

4. 地下ピット内の溜まり水の調査

4. 1 現況の把握

4.1.1 地下ピット内の水質調査結果

平成 28 年 9 月 13～15 日に行われた青果棟（5 街区）、水産仲卸売場棟（6 街区）、水産卸売場棟（7 街区）の地下ピット内各 1 箇所（溜まり水及び付近の揚水井戸（各街区 2 箇所ずつ）の地下水の水質調査の結果より、地下ピット内の溜まり水は地下水が床面から浸入してきたものであり、地下ピットの溜まり水及び付近の地下水は pH が 9.6～12.0 と高い値を示すが、ベンゼン、シアン、鉛、ヒ素、水銀、六価クロム、カドミウムの 7 物質すべてについて地下水基準に適合していることが把握された（2.5.5 参照）。

その後、青果棟（5 街区）、水産仲卸売場棟（6 街区）、水産卸売場棟（7 街区）について 3 箇所ずつ、さらに加工パッケージ棟（6 街区）の 1 箇所を加えた 10 箇所について、地下ピット内の溜まり水の水質調査を平成 28 年 9 月 29 日より開始し、溜まり水の強制排水により以下ピット内の床面上に水位がなくなる直前の平成 28 年 12 月 21 日まで行った。地下ピット溜まり水の水質調査地点は図 4.1.1 に示すとおりである（管理施設棟（7 街区）については当初より溜まり水が存在しておらず、図では調査地点として 1 箇所設定されているが調査は実施していない）。水質測定項目は上記と同じ 7 物質である。

表 4.1.1(1)～(7)に、平成 28 年 9 月 29 日～12 月 21 日における地下ピット溜まり水の水質調査結果を示す。途中、10 月 20 日より水質分析における各項目の定量下限値を下げっており、水銀については地下ピット内の空気中で検出された水銀の原因を究明するために 11 月 3 日以降はさらに定量下限値を大きく下げた分析を取り入れている。

青果棟（5 街区）、水産仲卸売場棟（6 街区）、加工パッケージ棟（6 街区）、水産卸売場棟（7 街区）ともに、地下水基準を超過する濃度で検出された物質はなく、溜まり水は汚染された状態ではないことが確認された。

水銀については、定量下限値を $0.0002 \mu\text{g/L}$ （地下水基準の 1/2,500）まで下げたことで何とか確認できる濃度レベルであった。これについては、4.1.2 で別途考察している。

図 4.1.2(1)～(5)に、ベンゼン、シアン、ヒ素、鉛、水銀の溜まり水の濃度の経時変化を示す。いずれの物質も地下水基準に十分適合する範囲で推移していることがわかる。

図 4.1.2(6)は図 4.1.2(4)の水銀濃度の変化を片対数グラフで示したものである。いずれの地点においても水銀濃度が低下傾向又はほぼ横ばいで推移していることがわかる。

