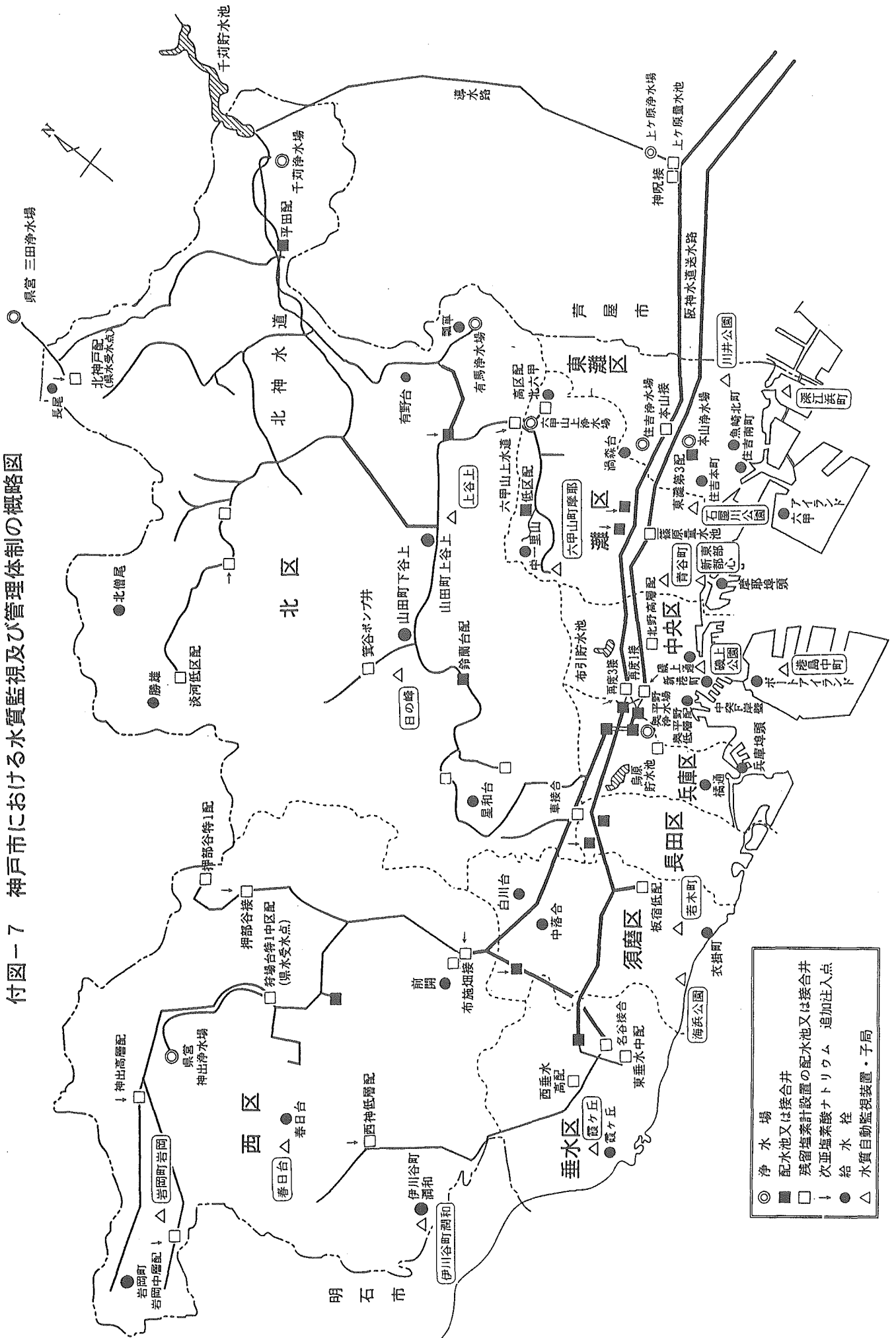


付図一7 神戸市における水質監視及び管理体制の概略図



- ◎ 浄水場
- 配水池又は接合井
- 残留塩素計設置の配水池又は接合井
- ↓ 次亜塩素酸ナトリウム 追加注入点
- 給水栓
- △ 水質自動監視装置・子局

付表－１１ 神戸市における水質監視体制

		監視システム	
		自動監視	検査体制
原 水 系	貯水池系	自動水質監視システム (COD、T-P、pH、 濁度、電気伝導度)	貯水池 3池 (2回/月) 異常時 週2回以上 河川上流調査 (8河川) (1回/年) 全項目試験 (28ヶ所) (1-4回/年)
	河川系		
	湧水系		
浄 水 場 系	原水 (着水井)	濁度計 油膜計 シアン計 魚類監視 (ITV) 残留塩素計 UV計	浄水場管理パトロール 6浄水場 (1-2回/週) 浄水処理工程 (6浄水場) (2回/月) 魚類毒物監視 (全浄水場) 浄水場排水 (8ヶ所) (2-12回/年)
	フロック形成池		
	沈殿池		
	ろ過池		
	浄水池		
	汚泥処理施設		
送 配 水系	送水トンネル	残留塩素計(テレメタ) (34ヶ所) pH計	接合井 (8ヶ所) (1-4回/年) 配水池 (17ヶ所) (1-2回/年) 浄水全項目試験 (16ヶ所)
	配水池		
給 水系	配水管末	配水管末自動監視 (NTT回線) (16ヶ所: 残塩、 pH、濁度、色度、 電気伝導度、水温、 水圧)	給水栓 (30ヶ所) (1-2回/月) 給水栓水全項目試験 (1-12回/年) トリハロメタン、トリクロメタン (1-2回/月)
	給水栓		

