

## 立体格子状接触体回転円板式排水処理装置を用いた コミュニティ生活排水・中小産業排水処理システム

近年、アジア地域の経済発展は著しく、都市化も進んでいるが、都市部では急激な人口増加に対して、必要なインフラの整備がともなわず、大気汚染、水質汚濁、劣悪な衛生環境、廃棄物、交通渋滞など、さまざまな問題が生じている。水質汚濁と衛生環境の問題を解決・緩和するためには、生活排水ならびに産業排水を適切に処理することが必須であるが、一般に先進国で用いられている排水処理技術は、開発途上国には高価にすぎる上に、運転・保守管理が容易でない場合が多い。特定非営利活動法人 APEX では、セキスイエンバイロメント株式会社（現積水アクアシステム株式会社）と共同で、従来型の回転円板式排水処理装置と比べて格段に高効率で、現地生産や運転・保守管理も容易な、立体格子状接触体回転円板式排水処理装置を開発した。この装置は、それぞれの地域の実情と特性に合わせたシステムに組み込まれて、日本、インドネシア、中国等で普及が進んでいる。

### 開発の経緯

特定非営利活動法人 APEX では、1995 年より、インドネシアなどのアジア地域に適合的な排水処理技術の開発と普及に取り組み始めた。省エネルギー的で運転も容易な、回転円板式排水処理技術に着目し、当初は、現地団体のディアン・デサ財団と協力して、インドネシアで容易に入手でき、耐水性も高いサトウヤシの繊維でつくった回転円板を開発して、適用を始めた。ヤシの繊維の回転円板の性能は、日本の回転円板にも匹敵するものであったが、微生物膜が厚くなり、ヤシの繊維のもつ大きな表面積が失われてしまうと効率が落ちること、耐久性にも問題があることがわかった。その後、回転円板の処理効率にかかわるさまざまな要因を検討しつつ、立体格子状接触体回転円板の着想にいたり、セキスイエンバイロメント株式会社と共同で製品化した。

### 技術内容

日本でもっとも広く行われている排水処理法は、好気性の生物処理法である活性汚泥法であるが、電力消費が大きいことに加えて、運転管理には手間と経験を要する。回転円板式排水処理装置は、面積の 4 割程度が排水中に浸漬し、残りの 6 割が空中に曝されている、多数の円盤上の回転接触体を回転させることで、回転接触体上に好気性微生物膜を生成させ、その微生物により排水処理を進めるものである。電力消費は、およそ活性汚泥法の半分程度であり、運転に格別の専門性を要せず、維持管理も容易であることに特徴がある。但し、設備費は処理量に比例して増大していくため、大規模な装置においては、スケールメリットの期待できる活性汚泥法と比べて、相対的に経済的優位性は下がる。

回転円板の回転接触体は、通常は文字どおり板状や波板状であるが、立体格子状接触体回転円板は、その通念を破って、格子をベースとし、各格子の結節点に、立体的に突起を設けている。30 度のフラクシオン毎に格子の方向を変えており、多数の接触体を、角度をずらしながら組み合わせると、金属の結晶様の構造が現れ、表面積が理論的に最大となる。また突起が排水中に入る時に水表面を叩くことなどから、酸素の溶解能力が高い。さらに、立体格子形状が、物質移動速度の大きい揺らぎ・流動生物膜の形成を促すこと、排水が接触

体を貫通するため、処理効率の高い押し出し流れが生じることから、従来型回転円板よりも、格段に処理効率が向上する。佐賀大学の荒木宏之教授らの解析によると、従来型回転円板より、およそ3倍から4倍ほど効率が高い(同一のBOD除去率を得るためのBOD面積負荷として)ことがわかった。それだけ、コンパクトな設備となり、製造コストも低く抑えられる。当初は日本国内で生産されていたが、現地NGOであるディアン・デサ財団により現地で生産しやすいモデルにアレンジされ、現地に普遍的に存在するワークショップの技術の範囲で100%生産することが可能となった。さらに、中国でも現地生産が行われている。

APEXでは、この立体格子状回転円板を組み込んだ排水処理システムを、当初、インドネシアの中小産業排水処理に適用していたが、2006年以降、同国の生活排水の、コミュニティレベルでの集合処理用としても用い始め、その普及に力を入れている。インドネシアでは、大規模集中型の下水道は、多大な資金を要するため、その普及は遅々として進まず、戸別の腐敗槽は、人口密集地域には、地下水汚染の問題もあって適さない。このため、近年、コミュニティレベルでの衛生改善策が注目され、推進されているが、その多くは、MCK(地区共同のトイレ、水浴び場、洗濯場の複合施設)の設置、あるいは管渠で排水を集めて嫌気性の生物処理により処理するものである。MCKでは、依然として家の中にトイレのない不便さが残り、生活レベルが向上するとともに使用されなくなっていく傾向がある。一方、嫌気性処理は、気温が高め安定の熱帯性気候に適し、電力を必要とせず、運転管理も容易であるが、処理水質には限界がある。このため、まず嫌気性処理で一定程度処理を進め、ついで立体格子状接触体回転円板で好気性処理を行うハイブリッド型のシステムを開発し、モデルシステムでその効果を実証した後、広域的普及へと進んでいる。

