

霞ヶ浦を水源とする浄水場における浄水処理手法の改善に係る共同研究
- 高効率な固液分離装置としての高速加圧浮上装置の処理性能確認 -

國東俊朗、大江太郎、福水圭一郎、瀧口佳介
オルガノ株式会社

1. はじめに

霞ヶ浦を水源とする茨城県の浄水場では、2007年12月から顕在化した藍藻類オシロトリアの大量発生に起因する凝集阻害やろ過障害により、浄水処理に困難を来した。そこで、筆者らは、藻類を多量に含んだ原水に適した水処理手法の確立を目指し、高速加圧浮上装置の連続通水実験を2009年9月から開始した。以下に昨年度までの結果を記す。

・高速加圧浮上の安定運転確認（2009年9月～2011年3月）

藻類を大量に含む霞ヶ浦原水においても高速加圧浮上処理が効率的かつ安定的に運転できることを確認できた。

・「凝集 高速加圧浮上 生物活性炭 凝集ろ過」フロー評価（2011年4月～2012年3月）

良好な処理水質を得ることが確認でき、砂ろ過継続時間も既設と比較し、遜色ないことが分かった。ただし、冬季に藻類が増殖した際に、生物活性炭ではカビ臭物質濃度を水道水質基準以下まで低減しきれなかった。

そこで2012年度は、「凝集 高速加圧浮上 凝集ろ過 粒状活性炭」というシステムで、再度連続通水実験を行い、トータルの処理性、ランニングコスト低減効果の確認を行った。

2. 高速加圧浮上装置の概要

加圧浮上装置は藻類等の沈降しにくいものが原水に多く含まれる場合、非常に有効な固液分離装置である。今回実験に用いた高速加圧浮上装置は、現在のところ国内の浄水場での採用実績はないが、浮上槽 LV10～30m/h という従来装置の2～6倍の速度での固液分離が可能であり、凝集沈澱池に比べて設置面積を大幅に縮小できることから、浄水場の更新時に凝集沈澱池の代替としての採用が期待される技術である。以下の図1に本共同研究で用いた高速加圧浮上装置の概要を示す。

浮上槽内に のような整流装置を設置すると整流装置付近に のような流速がゆるやかな整流ゾーンが形成する。また、同時に の部分には、微細気泡が充満した気泡ゾーンが形成される。整流ゾーン では、LVが槽内平均LVと等しくなり、微細気泡の上昇が起きやすくなり、また、気泡ゾーン では微細気泡が高密度に保持されるため、一旦下がったフロックも再度微細気泡が付着し、再浮上しやすくなるという特徴を持つ。これらの特徴から、図1のような整流装置を設置した加圧浮上装置では、槽内が全体的に利用されるため、高速化が可能とされている。このような高速加圧浮上装置は、欧米、韓国等の浄水場ではすでに多数採用されている。

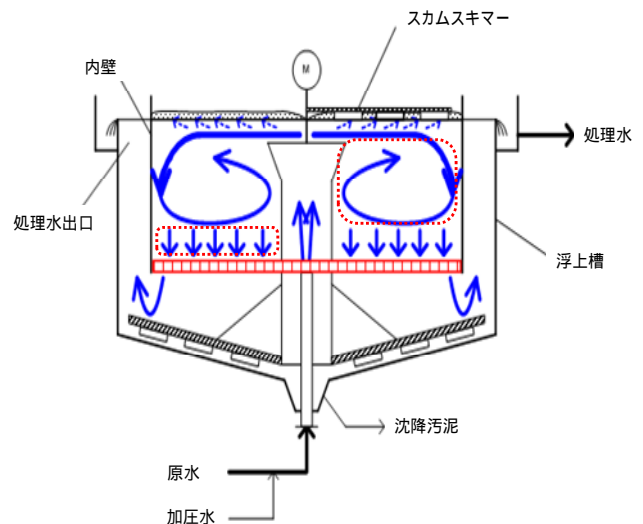


図1 高速加圧浮上装置概要

3. 実験方法

実験フローを図2に、通水条件を表2に示す。原水は霞ヶ浦浄水場の着水井より取水し、高速加圧浮上の通水LVは20+4m/h（加圧水比20%）とした。凝集剤にはポリ塩化アルミニウム（PAC）、pH調整剤には25wt%硫酸を用い、注入率、凝集pHは季節ごとにジャーテストより求めた。浮上したスラムは浮上槽内上部に設置したスラムスキマーにより常時排出し、底部に沈

