

メタン発酵ガス燃料電池発電システムの実用化 に関する研究協力

国際協力プロジェクト部 プロジェクト調査グループ 研究理事 湯浅 俊昭

本事業は、「地域適合型太陽光発電システム等の実用化に関する研究協力、メタン発酵ガス燃料電池発電システムの実用化に関する研究協力」というテーマの下に、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成金を得て行っている研究協力事業で、その実施期間は、平成11年度から平成15年度までの5年間である。本研究協力に関する基本協定書は、日本側、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）と中国側、中華人民共和国国家発展計画委員会及び広東省計画委員会によって締結され、それに基づいて当研究所と広東省広州市計画委員会及び粵華能源原材料開発公司との間で協定付属書を取り交わし、研究協力が行われているものである。

研究協力の狙いは、「中国の無電化地域への電力供給及び二酸化炭素の排出量抑制の対策としてクリーンな発電方式である燃料電池発電を導入普及させるため、メタン発酵ガス燃料電池発電システムの実用化に関する研究協力を行うこと」であり、そのシステムは、「未利用資源（メタンガス、糞尿残渣）の活用、クリーンな発電（燃料電池発電）の実施及び排水（汚濁水）の浄化という各種問題を解決するための総合システム」として位置づけられている。燃料電池は、諸般の事情を考慮して200kWのリン酸型燃料電池を採用する予定である。同時に、「中国及び広東省におけるエネルギー需給状況及び資源利用の現状を把握し、当該システムの中国及び広東省における普及要件を検討すること」も本事業の大きな狙いである。

このレポートは、平成11年度事業についてまとめた報告書の簡単な要約である。平成11年度の研究協力事業の対象は、中国及び広東省の経済発展及びエネルギー需給、資源評価、更に燃料電池発電に必要な家畜（今回は養豚場の豚）頭数および糞尿量の確保、糞尿からの最適なメタン発酵・回収方法、所内電力と環境対応の最適化、排水基準の達成、コンポスト化、当該技術・システムの他地域（特に無電化地域）への普及要件等に関して中国側カウンターパートと協力して研究すべき多くの課題に関する調整・調査である。

報告書は、「第1部中国（広東省）におけるエネルギー資源利用の現状と未利用エネルギーの活用」と「第2部メタン発酵ガス燃料電池発電システム実用化のための技術要件」の2部構成となっており、更に中国政府との「基本協定」および中国側のカウンターパートとの「協定付属書」や現地での調査の議事録その他入手資料を含む付属資料が添付されている。

本書の目次は以下の通り。

第1部 中国（広東省）におけるエネルギー資源利用の現状と未利用エネルギーの活用

第1章 中国における経済発展とエネルギー需給の特徴

第2章 広東省におけるエネルギー資源利用の現状

第3章 広東省におけるエネルギー需給の推移と現状

第4章 広東省における環境問題

第2部 メタン発酵ガス燃料電池発電システム実用化のための技術要件

第5章 メタン発酵ガス燃料電池発電システムの全体構想

第6章 燃料電池適用の研究開発

第7章 家畜糞尿処理システムの研究開発

第8章 排水処理技術および汚泥の有効利用技術の研究開発

第9章 中国法規に関する技術検討

第10章 メタン発酵ガス燃料電池発電システムの個別技術要素と全体システム最適化のための課題

付 属 資 料

資料1 基本協定

資料2 協定付属書

資料3 現地調査・協議議事録

資料4 委員会議事録

資料5 添付資料1 現地入手資料

添付資料2 中国と日本の測定方法の比較

以下報告書の内容を、紹介してみよう。第1部(原稿執筆時より約1年が経過していることに注意を要す)では、最初に建国以来の中国経済の動向、ついでエネルギー需要の動向さらに今回メタン発酵ガス燃料電池を設置する広東省のエネルギー需給に関する事情を簡単に抜粋紹介し、さらに第2部では、本プロジェクトの全体像、燃料電池及びそれと関連した施設の建設に関する調査研究(今回は事前調査的色彩が強い)を明らかにして行こう。

第1部

中国における経済発展

中国建国後の50年は、激しい成長と後退、過熱と調整の繰り返しであった。政治に翻弄された毛沢東時代の30年から、鄧小平時代に移って、改革・開放時代に入る。社会主義的計画経済から社会主義的市場経済への移行、農村経済から工業経済への移行等困難な課題を高い経済成長によって達成しようとした訳である。しかし高成長は他面では社会的な不均衡を生み出し(都市と農村の格差、沿海部と内陸部の格差)その是正のために調整(あるいは改革・開放の後退)を必要とした。端的に言えば、国際社会から孤立した毛沢東時代の「自力更生」から国際社会で国際資本の協力を得て(改革・開放)経済発展する方式への転換は、中国経済の行き詰まり打開の方策であると同時に、社会主義的な理想との間に矛盾を生み出すものでもあった。

1992年鄧小平の「南巡講話」はあまりにも有名であるが、改革・開放の行き過ぎを是正しようとする調整がその後退になってしまうことを恐れた改革・開放推進派の反撃であったとも考えられる。こ

れを契機として、改革・開放が加速するわけである。しかしこの加速政策は、再び各種の格差を増大させ、調整あるいは見直し（改革）を必要にすることとなった。

1978年末以来の鄧小平時代に関しては、1994年11月（共産党第14期4中全会）以降をポスト鄧小平時代と見なす見解もある。現実には、鄧小平の逝去は1997年2月であるが、鄧小平は、1994年以降政治の第1線から退き、江沢民が、党・政府・軍のトップポストを掌握し、実権を掌握することとなった。従って1994年以降はポスト鄧小平時代ではなく、江沢民時代という方が正確かもしれない。

この時期の中国は、先に述べたとおり急速な改革・開放政策の結果、地域格差や所得格差が拡大し、その調整を必要としていた。そのためには、外資政策の見直し、国有企業改革の推進（金融改革や失業問題を伴う）、WTO加盟に関する国内政策の修正（国内優遇策、産業保護政策の見直し）という数多くの困難な課題に直面していた。それに追い打ちをかけるようにアジア通貨危機や大洪水による被害が発生したが、財政支出による国内投資の増加や内需拡大策によって、人民元の為替レート維持に成功し、1998年の経済成長については、低下したとはいえ目標にほぼ近い成長率が達成された。しかし中国の経済成長率は、それ以前から徐々に低下する傾向にあったこともまた事実である。このような突発的な社会的・自然的事件の発生は、成長率鈍化の傾向をより一層鮮明にしたといえる。

実質経済成長率は、1992年が、14.2%、1993年が13.5%、1994年が12.6%、1995年が10.5%と徐々に低下傾向を示し、1996年は9.6%と一桁台に低下した。一桁台とはいえ、成長率は高く、当時の李鵬首相は、1997年第8期全国人民代表大会第5回会議で、1996年の中国経済を「国民経済は持続的に急成長し、インフレは効果的に抑制された」と評価している。続く1997年は、アジア通貨危機が発生した年であるが、経済成長率は8.8%、「高成長、低インフレ」が成功裏に達成されたと報告された（1998年第9期全国人民代表大会第1回会議陳錦華報告）。そして1998年朱鎔基首相の下、アジア通貨危機の影響を緩和すべく、財政支出を強化し、国内インフラ投資を促進し、内需の拡大に努めた。こうして1998年夏の大洪水にもかかわらず、経済成長率は7.8%を達成できたことが報告されている（1999年第9期全国人民代表大会第2回会議）。さらに2000年3月第9期全国人民代表大会第3回会議で、朱鎔基首相は、1999年の経済成長が年率7.1%となったことを報告したが、2000年の成長率見通しに関しては言及しなかった。これは、経済成長の目標に言及すると、「水増し」達成（重複投資等）が行われる可能性があるためとされている。1999年の7.1%の成長率も「水増し」分があったという評価もなされているという（日本経済新聞、2000年3月6日）。実は、「水増し」あるいは国有企業の重複投資というのは、形式的に経済成長を押し上げていく作用を果たしているが、その背景では経済成長要因そのものを掘り崩していくという面も持ち合わせている。国有企業改革には、重複投資を避けるという意味も含まれていることに注目すべきである。

