

VI 調査・研究

1．農薬調査結果

2．平成29年7月九州北部豪雨による

高濁度原水への対応

1. 農薬調査結果

1 はじめに

水質センターでは、牛頸浄水場における農薬の検出状況をより詳細に把握するため、定期検査の検水について、結果書の定量下限（概ね目標値の 1/100）より低い定量下限で農薬調査を行っている。平成 29 年度の調査結果は以下のとおりで、総農薬方式^{注1}及び検出濃度で整理し、過年度と比較した。なお、筑後川の流域には水田等が多く、原水に高い頻度で農薬が検出されているため、灌漑期（4～9 月）には月 2 回、非灌漑期（10～3 月）には月 1 回調査を実施している。

- ・調査箇所 ...
 - ・調査農薬^(注2) ...
 - ・定量下限 ...
- ・原水、活性炭処理水、浄水
 - ・灌漑期 月 2 回：114 項目
 - ・非灌漑期 月 1 回：114 項目
- （水質管理目標設定項目の対象農薬リスト掲載 120 項目のうち、GC/MS 及び LC/MS で測定可能な項目）
- 0.05µg/L または水質管理基準目標値（以下、目標値）の 1/100 の小さい方の値とした。ただし、イフエンホス、カルニトロフェン、ピペロホス は 0.02µg/L、ミノキサジン、ジクワット、パラコートは 0.5µg/L とした。

2 調査結果

ア. 総農薬方式による農薬類検出状況

平成 29 年度の原水の総農薬方式による農薬検出状況についてグラフに、その内訳を表 1 に示す。農薬類は 4 月、6 月、8 月、10 月に 0.01 を超えて検出された。最高値は 6 月 19 日の 0.03 で、昨年度(0.04)より低かった。また、農薬類が検出された回数は 9 回で、昨年度(4 回)より増加した。

活性炭処理水は、4 月 17 日に 0.02（殺虫剤のフィプロニル検出）、6 月 19 日に 0.05（殺虫剤、殺菌剤のジチオカルバメート農薬検出）検出された以外は、すべて 0.01 未満であった。浄水は、すべて 0.01 未満であった。

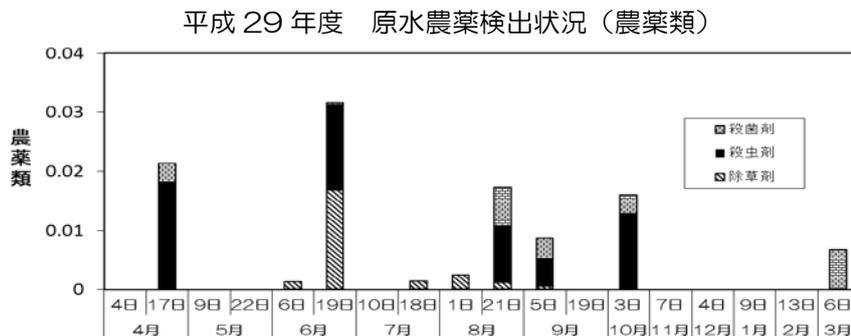


表 1 農薬類の内訳

	除草剤	殺虫剤	殺菌剤
4月 4日	<0.01	<0.01	<0.01
4月 17日	<0.01	フィプロニル 0.02	<0.01
5月 9日	<0.01	<0.01	<0.01
5月 22日	<0.01	<0.01	<0.01
6月 6日	<0.01	<0.01	<0.01
6月 19日	ピラジナール 0.01	フィプロニル 0.01	<0.01
7月 10日	<0.01	<0.01	<0.01
7月 18日	<0.01	<0.01	<0.01
8月 1日	<0.01	<0.01	<0.01
8月 21日	<0.01	ブアノキサジン 0.01	<0.01
9月 5日	<0.01	<0.01	<0.01
9月 19日	<0.01	<0.01	<0.01
10月 3日	<0.01	アミトリス 0.01	<0.01
11月 7日	<0.01	<0.01	<0.01
12月 4日	<0.01	<0.01	<0.01
1月 9日	<0.01	<0.01	<0.01
2月 13日	<0.01	<0.01	<0.01
3月 6日	<0.01	<0.01	パラコート 0.01

イ. 農薬検出濃度

原水で 0.05 $\mu\text{g/L}$ 以上または目標値の 100 分の 1 以上検出された農薬をグラフと表 2 に示す。除草剤については、6 月から検出され、6 月下旬に農薬数及び検出濃度ともピークとなり、9 月まで検出された。除草剤は検出される農薬の種類・頻度が多く、中でもダイムロン、プロモブチド、ベンタゾンの検出頻度が高かった。

殺虫剤については、4 月にフィプロニル、6 月にメチダチオンとフィプロニル、8 月から 9 月にブプロフェジン、10 月にアミトラズが検出された。

殺菌剤については、4 月にベノミル、6 月にイソプロチオラン、8 月から 9 月にイソプロチオラン (8 月のみ)、トリシクラゾール、フェリムゾン、10 月及び 3 月にベノミルが検出された。

なお、活性炭処理水では、4 月に殺虫剤のフィプロニルが 0.008 $\mu\text{g/L}$ 、6 月に殺虫剤、殺菌剤のジチオカルバメート系農薬が 0.25 $\mu\text{g/L}$ 検出された以外はすべて目標値の 100 分の 1 未満であった。浄水はすべて目標値の 100 分の 1 未満であった。

※0.05 $\mu\text{g/L}$ 以下または目標値の 100 分の 1 以下については、不検出とした。

平成 29 年度 原水農薬検出状況 (農薬合計濃度)

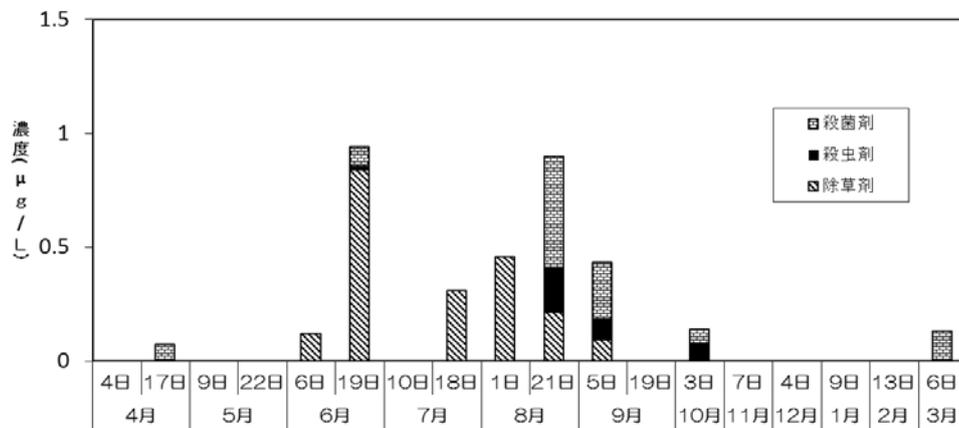


表 2 平成 29 年度農薬検出濃度 ($\mu\text{g/L}$)

Month	Date	除草剤	殺虫剤	殺菌剤
4月	4日	不検出	不検出	不検出
4月	17日	不検出	フィプロニル	ベノミル
5月	9日	不検出	不検出	不検出
5月	22日	不検出	不検出	不検出
6月	6日	プロモブチド	不検出	不検出
6月	19日	ダイムロン	メチダチオン	イソプロチオラン
6月	19日	ベンタゾン	フィプロニル	0.09
6月	19日	0.13	0.01	0.09
6月	19日	0.09	0.006	0
6月	19日	0.05	0	0
6月	19日	0.30	0	0
6月	19日	0.21	0	0
6月	19日	0.06	0	0
7月	10日	不検出	不検出	不検出
7月	18日	ダイムロン	不検出	不検出
7月	18日	ベンタゾン	不検出	不検出
7月	1日	ベンタゾン	不検出	不検出
8月	21日	ベンタゾン	ブプロフェジン	イソプロチオラン
8月	21日	0.22	0.19	0.07
8月	21日	0.21	0	0.21
8月	21日	0.21	0	0.13
8月	21日	0.11	0	0.11
9月	5日	ベンタゾン	ブプロフェジン	0
9月	5日	0.10	0.09	0
9月	19日	不検出	不検出	不検出
10月	3日	不検出	アミトラズ	ベノミル
10月	3日	不検出	0.08	0.06
11月	7日	不検出	不検出	不検出
12月	4日	不検出	不検出	不検出
1月	9日	不検出	不検出	不検出
2月	13日	不検出	不検出	不検出
3月	6日	不検出	不検出	ベノミル
3月	6日	不検出	不検出	0.13

