

新型余水処理装置を利用した 現場工事について

A FIELD WORK UTILIZING A NEW TYPE SPILL WATER TREATMENT SYSTEM

今永繁¹・原田譲治²・山縣延文³・岡本広夫⁴・松本崇司⁵・塩野俊一⁶
Shigeru IMANAGA, Jyouji HARADA, Nobuhumi YAMAGATA, Hiroo OKAMOTO,
Takashi MATSUMOTO and Syunichi SHIONO

¹国土交通省熊本港湾空港工事事務所 所長 (〒861-4115 熊本市川尻二丁目8-61)

²国土交通省熊本港湾空港工事事務所 前任建設管理官 (〒866-0033 八代市港町139)

³正会員 工修 国土交通省下関港湾空港技術調査事務所 所長 (〒750-0066 下関市東大和町二丁目29-1)

⁴正会員 国土交通省下関港湾空港技術調査事務所 施工技術課長 (〒750-0066 下関市東大和町二丁目29-1)

⁵国土交通省下関港湾空港技術調査事務所 施工技術第二係長 (〒750-0066 下関市東大和町二丁目29-1)

⁶株式会社荏原製作所 総合事業統括技術第二部 部長 (〒108-8480 東京都港区港南1-6-27)

At Yatsushiro Port of Kumamoto Prefecture, a dredging and land reclamation work has been done since 1998 for consolidating its fairway (to 12m water depth). However, it is anticipated that, as reclamation progresses, the land volume available for reclamation will be decreased and the spill water of bad water quality (that is, increased SS concentration) be discharged, and it has become necessary to investigate any new spill water treatment methods other than conventional natural sedimentation processes.

Recently, we have executed a new type spill water treatment system. The new system executed for the first time in this work is a spill water purification and treatment system of environment compatible and reduced execution cost type. This paper report the system out line and the experience of operation with the Yatushiro Port.

Key Words : *spill water treatment, ss(suspended solids), turbidity substance, coagulant*

1. はじめに

熊本県八代港では、航路(−12m)の整備のため平成10年より浚渫埋立工事が進められてきた。埋立の進行とともに、埋立地容積が減少し、埋立地より排水される余水の水質が悪化すること(SS濃度が高くなること)が予想される。このため、現在の自然沈殿方式に代わる新たな余水の浄化処理方法を検討することが必要となった。

今回、余水の浄化処理装置として、自然環境に配慮しつつ施工コストの削減を図った新型余水処理装置による施工を初めて本工事において実施したので、装置の概要及び八代港での使用実績について報告する。

2. 新型余水処理装置の概要

余水浄化法としては従来、おおむね自然沈殿法(汚濁防止膜併用)と凝集沈殿法の2方法が適用されている。その特長を表-1に示しているが、従来型の余水処理法はいくつかの問題点がある。

新型余水処理装置は高性能化装置として、深層ろ過を基本原理とした凝集沈殿と凝集ろ過を一体の槽で行うものである。大規模処理(1,000m³/h以上)が可能であり、恒久的な設備でなく、埋立後期の汚濁が進行した時期に即応的に処理ができ、移動可能な設備であること。また、建設費が安く、凝集剤の使用量の低減ができることを基本コンセプトに装置の開発を行った。

高濃度の濁質を高速度で処理することが、コンパクトな構造や、建設費の低減化にもつながるが、そのためには、濁質を捕捉する容積を大きくするか捕捉された濁質を連続的に排出する機構が必要となる。