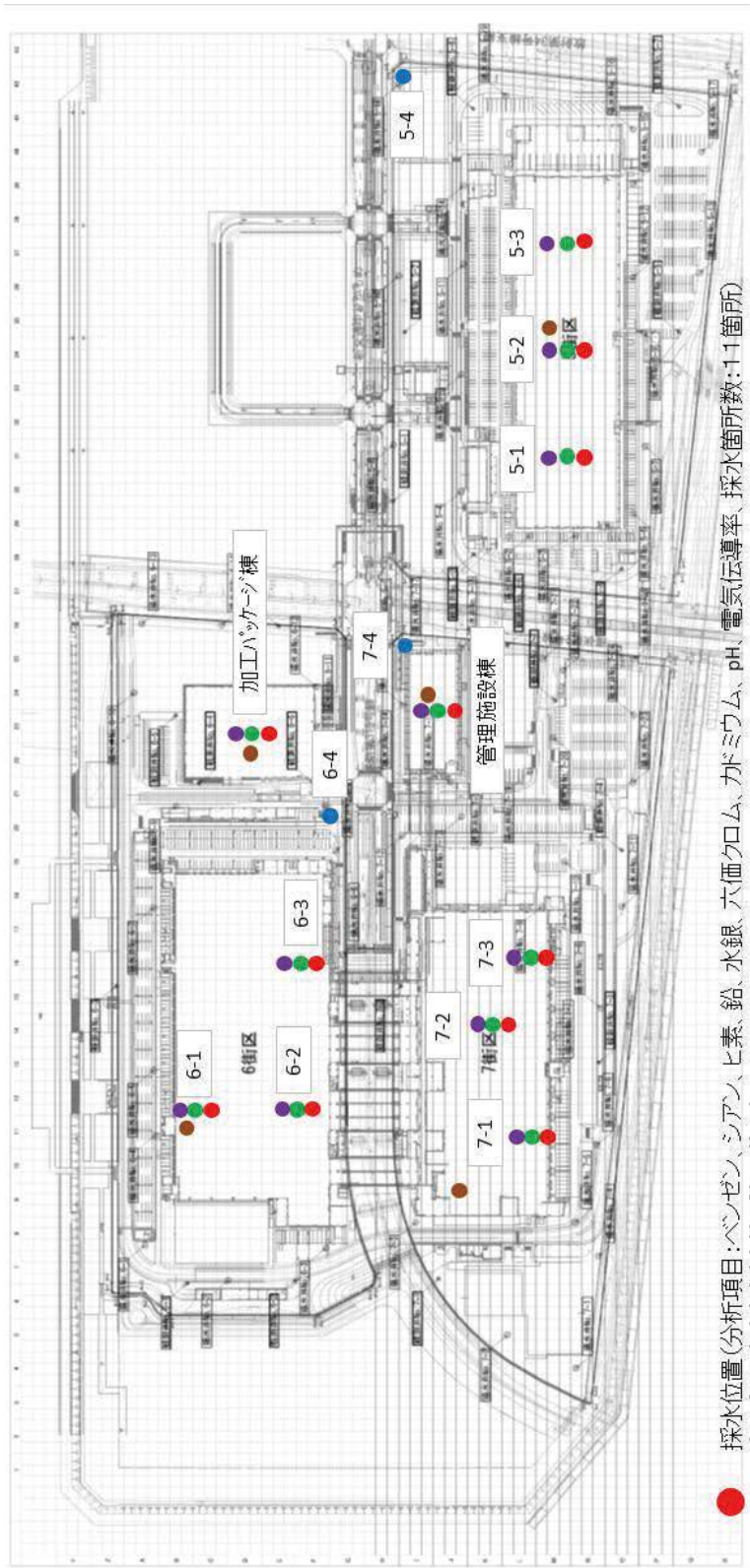


図 4.1.1 地下ピット溜まり水の水质調査地点及び空気測定地点位置図

表 4.1.1(1) 地下ピット溜まり水の水質調査結果（ベンゼン、平成 28 年 9 月 29 日～12 月 21 日）

採水日	対象物質	地下水基準	定量下限値	施設内															
				5街区			6街区			7街区			管理施設棟 (地下ピット内)						
				青果棟(地下ピット内)			水産仲卸売場棟(地下ピット内)			加工パッケージ棟 (地下ピット内)				水産卸売場棟(地下ピット内)					
5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3	7-1	7-2	7-3											
9月29日(木)	ベンゼン (mg/L)	0.01	0.001	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出		
10月6日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	
10月13日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月20日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月27日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
11月3日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
11月10日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
11月24日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
12月1日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
12月21日(水)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出

表 4.1.1(2) 地下ピット溜まり水の水質調査結果（シアン、平成 28 年 9 月 29 日～12 月 21 日）

採水日	対象物質	地下水基準	定量下限値	施設内																				
				5街区			6街区			7街区			管理施設棟 (地下ピット内)											
				青果棟(地下ピット内)			水産卸売場棟(地下ピット内)			加工パッケージ棟 (地下ピット内)			水産卸売場棟(地下ピット内)											
9月29日(木)	シアン (mg/L)	不検出	0.1	5-1	不検出	5-2	不検出	5-3	不検出	6-1	不検出	6-2	不検出	6-3	不検出	7-1	不検出	7-2	不検出	7-3	不検出	不検出		
10月6日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	
10月13日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月20日(木)				0.01	不検出	不検出	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	不検出
10月27日(木)				不検出	0.01	不検出	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.02	不検出	0.01	不検出	不検出
11月3日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	不検出
11月10日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	0.03	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	不検出
11月24日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
12月1日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.02	不検出	0.01	不検出	不検出	不検出	0.01	不検出	不検出
12月21日(水)				不検出	不検出	不検出	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.01	不検出	0.02	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出

表 4.1.1 (5) 地下ピット溜まり水の水質調査結果 (水銀、平成 28 年 9 月 29 日～12 月 21 日)

採水日	対象物質	地下水基準	定量下限値	施設内													
				5街区			6街区			7街区			管理施設棟 (地下ピット内)				
				青果棟(地下ピット内)	水産卸売場棟(地下ピット内)	加工パッケージ棟 (地下ピット内)	水産卸売場棟(地下ピット内)	加工パッケージ棟 (地下ピット内)	水産卸売場棟(地下ピット内)	7-1	7-2	7-3					
9月29日(木)	水銀 ($\mu\text{g/L}$)	0.5	0.5	5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3	加工パッケージ棟 (地下ピット内)	7-1	7-2	7-3	管理施設棟 (地下ピット内)			
10月6日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	
10月13日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月20日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月27日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
11月3日(木)				不検出 (0.033)	不検出 (0.0014)	不検出 (0.058)	不検出 (0.0089)	不検出 (0.010)	不検出 (0.0096)	不検出 (0.011)	不検出 (0.020)	不検出 (0.015)	不検出 (0.012)	不検出 (0.0041)	不検出 (0.0068)	不検出 (0.0007)	不検出 (0.0003)
11月10日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
11月24日(木)				不検出 (0.0012)	不検出 (0.0016)	不検出 (0.0014)	不検出 (0.010)	不検出 (0.0099)	不検出 (0.0096)	不検出 (0.011)	不検出 (0.0041)	不検出 (0.0068)	不検出 (0.0007)	不検出 (0.0041)	不検出 (0.0068)	不検出 (0.0007)	不検出 (0.0003)
12月1日(木)				不検出 (0.0015)	不検出 (0.0016)	不検出 (0.0012)	不検出 (0.010)	不検出 (0.0088)	不検出 (0.0011)	不検出 (0.0083)	不検出 (0.0006)	不検出 (0.0002)	不検出 (0.0003)	不検出 (0.0006)	不検出 (0.0002)	不検出 (0.0003)	不検出 (0.0004)
12月21日(水)							不検出 (0.0099)	不検出 (0.0003)	不検出 (0.0005)	測定なし	不検出 (0.0006)	不検出 (0.0004)	不検出 (0.0004)	不検出 (0.0006)	不検出 (0.0004)	不検出 (0.0004)	不検出 (0.0004)

※()内の数値は、金アマルガム捕集-加熱脱着-原子吸光法を用いて定量下限値を0.0002 $\mu\text{g/L}$ まで大きく下げた分析の結果であるため、通常の方法で行った場合は「不検出」となることを示した上で、測定値を()書きで示している。