3 経年変化

例年農薬が検出される5月～9月における、過去10年間（H19～28）及びH29の検出農薬の合計濃度の平均値を表3、最高値を表4に示す。

検出濃度の平均値では、除草剤、殺虫剤、殺菌剤のいずれも、過去10年間の平均値の半分以下であり、殺虫剤、殺菌剤は過去10年と比較して最低であった。

検出濃度の最高値でも、いずれの薬剤の過去10年間の平均値の半分以下程度で、過去最低に近い値であった。

平成29年度は「平成29年7月九州北部豪雨」による土砂災害で、朝倉地方の果樹園などで農業被害が出ており、農薬濃度が低くなった一因と考えられる。なお、「平成24年7月九州北部豪雨」のあった平成24年度も例年より農薬濃度が低くなっている。

表3 農薬合計濃度の平均値（ $\mu\text{g/L}$ ）

年度	除草剤	殺虫剤	殺菌剤	合計
H19	0.69	0.09	0.48	1.26
H20	0.16	0.06	0.15	0.37
H21	0.29	0.11	0.23	0.63
H22	0.29	0.10	0.12	0.51
H23	0.32	0.04	0.14	0.50
H24	0.09	0.05	0.13	0.27
H25	1.00	0.05	0.11	1.16
H26	0.60	0.01	0.13	0.75
H27	0.51	0.14	0.14	0.79
H28	0.24	0.07	0.14	0.45
H19～28平均	0.42	0.07	0.18	0.67
H29	0.20	0.03	0.08	0.32

例年農薬が検出される5～9月の平均値を示す。

表4 農薬合計濃度の最高値（ $\mu\text{g/L}$ ）

年度	除草剤	殺虫剤	殺菌剤	合計
H19	5.94	0.46	1.07	7.47
H20	1.11	0.22	0.74	2.07
H21	1.94	0.41	1.16	3.51
H22	1.73	0.51	0.86	3.10
H23	1.97	0.19	1.05	3.21
H24	0.78	0.21	1.08	2.07
H25	6.81	0.19	0.29	7.29
H26	5.72	0.10	0.53	6.35
H27	5.75	1.45	0.41	7.60
H28	1.25	0.28	0.68	2.21
H19～28平均	3.30	0.40	0.79	4.49
H29	0.84	0.19	0.49	0.94

注1 総農薬方式：農薬類の目標値は、「検出値と目標値の比の和として1以下」となっている。

注2 農薬類120項目のうち、分析法を検討中の項目並びにグリホサートについては、過去に検出例がないため実施せず。

2. 平成 29 年 7 月九州北部豪雨による高濁度原水への対応

1 はじめに

平成 29 年 7 月 5 日から 6 日にかけて九州北部地方で記録的な大雨(平成 29 年 7 月九州北部豪雨)があり、筑後川の河川濁度が急上昇(最大で 2,000 度超過)した。福岡地区水道企業団牛頸浄水場では、高濁度原水に対応するため、山口調整池への水源切り替え(山口調整池 80%)を行って浄水処理を行ったので、状況を報告する。また、豪雨による土砂災害等の影響で、原水濁度が平均的に高く、まとまった降雨の後は河川濁度が急上昇する状況が 10 月頃まで見られたので、併せて報告する。

2 平成 29 年 7 月九州北部豪雨による降水量及び河川状況

7 月 5 日から 6 日にかけて、対馬海峡付近に停滞した梅雨前線に向かって暖かく非常に湿った空気が流れ込んだ影響等により、線状降水帯が形成・維持され、同じ場所に猛烈な雨を継続して降らせた。福岡県朝倉市や大分県日田市等で 24 時間降水量の値が観測史上 1 位の値を更新するなど、これまでの観測記録を更新する大雨となった(朝倉観測所の降水量: 図 1, 日田観測所の降水量: 図 2)。

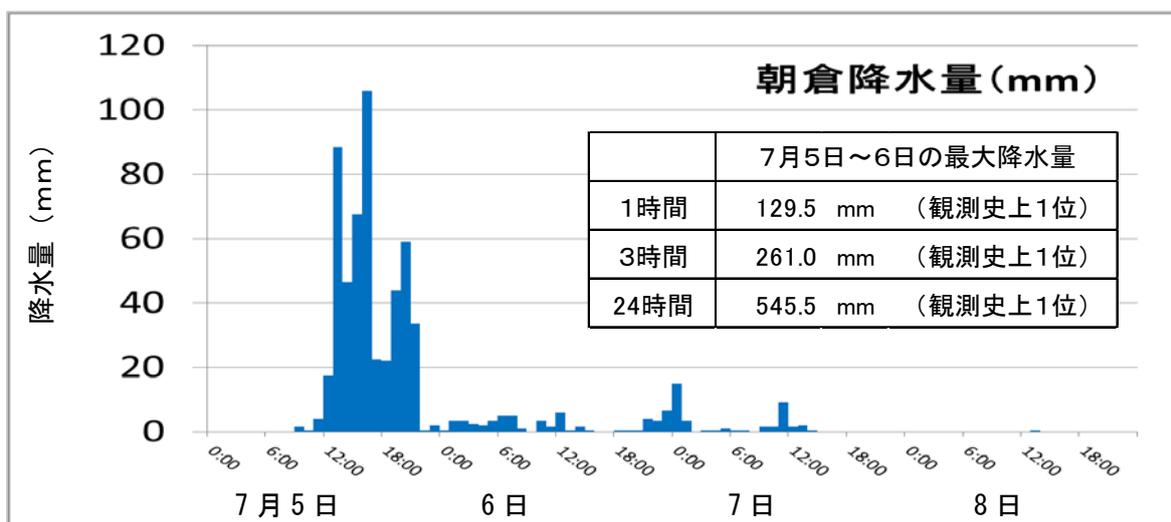


図 1 朝倉観測所の降水量(1時間あたり)

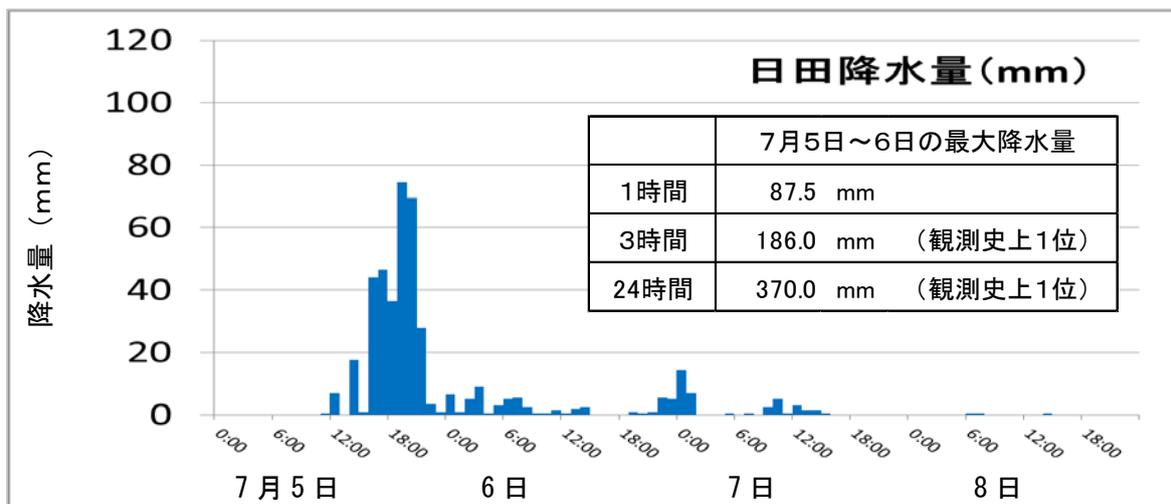


図 2 日田観測所の降水量(1時間あたり)

この記録的な大雨により、筑後川上流域では土砂災害や浸水被害が発生し、河川濁度は急激に上昇した。水質計器による河川濁度の推移を図3に示す。河川濁度は、濁度計の上限2,000度を超過した状態が約10時間(7/5 20:37~7/6 6:45)続いた。その間の最大濁度は不明であるが、福岡県南広域水道企業団、佐賀東部水道企業団の情報から最大濁度は6,000度~8,000度と推察された。