降した汚泥は浮上槽内下部に設置した汚泥ピットから 1 日 1 回の間隔で排出した。砂ろ過はアンラサイト(有効径 1.0mm)×300mm、ケイ砂(有効径 0.5mm)×400mm の二層ろ過とし、圧力式の下向流通水とした。また、活性炭はヤシ殻系(有効径 0.5mm)のものを用い、同じく圧力式の下向流通水とした。2009～2011 年度の実験から、高速加圧浮上処理水濁度を通年で 1 度以下とするには PAC 注入率 100～150mg/L 程度必要であったが、2011 年度の実験¹⁾から、PAC 注入を高速加圧浮上で 30～50mg/L、砂ろ過で 2～3mg/L の二段注入とすることにより、砂ろ過処理水濁度 0.1 度未満を安定的に達成することが確認できた。そこで 2012 年度の実験でも、凝集槽における PAC 注入率を浮上処理水濁度が 2 度程度となるような値に設定し、後段の砂ろ過の直前でさらに後 PAC を添加するフローとした。

表 2 通水条件

高速加圧浮上		
通水流量	m ³ /h	15.7
通水LV	m/h	24 (内4m/hは加圧水分)
加圧水比	%	20
PAC注入率	mg/L	40～50
凝集pH	-	6.5～7.0
砂ろ過		
通水方式	-	下向流(圧力式)
通水流量	L/h	90
通水速度	m/日	122
逆洗条件	-	P=2000mm or ろ過継続時間96時間
PAC注入率	mg/L	3.0
残留塩素	mg/L	0.4～0.6
活性炭		
通水方式	-	下向流(圧力式)
通水流量	L/h	90
SV	1/h	10

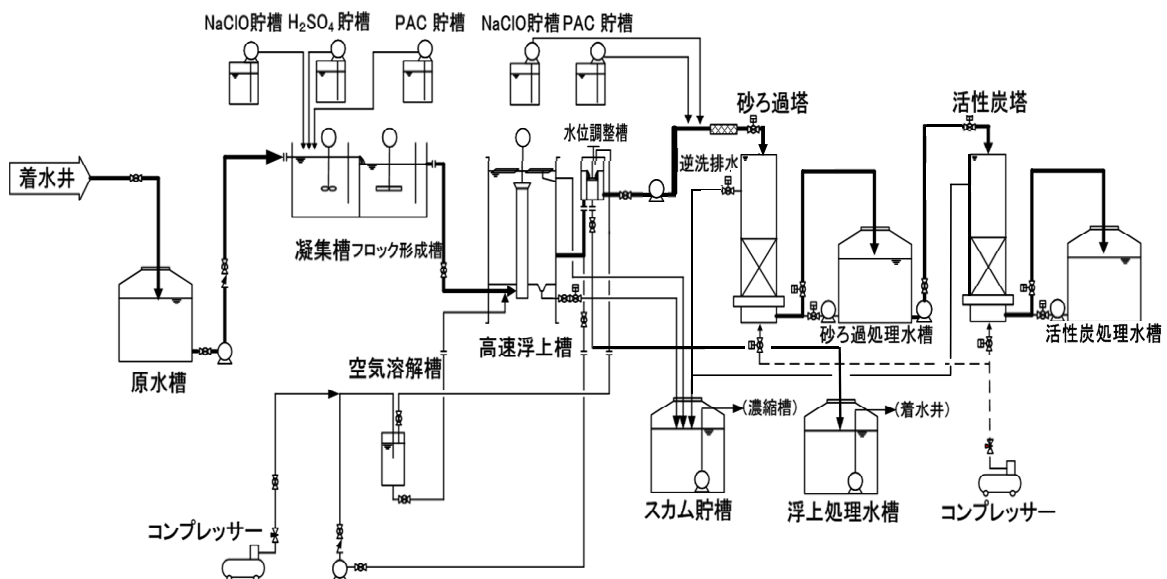


図 2 実験フロー

4. 実験結果

4-1. 高速加圧浮上を含む浄水フローにおける処理性確認

< 高速加圧浮上による濁度除去 >

2009年9月から2013年3月までの原水、高速加圧浮上処理水の濁度経時変化を図3に示す。3年半以上の期間にわたり、LV = 20+4m/h という条件で、加圧浮上装置による浮上スクラムの良好な除去が可能であった。実験期間中、台風や大雨等の影響で原水濁度 70 度を超えるような時も数回あったが、この時も PAC 注入率を適切な値に設定することにより、スクラムは安定して浮上した。浮上槽下部への汚泥の溜まりはほとんど観察されず、特別なメンテナンスを必要とすることもなかった。

< 高速加圧浮上による藻類除去 >

2009年11月から2012年3月までの原水、高速加圧浮上処理水の藻類経時変化を図4に示す。実験期間中の藻類除去率の平均値は92%であった。高速加圧浮上による、原水中に代表的に含まれる藻類種の除去率は、オシラトリア 72%、フォルミジウム 88%、キクロテラ 98%、

