

第4章 管渠への影響

ディスポーザーを導入した場合、厨芥粉碎物（固形物や有機物）を多く含む汚水が下水管渠に流入することとなる。そのため、管渠内では、厨芥由来の堆積物の増加やそれに伴う汚水の流下阻害が懸念される。また、ディスポーザー排水は有機物濃度の高いため、管渠内を滞留することにより硫化水素が発生する可能性がある。これら管渠の維持管理に係わる問題がディスポーザーの導入により助長される恐れがある。我が国では、ディスポーザー導入の事例がないため、ディスポーザー導入による下水管渠への影響については知見がないのが現状であった。

ディスポーザー導入の管渠への影響評価として実施した調査フローを図4.1.1に示す。

まず、実験に先駆けて、町内の管路施設について概要把握を行った。また、ディスポーザー導入前の管渠内の状況を把握するために、TVカメラ調査を実施した。

ディスポーザー導入後の影響には、管渠内の状況については定期的にTVカメラ調査を行い、堆積物の堆積状況について詳細な検討を行った。また、管渠内のディスポーザー（厨芥）由来の堆積物については、その発生箇所の構造的特性や掃流特性についても解析した。さらに、管渠の腐食の要因となる硫化水素に関して、寒冷地ではあるもののディスポーザー由来の堆積物が発生しているマンホールを中心に硫化水素濃度を長期的に測定するとともに、厨芥粉碎物の混入した下水中硫化物濃度の変化について室内実験を行った。

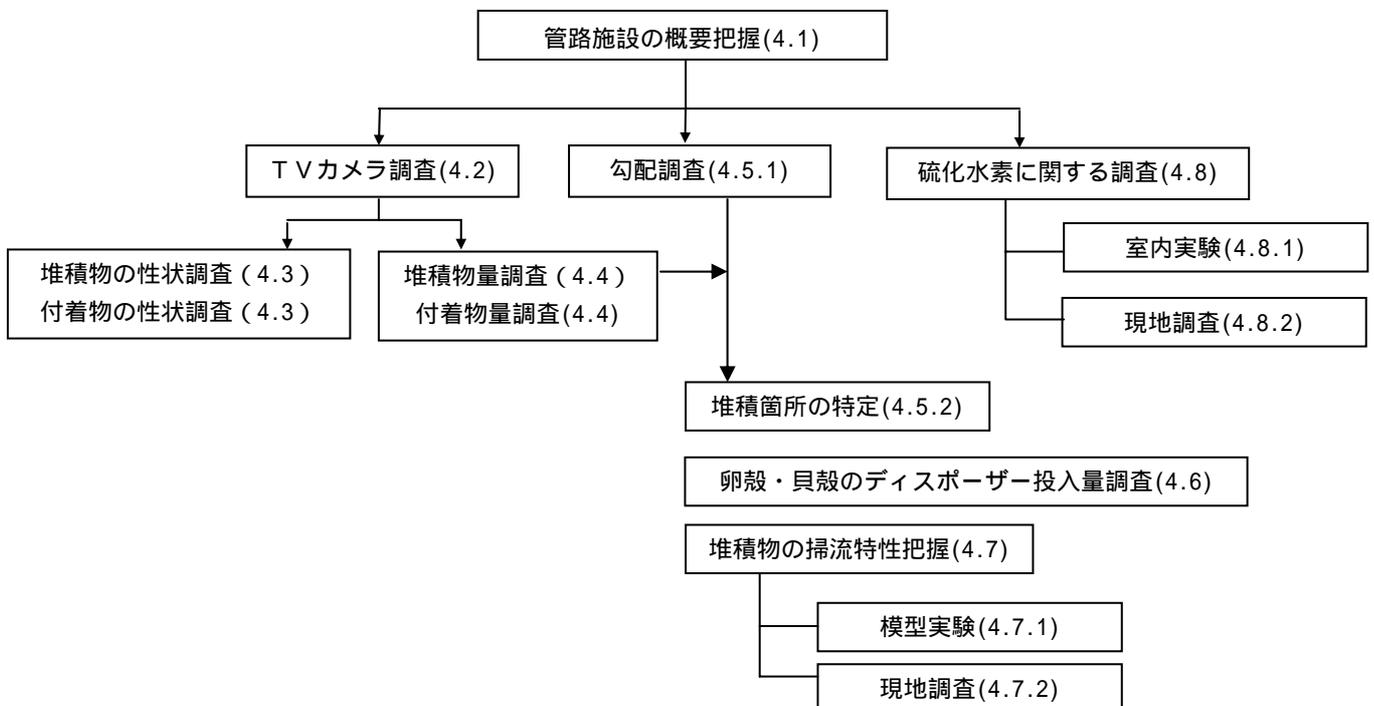


図4.1.1 ディスポーザー導入による管渠への影響調査フロー

4.1.1 管渠の概要

歌登町での管渠敷設は昭和54年度から開始され、平成11年度に認可区域内の整備を完了している。平成15年末の管渠総延長は22,912mであり、口径200mmのVU管が最も多く整備されている。しかし、勾配が確保できない枝管では卵形管が使用されており、既設管渠の21%を占めている。また、幹線管渠11,913mの平均土かぶりは2.73mとなっている。管渠整備の概要を表4.1.1に示す。

表4.1.1 歌登町における管渠整備概要

管径(mm)	VU	HP	EP	DCIP
75	-	-	-	66
100	-	-	-	390
150	-	-	-	204
200	14,448	36	3,763	-
250	711	2,134	1,160	-
合計	22,912m			

(注) VU:硬質塩化ビニル管 EP:卵形管
 HP:遠心力鉄筋コンクリート管
 DCIP:ダクタイル鋳鉄管

4.1.2 調査地区の概要

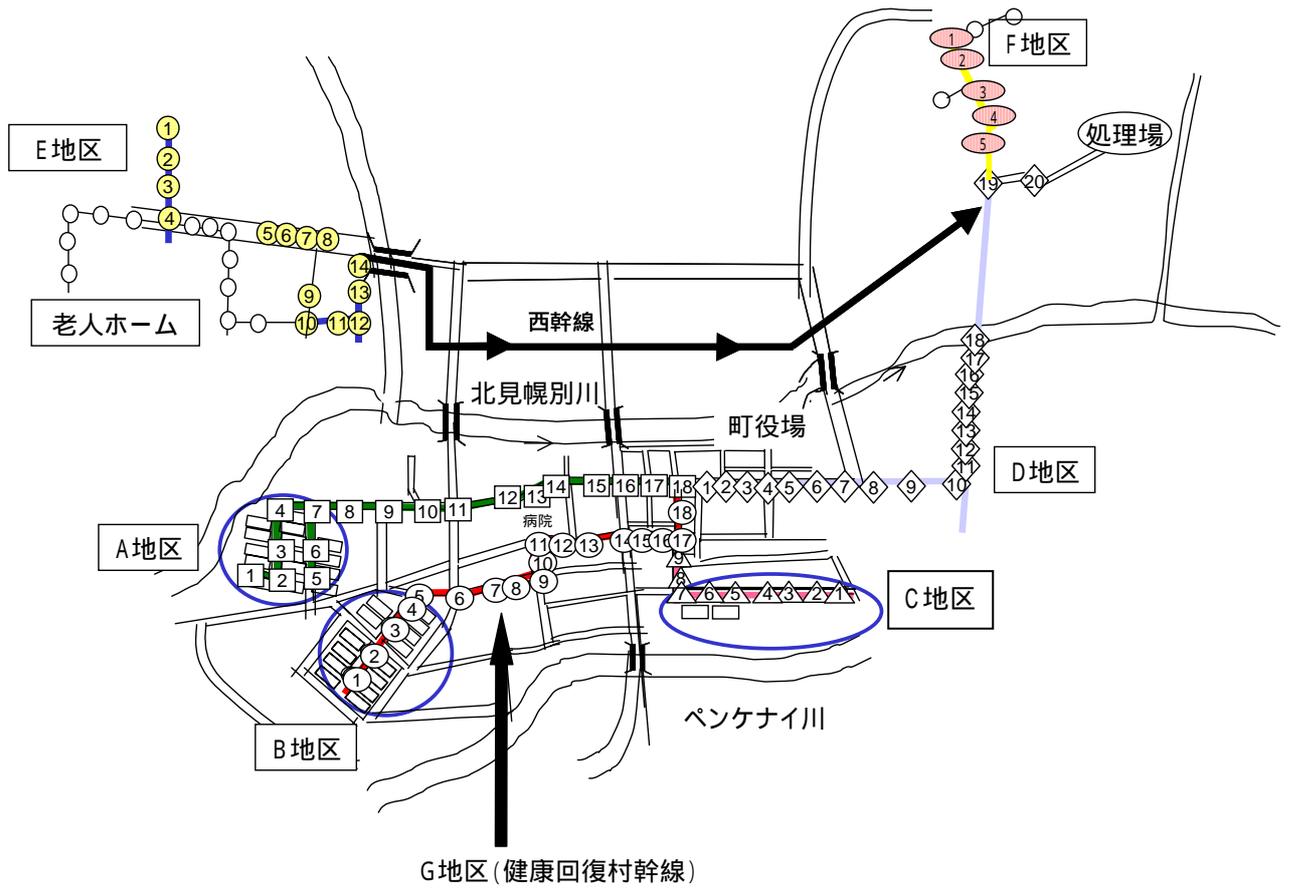
ディスポーザーは、町営団地を中心に設置され、歌登町内にはディスポーザー設置地区と未設置地区が点在している。管渠調査の対象地区は、町営団地を主体とするA～CおよびE地区(A:若葉団地、B:光南団地、C:新栄団地、E:檜垣団地)と下流の幹線管渠であるD地区(下流幹線)、F地区(土木現業所)、G地区(町営のリゾート施設:健康回復村)である。F地区(土木現業所)は官舎を含み、G地区(健康回復村)では、グリーンパークホテルのほかに一般住宅数軒が下水道に接続している。グリーンパークホテルでは、平成15年4月からディスポーザーの利用を開始している(2章参照)。G地区(健康回復村)の幹線では、途中に2箇所に圧送管が設置されている。調査対象地区の概要を表4.1.2、図4.1.2に示す。

表4.1.2 調査対象地区概要

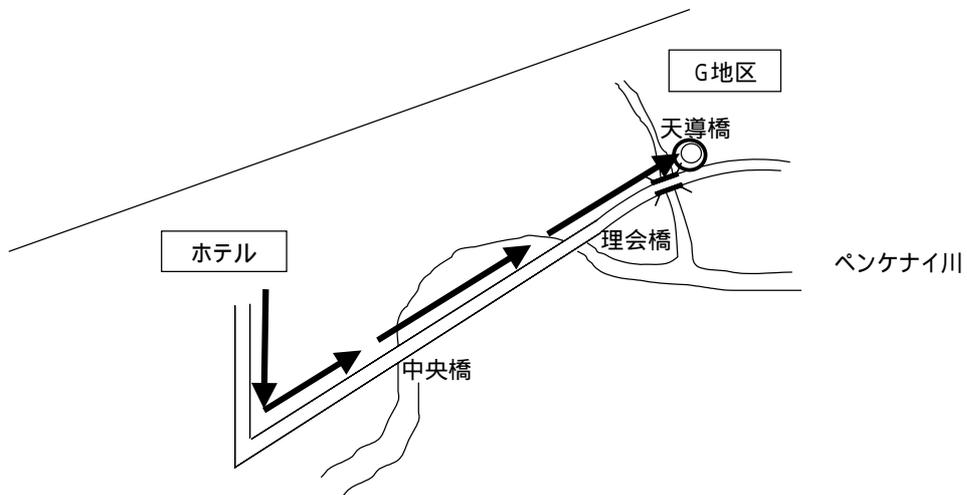
調査地区	管渠の特徴			地区内		ディスポーザー設置		
	管種	管径(mm)	敷設延長(m)	世帯数	人口	時期	人数	普及率 ^{a)}
A	VU	200	895	72	150	H11年7月(79人)	91	53%
						H12年9月(12人)		61%
B	EP	200	102	104	216	H12年10月	119	55%
	VU	200	475					
	HP	250	157					
C	EP	250	344	131	276	H13年6月	133	48%
D	HP	250	878	254	584	H14年8月	158	29%
E	VU	200	563	268	685	H14年12月	138	20%
F	VU	200	238	6	16	未設置	0	0%
G ^{b)}	VU	200	7515	2	4	未設置	0	0%
	DCIP	100	290					

a)調査地区単位のディスポーザー普及率。

b) G地区内の世帯数、人口は、宿泊施設(グリーンパークホテル)を除外した値である。



枠内の番号は人孔番号を示す



A地区 (若葉団地)	B地区 (光南団地)
C地区 (新栄団地)	D地区 (下流幹線)
E地区 (檜垣団地)	F地区 (土木現業所)
G地区 (健康回復村)	

図 4.1.2 調査対象地区の概要

4.2 TVカメラ調査

ディスポーザー設置による管渠内の状況変化を把握するために、管渠内にTVカメラを挿入し管渠内の状況をビデオテープに収録する「TVカメラ調査」を実施した。

TVカメラ調査では、まず、管渠上流マンホール側で止水プラグを用いて下水をせき止め、管渠内にTVカメラを導入後、流下方向に向かって自走させ、管渠内を撮影した。観測時には上流側の下水は滞留させたままとした。なお、各地区（C地区を除き）ともに、調査後に管渠内の高圧洗浄を実施している。



写真4.2.1 TVカメラ調査作業状況

(1) TVカメラ調査の概要

調査は、平成11年6月から平成15年9月まで4年3カ月の間に16回行った。これまでのTVカメラ調査の概要を表4.2.1に示す。

表4.2.1 TVカメラ調査の概要

調査地区	調査番号	調査日	調査区間		未清掃 期間(月)	備考
			人孔番号	延長(m)		
A		H11.7.14	1~8	389	84	ディスポーザー未設置
		H12.8.29	1~16	817	12	ディスポーザー設置済 (H11.8設置)
		H13.6.12	1~18	895	6	
		H14.8.19	1~18	895	10	
		H14.9.4	1~18	895	0.5	
		H14.12.3	1~18	895	3	
		H15.3.11	1~18	895	3.3	
B		H12.8.29	1~11	430	60	ディスポーザー未設置
		H13.6.13	1~18	733	9	ディスポーザー設置済(H12.9設置)
		H15.9.10	1~18	733	27	
C		H13.6.12	1~10	344	6	ディスポーザー未設置
		H15.9.11	1~10	344	27	ディスポーザー設置済(H13.6設置)
D		H14.8.6	1~20	878	48	A,B,C地区の汚水が流入 (下流の幹線管渠)
E		H14.8.6	1-4,5-7,8-12	563	96	ディスポーザー未設置
F		H15.9.11	1~5	238	144	ディスポーザー未設置

(2) ディスポーザー導入前後の管渠内の状況

A(若葉団地)地区、B(光南団地)地区、C(新栄団地)地区でディスポーザー導入前後の管渠内の状況を比較した。AおよびB地区も管渠敷設後に清掃は行っていないため、未清掃期間はそれぞれ84、60カ月である。C地区は調査の6カ月前に高圧洗浄を行っている。

ディスポーザー設置前後の管渠内の状況を写真4.2.2~4に示す。



(ディスポーザー設置前 H11.7.14)



(ディスポーザー設置1年後 H12.8.29)

写真4.2.2 A地区(若葉団地)の管渠内の状況

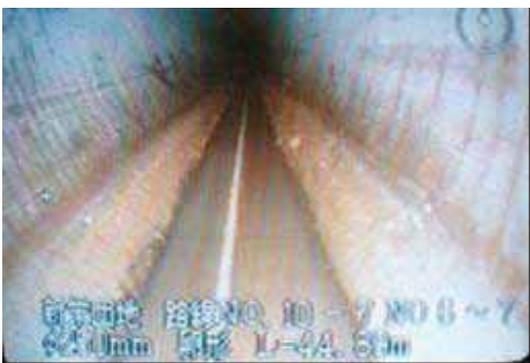


(ディスポーザー設置前 H12.8.29)



(ディスポーザー設置10ヶ月後 H13.6.13)

写真4.2.3 B地区(光南団地)の管渠内の状況



(ディスポーザー設置前 H13.6.12)



(ディスポーザー設置2年3ヶ月後 H15.9.11)

写真4.2.4 C地区(新栄)の管渠内の状況

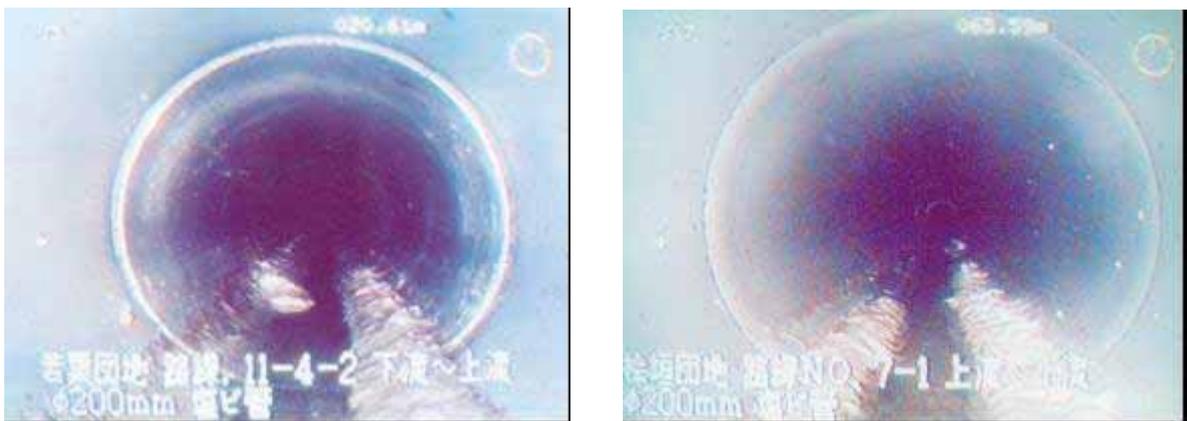
A 地区（若葉団地）では、ディスポーザー導入前はマンホール No. 1～2 で土砂とみられる堆積がみられたが、他の区間では堆積はみられなかった。ディスポーザー導入後は、いくつかの箇所で管渠底面に卵殻とみられる堆積物が確認された。

B 地区（光南団地）では、ディスポーザー設置前は各区間ともに堆積はみられなかったが、ディスポーザー導入 1 年後には A 地区同様、いくつかの箇所で管渠底面に卵殻とみられる堆積物が確認された。また、ディスポーザー導入後、管渠側面に多量の付着物が発生していることがわかった。

C 地区（新栄団地）では、A 地区同様にディスポーザー導入前に土砂の堆積がみられる箇所があり、ディスポーザー導入後、管渠底面に堆積物のみられる箇所も確認されている。しかし、同一の区間でディスポーザー導入前後の映像を比較すると、ディスポーザー導入後も堆積物が発生していない箇所もみられた。

いずれの地区でもディスポーザー導入後、管渠底面に堆積物が発生していることが確認されている。しかし、付着物については、調査を継続していく過程でディスポーザー未設置地区でも同様に発生していることが確認された。

以下に、同時期の撮影したディスポーザー設置地区と未設置地区の管渠内の写真を示す。



A 地区（ディスポーザー設置地区 H14.8.19） E 地区（ディスポーザー未設置地区 H14.8.6）

写真 4.2.5 ディスポーザー設置地区および未設置地区の管渠内の状況

【小括】

ディスポーザー導入前後の管渠内の状況を把握するために、TV カメラ調査を実施した。得られた結果を以下に示す。

- 1) ディスポーザー導入前にも、各地区ともに管渠の特定の区間で土砂とみられる堆積が確認された。
- 2) ディスポーザー導入後、各地区ともにいくつかの区間で管渠底面に卵殻とみられる堆積物が発生していることが確認された。
- 3) ディスポーザー導入後、管渠側面に付着物の発生がみられた地区があったが、その後の調査でディスポーザー未設置地区でも同様の付着物が発生していることが確認され、付着物の発生は必ずしもディスポーザーに起因するものでないと考えられた。

4.3 堆積物および付着物の性状調査

4.2のTVカメラ調査の結果、ディスポーザー設置後の管渠底面に堆積物が発生していることが確認された。これらの堆積物とディスポーザー導入との関係を明らかにするために、堆積物の性状調査を実施した。また、管渠側面の付着物については、ディスポーザー導入の有無にかかわらず発生すると考えられたが、その性状にディスポーザーの影響がみられる可能性がある。そこで、付着物についても組成調査を実施した。

4.3.1 管渠内固形物の全量採取調査

ディスポーザー導入による管渠内の堆積物の相違を把握するために、まず、ディスポーザー設置地区の管渠内の固形物を全量採取し、内容物を観察するとともに、重量および体積を測定した。また、採取した固形物の粒径分布を調べるとともに、各粒径の乾物重、強熱減量、強熱残量を測定した。

