

(8-54) 地下水を水源とする専用水道水の浄水処理工程の相違とその水質

ー 原水水質の相違による浄水処理方式の選択ー

- 吉川 循江(横浜市衛生研究所) 堀切 佳代(横浜市衛生研究所)
- 前沢 仁(横浜市衛生研究所) 田中 礼子(横浜市衛生研究所)
- 荒井 桂子(横浜市衛生研究所) 刈込 高子(横浜市衛生研究所)

[はじめに] 近年、水道水が給水されている地域にもかかわらずコスト削減を主な理由として、地下水を水源とした専用水道(自己水源型専水)を設置しようとする動きが目立ってきた<sup>1)</sup>。横浜市域においてもそれは例外ではない。著者らはこれまでに、自己水源型専水について水質実態調査を行い、原水のみならず浄水においてもアンモニア態窒素(NH<sub>4</sub>-N)や亜硝酸態窒素(NO<sub>2</sub>-N)を測定することが消毒効果を得るために必要であると提言している<sup>2)</sup>。横浜市の自己水源型専水の水質は基準に近い値で給水開始される施設が多く、これは給水開始までの過程(自己水源型専水道布設工事確認申請受付、審査基準に基づく確認、工事、施設側が行う施設検査と水質検査を添付した届出、給水開始)での検討が不十分と考えられる。そこで、原水に見合った浄水処理設備の種類やそれらの工程を選択するために、既存の設備(前塩素、凝集、イオン交換、急速ろ過、原水槽、膜ろ過など)や水質検査結果を比較検討したので報告する。

[方法] 2010年10月~2011年8月に横浜市内の自己水源型専水15施設から原水及び浄水処理水(処理水)を採水し水質検査(のべ55項目)を行った。また、各施設の浄水処理設備の種類、工程を申請書類や水道技術管理者から調査した。

[結果] 各施設の浄水処理設備および工程を図1に示した。原水と処理水における水質検査結果を表1に示した。

15施設すべてが前塩素、砂ろ過処理を行っていた。原水槽を有していないのはNo.9、10の2施設で、原水の鉄は0.13、0.044mg/L、処理水は0.051、0.010mg/Lで0.01未満まで除去されていない。また、処理水のマンガンは0.016、0.0054mg/Lで0.001未満まで除去されていない。原水槽を有している13施設の槽設置位置は異なり、前塩素の前あるいは後に設けられたNo.1、2、3、4、5、7、11、12、13、14の10施設と急速ろ過後に設けられているNo.6、8、15の3施設に区別された。前者は次亜塩素酸Naが原水と接触して反応するための十分な時間を設け、酸化剤としての効果を発揮するための反応槽としての機能を果たしているのに対して、後者は反応槽としてではなく処理槽として処理水を貯留する目的で設置されていると考えられた。

鉄濃度はNo.1、5、6、8、9、12の原水で0.11、0.16、1.2、0.13、0.13、0.19mg/Lと高く、No.1、5、8、12は0.01未満まで除去されているが、No.6、9は除去されていない。また、マンガン濃度はNo.8、9、12の原水で0.14、0.21、0.39mg/Lと高く、このうちNo.9は処理水が目標値を超過している。一方、No.4、13は原水の鉄は0.053、0.050mg/Lと低いが処理水では0.027、0.022mg/L検出され、原水のマンガンも0.039、0.045mg/Lと低いが、いずれも処理水が目標値を超過している。

No.13の処理水は遊離塩素が0.1mg/L未満、唯一NH<sub>4</sub>-Nが0.32mg/L検出され結合塩素が生じていると想定された。このことから後段に設置された受水槽で横浜市水と混合する場合の塩素消費量に注意を要する。また、塩化シアンも0.014mg/L検出されたことから、原水のNH<sub>4</sub>-N(1.4mg/L)に見合うように前塩素の注入量(12%100mL/分)を増やし、後塩素(28mL/分)を減らすなど調節が必要であり、塩素酸0.64mg/Lを減少させる次亜の温度管理対策も必要と考えられる。

