

5 - 8 東陽・大島遮集幹線の SS の流入特性について

砂町水処理センター 水質管理係
石井 英俊 河野 里名

1 . はじめに

平成 10 年度より東陽・大島幹線が遮集化され、その進展とともにポンプ所・雨水吐からの雨天時における放流負荷が軽減された。一方、終末処理施設である砂町水処理センターでは雨天時に大量の SS が流入し、水処理、污泥処理に大きな影響を与えていることはすでに過去の技術調査年報で報告してきた。

平成 13 年度には、第一沈殿池で污泥の引き抜きができなくなるという障害が発生し、この原因が砂分の流入によると報告した。平成 14 年度に入り同様の障害が多発するようになり、この原因を調査したところ、砂分の流入だけが原因ではないことがわかった。降雨時、沈砂池で粒径の大きな砂は除去されており、第一沈殿池へは比較的粒径の小さな砂の流入しか認められなかった。その量は沈砂池で除去された量よりも多かったが、污泥中の割合としては長時間の降雨時に増加するだけであった。一方繊維分は降雨時に高くなり、第一沈殿池で濃縮が進み污泥が高濃度になり、引き抜き量が低下する要因になっていると考えられる。また、SS 中に油分が増加するために、污泥の粘性が高まる可能性のことも示唆された。これらの調査結果を報告する。

2 . 調査方法

2 . 1 調査概要

雨天時の流入水について、SS の経時変化を測定することで流入負荷量を把握した。また、このときの油分、粗繊維分、砂分を測定、さらに砂分についてはその粒径分布をみることでその特性を調べた。

比較のために晴天時についても砂分の粒径分布を調べたが、これを補うために污泥試験時にも脱水ケーキ等の砂分も調べた。

2 . 2 分析方法

SS、油分については下水試験法によった。粗繊維分も下水試験法により分析し、200 メッシュ（孔径 75 μ ）のふるいに残ったものを乾燥後強熱（600 $^{\circ}$ C）し残渣を砂分とした。

砂分の粒径分布は、上から孔径 1000、500、300、150、75 μ の小ふるいを順に重ねておき、これに砂分（強熱後の残渣）を乗せ上から順次水で洗い流し、ふるい上に残ったものをろ別・乾燥後秤量した。脱水污泥については、そのまま乾燥・強熱したものと、200 メッシュのふるいに残ったものを乾燥・強熱したものを分析し、比較した。

3 . 調査結果と考察

平成 14 年度の総降雨量は 1,221.5mm、降雨日数 111 日、日最大降雨量は 87mm であった。簡易放流は 58 日（38 回）、直接放流は 1 回行った。同幹線の日最大受水量は 1,185,660m³ で晴天日の 4 倍程を記録した。梅雨時に比較的雨天日が多かったこと、11 月 2 日から 24 日までの間降雨がなかったこと、1～3 月にかけて雨量の大きな降雨があったことなどが特徴的であった。日常試験時の東陽・大島幹線の平均流入 SS 濃度は 113mg/L、最大 SS 濃度は 633 mg/L であった。

3.1 晴天時と雨天時の流入状況

処理場で毎日定時に行っている日常試験時の SS 測定結果と、当日の降雨量を図 1 に示した。図中丸で囲ったデータは雨によって SS 濃度が高くなったと見られるものである。降雨があった日でも SS 濃度低い例が多くあるが、これは降雨前の測定や降雨が継続した後のデータであることが多い。