- 1) 給水栓の採水箇所は浄水場系、配水区域及び行政区等を考慮して選定している。
- 2) 給水栓の検査頻度は自己水系浄水場系及び浄水受水のそれぞれの代表配水区では月2回の測定を実施している。
- 3) 給水栓の全項目試験頻度は1-12回/年とかなり差があるが、配水量、配水区域や浄水受水系統及び過去の検査結果等を考慮して決定している。

VI. 鉛分科会 報告書

－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－

分担研究報告書

WHO飲料水水質ガイドライン改訂等に対応する水道における化学物質等に関する研究

——鉛分科会 ——

主任研究者	眞柄 泰基	北海道大学大学院工学研究科	教授
分担研究者	国包 章一	国立公衆衛生院 水道工学部	部長
分担研究者	米沢 龍夫	日本水道協会 工務部水質課	課長

研究要旨

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について、及び鉛などの溶出防止技術について調査検討を行った。

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行った。

その結果、滞留水中の鉛濃度調査では、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が高くなる傾向であった。また、管延長 20m での鉛濃度と滞留時間との関係では、口径 13mm、20mm いずれも 30 分で 0.01mg/L、2 時間で 0.05mg/L を上回った。鉛濃度は、滞留 12 時間程度までは急激に上昇し、その後緩やかな上昇を示した。

流水中の鉛濃度調査では、流量 20L/min 程度までは、流量が多くなると鉛濃度が低くなる傾向を示したが、それ以上の流量では鉛濃度が高くなった。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ったが、1m 当たりの鉛濃度を算出した結果からは、通常の使用水量である 2~10L/min では 0.003~0.006mg/L とほぼ同じ値となった。

鉛の溶出形態調査では、0.1 μ m 以下の溶存鉛が 3/4 を占めていた。

pH 調整による鉛溶出低減効果は、滞留時間によりかなりのバラツキが見られたが、管口径が大きくなり、管延長が長くなるほど低減効果が認められた。

水道水からの鉛の摂取形態を検討するため、家庭における水道水の利用形態を、水道事業体の協力を得てアンケート調査した。

A. 研究目的

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について、及び鉛などの溶出防止技術について調査検討を行った。

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行った。

水道水からの鉛の摂取形態を検討するため、

家庭における水道水の利用形態を、水道事業体の協力を得てアンケート調査した。

B. 研究方法

1. 給水装置モデルの設置

実際に使用されていた鉛製給水管（口径 13mm 及び 20mm）を掘り出し、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処理を行い、管延長 20m でそれぞれ 3 系列ずつ設置した。また、試料採取用バルブ、流量計、タ

イマー等を取り付け、一定期間水道水を流して管の養生を行った。

2. 滞留水中の鉛濃度調査

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。

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、12、24及び72時間
- 2) 管口径：13及び20mm
- 3) 管延長：1、2、5、10及び20m

3. 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/min
- 3) 管口径：13及び20mm

4. 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レンフィルター(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 μ mである。

滞留時間は、1、8、72時間として、各MFでろ過したろ液中の鉛濃度を求め、残存率を算出した。

5. 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 pH7.5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

水道水を pH7.5程度に調整した場合、pHを調整しないと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。

- (1) 滞留時間：0.5、1、2、4、6、8、12、24及び72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

水道水を pH7.5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。

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

6. 水道水利用形態調査

水道水からの鉛の摂取形態を検討するため、家庭における水道水の利用形態を調査した。直接経口的に飲用する水使用量がどの程度になるかについて、水道モニター制度がある5市の水道事業体の協力を得て、アンケート方式で、水道水を飲用する場合どのような行動をとるかについて調査した。

C. 研究結果

1. 滞留水中の鉛濃度調査

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。

次に、管延長20mでの鉛濃度と滞留時間との関係では、口径13mm、20mmいずれも30分で0.01mg/L、2時間で0.05mg/Lを上回った。また、鉛濃度は12時間程度までは急激に上昇し、その後、緩やかな上昇であった。

2. 流水中の鉛濃度調査

管口径にかかわらず、20L/min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が、それ以上の流量では鉛濃度が高くなった。

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ったが、1m当たりの鉛濃度を算出した結果からは、通常の使用水量(2~10L/min)では0.003~0.006mg/Lとほぼ同じ値となった。

3. 鉛の溶出形態調査

MFの径が0.45、0.2及び0.1 μ mの場合の各滞留時間の平均残存率は、73%、78%、71%であった。滞留時間8時間では、他に比較して残存率は低い率となっていた。平均で、0.1 μ m以下の溶存鉛が3/4を占めていた。

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

管口径13mmの場合、管延長別の鉛濃度低減率は5mで29%、10mで8%、20mで28%であった。また、管口径20mmの場合では、5mで27%、

10m で 26%、20m で 46%であった。

2) 流水中の鉛濃度調査

流水中の鉛濃度が低く、管口径 13mm と 20mm ではその差がほとんどなかった。

5. 水道水利用形態調査

5 市の 276 名にアンケート用紙を配布し、回答があった 246 名を集計した(回答率 89.1%)。

1 家族の人数は平均 3.2 人である。

調査項目は、[水道水を飲むか][水道水を飲む前に流すか][炊事に水道水を使用するか]等である。

アンケート結果は、[水道水をそのまま飲む]人は 55%、[飲む前に流してから取る]人は 59%、1 日当たりコップに平均 3.6 杯飲む結果であった。[水道水を沸かす]人は 90%、[沸かすときに事前に流す]人は 46%であった。料理等で直接的に口に入るもの(炊事、みそ汁、麺類等の調理)に水道水を使う家庭は 90%であった。また、朝の炊事前雑用水(トイレ)に使う人は 88%であった。

