

## 鉛の基準強化対応のための測定の在り方、水道用鉛含有資機材等に関する検討

### 1. 目的

鉛の水質基準強化のための測定方法の在り方や、鉛を利用している水道用資機材からの鉛溶出および鉛の溶出防止技術について調査検討を行う。

実際に使用されていた鉛製給水管を用いて、給水装置のモデル配管装置を作り、滞留水中と流水中における鉛濃度と滞留時間、管口径、管延長、流量との関係や鉛の溶出形態等の調査を高水温期に行う。また、給水装置のモデルを使用して、繰り返しサンプリングによる鉛濃度の変動率を調査する。

更に、給水装置のモデルを用いて、短時間の滞留時間である5、15、30、60分で、鉛の溶出濃度及びサンプリングによる鉛濃度のバラツキについて調査する。

上記で得られた調査結果を検討し、滞留時間15分と30分について、水道利用者の給水栓（蛇口）における鉛濃度の調査を採水量5Lとして行う。

給水栓水の鉛濃度検査のための採水の具体的方法に関する比較を行い、試料採取方法案を提示する。

### 2. 方法

#### 2. 1. 給水装置モデルの設置

##### 1) 鉛製給水管の収集

給水装置モデルに使用した管は、水道メータ上流側の布設替え工事に伴って掘り出された鉛製給水管を用いた。管の口径は、13mm及び20mmの2種類である。管の被膜を保護するため、工事現場で1m程度に切断し、鉛製給水管収集水槽に浸して実験場所に搬入した。

##### 2) 切断面の処理

切断面からの鉛溶出を防止するため、エポキシ樹脂を塗装した。

##### 3) 鉛製給水管の接続

鉛製給水管の接続には、ユニオン継手を使用した。

##### 4) アングルの設置

管延長20mで6系列(口径13mm3系列、20mm3系列)が設置できるアングルを設置した。

##### 5) 試料採取用バルブの取り付け

管延長1、3、5、10及び20mで採水できるように、試料採取用バルブを取り付けた。

##### 6) フローメータと積算流量計の取り付け

流量コントロールのためのフローメータを、総流量を測定するために積算流量計を、それぞれ取り付けた。

##### 7) 通水時間測定用タイマーの取り付け

家庭での使用状況を再現できるように、6系列全てに通水時間設定用タイマーを取り付けた。

##### 8) pH調整装置の設置

pH調整による鉛溶出低減効果の調査で、pH値を調整した供給水を作成するため、苛性ソーダの注入ポンプとpH調整装置を設置した。

##### 9) 養生

給水装置モデルが完成した系から毎日連続通水で、毎分5Lの流量で養生を開始した。pH調整(pH値7.5)による養生も行った。

その後、全ての系において、1日6回15～30分間開栓するタイマー運転とし、各系に1日600L通水し養生した。

## 2. 2. 高水温期における滞留水と流水中の鉛濃度調査

前年度に行った低水温期と比較するため、高水温期における滞留水、流水中の溶出鉛濃度について調査した。また、pH調整による鉛溶出低減効果についても調査した。

滞留水中の鉛濃度調査として、条件を変えて鉛製給水管中に水道水を滞留させた場合の鉛濃度を調査した。鉛濃度はフレイムレス原子吸光光度法で測定した。

### 1) 滞留水中の鉛濃度調査

試料は、管内容量の5倍量を流出させた後、鉛製給水管内に一定時間封入した水とした。滞留時間等の条件は以下のとおりである。

- (1) 滞留時間：0.5、1、2、4、6、8、16及び24時間
- (2) 管口径：13及び20mm
- (3) 管延長：1、2、5、10及び20m

### 2) 流水中の鉛濃度調査

管延長、流量等の違いによる流水中の鉛濃度を調査した。

試料は、管内容量の5倍量を流出させた後、設定流量で採水した。流量等の条件は以下のとおりである

- (1) 管延長：5、10及び20m
- (2) 流量：2、5、10、20及び30L/分
- (3) 管口径：13及び20mm

### 3) 鉛の溶出形態調査

滞留水中の鉛濃度調査において、滞留水試料を径の異なるメンブランフィルター(以下MF)でろ過し、溶出した鉛の形態について調査した。MFの径は0.45、0.2及び0.1 $\mu$ mである。

### 4) pH調整による鉛溶出低減効果

鉛製給水管からの鉛溶出について、水道水に苛性ソーダを添加しpH値を7.5程度にした場合の鉛溶出低減効果について調査を行った。

#### (1) 滞留水中の鉛濃度

水道水のpHを7.5程度に調整した場合、pHを調整しないときと比較して滞留水中の鉛濃度がどの程度変化するかを調査した。

試料は、管内容量の5倍量を流出させた後、鉛製給水管内に一定時間封入した水とした。滞留時間等の条件は、以下のとおりである。

- i) 滞留時間：0.5、1、2、4、6、8、16及び24時間
- ii) 管口径：13及び20mm
- iii) 管延長：1、2、5、10及び20m

#### (2) 流水中の鉛濃度

水道水のpHを7.5程度に調整することで、流水中の鉛濃度がどの程度変化するか調査した。

試料は、管内容量の5倍量を流出させた後、設定流量で採水した。設定条件は、以下のとおりである。

- i) 管延長：5、10及び20m
- ii) 流量：2、5、10、20及び30L/分
- iii) 管口径：13及び20mm

### 2. 3. 繰り返しサンプリングによる鉛濃度の変動率調査

サンプリングによる試料水中の鉛濃度のバラツキを把握するため、次に示す条件で5回繰り返し変動率を求めた。

- 1) 鉛管口径と延長：内径13mm、5m
- 2) 滞留時間：1、6、24時間
- 3) 通水流量：10L/分
- 4) 供給水：水道水及びpH調整の水道水
- 5) 採水量：5L

### 2. 4. 短時間滞留による溶出鉛濃度の調査

60分以下の滞留水について、鉛の溶出及びサンプリングによる鉛濃度のバラツキについて調査した。

- 1) 鉛管口径と延長：内径13mm、10m
- 2) 供給水：水道水
- 3) 通水流量：5L/分
- 4) 滞留時間：5、15、30及び60分

### 2. 5. 水道利用者の給水栓における鉛濃度の調査

2. 4. で行った調査結果を基に、滞留時間15分と30分について、水道利用者の給水栓（蛇口）における鉛濃度を、採水量5Lとして行った。

### 2. 6. 鉛濃度把握のための試料採取方法

給水栓水の鉛濃度検査のためのいくつかの試料採取方法につき、すでに得られている科学的知見に基づき比較評価した。

## 3. 結果と考察

### 3. 1. 滞留水中の鉛濃度調査

口径ごとの結果を表-1（φ13mm）、表-2（φ20mm）に示す。

表-1 滞留水中の鉛濃度（φ13mm） (mg/L)

