

第 3 期八郎湖水質保全対策検討専門委員会
第 5 回検討会

西部承水路における流動化運転の検討

令和元年 10 月 16 日
秋田県八郎湖環境対策室

目 次

1. 西部承水路の流動化運転の現状と課題.....	1
(1) 流動化運転の概要.....	1
(2) 現状（2018：H30 年度までの実績）	2
(3) 課題.....	3
2. 水質改善に向けた流動化運転方法の検討.....	4
(1) 運用期間の延長.....	4
(2) 通水量の最大化.....	5
(3) 人為的水位変動による水交換・流動化促進.....	7
3. 流動化運転の予測ケースの設定と水質予測.....	9
(1) 予測ケースの設定.....	9
(2) 予測結果.....	14

1

(2) 現状（2018：H30 年度までの実績）

西部承水路の水収支を下図に示す。水田での使用量が多くなる 5 月に農業取水量が最も多くなり（月平均で $10 \sim 15 \text{ m}^3/\text{s}$ ）、西部承水路への注水量も多くなる。また、この時期に、浜口機場からの通水量（東部⇒西部）だけでは不足し、南部排水機場からの注水量（調整地⇒西部）が多くなることから、2012（H24）・2013（H25）年を除いて、ほぼ毎年の傾向である。

かんがい期後の 9 月以降は、農業取水がほぼなくなるため、運転期間中（～11 月）では流域流入量を除くと浜口からの注水量としては、月平均にすると約 $1 \text{ m}^3/\text{s}$ 前後である。

また、昨年度の整理結果からは、水質が比較的悪い「調整地⇒西部」への注水量が多くなると、西部承水路の水質が悪くなる傾向が見られている。

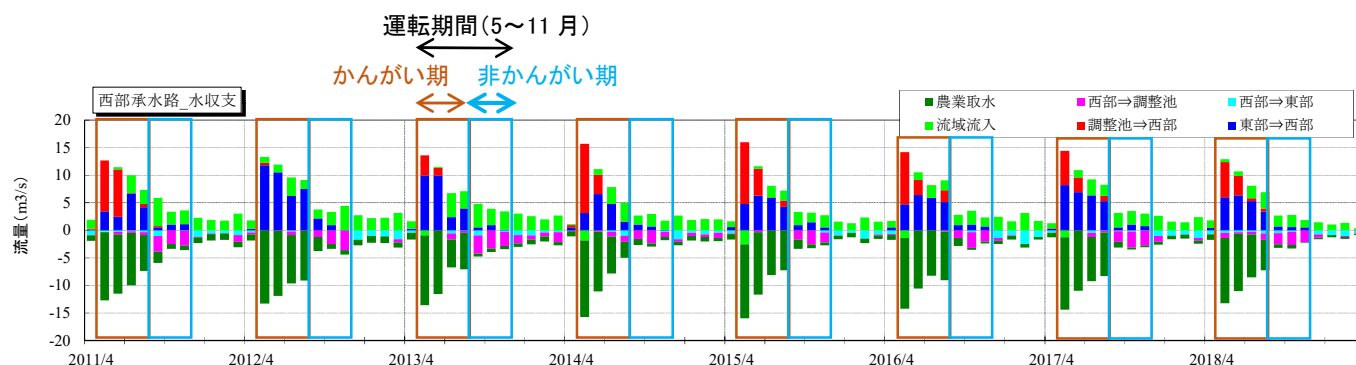


図 1.2 西部承水路の水収支（月別、2011（H23）～2018（H30）年度）

野石橋での水質変化を見ると、水温が上昇し、植物プランクトンが増殖しやすくなる夏期に徐々に COD は上昇するが、通水量が少なくなる 9～10 月に年間のピークとなる（湖心や大潟橋ではピークは 8～9 月）。10 月以降は水温が低下するため、徐々に COD も低下する。また、5 月に南部からの注水量が比較的多かった 14・15・16 年の 5 月の COD は、他年よりも濃度が高い傾向が見られる。

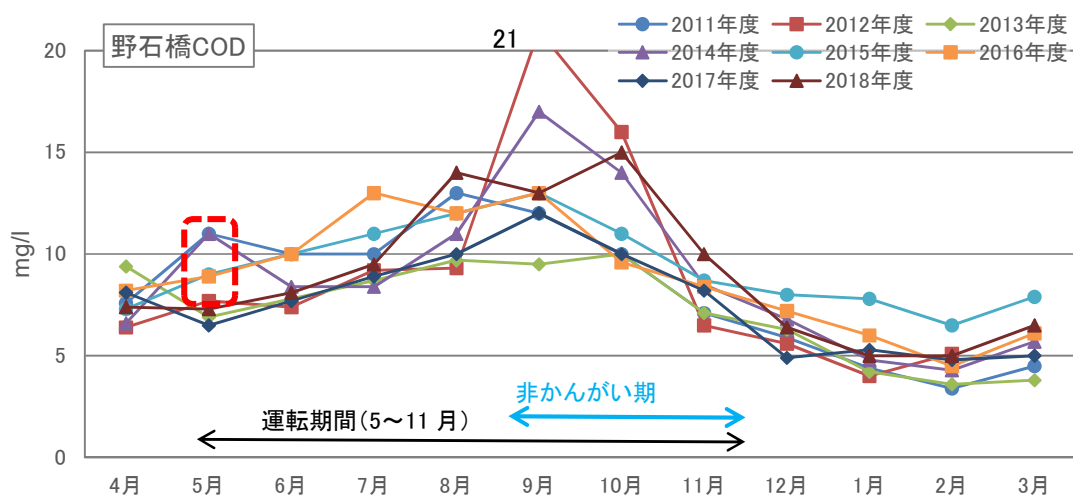


図 1.3 野石橋での COD の変化（2011（H23）～2018（H30）年度）

また、流動化実施前の水質と比較すると、5～7月においては、COD は低い濃度で維持されており、流動化の効果であるとともに、通水量・注水量が多いため、滞留時間の改善による効果が出ていると考えられる。

一方で、9～11月については、実施前後での水質の差は、実施後に低くなっている場合もあるが、5～7月の効果に比べると明瞭ではない。また、流動化を実施していない12～2月については、冬期で水温が低いため、内部生産は小さく、過去から現在にかけての水質差は明瞭ではない。水温が上昇し始める3月からはCOD も徐々に上昇する傾向がある。

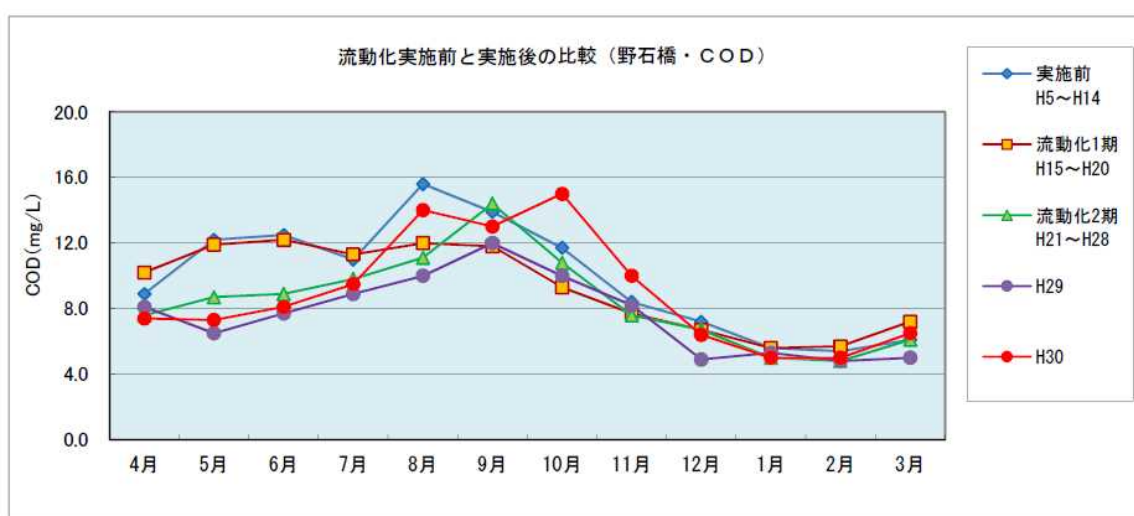


図 1.4 流動化実施前と後の比較（COD）

※平成 30 年度 西部承水路の流動化促進事業実施結果（H31.3）より

(3) 課題

以上の平成 30 年度までの流動化促進事業において、実施結果、および本業務における昨年度のデータ整理結果から、次のような水質改善に対する問題点・課題が挙げられる。

- ・西部承水路では、COD 濃度のピークが、9～10 月頃に生じる。これは、8 月までは流動化により通水量が多いため流動による水質悪化が抑制されており、通水量が少なくなる 9 月以降に植物プランクトンの増殖が生じることが考えられる。
- ・5 月に南部排水機場からの注水量が多いと、COD が上昇する傾向にある。調整地の比較的水質が悪い（N や P が多い）水をくみ入れるため、流動による効果よりも栄養塩供給による悪化の方が大きいためと考えられる。

