

アジア地域に適した住民参加型コミュニティ排水処理システムの開発と普及

特定非営利活動法人APEX 代表理事 田中 直

1. インドネシアの水質汚濁と衛生環境

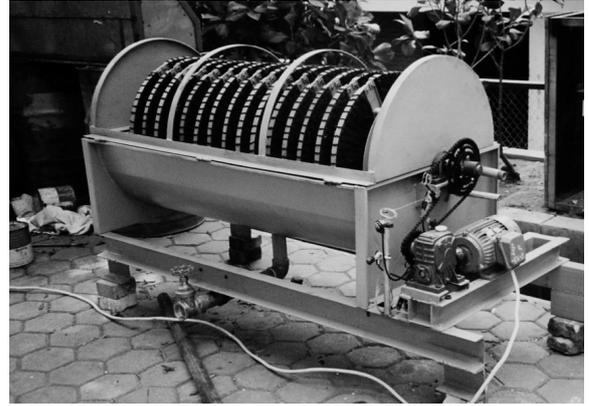
近年のアジア地域の経済発展はめざましいものがあるが、それと著しい対照をなして、河川の水質汚濁や、都市部の劣悪な衛生環境の問題は深刻である。特定非営利活動法人APEXの主な活動地域であるインドネシアは、人口約2億5千万人を擁する大国であるが、下水道に接続している軒数は約17万軒にすぎず(AUSAID,2013)、また、12.9%の家庭がトイレをもたない生活をしている(Riskesdas,2013)。国内の9河川の定点観測によれば、2006年に対し2008年は、9河川中7河川で汚染度が増大し、いずれも重度の汚染となっている(インドネシア環境省、2006,2008)。2006年における衛生環境不良に起因する疾病、乳幼児死亡、水処理費用増大などによる経済損失は、63億ドルに達するといわれている(WSP-EAP, 2008)。

劣悪な生活環境や水質汚濁の問題の改善のためには、生活排水および産業排水を的確に処理しなければならない。中でも主たる汚濁負荷となっている生活排水の処理は重要であるが、大規模集中型の下水道は、多大な投資を要するため、近い将来に普及することは望み薄である。現実的な解決策として、近年コミュニティレベルの衛生改善策が注目されてきているが、その多くは、MCK (Mandi, Cuci, Kakus、トイレ、水浴び場、洗濯場の複合施設)であり、管渠で排水を集めて集合処理する場合も、嫌気性処理を行うにとどまる。MCKでは、家の中にトイレのない状態は続くため、住民の生活向上とともに使われなくなっていく傾向がある。一方、嫌気性の集合処理では、処理水質が安心して放出できるものとはならない。





生活排水の多くは未処理で放出されている



ヤシの繊維を用いた回転円板式排水処理装置



コミュニティの中の排水溝



排水処理適正技術センター（ジョクジャカルタ）

2. アジア地域に適した排水処理技術の開発をめざして

途上国で排水処理を行おうとする場合、一般に先進国の技術は高価にすぎ、また運転も容易でない場合が多く、そのまま現地に適用することはできない。現地で広く排水処理を普及させるためには、格段に安価であり、また運転管理が容易な技術を生み出さなければならない。都市の住宅が密集した地域では、処理施設建設の土地が限られていることから、場所をとらない設備であることも求められる。運転にともなう消費電力も住民に負担にならない程度に抑える必要があり、それでありながら、安心して環境に放出できるレベルまで処理が行えるものでなければならない。

