

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【1】

平成 27 年 6 月

北見市上下水道局下水道課

【目 次】

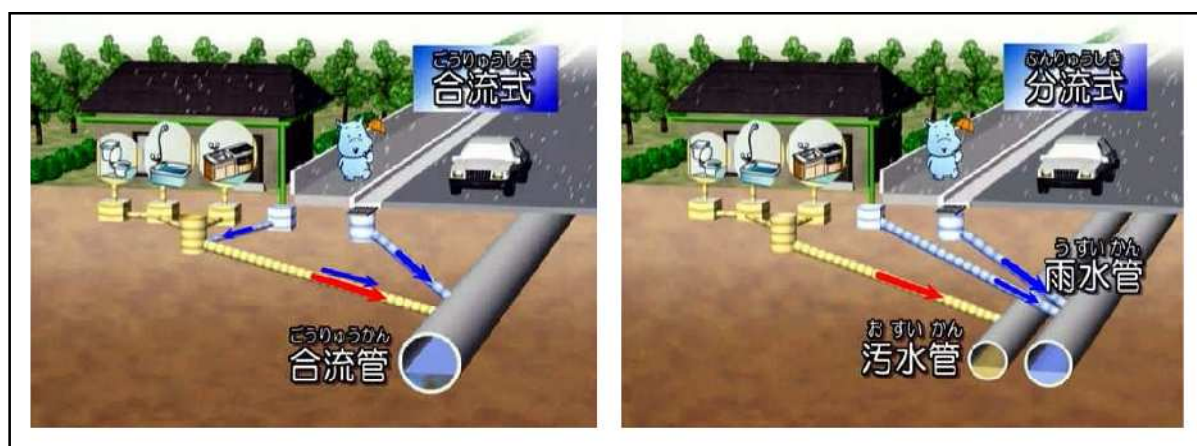
1	北見市の下水道事業	1
1.1	緊急合流改善事業までの経緯	1
1.2	北見市における合流式下水道緊急改善事業の概要について	3
2	雨天時モニタリング調査結果	4
3	事後評価	8
3.1	汚濁負荷量の削減	9
3.2	公衆衛生上の安全確保	13
3.3	きょう雑物の削減	18
	用語解説	19

1 北見市の下水道事業

1.1 緊急合流改善事業までの経緯

北見市の公共下水道事業は、昭和 37 年に事業着手、昭和 38 年から供用を開始しました。当初は、下水道事業の目的である「浸水防除」と「水洗化」を早期に達成でき、かつ費用も安価な「合流式下水道」を採用しました。その後、日本の高度成長に伴い公害問題が悪化していたことを背景に昭和 45 年には公害関係法令の抜本的な整備を目的として、通称「公害国会」が開かれました。

その際、下水道法を改正し下水道の目的として「公共用水域の水質保全」が追加されたことを受け、北見市においてもその後の下水道整備は分流式下水道で行って来ました。



合流式下水道と分流式下水道

合流式下水道の特徴

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。

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。

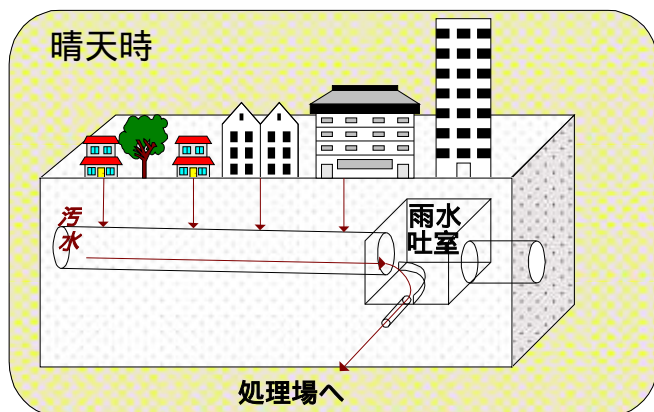
雨天時に計画量を超える下水が流入すると、計画量を越える分については未処理で公共用水域に放流される。

分流式の特徴

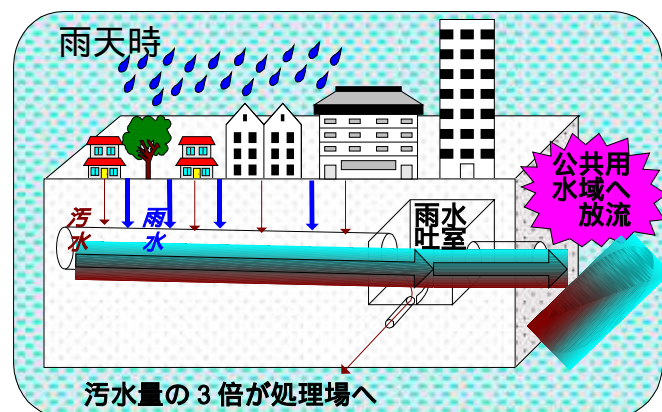
汚水は全て処理場で処理されるため、未処理の汚水が公共用水域に排出されることがなく、公共用水域の水質が保全される。

管を汚水と雨水の 2 系統布設する必要があり、工事費などが高価になり、工期も長期となる。

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。

晴天時と雨天時の公共用水域への吐口状況(参考)



1.2 北見市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。
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。
3	きょう雑物 ^{*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、きょう雑物の流出を極力防止すること。

*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ゴミ等の固形物。

北見市においては平成 14～16 年度にかけ「北見市市街地地区合流式下水道緊急改善計画」(以下、「緊急合流改善計画」という)を策定しました。計画策定時における北見市内の合流式下水道区域は、市役所周辺や JR 北見駅周辺の市街地中心部にあり区域面積は 875ha でした。

「緊急合流改善計画」に基づき実施する事業(以下、「緊急合流改善事業」という)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。

合流区域 875ha のうち、396ha を分流化する。
合流区域における雨水吐室 26 箇所のうち、19 箇所廃止、1 箇所を新設し 8 箇所とする。
雨水滞水池(容量: 8,700 m³)を設置する。
雨水吐室 8 箇所にスクリーンを設置する。

平成 17 年度から「緊急合流改善事業」を開始し、平成 25 年度に完了しました。

項 目	単位	実施前	実施後	備 考
合流区域面積	ha	875	479	396ha 分流化
合流管渠延長	km	187.5	110.8	
雨水吐室	箇所	26	8	
総事業費	千円	8,860,000	9,503,000	

2 雨天時モニタリング調査結果

「緊急合流改善事業」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 26 年度に「緊急合流改善事業」の事後評価を実施しました。