表 4.1.1(6) 地下ビット溜まり水の水質調査結果 (六価クロム、平成 28 年 9 月 29 日～12 月 21 日)

採水日	対象物質	地下水基準	定量下限値	施設内												
				5街区			6街区			7街区			管理施設棟 (地下ビット内)			
				青果棟(地下ビット内)			水産卸売場棟(地下ビット内)			加工パッケージ棟 (地下ビット内)			水産卸売場棟(地下ビット内)			
9月29日(木)	六価クロム (mg/L)	0.05	0.005	5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3	7-1	7-2	7-3	管理施設棟 (地下ビット内)			
10月6日(木)				0.006	0.005	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月13日(木)				0.006	0.006	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月20日(木)				0.005	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月27日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
11月3日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
11月10日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
11月24日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
12月1日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
12月21日(水)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出

表 4.1.1(7) 地下ビット溜まり水の水質調査結果 (カドミウム、平成 28 年 9 月 29 日～12 月 21 日)

採水日	対象物質	地下水基準	定量下限値	施設内											
				5街区			6街区			7街区			管理施設棟 (地下ビット内)		
				青果棟(地下ビット内)			水産卸売場棟(地下ビット内)			加工パッケージ棟 (地下ビット内)			水産卸売場棟(地下ビット内)		
				5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3	7-1	7-2	7-3			
9月29日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月6日(木)		0.001		不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月13日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月20日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
10月27日(木)	カドミウム (mg/L)	0.01		不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
11月3日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
11月10日(木)		0.0003		不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
11月24日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
12月1日(木)				不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出
12月21日(水)				清掃中のため 測定なし			不検出	不検出	不検出	清掃中のため 測定なし			不検出	不検出	不検出

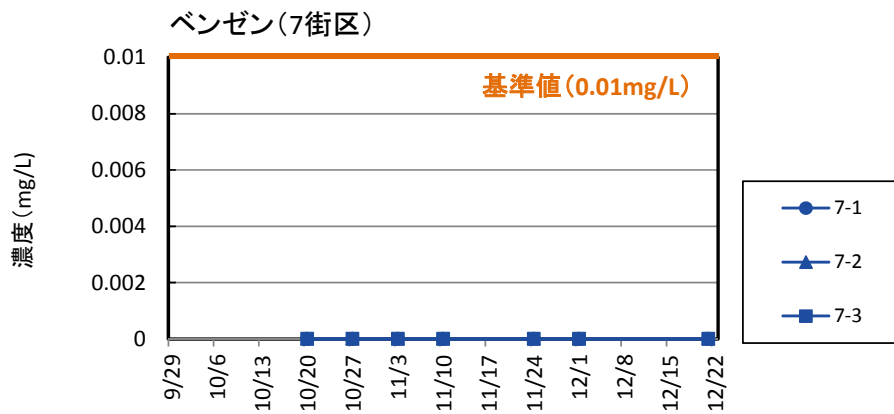
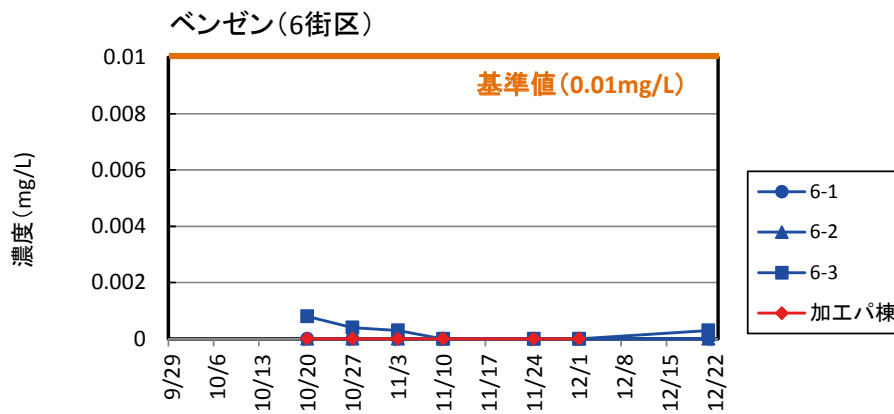
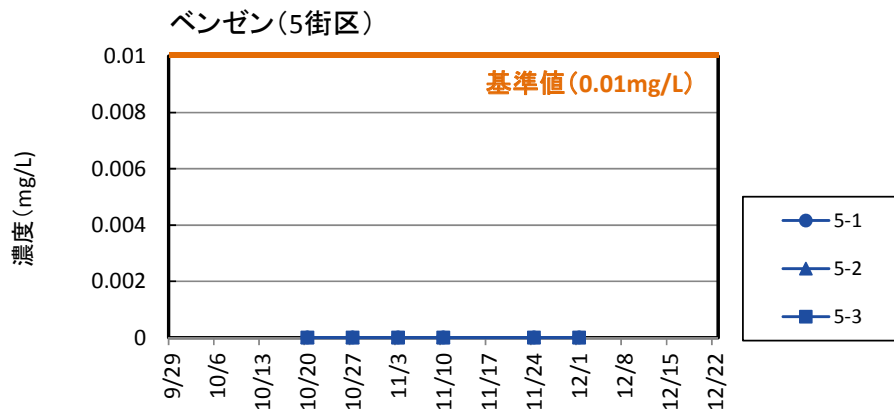


図 4.1.2(1) 地下ピットの溜まり水の水質の変化
(ベンゼン、平成 28 年 9 月 27 日～12 月 21 日)

