

合流式下水道緊急改善事業事後評価

アドバイザー会議資料

平成 29 年 1 月

白老町上下水道課

【目 次】

1. 白老町の下水道事業	31
1.1 緊急合流改善事業までの経緯	31
1.2 白老町における合流式下水道緊急改善事業の概要について	34
2. 雨天時モニタリング調査結果	38
2.1 流出解析モデルの妥当性の確認	39
3. 事後評価	42
3.1 汚濁負荷量の削減	43
3.1.1 高速ろ過施設の新設	43
3.2 公衆衛生上の安全確保	46
3.3 夾雑物の削減	50
用語解説	51

1. 白老町の下水道事業

1.1 緊急合流改善事業までの経緯

白老町の公共下水道事業は、昭和 42 年に下水道事業に着手し、昭和 49 年に供用を開始しました。事業着手当時は、雨水による浸水および汚水排除の停滞に対する環境改善を主眼とし、「浸水防除」と「水洗化」を同時に整備が進めることが出来、早期の達成が可能で、かつ費用も安価な「合流式下水道」を採用しました。その後、平成 16 年度に【白老町白老地区合流式下水道緊急改善計画（以下、「合流改善事業計画」という。）】の策定を行った後、本計画に基づき平成 17 年度より事業着手し事業の効率化等を考慮し平成 21 年度に変更を行い、平成 25 年度に完了しました。

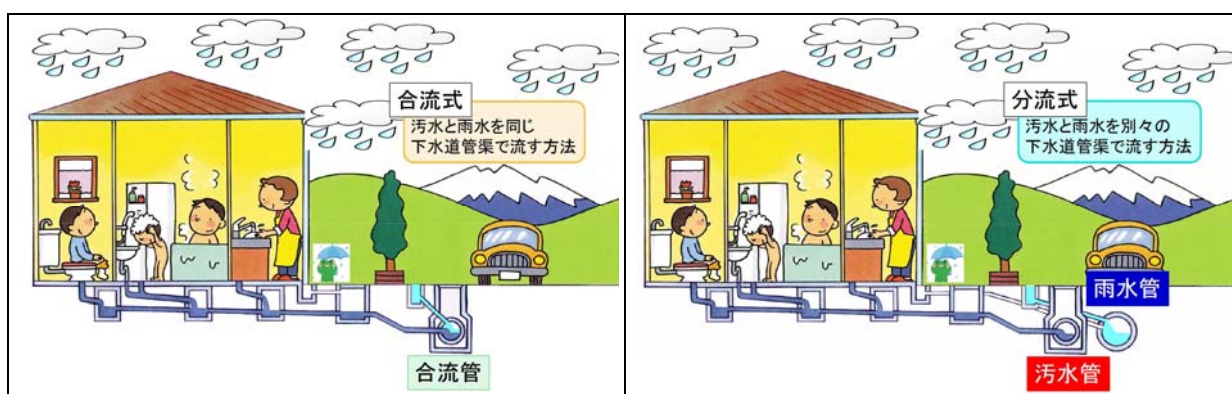


図 1.1 合流式下水道と分流式下水道イメージ図

合流式下水道の特徴

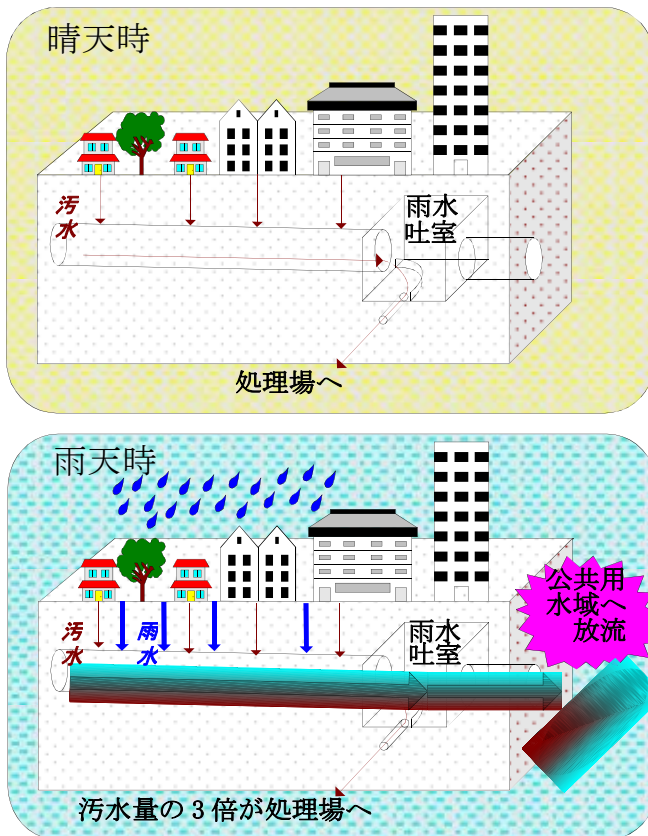
- ① 汚水と雨水を 1 本の管で収集・排除するため、汚濁負荷の削減と浸水対策を同時に解決することができる。
- ② 管を 1 系統のみ布設するため、汚水・雨水の 2 系統を入れる分流式に比べ、安価にかつ早期に施工することができる。
- ③ 雨天時に計画量を超える下水が流入すると、計画量を越える分については未処理で公共用水域に放流される。

分流式の特徴

- ① 汚水は全て処理場で処理されるため、未処理の汚水が公共用水域に排出されることがなく、公共用水域の水質が保全される。
- ② 管を汚水と雨水の 2 系統布設する必要があるため、工事費などが高価になり、工期も長期となる。

合流式下水道とその問題点

事業当初から行ってきた合流式下水道は、雨天時に汚水と雨水が混合した下水の一部が未処理で河川や海等に放流される場合があるため、その排出される下水による放流先での水質の悪化や、この水域における水の利用者に対する公衆衛生上の影響や生態系への影響が懸念されるようになり、平成 15 年には下水道法施行令が改正され、合流式下水道を「改善しなければならないもの」と位置付けられました。



●晴天時

汚水がすべて処理場へ流下し、**適正に処理**される。

●雨天時

汚水と雨水の一部 (**汚水の3倍**) が処理場へ流下し処理され、それ以上の合流下水が公共用水域へ**未処理のまま放流**される。

図 1.2 合流式下水道の概念図



図 1.3 未処理放流水の越流状況

1.2白老町における合流式下水道緊急改善事業の概要について

事業を進めるにあたって法令等で示された改善目標は以下の3項目でした。

項 目	目 標
①汚濁負荷量 ^{※1)} の削減	当該合流式下水道を分流式下水道と置き換えた場合において排出する汚濁負荷量と同程度以下となることを目標とする。
②公衆衛生上の安全確保	原則として、合流式下水道の全ての吐口からの未処理下水の放流回数を少なくとも半減させることを目標とする。
③夾雑物 ^{※2)} の削減	原則として、合流式下水道の全ての吐口において、夾雑物の流出を極力防止することを目標とする。

※1) 水量と汚濁物の濃度を乗じて求めた汚濁量。

※2) 下水に含まれる油分やごみ等の固形物

平成21年度に策定した「合流改善計画」に基づき実施する事業は以下のとおりとし、これらの対策を実施することにより、計画の目標値を達成することが可能であるとしていました。