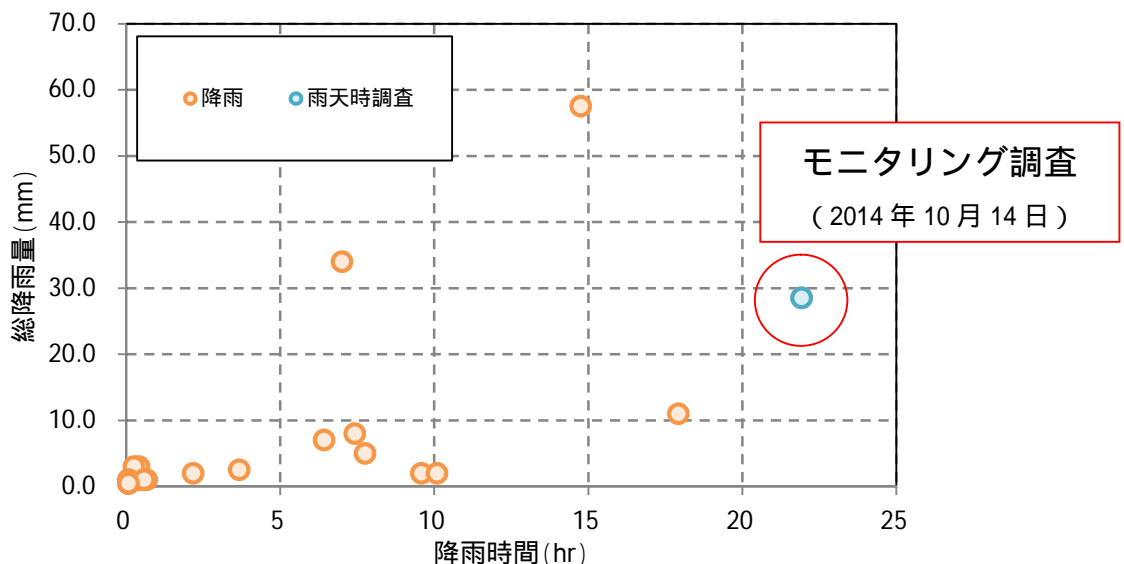
事後評価において実施したモニタリングの概要は以下のとおりです。

【目的】

- ・シミュレーションモデルの妥当性を確認する。
- ・雨水時未処理下水の汚濁負荷量を確認する。
- ・分流化による効果を確認する。

【期間】

- ・流量計及び雨量計設置：2014 年 8 月 22 日（金）
- ・流量計及び雨量計撤去：2014 年 11 月 11 日（火）



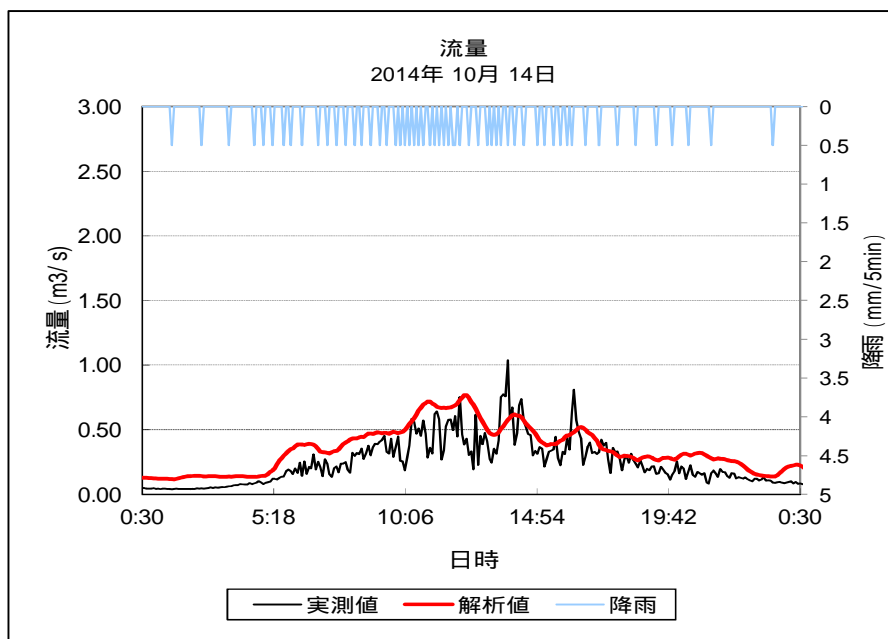
調査期間における降雨データ

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 10 mm 以上 30 mm 未満の降雨とされています。

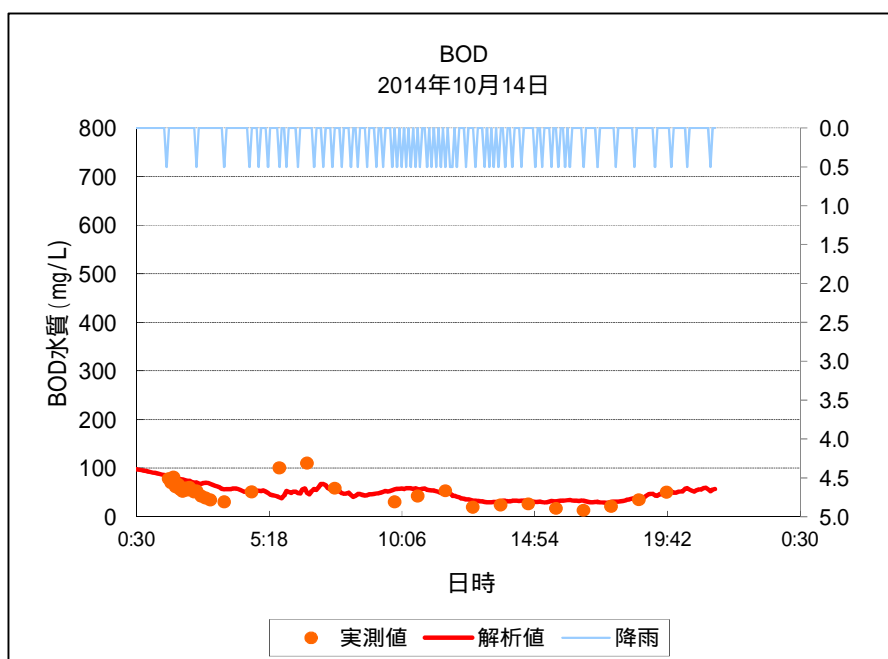
今回モニタリング対象とした降雨については、27 回の降雨のうち、10 月 14 日の降雨（降雨時間：21.92 時間、総降雨量：28.5mm/hr、60 分降雨強度：3.0mm/hr）を対象としました。