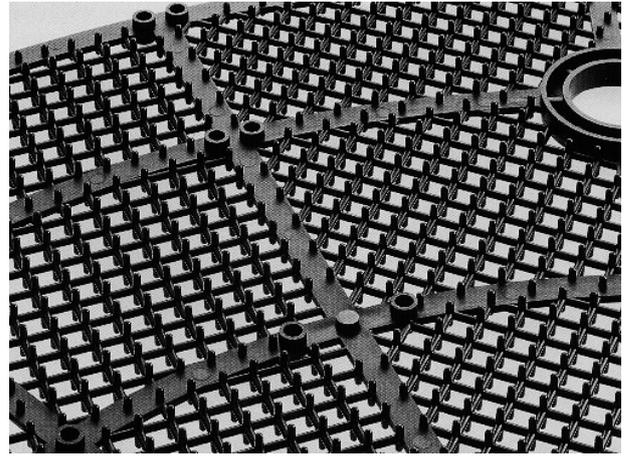
APEXでは、インドネシアのNGOであるディアン・デサ財団と協力して、1995年より、現地の状況に適した排水処理技術の開発と普及に努めてきた。まず、運転が容易で、電力消費も少ない技術として回転円板式排水処理装置に注目し、通常はプラスチックでつくられる回転接触体を、現地で手に入りやすいサトウヤシの繊維を編んだものに置き換えた回転円板をつくることから始めた。このヤシの繊維の円板も、ローター容積当たりのBOD除去速度としては、日本で市販されている回転円板と遜色ない性能が得られるのであるが、耐久

性が十分でなく、微生物膜が厚くなった時に効率が落ちる問題も見られた。回転円板については、後に述べる立体格子状接触体回転円板の開発がそれに続いていく。現地に適した排水処理技術の開発は非常にニーズが高いと考えられたため、インドネシアのジョクジャカルタにおける排水処理適正技術に関する国際会議の開催（1998年）、小規模産業排水処理パイロットプラントの設置と運転（1999年）と活動を積み重ね、2001年からは、JICA開発パートナー事業として「インドネシア国・排水処理適正技術センターの創設と運営」に、ディアン・デサ財団とともに取り組んだ。ジョクジャカルタに排水処理適正技術センター（PUSTEKLIM）を創設し、そこを拠点として、現地の社会的・経済的条件に適合的な中小産業排水処理技術を体系的に開発していこうとするものであった。

これらの事業に取り組む中で、インドネシアのような熱帯地域に適した処理方式として、次第に構想がまとまり、実際にそれをさまざまなプラントに適用して、有効性を実証していったものがある。それは、嫌気性処理と好気性処理を組み合わせ、好気性処理として、省電力的で運転が容易な技術を用いるものである。

一般に、インドネシアで用いられる処理プロセスは、トイレ排水処理などに用いられるセプティック・タンクや、コミュニティ排水処理で使われる嫌気性バツフルリアクターのように、嫌気性の生物処理が主である。嫌気性処理は、エネルギー消費がゼロか少量であり、運転も容易であるが、処理水質には限界があり、安心して放出できるレベルにはならない。一方、先進国で用いられる処理技術としては、活性汚泥法等の好気性処理が主体である。好気性処理は、適正に運転すれば高い水質が得られるが、エネルギー消費が大きいのが難点である。また、活性汚泥法は、その運転に一定の経験を要する技術である。

このような、嫌気性処理、好気性処理の利点と欠点に留意して検討した結果、両者を組み合わせたプロセスが望ましいと考えられた。気温が高め安定の熱帯の気候は嫌気性処理に適しているから、電力を必要としない嫌気性処理を行わない手はない。しかし、嫌気性処理だけでは水質が満足なものにならないので、それに引き続く好気性処理で補い、良好な水質を得ようとするものである。前段で嫌気性処理を行っているため、好気性処理にかかる有機物負荷は少なく、はじめから好気性処理を行うのと比べて、好気性処理部分を格段に小さくできる。かつ、好気性処理として省エネルギー的なプロセスを採用すれば、電力は大幅に削減できる。その好気性処理としては、前記のように、運転が容易で、電気の消費も少ない回転円板式排水処理に着目し、



