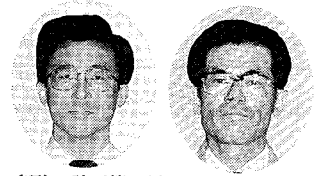


浄水場における回収水の浮上分離

A Recycle Water Floatation Method in Water Treatment Facility



(環) 計画第2課
石丸 豊
Yutaka Ishimaru
岡 靖
Yasushi Oka

The wash water of sand filter treatment facilities has been returned to the purification processes together with other discharged water after detention in discharge ponds with little or no further treatment. The recycled water, however, contains high turbidity and color substances, microorganisms such as algae, and iron, manganese, etc. To eliminate the disadvantages, a floatation method was added to a plant (capacity: 600 m³/hr) of the Hanshin Water Supply Authority. The plant, which applied the method first in Japan, has been successfully operating, showing the high removal ratio of those impurities. It also proves the efficiency in reduction of organic carbons, trihalomethanes and TOX formation.

まえがき

現在、多くの浄水場では砂ろ過池洗浄排水や排水処理脱離水など、場内で発生する排水は水質汚濁防止法による規制と有効利用する観点から、一旦排水池にためられ、無処理もしくはそれに近い状態で浄水処理工程に回収水として返送されている。しかし、これらの回収水中には高濃度の濁・色度成分、藻類などの微小生物、鉄・マンガン等の物質が含まれており、これらをそのまま原水の一部として再利用するのは好ましい状態とは言いがたく、何らかの処理操作を加え、回収水の水質改善を図るシステムの検討がなされていた。

当社は、この対応策としてわが国でも初めてと言える回収水の浮上分離設備(600 m³/h 処理)を阪神水道企業団猪名川事業所内に'90年3月納入、以後順調に稼動しているので設備の概要および処理状況について報告する。

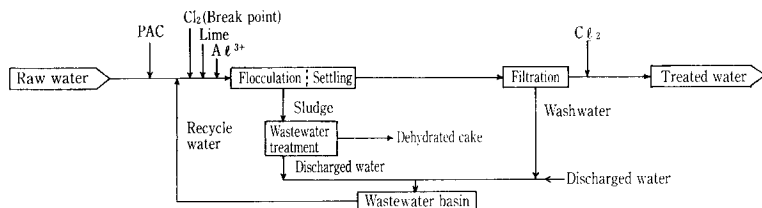
1. 設備納入までの経緯

阪神水道企業団猪名川浄水場(浄水能力日量655 000 m³)では1日におよそ10 000 m³の各種排水が発生するが、当浄水場では全国でも早くから回収を目的として、これらの排水を一旦排水池(2 000 m³/池×2池)に受け入れ濃度調整のため攪拌機により混合攪拌しながら着水井に返送している。(第1図)

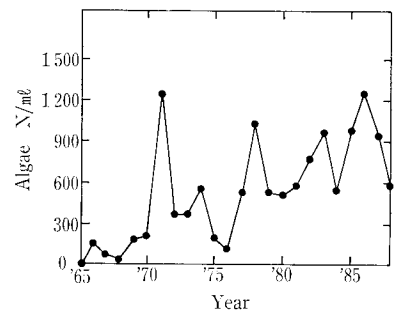
なかでも砂ろ過池の洗浄排水は、量的に回収水全体の約9割を占め多量の微小生物や鉄・マンガンを含んでいる。このうち微小生物は浄水処理工程に返送されることによ

り、再度塩素処理をうけ、その生体がバラバラになり、砂ろ過池を通過し浄水へ漏出する危険性がある。また、水源である淀川水系琵琶湖の富栄養化の進行に伴って原水中の生物総数は年々増加の傾向がある。(第2図)鉄・マンガンについても、今後、高度浄水処理の導入によって塩素処理が後段に移行し、砂ろ過池での除去負荷が大きくなり浄水の色度上昇の懸念がある。これらのことより回収水の水質改善の必要性がクローズアップされてきた。

