農村集落排水処理システムの現状と課題

高 橋 強*

1. 緒 言

わが国の農村地域は国土の大部分を占める広大な面積を擁し、食料生産の場としてだけでなく、総人口の40%、4700万人余りが居住する国民の重要な居住空間ともなっている。ところがその生活環境の整備状況は都市部に比べて著しく立ち遅れており、とくにし尿処理では水洗化されているものは1%程度に過ぎない。したがって農村地域の生活環境の整備水準の向上と自然環境の保全を図るとともに、将来にわたって地域住民が定住しうるように、健康で文化的な農村環境を確立することが緊急の課題となっている。

しかしながら、わが国の農村集落は都市部とは異なり、小規模な集落が分散して立地していることが多いので、集落排水処理施設も小規模で分散型とならざるをえない。このため、処理施設へ流入してくる汚水の量、質の時間的、季節的変動が大きいこと、維持管理費が割高になること、高度の専門技術を要する維持管理が困難であること等の問題点が生ずることになる。このような農村の特質を十分理解したうえで、それに適応した処理の方法を選定しなければならない。

昭和62年現在、集落排水処理施設は全国で既に125地区の供用が行われているが、その歴史は新しく、設計指針や維持管理方法も確立されているとはいえず、供用施設での経験を踏まえながら摸索している段階であるといっても過言ではない。

2. 農村集落の特質と汚水処理

2.1 農村集落の特質

わが国の農村集落は、その成立年代、発展過程など、歴史的、地理的条件によってさまざまな形態を有しているが、一般に表1に示すように、人口規模はもちろん、集落分布、住居密度、土地利用などに都市部とは

異なった特質がみられる。農村集落において汚水処理を計画する場合には、このような特質を十分理解した上で、それに適応した処理の方法を選定しなければならない。

まず、汚水処理の計画に当っては処理区の範囲をどのように決定するかが問題となる。一般に農村では都市に比べて住居密度が小さいため管路長が長くなり、建設費に占める管路費の割合が高くなり、これが全体の建設費を大きく左右することになる。そのため、比較的人家がまとまっている集落単位程度の小さな処理区の方が全体としての建設費が安くなることが多い。また、農村では地縁的、血縁的に深く結びついた村落共同体的性格が強いといわれる。処理区の決定に当ってはこのような地縁関係の重要性もみのがすことはできない。事業の推進や供用開始後の管理運営には地域住民の協力と参加が必要であり、そのためには地域住民の協調性やまとまりの範囲を無視することはできない。このことから、処理区は集落単位程度にとられることが多い。したがって、汚水処理施設の規模は大半が100戸程度で、大きい集落でもせいぜい250戸程度、1000人未満といった小規模のものが多く、

2.2 流入汚水の特質

(1) 流入汚水量の季節変化

日流入汚水量は季節、曜日及び降雨の影響を受け、管路周辺の地下水位や水道使用量に応じて著しく変動する。図-1は日流入汚水量の月別変化を示したもので

表1 都市・農村の集落比較⁴⁾

区 分	都市地域	農 村 地 域
土地利用	主として市街地	主として農林業用地
集落分布	大規模集中型	小規模分散型
人口規模	大	中・小
集落形態	塊状密居型	密居、集居、列居、散在、散居等
居住密度	大	小

* 京都大学農学部助教授
Tuyoshi TAKAHASHI

図-1 流入汚水量の季節変化（大萩地区の事例）

図-2 流入汚水量の時間変化（大萩地区の事例）

ある。これによると、汚水量は一般に夏期に多く、冬期になると減少するという傾向がみられる。しかし12月31日の流入汚水量が245 L/人・日、翌1月1日が115 L/人・日というように、日によっても変動が大きいという特徴がみられる。

(2) 流入汚水量の時間変化

図-2は流入汚水量の時間変化の一例である。その流入パターンをみると、一日の流入量のほとんどが午前6～9時と午後6～10時の2回のピークに集中しており、深夜にはほとんど汚水の流入はみられない。公共下水道では一般に、計画日最大汚水量の1.3～1.8倍が計画時間最大汚水量の標準とされており¹⁾、農業集落排水事業では計画日最大汚水量の2.5倍をとることとされているが²⁾、実際にはそれ以上の著しい時間変動を示しているといえる。

