特集2・生活排水処理における小規模処理

農業集落排水処理に係る技術開発と課題

高橋 徹*

1. はじめに

農業水路や河川の水は、かつて美しく澄み、子供たちが安心して、そしてあたりまえのようにメダカたちと触れることのできる遊びの場であった。しかしながら、生活様式の変化などによって家庭からの雑排水が増加し、自然が有する浄化能力を越える汚水が流入することによって汚濁が進み、農村地域を取り巻く水環境が瀕死の状況になって久しい。

(社)日本農業集落排水協会（以下、「協会」という）は、このような状況に対し、都市部と比較して立ち後れている農村地域の生活排水処理施設の整備を促進するため、市町村等が中心となって1983年（昭和58年）に設立された公益法人であり、農村地域の特性を踏まえた汚水処理に係る技術の開発、調査研究、啓発普及事業等に積極的に取り組んでいる。

加えて、協会が開発した汚水処理技術は、すべて一般に公開、提供されており、市町村等の行政機関に限らず民間企業等においても広くその技術を活用できるものとなっている。

農業・農村を取り巻く環境や地域住民のニーズは時代とともに変化しており、農業集落排水施設においてもまた同様である。とくに、1992年の国連環境開発会議以降、環境負荷の軽減は地球規模での喫緊の課題となっており、我が国でも、環境基本法の制定の後、農業関係では、「食料・農業・農村基本法」に農業の自然循環機能の維持増進が謳われた。

農業集落排水事業は、その発足当初からその理念に処理水の再利用、汚泥の農地還元を掲げ、視座はまさに環境負荷の軽減と循環型社会の構築と同一線上におかれており、その役割は益々重要なものとなってきている。また、「水質汚濁防止法」に基づく第

五次総量規制では、従来のCODに加え、新たに窒素・リンを総量規制の対象項目として追加する等、富栄養化の対策として窒素・リンの除去が求められるようになってきている。その他、コスト低減への取り組みや、急増する供用施設の維持管理に係る課題への対応等多様化する要望に対して、協会としても効率的、かつ機動的に対応しているところである。

以下、農村集落に適した汚水処理システムの開発・改良や循環型社会に適応するリサイクルシステムへの最近の取り組み等を紹介する。

2. 農村集落に適した汚水処理システムの開発・改良

2.1 農業集落排水施設の特徴

農村地域は、①人口が都市に比べまばらである、②平坦地、山間地など多様な地形条件に立地している、③住居は集落を形成し生産と生活の最小単位となっていて、今なお共同体機能が残されている、④河川、池、農地などの自然浄化を有する空間がある、などの特徴をもっている。このような都市と異なる特色をもつ農村では、いくつもの集落から汚水を集め大規模に処理すると、管路延長が増大し経済的に不利であり、また長大な管路施設の維持管理にも困難な問題がある。また、農村の集落は生産と生活の最小単位であり、共同で生産、生活活動を行う集落機能が残されていることから、集落を施設の計画・維持管理の単位とするのが合理的である。このソフト及びハードの両面から、農村地域の処理施設としては、集落または地域的なまとまった数集落を単位として汚水処理を行う小規模分散処理とするケースが多い。

小規模分散方式とその反対の大規模集中方式による整備の概念を図-1に示す。農村地域は都市と比べ広い空間をもっていて、集落周辺には農業用排水

* (社)日本農業集落排水協会農村水質工学研究所水質研究部
Toru TAKAHASHI

図－1 小規模分散方式と大規模集中方式による農村地域の污水处理

水路や小河川等が網の目のように存在している。小規模分散方式は、処理水が周辺の水域に排水されるので、これらの水路や河川による自然の浄化機能を活用することができるとともに、処理水が農業用排水路や河川等に放流されることで、農業用水等の再利用や環境用水を確保する観点からも、農村地域に適した污水处理システムであると考えられる。

2.2 農業集落排水施設の開発経緯

農業集落排水事業は昭和58年度に制度化されたが、その当時、計画人口が1,000人程度を対象とした小規模な污水处理施設に関する技術は確立されていなかったこと、また、窒素、リンを除去する高度処理の必要性が高まってきたことなどから、協会は設立以来、農村向けの污水处理施設の開発に取り組んできたところである。

污水处理施設の開発に当たっては、施設の整備が公共事業として行われることから、①実施設計や施工の業者が特定されず、多くの業者が参入できる設計仕様と汎用品の採用、②設計指針等の公開、③巡回管理で対応できる施設設計、④汚泥の農地還元を容易に行える施設設計、⑤耐久性の確保等を念頭に

