小規模生活排水処理システムの経済性による選択

田 井 慎 吾 **・松 重 一 夫 *

1. は じ め に

これまでの下水道の整備は大都市中心に進められ、人口100万人以上の指定都市の下水道普及率は昭和62年度末で80%に達し、おおむね終わりに近づいている。逆に、人口5万人以下の市町村では5%以下の普及率であり、全国平均普及率39%（昭和62年度末）を大きく下回っている。これは、人口稠密な地域から整備を進めて投資効果を上げるという整備方針と、町村の財政力の脆弱さ（わが国全町村の4%が財政力指数0.4%以下）とによる。とはいえ、人口規模の小さい市町村に住む人々が大都市に住む人々と比べて生活水準が低くてよい理由はない。また、生活雑排水の無処理直接放流によってこれら市町村の存在する河川の中上流部あるいは湖沼の汚濁が進んでいる。小規模な生活排水処理システムの整備を急ぐ必要はここにある。ただ、これらの市町村の財政事情を考えると、多額な事業費と完成までに長時間を必要とする都市型の下水道システムをそのまま導入するのではなく、地域特性、財政規模に見合った処理システムを導入する必要がある。すなわち、市町村自身と受益者から見た経済性が重要な視点となる。管渠と処理施設を合わせたシステム全体の建設費と管理費の多寡、国および都道府県の補助率、起債の枠と償還条件、融資制度などが、建設、厚生、農水の各省から提示されている様々な処理システムの中から選択するための最も重要な点である。

2. 建 設 財 源

排水処理システムは、排水を一個所に集める施設（管路、ポンプ所、排水設備）と、集められた排水を処理する施設（処理施設）とからなっている。小規模

排水処理システムには食品生産工場や畜舎などからの排水を処理する処理施設のみからなる排水処理システムもあるが、ここでは全国的な問題となっている生活排水を対象とした小規模なものに限って、その建設財源を整理することとする。

生活排水はし尿（black water）と雑排水（gray water）とからなる。し尿のみを対象とする単独浄化槽とし尿処理施設、雑排水のみを対象とする生活排水処理施設整備事業があるが、その他はすべてし尿と雑排水の両方を対象としている。

適用法令はそれぞれの事業あるいは施設ごとに下水道法、浄化槽法、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃掃法）および建築基準法などがあり、これらの法令に基づいて施設の建設ならびに維持管理に関する事項が定められ、関係省庁からの補助金、起債等の財政措置がなされている。また、農業集落排水事業は農業振興地域内で、処理人口がおおむね1,000人でいど以下の地域に適用されるように、それぞれの事業は処理対象区域の処理人口あるいは計画人口の規模によって適用対象地域が区分されている。

国庫補助率は建設省の公共下水道が最も高い（管渠50%、処理場55%）が、都市規模や下水道の種類によって国庫補助対象の範囲（補助対象枠）が定められているため必ずしも有利とは言えない。すなわち、公共下水道の場合は口径300mm未満の管渠や処理場の門、堀などは国庫補助の対象とはならず、概ね全事業費の70.5%が補助対象である。昭和59年度における公共下水道事業費を見ると、総事業費15,003億円に対して国費は5,342億円であり、総事業費の35.6%に過ぎない。これに対して、農業集落排水事業の場合は、国庫補助率50%であり、公共下水道に比べてやや低い。全事業が補助対象であるため市町村や受益者にとって有利である。都道府県の補助はあまり多くなく、農業集落排水事業の場合、都道府県によって補助率が異なり、

** 環境研究センター Shingo TAI

* 国立公害研究所技術部 Kazuo MATSUSIGE

昭和60年までの163地区の実績は全事業費の5～25%である。公共下水道の場合は、昭和59年度の全国の総事業費の0.2%に過ぎない。逆に、都道府県の所管する公共下水道や流域下水道事業費の地方負担分の1/2が市町村に負担となっている。