調査は、平成13年6月にディスポーザー設置地区であるA地区（若葉団地マンホールNo.4～9）、ディスポーザー設置前のC地区（新栄団地マンホールNo.2～9）を対象に実施した。



写真 4.3.1 管渠内固形物の採取作業



写真 4.3.2 採取された固形物（左：ディスポーザー設置地区。右：ディスポーザー未設置地区）

管内面形状に密着するスポンジ状の筒を用いて、管渠内の固形物（堆積物および付着物等）を全量回収し、内容物を観察するとともに、重量および体積を測定した。また、回収された固形物については粒径分布、強熱減量および強熱残留物の分析を行った。

(1) 管渠内固形物の量および性状

管渠内固形物の採取調査延長および採取量を表 4.3.1 に示す。ディスポーザー設置地区とディスポーザー未設置地区間で固形物量に大きな相違はみられなかった。

表 4.3.1 管渠内固形物の採取調査延長および採取量

調査区分		延長 (m)	採取量 (kg)	体積 (cm ³)	1m当たりの採取量 (cm ³)
地区名	マンホールNo.				
ディスポーザー 設置地区 (A地区)	4~7	48.8	2.9	1,324	27
	7~8	56.9	12.6	9,277	163
	8~9	61.0	6.4	4,261	70
ディスポーザー 未設置地区 (C地区)	2~3	40.9	3.6	3,322	81
	3~4	44.9	2.5	2,388	53
	4~5	44.9	2.6	2,254	50
	5~6	44.9	3.4	3,456	77
	6~7	44.9	2.6	1,988	44
	7~8	28.8	5.5	4,395	153
	8~9	24.9	10.0	6,147	247

採取された固形物の組成を観察した結果、ディスポーザー設置地区である A 地区の固形物には、厨芥由来と考えられる卵殻、貝殻の破片が多量に混入していることが確認された。また、有機物とみられる液状汚泥の混入も多く、強い臭気が発生していた。

(2) 管渠内固形物の粒径分布

採取した固形物を 0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 4.76, 9.52mm の 6 種類のふるいに流水条件下で通過させ粒径分布を調査した。また、各粒径の乾物重、強熱減量、強熱残量を分析した。いずれも下水試験法に準じて測定した。分析結果を表 4.3.2 に示す。

表 4.3.2 管渠内固形物の粒径分布

調査地区	粒径 (mm)	乾燥重量	強熱減量	強熱残量
		(%)	(%)	(%)
ディスポーザー 設置地区 (A地区)	0.100-0.500	12.7	9.0	3.7
	0.500-1.000	8.6	6.2	2.4
	1.000-2.000	22.1	20.0	2.1
	2.000-4.760	42.3	38.1	4.3
	4.760-9.520	10.1	7.6	2.5
	9.520<	4.2	2.1	2.2
	合計	100.0	82.9	17.1
ディスポーザー 未設置地区 (C地区)	0.100-0.500	36.6	32.4	4.2
	0.500-1.000	12.0	11.2	0.8
	1.000-2.000	11.2	10.8	0.4
	2.000-4.760	19.9	19.2	0.7
	4.760-9.520	11.2	10.7	0.4
	9.520<	9.1	8.9	0.2
	合計	100.0	93.2	6.8

ディスポーザー設置地区である A 区の粒径分布では、粒径 2mm 以上に 56.6% 分布しており、比較的粒径の大きなものが含まれていることがわかった。一方、ディスポーザー未設置区である C 地区では粒径 2mm 以上の分布は 40.2% であり、粒径 1mm 以下に 48.6% 分布していた。

さらに、無機成分量の目安となる強熱残留物量は、ディスポーザー設置地区である A 地区は、未設置の C 地区に比べていずれの粒径でも高く、合計値では 2 倍以上であった。このことは、A 地区の固形物に卵殻や貝殻の混入していたことの影響と考えられた。

4.3.2 堆積物の性状調査

4.3.1 固形物の全量採取調査の結果、ディスポーザー設置地区では、管渠内に厨芥由来と考えられる卵殻や貝殻が存在していることが確認された。これら卵殻や貝殻等は管渠底面に堆積しているものと考えられることから、つぎに、側面の付着物が混入しないよう、管渠底面の堆積物のみを採取、組成調査および成分分析を行った。



写真 4.3.3 堆積物の採取および採取された堆積物

(1) 堆積物の組成調査

調査は、平成 13 年 2 月、平成 14 年 3 月の 2 回実施し、ディスポーザー設置地区である A 地区下流のマンホール No.11 から堆積物を採取した。回収された堆積物は、いずれも外観より卵殻、貝殻など生ごみ由来のものが確認できたため、目視により堆積物を卵殻、貝殻、砂、その他の 4 種類に分類、それぞれを乾燥後、重量を測定、卵殻、貝殻、砂、その他の割合を示した。

平成 13 年 2 月に採取した堆積物の組成は、卵殻 79.6%、貝殻 2.1% であり、卵殻と貝殻以外の厨芥は確認できなかった。また、土砂が 14.6% 含まれていた。同じ場所で H14 年 3 月に採取した堆積物では、貝殻は確認できず、卵殻が 89.7% であったほか、卵殻、貝殻以外の厨芥（野菜くず、米粒など）が 7.2% 含まれていた。土砂は前年度より少ない 3.1% であった。

なお、平成 14 年 8 月、ディスポーザー未設置地区である E 地区のマンホール No.11 から堆積物を採取し組成調査を試み、目視では土砂以外のものは確認できなかった。組成調査の結果を図 4.3.1、採取付近の管渠内堆積物を写真 4.3.4 に示す。

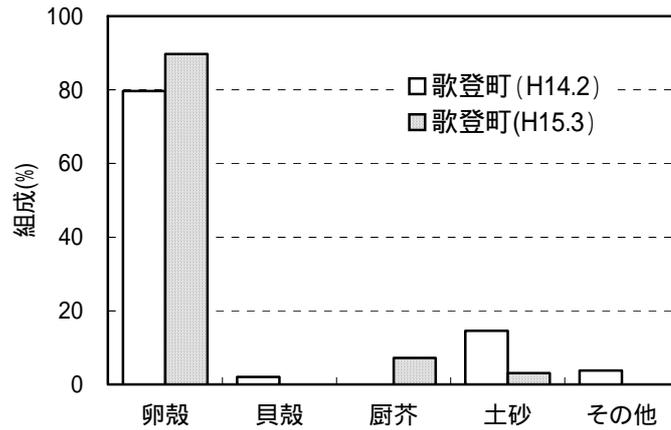


図 4.3.1 ディスポーザー設置地区の管渠内堆積物の組成



写真 4.3.4 堆積物の性状 (A 地区)

以上の結果から、管渠底面の堆積物は卵殻が主体であるといえる。しかし、同じ地点であっても採取日が異なる場合、堆積物の組成に変化がみられることから、これら堆積物はディスポーザーの使用により供給もされるが、流下している下水と共に流されていると考えられた。

(2) 堆積物の粒径分布

堆積物は、(1)と同様 A 地区のマンホール No.11(平成 13 年 2 月、平成 14 年 3 月採取)で採取した。

採取した堆積物は 5.0, 2.0, 1.0, 0.5, 0.25, 0.10mm の 6 種類 (未設置地区は 5.0, 2.0, 1.0, 0.5, 0.25 mm の 5 種類) のふるいに流水条件下で通過させ粒径分布を調査した。また、各粒径の乾物重、強熱減量、強熱残量を測定した。いずれも下水試験法に準じて測定した。

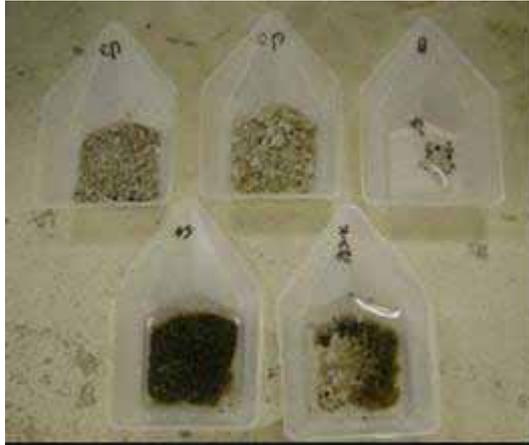


写真 4.3.5 粒径毎に分類した堆積物

表 4.3.3 管渠内堆積物の粒径分布

篩目 (mm)	管渠内堆積物		ディスポージャー排水		卵殻 ^{c)}	貝殻 ^{c)}
	A地区 (設置)		歌登町 ^{a)}	標準生ごみ ^{b)}		
	(H13.2)	(H14.3)				
0.106>		2.9			0.1	0.3
0.106-0.25	5.7	24.3	5.5	3.8	0.5	2.4
0.25-0.50	9.1	13.0	5.4	4.1	1.0	3.2
0.50-1.00	11.3	27.3	8.3	13.2	6.4	7.4
1.00-2.00	37.6	27.5	10.6	7.3	54.3	33.2
2.00-4.75	32.0	5.0	70.1	20.7	37.0	52.5
4.75<	4.4	-	-	50.9	0.7	0.8

a) 歌登町にてディスポージャーを設置している 10 世帯から回収した生ごみで作成

b) 「ディスポージャーによる生ゴミリサイクルシステムの開発」で提案している標準生ごみで作成

c) 4.7.1 模型実験結果より引用

注) 表中の単位は%である。

ディスポージャーを設置している A 地区の堆積物は、採取時期により多少違いはみられるものの、60～80%が粒径 0.5～2.0mm に分布していることがわかった。また、別途ディスポージャー排水の粒径を調べた結果では、ディスポージャー排水では 70%程度が粒径 2mm 以上に分布していた。ディスポージャー排水の粒径分布については機種によるバラツキは大きいとされているが、キャベツやジャガイモ、スイカの皮などは 50～80%が粒径 2mm 以上に分布しているとの報があり、粒径の大きい野菜類は比重が小さく大部分は掃流されていると考えられる。また、卵殻と貝殻のみをディスポージャーで粉碎した場合、40%～50%が 2.0～4.75 mm に分布するが、実際に管渠内堆積した場合、流下過程で摩耗（溶解）し粒径が小さくなる可能性が示唆された。

(3) 堆積物の成分分析

採取した堆積物の強熱減量 (IL)、油分 (n-Hex 抽出物質：以下 n-Hex) を分析した。いずれも下水試験法に準じて測定した。ディスポージャー設置地区の堆積物は、歌登町の A 地区のほか、以前ディスポージャーの導入実験が実施された魚津市内の管渠からも採取した。ディスポージャー未設置地区の堆積物は、E 地区で平成 13 年 8 月 (設置前) に採取した。また、平成 15 年以降、歌登町内ではディスポージャーを設置している住宅が町全体に分散している状況にあり、ディスポージャーの影響のない管渠を選

抜ることが困難であったため、町勢が歌登町に類似し、地理的に近い中頓別町内の管渠から堆積物を採取した。なお、中頓別町で堆積物を採取したマンホールは、歌登町の A 地区と同規模の町営団地内にあり、管渠は口径 200mm の VU 管である。さらに、一般に管渠内の堆積物について n-Hex 含有率と強熱減量等の既往の分析データは少ないことを考慮して、平成 16 年に茨城県つくば市内の管渠（分流式）内の堆積物についても採取し分析した。

強熱減量はディスポーザーを設置している歌登町 A 地区では平均 7.1%、魚津市では 6.8%であった。一方、ディスポーザー未設置の E 地区は 1.7%、中頓別町で 2.8%と比較的低い値であった。管渠内で堆積している土砂の強熱減量は測定した事例は少ないものの、分流式管渠内の土砂の強熱減量を 2%程度と報告している事例がある。また、茨城県のつくば市内の管渠より採取した土砂についても 2%程度であった。卵殻・貝殻を主体とする堆積物と土砂との強熱減量の差は、有機成分の付着・吸着等の機構が異なることによるものと考えられるが、明確な要因は特定できなかった。

強熱減量および n-Hex 含有率の分結果を表 4.3.4 に示す。

表 4.3.4 管渠内堆積物の強熱減量および n-Hex 含有率

分析項目	ディスポーザー設置地区					ディスポーザー未設置地区				
	A地区				魚津市	E地区	中頓別町	T市事例 ^{b)}	つくば市	
	H14.2	H15.3	H16.7	平均	H14.2	H13.8	H16.7	S61.9	H16.8	
強熱減量	7.8	8.7	4.7	7.1	6.8	1.70	2.76	1.7	2.2	3.30
n-Hex	0.10	-	0.15	0.1	-	0.00	0.12	-	-	0.37
n-Hex/IL ^{a)}	1.28	-	3.08	2.2	-	0.18	4.38	-	-	11.33

a) ILは強熱減量を示す。

b) 土木研究所資料、第2699号（1988）

注）表中の単位は%である。

n-Hex 含有率については、堆積物の乾燥重量当たりの含有率とディスポーザー設置の有無で強熱減量が異なることを考慮して、有機物量当たりの含有率（n-Hex/IL）を求めた。いずれもディスポーザー未設置地区の方が高い含有率を示した。

ちなみに、管渠内堆積物に付着している油分が下水に含まれる油分に対してどの程度の濃度に匹敵するか下水中の n-Hex がすべて下水中固形物に吸着し堆積したと仮定して考察すると、霞ヶ浦水郷流域下水処理場の流入水質中の n-Hex 含有率は 13%（n-Hex：25mg/L、SS：190mg/L）、歌登町では 10.4%（n-Hex：12.4mg/L、SS：190mg/L）となる。すなわち、下水中に含まれる n-Hex と SS の濃度比率から見ると、歌登町の堆積物の n-Hex 含有率は無視しうる程度であると考えられる。なお、本調査で得られた管渠内堆積物の n-Hex 含有率が、どの程度ディスポーザー導入に起因するかを評価するには、今後さらなる検討が必要である。

(5) 堆積物の無機成分含有率

管渠内での厨芥由来の蓄積分量を把握するために、管渠内堆積物およびディスポーザーで粉砕した厨芥（以下、厨芥粉碎物）卵殻の無機成分含有率を分析した。

堆積物は、平成15年3月にディスポーザー設置地区であるのA,B,C地区のマンホールより採取した。無機成分分析は、風乾後、微粉砕した試料を用いた。C,NはNCコーダー(住友化学工業 SUMIGRAPH NC-90)、その他の元素はテフロン加圧分解容器-ICP 発光分光分析法により ICP-AES (島津製作所 ICP-1000)にて定量した。

表 4.3.5 管渠内堆積物および厨芥・卵殻の無機成分含有率

採取場所 (地区/人孔番号)	(%)								(ppm)				
	N	C	P	K	Ca	Mg	Na	S	Mn	Zn	Cu	B	
A地区/11	0.37	8.23	0.31	0.16	29.0	0.27	0.15	0.28	122	2233	408	11.9	
B地区/11	0.31	6.32	0.50	0.33	17.6	0.46	0.09	0.30	366	1480	443	25.0	
C地区/9	0.60	8.73	0.68	0.23	18.3	0.34	0.10	0.29	217	730	497	19.9	
厨芥粉碎物	4.71	45.2	0.52	0.37	5.0	0.10	0.61	0.37	39.6	967	26.0	-	
卵殻	-	-	0.10	tr	41.2	0.36	0.45	-	-	-	-	-	

ディスポーザー設置地区(A地区)の堆積物はCa含有率は29.0%と高い値を示した。同様に分析を行ったディスポーザー粉砕後の厨芥のCa含有率は5.0%であったのに対し、卵殻のCa含有率は41.2%と非常に高かったこと、(2)の組成調査の結果から堆積物の大半は卵殻であったことを勘案すると、ディスポーザー導入後、管渠内には元素としてはCaが蓄積されていると考えられた。

また、このことは、厨芥粉碎物のうち、比重の軽い野菜くず等C含有量の高い成分が流出していることを示唆している。

ディスポーザーの使用による下水道への流入する厨芥の物質収支において、管渠内での厨芥由来の蓄積分量を把握するためには、ディスポーザー未設置地区の堆積物との成分組成の比較など、今後さらに検討する必要がある。

4.3.3 付着物の性状調査

管渠内の付着物はディスポーザー設置の有無に係わらず発生することがこれまでのTVカメラ調査の結果明らかとなっている。しかし、ディスポーザー排水が流入する管渠の付着物には厨芥の影響がみられる可能性が考えられる。そこで、ディスポーザー設置、未設置地区の付着物をそれぞれ採取し、組成等の分析を行った。

ディスポーザー設置地区の付着物の調査は、平成14年1月と3月の2回、A地区（若葉団地）およびB地区（光南団地）において実施した。付着物は1箇所の人孔から採取できる量が非常に限られるため、複数の人孔より採取した検体を混合し1検体とした。

ディスポーザー未設置地区の付着物の調査は、平成15年11月に隣町の中頓別町にて実施した。付着物を採取した管渠は、中頓別町内の町営団地（若葉団地と同規模）に接続している口径200mmのVU管である。



写真 4.3.6 管渠内付着物の採取状況

(1) 付着物の組成・赤外線スペクトル分析

組成調査は、付着物を外観により大別した後、光学顕微鏡下で観察、赤外吸収スペクトル分析（スペクトルの類似性から試料を形成する物質を推定）を行った。

【ディスポーザー設置地区】

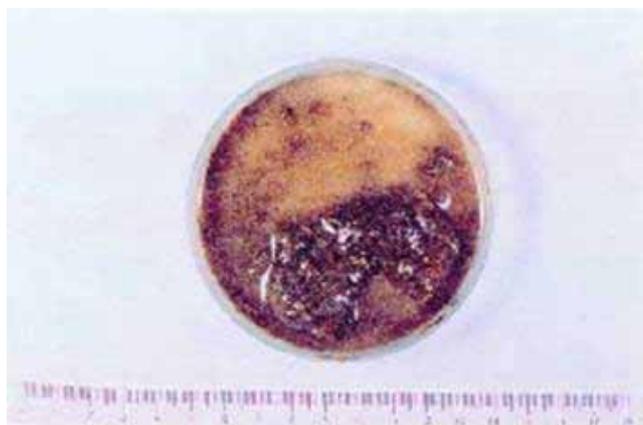


写真 4.3.7 管渠内付着物の外観：ディスポーザー設置地区



写真 4.3.8 ディスポーザー設置地区の管渠内より採取した付着物

付着物の外観は、白色半透明のゲル状の物質、やや赤味のかかった白色、灰色物質、黒色および茶色の物質が点在していた。つぎに、付着物を一部とり、電子顕微鏡にて検鏡した結果、写真 4.3.9 に示す様な多数のカビ、細菌など微生物菌体からなる生物膜：バイオフィルム、写真 4.3.10 に示す筋組織、植物性繊維が存在していた。なお、バイオフィルムは、一般に台所や風呂場などに存在するものである。