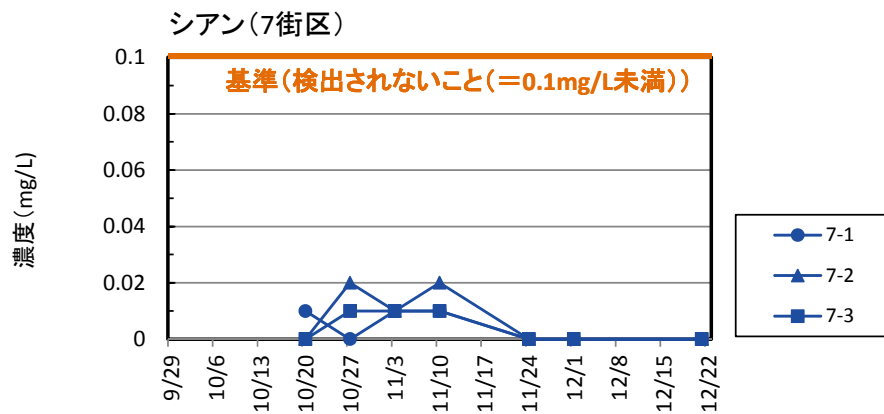
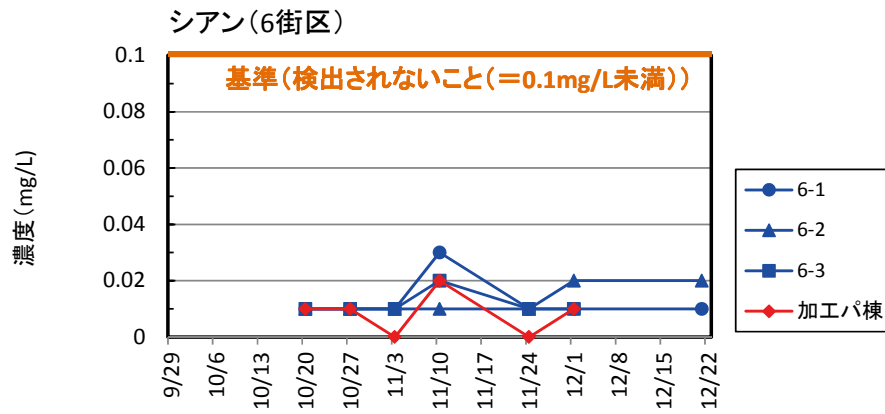
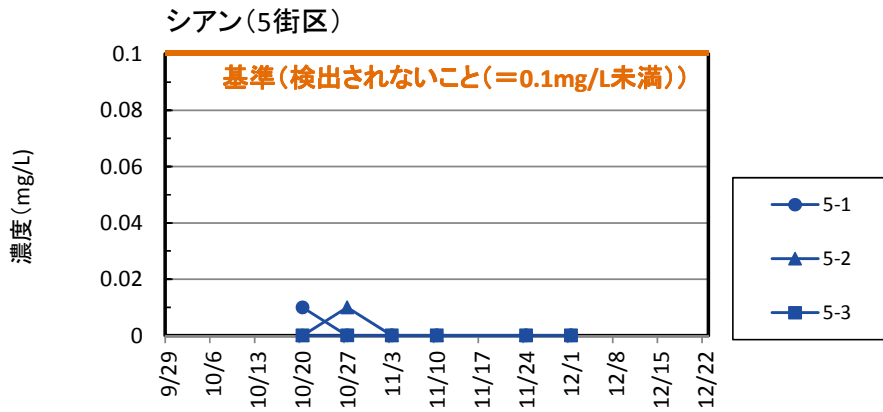


図 4.1.2(2) 地下ピットの溜まり水の水質の変化
(シアン、平成 28 年 9 月 27 日～12 月 21 日)

