

平成18年度 CDM/JI事業調査

中国・萊陽市養豚場での  
バイオガス生産による発電事業調査

報告書

平成19年3月

大成建設株式会社

# 目 次

|                        |    |
|------------------------|----|
| 目 次                    | 1  |
| 調 査 概 要                | 5  |
| 1. プロジェクトの概要           | 5  |
| 2. 本調査の実施体制            | 5  |
| 第 1 章 中国基本事項           | 6  |
| 第 1 節 中国の概要            | 6  |
| 1. 国 土                 | 6  |
| 2. 気 候                 | 7  |
| 3. 人口と民族               | 7  |
| 第 2 節 中国の政治・経済・社会状況    | 7  |
| 1. 政治状況                | 7  |
| 2. 経済状況                | 9  |
| 第 3 節 萊陽市の概要           | 11 |
| 1. 国 土                 | 11 |
| 2. 交 通                 | 11 |
| 3. 萊陽市の経済・主要産業         | 11 |
| 第 2 章 中国の地球温暖化に関する取り組み | 12 |
| 第 1 節 中国のGHG排出の現状      | 12 |
| 第 2 節 地球温暖化による中国への影響   | 13 |
| 第 3 節 京都議定書を巡る最近の動向    | 13 |
| 第 4 節 GHG削減に関わる組織体制    | 14 |
| 第 3 章 養豚産業の現状          | 15 |
| 第 1 節 中国における養豚産業の現状    | 15 |
| 第 2 節 糞尿処理の現状          | 16 |
| 第 3 節 養豚産業を取り巻く環境問題    | 17 |
| 第 4 節 養豚産業に対する法規制      | 17 |
| 第 5 節 養豚産業の将来動向        | 17 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第4章 中国における廃棄物処理の現状            | 18 |
| 第1節 中国の水処理現状                  | 18 |
| 1. 汚染の現状                      | 18 |
| 2. 国の汚水処理状況                   | 19 |
| 第2節 廃棄物の処理現状                  | 20 |
| 1. 中国の廃棄物の汚染状況                | 20 |
| 2. 中国の廃棄物処理状況                 | 22 |
| 第5章 エネルギー事情                   | 24 |
| 第1節 一次エネルギーの需給見通し             | 24 |
| 1. 一次エネルギー供給の推移               | 24 |
| 2. 一次エネルギー供給見通し               | 24 |
| 第2節 エネルギー供給事情                 | 25 |
| 第3節 エネルギーに関する中国政府の政策          | 26 |
| 第4節 再生可能エネルギーの状況              | 26 |
| 第6章 中国におけるメタンガス利用技術の現状        | 27 |
| 第1節 メタンエネルギーの位置付け             | 27 |
| 第2節 メタンガス利用技術の現状              | 27 |
| 1. 工業分野と農業分野における有機廃棄物メタンガス賦存量 | 27 |
| 2. メタンガス利用技術の現状               | 28 |
| 第3節 メタンガス利用技術の開発動向            | 29 |
| 1. 発酵プロセス                     | 29 |
| 2. 発酵周辺技術                     | 30 |
| 第7章 中国のCDM事業への取り組み            | 31 |
| 第1節 CDM事業承認体制                 | 31 |
| 第2節 CDM承認及び関連手続き              | 31 |
| 第3節 CDMプロジェクト審査の国家基準          | 32 |
| 1. 重点分野（CDM管理弁法4条）            | 32 |
| 第4節 CDMプロジェクトの申請・承認状況         | 33 |
| 第8章 事業実施先の概要                  | 35 |
| 第1節 会社概要                      | 35 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第2節 工場概要ならびに生産状況   | 35 |
| 第3節 環境に対する考え方      | 35 |
| 第9章 CDMプロジェクトの検討   | 36 |
| 第1節 プロジェクト概要       | 36 |
| 1. 概要              | 36 |
| 2. プロジェクトサイトの概要    | 37 |
| 3. 糞尿処理の現状         | 38 |
| 第2節 プロジェクト背景       | 39 |
| 第3節 プロジェクト実施体制     | 39 |
| 第4節 プロジェクト スケジュール  | 40 |
| 第5節 設備基本設計         | 41 |
| 1. 食品集团有限公司養豚場の概況  | 41 |
| 2. 養豚場の飼育状況        | 41 |
| 3. 養豚場の糞尿成分分析      | 41 |
| 4. 糞尿の収集及び輸送       | 42 |
| 5. 糞尿処理システム概要      | 42 |
| 6. 新糞尿処理システム       | 43 |
| 7. 廃水量と性状          | 45 |
| 8. プロセスフロー         | 45 |
| 第10章 CDMプロジェクトへの適用 | 48 |
| 第1節 方法論の選択         | 48 |
| 第2節 適用条件           | 48 |
| 第3節 プロジェクトバウンダリー   | 49 |
| 第4節 ベースラインシナリオの同定  | 49 |
| 第5節 追加性の立証         | 51 |
| 第6節 ベースライン排出量      | 51 |
| 第7節 プロジェクト実施による排出量 | 56 |
| 第8節 リークエージ         | 60 |
| 第9節 GHG排出削減効果      | 61 |
| 第10節 モニタリング        | 61 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第11節 環境影響評価.....         | 62 |
| 第12節 利害関係者のコメント.....     | 62 |
| 1. 萊陽市（經濟合作局、投資促進局）..... | 63 |
| 2. 萊陽市配電局.....           | 63 |
| 3. 近隣農家.....             | 63 |
| 4. 食品集團有限公司.....         | 63 |
| 第11章 プロジェクトの事業性.....     | 64 |
| 第1節 初期投資額.....           | 64 |
| 第2節 資金調達方法.....          | 65 |
| 第3節 事業収支の算出.....         | 65 |
| 1. 収益想定額.....            | 66 |
| 2. 費用想定額.....            | 66 |
| 3. 税金.....               | 67 |
| 第4節 事業性評価.....           | 68 |
| 1. IRRによる事業性評価.....      | 68 |
| 2. 事業実施に関する判断.....       | 68 |
| 第5節 事業化に向けた課題.....       | 69 |

# 調査概要

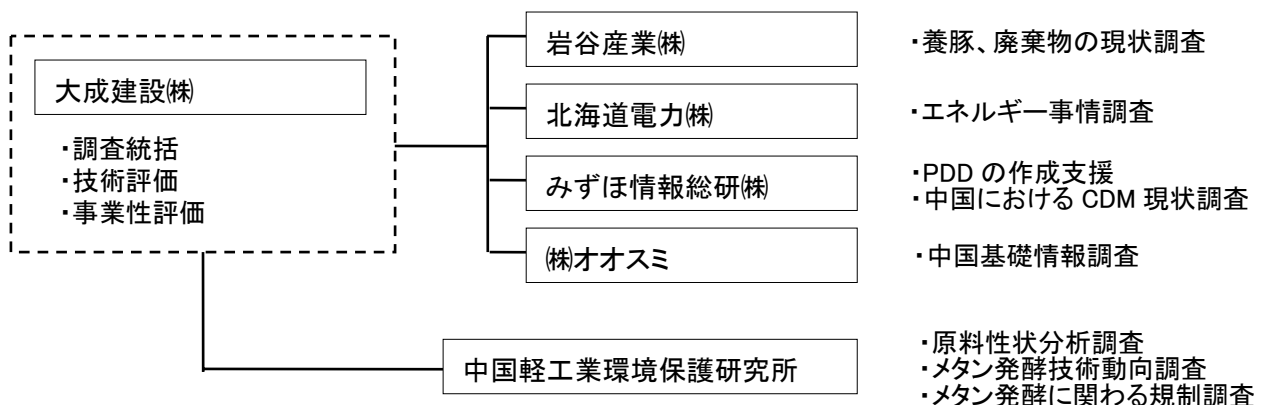
## 1. プロジェクトの概要

本事業は山東省萊陽市に本拠を持つ食品集団有限公司が所有する豚飼育農場で発生する豚糞尿、洗浄水を対象として、メタン発酵処理により発電を行い、発生した余剰電力を売電することを目的としている。同時にコジェネレーションによりメタン発酵槽を加温するための熱生産を行う。

現在発生している豚糞尿、洗浄水は一部の固形物を除き、ラグーンで処理されており、温室効果ガスであるメタンの発生源となっている。これをメタン発酵し、最終的に二酸化炭素として排出することで、温室効果の高いメタンの発生を抑制することができる。萊陽市の電力はほぼ 100%石炭発電によるものであり、メタンガスから発電を行い、地域の電力ネットワークと接続することにより、化石燃料使用量削減による温室効果ガスの削減が期待される。メタン発酵後の消化液は現存するラグーンに戻して水処理後放流することで環境に対する付加を大幅に減らすことが可能になる。

## 2. 本調査の実施体制

### (1) 日本側の調査体制



### (2) ホスト国（中国）側の協力体制

| 機関名称           | 役割  |
|----------------|---|
| 食品集団有限公司       | <ul style="list-style-type: none"> <li>本事業のパートナー企業</li> <li>現地調査に関する協力</li> </ul>       |
| 萊陽市(対外貿易経済合作局) | <ul style="list-style-type: none"> <li>萊陽市の現状等のヒアリング先</li> <li>グリッド接続の申請受付窓口</li> </ul> |
| 電業公司           | <ul style="list-style-type: none"> <li>萊陽市の電力供給会社。グリッド接続の協議先</li> </ul>                 |
| 国家發展改革委員会      | <ul style="list-style-type: none"> <li>DNA</li> </ul>                                   |
| 山東省發展改革委員会     | <ul style="list-style-type: none"> <li>CDM 事業推進支援</li> </ul>                            |
| 山東省CDMセンター     | <ul style="list-style-type: none"> <li>本事業推進に対する助言</li> </ul>                           |

# 第1章 中国基本事項

## 第1節 中国の概要

### 1. 国土

中華人民共和国（首都：北京）は、アジア大陸の東部、太平洋の西海岸に位置し、陸地面積は約960万平方キロで、ロシアとカナダに次いで、世界で3番目の大きさである。

領土は、北は漠河以北の黒竜江の中軸線（北緯53° 30'）から、南は南沙諸島南端の曾母暗砂（北緯4°）まで、緯度は49° 余りにまたがる。東は黒竜江とウスリー川の合流するところ（東経135° 05'）から、西はパミール高原（東経73° 40'）まで、経度は60° 余りにまたがる。

陸地の国境線は2万2800キロで、東は朝鮮民主主義人民共和国、北はモンゴル国、北東はロシア、北西はカザフスタン、キルギスタン、タジキスタン、西と南西はアフガニスタン、パキスタン、インド、ネパール、シッキム、ブータン、南はミャンマー、ラオス、ベトナムと接し、東部と東南部は韓国、日本、フィリピン、ブルネイ、マレーシア、インドネシアと海を隔てて向かい合っている。

海岸線は約1万8000キロで、海岸の地勢は平坦で、数多くの良港に恵まれ、ほとんどは1年中凍ることがない不凍港である。

中国大陸の東部と南部は、渤海・黄海・東海・南海に臨んでいて、海域面積は約473万㎡である。



図 1-1. 中国全土図

出典：中国まるごと百科事典 HP

## 2. 気 候

大部分は温帯に属し、四季の区別がある。中国は南から北へと赤道地帯、熱帯、亜熱帯、暖温帯、温帯、寒温帯という六つの温度帯に分かれている。降水量は南東部から北西部へと次第に少なくなり、各地の年間平均降水量の差が大きく、南東部沿海地域では 1500mm 以上に達するのに対し、北西部の内陸地域では 200mm 以下でしかない。

## 3. 人口と民族

2005 年度末の人口は 13 億 756 万人（台湾、香港、マカオを除く）である。出生率は 1.240%、死亡率 0.651%で、自然増加率 0.589%。漢民族が人口の 9 割以上を占め、他に 55 の少数民族が存在する。公用語は中国語（漢語）である。

## 第 2 節 中国の政治・経済・社会状況

### 1. 政治状況

表 1-1. 政治体制・元首・議会・政府

|      |  |
|------|--|
| 政治体制 | 憲法上は人民民主主義独裁の社会主義国家、実際は共産党の一党支配。                 |
| 元 首  | 国家主席：胡錦濤。任期 5 年。2003 年 3 月選出。                    |
| 議 会  | 全国人民代表大会の一院制。                                    |
| 政 府  | 国務院。全国人民大会が国家主席の指名に基づき首相を、首相の指名により閣僚を任命。首相は温家宝。  |
| 主要政党 | 中国共産党（党員約 7080 万人、05 年末）。他に国民党革命委員会など 8 つの民主諸党派。 |

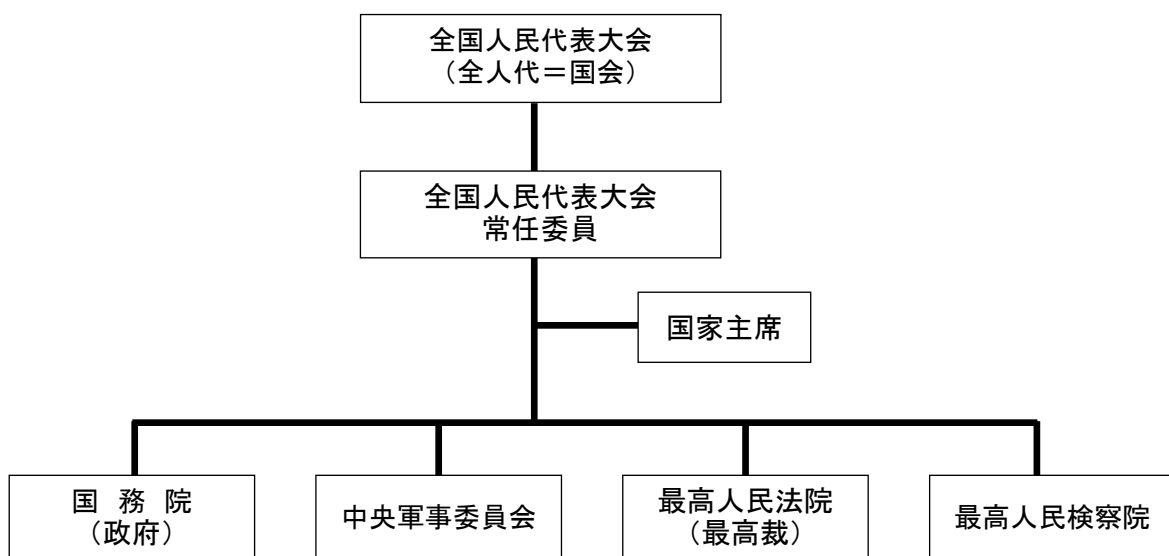


図 1-2. 中国国家机关組織図

出典：「中国動向 2006」、2006 年



胡錦濤－温家宝体制は、2003年3月の第10期全人代第1回会議でスタートし、江沢民路線を継承しながらも、これまでの政策が格差拡大、環境悪化などの問題を生んできた反省から「親民路線」・「調和のとれた社会の建設」のスローガンの基で胡錦濤色を鮮明にしてきた。

2006年3月に開催された第10期全人代第4回会議において、胡錦濤指導部にとりて初めての5ヶ年計画を決定した。この第11次5ヶ年計画は、科学的発展観を計画策定の指導思想とし、国内総生産（GDP）年平均成長率を7.5%とする目標を明記するとともに、深刻化する貧富の格差縮小に向け、農村対策を最重要課題とする方針を強調した。エネルギー浪費や環境汚染など急速な経済発展に伴う成長のひずみ是正にも配慮し、省エネや環境保護でも数値目標を示した。

### 第11次5カ年計画の主な内容

- 今後5年間のGDPの年平均伸び率を7.5%とする。
- 資源利用効率を大きく向上させ、単位GDPに対するエネルギー消費量を、第10次五カ年計画（2001～2005年）末期より約20%下げる。生態環境の悪化をほぼ抑制し、耕作地の減りすぎを効果的に抑える。
- 知的財産権や有名ブランド、国際競争力を持つ優位な企業を多く育てる。
- 社会主義市場経済制度を比較的整った状態にし、開放型経済を新たな水準に押し上げる。国際収支のバランスがほぼ取れた状態を目指す。
- 9年制義務教育の普及と定着をはかり、都市部の雇用を引き続き増やす。社会保障制度の整備に努め、貧困人口の減少を引き続き図る。
- 都市部と農村部で所得水準や生活の質を全体的に向上させ、価格の全体水準の基本的安定を図る。住宅・交通・教育・文化・保健・環境等の面での大幅な環境改善を推進する。
- 民主的法律制度の構築、精神文明の構築で新たな進展を得る。治安や生産活動の安全でさらなる改善を得る。調和のとれた社会の構築に向けた新たな進歩を目指す。

## 2. 経済状況

2005年の国内総生産（GDP）は、前年比10.2%増（修正値）と3年連続で10%前後の高い伸び率となり、フランス、英国を抜き世界4位の規模に躍進した。

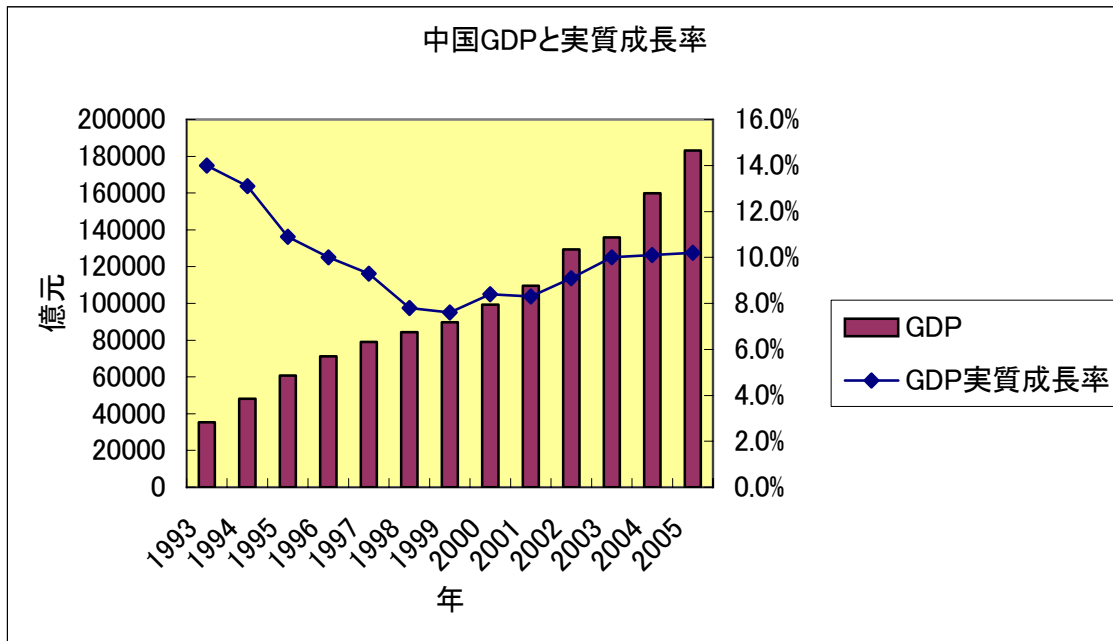


図 1-3.中国 GDP と実質成長率

出典：ジェトロ海外情報ファイルより大成建設作成

2005年の輸出額は前年比28.4%増の7620億ドル、輸入は17.6%増の6601億2000万ドルで高い伸びを示した。輸入、輸出とも世界3位、合計額でも米国、ドイツに次ぐ3位。貿易黒字は1,018億8,000ドルと過去最高を記録、欧米との貿易摩擦が激化している。

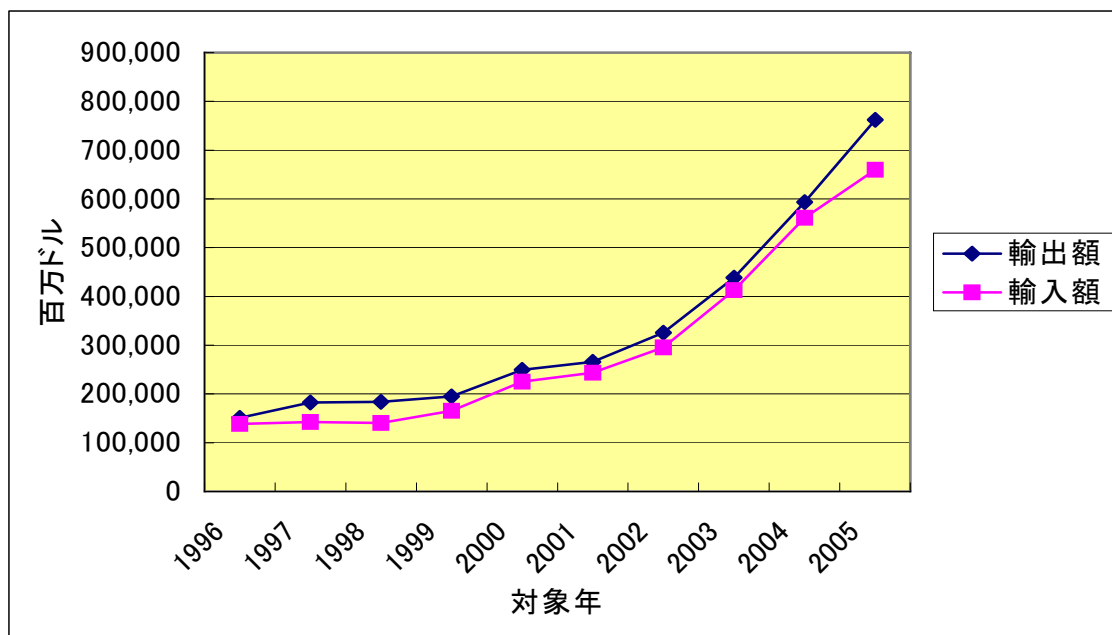


図 1-4. 中国輸出入額推移

出典：ジェトロ海外情報ファイルより大成建設作成

中国からの輸入増は、日本のみならずアメリカでも顕著であり、対中貿易赤字の増大を背景に、特にアメリカから人民元切り上げ要求が高まってきていたが、2005年7月、中国人民銀行はついに人民元を対ドルレートで約2%切り上げることを発表。同時に事実上の固定相場制を改め、「通貨バケット制」の導入に踏み切った。

人民元をめぐるここ数年の動きは、切り上げを見越した各国投資家からの資金が大量に流れ込んでおり、中国政府はこうした動きによる人民元高を食い止めるため、ドル買い元売り介入を続けていた。その結果、中国の外貨準備高は急上昇している。