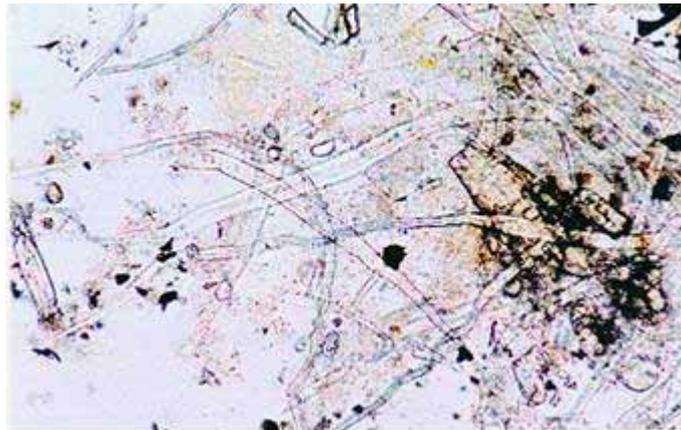


写真 4.3.9 付着物の電子顕微鏡写真：カビ・細菌等の微生物菌体

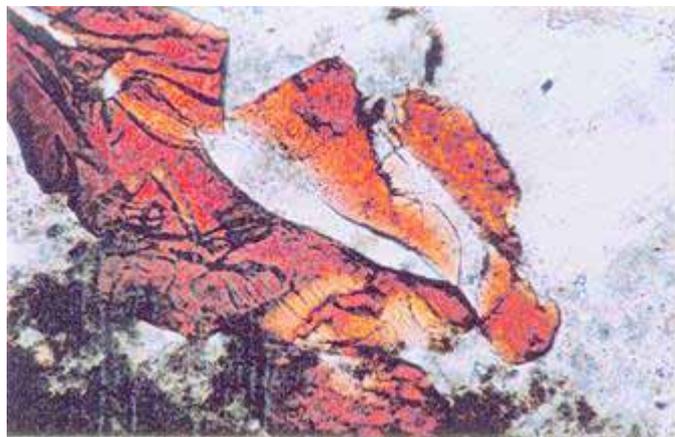


写真 4.3.10 付着物の電子顕微鏡写真：筋組織、植物性繊維

しかし、付着物中にはつぎの写真 4.3.11 のように、物質を特定することができる特徴的な形状は認められないものも含まれていた。

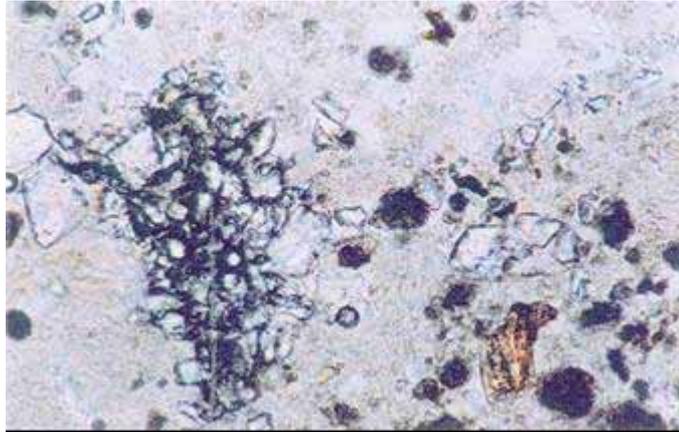


写真 4.3.11 付着物の電子顕微鏡写真：特徴的な形状なし（物質 A）

電子顕微鏡での検鏡にて、物質の特定ができなかった写真 4.3.11 の物質について、赤外線スペクトルの測定を行った。

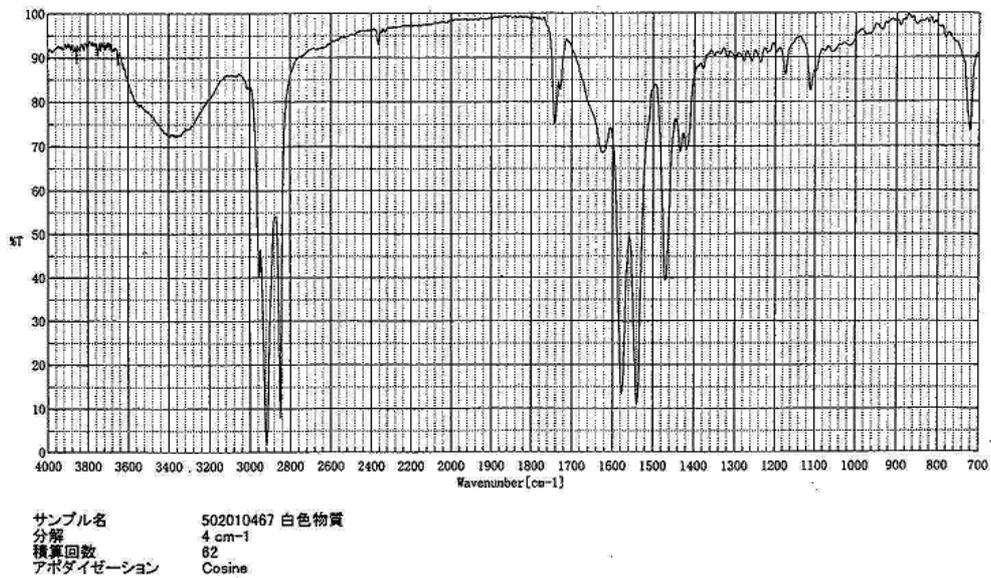


図 4.3.12 特徴的な形状なし（物質 A）の赤外線スペクトル

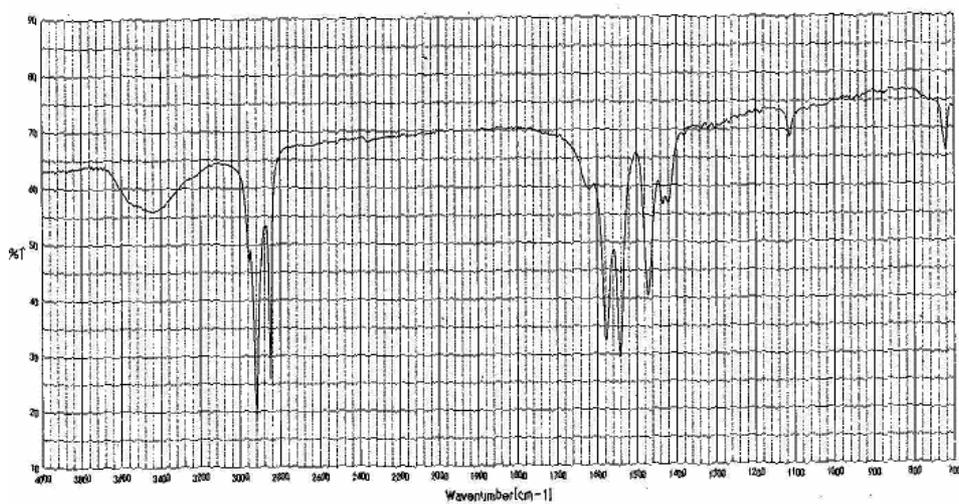


図 4.3.13 ステアリン酸カルシウムの赤外線スペクトル

電子顕微鏡では、特徴的な形状がみられなかった物質 A の赤外線スペクトルを測定した結果、3,000 ~ 2,800、1,580、1,540、1,470 及び 720 cm^{-1} 付近に脂肪酸の金属塩のピークが確認された。図 4.3.13 に脂肪酸の金属塩の一例としてステアリン酸カルシウム¹⁾の赤外吸収スペクトルを示した。

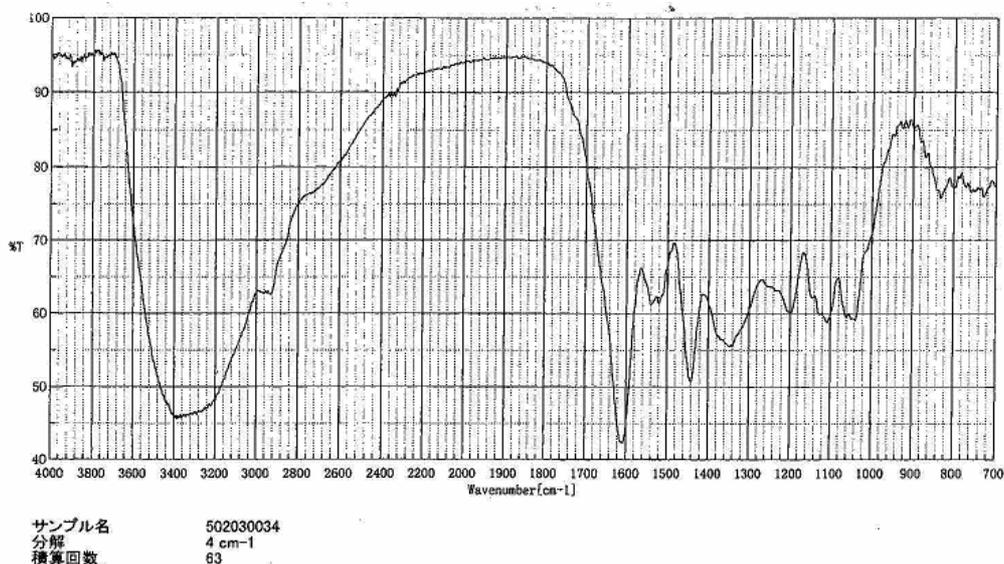


図 4.3.14 特徴的な形状なし (物質 B) の赤外線スペクトル

物質 B の赤外線スペクトルを測定した結果、つぎの図 4.3.15 に示すフェノール樹脂のスペクトルと類似性が認められた。

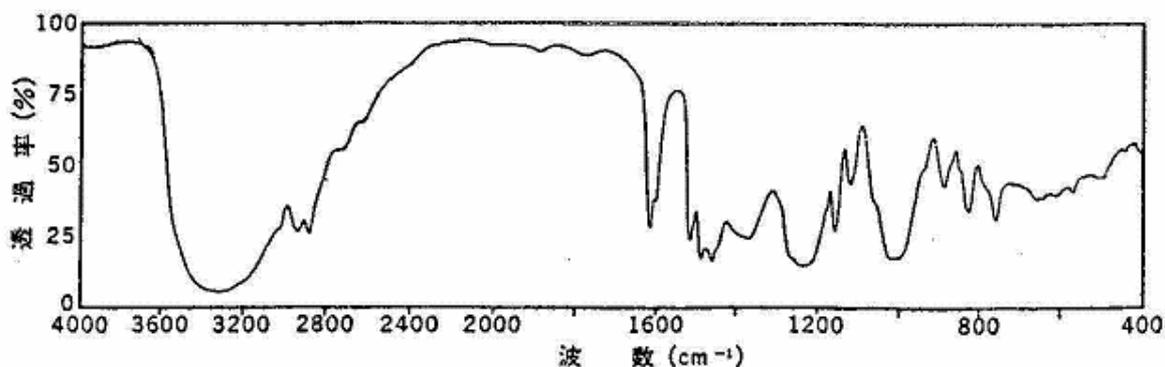


図 4.3.15 フェノール樹脂の赤外線スペクトル

以上の結果から、ディスポーザー設置地区で採取した付着物の主な成分は、カビや細菌などで構成される生物膜 (バイオフィーム) であるが、生物膜には、脂肪酸の金属塩などの無機化合物やフェノール樹脂が付着している可能性が示唆された。なお、宅内桧に付着している付着物についても、ディスポーザー設置地区では、炭酸塩などの無機成分が付着していることが確認されている。(参照: 3 章排水設備への影響)

【ディスポーター未設置地区】

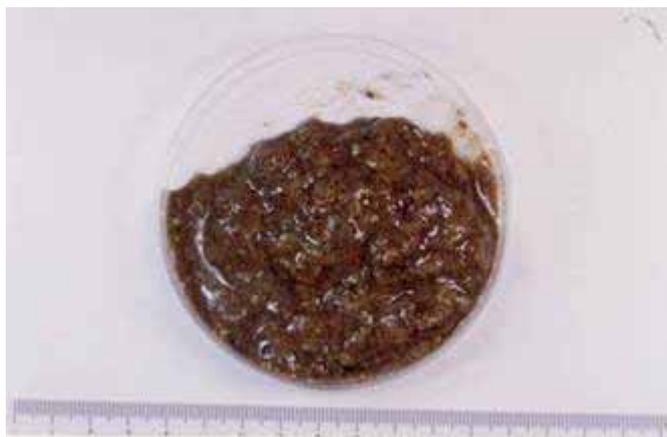


写真 4.3.12 管渠内付着物の外観：ディスポーター未設置地区

ディスポーター未設置地区の付着物は、黒色物質が点在している灰色ゲル状の物質であった。これらを電子顕微鏡で検鏡した結果を写真 4.3.13 に示した。灰色ゲル状の物質は、カビ、細菌を多く含む微生物菌体である生物膜（バイオフィルム）であるが、黒色物質については特徴的な形状は確認できなかった。

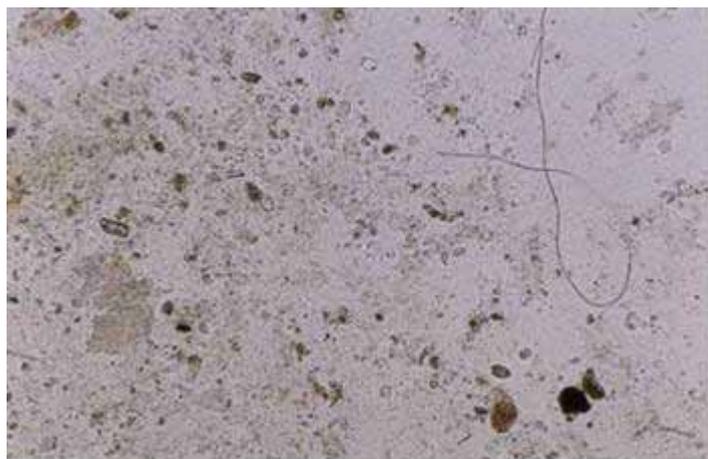


写真 4.3.13 付着物の電子顕微鏡写真：灰色物質

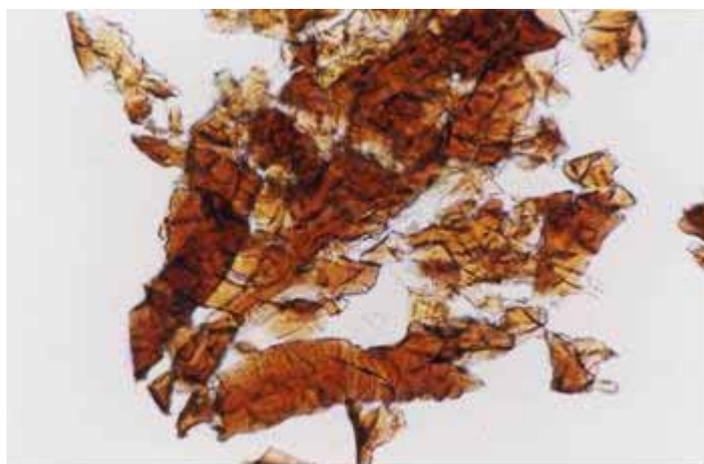


写真 4.3.14 付着物の電子顕微鏡写真：黒色物質

黒色物質について赤外線スペクトルの測定結果、黒色物質のスペクトルは、吸収ピークが幅広く、不鮮明であったため、物質の特定には至らなかった。

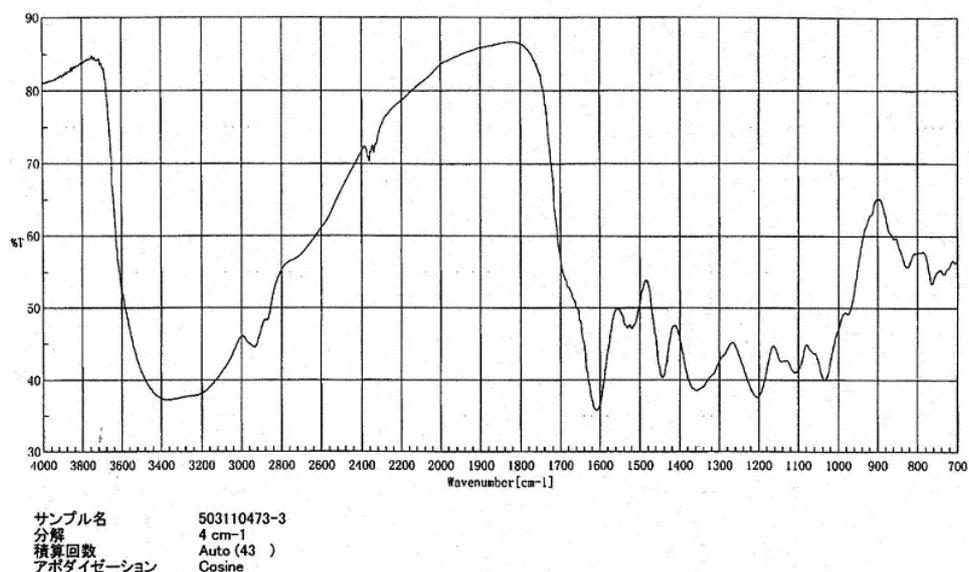


図 4.3.16 黒色物質の赤外線スペクトル

以上の結果から、ディスポージャー未設置地区で採取した付着物の主な成分は、設置地区同様にカビや細菌などで構成される生物膜（バイオフィーム）であった。しかし、ディスポージャー設置地区で見られた脂肪酸の金属塩などの無機化合物やフェノール樹脂の付着は確認されなかった。

(2) 付着物の性状調査

付着物は生物膜（バイオフィーム）を主成分としているため、有機物含有量が高いことが予想される。そこで、ディスポージャー設置、未設置地区の付着物を採取し、強熱減量の測定を行った。また、ディスポージャー排水の流入により付着物の油分が高まる可能性が考えられるため、付着物に含有する n-Hex 含有率を測定した。さらに、C,N,P についても分析を行った。なお、分析は下水試験法に準じて行った。

表 4.3.12 管渠内付着物の性状

採取地区	ディスポージャー	強熱減量 (%)		n-Hex (%)	C (%)	N (%)	P (%)
		範囲	平均値(数)				
A, B, C 地区	設置	59.3-71.3	65.5(7)	0.170	26.9	3.9	1.18
D 地区		37.1-67.5	56.9(5)	0.005			
E, F 地区	未設置	37.9-65.1	51.5(2)	0.000	25.2	3.2	1.18
中頓別町		-	-	0.600	-	-	-

付着物を純水に溶解させ、水質分析の方法で分析を行った。

強熱減量は、調査毎に幅があったがディスポージャー設置地区、未設置地区ともに 50~60% であった。n-Hex 含有率については、A, B, C 地区が 0.17% であったのに対し、中頓別町では 0.6% とやや高い値を示した。このことから、歌登町では、ディスポージャーの導入により管渠側面に油分が付着する状況は確認されなかった。

【小括】

デスポーザー導入による管渠内堆積物および付着物の性状変化を把握する目的で、堆積物および付着物を採取し、性状調査を行った。得られた結果を以下に示す。

- 1) デスポーザー設置地区の管渠内堆積物の組成は、約 80%が卵殻であった。
- 2) デスポーザー設置地区の管渠内堆積物の粒径は、60～80%が粒径 0.5～2.0mm に分布していた。
- 3) 堆積物の強熱減量は、デスポーザー未設置地区では 2～3%であるのに対し、デスポーザー設置地区では 5～8%とやや高い値を示した。
- 4) 管渠側面の付着物は、デスポーザー設置地区、未設置地区ともにカビや細菌の微生物菌体を主体とする生物膜（バイオフィルム）であった。
- 5) デスポーザー設置地区の付着物には、金属塩などの無機成分やフェノール樹脂が付着していることがわかった。
- 6) 堆積物、付着物ともに、n-Hex 含有率にデスポーザー設置の有無による相違はみられなかった。

4.4 堆積物および付着物量調査

ディスポージャー設置後に管渠内では、堆積物が増加することがTVカメラ調査の結果から明らかになっている。そこで、管渠内を撮影したビデオテープ映像から、管渠底面の堆積物および側面の付着物量を算出し、ディスポージャー導入による堆積物および付着物の増加程度を推定した。

4.4.1 堆積物量調査

TVカメラ映像中の管渠の継ぎ目部分の堆積幅と内径を求め(図4.4.1)、式(1)から単位長さ当たりの堆積物量、式(2)から堆積深を算出した。なお、調査対象管渠の内径は、管渠台帳から把握した。

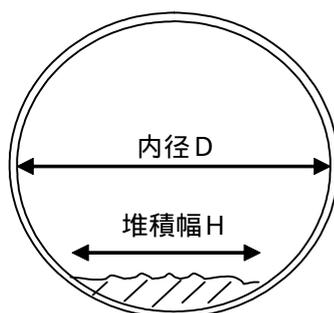


図 4.4.1 管渠内堆積物量の推計方法

$$D^2 / 4 \sin^{-1}(H/D) - H / 4 \sqrt{D^2 - H^2} : \text{式(1)}$$

$$D/2 - D/2 \cos((\sin^{-1}(H/D))) : \text{式(2)}$$

平成 11 年 6 月から平成 15 年 9 月まで 4 年 3 カ月の間に実施した TV カメラ調査の結果から、堆積物量を算出した。主な調査結果を表 4.4.1 に示す。