表 1.1-1 実質経済成長率の推移（1995年価格）

	社会主義 改造期	大躍進期	国民経済 調整期	文化大革命	転換期	4つの 近代化	改革・開放 調整期	改革・開放 加速期
	～57	～60	～65	～76	～81	～89	～92	～98
経済成長率	9.5	10.9	3.3	5.0	6.9	11.1	9.1	9.8

（出所）中国統計出版社「中国統計年鑑1999」。IMF・IMSデータで1995年に実質化し、成長率を推計した。

国有企業の赤字額については、例えば、1997年で831億元に達したとされているが、この金額は同年の国有企業の利潤総額428億元に対して、約1.94倍、税込み利潤総額の29%を占めている。国家収入の約70%は国有企業からの税収でまかなわれていることから、この国有企業の利潤を遙かに越える赤字額は、国家の将来を左右しかねない大問題なのである。そしてその対策としてとられている政策

表 1.1-2 国有企業の赤字総額と利潤総額

	赤字国有企業 の赤字総額	国有企業 の利潤総額	国有企業の 税込み利潤総額	赤字総額の 利潤総額に 対する割合	赤字総額の 税込利潤総額に 対する割合
	億元	億元	億元	%	%
1981	45.96	570.70	923.30	8.05	4.98
1990	384.76	388.11	1,503.14	99.14	25.60
1991	367.00	402.17	1,661.15	91.25	22.09
1992	369.27	535.10	1,944.12	69.01	18.99
1993	452.64	817.26	2,454.70	55.39	18.44
1994	482.59	829.01	2,876.25	58.21	16.78
1995	639.57	665.60	2,874.20	96.09	22.25
1996	790.68	412.64	2,737.13	191.61	28.89
1997	830.95	427.83	2,907.22	194.22	28.58

(出所) 中国経済編集部「朱鎔基政府の『3つの完成』の1998年の進展」『中国経済』1999年4月号

が、国有企業の新規投資の抑制(重複投資の結果、価格の暴落を引き起こし、赤字体質を生み出しているという分析) 人員整理(即時首切りではなく、レイオフ、転職)である。従って、国有企業改革を押し進めるということは、失業問題が避けられないということになるわけである。

日本経済新聞は、「98年からの改革で、赤字を出していた大・中規模国有企業のうち約半分の3,000社余りが黒字転換を果たしたが、残り3,000社はいまだに赤字を出し続けている。政府はここへきて赤字経営からどうしても抜け出せそうにない軍需企業約1,000社と石炭企業を対象からはずす方針を打ち出した」と報じている(2000年3月6日)。もしこうした措置を採用して国营企業改革が達成できたとしても、それはいわゆる「水増し」達成となるだろう。つまり形式的には国营企業改革はできたことになっても、問題は依然として解決していないということになるわけである。国营企業改革は、失業あるいは下崗労働者(レイオフ、失業労働者)を生み出し、雇用の再確保が政府の重要課題となっている。そのため1999年秋には朱鎔基首相の改革促進政策に江沢民主席がブレーキをかけるという事態があったともいわれ、全人代の表面上の楽観論とは裏腹に、事態は相当深刻であると見なすこともできる。

中国におけるエネルギー生産と需要

建国以来のエネルギー生産や経済活動に関して、中嶋誠一拓殖大学教授が、JETRO「中国経済」において1999年6月から2000年1月までの期間に、「50年の中国経済」と題する論文・データ集を明らかにしているが、その資料を利用して、中国におけるエネルギー需給の状況を概観してみよう。

教授によると1958～1960年におけるエネルギー生産量は、水増し数字であるという。この期間は、大躍進期に相当する。仮にそうすると、1950年代末の数字がどのようなものかは不明であるが、1960年代は、ほぼ2億トン(標準炭換算、7,000Kcal / Kg)の水準で横這いであったといえる(調整期)。その後1970年代半ばあたりまでは生産を急速に伸ばし(1967～1979年間で年率11.5%、ほぼ文化大革命期)、その後若干減少し(転換期)、1981～1989年間では、年率6.1%で増加(4つの近代化)、数年の停滞の後、1992～1996年間(改革・開放の加速)では4.8%の増加となっている。

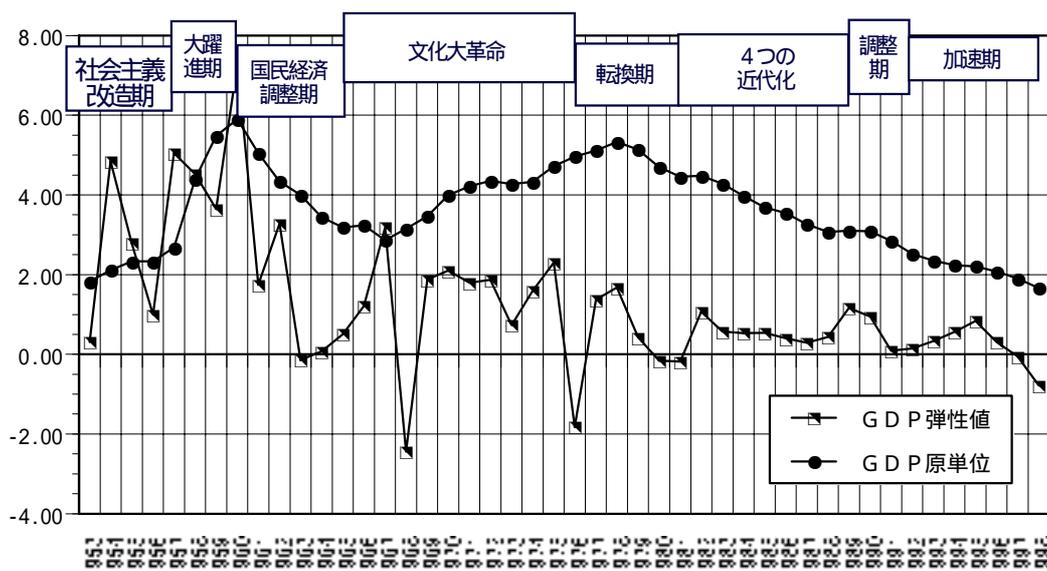
1965～1981年間では、年率9.7%、1981～1998年間では、年率3.5%の増加、1965～1998年間の平均では、5.9%の増加率となる。経済成長率は、1965～1981年間では、年率5.4%、1981～1998年間では、年率9.7%、1965～1998年間の平均では年間では、8.0%の増加となっている。文化大革命から転換期に至る過程では、エネルギー生産は、経済成長率よりも大きく増大し、経済の必要に対応しようとした。転換期以降になると経済成長は加速されているにもかかわらず、エネルギー生産の増加

率はそれほど大きくない。これは対照的な動きである。

この間の事情を明らかにするために、エネルギー生産の対 GDP 弾性値および原単位の動きを明らかにしてみよう。

エネルギーの対 GDP 弾性値（エネルギー生産増加率 / 経済成長率）についてみると、いわゆる大躍進期や文化大革命前半までは、大きく変動している。これはこの時点のエネルギー生産量が小規模であったため、量的には大きな変化でなくても率的には大きく変化したものと考えられる。経済成長率に応じてエネルギー生産量が比例的に増加するならば、本来弾性値は 1 前後で推移するはずであるが、この時期の中国におけるエネルギーの対 GDP 弾性値は、2 ~ 8 と非常に大きいことが特徴の 1 つとなっている。変動幅が大きいのは、この時期の経済およびエネルギー生産がまだ安定していなかったことを反映している。しかし文化大革命の中頃から GDP 弾性値は安定的に推移するようになった。その場合でも弾性値はほぼ 2 前後の水準で推移している。この時期は、エネルギー生産が経済成長から立ち後れており、エネルギーを量的に確保することが優先された段階で、まだエネルギーの質的な使用の段階（効率的利用）には至っていなかったことを物語っている。鄧小平時代に入り、まず文化大革命の転換期にはいるが、この頃からエネルギー弾性値は、1 を下回るようになる。一面では省エネルギー効果が発揮されたともいえる。