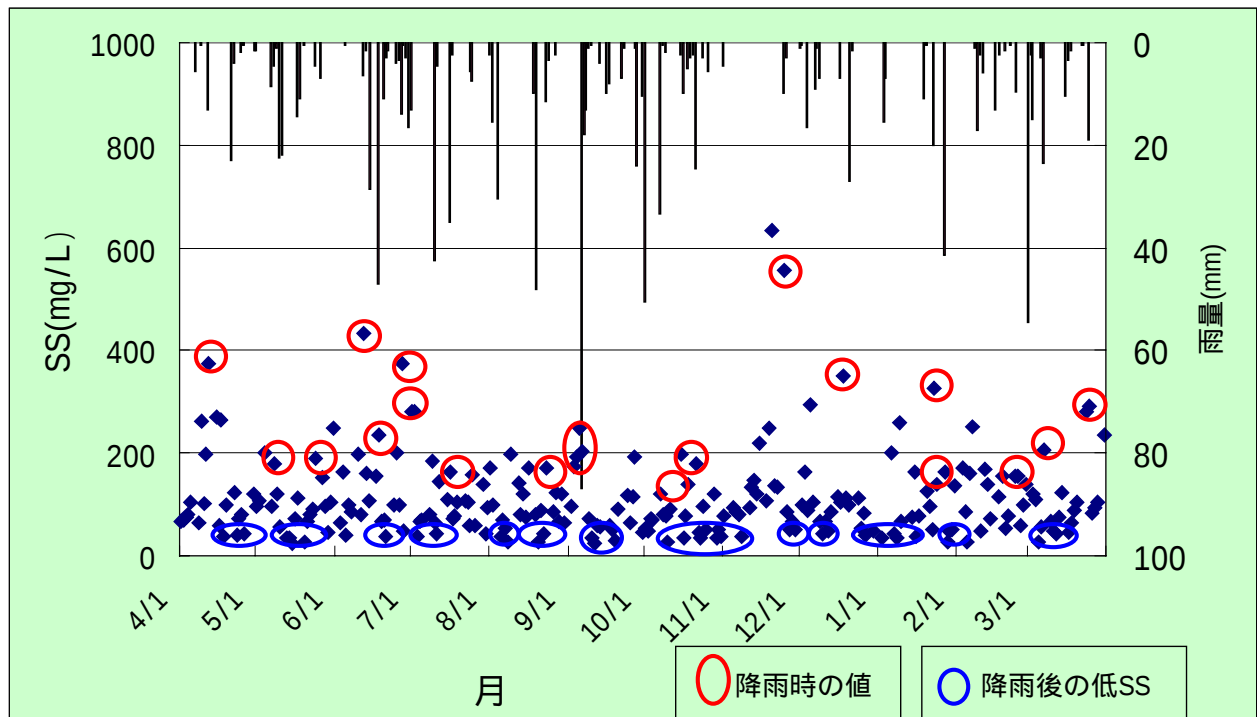


図 1 東陽大島系流入水 SS 濃度と雨量

表 1 降雨時の測定実績

測定日	時間	平均SS (mg/L)	同最大 (mg/L)	砂/SS (%)	粗繊維分 (%)	調査時間の 受水量(m3)	流入SS量 (t)	流入砂量 (t)
1月25日	10～19	868	1,445	3.7	42.5	452,130	381	15.8
3月15日	10～15	725	1,540	1.6	30.2	134,770	123	2.7
3月27日	10～17	626	1,350	5.2	39.1	416,780	271	12.4
5月10日	15:30～19:30	416	700	1.8	35.2	124,640	53	1.1
6月27日	10～19	325	625	2.5	36.8	301,280	105	3.0
7月16日	12～14	131	150	6.2	35.3	200,410	26	1.6
8月2日	16:45～18:45	678	1,140	4.8	30.8	108,430	59	3.2
9月30日	12～18	192	298	2.1	32.3	206,420	44	0.9
10月1日	13～20	224	540	5.5	35.1	474,830	111	6.5
10月21日	10:30～18:30	195	485	3.9	36.2	375,710	76	3.3
12月4日	13～18	644	1,060	2.1	35.1	229,950	179	4.2
12月9日	14～18	233	317	3.2	38.4	164,700	39	1.2
1月23日	12～18	394	760	2.4	37.1	337,600	149	4.0
1月27日	10～19	266	580	2.0	40.6	236,270	65	1.4
2月24日	12～19	329	655	1.8	38.6	246,800	97	1.8

図 1 からわかるように、雨の影響のない日でも SS 濃度の高い場合があった。この中には低水位運転を行っていた例がいくつかある。傾向として幹線水位を低く運転しているときの SS 濃度が高くなること、また、水量の多いときに高 SS 濃度になる場合が多いことがわかった。高水位、低水量でも SS 濃度の高い例があるが、沈砂掻揚げ時とみられる場合があ

った。これは砂分が異常に多く、粒径分布も通常と違い大きいほうにシフトしていることから判断した。

降雨時の SS 流入状況を把握できたのは、表 1 に示したとおり 15 回（内 3 回は 13 年度を再掲）であった。13 年度の 3 回のデータに比べ、14 年度の 12 回のデータは最大 SS、SS 流入量とも小さくなっているが、前回降雨の影響、降雨規模および時間等の違いで生じたものであると考える。

3.1.1 SS 流入量

7 月 16 日は未明からの雨で、測定時には SS 流入のピークが過ぎていたものである。そのため SS 濃度は低いが、量としてはかなりの流入量となっていて、各時間の砂分が高かったのも特徴がある。（図 3 参照）また 8 月 2 日はいわゆる「夕立」で、一時的な強い雨の時でも相当量の SS 流入があることを示している。

図 2 に 3 例の降雨時の SS 流入状況を図示した。10 月 1 日は 50.5mm と強い雨であったが、前日および 9 月 28 日にもかなりの雨が降っており、全体の SS 流入量、SS 濃度ともに小さく、また初めから砂分の割合が高かった。（図 3 参照）また、21 時以降に再び水量が増加したが、そのデータは得られていない。

12 月 4 日はしばらく降雨が無く、初めから SS 濃度が高かった。いったん雨がやみ流入水量が少なくなったが SS 濃度は依然と高く、再度水量が増加するとさらに濃度が高くなった。その後も 3 時間程度水量の多い状態が続いたので、さらに 50t 以上の SS 流入があったとみられる。

