

## 5.2 ベトナム国

### Cu Chi 地区 (ホーチミン市) バイオマスタウン構想 (案)

#### 1. 対象地域

ベトナム社会主義共和国ホーチミン市 Cu Chi 地区

#### 2. 構想の実施主体

Cu Chi 地区人民委員会 (農業局)

#### 3. 対象地域の概要と社会状況

##### 3.1 対象地域の概要

- 人口 350,000 人
- 河川:サイゴン川の西岸に位置する。(土地利用マスタープランは図 5-2-3 を参照。)
- 行政 20 村 (commune) と Cu Chi タウンシップ (人民委員会所在地) がある。Cu Chi 地区の行政区分を図 5-2-1 に示す。



図 5-2-1. Cu Chi 地区の位置図と行政区界

- 総面積は 43,000ha あり、そのうち農地が 31,000ha と 71%を占める。
- 土地利用の現状を表 5-2-1 に、2020 年までの土地利用マスタープランを図 5-2-3 に示す。

表 5-2-1. Cu Chi 地区・土地利用区分別面積

土地利用	単位	面積	
		2008 年 12 月	2009 年 (計画)
総面積	ha	43,496.6	43,496.9
農地	ha	30,842.3	28,812.2
- コメ	ha	11,480.8	10,637
- 草地	ha	1,809.7	1,906
- 野菜	ha	1,455.3	1,523.7
- その他畑作	ha	2,909.36	2,430.5
- 花卉	ha	233.31	342.3
- 果樹	ha	2,841.8	2,976
森林	ha	48	48
水産養殖	ha	520.94	534
その他農地	ha	339.9	345.3
その他	ha	11,745.5	13,757.1

出所： Cu Chi office, data on 10/2009

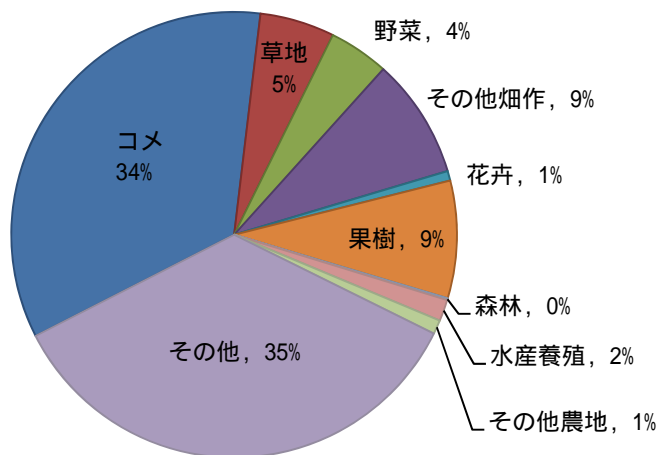


図 5-2-2. Cu chi 地区における土地利用区分別面積

THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH  
 QUY HOẠCH CHUNG HUYỆN CÚ CHI  
 SƠ ĐỒ ĐỊNH HƯỚNG PHÁT TRIỂN KHÔNG GIAN  
 ĐẾN NĂM 2020

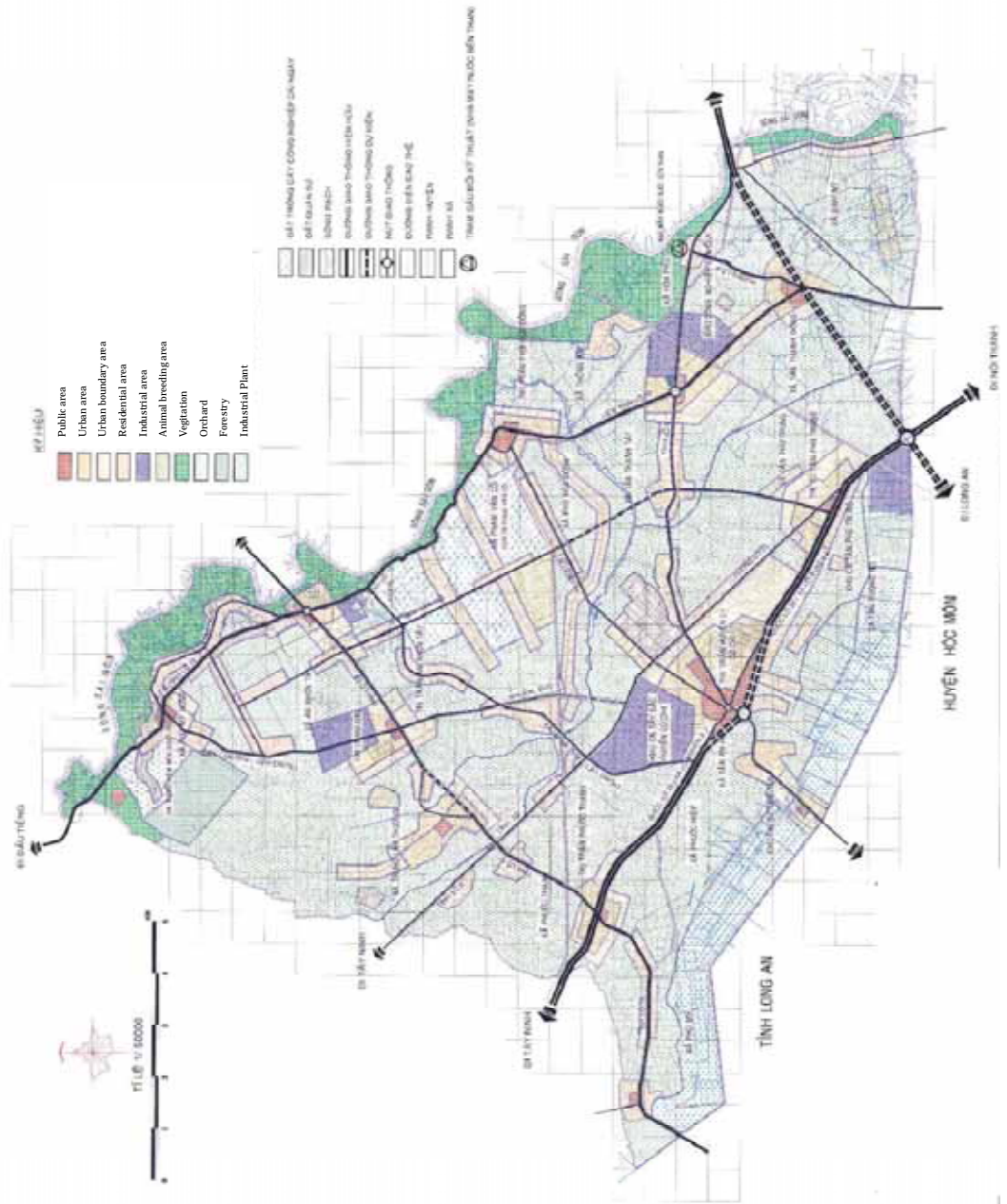


図 5-2-3. Cu Chi 地区土地利用マスタープラン  
 出所：Department of Planning and Architecture, Ho Chi Minh City

### 3.2 対象地域を巡る社会経済状況

#### ① 主要産業

2つの工業団地における主要産業: 繊維、織物 (17社), 化学製品 (10社), 機械 (7社), 食品・ (12社), 皮靴 (3社), 家具 (10社), 紙箱製造 (26社), プラスチック (8社), 電機 (4社), 製薬 (1社), 建設 (1社), 廃棄物処理 (1社) .