河川流量(瀬ノ下流量, 朝9時時点)についても7月7日に約2,300m³/sで過去5年の最大値となった(図4)。

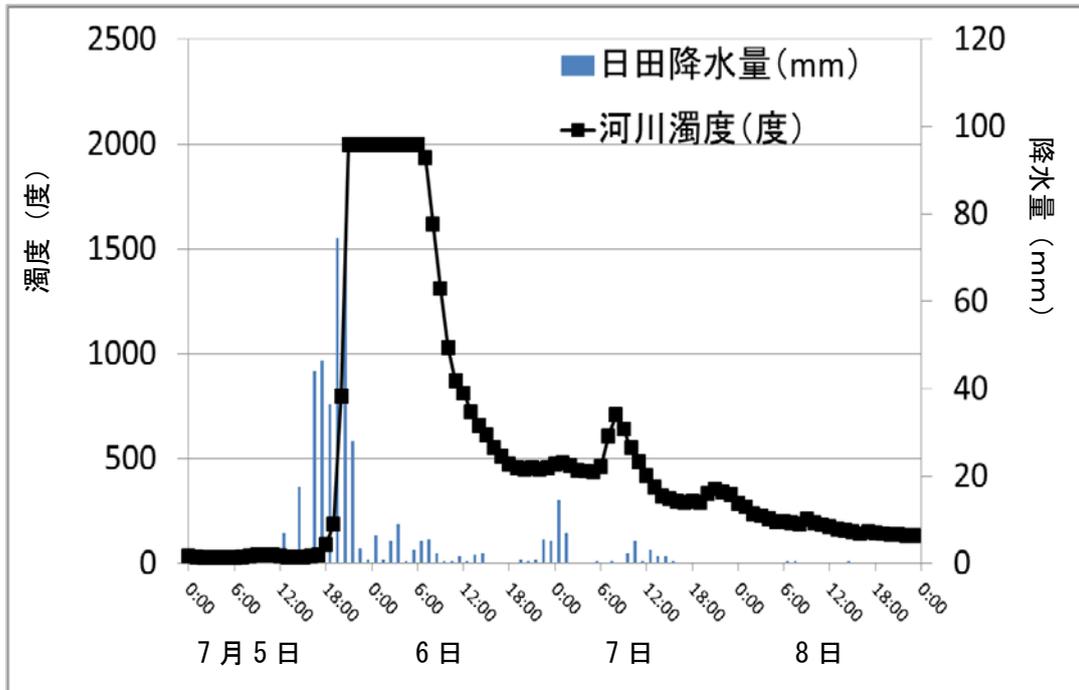


図3 河川濁度の推移

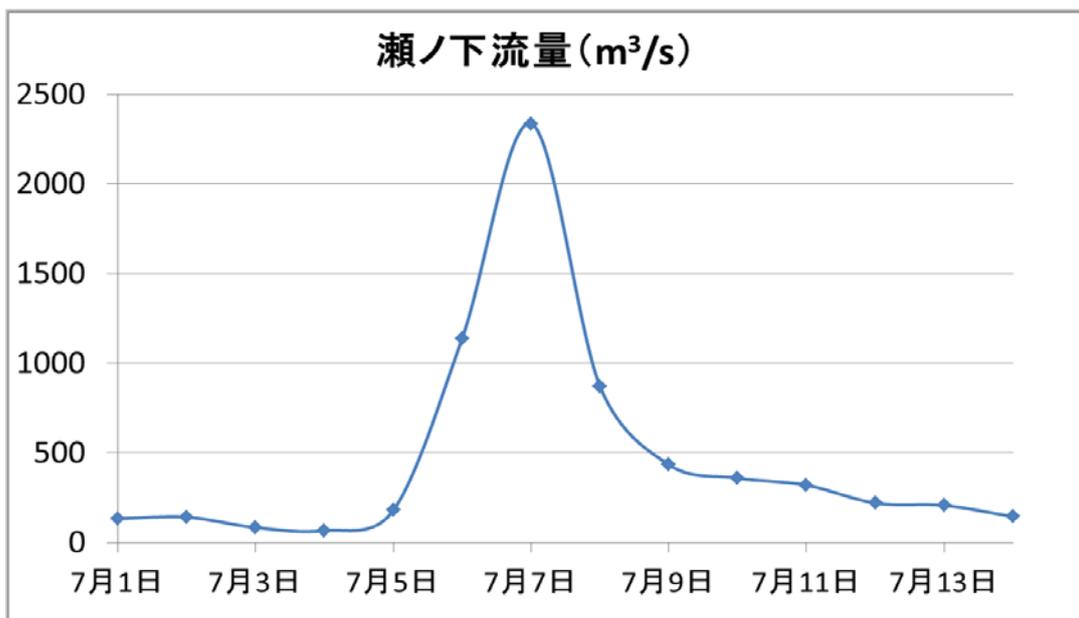


図4 河川流量(瀬ノ下, 朝9時時点)

3 山口調整池への水源切り替え

7月5日から河川濁度が急激に上昇し、原水濁度が500度を超過する恐れがあると考えられたため、関係部署のご理解を得て山口調整池を使用することとした。山口調整池の取水割合は50%から始め、80%まで上げた。

山口調整池の運用状況は表1に示すとおり。7月5日の高濁度がある程度終息した後も、降雨後に河川濁度が急上昇する現象がみられ、河川濁度が1,000程度まで上昇した8月17日、9月7日にも山口調整池を使用した(計3回使用)。その後、山口調整池への復水は9月12日に完了した。

表1 山口調整池の運用状況

月日	時刻	山口調整池の取水・復水に係る操作	取水割合	
			筑後川(%)	山口調整池(%)
7月5日(水)	16:30	取水の協議開始 (計画課が筑後川局と協議)	100	0
	18:40	取水了解	100	0
	21:15	福岡導水管理室に取水操作開始依頼	100	0
	22:00	取水操作開始 ※取水割合は50%から始め、80%まで徐々に上げる	(操作中)	(操作中)
	23:48	操作完了	20	80
7月10日(月)	17:00	取水割合変更	50	50
7月11日(火)	7:00	取水割合変更	75	25
	10:00	取水停止	100	0
7月14日(金)	18:00	復水開始	100	0
8月17日(木)	0:30	復水停止、取水開始	20	80
	10:30	取水割合変更	50	50
	13:30	取水割合変更	75	25
	15:30	取水停止	100	0
	16:00	復水再開	100	0
8月25日(金)	12:30	復水終了(貯水率100%)	100	0
9月7日(木)	20:45	取水開始	60	40
9月8日(金)	9:30	取水割合変更	80	20
	10:30	取水停止	100	0
	11:30	復水開始	100	0
9月12日(火)	9:00	復水終了(貯水率100%)	100	0

※「山口調整池の水運用マニュアル」において、調整池からの取水に“原水が高濁度の場合”が明記されていないことから、本来の用途ではないとみなされ、状況を見ながら徐々に山口調整池の割合を上げていく操作しか認められなかったため。

4 平成 29 年 7 月九州北部豪雨時の浄水処理状況

(1) 7 月 5 日～8 日（河川濁度急上昇～山口調整池への水源切替）

ア 原水濁度

7 月 5 日～8 日の河川割合と原水濁度の推移を図 5 に示す。河川割合は時間ごとの山口調整池取水
量と原水流入量の積算値から計算したもの。山口調整池の取水で原水を希釈しているものの、最大濁
度は 500 度（計器の最大値）を超過した。手分析による最大濁度は 600 度程度であった。