滞留時間	管延長 1 m			管延長 2 m			管延長 5 m		
	1系	2系	平均	1系	2系	平均	1系	2系	平均
0.5	0.011	0.024	0.018	0.022	0.026	0.024	0.035	0.026	0.031
1	0.017	0.036	0.027	0.032	0.041	0.037	0.051	0.030	0.041
2	0.019	0.071	0.045	0.079	0.094	0.087	0.071	0.053	0.062
4	0.025	0.10	0.063	0.117	0.12	0.115	0.095	0.069	0.082
6	0.041	0.15	0.096	0.13	0.14	0.135	0.092	0.097	0.095
8	0.022	0.037	0.030	0.029	0.091	0.060	0.11	0.092	0.101
16	0.036	0.14	0.030	0.11	0.14	0.125	0.12	0.11	0.115
24	0.052	0.16	0.106	0.13	0.19	0.160	0.14	0.14	0.140

(表-1 つづき)

滞留時間	管延長10m			管延長20m		
	1系	2系	平均	1系	2系	平均
0.5	0.043	0.033	0.038	0.091	0.10	0.096
1	0.045	0.033	0.039	0.11	0.099	0.105
2	0.070	0.061	0.066	0.13	0.11	0.120
4	0.087	0.091	0.089	0.15	0.13	0.140
6	0.15	0.12	0.135	0.14	0.13	0.135
8	0.11	0.075	0.093	0.12	0.11	0.115
16	0.12	0.12	0.120	0.14	0.13	0.135
24	0.13	0.13	0.130	0.15	0.15	0.150

表-2 滞留水中の鉛濃度(φ20mm)

(mg/L)

滞留時間	管延長1m			管延長2m			管延長5m		
	1系	2系	平均	1系	2系	平均	1系	2系	平均
0.5	0.091	0.038	0.065	0.072	0.11	0.091	0.099	0.084	0.092
1	0.12	0.054	0.087	0.080	0.13	0.105	0.094	0.079	0.087
2	0.19	0.087	0.139	0.13	0.17	0.150	0.15	0.10	0.125
4	0.24	0.11	0.175	0.14	0.14	0.140	0.16	0.12	0.140
6	0.24	0.11	0.175	0.13	0.18	0.155	0.16	0.12	0.140
8	0.21	0.074	0.142	0.18	0.098	0.139	0.13	0.13	0.130
16	0.24	0.11	0.175	0.14	0.19	0.165	0.19	0.13	0.160
24	0.29	0.13	0.210	0.16	0.17	0.165	0.17	0.14	0.155

滞留時間	管延長10m			管延長20m		
	1系	2系	平均	1系	2系	平均
0.5	0.082	0.076	0.079	0.059	0.098	0.079
1	0.11	0.088	0.099	0.072	0.12	0.096
2	0.13	0.11	0.12	0.10	0.13	0.115
4	0.17	0.13	0.15	0.13	0.15	0.140
6	0.16	0.14	0.15	0.18	0.17	0.175
8	0.16	0.15	0.155	0.13	0.13	0.130
16	0.16	0.13	0.145	0.17	0.14	0.155
24	0.17	0.14	0.155	0.19	0.15	0.170

表-1、表-2の平均値を図-1 (φ13mm)、図-2 (φ20mm) に示す。

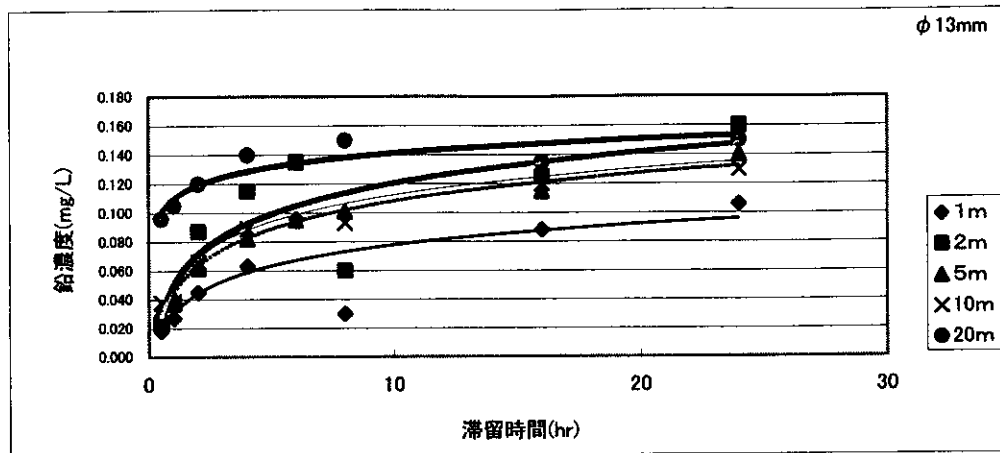


図-1 鉛濃度と滞留時間、管延長との関係 (φ13mm)

管口径13mmの場合の近似曲線 (対数近似) の回帰式を以下に示す。

管延長	回帰式	相関係数 (R <sup>2</sup> )
1 m	$y = 0.0207\text{Ln}(x) + 0.0301$	0.6543
2 m	$y = 0.0307\text{Ln}(x) + 0.0499$	0.7023
5 m	$y = 0.0276\text{Ln}(x) + 0.0447$	0.9849
10m	$y = 0.0263\text{Ln}(x) + 0.0519$	0.8332
20m	$y = 0.0137\text{Ln}(x) + 0.1097$	0.8299

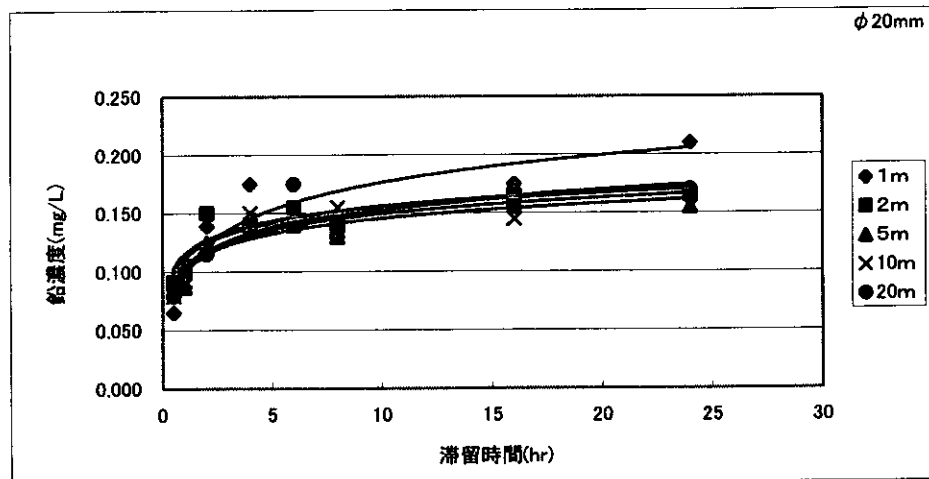


図-2 鉛濃度と滞留時間、管延長との関係 (φ20mm)

管口径20mmの場合の近似曲線 (対数近似) の回帰式を以下に示す。

管延長	回帰式	相関係数 (R <sup>2</sup> )
1 m	$y = 0.0335\text{Ln}(x) + 0.0991$	0.8393
2 m	$y = 0.0183\text{Ln}(x) + 0.1131$	0.8046
5 m	$y = 0.0186\text{Ln}(x) + 0.1025$	0.8614
10m	$y = 0.0197\text{Ln}(x) + 0.1040$	0.8235
20m	$y = 0.0231\text{Ln}(x) + 0.1001$	0.8003