(3) 流入汚水の濃度、負荷量の時間変化

流入汚水の濃度についても午前6～9時に高くなっており、流入汚水量のピーク時に高濃度の汚水が大量に流入してくることがわかる。従って汚濁負荷量もまたこの時間帯にその大半が集中することになる。このような汚濁負荷量の著しい時間変動は微生物の動きを利用する污水处理の機能に悪影響を及ぼすことがあるので、汚濁負荷量の変化を緩和することができるような沈澱分離槽を前置したり、汚濁負荷量の変動に対してなるべく安定した処理が行えるような処理方式を選定することが必要である。

図-3 管内流速測定結果の一例

(4) 管内流速と水深

汚水管路の計画設計に当っては、汚水を滞留させることなく安全に処理施設まで流下させることが必要であり、最大汚水量を満流に至らせないで流下させるだけの管路の断面が必要である。また管内の点検や清掃の便を考慮して、通常は口径150～200mmの管路が使用されている。そこで、実際の管路において管内流速と水深を測定した結果は図-3のとおりで、早朝のピーク流量時においても最大流速は0.63 m/sec、水深は7.5 cmであった。一般に汚物の滞留を防止するためには、管内流速を0.6 m/sec以上となるように設計することとされているが¹⁾、規模の小さい集落排水処理施設では0.6 m/sec以上の流速を確保することはなかなか困難であるといえる。

2.3 雨水流入の影響

処理施設の計画に当っては雨水分流式が原則となっているが、実際に各地の処理施設を見聞すると、雨水流入の影響が大きく、その対策に苦慮している場合が多い。雨水流入の影響を示す一例を図-4、図-5に示す³⁾。日流入汚水量はほぼ30 m³/日程度で推移しているが、降雨があればそれに対応して顕著に汚水量も増加し、計画日最大汚水量75 m³/日をはるかに上回る110 m³/日以上にも達していた。この時の雨水流入量は85 m³/日、計画人口1人当りでは376 L/人・日にも達するものと推定される。このような大量の雨水の流入は微生物を主体とする污水处理の機能にも悪影響を及ぼすばかりでなく、ポンプ等諸設備の運転経費を増大させ、場合によっては原水ポンプ槽の溢流など処理施設そのものにも甚大な被害を及ぼすことになる。

一般に流入汚水量の計画値としては、日最大汚水量

図-4 降雨による日流入汚水量の変化
(高嶺地区の事例)

図-5 降雨による流入汚水量の時間変化
(高嶺地区の事例)

の10%が地下水流入量として見込まれているが²⁾、農村集落では市街地に比べて供用人口当りの管路長が長くなり、マンホールの設置箇所も多くなるので、雨水流入の危険性もそれだけ増えることになる。従って雨水流入を極力防止するような対策が必要であるとともに、場合によっては地下水流入量の見直しも必要になってこよう。

3. 集落排水処理施設の現状と課題

3.1 集落排水処理施設整備の現状

以上のように集落排水処理の対象となる農村集落は市街地に比べて人口規模が小さく、かつ集落毎に分散していることが多いので、個々の処理施設の規模も小さくならざるをえない。このため、処理施設へ流入してくる汚水量、質の時間的、季節的変動が大きいこと、単位水量当りの維持管理費が割高になること、高度の専門技術を要する維持管理が困難であること等の問題点が生ずる。従って農村の特質に適した汚水処理

施設としては次の諸条件を満足するものでなければならぬといわれている⁴⁾。

- ① 汚水の著しい負荷変動に対して、良好な処理が安定して得られること。
- ② 構造が単純、堅固で故障が少ないこと。
- ③ 常時の運転管理操作に高度な専門技術を必要としないこと。
- ④ 施設の清掃、汚泥の抜き取りなど維持管理が容易であること。
- ⑤ 電力、薬品などの消費量ができるだけ少なく、維持管理費が安いこと。
- ⑥ 農村の景観を損なわないこと。

表2はアンケートにより処理方式別の地区数をみたものである⁵⁾。接触曝気法が76%と最も多く、ついで長時間曝気法の12%となっている。また図-6は計画人口による施設の規模をみたものであるが⁵⁾、500人未満が53%と半数以上を占め、1000人以上は15%にすぎ

表2 処理方式別の分布⁵⁾

地 域	処 理 方 式				
	標準活性汚泥法	長時間曝気法	酸化溝法	接触循環曝気法	円形転板法
北海道	2	2		1	1
東北		1		21	
関東		2		3	1
北陸		1	1	15	1
東海	1	2		5	2
近畿	1			9	
中国・四国		2		8	
九州				2	
計	4	10	1	64	5

