

平成 16 年度環境省委託事業

平成 16 年度 CDM / JI 事業調査

タイにおけるバイオガスによる発電事業調査

報告書

平成 17 年 3 月

株式会社タクマ

目次

1. 報告書

1 プロジェクトの基礎的事項

1.1 プロジェクトの背景、概要、調査目的	1
1.2 タイ国および現地の概要	
1.2.1 タイ国概要	2
1.2.2 タイ国における CDM の現状	15
1.2.3 タイ国およびラチャブリ地方における養豚業の現状	16
1.2.4 タイにおける養豚業からの廃棄物の発生	21
1.3 調査の実施体制	26

2 プロジェクトの内容

2.1 サイトの概要

2.1.1 ラチャブリ地方の概要	27
2.1.2 計画サイトの概要	28
2.1.3 サイトの糞尿処理の現状	29

2.2 プロジェクトの検討

2.2.1 プロジェクトの概要	31
2.2.2 プロジェクトバウンダリー・ベースライン	32
2.2.3 リーケージ	34
2.2.4 モニタリング	35
2.2.5 温暖化ガス排出削減量の試算	36
2.2.6 経済性の試算	42
2.2.7 環境影響	47

2.3 関係者のコメント	48
--------------------	----

3 まとめ	49
-------------	----

2. CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM-PDD)

1. プロジェクトの基礎的事項

1.1 プロジェクトの背景、概要、調査目的

1997年11月に、国連気候変動枠組条約(FCCC)の当事国を形成している186ヶ国の政府は京都議定書を採択した。本議定書は2008年から2012年までの期間(第1期約束期間)に基準年水準を平均5%下回る割合でそれぞれの国の排出量を引下げるとの先進国の約束を内容としている。基準年水準は、当事国が1990年の代わりに1995年を基準年水準として選択することができる一定のGHG(温室ガス)を除いて、1990年における排出水準に相当するものとされる。

本議定書により3種類の革新的メカニズム(フレキシビリティ・メカニズムとして広く知られている)が制定され、それにより先進国は国内措置を補うものとしてそれぞれの国の約束を満たすことができることとなった。つまり、排出量取引(ET)、共同実施(JI)及びクリーン開発メカニズム(CDM)である。

これらのメカニズムは、「気候変動を対象とする政策及び対策は可能な限り低コストで地球的利益が確保できるように費用効果のあるものとすべきである」(条項3.3)との原理に基づいている。ETは定量化された排出量削減約束を有する諸国を対象としている(付属書B当事国)。JIは経済が移行期にある諸国(東欧及び旧ソ連邦諸国)を含めた工業国における排出量削減プロジェクトの促進を目的としている。CDMはタイ国のような開発途上国を主体とするプロジェクトへの投資促進を意図するものである。工業国及び東欧諸国(付属書1の諸国)はJI及びCDMプロジェクトに由来する排出量削減単位を自国の排出目標に算入することができる。

タイ国は2002年8月27日付けの閣議決定により京都議定書に批准した。タイ国は温暖化ガス削減義務を負わない非付属書I国であり、CDMの対象国としての要件を満たしている。

本報告書では、タイ・ラチャブリ地方の大規模養豚場からの廃液を嫌気性処理するバイオガスプラントを設置するCDMプロジェクトの事業性を検討し、実施に向けた課題を明らかにする。

タイ・バンコク近郊のラチャブリ地方にある大規模養豚場では、現在発生する廃液はオープンラグーンで処理されている。この廃液を嫌気性処理設備(バイオガスプラント)で処理することにより、二酸化炭素に比べ約21倍の温室効果があるとされる強力な温室効果ガスであるメタンガスの発生を抑制できる。さらに回収されたメタンガス(バイオガス)は発電用いられ、零細規模発電事業者買取保証制度(VSPP)で売電され、グリッド電源の代替とすることで、化石燃料使用量削減による温室効果ガスの削減が期待できる。残渣は肥料化され資源化される。

1.2 タイ国および現地の概要

1.2.1 タイ国概要

1.2.1.1 地理

タイ国の面積は、514,000 平方キロで、フランスとほぼ等しく、テキサスよりやや小さい規模である。同国は東南アジア半島の中心部に位置し、ミャンマー、ラオス人民民主主義共和国、カンボジア及びマレーシアと国境を接している。タイランド湾及びアマダン海に面する沿岸線は 2,900 キロ、南北の長さは 1,620 キロで、最も広い地点での幅は 775 キロである。図 1-1 にタイの地勢図を示す。

地政学的には、タイ国は中部、北部、北東部及び南部の 4 地域から構成され、経済的、社会的及び生態学的分野でも一般に同じ分類が用いられる。南北に流れるチャオプラヤー川はタイの中央部分と首都バンコックを縦断し、同国で最も肥沃な流域を形成している。中部地域における一人当たり所得は首都バンコクに次いで 2 番目に高いものとなっている。

北部タイは山岳地帯と山間盆地から構成され、冷涼で快適な天候に恵まれた風光明媚な地域とされている。同地域は伝統的にタイ国で最も濃密な森林地帯であるが、近年は乱伐がかなり増加したために森林資源が劇的に減少している。

タイ国では「イサーン(Esarn)」として知られている東北部は、最大地域で、同国のはば 3 分の 1 の面積を占めるだけでなく、タイ人口の 3 分の 1 近くがこの地域に居住している。しかしながら、山々に囲まれた陸封高原に位置しているため、東北部はどちらかと言えば乾燥気味で、水不足に直面している。同地域は降水量が比較的少なく、他地域と比べて地味も劣っている。同地域各地方の一人当たりの収入は同国でも最低水準にランクされる。

これとは対照的に、南部地域では最大の降水量が記録されている。南部では、水の得やすい低地帯沿いに天然ゴムやその他の園芸作物が広範囲に栽培されている。にもかかわらず、南部地帯も、同国との他の地域と同様に深刻な森林伐採に直面しており、近年、洪水や浸食問題に悩まされている。



図 1-1 タイ王国の地勢

出典：国際連合(1994)

1.2.1.2 気候

タイ国は低緯度熱帯地方に位置しており、一般に高温、高湿である。気候に関して最も卓越した特性は風及び嵐の影響を伴う高温湿潤条件である。しかしながら、同国は年間を通じて季節的变化を受けることが少ない。

タイ国は2つの気候領域、つまり、同国の大半を占める熱帯サバンナ気候と南部及び東南部の一部を占める熱帯モンスーン気候に分けることができる。熱帯サバンナ気候の範囲は北部、東北部及びバンコックを含む中央部である。これらの地域では、低温期、高温期及び雨期の3シーズンが経験される。

乾燥した涼しい季節は11月から始まり、2月まで続く。その後、3月には温度がかなり高い夏期が始まり、4月には特に高温となる。気温がまだ高い、5月後半には雨期が到来し、10月まで継続する。

南部地域は熱帯モンスーン気候のために熱帯雨林的特徴が現れる。ほとんど年間を通じて降雨に見舞われるが、通常、3月と4月が最も雨の少ない時期となる。

タイ国の平均気温は年間を通じてかなり一定しており、28~32°C程度である。しかしながら、特に最近数年間は、夏期に40°Cにも達する極端な高温となることがあるが、体感温度は強い日差しのせいもあって実際の温度計に目盛よりも概して高く感じられる。表1-1に季節毎のタイ国の平均温度を示す。

表1-1 タイ国の季節別平均温度

雨期（5月～10月）	24. 1°C~31. 8°C
低温期（11月～2月）	20. 3°C~30. 8°C
高温期（3月～4月）	23. 2°C~34. 2°C

1.2.1.3 歴史

タイ歴史の始まりは文明の遺跡から4,000年以上前まで遡る。数世紀間、同国の歴史を通じてタイの各王朝が勃興し、凋落している。先史期間を過ぎて、スコータイ王朝が確立されたのは13世紀である。スコータイ人の生活は仏教に密着しており、その文化は伝統的に、古代インド、クメール及びペグー（ミャンマー）など多くの文明の影響を受けてきた。宗教上の信念からスコータイ人は絶対君主に支配されており、同王朝期を一言で云えば、平和と文化の繁栄であった。

アユタヤ王朝がチャオプラヤー流域で始まったのは、1350年であり、その時にはスコータイ王朝がまだ存在していた。アユタヤは417年間国家統治の中心にとどまった。この間、同国経済の主要な役割を果たしたのは国際交易であり、それによりアユタヤは多くの外国商人を引きつけるアジアの主要な交易中心として繁栄した。主な交易相手は中国と日本の皇帝であり、主としてポルトガル、オランダ、イギリス及びフランスからの西洋人であつ

た。この国家が一般に「シャム」として他国に知られるようになったのはこの王朝の時であった。

アユタヤ王朝の滅亡後、1782年にラタナコシン王朝が始まり、その時にラーマ1世がバンコクをシャムの王都と定めた。早期のラタナコシン王朝時代を通じて、バンコクはアジアにおける主要な港湾都市であった。交易により急速な経済的成長が導かれ、それにより西洋の文化、技術及び政治が流入するようになった。

シャムは当初から国際関係に伴う変化に順応していた。主として、西洋による植民地化を避けるために、シャム王は近代化された教育、経済、輸送、インフラストラクチャの整備ではなく、民主主義をも同国に導入することにより国の主権を防護した。民主主義に理念はラーマ5世と6世の統治によく現れているが、準備不足のため維持することができなかった。それでも拘わらず、ラーマ5世と6世により民主主義に対する数多くの端緒が切り開かれた。

シャムの民主主義は1925年の即位以来ラーマ7世にとって大きな関心事であった。ラーマ7世がその統治期間を通して民主主義を根付かせるために具体的な試みを行ったことは歴史的証拠から明らかである。しかしながら、1932年6月27日に少数の文官及び軍人グループにより企てられた革命が勃発した。結局、シャムにおける絶対君主制の終焉が同国の人民により最終的に実現された。

それ以来、シャム王の統治は憲法の下に行われることとなった。プーミポン・アドゥンラヤデート王、即ちラーマ9世が1946年に即位し、現在まで立憲君主の役割を担うこととなった。政治的立場の変化にも拘わらず、王室は依然として最も崇敬されており、国家の諸要素を統合する国民にとっての中心と見なされている。

ここ数十年を通じて、シャムは同国の歴史における劇的な変化を経験してきた。同国は1939年までと、その後1945年から1949年までの間は「シャム」として世界に知られていたが、1949年にタイ政府が公式布告を発表して宣言して以来、同国は「タイ国（タイランド）」として知られることとなった。

1.2.1.4 人口

タイ中央銀行(BOT)の統計によると、タイ国の人団は2003年に63.8百万人に達し、そのうちほぼ8百万人がバンコックとその周辺に居住している。人口の約5分の1が15才未満である。年間増加率が1.2~1.4%であるので、その人口は2010年までに70百万人を上回るものと予想される。識字率に関しては、教育重視が強められているためタイ国の識字率は最近数年間で大幅な増加を開始している。2003年には、読み書きのできる15才以上の人口は全人口の96%を占めている。この比率は、タイ政府が同國の人材開発重視策を継続しているので、さらに上昇することが予想される。タイ人口の基本的統計資料を表1-2~1-4に示す。

表 1-2 タイの人口規模

年度	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
人口(単位:百万人)	61.8	62.4	62.9	62.5	63.8	64.9

*推計

出典：国立統計局

表 1-3 2003 年度タイ国人口統計

平均年齢	30.5
人口増加率	0.91%
出生率	人口 1,000 人当たり 16.04
死亡率	人口 1,000 人当たり 6.94
平均寿命	71.41 年
貧困線以下の人口	10.4%

出典：国立統計局及びタイ中央銀行

表 1-4 労働力教育

教育水準	百分率
無学歴	3.5
初等教育以下	36.2
初等教育	22.3
下位中等教育	13.9
上位中等教育	11.0
高等教育	12.7
その他	0.05
計	100

*2004 年 3 月現在

出典：国立統計局及びタイ中央銀行

1.2.1.5 民族

タイ人以外に、同国の人団には、少数民族の中国人、マレー人、カンボジア人、ベトナム人、インド人その他のが含まれる。その他のうち、中国人は最も影響力のある人種の一つである。現在では、総人口の約 10~15%が中国系である。国連によると、タイ国には 1850 年代から第 2 次世界大戦までの間、中国からの間断なく移民の流入が存在した。これらの中国系移民は同国全体において商工業にその地位を確立した。タイ政府による中国人の同化奨励策は成功しており、若い世代はタイ市民となり、タイ語を話すことができる。

1.2.1.6 宗教

上座部仏教 (Theravada Buddhism) または小乗仏教 (Hinayana Buddhism) がタイ国の国教である。仏教徒は人口の 95%を占めている。イスラム教徒は 3.8%程度であり、マレー

シア国境に近いパッターニー、サトゥーン、ヤラー及びナラーティワートの南部4地方に主として居住している。その他の宗教グループには、約0.5%のキリスト教徒、0.1%のヒンドゥー教徒及びその他約0.6%の道教及びシーカ教などの信者が含まれる（図1-2）。

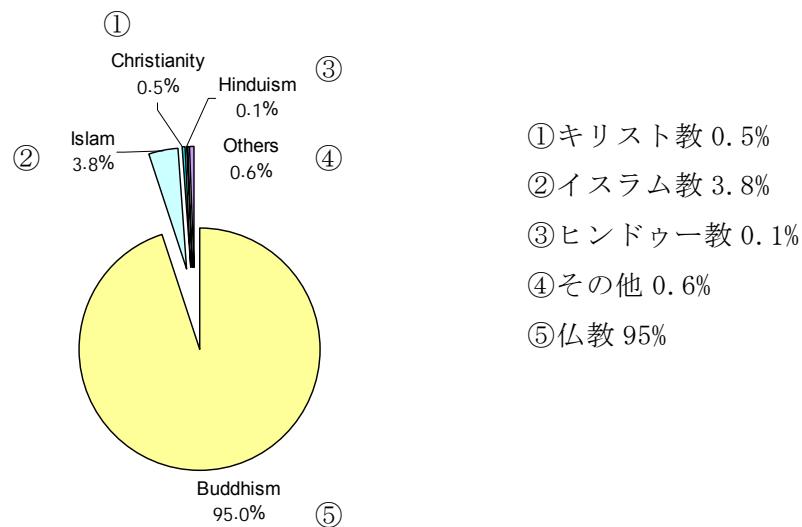


図1-2 タイ人口における宗教比率

1.2.1.7 政治

1932年に絶対君主制が終焉してから、タイ国は議会制政治形態を有する立憲君主制の下に統治されている。バンコック都庁(BMA)は公選知事により統治されている。同国は76の地方に分かれているが、それぞれ任命知事と選挙された地方政府により統治されている。地方政治レベルでは、各地方は郡(district)及び副郡(sub-district)またはタンボン(いくつかの村の集合体)に細分される。現在、7,252のタンボンが選挙された議員を有するタンボン行政機関(TAO)を形成している。

150年間の官僚的集権制が終わって、TAOのような地方行政単位が形成されていることは、行政機能の地方分権化の新しい趨勢を示すものである。この

基本的政治項目

統治形態：立憲君主制

行政区分：76地方(県)

憲法：1997年10月11日にプーミポン・アドウンラヤデート国王が記名調印した新憲法

国家元首：プーミポン・アドゥンラヤデート国王(1946年6月9日以降)

政府の長：首相タクシン・チナワット(2001年2月9日以降)

議会：200人の公選上院議員と500人の公選下院議員

内閣：閣僚会議

選挙：君主は世襲制；首相は下院議会の国民選挙に引き続いて下院議員内から指名される；多数派を組織できる政党の党首が首相となるのが普通である。

地方分権化方針と計画は 2000 年に議会により承認され、それにより、いくつかの業務、機能、人員及び予算を中央政府から地方政府へ委譲することが可能とされる。このことは現に同国的新政体における政治改革過程の最も重要な動向の一つである。この再構築は、コミュニティレベルでの開発計画と意志決定への市民グループの参加を促進するのに役立つと考えられる。

1.2.1.8 経済状況

1997 年におけるアジア経済危機の前に、タイ国は 20 年以上にわたる実質的経済成長という注目すべき記録を発表した。1990 年代初頭には、貧困率が 1988 年の 32.6%から 1995 年の 11.4%までかなり減少したことにより平均経済成長率は年率 8%まで増加することとなった。1996 年度末までに国内総生産(GDP)の成長率は 5.5%まで減速した。

1997 年中頃の危機により状況が悪化し、GDP の急激な下降と輸出入の減退が明確になった。特に 1998 年には、同国の実質 GDP は -10% に下落し、その間、輸出成長率は 6.7%、輸入は 32.6% 下降した。図 1-3 に 1998 年～2002 年の同国の実質 GDP を示す。

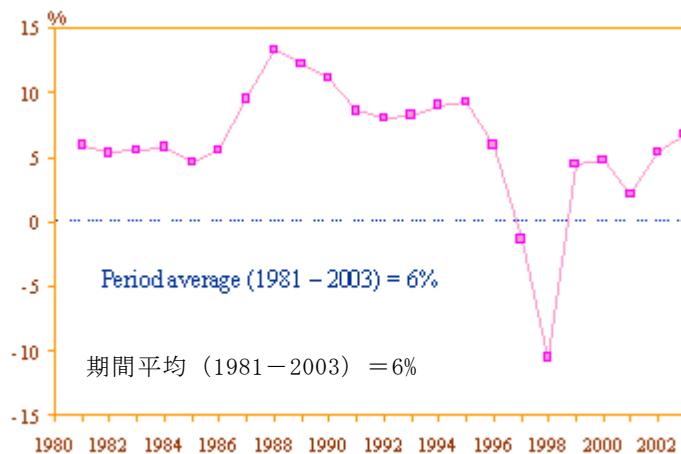


図 1-3 タイ国の実質 GDP

出典：タイ中央銀行

危機後、タイ国は慎重なマクロ経済政策によりその経済を回復させるよう努めている。ここ数年の間にタイ経済は上昇を開始し、2003 年には、いくつかの金融機関から得られた数字により、経済が強化、拡大しつつあるだけでなく、消費者の信頼及びビジネス感情にも改善が見られることが示された。タイ国経済社会開発委員会(NESDB)によると、2003 年は約 6.3% という GDP 成長率の著しい増加で終了した。発表によると、これは中国に次いでアジアで 2 番目に高い成長率であった。成長の結果、一人当たりの所得は 1998 年の 1,920 米ドルから 2002 年の 2,014 米ドルまで上昇し、NESDB では、2003 年には 2,160 米ドルの数値になると推計している。図 1-4 では、2003 年のアジアにおける選定国との年間経済成長率を比較した。表 1-5 は 2003 年におけるタイ経済の構造を示す。

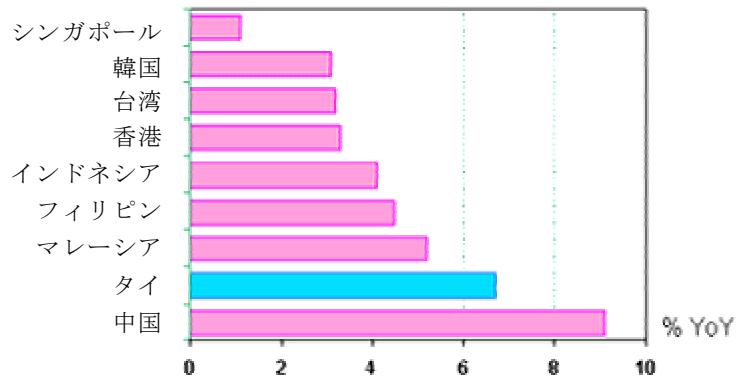


図 1-4 2003 年における地域選定国の実質 GDP

出典：タイ中央銀行

表 1-5 2003 年における経済構造

部門	部門別 GDP(%)	職業別労働力(%)
農業	10	40
製造業	38	16
卸し小売り取引業	14	15
その他のサービス業*	38	28

*その他のサービス業には、金融部門、教育、ホテル及びレストランなどが含まれる。

出典：タイ国経済社会開発委員会

輸出はタイ経済の主要な牽引車として長らく貢献してきた。過去 5 年間に、輸出量は同国経済の変動によりプラスとマイナス両方の成長率を示している。農業生産物に加えて、数種類の加工製品も重要な役割を果たしており、それは過去 5 年間における総輸出量の約 80%を占めている。製造業部門からの主な輸出品には、コンピュータ、集積回路と部品、電気機器、自動車とその付属品、プラスチック製品、ゴム、並びに織物、宝石及び宝飾品が含まれる。

輸入部門においても、特に 2001 年に年間成長率の変動が認められた。成長率は 2002 年と 2003 年に回復し始め、成長が促進されつつあることが数字からも示されている。主な輸入品には、電気機械類と部品、原油、化学製品及び親金属が含まれる。グローバル経済が減速しつつある下でも、タイの輸出入はプラス成長を示す傾向にある。

表 1-6 輸出入部門の年間成長率

年度	1999	2000	2001	2002	2003	2004*
輸出(%)	7.4	19.6	-6.9	4.8	18.6	21.5
輸入(%)	16.9	31.3	-2.8	4.6	17.1	25.0

2004年6月現在

出典：タイ中央銀行

経常勘定に関しては、タイ国の国際収支は 1990 年代の大半を通じて赤字であったが、1997 年の経済危機後、国際収支は 2000 年の後退を除いて、概して黒字にとどまっている。2001 年には僅かながら黒字に回復し、現在までプラスの数字にとどまっている。

表 1-7 国際収支（百万米ドル）

年度	1999	2000	2001	2002	2003	2004
収支	4,584	-1,617	1,317	4,234	143	999

出典：タイ中央銀行

1.2.1.9 電力事情

I. 電力供給側

電力供給サイドでは、政府当局が発電、送配電に主要な役割を果たしており、電力部門には 3 つの主要政府機関が存在する。

1) タイ発電公社(EGAT)

EGAT はエネルギー省の下にある国営企業であり、同国最大の電力生産者である。EGAT は政府系機関として国内需要の大半に対応する発電義務を負っており、同機関は数種類の全国的規模の発電所を建設、所有、運用している。現在の総合設備容量はざっと 15,600MW で、同国の全容量 26,239MW の 59.8% を占めている(2004 年 3 月)。燃料利用は主として天然ガス、褐炭及び水力に依存している。

EGAT は発電だけでなく、民間電力会社及び近隣国からの電力購入も行っている。EGAT は電力を受け取るとそのほとんど全てを首都電力公社(MEA)、地方電力公社(PEA)及び、ラオスやマレーシアを含むその他の直接需要家に送電する。

2) 首都電力公社(MEA)

MEA はバンコック首都地域とその周辺地域、つまりノンタブリー、サムットプラーカーンの両地方とパトゥムターニー地方の一部に配電する責任を負っている。

EGAT から送電される電力の約 35%は、MEA を通して配電され、目下、2.4 百万ヶ所の需要家に電力供給が行われ、最大 6,825MW の電力需要を満たしている。

3) 地方電力公社(PEA)

MEA と同様に、PEA も残り 73 地方における配電業務を行っている。PEA は同国面積の 99%の需要家に電力を供給しており、全発電量の 63%を占めている。同公社も EGAT 送電網のカバー領域以外に小規模発電所を所有している。

国有公社の一部として、EGAT の子会社が政府の民営化政策の下に設立された。これは本業務への民間部門の参入を促すだけでなく、EGAT 及び政府の投資負担を軽減するためでもあった。EGAT 関連会社は、発電公社 (EGCO) 及びラッチブリー発電持株公社 (RATCH) の 2 社である。EGAT は現在、両者の株式の約 25%と 45%をそれぞれ保有している。

その他の民間初電業社の電力供給量は全発電量の 10%程度である。これらの民間会社は、独立電力生産者、小規模（独立）電力生産者及び極小（独立）電力生産者の 3 種類に区分することができる。

現在、表 1-8 に示す通り、独立電力生産者(IPP)は 7 社あり、その合計設備容量は 5,909.5MW である。IPP の発電所は天然ガスと石炭操業である。

表 1-8 IPP とその設備容量一覧

会社名	容量(MW) *	燃料
1. Independent Power (Thailand) Co., Ltd. 独立電力（タイ）株式会社	700.0	ガス
2. Eastern Power & Electric Co., Ltd. 独立電力（タイ）株式会社	350.0	ガス
3. Tri Energy Co., Ltd. トリ電力株式会社	700.0	ガス
4. Union Power Development Co., Ltd. ユニオン電力開発株式会社	1,400.0	石炭**
5. Bowin Power Co., Ltd. ボウイン電力株式会社	713.0	ガス
6. BLCP Power Limited. BLCP 電力株式会社	1,346.5	石炭
7. Gulf Power Generation Co., Ltd. ガルフ発電株式会社	700.0	石炭**
総計	5909.5	

*2004 年 1 月現在

**プロジェクトの遅延及び立地並びに燃料の変更につき交渉中

出典：エネルギー政策・計画局

小規模電力生産者(SPP)及び極小電力生産者(VSPP)の事業スキームは、主としてタイ国における再生可能エネルギーの利用を促進するために政府方針に従って発足したもので、VSPPに関する法規が最近2002年に承認されている。SPP及びVSPPのいずれも一般にサーマル方式またはコジェネレーション方式を用いて発電しており、これらの発電所の大部分は現地で発生するか、あるいは近くで直ぐに入手可能な廃棄物及び再生可能資源で操業されている。上記2つのスキームは送電網への供給を認められた最大電力により区分される。

SPPに関しては、発電量は90MW未満に制限されており、電力はEGATに直接販売されなければならない。2004年1月までに、EGATから容認を取付けた会社は86社であるが、現在、国内電力網に実際に電力を提供しているのは67社である。表1-9にSPPの発電電力を燃料種別に分類して示す。

表1-9 燃料種別により分類したSPPの発電量

	容認通知受領済み			送電網へ電力供給中		
	プロジェクト数	発電容量(MW)	EGATへの販売電力(MW)	プロジェクト数	発電容量(MW)	EGATへの販売電力(MW)
1. 非従来型エネルギー						
バガス	33	642.90	194.30	29	562.40	173.30
糀殻	8	84.70	67.10	3	24.90	18.80
糀殻、ウッドチップ	3	60.30	35.20	2	57.80	33.00
黒液(ブラッククリカー)	1	32.90	25.00	1	32.90	25.00
水力	1	6.70	6.70	-	-	-
都市廃棄物	1	2.50	1.00	1	2.50	1.00
廃ガス	1	19.00	12.00	-	-	-
バガス、ウッドバーク、糀殻	2	96.90	54.00	-	-	-
ゴムの木のチップ、ヤシ殻	1	23.00	20.20	-	-	-
糀殻、バガス、ユーカリ	3	22.60	14.70	2	12.80	8.20
ウッドバーク、ウッドチップ、ブラッククリカー	1	87.20	50.00	1	87.20	50.00
ゴムの木のチップ	2	27.80	24.20	-	-	-
計	57	1,106.50	504.4	39	780.50	309.30
2. 市販エネルギー						
天然ガス	20	2,519.31	1,473.00	19	2,219.31	1,413.00
石炭	4	392.20	196.00	4	392.20	196.00
石油	1	10.40	9.00	1	10.40	9.00
計	25	2,921.91	1,678.00	24	2,621.91	1,618.00
3. 混合エネルギー						
石油／石炭製造工程からの排ガス	1	108.00	45.00	1	108.00	45.00
ブラッククリカー／石炭	1	40.00	10.00	1	40.00	10.00
石炭／ユーカリバーク	2	328.00	180.00	2	328.00	180.00
計	4	476.00	235.00	4	476.00	235.00
総計	86	4,504.41	2,417.40	67	3,878.41	2,162.30

2004年1月現在

出典：エネルギー政策・計画局

VSPP の場合、送電網への供給電力は 1MW 未満でなければならず、PEA または直接需要家に販売されることになる。1 月までには、VSPP としての設備容量は合計 6.9MW に達する。タイ国における電力供給システムの構造及び電力供給業者及び配電業者の全種類別の発電シェアを図 1-5 に示す。

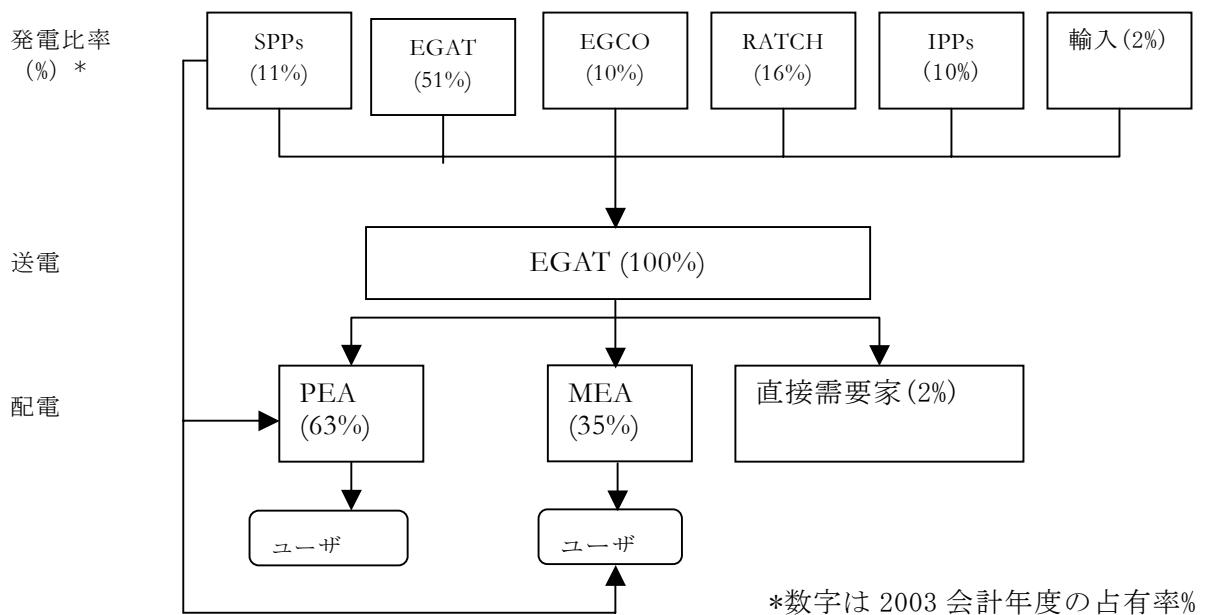


図 1-5 現在のタイ電力部門の構造

出典：エネルギー政策・計画局

II. 発電容量

EGAT の生産開発計画 2004 によると、タイ国における電力系統は 2004 年 3 月末で 26,238.7MW の総設備容量を有している。総容量のうち、EGAT 発電所からの発電電力が 15,150.8MW を占め、民間会社からの購入及び近隣諸国からの輸入電力は 10,554.4MW (41.1%) である。表 1-10 にタイ電力部門における設備容量を示す。

表 1-10 発電所種別で区分した設備容量

発電所	設備容量(MW)*	%
水力	2,921.7	11.37
火力	6,370.0	24.78
コンバインサイクル	5,074.6	19.74
ガスタービン	778.0	3.03
ディーゼル	6.0	0.02
利用可能資源	534.0	2.08
購入	10,554. 4	41.06
計	26,238. 7	100.00

2004 年 3 月現在

出典：タイ国発電公社

発電部門には種々様々な燃料が用いられており、それらは天然ガス、褐炭、水力、燃料油、ディーゼル油であり、その他の再生利用エネルギーも含まれる。天然ガスは電力生産に用いられる最大エネルギー源であり、総生産量の 74%が天然ガスにより発電されている。図 1-6 に 2003 年の発電に占める燃料利用率を示す。