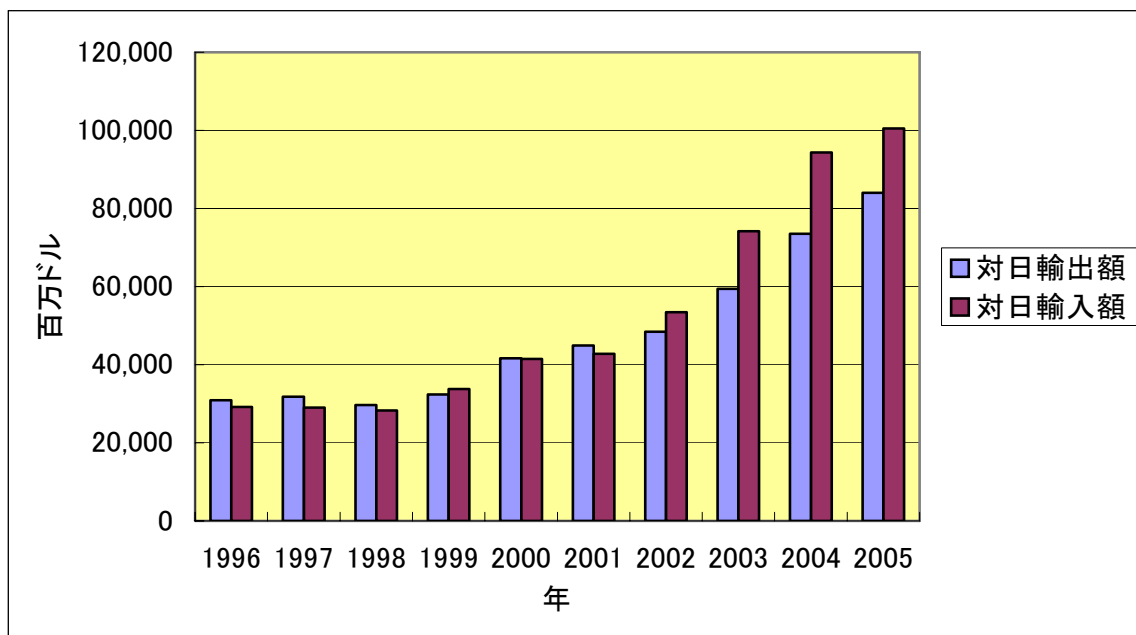


図 1-5. 中国対日輸出入額推移

出典: ジェトロ海外情報ファイルより大成建設作成

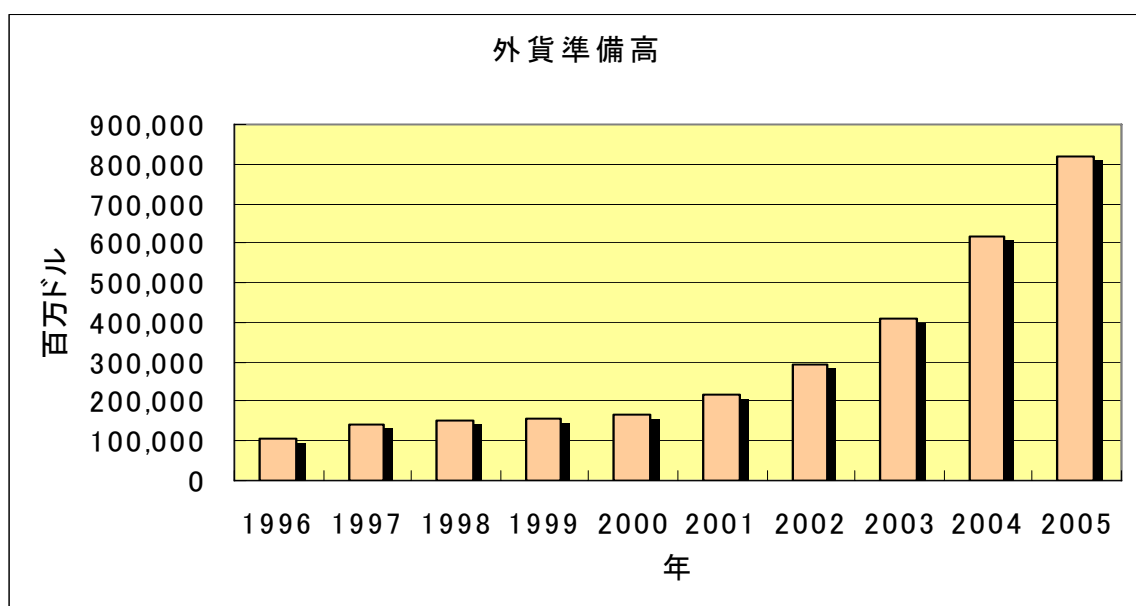


図 1-6. 中国外貨高

出典: ジェトロ海外情報ファイルより大成建設作成

### 第3節 萊陽市の概要

#### 1. 国土

山東省萊陽市は、東経 120° 31'、北緯 36° 34'山東半島の中央部、南は黄海を臨み、煙台と青島の中間に位置する。萊陽市の面積は 1,734 ㎡、海岸線は 27km。人口数は 90 万人がいる。市区の人口は 20 万人である。

萊陽は四季がはっきりしており、温帯大陸性気候に属している。年の平均気温が 11.2℃、降雨量は 680.5mm である。

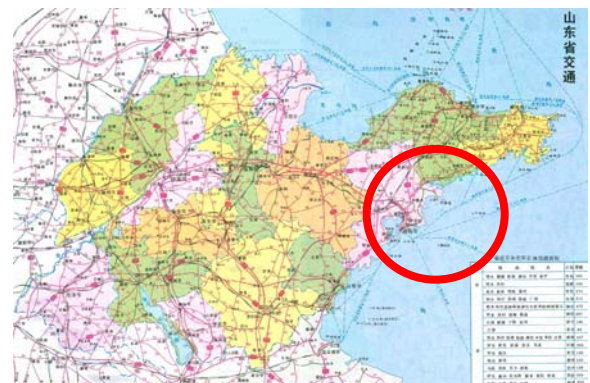


図 1-7. 萊陽市位置図

#### 2. 交通

煙台港と青島港 2 つの港に近く、道路網も整備されている。鉄道は藍煙鉄道が市街地の南部を貫き、市内に三つの駅を有する。高速道路は、同江—三亜、萊陽—濰坊 2 本の高速道路、煙台—青島の一級道路、威海—青島の高速道路が萊陽市内を貫いている。萊陽から青島、煙台港まで各 100 キロ、青島空港まで 90 キロ、煙台空港まで 80 キロである。

#### 3. 萊陽市の経済・主要産業

主要産業は、食品加工業、機械工業、化学工業、アパレル業で進出企業は 2000 社余。また、農林水産業、畜産業も盛んである。その他として、鉱山資源も豊富で、大理石、カリウム長石、膨潤石の埋蔵量は、1,000 万 t 以上である。

## 第2章 中国の地球温暖化に関する取り組み

### 第1節 中国のGHG排出の現状

1990年におけるGHG排出インベントリーを表2-1及び表2-2に示す。又、中国が排出する二酸化炭素の量は2003年の時点で、世界の総排出量252億tの16.4%（41.3億t）であり、最大の排出国である米国の22.8%（57.5億t）に次いで第二番目となっており、わが国の排出量12.3億t（4.9%）の3倍強である。しかし、2003年の国民一人当たり排出量では、米国19.7t/CO<sub>2</sub>、日本9.6t/CO<sub>2</sub>、に比べると、中国3.2t/CO<sub>2</sub>となっている。

表2-1. 1990年の中国における物質別GHG排出量(Gg/CO<sub>2</sub>e)

| GHGの種類                 | 排出量(Gg/CO <sub>2</sub> e) | 排出比率 % |
|------------------------|---------------------------|--------|
| 二酸化炭素 CO <sub>2</sub>  | 2,272,528                 | 79     |
| メタン CH <sub>4</sub>    | 533,169                   | 19     |
| 亜酸化窒素 N <sub>2</sub> O | 58,900                    | 2      |
| 合計                     | 2,864,597                 | 100    |

出典:「環境省データベース」

表2-2. 1990年の中国における部門別GHG排出量(Gg/CO<sub>2</sub>e)

| 部門     | 排出量(Gg/CO <sub>2</sub> e) | 排出比率 % |
|--------|---------------------------|--------|
| エネルギー  | 2,291,207                 | 80     |
| 工業     | 93,988                    | 3      |
| 農業     | 286,090                   | 10     |
| 廃棄物    | 18,879                    | 1      |
| LULUCF | 173,433                   | 6      |

出典:「環境省データベース」

また、国家気候変動調整委員会(NCCCC:National Coordination Committee on Climate Change)は1996年にIPCCの提示したインベントリーガイドラインに沿って、中国における1994年の排出量インベントリーを行っている。その結果、1994年の全排出量はCO<sub>2</sub>等価で、36.5億tである。結果を表2-3に示す。

表2-3. 1994年の中国における物質別GHG排出量(百万t/CO<sub>2</sub>e)

| GHGの種類                 | 排出量(Gg/CO <sub>2</sub> e) | 排出比率 % |
|------------------------|---------------------------|--------|
| 二酸化炭素 CO <sub>2</sub>  | 2,666                     | 73.05  |
| メタン CH <sub>4</sub>    | 720                       | 19.73  |
| 亜酸化窒素 N <sub>2</sub> O | 264                       | 7.22   |
| 合計                     | 3,650                     | 100.00 |

出典:「中国国家気候変動調整委員会(NCCCC)2004年」

1990年、1994年及び2003年の排出量の推移を以下に示す。

表 2-4. 中国のGHG総排出量の変化

| GHGの種類 | 排出量      | 排出増加量   |
|--------|----------|---------|
| 1990年  | 28.6 億 t | —       |
| 1994年  | 36.5 億 t | 7.9 億 t |
| 2004年  | 41.3 億 t | 4.8 億 t |

中国のGHG排出量の予測は種々の研究機関等によってなされている。中国エネルギー・環境研究センターは、2025年に米国の排出量を超え、世界で最大の排出量となる、と予測している。

## 第2節 地球温暖化による中国への影響

地球温暖化にかかる気候変動が中国に及ぼす影響は以下が想定されている。

- 乾燥地での降雨量減少による乾燥地農業への影響
- 集中豪雨/大型台風等による自然災害による被害の増大
- 南部における冬季平均気温の上昇により疫病媒介害虫が多発し、マラリア等の熱帯性疫病の増大

地球規模の温暖化により、乾燥地では一層の降雨減少と乾燥化が進むと予想されている。中国北西部は広大な乾燥・半乾燥地であり、近年は一層の乾燥化傾向にあるとされている。地球温暖化現象との因果関係は明らかにされていないが、乾燥化の進捗は北西部乾燥地における農業放棄と沙漠難民を増大させているとの見方がある。一方、中国の中緯度地方は温帯モンスーン帯に位置しており、降雨量の増大で洪水等の被害が頻発する懸念があり、南北に長い海岸線を持つ東部海岸は台風の襲来を避けることができないが、台風の大型化傾向は被害の増大を予想させる。また、熱帯に近い亜熱帯域である南部地域は熱帯化が想定され、生態系等の環境への影響が懸念されている。

しかし、温暖化の影響は想定するに止まっており、長期的な気候変動とその影響を把握する努力は注意深く続けられているが、具体的な数値等での影響を予測するに至っていない。

## 第3節 京都議定書を巡る最近の動向

地球温暖化防止のための中国における主務機関である、NCCCCは2005年2月の京都議定書発効後の活動として、CDM事業推進のための諸活動を行っている。2005年10月に今まで暫定法であった2004年制定のCDM取り扱い弁法を廃止して、新たにCDMプロジェクト運行管理弁法を制定し、積極的にCDMプロジェクトに取り組んでいる。そのほかの活動は、議定書締約国付属表I当該国ではなく、削減の義務を負わないことも考えられるが、削減等については具体的な活動は見られない。

## 第4節 GHG削減に関わる組織体制

中国国務院に所属する、国家気候変動調整委員会が主務機関となる。委員会議長は国家発展改革委員会（NDRC）議長が担当している。委員会構成メンバーは、NDRCのほかに、6部（省）、5局（庁）、1機関の代表（部局長の代理）である。各省庁機関は以下である。

議長及び副議長：国家発展改革委員会議長及び副議長

《部》

1. 科学技術部
2. 財務部
3. 商務部
4. 農業部
5. 建設部
6. 水利部

《局》

1. 気象局
2. 国家環境保護局
3. 国家森林局
4. 海洋局
5. 民間航空局

《機関》

1. 中国科学院

NCCCは部局間（省庁間）をまたぐ機関として、気候関連の政策と活動に関し、協議と調整を行っており、また、諸外国との交渉も担当している。主務は国務院の下でその指揮と指示に従うこととなっている。

事務局はNDRCの地方財務部に置かれ、日常業務を行っている。

### 第3章 養豚産業の現状

#### 第1節 中国における養豚産業の現状

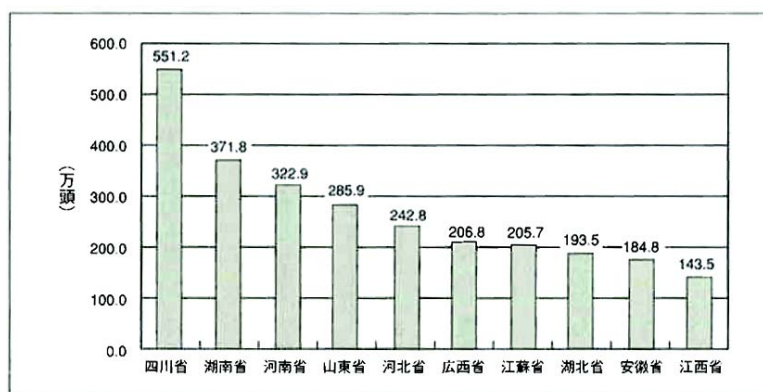
世界一の人口を抱える中国は、世界最大の豚肉生産国であるのと同時に、世界最大の豚肉消費国でもある。FAO（国連食糧農業機関）の統計によると、2001年の中国の豚生産量は世界の豚総生産量の46.1%となる4,240万トンであった。現在の生産量は5,000万トン近くに達しており、世界総生産量の約半数近くを生産している。また1997年から2004年においては、飼養頭数の伸びは年率3~4%と以前ほどの伸び率を示さなくなったが、2010年までは依然として成長を続けるものと予想されている。

国内の養豚地域は主に四つ存在する。最も養豚が盛んな地域は四川省・河南省・江蘇省・湖北省などを中心とする長江周辺エリアで、総生産量の約44%がこの地域に集中している。次いで生産が多いのは北部（河北省・山東省・河南省）、南西部（福建省・広東省・海南省）、北西部（遼寧省・吉林省・黒龍江省）である（表3-1）。また、中国における豚生産量の上位10省を図3-1に示す。

表3-1. 中国国内の養豚の地理的分布

|             | 長江周辺     | 北部       | 北東部     | 南東部      |
|-------------|----------|----------|---------|----------|
| 国内生産量に対する割合 | 43.8 (%) | 21.6 (%) | 6.3 (%) | 13.2 (%) |

出典:「中国の養豚事情と将来への展望」月刊養豚情報 12月号



【図3-1. 中国における豚生産量上位10省】

出典:「中国の養豚事情と将来への展望」月刊養豚情報 12月号

中国の養豚生産形態は三つのパターンに分けることが出来る。第一は、家族経営の小規模な生産形態である。この生産形態では、本業としての養豚ではなく、一家族で1~5頭程度を飼養している場合がほとんどである。糞尿は肥料として農地に使用し、豚も自分たちでと蓄し、家族で消費する。飼料は、一般的に穀物の副産物や野菜、食品残さが使用されている。生産性は高くないが、中国の全生産量の70%をこの生産形態が占める。

第二は、年間100~3,000頭程度を出荷する中規模の生産形態で、全生産量の25%を占める。第三は、年間5,000頭以上を出荷する近代的な大規模農家である。飼料も大手の飼料生産者から納入されたものを用いるのが一般的で、飼養成績も国際的に比較してほとんど遜色ない。



## 第2節 糞尿処理の現状

養豚産業の成長に伴って、養豚場から廃棄される糞尿廃棄物の総量も同様に増加している。中国の畜産業は中国農業部の家禽業発展計画に沿って進められることになっており、養豚産業のその政策に法り、今後少なくとも5年間は継続して発展が見込まれる。

中国畜産業年鑑（2003）によると、前年の家禽業における糞尿の総排出量は既に約18億トン（表3-2）であり、これに大規模生産場の洗浄水（汚水）を加えた量は200億トンをはるかに超えている。

表3-2. 2002年全国蓄牧業における糞便の排出量

| 地区   | 豚           |                 | 鶏           |                 | 牛           |                 | 合計排出<br>(百万トン) |
|------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|----------------|
|      | 頭数<br>(百万頭) | 糞尿排出量<br>(百万トン) | 頭数<br>(百万羽) | 糞尿排出量<br>(百万トン) | 頭数<br>(百万頭) | 糞尿排出量<br>(百万トン) |                |
| 北京   | 4.83        | 3.62            | 60.07       | 2.19            | 27.40       | 2.00            | 7.81           |
| 天津   | 3.62        | 2.67            | 43.4        | 1.58            | 37.30       | 2.72            | 6.97           |
| 河北   | 35.41       | 37.85           | 533.58      | 19.48           | 703.20      | 51.33           | 108.66         |
| 山西   | 5.92        | 6.94            | 53.94       | 1.97            | 217.50      | 15.88           | 24.79          |
| 内蒙古  | 8.39        | 11.17           | 48.68       | 1.78            | 327.30      | 23.89           | 36.84          |
| 遼寧   | 15.40       | 18.86           | 305.6       | 11.15           | 264.80      | 19.33           | 49.34          |
| 吉林   | 10.09       | 12.99           | 230.04      | 8.40            | 460.00      | 33.58           | 54.97          |
| 黒竜江  | 11.31       | 14.18           | 131.32      | 4.79            | 491.90      | 35.91           | 54.88          |
| 上海   | 4.50        | 3.50            | 60.28       | 2.20            | 6.20        | 0.45            | 6.15           |
| 江蘇   | 29.56       | 29.62           | 365.39      | 13.34           | 63.60       | 4.64            | 47.6           |
| 浙江   | 17.19       | 16.74           | 90.29       | 3.30            | 39.60       | 2.89            | 22.93          |
| 安徽   | 24.54       | 27.90           | 230.34      | 8.41            | 582.50      | 42.52           | 78.83          |
| 福建   | 14.88       | 16.35           | 86.57       | 3.16            | 109.30      | 7.98            | 27.49          |
| 江西   | 19.57       | 21.63           | 100.2       | 3.66            | 356.70      | 26.04           | 51.33          |
| 山東   | 38.03       | 40.44           | 735.95      | 26.86           | 1018.90     | 74.38           | 141.68         |
| 河南   | 44.98       | 53.61           | 420.92      | 15.36           | 1330.60     | 97.13           | 166.1          |
| 湖北   | 27.52       | 27.54           | 182.12      | 6.65            | 399.30      | 29.15           | 63.34          |
| 湖南   | 56.53       | 52.64           | 149.07      | 5.44            | 534.00      | 38.98           | 97.06          |
| 広東   | 31.62       | 31.24           | 222.42      | 8.12            | 413.00      | 30.15           | 69.51          |
| 広西   | 26.57       | 46.06           | 86.07       | 3.14            | 766.50      | 55.95           | 105.15         |
| 海南   | 2.73        | 4.39            | 21.95       | 0.80            | 149.50      | 10.91           | 16.1           |
| 重慶   | 17.49       | 23.89           | 61.54       | 2.25            | 164.50      | 12.01           | 38.15          |
| 四川   | 62.03       | 76.94           | 217.02      | 7.92            | 1067.40     | 77.92           | 162.78         |
| 貴州   | 12.85       | 26.09           | 23.43       | 0.86            | 692.60      | 50.56           | 77.51          |
| 雲南   | 22.60       | 36.78           | 40.1        | 1.46            | 750.40      | 54.78           | 93.02          |
| チベット | 0.14        | 0.35            | 0.31        | 0.01            | 577.10      | 42.13           | 42.49          |
| 陝西   | 7.70        | 9.84            | 62.19       | 2.27            | 267.60      | 19.53           | 31.64          |
| 甘肅   | 6.39        | 8.71            | 18.53       | 0.68            | 379.00      | 27.67           | 37.06          |
| 青海   | 1.05        | 1.51            | 2.01        | 0.07            | 410.70      | 29.98           | 31.56          |
| 寧夏   | 1.38        | 1.61            | 13.16       | 0.48            | 62.40       | 4.56            | 6.65           |
| 新疆   | 2.02        | 2.22            | 40.29       | 1.47            | 414.10      | 30.23           | 33.92          |
| 全国   | 566.84      | 667.95          | 4636.78     | 169.24          | 13084.90    | 955.20          | 1792.39        |

出典：「中国蓄牧業年鑑」中国農業出版社 2003年12月（糞尿量の原単位：豚2kg/日、鶏0.12kg/日、牛20kg/日）

前出資料によると、全国の豚飼育頭数は5億6,684万頭で、豚糞尿の総排出量は6億6,795万トンであり、豚糞尿の排出量は牧畜業全体の総排出量の37.3%を占めている。2002年全国の大規模養豚場は全体で3,132.95万頭の豚を生産し、全国の出荷頭数の27.6%であった。

### 第3節 養豚産業を取り巻く環境問題

2002年全国の畜産業における糞尿の年総排出量は約17.9億トンに達している。各種汚染成分の年間排出量の内訳は、窒素：1,654.2万トン、リン：376.0万トン、COD<sub>cr</sub>：6,629.4万トン、BOD<sub>5</sub>：5,593.5万トンであった。特にCOD<sub>cr</sub>は、同年の工業廃水と都市生活污水のCOD<sub>cr</sub>総排出量である2149.8万トンより多くなっている。

あるデータでは、豚1頭の毎日の排泄量は人間7人の排泄量に相当し、最高は15人分の排泄量に達するというデータもある。ほとんどの養豚場では廃水処理施設を設置してないので、多くの廃水は基準を超えて直接に農業環境に流入している。畜産業の環境汚染は水系の富栄養化、水質の悪化、土壌の固化と塩アルカリ化をもたらした。養豚場からの汚染問題の事例として湖南省の万頭養豚場がある。この養豚場から排出した糞尿は265亩（1ヘクタール=15亩）の農田に汚染の影響を及ぼし、水稻成長が不正常で、病害もひどく、減算損失は30%以上になったといわれている。

国家環境保護総局の全国23の省市で行った調査によって、全国の90%の中・大規模養豚場は、環境アセスメントを経由せず、80%の中・大規模養豚場は環境基準達成のための設備が無いことがわかっている。養豚場から排出される糞尿は、中国農村地区の汚染の主な原因のひとつになっている。この調査によって、環境影響が大きい大・中規模養豚場の80%は、東部沿海地区と北京、上海など大都市の周辺に存在しており、一部の養豚場は居住区域もしくは水源地に遠くないところにあることが分かっている。

### 第4節 養豚産業に対する法規制

中国の畜産業からの汚染排出規制を強めるために、国家環境保護総局は2001年5月に2002年初、《蓄禽養殖場汚染物管理方法》を發布した。2002年更に《蓄禽養殖業汚染物排出基準》と《蓄禽養殖場汚染防止技術規範》を發布した。

### 第5節 養豚産業の将来動向

中国の経済の発展と生活レベルの向上に伴い、市場の畜産品に対する需求は、数量の満足から品質の満足に変わりつつある。養豚産業も、社会の成長、経済の発展と調和しながら発展していくものと想定される。生産頭数は堅調に推移しつつ、豚肉の安全性や生産性に重点をおいた産業へと変化していくと思われる。生産方式に関しては、より一層、大規模集約型の養豚場が増え、養豚場周辺の環境問題が顕著になり、環境法規制がより強化される可能性がある。養豚場の建設基準で、民家や社会施設から離れた場所に建設することが義務付けられているため、早急な環境問題に発展する可能性は少ないが、より環境配慮を目指した養豚場が増えるものと思われる。

## 第4章 中国における廃棄物処理の現状

### 第1節 中国の水処理現状

#### 1. 汚染の現状

中国の年平均水資源総量は28124億 $m^3$ であり世界第6位になるが、人口が多く、地域が広いため、一人平均の水量はわずか2400 $m^3$ である。これは世界平均の25%しかなく、世界的にみても水の不足した国である。直面する問題として、中国では400の都市で水が不足しており、その中でも100以上の都市は深刻な水不足となっている。毎日、1,600万 $m^3$ の水が不足しており、年間の不足分の水量は60億 $m^3$ に達する。地下水も長年の取水超過により貯蔵量が不足しており、2010年には中国全体で深刻な水不足になるという予測もある。世界一の人口保有国にして最大の発展途上国は、水資源に関し、水を利用したいが水資源が乏しい、水災害と水汚染による健康被害、水環境が汚染されているのに水質管理は不十分であるという、多方面で顕在化した様々な問題に直面している。

中国には七本の大きな河川があるが、これらは全て大なり小なり汚染の被害を受けている。その中でも特に海河と遼河の汚染が重い。関係資料によると、2002年の観測結果では、七大水系に741ヶ所ある重点観測面中、29.1%の断面はI~III類水質を満足していたが、その他の30%の断面はIV、V類水質に属し、残りの40.9%は劣V類に属していた。

