

報告 (Note)

道路近傍における重金属の環境実態とリスク評価

三島聡子, 石割隼人
(調査研究部)

Studies on the environmental fate of Metals and their risks on human health and the environment
Satoko MISHIMA and Hayato ISHIWARI
(Research Division)

キーワード：重金属，環境実態，リスク評価

1 はじめに

神奈川県は、平成11～24年度の自動車保有台数¹⁾が全国第3位、平成25,26年度の自動車保有台数¹⁾が全国第4位であり、また、本県を通過する車両台数も多く、自動車から排出される化学物質による影響が懸念される。一方、平成21年9月から大気汚染に係る環境基準項目となった微小粒子状物質(PM2.5)は、その生成要因の一つとして自動車排出粒子が挙げられており、自動車排ガスや、タイヤ、ブレーキなどの自動車の構成部品等の摩耗による粉塵は、不特定な発生源(ノンポイント汚染源)として、環境への負荷が懸念されている²⁻⁹⁾。

平成11年に特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(化管法)が制定され、様々な重金属の排出量及び移動量が集計されている。表1に本研究で

対象とした重金属の平成24年度PRTR排出移動量(全国)¹⁰⁾及び自動車部品における主な用途¹¹⁻¹³⁾を示すが、いずれも排出・移動量が年間10トンを超えている。

自動車から大気あるいは水域へ排出されるこれら重金属の環境実態及びリスクを明らかにすることは、重金属の環境リスクの削減等を図るために重要なことであると思われる。本研究では、様々な用途に使われ、環境中に広く存在し、人の健康や生態系に影響を及ぼすおそれがあると考えられるPRTR制度対象重金属についての道路近傍の環境実態調査及びリスク評価を行った。

2 調査方法

2.1 調査地点，調査時期及び分析法

2.1.1 大気調査

表1 本研究で対象とした重金属の平成24年度PRTR排出・移動量及び主な用途

PRTR番号	重金属名称	届出排出量(kg/年)大気	届出排出量(kg/年)公共用水域	届出排出量(kg/年)土壌	届出排出量(kg/年)埋立	届出排出量(kg/年)合計	届出外排出量(kg/年)小計	届出及び届出外排出量(kg/年)合計	届出移動量(kg/年)廃棄物移動	届出移動量(kg/年)下水道への移動	届出移動量(kg/年)合計	届出排出・移動量合計(kg/年)	自動車に関連する主な用途
1	亜鉛(Zn)の水溶性化合物	16,320	606,988	2	89,169	712,478	36,253	748,731	3,154,687	10,899	3,165,586	3,878,064	タイヤ加硫促進剤、めっき
31	アンチモン(Sb)及びその化合物	3,099	5,032	59	308,562	316,751	4,696	321,447	481,393	525	481,918	798,669	ブレーキパッド、難燃剤、バッテリー
75	カドミウム(Cd)及びその化合物	431	2,485	0	74,994	77,909	98	78,007	95,790	0	95,790	173,699	蓄電池
87	クロム(Cr)及び三価クロム化合物	6,106	28,974	31	193,042	228,153	2,036	230,189	15,389,176	1,590	15,390,766	15,618,919	めっき、鋼材
88	六価クロム化合物	220	11,648	0	1	11,869	8,924	20,794	409,467	1,766	411,233	423,102	自動車用途には廃止の方向
132	コバルト(Co)及びその化合物	166	7,945	1	268	8,380	35,923	44,303	251,172	4,786	255,958	264,337	電気自動車等の蓄電池、触媒
242	セレン(Se)及びその化合物	1,439	5,178	0	10,082	16,700	3,949	20,649	24,713	1	24,714	41,413	電子材料
272	銅(Cu)水溶性塩(錯塩を除く。)	2,007	99,966	0	34,398	136,371	67,489	203,859	966,540	4,828	971,368	1,107,739	ワイヤーハーネス
304	鉛(Pb)	735	62	0	9	806		806	533,794	7	533,801	534,607	蓄電池
305	鉛化合物	8,661	10,544	7	3,488,701	3,507,912	47,950	3,555,862	5,653,007	57	5,653,065	9,160,977	
308	ニッケル(Ni)	1,552	682	0	238	2,473	11,731	14,203	403,945	1,008	404,953	407,426	ステンレス鋼、合金、めっき
309	ニッケル化合物	4,443	65,231	0	172,709	242,383	75,799	318,182	2,162,030	19,918	2,181,948	2,424,331	
321	バナジウム(V)化合物	2,544	12,980	0	0	15,524	9,052	24,576	1,297,267	2,300	1,299,567	1,315,091	電子材料、石油精製触媒
332	砒素(As)及びその無機化合物	2,134	16,177	770	788,080	807,161	486	807,647	780,644	4	780,648	1,587,808	蓄電池鉛電極(格子合金)
412	マンガン(Mn)及びその化合物	38,766	744,841	137	2,347,493	3,131,237	2,569	3,133,806	48,357,677	2,438	48,360,115	51,491,352	鋼材、地殻表層成分(0.09wt%)

大気粉じんの捕集地点を図1に示す。自動車による排出の影響については、国道1号線から約5mの沿道にある①茅ヶ崎駅前自動車排出ガス測定局（以下、茅ヶ崎自排局と称す）、②国設厚木自動車排出ガス測定局（以下、厚木自排局と称す）③大和市深見台交差点自動車排出ガス測定局（以下、大和自排局と称す）で測定した。また、一般環境として交通量の多い国道及び県道等からの距離は230m以上、高さ17.5mと発生源から比較的距離のある④神奈川県環境科学センター屋上（以下、環境科学センターと称す）を測定した。

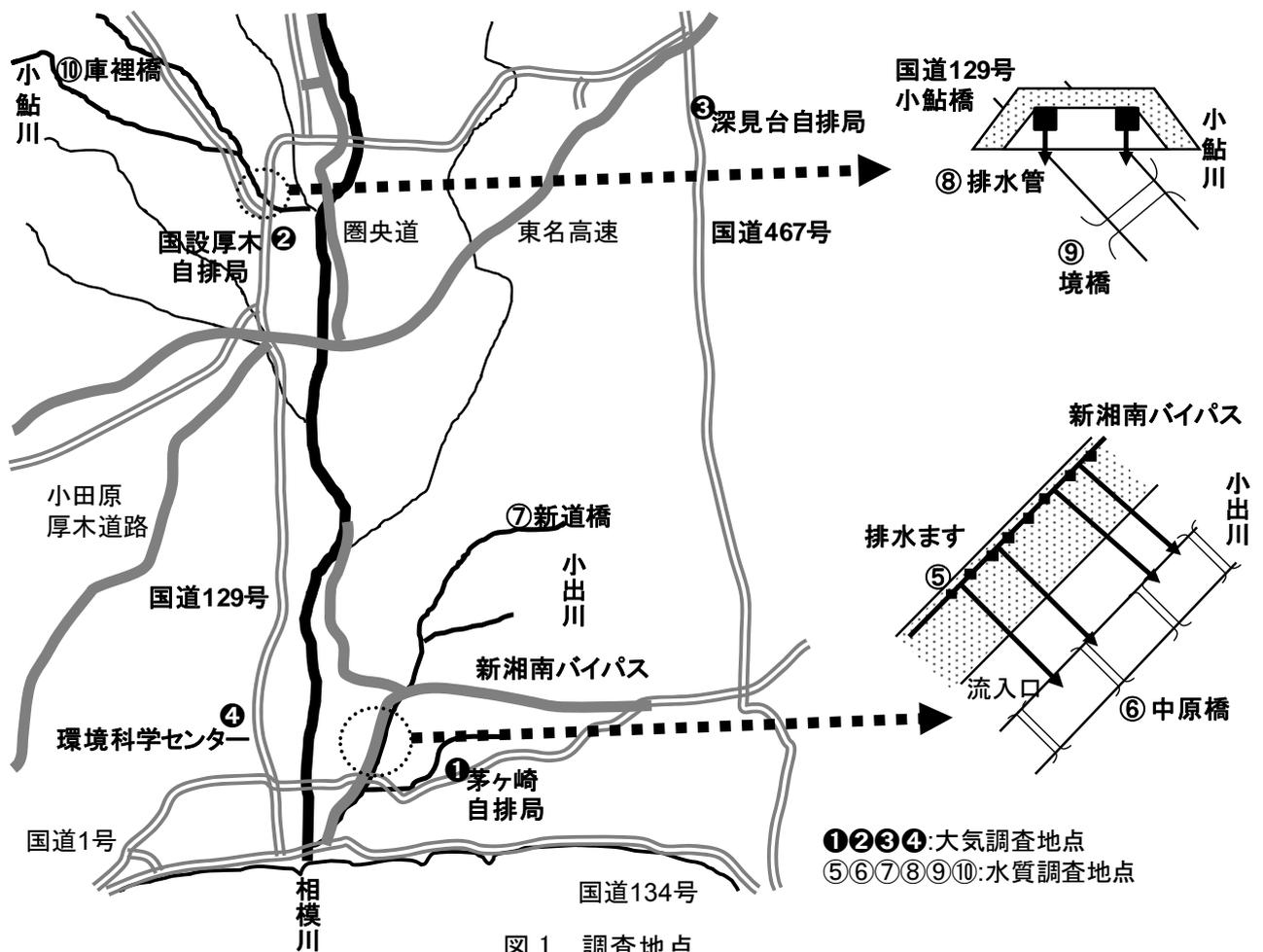
地点①と④の調査は2010年11月から2011年11月にかけて8回行った。地点②と③の調査は2012年3月から2012年11月にかけて4回行った。