1 月 23 日も比較的降雨間隔があいていたので、雨量の割には SS 流入量が多かったとみられる。冬季はこのような降雨間隔があくことが多いので、降雨

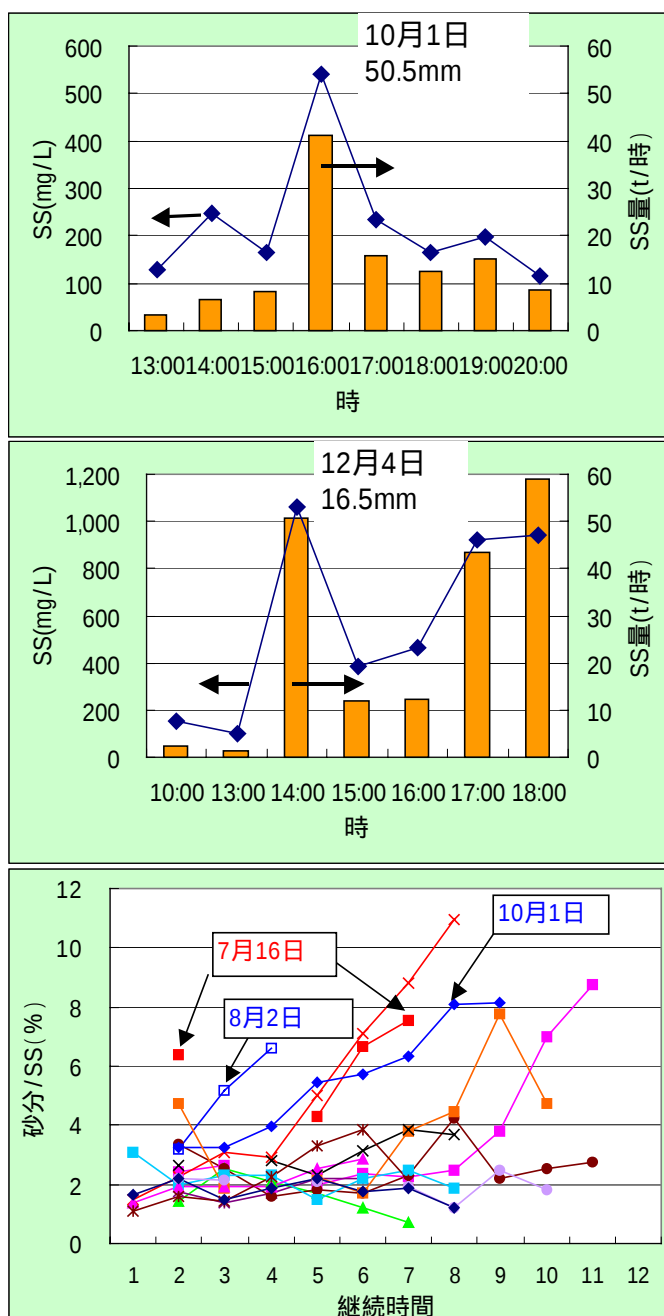


図 2 雨天時の SS 流入状況

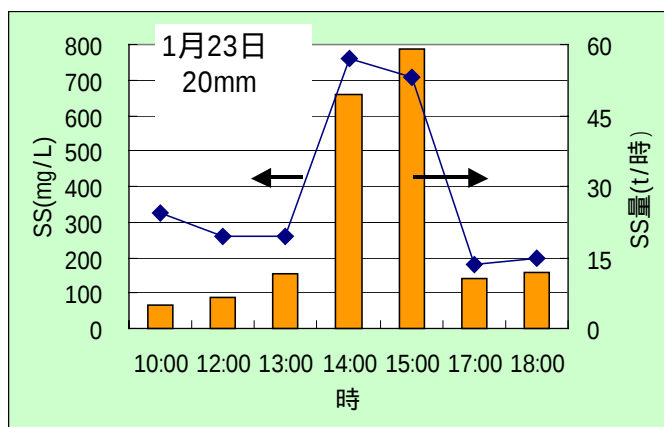


図 3 降雨時の SS 中の砂分の時間変化

時に大量の SS が流入し第一沈殿池での引き抜き障害を起こしやすいといえる。

3.1.2 砂分の流入

図 3 に SS 中の砂分と降雨継続時間の関係を示した。10 時間程度の降雨でも砂分は 2～3% で推移しているが、降雨の継続に伴って砂分が上昇する例がいくつかみられる。降雨が長時間に及んでいることより、流入水量が増加することで砂分の流入が起こり、その水量が継続するとその割合が増えていくことがわかった。その水量は 5～6 万 m³/時で、晴天時の 2.5～3 倍の水量である。それ以下では継続時間が長くても砂分の増加はみられない。

5 万 m³/時のとき、伏せ越部の管径を 5.5m の円形とし（構造物を無視して）その流速を求めると約 60cm/秒となった。この程度の流速が無ければ、滞積した砂分が動かない、あるいは流れてきたものが滞積するといえる。