【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「緊急合流改善計画」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。

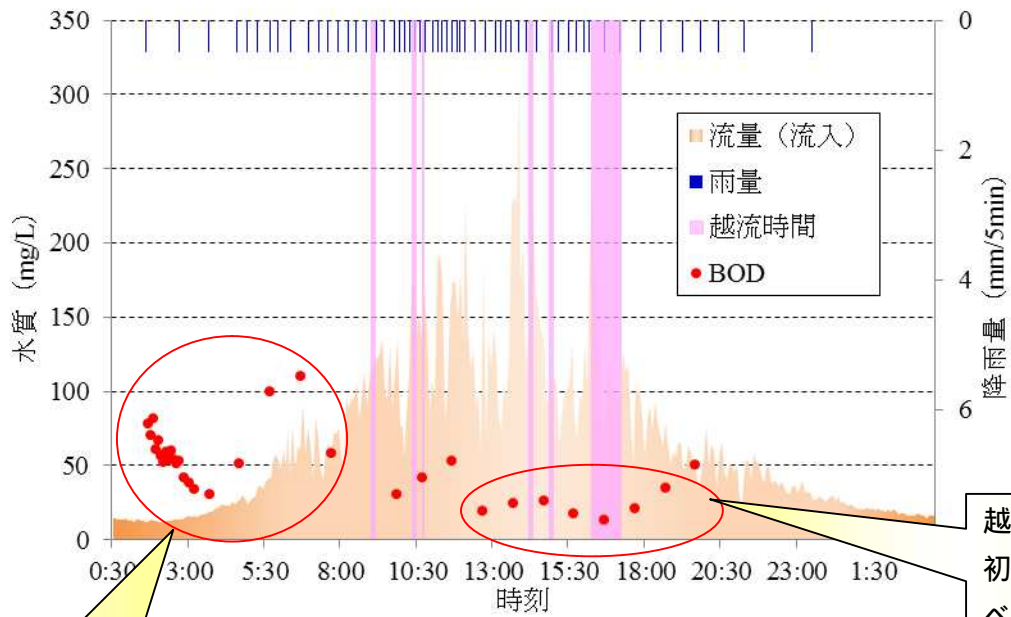


実測値と流出解析モデル解析値の比較（流量）



実測値と流出解析モデル解析値の比較（BOD）

【雨水吐室 No.18 におけるモニタリング結果】

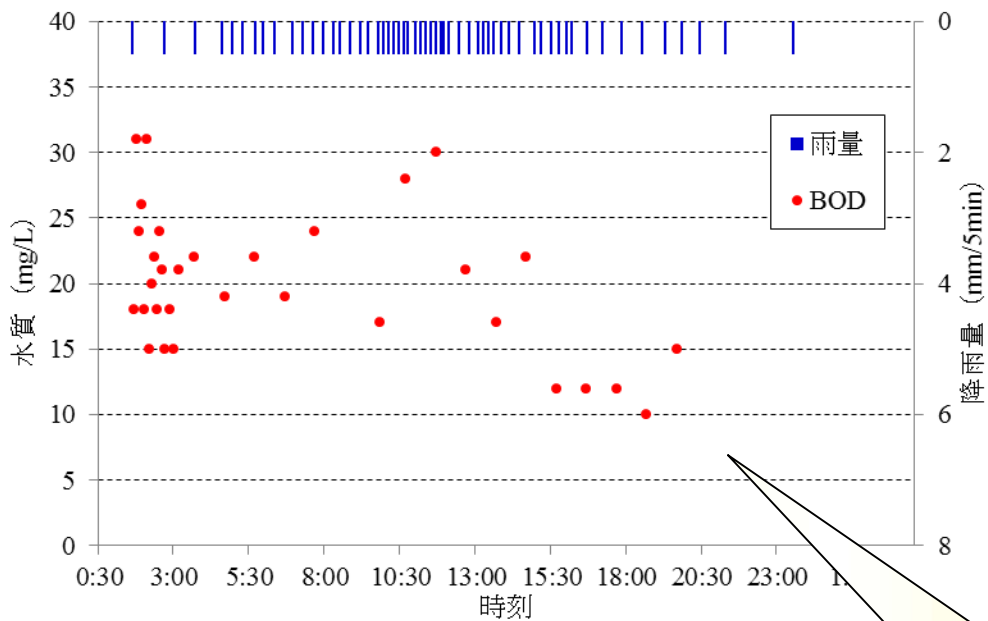


降雨開始直後の水質は高くなっています。

雨水吐室 No.18 (B O D) (合流下水)

越流時の水質は初期の水質に比べると低くなっています。

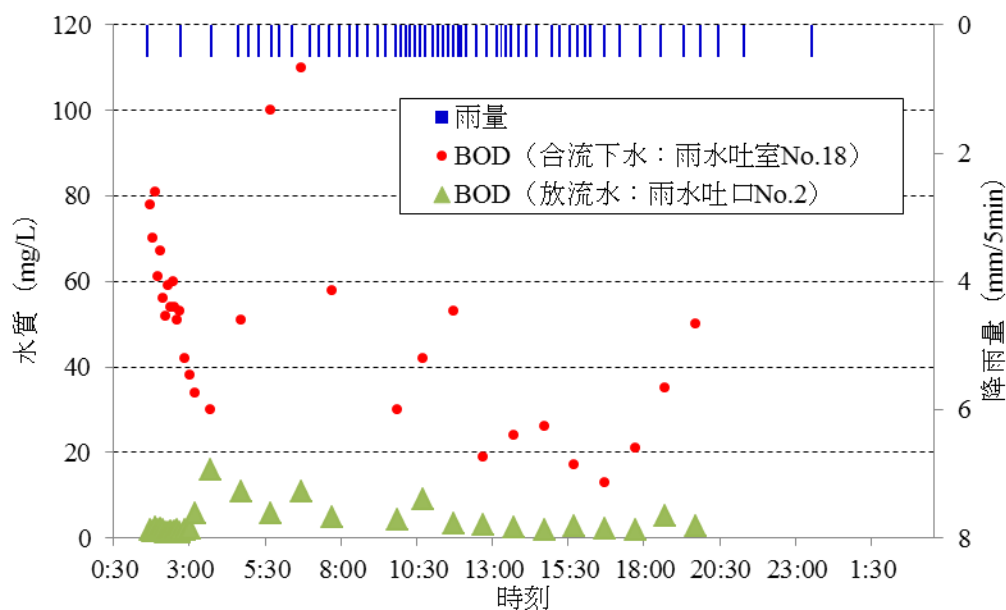
【処理場放流部におけるモニタリング結果】



処理場放流部 (B O D)