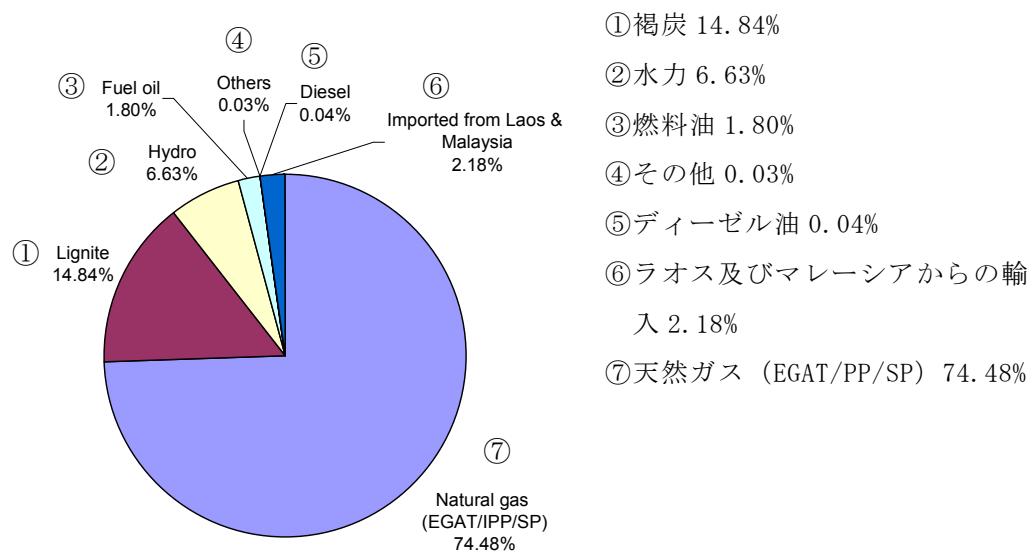


図 1-6 発電における燃料利用率

出典： エネルギー政策・計画局

1.2.2 タイ国における CDM の現状

タイ国における CDM の現状を要約すると次の通りである：

1. タイ国は 2002 年 8 月 27 日付けの閣議決定により京都議定書に批准した。この決定により京都議定書及び CDM に関して国内で中心的役割を果たすものとして化学・技術・環境省 (MOSTE) の指名も行われた。政府組織の改編に伴って、この担当は天然資源・環境省 (MONRE) に移されている。
2. 2002 年 9月初頭のタイ高官の発言により、タイ政府は CDM プロジェクトに反対であるとの印象がメディアに報じられた。
3. 内閣は政府の立場を明確にするために 2002 年 9 月 14 日にもう一つの決定を行った。それによると、「外国政府が炭素クレジットに結びつくプロジェクトの実施をサポートしたい場合には、これらのプロジェクトは内閣に提出され、ケースバイケースで検討されるものとする。内閣がそのプロジェクトに同意し、承認した場合には、「タイ」政府当局はそのプロジェクトの実施を推進することができる。」（「京都議定書に基づく実施」案件に関する 2002 年 9 月 14 日付の閣議決定）と宣言された。

この決定の効果は、プロジェクト開発者がタイ政府の承認を得るため CDM プロジェクトを推進、開発するのを困難にするものであった。

タイ政府が、CDM に参入するには、数多くのステップが必要とされることになる。それらのステップには、京都議定書の批准（済）、国内機関の指名とスタッフ揃え；持続可能な開発基準の設定；参入プロセスの確率；CER 分担契約の締結；及び DNA 内部における建設能力などが含まれる。

CDM に関する国家委員会の改編、DNA の制定においてかなりの進捗があり、エネルギー関連の CDM プロジェクトの開発及びスクリーニングを支援する CDM 及びエネルギーに関する作業グループの設立にもかなりの進展が認められていたが、2003 年 9 月に、CDM を含む気候変動に関する関連業務を Office of Permanent Secretary (内閣官房) から MONRE 下の天然資源・環境政策・計画局 (ONEP) に移行するとの決定がタイ政府により行われた。

民間部門では、多くの企業や団体が CDM をエネルギー効率と再生可能エネルギーなどの持続可能なエネルギープロジェクトを財政的に支援する潜在的手段であると見なしている。NGO 関係筋では、CDM が通常プロジェクトとしてまさに金融ビジネスに利用できるということに关心が持たれている。

1.2.3 タイ国およびラチャブリ地方における養豚業の現状

1.2.3.1 タイ国における畜産業

タイ国における畜産部門は過去5年間に劇的な変化を遂げてきた。1960年以来、同部門は、畜産を専門とするタイ農場主がほとんど皆無であった段階から発展し、現在では、同国において最も産業化され、資本集約化された産業の一つとなっている。

今日、タイ経済では様々な種類の家畜が重要な役割を果たしている。ある部門では、ブロイラー・チキン産業のように主導的輸出産業への転換に成功している。輸出市場から撤退している部門もあるが、産卵鶏、乳牛及び特にブタなどの部門は品種や品種向上方法において著しく発展している。

タイ国における畜産業の状況は農業及び協同組合省農業経済局の農業情報センターにより「タイ国収穫年度2001/02の農業統計」において報告されている。2001年には、全家畜種の合計頭数はほぼ196百万頭数に相当し、そのうちブタは概略3%程度であった。表1-11に1992~2003の期間におけるタイ国内の主要家畜部門総数を示す。

表1-11 主要家畜数 1992~2003

年度	畜牛	乳牛	水牛	豚	ブロイラー	鶏(在来種)	産卵鶏	家鴨
1992	6.03	0.21	4.80	4.66	82.79	41.95	39.01	19.34
1993	6.37	0.22	4.75	4.98	84.26	45.79	34.66	21.78
1994	6.58	0.24	4.66	5.43	79.79	49.25	36.05	21.81
1995	6.68	0.27	4.18	5.37	81.66	52.92	37.79	18.90
1996	6.39	0.29	3.30	6.13	82.00	57.43	41.05	21.40
1997	5.79	0.31	2.86	6.89	90.94	62.14	42.02	21.83
1998	5.16	0.32	2.29	7.08	94.69	65.60	41.67	19.75
1999	4.76	0.34	1.91	6.37	98.44	66.84	40.12	22.33
2000	4.60	0.35	1.71	6.56	105.25	69.37	40.97	27.88
2001	4.64	0.37	1.52	6.69	113.95	-	40.25	28.45
2002	5.55	0.36	1.62	6.99	-	-	-	25.03
2003	5.97	0.38	1.63	7.82	-	-	-	-

出典：家畜開発部、タイ国

1.2.3.2 タイ国における養豚業

タイ国における食用豚生産は過去10年間でかなりの成長を遂げている。1950年代初頭は、大半の養豚場が小規模で、食用豚は伝統的な生産方法で地域的消費用として飼育されていた。1974年の農業経済局の報告によると、食用豚総頭数の88.41%が伝統的方法で飼育され、商業的生産部門での飼育比率は11.59%であり、全体として、技術的改良は比較的低

いものであった。

1990年以降、生産は商業的生産に移行し、食用豚産業は新品種の輸入を開始し、飼料品質に高い関心が払われるようになった。各種食用豚の品種と年齢に適応する栄養度の高い配合が得られるように試料調製をモニタするために電子式品質管理システムが設置され、畜舎構造も従来の木造タイプからハイテク給飼システムを備えたコンクリート構造に転換されている。

しかしながら、食用豚は輸出シェアを創出するのに失敗した産業の一つである。かつて、シンガポールはタイ国から生きた豚を輸入していたが、今ではマレーシアが主たる輸出国となっている。それ故、タイ国で飼育される豚の多くは国内で消費されている。

養豚場は全国的に共通して認められる。国内の食用豚の総個体数については、畜産開発部の統計報告書によると、食用豚の合計頭数は1986年の5.9百万頭から1997年の10.1百万頭まで増加している。この間、年間生産頭数は年間平均4.9の割合で成長する傾向を示したが、同部門は1997年から1999年にかけて年間13.4%の減少という鋭い生産頭数の落ち込みに直面した。現在では、年間生産変動率は国内需要の変動に密接に連動している。

1992年～2003年にタイ国内で飼育された食用豚頭数の傾向を図1-7に示す。

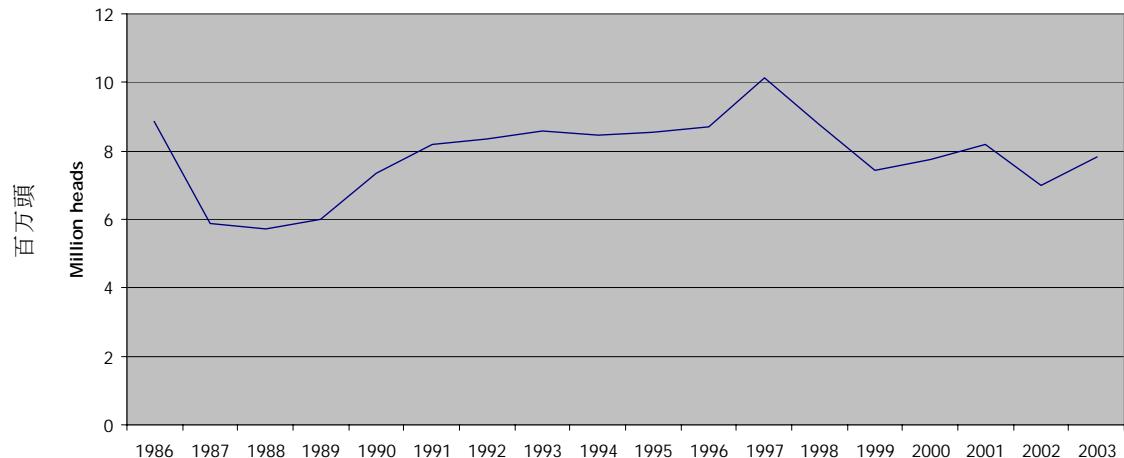


図1-7 1992年～2003年のタイ国内における食用豚頭数の推移

出典：タイ国畜産開発部

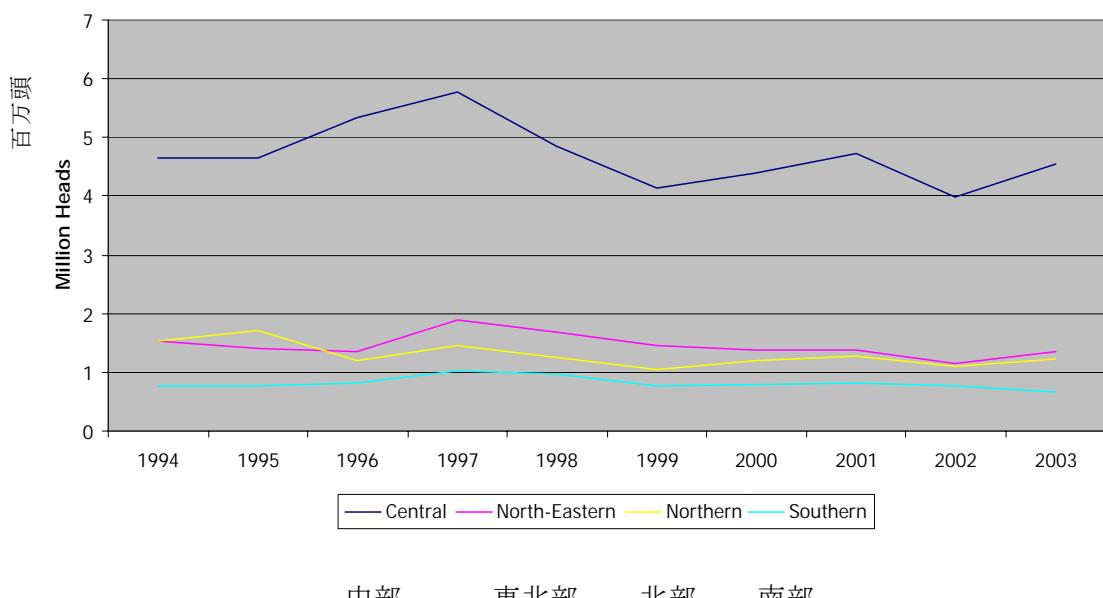


図 1-8 1994 年～2003 年のタイ国各地域における食用豚生産頭数

出典：タイ国畜産開発部

統計は、食用豚の半数以上がタイ国中部に集中していることも示している。図 1-8 にタイ国各地において 1994 年から 2003 年までにタイ国内で飼育された豚の総頭数を示す。比較によれば、2003 年に中部で飼育された食用豚の総頭数は 7.8 百万頭、ほぼ 58% に達した。北東部は約 17.5%、北部は 15.7% で、南部は最も少なく 8.5% である。一般に、養豚場が最も集中しているのは、ラチャブリ地方及びナコーンパトム地方などバンコック近郊の諸地方であり、表 1-12 に示す通り、過去 5 年間、ラチャブリ地方が食用豚頭数の最も多い地方となっており、ナコーンパトム地方、チョンブリー地方、チャチューンサオ地方がそれぞれこれに続いている。

表 1-12 主要諸地方における豚頭数と飼育養豚場

No.	地方	豚頭数（百万頭）*	(%)	飼育養豚場数**	(%)
1	Ratchburi	1.53	19.53	710	3.09
2	Nakorn Pathom	0.68	8.67	340	1.48
3	Chonburi	0.59	7.52	574	2.50
4	Chachoengsao	0.58	7.41	459	2.00
5	Chiang Mai	0.32	4.05	610	2.65
6	Nakhon Ratchasima	0.31	3.95	572	2.49
7	Nakhonsithammarat	0.18	2.34	1,733	7.54

*2003 年現在

**2002 年現在

出典：タイ国畜産開発部

2002年には、全国合計で22,978の養豚場が存在したが、これは1997年の7,288ヶ所に比べて大幅な増加である。ナコーンシータンマラート地方の飼育養豚場数は最も高く、約1,700ヶ所、つまり、総数の7.54%に相当する。これに続くのが、パッターラン地方の約1,200養豚場(5.2%)；チェンラーイ地方の1,100養豚場(4.84%)；ラチャブリ地方の710養豚場(3.09%)である。

養豚場規模の分類には、標準単位として「家畜単位」を用いるのが普通である。家畜単位は体重500kgの豚に相当する。平均して、成熟飼育豚の体重は170kgであるのに対して、肥育豚の体重は60kg程度、子豚は12kg程度である。タイ国チェンマイ大学科学技術開発研究所によれば、養豚場の規模は次の通り3大別される。

小規模養豚場：	家畜単位 6～60	(総頭数 50～500 頭)
中規模養豚場：	家畜単位 60～600	(総頭数 500～5,000 頭)
大規模養豚場：	家畜単位 >600	(総頭数 >5,000 頭)

この基準はタイ国における養豚場の区分に最も多く適用される。

畜産開発部の報告によると、タイ養豚場の大半は依然として小規模であり、総飼育重量は60家畜単位未満である。小規模養豚場が一般に90%近くを占め、養豚場数は20,000を越える。現在、タイ国における中規模養豚場数は1,574、大規模養豚場数は170である。小規模養豚場が多数を占めているが、大規模養豚場が最大頭数の豚を生産する能力を有している。表1-13に1997年の規模別分類による養豚場数とその生産量を示す。

表1-13 1997年における飼育場数とその生産量

飼育場規模	総養豚場数の百分率	総豚頭数の比率
小規模	86	20
中規模	12	39
大規模	2	41
計	100	100

出典：公害管理部

1.2.3.3 ラチャブリ地方における養豚業

ラチャブリ地方は、同国中部に位置し、現在では、タイ国において豚頭数の最も多い地方である。同地方を縦断する主要河川であるクローン川沿いには、多くの養豚場が存在している。前項表 1-12 より、2003 年におけるタイ国内の飼育豚頭数の約 20%を占めるが、飼育養豚場数では約 3%を占めるに過ぎない。ラチャブリ地方においてタイ国の他の地域に比べ、養豚業の平均規模が大きいことがわかる。

一般に、ラチャブリ地方における養豚業は、同国全体に認められた 2002 年の軽微な落ち込みを別として、過去 5 年間徐々に成長を続けている。図 1-9 に 1999 年～2003 年のラチャブリ地方における養豚業の趨勢を示す。

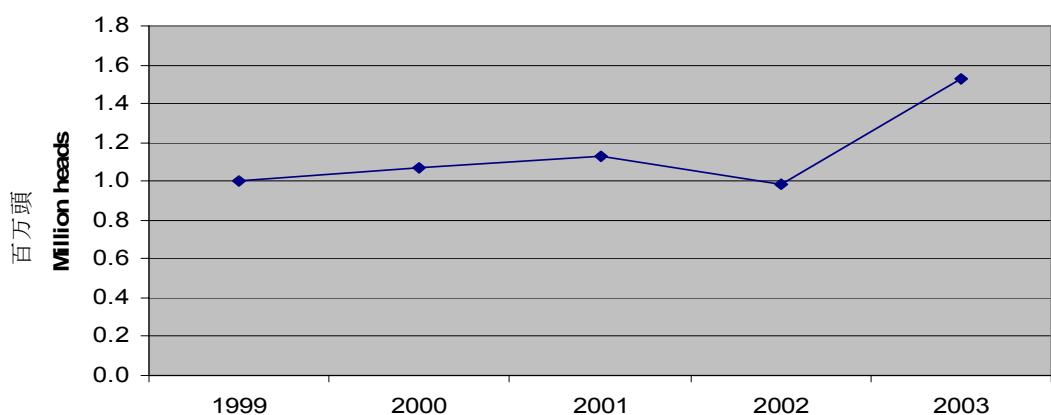


図 1-9 ラチャブリ地方における豚頭数

出典：タイ国畜産開発部

1997 年にラチャブリ地方内では総頭数 840,000 頭の豚が飼育された。ラチャブリ地方畜産局によると、2004 年初めには、この数字は約 1.17 百万頭に達する。この数字は登録済み養豚場で飼育された豚だけに関するもので、同じ年に畜産局が調査して得られたデータによると、同地方において飼育された豚頭数は 1.53 百万頭に達する。

1997 年におけるタイ国内の養豚場総数のほぼ 5.4%がラチャブリ地方内に所在する。上記の区分を適用すると、登録養豚場のうち、216 が小規模養豚場、133 が中規模養豚場、46 が大規模養豚場に相当する。2004 年 1 月における同地方での登録養豚場数は約 850 である。正確な数字はまだ発表されていないが、小規模、中規模及び大規模養豚場の推計数はそれぞれ 350、300 及び 200 である。

地方レベルでは、ラチャブリ地方は 9 郡(district)と 1 副郡 (sub-district) に分けることができる。表 1-14 に 2004 年初期のラチャブリ地方各郡における登録養豚場での飼育豚頭数を示す。

表 1-14 2004 年のラチャブリ諸郡における豚頭数と農場主数

No.	郡	登録養豚場				全養豚場			
		食用豚数	%	農場 主数	%	食用豚数	%	農場 主数	%
1	Mueng	167,042	14.22	124	14.54	227,032	14.87	270	10.04
2	Bang Phae	76,591	6.52	95	11.14	45,378	2.97	579	21.54
3	Damnoen Saduak	18,060	1.54	59	6.92	23,078	1.51	57	2.12
4	Wat Phleng	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Photharam	303,001	25.80	272	31.89	210,233	13.77	540	20.09
6	Ban Pong	83,287	7.09	102	11.96	140,815	9.22	718	26.71
7	Pak Tho	414,295	35.28	128	15.01	830,661	54.41	175	6.51
8	Chom Bueng	108,333	9.22	55	6.45	38,843	2.54	186	6.92
9	Suan Phueng	2,757	0.23	10	1.17	4,677	0.31	273	10.16
10	Ban Kha (副郡)	978	0.08	8	0.94	5,834	0.38	255	9.49
	合計	1,174,344	100	853	100	1,526,541	100	2,688	100

*2004 年 1 月 1 日現在

出典：ラチャブリ地方畜産局

表に示した通り、パークトーは養豚場数が最も多い郡であるのに対して、バーンポン郡は農場主数が最大である。しかしながら、政府当局に未登録の農場主が 1,800 以上あり、300,000 頭を越える豚が規制対象となっていない。

同国の他地域と同様に、数千の養豚場主が政府への報告をせずに営業しており、その結果として、生産管理上の困難や産業展開の不足が生じており、最も重要な点として、環境問題や消費者に対する健康リスクが生じている。2002 年 8 月に、タイ国養豚局は紛争処理のために、生産過程改善委員会、食品開発委員会、屠畜場開発委員会及び生産規格開発委員会の 4 委員会を任命発足させた。こうした活動により産業全体として持続可能な改良が展開されるものと期待される。

ラチャブリでは、地方畜産局も、特に衛生管理と廃棄物管理において同じ方向で取り組んでいる。地方畜産局では、ラチャブリ地方内の養豚場の廃棄物管理と品質管理を改善することを目指す開発プロジェクトを最近発足させた。現在では、146 の養豚場が既にこのプロジェクトに参加している。

1.2.4 タイにおける養豚業からの廃棄物の発生

1.2.4.1 概要

タイ畜産業では、養豚に伴う環境問題はその他の家畜よりも大きい関心事となっている。養豚場から発生する廃棄物は陸上及び水源の汚染にとどまらず、空気汚染の原因にもなる。養豚場が集中する地域で主として発生する主な苦情は臭気や蠅及び地下水水質などに関するものである。

通常、養豚場から発生する廃棄物は、豚の堆肥と排水に2大別される。豚の堆肥は主たる空気汚染物質であり、臭気問題の原因となり、蠅を誘引する。排水は通常、清掃過程から発生する。適切な清掃過程の場合には、豚の堆肥を拭取ってから、畜舎を噴射水で洗浄することが望まれる。この方法の場合には、排水に含まれる汚染物質ははるかに少なくなる。

さらに、豚の堆肥の大半は分離が容易であり、その他数種類の副産物の製造に利用することができる。これらには養魚飼料や肥料が含まれ、収入源とすることができる。メタンの回収は養豚廃棄物をバイオガスと電力に変えるもう一つの廃棄物処理方式である。このガスは化石燃料の消費を代替し、現地での発電に役立ち、農場主にとって多額の節約を造り出すことができると考えられる。

1.2.4.2 廃棄物の量と構成

一般に、食用豚はその品種、サイズ及び年齢が相違すると、発生する廃棄物または堆肥の量も相違する。従って、畜産規模は廃棄物発生量だけでなく、バイオガス回収のフィジビリティに対する基本指標ともなる。中規模及び大規模養豚場からのバイオガス生産が商業的に最も適していることは広く認められている。

タイ国畜産開発部によると、大規模養豚場における肥育豚の総生産高は2.4百万単位を占め、タイ国における大規模養豚場は、養豚堆肥によるバイオガスから年間50MW程度の現地電力を生産する潜在力を有しているものと推計されている。タイ国養豚場を起源とする排水発生量、バイオガス潜在量及び排水特性に関するデータを以下に示す。また表1-15に大規模養豚場の排水特性を示す。

豚生産頭数	= 年間 2.4 百万家畜単位
排水発生量	= 年間単位当たり 2.7m^3
合計排水量	= 23.65 百万 m^3

$$\begin{array}{lcl} \text{バイオガス発生率} & = & \text{排水 } 1\text{m}^3 \text{当たり } 6.3\text{m}^3 \\ \text{合計バイオガス潜在量} & = & \text{年間 } 143 \text{ 百万 m}^3 \end{array}$$

表 1-15 大規模養豚場の排水特性

項目	数値
COD, mg/l	18,000
BOD(5日間), mg/l	9,000
TKN, mg/l	700
浮遊物質, mg/l	16,000
pH	7-8

出典：畜産開発局

1.2.4.3 養豚業に関する排出基準

現在では、家畜農場から排出される放流水質を管理するために一定の規制が適用されている。養豚場は環境汚染産業の一つに分類されており、その排水は国内環境品質増進・保全法 B.E. 2535(1992)に従って規制、監視される。この法律によれば、養豚場からの排水は、表 1-16 及び表 1-17 に示す通り、工場及び工場団地に関する産業排出基準と養豚場に関する排出基準に適合せねばならない。これらの基準は放流品質と特性だけでなく、それらの指標の測定に用いられる分析方法も定める。

表 1-16 から明らかなように、放流 BOD 基準値は 20 mg/l までに制限されているが、畜産業の場合、許容数値が汚染管理委員会(PCC)により拡大されており、放流 BOD は最大で 60 mg/l まで許容される。表 1-17 に養豚場放流品質に対して特に適用される分析指標の詳細を示す。その他の条件も表の末尾に示した通りこれらの規制の限度まで適用される。

しかしながら、今のところ、これらの規制に従わねばならぬのは中規模及び大規模養豚場だけである。小規模養豚場に関しては、政府は未だその排出を規制または監視するための法的措置を具体化していない。たとえ政府支援があった場合でも、タイ国内の 小規模養豚場に対する環境基準適用の主な傷害となっているのは大抵の場合、投資費用である。従って、基準は、小規模養豚場所有者たちの間に良好な習慣を奨励するものとして、むしろこれらの養豚場に対する目安として適用されている。政府の考えによると、小規模養豚場が規制に見合うだけの充分な資力を獲得するには一定の期間を必要とするということである。長期的には、養豚場の能力が一定の受入れ可能な水準に達した場合には、法的措置が全ての養豚場に適用されるのは確実である。

表 1-16 工場及び工場団地に対する産業排出基準

パラメータ	基準値	分析方法
1. pH	5.5～9.0	pH メータ
2. 総溶解性物質(TDS)、mg/ℓ	・3,000 mg/ℓ 以下、放流先河川または業種に応じて PCC が検討中であるが、5,000 mg/ℓ を上回らないこと。 ・5,000 mg/ℓ 以下、塩分 2,000 mg/ℓ 以上の放流先河川の TDS または海に排出する場合は海水の TDS を上回らないこと。	蒸発(温度 103～105℃、1 時間)
3. 浮遊物質(SS)、mg/ℓ	50 mg/ℓ 以下、放流先河川または業種または廃水処理システムに応じて PCC が検討中であるが、150 mg/ℓ を上回らないこと。	ガラス繊維フィルタディスク
4. 温度、℃	40℃以下	温度計(採取時に測定)
5. 色及び臭気	不快感を与えないこと	—
6. 硫化物(H ₂ S など)、mg/ℓ	1.0 以下	滴定
7. シアン化物(HCN など)、mg/ℓ	0.2 以下	蒸留後、バルビツル酸-ピリジン法
8. 脂肪、油脂(FOG)、mg/ℓ	5.0 mg/ℓ 以下、放流先河川または業種に応じて PCC が検討中であるが、15.0 mg/ℓ を上回らないこと。	有機溶剤で抽出
9. ホルムアルデヒド、mg/ℓ	1.0 以下	分光光度法
10. フェノール類、mg/ℓ	1.0 以下	蒸留、4-アミノアンチピリン
11. 遊離塩素、mg/ℓ	1.0 以下	ヨウ素滴定法
12. 農薬、mg/ℓ	無検出	ガスクロマトグラフィー
13. 生物学的酸素要求量(BOD)*	20 mg/ℓ 以下、ただし、特定業種または放流先河川の容量レベルの相違により PCC の判断で 20 mg/ℓ 以上が許されない場合に限られるが、最大許容数値は 60 mg/ℓ を上回らないものとする。	20℃、5 日間のアジ化物変性法または PCC により承認されたその他の方法
14. 総ケルダール窒素(TKN)、mg/ℓ **	100 mg/ℓ 以下、ただし、特定業種または放流先河川の容量レベルの相違により PCC の判断で 100 mg/ℓ 以上が許されない場合に限られるが、最大許容数値は 200 mg/ℓ を上回らないものとする。	ケルダール法

注記 : * BOD60 mg/ℓ までの放流水の排出が PCC により認められている 10 種類の産業は以下の通りである :

- ・畜産工場(4 類(1))
- ・澱粉工場(9 類(2))

- ・澱粉食品工場 (10類)
- ・織物工場 (15類)
- ・なめし工場 (22類)
- ・紙パルプ工場 (29類)
- ・化学工場 (42類)
- ・製薬工場 (46類)
- ・冷凍食品工場 (92類)

** 下記の条件が適用される：

- ・100 mg/l －タイ国政府官報 No. 4 で公示された日付より 1年後に発効
- ・200 mg/l －下記の工場に関しては、タイ国政府官報 No. 4 で公示された日付より 2年後に発効
 - －食品提供工場 (13類(2))
 - －家畜飼料工場 (15類(1))

*** COD 400 mg/l までの放流水の排出が PCC により検討され、受入れられている 4種類の産業は下記の通りである：

- ・食品提供工場 (13類(2))
- ・家畜飼料工場 (15類(1))
- ・織物工場 (15類)
- ・紙パルプ工場 (39類)

備考：1. mg/l は 1リットル当たりミリグラムを意味する。

2. 工場とは、工場法に基づく工場を意味する。

3. 工場団地とは、工場団地法または何らかの産業プロジェクトに基づくもので、公有水源または環境内に排水を排出する工場団地を意味し、上記基準は工場法 B.E. 2535(1992)に基づく II 及び III 号工場群及びあらゆる種類の工場団地に適用されるものとする。

出典：1月 13 日付タイ国政府官報 Vol. 113、パート 13D、B.E. 2539(1996)に公表された科学省告示、技術と環境 No. 3、B.E. 2539(1996)。

1月 13 日付タイ政府官報 Vol. 113、パート 13D、B.E. 2539(1996)に公表された国内環境品質増進・保全法 B.E. 2535(1992)に基づいて発行された科学省告示、技術と環境 No. 4、B.E. 2539(1996)。

9月 17 日付タイ国政府官報 Vol. 113、パート 75D、B.E. 2539(1996)に公表された 8月 20 日付工場法 B.E. 2535(1992)に基づいて発行された汚染管理委員会告示 No. 3、B.E. 2539(1996)。

表 1-17 養豚場に対する排出基準

分析指標	養豚場排出基準	
	基準 A (大規模養豚場)	基準 B (中規模及び小規模養豚場)
pH	5.5-9	5.5-9
BOD ₅ , mg/l	≤ 60	≤ 100
COD, mg/l	≤ 300	≤ 400
SS, mg/l	≤ 150	≤ 200
TKN, mg/l	≤ 120	≤ 200

出典：1月 23 日付タイ政府官報 Vol. 118、スペシャルパート 8、ページ 11-18、B.E. 2544(2001)に公表された国内環境品質増進・保全法 B.E. 2535に基づいて発行された科学省告示、1月 24 日以降発行予定、2545(2002)。

1.3 調査の実施体制

調査主体：株式会社タクマ

調査における現地のカウンターパート：EfE (Energy for Environment Foundation)

EfE は環境保護技術や再生可能エネルギー利用の推進を主な目的として 2000 年 5 月に設立された非営利組織である。

2. プロジェクトの内容

2.1 サイトの概要

2.1.1 ラチャブリ地方の概要

ラチャブリ地方は、タイ国の中北部に位置し、首都バンコクの南西およそ 100 km に位置する。西側はミャンマーと約 73 km にわたって国境を接し、北側は Kachanaburi 地方、南側は Petchburi 地方他に接し、面積は約 5,200 平方 km である。(図 2-1)