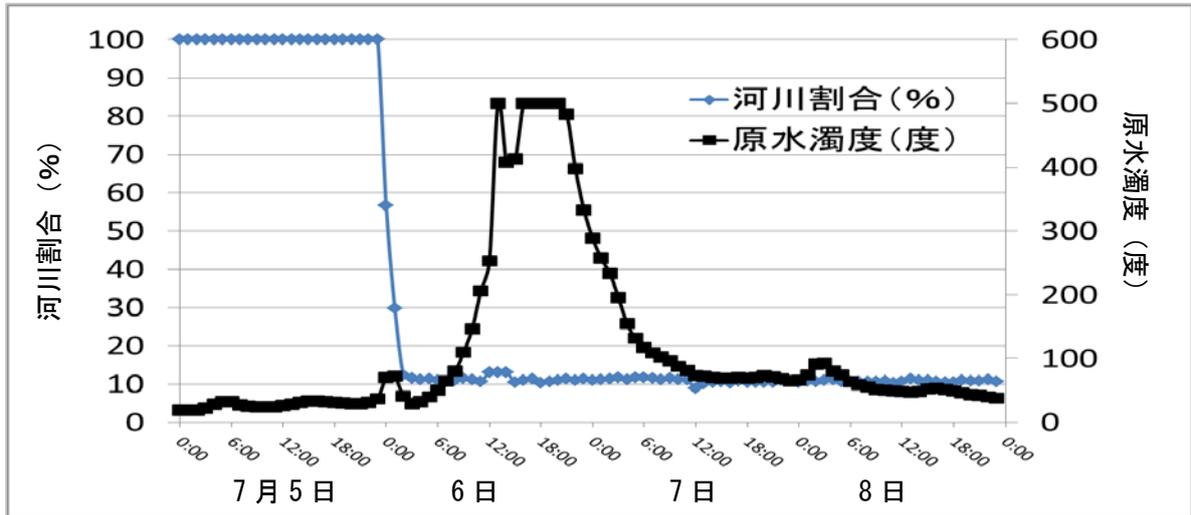


図 5 河川割合と原水濁度の推移

イ pH 調整剤注入率

原水 pH と pH 調整剤注入率を図 6 に示す。水源切り替え前の原水 pH は 7.2 程度であったが、山
口調整池の pH が高いため（7/5 pH7.9）、水源切り替え後の原水 pH が 7.6 程度まで上昇し、pH 調
整剤をカセイソーダから硫酸に切り替えた。その後降雨の影響とみられる pH の低下があり、一時的
にカセイソーダを注入したが、降雨の影響が小さくなるに従い pH が上昇したため、再び硫酸を注入
した。

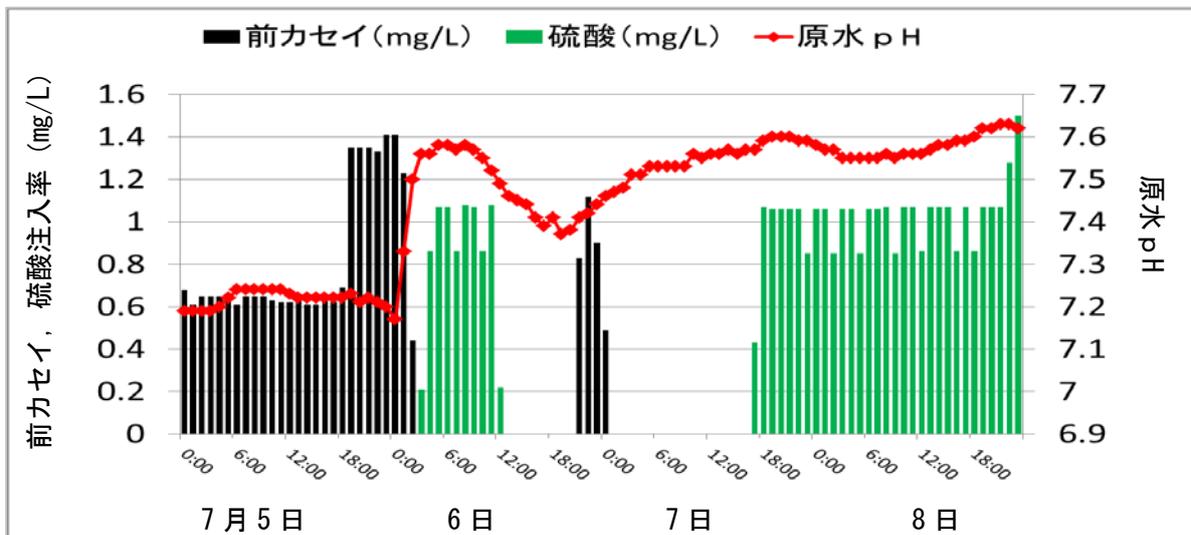


図 6 原水 pH と pH 調整剤（前カセイ，硫酸）注入率

ウ PAC 注入率

原水濁度と PAC 注入率を図 7 に示す。原水濁度は 7 月 6 日 13 時頃に計器上限の 500 度を超過し、一時低下したものの、16~20 時頃まで 500 度を超過していた。PAC 注入率は原水濁度の上昇に伴って上昇し、最大 73mg/L 程度まで注入したが、沈でん池が青く見えるなど過剰注入ぎみであったので、濁度 500 度程度の原水に対しては 70mg/L を若干下回る程度の注入率が適正と考えられた。

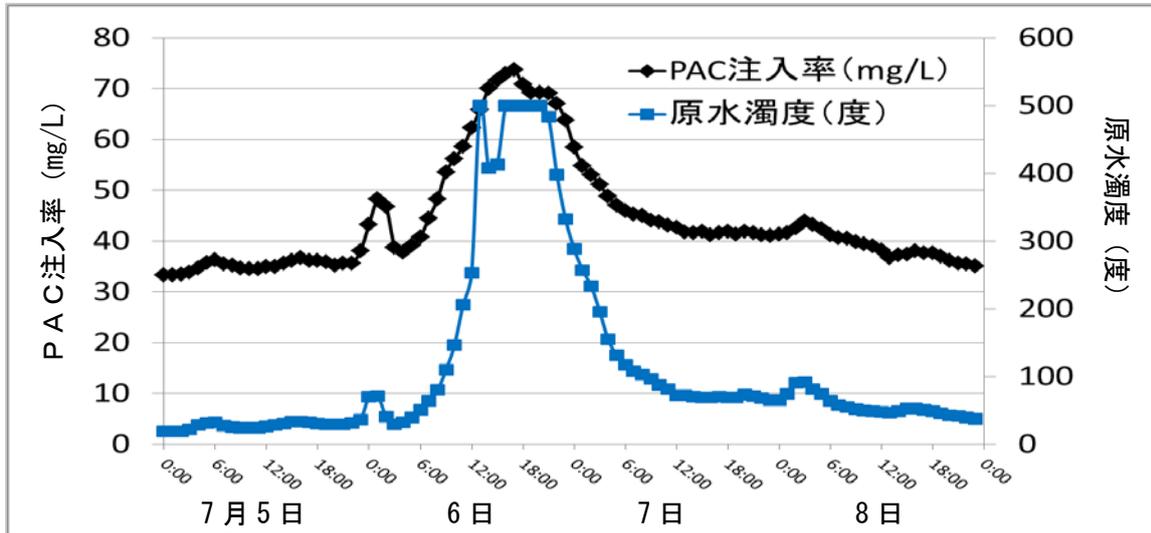


図 7 原水濁度と PAC 注入率

エ 沈でん処理水濁度

PAC 注入率、沈でん処理水濁度、後 PAC 注入率を図 8 に示す。沈でん処理水濁度は 7 月 6 日 22 時頃に最大となり、3 度を超過したが、その後は低下した。沈でん処理水濁度が 2 度を越えた 16 時頃からは、念のため後 PAC を 1mg/L 注入したが、その後沈でん処理水濁度が 1 度程度になると後 PAC は停止した。