エネルギーの GDP 原単位（エネルギー生産量 / GDP、標準炭換算百万トン / 億元）の動向についてみると、大躍進期に大きな原単位増加時期（生産に水増しがあつたともいわれているため、これほどまでに原単位が悪化したかどうか不明）があるが、文化大革命後の転換期まで、傾向的に原単位は増加していたと評価できる。この時期の原単位増加は、エネルギー消費効率の悪化と言うよりは、先述したとおり、まずエネルギーの量を確保するという意味が強かったと考えられる。その意味では、1960年代まで原単位は悪化し、その後大きく改善したが、1967年以降再び原単位は増加しているというような分析はできない。この時期は全体として原単位は悪化した、経済成長以上にエネルギー供給が増加した（絶対的なエネルギーの供給水準は低い）とみるべきであろう。文化大革命期以降の転換期から原単位は、改善の方向に向かう。先のエネルギー生産弾性値は 1 を下回っているということだから、当然エネルギー原単位は低下しているわけである。



(注) GDP 原単位の単位は、標準炭換算万トン / 億元

図 1.1-9 エネルギー消費弾性値と原単位の推移

これらの諸点に関連して、中国能源研究所・北京能源効率センター長の戴彦徳氏が興味ある分析を与えている。1999年9月の日中エネルギー交流会（東京）で、戴彦徳センター長は「中国の最近の省エネルギー動向について」という報告を行った。彼は、この報告の中で1980年以来のエネルギー消費弾性値が0.4～0.6の間にあったこと、エネルギー多消費製品のエネルギー消費原単位がある程度低下したこと等を指摘しているが、同時に先進諸外国と比べて、GDP当たりのエネルギー消費原単位が高いこと、また製品の単位生産量当たりのエネルギー消費原単位が高いこと、エネルギーの利用効率が先進国に比べて悪いこと等を指摘している。つまり省エネルギー関連で一定の成果を認めつつ、原単位の水準が、対GDPでも対製品に対しても諸外国と比較すると高いことに注意が向けられている。

広東省におけるエネルギー生産と需要

まず広東省の経済を見ると、1980年代から当時の最高実力者鄧小平氏の指導のもとに進められた中国沿海部の開発を優先する「改革・開放」政策により、投資が奨励され、急速な発展を遂げた。1980年以降の各々の5ヵ年計画期間（第六、七、八、九期）中における、広東省の固定資産への投資額を、中国全体と比較すると、住民一人当たりの投資額の大きさは、その平均値を5割以上上回っている。年度ごとの投資額の増加率は、最近になってそのペースは落ち着いてきた感はあるが、広東省を含む中国沿海部の開発に注力した中国の政策が数字上にも現れており、発展へ向けての大きな意欲を感じさせるものである。

表3.1-1に広東省の各エネルギー生産量の推移を示す。海洋油ガス田が開発され始めた1990年代後半より原油、天然ガスの生産が増加してきており、中国全体に占める割合は、原油で8%、天然ガスで14%に達するまでに至っている。石炭は埋蔵量の少なさ、質の悪さを反映し、その生産量は年々減少してきている。石炭を除くと広東省は中国の約1割程度のエネルギーを生産している。広東省では原子力等が積極的に導入されてきている。電力に占める火力の比率は、かつては中国全体の比率とほぼ同一であったが、最近では中国全体の火力比率より高くなっている。

表3.1-2に広東省のエネルギー生産量・消費量の推移と構成を示す。エネルギー生産量の推移についてみると、1998年には前年を下回ったものの年々拡大している。また近年は、海洋油ガス田の開発、

表3.1-1 広東省のエネルギー生産の推移

項目	年	1991	1993	1995	1996	1997	1998	
石炭	全国総計	万トン	108,741	115,067	136,073	139,670	137,282	125,000
	広東省	"	933	951	1,069	962	840	300
原油	全国総計	万トン	14,099	14,524	15,005	15,733	16,074	16,100
	広東省	"	153	351	651	1,289	1,418	1,333
天然ガス	全国総計	10 ⁶ m ³	15,493	167,651	17,947	20,114	22,310	23,880
	広東省	"	0	0	103	2,227	3,680	3,459
電力	全国総計	10 ⁹ kWh	677.5	839.5	1,007.0	1,081.3	1,134.2	1,167.0
	広東省	"	39.5	57.3	82.1	90.9	98.1	100.4
水力/火力	全国総計	%/%	18.5/81.5	18.1/81.9	18.9/81.1	17.4/82.6	17.2/82.8	17.6/82.4
	広東省	"	15.0/85.0	17.5/82.5	16.0/84.0	14.0/86.0	15.7/84.3	12.5/87.5

(出所) 中国統計年鑑1999年版、中国能源統計年鑑(1991-1996)、中国電力市場分析と研究(1999)

表 3.1-2 広東省のエネルギーの生産量・消費量と構成

項 目	年	1990	1995	1996	1997	1998
エネルギー生産量	万トン標準炭	1,006.24	2,622.53	3,758.31	4,078.59	3,913.58
構 成	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
石 炭	"	63.1	29.1	18.3	14.7	13.9
原 油	"	7.0	35.5	49.0	49.7	49.7
電 力	"	29.9	34.9	25.5	24.7	25.7
天然ガス	"	0.0	0.5	7.2	10.9	10.7
一次エネルギー消費量	万トン標準炭	3,690.25	6,147.61	6,383.98	6,586.97	6,570.17
構 成	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
石 炭	"	56.5	56.4	56.0	54.2	54.4
原 油	"	35.3	28.5	28.8	30.1	29.9
電 力	"	8.2	14.9	15.0	15.3	15.3
天然ガス	"	0.0	0.2	0.2	0.4	0.4
最終エネルギー消費量	万トン標準炭	3,936.44	7,062.28	7,456.35	7,669.53	8,083.38
構 成	%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
石 炭	"	33.6	27.0	24.2	22.9	20.8
石油製品	"	22.4	20.9	20.2	19.2	21.5
電 力	"	33.0	39.7	41.2	40.3	40.8
その他	"	11.0	12.4	14.4	17.6	17.2

(注) 中国のエネルギー統計を読むときに注意すべきは、一次エネルギー、最終エネルギーおよび標準炭換算の意味である。表 3.1-2 の場合のエネルギー生産量は、省内のエネルギー生産であるが、電力に関しては投入エネルギー量で表示されている。一次エネルギー消費量は、文字通りの一次エネルギーの消費で最終エネルギーは含まない。しかし他省からの移入や輸入は含んでいる。最終消費エネルギーは、最終消費の段階におけるエネルギー消費であるが、他省からの石油製品等の移入や輸入を含む。さらに電力消費は、ここでも投入エネルギーで評価されている。広東省では、省内のエネルギー生産量よりも、一次エネルギー段階での移入および輸入、最終消費段階での移入および輸入を含むため、順次大きなエネルギー消費量となっている。

(出所) 広東統計年鑑 1999 年版より作成

原子力発電所の建設稼働開始等からエネルギー生産量が増加している。生産構成については、1990年の石炭依存構成から 1998 年には、原油・天然ガス依存構成へと変化してきている。特に原油の拡大と石炭の減少が顕著である。

一次エネルギー消費では石炭の割合が高く、1990年から 1998年の間でもほとんど変化していない。これは、石炭火力や工業での石炭の利用が多いことを意味しており、中国で典型的な石炭エネルギー利用中心のパターンであることが推測できる。

一方、最終エネルギー消費量は、1990年ではエネルギー生産量の 3.9 倍、1998年では 2.1 倍となっている。また、最終消費エネルギーでは、電力の割合が高く、その比率は、1990年と比較すると近年増加してきており、石炭依存から電力依存へと構造が変化してきている。これらのことから、広東省は、相変わらず石炭中心のエネルギー需給構成ではあるが、近年電力利用が大きくなってきているといえる。