2つの工業団地: Tay Bac Cu Chi (2008年 215.7 ha、2020年 345 ha) 及び Tan Phu Trung (2008年 200 ha、2020年 500 ha) .

2つの産業クラスター: Tan Quy (150 ha) ; 自動車機械 (110 ha) 及び Tan Phu Trung

#### ② 畜産

Cu Chi 地区では畜産業が盛んであり、その状況を表 5-2-2 に示す。

表 5-2-2. Cu Chi 地区の家畜種類別頭数

家畜の種類	頭数	
	2008年12月	2009年(計画)
豚(総数)	160655	168514
- 豚(メス)	17101	18539
牛	60394	62773
- 乳牛	31474	32917
- 肉牛	3526	3160
クロコダイル	28135	21970
ニシキヘビ	15281	9120

出所: Cu Chi office, data on 10/2009

## 4. 地域のバイオマス賦存量及び現在の利用状況

### 4.1 賦存量一覧

Cu Chi 地区におけるバイオマスの賦存量、及び現在の利用状況を表 5-2-3 に示す。

Cu Chi 地区は人口 350,000 人と多く、また畜産の盛んな地域である。バイオマス資源は年間 438 千 t (湿重量) 発生し、81%が畜産由来、8.1%が都市ごみ、2.5%が下水汚泥、2.5%が稲わら、1.9%が野菜非食部、1.9%が籾殻という構成となっている。

表 5-2-3. Cu Chi 地区のバイオマス賦存量・利用可能量

バイオマス分類	種類	賦存量 (t/年)	変換・利用方法	仕向量 (t/年)	利用率 (%)
廃棄物系	家畜排せつ物	438,151	堆肥、バイオガス、液肥	262,890	60
	下水汚泥	14,000	堆肥	11,200	80
	廃木材 廃竹材	ND	調理用熱源、 キノコ栽培	ND	ND
	都市ごみ	44,713	家庭内廃棄/焼却または 埋立	894	2
	食品廃棄物	197	家畜飼料、副産物加工	138	70
農業系資源	野菜非食部	10,610	家畜（豚）飼料	8,488	80
	籾殻	10,475	家畜（牛）飼料、農地への 鋤き込み	5,237	50
未利用系	稲わら	13,808	家畜飼料、焼却灰を肥料 として利用	12,427	90
	林産資源	ND	調理用燃料	ND	ND
資源作物系	サトウキビ	9,362	家畜飼料	7,490	80
	トウモロコシ	308	家畜飼料	231	75
	ピーナッツの 殻	288	家畜飼料、 ラン鉢植えのマルチング	216	75

※ND=データなし

主なバイオマス種類別利用率を試算した結果を図 5-2-4 に示す。

都市ごみ（生ごみ）はほとんど利用されていないが、ピーナッツ、トウモロコシ、稲わらなどの農業残渣や製材残渣などはかなり利用されていると推計された。

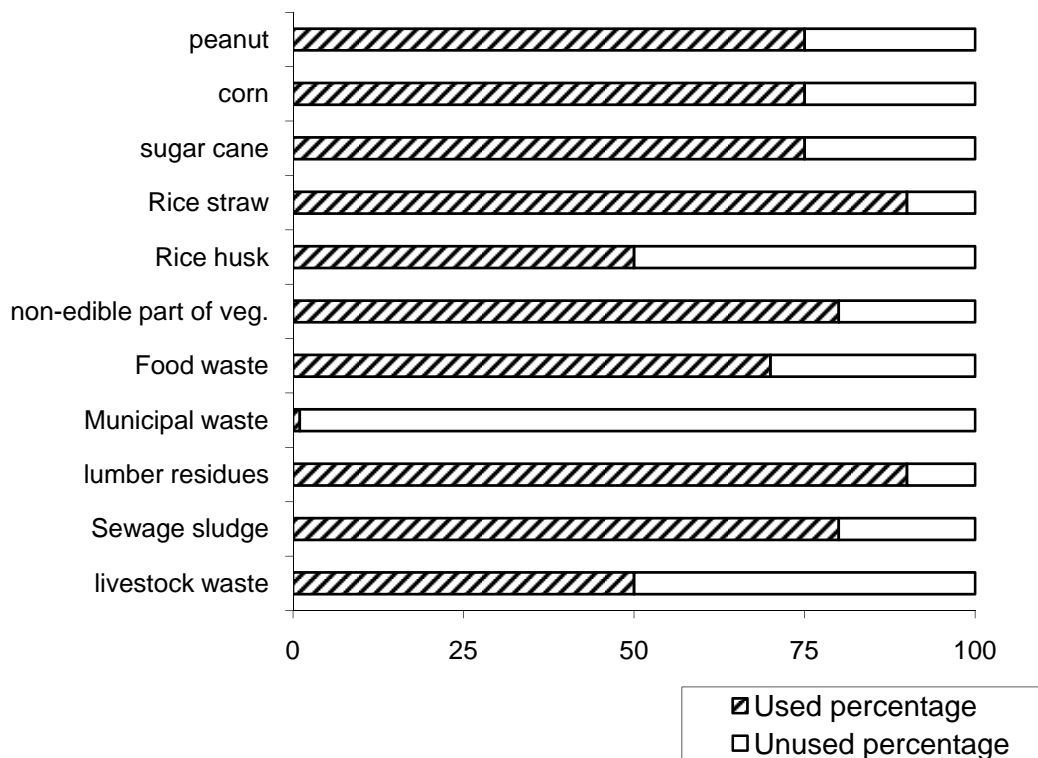


図 5-2-4. Cu Chi 地区のバイオマス利用率試算 (2008 年)

## 4.2 主なバイオマス種類別利用状況

### 1) 家畜排せつ物

#### ① 牛

##### ア) 特性

牛の排せつ物には未消化の植物性の物質が多く含まれ、ミネラルが豊富である。緑から黒色をしており、空気に触れると黒くなる。牛の排せつ物に含まれる栄養素は反芻過程で安定化されており、堆肥原料に適している。しかしながら、牛の排せつ物の量の多さと処理設備の不足のため、一部は直接河川へ排出されて近隣への臭気や周辺への汚染を生じている場合もあり、土壌、水、大気に汚染をもたらしている場合もある。