2002年の全国工業廃水量は207.2億 $m^3$ であり、都市からの生活排水量は232.3億 $m^3$ で、合わせて439.5億 $m^3$ が排水された。これは前年比で、工業廃水排出量2.3%増、都市生活排水排水量0.9%増、合計排出量1.5%増にあたる。このうちの80%以上は未処理のまま直接水域に排出されたため、都市の水域の90%以上がひどく汚染された。主要都市水源の50%近くが飲用水の基準を満たしておらず、都市の地下水ですら50%が重度の汚染となっている。

また、水中の有害な有機物の問題もますます顕在化している。例えば、水質中の発癌性物質は、一部の都市飲用水中に既に20種類以上が発見されている。水資源の無計画な開発利用は、慢性的な水不足と深刻な健康被害をもたらし、特に水質汚染をますます深刻化させている。

また、改革開放以来中国は急速に発展して都市化も進み、1978年に193ヶ所であった都市も、2001年には664ヶ所に増加した。その結果、都市では急速に人口が増加し、深刻な生活排水問題とごみ処理問題を抱えることになった。ここ10年ほど、中国の都市生活排水の排出量は毎年5%のスピードで増えており、1999年には初めて工業排水の排出量を上回った。2001年の生活排水総排出量は221億トンで、これは全体の53.2%を占めた。さらに、中国の生活排水処理施設整備の圧倒的遅れと不足も、深刻な水汚染を引き起こしている主な原因の一つである。

#### (1) 汚水排出量の統計と予測

中国統計年鑑によると、中国の1996年~2000年の汚水排出状況は表4-1の通りである。これによると年平均の汚水増加率は1%であるが、このうち60%を占める工業廃水は下降傾向であり、年平均で2%の下降線をたどっているのに対し、40%を占める生活排水は、年平均で7.9%増加している。

また、清華大学紫光投資会社では、2001年～2005年の排出増加率は0.8%であったとし、2006年～2010年の年平均増加率は0.1%で、2010年の中国における年間汚水排出量は763億トンになると予測している。

表 4-1. 中国の 1996 年—2000 年の汚水排出状況

単位: 億 m<sup>3</sup>

| 年代   | 汚水排出総量 | 年増加率(%) | 工業廃水<br>排出総量 | 年増加率(%) | 生活汚水<br>排出総量 | 年増加率(%) |
|------|--------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| 1996 | 376.6  | 1       | 217.5        | 2       | 159.1        | 5.4     |
| 1997 | 380.3  | 1       | 213.5        | 2       | 167.2        | 5.1     |
| 1998 | 384.1  | 1       | 208.9        | 2       | 175.2        | 4.8     |
| 1999 | 388.0  | 1       | 204.7        | 2       | 183.3        | 4.6     |
| 2000 | 391.1  | 1       | 200.6        | 2       | 191.3        | 4.4     |

## (2) 水汚染による損失

国家統計局の統計によると、2004年の環境汚染による経済損失は5118.1億円で、これはGDPの3.05%を占めた。その内訳は、大気汚染によるもの2198.0億円、水質汚濁によるもの2862.8億円、廃棄物が最終処分されることによる環境破壊によるもの6.5億円、汚染事故によるもの50.9億円である。比率に直すと、それぞれ前者から42.9%、55.9%、0.1%、1.1%であった。

また、水質汚濁の面から計算して、飲用水の汚染による農村住民の癌性致死数は11.8万人であり、これによる経済損失は167.8億円であった。このほか、安全な飲用水を確保できずに水を介して伝染病をわずらうことによる経済損失が10.7億円であった。従って2004年の水汚染による健康面での経済損失は小さく見積もっても178.6億円であったと推測できる。

## 2. 国の汚水処理状況

### (1) 中国の汚水処理場の建設状況

中国の2001年の全国汚水排出量は428億トンで、このうちの46.8%を占める201億トンが工業廃水であり、53.2%を占める228億トンが生活排水である。このうち、工業廃水はその85.6%が既に排出基準を達成しており、ここでは詳細な処理状況の紹介を省き、生活排水の処理状況について紹介する。

統計によると2000年末までに全国で建設された汚水処理場は427ヶ所であり（主に都市の生活排水処理を指す）、このうちの28ヶ所が二次処理場であった。これらの処理場を建設したことにより、都市排水の処理率は向上できたが、処理量の増加量よりも遥かに排水量の増加量の方が多く、2001年の資料を見ても、中国の都市排水処理率はわずかに18.5%であった。先進国の、例えばアメリカでは1980年には既に70%を達成している。従って都市排水の処理率向上の遅さと、処理能力の低さが中国の水汚染の主な原因であり、この原因が水環境の更なる悪化

をもたらし、それが中国の経済と社会の発展を妨げているのである。

## (2) 中国の水処理技術と直面する問題

中国の汚水処理技術は、海外の技術を導入し取り込むのと同時に、独自の技術も発展させている。海外から導入したものは、一般的な活性汚泥法、A2/O法、オキシデーショントリプル法、AB法、それに最近数年間に出現されたABC、SBR法、生物膜法、高圧膜法などである。しかしこれらの技術はそれぞれ建設コストとランニングコストが高く、更に処理効率を向上させる必要がある、という問題を抱えている。

中国の汚水処理設備は、効率が悪い、エネルギー消費が高い、補修率が高い、自動化率が低いという欠点がある。現在、中国の既存汚水処理設備の運転状況は、1/3が正常運転であるが、1/3が何らかの故障を抱え、1/3が停止状態である。つまり汚水処理場の稼働率は50%であり、これは非常に深刻な問題である。

確かに改革開放に伴い、中国も外国の設備を導入したが、これらの設備はかなり高額であり、もしも全面的に海外の設備を導入すれば、莫大な投資が必要になるだけでなく、中国の汚水処理設備製造発展に対しても良いことではない。

中国の環境計画である第九次五年計画と2010年までの長期計画では、2000年には汚水処理率目標は25%であり、2010年には45%を目標としている。一方、汚水の排出予測は2000年で392億m<sup>3</sup>、2010年では763億m<sup>3</sup>としている。例えば392億m<sup>3</sup>の25%は98億m<sup>3</sup>にあたるが、これを日量に直すと2685万m<sup>3</sup>となる。現在、既存汚水処理場の1日の処理能力は1167万m<sup>3</sup>であるので、単純に計算してあと1518万m<sup>3</sup>/日の汚水処理システムが不足しており、金額にして304億元が必要である。

なお、2010年では763億m<sup>3</sup>の45%は343.8億m<sup>3</sup>にあたり、日量は9407万m<sup>3</sup>である。もし2000年にすでに2685万m<sup>3</sup>/日の処理能力があったとしても、まだ6722万m<sup>3</sup>/日の汚水処理場が、金額にして約人民幣1344億元が必要になる計算になる。

このように、中国の汚水処理情勢は、水汚染はひどく、計画調整のスタートは遅く、既存技術のレベルは低く、しかし求められる要求は高いものとなっている。しかし、政府と国民が注目することは、汚水処理事業にとって良いことである。中国の水処理は、先進国が通った曲がり角を通ることなく、中国独自の道を走ることが出来るのであるから、今から汚水処理と水資源を緊密に考えるべきである。これこそが中国の汚水処理に関し、半分の労力で倍の成果をあげることの出来る、最も早く、かつ持続可能な発展の活路である。

## 第2節 廃棄物の処理現状

### 1. 中国の廃棄物の汚染状況

中国の廃棄物は種類が多く、成分が複雑で、数量が多く、環境の主な汚染源の一つとなっている。

中国の廃棄物は主に二種類に分類される。一つは工業廃棄物で、一つは都市ごみである。中国の廃棄物の分類は表4-2の通りである。

表 4-2. 中国の固体廃棄物の分類

| 分類         | 源                               | 主な組成物   |
|------------|---------------------------------|---|
| 鉱山<br>廃棄物  | 鉱山、選冶                           | 廃鉱石、尾鉱、金属、廃木、瓦など  |
| 工業<br>廃棄物  | 冶金、交通、機械、金属<br>加工等工業            | 金属、鉱石滓、砂利と石、模型、陶磁器、切れ端、塗料、絶縁材料、<br>粘着剤、廃木、プラスチック、ゴム、煤塵等                       |
|            | 石炭                              | 石炭研石、木料、金属  |
|            | 食品加工                            | 肉類、谷物、果物類、野菜  |
|            | ゴム、皮革、プラスチック<br>等工業             | ゴム、皮革、プラスチック布、繊維、染料、金属等   |
|            | 造紙、木材、印刷等工業                     | かんな屑、おがくず、ばらばら木、化学薬剤、金属填料、プラスチック、<br>リグニン                                     |
|            | 石油化工                            | 化学薬剤、金属、プラスチック、ゴム、陶磁器、アスファルト、アスファ<br>ルト・フェルト、石棉、塗料                            |
|            | 電器、計器器具などの工<br>業                | 金属、ガラス、木材、ゴム、プラスチック、化学薬剤、研磨料、陶磁器、<br>絶縁材料                                     |
|            | 紡績服装業                           | 布の切れ端、繊維、ゴム、金属  |
|            | 建築材料                            | 金属、セメント、粘土、陶磁器、石膏、石棉、砂利と石、紙、繊維、   |
|            | 電力工業                            | 炉滓、燃え殻、煤塵   |
| 都市ごみ       | 居民生活                            | 食物ごみ、紙、布料、木料、金属、ガラス、プラスチック、陶磁器、燃料<br>灰滓、ばらばらレンガ、廃器具、糞便、雑品                     |
|            | 商業機関                            | パイプ等碎物体、瀝青とその他の建築材料、廃棄自動車、廃電器、<br>廃器具、易燃、腐蝕性、放射性物質を含む廃棄物と住民生活から排<br>出する各種の廃棄物 |
|            | 市政メンテナンス、管理部<br>門               | ばらばらレンガ、木の葉、死禽畜、金属、ボイラ廃滓、汚泥、汚れ土<br>地  |
| 農業<br>廃棄物  | 農業林業                            | 稲わら、わら、野菜、果物、果樹の枝、落ち葉、廃プラスチック、人畜<br>糞便、禽糞、農薬                                  |
|            | 水産                              | 腐る魚、蝦、貝殻、水産加工汚水、汚泥  |
| 放射性廃<br>棄物 | 核工業、原子力発電所、<br>放射性医療、科学研究機<br>関 | 金属、放射性含み廃滓、汚泥、器具、労働保護の用品、建築材料   |

2003年の統計によって、全国の工業廃棄物の発生量は10.04億トンで、総合利用率は53.5%であった。生活ごみは1.48億トンで、もし農村ごみを加味したら、その数量は2倍になる可能性がある。国家環境保護総局の担当者によると、廃棄物の発生量は増大しており、工業廃棄物が年7%のスピードで、生活ごみが年4%のスピードで増加している。都市ごみ無害化処理率はわずか20%ぐらいで、都市は廃棄物に環境を脅かされているのが現状である。現在、全国の累積堆存廃棄物量はすでに60億トンで、土地5.4億m<sup>2</sup>を埋め尽くしている。毎年、廃棄物による経済損失と未利用廃棄物の資源価値は300億元人民幣である。

中国の都市化傾向に伴い、都市の数量が増え、規模が拡大し、人口が集中し、都市ごみの発生量も増加し、その構成も大きな変化を生まれている。主に有機物と可燃物が増加し、再資源

化の可能性が増大している。

## 2. 中国の廃棄物処理状況

現在、中国の深刻な廃棄物の汚染現状を解決するために、安全、最適な廃棄物処理技術を提供することは非常に急務な問題である。中国における廃棄物の処理技術は、主として総合処理技術、焼却技術、堆肥と衛生埋立技術などがあり、それぞれの処理方法は特徴をもっている。

### (1) 総合利用技術

総合利用技術は、廃棄物の資源化、減量化の最重要手段の一つである。廃棄物の再資源化は、資源を循環利用できるとともに、継続処理の負荷を大きく減少できる。現在、中国ではバイオマスエネルギー廃棄物（農作物の茎、家畜糞便、工業有機廃棄物と都市有機ごみなどを含む）からのバイオマスエネルギーに対して、数多く総合利用技術が進んでいる。

具体的な例として、北京の最大、最先進的なごみ総合処理場（董村分類ごみ総合処理場）が建設を開始している。その処理場が完成すると、毎日生活ごみ 450 トン、それにレストランごみ 200 トンを処理し、6 万 m<sup>3</sup> のメタンガスを発生し、毎年の発電量が 3800 万キロワットとなる。これは北京市の生活ごみの資源化利用率を 6 % 向上できるものである。

### (2) 焼却技術

焼却技術の特徴は、処理量が大きく、減容率が高く、無害化が可能で、熱エネルギーを利用できるので、有望な処理技術の一つである。しかし、焼却設備の大部分は外国の製品を導入したもので、初期投資が大きく、ランニングコストも大きい。近年、中国では 100 ヶ所以上のごみ焼却プロジェクトが進んでいる。ごみ焼却発電によるごみの減量化と熱エネルギーの利用は、特に医療廃棄物においては、簡単で、処理時間が短く、無害化が高いという特徴を活用でき、理想的な処理方法の一つとされている。

しかし、中国の生活ごみのカロリーは先進国の約 1/3 と低く、焼却に適していない。ごみに石炭を加えて焼却することは、石炭の熱利用率だけをみると石炭ボイラーの 1/2 となってしまう。このような方式でごみを処理することは、現実には資源の浪費となり、中国では石炭を混焼する焼却技術を採用する処理場はまだ少ない。

### (3) 埋立技術

現在、中国は社会主義の初級段階にあり、経済、技術、廃棄物の現状から見ると、埋め立ては中国の国情に適用する技術の一つである。しかし、早い時期に建設した一部の埋立場は、無害化の要求基準を達成できず、大量のごみが露天で放置され、周辺環境と地下水に対する汚染が深刻である。

建設部による 255 都市 388 個所の生活ごみ処理施設の調査によると、ごみ埋立ての比率は 85% を超えている。しかし、生活ごみには医療ごみが混入しており、埋立場の遮水施設、浸出水処

理施設と表層の覆土は、医療廃棄物と危険廃棄物の安全処置基準の要求を達成できなく、一部の医療廃棄物に含まれる細菌と病原体が地下水に滲入し、逆に疫病の伝染源になっている。

#### (4) 堆肥技術

堆肥技術も実際に総合利用技術の一部に属し、都市ごみの資源化、減量化を実現する一つの重要な技術である。これは微生物を利用してごみの有機成分を分解する生物化学プロセスである。生物化学反応のプロセスの中で、有機物、酸素と細菌が相互に作用し、二酸化炭素、水と熱を発生して、同時に腐殖質を生成する。現在の堆肥化施設は、主に機械化堆肥と簡易式高温堆肥技術を採用しているが、堆肥周期が長く、広大な面積を必要とし、衛生条件が悪く、肥料の効果が低く、商売の道が広くないなどの問題を抱えている。



## 第5章 エネルギー事情

### 第1節 一次エネルギーの需給見通し

#### 1. 一次エネルギー供給の推移

中国は高度経済成長に伴いエネルギー消費の増大を続け、いまや米国に次ぐ世界第2位のエネルギー消費大国である。

図5-1に、一次エネルギー供給の推移を示す。

石炭は国内で豊富に産出され、一次エネルギー供給の約7割を占める最も重要なエネルギー源だが、最近では増産や輸送の面で支障が生じている。

石油は一次エネルギー供給の約24%を占めるに過ぎないが、モータリゼーションの進展により需要の急増が続き、輸入が急増している。

天然ガスや原子力の利用はまだ全体の5%以下に過ぎない。

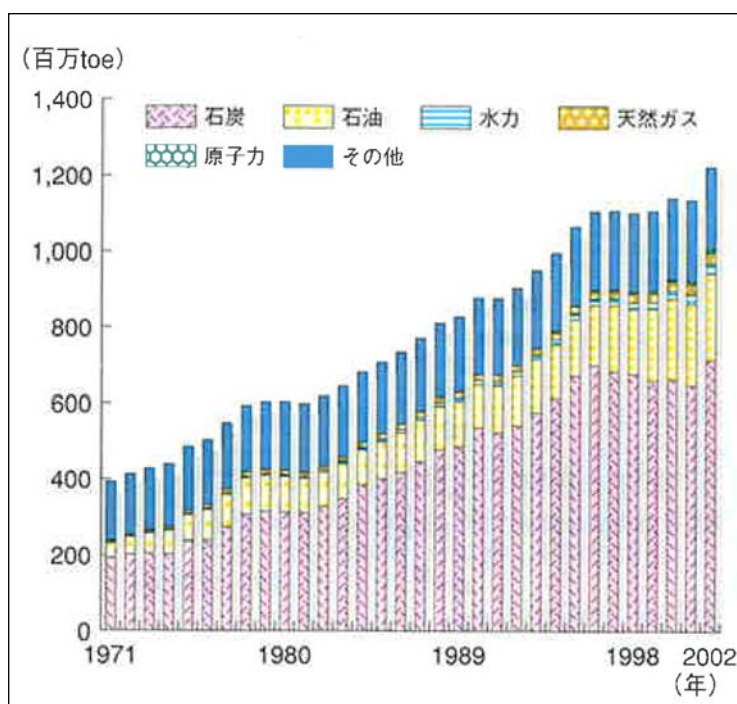


図5-1. 中国の一次エネルギー供給の推移

出典:IEA Energy Balances of Non-OECD 各年版

#### 2. 一次エネルギー供給見通し

図5-2に、一次エネルギー供給見通しを示す。

エネルギー源別の内訳を見ると、石炭は、2030年には現在よりも比率は下がるがエネルギー供給の主力であることには変わりはなく、その供給量は2002年のほぼ倍になると見込まれている。

石油の一次供給量は2020年までに倍増すると見込まれている。天然ガス、原子力、水力も倍率では大きな伸びが見込まれている。

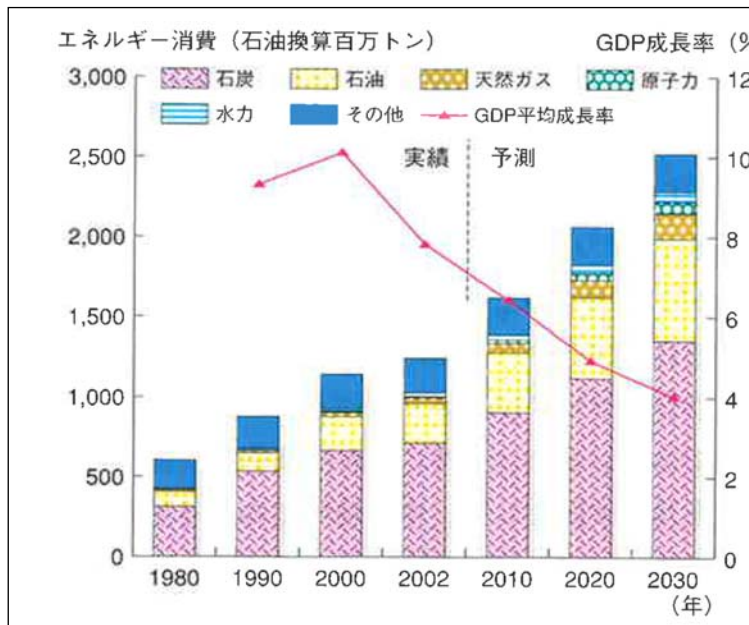


図 5-2. 中国の一次エネルギー供給見通し

出典: IEA Energy Balances of Non-OECD 各年版

## 第 2 節 エネルギー供給事情

中国の電力需要は、高度成長に伴い大きく増加している。特に 2002 年から電力不足が顕在化し、2004 年には大規模な電力不足が発生した。工場では土日や夜間への振替操業が行われ、都市では冷房需要の高まる昼間の時間帯に地区ごとの持ち回り停電も実施された。

このような供給不足を解消するために、政府は電源開発と送配電網の整備に力を入れている。

なお、中国の電源構成は全体の 3/4 を占める火力が中心であり、そのほとんどが石炭を燃料としている、また、水力の割合が 1/4 と高く、原子力は現段階では 2% 未満に過ぎない。(図 5-3)

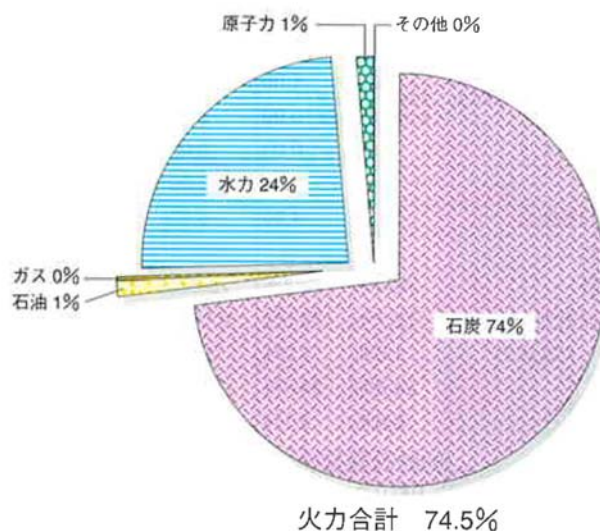


図 5-3. 中国の電源構成(2002 年)

出典: 中国電力出版社「中国電力年鑑」

### 第3節 エネルギーに関する中国政府の政策

中国では、1996年に「省エネルギー技術政策大綱」が公布され、1998年には「省エネルギー法」が施行されて省エネルギーの推進が図られてきた。2004年11月には「中国エネルギー中長期発展計画」を発表し、2020年までの15年間の中国におけるエネルギーの状況と長期的な政策について以下の方向性を示した。

- 国内をベースにエネルギーを開発する
- 省エネルギー政策を応用して省エネルギー社会を築く
- 石炭を中心として新・再生可能エネルギーを発展させ、エネルギー供給構造を多様化する
- 環境と経済発展のバランスを保ち、環境保護を強化する
- 国際的なエネルギー分野の協力を広げる

また、2005年6月にはエネルギー問題について政策を立案する新機関として「国家能源領小組」（国家エネルギー指導グループ）を設置し、組織の最高責任者である組長には温家宝首相が就任した。

さらに、2005年10月には「第11次五カ年計画（2006年から2010年）提案」を発表し、2010年の数値目標として、一人あたりのGDPの2000年対比倍増と、エネルギーのGDP原単位20%削減を掲げている。

### 第4節 再生可能エネルギーの状況

中国では、薪や藁を除いた再生可能エネルギーの比率はエネルギー供給全体の2%程度だが、今後再生可能エネルギーによる発電を大幅に増加させることが目標に掲げられている。このため、再生可能エネルギーで発電された電力の購入を送配電会社に義務付けることを内容とする「再生可能エネルギー法」が2005年2月に制定され、2006年1月から施行されている。

表 5-1. 中国の再生可能エネルギー利用の展望

| 再生可能エネルギー | 2010年まで                | 2020年まで                |
|-----------|------------------------|------------------------|
| 水力        | 180GW                  | 300GW                  |
| 風力発電      | 5GW                    | 30GW                   |
| バイオマス発電   | 5.5GW                  | 30GW                   |
| バイオマスガス   | 190億 m <sup>3</sup> /年 | 440億 m <sup>3</sup> /年 |
| 太陽熱温水器    | 1.5億 m <sup>2</sup>    | 3億 m <sup>2</sup>      |
| バイオマス液体燃料 | 200万トン/年               | 1,000万トン/年             |
| バイオマス固形燃料 | 100万トン/年               | 5,000万トン/年             |

