

伏越し施設におけるスカム生成・破壊条件の実態調査

INVESTIGATION OF FACTORS INFLUENCING THE FORMATION AND DISINTEGRATION OF SCUM IN SIPHON CULVERTS

佐々木司*・近藤浩毅*・長井陽一郎*・花原朋廣**

Tsukasa SASAKI, Hiroki KONDO, Yoichiro NAGAI and Tomohiro HANAHARA

The siphon culverts in combined sewer systems tend to accumulate scum because the amount of flow in dry weather is small relative to the size of the pipe diameter. Hydrogen sulfide gas from scum elicits odor complaints from residents and causes corrosion of the sewer facilities.

We measured the state conditions within siphon culverts (including water level, flow velocity, Oxidation-reduction Potential: ORP, pH and hydrogen sulfide level) together with images obtained by CCD camera for two months to clarify the actual conditions that lead to the formation and disintegration of scum in siphon culverts. In addition, structural and environmental factors associated with scum build-up were identified by analyzing the statistical data on accumulated scum in siphon culverts from about 1,000 places in the Tokyo metropolitan area.

Keywords : *siphon culvert, scum, combined sewer system, automatic recording, hydrogen sulfide gas, odor complaint, facility corrosions*

1. はじめに

伏越し施設は河川や鉄道等の下に下水道管きよを通過させる場合に、逆サイフオンの圧力管として施工される施設である。合流式下水道の伏越し施設は、雨天時の流量を対象に管径が決定されているため、流量が少ない晴天時には流速が低下し、スカム（浮遊性堆積物）が生成しやすい。スカムが生成している伏越し施設からは硫化水素が発生しやすいことが知られており¹⁾、硫化水素によって地域住民の臭気苦情や施設の腐食といった問題が引き起こされている（図-1）。さらに、雨天時には生成したスカムが一度に流出し、雨水吐口より河川等の公共用水域へと放流され、衛生上、景観上の問題となっている。

近年、伏越し施設のスカム対策として、上流側人孔の断面縮小や水面の攪拌²⁾、伏越し管きよのベント管化³⁾やエアクッションサイフオンによる通水断面の縮小⁴⁾等の技術が開発、適用されている。しかしながら、既存の伏越し施設に対するこれらの対策技術の導入実績は少なく、多くの伏越し施設では清掃回数増加によってスカム対策を実施しており、下水道施設の維持管理費を増大させている。スカム対策技術導入の障害となっている理由の一つとして、既存の伏越し施設に発生しているスカムがどのような

条件で生成、破壊しているかが不明確で、適用すべき対策技術の選択が困難であることが挙げられる。

本調査では、伏越し施設のスカム生成条件、破壊条件を明らかとすることを目的として、実際にスカムの生成が顕著である伏越し施設3箇所を対象として臭気調査、スカム調査、CCDカメラによる断続的な動画撮影、伏越し内環境（水位、流速、酸化還元電位：ORP、pH、硫化水素濃度）の調査を実施した。さらに、東京都区部1,000箇所余りの伏越し施設の清掃履歴を分析することで、スカムが生成しやすい内的要因（伏越し施設構造）、外的要因（流域特性）を抽出した。

本調査の結果、スカムの生成条件、破壊条件として、流量・流速に加えて、流入水の落差が寄与することが明らか

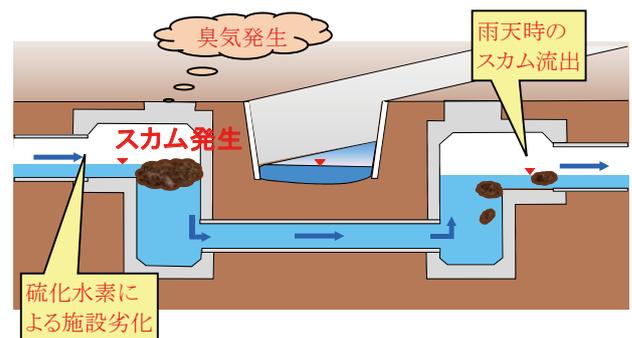


図-1 伏越し施設の問題点

* コンサルタント国内事業本部 流域・防災事業部 上下水道部

** 東京都下水道局 計画調整部 技術開発課

となった。流入水が上流側人孔に0.5m程度の落差で滝落とし状に流入すると、スカムは生成しないと考えられる。また、雨天時の動画撮影結果より、スカムは降雨時の流量増加によって、一度に破壊されるのではなく、徐々に削り取られて破壊される場合もあることが確認された。