表 4.4.1 堆積物量調査結果

調査地区	A 地区-1		A 地区-2			B 地区		C 地区		D 地区	E 地区	F 地区
調査日時	H11.7.14	H11.11.26	H13.6.12	H14.8.19	H14.12.3	H13.6.13	H15.9.10	H13.6.12	H15.9.11	H14.8.6	H14.8.6	H15.9.11
ディスポージャー設置状況	未設置	設置	設置	設置	設置	設置	設置	未設置	設置	設置	未設置	未設置
調査延長 (m)	389	389	895	895	895	734	734	344	344	878	563	238
堆積箇所数	14	44	109	134	90	74	51	11	40	68	40	15
堆積延長 (m)	36	47	130	121	69	73	44	26	83	100	97	44
堆積物発生率 (%) ^{a)}	9	12	14	13	8	10	6	8	24	11	17	18
平均閉塞率 (%) ^{b)}	0.9	0.4	0.7	0.8	0.5	0.7	0.7	0.2	0.2	1.9	0.5	4.4
最大閉塞率 (%)	14.2	5.2	11.2	23.2	8.8	6.5	8.8	1.9	1.1	14.2	6.8	11.2
1m当たりの堆積量 ^{c)} (10 ⁻³ m ³ /m)	0.50	0.17	0.67	0.98	0.46	0.78	0.84	0.28	0.27	1.12	1.23	1.17
総堆積物量(10 ⁻³ m ³)	17.8	8.0	86.5	118.1	31.7	56.6	36.7	7.3	22.5	112.2	118.5	51.1
未清掃期間(月)	84	88	9	10	3	69	27	108	33	48	96	144

a) 堆積物発生率は、調査延長に対する堆積延長の割合を示す。

b) 閉塞率は、管断面積に対する堆積物の断面積の割合を示し、堆積箇所毎に算出した。

c) 1m当たりの堆積量は、堆積延長 1 m 当たりの堆積物量を示す。

堆積はディスポーザー設置地区、未設置地区ともに発生しているが、同じ調査区間において設置前後の比較をした場合、ディスポーザー設置地区の堆積物発生率（堆積延長/調査延長）は未設置地区の1.3~3倍、堆積箇所は2.7~3.8倍に増加していることが確認された。しかし、各堆積箇所の管渠閉塞率（管の断面積に対する堆積面積：堆積深から算出）を算出すると、ディスポーザー設置後で平均閉塞率が増加する傾向はみられなかった。

各堆積箇所の閉塞率の分布をみると、ディスポーザー設置の有無に拘わらず、調査区間における全堆積箇所数の約8割（ディスポーザー未設置地区：78.8%、ディスポーザー設置地区：83.0%）は閉塞率1%未満の堆積箇所に存在していることがわかった（図4.4.2）。なお、閉塞率1~5%の堆積箇所は全発生箇所数の約15%、閉塞率5~10%の堆積箇所は全発生箇所の5%程度であったが、ディスポーザー設置地区の方が高い閉塞率を示す箇所が多かった。

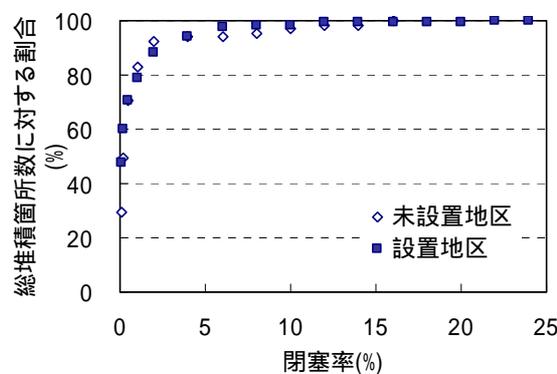


図 4.4.2 各堆積箇所での閉塞率の分布

総堆積物量に対する閉塞率の分布を調べた結果、閉塞率1%未満の箇所の総堆積物量はわずか数%（ディスポーザー未設置地区：3.8%、ディスポーザー設置地区：2.0%）であることがわかった（図4.4.3）。しかし、未設置地区では閉塞率が10%までの箇所で総堆積量に達するのに対し、設置地区では閉塞率20%までも総堆積物量の8割程度であり、ディスポーザー設置地区の方が閉塞率の高い箇所の堆積物量が全体に占める割合が高いといえる。

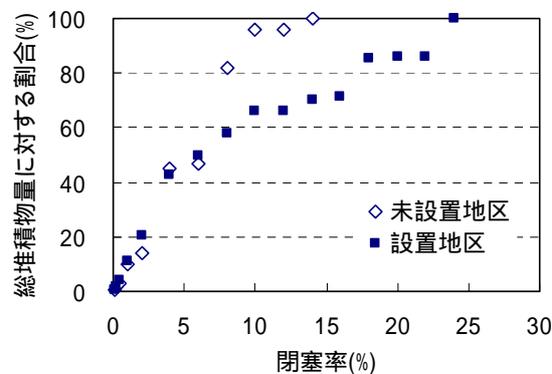


図 4.4.3 総堆積物に対する閉塞率の分布

歌登町では、ディスポーザー導入以降、いずれの堆積箇所においても閉塞の危険を招く状態には至っていない。局所的な土砂の堆積により清掃が必要となる閉塞率は 23%とされるが、A 地区ではディスポーザー設置後、閉塞率 20%を越える堆積が平成 14 年 8 月の調査で 1 箇所確認された。しかし、ほぼ同じ未清掃期間で同区間を調査した平成 13 年 6 月の結果では、最大閉塞率は 11.2%と低く、さらに、同区間でも調査毎に堆積延長 1m 当たりの堆積量が異なっている。これらの結果から、堆積物量と未清掃期間には一定の傾向は認められず、堆積物量は時間の経過とともに増加し続けるのではなく、一定量、増加した後、管渠内を移動、掃流されている可能性が示唆された。

4.4.2 付着物量調査

TV カメラ映像中の付着物の管渠側面への付着状況が区間により異なったため、付着物の厚みから 2 種類 (A タイプ、B タイプ) に分類し、付着物量を算出した (図 4.4.2)。A タイプは付着物が付着面に対して水平に付着している場合で、B タイプは付着物に厚みがみられ盛り上がり付着している場合とした。

算出方法は、A タイプでは、映像上の付着物幅から付着深と付着断面積を算出し、さらに付着延長を乗じて付着物量とした。また、付着の厚い B タイプでは、断面積を A タイプの 2 倍として算出した。

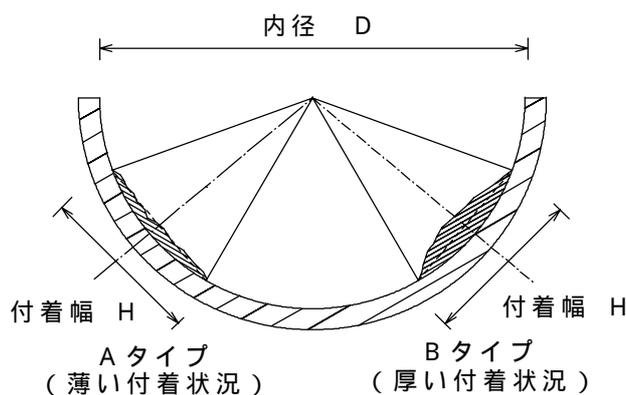


図 4.4.2 付着物量の推定方法

付着物量調査の結果を表 4.4.2 に示す。

表 4.4.2 付着物量調査結果

ディスポーザー 設置状況	設 置				未設置	
	A 地区	B 地区	C 地区	D 地区	E 地区	F 地区
調査日	H14.8.19	H15.9.8	H15.9.9	H14.8.6	H14.8.6	H15.9.9
調査延長(m)	895	734	344	878	563	238
総付着物量($10^{-3}m^3$)	81	18	4	17	27	4
1m当たり付着物量 ($10^{-3}m^3/m$)	0.090	0.024	0.012	0.019	0.047	0.016
未清掃期間(月)	10	27	27	48	96	144

付着物に関しては、同じ区間でのディスポーザー設置前後のデータが得られなかったため、ディスポーザーによりどの程度増加するか、推定することはできなかった。また、同時期に行ったディスポーザー未設置地区と設置地区の調査結果を比較すると、ディスポーザー設置の有無と付着物量には一定の傾向は認められず、ディスポーザーにより付着物が増加する状況は確認できなかった。

【小括】

ディスポーザー導入後による管渠内の堆積物および付着物量変化を把握するために、TV カメラ調査で得られた映像から、堆積物量および付着物量を算出した。得られた結果を以下に示す。

堆積物量

- 1) ディスポーザー導入後の堆積物発生率（堆積延長/調査延長）は 1.3～3 倍、堆積箇所は 2.7～3.8 倍に増加していることが確認された。
- 2) ディスポーザーの設置により堆積箇所は増加するが、堆積箇所の 8 割は閉塞率 1%未満のごく軽微な堆積でその堆積物量は総堆積物量の数%程度である。
- 3) 堆積箇所や堆積物量と閉塞率の関係は、ディスポーザー設置地区と未設置地区で大きな差はないが、設置地区は、相対的に閉塞率の高い堆積箇所が多く、その総堆積物量に占める割合も大きい。
- 4) 堆積物量と未清掃期間には一定の傾向は認められず、堆積物は管渠内を移動・掃流されている可能性が示唆された。

付着物量

- 1) 同時期にディスポーザー設置地区と未設置地区の付着物量の比較を行ったが、両者に相違はみられなかった。
- 2) 付着物量と未清掃期間についても一定の傾向はみられなかった。

4.5 管渠の勾配調査

ディスポーザー設置地区における堆積物の発生は、管渠勾配に関係していることが予見される。そこで、ディスポーザー設置後、最も長期間TVカメラによる管渠内調査を継続しているA地区の管渠の勾配測定し、堆積物量と比較検討した。

管渠勾配は、扶桑技研製WLI-03型水位測定器を用いて管底高を調べ算出した。調査概要を図4.5.1に示す。管渠の上下流両側のマンホールに止水プラグを取り付け注水した後、センサーを移動させる。センサーは内部にフロートがついており、その垂直位置を読みとるものである。水面はレベルになっているので、管底が下がると、センサー内のフロートが上昇する。両サイドのフロート高を差し引いたものが管底差となる。管底高を試算、堆積物量を組み合わせてたわみ箇所での堆積状況を推定した。図4.5.2は、A地区内の人孔No.13～12区間の堆積状況を再現したものである。

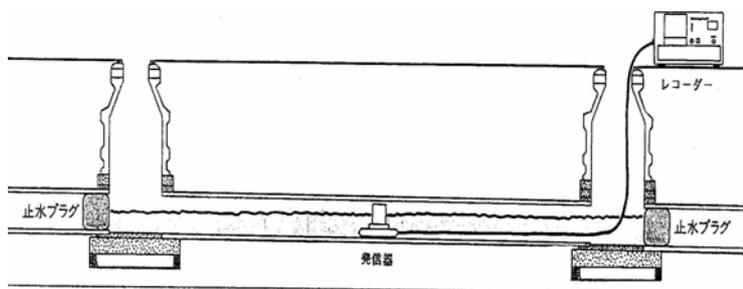


図 4.5.1 管渠勾配調査の概要



写真 4.5.1 勾配測定（水位測定器）の状況

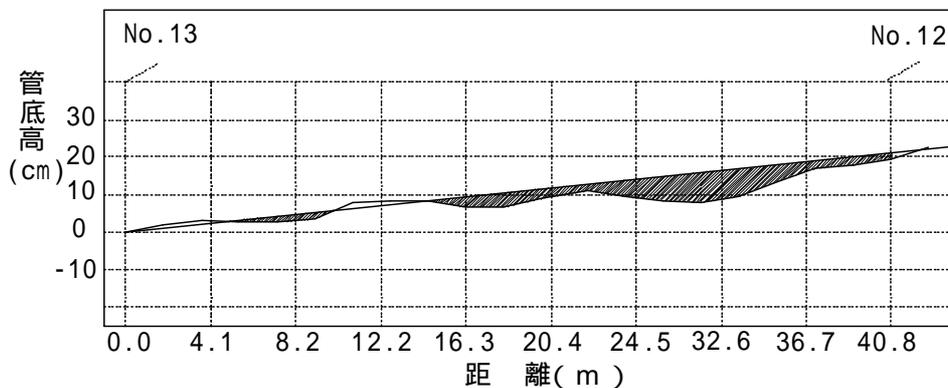


図 4.5.2 管渠内のたわみ部分の堆積状況（A地区人孔No.13～12）

表 4.5.1 に管渠勾配と堆積物量との関係を示す。逆勾配と緩勾配（2.5%以下）において大きな堆積物量が観測されているが、急勾配（7.5%以上）においても比較的大きな堆積物量観測されている。これは、一般に予見される管渠勾配と堆積物量との関係と矛盾しているため、調査区間を精査したところ以下のことが明らかとなった。つまり、大きい堆積物量が観測される急勾配は、逆勾配の直前に観測されることが多く、何らかの原因で管渠が逆勾配となった時に、それに連動してその上流スパンの勾配が急勾配となったものと推察される。そして、逆勾配区間では、流下断面が大きくなることから相対的に流速が落ち、その影響が直前の急勾配区間に及んだものと考えられた。

表 4.5.1 管渠勾配と堆積物量との関係

勾配 (‰)	勾配別管渠長 (m)	堆積物量 (cm ³)	堆積物量の割合 (%)	単位長さ当たり堆積物量 (×10 ⁻⁶ m ³ /m)
10	100	8,815	20.6	88
7.5 < 10	212	9,852	23.0	46
5 < 7.5	337	3,362	7.8	10
2.5 < 5	188	2,881	6.7	15
0 < 2.5	41	5,771	13.5	142
< 0	18	12,171	28.4	669
合計	896	42,852	100	-

そこで、逆勾配の影響を受けている急勾配管渠の勾配は直下流の逆勾配管渠の勾配として修正し、修正管渠勾配と堆積物量との関係を再整理して表 4.5.2 に示した。修正勾配が 0%以上の区間の堆積物量には勾配によって明確な差がみられなかったが、0%以下の逆勾配区間には総堆積物量 42,852cm³の約 76%に相当する 32,592 cm³の堆積物が発生しており、明らかに逆勾配区間に堆積物が集中していることがわかった。

表 4.5.2 管渠勾配と堆積物量との関係（修正後）

勾配 (‰)	勾配別管渠長 (m)	堆積物量 (cm ³)	堆積物量の割合 (%)	単位長さ当たり堆積物量 (×10 ⁻⁶ m ³ /m)
10	81	809	1.9	10
7.5 < 10	194	2,561	6.0	13
5 < 7.5	314	2,306	5.4	7
2.5 < 5	208	3,519	8.2	17
0 < 2.5	53	1,064	2.5	20
< 0	46	32,592	76.1	710
合計	896	42,852	100	-

【小括】

管渠勾配と堆積量との関係を把握する目的で、管渠内水位測定器を導入し、管渠勾配調査を実施した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 調査区間 896m のうち 0 < 2.5‰の緩勾配は約 6% (53m)、< 0‰の逆勾配は約 5% (46m) であった。
- 2) 堆積物の 76% が勾配 0%以下の逆勾配、10.7%が 0～5‰の緩勾配の区間で発生していることがわかった。

4.6 卵殻および貝殻のディスポーザー投入量の推定

ディスポーザー導入後、発生する堆積物は主に卵殻・貝殻であることがわかった。そこで、ディスポーザーの使用により卵殻や貝殻がどの程度、下水管渠に流入するか推定するため、歌登町における1人1日当たりの卵殻、貝殻のディスポーザー投入量を推定した。

(1) ディスポーザー設置世帯での卵殻・貝殻の廃棄量調査

調査は、平成14年6月、8月、10月、12月の計4回、ディスポーザーを設置しているA地区(町営団地)居住の10世帯の協力を得て実施した。各家庭では1週間ディスポーザーを使用せず厨芥を保管してもらい、保管された厨芥を回収し量および組成、卵殻、貝殻の混入量を算出した。

調査結果を表4.6.1に示す。ディスポーザー設置世帯から回収した厨芥中の卵殻、貝殻の混入量の調査した結果、貝殻は平成14年10月、12月の調査では全く混入が確認できず、調査毎にバラツキが大きかった。一方、卵殻は10月のみ3.4g/人・日であったが他の調査はいずれも4.6~4.7g/人・日とほぼ同量の廃棄量であった。一般に貝は卵に比べて日常的に食べる食材ではないため、調査毎のバラツキが大きくなったと考えられる。なお、ディスポーザー利用者を対象に行ったアンケート調査の結果では、55%の利用者は卵殻をディスポーザーで処理していると回答しているが、貝殻については、ディスポーザーで処理すると回答した利用者はほとんどいなかった(8章参照)。

以上の結果から、卵殻は厨芥の中で比較的ディスポーザーに投入されやすい素材であると考えられ、歌登町におけるディスポーザー投入量は4.4g/人・日と推定された。また、貝殻については、調査毎のバラツキ、アンケート結果を考慮すると、本調査ではディスポーザー投入量の推定には至らなかった。

表 4.6.1 ディスポーザー設置世帯での卵殻・貝殻の廃棄量

調査時期	対象人数 (人)	卵 殻		貝 殻	
		(g/週)	(g/人/日)	(g/週)	(g/人/日)
6月	27	871	4.6	294	1.6
8月	27	870	4.7	344	1.8
10月	27	651	3.4	0	0.0
12月	22	732	4.8	0	0.0
平均	26	781	4.4	-	-

(2) ごみ収集場での卵殻・貝殻の廃棄量調査

2章のディスポーザー使用に係わる原単位調査において、厨芥は全量ディスポーザーで処理されるわけではなく、一部はごみ収集場に廃棄されることが明らかにされている。そこで、ディスポーザー設置地区のごみ集積場に廃棄される可燃ごみ中の卵殻、貝殻の量を調査した。調査地区はA,B,C地区の町営団地とし、ごみ収集場(利用者数309人)に排出される1週間分の可燃ごみを全量回収し重量を測定後、任意で10kg採取し混入している卵殻と貝殻を分別し重量を測定した。調査は、(1)ディスポーザー設置世帯での卵殻・貝殻の廃棄量調査の調査日と同時期の平成14年6月、8月、10月、12月の計4回実施した。

また、一般的な卵殻、貝殻の廃棄率を把握するため文献調査を行った。家計調査（平成14年度）から卵殻、貝殻の年間の消費量、食品成分表（5訂）から廃棄率、国勢調査（平成12年度）から世帯数を調べ、1人1日あたりの卵殻・貝殻の廃棄量を算出した。

調査結果を表4.6.2に示す。ディスプレイ設置地区のごみ収集場における可燃ごみ中の卵殻、貝殻の廃棄量を調査した結果、貝殻は「ディスプレイ設置世帯での卵殻・貝殻の廃棄量調査」と同様4回の調査中2回で混入が確認できなかった。卵殻の廃棄量は、2.0～6.5g/人・日とバラツキは大きいもののいずれの調査でも一定量が可燃ごみに混入していることが確認された。

表4.6.2 ディスプレー設置地区のごみ収集場での卵殻・貝殻の廃棄量

調査時期	地区人口 (人)	卵 殻		貝 殻	
		(g/週)	(g/人/日)	(g/週)	(g/人/日)
6月	309	4,554	2.1	10,876	5.0
8月	309	4,324	2.0	0	0.0
10月	309	5,155	6.5	5,145	0.3
12月	309	2,744	3.9	0	0.0
平均	309	4,194	1.9	-	-

卵殻、貝殻の全国平均廃棄量の原単位を表4.6.3に示す。文献調査から卵殻5.1g/人・日、貝殻3.2g/人・日と推定された。なお、貝殻は卵殻に比べて地域差（各県の代表都市49の変動係数は卵殻：9.7%、貝殻：25%）が大きく、最も廃棄量が多かった青森市では6.0g/人・日、少なかった那覇市では0.87g/人・日であった。

表4.6.3 卵殻・貝殻の廃棄量の原単位

品名	廃棄率 (%)	消費量			廃棄量
		g/年/世帯	g/日/世帯	g/日/人	g/日/人
鶏卵	15	32,984	90.4	33.8	5.1
あさり	60	1,725	4.7	1.8	1.1
しじみ	75	777	2.1	0.8	0.6
ほたて	50	1,035	2.8	1.1	0.5
牡蠣	75	772	2.1	0.8	0.6
その他の貝	60	615	1.7	0.6	0.4
貝合計		4,924	13.5	5.1	3.2

五訂食品成分表

家計調査平成14年年報、世帯人数はH14年度国勢調査より設定

以上の結果から、歌登町における卵殻の廃棄量の原単位は、(1)と(2)の調査結果の合計値から6.3g/人・日と算出され、全国平均よりやや高い値であった。なお、(1)の調査結果から、廃棄量の約7割(4.4g/人・日)がディスプレイに投入されていると推察された。

貝殻については、漁港に近い立地条件から廃棄量は比較的高いと考えられるが、今回の調査では不燃ごみへの混入量を把握できなかったため、ディスプレイ投入量同様、原単位の推定には至らなかった。

(3) ディスポーザー卵殻投入量と管渠内堆積物量との関係

これまでの調査でディスポーザー設置地区の管渠内堆積物の主成分が卵殻であったことから、卵殻に着目して歌登町における卵殻のディスポーザー投入量と管渠内の堆積物量の関係について検討した。A地区では、ディスポーザー使用人口91人であるためディスポーザーに投入される卵殻量は10ヶ月間で110kg、3ヶ月では33kgと算出される。A地区では堆積物量調査の結果、未清掃期間10ヶ月で113kg（総堆積物量0.118m³より、8割が卵殻とし卵殻のみかけ比重は1.2として計算した。その結果、未清掃期間3ヶ月では30kg（総堆積物量0.032 m³）の卵殻が管渠内で堆積しており、いずれも推定される投入量の90～100%が管渠内に堆積しているものと考えられる。しかし、B地区（ディスポーザー使用人口119人）では1年間にディスポーザーに投入される卵殻量は200kg程度と推定されるが、未清掃期間27ヶ月間の堆積物量は約50kgであった。このように、A地区とB地区では、推定されるディスポーザー投入量に対する堆積物量の割合が異なり、A地区はB地区に比べて、固形物が堆積しやすい条件であったと考えられる。