表-1 従来の余水処理法一覧

	自然沈殿法(汚濁防止膜併用)	凝集沈殿法
1. 設置状況	<ul style="list-style-type: none"> 余水吐の外側, 近傍に設置する。 汚濁防止膜は移動可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 余水吐より余水が直接装置に流入できる場所に設置する。 基本的には移動不可である。
2. 処理方法	<ul style="list-style-type: none"> 埋立地が広い場合は, 時間をかけて自然沈降させる。 汚濁防止膜にて濁質を沈降分離させる。 	<ul style="list-style-type: none"> 凝集剤を用いて濁質をフロック化して, 沈降分離する。
3. 処理効果	<ul style="list-style-type: none"> 濁質の粒径に作用されるため, 処理水濁質は変動することが予想される。 埋立初期には有効な効果を発揮するが, 埋立後期における水質悪化に対しては対処法がない。 	<ul style="list-style-type: none"> 凝集剤を用いているため, 処理水は安定するが, 大量の凝集剤を使用する必要がある。
4. 装置使用後の装置の処分	<ul style="list-style-type: none"> 汚濁防止膜については, 再利用可能である。 その他の施設については, 可能な範囲で撤去する。 	<ul style="list-style-type: none"> 処分場内の施設については, 可能な範囲で撤去するが, 基本的にはそのままの状態ですて埋め立て処分とする。

凝集沈殿法以外の濁質の除去方法としては、例えば、砂ろ過法があるが、砂ろ過法の空隙率は約45%、空隙の孔径は砂の粒子径をDとすると、約0.15Dであるから、0.5mmの砂であれば空隙の孔径は0.075mmとなる。つまり、砂ろ過法では孔径より大きいフロックが存在すると表面の砂ろ過層が目詰まり現象を起こし、砂層の空隙全体を有効に使えない。

高濃度の濁質を対象にすると、濁質の粒子同士が接触する機会が多くなり、形成されるフロックも大きくなるのでろ過材としては空隙率が大きいことと共に、空隙を形成する孔径も大きいことが要求される。

この要求に適合するろ過材を種々検討した結果、接触面積や沈降分離面積が大きく、かつろ過材内へ沈降・堆積した粒子群が脱落しやすい構造で、アオサ等の藻類等の海水生物の付着による閉塞が少ないろ過材として、格子状のポールリングを選定した。

ろ過材の仕様は下記の通りである。(図-1)

- ・名称：格子状ポールリング
- ・材質：ポリプロピレン
- ・形状：φ25×L25 中空管
- ・比表面積：210m²/m³
- ・空隙率：90%
- ・比重：0.9



図-1 格子状リングろ過材

ろ過材は、水より比重が小さいため、液中で浮上する。このろ過材を使用することにより、高速度でのろ過処理が可能となった。従来の凝集沈殿法では、ろ過速度は1~10m³/m²・H程度であったが、本装置においては、10~40m³/m²・Hまでの処理が可能となった。ろ過材の材質はポリプロピレン製であり、耐

久性、耐候性は十分にあり、劣化、破損等は生じないので補充をすることはない。

深層ろ過槽の構造及び原理図を図-2に示す。

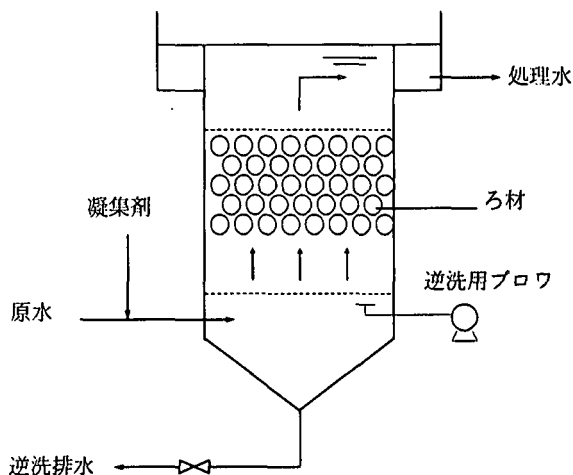


図-2 深層ろ過の作動原理

液中で浮上する格子状のろ過材（ポールリング）を充填した槽内を、上向流にて余水を通水し、充填ろ過材と接触させ、付着または沈殿作用でろ過層に濁質を捕捉する。

また、本装置は、沈降分離部の上部に深い層のろ過層（深層ろ過層と称す）を設けた構成で、沈降分離槽とろ過槽との2段分離装置である。

新型余水処理装置においては、凝集剤を有効的に使用するために、深層ろ過槽の前面に混合槽を設置している。

混合槽の構造及び原理図を図-3に示す。

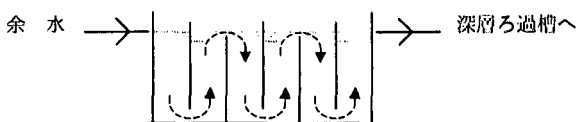


図-3 混合槽の原理図

混合槽では、水の流れを上～下～上～下と繰り返し、迂流させながら、本槽に注入する凝集剤と濁質を効率よく接触させ、沈降性のよいフロックが生成できるように配慮されている。