2. 調査方法

(1) 現地調査

スカム生成が顕著である伏越し施設3箇所の上流側人孔に対して、表-1に示す項目の測定を行った。臭気調査(臭気指数、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル、アンモニア)、スカム調査(スカム厚、比重、含水率、強熱減量、油分含有率)については、スカムの生成が確認された2011年2月17日にサンプリングを実施した。

臭気調査は、臭気の原因となる物質を特定することを目的に、人孔蓋の解放前、蓋下1mの気体を採取して分析を行った。悪臭防止法では、地上部2m以内の臭気を分析することが規定されているが、当該調査対象箇所における臭気苦情は雨天時のみ発生している事、過去の事例から伏越し施設の地上部での臭気は常時観測されず、また時間的な変動が大きい¹⁾事から、地上部での臭気調査は実施していない。

CCDカメラによる断続的な動画撮影、水位、流速、ORP、pH、硫化水素濃度については2010年12月下旬～2011年3月上旬の2ヶ月余りの期間で測定を実施した。

表-1 現地調査項目

測定項目	箇所数	回数 期間	測定方法	
臭気調査	3箇所	1回	臭気指数	三点比較式臭袋法
			メチルメルカプタン	低温濃縮後、 ガスクロマトグラフ (FPD)分析
			硫化水素	
			硫化メチル	
			二硫化メチル	
アンモニア	吸光光度法			
スカム調査	3箇所	1回	スカム厚	測量用ボールによる測定
			比重	質量、体積より算出
			含水率	105～110℃、2時間加熱
			強熱減量	600±25℃、1時間加熱
			油分含有率	トルマルヘキサン抽出
断続的な動画撮影		2ヶ月	CCDカメラ	
ORP		2ヶ月	ORP計	
pH		2ヶ月	pH計	
流量		2ヶ月	超音波ドップラー式流速計	
			圧力式水位計	
硫化水素濃度		2ヶ月	拡散式硫化水素測定器	

調査機器設置状況の模式図を図-2に示す。調査対象3箇所はいずれも市街地に位置することから、計測機器は全て地下部の下水道施設内に設置し、外部からの電源の供給

は行わずに、バッテリーや乾電池によって作動する機器を用いた。スカムの生成速度は非常に遅いため、6時間おきに5分間作動するタイマー運転でスカムが生成、破壊の様子を動画撮影した。バッテリーの交換、データ回収を行うため、およそ10日に1回の頻度で人孔内に入孔し、観測機器のメンテナンスを実施した。また、ORP計、pH計、水温計のセンサー部が流水による局所的な変化を捉えないように、塩ビ製の防波管でセンサー部を保護した。

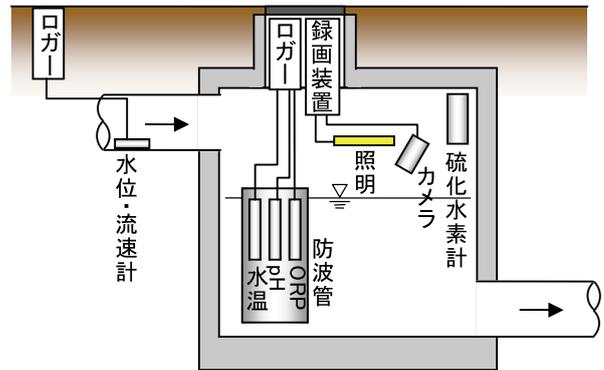


図-2 調査機器設置状況模式図

(2) スカム生成、破壊条件の統計分析

平成21年度、平成22年度に都内で実施された伏越し施設の清掃履歴を整理することで、伏越し施設を「スカム生成人孔」と「スカム非生成人孔」とに分類した。これら2つのグループについて、スカムの生成または破壊に影響を及ぼす可能性がある条件(以降、「スカム生成、破壊条件」とする)を設定し、それらの条件がスカムに及ぼす影響の有無を統計分析により確認した。

スカム生成、破壊条件は、入手可能なデータから算出することが可能なものとする。表-2に採用した「スカム、生成破壊条件」と、統計分析に用いた指標値の算出方法を示した。これら条件のうち、①～⑤は伏越し施設に流入する流域に関する外的要因であり、⑥～⑧は伏越し施設の構造に起因する内的要因である。

