

〔農工研技報 212〕  
53 ~ 96, 2012〕

## バイオマス利活用システムのライフサイクルを対象とした 経済性の評価

清水夏樹\*・柚山義人\*・中村真人\*・山岡 賢\*

### 目次

I 緒言	53	3 生ごみ・生活廃水処理汚泥・食品加工残さ 対象シナリオ (シナリオ 3) …	75
II 評価の方法	54	4 規格外甘しょ・食品加工残さ 対象シナリオ (シナリオ 4) …	81
1 ライフサイクル評価の考え方	54	5 休耕田対象シナリオ (シナリオ 5) …	86
2 実態シナリオと計画シナリオ	55	V バイオマス利活用シナリオのライフサイクルでの 経済性評価	90
3 評価のための算出項目	55	1 コスト・収入についての実態と計画の比較	90
III 評価の対象地域およびシナリオの設計	56	2 外部経済効果の試算	91
1 評価対象地域の概要	56	VI 結言	92
2 シナリオの条件設定	56	参考文献	93
IV バイオマス利活用システムにおける コストと収入	57	Summary	96
1 乳牛ふん尿対象シナリオ (シナリオ 1) …	57		
2 豚ふん尿排水対象シナリオ (シナリオ 2) …	69		

### I 緒言

バイオマス・ニッポン総合戦略が2002年12月に閣議決定されて以来、バイオマス利活用や関連技術の開発等が進められ、地域的な視点における数値目標の1つであったバイオマスタウン構想の公表数は、2011年4月までに目標の300を超える318に達した。その一方で、バイオマス活用推進基本法(2009年6月制定)に基づき2010年12月に閣議決定されたバイオマス活用推進基本計画(以下、基本計画)では、バイオマスタウン構想に基づく実際の取組が十分に進んでいないことを指摘している。基本計画では、これまでの反省点を踏まえ、2020年を目標年として、バイオマスの活用に関する各種の数値目標を示し、都道府県・市町村単位でのバイオマス活用推進計画の策定を進めることとしている。市町村バイオマス活用推進計画の策定目標数は600で、活用の進捗状況や取組効果の把握、とくにエネルギーやバイオマス変換製品の地域内自給率を算出することが求められている。

本報では、地域におけるバイオマス利活用の事業化に

係る具体的な目標設定や進捗管理に資するため、バイオマス利活用システムをライフサイクルで評価するための枠組みを示し、関東都市近郊農業地域を想定して経済性(コストと収入)を評価した事例を報告する。

バイオマス利活用システムの経済的な評価に関する研究は、各分野で行われてきている。たとえば、古市(2010)では、食品廃棄物と家畜ふん尿を対象としたバイオガス化システムの事業採算性を、バイオガスの利用方法の異なる2案を示して評価している。同様に、大久保ら(2010)は、乳牛ふん尿を主原料とするバイオガスプラントの実証運転データを基に、エネルギー収支、温室効果ガス排出削減効果、経営収支の観点から評価を行い、プラント運転方法の最適化を検討している。これらの研究はいずれも変換過程に着目した評価であり、また生成物のうち電力・熱・精製ガスなどエネルギー資源としての利用に着目している。メタン発酵プロセスに伴い生成される消化液の利用については草地還元が前提とされており、利用プロセスの評価対象には含まれていない。本報でも家畜ふん尿等のバイオガス化は主要な変換技術として採りあげているが、本報では、原料バイオマスの収集輸送や消化液の利用についても重点的に評価の対象としているため、より広範なプロセスを評価している点が異なる。

本報と類似の視点で評価を行った森本ら(2009)の研究では、バイオマスタウン構想を公表した38市町村を対象として地域経営の観点から、バイオマス発生から生

\*資源循環工学研究領域資源循環システム担当

平成23年11月7日受理

キーワード：バイオマス利活用、ライフサイクル、ランニングコスト、シナリオ、外部経済効果、メタン発酵

成物の利用までを経済収支、エネルギー、環境影響の3つの点について総合的に評価するモデルを示した。さらに、濱井ら(2010)は、バイオマス利活用施設の効果を収益・社会的便益の観点から把握し、「施設が整備されない状況(なかりせば)」と「整備された状況(ありせば)」の2ケースを比較して評価している。利活用システムの関係者(セクター)毎の便益も算出しており、この点は本報でも今後取り組みたい。

また、ベスピャトコら(2009)は、市町村担当者をユーザーと想定したバイオマス会計を提案している。これはバイオマス事業の現状を、物質と金銭のフローとストックを記録することにより評価する方法であり、バイオマス利活用による直接的な収益だけでなく間接的な収益も表現することができる。また、環境負荷を推計することによる外部経済効果も扱っている。ベスピャトコら(2010)は、このバイオマス会計の入力フォームとマニュアルも公開しており、現状把握に適したこのツールは、本報で示す実態・計画シナリオの比較評価と共通する点も多い。

さらに上田(2010)は、農業系バイオマスからのバイオ燃料生産について、エネルギー収支、温室効果ガス削減効果に加えてコストを試算・検討している。実証段階から研究開発中まで幅広い作物を対象として、バイオ燃料1L当たりの生産費が算出されている。本報では、追加的な情報として、多収量米を対象とし、粗放的管理による実証栽培試験の結果に基づいたバイオ燃料生産のシナリオを設定した。

本報では、バイオマス利活用システムの経済性を評価するための評価対象、すなわちシナリオの設定方法、金額の算出方法について、できるだけ詳細に記述することに努めた。本報の知見は、主として市町村でバイオマス関連施策の立案・評価を行う担当者、バイオマス利活用事業をトータルに手がける民間事業者にとって役立つものと考えられる。担当者が入力データを各地域の実情に即したのものや、より信頼性の高いものに更新することによって、評価の精度を上げることができる。多くの紙面を費やすことになったが、収集すべきデータや評価の作業について丁寧に記述することで、市町村の担当者等がこの方法を用いた評価を自ら行えるようにしていることが、本報の特長、有用性である。

本研究は、農林水産省の委託プロジェクト研究「地域

活性化のためのバイオマス利用技術の開発(バイオマス利用シナリオの構築・実証・評価)(Cm3100)」(2007～2011年度)によるものである。本研究の実施にあたっては、千葉県香取市経済部農政課、香取市山田区事務所まちづくり課、農事組合法人和郷園、東京大学生産技術研究所他関係各機関の多くの方にご協力いただいた。ここに感謝の意を表する。

## II 評価の方法

### 1 ライフサイクル評価の考え方

本報で述べるバイオマス利活用システムの評価に当たっては、市町村等の「地域」を範囲として、バイオマス賦存量や現状での利用状況から対象とするバイオマスを決定する(清水, 2011a)。このバイオマスの輸送、変換、利用などについて、物質の移動や活動の流れを把握したシナリオを作成する(柚山ら, 2010)。このシナリオに基づき、バイオマスの「変換」や「利用」などの各局面を維持するための物質や活動の投入と産出を年単位で把握するとともに、システム全体をとおした物質収支、エネルギー収支を算出する。シナリオは、単に物質やエネルギーのみを捉えるのではなく、システムを支える活動(担い手や組織の体制、運営方法、組織間連携等)を計画する(清水・柚山, 2010 および清水, 2005)。これらによるコスト(支出)と収入をライフサイクル全体について算出し、それぞれのシナリオに基づく計画の妥当性を判断する一助とする。

#### a バイオマス利活用システムのステージ

バイオマス利活用システムは、Table 1 に示すようなステージの連続である。すなわち地域内でのバイオマスの生産・発生から、これらのバイオマスを収集し、必要に応じて貯蔵しつつ変換場所まで輸送し、さらにバイオマスをエネルギーや製品に変換する。さらに、変換された生成物を需要先、利用者まで輸送あるいは貯蔵し、需要先でバイオマス由来の生成物が利用されるという複数のステージがつながったものである。本報では、これらのステージの連携全体を評価対象とする。

#### b 各ステージにおけるライフサイクル

個々のステージにおいては、ライフサイクルが3つの

Table 1 バイオマス利活用システムのステージ  
Stages of biomass utilization system

ステージの名称	ステージの内容
①バイオマスの生産(発生)ステージ	地域内でのバイオマスの生産・発生
②収集・輸送・貯蔵ステージ	バイオマスを収集し、必要に応じて貯蔵しつつ変換場所まで輸送
③バイオマスの変換ステージ	バイオマスを変換し、エネルギーや製品を生成
④生成物の輸送・貯蔵ステージ	変換された生成物を需要先、利用者まで輸送あるいは貯蔵
⑤生成物の利用ステージ	需要先でバイオマス由来の生成物を利用

段階から構成される。第1は、各ステージの施設や機器装置等の建設・製造の段階、第2は運営段階、第3は廃棄の段階である。第1と第3段階では建設製造時あるいは廃棄時に1回だけ投入されるコストを対象とする。これらをそれぞれ初期コスト、廃棄コストと呼ぶ。第2の段階では、原材料の売買や手数料支払・収入、運転のためのコスト、生成されるエネルギーや製品の販売収入等が評価対象となる。各ステージでは、活動の時間的単位が異なるほか、施設や機器の種類や規模に基づく使用年数（耐用年数）、更新時期が異なる。そのため第2の運営段階では、1年を単位として評価する。第1と第3の段階については、計上されるコストを使用年数で割り、1年当たりのコストとした。

## 2 実態シナリオと計画シナリオ

評価は、「実態」と「計画」の比較である。評価対象とした地域のニーズや社会受容性を考慮して、対象とするバイオマスの活用計画をシナリオとして作成したものを計画シナリオと呼ぶ。そして計画で扱うバイオマスと同量・同質の原料バイオマスについて、「実態」をバイオマス利活用システムの各ステージに当てはめ、その流れを把握したものを実態シナリオとした。「実態」と「計画」が変わらない部分については、“neutral”と考え、比較評価においては差がないとする。実態シナリオでは、廃棄物系バイオマスは廃棄（適正処分）、未利用バイオマスは未利用である。これらを計画シナリオにおいては利活用することとなる。計画シナリオの⑤生成物の利用ステージは、対象とした「地域」内での利用を前提とした。

## 3 評価のための算出項目

各ステージにおいて、コスト（支出）と収入を算出した。Table 2 に算出項目、入力データの例を示す。初期

コストおよび廃棄コストについては、それらの金額を「使用年数」で除して1年毎のコストに換算した。

### a 初期コスト

初期コストは、各ステージの運営に係る施設・機器の建設・整備・購入のために投入される費用である。投入金額の全体を計上する段階では補助率等は考慮していない。本報ではとくに、③バイオマスの変換ステージにおける変換施設・機器の初期コストを詳細に検討した。施設建設費は、可能な限り「建築土木」（使用年数が長い）と「設備機器」（使用年数が短い）に分けて計上するようにした。残存価額（耐用年数が到来した時の処分可能見込額）は考慮しない。

### b 使用年数

前述のとおり、使用年数は施設の構造や規模、機器の種類や使用方法等によって異なるため、バイオマス利活用システムを構成する施設・機器ごとに決定する必要がある。しかし、すべての施設およびそれに含まれる機器について使用年数を個別に定めると、評価シナリオの設定が複雑になりすぎるため、本報では、バイオマス変換施設を中心に、想定される施設・機器の「総合耐用年数」を設定した。「総合耐用年数」は、文献調査、バイオマス変換施設・関連機器メーカーや実際の利用現場へのヒアリング等により決定した。車両等の一般的な機器については、税法上の固定資産の耐用年数をもって使用年数とした。

### c ランニングコスト

ランニングコストは、年を単位として算出した。主に光熱費（電力、燃料）、原料費・資材費、保守点検費、人件費の費目ごとに算出し、ステージによっては事務経

Table 2 各ステージでのコストと収入算出のための項目と入力データ  
Index and data for calculating cost and income in each stage

段階	算出項目	入力データ例
1（建設・製造）	初期コスト（円/使用年数）	建設費（建築土木、設備機器）、使用年数
		車両・個別機器等購入費、使用年数
2（運営）	ランニングコスト（円/年）	光熱費
		原料費・資材費
		保守点検費
		人件費
		事務経費
		サービスに対する手数料支払
		廃棄物処分委託費
収入（円/年）	製品販売	
	サービス提供料金収入	
	受入・処理手数料収入	
3（廃棄）	廃棄コスト（円/使用年数）	「建築土木」建設費の5%（仮定）、使用年数
		「設備機器」建設費・車両等価格の3%（仮定）、使用年数

費や廃棄物処分委託費（運営段階で継続的に発生する廃棄物を適正に処分するための費用）等も計上した。評価シナリオ内での地産地消、すなわち同じシナリオの中で、あるステージで生産された製品（提供されるサービス含む）を販売（提供）した際の収入が、それを購入・利用した別のステージで支払すなわちコストとして計上される場合もある。

d 収入

エネルギーや製品を生産し販売するステージでは、これらの販売料金が収入となる。また、輸送や受入・処理等のサービス活動に対する手数料収入は単価を設定して算出した。ランニングコストと同様、あるステージで製品やサービスに対して支払われたコストが、同一のシナリオ内の別のステージの担い手にとっての収入として計上される場合もある。

e 廃棄コスト

廃棄コストは施設・機器によって大きく異なり、またその価格を厳密に知ることは容易ではない。本報では一律に、施設については「建築土木」建設費の5%と「設備機器」建設費の3%とし、その他の車両・機器については購入費の3%と仮定して算出した。

III 評価の対象地域およびシナリオの設計

1 評価対象地域の概要

事例として評価対象とした地域は、関東地方の都市近郊農業地域である千葉県香取市である。香取市のバイオマス賦存量及び現在の利用状況を Fig.1 に示す。生重量として最も多い家畜ふん尿のうち、牛ふん尿は100%が何らかの形で堆肥化されており、豚ふん尿汚水（畜舎で除ふんされた後のふん尿と洗浄水が混合、水分98%以上）は固液分離され、固体分は堆肥化、液分は一部を除

いて汚水処理され河川に放流されている。しかし、これらの家畜ふん尿堆肥のなかには適切な農地還元が行われているかどうか不明なものもあり、また、品質や貯蔵の問題から、耕種農家に無料で引き取ってもらったり、畜産農家の負担で輸送・散布を行っている場合もあるなど、需要先の確保や堆肥の高品質化が課題となっている。また市面積の44%を占める田畑で発生する農作物残さの利用も進んでいない。

2010年2月に公表された香取市バイオマスタウン構想では、具体的な利活用方法として①家畜排せつ物の積極的な利用、②廃食用油のBDF化、③木質系バイオマスの総合的利用、④一般家庭生ゴミの利活用、⑤食用甘しょ等の規格外品の利用と収穫残さの利用を掲げている。たとえば①、④では、高品質な堆肥を製造し地域内農地に還元することにより資源の循環利用が目指され、将来的にはメタン発酵によるエネルギー生産も検討されている。また、⑤では新産業創出への期待もあり、実現に向けた取り組みが模索されている。

2 シナリオの条件設定

事例地域のバイオマス賦存量およびバイオマスタウン構想等を参考に、5つのバイオマス利用計画を設計した。この利用計画の各ステージの条件を計画シナリオ（以下、計画と表記）として設定し、同じ量・質のバイオマスの現状でのフローに基づく各ステージの条件を、対になる実態シナリオ（以下、実態と表記）に設定した。Table 3に5対のシナリオの概要を示す。5対のシナリオを設定したのは、これらの計画が地域活性化、循環型社会形成、環境保全等に資する候補であること、また、市町村の担当者が5つの例題を参考にすることにより自らの地域に当てはめた評価を容易に行うことができるようになることを考えたためである。

シナリオ1およびシナリオ2で対象とした家畜ふん尿については、事例地域の利用・処分実態を踏まえ、新た

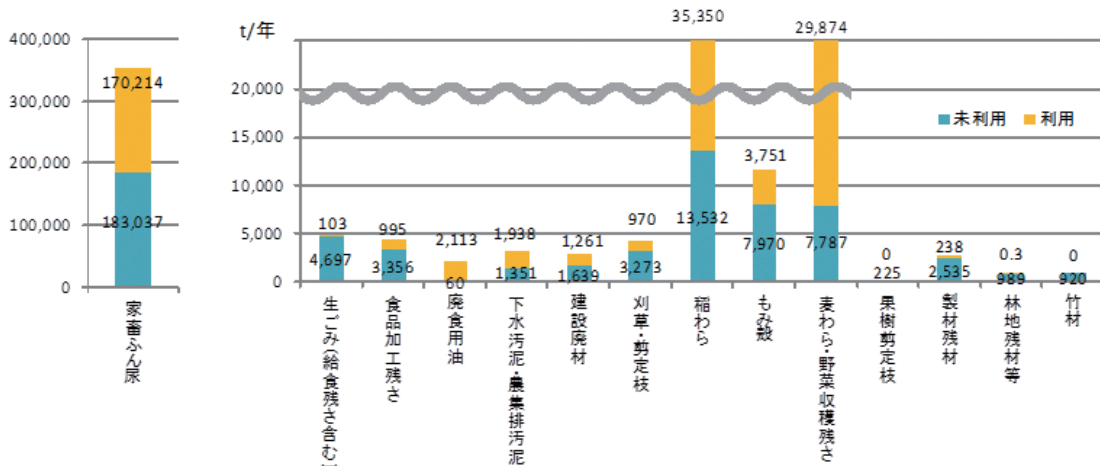


Fig.1 香取市のバイオマス賦存量と利用状況（生重量）  
Amount of feedstock biomass(wet-t) and utilization in Katori city

**Table 3** 評価対象シナリオの概要  
Outline of scenarios for evaluation

シナリオ	対象とするバイオマス			実態		計画	
	バイオマス名	生重量 (t/年)	地域内利用可能量に占める割合 (%)	シナリオ上のフロー	生成物	シナリオ上のフロー	生成物
1	乳牛ふん尿 (敷料含む)	9,119	26	堆肥化 (原料 25t/日規模, 1 施設)	堆肥	メタン発酵・ガス発電 + 堆肥化 (原料 25t/日規模, 1 施設)	電力 (施設内自給 + 販売) 熱 (施設内自給 + 販売) メタン発酵消化液 堆肥
2	豚ふん尿排水 (洗浄水含む)	96,738	20	汚水処理 + 堆肥化 (除ふん率 50% の原料 25t/日規模, 10 施設) * 固形物堆肥化はシステム外	処理水・(堆肥)	メタン発酵・ガス発電 + 堆肥化 (原料 26.56t/日規模, 10 施設) * 固形物堆肥化はシステム外	電力 (施設内自給 + 販売) 熱 (施設内自給) メタン発酵消化液 (堆肥)
3	生ごみ	1,920	40	焼却 + 焼却灰埋立 (原料 10t/日規模, 1 施設)	なし	破碎後メタン発酵・ガス発電 + 堆肥化 (原料 10t/日規模, 1 施設) * 固形物堆肥化はシステム外	電力 (施設内自給 + 販売) 熱 (施設内自給 + 販売) メタン発酵消化液 (堆肥)
	生活廃水処理汚泥	1,296	39				
	食品加工残さ	434	10				
4	規格外甘しょ	1,500	18	畑に鋤込み	なし	飼料化 (原料 30t/日 (規格外甘しょ 20%, 食品残さ 75%, 添加物 5%) 規模, 1 施設)	飼料
	食品加工残さ	3,917	90	焼却 + 焼却灰埋立	なし		
	(地域外より) 食品加工残さ	3,283	-	地域外で処理 (システム外)	なし		
5	休耕田 (386.25ha の遊休水田のうち利用可能な 266.5ha)	-	-	維持管理 (耕うん, 畦畔草刈り)	なし	簡易な農地整備後, 資源作物 (バイオ燃料原料米) 栽培 → 籾の乾燥調製 → 粗玄米のエタノール化	エタノール飼料原料
対象バイオマス合計		<b>114,924</b>					

な利用可能性としてエネルギー (電力・熱) と液肥を生成するメタン発酵の導入を検討した。メタン発酵工程の設計に際し, 既存の資料 (柚山ら, 2006) と事例地域の畜産経営規模を勘案し, 変換ステージへの投入バイオマスを 1 施設当たり 25t/日程度と設定した。ここからの逆算により, 対象となる家畜頭数を, シナリオ 1 では乳牛 494 頭, シナリオ 2 では 1 施設当たり母豚 170 ~ 180 頭 (一貫経営) と定めた。本来ならば, 生成物の需要量または新たなバイオマス利活用が必要な原料バイオマスの量に基づいて計画シナリオの設計を行うのが適切である。

なお, コストと収入の算出において, 評価対象シナリオに共通の条件を **Table 4** に示す。輸送用車両の燃費効率は積載量によりそれぞれ値を引用した。同様に, 固定費, 燃料以外の運行費についても, 車両の大きさによって税, 保険料等が異なるため, 3 段階に分けて条件を設定した。人件費は, 年間雇用の場合と日単位の雇用の場合とに分け, 年単位の人件費については柚山ら (2006) の再資源化施設のコスト試算における値を用いた。日単位の雇用については, 対象地域内で実証的に行われている類似作業についてヒアリング調査を行い, 自治体のシルバー人材センターなど高齢者の雇用を想定した 8 時間/日勤務の条件, 日当 8 千円/人と設定した。メタン発酵や汚水処理等に必要な薬剤費の価格は, プラントメーカーへ発注した「メタン発酵設計及びコスト・エネルギー試算業務」報告書に基づく。堆肥およびメタン発酵消化液の販売単価は, 国内の類似の事例を参考に設定したものである。

電力販売については, 再生可能エネルギーの全量買取制度に関する議論が進められているが, 本報執筆時点では買取価格が定められていない。総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会・電気事業分科会買取制度小委員会 (2011) では, 太陽光発電を除いた再生可能エネルギーによる発電電力の買取価格について 20 円/kWh を最低限必要なラインという意見を採り上げている。そこで, 今後のエネルギー政策により変化する可能性があるが, 本報では, 余剰電力販売単価を 20 円/kWh と設定した。また余剰熱は, 実際は利用が難しいといわれている。そのため, プラントメーカーの意見も参考に, 将来的な利用を見越し, 最低価格として 1 円/MJ と設定した。

