第６章 対策の方向性に関する調査検討

1. 対策の方向性について

(1) 路面排水中の亜鉛の挙動

ここまでの調査結果を総括すると、路面排水中に含まれる亜鉛・鉛の排出源と挙動は以下のように整理される。

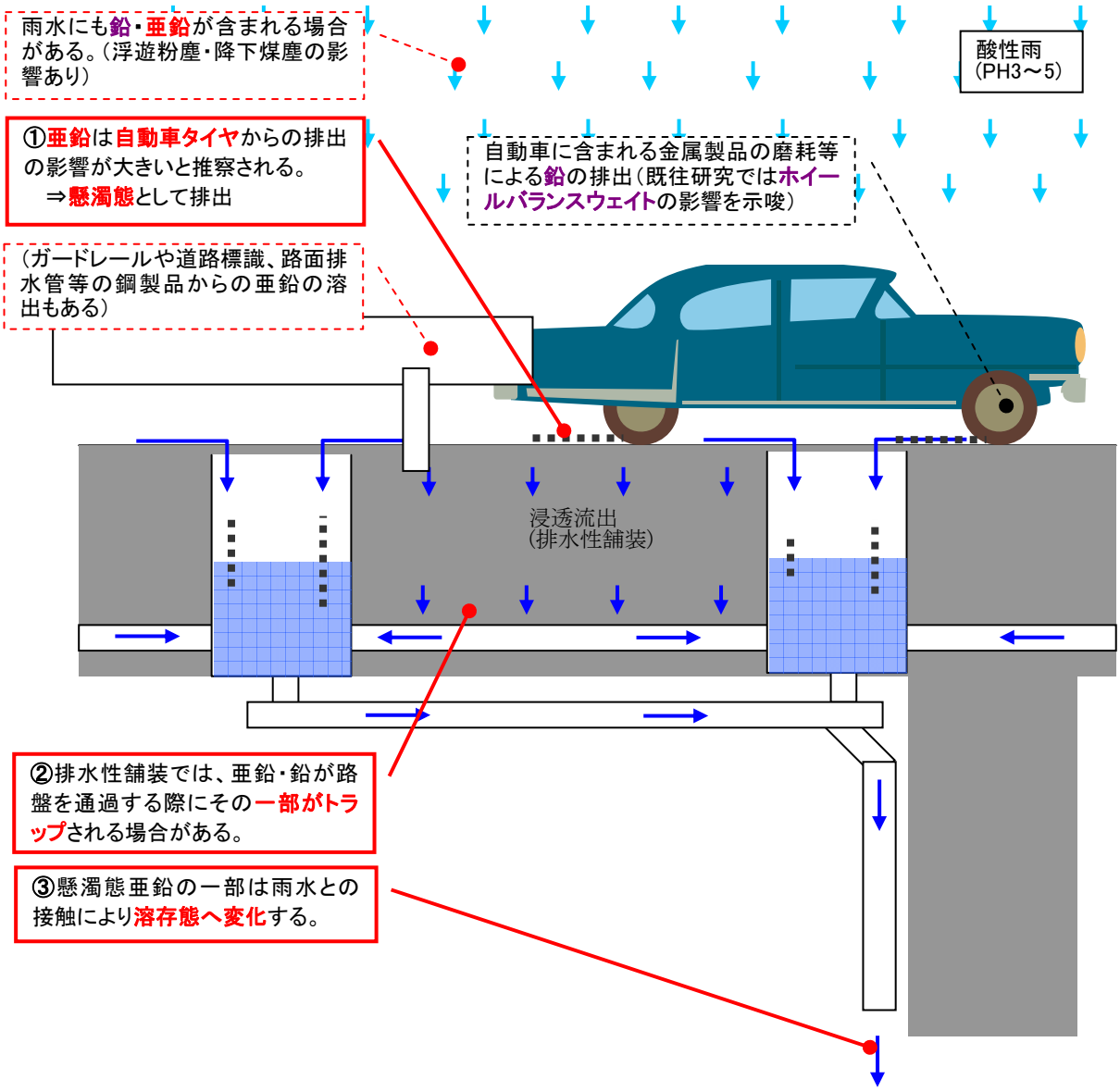


図 6.1　路面排水中の亜鉛・鉛の排出源と挙動の概念図

①路面排水中の亜鉛は自動車タイヤからの排出の影響を受けた可能性が大きい

- ✓ No.3 相模原市地区は平成 17 年度の調査地点(20 地点)の中でも特に亜鉛濃度が高かった。現地路面状況を調査したところ、他地点との違いは当地点が「前方に信号機がある下り坂の急ブレーキ区間であり「ブレーキ痕が多い」ことであった。
- ✓ 既往のヒアリング調査等による自動車タイヤの亜鉛の含有率は 0.8～3%、鉛の含有率は 0.0001～0.0005%程度である。No.3 相模原市地区の SS(実測値)にタイヤの亜鉛含有率を乗じると、概ね実測値の亜鉛濃度と濃度レベル・傾向とも一致した。