ニッチア 82%となった。これらの結果より、特にオシラトリア、ニッチアは、原水に含まれる藻類の中でも除去しにくい藻類種であることが確認できた。これら藻類は、特に冬期に原水藻類数に依らず、ある程度数が処理水に残存する傾向が見られたことから、原水に含まれる藻類の中でも凝集しにくい藻類種であると考えられた。一方キクロテラ、フォルミジウムに関しては、いずれの時期においても比較的良好な除去が可能であったことから、これらは相対的に凝集性が良い藻類種であると考えられた。

< 粒状活性炭によるカビ臭物質除去 >

原水中のカビ臭物質濃度の高い時期を狙い、2012年12月から「凝集 高速加圧浮上 凝集ろ過 粒状活性炭」のフローで連続通水を開始した。カビ臭物質の経時変化を図5に示す。実験期間中のカビ臭物質のピークは2013年1月後半から4月前半で、2-MIBは最大で380ng/L、ジェオスミンは160ng/Lであった。2-MIBが破過するまでの活性炭の通水日数は約2か月で、同時期の既設浄水場の活性炭交換頻度と同程度であった。また、この間ジェオスミンの破過は見られなかった。また、活性炭破過直前の2013年1月30日の処理水質は表3の通りとなり、カビ臭物質以外の他の水質についても、問題ない値であることが確認できた。

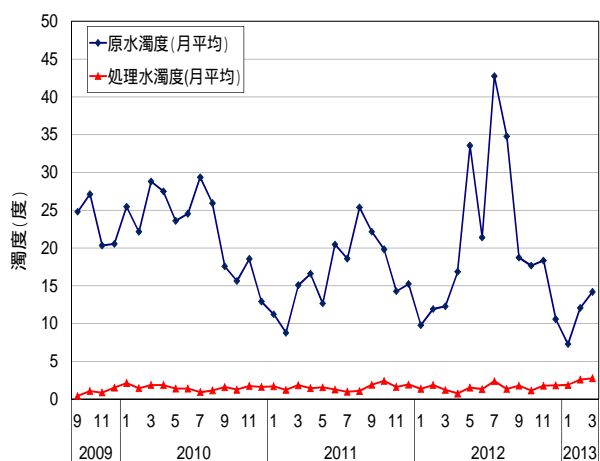


図3 濁度経時変化(月平均)

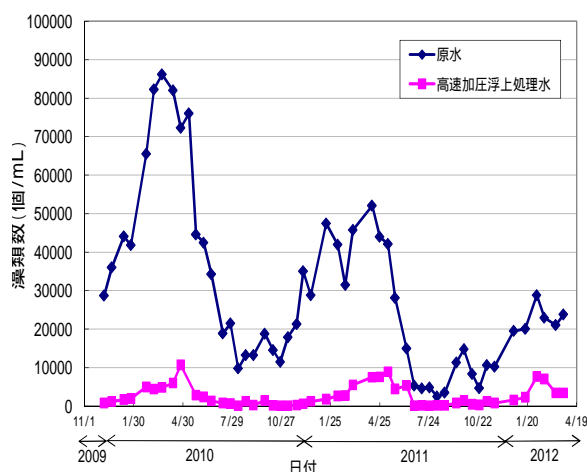


図4 藻類経時変化

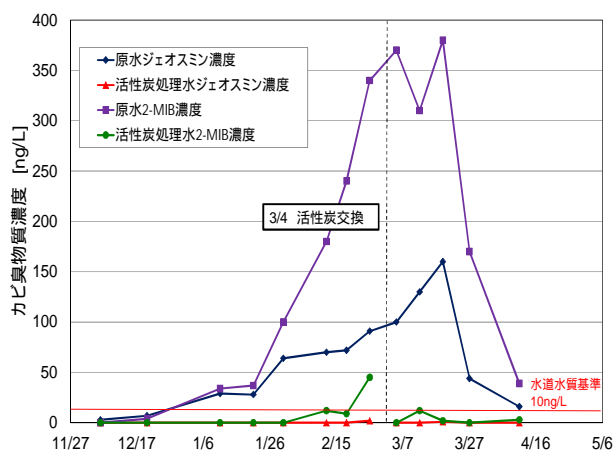


図5 カビ臭物質経時変化

表3 水質分析結果(2013/1/30)

	原水	高速加圧浮上	凝集ろ過	活性炭
濁度	度	13.4	1.8	< 0.05
色度	度	7.0	1.3	< 0.5
TOC	mg/L	3.9	2.3	1.4
鉄	mg/L	0.19	< 0.03	< 0.03
マンガン	mg/L	0.028	< 0.005	< 0.005
アルミニウム	mg/L	0.19	0.30	< 0.02
総トリハロメタン	mg/L			< 0.001
ジェオスミン	ng/L	64		< 1
2-MIB	ng/L	100		< 1