ポリ塩化アルミニウム(PAC)注入設備はNo.2、5、6、8、12、15で導入されており、6施設の処理水のアルミニウム濃度

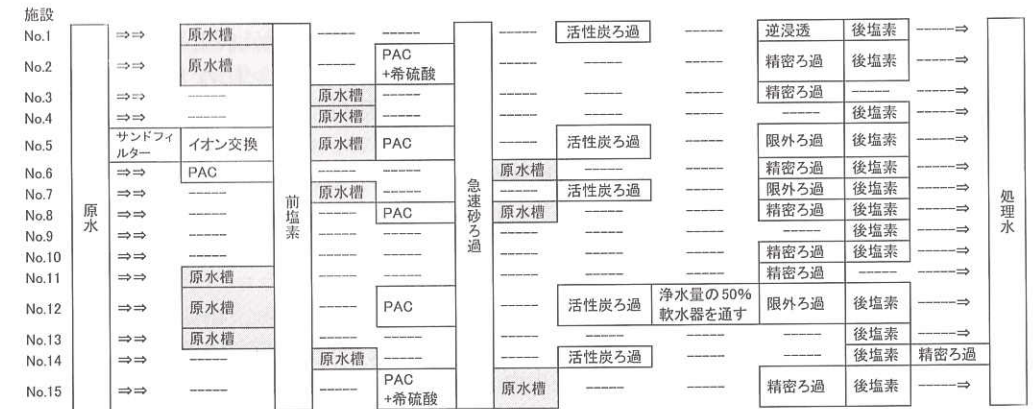


図1 自己水源型専用水道における浄水処理設備および工程

は0.025、0.01未満、0.052、0.070、0.045、0.056mg/Lであった。水質基準が強化された場合には更なる低減が必要と考えられる。No.2、11、15では原水の硫酸イオン濃度が63、28、22mg/Lと高く、No.2、15では硫酸が注入されており、処理水では130、100mg/Lに上昇し、pHは6.8、6.8に低下、TOCは0.61、0.56mg/Lに低下、色度は0.5度未満、0.76度に低下した。

No.6は鉄の水質基準が適合しないため処理工程の改修を行った際に、PAC注入設備を前塩素の前段に設置したことからの他の施設と工程が異なっている。この改修以降、鉄が水質基準に適合するようになった。

活性炭ろ過はNo.1、5、7、12、14の5施設で導入されており、いずれも有機物を除去する目的ではなく、その後に続く逆浸透膜や限外ろ過膜を保護するため残留塩素を取り除く目的で設置されていた。イオン交換はNo.5、12で設置されており、No.5はイオン交換で原水に4.3mg/LあるNH<sub>4</sub>-Nを0.1mg/L未満まで除去して、塩素要求量を減少させる目的のため前塩素の前段に設置されている。この時点でNaClを添加しているためNaは82mg/L、塩化物イオンは15mg/Lに上昇している。

また、No.12は処理量の50%を軟水器と呼ばれるイオン交換を通過させて、硬度を130から39mg/Lへ減少させる目的で設置されている。しかし、処理水のTOCが2.8mg/Lと高く、その要因として活性炭ろ過の後段にイオン交換を設置しているため細菌が増殖している、或は原水のTOC3.0mg/Lが処理されずに処理水に到達しているなどが考えられた。処理の難しいヒ素が処理水から0.0047mg/L検出され、色度は3.5、塩素酸0.55、臭素酸0.0021mg/Lであり改善が必要と考えられる。

逆浸透膜が設置されているNo.1、浄水量の全量をイオン交換しているNo.5はカルシウムとマグネシウムが0.1mg/L未満まで除去されているため、硬度が1mg/L未満であった。膜ろ過設備が無いのはNo.4、9、13の3施設であり、水道用膜モジュール規格認定品でない精密ろ過膜が使用されていたのは、No.2、6、10、15の4施設であった。耐塩素性病原生物による汚染にその効果を発揮するためには、膜ろ過設備を設置し、膜は認定品の使用が望ましい。

消毒設備としての後塩素設備はすべての施設で導入されていたが、No.3、11の2施設では処理水から遊離残留塩素が検出されているため注入されていない。唯一No.11は原水と処理水から硝酸態窒素(NO<sub>3</sub>-N)が5mg/L検出されており、地下水の浅い(8~12m、16~24m)位置から取水しているため汚染を受けやすく水質の変動が大きいと考えられる。今後は、季節変動などを注意深く監視する必要がある、「硝酸態窒素除去設備」を設置することも検討していく必要がある。

[まとめ] 設計段階で原水の水質及びその変動幅を考慮した浄水設備を選択して、工程を設計する必要がある。水質基準に余裕を持って適合している処理水を得ることはその後の維持管理を容易にし、事故を最小限に防ぐ方法であると考えられる。今後、これらの結果を塩素系消毒剤の注入量の制御や、浄水処理工程の改善にも役立てたいと考えている。

表1 自己水源型専用水道における水質検査結果 (mg/L)

