

## 〈研究発表〉

## 混和池におけるフラッシュミキサーの省エネ化

久本 祐 資<sup>1)</sup>, 山口 太 秀<sup>2)</sup>, 海老江 邦 雄<sup>3)</sup><sup>1)</sup>メタウォーター(株)

(〒101-0041 東京都千代田区神田須田町1-25 E-mail: hisamoto-yusuke@metawater.co.jp)

<sup>2)</sup>メタウォーター(株)

(〒101-0041 東京都千代田区神田須田町1-25 E-mail: yamaguchi-dabide@metawater.co.jp)

<sup>3)</sup>北見工業大学 (〒090-8507 北海道北見市公園町165番地)

## 概 要

水道事業体における財務状況が悪化しつつある昨今、浄水処理の維持管理費を削減する新技術の開発が強く求められている。ここでは、凝集沈澱プロセスにおいて最も電力消費の多い急速攪拌の省エネ化を目的に、急速混和池の底部に固定する静翼(RB: Radial Blade)と従来より軽量で水面近くに設置する4枚の回転翼とからなるRB Mixing systemのフラッシュミキサーへの適用性について検討した。本研究では、バッチ試験、連続流実験プラント及び実施設における検証によって、RB式フラッシュミキサーは、既設攪拌機に対して、同一の攪拌強度G値のもとで、同等の沈澱処理性を維持しつつ、動力費50%以上の削減効果を発揮することを指摘した。

キーワード: フラッシュミキサー, RB (ラジアルブレード), 混和池, 動力, 沈澱水濁度

原稿受付 2018.7.6

EICA: 22(2・3) 191-195

## 1. はじめに

我が国で採用の浄水処理システムは、塩素消毒のみ、緩速ろ過、急速ろ過、及び膜ろ過などに大別される。それらの中で、急速ろ過システムは、1700カ所以上の浄水場で採用され、計画浄水量の75%以上を占めている<sup>1)</sup>。また、同システムは、凝集、フロック形成、沈澱、砂ろ過などのプロセスで構成され、処理水は砂ろ過後に塩素消毒を施した後、家庭や事業所等に給配水される。処理の最初のプロセスである凝集の目的は、急速混和池に流入した原水に凝集剤を注入して急速攪拌を行い、処理対象粒子の荷電中和、架橋作用などによって微フロックへと集塊化させることである。システムの処理性を高める上で最も肝要なことは、最初の処理プロセスである凝集段階での効率的な攪拌により未集塊化粒子をいかに減少させておくかにかかっている。

一方、浄水場を取り巻く環境は、人口減少や節水意識の高まりにより需要が減少し、料金収入が低下している。また、浄水施設や管路の更新や耐震化により支出は増加している。それらの理由から、浄水場の経営改善に繋がる浄水処理費用の低減化が強く求められている。

また、全電力消費量の約1%を水道事業が占めていることから、新水道ビジョン<sup>2)</sup>においても、省エネルギーが重要な課題として取り上げられている。

そのような背景から、凝集沈澱プロセスにおいて最も電力消費の多い急速攪拌の省エネ化を目的に、低消費動力で高効率攪拌を実現するRB Mixing System<sup>3)</sup>が混和池のフラッシュミキサーとして適用可能であるかについて検討した(以下RB式フラッシュミキサーと称する)。本研究では、RB式フラッシュミキサーに関するバッチ試験、急速ろ過システム採用のA浄水場に設置した連続流実験プラント及びA浄水場実施設における省エネ効果などの有効性について検討した結果を報告する。

## 2. RB式フラッシュミキサーの概要

RB式フラッシュミキサーの模式図をFig. 1に示す。4枚の静翼(RB: Radial Blade)を混和池の底盤に、4枚の回転翼(FT: Flat Turbine)を従来のものよりも水面近くに設置している。4枚の回転翼により旋回流を発生させ、RBにより中央で竜巻状の上昇流を発生させる。それら全体の働きによって混和池全体の攪拌が低動力で可能となっている。

## 3. 攪拌強度G値の定義

攪拌強度G値は水道施設設計指針<sup>4)</sup>に基づいて式(1)により計算した。式中のAは、攪拌翼面積(m<sup>2</sup>)であり、RB式フラッシュミキサーの翼面積は旋回流