降雨開始直後の水質は高くなっていますが、全体として 40mg/l 以下となっています。

【雨水吐口 No.2 におけるモニタリング結果】



雨天時放流水質の比較 (B O D)

雨水吐口 No.2 は、今回の「緊急合流改善事業」において分流化されたエリアからの放流水となっています。

雨水吐室 No.18 における合流下水に比べ水質が低くなっており、分流化による効果が確認できます。

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) きょう雑物の削減

区 分	平成 17 年度 実施前 (合流式)	平成 25 年度 目標値 (分流並)	平成 26 年度 実施後 (事後評価)
(1) 汚濁負荷量 の削減	<ul style="list-style-type: none"> ・年間総汚濁負荷量 (BOD) 188,816kg ① ・削減量 0kg 	<ul style="list-style-type: none"> ・年間総汚濁負荷量 (BOD) 164,551kg ② ・削減量 ①－②＝ 24,265kg 	<ul style="list-style-type: none"> ・年間総汚濁負荷量 (BOD) 164,487kg ③ ・削減量 ①－③＝ 24,329kg
(2) 公衆衛生上 の安全確保	<ul style="list-style-type: none"> ・未処理放流回数 381 回 	<ul style="list-style-type: none"> ・未処理放流回数 151 回 	<ul style="list-style-type: none"> ・未処理放流回数 138 回
(3) きょう雑物 の削減	<ul style="list-style-type: none"> ・きょう雑物対策 なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・きょう雑物対策 8 箇所の雨水吐室にス クリーンを設置 	<ul style="list-style-type: none"> ・きょう雑物対策 8 箇所の雨水吐室にス クリーンを設置済み

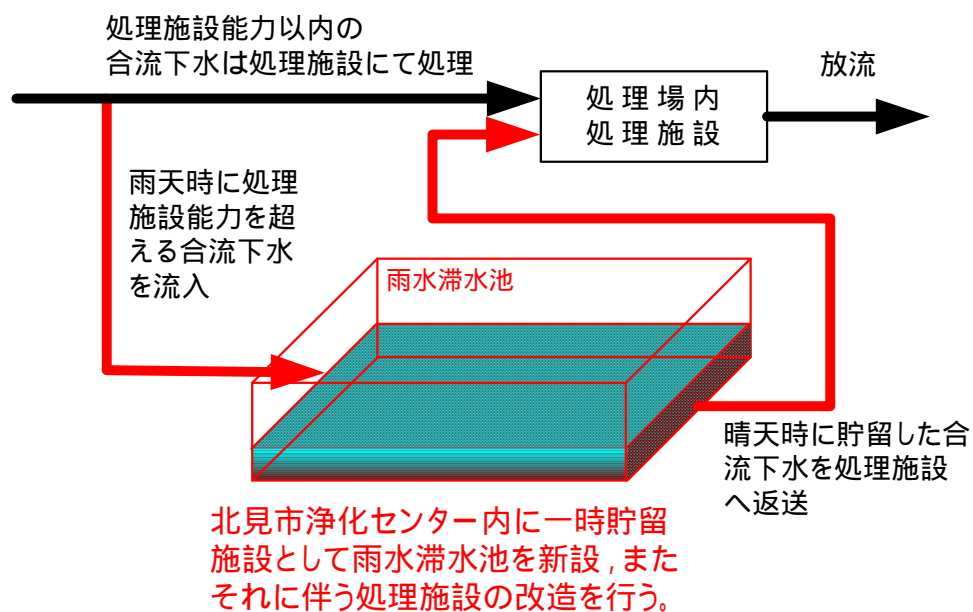
: 今回評価結果

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、「雨水滞水池の設置」及び「合流区域の一部分流化」という2つの対策を行いました。