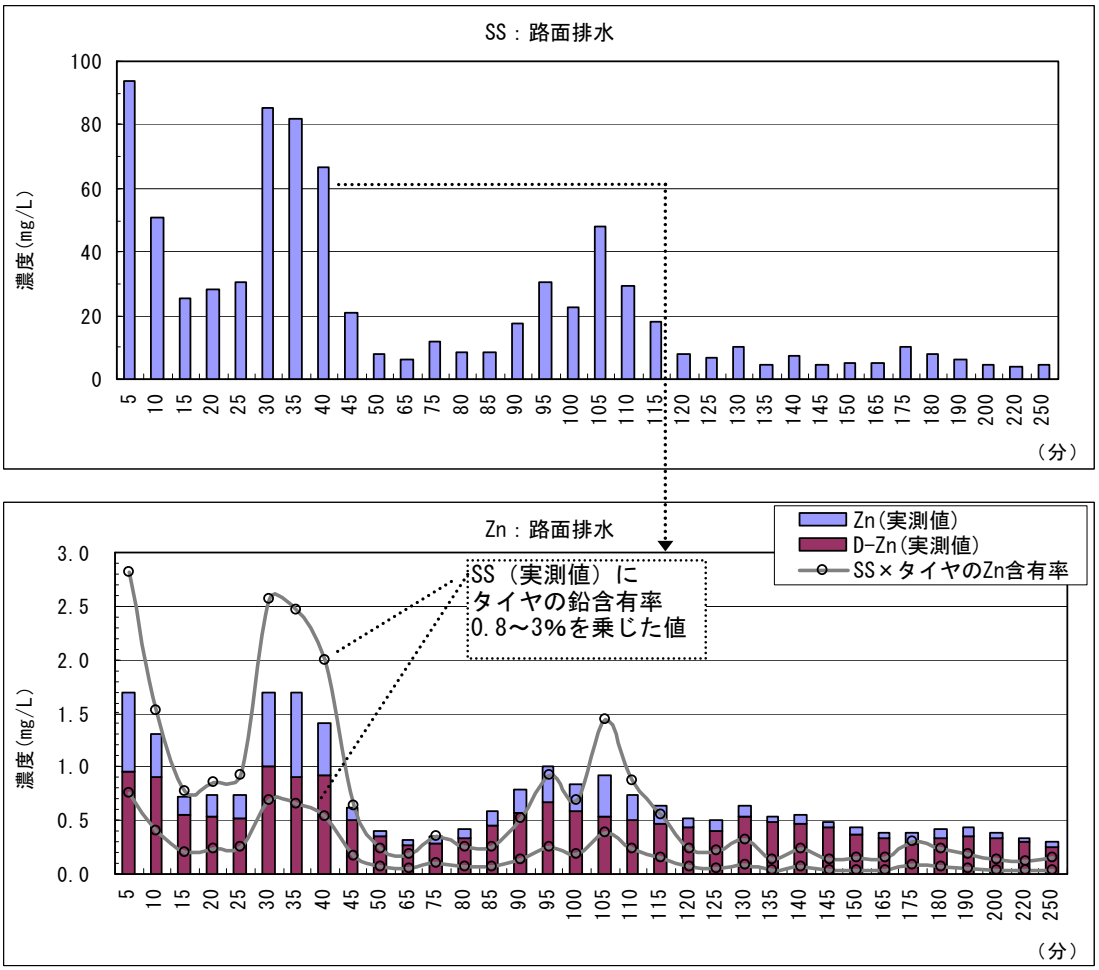


図 6.2　路面排水の SS と亜鉛の測定結果（No.3　相模原）

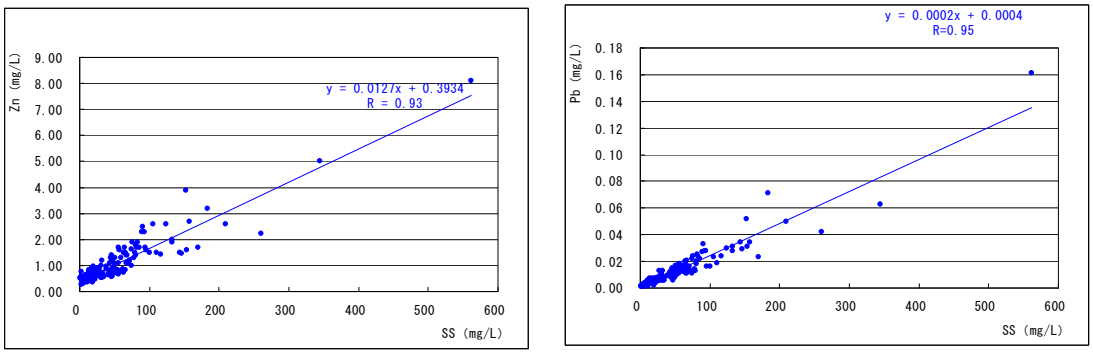


図 6.3　路面排水の SS と亜鉛・鉛の相関関係（左；亜鉛、右；鉛）

交通量がほぼ等しい国道同一路線上の No.3 相模原市国道下り坂区間と No3.相模原市国道平坦区間、また交通量が少ない近傍の No.3 一般道（市道）の亜鉛濃度を比較すると、交通量が多い No.3 相模原市国道下り坂区間において高濃度の亜鉛が検出された。

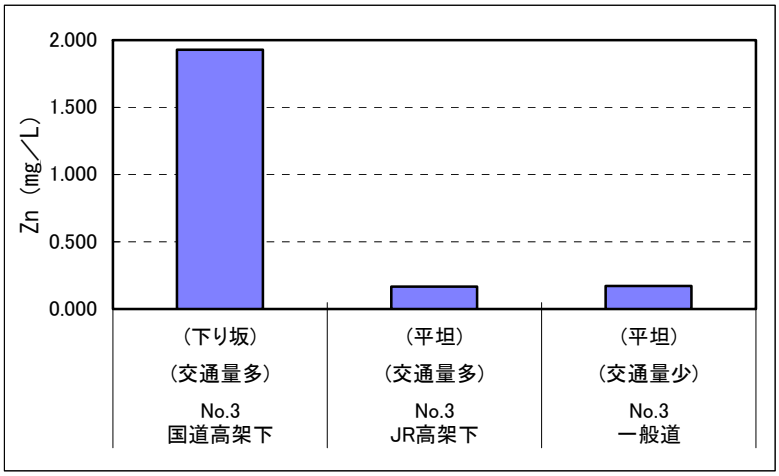
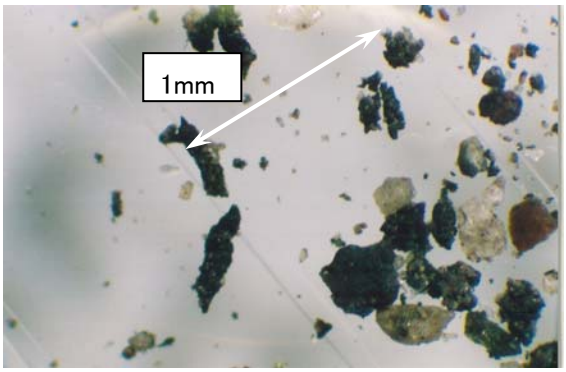


