

粉碎攪拌流と微細気泡の効果

吉田 憲史 Norifumi Yoshida

株式会社アイエンス 代表取締役 Aience Inc. C. E. O

はじめに

20年前に建設業界から排水処理業界にシフトしたが、当時は素人ながら、何故、殆どの現場で消化不良の証である硫化水素が発生しているのか、非常に疑問を持った。

そして、業務に順応していく上で、排水処理計算式及び各散気装置メーカーの溶解率公称値に疑義を感じざるを得なかった。

また、各散気装置メーカーの排水処理概念が明確でなかったため、内部での有機物粉碎、槽内攪拌、微細気泡発生を低圧損で実現した散気装置アクアブラスター(図①)のメーカーとして開発を行ってきた。

このアクアブラスターを正しく使用することで、これまでにない排水処理が具現化しているので、事例を交えて開示する。



図①

第一章 必要空気量の定義

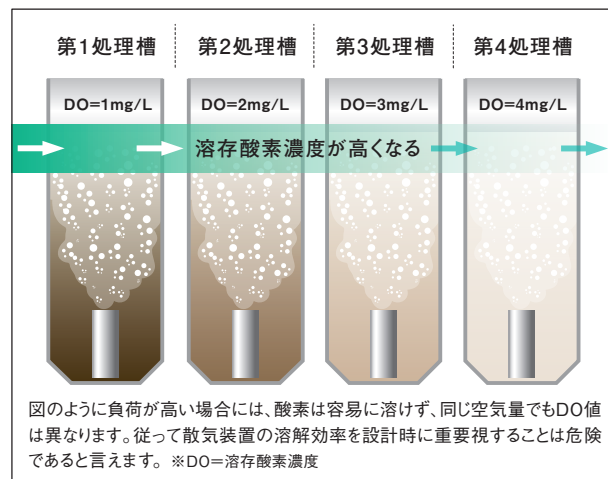
排水処理における必要空気量については、2017年7・8月号で詳しく述べているので、結論を申し上げると、これまでの排水処理において、必要空気量の計算式には、矛盾する点が多く、各散気装置の酸素溶解効

率も信用できるものではないということであり、その根拠を述べる。

① 酸素溶解効率を求める計算式においては、水の汚濁度によって酸素溶解率が大きく変化することが加味されておらず、BOD:1,000mg/ℓ時での溶解効率はいくら、2,000mg/ℓ時ではいくらののか、相対的な数値が示されていない。

最近、アルファ値という言葉も横行しているが、これも詭弁であると言わざるを得ない。図②をご覧ください。

同じ空気量でも負荷の高い水槽では、DO値は低く、負荷が低くなるとDO値は高くなるということは、どこかの現場でも実感されておられる事象であり、どんな負荷でも酸素溶解効率が同じであるという事は、決してあり得ない。



図②


② また、散気装置メーカーの公表している酸素溶解効率であるが、計測する際のJIS法など決められた計測定義がなく、各社が自由に計測したデータであり、数値と実際の実力がかけ離れている装置が少なくない。(2017年7・8月号参照)

上記の証拠を示すものとして、硫化水素の発生が挙げられる。微生物が酸素による呼吸代謝を100%行う際には、決して硫化水素は発生しないが、現に現場で発生しているという事は、明らかに酸素が不足しており、必要空気量の計算式が正しくないという事と散気装置が不適当であることを表している。

それでは、その計算式に代わる代案を示す必要があるが、図③をご覧ください。酸素呼吸の代謝が上手くいっている現場とそうでない現場の空気量を相当数プロットして求めた、「水槽1m³当たり」の空気量である。

〔 経験値から求めた必要空気量設計値の目安 〕

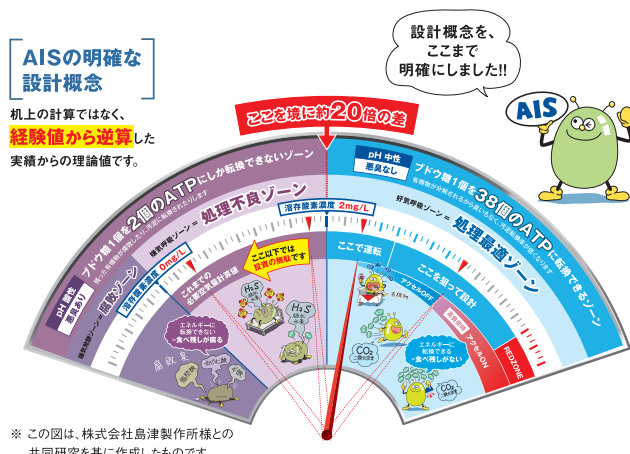
BOD負荷 (mg/ℓ)	水槽 1m ³ 当たりの空気量 (ℓ/分)
～500	30～50
500～1000	40～60
1000～2000	50～70
2000～3000	60～80
3000～	70～