## IV バイオマス利活用システムにおけるコストと収入

### 1 乳牛ふん尿対象シナリオ (シナリオ 1)

香取市では 1,900 頭の乳牛 (成牛のみ。うち搾乳牛 1,742 頭, 乾乳牛 158 頭) が飼養されており, 38,744t/年のふん尿 (本シナリオでは敷料を含む) が発生する。このうちシナリオ 1 では, 成牛飼養頭数の 26% に当たる 494 頭分のふん尿 9,125t/年を対象とする。本報では, 経営規模 (飼養頭数) について, 2 つのケースを設定した。「ケース 1」では, 総対象頭数 494 頭を 3 戸の酪農家が飼養する (各農家が 100 ~ 200 頭規模を飼養) と想定した。この規模は, 香取市においては相対的に大きい経営規模であり, 中心的な生産者である。「ケース 2」は, 総対象頭数 494 頭を 1 戸の酪農家が飼養するケースで,

**Table 4** コストと収入の算出における共通条件  
Condition to calculate cost and income

	条件項目	条件値	引用元
輸送車両燃費効率	小型	6.26km/L	神奈川県 (2010)
	中型	5.26km/L	
	大型	3.34km/L	
農業機械燃費効率	堆肥散布機	0.35L/10a	筆者らが実証試験で測定
	消化液散布機	1.83L/10a	筆者らが実証試験で測定 (清水ら, 2009)
輸送車両固定費 (税 + 自賠責保険費 + 車検費 + その他経費)	小型	337 千円 / 台	いすゞトラックステーション (2011) より各項目を積算
	中型	366 千円 / 台	
	大型	442 千円 / 台	
燃料以外の運行費 (修繕費 + 油脂費 + タイヤ・チューブ費)	小型	7.5 円 / km	
	中型	7.5 円 / km	
	大型	9 円 / km	
電力料金	基本電力	1,100 円 / kW / 月	畜産環境整備機構 (2005)
	従量電力	12 円 / kWh	
燃料費	軽油	103 円 / L	農林水産省大臣官房統計部 (2010)
人件費	年間雇用	4,500 千円 / 年 / 人	柚山ら (2006)
	日雇用 (8 時間 / 日)	8 千円 / 日 / 人	本報での設定 (※本文参照)
薬剤費	脱硫剤	180 円 / kg	プラントメーカー調査
	無機系凝集剤 (ポリ硫酸第二鉄)	31 円 / kg	
	苛性ソーダ	30 円 / kg	
	メタノール	90 円 / kg	
堆肥販売・購入価格		2 千円 / t	本報での設定 (※本文参照)
メタン発酵消化液販売・購入価格		600 円 / t	本報での設定 (※本文参照)
化学肥料購入価格		108 円 / kg	農林水産省大臣官房統計部 (2010)
電力販売価格		20 円 / kWh	本報での設定 (※本文参照)
熱販売価格		1 円 / MJ	本報での設定 (※本文参照)

酪農経営とバイオマス利用の高効率化を想定したものである。

#### a 実態と計画の設計

シナリオ1では、③バイオマスの変換ステージにおける原料バイオマス (乳牛ふん尿) 量を 25t/日と設定し、**実態** (堆肥化) および**計画** (メタン発酵) を作成した。**Table 5** に各ステージの内容を示す。ふん尿が堆肥化により利用されているとしても、家畜ふん尿堆肥の生産量が地域需要量に比して過剰であったり、堆肥の需要先確保が困難である地域では、メタン発酵の導入が提案できる。メタン発酵により生成されるバイオガスを用いて電力や熱等を生産し、活用することも可能である。たとえば、北海道江利市の町村農場では、ふん尿の効率的な処理と悪臭軽減のためにメタン発酵技術を導入し、農場施設で使用する電力の一部を自給 (余剰電力発生の場合は売電) するとともに、消化液を飼料畑の全てにおいて施肥の中心としている (まちむら農場, 2011)。

「ケース1」の**実態**では、3戸の酪農家で発生するふん尿 (1戸当たり 8.3t/日) は輸送されることなく各戸に1基ずつ配置された施設 (8.3t/日規模) で堆肥化され、生成された堆肥は各酪農家から地域内の農地に輸送・散布

される。堆肥化 (ステージ③) および堆肥の輸送・散布 (ステージ④) に必要な労力を、変換施設の規模や作業体系に基づき仮定した (**Fig.2** の上図)。「ケース1」の**計画**では、ふん尿を各酪農家が輸送し、共同で設置するメタン発酵施設1基 (25t/日規模) で変換する。生成したメタン発酵消化液は、共同で農地に輸送・散布される (**Fig.2** の下図)。メタン発酵 (ステージ③) および消化液の輸送・散布 (ステージ④) を生産組合等の共同組織で行うことを想定したケースである。②収集・輸送ステージでは、酪農家が自らふん尿の収集・輸送を行うため、収集手数料支払い・収入は発生せず、輸送のためのランニングコストのみを計上した。

「ケース2」の**実態**では、発生するふん尿 (25t/日) は経営内に設置 (輸送なし) された施設1基 (25t/日規模) で堆肥化され、生成された堆肥は地域内の農地に輸送・散布される (**Fig.3** の上図)。**計画**では、同量のふん尿を、経営内に設置 (輸送なし) されたメタン発酵施設1基 (25t/日規模) で変換する。生成したメタン発酵消化液は、変換施設から農地に輸送され散布される (**Fig.3** の下図)。1戸の酪農家が①バイオマスの生産 (発生) ステージから④生成物の輸送・貯蔵ステージまでを担うと仮定し、各ステージの初期コストもこの酪農家が負担するという

**Table 5** シナリオ 1 の各ステージの内容  
Activities of each stage in Scenario 1

ステージ シナリオ	①バイオマスの生産(発生)ステージ	②収集・輸送・貯蔵ステージ	③バイオマスの変換ステージ	④生成物の輸送・貯蔵ステージ	⑤生成物の利用ステージ
実態「ケース 1」	乳牛ふん尿の発生	輸送なし	堆肥化 (8.3t/日 × 3 基)	堆肥の輸送・散布 (水田 133ha, 畑 337ha)	水田 133ha, 畑 337ha での農作物栽培 (不足窒素成分を化学肥料で補完)
実態「ケース 2」		輸送なし	堆肥化 (25t/日 × 1 基)		
計画「ケース 1」	乳牛ふん尿の発生	各農家 15 回/週の輸送	メタン発酵 + コジェネレーション (25t/日 × 1 基)	消化液の輸送・散布 (水田 46.8ha, 畑 119ha)	水田 133ha, 畑 337ha での農作物栽培 (不足窒素成分を化学肥料で補完)
計画「ケース 2」		輸送なし			

法人形態の事例を想定している。

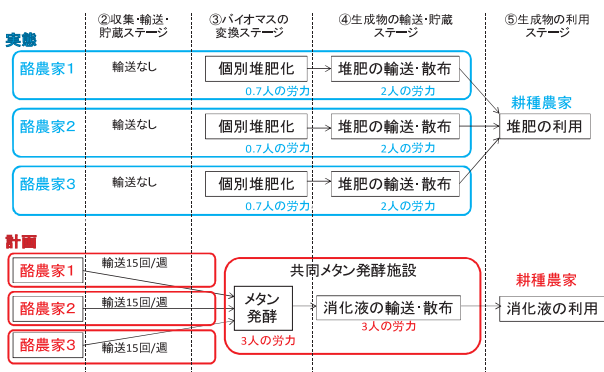
各ケースとも、**実態**の③バイオマスの変換ステージにおける堆肥化副資材は、おがくずとした(対象地域の酪農家で最もよく利用されている副資材であるため)。生成した堆肥の農地への施用(④生成物の輸送・貯蔵ステージ)については、施用可能量を千葉県施肥基準に基づき水田で 1t/10a, 畑で 2t/10a とし、基肥として地域内の水田および畑に輸送・散布し、これらの農地で耕種農家が農作物を栽培する(⑤生成物の利用ステージ)という条件の下、シナリオを作成した。

**計画**の③バイオマスの変換ステージでは、メタン発酵で生成したバイオガスをコジェネレーションに利用し、電気と熱を生産する。これらは施設の運転に利用するとともに、余剰分は販売する。また前処理で発生する固体分はおがくずを副資材として堆肥化し販売する。生成したメタン発酵消化液の農地への施用(④生成物の輸送・貯蔵ステージ)については、窒素成分をベースに施用可能量を設定し、地域市内の農地に輸送・散布することとした。作物栽培(⑤生成物の利用ステージ)においては、水田面積の一部ではメタン発酵消化液で窒素化学肥料を 100% 代替することができる。

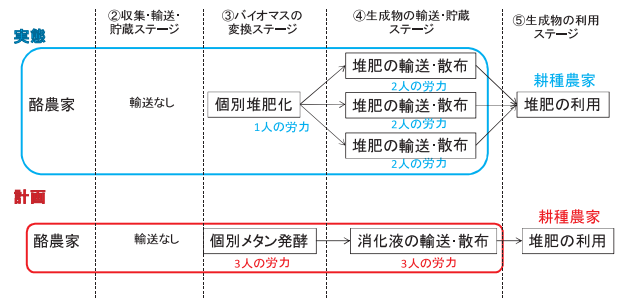
**b 各ステージにおけるコストと収入の算出**

(1) バイオマスの生産(発生)ステージ

「ケース 1」と「ケース 2」では担い手の規模が異なる



**Fig.2** シナリオ 1 の「ケース 1」の条件設定  
Condition of "Case 1" in Scenario 1



**Fig.3** シナリオ 1 の「ケース 2」の条件設定  
Condition of "Case2" in Scenario 1

が、評価対象とする発生ふん尿量(25t/日)は同じである。また、**実態・計画**とも、コストおよび収入は“neutral”であるとした。発生するふん尿の性状・成分は、農林水産バイオリサイクル研究「システム実用化千葉ユニット」(2007)より設定し、ふん(含水率 86%) 16.8t/日、尿(含水率 100%) 7.4t/日、敷料(含水率 15%) 0.7t/日の混合物である。混合物の含水率は 88.2% である。

(2) 収集・輸送・貯蔵ステージ

「ケース 1」では、**実態**での輸送はなく、コスト、収入ともに 0 円である。一方、**計画**では、各酪農家は 15 回/週、最大積載量 4t(6m<sup>3</sup>)の中型ダンプトラックを用いて片道 10km の輸送を行う。中型ダンプトラックに係る初期コストや廃棄コスト、輸送に係る人件費は、各酪農家の経営内に含まれるとして計上せず、輸送に係る燃料費と燃料以外の運行費のみをランニングコストに計上した。輸送は酪農家自ら行うため、収集輸送手数料等の収入は発生しない。

中型ダンプトラックの走行距離から、燃料費と運行費を計算した(**Table 4**より中型の項参照)。総走行距離は、3戸 × 15 回 × 51 週 × 10km × 2(往復) = 45,900km/年である。以上より算出したコストと収入を **Table 6** に示す。

「ケース 2」では、**実態・計画**とも、①バイオマスの生産(発生)ステージと③バイオマス変換ステージとが同じ場所で実施されるとし、②収集・輸送・貯蔵ステージでのコストは計上しない。

## (3) バイオマスの変換ステージ

シナリオ1・**実態**では、乳牛ふん尿は酪農経営内に設置された堆肥化施設で変換され、堆肥が生成される。

「ケース1」, 「ケース2」で共通の条件として、変換施設は、ロータリー式発酵槽を中心とした開放型堆肥化施設であり、年間稼働日数は365日である。付属施設としておがくずを40日分貯蔵できるおがくず貯蔵庫も併せて建設されるものとした。おがくず貯蔵庫の建設費は、おがくず容積重 $0.25\text{t/m}^3$  (畜産環境整備機構, 2004) から40日分の貯蔵体積を算出し、3mまで積み上げ可能として貯蔵庫の必要面積に建設単価12千円/ $\text{m}^2$  (畜産環境整備機構, 1998) を乗じて算出した。おがくずの単価は、対象地域におけるヒアリング結果より5千円/tとした。総合耐用年数は、堆肥化施設の建築土木を30年、設備機器を12年、おがくず貯蔵庫を10年とした。資材や製品の搬入・搬出にバケットローダー (初期コスト・廃棄コストは酪農経営内に含まれると考え、計上しない) を用いる。バケットローダーの燃料 (軽油) 消費量は、作業時間当たり7L/時 (畜産環境整備機構, 2003) である。

人件費単価は年間雇用として算出した。施設の点検補修費は、柚山ら (2006) より、施設建設費 (設備機器) の2%とした。

「ケース1」では、8.3t/日規模の堆肥化施設が3基設置される。堆肥化施設の運転条件・建設費は、畜産環境整備機構 (2005) よりコクブ商事株式会社の評価書およびコクブ式コンポストシステムのカタログ値を参考に設定した。副資材の必要量を①バイオマスの生産 (発生) ステージのふん尿性状 (含水率) 条件から算出し、発酵槽必要面積から幅4m×1レーン×長さ106mのロータリー式発酵槽とした。Fig.4に設計した変換工程のフローを示す。1施設の運営に要する労力は0.7人で年間雇用とした。

バケットローダーによる作業は、副資材投入に係る作業時間を0.25時間/日、原料投入、ストックヤードへの移動、堆肥搬出に係る作業時間を各0.5時間/日として消費量は12.25L/日と算出した。電力消費量の算出に当

たっては、攪拌機の走行速度を0.4m/分とし、1日1回、1レーンの片道攪拌 (106m) を行くと仮定して稼働時間を4.4時間/日とした。ブローワーは24時間連続運転とした。以上より算出したコストと収入をTable 7に示す。

「ケース2」では、25t/日規模の堆肥化施設が1基設置される。堆肥化施設の運転条件は、「ケース1」の条件を基に、発酵槽を幅4m×3レーン×長さ106mとし、施設建設費はスケールメリットを考慮してケース2の2.5倍とした。Fig.5に設計した変換工程のフローを示す。この1基の堆肥化施設運営に要する労力は1人 (年間雇用) である。バケットローダーによる作業は、副資材投入に係る作業時間を1時間/日、原料投入、ストックヤードへの移動、堆肥搬出に係る作業時間を各2時間/日として燃料 (軽油) 消費量を49L/日と算出した。電力消費量の算出に当たっては、攪拌機の走行速度を0.4m/分とし、1日1回、3レーンにおいて片道攪拌 (106m) を行くと仮定して稼働時間を4.4時間/日とした。ブローワーは24時間連続運転とした。以上より算出されたコストと収入をTable 8に示す。

シナリオ1・**計画**では、乳牛ふん尿は共同で設置 (「ケース1」) または酪農経営内に設置 (「ケース2」) した25t/日規模のメタン発酵・コジェネレーション施設1基で変換される。変換ステージの担い手の条件設定は異なるものの変換工程の条件は同じである。変換施設では、メタン発酵により発生したバイオガスを用いて電力と熱が生成され、同時にメタン発酵消化液が生成される。年間稼働日数は365日、総合耐用年数は、メタン発酵・コジェネレーション施設の建築土木を30年、設備機器を12年とした。この1基のメタン発酵・コジェネレーション施設の運営に要する労力は1.5人 (年間雇用) である。

付属施設として、前処理段階で発生する夾雑物を堆肥化する装置を設置するものとした。堆肥化装置は既存の設備を使用すると仮定し、初期コスト・廃棄コストは計上しない。また堆肥化に係るランニングコストは、発生する夾雑物の量から、**実態**の「ケース1」で設定した堆肥化施設1基分の60%を計上した。

Table 6 シナリオ1・計画の「ケース1」の②収集・輸送・貯蔵ステージにおけるコストと収入  
Income and cost in ② Biomass transportation stage of Plan Scenario 1 ("Case 1")

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	中型ダンプトラック購入費	酪農家経営内に含まれると考え計上しない
廃棄コスト (円/年)	中型ダンプトラック廃棄費	酪農家経営内に含まれると考え計上しない
ランニングコスト (円/年)	人件費 (ドライバー)	酪農家経営内に含まれると考え計上しない
	燃料費	総走行距離 45,900km/年 ÷ (5.26km/L) = 燃料消費量 8,726L/年 8,726L/年 × (103円/L) = 899千円/年
	中型ダンプトラックの固定費	酪農家経営内に含まれると考え計上しない
	中型ダンプトラックの燃料以外の運行費	総走行距離 45,900km/年 × (7.5円/km) = 344千円/年
収入 (円/年)	なし	0円/年



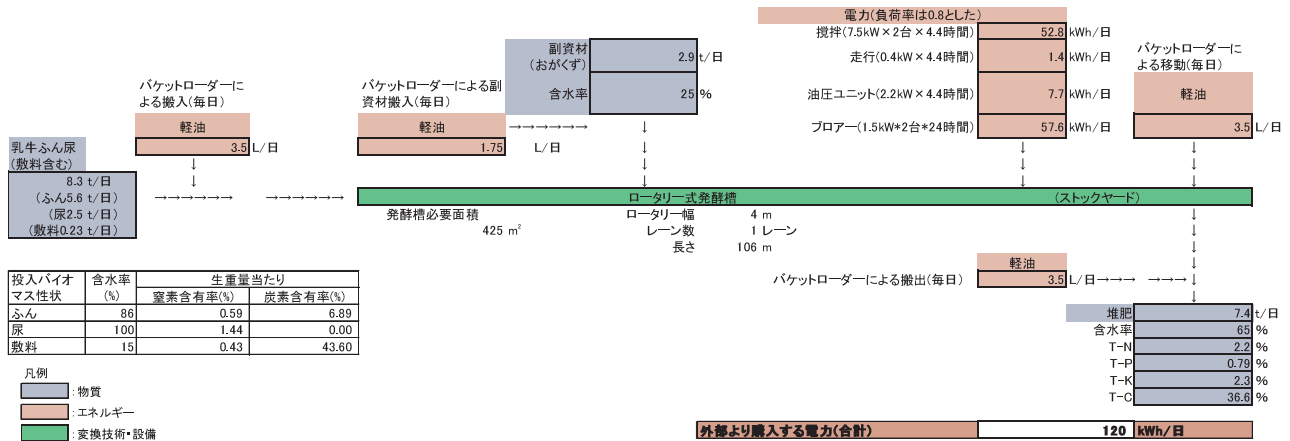


Fig.4 シナリオ1・実態の「ケース1」における変換工程フロー  
Flow of composting in Present Scenario 1 ("Case 1")

Table 7 シナリオ1・実態の「ケース1」の③バイオマス変換ステージにおけるコストと収入  
Income and cost in ③ Biomass conversion stage of Present Scenario 1 ("Case 1")

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	堆肥化施設(建築土木)3基建設費	(34,740千円÷30年)×3基 = 3,474千円/年
	堆肥化施設(設備機器)3基建設費	(14,900千円÷12年)×3基 = 3,725千円/年
	おがくず貯蔵施設3基建設費	(1,856千円÷10年)×3基 = 557千円/年
廃棄コスト (円/年)	堆肥化施設(建築土木)3基廃棄費	((34,740千円×0.05)÷30年)×3基 = 174千円/年
	堆肥化施設(設備機器)3基廃棄費	((14,900千円×0.03)÷12年)×3基 = 112千円/年
	おがくず貯蔵施設3基廃棄費	((1,856千円×0.05)÷10年)×3基 = 28千円/年
ランニングコスト (円/年)	人件費	(0.7人×4,500千円/人・年)×3基 = 9,450千円/年
	電力料金(契約電力21kW/基, 電力消費量120kWh/日/基)	基本電力料金 21kW × (1,100円/kWh/月) × 12ヶ月 = 277千円/年/基 従量電力料金 120kWh/日 × 12円/kWh × 365日/年 = 526千円/年/基 (277千円/年/基 + 526千円/年/基) × 3基 = 2,349千円/年
	水道料金(井水利用, 排水なし)	0円/年
	燃料費(軽油12.25L/日/基)	(12.25L/日 × 365日 × 3基) × 103円/L = 1,382千円
	副資材費(おがくず, 1,059t/年/基)	1,059t/年 × 3基 × 5千円/t = 15,885千円/年
	点検補修費(設備機器費の2%)	14,900千円/基 × 0.02 = 298千円/年/基 298千円/年 × 3基 = 894千円/年
収入(円/年)	堆肥販売料金(生成量2,701t/年/基)	2,701t/年/基 × 2千円/t = 5,402千円/年/基 5,402千円/年 × 3基 = 16,206千円/年
	ふん尿処理料(委託費収入)	0円/年(経営内であるため)

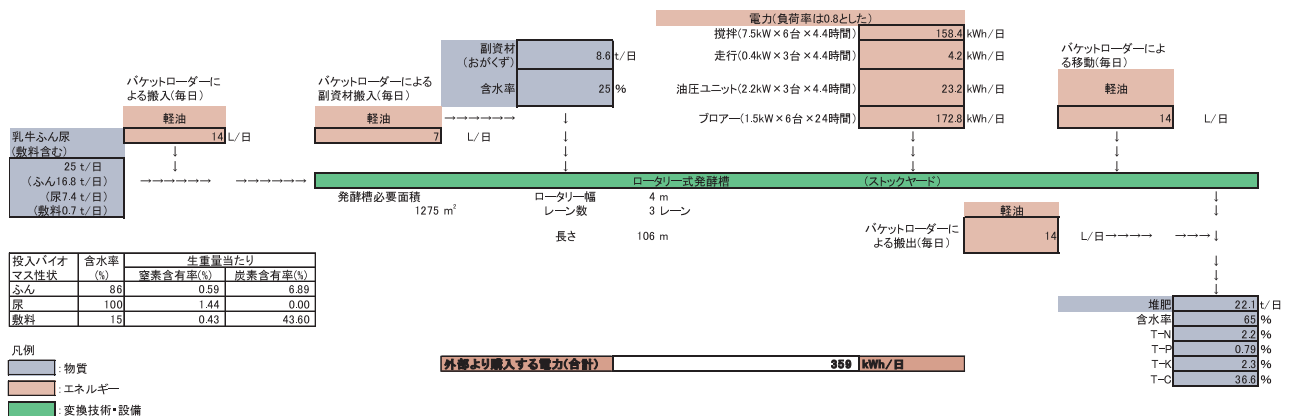


Fig.5 シナリオ1・実態の「ケース2」における変換工程フロー  
Process flow of composting in Present Scenario 1 ("Case 2")