また、スカムの生成、破壊に影響を及ぼす条件としてはこれらの他に、土地利用状況により変化することが予想さ

表-2 検討したスカム生成、破壊条件

	スカム生成、破壊条件	指標値の算出方法
外的要因	①雨天時流量	計画降雨時の流入流量(m ³ /s)
	②晴天時汚水量	計画時間最大汚水量(m ³ /s)
	③伏越し管内流速:雨天時	計画降雨時の伏越し管内流速(m/s)
	④伏越し管内流速:晴天時	晴天時の伏越し管内流速(m/s)
	⑤人孔内滞留時間	[下水体積÷晴天時汚水量](min)
内的要因	⑥人孔平面積	上流側人孔の平面積(m ²)
	⑦流れの滞留領域	[人孔平面積÷伏越し管断面積](-)
	⑧上流側人孔の流入落差	流入管底高と水面との離隔(m)
	⑨上流側人孔の水深	晴天時水深(m)

れる汚水成分なども考えられるが、指標値の算出に必要なデータの入手が困難であることから今回の統計分析条件としては採用していない。

統計分析の方法としてはサンプル数が多い標本に対して一般的に用いられる Z 検定を適用した。Z 検定は、2 標本の平均値に有意な差があるかどうかを検定する手法で、2 標本に差がある場合は p 値 (2 標本の平均値が等しい確率) が有意水準よりも小さくなる。有意水準は有意な差があるかの判断基準となる確率で、本調査では通常用いられる有意水準 5% (0.05) を採用した。検定は 2 標本の分布をもとに (1) 式により標準正規分布に対する確率変数 Z を算出し、変数 Z の絶対値よりも大きい領域の面積を p 値として求め (図-3)、有意水準 5% (0.05) と比較することで行う。

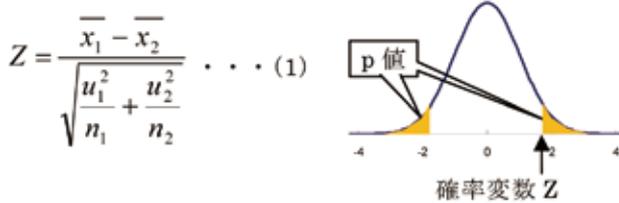


図-3 標準正規分布

ここに、

\bar{x}_1 : スカム生成成人孔の平均値

\bar{x}_2 : スカム非生成成人孔の平均値

u_1 : スカム生成成人孔の標準偏差

u_2 : スカム非生成成人孔の標準偏差

n_1 : スカム生成成人孔のサンプル数

n_2 : スカム非生成成人孔のサンプル数

3. 調査結果および考察

(1) 現地調査

1) 臭気・スカム調査結果

調査対象とする伏越し施設の概要および臭気・スカム調査結果を表-3に示す。

臭気調査測定項目のうち、メチルメルカプタン、硫化水素、硫化メチル、二硫化メチル、アンモニアは低濃度であったが、東京都で規制対象となっている臭気指数については伏越し人孔内で規制値を超過した。雨天時には伏越し人孔内への流入流量の急激な増加により、人孔内の空気が人孔蓋より地上部へ漏出し、臭気が地上部へ拡散する場合があると推定される。

調査対象人孔におけるスカム厚はいずれも 1,000mm を超えており、上流側人孔の水深の半分以上がスカムで閉塞している人孔もあることが確認された。

また、スカム調査の結果、スカムの強熱減量が多く、スカムの主成分は有機物であることが確認された。調査対象人孔のスカムは浮上していることから、比重が小さいことが予想されたが、スカム調査の結果、実際には比重は水よ