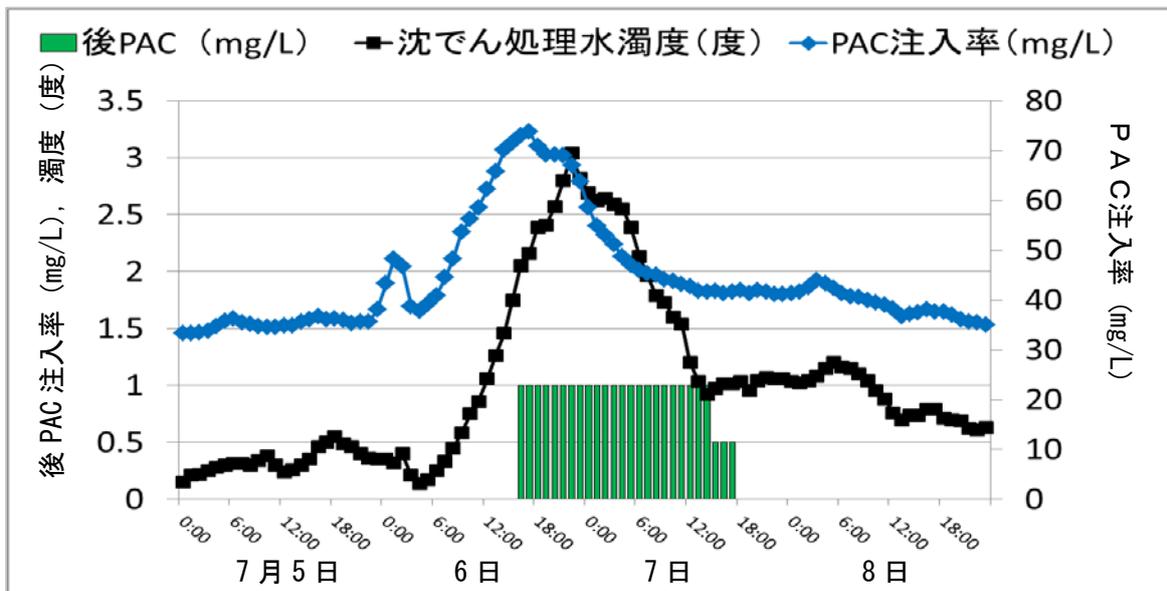


図 8 沈でん処理水濁度を後 PAC 注入率

オ ろ過水濁度

ろ過水濁度を図 9 に示す。ろ過水濁度は、管理基準の 0.02 度以下で推移し、問題なかった。沈でん処理水濁度上昇時は、念のため後 PAC を注入した。

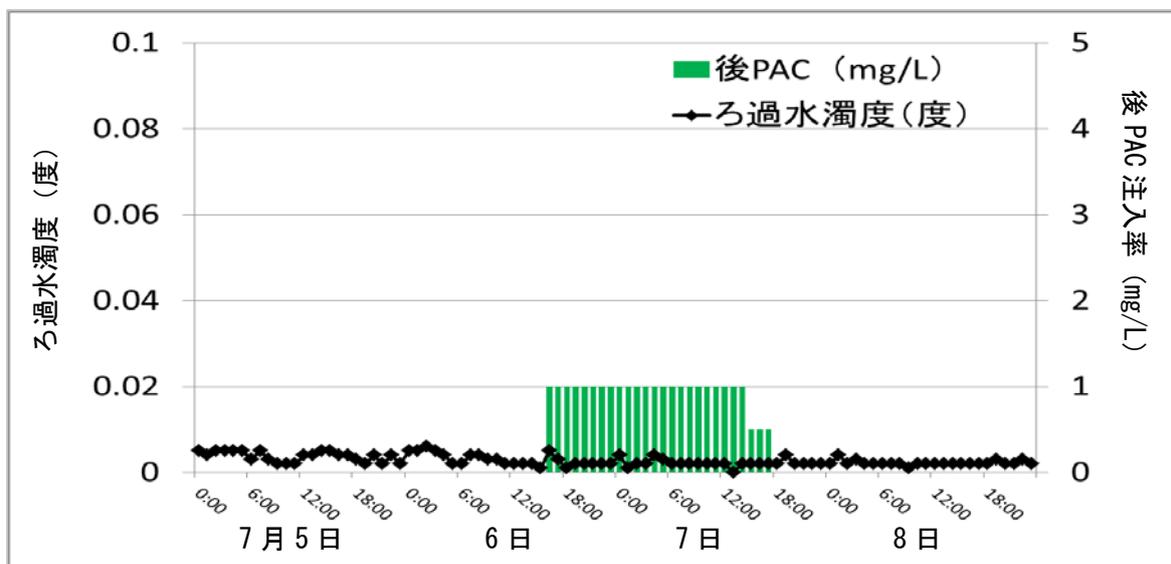


図 9 ろ過水濁度

(2) 7月10日～12日（山口調整池から筑後川への戻し）

ア 原水濁度

7月10日時点では、河川濁度が100度前後に落ちついていたことから、10日～11日にかけて、徐々に山口調整池の取水量を減量し、河川100%取水に戻した。10日17時頃から河川割合を50%に上げ、翌11日7時頃から河川80%、10時頃から河川100%に戻した。10日～12日の河川割合と原水濁度の推移を図10に示す。河川割合は時間ごとの山口調整池取水量と原水流入量の積算値から計算したもの。水源を筑後川に戻していく際、導水管内での濁質の巻き上げが発生し、濁度の上昇が見られた。濁度の最大値は、7月11日13時から500度を超える状態が30分間続いた。

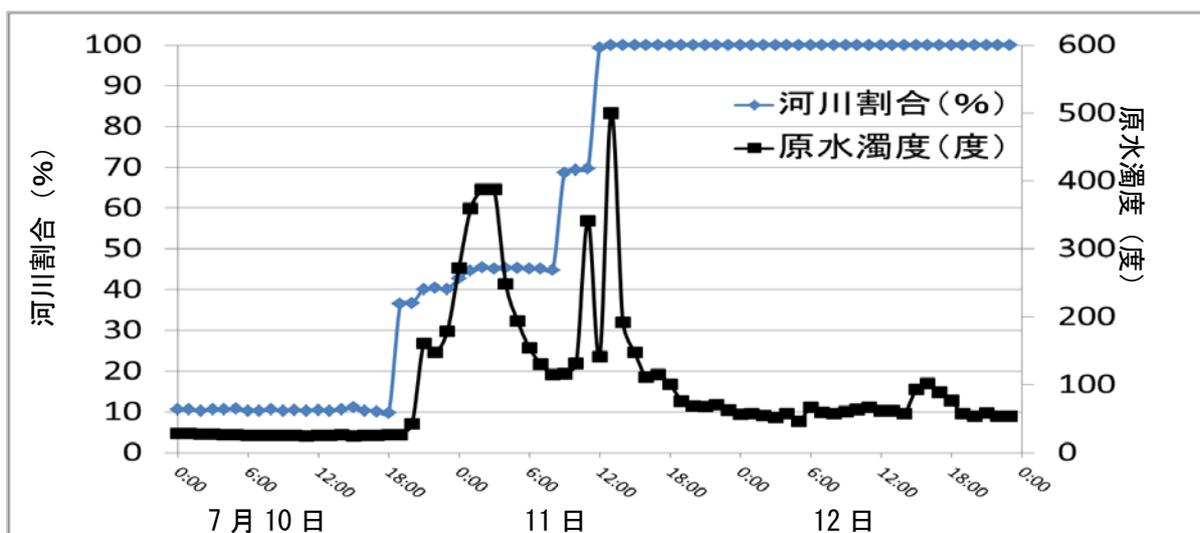


図 10 河川割合と原水濁度

イ pH 調整剤注入率

原水 pH と pH 調整剤注入率を図 11 に示す。水源切り替え前の原水 pH は山口調整池の影響で 7.6 程度であったが、河川に切り替えていくと 7.2 程度まで低下した。pH 調整剤は硫酸からカセイソーダに切り替えた。

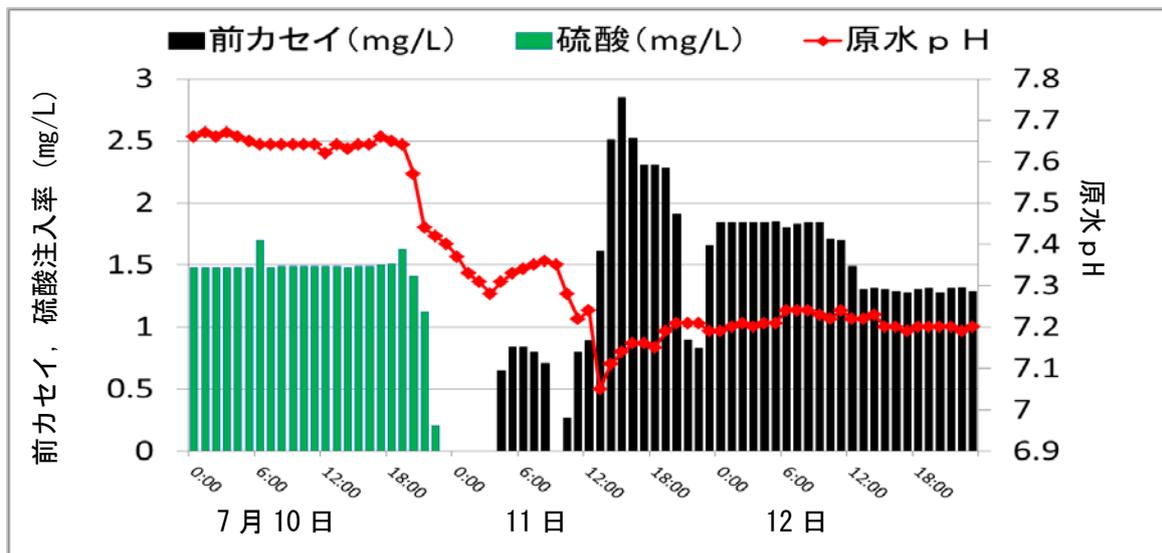


図 11 原水 pH と pH 調整剤注入率

ウ PAC 注入率

原水濁度と PAC 注入率を図 12 に示す。原水濁度は水源切り替え作業後に上昇が見られた。最大値は、7月11日13時の500度超過であった。PAC 注入率は濁度の上昇に合わせて調整し、最大で66mg/L 程度であった。

