

日本産業機械工業会会長賞
「排水処理システム
(AIS : アイエンス・イノベィティヴ・システム)」
株式会社アイエンス

1. 装置の詳細説明

本装置は、独自に開発した散気装置「アクアブラスター」を用いた、食品工場等の産業排水処理システムである。

従来装置の課題であった、余剰汚泥発生量の大幅削減、加圧浮上装置の不要化、硫化水素や脂肪酸などの悪臭発生防止、運転管理の簡素化で人件費の削減を実現したものである。

(1) 処理フロー

排水を微細スクリーンに通し、調整槽に送り込み、計量槽で一定量を曝気槽に送り込む、基本的には通常の処理と同様であるが、流量調整槽でも曝気を行い、曝気槽を多段槽にしたことが特長である（図表1参照）。微生物については目的に応じて、投入なし、高性能菌随時投入、活性汚泥投入の3通りとしており、下水放流の際は微生物を投入せず、原水に含まれている菌とアクアブラスターによる曝気のみで放流基準値をクリアしている。



図表1 処理フロー図

(2) 処理メカニズム

槽内に設置した散気装置「アクアブラスター」に空気を送り込むと、エジェクター作用で下部から水とスラッジを吸い上げ、気液混合する。空気を含んだ原水を特殊羽根に秒速 30m の高速で衝突させることで、微細気泡を発生させ、油脂分や SS 分 (suspended solids : 水中に懸濁している不溶解性物質) を粉砕して溶解性 BOD に変換することで微生物の捕食性が向上し、かつ酸素が充足されるため、好気分解効率が格段に上昇する。(図表 2 参照)

このアクアブラスターを搭載した本装置は溶存酸素濃度を安定的に 0.6mg/L 以上 (微生物が好気呼吸の代謝を行える最低濃度) に維持することができるため、ブドウ糖 (有機物) 1mol を 38mol の ATP (アデノシン三リン酸) に変換することが可能となる。それ以下の酸素濃度では、微生物が硫酸塩などで呼吸を行う嫌気呼吸となり、代謝効率が悪くなるため副生成物として硫化水素が発生し、2mol の ATP しか生成できないため、好気処理とは約 20 倍の差が生じ処理不良となる。

機器構成としては、SS スクリーン、ブロワ、散気装置、ポンプ、微生物注入ユニット (必要に応じて) とシンプルなものとなっているため、運転管理者を選ばない。



図表 2 アクアブラスターの構造

2. 開発経緯

(1) 開発経緯

一般的に調整槽で曝気は行われないが、食品コンビナート総合排水処理場の流量調整槽 1,500t に当社の散気装置「アクアブラスター」を設置したところ、滞留時間が6時間しかないにも拘らず、BOD及びノルマルヘキサン抽出物質がともに80%以上除去され、硫化水素も100ppmからゼロに削減できたことに端を発している。

その他のアクアブラスターの納入先でも、食品工場や自動車工場、化学工場などから、既設の散気装置との交換により、電気代の削減や余剰汚泥の発生抑制、悪臭の防止、加圧浮上の不要化、管理者の不要化等の高評価を多数得られたため、その特徴を活かした水処理システムの構築に着手した。

| | |
|-------|---------------------------------|
| 2010年 | 調査開始 |
| 2011年 | 既設設備改造工事 ブロウ運転時間の削減等に関する実験開始 |
| 2012年 | 容積負荷の解析、実験プロセスの構築 |
| 2013年 | 第1号機納入 |

(2) 共同開発

なし

(3) 技術導入

なし

3. 独創性

(1) アクアブラスターにおける微細気泡の発生

本装置に組み込まれている散気装置「アクアブラスター」は外見だけであれば類似品もあるが、内面の端に突起が付いているのみで、流体の力が最大となる中心部が空洞であるため、その力を十分に有効利用していない。アクアブラスターでは、その強い力を利用して水中に酸素を効率よく溶かし込むべく、微細気泡を発生させる方法を次のとおり考えた。

- 1) 気液混合された溶液を狭い空間に押し込み、開放時に微細気泡を発生させる。
- 2) シートキャビテーション（例として飛行機の羽から空気が離れるときに発生するキャビテーション）を起こすように飛行機の翼を模した形状の羽根を設計した。
- 3) バブルキャビテーション（カルマン流と呼ばれる渦流を発生させることで生じる気泡）を発生させるよう圧力差が生じる溝を数多く設けた。
- 4) 鋭い三角錐の突起を多く設けることでカルマン流の発生を狙ったほか、突起の先端に水流が衝突することによる陰イオン等の発生を狙った。（風が松葉の先に当たると陰イオンが発生することがあるという文献を参考）

