

調査研究事業報告書

令和 2 年 4 月

公益財団法人 広島県下水道公社

目

次

1	I系水処理施設において有機酸及び硝酸がりん処理に与える影響について (太田川東部浄化センター)	1
2	幹線水質調査について (太田川東部浄化センター)	10
3	芦田川浄化センターの流入水(塩化物イオンの動向)に関する考察 (芦田川浄化センター)	12
4	流入下水中の塩素イオン濃度の変動について (沼田川浄化センター)	16

1 I系水処理施設において有機酸及び硝酸がりん処理に与える影響について

(公財) 広島県下水道公社業務部水質課 森本 章嗣

1 はじめに

太田川東部浄化センターでは、標準活性汚泥法によるI系水処理施設(以下、I系)と凝集剤併用型循環式硝化脱窒法によるII系水処理施設(以下、II系)の2系列で污水处理を行っている。I系ではりん処理をポリりん酸蓄積細菌による生物脱りんにより行っているが、PAC添加によるりん処理を行っているII系と比較し、I系放流水の全りん濃度は変動が大きく、りん処理の安定的な制御方法が課題となっている。

今回、生物脱りんの重要な因子と考えられる反応タンクに流入する有機酸と返送汚泥中の硝酸が、I系のりん処理に与える影響について調査を行ったので報告する。

2 調査内容

- (1) I系に流入する有機酸の挙動について
- (2) I系反応タンクに流入する有機酸とりん処理の相関について
- (3) 硝酸がI系嫌気槽におけるりん酸の吐出しに与える影響について
- (4) I系における有機酸等の物質収支について

3-1 調査方法(試料の測定)

2019年4月～2020年1月まで約4回/月、表1のとおりI系の各地点ごとにあらかじめ定めておいた時間に採水し、有機酸等の項目について測定を行った(返送汚泥及び嫌気槽末端についてはろ液を測定)。

なお、初沈流入～嫌気槽末端については、図1のとおり2池と9池の2か所で採水及び測定を行った。

また、放流水の全りん濃度については、採水時の流入水が放流口に到達する午前2時における全りん自動計測器の計測値を用い、流入水からの全りん除去量を算定した。

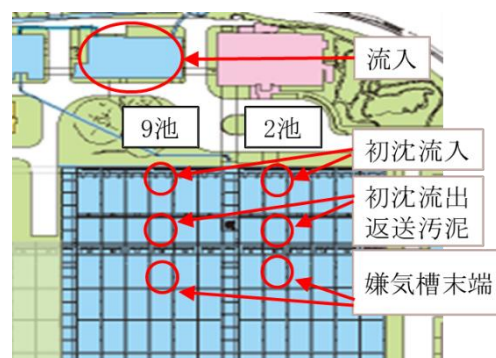


図1 採水地点

表1 各地点の測定項目及び測定方法

測定地点 測定項目	流入	初沈 流入	初沈 流出	返送 汚泥	嫌気槽 末端	測定方法等
有機酸 (酢酸とプロピ オン酸の合計)	○	○	○	—	—	イオンクロマトグラフ法(以下、IC法)
硝酸性窒素	○	○	○	○	○	
全りん (5月中旬以降)	○	○	○	○	—	ペルオキシ二硫酸カリウム分解法
りん酸態りん	○	○	○	○	○	嫌気槽以外はIC法 嫌気槽はモリブデン青吸光光度法
水温	○	○	○	○	○	—
採水時刻	13時		15時		16時	初沈流出～嫌気槽末端の採水は、13時の流入水が到達する時間とした。

3-2 調査方法(実験)

以下の手順にて実験を行い、硝酸がりん酸の吐出しに与える影響を調査した。

- ① 三角フラスコ A, B にそれぞれ初沈流出水 360mL と返送汚泥 140mL を混合。
- ② A には酢酸 3mg/L を添加。B には酢酸 3mg/L 及び硝酸性窒素約 4.5mg/L を添加。
- ③ アルゴンガス雰囲気下による嫌気状態で、マグネチックスターラーにより 80 分攪拌。
- ④ 最初の 40 分間は 10 分ごとに、それ以降は 20 分ごとに試料を採取。
- ⑤ IC 法により、採取した試料の有機酸、りん酸態りん及び硝酸性窒素を測定。

4-1 調査結果 (I 系に流入する有機酸の挙動)

(1) 有機酸濃度の推移について

2019 年 4 月～2020 年 1 月までの流入水及び初沈流出水の有機酸濃度の推移を図 2 に示す。

流入水と初沈流出水の有機酸濃度はほぼ同程度であったが、全ての採水日において、2 池より 9 池の有機酸濃度の方が若干高い値を示した。

丸印は、降雨の影響を大きく受けた日を表しており、I 系に流入する有機酸濃度は大きく減少した。

なお、1 月 7 日における流入水の有機酸濃度が他の採水日と比較して高い値を示しているが、初沈流出水については通常と同程度の値であるため、一時的に有機酸濃度が高い汚水が流入したものと考えられる。

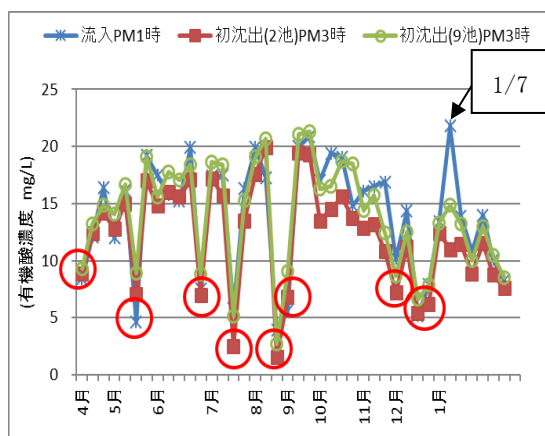


図 2 有機酸濃度の推移

(2) 有機酸及び全りん濃度の推移について

2019 年 4 月～2020 年 1 月までの流入水の有機酸濃度及び、流入水及び放流水全りん濃度の推移を図 3 に示す。

流入水全りん濃度は、長期休暇を除いて 2.7～4.7mg/L で推移し、降雨の影響を大きく受けた日は若干減少した。

放流水全りん濃度は、有機酸濃度が高い時期に極端に減少し、降雨の影響を大きく受けた日は、増加する傾向があった。

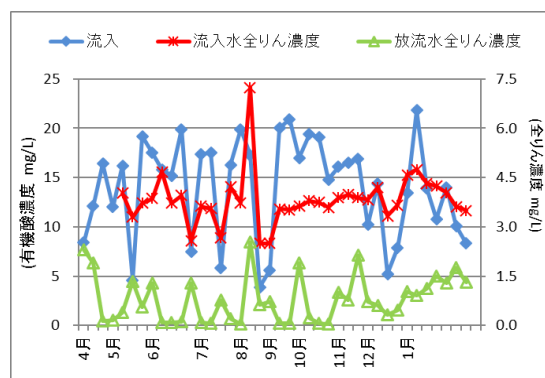


図 3 有機酸及び全りん濃度の推移

(3) 流入水の有機酸濃度と水温の相関について

流入水の有機酸濃度と水温の相関を図 4 に、採水前の降雨量等を表 2 に示す。

降雨がない場合、流入水の有機酸濃度と水温は相関性があり、水温の上昇とともに有機酸濃度も増加する傾向にあった。

また、流入水採取から 24 時間以内に 10mm 程

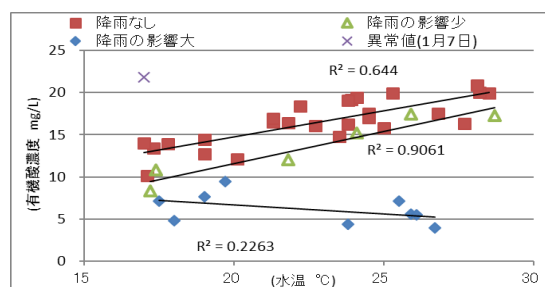


図 4 有機酸濃度と水温の相関

度以上、もしくは24時間前から48時間以内に30mm程度以上の降雨があったときは、有機酸濃度は大きく影響を受け、大幅に減少した。

表2 採水前の降雨量および流入水有機酸濃度への降雨の影響について

採水日		4/11	5/7	5/28	6/17	6/27	7/1	7/22	8/15	8/29	9/2	12/2	12/17	12/22	1/15	1/29
降雨量 (mm)	採水48時間前から 24時間前まで	32.5	2.0	0.0	15.0	0.0	7.5	11.0	0.0	74.5	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5
	採水24時間前から 採水まで	0.0	3.0	10.5	0.0	21.5	0.0	26.0	2.5	15.5	12.5	22.5	15.0	13.5	1.5	0.5
降雨の影響		大	小	大	小	大	小	大	小	大	大	大	大	大	小	小

(4) 各地点での有機酸濃度について

I系各地点における有機酸濃度の平均値を図5に示す(降雨の影響を大きく受けた日を除く)。嫌気槽水温が26℃以上を夏期(6月中旬～9月)、21℃以上26℃未満を春期・秋期(4月～6月初旬、10月～11月)、21℃未満を冬期(12月～1月)とした。

いずれの地点においても、有機酸濃度は夏期が最も高く、冬季が最も低かった。流入水の有機酸濃度は、夏期は冬季の約1.4倍であり、初沈流出水については、約1.6倍であった。