阪神水道企業団では、回収水のほとんどは砂ろ過池の洗浄排水であり、沈澱池で沈澱除去できなかった微小生物など、比較的比重の軽い物質を多く含む水質であることに着目し、これらを処理するには沈澱より浮上させる方が効果的と考え、'84年に浮上テスターによるバッチ実験、さらに'86年2月より当社パイロットプラントによる加圧浮上分離の実験を行った。その結果、浮上分離は、濁・色度、微小生物や鉄・マンガンなどの除去性に優れているとともに、有機炭素やトリハロメタン生成能、TOX生成能の削減にも効果があることが判明した。このような実験データをもとに、回収水の水質改善を図るべく、第3図のフロー図に示すように返送ラインに浮上分離設備の設置が計画され、'89年9月から'90年3月末の工期で建設発注、当社がその建設を担当した。



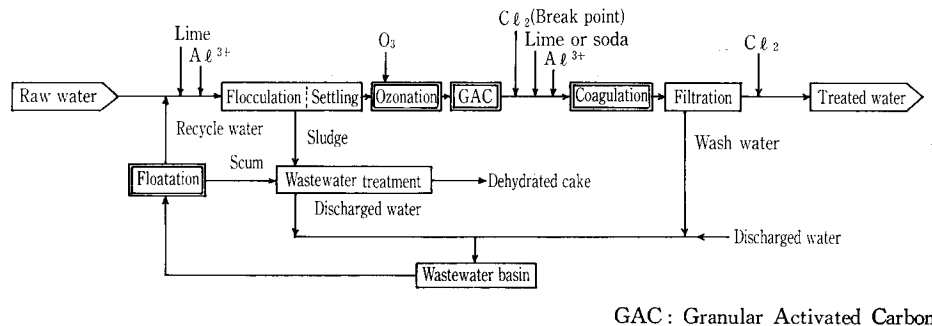
第1図 現行浄水システムのフロー
Fig. 1 Flow diagram of the present water treatment system
PAC: Powdered Activated Carbon



第2図 猪名川浄水場原水中の生物数経年変化
Fig. 2 Time course of algae in raw water of Inagawa purification plant

第3図
新しい浄水システムのフロー

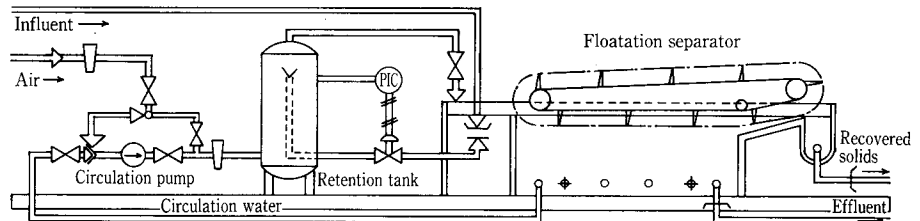
Fig. 3
Flow diagram of the new water treatment system



GAC: Granular Activated Carbon

第4図
循環加圧式浮上分離システムの概略フロー

Fig. 4
Schematic drawing of circulation type dissolved air floatation system



2. 浮上分離法の概要

2.1 浮上分離法の種類

浮上分離法には大別して次のような種類がある。

- ・自然浮上法
- ・強制浮上法——気泡接触法（浮遊選鉱が代表例）
- 気泡析出法——真空式浮上分離
- 加圧浮上分離
- 電解浮上分離

なかでも、排水処理には気泡析出・加圧浮上分離法が最も多く採用されている。

2.2 加圧浮上分離法

水中に懸濁している粒子の水との密度差の少ないもの、または粒径が小さなものは、沈澱も浮上も困難である。しかし、これらの粒子に微細な気泡を付着させて見掛密度を小さくして浮力を与えれば、容易に浮力分離することができる。

加圧浮上分離法は、原水または処理水の一部を十分な空気の存在下で、空気がほとんど飽和状態になるまで加圧（2~5 kgf/cm²G）し、浮上分離槽中で大気圧に開放すれば多量の微細気泡が発生する。この微細気泡の付着によって懸濁粒子や油分などが浮上分離される。

加圧浮上分離法には全量加圧法、部分加圧法、循環加圧法があるが、フロック破壊の少ない循環加圧法が最も多く採用されておりこの度のパイロット実験も本法にて行った。第4図に循環加圧法の概略フローを示す。

2.3 沈澱法との比較

加圧浮上分離法と沈澱法との一般比較を次に示す。

項目	加圧浮上法	沈澱法
処理水水质	やや劣る	良
槽容量	小	大
滞留時間	短い (10~30 min)	長い (2~4 hr)
分離速度	速い (5~15 m/h)	遅い (3 m/h 以下)
排泥濃度	濃い	やや薄い
設置面積	小	大