一人当たり民生用エネルギーについて中国と広東省の比較を表 3.1-3 に示す。中国全体では 1990年から 1997年の間でほとんど横ばいの状態となっているが、広東省では、同期間に 2.2 倍にも伸びている。またエネルギー需要構成について中国全体と比較すると、1990年、1997年とも石炭の消費が少なく電力の消費が多いことがわかる。また構成の推移をみると、石炭の消費が減少し電力、LPG、ガソリンの消費量が伸びてきている。特に電力の伸びが大きい。

1990年の民生用エネルギー消費量と電力消費を 100 とした伸びの推移を図 3.1-4 に示す。民生用エネルギー全体の伸びと比較して電力消費の伸びが大きい。広東省政府としても都市部の民生用エネルギー消費については、石炭の使用を禁止し、LPG、石油製品、電力への転換を進めておりその効果が現れている。今後もこの傾向は続き、民生用エネルギーでの電力の役割は重要になる。

広東省における電力需給

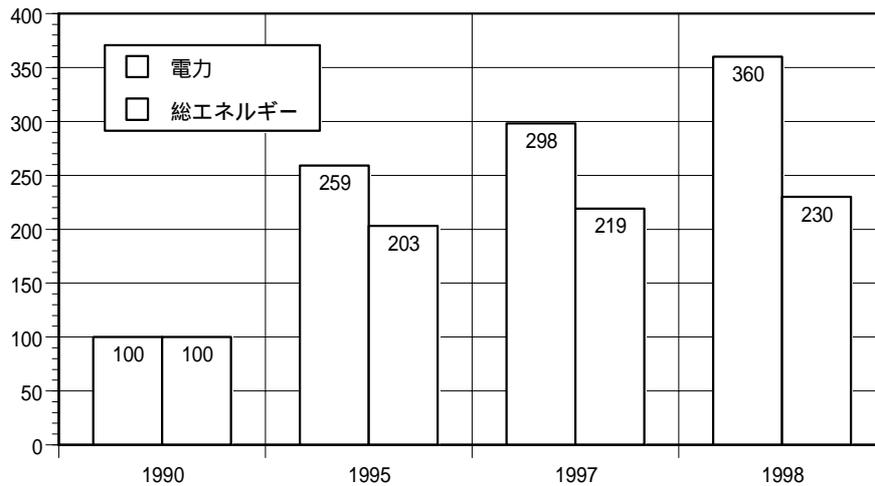
広東省の電力需要は、経済発展に伴って大幅に拡大していった。1980年代前半には、その発電量は

表 3.1-3 広東省の一人あたりの民生用エネルギー消費

	1990	1995	1997	1998	1990 中国	1997年 中国
石炭 kg	56.77	40.07	22.76	16.28	147.10	99.50
ガソリン kg	1.65	4.50	4.51	4.78		-
灯油 kg	1.95	1.18	0.72	0.58	0.90	0.50
軽油 kg		0.37	0.54	0.62		-
LPG kg	1.76	24.51	37.64	37.24	1.40	6.00
電力 kWh	63.90	165.24	190.11	229.96	42.40	101.80
ガス m ³					4.10	6.60
合計 (kg 標準炭)	72.04	146.11	158.00	165.62	139.20	133.10

(注) 中国のガスは、天然ガス、石炭ガスを含む。

(出所) 広東統計年鑑 1999 年版、中国統計年鑑 1999 年版



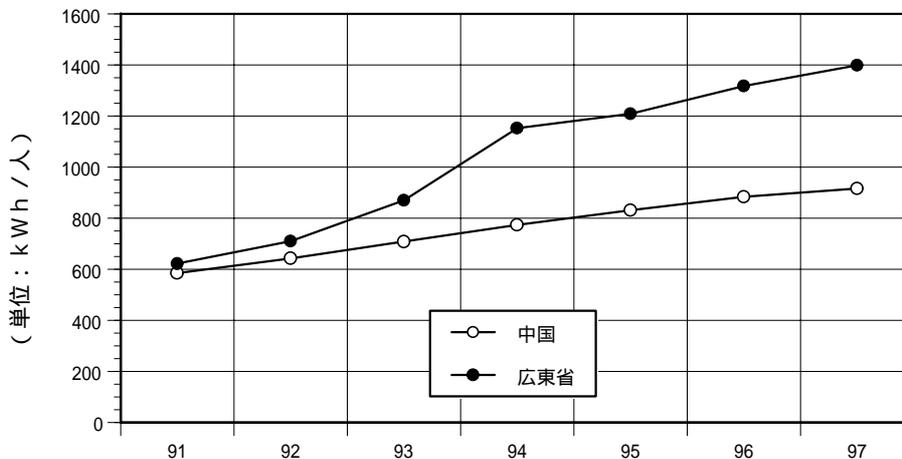
(出所) 広東統計年鑑 1999 年版、中国統計年鑑 1999 年版より作成

図 3.1-4 広東省の総民生エネルギーと電力の伸びの比較

中国の 30 の省、自治区、直轄市のうちでも 10 番目以下であったものが、1994 年には国内第 1 位となり、その後は 2 位以下との差を徐々に広げている。

現在では、これまでの大幅な発電能力の増強と最近の経済状況の停滞により、電力の供給は若干供給過剰気味で推移しているが、今後経済の発展に伴って電力需要の増大が予想され、現在建設中の嶺澳原子力、広州揚水 発電所等に加えて、さらなる設備の新增設、発電能力の増強が計画されている。

1 人あたり発電電力量の推移を図 3.3-1 に示す。1991 年には中国全体とほぼ同じ水準であったもの



(出所) 中国電力年鑑 1998 年版

図 3.3-1 中国と広東省の一人あたり発電電力量の推移

が、最近では1.5倍近くに増大している。

しかしながら、広東省においても他の省と同様にまだ無電化地域が存在している。広東省の無電化地域は、省の西部、北部の山岳地帯と沿岸部の島嶼地域を中心に存在し、全体では中国全体の1%程度、14万世帯、約70万人がまだ無電化の状態にある。

省計画委員会においては、無電化地域の解消も大きな課題のひとつであり、その対策として、彼ら自身も風力資源、未利用バイオマスエネルギー資源（稲わら、木片、草類等）の活用を積極的に考えているところである。例えば、平成10年度において、NEDOのプロジェクト「地域適合型太陽光発電システムの実用化に関する研究協力」で無電化地域の解消を目標に、広東省恵陽市の島の小学校に太陽光発電装置を設置し（6kW）、運転データの採取・解析等、研究協力を実施中である。

表3.3-2に最近の広東省の発電様式別の発電実績と発電設備能力および電力消費量を示す。外省からの購入電力量の割合は1997年1.8%、1998年2.7%に達しており、今後の電力需要の増大を考えると、設備容量が拡大し電力供給量が増加しても、購入電力量は増加するものと考えられる。発電設備の主力は、他の省と同様に依然として石炭火力が占めており、今後ともこの傾向は続くが、自省に品質の良い、安い石炭資源に乏しく、現在でも燃料用石炭を外省から大量に購入している広東省においては、石炭に代わって天然ガス火力の割合が増加するものと考えられる。実際にLNGの輸入基地計

表 3.3-2 広東省の発電実績と発電設備容量および電力消費量

	1997年	1998年	1999年
総電力量（億kWh）	999.55	1,067.69	
購入電力量（億kWh）	18.40	29.15	29.95
発電量（億kWh）	981.15	1,038.54	1,111.16
水力	141.15	143.44	
揚水	12.69	9.43	
火力	702.98	755.50	
原子力	124.06	129.38	
風力		0.79	
総発電設備容量（万kW）	2,812.63	2,906.95	3,170.96
新規発電設備容量（万kW）	181.80	99.80	258.57
水力	20.40	51.80	46.14
火力	161.40	45.60	151.10
風力		2.40	4.20
電力消費量（億kWh）	918.86	987.85	1,044.41