2.水質改善に向けた流動化運転方法の検討

以上の現状と課題の整理を踏まえて、水質改善に効果的と考えられる西部流動化の運転方法について検討する。

(1) 運用期間の延長

1) 5～11月を3～11月に延長

西部承水路では、3月頃からCODが上昇する特徴があるため、これをなるべく抑制することで5月以降の上昇を低減する。

3～4月における運転方法は、非かんがい期（現状で9/11～）での運転と同様とする。シミュレーションでの設定にあたっては、直近10ヶ年（2009～2018年）の非かんがい期間の浜口での平均通水量である「 $0.41\text{m}^3/\text{s}$ 」とする。

※9/11～11/30の202日間での総通水量の日平均（休日の運転不可は見込まない）

※この運用による2ヶ月間での総通水量は、約200万 m^3

2) 日当たり運転時間の延長

非かんがい期間において、南部排水機場での排水運転時間を延長する（現状体制での可能な範囲）。

- ・現状：6時間/日（9時～15時） 360分
- ・延長：8時間45分/日（8時半～17時15分） 525分 約1.46倍

表 2.1 運転時間延長による浜口機場での通水量増加の試算

	実績		運転時間延長	
	百万 m^3	m^3/s	百万 m^3	m^3/s
2009年	11.1	0.64	16.2	0.93
2010年	8.9	0.51	12.9	0.74
2011年	6.8	0.39	10.0	0.57
2012年	4.7	0.27	6.8	0.39
2013年	5.0	0.28	7.3	0.42
2014年	5.9	0.34	8.6	0.49
2015年	8.8	0.51	12.9	0.74
2016年	7.5	0.43	11.0	0.63
2017年	6.9	0.40	10.1	0.58
2018年	5.9	0.34	8.6	0.49
平均	7.1	0.41	10.4	0.60

(2) 通水量の最大化

過年度の検討において、次のような西部流動化に関するケースを設定して効果検討を行っている（次ページ参照）。

通水量が多いかんがい期間においては、水質の悪化を抑制できていること、通水量が少なくなる 9～10 月に水質悪化している特徴から、この水質悪化を抑制するため、非かんがい期間での通水量を増やすことが効果的と考える。

南部排水機場の排水能力には上限があることから、通水量をさらに増やすには、農業用水取水口を活用することが考えられる。

<確認事項>

- ・ 非かんがい期に、農業用水取水口の使用が可能か。（現状でも一定の取水を行っている）
- ・ 非かんがい期に、大潟村内の排水路に水を通すことで問題はないか。
- ・ 取水した水の排水に、北部排水機場あるいは南部排水機場で排水量の追加（電気代の追加）が生じる。
- ・ 排水する水の水質が不明（現状とは変わることが想定される）、調査が必要
- ・ 水利権上の問題

<参考 平成 27 年度検討における西部承水路流動化の検討>

運用として、なるべく浜口機場からの通水量を多くすることと、南部排水機場での排水量に上限があることから、運転中に農業用取水を活用して、大潟村内にも水を回すことで、通水量を増やすケースとしていた。両ケースともに、野石橋および湖心で一定の改善効果があること予測された。



Case		内容
B-1	南部排水機場最大運転	南部排水機場を最大運転(16トン)で西部流動化を実施
B-2	浜口機場最大運転	浜口機場を最大運転(14トン)で西部流動化を実施

対策		水質改善効果 (現況との差)							
		湖心		西部承水路 (野石橋)		西部承水路北		西部承水路南	
Case名	内容	COD mg/L	Chl. a μg/L	COD mg/L	Chl. a μg/L	COD mg/L	Chl. a μg/L	COD mg/L	Chl. a μg/L
現況		—	—	—	—	—	—	—	—
西部流動化									
CaseB	B-1 南部排水機場最大運転 (感度解析)	1.46	8.15	0.51	3.30	0.07	0.56	1.79	5.58
	B-2 浜口機場最大運転 (感度解析)	0.13	0.71	0.73	8.98	2.64	14.26	0.26	2.95

図 2.1 過年度検討における西部承水路流動化のケース設定と効果予測結果

(3) 人為的水位変動による水交換・流動化促進

人為的に水位変動を生じさせることで、水の流動、交換を促進し、水質を改善する。現状から、かんがい期間では通水量は大きいことから、ここでは農業取水に影響がない、非かんがい期を対象として考える。

西部承水路における水位管理は、下図の通りであり、非かんがい期においては、+0.25mで管理している。

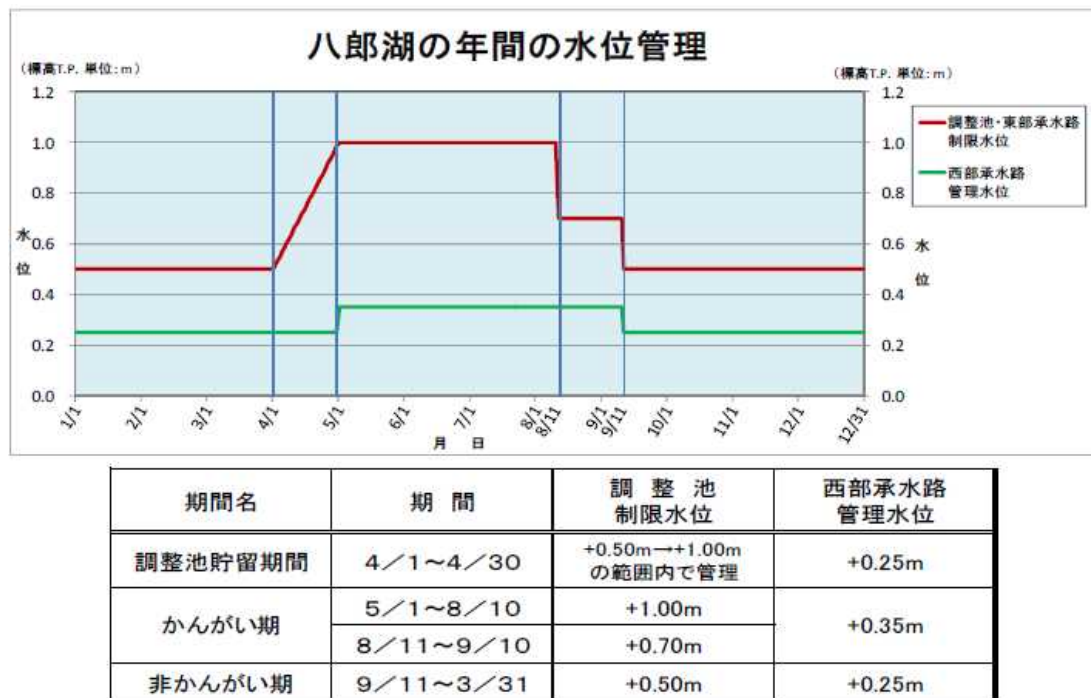


図 2.2 八郎湖における水位管理

実際の水位変動は、下図の通り。近 5 ヶ年で見ると、一時的ではあるが、管理水位より -10cm の 0.15m 程度まで低下する時がある。

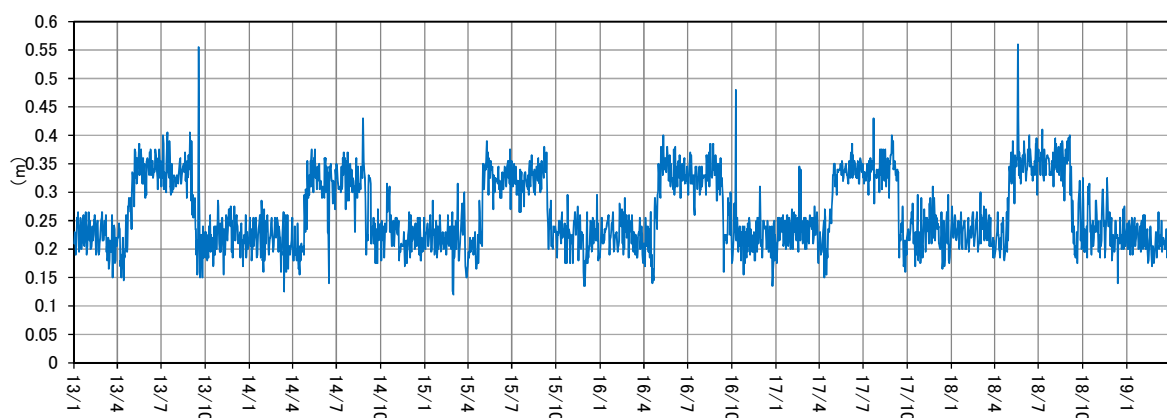


図 2.3 西部承水路における水位（近 5 ヶ年）

詳細な変動を見ると、9/5～9/14の約10日間で、水位を0.4→0.2mへと約0.2m低下させている。この低下による排水量は、約176万 m^3 ($8.8\text{km}^2 \times 0.2\text{m}$) である（西部承水路の貯水量（8.8百万 m^3 ）の約1/5）。また、現状でも降雨等によって、10cm程度の水位変動が生じている。

