

2. 1 2 庭窪浄水場の電気設備火災事故に伴う3系浄水施設の再稼働時における水質調査結果

1. はじめに

令和3年2月4日（木）6時30分頃、庭窪浄水場内に敷設された高圧電源ケーブル（分館2号線）より火災が発生し、同時に二重化のケーブル（分館1号線）も大きく損傷したため、庭窪浄水場3系の浄水処理施設と大淀配水場へ送水するポンプが停止した。送水ポンプの停止によって、大淀配水場経由の市内給水量が不足し、断水が懸念されたが、異送水管及び柴島浄水場下系からの応援によって、断水を免れることができた。一方、浄水処理施設については、再稼働時に急速砂ろ過池（以下、ろ過池）を洗浄した上で通水を行うことを検討したが、連続して洗浄を行うことができないことが判明したことから、洗浄なしで通水させることとなった。このため、水質試験所では庭窪浄水場3系ろ過水の監視体制を強化し、水質調査を行ったので、その結果を報告する。

2. 庭窪浄水場3系ろ過池の運転再開について

急速砂ろ過池運転マニュアルには「休止継続時間が冬季（11月から4月）6時間を超える場合は再開前にも洗浄」と記載されているが、庭窪浄水場3系の洗浄排水溜の容量は洗浄排水量の2回分にも満たず、その返送先である3系沈殿池流出側が滝落としのため、返送水を沈殿池に溜めることができない。このため、3系ろ過池を復帰させるには、洗浄なしで通水させなければならなかったが、その場合、濁度上昇、マンガン流出が懸念されたことから、ISO22000のO-PRPに定められたろ過濁度0.1度、浄水の色度2度の処置基準に抑えられていることを確認しながら、通水作業を開始した。通水にあたっては3系が停止した時点において、ろ過継続時間が短かった池から順次、ろ過工程を再開させ、そのスケジュールは表-1のとおりである。ろ過流量は1池あたりの最低ろ速50m/dにあたる300m³/hとし、3系の総ろ過量が2500m³/h程度になってからは、1回以上の洗浄を入れながら稼働池を増やしていった。また、中オゾンは低水温のこの時期、目標とする溶存オゾン濃度0.1mg/Lとなるよう注入していたが、マンガン濃度の上昇が考えられることから、0.7mg/Lの注入率一定制御で運転を再開した。

表-1 ろ過池再稼働スケジュール

3. ろ過池再稼働時における水質試験結果

3. 1 3系ろ過池50号、59号における水質変化

ろ過池50号池と59号池の2池について、2月6日19時から同時に再稼働させ、通水開始後、20分、30分、50分、110分後のろ過水における水質調査を実施し、その試験結果を表-2に示した。

通水時間が30分の場合、砂ろ層の下部集水部に滞留していた水が全て排出され、新たなろ過水に入れ替わる時間帯であり、この時、採水することでろ層内に滞留した水の水質を把握できると考えた。通水20分では、50号池、59号池ともにマンガン濃度が高く、酸素飽和百分率は80%以下と低くなっていた。酸素飽和百分率が低いのは、ろ層内の生物によって、滞留水の酸素が消費されたためであり、嫌気性の雰囲気になると、ろ層内に留まっていた不溶性マンガンがマンガニオンに還元され、漏出し、濃度が高くなったのではないかと考えた。その後、通水50分までは、酸素飽和百分率は徐々に100%に近づいていったことから、ろ層内部の滞留水が中オゾン水に入れ替わっていることが示唆された。また、オゾン処理性の確認のために測定している蛍光強度、紫外線吸光度は20分から110分まで徐々に低下しつづけていたが、通常のろ過水における蛍光強度は100以下であることから、110分後に中オゾン処理が定常状態に戻ったと考えられる。これらのことから、50分後にろ層内の滞留水が入れ替わっている時点においてもマンガン濃度が高かったのは、中オゾン処理によるマンガン不溶化が不十分であったことも影響していたと考えている。

池番号 (号池)	ろ過池再稼働 日時	休止時間 (時間)	通水前 洗浄回数
50	2/6 19:00	53	0回
59	2/6 19:00	53	0回
45	2/6 21:30	55	0回
60	2/7 1:00	59	0回
42	2/7 4:30	62	0回
52	2/7 8:00	66	0回
63	2/7 11:30	69	0回
58	2/7 15:00	73	0回
61	2/7 18:30	76	0回
47	2/7 23:00	81	1回
51	2/8 2:00	84	1回
53	2/8 5:00	87	2回
41	2/8 8:30	90	2回
44	2/8 12:00	94	2回
64	2/8 18:20	100	2回
54	2/8 22:00	104	2回
49	2/9 1:30	107	2回
57	2/9 5:00	111	2回
43	2/9 8:30	114	2回
46	2/9 9:00	115	2回
48	2/9 12:30	118	2回
62	2/9 16:00	122	2回