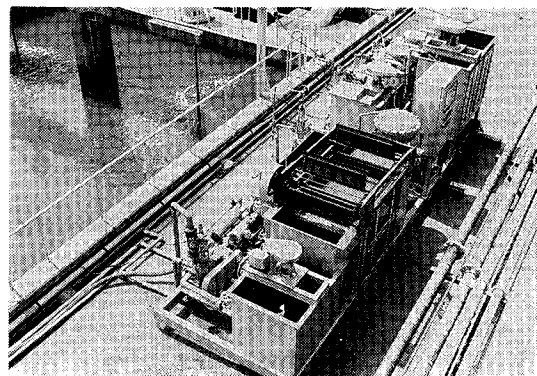


写真1 パイロットプラント
Photo. 1 Pilot plant

2.4 加圧浮上分離法の適用例

浄水処理プロセスにおける加圧浮上分離の適用例は少ないが、古くから次のような分野で用いられてきた。

- (1) 尿処理場の余剰汚泥分離
- (2) 下水処理場の余剰汚泥濃縮
- (3) 製紙工場の白水処理と繊維回収
- (4) 石油精製、油脂、食品工場等の含油廃水処理
- (5) 金属圧延工場、機械加工工場等の冷却水処理
- (6) 染色廃水処理
- (7) 洗炭廃水中の微粉炭処理

3. パイロットプラント実験

調査実験のため'86年2月より猪名川浄水場の排水池にパイロットプラントが設置された。(写真1)

3.1 実験の概要

3.1.1 加圧浮上分離装置

1) 浮上分離槽

形式：鋼板製角型

寸法：760 mm^W × 1 960 mm^L × 1 320 mm^H

浮上面積：有効 0.8 m²

2) スカム掻寄機

形式：スクレーパ方式

動力：0.2 kW

第1表 パイロットプラントによる処理結果(平均値)
Table 1 Water quality in pilot plant (Average)

Item	Influent (Waste-water)	Effluent (Recycle water)	Removal	Raw water (Yodo river)
Turbidity (degree)	26	9	65 %	15
Color (degree)	81	19	77 %	25
Iron (mg/ℓ)	1.30	0.35	72 %	0.59
Manganese (mg/ℓ)	0.85	0.20	77 %	0.07
TOC (mg/ℓ)	10.6	5.9	44 %	4.0
THMFP (μg/ℓ)	84	55	35 %	43
TOXFP (μg/ℓ)	380	280	26 %	200
Algae (N/ml)	1600	380	76 %	770

3) 加圧タンク

形式：鋼板製円筒型
寸法：500 mm ϕ × 900 mm^{SH}
容量：0.18 m³
空気溶解：エゼクター吸引方式

4) 原水ポンプ

形式：水中ポンプ
容量：0.08 m³/min × 9.3 m × 0.4 kW

5) 加圧ポンプ

形式：片吸込渦巻ポンプ
容量：0.08 m³/min × 50 m × 3.7 kW

3. 1. 2 実験方法

原水ポンプにより排水池の回収水を浮上分離装置へ導水し、実験期間を通じ次の運転条件にて実験を行った。

原水(回収水)流量	4.5 m ³ /h
加圧水(循環)流量	1.5 m ³ /h (循環率33%)
浮上速度	7.5 m ³ /m ² ・h
加圧タンク圧力	4.0 kgf/cm ² G
空気量	50 Nℓ/h
薬品注入	無薬注
実験期間	'86年2月~'88年3月

3. 3 実験結果¹⁾

第1表に本実験における水質調査結果を示す。これにより濁・色度、鉄、マンガン、微小生物の処理性に優れ、また淀川原水の水質レベル以上に改善できる項目の多いことが分かる。

4. 実設備の概要

パイロットプラントによる実験調査の結果をふまえ、'89年9月に加圧浮上分離装置の着工を始め、回収水の水質改善を図るとともに、いままで間欠的に回収していた排水を連続して返送することで、浄水処理の安定化をめざすこととなった。

4. 1 設備仕様

4. 1. 1 設計条件

処理方式	処理水循環加圧浮上分離法
処理水量	最大600 m ³ /h
循環水量	180 m ³ /h (循環率30%)
浮上速度	14.4 m ³ /m ² ・h
空気溶解	加圧タンク方式(圧力4.0 kgf/cm ² G)