施設 No.	TOC 量		pH		色度 (度)		アルミニウム		マンガン		鉄		ナトリウム		アンモニア態窒素		蒸発残留物		硬度		マグネシウム		カルシウム		硫酸イオン		塩素酸			
	原	処	原	処	原	処	原	処	原	処	原	処	原	処	原	処	原	処	原	処	原	処	原	処	原	処	原	処	原	処
1	0.31	0.3未満	8.1	6.4	1.4	0.5未満	0.019	0.01未満	0.039	0.001未満	0.11	0.01未満	12	2.1	0.68	0.1未満	180	3	83	1	4.4	0.1未満	26	0.1未満	0.5	0.5	0.5	0.5	0.26	0.26
2	1.3	0.61	8.5	6.8	20	0.5未満	0.01	0.0056	0.025	0.0056	0.023	0.01未満	120	130	20	0.1未満	430	470	58	58	6.0	6.1	13	13	63	130	0.07	0.07	0.07	0.07
3	0.3未	0.3未	8.1	8.0	0.8	0.5未満	0.01	0.01	0.042	0.001	0.069	0.01	11	13	0.52	0.1	150	160	70	70	3.8	3.8	22	22	2.7	2.8	0.15	0.15	0.15	0.15
4	0.36	0.33	8.1	7.9	1.8	1.6	0.01	0.01	0.039	0.016	0.053	0.027	12	18	0.85	0.1	160	190	89	89	4.6	4.7	28	28	0.5	0.5	0.5	0.5	0.48	0.48
5	1.2	1.2	8.0	8.1	5.7	1.3	0.011	0.01	0.054	0.001	0.16	0.01	33	82	4.3	0.1	220	270	75	1	6.7	0.1	19	0.1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.45	0.45
6	0.3未	0.3未	7.2	7.3	4.7	1.0	0.01	0.01	0.052	0.082	0.0016	1.2	0.033	6.5	7.5	0.1	150	130	58	57	6.4	6.3	13	13	2.2	2.6	0.08	0.08	0.08	0.08
7	0.39	0.40	8.2	7.8	2.5	1.4	0.01	0.01	0.023	0.001	0.078	0.01	12	16	1.1	0.1	150	170	67	67	5.2	5.4	18	18	2.4	2.4	0.12	0.12	0.12	0.12
8	0.46	0.46	7.9	7.8	2.9	1.2	0.01	0.01	0.070	0.14	0.0013	0.13	0.01	9.5	13	0.83	230	230	120	120	9.6	9.9	33	34	0.5	0.5	0.5	0.5	0.18	0.18
9	0.35	0.34	7.8	7.8	2.8	2.0	0.01	0.01	0.21	0.016	0.13	0.051	9.7	12	0.65	0.1	200	210	110	110	9.3	9.3	27	27	1.1	1.3	0.27	0.27	0.27	0.27
10	0.3未	0.3未	8.0	8.0	2.9	0.93	0.01	0.01	0.040	0.0054	0.044	0.010	10	12	0.40	0.1	180	170	67	68	4.1	4.2	20	20	1.8	1.9	0.19	0.19	0.19	0.19
11	0.3未	0.3未	6.6	6.6	2.4	1.1	0.01	0.01	0.0039	0.001	0.01	0.01	12	12	0.1	0.1	220	210	110	110	13	13	23	23	28	28	0.06	0.06	0.06	0.06
12	3.0	2.8	7.6	7.4	7.4	3.5	0.01	0.01	0.045	0.39	0.001	0.19	25	79	2.1	0.1	250	300	130	39	17	5.2	24	7.2	0.5	1.1	0.55	0.55	0.55	0.55
13	0.66	0.65	8.0	7.8	4.3	2.8	0.01	0.01	0.045	0.011	0.050	0.022	16	19	1.4	0.32	200	210	100	96	8.0	7.7	27	26	4.5	3.5	0.64	0.64	0.64	0.64
14	0.95	1.1	8.1	7.5	6.9	2.4	0.01	0.01	0.043	0.001	0.090	0.01	30	50	6.2	0.1	210	260	66	62	6.6	6.3	15	15	0.5	0.5	0.5	0.5	0.46	0.46
15	1.4	0.56	8.2	6.8	17	0.76	0.01	0.01	0.056	0.056	0.0024	0.050	55	94	6.0	0.1	270	360	51	6.4	5.1	0.7	12	1.3	22	100	100	100	0.50	0.50

文献 1) 社団法人 日本水道協会; 地下水利用専用水道の拡大に関する報告書, 2005.  
2) 吉川循江, 他; 都市部の地下水を水源とする専用水道水の無機態窒素調査 - 浄水処理方式の違いによるアンモニア態窒素等を指標とした処理効果の確認, 環境技術, Vol.38, No.9, 656-663, (2009).