(1) 白老下水終末処理場において合流下水の高速ろ過施設を新設する。

白老下水終末処理場からの未処理放流水等の汚濁負荷量削減及び未処理下水放流回数削減のため、高速ろ過施設の新設

(2) 合流区域の遮集量の適正化を図るために、遮集管渠を新設する。

No.6 雨水吐室の未処理放流水等の汚濁負荷量削減及び未処理下水放流回数削減のため、遮集管の新設

(3) 合流区域内の雨水吐き室に夾雑物流出防止のスクリーンを新設する。

5箇所雨水吐室全てにスクリーンを設け、夾雑物の削減

合流改善事業計画は、改善目標の達成に向けて費用対効果の観点から効率の高い対策を優先的に実施することが重要となります。また改善目標を達成するための対策期間は、事業着手から概ね10年以内を基本としています。

白老町では、平成17年から平成25年度において合流改善対策事業を実施し改善目標を達成しています。

表 1.1 事業期間表

項目		平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度
計画策定													
対策事業	目標	対策施設名											
	汚濁負荷量削減 公衆衛生上の安全確保	No.6雨水吐室 遮集管渠新設											
		高速ろ過施設 (ポンプ施設含む)											
	夾雑物の削減	スクリーン											
合流改善対策事後評価													

: 計画策定時
 : 実施設計
 : 実施状況
 : 今回

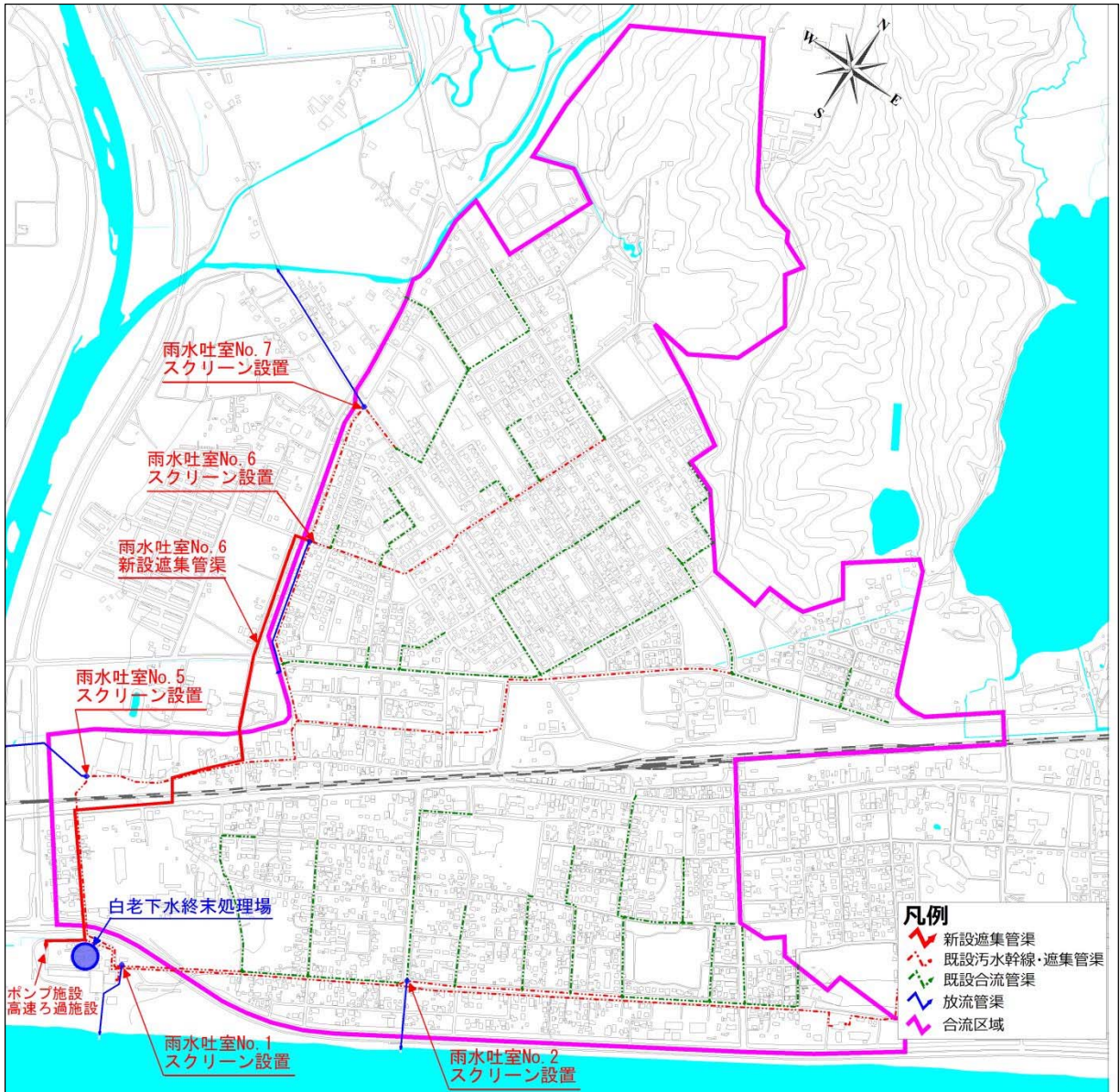
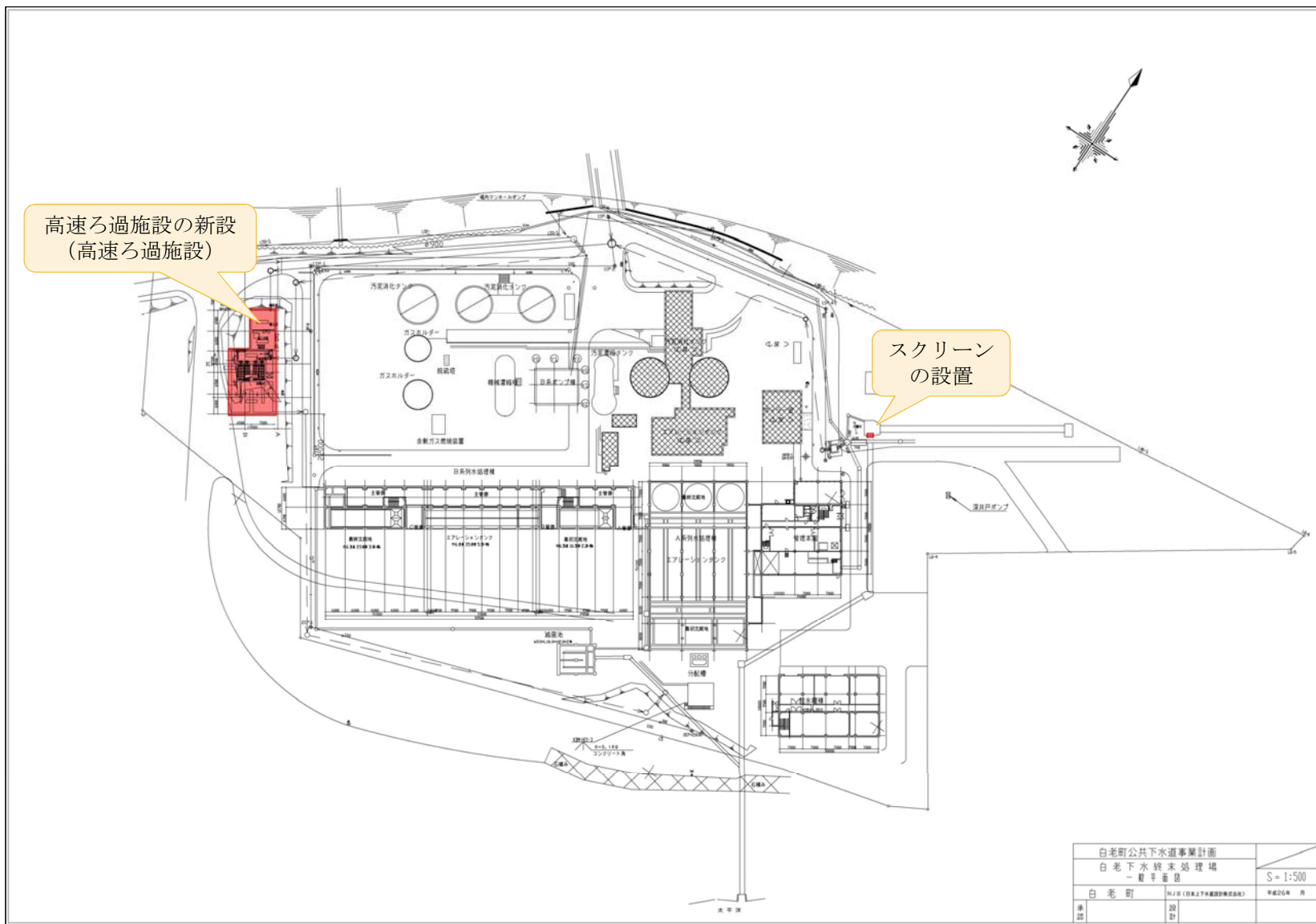