置きつつ行ってきた。

協会が農村地域に適した污水处理施設として開発したシステムは、生物膜法による9タイプ、活性汚泥法による14タイプ(回分方式：5タイプ、間欠ばつ気方式：5タイプ、膜分離：2タイプ、オキシデーションディッチ方式：2タイプ)である(表1参照)。

2.3 技術開発に関する近年の取り組み

2.3.1 膜分離活性汚泥方式

最近の污水处理技術を取り巻く環境は、水道水源二法の制定などを背景とする行政の取り組みの強化、住民の環境や水問題への意識の高まりから、さらなる高度処理への対応が強く求められるようになってきている。

このような状況から、浸漬型膜分離方式による協会型膜分離活性汚泥方式を開発し、表1に示す高度な処理性能を有する污水处理技術として一般認定を取得した。

処理フローは硝化液循環方式とし、施設のコンパクト化を目指して脱窒槽と流量調整槽を一体化して日平均汚水量の10時間分に相当する容量としており、流量調整機能を補完・確保するため、吸引ポン

表 1 日本農業集落排水協会型施設一覧表

区 分		日本農業集落排水協会 型等名称	処 理 方 式	処理性能 (mg/ℓ 以下)					処理対象人口 (人)
				BOD	SS	COD	T-N	T-P	
生 物 膜 法	接触ばっ 気法	協会－I ₉₆ 型	沈殿分離及び接触ばっ気を組み合わせた 方式 (BOD型)	20	50	—	—	—	51～ 1,800
		協会－S ₉₆ 型	沈殿分離及び接触ばっ気を組み合わせた 方式 (FRP)(BOD型)	20	50	—	—	—	51～ 200
		協会－II ₉₆ 型	嫌気性濾床及び接触ばっ気を組み合わせた 方式 (脱窒型)	20	50	—	20	—	51～ 500
		協会－III ₉₆ 型	流量調整、嫌気性濾床及び接触ばっ気を 組み合わせた方式 (BOD型)	20	50	—	—	—	101～ 2,000
		協会－IV ₉₆ 型	流量調整、嫌気性濾床及び接触ばっ気を 組み合わせた方式 (脱窒型)	20	50	—	20	—	101～ 2,000
	活性汚泥 併用生物 膜法	協会－III _s 型	流量調整、槽内汚泥循環式嫌気性濾床及 び接触ばっ気 (活性汚泥併用) を組み合 わせた方式 (脱窒型)	20	50	—	25	—	101～ 3,000
		協会－III _r 型	流量調整、嫌気性濾床及び接触ばっ気 (活性汚泥併用) を組み合わせた方式 (脱 窒型)	20	50	—	25	—	101～ 3,000
		協会－IV _s 型	脱窒素を考慮した流量調整、嫌気性濾床 及び接触ばっ気 (活性汚泥併用) を組み 合わせた方式 (脱窒型)	20	50	—	20	—	101～ 2,000
		協会－IV _r 型	脱窒素、脱リンを考慮した流量調整、嫌気性 濾床及び接触ばっ気 (活性汚泥併用) を組み 合わせた方式 (脱窒、脱リン、COD除去型)	20	50	20	20	1	101～ 2,000
	浮 遊 生 物 法	回分式活 性汚泥法	協会－XI ₉₆ 型	回分式活性汚泥方式 (BOD型)	20	50	—	—	—
協会－XI ₁₉₆ 型			回分式活性汚泥方式 (脱窒型)	20	50	—	15	—	501～10,000
協会－XI ₁₉₆ 型			回分式活性汚泥方式 (脱窒、COD除去 型)	10	15	15	15	—	501～10,000
協会－XI _{1r} 型			回分式活性汚泥方式 (脱窒、脱リン、COD 除去型)	10	15	15	15	1	501～10,000
協会－XI ₁₁₉₆ 型			DO制御回分式活性汚泥方式 (高度脱窒、 脱リン、COD除去型)	10	15	15	10	1	501～10,000
間欠ばっ 気法		協会－XIV ₉₆ 型	連続流入間欠ばっ気方式 (脱窒型)	20	50	—	15	—	101～ 6,000
		協会－XIV _p 型	連続流入間欠ばっ気方式 (脱窒、脱リン 型)	20	50	—	15	3	101～ 6,000
		協会－XIV _{p,1} 型	連続流入間欠ばっ気方式 (脱窒、脱リン 型)	20	50	—	15	1	101～ 6,000
		協会－XIV _r 型	DO制御連続流入間欠ばっ気方式 (高度 脱窒、脱リン、COD除去型)	10	15	15	10	1	101～ 6,000
		協会－XV ₉₆ 型	間欠流入間欠ばっ気方式 (高度脱窒、COD 除去型)	10	15	15	10	—	101～ 6,000
膜分離活 性汚泥法		協会型膜分離活性 汚泥方式	膜分離活性汚泥方式	5	5	10	10	1	101～ 4,000
		協会型高度リン除去 膜分離活性汚泥方式	膜分離活性汚泥方式 (高度脱リン型)	5	5	10	10	0.5	101～ 4,000
オキシデ ーション ディッチ 法		協会仕様－OD ₉₆ 型	オキシデーションディッチ方式 (BOD 型)	20	50	—	—	—	1,001～10,000
		協会仕様－OD _r 型	オキシデーションディッチ方式 (脱窒、 脱リン型)	20	50	—	15	1	1,001～10,000
そ の 他		協会－汚泥改質機 構	汚泥が難腐敗性の汚泥に改質さ れ、処理施設敷地境界線で臭気 強度を2.5以下						