出典：日中省エネルギー環境フォーラム（経済産業省・日中経済協会）「中国における再生可能エネルギーの発展と展望」梁志鵬氏資料に基づき日本総合研究所作成

## 第6章 中国におけるメタンガス利用技術の現状

### 第1節 メタンエネルギーの位置付け

メタン発酵技術を利用して、畜産業からの糞尿を処理することは、水質汚染と大気汚染を減少させると共に、クリーンエネルギーであるメタンガスを回収できる、重要な再生可能エネルギー技術の一つである。また、化石燃料である石炭の代わりに、嫌気発酵によるメタンガスを利用することは、化石燃料由来のCO<sub>2</sub>発生量を低減でき、温室効果ガスの増加を抑制することができるため、京都議定書におけるクリーン開発メカニズム(CDM)を適用することができる。同時に、中国における今後の環境保全とエネルギー領域における非常に重要な施策にもなる。

今回のプロジェクト実施先である食品集团有限公司は、胶州半島中部の萊陽市にある。同社は、農業製品の加工輸出を主とした山東省の重点企業であり、中国国内においても国家級の重点先進企業に位置付けられている。中国でもかなり大きな総合食品メーカーでもあり、三つの養豚場を持っている。豚の飼育総頭数は38,000頭で、年間商品豚76,000頭を出荷している。この排水量は人口43,000人の都市下水処理場に相当する。もしこれら廃棄物を処理せずに、直接に河川に放流したら、エネルギー資源を浪費するだけでなく、重大な環境汚染をもたらすことになる。このため養豚場において廃棄物処理のためのメタンガス発電プロジェクトを行うことは、再生可能エネルギーを産出すると同時に、有機肥料を回収して、環境汚染を抑制することができる。また養豚場でCDMプロジェクトを実施することにより、糞尿からのメタンガス発電のモデル工場とすることで、中国の同類の養豚場に対して普及のPR効果を期待することができる。

### 第2節 メタンガス利用技術の現状

エネルギー、環境問題は、社会と経済発展に影響を及ぼす重要なパラメーターであり、再生可能エネルギーとしてのメタンガス利用を促進することにより、環境汚染を減少して、環境を保護することは、中国政府が以前より重視している。メタンガスを産出する廃水の嫌気発酵処理技術を有機廃水処理に適用することは、環境面からも、エネルギー面からも前途有望である。

中国政府は、2005年11月に開催された北京国際再生可能エネルギー会議において、中国国内における総エネルギー量(2004年標準石炭換算で19.4億トン)に占める再生可能エネルギー量を、2004年の7%から、2020年には15%までに増加させることを宣言した。このために国家発展改革委員会は、「大中型メタンガス工事産業化発展国家行動計画」を制定し、2006年11月に施行した。これによりメタンガス利用は一段と普及促進すると思われる。

#### 1. 工業分野と農業分野における有機廃棄物メタンガス賦存量

「大中型メタンガス工事産業化発展国家行動計画」による2002年末時点での工業分野の有機廃棄物においてメタンガスに転化できる有機廃水量は25億m<sup>3</sup>/年であり、脱水ケーキは74,000,000トン/年である。これを嫌気発酵処理して得られるメタンガス量は、107億m<sup>3</sup>(メタン濃度56%)である。ここで、有機廃水からのメタンガス量は99億m<sup>3</sup>であり、脱水ケーキからのメタンガス量は8億m<sup>3</sup>である。

また 2002 年において、年 3,000 頭以上の豚を出荷する大規模養豚場におけるメタンガス賦存量は、27 億 m<sup>3</sup>である。年 500-3,000 頭の豚を出荷し、年 1-5 万羽の卵鶏を飼育し、年 1-10 万羽肉鶏を出荷する小規模養殖場におけるメタンガス賦存量は、12 億 m<sup>3</sup>である。よって、2002 年における農業分野におけるメタンガス賦存量は、39 億 m<sup>3</sup>となり、工業分野と農業分野と合わせたメタンガス賦存量は、146 億 m<sup>3</sup>となる。

将来のメタンガス賦存量は、中国経済の持続発展を考慮すると、2020 年においては工業分野では、215 億 m<sup>3</sup>（メタン濃度 56%）に達すると予想される。

また、農業分野においては、2020 年におけるメタンガス賦存量は、2002 年の約 3-5 倍になり、メタンガス賦存量は 120-200 億 m<sup>3</sup>に達すると予想される。したがって、2020 年における工業分野と農業分野と合わせたメタンガス賦存量は、415 億 m<sup>3</sup>に達すると予想される。

現在の技術レベルでは、1 m<sup>3</sup>のメタンガスから 1.6kWh を発電できる。よって 146 億 m<sup>3</sup>のメタンガスからは 234 億 kWh を発電できる。

将来メタンガスの発電効率の向上により、1 m<sup>3</sup>のメタンガスから 2kWh を発電できる様になると予想されるため、2020 年においてはメタンガス賦存量 415 億 m<sup>3</sup>の全てを発電できるとすると、830 億 kWh を発電できることになる。

830 億 kWh の発電量を石炭換算すると 4,500,000 トンになり、この量に相当する石炭需要を削減できることになる。

## 2. メタンガス利用技術の現状

工業分野におけるメタンガス利用施設の中で、発酵槽容積が 200m<sup>3</sup>以上の施設数は下記の通りである。

- メタンガス利用施設数：6,000
- メタンガス発酵槽総容積：1,500,000m<sup>3</sup>
- 平均発酵槽容積：2,500 m<sup>3</sup>
- 年間メタンガス発生量：10 億 m<sup>3</sup>

上記のメタンガス利用施設が処理している有機廃水量は、年間約 1.5 億トンである。この量は、工業分野におけるメタンガスに転化できる全有機廃水量（25 億 m<sup>3</sup>/年）の僅か 6%にすぎない。施設の設置場所は、山東、四川、江蘇など 18 個省市区に分布しているが、山東、四川、江蘇、河南、安徽、広東、浙江の 7 省におけるメタンガス利用施設数は全体の 61%を占める。

工業分野におけるメタンガス利用施設の適用業種としては、アルコール、食品発酵、屠殺場、製薬、木材加工、化学工場など 20 業種の廃水処理に適用されている。この中でアルコール、澱粉、ビール、発酵、屠殺場と製薬工場における廃水処理での利用が、全体の 90%以上を占める。

近年企業への環境保全面からの圧力が強くなってきているため、エネルギー面と環境保全面からの利益を総合的に検討すると、メタンガス利用の経済性は良くなってきている。

農業分野におけるメタンガス利用施設の中で、発酵槽容積が 200m<sup>3</sup>以上の施設数は下記の通りである。

- メタンガス利用施設数：1,351
- メタンガス発酵槽総容積：425,000m<sup>3</sup>
- 平均発酵槽容積：315 m<sup>3</sup>

工業分野における廃水処理施設と比較すると、規模が小さく、地域的には沿海地区と大中市に多く分布している。

### 第3節 メタンガス利用技術の開発動向

#### 1. 発酵プロセス

メタンガス利用施設は、世界的にも多数の実プラントが稼動しており、中国においても大規模施設の実績が20年前からあり、技術的には完成した技術である。

メタンガス利用施設のメインプロセスである嫌気発酵プロセスとしては、UASB法、CSTR法、EGSB法、IC法、AF法、UBF法などがある。表6-1に工業分野における有機廃水処理施設に適用されているメタンガス発酵プロセスを示す。表より現在稼動している工業分野の有機廃棄物処理施設においては、UASB法とCSTR法が主に採用されており、全体の80%を占めていることが分かる。

表6-1. 工業分野における有機廃水処理施設に適用されているメタンガス発酵プロセス

|    | プロセス類型 | 適用施設数    | 適用比率[%] |
|----|--------|----------|---------|
| 1  | UASB   | 200      | 49.26   |
| 2  | CSTR   | 128 (*1) | 31.53   |
| 3  | EGSB   | 14       | 3.45    |
| 4  | IC     | 30       | 7.39    |
| 5  | AF     | 8        | 1.97    |
| 6  | UBF    | 5        | 1.23    |
| 7  | その他    | 21       | 5.15    |
| 合計 |        | 406      | 100.00  |

注記 (\*1) CSTR+UASB の施設は CSTR として計数。

出典：中国軽工業環境保護研究所(2000年)

表6-2に各種発酵プロセスの特徴を示す。UASB法は上流式嫌気汚泥床反応器とも言われる。粒汚泥を培養しているため嫌気菌種の流失がなく、嫌気発酵効率が大きく、攪拌が不用、運転も簡単、幅広いCOD濃度範囲に対応可能、装置がコンパクト等の特徴を持つため、多くのメタン利用施設に適用されている。江蘇建徐州のアルコール工場においては、4,000 m<sup>3</sup>の容積を持つ発酵槽を用いたUASB法メタンガス利用施設(発酵槽の総容積10,000 m<sup>3</sup>)が稼動している。

CSTR法は全混合嫌気プロセスとも言われる。高SS濃度、高有機物負荷濃度の廃液処理に適している。アルコール発酵廃液の処理に多く用いられる。河南省南陽のアルコール工場においては、5,000 m<sup>3</sup>の容積を持つ発酵槽を用いたCSTR法メタンガス利用施設(発酵槽の総容積13,200 m<sup>3</sup>)が稼動している。

近年高 SS 濃度、高有機物負荷濃度の廃液処理に適した新型の高効率の発酵プロセスとして IC 法と UFB 法が多く採用されてきている。設備費が他のプロセスと比較して高価であるが、装置がコンパクトであり、COD 除去率が高いことから、SS 濃度が低く、有機物負荷濃度が低い廃水（製紙、ビール、澱粉廃水など）の処理に適用される。

表 6-2. 各種発酵プロセスの特徴

| プロセス |                                 | 消化池  | CSTR | UASB | IC    | UFB   |
|------|---------------------------------|------|------|------|-------|-------|
| 1    | 有機物負荷[kg-COD/m <sup>3</sup> .d] | < 3  | 5-10 | 8-15 | 15-30 | 15-30 |
| 2    | SS 濃度[g/l]                      | < 50 | < 50 | < 4  | < 1.5 | < 1.5 |
| 3    | COD 除去率                         | 低い   | 中    | 高い   | 高い    | 高い    |
| 4    | 水力滞留時間/d                        | 15   | 4-10 | 1-10 | 0.5-4 | 0.5-3 |
| 5    | 動力消費量                           | 大    | 大    | 小    | 小     | 小     |
| 6    | 制御                              | 容易   | 容易   | 難    | 難     | 難     |
| 7    | 設備費用                            | 大    | 中    | 小    | 大     | 大     |
| 8    | 設置面積                            | 大    | 中    | 小    | 小     | 小     |
| 9    | 運転費                             | 低    | 低    | 低    | 中     | 中     |

出典：中国軽工業環境保護研究所(2000年)

## 2. 発酵周辺技術

この10年間でUASB法の発酵槽の設計に関しては、発酵槽本体と槽内部の攪拌装置などを組み合わせた標準化設計手法を確立した。施工方法に関しても、海外から技術導入を図り、中国独自の組み合わせ技術として改良することにより、安価で短工期な施工方法を確立している。発酵プロセスの前処理、後処理技術に必要な分離機械（振動篩、斜板篩、回転篩、固定床ろ過篩など）や輸送装置（ポンプなど）の技術開発も進んでおり、メタンガス利用施設の総合的な効率向上に貢献している。しかしながら自動化は遅れており、今後設備の自動化レベルの向上が望まれる。

メタンガスの浄化技術として脱硫技術も開発されており、現在その脱硫効果は都市の石炭ガス硫化水素濃度の基準を達成している。しかしながら昨今の排ガス規制に対応するためには、更なる技術開発が必要である。

メタンガスの利用設備については、メタンガス燃焼ボイラー、大規模台所用品、メタンガス発電ユニットの開発も進んでおり、メタンガス利用施設の増加に拍車を掛けている。現状ではメタンガスの利用は、付近住民への燃料用、工場内のボイラー用などの直接熱利用が主体であり、発電用途のものは自家消費のみであり、グリッド接続による売電用途のものはまだ存在しない。

## 第7章 中国のCDM事業への取り組み

### 第1節 CDM事業承認体制

中国は、2002年8月に京都議定書を批准し、2004年6月施行のCDM運営管理暫定弁法を経て、2005年10月にCDMプロジェクト運行管理弁法を成立させた。また、国家気候変化調整委員会（NCCCC）の下、CDM審査理事会を設立し、CDM認証体制を整えた。

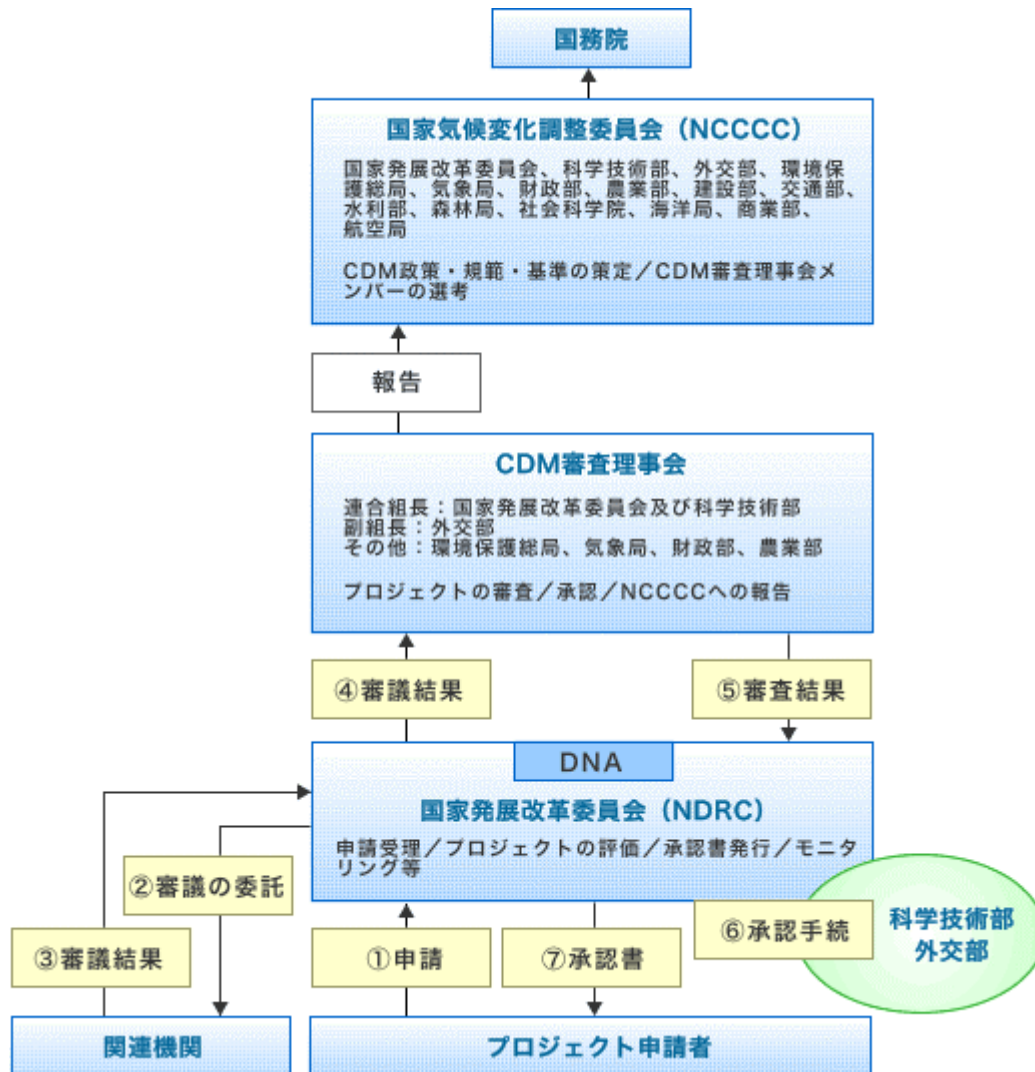


図 7-1. 中国における承認体制

出典: 京都メカニズム情報プラットフォーム

### 第2節 CDM承認及び関連手続き

#### ① CDM承認申請

- プロジェクト実施者は、NDRC に対して承認申請を行う。
- CDM プロジェクト設計書（PDD）とあわせて、企業の財務状況証明文書及び建設プロジェクトの概況と資金の調達状況に関する説明書を提出する。（CDM 管理弁法 12 条、18 条）

#### ② CDM 承認申請の受理

- NDRC がプロジェクト実施者から提出された申請を受理。（CDM 管理弁法 16 条、18 条）



### ③ NDRC から委託された審議機関によるプロジェクトの審議

■ NDRC が、関連する機関に委託し、専門家を組織して審議を行う。審議期間は 30 日を超えないものと定められている。(CDM 管理弁法 18 条)

### ④ CDM 審査理事会によるプロジェクトの審査

■ NDRC が委託した専門家による審査を通過したプロジェクトについて、NDRC が CDM 審査理事会に提出。CDM 審査理事会は、審査を実施。(CDM 管理弁法 15 条、18 条)

### ⑤ 承認の手続

■ CDM 審査理事会の審査結果に基づいて、NDRC は科学技術部及び外交部と共同で CDM プロジェクトの承認を行う。(CDM 管理弁法 16 条、18 条)

### ⑥ 承認書の発行

■ NDRC は、中国政府を代表して、承認書を発行。(CDM 管理弁法 16 条) NDRC は、申請の受理から 20 日以内(専門家による審査の期間を含まない)に承認の是非を決定する。(CDM 管理弁法 18 条)

### ⑦ 登録状況の報告

■ 承認されたプロジェクトのうち DOE(指定運営組織)による有効化審査で適格であると判断されたプロジェクトは、CDM 理事会に登録申請できる。登録申請したプロジェクト実施者は、NDRC に CDM 理事会の承認状況を報告するとされており、実施者は CDM 理事会からの登録承認通知を受理後、10 日以内に NDRC に報告。(CDM 管理弁法 18 条)

### ⑧ プロジェクト実施

■ 実施について管理・監督を行うのは、NDRC。プロジェクト実施者は、NDRC に対してプロジェクト実施及びモニタリングの報告書を提出。(CDM 管理弁法 16 条、20 条)

### ⑨ CERの検証・認証・発行

■ プロジェクト実施者は DOE による検証を受け、NDRC に報告。また、認証・発行された CER についても NDRC に報告することと定められている。(CDM 管理弁法 17 条、20 条)

### ⑩ CERの記録

■ NDRC 又は NDRC により委託された機関は、認証排出削減量 (CER) を記録することとなっている。(CDM 管理弁法 17 条、20 条)

## 第 3 節 CDM プロジェクト審査の国家基準

### 1. 重点分野 (CDM 管理弁法 4 条)

- エネルギー効率の向上
- 新エネルギーと再生可能エネルギーの開発・利用
- メタンガスと石炭層ガスの回収・利用

CDM プロジェクトが、中国の法律・規則、持続可能な発展戦略、政策及び国家経済と社会発展計画全体の要請と両立することが要請されている。(CDM 管理弁法 6 条)

CDM プロジェクトの実施によって、中国は国連気候変動枠組条約と京都議定書の規定以外のいかなる新規の義務を要求されないと定められている。(CDM 管理弁法 8 条)

先進締約国からの CDM プロジェクト資金は、現在の政府開発援助及び先進締約国が国連気候変動枠組条約上引き受けた資金供与義務に照らして、追加的なものである。(CDM 管理弁法 9 条)

認証排出削減量 (CER) の移転により得られる収益は、CDM 管理弁法 24 条に定める分配比率に基づき、中国政府及びプロジェクト実施機関双方が所有。中国政府が定めた分配比率は、以下の通り。(CDM 管理弁法 24 条)

ハイドロフルオロカーボン (HFC) とパーフルオロカーボン (PFC) 系プロジェクトの場合、中国政府は CER 移転額の 65% を受け取る

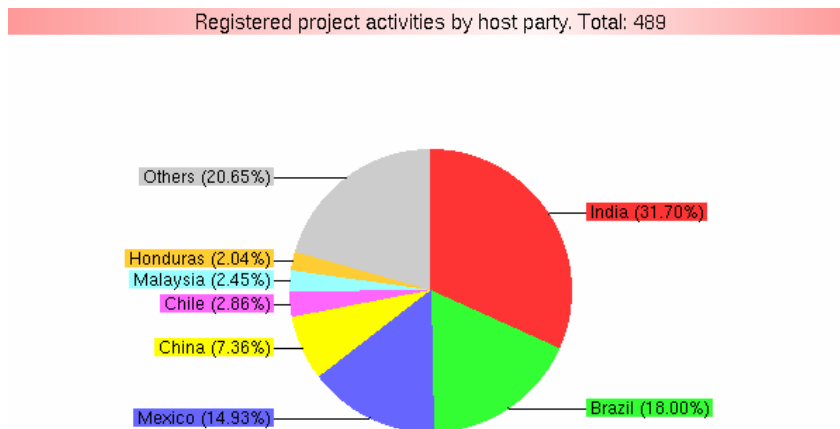
亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O) 系プロジェクトの場合、中国政府は CER 移転額の 30% を受け取る

弁法 4 条で定められた重点分野及び植林プロジェクト等の CDM プロジェクトの場合、中国政府は CER 移転額の 2% を受け取る。中国政府が CDM プロジェクトから徴収した資金は、気候変動関連の活動の支援に用いられる。徴収及び使用方法については、財政部が国家発展改革委員会など関連する機関と共同で別途定める

分配比率を定めた弁法 24 条は、2005 年 10 月 12 日までに既に中国政府によって承認文書が発行されているプロジェクトには適用されない

#### 第 4 節 CDM プロジェクトの申請・承認状況

中国における、2007 年 1 月 15 日現在の国連 CDM 理事会登録済プロジェクト件数は、36 件でホスト国の中で 4 番目の件数である。ただし、中国政府の承認件数は、2006 年 12 月 1 ヶ月間で 47 件と高い伸びを示しており、トータル件数でも 2006 年 12 月末現在で 255 件の政府承認を得ており、今後は国連 CDM 理事会の登録プロジェクト件数も増加が予想される。



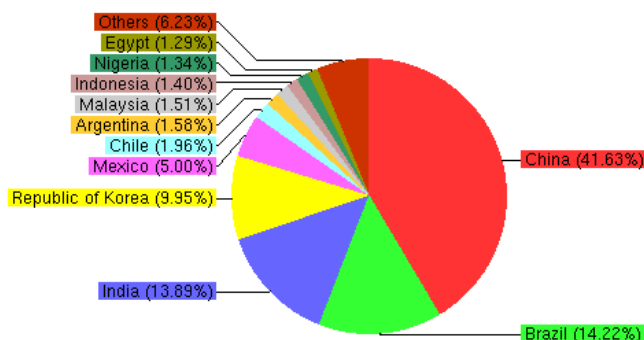
<http://cdm.unfccc.int> (c) 15.01.2007 21:54

図 7-2. ホスト国別国連 CDM 理事会登録済プロジェクト件数

出典: UNFCCC HP <http://unfccc.int/2860.php>

2007年1月15日現在の国連 CDM 理事会登録済みプロジェクトから予想される平均年間 CER 量においては、中国は圧倒的な1位であり最近の中国政府承認プロジェクトにおいても高い排出削減量が見込まれるプロジェクトが多数存在し、ホスト国別の CER 量は今後も高い比率を保つことが予想される。

Expected average annual CERs from registered projects by host party. Total: 111,428,153



<http://cdm.unfccc.int> (c) 15.01.2007 21:54

図 7-3. ホスト国別登録済みプロジェクトから予想される平均年間 CER 量

出典: UNFCCC HP <http://unfccc.int/2860.php>

## 第8章 事業実施先の概要

### 第1節 会社概要

食品集团有限公司は、農産品加工を中心に輸出を行い、山東省重点企業、国家重点企業にも選ばれている。現在は、27種類の合資、独資企業があり、社員数21,000人、総資産20億元となっている。事業内容は食品加工、野菜の栽培、豚飼育繁殖、家具加工、包装資材製造、貿易業務を行い、食品加工に関しては、生鮮野菜、冷凍野菜、調理食品、FD（フリーズドライ）製品、穀物油脂製品、水産品、食肉食品、調味料（味噌、醤油）等、400以上の製品を日本、韓国シンガポール、アメリカ、ロシア等十数カ国に輸出している。現在は、15万t/年の加工を行っており、総売上30億元、輸出売上2億ドル、利益2億元となっている。