また、流入～初沈流出に至るまでに、2池においては有機酸濃度が1割程度減少したが、9池ではほとんど減少しなかった。

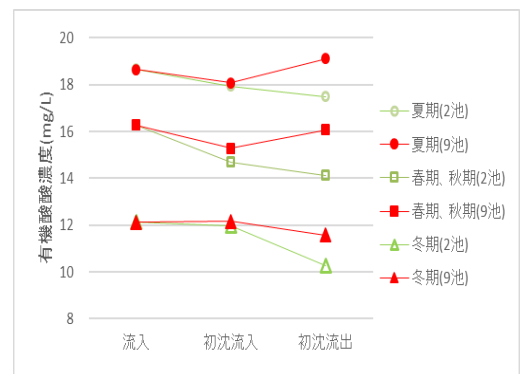


図5 各地点における有機酸濃度の平均値

4-2 調査結果 (I系反応タンクに流入する有機酸とりん処理の相関)

(1) 有機酸濃度とりん酸吐出しの相関について

I系反応タンクに流入する有機酸濃度と、嫌気槽でのりん酸の吐出し量の相関について、図6に示す。なお、有機酸濃度とりん酸態りんの吐出し量については、以下の式を用いて算出した。

$$\text{反応タンクに流入する有機酸濃度 (mg/L)} = \text{初沈流出水の有機酸濃度 (mg/L)} \times \left(\frac{100}{100 + \text{汚泥返送率}} \right)$$

$$\text{りん酸態りん吐出し量 (mg/L)} = \text{嫌気槽のりん酸態りん濃度 (mg/L)} - \text{反応タンクに流入するりん酸態りん濃度 (mg/L)}$$

I系反応タンクに流入する有機酸濃度とりん酸の吐出し量は、両池とも高い相関性があった。そのため、水温の高い夏期はりん酸の吐出し量が多く、冬期や降雨の影響を大きく受けた日は、りん酸の吐出し量が少なかった。

汚泥返送率の変更も、I系反応タンクに流入する有機酸濃度に大きく影響を与えるため、りん

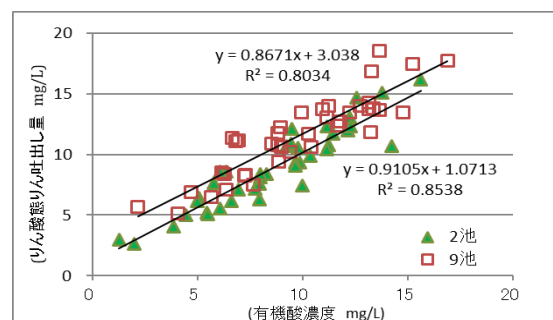


図6 有機酸濃度とりん酸の吐出し量の相関

酸の吐出しの重要な因子であることが分かった。

また、嫌気槽の容量は2池が約440 m³、9池が約650 m³であるが、流入する有機酸濃度が高いうえ、嫌気槽が大きい9池の方が、全ての採水日においてりん酸の吐出し量も多く、有機酸濃度当たりのりん酸の吐出し効率も高かった。

(2) りん酸吐出しと全りん除去量の相関について

嫌気槽でのりん酸の吐出し量と全りん除去量の相関について、図7～9に示す。なお、全りん除去量と嫌気槽でのりん酸態りん吐出し量については、以下の式を用いて算出した。

$$\text{全りん除去量(mg/L)} = \text{流入水全りん濃度(mg/L)} - \text{放流水全りん濃度(mg/L)}$$

$$\text{りん酸態りん吐出し量(mg/L)} = \text{2池と9池のりん酸態りん吐出し量の平均値}$$

りん酸の吐出し量が増加すると全りん除去量が増加し、りん酸態りん吐出し量が12mg/Lを超えたあたりから、全ての全りんを除去し、「全りん除去量＝流入水全りん濃度」となる傾向があった。

夏期は、降雨の影響を大きく受けた場合、有機酸濃度減少のためりん酸の吐出し量が極端に減少し、全りん除去量も大きく減少した。しかし、それ以外の日は、りん酸の吐出し量及び全りん除去量も多く、ほぼ全ての全りんを除去した。

春期・秋期は、ほぼ全ての全りんを除去した日もあったが、流入する有機酸濃度低下により、夏期よりもりん酸の吐出し量が減少したうえ、全りん除去量の効率が低下した。また、りん酸の吐出し量と全りん除去量には、高い相関性があった。

冬期は、水温低下により流入する有機酸濃度が最も低かったため、りん酸の吐出し量も他の時期と比較して少なかった。また、りん酸の吐出し量と全りん除去量にはほとんど相関が見られず、他の時期と異なり、全りん除去量の変動が小さかった。

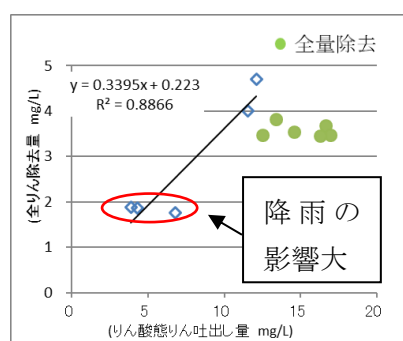


図7 全りん除去量(夏期)

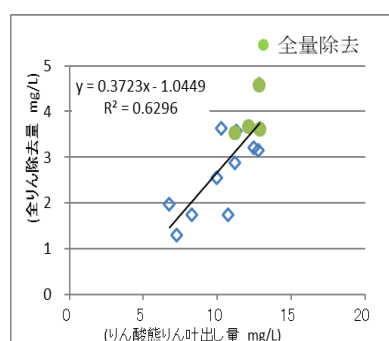


図8 全りん除去量(春期・秋期)

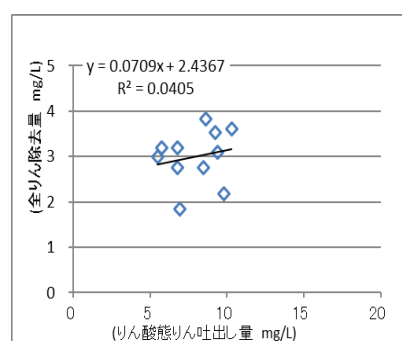


図9 全りん除去量(冬期)

4-3 調査結果（硝酸が嫌気槽におけるりん酸の吐出しに与える影響）

(1) 硝酸濃度の違いによるりん酸の吐出しへの影響について

図6を反応タンクに流入する硝酸濃度別に分類し、図10、11に示す。なお、硝酸性窒素濃度については、以下の式を用いて算出した。

$$\text{反応タンクに流入する硝酸性窒素濃度(mg/L)} = \text{返送汚泥の硝酸性窒素濃度(mg/L)} \times \left(\frac{\text{汚泥返送率}}{100 + \text{汚泥返送率}} \right)$$

りん酸の吐出し量を硝酸濃度別に分類すると、両池とも同様の傾向が見られ、反応タンクに流入する硝酸性窒素濃度が 0.5mg/L 以上になると、りん酸の吐出し効率が若干悪化した。また、硝酸性窒素濃度が 1.5mg/L 以上では、大幅にりん酸の吐出し効率が悪化し、有機酸濃度が高いときほどその傾向は顕著であった。

そのため、硝化の進行や汚泥返送率の上昇は、反応タンクに流入する硝酸濃度を増大させるので、りん酸の吐出し量を減少させることが確認できた。

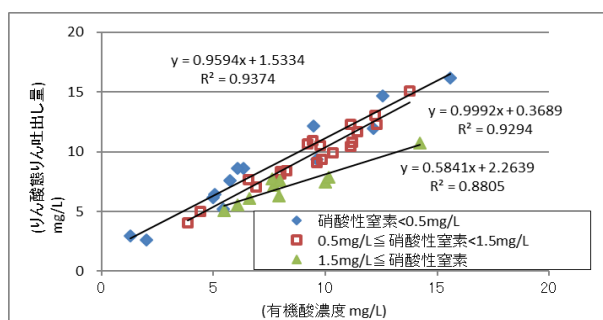


図 10 りん酸吐出し量 (2 池)

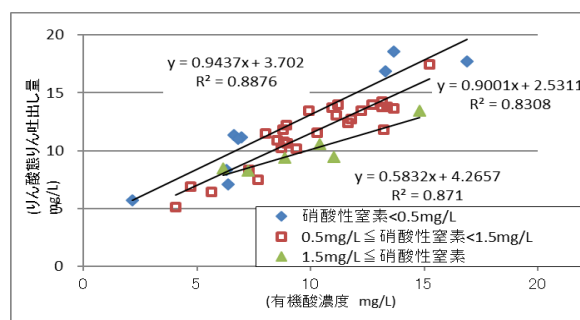


図 11 りん酸吐出し量 (9 池)

(2) 実験結果

実験結果について、表 3 及び図 12 に示す。

有機酸濃度については、硝酸を添加していない A では 40 分、硝酸を添加した B では 30 分で ND となった。

また、りん酸態りん濃度については、A では有機酸存在中に 12.6mg/L まで増加し、有機酸が ND となった後も、14.4mg/L まで増加した。しかし、B では有機酸存在中に 7.4mg/L までしか増加せず、有機酸が ND となった後は、ほとんど増加しなかった。