D. 考察

1) 滞留水中の鉛濃度

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、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採水する際にも鉛が溶出し、これは管延長が長いほど濃度が高くなるためであると考えられる。

一方、管延長が同じであれば口径が小さい方が滞留水濃度は高くなることが想定されるが、口径差が 7mm と小さいためか、13mm の濃度と 20mm の濃度はほぼ同じであった。

2) 流水中の鉛濃度

20L/min 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が、それ以上の流量では鉛濃度が高くなった。これは、管内で乱流が起き、鉛管からの剥離があったためと考えられる。

3) pH 調整による鉛溶出低減効果

pH 値を 0.5 程度上昇させることにより、管口径 13mm の場合 8~29%、管口径 20mm の場合 26~46%鉛の溶出が低減された。

E. 結論

実際に使用されていた鉛製給水管を用いて給水装置モデルを作り、滞留水中と流水中

における鉛濃度の調査を行った。

1) 滞留水中の鉛濃度

管延長が長いほど滞留水中の鉛濃度は高くなる傾向があった。

一方、管延長が同じであれば口径が小さい方が滞留水中の鉛濃度は高くなることが想定される。しかし、口径差が 7mm と小さいためか、13mm の鉛濃度と 20mm の鉛濃度はほぼ同じであった。

2) 流水中の鉛濃度

流量が 20L/min 程度までは、流量が多くなると鉛濃度は低くなる傾向を示したが、それ以上の流量では鉛濃度が高くなった。

3) pH 調整による鉛溶出低減効果

pH 値を上昇させることにより、鉛製給水管からの鉛溶出は、滞留時間によりバラツキが見られたが、管口径が大きくなり、管延長が長くなるほど、低減効果が認められた。

F. 研究発表

特になし

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った。

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行った。

水道水からの鉛の摂取形態を検討するため、家庭における水道水の利用形態を、水道事業者の協力を得てアンケート調査した。

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. 滞留水中の鉛濃度調査

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。

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、12、24及び72時間
- 2)管口径：13及び20mm
- 3)管延長：1、2、5、10及び20m

2. 3. 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/min
- 3)管口径：13及び20mm

2. 4. 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および0.1 μ mである。

2. 5. 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値を7.5程度に調整した場合、pH値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。

- (1)滞留時間：0.5、1、2、4、6、8、12、24及び72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

水道水のpH値を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。

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

2. 6. 水道水利用形態調査

水道水からの鉛の摂取形態を検討するため、家庭における水道水の利用形態を調査した。水道事業者では、家庭用水使用量及び使用目的別(洗濯、炊事、トイレ、風呂、洗面その他等)水使用量の割合の調査結果はあるが、今回目的とした直接経口的に飲用する水使用量の調査は、実施していない状況であった。そこで、水道モニター制度がある5市の水道事

業体の協力を得て、アンケート方式で、水道水を飲用する場合どのような行動をとるかについて調査した。

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	0.008	0.015	0.012	0.036	0.017	0.027	0.055	0.030	0.043
1	0.013	0.026	0.020	0.053	0.025	0.039	0.071	0.043	0.058
2	0.025	0.065	0.045	0.192	0.060	0.126	0.111	0.077	0.094
4	0.018	0.034	0.026	0.057	0.053	0.055	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0.019	0.055	0.037	0.074	0.060	0.067	0.104	0.065	0.085
12	0.055	0.053	0.054	0.039	0.056	0.048	0.059	0.091	0.075
24	0.023	0.065	0.044	0.117	0.097	0.107	0.127	0.102	0.115
72	0.128	0.123	0.126	—	—	—	—	—	—

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	0.030	0.028	0.029	0.023	0.026	0.025
1	0.043	0.030	0.037	0.044	0.024	0.034
2	0.063	0.066	0.065	0.060	0.045	0.053
4	—	—	—	0.092	0.070	0.081
6	—	—	—	0.092	0.069	0.081
8	0.063	0.054	0.059	0.114	0.092	0.103
12	0.069	0.064	0.067	0.100	0.089	0.095
24	0.092	0.099	0.096	0.086	0.068	0.077
72	0.100	0.116	0.108	0.133	0.142	0.138

表-2 滞留水中の鉛濃度(φ20mm) (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	0.034	0.009	0.022	0.035	0.018	0.027	0.044	0.048	0.046
1	0.061	0.012	0.037	0.058	—	—	—	—	—
2	0.118	0.026	0.072	0.130	0.045	0.088	0.094	0.108	0.101
4	0.071	0.056	0.064	0.074	0.137	0.106	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0.123	0.046	0.085	0.127	0.049	0.088	0.105	0.101	0.103
12	0.015	0.052	0.034	0.025	0.051	0.038	0.056	0.118	0.087
24	0.139	0.081	0.110	0.196	0.076	0.136	0.128	0.135	0.132
72	0.041	0.252	0.147	0.244	0.057	0.151	0.141	0.134	0.138