起債の充当率はいずれの事業とも市町村負担分の85%でいどである。しかし、起債は借金であり、いずれ受益者が使用料として支払うべきものであることを考えると充当率が高ければ良いというわけでもない。なお、農業集落排水事業においては国庫補助残（非補助事業、補助裏）に対して、国の低利な融資制度（農業改良資金、農業近代化資金、農林漁業金融資金）が用意されている。

地域し尿処理施設は処理能力100人以上が国庫補助対象であり、国庫補助率は事業費の1/3（公害防止計画地域では1/2）である。また、起債は国庫補助裏の75%（公害防止計画地域では80%）である。このように、財政確保の条件はあまり有利ではないが、公共下水道や農業集落排水事業を適用出来ない地域ではこれによらざるを得ない。住宅団地などでは開発者の負担（最終的には居住者の負担である）が可能であるため、このシステムが採用されている。

合併処理浄化槽は一部の市町村による補助が行なわれているが、浄化槽法の施行に伴って昭和62年度に国庫補助制度が創設された。しかし、昭和62年度の国費は1億円に過ぎない。また、生活雑排水対策として生活雑排水専用の処理施設に対しても約3億円の国庫補助金が予算化されている。

3. 生活排水処理システムの技術

3.1 排水収集システム

生活排水の処理技術については活性汚泥法一辺倒から、付着微生物、嫌気性微生物あるいは土壤微生物を利用した排水処理技術が開発され実用化されるなど、各方面でさまざまな研究、工夫がなされている。しかし、排水処理施設と同等かそれ以上の建設費を必要とする排水収集システム、すなわち排水管網の改良はあまり進んでいない。塩化ビニール管の採用は一つの進歩であるが、システム全体の改良につながっていない。

小規模生活排水処理システムは雨水を含めず、水洗便所からのし尿と厨房、洗濯場などからの雑排水のみとを収集する分流式である。また、部分的に中継ポンプ所を設けることはあるが、全体としては自然流下方式である。したがって、管渠径は合流式よりは小さい

が、下流になるにつれて口径が大きくなり、埋設位置が深くなって建設費が高くなる。また、凹地などで下流の地盤が高くなっている場合あるいは軟弱地盤や岩盤のある地域では伏設しにくい。

最近、各家庭にポンプを設置して生活排水を処理施設まで圧送し、管渠の建設費を低減することを目的とした「圧力下水道システム」が実証試験されている。このシステムは20年ほど前に米国連邦水質汚濁防止協会（FWPCF）の委託でU S A土木学会（ASCE）が開発したものである¹⁾。米国ではリゾート別荘地、観光地、低所得者層住宅地、地下水位の高い地域、起伏の多い地域、さらには岩盤の浅い地域などで採用されており、設計、施工、維持管理に10年以上の実績がある。このような排水の圧送方式は、今後わが国においても、人口密度が低く、処理対象地域が小さい地域に採用されるであろう。とくに、農業集落や観光地などでは最適な排水収集システムであると考えられる。

圧送方式は各戸の敷地内に設けたポンプユニットから取付管、本管を経由して排水を処理施設まで圧送するシステムであり、自然流下方式に比べて管渠の維持管理は高くなるが管路の維持管理費は大幅に低減できる²⁾。すなわち、圧力方式は1戸あたりの管路延長が長いほど、そして建設費に占める管路建設費が大きいほど自然流下方式に比べて経済的となる。また、ポンプユニットを2ないし3戸で共有することによって管路建設費と維持管理費を低減することができる。さらに、圧力方式は経済的に有利であるばかりでなく、地表勾配に関係なく地表面から一定の深さに埋設することが可能であり、建設期間を短縮することができる。また、地下水や地表水の侵入を考慮する必要がないため、処理施設を小さくすることができる。

今後検討してみるべき排水収集システムは圧力方式のほかにゴミの収集に採用されている方式、あるいはし尿収集に使用されているバキュームカーと似ているが、管路内を減圧して排水を収集する真空方式がある。また、各戸に排水ピットを設け、定期的にバキュームカーで集め処理施設まで運搬する方式も検討すべきである。

3.2 処理施設

処理施設はそれぞれの事業で構造基準や技術指針あるいは技術指導などによって一定の構造、技術基準のものが採用されている。どのような処理方式、構造のものでも設置できるわけではなく、国庫補助対象として採択されるためには一定の基準に適合したもので