図 1.4 合流改善対策図 (1/2)



白老町公共下水道事業計画		S=1:500
白老下水終末処理場 一般平面図		
白老町	N/2区(日本上下水道設計株式会社)	平成26年 月
承認	設計	

図 1.5 合流改善対策図 (2/2)

2. 雨天時モニタリング調査結果

「合流改善対策事業」が完了したことを受け、その効果が発揮されていることを確認するために、平成 28 年度に「合流改善事業」の事後評価を実施しました。事後評価において実施したモニタリングの概要は以下のとおりです。

【目的】

- (1) 流出解析モデルの妥当性を確認する。
- (2) 雨水時未処理下水の汚濁負荷量を確認する。

【期間】

調査項目	調査日時	備考
流量・水位	2016年 8月 10日 16時 ～ 2016年 11月 9日 15時	期間中連続測定
水質調査	2016年 11月 8日 14時 ～ 2016年 11月 8日 17時	

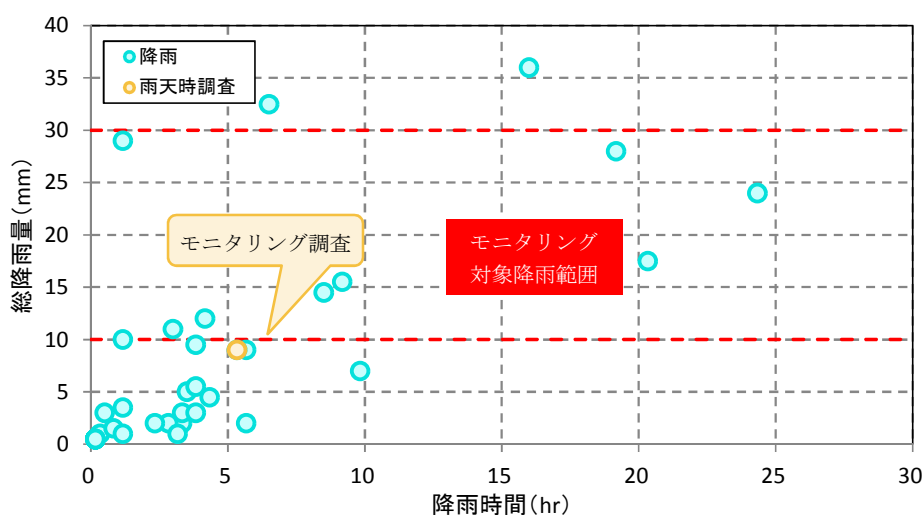


図 2.1 調査期間における降雨データ

合流改善事後評価におけるモニタリング対象降雨は、総降雨量が概ね 10mm 以上 30mm 未満の降雨とされています。

今回モニタリング対象とした降雨については、44 回の降雨のうち、11 月 8 日の降雨（降雨時間：5.3 時間、総降雨量：9.0mm、60 分降雨強度：3.0mm/hr）を対象としました。

2.1 流出解析モデルの妥当性の確認

下図に示すように、今回の雨天時モニタリング結果と「緊急改善計画」における流出解析モデルのシミュレーション結果が良好であったため、流出解析モデルの妥当性を確認しました。

