった場合は原料成分が残存する可能性が高く、健康影響が懸念される物質が、水道水等に溶出してくる可能性が否定できない。このため、本研究では、Ⅰ. 現在使用中の水道管の塗料等の成分や、建築物内の給水管の更生工事で使用される工法・塗料等に関する情報収集を行い、Ⅱ. 塗料成分の検査方法を確立し水道管からの溶出実態を把握するとともに、Ⅲ. その毒性情報を収集し、無毒性量あるいは発がん等反応の増加させる可能性量の評価値を算出し、Ⅳ. 上記評価値と溶出実態を基にリスク評価を行うことにより、塗料等に起因する健康影響を評価した。

Ⅰにおける建築物内の給水管の更生工事で使用される工法・塗料等に関する情報収集では、塗料の種類として7種の製品が使用され、これらの塗料のうち、健康影響の観点から問題となるMDA(4,4'-メチレンジアニリン)を使っているものは3つの工法のみであった。また、塗料の調整に使用する他の成分には問題となる成分は含まれていないものと考えられた。Ⅱにおいては、問題となるMDAについて0.0005mg/Lまで検出できる分析方法を確立した。このMDA分析方法を用いて、30箇所に及ぶ施工済みの建築物の給水栓水を採水し測定を実施した。その結果、調査した施工済塗装給水管から溶出されるMDAは全ての給水栓水で不検出であり、0.0005mg/L未満であることが明らかとなった。Ⅲにおいては、現在の段階での毒性情報によると、LOAELは7.5mg/kg/day、NOAELは0.075mg/kg/dayとの報告があった。またIARCのモノグラフによる発がん性の評価は2Bとされている。一方、OECDではT25値（腫瘍発現頻度を25%増加させる用量）を6.2mg/kg/dayと設定している。この値を踏まえてⅣにおいては、水道水での安全性についての考え方を整理し、測定結果を踏まえてリスク評価を行った。その結果、現段階で収集された情報では、Ⅱによる全調査から不検出であったことから、最大の溶出濃度が5µg/Lであるとした場合、ヒトの体重（50kg）と摂水量（2L）で換算すると1日体重あたり摂取量は0.2 µg/kg/dayとなり、T25値に対するMOEは、6200 (µg/kg/day) ÷ 0.2

( $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ ) = 36000であった。以上のことから、実際にMDAを含有していた更生工事済給水管から供給された給水を飲用しても安全性は十分に確保できているものと考えられた。なお、更生工事を行った給水配管の安全性の確保のためには、塗料成分等の安全性の確保とともに、それぞれの現場の配管構造等の条件に応じた、適切な施工を徹底することが必要である。このため、今後とも安全性について配慮した、塗料成分等の施工方法の研究開発が重要と考えられる。

## A. はじめに

水道に用いられている塗料については、そこから溶出する物質により給水栓水の水質に衛生上の支障が生じないように確保するため

「給水装置の構造及び材質の基準に関する省令」（平成9年厚生省令第14号）や「水道施設の技術的基準を定める省令」（平成12年厚生省令第15号）に基づく浸出等に関する基準に基づいて使用されている。さらに、全国の水道事業者等では、布設する水道管の選定には（社）日本水道協会における塗料の規格に従って評価し、使用塗料を採用している。

これらの浸出等の基準や規格が制定される以前に布設された水道管や建築物内の給水管は、現在の規格に適合しない塗料が使用されていたため、水道利用上の支障の発生等の問題の報告はないものの、これに起因する健康影響について整理しておく必要がある。しかしながら、これらの塗料使用の水道管は既に長期間が経過していることから、現時点で硬化した塗料からの化学物質の溶出はないものと考えられる。

最近の報道では、建築物内の給水管の更生工事において、規格に適合しない塗料が使用される等の不適正な施工があり、健康影響の懸念があるため、その実態を明らかにすべきとの指摘があり、水道に使用される塗料について一般の水道利用者の関心も高まっている。また、内閣府は平成17年11月1日及び11月16日に開催した「人体に影響のある化学物質に関する関係省庁連絡会議幹事会」において、厚生労働省や国土交通省のこれまでの対応状況についてヒアリングを行い、過去の対応に問題がなかったか、現状に問題がないかについて、早急に確認・検証すべきとの