※協会型膜分離活性汚泥方式の処理水質 (n-ヘキサン抽出物質3mg/ℓ 以下、大腸菌群数100個/cm³以下)

※1 ばっ気槽は、有効容量を日平均汚水量の27時間分相当とする。

※2 制御機能は、次のとおりとする。

- ① ばっ気槽でDO制御を行う。
- ② ばっ気槽のMLSSが下限値以下に低下した場合は、余剰汚泥の引き抜きを停止し、上限値では、警報を発信する。

図-2 DO（溶存酸素量）制御型高度処理連続流入間欠ばっ気方式の処理フロー

プの吸引量を脱窒槽の水位変動に対応して変化させている。

硝化槽は、同6時間分に相当する容量とし、この1/2の容量の硝化槽を並列に配置した複槽構造により、硝化槽の点検作業の軽減化など維持管理の作業負担を軽くすることができる構造としている。また、硝化槽の形状は、認定を受けたタイプのどの膜分離装置でも設置が可能なように互換性を持たせている。

2.3.2 DO（溶存酸素量）制御型高度処理連続流入間欠ばっ気方式

この方式は、厳しい水質規制が定められている地域に適用する処理システムとして開発したものであり、施工性において可能な限り簡単な構造とすること及び通常の維持管理技術での管理が可能であることにも配慮したものである。

処理フローは、連続流入間欠ばっ気方式にDO制御機構と鉄溶液注入装置を付加したもので、負荷条件の変動に対しても簡単な運転管理により表1に示す高度な処理性能を有する施設として一般認定を取得した（処理フローは図-2参照）。

施設の運転方法は、ばっ気槽への汚水の流入を連続流入させ、ばっ気槽を間欠運転とするが、非ばっ気中における活性汚泥の攪拌は連続運転としている。

3. 資源リサイクルによる循環型社会構築へ向けた取り組みについて

農業集落排水施設では、重金属等を含む工場排水を処理の対象外としていることから、発生した汚泥は、肥料や土壌改良材として容易に農地還元が可能である。このことから、地域の特性に応じた、汚泥

の農地還元の取り組みが行われている。たとえば、鳥取県東部15市町村では、「東部広域行政管理組合」を母体に、農水省の補助事業「土づくり等リサイクル事業」と、「厚生労働省の廃棄物処理施設整備事業」による共同事業として屎尿処理施設及びコンポスト化施設の建設等が行われている。

協会としても、農業集落排水施設を核とした資源のリサイクルによる循環型社会の構築はこれからの最も重要な課題と認識しており、以下の各種関連調査・研究に取り組んでいるところである。

3.1 汚泥の農地還元に関する調査研究等

汚泥の農地還元など資源の地域内循環利用による土づくり等に資するため、平成11年度から群馬県富士見村等において汚泥の連続施用による作物への影響調査、汚泥成分の土壌中における挙動の把握並びに汚泥炭等の施用による病害虫抑制効果の確認試験等を実施している（写真1）。今後の計画としては、試験結果及び農地還元に関する技術情報の取りまと

写真1 汚泥の農地還元実験圃場（群馬県富士見村）

めに基づいて、「汚泥利用マニュアル」,「汚泥農地還元計画策定マニュアル」等の農地還元促進のための資料整備を行う方針である。

3.2 「集排汚泥リサイクルシステム確立プログラム」の実施

リサイクルシステムの内発的発展を支援するため、施設管理主体である市町村、汚泥を利用する農家、農産物の購入者又は消費者の3者が連携して行う、汚泥の調整から農地還元、農産物の生産、販売、消費までのリサイクルに関する諸活動及び啓発普及活動を促進支援する「集排汚泥リサイクルシステム確立プログラム」を平成12年度から開始し、現在全国5地区において実施中である（図－3参照）。