図-6 計画人口による地区数の分布⁵⁾

ない。接触曝気法は

- ① 活性汚泥法のような汚泥の返送が不用で、維持管理が比較的容易である。
- ② 生物膜は汚泥日令が長く、広範な生物相を構成しているので安定した処理が期待できる。
- ③ 食物連鎖が長くなり余剰汚泥の発生量が少ない。などの特徴があり、小規模処理施設に適した方式として最も多くの地区で採用されているものであろう。

3.2 接触汙材について

昭和50年代に作られた集落排水処理施設では、接触汙材として農村で入手しやすく、微生物の付着性がよいとして礫がよく使われていた。しかし礫は間隙率が小さいこと、個々の間隙が狭くなり目詰りしやすいこと、一旦目詰りが起こるとその洗浄が困難であること等の理由から、現在では礫が使用されることは少なく、プラスチック性の球状、網状あるいは、ひも状の汙材が用いられるようになっている。

しかしながら、接触曝気法では汙材の充てん量についての明確な基準がないこと、曝気攪拌に対する流動抵抗が汙材によって異なるので散気管の配置や曝気強度の調節に工夫が必要であることなど残された課題も多い。とくに冬季の水温低下時には硝化が悪くなっている地区が多いのが現状のようである。

3.3 土壌被覆について

処理施設を土壌で被覆することは冬季の水温低下を抑えるとともに、土壌のもつ脱臭作用を活用することにもなり、また、上部を緑化して施設の修景とイメージ向上に役立つ。このようなことからこれまでの集落排水ではほとんどが土壌被覆され、中には農村公園として利用されている地区もみられる。しかし処理槽全体を土壌被覆すると汚水の処理状況を目視できないので維持管理に不便であるといった不都合が生ずる。また処理槽内の改良工事や汙材の交換等が必要となった場合には多大の日時と経費を要することになる。そこで現在では土壌被覆の原則に立ちながらもできるだけ開口部を多くする傾向にあるようである。

3.4 維持管理体制

集落排水では専門の管理者を常駐させることはできないので、日常の施設の点検等にはある程度の住民参加が必要である。とくに汚泥の農地還元を前提とする場合には、地域の農業生産と深く関わるので集落住民と施設の管理運営とは密接な関わりをもつことになる。

アンケート結果⁵⁾によると、業者、住民、市町村の間で次のような管理作業の分担が行われている場合が

多い。

業者；①曝気量の調整、MLSS検査、処理場機器の点検、消毒剤の補給、②汚泥の引き抜き、処理・処分、③水質検査

住民；①家庭汚水桝清掃、②植栽・花壇の管理、③会計など。

市町村；①フェンス・上屋等の点検・補修、②処理水の放流許可申請、③住民への各種連絡など。

また分担が明確でない作業は、①マンホール・中継ポンプ場の点検・清掃、②スクリーンの清掃、③管路・公共汚水桝の点検・清掃、④汚水桝への雨水流入等の点検、⑤処理場の除草・清掃、⑥使用料金の決定・徴集などがある。

作業分担の考え方は次のように整理できる。業者には施設の機能維持にかかわる専門的管理事項、環境問題等トラブル発生の可能性のあるもの、コスト面で相対的に安くつくものを委託する。住民には集落機能を利用した方がうまくいく管理項目、日常的な看視や技術を要しない作業、市町村には前二者でカバーできない、施設を所有し最終的に管理責任を負う立場から対外的な事務処理、上屋等構造物の補修等を行っている。

3.5 維持管理費用

集落排水施設の維持管理で最も問題となるのは維持管理費用である。これが高騰すると使用料の値上げや市町村の一般会計からの持ち出しの増大につながるため、施設の維持自体が困難となる。

維持管理費を比較する目安となるのは単位水量当りの処理原価であるが、現段階では集落排水施設の処理原価の算定は非常に困難である。その理由には①流入汚水量の測定をしている地区が少ない。②資本費（減価償却費、資本利子）を計算に入れている地区が殆どない。③人件費は委託費に含まれるなど分離が困難である、などの事情がある。

こうした事情からここでは表3に、人件費を除いた維持管理費用について各施設の比較を示す⁵⁾。単位汚水量当りの維持管理費は50円/㎡未満の例は1地区だけで、50～100円/㎡が最も多く、150円/㎡以上は大幅に減少する。接触曝気法の大半は施設規模にかかわらず、150円/㎡未満で200円/㎡を超えるのは例外的である。標準活性汚泥法、長時間曝気法で単価の高い地区は、施設規模が大きく委託費に専門技術者の人件費が含まれているためである。