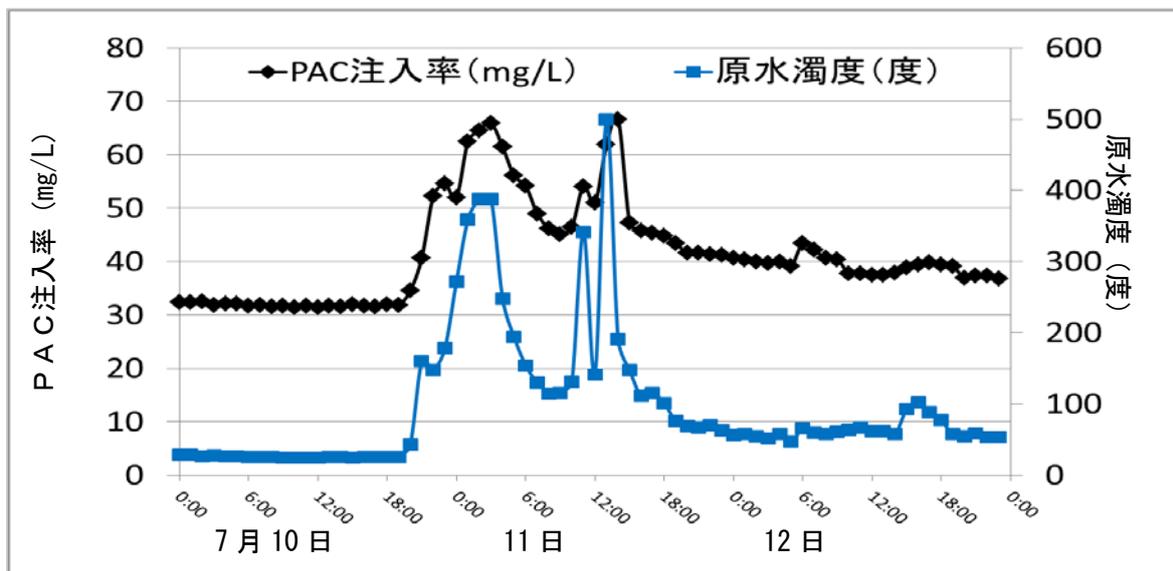


図 12 原水濁度と PAC 注入率

エ 沈でん処理水濁度

PAC 注入率，沈でん処理水濁度を図 13 に示す。沈でん処理水濁度は 10 日夕方頃から徐々に上昇し，11 日夕方頃から 1 度付近を推移した。これは，7 月 5 日からの高濁度原水流入により，沈でん池に汚泥が堆積し巻き上げがあったためと推察した。なお，後 PAC は注入していない。

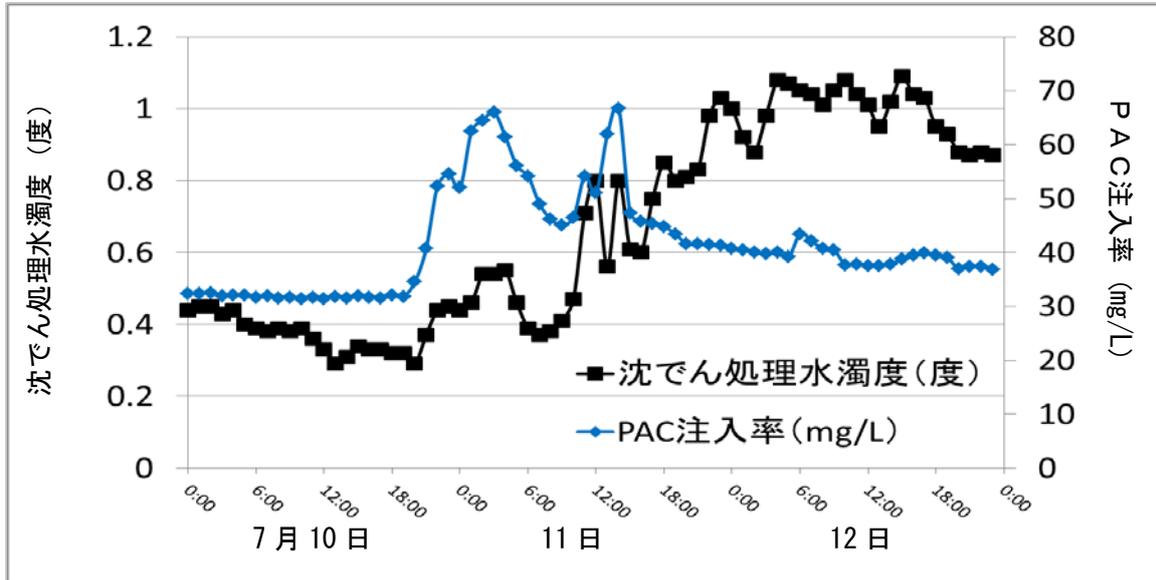


図 13 PAC 注入率と沈でん処理水濁度

オ ろ過水濁度

ろ過水濁度を図 14 に示す。ろ過水濁度は，管理基準の 0.02 度以下で推移し，問題なかった。

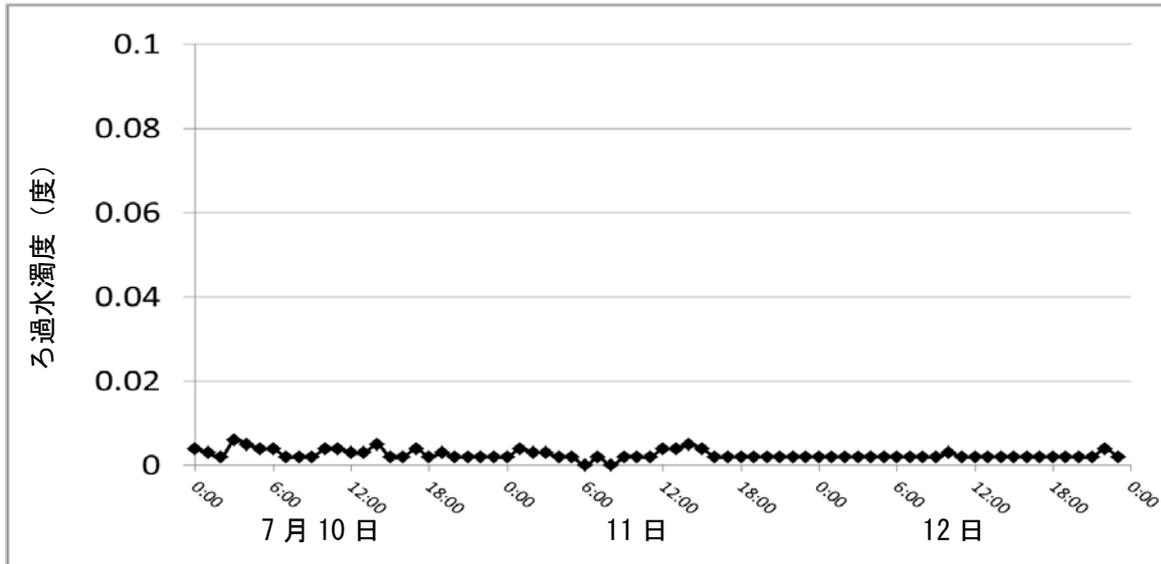


図 14 ろ過水濁度

5 7月の汚泥処理状況

(1) 7月の原水濁度と濃縮スラッジ濃度

7月の原水濁度（日平均）と濃縮スラッジ濃度（濃縮槽で濃縮後のスラッジ濃度）を図15に示す。7月5日以降の原水は高い濁度が続いた。濃縮スラッジ濃度は、7月3日に3.7%であったが、高濁度原水の流入以降、徐々に上昇し、最大9.3%（7月25日）となっていた。水温上昇（約26度→29度）の影響もあると思われるが、高濁度原水による濁質は、濃縮槽での濃縮効率は良いと考えられた。