以上の結果から、ディスポーザー導入により管渠へ流入する卵殻は、一定期間管渠内に堆積するものの、堆積物量は未清掃期間よりもむしろ管渠構造的条件により決まると推察された。

【小括】

ディスポーザー使用による卵殻、貝殻の管渠への流入量を把握するために、個別厨芥回収調査、ごみ集積場におけるごみ量・ごみ質調査を行い、歌登町における1人1日当たりの卵殻、貝殻のディスポーザー投入量を推定した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 個別厨芥回収調査の結果、ディスポーザーに投入される卵殻は4.4g/人・日であった。
- 2) ごみ集積場におけるごみ量・ごみ質調査の結果、ごみ集積場に廃棄されている卵殻は1.9g/人・日であった。
- 3) 卵殻、貝殻の全国平均廃棄量の原単位は、文献調査から卵殻5.1g/人・日、貝殻3.2g/人・日と推定された。
- 4) 卵殻の場合、廃棄量の約7割（4.4g/人・日）がディスポーザーに投入されていると推察された。
- 5) ディスポーザー使用による卵殻の管渠への流入量に対する管渠内の堆積物量には、地区よるバラツキがみられ、管渠における卵殻の堆積量は流入量よりもむしろ管渠構造的条件により決まると推察された。

4.7 管渠内での掃流状況

これまでの調査から、ディスポーザーの導入後、管渠内には卵殻を中心とする厨芥由来の堆積物が増加するものの、歌登町では管渠閉塞する箇所はみられず、管渠の未清掃期間と堆積物量との関係において一定の傾向はみられていない。このことから、管渠に堆積した卵殻等は流量の増加によって不定期に掃流されていると考えられた。そこで、卵殻等の厨芥由来堆積物の管渠内での掃流特性を把握する目的で管渠模型実験を行うとともに、歌登町内の管渠内堆積物の状態や流量の変化を調査し、実管渠における堆積物掃流パターンを推定した。

4.7.1 管路模型実験

既往の研究では、通常の管渠内堆積物の主成分である土砂（砂粒子）の掃流現象については、種々の数式が提案されているが、ディスポーザーの使用による厨芥由来の堆積物の掃流現象についてはこれまで検討事例はほとんどないのが現状である。そこで、ディスポーザー導入後、増加が予想される厨芥由来堆積物の掃流特性を把握するために、実規模の管渠模型を用いた掃流実験を行った。

(1) 供試堆積物

ディスポーザー導入後の管渠内で堆積がみられた卵殻、貝殻についてディスポーザー粉碎後の性状を把握するため、卵殻、貝殻をディスポーザーで粉碎し物性を調査した。

使用したディスポーザーは、ディスポーザー普及率の高い米国において、広く利用されている米国製の2機種（A：ISE社製,家庭用0.55HP,100V、B：アナハイム社製,家庭用0.50HP,100V）である。標準的な操作により試料を粉碎し、比重、平均粒径、殻厚を測定した。比重の測定方法はJISA1202、平均粒径は標準網ふるいによる粒度試験（JSF131土の粒度試験方法：ふるい分析部分）に準拠した。殻厚は、粉碎した卵殻、貝殻を任意に5~6粒採取し、それぞれの厚さをノギスで測定し、その平均値から求めた。

【結果】

ディスポーザーで粉碎した貝殻および卵殻の粒径別の性状を写真4.7.1に示す。

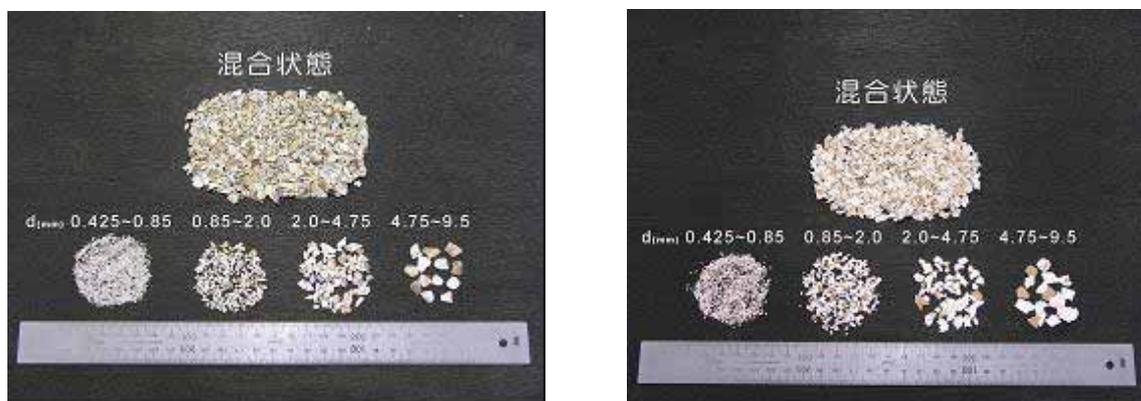


写真 4.7.1 粒径別の粉碎物（左：貝殻、右：卵殻）

ディスポーザー粉砕物について粒度試験の結果、粒径は0.85～4.75mmに集中しており、卵殻は貝殻よりやや小さかった（図4.7.1）。

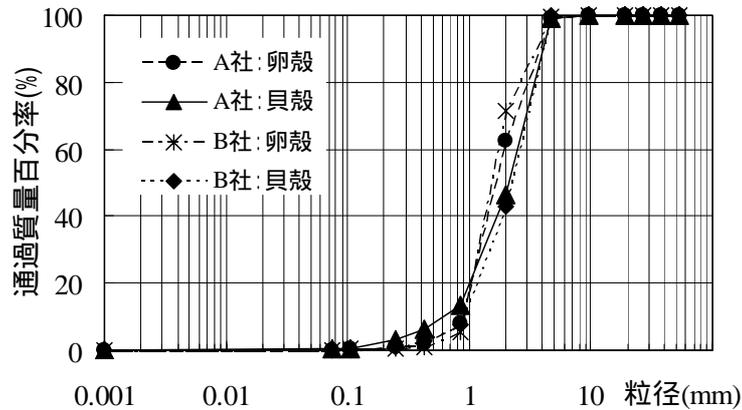


図 4.7.1 供試堆積物の粒径分布

粉砕物の比重は卵殻 2.60、貝殻 2.84、平均粒径は 1.9～2.5mm、平均殻厚は卵殻 0.5mm、貝殻 1.0mmであった。平均粒径は A 社、B 社に殆ど差異はないが、貝殻の均等係数 $U_c (= D_{60}/D_{10})$ は、B 社の 3.1 に対して A 社は 4.2 と高い値を示した（表 4.7.1）。

また、卵殻、貝殻の粉砕物の平均粒径は、殻厚のそれぞれ 4.0、2.4 倍、実際の卵殻および貝殻の粉砕物は球形ではなく扁平形状であった。

表 4.7.1 供試堆積物の物理的性状

種類	比重	殻厚 (mm)	機種	平均粒径 (mm)	均等係数 U_c
卵殻	2.60	0.5	A社	2.1	2.2
			B社	1.9	1.9
貝殻	2.84	0.9～1.1	A社	2.3	4.2
			B社	2.5	3.1

(2) 既堆積物掃流実験

卵殻および貝殻を堆積させた一様順勾配の管渠模型を用い通水実験を行い（以下、既堆積物掃流実験）、堆積物移動開始時の水理量を調査した。

管渠模型には、管渠内壁の粗度係数が硬質塩化ビニル管と同等であり、管渠内の観測が容易な直径 200mm の透明アクリル管を用いた。管渠模型延長は、上流側から堆積物投入区間 2m、実験区間 10m および低下背水区間 3m の計 15m とした。管渠模型の全景を写真 4.7.1、概要を図 4.7.2 に示す。



写真 4.7.1 管渠模型の全景

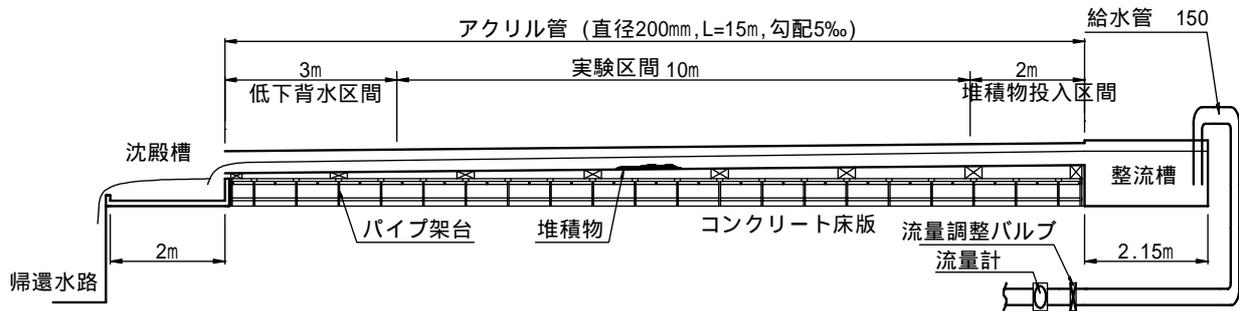


図 4.7.2 管渠模型の概要

模型中に供試堆積物塊（卵殻、貝殻、卵殻と貝殻の混合物）を所定の寸法に形成した後、流量を順次増加させ、堆積物の移動（掃流）開始流速と水深を測定した。堆積物は、通水開始前の状態で管渠底面に厚さ 2cm、長さ 2m となるよう設置し、堆積物塊の下流端を粘土で固定した（図 4.7.3）。

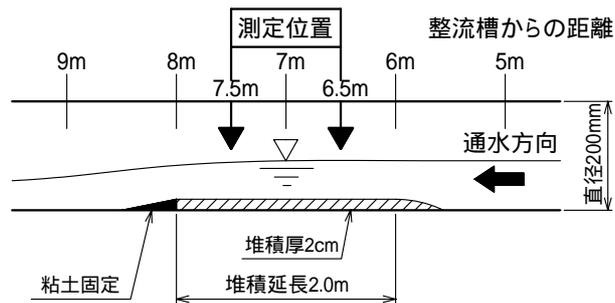


図 4.7.3 管渠模型内での堆積状況

管渠の勾配は 2‰、5‰、10‰ の 3 ケース、通水量は初期通水量を 0.5L/s として、30 分おきに 0.5L/s ずつ増加させた。流速はプロベラ式流速計（三光精密工業(株),SV101 型）を用いて、整流槽から 6.5m、7.5m の 2 箇所、堆積物の表面から 1.5cm 上方で測定した。なお、卵殻は殻に付着している薄皮が浮遊するため、初期通水前に微少流量で浮遊しそうな薄皮を排除してから実験を開始した。

【結果】

初期通水量 0.5L/s から 0.5L/s ずつ通水量を増加させると、すべての供試固形物（卵殻、貝殻、混合物 A）において、移動状況は「初期移動」、「中間移動」、「全面移動」の順で変化することが確認された。堆積物の移動状況を表 4.7.2 に整理した。

表 4.7.2 堆積物の移動状況

初期移動	堆積物の中間位置で、表面の殻が数個程度移動を開始した時点
中間移動	堆積物の中間位置で、間欠的であるが、表面の半分程度の殻の移動が生ずる時点（移動状態が初期移動と全面移動の中間的な状態）
全面移動	表面の殻の連続的な移動が見られる時点

実験は全勾配条件 2‰, 5‰, 10‰ の 3 ケースで行ったが、管渠勾配の大小による移動開始流速の傾向はみられず、勾配 2 ~ 10‰ の範囲内では堆積物掃流開始流速に対する管渠勾配の影響は小さいものと考えられた。そこで、全勾配条件 2‰, 5‰, 10‰ の平均値から流速等の条件を表 4.7.3 にまとめた。

表 4.7.3 各移動状況における流速等の条件

種別	移動状態	実測(*) 流速 (cm/s)	管内 平均流速 (cm/s)	水深 (cm)
卵殻	初期移動	42.1	35.7	5.5
	中間移動	47.5	42.5	6.0
	全面移動	58.7	51.7	7.0
貝殻	初期移動	44.9	42.3	6.0
	中間移動	52.4	52.9	6.5
	全面移動	60.1	58.6	7.5
混合物A	初期移動	39.3	34.8	5.5
	中間移動	48.8	48.3	7.0
	全面移動	58.7	56.5	6.5

(*)実測流速は堆積物表面から 1.5cm 位置での測定値。

管内の平均流速は、全勾配条件 2‰, 5‰, 10‰ の平均値から卵殻は初期移動 $V=0.357\text{m/s}$ 、中間移動 $V=0.425\text{m/s}$ 、全面移動 $V=0.517\text{m/s}$ 、貝殻は初期移動 $V=0.423\text{m/s}$ 、中間移動 $V=0.529\text{m/s}$ 、全面移動 $V=0.586\text{m/s}$ 、混合物 A では初期移動 $V=0.348\text{m/s}$ 、中間移動 $V=0.483\text{m/s}$ 、全面移動 $V=0.565\text{m/s}$ であった。これらの結果から、卵殻は貝殻に比べて掃流されやすく、混合物 A の掃流程度は卵殻と貝殻の中間程度であることがわかった。

以上の結果、実際の堆積物を想定した混合物 A では 0.565m/s で全面移動の状態になり、本実験の結果、供試堆積物の中で最も掃流されにくかった貝殻でも、設計指針に示された管渠内の流速 0.60m/s が確保されれば、管渠内で掃流されることがわかった。

(3) 一様順勾配管渠での連続堆積・掃流実験

ディスポーザーを導入した場合、卵殻や貝殻はディスポーザーの使用に伴い半連続的に供給される。そこで、ディスポーザー使用時の卵殻および貝殻の半連続的な供給を想定した実験を行い、堆積状況の経時的な変化（堆積高、堆積延長）と水量について検討した。

整流槽から下流 0.8m 地点に投入口を設け、粉碎物を一定量（60g/min）連続投入し堆積高、延長および水深を随時測定した。粉碎物の投入量は、ディスポーザー排水が短時間に集中して管渠に流れ込むようなショックロード的な負荷状態を想定し、歌登町における卵殻、貝殻廃棄量を卵殻 4.4g/(人・日)、貝殻 0.9g/人・日の合計 5.3g/人・日、人口 1,000 人、1 日のディスポーザー使用回数を 3 回（朝、昼、夜）と仮定して設定した。管渠勾配は、既堆積物掃流実験と同じ 2‰、5‰、10‰ の 3 ケースとし、通水量は 0.5L/s から経過時間 30 分毎に順次増加させた。

【結果】

混合物 A を供試体とした勾配 2‰ の実験について、供試体投入地点、投入地点から 0.7m 地点における堆積高さ、流速、水量を図 4.7.4、4.7.5 に示す。

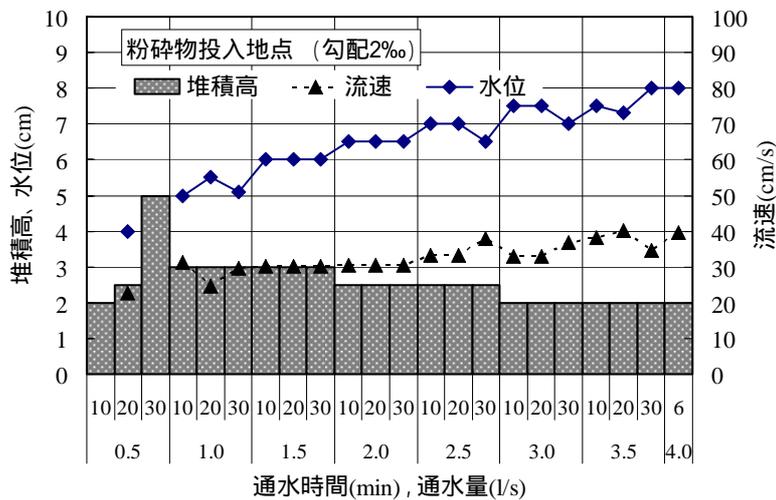


図 4.7.4 堆積高さ・流速・水量（投入地点）

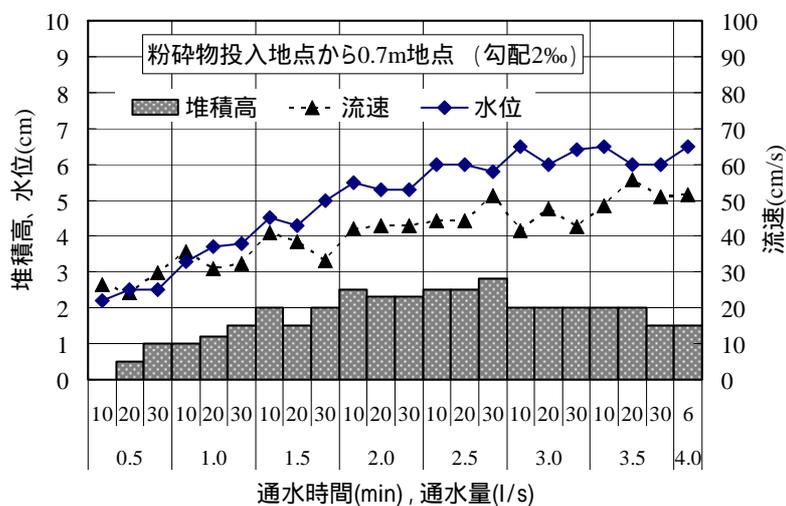


図 4.7.5 堆積高さ・流速・水量（0.7m 地点）

通水量 0.5L/s では堆積物は投入位置付近に堆積し、掃流は殆どみられず堆積高は最大 5cm (閉塞率 20%) まで上昇した。通水量を 1.0L/s に増加させると掃流が始まり、投入位置付近の堆積高が 3cm (閉塞率 9%) まで減少して平衡状態に達した。平衡状態の平均流速は約 0.30m/s、掃流された堆積物は下流側で再び堆積し堆積区間延長は長くなるものの、堆積高は 3cm 以下で推移した。

さらに、流量を通水量 3.0L/s に増加させると「全面移動」状態になり、堆積高は 2cm となり、このときの平均流速は 0.35 ~ 0.50m/s 程度であった。

(4) 「たわみ」管渠での連続堆積・掃流実験

管渠模型は、既堆積物掃流実験で用いた装置 (図 4.7.1) を一部改造したものをを用いた。

管渠形状は、2.0‰の順勾配管渠に ±5‰, ±10‰, ±20‰の「たわみ」を設け (勾配の負号は逆勾配を示す) それぞれの「たわみ」量は 2.8cm, 4.8cm, 8.8cm とした。堆積物のない管渠に上流側から粉砕物を一定量 (60g/min) 連続投入し、粉砕物が管渠の「たわみ」区間に堆積する過程を観測した。

実験開始直後の通水量は 4.0L/s、通水時間は 24 時間とした。その後、直径 200mm、5‰の塩ビ管で設計指針に示された最小流速 0.60m/s が得られるように、通水量を 9.5L/s に増加させ、12 時間、堆積物の掃流状況を観測した。さらに、「たわみ」部が満管流れとなるよう通水量を最大 17L/s まで増加させ 12 時間、同様に観測を行った。

【結果】

「たわみ」管渠における堆積物の堆積・掃流状況を表 4.7.4、図 4.7.6、図 4.7.7 に示す。

表 4.7.4 「たわみ」管渠における堆積高、流速等の条件

勾配 (%)	(1) たわみ量 (cm)	仮想管底 ラインからの 堆積高 (cm)	(2) 閉塞率 (%)	堆積形状 平衡時の 平均流速 (cm/s)	(3) 総通水 時間 (hr)
±5	2.8 (0.14D)	3.1	17.4	43.3	24
±10	4.8 (0.24D)	2.8	31.2	38.9	11
±20	8.8 (0.44D)	2.6	56.4	46.2	12