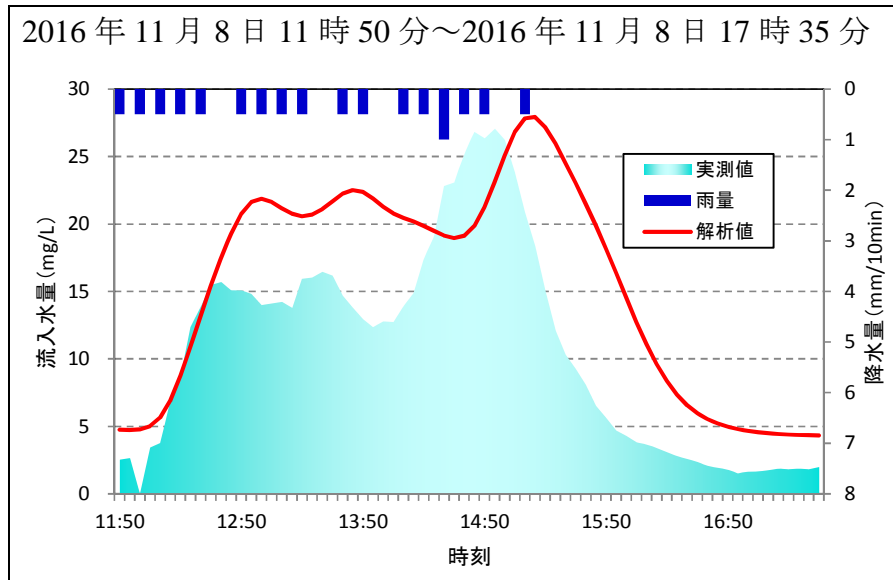


図 2.2 流量のキャリブレーション結果

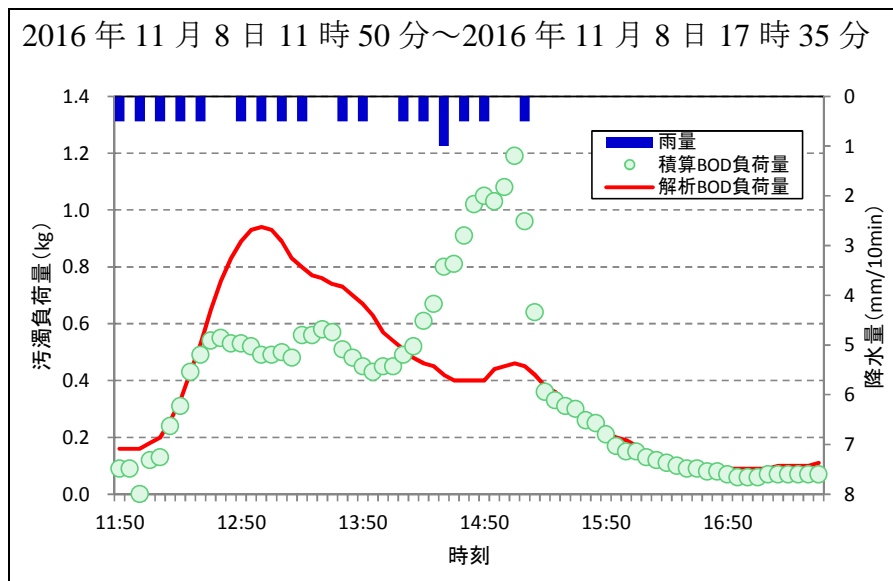


図 2.3 BOD 汚濁負荷量のキャリブレーション結果

表 2.1 総汚濁負荷量整理

項目	解析値	実績積算値	備考
総汚濁負荷量 (kg)	27.60	27.31	2016年11月8日11時50分 ～ 2016年11月8日17時35分

【雨水吐室 No.2 流入合流下水モニタリング結果】

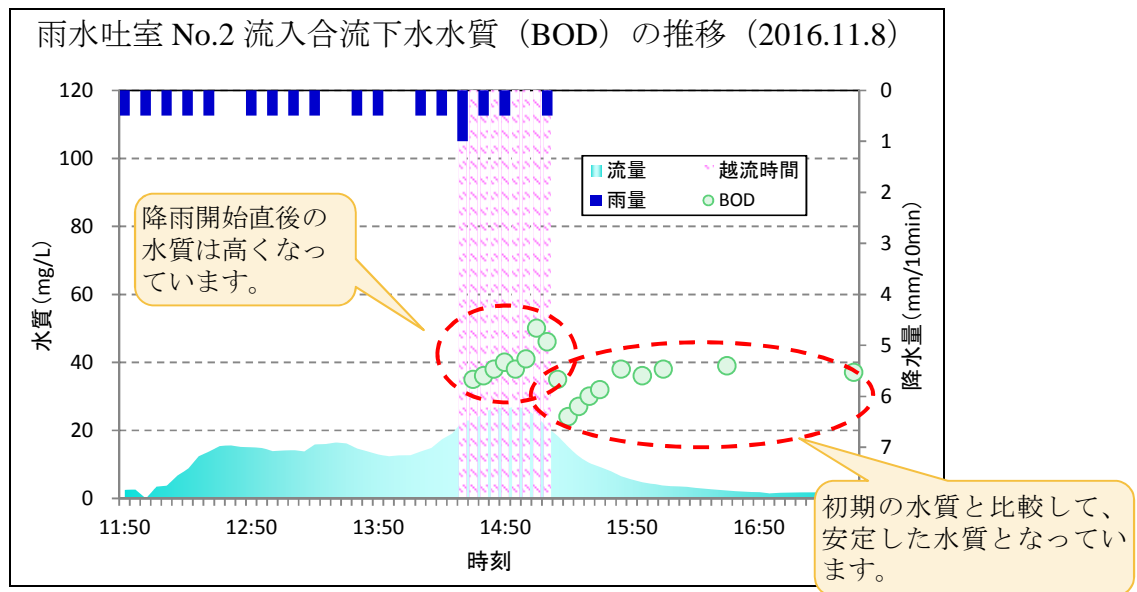


図 2.4 雨水吐室 No.2 流入合流下水

図 2.4 に示すように、調査開始後水質が高く時間の経過とともに低くなっていく傾向がみられた。なお、開始後に高い傾向を示したのは、管路施設に堆積した汚濁物質及び地表面に堆積した汚濁物質が降雨の開始とともに流出したためと考えられます。