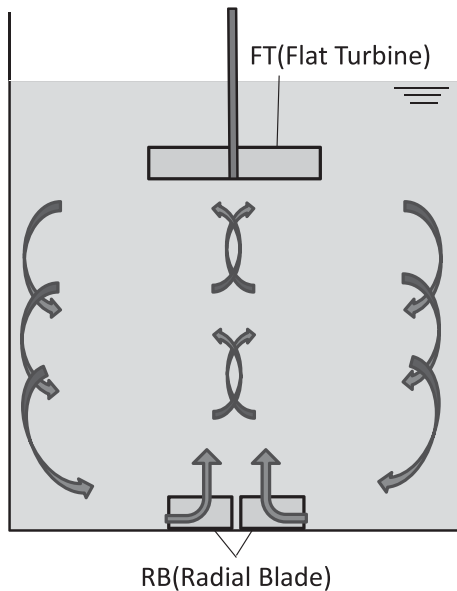


Fig. 1 RB mixing system

を引き起こす回転翼と竜巻状の上昇流を引き起こすRBとの合計とした。Cは攪拌翼の抵抗係数で1.5、 $v$ は翼末端における周速度(m/s)、 $V$ は混和池容量( $m^3$ )、 $\rho$ は水の密度( $kg/m^3$ )、 $\mu$ は水の粘性係数( $kg/m \cdot s$ )である。

$$G = \left( \frac{\rho C A v^3}{2\mu V} \right)^{0.5} \quad (1)$$

## 4. 実験方法

### 4.1 バッチ試験におけるRB式フラッシュミキサーの効果の検証

RB式フラッシュミキサーによる濁質の凝集沈澱処理性については、45 L (325 mm×370 mm×375 mm)の水槽を用いた。試料水(pH7.4, 水温10℃)はカオリンで濁度10度に調製し、凝集剤PACを30 mg/L注入した。急速攪拌の開始後、1 Lビーカーに採水し、ジャーテストで緩速攪拌を施し、上澄水濁度にて評価した。急速攪拌の攪拌強度はG値100, 200, 300, 400  $s^{-1}$ に変更して、従来攪拌翼4枚フラットパドル×2段(4FP×2段)と比較検証した。RB式フラッシュミキサーと従来攪拌翼の諸元をTable 1に示す。また、上澄水濁度と合わせてフラッシュミキサーの動力をミ

Table 1 Condition of the flash mixer (batch test)

	RB式フラッシュミキサー	従来翼4枚FP×2段
翼径 (mm)	回転翼: 125 RB: 100	上段: 125 下段: 125
翼幅 (mm)	回転翼: 25 RB: 25	上段: 25 下段: 25
翼面積 ( $m^2$ )	0.00963	0.0105
翼位置 (mm)	回転翼: 水面下 75 mm RB: 槽底部	上段: 水面下 125 mm 下段: 水面下 250 mm

キシングトルクメータ ST-3000 II (佐竹化学機械工業製)にて測定した。以下に実験の手順を示す。

- ① 水槽に45 L水道水を入れ、カオリンを加えて濁度10度に調製
- ② 凝集剤PAC(多木化学製PAC250A, 塩基度52%)を30 mg/L注入
- ③ RB式フラッシュミキサーもしくは既設攪拌翼にて所定攪拌強度で3分間急速攪拌
- ④ 急速攪拌後、1 Lをビーカーに採水
- ⑤ ジャーテストにて回転数30 rpmで20分間緩速攪拌
- ⑥ 20分間静置後、水面下5 cmの上澄水を100 mL採水して濁度測定

### 4.2 実験プラントにおけるRB式フラッシュミキサーの効果の検証

#### (1) 実験プラントの概要

A浄水場に設置した2系列の実験プラントの諸元をTable 2に掲げた。原水としては、A浄水場の原水を分岐して実験プラントに導水した。処理フローは混和池、3段のパドル式フロック形成池、沈澱池、ろ過塔である。Table 2では水温10℃におけるG値を示した。1系列のフラッシュミキサーを2枚フラットパドル翼(2枚FP翼)からRB式フラッシュミキサーに変更し比較検討した。

#### (2) 攪拌強度G値変更に伴う処理性と動力の評価

2018年6月9日に2枚FP翼とRB式フラッシュミキサーの攪拌強度G値を60, 100, 200, 300  $s^{-1}$ に変更して沈澱水濁度を評価した。原水濁度はカオリンにより50度に調製した。水温18±0.5℃であり、PAC注入率70 mg/L、凝集後pHを6.7に設定した。

