連 載 海外環境技術展望 (第 6 回)

都市ごみのバイオガス化装置

—VALORGA プロセス—

森

勇^{*}

1. はじめに

都市ごみを初めとする各種の燃料用ガス化に関する研究開発は、1970年代から欧米諸国の多方面において広くおこなわれてきた。それら技術は原理的には大部分がいわゆる熱分解方式であって、分解率が高く反応速度が大きいところにメリットが見出されていた。しかしながら、原油価格が低値安定している現在では、種々の事情で操業中の施設は、僅かなローカルの小規模施設以外は、皆無に近い状態である。

しかし嫌気式消化法による有機性廃棄物のメタンガス発生は、下水汚泥や高濃度産業廃水を中心として広く世界的に普及しており、エネルギーの需要バランスに関りなく確固たる地位を築いている。

バイオテクノロジーを専門とするフランスのパロル社は、都市ごみ、産業廃棄物、農業廃棄物および汚水処理汚泥などを原料とした、金属回収・メタン発酵・有機肥料化・残渣焼却熱回収を連続工程でおこなう工場装置を開発して、現在国内で実施に移行していることが報じられている。

フランスは、古くから欧州でも有数の農業国であり、同時に微生物の研究もさかんであるところから、この種の技術は数多く開発されているが、ここに紹介する「VALORISATION DES DECHETE URBAINS」は、それらのうちの代表的事例である。

都市ごみや農業廃棄物をバイオマスとしてメタンガス化の原料にする上での難点は、汚泥や尿尿に比べて分子構造が大きく強固であり細胞質も温存されている上に、消化性の悪い異物の混入が多く成分的にも均一性に欠き、微生物や酵素による分解作用を受け難いことである。しかしこの問題は、嫌気性消化技術をもつ

と普及させるためには、どうしても解決すべきことであり、この手段としてメタン発酵に先立つ液化工程を強化して、蛋白質と脂肪分の加水分解と繊維素の脆弱化や予備分解を促進させる研究が、世界の各期間で進行中である。

このような傾向は、熱分解方式よりもクリーンなガスが安定してローコストで得られるという、実用上のメリットが近年認められ一段と工業化が進むひとつの証拠であろう。

そのような観点から、このVALORGA プロセスの技術の革新性と有効性を十分掘下げて論評してみたい。

2. プロセスの概要

VALORGA プロセスは、概念的には図-1に示すような工程で構成されている。

第1工程は、車輻で搬入されたごみを受入れ、ごみの粉碎と（粒度80～100mm）と、鉄や比重の大きい非消化物質の選別をおこなう。

第2工程は、加温式密閉タンクの中で、スラリー状にされたごみは、37℃15日間の嫌気性発酵反応を受けて、メタンガスを発生する。発酵終了後の消化液は、タンク外で圧縮脱水され固形分60%のケーキ状となり、分離液は粉碎された新しいごみと混合してスラリー状にするため再循環される。

第3工程は、消化ケーキの選別再利用工程であり、細かくほぐされたケーキは異物を分離除去され、有機肥料として農村へ還元される。

第4工程は、脱水ケーキから分離された可燃性物質（紙、プラスチック、木など）を熱分解炉で燃焼して、その排熱はメタン発酵タンクの加温に利用する。

第5工程は、メタンガスのエネルギー利用であり、地域のガス供給ネットワークに接続するか、ガスエン

* (株) 荏原製作所開発企画部担当部長
Isamu MORI

図-1 VALORGAプロセス概念系統図

図-2 VALORGA プロセス 物質・エネルギー収支

ジンで発電するなど、現地のニーズに合わせた方式が選択できる。

VALORGA プロセスは、以上のような処理系統をトータルにまとめた、廃棄物の保有するエネルギーと資源を完全に利用し尽くすことを目的としたシステムといえよう。図-2は、生活系のごみ1トン当りのリサイクル生産物の内訳を示したものである。