通常は物質を破壊するため発生を抑制する必要があるキャビテーション効果を利用すること

から、材質の検討を併せて行った。その結果、ナイロン素材の耐摩耗性を評価し実用化に踏み切った。一方、ステンレスでは6mmのものが1年間で1mmにまで擦り減った。

これら技術を活かし、当社で総合設計できるように構築したものがアイエンス・イノベティヴ・システム（AIS）である。

（2）アイエンス・イノベティヴ・システム（AIS）のシステム構築

本装置では、以下のとおり案件毎に調査、実験を行うことで各排水に最適なシステム構築を図っている。

1) 徹底した事前確認作業と解析

産業排水処理設備の多くが従来の排水処理計算式で設計されているが、悪臭の発生や処理不良等で期待された機能を果たしていない事例は多い。そこで、排水を負荷数値だけで計算するのではなく、現地に実験機を持ち込み、3～5検体の実験を行うことにより、トランス脂肪酸や塩分や糖分、また殺菌成分などの生分解阻害物質を含んでいないかなどを綿密に調べている。その実験結果を独自で解析し、経験値と重ねることで適切な設計を行っている。

2) 独自の設計概念

独自の曝気方法を基に、排水毎に空気量計算を行っている。高負荷変動した際にも微生物が確実に「完全好気呼吸の代謝」を行えるように余裕を持った空気量で設計しており、通常負荷時には、インバータで周波数を下げたり、間欠曝気を行ったりするなど、「引き算の概念」で、その時の負荷に応じた最適なエネルギー効率のポイントで処理を行うシステムであり、電気消費量を効果的に抑えることができる。

なお、「完全好気呼吸の代謝」とは、1molのブドウ糖（有機物）を38molのATP（アデノシン三リン酸）に変換させることである。周囲に悪臭が発生しているような嫌気呼吸の代謝では2molのATPしか生成できないため、最大で約20倍近い分解効率の差が生じていることになる。したがって、嫌気呼吸環境で臭気が発生している場合、電気消費が効率的に行われていないと考えられる（図表3参照）。

3) 油脂分やSS分を砕いて溶解性BODに変換

アクアブラスターにより、油脂分やSS分などの有機物を溶解性のBODに変換し、微生物が捕食分解しやすくなる（粒子径が1/5になれば、体積は1/500となる）。それにより、BOD汚泥転換率を抑え、余剰汚泥の発生を大幅削減を実現しており、さらに滞留時間を稼げれば余剰汚泥の発生をゼロにすることも可能である。

なお、油脂分が多い鶏肉加工工場で加圧浮上装置や薬剤を使用せず処理できていることから、2019年に有識者による現地調査を行った結果、油脂分やSS分などの粒子が粉碎されていることが判明した（図表4）。