表-3 調査対象概要および臭気・スカム調査結果

調査対象伏越しNo.		No.1	No.2	No.3	
概要	人孔形状	円形	矩形	矩形	
	伏越し管径(mm)	740	700	500	
	流域面積(ha)	1.10	2.62	0.57	
	晴天時水深(mm)	1680	3320	1650	
臭気調査結果	試料採取日	2011年2月17日			
	地上部気温(°C)	7.6	9.3	15.5	
	大気圧(hPa)	1018.5	1016.9	1012.6	
	臭気指数 [東京都規制基準値]	19 [10]	24 [10]	21 [10]	
	メチルメルカプタン(ppm)	不検出 (0.002未満)	不検出 (0.002未満)	0.004	
	硫化水素(ppm)	不検出 (0.02未満)	不検出 (0.02未満)	不検出 (0.02未満)	
	硫化メチル(ppm)	不検出 (0.01未満)	不検出 (0.01未満)	不検出 (0.01未満)	
	二硫化メチル(ppm)	不検出 (0.009未満)	不検出 (0.009未満)	不検出 (0.009未満)	
	アンモニア(ppm)	不検出 (1未満)	不検出 (1未満)	不検出 (1未満)	
	スカム調査	スカム厚(mm)	1200	1400	1400
		比重	1.008	1.014	1.012
		含水率(%)	81.6	79.0	71.2
固形分率(%)		18.4	21.0	28.8	
強熱減量(%)		95.1	97.3	68.4	
油分含有率(%)	0.00035	0.00038	0.00035		

※不検出は()内に示す検出限界未満であることを表す。

りも大きいことがわかった。このことから、スカムは流入下水に含まれる厨芥や人糞、毛髪といった固形分が絡まる際に気泡を内包することで見かけの比重が小さくなり、水面に浮上していることが考えられる。

なお、過去に実施されたスカム調査では、スカムの油分含有率は高いことが報告されている⁵⁾が、本調査で対象とした3人孔ではいずれの油分含有率も低かった。伏越し施設への流入下水の水質は、上流域の土地利用状況によって変化することが理由として考えられる。

2) 2ヶ月連続調査結果

伏越し人孔内環境の2ヶ月連続調査結果のうち、降雨前後における伏越し人孔内環境の変化が見られた調査対象伏越し No.2 における 2月10日～2月28日までの調査結果を抜粋して図-4に示す。

2月18日に降雨強度 24mm/hr の降雨が観測され、一時的に 27ppm まで硫化水素濃度が上昇したことから、降雨による流量の増加によって、下水の攪拌、スカムの破壊が引き起こされ、硫化水素が発生したことが推定される(図-4上段)。

晴天時の下水中の ORP は負の値で嫌気状態を示し、降雨時にのみ正の値まで上昇する傾向が見られた(図-4中段)。また、同時に測定していた pH はほぼ 5.0～8.0 の間で推移しており、弱酸性域から中性域を示していた(図-4下段)。中性嫌気性の環境は硫化水素を生成する硫酸塩還元細菌の活動に適しているため、下水の流入により十分な量の有機物と水分が供給されることで、硫化水素が生成されていることが推定される。生成した硫化水素は、下水中やスカム中に溶解し、雨天時に流量が増加して下水や