大気粉じんの捕集には47mmφの石英ろ紙（GEヘルスケア・ジャパン製、Whatman QM-A）を使用、PCIサンプラー（東京ダイレック製、ACM-10）により、20mL/minの流量で、

粒径10μmより上、10~2.5μm、2.5μm未満に分け、2日間ですろ紙を交換し、合計4日間捕集した。捕集後、ろ紙の重量を測定した。表1に示した亜鉛（Zn）、アンチモン（Sb）、カドミウム（Cd）、クロム（Cr）、コバルト（Co）、セレン（Se）、銅（Cu）、鉛（Pb）、ニッケル（Ni）、バナジウム（V）、ヒ素（As）マンガン（Mn）を有害大気汚染物質測定方法マニュアル（平成23年3月 環境省 水・大気環境局 大気環境課）に準じて分析した。重金属の定量は、ICP-MS（Agilent製、7500 ce）で行った。

2. 1. 2 水質調査

水質調査地点を図1に示す。⑤新湘南バイパスの排水及び排水が流入している小出川の⑥中原橋、上流の⑦新道橋、⑧国道129号の排水及び排水が流入している小鮎川の新小鮎橋から1つ下流の⑨境橋、上流の⑩庫裡橋を調査対象とした。また、⑪環境科学センターで雨水を採取した。河川水は、河川流心部を採水した。新湘南バイパス排水については、排水管の排水マス



に採水容器を設置して初期降雨によるバイパス排水を採取した。国道129号排水については、排水マスが無いので、雨天時流下してくる排水を直接採水した。雨水については、ろうとを用いて直接容器に採取した。

調査は、⑤、⑥及び⑦については2010年11月から2011年11月にかけて7回行い、⑧、⑨及び⑩については2012年6月から2013年2月にかけて4回行った。⑪については、2010年11月から2011年11月にかけて7回及び2012年6月から2013年2月にかけて4回行った。

水質中の重金属は、大気粉じんと同様に、表1に示したのものについてJIS K0102 5.5及び52.5に準じ、硝酸分解した検液についてICP-MS (Agilent製, 7500 ce) で定量した。

2. 2 リスク評価

2. 2. 1 ヒト健康に対するリスク評価

調査した重金属について、ヒト健康に対するリスク評価を行った。吸入経路については、予測環境中濃度 (PEC) と有害大気汚染物質に該当する可能性のある物質リスト¹⁴⁾中の優先取組物質の指針値、EPA10⁻⁵ リスクレベル基準及びWHO欧州事務局ガイドライン^{15,16)}と比較した。経口経路については、河川水を摂取すると仮定し、そのPECと水道法水質基準及び水質管理目標値を比較した。本研究において、ヒト健康に対するリスク評価には安全側に立った評価の観点から実測値の高濃度側のデータをPECとして使用した。吸入経路については、各大気調査地点について、粒径10μmより上、10~2.5μm及び2.5μm未満の粉じん中の重金属濃度を合計し、そのうち最大濃度をPECとして使用した。経口経路についても、各水質調査地点の最大濃度をPECとして使用した。

表2 予測無影響濃度 (PNEC) の設定に使用されるアセスメント係数

分類	アセスメント係数
藻類、甲殻類及び魚類のうち、1~2の生物群について信頼性のある急性毒性値がある。	1,000
藻類、甲殻類及び魚類の3つの生物群全てについて信頼性のある急性毒性値がある。	100
藻類、甲殻類及び魚類のうち、1~2の生物群について信頼性のある慢性毒性値がある	100
藻類、甲殻類及び魚類の3つの生物群全てについて信頼性のある慢性毒性値がある。	10

2. 2. 2 水生生物に対するリスク評価

調査した亜鉛以外の重金属の水質の水生生物に対するリスク評価については、環境省の「化学物質の環境リスク初期評価ガイドライン」における生態リスク初期評価法¹⁷⁾に準じて予測環境中濃度 (PEC) と水生生物に対する予測無影響濃度 (PNEC) の比をもとに判定を行った。水生生物に対するリスク評価においても、安全側の評価を行う観点から、各水質調査地点の測定値のうち、最大濃度をPECとして用いた。PNECについては、文献による既知の水生生物の毒性試験結果を用いた。急性毒性値及び慢性毒性値のそれぞれについて、信頼できる知見のうち生物群 (藻類、甲殻類、魚類及びその他) ごとに最も値の低い値を選出し、アセスメント係数で除することによりPNECを求めた。環境省の生態リスク初期評価法における、アセスメント係数を表2に示す。

PNECについては、安全側の評価を行う観点から、得られた急性毒性試験に基づくPNECおよび慢性毒性試験に基づくPNECの2つの値のうち、より低い値をPNECとして用いた。PEC/PNECの値をもとに表3に示す環境省の生態リスク初期評価法¹⁷⁾によりリスクの判定を行った。亜鉛については、PECが水生生物の保全に係る水質環境基準値以上となった場合は、基準が達成維持されるよう水質汚濁の防止に努める必要があるものと判断した。

3 結果及び考察

3. 1 大気調査結果

各調査地点において採取した大気粉じんについて、粒径10μmより上、10~2.5μm及び2.5μm未満の粒径別の重金属の年平均大気濃度及び標

表3 評価の分類

PEC/PNEC	評価
PEC/PNEC < 0.1	現時点では作業は必要ないと考えられる。
0.1 ≤ PEC/PNEC < 1	情報収集に努める必要があると考えられる。
1 ≤ PEC/PNEC	詳細な評価を行う候補と考えられる。
情報が不十分な場合	現時点ではリスクの判定はできない。