ここで、南部排水機場（ $10\text{m}^3/\text{s}$ ）の水位低下能力として、1日フル運転（86.4万 m^3 の排水）で、約10cmの低下が可能である（流入がない場合）。8時間運転とすると、3日で10cmの低下が可能である。また、補給として浜口からは、最大 $12.6\text{m}^3/\text{s}$ を東部承水路から通水が可能であり、南部排水機場での排水と同等の能力がある。

これらを活用することで、現状の水位変動（10cm）よりさらに大きい幅で変動させて、水交換を促すことができると考える。水位低下させた場合でも迅速な水位の回復は可能である。

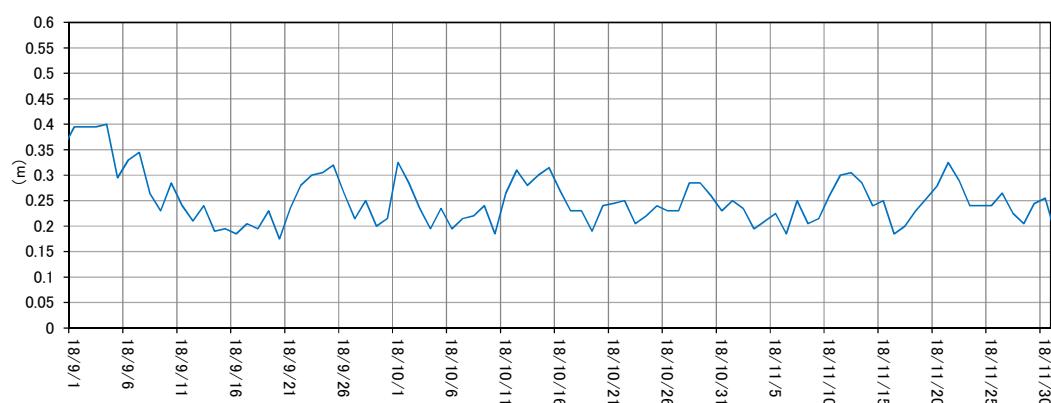


図 2.4 西部承水路における水位（9月～11月）

この運用によるメリットとしては、

- ・水交換促進による植物プランクトン増殖の抑制、CODの低下
- ・水際の乾湿を繰り返すことで、水際部の水生植生や底質の改善（移動）
- ・底泥の下流への流送

一方で、デメリットとしては、

- ・管理水位より低下させた場合の、西部承水路での取水への影響（非かんがい期にも少ないが取水は現状でされている）
- ・南部排水機場でのポンプ運転日数増加、運転員の確保
- ・（底泥が流送された場合）調整地への濁質の流入 等

が考えられる。なお、シミュレーションによる設定は可能であるが、実際に水位低下した場合にどのような影響がでるのか、不確実な点が多いため、現地で実証試験等が必要であると考えられる。

3.流動化運転の予測ケースの設定と水質予測

以上の検討結果から、運転実施の実現性および効果の大きさを勘案して、シミュレーションを行うケースを次の通り、4 ケース設定した。これらのケースについて、湖内水質予測モデルを用いて将来水質予測を実施する。

(1) 予測ケース・計算条件の設定

1) 予測ケースの設定

西部承水路の流動化運転に関する予測ケースについては、以降の 4 ケースを設定した。

- ・ 南部排水機場での西部承水路からの排水運転時間の延長
- ・ 流動化運転期間の延長
- ・ 通水量の最大化（大潟村干拓地への取水をプラス）
- ・ 通水量の最大化（大潟村干拓地への取水をプラス、南部排水機場からも注水）

2) 計算条件の設定

各予測ケースにおける計算条件は次の通りとした。

- ・ 計算期間：6 ヶ年
- ・ 気象、利水の条件：H25～30 のデータを使用
- ・ 流域からの排出負荷量：「R6 施策あり」での排出負荷量を設定

各ケースの比較をなるべく単純に行いたいため、流域からの排出負荷量条件は 4 ケースとも「R6 施策あり」を用いた。

また、流動化運転の条件について、かんがい期（5/1～9/10）については、現状において最大の通水運転であるとともに、利水への影響があることから、「現況」と同じ運用とした。今回の検討では、非かんがい期における運転の変更により西部承水路の水質改善を図ることとした。

3) 排水運転時間の延長（ケース 1）

非かんがい期において、南部排水機場での排水運転時間を延長し、流動化を図る（現状の機場での管理体制で実施可能な範囲）。

運転方法としては下記のとおりとする。

- ・ 現状：6 時間/日（9 時～15 時） 360 分
- ・ 延長：8 時間 45 分/日（8 時半～17 時 15 分） 525 分（現状の約 1.5 倍の運転時間）

<現状の流動化> ※2013～2018 年度（平均）

西部承水路－（南部）→調整地の排水量：2.3m³/s

東部承水路－（浜口）→西部承水路への通水量：0.8m³/s

↓

<運転時間延長>

西部承水路－（南部）→調整地の排水量：3.5m³/s（現状の約 1.5 倍）

東部承水路－（浜口）→西部承水路への通水量：2.0m³/s（現状の約 2.5 倍）



図 3.1 ケース 1 の流動化イメージ

4) 流動化運転期間の延長（ケース 2）

非かんがい期において、運転期間の延長により、流動化効果の拡大を図る。延長期間としては下記のとおりとする。

- ・ 非かんがい期での運転期間を現状の 9/11～11/30 から、2/1～4/30、9/11～12/31 に延長する。

（2/1～4/30 の 3 ヶ月と、12/1～12/31 の 1 ヶ月の計 4 ヶ月の延長）

- ・ 浜口機場および南部排水機場での運転方法は現状と同じとする。



図 3.2 ケース 2 の流動化イメージ

5) 通水量の最大化①（ケース 3）

非かんがい期において、浜口機場から西部承水路への注水量を増大させるため、南部排水機場とともに、西部承水路内の農業取水口から大潟村への排水により、注水量を多くし、流動化を図る。

運転方法としては下記のとおりとする。

- ・ 浜口排水機場から西部承水路への通水を行う。通水量は最大の $12.6\text{m}^3/\text{s}$ とする
- ・ 南部排水機場からの排水は現状運転をベースとする。（現状で排水量が $10\text{m}^3/\text{s} \times 6$ 時間に満たない日のうち、土・日曜日を除く日を全て $10\text{m}^3/\text{s} \times 6$ 時間の運転とする）
- ・ 農水取水口（A-1 取水口）から大潟村への排水を行い、その量を北部排水機場で排水する。西部承水路での大潟村への水利権量 $18.6\text{m}^3/\text{s}$ を取水量の最大として、水収支計算により西部承水路の水位を維持するよう取水口からの排水量を設定する。

【補足】

- ・ 農業取水の位置について、実際は複数の取水口により取水することになるが、日ごとに各取水口の取水量が変化し、解析結果・効果の解釈（流動方向など）が複雑になるため、今回の解析では、効果の程度を見ることから、単純化して、取水位置を一箇所（A-1）とした。
- ・ 大潟村へ取水した水は全部、北部排水機場から東部承水路へ排水する設定とした。厳密には南部排水機場からの排水もあると推測されるが、配分割合が不明であるため、排水位置を北部のみとした。
- ・ 北部排水機場からの排水水質は、実際には幹線排水路を流れて変化すると考えられるが、その変化の想定が難しいことから、今回の解析では西部承水路の取水位置での水質と同じとした。

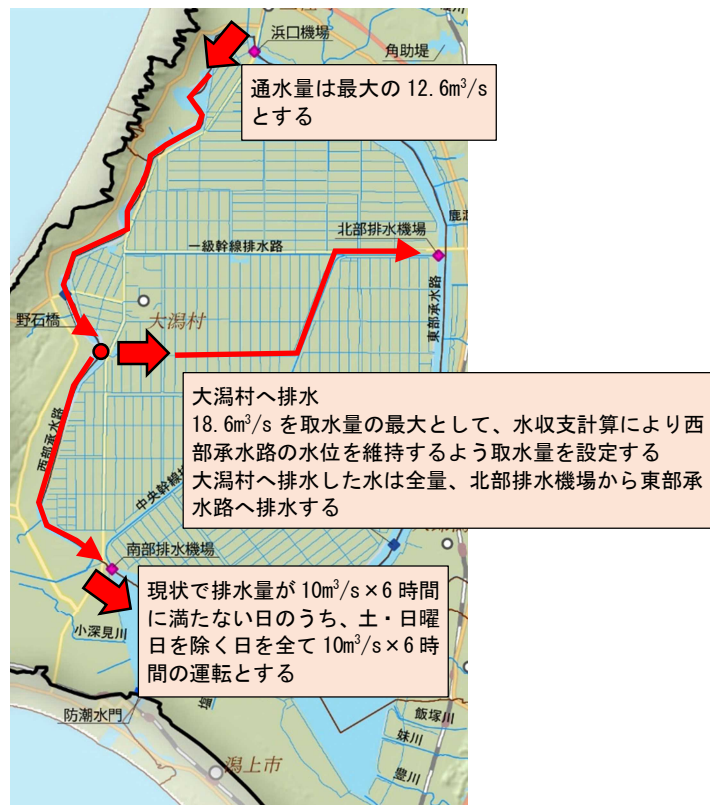


図 3.3 ケース 3 の流動化イメージ

6) 通水量の最大化②（ケース 4）

ケース 3 に対して、さらに流動化を促進するよう、農業取水口から大潟村への排水量を増やすため、浜口機場とともに、南部排水機場からも西部承水路へ注水する運転として、流動化を図る。