3. プロセスの特徴

下水汚泥や高濃度廃水の嫌気性メタン発酵技術は、日本でも古くから広く実施されてきたものだが、水分含有量の少ない都市ごみのような固形廃棄物については、スターダスト'80等で実験的に試みられた程度であった。ごみの嫌気消化が困難とされている背景には、

- ・最近の都市ごみには、金属・プラスチックのように

消化不適物が多く混入していること。

- ・セルロース系の難分解物質を多く含んでいること。
- ・粗大な夾雑物が多く適正な反応タンクの操作に対する障害が多いこと。
- ・ごみを流動性の良いスラリー状にするには、大量の水を加えねばならず、そのために水の加温にごみ自体の加温の数倍の熱量を消費すること。
- ・消化後の廃水のBODが非常に高いため、その処理のために回収したエネルギーがほとんど消費されてしまうこと。

などの汚泥や廃液の消化とは異なる多くの問題点を有するからである。

VALORGA社は、これらの問題を解決して、ごみから嫌気消化によりメタンガスを効率よく回収するために、次の三つの要素技術を中心とした新プロセス

を構成して工業化に成功したものである。

消化液循環スラリー化

投入する原料ごみの含水率は平均45%であり、これを流動化に必要な最低含水率90%まで希釈するため、消化液を返送して用いている。消化液には未分解の粒大異物が残存しているので汙過分離してから返送する。液温はほとんど消化温度を保っており、嫌気性菌体を多量に含有している事もこの方式の大きなメリットである。ごみの持込水分と持出水分とはほぼバランスするので、熱ロスや消化液処理は考慮の必要がないとされている。

二相消化工程

ごみのような固形有機物のメタンガス化反応を効率良く進行させるには、動植物性残渣の細胞質を加水分

解して有機酸に転換しておくべきであるとされている。VALORGAはこの考えを採用し、生物相の異なる二個の発酵タンクに直列に接続して、可溶化酸発酵とメタン発酵の反応を完全に分離している。この二相工程により微生物の拮抗作用による遅滞留日数を短縮することに成功したとのことである。

メタン発酵タンク

下水汚泥消化タンクには、卵形や亀甲形など消化機能や水理学的合理性を追求するあまり特殊な形状をした方式が見られるが、VALORGAプロセスで採用されている発酵タンクは、非常にシンプルな円筒形状のタンクである。

槽内は、図-3の如く断面の半分を隔壁で仕切られており、供給物が短絡流出するのを防止し、かつ加温効果を妨げないように配慮されている。消化ガスは槽頂より取り出しガスコンプレッサーで加圧し槽底全面に設けたデフューザーから均一に噴出させて、固形物が沈澱堆積したり水面に浮上してスカム化するのを防止している。タンクの構築材質は鋼板で外側に保温材を添付し表面は亜鉛鍍金鉄板で仕上げられている。発酵状態の監視は、温度とpHおよび発生ガス量によって行われるとされているが、補助的にORPも測定していると考えてよいだろう。

図-4は、VALORGA プロセスによる都市ごみ資源化施設の構成を示したものである。

図-3 メタン発酵タンクの構造

図-4 VALORGA 都市ごみ資源化トータルプロセスの構成

4. 実施例の紹介

当初、容量20ℓのラボテストと5㎡のベンチスケールテストを実施し、スケールアップのための多くのデータを採取した。これらの結果にもとづいて大型パイロットプラントをフランス南東部の農村に設置し、1984年より3年間の連続操業に成功し、これでVALORGA社としては自信をつけて商品化に乗り出したと見える。以下に、このパイロットプラントの概要を示す。

ラ・ビシー テストプラント

ごみ処理量 20～28ton / 日

図-5 ラビシーに設置された施設の全景

メタン発酵タンク 全容量500㎡（液部400㎡）

発酵温度 37℃

滞留日数 15～20日

供給ごみ含水率 60～65%

消化残渣含水率 67～72%（脱水後35%）

槽内液有機物量 8～8.4kg / ㎡

ガス発生量（槽容積当り） 4.2～4.8㎡ / 日

ガス発生量（ごみton 当り） 152㎡

ガス発生量（1日当り） 2000㎡

発生ガス組成 CH₄ : 60% CO₂ : 40%

H₂S : 20～4000p.p.m.