**Table 8** シナリオ1・実態の「ケース2」の③バイオマス変換ステージにおけるコストと収入  
Income and cost in ③ Biomass conversion stage of Present Scenario 1 ("Case 2")

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト(円/年)	堆肥化施設(建築土木)1 基建設費	86,850 千円 ÷ 30 年 = 2,895 千円/年
	堆肥化施設(設備機器)1 基建設費	37,250 千円 ÷ 12 年 = 3,104 千円/年
	おがくず貯蔵庫 1 基建設費	5,504 千円 ÷ 10 年 = 550 千円/年
廃棄コスト(円/年)	堆肥化施設(建築土木)1 基廃棄費	(86,850 千円 × 0.05) ÷ 30 年 = 145 千円/年
	堆肥化施設(設備機器)1 基廃棄費	(37,250 千円 × 0.03) ÷ 12 年 = 93 千円/年
	おがくず貯蔵庫 1 基廃棄費	(5,504 千円 × 0.05) ÷ 10 年 = 28 千円/年
ランニングコスト (円/年)	人件費	1 人 × (4,500 千円/人・年) = 4,500 千円/年
	電力料金(契約電力 62kW/基, 電力消費量 359kWh/日/基)	基本電力料金 62kW × (1,100 円/kWh/月) × 12 ヶ月 = 818 千円/年 従量電力料金 359kWh/日 × 12 円/kWh × 365 日/年 = 1,572 千円/年 (818 千円/年 + 1,572 千円/年) = 2,390 千円/年
	水道料金(井水利用, 排水なし)	0 円/年
	燃料費(軽油 49L/日)	49L × 365 日 × 103 円/L = 1,842 千円/年
	副資材費(おがくず 3,139t/年)	3,139t/年 × 5 千円/t = 15,695 千円/年
	点検補修費(設備機器費の2%)	37,250 千円 × 0.02 = 745 千円/年
	収入(円/年)	堆肥販売料金(生成量 8,067t/年)
	ふん尿処理料(委託費収入)	0 円/年(経営内であるため)

変換施設の運転条件はプラントメーカーへ発注した「メタン発酵設計及びコスト・エネルギー試算業務」報告書をもとにシナリオの条件に合わせて設計した。Fig.6 に設計した変換工程のフローを示す。

詳細な条件設定は以下のとおりである。

#### 【受入・前処理工程】

25t/日の乳牛ふん尿は、毎日、原料受入槽に投入され、ポンプで夾雑物脱水機に移送される。夾雑物脱水機は24時間運転であり、圧搾によるTS回収率40%で夾雑物(圧搾粕)と液分(圧搾液)に分離する。夾雑物は4.7t/日(含水率70%)が発生し、20.3t/日の液分はポンプでメタン発酵槽に移送される。4.7t/日の夾雑物は、堆肥化施設で堆肥化(3.1t/日, 含水率64%)される。

#### 【メタン発酵工程】

メタン発酵槽は、1系列、37℃、20～27日の滞留日数とし、バイオガス635m<sup>3</sup>/日(メタン濃度65%)を生成する。メタン発酵槽の加温のために必要な熱(2,464MJ/日)は、コジェネレーションで生産した熱を用いる。メタン発酵槽での必要加温熱量は、以下の\*1) + \*2) + \*3) = 2,464MJ/日

$$\begin{aligned} *1) \text{ 投入物の加温: } & \{20,300\text{kg/日} \times (37-14^\circ\text{C})\} \times \\ & 4.19\text{J}/1000 = 1,956\text{MJ/日} \\ & 14^\circ\text{C: 香取市平均気温} \\ & 4.19\text{J: 水温を}1^\circ\text{C}\text{上げるのに} \\ & \text{必要な熱量} \end{aligned}$$

$$*2) \text{ 放熱: } 500\text{m}^3 \text{ (余裕をみて設計した発酵槽容量)} \\ \times 0.2^\circ\text{C/日} \cdot \text{m}^3 \times 4.19\text{MJ} = 419\text{MJ/日}$$

$$*3) \text{ バイオガス持ち出し: (発生ガス量による比率} \\ \text{計算)}$$

$$239\text{MJ/日} \times (635\text{Nm}^3/\text{日} / 1,703\text{Nm}^3) = 89\text{MJ/日}$$

$$635\text{Nm}^3/\text{日}: \text{牛ふん尿のみ}25\text{t/日のバイオ} \\ \text{ガス発生量}$$

$$1,703\text{Nm}^3/\text{日}: \text{混合原料}30\text{日のバイオガス} \\ \text{発生量}$$

#### 【消化液殺菌・貯留】

バイオガスと同時に、メタン発酵消化液が19.5t/日(含水率97%)生成され、ポンプで殺菌槽に送られ、55℃、7.5時間で殺菌された後、貯留槽で貯留される。殺菌槽の加温に必要な熱(1,765MJ/日)はコジェネレーションで生産した熱を用いる。殺菌槽加熱に必要な熱量は、以下の\*4) + \*5) = 1,765MJ/日

$$*4) \text{ 加温: } \{19,500\text{kg/日(消化液量)} \times (55^\circ\text{C} - 37^\circ\text{C})\} \\ \times 4.19\text{J}/1000 = 1,471\text{MJ/日}$$

$$*5) \text{ 放熱: } 1,471\text{MJ/日} \times 0.2 = 294\text{MJ/日}$$

#### 【バイオガス利用】

バイオガスは、脱硫塔を通して脱硫される。脱硫剤は2,987kg/年必要(発生ガス量による比率計算)である。バイオガスは、ガスコジェネレーションに用いられ、熱(7,020MJ/日)と電力(1,200kWh/日)を生成する。発電効率は32%とし、24時間運転で発電できる電力量は(412.5Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/日 × 35.8MJ/Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub> × 0.32) / 3.6MJ/kWh = 1,313kWh/日(54.7kW)

であるが、既存の発電装置の規格から25kWのものを選択し、25kW × 2台 × 24時間 = 1,200kWhの発電量とする。余剰ガスはフレアスタックで燃焼させる。温水の回収効率は52%とし、回収熱量は、

$$412.5\text{Nm}^3\text{CH}_4/\text{日} \times 35.8\text{MJ}/\text{Nm}^3\text{CH}_4 \times 0.52 \times \\ (50\text{kW}/57.4\text{kW}) = 7,020\text{MJ/日}$$

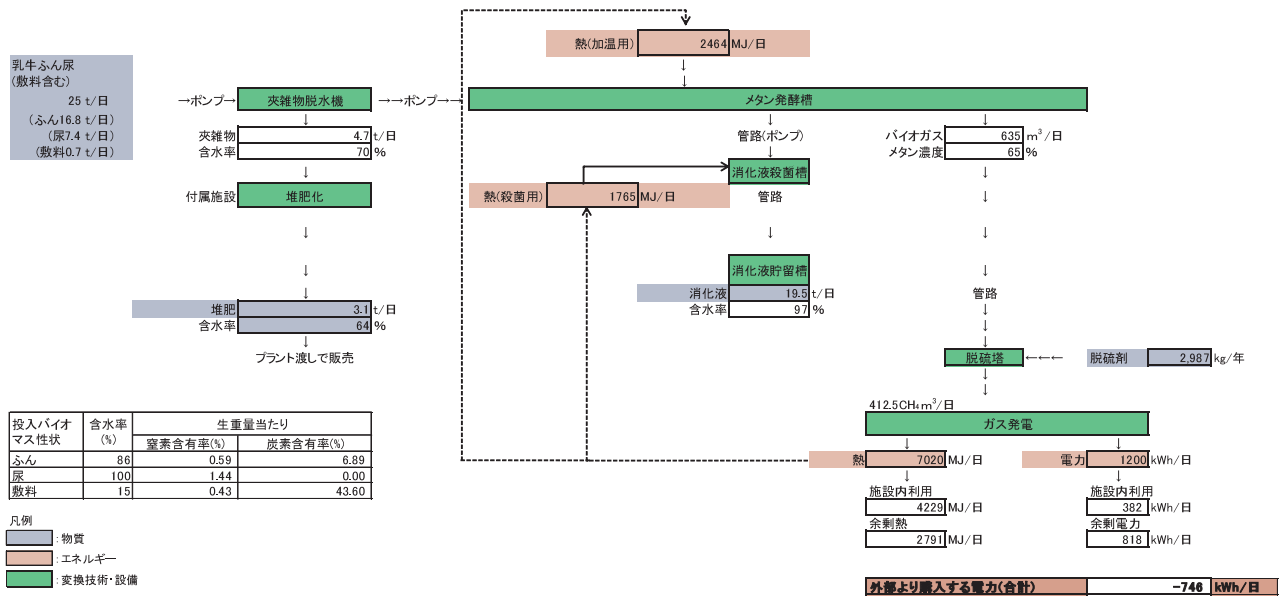


Fig.6 乳牛ふん尿のメタン発酵・コジェネレーションにおける変換フロー  
Process flow of methane fermentation and cogeneration in Plan Scenario 1

である。このうち、メタン発酵槽加温に2,464MJ/日、殺菌槽に1,765MJ/日を用い、2,791MJ/日が余剰熱として販売できる。

日発電量 25kW × 24 時間 × 2 台 = 1,200kWh のうち、施設内で 382kWh/日 (メタン発酵施設 311kWh/日、堆肥化施設 71kWh/日) が消費され、818kWh/日が余剰電力として販売される。

変換施設の建設費は、変換施設の規模によるスケールメリットが存在する (柚山ら, 2006)。ある施設の規模と建設費が既知の場合、同種の施設の建設費は次のように計算できる (環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課, 2006)。

$$C_A = A \text{ 施設の建設費}$$

$$C_B = A \text{ 施設と同種の B 施設の建設費}$$

$$S_A = A \text{ 施設の能力 (規模)}$$

$$S_B = B \text{ 施設の能力 (規模) とすれば,}$$

$$C_B = C_A \times (S_B / S_A)^X$$

X は、スケールファクターと呼ばれ、装置や設備の違いにより経験則として数値が与えられる。ここでは、熊本県鹿本町 (2002) に掲載されているバイオガスプラント (52t/日規模、加熱殺菌槽以降の設計は 34.2t/日) の建設費計画を参考に、スケールファクターを 0.6 として算出した。

建築土木費：

$$\{ \text{土木建築費 (83,361 千円)} + (\text{共通施設整備費 (管理棟等) } 37,889 \text{ 千円} \div 2) \} \times (25/52)^{0.6} \approx 66,000 \text{ 千円}$$

設備機器費：

$$\textcircled{1} \{ (\text{受入供給設備 } 18,766 \text{ 千円}) + (\text{固液分離機 } 19,156 \text{ 千円}) \} \times (25/52)^{0.6} = 24,437 \text{ 千円}$$

② 破砕機、脱臭設備は除き、ガスボイラー等は 2/3 のスケールとする。加熱殺菌槽以降の設計は、鹿本町で

34.2t/日、本シナリオで 20.3t/日とした。

$$\{ (\text{加熱殺菌設備 } 21,537 \text{ 千円}) + (\text{嫌気性発酵処理設備 } 87,036 \text{ 千円}) + (\text{ガス発電設備 } 46,210 \text{ 千円}) + (\text{ガスボイラー等 } 17,569 \text{ 千円} \times 2/3) + (\text{計装・制御設備・試運転 } 29,737 \text{ 千円}) \} \times (20.3/34.2)^{0.6} = 143,501 \text{ 千円}$$

$$\textcircled{1} + \textcircled{2} \approx 168,000 \text{ 千円}$$

ランニングコストにおける点検補修費 (施設建設費 (設備機器) の 2%) は、実態と同じとした。

以上より算出した、シナリオ 1・計画のステージ③に係る初期コスト・ランニングコスト・廃棄コストと収入を Table 9 に示す。

(4) 生成物の輸送・貯蔵ステージ

シナリオ 1・実態では、堆肥はフレコンバッグ (1m<sup>3</sup>) で輸送されるとした。輸送用車両 1 便につきフレコンバッグ (1m<sup>3</sup>/袋、堆肥の容積重 0.55t/m<sup>3</sup>) × 6 袋が農地 (水田および畑) に輸送され、圃場で堆肥散布機に移し替えて堆肥散布機 (各圃場まで堆肥散布機輸送用トラックで輸送する) で散布される。

堆肥の輸送・散布は、①堆肥輸送用車両 (3t クレーン付トラック；中型車両)、②堆肥散布機 (クローラ式自走マニユアスプレッダ (1.8t))、③堆肥散布機輸送用車両 (2t トラック；小型車両) を 1 組として行い、輸送・散布のための労力は 2 人/組 (日単位で雇用) である。「ケース 1」、「ケース 2」とも 3 組編成とし、輸送・散布のために必要な労力は合計 6 人となる。

各車両の価格は、①堆肥輸送用 3t クレーン付トラックと③堆肥散布機輸送用 2t トラックについては日本トラック協会等の原価計算 (いすゞトラックステーション, 2011) および対象地域におけるヒアリング調査より ① 8,000 千円/台、③ 1,500 千円/台とし、②堆肥散布機は同タイプの車両のメーカー希望小売価格 (デリカ社

**Table 9** シナリオ1・計画の③バイオマス変換ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ③ Biomass conversion stage of Plan Scenario 1

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	メタン発酵施設(建築土木)1 基建設費	66,000 千円 ÷ 30 年 = 2,200 千円/年
	メタン発酵施設(設備機器)1 基建設費	168,000 千円 ÷ 12 年 = 14,000 千円/年
	夾雑物堆肥化施設建設費	既存施設利用のため 0 円
廃棄コスト (円/年)	メタン発酵施設(土木建築)1 基廃棄費	(66,000 千円 × 0.05) ÷ 30 年 = 110 千円/年
	メタン発酵施設(設備機器)1 基廃棄費	(168,000 千円 × 0.03) ÷ 12 年 = 420 千円/年
	夾雑物堆肥化施設廃棄費	既存施設利用のため 0 円
ランニングコスト (円/年)	人件費	1.5 人 × 4,500 千円/年 = 6,750 千円/年
	電力料金(基本電力料金, 契約電力 22kW/基)	22kW × (1,100 円/kW/月) × 12 ヶ月 = 290 千円/年
	電力料金(従量電力料金)	電力は自給できるため 0 円
	水道料金(井水利用, 排水なし)	0 円/年
	堆肥化作業用バケットローダー燃料費(軽油 1,533L/年)	1,533L/年 × 103 円/L = 158 千円/年
	薬剤費(脱硫剤 2,987kg/年)	2,987kg/年 × 180 円/kg = 538 千円/年
	点検補修費(設備機器費の2%)	3,360 千円/年
収入 (円/年)	消化液販売(19.5t/日)	7,118t/年 × 600 円/t = 4,271 千円/年
	余剰電力販売(818kWh/日)	298,570kWh/年 × 20 円/kWh = 5,971 千円/年
	余剰熱販売(2,791MJ/日)	2,791MJ/日 × 365 日 × 1 円/MJ = 1,019 千円/年
	夾雑物原料堆肥(3.1t/日)	3.1t/日 × 365 日 × 2 千円/t = 2,263 千円/年
	ふん尿処理料(委託費収入)	0 円/年(共同利用施設または経営内であるため)

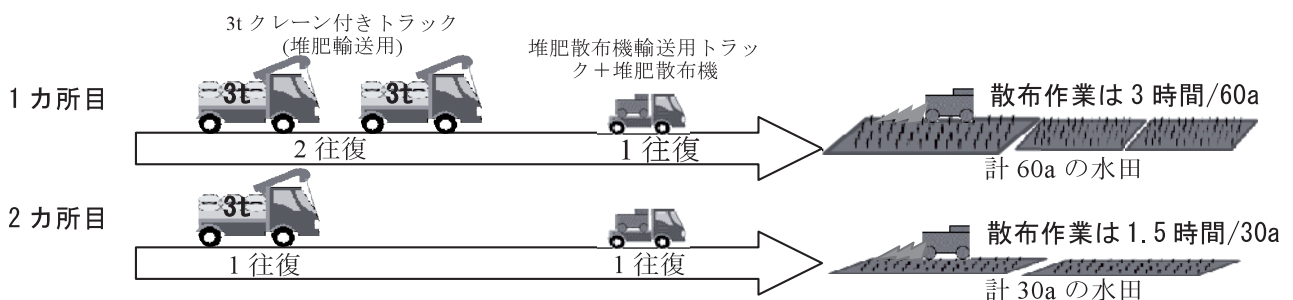
DAM-185S, 4,148 千円/台・税込価格)とした。使用年数は、輸送車両は 8 年、堆肥散布機は農業用機械の法定耐用年数を用い 7 年とした。フレコンバッグの価格は、web サイトでの価格表示(タニ工業株式会社, 2011)により、「JFC 認定 JIS 規格準拠 JM-1 高品質フレコンバッグ M-010 タイプ」の価格を用い、1.3 千円/袋とした。1 組当たり 18 袋を使用し、使用年数を 1/12 年(1 ヶ月)とした。

圃場への堆肥の施用量は、窒素成分のみを考慮して決定した。堆肥の窒素含有率は 2.2%，肥効率 10%とし、千葉県施肥基準に基づいて水田 1t/10a、畑 2t/10a と設定した。畑における施用量は、香取市で作付面積の大きいだいこん、にんじん、キャベツ、ほうれんそうの基肥基準量を考慮して決定した。施設から各農地までの距離は平均で 10km と仮定し、堆肥輸送用車両・堆肥散布機輸送用車両について、各 1 便につき、輸送に往復 1.0 時間(時速 40km)、積み込み等に 1.0 時間の作業時間を設定した。

また、堆肥散布機は散布に 0.5 時間/10a かかるとした。

堆肥は作付前の土づくりに利用すると考えられるため、散布時期を設定した。1 年のうち、2 月と 3 月の 60 日間は水田を対象に、1 月および 4 ~ 12 月の 305 日間は畑を対象に散布するものとした。

対象地域の圃場規模や散布作業効率を考慮して設計した 1 組当たりの堆肥の輸送・散布作業の体系を Fig.7 (水田), Fig.8 (畑) に示す。水田では、1 日に 2 カ所に散布する。1 カ所は 60a 程度が、2 カ所目は 30a 程度がまとまって存在すると仮定し、合計 90a/日に散布する。水田における堆肥散布量は 1t/10a であるため、堆肥輸送車両は 3 往復(2 便 + 1 便)/日、堆肥散布機輸送用トラックは 2 往復(2 カ所)/日とする。畑は、45a 程度にまとまって存在する畑に散布すると仮定し、合計 45a/日に散布する。畑における堆肥散布量は 2t/10a であるため、堆肥輸送用車両は 3 往復(3 便)/日、堆肥散布機輸送用トラックは 1 往復(1 カ所)/日とする。



**Fig.7** 水田への堆肥の輸送・散布作業のシナリオ設定  
Scenario of compost transportation and application to paddy field

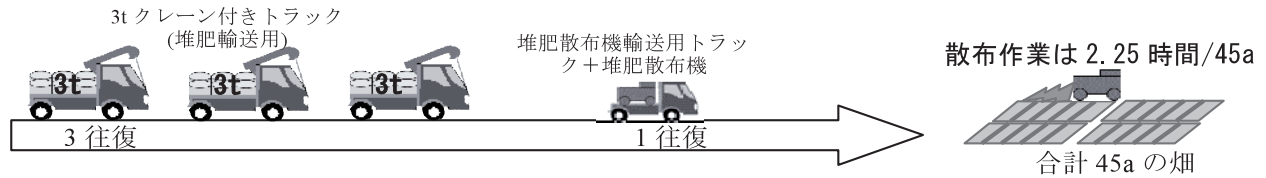


Fig.8 畑への堆肥の輸送・散布作業のシナリオ設定  
Scenario of compost transportation and application to upland field

「ケース 1」の堆肥化施設（8.3t/日規模）3 基合計または「ケース 2」の堆肥化施設（25t/日規模）1 基では、2、3 月（水田散布期間）の 60 日間で 1,326t の堆肥が生産される。各組 9t/日の堆肥が輸送・散布されることから、60 日のうち輸送・散布に係る稼働日数は 49.1 日（≒ 50 日）である。堆肥が散布される水田面積は、1 組当たり 49.1 日 × 90a = 44.2ha/年。3 組合計では 133ha/年となる。また、1 月および 4～12 月（畑散布期間）の 305 日間では、6,741t の堆肥が生産される。各組 9t/日の堆肥が散布されることから、305 日のうち輸送・散布に係る稼働日数は 249.7 日（≒ 250 日）である。堆肥が散布される畑面積は、1 組当たり 249.7 日 × 45a = 112.4ha/年。3 組合計では 337ha/年となる。

燃料消費量を算出するため、走行距離を定める。1 組当たりの走行距離は、堆肥運搬車両では、 $20\text{km}(\text{往復距離}) \times 3 \text{ 回/日} \times 300 \text{ 日}(\text{年間稼働日数}) = 18,000\text{km/年}$ 、3 組合計では 54,000km/年となる。堆肥散布機輸送用車両では、 $20\text{km}(\text{往復距離}) \times 2 \text{ 回/日}(\text{水田の場合}) \times 50 \text{ 日} + 20\text{km}(\text{往復距離}) \times 1 \text{ 回/日}(\text{畑の場合}) \times$

250 日} = 7,000km/年、3 組合計では 21,000km/年となる。堆肥輸送用車両の燃費効率、車両固定費、燃料以外の運行費は、Table 4 より中型の値を、堆肥散布機輸送用車両の燃費効率は小型の値を用いた。堆肥の輸送・散布手数料収入として、⑤生成物の利用ステージの担い手である耕種農家から、2 千円/10a の支払いを受ける。