具体的には、実施地区においてリサイクルに関する諸活動を実際に展開してもらい、協会から技術的支援及び諸活動に係る経費に対する負担支援を行うとともに、諸活動についての実施状況等の調査結果をもとにリサイクルの展開手法等の観点から分析・評価を行い、地域特性にあったリサイクルシステムのあり方を検証することとしている。

3.3 自然浄化機能を活用した污水处理システムの研究

農村地域の生態系や湿地・水路等有する自然浄化機能を有効に活用することにより、処理水の三次

処理（窒素、リンの除去）が可能で、自然景観の創出や農村公園としての役割等、副次的な効果も期待できる当該システムについて、平成11年度から全国19施設で実証と分析を行っている。実証実験では、以下に掲げるタイプで行い、施設の窒素・リン等の浄化能力並びに浄化能力に影響を及ぼす要因（施設構造や気象条件等）との関係の解析や、必要となる施設建設、維持管理費コストの調査、副次的効果の評価等を行っている。

①バイオフィルター式（高知県母代寺地区）

植物の養分吸収機能、天然ろ材の吸着・ろ過機能等を活用して水質を浄化する水路を利用。

②ため池方式（高知県相川地区、母代寺地区）

地域に自生する植物を植えた人工池で、植物の養分吸収機能、水生生物による捕食等を活用。また水路においても同様の実験を実施。

③水耕栽培方式（長野県喬木地区）

水路上に設置したハウス内で花きを栽培し、植物の養分吸収機能等により水質浄化を図る。

以下に、高知県相川地区（ため池方式）について紹介する（写真2）。実験施設は、図－4に示されているとおり、4つの試験区からなり、試験区毎の窒素・リンの除去速度、水温と除去速度の関係等について解析を行っており、水温の高い夏期を中心に

図－3 集排汚泥のリサイクルシステムの概念図

高い処理能力が確認されている。

4. コスト低減に向けた取り組み

農業集落排水施設の効率的な整備を行うためには、合理的な計画設計に基づく事業実施が不可欠であり、建設コストの縮減も重要な要素となっている。協会では、処理施設、管路、維持管理など農業集落排水施設全般にわたってコスト縮減のための技術開

写真2 ため池方式の水質浄化実験施設（高知県相川地区）

発・調査研究に取り組んでいるところであり、その主なものを以下に紹介する。

4.1 コスト縮減を目指した連続流入間欠ばっ気方式の改良

連続流入間欠ばっ気方式については、維持管理の容易性、性能の安定性、比較的低廉な建設コスト等の理由から、今後の採択地区数の増加が見込まれているが、当該方式の更なる建設及び維持管理コストの縮減を目指し、水槽の小型化、単位装置の見直し等の改良を行うための性能確認試験等を進めることとしている。

4.2 管路の最適設計のための流送方式比較検討システムの構築

総事業費の約6～7割を占める管路施設の低コスト化も重要な課題であり、低コスト化を図るには、①浅埋設、②流送方式の組合せによる最適配置等が効果的で、これらを可能とする真空式及び圧力式管路施設の調査研究を重点的に行っている。

真空式管路施設の設計手法については、設計指針として平成7年に公表されている。地下水位が高く、

図-4 高知県相川地区実験施設平面図

地盤が軟弱な平野部を中心に既に114地区（平成11年10月調査）で採用され、我が国で採用されている真空式の63%を占めている。これは、1箇所（真空ポンプステーション）で集水できる範囲に限界があり、その集水可能範囲が農業集落排水施設の処理区域の規模と比較的一致しやすいことによる。

一方、圧力式管路施設はグラインダポンプ等で汚水を圧送する施設であり、オランダを中心にヨーロッパで普及しているが、我が国ではあまり実績がない。しかし、処理区域の地形や家屋配置等によっては、建設費の低減を図ることが十分可能な技術である。

これまでの調査・研究成果を活用し、自然流下式、真空式及び圧力式を組み合わせた最適な管路設計を可能とする流送方式比較検討システムを構築した。

5. 維持管理に対する取り組み

農業集落排水事業の完了地区数は既に約3,200地区（平成12年度末）あり、今後、供用地区数の急増が見込まれる。また、農業集落排水施設の処理方式に関しては、高度な管理技術と高い管理頻度が求められる浮遊生物法が近年増加してきており、更に環境保全の観点から窒素・リンの規制強化が社会の要請となり、維持管理面においてもその対応が求められている。このような背景から、農業集落排水施設