【処理場放流部におけるモニタリング結果】

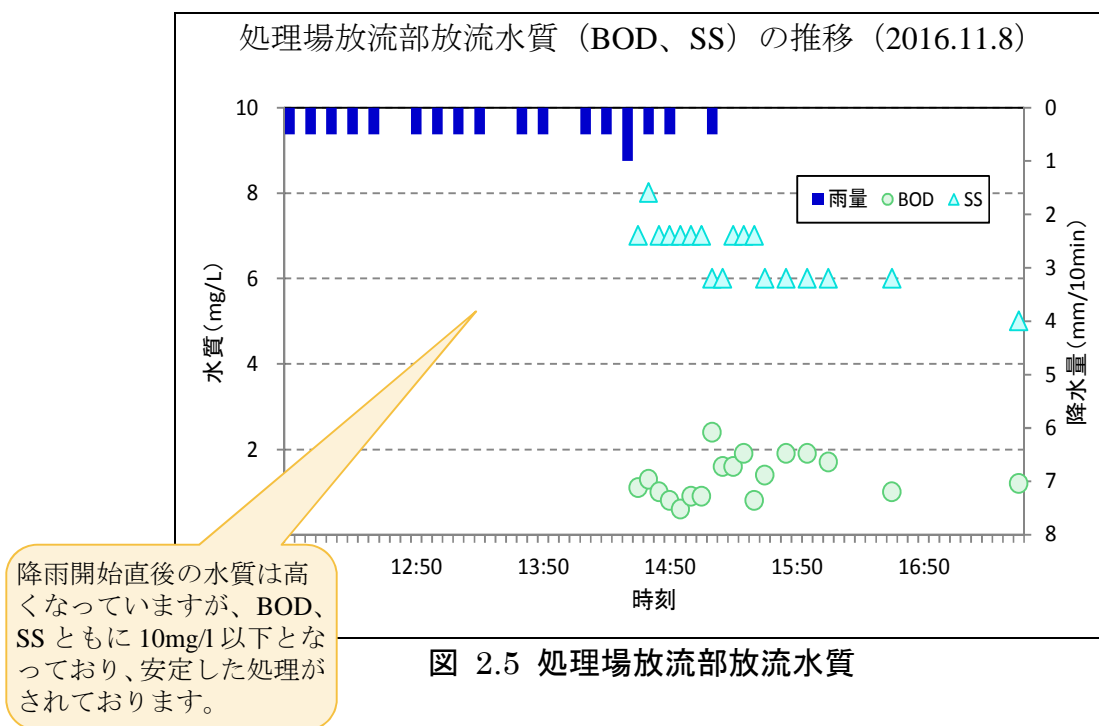


図 2.5 処理場放流部放流水質

【高速ろ過施設放流部】

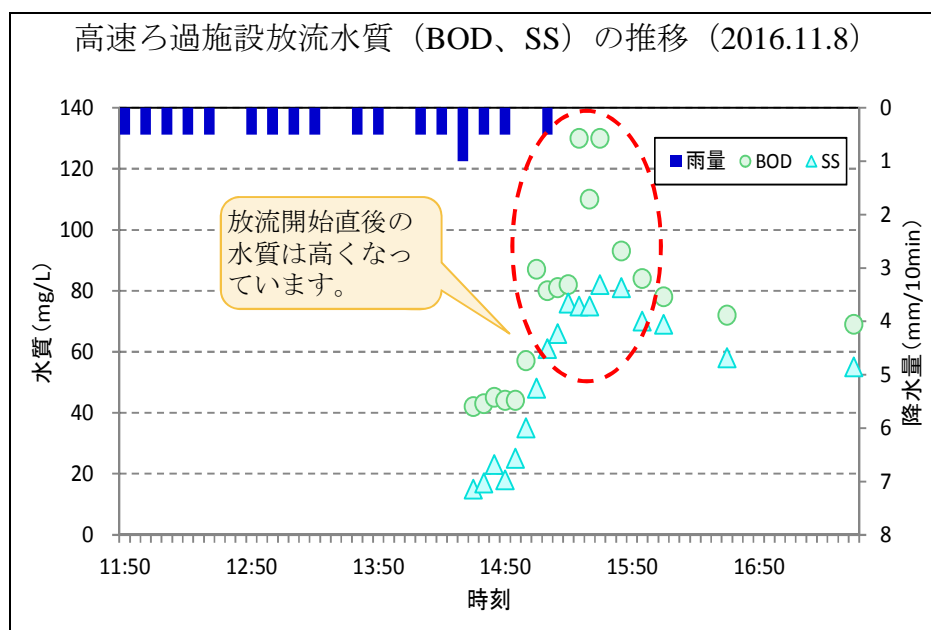


図 2.6 高速ろ過施設放流部

図 2.6 に示すように放流開始とともに高くなり、時間の経過とともに低くなっていく傾向がみられた。開始後に高い傾向を示したのは、管路施設に堆積した汚濁物質及び地表面に堆積した汚濁物質が降雨の開始とともに流出し、流入水質が高い傾向にあったためと考えられます。

3. 事後評価

以下の3つの項目について評価を行いました。

- ① 汚濁負荷量の削減
- ② 公衆衛生上の安全確保
- ③ 夾雑物の削減

区分	平成21年度 実施前(計画当初)	平成25年度 目標値(分流並)	平成28年度 実施後(事後評価)
①汚濁負荷量の削減	・年間汚濁負荷量 BOD:47,400kg① ・汚濁負荷量削減量 0kg	・年間汚濁負荷量 BOD:37,800kg② ・汚濁負荷量削減量 ①-②=9,600kg	・年間汚濁負荷量 BOD:36,100kg③ ・汚濁負荷量削減量 ①-③=11,300kg \geq 9,600kg
②公衆衛生上の安全確保	・未処理放流回数 342回 ・削減率 0%	・未処理放流回数 171回 ・削減率 50%	・未処理放流回数 150回 ・削減率 56% \geq 50%
③夾雑物の削減	・夾雑物対策率 対策実施率0%	・夾雑物対策率 全ての雨水吐口放流部にスクリーン設置 対策実施率100%	・夾雑物対策率 全ての雨水吐口放流部にスクリーン設置 対策実施率100%

:今回評価結果

3.1 汚濁負荷量の削減

合流式下水道における雨天時汚濁負荷量の削減目標を達成するために、処理場内において「高速ろ過施設の新設」という対策を行いました。

3.1.1 高速ろ過施設の新設

「合流改善事業計画」に基づき、処理能力 27,900m³/日の高速ろ過施設を新設しました。

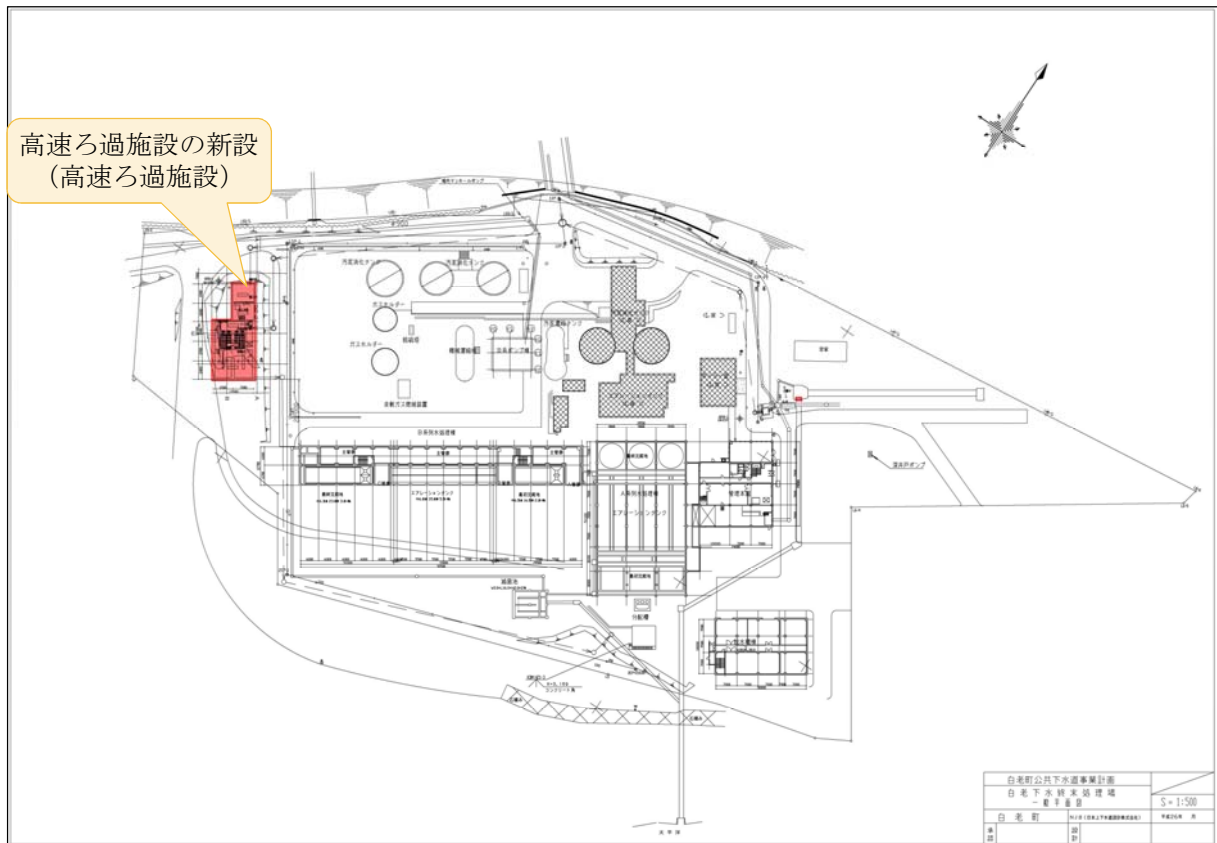
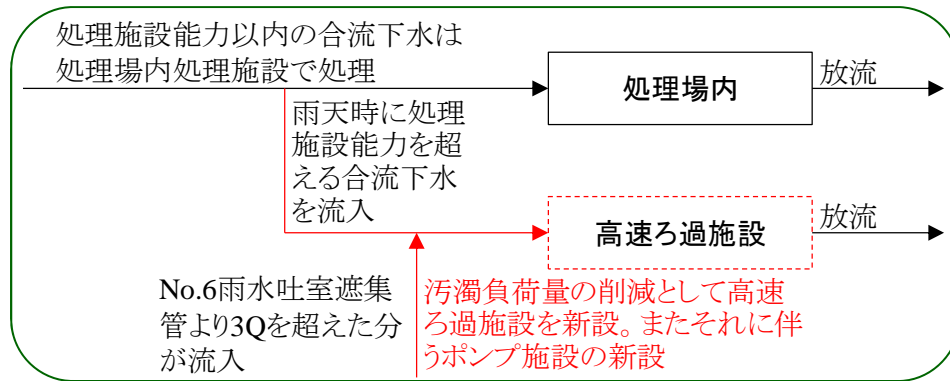