3.1.3 雨天時に流入する油分

雨天時放流水への影響を調べる目的で、流入水の油分（N-ヘキサン抽出物質）を分析していたが、その結果から雨天時の油分の流入が非常に高濃度であることがわかった。表 2 に晴天時、雨天時、これを補完する為に脱水ケーキの測定結果を示した。雨天時は SS の高い時間の流入水について測定をしたため、油分が極端に高い数値になっていることに留意する必要がある。

雨天時の流入水には目視でもはっきりと確認できる白色の小粒が多数確認された。2～3mm 以上のものは取り除いて測定した。これらは静置すると沈殿することから、雨天時に放流されず汚泥として処理されると見られる。しかしこの油分は非常に高く、最大で 304mg/L と、晴天時の 10 倍の濃度であった。またこの時の流入水量は 28,220m³/時で、油分の流入量は 8.6t/時と非常に大きいことがわかった。比較的濃度の低い 12 月 4 日（173mg/L）の場合は水量が多かったため（62,760 m³/時）油分の流入量は 10.9 t/時と算出された。これらの油分は汚泥の粘度を上昇させ、引き抜き障害の原因の一つにもなると予想される。

表 2 流入水の油分（N-hex 抽出物質）

		N-hex		N-hex/SS(%)	回数
晴天時	平均	29	mg/L	-	3
雨天時	平均	192	mg/L	26.0	6
	最大	304	mg/L	36.3	
脱水ケーキ	平均	-		9.2	12
	最大	-		17.7	

流入水の測定データが少ないので、脱水ケーキ中の油分を測定しこれを補完した。ケーキ中の油分は夏季に低く冬季に高い傾向があることがわかった。最大値の 17.7% は 11 月 26 日で、前日の雨のためとみられ、流入した油分はケーキ中に含まれていると考える。

データ数が少ないが、流入水の油分対 SS% をみると 17～36% と変動しており、高い SS 濃度と油分の流入とは直接結びつかない。このことは、幹線中の SS の滞積状況と油分の滞積？状況が異なることを示していると考えている。また目視による結果であるが、降雨後半に白色の小粒が多くなる傾向があった。このことは油分の滞留する場所（3ヶ所ある伏せ越部）にも偏りがあることが考えられる。

3.2 降雨時に流入する砂分の粒径分布

降雨時および晴天時の砂分の粒径を測定し、降雨の特徴づけを行った。その結果、降雨時には特定の粒径の砂が増加し、降雨によって差があることがわかった。

3.2.1 降雨時の流入砂分の変化

図 4 に長時間降雨時の粒径分布の変化を 2 つの代表的な例を示した。SS の流入状況等は

表 1 に示したとおりで、10 月 1 日は前に述べたように前日までに相当量の降雨があり、流入初めから砂分が比較的高かった。12 月 4 日はそれまで大きな降雨が無く、伏せ越部にか
 かなりの SS が滞留していた例と考える。

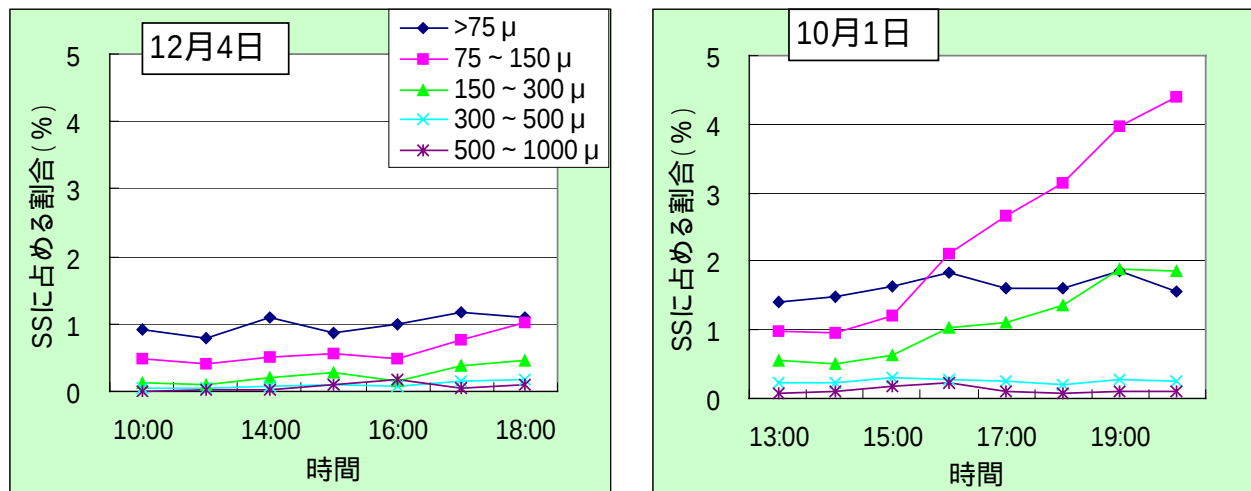


図 4 各粒径の砂が SS に占める割合の変化

12 月 4 日は 14 時から雨により水量が急増し、5 万 m^3 /時近く流入したが、それまでの砂分の割合(2%以下)と粒径の構成と変化していない。その後水量はやや減少したが高い濃度の SS 流入は続き、16 時まで
 に 70 t 以上の SS が流入したとみられるが、この間砂分の構成は大きな変動はない。17 時以降再度水量が増加し、17 時には 5 万 m^3 /時近くなり粒径 75 ~ 300 μ が増加して砂分の構成に変化が出てきた。18 時から 20 時までは 6 万 m^3 /時を越えており、この傾向は続いていたものと見られる。