運転方法としては下記のとおりとする。

- ・ 浜口機場から西部承水路への通水を行う。通水量は最大の $12.6\text{m}^3/\text{s}$ とする。
- ・ 農水取水口（A-1 取水口）から大潟村への排水を行う。西部承水路での大潟村への水利権量 $18.6\text{m}^3/\text{s}$ を取水する。水収支計算により西部承水路の水位を維持するために不足する水量について、南部排水機場から注水する。

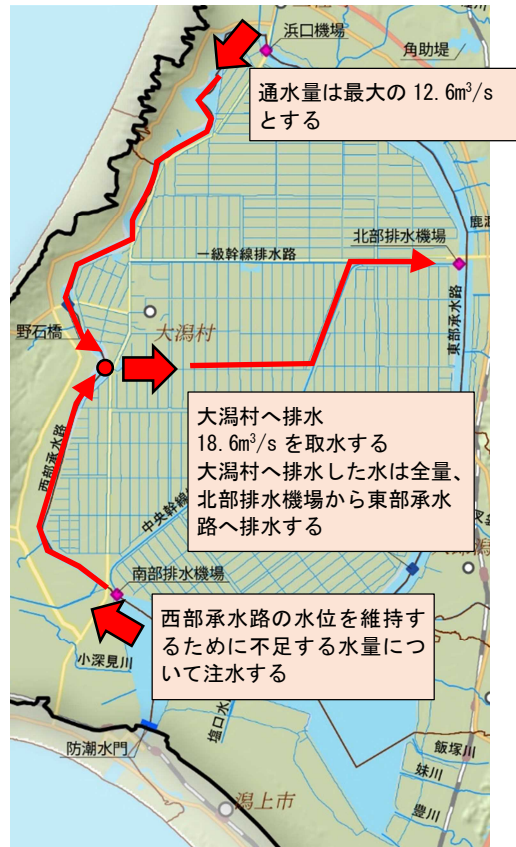


図 3.4 ケース 4 の流動化イメージ

表 3.1 各ケースの流動化条件（赤字は現状の運用と比べて変更箇所）

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4
排水運転期間 (かんがい期)	5/1～9/10 (かんがい期は、現状の運転と同じ)			
排水運転期間 (非かんがい期)	9/11～11/30 (現状の運転と同じ)	延長 2/1～4/30 9/11～12/31	9/11～11/30 (現状の運転と同じ)	9/11～11/30 (現状の運転と同じ)
排水運転時間	延長 南部排水機場 8 時間 45 分/日	南部排水機場 6 時間/日 (現状の運転と同じ)	南部排水機場 6 時間/日 (現状の運転と同じ)	南部排水機場 6 時間/日 (現状の運転と同じ)
西部承水路での 流入・流出条件	浜口機場：流入 南部機場：流出 農水取水口：－	浜口機場：流入 南部機場：流出 農水取水口：－	浜口機場：流入 南部機場：流出 農水取水口： 流出	浜口機場：流入 南部機場： 流入 農水取水口： 流出
運転方法	南部排水機場での 1 日内の排水運転時間を延長する。	- 非かんがい期での運転期間を、現状の 9/11～11/30 から、2/1～4/30、9/11～12/31 に延長（かんがい期の 5/1～9/10 は同じ運転） - 南部排水機場での排水運転は現状の運用と同じとする。（現状で排水量が $10\text{m}^3/\text{s} \times 6$ 時間に満たない日のうち、土・日曜日を除く平日で $10\text{m}^3/\text{s} \times 6$ 時間の運転）	- 浜口排水機場から西部承水路への通水を行う。通水量は最大の $12.6\text{m}^3/\text{s}$ とする - 南部排水機場からの排水は現状運転をベースとする。（現状で排水量が $10\text{m}^3/\text{s} \times 6$ 時間に満たない日のうち、土・日曜日を除く日を全て $10\text{m}^3/\text{s} \times 6$ 時間の運転とする）：ケース 1 と同様の運用 - 農水取水口（A-1）から取水を行う。西部承水路での大潟村への水利権量 $18.6\text{m}^3/\text{s}$ を最大として、水収支計算により西部承水路の水位を維持するよう取水口からの排水量を設定。	- 浜口機場から西部承水路への通水を行う。通水量は最大の $12.6\text{m}^3/\text{s}$ とする。 - 農水取水口（A-1）から取水を行う。西部承水路での大潟村への水利権量 $18.6\text{m}^3/\text{s}$ を取水する。水収支計算により西部承水路の水位を維持するために不足する水量について、南部排水機場から注水する。

(2) 予測結果

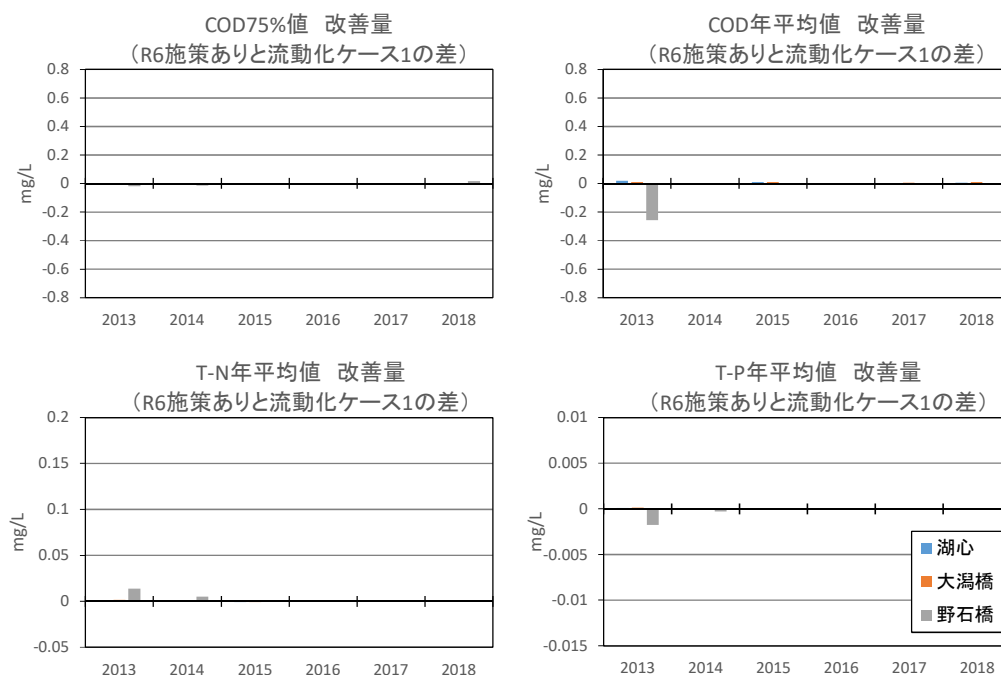
以降に各ケースの予測結果を示す。

1) 年度平均値

図 3.5～図 3.8 に、各ケースと R6 施策あり（基準ケース）について、年度平均値での比較を示す。

各ケースでの水質改善効果については次ページ以降に示す。

ケース 1：2013 年度の気象等で COD が悪化したが、その他は 3 地点とも COD、T-N、T-P すべてで、変化はほとんどなかった。



※値がプラスに大きいほど改善効果が大きく、横軸の年度は気象等の採用年度を表す。以降も同様。

図 3.5 年度平均水質の改善量の比較 (R6 施策ありと流動化ケース 1)

ケース 2：湖心、大潟橋ではほとんど変化はなく、野石橋では、逆に悪化する場合があった。特に、COD については、0.1~0.2mg/L 程度、悪化する傾向となっている。