上記数値はアクアブラスターを使用した場合の空気量です。既設ディフューザーにこの空気量を送り込んでも、処理効率が上がるわけではありません。

図③

マックス値でご覧になられたときに、曝気強度が大きすぎると反論されるかと思うが、図④に示すように、しっかりとプラスサイドで設計を行い、インバータや完結運転で必要最低限の空気量まで落とせば、エネルギー的にも最適で合理的なゾーンで処理ができるという訳である。



図④

このように排水処理は、引き算は可能であるが、足し算は非常に難しく、少しでも酸素が不足していれば、ユーザーにとっても投資の無駄や追加費用が発生するので、処理設備設計者は、それらを考慮した計算と実際の経験値が必須となる。

設計時にブロウ出力を抑えることばかり考え、処理不良ゾーンで設計を行ってしまえば、処理もできないのに電気代は掛かってしまう…それこそエネルギーの無駄ではないだろうか？

第二章 処理の基本プロセス

アクアブラスターとは、低圧損で酸素を溶解させる能力が非常に高い散気装置であるが、基本的には生物処理である。

従って、微生物が十分に酸素を得ることができる環境を整え、「完全好気呼吸の代謝」を行わせることで、でき得限りの有機物をATP(アデノシン3リン酸)に転換させることが目的である。更にアクアブラスター内部でSS分や油脂分を粉砕する事で、微生物が摂取し易い大きさまで碎かれるため、最小限の汚泥発生量で済む。これらは、人間が食物を分解、吸収して利用するのと同じで「当たり前」の事なのではあるが、これまでの排水処理の計算式の呪縛に阻まれ、その「当たり前」なことが、中々浸透しなかったのではないと思う。

当初は、そうした当然の事を、「教科書と違う。」という理由で全否定されることもあったが、数々の現場での実績を積み重ね、その結果から株式会社島津製作所や兵庫県立大学との共同研究でメカニズムを解明し、動かぬ信頼を得てきた経緯がある。

こちらでも分解メカニズムなど詳細については、環境浄化技術2017年7・8月号及び環境技術学会の発行する「環境技術」2018年3月号掲載の兵庫県立大学 伊藤和宏准教授の論文を参照して頂きたい。

第三章 実際の現場事例

言葉だけでは、信憑性に欠けるので、事例を以って紹介させて頂く。

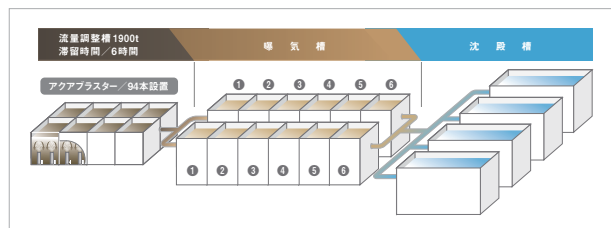
ケース①

食品コンビナート総合排水処理場調整槽の場合 (図⑤フロー図参照)

2012年末に、兵庫県内にある油脂製造工場をはじめとする食品コンビナートの総合排水処理場の調整槽1, 500m³(実容量)にアクアブラスターを94本設置した結果、6時間程度の滞留にも関わらず、BOD除去率が、53⇒80%、ノルマルヘキサン抽出物質の除去率が、44⇒82%と飛躍的に改善された。これは、一時の数値ではなく、3年半の平均値であり、これまで調整槽水面に浮上及び底に沈降していた油脂分もすべて分解しての数字である。アクアブラスター導入後は、5年半もの間、一切それら油脂分の回収は行っていない。