一般的には凝集剤の混合・攪拌方式には攪拌羽根を用いる機械式と、適当な水流条件を与えて水流の持つエネルギーを変換使用する水流式に分けられる。

機械式に比べて、水流式はフロックに対して均一なエネルギー（力）が加わることから、生成する粒子径のバラツキが少ないために、安定した処理水質が得やすい特長がある。

全体システムの流れ図を図-4に示す。

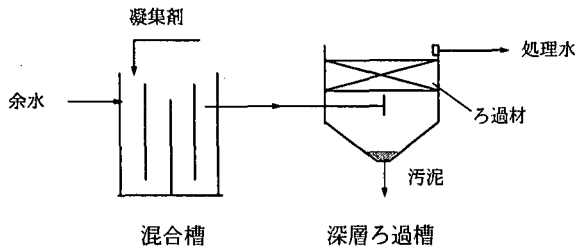


図-4 全体システムの流れ図

余水は、混合槽内にて、凝集剤と混合・攪拌されて、余水中の濁質は沈降性の良いフロックになり、深層ろ過槽に流入し、深層ろ過槽内を上向流にて流れる。

上向流速より早い沈降速度のフロックは沈降分離し、沈降分離できない残留フロックのみが上層のろ過材へ流入し、捕捉される。

フロックを捕捉したろ過材に対しては、定期的に

フロックのはく離操作が行われる。

3. 八代港での新型余水処理施設の概要

本装置の使用場所は、八代港加賀島地区土砂処分場で、埋立面積は約33万㎡、設置期間は平成12年10月末より約2週間である。計画条件として余水処理量は2,040m³/h、施設の運転時間は8時間/日、水質条件として余水SS<2,000mg/L、処理水SS<20mg/Lとした。

図-5に処理フローシートを示す。

埋立地内の取水ピットに流入する余水を原水ポンプにて混合槽に揚水する。混合槽には、凝集剤を注入し、原水と混ぜ合わせ、SSからフロックを形成する。凝集剤と良く混ざるように内部は迂流構造になっている。滞留時間は1～2分である。生成したフロックは、深層ろ過槽に流入し、大部分のフロックは沈降分離されるが、一部沈降分離されない微細な粒子は上層のろ過材にて捕捉され、清澄な処理水が安定して海洋に放流される。

深層ろ過槽内には、下部に沈殿した汚泥を中心部に掻き寄せるために、汚泥掻寄機と称する回転機が設置されている。上部には槽内上層のろ過材が捕捉したフロックをはく離させるための攪拌棒が取り付けられており1分間に1回、周期的にろ過材の攪拌を行っている。ろ過材が攪拌されて、それによってはく離したフロックは徐々に下部に沈降していき、最終的には槽の最下部に沈殿する。沈殿した汚泥は、定期的に自動排泥されて、埋立地に戻る。

