

生産型下水道システム”ACE II”の構築に向けて（要約版）

（2021.4 川口幸男）

ACE IIは、従来の廃棄物有効利用技術のアプローチとは異なり、生活系廃棄物の根幹をなすし尿や生ゴミを含めた食品系廃棄物全体を「原材料」とする“生産型下水道システム”を構築しようとするものである。

概要を以下に示すが、机上検討の結果は、エネルギー生産では生ゴミを加えることにより発電量が大幅に増加し、生産システム全体のエネルギー自立が可能と試算された。また、生産総額では、農産物の売上高が発電等も含めた生産額全体の約 9 割を占め、システム全体の自立経営の道が期待できる結果であった。

分散型社会の構築の必要性が盛んに叫ばれるようになってみると、提案技術は、途上国の下水道事業ばかりでなく今後の社会全体の在り方にもヒントを与えられるものであると思う。

有効利用システム基本フロー

有効利用システムの全体イメージを図-1に示す。また、選定した主なプロセス技術を表-1に示す。

表-1 主な選定プロセス一覧

プロセス区分	対象物	選定プロセス
前処理・収集システム	し尿	水洗式トイレ(希釈無処理方式)
	固形廃棄物(生ゴミ)	ディスポーザ
水処理(資源回収)システム	栄養塩類	逆浸透膜(RO膜)
	微粒子物質・溶解性物質	コンタクトスタビリゼーション-MBR法
前処理プロセス(精製技術)	引抜き汚泥(余剰汚泥)	浮上濃縮/ベルト式ろ過濃縮
	濃縮汚泥	圧入式スクリープレス脱水機/回転加圧脱水機/ベルトプレス脱水機
エネルギー生産プロセス	濃縮汚泥/作物残渣/畜産廃棄物	メタン発酵(バイオガス化)施設
	消化ガス	発電施設(コージェネレーション方式)
農業利用プロセス	脱水汚泥/作物残渣	堆肥化施設/圃場(堆肥利用)施設
	RO膜濃縮液/発電排ガス/温排水	植物工場施設
	農作物残渣	畜産施設
その他有効利用プロセス	処理水	中水道施設
	温排水	熱交換設備

水処理(資源回収)システムは、まず固液分離して固形廃棄物を回収後、残った液状廃棄物は高負荷型の活性汚泥処理により、溶解性有機物を微生物体に変換して汚泥として回収し、膜分離活性汚泥法(MBR)の処理水は、更に逆浸透膜(RO膜)により固形物としては回収できないカリウム等の栄養塩類を回収することを想定している。

回収固形物(汚泥)からのエネルギー回収は、このフローではバイオガスを用いたコージェネレーション方式の発電を想定しているが、開発が進めば濃縮汚泥を用いた微生物燃料電池(MFC)に置換えることが考えられる。

また、処理水以外からの栄養塩類の回収は、固形物は脱水して堆肥化、脱水ろ液はRO膜により栄養塩類を回収し、汚水のRO膜濃縮液と共に液体肥料の原料として利用することを想定している。

なお、プロセス技術の選定では詳述しなかったが、植物栽培の場合、空気中の二酸化炭素濃度を高く

することにより光合成が促進されることが報告されている。エネルギー生産に付随して発生する二酸化炭素を植物工場に供給することにより、地球温暖化ガスの削減と併せて作物の成長促進を図ることとする。

事業の採算性

収支計算結果から、処理人口1千人1日当たりの主な物質収支をまとめて表-2に示す。なお、備考欄には想定に用いたプロセスと設備容量をわかる範囲で記入した。

表-2 主な物質収支(処理人口1千人1日当たり)