この、嫌気性処理と好気性処理を組み合わせ、その好気性処理として立体格子状接触体回転円板を用いるシステムの特長としては、以下があげられる。

(1) 現地で受け入れ可能な程度に安価である。

100%現地生産が可能で、装置もコンパクトなため、おおむね現地で受け入れ可能な程度の設置費用に収まる。インドネシアでは、処理対象世帯数70-80世帯の場合、管渠と処理施設を含むコミュニティ排水処理システム全体の建設費は、2018～2019年で500-600百万ルピア(430～520万円)であった。

(2) 運転管理が容易である。

回転接触体をモーターで回転させるだけなので、装置の運転に格別な専門性を要しない。保守も軸受けとチェーンへのグリース補給、減速機のオイル交換のみである。電気代、グリース/オイル代、運転チーム謝礼を含む運転経費は、ひとつのシステム当たり400,000 - 600,000ルピア/月(3,500～5,200円)ほどである。装置の構成要素が単純なため、もし故障しても、どこが故障したか明確であり、現地で随所に存在するワークショップによる補修が可能である。

(3) 消費電力が少ない。

コミュニティ排水処理の場合の消費電力は800Wほどであり、インドネシアにおける月間の電気代は300,000～400,000ルピア(2,600～3,500円)程度である

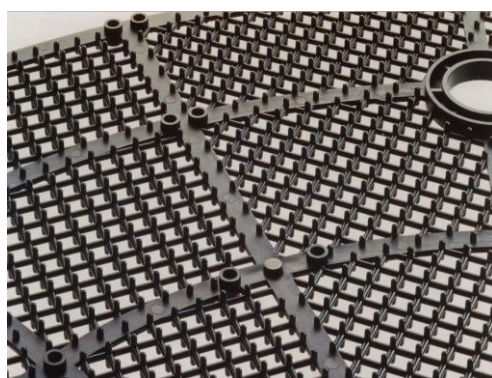
(4) 場所をとらない。

コミュニティ排水処理の場合、都市の住宅密集地においては、排水処理施設の設置場所が限られるため、省スペース的であることを求められる場合も多い。インドネ

シアにおける、嫌気性バツフルリアクターを用いた従来型の処理システムと比べると、本システムでは、嫌気性処理部分を縮小でき、好気性処理部分もコンパクトであるため、所要スペースは約 35%である。

(5) 処理水質が良好である。

一般に、嫌気性処理では、処理水中の有機物濃度が低くなると急速に処理効率が下がり、満足な処理水質は得られない。インドネシアでは、2016 年から、従前より格段に厳しい生活排水基準が制定され、BOD(生物化学的酸素要求量)の基準値は 100ppm から 30ppm に変更された。それを嫌気性処理でクリアするのは困難であるが、本システムではおおむね基準を充たす処理水質が得られる。



立体格子状接触体



立体格子状接触体を用いた回転円板



住民に対するコミュニティ排水処理設備の運転管理研修



嫌気性処理と好気性処理(回転円板)を組み合わせたコミュニティ排水処理設備

## 実績

インドネシアでは、2021 年 3 月現在、コミュニティ排水処理で 54 基、中小産業(病院を含む)で 40 基の納入実績がある。日本、中国と合わせた合計では、計 800 基程度が納入されている。生活排水処理に関する処理対象人口は、合わせて 100 万人以上と考えられる。なお、APEX では、上記のアジア地域に適合的な回転円板式排水処理装置ならびにコミュニティ排水処理システムの開発と普及の実績により、1998 年に「環境水俣賞」、2014 年に「環境

賞」優秀賞ならびに「世界を変えるトイレ大賞」、2015年に「日本水大賞」国際貢献賞を受賞している。

## 感想

私自身が開発にたずさわった技術であるので、背景となっていることや関連する事情に少し触れておきたい。はじめて回転円板を見た時に、これはアジア向けの技術と直感したのであるが、それは、中部ジャワの小産業をはじめ、インドネシアの都市や農村のさまざまな現場を訪ねて回った、それまでの原体験がベースになっていると思う。インドネシアのような熱帯地域における嫌気性処理の重要性に気づいたのは、1998年にインドネシアで開催した、排水処理適正技術国際会議(主催:APEX)においてである。開発に必要な技術的素養は、以前、廃プラスチック再生加工品の新製品開発にたずさわっていたことと、生化学の実験研究を集中して行っていた時期があり、微生物反応に関するイマジネーションが鍛えられていたことにより醸成されたものである。また、さまざまなタイプの回転円板を実際に運転する機会に恵まれたことも大きかった。ただ、技術的アイデアを打ち出すことと、それを商業的に通用する製品に仕上げることは次元の異なるものがある。そのギャップがセキスイエンバイロメント社との協力で埋められて、現実に見える技術になった。当時の同社の家庭的雰囲気、営業担当者の方々の熱意、新製品開発の機運、経営者の方の決断など、すべてがかみあって、奇跡的に成立した協力とあってよい。

(田中直)

## (参考資料)

荒木宏之、1999、第4回回転円板情報交換会発表資料

田中直、2012、『適正技術と代替社会—インドネシアでの実践から』、岩波新書

田中直、2017、「適正技術の今日的意義と蘇生」『国際開発研究』第26巻第2号

特定非営利活動法人 APEX、2018、『APEX30年の歩み 適正技術の社会化をめざして』

APEX/Yayasan Dian Desa, 1998, "Proceeding of The Seminar on Waste Water Treatment Appropriate Technology"

APEX/Yayasan Dian Desa, 2004, "Proceedings of the Seminar on Waste Water Treatment Technology: The Time for Action"