10 月 1 日は初めから砂分が SS の 3% を越えていたが、粒径の構成は 12 月 4 日の 17 時のものとほぼ近い。流入水量が 5 万 m^3 /時近くなった 15 時から変化し始め、6 ~ 8 万 m^3 /時で推移した 20 時までは粒径 75 ~ 300 μ が増加し続けた。その間 75 μ 以下のものは、SS に対する割合が 1.5% とほぼ変化していない。また、300 μ 以上の粒径については増加傾向は見られない。これについては後の沈砂の項で触れる。

特徴的な 2 例を図示したが、他の降雨でも概略どちらかに属し、また高濃度の SS 流入が無い(10 数時間以上長時間継続した場合等)場合でも、5 万 m^3 /時を越える流

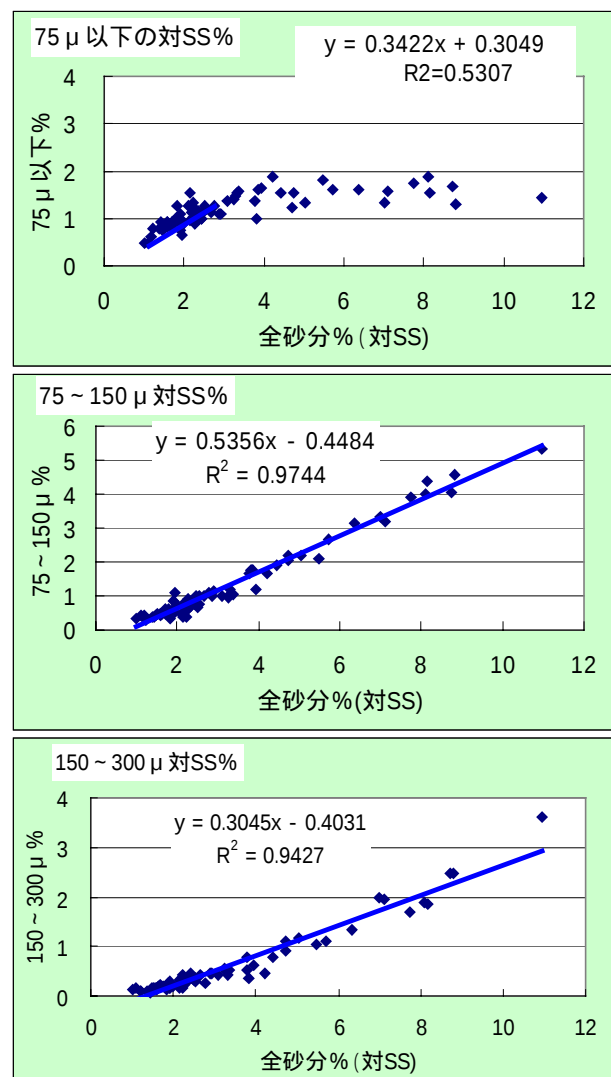


図 5 粒径毎の SS に対する比率

入が続くと同様に砂分の構成が変化した。

図 5 に、各粒径の砂が SS 中に占める砂分の割合とどのような関係があるかを示した。75 μ 以下の砂は、1.5%までは砂分の割合が増加するとともに増加するが、それ以上は横ばいになる。これは測定の際 75 μ のふるいで振っているのも、ここでの砂は SS 粒子に付着して(含まれて?)いたもので、SS として滞積していたいわゆる「汚泥」であり、砂として滞積していたものではなかったことがわかる。なお図中に示した増加を示す関係式は砂分が 3%以下のデータについて算出したものである。すなわち流入する「汚泥」が増加している間はその割合も増えるが、滞積していた砂分が流入し始めてもう増加はしていなかったと考えられる。

粒径 75 ~ 300 μ の砂は、SS 中に占める砂分の割合が増加するのに合わせて、直線的に増加することが示されている。図中に示した関係式から、砂分の増加に占める粒径 75 ~ 300 μ の割合は 85%となっており、砂分が 3%を越えると 90%以上になる。なお図には示さなかったが、粒径 300 ~ 500 μ の砂も若干ではあるが増加傾向がある。ただしその影響は全体の 3%程度で小さいことがわかった。

以上から、雨天時に砂分の流入する量が増加するのは、流入水量が 5 万 m^3 /時を超える時間が継続した場合であること、また SS 中の砂分が増加するというのは、粒径 75 ~ 300 μ の細かい砂の流入割合が増加していることによることがわかった。

3.2.2 晴天時との比較

図 6 に晴天時と雨天時の砂分の粒径分布を示した。晴天時のデータからは、沈砂の掻揚げ時と思われるような異常なものを除いた。データ数は 54 である。雨天時は、105 回すべてのデータを集計した。