表4 重金属の年平均大気濃度及び標準偏差

重金属	茅ヶ崎自排局			厚木自排局			大和自排局			環境科学センター			検出下限値 (ng/m ³)			
	>10μm	2.5-10μm	<2.5μm	>10μm	2.5-10μm	<2.5μm	>10μm	2.5-10μm	<2.5μm	>10μm	2.5-10μm	<2.5μm	>10μm	2.5-10μm	<2.5μm	
亜鉛 (Zn)	平均濃度 (ng/m ³)	9	13	38	9	15	35	11	12	29	8	11	42	3	2	2
	標準偏差	10	11	21	4	5	12	6	6	5	4	9	22			
アンチモン (Sb)	平均濃度 (ng/m ³)	<0.2	0.6	1.4	0.7	2.0	2.0	0.5	1.1	1.5	0.2	0.55	2.2	0.2	0.1	0.1
	標準偏差	-	0.5	0.9	0.1	0.0	0.7	0.2	0.1	0.2	0.1	0.4	1.8			
カドミウム (Cd)	平均濃度 (ng/m ³)	<0.01	0.02	0.21	0.27	<0.01	0.13	<0.01	<0.01	0.15	<0.01	0.03	0.25	0.01	0.01	0.01
	標準偏差	-	0.02	0.10	0.46	-	0.04	-	-	0.03	-	0.03	0.11			
クロム (Cr)	平均濃度 (ng/m ³)	1.0	1.3	1.6	2.8	1.2	0.9	4.2	2.0	1.8	<0.8	0.7	2.6	0.8	0.7	0.7
	標準偏差	0.9	1.2	1.2	2.3	0.7	0.4	3.7	1.5	1.3	-	0.6	2.8			
コバルト (Co)	平均濃度 (ng/m ³)	0.37	0.48	0.25	0.11	0.11	0.10	0.14	0.11	0.12	0.08	0.11	0.12	0.01	0.01	0.01
	標準偏差	0.41	0.51	0.16	0.06	0.05	0.06	0.08	0.07	0.07	0.10	0.14	0.08			
セレン (Se)	平均濃度 (ng/m ³)	0.041	0.089	1.1	<0.07	0.30	0.94	<0.07	0.094	1.1	0.033	0.14	1.1	0.007	0.006	0.006
	標準偏差	0.053	0.087	0.54	-	0.51	0.22	-	0.064	0.15	0.045	0.14	0.55			
銅 (Cu)	平均濃度 (ng/m ³)	3.6	5.5	5.5	3.2	12	3.8	9.2	7.4	3.8	2.4	4.9	5.6	0.8	0.7	0.7
	標準偏差	2.1	2.7	3.6	3.0	5.3	3.4	2.8	2.8	0.9	1.4	2.0	2.1			
鉛 (Pb)	平均濃度 (ng/m ³)	0.5	1.3	7.7	1.1	1.9	7.2	1.1	1.6	7.4	0.6	1.4	8.4	0.2	0.2	0.2
	標準偏差	0.4	0.8	3.8	0.8	1.2	4.0	0.2	0.6	3.9	0.5	0.9	3.8			
ニッケル (Ni)	平均濃度 (ng/m ³)	2.5	3.0	3.1	<0.5	0.6	1.6	0.8	0.5	1.5	1.0	0.9	3.1	0.5	0.5	0.5
	標準偏差	2.7	2.6	2.0	-	0.3	0.8	0.7	0.2	0.7	1.4	1.0	2.2			
バナジウム (V)	平均濃度 (ng/m ³)	0.51	0.79	3.7	0.64	0.79	4.1	1.0	1.0	5.1	0.43	0.68	3.3	0.04	0.03	0.03
	標準偏差	0.28	0.18	2.0	0.09	0.10	0.53	0.38	0.22	1.0	0.16	0.20	1.4			
ヒ素 (As)	平均濃度 (ng/m ³)	0.07	0.22	0.96	0.07	0.10	0.58	0.08	0.10	0.64	0.10	0.25	1.0	0.03	0.03	0.03
	標準偏差	0.09	0.26	0.48	0.06	0.09	0.15	0.06	0.05	0.12	0.17	0.22	0.68			
マンガン (Mn)	平均濃度 (ng/m ³)	4.1	6.1	12	5.5	5.6	9.1	7.0	6.2	11	3.6	5.8	14	0.8	0.7	0.7
	標準偏差	1.9	2.2	5.6	1.0	1.2	3.7	2.0	1.4	3.0	1.2	2.3	7.4			

標準偏差を表4に、年平均大気濃度を円グラフで示したものを図2に示す。各調査地点とも、亜鉛、銅及びマンガンが主に検出され、亜鉛の濃度が最も高い傾向であった。また、粒径の小さいものほど重金属濃度が高い傾向がみられた。各自排局の試料採取位置の違いによる重金属濃度の差はほとんどなかった。ディーゼル車を主な発生源とする元素状炭素に幹線道路からの距離減衰が見られたとの報告¹⁸⁾もあるが、本研究で測定した大気中の重金属については、距離減衰の傾向がみられず、自動車交通の影響が少ないと考えられる。

各調査地点についての試料採取時の亜鉛、銅及びマンガンの大気中濃度及び偏差値を図3に示す。偏差値60以上の濃度であったものは、茅ヶ崎自排局については、2010年11月の粒径10μmより上の亜鉛及び銅、粒径2.5μm未満のマンガン、2011年1月の粒径10μmより上のマンガン、2011年3月の粒径2.5μm未満の銅、2011年10月の粒径10μmより上のマンガン、粒径2.5-10μmの亜鉛、銅及びマンガン、2011年11月の粒径2.5-10μmの亜鉛、粒径2.5μm未満の亜鉛であった。環境科学センターについては、2010年11月の粒径2.5-10μmの亜鉛、粒径2.5μm未満の亜鉛及びマンガン、2011年1月の粒径10μmより上の亜鉛及び銅、粒径2.5-10μmの銅、2011年3月の粒径2.5-10μmのマンガン、2011年10月の粒径10μmより上のマンガン、粒径2.5-10μmの亜鉛、2011年11月の粒径10μmより上のマンガン、粒径2.5-10μmの亜鉛及び銅、

粒径2.5μm未満の銅であった。2010年11月から2011年11月にかけて調査を行った茅ヶ崎自排局及び環境科学センターについては、偏差値60以上の濃度は、4月、6月及び7月には見られなかった。厚木自排局については、2012年3月の粒径10μmより上の銅、粒径2.5-10μmの銅及びマンガン、粒径2.5μm未満の亜鉛及びマンガンであった。大和自排局については、2012年3月の粒径10μmより上の銅、粒径2.5-10μmの銅、粒径2.5μm未満のマンガン、2012年5月の粒径10μmより上のマンガン、粒径2.5-10μmの亜鉛及びマンガン、粒径2.5μm未満の亜鉛、2012年9月の粒径10μmより上の亜鉛であった。2012年3月から2012年11月にかけて調査を行った大和自排局及び厚木自排局については、偏差値60以上の濃度は、11月には見られなかった。

3. 2 水質調査結果

道路排水、雨水及び河川水についての重金属の年平均水質濃度及び標準偏差を表5に、年平均水質濃度を円グラフで示したものを図4に示す。道路排水及び雨水では、大気粉じんと同様に亜鉛、銅及びマンガンが主に検出された。小出川の河川水については、中原橋、新道橋の両方とも検出されたのは、ほとんどマンガンであった。小鮎川の河川水については、境橋、庫裡橋の両方ともバナジウム、亜鉛、銅及びマンガンを主に検出された。新湘南バイパス排水については、セレン、バナジウム及びマンガンを除いた重金属濃度が河川水及び雨水と比べて1