### 第2節 工場概要ならびに生産状況

省略

### 第3節 環境に対する考え方

中国では、現在、「環境」と「省エネ」が重要なキーワードであり、食品集团有限公司としても高い関心を持っている。このような状況のなか、当プロジェクトは、温室効果ガス削減と再生可能エネルギーによる発電という、上記キーワードに当てはまるものであることから、食品集团有限公司としても積極的に取り組む姿勢を明らかにしている。

食品集团有限公司は、当プロジェクトの事業会社への出資についても了解しており、また、プロジェクト開始後の運営維持管理にも全力で協力する旨、明らかにしている。

食品集团有限公司はCDMにも興味を持っており、これを機にノウハウの蓄積を狙っている。

## 第9章 CDMプロジェクトの検討

### 第1節 プロジェクト概要

#### 1. 概要

本事業は山東省萊陽市に本拠を持つ食品集团有限公司が所有する養豚場で発生する豚糞尿、洗浄水を対象として、メタン発酵処理により発電を行い、発生した余剰電力を売電することを目的としている。同時にコジェネレーションによりメタン発酵槽を加温するための熱生産を行う。

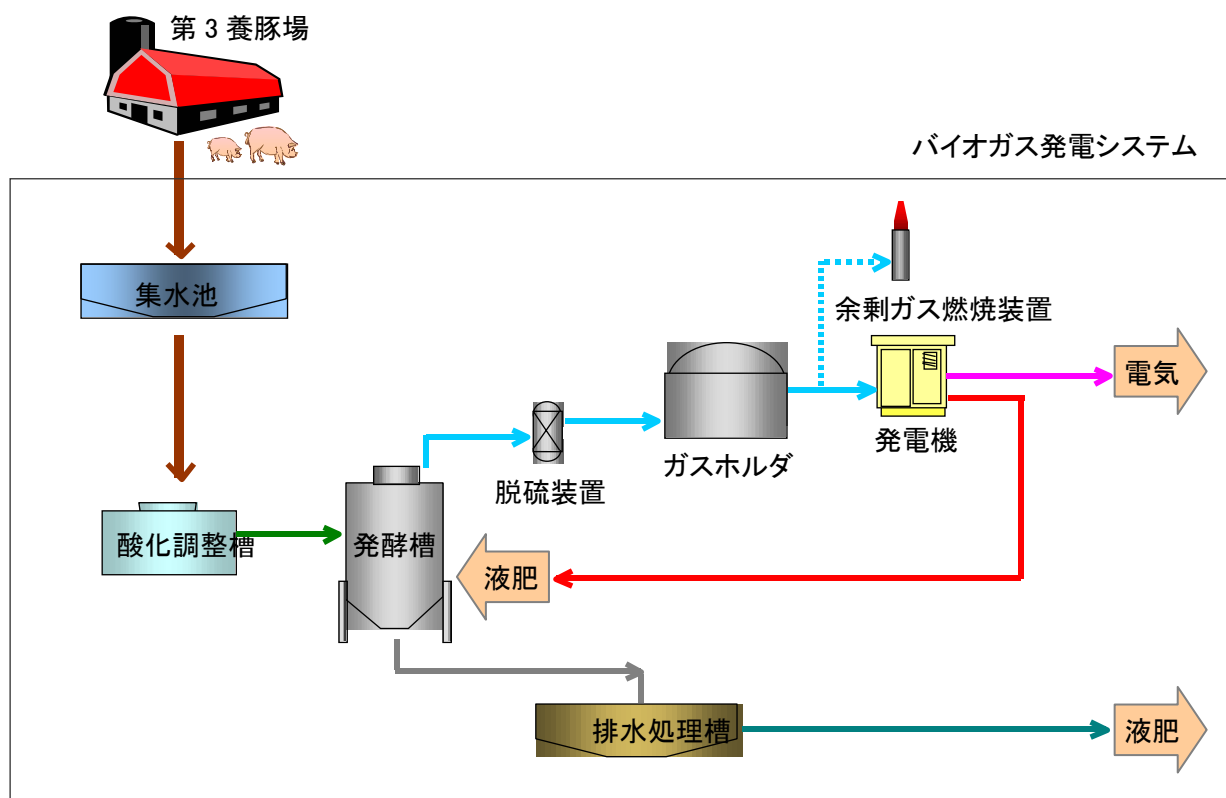


図 9-1. プロジェクト概念図

現在発生している豚糞尿、洗浄水は糞と尿（洗浄水を含む）に分離され、糞は有機肥料製造の原料となり、尿は嫌気性ラグーンで処理されており、温室効果ガスであるメタン及び亜酸化窒素の発生源となっている。これらの糞尿を嫌気発酵槽にてメタン発酵し、メタンを有効利用することで温室効果の高いメタン及び亜酸化窒素の発生を抑制するものである。

また、萊陽市の電力はほぼ 100%石炭発電によるものである。メタンガスから発電を行い、地域の電力ネットワークと接続することにより、化石燃料使用量削減による温室効果ガスの削減も期待される。発酵残渣は液肥として周辺農家に供給することで環境に対する負荷を大幅に減らすことが可能になる。

## 2. プロジェクトサイトの概要

食品集团有限公司では3つの養豚場を保有しており、第三養豚場である江汪庄養豚場が当プロジェクトの計画サイトである。

第三養豚場は萊陽市の呂格庄镇江汪庄村にあり、2006年4月から建設を開始し、2006年の末より豚の飼育を開始している。2007年からは、飼育PIC父母代2,000頭で、毎年商品豚40,000頭を出荷する規模で運営している。

また、養豚場の周辺は丘陵が多く、地盤が高い地形である。水資源としての地下水が豊富で、電力供給や交通などのインフラが整っている。養豚場の周辺は塀で閉鎖されており、鉄道、道路、都市、村からは1,000m以上はなれている。養豚場周辺は農地と養魚場が広がっている。



図 9-2. 建設中の第三養豚場



図 9-3. 養豚場の正門



図 9-4. 第三養豚場の全景

平面図を省略

図 9-5. 第三養豚場の平面図

### 3. 糞尿処理の現状

#### (1) 糞尿の収集方法

##### ① 乾燥糞

豚舎内で糞尿は固形分と液状分に分離される。糞は飼育係が清掃して、豚舎の排出口まで移動させる。排出口に溜まった糞は、糞の作業員によって集められ、豚舎敷地外に搬出される。その後、有機肥料製造工場へ搬出される。

##### ② 尿及び洗浄水

豚舎内で糞尿は固形分と液状分に分離される。液状分は排水溝に集められて嫌気ラグーンに移送される。嫌気ラグーンで約 40 日間嫌気処理された排水は、ポンプにて農家へ移送され、灌漑用水として利用される。



図 9-6. 豚舎敷地外への搬出



図 9-7. 嫌気性ラグーン

## (2) 糞尿処理システム

中国における集約養豚場の糞尿処理システムでは、一般的に人工清糞、機械清糞、水洗清糞方式により糞と尿を分離している。

計画地の第三養豚場では、人工清糞方式を採用しており、糞尿処理方式は以下の通りである。

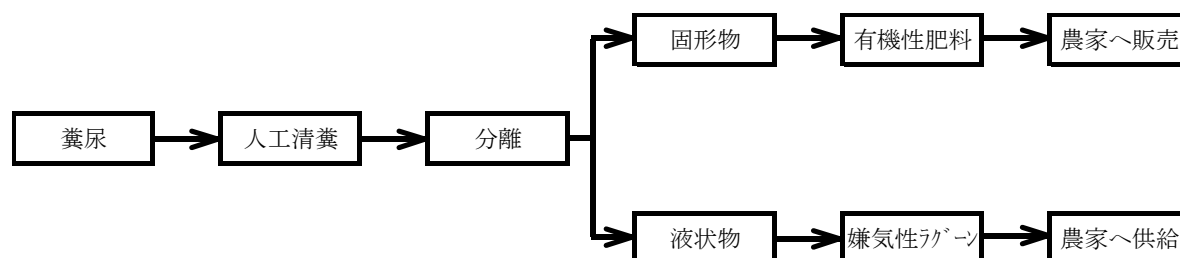


図 9-8. 第三養豚場の糞尿処理概念図

## 第 2 節 プロジェクト背景

中国では社会経済の発展に伴い、人口の増加や生活レベルの向上により、食肉としての豚の需要が高まっている。近年の養豚業は専門化と集約化が進んでいる。現在、大・中規模の養豚場は 15,000 ヶ所以上に上っている。中国農業部 2003 年の統計データによると、2002 年 3,000 頭以上の飼育規模の養豚場は 4,000 ヶ所以上であり、毎年 3,133 万頭の豚を出荷している。

大・中規模の養豚場では、大幅な生産効率の向上により、生産のコストの低減が可能となる。しかし、このような大・中規模の養豚場では、糞尿の集中と洗浄水の大量増加をもたらし、環境汚染に繋がる。上海市の統計によると、家畜糞尿による環境汚染は上海市における環境汚染の三分の一以上の原因となっている。

また一方、中国におけるエネルギー消費は、経済の急速な発展により急速に増大している。一次エネルギー消費の年間平均の伸び率は、1990 年～2001 年は 3.0%、2001 年～2002 年は 9.9%、2002 年～2003 年は 13.2%となっている。電力消費量でも、1990 年～2001 年は 8.1%、2001 年～2002 年は 11.6%、2002 年～2003 年は 14.3%と大幅な伸び率を示しており、この需要増大をまかなうために、石油・石炭といった温室効果ガスの排出源となる化石燃料の使用量が増大している。

家畜糞尿を原料としたメタン発酵によるバイオガス発電は、このような深刻化する環境問題の低減や、増大するエネルギー需要に対して環境負荷を増大させることなく供給することができ、中国の持続可能な発展に大きく寄与するものである。

## 第 3 節 プロジェクト実施体制

本プロジェクトでは、食品集团有限公司及び日本企業が共同出資した特別目的会社（SPC）を設立し、その会社がプラントを所有する。プラントの運営及び事務処理業務は食品集团有限公司に業務委託する計画である。中国で CDM 事業に関わる合弁会社を設立する場合は、中国企業が 50%を超える出資を行う必要があるため、日本企業の中国現地法人からの出資も含めて検討を進めている。次に事業実施スキームの概念図を示す。



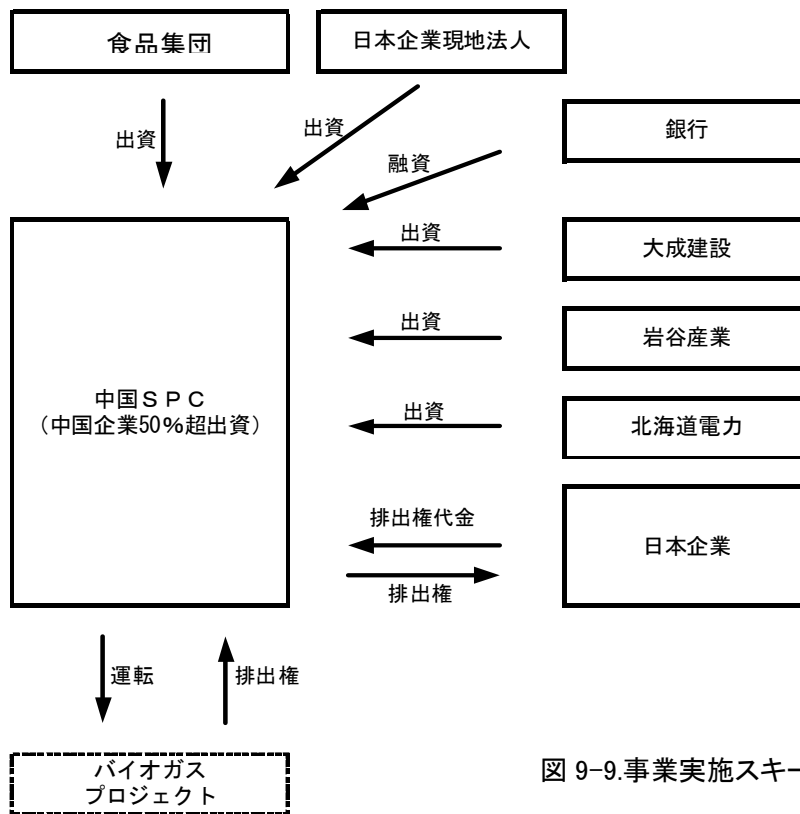


図 9-9.事業実施スキーム

#### 第4節 プロジェクト スケジュール

本プロジェクトは、次のようなスケジュールを想定している。

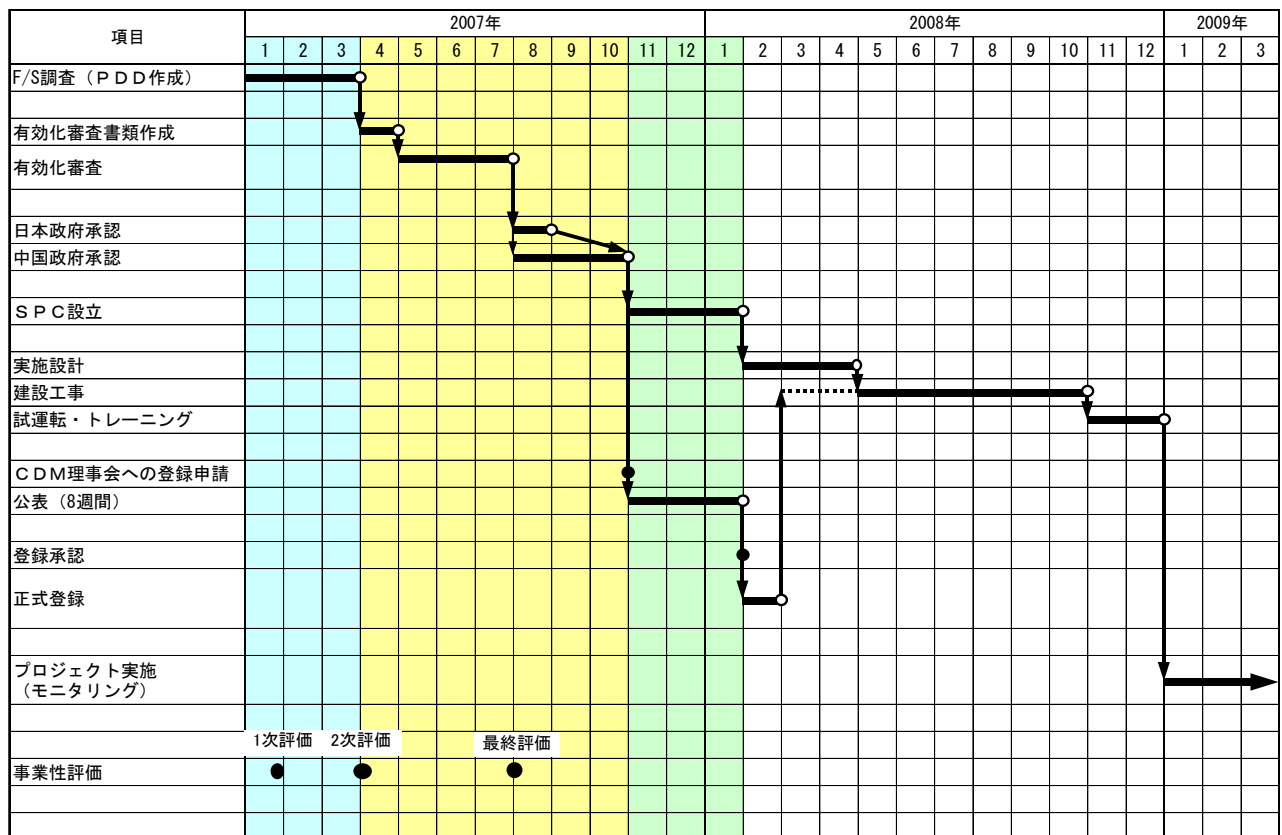


図 9-10. プロジェクト・スケジュール

## 第5節 設備基本設計

### 1. 食品集団有限公司養豚場の概況

食品集団有限公司は、萊陽市内に三つの養豚場を保有している。その中で江汪庄養豚場は、最大の養豚場であると共に、最新鋭の設備を備えているため、本プロジェクトは江汪庄養豚場にて計画することとした。

萊陽市は膠東半島の中部にあり、温帯気候に属し、冬は暖かく夏は涼しい。夏の最高気温は約 36℃で、冬季の最低気温は-15℃である。地形は低山丘陵地帯に属しており、養豚場周辺には丘陵が多く、日照良好、水資源豊富、排水の便が良く、電気事情も良く、交通の便も良い。鉄道、都市部から 1 km 以上離れており、周囲を垣で囲まれ、垣外には農地と養魚場がある。

江汪庄養豚場は、現在飼育 PIC 父母豚 2,000 頭を有しており、毎年商品豚 40,000 頭を出荷している。毎日の廃水排出量は 500 m<sup>3</sup>で、糞の排出量は 8.5m<sup>3</sup>である。

### 2. 養豚場の飼育状況

江汪庄養豚場は、先進的な監督制御生産設備、自動給料、飲水システムを持ち、冬には暖房設備、夏には冷房と加湿設備があり、また最新式の高圧フラッシュ消毒設備、自動加薬飲水システム、精液検査室と大型電源式シャワー設備がある。

養豚場は外来の進入を厳しく制限し、許可を得ずに外来は養豚場に入ることができない。養豚場内には生活区、その中に生産区と呼ばれる区画があり、生活区に入るには、紫外線又はオゾン消毒を 15 分間以上行うことが必要である。生産区に入るためには、最初に生活区で 1 日間隔離した後、シャワーで消毒後に初めて生産区に入ることができる。品物を養豚場内に入れるためには、必ず 4 時間以上の紫外線又はオゾン消毒を行わなければならない。外来車両が生活区に入るためには、玄関で高圧フラッシュマシンを噴霧消毒した後しか入ることができない。

主な飼料は、とうもろこしとエンドウであり、その比率はとうもろこし 60%、エンドウ 40% である。子豚と妊娠母豚に対して、魚粉とミルク粉などを一緒に混ぜて与える。

### 3. 養豚場の糞尿成分分析

江汪庄養豚場の糞尿をサンプル採取して分析した結果を表 9-1 及び表 9-2 に示す。

表 9-1. 養豚場の廃水・尿分析結果

| 測定項目                     | 廃水                   | 尿                    |
|--------------------------|----------------------|----------------------|
| PH                       | 7.2                  |                      |
| SS(mg/l)                 | 7.35×10 <sup>3</sup> |                      |
| COD <sub>Cr</sub> (mg/l) | 1.37×10 <sup>4</sup> | 5.03×10 <sup>3</sup> |
| BOD <sub>5</sub> (mg/l)  | 4.80×10 <sup>3</sup> |                      |
| T—P (mg/l)               | 500                  |                      |
| T—N(mg/l)                | 1.80×10 <sup>3</sup> |                      |
| NH <sub>3</sub> -N(mg/l) | 1.02×10 <sup>3</sup> |                      |
| K(mg/l)                  | 628                  |                      |

表 9-2. 養豚場における乾糞の測定結果

| 測定項目   | 乾糞   |
|--------|------|
| 水分(%)  | 68.4 |
| 有機質(%) | 63.3 |
| T—N(%) | 3.4  |
| T—P(%) | 2.1  |
| T—K(%) | 0.7  |

出典: 中国軽工業環境保護研究所(2006年)

#### 4. 糞尿の収集及び輸送

乾糞の収集は、飼育員が糞を掃除してから、豚屋の排出口に置き、職員が収集して糞置場に貯留して、堆積発酵させた後、堆肥として出荷する。

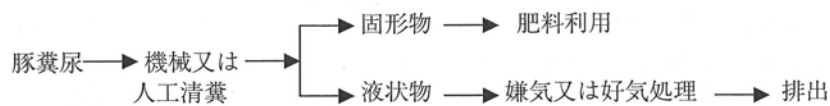
排水の収集は、尿とフラッシュ水を排出溝に排出して、排水池に流して沈殿処理を行った後、農作物の灌漑水として利用する。

大規模養豚場において糞尿処理は人力を要する作業であり、養豚場の全仕事量の 50%以上を占める。糞を掃除するためには、専用道具を用いて場中の糞を収集し、場外に排出する。使われる道具と方法により、人工清糞、機械清糞と水洗清糞を分類される。

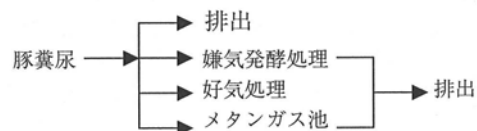
江汪庄養豚場では人工清糞方式を採用しており、主に人工で掃除して、人力車で養豚場の外へ輸送する。機械清糞や水洗清糞と比べると、簡単で、動力設備を使用せず、使用水量が少なく、設備費が安価であるという長所があるが、多くの労働力を必要とする短所を有する。しかしながら中国国内の大部分の大規模養豚場においては、人工清糞方式が多く採用されている。

#### 5. 糞尿処理システム概要

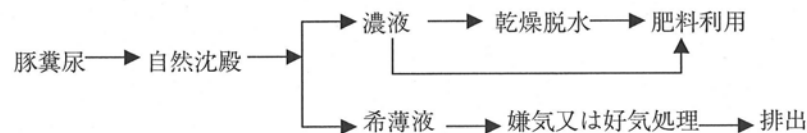
[第Ⅰ種]



[第Ⅱ種]



[第Ⅲ種]



[第Ⅳ種]

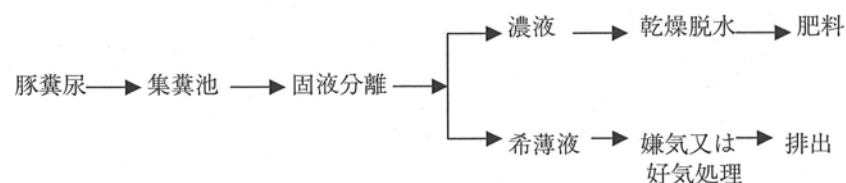


図 9-11. 豚糞尿処理システム

前記資料の通り、現在中国の大規模養豚場では、人工清糞、機械清糞と水洗清糞という方法を採用して糞と尿を分離している。その代表的な糞尿処理システムは図 8-11 に示す様に 4 種類ある。

第 I 種は、人工清糞方式又は機械清糞方式に適用され、糞と尿は分離されて、別々に処理されるシステムである。第 II 種、第 III 種、第 IV 種のシステムは水洗清糞方式に適用される。第 II 種は、豚の糞と尿を分離しないで、直接に発酵処理してから排出、又はメタンガスを生産して利用するシステムである。第 III 種は、糞尿を自然沈殿により分離して、濃液と希薄液に分離した後、別々に処理を行うシステムである。第 IV 種は、固液分離機により糞と尿という固形物を含んだ濃液と固形物を含まない希薄液とに分離した後、別々に処理を行うシステムである。

現在の江汪庄養豚場の糞尿処理システムは、第 I 種を採用している。

## 6. 新糞尿処理システム

養豚場の糞尿からメタンガスを回収する新糞尿処理システムとしては、図 9-12 に示すようにメタンガス総合利用型プロセスとメタンガス排水高度処理型プロセスのプロセスがある。

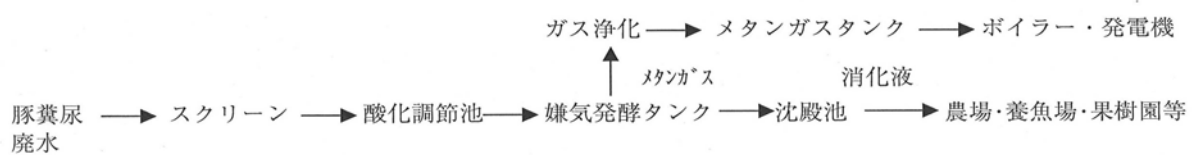
これらは養豚規模、資源量、排水排出基準、投資規模と環境容量によりどちらを選択するかが決まる。各プロセスの特徴は以下の通りである。