また、改造を施していない曝気第1槽出口において、瀬戸法基準値を達成した。BODの汚泥転換率も35⇒25%と10%ダウンし、実際の汚泥も30%近く低減されている。

余談であるが、改造後は沈殿槽に、ここ5年間、毎年決まって鴨が飛来するまでに至っている。



図⑤フロー図

ケース②

某豆腐工場曝気槽の場合

静岡県内の豆腐工場で、処理の不安定、悪臭、汚泥発生量に悩まれておられたが、第1曝気槽のメンブレン式筒形散気装置をアクアブラスターに変更すること(写真①)で、汚泥が40%近く削減されるという顕著な効果がユーザーから報告された。



写真①

まず、図⑤の表をご覧ください。ユーザーから頂戴した設置前後1年間の比較平均値であり、BODの負荷は119%増と、生産増に伴い約2割負荷が増加している。

項目	単位	導入前Av.	導入後Av.	割合	備考
BOD負荷	[t/日]	1.8	2.1	119%	BOD負荷は1.2倍に増加している
汚泥転換率	[%]	54.2	45.2	83%	しかし、BOD汚泥転換率は17%低下
第1曝気槽 DO	[mg/L]	0.4	0.7	208%	DO値は、2.08倍に(通気量は従来の86%に)
第2曝気槽 DO	[mg/L]	0.3	0.7	222%	DO値は、2.22倍に(1槽目の空気を回したため)
第1曝気槽 MLSS	[mg/L]	11979.9	8514.1	71%	MLSSIは、29%低下
第2曝気槽 MLSS	[mg/L]	11668.2	8496.4	73%	MLSSIは、27%低下
第1曝気槽 通気量	[m3/min]	40.1	34.6	86%	通気量は、14%削減(電気消費量削減)
第2曝気槽 通気量	[m3/min]	39.7	46.1	116%	通気量は、16%増量(1槽目の空気を回している)
第1曝気槽 粘度	[mPa-S]	15.8	4.7	29%	粘度は、71%低下(脱水率上昇・汚泥減容化)
第2曝気槽 粘度	[mPa-S]	15.2	4.7	31%	粘度は、69%低下(脱水率上昇・汚泥減容化)
硝化アンモニア	独自指標	3.5	0.1	2%	硝化アンモニア98%低下
硝化亜硝酸	独自指標	3.5	1.5	43%	硝化亜硝酸57%低下
汚泥ケーキ含水率	[%]	84.2	82.2	98%	含水率2%低下(負荷1.2倍でも汚泥は減容)

図⑤

しかし、それにも関わらず、アクアブラスターに変更した第1曝気槽のDO値は、0.4→0.7mg/ℓへと上昇している。ブローは変更していないので、空気量は同量である。

また、それだけに収まらず、第1曝気槽の空気量は、14%ダウンして運転し、アクアブラスターに変更していない第2曝気槽にその分の空気を分けている。それに伴い第2曝気槽のDO値も上昇している。そのようにこの現場では、空気量が削減でき、アクアブラスターは圧力損失がほぼゼロなので、電気消費量を大幅削減した上で、DO値が上がる事が証明されている。MLSS濃度も12,000mg/ℓ⇒8,500mg/ℓと自然低下後に安定し、それに伴い粘性も低下している。

硝化アンモニアや硝化亜硝酸まで数値が下がり、汚泥の含水率も2%以上低下、結果40%近い余剰汚泥が削減できたと聞いている。

それらの結果を受けて、翌年には曝気第2槽にもアクアブラスターを設置した。

ケース③

鶏肉加工工場における下水道放流の場合

次に、鶏肉加工工場における処理実例を紹介したい。

排水量:70t/日
BOD:3,000mg/ℓ(放流基準値300mg/ℓ未満)
SS:2,500mg/ℓ(放流基準値300mg/ℓ未満)
n-hex:300mg/ℓ(放流基準値30mg/ℓ未満)

の排水を、調整槽で1日、曝気槽で2日、アクアブラスターと微量の微生物で処理することで、加圧浮上装置や薬剤を使用することなく下水放流基準値をクリアしている。

また、この現場は、自動車学校が隣接しており、硫化水素や腐敗臭は一切NGの現場であるが、そうした悪臭も一切発生せず、2年半の間、まったく汚泥処理は行っていない。

このように、加圧浮上装置や薬剤を使用せず、アクアブラスターと微量の微生物だけで処理していると言うと、まだ信用されないかも知れないが、大手スーパーのセントラルキッチン、弁当工場、製パン工場、高級ホテルなど、納入現場は20か所を超えており、通常メンテナンスで汚泥処理を行っている現場は皆無である。