プロセス区分	対象物	総量	SS(TS)	T-N	T-P	K	備考(設備容量等)
		t(m ³)	kg				
(食料供給総量)		1.3	550.0	12.9	1.7	3.4	—
生活系水処理(資源回収)	流入汚水	310.0	135.0	12.9	1.7	3.8	—
	反応タンク流入水	309.2	55.0	11.3	1.5	3.3	コンタクトスタビリゼーション-MBR:3.5時間(45m ³)
	処理水(RO膜)	293.3	0.0	0.8	0.0	0.1	pH調整2段RO膜処理法
汚泥処理	メタン発酵投入汚泥※	4.3	687.9	41.9	9.7	49.4	バイオマス混合消化:25日(125m ³)
	脱水汚泥※	1.1	215.9	18.2	4.2	21.4	回転加圧脱水機:100kg-DS/h/m ² (0.09m ²)
農業利用	液体肥料※	12.9	5.5	33.5	6.3	34.3	—
	堆肥※	0.3	201.0	16.3	4.2	21.4	50日(1+2次発酵)(54m ³)
	圃場生産物	0.6	328.9	6.7	1.2	2.4	農地(18ha)
	植物工場生産物	0.3	29.0	0.5	0.1	0.9	—
	畜産生産物	0.2	63.5	4.9	0.4	0.4	—
エネルギー生産等	消化ガス(Nm ³ /日)	総量	CH ₄	CO ₂	H ₂ S	N ₂ 他	—
		282.3	169.4	107.3	0.0	5.6	—
	発電量	543 kW/日(1.75kW/m ³)					マイクロガスタービン:
	温水	11.4 m ³ /日(85°C,熱量 742Mcal/日)					13Nm ³ /h/25kW(22.7kW)

※) 農業利用リサイクル分を含む。

表によれば、処理人口1千人当たりの流入汚水量310m³/日に対して、農作物が日量1.1t(約400t/年)、発電量が543kW/日(流入水1m³当たり1.75kW)が見込まれることになる。設備容量を比較すると、システムが成り立つための最小規模の制約になるのはマイクロガスタービンと考えられる。発電は24時間連続で行う必要があり、現在市販されているマイクロガスタービンの最小のものは発電能力25kW程度である。人口1千人1日当たりの必要設備容量は22.7kWであるから、稼働率を勘案すれば処理人口1千人を最小単位としてシステムを構築することが可能と考えられる。

物質収支で想定した生産物の処理人口1千人当たりの年売上高を表-3に示す。表に示した設定単価はIT検索で得られた日本の一般的な価格である。表によれば、処理人口1千人当たりの年間の総生産額は約1億4千万円になり、流入水量当たりでは1,272円/m³になる。前掲の試算からシステムの運営費用を500円/m³程度とすれば、生産原価は売上の約40%と計算され、採算性が十分見込める事業といえることができる。

表－3 主な生産物の生産額(処理人口1千人当たり)

農産物生産量					売上高占 有率(%)
区分	作物	収量(t/年)	設定単価(千円/t)	売上高(千円/年)	
圃場	穀物・野菜等 ^{※1,2}	209.9	—	19,604	13.6
植物工場	野菜等 ^{※2}	119.8	—	67,809	47.1
畜産物	牛肉・鶏卵等 ^{※3,4,5}	78.3	—	39,189	27.2
計		408	—	126,601	88.0
その他生産量					—
項目	年間生産量	設定単価		売上高(千円/年)	—
電力 ^{※6}	198 千 kWh/年	15 円/kwh		2,973	2.1
温水 ^{※7}	271 Gcal/年	2.2 円/MJ		596	0.4
RO膜処理水 ^{※8}	107 千 m ³ /年	128 円/m ³		13,703	9.5
その他生産量 計				17,272	12.0
総生産額				143,873	100.0
流入水 1 m ³ 当たりの生産額 (円/m ³)				1,272	—

※1) http://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_zyukyu_kakaku/attach/pdf/index-135.pdf

※2) 卸売数量・価額・価格 2017

※3) 畜産物流通統計 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500227&tstat=000001044816&cycle=0&year=20170&month=0&tclass1=000001034718>

※4) 東京の卸売価格 2017 https://www.alic.go.jp/joho-c/joho05_000073.html

※5) JA 全農たまご株式会社 <http://www.jz-tamago.co.jp/souba/quote/find>

※6) 全国の電気料金単価(高圧) <https://pps-net.org/unit>

※7) 熱供給料金 <http://www.marinavi.com/images/プレスリリース/2006/20060925> ■熱供給料金の改定.pdf

※8) 水道料金(東京都)

まとめ

生活系廃棄物を原料とする生産型下水道システム”ACE II”の構築について検討してきたが、ACE IIは採算性を十分見込める事業であると結論された。試算された生産額の内訳をみると、約 9 割が農産物であり、生活系廃棄物の有効利用システムの事業化には、農作物生産を組み込むことが必須条件であることが明らかになった。