すなわち、返送汚泥中の硝酸は、りん酸の吐出しに重要な有機酸の消費を早めるとともに、りん酸の吐出し量を減少させることが分かった。

表 3 実験結果

A (硝酸添加なし)	有機酸	PO4-P	NO3-N
0min	15.1	2.3	1.4
10min	7.0	6.4	0.4
20min	3.0	9.1	0.3
30min	0.8	11.1	0.3
40min	ND	12.6	0.3
60min	ND	13.4	0.4
80min	ND	14.4	0.2

B (硝酸添加あり)	有機酸	PO4-P	NO3-N
0min	15.1	2.3	5.9
10min	5.5	6.0	4.4
20min	1.5	7.0	3.5
30min	ND	7.4	3.4
40min	ND	8.0	2.2
60min	ND	8.1	1.1
80min	ND	7.7	0.3

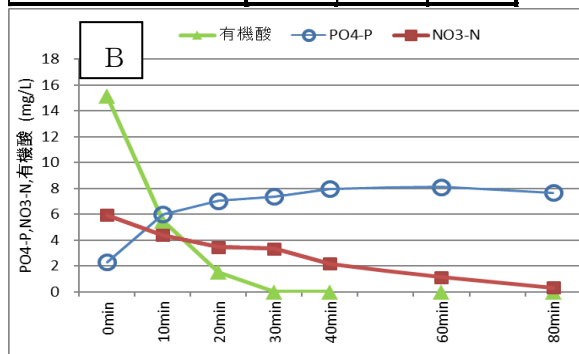
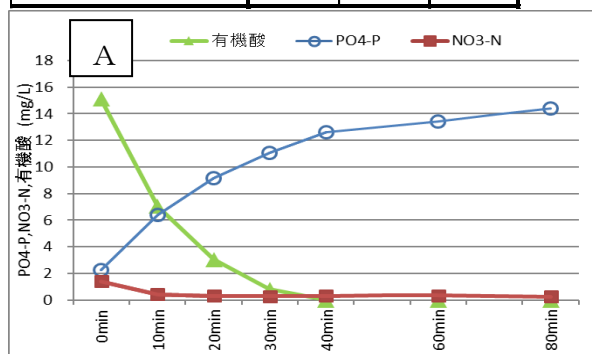


図 12 実験結果

4-4 調査結果（有機酸等の物質収支）

（１）各季節について

降雨の影響を大きく受けた日を除いた、各季節ごとの物質収支を図13～15に示す。なお、流入水と放流水以外は、2池と9池の平均値とした。

水温が高い時期ほど流入する有機酸濃度は高く、りん酸の吐出し量は多くなった。しかし、春期・秋期よりも冬期の方が放流水の全りん濃度は高いが、全りん除去量については同程度であった。

返送汚泥の硝酸濃度は、春期、秋期が最も高く、夏期が最も少なかった。しかし、汚泥返送率が最も高い冬期が、反応タンクに流入する硝酸濃度が最も高かった。

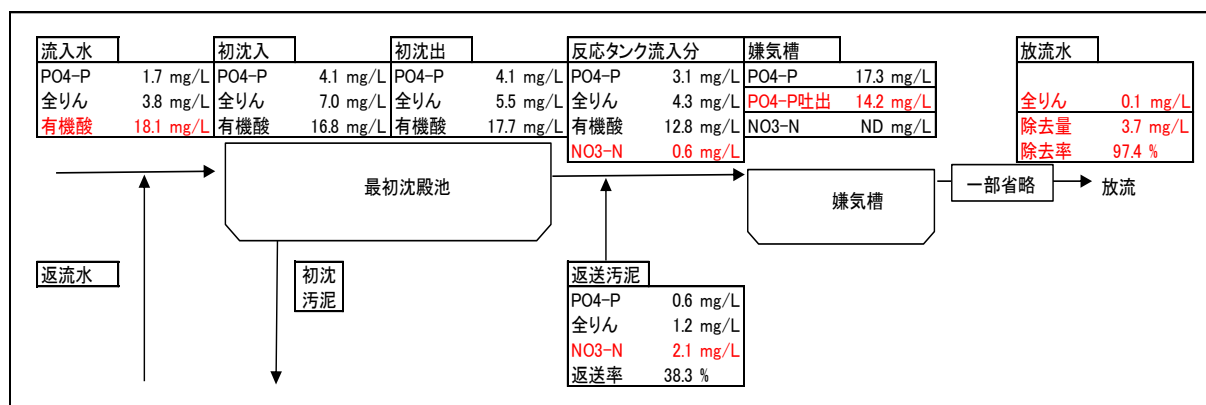


図13 夏期の物質収支

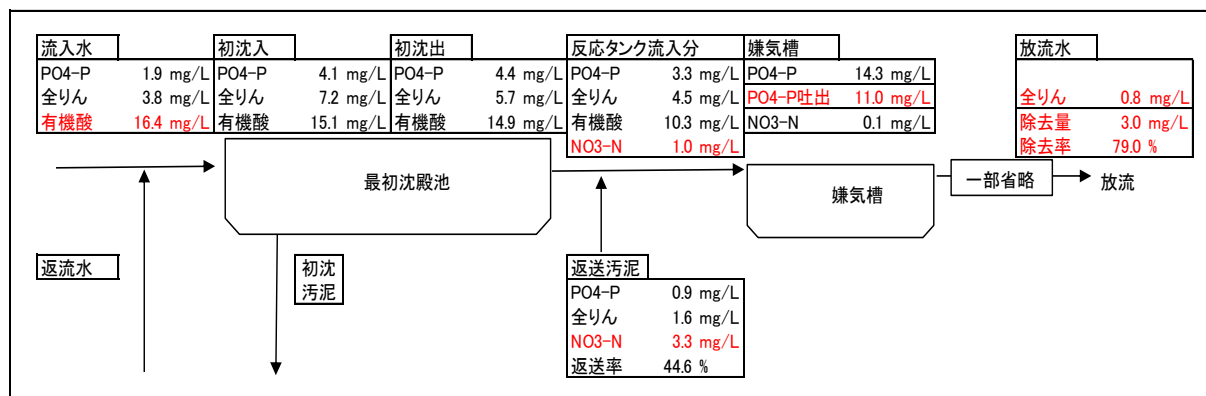


図14 春期・秋期の物質収支

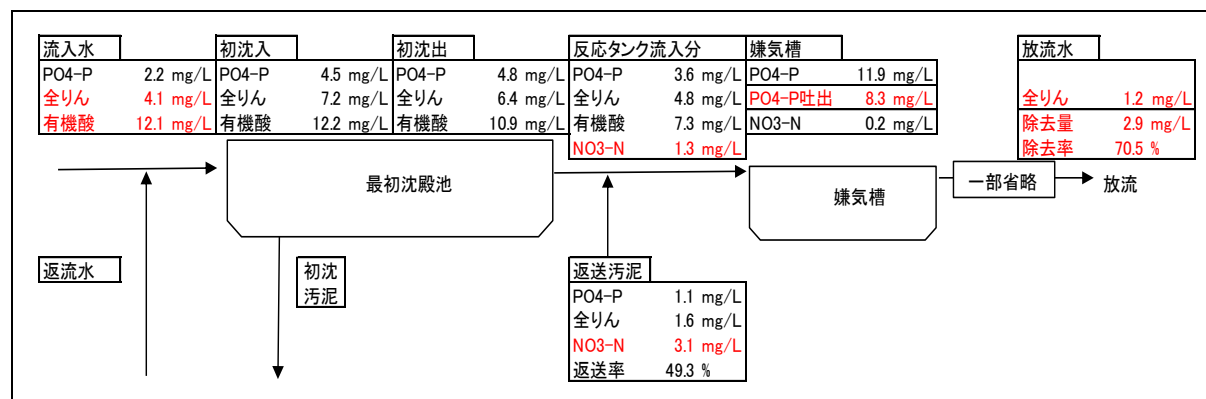


図15 冬期の物質収支

(2) 降雨の影響について

降雨がなかった場合及び降雨の影響が少ない（以下、降雨なし）場合の物質収支について図 16 に、降雨の影響を大きく受けた場合の物質収支について図 17 に示す。なお、流入水と放流水以外は、2 池と 9 池の平均値とした。

降雨の影響を大きく受けた場合、流入水の全りん濃度と有機酸濃度は大きく減少し、それに伴いりん酸態りんの吐出し量も減少した。放流水全りん濃度については概ね同じ値を示しているが、降雨の影響を大きく受けた場合は流入水の全りん濃度も減少するため、全りん除去量は大きく減少した。