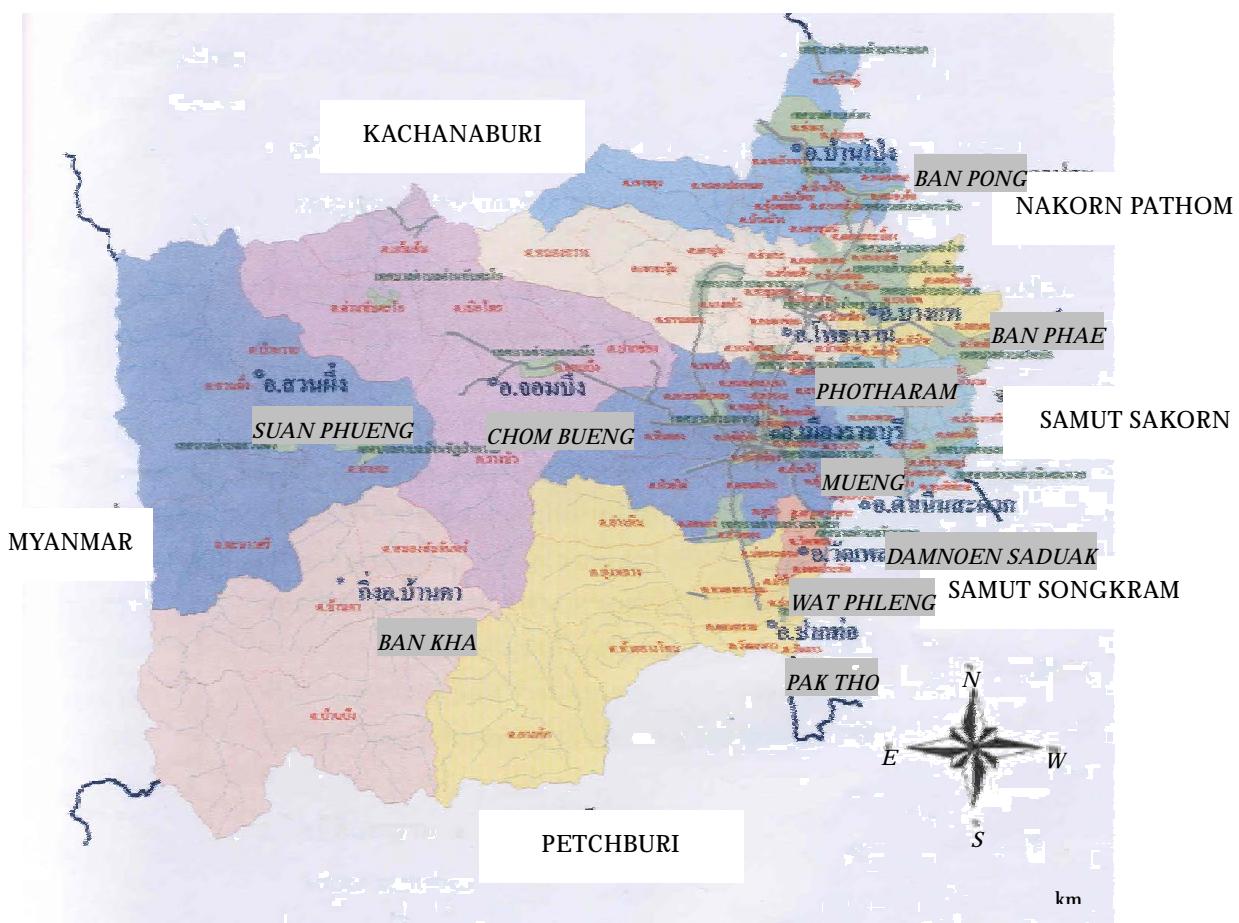


図 2-1 ラチャブリ地方地図

ラチャブリ地方は、特にミャンマーと国境を接する西部は、山がちな高地となっている。これに比べ東部は低地をなしており、200 以上の河川が見られる。

ラチャブリ地方の平均的な気候条件を表 2-1 に示す。

表 2-1 ラチャブリ地方の気候

気温		
平均最高温度	37	°C
平均最低温度	20	°C
降雨量		
最低 - 最高	1,000-1,250	mm/year

2.1.2 計画サイトの概要

サイトの運営者 : Kanchana Hybrid (Nernthong) Company Limited

Kanchana Group と呼ばれる農業関連産業グループにおける関連会社の 1 つ。Kanchana Group は 2004 年現在、タイ国内において豚の生産における、3 番目の規模をもつ企業グループである。

計画サイト : Kanchana Hybrid (Nernthong) Farm (KHF)

立地 : 194 Moo 11, Tambon Tungluang, Pak Tho District, Ratchburi Province, 70140

敷地面積 : 約 40 万平方メートル

豚舎数 : 49 棟

飼育頭数 : 約 46,200 頭

家畜単位 (500 kg / 単位) 換算で約 4,170 単位に相当する。したがって平均体重は約 45 kg / 頭である。

消費動力 : サイト内の年間の消費動力は、約 1,232 MWh である。したがって平均消費電力は約 140 kW となる。電力購入単価は約 3 バーツ / kWh である。

(2.74 円 / バーツ、0.0261 米ドル / バーツ、2005 年 2 月現在)

図 2-2 にサイトの現状図を示す。

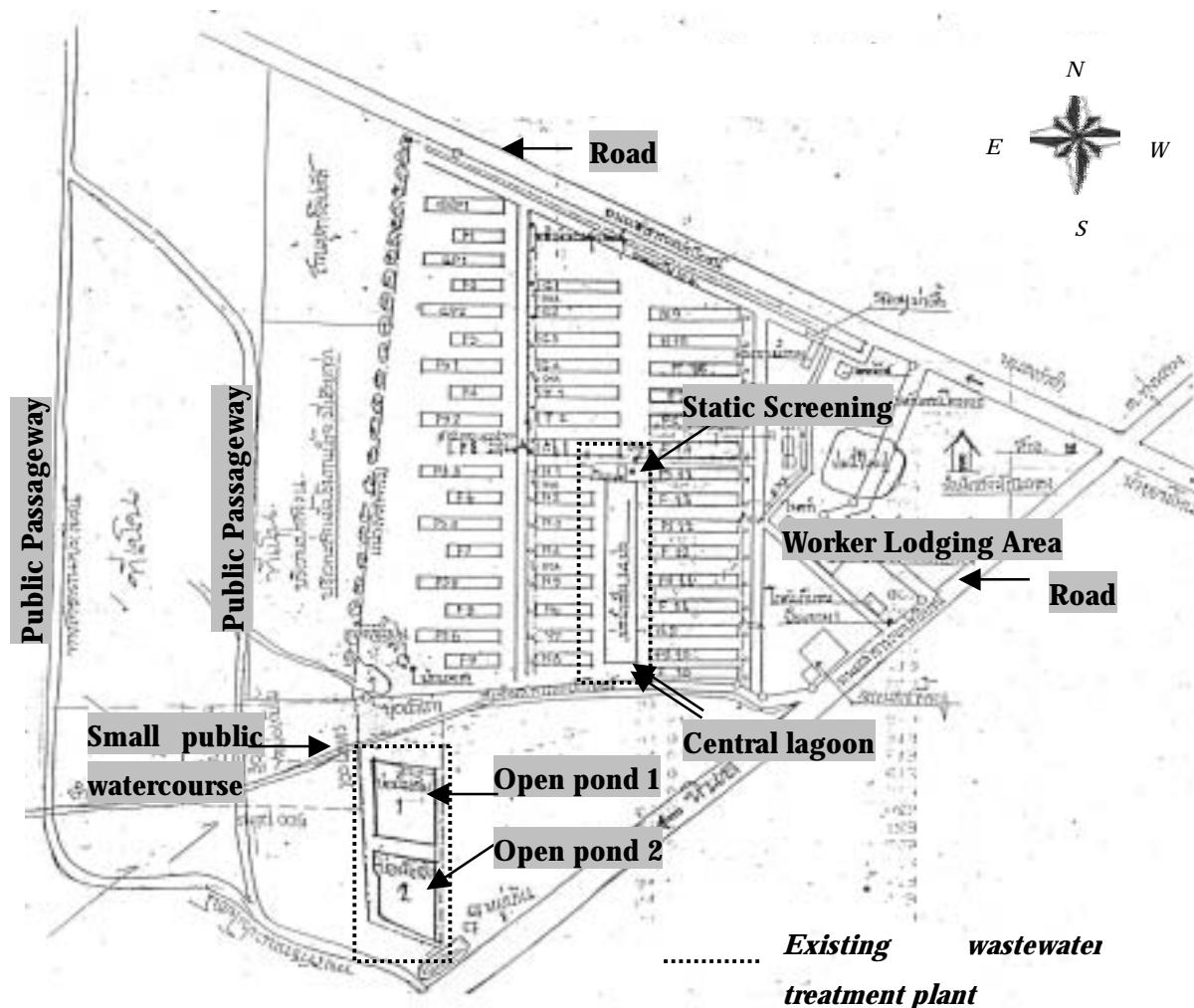


図 2-2 サイトの現状図

2.1.3 サイトの糞尿処理の現状

豚の糞尿は、洗浄水とともに自然流下によって敷地中央部にある糞尿受入槽に集められ、スクリーンによって固液分離されたあと、隣接するオープンラグーンに投入される。下の写真の様にオープンラグーン入口部は高負荷により嫌気状態になっており、メタンガスの発生が見られる。排水はその後さらに 2 つのラグーンを経て処理される。日量は約 1,050 m³である。

糞尿の約 20% にあたる種豚、母豚の糞尿は約 60% が洗浄される前に直接除去されている。したがって排水処理される糞尿は全体の約 88.2% である (40,765 頭分)。

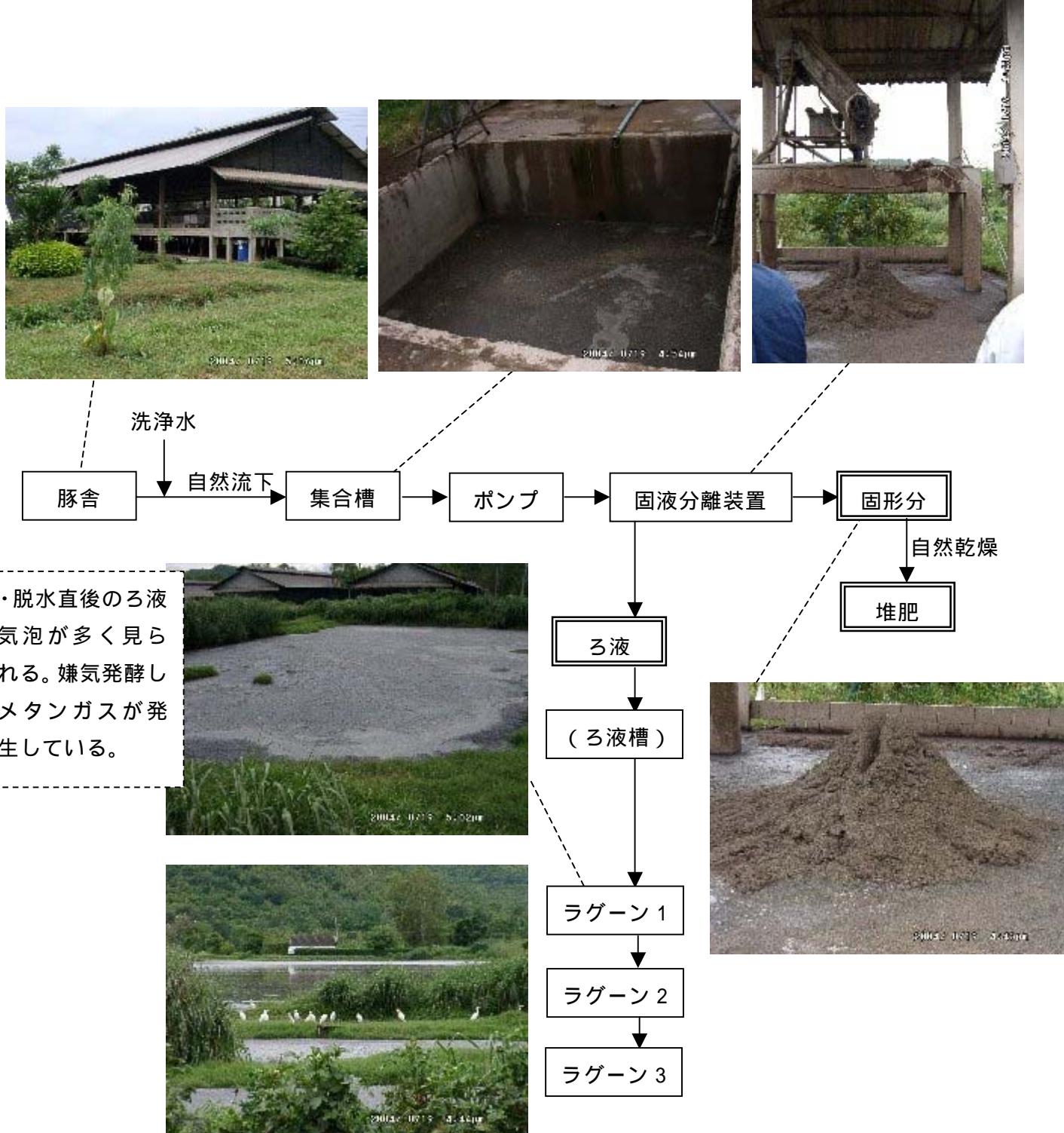


図 2-3 サイトの排水処理の現状

2.2 プロジェクトの検討

2.2.1 プロジェクトの概要

現在のサイトの糞尿処理では、オープンラグーンでの糞尿の有機物分解に際し、嫌気性発酵によりメタンガスが生成され、これが大気中に放出されている。メタンガスは強力な地球温暖化ガスであり、炭酸ガスの 21 倍の温暖化係数を持つ。

今回のプロジェクトでは、オープンラグーン処理の前段に密閉型のメタン発酵槽を設け、現在大気中に放出されているメタンガスをバイオガスとして回収し、温暖化ガスの排出量を削減すると同時に、バイオガスを発電用燃料として使用し、グリッド電力の代替とすることによって、発電時に排出される温暖化ガスの削減にも寄与する。

図 2-4 に概略のフローシートを示す。

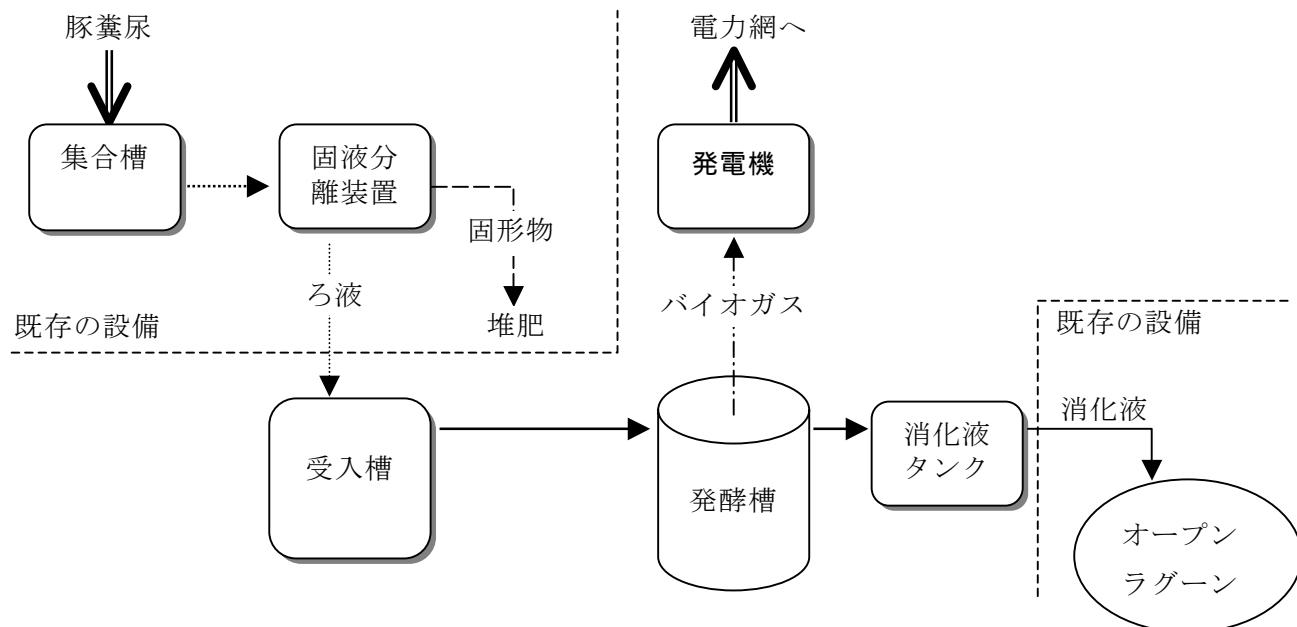


図 2-4 概略フローシート

2.2.2 プロジェクトバウンダリー・ベースライン

承認された方法論 AM0006 “GHG emission reduction from manure management system”を元に、発電によるグリッド電力の代替も考慮して、ベースライン、モニタリング方法等を決定した。

現状の処理方法である、嫌気性および好気性のオープンラグーンによる処理をもとに、下記のベースラインのバウンダリーを決定した。

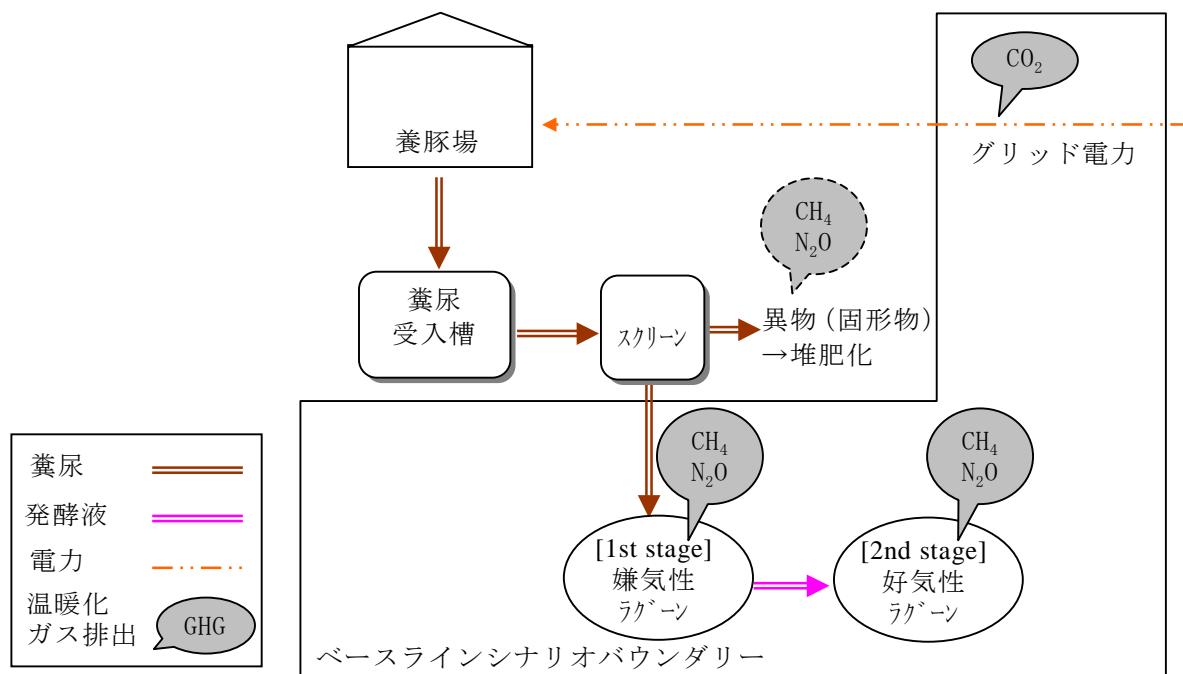


図 2-5 ベースライン・バウンダリーの設定

嫌気性ラグーンおよび好気性ラグーンから大気中に放出される炭酸ガスおよび亜酸化窒素が温暖化ガス排出量として計上される。また、プロジェクトによって発電される電力によって代替されるグリッド電力の発電に際し、排出される炭酸ガスを排出量として計上している。(図 2-6 参照)

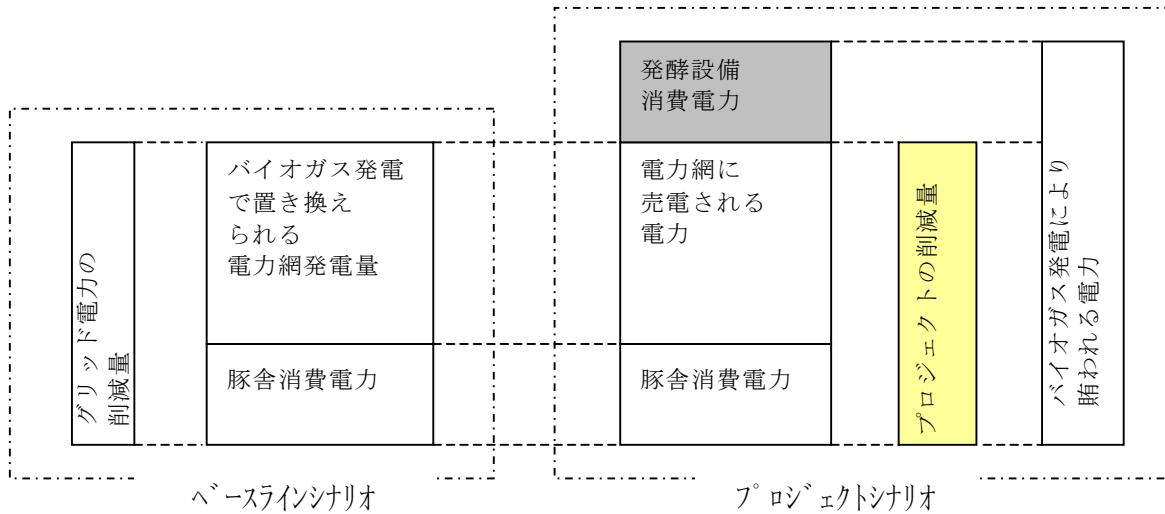


図 2-6 プロジェクトでの電力削減量

これに対し、プロジェクトシナリオは下記の図 2-7 のようになる。

第一段階の有機物分解が、メタン発酵槽に置き換えられ、回収されたバイオガスはガスエンジンの発電用燃料として利用される。なお、基本的にメタン発酵のための糞尿の加熱は不要と考えられるが、ガスエンジンから回収される温水を、受入槽の加熱に使用するラインを設ける。それ以外の施設内での余熱利用については、サイト事業者の意向で行わない事とした（後述）。

ベースラインシナリオとプロジェクトシナリオの主な相違点

- ① 1st stage の嫌気性ラグーンでの有機物分解が、密閉型のメタン発酵槽に置き換えられ、メタンガスはバイオガスとして回収される。これにより大気中への温暖化ガス放出が削減される。
- ② 回収されたバイオガスは発電用燃料に供される。発電された電力をグリッドに売電することによって、グリッドの発電に使われる化石燃料を代替することが出来、温暖化ガス放出の削減に寄与する。（図 5）
- ③ メタン発酵から排出される発酵液は、ベースラインシナリオと同じく既存の好気性ラグーンによって処理される。

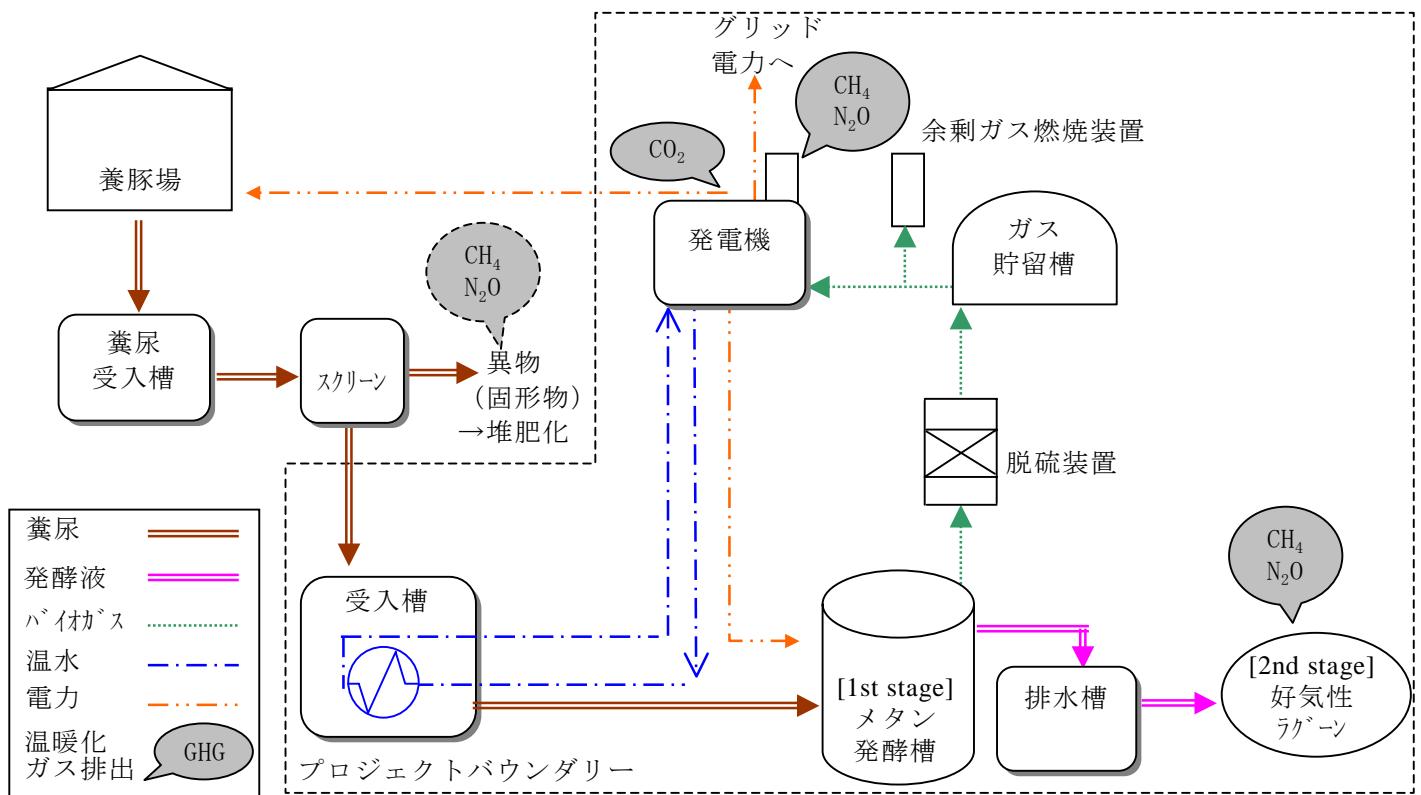
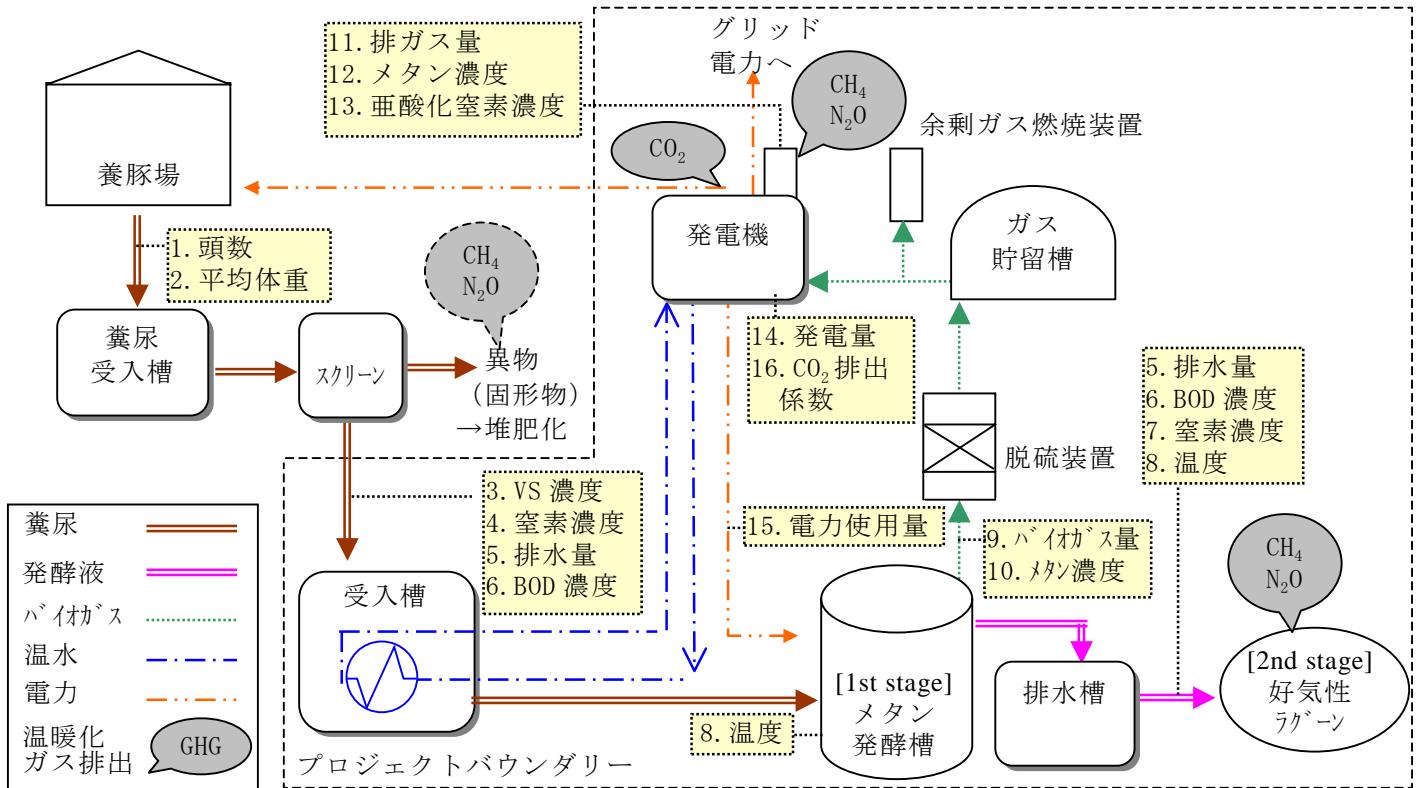


図 2-7 プロジェクトシナリオ

2.2.3 リーケージ

リーケージとして、受入槽投入前にスクリーンで除去された異物がある。これらは現状の処理では堆肥化されている。またプロジェクトシナリオでも、同様にこれらの固形物は堆肥化される。これらの固形物が堆肥化される過程でも若干の温暖化ガスの排出があると予想される。しかしこれらはベースラインとプロジェクトで同等とみなせるため、温暖化ガス排出量削減量の試算においては考慮していない。

2.2.4 モニタリング



2.2.5 温暖化ガス排出削減量の試算

家畜糞尿のメタン発酵処理を承認された方法論 AM0006 “GHG emission reduction from manure management system”をベースに、温暖化ガスの排出量を計算した。デフォルト値は、1996 年の IPCC ガイドライン改訂版（第四章）及び IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management（第四章）、米国 EPA 2001 年：Development Document for the Proposed Revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Regulation and the Effluent Guidelines for Concentrated Animal Feeding Operations、第 8.2 章から引用した。また、発電によるグリッド電力の代替を試算した。

2.2.5.1 ベースラインの温暖化ガス排出量

① メタンガス排出量

最初の処理段階についての CH₄ の排出量は、以下の(1)式で表される。

$$E_{CH_4} = GWP_{CH_4} \times MCF \times D_{CH_4} \times \frac{365}{1000} \times VS \times B_o \times N \quad (1)$$

E_{CH_4} ：炭酸ガス換算年間排出量（単位：ton-CO₂/年）

GWP_{CH_4} ：メタンガスの地球温暖化係数（=21）

MCF：メタン変換係数（デフォルト値）

D_{CH_4} ：CH₄ の密度（室温(20°C) 1気圧では 0.67kg/m³）

VS：家畜 1 頭あたり、1 日あたりの揮発性固体分の排泄量（kg 乾重量／頭／日単位）

B_o ：糞尿 VS からの CH₄ 最大製造能力（m³ CH₄ / kg 乾重量単位）（デフォルト値）

N：サイトの家畜頭数

ただし、VS の値は、対象サイトの家畜の平均体重により、以下の式(2)で補正される。

$$VS_{site} = (W_{site} / W_{default}) \times VS_{default} \quad (2)$$

VS_{site} ：補正された VS（kg 乾重量／頭／日単位）

W_{site} ：サイトの家畜平均体重

$W_{default}$ ：デフォルトの平均体重

$VS_{default}$ ：デフォルトの家畜 1 頭あたり、1 日あたりの揮発性固体分の排泄量（kg 乾重量／頭／日単位）

2段階目の処理では、VSの値は前段までの処理で分解された分を除いた VS 値が用いられる。

1996 年の IPCC ガイドライン改訂版の Reference Manual の第 4.2 章の Appendix B より、Developing countries の値を用いて、