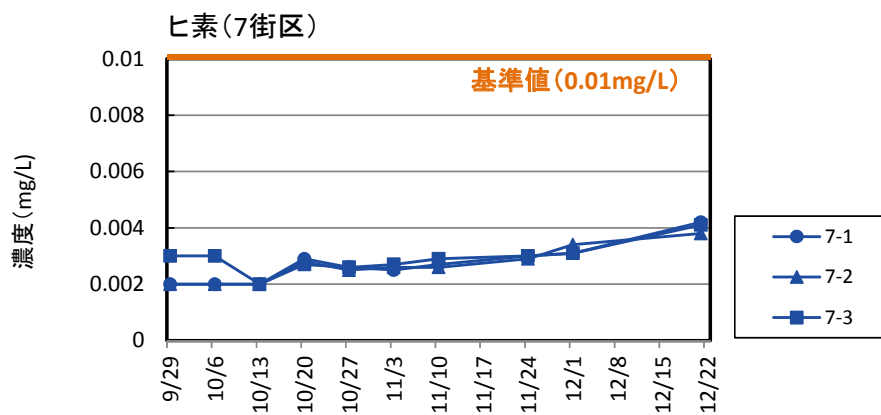
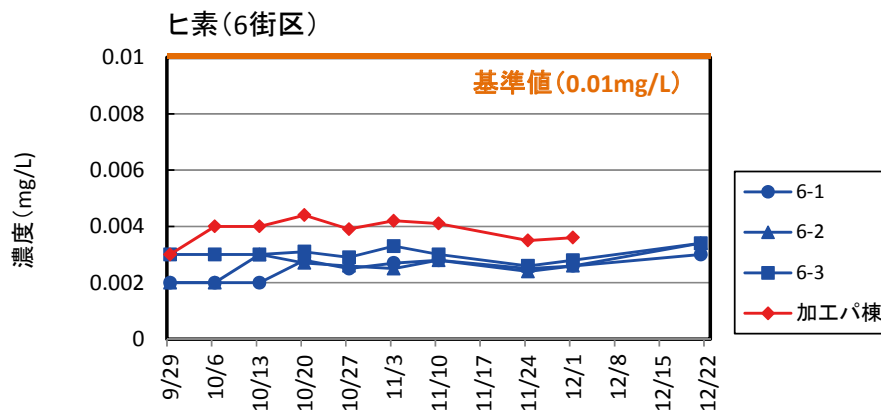
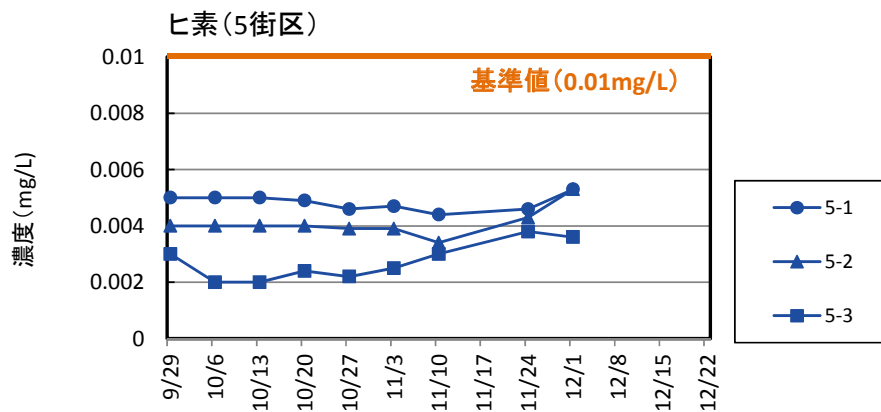


図 4.1.2(3) 地下ピットの溜まり水の水質の変化
(ヒ素、平成 28 年 9 月 27 日～12 月 21 日)

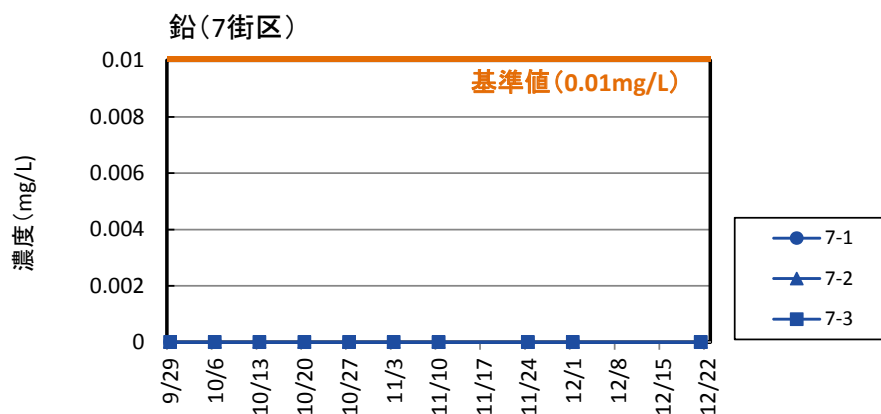
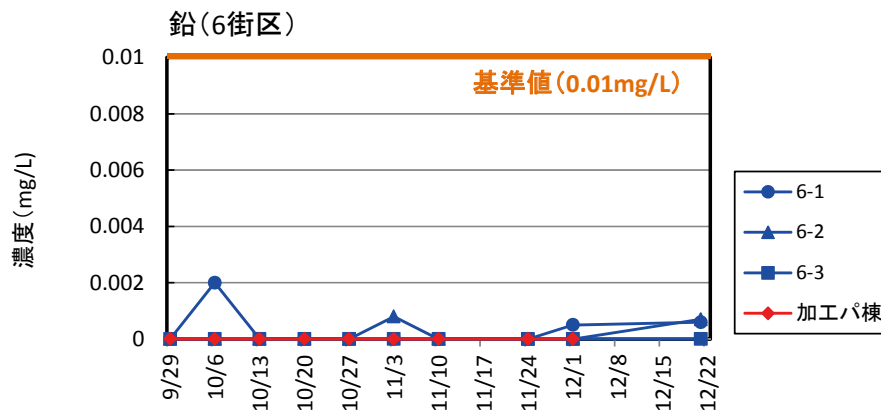
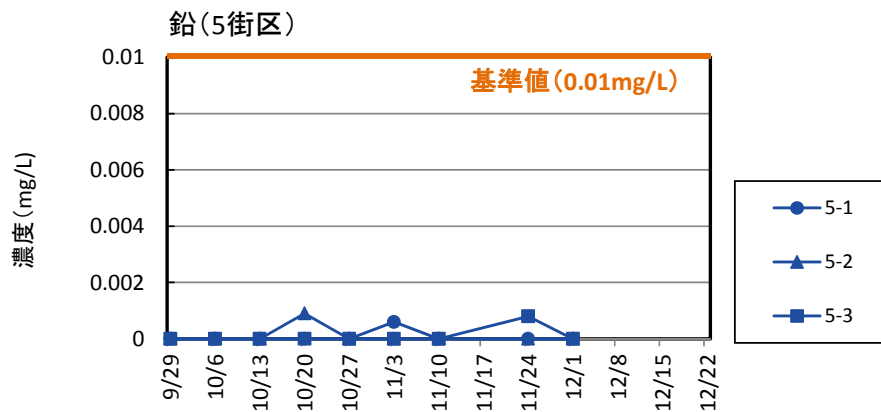