システムは自動管理されており、施設の運転開始時と停止時のみ手動操作する。

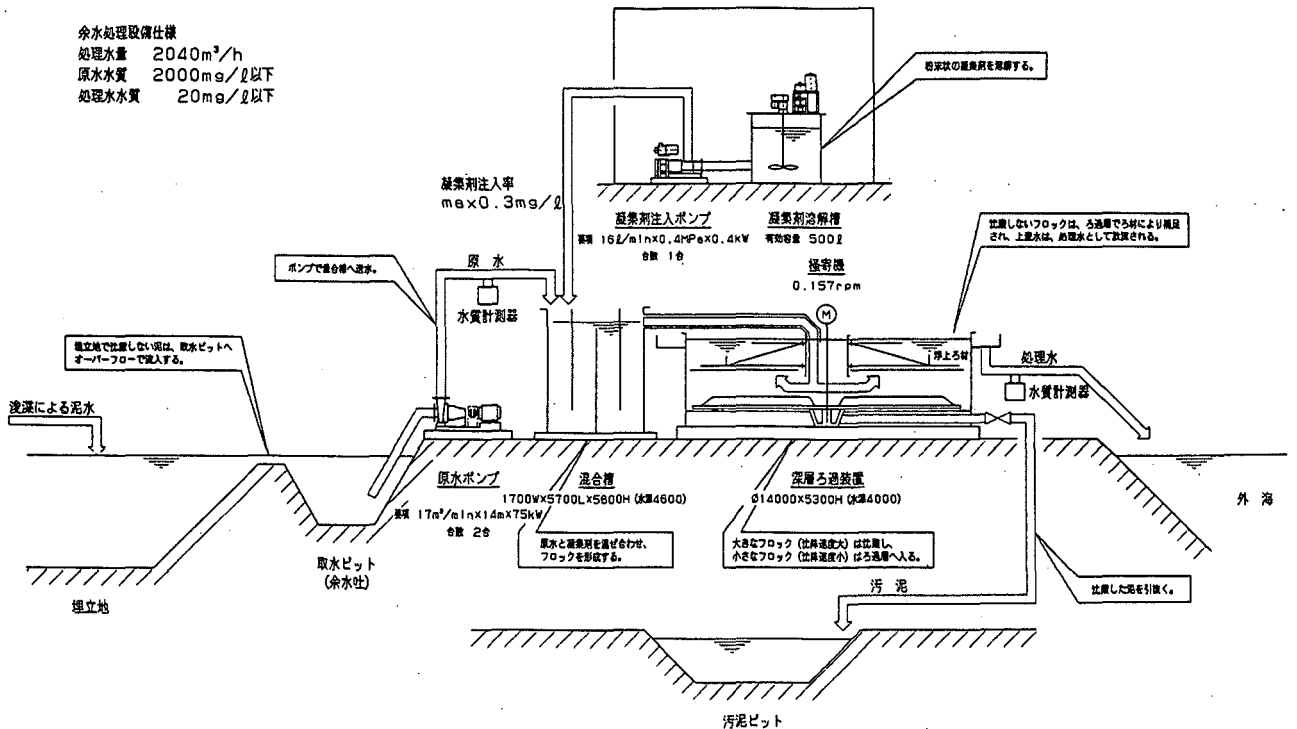


図-5 余水処理設備フロー

処理水水質は、処理水計に濁度計を設置し、その指示値により管理する。予想しがたい事象による水質悪化時には、処理水は埋立地に戻され、施設の管理事項を確認し直して、再度処理する。

凝集剤の無駄な注入を避けるため、凝集剤の注入ポンプと原水を揚水するポンプは、自動的に相互に連動するシステムとなっている。

4. 運転結果

(1) 室内テスト結果

a) SS濃度と濁度計指示値の関係

図-6に原水SS濃度と濁度計指示値、図-7に処理水SSと濁度計指示値の関係を示す。

原水SSと濁度計指示値は近似式への相関性が高かった。処理水SSと濁度計指示値はSS濃度が低いこともあり、近似式に対してバラツキが生じている。多少バラツキがあるものの処理水濁度監視という目的は果たすことができると判断し、濁度計指示値が35mg/L=処理水SS 20mg/Lとした。