付け加えると、ホテルでは、ショウジョウバエなどの害虫が発生しなくなった。客室にまで及んでいた下水臭が皆無となった。などの報告を受けており、厚労省の推奨するHACCPで見落とされている部分もフォローする事が可能である。

ケース④

化学工場の排水処理設備改造

中国地方の某化学工場において、表面攪拌曝気とディフューザー散気を行っていた11m角、水深5mの水槽にアクアブラスターを42本(31.5m³/min)設置したところ、空気量は同量で、表面攪拌曝気は不要となった。所要動力50kw程度の表面曝気装置を必要としなくなり、電気代削減率は、単純計算でも600万円/年以上となる。

結果的に、生産量当たり18.8%の汚泥減容となり、水槽底面にシリカやカルシウムが堆積しにくくなることも報告されている。それらの堆積が格段に減容したことは、岐阜県内の別の化学工場でも同様である。

そのような実績から、2017. 6. 29の化学工業日報でも掲載され、化学業界からも注目を浴びている。

ケース⑤

鉱物油を含有する現場の場合

鉱物油を分解できないかを持ち掛けられることがよくあるが、油は油、水は水であり、

鉱物油を水にすることは不可能である、と回答している。

ただ、バスの操車場で、水に微量に溶け込んだ鉱物油のために、定期的に100t近い水を業者に引き取らせ、業者では熱処理していたようであるが、しっかりと油水分離を行った後、アクアブラスターで処理することで、水に微量(鉱物系ノルマルヘキサン抽出物質: 80mg/l以下程度)に溶け込んだ程度であれば、アクアブラスターと微生物で下水放流基準値以下まで処理することが可能である。

実際に、バスの操車場3か所、精密機器製造工場でも、鉱物系ノルマルヘキサン抽出物質: 5mg/l未満とし、現在も継続して運転中である。

これは、自動車工場の雨漏り検査工程、「シャワーテスター」というシステムの水槽にアクアブラスターを設置したところ、循環式の閉鎖水槽にも関わらず、鉱物油濃度が上がらず、分解が確認できたからである。このシャワーテスターへの納入箇所は、日本の最高級車の最終検査ラインをはじめ、ほとんどの自動車メーカー15か所ほどに納めており、平均して1週間しか使用できない循環水を最低でも半年間、長いところでは、1年間循環水として連続使用されている。

第四章 アクアブラスターの弱点

それでは、アクアブラスターにウィークポイントはないのか？という疑問を持たれるかと思うが、唯一、「発泡」に悩まされたことは、数件ある。微細気泡発生と強攪拌を行うので、界面活性剤が含まれる排水は、発泡し易くなる。

但し、これまで発生した事例では、消泡剤やインバータで空気量を抑制することで解決に至っている。

しかし、この力を利用して、泡を発泡させるだけ発泡させ、その泡は別処理を行うと考えると、発泡後の水は、泡が汚れを抱いて出てくれるので、非常に生物処理が掛かりやすくなった例もある。その一例が、洗剤やシャンプーの残液がある「その他プラスチック」のリサイクル工場12か所の排水処理であり、アクアブラスターを内蔵したブラスタータンクと凝集ユニット(河川放流の為使用)の複合処理プラントを納めている。

更に1昨年前には、リネン排水の浄化にも使用され、30%程度のリサイクル利用が可能になっている。

最後に

未だに排水処理設備から発生する悪臭に関する相談は後を絶たない。

前述したように、好気処理で悪臭が発生するような処理設備は、処理不良で汚泥発生量も多く、汚泥の有機分率や含水率が高くなることも当然である。

しかしながら、習慣通りの設計式に縛られた設計者のために、犠牲になるユーザーや、それによって迷惑を被る周辺住民の気持ちを考えると本当に心が痛む故、多少高慢な文章表現になったことをお許し頂きたい。

年配の設計者から、「そんなに水処理は簡単じゃない。」「エアレーションでSSなど減るわけがない。」「何年水処理をやっていると思っているのか？」などと、お叱りを受けることがあるが、敢えて申し上げる。「微生物が分解し得る排水についての処理は、然程難しい。」と。



<https://www.aience.co.jp/>