W_{default} : 28 kg

VS_{default} : 0.34 (kg 乾重量／頭／日単位)

B_o : 0.29 ($m^3 \text{CH}_4$ ／kg 乾重量単位)

また、2.1.2 計画サイトの概要 のデータより、サイトの頭数 N は 46,200 頭、また、4,170 家畜単位より、サイトの平均体重 W_{site} は 45.13 kg と計算される。式(2)にしたがって VS_{site} を求めると 0.548 (kg 乾重量／頭／日単位) となる。

2000 年の IPCC Good Practice Guidance の表 4.10 及び表 4.11 から MCF のデフォルト値を決定する。第一段階では Anaerobic Lagoon、気候 warm の値 72% をとる。第二段階は Aerobic treatment の値を用いて 0.1% とする

米国 EPA 2001 年 : Development Document for the Proposed Revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Regulation and the Effluent Guidelines for Concentrated Animal Feeding Operations、第 8.2 章、8-55 頁 表 8-10 より、第一段階の VS 分解量 Rvs を 85% とした。

実際に排水処理される糞尿は、全体の約 88% である。(p. 29 2.1.3 サイトの糞尿処理の現状 参照) したがって N : 頭数は 40,765 頭で計算される。

以上の数値および式(1)より、ベースラインのメタンガス排出量は以下の表 2-1 のように計算される。

表 2-1 ベースラインのメタンガス排出量

	GWP _{CH4}	MCF	D _{CH4}	Rvs	VS _{site}	Bo	N	E _{CH4}
	-	-	kg/m ³	%	kg/頭/日	m ³ _{CH4} /kg	頭	ton-CO ₂ /年
第一段階	21	72	0.67	85	0.548	0.29	40,765	23,955
第二段階	21	0.1	0.67		0.548	0.29	40,765	5 23,960

② 亜酸化窒素排出量

最初の処理段階についての亜酸化窒素の排出量は、以下の(3)式で表される。

$$E_{N20} = GWP_{N20} \times EF_{N20} \times CF_{N20-N} \times \frac{1}{1,000} \times NEX \times N \quad (3)$$

E_{N20} : 炭酸ガス換算年間排出量 (単位 : ton-CO₂/年)

GWP_{CH4} : 亜酸化窒素の地球温暖化係数 (=310)

EF_{N20} : N20 排出係数 (デフォルト値)

CF_{N20-N} : N₂O-窒素から窒素への変換係数 (44/28)

NEX : 家畜 1 頭あたり、年間窒素分排泄量 (kg 乾重量/頭/年単位)

N : サイトの家畜頭数

メタンガスの場合と同様、NEX の値は、対象サイトの家畜の平均体重により、以下の式(4)で補正される。

$$NEX_{site} = (W_{site}/W_{default}) \times NEX_{default} \quad (4)$$

NEX_{site} : 補正された VS (kg 乾重量/頭/年単位)

W_{site} : サイトの家畜平均体重

$W_{default}$: デフォルトの平均体重

$NEX_{default}$: デフォルトの家畜 1 頭あたり、年間窒素排泄量 (kg 乾重量/頭/年単位)

また、2 段階目の処理では、NEX の値は前段までの処理で分解された分を除いた値が用いられる。

1996 年の IPCC ガイドライン改訂版の表 4.14 から NEX デフォルト値は、Asia & far east の値を用いて 16 (kg 乾重量/頭/年単位) の値を採用する。式(4)による補正により、 NEX_{site} は 25.8 (kg 乾重量/頭/年単位) となる。

2000 年の IPCC Good Practice Guidance の表 4.12 及び表 4.13 から EF_{N20} のデフォルト値は、第一段階は Anaerobic Lagoon の 0.001、第二段階は Aerobic Lagoon の 0.02 の値を採用する。

米国 EPA 2001 年 : Development Document for the Proposed Revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Regulation and the Effluent Guidelines for Concentrated Animal Feeding Operations、第 8.2 章、8-71 頁 表 8-11 より、第一段階の窒素分解率 RN を 25% とした。

以上の数値および式(3)より、ベースラインの亜酸化窒素排出量は以下の表 2-2 のように計算される。

表 2-2 ベースラインの亜酸化窒素排出量

	GWP _{N2O}	EF _{N2O}	CF _{N2O-N}	R _N	NEX _{population}	N _{population}	E _{N2O,mm,1,y}
	-	-	-	%	kg/頭/日	頭	ton-CO ₂ /年
第一段階	310	0.001	1.57	25	25.8	40,765	512
第二段階	310	0.02	1.57		25.8	40,765	7,682
							8,194

2.2.5.2 プロジェクトの温暖化ガス排出量

① メタンガス排出量

2000 年の IPCC Good Practice Guidance の表 4.10 及び表 4.11 から、第一段階の MCF のデフォルト値を 0% とする。(密閉型のメタン発酵槽を用い、回収したメタンガスは全量燃料利用、もしくは余剰ガス燃焼装置にて燃焼・分解され大気中には放出されない)

米国 EPA 2001 年 : Development Document for the Proposed Revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Regulation and the Effluent Guidelines for Concentrated Animal Feeding Operations、第 8.2 章、8-71 頁 表 8-11 Complete-mix より、第一段階の VS 分解量 Rvs を 40% とした。

以上の数値および式(1)よりプロジェクトのメタンガス排出量は以下の表 2-1 のように計算される。

表 2-3 プロジェクトのメタンガス排出量

	GWP _{CH4}	MCF	D _{CH4}	Rvs	VS _{site}	Bo _{population}	N _{population}	E _{CH4,mm,1,y}
	-	-	kg/m ³	%	kg/頭/日	m ³ _{CH4} /kg	頭	ton-CO ₂ /年
第一段階	21	0	0.67	40	0.548	0.29	40,765	0
第二段階	21	0.1	0.67		0.548	0.29	40,765	20
								20

② 亜酸化窒素

2000 年の IPCC Good Practice Guidance の表 4.12 及び表 4.13 からデフォルト値、第一段階の Anaerobic Digester のデフォルト値 0.001 とする

米国 EPA 2001 年 : Development Document for the Proposed Revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Regulation and the Effluent Guidelines for Concentrated Animal Feeding Operations、第 8.2 章、8-71 頁 表 8-11 より、第一段階の窒素分解率 RN を 0% とした。密閉型の発酵槽において、窒素分はほとんど除去されない)

以上の数値および式(3)よりプロジェクトの亜酸化窒素排出量は以下の表 2-4 のように計算される。

表 2-4 プロジェクトの亜酸化窒素排出量

	GWP _{N2O}	EF _{N2O}	CF _{N2O-N}	R _N %	NEX _{population} kg/頭/日	N _{population} 頭	E _{N2O,mm,1,y} ton-CO ₂ /年
-	-	-	-	%	kg/頭/日	頭	ton-CO ₂ /年
第一段階	310	0.001	1.57	0	25.8	40,765	512
第二段階	310	0.02	1.57		25.8	40,765	10,242
							10,754

2.2.5.3 グリッド代替電力による温暖化ガス削減

① 排出係数

EGAT (タイ発電公社) のグリッド発電の電源別内訳 (予測) を表 2-5 に示す。

この数値から、発電量に関する炭酸ガス排出量原単位を算出すると、表 2-6 のようになる。

なお、プラント設備の発電量、消費電力量、余剰電力量はそれぞれ下記の通り。(2.2.6 項図 2-9 参照)

発電量 : 約 5,030kWh

消費電力量 : 約 1,200kWh

余剰電力量 : 約 3,830kWh

表 2-5 電源別発電量内訳

Type of Fuel	Unit	Actual Generation									
		2003	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hydroelectricity	GWh	10,180	7,359	7,274	7,216	11,736	12,057	12,072	12,116	12,018	11,981
	%	8.7	4.7	4.3	4.0	6.1	5.8	5.5	5.2	4.8	4.5
Natural Gas	GWh	83,500	116,596	125,960	137,913	145,410	145,648	141,173	139,561	135,732	131,295
	%	71.6	73.7	74.4	76.2	75.1	70.5	64.1	59.5	54.3	49.4
	MCFD	1,895	2,370	2,532	2,758	2,911	2,910	2,794	2,771	2,689	2,598
Heavy Oil	GWh	2,150	3,027	2,925	2,880	2,899	2,756	2,161	1,959	1,943	1,613
	%	1.8	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.0	0.8	0.8	0.6
	MLitre	533	711	681	666	669	637	508	468	463	379
Diesel Oil	GWh	45	1,115	971	722	624	673	477	592	536	618
	%	-	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2
	MLitre	12	370	330	259	233	245	197	225	211	232
Lignite	GWh	17,134	16,798	16,973	17,063	17,176	17,315	17,370	17,282	17,320	17,251
	%	14.7	10.6	10.0	9.4	8.9	8.4	7.9	7.4	6.9	6.5
	MTon	16.00	15.90	15.94	15.90	15.90	15.90	15.94	11.00	15.90	15.90
Imported Coal	GWh	2,526	10,556	12,408	12,378	12,378	12,378	12,408	12,378	12,378	12,378
	%	2.2	6.7	7.3	6.8	6.4	6.0	5.6	5.3	5.0	4.6
	MTon	-	2.77	3.41	3.40	3.40	3.40	3.41	3.40	3.40	3.40
Other Purchases											
SPP	GWh	1,103	1,242	1,251	1,251	1,788	1,788	1,788	1,788	1,788	1,788
	%	0.9	0.8	0.7	0.7	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7
Laos PDR	GWh	105	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517
	%	0.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
Renewables RP	GWh	-	-	-	-	-	812	1,441	1,993	2,652	3,388
	%	-	-	-	-	-	0.4	0.7	0.8	1.1	1.3
New Plants (NG)	GWh	-	-	-	-	-	11,728	29,845	45,486	63,958	83,958
	%	-	-	-	-	-	5.7	13.6	19.4	25.6	31.6
Total	GWh	116,743	158,211	169,279	180,941	193,529	206,673	220,252	234,671	249,842	265,787

Note:

MCFD Million Cubic Feet per Day

MLitre Million Litres

MTon Million Tonnes

表 2-6 電源からの炭酸ガス排出係数

年度		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
排出係数	t-CO ₂ /kWh	0.534	0.530	0.523	0.507	0.501	0.494	0.492	0.488	0.485	0.485

余剰電力および表 2-6 より、プロジェクトで代替されるグリッド電力の、ベースラインにおける温暖化ガス排出量を計算する。(表 2-7)

表 2-7 プロジェクトで代替されるグリッド電力による温暖化ガス排出量

年度		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
削減量	t-CO ₂ /年	746	741	732	709	701	691	688	683	678	678

2.2.5.4 温暖化ガス排出削減量の試算

2.2.5.1～2.2.5.3 の数値より、ベースラインの排出量からプロジェクトでの排出量を差し引いた排出削減量を推定する。豚の飼育頭数は現状のまま一定とする。

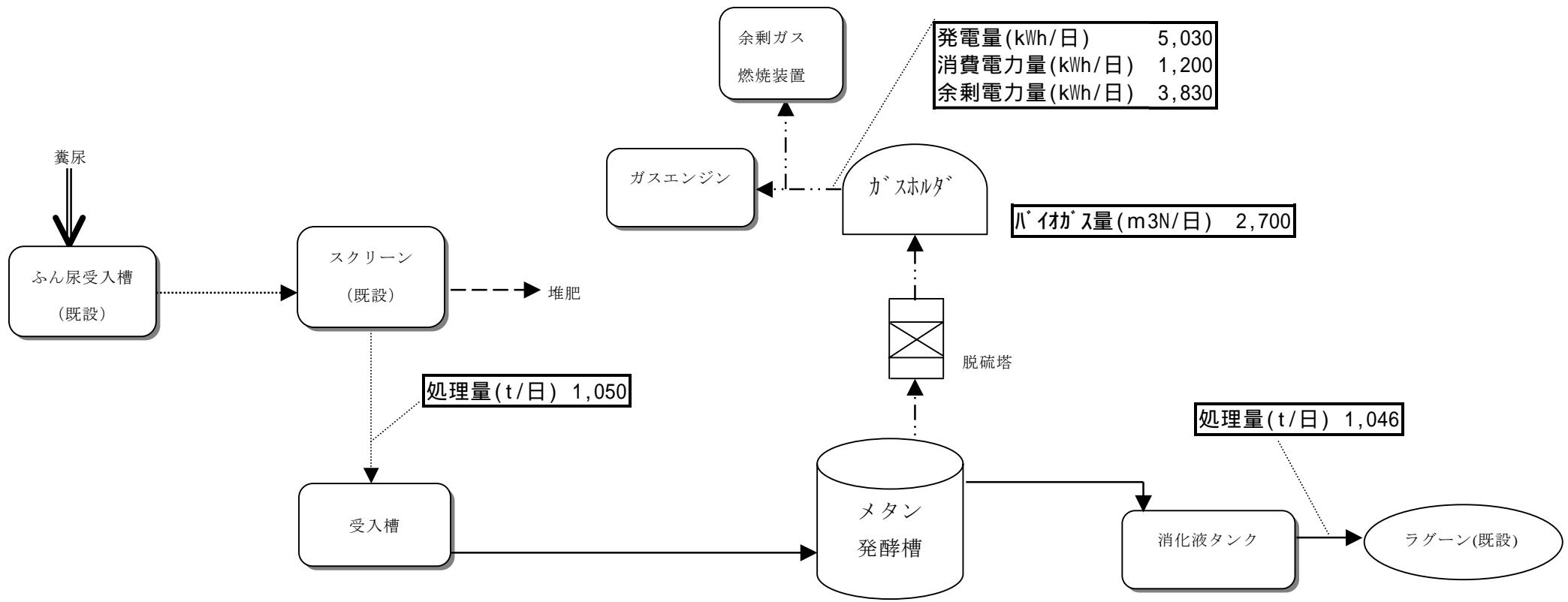
表 2-8 温暖化ガス削減量

年度		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ベースライン	メタン	23,960	23,960	23,960	23,960	23,960	23,960	23,960	23,960	23,960	23,960
t-CO ₂ /年	亜酸化窒素	8,194	8,194	8,194	8,194	8,194	8,194	8,194	8,194	8,194	8,194
プロジェクト	発電分	746	741	732	709	701	691	688	683	678	678
プロジェクト	メタン	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
t-CO ₂ /年	亜酸化窒素	10,754	10,754	10,754	10,754	10,754	10,754	10,754	10,754	10,754	10,754
削減量	t-CO ₂ /年	22,125	22,120	22,111	22,088	22,080	22,070	22,067	22,062	22,057	22,057

2.2.6 経済性の試算

2.2.6.1 設備の概要

設備の概略フローを図 2-9 に示す。



主な機械設備を表 2-9 に示す。

表 2-9 主要機器設備

機器名	仕様	数量
受入槽	容量 : 100m ³ (鉄筋コンクリート水槽)	1 式
投入ポンプ	能力 : 12m ³ /hr × 15m 負荷 : 2.2kw	4 式
発酵槽	容量 : 2,500m ³ (円筒豎型)	4 式
脱硫装置	能力 : 140m ³ /hr	1 式
余剰ガス燃焼装置	能力 : 140m ³ /hr	1 式
ガスホルダ	容量 : 300m ³	1 式
ガスエンジン	発電 : 210kw 熱出力 : 315kw	1 式
消化液タンク	容量 : 100m ³ (鉄筋コンクリート水槽)	1 式
消化液引抜ポンプ	能力 : 12m ³ /hr × 10m 負荷 : 1.5kw	4 式

2.2.6.2 試算条件

試算条件を表 2-10 に示す。

表 2-10 試算条件

項目	数値	単位	備考
売電量	166MWh/年		グリッドへの売電量
売電単価	1.6バーツ/kWh		
買電削減量	1,232MWh/年		養豚場内での利用
買電単価	3バーツ/kWh		
施設建設費	25,000 × 10 ³ バーツ		
維持管理費	1,295 × 10 ³ バーツ/年		オペレーホル費+薬品費
人件費	90 × 10 ³ バーツ/年		運転員 1 名
返済期間	10年		
金利	3%		
償却期間	10年		
法人税	30%		
クレジット取得期間	10年		2007 年～2016 年
為替レート	38.3バーツ/US\$		2005 年 2 月現在

※ 本プロジェクトで建設される設備は、定常運転時は専属の運転要員は必要としない。

固液分離装置、排水処理（ラグーン）などは既設をそのまま流用するため、施設の運転にかかる労力はプロジェクト実施後も実施前とほとんど変わらない。データの記録・整理・機器の点検等の作業が発生することを考え、1名分の人件費をプロジェクトの人件費として計上する。

2.2.6.3 試算結果

①ケース 1

クレジット価格=0 の場合の、収支計算を表 2-11 に示す。

表 2-11 クレジット無しの場合の収支計算

(単位: × 10³ ハ'ーツ)

年度		建設時	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
収入												
発電収入			3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962
クレジット		0 US\$/ton-CO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計			3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962
費用												
維持管理費			1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295
人件費			90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
合計			1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385
収入-費用			2,577	2,577	2,577	2,577	2,577	2,577	2,577	2,577	2,577	2,577
建設費		25,500										
借入金												
元本返済		10 年返済	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550
金利		3 %	765	689	612	536	459	383	306	230	153	77
原価償却費		10 年	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550
税引前利益(収入-費用-原価償却-金利)			-738	-661	-585	-508	-432	-355	-279	-202	-126	-49
税金 法人税		30 %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
税引後利益			-738	-661	-585	-508	-432	-355	-279	-202	-126	-49
キャッシュフロー(収入-費用-元本返済-税)		-25,500	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
IRR		-										

クレジット価格=0 の場合、事業性は大変厳しい。

②ケース 2

次に、クレジット価格=5 US\$ の場合の、収支計算を表 2-12 に示す。

表 2-12 クレジット有り (5 US\$/ton-CO2) の場合の収支計算

(単位: × 10³ ハ'ーツ)

年度		建設時	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
収入												
発電収入			3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962
クレジット		5 US\$/ton-CO2	4,237	4,236	4,234	4,230	4,228	4,226	4,226	4,225	4,224	4,224
合計			8,199	8,198	8,196	8,192	8,190	8,188	8,187	8,186	8,186	8,186
費用												
維持管理費			1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295
人件費			90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
合計			1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385
収入-費用			6,814	6,813	6,811	6,807	6,805	6,803	6,803	6,802	6,801	6,801
建設費		25,500										
借入金												
元本返済		10 年返済	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550
金利		3 %	765	689	612	536	459	383	306	230	153	77
原価償却費		10 年	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550
税引前利益(収入-費用-原価償却-金利)			3,499	3,575	3,649	3,721	3,796	3,871	3,947	4,022	4,098	4,174
税金 法人税		30 %	1,050	1,072	1,095	1,116	1,139	1,161	1,184	1,207	1,229	1,252
税引後利益			2,449	2,502	2,554	2,605	2,657	2,710	2,763	2,816	2,869	2,922
キャッシュフロー(収入-費用-元本返済-税)		-25,500	3,214	3,191	3,166	3,141	3,116	3,092	3,069	3,045	3,022	2,999
IRR			3.8%									

ケース①と比べ、収益性は改善され、IRR = 3.8%と試算された。

ただし、ケース②の場合、収入の 50%以上をクレジットによる収入が占める。下記表 2-10、図 2-9 に示されるように、クレジットの価格に大きく経済性が左右されると考えられる。

表 2-13 クレジット価格と収益性の推移

CER	US \$	0	4.1	5	5.3	6.7	8.3	9.97	10
IRR	%	-45.5%	0.0%	3.8%	5%	10%	15%	20%	20.1%

※ クレジット価格(US\$) 0, 5, 10 の場合の IRR を試算。また IRR が 5%, 10%, 15%, 20% になるクレジット価格の値を逆算した。

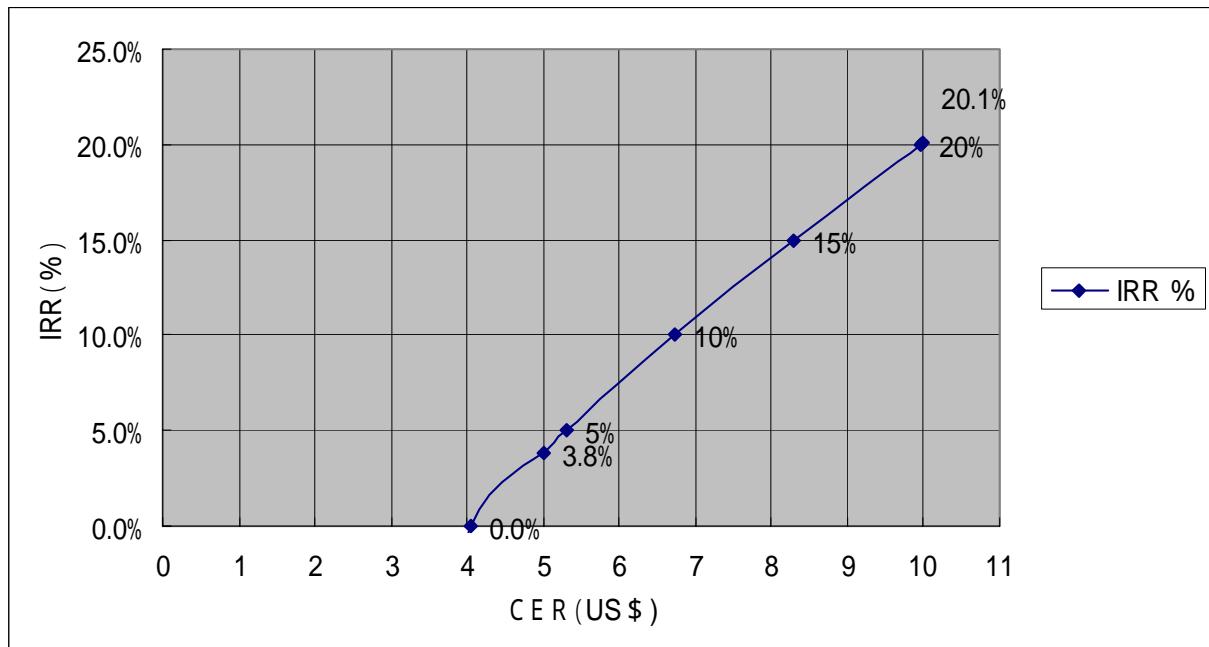


図 2-10 クレジット価格と収益性の推移図

2.2.7 環境影響

現在対象サイトで行われている嫌気性ラグーンでの処理による、周辺への環境影響としては、

- ① 未分解の有機物を含んだ排水の流出による周辺の水環境への影響
- ② 嫌気性発酵による臭気成分の揮散

等が考えられる。

①については、現状においても対象サイトにおいて好気性ラグーンによる処理を行っており、周辺環境に与える影響について、プロジェクトの実施前／後で大差はないと考えられる。

②について、現状では近隣の集落からサイトが離れているために大きな問題とはなっていないが、改善が望ましい。

密閉型メタン発酵槽の設置により、バイオガスの回収が可能であると同時に、オープンラグーンから有機物分解時に発生する揮発性の臭気成分の揮散を防ぐことができるため、臭気の問題を回避することが可能である。

2.3 関係者のコメント

現地カウンターパートのEfEとともに、現地の訪問調査を行った。現地サイトを経営する事業者は、本プロジェクトの調査に対し、現地調査、データ採取への協力を了解した。その後、EfEによる現地の排水サンプリング、現地サイトデータの提供等で協力を得ている。

なお、今回のプロジェクトにおいて、発電時の排熱の利用方法として、幼豚養育用の豚舎の加温用熱源としての利用の可能性を打診したが、サイト事業者は否定的だった。理由としては、現在既に電熱式による設備を有しているため、排水処理施設以外の養豚施設について手を加える必要はないとの見解だった。

3. まとめ

温暖化ガス排出削減効果

タイ・バンコク近郊のラチャブリ地方にある大規模養豚場では、現在発生する廃液はオープンラグーンで処理されている。この廃液を嫌気性処理設備（バイオガスプラント）で処理することにより、二酸化炭素に比べ約 21 倍の温室効果があるとされる強力な温室効果ガスであるメタンガスの発生を抑制、さらに回収されたメタンガス（バイオガス）を発電に用い、グリッド電源の代替とすることで、化石燃料使用量削減による温室効果ガスの削減し、温室効果ガス排出量を削減するプロジェクトを検討した。

その結果、年間約 22,000ton-CO₂相当の温室効果ガス削減効果が確認できた。

課題

経済性

収入の 50%以上をクレジットによる収入が占めるため、経済性がクレジットの価格に大きく左右される。クレジット価格 = 5 US\$の場合で、プロジェクト IRR は 3.8%であり、現状では CDM プロジェクトしての事業化は厳しい。ただし、クレジットの価格と温室効果ガス削減量の均衡が取れる事業であれば、事業可能性は高くなると見込まれる。

亜酸化窒素の増加

本プロジェクトは、嫌気性発酵槽の導入により、メタンガスを回収し発電に利用するものである。この技術は、有機物分解により発生する亜酸化窒素（N₂O）の排出を抑制することは想定していない。さらに、嫌気性処理段階において、ベースラインではオープンラグーンから窒素分が主にアンモニアとして放出されるものの、プロジェクトでは密閉型発酵槽のため窒素分の減少は起こらない。このため、好気性処理段階でプロジェクトにおける N₂O の排出量が増大し、結果としてプロジェクトの N₂O 総排出量がベースラインを計算上上回ることが判明した。

これは、排出量算定に IPCC デフォルト値を採用していることが一因となっている。正確な判断のためにはラグーン内の窒素濃度を実測することが望ましいが、ラグーン内は均質ではないため何箇所も測定する必要が生じる。また、仮に測定を行っても正確なデータが收拾できなかったり、あるいはデフォルト値よりも事業者にとって好ましくない値が測定されたりする可能性もある。IPCC デフォルト値に依存することは無論好ましくはないが、モニタリング作業の煩雑さやデータの不確実性を考えると、事業者としては N₂O 値が上がってもデフォルト値を採用するという選択をせざるを

得ない。

技術移転の意義

本来の計画では、コジェネレーションや排水の後処理設備を導入することで当社の技術を移転できるはずであった。しかし、現地カウンターパートとの検討の結果、コジェネは導入するものの熱利用がほとんどなく（養豚場経営者は電気による熱供給を希望）、また、後処理設備は必要なくなり、「技術移転」の意義が薄くなってしまった。

ENCON ファンド使用の可能性

現地調査の際、養豚場経営者が別サイトでタイ政府の補助金により国内技術で発酵槽を建設していることが判明した。この補助金は ENCON ファンド (the Energy Conservation Promotion Fund) と呼ばれており、本プロジェクトと同様メタン発酵処理であるが、当該案件はチェンマイ大学の設計・仕様による H-UASB(High Upflow Anaerobic Sludge Blanket) 発酵槽の導入を補助対象としている。

本プロジェクトを導入しない場合、ENCON ファンドによる H-UASB 発酵槽を導入する可能性も予想できるため、H-UASB 発酵槽の導入がベースラインとなり、プロジェクトの追加性が立証できない可能性がある。

ただし、補助金財源には限りがあり、全ての養豚場で補助金による H-UASB 発酵槽を導入することは不可能である。また、技術の類似性より、本プロジェクトと同様補助金が無い場合の採算性は厳しいと考えられ、無補助で事業者が本技術を自ら導入することは考えにくい。つまり、本プロジェクトで H-UASB 発酵槽を導入した場合は別サイトでは補助金が使えず、オープンラグーン処理を行うことが想定される。すなわち H-UASB 発酵槽による温室効果ガス排出削減量は補助金により一定量に限定され、他にオープンラグーン処理からの温室効果ガス排出が一定量存在すると想定される。これにより、本プロジェクトのベースラインはオープンラグーン処理であり、プロジェクトによる追加的削減が実現できると考える。

タイ政府の受け入れ態勢

プロジェクトの実施にあたっては、タイ政府による CDM プロジェクト承認の必要がある。タイ DNA (天然資源環境省 : MONRE) の事務局を務める ONEP へは、現地調査に際し一度訪問を行ったが、実質的な協議はできておらず、タイ政府の正式な意向を確認するには至っていない。

なお、本プロジェクトは、(財) 地球環境戦略研究機関によるタイ DNA のキャパシティビルディング事業のテストケースとして使用された。本プロジェクトをモデルとして CDM 事業の政府承認プロセスの一部を試行するというもので、DNA 関係者や大学などから 30 名が参加し、プロジェクトの追加性と持続可能な開発への貢献度につ

いて検討が行われた。結果として、両方につき総合評価で「あり」の評価がなされた。これにより、将来的に本プロジェクトを実施する場合、タイ政府の承認を得る可能性が大きいと言えよう。

PDD への記載事項

概して、プロジェクトを推進する際、上記のようなマイナス面は PDD には記載しないものであろう。仮にプロジェクトが政府承認を受け、(指定) 運営組織 (OE) による有効化審査を受ける場合、OE がこれらの課題点を自ら発見する必要がある。現段階では有効化報告書の記載事項の全責任は OE が負うもの¹との判断がなされており、OE の質が高度に要求される一つの要因となろう。また、そのために CDM 運用の総体コストが増加する可能性がある。

¹ ある OE が有効化報告書に「有効化審査はプロジェクト実施者から提供される情報に基づいて行われるため、AE はその正確性を保証することはできない。そのため、AE は有効化審査の結果によって下されるいかなる判断にも責任を負うことはできない」との注意書きを付記していたことが問題となつた。第 14 回 CDM 理事会ではこの正当性が議論され、有効化報告書の記載事項の全責任は OE が負うとの判断がなされた。



**CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM
PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM-PDD)
Version 02 - in effect as of: 1 July 2004)**

CONTENTS

- A. General description of project activity
- B. Application of a baseline methodology
- C. Duration of the project activity / Crediting period
- D. Application of a monitoring methodology and plan
- E. Estimation of GHG emissions by sources
- F. Environmental impacts
- G. Stakeholders' comments

Annexes

- Annex 1: Contact information on participants in the project activity
- Annex 2: Information regarding public funding
- Annex 3: Baseline information
- Annex 4: Monitoring plan

**SECTION A. General description of project activity****A.1 Title of the project activity:**

>> "Swine manure to biogas power project in Ratchaburi, Thailand"
(Hereinafter referred to as "the project" or "the project activity".)

A.2. Description of the project activity:

>> The project activity is supposed to be conducted from January 1, 2006, in a pig farm named Kanchana Hybrid (Nernthong) Farm located in Ratchaburi province, Thailand.

The farm breeds 46,200 heads from baby to fattened pigs. The wastewater, that is, swine manure from pig houses is currently collected altogether and delivered to open lagoons where anaerobic treatment emits CH₄ into the air. The pig farm uses grid electricity that leads carbon dioxide emission.

This treatment method is a common practice in Thailand and satisfies today's wastewater regulations on effluent standards (BOD and COD). There is no plan to introduce further regulation on wastewater including methane emission. Although the government promotes biogas (methane) utilization, because of a financial problem, there is a very small number of biogas plants installed compared with the traditional stabilization pond or open-pond system. Thus, open lagoon treatment will stay the best treatment method if not considering GHG emission reduction.

The project activity consists of the anaerobic digestion and the biogas power generation. The wastewater from the pig farm will be treated in a closed anaerobic digester to produce methane, which will be used for electricity generation (to be sold to the grid) at the next step.

By capturing biogas in a closed digester, the project will reduce CH₄ that would have otherwise been emitted from the existing open lagoons under anaerobic condition in the baseline scenario. In addition, the electricity generation using the collected biogas will displace grid electricity and its associated CO₂ emissions.

This project brings additional income to the project owner. Electricity produced is supposed to be sold to PEA (Provincial Electricity Authority) under Very Small Power Producer (VSPP) scheme in Thailand.

The project activity also contributes to the sustainable development of the host country in the following aspects.