滞留時間が同じであれば、管延長にかかわらず滞留水中の鉛濃度は同じになることが想定される。しかし、鉛濃度の各分析値の近似曲線を求めて管延長別の鉛濃度を比較すると、管延長が長いほど鉛濃度は高くなる傾向が見られた。このような結果となったのは、管内に水を封入する際及び試料を採水する際にも管壁から鉛が溶出し、管延長が長いほど鉛濃度が高くなるためであると考えられる。

次に、管延長20mでの鉛濃度と滞留時間との関係を図-3に示す。

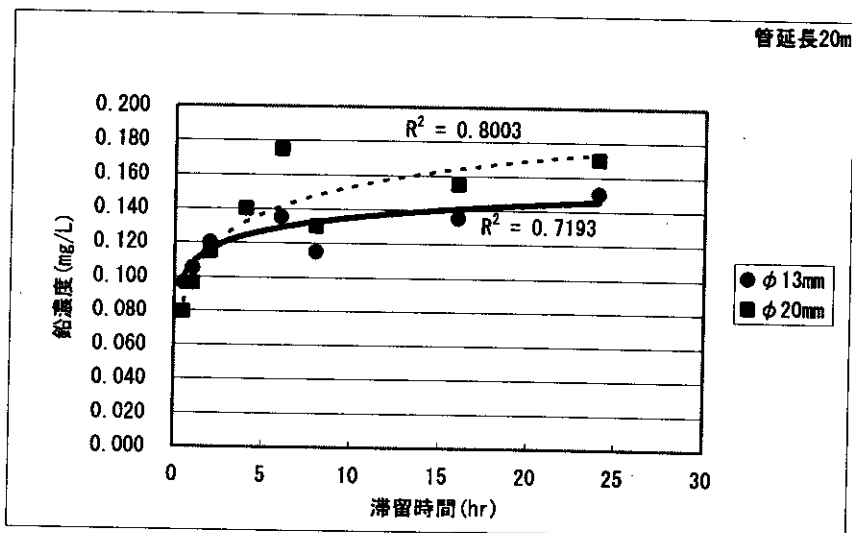


図-3 鉛濃度と滞留時間との関係

管延長20mでの鉛濃度と滞留時間との関係では、30分の滞留時間で口径13mmが0.096mg/L、口径20mmが0.079mg/Lであり、1時間でそれぞれ0.105mg/L、0.096mg/Lとなり、滞留時間初期の段階で鉛の溶出が認められ、その後は緩やかな上昇であった。管延長が同じであれば、管内水量と管壁との接触比から考えると、小口径の方が鉛濃度は高くなることが想定されるが、口径20mmの方が高い傾向であった。

### 3. 2. 流水中の鉛濃度調査

口径ごとの結果を表-3 (φ13mm)、表-4 (φ20mm) に示す。

表-3 流水中の鉛濃度 (φ13mm)

流量	管延長5m			管延長10m			管延長20m		
	1系	2系	平均	1系	2系	平均	1系	2系	平均
2	0.009	0.008	0.009 (0.0018)	0.016	0.015	0.016 (0.0016)	0.027	0.031	0.029 (0.0015)
5	0.005	0.005	0.005 (0.0010)	0.012	0.010	0.011 (0.0011)	0.022	0.021	0.022 (0.0011)
10	0.004	0.003	0.004 (0.0008)	0.008	0.008	0.008 (0.0008)	0.020	0.022	0.021 (0.0011)
20	0.004	0.003	0.004 (0.0008)	0.012	0.009	0.011 (0.0011)	0.025	0.024	0.025 (0.0013)

平均値の( )内は、1m当たりの鉛溶出量

表-4 流水中の鉛濃度(φ20mm) (mg/L)

流量	管延長5m			管延長10m			管延長20m		
	1系	2系	平均	1系	2系	平均	1系	2系	平均
2	0.010	0.008	0.009 (0.0018)	0.019	0.015	0.017 (0.0017)	0.034	0.028	0.031 (0.0016)
5	0.007	0.003	0.005 (0.0010)	0.011	0.009	0.010 (0.0010)	0.021	0.017	0.019 (0.0010)
10	0.004	0.004	0.004 (0.0008)	0.009	0.007	0.008 (0.0008)	0.019	0.015	0.017 (0.0009)
20	0.003	0.003	0.003 (0.0006)	0.005	0.005	0.005 (0.0005)	0.013	0.014	0.014 (0.0007)

平均値の( )内は、1m当たりの鉛溶出量

表-3、表-4の平均値を図-4 (φ13mm)、図-5 (φ20mm) に示す。

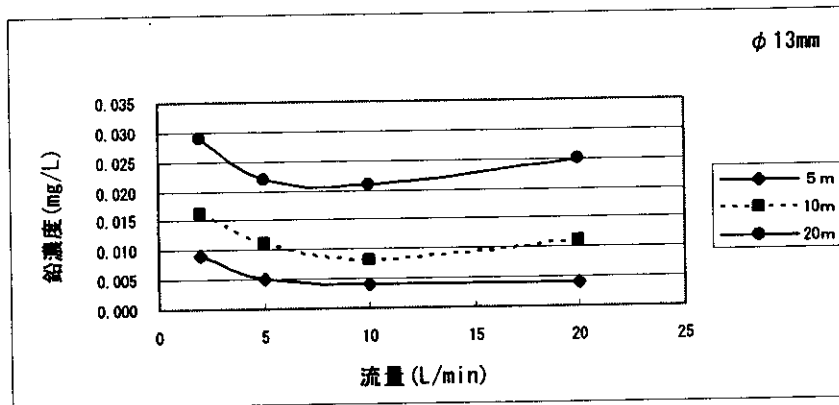


図-4 鉛濃度と管延長、流量との関係

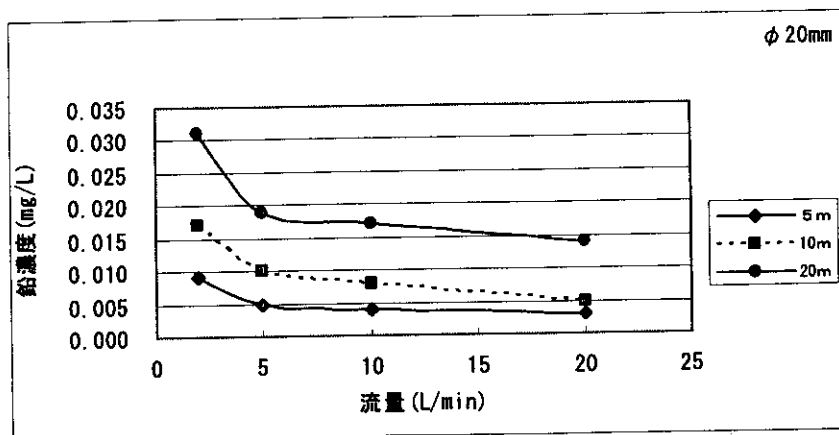


図-5 鉛濃度と管延長、流量との関係

管口径にかかわらず、10L/分程度までの流量が多くなると鉛濃度は低くなる傾向を示した。口径13mmでは流量20L/分では鉛濃度が高くなる傾向であったが、口径20mmでは20L/分でも鉛濃度が低くなる傾向であった。