返送汚泥中の硝酸濃度については、降雨の影響を大きく受けた場合、降雨なしの場合の 3 割程度となり、硝酸がりん酸の吐出しに与える影響も小さかった。

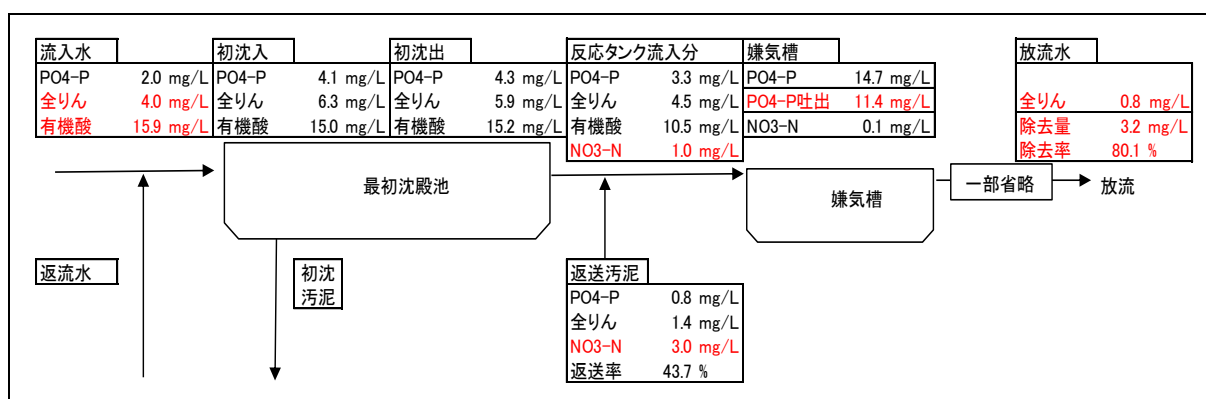


図 16 降雨なしの場合の物質収支

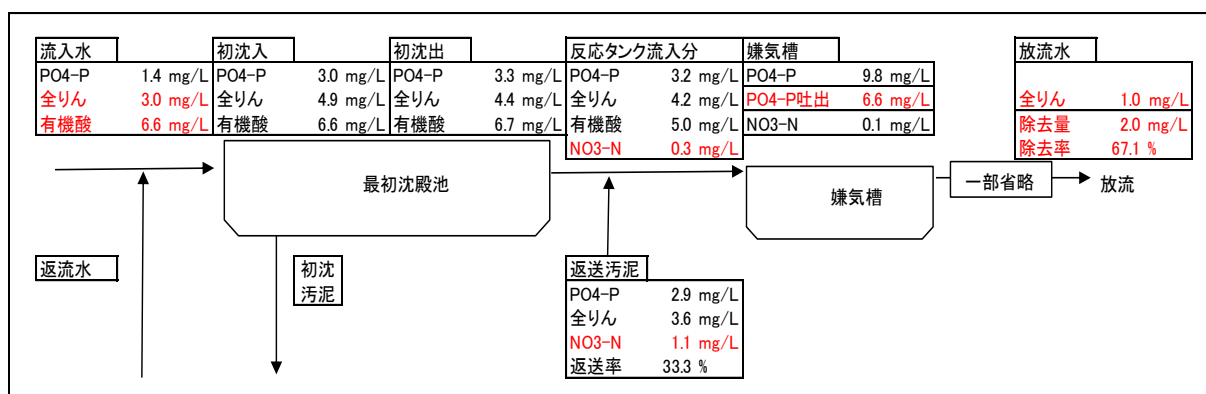


図 17 降雨の影響を大きく受けた場合の物質収支

(3) 各池について

降雨の影響を大きく受けた日を除いた、各池ごとの物質収支を図 18 に示す。

初沈流出水の有機酸濃度が 2 池よりも 9 池の方が高いうえ、返送汚泥中の硝酸濃度も 9 池の方が低いため、りん酸の吐出し量は 9 池の方が多いため、りん酸の吐出し量の多い 9 池の方が全りんの除去能力が高いと想定される。反応タンクに流入する全りん濃度は 9 池の方が高く、流入水や返流水の分配については、現在合理的な運転が行われていると考えられる。

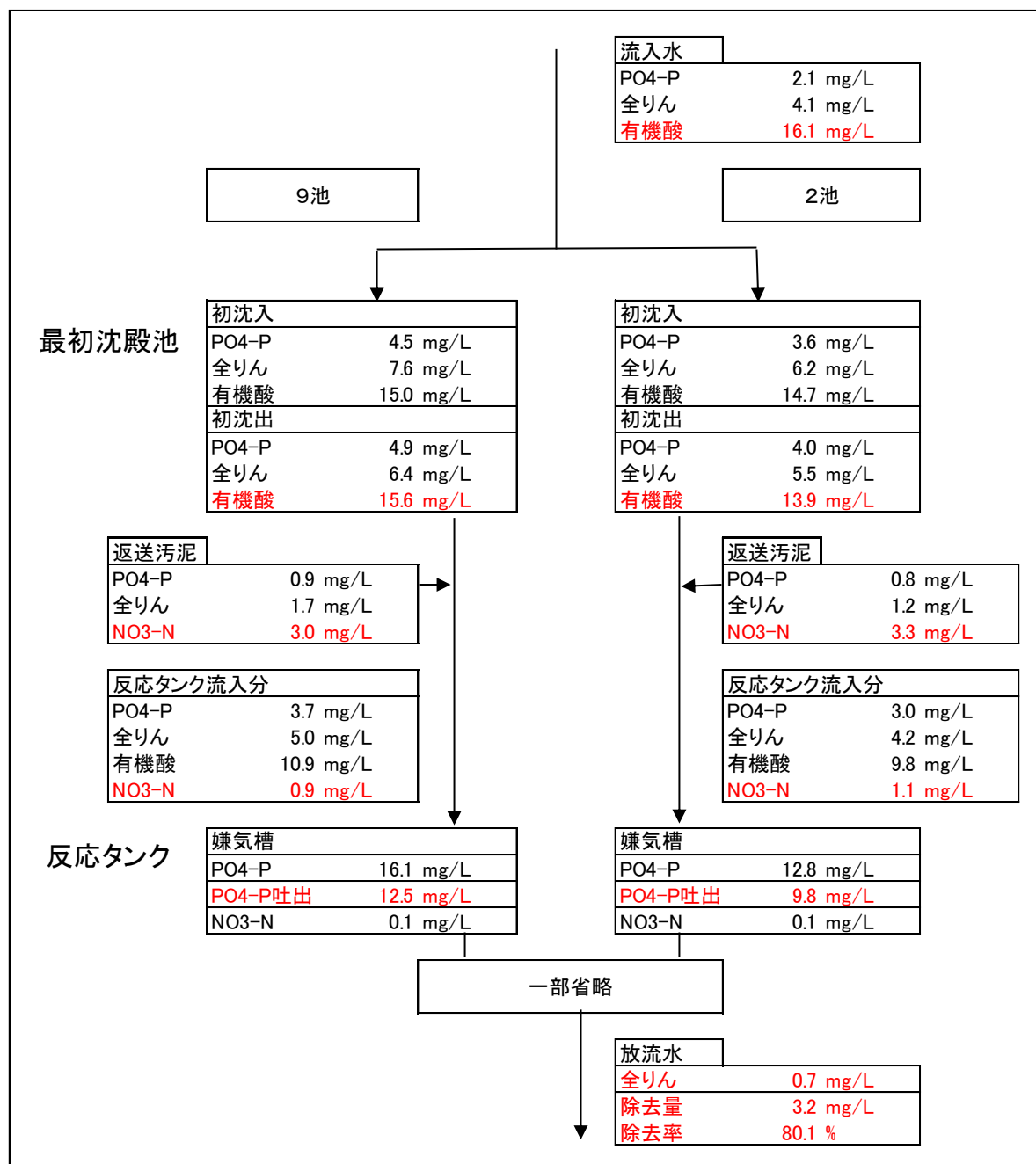


図 18 各池ごとの物質収支

5 まとめ及び考察

- (1) I 系の流入水中の有機酸濃度は、降雨がない場合流入水温と高い相関性があったが、一定量の雨量を超過した場合、流入水温との相関はなくなり、流入水中の有機酸濃度は大きく減少した。I 系に流入する有機酸は通性嫌気性細菌の代謝産物である⁽¹⁾ため、流入水中の有機酸濃度は、流入水の水温や溶存酸素濃度の影響を受けたと考えられる。
- (2) 両池とも、反応タンクに流入した有機酸濃度と嫌気槽でのりん酸の吐出し量は高い相関性があったので、水温低下、降雨及び汚泥返送率の上昇により、反応タンクに流入する有機酸濃度が減少した場合、りん酸の吐出し量も低下した。りん酸の吐出し効率については、嫌気槽の広い 9 池の方が 2 池よりも高かった。

また、返送汚泥中の硝酸は、嫌気槽でのりん酸の吐出し量を低下させた。特に、反応タンクに流入した硝酸濃度が 1.5mg/L を超過すると、りん酸の吐出し量が大幅に減少し、その傾向は有機酸濃度が高いほど顕著であった。実験の結果等を踏まえると、りん酸の吐出し量の低下は、嫌気槽内で硝酸が脱窒され、それにより有機酸が消費された⁽²⁾ことが原因であると考えられる。

(3) りん酸の吐出し量と全りん除去量の関係は、時期により大きく異なった。

冬期以外はりん酸の吐出し量と全りん除去量の高い相関性があり、りん酸の吐出し量が多いほど全りん除去量も多くなる傾向であった。嫌気槽水温の低下する春期・秋期は、夏期よりも全りん除去効率は低下した。また、これまでの調査結果より、初沈流出水の有機酸濃度やりん酸の吐出し量の測定により、放流水全りん濃度が推定できると考えられる。