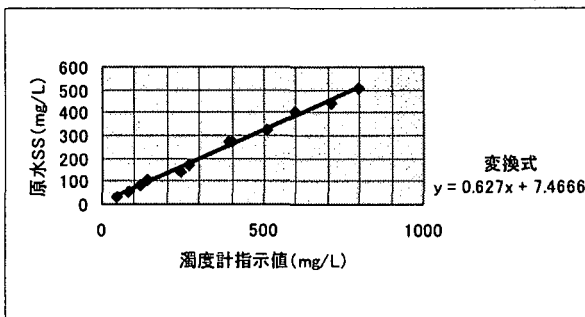


図-6 原水SSと濁度計指示値

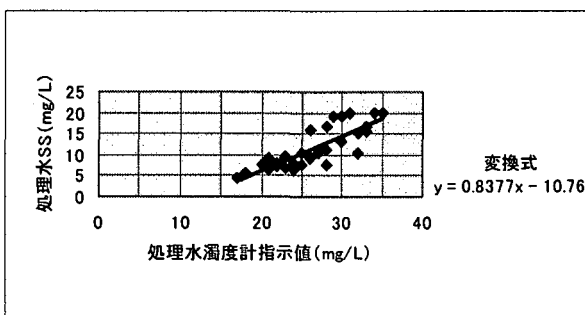


図-7 処理水SSと濁度計指示値

b) 原水SS濃度と凝集剤薬注率

図-8は原水SS=1,520mg/Lにおいてポリマーの薬注率を変えた時の沈降速度である。本装置による処理では沈降速度1,000mm/min程度で大半のフロックを捕捉できる。SS=1,520mg/Lにおいては、0.

25mg/L以上の薬注率が必要となることがわかる。

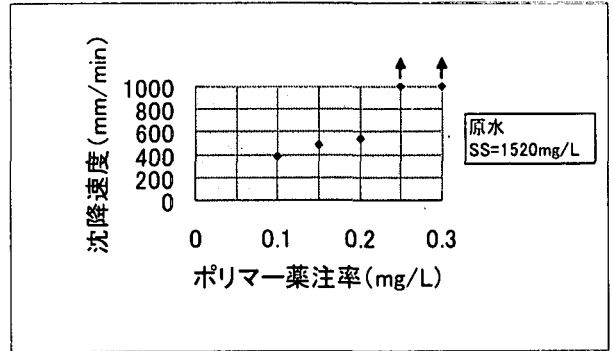


図-8 ポリマー薬注率と沈降速度

図-9はポリマーの薬注率を変えた時に原水SSの濃度と、その沈降性への影響を示す。ポリマー薬注率0.2mg/Lでは、原水SS=690mg/Lまでは高い沈降速度を示すが、原水SS=1,520mg/Lになると、沈降速度は小さくなる。薬注率0.2mg/Lにおいて、沈降速度が低下する限界SS濃度ははっきりしないが、SS=690mg/L以下においては処理に問題ないと考えられる。また、薬注率0.3mg/Lでは、原水SS=2,000mg/L程度であれば高い沈降速度を示していた。

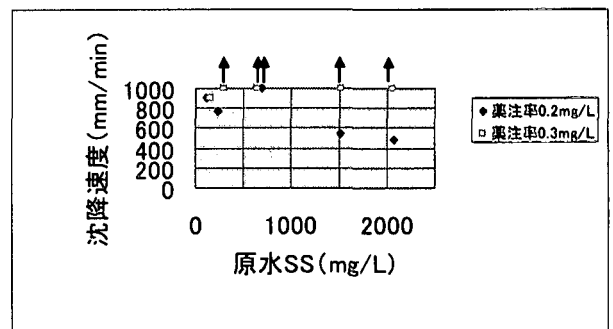


図-9 原水SSと沈降速度

(2) 実設備運転結果

実設備運転記録を表-2に示す。浚渫工事が末期ということもあり、実設備の運転期間は2000年10月31日から11月15日(土日祭日を除く)の11日間であった。施設の計画条件を水量約2,000m³/h、水質条件は原水SS<2,000mg/L、処理水SS<20mg/Lとしているので、室内テストの結果も踏まえて原則として凝集剤率0.3mg/L以下とし、運転時の処理水の管理は処理水濁度計の指示値で行った。処理水濁度計の指示値が規定値を超えた場合、直ちに運転を停止もしくは汚水ピット(埋立地)に放流した。原水SSはほとんど1,000mg/L以下で、原水SS2,000mg/L付近での連続運転を考えていたが、原水SS2,000mg/L付近では水質が安定せず