図 6.4　路面排水に含まれる亜鉛濃度比較（No.3 相模原市地区；平均値）

現地は下り坂の急ブレーキ区間で、路面には多数のブレーキ痕が見られた

自動車用ラジアルタイヤを磨耗した粉



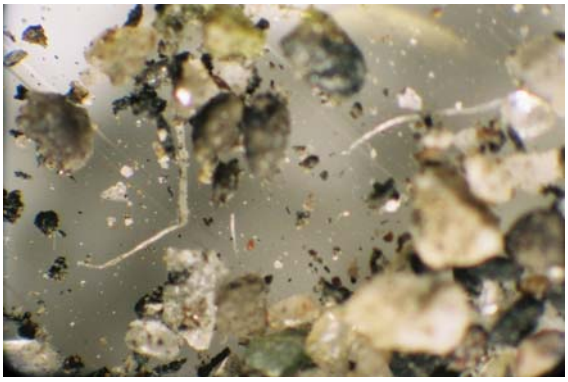


写真 6.1　No.3　相模原市地区付近　道路側溝の検鏡写真

○ 亜鉛メッキが露出した道路鋼製品からも亜鉛の溶出がある

雨水は路面排水として排出される過程において、路面排水管、ガードレール、道路標識、路面表示材等の道路製品と接触する。金属製品についてはその製造過程において腐食防止のため、一般に「どぶ漬け」と言われる亜鉛メッキ工程を経ている。また、路面表示材(黄色)には黄鉛が一般に使われる。道路製品の実物サンプルを用いた曝露試験を実施した結果から以下の事項が推察された。

- ✓ 曝露試験の結果、表面塗装が施されておらず亜鉛メッキ面が露出している排水管、道路標識柱、ガードレールのサンプルにおいて亜鉛が多く溶出する傾向が見られた。
- ✓ また、現地で観測された酸性雨（pH3.5）を想定した試験結果では、中性（pH7.0）よりも明らかに高濃度であり、金属製品からの溶出においては酸性雨の影響も大きいことが考えられた。

