

汚泥処理分離液処理水の凝集沈殿試験

横浜市 ○和田寛之・羽柴真人・小林昌平

1. はじめに

横浜市では、さらなる水環境の改善に向けて、水再生センターの高度処理化を推進している。水処理の高度処理化により、富栄養化の原因となる窒素・リンの除去率は向上し、標準活性汚泥法では約 50%の除去率であったものが、窒素は約 75%、リンは約 80%の除去が可能となる。その一方で、高度処理化された水再生センターから発生する汚泥中には、生物学的りん除去に由来するりんがより多く含まれることとなった。

汚泥の集約処理を行っている横浜市では、各水再生センターからの送泥や貯留により汚泥処理までに時間を要するため、汚泥処理施設でのリンの再放出が発生し、特に濃縮・脱水分離液中のリン濃度が著しく上昇している。これらの状況から、既存の分離液処理施設での十分なリンの除去が困難になっており、分離液処理施設の処理水にポリ塩化アルミニウム（以下 PAC）を添加することで処理水中のりんを低減するプロセスの確立を目指し、これまでテーブルテスト等を行ってきた。今回は実設備スケールにおける実用性や施設・設備の諸元等を把握するために現地試験を行った。

2. 現地試験の汚泥処理プロセス概要

今回の現地試験は、北部第二水再生センターに隣接する北部汚泥資源化センターで行った。北部汚泥資源化センターは、横浜市の北部方面 5 か所の水再生センターからの汚泥を集約処理する汚泥処理施設で、各センターから送泥された汚泥は、濃縮、消化、脱水されて、低温炭化により燃料化されるほか、焼却により発生した焼却灰は有効利用されている。分離液処理施設では、このうち濃縮及び脱水の過程で発生する分離液と機械洗浄水等（以下 分離液）の処理を行っている。

分離液処理施設は、生物学的窒素・りん除去を目的とした修正 Bardenpho 法と呼ばれる、A2O 法の後段に第二嫌気槽と第二好気槽を備える水処理プロセスで処理されており、最終沈殿池の汚泥浮上対策と高濃度のりん除去を目的として、反応タンクの後段で PAC を添加する設備を設けている（以下 既存プロセス）。この分離液処理施設で処理した処理水（以下 処理水）は、北部第二水再生センターの水処理設備に流入し市域から流入する汚水と一緒に処理され東京湾に放流される。

現状の分離液処理施設は、流入する分離液のりん濃度上昇に伴い、反応タンクの後段での PAC 添加が常態化している。また、処理水に含まれるりんにより北部第二水再生センターの水処理においても、状況により PAC 添加を要する状態になっており、排水規制の強化もあり、さらなる PAC 添加量の増加が懸念されている。このことから、より効率的で効果的なりん除去と PAC 使用量削減を目的とし、処理水に PAC を添加するプロセス（以下 本プロセス）を研究してきた。

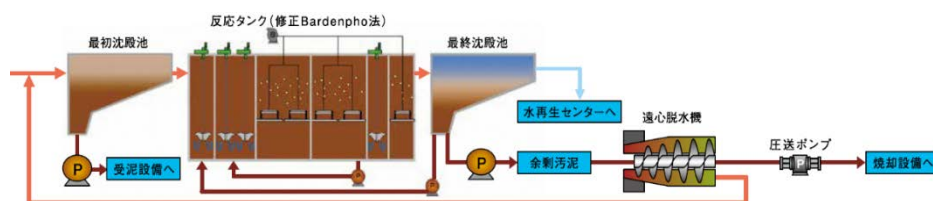


図 1 分離液処理施設（修正 Bardenpho 法）の処理フロー

3. 本プロセスの特徴とテーブルテストによる予測

既存プロセスと本プロセスを比較した場合、本プロセスには以下の特徴がある。（各プロセスのフロー及びプロセス計算を図 2 に示す。）

- ・ PAC 添加の対象となる水量を少なくすることができ、PAC の使用量を削減できる。

・活性汚泥に PAC を過剰に添加することで生じる処理機能障害を回避できる。

これまでのテーブルテストの結果、処理水中のりん濃度を低下させる削減 P 原単位 (PAC 1 m³の添加に対して削減できるりんの重量) は、既存プロセスの実績値で概ね 35kg/m³-PAC に対して、本プロセスでは 30~39kg/m³-PAC と実験的に推定され、削減 P 原単位はほぼ同等であると考えられるが、処理対象水量の少ない本プロセスを導入することで約 30~40%の PAC 使用量が削減されることが予測される。