また、流量、管口径に関係なく、管延長が長くなるほど鉛濃度は高くなる傾向であった。

また、1m当たりの鉛濃度を算出した結果からは、低い流量の方が鉛濃度が高くなる傾向であった。

### 3. 3. 鉛の溶出形態調査

滞留水中の鉛濃度調査において、滞留水試料を径の異なるメンブランフィルター(MF)でろ過し、溶出した鉛の形態について調査を行った。MFの径は、 $\phi 0.45$ 、 $0.2$ 及び $0.1\mu\text{m}$ である。

その結果とMFろ過後の残存率(平均%)を表-5( $\phi 13\text{mm}$ )、表-6( $\phi 20\text{mm}$ )に示す。

今回の調査では、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の溶存鉛が60%前後を占めていた。

表-5 滞留水中の鉛の形態( $\phi 13\text{mm}$ ) (鉛濃度:mg/L、残存率:%)

滞留時間		滞留水		$\phi 0.45$ ろ過		$\phi 0.2$ ろ過		$\phi 0.1$ ろ過	
		鉛濃度	残存率	鉛濃度	残存率	鉛濃度	残存率	鉛濃度	残存率
1	1系	0.11	100	0.10	93.0	0.10	89.0	0.057	63.4
	2系	0.10		0.095		0.087		0.075	
8	1系	0.12	100	0.12	100	0.12	100	0.075	58.0
	2系	0.11		0.11		0.11		0.068	
24	1系	0.15	100	0.15	96.7	0.15	100	0.12	72.7
	2系	0.15		0.14		0.15		0.098	
平均	—	—	100	—	98.4	—	96.3	—	64.7

残存率は平均値

表-6 滞留水中の鉛の形態( $\phi 20\text{mm}$ ) (鉛濃度:mg/L、残存率:%)

滞留時間		滞留水		$\phi 0.45$ ろ過		$\phi 0.2$ ろ過		$\phi 0.1$ ろ過	
		鉛濃度	残存率	鉛濃度	残存率	鉛濃度	残存率	鉛濃度	残存率
1	1系	0.073	100	0.062	84.1	0.063	82.3	0.055	73.2
	2系	0.12		0.10		0.095		0.086	
8	1系	0.13	100	0.093	81.9	0.11	75.8	0.132	22.7
	2系	0.13		0.12		0.087		0.027	
24	1系	0.19	100	0.20	100	0.20	100	0.14	76.9
	2系	0.15		0.15		0.15		0.12	
平均	—	—	100	—	91.0	—	86.0	—	57.6

残存率は平均値

表-5、表-6の残存率をそれぞれ図-6、図-7に示す。

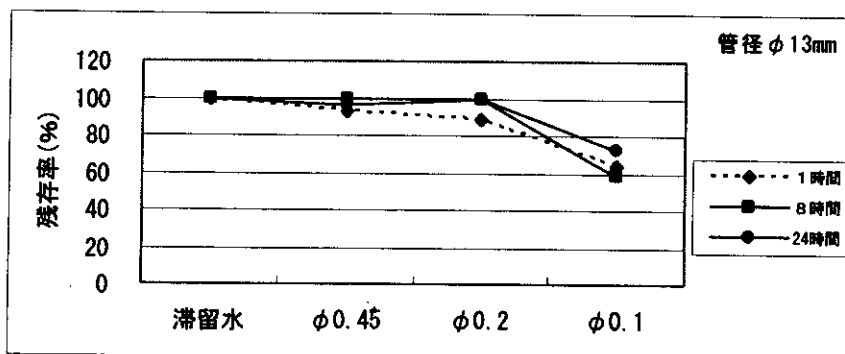


図-6 鉛の溶出形態( $\phi 13\text{mm}$ )



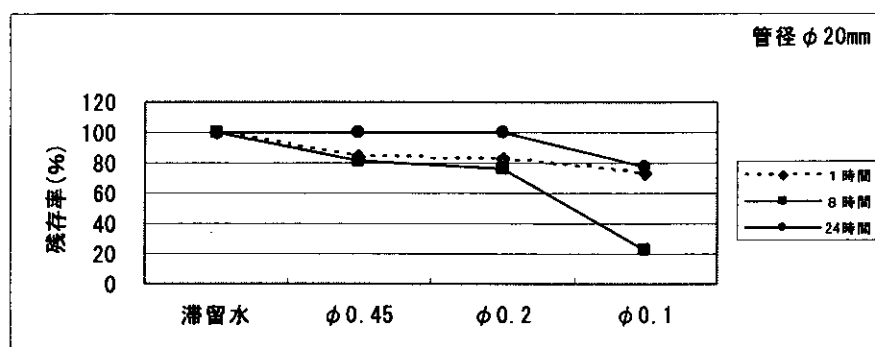


図-7 鉛の溶出形態(φ20mm)

### 3. 4. pH調整による鉛溶出低減効果

#### 1) 滞留水中の鉛濃度調査

調査結果を口径別に表-7 (φ13mm)、表-8 (φ20mm) に示す。

表-7 pH調整の有無による滞留水中の鉛濃度と低減率(φ13mm)

(鉛: mg/L、低減率: %)

滞留時間	管延長1m			管延長2m			管延長5m		
	調整	未調整	低減率	調整	未調整	低減率	調整	未調整	低減率
0.5	0.017	0.018	5.6	0.023	0.024	4.2	0.029	0.031	6.5
1	0.030	0.027	-11.1	0.029	0.037	21.6	0.036	0.041	12.2
2	0.027	0.045	40.0	0.025	0.087	71.3	0.062	0.062	0.0
4	0.039	0.063	38.1	0.041	0.11	62.7	0.086	0.082	-4.9
6	0.078	0.096	18.8	0.085	0.04	39.3	0.09	0.11	16.4
8	0.033	0.028	-17.9	0.074	0.060	-23.3	0.097	0.10	3.0
16	0.062	0.088	29.5	0.079	0.13	39.2	0.089	0.12	25.8
24	0.091	0.11	14.2	0.11	0.16	31.3	0.11	0.14	21.4
平均	14.6			30.8			10.0		

滞留時間	管延長10m			管延長20m			滞留時間別 低減率
	調整	未調整	低減率	調整	未調整	低減率	
0.5	0.028	0.038	26.3	0.071	0.096	26.0	13.7
1	0.029	0.039	25.6	0.077	0.10	23.0	14.3
2	0.047	0.066	28.8	0.084	0.12	30.0	34.0
4	0.064	0.089	28.1	0.10	0.14	28.6	30.5
6	0.089	0.14	36.4	0.11	0.14	21.4	26.5
8	0.079	0.093	15.1	0.090	0.12	25.0	0.4
16	0.080	0.12	33.3	0.098	0.14	30.0	31.6
24	0.077	0.13	40.8	0.11	0.15	26.7	26.9
平均	29.3			26.3			22.2

表-8 pH調整の有無による滞留水中の鉛濃度と低減率(φ20mm)

(鉛: mg/L、低減率: %)