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	0.047	0.054	0.051	0.018	0.023	0.021
1	—	—	—	0.038	0.028	0.033
2	0.105	0.056	0.081	0.062	0.048	0.055
4	—	—	—	0.100	0.074	0.087
6	—	—	—	0.111	0.070	0.091
8	0.099	0.067	0.083	0.133	0.101	0.117
12	0.041	0.074	0.058	0.125	0.104	0.115
24	0.135	0.109	0.122	0.104	0.071	0.088
72	0.187	0.112	0.150	0.169	0.122	0.146

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

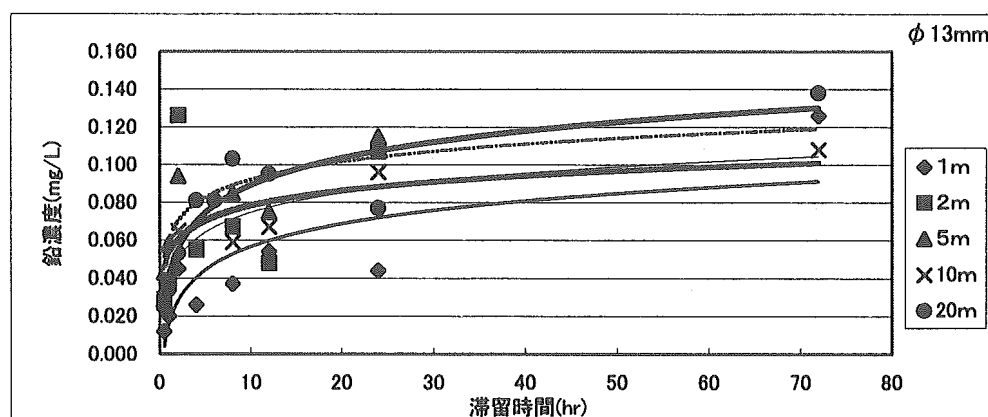


図-1 鉛濃度と滞留時間、管延長との関係 (φ13mm)

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 (R2)
1 m	$y = 0.0175 \ln(x) + 0.0161$	0.6771
2 m	$y = 0.0114 \ln(x) + 0.1885$	0.1885
5 m	$y = 0.0136 \ln(x) + 0.0608$	0.6480
10m	$y = 0.0151 \ln(x) + 0.04$	0.8861
20m	$y = 0.0208 \ln(x) + 0.0412$	0.8464

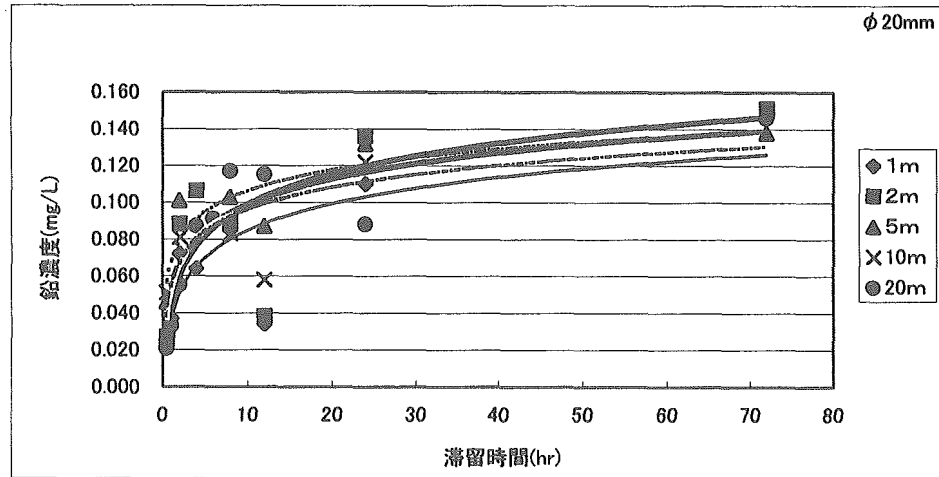


図-2 鉛濃度と滞留時間、管延長との関係（φ20mm）

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 (R2)
1 m	$y = 0.021 \ln(x) + 0.0361$	0.6849
2 m	$y = 0.0205 \ln(x) + 0.0513$	0.5312
5 m	$y = 0.0166 \ln(x) + 0.0679$	0.7849
10m	$y = 0.0174 \ln(x) + 0.0559$	0.6573
20m	$y = 0.0243 \ln(x) + 0.0427$	0.8505