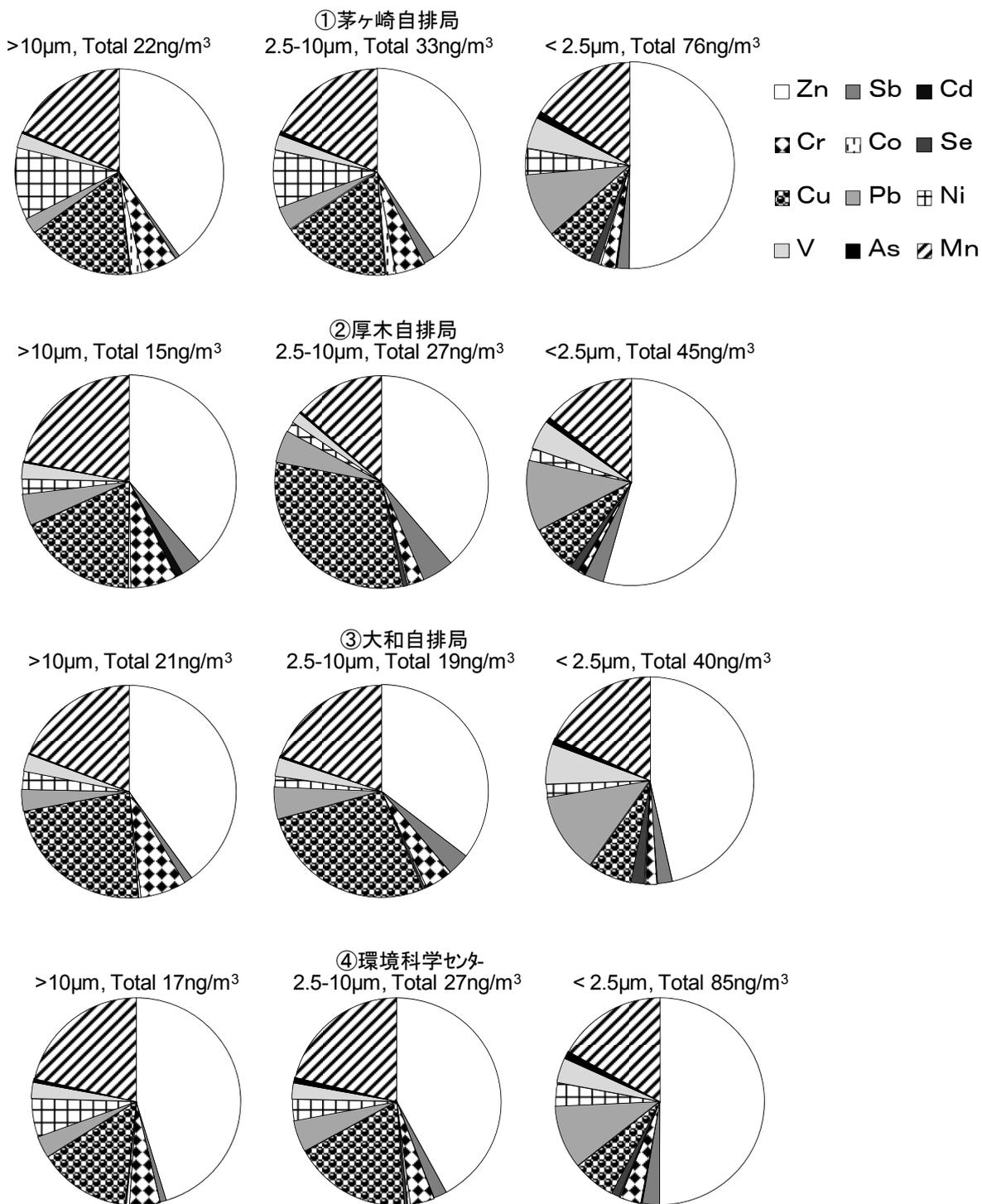


図 2 粒径別の重金属の年平均大気濃度

オーダー以上高く、道路粉じん重金属が高濃度で含まれていることが考えられる。著者らは以前の研究^{19,20)}で、道路粉じん中のタイヤ由来の亜鉛等の重金属やタイヤ添加剤が道路排水中に高濃度で含まれていることを明らかにした。本研究では、新湘南バイパス排水については降

雨の前に、排水マスに採水容器を設置し、初期降雨からの道路粉じんを多く含んだ排水を採水できた。国道 129 号排水については、湘南バイパスの場合と異なり、排水マスが無く、雨天時流下している排水を直接採水したため、道路粉じんを多く含んだ初期降雨を採水することが出