(1) ()内は、たわみ量を管径(200mm)比で表した値である。

(2) 管渠断面積に占める堆積物断面積の割合を表す。

(3) 堆積状況が平衡状態に達するまでの時間である。

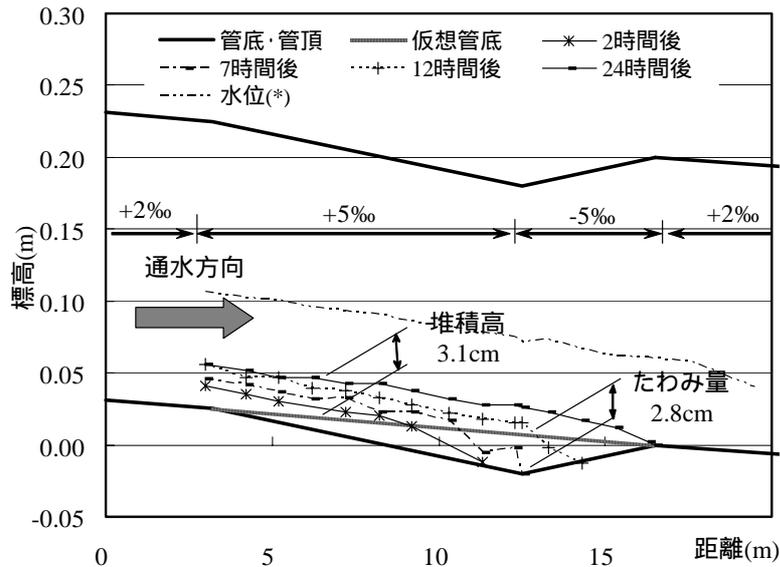


図 4.7.6 「たわみ」管渠における堆積状況 (± 5‰)

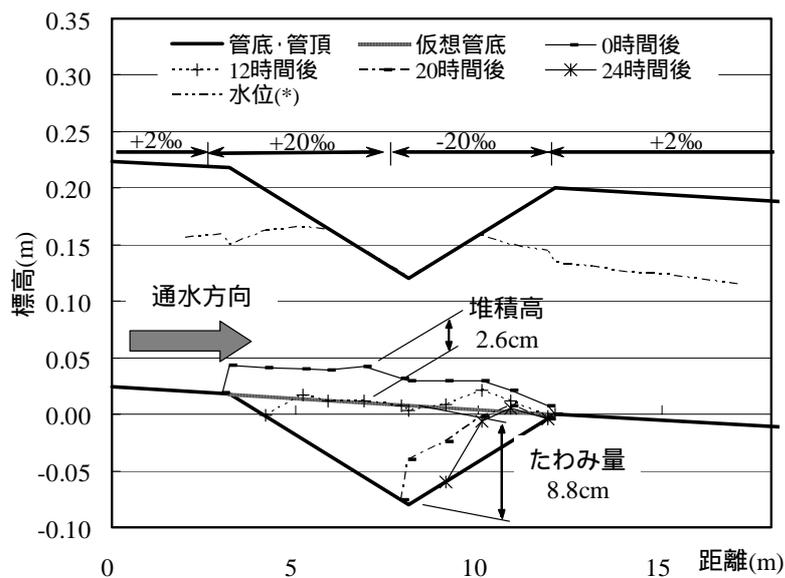


図 4.7.7 「たわみ」管渠における堆積状況 (± 20‰)

堆積は、時間経過とともに「たわみ」区間の上流側から下流側方向に向かって進行し、「たわみ」区間の前後の管底高を直線で結んだライン（以下、仮想管底ライン）の下側は全て堆積物で満たされ、最終的には平衡状態に達することがわかった。仮想管底ラインからの堆積高さは、図 4.7.6 と 4.7.7 に示すように、±5‰で 3.1cm、±20‰で 2.6cm であった。

実験開始直後は「たわみ」部の水深が大きいため流速は小さいが、堆積の進行とともに閉塞率が高まり堆積物の高さが平衡状態に達すると流速は速まることがわかった。

以上の結果より、「たわみ」管渠では、時間経過とともに「たわみ」部が完全に堆積物で満たされて、最終的には堆積面は順勾配となり、順勾配管渠と同様の流況になることがわかった。

4.7.2 実管渠における堆積物掃流パターンの推定

(1) 定点観測

ディスポーザー導入後の現地調査の結果、厨芥由来の堆積物が管渠内で増加するものの、これまでの調査では未清掃期間と堆積物量との相関は低く、堆積物は不定期に掃流されていると考えられた。そこで、ディスポーザー設置地区内の実管渠における堆積物の掃流の有無を把握するために、観測点を定め定期的に堆積物掃流状況の観察（以下、定点観測）を行った。

定点観測の地点を図4.7.8に示す。定点観測の調査箇所は、テレビカメラ調査で多量の堆積物が確認されたA地区No.11（以下、調査地点）B地区No.4（以下、調査地点）およびB地区No.7（以下、調査地点）の計3箇所とした。

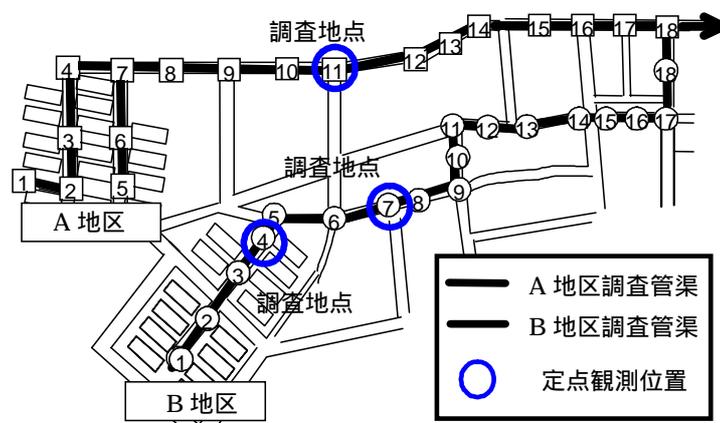


図4.7.8 定点観測地点

表4.7.5 定点観測地点の概要

調査地点	場所	処理面積 (ha)	(*1) 人口 (人)	(*1) 世帯数 (世帯)	上流端からの距離(m)	計画時間最大汚水量 (m ³ /s)	(*2) DP普及率	管種管径 (mm)	(*3) 勾配 (%)
	A地区 No.11	5.39	110	55	515	0.00096	A地区 61%	VU 200	6.0
	B地区 No.4	2.25	109	56	169	0.00040	B地区 55%	VU 200	4.9
	B地区 No.7	6.25	131	75	286	0.00111		VU 200	4.6

(*1)人口および世帯数は、調査箇所の管渠が受け持つ人口、世帯数を表す。

(*2)「DP」はディスポーザーの略。

(*3)管渠の上下流端を直線で結んだ勾配である。

調査は平成15年8月～12までの計10回実施した。4回目調査の後、TVカメラ調査に関連して高圧洗浄がなされたため、いずれの観測地点も一時全ての堆積物が除去されている。

調査期間中の堆積物量の変化を表4.7.6に示す。

表 4.7.6 観測地点における堆積物量

調査 No.	調査実施日	堆積物量(*)		
		調査地点	調査地点	調査地点
調査1	H15. 8. 6	多	なし	なし
調査2	H15. 8. 20	少	中	なし
調査3	H15. 8. 28	中	なし	中
調査4	H15. 9. 5	中	多	なし
	H15. 9. 8	管渠内高压洗浄		
調査5	H15. 9. 18	なし	少	なし
調査6	H15. 10. 6	少	なし	なし
調査7	H15. 10. 20	中	少	少
調査8	H15. 10. 31	中	少	中
調査9	H15. 11. 26	少	なし	少
調査10	H15. 12. 4	少	なし	中

(*) 表中の は、前回調査時点から当該調査時点までに堆積物が掃流されたことが確認できる箇所を示す。

調査地点 における平成 15 年 8 月の管渠内堆積状況を写真 4.7.2 に示す。



写真 4.7.2 管渠内の堆積状況 (調査地点 ,平成 15 年 8 月実施分)

[調査 1] (平成 15 年 8 月 6 日) では多量の堆積が確認されたが、[調査 2] (平成 15 年 8 月 20 日) では、明らかに減少していた。しかし、[調査 3] (平成 15 年 8 月 28 日) では堆積物量は増加しており、その量は[調査 1]と[調査 2]の中間的なものであった。他の調査地点においても、堆積量および堆積位置に頻繁な変化がみられ、堆積物量は比較的短期間に増減していることが確認された。

(2) 定点調査期間における下水量および流速の推定

定点調査の結果、管渠内堆積物は比較的短期間に掃流・堆積を繰り返していることが確認された。そこで、調査期間中の下水量の変動を把握するために、定点調査期間中の処理場における下水量を調査した。

図 4.7.9 に調査期間中の降雨量と下水量の変動を示す。

調査期間中 (平成 15 年 8 月 ~ 12 月) の晴天時下水量は、午前 9 ~ 10 時に日最大 35 ~ 45m³/hr、午前 2 ~ 5 時に日最小 8 ~ 15m³/hr と時間変動が確認された。雨天時には、雨水浸入水により下水量が増加し、調査期間中では平成 15 年 8 月 8 日と平成 15 年 10 月 2 日に多量の雨水浸入水が認められた。

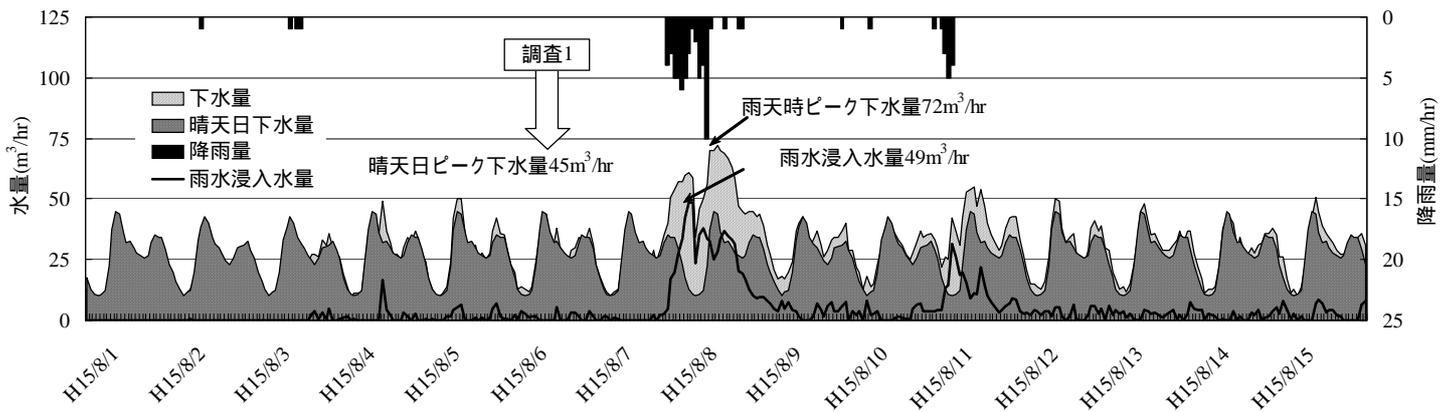


図 4.7.9 調査期間中の処理場下水量と降雨量との関係

平成 15 年 8 月 8 日の下水量は最大 $72\text{m}^3/\text{hr}$ であり、晴天日下水量のピーク値の 1.6 倍に増加していた。また、1 時間あたり雨水浸入水量の最大値は $49\text{m}^3/\text{hr}$ であり、晴天日下水量のピーク値 $45\text{m}^3/\text{hr}$ の 1.1 倍とほぼ同量であるが、雨水浸入水のピークが晴天日下水量のピークと一致した場合には、下水量は晴天日下水量のピーク値の 2 倍以上に増加すると推定された。

つぎに、調査地点 における堆積物の有無と管渠内の最大流速を算出した結果を図 4.7.10 に示す。

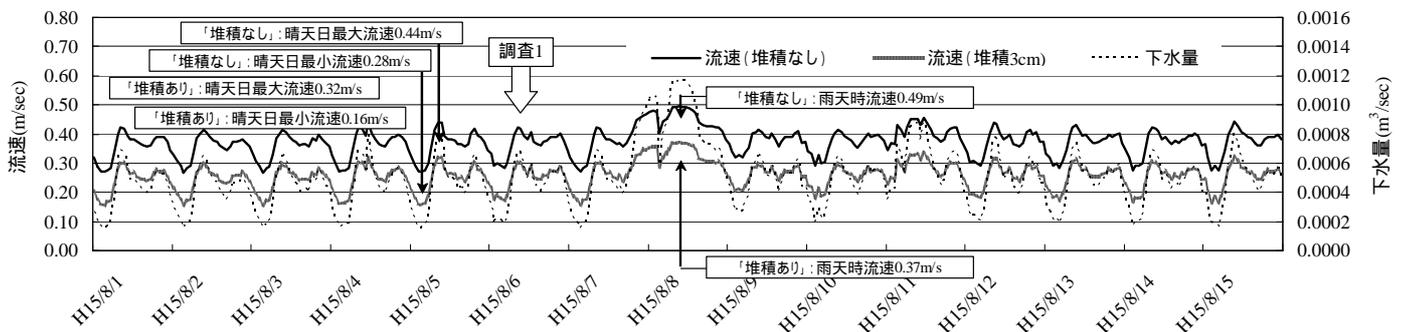


図 4.7.10 調査地点 における下水量と管内流速

調査地点 の晴天日においては「堆積なし」の場合 $0.28 \sim 0.44\text{m/s}$ の範囲、「堆積あり」の場合 $0.16 \sim 0.32\text{m/s}$ の範囲の日間変動があり、他の調査地点でもほぼ同程度の推定値が得られた。「堆積なし」の方が流速の範囲は速いが、流速の変化をみると降雨よりも時間毎の変動が非常に大きいことがわかった。そこで、平成 16 年 9 月～10 月に歌登町の処理場において流入水量を 5 分間隔で測定する詳細調査を実施した。5 分間隔測定値の 1 日平均値に対する変動比を図 4.7.11 に示す。

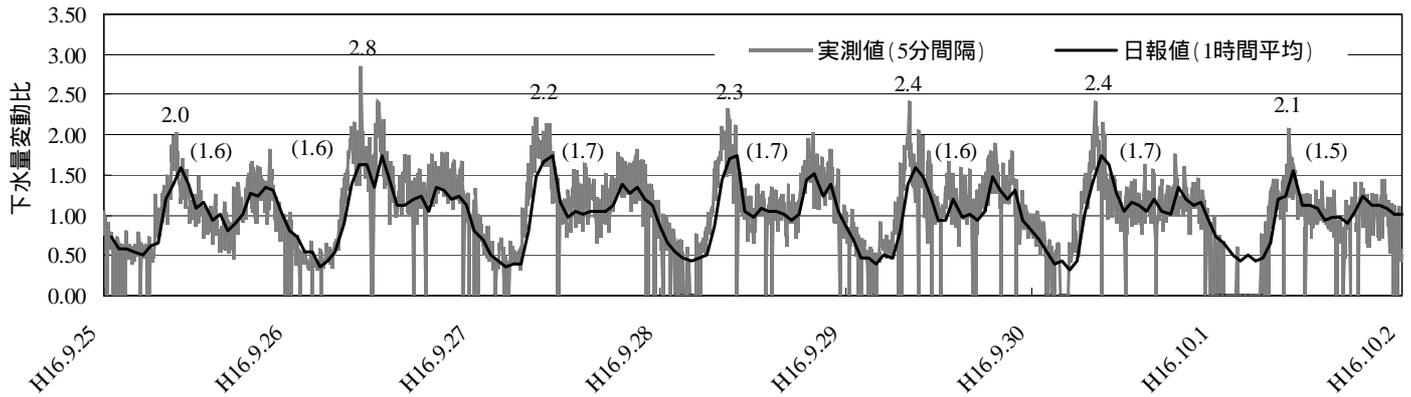


図 4.7.11 処理場流入水量の変動比

5分間隔測定値の1日平均値に対する変動比は0.0~2.9であり、1時間平均値(「処理場日報」に記録された1時間平均値)の変動比0.4~1.7と比較して、非常に大きいことが確認された。さらに、平日の下水水量の変動は休日に比べて大きい傾向にあることがわかった。

なお、この下水水量の変動は流末の処理場で観測されたものであり、末端管渠に位置する定点観測地点では、さらに大きな変動があることが推察された。

以上の結果から、堆積物の掃流の主な要因は下水水量の日間変動によるものであり、晴天日の日常的な流況変動によって掃流・移動していることが示唆された。

【小括】

卵殻等の厨芥由来堆積物の管渠内での堆積・掃流特性を把握するために、模型実験および現地にて管渠内堆積の定点調査を行った。得られた結果を以下に示す。

- 1) 卵殻・貝殻のディスポーザー粉砕物は砂粒子と同等の比重であり、粒径は0.85~4.75mmに集中し、平均粒径1.9~2.5mm、殻厚0.5~1.0mmの扁平形状であることがわかった。
- 2) 堆積物を予め管渠内に設置して通水した掃流実験では、堆積物が連続的な移動を起す「全面移動」時の流速は、卵殻0.52m/s、貝殻0.59m/s、混合物A(卵殻:貝殻=40:1)0.57m/sであり、設計指針に規定されている最小流速0.60m/sよりも小さかった。
- 3) 一様順勾配管渠での連続堆積・掃流実験では、通水量が0.001m³/s以上確保されれば、堆積高は3cm以上に成長することはなかった。
- 4) 「たわみ」管渠では、時間経過とともに「たわみ」部が堆積物で満たされ、最終的には堆積物表面が順勾配になり、順勾配管渠と同様の流況になることがわかった。
- 5) 堆積物の掃流への寄与度は、雨水浸入水よりも日間変動によるものが大きく、晴天日の日常的な流況変動によって掃流・移動していることが示唆された。

4.8 硫化水素発生に関する調査

ディスポーザーの導入により厨芥残渣を含む下水が管渠に流入することにより、下水中の硫化物濃度が高まり、コンクリートの腐食原因である硫化水素の発生を助長する危険がある。そこで、ディスポーザー排水の流入により、どの程度硫化水素発生を助長するか、ディスポーザー排水を含む下水を滞留させる室内実験を行うとともに、現地管渠内の硫化水素濃度を経時的に測定した。

4.8.1 室内実験

圧送管路、伏せ越しなどの施設は、常に満管状態であるため、自由水面からの再曝気がなく下水が嫌気化しやすい。本実験では圧送管路、伏せ越しを想定し、ディスポーザー排水を容量比で1%混ぜた下水をフランビンに密閉し、20℃の恒温室に静置した。

ディスポーザー排水は、旧建設省建築研究所の実施した「ディスポーザーによる厨芥リサイクルシステムの開発」で提案された標準厨芥を用いて人工的に作成した。下水は茨城県霞ヶ浦浄化センターの流入下水である。

全硫化物は下水を酸性域(pH1.0~1.5)にpH調整した後、N₂パージによる発生ガスを全量捕捉し、荏原実業製の硫化物測定用検知管にて測定した。溶存硫化物は中性域(pH約7.0)にpH調整した後、溶存硫化物と同様に測定した。なお、全硫化物は硫化鉄などの金属塩と結合している硫化物も含まれるのに対し、溶存硫化物では金属塩が含まれていない。実験は3回実施し、その平均値を求めた。

【結果】

実験結果を図4.8.1に示す。実験開始6時間後までは、全硫化物、溶存硫化物ともにほとんど変わらないが、それ以降はディスポーザー排水を汚水中の硫化物濃度が高くなることが確認された。

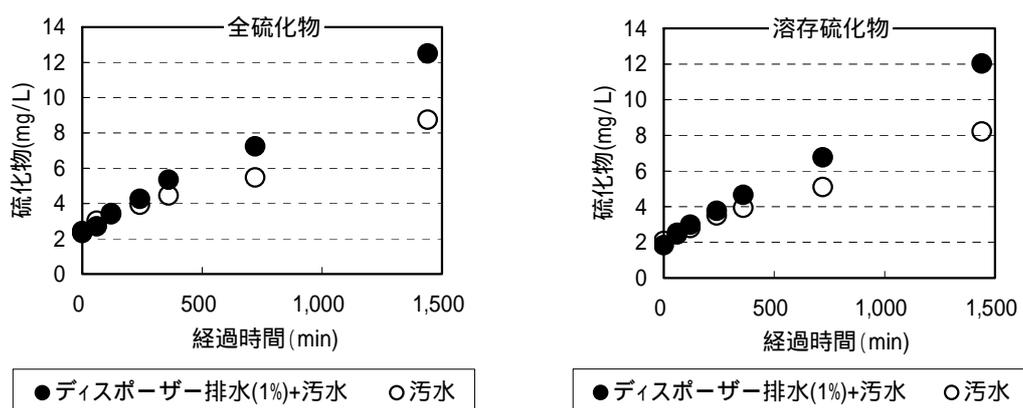


図 4.8.1 硫化物濃度の経時変化

4.8.2 現場調査

平成 15 度、平成 16 年度に一定期間、管渠内の硫化水素濃度をガステック製拡散式硫化水素測定器 GHS - 7AT を用いて連続測定した。この拡散式硫化水素測定器は測定期間中、内部にデータが組み込まれるため、マンホールフタを閉じた状態で硫化水素濃度を連続測定すること可能である。硫化水素測定器は人孔内の足掛け金物に紐を結びつけて、インバートから 50cm の高さになるように設置した。