滞留時間	管延長1m			管延長2m			管延長5m		
	調整	未調整	低減率	調整	未調整	低減率	調整	未調整	低減率
0.5	0.010	0.065	84.6	0.035	0.091	61.5	0.055	0.092	40.2
1	0.015	0.087	82.8	0.036	0.11	67.3	0.060	0.087	31.0
2	0.022	0.14	84.3	0.084	0.15	44.0	0.090	0.13	30.8
4	0.029	0.20	85.5	0.090	0.14	35.7	0.11	0.14	21.4
6	0.036	0.18	80.0	0.11	0.16	31.3	0.12	0.14	14.3
8	0.034	0.14	75.7	0.08	0.14	42.9	0.12	0.13	7.7
16	0.029	0.18	83.9	0.12	0.17	29.4	0.13	0.16	18.8
24	0.039	0.21	81.4	0.12	0.17	29.4	0.14	0.16	12.5
平均	82.3			42.7			22.1		

滞留時間	管延長10m			管延長20m			滞留時間別 低減率
	調整	未調整	低減率	調整	未調整	低減率	
0.5	0.037	0.079	53.2	0.050	0.079	36.7	55.2
1	0.052	0.099	47.5	0.033	0.096	65.6	58.8
2	0.038	0.12	68.3	0.060	0.12	50.0	55.5
4	0.091	0.15	39.3	0.073	0.14	47.9	46.0
6	0.098	0.15	34.7	0.11	0.18	38.9	39.8
8	0.094	0.16	41.3	0.091	0.13	30.0	39.5
16	0.092	0.15	38.7	0.099	0.16	38.1	41.8
24	0.090	0.16	43.8	0.11	0.17	35.3	40.5
平均	45.8			42.8			47.1

管延長別の平均低減率を図-8に示す。また、滞留時間別の平均低減率を図-9に示す。

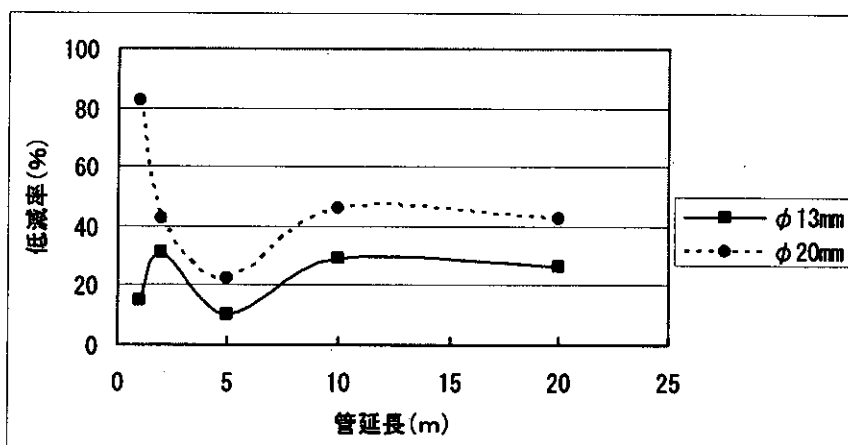


図-8 滞留水における管延長別の鉛低減効果

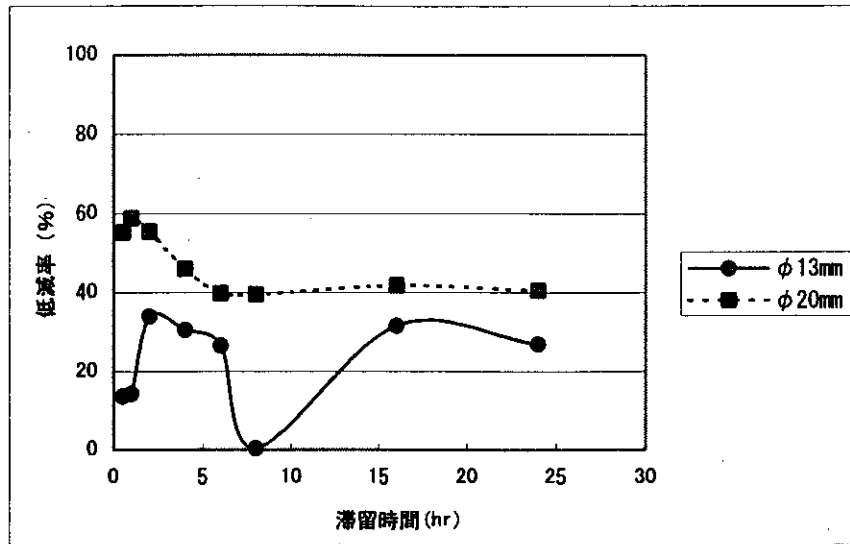


図-9 滞留水における滞留時間別の鉛低減効果

pHを0.5程度上昇させることにより、管口径13mmの場合10.0~30.8%、管口径20mmの場合2.1~82.3%鉛の溶出が低減された。

2) 流水中の鉛濃度調査

調査結果を管の口径別に表-9(φ13mm)、表-10(φ20mm)に示す。

管延長別低減率では、管口径13mmの場合は11.8~17.6%であり、20mmの場合は19.9~41.9%であり、管口径の大きい方が低減率は高かった。

また、流量別低減率は、平均で管口径13mmの場合14.5%、管口径20mmの場合30.3%であった。

表-9 pH調整の有無による流水中の鉛濃度と低減率(φ13mm) (鉛: mg/L、低減率: %)

流量 (L/分)	管延長5m			管延長10m			管延長20m			流量別 低減率
	調整水	未調整水	低減率	調整水	未調整水	低減率	調整水	未調整水	低減率	
2	0.007	0.009	22.2	0.014	0.016	12.5	0.028	0.029	3.4	12.7
5	0.005	0.005	0.0	0.010	0.011	9.1	0.022	0.022	0.0	3.0
10	0.003	0.004	25.0	0.007	0.008	12.5	0.020	0.021	4.8	14.1
20	0.004	0.004	0.0	0.007	0.011	36.4	0.013	0.025	48.0	28.1
平均	11.8			17.6			14.1			14.5

表-10 pH調整の有無による流水中の鉛濃度と低減率(φ20mm) (鉛: mg/L、低減率: %)

流量 (L/分)	管延長5m			管延長10m			管延長20m			流量別 低減率
	調整水	未調整水	低減率	調整水	未調整水	低減率	調整水	未調整水	低減率	
2	0.005	0.009	44.4	0.012	0.017	29.4	0.025	0.031	19.4	31.1
5	0.003	0.005	40.0	0.007	0.010	30.0	0.015	0.019	21.1	30.4
10	0.002	0.004	50.0	0.005	0.008	37.5	0.014	0.017	17.6	35.0
20	0.002	0.003	33.3	0.004	0.005	20.0	0.011	0.014	21.4	24.9
平均	41.9			29.2			19.9			30.3

### 3. 5. 繰り返しサンプリングによる鉛濃度の変動率調査

水道水中の鉛濃度を的確に把握するための基礎調査として、サンプリングによる試料水中の鉛濃度のバラツキを調査した。

調査は、給水装置モデルの2本の管路を用いて、以下の条件で実施した。

変動率は、5回の繰り返しで求めた。

#### 1) 実験条件

鉛管の種類	: 内径 13mm
管延長 (採水点)	: 5m
滞留時間	: 1、6、24 時間
通水流量	: 10L/分
供給水 ア	: 水道水
"    イ	: 水道水に苛性ソーダを添加して pH7.5 に調整したもの (以下、調整水という)
採水量	: 5L
測定項目	
供給水	: 総鉛、水温、pH、硬度、アルカリ度、残留塩素
サンプリング水	: 総鉛、溶存態鉛 (0.1 $\mu$ m のメンブランフィルターでろ過したもの)、溶存態鉛は1回のみ実施