維持管理費の中では電気料金の占める比率が最も多

表3 単位汚水量当たり維持管理費（地区数）⁵⁾

処 理 方 式	単位汚水量当たり維持管理費（円/㎡）								
	0～50	～100	～150	～200	～300	～400	～500	～600	合 計
標準活性汚泥		1	2			1	2		6
長時間曝気		6	6	3	4	2			21
回 転 円 板		3	1	1	1				6
接 触 曝 気	3	28	13		1	1	1	1	48
合 計	3	38	22	4	6	4	3	1	81

く、65～75%にのぼっている。したがって維持管理費を節減するためには消費電力量を抑えるのが最も効果的である。雨水の流入が著しい場合にはそれを防止することによってポンプ類の運転経費を節減することが必要である。地区によっては流入汚水量に応じて曝気量を制限したり、間断曝気を行って消費電力量の減少を図っている所もみられるが、それには流入負荷量に見合った適切な運転管理方法の確立が必要である。

3.6 汚泥の利用

維持管理費の中で電気料金について大きな割合を占めているのが汚泥処分費である。現在のところ、処理槽から抜き取られた余剰汚泥は大部分の地区で尿処理場へ持ち込まれているのが実態であるが、その中には有機物、窒素、リンなど農業生産に再利用できる成分が多く含まれているので、それらを有効に利用する立場に立って、汚水処理と農業生産とを組み合わせた資源の循環再利用システムを構成することこそ、農村にふさわしい方式であるといえよう。

汚泥の農地還元の方法としては①濃縮汚泥として液状のまま散布する。②機械脱水あるいは天日乾燥して減量化してから散布する。③コンポスト化して利用する。の3つが考えられるが、表4に示すようにそれぞれ一長一短があるので⁶⁾、地区の実情に応じて選択しなけ

ればならない。

4.集落排水における高次処理技術

4.1 高次処理の必要性

わが国の湖沼や内海などの閉鎖性水域では、近年富栄養化による水質汚濁の進行が著しい。そのため排水中の窒素・リンの規制を緊急に実施することが必要となり、琵琶湖、霞ヶ浦を有する滋賀、茨城の両県では『富栄養化防止条例』を制定して、厳しい排水規制を実施している。

集落排水処理施設からの放流水については、流量の少ない中小河川や農業用排水路に放流されることが多く、十分な希釈水量が期待できないこと、放流先の下流側では再び農業用水や生活用水として反復利用される場合が多いこと等を考えると、むしろ厳しい水質基準が要求されることにもなる。わが国のこれまでの集落排水処理施設ではBOD、SSで表される有機汚濁物質の除去に主眼が置かれてきたが、上記のような理由から、窒素・リンの除去も重要な課題となっている。

4.2 窒素・リン除去技術の現状

窒素除去には物理化学的方法と生物学的方法があるが、前者の多くは窒素化合物の形態によって選択的にしか除去できないこと、化学薬品を使用するので維持

表4 汚泥形状と農地利用方法の特性⁶⁾

汚 泥 形 状	長 所	短 所	水分量	体積比
濃 縮 汚 泥	<ul style="list-style-type: none"> ・散布費が安い ・作業が単純 	<ul style="list-style-type: none"> ・扱いにくい ・臭気がある ・播種期に合わせた散布に限定されやすい 	98%	1
脱水ケーキ	<ul style="list-style-type: none"> ・扱い易くなる ・土壌改良剤として使用できる ・体積を小さくできる 	<ul style="list-style-type: none"> ・臭気が若干残る ・腐敗することがある 	70 (60)	1 / 15 (1 / 20)
コンポスト	<ul style="list-style-type: none"> ・臭気がほとんど出ない ・肥料として販売できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・製造にコストと日数がかかる 	55	1 / 23

管理費が高くなること、かなり高度な維持管理技術を要すること、周辺環境に悪影響を及ぼす恐れがあること、など小規模の集落排水処理に適用するには多くの問題点を抱えている。後者の生物学的方法にも種々のものがあるが、集落排水に利用可能な窒素除去技術としては、循環式硝化脱窒法、回分式活性汚泥法、酸化溝法があり、それぞれの特徴を整理すると表5のとおりである^{7) 8)}。

また、リン除去のための高次処理技術として従来から用いられている方法には、化学的方法として凝集沈澱法と晶析脱リン法がある。また土壌の浄化機能を利用した土壌トレンチ法が脱リンのための高次処理として用いられている。生物学的方法としての生物脱リン法についても最近の研究の発展には目ざましいものがある。これらの各種脱リン技術の特徴を整理すると表6のとおりとなる^{7) 8) 9)}。