有機物ガス化率 50%

消化脱水スラッジ生産量 8～10ton / 日

消化脱水スラッジC / N比 12～15

コンポスト販売価格 パラ積み 200F / ton

袋詰め 600F / ton

脱硫精製ガス ガス公社に0.05F / ㎡で売却

コンポスト化された消化汚泥は、窒素分に富む弱アルカリ性の良質の土壌改良剤として、協同組合を通してNUTRISOL38の商品名で頒布されている。

この施設の成績は各方面から注目されており、既に表1のように多くの都市や事業体と契約もしくは仮契約をしており、EC諸国からも計画依頼を受けている

表1 VALORGAプラント実施・計画状況

施設	ラビシー	アミアン	ドーレン	ゲレー	ロリアン	ダンケルク	ニーム	サンブリュー
事業体	SMAV	アミアン市	SIRTOM	SITOM	SIVOM	SIVOM・SIRTOM	ニーム市	サンブリュー市
事業参加自治体	16地区	アミアン市 ドーレン市	103地区	26地区	6地区	140地区	ニーム市 他20地区	サンブリュー市
工事契約日	——	1986・11・27	1986・12・26	1986・12・19	1987・4・7	1987未	1987・7・27	1987・9・25
着工日（予定）	——	1986・11・26	（1988・3）	（1988・1）	（1988・3）	（1988 初）	（1988・8）	（1988・3）
完成日（予定）	1984・4	（1988・9）	（1988・10）	（1989・3）	（1989・3）	（1990 中）	（1989・11）	（1989・12）
処理規模 （ton / 年） および 内訳	16,000 家庭ごみが主体	111,000 アミアン市ごみ 91,000 汚泥 5,000 ドーレン市ごみ 15,000	28,000 将来拡張 36,000	26,000 家庭ごみ 22,000 下水汚泥 4,000	69,000 家庭ごみ 35,000 65,000 病院廃棄物 1,000 粗大ごみ他 3,000	100,000 将来拡張 35,000 家庭ごみが主体	88,400 家庭ごみ 82,000 農業廃棄物 4,600 病院廃棄物他 1,800	30,000 家庭ごみ 25,000 産業系、医療系 事業系廃棄物 5,000
構成設備	既設コンポスト プラントにメタン 発酵 焼却熱回収を増 増設	破碎・選別 メタン発酵 養生精製 焼却熱利用	破碎・選別 焼却熱利用	破碎・選別 メタン発酵 養生精製 焼却熱利用	破碎・選別 第二次選別 メタン発酵 養生精製 焼却熱利用	破碎・選別 メタン発酵 養生精製 焼却熱利用	破碎・選別 メタン発酵 養生精製 焼却熱利用 管理埋立 埋立ガス回収	破碎・選別 メタン発酵 養生精製
工事請負者	VALORGA	VALORGA SOFREGAZ	VALORGA DOUFLO	VALORGA	VALORGA	VALORGA	VALORGA	VALORGA
運転管理者	指定業者	SOTRADEP （V社傘上）	未定	VADRUC （V社傘下）	未定	VALORGA の系列会社	指定業者	未定
回収資源の 活用先	バイオガス： フランスガス公社 消化汚泥肥料： SMVが NUTRISOL 38の商品名で 販売	バイオガス： フランスガス公社 消化汚泥肥料： AGRIVAL社 高温焼却： ユーロリジ社 へ 低温焼却： 温室栽培用	焼却： 園芸温室用	バイオガス： フランスガス公社 消化汚泥肥料： AGRIVAL社 高温焼却： 園芸温室用	バイオガス： フランスガス公社 消化汚泥肥料： AGRIVAL社 高温焼却： 温室栽培用	バイオガス： フランスガス公社 消化汚泥肥料： AGRIVAL社 高温焼却： Borax社 低温焼却： 園芸温室用	バイオガス： フランスガス公社 消化汚泥肥料： AGRIVAL社 焼却焼却： 10ha温室用	バイオガス： フランスガス公社 消化汚泥肥料： AGRIVAL社 焼却焼却： 蒸気にて病院へ 供給