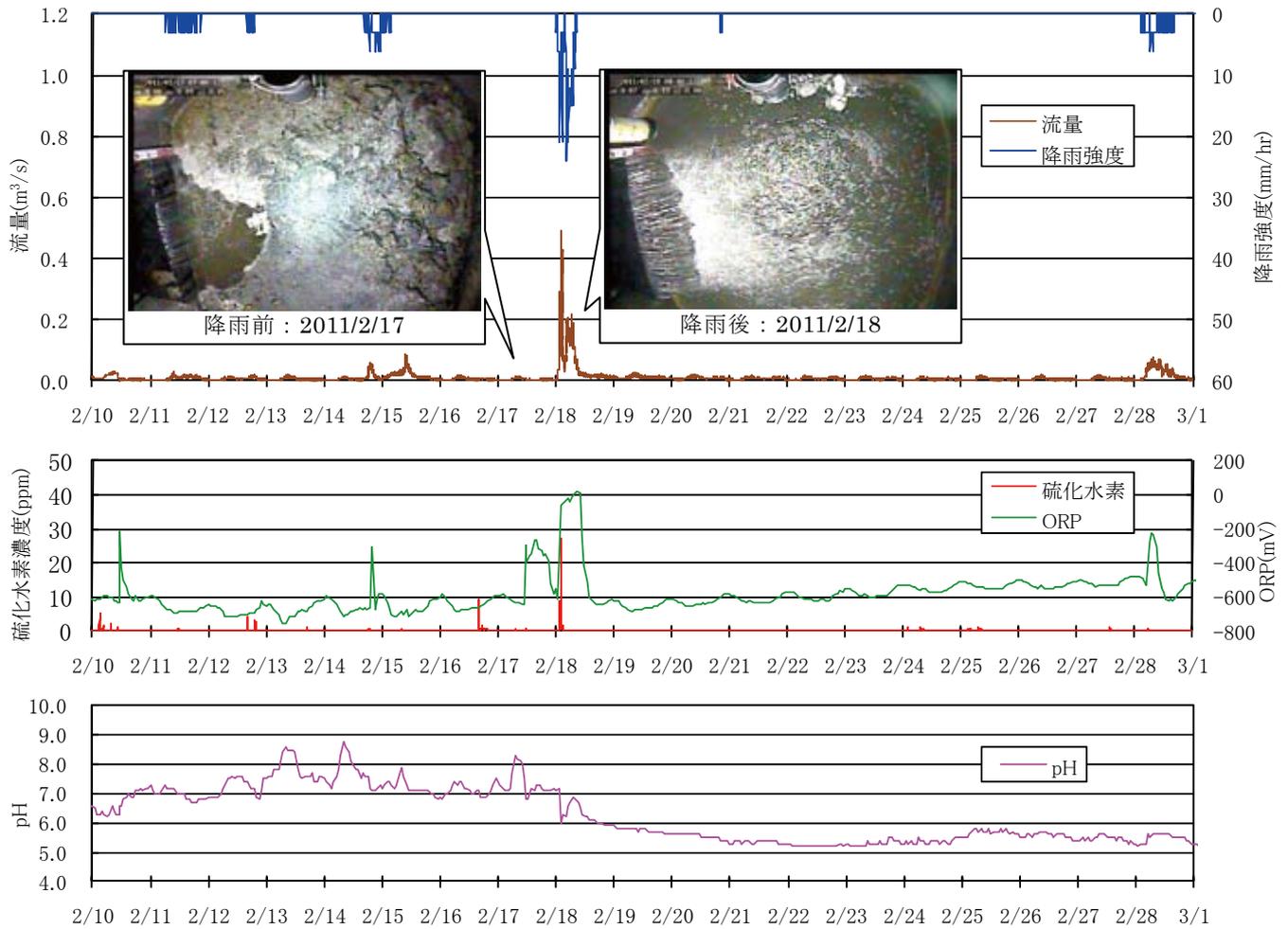


図-4 2ヶ月連続調査結果
(伏越し No.2、2月10日～2月28日を抜粋)

スカムが攪拌されると気層へ一度に放出されることが考えられる。

撮影されたスカム破壊映像により、スカムは降雨により増加した流量によって一度に破壊されるわけではなく、増加した流量により少しずつ削り取られるように破壊される様子が観察された。破壊されたスカムが再度浮上する様子は観察されなかったため、本調査期間中の降雨強度24mm/hrの降雨時には、破壊されたスカムは速やかに下流へ流下していたことが推定される。なお、同じ降雨強度24mm/hrの降雨でも、降雨継続時間が短い場合は、スカムが十分に破壊されない可能性もある。

調査対象伏越し No.1 でも、No.2 と同日の降雨時にはスカムが破壊された後に下流へ流下する映像が撮影され、同時に硫化水素濃度が 10ppm まで上昇したことが確認された。

一方、No.3 の映像撮影の結果からは、No.1、No.2 と同日の 24mm/hr の降雨では流入管口付近のスカムが一部崩れるに留まり、スカム全体の破壊、流出には至らなかった。観測された硫化水素濃度も 4ppm 程度とわずかであった。No.3 の伏越し施設は No.1、No.2 と比較して流域面積が

小さく、雨天時流量も少ないことからスカムの破壊に至らなかったと考えられる。

(2) スカム生成、破壊条件の統計分析

表-4 に既往のスカム清掃履歴のデータを基にしたスカム生成、破壊条件の統計分析結果を示す。スカム生成、破壊条件のうち、水理的な条件である「雨天時流量」、「晴天時汚水量」、「伏越し管内流速（雨天時、晴天時）」、「人孔平面積」、「上流側人孔の流入落差」について、スカム生成成人孔とスカム非生成成人孔の間で有意な差が見られ ($p < 0.05$)、これらの条件がスカム生成、破壊に関与していることを確認した。

一方、下水の腐食によるスカム生成を想定した「人孔内滞留時間」と、人孔角隅部の下水の滞留を考慮した「流れの滞留領域」、浮遊性スカムの流出しやすさを考慮した「上流側人孔の水深」には、スカム生成成人孔とスカム非生成成人孔の間で有意な差は見られなかった。