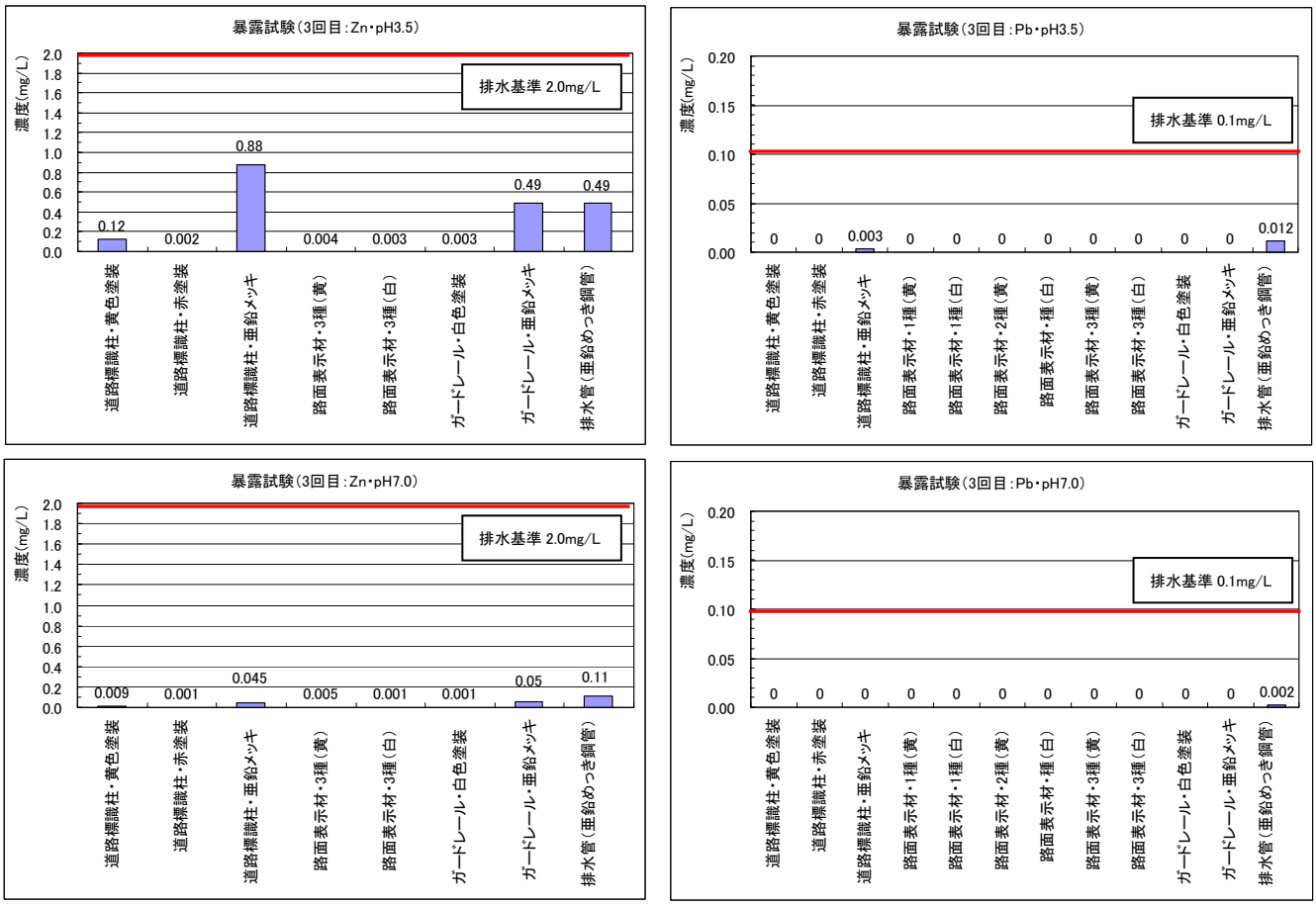


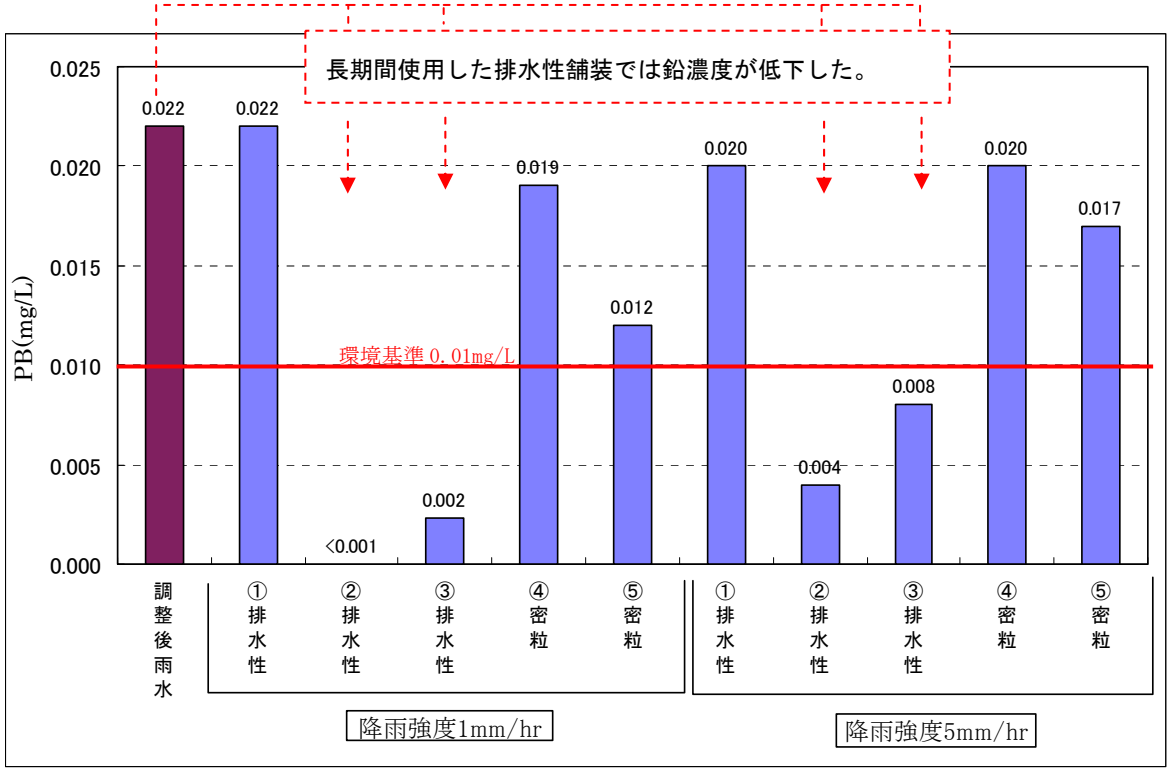
図 6.5　道路製品の曝露試験結果（左；亜鉛、右；鉛）

○ 亜鉛は雨水由来により路面排水に含まれる場合もある

- ✓ No.18 江戸川区地区の調査結果では、路面排水に比較して雨水中の亜鉛濃度の方が高い場合も見られたことから、浮遊粉塵(大気由来)が亜鉛の一つの起源となっている場合もある。

②排水性舗装では、亜鉛・鉛が路盤を通過する際にその一部がトラップされる場合がある

✓ 舗装のコアサンプルを用いた透水試験を実施し、透水後の亜鉛濃度を測定したところ、打設後長期間使用された排水性舗装サンプルを用いた試験結果において亜鉛の濃度低下が見られた。



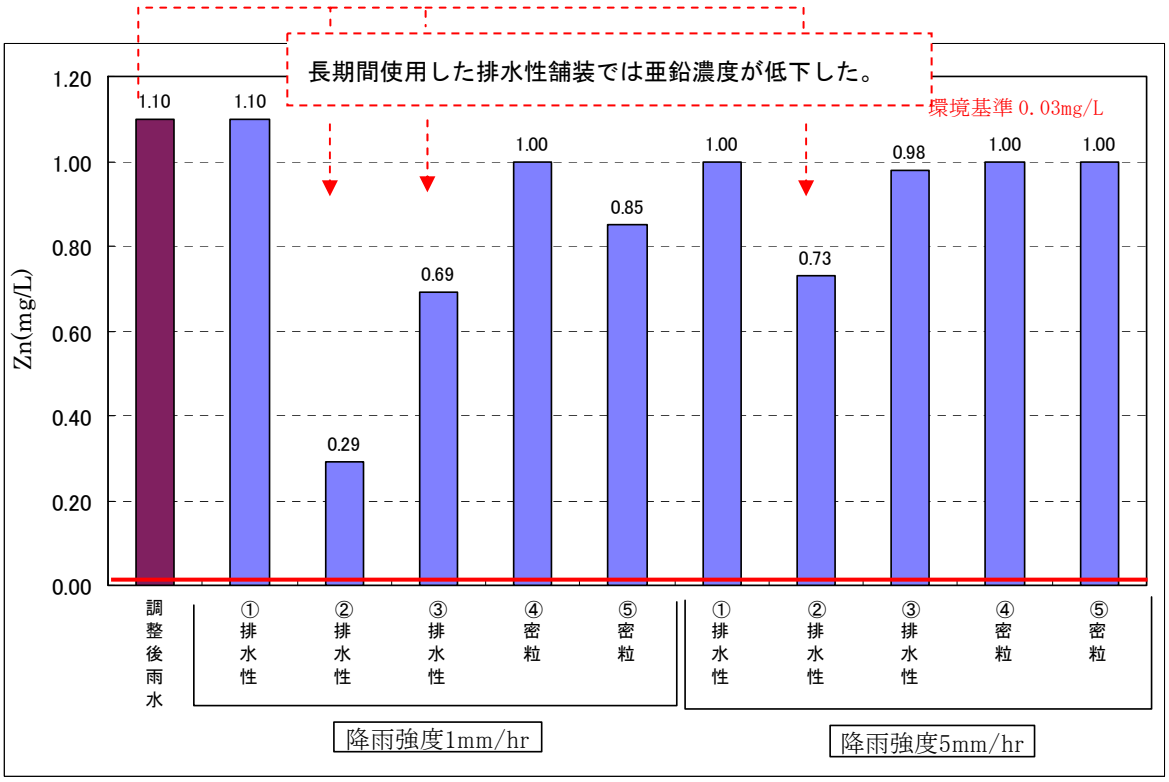


図 6.6　舗装種類による鉛・亜鉛濃度の変化

③亜鉛は懸濁態として路面に排出され、この一部は雨水との接触により溶存態へと変化する

✓ 自動車タイヤ粉由来の懸濁態亜鉛や側溝泥を pH4.87 の実雨水に浸漬したところ、溶解性亜鉛濃度の増加が確認された。自動車タイヤ粉等の懸濁態亜鉛が酸性の降雨に曝された場合、その一部は路面排水として排出されるまでの分オーダーの時間で溶存態に変化することが示唆された。