なくてはならない。現在、それぞれの事業で採用されている処理方式は生物学的処理方式が主流であり、物理化学的処理法は高度処理のためなどに採用されている。

(1) 公共下水道，特定環境保全公共下水道

昭和59年度末における，処理能力5,000 m^3 /日未満の小規模下水処理場の処理方式は表1に示したように，標準活性汚泥法とその変法が主流であり，78個所である。一方，生物膜法は回転生物接触法と高速散水ろ床法の10個所である。公共下水道の処理方式が維持管理の難しい活性汚泥法が主流になっているのは，建設省の所管する公共下水道が維持管理要員を確保しやすい都市を中心に整備されてきたためである。今後町村に小規模な下水道を普及させるためには，維持管理が容易で，流量変動を吸収しやすいオキシデーションディッチ法や長時間曝気法の採用が多くなっているものと考ええる。

(2) 農業集落排水事業

これまで，比較的任意に設置されてきた処理施設は「浄化槽法第4条」に基づいて，その構造は「建築基準法」および「し尿浄化槽の構造基準（昭和55年建設省告示第1292号）」の規定に適合しなければならなく

なった。告示は第1から第8まであり，第7までは規模と地域特性に応じた構造基準が定められている。第8は今後新しく開発される処理方式が建設大臣によって特認される道を開いた規定である。昭和58年8月1日に発足した「日本農業集落排水協会（JARUS）」は，この告示第8の規定によってJARUS 1型から4型までの処理方式を開発し，その普及に努めている。表1に示したように，農業集落排水事業の初期の処理方式はニイミ式の土壤被覆式接触曝気法と土壤浄化法の採用が圧倒的に多かったが，最近ではJARUS型が次第に多く採用されるようになってきている。

(3) 合併処理浄化槽

合併処理浄化槽の構造は農業集落排水事業における処理施設と同様に浄化槽法第4条の規定に従うことになる。告示第8の建設大臣の認定には，事前に財団法人建築センターの「し尿浄化槽性能評定委員会」の評定を受けることとなっている。告示第1292号では単独式，合併式別に処理方法が定められており，接触曝気法，散水ろ床法，回転生物接触法，長時間曝気法，標準活性汚泥法などである。

4. 費 用 関 数

処理能力50,000 m^3 /日以下の公共下水道（28個所），特定環境保全公共下水道（17個所），地域し尿処理施設（24個所），農業集落排水事業（25個所）を対象として，処理方式，処理能力，処理区域面積，処理人口などの諸元と建設および維持管理費を調査した。全調査対象個所は93個所であるが，これを処理方式別で見ると，標準活性汚泥法34個所，長時間曝気法28個所，接触曝気法16個所，回転生物接触法11個所，オキシデーションディッチ法4個所である。

表2に処理方法別の建設および維持管理費の処理能力当たりの費用関数（建設費 C：千円，維持管理費 M：千円/年）を示した。費用関数における処理能力（ m^3 /日）範囲は，

標準活性汚泥法：881～21,776

長時間曝気法：40～5,800

回転生物接触法：130～4,000

接 触 曝 気 法：47～365

である。なお，オキシデーションディッチ法は調査個所数が少ないため費用関数を求めることができなかった。

処理方法別の建設費を，得られた費用関数をもとに処理能力100（ m^3 /日）で比較すると標準活性汚泥法が

表1 排水処理施設の処理方式別設置個所数

処 理 方 式	公共下水道・ 特定下水道 (59年度末, 5千 m^3 ・ d^{-1} 以下)	農業集落排水事業 供用開始採択・ 始箇所計画箇所 (60年度末)	
標準活性汚泥法	49	3	4
長時間曝気法	13	6	28
回転生物接触法	9	8	17
オキシデーションディッチ法	8	2	10
ステップエアレーション法	4	—	—
高速曝気沈殿池法	2	—	—
高速散水ろ床法	2	—	—
回分式活性汚泥法	1	1	11
コンタクトスタビリゼーション法	1	—	—
簡易沈殿法	1	1	5
土壤被覆式接触曝気法	—	52	296
土壤浄化法（ニイミ式）	—	33	109
JARUS 1型	—	24	92
JARUS 2型	—	5	36
JARUS 3型	—	2	42
JARUS 4型	—	2	28
接触曝気法	—	4	15
ラグーン法	—	1	1
高度処理（凝沈，砂ろ過，活性炭）	1	—	—