晴天時の伏越し管内流速の平均値は、スカム生成成人孔で 0.05m/s、スカム非生成成人孔で 0.13m/s であった。「下水道施設計画・設計指針と解説 前編、日本下水道協会⁶⁾」

では、沈殿物が堆積しない最小流速として0.6m/sが規定されているが、スカムが生成しない最小流速については記載されていない。本調査で対象とした伏越し施設の条件下では、晴天時において0.1m/s程度の流速が確保されていればスカムは生成しない可能性があることが推定された。

人孔平面積の平均値は、スカム生成人孔で2.35m²、スカム非生成人孔で4.00m²となり、スカム非生成人孔の方がスカム生成人孔に比べて有意に大きい結果となった。一

般に、人孔平面積が大きな人孔は流域面積も大きく雨天時流量、晴天時汚水量が多いことから、人孔平面積の大きな人孔はスカムが生成しにくいという結果が得られたと考えられる。

上流側人孔の流入水の落差に関する統計分析を行ったところ、スカム生成人孔の平均値0.07mとスカム非生成人孔の平均値0.49mの間で有意な差が見られた。つまり、流入水が滝落とし上に流入する落差として0.5m程度を確

表-4 スカム生成、破壊条件の統計分析結果

スカム生成、破壊条件(単位)	凡例(一)		①雨天時流量(m ³ /s)		②晴天時汚水量(m ³ /s)		③伏越し管内流速:雨天時(m/s)		④伏越し管内流速:晴天時(m/s)	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
サンプルサイズ	n1	n2	94	222	77	173	89	216	74	167
平均	\bar{x}_1	\bar{x}_2	1.58	6.72	0.0141	0.0489	0.63	1.16	0.05	0.13
中央値	md1	md2	0.53	1.78	0.0063	0.0174	0.34	0.38	0.02	0.02
標準偏差	u1	u2	3.54	18.87	0.0243	0.0377	1.14	1.81	0.11	0.34
標準誤差(データのばらつき)	$u1/\sqrt{n_1}$	$u2/\sqrt{n_2}$	0.72	2.48	0.0054	0.0239	0.24	0.24	0.03	0.05
確率変数Z	Z		3.9		2.78		3.05		2.86	
p値(有意水準5%)	p		0.000097(<0.05)		0.0027(<0.05)		0.023(<0.05)		0.0042(<0.05)	
検定結果	-		有意差有り		有意差有り		有意差有り		有意差有り	
	スカム生成グループ		スカム非生成グループ		スカム生成グループ		スカム非生成グループ		スカム生成グループ	
	スカム生成グループ		スカム非生成グループ		スカム生成グループ		スカム非生成グループ		スカム生成グループ	
	スカム非生成グループ		スカム生成グループ		スカム非生成グループ		スカム生成グループ		スカム非生成グループ	
スカム生成、破壊条件(単位)	⑤人孔内滞留時間(min)		⑥人孔平面積(m ²)		⑦流れの滞留領域(-)		⑧上流側人孔の流入落差(m)		⑨上流側人孔の水深(m)	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
サンプルサイズ	68	150	326	756	309	690	74	145	302	699
平均	27	26	2.35	4.00	10.33	14.4	0.07	0.49	3.54	3.93
中央値	13	9	1.44	1.98	5.3	3.56	0.16	0.22	2.49	2.85
標準偏差	47	56	2.38	5.43	24.43	49.26	1.27	1.72	2.99	3.45
標準誤差(データのばらつき)	11.18	8.98	0.26	0.39	2.72	3.68	0.29	0.28	0.34	0.26
確率変数Z	0.17		6.93		1.74		2.07		1.79	
p値(有意水準5%)	0.87		0.00000000004(<0.05)		0.082		0.039(<0.05)		0.074	
検定結果	有意差無し		有意差有り		有意差無し		有意差有り		有意差無し	
	スカム生成グループ		スカム非生成グループ		スカム生成グループ		スカム非生成グループ		スカム生成グループ	
	スカム生成グループ		スカム非生成グループ		スカム生成グループ		スカム非生成グループ		スカム生成グループ	
	スカム非生成グループ		スカム生成グループ		スカム非生成グループ		スカム生成グループ		スカム非生成グループ	

