海外情報

第4回国際嫌気性消化シンポジウムに参加して

森 勇*

表1 シンポジウム概要

1. はじめに

1985年11月11日から15日の5日間、中国広東省広州市で開催された第4回国際嫌気性消化(沼気)シンポジウム(Fourth International Symposium on Anaerobic Digestion)に出席する機会を得、さらに農村部におけるメタンガス製造とその利用状況を視察することができたので、本誌上でこれらにつき報告したい。

このシンポジウムは2年毎に開催されている国際会議で、過去3回即ち英国、ドイツそして2年前の米国ボストンに引続いて今回は4回目であった。

2年後にはイタリアで第5回が開かれることに、会議の最終日に決議されていたが実際にイタリア本国で受入れられたかどうかは今のところ未確認である。

各種の有機性廃液や汚泥から嫌気性消化によってメタンガスを発生させ、家庭や産業分野で利用しようとする技術は、近年、特に非産油発展途上国でさかんに採用され実施されるようになっていいる。中国もその例に洩れず、小は農村個人住宅用の小規模のものから大はアルコール蒸留工場等に建設される大規模施設まで、用途や気候風土に応じてかなりバラエティーに富んだ実用的装置が普及し定着している。このことはこれまで各種の情報メディアを通してある程度承知はしていたが、今回シンポジウムに参加して直接見聞することが出来て認識を新たにしたい次第である。

2. 第4回国際嫌気性消化(沼気)シンポジウムの概要

このシンポジウムの概要と実行委員会の構成は、表1に示したとおりで、かなりテーマと内容が限定されたものであったにもかかわらず、参加人員や発表件数を見る限りではなかなか盛会であったと言ってよからう。

◆開催時	1985年11月11日～15日 (15日は近郊施設視察)
◆開催場所	中国広東省広州市 広州交易センター内会議場
◆主催者	中国沼気協会、世界エネルギー会議中国国家委員会
◆実行委員会メンバー	
委員長	呉文 博士 中国
副委員長	ウェントウォース 米国
会計	屠嘉祺 中国
委員	ゴース 博士 インド
	ノルモンド博士 ブラジル
	レッティング博士 オランダ
	ニンス 博士 ベルギー
	ファンデンベルグ カナダ
	高新民 中国
	謝志恒 中国
顧問	スタホード博士 英国
	シー 博士 米国
	陳汝深 マカオ
事務局長	鄧可蘊 中国
補佐	徐曾符 中国
◆参加人員	300名(中国側200名)
◆参加国	40ヶ国
◆発表論文内訳	
	論文 ポスター
世界的視点からの展望	5 3
農業技術への応用	9 45
工業技術への応用	10 28
基礎理論研究	6 21
回収資源の活用	11 11
細菌学的研究	2 3
計	43 111

シンポジウムを主宰した委員長の呉文博士は、中央経済委員会科学院広州分院長の要職にある方で、英語も達者でウェントウォース副委員長とコンビを組んで円滑に会議を進行させていた。

* (株)在原製作所開発企画部担当部長
Isamu MORI

また企画運営の実行機関の事務局は、日本の農林水産省に当る中国農牧漁業部に置かれ邓可蘿女史が総指揮をとっていて、小人数ではあったがよく組織されサービスも行きとどいていた。

会場には地元のテレビチームも取材に現われ、初日の夜のニュース番組でかなり詳しく紹介されていたし、地元の新聞にも関係記事が掲載された。

3. 開催地広州市について

広州市へは香港から1日2往復、中国側で運行している直通の特急列車を利用した。香港側の出国手続は

写真1 テレビチームの開会式取材

南方日報

NANFANG RIBAO

第13036号
(代号:45-1)

1985年11月
15
星期四
庚申年十月初四
小寒 04:00 晴
广州 04:00 晴
白天 多云偶雨
夜间 阴有雨
风向 东北转东南
风力 一级二級
湿度 70%~80%
气压 101.2
晴温12℃