##### イ) 発生状況

牛の飼育は Cu Chi 地区において一般的であり、56,000 頭（そのうち 19,000 頭が乳牛）が飼育されている。Tan Thanh Dong 村と Tan Thanh Tay 村では特に牛の飼育数が多く、それぞれ 10,000 頭と 2,000 頭が飼育されている（2008 年 9 月）。

##### ウ) 変換・利用

Cu Chi 地区では過去何世紀にもおよび、牛の排せつ物には土壌質の改良作用があると見て、堆肥として利用されてきた。牛の排せつ物に含まれる植物性物質には窒素やその

他の栄養素が含まれており、稲や果樹などの作物の生長を促進し、他の家畜排せつ物に比較してバクテリアによる影響が少ない。また、牛の排せつ物はバイオガスによる発電や調理用熱源回収にも利用されている。牛の排せつ物をミミズ (*Perionyx excavatu*) の養殖に利用する農家もある。Cu Chi地区ではおよそ9ha相当のミミズ養殖場があり、33,000t/年の牛の排せつ物 (i.e. 6 kg/m<sup>2</sup> /6 days) を消費し985tのミミズが生産されている。ミミズの排せつ物は良質な肥料として利用され、ミミズはエビの養殖餌として利用されている。

## ② 豚

### ア) 特性

豚の排せつ物はカリウムに富んでおり、湿っている状態では特に根セロリやネギ、ジャガイモなどの根菜類に適している。しかし、豚の排せつ物を適切に処理していない場合は水資源・土壌にとって大きな影響を与える。

### イ) 発生状況

Cu Chi 地区・DARDによると、豚の飼育数は2008年には120,000頭以上、2009年には170,000頭以上であった。Cu Chi 地区で飼育している農家の多くは小規模養豚農家があるが、An Phu 村、Nhuan Duc 村、Phu Hoa Dong 村、Tan Thanh Dong 村では10,000頭以上の養豚が行われており、各々の村に1,500頭の母豚が飼育されている。

### ウ) 変換・利用

小規模農家の多くは排せつ物の処理設備は備えていなかったが、現在ではバイオダイジェスターを導入し家畜の排せつ物処理をおこなう農家もある。しかし、その廃液は未だ適切であり、効率的には処理されていない。豚の排せつ物は、伝統的には水産養殖に用いられてきた。

## ③ その他の家畜の状況

Cu Chi 地区では馬 (30頭)、ヤギ (400頭)、ウサギ (1,000羽)、ワニ (30,000頭) などの家畜も飼われているが、養豚に比較すると規模は小さい。また鶏や鳩やその他家禽類も飼育されているが数は不明である。このような家畜を飼育している農家のほとんどは野菜畑や庭があることから、ほとんどの家畜の排せつ物は野菜畑や庭で肥料として利用されているものと考えられる。

### ア) 馬

馬の排せつ物は比重が小さいため、重い粘土質の土壌を軽くする効果により葉の生長に良い影響を与える。アンモニアが豊富であり、長時間の保温効果があるため、寒い時期の育苗に適している。

#### イ) ウサギ

ウサギの排せつ物は窒素に富み、葉、茎、低木の成長に良い。

#### ウ) 羊、ヤギ

羊とヤギの排せつ物は果実の香りと質の向上、ハーブ類の油分向上に効果的である。

#### エ) 家禽類

鶏、鳩やその他家禽類の糞はリンに富んでいるため、種、花、果樹に良い効果を与える。鶏の糞は臭いが強く、粘度が高く、水分も多いため、堆肥には利用されづらいが、水と1:10の割合で混合し、6-8週間発酵させることにより液肥として利用することが可能である。近年では鳥インフルエンザの影響で2008年には50,000頭減少した。

### 2) 下水汚泥

#### ア) 特性

Cu Chi 地区の下水汚泥は公共の浄化槽からの有機分と工業団地からの工業汚泥から成る。下水汚泥は有機物、窒素やリンといった栄養源、工業廃水からの汚染物質、病原性の細菌、ウイルス、原虫、寄生虫など人間、動物の健康に害を及ぼす要素を含む。

#### イ) 発生状況

都市ごみから発生する下水汚泥は年間 14,000 m<sup>3</sup> (0.04m<sup>3</sup>/年/人) と試算される。

#### ウ) 変換・利用

下水汚泥は栄養成分(窒素、リン、有機物)が高いため、近年では肥料生産に用いられている。

### 3) 廃木材

#### ア) 特性

Cu Chi 地区の森林面積はおよそ 503ha であり、そのうち 158ha は保護林で 345ha はユーカリやゴムノキの生産林である。廃木材の性質は加工段階により異なるが、小枝、樹皮、おがくずは、伐採時や一次加工段階で発生する。竹は Cu Chi 地区で一般的にみられる植生であり、Cu Chi 地区は伝統的な竹手工芸品で有名である。

#### イ) 発生状況

廃木材の発生源としては、伐採残渣、剪定材、間伐材、製材所残材、植え替えにより発生するゴムノキの伐採材などがある。

#### ウ) 変換・利用

Cu Chi 地区では、おがくずをキノコの培地として利用している。竹工芸から発生する残渣は有望であり、調理用の熱源に利用されている。

#### 4) 都市ごみ

##### ア) 特性

ゴミの回収料金は家庭当たり月 15,000～20,000 ドンである。Cu Chi 地区には Phuoc Hiep 埋立地があり、日当たり 2,500～3,000t を受け入れるホーチミン市の主要な埋立地でもある。なお、埋立地付近には Viet Star と Tam Sinh Nghia の二つの堆肥生産施設がある。

##### イ) 発生状況

Cu Chi 地区の都市ごみは、年間およそ 600t が市場から、およそ 45,000t が家庭から発生する。

##### ウ) 変換・利用

回収率は 50%以下と極めて低く、多くの家庭では庭で燃やすかそのまま廃棄している。

#### 5) 野菜等非食部

##### ア) 特性

Cu Chi 地区には多くの野菜及び果実栽培農家が存在し、小規模農家から商業的大規模農家までが存在する。野菜の総栽培面積は 5,000ha 以上ある。安心・安全な野菜栽培は Cu Chi 地区の開発戦略の一つで、ホーチミン市の主要な野菜市場にも商品を供給している。