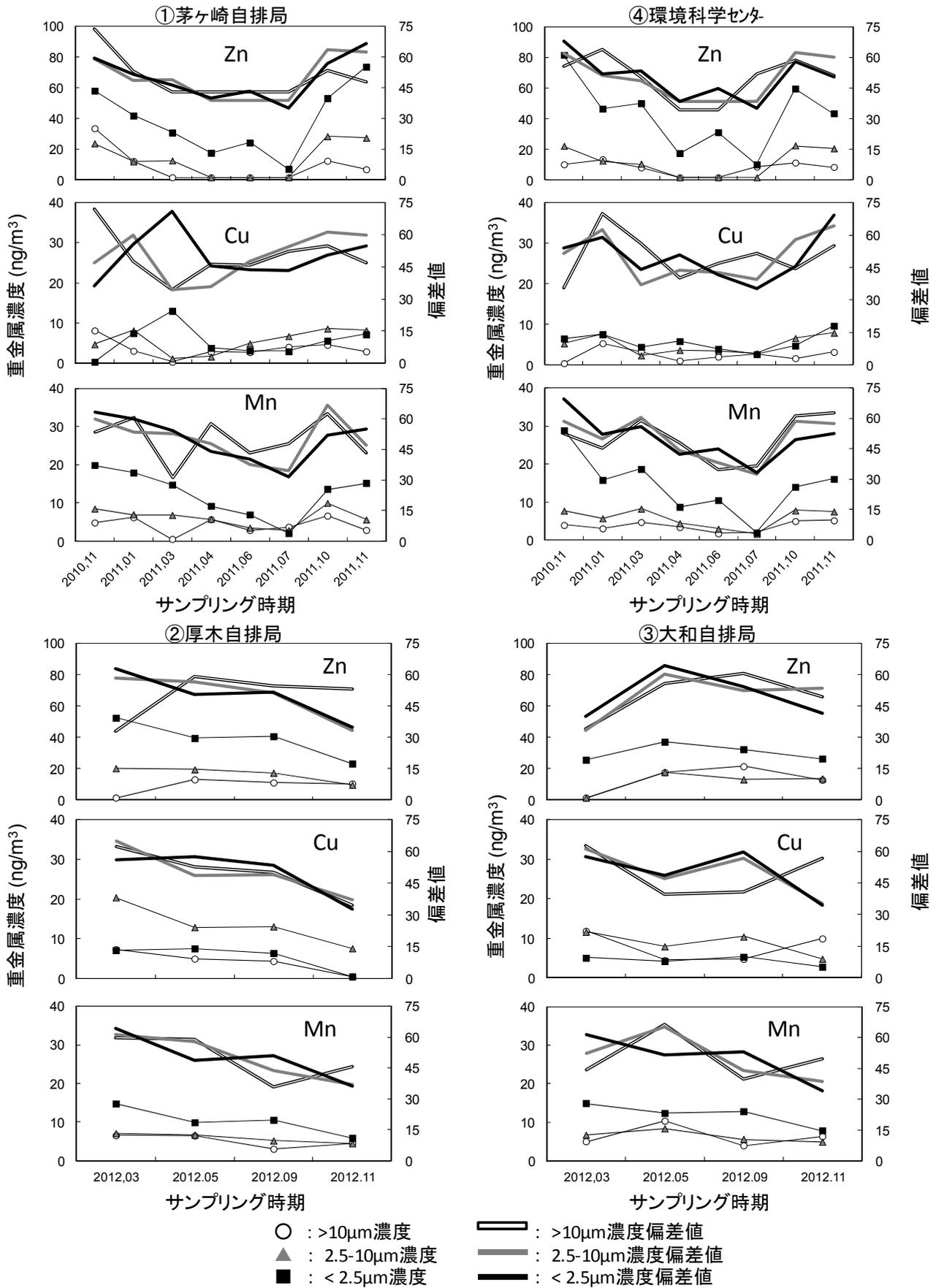


図3 試料採取時の亜鉛，銅及びマンガンの大気中濃度及び偏差値

表5 重金属の年平均水質濃度及び標準偏差

重金属		雨水	新湘南バイパス排水	国道129排水	小出川		小鮎川		検出下限値 ($\mu\text{g/L}$)
					新道橋	中原橋	庫裡橋	境橋	
亜鉛(Zn)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	18	1184	81	6.5	7.1	22	4.3	0.05
	標準偏差	13	1826	43	2.7	2.6	31	2.3	
アンチモン(Sb)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	0.24	4.5	4.6	0.29	0.26	0.08	0.08	0.05
	標準偏差	0.15	0.53	0.9	0.19	0.13	0.06	0.06	
カドミウム(Cd)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	0.05	3.8	<0.04	<0.04	0.05	<0.04	<0.04	0.04
	標準偏差	0.03	6.6	-	-	0.04	-	-	
クロム(Cr)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	0.89	23	5.3	1.3	0.64	0.25	0.19	0.07
	標準偏差	0.39	26	1.2	1.4	0.49	0.15	0.16	
コバルト(Co)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	0.09	2.5	0.41	0.41	0.45	<0.04	0.06	0.04
	標準偏差	0.08	1.6	0.12	0.22	0.32	-	0.07	
セレン(Se)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	<0.2	1.2	0.5	0.9	0.4	<0.2	<0.2	0.2
	標準偏差	-	0.9	0.2	0.2	0.3	-	-	
銅(Cu)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	5.9	62	32	5.8	6.0	8.1	1.6	0.1
	標準偏差	3.0	40	18	1.6	1.4	8.0	1.7	
鉛(Pb)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	0.93	7.8	2.8	0.42	0.59	0.10	0.07	0.04
	標準偏差	0.41	5.2	1.7	0.38	0.52	0.06	0.08	
ニッケル(Ni)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	3.4	13	2.8	1.4	1.1	0.26	0.25	0.04
	標準偏差	2.8	6.1	0.31	0.39	0.63	0.27	0.07	
バナジウム(V)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	0.20	12	3.4	4.8	7.3	7.4	6.6	0.05
	標準偏差	0.26	8.4	1.3	0.8	1.4	1.3	1.0	
ヒ素(As)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	0.11	2.1	0.59	0.42	0.45	0.39	0.27	0.06
	標準偏差	0.10	1.5	0.13	0.18	0.21	0.05	0.03	
マンガン(Mn)	平均濃度($\mu\text{g/L}$)	5.3	154	17	86	168	5.9	7.8	0.1
	標準偏差	2.3	169	13	61	139	3.0	6.3	

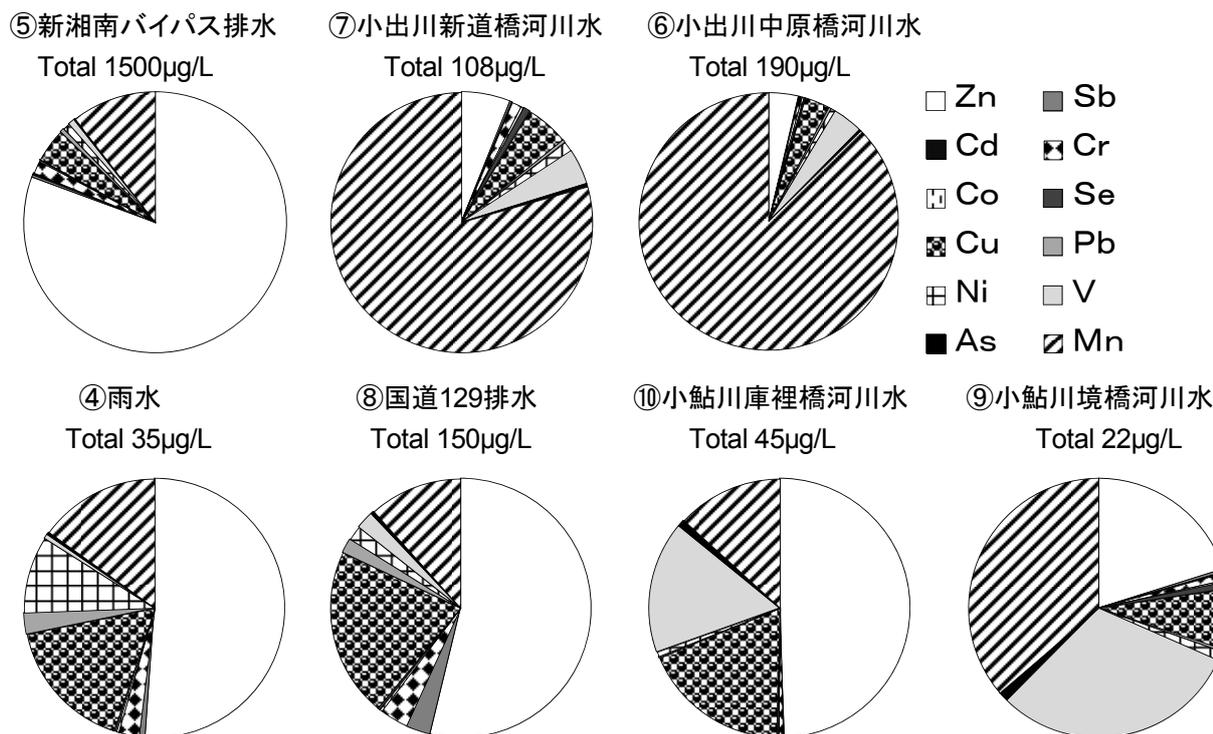


図4 重金属の年平均水質濃度

来ず、重金属濃度が新湘南バイパス排水ほど高くなかったと考えられる。

各調査地点についての試料採取時の亜鉛、銅、バナジウム及びマンガンの水質中濃度及び偏差

値を図5に示す。偏差値60以上の濃度であったものは、新湘南バイパス排水については、2010年10月の銅、2011年2月の亜鉛、バナジウム及びマンガン、2011年5月の銅であった。中原

橋河川水については、2011年4月のマンガン、2011年5月の亜鉛及び銅、2011年7月のバナジウムであった。新道橋河川水については、2011年2月の亜鉛及びマンガン、2011年5月のマンガン、2011年7月の銅、2011年8月のバナジウム、2011年9月のバナジウムであった。雨水については、2011年2月の銅、2011年7月の銅、2011年11月の亜鉛、2012年6月のバナジウム及びマンガン、2012年12月のバナジウム、2013

年2月の銅であった。国道129号排水については、2012年10月の銅及びバナジウム、2013年2月の亜鉛及びマンガンであった。境橋河川水については、2012年5月のマンガン、2012年10月の銅、2013年2月の亜鉛であった。庫裡橋河川水については、2013年2月の亜鉛、銅及びマンガンであった。各調査地点とも、季節的な特徴は見られなかった。