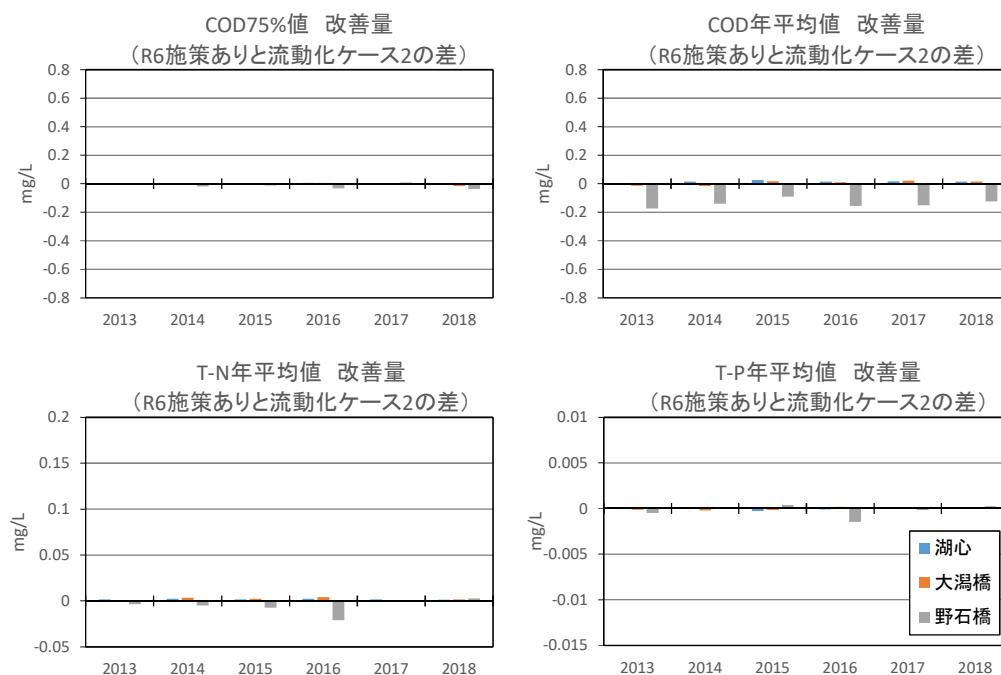


図 3.6 年度平均水質での改善量の比較 (R6 施策ありと流動化ケース 2)

ケース 3：野石橋では悪化する場合と改善する場合があった。COD で見ると、6 ヶ年のうち、2013、2014、2016 年度の気象等では悪化傾向、2015、2017、2018 年度では改善傾向であった。一方、湖心、大潟橋ではほぼ改善傾向であった。

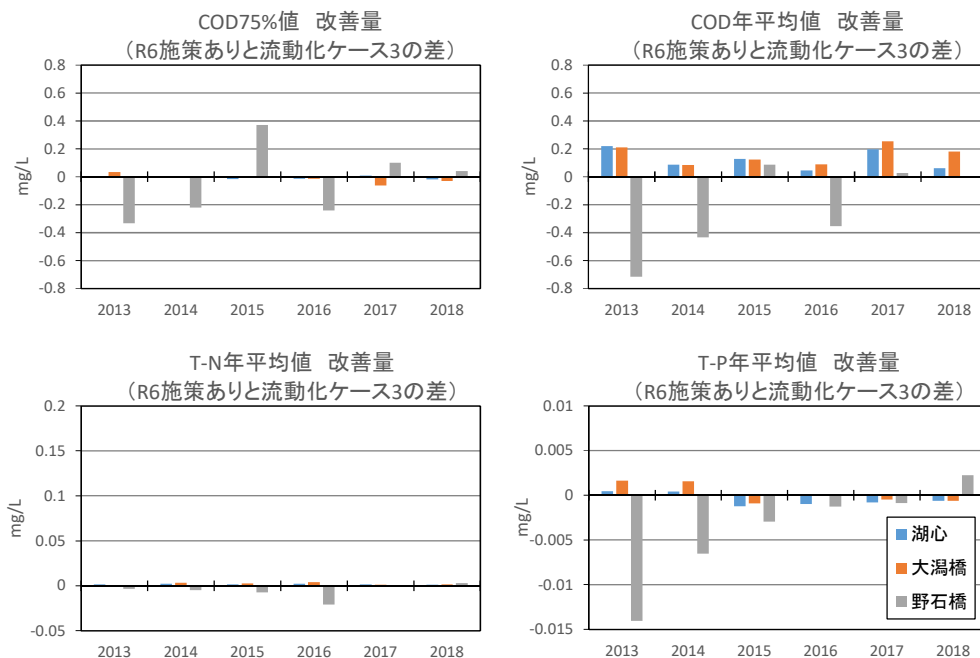


図 3.7 年度平均水質の改善量の比較 (R6 施策ありと流動化ケース 3)

ケース 4：ケース 3 と同様の傾向であり、COD で見ると野石橋では悪化する場合と改善する場合があった。湖心、大潟橋では改善する傾向であった。

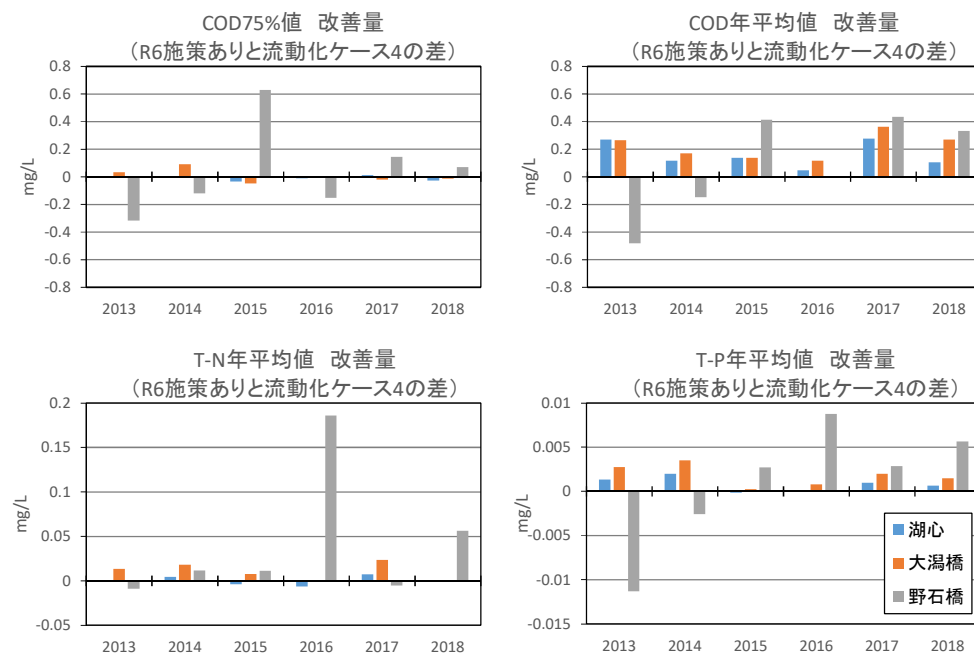


図 3.8 年度平均水質での改善量の比較 (R6 施策ありと流動化ケース 4)

2) 月平均値

西部承水路流動化は時期的な運転であることから、月別の効果について整理を行った。図 3.9～図 3.12 に、各ケースでの月別の改善量を示す。グラフ中、網掛けの期間は、流動化運転を実施している時期である。

＜各年度の条件による西部承水路の改善効果の違いについて＞

ケース 3 と 4 では各年度の条件によって改善あるいは悪化する。これについて、西部承水路の水質と、東部承水路および調整地の水質との関係によることが考えられる。

図 3.13 に、ケース 3 における地点別の予測結果を示す。野石橋で水質が悪化した 2013 や 2014 年 9～10 月頃の水質は、野石橋に比べて通水元の浜口機場の水質濃度の方が高い状態であった。一方、水質が改善した 2015 年では野石橋と浜口機場の水質濃度はほぼ同程度であった。

このように、流動化（通水）している時点での、両水域の水質濃度の関係によって、流動化による効果が変わったものと考えられる。

＜湖心や大潟橋での改善について＞

湖心や大潟橋では改善する傾向が見られた。ケース 3 やケース 4 で、流動量が多くなるほど、この改善量が大きくなる傾向であった。これは、浜口機場で $12.6\text{m}^3/\text{s}$ を通水させるため、通常は東部承水路⇒調整地へと流れていた水や負荷が、浜口機場への流れとなって、南側にある大潟橋を含む水域や、調整地へ移流する負荷量が減ったため、大潟橋や湖心の水質に影響したと考えられる（後述の参考：物質収支図参照）。

(3) 西部承水路における流動化運転による効果予測の課題

本検討で用いた水質予測モデルでは、西部承水路における現況再現性について、いくつかの課題が残っている。ここで示した予測結果については現状のモデルを用いた一例であり、今後モデルの再現性向上とともに予測の見直しが必要と考えられる。

課題としては、実測データが不足していることから、西部承水路への流域からの流入負荷量が十分に把握できていないこと、また西部承水路を含む 3 水域で、底泥からの COD 溶出の検証ができていないことが挙げられる。今後の調査や研究等を踏まえて、モデルの検証作業を実施する必要がある。