3.1.1 雨水滞水池の設置

「緊急合流改善計画」にもとづき、容量 8,700 m³（残合流区域 479ha に対して 1.8mm 相当の雨天時合流下水貯留規模）の雨水滞水池を設置しました。



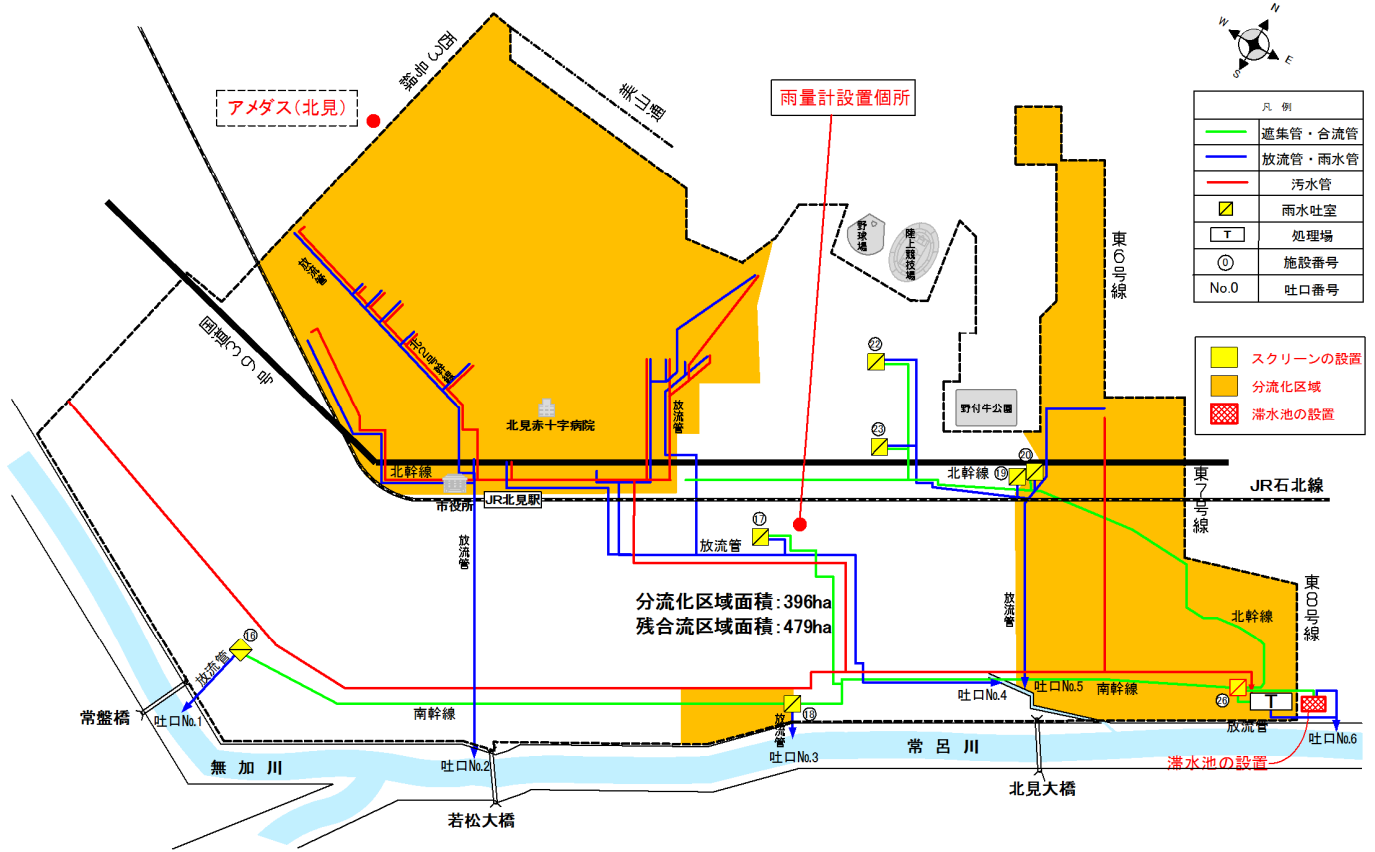
雨水滞水池設置による効果概念図



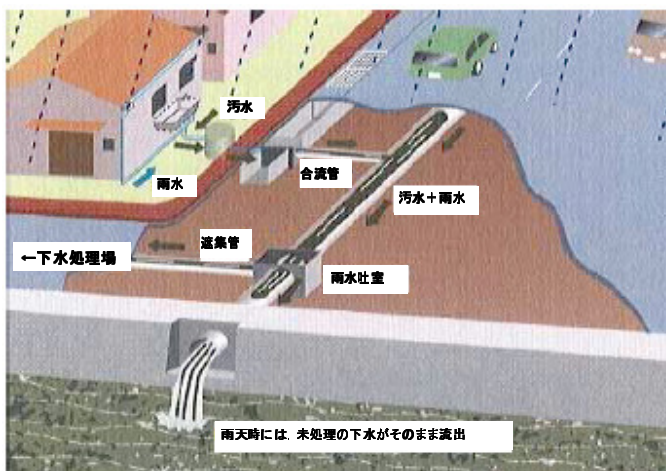
雨水滞水池

3.1.2 合流区域の一部を分流化

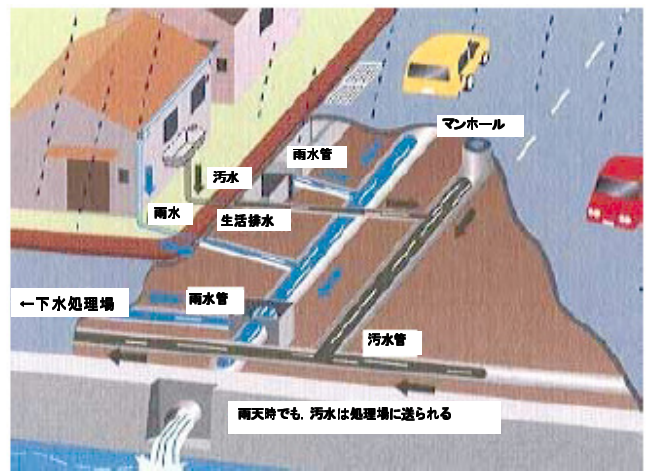
以下に示すとおり、当初 875ha の合流区域のうち 396ha（下図のオレンジ色着色部分）について分流化を行いました。



合流区域の一部分流化概略図



<合流式>



<分流化後>

分流化による効果概念図

【一部分流化と雨水滞水池設置について】

雨水滞水池の必要規模は、当初合流区域 875ha のうち分流化を行う 396ha を除く面積（残合流区域：875 - 396 = 479ha）から発生する汚濁負荷量を削減するために、残合流区域に対して何 mm 相当の下水を雨水滞水池に貯留すればよいかをシミュレーションすることにより決まります。

シミュレーション結果は以下に示すとおり、残合流区域 479ha に対して 1.8mm 貯留相当規模の滞水池（479ha × 1.8mm 8,700m³）を設置することにより、年間総汚濁負荷量（BOD）は実施前（合流式）188,816kg に対して 164,487kg となり、目標値である分流並（164,551kg/年）未満となります。