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。

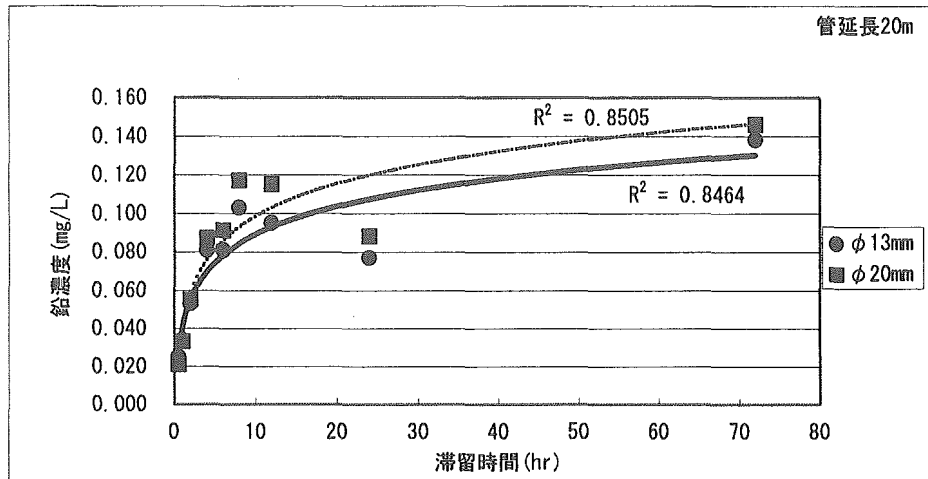


図-3 鉛濃度と滞留時間との関係

管延長20mでの鉛濃度と滞留時間との関係では、口径13mm、20mmいずれも30分で0.01mg/L、2時間で0.05mg/Lを上回った。また、鉛濃度は12時間程度までは急激に上昇し、その後緩やかな上昇であった。管延長が同じであれば口径が小さい方が滞留水濃度は高くなることが想定されるが、口径差が7mmと小さいためか、13mmの濃度と20mmの濃度はほぼ同じであった。

3. 2. 流水中の鉛濃度調査

口径ごとの結果を表-3 (φ 13mm)、表-4 (φ 20mm) に示す。

表-3 流水中の鉛濃度(φ 13mm) (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	0.003	0.002	0.003 (0.0006)	0.003	0.004	0.004 (0.0004)	0.010	0.013	0.012 (0.0006)
5	0.002	0.002	0.002 (0.0004)	0.004	0.003	0.004 (0.0004)	0.011	0.010	0.011 (0.0006)
10	0.002	0.002	0.002 (0.0004)	0.003	0.003	0.003 (0.0003)	0.011	0.010	0.011 (0.0006)
20	0.002	0.002	0.002 (0.0004)	0.004	0.003	0.004 (0.0004)	0.016	0.031	0.024 (0.0012)
30	0.011	0.017	0.014 (0.0028)	—	—	— (—)	—	—	— (—)

平均値の()内は、1 m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	0.002	0.002	0.002 (0.0004)	0.005	0.004	0.005 (0.0005)	0.013	0.010	0.012 (0.0006)
5	0.002	0.002	0.002 (0.0004)	0.003	0.003	0.003 (0.0003)	0.010	0.008	0.009 (0.0005)
10	0.002	0.002	0.002 (0.0004)	0.003	0.003	0.003 (0.0003)	0.009	0.008	0.009 (0.0005)
20	0.001	0.001	0.001 (0.0002)	0.003	0.003	0.003 (0.0003)	0.008	0.007	0.008 (0.0004)
30	0.002	0.001	0.002 (0.0004)	0.003	0.004	0.004 (0.0004)	0.008	0.020	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。

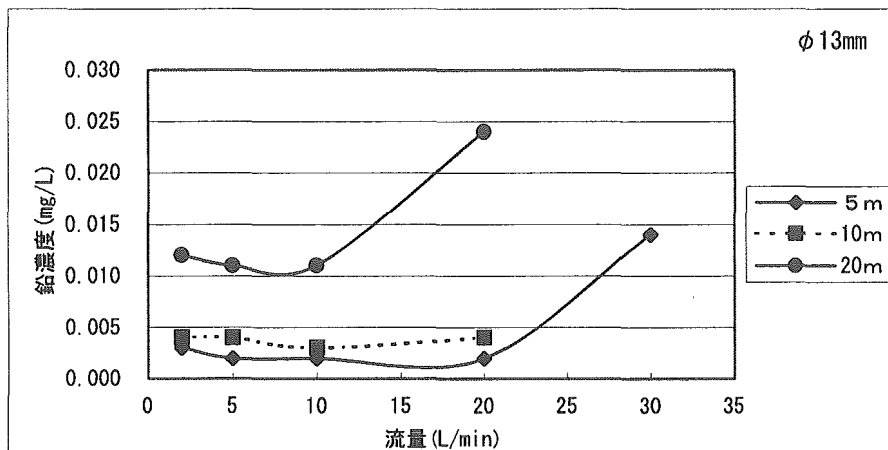


図-4 鉛濃度と管延長、流量との関係

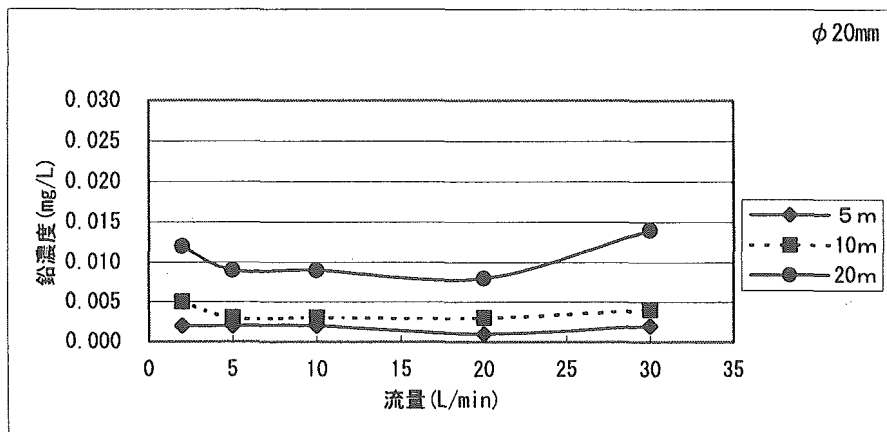


図-5 鉛濃度と管延長、流量との関係

管口径にかかわらず、20L/min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が、それ以上の流量では鉛濃度が高くなった。これは、管内で乱流が起き、鉛管からの剥離があったためと考えられる。

