

生産型下水道システム”ACEⅡ”のコンセプト

(2021.8 川口幸男)

生産型下水道システム”ACEⅡ”の基本的な概念として、中小都市規模の生活系廃棄物及びその副産物を極力農業利用することを想定する。これは、従来の都市型下水道システムが都市環境を保全するために汚水の衛生的な処理を主目的にするのに対して、生活系廃棄物そのものを原材料と位置付け、その価値を最大限に発揮できるシステムを構築しようとするもので、従来のごみ処理やし尿処理、下水道とは対極をなす考え方である。

生活系廃棄物を原材料という視点から評価すると、江戸の汲み取りし尿の農地施用のように、農業用資材(肥料)としての利用価値が最も高く、最新技術を活用することにより最も優位な農業用資材とすることが可能である。しかも、中小規模の都市では新市街地整備などで排水処理システム全体を新たに構築できる場合も多く、加えて利用可能な農地が近接しており、農業利用に最適なシステムを白紙の状態から描くことも可能と考えられる。

そこで、システム構築では下水道の収集・処理システムを基本とし、現在知られている先進的な技術を用いて、考え得る理想的な農業利用のための生活系廃棄物処理システムの構築を目指すものとする。それは、おそらく“下水道システム”というよりは、“植物生産工場システム”というべきかもしれない。

このような視点でとらえた時、個々の設備・プロセスのコンセプトを以下のように設定する。

適用地域:

水源が不足気味で、経済的にも乏しい農村近郊の中小規模の下水道未普及地域に導入する。

解説) 水源が豊富にある日本のような地域では水需要がひっ迫していないため、下水処理水の有効利用は必要性が少ない。また、処理料金が徴収できる程度に個人所得がある地域では、生活系廃棄物の有効利用の恩恵を受けなくても生活に問題はなく、導入の価値は高くないと考えられる。このシステムは、生活系廃棄物を完全利用することによりシステム運営経費を全て捻出しようとするものであり、生産物の品質が経営に大きく影響するため、原料供給者であるシステム利用者のモラルに期待するところが大きい。また、再利用生産物の大半は水と農産物であり、水が不足していない地域では利用価値が半減することになるため、適用地域を「水源が不足気味で、経済的にも乏しい農村近郊の中小規模の下水道未普及地域」とした。なお、システムは完全クローズド化を目指しているため、究極の適用地域は“宇宙都市(スペースシティ)”になると想定している。

衛生設備:

ペーパー使用量が少なく、衛生的な温水洗浄便座付洋式トイレ(節水型)を導入する。

解説) 温水洗浄便座は日本国内では 70%以上の普及率で、森林資源の節約や水系感染症や消

化器系疾患の予防など、その利便性・有効性は疑う余地はないものの、海外ではほとんど普及していない。主な原因は、その効用が客観的に説明(証明)されてないため、行政主導での普及が行われていないことにあると考えられる。ここでは、その効用を客観的に説明し、適用地域の利用者の理解を得た後、メーカー等の協力も求めて全戸に導入し、利便性を実体験してもらうことにより、本システムの利用者の最大の利点として、その後の連鎖的普及に繋がるように図る。

雑排水:

生ごみ用ディスポーザを設置し、排水の潜在的エネルギー保有量を増加する。

解説) 生ごみ用ディスポーザは、合流式など管路施設の問題から日本でも都市部での普及率は高くない。今回のシステム構築では、管路網の整備から行うため施設上の対応が可能であり、創エネルギーの観点からも野菜くずなどの易分解性有機物の増加はシステム運営に有利に働くと考えられる。また、生活域内から生ごみを迅速に排除できることは、快適で衛生的な生活環境の確保にも寄与できる。そこで、本システムでは、生活環境の改善も含めて生ごみ用ディスポーザの導入を積極的に推進することにする。

排水管路:

完全分流式とし、汚水のみを効率的に収集できる管路網を新設する。例えば、集水対象地域を集合住宅とみなし、建築基準法に準拠した無閉塞型の配管設備で大部分の排水管路網を構成する。

解説) 既存の排水路は雨水排除専用とし、汚水専用管路網を新たに整備することにより、汚水処理施設への流入水の量と質を安定させ、運転管理の簡易化・効率化を実現する。この場合、汚水専用管路網を一般的な基準・方法で整備しようとする、多額の費用が必要となる。ここでは、集水地域が狭い範囲に密度高く分布していることを前提としており、上載荷重をほとんど考慮しなくても済む宅地内配管等で管路網が構成できると考えられる。そこで、管路施設の構造基準等は、集水地域を集合住宅とみなし、建築基準法に準拠した無閉塞型の小口径配管で構成する仕様とした。なお、材質も現地加工が簡単で耐久性も十分な硬質塩ビ等を基本とする。

想定排水水質:

汚水量 60L/人/日,SS;700mg/L,T-N;180mg/L, T-P;20mg/L,

解説) 汚水量は途上国で見られる一般的な使用水量とした。汚濁負荷量原単位は日本の流総と同一とし、使用水量に反比例して濃度が増加するとして設定した。実際の流入水質は、これにディスポーザ排水が加わるので、さらに 10~20%程度増加する¹とされており、想定で