集落排水処理に適用すべき脱窒・脱リン技術としては、維持管理が容易で、経済的に安価で、かつ安定し

た処理が得られるものでなくてはならない。この点から考えて、前述した各種の脱窒・脱リン技術はそれぞれに一長一短を有し、解決すべき課題も多く残されているように思われる。

4.3 鉄接触材を用いた窒素・リン同時除去技術

著者らの研究室ではこれまでに、回分式間欠曝気法の実験を行い、安定して高率の窒素除去が可能であること、集落排水でみられるような負荷変動にも十分対応しうることを確かめている^{10) 11) 12)}。また、自動計測が比較的安易な光センサーによって汚泥の沈降性を検出し、それによってサイクルタイムの設定、余剰汚泥の引き抜きを自動的に行う技術の開発も行われている¹³⁾。一方リン除去については、接触曝気法に鉄製の材材を使用して高率のリン除去が可能であることが確かめられている¹⁴⁾。そこで回分式間欠曝気法による窒素除去と鉄接触材によるリン除去を組み合わせた窒素・リン同時除去法について実験が行われたのでその概要を紹介する。

表5 各種窒素除去法の比較

処理方式	処理性能の面から	維持管理技術の面から	維持管理費の面から	汚泥処理利用の面から	そ の 他
循環式硝化脱窒法	○除去率に限界あり。 ○冬期に硝化不良の恐れ。	○循環比の設定が必要。 ○脱窒槽の汚泥引き抜きが必要。	○循環ポンプの運転経費が必要。		○脱窒槽が必要。
回分式活性汚泥法 (間欠曝気法)	○良好 ○汚水量の変動に対し不安。	○曝気時間、強度の調節、汚泥の引き抜き等に専門知識が必要。	○ブローの電気代が少なく、維持管理費が安価。	○汚泥の発生量が少ない。	○特別の処理槽が不要。
酸化溝法	○負荷変動に強い。	○曝気時間、強度の調節、汚泥の引き抜き等に専門知識が必要。	○特別の維持管理費が不要。	○脱水性が良好。 ○汚泥の発生量が少ない。	○用地面積が大。 ○特別の処理槽が不用。

表6 各種リン除去法の比較

処理方式	処理性能の面から	維持管理技術の面から	維持管理費の面から	汚泥処理利用の面から	そ の 他
凝集沈澱法	○良好。	○凝集剤、中和剤の補給のみで、容易。	○凝集剤、中和剤の購入。 ○攪はんポンプの運転経費。	○脱水性が悪くなる。 ○汚泥量が増える。	○混和槽、沈澱槽が必要。
晶析脱リン法	○良好。	○石灰の補給のみで、容易。 ○晶析材の目詰りに注意。	○石灰の購入。	○汚泥の発生がない。 ○リンの回収が可能。	○石灰反応槽、脱リン反応槽が必要。
土壌トレンチ法	○良好。 ○処理に限界あり。	○容易。 ○土壌の目詰りに注意。	○不要	○汚泥の発生がない。	○用地面積が極めて大。 ○上部を修景美化に使える。
生物脱リン法	○負荷変動に対する安定性が疑問。 ○冬期の機能低下の恐れあり。 ○N、P同時除去が可能。	○汚泥返送等の維持管理に高度の専門知識が必要。 ○引抜汚泥の脱リンが必要。	○汚泥返送のためのポンプの運転が必要。 ○別に脱リン槽での経費が必要。		○嫌気槽、脱リン槽が必要。

実験結果の一例は表7に示すとおりで¹⁵⁾、鉄接触材を使用した間欠曝気法によりリンのみならず、窒素についても高率の除去が可能であることが確かめられた。鉄接触材を使用した場合にはpHが7.5～8.1と比較的高くなり、硝化菌や脱窒菌の活動に適する環境にあったこと、汚泥の沈降性がよくなり、速やかに嫌気状態となって脱窒のための条件が整えられたこと等の理由によるものと考えられる。また、この方法では鉄接触材から溶出した鉄イオンは汚水中のリンイオンと結合してリン酸鉄塩など化学的に安定した難溶性のアモルファスとなって、汚泥とともに沈澱除去されたものと考えられ、汚泥中でのリンの再溶出が殆どみられなかったことが確かめられた。この方法の特徴としては