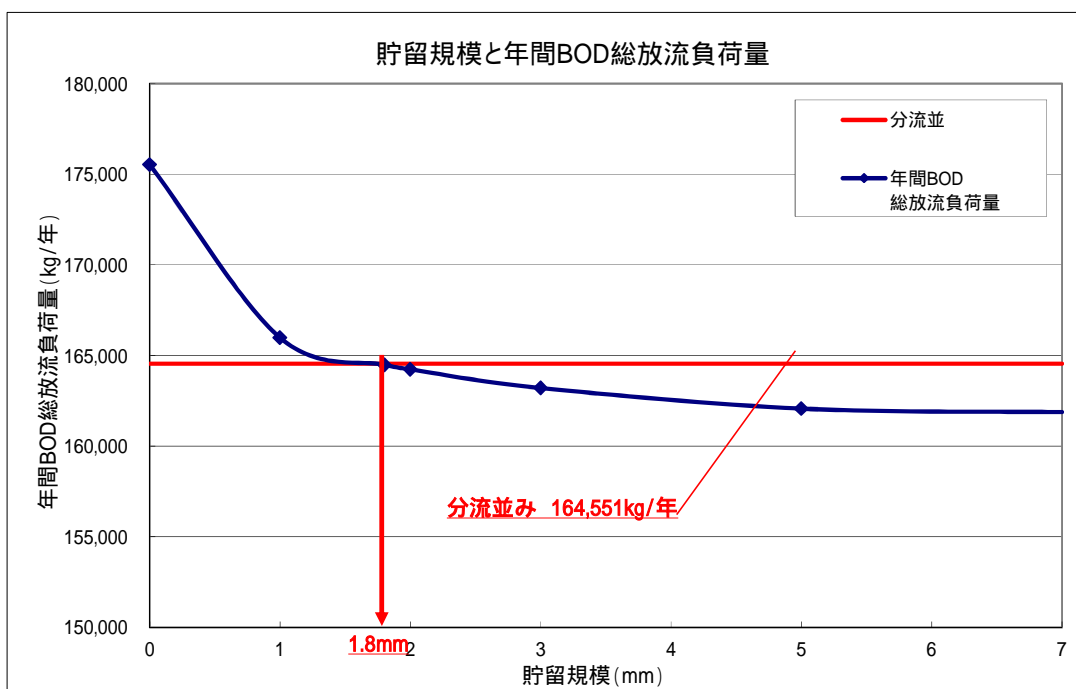
【北見市浄化センター 雨水滞水池の設置】

実施前 (合流式) (kg/年)	188,816
------------------------	---------

貯留規模 (mm)	貯留容量 (m ³)	年間BOD 総放流負荷量 (kg/年)	高級処理 負荷量 (kg/年)	越流・放流 負荷量 (kg/年)	簡易処理 負荷量 (kg/年)	分流並 (kg/年)	達成率 (%)
0	0	175,527	110,210	46,971	18,346	164,551	55
1	4,800	165,975	112,477	46,971	6,527	164,551	94
1.8	8,700	164,487	113,087	46,971	4,429	164,551	100
2	9,600	164,236	113,192	46,971	4,072	164,551	101
3	14,400	163,210	113,683	46,971	2,555	164,551	106
5	24,000	162,071	114,103	46,971	996	164,551	110
7	33,500	161,881	114,198	46,971	711	164,551	111

396ha 分流化・
雨水滞水池設置後

目標値



また、今回雨天時モニタリング調査における雨水吐室及び処理場から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。

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

雨天時放流水質算定結果

項目	BOD 汚濁負荷量 (kg)	積算流量 (m ³)	BOD 平均水質 (mg/l)	備考
雨水吐口 No.3	1.93	98.64	19.6	実測
雨水吐口 No.5	0.15	5.62	26.7	シミュレーション
処理場	1,039.00	61,953.00	16.8	実測
計	1,041.08	62,057.26	16.8	

BOD : 40mg/l 以下 OK

3.2 公衆衛生上の安全確保

「緊急合流改善事業」における公衆衛生上の安全確保については、各雨水吐口における未処理放流回数の半減が必要となります。

雨天時には雨水吐室、終末処理場で処理しきれない量の合流下水は、未処理のまま公共用水域へ放流されています。この放流される回数、すなわち、吐口 6 箇所の間平均越流回数（64 回）は、年間 148 回の降雨のうち、約 4 割となっていました。

アドバイザー会議資料【2】の図に示すように、「緊急合流改善事業」実施前（2 ページ目）の合流区域には 26 箇所の雨水吐室がありましたが、「緊急合流改善事業」実施後（3 ページ目）には、分流化により 19 箇所廃止、1 箇所を新設し 8 箇所が残りました。

このうち 2 箇所の雨水吐室については、シミュレーション解析上の越流回数が 0 回であったため、簡易的なスクリーンを設置し、残りの 6 箇所については雨水吐室の構造及び周辺の管渠の配置からろ過スクリーンを設置することとしました。

また、雨水吐口 No.2 及び No.4 については分流化エリアのため、雨水のみの排水となり、雨天時における未処理放流水の越流回数は 0 回となります。

年間越流回数シミュレーション結果

放流先 河川	施設名称	雨水吐室数 (箇所)	雨水吐室番号	廃止の有無 (残置 , 廃止 ×)	年間越流回数(回)			備考	
					平成17年度 実施前(合流式)	平成25年度 目標値(分流並)	平成26年度 実施後(事後評価)		
無加川	雨水吐口No.1	1	No.16		0	0	0		
常呂川	雨水吐口No.2	9	No.1	×	125	0	0	分流化	
			No.2	×					
			No.3	×					
			No.4	×					
			No.5	×					
			No.6	×					
			No.7	×					
			No.8	×					
			No.9	×					
		雨水吐口No.3	1	No.18		45	45	38	
	雨水吐口No.4	8	No.10	×	23	0	0	分流化	
			No.11	×					
			No.12	×					
			No.13	×					
			No.14	×					
			No.15	×					
			No.17						
	No.24	×							
	雨水吐口No.5	5	No.19		54	48	42		
			No.20						
No.21			×						
No.22									
No.23									
雨水吐口No.6	2	No.25	×	134	58	58			
		No.26							
平均					64	25	23		
合計		26			381	151	138		

 : 越流回数半減評価対象吐口

年間降雨回数：148回

(4時間無降雨で0.5mm/回以上の降雨を独立降雨とする。)

上表のうち、雨水吐口 No.6 については、No.25 雨水吐室を廃止し、No.26 は、雨水滞水池と処理場へ分水する雨水吐室として新設したことから、越流回数半減を評価できないため、雨水吐口 No.3 及び No.5 について、越流回数半減の評価を行いました。

各雨水吐口の未処理放流回数半減の評価としては、下表に示すとおりであり、現況において合流改善対策後の目標値を達成していることとなります。

合流改善対策後の越流回数

放流先 河川	施設名称	雨水 吐室数 (箇所)	雨水吐室 番号	堰高3Q 相当 越流回数 (回)	目標越流 回数 (回)	雨水吐室 廃止後 (現況) (回)	雨水吐室 廃止後 (現況再 評価) (回)	備考
常呂川	雨水吐口 No.3	1	No.18	88	44	45	38	7回分はBOD 水質が40mg/l 以下のため、越 流回数にカウ ントしない。
	雨水吐口 No.5	5	No.19	86	43	48	42	6回分はBOD 水質が40mg/l 以下のため、越 流回数にカウ ントしない。
			No.20					
			No.22					
No.23								
合 計		6		174	87	93	80	