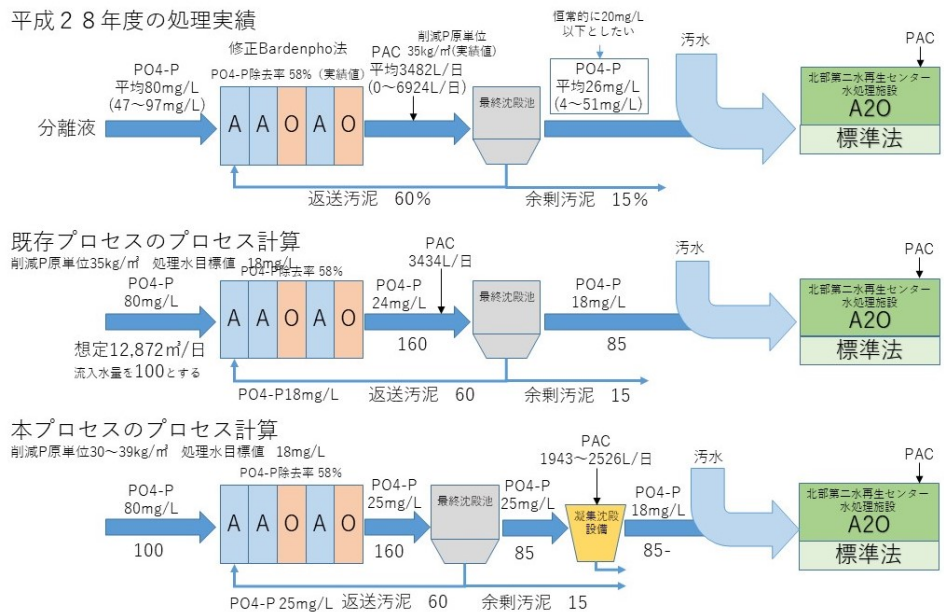


図2 分離液処理施設の処理実績と
既存プロセスと本プロセスのプロセス計算

4. 現地試験の概要

現地試験では、処理水供給ポンプの直前に PAC (必要に応じて苛性ソーダ) を注入し、ポンプのインペラで急速攪拌し、供給配管で約 15 分の滞留時間を取り凝集フロックを成長させて、既設の最初沈殿池を転用した凝集沈殿槽で沈降分離することで、凝集沈殿汚泥と凝集沈殿処理水に分離する装置を組み、この装置に分離液を連続供給して試験を行った。なお、現地試験は稼働している設備の一部を使用して試験をするため、全体の処理水質を担保するために反応タンクに PAC を添加したうえで、その処理水に PAC を添加した。実験条件は削減 P 原単位を 39kg/m³-PAC として下記の条件で PAC 添加量を変化させた。

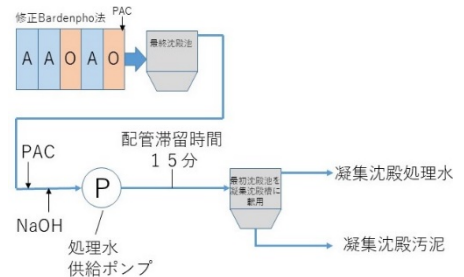


図3 現地試験フロー

- 【条件 A】 りん濃度を 10mg/L 低下させる PAC 添加量 (30mg/L→20mg/L 想定)
- 【条件 B】 りん濃度を 20mg/L 低下させる PAC 添加量 (40mg/L→20mg/L 想定)
- 【条件 C】 りん濃度を 30mg/L 低下させる PAC 添加量 (50mg/L→20mg/L 想定)

5. 結果

実験結果を表-1 に示す。

5-1 処理水水質と削減 P 原単位

本実験中のりん濃度 (PO₄-P) は、処理水濃度がほぼ 30mg/L 程度に対して、凝集沈殿処理水は条件 A で平均 20mg/L、条件 B で 11mg/L、条件 C で 5mg/L であった。条件 A では、削減 P 原単位が平均で 51kg/m³-PAC であり、実機スケールでも想定値である 39kg/m³-PAC を十分に達成できることが分かった。一方で、条件 B と C では平均で 30 kg-p/m³-PAC 以下に低下し効率が大きく下がっている。この傾向は過年度のテーブルテスト結果と同等であり、処理水の PO₄-P 濃度目標を 20mg/L 程度とすることが効率的な処理方法であることが実機スケールでも実証された。