（注）1999年は計画値

（出所）中国電力年鑑1998年版、広東年鑑1999年版、広東省国民経済と社会発展報告（1998-1999）

画もその具体化に向けて進められている。

1997年に新・増設された発電設備の中で、単体容量が10万kW以上のユニットは65%、30万kW以上のユニット容量計は37%となっている。これらは、珠江火力No.4、深櫃西部火力No.2、南海A火力No.2、梅県B火力No.1、No.2、中山横門火力No.1である。1998年には、珠海火力、湛江火力2期、韶山火力No.10、広州揚水等の建設が進められている。また、陽江原子力発電は初期フェーズピリティ・スタディ（FS）を行っており、雲浮火力の2期はFSを終了している。

1998年における分野別の消費電力は、第1次産業の電力消費が前年比2.0%増、第2次産業4.8%増、第3次産業10.4%増、民生電力消費量17.3%増であり、1999年の計画値では、第1次産業4.1%増、第2次産業5.5%増、第3次産業12.6%増、民生用6.9%増となっており、第3次産業、民生用電力の伸

びが大きくなっている。また1998年は、夏の高温が長く続き、冷房用電力消費が顕著に増加した。これにより8月の全省社会電力消費量が98.34億kWhで、20.2%伸びたという。

電力の分野別消費割合を中国全体の数値（1997年）と比較すると、広東省の電力消費の特徴は、1998年の夏が暑かったという事情があったにせよ、第1次、第2次産業向けの割合が小さく、その分第3次、民生用の割合が大きくなっていることである。

また電力事業における省エネルギーの検討も進められており、広東省の6,000kW以上の火力発電所の標準炭換算発電原単位の実績は、1996年、1997年、1998年といずれも対前年度比2%強と着実に改善されている。これは、主に小型火力発電所を閉鎖し大型火力発電所に統合していること、および新鋭の火力発電所の稼働等によるものと考えられる。

また、広東電力網の送電ロス率も年とともに改善されてきているがまだ高い値である。送配電ロスのため農村部等では割高な電気料金になっている。なお、民生用の電気料金については広東省広州市の場合、0.7元/kWhである。

1998年現在、出力30万kW以上の火力発電所には、沙角A、B、Cの3火力、黄浦火力、汕頭火力、珠江火力、媽湾火力、湛江火力等がある。また、原子力発電所として、容量が180万kWに達する大亜湾、原子力発電所がある。広東省では農村送電網整備も行っており1998～2000年の3年以内に93件の県（市）送電網を改造することを計画している。投資額は90億元で、うち農業銀行融資72億

表 3.3-4 標準炭換算発電原単位と送電ロスの推移

	1996	1997	1998
標準炭消費原単位(g-sce/kWh)	393	387	380
エネルギー原単位(kcal/kWh)	2,751	2,709	2,660
送電ロス %	9.13	8.40	8.23

（出所）中国電力年鑑1998年版、広東年鑑1999年版

表 3.3-5 広東省の100万kW以上火力発電所

名称	設備容量 万kW	ユニット	燃料
沙角A	120	200×3、300×2	石炭
沙角C	198	660×3	石炭
媽湾	120	300×4	石炭
黄浦	110	125×4、300×2	石炭・石油
珠江	120	300×4	石炭

（出所）海外電気事業統計1999年版

表 3.4-4 広東省の原子力発電所

名称	状態	炉型	電気出力 万kW	着工	運開年
大亜湾1号	運転中	PWR	98.4	1987	1994
大亜湾2号	運転中	PWR	98.4	1988	1994
嶺澳1号	建設中	PWR	100.0	1997	2002
嶺澳2号	建設中	PWR	100.0	1997	2003
嶺澳3号	計画中	PWR	100.0		
嶺澳4号	計画中	PWR	100.0		
陽江	計画準備中		200×2		

（出所）海外電気事業統計1999年版

元となっている。1998年にはすでに13.8億円の融資額が実施された。

この他、環境保護のためにも発電設備の改造を行なっている。具体的には、雲浮火力No.1ボイラーに電気集塵装置を設置し、沙角C火力の汚水と循環水を分けて放流し、沙角A火力、湛江火力の排水リサイクルを実施している。また、広東省所属の水力発電所のダムエリアでは1998年には年間864.3ヘクタールの植林を実現した。工事対策で完成したのは主に土砂堆積ダム、土留壁、護岸等21ヶ所、土壌保全拠点を10数カ所整備し、土壌流失改善、生態系環境保護等の対策を行なっている。

広東省における将来のエネルギー需給

エネルギー生産の面では、広東省の石炭産業は、資源量・品質共に競争力に乏しく、将来の発展は難しいと考えられる。炭鉱閉鎖に伴う社会的影響をいかに少なくするかが大きな問題となる。これに対して、珠江口沖の海洋石油・ガス田群やその周囲の海洋石油・ガス田群の今後の開発が期待されており、これらの開発の促進が課題になると思われる。開発がうまく進めば、天然ガス等の利用が広東省内で進むと考えられる。

エネルギー消費の面では、LNGの輸入や原子力の拡大等エネルギー構成の多様化が今後の課題である。これらを補完するエネルギー源として農村におけるバイオマスを利用した再生可能エネルギーの利用拡大も今後の課題と考えられる。また、電力の面では、経済の発展に伴って電力需要の増大が予想され、設備容量の増大および広西省、雲南省での水力発電電力の移入や貴州省からの買電等も必要になってくるであろう。

広東省は夏場の冷房需要等から、ピーク時とそうでない時の電力需要の差が大きい。現在は、揚水発電やディーゼル発電を用いて調整を行なっているが、ディーゼル発電はすべて15年以上前の古い設備であり、今後はLNG火力や揚水発電による調整が必要になるであろう。

広東省では以下のような2010年に向けた中長期ビジョンを策定している。広東の経済発展計画の三大戦略は

海外志向の発展を推進する。

科学技術の進歩によって経済発展を促す。

持続可能な発展、即ち、環境保護を重視する発展戦略を採用する、である。

またエネルギーに関しては、広東省では基本的に大型の基幹電源を中心に、火力・原子力・水力・ガス発電等をミックスした開発を実現し、2010年までに十分な電力供給ができることを目指している。

この他、経済発展については、以下のような目標を掲げている。

産業構造の調整改善

エレクトロニクス情報・電器機械および石油化学工業を重点的に発展させる。2000年には、この3大基幹産業の全省工業生産高に占めるウエイトを32.1%に拡大し、2010年には37.5%にする。今後5年間で重点的に取り組む産業プロジェクトには、惠州の年産80万トンのエチレンプロジェクト、珠海の年産25万トンのPTAプロジェクト、湛江の年産50万トンの紙パルププロジェクト、広州の本田乗用車拡張建設プロジェクト、肇慶の風華新型電子部品拡張建設プロジェクト等がある。

合理的な地域構造のレイアウト

合理的に地域経済のレイアウトを図り、全省の異なるタイプの地域経済の協調的な発展を促進する。資源消費の少ない、汚染のないまたは汚染の少ない、付加価値の高い、技術性の高い産業と製品を伸ばし、発達した農業を確立し、ハイテクと第3次産業の発展を加速させる。

将来の発展に対応するために、インフラ整備を進める。

今後電力の建設を中心に進め、電源構造の調整改善を加速し、高効率で、良質な、クリーンなエネルギーを増やし、環境を汚染するエネルギー源を減らしていく。2000年に、全省の発電設備容量を3,285万kWに、2010年に5,178万kWにしていく。主な建設案件には、珠海火力、台山火力、嶺南原子力、陽江原子力、広東LNG発電所、汕尾火力発電所等であり、これに加えて農村配電網と都市配電網の建設と改造を加速する。

第2部

第2部は、本協力事業の技術的な側面の研究調査になる。ただし初年度でもあり、基本的考え方とその中国への適応に関して各種の技術的、法制的側面を検討することが重要で、その結果当初予定した技術要件が変更される可能性もある。従ってここでの報告は、まさに初年度における考え方の報告の域を出ないことに注意を要する。