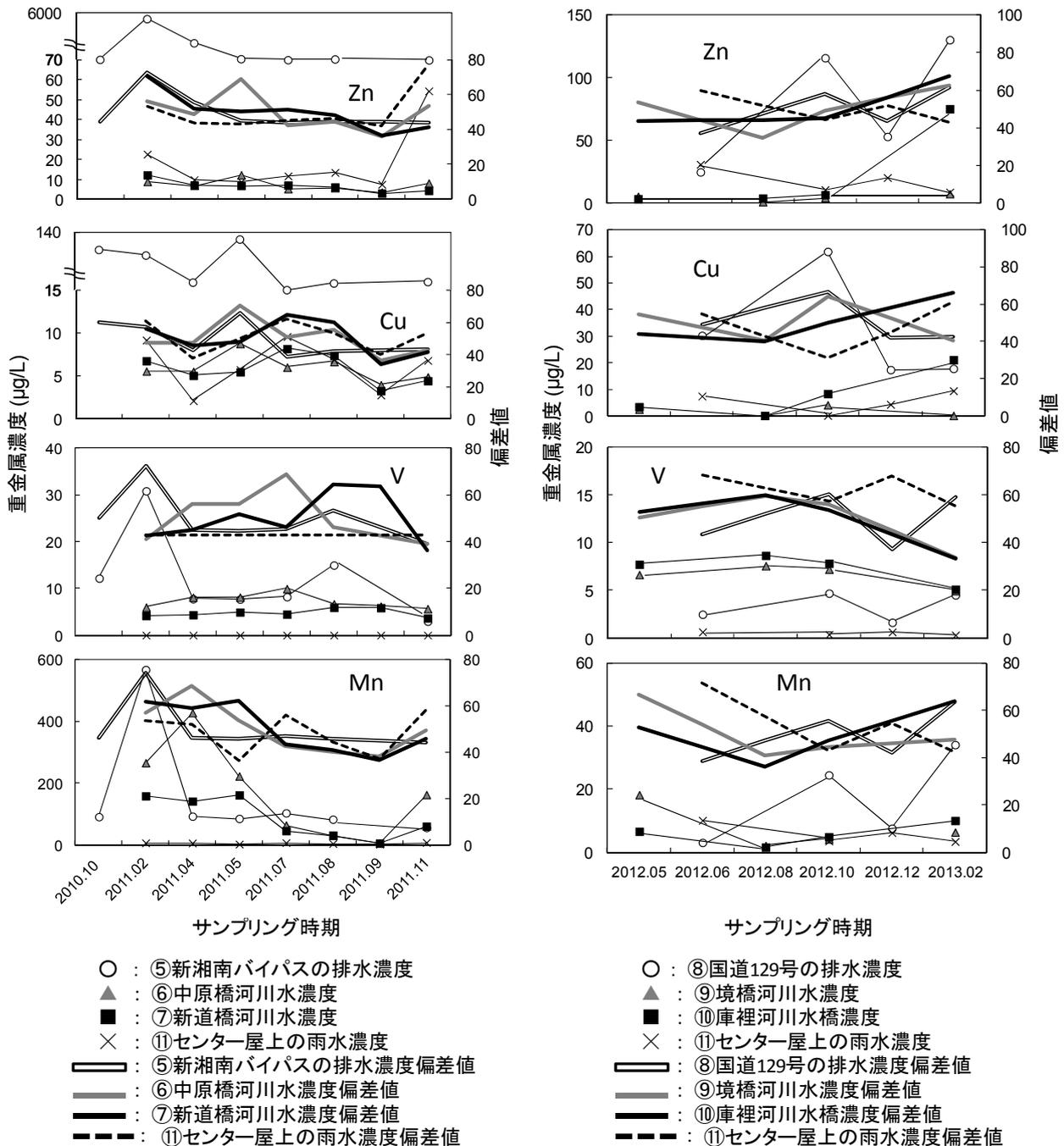


図5 試料採取時の亜鉛、銅及びマンガンの水質中濃度及び偏差値

3.3 ヒト健康に対するリスク評価

本研究における重金属の吸入経路についてのPEC及び大気濃度指針値等^{15,16)}を表6に示す。各大気調査地点について、粒径10 μm より上、10~2.5 μm 及び2.5 μm 未満の粉じん中の重金属濃度を合計し、そのうち最大濃度をPECとして使用した。リスク評価を行った重金属について、PECと大気濃度指針値等を比較すると、クロムを除いては、全調査地点でPEC<大気濃度指針値等となり、現時点ではヒト健康に悪影響を及ぼすおそれはないと考えられる。

クロムについては、全調査地点でPEC>大気濃度指針値等となった。クロムのWHO欧州事務局ガイドラインは6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ クロムについての値である。本研究においてクロムは、全クロムを測定しているが、安全側に立った評価の観点からクロムについては、今後も継続して調査、評価

を行う必要があると考えられる。

経口経路についてのPECと水道法水質基準及び水質管理目標値²¹⁾を表7に示す。各水質調査地点の最大濃度をPECとして使用した。PECと水道法水質基準または水質管理目標値を比較すると、新湘南バイパス排水のカドミウム、クロム、鉛及びニッケルを除いては、PEC<水道法水質基準または水質管理目標値となった。本研究においてクロムは、全クロムを測定しているが、水道法水質基準は6 $\mu\text{g}/\text{L}$ クロムについての値である。新湘南バイパス排水濃度は高かったが、流入している小出川中原橋の河川水濃度に影響することはなく、河川水濃度については、PEC<水道法水質基準または水質管理目標値となった。カドミウム、クロム、鉛及びニッケルについても現時点ではヒト健康に悪影響を及ぼすおそれはないと考えられる。

表6 重金属のヒト健康に対する吸入経路のPEC及び大気濃度指針値等

重金属	各粒径の合計PEC (ng/m^3)				検出下限値 (各粒径の合計) (ng/m^3)	大気濃度指針値等 (ng/m^3)
	茅ヶ崎自排局	厚木自排局	大和自排局	環境科学センター		
亜鉛(Zn)	115	74	73	113	7	-
アンチモン(Sb)	5.0	6.0	3.3	7.8	0.4	-
カドミウム(Cd)	0.44	1.2	0.21	0.41	0.03	6(EPA10 ⁻⁵ リスクレベル基準)
クロム(Cr)	8.6	8.2	14	10	2.2	0.25(WHO欧州事務局ガイドライン)
コバルト(Co)	2.7	0.46	0.54	0.97	0.03	-
セレン(Se)	2.7	2.5	2.8	2.6	0.019	-
銅(Cu)	19	35	29	21	2.2	-
鉛(Pb)	17	19	17	17	0.6	500(WHO欧州事務局ガイドライン)
ニッケル(Ni)	16	4.5	3.2	11	1.5	25(優先取組物質の指針値)
バナジウム(V)	9.0	6.4	9.7	7.2	0.10	1000(WHO欧州事務局ガイドライン)
ヒ素(As)	2.2	0.97	1.0	3.0	0.09	6(優先取組物質の指針値)
マンガン(Mn)	33	28	31	41	2.2	140(優先取組物質の指針値)

表7 重金属のヒト健康に対する経口経路のPEC及び水道法水質基準値等

重金属	PEC ($\mu\text{g}/\text{L}$)							検出下限値 ($\mu\text{g}/\text{L}$)	水道法水質基準①または 水質管理目標値② ($\mu\text{g}/\text{L}$)
	雨水	新湘南バイ パス排水	国道129排 水	小出川		小鮎川			
				新道橋	中原橋	庫裡橋	境橋		
亜鉛(Zn)	54	5,292	130	12	12	75	7.2	0.05	-
アンチモン(Sb)	0.58	5.2	6.0	0.69	0.47	0.16	0.17	0.05	20 ((2))
カドミウム(Cd)	0.10	19	0.04	0.10	0.11	<0.04	<0.04	0.04	3 ((1))
クロム(Cr)	1.6	85	7.0	4.7	1.7	0.44	0.40	0.07	50 ((1))
コバルト(Co)	0.30	6.1	0.56	0.77	0.92	<0.04	0.18	0.04	-
セレン(Se)	0.2	2.8	0.8	1.1	0.8	<0.2	0.3	0.2	10 ((1))
銅(Cu)	9.6	125	62	8.2	8.8	21	4.0	0.1	-
鉛(Pb)	1.5	17	4.9	1.2	1.7	0.17	0.21	0.04	10 ((1))
ニッケル(Ni)	10	26	3.1	1.7	1.6	0.69	0.32	0.04	20 ((2))
バナジウム(V)	0.67	31	4.7	6.0	10	8.7	7.6	0.05	-
ヒ素(As)	0.27	5.2	0.78	0.64	0.79	0.47	0.32	0.06	10 ((1))
マンガン(Mn)	10	566	34	161	427	10	18	0.1	-

3. 4 水生生物に対するリスク評価

表8に本研究における重金属の水生生物に対する毒性値, アセスメント係数及び PNEC²²⁻³¹⁾を, 表9に PEC, PNEC 及び PEC/PNEC の値を示す。水生生物に対するリスク評価においても, 実測値のうち最大濃度を PEC として使用した。PEC/PNEC の値より, 各調査地点における生態リスクについて, 表3の判定表により判断した。

アンチモンについては, 全調査地点において, PEC/PNEC<0.1 となったが, 環境省「化学物質の環境リスク初期評価第6巻」²¹⁾においては, 通常水中で存在する5価アンチモンの PNEC が確定できていないため, 水生生物への影響は評価できないとしている。アンチモンについては, さらに有害性情報の収集に努め, 評価を行う必要があると考えられる。