指摘を行った。

これまで水道で用いられた塗料として使用された成分は種々であり、これらの中には多環芳香族炭化水素や芳香族ポリアミンなど、過去に、健康への影響を指摘された経緯がある物質もある。このため、本研究は、水道管や水道管の更生工事で使用されている塗料等の使用状況や、更生工事を行った給水用配管からの溶出実態を把握し、調査溶出成分の評価方法の検討及び溶出実態の評価を行った。

本研究では、

- I. 使用中の水道管における塗料等の成分、建築物内給水管の更生工事工法・使用塗料、使用状況等の情報収集
- II. 塗料成分の検査方法の確立と建築物内更生工事済みの水道管からの硬化剤の溶出実態の把握
- III. 評価のための毒性情報
- IV. 毒性情報と溶出実態からのリスク評価の4つの課題について研究し、これに応じた水質管理等の的確な対応の実施に資することを目的とした。

## B. 研究の実施方法

この研究を実施するにあたっては、（社）日本水道協会、国立医薬品食品衛生研究所、（財）ビル管理教育センター、その他関係機関の協力を仰ぎ、専門家による研究委員会を設置して遂行した。本研究は上記の4課題について計画を立案して実施した。

Iでは、1. 塗料等の使用状況および内面塗装の状況、2. 管更生工事の状況と測定手法および測定項目の設定を検討した。

IIでは、分析方法の確立と試料採取方法の策定並びに給水栓水中の化学物質の測定を行

った。

Ⅲでは、溶出化学物質を評価のための毒性情報を収集した。

Ⅳでは、溶出化学物質としてのMDAの溶出量とその給水栓水を引用した場合のリスク評価を行った。

## C. 研究結果及び考察

本研究では、それぞれの分担研究者が単独で研究するものではなく、それぞれ連携を図って遂行することとしたことから、研究プロジェクトとして一つにまとめて大きな柱の4課題として報告することとした。

### I. 使用中の水道管における塗料等の成分、建築物内給水管の更生工事工法・使用塗料、使用状況等の情報収集

#### 1. 塗料等の使用状況および内面塗装の状況

塗料等の使用状況は、建築物内の給水管の更生工事について、①建築物内の給水管の更生工事における塗料の使用状況及び更生工事で使用される塗料組成の確認、②建築物内更生工事施工業者の状況、③更生工事における施工状況の調査等を行った。また、水道管の内面塗装の状況については、①使用されている水道管の内面塗料の実態、②内面コーティングにおける使用塗料の割合、③塗料成分の実態、④施工状況を調査した。

#### 2. 建築物内の給水管の更生工事で使用される塗料・工法等に関する情報の整理

水道管の更生工事で使用されている塗料の成分及び硬化剤の成分を表-1に示した。管更生工事用に使用されている塗料は7種全てが、エポキシ樹脂塗料であった。また、塗料基材成分に着目すると、エポキシ樹脂92%程度が2種、同70~80%が5種であった。その他、顔料が2~19%、添加剤が1~10%であった。一方、エポキシ樹脂の硬化剤には、メーカーによって多くの種類の硬化剤が用いられていたが、その全てはアミン類の樹脂が用いられ、その種類は変性アミンアダクト樹脂、変性芳

香族ポリアミン、変性脂肪族ポリアミンおよびこれらに芳香族アミンエポキシアダクトが添加されたものが用いられていた。芳香族アミンアダクトのうち遊離の4,4'-メチレンジアニリン(MDA)は、3種の塗料に利用されていることが明らかとなった。

また、MDAを用いた塗料メーカー5社からの聞き取り調査した結果、以下のものであった。

- ① 塗料等の製造は、自ら行っているもの(配合)と、大手塗料メーカーや化学薬品メーカーとの提携(OEM)によるものがあつた。
- ② 4,4'-メチレンジアニリンの使用目的は、いずれも硬化時間を短縮させる措置として用いられていた。
- ③ 塗料等の安全性については、試験片による溶出試験などにより実施した。