### 4.3 実施設によるRB式フラッシュミキサーの効果の検証

#### (1) 実施設の概要

A浄水場の諸元をTable 2に掲げた。混和池は2系列2段であり、1系列の前段のフラッシュミキサーを2段の6枚フラットタービン翼(6枚FT翼×2段)

Table 2 Condition of the pilot plant and A purification plant

		実験プラント	実施設
	流量 ( $m^3/hr$ )	0.078	1600
混和池	1段目G値 ( $s^{-1}$ )	60-300	60-400
	滞留時間 (min)	2.6	3.1
	2段目G値 ( $s^{-1}$ )	—	60
	滞留時間 (min)	—	3.1
フロック形成池 (パドル式)	1段目G値 ( $s^{-1}$ )	50	30
	2段目G値 ( $s^{-1}$ )	25	16.2
	3段目G値 ( $s^{-1}$ )	12.1	5.9
	滞留時間 (min)	12.0×3段	16.5×3段
沈澱池	表面負荷率 (mm/min)	4.0	5.8

**Table 3** Condition of the flash mixer (purification plant)

	RB式フラッシュミキサー	既設攪拌機 6枚FT翼×2段
モーター容量 (kW)	11	30
翼径 (m)	回転翼: 1.65 RB: 1.32	1.55
翼面積 (m <sup>2</sup> )	1.75	1.44
攪拌機重量 (kg)	850	4500

からRB式フラッシュミキサーに変更した。比較検討したフラッシュミキサーを**Table 3**に示す。後段のフラッシュミキサーはG値60s<sup>-1</sup>にて攪拌し、3段のパドル式フロック形成池、沈澱池、活性炭吸着池、ろ過池という処理フローである。

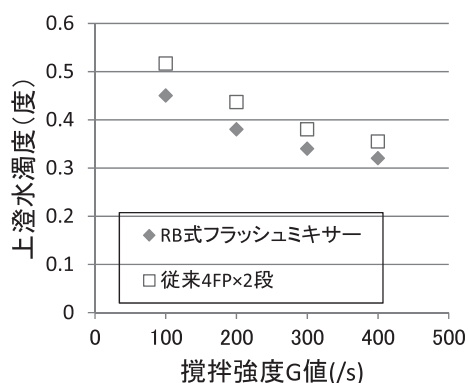
**(2) 攪拌強度G値変更に伴う処理性と動力の評価**

2018年1月25日から2月2日にかけて、既設6枚FT翼×2段の攪拌強度G値を60, 100, 200 s<sup>-1</sup>, RB式フラッシュミキサーの攪拌強度G値を100, 200, 250 s<sup>-1</sup>に変更して沈澱水濁度を評価した。原水濁度は0.7-1.0度、水温0.6℃、PAC注入率16.8 mg/L、凝集後pH6.8にて運転した。また攪拌強度G値を60から400 s<sup>-1</sup>まで変更して、HIOKI製パワーアナライザ3390を用いてモーター負荷動力を測定した。さらに2017年8月~12月にRB式フラッシュミキサーにて連続運転した。攪拌強度G値は適宜変更し、PAC注入率はジャーテストによって決定した。

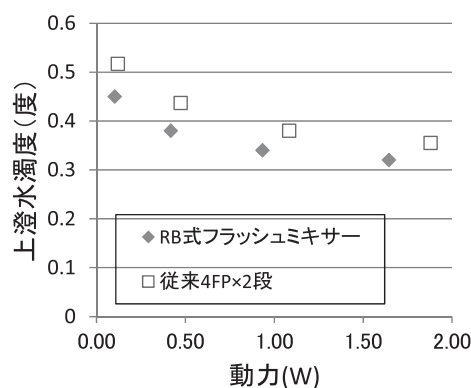
**5. 実験結果**

**5.1 バッチ試験によるRB式フラッシュミキサーの効果の検証**

攪拌強度G値を変更した際の上澄水濁度を**Fig. 2**に示す。RB式フラッシュミキサーと従来攪拌翼のいずれも攪拌強度を上昇させるほど上澄水濁度が低下した。また同G値のときRB式フラッシュミキサーの上澄水濁度が低い結果であった。攪拌強度G値変更時の動力と上澄水濁度との関係を**Fig. 3**に示す。X軸の動力はミキシングトルクメータによる測定値である。従来攪拌翼の動力1.88 W時に対してRB式フ