- Improvement of the quality of wastewater,
- Contribution to sustainable use of natural resources and alleviation of domestic environmental burden like CO₂, SO_x or NO_x by supplying renewable electricity,
- Enhancement of skills and know-how of local staff and technicians through training, which will provide opportunity in developing their own standardized technology,
- Transfer of the state-of-the-art technology of the digester and biogas power generator to the host country, and
- Improvement of the quality of life of people in the surrounding area as the result of the above.
- Satisfaction of the future trend to expand biogas utilization under government's policy.

**A.3. Project participants:**

>>The following entities are the project participants.

Thailand

1. Project owner: Kanchana Hybrid (Nernthong) Farm (hereinafter referred to as KHF).

KHF is a pig farm of the pig farm group owner who has seven pig farms in all and the third largest private swine producer in Thailand (the pig farm group owner will be hereinafter referred to as "the group owner" since it has no official registered name).

The group owner is affiliated with the Swine Raiser Association of Thailand (SRAT).

2. Adviser in Environmental Affairs in Thailand: Energy for Environment Foundation (hereinafter referred to as EfE).

EfE is an institution engaged in enhancement of biomass utilization in Thailand. It aims to promote a wider use of biomass in producing electricity and other forms of energy. For that mission, it provides technical advice, financing consultation, knowledge and information about biomass and policy recommendation to the public.

Thailand ratified the Kyoto Protocol on August 28, 2002.

Japan

1. Project developer: Takuma Co., Ltd.

Takuma is a Japanese plant manufacturing company. Its main products are commercial/ industrial boilers, waste incineration plant and water management plant. The project developer has advanced biogas power technology with one model plant in Hiroshima prefecture (for swine manure) and one commercial plant (for kitchen waste) in Kyoto prefecture, Japan.

Japan ratified the Kyoto Protocol on June 4, 2002.

**A.4. Technical description of the project activity:****A.4.1. Location of the project activity:**

>>The project site is located in Ratchaburi province, 100 km southwest of Bangkok.

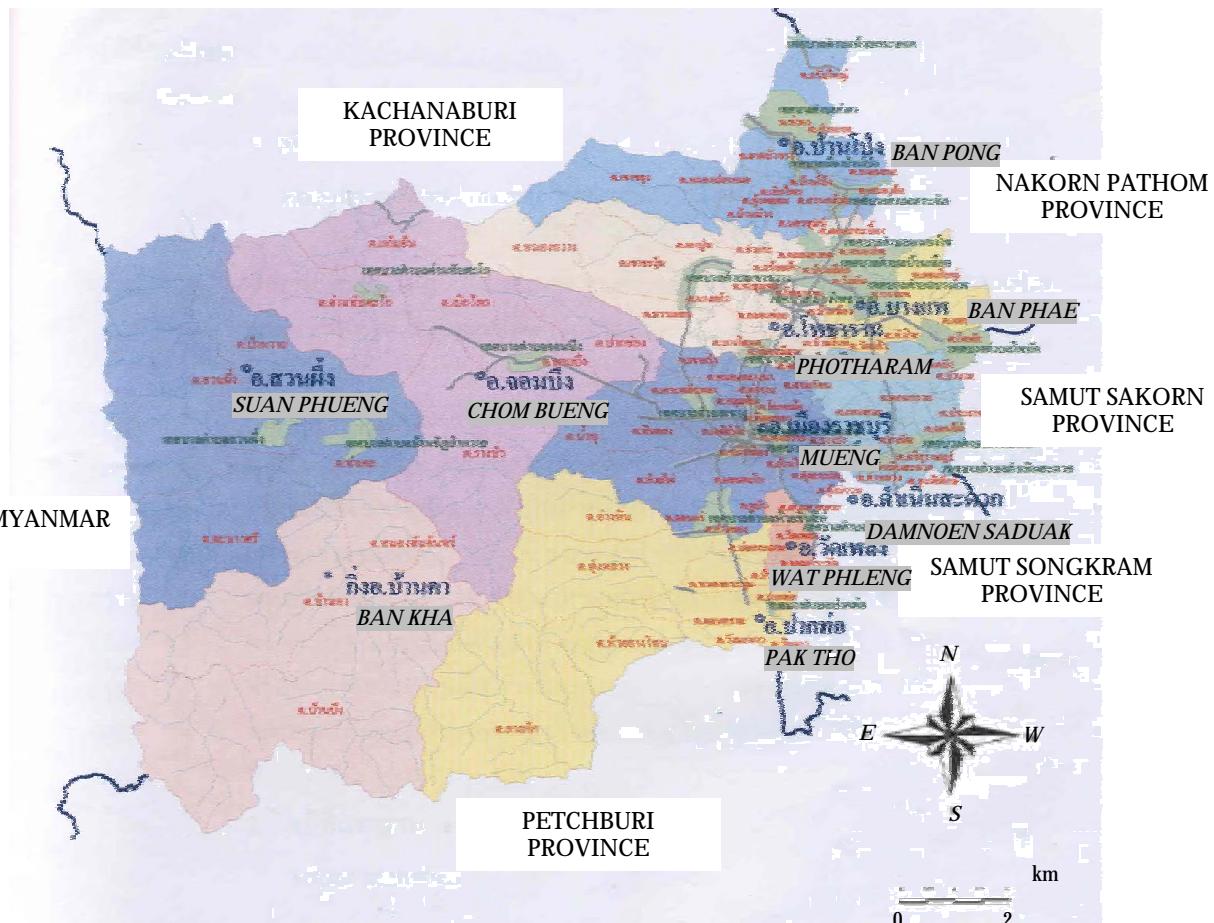
Figure A-1: Project Location



(Source: United Nations Thailand)



Figure A-2: Map of Ratchaburi Province

**A.4.1.1. Host Party(ies):**

>>The Kingdom of Thailand.

A.4.1.2. Region/State/Province etc.:

>>Nernthong Ratchaburi, Thailand

A.4.1.3. City/Town/Community etc:

>>194 Moo 11, Tambon Tungluang, Pak Tho District, Ratchaburi Province, 70140



A.4.1.4. Detail of physical location, including information allowing the unique identification of this project activity (maximum one page):

>>

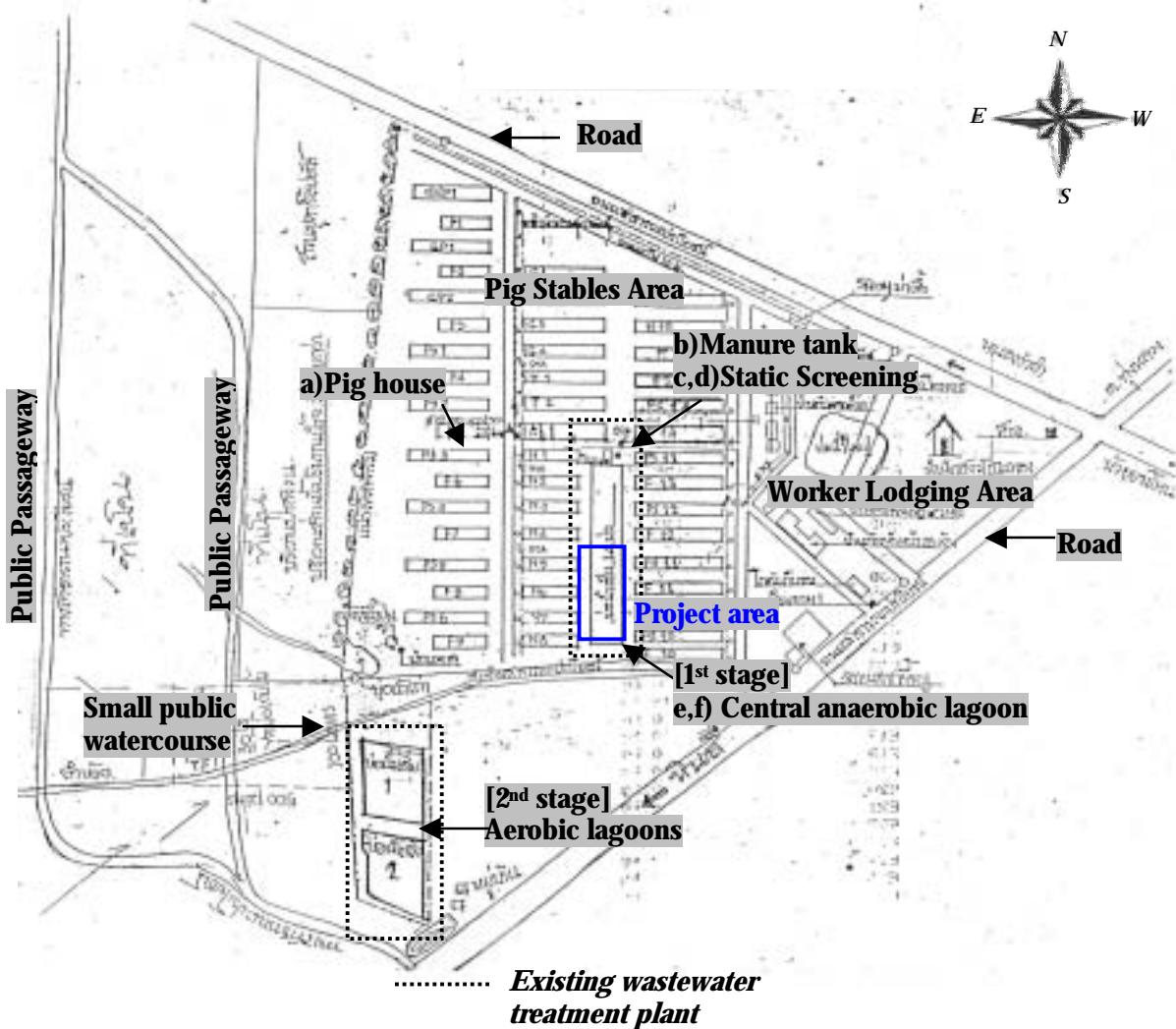
Physical location of the project site

The proposed project site will be located within Kanchana Hybrid (Nernthong) Farm, Kanchana Ratchaburi, centre Thailand. KHF covers an area of 250 rai, equivalent to 400,000 square metres (1 rai = 1,600 m²). The farm is operating as a breeding and nursing farm. It keeps approximately 46,000 pigs in 49 pigsties which are grouped into 21 units, with 181 operators working on site.

Operation of the pig farm

Figure A-3 shows the current operation of the farm. KHF treats swine manure in three open lagoons covering the area of 30 rai (48,000 m²). Since the manure is delivered to the central lagoon under anaerobic condition as the 1st treatment stage, the central lagoon is defined as the main CH₄ emission source. The manure then goes to two aerobic lagoons as the 2nd stage.

Figure A-3: Current situation of the pig farm





a) Pig house



c) Screening



d) Impurity



b) Manure tank

e) Upstream of the anaerobic lagoon.
• Methane bubbles on the surface.

f) Downstream of the anaerobic open lagoon

The pig houses are divided into 6 main groups according to the pig type; sires, sows and gilts, piglets, weaners, nursing pigs and fattened pigs groups. Pigs are brought up to be medium-sized pigs and sent to fattening farms.

The pig house design is a confined type, and naturally ventilated in the open air. The barn construction is of lifted floor type, which is different to the slatted floor type in fattening farm. The lifted floor allows easy access for cleaning, which is considered suitable for breeding and nursing farm as sanitary is much concerned.

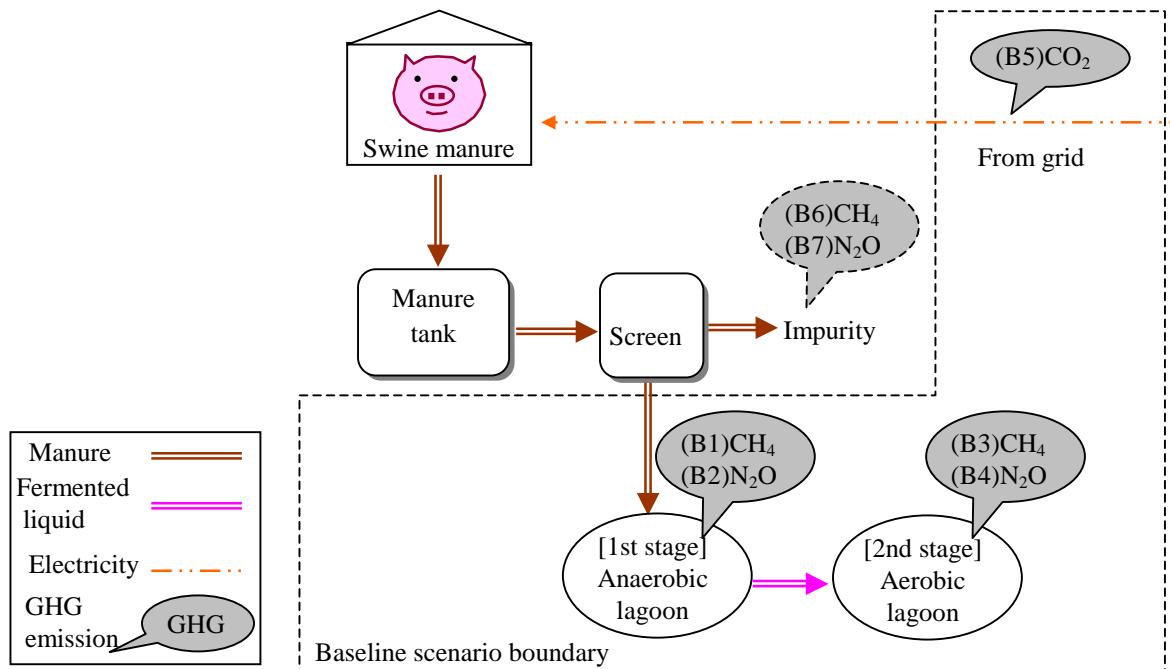
The pig farm utilizes grid-connected electricity for all the energy needed, without using fossil fuel. Therefore electricity from the grid will be one of the sources of GHG (CO₂) emissions.

In general, most of the area around the farm is for vegetable gardening and also vast area. There are a few houses located next to the post-treatment lagoons. Moving slightly further from the farm, the closest local community consists of a temple, a small local school and some houses. The surrounding area is not considered crowded. Currently, there are no complaints on the odour and contamination from wastewater to public watercourses. Besides, some houses nearby the post-treatment lagoons even use the treated water for their own plantations.



Current swine manure treatment

Figure A-4: Current situation of manure treatment and GHG emission



Currently, most of the swine manure in this farm is flushed from the place where it is deposited, using fresh or recycled water. One pig emits around 325g of manure on average a day. The wastewater of the pig farm is approximately 1,050 m³/day. Manure is collected to a manure tank and successively roughly screened in order to remove impurity such as food residue and pigs' hair. The impurity is made into compost. The screened wastewater next goes to the central lagoon. The wastewater is currently treated in two stages; the 1st stage with the central anaerobic open lagoon and the 2nd stage with the aerobic open lagoon. Strictly speaking, the 2nd stage consists of 2 anaerobic open lagoons, but they are closely connected with each other and regarded as one lagoon.

In the 1st stage, the wastewater contains heavy organic load and that makes the lagoon anaerobic condition. Under anaerobic condition, organic material turns into CH₄¹. Wastewater next goes to the 2nd stage, the aerobic lagoon. Most of CH₄ emission is finished in the 1st stage, only a little CH₄ is emitted in the 2nd stage. N₂O is also emitted in each stage.

¹ The mechanism of methane production from swine manure is provided in 4.2.1 of IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual; “ Livestock manure is principally composed of organic material. When this organic material decomposes in an anaerobic environment (i.e., in the absence of oxygen), methanogenic bacteria, as part of an interrelated population of micro-organisms, produce methane.

The principal factors affecting methane emission from animal manure are the amount of manure produced and the portion of the manure that decomposes anaerobically. The amount of manure that is produced is dependant on the amount produced per animal and the number of animals. The portion of the manure that decomposes anaerobically depends on how the manure is managed. When manure is stored or treated as a liquid (e.g., in lagoons, ponds, tanks, or pits), it tends to decompose anaerobically and produce a significant quantity of methane.”



On the other hand, as for the breeding (sire and sow) pigsties, the raw manure can be directly collected. Approximately 60 percent of the raw manure can be collected before using water-jet to flush down the rest to the wastewater collection channel. Thus, the directly collected manure, which is not described in the figure A-4, will be excluded from the project activity.

The operator normally collects the raw manure once a day and cleans the floor once a week. Collected raw manure will become compost and be sold in the market together with the impurity-derived compost.

Table A-1: Type and number of pigs in Kanchana Hybrid farm

Type	Number (heads)	Raw manure collection rate (%)	Number for flushing manure (heads)
Sire	240	60	96
Sow	8,960	60	3,584
Gilt	540	0	540
Piglet	12,265	0	12,265
Weaner	3,820	0	3,820
Nursling pigs	16,450	0	16,450
Finisher (Fattened pig)	3,920	0	3,920
Total	46,195		40,765

A.4.2. Category(ies) of project activity:

>> "Methane recovery" associated with "Renewable electricity generation for a grid".

A.4.3. Technology to be employed by the project activity:

>>

General description of the project

The project activity is installation of an anaerobic digester and a power generator for the 1st stage of manure treatment. The biogas plant of the project will be constructed nearby the existing central lagoon with the available space of 10 rai (16,000 m²). The project avoids methane emissions from swine manure treatment. The biogas electricity also reduces CO₂ from fossil fuel of the grid electricity.

In the first stage, the swine manure will be treated in anaerobic digester, where manure will be utilized to recover methane for energy production in order to use within the factory and export to the grid. The wastewater will go through an aerobic open lagoon as the 2nd stage, which has low organic load and most of it turns into CO₂ (carbon neutral), thus emits reduced amount of CH₄.

N₂O will be emitted in each process.

The pre-treatment process is common for the baseline scenario (as shown in Section B). Therefore, though there can be CH₄ and N₂O leakage from impurity, the amount is the same in the baseline and the project, such emissions are not calculated.



Anaerobic digestion

This is the main emission reduction process in this project. The screened wastewater goes to the 1st stage, anaerobic digester. Organic matter is fermented in the anaerobic condition and all of the biogas produced is collected.

Power generation

Biogas is recovered as a fuel for electricity generation. The power generator has the capacity of 235kW (5,645kWh/d). No fossil fuel will be used in the project activity including start up or auxiliary fuel. Biogas electricity will be utilised for system power, pig farm operation and office use, and the surplus electricity will be sold to the grid.

Table A-2: Electric power balance

	(kWh/d)
Power generation	5,030
Digester consumption	1,200
Pig farm consumption	3,375
Export to grid	455

The biogas electricity replaces the grid electricity which uses fossil fuel and reduces CO₂. CO₂ from the power generator comes from biogas and considered carbon neutral.

Figure A-5: Flowchart of Treatment System in the project activity

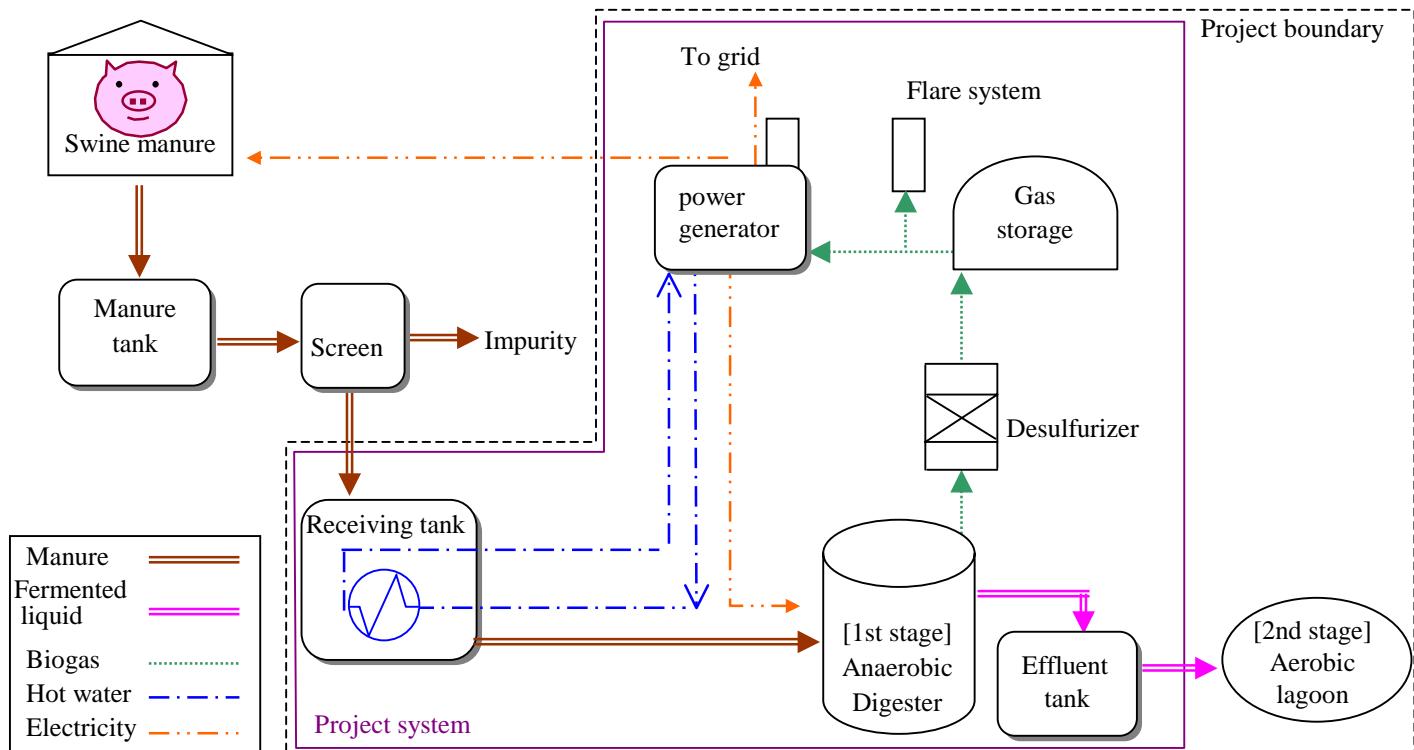
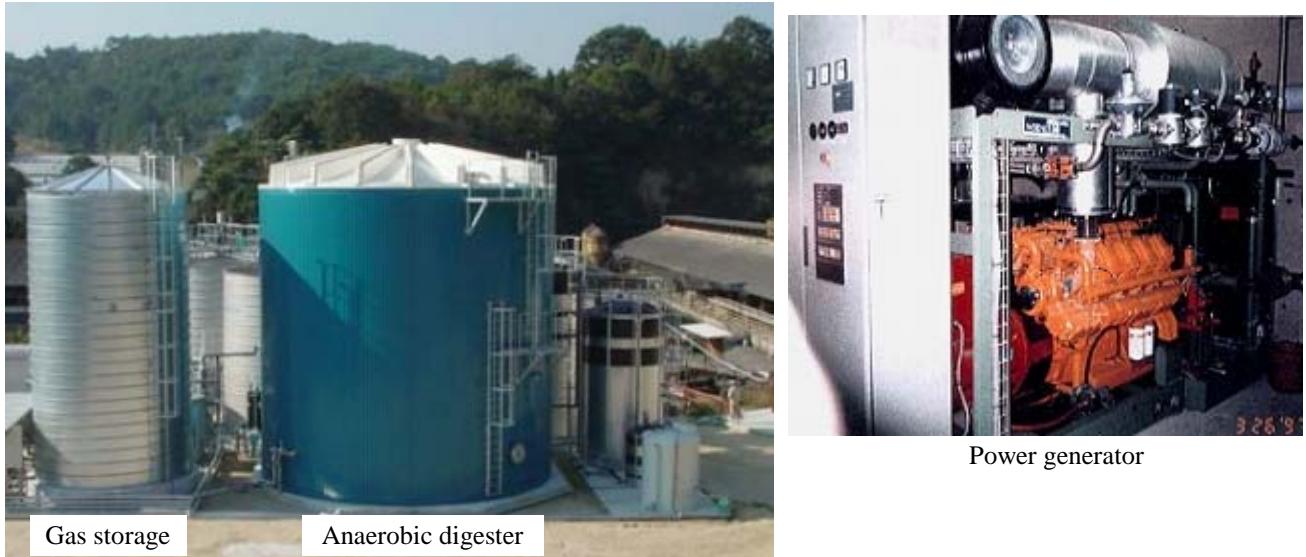




Figure A-6: Equipments to be implemented



Power generator

Gas storage

Anaerobic digester

A.4.4. Brief explanation of how the anthropogenic emissions of anthropogenic greenhouse gas (GHGs) by sources are to be reduced by the proposed CDM project activity, including why the emission reductions would not occur in the absence of the proposed project activity, taking into account national and/or sectoral policies and circumstances:

>>The swine manure is now treated in three open lagoons. The project activity involves the capture of methane from the swine manure that would otherwise be released into the atmosphere, through the use of an anaerobic digester. The recovered biogas will be used as a renewable fuel for power generation, further contributing to emission reductions. The emission reduction by the project is estimated 22,000 tonnes in CO₂ equivalent annually.

As described in further detail in Section B.2, The project will not occur in the absence of the project activity, due to there being no incentive to change the current practice of treating the manure in an open lagoon system. More precisely, the existing lagoon system meets current environmental standard, and the returns from the sale of electricity and compost which will be produced from the impurity of screened swine manure is not sufficiently high for this alone to warrant capital investment. The project will not be materialized without the expectation of additional revenue from the sale of CERs.

A.4.4.1. Estimated amount of emission reductions over the chosen crediting period:

>>Estimated amount of emission reductions from 2007-2016 is 220,845t-CO₂/y.

A.4.5. Public funding of the project activity:

>>There is no public funding involved in this project.

**SECTION B. Application of a baseline methodology****B.1. Title and reference of the approved baseline methodology applied to the project activity:**

>> This project is conducted on a newly proposed baseline methodology "GHG emission reduction and power generation from manure management system", which is mainly based on AM0006 "GHG emission reduction from manure management system". The description of emission reduction from renewable electricity was added, which was not found in the original AM0006. Formulas for calculating emission reduction were also altered, and the order of formulas was altered accordingly.

According to the modalities and procedures of the CDM, the approved methodology follows the baseline approach 48(a), "existing actual and historical emissions, as applicable".

B.1.1. Justification of the choice of the methodology and why it is applicable to the project activity:

>> The new methodology is applicable to the project activity with the following conditions.

- **The project context is represented by farms operating under a competitive market;**
Ratchaburi has recently been the province with highest number of swine of 1.17 million heads during the past few years, and Kanchana Hybrid Farm, operated by the third largest business group in swine business in Thailand, maintains approximately 4% of pigs produced in this province. This implies that the pig farm is operated under the competitive market.
- **The manure management system introduced as part of the project activity, as well as the manure management system in the baseline scenario, must be in accordance with the regulatory framework of the country;**
The swine manure is currently treated in bar screening, collection tank and three open lagoons. Dry solid excrement and the urine manure are collected separately before cleaning process. All these activities are in accordance with the regulatory framework of Thailand.
- **Livestock populations are managed under confined conditions. Barn systems and barn flushing systems should neither be the baseline scenario nor the project activity;**
Pigs are managed in confined pigsties. Barn systems and barn flushing systems are neither the baseline scenario nor the project activity.
- **Livestock populations comprise only cattle, buffalo and/ or swine;**
Livestock population in the project comprises only swine.
- **The manure management system introduced as part of the project activity, as well as the manure management system in the baseline scenario, may consist of several stages of manure treatment, including all options (or a combinations of them) listed below in step 1 under "Additionality", but excluding the discharge of manure into natural water resources (e.g. rivers or estuaries);**
The project consists of anaerobic digester and aerobic lagoon. It does not discharge the manure into natural water resources.



- **The captured methane is used for electricity generation, which avoids emissions due to displaced electricity in a well-defined grid electricity;**
The project generates biogas-originated renewable electricity which is supplied for the in-house use for the pig farm and also exported to PEA (Provincial Electricity Authority).
- **The capacity of the renewable biogas power generation of the project activity is lower than 15MW.**
The power generator has the capacity of 240kW, which is lower than the capacity provided in the methodology.

B.2. Description of how the methodology is applied in the context of the project activity:

>>

Identification of the baseline scenario and demonstration of additionality of the project activity

The methodology follows the steps below. The application to this project is then described.

- Determination of the baseline scenario, taking into account national and/or sectoral policies and circumstances.
- Explanation of why the project will not be implemented as part of the baseline, and is therefore additional.
- Assessment of potential leakage
- Calculation of baseline and project emissions.

The following steps are conducted to determine the baseline scenario.

Step 1: List of possible baseline scenario options

The current swine manure treatment system consists of anaerobic and aerobic treatment. The baseline scenario identification will cover the whole system.

The following list of scenario alternatives is composed of a combination of different animal waste treatment stages. Each alternatives was chosen considering prevailing practices in the company, available technologies and treatment efficiency as key aspects.

- 1) Solid storage – Land application
- 2) Pit storage – Land application
- 3) Storage lagoon – Land application
- 4) Anaerobic lagoon – Land application
- 5) Press (Solid separation) anaerobic lagoon – Aerobic lagoon
- 6) Digester – Aerobic lagoon
- 7) Solid separation – Composting – Land application
- 8) Forced Aeration– Aerobic lagoon

The dry lot system has been excluded because it is not applicable to the conditions of the swine's barns.



Step 2: Identification of plausible scenarios

The following criteria provide convincing justification for the exclusion of some of the possible baseline scenarios presented in Step 1.

The baseline scenario is first examined by the following aspects.

- Legal constrains
- Historical practice of waste management in the project site
- Availability of waste treatment technology
- Consideration of developments for manure management systems appropriate for the national conditions, including technological innovations.

- 1) **Solid storage - Land application:** This kind of system is not applicable for manure that has low solid content. Due to washing and flushing systems of the barns, swine waste in this project is liquid, therefore pumped from the barns to the wastewater treatment system.
- 2) **Pit storage – Land application:** The operator normally collect the raw manure once a day and clean the floor once a week. Therefore, this option will be excluded.
- 3) **Storage lagoon – Land application:** This system does not consider decay in volatile solids or nitrogen content in treated manure. Because the Thailand legislation requires quality standards for irrigation waters, the area to be irrigated by the storage lagoon effluent with the much larger than if considered an anaerobic lagoon, making this alternative not applicable. The storage lagoon does not comply with the waste treatment quality standards detailed in the environmental impact assessment, as an KHF's commitment. Depending on storage design, this system will not be efficient enough for odour and vector control. So the exclusion of this potential baseline scenario can be justified.
- 4) **Anaerobic lagoon – Land application:** The anaerobic stabilization lagoon system is a common practice in Thailand. However, the project site implements a more advanced system described in option 5, which eliminates this option 4 from the baseline scenario.
- 5) **Press (solid separation) anaerobic lagoon– Aerobic lagoon:** This system represents the current manure treatment system in KHF. Collected manure goes through a screen where impurity is removed and runs into open lagoons. This system needs no additional equipment as long as any special regulation will not be introduced. This makes this option the most plausible baseline scenario.
- 6) **Digester – Aerobic lagoon:** Digester implementation is highly costly, and not common or required in the regulations. Most of the barriers of this technology are described in the addtionality test demonstrated in the following step3 and step4, which will conclude that this option is far from the baselines scenario. This option will be considered as a predefined scenario, representative for the project initiative. If electricity is generated as a byproduct of digester, the influence of power generation should also be taken into account.
- 7) **Solid separation – Composting – Land application:** Composting systems are not adapted to large volumes of water, or moisture contents. This dry aerobic system can only be applied after solid separation stages of activated sludge. For this reason, this option is excluded from the list of possible baseline scenarios. Composting practices in Thailand are more common for the other type of solid waste treatment.



8) Forced Aeration: Aeration equipment is used in order to speed up the aerobic biodegradation of the wastewater. The current and future Thai regulation does not require this short-time and costly treatment.