#### 2) 実験手順

2本の管路それぞれに水道水又は調整水を流量 10L/分で 15分通水後、設定時間滞留させる。その後、流量 10L/分で 5Lを2回続けて (以下、初めの 5Lを1本目、次の 5Lを2本目という)採水した。この一連の手順を滞留時間ごとに5回繰り返し実験した。

#### 3) 調査結果

供給水の水質試験結果を表-11に、サンプリング水の鉛試験結果を表-12、13及び鉛濃度と変動率の関係について図-10に、溶存態鉛の結果を表-13に示す。

表-11 供給水の水質試験結果 (mg/L)

供給水	水温(°C)	pH	硬度	アルカリ度	残留塩素	総鉛
水道水	10.6	7.2	73	37.5	0.7	0.000
調整水	10.4	7.5	72	42.0	0.7	0.000

表-12 サンプルング水(水道水)の総鉛試験結果 (mg/L)

供給水		水道水 (pH7.2)					
5L採水		1本目			2本目		
滞留時間(時)		1	6	24	1	6	24
繰 り 返 し	1回目	0.013	0.018	0.021	0.004	0.004	0.006
	2回目	0.013	0.018	0.022	0.004	0.004	0.005
	3回目	0.013	0.018	0.023	0.005	0.004	0.005
	4回目	0.011	0.016	0.019	0.003	0.004	0.004
	5回目	0.012	0.017	0.023	0.004	0.004	0.005
最 高		0.013	0.018	0.023	0.005	0.004	0.006
最 低		0.011	0.016	0.019	0.003	0.004	0.004
平均値		0.0124	0.0174	0.0216	0.0040	0.0040	0.0050
標準偏差		0.00089	0.00089	0.0017	0.00071	0	0.00071
変動率(%)		7.2	5.1	7.8	17.7	0.0	14.2

表-13 サンプルング水(水道水)の総鉛試験結果 (mg/L)

供給水		水道水 (pH7.5)					
5L採水		1本目			2本目		
滞留時間(時)		1	6	24	1	6	24
繰 り 返 し	1回目	0.005	0.008	0.010	0.002	0.002	0.003
	2回目	0.005	0.008	0.010	0.002	0.002	0.003
	3回目	0.005	0.008	0.012	0.003	0.002	0.004
	4回目	0.005	0.007	0.012	0.002	0.002	0.003
	5回目	0.005	0.008	0.013	0.002	0.002	0.003
最 高		0.005	0.008	0.013	0.003	0.002	0.004
最 低		0.005	0.007	0.010	0.002	0.002	0.003
平均値		0.0050	0.0078	0.0114	0.0022	0.0020	0.0032
標準偏差		0	0.00045	0.0013	0.00045	0	0.00045
変動率(%)		0.0	5.8	11.8	20.5	0.0	14.1

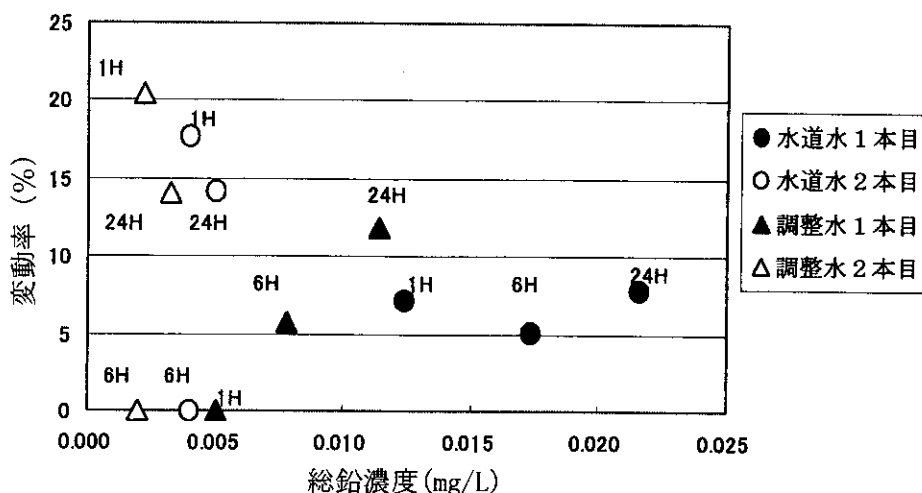


図-10 総鉛濃度と変動率

表-14 サンプルング水の溶存態鉛試験結果 (mg/L)

供給水	水道水 (pH7.2)			水道水 (pH7.5)		
	1	6	24	1	6	24
滞留時間(時)	1	6	24	1	6	24
5L採水	1本目	1本目	1本目	1本目	1本目	1本目
総鉛	0.011	0.016	0.019	0.005	0.007	0.012
溶存態鉛	0.009	0.012	0.014	0.004	0.006	0.008
溶存態率(%)	81.8	75.0	73.7	80.0	85.7	66.7

備考1 この試験は繰り返し4回目について行った。

備考2 0.1 $\mu$ mのMFでろ過して測定した鉛を溶存態鉛とした。

(1) 総鉛の溶出濃度について、滞留部分の水が(管容量 663mL) 入る 1 本目の試料は滞留時間が長いほど高く、また、調整水は、水道水に比べ低かった。2 本目の試料は流水に当たるため、いずれも低濃度であり、滞留による影響はなかった。

(2) 変動率は、1 本目が 0.0~11.8%、2 本目が 0.0~20.5%の範囲にあり、水道水及び調整水とも同様な傾向を示した。

このことから変動率は、ほぼ 20%以下であり、サンプルングによるバラツキは小さかった。

(3) 溶存態鉛については、水道水及び調整水ともに 0.1 $\mu$ m 以下のものが 70~80%程度であり、明らかな違いはなかった。このことは、本給水装置モデルでこれまでに実施した調査結果と同様な結果であった。

### 3. 6. 短時間滞留による溶出鉛濃度の調査

給水装置モデルを用いて、5、15、30及び60分の滞留時間で、鉛の溶出状況及びサンプルングによる鉛濃度のバラツキについて調査した。

#### 1) 調査方法

給水装置モデルの1本の管路を用いて、以下の条件で実施し、変動状況を把握す

るため、5回の繰り返し調査を行った。

- (1) 鉛管の種類及び延長（採水点）：内径13 mm、10m
- (2) 供給水：水道水
- (3) 予備通水：5L/分で15分間
- (4) 通水流量：5L/分
- (5) 滞留時間：5、15、30及び60分
- (6) 試料水：定められた滞留条件の後1Lを採水（以下、「滞留水」という）次に3Lを捨水（以下、「捨水」という）後、再び1Lを採水（以下、「流水」という）した水。

5回の繰り返しのうち、第1回については3Lの捨水についても採水した。

なお、滞留後の開栓直後水（1L）は、鉛管内容積（1,327ml）から滞留水に、また5L目の水は、鉛管内容積の3倍量を通水した後の流水に相当する。

- (7) 水質試験項目：総鉛、溶存態鉛、水温、pH、電気伝導率、残留塩素  
溶存態鉛は、孔径0.1 $\mu$ mのメンブランフィルターを通過したものとした。