**Fig. 2** Turbidity of treated water after sedimentation in change of mixing (batch test)

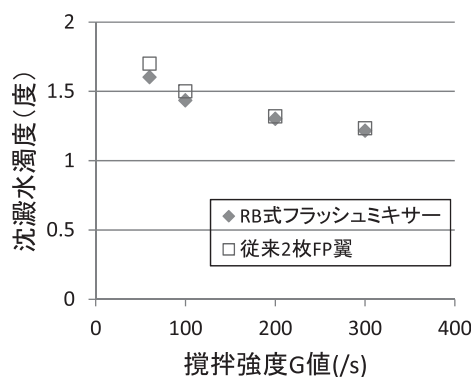


**Fig. 3** Turbidity of treated water after sedimentation in change of motive power (batch test)

ラッシュミキサーの動力0.93 W時の上澄水濁度は同等以下であった。また、従来攪拌翼の動力1.08 W時に対してRB式フラッシュミキサーの動力0.42 W時の上澄水濁度は同等であった。すなわち、バッチ試験において従来攪拌翼に対してRB式フラッシュミキサーは50%以上の動力を削減しつつ同等の処理水質が得られたこととなる。

**5.2 実験プラントにおけるRB式フラッシュミキサーの効果の検証**

攪拌強度G値を変更した際の沈澱水濁度を**Fig. 4**に示す。従来の2枚FP翼とRB式フラッシュミキサーはいずれも攪拌強度を上昇させるほど沈澱水濁度が低下した。また攪拌強度G値が同値のとき、2枚FP翼に対してRB式フラッシュミキサーの沈澱水濁度は同等以下であった。連続流の実験プラントにおいても、同G値のとき従来翼2枚FP翼に対してRB式フラッシュミキサーは同等以上の処理性を示した。



**Fig. 4** Turbidity of treated water after sedimentation in change of mixing (pilot plant)

**5.3 実施設におけるRB式フラッシュミキサーの効果の検証**

攪拌強度G値を変更した際の沈澱水濁度を**Fig. 5**に示す。原水濁度が既設6枚FT翼×2段の時0.7度、

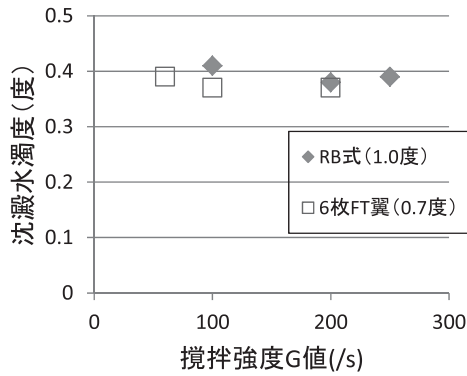


Fig. 5 Turbidity of treated water after sedimentation in change of mixing (purification plant) (Turbidity of raw water is noted in brackets)

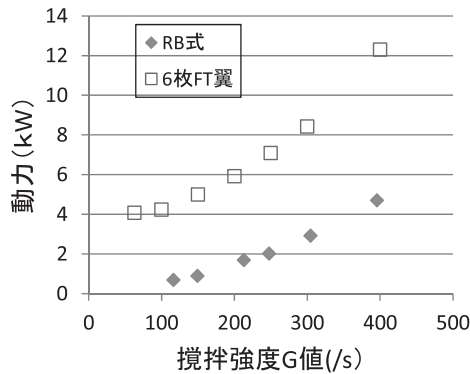


Fig. 6 Motive power in change of mixing (purification plant)

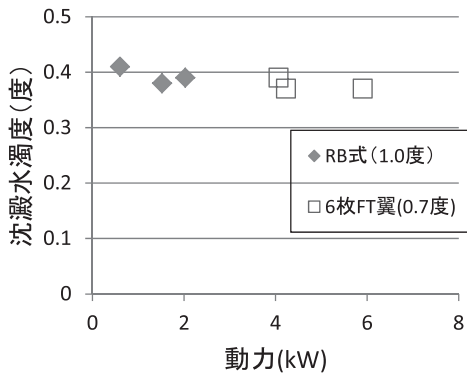


Fig. 7 Turbidity of treated water after sedimentation in change of motive power (purification plant) (Turbidity of raw water is noted in brackets)