以上より算出した、シナリオ 1・実態のステージ④に係る初期コスト・ランニングコスト・廃棄コストと収入を Table 10 に示す。

シナリオ 1・計画では、メタン発酵消化液（以下、消化液）がバキューム車で輸送されるとした。農地（水田および畑）に輸送された消化液は、圃場で消化液散布機（各圃場まで消化液散布機輸送用車両で輸送）に移し替えられ、散布される。

メタン発酵消化液の運搬・散布は、①消化液輸送バキューム車（タンク容量 3.6t）2 台、②消化液散布機（圃場内自走式・タンク容量 1.6t）1 台、③消化液散布機輸送用車両（2t 車）：1 台を 1 組として行い、輸送・散布のために必要な労力は 3 人/組（日単位で雇用）である。

Table 10 シナリオ 1・実態の④生成物の輸送・貯蔵ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ④ Transportation of generated material stage of Present Scenario 1

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	3t クレーン付トラック 3 台購入費	$(8,000 \text{ 千円} \div 8 \text{ 年}) \times 3 \text{ 台} = 3,000 \text{ 千円/年}$
	堆肥散布機(タンク容量 1.8t) 3 台購入費	$(4,148 \text{ 千円} \div 7 \text{ 年}) \times 3 \text{ 台} = 1,778 \text{ 千円/年}$
	堆肥散布機輸送用トラック(2t 車) 3 台購入費	$(1,500 \text{ 千円} \div 8 \text{ 年}) \times 3 \text{ 台} = 563 \text{ 千円/年}$
廃棄コスト (円/年)	3t クレーン付トラック 3 台廃棄費	$((8,000 \text{ 千円} \times 0.03) \div 8 \text{ 年}) \times 3 \text{ 台} = 90 \text{ 千円/年}$
	堆肥散布機(タンク容量 1.8t) 3 台廃棄費	$((4,148 \text{ 千円} \times 0.03) \div 7 \text{ 年}) \times 3 \text{ 台} = 53 \text{ 千円/年}$
	堆肥散布機輸送用トラック(2t 車) 3 台廃棄費	$((1,500 \text{ 千円} \times 0.03) \div 8 \text{ 年}) \times 3 \text{ 台} = 17 \text{ 千円/年}$
ランニングコスト (円/年)	人件費	$(2 \text{ 人} \times 300 \text{ 日} \times 8 \text{ 千円/日}) \times 3 \text{ 組} = 14,400 \text{ 千円/年}$
	燃料費(3t クレーン付トラック) 3 台分	総走行距離 18,000km/年/台 ÷ (5.26km/L) = 3,422L/年 $3,422\text{L/年} \times 103 \text{ 円/L} \times 3 \text{ 台} = 1,057 \text{ 千円/年}$
	燃料費(堆肥散布機)	散布面積 156.6ha/年/台 × (3.5L/ha) = 548L/年 $548\text{L/年} \times 103 \text{ 円/L} \times 3 \text{ 台} = 169 \text{ 千円}$
	燃料費(堆肥散布機輸送用トラック)	総走行距離 7,000km/年/台 ÷ (6.26km/L) = 1,118L/年 $1,118\text{L/年} \times 103 \text{ 円/L} \times 3 \text{ 台} = 345 \text{ 千円/年}$
	3t クレーン付トラックの固定費	$366 \text{ 千円/年/台} \times 3 \text{ 台} = 1,098 \text{ 千円/年}$
	堆肥散布機輸送用トラック(2t 車)の固定費	$337 \text{ 千円/年/台} \times 3 \text{ 台} = 1,011 \text{ 千円/年}$
	3t クレーン付トラック 3 台の燃料以外の運行費	$18,000\text{km/年} \times (7.5 \text{ 円/km}) \times 3 \text{ 台} = 405 \text{ 千円/年}$
	堆肥散布機輸送用トラック(2t 車) 3 台の燃料以外の運行費	$7,000\text{km/年} \times (7.5 \text{ 円/km}) \times 3 \text{ 台} = 158 \text{ 千円/年}$
フレコンバッグ	$18 \text{ 袋/組} \times 3 \text{ 組} \times 12 \text{ 袋/年} \times 1.3 \text{ 千円/袋} = 842 \text{ 千円}$	
収入(円/年)	堆肥輸送・散布(手数料収入)	$20 \text{ 千円/ha} \times (\text{水田 } 133\text{ha} + \text{畑 } 337\text{ha}) = 9,400 \text{ 千円/年}$

1組編成により行うため、輸送・散布のために必要な労力は合計3人となる。

各車両の価格は、①消化液輸送バキューム車と③消化液散布機輸送用トラックについては日本トラック協会等の原価計算（いすゞトラックステーション，2011）および対象地域におけるヒアリング調査より①5,000千円/台、③1,500千円/台とし、②消化液散布機は山田バイオマスプラントで使用している同タイプの車両の購入価格を参考に8,000千円/台とした。使用年数は、輸送用車両は8年、消化液散布機は農業用機械の法定耐用年数を用い7年とした。

圃場への消化液施用量は窒素成分のみを考慮し、千葉県施肥基準の基肥窒素要求量（水田3.5kgN/10a、畑15kgN/10a）の範囲内で設定した。畑については、香取市の主な栽培作物であるだいこん、にんじん、キャベツ、ほうれんそうの基肥窒素要求量（6～20kgN/10a）の平均を畑の基肥窒素要求量とした。消化液の窒素成分は山田バイオマスプラントにおける実績値よりT-Nが2,800mg/L、NH<sub>4</sub>-Nが1,400mg/Lである。NH<sub>4</sub>-N（アンモニア態窒素）の量が千葉県施肥基準値に合わせ、施用量を決定した。また、消化液は多量に施用すると土壤に十分にしみ込まず、表面流出を起こして施肥ムラが生じるため、施用量の上限を5t/10a（施用試験による）とした。その結果、本シナリオでは、水田で2.5t/10a、畑で5t/10aを施用することとした。変換施設から各農地までの距離は平均で10kmと仮定し、消化液輸送バキューム車・消化液散布機輸送用車両について、各1便につき、輸送に往復1.0時間（時速40km）、積み込み・片付けに1.0時間の作業時間を設定した。また、消化液散布機による散布作業は、準備も含めて0.5時間/10aと設定した。

消化液を基肥として利用するため、散布時期を**実態**の堆肥と同様、1年間のうち、2月と3月の60日間は水田を対象に散布、1月および4～12月の305日間は畑を対象に散布するものとした。対象地域の圃場規模や散布作業効率を考慮して設計した1組当たりの消化液散布作業の体系を Fig.9（水田）、Fig.10（畑）に示す。水田は86.4aがまとまって存在すると仮定し、消化液散布機輸送用車両は1往復/日、バキューム車は3往復/日×2台で、1日に86.4aに散布する設計である（消化液散布量21.6t/日）。すなわち、3.6tバキューム車1台当たり水田14.4aに散布でき、水田の窒素要求量（基肥）3.5kgN/10aに対して消化液はその100%を代替できる。畑は43.2aがまとまって存在すると仮定し、消化液散布機輸送用車両は1往復/日、バキューム車は3往復/日×2台で、1日に43.2aに散布する設計である（消化液散布量21.6t/日）。3.6tバキューム車1台当たり畑7.2aに散布でき、畑の窒素要求量（基肥）15kgN/10aに対して、消化液の施用量を5t/10aを上限とするため、窒素代替率は47%となる。

シナリオ1の**計画**においては、2、3月（水田散布期間）の60日間で1,170tの消化液が生成される。1日につき21.6tの消化液が輸送・散布されることから、この期間の稼働日数は54.2日（≒55日）である。メタン発酵消化液が散布される水田面積は、54.2日×86.4aで46.8ha。また、1月および4～12月（畑散布期間）の305日間は、5,948tの消化液が生成される。1日につき21.6t/日の消化液が輸送・散布されることから、この期間の稼働日数は275.4日（≒276日）である。消化液が散布される畑面積は、275.4日×43.2aで119haとなる。

燃料消費量を算出するため、走行距離を算出した。走

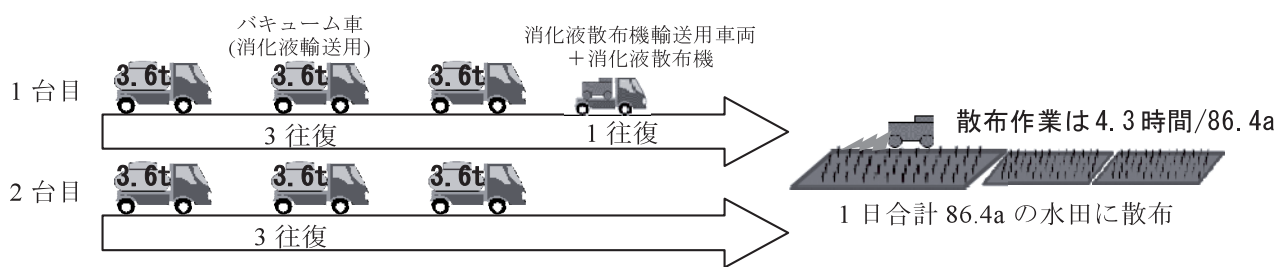


Fig.9 水田への消化液の輸送・散布のシナリオ条件（シナリオ1）  
Scenario of digested liquid transportation and application to paddy field (Scenario 1)

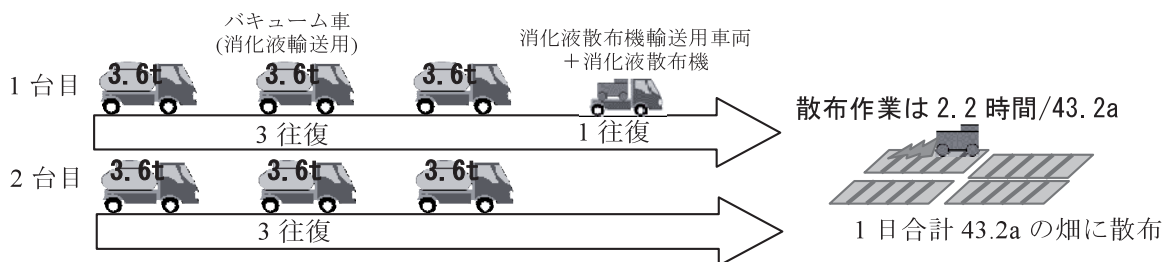


Fig.10 畑への消化液の輸送・散布のシナリオ条件（シナリオ1）  
Scenario of digested liquid transportation and application to upland field (Scenario 1)

行距離は、消化液輸送バキューム車では、 $\{20\text{km}(\text{往復距離}) \times 3 \text{回/日}\} \times (55 \text{日} + 276 \text{日}) \times 2 \text{台} = 39,720\text{km/年}$ 、消化液散布機輸送用車両では、 $\{20\text{km}(\text{往復距離}) \times 1 \text{回/日}\} \times (55 \text{日} + 276 \text{日}) \times 1 \text{台} = 6,620\text{km/年}$ となる。バキューム車の燃費効率、車両固定費、燃料以外の運行費は Table 4 より中型トラックの値を、消化液散布機輸送用車両の燃費効率は小型トラックの値を用いた。消化液の輸送・散布手数料収入として、⑤生成物の利用ステージの担い手である耕種農家から、3千円/10aの支払いを受ける。

以上より算出した、シナリオ1・計画のステージ④に係る初期コスト・ランニングコスト・廃棄コストと収入を Table 11 に示す。

#### (5) 生成物の利用ステージ

シナリオ1・実態では、水田 133ha、畑 337ha を評価対象とした。これらの農地では、堆肥を施用することにより化学肥料が削減できる。水田の基肥における窒素要求量（千葉県施肥基準に基づき、 $3.5\text{kgN}/10\text{a}$ ）に対して堆肥  $1\text{t}/10\text{a}$  を施用するため、 $0.77\text{kgN}/10\text{a}$  が堆肥でまかなわれる。不足する窒素量  $2.73 \text{kgN}/10\text{a}$  は、化学肥料（普通化成 8-8-8、窒素成分 8%）を  $34.1\text{kg}/10\text{a}$  施用することにより補う。畑では、基肥における窒素要求量（千葉県施肥基準に基づき、 $15\text{kgN}/10\text{a}$ ）に対して堆肥  $2\text{t}/10\text{a}$  を施用するため、 $1.54\text{kgN}/10\text{a}$  が堆肥でまかなわれる。不足する窒素量  $13.46 \text{kgN}/10\text{a}$  は、化学肥料（普通化成 8-8-8）を  $168.3\text{kg}/10\text{a}$  施用することにより補う。

追肥のための肥料費や他の農業生産資材に係る費用は“neutral”として計上しない。また、堆肥施用による収量の増加、生産物の価格向上はないものとした。以上より算出した、シナリオ1・実態のステージ⑤に係る初期コスト・ランニングコスト・廃棄コストと収入を Table 12 に示す。

計画においても、実態と同じ面積（水田 133ha、畑 337ha）を評価対象とする。これらの農地のうち、水田 46.8ha については、消化液  $2.5\text{t}/10\text{a}$  を施用し、窒素要求量  $3.5\text{kgN}/10\text{a}$  の 100%が消化液でまかなわれる。この消化液施用水田では、収量は慣行栽培と差がない（米の反収を  $550\text{kg}/10\text{a}$  とした）が、生産した米を「特別栽培米」として 20 円/kg 高い価格で販売できると仮定した（千葉県, 2011）。耕種農家は、消化液の輸送・散布手数料として 3 千円/10a を輸送・散布作業者に支払うため、基肥に係る費用は 10a 当たり 4,500 円を計上する。消化液を施用しない水田 86.2ha については、基肥における窒素要求量のすべて（ $3.5\text{kgN}/10\text{a}$ ）を化学肥料（普通化成） $43.75\text{kg}/10\text{a}$  を施用してまかない、収量の増加や生産物の価格向上はないものとする。基肥に係るコストとして 10a 当たり 4,725 円（化学肥料 108 円  $\times$   $43.75\text{kg}/10\text{a}$ ）を計上する。

畑 119.0ha については、消化液  $5\text{t}/10\text{a}$  を施用し、窒素要求量  $15\text{kgN}/10\text{a}$  の 47%が消化液でまかなわれる。不足する窒素量  $8\text{kgN}/10\text{a}$  は、化学肥料（普通化成） $100\text{kg}/10\text{a}$  を施用してまかなう。基肥に係る費用は、

Table 11 シナリオ1・計画の④生成物の輸送・貯蔵ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ④ Transportation of generated material stage of Plan Scenario 1

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	バキューム車 2 台購入費	$(5,000 \text{千円} \times 2 \text{台}) \div 8 \text{年} = 1,250 \text{千円/年}$
	消化液散布機 1 台購入費	$8,000 \text{千円} \div 7 \text{年} = 1,143 \text{千円/年}$
	消化液散布機輸送用車両 1 台購入費	$1,500 \text{千円} \div 8 \text{年} = 188 \text{千円/年}$
廃棄コスト (円/年)	バキューム車 2 台廃棄費	$(10,000 \text{千円} \times 0.03) \div 8 \text{年} = 38 \text{千円/年}$
	消化液散布機 1 台廃棄費	$(8,000 \text{千円} \times 0.03) \div 7 \text{年} = 34 \text{千円/年}$
	消化液散布機輸送用車両 1 台廃棄費	$(1,500 \text{千円} \times 0.03) \div 8 \text{年} = 6 \text{千円/年}$
ランニングコスト (円/年)	人件費	$(3 \text{人} \times 331 \text{日/年} \times 8 \text{千円/日}) = 7,944 \text{千円/年}$
	燃料費(バキューム車)	総走行距離 $6,600\text{km} + 33,120\text{km} = 39,720\text{km/年}$ $39,720\text{km/年} \div (5.26\text{km/L}) = 7,551\text{L/年}$ $7,551\text{L/年} \times 103 \text{円/L} = 778 \text{千円/年}$
	燃料費(消化液散布機)	年散布面積 $(0.864\text{ha/日} \times 54.2 \text{日}) + (0.432\text{ha/日} \times 275.4 \text{日}) = 46.8\text{ha} + 119\text{ha} = 166\text{ha/年}$ 燃料消費量 $166\text{ha/年} \times 18.3\text{L/ha} = 3,038\text{L/年}$ $3,038\text{L/年} \times 103 \text{円/L} = 313 \text{千円/年}$
	燃料費(消化液散布機輸送用車両)	総走行距離 $1,100\text{km} + 5,520\text{km} = 6,620\text{km/年}$ 燃料消費量 $6,620\text{km/年} \div (6.26\text{km/L}) = 1,058\text{L/年}$ $1,058\text{L/年} \times 103 \text{円/L} = 109 \text{千円/年}$
	バキューム車 2 台の固定費	$366 \text{千円/年/台} \times 2 \text{台} = 732 \text{千円/年}$
	消化液散布機輸送用車両 1 台の固定費	337 千円/年
	バキューム車 2 台の燃料以外の運行費	$39,720\text{km/年} \times (7.5 \text{円/km}) = 298 \text{千円/年}$
	消化液散布機輸送用車両の燃料以外の運行費	$6,620\text{km/年} \times (7.5 \text{円/km}) = 50 \text{千円/年}$
	収入(円/年)	消化液輸送・散布(手数料収入)

**Table 12** シナリオ1・実態の⑤生成物の利用ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ⑤ Utilization of generated material stage of Present Scenario 1

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト(円/年)	水稲・野菜生産に係るインフラ等建設・購入費	neutral
廃棄コスト(円/年)	水稲・野菜生産に係るインフラ・機械等の廃棄費	neutral
ランニングコスト (円/年)	水稲・野菜生産に係る労働費	neutral
	水稲生産の基肥のうち堆肥購入費(133ha分)	2千円/10a × 133ha = 2,660千円/年
	水稲生産の基肥のうち化学肥料購入費(133ha分)	3,683円/10a × 133ha = 4,898千円/年
	野菜生産の基肥のうち堆肥購入費(337ha分)	4千円/10a × 337ha = 13,480千円/年
	野菜生産の元肥のうち化学肥料購入費(337ha分)	18,176円/10a × 337ha = 61,253千円/年
	堆肥輸送・散布(手数料支払)	20千円 × /ha × (水田133ha + 畑337ha) = 9,400千円/年
収入(円/年)	水稲・野菜生産物の販売金額増収分	0円/年

**Table 13** シナリオ1・計画の⑤生成物の利用ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ⑤ Utilization of generated material stage of Plan Scenario 1

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト(円/年)	水稲・野菜生産に係るインフラ等の建設・購入費	neutral
廃棄コスト(円/年)	水稲・野菜生産に係るインフラ・機械等の廃棄費	neutral
ランニングコスト (円/年)	水稲・野菜生産に係る労働費	neutral
	水稲生産の基肥のうち、消化液購入費 (消化液施用水田46.8ha分)	(2.5t/10a × 600円/t) × 46.8ha = 702千円
	水稲生産の基肥のうち、化学肥料購入費 (消化液無施用水田86.2ha分)	4,725円/10a × 86.2ha = 4,073千円
	野菜生産の基肥のうち、消化液購入費 (消化液施用畑119ha分)	(5t/10a × 600円/t) × 119ha = 3,570千円
	野菜生産の基肥のうち、化学肥料購入費 (消化液施用畑119ha分)	16,800円/10a × 119ha = 19,992千円
	野菜生産の基肥のうち、化学肥料購入費 (消化液無施用畑218ha分)	20,250円/10a × 218ha = 44,145千円
	消化液の輸送・散布(手数料支払)	30千円/ha × 166ha = 4,980千円
	水稲・野菜生産に係る追肥肥料費および他の消耗品等 購入費	neutral
収入(円/年)	特別栽培米の販売金額増収分	46.8ha × 5,500kg × 20円/kg = 5,148千円

10a当たり16,800円を計上する。消化液を施用しない畑218haについては、基肥における窒素要求量のすべて(15kgN/10a)を化学肥料(普通化成187.5kg/10a)でまかなう。そのため基肥に係る費用として10a当たり20,250円を計上する。畑作物については、消化液の施用/非施用にかかわらず、収量の増加、生産物の価格向上はないものとし、また作物栽培に係るインフラ・機械等の初期コスト、廃棄コスト、労働費および追肥肥料費や他の農業生産資材等購入費は“neutral”とし、計上しない。以上より算出した、シナリオ1・計画のステージ⑤に係る初期コスト・ランニングコスト・廃棄コストと収入をTable 13に示す。

### c 算出結果

シナリオ1における**実態**(2ケース)と**計画**(2ケース)のコストおよび収入の算出結果をTable 14にまと

めた。**実態**では、「ケース1」に比べて「ケース2」の③バイオマス変換ステージでのコストが約6,000千円/年小さい。これは8.3t/日規模の堆肥化施設3基に比べて、25t/日規模の堆肥化施設の方が初期コストとそれに伴う廃棄コスト、およびランニングコストのうち人件費が小さいためである。**計画**では両ケースとも25t/日規模のメタン発酵施設を想定したが、「ケース1」では3戸の酪農家から牛ふん尿を輸送するための費用を計上したため、「ケース2」に比べて約1,200千円/年のコスト高となった。以上のことから、輸送をできるだけ行わず、スケールメリットのあるバイオマス変換を選択することが望ましいと言える。また、両ケースとも、実態に比して計画での収入は減少しているが、ステージ③、④でのコストが小さくなっている。メタン発酵で発生したガスを用いた発電による施設内電力の自給が効果をもたらしている。また、ステージ⑤の**計画**では、消化液により化学