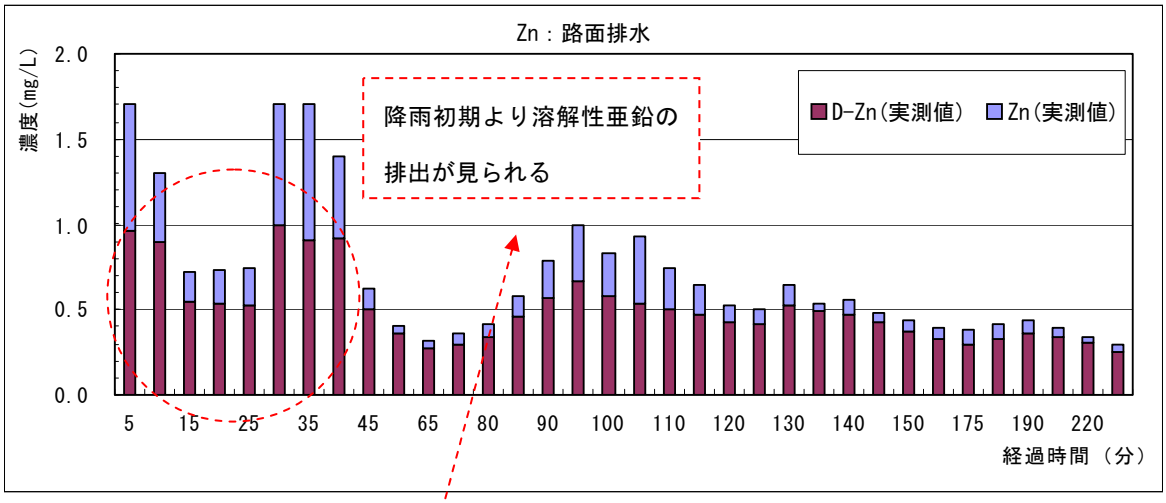


図 6. 7　路面排水中の亜鉛濃度（No.3 相模原市；平成 18 年度調査結果）

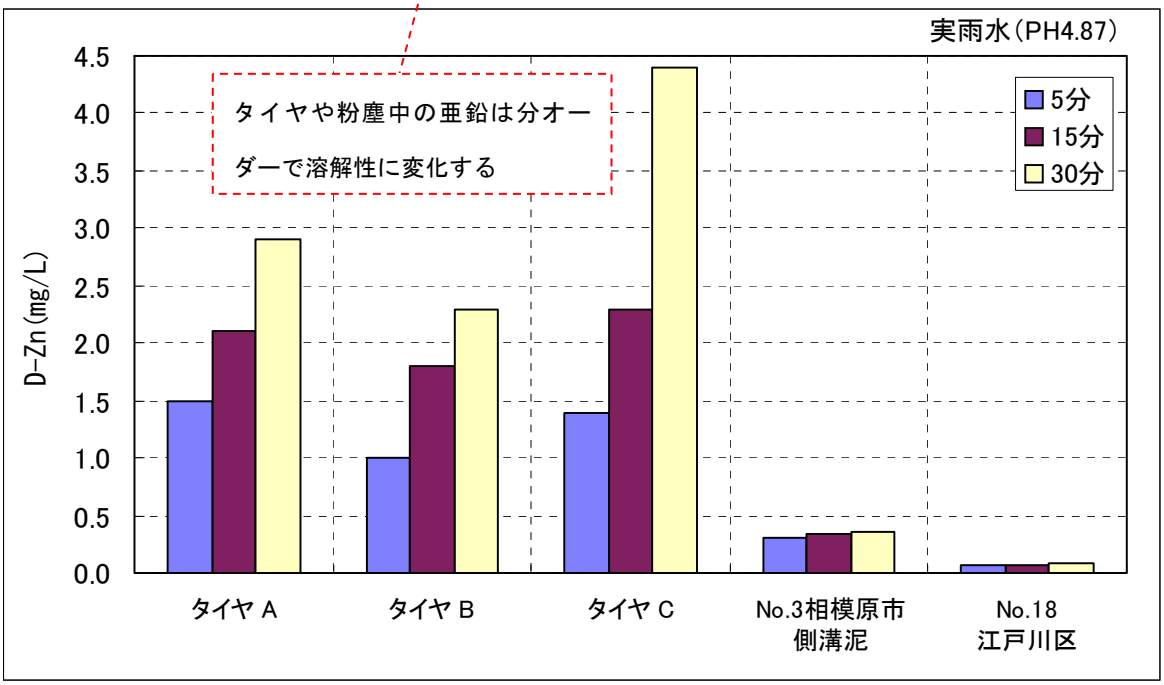


図 6.8　溶出試験によるタイヤや粉中の溶解性亜鉛の変化

(2) 対策の方向性について

発生源対策（製造業者等への働きかけ）

亜鉛･･･自動車製造過程における代替物質の使用は現時点では未開発。

鉛･････代替物質の開発が進んでいる

地先対策

亜鉛、鉛とも、粒子状物質として路面に排出されるため、それを効率的に回収することが有効。従来実施されている路面清掃の有効性の評価が必要。

- ✓ タイヤが主な原因と考えられる亜鉛はタイヤの磨耗粉として路面に粒子状として存在するが、雨水に接触すると短時間で溶解性に変化する。
- ✓ タイヤ中の亜鉛は、タイヤの強度を保持するための加硫促進助材として使用されているが、現段階では代替物質の使用は検討されていないようである。
- ✓ 鉛は不溶性のため道路粉塵等の粒子とともに懸濁態として路面排水に排出される。
- ✓ 従って、亜鉛や鉛が路面排水として公共用水域に排出されるのを未然に防ぐためには、路面上の粒子状の物質を効率的に回収することが効率的と考えられる。
- ✓ 一般に、大規模な国道等においては、真空吸引式清掃車により路上の粉塵回収が実施されており、これは負荷低減に最も有効な方法と考えられ、その効果を定量的に把握し効率的に実施していくことが必要と考えられる。
- ✓ また、今回の調査結果から交通量が多い道路では路面上の粉塵が自動車により巻き上げられ、周辺（歩道等）に拡散することも確認された。従来、道路管理者が実施している路面清掃は車道に限定される場合が多いが、歩道の清掃も鉛・亜鉛等の環境負荷低減の面から有効であろうと考えられる。

2. 路面清掃の対策効果に関する調査

路面清掃が排水の水質に与える影響・効果について把握することを目的とし、路面清掃実施前後の人工降雨による路面排水を採取し実測した。本調査の結果から路面清掃の環境負荷の低減効果について検討した。

(1) 調査地点

過年度の調査地点の道路条件を踏まえ、調査地点を下記の場所に選定した。

①路面排水の採水調査地点

下図に示す国道 14 号小松川大橋（江戸川区小松川）の安全帯にて路面排水調査を行った。

図 6.9　調査対象地点位置図

図 6.10　調査対象地点状況

②降下煤塵の採取地点

荒川右岸に位置する K 高校屋上にて降下煤塵の採取を行った。

(2)　調査方法

①　査実施方法の概要

調査は、清掃実施前後に 1 回ずつ人工降雨による路面排水を採取し、亜鉛、溶解性亜鉛、鉛、SS の分析を行った。また、降下煤塵由来の負荷量を把握するために路面排水採取と同時期に、降下煤塵を採取し同項目の分析を行った。この調査を 2 回実施した。散水用水の分析（ブランク）も調査ごとに実施した。