の適正かつ効率的な維持管理がより一層必要とされ、その重要性がこれまで以上に増大しており、協会では主に以下の取り組みを行っている。

①維持管理マニュアルの整備

既にある型式ごとの維持管理マニュアルの充実に加え、市町村が維持管理業務を委託する場合に参考となる維持管理マニュアル（管理主体編）の整備等を進めている。

②維持管理研修会の実施

市町村、土地改良事業団体連合会及び道府県の維持管理担当者を対象に、農業集落排水施設維持管理研修会を実施し、維持管理技術の普及、研鑽に努めている。

③運転確認調査業務及び維持管理診断業務の実施

事業主体の要請により、供用開始後に処理性能が低下した施設について、運転状況、水質等の調査を行い、処理性能低下の要因を明らかにするとともに、処理性能の安定化に向けた改善策を提案している。また、事業主体または各都道府県土地改良事業団体連合会の要請により、供用開始後7年以上経過した施設において、更新または改造の要否について検討し、その要ありと判断された場合は、具体的な手法の提案を行う維持管理診断業務を実施している。

④維持管理支援情報システムの構築

図-5 監視システムの全体構成

維持管理の一層の効率化、適正化を図るため、「監視システム」及び「診断システム」からなる維持管理支援情報システムの開発を進めているところである。「監視システム」は、各処理場の水質や機器の故障等をネットワークにより処理場の管理者等が遠方から把握できるとともに、各種データを診断に生かせるよう保存し、また日報、月報を作成する帳票機能を有している（図－５参照）。また、「診断システム」は、異常が発生した場合、管理者が対話方式によりデータを入力することで維持管理手法が速やかに得られるもので、今年度は連続流入間欠ばっ気方式を対象にプログラム開発を行う予定である。

6. お わ り に (今後の課題)

「食料・農業・農村基本法」や「循環型社会推進

基本法」が制定されるなど、農村振興、環境保全、資源リサイクルへの要請の高まりに伴い、農業集落排水施設においてもそのニーズは年々多様化している。協会としては会員（現場）のニーズの的確な把握に努めるとともに、それらに対応する汚水処理システムの構築を目指し、一層の建設コスト及び維持管理費の縮減、維持管理性の向上、汚泥、処理水の利活用などの課題に対して、引き続き取り組んでいく方針である。

最後に、当協会は、昨年度よりホームページを開
設し、協会の各種取り組み等の紹介の他、タイムリー
に各種情報を提供しているところであり、ご活用を
お願いしたい（ホームページアドレス [http://
www.jarus.or.jp/](http://www.jarus.or.jp/)）。

行事案内

平成13年度応用物理学会関西シンポジウム

「環境の世紀と応用物理」—環境問題の解決に寄与する諸技術—

近年、急速な科学技術の進展とともに、経済活動の多様化が進むにつれ、大気汚染、海洋汚染、酸性雨、地球温暖化など、自然生態系への影響が大きな問題となっている。応用物理に関わる技術はこれら環境問題に対してどのようにその有用性を発揮していくことができるのか。本シンポジウムでは、以上の課題について考える。

記

主催：応用物理学会関西支部

協贊：環境技術研究協會

日時：2001年11月21日（水）10:00～17:00

場所：大阪大学附属図書館吹田分館 視聴覚ホール
(吹田市山田丘2-1 tel 06-6877-5111)

講演題目(予定)：ディーゼルエンジン排ガス中の浮遊性粒子状物質の除去技術(片岡勲・大阪大学大学院工学研究科)／レーザーを利用した微量ダイオキシン計量技術(井澤靖和・大阪大学・レーザー核融合研究センター)／ガラスびんリサイクリングの現況：ガラスびん 業界および日本山村硝子の取り組み(楠井宏明・日本山村硝子)／イオンビームを用いた大気環境現象の解明(笠原三紀夫・京都大学・大学院エネルギー科学研究科)／内分泌攪乱物質の検出

技術（松井三郎・京都大学・大学院工学研究科）

参加費：主催学会員，協賛学協会員；2000円
学生；1000円，一般；5000円

定員：100名

参加申し込み先：

〒565-0871 吹田市山田丘2-1

大阪大学・大学院工学研究科・応用物理学専攻内
応用物理学会・関西支部事務局

tel 06-6879-4161 (火・木のみ) fax 06-6879-7860

E-mail:muraki@ap.eng.osaka-ac.jp

問い合わせ先：

〒574-8530 大東市中垣内3丁目1-1

大阪産業大学 人間環境学部 福田和悟

tel 072-875-3001 fax 072-871-1259