**Table 14** シナリオ1における実態と計画のコストと収入（千円/年）  
Cost and income in Present and Plan Scenario 1 (thousand yen /year)

			①バイオマスの生産(発生)	②収集・輸送・貯蔵	③バイオマス変換	④生成物の輸送・貯蔵	⑤生成物の利用	計
実態	堆肥化(ケース1)	コスト	0	0	38,029	24,986	91,691	154,706
		収入	0	0	16,206	9,400	0	25,606
	堆肥化(ケース2)	コスト	0	0	31,986	24,986	91,691	148,663
		収入	0	0	16,134	9,400	0	25,534
計画	メタン発酵(ケース1)	コスト	0	1,243	27,826	13,219	77,462	119,750
		収入	0	0	13,524	4,974	5,148	23,646
	メタン発酵(ケース2)	コスト	0	0	27,826	13,219	77,462	118,507
		収入	0	0	13,524	4,974	5,148	23,646

肥料の使用量を削減できたため、対象農地面積の施肥コストが全体で14,229千円/年削減された。本シナリオの計画は、ステージ⑤の担い手である耕種農家にとって経済的にメリットがある結果となった。

## 2 豚ふん尿排水対象シナリオ(シナリオ2)

香取市では豚97,478頭(子取り用雌豚10,329頭、種雄豚3,231頭、肥育豚83,918頭)が飼養されており、244,393t/年のふん尿が発生する。このうち、香取市行政担当者へのヒアリングより現在利用されていることが確認された豚尿36t/年(簡易曝気による液肥化と農地施用)および3,467.5t/年(踏み込み式の肥育豚舎)を除いた240,890t/年が利用可能量となる。現状ではこの豚ふん尿は洗浄排水とともに固液分離され、固体分は堆肥化、液分は汚水処理後に河川放流されている。香取市環境基本計画(千葉県香取市, 2009)では、市内の一部地域で確認された比較的高濃度の硝酸性窒素および亜硝酸性窒素による地下水汚染の原因の一つとして畜産排水が指摘されており、より適正な家畜ふん尿の処理が求められている。そこで、シナリオ2では、母豚170~180頭規模(千葉県平均とほぼ一致)の一貫経営養豚農家10戸に相当する豚ふん尿47,674t/年(市内で発生する豚ふん尿利用可能量の20%)と、同時に発生する洗浄排水49,064t/年を加えた96,738t/年の豚ふん尿排水を対象とする。

### a 実態と計画の設計

シナリオ2の実態では、地域内の一貫経営の養豚農家

(1戸当たり母豚170~180頭規模)10戸から発生する豚ふん尿(除ふん率50%)と洗浄排水(合計250t/日)を、各養豚農家において固液分離し、固体分を堆肥化(システム外)、液体分を浄化処理装置で処理し、河川放流する。

計画では、実態と同条件の養豚農家から発生する豚ふん尿(除ふん率0%)と洗浄排水(約266t/日)を、各養豚農家において固液分離後メタン発酵する。生成したバイオガスをコジェネレーションに利用して得た電気・熱は、変換施設内で利用するとともに、余剰電力は販売する。固体分は堆肥化(システム外)、消化液は、地域内の農地(水田および畑)に輸送・散布して、作物栽培の基肥として利用する。水田では、消化液で窒素化学肥料を100%代替できるため、栽培した水稻は特別栽培米として高付加価値で販売できる。Table 15にシナリオ2の各ステージの内容を示す。

### b 各ステージにおける収入とコストの算出

#### (1) バイオマスの生産(発生ステージ)

シナリオ2では、実態・計画とも、発生するふん尿排水の性状・成分は、農林水産バイオリサイクル研究「システム実用化千葉ユニット」(2007)および環境コミュニケーションズ(2002)より設定した。1戸当たり発生量は25t/日、含水率98.3%(乾物率1.7%)、窒素含有率(湿重ベース)は0.302%、炭素含有率(湿重ベース)は0.789%、リン含有率(湿重ベース)は0.184%である。

実態と計画で除ふん率の設定が異なるため、豚ふん尿排水の発生量は異なるが、除ふんに係るコストはシステ

**Table 15** シナリオ2の各ステージの内容  
Activities of each stage in Scenario 2

ステージ シナリオ	①バイオマスの生産(発生)ステージ	②収集・輸送・貯蔵ステージ	③バイオマスの変換ステージ	④生成物の輸送・貯蔵ステージ	⑤生成物の利用ステージ
実態	豚ふん尿排水の発生	輸送なし	汚水処理・処理水河川放流	なし	水田620ha、畑1,574haでの農作物栽培(全面積で化学肥料利用)
計画	豚ふん尿排水の発生	輸送なし	メタン発酵+コジェネレーション	消化液の輸送・散布(水田620ha、畑1,574ha)	水田620ha、畑1,574haでの農作物栽培(不足窒素成分を化学肥料で補完)

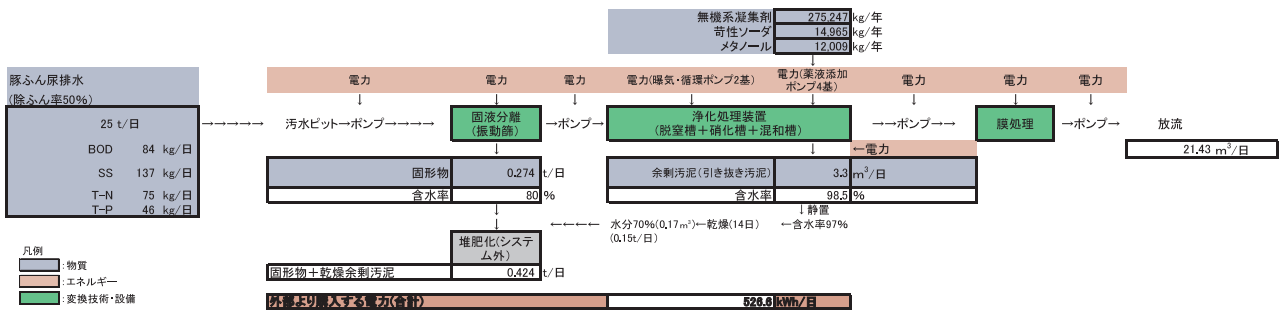


Fig.11 シナリオ 2・実態における変換工程フロー  
Flow of wastewater treatment in Present Scenario 2

ム外とし計上しないため、本ステージに係るコスト・収入は“neutral”とした。

### (2) 収集・輸送・貯蔵ステージ

シナリオ 2 では、**実態・計画**とも、各養豚農家内で処理・変換されるため輸送しないことから、コスト・収入とも 0 円とした。

### (3) バイオマス変換ステージ

シナリオ 2 の**実態**では、各養豚農家に汚水処理施設を設置するため、施設数は 10 となる。各汚水処理施設では、豚ふん尿排水が固液分離され、液体分は河川放流できる水質まで浄化処理される。固体分および余剰汚泥は堆肥化する（堆肥化工程および余剰汚泥の乾燥・堆肥化工程はシステム外として計上しない）。以下では、1 施設単位の計算結果を示す。

汚水処理施設の運転条件は、畜産環境整備機構（1998）およびプラントメーカーへ発注した「メタン発酵設計及びコスト・エネルギー試算業務」報告書をもとにシナリオの条件に合わせて設計した。設計においては、目標処理水質を T-N120mg/L 以下、T-P16mg/L 以下とした。この目標値は畜産廃水処理施設からの暫定放流水質基準よりも厳しい基準であるが、今後水質環境保全に対する要求が高まることは間違いないので、この条件を**実態**に設定した。Fig.11 に設計した汚水処理工程のフローを示す。具体的には、畜産環境整備機構（1998）で記載されている「母豚 150 頭規模一貫経営、豚ふん尿汚水 24.75m³/日」の事例を基に、土木工事の規模は槽容量比で算出、曝気装置は硝化分を入れ 2.5 倍で算出した。固液分離（平型振動篩）で分離される固体分（1 施設当たり 0.274t/日、含水率 80%）は、堆積発酵により畜舎で分離された豚ふんと一緒に既存施設で堆肥化されると仮定した（システム外とみなし計上しない）。浄化処理装置は、脱窒槽+硝化槽+混和槽で構成される。浄化処理装置では、pH 調整のため苛性ソーダを 41kg/日、脱窒のための水素供与体としてメタノールを 32.85kg/日、リン除去のため無機系凝集剤（ポリ硫酸第二鉄液）を 754.1kg/日を投入する。浄化処理された液体分は、ポンプで消毒槽に送られ膜処理して放流される。放流量は 1 施設当たり 21.43m³/日である。浄化処理装置より引き抜かれた

余剰汚泥（1 施設当たり 3.3m³/日、水分 98.5%）は、静置して含水率を 97%にした後、2 週間乾燥（0.17m³/日、水分 70%）し、固体分と一緒に堆積発酵により堆肥化される（システム外）。汚水処理施設の年間稼働日数は 365 日、汚水処理作業は通常養豚経営内で行われるが、高度な処理のために労力が増加すると考え、1 施設当たり 0.7 人の労力（年間雇用）を追加した。汚水処理施設については、総合耐用年数を用いず、畜産環境整備機構（1998）から各機器・装置の耐用年数を引用した。

汚水処理施設の建設費および各装置の価格は、畜産環境整備機構（1998）をもとに算出した。各装置の補修費は、設計した汚水処理施設の運転条件に基づき、規模および補修頻度を約 1.5 倍として設定した。補修が適宜行われることを前提に保守点検費は 0 円とした。以上より算出されたコストと収入を Table 16 に示す。

シナリオ 2 の**計画**では、各養豚農家にメタン発酵・コジェネレーション施設を設置するため、施設数は 10 となる。各施設では 26.6t/日の豚ふん尿排水がメタン発酵装置で変換され、生成したバイオガスをういたコジェネレーションにより電力と熱が生成されると同時にメタン発酵消化液が生成される。固体分は堆肥化（堆肥化工程はシステム外として計上しない）する。変換施設の年間稼働日数は 365 日、総合耐用年数は、メタン発酵・コジェネレーション施設の建築土木を 30 年、設備機器を 12 年とした。施設運営に要する労力は、養豚経営とは別に 1 施設当たり 1.5 人の労力（年間雇用）が必要となる。以下では、1 施設単位の計算結果を示す。

変換施設の運転条件は、シナリオ 1 の**計画**をもとに、投入原料等についてはシナリオ 2 の条件に合わせて設計した。Fig.12 に設計した変換工程のフローを示す。

#### 【受入・前処理工程】

25.56t/日の豚ふん尿排水（ふん 3.12t/日、尿 9.97t/日、洗浄水 13.47t/日）は、夾雑物脱水機で脱水され、0.29t/日の夾雑物（含水率 70%）が発生する。夾雑物は、既存施設で堆積発酵により堆肥化される（システム外として計上しない）。

#### 【メタン発酵工程】

26.27t/日の液分は、ポンプでメタン発酵槽に移送され、

**Table 16** シナリオ2・実態の③バイオマス変換ステージにおけるコストと収入（1施設）  
 Cost and income in ③ Biomass conversion stage of Present Scenario 2 for each facility

算出項目	データ名	算出結果	
初期コスト (円/年)	污水処理施設(建築土木)建設費	17,320千円 ÷ 30年 = 577千円/年	
	污水処理施設建設費(設備機器)	固液分離装置(平型振動篩)	700千円 ÷ 10年 = 70千円/年
		曝気装置	6,750千円 ÷ 10年 = 675千円/年
		液中膜ユニット	850千円 ÷ 7年 = 121千円/年
		污水ピットポンプ	100千円 ÷ 5年 = 20千円/年
		污水投入ポンプ	100千円 ÷ 8年 = 13千円/年
		汚泥返送・硝化液循環ポンプ(1施設につき2台)1セット	300千円 ÷ 5年 = 60千円/年
		膜透過水吸引ポンプ	150千円 ÷ 5年 = 30千円/年
		放流ポンプ	150千円 ÷ 5年 = 30千円/年
		薬液注入ポンプ(1施設につき4台)1セット	300千円 ÷ 5年 = 60千円/年
		付属機器(自動運転操作盤)	1,500千円 ÷ 7年 = 214千円/年
工事費	機械運搬据え付け工事, 配管・電気・雑工事, 諸経費その他 (1,800千円 + 3,980千円 + 2,700千円) ÷ 30年 = 283千円/年 (※建設時のみの投入であり, 「建築土木」と同じ使用年数とした。廃棄は伴わない。)		
廃棄コスト (円/年)	污水処理施設(建築土木)廃棄費	(17,320千円 × 0.05) ÷ 30年 = 29千円/年	
	污水処理施設(設備機器)	固液分離装置(平型振動篩)廃棄費	(700千円 × 0.03) ÷ 10年 = 2千円/年
		曝気装置廃棄費	(6,750千円 × 0.03) ÷ 10年 = 20千円/年
		液中膜ユニット廃棄費	(850千円 × 0.03) ÷ 7年 = 4千円/年
		污水ピットポンプ廃棄費	(100千円 × 0.03) ÷ 5年 = 1千円/年
		污水投入ポンプ廃棄費	(100千円 × 0.03) ÷ 8年 = 0.4千円/年
		汚泥返送・硝化液循環ポンプ1セット廃棄費	(300千円 × 0.03) ÷ 5年 = 2千円/年
		膜透過水吸引ポンプ廃棄費	(150千円 × 0.03) ÷ 5年 = 1千円/年
		放流ポンプ廃棄費	(150千円 × 0.03) ÷ 5年 = 1千円/年
		薬液注入ポンプ1セット廃棄費	(300千円 × 0.03) ÷ 5年 = 2千円/年
付属機器(自動運転操作盤)廃棄費	(1,500千円 × 0.03) ÷ 7年 = 6千円/年		
工事, 諸経費(廃棄費なし)	0千円/年		
ランニングコスト (円/年)	人件費	0.7人 × 4,500千円/年 = 3,150千円/年	
	電力料金 (契約電力 36kW/基, 電力消費量 526.6kWh/日/基)	基本電力料金 36kW × (1,100円/kWh/月) × 12ヶ月 = 475千円/年 従量電力料金 526.6kWh/日 × 12円/kWh × 365日/年 = 2,307千円/年	
	水道料金(井水利用)	0円/年	
	薬剤費(無機系凝集剤 754.1kg/日)	754.1kg/日 × 365日/年 = 275,246.5kg/年 275,246.5kg/年 × 31円/kg = 8,533千円/年	
	薬剤費(苛性ソーダ 41kg/日)	41kg/日 × 365日/年 = 14,965kg/年 14,965kg/年 × 30円/kg = 449千円/年	
	薬剤費(メタノール 32.85kg)	32.85kg/日 × 365日/年 = 11,990.25kg/年 11,990.25kg/年 × 90円/kg = 1,079千円/年	
	機械補修費	523千円/年	
保守点検費	0円/年		
収入 (円/年)	なし	0円/年	

加温・攪拌される。加温のために必要な熱量は3,138MJ/日であり、バイオガスコジェネレーションで生産した熱を用いる。生成するバイオガス（メタン濃度65%）は434.6m<sup>3</sup>/日であり、同時に消化液25.8t/日を生成する。

#### 【消化液殺菌・貯留】

消化液は、殺菌槽で殺菌（55℃、7.5時間）され、液

肥として利用可能な状態（25.8t/日、含水率98.9%）で貯留槽に送られる。殺菌槽で必要な熱量は、2,332MJ/日である。

#### 【バイオガス利用】

バイオガスは脱硫後、19.3CH<sub>4</sub>m<sup>3</sup>/日をバイオガスボイラーで利用、263.2CH<sub>4</sub>m<sup>3</sup>/日をバイオガスコジェネレー

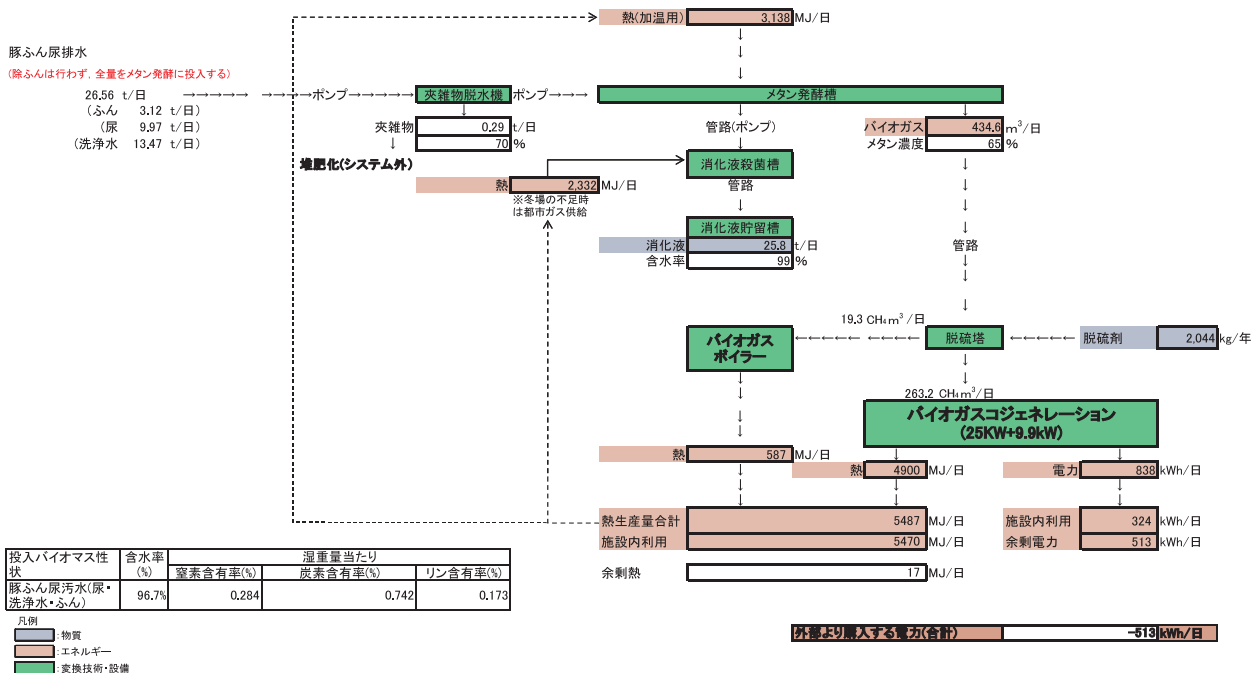


Fig.12 シナリオ 2・計画における変換工程フロー  
Process flow of methane fermentation and cogeneration in Plan Scenario 2

ション (25kW + 9.9kW の 2 台) で利用する。バイオガスボイラーでは、587MJ/日の熱が生産される。バイオガスコジェネレーション装置では、熱 4,900MJ/日、電力 838kWh/日が生産される。バイオガスボイラーとバイオガスコジェネレーション装置で生産される熱の合計 5,487MJ/日のうち、5,470MJ/日がメタン発酵槽と消化液殺菌槽で利用されるため、余剰熱は発生しないものとする。

施設運転に必要な電力は 324kWh/日であり、バイオガスコジェネレーションで生産される電力でそのすべてが賄われる。余剰電力 513kWh/日は外部に販売する。

変換施設の建設費は、シナリオ 1 の算出結果に基づき、建築土木費については原料投入量に相対して算出した。スケールファクターについても同様に 0.6 とした。設備機器費については、シナリオ 1 と同額とした。

以上より算出したシナリオ 2・計画のステージ③に係る初期コスト・ランニングコスト・廃棄コストと収入を Table 17 に示す。

(4) 生成物の輸送・貯蔵ステージ

シナリオ 2 の実態においては、汚水処理された水は河川放流されるため、本ステージでのコスト・収入は計上しない。計画では、消化液 (1 施設当たり 25.8t/日) をバキューム車で農地 (水田および畑) に輸送し、圃場で消化液散布機に移し替えて散布する。消化液散布機は、各圃場まで消化液散布機輸送用車両で輸送する。以下、変換施設 1 施設単位の計算結果を示す。

メタン発酵消化液の運搬・散布は、1 施設 (養豚農家

1 戸) につき、①消化液輸送バキューム車 (タンク容量 3.6t) 3 台、②消化液散布機 (圃場内自走式・タンク容量 1.6t) 2 台、③消化液散布機輸送用車両 (2t 車) 1 台を要し、輸送・散布のために必要な労力は 5 名 (日単位の雇用) である。輸送・散布に係る各車両の価格、使用年数はシナリオ 1 と同じである。水田への輸送・散布については、対象地域の経営規模、圃場規模別分布状況から、1 日に 2 カ所のまとまった水田に散布するものとした。1 カ所目は 86.4a、2 カ所目は 43.2a がまとめて存在するものと仮定した。また、畑についても同様に 2 カ所に散布するものとし、1 カ所目は 43.2a が、2 カ所目は 21.6a が 1 圃場あるいはまとめて存在すると仮定した。輸送・散布効率を上げるため、消化液散布機輸送車両は、2 カ所の圃場に別々に用意するのではなく、1 台を往復させる。散布作業者と輸送用トラック運転者が兼任すると仮定するため、消化液散布機による散布作業は、準備も含めて約 1.0 時間/10a かかるものとした (シナリオ 1 の 2 倍)。その他の消化液散布のシナリオ設定はシナリオ 1 と同様である。以上の条件を Fig.13 (水田)、Fig.14 (畑) に示す。

シナリオ 2 の計画においては、2、3 月 (水田散布期間) の 60 日間で 1,548t の消化液が生成される。1 日につき 32.4t/日の消化液が輸送・散布されることから、この期間の稼働日数は 47.8 日 (≒ 48 日) である。また消化液が散布される水田面積は、47.8 日 × 129.6a で 62ha となる。また、1 月および 4 ~ 12 月 (畑散布期間) の 305 日間では、7,869t の消化液が生成される。1 日につ

**Table 17** シナリオ2・計画の③バイオマス変換ステージにおけるコストと収入（1施設）  
Cost and income in ③ Biomass conversion stage of Plan Scenario 2 for each facility