その他の重金属については, ほとんどの調査地点において PEC/PNEC \geq 1 となった。特に新湘南バイパス排水及び国道129号排水については, 自動車等道路交通を由来とする重金属の発生源となっているため値が高かった。

亜鉛については, 道路排水に加えて雨水及び小鮎川庫裡橋の河川水の PEC が水生生物の保全に係る水質環境基準値以上となった。環境水である小鮎川庫裡橋の河川水については, 環境基準点ではないが, 基準が達成維持されるよう水質汚濁の防止に努める必要があるものと判断した。

その他の PEC/PNEC \geq 1 となった水質を挙げると, カドミウムについては, 道路排水に加えて雨水, 小出川新道橋及び中原橋の河川水, クロムについては, 道路排水に加えて雨水, 小出

表8 重金属の水生生物に対する毒性値, アセスメント係数及び PNEC 等

重金属	毒性	水生生物毒性値(μg/L)						アセスメント係数等	PNEC等(μg/L)	出典
		藻類		ミジンコ		魚類				
亜鉛(Zn)	慢性	-	-	30	4W NOEC (カゲロウ)	-	-	1 (最終慢性毒性値)	30 水質環境基準	平成15年第6回中央環境審議会水環境部会水生生物の保全に係る水質環境基準専門委員会 目標値導出根拠
	急性	-	-	-	-	-	-			
アンチモン(Sb)	慢性	-	-	-	-	-	-	-	-	環境省:「化学物質の環境リスク評価第6巻」第1編 アンチモン及びその化合物(2008)
	急性	-	-	>231,000	24h LC ₅₀	-	-	1,000	>230	
カドミウム(Cd)	慢性	-	-	-	-	-	-	100 (種比10×急性慢性毒性比10)	0.03 水質目標家	平成15年第6回中央環境審議会水環境部会水生生物の保全に係る水質環境基準専門委員会 目標値導出根拠
	急性	-	-	-	-	2.66	96h LC ₅₀			
クロム(Cr)	慢性	-	-	47	21d NOEC	48	72h NOEC	100	0.47	環境省:「化学物質の環境リスク評価第6巻」第1編 3価クロム化合物(2010)
	急性	397	96h EC ₅₀	390	96h EC ₅₀	3,850	48h TLm	100	3.9	
コバルト(Co)	慢性	38	96h NOEC	26	28d NOEC (モノアラガイ科)	-	-	100	0.26	環境省:「化学物質の環境リスク評価第11巻」第1編 コバルト及びその化合物(2013)
	急性	136	96h EC ₅₀ (ウキクサ)	1,110	48h LC ₅₀	1,406	96h LC ₅₀	100	1.4	
セレン(Se)	慢性	-	-	-	-	-	-	-	-	(独)製品評価技術基盤機構:初期リスク評価書 セレン及びその化合物(2008)
	急性	199	96h EC ₅₀	6	48h LC ₅₀	1,325	96h EC ₅₀	100	0.06	
銅(Cu)	慢性	-	-	-	-	-	-	-	-	WHO IPCS EHC200(1998)
	急性	47	72h EC ₅₀	9.8	48h EC ₅₀	135	96h EC ₅₀	100	0.098	
鉛(Pb)	慢性	9.1	14d NOEC	17	44d NOEC	8	62d NOEC	10	0.8	環境省:「化学物質の環境リスク評価第6巻」第1編 鉛及びその化合物(2010)
	急性	19.5	72h EC ₅₀	26.4	48h LC ₅₀	120	96h LC ₅₀	100	0.2	
ニッケル(Ni)	慢性	10	96h NOEC	90	21d NOEC	35	75d NOEC	10	1.0	(独)製品評価技術基盤機構:初期リスク評価書 ニッケル化合物(2008)
	急性	3,000	72h EC ₅₀	510	48h EC ₅₀	3,400	96h LC ₅₀	100	5.1	
バナジウム(V)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ヒ素(As)	慢性	-	-	-	-	-	-	-	-	(独)製品評価技術基盤機構:初期リスク評価書 ヒ素及びその無機化合物(2008)
	急性	78.7	96h EC ₅₀	232	96h LC ₅₀	490	7d LC ₅₀	100	0.79	
マンガン(Mn)	慢性	-	-	-	-	2,840	62d NOEC	100	28	環境省:「化学物質の環境リスク評価第6巻」第1編 マンガン及びその化合物(2008)
	急性	4,850	72h EC ₅₀	4,700	48h EC ₅₀	130,000	96h LC ₅₀	100	47	

NOEC : 無影響濃度
EC₅₀ : 50%影響濃度
LC₅₀ : 50%致死濃度

表9 重金属の水生生物に対する PEC 及び PNEC

重金属	PEC (μg/L)								PNEC等(μg/L)	PEC/PNEC									
	雨水	新湘南バイパス排水	国道129排水	小出川				小鮎川				雨水	新湘南バイパス排水	国道129排水	小出川		小鮎川		
				新道橋	中原橋	庫裡橋	境橋	新道橋		中原橋	庫裡橋				境橋				
亜鉛(Zn)	54	5,292	130	12	12	75	7.2	30	1.8	176	4.3	0.40	0.40	2.5	0.24				
アンチモン(Sb)	0.58	5.2	6.0	0.69	0.47	0.16	0.17	>230	<0.0025	<0.022	<0.026	<0.003	<0.0020	<0.00069	<0.00072				
カドミウム(Cd)	0.10	19	0.04	0.10	0.11	<0.04	<0.04	0.03	3.3	627	1.4	3.3	3.7	<1.3	<1.3				
クロム(Cr)	1.6	85	7.0	4.7	1.7	0.44	0.40	0.47	3.4	180	15	9.9	3.6	0.93	0.86				
コバルト(Co)	0.30	6.1	0.56	0.77	0.92	<0.04	0.18	0.26	1.1	23	2.2	2.9	3.5	<0.027	0.68				
セレン(Se)	0.2	2.8	0.8	1.1	0.8	<0.2	0.3	0.06	3.4	47	13	18	13	<3.3	5.3				
銅(Cu)	9.6	125	62	8.2	8.8	21.0	4.0	0.098	98	1,278	629	84	90	214	41				
鉛(Pb)	1.5	17	4.9	1.2	1.7	0.17	0.21	0.2	7.7	87	25	6.2	8.3	0.87	1.0				
ニッケル(Ni)	10	26	3.1	1.7	1.6	0.7	0.3	1.0	10	26	3.1	1.7	1.6	0.7	0.3				
バナジウム(V)	0.67	31	4.7	6.0	10	8.7	7.6	-	-	-	-	-	-	-	-				
ヒ素(As)	0.27	5.2	0.78	0.64	0.79	0.47	0.32	0.79	0.34	6.7	0.99	0.81	1.0	0.60	0.41				
マンガン(Mn)	10	566	34	161	427	10	18	28	0.36	20	1.2	5.8	15	0.36	0.65				

川新道橋及び中原橋の河川水, コバルトについては, 道路排水に加えて雨水, 小出川新道橋及び中原橋の河川水, セレンについては, 道路排水に加えて雨水, 小出川新道橋, 中原橋及び小鮎川境橋の河川水, 銅については, すべての水質, 鉛については, 道路排水に加えて雨水, 小出川新道橋, 中原橋及び小鮎川境橋の河川水, ニッケルについては, 道路排水に加えて雨水, 小出川新道橋及び中原橋の河川水, ヒ素 (As) については, 新湘南バイパス排水に加えて小出川中原橋の河川水, マンガンについては, 道路排水に加えて小出川新道橋及び中原橋の河川水であり, これらの重金属は詳細な評価を行う候補と考えられる。バナジウム (V) については, 水生生物に対する毒性値がなかった。以上のことから, アンチモン以外の重金属については, 今後も継続して調査, 評価を行う必要があると考えられる。

4 まとめ

1) 大気粉じんについては, 各調査地点とも, 亜鉛, 銅及びマンガンが主に検出され, 亜鉛の濃度が最も高い傾向であった。各調査地点の重金属濃度の差はほとんどなく, 自動車交通の影響が少ないと考えられた。