シミュレーションにおける
雨天時越流回数（堰高3Q相当）

上表の備考欄に示したように、No.3の現況の越流回数45回のうち7回分については雨天時BOD水質が40mg/l以下のため、越流回数にカウントしません。

また、No.5の現況の越流回数48回のうち6回分については雨天時BOD水質が40mg/l以下のため、越流回数にカウントしません。

この結果、各雨水吐口の未処理放流回数半減が達成済みであることが確認できます。

次頁以降に根拠資料を示します。

【吐口No.3の越流回数について】

吐口No.3は実質的な遮集倍率が高い

○汚水量 $Q = 0.1094(\text{m}^3/\text{s})$

○遮集能力 $: 0.556(\text{m}^3/\text{s})$

○現状, $5.1Q$ 遮集している

合理式の内訳

$$0.2188 = 1/360 \times 0.6 \times l \times 154.3$$

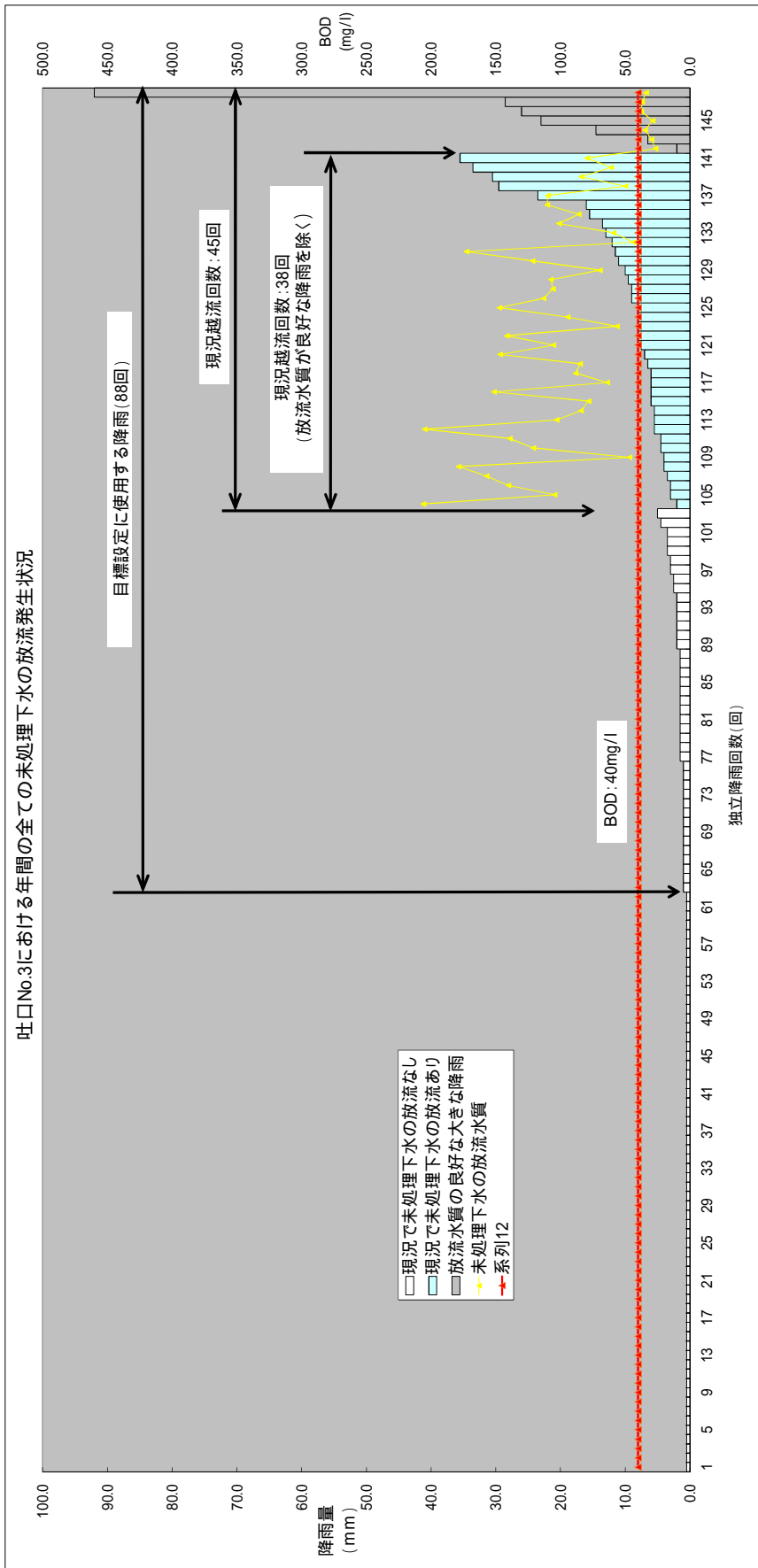
$$l = 0.85\text{mm/hr}$$

したがって、 $3Q$ 相当の堰高における越流回数は、現状よりも大きくなる。

(合理式より堰高 $3Q$ 相当の流量となるとききの降雨を計算すると、 0.85mm/hr となるため、 0.85mm 以上の降雨の場合は本来は越流していることになる。)

より、改善対策が未実施の時点(堰高 $3Q$ 相当)における越流降雨を抽出すると、下図に示すようには88回となる。

現状の堰高における越流回数は45回であるが、放流水質が良好な降雨(放流水質が下水道法施行令基準値である 40mg/l 以下の降雨)を除くと、現状の放流回数は40回であるため、目標を達成していることとなる。