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	メタン発酵施設(建築土木)建設費	68,400千円 ÷ 30年 = 2,280千円/年
	メタン発酵施設(設備機器)建設費	168,000千円 ÷ 12年 = 14,000千円
	メタン発酵施設付属施設(堆肥化施設)建設費	システム外として計上しない
廃棄コスト (円/年)	メタン発酵施設(建設土木)廃棄費	(68,400千円 × 0.05) ÷ 30年 = 114千円/年
	メタン発酵施設(設備機器)廃棄費	(168,000千円 × 0.03) ÷ 12年 = 420千円/年
	メタン発酵施設付属施設(堆肥化施設)廃棄費	システム外として計上しない
ランニングコスト (円/年)	人件費	1.5人/年 × (4,500千円/年・人) = 6,750千円/年
	電力料金(基本電力料金, 契約電力23kW/基)	23kW × 12ヶ月 × (1,100円/kWh/月) = 304千円/年
	電力料金(従量電力料金)	電力は自給できるため0円
	水道料金(井水利用, 排水なし)	0円/年
	薬剤費(脱硫剤2,044kg/年)	2,044kg/年 × 180円/kg = 368千円/年
	点検補修費(設備機器費の2%)	3,360千円/年
収入(円/年)	消化液販売	9,417t/年 × 600円/t = 5,650千円/年
	余剰電力販売(514kWh/日)	187,610kWh/年 × 20円/kWh = 3,752千円/年
	余剰熱販売	ほとんどを施設内利用するため, 販売なしとした
	ふん尿処理料(委託費収入)	0円/年(養豚経営内であるため)

き32.4t/日の消化液が輸送・散布されることから、この期間の稼働日数は242.9日(≒243日)、消化液が散布される畑面積は、242.9日 × 64.8aで157.4haである。

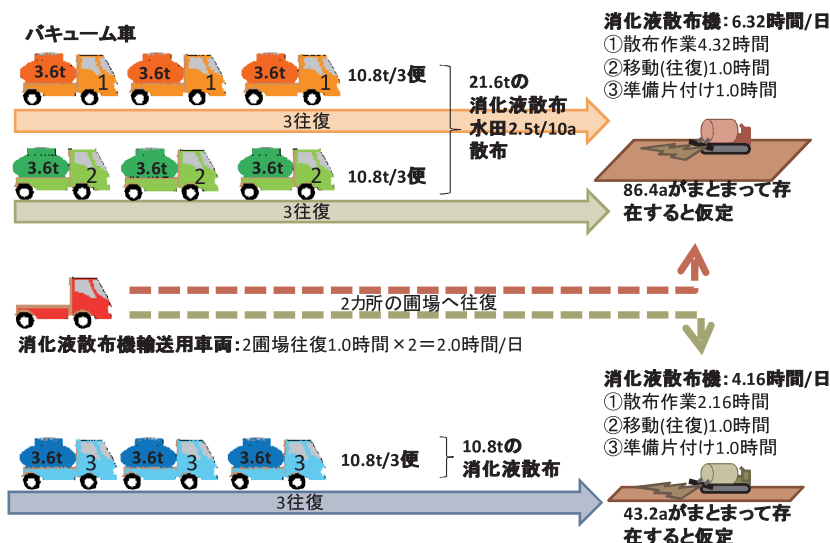
燃料消費量を算出するため、走行距離を算出した。走行距離は、消化液輸送バキューム車では、{20km(往復距離) × 3回/日} × (48日 + 243日) × 3台 = 52,380km/年、消化液散布機輸送用車両では、{20km(往復距離) × 2回/日} × (48日 + 243日) × 1台 = 11,640km/年となる。各車両の燃費効率、燃料価格、固定費および燃料以外の運行費の設定は、シナリオ1と同様である。また、消化液の輸送・散布手数料収入についても同様に、⑤生成物の利用ステージの担い手である耕種農家から、3千円/10a

の支払いを受ける。

以上より算出した、シナリオ2・計画のステージ④に係る初期コスト・ランニングコスト・廃棄コストと収入をTable 18に示す。

#### (5) 生成物の利用ステージ

シナリオ2の実態では、バイオマス由来の生成物はないが、計画との対比のため、水田620ha、畑1,574haを対象として、すべての面積で基肥として化学肥料を使用した場合のコストと収入を算出した。水田・畑における基肥の窒素要求量は、シナリオ1と同じである。評価対象水田(620ha)では、基肥として化学肥料43.75kg/10a(4,725円/10a)を、評価対象畑(1,574ha)では、基肥



**Fig.13** 水田への消化液の輸送・散布のシナリオ条件（シナリオ2）  
Scenario of digested liquid transportation and application use to paddy field (Scenario 2)

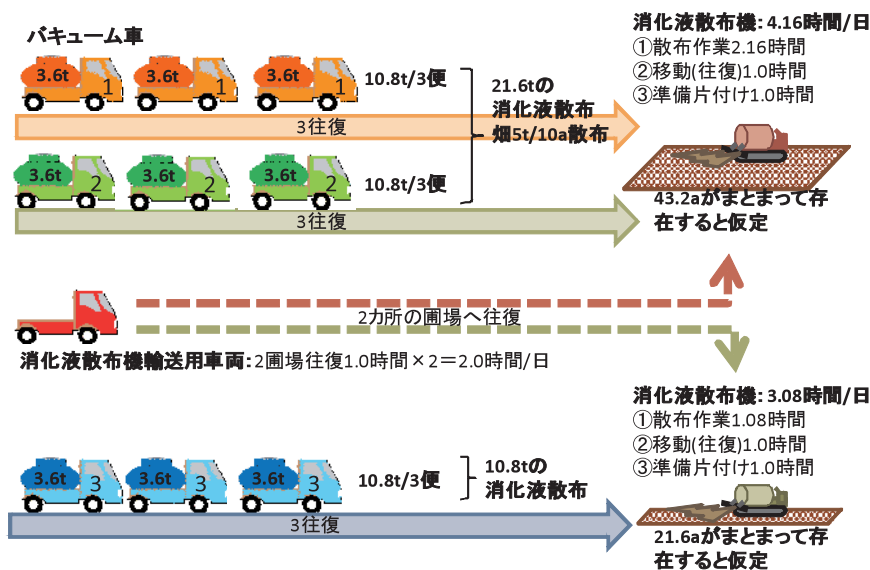


Fig.14 畑への消化液の輸送・散布のシナリオ条件 (シナリオ2)

Scenario of digested liquid transportation and application to upland field (Scenario 2)

Table 18 シナリオ2・計画の④生成物の輸送・貯蔵ステージにおけるコストと収入 (1施設当たり)  
Cost and income in ④ Transportation of generated material stage of Plan Scenario 2 for each facility

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	バキューム車3台購入費	$(5,000 \text{ 千円} \times 3 \text{ 台}) \div 8 \text{ 年} = 1,875 \text{ 千円/年}$
	消化液散布機2台購入費	$(8,000 \text{ 千円} \times 2 \text{ 台}) \div 7 \text{ 年} = 2,286 \text{ 千円/年}$
	消化液散布機輸送用車両1台購入費	$1,500 \text{ 千円} \div 8 \text{ 年} = 188 \text{ 千円/年}$
廃棄コスト (円/年)	バキューム車3台廃棄費	$((5,000 \text{ 千円} \times 0.03) \div 8 \text{ 年}) \times 3 \text{ 台} = 56 \text{ 千円/年}$
	消化液散布機2台廃棄費	$((8,000 \text{ 千円} \times 0.03) \div 7 \text{ 年}) \times 2 \text{ 台} = 69 \text{ 千円/年}$
	消化液散布機輸送用トラック1台廃棄費	$(1,500 \text{ 千円} \times 0.03) \div 8 \text{ 年} = 6 \text{ 千円/年}$
ランニングコスト (円/年)	人件費	年間稼働日数 48日(水田)+243日(畑) = 291日/年 $(5 \text{ 人} \times 291 \text{ 日} \times 8 \text{ 千円/日}) = 11,640 \text{ 千円/年}$
	燃料費(バキューム車)	$52,380 \text{ km} \div (5.26 \text{ km/L}) = 9,958 \text{ L/年}$ $9,958 \text{ L/年} \times 103 \text{ 円/L} = 1,026 \text{ 千円/年}$
	燃料費(消化液散布機)	年散布面積 $(1.296 \text{ ha/日} \times 47.8 \text{ 日}) + (0.648 \text{ ha/日} \times 242.9 \text{ 日/年}) = 61.9 \text{ ha} + 157.4 \text{ ha} = 219.3 \text{ ha}$ $219.3 \text{ ha} \times 18.3 \text{ L/ha} = 4,013 \text{ L/年}$ $4,013 \text{ L/年} \times 103 \text{ 円/L} = 413 \text{ 千円/年}$
	燃料費(消化液散布機輸送用車両)	$11,640 \text{ km} \div (6.26 \text{ km/L}) = 1,859 \text{ L/年}$ $1,859 \text{ L/年} \times 103 \text{ 円/L} = 191 \text{ 千円/年}$
	バキューム車3台の固定費	$366 \text{ 千円/年/台} \times 3 \text{ 台} = 1,098 \text{ 千円/年}$
	消化液散布機輸送用トラック1台の固定費	337千円/年
	バキューム車3台の燃料以外の運行費	$52,380 \text{ km/年} \times (7.5 \text{ 円/km}) = 393 \text{ 千円/年}$
	消化液散布機輸送用車両の燃料以外の運行費	$11,640 \text{ km/年} \times (7.5 \text{ 円/km}) = 87 \text{ 千円/年}$
収入(円/年)	消化液輸送・散布(手数料収入)	$3 \text{ 千円/10a} \times (62 \text{ ha} + 157.4 \text{ ha}) = 6,582 \text{ 千円/年}$

として化学肥料 187.5kg/10a (20,250 円/10a) を施用し、いずれも収量の増加や生産物の価格向上はないものとした。また、作物栽培に係るインフラ・機械の初期コスト、廃棄コスト、労働費および追肥肥料費や他の農業生産資材等購入費は“neutral”とし、計上しない。以上より算出した、シナリオ2・実態のステージ⑤に係るコストと収入を Table 19 に示す。

計画では、10の変換施設で生成された消化液を施用する水田 620ha、畑 1,574ha を対象とする。水田・畑に

おける面積当たりの消化液施用量、窒素要求量、消化液ではまかなえない窒素量を補うための化学肥料(普通化成8-8-8)の条件は、シナリオ1と同じである。水田(620ha)については、10a当たり2.5t施用した消化液により、窒素要求量の100%がまかなわれる。収量は化学肥料を用いた慣行栽培と差がないが、生産した米は「特別栽培米」として20円/kgの高い価格で販売できると仮定した。基肥に係るコストは、10a当たり(消化液購入費:2.5t×600円/t)+(輸送・散布手数料支払:3千円)=4,500

円である。畑 (1,574ha) については、消化液 5t/10a を施用することにより、窒素要求量の 47% が供給される。不足する窒素量は、化学肥料 100kg/10a を施用して補う。基肥に係るコストは、10a 当たり (消化液購入費: 5t × 600 円/t) + (輸送・散布手数料支払: 3 千円) + (化学肥料購入費: 100kg × 108 円/kg) = 16,800 円である。畑作物については、収量増加や生産物の価格向上はないものとした。また、作物栽培に係るインフラ・機械の初期コスト、廃棄コスト、労働費および追肥肥料費や他の農業生産資材等購入費は“neutral”とし、計上しない。以上より算出した、シナリオ 2・計画のステージ⑤に係るコストと収入を Table 20 に示す。

### c 算出結果

シナリオ 2 における**実態**と**計画**のコストおよび収入の算出結果を Table 21 にまとめた。ステージ③では、**実態**の汚水処理のコスト (187,373 千円/年) に比べて、**計画**での収支(収入-コスト)は 181,940 千円/年となり、バイオマス変換ステージのみを取りあげれば、**計画**を採

用することにより汚水処理コストが 5,433 千円/年削減できることになる。しかし、ステージ④の消化液の輸送・散布に係るコストが大きく、ライフサイクルでの収支は、**実態**にくらべて**計画**で赤字増となった。また、シナリオ 1 と同様、ステージ⑤の**計画**では消化液により化学肥料の使用量を削減できたため、対象農地面積の施肥コストが全体で 16% 削減できたことから、ステージ⑤の担い手である耕種農家にとっては、**計画**の採用は経済的にメリットをもたらす。

### 3 生ごみ・生活廃水処理汚泥・食品加工残さ対象シナリオ (シナリオ 3)

シナリオ 3 では生ごみ、生活廃水処理汚泥、食品加工残さの 3 種のバイオマスを対象とした。香取市では、家庭生ごみ (ごみステーションで回収されクリーンセンターに輸送されたごみの組成分析より把握) 3,428t/年、事業系生ごみ (飲食店や総菜店、豆腐店・精肉店・製菓店などから発生する生ごみ、香取市調べ) 1,088t/年、学校等給食残さ (香取市内給食センターヒアリング値)

Table 19 シナリオ 2・実態の⑤生成物の利用ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ⑤ Utilization of generated material stage of Present Scenario 2

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	水稲・畑作物生産に係るインフラ等建設・購入費	neutral
廃棄コスト (円/年)	水稲・畑作物生産に係るインフラ・機械等の廃棄費	neutral
ランニングコスト (円/年)	水稲・畑作物生産に係る労働費	neutral
	水稲生産の基肥として化学肥料に係る費用 (対象水田 620ha 分)	47,250 円/ha × 620ha = 29,295 千円
	畑作物生産の基肥として化学肥料に係る費用 (対象畑 1,574ha 分)	202,500 円/ha × 1,574ha = 318,735 千円
	水稲・畑作物生産に係る追肥肥料費および他の消耗品等購入費	neutral
収入 (円/年)	水稲・畑作物の販売金額増収分	0 円/年

Table 20 シナリオ 2・計画の⑤生成物の利用ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ⑤ Utilization of generated material stage of Plan Scenario 2

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	水稲・畑作物生産に係るインフラ等建設・購入費	neutral
廃棄コスト (円/年)	水稲・畑作物生産に係るインフラ・機械等の廃棄費	neutral
ランニングコスト (円/年)	水稲・野菜生産に係る労働費	neutral
	水稲生産の基肥のうち、メタン発酵消化液に係る費用 (対象水田 620ha 分)	(25t/ha × 600 円) × 620ha = 9,300 千円
	畑作物生産の基肥のうち、メタン発酵消化液に係る費用 (対象畑 1,574ha 分)	(50t/ha × 600 円) × 1,574ha = 47,220 千円
	畑作物生産の基肥のうち、化学肥料に係る費用 (消化液施用畑 1,574ha 分)	1,000kg/ha × 108 円/kg × 1,574ha = 169,992 千円
	消化液の輸送・散布 (手数料支払)	30千円/ha × (620ha + 1,574ha) = 65,820千円
	水稲・畑作物生産に係る追肥肥料費および他の消耗品等購入費	neutral
収入 (円/年)	特別栽培米の販売金額増収分	620ha × 5,500kg × 20 円/kg = 68,200 千円

**Table 21** シナリオ2における実態と計画のコストと収入(千円/年)  
Cost and income in Present and Plan Scenario 2 (thousand yen /year)

			①バイオマスの生産(発生)	②収集・輸送・貯蔵	③バイオマス変換	④生成物の輸送・貯蔵	⑤生成物の利用	計
実態	汚水処理	コスト	0	0	187,373	0	348,030	535,403
		収入	0	0	0	0	0	0
計画	メタン発酵	コスト	0	0	275,960	196,645	292,332	764,937
		収入	0	0	94,020	65,820	68,200	228,040

**Table 22** シナリオ3の各ステージの内容  
Activities of each stage in Scenario 3

ステージ シナリオ	①バイオマスの生産(発生)ステージ	②収集・輸送・貯蔵ステージ	③バイオマスの変換ステージ	④生成物の輸送・貯蔵ステージ	⑤生成物の利用ステージ
実態	生ごみ・生活廃水処理汚泥・食品加工残さの発生	業者による収集輸送	焼却・焼却灰埋立	なし	水田 21.3ha, 畑 54ha での農作物栽培(全面積で化学肥料利用)
計画	生ごみ・生活廃水処理汚泥・食品加工残さの発生	業者による収集輸送	メタン発酵+コージェネレーション	消化液の輸送・散布(水田 21.3ha, 畑 54ha)	水田 21.3ha, 畑 54ha での農作物栽培(不足窒素成分を化学肥料で補完)

84t/年, 病院・介護施設等給食残さ(ベッド数×排出源単位 0.56kg/日・床) 200t/年, の合計 4,800t/年の生ごみが発生する。

生活廃水処理汚泥は, 香取市内で下水汚泥 1,700t/年, し尿処理汚泥 1,351t/年, 農業集落排水汚泥 238t/年の合計 3,289t/年が発生する(香取市担当部局へのヒアリング調査結果)。

食品加工残さとしては, 香取市内で食料品製造業, 飲料・たばこ・飼料製造業, 化学工業から動植物性残さが 4,351t/年発生する。

これらは**実態**では焼却されているが, 含水率が高いため焼却処理効率や処理コスト増の原因となっており, 循環型社会の構築を目指す上でも, 有効利用が望まれる。そこでシナリオの対象を, ①分別収集できると仮定した生ごみ総量の 40% (1,920t/年), ②生活排水処理汚泥の 39.4% の 1,296t/年, ③動植物性残さを食品加工残さと見なし, そのうち比較的含水率が高いと仮定した食品加工残さ総量の約 10% (434t/年) を対象とした。

#### a 実態と計画の設計

シナリオ3・**実態**では, 生ごみ(家庭系+事業系+給食残さ含む) (5.26t/日), 生活廃水処理汚泥 (3.55t/日), 食品加工残さ (1.19t/日), 合計 10t/日を業者が収集輸送し, 1カ所の焼却施設において焼却・焼却灰の処分を行う。

シナリオ3・**計画**では, 同量の生ごみ・生活廃水処理汚泥・食品加工残さを業者が収集輸送し, 1カ所の変換施設(メタン発酵・コージェネレーション施設)において破碎処理・固液分離後メタン発酵する。メタン発酵で生成したバイオガスをコージェネレーションに利用して得た

電気・熱は, 変換施設内で利用するとともに, 余剰分は販売する。同時に生成される消化液は, 地域内の農地に輸送・散布して作物栽培の基肥として利用する。水田では, 消化液で化学肥料を 100% 代替できるため, 栽培した水稲は特別栽培米として高付加価値で販売できると仮定した。**Table 22** にシナリオ3の各ステージの内容を示す。

#### b 各ステージにおける収入とコストの算出

##### (1) バイオマスの生産(発生)ステージ

シナリオ3では, **実態**・**計画**とも, 本ステージに係る初期コスト, 廃棄コスト, ランニングコスト(収集輸送手数料, 処理手数料)はいずれも“neutral”とした。また廃棄物処理と位置づけ(逆有償は考えない), 収入は 0円である。

発生する生ごみは含水率 90% で, 窒素含有率は乾物重量当たり, 家庭生ごみで 1.4%, 事業系生ごみで 3.9%, 給食残さ 3.1%。炭素含有率は乾物重量当たり, 家庭生ごみ, 事業系生ごみ及び給食残さとも 44% である。生活廃水処理汚泥は含水率 83% (香取市のし尿処理汚泥平均を仮定), 窒素含有率は乾物当たり 4.7%, 炭素含有率は乾物当たり 38% である。食品加工残さは含水率 90%, 窒素含有率は乾物当たり 3.9%, 炭素含有率は乾物当たり 42% である。

##### (2) 収集・輸送・貯蔵ステージ

シナリオ3では, **実態**・**計画**とも, 本ステージに係る初期コスト, 廃棄コスト, ランニングコストは, 輸送距離も同じと仮定し, いずれも“neutral”とした。また, 収入(排出者から支払われる収集輸送手数料)も同じとした。



(3) バイオマスの変換ステージ

シナリオ3の実態では、地域内の焼却施設が、有料で生ごみ、生活廃水処理汚泥、食品加工残さを受入れて焼却処理し、焼却灰は施設内で埋め立て処分を行う。焼却施設の規模、能力および建設費、運転経費（事務経費、電力料金、燃料費、保守点検費、焼却灰搬出・処分経費）は香取市内に既設の焼却施設（70t/日規模）のヒアリング調査による。薬剤費は、消石灰に係るコストを単価25.7円/kg（間野，2009）と消費量（155t/年）から求め、薬剤費総額からさしひいて、活性炭に係るコストを求めた。その結果、活性炭に係るコストは8,333千円/年、年間消費量から求められる単価は757.5円/kgとなった。本シナリオの対象とするバイオマス総量は10t/日であるため、調査で知り得た上記の各コストの1/7をシナリオ3のコストとして計上した。施設の使用年数は、一般的な焼却施設の耐用年数が15～20年とされているため、15年とした。焼却施設の年間稼働日数は250日である。以上のシナリオ条件より算出されたコストと収入をTable 23に示す。

計画では、地域内に設置されたメタン発酵・コジェネ

レーション施設が、有料で生ごみ、生活廃水処理汚泥、食品加工残さを受入れて変換する。変換施設では、10t/日の混合原料が前処理段階で破碎・固液分離される。固体分（夾雑物）は堆肥化する（堆肥化工程はシステム外として計上しない）。液体分はメタン発酵され、生成したバイオガスを用いたコジェネレーションにより電力と熱が生成される。同時にメタン発酵消化液が生成される。変換施設の年間稼働日数は365日、総合耐用年数は、メタン発酵・コジェネレーション施設の建築土木を30年、設備機器を12年とした。このメタン発酵・コジェネレーション施設1基の施設運転に要する労力は1.5人（年間雇用）である。変換施設の運転条件は、シナリオ1・計画をもとに、投入原料等についてはシナリオ3の条件に合わせて設計した。Fig.15に設計した変換工程のフローを示す。

【受入・前処理工程】

10t/日の混合原料（生ごみ5.26t/日、生活廃水処理汚泥3.55t/日、食品加工残さ1.19t/日）は、破碎機を経て、原料受入槽からポンプで夾雑物脱水機に送られる。夾雑物脱水機では、0.42t/日（含水率70%）の夾雑物が発生

Table 23 シナリオ3・実態の③バイオマス変換ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ③ Biomass conversion stage of Present Scenario 3