#### 3. 内面塗装の工法

管の更生方法は、主に塗料の種類ごとに決められていた。いずれも概ね、①管内の研磨(サビの除去) ②洗浄 ③塗布 ④乾燥の工程で行われている。更生工事は使用中の建築物で行われることから、短期間で確実な効果を挙げるため各工程ごとに工法の特徴があつた。

管更生の工法を表-2に示した。それぞれの塗料メーカーについて合わせて9種の工法が用いられていることが確認された。このうち、MDAを用いる工法は、3種が認められた。したがって、管更生工事建築物の実態調査を実施するにあたっては、これらのMDA使用塗料の工法を対象とすることとした。

#### 4. 管更生工事の状況と測定手法および測定項目の設定

水道管の更生工事で使用されている塗料の種類、施工法及び成分は表-2により7種類が使用されていることが明らかになったが、このうちアミン類については、MDAが、3種類の塗料の硬化剤に含まれていた。このため、

調査対象となる成分を含む塗料（現在の基準・規格が制定される前のもの）が使用されている水道管や、給水配管の更生工事が施工された建築物の調査を各塗料メーカーの協力を得て実施し施工建築物を把握した。

## II. 塗料成分の検査方法の確立と建築物内更生工事済みの水道管からの硬化剤の溶出実態の把握

給水配管更生工事が施工された建築物内給水栓水の各項目の測定にあたって、分析方法の確立と試料採取方法の策定並びに給水栓水中の化学物質の測定を行った。

### 1. 溶出実態調査

#### 1. 1. 試料採取場所の選定

調査対象となる成分を含む塗料（現在の基準・規格が制定される前のもの）が使用されている水道管や、給水配管の更生工事が施工された建築物を把握し、塗料成分等の溶出が想定され、使用塗料や工法の異なる代表的な管路・建築物 10～15 地点程度において、実態調査を行うこととした。

#### 1. 2. 調査場所および採取箇所

塗料の溶出実態については、塗料の種類、水道管の更生工事の日時等の使用状況に係る調査から着手した。その上で最近（主に平成

16,17 年度）給水管の更生工事を実施した東京都内における施工箇所の中から、塗料、硬化剤及び工法を考慮し、MDA を含む 4 系列の塗料等については系列ごとに 5～9 箇所、計 8 系列 34 箇所を調査対象とした。またその内、東京都の配水系統を考慮し、MDA を含まない 4 系列は系列ごとに 1～2 箇所、10 箇所の建築物受水槽前における水を対照水とした。

### 1. 3. 試料の採取

設定した日時に各対象建築物で採水等を行った。

### 1. 4. 試料の採取方法と保存

給水配管更生工事が施工された建築物内給水栓水から、開栓後 5 分間流水した後、5L を採取し、測定機関に運搬し冷暗所に保存した。

### 1. 5. 実態調査項目

調査項目は、MDA 及びその塩素化物、並びにアミン類（総アミン）とし、表-3 に示す方法で行った。

なお、MDA については 0.0002mg/L まで定量可能であったため、結果にはこの値で記した。

表-3 調査項目及び調査方法

項目	出典方法	出典に示される定量下限値
4,4'-メチレンジア ニリン (MDA)	上水試験方法追補版 固相抽出・誘導体化・GC/MS法	<b>0.0005mg/L</b>
MDA塩素化物	上水試験方法追補版 MDAの [参考2] に示される方法	<b>0.005mg/L以上</b> ただし、MDA塩素化物は種々存在するので、MDA塩素化物の一部分について定性定量を行う。
アミン類 (トリエチレンテ トラミンとして)	健水発第0209001号:別紙方法4 または、JWWA Z 110:2004 水道用資機材・浸出液の分析法・付属書22に示される方法	<b>0.01mg/L</b>

## 1. 6. MDA 分析方法の確立

MDA の分析方法は、エポキシ塗料を通して水を採水し、これを固相カラムに吸着させた後ジクロロメタンで溶出させた。溶出液には N-メチルビストリフルオロアセトアミドを加えて誘導体化し、さらに濃縮した後、ガスクロマトグラフ質量分析装置によって定量した。