##### イ) 発生状況

Cu Chi 地区での植物性残渣は野菜栽培から発生し、年間生産量は 106,000t 以上が見込まれ、そのうち残渣は 0.1%と試算される。残渣は葉、茎、花、非食部などがあり、収穫時や市場取引の際に発生する。植物性残渣は主にセルロース、ヘミセルロース、リグニンから構成されるが、栽培方法によって量と質が異なる。

##### ウ) 変換・利用

植物性残渣は多くが家畜飼料として利用され（全体の 80%、年間 8,500t）、わずかな量が埋立地で処理されている。

#### 6) 食品廃棄物

##### ア) 特性

食品廃棄物は、家庭や食料品店、野菜直売所、食堂、飲食店、食品加工産業から発生する残飯や調理段階で発生する非食部が含まれる。主にセルロース、ヘミセルロース、リグニンを含み、タンパク質、その他栄養素が含まれる。

##### イ) 発生状況

食品廃棄物は家庭、市場、食料品店、工業団地の食品加工工場から発生する（West North Cu Chi 工業団地）。

#### ウ) 変換・利用

家庭から発生する食品廃棄物は70%以上が家畜飼料に利用されており、一部は民間または行政により回収され埋立地へ運ばれている。しかし、埋立地に運ばれる食品廃棄物は他の廃棄物と分別されていない。一方、加工工場から発生する食品廃棄物は副産物として利用できる可能性がある（例：サイゴンビール社は飼料工場に年間196tのイーストを販売している）。

### 7) 農業残渣

#### ① 稲わら

##### ア) 特性

Cu Chi 地区のほとんどの村(20村のうち19村)に水田があり、6,000haが春作、6,800haが季節ごとの作付、4,000haが秋作に仕向けられている。近年では、コメの生産性及び水田面積は減少傾向にあり、これは経済構造や農業構造の変化、環境劣化による影響であるといわれる。

##### イ) 発生状況

稲の生産量は47,600t/年であり、稲わらは13,800t/年発生する。

##### ウ) 変換・利用

稲わらは農地で焼却し肥料として利用可能な灰とするか、家畜の飼料やきのご培地として回収される。Cu Chi 地区で発生する稲わらは地区の家畜飼料需要を賄うに十分な量ではないため、Long An 地区を含むその他の地区から持ち込まれている。

#### ② 籾殻

##### ア) 特性

籾殻は米粒を保護する固い皮であり、ケイ素やリグニンを含む。コメの加工過程で籾殻は米粒から分離され、玄米となる。玄米から米ぬかが取り除かれたものが白米となる。

##### イ) 発生状況

Cu Chi 地区では年間10,500tの籾殻が発生する。水稻の重量の22-25%発生する、主要な副産物である。

##### ウ) 変換・利用

籾殻は調理用の熱源として利用されるほか、籾殻の焼却灰は肥料として利用される。

#### ③ その他

Cu Chi 地区には落花生が1,100ha、トウモロコシが590ha、サトウキビが282ha耕作されている。これらから発生する残渣は大方が家畜の飼料として利用されている。

## 5. 地域のこれまでのバイオマス利活用の取組状況

### 5.1 経緯

- Cu Chi 地区においては、ホーチミン市の商業地区に安全・安心野菜を販売するためのクリーンベジタブル生産組合 2 つ（A: 50 世帯、B:12 世帯）があり、化学肥料を削減するために有機肥料を一部利用する取組を進めている。しかしながら、市場が十分に形成されていないために、参加農家が減少している。
- また、民間の堆肥化施設 7 ヶ所、牛糞を利用したミミズ堆肥生産は生産面積 9ha にのぼる。堆肥化施設で生産された堆肥は、Cu Chi 地区で利用される量は少なく、多くは地区外（市外）へ搬出されている。近年ミミズ堆肥の生産量は増加していない。
- 1998年にバイオガス回収が導入され、2011年までに11,148基のバイオガスタンクを設置する目標が掲げられたが、現在の導入は4,500ヶ所にとどまり、目標の45%である。
- そのような中でJICA+JSTプロジェクトが東京大学とHCMUTの連携により開始されたところである。

### 5.2 推進体制

なし

### 5.3 関連事業・計画

- JICA-JST プロジェクト
- アジア生産性機構（日本）とベトナム生産性センターのバイオガス生産プロジェクト
- 農村衛生・環境プログラム

### 5.4 既存施設

- バイオガス設備：（6タイプ:プラスチック・バッグ法と堆肥バック法、KT3、HDPE バッグ、Thai-Duc モデル、KT2 と KT4）Cu Chi 地区の約 30%がバイオガス設備を所有しており、地区によっては 60%までに上る。
- ミミズ養殖
- キノコ栽培
- 蘭栽培
- 『庭ー池ーケージ』モデル<sup>5</sup>
- 10 の堆肥生産会社

<sup>5</sup> VAC 農法ともいう、ベトナム特有の循環・統合型の営農方法。Vuong：家庭菜園、Ao：養殖池、Chuong：家畜小屋を農家の自己保有地内につくり、収穫は自家消費に用いるほか、販売により現金収入を得る。Vで採れた野菜は消費のほかA・Cの家畜や養殖魚の餌となる。また、Cの家畜の糞尿は人糞や木の葉とともに堆肥とされVの野菜の肥料となる。敷地内の池、庭・家庭菜園とトイレ・家畜小屋がパイプラインで結ばれている。

## 6. バイオマスタウン形成上の基本的な構想

### 6.1 バイオマス関連の地域課題

- 豚舎や牛舎からの悪臭
- 廃水処理システムの不足
- 畜産農家からの未処理廃液による水質汚染
- 埋立地からの浸出水による地表水の汚染による水稻の収量減少と作付面積の減少
- Cu Chi 地区の固形廃棄物の回収と処理、埋立処理
- 低効率のバイオガス利用（家庭内利用のみ、家庭内利用では余剰）
- 家畜飼料としての稲わらの不足
- ミミズ養殖や伝統的堆肥生産法を利用した堆肥/クリーンソイルの市場の不足
- Cu Chi 地区における安全野菜生産の促進
- コミュニティの需要に応じたバイオマス関連製品への指導をおこなうマーケットの確立

### 6.2 地域内のバイオマス利活用方法

Cu Chi 地区の主な特徴は、「近郊農業・畜産地域」であることであり、このことが Cu Chi 地区のバイオマスタウンの在り方を大きく決定する。バイオマス利活用の目的を次のように定める。

- Cu Chi 地区の統合的なバイオマス利活用システムをつくる
- バイオマス利用率を高める
- 地域コミュニティ及びホーチミン市のための再生可能エネルギーの生産の推進
- 持続可能なバイオマス利用の推進