図 3.1 高速ろ過施設新設位置図

【高速ろ過施設の新設について】

合流改善対策施設である、高速ろ過施設概要を表 3.1 に示します。

シミュレーション結果は図 3.2 に示すとおり、高速ろ過施設（貯留規模 0mm）を新設する事により、年間BOD 総汚濁負荷量は現況(実施前)47,400kg に対して 36,130kg となり分流並 37,800kg 未満となります。

表 3.1 対策案施設概要

項 目		高速ろ過施設
高速ろ過	最大流入水量	27,900m ³ /日
	設計ろ過速度	1,000m/日
	設計ろ過面積	30m ²
	運転時間	857 時間
	平均流入水質	33mg-BOD/L
	最大流入水質	155mg-BOD/L
	平均 BOD 除去率	62%

【白老下水終末処理場 雨水滞水池+高速ろ過施設の設置】

現況 (kg/年)	47,400
--------------	--------

貯留規模 (mm)	貯留容量 (m ³)	年間BOD 総放流負荷量 (kg/年)	雨水滞水池計算 による負荷量 (kg/年)	吐口 越流負荷量 (kg/年)	融雪時 負荷量 (kg/年)	分流並 (kg/年)	達成率 (%)
0	0	36,130	24,800	4,930	6,400	37,800	105
1	2,500	35,130	23,800	4,930	6,400	37,800	108
2	5,000	35,130	23,800	4,930	6,400	37,800	108
3	7,500	35,130	23,800	4,930	6,400	37,800	108

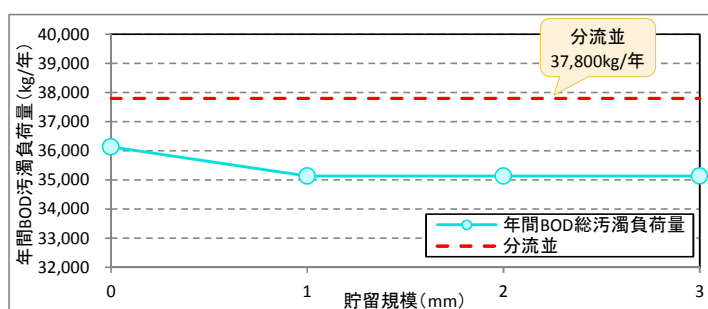


図 3.2 年間 BOD 総汚濁負荷量シミュレーション結果

また今回雨天時モニタリング調査における処理場、高速ろ過施設及び各雨水吐室よりの公共用水域への総汚濁負荷量を算出し、結果として雨天時の平均放流水質が下水道法施行令で定められた水質基準 BOD40mg/l 以下となっているかどうかの確認を行いました。

$$\text{BOD 平均水質(mg/l)} = \text{積算 BOD 汚濁負荷量(kg)} / \text{積算流量(m}^3\text{)} \times 1000$$

表 3.2 雨天時放流流水質算定結果

位置	流量 (m ³)	汚濁負荷量 (kg)	放流水質 (mg/l)	備考
白老下水終末処理場	2,043.676	2.520	1.2	
高速ろ過施設	791.600	61.730	78	
吐口 No.2	42.419	1.670	39.4	
計	2,877.695	65.920	22.9	

3.2 公衆衛生上の安全確保

現状のシステムにおける越流回数は 342 回となっており、合流改善対策としてこの放流回数を半減させることを目標とする。つまり、現状の越流回数 342 回から 171 回以下とする必要となります。

なお、現況シミュレーションにおいては、遮集管の遮集量として 3Q 相当として検討していますが、現状雨水吐室 No.6 を除きそれ以上の遮集を見込むことが可能な状況です。このため、合流改善対策としては、雨水吐室 No.6 に新設の遮集管を布設しました。

本シミュレーションにおいては、現況の再現及び新設遮集管の効果により越流回数の目標達成かどうかの検討を行いました。

表 3.4 及び表 3.5 に 119 回の独立降雨ごとの現況解析結果を示します。表中赤ハッチング箇所が越流であり、新設遮集管の設置及び現況の能力見合いでのシミュレーションの結果現状の 342 回から 150 回に減らすことが可能となり、目標値を達成可能です。

表 3.3 年間越流回数検討結果

放流先	施設名称	年間越流回数(回)			備考
		現況	目標	対策後	
太平洋	雨水吐室 No.1	84	42	38	
	雨水吐室 No.2	75	37	30	
白老川	雨水吐室 No.5	118	59	52	
ウトカンベツ川	雨水吐室 No.6	22	11	10	
	雨水吐室 No.7	43	22	20	
合計		342	171	150	

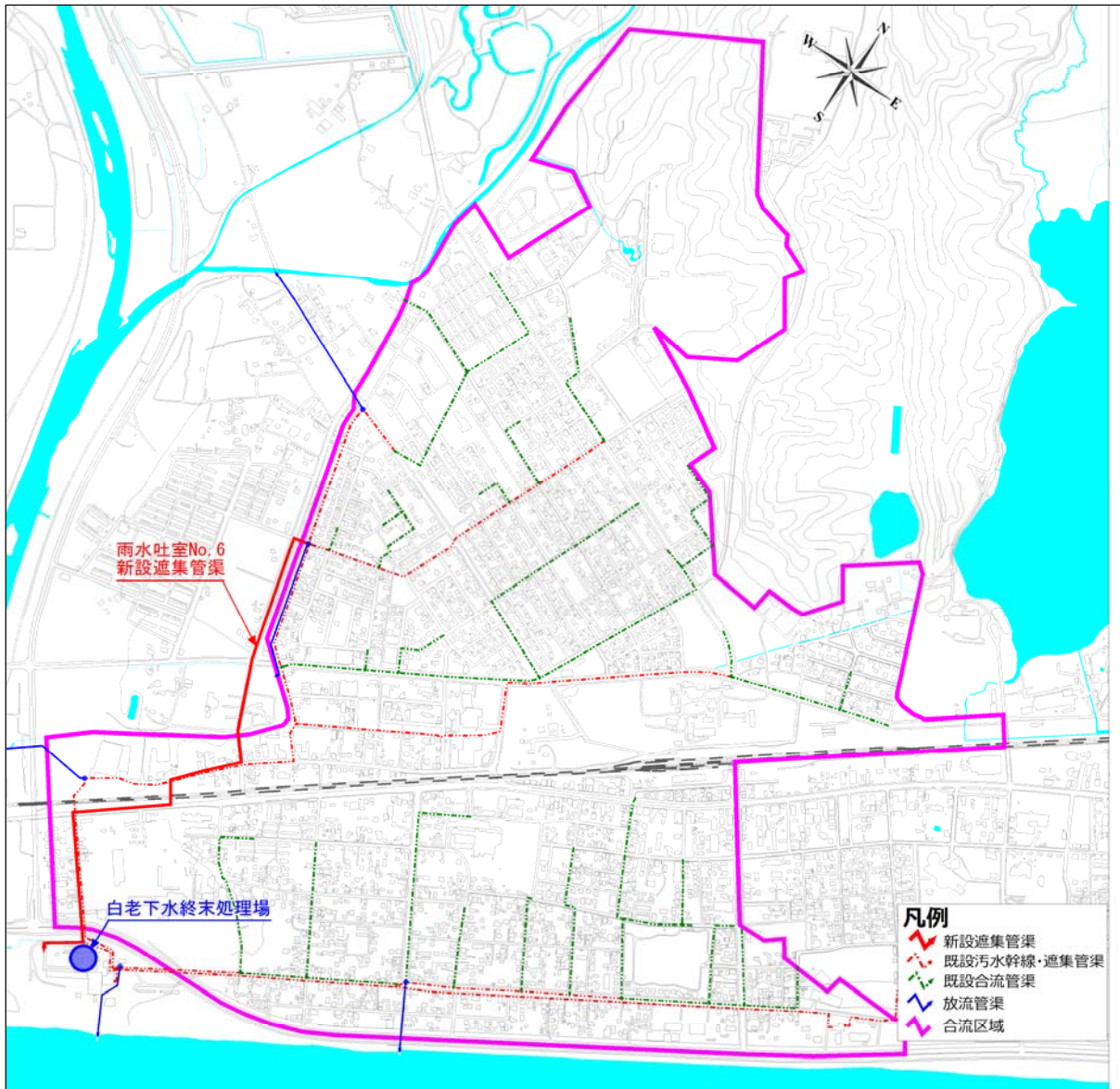


図 3.3 雨水吐室 No.6 新設遮集管渠対策図

表 3.4 降雨ごとの越流データ (1/2)