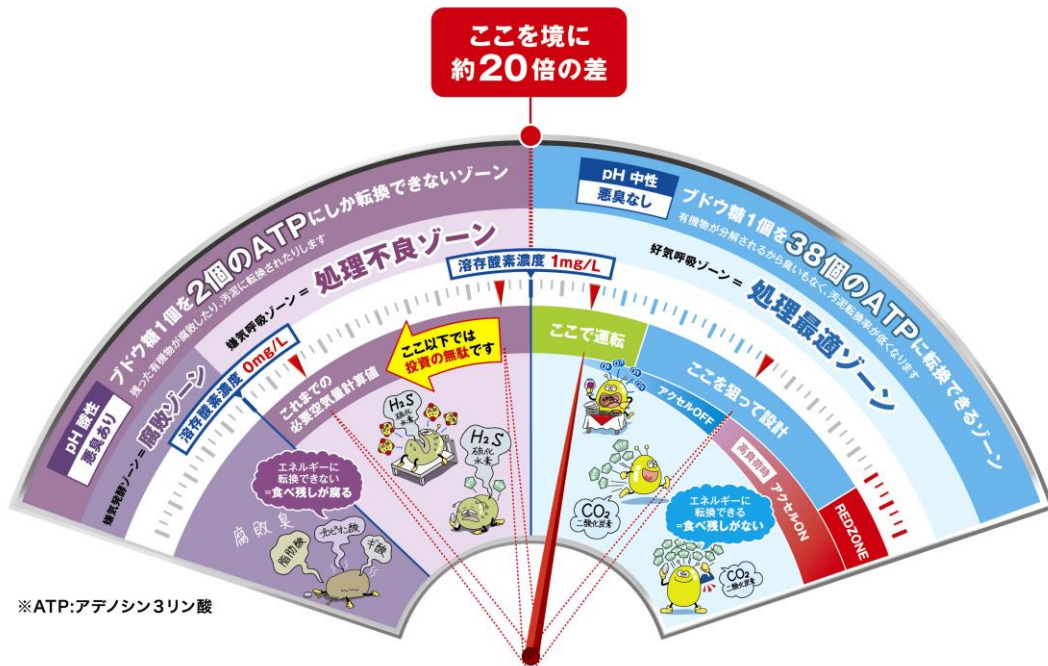
4) 運転管理の簡素化

下水放流の際の除害設備においては、加圧浮上装置や活性汚泥法を使用せず、アクアプラス

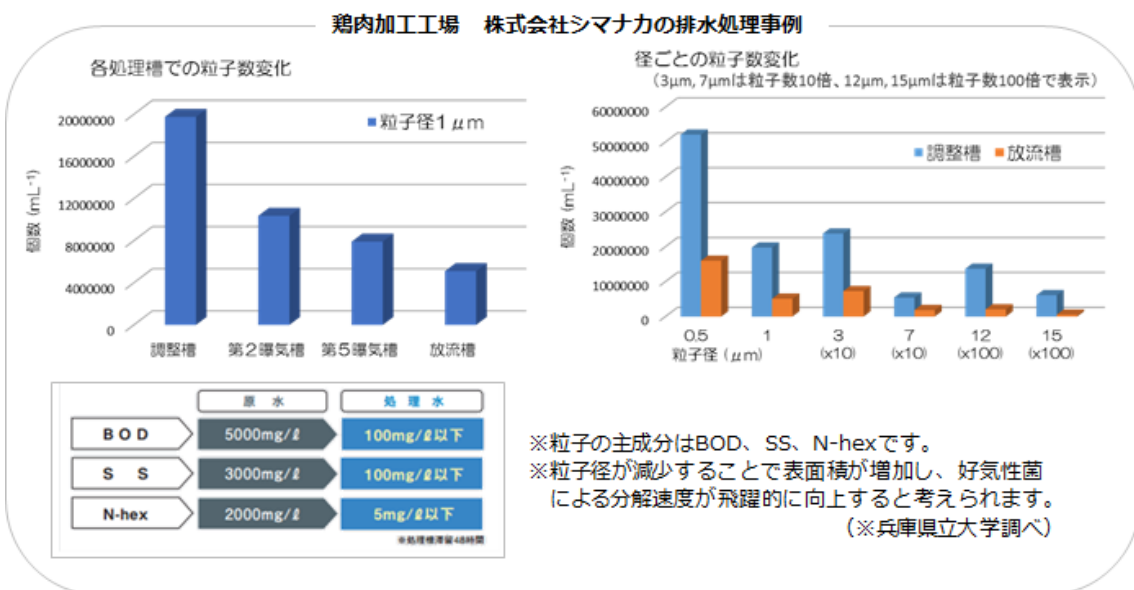
ターの曝気だけで処理を行うため、特別な技能を持った運転管理者が不要のシステムである。人が介在するのは固液分離スクリーンのし渣回収だけのため、人件費が削減できる。

活性汚泥法の現場においても、MLSS 濃度や沈殿槽の汚泥界面管理が安定することで、管理者の手間を大幅に減らすことができる。

前述の食品コンビナートの総合排水処理施設において、1,500t の調整槽にアクアブラスターを94本設置しているが、浮上及び沈降汚泥の回収ゼロを10年間継続中である。



図表3 溶存酸素濃度による微生物の呼吸の違い



図表4 鶏肉加工工場における排水処理事例

5) 汚泥処理不要の除害設備

下水放流時の除害設備として使用する場合、活性汚泥を使用せずに SS 分も含めて放流基準値内に収めるため、汚泥の処理作業や処理費用が発生しない。

6) 硫化水素・腐敗臭の悪臭発生防止

従来の排水処理施設では臭気の発生が容認されていたが、AIS は排水流入直後や高負荷時でも、常時 0.6mg/L (好気呼吸限界値) 以上の溶存酸素濃度を維持できる独自設計を確立しているため、脱臭装置や薬品などを一切使用することなく、硫化水素や脂肪酸などの悪臭発生防止 (原材料臭除く) を実現している。

4. 特許

次のとおり、特許 1 件を取得済み。

特許番号：6646500 号 / 名称：汚水浄化用の気泡発生装置及び排水浄化方法

5. 性能

上述のとおり本装置は、案件毎に最適な設計を行っているため、定量的に性能を示すことが難しい。そこで本装置を実際に導入したユーザの排水処理例を 3 点示す (図表 5)。

そのほか、本装置の特徴を以下に示す。

- (1) 負荷変動に強い。
- (2) 既設改造で容積負荷を 2 倍に上げた実績があり、コンパクトな水槽設計が可能。
- (3) 効率の良いポイントで処理を行うため、無駄な電気を消費しない。
- (4) 原水値が設計内であれば、確実に放流基準値を遵守できる。
- (5) 汚泥処理や薬注などの手間がなくなるので、作業従事者を削減できる。
- (6) 硫化水素や脂肪酸などの腐敗臭の発生を防止する。