## 1. 7. 測定機関

各測定項目の分析は、(財)千葉県薬剤師会検査センターで実施した。管更生工事済みの建築物内給水管路を経由した給水栓水について、MDA、MDA 塩素化物およびアミン類について分析した。

## 2. 4,4-メチレンジアニリン(MDA)の分析法

### 2. 1. 試料の採取及び保存

試料水は、アスコルビン酸ナトリウムを1L当たり10mg~20mg 添加して残留塩素を除去し、精製水で洗浄した後アセトンで洗浄して乾燥したガラス瓶に泡立えないように静かに採取し、満水にして密栓し、分析機関に冷蔵状態で搬送した。受け取り後、直ちに試験を行った。直ちに試験できないときは、冷暗所に保存し、速やかに試験を行った。

### 2. 2. 試験操作

#### (1) MDA試験操作

固相カラム（疎水性官能基と親水性官能基を持つコンビネーションポリマー・InertSep mini RP-1 (GLサイエンス社製)）にジクロロメタン（残留農薬試験用）5ml、メチルアルコール（残留農薬試験用）5ml及び精製水5mlを順次穏やかに加圧注入し、コンディショニングした。試料水500mlに水酸化ナトリウム溶液(0.4mol/L)を加えてpH11に調製した。コンディショニングした固相カラムに加圧により流量20ml/分で流下させた後、2000 Gで10分遠心分離した後、窒素パージを30分行い、固相カラム中の水分を除去した。次い

で、固相カラムにジクロロメタン4mlを緩やかに流下させて吸着物質を溶出させた。溶出液は、窒素ガスを緩やかに吹き付けて1ml程度に濃縮し、N-メチルビストリフルオロアセトアミド50 $\mu$ lを加え、室温で30分間静置した。静置後、窒素ガスを緩やかに吹き付けて0.4ml程度に濃縮し、これに内部標準液として0.01mg/mL p-ターフェニル-d<sub>4</sub> 5 $\mu$ lを正確に加えた。さらに、ジクロロメタンを加えて正確に1.0mLとし、これを検液とした。検液1 $\mu$ Lをガスクロマトグラフ質量分析計に注入し、SIM法を用いて、MDA誘導体は測定質量数390、293、p-ターフェニル-d<sub>4</sub> は測定質量数224、のフラグメントイオンをモニターした。保持時間が標準物質と一致することを確認し、MDAの保持時間に相当する位置のピーク面積と内部標準物質のピーク面積との比を求めた。MDA標準液を用い、上記と同一の操作によりMDAのピーク面積と内部標準物質のピーク面積との比を求めて、検量線を求めた。検液のピーク面積の比を、検量線に照らして検液中のMDAの濃度を求めた。

—ガスクロマトグラフ質量分析計—

- ・装置：QP-2010 GC/MSシステム  
(島津製作所製)
- ・分離カラム：内径0.25mm、長さ30m、  
i.d.0.25mm
- ・分離カラムの温度：60 $^{\circ}$ C(2分) $\rightarrow$ (15 $^{\circ}$ C  
/分) $\rightarrow$ 280 $^{\circ}$ C(5分)

#### (2) MDA塩素暴露生成物試験操作

MDA標準物質の0.005、0.01、0.02、0.05、0.1、0.2、0.5mg/L段階濃度系列の水溶液を各々500mL作製し、遊離残留塩素濃度を出来る限り試料水と同じになるように次亜塩素酸を添加した。30分間室温で放置後、アスコルビン酸ナトリウムを加えて遊離残留塩素を除去した。