ケース 1：2013 年度の条件では、流動化運転終了後に COD で悪化が見られる。その他は、年度平均と同様に、月別でも水質変化はほとんど見られない。

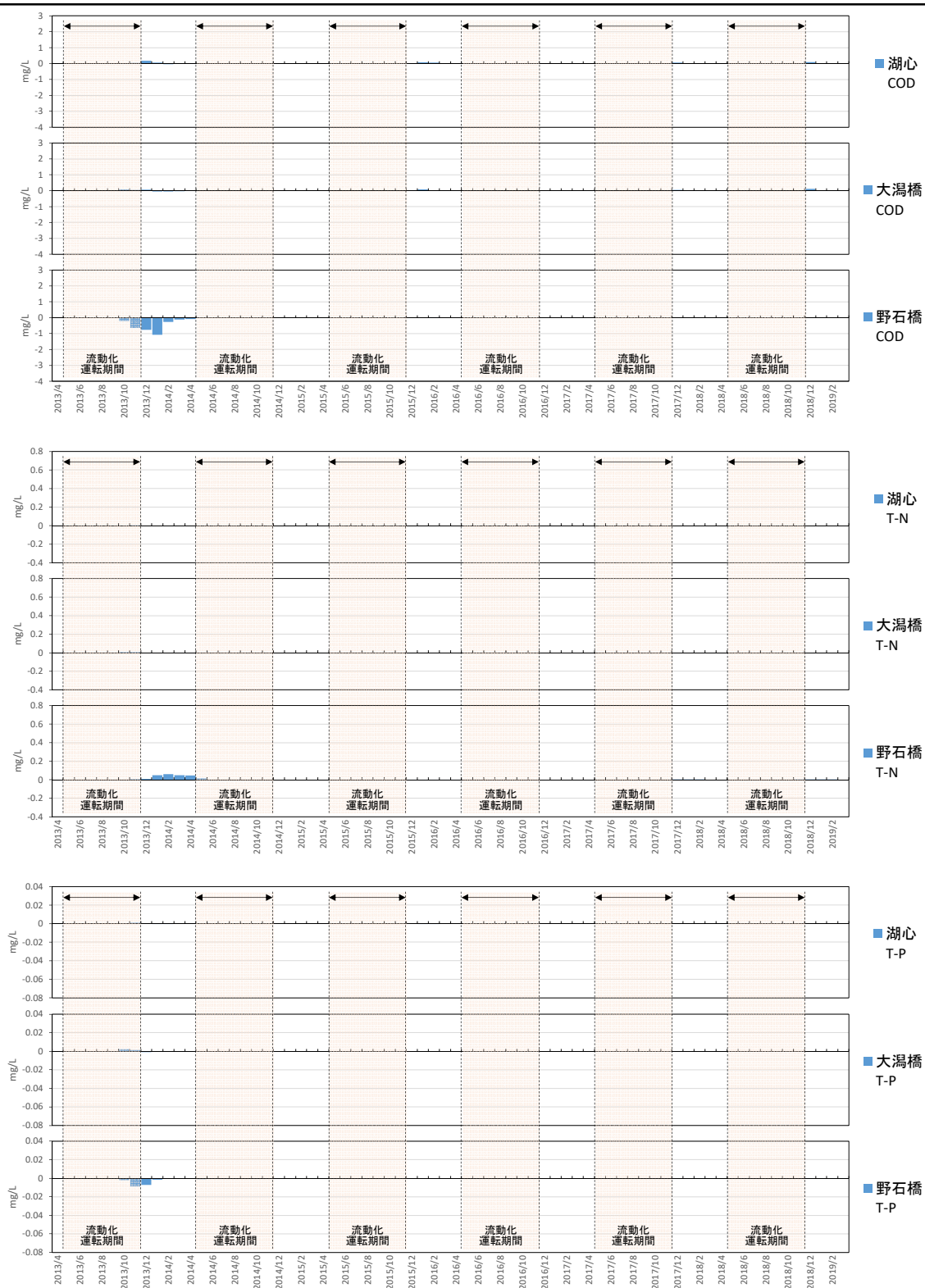


図 3.9 月平均水質での改善量の比較（R6 施策ありと流動化ケース 1）

※横軸は、水質予測に用いた気象・利水データの期間を表す。以降の図も同様。

ケース 2：COD は、野石橋で 12 月～2 月の期間に悪化。これは、もともと COD が低く、植物プランクトン増殖は小さかったが、通水による流動効果よりも、窒素やリンの負荷も流入させるため、その影響によって増殖が助長されたと考えられる。

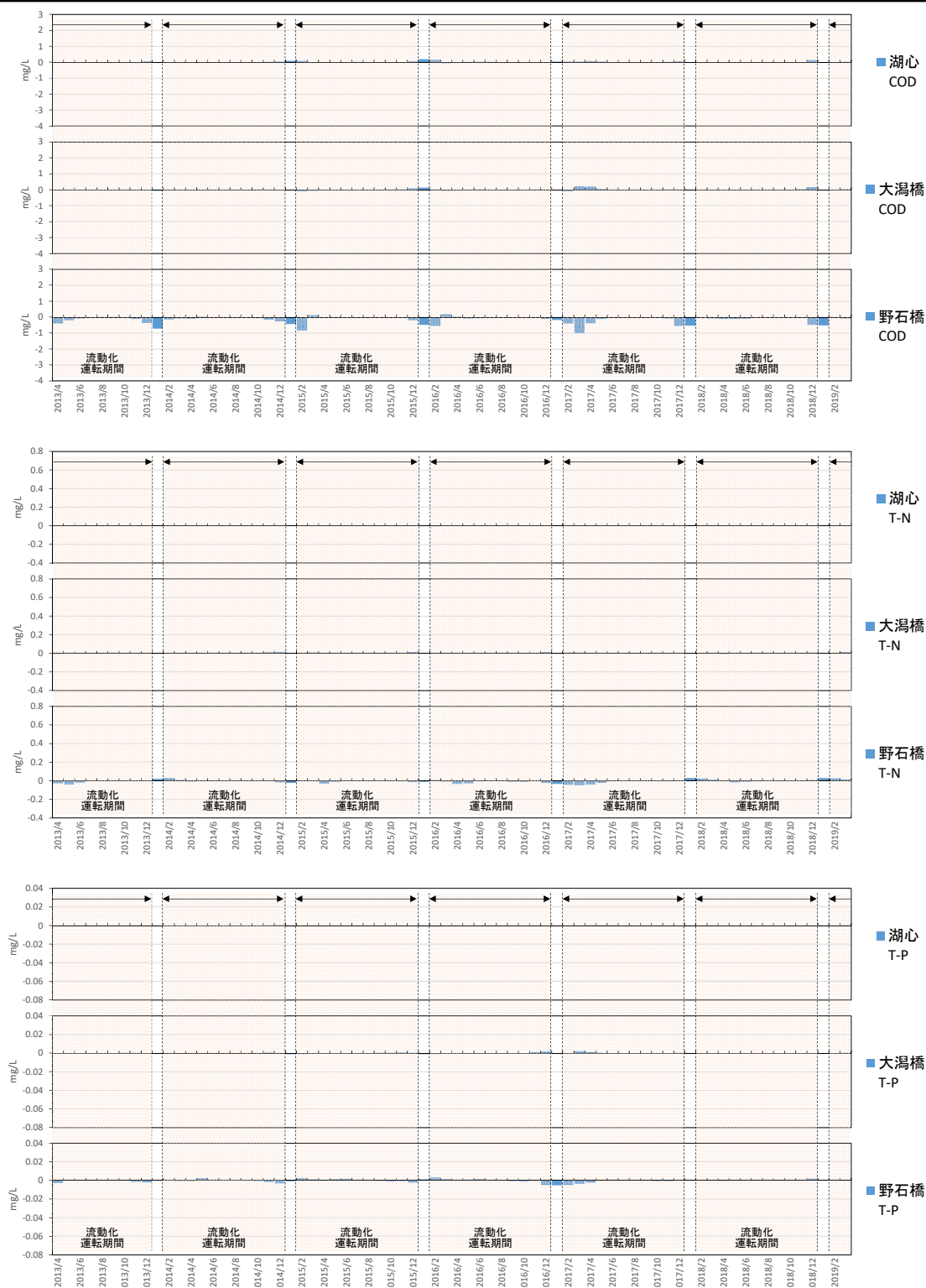


図 3.10 月平均水質での改善量の比較 (R6 施策ありと流動化ケース 2)

ケース 3：COD は、野石橋では悪化する月が多く、11 月の運転を停止した後、12～1 月にかけてその傾向が継続。T-N、T-P も COD と同様に悪化の傾向。流動化効果より負荷流入による影響が大きいことが考えられる。