保すれば、雨天時のスカム破壊効果、または晴天時のスカム生成抑制効果が得られると考えられる。

一方、伏越し人孔内の下水の滞留時間が長いと下水の腐食が進行し、スカムが生成しやすいことが想定されたが、スカム生成人孔とスカム非生成人孔で下水の人孔内滞留時間に有意な差は見られなかった。本調査では、伏越し人孔の容積を晴天時汚水量で除することで下水の滞留時間を求めたが、実際には人孔中心部と角隅部の下水の滞留時間は異なることが推定される。本結果は、人孔内の下水の滞留時間によるスカム生成への影響を見るためには、人孔中心部と角隅部の滞留時間の差異を考慮することが必要であることを示していると考えられる。

同様に、人孔平面積が伏越し管断面積に比較して大きい場合は角隅部の流れが滞留することが想定されたが、スカム生成人孔とスカム非生成人孔で流れの滞留領域（上流側人孔平面積÷伏越し管断面積）に有意な差は見られなかった。また、浮遊性スカムは上流側伏越し人孔の水深が深いと伏越し管へ引き込まれにくいことが想定されたが、上流側伏越し人孔の水深（晴天時水深）についても、スカム生成人孔とスカム非生成人孔で有意な差は見られなかった。本調査では、伏越し人孔の大小に関係なく、全伏越しを対象としてこれら人孔形状に関わる指標値を算出したが、今後は指標値の算出の際に人孔規模を考慮する必要があることが考えられる。

4. 調査結果のまとめ

現地調査および既往清掃履歴の統計分析結果より明らかとなったスカム生成条件を表-5に、スカム破壊条件を表-6にまとめる。

表-5に示す様に、現地調査より明らかとなったスカム生成条件は、雨天時流量（No.1人孔：0.10m³/s未満、No.2人孔：0.49m³/s未満）である。No.1人孔、No.2人孔では、これ以上の流量が生じるとスカムは生成しなかった。No.3人孔では、スカムが破壊される程度の降雨が観測されず、条件が明確にならなかった。スカム生成へのpH、ORP、油分含有率の影響は認められなかった。

統計分析より明らかとなったスカム生成条件は、雨天時流量（2.30m³/s未満）、晴天時汚水量（0.0195m³/s未満）、伏越し管内流速（雨天時：0.87m/s未満、晴天時：0.05m/s未満）、伏越し平面積（2.61m²未満）、上流側人孔の流入水の落差（0.36m未満）である。スカム生成への上流側人孔の人孔内滞留時間、上流側人孔内の流れの滞留領域、スカム流出のしやすさ（上流側人孔の水深）の影響は認められなかった。

表-6に示す様に、現地調査より明らかとなったスカム破壊条件は雨天時流量（No.1人孔：0.10m³/s以上、No.2人孔：0.49m³/s以上）である。No.1人孔、No.2人孔では、

これ以上の流量が生じるとスカムは破壊された。No.3人孔では、スカムが破壊される程度の降雨が観測されず、条件が明確にならなかった。また、スカム破壊へのpH、ORP、油分含有率の影響は認められなかった。

統計分析より明らかとなったスカム破壊条件は、雨天時流量（4.24m³/s以上）、晴天時汚水量（0.0250m³/s以上）、伏越し管内流速（雨天時：0.92m/s以上、晴天時：0.08m/s以上）、伏越し平面積（3.60m²以上）、上流側人孔の流入水の落差（0.21m以上）である。スカム破壊への上流側人孔の人孔内滞留時間、上流側人孔内の流れの滞留領域、スカム流出のしやすさ（上流側人孔の水深）の影

表-5 スカム生成条件

	現地調査より 明らかとなった条件	統計分析より 明らかとなった条件
スカム生成条件	雨天時流量 No.1人孔 0.10m ³ /s未満 No.2人孔 0.49m ³ /s未満 No.3人孔* 0.02m ³ /s未満	雨天時流量 2.3m ³ /s未満 晴天時汚水量 0.0195m ³ /s未満 伏越し管内流速 雨天時:0.87m/s未満 晴天時:0.08m/s未満 伏越し平面積 2.61m ² 未満 流入水の落差 0.36m未満
	スカム生成への影響が認められない条件	人孔内滞留時間 流れの滞留領域 流出のしやすさ(水深)