The list of possible scenario has been reduced to one potential baseline and one predefined project activity:

Baseline:

5) Press (solid separation) anaerobic lagoon – Aerobic lagoon

Project:

6) Digester – Aerobic lagoon

Step 3: Economic comparison

Assuming the current manure treatment system the economic baseline, project income and expenditure are examined.

Table B-1: Economic analysis (without CER revenue)
Digester – Aerobic lagoon

Year	Construction	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Income											
Electricity		3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962
CER	0 US\$/ton-CO2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962	3,962
Expenditure											
Maintenance		1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295	1,295
Civil work		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	Total	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385	1,385
Expenditure - income		2,577	2,577	2,577	2,577	2,577	2,577	2,577	2,577	2,577	2,577
Construction		25,500									
Debt											
Principal repa	10 year payment		2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550
Interest	3 %		765	689	612	536	459	383	306	230	153
Deplication allowan	10 years		2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550	2,550
Pre-tax profit		-738	-661	-585	-508	-432	-355	-279	-202	-126	-49
Corporate tax	30 %		0	0	0	0	0	0	0	0	0
After tax profit		-738	-661	-585	-508	-432	-355	-279	-202	-126	-49
Cash flow		-25,500	27	27	27	27	27	27	27	27	27
	IRR	-									

Even if positive cash flows considered, economically most attractive management system is the current open lagoon. In Thailand, open lagoon treatment is normally the cheapest treatment system to meet the wastewater regulations, thus the most prevailing practice, which concludes that open anaerobic lagoon (solid separated) is the baseline scenario.



Step 4: Assessment of barriers

Although the economic analysis results in Step 3 clarified that the current situation is the baseline scenario and therefore the project is additional, the following analysis will help to reinforce baseline scenario identification and demonstration of additionality of the proposed project.

The following barrier assessments will prove that an anaerobic digester and power production (project scenario) are not commonly used for pig manure treatment.

Investment barriers:

While a biogas extraction and destruction facility can have no revenue, the additional source of revenue is biogas electricity sales. The revenue should be examined whether the project is attractive enough to be carried out even in the absence of the project activity as CDM. As seen in Step 3, it is clear that the project's IRR is not attractive for investment, particularly when considering the threshold for acceptable IRRs for power project in Thailand is around 13%. This amply demonstrates that the project cannot proceed without CDM.

Common practice barriers:

Most pig farms in Thailand have open lagoon systems similar to KHF's existing system to treat the swine manure. There are several farms that use closed anaerobic digestion either in conjunction with open lagoons or alone. These farms do not reflect a general trend for the swine manure treatment, but rather a difference in circumstances. Most of these farms are located in environmentally sensitive areas, such as being in the vicinity of a drinking water source or a populous area, giving rise to political pressure. However, even for these farms, anaerobic digester treatment is hardly the normal course of action.

Environmental regulations:

Currently, KHF meets the regulatory requirements for wastewater discharge levels, and an upgrade to a more advanced treatment is unnecessary. The current practice should therefore remain unchanged.

At present, certain regulations are now applied to control effluent quality discharged from livestock farms. Swine farms are categorized as one of the polluting industries, whose discharge must be controlled and monitored according to the Enhancement & Conservation of National Environment Quality Act B.E.2535 (1992). In accordance with the Act, the discharge from pig farms must comply with the *Industrial Effluent Standards for Industrial Plants and Industrial Estates and the Effluent Standards for Pig Farms*. The standards do not only specify the qualities and characteristics of the effluent, but also the analytical methods that shall be used in measuring such indicators. In addition, there are no plan to strengthen the regulation which may make the current treatment system non-complied within the foreseeable future.

CH₄ emission, however, has no regulation in Thailand, nor any regulation is planned.

A possibility of subsidy utilization must be noted. The project developer found in the field survey that the project owner was constructing a different type of digester with a financial support by the government.

It was the High Upflow Anaerobic Sludge Blanket or H-UASB digester by the Energy Conservation Promotion Fund (ENCON Fund). The ENCON fund has actually given support to H-UASB digesters of the design and specification developed by Chiang Mai University.



The digester to be applied to the proposed project is not an H-UASB digester, so this type of digester can lead to a technology transfer. Besides, subsidy budget is limited and not all subsidy applications are accepted. If this project can adopt ENCON fund using an H-UASB digester, another application will not be accepted and open lagoon treatment will remain as it is emitting methane into the air in the farm. Thus, current open lagoon treatment will be defined as the baseline scenario.

From the above assessments, it is clear that the project will not occur without the assistance of CDM. There is no reason for an upgrade of the existing swine manure treatment system, given that no circumstance exists to necessitate the change. Moreover, the return from the sale of electricity is not sufficiently attractive to warrant investment in a new technology. The project developer intends to use the extra revenue from the sale of CERs in order to increase the returns and attract investors to the project.

B.3. Description of how the anthropogenic emissions of GHG by sources are reduced below those that would have occurred in the absence of the registered CDM project activity:

>>As described in B.2, the project activity is not the baseline scenario and reduces emission of greenhouse gases, therefore it is clear that the project activity is additional.

B.4. Description of how the definition of the project boundary related to the baseline methodology selected is applied to the project activity:

>> The project boundary for the baseline and project activity is defined as the plant site. The gases and sources related to each scenario are given below.

Figure B-1: Project boundary

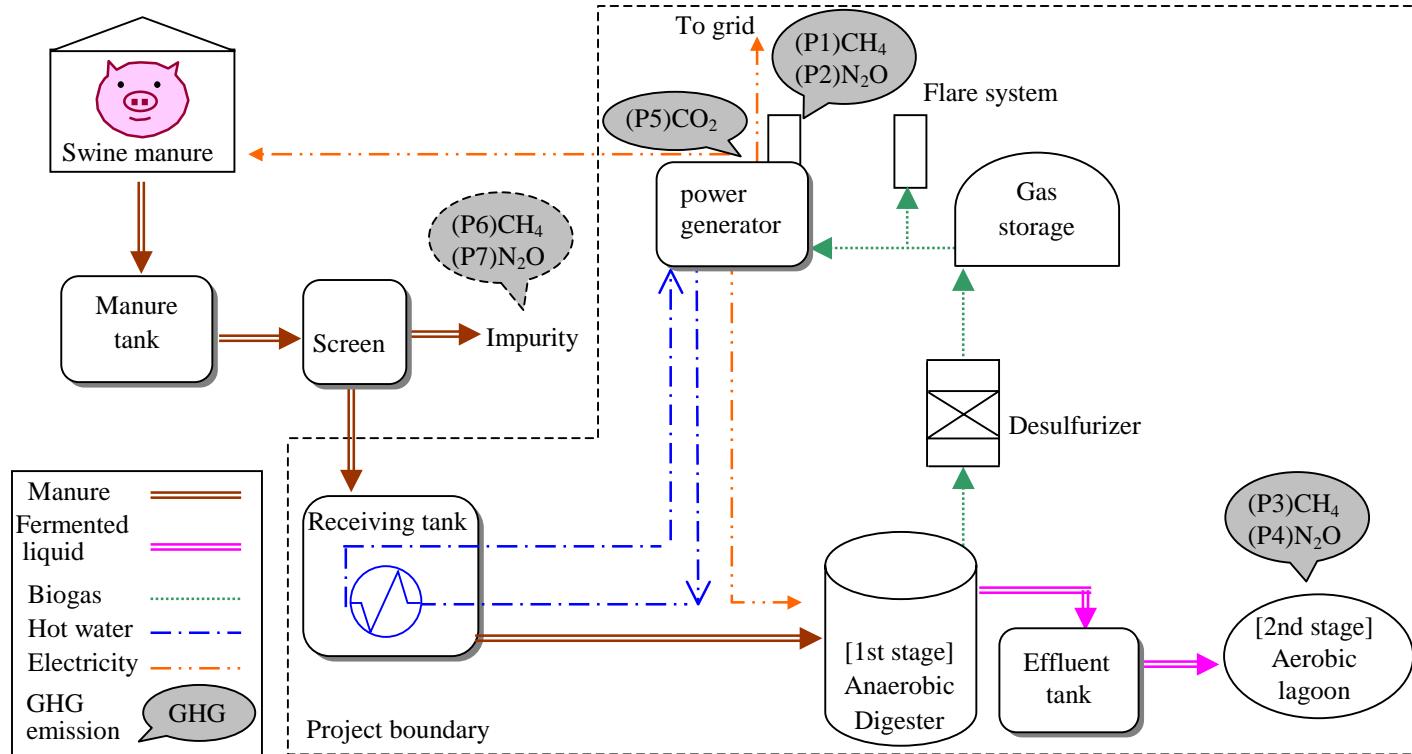




Table B-2: GHG emission and reduction within the boundaries of baseline scenario and project scenario

	Source	GHG	Calculation
Baseline emission	[1 st stage] Anaerobic open lagoon	(B1) CH ₄	Yes.
		(B2) N ₂ O	Yes.
	[2 nd stage] Aerobic open lagoon	(B3) CH ₄	Yes.
		(B4) N ₂ O	Yes.
	Grid electricity	(B5) CO ₂	Yes. Sum of pig farm use and exported amount displaced in the project.
	Impurity (compost)	(B6) CH ₄	No. Because the amount of CH ₄ emission from impurity in the baseline scenario is the same as that in the project, this value is not taken into account.
		(B7) N ₂ O	No. Same reason as above.
Project emission	[1 st stage] Anaerobic digester	(P1) CH ₄	Yes. Unburned fugitive emissions from the stack gas. The amount will be 0.
		(P2) N ₂ O	Yes. N ₂ O Emission from stack gas of power generator will be counted.
	[2 nd stage] Aerobic open lagoon	(P3) CH ₄	Yes.
		(P4) N ₂ O	Yes.
	Biogas electricity	(P5) CO ₂	Yes. Electricity consumed in the pig farm (except for the digester) and exported to the grid will lead to CO ₂ reduction. This emission is biomass-oriented, thus the amount is 0.
	Impurity (compost)	(P6) CH ₄	No. Because the amount of CH ₄ emission from impurity in the project is the same as that in the baseline scenario, this value is not taken into account.
		(P7) N ₂ O	No. Same reason as above.

[note] There are no emission sources outside of the project boundary.

Baseline emissions

Baseline emissions are calculated consistent with the baseline methodology, applying option B (estimation with referenced data) before project implementation. Once the project is implemented, baseline emissions will be recalculated applying option A (measurement of actual data).

[1st stage] Anaerobic open lagoon (B1-B2)

In the baseline scenario, the swine manure is firstly treated in an anaerobic open lagoon. CH₄ emitted into the atmosphere will be counted for the main source of baseline emission.

Small amount of N₂O will also be emitted into the atmosphere reducing the content of nitrogen, mainly as ammonia.

**[2nd stage] Aerobic open lagoon (B3-B4)**

After the swine manure is treated in the anaerobic lagoon, the wastewater is discharged to the aerobic open lagoon system. Most of CH₄ is extracted in the former process, and the lagoon is considered aerobic. Hence, CH₄ emission from the lagoon is assumed to be very little.

The amount of N₂O in the 2nd stage will be calculated with reducing nitrogen content in the 1st stage.

Grid electricity (B5)

Grid electricity in the baseline scenario will be defined as electricity for existing pig farm site (except for the digester) and electricity to be displaced by grid export in the project, which will be the same amount with "(P5) Biogas electricity" below.

Impurity (B6-B7)

Because the amount of CH₄ and N₂O emission from impurity in the baseline scenario is the same as these in the project, these values are not taken into account.

Project emissions

Project emissions are calculated consistent with the baseline methodology, applying option B (estimation with referenced data) before project implementation. Once the project is implemented, project emissions will be recalculated applying option A (measurement of actual data).

[1st stage] Aerobic digester (P1-P2)

The anaerobic digester implemented is a gas tight storage for digested manure. All the amount of CH₄ produced in the digester will be burned in the power generator. So CH₄ does not leak out from the digester. In accordance with the formula 1 of table 4-10 in IPCC Good practice guidance and Uncertainty management in National Greenhouse Gas Inventory, Methane Conversion Factor of Anaerobic digester in this project is considered zero (0), thus, project emission of methane outside the digester is also 0. Once the digester is installed, CH₄ emission will be calculated based on option A and verified from the monitoring result of CH₄ outlet of the stack.

In the anaerobic condition, small amount of N₂O will be emitted into the atmosphere through the stack of the power generator without reducing the content of nitrogen. The emission can be estimated based on the formula 7 in the baseline methodology, and once the digester is installed, N₂O emission will be calculated based on option A and verified from the monitoring result of N₂O outlet of the stack.

CO₂ from the swine manure is carbon-neutral and not included in the project emission.

[2nd stage] Aerobic open lagoon (P3-P4)

After the swine manure is treated in the digester, the wastewater is discharged to aerobic open lagoons. Most of CH₄ is extracted in the former process, and the lagoon is considered aerobic. Hence, CH₄ emission from the lagoon is assumed to be very little.

In the project activity, the closed digester system does not allow fugitive emission of nitrogen into the atmosphere. The amount of N₂O in the 2nd stage will be calculated using the formula 10 of the baseline methodology with the value of R_N = 0.

Biogas electricity (P5)

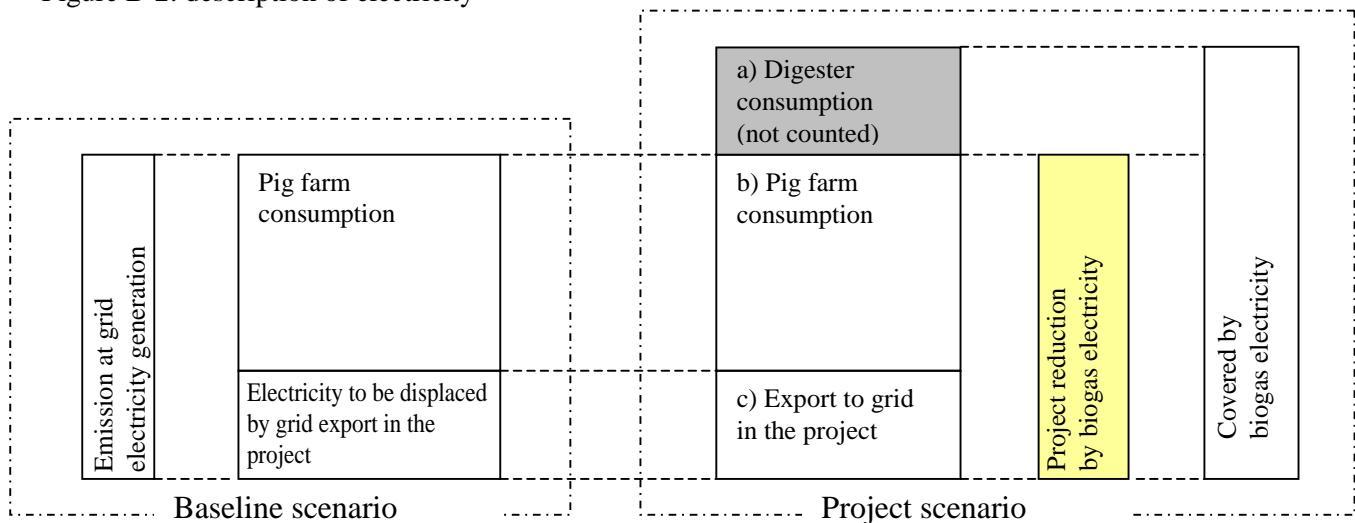


CO₂ emission from biogas electricity is considered 0 as carbon neutral. In the project activity, electricity generated will be supplied to the digester and the pig farm, and the surplus electricity will be exported to the grid.

- a) Digester electricity is an additional usage and will not be counted as the emission reduction source.
- b) Electricity consumed in the pig farm (including the office) is considered to be the same in the baseline scenario and the project scenario. The project activity provides biogas electricity for in-house use and the amount is considered to be emission reduction.
- c) Electricity to be exported in the project activity is defined as the one to be displaced by the project activity in the baseline scenario.

As a result, in the figure of baseline scenario boundary, 'grid electricity' is defined to consist of electricity consumption in the pig farm and electricity to be exported to the grid in the project activity.

Figure B-2: description of electricity



The sum of electricity for pig farm and export to the grid will be the project reduction which will be equal amount to the baseline emission of grid electricity. Therefore, the project reduction by biogas electricity will be defined as the baseline emission of grid electricity.

Impurity (P6-P7)

Because the amount of CH₄ and N₂O emission from impurity in the project is the same as those in the baseline scenario, these values are not taken into account.

B.5. Details of baseline information, including the date of completion of the baseline study and the name of person (s)/entity (ies) determining the baseline:

>>Date of completing the final draft of this baseline section (DD/MM/YYYY)
31/01/2005

**Name of person/entity determining the baseline:**

Sewerage engineering department
Takuma Co., Ltd.
2-33, Kinrakuji-cho 2-chome, Amagasaki, Hyogo 660-0806, Japan
Tel: +81-6-6483-2701
E-mail: haruki@takuma.co.jp

Energy for Environment Foundation
14th Fl., Si Ayutthaya Bldg., 487/1 Si Ayuttaya Rd.,
Ratchathewi Bangkok 10400
Tel: +66-2642-6424
E-mail: chaiwat.m@efe.or.th

Takuma and Energy for Environment Foundation are the project participants listed in Annex I.

SECTION C. Duration of the project activity / Crediting period**C.1 Duration of the project activity:****C.1.1. Starting date of the project activity:**

>> 01/01/2006. The starting date of the construction of the anaerobic digester will be the starting date of the project activity.

C.1.2. Expected operational lifetime of the project activity:

>> 50 years (expected)

C.2 Choice of the crediting period and related information:**C.2.1. Renewable crediting period****C.2.1.1. Starting date of the first crediting period:**

>>

C.2.1.2. Length of the first crediting period:

>>

C.2.2. Fixed crediting period:**C.2.2.1. Starting date:**

>> 01/01/2007.

C.2.2.2. Length:

>> 10 years

**SECTION D. Application of a monitoring methodology and plan****D.1. Name and reference of approved monitoring methodology applied to the project activity:**

>> This project is conducted on a newly proposed monitoring methodology "GHG emission reduction and power generation from manure management system", which is mainly based on AM0006 "GHG emission reduction from manure management system", adding the description of emission reduction from renewable electricity, which was not found in the original AM0006.

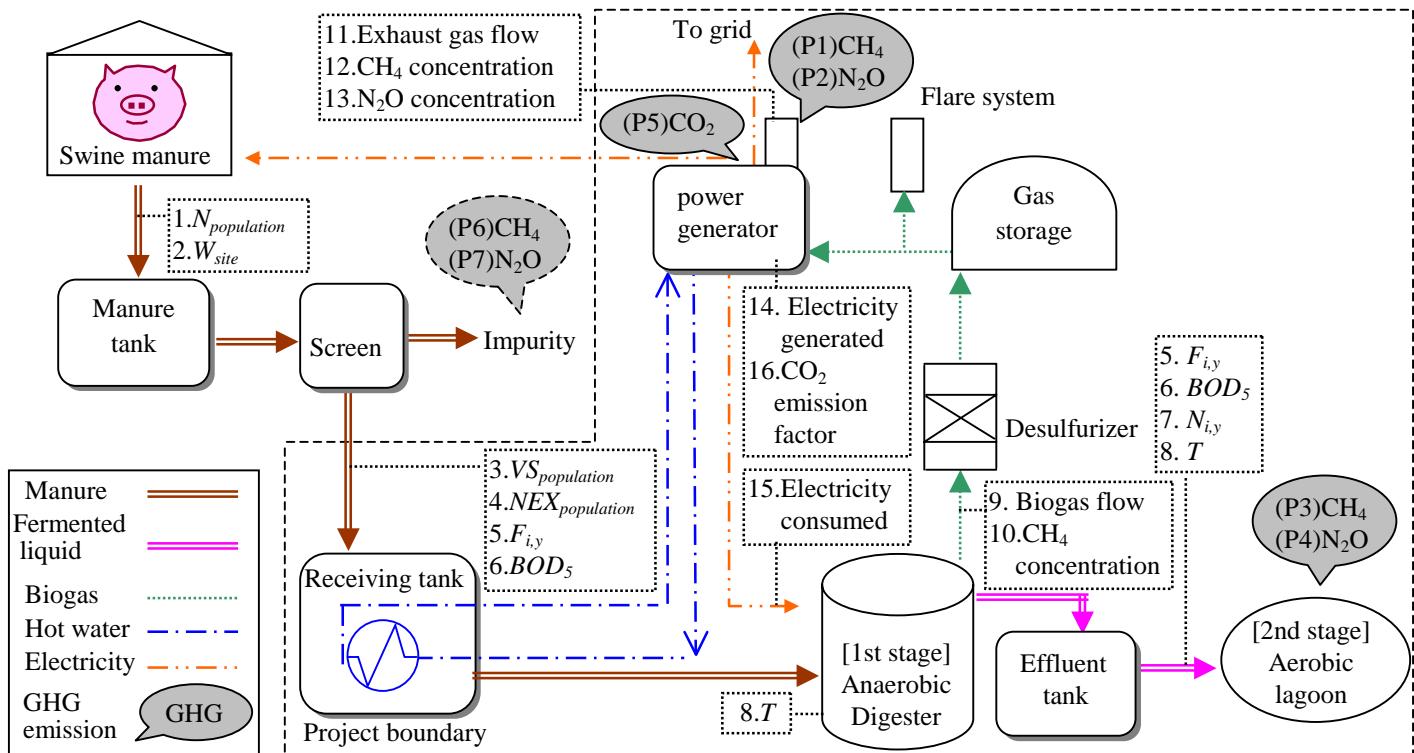
D.2. Justification of the choice of the methodology and why it is applicable to the project activity:

>> The monitoring methodology involves the monitoring of activity levels for the determination of baseline emissions from open lagoons and grid electricity generation. It also monitors the variables necessary to establish project emissions.

The monitoring methodology is applicable when used in conjunction with the accompanying baseline methodology, and with the applicability conditions defined in B.1.1.

The gases and sources of project emission on monitoring points are provided below.

Figure D-1: Monitoring points (indicated in the squares with broken line)



**D.2. 1. Option 1: Monitoring of the emissions in the project scenario and the baseline scenario****D.2.1.1. Data to be collected in order to monitor emissions from the project activity, and how this data will be archived:**

ID number <i>(Please use numbers to ease cross-referencing to D.3)</i>	Data variable	Source of data	Data unit	Measured (m), calculated (c) or estimated (e)	Recording frequency	Proportion of data to be monitored	How will the data be archived? (electronic/paper)	Comment
D.2-1	Number	Animal population	Heads	Measured	Weekly	100%	Paper. At least two years from completion period or last CERs issued	The number of pigs whose manure is flushed as defined in Table A-1. To be collected for each livestock population from 1996 Revised IPCC Guidelines and IPCC GPG 2000. This parameter will be incorporated in formula 1, 6, 7 and 10 of baseline methodology as $N_{population}$.
D.2-2	Mass	Average weight of Animals	kg	Measured and calculated	Records of entrance and exit of animals to the barn	100%	Paper. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	To be collected for each livestock population from 1996 Revised IPCC Guidelines and IPCC GPG 2000. This parameter will be incorporated in formula 2 and 8 as W_{site} .



PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM PDD) - Version 02



CDM – Executive Board

page 24

D.2-3	Concentration	Volatile solid excretion per animal and day	kg dry matter /animal /day	Measured	Monthly	100%	Paper. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Monitoring of this data is only required if measured site-specific data is used. To be collected for each livestock population from 1996 Revised IPCC Guidelines and IPCC GPG 2000. This parameter will be incorporated in formula 1 and 6 as $VS_{population}$.
D.2-4	Concentration	Nitrogen excretion per animal and day	kg dry matter /animal / day	Measured and calculated	Monthly	100%	Paper. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Monitoring of this data is only required if measured site-specific data is used. To be collected for each livestock population from 1996 Revised IPCC Guidelines and IPCC GPG 2000. This parameter will be incorporated in formula 7 and 10 as $NEX_{population}$.
D.2-5	Flow rate	Manure flow between each treatment stage	m ³ /day	Measured	Monthly	100%	Paper. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Only required for option A in step 4 of the baseline methodology. To be measured between each treatment stage of the project manure management system. This parameter will be incorporated in formula 3 and 9 as $F_{i,y}$.

This template shall not be altered. It shall be completed without modifying/adding headings or logo, format or font.



PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM PDD) - Version 02



CDM – Executive Board

page 25

D.2-6	Concentration	5 days Biochemical Oxygen Demand (BOD) in manure between each treatment stage	mg/l	Measured	Monthly	100%	Paper. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Only required for option A in step 4 of the baseline methodology. To be measured between each treatment stage of the project manure management system. This parameter will be incorporated in formula 4 as BOD_5 .
D.2-7	Concentration	Total nitrogen content in manure between each treatment stage	mg/l	Measured	Monthly	100%	Paper and electronic. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Only required for option A in step 4 of the baseline methodology. To be measured between each treatment stage of the project manure management system. This parameter will be incorporated in formula 9 as $N_{i,y}$.
D.2-8	Temperature	Temperature of manure between each treatment stage		Measured	Monthly	100%	Paper and electronic. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Only required for option A in step 4 of the baseline methodology. To be measured between each treatment stage of the project manure management system. This parameter will be incorporated in formula 5 as T .

This template shall not be altered. It shall be completed without modifying/adding headings or logo, format or font.



PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM PDD) - Version 02



CDM – Executive Board

page 26

D.2-9	Flow rate	Biogas flow extracted by digester	Nm ³ /h	Measured	Every working day	100%	Paper and electronic. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Only applicable to project activities including an anaerobic digester. This parameter guarantees the correct performance of digester and gas recovery. This parameter will verify the correct anaerobic fermentation process in the project activity multiplied by D.2-10 (considering the effect of inhibitors).
D.2-10	Percentile	CH ₄ concentration in biogas flow	%	Measured	Daily	100%	Paper and electronic. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Only applicable to project activities including an anaerobic digester. This parameter guarantees the correct performance of digester and gas recovery.
D.2-11	Flow rate	Exhaust gas flow	Nm ³ /h	Measured	Semiannual, monthly if unstable	100%	Paper and electronic. Duration of crediting period	Only applicable to project activities including an anaerobic digester. This parameter is used for verifying CH ₄ and N ₂ O emission in the project activity.
D.2-12	Percentile	CH ₄ concentration in exhaust gas flow	%	Measured	Semiannual, monthly if unstable	n/a	Paper and electronic. Duration of crediting period	Only applicable to project activities including an anaerobic digester. This parameter will verify the correct anaerobic fermentation process in the project activity multiplied by D.2-11 (considering the effect of inhibitors).

This template shall not be altered. It shall be completed without modifying/adding headings or logo, format or font.



PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM PDD) - Version 02



CDM – Executive Board

page 27

D.2-13	Percentile	N ₂ O concentration in exhaust gas flow	%	Measured	Semiannual, monthly if unstable	n/a	Paper and electronic. Duration of crediting period	Only applicable to project activities including an anaerobic digester. This parameter will verify N ₂ O emission in the project activity multiplied by D.2-11.
D.2-14	Electricity generation	Electricity generated	kWh	Measured	Continuously	100%	Paper and electronic. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	The difference between D.2-14 and D.2-15 will be incorporated in formula 13 as “Amount of electricity supplied by the project”, which determines the baseline emission of CO ₂ by electricity displacement.
D.2-15	Electricity consumption	Electricity consumed in the digester	kWh	Measured	Continuously	100%	Paper and electronic. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Same as D.2-14.
D.2-16	CO ₂ emission factor	CO ₂ emission factor for grid	tCO ₂ /MWh	Calculated	Annually	100%	Paper and electronic. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	This parameter will be calculated from formula 11 and 12 based on “Actual and forecast total energy generation and fuel requirement” of EGAT Power Development Plan, and incorporated in formula 13.

This template shall not be altered. It shall be completed without modifying/adding headings or logo, format or font.

**D.2.1.2. Description of formulae used to estimate project emissions (for each gas, source, formulae/algorithm, emissions units of CO₂ equ.)**

>>

This section provides how the formulas in the baseline methodology are applied to this project activity. In this project activity, baseline and project emissions will be estimated using official default factors before the project implementation, and be recalculated using actually monitored data after the project implementation. Therefore, this section describes a selection method of formulas in the baseline methodology and default factors, followed by explanation of formulas for calculating baseline/ project emissions before/ after the project implementation respectively.

Formulas and parameters for emissions calculation

Greenhouse gas emissions included in the project boundary are calculated for the project and the baseline manure management system separately, using the same methodological approach. Emission reductions result from the difference between project and baseline emissions. The methodology to calculate emissions is based on approaches presented in the 1996 Revised IPCC Guidelines and in the IPCC GPG 2000.

As illustrated in Figure D-1, manure management systems comprise two treatment stages and emissions should be determined for each treatment stage separately. The following steps are required for the calculation of both, baseline and project emissions:

1. Identification of the pig population N in the project site. If the livestock populations comprise several species, populations should be identified according to the categorization of (sub-) populations in the 1996 Revised IPCC Guidelines and the IPCC GPG 2000.
2. Determination of the volatile solids (VS) and the nitrogen excretion (NEX) rates. Total volatile solids and nitrogen supplied to the manure management system are determined by the excretion rates VS and NEX and the monitored pig population. Emissions of the project and the baseline scenario are both calculated on the basis of the monitored total volatile solid and nitrogen quantities supplied to the manure management system.
3. Calculation of CH₄ and N₂O emissions from manure management in the first treatment stage, by applying appropriate emission factors to the quantity of volatile solids and nitrogen supplied to the manure management system.
4. In each treatment stage of the manure management system volatile solids and nitrogen loads are reduced. To calculate emissions from the treatment stage considered, the quantity of volatile solids and nitrogen supplied to the next treatment stage have to be determined. For this purpose two methodological approaches are applied:

Option A [Actually monitored data: After the project implementation]: Between each treatment stage of the manure waste management system the waste flow F, the biochemical oxygen demand BOD, the temperature T and the nitrogen content N are measured during monitoring. N₂O and CH₄ emissions are then calculated by applying appropriate emission factors to the measured quantity of biochemical oxygen and nitrogen supplied to the manure management system. This approach can only be applied in the actual project manure management system, as it requires regular monitoring of these parameters, which is not possible for hypothetical baseline scenario. The project activity adopts option A for the baseline/ project emissions calculation after the project implementation.



Option B [Referenced data: Before the project implementation]: The reduction of the volatile solids and nitrogen during a treatment stage is estimated based on referenced data for different treatment types. Emissions from the next treatment stage are then calculated following the approach outlined in step 3 and 4 above, but with volatile solid and nitrogen quantities adjusted for the reduction from the previous treatment stage. This approach can be applied to both the project and the baseline scenario. The project activity adopts option B for baseline/ project emissions estimation before the project implementation.

5. Repetition of step 4 for the 2nd treatment stage.

Steps 1 to 5 will be applied to the manure management system of the project activity and to the manure management system that has been identified as the baseline scenario. Net emissions reductions are the difference between emissions in the baseline and project manure management system.

EMISSIONS ESTIMATION BEFORE THE PROJECT IMPLEMENTATION

Before the project is implemented, the project developer estimates baseline and project emissions based on option B with the IPCC default values for the methane conversion factor MCF, the maximum methane production capacity B_o , the volatile solid excretion per animal VS and nitrogen excretion rate NEX. Once the project is implemented, both emissions will be recalculated based on option A with actually monitored parameters consistent with the monitoring methodology. Number in brackets represents formulas in the baseline methodology.

Methane emissions from manure management

The main factors affecting methane emissions from manure management are the amount of manure produced and the portion of manure decomposition under anaerobic conditions. The type of manure management system and the climate (primarily temperature) are the primary factors that determine the extent of anaerobic decomposition.

Methane emissions will be calculated by each (anaerobic and aerobic) treatment stage.