写真 4.8.1 拡散式硫化水素測定器の設置状況

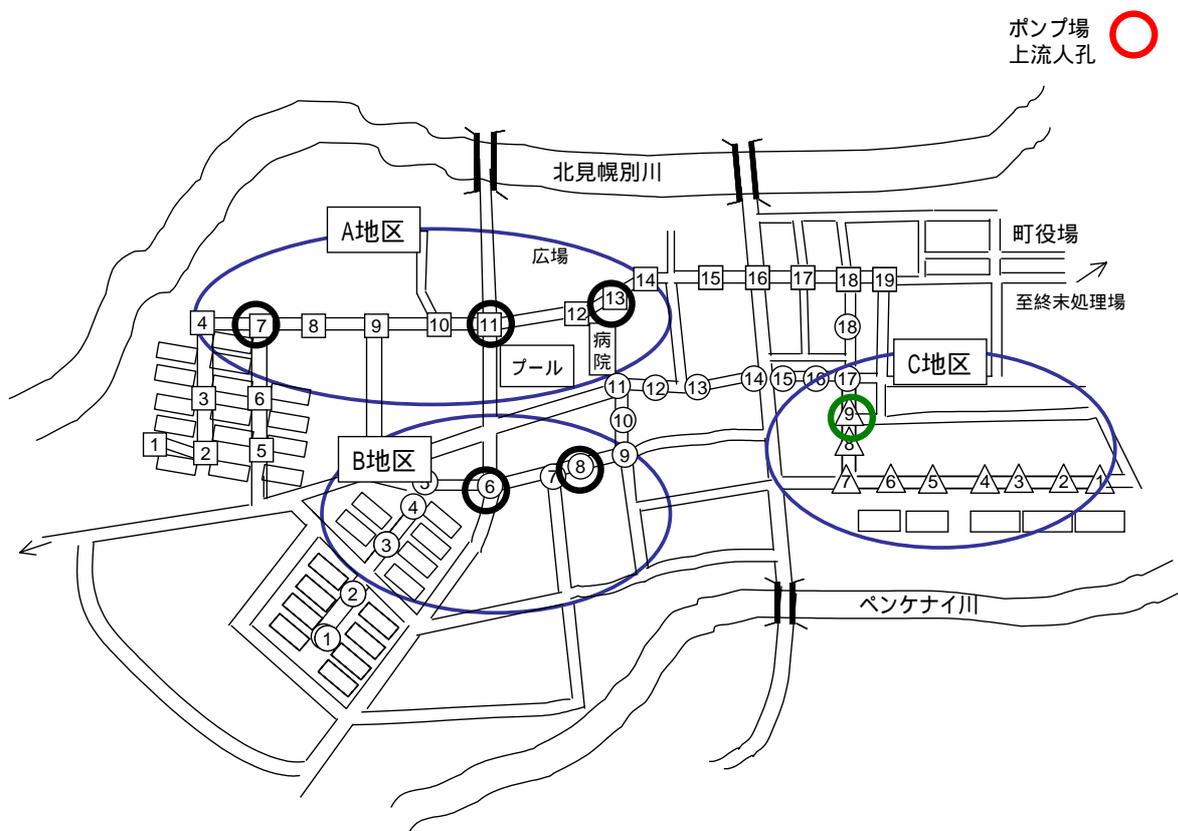


図 4.8.2 硫化水素計設置地点（平成 15 年度）

(1) 平成 15 年度調査

平成 15 年 8 月～9 月に A 地区 No.7、No.11、No.13、B 地区 No.6、No.8、C 地区 No.9、第一中継ポンプ場、健康回復村幹線(圧送管 250m 吐け口)の 8 箇所のマンホール内に硫化水素計を設置した。なお、第一中継ポンプ場は水没の危険があるため、ポンプ所手前のマンホールの上部に設置した。

調査結果を図 4.8.3 に示す。

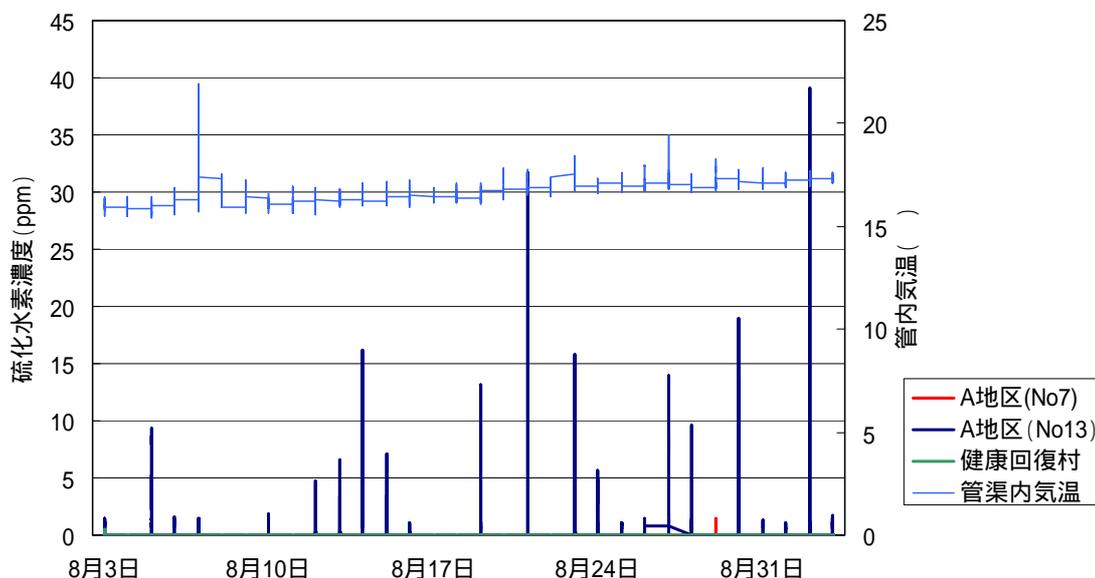


図 4.8.3 マンホール気相中の硫化水素濃度および気温 (平成 15 年)

調査期間中は、年間で最も気温の高い時期であるものの管渠内の気温は 20 以下であった。硫化水素の発生がみられた箇所は、A 地区 No.7、No.13 および健康回復村の 8 箇所中 3 箇所であった。

健康回復村幹線は圧送管 250m 吐け口に硫化水素計を設置しているため、ある程度の硫化水素濃度が観測されることが予想されたが、瞬間最大濃度は 0.5ppm とほとんど発生していない状態であった。なお、健康回復村では平成 15 年 4 月からディスポーザーの使用を開始しているため、圧送管を含むこの幹線では、ディスポーザー排水が流入している。

ディスポーザー設置地区の A 地区 No.13 では 20ppm 以下の硫化水素が不定期であるが複数回観測され、瞬間最大濃度は 39.1ppm であった。A 地区 No.11～13 付近の区間は、卵殻を主体とする厨芥由来の堆積物が多く堆積している箇所である。B 地区の No.6、No.8 も同様に卵殻が堆積している箇所であるが、管のたわみ程度が A 地区 No.11～13 区間より小さく堆積量も少なく硫化水素は確認されていない。

(A 地区 No.11～13 付近：平均閉塞率約 30%、B 地区の No.6、No.8：平均閉塞率約 10%)

以上 15 年度の調査結果では、歌登町のディスポーザー排水の流入する幹線のうち、卵殻等が多く堆積箇所でも夏季に 20ppm 程度の硫化水素が発生する場合があった。また、圧送管 250m の吐け口、下水が滞留するポンプ場手前では、硫化水素発生はほとんどみられなかった。

(2) 平成16年度調査

平成15年度までの調査では、ディスポーザー排水の流入している管渠を対象に気相中の硫化水素濃度を測定したが、硫化水素の発生が予想された圧送管吐け口やポンプ場手前よりも卵殻等の堆積箇所などで硫化水素が確認された。そこで、平成16年度は、社会実験の追加調査として、卵殻等の厨芥由来の堆積物と硫化水素発生の関係を把握する目的で、ディスポーザー導入地区内の厨芥由来堆積物が堆積している箇所とディスポーザー未設置地区で土砂等の堆積物がある箇所を選抜し、硫化水素濃度を比較検討した。

調査期間は、平成16年7月～12月である。硫化水素計の設置は、平成15年度に最も硫化水素を多く観測したA地区No.13の付近で卵殻等の堆積物が多く堆積しているA地区No.11、ディスポーザー設置世帯がなく土砂が堆積しているE地区No.12、中頓別町の土砂の堆積がみられるマンホール(4.3堆積物の性状調査を実施)の他、平成15年度硫化水素が観測されなかったB地区のNo.6、第一中継ポンプ場手前のマンホールの計5箇所で行った。硫化水素計の設置箇所を図4.8.4に示す。

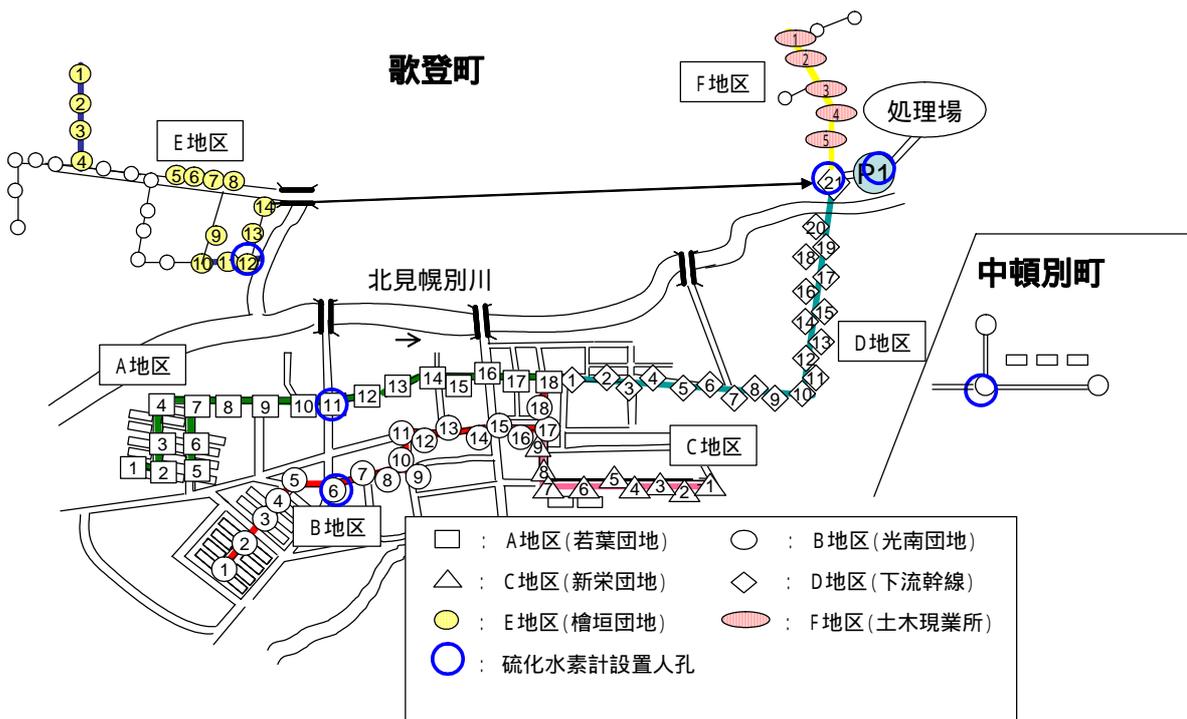


図 4.8.4 硫化水素計設置地点 (平成16年)

平成16年7月15日から硫化水素濃度の測定を開始したが、硫化水素が観測されたのはA地区No.13、およびE地区No.12の2箇所であった。

E地区No.12の調査結果を図4.8.5に示す。この地点は、ディスポーザーの影響を受けない土砂等の堆積物が確認されており、5ppm以下の硫化水素が複数回観測された。なお、中頓別町については、土砂が堆積しているものの硫化水素の発生は確認されなかった。

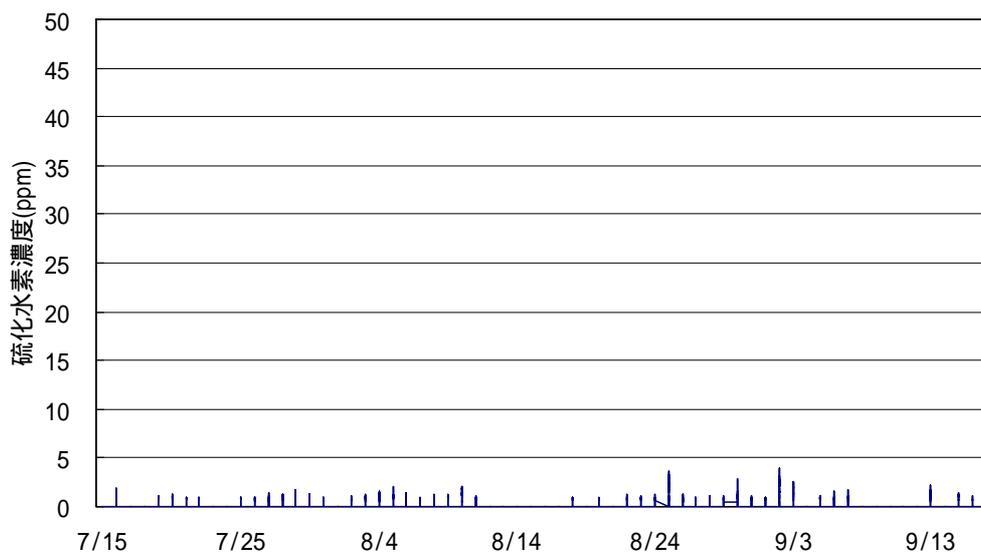


図 4.8.5 ディスポーザー未設置地区における土砂の堆積地点 (E 地区)

A 地区 No.11 の測定結果を図 4.8.6 に示す。この地点は、ディスポーザー導入後、卵殻を主体とする堆積物が多く堆積している箇所である。平成 15 年度と同様に、不定期であるが 20ppm 程度の硫化水素が複数回観測された。今回の調査では、8 月 15 日前後の最も気温が高い時期に硫化水素計の故障によりデータが欠損しているが、比較的気温の高い 7 月～9 月の期間に硫化水素が発生していることが明らかとなった。しかし、気温低下がみられた 11 月以降は、硫化水素発生はみられなくなった。なお、本調査では、管渠内の気温データが得られなかったが、通常、歌登町では 10 月下旬には管渠内の気温が 10 程度である。

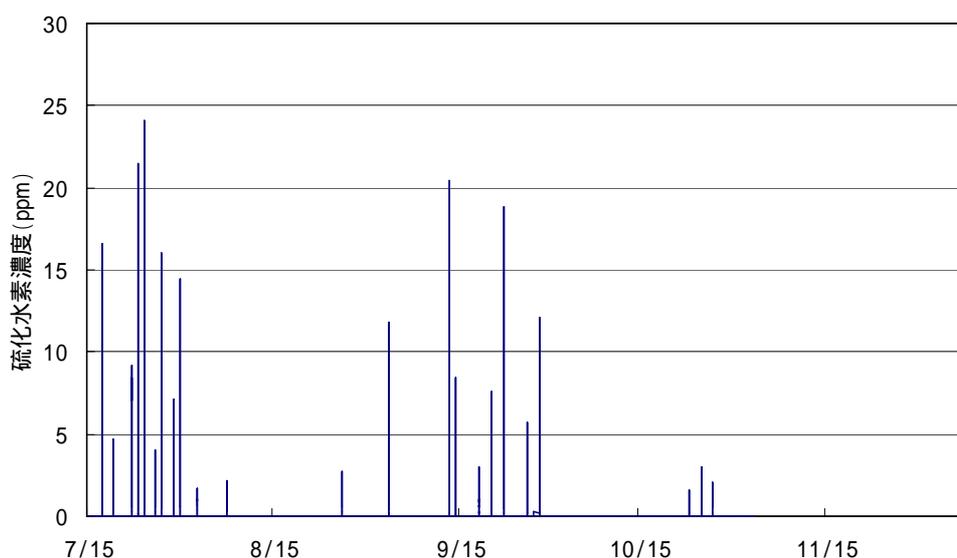


図 4.8.6 ディスポーザー設置地区における卵殻の堆積地点

以上の結果から、歌登町では、ディスポーザー導入後に増加する卵殻主体の堆積物が多く堆積する箇所でも夏季の気温が高い数ヶ月間に瞬間的に 20ppm 程度、硫化水素が発生することがわかった。

【小括】

ディスポージャー導入後の厨芥残渣を含む下水の管渠への流入が硫化水素発生に及ぼす影響を把握するために、ディスポージャー排水混合下水を滞留させる室内実験、ディスポージャー設置地区における管渠気相中の硫化水素濃度の連続測定を行った。得られた結果を以下に示す。

- 1) ディスポージャー排水1%混合下水と下水中の硫化濃度の変化を調べた結果、6時間以上滞留した場合、ディスポージャー排水1%混合下水で硫化物濃度が高くなることがわかった。
- 2) ディスポージャー排水の流入より硫化水素の発生が予想された圧送管吐け口やポンプ場手前のマンホールでは、硫化水素はほとんど観測されなかった。
- 3) ディスポージャー導入後に増加する卵殻主体の堆積物が多く堆積する箇所では、夏季の気温が高い数ヶ月間は、瞬間的に20ppm程度、硫化水素が発生することがわかった。

【参考文献】

- 1) 吉田綾子・行方馨・高橋正宏・森田弘昭、ディスポージャーの導入による下水管渠への影響調査、下水道協会誌、No.42, Vol.515, 印刷中, 2005
- 2) 岡本辰生・吉田綾子・森博昭・森田弘昭・高橋正宏、ディスポージャー由来の管渠内堆積物の挙動に関する調査、下水道協会誌、投稿中
- 3) 岡本辰生・吉田綾子・高橋正宏、下水管渠内に於けるディスポージャー粉砕物の挙動に関する研究、第39回日本水環境学会年会講演集：360(2005)
- 4) 渡邊高子・吉田綾子・高橋正宏、ディスポージャー導入が下水管路施設に及ぼす影響、第41回下水道研究発表会講演集 平成16年度：161-163 (2004)
- 5) 吉田綾子・行方馨・高橋正宏・森田弘昭、ディスポージャーの導入が管渠内の硫化水素発生に及ぼす影響、下水道協会誌、投稿準備中
- 6) 吉田綾子・山縣弘樹・高橋正宏・森田弘昭、ディスポージャー導入による合流式下水道越流負荷への影響に関する一考察、下水道協会誌、投稿準備中

第5章 ポンプ場施設への影響

ディスポーザーを導入した場合、厨芥が含まれる下水がポンプ場施設に流入するため、スクリーンし渣量、ポンプ井の堆積物の増加、また、ポンプ井等での厨芥を含む下水の滞留により、硫化水素の発生に伴う悪臭の発生や腐食が進行する可能性がある。

ディスポーザーの導入によるポンプ場への影響評価のフローを図5.1.1に示す。

まず、ポンプ場施設の概要把握を行った。ディスポーザー導入による影響調査では、ディスポーザー導入後の稼働時間、清掃頻度等の運転状況の聞き取り調査を行うとともに、ポンプ井の堆積物の組成調査を実施した。

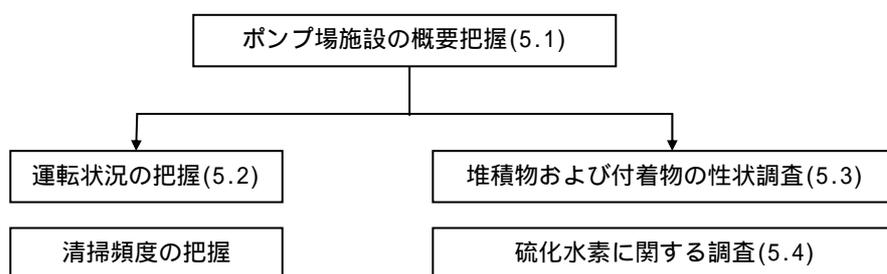


図5.1.1 ディスポーザー導入によるポンプ場施設への影響調査フロー

5.1 ポンプ場施設の概要

歌登町内には6つのポンプ場施設があり、処理場直前のポンプ場は沈砂池をもたない小型ポンプ場（第一中継ポンプ場）、その他はマンホールポンプタイプである。第一中継ポンプ場の概要を図5.1.2に示す。