### (1) メタンガス総合利用型プロセス

#### ① プロセスの適用条件

- 養豚場周辺に大規模な農場・養魚場・果樹園等の消化液が総合利用できるものがある。
- メタンガスのユーザー（ボイラー、発電設備）と養豚場との距離が近い。
- 養豚場周辺の環境容量が大きく、環境に対してあまり敏感でないため、排水に対する要求が高くない。

[メタンガス総合利用型プロセスフロー]



[メタンガス排水高度処理型プロセスフロー]

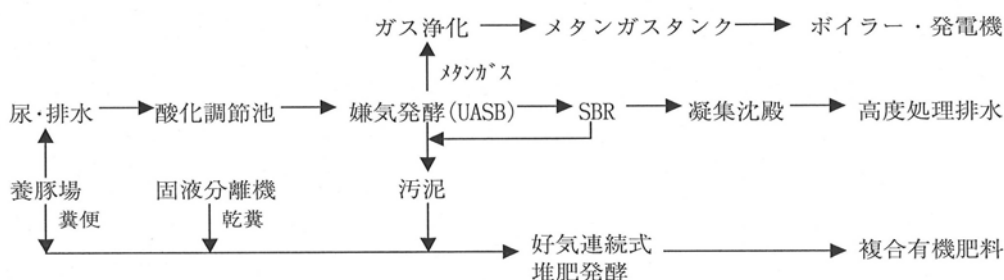


図 9-12. 新糞尿処理システム】

## ② プロセスの特徴

- 養豚糞尿排水が全部システムで処理される。
- 嫌気プロセスは全混合嫌気タンク、嫌気接触反応器などを採用でき、高 SS 濃度廃液処理に強く、HRT8-10 日、COD 除去率 75-85%、容積ガス化率  $0.6-1.0\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 、嫌気処理水 COD1,500-3,000mg/l。
- 消化液を総合利用でき、メタンガスを中心とした循環システムを構築して、全体の利益を向上できる。

## ③ プロセスの長所

- プロセスが簡単で、管理と操作が便利である。
- メタンガス生産量が高い。
- 設備費が安価、運転費用が少なく、投資回収期間が短い。

## ④ プロセスの短所

- プロセスの効率が高くない。
- 処理後の排水濃度が高く、周辺環境を汚染しやすい。
- 汚染物が現地で消化され、総合利用と設備に占められる土地資源が多い。

## (2) メタンガス排水高度処理型プロセス

### ① プロセスの適用条件

- 毎年 5000 頭以上の豚を出荷する養豚場。
- 排水規制が厳しい地区。

### ② プロセスの特徴

- 養豚場は必ず清潔生産と乾湿分離を厳しく行い、乾糞が直接に有機肥料の生産に利用される。
- 排水は前処理を必ず行い、固液分離と沈殿を強化し、SS 濃度を厳しく制御する。
- 嫌気プロセスは UASB 嫌気反応器を採用でき、HRT=3 日、COD 除去率 80%-85%、容積ガス率  $1.0-1.2\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 、嫌気処理水 700-1,000mg/l。
- 好気プロセスは SBR（回分式活性汚泥法）を採用でき、COD 除去と同時に脱窒と脱磷の効果がある。HRT=2-3 日、COD 除去率 90-95%、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 95%以上。
- 好気処理した後、凝集沈殿することにより、高度処理が達成できる。
- 嫌気—好気処理により産出した汚泥は、濃縮、脱水後に有機肥料となる。有機肥料の生産には、好気連続式生物堆肥プロセスを採用する。

### ③ プロセスの長所

- メタンガスが回収できるとともに、排水も高度処理することにより基準を達成でき、適用範囲が広い。
- プロセスの効率が高く、運転管理と操作の自動化レベルが高い。
- COD と  $\text{NH}_3\text{-N}$  に対する除去率が高い。

#### ④ プロセスの短所

- 設備費が高く、運転費が高い。
- 高度な運転管理能力が必要。
- 乾糞を直接有機肥料にするため、メタンガス生産量は低い。

#### (3) プロセス選定

新糞尿処理システムとして、上記の両プロセスの長所、短所を検討の結果、下記の理由により「メタンガス総合利用型プロセス」を採用することとした。

- 江汪庄養豚場の周囲には、広大な農地、養魚場と果樹園があるため、周囲の環境容量が大きく、消化液の総合利用が期待できる。
- メタンガス生産量が多い方が発電による売電収入が期待できるため、メタンガス総合利用型プロセスの方が有利である。
- メタンガス総合利用型プロセスの方が、運転費は 50%程度安価であり、設備費も 40%程度安価である。

### 7. 廃水量と性状

江汪庄養豚場における豚糞尿と洗浄水の量は約 500m<sup>3</sup>/d であり、その性状を表 9-3 に示す。

表 9-3. 江汪庄養豚場の廃水性状】

| 項目                       | 排水      |
|--------------------------|---------|
| PH                       | 7.2-7.6 |
| SS(mg/l)                 | 16,000  |
| COD(mg/l)                | 22,600  |
| BOD(mg/l)                | 11,300  |
| N(mg/l)                  | 1,800   |
| P(mg/l)                  | 500     |
| NH <sub>3</sub> -N(mg/l) | 1,000   |
| K(mg/l)                  | 630     |

出典：中国軽工業環境保護研究所(2006年)

一方、処理排水の性状に関しては、中国農業部により、消化液の農業灌漑用水用途に対する水質要求は COD に関してのみであり、COD<1,000 mg/l である。

本プロジェクトにより排出される消化液の濃度は約 COD3,000 mg/l であるため、農業灌漑を行う前に水で希釈して COD<1,000 mg/l とすることにより、要求規制値を満足することができる。

### 8. プロセスフロー

本プロジェクトにおける新糞尿処理システムのフローシートを図 9-13 に示す。また平面図を図 9-14 に、立面図を図 9-15 に示す。

養豚場から出た廃液は、集水池にて貯留された後、沈砂溝を通る間に砂を除去し、スクリーンで粗大な異物を除去してから、酸化調節池に入る。酸化調節池からポンプにより嫌気発酵タンクに入り、ここで嫌気発酵が行なわれる。タンク上部から発生したメタンガスは、脱水と脱

硫後にメタンガス貯蔵タンクに貯蔵される。メタンガス貯蔵タンク中のメタンガスは、ブローア  
 ーで発電機に送られ発電する。発電機がメンテナンス等で休止中は、メタンガスはフレアスタ  
 ックに送られ、燃焼して大気に放出される。嫌気発酵タンクから出た消化液は、消化液貯蔵池  
 に貯留され、水で希釈された後に農業灌漑用水として排出される。

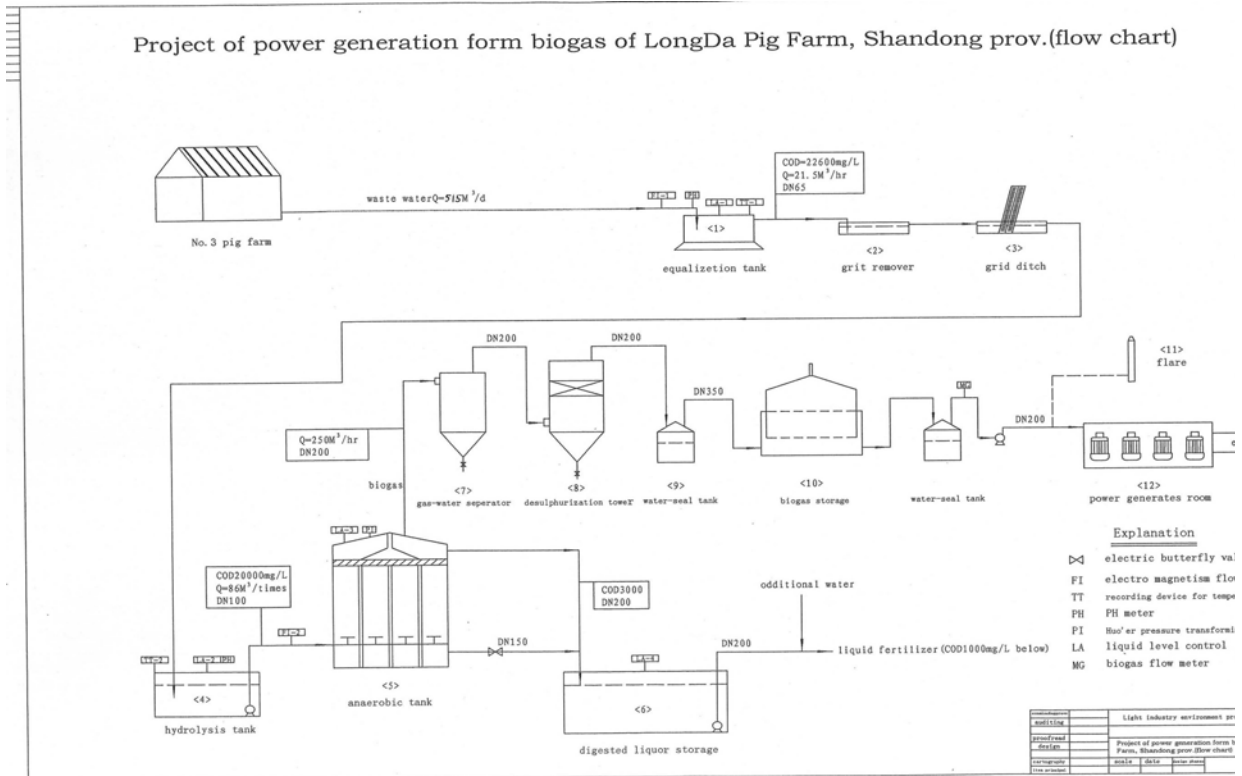


图 9-13. 新粪尿处理システム フローシート

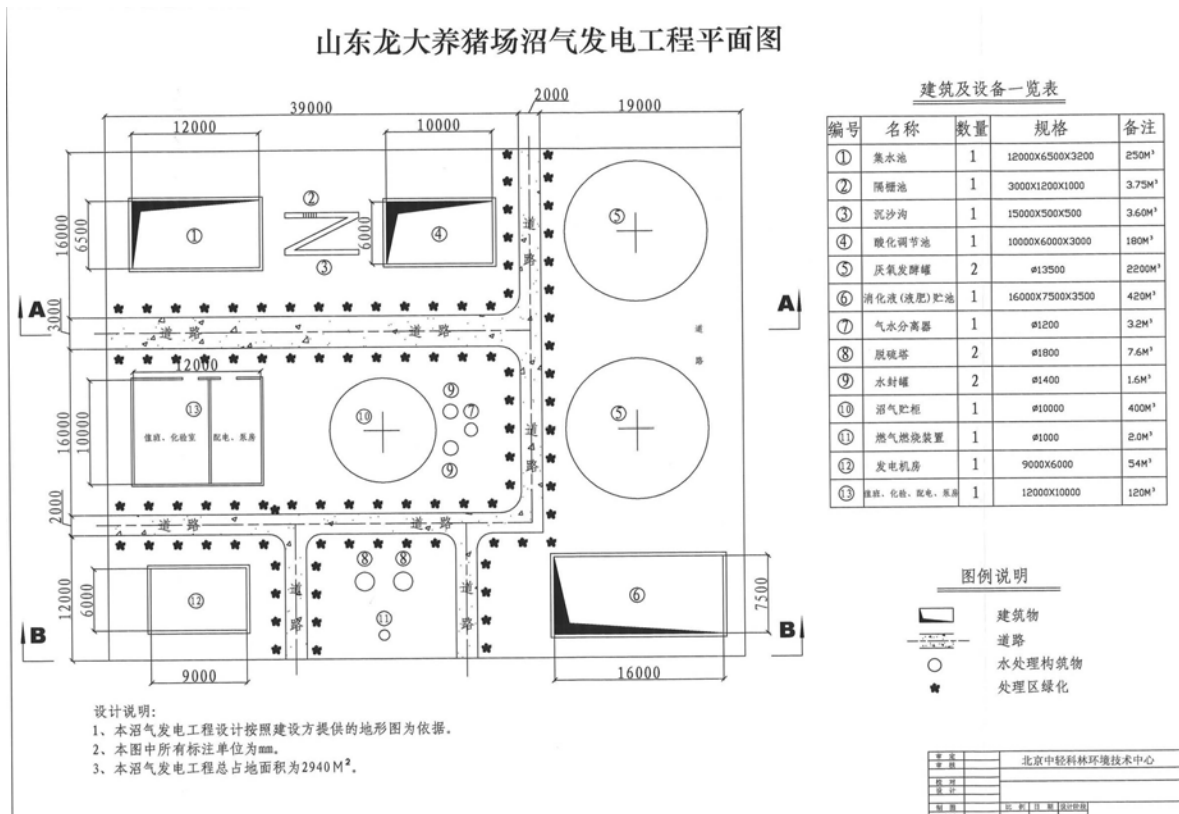


图 9-14. 新粪尿处理システム 平面图

山东龙大养猪场沼气发电工程立面图

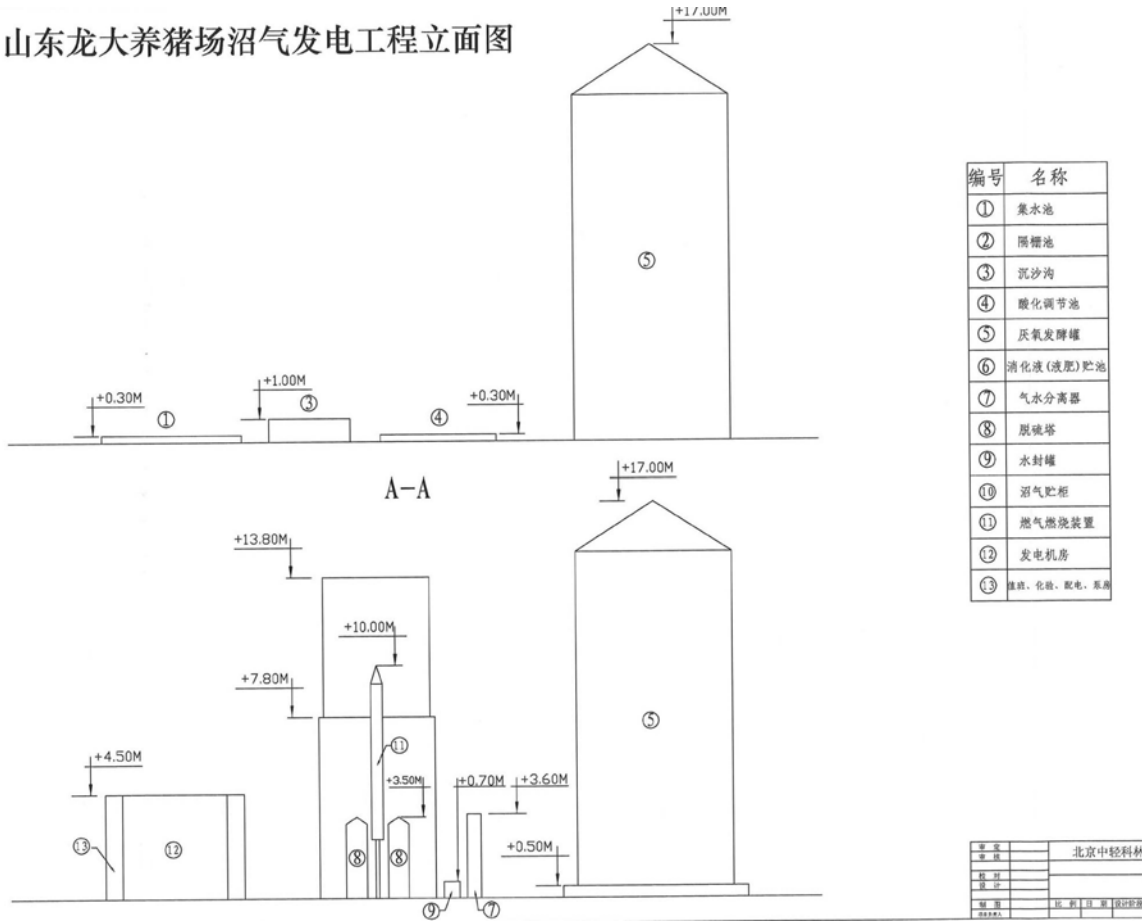


图 9-15. 新粪尿处理システム 立面图



## 第10章 CDMプロジェクトへの適用

### 第1節 方法論の選択

提案時点ではプロジェクトが小規模で、承認された方法論 AM0006「糞尿処理システムからの GHG 排出削減」が保留中であったこともあり、家畜糞尿のメタン発酵処理については、小規模方法論Ⅲ. D「メタン回収」で検討を行っていたが、CDM 理事会第 24 回会合において、タイプⅢの新カテゴリーを設置することで合意し、それまでの暫定的な対処として「当該年における排出削減量は 25,000 トンを上限とする。」との適用条件が追加された。プロジェクト調査を進めていく中で 25,000 トン以上の排出削減量が見込める目処が立ったため、2006 年 9 月 29 日に承認された ACM0010「糞尿処理システムからの GHG 排出削減のための統合方法論」に方法論を決定した。

しかし、FS 調査を進めていく過程の 2006 年 12 月に、CDM 理事会において小規模 CDM プロジェクトに関する指針が出され、タイプⅢプロジェクトでは排出削減量を年間 60,000 トン以下と定義された。本プロジェクトも小規模方法論の対象となった為、今後の事業化に向けた計画の前段階に、小規模方法論の検討を位置付けることとし、本報告書では ACM0010 の方法論を適用している。

### 第2節 適用条件

当該方法論は、プロジェクトバウンダリー内の既存の嫌気性糞尿処理システムを、単一又は複数から成る家畜廃棄物処理システム (AWMSs) に置き換えて GHG の排出削減を図るような、牧畜における糞尿処理に一般的に適用可能である。

当該方法論は、以下の条件下にて適用される。

- 農場の家畜は牛、バッファロー、豚、羊、山羊及び/又は鳥類から成り、農場は閉鎖性条件下で管理されている。
- 農場は自然水源（川や入り江など）に糞尿を放流していない。
- 嫌気性ラグーンによる処理システムの場合、ベースラインにおけるラグーンの深さは 1m 以上なければならない。（特に、ラグーンに嫌気性底層が生成され、藻による酸素生成が行われないよう、排水中の負荷は十分に高くなければならない。）
- ベースラインにおいて、嫌気性糞尿処理施設がある場所の年間平均温度は 5°C 以上である。
- ベースラインにおいて、嫌気性処理施設内の糞尿の滞留時間は 1 ヶ月以上である。
- プロジェクト活動において、AWMS プロセスにより糞尿廃棄物は地下水へ漏洩しないつまり、ラグーンの底は非透水性でなければならない。

一方、プロジェクト活動は、

- 今回の対象家畜は豚であり、農場は閉鎖性条件下で管理されている。
- ベースラインにおけるラグーンの深さは、2.5m 以上。
- 全量糞は有機肥料として、尿はラグーンにて処理されている。
- プロジェクト実施場所の年間平均温度は、8.75°C。

- ベースラインにおける、嫌気性処理施設内の糞尿の滞留時間は 40 日以上である。
  - プロジェクト活動では、ラグーンは設置せず養豚場からの排水は鉄筋コンクリート製の集水池に、嫌気発酵タンクから排出される消化液は鉄筋コンクリートの貯蔵池に集められる。
- 以上の通り、本プロジェクト活動は適用条件を全て満たしており、ACM0010 の適用は可能である。

### 第3節 プロジェクトバウンダリー

本 CDM プロジェクトバウンダリーを図 10-1 に示す。

ベースラインにおいては、糞尿処理過程での  $\text{CH}_4$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  の直接排出を含み、有機廃棄物の分解での  $\text{CO}_2$  排出は含まない。プロジェクト活動においては、糞尿処理過程での  $\text{N}_2\text{O}$  の直接排出、不燃焼、配管からの漏れ及び好気性処理でのメタン排出を含み、有機廃棄物の分解での  $\text{CO}_2$  排出は含まない。

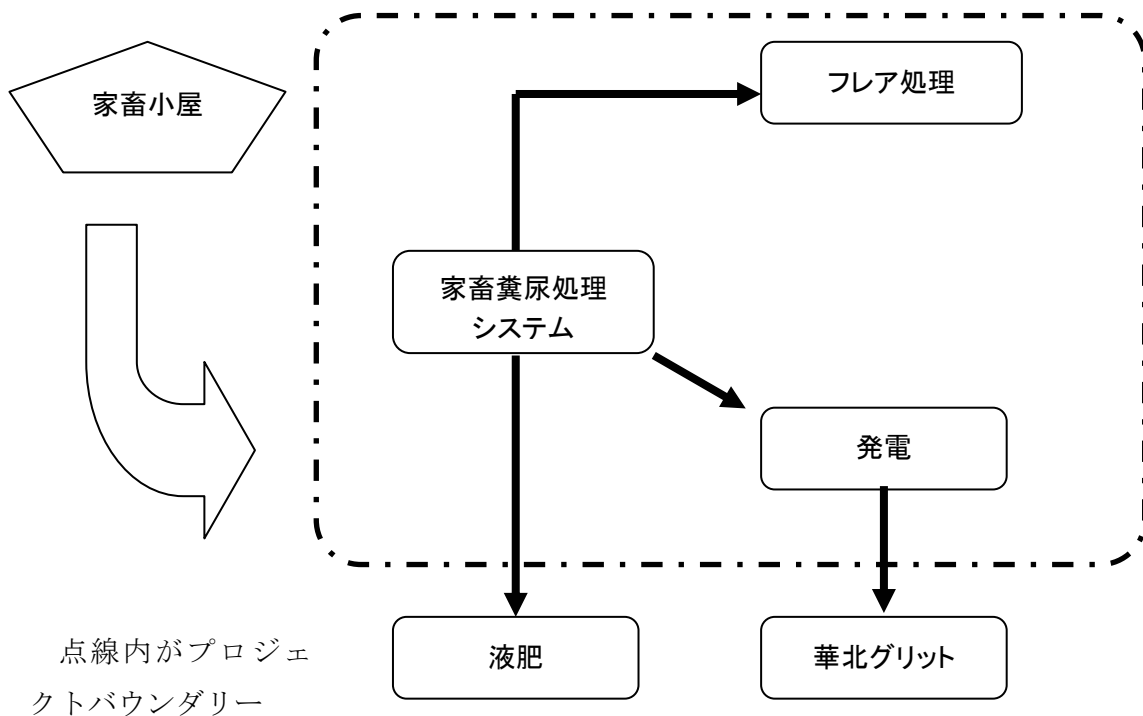


図 10-1. プロジェクトバウンダリー

### 第4節 ベースラインシナリオの同定

この方法論は、以下の手順で決定する。

**Step I** : 提案された CDM プロジェクト活動に対する代替シナリオの決定

**Step II** : 障害分析

**Step III** : 投資分析

**Step IV** : クレジット期間更新におけるベースラインの改定

《Step I：提案された CDM プロジェクト活動に対する代替シナリオの決定》

プロジェクト参加者及び他の糞尿処理プロジェクト開発者双方に適用可能な現実的で説得力のある代替シナリオを定義する。

**シナリオ1**：糞と尿を合わせて嫌気性ラグーンで処理

**シナリオ2**：CDM プロジェクトとして登録されない本プロジェクト

**シナリオ3**：糞と尿を集めて嫌気発酵させて、メタンをフレア処理する

**シナリオ4**：糞と尿をを合わせて高度水処理を行い河川放流する

**シナリオ5**：尿は嫌気性ラグーンで処理、糞は乾燥させて有機肥料として利用

中国では、畜産業からの汚染排出規制を強めるために、国家環境保護総局が《蓄禽養殖場汚染物管理方法》《蓄禽養殖業汚染物排出基準》《蓄禽養殖場汚染防止技術規範》を発布している。