内容はまだまだ未熟であり実現までには多くの課題が残されているが、同様なアプローチに基づく技術が早期に実現されることを期待する。

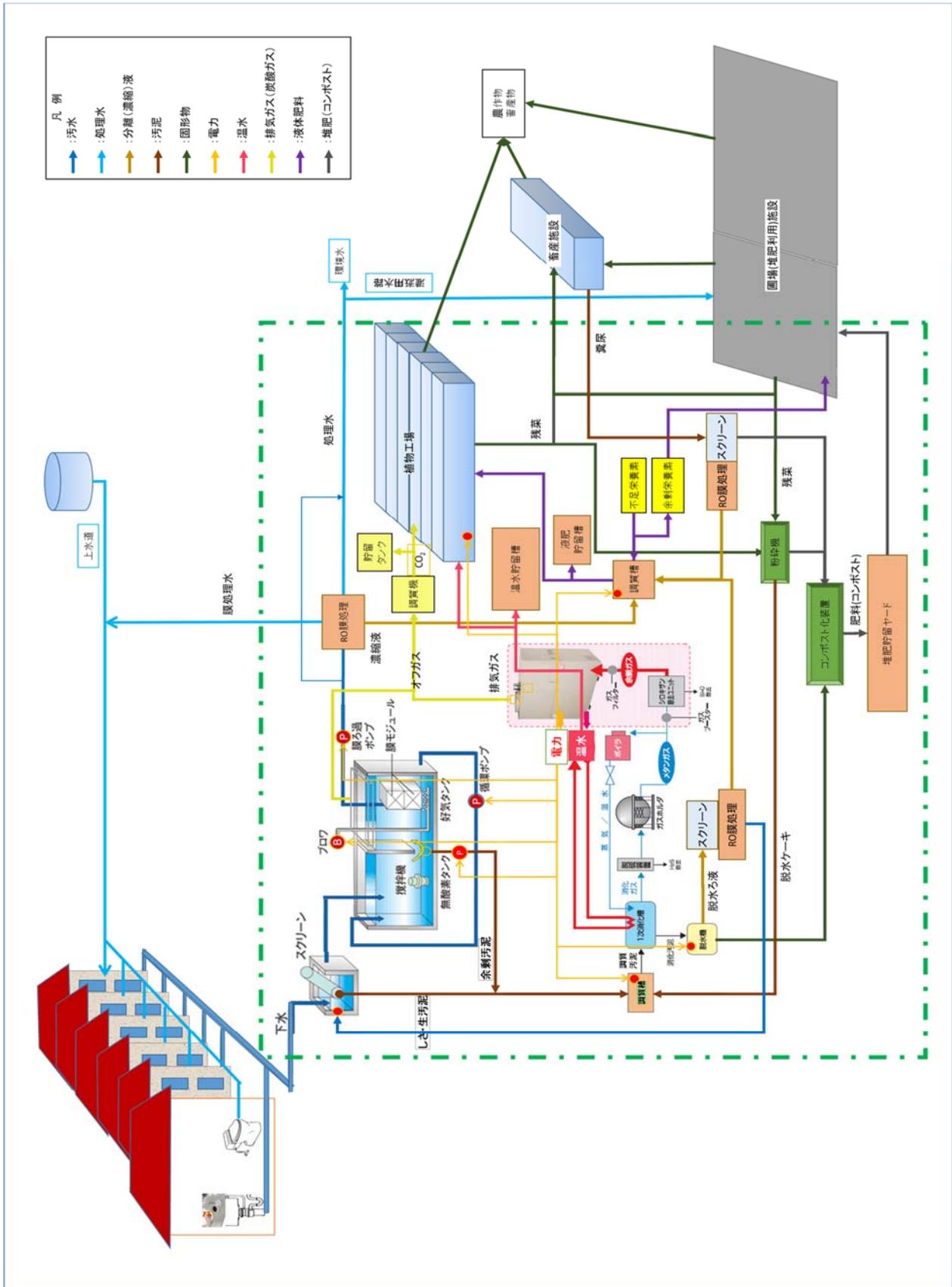


図-1 有効利用システムのイメージ