写真2 会議の成功を報じる地元紙

九龍駅、中国側の入国手続は広州駅でおこなわれ途中の羅湖で国境警備隊の乗降のための数分間の停車があるだけで、ノンストップ約3時間の快適な旅を車窓から南国の農村風景を眺めつつ楽しむことができた。

広州市は中国の南の玄関口、阿片戦争で知られている広東省の省都である。亜熱帯の樹木が繁る広大な農村地帯を後背地に有し近年は深圳地区の工業化も進み、経済活動も活況を呈して街路には老若男女が雑踏を極め商店も賑わっている

会場となった交易センターは、展示会用大ホールの他に各種の小ホールや会議場を有し、シンポジウムの会期中も兵庫県物産展が開催されていた。

ホテル宿泊料や食事代などの値段も北京・上海に比べてかなり安いそうであり、香港経由の交通も至便であり気候が温暖な人や人心が穏やかなことと合わせて、我々旅行者にとっても非常にありがたいところで開催されたと思う。

指定された宿舎のホテルもゆったりした間取りと近代的設備の欧米並みのものでサービスも大変良かったが、料金も食事代も共に格安でこれまた感謝感激であった。旅行者も年々増えつつあり、いつまでこの状態が続くかは保証の限りではない。

4. 研究発表の内容と全体的傾向

発表論文の内容は、現場の経験に即した実用的なものでから遺伝子工学関係の高度なものまで、非常にバリエーションに富んでおり、テーマと発表者(代表1名のみ)を列記すると表2のとおりである。

全体的傾向としての印象を以下に記す。

- (1) 中国南部には小規模バイオガスプラントが想像以上に普及しており、特に農村基盤として組み込まれている。また近年はインドや中南米でも同様に普及成果が上がっている。