基本システムと調査すべきアイテム

今回研究協力事業では、中国側カウンターパートからの要請で、広東省番禺市の水門畜牧場を設備の設置場所とすることが決められており、燃料電池の規模も200kW程度とされている。こうした基本的な想定の下、中国での最適な試験研究が行われる。

本研究協力事業の目的は、家畜糞尿からメタンガスを回収し（未利用資源）それを環境に優しい燃料電池の燃料として活用し、畜牧場の電力供給を行い、なおかつ余剰電力に関しては周辺地域の電力需要を満たすことと、さらに畜牧場からの排水（汚濁水）の浄化（環境基準の遵守）と污泥の固形分を肥料として利用するということが目指されているが、そのための総合的システムの構築も含まれている。これを受けて本研究協力事業では、メタン発酵、燃料電池発電、廃水処理及び堆肥（コンポスト）化の技術と設備の検討と総合システムとしてのこれら技術の最適組み合わせの評価が行われることになる。以下初年度の研究課題と調査の結果についてとりまとめてみよう。

メタン発酵技術及び設備：

メタン発酵設備としては、中温攪拌、高温攪拌方式、中温・高温2段発酵方式、上向流嫌気性スラッジブランケット方式等があるが、畜産分野への適用実績、構造のシンプルさ、消費エネルギー量等を考慮して中温攪拌方式を想定する。また燃料電池排熱を利用したメタン発酵槽の加温技術も研究する。すなわち燃料電池発電設備の排熱を約60℃の温水として取り出して利用する。また補助設備として温水ボイラーを設けこの温水も利用できるような構成とする。

発電能力200kWの燃料電池に対して、メタンガスはどの程度必要になるのだろうか。家畜糞尿をメタン発酵して得られるバイオガス中には一般に60%濃度のメタンガスと40%濃度の二酸化炭素ガスが含まれている。このバイオガスを燃料として燃料電池で200kWの発電をするには、メタン発酵設備から発生する必要ガス量は1時間あたり約90m³となる。このメタンガスを発生させるための必要な豚の頭数は、約1万2,000頭となる。設備を設置する現地の水門畜牧場は将来豚1万2,000頭の飼育計画があり、得られるバイオガス量で燃料電池200kWの発電が期待できる。しかし現在、水門畜牧場での飼育頭数は6,283頭のため頭数増の計画はあるものの、当初は不足分有機物を中国側カウンターパートが近隣の畜牧場から集めることになる。

燃料電池発電技術及び設備：

無電化地域（又は電力不足が続く地域）に向けた燃料電池発電装置の最適仕様を検討するため、例えば、燃料電池と他電源の連係や燃料電池排熱の有効利用、中国における燃料電池の最適な運転・保守方法の検討が中心となる。今回は以上の諸点を考慮して、燃料電池発電装置はバイオガスとLPGの2種類の燃料に対応できるものとする。

本システムの発電規模は、先述したように約200kWを想定している。その内水門畜牧場の負荷は、約120kW（豚舎およびメタン発酵用電力その他）になり、結果的に周辺地域へ供給できる余剰電力は、約80kWになる。これを前提として開発目標を設定している。200kWを想定したのは、現在商品化されている天然ガスを燃料とする燃料電池といえバリン酸型燃料電池があり、施設外への電力供給（燃料電池の発電量）-（システム全体で消費する電力量）]を相当量見込める規模は200kWということになるためである。

水処理技術及び設備：

メタン発酵後の脱離液処理水を河川等に放流できるまで浄化する技術を研究する。排水処理技術には、標準活性汚泥法、回分式活性汚泥法などがあるが、処理水質や消費電力等を考慮して、消費電力を抑える必要からここでは回分式活性汚泥法を想定する。

排水設備の排水放流端では、日本の水質汚濁防止法に基づく排水基準を達成できる性能を有するものとする。ただし本発電システムの設置対象である水門畜牧場では広州2級基準といった厳しい基準値で規制されている（日本の基準値より厳しい）。従って研究施設の構築にあたっては、水門畜牧場の排水規制である広州2級基準を設計目標として、システムの基本形に既存の酸化池と水生生物池を組み合わせた総合的な排水処理設備を検討していく。また回分槽からの排水は、凝集槽で処理した後放流するシステムを基本形とするが、凝集槽から引き抜いた汚泥は、濃縮スクリーンで固液分離した後、固形分は脱水機で脱水し堆肥（コンポスト）化する。

堆肥（コンポスト）化技術：

糞尿を固液分離した後のし渣、排水処理後の汚泥等の有効利用を研究する。コンポスト設備には、堆積方式、ロータリー方式、スクープ式などがあるが、構造のシンプルさ、消費電力等を考慮して選定する。これは将来の研究課題である。

総合システムの最適組み合わせ：

メタン発酵技術、燃料電池発電技術、排水処理技術、コンポスト技術を各方式を当初の目的に照らして最適な組み合わせを選定し、全体システムとしての安定運転、電力の有効利用を最大限入手するための研究を行う。

現地調査により明らかになった諸点

まず研究協力施設を設置する水門畜牧場であるが、この畜牧場には、既に「家畜糞尿処理施設」が設置されている。この施設は、1994年に、豚5,500～6,000頭（年出荷頭数約10,000頭）を飼育する豚舎から排出される約200m³/日の汚水（豚の糞尿+洗浄水）の処理を目的とし、3種類の生物処理を基本として汚水を浄化すると共に、その工程から副産物として得られるエネルギー、堆肥を有効利用する総合汚水処理施設として設計されている。

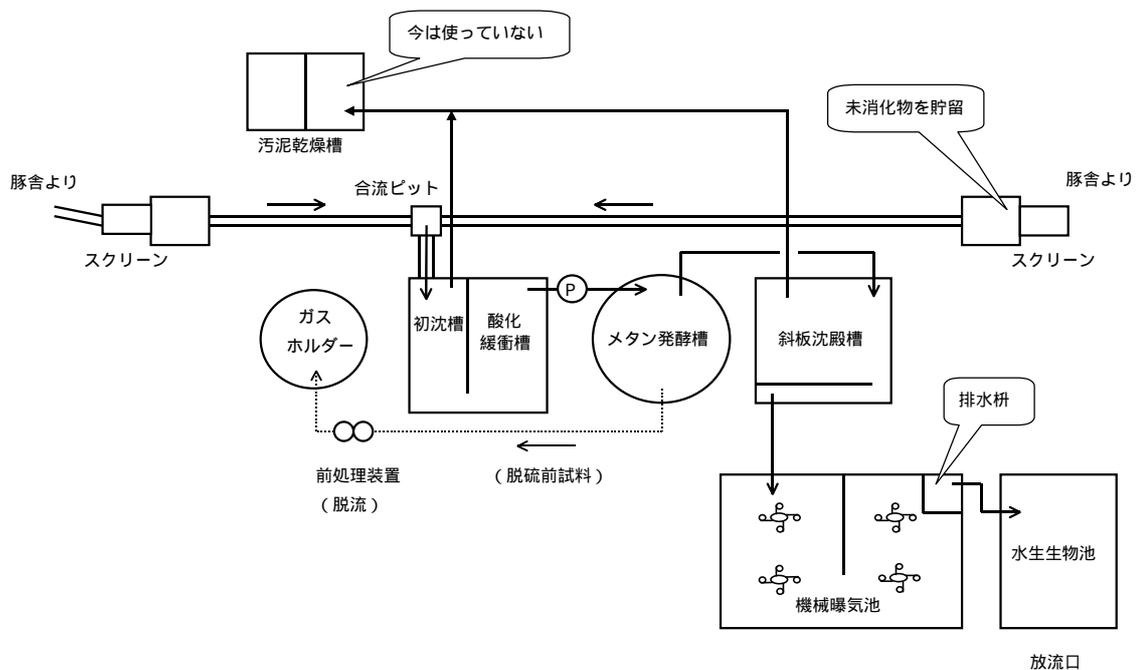


図 7.1-1 水門畜牧場における処理フロー

豚舎から排出された汚水は、スクリーンで粗大粒子を除去した後、初沈槽で糞などを沈殿させ、上澄みは酸化緩衝槽に、沈殿した糞等は汚泥乾燥槽に送られる。酸化緩衝槽で有機物の有機酸へ変換を行った後、ポンプでメタン発酵槽（嫌気性生物処理）に送られる。ここでメタン発酵後、脱離液は斜板沈殿槽に自然落下で送られる。一方発生したメタンガスは、前処理装置（脱硫塔）で硫化水素を除去し、一時ガスホルダーに貯留した後、ガスエンジン発電機に送られる。ここで発電した電気は場内施設に送電される。斜板沈殿槽では汚泥と液を分離する。液は、後段の機械曝気池（好気性生物処理）に送られる。沈殿した汚泥は、ポンプで引き抜き汚泥乾燥槽に送られ、天日乾燥した後、肥料と混合して使用される。機械曝気池では、機械曝気により水中に溶存酸素を供給して好気性処理を行い、最後に水生生物池（水性生物処理）で水性生物により脱窒、脱リンを行う様に設計されている。