4-2. 高速加圧浮上スカムの脱水性確認

加圧浮上処理における浮上スカムは一般的な凝集沈澱処理における沈降汚泥と比べて、高濃度となることが知られている。今回の実験でも浮上スカム濃度は常時1~2%程度まで濃縮された。そこで、浮上スカムと既設濃縮汚泥を同時期にサンプリングし、両者の加圧脱水試験を行

い、脱水性の比較を行った。脱水試験の結果を表 4 に示す。汚泥濃度は高速加圧浮上スカム：0.95%、既設濃縮汚泥：0.47%で、高速加圧浮上は既設の倍以上となった。ろ過速度も高速加圧浮上スカム：0.35kgDS/m²h、既設濃縮汚泥：0.27kgDS/m²hで高速加圧浮上は既設の1.3倍となり、ケーキ含水率についても高速加圧浮上の方が良好な結果となった。

表 4 スカム脱水試験

		高速加圧浮上スカム	既設濃縮汚泥
汚泥濃度	%	0.95	0.47
ろ過速度	kgDS/m ² h	0.35	0.27
ケーキ厚さ	mm	2.5～3.5	1.5～2.0
ケーキ濃度	%	28.6	26.5
ケーキ含水率	%	71.4	73.5

5. 既設との比較

5-1. 設置スペース比較

「凝集→高速加圧浮上→凝集ろ過→粒状活性炭」のフローを採用した場合の設置スペースを試算し、既設との比較を行った。結果を図 6 に示す。本フローを採用した場合、生物処理不要で、高速加圧浮上によるスペース低減効果も見込めることから、既設と比較して 74%設置スペース削減可能と試算できた。

5-2. ランニングコスト比較

「凝集→高速加圧浮上→凝集ろ過→粒状活性炭」のフローを採用した場合のランニングコスト試算結果を図 7 に示す。本フローを採用した場合、既設と比較して PAC 注入量が微増し、硫酸による pH 調整も行うため薬品コストの上昇が見られるが、粒状活性炭交換頻度は既設と同等、電気代は生物処理が不要となり、30%削減可能となることから、トータルで 4%ランニングコスト削減可能と試算できた。

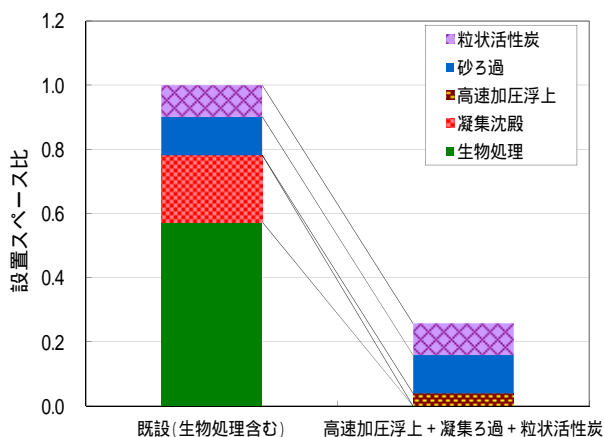


図 6 設置スペース試算

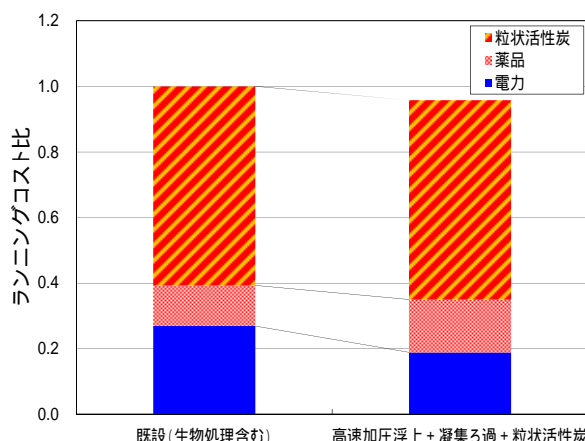


図 7 ランニングコスト試算

6. まとめ

本システムの既設との比較結果を表 5 にまとめた。霞ヶ浦浄水場において「凝集 高速加圧浮上 凝集ろ過 粒状活性炭」のフローを採用した場合、既設と比較して、設置スペースは 74%、ランニングコストは 4%、脱水機ろ過面積は 23%削減可能という試算結果となった。また、処理水質に関しては既設と同等で、メンテナンスに関しては、特別に必要なないということを確認した。

表 5 既設との比較

	既設	本システム
設置スペース	100	26
ランニングコスト	100	96
脱水機ろ過面積	100	77
処理水質	-	既設と同等
メンテナンス性	(ハニカムチューブ定期清掃)	(特になし)

既設を100とした場合の相対値

参考文献

1) 國東ら(2012), 第 63 回全国水道研究発表会講演集, pp.230～231