写真3 晩餐会での歓談

表2 発表論文テーマと発表者リスト

セッション1 全般的展望	
1-1	中国におけるメタン発酵技術 崔璇(中)
1-2	欧州におけるメタン発酵技術 ニンス(ペ)
1-3	ラテンアメリカでのメタン発酵の経験 カセレス(エ)
1-4	北米でのメタン発酵開発状況 ポーランド(米)
1-5	南米におけるメタン発酵技術 ノルマンド(ブ)
セッション2 農業分野での応用例	
2-1	固体廃棄物のメタン発酵 ワイズ(米) 農業発生ごみのバッチ式発酵によるメタン回収
2-2	農村用メタン発酵装置の研究 趙中華(中) セルロース系農業ごみの二相消化における可溶化、酸発酵、メタン発酵メカニズムプロセス
2-3	養豚糞尿の常温消化のパイロット研究 徐浩泉(中) 無加温二相消化、冬季7°C HRT15日ガス発生率0.29m ³ /kgTS、夏季24°C HRT3.4日ガス発生率0.26m ³ /kgTS、の成績を得た。
2-4	麦ワラ・唐モロコシと畜糞の混合消化 ダービス(米) 35°C100日滞留にて0.24m ³ CH ₄ /kgVSを発生。
2-5	農業廃棄物と牧草の混合消化 大井 進(日)
2-6	畜糞によるバイオガス製造 ケラー(デ) 固定床式発酵槽により35°C HRT18日 ガス発生率0.33m ³ /kgVS、30°CCHRT23日、0.36m ³ /kgVS
2-7	北京中独共同嫌気性消化技術開発 王孟杰(中) 個人住宅用メタン発酵槽の経済評価と設計マニュアルおよび車載式テストプラントの紹介
2-8	中国におけるバイオガスシステムの経済性 黄志杰(中) 施設規模、耐用年数、建設費と収益など
2-9	バイオガス成生上の操作条件とリアクター型式比較 ラウオン(ネ) 間欠注入、滞留日数、消化温度、スラリー含水率などの影響と円筒型、球型、トンネル型の3型式の比較論。
セッション3 工業分野での応用例	
3-1	中国における産業廃水処理におけるメタン発酵技術 王祖宣(中)
3-2	UASB式嫌気性汚水処理プロセス レッティング(オ) プロセス概説、スタートアップ上の留意点、種汚泥、対象廃水と操作条件、運転負荷、不溶解性基質等の問題。
3-3	下降流生物膜および上向流ブランケットリアクター ファンデンベルグ(カ) 両型式の特性と処理性能比較、応用例。
3-4	食肉加工廃水のUASBリアクタによる処理 鄭元敢(中)
廃	
3-5	UASBリアクタの特性と生物学的研究 吳唯民(中) ラボスケールプラントでアルコール廃液によるトレーステスト、各種の運転条件による処理特性をつかみグラニュール生成因子と生物相の相関関係等について研究。
3-6	イタリアにおける大型嫌気性リアクタの食品廃水への適用例 ブレゴリ(伊) 3000m ³ /dのビート砂糖プラントと500m ³ /dの野菜加工缶詰工場における固定床リアクタの運転データ。
3-7	嫌気性回転円板式バイオリアクタプロセス ロー(カ) ラボスケール実験機を用いた基礎試験と考察。
3-8	二相式嫌気性消化研究 陳澤鵬(中) 糖蜜アルコール廃液を対象とした0.4m ³ 、1.5m ³ 、130m ³ の3種のリアクタについて二相消化処理を研究。
3-9	オリーブオイル製造廃液の嫌気性処理 メジチ(伊)
3-10	アルコール蒸留廃液からバイオガス回収 房秀榮(中) 実施例のデータと計画上必要な計算用参考値。
セッション4 基礎および理論的研究	
4-1	嫌気性微生物研究 ザイカス(米)
4-2	中国農村メタン発酵リアクタに出現する微生物群 趙一章(中)
4-3	メタン発酵微生物にかかわる遺伝子工学の最近の進歩 コニスキヤー(米)
4-4	嫌気性消化タンク内のメタン発酵菌の同定用免疫テスト コンウェイ(米)
4-5	嫌気性消化における反応阻害物 スピース(米)
4-6	完全混合型消化タンク内の反応動特性 柯益華(中)
セッション5 嫌気性消化生成物の利用	
5-1	エネルギー自立村計画 徐曾符(中)
5-2	食用鳥飼育事業を中心とした農村経営におけるエネルギー、環境、保健総合論 シー(米)
5-3	中国における消化汚泥の有効利用 沈瑞芝(中)
5-4	穀物アルコール製造廃液性状 陳祖浩(中) および消化残渣の有効利用
5-5	稲ワラのバイオマスとしての評価 何錦於(中)
5-6	消化汚泥の養魚飼料としての活用 韓玉勤(中)
5-7	中国的バイオガス利用法 姜正候(中)
5-8	バイオガス用配管施工法 張榕林(中)
5-9	バイオガス用二元燃料エンジン熱効率 鍾鵬飛(中)
5-10	バイオガス用エンジン ドーネ(独)
5-11	バイオガス利用卵卵器の開発 潘 毅(中)
(注) () 内は国籍、ブ:ブラジル、デ:デンマーク、カ:カナダ、ネ:ネパール、オ:オランダ。	

表3 バイオガス関係参考書

「中国沼気」中国沼気協会・農牧漁業部成都沼気科学研究所
 「沼 気」中国科学技術情報研究所重慶分室・四川省生物研究所共同編集
 「農村家用沼気池管理使用技術教本」
 四川省沼気普及室
 「農村沼気綜合利用」1984版
 四川省沼気プロジェクト推進室
 「沼気肥効及綜合利用」1985版
 農牧漁業部沼気普及室・中国沼気協会残留物利用研究班
 「沼気技術培訓教材」
 農牧漁業部成都沼気科学研究所
 「農村家用沼気池標準図集」
 江西省沼気担当室
 「沼気工芸学」農業出版社