図 4.1.2(4) 地下ピットの溜まり水の水質の変化
(鉛、平成 28 年 9 月 27 日～12 月 21 日)

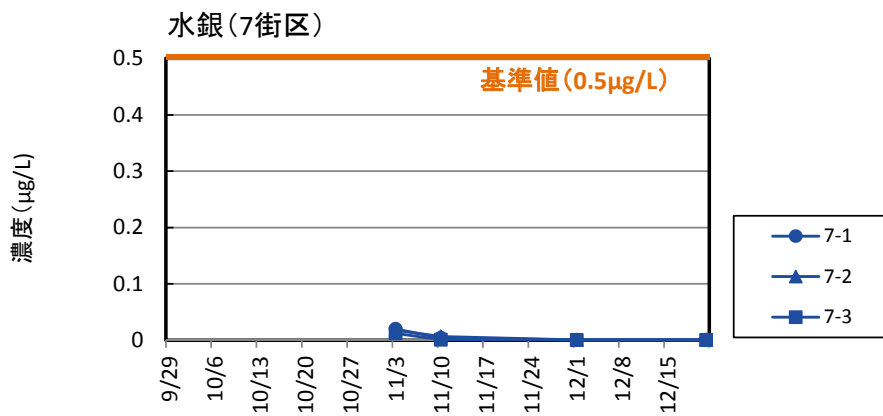
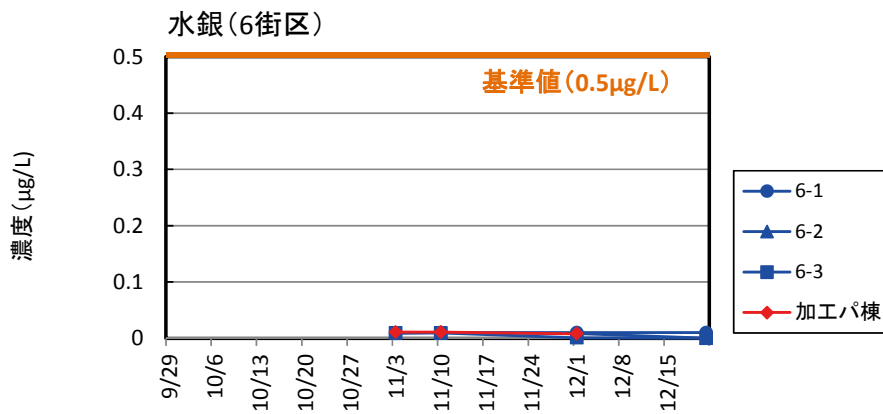
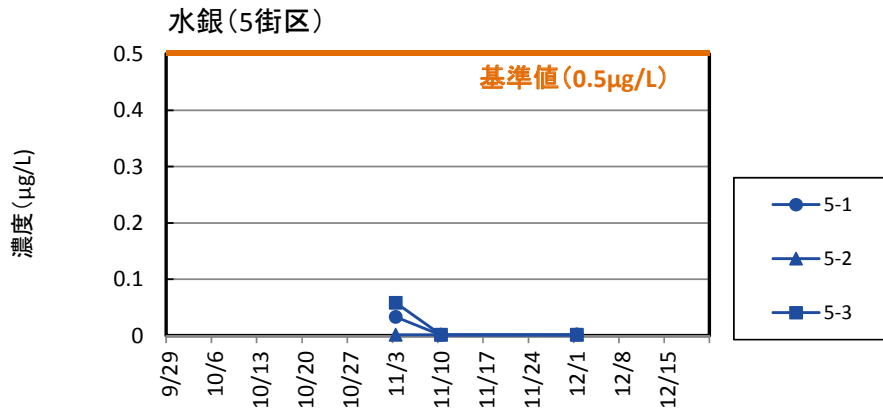


図 4.1.2(5) 地下ピットの溜まり水の水質の変化
(鉛、平成 28 年 9 月 27 日~12 月 21 日)