¹ JS 北九州調査。国総研-歌志内調査は 20~50%。

はこれも汚濁負荷に加算する。なお、汚水量は管きよの掃流力にも関係するので、管路システムの流下能力に影響を与える場合は最少汚水量を見直すことも考慮する。

前処理:

し渣・沈渣を分離収集し、バイオガス化あるいは水素発酵による自家発電を行い、処理システムの稼働に必要なエネルギーを自給する。

解説) 排水中に含まれる有機性のし渣や浮遊物は、バイオガス化に最も適した資源である。特に本システムは完全分流式で土砂の侵入がほとんどないから、高効率にバイオガス化が可能である。そこで、本システムでは、節水とディスポーザ使用によりし渣や沈渣の高濃度化を図るとともに、し渣や沈渣を積極的に分離収集し、エネルギーの積極的な回収を図ることにする。

水処理:

N・P の高除去率型処理法の導入により、直接農業(水耕栽培)利用できるかまたは閉鎖性水域の水質保全に寄与できる水質を実現する。(T-N 除去率 90%以上、NH₄-N;2mg/L 未満,T-P;0.5 mg/L 未満,SS;2 mg/L 未満,BOD;4 mg/L 未満 etc.)

解説) 想定排水水質にあるように、このシステムでは高濃度の排水が流入すると想定される。処理水を自然環境に排出することを前提にすると、処理システムには高い除去率が求められるが、このシステムでは後段に次項に示す処理水の仕上げ処理を設置し、かつ処理水も再利用を前提にするので、水処理の目的が異なる。すなわち、このシステムでは水処理では SS 成分の除去が最大の目的であり、溶解成分の除去より省エネルギーを優先した水処理システムであることが求められる。適合処理法としては、例えばコンタクトスタビリゼーション法と膜分離活性汚泥法を組み合わせた「修正コンタクトスタビリゼーション-MBR 法」が考えられる。ただし、この組み合わせによる実証例がなく、システム構築に際しては実効性を検証する必要がある。なお、回収物の農業利用の際に窒素過多の傾向が認められる場合は、水処理に生物学的窒素除去法を組み込むことも考えられる。

処理水仕上げ処理:

通常の水処理では回収できないカリウムなどの無機溶解成分を回収し、液体肥料として農業利用を図る。

解説) 一般に下水汚泥はカリウム成分が不足するといわれるが、これはカリウムが水溶性であり汚水中のカリウムが汚泥として回収されないことが主な原因と考えられる。そこで、処理水の仕上げ処理として消毒の代わりに海水淡水化などに使用される逆浸透膜(RO 膜)を導入することにより、カリウムを含めて栄養塩類を高度に回収する。また、RO 膜処理水は、飲料水並みの水質になるから、様々な用途に利用することが可能になる。

汚泥処理：

エネルギー回収と 100%農業利用を実現する嫌気性消化(バイオガス・リアクター)-コンポスト化システムの採用。

解説) 下水から分離収集されたし渣や浮遊物は、域内の農・畜産業から発生する農作物廃材や糞尿なども一括してバイオガス化して自家発電する。嫌気性消化は、農作物廃材などと混合することにより、高濃度の乾式嫌気性消化の採用が可能になる。また、発電方式としてコージェネレーション方式を採用することにより、電力と温水が同時に供給でき、エネルギー自給率が非常に高いバイオガス-発電システムが実現できる。さらに、消化処理後の汚泥はコンポスト化する。この汚泥は生活系廃棄物のみを出発点としたもので、重金属などの有害物質は含まず有機物の安定化も進んでいることから、簡易なコンポスト化設備により効率よくコンポストが製造でき、農作物の栽培に適した堆肥が供給できると考えられる。

前処理・汚泥処理返流水：

高濃度の栄養塩類を液肥として農業利用するための回収・調質を行う。

解説) バイオガス化(消化)工程や脱水・コンポスト化工程から発生する脱離液には高濃度のアンモニア性窒素やリンが含まれ、これらの濃度をうまく調整すれば良好な液体肥料として農業利用が可能である。高濃度の N,P の除去に有効な省エネ型の処理方法として、MAP 法(リン回収)やアナモックス法(窒素除去)が開発されており、これらによる調質処理により利用目的に応じた液肥を製造する。

なお、その他の水溶性無機成分は、処理水とは別に RO 膜処理を行うことにより、カリウムを含めて栄養塩類を高度に回収することも考慮する。

農業利用施設：

生活排水を原材料とする農業利用施設として、植物(野菜)工場と圃場、畜産施設をシステムに組み込む。

解説) 植物(野菜)工場は、水耕栽培を原則として、肥料や温度・湿度、炭酸ガス濃度などを自動的に制御して植物を栽培する施設であり、日本でも多くの開発・実用化事例が報告されている。植物(野菜)工場では、このシステムの生産物のうち、高濃度栄養塩類が液肥として利用できるほか、自家発電で発生する温水や排ガスなどに含まれる炭酸ガスも有効利用が可能である。