Cu Chi 地区におけるバイオマスタウンのモデルを図 5-2-5 に示す。

ここでは先端技術モデルとローカル技術/適正技術モデルに分けて事業の導入や普及を図ることとする。

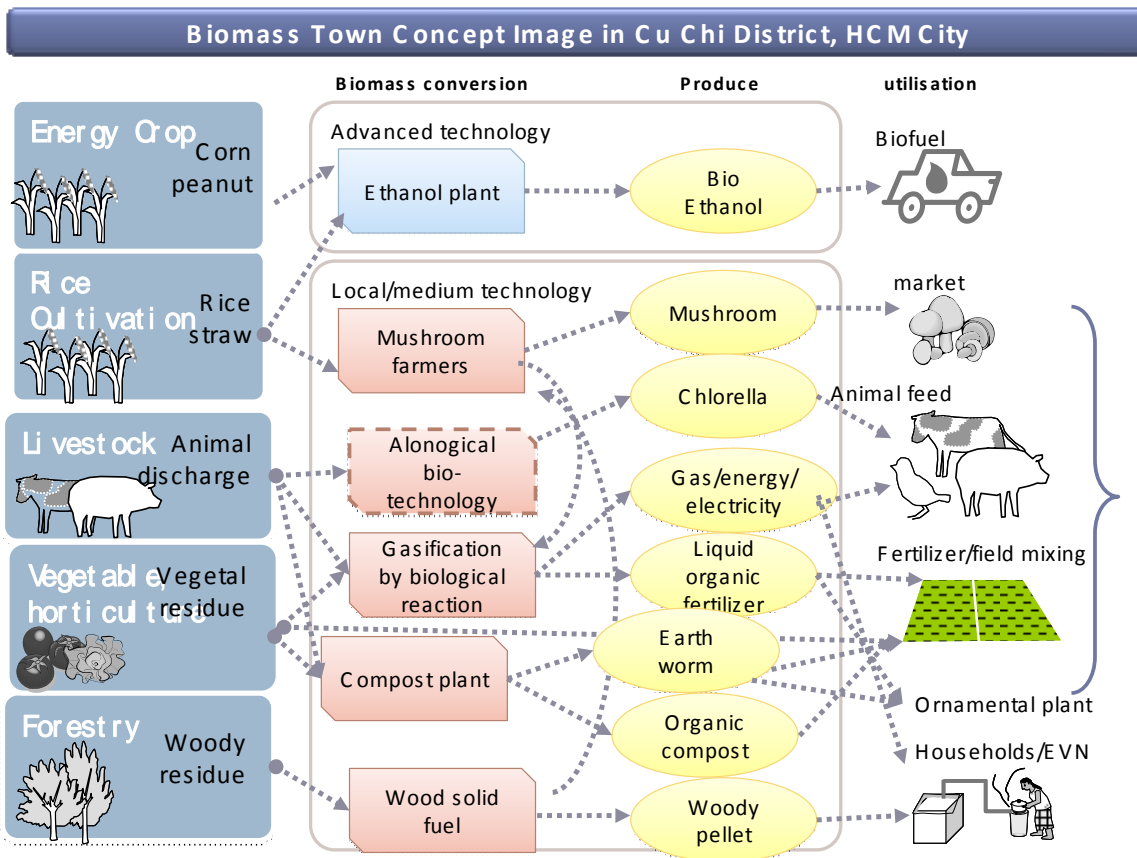


図 5-2-5. Cu Chi 地区バイオマスタウンのモデル

### 1) 先端技術モデル

#### (1) エネルギー作物（トウモロコシ・落花生）や稲わらからのバイオ燃料生産

##### ① 内容

バイオエタノール燃料は主に糖化発酵プロセスにより生産されるが、化学合成によって生産することも可能である。稲わらによるエタノール生産は JICA-JST の支援のもと HCMUT により実施されている。

この試みは Cu Chi 地区にとって新規のものであり、Thai My 村で実施される予定である。

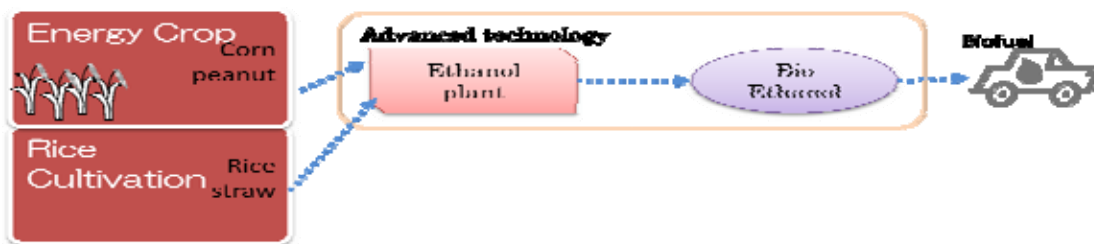


図 5-2-6. エネルギー作物やバイオ燃料生産モデル

## ② 導入のメリット

- バイオエタノールには従来の燃料に比べ数々のメリットがある。再生可能な資源から生産される、すなわち、有限な資源ではなく作物から生産され、その作物と残渣は熱帯の国では容易に手に入る。
- 化石燃料に対するメリットとして、温室効果ガスの削減効果がある
- バイオエタノールの利用を推進することにより、農村経済は原料作物需要の増大からも恩恵を受けることができる。
- バイオエタノールは、化石燃料に比較し毒性が低い
- 既存のガソリン燃焼機構でも 5%までは容易に代替できる

## 2) ローカル技術/適正技術

### (1) 稲わらとおがくずを利用したキノコ栽培

#### ① 内容

稲わらやおがくずはビタミンや塩基類の栄養価が高く、良質なキノコ培地となる。キノコ栽培で最も重要なことは、培地の排水、栽培方法、気候条件であり、Cu Chi 地区には既にキノコ栽培農園が存在するが（例：Tan Phu Trung 村の DONA mushroom farm

（*Ganoderma lucidum*））、さらなる普及が望まれている。キノコの栽培プロセスを下記に示す。

- ゴムノキのおがくずを堆積させ、水分を含ませる。このことによりおがくずが柔らかくなり水分を60日間保持出来る。
- 水分を含ませた培地はふるいにかけて養分や塩基類、石灰と混合され3日間補水の後、ビニール袋に詰める。
- 菌の植え付けの前には水を切り、3日間寝かせる。30日間補水が続ければ菌糸体（キノコ）が成長し培地全体に広がり次第収穫される。

なお、キノコ栽培で発生する副産物は水産養殖や養豚場の餌、堆肥などに再利用することが可能であり、DONA mushroom farmでは、使用後の培地は発酵の後に草地、野菜畑、果樹園の肥料として再利用している。

図 5-2-7. 農業残渣を利用したキノコ栽培モデル

② 導入のメリット

- 小規模農家の導入に適切
- 農業残渣の利用を促進
- キノコは高単収の農産物であり、導入農家の所得が向上
- キノコ収穫後の培地は土壌改良材等としての利用が可能