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト(円/年)	焼却施設建設費(1/7負担)	414,503千円 ÷ 15年 = 27,634千円/年
廃棄コスト(円/年)	焼却施設廃棄費(1/7負担)	(414,503千円 × 0.05) ÷ 15年 = 1,382千円/年
ランニングコスト (円/年)	事務経費(人件費含む)(1/7負担)	14,170千円/年
	電力料金(1/7負担)	5,713千円/年
	燃料費(1/7負担)	173千円/年
	薬剤費(1/7負担)(活性炭: 757.5円/kg)	569千円/年
	薬剤費(1/7負担)(消石灰: 25.7円/kg)	1,190千円/年
	保守点検費(1/7負担)	11,387千円/年
収入(円/年)	焼却灰搬出・処分経費(1/7負担)	3,382千円/年
	生ごみ処理料(委託費収入)	neutral
	生活廃水処理汚泥処理料(委託費収入)	neutral
	食品加工残さ処理料(委託費収入)	neutral

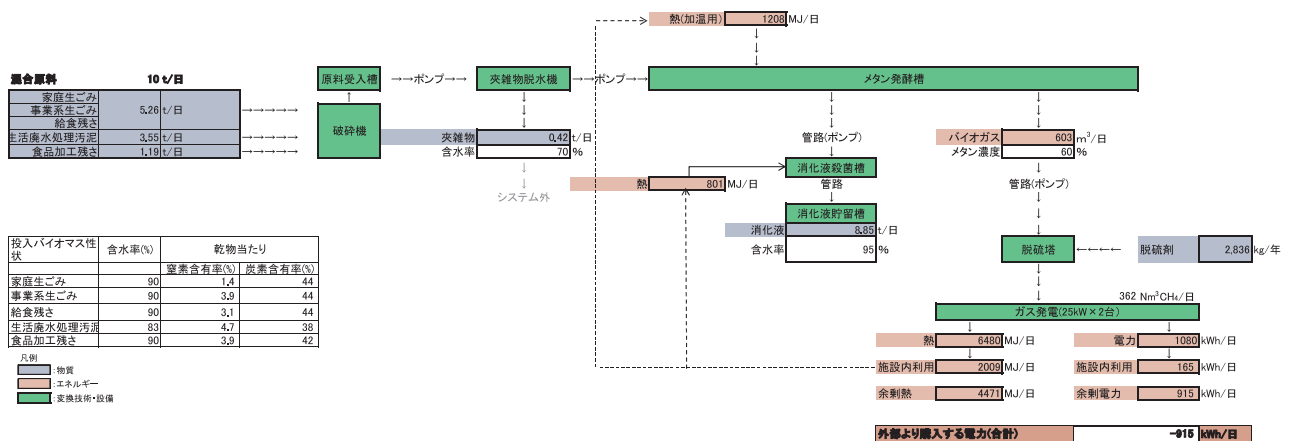


Fig.15 シナリオ3・計画における変換工程フロー  
Process flow of methane fermentation and cogeneration in Plan Scenario 3

し、システム外の堆肥化施設で堆肥化される（システム外として計上しない）。

#### 【メタン発酵工程】

9.58t/日の液分は、ポンプでメタン発酵槽に移送され、加温・攪拌される。加温のために必要な熱量は1,208MJ/日であり、バイオガスコジェネレーションで生産した熱を用いる。生成するバイオガス（メタン濃度60%）は603m<sup>3</sup>/日であり、同時に消化液を生成する。

#### 【消化液殺菌・貯留】

消化液は、殺菌槽で殺菌（55℃、7.5時間）され、液肥として利用可能な状態（8.85t/日、含水率95%）で貯留槽に送られる。殺菌槽に必要な熱量は、801MJ/日である。

#### 【バイオガス利用】

バイオガスは脱硫後、バイオガスコジェネレーション（25kW×2台）で利用する。バイオガスコジェネレーション装置では、熱6,480MJ/日、電力1,080kWh/日が生産される。余剰熱4,471MJ/日は、外部に販売する。施設運転に必要な電力は164.95kWh/日であり、バイオガスコジェネレーションで生産される電力でそのすべてが賄われる。余剰電力915kWh/日は外部に販売する。

変換施設の建設費は、シナリオ1の算出結果に基づき、建築土木費については原料投入量に相対して算出した。スケールファクターについても同様に0.6とした。設備機器費については、建築土木費と同様にスケールダウンした後、追加的に設置される破砕機を15,000千円、発電関連機器について5,000千円を追加して算出した。

ランニングコストにおける点検補修費は、施設建設費（設備機器）の2%とした。以上より算出したシナリオ3・計画のステージ③に係る初期コスト・ランニングコスト・

廃棄コストと収入を **Table 24** に示す。

#### （4）生成物の輸送・貯蔵ステージ

シナリオ3・実態においては、バイオマス由来の生成物はないため、本ステージでのコスト・収入は計上しない。計画では、消化液（8.85t/日）をバキューム車で農地（水田および畑）に輸送し、圃場で消化液散布機に移し替えて散布する。消化液散布機は、各圃場まで消化液散布機輸送用車両で輸送する。

メタン発酵消化液の輸送・散布は、①消化液輸送バキューム車（タンク容量3.6t）1台、②消化液散布機（圃場内自走式・タンク容量1.6t）1台、③消化液散布機輸送用車両（2t車）1台を要し、輸送・散布のために必要な労力は3名（日単位の雇用）である。輸送・散布に係る各車両の価格、使用年数、水田・畑への消化液施用量と散布時期、散布条件、作業効率はシナリオ1と同様である。水田は、43.2aがまとまって存在すると仮定し、消化液散布機輸送用車両は1往復/日、バキューム車は3往復/日で、1日に43.2aに散布する設計である（消化液散布量10.8t/日）。畑は、1日に21.6aに散布する（消化液散布量10.8t/日）。以上の条件を **Fig.16**（水田）、**Fig.17**（畑）に示す。

シナリオ3の計画においては、2、3月（水田散布期間）の60日間で531tの消化液が生成される。1日につき10.8tの消化液が輸送・散布されることから、この期間の稼働日数は49.2日（≒50日）である。メタン発酵消化液が散布される水田面積は、49.2日×43.2aで21.3ha。また、1月および4～12月（畑散布期間）の305日間では、2,699tの消化液が生成される。1日につき10.8t/日の消化液が輸送・散布されることから、この期間の稼働日数は249.9日（≒250日）である。消化液

**Table 24** シナリオ3・計画の③バイオマス変換ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ③ Biomass conversion stage of Plan Scenario 3

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	メタン発酵施設(建築土木)1基建設費	38,100千円÷30年=1,270千円/年
	メタン発酵施設(設備機器)1基建設費	116,900千円÷12年=9,742千円/年
廃棄コスト (円/年)	メタン発酵施設(建築土木)1基廃棄費	(38,100千円×0.05)÷30年=64千円/年
	メタン発酵施設(設備機器)1基廃棄費	(116,900千円×0.03)÷12年=292千円/年
ランニングコスト (円/年)	人件費	1.5人×4,500千円/年=6,750千円/年
	電力料金(基本電力料金, 契約電力14kW)	14kW×(1,100円/kWh/月)×12ヶ月=185千円/年
	電力料金(従量電力料金)	バイオガス発電で自給できるため0円/年
	水道料金(井水利用, 排水なし)	0円/年
	燃料費	熱は自給できるため0円/年
	薬剤費(脱硫剤2,836kg/年)	2,836kg/年×180円/kg=511千円/年
	点検補修費(施設建設費(設備機器)の2%)	116,900千円×0.02=2,338千円/年
収入(円/年)	消化液販売(3,230t/年)	3,230t/年×600円/t=1,938千円/年
	余剰電力販売(333,975kWh/年)	333,975kWh/年×20円/kWh=6,680千円/年
	余剰熱販売(1,631,915MJ/年)	1,632千円/年
	生ごみ処理料(委託費収入)	neutral
	生活廃水処理汚泥処理料(委託費収入)	neutral
	食品加工残さ処理料(委託費収入)	neutral

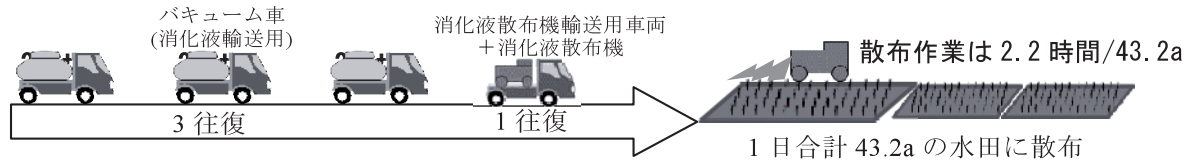


Fig.16 水田への消化液の輸送・散布のシナリオ条件 (シナリオ 3)  
Scenario of digested liquid transportation and application to paddy field (Scenario 3)



Fig.17 畑への消化液の輸送・散布のシナリオ条件 (シナリオ 3)  
Scenario of digested liquid transportation and application to upland field (Scenario 3)

が散布される畑面積は、249.9日×21.6aで54haとなる。

燃料消費量を算出するため、走行距離を算出した。走行距離は、消化液輸送バキューム車では、 $120\text{km}(\text{往復距離}) \times 3 \text{ 回/日} \times (50 \text{ 日} + 250 \text{ 日}) = 18,000\text{km/年}$ 、消化液散布機輸送用車両では、 $120\text{km}(\text{往復距離}) \times 1 \text{ 回/日} \times (50 \text{ 日} + 250 \text{ 日}) = 6,000\text{km/年}$ となる。各車両の燃費効率、燃料価格、固定費および燃料以外の運行費の設定は、シナリオ1と同様である。また、消化液の輸送・散布手数料収入についても同様に、⑤生成物の利用ステージの担い手である耕種農家から、3千円/10aの支払いを受ける。

以上より算出した、シナリオ3・計画のステージ④に係る初期コスト・ランニングコスト・廃棄コストと収入

を Table 25 に示す。

(5) 生成物の利用ステージ

シナリオ3・実態では、バイオマス由来の生成物はないが、計画との対比のため、水田21.3ha、畑54haを対象として、すべての面積で基肥として化学肥料を使用した場合のコストと収入を算出した。水田・畑における基肥の窒素要求量、使用する化学肥料(普通化成8-8-8)の成分は、シナリオ1と同じである。評価対象水田(21.3ha)では、基肥として化学肥料43.75kg/10a(4,725円/10a)を、評価対象畑(54ha)では、基肥として化学肥料187.5kg/10a(20,250円/10a)を施用し、いずれも収量の増加や生産物の価格向上はないものとした。また、作物栽培に係るインフラ・機械の初期コスト、廃棄

Table 25 シナリオ3・計画の④生成物の輸送・貯蔵ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ④ Transportation of generated material stage of Plan Scenario 3

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	バキューム車1台購入費	5,000千円÷8年=625千円/年
	消化液散布機1台購入費	8,000千円÷7年=1,143千円/年
	消化液散布機輸送用車両1台購入費	1,500千円÷8年=188千円/年
廃棄コスト (円/年)	バキューム車1台廃棄費	(5,000千円×0.03)÷8年=19千円/年
	消化液散布機1台廃棄費	(8,000千円×0.03)÷7年=34千円/年
	消化液散布機輸送用車両1台廃棄費	(1,500千円×0.03)÷8年=6千円/年
ランニングコスト (円/年)	人件費	(3人×300日/年×8千円/日)=7,200千円/年
	燃料費(バキューム車)	$(3,000\text{km} + 15,000\text{km}) \div (5.26\text{km/L}) = 3,422\text{L/年}$ 3,422L/年×103円/L=353千円/年
	燃料費(消化液散布機)	年散布面積(0.432ha/日×49.2日)+(0.216ha/日×249.9日)=21.3ha+54ha=75.3ha/年 75.3ha/年×18.3L/ha=1,378L/年 1,378L/年×103円/L=142千円/年
	燃料費(消化液散布機輸送用車両)	$(1,000\text{km} + 5,000\text{km}) \div (6.26\text{km/L}) = 958\text{L/年}$ 958L/年×103円/L=99千円/年
	バキューム車の固定費	366千円/年
	堆肥散布車輸送用車両の固定費	337千円/年
	バキューム車の燃料以外の運行費	18,000km/年×7.5円/km=135千円/年
消化液散布機輸送用車両の燃料以外の運行費	6,000km/年×7.5円/km=45千円/年	
収入(円/年)	消化液輸送・散布(手数料収入)	30千円/ha×(21.3ha+54ha)=2,259千円/年

コスト、労働費および追肥肥料費や他の農業生産資材等購入費は“neutral”とし、計上しない。以上より算出した、シナリオ3・実態のステージ⑤に係るコストと収入を **Table 26** に示す。

**計画**では、消化液を施用する水田 21.3ha、畑 54ha を対象とする。水田・畑における面積当たりの消化液施用量、窒素要求量、消化液ではまかなえない窒素量を補うための化学肥料（普通化成 8-8-8）の成分は、シナリオ1と同じである。水田(21.3ha)については、10a 当たり 2.5t 施用した消化液により、窒素要求量の 100%がまかなわれる。収量は化学肥料を用いた慣行栽培と差がないが、生産した米は「特別栽培米」として 20 円/kg の高い価格で販売できる。基肥に係るコストは、10a 当たり（消化液購入費:2.5t × 600 円/t）+（輸送・散布手数料支払:3 千円）= 4,500 円である。畑（54ha）については、消化液 5t/10a を施用することにより、窒素要求量の 47% が供給される。不足する窒素量は、化学肥料 100kg/10a を施用して補う。基肥に係るコストは、10a 当たり（消化液購入費:5t × 600 円/t）+（輸送・散布手数料支

払:3 千円）+（化学肥料購入費:100kg × 108 円/kg）= 16,800 円である。畑作物については、収量増加や生産物の価格向上はないものとした。また、作物栽培に係るインフラ・機械の初期コスト、廃棄コスト、労働費および追肥肥料費や他の農業生産資材等購入費は“neutral”とし、計上しない。以上より算出した、シナリオ3・計画のステージ⑤に係るコストと収入を **Table 27** に示す。

### c 算出結果

シナリオ3における**実態**と**計画**のコストおよび収入の算出結果を **Table 28** に示す。**実態**のステージ③では、公営の焼却施設の初期コスト、廃棄コストおよびランニングコストの事務経費や保守点検費が**計画**に比べて高額であるため、**計画**のステージ④におけるコストを加味しても、ライフサイクル全体では**計画**の採用により赤字が削減される結果となった。ステージ⑤においては、消化液の散布面積が小さいため、シナリオ1, 2 に比べて耕種農家のメリットはそれほど大きく現れなかった。

**Table 26** シナリオ3・実態の⑤生成物の利用ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ⑤ Utilization of generated material stage of Present Scenario 3

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	水稲・畑作物生産に係るインフラ等建設・購入費	neutral
廃棄コスト (円/年)	水稲・畑作物生産に係るインフラ・機械等の廃棄費	neutral
ランニングコスト (円/年)	水稲・畑作物生産に係る労働費	neutral
	水稲生産の基肥として化学肥料に係る費用(対象水田21.3ha分)	47,300 円/ha × 21.3ha = 1,008 千円
	畑作物生産の基肥として化学肥料に係る費用(対象畑54ha分)	202,500 円/ha × 54ha = 10,935 千円
	水稲・畑作物生産に係る追肥肥料費および他の消耗品等購入費	neutral
収入(円/年)	水稲・畑作物の販売金額増収分	0 円/年

**Table 27** シナリオ3・計画の⑤生成物の利用ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ⑤ Utilization of generated material stage of Plan Scenario 3

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	水稲・畑作物生産に係るインフラ等建設・購入費	neutral
廃棄コスト (円/年)	水稲・畑作物生産に係るインフラ・機械等の廃棄費	neutral
ランニングコスト (円/年)	水稲・野菜生産に係る労働費	neutral
	水稲生産の基肥のうち、メタン発酵消化液に係る費用(対象水田21.3ha分)	(25t/ha × 600 円/t) × 21.3ha = 320 千円
	畑作物生産の基肥のうち、メタン発酵消化液に係る費用(対象畑54ha分)	(50t/ha × 600 円/t) × 54ha = 1,620 千円
	畑作物生産の基肥のうち、化学肥料に係る費用(消化液施用畑54ha分)	1,000kg/ha × 108 円/kg × 54ha = 5,832 千円
	消化液の輸送・散布手数料(支払)	30 千円/ha × (21.3ha + 54ha) = 2,259 千円
	水稲・畑作物生産に係る追肥肥料費および他の消耗品等購入費	neutral
収入(円/年)	特別栽培米の販売金額増収分	21.3ha × 5,500kg × 20 円/kg = 2,343 千円

#### 4 規格外甘しょ・食品加工残さ対象シナリオ（シナリオ4）

香取市の甘しょ作付面積は1,690ha（平成18年産作物統計）であり、青果用甘しょ生産に伴い8,450t/年（0.5t/10a）の規格外品が発生する。これらは、以前は隣接する旭市ででんぷん原料として利用されていたが、工場閉鎖に伴い、畑や山林に放棄されるようになってきている。シナリオ4では、規格外甘しょの17%に相当する1,500t/年を利活用の対象とした。また、食品加工残さ（動植物性残さ）のうち、シナリオ3の利活用対象量を除く3,917t/年（香取市内で発生する食品加工残さの90%）を対象とした。

##### a 実態と計画の設計

シナリオ4・**実態**では、地域内で発生する食品加工残さ（3,917t/年）を業者が収集・輸送し、既存の焼却施設において焼却・焼却灰の処分を行う。青果用甘しょ生産に伴って発生する規格外甘しょは全量を収集せずに畑に鋤込む。

シナリオ4・**計画**では、食品加工残さと規格外甘しょの混合原料を飼料化するシナリオとした。飼料化に当たり、規格外甘しょとの混合比率を考慮し、地域内で発生する食品加工残さに加えて、地域外から食品加工残さ（3,283t/年）を輸送することとした。地域外から輸送される食品加工残さは**実態**シナリオでは地域外で焼却処分されるが、これについてはシステム外としてコストを算出しない。地域内外から収集・輸送した食品加工残さを、1カ所の飼料化工場において規格外甘しょ（1,500t/年）を合わせて乾燥・発酵し、栄養補助添加物を混合して養豚用の高付加価値飼料に変換し、販売する。**Table 29**にシナリオ4の各ステージの内容を示す。

##### b 各ステージにおける収入とコストの算出

###### (1) バイオマスの生産（発生）ステージ

シナリオ4では、**実態・計画**とも、地域内で食品加工残さ（10.7t/日）、規格外甘しょ（9～11月に1,500t/年）が発生する。地域外では食品加工残さ（9t/日）が発生する。

地域内発生分の食品加工残さは、食料品等の製造加工工程で発生する廃棄物であるため、発生に係る初期コスト、廃棄コスト、収入は計上しない。ランニングコストのうち、地域内輸送業者に支払う収集・輸送手数料は、**実態・計画**とも“neutral”とした。また、変換施設（**実態**では焼却施設、**計画**では飼料化施設）に支払う処理委託料についても、処理方法は異なるが同額とし、ここでは価格を明示しない。

地域外発生分の食品加工残さについても、発生に係る初期コスト、廃棄コスト、収入は計上しない。ランニングコストのうち、**実態**では、地域外の食品加工業者は焼却施設までの輸送手数料としてB円/年を支払う（本報では価格は定めないが、必要に応じて算出する）。**計画**では、飼料化工場までの輸送距離が長くなることから、支払額B円/年に加え、距離延長分の追加コストa円/年を支払わなければならない。ただし本報では、追加額aを飼料化工場が「原料確保のために負担する」とみなし、ステージ①における地域外の食品加工業者の負担とはしない。すなわち、輸送手数料支払はB円/年のみとなるため、“neutral”である。この追加コストaを発生者（地域外の食品加工業者）等が支払う場合は、金額を算出の上、B円に追加する必要がある。また、処理委託料は、実際は食品加工残さの種類や性状により異なるが、地域外の焼却施設で処理される場合（**実態**）も、飼料化施設に処理委託する場合（**計画**）も同額とし、支払額と

**Table 28** シナリオ3における実態と計画のコストと収入（千円/年）  
Cost and income in Present and Plan Scenario 3 (thousand yen /year)

			①バイオマスの生産（発生）	②収集・輸送・貯蔵	③バイオマス変換	④生成物の輸送・貯蔵	⑤生成物の利用	計
実態	焼却	コスト	0	0	65,600	0	11,943	77,543
		収入	0	0	0	0	0	0
計画	メタン発酵	コスト	0	0	21,152	10,692	10,031	41,875
		収入	0	0	10,250	2,259	2,343	14,852

**Table 29** シナリオ4の各ステージの内容  
Activities of each stage in Scenario 4

ステージ シナリオ	①バイオマスの生産（発生） ステージ	②収集・輸送・貯蔵 ステージ	③バイオマスの変換 ステージ	④生成物の輸送・ 貯蔵ステージ	⑤生成物の利用 ステージ
実態	地域内・地域外食品加工残さの発生、規格外甘しょの発生・鋤込み	地域内食品加工残さの収集・輸送	食品加工残さの焼却・焼却灰埋立	なし	なし
計画	地域内・地域外食品加工残さの発生、規格外甘しょの発生・分別	地域内・地域外食品加工残さの収集・輸送	食品加工残さと規格外甘しょの混合飼料化	なし	なし

しては“neutral”である(ただし、計画のステージ③では飼料化施設の収入として20千円/tを仮定した)。

規格外甘しょは、青果用甘しょ生産工程で発生する副産物であるため、初期コスト、廃棄コストは計上しない。また、実態ではそのまま畑に鋤込まれるため、ランニングコストおよび収入は0円である。計画では、生産者(農家)のランニングコストとして飼料化工場への輸送手数料(1千円/t)を負担する。一方、生産者は規格外甘しょを飼料化工場に販売した収入(17,500円/t)を得る。規格外甘しょの原料価格は、千葉県内の規格外甘しょを原料とした飼料化工場へのヒアリング調査をもとに設定した。