一方、冬期については、りん酸の吐出し量と全りん除去量にほとんど相関が見られなかった。これは、流入ポンプの更新工事により複数回の送水停止及び送風停止を行ったため、反応タンク内の状態が不安定気味になったことが一因と考えられるが、詳細な原因は判明していない。そのため、今後は運転条件の違いによる反応タンク内の物質挙動の変化を調べ、りん除去量の傾向を見出していきたい。

参考文献

- (1) 用水と廃水 Vol. 61 No. 7 (2019) P. 35
- (2) 微生物による水質管理(1996) 千草 薫 P. 70

2 幹線水質調査について

(公財)広島県下水道公社業務部水質課

1 はじめに

太田川流域下水道東部浄化センターは、1市4町からの下水を処理する終末処理場である。

幹線管渠には流城市町からの下水の受口が数多くあり、流入水質に異常が確認された場合、異常水発生区域の特定が困難な状況であるため、平成23年度から流量計を設置している11箇所において、年2回の採水調査を行っている。

今年度も金属等13項目について調査を行ったので、その結果を報告する。

2 調査概要

(1) 調査期間

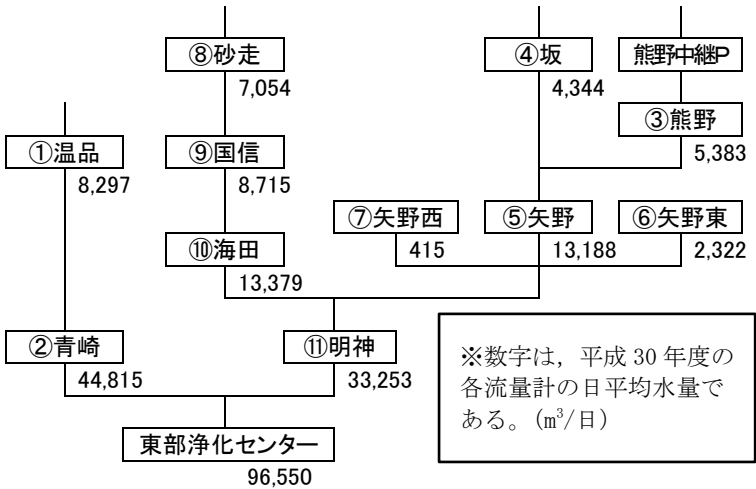
令和元年5月、12月

(2) 調査箇所

流量計設置人孔11箇所及び
熊野中継ポンプ場（図1）

(3) 調査項目

表1の13項目



3 調査結果

(1) 流量計設置箇所での調査結果

図1 流量計設置箇所

2回の幹線別水質調査結果を表1に示す。

下水道排除基準を超過した項目はなかったものの、⑧砂走の12月の亜鉛の結果が下水道排除基準の2.0mg/Lに迫る1.9mg/Lで、鉛も0.02mg/L検出された。

平成30年度の当浄化センター流入水質と比較して、その範囲を大きく超えた数値が計測された調査箇所及び濃度は、⑦矢野西で水素イオン濃度が8.6だった。

③坂では、塩化物イオンが900mg/L、硫酸イオンが120mg/Lと、海水に多く含まれるイオンが高かったため、幹線へ海水が浸入していると考えられる。

表1 令和元年度幹線別水質調査結果

	安芸 ①温品	安芸 ②青崎	熊野 ③熊野	坂 ④坂	坂 ⑤矢野	坂 ⑥ 矢野東	坂 ⑦ 矢野西	瀬野川 ⑧砂走	瀬野川 ⑨国信	瀬野川 ⑩海田	瀬野川 ⑪明神	H30年度 流入水質 () 平均値
採水 月日	5/27 12/18	5/20 12/19	5/28 12/17	5/28 12/16	5/21 12/20	5/21 12/20	5/21 12/20	5/20 12/19	5/27 12/18	5/22 12/17	5/22 12/16	
採水 時刻	15:00 13:45	11:30 14:00	10:00 14:30	15:00 10:15	14:30 14:00	14:40 14:10	14:50 14:20	14:50 10:25	10:00 10:00	10:20 11:00	15:10 13:45	
水素イオン 濃度	7.3 7.5	7.2 7.5	7.2 7.2	7.4 7.4	7.2 7.0	7.5 7.3	7.6 8.6	7.4 7.4	7.0 7.4	7.2 7.4	7.3 7.5	7.2~7.8 (7.3)
浮遊物 質量	180 160	190 230	270 160	81 100	140 97	200 76	220 69	130 330	290 250	170 240	100 160	56~340 (140)
化学酸素 要求量	130 130	120 130	160 110	120 100	110 120	99 110	170 95	93 180	180 160	120 130	88 110	65~150 (110)
硫酸 イオン	17 16	30 31	15 18	120 36	82 57	19 15	22 16	35 18	14 22	22 24	51 46	

塩化物イオン	41	130	40	900	490	42	74	55	38	35	240	140～310 (200)
	38	240	48	300	480	38	79	49	49	38	170	
全水銀	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND～ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
シアン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND～ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
カドミウム	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND～ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
鉛	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND～ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.02	ND	ND	ND	
ヒ素	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND～ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
亜鉛	0.07	0.11	0.03	0.06	0.12	0.09	0.12	0.05	0.12	0.12	0.09	0.06～0.16 (0.10)
	0.06	0.08	0.12	0.08	0.13	0.08	0.07	1.9	0.11	0.12	0.12	
銅	0.03	0.03	0.06	0.02	0.09	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.03	0.02～0.03 (0.03)
	0.03	0.02	0.10	0.02	0.03	0.02	0.02	0.07	0.03	0.03	0.03	
全クロム	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND～ND
	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	

単位：水素イオン濃度を除いて mg/L， ND：検出せず（定量下限値未満）

(2) 砂走の亜鉛の高濃度の結果について

ア 関係機関への連絡

下水道排除基準に迫る亜鉛濃度が検出されたため、流域下水道管理者の広島県へ連絡し、広島市が周辺事業場へ立入指導を行った。

イ 再調査の実施

令和2年1月に、砂走地点において採水調査を行い、亜鉛を含む金属等6項目について、通常値であることを確認した。

カドミウム	ND	ヒ素	ND	銅	0.03
鉛	ND	亜鉛	0.11	全クロム	ND

単位：mg/L， ND：検出せず（定量下限値未満）

4 おわりに

浄化センターに流入する金属類の多くは、下水処理場で発生する汚泥に蓄積され、その汚泥は、セメント製造、肥料製造の原料として再資源化されるため、浄化センターに流入する有害金属等が高濃度の場合は、低減への対応が必要である。

今年度も、本調査で得られた結果をもとに、事業場等からの悪質下水の排出に関する情報提供を行った。

今後も、下水処理場から発生する汚泥管理及び幹線への海水等不明水の浸入情報を得るため、モニタリングを継続していきたい。

3 芦田川浄化センターの流入水（塩化物イオンの動向）に関する考察

（公財）広島県下水道公社 福山支所水質課 ○渡辺 毅
高下典之
島埜武虎

1 はじめに

芦田川浄化センター流入水の塩化物イオン濃度は、平成 29 年度から徐々に上昇傾向を示している。また、月間・日間で測定値に大きな変動が見られる。

そのため、昨年度から接続点調査項目に塩化物イオンを加え、これまでの調査結果、追加調査及び考察を行ったので結果を報告する。

2 調査内容

- （１） 流入水の塩化物イオン濃度変化（月別，時間別）
- （２） 接続点調査結果
- （３） 流入する事業場排水
- （４） 水処理施設での塩化物イオンの動向

3 調査方法

- （１） 調査期間 令和元年 4 月から 1 2 月
- （２） 調査方法
 - ・ 接続点調査及び通日調査結果
 - ・ 流入水の 2 時間ごとの調査（塩化物イオン）
 - ・ 事業場排水調査（聞き取り）

4 調査結果

（１） 流入水の塩化物イオン測定結果

各浄化センターの流入水水質測定結果を示す。（表 1）

表 1 流入水の塩化物イオンの推移（年度平均値）

単位：mg/L

	平成 2 6 年	平成 2 7 年	平成 2 8 年	平成 2 9 年	平成 3 0 年
太田川	230	220	190	190	200
芦田川	140	160	210	310	360
沼田川	110	110	89	82	68

当浄化センターは、平成 26 年度以降、流入水量の伸びは小さいが、流入水の塩化物イオンは急激に上昇している。

(2) 通日試験結果

平成 29 年度から、流入水塩化物イオン濃度の時間変動が大きく、5 年間の最大値は 1300 mg/L、最小値 110 mg/L であり、一日の変動が大きい。

平成 29 年度頃から高濃度塩化物イオンの流入が始まったと考える。

表 2 流入水塩化物イオン濃度

単位：mg/L

	9:00	12:00	15:00	18:00	21:00	0:00	3:00	6:00
H26	110	120	160	180	150	140	160	160
H27	170	160	170	180	180	160	150	160
H28	250	270	220	170	190	250	180	150
H29	180	1,300	630	270	180	190	200	240
H30	870	830	270	300	650	890	230	240
R1	390	1,300	250	310	220	1,000	180	240