- (2) 中国の農家用リアクターは、バイオマスとして人糞、畜糞、農作物ごみを利用し、炊事や暖房はもとより照明や動力源としてメタンを活用しており、毎年2000基づつ築造されている。メタンガス専用の器具や資材も市販品が出廻っており、容易に入手できるようである。またリアクター築造用の手引書や標準化された部品も市販されているのでDIY式に素人でも格安に造れるようになったので、今後は益々普及するだろうと言われている。
- (3) 欧州各国では、各種の嫌気性バイオリアクターが開発されており徐々に実用化されつつあるが、その中でも造粒式スラッジブランケット型が優位を占めており、最近の中国でもその影響を受けて各機関が変法を試みている。
- (4) 遺伝子工学の面では米国が力を入れており、抗体探索蛍光法検出技術、プラスミド利用組換えDNA用ベクター開発などの実用化を目指した基礎研究がおこなわれている。

- (5) 中国では、従来はメタン発酵には不適とされていた廃棄物（稲ワラ類）も原料として取り込むための努力が見られ、メタンガス生産高の向上を第一義としている。

5. バイオガス実証村落視察

シンポジウムの最終日のイベントは、広州市の郊外にあるバイオガスによりエネルギー自立を図っている村落への日帰りツアーであった。

この村落は、広東省四会県下布畜牧場と呼ばれる一種のパイロットファームで、地勢は灌木疎林の赤土丘陵地帯の山懷に抱かれた形であり、従来は表土が薄く農耕に適さぬ荒地だったところを開拓したもののである。

ここに入植した人々が集団農場を経営し、養豚、養禽、養魚、果樹園、蔬菜栽培などに従事し、それら生産活動の工程から発生する糞尿や廃棄物からバイオガスを製造し、またその残渣を巧みに活用して相当の収益を上げている実体を、今回のシンポジウム参加者に直接見てもらって大いにPRしようというのが、この視察を企画した主催者側の狙いようだった。

バイオガス製造用発酵装置は、生産活動の発展とともに逐次拡張していった模様で型式も各々異なり、原

表4 四会下布パイロットファームの概要

所在地	広東省四会県下布（広州市西方50km）		
総面積	27.2ha（果樹・耕作地20.5ha、養魚地1.2ha）		
開設	1975年 春		
居住人口	261人		
生産規模	年間養豚数	10,000 頭/年	
	鶏・家鴨	20,000 羽/年	
	淡水魚	10 t/年	
	柑倍類	115 t/年	
	蔬菜	若干

図-2 中国農村における一般的なメタンガス製造・利用システム

料や発生ガス用途も使い分けられているのも興味深かった。これらの施設は村民が資材のみ購入し工事は共同作業で施工したとのことで、建設費も説明の中にあつたが人民元と日本円の兌換率の実勢値とも考え合せると安すぎてあまり参考にはならない。

初期の装置は施工の容易なボックスカルバート型で、

上部のコンクリートスラブの気密性を確保するためにその上に水を張るなどの工夫をしている。最近築造されたものは施工技術が向上したのか球形で、上部は無筋コンクリートのシェル構造を採用している。さらに最新のタイプは、下部（接液部）はコンクリートボックスで、上部（接ガス部）は赤泥プラスチックシート

図-1 四県下布パイロットファーム平面図

D: 獣医室 F: 食肉加工場 G: 発電室 H: 居住棟 K: 食堂

写真4 宿舎「東方賓館」前にて左より筆者、東京工大久保田宏教授、微生物工業技術研究所三上栄一室長

としガス貯留機能を備え、槽全体に温室式ガラス張り上屋で覆っている。汚泥配管は硬質塩ビ管、ガス配管は硬質ポリエチレン管を用い、ポリエチレン管が撓んで水がたまるのを防ぐため竹を半割にした懸樋の中を這わせるなどの工夫をしている。

共同炊事場にはガスと薪の兼用のかまど、ガス炊飯器、ガス湯沸器があり食堂の天井照明は電灯とガス灯が併用されていた。

消化脱離液は小川の水で希釈され養魚池に流入し、これを養分にしたプランクトンや藻類や水草を餌にして草魚や鯉を飼育しており、市場に出荷する前の一期間留置する清水池は水が透き通っていて鳥に狙われるのを防ぐためのネットが掛けてある。