図表 5 本装置による排水処理例

| 項目 (mg/L) | 河川放流事例① (カット野菜工場) | | 河川放流事例② (ハンバーグ製造工場) | | 下水放流事例 (鶏肉加工工場) | |
|--------------|----------------------|-----|------------------------|------|--------------------|------|
| | 原水 | 処理水 | 原水 | 処理水 | 原水 | 処理水 |
| BOD | 920 | 7 | 1,900 | 3 | 1,600 | 24 |
| COD | 830 | 222 | 840 | 14 | 880 | 120 |
| SS | 960 | 7 | 1,000 | 6 | 1,700 | 47 |
| n-hex | 8.7 | 1 | 260 | 5 未満 | 200 | 1 未満 |
| T-N | 100 | 4.8 | | | | |
| T-P | 14 | 0.5 | | | | |

6. 経済性

メンブレン式散気装置における通常活性汚泥法を従来装置として、本装置との経済性比較を図表6に示す。

イニシャルコストは、樹脂製の散気装置と比較して、ステンレス素材のアクアブラスターを使用するため20%上がる。

だが、ランニングコストにおいては、様々な点で従来装置と比べて大幅なコストダウンに繋がっている。

電気消費については、一般に多く使用されているメンブレン式散気装置と比較すると圧力損失差が200～700mmAq程度あり、電気消費量に換算すると3～11%の電気消費量が削減できる。また、処理の負荷に応じてブロワの周波数を加減するため、最大限効率の良いポイントで運転ができる。

汚泥処理費用においては、河川放流で40～90%削減され、下水放流の除害設備では加圧浮上装置も不要で、SSを300mg/L未満に収めるので、最大100%削減可能である。

凝集剤は、リン除去を除いて不要となる。発泡性が非常に高い排水の場合は消泡剤を少量点滴したケースはある。

メンブレン式の散気装置は、1年で溶解効率が20～30%下がると言われており、数年に一度の交換が必要となるほか、水槽の水を抜くのにも費用と手間が発生する。一方、アクアブラスターは、10年以上交換の必要がないため交換コストも発生しない。

下水放流時では、スクリーンで固液分離されたし渣の回収以外に作業は発生しない。最近では、活性汚泥法での河川放流時でも自動監視運転を併用することによりほぼ無人化に成功している。

硫化水素や脂肪酸臭が発生することがないため、鶏肉加工工場のほか、タコやイカなどの臭気強い海鮮物工場、食鳥工場においても脱臭装置を使用していない。

図表6 本装置と従来装置（メンブレン式散気装置における通常活性汚泥法）の経済性比較

| No. | 項目 | 従来装置 | 本装置 | 備考 |
|-----|-------------|------|-------|--------------|
| 1 | イニシャルコスト | 100 | 120 | 散気ユニットは高くなる。 |
| 2 | ランニングコスト | - | - | - |
| | 消費電力 | 100 | 70～80 | 処理ポイントに周波数設定 |
| 3 | 汚泥処理費 | 100 | 0～60 | 下水放流除害設備ではゼロ |
| 4 | 薬品代 | 100 | 0～10 | リン除去のみ凝集剤使用 |
| 5 | 散気装置交換費（3年） | 100 | 0 | 10年以上交換不要 |
| 6 | メンテナンス費 | 100 | 10 | スクリーンのし渣のみ回収 |
| 7 | 脱臭経費 | 100 | 0 | 脱臭機不要 |

7. 将来性

国内外で類似の技術が見当たらないことから、世界で競争力のある技術と考えており、以下の応用が考えられる。

(1) ビルピットへの応用

都内を始め、都市部で大問題となっているビルピットにも数か所採用されており、悪臭や害虫、害獣の発生も抑制している。都会の地上で下水臭を感じることもあるが、その原因のほとんどがビルピットであると言われている。これは新興国でも同様に、ビル建設や街づくりの段階から AIS をスペックインすることで、臭気は未然に防がれ、害虫も減り、pH も上昇して油分も分解することから下水道への負荷を抑制することができ、経費の削減が期待される。

(2) 鉱物油含有排水への応用

バスの操車場において、下部洗浄やエンジンフラッシング（エンジン内部の洗浄）作業で発生する排水に含まれる鉱物油分解も可能である。また、鉱物油が含まれる工業系の循環水浄化にも使用されており、1 週間の水交換を半年や 1 年に延命している。

(3) 塗装工場への応用

塗装の循環ピットにも採用されており、塗料スラッジの減容や腐敗臭の発生を防止し、循環水の交換サイクルを 4~10 倍に延命している。