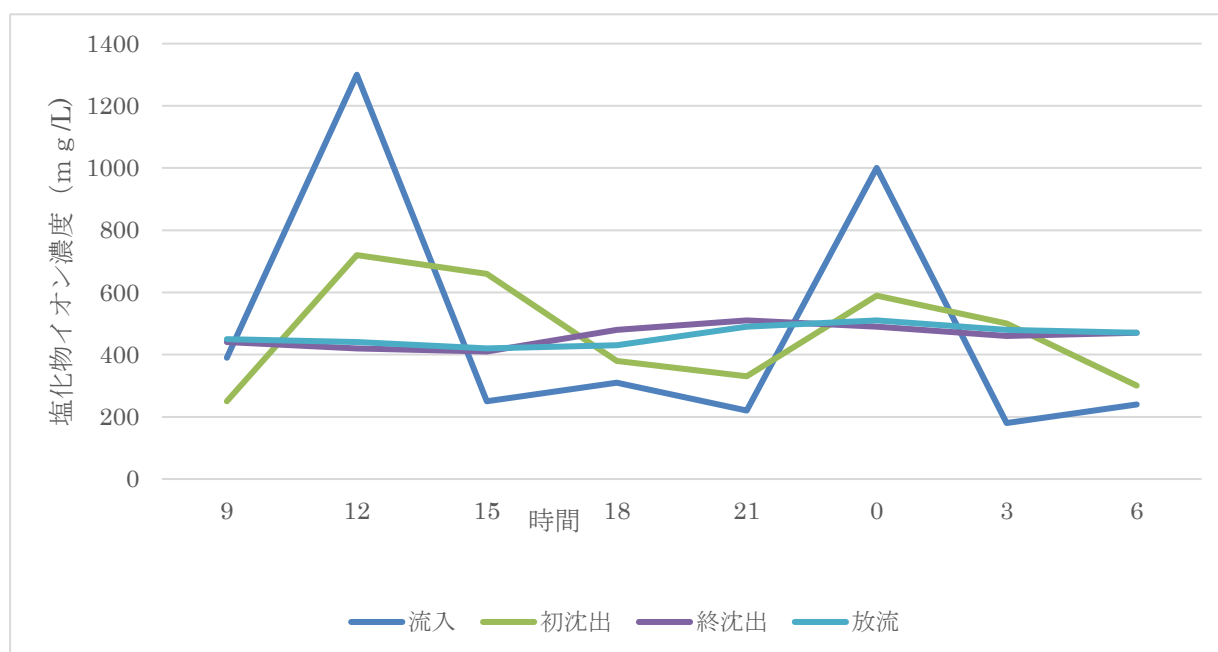


図 1 令和元年度 通日調査塩化物イオンの動向 (11 月 13 日)

通日調査では、ピークは 12 時と 0 時に高く、反応槽で返送汚泥と混合され、500mg/L 程度に収束する。

(3) 流入水詳細調査

1 日の間に、流入する塩化物イオン濃度が急激に変化するため、3 時間おきに調査する通日調査では、詳細な状況を把握できないため、塩化物イオン濃度に特化して 2 時間おきに測定した。

流入水及び放流水の塩化物イオン濃度の状況を令和元年 6 月 28 日から 7 月 2 日に調査した結果は、グラフ図 2 に示すとおり塩化物イオン濃度が約 100 mg/L から約 1500 mg/L と時間変動が著し

く、潮位の変化に連動して流入水の塩化物イオンが変化していることは分かる。

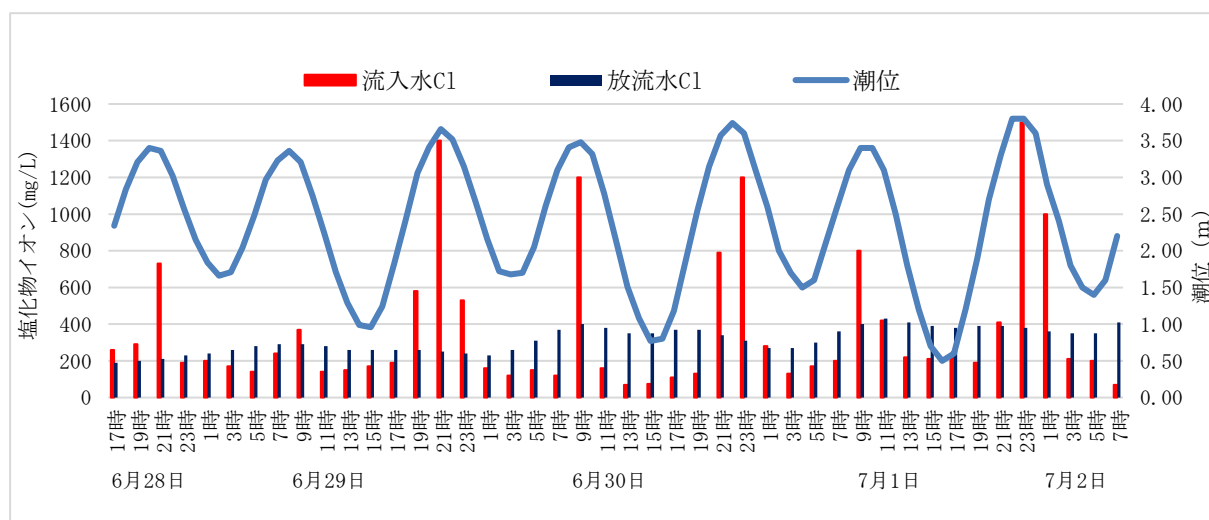


図2 流入塩化物イオン濃度と潮位

(4) 接続点調査

当浄化センターに流入する幹線の接続点調査を毎月1回、4地点を行っている。

4地点の内3地点の塩化物イオン濃度は低く、最下流の箕島第1地点の塩化物イオン濃度は異常に高い。

箕島第1は年間を通じて午前11時付近に採水しているが、月によって塩化物イオン濃度の変動が大きく、海水の流入及び工場排水の流入が考えられる。

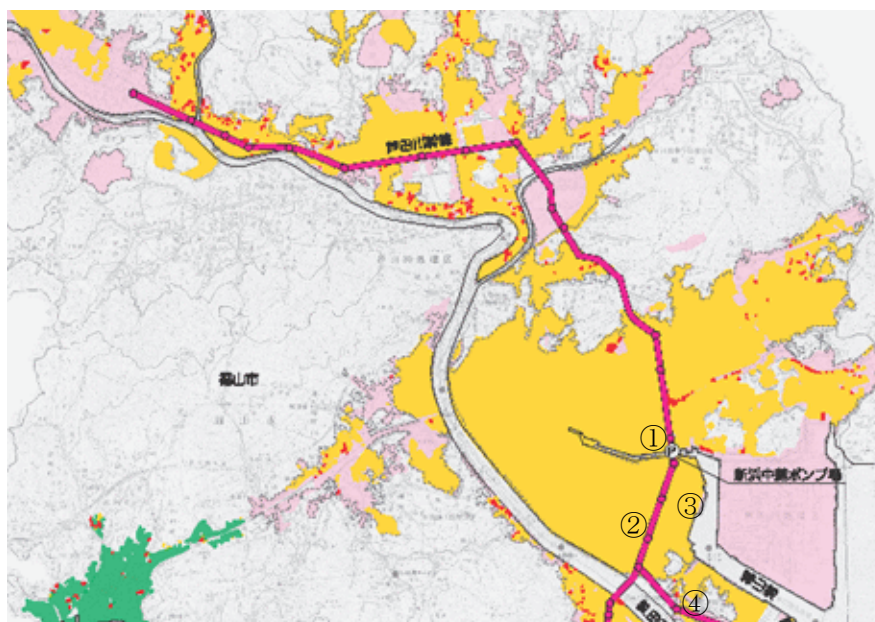


図3 芦田川浄化センター流域図抜粋

① 蔵王第2 ② 新涯第一 ③ 新浜 ④ 箕島第1

表 3 接続点調査（平成 30 年度） 単位：mg/L

接続点	蔵王第 2	新涯第一	新浜	箕島第 1
平均	88	54	77	1,300
最小	56	39	14	470
最大	190	84	110	2,100

表 4 接続点調査（令和元年度） 11 月末現在

接続点	蔵王第 2	新涯第一	新浜	箕島第 1
平均	90	69	92	1,100
最小	61	47	62	450
最大	180	160	120	1,800

時間的な変化が大きく、一日に 2 回高い数値を示すことから、干満の影響を受ける海水流入の可能性が高いと考える。

（５）事業場排水について

事業所排水の影響について、箕島町及び箕沖町のエリア内で、工程排水を下水道へ排除している事業場で、排水量が多く、塩化物イオン濃度の高い事業場は、A 社及び B 社である。

A 社は法の定めにより、排水水質を公表しており、塩化物イオンの高い事業場であり、近年の実績は塩化物イオン濃度で最小値は 1500 mg/L で最大値は 7500 mg/L 平均値 4000 mg/L 程度の水質で不定期に排水している。（最近の最大 1200 m³/日）

B 社は、塩化物イオン濃度は約 4000 mg/L、排水量は 150 m³/日であるため、当センターに影響を及ぼす負荷量ではない。

5 まとめ

潮位と塩化物イオン濃度の上昇に関連があること及び満潮時間と時間のずれが少ないことから、沼隈幹線の接続点調査は未実施であるが、箕島町・箕沖町のエリアから海水が流入している可能性が高いと考える。