養魚池の放流水は蓮根池を通過して農業用水池で貯えられ灌既用に利用されるそうである。

消化汚泥や養魚池ヘドロは標高30mの小山の上まで

写真5 四会下布パイロットファームミカン山から養魚池、豚舎群を望む

写真6 坑道式消化槽の上部スラブ

写真7 温室内赤泥カバー式消化槽

ポンプアップしてから斜面の果樹畑に畝溝内自然流下で施用している。

これらのように、家畜の糞尿や残滓を生産活動や生活面で徹底的に活用しようとする姿勢には、この村がパイロットファームで気候に恵まれている好立地とはいえ敬服した次第である。

住宅は2階建レンガ造で2DK型であり、集団生活方式で食堂も共同だが週末は家族単位で食事を楽しむようである。託児所や分教場、日用品の売店も村の中にあった。

一行の視察には、村民が総出で歓迎してくれた。この地区に外国人が来たことは今までなく、ほとんどの村民にとって外国人を見るのは初めてであろうと案内

表5 バイオガス発生・利用設備

メタン発酵槽

1号槽	坑道式上部水圧式	725 m ³
	豚糞注入3000ℓ/日、メタン量190m ³ /日	
	主に発電用（50世帯）	
2号槽	円形タンク40m ³	大豆加工用
3号槽	円形タンク100m ³	調理・暖房用
4号槽	プラスチックカバータンク50m ³	
発電機	12kW火花点火内燃機関

写真8 調理室メタンガス用カマド

写真9 メタンガス発電設備24HPエンジン

表6 発酵残渣の利用方法

消化汚泥：	柑桔果樹園用に10%濃度の汚泥を丘の頂上へポンプアップし7haに散布する。
脱離液：	養魚池へ流注し草魚などの大型淡水魚を飼育し、さらに畑の灌漑用水として利用する。
	灌漑用水肥効成分は次の如し
	全有機分 1.781%, 窒素分 0.161%
	カリ分46ppm, 磷酸 10.8ppm

者が話していた。

6. おわりに

今回の国際嫌気性消化シンポジウムに参加して感銘を受けたことは、技術先進国は言うに及ばず途上国も含めて、世界各国のこの分野の研究者諸賢の熱意である。先端的研究機関所属の研究所から街の発明家に至る各層が、廃棄物からエネルギーを創造しようとする真摯な熱意が発表の中からよく感じとられた。しかも開催国が、バイオガスの実施普及に官民挙げて努力している中国であったことも、このシンポジウムが成功した要因のひとつであったと考える。残念なことに日本からの参加者が6人と意外に少数であったこと

写真10 村の入口にて

左から・同済大学閻望副教授(エネルギー研究室)
・筆者
・中国沼気協会孫武英理事

である。目下進行中のバイオエネルギー分野のナショナルプロジェクトでも嫌気性消化メタン生成がメインテーマとなっているこの時期に、この至近距離の中国で開催されたにもかかわらず参加者が少なかった理由としては、このシンポジウム組織に我国の対応する団体・機関が明確でなかったこと、したがって代表国または団体ツアーの企画がなかったこと、個人旅行に対しては中国は制限があり公的機関の招請状がないとビザが発給されぬことなどであったのだろう。1年半の後にイタリアで開かれる第5回には我国も是非大勢の人々に参加して欲しい。

さて中国であるがこの国のバイオガスに懸ける意欲は並々ならぬものであり、研究機関や普及組織は過剰な程に整備されており、余力をもって途上国に対する指導をするなど数少ない対外援助のひとつの目玉となっているなど、バイオガス先進国の一方の旗頭の地位を占めている。しかしながらいずれも下水用の大型の技術には至っておらず、専ら農村対象の小規模のものと二三の産業廃水処理用に限られているいわば草の根的な技術レベルである。

現在の段階では、今後のバイオガス技術開発がいかなる方向へ展開するか明確な予想はつけ難いが、いずれにせよ学ぶことは他から学ぶべきであろう、その学術交流の場としてもこのシンポジウムは貴重な存在であるから今後も積極的に参加したいものである。

以上、中国で開催された第4回国際嫌気性消化シンポジウムに参加した報告とさせていただきます。次第である。