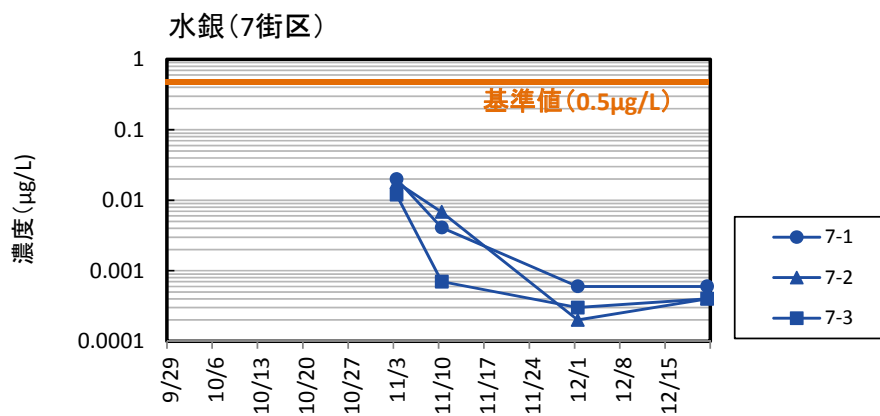
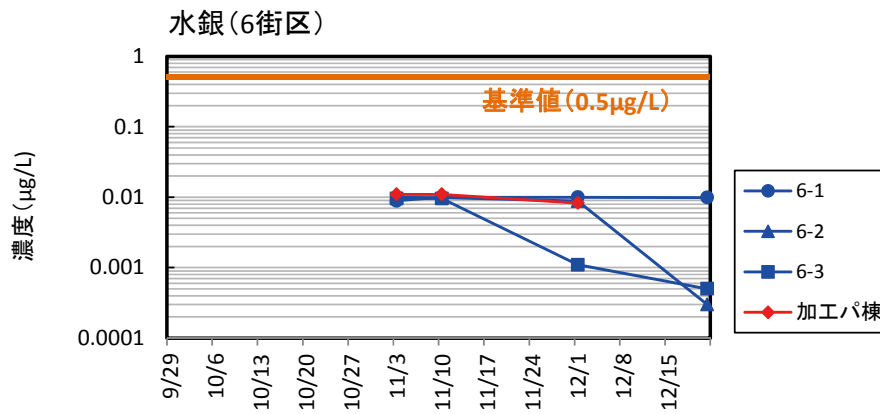
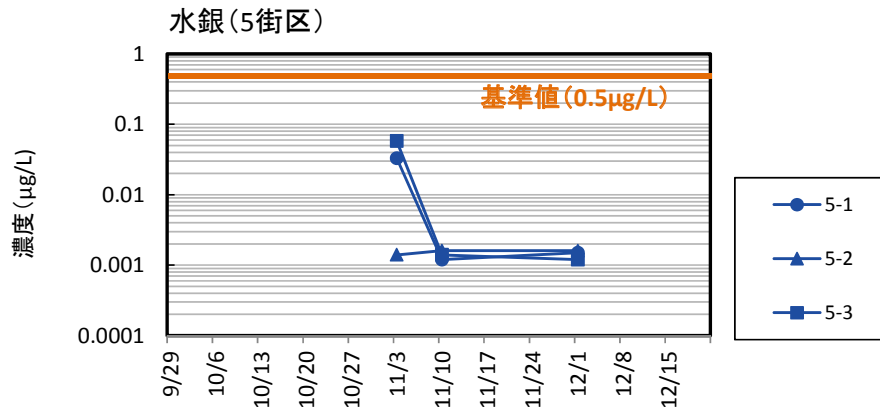


図 4. 1. 2 (6) 地下ピットの溜まり水の水質の変化 (対数)
(水銀、平成 28 年 9 月 27 日~12 月 21 日)

4.1.2 地下ピット内の溜まり水で検出された物質の由来について

地下ピット内の溜まり水の水質調査では、地下水基準には適合しているものの、いずれかの箇所でベンゼン、シアン、ヒ素、鉛、水銀、六価クロムの濃度が検出された。

これらの物質が検出された由来について検討した結果を、以下に示す。

(1) ベンゼン、シアン

ベンゼン、シアンについては、東京ガス（株）豊洲工場の操業にともない供給されたのが原因であり、地下ピット内に床面から浸入してきた地下水によるものと考えられる。

(2) ヒ素、鉛

ヒ素、鉛については、A.P.+2.0m 以深に自然由来の土壌汚染が残置されている状態であることから、それに起因してこれらを含む地下水が地下ピット内に床面から浸入してきたことによるものと考えられる。

(3) 水銀

水銀については、地下ピット内の溜まり水の濃度が最も高かった平成 28 年 11 月 3 日の青果棟（5 街区）、水産仲卸売場棟（6 街区）、加工パッケージ棟（6 街区）、水産卸売場棟（7 街区）における測定値で 0.0014～0.058 $\mu\text{g/L}$ であり、地下水基準の 0.5 $\mu\text{g/L}$ (0.0005mg/L) 以下と比較すると非常に微量しか水銀が含まれていないことがわかる。

わが国の水圏（非汚染地域）における水銀濃度としては、既往研究において表 4.1.2 に示す値が整理されている¹⁾。

表 4.1.3 に示すとおり、豊洲市場において測定された地下ピット内の水及び周辺地下水の水銀濃度（11 月 3 日採水分）は 0.0014～0.096 $\mu\text{g/L}$ であり、表 4.1.2 に示される地下水の濃度の 1/10～10 倍の範囲に相当することがわかる。

表 4.1.2 わが国の水圏（非汚染地域）における水銀濃度

（島田（2011）¹⁾を一部抜粋・修正）

種類	水銀濃度 ($\mu\text{g/L}$)
降水	0.004～0.027
河川水	0.001～0.021
地下水	0.009～0.010
海水	0.002～0.006
温泉・地熱水	0.005～16
地下水基準	0.5

表 4.1.3 豊洲市場における地下ピット内の水及び周辺地下水の水銀濃度
(平成 28 年 11 月 3 日)

地点		11 月 3 日 水中水銀濃度 ($\mu\text{g/L}$)	
5 街区	海水	0.0012	
	地下水	0.035	
	青果棟	5-1	0.033
		5-2	0.0014
5-3		0.058	
6 街区	海水	<0.0002	
	地下水	0.0069	
	水産仲卸 売場棟	6-1	0.0089
		6-2	0.010
		6-3	0.0096
加工パッケージ棟	0.011		
7 街区	海水	0.0008	
	地下水	0.096	
	水産卸 売場棟	7-1	0.020
		7-2	0.018
7-3		0.012	

(4) 六価クロム

六価クロムについては、平成 28 年 9 月 29 日～10 月 13 日において青果棟 (5 街区) で、平成 28 年 9 月 29 日～10 月 20 日において加工パッケージ棟 (6 街区) で 0.005～0.006mg/L 検出され、それ以降は定量下限値 (0.005mg/L) 未満であった。

地下水中の六価クロムの由来としては、地下ピット床面の均しコンクリートや碎石層 (コンクリート再生碎石) 等のコンクリート構造物からの溶出である可能性が考えられることから、既往文献等による知見をもとに考察した。