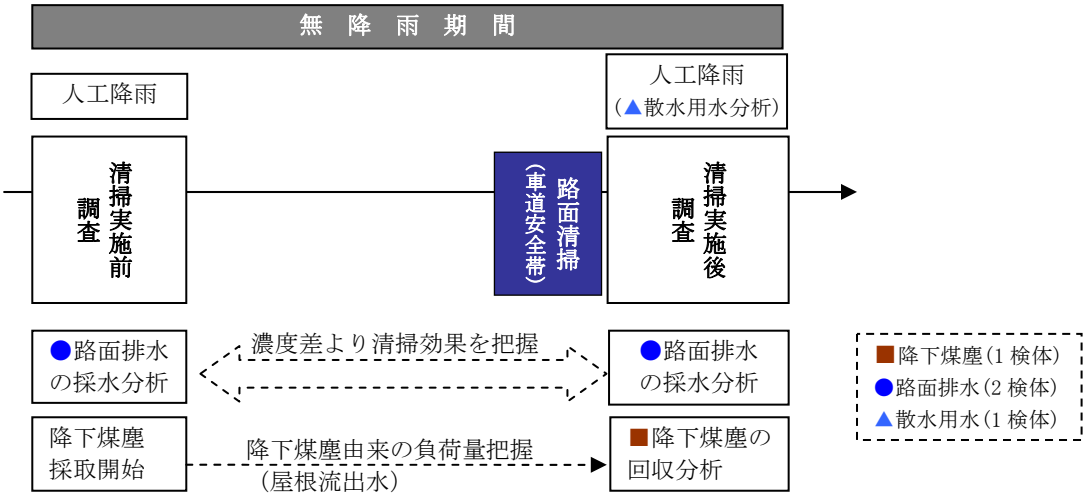


図 6.11 人工降雨採水調査の実施方法（調査１回あたり）

【本調査における路面清掃の方法】

当該地点では真空還流式路面清掃車による清掃が実施されている。散水車で路面に水を撒き、埃を押さえ、清掃車の回転ブラシで粉塵を吸引する方法である。

表 6.1　当該地点の路面清掃方法

●真空還流式路面清掃車による路面清掃
（道路粉塵等を回収する） １）先行車で、大きなゴミを取り除く。 ２）散水車で水を撒き、埃を押さえる。 ３）路面清掃車の回転ブラシでゴミを収集する。

※東京国道事務所亀有出張所ヒアリングによる。

真空還流式路面清掃車（東京国道事務所亀有出張所提供）

本調査ではこれに倣って、人為的に予め路面に水を撒き、掃除機により路面の粉塵を吸引する方法をとった。

①路面への散水・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ほこりを抑える程度
②路面の軽いブラッシング・・・・・・・・・・・・・・ブラシ(ほうき)により路面粉塵を浮かせる
③掃除機による吸引・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・粉塵の吸引回収

散水用水・・・・・水道水を用いた。

以下に散水条件の詳細を示した。

表 6.2　散水条件

		調査条件	備考
採水時間	min	0～100	H18 年度詳細調査時の降雨パターンを再現
総雨量	mm	15	
再現降雨の降雨強度	mm/hr (mm/10min)	0～20 (0～3.33)	
散水量	L/min	約 4.6	0.16 L/min×29 個＝4.6L/min
再現可能な最大降雨強度	mm/hr	約 20	0.0046m^3/min×60min/hr÷14m2＝20mm/hr
散水時間	min	0～100	断続的に散水；下表参照 散水条件は 3 回の調査とも共通とする。
散水面積	m^2	14	幅約 0.7m×長さ約 20m
総散水量	L	210	下表参照
pH 条件	1 回目 2 回目(詳細)	7 7	

表 6.3　装置による散水時間

経過時間 (min)	降雨強度 (mm/hr)	散水量 (m^3/10min)	ポンプ作動時間(s)
0-10	3	0.007	91
10-20	3	0.007	91
20-30	3	0.007	91
30-40	6	0.014	181
40-50	9	0.021	272
50-60	3	0.007	91
60-70	15	0.035	453
70-80	20	0.047	600
80-90	20	0.047	600
90-100	11.5	0.027	348
	合計散水量	0.218 m^3	