【吐口No.5の越流回数について】

吐口No.5は、実質的な遮集倍率が高い。

○汚水量 $Q = 0.1051(\text{m}^3/\text{s})$ 、 $3Q = 0.3153(\text{m}^3/\text{s})$

○遮集量能力: $1.651(\text{m}^3/\text{s})$

合理式の内訳

$$0.2102 = 1/360 \times 0.6 \times l \times 139.6$$

$$l = 0.90\text{mm/hr}$$

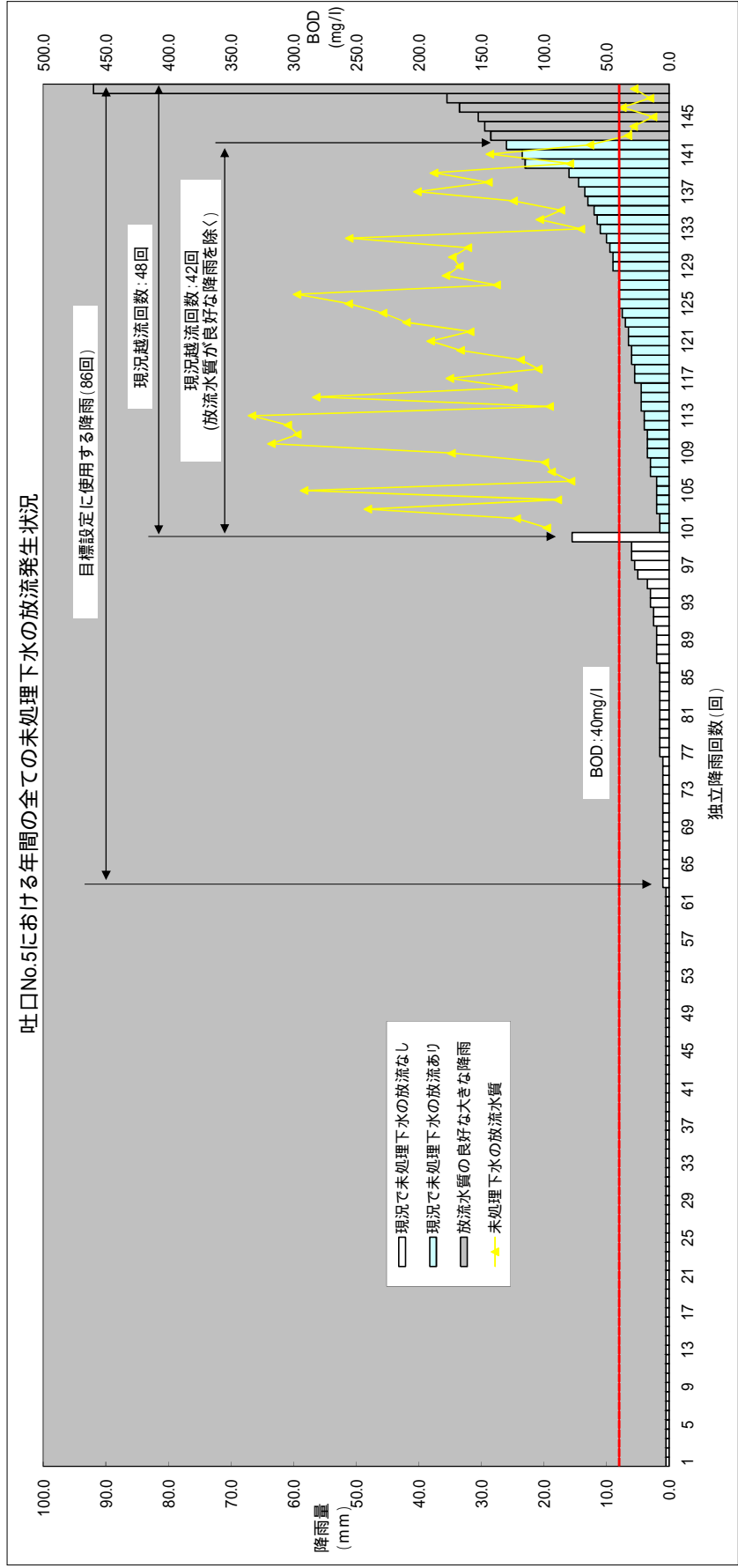
現状, 15.7Q遮集している

したがって, 3Q相当の堰高における越流回数は, 現況よりも大きくなる。

(合理式より堰高3Q相当の流量となるときは降雨を計算すると, 0.90mm/hrとなるため, 0.90mm以上の降雨の場合は本来は越流していることになる。)

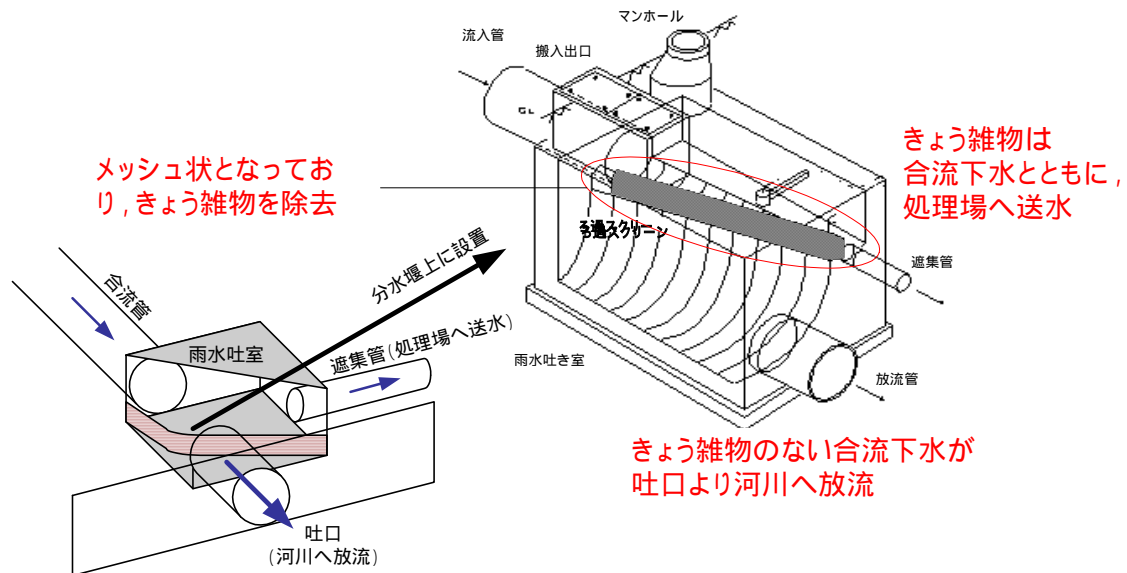
より, 改善対策が未実施の時点(堰高3Q相当)における越流降雨を抽出すると, 下図に示すようには86回となる。

放流水質が良好な降雨(放流水質が下水道法施行令基準値である40mg/l以下の大きな雨)を除くと, 現況の放流回数は42回であるため, 目標を達成していることになる。



3.3 きょう雑物の削減

雨天時に各雨水吐室から越流する未処理水の夾雑物を除去するために、スクリーンを設置しました。これにより、雨天時に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。



スクリーン設置による効果概念図

雨水吐室の雨天ときょう雑物除去状況を以下に示します。



用語解説

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。

雨水吐室

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。

越流回数

雨天時に雨水吐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。

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。

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

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

カ 行

きょう雑物

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

雨水吐室及びポンプ場(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。

高級処理

下水を標準活性汚泥法、活性汚泥法変法、標準散水ろ床法等によって処理することをいい、現在の下水処理において主流をなしている処理である。

サ 行

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

年間総汚濁負荷量

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。

また、雨水の影響が大きい時において、合流式の公共下水道（流域関連公共下水道を除く。）の各吐口又は合流式の流域下水道及びそれに接続しているすべての合流式の流域関連公共下水道の各吐口からの放流水に含まれる生物化学的酸素要求量で表示した汚濁負荷量の総量を、当該各吐口からの放流水の総量で除した数値が、5日間に40 mg/l 以下であることと下水道法施行令で定められている。

マ 行

モニタリング

一定時間継続して、ポンプ場、吐口、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。