(2) 畜産廃液からのクロレラ生産

① 内容

この技術は養豚施設で発生する有機廃液（し尿）と太陽エネルギーを利用し、クロレラを生産するもので、し尿の継続的な処理を行うとともに家畜の飼料、または肥料となるクロレラを生産することである。



図 5-2-8. 畜産廃液からのクロレラ生産

このシステムは Cu Chi 地区では新規のもので、図 5.2.9 に示される日本の技術導入を期待している。

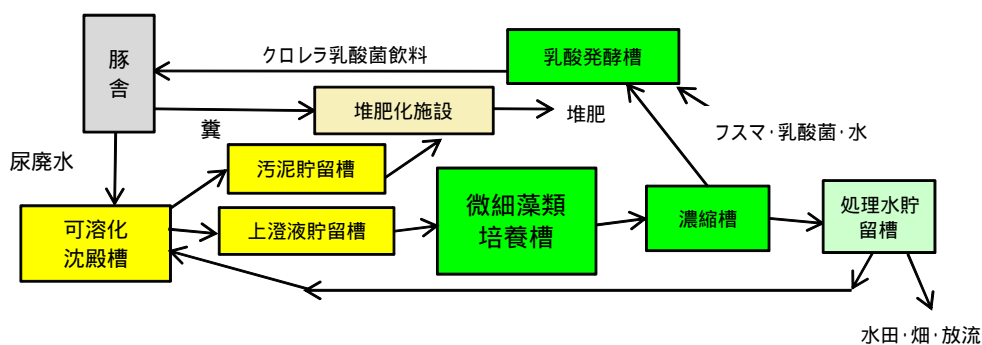


図 5-2-9. 廃水処理とクロレラ生産のプロセス

② 導入のメリット

- 小規模農家が導入するのに適切
- 地域で悪臭のもととなっている養豚場からの廃液問題の緩和
- クロレラの組成例を表 5-2-4 に示す。クロレラはタンパク、リジン、脂肪、炭水化物に富むことから家畜の餌に利用することが可能。

表 5-2-4. クロレラの組成例

成分名	含有量	単位
粗タンパク	55	%
粗脂肪	18	%
炭水化物	18	%
灰分	6	%
水分	3	%
クロロフィル	20	m g / g
カロチン	50	m g / g
アスコルビン酸	0.015	m g / g
パントテン酸	0.011	m g / g
ビタミンB1	0.008	m g / g
ビタミンB4	0.003	m g / g
熱量	5.2	kcal/ g

出所：武智 芳郎 (1971) <sup>6</sup>

宇都宮大学による豚の飼育試験の例を表 5-2-5 に示す。

豚の基礎飼料中に 8%の割合で含まれる魚粉の 2%を真空凍結乾燥クロレラで置き換え、通常の飼育方法で生後 60 日間飼育した豚を 3 頭ずつ 2 群に分け、対象区、試験区とした。豚の体重でみると、対象区 1.8 倍に対し、クロレラ区では 2.6 倍に増えている。また全期を通し飼料節約効果を試算すると、 $(5.71-4.05) / 5.71 = 0.291$  と約 3 割の節約効果があったと報告している。

表 5-2-5. 宇都宮大学による肥育試験の結果

肥育日数	生後日数	体重		給与飼料(kg)		飼料要求量(kg/kg)	
		クロレラ区	対象区	クロレラ区	対象区	クロレラ区	対象区
0	69	56.3	54.9				
120	189	222.8	154.4	186.3	110.3	3.90	
全 期				674.9	568	4.05	5.71

出所：武智 芳郎 (1971) <sup>7</sup>

<sup>6</sup> クロレラ—その基礎と応用一、武智芳郎 (1971)、学習研究社発行、p57-p58

<sup>7</sup> 同、p149-p151

### (3) 畜産及び植物性残渣によるメタン発酵

#### ① 内容

地域の家庭での調理用熱源および発電のためのメタンガス生産をおこなう。発酵液は濃縮後、液肥として利用する。システムは、攪拌発酵槽、発酵槽加熱ユニット、メタンガス回収・精製ユニット、ガス輸送・操作、コージェネレーションユニットから構成される。構成要素のサイズは、排せつ物の処理量から算出され、滞留時間は20日が想定されている。

#### 発酵槽（メタン発酵）：

牛・豚の畜舎から発生する廃液や下水、食品残渣を利用し、メタンガス60%組成のバイオガスを生産

#### メタンガス燃料製造ユニット：

バイオガスのメタン濃度を98%まで精製する。PSA（pressure swinging adsorption）を導入することも可能である（柚山ほか、2010）。精製ガスは貯蔵タンクに貯蔵、または家庭用の小規模タンクに貯蔵する。

#### コージェネレーション：

ガスエンジンを用い発電と温水または冷水を回収

#### 発酵液濃縮ユニット：

発酵液を適度に脱水し、液肥とする。

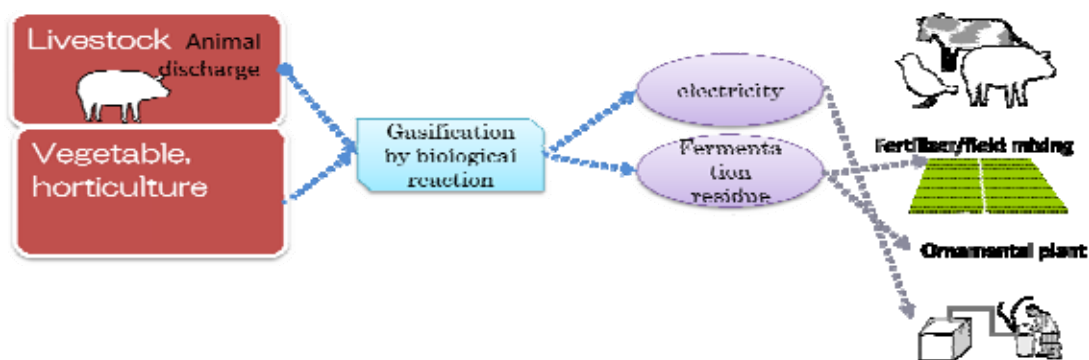


図 5-2-10. 畜産及び植物性残渣によるメタン発酵モデル

#### ② メリット

- 小規模農家での導入に適切
- バイオガス生産の先進的な技術を適用できる
- 家畜排せつ物の処理費用を低減できる
- 調理用の熱源と発電のための燃料源を創出できる
- 液肥を生産できる