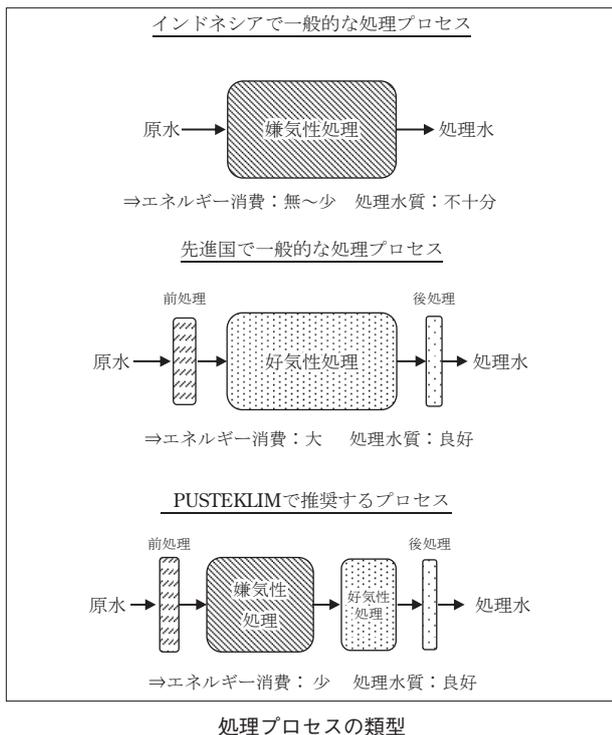
立体格子状接触体



立体格子状接触体を用いた回転円板式排水処理装置

従来の、回転円板の接触体は板状であるという観念を破って、排水が自由に貫通できる立体格子状接触体回転円板を独自に考案し、日本の回転円板メーカーと協力して、これを製品化した。この立体格子状接触体回転円板は、通常回転円板より4倍ほど効率が高く（単位ローター容積当たりのBOD負荷として）、それだけ装置をコンパクトにでき、製造コストも安い。現地で100%生産できる体制もとのえた。

このような、嫌気性処理と好気性処理を組み合わせ、好気性処理部分に立体格子状接触体回転円板を用いるシステムを、当初は食品、皮革加工等の小規模産業の排水や、病院排水の処理に適用して、その有効性を実証していったが、2006年からは、生活排水をコミュニティレベルで集合処理するケースへの適用を始めた。まず排水処理適正技術センターの所在地であるジャワ島中部のジョクジャカルタ特別州で、コミュニティ排水処理のモデルシステムを形成する事業に取り組んだ。これは、JICA草の根技術協力事業（草の根パートナー型）「ジョクジャカルタ特別州住宅密集地域における住民参加型コミュニティ排水処理モデルシス





コミュニティ排水処理モデルシステム
(ジョクジャカルタ、クリチャック・キドゥール地区)



住民との会合 (プカロンガン市)



建設工事は住民も参加して行われた



住民との会合 (テガール市)

テムの形成」として行ったもので、実施時期は2006年4月から2008年11月までである。当該事業で設置したモデルシステムにより、開発されたシステムは、安価で（日本の技術と比べて6分の1以下）、場所をとらず（嫌気性処理のみの場合と比べて、設置面積約3分の1）、運転管理も容易で、かつ処理水質の高い（BODで20～50ppm程度。インドネシアの生活排水基準は100ppm）ものであることを実証することができた。

3. 住民参加型システムの構築

しかし、技術的課題よりも、ある意味でさらにむずかしいのは、住民参加の問題である。インドネシアでは、まだ政府がコミュニティ排水処理施設の運営を行う体制がなく、住民に自分たちで運転管理を行っていただかなければならない、そのためには、住民にコミュニティ排水処理システムを設置することの意義をよく理解してもらい、またそれが自分たちの設備であることを認識してもらう必要がある。このため、コミュニティの住民と、繰り返し話し合いを行った。住民との会合は、場合により最大10回ほどにもおよぶ。衛生改善の意義、水質汚濁