また、塩化物イオンの反応槽への影響について、活性汚泥中の無機塩濃度（NaCl など）は、低濃度から海水並みの高濃度で運転している施設が全国にはあるが、活性汚泥も塩濃度は低ければ低いなりに、高ければ高いなりに、その環境に適した生物相が形成されるため生物処理が可能と考えられている。

しかし、急激に塩濃度が変化すると、生物相（細胞）が対応しきれずに、一時的に活性が低下すると考えられる。

今後、未調査の接続点を調査すると共に、反応槽の塩化物イオンの挙動・活性汚泥の活性等を調査したいと考えている。

最後に、調査に協力いただいた福山市上下水道局に感謝する。

4 流入下水中の塩素イオン濃度の変動について

(公財)広島県下水道公社 三原支所水質課 ○前藤富雄 和泉一則 万力悟

1 はじめに

沼田川浄化センターは、沼田川の河口に位置し、三原市及び東広島市の一部を処理区域としており、多くの幹線管渠は河川に沿って埋設されている。

当センターでは、一日の水質の変動を確認するため、年1回通日試験を行っており、平成30年11月の通日試験において、塩素イオン濃度が、通常50mg/L程度のところ一時的に470mg/Lと上昇した時間帯があった。

この原因として、管渠への海水の侵入が考えられることから、過去の塩素イオン濃度の変動と浄化センター周辺の潮位の変動について調査・検討を行った。

なお、塩素イオン濃度が高くなったことによる水処理へ大きな影響が出たことはない。

2 調査の方法

(1) 実態調査

平成27年4月以降の通日試験及び定期水質検査における流入水の塩素イオン濃度について調査した。

また、令和元年度においては、例年の通日試験とは別に、潮位の低い時期（5月）と高い時（9月）に臨時の通日採水を行い、塩素イオン等の測定を行った。

(2) 潮位との関係調査

糸崎港の潮位を沼田川浄化センター周辺の潮位として塩素イオン濃度との関係を調べた。

(3) 海水成分との関連調査

海水中に多く含まれており、イオンクロマトグラフにより同時分析できる陰イオン及び陽イオンの変化から海水侵入の可能性について検討した。

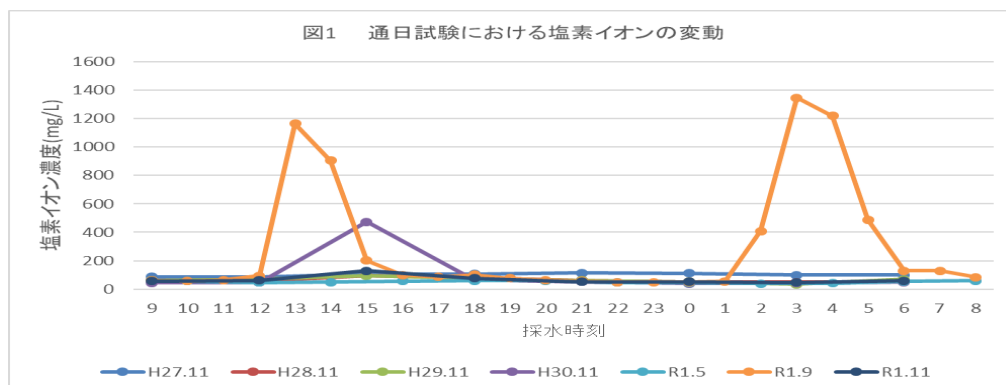
陰イオン：塩素イオン、硫酸イオン、臭素イオン

陽イオン：ナトリウムイオン、マグネシウムイオン、カルシウムイオン、カリウムイオン

3 調査結果と考察

1) 通日試験の結果と潮位との関係

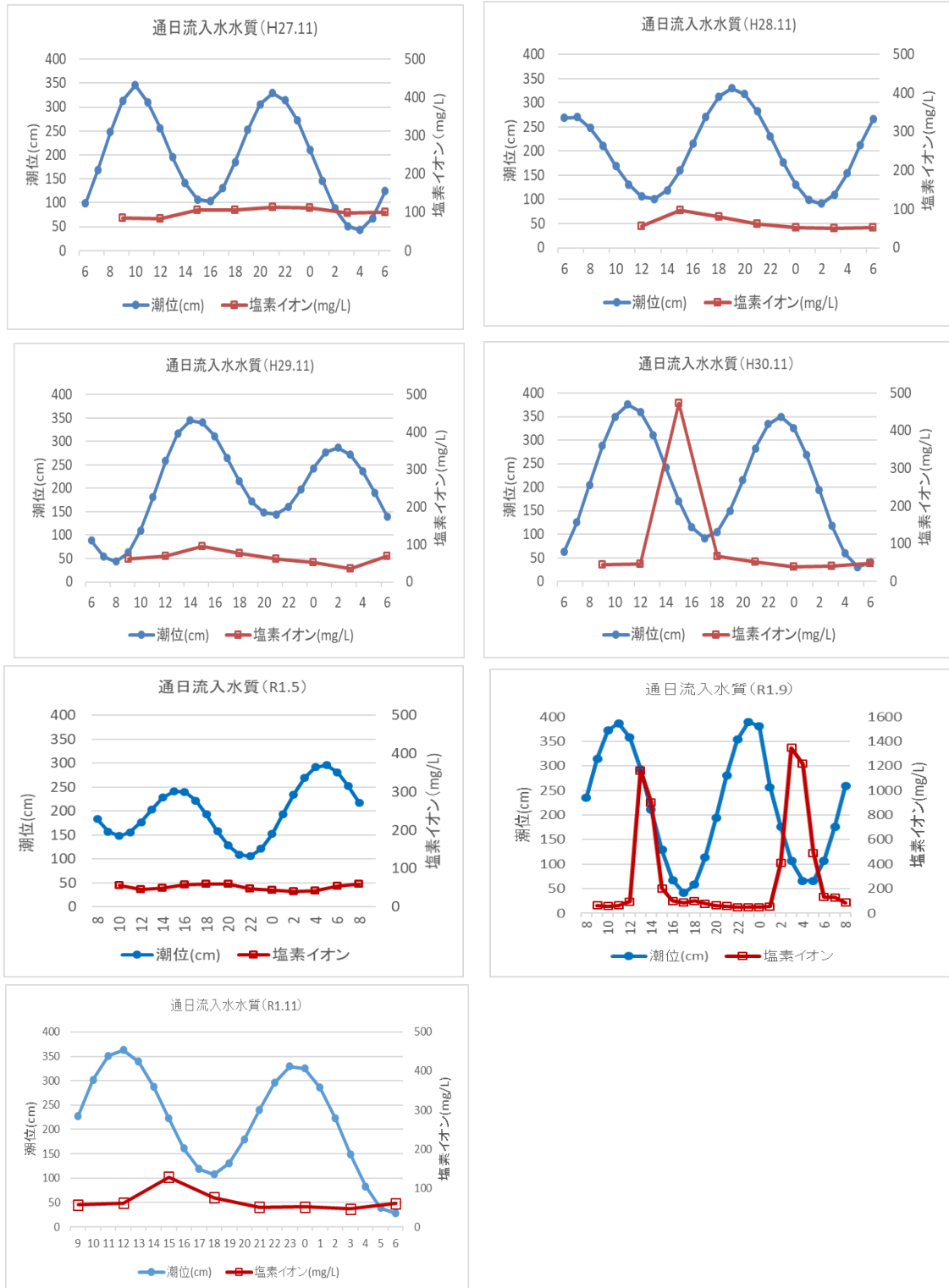
通日試験における塩素イオン濃度の変動を図1に示した。



- ・平成 27, 28, 29 年, 令和元年 11 月においては, わずかに高くなる時はあるが, 平成 30 年 11 月及び令和元年度 9 月のような大きな上昇はない。

通日試験の塩素イオン濃度と潮位との関係は, 次のグラフのとおり。

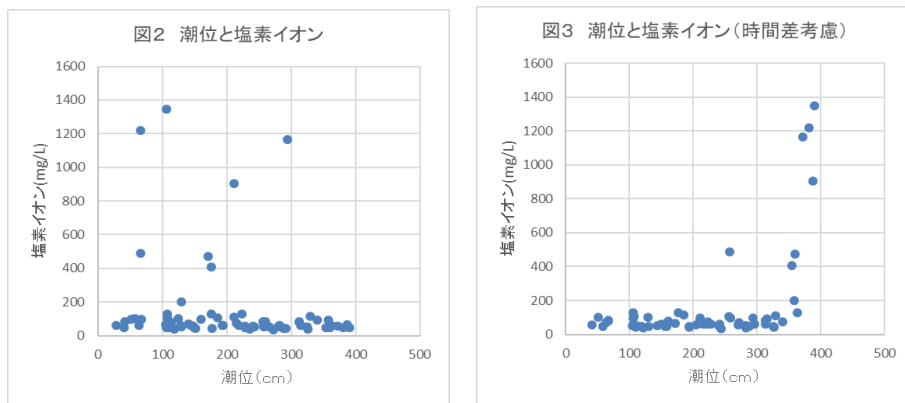
- ・平成 30 年 11 月及び令和元年度 9 月において塩素イオン濃度が大きく上昇している。
- ・潮位が 350cm を超えた後に, 塩素イオン濃度が大きく上昇しているように見える。