《蓄禽養殖場汚染防止技術規範》4.3 において、新築、改造、増築される養豚場において、糞と尿と一緒に排出することは禁止されているためシナリオ1はベースラインシナリオと成り得ない。

他のベースラインシナリオは、規制を満足しているため Step II へ進む。

《Step II：障害分析》

投資障害、技術障害、慣例による分析を行った結果、**シナリオ2～5**いずれのベースラインシナリオも障害は存在しない。

まだ4つのベースラインシナリオが存在するため Step III へ進む。

《Step III：投資分析》

**シナリオ2**：CDM プロジェクトとして登録されない本プロジェクトは、プラント建設に多額の投資が必要であり、売電及び液肥販売収入だけでは、投資回収が不可能である。

**シナリオ3**：環境対策としての効果は認められる。しかし、設備投資が必要となるだけで収入が望めないため実施されることはない。

**シナリオ4**：環境対策としての効果は認められる。しかし、設備投資と高価な維持管理費が必要となるだけで収入が望めないため実施されることはない。

**シナリオ5**：尿について嫌気沈殿処理を行うラグーンを建設するには初期費用のみで維持費がかからず、また、糞は有機肥料として販売することによる収入が見込める。

以上の投資分析の結果、**シナリオ5**が最も経済的に魅力のあるためベースラインシナリオに決定する。

#### 《StepIV：クレジット期間更新におけるベースラインの改定》

クレジット期間更新時に、プロジェクト参加者は、2つのクレジット期間における家畜数の変動、関連する国、業界の規制の変化を考慮に入れたうえで適切なベースラインシナリオの同定をおこなわなければならない。この評価は、認証を行うDOEによって実施される。

### 第5節 追加性の立証

本方法論では、ベースラインシナリオの同定において決定したベースラインがCDMプロジェクトとして登録されない本プロジェクトと異なるため、本プロジェクトは追加性があると結論づけられる。

### 第6節 ベースライン排出量

家畜糞尿の処理システムからのGHG排出抑制で承認された方法論(ACM0010 Consolidated baseline methodology for GHG emission reductions from manure management system)に基づいて温室効果ガスの排出量を算出した。また、デフォルト値は2006IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventoriesから引用した。

ベースラインのGHG排出量は(1)式で表される。

$$BE_y = BE_{CH_4,y} + BE_{N_2O,y} + BE_{elec/heat,y} \quad (1)$$

$BE_y$  : ベースラインにおけるGHG年間排出量 (t-CO<sub>2</sub>e/y)

$BE_{CH_4,y}$  : ベースラインにおけるメタンの年間排出量 (t-CO<sub>2</sub>e/y)

$BE_{N_2O,y}$  : ベースラインにおける亜酸化窒素の年間排出量 (t-CO<sub>2</sub>e/y)

$BE_{elec/heat,y}$  : ベースラインにおける電力使用による二酸化炭素年間排出量 (t-CO<sub>2</sub>e/y)

#### メタン排出量( $BE_{CH_4,y}$ )の算出

ベースラインのメタンは、第三養豚場の有機肥料製造工程及び第三養豚場のラグーンから排出される。CH<sub>4</sub>の排出量は以下の(2)式で表される。

$$BE_{CH_4,j,y} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * \sum_{j,LT} MCF_j * B_{0,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y} * MS\%_{Bl,j} \quad (2)$$

$BE_{CH_4,j,y}$  : 排出されるメタン量 (tCO<sub>2</sub>e/y)

$GWP_{CH_4}$  : メタンの地球温暖化係数 (21)

- $D_{CH_4}$  : メタン係数 (20°C、1 気圧の部屋で 0.00067 t/m<sup>3</sup>)
- $MCF_j$  : メタン変換係数は 66.5%を採用  
メタンの発生要因としては糞の堆肥化及び嫌気性ラグーンからの 2 種類。  
(IPCC2006 table 10.17, chapter 10, volume4 より糞の堆肥化 0.5%、嫌気性ラグーン 66%)
- $B_{0,LT}$  : メタンの最大発生能力は 0.29m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/kg-VS  
(IPCC2006 table 10A.7, chapter 10, volume4 よりアジアにおける商品豚及び母豚のデフォルト値)
- $N_{LT}$  : 年間の常用飼育商品豚頭数 18,000 頭  
年間の常用飼育母豚頭数 2,000 頭
- $VS_{LT,y}$  : 豚 1 頭あたりの揮発性固体分の排出量 (デフォルト値を下記により補正)
- $MS\%_{Bl,jl}$  : システムで処理される糞尿の割合を 1 と設定

ここで  $VS_{LT,y}$  のデフォルト値を重量による補正を下記の (3) 式により行う。

$$VS_{LT,y} = \left( \frac{W_{site}}{W_{default}} \right) * VS_{default} * nd_y \quad (3)$$

$W_{site}$  : 商品豚及び母豚の重量は以下のように設定した。

商品豚の飼育は以下の通りである。

|     | 飼育日数       | 重量           | 頭数変動      | 備考 |
|-----|------------|--------------|-----------|----|
| 仔豚  | 0 日～21 日   | 1.35kg～6.2kg | 110 頭/日受入 |    |
| 保育豚 | 21 日～70 日  | 6.2kg～25kg   |           |    |
| 肥育豚 | 70 日～160 日 | 25kg～100kg   | 110 頭/日出荷 |    |

これより、商品豚の平均重量を 40kg と設定。

母豚の飼育は以下の通りである。

|     | 飼育日数       | 重量        | 頭数変動      | 備考          |
|-----|------------|-----------|-----------|-------------|
| 入荷時 | (生後 100 日) | 50kg～60kg | 600 頭/年受入 | 30%入れ換え     |
| 成長期 | 240 日間     | 200kg     |           |             |
| 繁殖期 | 1000 日間    | 200kg     | 600 頭/年出荷 | 妊娠時の重量は考慮せず |

これより、母豚の平均重量は 182kg と設定。

$W_{default}$  : アジアにおける商品豚及び母豚の重量のデフォルト値は 28kg

(IPCC2006 table 10A.7, 10A.8, chapter 10, volume4 より)

$VS_{default}$  : アジアにおける商品豚及び母豚の揮発性固体分の排出量は 0.3kg/hd/day。

$nd_y$  : システムの稼働日数 365 日/y

■ 商品豚の  $VS_{LT,m,y}$  補正

$$VS_{LT,m,y} = \left( \frac{W_{site}}{W_{default}} \right) * VS_{default} * nd_y \quad (3. a)$$

$$= (40\text{kg}/28\text{kg}) * 0.3 \text{ kg/hd/day} * 365$$

$$= 156.4\text{kg/hd/y}$$

■ 母豚の  $VS_{LT,b,y}$  補正

$$VS_{LT,b,y} = \left( \frac{W_{site}}{W_{default}} \right) * VS_{default} * nd_y \quad (3. b)$$

$$= (182\text{kg}/28\text{kg}) * 0.3 \text{ kg/hd/day} * 365$$

$$= 711.7\text{kg/hd/y}$$

メタン排出量 ( $BE_{CH4,j,y}$ ) は

$$BE_{CH4,j,y} = GWP_{CH4} * D_{CH4} * \sum_{j,LT} MCF_j * B_{0,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y} * MS\%_{Bl,j} \quad (2)$$

$$= 21 * 0.00067 *$$

$$(0.665 * 0.29 * 18,000 * 156.4 * 1 + 0.665 * 0.29 * 2,000 * 711.7 * 1)$$

$$= 11,501 \text{ t-CO2e/y}$$

**N2O 排出量の算出**

ベースラインにおける N2O は第三養豚場の糞の肥料化及び嫌気性ラグーンから排出される。N2O の排出量は以下の (4) 式で表される。

$$BE_{N20,y} = GWP_{N20} * CF_{N20-N,N} * \frac{1}{1000} * (E_{N20,D,Y} + E_{N20,ID,y}) \quad (4)$$

$BE_{N20,y}$  : N2O 年間排出量 (t-CO2e/yr)

$GWP_{N20}$  : 亜酸化窒素の地球温暖化係数 (310)

$CF_{N20-N,N}$  : 変換係数 (44/28)

$E_{N20,D,Y}$  : N2O 直接排出量 (kg-N20/year)

$E_{N2O,ID,y}$  : N2O 間接排出量 (kg-N2O/year)  
 (バウンダリ内では間接排出は無い)

ここで N2O 直接排出量  $E_{N2O,D,Y}$  は (5) 式で表される。

$$E_{N2O,D,y} = \sum_{j,LT} EF_{N2O,D,j} * NEX_{LT,y} * N_{LT} * MS\%_{Bl,j} \quad (5)$$

$EF_{N2O,D,y}$  : 嫌気性ラグーンからの N2O 直接排出係数は 0 kgN2O-N/kgN  
 切り返しを行う堆肥化からの N2O 直接排出係数は 0.1 kgN2O-N/kgN  
 (IPCC2006 table 10.21, chapter 10, volume4 より)

$NEX_{LT,y}$  : 豚 1 頭あたりの年間窒素分排出量  
 (デフォルト値を下記により補正)

$N_{LT}$  : 年間の常用飼育商品豚頭数 18,000 頭  
 年間の常用飼育母豚頭数 2,000 頭

$MS\%_{Bl,j}$  : システムで処理される糞尿の割合を 1 と設定

$NEX_{LT,y}$  を重量による補正を下記の (6) 式により行う。

$$NEX_{LT,y} = \frac{W_{site}}{W_{default}} * NEX_{IPCCdefault} \quad (6)$$

$W_{site}$  : 商品豚の平均重量は 40kg。  
 母豚の平均重量は 182kg。  
 (メタン排出量算出項目を参照)

$W_{default}$  : アジアにおける商品豚及び母豚の重量は 28kg  
 (IPCC2006 table 10A.7, 10A.8, chapter 10, volume4 より)

$NEX_{IPCCdefault}$  : 商品豚の重量 1t あたりの窒素排出量は 0.42 kgN/t/day  
 (IPCC2006 table 10.19, chapter 10, volume4 より)  
 年間の窒素排出量は 153.3kgN/t/y となり、  
 平均重量を 40kg とすると 6.1kgN/頭/y となる。

母豚重量 1t あたりの窒素排出量は 0.24 kgN/t/day  
 (IPCC2006 table 10.19, chapter 10, volume4 より)  
 年間の窒素排出量は 87.6kgN/t/y となり、  
 平均重量を 182kg とすると 15.9kgN/頭/y となる。  
 よって N2O 直接排出量は

$$\begin{aligned}
E_{N2O,D,Y} &= \sum_{j,LT} EF_{N2O,D,J} * NEX_{LT,y} * N_{LT} * MS\%_{Bl,j} & (5) \\
&= 0.1 \text{ kgN2O-N/kgN} * (40/28) * 6.1 \text{ kgN/hd/y} * 18,000 \text{hd} * 1 \\
&\quad + 0.1 \text{ kgN2O-N/kgN} * (182/28) * 15.9 \text{ kgN/hd/y} * 2,000 \text{hd} * 1 \\
&= 36,355.7 \text{ kg-N2O/year}
\end{aligned}$$

N2O の年間排出量 ( $BE_{N2O,y}$ ) は

$$\begin{aligned}
BE_{N2O,y} &= GWP_{N2O} * CF_{N2O-N,N} * \frac{1}{1000} * (E_{N2O,D,Y} + E_{N2O,ID,y}) & (4) \\
&= 310 * 44/28 * 1/1000 * (36,355.7 \text{ kg-N2O/year} + 0) \\
&= 17,710.4 \text{ tCO2e/y}
\end{aligned}$$

#### 電力消費による CO2 排出量の算出

ベースラインにおける電力消費及び熱消費による CO2 排出量は (7) 式で表される。

$$BE_{elec/heat,y} = EG_{Bl,y} * CEF_{Bl,elec,y} + EG_{d,y} * CEF_{grid} + HG_{Bl,y} * CEF_{Bl,therm,y} \quad (7)$$

- $BE_{elec/heat,y}$  : ベースラインにおける電力及び熱消費による CO2 排出量  
 $EG_{Bl,y}$  : プロジェクト実施時に使用する電力の消費量 (MWh)  
 $CEF_{Bl,elec,y}$  : プロジェクトで使用する電力の排出係数 (tCO2/MWh)  
(本プロセスではすべて自家発電電力を使用するため、ゼロである。)

- $EG_{d,y}$  : グリッドへの電力供給量 (MWh)  
メタンガスの年間排出量は下記の式で表され、設定値は前述の値を利用する。

$$\begin{aligned}
CH_{4,j,y} &= \sum_{j,LT} MCF_j * B_{0,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y} * MS\%_{Bl,j} & (8) \\
&= 0.665 * 0.29 * 18,000 * 156.4 * 1 + 0.665 * 0.29 * 2,000 * 711.7 * 1 \\
&= 817,414 \text{ m}^3\text{-CH}_4\text{/y} \\
&= 2,239.4 \text{ m}^3\text{-CH}_4\text{/日}
\end{aligned}$$

ここでメタンの発生熱量から毎日の発電量 ( $EG_{t,d}$ ) を算出すると

$$\begin{aligned}
EG_{t,d} &= 2,239.4 \text{ m}^3\text{-CH}_4\text{/日} * 8,560 \text{ kcal/Nm}^3 / 860 \text{ kWh/kcal} * 0.25 \text{ (発電効率)} \\
&= 5,572.4 \text{ kWh/日} & (9)
\end{aligned}$$

当プロセスで消費する電力は 300kWh/日なので



$$\begin{aligned}
 EG_{d,y} &= (EG_{t,y} - \text{プロセス消費電力}) * 330 \text{ 日/y} & (10) \\
 &= (5572.4 - 300) * 330 \\
 &= 1,739,892 \text{ kWh/y} \\
 &= 1,739 \text{ MWh/y}
 \end{aligned}$$

$CEF_{grid}$  : 山東省の電力グリッド排出係数 (中国電網基準排出係数より)

$$EF_{OM,grid} = 1.0585 \text{ t-CO}_2/\text{MWh}$$

$$EF_{BM,grid} = 0.9066 \text{ t-CO}_2/\text{MWh}$$

$$\begin{aligned}
 CEF_{grid} &= W_{OM} * EF_{OM,grid} + W_{BM} * EF_{BM,grid} & (11) \\
 &= 0.5 * 1.0585 + 0.5 * 0.9066 \\
 &= 0.9826 \text{ t-CO}_2/\text{MWh}
 \end{aligned}$$

$HG_{Bl,y}$  : 年間の熱エネルギー消費量 (MJ)

$CEF_{Bl,therm,y}$  : 熱エネルギーの排出係数(tCO<sub>2</sub>e/MJ)

消化槽の加熱は発電機の余熱を利用するため、ゼロとする。

よってベースラインにおける電力消費による CO<sub>2</sub> 排出量は

$$\begin{aligned}
 BE_{elec/heat,y} &= EG_{Bl,y} * CEF_{Bl,elec,y} + EG_{d,y} * CEF_{grid} + HG_{Bl,y} * CEF_{Bl,therm,y} & (7) \\
 &= 1,739 \text{ MWh/y} * 0.9826 \text{ t-CO}_2/\text{MWh} \\
 &= 1,708 \text{ t-CO}_2\text{e/y}
 \end{aligned}$$

ベースラインにおける年間 CO<sub>2</sub> 排出量 ( $BE_y$ ) は

$$\begin{aligned}
 BE_y &= BE_{CH_4,y} + BE_{N_2O,y} + BE_{elec/heat,y} & (1) \\
 &= 11,501 \text{ t-CO}_2\text{e/y} + 17,710.4 \text{ t-CO}_2\text{e/y} + 1,708 \text{ t-CO}_2\text{e/y} \\
 &= 30,919.4 \text{ t-CO}_2\text{e/y}
 \end{aligned}$$

## 第7節 プロジェクト実施による排出量

プロジェクトにおける GHG 排出量 ( $PE_y$ ) は次の (12) 式で表される。

$$PE_y = PE_{AD,y} + PE_{Aer,y} + PE_{N2O,y} + PE_{PL,y} + PE_{flare,y} + PE_{elec/heat} \quad (12)$$

$PE_{AD,y}$  : AWMS からのメタンガスの漏れ (tCO<sub>2</sub>e/y)

プロジェクトでは嫌気消化システムのみであるため、 $PE_{AD,y}$  は次のようになる。

$$PE_{AD,y} = GWP_{CH4} * D_{CH4} * LF_{AD} * F_{AD} * \sum_{LT} (B_{0,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y}) \quad (13)$$

ここで

$GWP_{CH4}$  : メタンの地球温暖化係数 (21)

$D_{CH4}$  : メタン係数 (20°C、1 気圧の部屋で 0.00067 t/m<sup>3</sup>)

$LF_{AD}$  : 嫌気消化システムからのメタンの漏れ 0.15

$F_{AD}$  : 揮発性有機分の嫌気発酵槽へ投入される割合 100%

$B_{0,LT}$  : メタンの最大発生能力は 0.29m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/kg-VS

(IPCC2006 table 10A.7、10A.8, chapter 10, volume4 よりアジアにおける商品豚及び母豚のデフォルト値)

$N_{LT}$  : 年間の常用飼育商品豚頭数 18,000 頭

年間の常用飼育母豚頭数 2,000 頭

$VS_{LT,y}$  : 豚 1 頭あたりの揮発性固体分の排出量

$VS_{LT,m,y}$  = 商品豚 156.4 kg/hd/y

$VS_{LT,b,y}$  = 母豚 711.7 kg/hd/y

上記の算出過程を以下に示す。

$$VS_{LT,y} = \left( \frac{W_{site}}{W_{default}} \right) * VS_{default} * nd_y \quad (3)$$

$W_{site}$  : 商品豚及び母豚の重量は以下のように設定した。

商品豚の飼育は以下の通りである。

|     | 飼育日数       | 重量           | 頭数変動      | 備考 |
|-----|------------|--------------|-----------|----|
| 仔豚  | 0 日～21 日   | 1.35kg～6.2kg | 110 頭/日受入 |    |
| 保育豚 | 21 日～70 日  | 6.2kg～25kg   |           |    |
| 肥育豚 | 70 日～160 日 | 25kg～100kg   | 110 頭/日出荷 |    |

これより、商品豚の平均重量を 40kg と設定。

母豚の飼育は以下の通りである。

|     | 飼育日数       | 重量        | 頭数変動      |             |
|-----|------------|-----------|-----------|-------------|
| 入荷時 | (生後 100 日) | 50kg~60kg | 600 頭/年受入 | 30%入れ換え     |
| 成長期 | 240 日間     | 200kg     |           |             |
| 繁殖期 | 1000 日間    | 200kg     | 600 頭/年出荷 | 妊娠時の重量は考慮せず |

これより、母豚の平均重量は 182kg と設定。

- $W_{default}$  : 商品豚及び母豚の重量のデフォルト値は 28kg  
(IPCC2006 table 10A.7, 10A.8, chapter 10, volume4 より)
- $VS_{default}$  : 商品豚及び母豚の揮発性固体分の排出量は 0.3kg/hd/day。
- $nd_y$  : システムの稼働日数 365 日/y

■ 商品豚の  $VS_{LT,m,y}$  補正

$$VS_{LT,m,y} = \left( \frac{W_{site}}{W_{default}} \right) * VS_{default} * nd_y \quad (3. a)$$

$$= (40\text{kg}/28\text{kg}) * 0.3 \text{ kg/hd/day} * 365$$

$$= 156.4\text{kg/hd/y}$$

■ 母豚の  $VS_{LT,b,y}$  補正

$$VS_{LT,b,y} = \left( \frac{W_{site}}{W_{default}} \right) * VS_{default} * nd_y \quad (3. b)$$

$$= (182\text{kg}/28\text{kg}) * 0.3 \text{ kg/hd/day} * 365$$

$$= 711.7\text{kg/hd/y}$$

よって AWMS からのメタンガスの漏れは

$$PE_{AD,y} = GWP_{CH_4} * D_{CH_4} * LF_{AD} * \sum_{LT} (B_{0,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y}) \quad (13)$$

$$= 21 * 0.00067 * 0.15 * (0.29 * 18,000 * 156.4 + 0.29 * 2,000 * 711.7)$$

$$= 2,594.2 \text{ t-CO}_2\text{e/y}$$

- $PE_{Aer,y}$  : 好気処理システムからのメタン排出量  
当プロジェクトでは好気処理システムは含まれない。

よって  $PE_{Aer,y} = 0$  である。

$PE_{N2O,y}$  : 糞尿処理システムからの N2O 排出量

N2O 排出量は次の (14) 式で表される。

$$PE_{N2O,y} = GWP_{N2O} * CF_{N2O-N,N} * \frac{1}{1000} * (E_{N2O,D,Y} + E_{N2O,ID,y}) \quad (14)$$

ここで

$GWP_{N2O}$  : 亜酸化窒素の地球温暖化係数 (310)

$CF_{N2O-N,N}$  : 変換係数 (44/28)

$E_{N2O,D,Y}$  : N2O 直接排出量 (kg-N2O/year)

$E_{N2O,D,Y}$  は (12) 式で算出されるが、 $EF_{N2O,D,y} = 0$  kgN2O-N/kgN であるため、0 となる。

$$E_{N2O,D,y} = \sum_{j,LT} EF_{N2O,D,j} * NEX_{LT,y} * N_{LT} * MS\%_{Bl,j} \quad (12)$$

$EF_{N2O,D,y}$  : 嫌気消化システムからの N2O 直接排出係数は 0 kgN2O-N/kgN  
(IPCC2006 table 10.21, chapter 10, volume4 より)

$NEX_{LT,y}$  : 豚 1 頭あたりの年間窒素分排出量

商品豚 : 8.7 kgN/頭/y

母豚 : 103.4 kgN/頭/y

$N_{LT}$  : 年間の常用飼育商品豚頭数 18,000 頭

年間の常用飼育母豚頭数 2,000 頭

$MS\%_{Bl,j}$  : システムで処理される糞尿の割合を 1 と設定

$E_{N2O,ID,y}$  : N2O 間接排出量 (kg-N2O/year)

間接排出はバウンダリ内では発生しない。

よって糞尿処理システムからの N2O 排出量は

$$\begin{aligned} PE_{N2O,y} &= GWP_{N2O} * CF_{N2O-N,N} * \frac{1}{1000} * (E_{N2O,D,Y} + E_{N2O,ID,y}) \\ &= 310 * 44/28 * 1/1000 * (0 + 0) \\ &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

$PE_{flare,y}$  : 余剰ガスのフレア処理による排出量

フレア処理による排出量は次の (15) 式で表される。

$$PE_{flare,y} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} * (1 - \eta_{flare,h}) * \frac{GWP_{CH4}}{1000} \quad (15)$$

ここで

$TM_{RG,h}$  : 時間あたりのバイオガス中のメタン質流量  
 年間のメタンガス発生量はベースラインより

$$CH4_{BL,y} = D_{CH4} * \sum_{j,LT} MCF_j * B_{0,LT} * N_{LT} * VS_{LT,y} * MS\%$$

$$= 547,667.4 \text{ kg-CH}_4/\text{y}$$

年間のフレア稼働日数は 35 日/年と想定。

よって、フレアで消費されるメタン質量は

$$\sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} = 547,667.4 \text{ kg-CH}_4/\text{y} * 35/365$$

$$= 52,516 \text{ kg-CH}_4/\text{y}$$

$\eta_{flare,h}$  : 時間あたりのフレア処理効率 (デフォルト値 50%)

$GWP_{CH4}$  : メタン地球温暖化係数 (21)

$$PE_{flare,y} = \sum_{h=1}^{8760} TM_{RG,h} * (1 - \eta_{flare,h}) * \frac{GWP_{CH4}}{1000} \quad (15)$$

$$= 52,516 * (1 - 0.5) * 21 / 1000$$

$$= 551.4 \text{ t-CO}_2\text{e}/\text{y}$$

$PE_{elec/heat}$  : 電力及び熱利用による排出量

電力及び熱利用による排出量は次の (14) 式で表される。

$$PE_{elec/heat} = EL_{Pr,y} * CEF_d + HG_{Pr,y} * CEF_{Pr,therm,y} \quad (16)$$

プロジェクトではバイオガスから発電した電力を使用しているため、 $CEF_d$  及び  $CEF_{Pr,therm,y}$  はゼロである。  
 よって、 $PE_{elec/heat} = 0$