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ったが、1m当たりの鉛濃度を算出した結果からは、通常の使用水量(2~10L/min)では0.003~0.006mg/Lとほぼ同じ値となった。

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80%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	0.044	100.0	—	—	0.031	81.1	0.031	79.0
	2系	0.024		—		0.022		0.021	
8	1系	0.114	100.0	0.071	65.4	0.077	69.6	0.074	58.1
	2系	0.092		0.063		0.066		0.048	
72	1系	0.133	100.0	0.108	80.1	0.109	81.9	0.103	76.8
	2系	0.142		0.112		0.116		0.108	

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	0.038	100.0	—	—	0.034	85.8	0.029	72.1
	2系	0.028		—		0.023		0.019	
8	1系	0.133	100.0	0.115	77.9	0.110	80.0	0.113	75.2
	2系	0.101		0.070		0.078		0.066	
72	1系	0.169	100.0	0.159	88.1	0.155	79.5	0.144	71.3
	2系	0.122		0.100		0.082		0.070	

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。

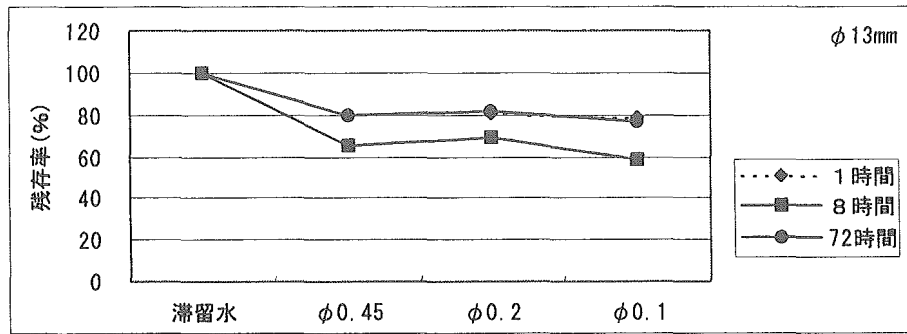


図-6 鉛の溶出形態 (φ 13mm)

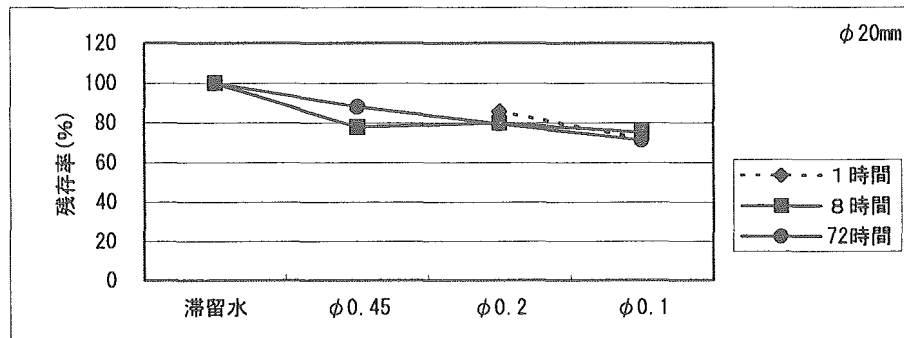


図-7 鉛の溶出形態 (φ 20mm)

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 (φ 13mm)、表-8 (φ 20mm) 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 (φ 13mm)

(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	0.078	0.012	-550.0	0.015	0.027	44.4	0.020	0.043	53.5
1	0.024	0.020	-20.0	0.017	0.039	56.4	0.025	0.058	56.9
2	0.052	0.045	-15.6	0.048	0.126	61.9	0.055	0.094	41.5
4	0.043	0.026	-65.4	0.029	0.055	47.3	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0.054	0.037	-45.9	0.036	0.067	46.3	0.050	0.085	41.2
12	0.018	0.054	66.7	0.119	0.048	-147.9	0.117	0.075	-56.0
24	0.061	0.044	-38.6	0.058	0.107	47.8	0.076	0.115	33.9
72	0.096	0.126	23.8	—	—	—	—	—	—
平均	-80.6			22.3			28.5		

滞留時間	管延長10m			管延長20m			滞留時間別
	調整	未調整	低減率	調整	未調整	低減率	低減率
0.5	0.024	0.029	17.2	0.004	0.025	84.0	-70.2
1	0.027	0.037	27.0	0.030	0.034	11.8	26.4
2	0.062	0.065	4.6	0.015	0.053	71.7	32.8
4	—	—	—	0.054	0.081	33.3	5.1
72	0.096	0.108	11.1	—	0.138	—	17.5
平均	8.1			37.5			1.1

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	0.005	0.022	77.3	0.009	0.027	66.7	0.023	0.046	50.0
1	0.009	0.037	75.7	—	—	—	—	—	—
2	0.013	0.072	81.9	0.026	0.088	70.5	0.054	0.101	46.5
4	0.010	0.064	84.4	—	0.106	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	0.012	0.085	85.9	0.021	0.088	76.1	0.047	0.103	54.4
12	0.165	0.034	-385.3	0.201	0.038	-428.9	0.124	0.087	-42.5
24	0.021	0.110	80.9	0.041	0.136	69.9	0.066	0.132	50.0
72	0.035	0.147	76.2	0.067	0.151	55.6	0.131	0.138	5.1
平均	22.1			-15.0			27.3		