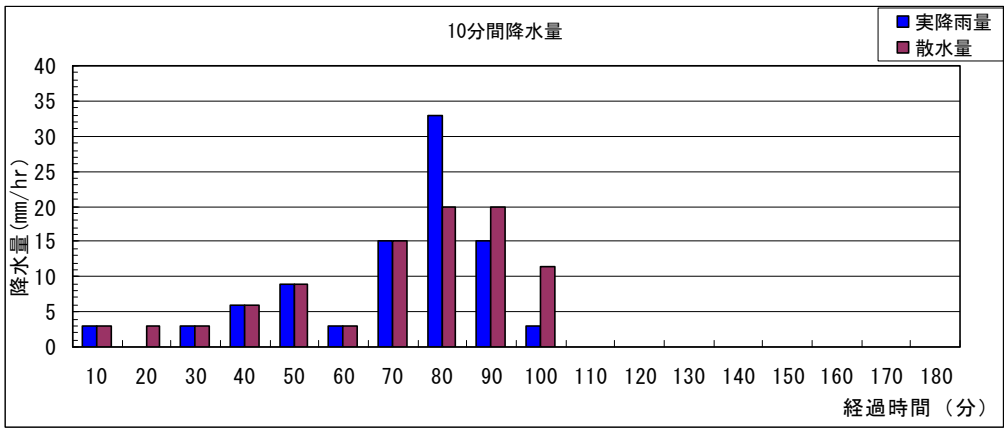


図 6.12　過年度実降雨量と散水量の比較

②散水装置の概要

散水装置の概要を以下に示す。

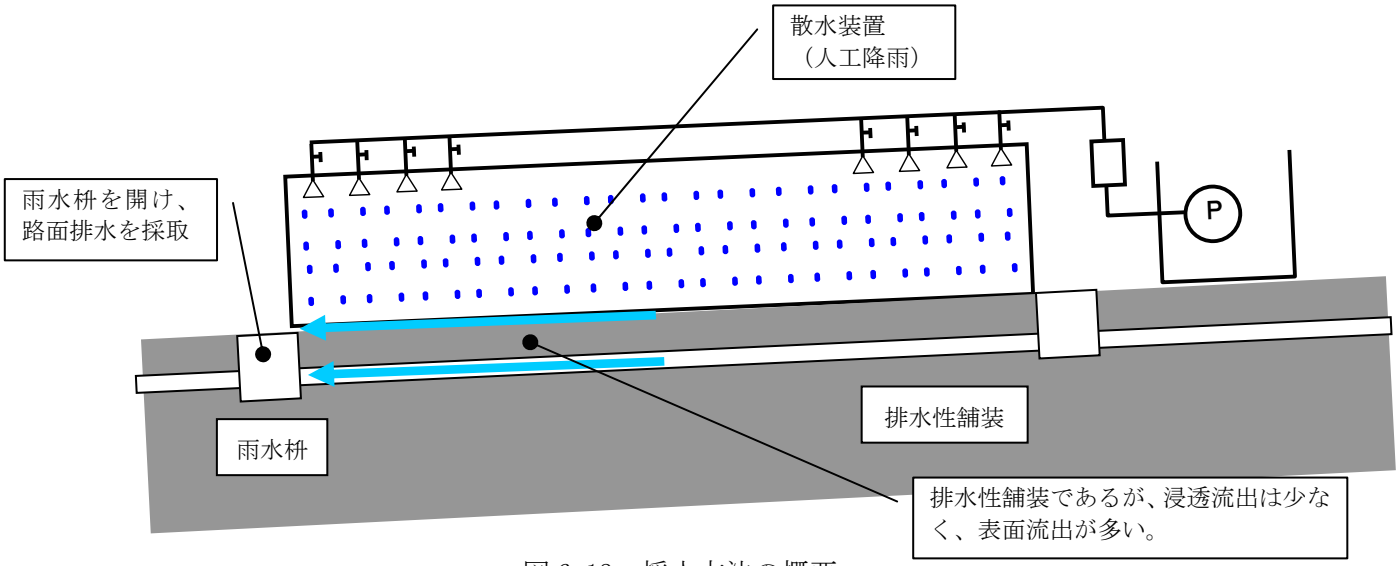


図 6.13　採水方法の概要

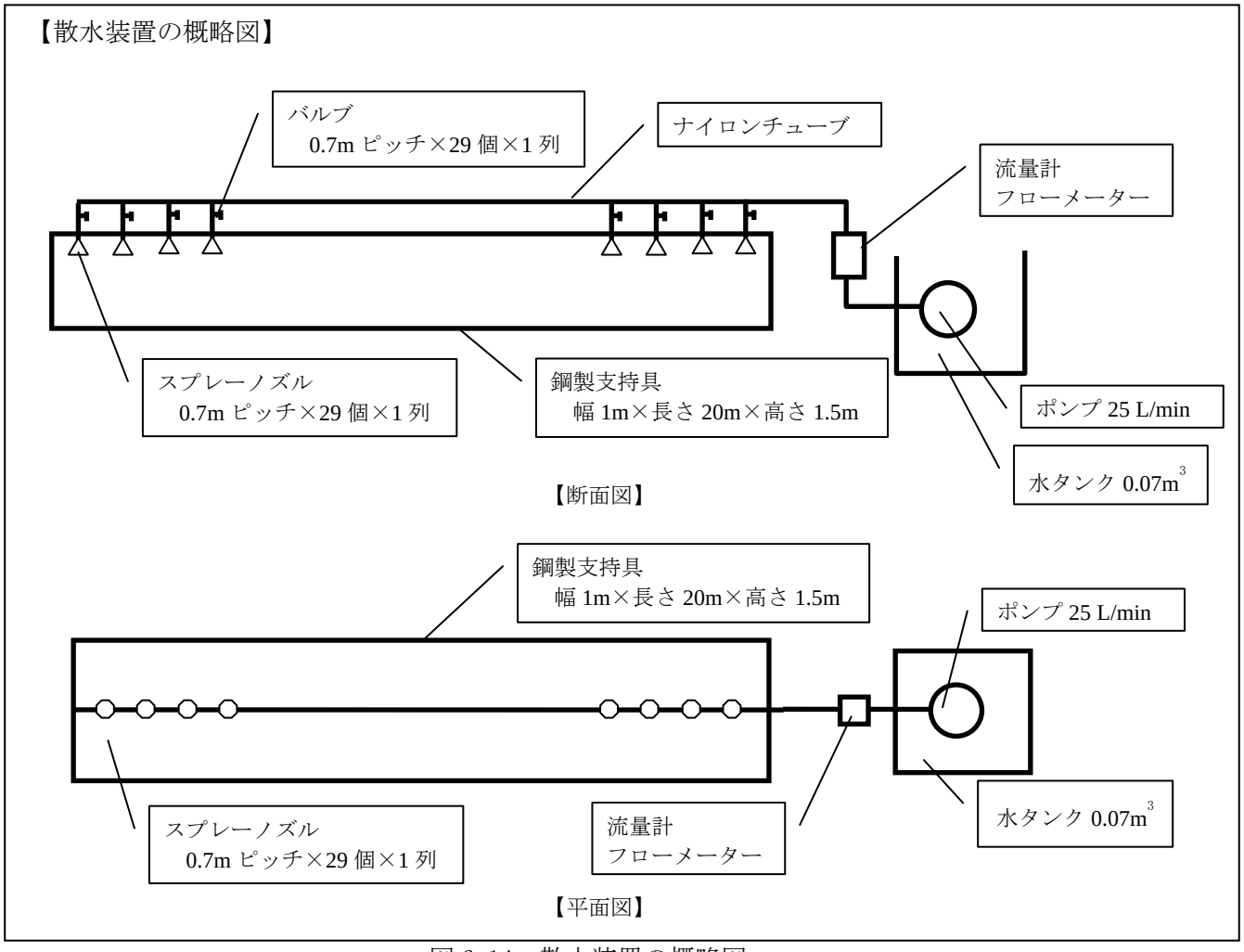


図 6.14　散水装置の概略図

散水装置組み立て状況写真を以下に示す。

写真 6.1　散水装置組み立て状況①

写真 6.2　散水装置組み立て状況②

③採水方法

・ 路面排水の採水方法

表 6.4　各調査回ごとの路面排水の採水方法

1回目調査	100分間、10分ピッチで500mL程度の路面排水を連続的に採取した。散水終了後、10本のサンプルを等量混合し1検体とし分析に供した。
2回目調査（詳細調査）	100分間、10分ピッチで1Lの路面排水を連続的に採取した。散水終了後、10本のサンプルを分析に供した。