表2 処理方法別費用関数

C：千円　　M：千円／d　　X：m ³ /d										
処 理 方 式	建　　　　設　　　　費				維　　　　持　　　　管　　　　理　　　　費					
	費用関数	計　　　　算　　　　例（千円）				費用関数	計　　　　算　　　　例（千円／年）			
		100 m ³ /d	500 m ³ /d	1,000 m ³ /d	10,000 m ³ /d		100 m ³ /d ⁻¹	500 m ³ /d ⁻¹	1,000 m ³ /d ⁻¹	10,000 m ³ /d ⁻¹
標準活性汚泥法	C=68X ^{1.26}	22,400	170,400	408,100	7,425,400	M=452X ^{0.58}	6,533	16,617	24,839	94,436
長時間曝気法	C=4301X ^{0.70}	108,500	335,400	545,200	2,738,900	M=134X ^{0.74}	4,047	13,315	22,238	122,209
回転生物接触法	C=1488X ^{0.97}	129,600	617,500	1,209,500	11,287,600	M=7X ^{1.14}	1,334	8,355	18,412	254,155
接 触 曝 気 法	C=10174X ^{0.56}	134,100	330,300	487,000	1,768,000	M=518X ^{0.28}	1,881	2,951	3,584	6,829

注) 計算例の欄で下線を付した金額は費用関数を導いた処理能力データの範囲内にあるものである。

最も安価であるが、処理能力10,000m³/日で比較すると接触曝気法が最も安価であるという結果となる。維持管理費は処理能力100m³/日と10,000m³/日のいずれの場合も接触曝気法が最低となった。

一方、事業別の単位処理能力当たりの概ねの建設費と年間維持管理費は、

	建設費(円)	年間維持管理費(円)
合併処理浄化槽	900,000	50,000
地域し尿処理施設	250,000	45,000
農業集落排水事業	650,000	65,000
特定環境保全公共下水道及び公共下水道	1,000,000	70,000

となった。

地域し尿処理施設の建設費と維持管理費がともに最も小さいのは、人口密度の高い住宅団地等を対象としているため管路建設費が小さいからである。また、農業集落排水事業と公共下水道の建設費の内、管路建設にかかる費用の割合が大きく、全建設費の50～80％を占めている。このことから、農業集落排水事業や公共下水道において圧送方式の経済的な排水収集システムを導入すべきことが示唆される。

5. 要 約

さまざまな小規模生活排水処理システムについて、主として費用の面から検討した。得られた結果を要約すると次のとおりである。

(1)公共下水道と特定環境保全公共下水道は国庫補助率が管渠50％、処理場55％と高いが、補助対象枠（概ね全建設費の公共下水道は70.5％、特定環境保全公共下水道は75％）があり、財政基盤の脆弱な市町村に整備するためには建設費の低減を図るとともに、財政的に何らかの配慮が必要である。

(2)農業集落排水事業は農業振興地域に限られるが、国庫補助率が50％であるのに対して、全事業費が国庫補助対象である。また、5～25％の都道府県費補助と補助裏に対しての低利な融資制度があるなど、市町村にとっては財源的には最も有利である。

(3)起債は公共下水道、特定環境保全公共下水道および農業集落排水事業に対して、市町村負担分の85％である。

(4)合併処理浄化槽と生活雑排水専用処理施設の設置に対して、昭和62年度から国庫補助制度が発足した。それぞれ1億円と3億円である。

(5)経済的な排水収集システムの一つとして圧力方式が建設費、建設期間の面で有利である。とくに、人口密度の低く各戸間の距離が長い農業集落に対して有効である。

(6)小規模の公共下水道や特定環境保全公共下水道では活性汚泥法が主流となっているが、維持管理が容易で流量変動を吸収しやすく、汚泥発生量の少ないオキシデーションディッチ法や長時間曝気法の採用が増えると予想される。