固相カラム（疎水性官能基と親水性官能基を持つコンビネーションポリマー・InertSep

mini RP-1 (GLサイエンス社製) にジクロロメタン (残留農薬試験用) 5ml、メチルアルコール (残留農薬試験用) 5ml及び精製水 5mlを順次穏やかに加圧注入し、コンディショニングした。試料水500mlに塩酸溶液 (1.0mol/L)を加えてpH4に調製した。コンディショニングした固相カラムに加圧により流量20ml/分で流下させた後、30分間吸引して2000Gで10分遠心した後、窒素パーズを30分行き、固相カラム中の水分を除去した。次いで、固相カラムにジクロロメタン8mlを試料液を流下させた方向と逆方向から緩やかに流下させて吸着物質を溶出した。溶出液は、窒素ガスを緩やかに吹き付けて1ml程度に濃縮し、これに内部標準混合液 (ナフタレン-d<sub>8</sub>・アセナフテン-d<sub>10</sub>・アントラセン-d<sub>10</sub>・p-ターフェニル-d<sub>14</sub>、各0.01mg/mL) 5μlを正確に加えた。さらに、ジクロロメタンを加えて正確に1.0mLとし、これを検液とした。検液1μL ~2μLをガスクロマトグラフ質量分析計に注入し、SIM法を用いて、フラグメントイオンをモニターした。

測定質量数は、次亜塩素酸を加えた精製水または、水道水にMDAを添加し上記の操作を行った後、TIC法を用いて定量性のある測定質量数をあらかじめ選択した。

MDA塩素暴露生成物の保持時間に相当する位置のピーク面積と内部標準物質のピーク面積、との比を求めた。MDA塩素暴露生成物を用い、SIM法を用いてMDA塩素暴露生成物のピーク面積と内部標準物質のピーク面積との比を求めて、検量線を求めた。検液のピーク面積の比を、検量線に照らして検液中のMDAの濃度を求めた。

### 3. 実態調査結果

実態調査の全結果を表-4. 1及び4. 2に示した。本調査で対象とした給水管更生工事施工箇所では、MDA、MDA塩素化物及びアミン類 (脂肪族アミンおよび他の芳香族アミンを総量として測定できる) について、いずれも検出した事例は無かった。また、MDA

を硬化剤と使用していなかった給水栓水である対照とした建築物受水槽前における水道水においても調査したが検出事例は無かった。

以上のことから、適切な塗料及び適切な工法で実施された管更生工事においてはMDA等の溶出は見られないことが確認された。

## Ⅲ. 評価のための毒性情報

管更生工事における溶出化学物質を評価するため、健康影響上問題となる可能性の高いMDAについて既往の毒性情報から健康影響について評価を行った。また、種々の項目の測定結果と毒性情報とからそのリスク評価について検討した。

### 1. MDAの毒性情報

MDAはOECDの高生産量化学物質プログラム (HPV Chemicals Program) で初期評価がなされている。

急性毒性としては中程度でありラットへの経口摂取のLD<sub>50</sub>は350-450mg/kgであり、主要標的器官は肝臓と腎臓である。ウサギの皮膚への弱い刺激性と目に対する中程度の刺激性を示し、ヒト皮膚では感作性物質であることが知られている。非発がん影響に関しては、ラットの亜慢性試験の結果よりLOAELとして7.5 mg/kg/dayが得られている。この値は慢性試験におけるLOAEL : 9 mg/kg/dayと同じ程度であった。両試験ではNOAELは得られていない。MDAはin vitro 及びin vivoで突然変異を引き起こし、ラットとマウスに対する長期経口投与試験では肝臓と甲状腺に腫瘍を引き起こす。しかし、ヒトに対する疫学データ等からは明らかに発がん性をしめす証拠は得られていない。IARCでは、Group 2B (ヒトに対して発がん性が有るかもしれない) に分類されている。MDAによる発がんメカニズムに関しては明らかでない。遺伝毒性試験の結果や肝臓組織障害や甲状腺刺激による催腫瘍メカニズムであるという証拠もないことから、遺伝毒性に基づく発がん性である可能性を排除できない。



## 2. MDAの毒性評価

国際機関等におけるTDI等を設定した評価文章は存在しないが、平成16年の環境省環境保健部環境リスク評価室による「化学物質の環境リスク評価」における、MDAの評価においては、ラットの中・長期毒性試験から得られたLOAEL 7.5 mg/kg/dayを採用し、LOAEL であることと短期試験期間であることより $10 \times 10 (=100)$  で除した0.075 mg/kg/day を経口投与における暫定無毒性量（暫定NOAEL）に設定すると評価されている。一方、OECDの評価では発がん影響に関しては、T25値（6.2 mg/kg/day）をMOE（Margin of exposure）の算出に使用している（T25：腫瘍発現頻度を25%増加させる用量）。