## 2) 調査結果

供給水の水質試験結果を表-15、試料水の総鉛の試験結果を表-16、鉛管内滞留時間と鉛の溶出濃度の関係を図-11に示す。

表-15 供給水の水質試験結果 単位：mg/L

調査回数	水温 ( $^{\circ}$ C)	pH	電気伝導率 ( $\mu$ S/cm)	残留塩素	総鉛	溶存態鉛
1、2回目	25.8	7.5	179	0.8	0.000	0.000
3、4回目	25.1	7.5	175	0.9	0.000	0.000
5回目	23.6	7.6	173	1.0	0.000	0.000

表-16 試料水の総鉛試験結果 単位：mg/L

調査回数	滞留水				捨水				流水			
	5分 滞留	15分 滞留	30分 滞留	60分 滞留	5分 滞留	15分 滞留	30分 滞留	60分 滞留	5分 滞留	15分 滞留	30分 滞留	60分 滞留
1回目	0.034	0.044	0.059	0.084	0.020	0.022	0.024	0.031	0.016	0.016	0.016	0.018
2回目	0.030	0.042	0.057	0.076	—	—	—	—	0.015	0.016	0.016	0.017
3回目	0.030	0.046	0.057	0.085	—	—	—	—	0.015	0.014	0.015	0.015
4回目	0.028	0.040	0.059	0.071	—	—	—	—	0.013	0.012	0.013	0.015
5回目	0.024	0.035	0.051	0.068	—	—	—	—	0.011	0.012	0.012	0.014
最高値	0.034	0.046	0.059	0.085	—	—	—	—	0.016	0.016	0.016	0.018
最低値	0.024	0.035	0.051	0.068	—	—	—	—	0.011	0.012	0.012	0.014
平均値	0.029	0.041	0.057	0.077	0.020	0.022	0.024	0.031	0.014	0.014	0.014	0.016
標準偏差	0.0036	0.0042	0.0033	0.0076	—	—	—	—	0.0020	0.0020	0.0018	0.0016
変動率 (%)	12.4	10.2	5.8	9.9	—	—	—	—	14.3	14.3	12.9	10.0

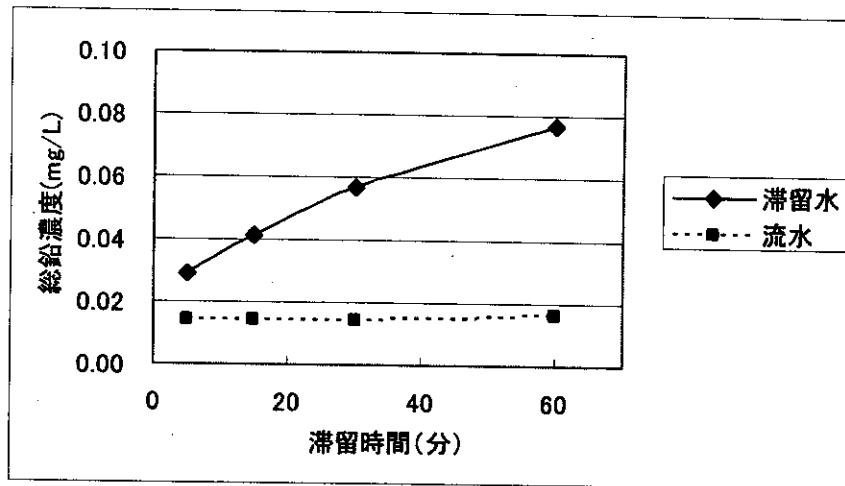


図-11 滞留時間と総鉛濃度

次に、試料水の溶存態鉛試験結果を表-17及びその割合を表-18に示す。また、試料水の鉛を除く水質試験結果を表-19に示す。



表-17 試料水の溶存態鉛試験結果

単位：mg/L

調査回数	滞留水				捨水				流水			
	5分 滞留	15分 滞留	30分 滞留	60分 滞留	5分 滞留	15分 滞留	30分 滞留	60分 滞留	5分 滞留	15分 滞留	30分 滞留	60分 滞留
1回目	0.021	0.033	0.048	0.070	0.017	0.018	0.021	0.023	0.012	0.013	0.010	0.018
2回目	0.026	0.032	0.052	0.065	—	—	—	—	0.014	0.014	0.014	0.014
3回目	0.023	0.037	0.048	0.071	—	—	—	—	0.012	0.012	0.014	0.013
4回目	0.024	0.035	0.046	0.062	—	—	—	—	0.012	0.010	0.013	0.014
5回目	0.019	0.030	0.040	0.059	—	—	—	—	0.010	0.012	0.012	0.013
最高値	0.026	0.037	0.052	0.071	—	—	—	—	0.014	0.014	0.014	0.018
最低値	0.019	0.030	0.040	0.059	—	—	—	—	0.010	0.010	0.010	0.013
平均値	0.023	0.033	0.047	0.065	0.017	0.018	0.021	0.023	0.012	0.012	0.013	0.014
標準偏差	0.0027	0.0027	0.0044	0.0051	—	—	—	—	0.0014	0.0015	0.0017	0.0021
変動率 (%)	11.7	8.2	9.4	7.8	—	—	—	—	11.7	12.5	13.1	15.0

表-18 試料水の溶存態鉛の割合

単位：mg/L

調査回数	滞留水				捨水				流水			
	5分 滞留	15分 滞留	30分 滞留	60分 滞留	5分 滞留	15分 滞留	30分 滞留	60分 滞留	5分 滞留	15分 滞留	30分 滞留	60分 滞留
1回目	61.8	75.0	81.4	83.3	85.0	81.8	87.5	74.2	75.0	81.3	62.5	100
2回目	86.7	76.2	91.2	85.5	—	—	—	—	93.3	87.5	87.5	82.4
3回目	76.7	80.4	84.2	83.5	—	—	—	—	80.0	85.7	93.3	86.7
4回目	85.7	87.5	78.0	87.3	—	—	—	—	92.3	83.3	100	93.3
5回目	79.2	85.7	78.4	86.8	—	—	—	—	90.9	100	100	92.9
最高値	86.7	87.5	91.2	87.3	—	—	—	—	93.3	100	100	100
最低値	61.8	75.0	78.0	83.3	—	—	—	—	75.0	81.3	62.5	82.4
平均値	78.0	81.0	82.6	85.3	85.0	81.8	87.5	74.2	86.3	87.6	88.7	91.1
標準偏差	10.0	5.6	5.4	1.8	—	—	—	—	8.3	7.3	15.5	6.8
変動率 (%)	12.8	6.9	6.5	2.1	—	—	—	—	9.6	8.3	17.5	7.4