4. 1. 2 加圧浮上分離装置

- 1) 浮上分離槽 1槽
形式：鉄筋コンクリート槽

寸法：7600 mm^W × 10200 mm^L × 1700 mm^H
浮上面積：有効 54 m²

- 2) スカム掻寄機 1基
形式：チェンフライド式
動力：0.75 kW
- 3) スカム掻取機 1基
形式：回転ドラム式
動力：1.5 kW
- 4) 加圧タンク 1基
形式：鋼板製円筒型
寸法：1700 mm ϕ × 3090 mm^{SH}
容量：9.0 m³
空気溶解：加圧タンク溶解方式
- 5) 原水ポンプ 2台(内1台予備)
形式：着脱式水中汚水ポンプ
容量：10 m³/min × 8 m × 22 kW
- 6) 循環加圧ポンプ 2台(内1台予備)
形式：片吸込渦巻ポンプ
容量：3 m³/min × 50 m × 45 kW
- 7) 処理水移送ポンプ 2台(内1台予備)
形式：片吸込渦巻ポンプ
容量：10 m³/min × 18 m × 45 kW
- 8) スカムピット攪拌機 2台
形式：側面型プロペラ式
動力：0.75 kW
- 9) スカム移送ポンプ 2台(内1台予備)
形式：1軸ネジポンプ
容量：0.06~0.21 m³/min × 20 m × 2.2 kW
- 10) 沈澱汚泥移送ポンプ 2台
形式：横軸スラリーポンプ
容量：0.2 m³/min × 20 m × 2.2 kW
- 11) 空気圧縮機 2台(内1台予備)
形式：圧力スイッチ式オイルフリー型
容量：235 ℓ/min × 8.5 kgf/cm² × 2.2 kW
- 12) 計装用空気圧縮機 1台
形式：圧力スイッチ式オイルフリー型
容量：75 ℓ/min × 8.5 kgf/cm² × 0.75 kW

4. 2 設備の特長

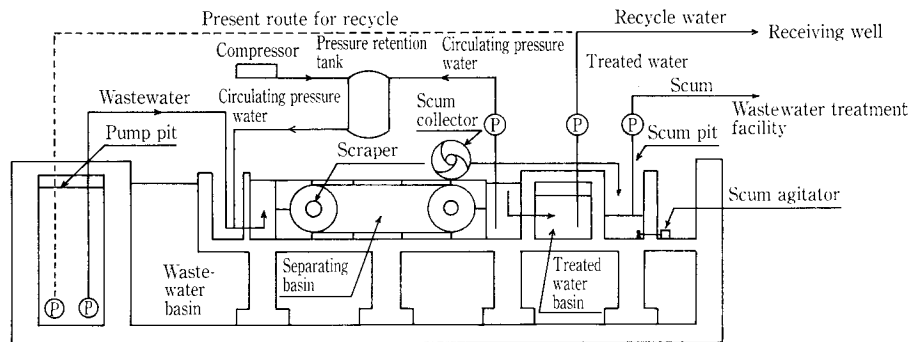
処理フローを第5図に、本設備を写真2に示す。

設備の特長としては、浮上分離槽を既設排水池の槽内部に階層的に設けることにより、省スペース化および既設排水池を水量調整池として利用し、回収水の定量連続返送を可能にしたことである。また砂沓過池の洗浄排水には、捕捉された凝集フロックが存在するため、この残存する凝集力を活用し、新たな薬品注入を行わないことである。このためランニングコストは浄水1 m³当たり0.05円程度で、極めて低コストとなる。

5. 運転状況²⁾

'90年2月より約1カ月の試運転をへて4月からユーザ運転を開始した。運転条件は、処理水量500 m³/h、浮上速度12 m³/m²・h、循環率30%、加圧圧力4 kgf/cm²Gである。第2表に'90年12月までの処理状況を示す。各項目とも除去率の変動が大きく、またパイロットプラントによる除去率に比して若干低い。これらの理由として、実設備は