2) 新湘南バイパス排水については, セレン, バナジウム及びマンガンを除いた重金属濃度が河川水及び雨水と比べて1オーダー以上高く, 道路粉じんに重金属が高濃度で含まれていることが考えられる。

3) ヒト健康に対するリスク評価における吸入経路について, PECと大気濃度指針値等を比較すると, クロムを除いては, 全調査地点でPEC<大気濃度指針値等となり, 現時点ではヒト健康に悪影響を及ぼすおそれはないと判断した。クロムについては, 全調査地点でPEC>大気濃度指針値等となったため, 今後, 追跡調査など詳細な評価を行う候補と判断した。

4) ヒト健康に対するリスク評価における経口経路についてのPECと水道法水質基準または水質管理目標値をを比較すると, 新湘南バイパス排水のカドミウム, クロム, 鉛及びニッケルを除いては, PEC<水道法水質基準または水質管理目標値となった。カドミウム, クロム, 鉛及びニッケルについても河川水濃度については, PEC<水道法水質基準または水質管理目標値と

なっており, 現時点ではヒトに悪影響を及ぼすおそれはないと判断した。

5) 水生生物に対するリスク評価を行ったところ, アンチモン以外の重金属については, ほとんどの調査地点においてPEC/PNEC \geq 1となった。アンチモン以外の重金属については, 今後も継続して調査, 評価を行う必要があると判断した。

参考文献

- 1) 一般財団法人自動車検査登録情報協会:自動車保有台数統計データ
<http://www.airia.or.jp/publish/statistics/number.html>
- 2) 徳永法夫, 西村 昂, 日野泰雄, 尾松豪紀: 道路排水と道路構造物の汚れに関する研究, 資源環境対策, **34**, 1263-1268 (1998)
- 3) 新矢将尚, 小西孝明, 宮西弘樹, 石川宗孝: 高速道路排水における汚濁負荷の流出特性, 用水と排水, **44**, 207-213 (2002)
- 4) 山口孝子, 山崎裕康, 山内あい子, 垣内靖男: 道路近傍における浮遊粒子状物質中のタイヤトレッド摩耗粉じん及びゴム添加剤の分析, 衛生化学, **41**, 155-162 (1995)
- 5) 小野芳朗, 永留 浩, 河原長美, 谷口 守, 並木健二, 貫上佳則: 道路堆積塵埃上の物質質量と環境因子との相関性, 水環境学会誌, **23**, 778-785 (2000)
- 6) 浦瀬太郎, 灘岡和夫, 日下部 治, フェルナンド・シリガン, 宮下健一郎, 鈴木洋介: 廃棄物処分場浸出水および道路脇粉塵に含まれる重金属の日本とフィリピンでの状況の比較, 水環境学会誌, **25**, 657-660 (2002)
- 7) 白石さやか, 渡邊 泉, 久野勝治: 東京都内の主要道路における道路粉塵, 街路土壌および街路樹葉の重金属蓄積, 環境化学会誌, **12**, 829-837 (2002)
- 8) 村上道夫, 中島典之, 古米弘明: 多環芳香族炭化水素類 (PAHs) 含有率とそのプロファイルに基づく粒径画分ごとの道路・屋根堆積塵埃の識別, 水環境学会誌, **26**, 837-842 (2003)
- 9) 杉谷健一郎, 野村晶子, 南 雅代, 加藤博和: 都市公共用水域に対するノンポイント汚染源としての道路脇粉塵 (<63 μ m 画分)の化学的特徴—名古屋市の事例—, 水環境

- 学会誌, **27**, 547-552 (2004)
- 10) 環境省「PRTR インフォメーション広場-集計結果・データを見る」
<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/result/index.html>
 - 11) 環境省「化学物質ファクトシート2012年版」
<http://www.env.go.jp/chemi/communication/factsheet.html>
 - 12) (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構「鉱物資源マテリアルフロー」
<http://mric.jogmec.go.jp/periodical/index.html>
 - 13) ㈱化学工業日報社: 2014年版 16514の化学商品 PDF, (㈱化学工業日報社, 東京, (2014)
 - 14) 環境省「中央環境審議会大気環境部会健康リスク総合専門委員会(第12回)資料4-1有害大気汚染物質に該当する可能性がある物質リスト及び優先取組物質の見直し並びに有害大気汚染物質のリスクの程度に応じた対策のあり方について(案)」
<http://www.env.go.jp/council/former2013/07air/yoshi07-03.html>
 - 15) 環境省「有害大気汚染物質測定方法マニュアル 平成23年3月」
<http://www.env.go.jp/air/osen/manual2/>
 - 16) 環境省「今後の有害大気汚染物質対策のあり方について(第十次答申)」
<http://www.env.go.jp/press/18103.html>
 - 17) 環境省「化学物質の環境リスク評価第12巻」第1編 化学物質の環境リスク初期評価ガイドライン(2014)
<http://www.env.go.jp/chemi/report/h26-01/pdf/chpt1/1-2-1.pdf>
 - 18) 土岐真一, 國見均: 道路近傍におけるタイヤ磨耗粉じんの計測と排出係数の推計, 大気環境学会誌, **41**, 144-163 (2006)
 - 19) 三島聡子, 大塚知泰, 坂本広美, 安部明美, 庄司成敬: 高架道路から水域への重金属の流出と由来, 環境化学, **15**, 335-343 (2005)
 - 20) 三島聡子, 田中達也, 北野大: 自動車交通を発生源とした有機ゴム添加剤の環境中における動態と発生源付近の環境リスク評価, 環境化学, **23**, 163-176 (2013)
 - 21) 厚生労働省: 水道水質基準 水質基準項目と基準値(51項目)
<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/kijunchi.html>
 - 22) 環境省: 平成15年第6回中央環境審議会水環境部会水生生物の保全に係る水質環境基準専門委員会 目標値導出根拠
<http://www.env.go.jp/council/09water/y094-06b.html>
 - 23) 環境省「化学物質の環境リスク評価第6巻」第1編 アンチモン及びその化合物(2008)
<http://www.env.go.jp/chemi/report/h19-03/pdf/chpt1/1-2-3-02.pdf>
 - 24) 環境省「化学物質の環境リスク評価第8巻」第1編 3価クロム化合物(2010)
<http://www.env.go.jp/chemi/report/h22-01/pdf/chpt1/1-2-2-02.pdf>
 - 25) 環境省「化学物質の環境リスク評価第11巻」第1編 コバルト及びその化合物(2013)
<http://www.env.go.jp/chemi/report/h24-02/pdf/chpt1/1-2-2-09.pdf>
 - 26) (独)製品評価技術基盤機構 初期リスク評価書 セレン及びその化合物(2008)
http://www.safe.nite.go.jp/japan/sougou/data/pdf/risk/pdf_hyoukasyo/178riskdoc.pdf
 - 27) WHO: INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY, ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA 200, Copper(1998)
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc200.htm>
 - 28) 環境省「化学物質の環境リスク評価第8巻」第1編 鉛及びその化合物(2010)
<http://www.env.go.jp/chemi/report/h22-01/pdf/chpt1/1-2-3-03.pdf>
 - 29) (独)製品評価技術基盤機構 初期リスク評価書 ニッケル化合物(2008)
http://www.safe.nite.go.jp/japan/sougou/data/pdf/risk/pdf_hyoukasyo/231riskdoc.pdf
 - 30) (独)製品評価技術基盤機構 初期リスク評価書 ヒ素及びその無機化合物(2008)
http://www.safe.nite.go.jp/japan/sougou/data/pdf/risk/pdf_hyoukasyo/252riskdoc.pdf
 - 31) 環境省「化学物質の環境リスク評価第6巻」第1編 マンガン及びその化合物(2008)(独)製品評価技術基盤機構 初期リスク評価書ヒ素及びその無機化合物(2008)
<http://www.env.go.jp/chemi/report/h19-03/pdf/chpt1/1-2-3-10.pdf>