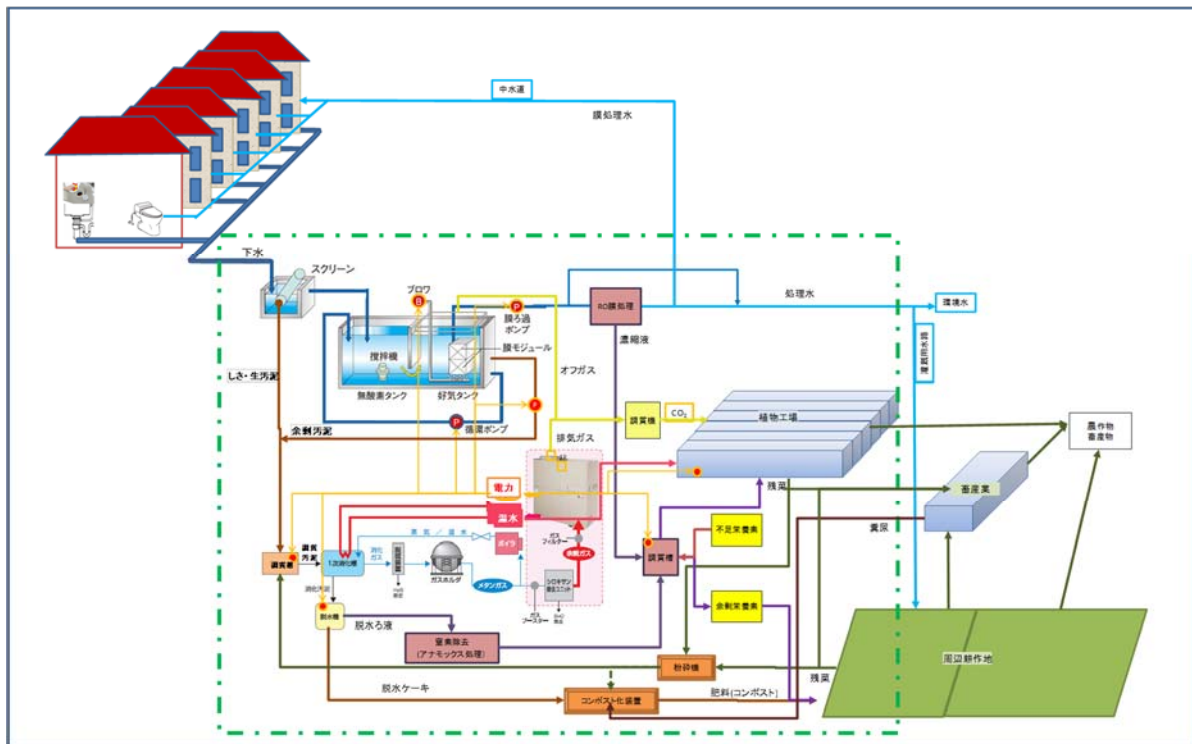
一方、圃場では、回収リンやコンポストの施用地として利用が可能である。また、生産物のうち、出荷できない残渣は、畜産肥料やバイオガス化原料としての再利用も期待できる。畜産施設は、農作物残渣の受け皿になるほか、糞尿の栄養塩類バランスや濃度が人間と異なるため、その廃棄物を農業用肥料の組成調整材料として利用することが考えられる。

運営形態と負担方法；

地域の農業組織が運営し、管理に必要な高度な技術は省や市などのより広域な組織がインターネット等を介して遠隔で支援する。原則として、システム構築に必要な建設費は公費負担、運営費は地域負担とする。

解説) システムは、水処理施設のほか野菜工場や圃場、畜産施設を備えるものであり、その運営管理には、水や汚泥の処理分野のほか農業分野の専門的な知識も必要になる。処理施設に関しては自動制御や遠隔監視の導入などにより現場管理業務の簡素化が可能であるが、農業分野については自動化を図ってもなお現場の専門知識が必要になる。また、生産品質の向上や流通ルートの確保が直接収益の増加につながり、運営費用の負担軽減にもなるので、地域の農業に直接従事している組織・人材がシステム運営に当たることが望ましい。一方、処理分野は、問題が生じた場合に高度で専門的な知識が必要になるので、より広域的な監視・支援組織を設立し、バックアップ施設・体制を整備することが求められる。なお、この施設では、将来の改築更新も視野に入れた施設・設備のデータベースを構築することにより、運営管理のさらなる効率化が期待できる。

資金のうち建設費は、システム構築には多額の初期投資を必要とするので、原則公費負担とする。一方、運営費は、農業生産が軌道に乗れば利益を出すことも可能と考えられるので、地域負担とすることが想定される。なお、収益が上がれば、污水处理料金の徴収が不要となり、さらに初期投資の回収やバックアップ施設の運営費負担も期待できるようになる。



システム・イメージ図