一方で、湖心や大潟橋では、11 月頃～運転停止後の 1 月頃にかけて改善の傾向。

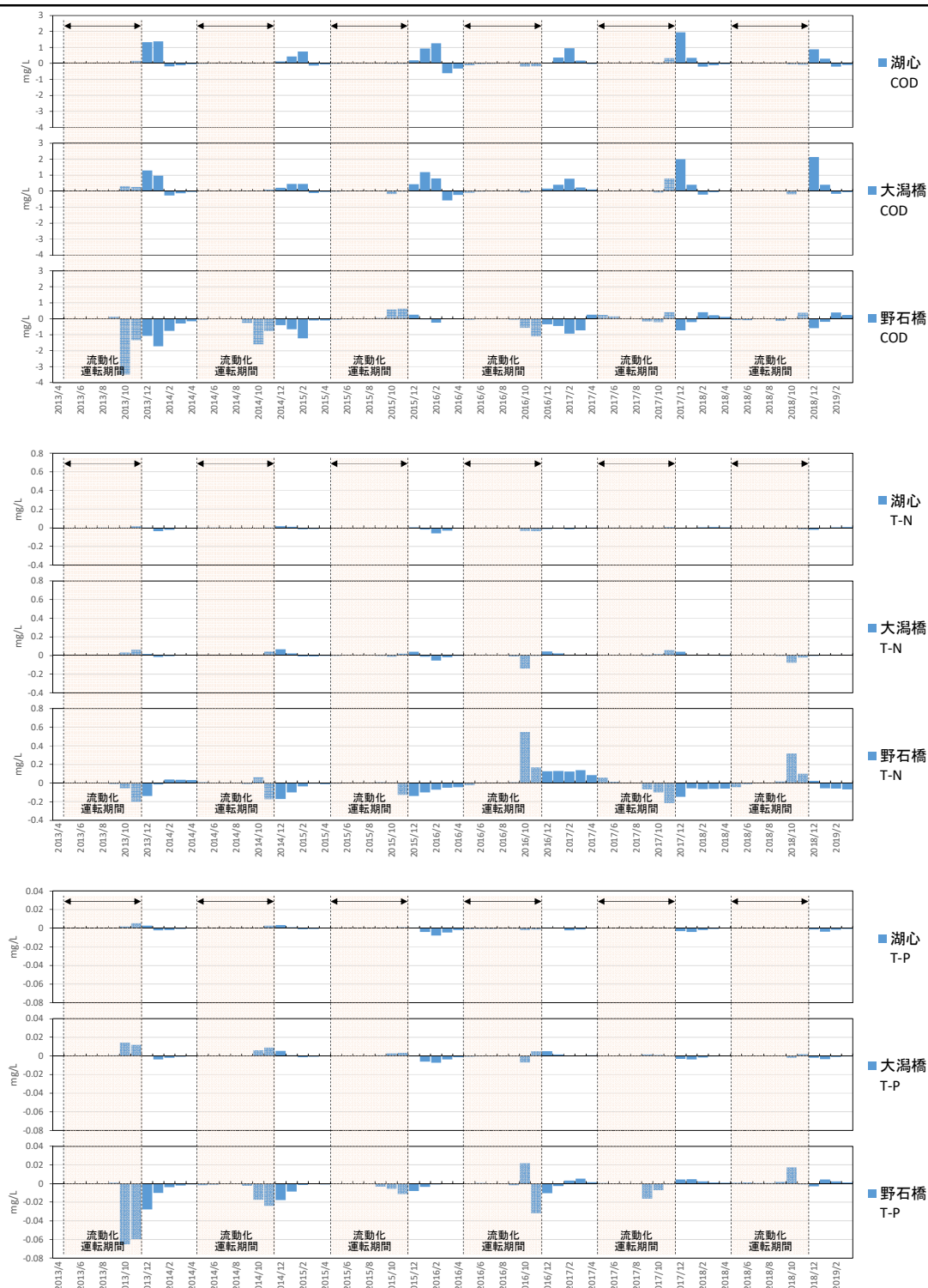


図 3.11 月平均水質での改善量の比較 (R6 施策ありと流動化ケース 3)

ケース 4：ケース 3 と同様に、COD は、野石橋で悪化と改善する年がある。ケース 3 よりも改善の程度は大きく、通水量が大きいことによるものと考えられる。
湖心や大潟橋ではケース 3 と同様に、改善の傾向。

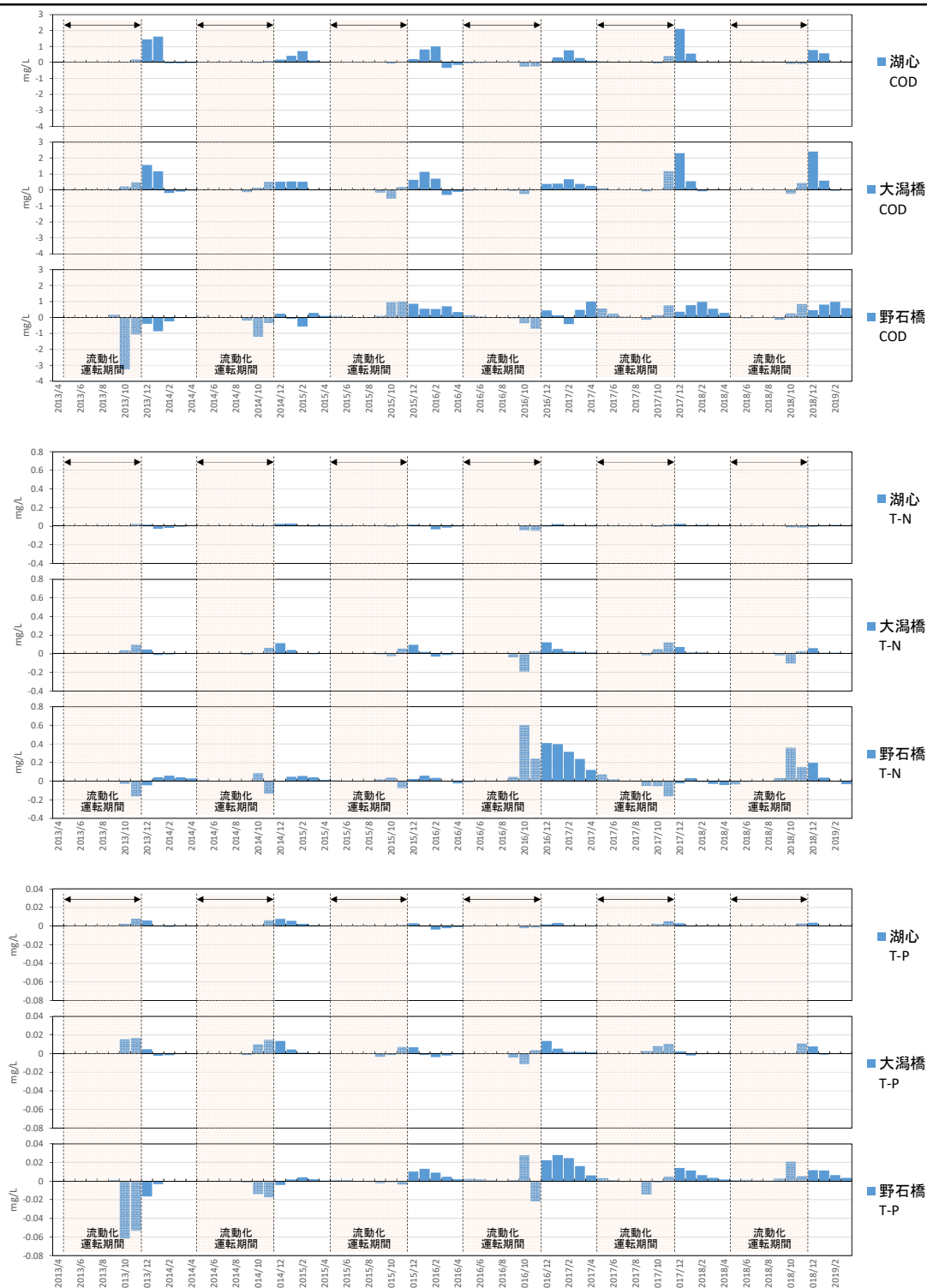


図 3.12 月平均水質での改善量の比較 (R6 施策ありと流動化ケース 4)