- ①曝気槽中に鉄接触材を浸漬するだけであるので、リン除去のための特別な施設を付加する必要がなく、建設費が安価である。
- ②確実にリン除去ができ、しかもBOD、COD、SS等の除去も良好である。
- ③通常は維持管理上の特別な手間は要せず、また薬品代、電気代等の維持管理費がかからない。
- ④汚泥の脱水性が良好で、しかも汚泥には鉄分を多く含むので、老朽化水田の鉄分補給など汚泥の農地還元にとって有利である。

など、多くの利点を備えている。

この方法の実施例は未だみられないが、住宅団地の

表7 回分式間欠曝気法による処理水質の比較¹⁵⁾

水質項目	原水	〔実験-1〕 の処理水	〔実験-2〕 の処理水
水温(℃)	—	25	25
pH	7.2	8.0	6.6
BOD(mg/l)	250	4.5(98)	5.3(98)
COD(mg/l)	206	9.1(96)	11.1(95)
SS(mg/l)	460	8.2(98)	7.0(98)
NH ₄ -N(mg/l)	48	0.2	6.0
NO ₂ -N(mg/l)	Trace	0.1	0.1
NO ₃ -N(mg/l)	Trace	0.5	8.0
T-N(mg/l)	65	2.2(97)	18(72)
T-P(mg/l)	16	1.1(93)	14.4(10)
色度(度)	—	24	24
Fe(mg/l)	0.3	1.5	0.3
MLSS(mg/l)	—	3200	3680
BOD容積負荷 (kg/m ³ ・日)	—	0.13	0.13

〔実験-1〕 鉄接触材を用いた場合
〔実験-2〕 鉄接触材を用いない場合

2500人槽の実施設(長時間曝気法)に鉄接触材を浸漬させて間欠曝気処理を行った実証実験では、窒素除去率99%、リン除去率74%という非常に良好な成績を得ているという報告もある¹⁶⁾。

この方法は通常の維持管理に手間がかからず、しかも維持管理費がほとんど不要で、高度の処理が得られることから、今後の集落排水に適した方法のひとつであると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 建設省都市局下水道部監修；下水道施設設計指針と解説、日本下水道協会、(1984)
- 2) 農水省構造改善局整備課監修；農村総合整備実務便覧、全国土地改良事業団体連合会、(1985)
- 3) 高橋 強、西口 猛；集落排水処理施設への雨水流入の実態と対策、農土誌、55, pp. 139-144 (1987)
- 4) 西口 猛；集落排水処理計画の樹てかた、農土誌、52, pp. 191-196 (1984)
- 5) 農業土木学会；計画基準作成調査(農村環境整備)報告書、pp. 223-271, (1986)
- 6) 西口 猛編；農業土木技術者のための汚水処理技術入門、農業土木学会、(1985)
- 7) 須藤隆一、稲森悠平；下水からの窒素及びリン除去の意義と処理技術の動向、下水道協会誌、20(7), pp. 12-22, (1983)
- 8) 栗林宗人；高度処理技術の変遷—窒素及びリン除去技術を中心として—、下水道協会誌、21(10), pp. 38-58, (1984)
- 9) 稲森悠平、須藤隆一；生物学的リン除去の最近の動向、用水と廃水、24, pp. 1095-1110, (1982)
- 10) 西口 猛、柚山義人、高橋 強、吉田陽一、門田 元；間欠曝気方式による農村集落排水処理の実験的研究(I)、農土論集、112, pp. 93-99 (1983)
- 11) 柚山義人、西口 猛、高橋 強、吉田陽一、門田 元；間欠曝気方式による農村集落排水処理実験的研究(II)、農土論集、116, pp. 79-86 (1984)
- 12) 柚山義人、西口 猛、高橋 強、吉田陽一、門田 元；間欠曝気法による農村集落排水処理の実験的研究(III)、農土論集、118, pp. 59-65 (1985)
- 13) 三橋 薫、西口 猛、高橋 強、吉田陽一；光センサーを用いた間欠曝気処理の簡易自動調節に関する研究、農土学会大会講演要旨、pp. 434-435, (1986)
- 14) 西口 猛、高橋 強、治多伸介；生物膜による高率の脱リン技術(II)、農土誌、54, pp. 741-746 (1986)
- 15) 西口 猛、前田展利；鉄接触材を使用した回分式間欠曝気処理法、環境技術、15, pp. 395-403, (1986)
- 16) 山本康次；鉄充填材を用いた窒素・リンの効果的処理、環境・公害防止技術セミナーテキスト、pp. 55-67, (1986)