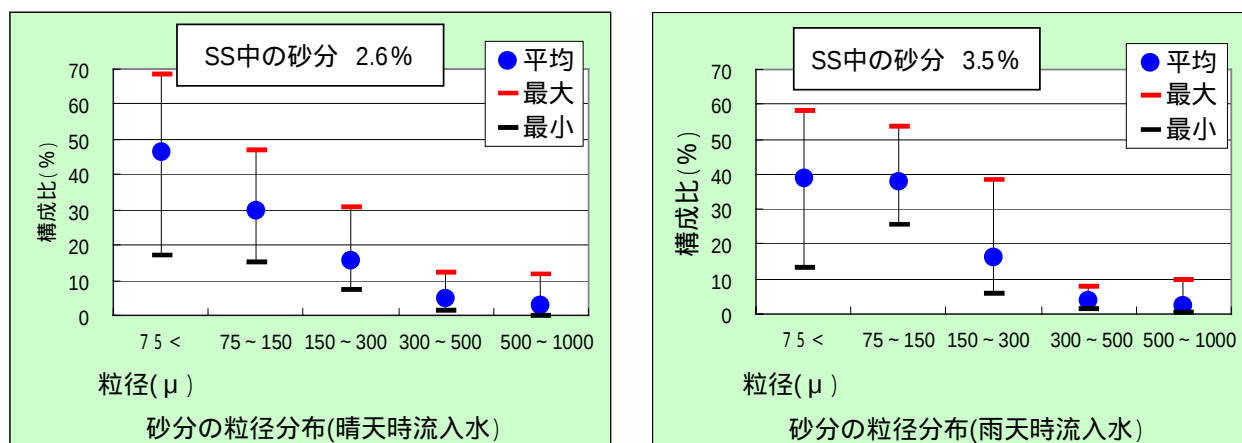


図 6 晴天時、雨天時の砂分の粒径分布

晴天時の SS 中の砂分は平均で 2.6%であったが、1%から 4%までばらつきが大きかった。SS が 100mg/L 以下でも砂分が 5%を示したデータもあった。雨天時に SS と砂分の多少と関係は無かったが、晴天時でも同様である。

晴天時の砂分の半分近くは 75 μ 以下で、前に述べたとおりこれらは SS に付着しているものであると見られる。したがって沈殿した後の汚泥中に砂として影響するのは 1%強であると考えられる。

雨天時は前項で述べたとおり、流入水量により砂分が増加することがわかったが、総体としては図に示すとおりである。流入水量が増えたときに増加する 75 ~ 300 μ の砂が多くなった分、75 μ 以下の割合が減少している。

3.2.3 汚泥中の砂分について

降雨時に流入する砂分をすべて捕らえているわけではないので、汚泥について同様に砂分の測定を行い、砂町水处理センター全体の汚泥中に含まれる砂分の把握を試みた。図7に三河島受泥、遠心脱水原汚泥、全脱水ケーキ（以下全ケーキ）、脱水ケーキを75 μ のふるいで洗浄したものの結果を示した。処理する汚泥には三河島処理場から送られてくるものが含まれており、それが全体の6割ほどを占めるため、これについても測定した。