#### (4) 畜産・植物性残渣の堆肥化

##### ① 内容

有機物を管理された環境下において分解する堆肥生産は、固形残渣の処理においては伝統的な手法といえる。分解は微生物の働きにより起こり、主なものはバクテリアであるがイーストや菌類によってもおこる。

Cu Chi 地区では家畜排せつ物と植物性残渣は堆肥と液肥生産の原料として利用されており、作物の生産性を向上する。また、牛の排せつ物はミミズ養殖の培地として利用されており、ミミズの排せつ物を含む培地は肥料や、エビ、魚の養殖餌としても利用されている。

堆肥生産は生物的処理で炭素と窒素のバランスが 30 : 1 の時に最適となる。水分、酸素濃度と温度の常時管理とモニターが必要とされる。

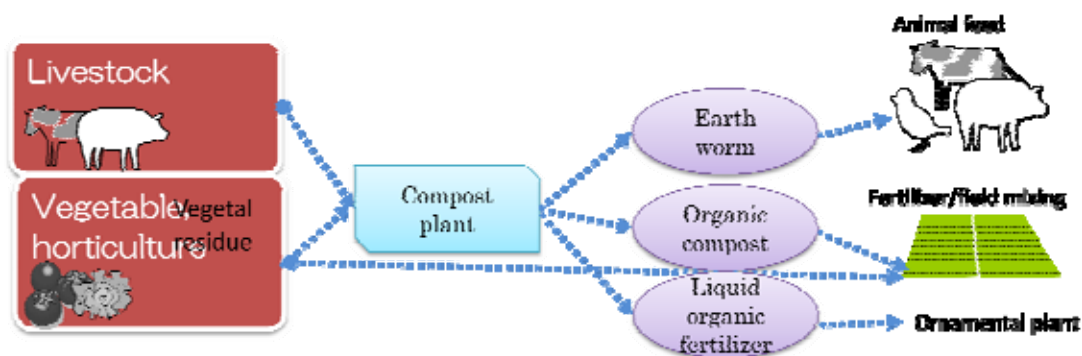


図 5-2-11. 畜産・農業残渣の堆肥化

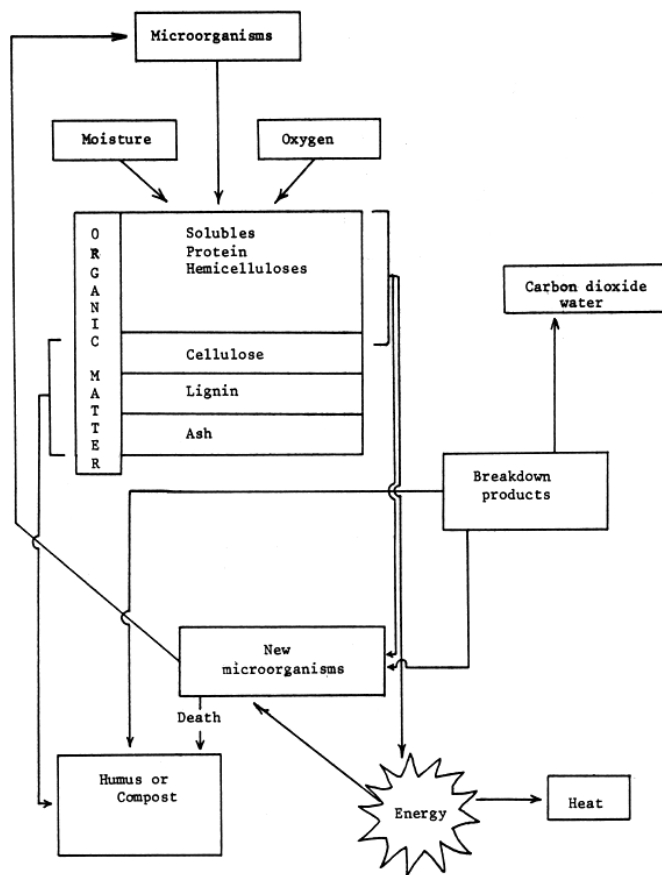


図 5-2-12. 堆肥生産プロセス

ミミズを利用した堆肥生産は『vermicompost』と呼ばれ、今日の有機農業モデルの重要な位置を占める。ミミズ養殖は設備導入が比較的容易であるが効果は大きく、植生に悪影響を与えることがない。ミミズ養殖から副産物として生産されるミミズ堆肥は、ミミズの排泄物の養分を利用したものである。

表 5-2-6. ミミズ堆肥と通常の家肥の組成例

Table 1. Nutrient composition of vermicompost and garden compost.		
Nutrient element	Vermicompost (%)	Garden compost (%)
Organic carbon	9.8-13.4	12.2
Nitrogen	0.51-1.61	0.8
Phosphorus	0.19-1.02	0.35
Potassium	0.15-0.73	0.48
Calcium	1.18-7.61	2.27
Magnesium	0.093-0.568	0.57
Sodium	0.058-0.158	<0.01
Zinc	0.0042-0.110	0.0012
Copper	0.0026-0.0048	0.0017
Iron	0.2050-1.3313	1.1690
Manganese	0.0105-0.2038	0.0414

出所： Nagavallemma *et al.*, (2004) <sup>8</sup>

<sup>8</sup> Nagavallemma KP *et. al.* (2004). "Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer". *Global Theme on Agrecosystems* (8).

ミミズ堆肥の生産プロセスを以下に示す。

- ・ ミミズ養殖は養殖場の形態を選ばず、小屋、タンクなどに土を入れ養殖場とする。
- ・ 堆肥生産容器の諸元は自由で、庭や畑などの地面に埋め込む。堆肥生産容器（木製、プラスチック、ゴムなど）を選ぶ際には、養殖培地にスプレーされる水の排水に気をつける必要がある。
- ・ ミミズの生息可能気温は20-30度と幅広く、養殖培地とする前に牛の排せつ物を水と混合し3日間寝かせる。
- ・ 2ヶ月の養殖期間の後、ミミズが収穫され、同時に培地も堆肥として回収される。

このモデルはCu Chi地区に現存するが、さらなる普及が望まれる。

## ② メリット

- 小規模農家の導入に適切
- 土壌の肥沃度の向上と改良、養分向上
- 農業残渣等に含まれる養分を作物耕作に利用（ミミズ排せつ物に含まれる養分はあらかじめ消化されているため、植物が容易に吸収できる）
- 遅効性の堆肥
- 微生物濃度を上げることによる病虫害被害の抑制
- 養分の損失の抑制
- 消費者にとって安全で安心な有機野菜と有機農産物の生産
- 地域のみみず品種を利用できるため低コスト
- 水産養殖餌の生産
- 養分の高い堆肥と液肥の生産
- ミミズの消化により通常の堆肥生産技術よりも短期間での堆肥生産が可能であり、微生物が豊富に含まれるミミズの排せつ物の効果により病害の抑制効果あり