図-6 VALORGAプラント建設状況
模様である。

それらの依頼者の傾向としては、農業地帯を後背地に持った地方の中小都市が多いようであり、焼却炉とメタン発酵設備の組み合わせによる熱エネルギーの相互補完のプロセスがかなりの率で採用されている。

5. あとがき

都市ごみのメタン発酵技術については、我国におい

てはすでに昭和50年代の前半に、工業技術院大型新技術開発プロジェクト「スターダスト'80」で研究開発された「資源再利用システム」の構成要素として、30 ton/日のデモンストレーションプラントが横浜市に建設され長期間実証運転を実施している。この成果は（財）クリーン・ジャパンセンターに移管されて商業プラントの普及活動が現在もなされているところである。ここで報告したような実規模の施設が、欧州において企業化に成功していることは、日本におけるこれからの普及促進にたずさわる関係者にとっても、心強い援軍となることだろう。来年度には、さらに数ヶ所で運転に入る模様であるから、各種データ等の詳細が提供されよう。その時点で前述の我国で実施した研究の成果と突き合せて、多角的な評価をすることにより多くの情報が得られることを期待するものである。

参 考 文 献

- 1) Claude ROMEC "Valorga - La Buisse ait peau neuve" Combat Nature 1987年8月
- 2) "Umweltfreundliche Abfallverwertung" CHEMISCHE INDUSTRIE 1987年7月
- 3) "Methanisierung von Abfall" Umweltmagazin 1987年6月
- 4) "Biogas-total use of urban waste"
- 5) "Urban waste recycling plant in France" ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY 1987年6月
- 6) "イムバ社・廃棄物メタン化装置を開発" 日刊工業新聞 昭和62年4月20日
- 7) "都市廃棄物からバイオガス" 化学工業日報 昭和62年3月20日
- 8) パロルガ社 技術資料・カタログ

海外環境情報

AAASのPREPは“人口、資源 および環境論”の出版を準備中

PREP prepares volume on theories in
population/resources/environment H2101435

米国科学振興協会（AAAS）の人口・資源・環境計画（PREP）は、“人口、資源および環境：科学、思想および知的慣習の相互作用（Population, Resources, and Environment: The Interplay of Science, Ideology, and Intellectual Traditions）”の発行を計画し、現在および過去の学説と研究に焦点を当てることになった。1988年に刊行を予定しており、例えば、人口のような課題に対する科学的小および非科学的なアプローチは、容易に区別可能、というような考え方を消すのに役立つであろう。むしろ、

（日本科学技術情報センター 許可第文-6225号）

法律、経済、社会、自然科学など関連分野の包括により、標記課題の現状認識を妨げている混乱および誇張を取り除くことが期待される。例えば、人口増がいかにかに経済成長に関係するか、人口と社会組織はどのように関連するか、という質問がたびたび提出される。大きな大学では人口問題に考慮が払われているが他大学ではあまり取り扱われていない。

'87年8月に、執筆者はCambridge大学のPembroke校に集まり3日間討議した。執筆者の15名は人文、社会、自然科学の欧米における著名な学者であり、AAASのM.S.TeitlebaumとPembroke校のJ.M.Wintersが中心になる。

WILSON A A

E078A Science 238 [4823] 86-87 (Oct. 2, '87)