(参考) ケース 3 における予測結果

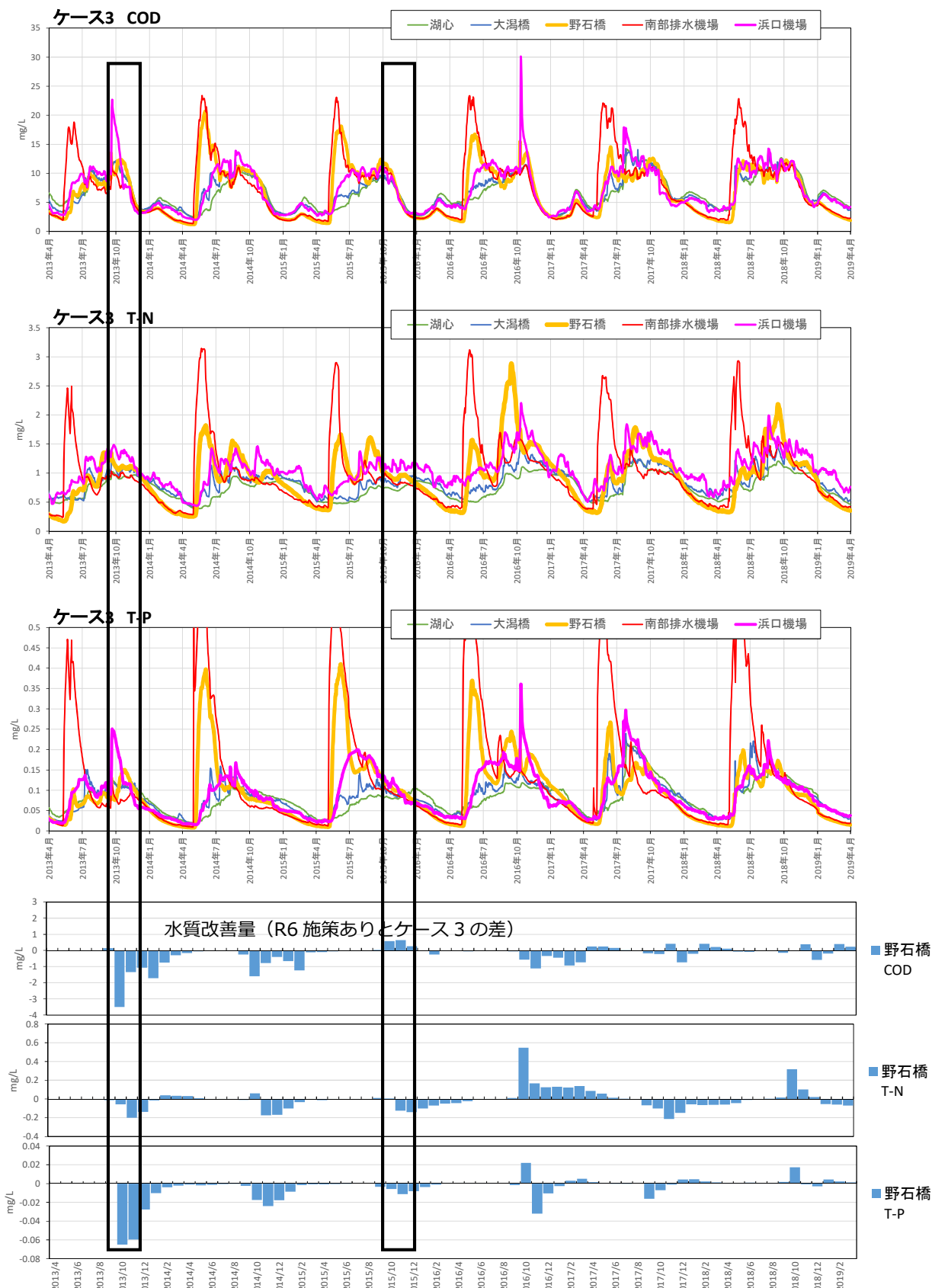
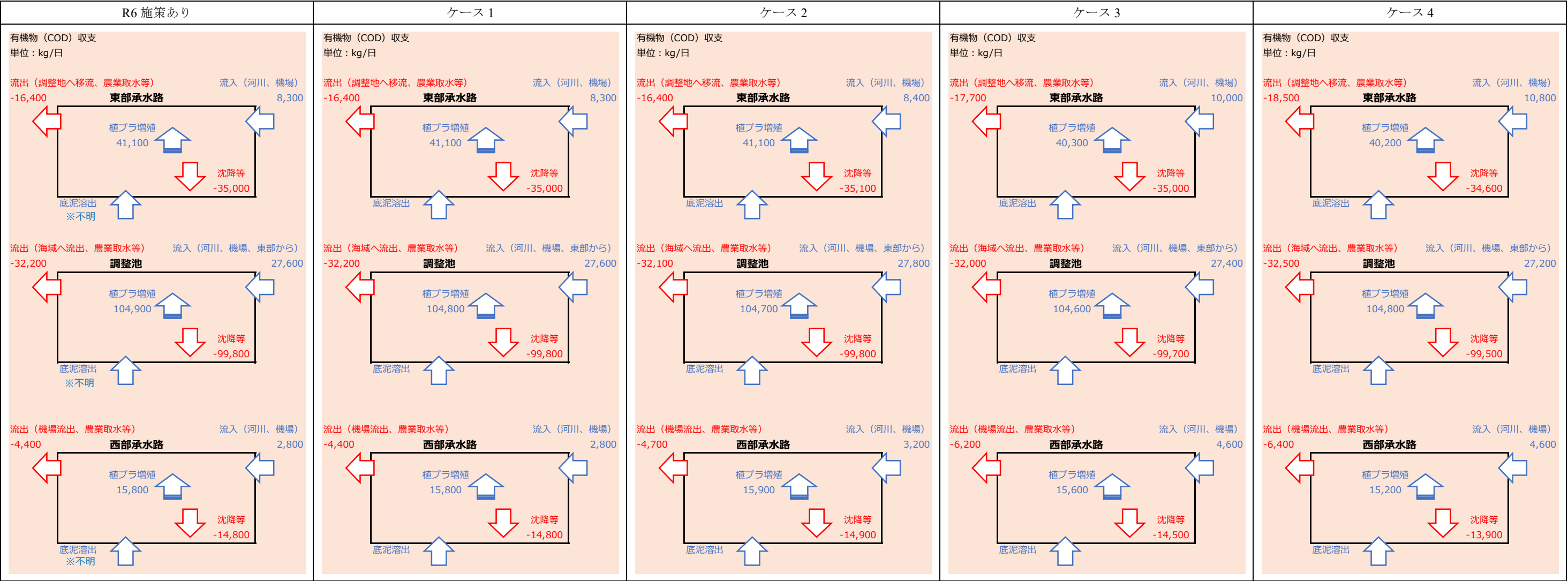


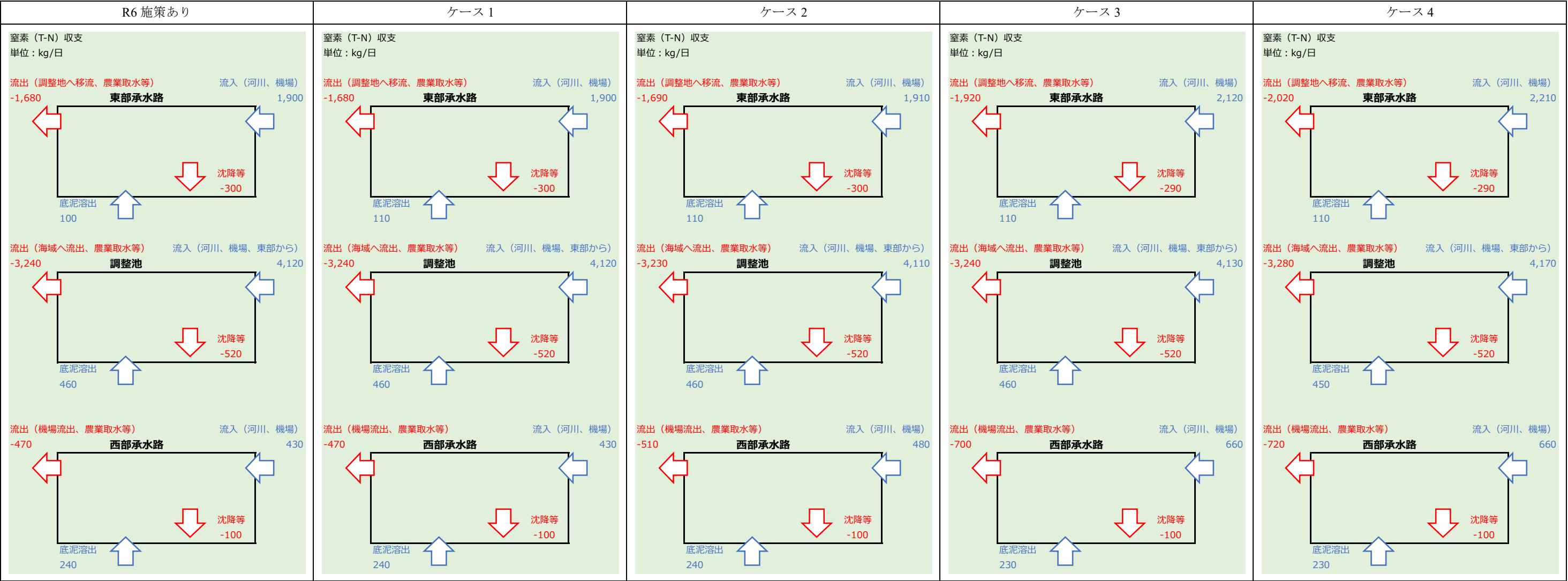
図 3.13 地点別の予測結果と野石橋での月別水質改善量：R6 施策ありとケース 3 の比較

(参考) 湖内物質収支 COD (2018 年度の気象条件を使用した将来予測結果)



※COD の底泥溶出は検証できないため、現時点では不明として扱うこととした。

(参考) 湖内物質収支 T-N (2018 年度の気象条件を使用した将来予測結果)



(参考) 湖内物質収支 T-P (2018 年度の気象条件を使用した将来予測結果)