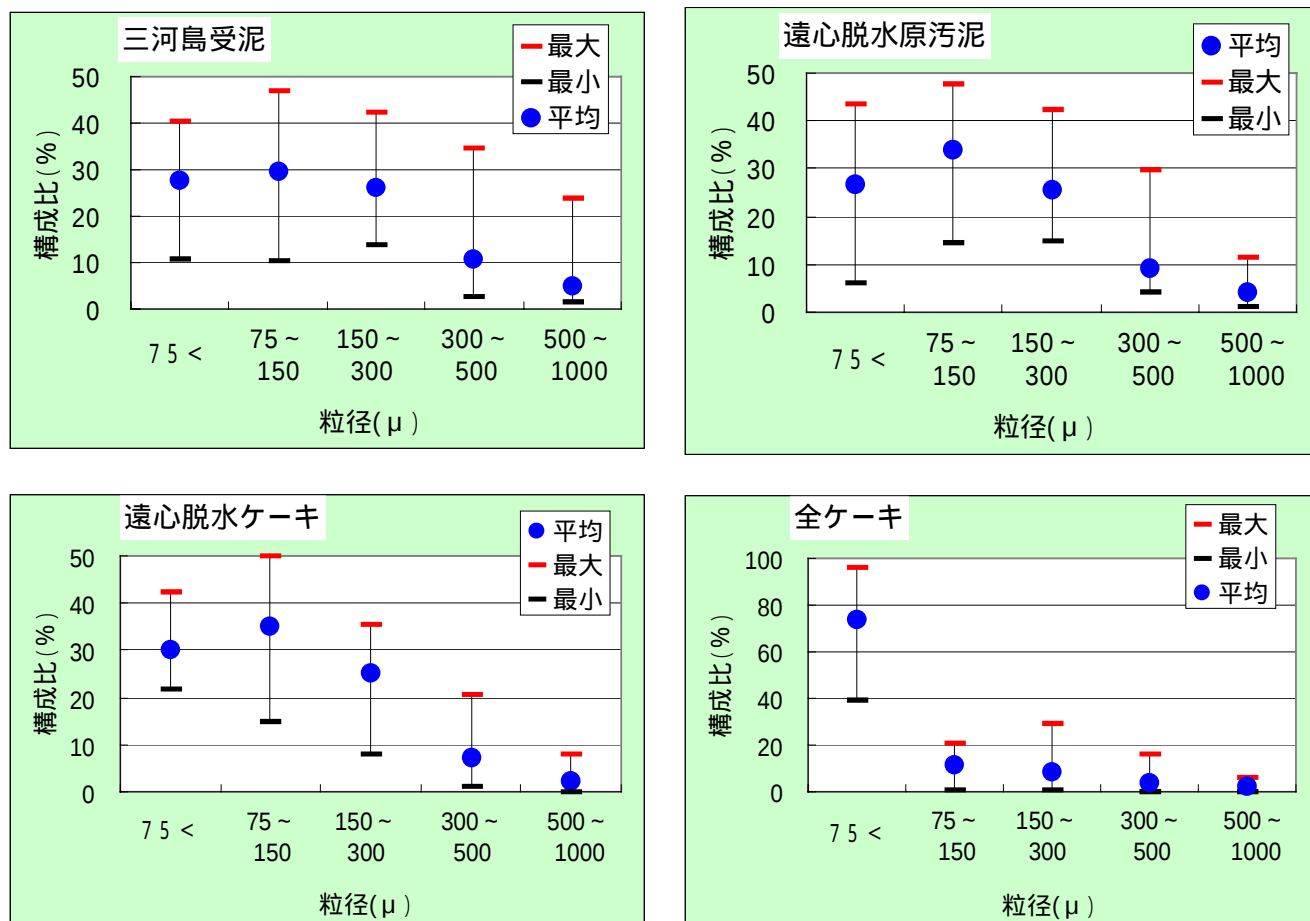


図7 汚泥中の砂分の構成比

処理場に流入する砂分を、通常測定している脱水ケーキの無機分から判断できないかという提案があったが、図の全ケーキのデータに示すとおり、無機分中の砂の構成は粒径の小さいものが圧倒的に多かった。これは75 μ のふるいをかけていないものであり、また脱水の際は加えられる高分子凝集剤により、微細粒子も脱水にかかっているためであろう。

三河島からの汚泥は、センター流入水と比べると150~500 μ の砂分が多いことがわかった。晴天時はもとより雨天時の砂分と比較しても違いが明らかである。他処理場との比較をこれだけで判断するわけにはいかないが、当センター流入水の砂分の構成が異なっていることを示している。

脱水原汚泥、脱水ケーキはほぼ同じ構成をしており、妥当なデータが得られたと見られる。計算をしたわけではないが、75 μ 以上の砂分の構成を見ると、センターの雨天時流入水と三河島からの汚泥を合わせたような結果となっている。三河島汚泥のうち75~150 μ の割合が増加し、150~500 μ の割合が減少しているのがわかる。

この処理している汚泥の特徴からみると、当センターの平均的な流入水は晴天時のものではなく雨天時のものと判断できる。汚泥処理の実感としても、雨天時に大量に流入した汚泥を、晴天時に流入する汚泥が少ないうちに脱水処理を行い、次の雨に備えるといった感が強い。

3.2.4 沈砂の測定結果

今回測定した流入水は沈砂池後についてであったが、沈砂池での砂分の除去状況を見るために、沈砂の砂分の構成比を調べた。雨の影響の無いと予想される日（1月14日）と降雨直後（10月22日）を選び、各1回の結果である。図8にその結果を示した。