## IV. 溶出試験結果からのリスク評価

上記のT25値に関しては、最近（2005年10月）のEFSA（European Food Safety Authority）のScientific CommitteeによるOpinionとして、遺伝毒性発がん物質リスクアセスメントのハーモナイズアプローチとしてベンチマーク（BMDL<sub>10</sub>：10%腫瘍発現増加の95%信頼下限値）導出が適切でないときに代替として使用することが提唱されている。BMDL<sub>10</sub>に対してのMOEが、10,000以上であるときには健康影響に関する懸念が小さいとされているが、T25値に関しては基準となるMOEは示されていない。BMDL<sub>10</sub>における評価の類推からすれば、T25値に対するMOEとして25,000という値は、上記と同程度に小さい健康影響的懸念であると思われる。但し、BMDL<sub>10</sub>を用いた場合より不確実性は大きくなると考えられる。因みに、IIの実態調査によって測定された値は全て不検出であったことから、その定量下限値0.005mg/Lを基に、溶出濃度が5 µg/Lである場合、ヒトの体重（50 kg）と摂水量（2 L）で換算すると1日体重あたり摂取量は0.2 µg/kg/dayとなり、T25値に対するMOEは、6200 (µg/kg/day) ÷

0.2(µg/kg/day)=36000と計算される。実際にはIIによる全調査から不検出であったことから、MDAによる健康影響はほとんど無いことが推定され、MDAを使用したこれら更生工事済給水管からの給水栓水では、安全性が十分確保されているものと考えられた。

## D. 結論

本研究では、I. 現在使用中の水道管の塗料等の成分や、建築物内の給水管の更生工事で使用される工法・塗料等に関する情報収集を行い、II. 塗料成分の検査方法を確立し水道管からの溶出実態を把握するとともに、III. その毒性情報を収集し、無毒性量あるいは発がん等反応の増加させる可能性量の評価値を算出し、IV. 上記評価値と溶出実態を基にリスク評価を行うことにより、塗料等に起因する水質の評価手法を提案することとした。

Iにおける建築物内の給水管の更生工事で使用される工法・塗料等に関する情報収集では、塗料の種類として7種の製品が使用され、これらの塗料のうち、健康影響の観点から問題となるMDAを使っているものは3つの工法のみであった。また、塗料の調整に使用する成分には問題となる成分は含まれていないものと考えられた。IIにおいては、MDAの分析方法を0.0005mg/Lまで検出できる確立した。上記のMDA分析方法を用いて、30箇所に及ぶ施工済みの建築物の給水栓水を採水し測定を実施した。その結果、調査した施工済塗装給水管から溶出されるMDAは全ての給水栓水で不検出であり、0.0005mg/L未満であることが明らかとなった。IIIにおいては、現在の段階での毒性情報によると、LOAELは7.5mg/kg/day、NOAELは0.075mg/kg/dayとの報告があった。またIARCのモノグラフによる発がん性の評価は2Bとされた。一方、OECDではT25値（腫瘍発現頻度を25%増加させる用量）を6.2mg/kg/dayと設定している。この値を踏まえてIVにおいては、水道水での安全性についての考え方を整理し、測定結果を踏まえてリスク評価を行った。その結

果、現段階で収集された情報では、Ⅱによる全調査から不検出であったことから、最大の溶出濃度が5 µg/Lであるとした場合、ヒトの体重(50 kg)と摂水量(2 L)で換算すると1日体重あたり摂取量は0.2 µg/kg/dayとなり、T25値に対するMOEは、 $6200 (\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}) \div 0.2(\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day})=36000$ であった。以上のことから、実際にMDAを含有していた更生工事済給水管から供給された給水を飲用しても安全性は十分に確保されているものと考え

られた。

なお、更生工事を行った給水配管の安全性の確保のためには、塗料成分等の安全性の確保とともに、それぞれの現場の配管構造等の条件に応じた、適切な施工を徹底することが必要である。このため、今後とも、安全性について配慮した、塗料成分等の施工方法の研究開発が重要と考えられる。