110 分後のろ過水の水質試験結果より、休止していたろ過池を洗浄なしに稼働させても、濁度は 0.1 度を超えないことと浄水の色度が処置基準を超過するほどのマンガンは漏出しないと判断し、水質試験所による水質監視強化をすることなく、表-1 に示したスケジュールに従って、ろ過池を順次、稼働させた。

表-2 3系ろ過池 50 号、59 号の再稼働時における水質試験結果

採 水 年 月 日	2021 年 2 月 6 日							
通水開始時刻	2021 年 2 月 6 日 19:00							
再稼働ろ過池	50 号				59 号			
通水からの経過時間 (分)	20	30	50	110	20	30	50	110
採 水 時 刻	19:20	19:30	19:50	20:50	19:20	19:30	19:50	20:50
水温 (℃)	7.4	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
濁度 (度)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
色度 (度)	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
臭気	微土臭	微土臭	微土臭	微土臭	微土臭	微土臭	微土臭	微土臭
pH 値	6.7	6.7	6.7	6.8	6.7	6.8	6.8	6.8
電気伝導率 (μS/cm)	161	161	159	160	162	162	161	161
紫外線吸光度	0.013	0.012	0.010	0.009	0.013	0.013	0.011	0.009
蛍光強度	188	170	126	93	184	172	136	85
マンガン (mg/L)	0.147	0.195	0.189	0.056	0.162	0.260	0.300	0.123
溶存酸素量 (mg/L)	9.2	9.8	11.1	12.1	8.9	9.5	10.6	12.2
酸素飽和百分率 (%)	79	84	95	104	76	82	91	105

3. 2 3系ろ過池再稼働池後の各ろ過池におけるマンガン濃度

再稼働させろ過池のマンガン濃度について、同一時刻に採水し、その時に得られたマンガン濃度と通水経過時間の関係を図-1 に示した。通常のろ過水におけるマンガン濃度は 0.010mg/L 以下であるが、通水直後のろ過水中のマンガン濃度は 0.1mg/L 以上と非常に高い結果であった。通水 100 分後に概ね 0.1 mg/L 以下となり、その後は徐々に低下していき 1100 分では約 0.020mg/L となったが、通常時比べても高い傾向は継続していた。

さらに 50 号池、59 号池及び 58 号池における通水後、約 1 時間後におけるマンガン濃度を比較した結果を表-3 に示した。50 号、59 号に比べて、58 号のマンガン濃度が高いことから、休止時間が長くなると、ろ層内部の溶存酸素濃度がさらに低下する等、ろ層内の環境が悪化することで、ろ過池から漏出するマンガン濃度はさらに高くなると想定された。

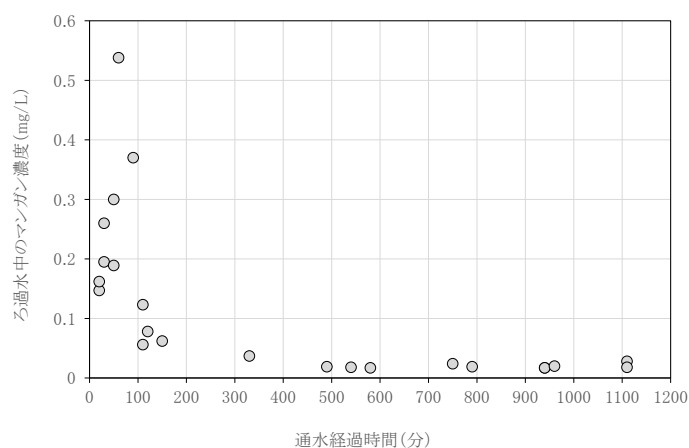


図-1 再稼働後の各ろ過池におけるマンガン濃度と通水時間の関係

表-3 休止時間の違いによる各池のマンガン濃度

池番号	休止時間 (時間)	通水時間 (分)	マンガン濃度 (mg/L)
50 号	53	50	0.189
59 号	53	50	0.300
58 号	73	60	0.538