滞留時間	管延長10m			管延長20m			滞留時間別
	調整	未調整	低減率	調整	未調整	低減率	低減率
0.5	0.017	0.051	66.7	0.015	0.021	28.6	57.9
1	—	—	—	0.025	0.033	24.2	50.0
2	0.044	0.081	45.7	0.027	0.055	50.9	59.1
4	—	—	—	0.032	0.087	63.2	73.8
6	—	—	—	0.047	0.091	48.4	48.4
8	0.035	0.083	57.8	0.052	0.117	55.6	66.0
12	0.114	0.058	-96.6	0.052	0.115	54.8	-179.7
24	0.059	0.122	51.6	0.048	0.088	45.5	59.6
72	0.106	0.150	29.3	0.087	0.146	40.4	41.3
平均	25.8			45.7			23.3

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。

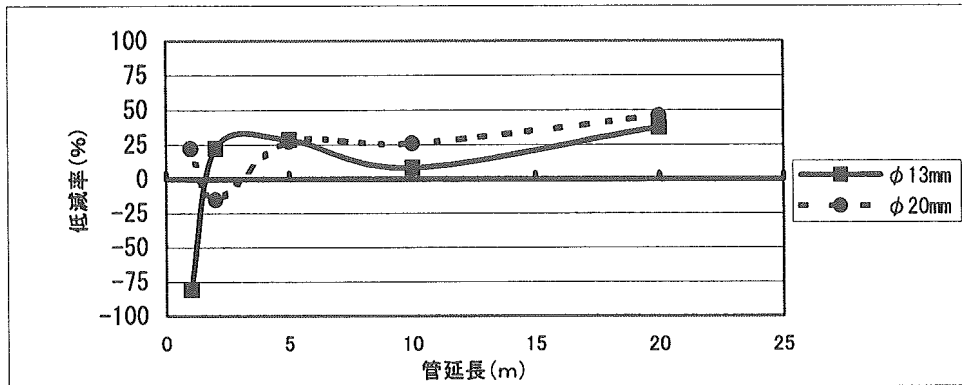


図-8 滞留水における管延長別の鉛低減効果

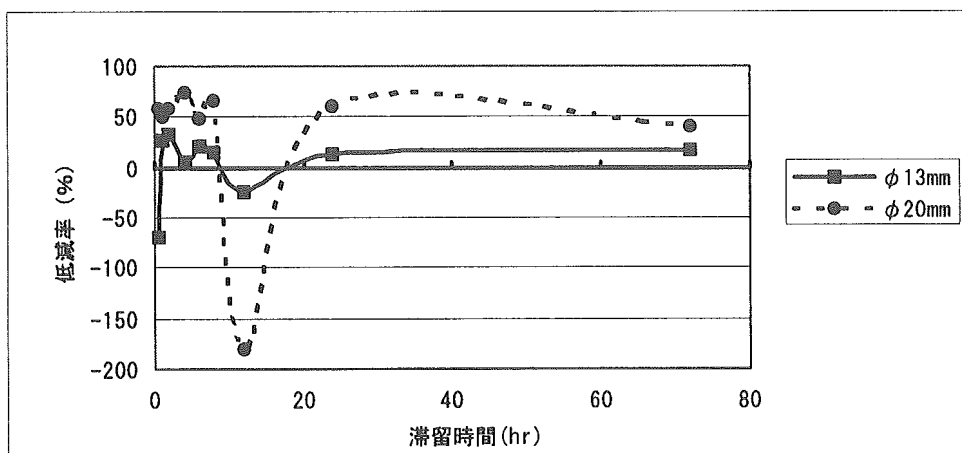


図-9 滞留水における滞留時間別の鉛低減効果

pH値を0.5程度上昇させることにより、管口径13mmの場合8~29%、管口径20mmの場合26~46%鉛の溶出が低減された。

滞留時間によりかなりのバラツキが見られたが、管口径が大きくなり、管延長が長くなるほどpH調整による低減効果が認められた。

2) 流水中の鉛濃度調査

調査結果を管の口径別に表-9 (φ 13mm)、表-10 (φ 20mm)に示す。

流水中の鉛濃度が低く、管口径13mmと20mmではその差がほとんどなかった。

表-9 pH調整の有無による流水中の鉛濃度と低減率(φ 13mm) (mg/L)

流量	管延長 5 m		管延長 10m		管延長 20m	
	調整	未調整	調整	未調整	調整	未調整
2	0.006	0.003	0.005	0.004	0.012	0.012
5	0.002	0.002	0.005	0.004	0.011	0.011
10	0.003	0.002	0.004	0.003	0.011	0.011
20	0.009	0.002	0.043	0.004	0.160	0.024
30	—	0.014	—	—	—	—

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

流量	管延長5m		管延長10m		管延長20m	
	調整	未調整	調整	未調整	調整	未調整
2	0.001	0.002	0.004	0.005	0.008	0.012
5	0.002	0.002	0.003	0.003	0.007	0.009
10	0.000	0.002	0.003	0.003	0.006	0.009
20	0.000	0.001	0.003	0.003	0.005	0.008
30	0.001	0.002	0.015	0.004	0.011	0.014

3. 5. 水道水利用形態調査

1) 家庭における水道の使用実態に関する調査

家庭における水道の使用水量と炊事、洗濯等の使用割合の調査について、全国主要な12都市にアンケート調査を行った。同時に飲用に使用される水道水がどの程度かについて調査結果があるかについて問い合わせた。調査結果を表-11に示す。