(備考) 溶存態鉛の割合 (%) は溶存態鉛濃度 ÷ 総鉛濃度 × 100 で表した。

表-19 試料水の水質試験結果（鉛を除く）

項目	調査回数	5分滞留			15分滞留			30分滞留			60分滞留		
		蒸留水	捨水	流水	蒸留水	捨水	流水	蒸留水	捨水	流水	蒸留水	捨水	流水
水温(°C)	1回目	25.8	25.8	25.8	26.1	26.1	26.3	26.5	26.3	25.9	26.7	26.5	26.3
	2回目	26.6	—	26.4	26.6	—	26.3	26.6	—	26.2	26.6	—	26.3
	3回目	26.0	—	25.3	26.8	—	25.6	27.5	—	26.2	28.9	—	25.9
	4回目	27.3	—	26.3	28.4	—	25.7	29.1	—	26.1	29.1	—	26.8
	5回目	24.2	—	23.7	24.9	—	23.8	25.6	—	24.1	26.6	—	24.8
	最高値	27.3	—	26.4	28.4	—	26.3	29.1	—	26.2	29.1	—	26.8
	最低値	24.2	—	23.7	24.9	—	23.8	25.6	—	24.1	26.6	—	24.8
	平均値	25.2	25.8	24.6	26.1	26.1	24.6	26.8	26.3	24.8	27.4	26.5	25.5
pH	1回目	7.6	7.5	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
	2回目	7.6	—	7.6	7.6	—	7.6	7.6	—	7.6	7.6	—	7.6
	3回目	7.5	—	7.5	7.5	—	7.5	7.5	—	7.5	7.5	—	7.5
	4回目	7.5	—	7.5	7.5	—	7.5	7.6	—	7.6	7.5	—	7.5
	5回目	7.6	—	7.6	7.6	—	7.6	7.6	—	7.6	7.5	—	7.6
	最高値	7.6	—	7.6	7.6	—	7.6	7.6	—	7.6	7.6	—	7.6
	最低値	7.5	—	7.5	7.5	—	7.5	7.5	—	7.5	7.5	—	7.5
	平均値	7.6	7.5	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.5	7.6	7.6
電気伝導率 ( $\mu$ S/cm)	1回目	177	177	177	177	178	178	182	186	189	189	187	185
	2回目	183	—	183	185	—	176	187	—	186	187	—	187
	3回目	173	—	175	176	—	176	177	—	177	179	—	175
	4回目	175	—	175	175	—	175	175	—	174	175	—	174
	5回目	170	—	172	175	—	176	178	—	177	179	—	175
	最高値	183	—	183	185	—	185	187	—	189	189	—	187
	最低値	170	—	172	175	—	175	175	—	174	175	—	174
	平均値	174	177	176	178	178	179	180	186	180	181	187	179
残留塩素 (mg/L)	1回目	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.6	0.8	0.8	0.5	0.8	0.9
	2回目	0.8	—	0.8	0.7	—	0.8	0.6	—	0.9	0.5	—	0.8
	3回目	0.8	—	0.9	0.7	—	0.9	0.6	—	0.9	0.5	—	0.9
	4回目	0.8	—	0.8	0.7	—	0.9	0.6	—	0.8	0.5	—	0.8
	5回目	0.9	—	1.0	0.9	—	1.0	0.7	—	1.0	0.6	—	1.0
	最高値	0.9	—	1.0	0.9	—	1.0	0.7	—	1.0	0.6	—	1.0
	最低値	0.8	—	0.8	0.7	—	0.8	0.6	—	0.8	0.5	—	0.8
	平均値	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.6	0.8	0.9	0.5	0.8	0.9

(備考) 捨水は1回のみでの測定である。

(1) 総鉛の溶出濃度

i) 滞留水

滞留水（平均値）は、滞留時間5分が0.029mg/L、15分が0.041mg/L、30分が0.057mg/L、60分が0.077mg/Lで滞留時間が長くなるほど高くなった。

なお、60分では平衡濃度に達していなかった。

ii) 流水

流水（平均値）は、滞留時間5、15、30分がそれぞれ0.014mg/L、60分が0.016mg/Lで、滞留時間にかかわらずほぼ同様な濃度であった。このことから、鉛管内容積の3倍量を通水すれば、滞留水が流出して安定した流水に入れ替わるといえる。

(2) バラツキ

バラツキを変動率でみると、滞留水は5.8～12.4%、流水は10.0～14.3%の範囲にあり、ほぼ同様な傾向にあった。変動率は15%以下であり、サンプリングによるバラツキは小さいといえる。

(3) 溶存態鉛

溶存態鉛の割合（平均値）は、滞留水が78.0～85.3%、流水が86.3～91.1%の範囲であり、明らかな違いは認められなかった。

短時間滞留水の鉛の溶出濃度については、滞留時間による影響が極めて大きく、また、流水中の鉛濃度については、鉛管内容積の3倍量程度の水を入れ替えると安定することが判明した。

### 3. 7. 水道給水栓水における鉛濃度の実態調査

水道利用者の給水栓（蛇口）における鉛濃度について、4都市の実態調査を行った。採水は、次に示す条件で行った。

- 1) 流水：流量約 5L/分で 5 分間流して放水し、流水のまま必要量を採水した試料。
- 2) 5 分滞留：流量約 5L/分で 5 分間流して止め、その後 5 分間滞留させたのち、先と同じ流量で流しながら開栓直後から 5L 採水した試料。
- 3) 15 分滞留：流量約 5L/分で 5 分間流して止め、その後 15 分間滞留させたのち、先と同じ流量で流しながら開栓直後から 5L 採水した試料。
- 4) 30 分滞留：流量約 5L/分で 5 分間流して止め、その後 30 分間滞留させたのち、先と同じ流量で流しながら開栓直後から 5L 採水した試料。

A都市の調査結果を表-20-1及び表-20-2に示す。また、B都市の調査結果を表-21、C都市の調査結果を表-22、D都市の調査結果を表-23-1及び表-23-2に示す。

表-20-1 A都市の調査結果

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
管口径(mm)	13	20	20	13	13	20	30~13	13
管延長(m)	12.4	0.5	8.1	0.5	9.0	0.5	24.0	4.3
布設年度	—	1978	—	1982	1974	1971	—	—
水温(°C)	11.3	13.8	11.7	11.9	11.8	11.6	13.5	12.4
濁度(度)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
色度(度)	1	0	1	0	0	0	0	0
pH	7.1	7.3	7.5	7.5	7.4	7.4	7.5	7.4
電気伝導率	273	223	290	286	228	163	297	303
遊離塩素(mg/L)	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5
総鉛濃度(mg/L)								
15分滞留	0.000	0.000	0.017	0.001	0.014	0.002	0.023	0.013

表-20-2 A都市の調査結果

No.	1	2	3	4	5	6	7	8
管口径(mm)	13	20	20	13	13	20	30~13	13
管延長(m)	12.4	0.5	8.1	0.5	9.0	0.5	24.0	4.3
布設年度	—	1978	—	1982	1974	1971	—	—
水温(°C)	6.4	9.3	6.8	3.6	7.4	7.8	9.2	6.9
濁度(度)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
色度(度)	0	0	0	0	1	0	0	0
pH	7.4	7.3	7.4	7.5	7.4	7.5	7.4	7.4
電気伝導率	320	267	304	300	275	259	312	308
遊離塩素(mg/L)	0.6	0.5	0.6	0.3	0.6	0.4	0.6	0.5
総鉛濃度(mg/L)								
流水	0.000	0.000	0.005	0.000	0.007	0.001	0.006	0.005
15分滞留	0.000	0.000	0.011	0.001	0.010	0.002	0.013	0.010
30分滞留	—	0.000	0.025	—	0.013	0.004	0.025	0.012