第5図 浮上分離設備処理フロー
Fig. 5 Schematic drawing of full scale floatation equipment



第2表 実プラントによる処理結果
Table 2 Water quality in full scale plant

Item	Influent (Wastewater)	Effluent (Recycle water)	Removal %
Water temp. (°C)	10.5~ 31.2		
pH	6.8~ 9.5		
Turbidity (degree)	18~ 49	8.5~ 38	11.6~56.0
Color (degree)	42~ 140	30~ 80	14.3~54.3
SS (mg/ℓ)	36~ 587	24~ 104	18.8~82.3
Iron (mg/ℓ)	0.53~ 1.75	0.27~ 1.25	18.3~58.7
Manganese (mg/ℓ)	0.22~ 1.60	0.14~ 0.86	11.4~91.3
Aluminum (mg/ℓ)	3.37~ 25.38	2.36~ 19.18	7.6~59.4
Algae (N/ml)	1 300~98 000	1 000~32 200	23.1~72.4

(1990 N=18)

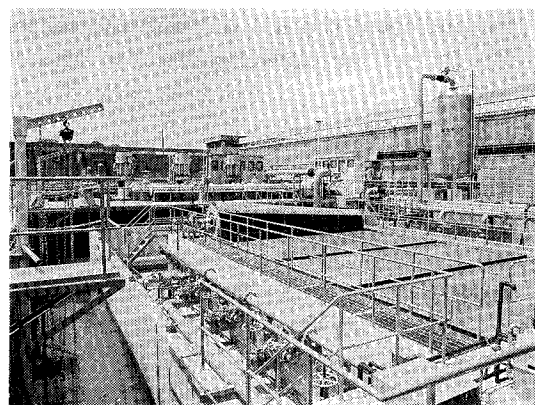


写真2 実プラント
Photo. 2 Full scale floatation plant

設置スペースによる制約から浮上速度がパイロットプラント $7.5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ にたいして $12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ と60%も負荷が高いこと、および原水水質の変動が挙げられる。原水には全量のほぼ90%を占める砂汙過池の洗浄排水の他に、排水処理設備の脱離水、場内雑排水なども含まれる。特に、排水処理設備（石灰添加による加圧式汚泥脱水装置）の稼動時にはそのアルカリ性脱離水の流入によって原水のpHが上昇し凝集pH域より逸脱するため処理が不安定となる。しかし、現在この脱水装置が無薬注方式に更新中のため将来、脱離水による影響がなくなれば、現在の除去率の最大値近辺で安定するものと思われる。

また、浮上分離されたスカムは、天日乾燥床および濃縮槽に移送されている。移送量は処理水量の約1% ($4 \text{ m}^3/\text{h}$)程度、濃度は0.3~0.8%であるが、スカム攪拌機により完全に脱泡されているため濃縮槽での再浮上はない。

6. まとめ

以上、浄水場における回収水の浮上分離設備に関する実験から運転までを紹介してきた。当設備は現在、順調に稼動しており当社として次の成果を得た。

- (1) 浄水場における洗浄排水を主とした回収水の処理には浮上分離法が極めて有効な方法であることが実証できた。
- (2) 将来の高度浄水処理導入による浄水プロセスに対応したサブシステムとして採用された意義は大きく安全で良質の水づくりに寄与することが確認された。
(微小生物等の循環濃縮防止策の先行実施)

- (3) 階層工法により設置スペースをほとんど必要とせず、かつ無薬注で運転できる設備であることが確認された。

むすび

水道水における異臭味などの問題は原水水質に起因することが多く、特に琵琶湖を水源とする各水道事業者は、その対策に苦慮し一部の事業者では高度浄水処理施設の導入を余儀なくされている。このような状況のなか、高度浄水処理プロセスの調査・研究のみならずトータルな浄水プロセスの改善にも着目した阪神水道企業団による本設備の建設は注目されている。今後、当社はこの実績を生かしトータルシステムとして機能する高度浄水処理施設の具現化に寄与したいと考える。

最後に、本設備の納入、運転に当たり多大なるご指導、ご協力いただいた阪神水道企業団の方々に深く感謝の意を表します。なお、水質データなどについては、阪神水道企業団が水道研究発表会において報告済みのものを引用させていただいた。

参考文献

- 1) 佐々木隆(阪神水道企業団)ほか：新しい浄水システムに関する一考察、一オゾン、活性炭流動層及び浮上分離の導入、第40回全国水道研究発表会講演集(1989), p. 150-152
- 2) 花元隆司(阪神水道企業団)ほか：浮上分離装置による場内回収水の水質改善、第42回全国水道研究発表会講演集(1991), p. 253-255