5-2 凝集汚泥フロックの形成状況と汚泥濃度

各条件におけるSV30を比較すると、PAC添加量に比例してSV30も上昇する傾向があり、いずれの場合でも分離不良は認められなかったが、条件Cでは、フロックの膨潤化が認められ過薬注気味であった。また、実験を通じて汚泥界面は1.1~1.7mで安定しており、凝集沈殿処理水のSSは5~20mg/Lと良好であった。一方で、凝集沈殿汚泥の引抜濃度については、実設備スケールでは圧密による濃度上昇が期待されたが、引抜間隔を長くしても顕著な濃度上昇は見られず、条件にかかわらず3000~5000mg/L程度の濃度上昇にとどまりテーブルテスト結果と同程度であった。

表—1 現地試験結果

項目	単位	条件A			条件B			条件C			
		平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	
処理水	処理量	m ³ /日	3,671	3,701	3,650	3,673	3,686	3,650	3,671	3,701	3,650
処理水水質	PO4-P濃度	mg/L	33	40	28	27	28	26	25	29	16
	SS濃度	mg/L	12	17	10	10	13	8	7	9	5
PAC	注入量	L/日	936	936	936	1,872	1,872	1,872	2,880	2,880	2,880
NaOH	注入量	L/日	0	0	0	240	240	240	412	412	412
凝集沈殿 処理水水質	透視度	cm	35	51	10	35	53	15	39	55	25
	PO4-P濃度	mg/L	20	22	19	11	15	9	5	10	3
	SS濃度	mg/L	5	9	3	20	31	6	14	26	5
凝集沈殿汚泥	SS濃度	mg/L	3,763	4,900	2,800	4,217	5,200	3,300	3,233	3,700	2,700
	SV ₃₀	%	21	25	10	28	32	18	34	36	32
沈殿池内水位	上澄水	m	3.5	3.6	3.4	3.5	3.6	3.3	3.4	3.6	3.0
	汚泥層	m	1.2	1.3	1.1	1.3	1.4	1.1	1.4	1.7	1.1
削減P原単位	kg-P/m ³ _{-PAC}		51.0			31.4			25.5		

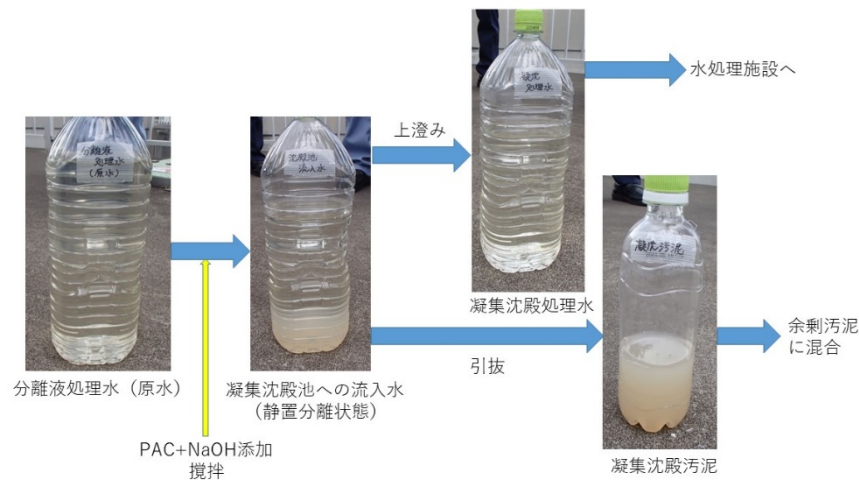


図4 実験中各工程による水の状況

6. 考察

今回の現地試験によって、実機スケールにおいてもテーブルテストとほぼ変わらない効率でりんを除去することができることが分かった。また、テーブルテストでは未知数であった、凝集沈殿汚泥の圧密効果については、ほとんど効果がないことが分かったため、今後のプロセス設計に活かしていきたい。

今回の現地試験では、反応タンクにPACを添加した処理水にPACを添加しているため、PAC使用量削減に向けてはさらなる検証が必要である。これらの結果を活用してより良いプロセスを実設備に反映していきたい。

問合わせ先：横浜市環境創造局下水道施設部下水道設備課

TEL 045-671-2852

E-mail : ks-setsubisekkei@city.yokohama.jp