降雨 番号	総降雨量 (mm)	降雨時間 (mm)	越流量(m ³)					越流回数				
			吐口1	吐口2	吐口5	吐口6	吐口7	吐口1	吐口2	吐口5	吐口6	吐口7
1	3.5	7.00			13.5					1		
2	0.5	4.00										
3	44.5	26.50	542.7	550.4	2,534.7		5.2	1	1	1		1
4	0.5	4.00										
5	4.0	13.00										
6	0.5	4.00										
7	4.5	7.00			112.7					1		
8	1.0	4.00										
9	2.0	8.17										
10	0.5	4.00										
11	87.0	26.50	1,970.3	1,968.6	6,612.2		3.7	1	1	1		1
12	9.0	7.50	69.6	58.1	425.4			1	1	1		
13	25.0	16.17	163.5	54.0	1,195.2			1	1	1		
14	4.0	14.50										
15	0.5	4.00										
16	22.0	14.33	99.7	15.5	1,042.5			1	1	1		
17	1.0	4.33										
18	0.5	4.00										
19	1.0	4.33										
20	32.5	35.33	123.5	68.9	1,012.8			1	1	1		
21	1.0	7.67										
22	0.5	4.00										
23	15.0	18.67	0.8		268.4			1		1		
24	0.5	4.00										
25	0.5	4.00										
26	0.5	4.00										
27	1.5	7.50										
28	4.0	13.50										
29	0.5	4.00										
30	41.5	19.17	807.0	757.6	2,775.8			1	1	1		
31	0.5	4.00										
32	42.5	14.67	1,473.0	2,185.9	3,598.8	241.6	193.2	1	1	1	1	1
33	14.0	11.83	106.9	36.0	573.8			1	1	1		
34	1.0	4.67										
35	7.0	12.83	10.2		187.2			1		1		
36	89.0	21.50	3,011.1	4,193.9	7,923.9	335.7	293.1	1	1	1	1	1
37	0.5	4.00										
38	0.5	4.00										
39	1.0	4.83										
40	1.0	7.50										
41	27.0	14.33	400.2	361.3	1,657.1		3.3	1	1	1		1
42	0.5	4.00										
43	9.5	20.83			1.5					1		
44	0.5	4.00										
45	17.5	21.50	10.5		347.8			1		1		
46	2.0	10.00										
47	1.5	6.17										
48	0.5	4.00										
49	1.0	7.17										
50	0.5	4.00										
51	0.5	4.00										
52	5.0	12.50			19.5					1		
53	28.5	29.00	129.4	111.5	929.7			1	1	1		
54	0.5	4.00										
55	8.0	12.83			99.1					1		
56	1.5	8.83										
57	6.5	15.50			6.1					1		
58	0.5	4.00										
59	133.0	46.33	4,338.1	6,199.7	10,793.3	400.1	407.1	1	1	1	1	1
60	0.5	4.00										
61	9.5	14.67	2.2		152.3			1		1		
62	7.5	16.50										
63	17.0	20.50	438.7	681.4	1,010.7	43.2	50.0	1	1	1	1	1
64	0.5	4.00										
65	48.0	32.50	679.8	817.2	2,355.8		14.8	1	1	1		1
66	0.5	4.00										
67	0.5	4.00										
68	2.0	5.00			2.7					1		
69	1.5	4.50										
70	29.5	6.33	2,684.5	4,472.9	5,681.4	1,513.7	866.9	1	1	1	1	1
71	0.5	4.00										
72	3.5	5.50			83.1					1		
73	2.0	4.17			22.6					1		
74	133.5	21.83	7,398.5	11,427.0	16,800.7	2,477.2	1,613.8	1	1	1	1	1
75	7.0	11.00	8.8		136.6			1		1		
76	3.0	6.83										
77	1.0	4.50										
78	7.0	5.67	174.3	237.8	471.3		4.7	1	1	1		1

表 3.5 降雨ごとの越流データ (2/2)

降雨 番号	総降雨量 (mm)	降雨時間 (mm)	越流量(m ³)					越流回数				
			吐口1	吐口2	吐口5	吐口6	吐口7	吐口1	吐口2	吐口5	吐口6	吐口7
79	73.0	15.83	5,888.8	9,623.5	13,009.6	3,650.9	1,886.5	1	1	1	1	1
80	71.5	21.83	2,000.9	2,471.1	5,660.3		78.8	1	1	1		1
81	1.0	7.00										
82	2.0	6.17										
83	7.0	15.67			7.8					1		
84	10.5	12.00			148.7					1		
85	4.0	4.17	61.1	56.5	187.9			1	1	1		
86	1.0	4.33										
87	49.5	18.17	1,463.7	1,842.3	3,871.8		93.2	1	1	1	1	1
88	85.5	16.00	7,327.1	11,950.0	16,596.3	4,905.9	2,447.0	1	1	1	1	1
89	7.0	4.67	196.6	261.7	482.3		7.9	1	1	1		1
90	1.5	5.17										
91	33.5	7.67	3,106.9	5,109.7	6,809.7	1,905.2	1,015.5	1	1	1	1	1
92	5.5	6.83	3.2		192.3			1		1		
93	2.0	8.67										
94	13.0	5.83	605.5	936.4	1,265.7	126.8	106.5	1	1	1	1	1
95	5.0	8.50	37.9	17.6	139.0			1	1	1		
96	12.0	8.17	270.8	312.8	720.7		8.6	1	1	1		1
97	4.5	9.50	4.6		80.3			1		1		
98	1.0	4.50										
99	1.0	5.00										
100	15.0	9.67	278.9	311.9	854.1			1	1	1		1
101	1.0	4.67										
102	1.5	4.33										
103	0.5	4.00										
104	0.5	4.00										
105	1.0	6.00										
106	0.5	4.00										
107	9.0	16.67			111.3					1		
108	0.5	4.00										
109	3.0	5.67			25.0					1		
110	6.5	14.83										
111	2.5	7.00										
112	1.0	7.17										
113	3.5	6.67			13.0					1		
114	0.5	4.00										
115	28.5	18.83	501.5	508.8	1,751.7			1	1	1		
116	1.5	5.17										
117	0.5	4.00										
118	7.0	7.67	9.4		204.3			1		1		
119	1.0	5.00										
計	1461.5	1,140.50	46,400	67,600	120,980	15,600	9,100	38	30	52	10	20

3.3 夾雑物の削減

雨天時に各雨水吐室からの越流する未処理水の夾雑物を除去するために、合流区域内5ヶ所の雨水吐室全てにスクリーンを設置しました。これにより、雨天時の夾雑物が公共用水域へ放流されることを防ぐことができます。