表一1 塗料の種類及び成分等一覽表

塗料名	塗料基剤成分	硬化剤名	硬化剤成分	(%)	工法	実績(件数)	備考				
ライニングコート3000	液状エポキシ樹脂	M-3	変性アミンアタクト樹脂	43.3	A・S	H16: 130 H17: 86	MDAを含む				
	顔料(酸化チタン)		56.0								
	添加剤(シリカ)		0.7								
アルプライナー		M-12	変性アミンアタクト樹脂	44.0	A・S	H16: 33 H17: 10	MDAを含む				
			顔料(ベンガラ・タルク)	55.5							
		添加剤(シリカ)	0.5								
		変性芳香族ポリアミン	80.0								
		4,4'-メチレンジアニリンエポキシアタクト	19.0								
DBコート		硬化剤	顔料(ワタロニアニプル・硫酸バリウム)	19.0	NPL	H16: 15 H17: 10	MDAを含む				
			外止め剤(ケイ酸マグネシウム)	1.0							
		硬化剤	変性脂肪族ポリアミン	70.3	WL	不明					
			ポリオキシプロピレンアミンエポキシアタクト								
			m-キシリレンジアミンエポキシアタクト								
			顔料(ワタロニアニプル・硫酸バリウム・ケイ酸マグネシウム)								
		外止め剤(微粉シリカ)	2.4								
	パイプコート135	エポキシ樹脂	硬化剤	脂肪族ポリアミン				80.0	KPL	H16: 2 H17: 1	
		顔料(酸化チタン・タルク)		5.0							
		外止め剤(炭酸カルシウム)		5.0							
		10.0									
		2.4									
NRK T1211	エポキシ樹脂(ビスフェノール型)	硬化剤	変性脂肪族ポリアミン	52.6	NRK II	H16: 6 H17: 3					
	顔料(二酸化チタン・炭酸カルシウム等)		24.4								
	添加剤(コロイドシリカ等)		3.1								
			0.6								
ASLライナーII	ビスフェノールF型エポキシ樹脂	硬化剤	変性脂肪族ポリアミン	62.0	ASL II	H16: 6 H17: 1					
	顔料(酸化チタン)		2.0								
	チクソ剤(ヒュームトシリカ)		5.0								
	充填剤(クレイ)		5.0								
	希釈剤(高級アルコール類変性エポキシ)		16.0								
			29.0								
エポライナー2000	エポキシ樹脂	エポライナー2000 硬化剤	顔料(ベンガラ・タルク)	54.1	NT	不明					
	顔料(酸化チタン)		43.7								
	添加剤(シリカ)		2.2								
			2.2								

表-2 管更生工事方法の概要

工法の通称	工 法 の 特 長
A・S	軟式(水を使用せず)、天然石の研磨材使用で管内をブラスト、管を傷めることなく完璧な研磨、気液環状流によるライニング。安全確実、経済的工法。
NPC	乾燥エアと各種研磨材で錆を除去し、水洗・乾燥後、高速空気流で連続的に塗料をライニングする。
KPL	管の劣化状況を診断し、錆の質・量に応じた研磨剤で、管内の錆を除去。管内を水洗乾燥後、確実な施工を信条に塗料をライニングする。
NSK	昇温型空気除湿器を用い、乾燥高温空気です錆の研磨を容易にし、乾燥空気を用い、最適な温度で塗装出来る全天候型経済的工法。
ASL II	管内の錆を往復研磨で除去した後、内面に厚膜で均一な塗膜を形成できる工法で、異径管用ピグと、環境に配慮した樹脂を開発し温水硬化促進により、即日給水ができる1日工法である。他に15A～450Aまで施工可能なPIPS工法がある。
WL	二方向・二回ライニング。研磨後、スーパースボールを通過させ管内清掃・管内異常の有無確認。ライニング後、ボールを通過させ、塗膜厚の均一化、管閉塞防止。
NT	高圧、高速気流中に投入した研磨材による2方向乾式研磨。ライニングは、高圧高速気流による2回塗りにより塗膜の均一化、ピンホールの防止。管分岐部への塗料の到達を圧力検知装置で検知、塗り残し防止。
NPL	サンドブラストによる研磨を二方向から行い、高圧水により管内を洗浄。脈動空気流を用いた連続塗装を二回行う。
NRK	昇温型空気除湿器を用いて正逆二方向研磨。研磨後の管内清掃はスーパードライエアー(乾式)で実施、ライニングも同様に正逆二回塗布