潮位と塩素イオンに関する散布図を図 2 のとおり作成した。

図3は、潮位のピークと塩素イオンのピークのずれ（時間差）3～4 時間を考慮して作成した図である。

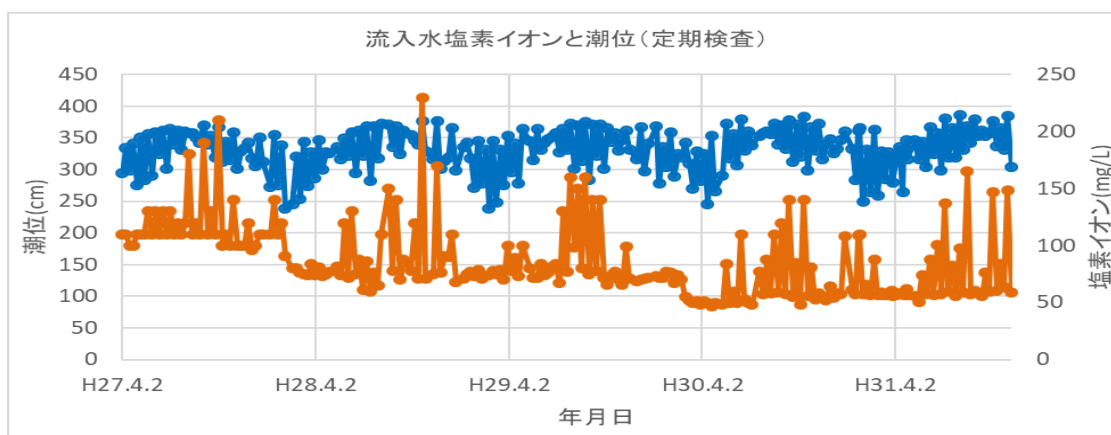
図3から、潮位が概ね 350cm を超えてから 3～4 時間後に塩素イオン濃度が高くなるようである。



2) 定期水質検査結果と潮位との関係

定期水質検査結果と潮位のグラフを次に示した。

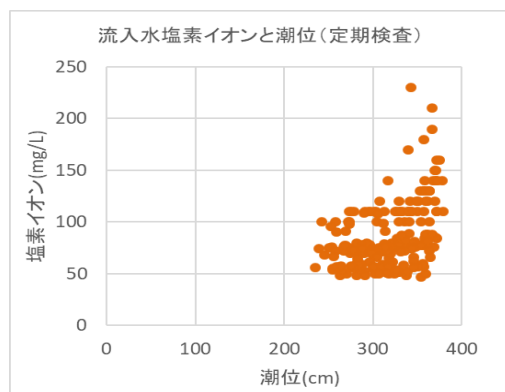
なお、定期検査の試料は、1 時間ごとの 24 時間採水の混合サンプルなので、水質は 24 時間の平均となっている。潮位は、採水時間中でもっとも高い時の値を採用している。



- ・潮位に年度ごとの差はあまりないが、塩素イオン濃度は年々減少し、平成 30 年度からは平常時（潮位の影響のない時）には、概ね 50mg/L で平衡状態にある。
- ・また、潮位が高い時期に塩素イオン濃度が高くなっている。

潮位と塩素イオン濃度の散布図を次に示した。

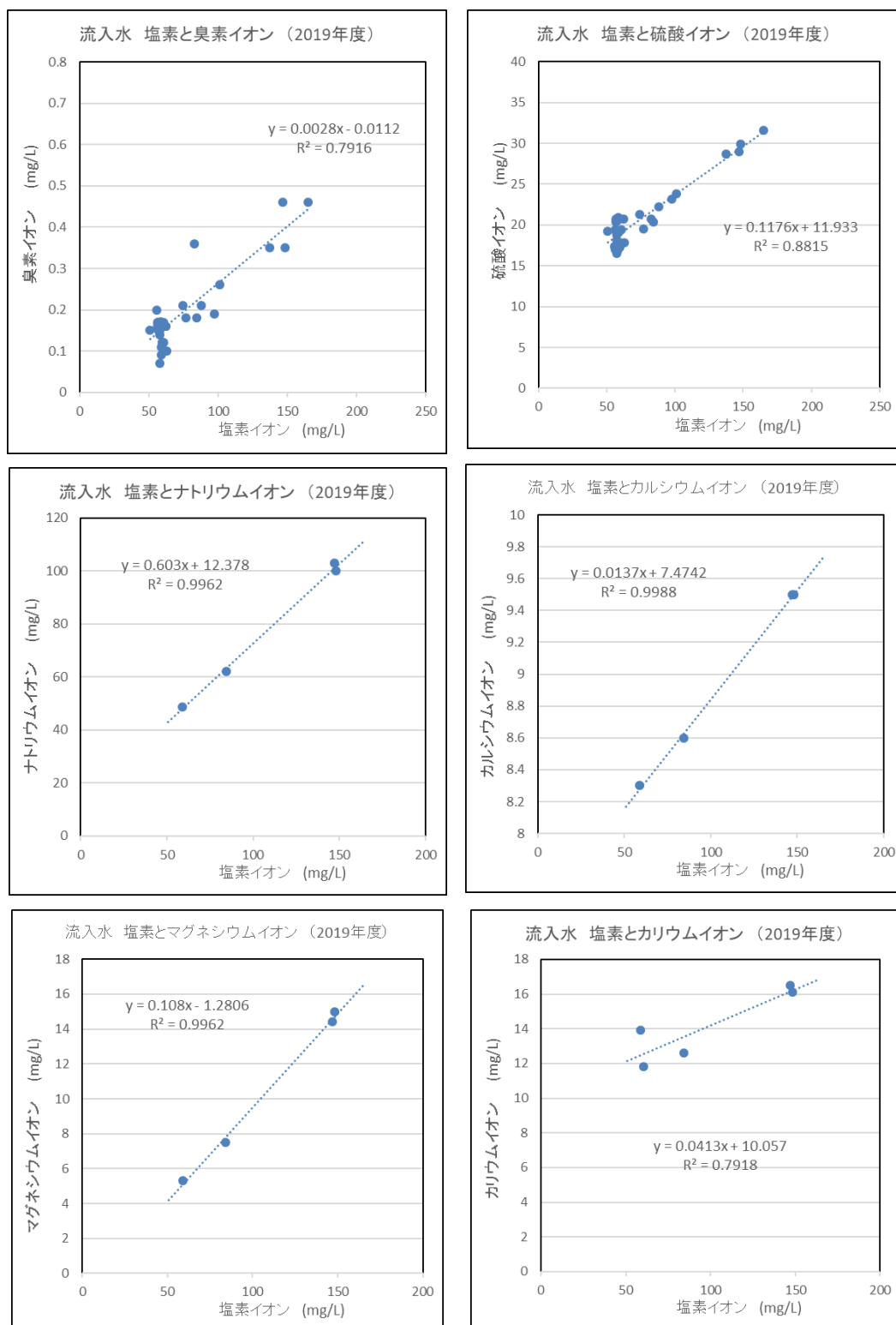
- ・通日試験と同様に、潮位の高い時期に塩素イオン濃度が高くなっている。



3) 海水成分との関係

海水には、塩素イオンの他に、高濃度に含まれているイオンが存在することから、塩素イオンのほかに、ナトリウム、マグネシウム、カルシウム、カリウム、硫酸、臭素の各イオンの関係を調べた。令和元年度における流入水中の各イオンの散布図は次のとおり。

塩素イオンと正の相関があり、塩素イオン濃度が高くなる原因が、海水の侵入によるものであると推定される。



4) 海水影響割合

9月29日、30日の通日試験における流入水中の各イオンの増加から海水がどれくらい入っていると考えられるか推計してみた。

その結果、流入水量 530m³/h に対し約 7%、約 40m³/h の海水の浸入があったと算出された。

R1.9.29-30通日試験	(イオン濃度：mg/L)				
	海水(A)	影響ない時(B)	影響ある時(C)	海水浸入水量	海水浸入割合(%)
		9月29日 23時	9月30日 3時		
塩素イオン	18900	48.6	1346.8	40.3	6.89%
硫酸イオン	2640	14.4	194.1	40.1	6.84%
臭素イオン	65	0.14	4.51	39.4	6.74%
流入水量			530		
海水浸入水量 (m ³ /h) = 流入水量(m ³ /h) × (C-B)/(A-B)					
流入水量530m ³ /h に対し約7%、約40m ³ /h の海水が浸入。					

4 まとめ

- 流入水中の塩素イオン濃度は年々減少し、ほぼ平衡状態にあり、管渠の更生工事の効果が出てきていると考えられる。
- 塩素イオン濃度の変動は、潮位との関係が深く、潮位が概ね 350cm を超えると、流入水中の塩素イオン濃度が大きく上昇する。
- 塩素イオン以外の海水中に含まれるイオンと塩素イオンとは正の相関があり、塩素イオンの増加は海水の浸入によるものと推定される。
- 各イオンの増加から海水の浸入（影響）の割合を推定することができる。
- 定期採水の試料では、24 時間の平均水質となり、短時間に増加する塩素イオンを見逃すことがある。