プロジェクトにおける GHG 排出量は

$$PE_y = PE_{AD,y} + PE_{Aer,y} + PE_{N2O,y} + PE_{PL,y} + PE_{flare,y} + PE_{elec/heat} \quad (12)$$

$$= 2,594.2 \text{ t-CO}_2\text{e}/\text{y} + 0 + 0 + 0 + 551.4 \text{ t-CO}_2\text{e}/\text{y} + 0$$

$$= 3,145.6 \text{ t-CO}_2\text{e}/\text{y}$$

## 第 8 節 リークージ

リークージとして液肥の施肥による N20 の発生が考えられるが、ベースラインにおける糞を

原料とした有機肥料の施肥による N2O 排出量と相殺できるものとする。

よってリーケージはゼロとする。

### 第9節 GHG 排出削減効果

プロジェクト実施による GHG 排出削減効果 ( $ER_y$ ) は次の (17) 式で表される。

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y \quad (17)$$

$$= 30,919.4 \text{ t-CO}_2\text{e/y} - 3,145.5 \text{ t-CO}_2\text{e/y} - 0$$

$$= 27,773.9 \text{ t-CO}_2\text{e/y}$$

### 第10節 モニタリング

プロセスにおけるモニタリング箇所を下記に示す。

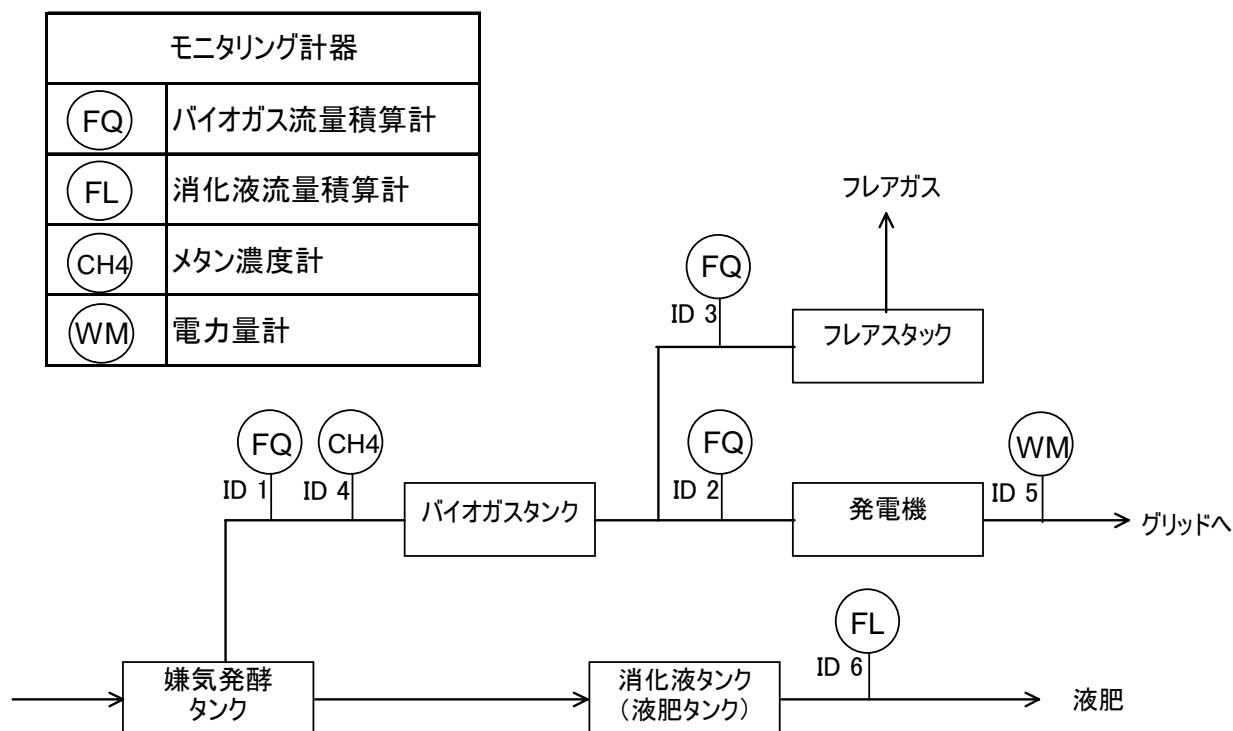


図 10-1. モニタリング箇所

表 10-1. モニタリング計器一覧

| ID No. | Data       | データ変数    | 単位             | 備考         |
|--------|------------|----------|----------------|------------|
| ID 1   | $V_{f,OD}$ | バイオガス発生量 | m <sup>3</sup> | 流量計による積算流量 |

|      |            |              |                |                       |
|------|------------|--------------|----------------|-----------------------|
| ID 2 | $V_{f,IG}$ | 発電用バイオガス消費量  | m <sup>3</sup> | 流量計による積算流量            |
| ID 3 | $V_{f,IF}$ | フレア用バイオガス消費量 | m <sup>3</sup> | 流量計による積算流量            |
| ID 4 | $C_{CH_4}$ | バイオガス中メタン濃度  | mg/l           | 一定時間毎のサンプリング<br>による計測 |
| ID 5 | $EG_{d,y}$ | 発電量          | MWh            | 電力計による積算電力量           |
| ID 6 | $Q_{DV}$   | 消化液流量        | m <sup>3</sup> | 流量計による積算流量            |

### 第 1 1 節 環境影響評価

本プロジェクトでは、周辺環境へ影響を及ぼしていた豚の糞尿を閉鎖的な環境で処理することにより、温室効果ガスの排出削減とともに、悪臭や地下水汚染などの周辺環境の改善に寄与するものである。

また、養豚場の周辺には住居地区や社会施設が存在しておらず、環境影響は極めて限定的であると想定できる。本プロジェクト実施により、発生が予想される環境影響項目を次に挙げる。

表 10-2. 予想される環境影響項目

| 項目   | 建設期間中          | 稼働期間中              | 備考 |
|------|----------------|--------------------|----|
| 大気汚染 | 重機など建設機械からの排ガス | 発電設備からの排気ガス        |    |
| 騒音   | 重機など建設機械からの騒音  | 発電設備からの騒音          |    |
| 振動   | 重機など建設機械のからの振動 | 発電設備からの振動          |    |
| 悪臭   | 重機など建設機械からの排ガス | バイオガスの設備からの漏れによる悪臭 |    |

前述のように、近隣に住居地区が無いことから環境影響は限定的であるが、事業推進にあたり中国環境基準を遵守して設計を行う予定である。

### 第 1 2 節 利害関係者のコメント

本調査では、次の利害関係者へヒアリングを行い、コメントを収集した。

表 10-3. ヒアリング先一覧

|   | 利害関係者(機関)         | 関係         | 調査日 | 備考 |
|---|-------------------|------------|-----|----|
| 1 | 萊陽市<br>経済合作局投資促進局 | 事業実施エリアの役所 | 第二回 |    |
| 2 | 萊陽市配電局            | 売電先        | 第四回 |    |

|   |          |               |         |  |
|---|----------|---------------|---------|--|
| 3 | 近隣農家     | 糞尿の利用先        | 第四回     |  |
| 4 | 食品集团有限公司 | 糞尿の供給、施設運営委託先 | 第二・四・五回 |  |

### 1. 萊陽市（経済合作局、投資促進局）

- 萊陽市として CDM 事業は初めてであり、外国企業による投資は歓迎する。
- 養豚場周辺の環境向上・地下水汚染防止等、事業の萊陽市の環境向上への貢献に期待する。
- 新会社に対する優遇措置もあるので相談して欲しい。

### 2. 萊陽市配電局

- 萊陽市ではバイオガス発電によるグリッド接続は初めてである。
- 企業の廃水廃棄物利用の発電事業として優遇政策が適用できる。
- 売電価格は事例が無いので、すぐには決定できない。

### 3. 近隣農家

- 本プロジェクトから排出される消化液は、液肥として使い勝手が良いため非常に歓迎する。
- 現在、糞を土壌へのすき込みに利用している。また、尿は希釈して灌漑用に利用しているが、非常に使い勝手が悪い。
- 液肥であれば、500 m<sup>3</sup>/日程度であれば全量利用が可能である。(600ha 所有)

### 4. 食品集团有限公司

食品集团有限公司は本事業のパートナーであるので CDM 事業に対しては非常に積極的である。しかし、糞尿の供給や養豚事業への影響が考えられるため、ヒアリングを実施。

- 食品集团有限公司は環境を優先する企業である。そのため、養豚場周辺環境、地球環境に貢献する事業はとても歓迎である。
- 防疫上の問題から、可能な限り各養豚場の糞尿を搬送することを避けたい。
- 糞は有機肥料として販売している。そのため、メタン発酵残渣や一部の糞を有機肥料向けにしておきたい。



## 第 1 1 章 プロジェクトの事業性

### 第 1 節 初期投資額

初期投資額は、建設投資額とその他の資額の合計で、170 百万円（1,089.7 万元）を想定している。

表 11-1. 初期投資額の内訳

| No. | 項目       | 金額(日本円)     | 金額(中国元)    |          |
|-----|----------|-------------|------------|----------|
| 1.  | 建設投資額    | (1) 土木建設構造物 | 16.9 百万円   | 108.5 万元 |
|     |          | (2) 生産設備・機器 | 50.5 百万円   | 324.0 万元 |
|     |          | (3) 発電機     | 18.7 百万円   | 120.0 万元 |
| 2.  | その他初期投資額 | 83.9 百万円    | 537.2 万元   |          |
| 合計  |          | 170.0 百万円   | 1,089.7 万元 |          |

表 11-2. その他初期投資額の内訳

| No. | 項目                | 金額(日本円)  | 金額(中国元)  |
|-----|-------------------|----------|----------|
| (1) | 設計費               | 3.1 百万円  | 20.0 万元  |
| (2) | 試運転費用及び職員トレーニング費用 | 3.1 百万円  | 20.0 万元  |
| (3) | グリッド接続費用          | 46.8 百万円 | 300.0 万元 |
| (4) | 開業準備費用            | 5.0 百万円  | 32.1 万元  |
| (5) | 土地使用权             | 5.5 百万円  | 35.0 万元  |
| (6) | 液肥販売用設備費          | 1.0 百万円  | 6.4 万元   |
| (7) | CDM事業化費用          | 8.0 百万円  | 51.3 万元  |
| (8) | 予備費               | 11.3 百万円 | 72.4 万元  |
| 合計  |                   | 83.9 百万円 | 537.2 万元 |

#### (1) 設計費

中国軽工業環境保護研究所の試算値を採用している。

#### (2) 試運転費用及び職員トレーニング費用

試運転及び職員トレーニングについては、本生産施設の設計・施工を担当する中国軽工業環境保護研究所に委託することにしており、同研究所の試算値を採用している。

#### (3) グリッド接続費用

本生産施設にて発電した電力は萊陽市電業会社の電力ネットに接続する予定であり、この電力ネットへの接続に要する昇圧機他の購入・設置等の費用は本事業で負担しなければならない。現地調査において萊陽市電業会社にヒアリングを行ったものの、「実際に必要となる金額は接続申請後に明確になる」との回答で、現時点では金額が未確定の状況である。そのため、食品集団有限公司が自社の発電所を建設し、電力ネットに接続した際の 300 万元を概算値として計上

している。

#### (4) 開業準備費用

食品集団有限公司の過去実績を踏まえ、登記費用他の会社設立に係る費用を計上している。

#### (5) 土地使用権

本事業用地 (2,940 m<sup>2</sup>) の確保のため、中国政府に支払う 50 年間の土地使用権の対価を計上している。現状では、8 万元/1 畝 (1/15ha) である。

#### (6) 液肥販売用設備費

発酵プロセスにて生じる消化液を近隣農家に販売するためのパイプライン敷設費用及び圧送用のポンプ代金を計上している。

#### (7) CDM事業化費用

DOE への外部審査費用の他、モニタリング機器の設置費用等を計上している。

#### (8) 予備費

事業開始後に必要となる 1 年間の現金支出額を予備費として計上している。予備費は、2009 年度において事業収益が上がる前に現金支出が必要となる場合等に備えたものである。

### 第 2 節 資金調達方法

中国の金融機関から借入を行う場合は、現行金利が約 6% であり今後も上昇傾向であることに加え、合弁会社の担保差し入れ等の問題がある。食品集団有限公司の他、本事業に関心をよせる日本企業が複数あることから 1 社あたりの初期投資額が比較的少額となるため、全額出資による資金調達を想定している。

### 第 3 節 事業収支の算出

表 11-3. 2010 年度の事業収支の内訳

| No. | 項目                  | 2010 年度              |          |          |
|-----|---------------------|----------------------|----------|----------|
|     |                     | 金額(日本円)              | 金額(中国元)  |          |
| 1.  | 収益想定額(年間)           | (1) 売電収入             | 13.4 百万円 | 86.1 万元  |
|     |                     | (2) 液肥販売収入           | 2.3 百万円  | 15.0 万元  |
|     |                     | (3) CER販売収入          | 35.0 百万円 | 224.4 万元 |
| 2.  | 費用想定額(年間)           | (1) オペレーティング費用       | 6.4 百万円  | 41.2 万元  |
|     |                     | (2) 一般管理費用           | 1.6 百万円  | 10.0 万元  |
|     |                     | (3) CDM関連費用(2010 年度) | 2.9 百万円  | 18.6 万元  |
|     |                     | (4) 固定資産減価償却費        | 7.0 百万円  | 44.8 万元  |
|     |                     | (5) 繰延資産減価償却費        | 1.0 百万円  | 6.4 万元   |
| 3.  | 税金合計額 (増値税は勘案していない) | 0.8 百万円              | 5.1 万元   |          |

|      |          |          |
|------|----------|----------|
| 当期利益 | 31.0 百万円 | 199.4 万元 |
|------|----------|----------|

## 1. 収益想定額

### (1) 売電収入

本事業における年間発電量 1,739,760kWh に対し、売電単価を 1 kWh あたり 0.55 元にて算出している。売電単価の 0.55 元は、現状の食品集团有限公司が自社発電所から電力グリッドに接続する際の売電価格 0.30 元に、昨年 1 月に施行された中華人民共和国再生可能エネルギー開発利用促進法において規定された再生可能エネルギーの電力ネット接続に伴う補助金単価 0.25 元を加算した金額としている。

### (2) 液肥販売収入

本事業では、バイオガスの生産プロセスにて発生する消化液を液肥として、近隣農家に販売する予定である。液肥は 500 m<sup>3</sup>/日排出し、事業地から農家までパイプラインを敷設し、ポンプにより供給する。本事業から排出される消化液と窒素・リン・カリが同等である隣市の青島アルコール工場の嫌気消化液を参考に化学肥料による計算をすると毎年 30 万元での販売が可能である。実際の農家への販売可能性につき検討を行ったところ、毎年 15 万元での販売は確実との回答を得たことから、この 15 万元を年間の液肥販売収入として設定している。

### (3) CER 販売収入

中国 DNA とのヒアリングにおいて、中国における CDM 事業については、出資者であっても相対で CER 価格は設定できず、市場価格が適用されることが判明した。このため CER 販売収入は、本事業における CO<sub>2</sub> 削減量 27,774t-CO<sub>2</sub> と、現状における二酸化炭素排出権取引の相場である 8EUR/t-CO<sub>2</sub> を販売単価により算出している。

## 2. 費用想定額

### (1) オペレーティング費用

本事業のバイオガス生産プロセスについては、食品集团有限公司にオペレーション全般を委託する予定としている。

表 11-4. オペレーティング費用の内訳

| No. | 項目                        | 委託先                   | 金額(日本円) | 金額(中国元) |
|-----|---------------------------|-----------------------|---------|---------|
| ①   | 豚糞購入費用                    | 左記項目を食品集团有限公司に一括委託の予定 | 1.0 百万円 | 6.4 万元  |
| ②   | 設備運営費用                    |                       | 3.0 百万円 | 19.2 万元 |
| ③   | 液肥販売委託費用                  |                       | 0.4 百万円 | 2.4 万元  |
| ④   | 水道光熱費                     |                       | 0.5 百万円 | 3.2 万元  |
| ⑤   | 脱硫剤                       |                       | 0.7 百万円 | 4.5 万元  |
| ⑥   | 施設維持管理費用<br>(固定資産の 1%相当額) |                       | 0.9 百万円 | 5.5 万元  |
| 合計  |                           |                       | 6.4 百万円 | 41.2 万元 |

## (2) 一般管理費用

本事業における経理処理・納税手続き等の事務業務については食品集团有限公司に委託し、CDM 事業関連業務については、日本企業に委託する予定としている。

表 11-5. 一般管理費用の内訳

| No. | 項目        | 委託先      | 金額(日本円)          | 金額(中国元) |
|-----|-----------|----------|------------------|---------|
| ①   | 事務業務委託費用  | 食品集团有限公司 | 0.6 百万円          | 3.6 万元  |
| ②   | 事務所使用料    | —        | (食品集团有限公司から無償提供) |         |
| ③   | CDM 関連事業他 | 日本企業     | 1.0 百万円          | 6.4 万元  |
| 合計  |           |          | 1.6 百万円          | 10.0 万元 |

## (3) CDM関連費用

表 11-6. CDM 関連費用の内訳

| No. | 項目     | 内容                                       | 金額(日本円) | 金額(中国元) |
|-----|--------|--|---------|---------|
| ①   | 初年度    | 登録料+モニタリング費用+検証・認証費用                     | 3.0 百万円 | 19.2 万元 |
| ②   | 2 年度   | 事務経費・ホスト国・途上国分担金+モニタリング費用+検証・認証費用-初年度登録料 | 2.9 百万円 | 18.6 万元 |
| ③   | 3 年度以降 | 事務経費・ホスト国・途上国分担金+モニタリング費用+検証・認証費用        | 3.4 百万円 | 21.7 万元 |

## (4) 固定資産減価償却費

表 11-7. 固定資産減価償却費の内訳

| No. | 項目      | 償却方法              | 金額(日本円) | 金額(中国元) |
|-----|---------|-------------------|---------|---------|
| ①   | 土木建築物   | 定額法・20 年償却・残存 10% | 0.8 百万円 | 4.9 万元  |
| ②   | 生産設備・機器 | 定額法・10 年償却・残存 10% | 4.5 百万円 | 29.2 万元 |
| ③   | 発電機     | 定額法・10 年償却・残存 10% | 1.7 百万円 | 10.8 万元 |
|     |         |                   | 7.0 百万円 | 44.8 万元 |

## (5) 繰延資産減価償却費

表 11-8. 繰延資産減価償却費の内訳

| No. | 項目     | 償却方法他          | 金額(日本円) | 金額(中国元) |
|-----|--------|----------------|---------|---------|
| ①   | 会社設立費用 | 定額法・5 年償却・残存なし | 1.0 百万円 | 6.4 万元  |

## 3. 税金

本事業は中国における奨励事業（経営期間が 10 年以上であることが条件）であることから、企業所得税は利益の発生した年度から 2 年間は税額免除、3 年度から 3 年間は税額半減が適用される。また、地方所得税についても事業期間中は税額免除が適用される。上記は、萊陽市経済合作局からの回答によるものである。なお、増値税については、当期の売上税額から仕入れ

税額を控除した金額は納税額となる。

表 11-9. 各種税金の税率一覧

| 項目      | 1～2 年度             | 3～5 年度 | 6 年度以降 |
|---------|--------------------|--------|--------|
| 企業所得税   | 0.0%               | 7.5%   | 15.0%  |
| 地方所得税   | 0.0%               | 0.0%   | 0.0%   |
| 都市土地使用税 | 2 元/m <sup>2</sup> |        |        |
| 都市土地建物税 | 固定資産取得価額×70%×1.2%  |        |        |

## 第 4 節 事業性評価

### 1. IRRによる事業性評価

事業性については、本事業から生み出されるキャッシュフローと初期投資額とにより算定される内部収益率（Project-IRR）を用いて評価を行うこととした。現状設定値における IRR は 12.43%となる。

表 11-10. IRR の算定

| 設定内容 |           | 単位    | 設定値       |
|------|-----------|-------|-----------|
| 1    | グリッド供給電力量 | kWh/y | 1,565,784 |
| 2    | 売電価格      | / kWh | 0.55 元    |
| 3    | CO2 削減量   | t-CO2 | 27,774    |
| 4    | CER 価格    | t-CO2 | 8 EUR     |
| 5    | 液肥販売収入    | /年    | 15 万元     |

⇒ IRR : 12.43%

### 2. 事業実施に関する判断

本事業の初期投資額を全額出資にて賄う場合、資金調達コストはかからず、または一部借入（金利6%相当）を行った場合でも、IRRは12.43%と資金調達コストを超えるものであり、投資対効果は高いといえる。本事業の特徴は、単年度の利益率は高いものの初期投資額に比べると絶対額として少額であるため、売電収入と液肥販売収入だけでは初期投資額を十分に回収できない点にある。そのため、本事業はCDM事業として実施し、多額のCER収入を確保することにより、初めて成立するものいえる。

今後、本事業の事業化を検討するにあたっては、コストはある程度予測がつくものの、未だ不確定要因による収益の変動が生じる恐れがあるため、その変動幅をいかに抑え、収益を安定かつ向上させることが重要なポイントとなる。

表 11-11. 追加性の検証

| 事業内容             | 期間    | IRR     |
|------------------|-------|---------|
| CDM 事業として実施した場合  | 10 年間 | 12.43%  |
| CDM 事業として実施しない場合 |       | ▲13.37% |

## 第5節 事業化に向けた課題

本事業については、以下の項目に関する更なる情報収集及び検討が必要である。

- ① 初期投資額
- ② 売電価格
- ③ 排出権量

①の初期投資に関しては、下記項目が変動要素として残っているので、現地調査も含め、更なる検討が必要である。

- ・ 合弁会社設立時の環境アセスメント費用
- ・ 電力グリッドへの接続費用
- ・ 設計、施工および運営時の、日本側企業の監理費用

②については、手続き的には、事業会社設立後に地方政府との協議のなかで確定するものなので、現時点での評価は難しいが、できるだけ多くの情報を収集して想定値を設定し、事業性評価の材料とする。

③については、DOEによる有効化審査のなかで変動する可能性がある。

本件は、有効化審査完了後（排出権量確定後）に改めて事業性を評価し、事業を実施するかどうか最終的に判断する。

なお、事業開始後の諸要因により、当初考えていたバイオガスが量的に確保できず、事業継続が困難になる可能性もあるが、このことについては、事業開始前に、本プロジェクトと類似の案件について情報収集・分析することにより、リスクをできるだけ回避するものとする。

(単位:百万円)

Table with columns for years (2007-2028) and rows for business evaluation (事業性評価) and income statement (損益計算書). Rows include 1. Sales (売上高), 2. Expenses (支出費), 3. Depreciation (償却費), 4. Interest (支払利息), 5. Taxes (税金), and 6. Cash flow (現金・剰余金).

Table with columns for years (2008-2028) and rows for cash flow statement (CF計算書). Rows include 経常利益, ノンキャッシュ費用:償却費, 税金, 借入金返済, 余剰資金増減, and 資金運用合計.

Table with columns for years (2009-2028) and rows for balance sheet (貸借対照表). Rows include 流動資産 (現金・預金), 固定資産 (発電機, 建物, 生産設備), 負債合計, 資本合計, and 負債・資本合計.

Table with columns for years (2009-2028) and rows for calculation (採算計算). Rows include A: 税引後キャッシュフロー, B: 税引後キャッシュフローの累計, C: B - 投下資本, and IRR calculations for '有り' and '無し' scenarios.