ただし発生したガスに関しては、それほど関心が払われていたとは思えない状況である。すなわちヒアリング調査によると、発生ガスの量、組成とも測定した実績はないとのことである。サンプリングのための穴も無い。しかし運転2年後の報告書の中に記載されている数値から判断するとガスの発生量は、日本の場合の約 1/4 である。組成については、現在分析調査中であるが、得られた組成データは、低温発酵で滞留時間が2日と短いため、発生ガスは比較的分解し易い有機物に基因するガスであり、日本が提案している発酵設備のように中温発酵で滞留時間も20日以上と長い設備と比較すると、有機物の分解状態が異なるので、当然発生するガスの組成が少し異なるのではないかと考えられる。特に不純物の差が大きいと予測される。

発生ガスに対して比較的無関心であるわけは、この施設の主目的が水処理であることによると思われる。ただし水処理に関しても、それほど熱心であったわけではない。事実排水に関しては、広州2級基準を満たしていないため罰金を支払っているということである。その意味では、燃料電池の導入によってこの基準を満たし、罰金の支払いを不要にできれば、畜牧場にとっては、環境に優しいという評判と共に、経営的にも大きな効果があるわけである。ただし燃料電池に必要なメタンガスを回収するという意味では、現状の施設は有効ではない。その意味で全く新しい施設を構築する必要がある。

短期間ではあるが調査した結果に基づき、次年度以降の研究協力のための課題をまとめると以下の

通りになる。

燃料電池本体について：

メタン発酵ガス燃料電池発電システムの無電化地域への導入普及を目的とした研究において、燃料電池に関する技術要素とシステム最適化への課題を検討すると次の2点に要約される。ひとつは燃料組成への適用性であり、もうひとつは無電化地域への適用形態である。また、現地への導入検討と調査を進めていく過程で中国法規への対応が重要な課題となって顕在化してきている。

燃料組成への適用性について：

標準的な燃料電池は、都市ガス(天然ガス)をベースに設計されており、これをメタン発酵ガスに適用するためには低い発熱量に対応する設計変更と不純物に対する耐久性の見極め、および許容できる不純物濃度まで不純物を除去できる前処理装置の設計が必要になる。

表 10.1-1 メタン発酵ガスへの燃料電池適用課題

項目	標準的な燃料ガス (都市ガス/天然ガス)	メタン発酵ガス(予想値)	課題解決の方向性
メタン濃度	約90%	66% (CO ₂ : 31%)	設計変更により対応
発熱量	9,940kcal/Nm ³	5670 kcal/Nm ³	同上
不純物	水分	6PPM未満	燃料電池上流で要求値以下に処理
	酸素	0%	許容値(0.2%)との差異の影響を検討中
	アンモニア	0%	今後の検討課題
	塩素	0%	今後の検討課題

無電化地域への適用について：

通常の燃料電池運用の場合、燃料電池起動時には外部よりの電力供給が必要である。しかし、今回のシステムは無電化地域への導入普及を想定している関係上、起動時に外部からの電力供給は期待できず、独自の電力供給対策が必要となる。必要な電力は、電池昇温のためのヒーター用に約60kW、さらにポンプやファン、制御装置などの補機電源として約20kWである。

ヒーターへの電力供給の代替案としてはプロパンを燃料とする高温水ボイラーにより温水を製造し電池を温める方法で、また補機電源用としてはディーゼル発電機を用いる事で、無電化地域への適用を模擬する計画としているが、このシステムの設計と運用が重要な技術課題となっている。

中国法規への適用について：

(1)LPG 設備の検討

中国では、タンクローリーによる液体LPG(プロパン)の補給方式をとった場合、LPGタンクを含む設備の運用のために、資格を有する運転管理者の24時間常駐が義務づけられている。

今回の適用ではこの管理体制は現実的では無いので、LPGの供給をボンベで受けることとし、管理を安全管理者の任命のみ(非常駐)に軽減して計画する。また、LPGの安定供給のため、LPGの

液相からの供給を計画しており、このため LPG 蒸発器を設置する必要がある。LPG 蒸発器を含む LPG 供給システムと各機器、LPG 建家の設計・製作は中国法規で行う必要があり、中国側と協調をとりつつ計画中である。

(2)ボイラ・圧力容器の検討

a. 蒸気分離器の法規対応

燃料電池の電池冷却水系に設置される蒸気分離器は、中国法規における圧力容器に相当し、中国の認定工場での製作と中国側の検査・承認が義務づけられている。調査の結果、今回適用する燃料電池発電装置に組込む予定の蒸気分離器メーカーは中国の認定業者には含まれていない事が判明し、本課題の解決方法について検討する必要がある。

b. 燃料電池起動用ボイラーの法規対応

燃料電池起動用ボイラーも蒸気分離器と同様、検査と認定が必要であり、メーカーの選定、製造・試験の場所と方法等について、最適な条件を調査・検討する必要がある。

メタン発酵について：

メタン発酵ガス燃料電池発電システムにおいて、システム全体の最適化のためには、燃料電池 200kW 発電に必要な・十分なメタン発酵ガス量、メタンガス濃度の確保やメタン発酵ガス燃料電池発電システム内で消費される電力量を極力削減し、余剰電力を多く供給する、必要がある。

サイトにおける現状調査の結果、メタン発酵ガス量、メタンガス濃度は、豚の頭数が約 6,000 頭を前提とすれば、燃料電池発電量に換算すると概略 100kW 程度に相当する。200kW 発電のために必要な有機物量の確保が課題である。

また、水門畜牧場の汚水は、日本で想定した以上に低濃度、大量の水分を含み、メタン発酵槽が中温発酵（約 36℃）であることを考えると、発酵槽の加温に多くのエネルギーを消費するばかりでなく、発酵槽自体も大きくなる。そのため豚舎汚水の水量、水質について、より正確な値および変動について把握する必要がある。

有機物量の確保について：

200kW 発電のためには、現状排出分以上の有機物量を確保する必要がある。当面は、近隣の畜牧場から糞を入手することが考えられる。

高濃度化について：

調査の結果、豚舎の洗浄水量が多いため、頭数が少ないにもかかわらず、汚水量が多く（設計値の約 2 倍）、BOD 濃度が低い。この濃度では

- ・メタン発酵槽のガス発生効率が低下し発電に必要なガス量が得られない。
- ・1 万 2,000 頭を考えた場合、単純計算では発酵槽の容積が、設計値の約 2 倍になる。
- ・発酵槽の容積が 2 倍になると、加温に必要なエネルギーも 2 倍となる。

以上のことから、メタンガス発生効率向上、装置の小型化、加温エネルギーの削減、場外への電力供給を考慮すると、できるだけ高濃度化し、汚水量を少なくすることが望ましい。その対策として、洗浄水量を削減し、日本並の排水濃度にできれば良いが、現実には、豚の病気の発生などの問題があり困難である。また、急激に豚の飼育頭数を増加させることも設備面、経済性の面から問題である。このようなことから、200kW 発電のために有機物量が不足していることもあり、有機物