(SSが急上昇する)、処理水濁度計の指示値が上昇して続行できなかった(11/7, 11/10のデータ)。

表-2 実設備運転記録

日付	運転時間(h)	水量(m ³ /h)	処理水量(m ³ /d)	原水SS(mg/L)	処理水SS(mg/L)	特記事項
10/31	9	2000	18000	380~490	6~11	凝集剤注入率変更 0.2→0.3mg/L
11/1	8.5	2000	17000	230~440	7~10	
11/2	7	2000	13000	27~140	16~20	
11/6	9.5	2000	19000	28~224	7~19	
11/7	3	2000→1000 →500→0	3750	860~ 10000以上	14	原水SS濃度急上昇の ため停止
11/8	7.5	2000	15000	69~272	9~11	
11/9	9	1000	9000	29~502	7~11	
11/10	8	2000→1000 →2000	14800	134~2880	8~20	原水SS濃度上昇のため一時運転見合わせ
11/13	8	2000	16000	84~328	6~10	
11/14	8	2000	16000	242~392	8~16	
11/15	8	2000	16000	504~1120	5~17	
	平均運転 時間7.8h		総処理水量 157550m ³			

処理水水質は20mg/L以下であり、前述の運転停止時以外は原水SSが多少変化しても処理水は20mg/L以下と安定していた。

図-10では、運転開始から5.5時間まで凝集剤0.2mg/L、以降は0.3mg/Lで運転を行った。原水のSS濃度は400mg/L程度でほぼ一定であり、凝集剤0.2mg/Lでも安定した効果を発揮している。

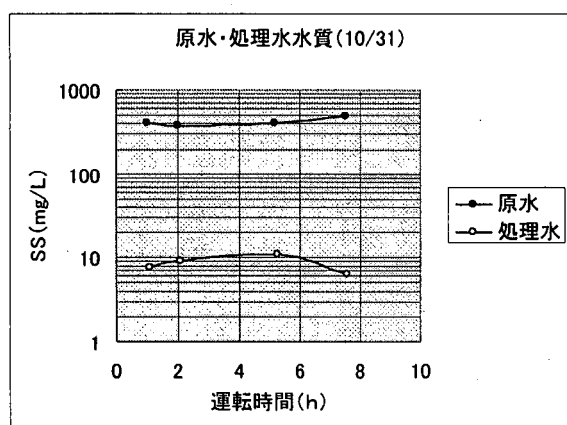


図-10 原水と処理水水質（凝集剤変更）

図-11では、流量を開始から2.5時間まで1,000 m³/hで以降2,000m³/hで運転した。流量が増えれば、ろ過有効面積は一定であるのでろ過速度が速くなり、ろ過速度と処理効果についてはある程度の相関関係があると思われるが、500mg/L以下のSS濃

度では、あまり影響がでないことが分かった。

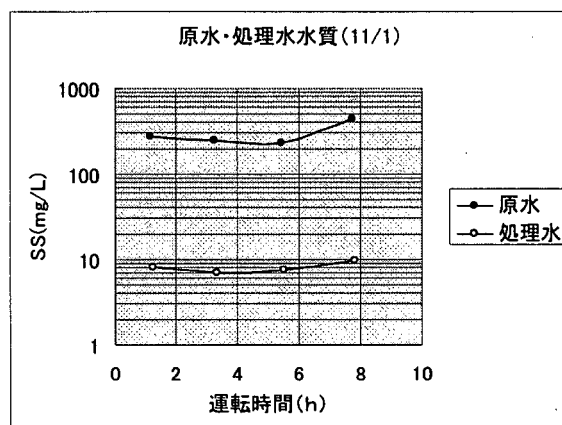


図-11 原水と処理水水質（通水速度変動）

図-12では、原水SSが約50~500mg/Lと変動が大きかったが、少なくとも500mg/L以下のSS濃度であれば、SS濃度の変化に関係なく一定の処理水質の確保が可能であることが分かった。