(7)合併処理浄化槽の単位処理能力当たりの建設費は90万円、年間維持管理費は5万円であり、公共下水道のそれぞれ100万円、7万円について高かった。

(8)地域し尿処理施設の単位処理能力当たりの建設費と維持管理費は管路建設費が小さいため、それぞれ25万円と4万5千円であり、他に比べて最も安価である。ただ国庫補助率が国庫補助対象事業費の1/3であり、補助裏は受益者負担である。

(9)農業集落排水事業の単位処理能力当たりの建設費は65万円、維持管理費は6万5千円程度であり、公共下水道について高い。これは、公共下水道と同様に全建設費に占める管路建設費の割合が大きく、管路延長が長いことによる。

6. お わ り に

生活排水を対象とする小規模排水処理システム財源構成、費用関数などの経済的側面から検討した。費用関数については更に多くのデータをもとに、より正確なものとする必要がある。また、排水収集システムについて経済的で建設期間を短縮できるという点から近々実用化されるであろう圧力方式を紹介した。この方式は、たとえば“つくば市”のように農村地域の中に下水道が完備した新市街地があり、その周辺に多数の農村集落が散在するような地域において、生活環境整備の格差を急いで是正しなければならないような場合に有効な方法ではないかと考えている。さらに、最近各地で計画されているウォーターフロント開発などのリ

ゾート開発においても採用を検討すべきであろう。

費用関数を求めるに当たって、データの収集にご協力をいただいた社団法人日本農業集落排水協会（現農水省）の伊藤正晴氏、名鉄環境開発(株)（現 株昂）の谷野 充氏、中日本建設コンサルタント(株)の辻 喜礦氏に謝意を表します。また、圧力式下水道システムの資料を提供していただいた一宮市下水道部の金岩勇夫氏に厚く御礼申し上げます。

引 用 文 献

- 1) Clift M. A. (1968) : Experience with Pressure Sewerage, Journal of the Sanitary Engineering Division, Proc. ASCE, 91 (SA 5) 849~865
- 2) 圧力下水道システム研究会(1987) : 圧力下水道システム、パンフレットと手引

行 事 案 内

第14回 (社)日本水質汚濁研究協会セミナー 「化学物質による環境汚染の今後の動向」

主催 (社)日本水質汚濁研究協会

〔日時〕

1989年1月26日(木)～27日(金)

〔会場〕

日本自動車会館
東京都千代田区九段南4-8-13
Tel. 03(264)4719

〔参加費〕

日本水質汚濁研究協会会員 15,000円
非会員 30,000円
(ただし、テキスト代を含みます。)

〔申込先〕

(社)日本水質汚濁研究協会セミナー係
〒160 東京都新宿区本塩町12
四谷ニューマンション307
Tel. 03(351)2272

〔申込方法〕

ハガキに参加者氏名(会員、非会員の別、および公益会員または賛助会員の場合は所属団体、または会社名を添記)、連絡先(住所、および電話番号)をご記入のうえ上記までお申し込み下さい。参加を受け付けた方には、ハガキでお知らせ致します。

〔内容〕

第1日(1月26日(木))

O E C Dにおける化学物質の安全性評価

化学品検査協会 北野 大

ダイオキシンによる環境汚染

成蹊大学工学部 飯田芳男

有機スズ化合物による汚染実態とその対策

環境庁保健調査室 山本秀正

農業による環境汚染

残留農業研究所 後藤真康

先端産業に伴う環境汚染

東京都環境科学研究所 泉川碩雄

第2日(1月27日(金))

環境化学物質の生体影響評価

東京医科歯科大学難治疾患研究所 中沢泰男

化学物質のリスクアセスメント手法

国立公衆衛生院 横山栄二

環境化学物質の水生生態系への影響評価

三菱化成安全科学研究所 茂岡忠義

化学物質汚染対策の今後の方向

国立公害研究所 中杉修身