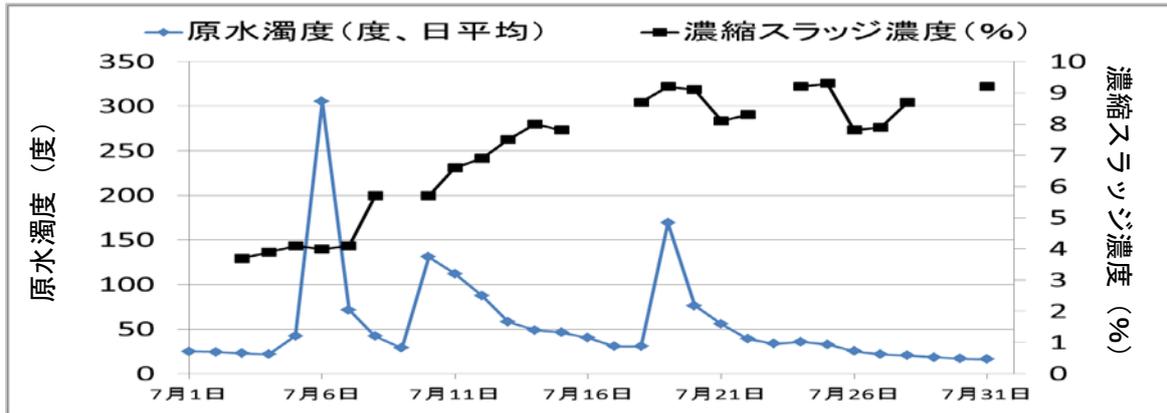


図15 原水濁度と濃縮スラッジ濃度の推移

(2) 7月の汚泥の流入量と処理量

高濁度原水の流入により、固形物換算*で最大で日量70トン以上の濁質が流入した。汚泥処理は、脱水機の時間外運転等に対応し、また濃縮スラッジ濃度の上昇による処理効率の向上もあって、最大で日量30トン弱（固形物換算）を処理した（図16）。7月の合計で、流入量が438トン、処理量が457トンとなり、流入量と処理量は同程度となっていた。

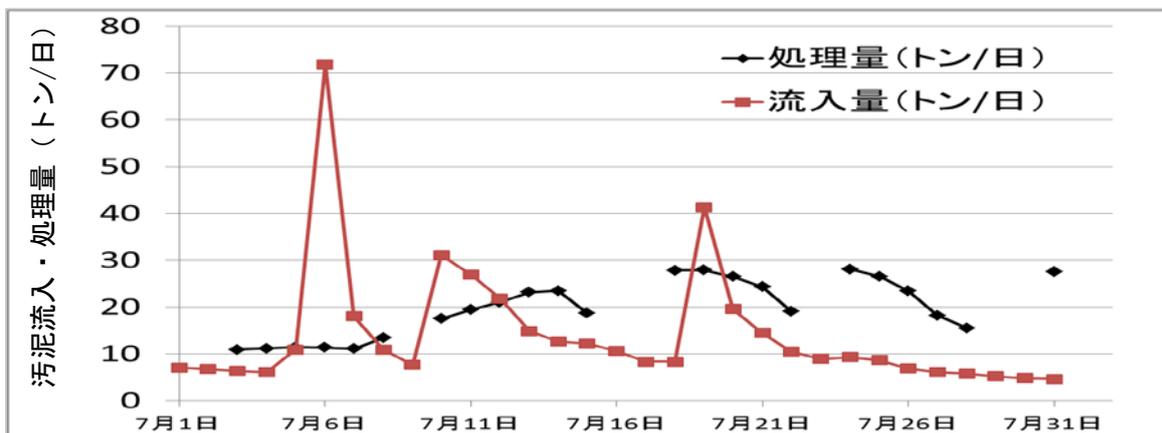


図16 汚泥の流入量と処理量

※水道施設設計指針を参考に以下の式で計算

$$S = Q \times (T \times E1 + C \times E2 \times \alpha) \times 10^{-6}$$

〔 S : 沈でん物固形物質量 (ton/日), Q : 処理量 (m³/日), T : 原水濁度 (度), E1 : SS 換算係数
C : PAC 注入率, E2 : 水酸化アルミと酸化アルミの比 (1.53), α : 係数 (0.1) 〕

6 平成 29 年 7 月九州北部豪雨以降の状況

(1) 降雨後の河川濁度

7 月 5 日の豪雨以降、10 月末頃までの朝倉の降水量と濁度（河川，原水）の状況を表 2，平成 28，29 年度 6 月～11 月の原水濁度（日平均）の推移を図 17 に示す。まとまった降雨の後に河川濁度が急激に上昇する（数 100 度～1,000 度超）現象が見られ，山口調整池への水源切替えも計 3 回行った。被害の大きかった朝倉市杷木地区では，赤谷川の堆積土砂・流木の除去工事（写真 1）等が行われており，河川の濁度が赤谷川の流れ込みの下流で急上昇していた（写真 2）ことから，杷木地区等からの土砂供給が原因と推察された。11 月に入るとまとまった雨もなくなり，原水濁度は例年並みに低下した。

表 2 平成 29 年 7 月九州北部豪雨以降の朝倉降水量と濁度

降雨日	朝倉降水量 (mm)		降雨後最大濁度 (度)		水源切替
	1 日計	1 時間最大	河川	原水	
7月5日 (～9日)	516.0	129.5	2,000超 (6,000～8,000)	500超 (600)	筑後川→山口調整池 (筑後川20%、調整池80%)
7月18日	46.5	17.0	655	340	(筑後川100%)
7月31日	17.0	14.5	230	151	(筑後川100%)
8月14日 (～15日)	47.5	35.0	170	147	(筑後川100%)
8月16日 (～17日)	37.0	24.5	1078	463	筑後川→山口調整池 (筑後川20%、調整池80%)
8月26日	38.5	22.0	479	321	(筑後川100%)
9月7日	61.5	24.5	940	505	筑後川→山口調整池 (筑後川60%、調整池40%)
9月17日	51.0	8.0	650	450	(筑後川100%)
10月2日	39.5	8.0	209	116	(筑後川100%)
10月6日	58.5	17.5	344	189	(筑後川100%)
10月15日	57.0	8.0	135	76	(筑後川100%)
10月22日	19.5	8.5	114	64	(筑後川100%)

※1 まとまった降雨（時間10mm又は1日50mm以上）時、及び河川濁度上昇（100度以上）について集計

※2 最大濁度の（ ）は、推定値

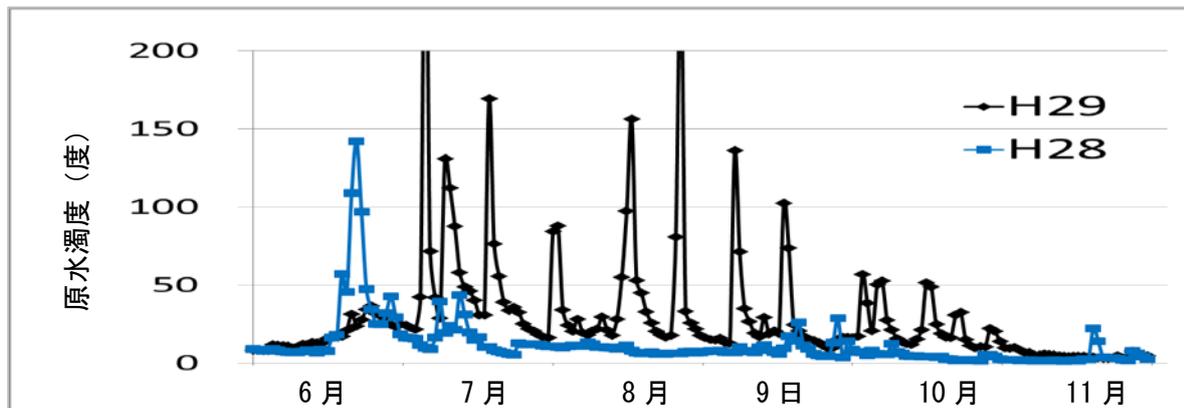


図 17 平成 28，29 年度 6 月～11 月の原水濁度（日平均）



写真1 赤谷川の堆積土砂撤去工事



写真2 赤谷川（手前）の筑後川（奥）流込み

（2）平成29年度の汚泥処理状況

平成26年度～29年度の原水濁度月別平均値を図18、生産湿ケーキ量を図19に示す。平成29年7月九州北部豪雨の影響により、7月～10月までの原水濁度は平成29年度がかなり高く、例年の概ね3倍であった。生産湿ケーキ量でも平成29年度の7～11月は例年に比べて生産量が多くなっていたが、原水濁度に比べると差は小さかった。参考に、平成28、29年度の脱水ケーキの含水率を図20に示す。7月～9月頃まで、脱水ケーキの含水率は低くなっており、このため原水濁度に比べ生産湿ケーキ量の差は小さくなったと考えられた。