図 3.4 に雨水吐室 No.2 における雨天時夾雑物除去撤去図を示します。



図 3.4 夾雑物除去状況図

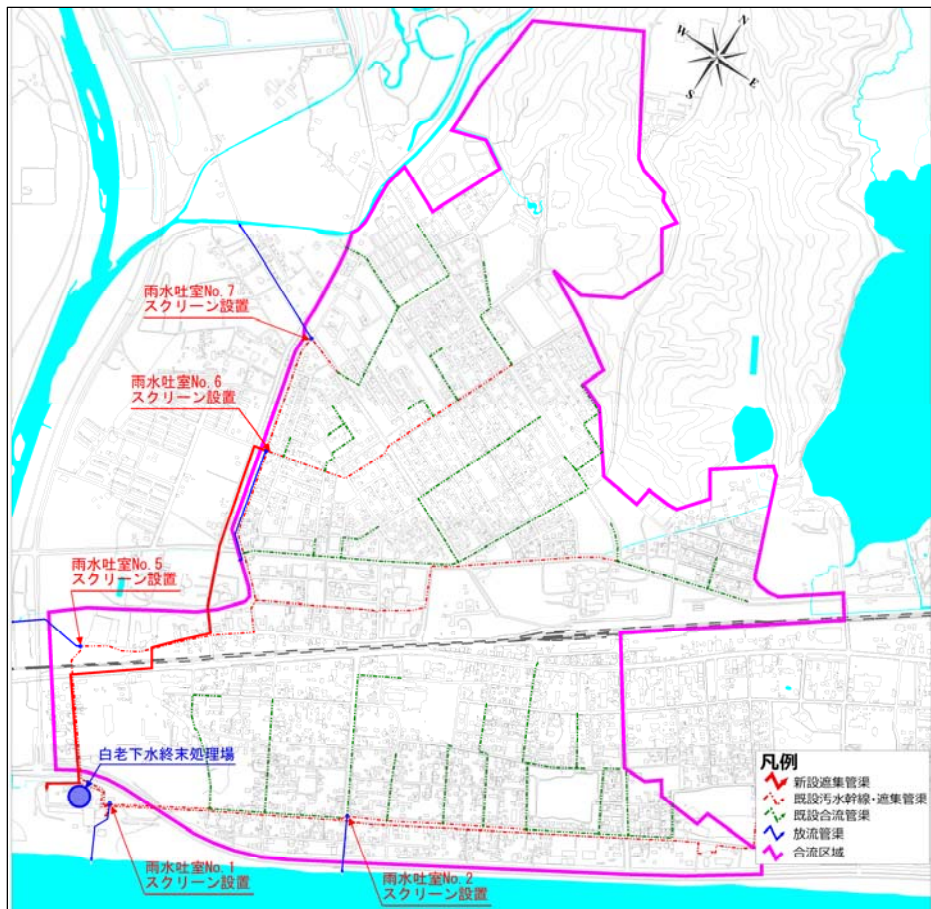


図 3.5 スクリーン設置位置図

ア 行

雨水滞水池

降雨初期の下水を一時的に貯留し、合流式下水道からの未処理放流水等による汚濁負荷量を減少させるための施設。流入・越流条件により4型式に分類され、滞水池満水後も下水を流入させ沈殿処理を行うこともある。貯留した下水は降雨終了後に処理場へ送水され、処理される。なお、雨水滞水池の貯留管タイプ形式のものを雨水貯留管ということがある。

雨水吐き室

合流式下水道において、雨天時にある一定量までは遮集管を経て下水処理場へ、一定量以上は分水し、直接、河川などの水域に放流するための雨水越流堰などの施設。

SS（浮遊物質）

水中の汚濁物質のうち、不溶解性の無機または有機廃棄物など、水中に浮遊する流径2mm以下の物質をいい、mg/lで表したもの。数値が高いほど汚濁が進んでいる。

越流回数

雨天時に雨水吐き室やポンプ場から放流される越流水の発生する降雨回数をいう。独立降雨の1降雨単位で越流回数をカウントする。

越流堰

合流式下水道の雨水吐き室において、雨天時に下水の一部を越流させるための堰をいう。

汚濁負荷量

水量と汚濁物の濃度とを乗じて求めた汚濁量。合流改善計画では主に「kg/年」（1年間に発生・排出される汚濁負荷量）を単位とする。水質と水量との関係は、以下のとおり。

$$\text{汚濁負荷量 (kg/年)} = \frac{\text{水質 (mg/l)}}{1,000} \times \text{水量 (m}^3\text{/年)}$$

$$\downarrow$$

$$\text{(kg/m}^3\text{)}$$

カ 行

簡易処理

合流式下水道の雨天時下水を沈殿法によって処理すること。

簡易処理水

浄化センターから放流される沈殿処理及び消毒処理された放流水。

夾雑物

下水に含まれる固形物で、管渠内の堆積物の原因となる物質。雨水吐き室やポンプ場の放流先では、雨天時にビニル、合成樹脂、ゴム、皮革類、草木、わら類、厨芥類などが散乱し、景観上の問題となっている。

合流下水

雨水吐き室およびポンプ場（雨水吐き施設）に流入する下水をいう。また、合流下水は分水せき等により遮集下水と未処理下水に分離される。

サ 行

遮集雨水量

遮集下水量から晴天時計画時間最大汚水量を差し引いた水量。有効降雨量に換算して表すことが多く、これは次式で計算される。

$$\text{遮集雨水量(mm/hr)} = (\text{遮集下水量(m}^3\text{/s)} - \text{晴天時計画時間最大汚水量(m}^3\text{/s)}) \\ \div \text{計画区域面積(ha)} \times 360$$

遮集管渠

合流式下水道で、晴天時下水及び一定量の雨天時下水を下水処理場へ送る管渠。一般的に晴天時時間最大汚水量の3倍を遮集している。

ナ 行

年間総排出負荷量

1年間に合流式下水道から排出される汚濁負荷量の総量。晴天時の高級処理による。

ハ 行

BOD（生物化学的酸素要求量）

溶存酸素の存在の基で、水中の分解可能性有機物質が生物学的に分解され安定化するために必要な酸素量を mg/l であらわしたもの。20℃、5日間で消費する酸素量を標準とする。水の汚れ、特に河川の汚濁を表す指標となる。数値が高いほど汚濁が進んでいる。

ファーストフラッシュ

降雨初期の流出水は、地表面や、管路施設に堆積した汚濁物質が降雨の開始とともに一挙に流出するため、高濃度の汚濁物質が含まれている。この雨水の流出開始直後における高濃度な下水の流下現象をファーストフラッシュといい、未処理下水においても同様に高濃度の汚濁物質が含まれている現象がある。

分流式下水道並汚濁負荷量

合流式下水道で整備されている区域を、仮に、分流式下水道で整備した場合に排出される汚濁負荷量の総量。分流汚水を処理後、放流される負荷量と、分流雨水による負荷量の合計。

マ 行

未処理放流水等

合流式下水道において、雨水吐き室、ポンプ場、処理場からの高級処理を経由しない放流水をいう。簡易処理の放流水、雨水処理施設などからの放流水を含む。越流水ともいう。

モニタリング

一定時間継続して、ポンプ場、吐き口、放流先などの状態や水量、水質などの変化する状況を監視または調査することをいう。