量の確保と高濃度化を目的に、外部から豚の糞のみを供給することを原則と考えるべきである。

排水処理について：

メタン発酵槽では、有機物が可溶化され、可溶化により生成した有機酸等がメタン菌によりメタンガスと炭酸ガスに分解される。この過程で、BOD成分はメタン菌により分解されて減少する。一方T-Nは、有機物の可溶化により溶液中に溶出し増加する。

従って、メタン発酵槽から排出される脱離液は、一般的にBOD：COD(Mn)：T-N比は、100：90：30で、BODとCOD(Mn)が、ほぼ同等の割合で生物的に処理しにくい組成となっている。またT-Nは、可溶化により大幅に増加し高い値となる。

このような組成の脱離液に対して、生物処理を行い広州2級基準まで処理するのであるが、COD、NH₄-Nの処理が困難と考えられる。広州2級基準のCODは、COD(Cr)規制であり生物的に分解されない有機物まで、大部分の有機物が検出される。さらに中国のCOD(Cr)測定方法は、日本より酸化剤の濃度が高く、日本より高い値になると予想される。

従って広州2級基準のCOD(Cr)110mg/Lは、日本の排水基準に比べて相当にレベルの高い値で、格段の努力をしなければ、達成は困難と考えられる。

NH₄-Nは、現状では生物的脱窒により除去する方法が最も合理的である。NH₄-Nを好気性硝化菌により硝酸イオンにまで酸化し、次に嫌気性にして脱窒菌によりN₂ガスに還元して大気中に放出する。しかしこれらを完全に行うには、各プロセスにおいて適正な条件を維持しなければいけない、例えば、硝化が不十分であると亜硝酸イオンでとまったり、脱窒時の水素供与体(有機物)が不足すると脱窒できない。広州2級基準のNH₄-Nは、10mg/Lであり、厳密に運転管理しないと達成は困難と考えられる。微生物処理プロセスは、化学プロセスと異なり不明確な部分が多く、制御しきれない部分があり、その分のリスクを考慮しておく必要がある。

このようなことから、広州2級基準、特にCOD(Cr)、NH₄-N基準値に対して、更に詳細な処理方法、処理条件などの検討が必要である。

初年度研究成果の総括

中国の経済発展の可能性は、今後も高い。またエネルギー需給構造をみると石炭を中心としつつ若干の多様化が実現しそうである。しかし中国にとって、その過程は、石炭資源から他のエネルギー資源への転換、輸入エネルギーの増大等の厄介な問題が発生し、決して平坦なものではない。

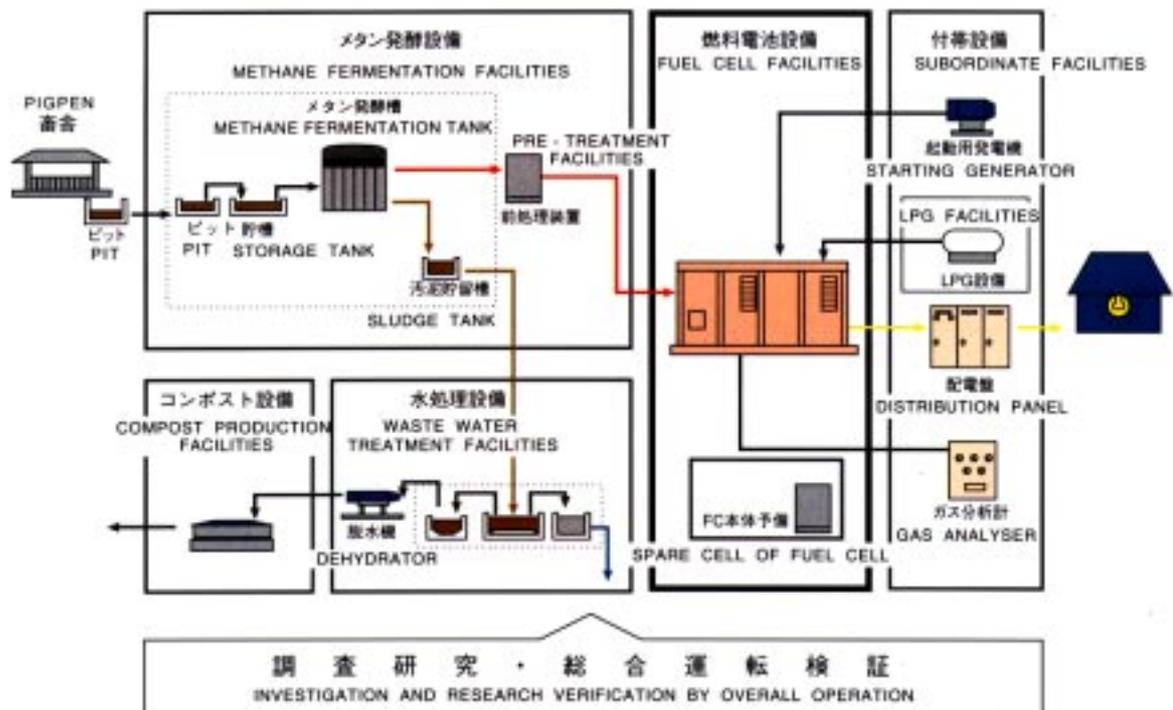
今後の経済・エネルギー問題を考える上で注意すべきは、地球規模の環境問題・環境制約である。1994年に地球温暖化防止を目的とした「気候変動枠組み条約」が発効した。さらに1997年12月の京都における「第3回締約国会議」では、「共通だが差異ある責任」の原則に基づいて、先進国は2008～2012年に1990年水準より、温室効果ガスを5%削減する、途上国を除くその他の国に関しては、1990年水準0ないし若干の増加も認められる。途上国(中国もこの範疇に入る)に関しては、この限りではない、ことが決定された。中国はその意味では、温室効果ガスの削減に関して、国際的な義務はない。しかし石炭を大量に使用してきた国として、地球環境問題に対して無関心、無対応ではすまない状況もある。さらに経済水準が向上し、途上国から離陸することになると、国際的な責任を負わざるを得ない。他方中国自身としてもSO₂、NO_x等の排出や、TSP(総浮遊粒子状物質)に対して、国民の健康を守るという視点から対応策を打ち出さざるを得ない状況が生まれている。このことはエネルギーの生産・消費と密接に絡み、エネルギー需給や経済発展にとって重要な制約要因となる。

現在中国が原子力さらに新エネルギーや再生可能エネルギーの利用促進を、積極的に推し進めようとしているのは、このような環境問題への対応とは無縁ではない。風力発電の大量導入や、ソーラーへの関心にそれが現れている。この点に関して、バイオエネルギーの利用もまた重要なアイテムとなる。WECのバイオガスに関する資源評価でも大きな値が与えられており、有望なエネルギー資源として期待されている。

今回研究の対象としているプロジェクトは、家畜糞尿から発酵したメタンを効率的に回収し、それを燃料電池の燃料として使用・発電するだけではなく、さらに排水を処理し、環境改善の一助とする、その上、廃棄物のコンポスト化によって肥料として活用する等多面的な利用が想定されている。予備的な調査によれば、1万2,000頭の豚から燃料電池を利用して発電できる電力は、200kWに相当する。1997年末現在、中国で飼育されている豚の頭数は、3億8,897万頭に達している。単純計算すると648万kWの発電容量となる（広東省では、1,642.4万頭存在するので、27万kWに相当）。このプロジェクトは、エネルギー源の多様化に資するだけでなく、農村電化特に系統連携の不可能な無電化地域に対して有効な対策と考えられている。

燃料電池としては、既に実用化の段階にあるが、家畜糞尿からのメタン発酵、排水処理、肥料化等全体システムとして最適化すること、更にこの種のシステムを広東省のみならず、全中国に普及する技術的、社会的要件の検討が、今求められている。

最後に本研究協力事業の全体像を示す。



研究設備構成
Construction of Research Facilities

お問い合わせ info@tky.ieej.or.jp