## (5) 木質残渣からの木質ペレット生産

### ① 内容

木質ペレットは木質燃料の一種で、一般的には木材加工や加圧加工したおがくずから生産される。多くは木材加工の林業の副産物として生産されるが、竹ペレットは Thai My 村の竹細手工芸から副産物として生産される。

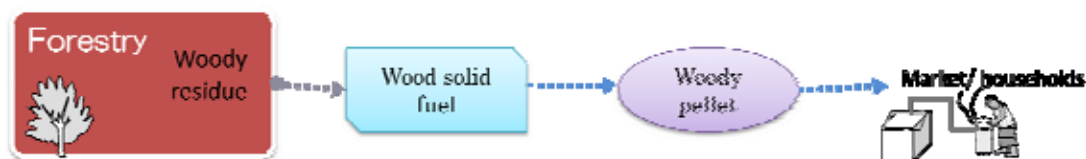


図 5-2-13. 木質残渣からの木質ペレット生産

このシステムはクチ地区では新規のもので、図 5-2-14 に示すフローにより導入の可能性がある。

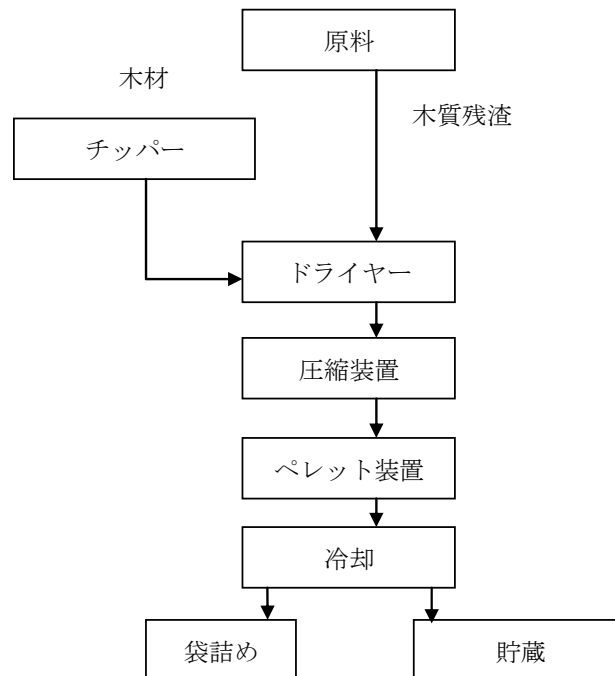


図 5-2-14. 木質ペレットのプロセスフロー.

## ② メリット

- 水分含有率と灰分（1-3%）が低く、熱量は大きいが焼却灰は少ない
- 容量が小さく、輸送や扱いが容易である。
- 木材加工の副産物（おがくずなど）から生産され、廃棄物に付加価値を与える
- 木材や木質ペレットはカーボンニュートラルであり、温暖化対策の観点からも意味をもつ。また、他の燃料よりも安価である。
- ペレットは他の形態の木質燃料（おがくずや薪）よりは高価であるが、燃料油や天然ガス、電力よりは安価

## 6.3 バイオマスタウン形成上の基本方針

- 構想の推進体制

DOST、DARD、Cu Chi 地区人民委員会、村行政、大学、地域農家、畜産農家、DONRE

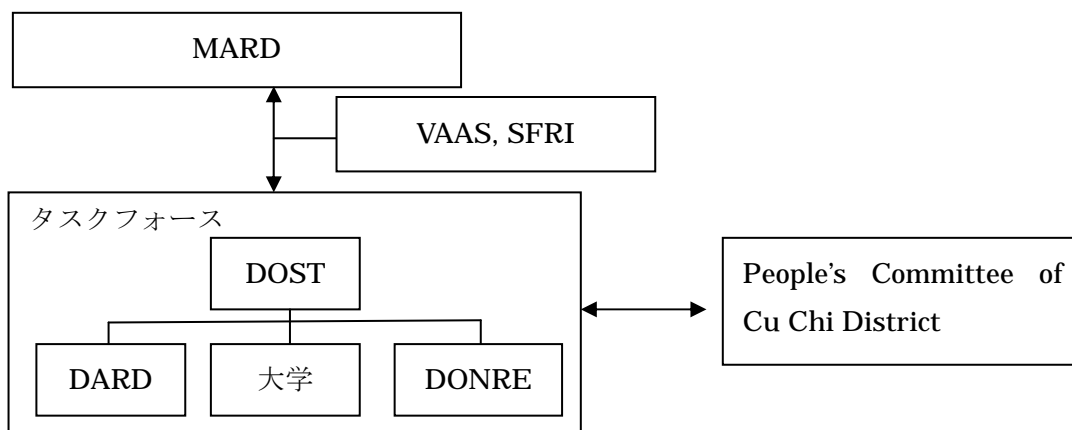


図 5-2-15. 構想の推進体制

## 7. バイオマスタウン構想の利活用目標及び実施により期待される効果

### 7.1 利活用目標

Cu Chi 地区におけるバイオマス利活用目標は、都市ごみ 80%、森林残渣 50%を除くすべてのバイオマスで 90%以上の利用率を達成することである。

表 5-2-7. 提案されるバイオマス利活用率 (%)

バイオマス種類	利用率 (%)	利用目標値 (%)
家畜排せつ物	60	90
下水汚泥	80	90
廃木材	90	90
都市ごみ	2	80
食品廃棄物	70	90
野菜非食部	80	90
籾殻	50	90
稲わら	90	90
森林残渣	データなし	50
サトウキビ	80	90
トウモロコシ	75	90
落花生	75	90

### 7.2 期待される効果

- 地球温暖化効果の抑制
- 循環型社会への貢献

- 雇用創出
- 環境保全
- 地域の収入向上
- 市場への安全安心な農産、畜産物の供給
- エネルギー源の創出

## 出典

- \* Cu Chi Agricultural and Rural development office, 2009. Agricultural report - statistical data.
- \* EX corporation, 2009. Methods to calculate existing biomass volume in Japan. Supplementary document for the East Asia Biomass Town Workshop.
- \* IED (Innovation Energie Development), 2005. Biomass for electricity generation in Asean – background paper, 58pp.
- \* MAFF, 2009. Strategy for further promotion of domestic biofuel production.
- \* US EPA, 1999. Livestock Manure Management. U.S. Methane emission 1990-2020: inventories, Projections and Opportunities for reduction.
- \* Yuyama, Y., Nakamura, M., Yamaoka M., 2010. Development of a Pilot-scale Biomass refinery System for Suburban Agricultural and Livestock Industrial Areas. JARQ 44 (1), 93-100.

以上