※No.3人孔ではスカムが破壊される程度の降雨が観測されず、条件が明確にならなかった。
0.02m³/s以上でもスカムが生成する可能性がある。

表-6 スカム破壊条件

	現地調査より 明らかとなった条件	統計分析より 明らかとなった条件
スカム破壊条件	雨天時流量 No.1人孔 0.10m ³ /s以上 No.2人孔 0.49m ³ /s以上 No.3人孔* 0.02m ³ /s以上	雨天時流量 4.24m ³ /s以上 晴天時汚水量 0.0250m ³ /s以上 伏越し管内流速 雨天時:0.92m/s以上 晴天時:0.08m/s以上 伏越し平面積 3.60m ² 以上 流入水の落差 0.21m以上
	スカム破壊への影響が認められない条件	人孔内滞留時間 流れの滞留領域 流出のしやすさ(水深)

※No.3人孔ではスカムが破壊される程度の降雨が観測されず、条件が明確にならなかった。
0.02m³/s以上でもスカムが破壊されない可能性がある。

響は認められなかった。

5. 結論

本調査によりスカム生成、破壊条件に関して以下の傾向が明らかとなった。

- ・硫化水素は、嫌気性・中性環境下で硫酸塩還元細菌により下水中、スカム中に生成され、雨天時に下水が攪拌、スカムが破壊されると気層部へ放出されることが推定された。
- ・スカムは降雨時の流量増加によって一度に破壊されるのではなく、徐々に削り取られて破壊される場合もあることが確認された。
- ・スカム生成、破壊条件として、流量・流速のほかに、流入水の落差が寄与することが明らかとなった。流入水が上流側人孔に 0.5m 程度の落差で滝落とし状に流入するとスカムは生成しないと考えられる。

6. 今後の展望

現場条件が多様な伏越し施設についてスカム生成、破壊条件を一般化し、スカム対策技術の適用範囲を明確にするため、今後はより条件が広範囲の伏越し施設に対して、より長期の調査を実施することが必要である。

とくに、今後は雨期に調査を実施することで、本調査では十分に得られなかった降雨に関するデータを収集し、スカム生成、破壊条件をより明確に解明できると考えられる。また、伏越し施設への流入下水の水質は、スカム生成、破壊条件に大きく関与する事が予想されるため、今後は流入下水中の固形物や上流域の用途地域等を調査するなど、上流域の情報もスカム生成、破壊条件として検討していく必要がある。

また、本調査結果よりスカム生成、破壊条件は複数存在することが明らかとなったが、それぞれの条件は互いに影響を及ぼし合う事が推定されるため、今後は多変量解析といった複数の条件を同時に考慮可能な統計分析も必要である。

さらに、調査箇所としてスカムは生成していないが硫化水素は生成している伏越し施設を対象とすることで、スカムと硫化水素の関連性を明らかにできると考えられる。

スカム生成、破壊条件を明らかにすることは、既存のスカム対策技術の適用範囲を明確にし、既存の伏越し施設に適切なスカム対策技術の導入を推進するために有用である。また、既存のスカム対策技術の中に、得られたスカム生成抑制、破壊促進条件を満たす技術が存在しない場合には、新技術を開発する際の方向性を決定する一助となる。

善技術に関する調査その 2」業務成果の一部を紹介したものである。本稿の掲載および情報の使用についてご許可いただいた東京都下水道局関係者各位に深甚の謝意を表明する。

参考文献

- 1) 鈴木宏：合流式下水道における伏越しに起因した諸問題に関する研究、2002
- 2) 伏越し施設改善調査マニュアル、東京都下水道局施設管理部、2005
- 3) 下水道未普及解消クイックプロジェクト社会実験検証のすすめ方（案）～改良型伏越しの連続的採用～、国土交通省下水道部、2009
- 4) 鈴木建、寺本康宏、下田哲：赤羽幹線エアクッションサイフォンでの空気抜き施設の設計について、東京都下水道局技術調査年報、2010
- 5) 橋本翼、深谷渉、松葉秀樹、土手一郎、堀崎正俊：改良型伏越しの土砂堆積とフラッシュによる清掃効果、日本下水道協会誌、2011
- 6) 下水道施設計画・設計指針と解説 前編、日本下水道協会、2009

謝辞：本稿は東京都下水道局が実施した「伏越し施設の改