1) コンクリートからの六価クロムの溶出について

供用されているコンクリート構造物からの六価クロムの溶出実態について、建設年代の異なる構造物からコアを採取し、溶出試験 (環境省告示第 46 号) を実施した結果が表 4.1.4 に示すとおり報告されている²⁾。

いずれも土壤環境基準以下の濃度であるが、供用年数による溶出濃度の違いは特に認められない。

2) コンクリートのブリージング水に含まれる六価クロムについて

土木及び建築工事の実施工においてランダムに採取されたコンクリートのブリージング (ブリーディング) 水について、表 4.1.5 に示す六価クロム濃度が報告されている²⁾。

六価クロム濃度が 0.2mg/L、1.0mg/L を示すものも各 1 検体あるが、86.7%の検体が土

表 4.1.4 供用構造物より採取されたコンクリートから溶出する六価クロム濃度

(土木学会 (2003) ²⁾ を一部抜粋)

構造物	供用年数 (年)	中性化深さ (mm)	六価クロム濃度 (mg/L)		
			表面から 0~1cm	表面から 1~2cm	内部
1	1	1.6	0.036	—	0.022
		—	0.036		
2	約 30	9.6	0.032	0.027	0.027
3	25	—	0.020	—	0.022
4		—	0.027	0.013	—
		—	0.027		
5	約 30	—	0.045	—	0.032
		—	0.032		
6		—	0.029	—	0.019
		—	0.032		

表 4.1.5 ブリージング水に含まれる六価クロム濃度測定例 ²⁾

六価クロム濃度 (mg/L)	0	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0	合計
検体数 (検体)	6	7	0	1	0	1	0	15
割合 (%)	40.0	46.7	0	6.7	0	6.7	0	100

※分析方法：ジフェニルカルバジド法によるパックテスト

壊環境基準 (0.05mg/L) 以下の濃度であり、比較的六価クロムが溶出しやすい条件であるにも関わらずその溶出量が少ないことが報告されている ²⁾。

また、普通ポルトランドセメント 3 試料、高炉セメント B 種 3 試料についてコンクリートのブリージング水の六価クロム濃度を室内試験により調べた結果として、表 4.1.6 が示されている ²⁾。この室内試験では、2.1~9.7mg/L と地下水環境基準 (0.05mg/L 以下) を超過する六価クロム濃度が検出されている。また、pH についても、12.7~13.0 と非常に強いアルカリ性を示すことが把握されている。

ブリージング水中の六価クロム濃度については、他の研究 ³⁾でも 10mg/L を超過する濃

表 4.1.6 ブリージング量・pH とブリージング水の六価クロム濃度

(土木学会 (2003) ²⁾ を一部修正)

項目	普通ポルトランドセメント			高炉セメント B 種		
	OPC-1	OPC-2	OPC-3	BB-1	BB-2	BB-3
ブリージング量	0.18	0.26	0.18	0.11	0.18	0.15
ブリージング率 (%)	3.81	5.33	3.87	2.36	3.63	3.05
pH	12.8	12.9	13.0	12.7	12.7	12.7
六価クロム濃度 (mg/L)	2.8	4.6	8.8	9.7	3.6	2.1

※1：試料採取方法：JIS A 1123 (コンクリートのブリーディング試験方法) に準拠し採取

※2：六価クロム分析の前処理方法：試料をよく混合し、0.45μm のメンブレンフィルターでろ過したろ液を冷暗所に保存

※3：六価クロムの分析方法：ジフェニルカルバジド法

度になることが報告されている。

コンクリートを練り混ぜた後の液相及び凝結過程のブリージング水中には六価クロムが存在するが、硬化するとコンクリート中に固定されると考えられている²⁾。

3) コンクリート再生砕石からの六価クロムの溶出について

コンクリート再生砕石 (RC40) からの六価クロムの溶出について、7 試験の溶出試験 (環境省告示第 46 号) を実施した結果、1 試料が 0.02mg/L と地下水環境基準に適合したが、6 試料が 0.06~0.14mg/L と地下水環境基準を超過する濃度であったことが報告されている⁴⁾。

また、コンクリート再生砕石を再利用するまでの期間の炭酸化や再水和等の条件の違いにより六価クロムの溶出量の変化が異なることや、炭酸化が進行したコンクリート再生砕石を純水に長時間浸漬したときの六価クロム溶出量は、浸漬時間が長くなるにつれ増加することも報告されている⁴⁾。

4) 地下水中の六価クロムの由来について

上記 1) ~ 3) の既往文献による知見を踏まえ、地下ピット内の溜まり水の高 pH についてもコンクリート、特にブリージング水による影響が大きいと考えられることも考慮すると、地下水中の六価クロムの由来としては、地下ピット床面の均しコンクリートや砕石層 (コンクリート再生砕石 (RC40)) 等のコンクリート構造物からの溶出である可能性が高いと考えられる。

【参考文献】

- 1) 島田允堯 (2011) : 自然由来重金属等による地下水・土壌汚染問題の本質 : 水銀. 応用地質技術年報, 30, 33-61.
- 2) 土木学会コンクリート委員会微量成分溶出に関する調査研究小委員会編 (2003) : コンクリートからの微量成分溶出に関する現状と課題
- 3) 宇賀神尊信 (2001) : セメントに含まれる微量成分の環境への影響. コンクリート工学, 39(4), 14-19.
- 4) 黒田泰弘・川口正人 (2011) : コンクリート再生材からの六価クロムの溶出挙動と環境安全性の評価. 清水建設研究報告, 88, 97-105