RB式フラッシュミキサーの時1.0度であるが、攪拌強度G値200 s<sup>-1</sup>のとき沈澱水濁度は同等であった。攪拌強度G値を変更した際の動力をFig. 6に示す。既設6枚FT翼×2段と比較して、RB式フラッシュミキサーの動力は大きく低減しており、同G値と比較すると、G値150 s<sup>-1</sup>では80%以上、G値400 s<sup>-1</sup>では60%以上低減した。攪拌強度G値を変更したときの動力と沈澱水濁度との関係をFig. 7に示す。X軸の動力はFig. 6の関係より攪拌強度から換算した値である。既設6枚FT翼×2段に対してRB式フラッシュミキサーは動力を60%以上削減した上で、沈澱水濁度は同等であった。

RB式フラッシュミキサーを連続運用した期間のうち9月～11月の結果をFig. 8に示す。9月と11月に数回にわたり原水濁度が50度以上になったが、沈澱水濁度は常時0.5度以下であった。また9月9日に原水濁度が170度を越えたが、攪拌強度G値200 s<sup>-1</sup>で運用し、沈澱水濁度は0.25度以下に抑制できた。つまり、実施において、RB式フラッシュミキサーを使用した場合には、動力が大幅に低減化した上、原水高濁度時においても適用可能であることが分かった。

## 6. まとめ

RB式フラッシュミキサーを採用すれば、低動力で高効率な攪拌を行うことが可能であり、バッチ試験、実験プラント及び実施における検証から、既設攪拌機に比べて50%以上の動力を削減しつつ、同等の沈澱処理性を得ることができた。以上のことから、RB式フラッシュミキサーを適用することによって、省エネ化の促進、電力費等維持管理費の削減に貢献したいと考えている。

## 謝辞

検証にあたりご協力いただいた佐竹化学機械工業(株)の関係者各位に感謝の意を表す。

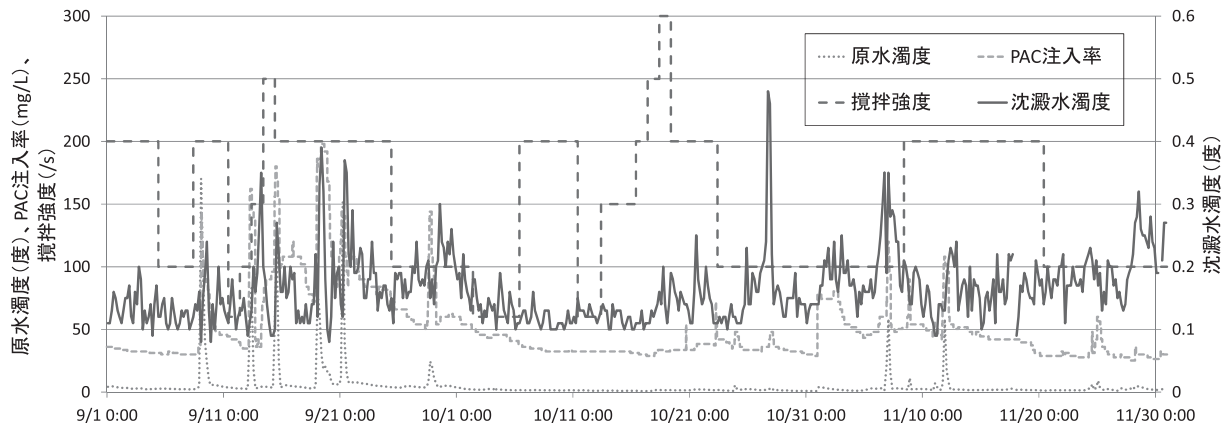


Fig. 8 Operation data of RB mixing system (purification plant)

## 参考文献

- 1) 水道技術研究センター：全国の浄水場数及び計画浄水量——平成22年度水道統計に基づく試算結果——(その1), JWRC水道ホットニュース, Vol.361, No.2 (2013)
- 2) 厚生労働省：新水道ビジョン, p.30 (2013)
- 3) 加藤好一：攪拌装置・攪拌インペラの最適選定：高性能攪拌インペラ スーパーミックスシリーズの適用例(4), 化学装置, Vol.55, No.11, pp.155-163 (2013)
- 4) 日本水道協会：水道施設設計指針, p.189 (2012)