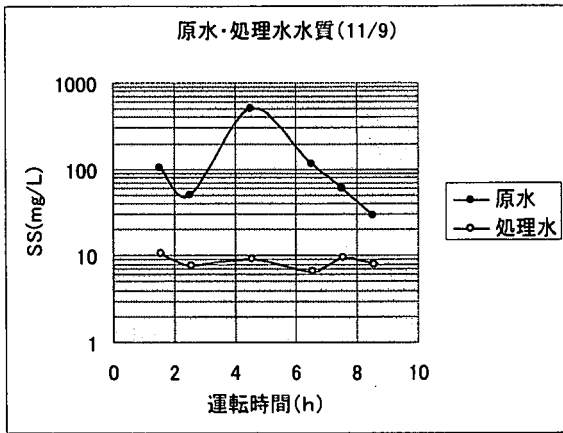


図-12 原水と処理水水質 (原水SS変動)

図-13では、運転開始から3時間後、原水SSは2,880mg/Lとなり、処理水SSが既定値20mg/Lの限界まで達したので運転を一時見合わせた。原水SSが下がってきたことを確認した上、流量を2,000から1,000m³/hにし、慎重に既定値以上にならないよう運転を行った。流量1,000m³/h、原水SS2,000mg/Lで凝集剤0.3mg/Lの薬注率で処理水SS20mg/Lがほぼ限界であることが確認できた。

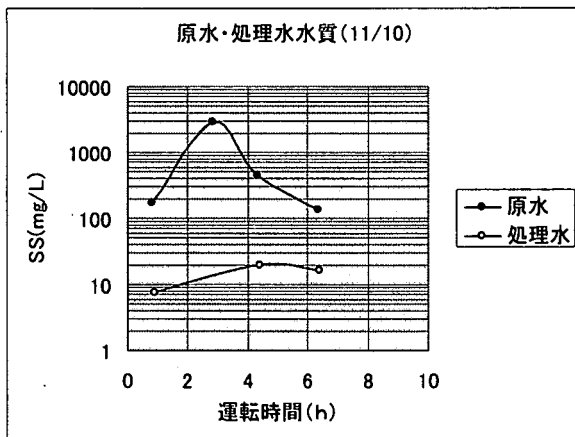


図-13 原水と処理水水質 (原水SS上昇)

全体として、室内テスト結果と併せて考察すると、690mg/L以下のSS濃度であれば、凝集剤の薬注率は0.2mg/L以下で効果を十分に発揮し、凝集剤薬注率0.3mg/Lで原水SS1,200mg/L程度まで施設的设计条件である余水処理量2,000m³/h、処理水SS20mg/L以下を満足できた。またSS濃度が1,200mg/L以上の高い場合でも過速度を変えることにより、所定の処理濃度までの値に抑えることが可能であることを実設備運転結果により確認できた。

5. おわりに

今回、熊本県八代港の浚渫工事に伴う余水の処理に初めて新型余水処理装置を設置した。短い期間の実設備の運転であったが、安定した良好な性能を得ることができた。

すなわち、安定した処理水水質、微量な凝集剤注入量、高速度な処理など、新型余水処理装置の基本コンセプトとなる事項について満足できる結果が得られた。しかし、余水中の濁質成分は土質や地域性によって異なり、浚渫埋立の方法、埋立処分場の形状などによって原水水質の変動の様相も異なってくるため、高濃度原水SS変動に対して凝集剤の注入量や過速度のコントロールなど、さらなる装置の検討が必要である。今後、多くの箇所で行われるであろう浚渫工事に際して、新型余水処理装置が使用されることを期待する。

参考文献

- 1) 角田省吾ら：新しい余水処理装置の開発，ケミカルエンジニアリング6月号，pp419-424，1998.
- 1) 角田省吾：新しい余水処理装置の調査研究，第22回底質浄化セミナー11月，pp122-126，1996.