**1st stage (Anaerobic treatment)**

$$E_{CH_4,mm,1,y} = GWP_{CH_4} \times MCF_1 \times D_{CH_4} \times \frac{365}{1000} \times \sum_{population} VS_{population} \times B_{o,population} \times N_{population} \quad (1)$$

where:

- $E_{CH_4,mm,1,y}$ Are the CH₄ emissions from manure management in the first treatment stage of a manure management system during the year y in tons of CO₂ equivalent.
- GWP_{CH_4} Is the approved Global Warming Potential (GWP) of CH₄.
- MCF_1 Is the methane conversion factor (MCF) for treatment of manure in the first treatment stage in percent.
- D_{CH_4} Is the CH₄ density (0.67 kg/m³ at room temperature (20 °C) and 1 atm pressure).
- $VS_{population}$ Is the volatile solid excretion per day on a dry-matter basis for a defined livestock population in kg-dm/animal/day.
- $B_{o,population}$ Is the maximum CH₄ production capacity from manure per animal for a defined livestock population in m³ CH₄/kg-dm.
- $N_{population}$ Is the livestock of a defined population. The project is only for swine, so population in the formula indicates only one species.

Methane conversion factors (MCFs) define the portion of the methane production capacity B_o that is achieved. The MCFs depend on the type of manure management system, the temperature of the stored manure, the duration of storage and the handling practices of the system. The project activity uses default values from Table 4.10 and Table 4.11 of the IPCC GPG 2000.

Volatile solids are the degradable organic material in livestock manure. Default values are used for the estimation of volatile solid excretion from Appendix B of Chapter 4.2 in the Reference Manual of the 1996 Revised IPCC Guidelines.

Apart from the project activity, if one project consists of different sub-populations such as cattle, buffalo and/or swine, methane emissions from manure management should be estimated separately for these sub-populations, according to Appendix B of Chapter 4.2 in the Reference Manual of the 1996 Revised IPCC Guidelines. For emissions calculation, the monitored livestock of each defined population should be used. Also, if site-specific or regional or national data for MCF, B_o and VS are very costly obtained or not available, conservative default values shall be used following the guidance; The maximum methane production capacity B_o varies by species and diet. Where default values are used, they should be taken from Appendix B of Chapter 4.2 in the Reference Manual of the 1996 Revised IPCC Guidelines, taking into account the site-specific characteristics. Where diets in the project are more similar to diets in developed countries, appropriate default values from developed countries may be selected.



Volatile solids contents in raw manure

The volume of volatile solids is assumed to be proportional to the average weight of pigs. In order to collect the default weight and VS volume to the site-specific value, the following formula is used.

$$VS_{site} = \left(\frac{W_{site}}{W_{default}} \right) \times VS_{default} \quad (2)$$

where:

- VS_{site} Is the adjusted volatile solid excretion per day on a dry-matter basis for a defined livestock population at the project site in kg-dm/animal/day.
 W_{site} Is the average animal weight of a defined population at the project site in kg.
 $W_{default}$ Is the default average animal weight of a defined population in kg.
 $VS_{default}$ Is the default value (IPCC or US-EPA) for the volatile solid excretion per day on a dry matter basis for a defined livestock population in kg-dm/animal/day.

2nd stage (Aerobic treatment)

Methane emissions from the second treatment stage will be calculated *ex ante* following formula 6 as option B, on the basis of total volatile solids adjusted for volatile solid reductions in the 1st stage:

$$E_{CH_4,mm,i,y} = GWP_{CH_4} \times MCF_i \times D_{CH_4} \times \left[\prod_{n=1}^{i-1} (1 - R_{VS,n}) \right] \times \frac{365}{1000} \times \sum_{population} VS_{population} \times B_{population} \times N_{population} \quad (6)$$

where:

- $E_{CH_4,mm,i,y}$ Are the CH₄ emissions from manure management in the first treatment stage of a manure management system during the year y in tons of CO₂ equivalent.
 GWP_{CH_4} Is the approved Global Warming Potential (GWP) of CH₄.
 MCF_i Is the methane conversion factor (MCF) for the treatment of manure in stage i in percent.
 D_{CH_4} Is the CH₄ density (0.67 kg/m³ at room temperature (20 °C) and 1 atm pressure).
 $R_{VS,n}$ Is the relative reduction of volatile solids in the treatment stage n in per cent.



- $VS_{population}$ Is the volatile solid excretion per day on a dry-matter basis for a defined livestock population in kg-dm/animal/day.
- $B_{0,population}$ Is the maximum CH₄ production capacity from manure per animal for a defined livestock population m³ CH₄/kg-dm.
- $N_{population}$ Is the livestock of a defined population.

Nitrous oxide emissions from manure management

1st stage (Anaerobic treatment)

Nitrous oxide (N₂O) from manure management is produced from the combined nitrification -denitrification process that occurs on the nitrogen in manure. The majority of nitrogen in manure is in ammonia (NH₃) form. Nitrification occurs aerobically and converts this ammonia into nitrate, while denitrification occurs anaerobically, and converts the nitrate into N₂O. Temperature, pH, biochemical oxygen demand (BOD), and nitrogen concentration affect the N₂O generation rate.

N₂O emissions from manure management systems are calculated based on the approach in the 1996 Revised IPCC Guidelines and the IPCC GPG 2000.

Similarly as in the case of CH₄ emissions, the approach to calculate N₂O emissions for the first stage of manure treatment is different from approaches for the 2nd stage. In the first stage of manure treatment, direct N₂O emissions from manure management are calculated by multiplying the amount of N excretion for each defined livestock population by an emission factor for the type of manure management system:

$$E_{N2O,mm,1,y} = GWP_{N2O} \times EF_{N2O,mm,1} \times CF_{N2O-N,N} \times \frac{1}{1,000} \times \sum_{population} NEX_{population} \times N_{population} \quad (7)$$

where:

$E_{N2O,mm,1,y}$ Are the nitrous oxide emissions from the first stage of the manure management systems in tonnes of CO₂ equivalents per year.

GWP_{N2O} Is the approved Global Warming Potential (GWP) for N₂O.

$EF_{N2O,mm,1}$ Is the N₂O emission factor for the first treatment stage of the manure management system in kg N₂O-N/kg N (EF₃ in 1996 Revised IPCC Guidelines and IPCC GPG).

$CF_{N2O-N,N}$ Is the conversion factor N₂O-N to N (44/28).

$NEX_{population}$ Is annual average nitrogen excretion per animal of the defined livestock population in kg N/animal/year.

$N_{population}$ Is the livestock of a defined population.

The N₂O emission factor for the treatment of manure $EF_{N2O,mm,1}$ will be estimated with default values from Table 4.12 and Table 4.13 of the IPCC GPG

This template shall not be altered. It shall be completed without modifying/adding headings or logo, format or font.



2000 before the project implementation. Once the project is implemented, site-specific, regional or national data will be adopted for recalculation.

Nitrogen excretion from raw manure

Similarly as VS, as for the nitrogen excretion *NEX*, default values from Table 4.20 in the IPCC Guidelines (adjusted with the factors in Table 4.14 of the IPCC GPG for young animals) will be used and should be corrected for the animal weight at the project site in the following way, assuming that the nitrogen excretion is proportional to the weight of the animal:

$$NEX_{site} = \left(\frac{w_{site}}{w_{default}} \right) \times NEX_{default} \quad (8)$$

where:

- NEX_{site} Is the adjusted annual average nitrogen excretion per head of a defined livestock population in kg N/animal/year.
 w_{site} Is the average animal weight of a defined population at the project site in kg.
 $w_{default}$ Is the default average animal weight of a defined population in kg.
 $NEX_{default}$ Is the default value (IPCC or US-EPA) for the nitrogen excretion per head of a defined livestock population in kg N/animal/year.

2nd stage (Aerobic treatment)

Nitrous oxide emissions from the second stage will be calculated following the option B, on the basis of the nitrogen quantity adjusted for nitrogen reductions in the previous treatment stage:

$$E_{N2O,mm,ly} = GWP_{N2O} \times EF_{N2O,mm,i} \times CF_{N2O-NN} \times \left[\prod_{n=1}^{i-1} (1 - R_{N,n}) \right] \times \frac{1}{1000} \times \sum_{population} NEX_{population} \times N_{population} \quad (10)$$

where:

- $E_{N2O,mm,1,y}$ Are the nitrous oxide emissions from the first stage of the manure management systems in tonnes of CO₂ equivalents per year.
 GWP_{N2O} Is the approved Global Warming Potential (GWP) for N₂O.
 $EF_{N2O,mm,i}$ Is the N₂O emission factor for the treatment stage i of the manure management system in kg N₂O-N/kg N (EF₃ in 1996 Revised IPCC Guidelines and IPCC GPG).
 CF_{N2O-NN} Is the conversion factor N₂O-N to N (44/28).
 $R_{VS,n}$ Is the relative reduction of nitrogen in the treatment stage n in per cent.

This template shall not be altered. It shall be completed without modifying/adding headings or logo, format or font.



$NEX_{population}$ Is annual average nitrogen excretion per animal of the defined livestock population in kg N/animal/year.
 $N_{population}$ Is the livestock of a defined population.

EMISSIONS CALCULATION AFTER THE PROJECT IMPLEMENTATION

Methane emissions from manure management

For the first and second treatment stage, methane emissions will be calculated using the same formulas with two different approaches, corresponding to option A above. Methane emissions are calculated based on the measurement of the biochemical oxygen demand (BOD) and the quantity of manure flowing to that treatment stage:

$$E_{CH_4,mm,i,y} = 0.25 \times BOD_{lt,i,y} \times F_{i,y} \times MCF_i \times GWP_{CH_4} \times \frac{1}{1,000,000} \quad (3)$$

where:

$E_{CH_4,mm,i,y}$ Are the CH₄ emissions from manure management in the second or subsequent treatment stage i of the project activity during the year y in tons of CO₂ equivalents.

$BOD_{lt,i,y}$ Is the average long-term biochemical oxygen demand of the manure flow to treatment stage i during the year y in mg/l.

$F_{i,y}$ Is the manure flow to the treatment stage i during the year y in m³.

MCF_i Is the methane conversion factor (MCF) for the treatment of manure in stage i in per cent.

GWP_{CH_4} Is the approved Global Warming Potential (GWP) of CH₄.

Both, the biochemical oxygen demand BOD and the manure flow F between the treatment stages should be monitored for the project manure management system. Usually, the five-day biochemical oxygen demand BOD_5 is measured. The long-term biochemical oxygen demand can then be calculated with the BOD_5 and the reaction constant k as follows:

$$BOD_{lt} = \frac{BOD_5}{(1 - 10^{-5k})} \quad (4)$$

where:

$BOD_{lt,i}$ Is the long term biochemical oxygen demand of the manure flow to treatment stage i in mg/l.



$BOD_{5,i}$ Is the five-day biochemical oxygen demand of the manure flow to treatment stage i in mg/l.
 k Is the reaction constant for the biochemical oxygen demand.

The reaction constant can be assumed as approximately 0.1 for wastewater at 20°C (Metcalf & Eddy, 1991)², but varies with the temperature. Values for the reaction constant k at different temperatures can be calculated with the help of the Van't Hoff-Arrhenius relationship, where α is 1.056 for temperatures between 20 and 30°C, and 1.135 for temperatures between 4 and 20°C. Frequently a referential value of 1.047 is used for wastewater in lukewarm conditions (Metcalf & Eddy, 1991).

$$k_T = k_{20} \times e^{(\frac{RT}{T-20})} \quad (5)$$

where:

k_T Is the reaction constant for the biochemical oxygen demand at the temperature T.
 k_{20} Is the reaction constant for the biochemical oxygen demand at 20°C.
 T Is the temperature of the manure flow to the treatment stage i in degree Celsius.
 α Is a constant in the Van't-Hoff-Arrhenius relationship.

Nitrous oxide emissions from manure management

For the first and second treatment stage, nitrous oxide emissions can be calculated using the same formulas with two different approaches, corresponding to option A above. N₂O emissions will be calculated based on measurements of the nitrogen content in the manure flowing to that treatment stage:

$$E_{N2O,mm,i,y} = GWP_{N2O} \times EF_{N2O,mm,i} \times N_{i,y} \times F_{i,y} \quad (9)$$

where:

$E_{N2O,mm,i,y}$ Are the N₂O emissions from manure management in the second or subsequent treatment stage i of the project activity during the year y in tons of CO₂ equivalents.
 GWP_{N2O} Is the approved Global Warming Potential (GWP) for N₂O.
 $EF_{N2O,mm,i}$ Is the N₂O emission factor for the treatment stage i of the manure management system in kg N₂O-N/kg N (EF3 in 1996 Revised IPCC Guidelines and IPCC GPG).

² Metcalf and Eddy. Wastewater Engineering: Treatment, disposal, reuse. McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series. International Edition 1991.

 $N_{i,y}$

Is the average nitrogen content in the manure flowing to the treatment stage i during the year in kg N/m³.

 $F_{i,y}$

Is the manure flow to the treatment stage i during the year y in m³.

Project emissions

Project emissions in a certain year are the sum of CH₄ and N₂O emissions from manure management in the 1st and 2nd treatment stage and CO₂ emissions from grid electricity in the project activity in tons of CO₂ equivalents.

$$E_{y,project} = \sum_i E_{CH4,mm,i,y,project} + \sum_i E_{N2O,mm,i,y,project} + E_{CO2,grid,y,project} \quad (14)$$

Where:

 $E_{y,project}$

Are the net GHG emissions due to the project activity during the year y in tons of CO₂ equivalents.

 $\sum_i E_{CH4,mm,i,y,project}$

Are the net CH₄ emissions from manure management in the 1st and subsequent treatment stages due to the project activity during the year y in tons of CO₂ equivalents.

 $\sum_i E_{N2O,mm,i,y,project}$

Are the net N₂O emissions from manure management in the 1st and subsequent treatment stages due to the project activity during the year y in tons of CO₂ equivalents.

 $E_{CO2,grid,y,project}$

Are the CO₂ emissions from grid electricity in the project activity in the year y. Calculation is omitted because the value is zero (0) in the project activity.



D.2.1.3. Relevant data necessary for determining the baseline of anthropogenic emissions by sources of GHGs within the project boundary and how such data will be collected and archived :								
ID number <i>(Please use numbers to ease cross-referencing to D.3)</i>	Data variable	Source of data	Data unit	Measured (m), calculated (c) or estimated (e)	Recording frequency	Proportion of data to be monitored	How will the data be archived? (electronic/paper)	Comment
D.2-1	Number	Animal population	Heads	Measured	Weekly	100%	Paper. At least two years from completion period or last CERs issued	The number of pigs whose manure is flushed as defined in Table A-1. To be collected for each livestock population from 1996 Revised IPCC Guidelines and IPCC GPG 2000. This parameter will be incorporated in formula 1, 6, 7 and 10 of baseline methodology as $N_{population}$.
D.2-2	Mass	Average weight of Animals	kg	Measured and calculated	Records of entrance and exit of animals to the barn	100%	Paper. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	To be collected for each livestock population from 1996 Revised IPCC Guidelines and IPCC GPG 2000. This parameter will be incorporated in formula 2 and 8 as W_{site} .
D.2-3	Concentration	Volatile solid	kg dry matter	Measured	Monthly	100%	Paper.	Monitoring of this data is

This template shall not be altered. It shall be completed without modifying/adding headings or logo, format or font.



PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM PDD) - Version 02



CDM – Executive Board

page 38

		excretion per animal and day	/animal /day				At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	only required if measured site-specific data is used. To be collected for each livestock population from 1996 Revised IPCC Guidelines and IPCC GPG 2000. This parameter will be incorporated in formula 1 and 6 as $VS_{population}$.
D.2-4	Concentration	Nitrogen excretion per animal and day	kg dry matter /animal / day	Measured and calculated	Monthly	100%	Paper. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Monitoring of this data is only required if measured site-specific data is used. To be collected for each livestock population from 1996 Revised IPCC Guidelines and IPCC GPG 2000. This parameter will be incorporated in formula 7 and 10 as $NEX_{population}$.
D.2-5	Flow rate	Manure flow between each treatment stage	m ³ /day	Measured	Monthly	100%	Paper. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Only required for option A in step 4 of the baseline methodology. To be measured between each treatment stage of the project manure management system. This parameter will be incorporated in formula 3 and 9 as $F_{i,y}$.
D.2-6	Concentration	5 days Biochemical	mg/l	Measured	Monthly	100%	Paper. At least two	Only required for option A in step 4 of the baseline

This template shall not be altered. It shall be completed without modifying/adding headings or logo, format or font.



PROJECT DESIGN DOCUMENT FORM (CDM PDD) - Version 02



CDM – Executive Board

page 39

		Oxygen Demand (BOD) in manure between each treatment stage					years from completion of authorisation period or last CERs issued	methodology. To be measured between each treatment stage of the project manure management system. This parameter will be incorporated in formula 4 as BOD_5 .
D.2-7	Concentration	Total nitrogen content in manure between each treatment stage	mg/l	Measured	Monthly	100%	Paper and electronic. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Only required for option A in step 4 of the baseline methodology. To be measured between each treatment stage of the project manure management system. This parameter will be incorporated in formula 9 as $N_{i,y}$.
D.2-8	Temperature	Temperature of manure between each treatment stage		Measured	Monthly	100%	Paper and electronic. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Only required for option A in step 4 of the baseline methodology. To be measured between each treatment stage of the project manure management system. This parameter will be incorporated in formula 5 as T .
D.2-14	Electricity generation	Electricity generated	kWh	Measured	Continuously	100%	Paper and electronic. At least two	The difference between D.2-14 and D.2-15 will be incorporated in formula 13

This template shall not be altered. It shall be completed without modifying/adding headings or logo, format or font.



							years from completion of authorisation period or last CERs issued	as “Amount of electricity supplied by the project”, which determines the baseline emission of CO ₂ by electricity displacement.
D.2-15	Electricity consumption	Electricity consumed in the digester	kWh	Measured	Continuously	100%	Paper and electronic. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	Same as D.2-14.
D.2-16	CO ₂ emission factor	CO ₂ emission factor for grid	tCO ₂ /MWh	Calculated	Annually	100%	Paper and electronic. At least two years from completion of authorisation period or last CERs issued	This parameter will be calculated from formula 11 and 12 based on “Actual and forecast total energy generation and fuel requirement” of EGAT Power Development Plan, and incorporated in formula 13.

D.2.1.4. Description of formulae used to estimate baseline emissions (for each gas, source, formulae/algorithm, emissions units of CO₂ equ.)
--

>>The formulas to quantify the baseline emissions, except for electricity baseline emissions, are the same as those of project emission described in D.2.1.2.



Baseline emissions of displaced electricity

The electricity baseline emissions are determined from a weighed average emission factor of the grid mix and electricity generated from the project activity and to displace the grid electricity (the sum of pig farm use and grid export). Parameters will be calculated by each fuel type and power generation based on the actual and forecast total energy generation and fuel equipment form EGAT Power Development Plan.

The annual electricity production in the project is around 2MWh, which consists only 0.001% of the annual electricity generation in Thailand. This means the project does not have the influence on future power development plan in the country. Thus, the project is considered to be an operating margin.

Total CO₂ emissions of the grid can be calculated from fuel consumption data, as follows.

$$\text{CO}_2 \text{ emission from grid (tCO}_2\text{)} = \frac{\text{Grid fuel consumption (10}^3\text{toe)}}{\times \text{ Net caloric value (TJ/10}^3\text{toe)}} \times \frac{\text{Carbon emission factor (tC/TJ)}}{\times \text{ Fraction of Carbon oxidised}} \times \frac{\text{Mass conversion factor (tCO}_2/\text{tC)}}{\times 44/12} \quad (11)$$

³ 41.868

The Grid CEF (tCO₂/MWh) is then calculated by dividing the CO₂ (tCO₂) emission by the total grid electricity generated in the grid (MWh).

$$\text{CO}_2 \text{ emission Factor (tCO}_2/\text{MWh)} = \frac{\text{Sum of all CO}_2 \text{ emission from grid (tCO}_2\text{)}}{\div \text{ Grid electricity generated (MWh)}} \quad (12)$$

The CO₂ emission displaced by the project is calculated by multiplying the weighed average emission factor of the current generation mix by the amount of electricity generated in the project.

$$\text{Baseline CO}_2 \text{ emission from grid electricity (tCO}_2/\text{y)} = \frac{\text{Amount of electricity supplied by the project (MWh/y)}}{\times \text{ CO}_2 \text{ emission factor for grid (tCO}_2/\text{MWh)}} \quad (13)$$

³ Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook, table 1-1.

This template shall not be altered. It shall be completed without modifying/adding headings or logo, format or font.



Baseline emissions

Baseline emissions in a certain year are the sum of CH₄ and N₂O emissions from manure management in the 1st and 2nd treatment stage and CO₂ emissions from grid electricity in the baseline scenario in tons of CO₂ equivalents.

$$E_{y,baseline} = \sum_i E_{CH4,mm,i,y,baseline} + \sum_i E_{N2O,mm,i,y,baseline} + E_{CO2,grid,y,baseline} \quad (15)$$

Where:

$E_{y,baseline}$

Are the net GHG emissions in the baseline scenario during the year y in tons of CO₂ equivalents.

$\sum_i E_{CH4,mm,i,y,baseline}$

Are the net CH₄ emissions from manure management in the 1st and subsequent treatment stages in the baseline scenario during the year y in tons of CO₂ equivalents.

$\sum_i E_{N2O,mm,i,y,baseline}$

Are the net N₂O emissions from manure management in the 1st and subsequent treatment stages in the baseline scenario during the year y in tons of CO₂ equivalents.

$E_{CO2,grid,y,baseline}$

Are the CO₂ emissions from grid electricity in the baseline scenario in the year y.

**D. 2.2. Option 2: Direct monitoring of emission reductions from the project activity (values should be consistent with those in section E).**

D.2.2.1. Data to be collected in order to monitor emissions from the <u>project activity</u>, and how this data will be archived:								
ID number <i>(Please use numbers to ease cross-referencing to table D.3)</i>	Data variable	Source of data	Data unit	Measured (m), calculated (c), estimated (e),	Recording frequency	Proportion of data to be monitored	How will the data be archived? (electronic/paper)	Comment

D.2.2.2. Description of formulae used to calculate project emissions (for each gas, source, formulae/algorithm, emissions units of CO₂ equ.):

>>

D.2.3. Treatment of <u>leakage</u> in the monitoring plan								
D.2.3.1. If applicable, please describe the data and information that will be collected in order to monitor <u>leakage</u> effects of the project activity								
ID number <i>(Please use numbers to ease cross-referencing to table D.3)</i>	Data variable	Source of data	Data unit	Measured (m), calculated (c) or estimated (e)	Recording frequency	Proportion of data to be monitored	How will the data be archived? (electronic/paper)	Comment

**D.2.3.2. Description of formulae used to estimate leakage (for each gas, source, formulae/algorithm, emissions units of CO₂ equ.)**

>> Although CH₄ and N₂O from screened impurity can be leakage, the amount is the same in the baseline and project scenario. Therefore, its calculation is not necessary.

D.2.4. Description of formulae used to estimate emission reductions for the project activity (for each gas, source, formulae/algorithm, emissions units of CO₂ equ.)

>>

Emission reductions

Emission reductions in a certain year are the deference between the baseline emissions and the project emissions, adjusted for leakage effects, if any.

$$ER_y = E_{y,baseline} - E_{y,project} - L_y \quad (16)$$

Where:

- ER_y Are the net emission reductions due to the project activity during the year y in tons of CO₂ equivalents.
 $E_{y,baseline}$ Are the net GHG emissions in the baseline scenario during the year y in tons of CO₂ equivalents.
 $E_{y,project}$ Are the net GHG emissions due to the project activity during the year y in tons of CO₂ equivalents.
 L_y Are the leakage effects due to the project activity during the year y in tons of CO₂ equivalents.

**D.3. Quality control (QC) and quality assurance (QA) procedures are being undertaken for data monitored**

Data <i>(Indicate table and ID number e.g. 3.-1.; 3.2.)</i>	Uncertainty level of data (High/Medium/Low)	Explain QA/QC procedures planned for these data, or why such procedures are not necessary.
D.3-1	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-2	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-3	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-4	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-5	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-6	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-7	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-8	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-9	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-10	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-11	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-12	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-13	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-14	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-15	Low	QA/QC procedures are established.
D.3-16	Low	QA/QC procedures are established.

D.4 Please describe the operational and management structure that the project operator will implement in order to monitor emission reductions and any leakage effects, generated by the project activity

>> The amount of emission reduction achieved in the project will be monitored and calculated, rather than directly monitored. In order to implement a precise and reliable monitoring plan, the project owner will establish monitoring procedure as a part of its environmental management system and its quality management system. Monitoring activity will be conducted using meters and scales which satisfy international standards. These appliances will be maintained periodically. The project developer and adviser will provide all the necessary advice consistent with the national and international standards.

**D.5 Name of person/entity determining the monitoring methodology:**

>>

Sewerage engineering department
Takuma Co., Ltd.
2-33, Kinrakuji-cho 2-chome, Amagasaki, Hyogo 660-0806, Japan
Tel: +81-6-6483-2701
E-mail: haruki@takuma.co.jp

Energy for Environment Foundation
14th Fl., Si Ayutthaya Bldg., 487/1 Si Ayutthaya Rd.,
Ratchathewi Bangkok 10400
Tel: +66-2642-6424
E-mail: chaiwat.m@efe.or.th



SECTION E. Estimation of GHG emissions by sources

E.1. Estimate of GHG emissions by sources:

>>

Selection of each formula and parameter was set in the way described in D.2.1.2.

The following sources were used to refer to default key parameters for baseline emissions, such as methane conversion factors (MCF), maximum methane production capacities (B_o), the volatile solid and nitrogen excretion rates (VS and N) and reduction rates for volatile solids and nitrogen (R_{VS} and R_N)⁴:

- 1996 Revised IPCC Guidelines, Chapter 4 of the Reference Manual
- IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty management in National GHG Inventories, Chapter 4
- US-EPA 2001: Development Document for the Proposed Revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Regulation and the Effluent Guidelines for Concentrated Animal Feeding Operations, Chapter 8.2 (<http://epa.gov/ost/guide/cafo/devdoc.html>)
- Site-specific data, such as the average animal weight and number of animals.

Formulas and parameters are as provided below:

Methane emissions from manure management

1st stage (Anaerobic treatment)

$$E_{CH4,mm,1,y} = GWP_{CH4} \times MCF_1 \times D_{CH4} \times \frac{365}{1000} \times \sum_{population} VS_{population} \times B_{o,population} \times N_{population} \quad (1)$$

Table E-1: Input data variables common to project and baseline

GWP _{CH4}	21	
D _{CH4}	0.67	kg/m ³
VS _{default} ^{*1}	0.34	kg-dm/animal/day
W _{default} ^{*1}	28	kg/head
B _{o,population} ^{*1}	0.29	m ³ CH ₄ /kg-dm

*1: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual/ Ch.4.2 Methane and Nitrous Oxide Emissions form Domestic Livestock Enteric Fermentation and Manure Management/ Appendix B Table B-2 (Region: Developing countries, Livestock category: Swine), page 4-42.

$$VS_{site} = \left(\frac{W_{site}}{W_{default}} \right) \times VS_{default} \quad (2)$$

VS _{site}	VS _{default}	W _{site}	W _{default}	Site data	
kg-dm/animal/day	kg-dm/animal/day	kg/head	kg/head	head	Livestock Unit(500kg/LU)
0.548	0.34	45.13	28	46,200	4,170

⁴ In this context a conservative approach is to choose for the parameters MCF, B_o , R_{VS} and R_N values at the lower end of the possible range for the baseline scenario and at the higher end of the possible range for the calculation of project emissions. For the volatile solid and nitrogen rates (VS and N), conservative choices are values at the lower end of the possible range.



2nd stage (Aerobic treatment)

$$E_{CH4,mm,1,y} = GWP_{CH4} \times MCF_i \times D_{CH4} \times \left[\prod_{n=1}^{i-1} (1 - R_{VS,n}) \right] \times \frac{365}{1000} \times \sum_{population} VS_{population} \times B_{population} \times N_{population} \quad (6)$$

Methane emission in the project scenario

		GWP _{CH4}	MCF	D _{CH4}	Rvs	VS _{site}	B _{population}	N _{population}	E _{CH4,mm,1,y}
		-	-	kg/m ³	%	kg-dm/animal/day	m ³ CH ₄ /kg-dm	head	ton-CO ₂ /year
1 st stage	Anaerobic Digester	21	0 ^{*2}	0.67	40 ^{*4}	0.548	0.29	40,765	0
2 nd stage	Aerobic Lagoon	21	0.1 ^{*3}	0.67		0.548	0.29	40,765	20

*2: IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories / TABLE 4.10, “MCF VALUES FOR MANURE MANAGEMENT SYSTEMS DEFINED IN THE IPCC GUIDELINES (REVISIONS ARE NOTED IN ITALICS)”, (SYSTEM : Anaerobic Digester Climate : Warm), p4-36.

Default value of Anaerobic Lagoon has the range of 0-100%. The project activity sets the value zero because all of the biogas generated is utilized in the power generator and surplus biogas will be incinerated in the flare stack.

*3: IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories / TABLE 4.11, “MCF VALUES FOR MANURE MANAGEMENT SYSTEMS NOT SPECIFIED IN THE IPCC GUIDELINES (JUDGEMENT BY EXPERT GROUP)” (SYSTEM: Aerobic Treatment Climate: Warm), p4-37.

*4: The value 40 is applied from US EPA Development Document for the Proposed Revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Regulation and the Effluent Guidelines for Concentrated Animal Feeding Operations/Table 8-11, “Anaerobic Unit Process Performance”(p8-71)/ “Digester type : Complete-mix, 40-70”.

In the formula 6, the VS input value in the stage i will be the subtracted amount of VS reduction between $\sum_{population} VS$ and the stage i-1. For example, VS value in the 2nd stage is $\sum_{population} VS \times (1-R_{vs,1})$, since the reduction rate in the 1st stage is R_{vs,1}. The smaller the R_{vs} value in the 1st stage is, the greater the CH₄ emission in the 2nd stage will be. In this project activity, conservative value 40 was adopted for the project activity among the wide range of default value (40-70).

The R_{vs} value in the 1st stage will be incorporated in the calculation of the 2nd stage.



N₂O emissions from manure management

1st stage (Anaerobic treatment)

$$E_{N2O,mm,1,y} = GWP_{N2O} \times EF_{N2O,mm,1} \times CF_{N2O-N,N} \times \frac{1}{1,000} \times \sum_{population} NEX_{population} \times N_{population} \quad (7)$$

Table E-2: Input data variables common to project and baseline

GWP _{N2O}	310	-
CF _{N2O-N}	44/28	-
W _{default}	28	kg/head
NEX _{population}	16 ^{*5}	kg/head/year

*5 Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual/ Ch. 4.5, Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Soils/ TABLE 4-20, “TENTATIVE DEFAULT VALUES FOR NITROGEN EXCRETION PER HEAD OF ANIMAL PER REGION” (Region: Asia & Far East, Type of Animal: swine), p4-99.

$$NEX_{site} = \left(\frac{w_{site}}{w_{default}} \right) \times NEX_{default} \quad (8)$$

NEX _{site}	NEX _{default}	W _{site}	W _{default}	Site data	
kg-dm/animal/day	kg-dm/animal/day	kg/head	kg/head	head	Livestock Unit(500kg/LU)
25.8	16	45.13	28	46,200	4,170

2nd stage (Aerobic treatment)

$$E_{N2O,mm,2,y} = GWP_{N2O} \times EF_{N2O,mm,2} \times CF_{N2O-N,N} \times \left[\prod_{n=1}^{i-1} (1 - R_{N,n}) \right] \times \frac{1}{1000} \times \sum_{population} NEX_{population} \times N_{population} \quad (10)$$

N₂O emission in the project scenario

		GWP _{N2O}	EF _{N2O}	CF _{N2O-N}	R _N	NEX _{population}	N _{population}	E _{N2O,mm,1,y}
		-	-	-	%	kg-dm/animal/day	head	ton-CO ₂ /year
1 st stage	Anaerobic Digester	310	0.001 ^{*6}	1.57	0 ^{*8}	25.8	40,765	512
2 nd stage	Aerobic Lagoon	310	0.02 ^{*7}	1.57		25.8	40,765	10,242
								10,754

*6 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories/ TABLE 4.12 “DEFAULT EMISSION FACTORS FOR N₂O FROM MANURE MANAGEMENT (ADDITIONAL SYSTEMS AND CHANGES TO THE IPCC GUIDELINES ARE NOTED IN ITALICS)” (SYSTEM : Anaerobic Digester), p4-43.