表-11 家庭における水道の使用水量と水使用割合に関する調査

都市名	家庭用水使用量 (L)				家庭用水使用量の割合 (%)					飲用水量
	9年度	10年度	11年度	12年度	炊事	洗濯	トイレ	風呂	洗面他	
A	204	204	205		調査していない					調査なし
B					調査していない					調査なし
C	249	249	249		20	22	24	26	8	調査なし
D		252	250	248	19	25	9	35	12	調査なし
E	273	272	267	264	調査していない					調査なし
F					調査していない					調査なし
G	270	269	267		調査していない					調査なし
H	260	257	255		26	24	19	23	8	2L
I	251	246	246	245	21	20	18	32	9	調査なし
J		242	239	237	18	27	13	34	8	調査なし
K	200	203	200		26	22	12	30	9	調査なし
L		250	246	246	調査していない					調査なし
平均	244	244	242	248	22	23	16	30	9	

家庭における水道の使用実態に関する調査では、家庭用水使用量と水使用量の割合についてデータが得られた。しかし、直接人の口に入る水量や、水道水を採取する場合、どのような行動をするかについてはほとんど調査されていない状況であった。

5市の水道モニターの276名にアンケート用紙を配布し、水道水を飲むか、水道水を飲む前に流すか、炊事に水道水を使用するか等を調査した。

回答があった246名を集計した(回答率89.1%)。1家族の人数は平均3.2人である。

アンケートの調査結果を表-12に示す。

表-12 水道水使用時の行動に関する調査結果

	Q1:寝起きの水道水 飲む 飲まない		Q2:一日あたり何杯 飲む 飲まない		Q3:飲むときに 流す 流さない		Q4:トイレ朝炊事前に 行く 後で	
	回答数	243		238		230		243
回答率(%)	99		97		93		99	
無回答数	3		8		16		3	
無回答(%)	1		3		7		1	
モニター数	70	173	130	108	135	95	215	28
構成比(%)	29	71	55	45	59	41	88	12
最高(杯)	3		24		20			
最低(杯)	0.5		0.25		0.1			
平均(杯)	1.2		3.6		2.3			

	Q5:ご飯は水道水で炊くか 炊く 以外で炊く 炊かない			Q5-1:ご飯はいつ炊くか 朝 昼 夕			Q5-2:水道水はいつ取るか 前日 炊くとき 数時間前		
	回答数	246			221			219	
回答率(%)	100			100			99		
無回答数	0			0			2		
無回答(%)	0			0			1		
モニター数	221	24	1	122	15	167	28	136	55
構成比(%)	90	10	0	55	7	76	13	62	25

	Q6:水道水を沸かすか 沸かす 沸かささない		Q6-1: 何L沸かす	Q6-2:沸かすときに 流す 流さない		Q6-3: 何杯飲むか
	回答数	237		211	208	
回答率(%)	96		99	97		96
無回答数	9		3	6		8
無回答(%)	4		1	3		4
モニター数	214	23	211	95	113	206
構成比(%)	90	10	99	46	54	96
最高(杯)			54	20		24
最低(杯)			0.5	0.1		1
平均(杯)			3.4	3.2		5.8

	Q7:みそ汁は水道水で 作る 作らない		Q7-1:作るときに 流す 流さない	
	回答数	235		208
回答率(%)	96		98	
無回答数	11		4	
無回答(%)	4		2	
モニター数	212	23	74	134
構成比(%)	90	10	36	64

	Q8:麺類は水道水で		Q8-1:作るときに		Q9:浄水器の取り付け	
	作る	作らない	流す	流さない	付けている	付けていない
回答数	235		208		243	
回答率(%)	96		100		99	
無回答数	11		1		3	
無回答(%)	4		0		1	
ニター数	209	26	77	131	109	134
構成比(%)	89	11	37	63	45	55

アンケート結果は、[水道水をそのまま飲む]人は55%、[飲む前に流してから取る]人は59%、1日当たりコップに平均3.6杯飲用する結果であった。[水道水を沸かす]人は90%、[沸かすときに事前に流す]人は46%であった。料理等で直接的に口に入るもの(炊事、みそ汁、麺類等の調理)に水道水を使う家庭は90%であった。また、朝の炊事前には雑用水(トイレ)に使う人は88%であった。[浄水器を取り付けている]家庭は45%であった。

①朝起床したときに水道水を飲むか。

飲む 29%	飲まない 71%
--------	----------

②水道水を飲むときに流すかどうか。

流す 59%	流さない 41%
--------	----------

③朝炊事前にトイレに行くかどうか。

行く 88%	行かない12%
--------	---------

④ご飯は水道水で炊くか。

炊く 90%	炊かない10%
--------	---------

⑤みそ汁は水道水で作るかかどうか。

作る 90%	作らない10%
--------	---------

⑥水道水を沸かすかどうか。

沸かす 90%	沸かさない10%
---------	----------

⑦水道水をわかす水をとるときに流すかどうか。

流す 46%	流さない 54%
--------	----------

⑧麺類は水道水で作るかかどうか。

作る 89%	作らない11%
--------	---------

⑨麺類を作る水をとるときに流すかどうか。

流す 37%	流さない 63%
--------	----------

⑩浄水器を取り付けているかどうか。

付けている 45%	付けていない 55%
-----------	------------

4. 結論

実際に使用されていた鉛製給水管を用いて給水装置モデルを作り、滞留水中と流水中における鉛濃度の調査を行った。

1) 滞留水中の鉛濃度

管延長が長いほど滞留水中の鉛濃度は高くなる傾向であった。