サンプルの等量混合については 10 分ごとに路面排水の流量を観測し、その流量比で混合した。

・ 降下煤塵の採取方法

市販のポリプロピレン収納ケースを建物屋上に 10 個程度、清掃実施前調査時に設置した。その後、清掃実施後調査時に総雨量 15mm/hr 相当の水量で洗浄し、容器内の降下煤塵を回収した。

写真 6.3　容器の設置状況（K高校屋上）

写真 6.4　散水装置外観

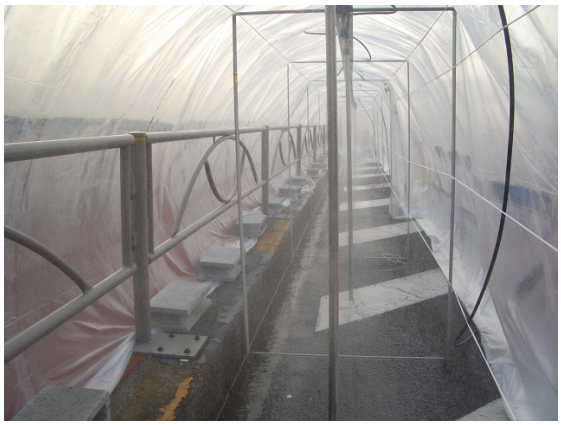


写真 6.5　散水状況

写真 6.6　路面排水採水

写真 6.7　清掃状況

上の写真に示す清掃なし時の初期の路面排水は黒色の懸濁物が非常に多かったが、下の写真に示す清掃後の初期の路面排水は懸濁物が少なくなった。

写真 6.8　路面清掃前後の路面排水サンプル（上；路面清掃なし、下；路面清掃後）

(3)　路面清掃による環境負荷低減効果

路面清掃による環境負荷低減効果について本調査結果を総括し以下に考察した。

清掃なし時に比較して清掃実施後は排水濃度が大きく低減しており、路面清掃の実施は環境負荷軽減に効果的であることが、本調査により実証された。

＜SS＞

- 路面清掃後は路面排水中の懸濁物（SS）が142mg/Lから4mg/Lに大きく低減している（97%の低減）。

＜Zn＞

- 路面排水中の全亜鉛が0.307mg/Lから0.032mg/Lに大きく低減した（90%の低減効果）。特に懸濁性亜鉛が0.273mg/Lから0.016mg/Lに低減した（94%の低減）。

＜Pb＞

- 路面排水中の鉛が0.018mg/Lから0.001mg/L未満に大きく低減した（ほぼ100%の低減）。鉛は路面上でほぼ懸濁態で存在しており、粉塵の回収によりほとんど除去できると考えられる。

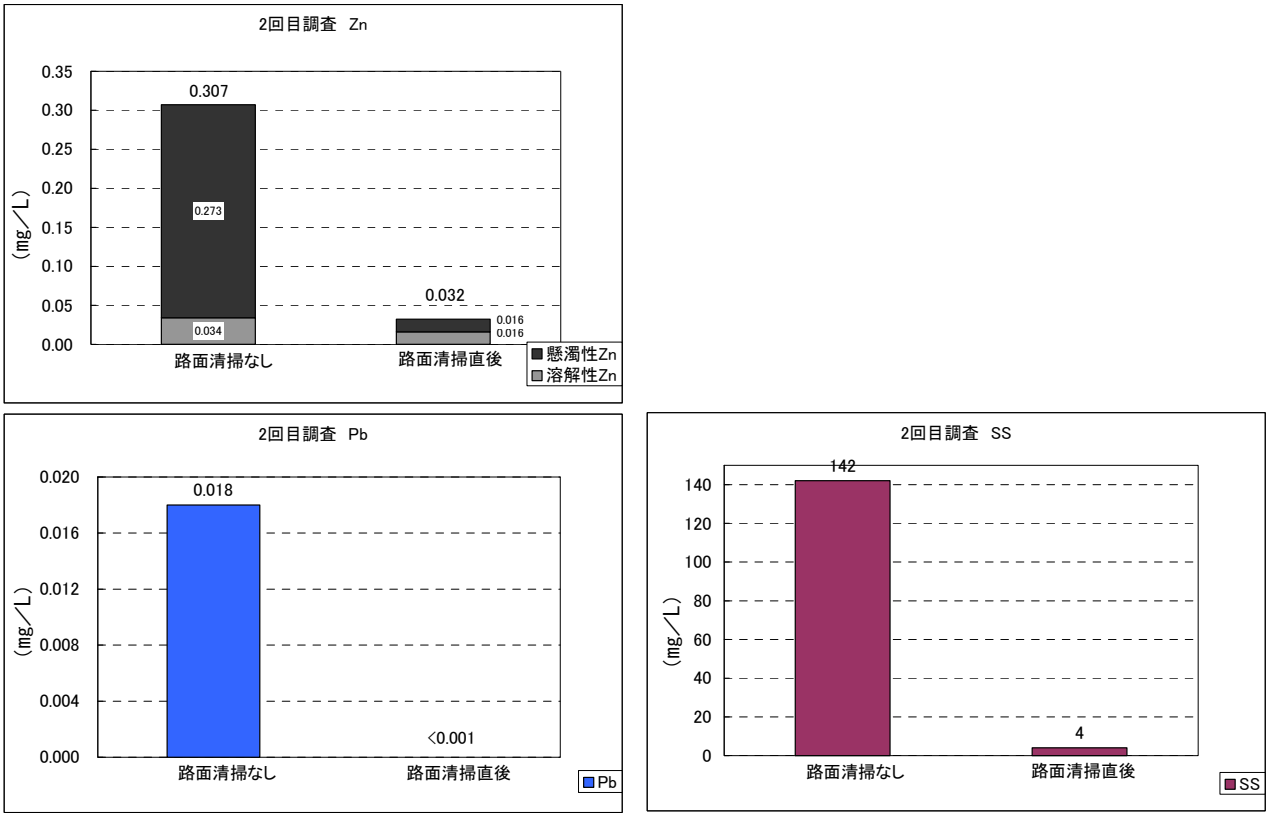


図 6.15　路面清掃効果の調査結果