*7 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories / TABLE 4.13, "DEFAULT EMISSION FACTORS FOR N₂O FROM MANURE MANAGEMENT SYSTEMS NOT SPECIFIED IN THE IPCC GUIDELINES (JUDGEMENT BY EXPERT GROUP)" (SYSTEM : Aerobic Treatment), p4-44.

*8 The value 0 is applied from US-EPA Development Document for the Proposed Revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Regulation and the Effluent Guidelines for Concentrated Animal Feeding Operations/ Table 8-11, "Anaerobic Unit Process Performance(p8-71)", "Digester type: Complete-mix: 0".

In the formula 10, the N input value in the stage i will be the subtracted amount of N reduction between $\sum_{population} NEX_{population}$ and the stage i-1. For example, NEX value in the 2nd stage is $\sum_{population} NEX_{population} \times (1 - R_{N,1})$, since the reduction rate in the 1st stage is R_{N,1}.

The R_N value in the 1st stage will be incorporated in the calculation of the 2nd stage.

E.2. Estimated leakage:

>> Although CH₄ and N₂O from screened impurity can be leakage, the amount is the same in the baseline and project scenario. Therefore, its calculation is not necessary.

E.3. The sum of E.1 and E.2 representing the project activity emissions:

>>Same as E.1.

Table E-3: Detailed project emissions

Source	GHG	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 st stage	CH ₄ (P1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N ₂ O (P2)	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512
2 nd stage	CH ₄ (P3)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	N ₂ O (P4)	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242
Biogas electricity	CO ₂ (P5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROJECT TOTAL		10,774	10,774	10,774	10,774	10,774	10,774	10,774	10,774	10,774	10,774

E.4. Estimated anthropogenic emissions by sources of greenhouse gases of the baseline:

>>

Methane and N₂O emissions from manure management

As for the CH₄ and N₂O project emissions in the 1st and 2nd stage, same formulas as E.1. are used for baseline emissions.



Methane emission in the baseline scenario

		GWP _{CH4}	MCF	D _{CH4}	R _{vs}	V _S _{site}	B ₀ _{population}	N _{population}	E _{CH4,mm,1,y}
		-	-	kg/m ³	%	kg-dm/animal/day	m ³ CH ₄ /kg-dm	head	ton-CO ₂ /year
1 st stage	Anaerobic Lagoon	21	72 ^{*9}	0.67	85 ^{*10}	0.548	0.29	40,765	23,955
2 nd stage	Aerobic Lagoon	21	0.1	0.67		0.548	0.29	40,765	5
									23,960

*9 Default value of Anaerobic Lagoon has the range of 0-100%. The default value of “Liquid/Slurry” was adopted under the definition of Liquid/Slurry, ”Dung and urine are collected and transported in liquid state to tanks for storage. Liquid may be stored for a long time (months)”, and ”To facilitate handling water may be added” from IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories/TABLE4-10 (SYSTEM: Liquid/Slurry, Climate: Warm), p4-36.

*10 The value of “Digester type: One-cell lagoon (75-85)” was adopted from EPA Development Document for the Proposed Revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Regulation and the Effluent Guidelines for Concentrated Animal Feeding Operations, Table 8-10, Anaerobic Unit Process Performance, p8-55.

Although HRT is set more than 365 days, R_{vs} (80-90) is also applied in the Covered first cell of two cell lagoon (HRT: 30-90days). Thus, most of VS degradation is assumed to complete in the 1st stage and the value of 85% was applied (see *13).

The R_{vs} value in the 1st stage will be incorporated in the calculation of the 2nd stage.

N₂O emission in the baseline scenario

		GWP _{N2O}	EF _{N2O}	CF _{N2O-N}	R _N	NEX _{population}	N _{population}	E _{N2O,mm,1,y}
		-	-	-	%	kg-dm/animal/day	head	ton-CO ₂ /year
1 st stage	Anaerobic Lagoon	310	0.001 ^{*11}	1.57	25 ^{*13}	25.8	40,765	512
2 nd stage	Aerobic Lagoon	310	0.02 ^{*12}	1.57		25.8	40,765	7,682
								8,194

*11: IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories/ TABLE 4.12, “DEFAULT EMISSION FACTORS FOR N₂O FROM MANURE MANAGEMENT (ADDITIONAL SYSTEMS AND CHANGES TO THE IPCC GUIDELINES ARE NOTED IN ITALICS.)” (SYSTEM: Anaerobic Lagoon), p4-43.

*12: IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories/ TABLE 4.13, “DEFAULT EMISSION FACTORS FOR N₂O FROM MANURE MANAGEMENT SYSTEMS NOT SPECIFIED IN THE IPCC GUIDELINES (JUDGEMENT BY EXPERT GROUP)” (SYSTEM: Aerobic Treatment), p4-44.



*13: The value “Digester type: Covered first cell of two cell lagoon (25-35)” was applied from EPA Development Document for the Proposed Revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Regulation and the Effluent Guidelines for Concentrated Animal Feeding Operations/ Table 8-10, “Anaerobic Unit Process Performance (p8-55)”.

Although the R_N value of one-cell lagoon (*10) is 60-80, a half of N reduction in two-cell lagoon is considered to be caused by ammonia volatilization in the 2nd lagoon as referenced in the EPA guidelines below.

The R_N value in the 1st stage is set as 25% from the value of Covered first cell of two cell lagoon/ HRT 30-90days.

The R_N value in the 1st stage will be incorporated in the calculation of the 2nd stage.

EPA(p8-74):

During anaerobic digestion, microbial activity converts half or more of the organic N (Org-N) to soluble ammonia (NH3-N). Cheng (1999) found that 30 percent of the total Kjeldahl N (TKN, which includes ammonia and organic N) entering the covered first cell of a two-cell lagoon was retained in that cell, probably as organic N in slowly degradable organics in the sludge. A similar loss due to settling could be expected in a covered single-cell lagoon. A covered single-cell lagoon will not lose NH3-N to the atmosphere; however NH3-N will be volatilized from the uncovered second cell of a two-cell lagoon. Cheng (1999) also reported that approximately 50 percent of the influent TKN was subsequently lost from the uncovered second cell of the system.

**Baseline emissions of CO₂ from displaced grid electricity**

The ensuing table represents the grid generation and fuel consumption as projected by EGAT⁵ for the first crediting period.

Table E-4: Projection of future energy generation in Thailand

Type of fuel		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hydroelectric	GWh	7,359	7,274	7,216	11,736	12,057	12,072	12,116	12,018	11,981
Natural gas	GWh	116,596	125,960	137,913	145,410	145,648	141,173	139,561	135,732	131,295
	MMSCFD	2,370	2,532	2,758	2,911	2,910	2,794	2,771	2,689	2,598
Heavy oil	GWh	3,027	2,925	2,880	2,899	2,756	2,161	1,959	1,943	1,613
	Mlitres	711	681	666	669	637	508	468	463	379
Diesel oil	GWh	1,115	971	722	624	673	477	592	536	618
	Mlitres	370	330	259	233	245	197	225	211	232
Lignite	GWh	16,798	16,973	17,063	17,176	17,315	17,370	17,282	17,320	17,251
	Mtons	15.90	15.94	15.90	15.90	15.90	15.94	15.90	15.90	15.90
Imported coal	GWh	10,556	12,408	12,378	12,378	12,378	12,408	12,378	12,378	12,378
	Mtons	2.77	3.41	3.40	3.40	3.40	3.41	3.40	3.40	3.40
Other purchases										
Renewable SPP	GWh	1,242	1,251	1,251	1,788	1,788	1,788	1,788	1,788	1,788
Lao PDR (Hydro)	GWh	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517
Renewables RPS	GWh	-	-	-	-	812	1,441	1,993	2,652	3,388
New Plants (Natural Gas)	GWh	-	-	-	-	11,728	29,845	45,486	63,958	83,958
Grand Total	GWh	158,211	169,279	180,941	193,529	206,673	220,252	234,671	249,842	265,787

The annual electricity production in the project is around 2MWh, which consists only 0.001% of the annual electricity generation in Thailand. This means the project does not have the influence on future power development plan in the country. Thus, the project is considered to be an operating margin. As for “other purchase”, all categories except for New Plants which assume natural gas are defined as renewable energy.

⁵ Appendix 7 “Projection of Future Energy Generation” of Thailand Power Development Plan (PDP 2004), System Planning Division, EGAT, 2004



CO₂ emissions for all generation types were obtained using the fuel consumption given in the table above. An illustration of the calculation method is given using projected data for imported coal in 2007. All input data used for the calculations, including the relevant section of EGAT-PDP, is provided in Annex 3.

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2 \text{ emission} &= \text{Grid fuel} & \text{Net caloric} & \text{Carbon} & \text{Fraction} & \text{Mass} \\
 \text{from grid} &= \text{consumption} & \times \text{value} & \text{emission} & \times \text{of} & \text{conversion} \\
 (2007) &= (10^3\text{toe}) & (\text{TJ}/10^3\text{toe}) & \text{factor} & \text{Carbon} & \text{factor} \\
 (\text{tCO}_2) & & & (\text{tC/TJ}) & \text{oxidised} & (\text{tCO}_2/\text{tC}) \\
 &= 2.77 \times 10^3 & \times 26.38 & \times 26.8 & \times 0.98 & \times 44/12 \\
 &= 7,036,989\text{tCO}_2
 \end{aligned} \tag{11}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2 \text{ emission Factor for} &= \frac{\text{Sum of all CO}_2 \text{ emission}}{\text{Grid electricity generated}} \\
 \text{imported coal (2007)} &= \frac{\text{from grid}}{(\text{tCO}_2)} \quad \div \\
 (\text{tCO}_2/\text{MWh}) & & & & & (\text{MWh}) \\
 &= 7,036,989 & \div & & & 10,556,000 \\
 & & & = & & 0.667 \text{ tCO}_2/\text{MWh}
 \end{aligned} \tag{12}$$

The CO₂ emission is summed for all generation types. Following the same procedures as for imported coal, the total CO₂ emission for the grid in 2007 was calculated as 84,430,573 tonnes.

Weighed average emission factor of the grid mix is used to determine the electricity baseline emission.

The total electricity generated given in the table was used to obtain the CO₂ emission factor in 2007.

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2 \text{ emission} &= \frac{\text{Sum of all CO}_2 \text{ emission}}{\text{Grid electricity}} \\
 \text{Factor (2007)} &= \frac{\text{from grid}}{(\text{tCO}_2)} \quad \div \\
 (\text{tCO}_2/\text{MWh}) & & & & & (\text{MWh}) \\
 &= 84,430,573 & \div & & & 158,210,000 \\
 & & & = & & 0.534 \text{ tCO}_2/\text{MWh}
 \end{aligned}$$

The CO₂ emission displaced by the project is calculated by multiplying the emission factor by the amount of electricity generated in the project in the year.

$$\begin{aligned}
 \text{Baseline CO}_2 \text{ emission} &= \text{Amount of electricity} & \text{Carbon emission factor} \\
 \text{from grid electricity (2007)} &= \text{supplied by the project} & \times & \text{for grid} \\
 (\text{tCO}_2/\text{y}) & & & (\text{tCO}_2/\text{MWh}) \\
 &= 1,398 & \times & & & 0.534 \\
 & & & = & & 746\text{tCO}_2/\text{y}
 \end{aligned} \tag{13}$$



To estimate annual baseline emissions from grid electricity generation for the entire crediting period, the preceding calculations are repeated for each year until 2017. The grid CEFs and emissions so derived are given in the table below. As Power Development Plan only provides the data until 2015, the data on 2016 is not available *ex ante*. The data on 2015 will be used to calculate baseline emission of grid electricity, and actual power development result will be monitored to decide baseline emissions *ex post*.

Table E-5: Annual emission factor and carbon dioxide emissions for Thai Electricity Grid

Year	Carbon Emission Factor (tCO ₂ /MWh)	CO ₂ emission from biogas CO ₂ emission (tCO ₂)
2007	0.534	746
2008	0.530	741
2009	0.523	732
2010	0.507	709
2011	0.501	701
2012	0.494	691
2013	0.492	688
2014	0.488	683
2015	0.485	678
2016	0.485	678
TOTAL		7,045

Table E-6: Detailed baseline emissions

Source	GHG	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 st stage	CH ₄ (B1)	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955
	N ₂ O (B2)	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512
2 nd stage	CH ₄ (B3)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	N ₂ O (B4)	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682
Electricity	CO ₂ (B5)	746	741	732	709	701	691	688	683	678	678
BASELINE TOTAL		32,900	32,895	32,886	32,863	32,855	32,845	32,842	32,837	32,832	32,832

E.5. Difference between E.4 and E.3 representing the emission reductions of the project activity:

>>

Table E-7: Total emission reduction

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TOTAL EMISSION REDUCTION	22,126	22,121	22,112	22,089	22,081	22,071	22,068	22,063	22,058	22,058


E.6. Table providing values obtained when applying formulae above:

>>

Table E-8: Emission and reduction

Source	GHG	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 st stage	CH ₄ (P1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N ₂ O (P2)	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512
2 nd stage	CH ₄ (P3)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	N ₂ O (P4)	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242	10,242
Biogas electricity	CO ₂ (P5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROJECT TOTAL		10,774	10,774	10,774	10,774	10,774	10,774	10,774	10,774	10,774	10,774

Source	GHG	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 st stage	CH ₄ (B1)	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955	23,955
	N ₂ O (B2)	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512
2 nd stage	CH ₄ (B3)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	N ₂ O (B4)	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682	7,682
Electricity	CO ₂ (B5)	746	741	732	709	701	691	688	683	678	678
TOTAL BASELINE TOTAL		32,900	32,895	32,886	32,863	32,855	32,845	32,842	32,837	32,832	32,832

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
TOTAL EMISSION REDUCTION	22,126	22,121	22,112	22,089	22,081	22,071	22,068	22,063	22,058	22,058

SECTION F. Environmental impacts
F.1. Documentation on the analysis of the environmental impacts, including transboundary impacts:

>> The project's appropriate technology will improve the effectiveness of the existing wastewater treatment system. The facility will help reduce potential environmental impacts; namely, the GHG emission, odours and water contaminations, which are greatly generated from traditional wastewater treatment plant in swine farms.

GHG emissions

Mitigating GHG emission is the primary focus of the project. The major gas targeted is CH₄, which is odourous and is in connection with the global warming effect. The methane capture facility being implemented is capable of recovering CH₄ from the organic waste by anaerobic digestion process. The captured biogas is transferred within a closed system for power generation purpose, reducing the amount of CH₄ emitted into atmosphere.



Odours

As for this farm, there is no complaint on odours from the nearby community at present, as the centre of the piggeries is located sufficiently far from the community.

Considering the influence of the wind, the local wind direction found at the project site is in the southwest direction. It is found that there is a small community situating in the leeward direction. However, the distance is around 1 kilometer away from the piggeries area, and it is sufficiently far from the project site that the odours are not their concerns.

Apart from that, the majority of the population in the nearby community lives in the windward direction, i.e. located away from the project site in the northeast direction. As a result, the odours are currently not the public concern regardless of the wind direction.

Nevertheless, the increase of population may certainly lead to closer distance between the farm and the community in the future. In such case, the methane capture technology in the project is considered additionally beneficial to the community, as it can prevent possible odour complaints, ensuring a sustainable development to the nearby community.

Water contaminations

As for this pig farm, direct discharge of waste and wastewater into public waterways is not present. All waste are collected and treated by proper waste management practices. Also, all wastewater is directed to existing wastewater treatment plant. However, overflow of the treated wastewater from the post-treatment open pond occasionally occurs, especially during the rainy season.

Presently, the existing wastewater treatment plant is capable of reducing the BOD and COD into an order of 94 and 600 mg/litre, respectively. However, the pond is only surrounded by a vast land space and a small vegetating area. Thus, the overflow does not actually cause any public water contamination.

Upon the implementation of the project, the biogas technology will replace the traditional wastewater treatment and effectively improve the effluent quality in the post-treatment ponds. It will greatly reduce the concentration of organic matter nitrogen and phosphorus content in the effluent, further removing risk of groundwater or public water contamination. The treated water will be recirculated and used in the project for cleaning purpose as much as possible.

Electricity

The use of the collected biogas as an electricity fuel will displace grid generated electricity and its associated GHG emissions. It also reduces energy load of the grid.

The Thai government enhances biogas utilization in the country, and pig farm is one of the most feasible plant categories having high potential to generate biogas. Nevertheless, there are very small numbers of biogas plants installed compared with the traditional open lagoon system which requires low investment costs. Biogas electricity under CDM will help utilize potential energy source effectively.

Overall the project's activity will result in positive environmental impacts and help create the more environmental friendly conditions. They can be summarised as followed.



- Reducing atmospheric emissions of GHG emissions, especially CH₄ by methane recovery technology
- Reducing odours
- Decreasing the risk of disease-transmitting vectors and airborne pathogens
- Utilizing renewable energy of biogas displacing fossil fuel derived electricity

F.2. If environmental impacts are considered significant by the project participants or the host Party, please provide conclusions and all references to support documentation of an environmental impact assessment undertaken in accordance with the procedures as required by the host Party:

>> The project activity greatly improves the environment in the surrounding area.

**SECTION G. Stakeholders' comments**

>>

G.1. Brief description how comments by local stakeholders have been invited and compiled:

>>

Although there is no formal invitation for local people to comment on the farm's plan to setting up a biogas system, many of Ratchaburi natives are aware of the new technology. They would support the project since it will help improve the environment. However, they have not forced the farm to implement the biogas system yet since there is not any negative impact from the farm's environmental management. When there is exact plan to establish the biogas system, the farm intends to arrange consultation activities to give information and receive any feedback.

Local stakeholders consist of villagers in the neighbourhood, community leaders, and vegetable farmers. The relation with the local stakeholders and the pig farm is summarized below.

Neighbours who live nearby the pig farm are very limited to one small temple and approximately 20 – 30 households in the vicinity of 1-2 km. The houses are scattered in one side of the southern fence with only one house locating beside the post-treatment open pond. Mostly the farm neither has any negative impact on their living nor odour from the manure, therefore the farm and the villagers have been peacefully living together for 10 years. Only in some cases, especially during rainy season where the water level from the open pond over rises and spills out to the neighbour's land, that people would complains and the farm immediately solves the problem. This would happen once or twice a year.

As for community leaders, the farm has long been in the neighbourhood thus it is a part of the community. Besides, the farm owner has good relationship and network with local leaders. As long as the farm business does not disturb the community's living, local leaders are willing to be communication medium between the farm and villagers when needed.

For farmers who grow vegetable in the area, they are more involved with the farm's activities especially manure management. Currently, ones who live nearby benefit from using water outflow from the farm that contains some organic matters. The other group of farmers is ones that come to buy fresh manure and dried manure to use as fertilizer for their vegetable. The farm has constantly communicated with these farmers.

In addition, the project developer had a meeting with the designated national authority of Thailand, Ministry of Natural Resources and Environment (MONRE), in a capacity building workshop in March 2005. The project activity went through a DNA approval process simulation. The project developer explained the project from the viewpoints of additionality and sustainable development. The participants from DNA, Ministry of Energy and universities examined the project activity taking the SD criteria of Thailand into account.

**G.2. Summary of the comments received:**

>> Even though the consultation has not taken place, the farm has received informal concerns from the local stakeholders such as:

- 1) The pig farm must not deteriorate the local environmental condition
- 2) The water outflow must not contaminate the water quality for agricultural usage
- 3) The fertilizer from sludge of the digester has lower quality compared to the fresh manure

The first two comments are quite common particularly in this new era where locals are more aware of their right to good environment. The third comment is evidenced by some vegetable farmers who have tried the new kind of fertilizer.

As for the DNA workshop, the result was very positive. The project was considered to contribute to the sustainable development of Thailand socially, economically and environmentally.

However, a few comments were received. One was that the project activity does not lead to technology transfer because the digester technology is already available in Thailand. The project developer explained that this project has a simple system and accomplishes high-efficient methane recovery and power generation.

The other was that the project needs contribution to local community. The project developer then explained that the project activity does not increase the number of employee because existing employee will be able to operate the facility in their daily activities, but improves their technical skill through operation training which will help develop their own technology standard.

G.3. Report on how due account was taken of any comments received:

>> The anaerobic waste treatment system will definitely help serving the first two comments by making better environment and preventing high BOD water outflow. However, as for the fertilizer, more investigation needs to be done.

The farm manager observes that the sludge fertilizer may have low Nitrogen content so it may not be suitable for vegetable farms. Immediate solution is that, giving the farmers some amount of water from the post-treatment pond together with the sludge in order to fulfil the lacking nutrient.

In the long-run, the analysis of sludge is needed to identify nutrient composition. With agricultural expert's advice, certain substances might be required to make the best fertilizer.

**Annex 1****CONTACT INFORMATION ON PARTICIPANTS IN THE PROJECT ACTIVITY**

Organization:	Kanchana Hybrid (Nernthong) Farm
Street/P.O.Box:	194 Moo 11, Tambom Tungluang, Pak Tho District,
Building:	
City:	
State/Region:	Ratchaburi
Postfix/ZIP:	70140
Country:	Thailand
Telephone:	
FAX:	
E-Mail:	
URL:	
Represented by:	
Title:	
Salutation:	
Last Name:	
Middle Name:	
First Name:	
Department:	
Mobile:	
Direct FAX:	
Direct tel:	
Personal E-Mail:	



Organization:	Energy for Environment Foundation
Street/P.O.Box:	14 th Fl., Si Ayutthaya Bldg., 487/1 Si Ayuttaya Rd.,
Building:	
City:	Ratchathewi Bangkok
State/Region:	
Postfix/ZIP:	10400
Country:	Thailand
Telephone:	+66-2642-6424
FAX:	+66-2642-6426
E-Mail:	Chaiwat.m@efe.or.th
URL:	www.efe.or.th
Represented by:	
Title:	Senior Information Officer
Salutation:	Mr.
Last Name:	Muncharoen
Middle Name:	
First Name:	Chaiwat
Department:	
Mobile:	
Direct FAX:	+66-2642-6426
Direct tel:	+66-2642-6424
Personal E-Mail:	Chaiwat.m@efe.or.th



Organization:	Takuma Co., Ltd.
Street/P.O.Box:	2-33, Kinrakuji-cho 2-chome,
Building:	
City:	
State/Region:	Amagasaki, Hyogo
Postfix/ZIP:	660-0806
Country:	Japan
Telephone:	+81-6-6483-2701
FAX:	+81-6-6483-2766
E-Mail:	haruki@takuma.co.jp
URL:	www.takuma.co.jp
Represented by:	
Title:	Deputy general manager
Salutation:	Mr.
Last Name:	Haruki
Middle Name:	
First Name:	Hiroto
Department:	Sewerage engineering department
Mobile:	
Direct FAX:	+81-6-6483-2766
Direct tel:	+81-6-6483-2701
Personal E-Mail:	haruki@takuma.co.jp

**Annex 2****INFORMATION REGARDING PUBLIC FUNDING**

No public funding is used for the project.

**Annex 3****BASELINE INFORMATION****Parameters for Methane and N₂O emission**

Table 1: Food intake and manure production for swine

Region	Livestock Category	Mass	Feed Digestibility	Energy intake	Category population	Manure	VS	Bo
		kg	%	MJ/d	kg/d	kg/h/d-dm	kg/h/d	m ³ _{CH4} /kg-VS
Developing countries	Swine	28	50	13.0	0.7	0.35	0.34	0.29
Developed countries	Swine	82	75	38.0	2.1	0.51	0.50	0.45

Source: Table B-2, Appendix B, chapter 4-2, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual

Parameters for Methane emission

Table 2: MCF values for manure management systems

SYSTEM		CLIMATE			
		Cool	Temperate	Warm	
Liquid	%	39	45	72	
Anaerobic Lagoon	%	39	45	72	0-100
Anaerobic Digester	%	0	0	0	0-100
Aerobic Lagoon	%	0.1	0.1	0.1	

MCF calculation

$$MCF = (\text{CH}_4\text{prod} - \text{CH}_4\text{used} \cdot \text{CH}_4\text{flared} + \text{MCFstorage} \times (\text{Bo} - \text{CH}_4\text{prod})) / \text{Bo} \times 100$$

	CH ₄ prod	CH ₄ used	CH ₄ flared	MCFstorage			MCF		
				Cool	Temperate	Warm	Cool	Temperate	Warm
Anaerobic Lagoon	0	0	0	39	45	72	39	45	72
Anaerobic Digester	0.29	0.29		39	45	72	0	0	0

Source: Table 4-10 and 4-11, IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories

Table 3: VS and TN values

	VS	TN
One-cell lagoon	75-85	60-80

Source: Table 8-10, US EPA (2001)

	VS	TN
Complete-mix	40-70	0

Source: Table 8-11, US EPA (2001)

**Parameters for N₂O emission****Table 4: Default emission factors for N₂O from manure management**

SYSTEM	EF	kg/kg-N
Liquid	%	0.001
Anaerobic Lagoon	%	0.001
Anaerobic Digester	%	0.001
Aerobic Treatment	%	0.02

Source: Table 4-12 and 4-13, IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories

Table 5: Default values for nitrogen excretion head

NEX	
kg/head/year	
Swine	Asia & far east

Source: Table 4-20, chapter4-5, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual

Table 6: Anaerobic unit process performance

	VS	TN
Complete-mix	40-70	0
Covered First cell of two cell lagoon	80-90	25-35

Source: Table 8-11, US EPA (2001)



Parameters for CO₂ emission from displaced grid electricity

Table7: Power development plan in Thailand

**Power Development Plan 2004 (2004-2015)
Forecast of Power Generation in Thailand by Fuel
Primary Plan**

Type of Fuel	Unit	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hydroelectricity	GWh	7,359	7,274	7,216	11,736	12,057	12,072	12,116	12,018	11,981
	%	4.7	4.3	4.0	6.1	5.8	5.5	5.2	4.8	4.5
Natural Gas	GWh	116,596	125,960	137,913	145,410	145,648	141,173	139,561	135,732	131,295
	%	73.7	74.4	76.2	75.1	70.5	64.1	59.5	54.3	49.4
	MCFD	2,370	2,532	2,758	2,911	2,910	2,794	2,771	2,689	2,598
Heavy Oil	GWh	3,027	2,925	2,880	2,899	2,756	2,161	1,959	1,943	1,613
	%	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.0	0.8	0.8	0.6
	MLitre	711	681	666	669	637	508	468	463	379
Diesel Oil	GWh	1,115	971	722	624	673	477	592	536	618
	%	0.7	0.6	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2
	MLitre	370	330	259	233	245	197	225	211	232
Lignite	GWh	16,798	16,973	17,063	17,176	17,315	17,370	17,282	17,320	17,251
	%	10.6	10.0	9.4	8.9	8.4	7.9	7.4	6.9	6.5
	MTon	15.90	15.94	15.90	15.90	15.90	15.94	15.90	15.90	15.90
Imported Coal	GWh	10,556	12,408	12,378	12,378	12,378	12,408	12,378	12,378	12,378
	%	6.7	7.3	6.8	6.4	6.0	5.6	5.3	5.0	4.6
	MTon	2.77	3.41	3.40	3.40	3.40	3.41	3.40	3.40	3.40
Other Purchases										
Renewable SPP	GWh	1,242	1,251	1,251	1,788	1,788	1,788	1,788	1,788	1,788
	%	0.8	0.7	0.7	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7
Lao PDR (Hydro)	GWh	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517	1,517
	%	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
Renewables RPS	GWh	-	-	-	-	812	1,441	1,993	2,652	3,388
	%	-	-	-	-	0.4	0.7	0.8	1.1	1.3
New Plants (NG)	GWh	-	-	-	-	-	11,728	29,845	45,486	63,958
	%	-	-	-	-	-	5.7	13.6	19.4	25.6
Total	GWh	158,211	169,279	180,941	193,529	206,673	220,252	234,671	249,842	265,787

Note:

MCFD Million Cubic Feet per Day
 MLitre Million Litres
 MTon Million Tonnes
 NG Natural Gas
 Lao PDR Lao People's Democratic Republic

Source: Appendix 7, Thailand PDP 2004, EGAT, p.77

**Table 8: Input Variables for grid electricity generation**

Variable	Value	Reference
Net calorific value (TJ/kt)	Natural gas	Table 1-2,1-3*
	Heavy oil	
	Diesel oil	
	Lignite	
	Imported coal	
Carbon emission factor (tC/TJ)	Natural gas	Table 1-1*
	Heavy oil	
	Diesel oil	
	Lignite	
	Imported coal	
Fraction of C oxidized	Gas	Table 1-6*
	Oil and oil products	
	Coal (default)	
Grid fuel consumption	Refer to table above	EGAT PDP
Grid electricity generation	Refer to table above	EGAT PDP
Electricity exported by project (MWh/yr)	132,864	Calculated

* Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual

Other data

Table 9: GWP and MCF

GWP CH ₄	21
GWP N ₂ O	310
Mass conversion factor (tCO ₂ /tC)	44/12
Mass conversion factor (tCH ₄ /tC)	16/12

In converting volume-based fuel consumption to mass-based, the following densities were used:

Natural gas = 0.774kg/m³

Specific gravity is typically around 0.6 (density of natural gas = density of air (1.29 kg/m³) x 0.6 = 0.774)

Heavy oil = 0.89kg/l

Heavy oil densities are between 0.9 and 1.0 kg/m³ at 15 °C. For a conservative calculation of baseline emissions, the lower limit was used, adjusted for higher temperatures (30 °C).

**Annex 4****MONITORING PLAN**

The following table represents the monitoring plan followed by KHF for validation and verification.

ID	Data variable	Uncertainty level	Data unit	Data origin
D.2-1	Animal population	Low	Heads	Daily animal stock. Information managed by KHF.
D.2-2	Average weight of Animals	Low	kg	Sampling measurement by KHF
D.2-3	Volatile solid excretion per animal and day	Low	kg dry matter /animal /day	
D.2-4	Nitrogen excretion per animal and day	Low	kg dry matter /animal / day	
D.2-5	Manure flow between each treatment stage	Low	m ³ /day	This parameter is monitored by a flow meter installed before the activated sludge.
D.2-6	5 days Biochemical Oxygen Demand (BOD) in manure between each treatment stage	Low	mg/l	Activated sludge monitoring
D.2-7	Total nitrogen content in manure between each treatment stage	Low	mg/l	Activated sludge monitoring
D.2-8	Temperature of manure between each treatment stage	Low		Activated sludge monitoring
D.2-9	Biogas flow extracted by digester	Low	Nm ³ /h	A Flow meter installed
D.2-10	CH ₄ concentration in gas flow	Low	%	A Flow meter installed
D.2-11	Exhaust gas flow	Low	Nm ³ /h	A Flow meter installed
D.2-12	CH ₄ concentration in exhaust gas flow	Low	%	A Flow meter installed
D.2-13	N ₂ O concentration in exhaust gas flow	Low	%	A Flow meter installed
D.2-14	Electricity generated	Low	kWh	A meter installed
D.2-15	Electricity consumed in the digester	Low	kWh	Meters installed. Double-checked by the receipt of electricity export and metered in-house use.
D.2-16	CO ₂ emission factor for grid	Low	tCO ₂ /MWh	Official publication from EGAT will be obtained.