表-4.1 実態調査結果 (塗料等)

番号	採水箇所	塗料名	硬化剤名 (*: MDA使用)	工法名	MDA	MDA塩素化物	アミン類	遊離残留塩素	水温	施工年月
1	府中市	ASLライイナ-Ⅱ	ASLライイナ-Ⅱ用硬化剤	ASLⅡ	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.3	17.6	H17.5
2	台東区	ASLライイナ-Ⅱ	ASLライイナ-Ⅱ用硬化剤	PIPS	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	12.9	H16.3
3	渋谷区	NRK T1211	NRK T1211用硬化剤	NRK	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	15.8	H17.7
4	大田区	NRK T1211	NRK T1211用硬化剤	NRK	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	12.5	H16.9
5	江戸川区	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPC	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	13.0	H17.11
6	葛飾区	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPC	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	12.0	H17.4
7	台東区	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPC	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	11.6	H17.3
8	中野区	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPC	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	12.5	H17.2
9	目黒区	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPC	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	14.8	H16.7
10	足立区	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPC	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	13.1	H16.2
11	昭島市	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPC	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.3	15.8	H16.10
12	北区	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPL	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	12.6	H17.12
13	品川区	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPL	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	13.7	H17.11
14	江東区	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPL	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.5	14.0	H17.9
15	中央区	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPL	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.3	22.9	H16.8
16	港区	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPL	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	14.7	H16.3
17	町田市	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPL	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	15.4	H17.1
18	武蔵野市	アルプライイナ-	* アルプライイナ-用硬化剤	NPL	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	16.0	H16.11
19	港区	パイブコート135	パイブコート135用硬化剤	KPL	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	13.0	H17.5
20	世田谷区	パイブコート135	パイブコート135用硬化剤	KPL	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	12.3	H15.9
21	日野市	ライニングコート3000基材	* M-12 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	16.6	H17.11
22	墨田区	ライニングコート3000基材	* M-12, M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	14.2	H17.11
23	港区	ライニングコート3000基材	* M-12, M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	20.6	H17.10
24	世田谷区	ライニングコート3000基材	* M-12, M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	15.5	H16.9
25	杉並区	ライニングコート3000基材	* M-12, M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	15.0	H16.6
26	渋谷区	ライニングコート3000基材	* M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	20.6	H17.10
27	練馬区	ライニングコート3000基材	* M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	14.8	H17.6
28	豊島区	ライニングコート3000基材	* M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	13.9	H17.5
29	大田区	ライニングコート3000基材	* M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.6	18.1	H17.3
30	板橋区	ライニングコート3000基材	* M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	17.2	H17.1
31	荒川区	ライニングコート3000基材	* M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	13.0	H16.11
32	新宿区	ライニングコート3000基材	* M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	15.9	H16.8
33	国分寺市	ライニングコート3000基材	* M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.3	15.8	H16.10
34	目黒区	ライニングコート3000基材	* M-3 硬化剤	A・S	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	18.4	H17.6

表-4. 2 実態調査結果(対照水)

番号	採水箇所	給水系統 (浄水場名: 数値は%)	MDA	MDA 塩素化物	アミン類	遊離残留塩素	水温	施工年月
3	渋谷区	三郷 42、朝霞 41、東村山 11、他	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	13.4	---
7	台東区	金町(5配) 100	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	10.0	---
11	昭島市	昭島市地区水 100	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.3	12.9	---
12	北区	金町(4配) 100	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	12.4	---
13	品川区	朝霞 60、長沢 30、三郷 10	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	14.5	---
16	港区	三郷 42 朝霞 41、東村山 11、他	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	13.2	---
17	町田市	原町田 100	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	15.0	---
22	墨田区	金町(3配) 100	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.4	13.4	---
25	杉並区	三郷 89、三園 11	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.7	13.8	---
33	国分寺市	東恋ヶ窪 60、東村山 40	<0.0002 mg/L	<0.005 mg/L	<0.01 mg/L	0.3	14.6	---