3. 3 再稼働後のろ過池集合水におけるマンガン濃度

図-2に3系ろ過池通水開始時刻をプロットするとともに、3系集合水及び浄水のマンガン濃度の測定結果を示した。また、3系ろ過池の再稼働は、ろ過水量を確保した段階で順次、洗浄操作を開始するとなっており、2月7日の18時30分までは「洗浄回数0回」（9池）、2月8日2時までは「洗浄回数1回」（2池）、それ以降は「洗浄回数2回」（11池）となっている。洗浄回数0回の際は再稼働のろ過池の数は少ないものの、ろ過池集合水におけるマンガン濃度が高くなり、浄水への影響が懸念されたため、庭窪浄水場

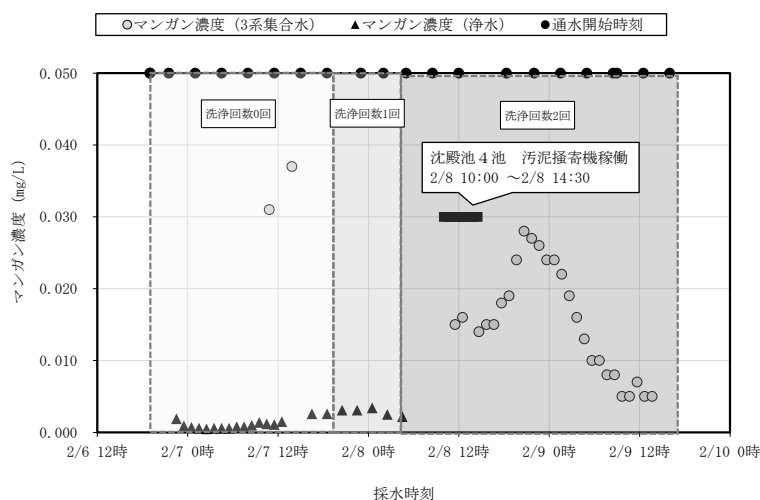


図-2 3系ろ過池集合水及び浄水におけるマンガン濃度の挙動

の1系送水ポンプの浄水を連続採水し、マンガン濃度の測定を行った。その結果、通常は浄水のマンガン濃度は0.001mg/L未満であるが、本調査では最大で0.003mg/Lとなり、濃度上昇が確認された。再稼働時の処理水量は1池あたり300m³/hであり、洗浄回数0回のろ過池9池を稼働させても2,700 m³/hとなる。一方で1系、2系の処理水の合計は概ね15,000m³/hであることから、混合されると1/5程度に希釈されることとなる。洗浄回数0回の期間のろ過池集合水のマンガン濃度は0.030mg/L程度の時には、浄水では0.006mg/L検出されると考えられるが、実際にはその半分以下であった。通常であれば、ろ過池から漏出した2価マンガンは後オゾン処理で4価に酸化されるが、GAC吸着池では除去できないとの報告がある。しかしながら、今回は、停電によって、中オゾン処理が適切に実施されていない等の通常とは異なる処理条件であったものの、ろ過池から漏出したマンガンがGAC吸着池で除去可能な形態であったためではないかと考えられる。

次に、3系は4池の沈殿池を有しており、通常、21時～1時30分に2池、1時30分～6時に2池のスケジュールでリンクベルトを稼働させ、汚泥を系外へ排出しているが、この際に汚泥が巻き上げられ、マンガン濃度が高くなる傾向がある。しかしながら、再稼働後に初めてリンクベルトを稼働させる操作においては、4池全てのリンクベルトを一斉に稼働させたことから、ろ過池集合水へ与える影響を調査した。なお、リンクベルトが稼働したのは2月8日10時～14時30分である。図-2に示されたろ過池集合水のマンガン濃度はリンクベルト稼働前は0.015mg/L程度であったのが、稼働後は徐々に上昇し始め、2月8日19時から2月9日の1時までの期間については、マンガン濃度が0.020mg/Lを超過する結果となった。これは、沈殿池におけるリンクベルトの稼働により、汚泥に含まれたマンガンのろ過池への流入量が増加したことが影響したと考えており、リンクベルトの影響がなくなった2月9日12時はマンガン濃度が0.005mg/Lまで低下し、通常時のろ過水におけるマンガン濃度になっていた。

4. まとめ

本市のろ過池はふるい効果による濁質分の除去機構だけではなく、生物処理も有していることから、水を張った状態で長時間停止すると、生物活性により、ろ層内の溶存酸素量が減少し、不溶性マンガンがマンガニンオンに還元され、通常の数十倍程度のマンガンがろ過池から流出する結果となった。ろ過池から流出したマンガンは、他系統の希釈効果等によって、浄水への影響は小さかったが、高水温期に同様の事故が発生した場合は、ろ層内の環境がさらに悪化し、高濃度のマンガンが漏出することが考えられることから、停止後はろ過水の水質変化に留意しながら通水することが必要と考えられる。

(担当：庭窪分室)