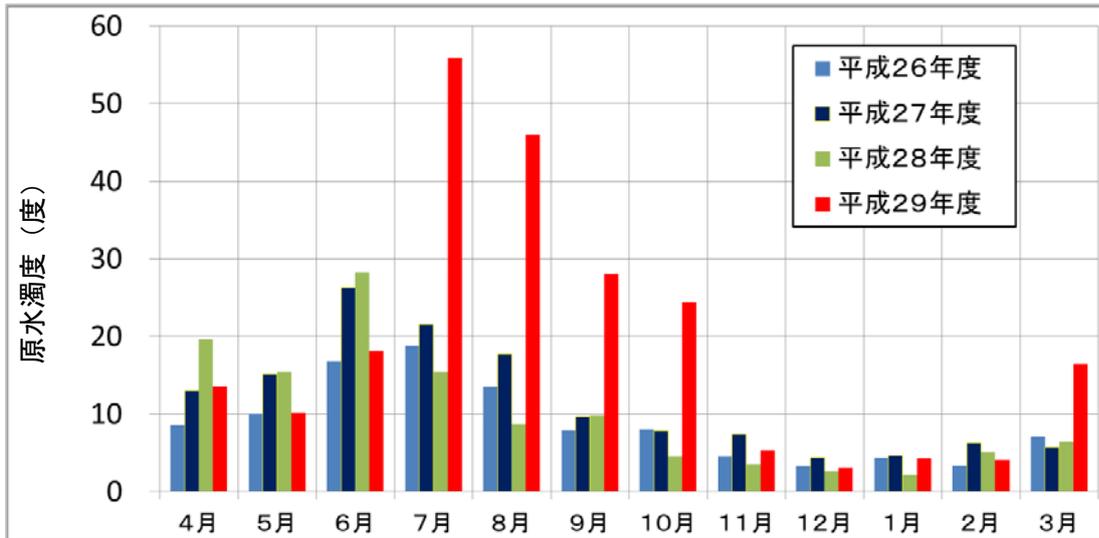


図 18 原水濁度月別平均値 (平成 26～29 年度)

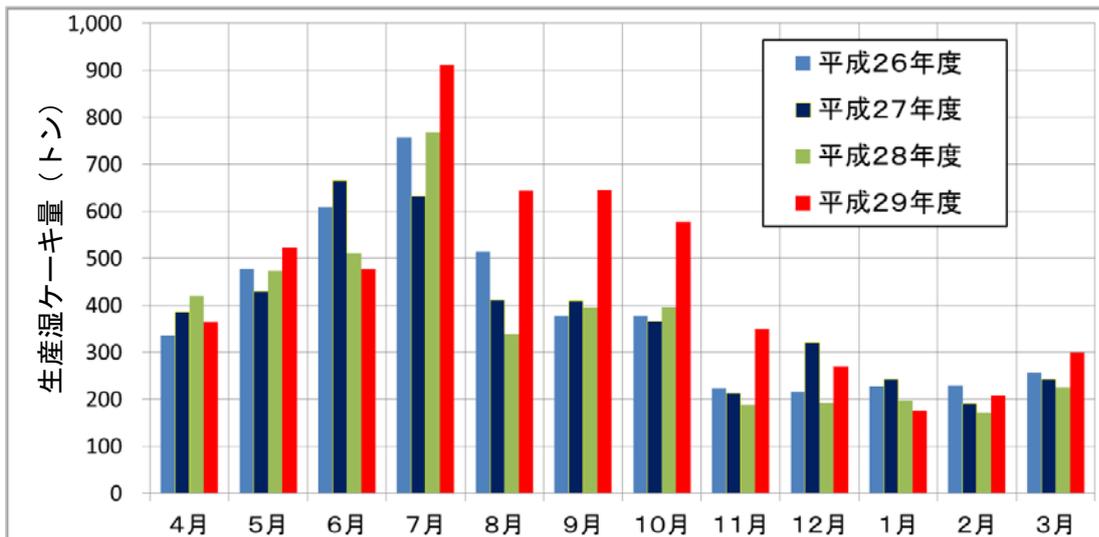


図 19 生産湿ケーキ量 (平成 26～29 年度)

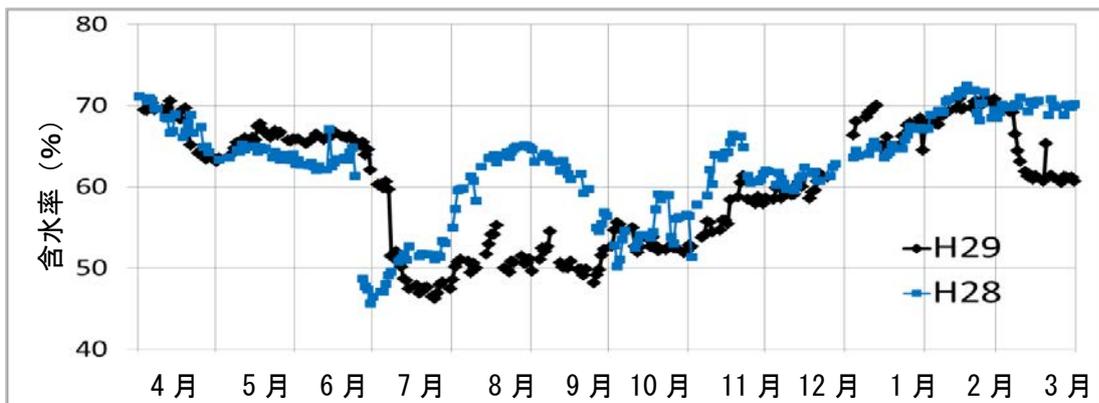


図 20 平成 28, 29 年度の脱水ケーキの含水率

7 まとめ及び今後の課題

平成 29 年 7 月九州北部豪雨によって、筑後川の濁度は水質計器で 2,000 度超(推定 6,000~8,000 度)まで上昇したが、関係機関のご理解を得て山口調整池の水で希釈することにより問題なく浄水処理を行うことが出来た。

近年は雨の降り方が変化してきており、平成 29 年 7 月九州北部豪雨のような災害は今後も発生する可能性があることから、河川濁度急上昇時に速やかに対応できる体制を整えておく必要がある。

今回の豪雨では、朝倉市の杷木地区をはじめ、河川の氾濫など甚大な被害があった。豪雨があった 7 月以降も 10 月頃までまとまった降雨の後、河川濁度が急激に上昇する現象が続き、朝倉市杷木地区の赤谷川をはじめとした河川からの土砂の流入が原因と思われた。11 月に入るとまとまった雨もなくなり、原水濁度は例年並みに低下した。今回のような豪雨災害では、その後の降雨のたびに河川濁度が上昇する状況が継続する可能性があるということが分かった。

汚泥処理について、平成 29 年度は 7 月から 10 月にかけて原水濁度が高めに推移し、汚泥の発生量が例年より多くなったが、脱水機の時間外運転等で適切に対応し、汚泥が溜まらないようにすることが出来た。平成 24 年 7 月の九州北部豪雨後は汚泥の処理が滞り、汚泥の腐敗により、場内でアンモニアが発生し、送水先で残塩低下を引き起こしたが、今回はそのようなことはなく、水質管理における汚泥処理の重要性を再認識した。