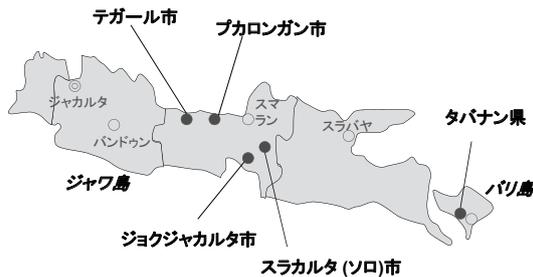
改善の意義、具体的にどのようなものができるのか、といった説明から始まり、住民にプロジェクトの運営委員会を組織してもらい、ほぼ理解がゆきわたった頃に、実施の是非を問う全体集会を行い、賛同を得られた場合に限り実施することとした。通常は、排水を集める管渠と、集めた排水を処理する処理設備の設置費用は政府予算や事業予算から拠出するが、各家庭から最寄りの汚水枘につなぎこむ、ハウスコネクション費用（約4,000～8,000円/戸）と、電気代、運転チームへの謝礼などの運転経費は、住民に負担してもらおうこととしている。

いよいよ工事開始となると、管渠を設置する土地の掘削など、住民に参加してもらえる部分は参加してもらいながら建設し、処理設備の建設など、一定の経験が必要な部分は業者に依頼した。竣工式と前後して、住民が組織した運転チームに、運転管理のトレーニングを行って、設備を住民に引き渡した。

はじめにモデルシステムを設置したジョクジャカルタ特別州のクリチャック・キドゥール地区ならびにスクナン地区の二つのコミュニティ（各60世帯、125世帯）では、2008年の運転開始から7年を経た今も、住民の自

モデルシステムの広域的設置

普及拠点都市(下図の●)のうち、テガール市、プカロンガン市、ジョクジャカルタ市、タバナン県の各都市域に計8式のモデルシステムを設置済。



己負担で自立的に運転が続けられている。運転経費は、各家庭から、一日当たり200～600ルピア(2～6円)を集め、それによってまかなわれている。

4.広域的な普及をめざして

モデルシステムの設置が順調に進んだことを受けて、2011年度から、開発した住民参加型コミュニティ排水処理システムをインドネシアで広域的に普及させる事業に取り組んでいる。それはJICA草の根技術協力事業(草の根パートナー型)「インドネシアの都市部住宅密集地域における住民参加型コミュニティ排水処理システム普及促進事業」として行っているものである。ジャワ島のテガール市、プカロンガン市、ジョクジャカルタ市、スラカルタ市、バリ島のタバナン県を普及拠点都市域として、それらの地域にモデルシステムを設置し、そのモデルシステムを基盤として広域普及をはかるもので、2015年4月までの時点で、6式のモデルシステム(他に、先行して設置したもの2式)の設置を終え、継続的に運転している。各システムの処理能力は50-120世帯ほどである。それらのモデルシステムの設置に当たっては、上記の住民参加型システムの構築に努めた。また、排水処理を担う人材育成も重視しており、2006年度以降では、排水処理適正技術にかかわるプログラム研修を計10回開催し、計463名が受講した。また排水処理適正技術マニュアルを2,000部発行し、政府関係者、大学の研究者、NGOメンバー等に配布している。さらに、コミュニティ排水処理にかかわるネットワーク形成のため、セミナーを計5回、計317名の参加を得て開催した他、ニュースレターを計17号、各700～750部発行して、マニュアル同様に配布している。



プカロンガン市のモデルシステム



排水処理適正技術のプログラム研修

現地の状況に適し、安価で運転管理が容易であり、処理水質も高いコミュニティ排水処理システムのニーズは、インドネシアのみならず、他のアジア地域でも今後ますます高まっていくと考えられ、広汎な普及に向けて、努力を続けていきたい。

[文献]

- The World Bank/Australian Aid “East Asia Pacific Region Urban Sanitation Review, Indonesia Country Study”, 2013
- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Kementerian Kesehatan RI “Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas)”, 2013
- The State Ministry of Environment “State of Environment Report in Indonesia 2006, 2008”
- WSP-EAP (Water and Sanitation Program, East Asia and Pacific) “Economic Impact of Sanitation in Indonesia” 2008
- 田中直『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、2012年

特定非営利活動法人APEX