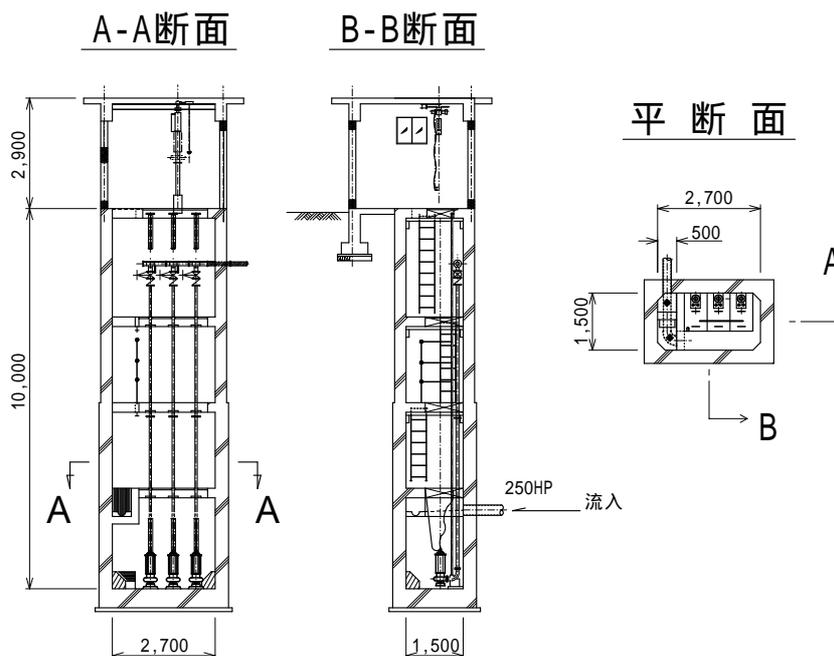


図5.1.2 第一中継ポンプ場の図面

1 - 1 ポンプ場の形式

マンホール形式ポンプ場

形状は角型で鉄筋コンクリート造である。また、豪雪地域であることから冬期間の維持管理の面から建屋を設置している。マンホール深さが約10mあることから中間スラブを設置している。

1 - 2 ポンプ場構造

(1) 除じん設備

手掻粗目スクリーン：目幅 50mm

し渣の除去は流入管から下流に幅 500mm、長さ 1,500mm の水路が設置されており、その水路部に手掻粗目スクリーンが備えられている。

(2) ポンプ仕様

ポンプ形式：着脱式水中下水ポンプ（吸込みスクリュウ付タイプ）

ポンプ口径：80mm

出力：3.7kw（全体計画では 5.5kw）

吐出し量：0.4m³/min

ポンプ台数：3 台（内予備 1 台）

ポンプ運転：常時自動運転（ポンプ台数が 3 台であるため先発機選択）

1 - 3 し渣と沈砂の処理方法

し渣の搬出は、日常点検で粗目スクリーンに捕捉されたし渣をポンプ場に備えてあるし渣籠に移し、満杯になった時点で処理場へ運搬している。沈砂の除去はポンプピット内の下水をポンプで排水した後、バキューム車で沈砂を吸引し除砂している。

1 - 4 圧送管

圧送距離：約 203m

圧送管本数：1 条管

口径：150mm

管種：ダクタイル鋳鉄管

5 . 2 運転状況の把握

第一中継ポンプ場及び他の 5 箇所のマンホールポンプ場について、清掃頻度およびスクリーンし渣量に関する下水道施設維持管理業者への聞き取り調査を行った。

(1) 清掃頻度の把握

ディスポーザーを設置後、ポンプ場のスクリーンし渣、沈砂池、マンホールポンプのポンプ井の堆積物が増加する可能性がある。

ポンプ場施設の運転状況として、特に清掃状況の変化を把握するために、清掃頻度について町の下水道施設維持管理業者の聞き取り調査を行った。

聞き取り調査の結果を表 5.1.1 に示す。ディスポーザー設置後、ポンプ施設の清掃頻度には変更していないという回答が得られた。しかし、いずれのポンプ場についても、ポンプ井内部に油脂分と思われる付着物が増加したというコメントが得られた。

表 5.1.1 ポンプ施設の堆積量および清掃頻度

		設置前	設置後	備考
第1中継ポンプ場	清掃頻度	1回/月	1回/月	小型ポンプ場 DP 設置後にポンプ井壁面の油脂分増加
	堆積物量	変化なし		
第2中継ポンプ場	清掃頻度	1回/月	1回/月	マンホールポンプ DP 設置後にポンプ井壁面の油脂分増加
	堆積物量	変化なし		
第1,2東幹線	清掃頻度	2回/年	2回/年	
	堆積物量	変化なし		

DP : ディスポーザー

(2) スクリーンし渣量

スクリーンし渣の回収時に、管理担当者に計量を依頼した。なお、このし渣量の計測は平成13年4月から開始したため、それ以前のし渣量については、管理担当者に対する聞き取り調査より概量を把握した。

ポンプ場に設置されているスクリーンのし渣量の経時変化を図5.1.3に示す。

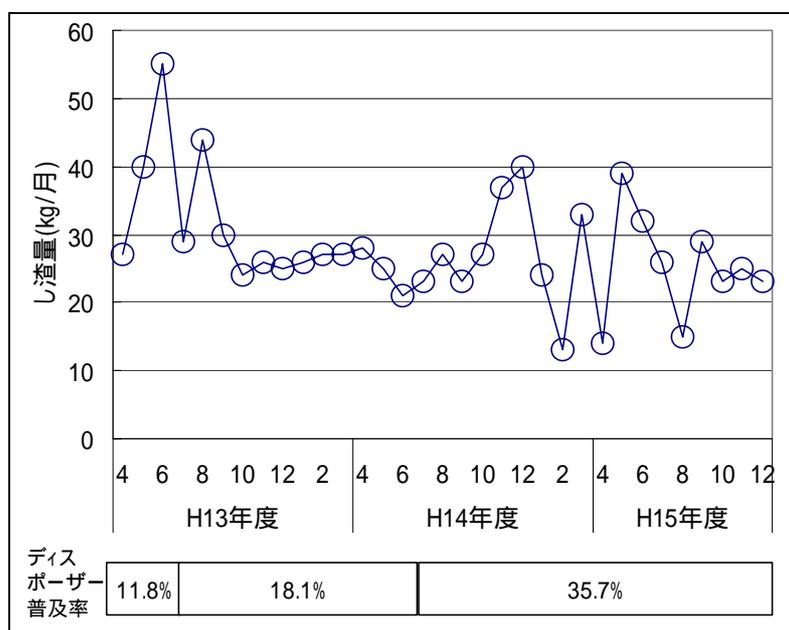


図 5.1.3 ポンプ場のスクリーンし渣量経時変化

ディスポーザー普及率 11.8%、18.1%、35.7%の各期間の平均し渣量/月を試算した結果、それぞれ 37.8kg/月、27.28kg/月、26.58kg/月であり、ディスポーザー普及率の増加に伴う変化は確認されなかった。

また、平成13年4月以前のスクリーンし渣量について管理職員に聞き取り調査を実施した結果、ディスポーザー設置前後で共にし渣量は 20kg/月程度であり、ディスポーザー導入後に大きな変化はみられないというコメントが得られた。

5.3 堆積物および付着物の性状調査

ディスポーザーを設置後、ポンプ場内の堆積物の増加、性状の変化を起こる可能性がある。堆積物量に関しては、5.2で清掃頻度に関する聞き取り調査を行った結果、ディスポーザー導入後にし渣や堆積物の回収等の清掃頻度に変化はみられなかった。ここでは、堆積物を採取してその性状調査を実施した。また、管理担当者への聞き取り調査の際、町内のいずれのポンプ場でもディスポーザーの導入後、ポンプ井内部に油脂分と考えられる付着物が増加したというコメントが得られた。そこで、付着物についても性状調査を実施した。

(1) 堆積物の性状調査

堆積物の採取は、平成14年8月、平成15年6月に実施した。ポンプ場底面の堆積物を採取し、平成14年8月採取のサンプルでは、粒度分布、組成、比重および粒径分布を分析した。また、平成15年8月のサンプルでは、ノルマルヘキサン抽出物および強熱減量を分析した。

ポンプ場内の堆積物採取状況および採取した堆積物を写真5.3.1、5.3.2、採取した堆積物の粒径分布を表5.3.1、組成を図5.3.1、およびノルマルヘキサン抽出物および強熱減量の分析結果を以下に示す。



写真 5.3.1 堆積物採取状況



写真 5.3.2 採取した堆積物

表 5.3.1 第一中継ポンプ場堆積物の粒径分布

粒径(mm)	湿潤重量 (%)	乾燥重量 (%)
4.75<	2.7	2.4
2.0 ~ 4.75	15.6	16.3
1.0 ~ 2.0	27.3	26.4
0.5 ~ 1.0	36.4	37.5
0.25 ~ 0.5	18.0	17.4

ノルマルヘキサン抽出物	3.83%
強熱減量	34.8%

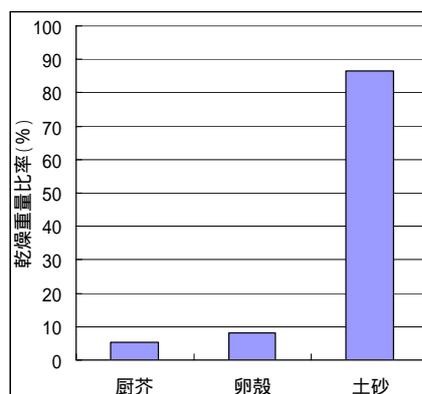


図 5.3.1 堆積物の組成

厨芥は卵殻を含まない

堆積物の組成調査の結果、堆積物は86.5%が土砂であったが、厨芥が8.0%含まれていることがわかった。また、比重は2.5であった。

平成 15 年 6 月に採取した堆積物のノルマルヘキサン抽出物は 3.83%、強熱減量は 34.8%であった。管渠内の堆積物のノルマルヘキサン抽出物含有率は、ディスパーザー未設置地区（土砂）で 0.003%、ディスパーザー設置地区（卵殻・貝殻）で 0.1%あった。

以上の結果から、ポンプ場の堆積物のノルマルヘキサン抽出物含有率は、管渠内堆積物に比べて高いといえる。しかし、ポンプ場の堆積物については、ディスパーザー導入前の分析データがないため、ディスパーザー導入による影響程度は明らかにできなかった。

（ 2 ） ポンプ井壁面付着物調査

清掃頻度等の聞き取り調査の結果、ディスパーザー導入後、町内のポンプ場壁面に油分と思われる付着物が増加したとの回答があったため、それら付着物の付着状況を調査した。

調査は、平成 16 年 1 月、第一中継ポンプ所を対象に行った。壁面や配管（圧送管、ガイドレール）分に白色の付着物が多量に付着していることが確認された。付着物はポンプ井壁面からヘラを用いてそぎ落とし採取し、ノルマルヘキサン抽出物、強熱減量の分析を行った。

平成 16 年 1 月の第一中継ポンプ場壁面の状況および採取した付着物を写真 5.3.3、写真 5.3.4 に示す。

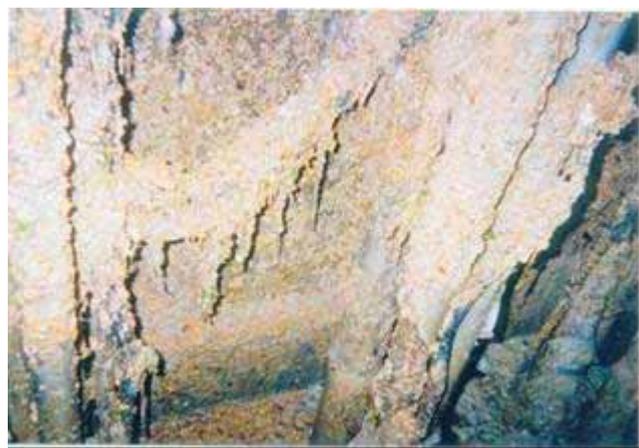


写真 5.3.3 第一中継ポンプ場壁面の状態



写真 5.3.4 採取した付着物の外観

採取した付着物は、外観からは厨芥由来の物体は確認できなかったが、白っぽい油分と思われるものが主体と観察された。これらを分析した結果、ノルマルヘキサン抽出物は 20.03%と高い値を示し、また、強熱減量は 91.06%であった。

以上の結果から、第一中継ポンプ場壁面には油分が多く付着していることが観測された。しかし、これら付着物とディスポーザー導入との因果関係については、維持管理者のコメント以外のデータは得られていないため、明らかにすることはできなかった。

5.4 硫化水素発生に関する調査

ディスポーザー導入により厨芥残渣がポンプ場内に滞留し、コンクリートの腐食原因である硫化水素の発生を助長する危険がある。4章の管渠への影響調査と同様に、ディスポーザー排水の流入によるポンプ場内での硫化水素発生への影響を把握するために、厨芥残渣を含む下水が滞留した場合を再現した室内実験を行うとともに、第一中継ポンプ場手前のマンホール気相中の硫化水素濃度を継続的に測定した。

5.4.1 室内実験

厨芥のうち野菜くずなどの比重の軽い成分は、ポンプ井でスカムになると考えられる。下水がポンプ井に滞留するようなポンプ施設の場合は下水が嫌気化しやすい。

本実験は、ポンプ井を想定し、アクリル製 180 の 5L 容器に 4L の「下水」、「厨芥粉碎物（重量比で 5%）+下水」の 2 系列の試料をいれ、20 の恒温条件下で静置した。厨芥、下水は茨城県霞ヶ浦浄化センターの流入下水を用い、厨芥はディスポーザーにて粉碎した残渣（固形物）を用いた。採水は 0, 3, 6, 12, 24, 48, 120 時間の 7 回行った。なお、採水はサイフォンにて行い、下水中の全硫化物、溶存硫化物を測定した。実験は 4 回実施し、その平均値を求めた。

厨芥は 4章（4.8.1）と同様に旧建設省建築研究所の実施した「ディスポーザーによる厨芥リサイクルシステムの開発」で提案された標準厨芥を用い、ディスポーザーで粉碎後、固形物のみを取り分けた。下水は茨城県霞ヶ浦浄化センターの流入下水である。

硫化物の測定も 4章（4.8.1）と同様の方法で行った。すなわち、全硫化物は下水を酸性域（ $\text{pH}1.0 \sim 1.5$ ）に pH 調整した後、 N_2 パージによる発生ガスを全量捕捉し、荏原実業製の硫化物測定用検知管にて測定した。溶存硫化物は中性域（ pH 約 7.0）に pH 調整した後、溶存硫化物と同様に測定した。なお、全硫化物は硫化鉄などの金属塩と結合している硫化物も含まれるのに対し、溶存硫化物では金属塩が含まれていない。

【結果】

実験結果を図 5.4.1 に示す。実験開始 24 時間までは、全硫化物、溶存硫化物含有量にディスポーザー排水（厨芥粉碎物）の混合の影響はみられなかったが、実験開始 48 時間を以降では、厨芥を含む汚水で明らかに全硫化物、溶存硫化物ともに増加していることが確認された。

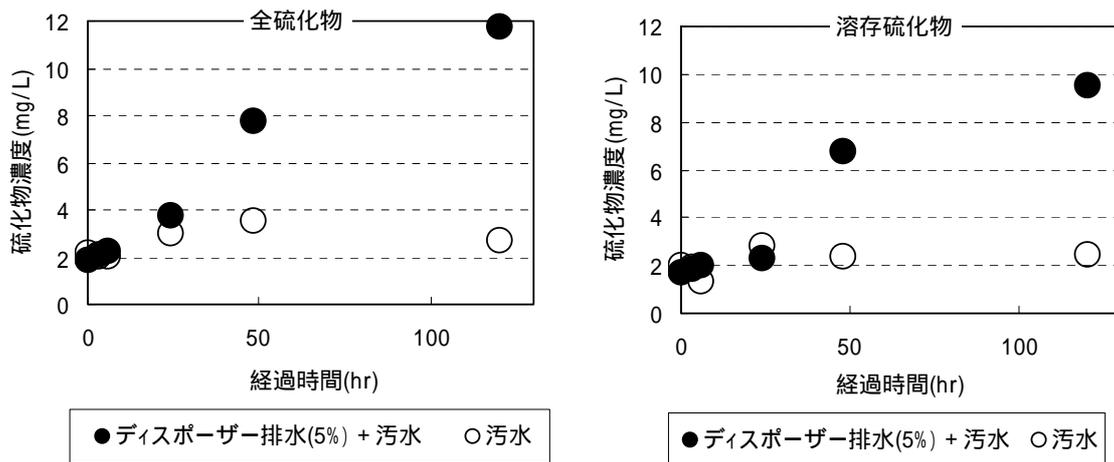


図 5.4.1 ディスポーザー排水（厨芥残渣）混合汚水中の硫化物含有量の変化

5.4.2 現地調査

調査は、平成 12 年、13 年、15 年、16 年度の計 4 回、最も硫化水素が発生しやすいと考えられる夏季を中心に実施した。第一中継ポンプ場には 2.7m × 1.5m × 2.4m のポンプ井があり、流入水量の少ない時間帯には 1.5m³程度汚水が滞留する。硫化水素測定時、管内の水温は測定していないが、終末処理場の流入水温は 17 程度である。4 章（4.8.2）と同様に、ポンプ井手前のマンホールに硫化水素測定器（ガステック製拡散式硫化水素測定器 GHS - 7AT）を設置し、硫化水素濃度を連続測定した。測定器は、マンホール内の足掛け金物にロープをかけインバートから 50cm の高さになるように吊り下げた。

【結果】

平成 12 年度の 9 月の調査結果を図 5.4.2 に示す。瞬間最大値は 2.3ppm であった。なお、平成 13 年～16 年までの調査でもほとんど硫化水素は観測されなかった。

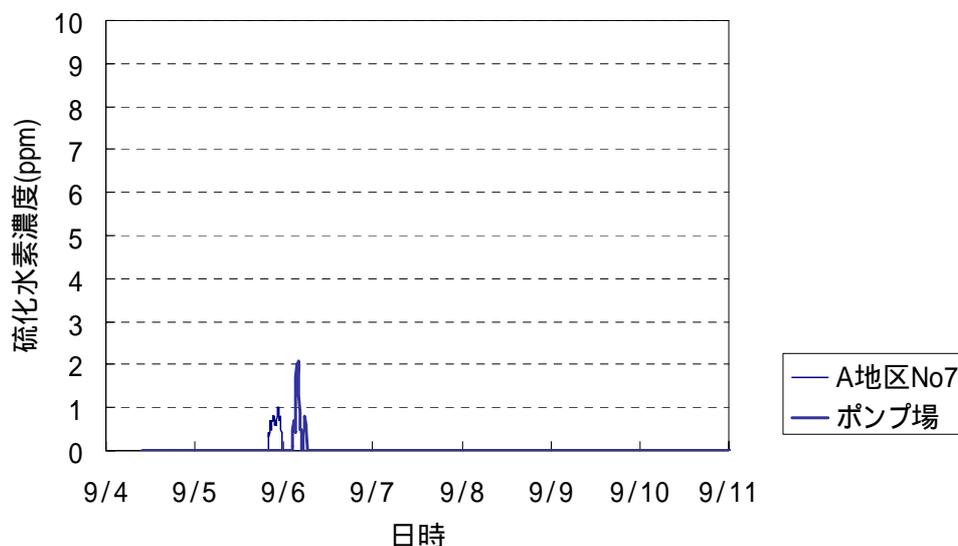


図 5.4.2 第一中継ポンプ場手前マンホール気相中の硫化水素濃度（平成 12 年）

【小括】

ディスポーター導入によるポンプ場施設への影響を把握するために、ディスポーター導入後の清掃状況、し渣量の聞き取り調査を行うとともに、堆積物および付着物の性状調査および硫化水素に関する調査を実施した。得られた結果を以下に示す。

- 1) 管理担当者への維持管理に関する聞き取り調査の結果、ディスポーター設置後、ポンプ場施設の清掃頻度は変更していないことがわかった。
- 2) し渣量は、ディスポーター導入前後ともに 20kg/月程度であり、ディスポーター導入後による変化はみられなかった。
- 3) 堆積物の組成は土砂が 86.5%、厨芥が 8.0%であり、比重は 2.5 であった。また、n-Hex 含有率は 3.83% と 0.1%未満の管渠内堆積物に比べて高い値を示した。
- 4) 厨芥粉砕物を含んだ下水を滞留させる室内実験の結果、厨芥粉砕物混入下水は 48 時間以上滞留した場合、通常の下水に比べて硫化物含有量が高くなることがわかった。
- 5) 歌登町では、長期間夏季を中心にポンプ場気相中の硫化水素濃度の測定を行ってきたが、硫化水素の発生はほとんど確認されなかった。

【参考文献】

- 1) 吉田綾子・行方馨・高橋正宏・森田弘昭、ディスポーターの導入が管渠内の硫化水素発生に及ぼす影響、下水道協会誌、投稿準備中