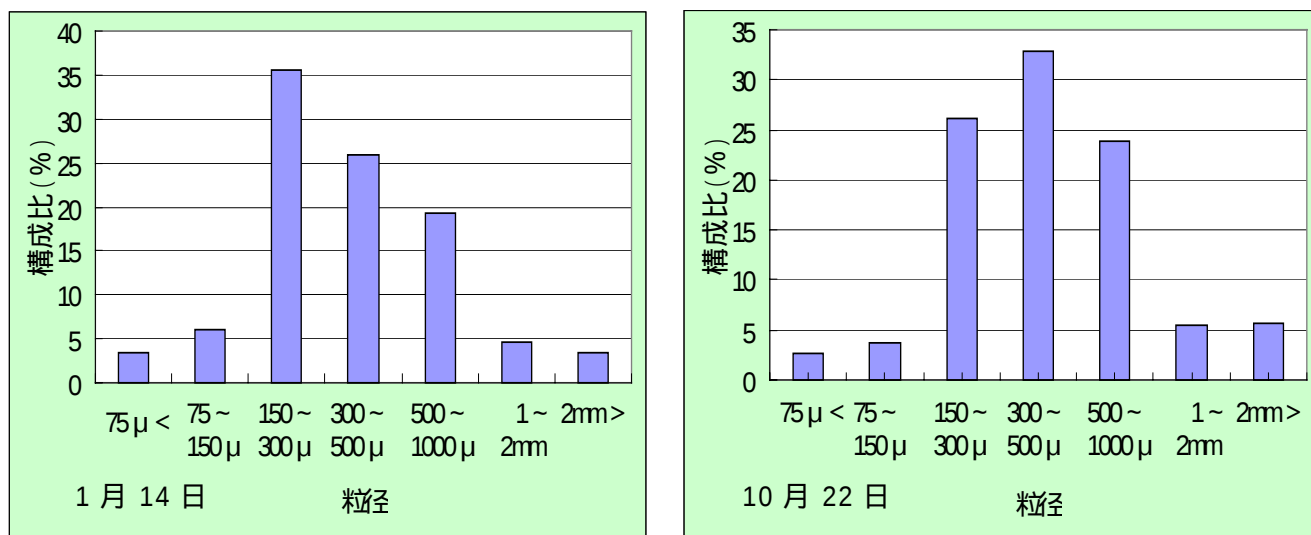


図8 沈砂の砂分の粒径分布

沈砂池では 300 μ 以上の砂を沈めていることになっているが、晴天時ではそれ以下の砂分もよく除去している。この結果が晴天時の流入水の砂分の粒径分布にも現れている。一方雨天時には 300 μ 以上の割合が増加していることから、このとき沈砂池は十分に機能していたことがわかる。15日以降降雨が毎日あり、10月21日の降雨は朝から夕方まで続き、16～18時の3時間は5万 m³/時を越える流入水量であった。強雨時でも 300 μ 以上の砂分の増加がほとんどみられなかった流入水の測定結果と考え合わせてもそれがいえる。

平成14年度の沈砂の総量は170.9 tであった。流入水量がおよそ半分の小台処理場の140 t余りと比較すると少ないことがわかる。沈砂池がよく機能しているにもかかわらずその量が少なく、また水処理施設にも入っていないというのは、流入していないことになる。このことからも遮集幹線の伏せ越部に砂分、特に 500 μ 以上の粒径の大きなものが滞積していることが懸念される。

3.3 第一沈殿池引き抜き障害について

平成14年度は、年度後半に第一沈殿池での汚泥引き抜き障害が多く発生した。特に1月以降は、降雨の都度汚泥引き抜き量が低下し、ときにはまったく引き抜き出来ない状態であった。障害は砂の流入と考えられていたが、実際には砂分が増加していない場合にも起こっている。以下にいくつかの要因を挙げる。

- ・ 油分の影響：雨天時の油分の流入は、スカム発生の要因となり簡易放流水質の悪化が懸念されたが、白色の固形物は比重が大きく沈殿し汚泥側に入ってくることがわかった。

このことにより、汚泥の粘度が高くなり、ポンプへの負担を高くしていることが考えられる。

- ・ 繊維分の影響：表 1 に雨天時流入水の粗繊維分の測定結果も示しておいた。伏せ越部に滞留した SS 分は、微生物の作用により繊維分が分解されていることを予想したのであるが、結果は 30～40%と脱水原汚泥の 15～30%よりも高い値であった。繊維分が多いことにより、第一沈殿池で沈殿した汚泥の水抜けがよくなり、より高濃度に濃縮することとも考えられる。ただし、この測定結果には測定方法のために 75 μ 以上の油の粒も含まれることを考慮しなければならない。

第一沈殿池での引き抜き障害は、引き抜き濃度が 3%を越えて（濃度計が振り切れる）起こっているが、実測では 5%を越えていた例がある。流入する SS 量が多いことのほかにも、以上のような汚泥濃度を高める要因があると考えている。

4 . おわりに

これまでの調査結果と比較して、幹線水位が高く、水量が少ない条件でも高濃度の SS が流入するようになったことがわかった。また通常は砂分の流入は見られないが、降雨の後半に水量が 5 万 m³/時を越えると砂分が流入し、特に粒径 150～300 μ m 程度の砂分が増加していた。また粗繊維分も増加し、これにより汚泥濃度が上昇し合わせて引き抜き障害の原因になることが推定された。

雨天時に流入する高濃度の油分は、第一沈殿池でのスカムの大量発生につながることを予想されるが、SS 性のものは汚泥の粘度を高くし、これも汚泥引き抜きに対し悪影響を与えているとみられる。

伏せ越部の滞積状況の推定図を作成することも考えたが、近くこの部分の実態調査が計画されているとのことなので、ここでは行わなかった。これまで 4 年にわたり調査してきたが、砂町水処理センター以外のデータは三河島からの汚泥についてのものだけであるので、今後機会を捉えて他の処理場で調査を行い、データの一般化を図りたい。

最後に調査にあたって協力を頂いた、砂町水処理センター保全管理係桃木次席、貴重なご意見を頂いた運転管理係、スラッジプラント管理係の方々に感謝いたします。