シナリオ4のステージ①に係る初期コスト・ランニングコスト・廃棄コストと収入をTable 30に示す。

#### (2) 収集・輸送・貯蔵ステージ

シナリオ4・実態では、地域内発生分の食品加工残さは、廃棄物収集許可を得た収集輸送業者により地域内の焼却施設まで毎日輸送される(貯蔵なし)。ただし、食品加工業者から焼却施設までの距離は、食品加工業者から飼料化施設までの距離と同じと仮定し、収集輸送に係る初期コスト、廃棄コスト、ランニングコスト・収集輸送手数料収入は“neutral”とした。

地域外発生分の食品加工残さについても、地域外において、収集輸送業者により焼却施設まで収集・輸送・貯蔵される。ここで収集・輸送・貯蔵に係る初期コスト、廃棄コスト・ランニングコストをC円/年と仮定する(本

報では価格は定めないが、必要に応じて算出する)。収集輸送手数料収入は、ステージ①に従い、B円/年である。規格外甘しょの収集・輸送・貯蔵は行われない。以上のシナリオ条件におけるシナリオ4・実態のステージ②に係るコストと収入をTable 31に示す。

計画では、地域内発生分の食品加工残さの収集輸送(貯蔵なし)に係る初期コスト、廃棄コスト、ランニングコスト・手数料収入は、“neutral”である。地域外発生分の食品加工残さの収集・輸送・貯蔵に係る初期コスト・廃棄コスト・ランニングコストは、輸送距離延長分を加えた(C+a)円/年となる。輸送距離延長に伴う輸送コストは、飼料化工場が支払う(原料確保のための負担金額:原料代とみなす)。輸送距離延長に伴う輸送コストは、以下の設定に基づいて算出した。地域外発生分の食品加工残さの輸送距離を片道50kmと想定し、積載容量6m<sup>3</sup>、最大積載量3,850kgの保冷装置積載小型トラック3台で運搬するとした(12t/日)。年間の総走行距離は109,500kmである。トラック本体についての初期コスト・ランニングコストのうち固定費、廃棄コストはC円/年に含むものとした。積載する保冷装置(1,000千円/台)については、別途計上した。保冷装置を積載することによりトラックの燃費効率が20%低下すると仮定し、小型トラックの燃費効率(Table 4)を基に、5km/Lとした。また、地域外発生分の食品加工残さの輸送に係る人件費は、C円/年に含めるとする(実態でも輸送人件費はかかるため)。これらにより算出された輸

Table 30 シナリオ4・実態および計画の①バイオマスの生産(発生)ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ① Biomass production stage of Present and Plan scenario 4

算出項目	データ名	算出結果	
		実態	計画
初期コスト (円/年)	地域内外の食品加工残さ発生に係るインフラ等の建設・購入費	計上しない	
	規格外甘しょ生産に係るインフラ等の建設・購入費	計上しない	
廃棄コスト (円/年)	地域内外の食品加工残さ発生に係るインフラ・機械等の廃棄費	計上しない	
	規格外甘しょ生産に係るインフラ・機械等の廃棄費	計上しない	
ランニングコスト (円/年)	地域内発生分の食品加工残さに係る収集輸送手数料支払(地域内食品加工業者→輸送業者)	neutral	
	地域内発生分の食品加工残さに係る処理委託料支払(地域内食品加工業者→実態:焼却施設・計画:飼料化施設)	neutral	
	地域外発生分の食品加工残さに係る収集輸送手数料支払(地域外食品加工業者→輸送業者)	B円/年	B円/年 + a円/年(ただしaは飼料化工場が負担のため本ステージでは0円)
	地域外発生分の食品加工残さに係る処理委託料支払(地域外食品加工業者→実態:地域外焼却施設・計画:飼料化施設)	3,283t/年 × 20千円/t = 65,660千円/年 (= neutral)	
	規格外甘しょ生産に係るランニングコスト(輸送手数料支払:生産者→輸送業者)	発生しないため0円/年	1,500t/年 × 1千円/t = 1,500千円/年
収入(円/年)	規格外甘しょ販売収入	発生しないため0円/年	1,500t/年 × 17,500円/t = 26,250千円/年

**Table 31** シナリオ4・実態の②収集・輸送・貯蔵ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ② Biomass transportation stage of Present Scenario 4

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	地域内発生分の食品加工残さの収集・輸送（貯蔵なし）に係るインフラ等の建設・購入費	neutral
	地域外発生分の収集・輸送・貯蔵に係るインフラ等の建設・購入費	C 円/年に含む
廃棄コスト (円/年)	地域内発生分の食品加工残さの収集・輸送（貯蔵なし）に係るインフラ等の廃棄費	neutral
	地域外発生分の食品加工残さの収集・輸送・貯蔵に係るインフラ等の廃棄費	C 円/年に含む
ランニングコスト (円/年)	地域内発生分の食品加工残さの収集・輸送（貯蔵なし）に係るランニングコスト	neutral
	地域外発生分の食品加工残さの収集・輸送・貯蔵に係るランニングコスト	C 円/年に含む
収入 (円/年)	地域内発生分の食品加工残さの収集・輸送手数料収入（地域内食品加工業者→輸送業者）	neutral
	地域外発生分の食品加工残さの収集・輸送・貯蔵手数料収入（地域外食品加工業者→輸送業者）	B 円/年

送距離延長分コスト  $\alpha$  は、3,463 千円/年である。この金額は、飼料化工場から輸送業者に支払われる。

規格外甘しょは、集荷施設から飼料化工場まで輸送される。規格外甘しょの輸送には大型トラック（10t コンテナ車、積載容量 20m<sup>3</sup>、最大積載量 11,500kg）1 台を用いる。大型トラックの購入価格（消費税・自動車取得税含む）は、(社) 全日本トラック協会の事例価格（いすゞトラックステーション、2011）より 12,960 千円/台とした。甘しょ集荷施設から飼料化工場までの距離は片道 10km とした。1 便につき 10t の輸送で、飼料化施設の貯蔵可能量 (20t) を考慮して 1 日 2 往復 (40km/日走行)、年間で 150 便とする。総走行距離は 6,000km/年である。人件費については、実働 1 日 1 車当たり 243.86km でドライバー 1 名当たり固定費 3,624 千円/年（いすゞトラックステーション、2011 より国土交通省 H21 年 4・5・6 月営業車輸送原単位）であるため、ドライバー 1 名当たり固定費を 562 千円 (=3,624 千円 × (40km ÷ 243.86km)) とし、また、走行距離に応じた変動費 (18.13 円/km、いすゞトラックステーション、2011) を加えた。

加えて、本ステージでは、飼料化工場での食品残さおよび春夏冬の規格外甘しょ貯蔵のための貯蔵庫についても計上する。設置される貯蔵庫の建設費を大型冷蔵施設等のカタログから、1,000 万円/基とした。使用年数は、「飲料、たばこ又は飼料製造業用設備」の法定耐用年数 (10 年) とした。貯蔵庫（定格電力 1kW、負荷率 0.5）の運転は、年間 270 日 × 24 時間とし、消費電力は 3,240kWh/年となる。以上のシナリオ条件におけるシナリオ 4・計画のステージ②に係るコストと収入を **Table 32** に示す。

### (3) バイオマスの変換ステージ

シナリオ 4・実態では、食品加工残さは焼却施設で焼却され、規格外甘しょは畑に鋤込まれる。地域外発生分の食品加工残さについては、地域外で処理されるため算出対象としない。本ステージでは、地域内発生分の食品加工残さが、既設の焼却施設で焼却され、焼却灰を施設内で埋立処分するコストについて計上した。

焼却施設の規模・能力および建設費、運転経費（事務

経費、電力料金、燃料費、保守点検費、焼却灰搬出・処分費）は、シナリオ 3・実態と同様、香取市内に既設の焼却施設 (70t/日規模) のヒアリング調査に基づく。焼却施設の 1 日当たり処理量 (70t/日) に対する地域内発生分の食品加工残さの量 (10.7t/日) の割合から、建設費・運転経費は各値の 15% として計上した。焼却施設の使用年数は、シナリオ 3 と同様 15 年である。以上より算出したシナリオ 4・実態のステージ③に係る初期コスト、廃棄コスト、ランニングコスト、収入を **Table 33** に示す。

計画では、飼料化工場が地域内・地域外で発生した食品加工残さ（食品加工業者から処理手数料の支払いを受ける）と、原料として購入 (17,500 円/t を生産者に支払う) した規格外甘しょを混合して乾燥・発酵し、栄養補助添加物（ふすまやビタミン類などの添加剤、30 千円/t）を加えて養豚用の高付加価値飼料に変換する。製造された飼料は、工場渡りで販売（販売単価 41 千円/t）する。

飼料化施設の建設費、点検補修費は、柚山ら (2006) による。年間稼働日数は 300 日とし、総合耐用年数は、建築土木と設備機器に分けることができなかったため、20 年とした。変換施設の運転条件は、千葉県内の規格外甘しょを原料とした飼料化工場へのヒアリング調査を基に設計した。施設運転に要する労力は 2 人 (年間雇用) である。変換施設は、分別機 (2t/時間規模、6 時間/日運転、定格電力 3.7kW) 2 台、発酵処理機 (4.8t/日規模、24 時間/日運転、定格電力 11kW) 6 台および原料や製品の搬送に用いる電動フォークリフトから成る。

地域内の食品加工業者が飼料化工場に支払う処理手数料は、実態（焼却）と同額のため “neutral” である。地域外発生分の食品加工残さの処理手数料は、実態では地域外に支払われるが、計画では飼料化施設の収入となる。前述のとおり、食品加工残さの種類や性状により処理手数料は変わってくるが、ここでは 20 千円/t と設定した。以上より算出したシナリオ 4・計画のステージ③に係る初期コスト・廃棄コスト・ランニングコスト・収入を **Table 34** に示す。

Table 32 シナリオ4・計画の②収集・輸送・貯蔵ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ② Biomass transportation stage of Plan Scenario 4

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	地域内発生分の食品加工残さの収集輸送(貯蔵なし)に係るインフラ等の建設・購入費	neutral
	地域外発生分の食品加工残さの収集輸送のための小型トラック3台購入費	C円/年に含む
	地域外発生分の食品加工残さの収集輸送のためのトラック積載保冷装置購入費( $\alpha$ に含む)	$(1,000 \text{ 千円} \div 8 \text{ 年}) \times 3 \text{ 台} = 375 \text{ 千円/年}$
	規格外甘しょの収集・輸送用大型トラック1台購入費	$\{12,960 \text{ 千円} \times (40\text{km}/243.86\text{km})\} \div 8 \text{ 年} = 266 \text{ 千円/年}$
	貯蔵庫の建設費	$10,000 \text{ 千円} \div 10 \text{ 年} = 1,000 \text{ 千円/年}$
廃棄コスト (円/年)	地域内発生分の食品加工残さに係るインフラ等の廃棄費	neutral
	地域外発生分の食品加工残さの収集輸送のための小型トラック3台の廃棄費	C円/年に含む
	地域外発生分の食品加工残さ収集輸送のためのトラック積載保冷装置3台の廃棄費( $\alpha$ に含む)	$\{(1,000 \text{ 千円} \times 0.03) \div 8 \text{ 年}\} \times 3 \text{ 台} = 11 \text{ 千円/年}$
	規格外甘しょの収集・輸送用大型トラック1台の廃棄費	$\{12,960 \text{ 千円} \times (40\text{km}/243.86\text{km}) \times 0.03\} \div 8 \text{ 年} = 8 \text{ 千円/年}$
	貯蔵庫の廃棄費	$(10,000 \text{ 千円} \times 0.03) \div 10 \text{ 年} = 30 \text{ 千円/年}$
ランニングコスト (円/年)	地域内発生分の食品加工残さの収集輸送(貯蔵なし)に係るランニングコスト	neutral
	地域外発生分の食品加工残さの収集輸送に係る人件費	C円/年に含む
	地域外発生分の食品加工残さの収集輸送に係るトラック(3台)の固定費	C円/年に含む
	地域外発生分の食品加工残さの収集輸送に係るトラック(3台)の燃料費( $\alpha$ に含む)	$109,500\text{km} \div (5\text{km/L}) \times 103 \text{ 円/L} = 2,256 \text{ 千円/年}$
	地域外発生分の食品加工残さの収集輸送に係るトラック(3台)の燃料費以外の運行費( $\alpha$ に含む)	$109,500\text{km} \times (7.5 \text{ 円/km}) = 821 \text{ 千円/年}$
	規格外甘しょの収集輸送に係る人件費	$562 \text{ 千円/年} + (6,000\text{km} \times 18.13 \text{ 円/km}) = 671 \text{ 千円/年}$
	規格外甘しょの収集輸送に係る大型トラックの固定費	$442 \text{ 千円/年} \times (40\text{km}/243.86\text{km}) = 73 \text{ 千円/年}$
	規格外甘しょの収集輸送に係る大型トラックの燃料費	$6,000\text{km} \div (3.34\text{km/L}) \times 103 \text{ 円/L} = 185 \text{ 千円/年}$
	規格外甘しょの収集輸送に係る大型トラックの燃料費以外の運行費	$6,000\text{km/年} \times (9 \text{ 円/km}) = 54 \text{ 千円/年}$
	貯蔵庫運転に係る電力料金	$3,240\text{kWh/年} \times 12 \text{ 円/kWh} = 39 \text{ 千円/年}$
収入(円/年)	地域内発生分食品加工残さの収集輸送手数料収入(地域内食品加工業者→輸送業者)	neutral
	地域外食品加工残さの収集輸送手数料収入(地域外食品加工業者→輸送業者)	B円/年(= neutral)
	地域外食品加工残さの収集輸送手数料(飼料化工場→輸送業者)	$\alpha \text{ 円/年} (= 3,463 \text{ 千円/年})$
	規格外甘しょの収集輸送手数料収入	$1,500\text{t/年} \times 1 \text{ 千円/年} = 1,500 \text{ 千円/年}$

#### (4) 生成物の輸送・貯蔵ステージおよび生成物の利用ステージ

シナリオ4・実態では、バイオマス由来の生成物はないため、本ステージでのコスト・収入は計上しない。計画では、生成物である飼料は工場渡りで販売されるため、輸送・貯蔵は行わない。飼料の利用(養豚)についても、本報では取りあげない。

#### c 算出結果

シナリオ4における実態と計画のコストおよび収入の算出結果をTable 35にまとめた。ステージ①では、食品加工残さの発生者である食品加工業者が支払うコストは実態・計画とも同じである。計画では、地域外からの食品加工残さを実態の焼却施設よりも遠い距離にある飼料化施設に輸送するために追加のコストが発生するが、本報ではこのコストを飼料化施設が負担すると設定した。一方、規格外甘しょの生産者にとっては、規格外甘



**Table 33** シナリオ4・実態の③変換ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ③ Biomass conversion stage of Present Scenario 4

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	焼却施設建設費(15%負担)	435,228千円 ÷ 15年 = 29,015千円/年
廃棄コスト (円/年)	焼却施設廃棄費(15%負担)	(435,228千円 × 0.05) ÷ 15年 = 1,451千円/年
ランニングコスト (円/年)	人件費(事務経費)(15%負担)	14,879千円/年
	電力料金(15%負担)	5,999千円/年
	燃料費(15%負担)	182千円/年
	薬剤・消耗品費(15%負担)(活性炭:757.5円/kg)	1,250千円/年
	薬剤・消耗品費(15%負担)(消石灰:25.7円/kg)	598千円/年
	保守点検費(15%負担)	11,956千円/年
	焼却灰搬出・処分経費(15%負担)	3,552千円/年
収入(円/年)	地域内発生分の食品加工残さ処理手数料収入(地域内食品加工業者→焼却施設)	neutral

**Table 34** シナリオ4・計画の③変換ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ③ Biomass conversion stage of Plan Scenario 4

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	飼料化施設建設費(建屋, 分別機2台, 発酵処理機6台, 電動フォークリフト, 袋詰め機等)	500,000千円 ÷ 20年 = 25,000千円/年
廃棄コスト (円/年)	飼料化施設廃棄費	(500,000千円 × 0.05) ÷ 20年 = 1,250千円/年
ランニングコスト (円/年)	人件費	2人 × 4,500千円/年 = 9,000千円/年
	施設電力料金(基本料金)74kW	74kW × (1,100円/kW/月) × 12ヶ月 = 977千円/年
	施設電力料金(従量料金)389,484kWh/年	389,484kWh/年 × 12円/kWh = 4,674千円/年
	フォークリフト2台バッテリー用電力料金(従量料金)8,640kWh/年	8,640kWh/年 × 12円/kWh = 104千円/年
	原料購入費(規格外甘しょ1,500t/年)	1,500t/年 × 18.5千円/t = 27,750千円/年
	原料購入費(地域外食品加工残さの収集輸送手数料(飼料化工場→輸送業者))	α円/年 (= 3,463千円/年)
	副原料(ふすまやビタミン類など添加剤288t/年)	288千円/t × 30千円/t = 8,640千円/年
	点検補修費	4,500千円/年
収入(円/年)	食品加工残さ(市内発生分3,917t/年)処理委託料収入	neutral
	食品加工残さ(市外発生分3,283t/年)処理委託料収入	3,283t/年 × 20千円/t = 65,660千円/年
	飼料販売費(5,760t/年)	5,760t/年 × 41千円/t = 236,160千円/年

**Table 35** シナリオ4における実態と計画のコストと収入  
Cost and income in Present and Plan Scenario 4

			①バイオマスの生産(発生)	②収集・輸送・貯蔵	③バイオマス変換	④生成物の輸送・貯蔵	⑤生成物の利用	計
実態	焼却	コスト	65,660	C	68,882	0	0	134,542+C
		収入	0	B	0	0	0	B
計画	飼料化	コスト	67,160	5,789+C	89,858	0	0	162,807+C
		収入	26,250	4,963+B	301,820	0	0	333,033+B

しょの輸送手数料を支払っても、本来商品とならないものを販売することができるため、収入増となる。また、ステージ②の計画で“neutral”とならないコスト5,789千円/年のうち、飼料化施設が負担するコストは4,532

千円/年(地域外からの食品加工残さの輸送コストと貯蔵庫コスト)である。加えてステージ③では変換(飼料化)に係るコストが89,858千円/年となったが、飼料化施設の収入はステージ②、③でのコストを大きく上回っ

た。そのため、ライフサイクル全体での収支はプラスになった。本報の仮定においては、規格外甘しょ生産者および飼料化施設にとって経済的にメリットのある結果となった。

### 5 休耕田対象シナリオ (シナリオ 5)

香取市における休耕水田面積は、遊休農地実態調査に基づく2005年の遊休農地対策データベース(全国農業会議所, 2007)によれば386.25haである。遊休農地実態調査では、遊休農地の活用可能性を「即可能」、「簡単な整備で可能」、「その他」の3段階に分けている。「即可能」な休耕水田は、「トラクター等で何度か耕起することで通常の農作物栽培が出来る状態」であり、「簡単な整備で可能」な休耕水田は、「トラクター等で何度か耕起したとしても、土壌の性質が変化したことによって、簡単な土壌改良を行わなければ通常の農作物栽培ができない状態」とされる。本報では、香取市の休耕水田面積のうち、「活用可能性」が「即可能」(34.56ha)および「簡易な整備で可能」(231.94ha)と判断された面積(266.5ha)を対象とする。この対象面積は、香取市休耕水田面積の70%、香取市水田総面積7,820haの3.4%に相当する。本シナリオでは、これらの休耕水田は全て20a程度に整備されていると仮定した上で、「活用可能性」が「即可能」の休耕水田では、追加の整備作業なしに農業機械の進入や用排水路の利用ができるとした。また「簡易な整備で可能」の休耕水田では、疎水材を用いた暗渠工を簡易な圃場整備と見なし、施工後に通常の作付を行えるものとした。必要な整備を暗渠工とした理由は、事例地域の遊休水田での試験栽培(清水, 2011b)の際、暗渠工施工による排水改良が必須であった経験からである。

#### a 実態と計画の設計

シナリオ5・実態では、休耕水田266.5haに対し、食用生産への復帰を前提に最低限の維持(耕うん1回/年、畦畔の除草4回/年)を行うものとした。水田には何も投入せず、何も持ち出さない。

シナリオ5・計画では、生産者が休耕水田266.5haのうち、「活用可能性」が「可能」の231.9haには簡易な基盤整備を行い、「活用可能性」が「即可能」の34.6ha

は追加的な整備をせずに、資源作物(バイオ燃料原料米)を栽培し、生産された初付き玄米(3,870t/年)を乾燥・調製(初すり)して、バイオエタノール生成施設が粗玄米(2,448t/年)からバイオエタノール(750kL/年)を生成する。エタノール蒸留残さ(981t/年)は飼料原料として販売する。Table 36にシナリオ5の各ステージの内容を示す。

#### b 各ステージにおける収入とコストの算出

##### (1) バイオマスの生産(発生)ステージ

シナリオ5・実態における維持管理作業(耕うん1回/年、畦畔除草4回/年)については、2007年度に筆者らが行った栽培実証試験の結果(清水ら, 2009)に基づき、コストを算出した。維持管理作業のための農業機械は食用米のものを利用するとし、初期コスト・廃棄コストは“neutral”とした。各圃場と作業者自宅との距離は5kmとし、作業のための移動も含めた燃料費を算出した。耕うんは、27PSのトラクターに標準ロータリーを装着し、燃料消費量は軽油7.33L/作業時間として0.75時間/10aの作業である。自宅から圃場のトラクター移動(往復10km)に係る燃料(軽油)消費量は3.57Lである。畦畔除草は、各回0.5時間の作業とし、刈払機の燃料消費量は混合油0.1L/10aとなった。自宅から圃場までの移動には燃費効率(ガソリン)11km/Lの軽トラックを用いた。維持作業コストは、光熱動力費(燃料に係る費用)、土地改良及び水利費(用排水路、作業道等の生産基盤維持のためのコストとみなす)、労働費(維持管理作業に要した時間(2.75時間/10a)に対象地域の平均的な農作業委託料金(1,500円/時間)を乗じて求めた)について計上し、その他は食用水稲と共通のコストであるため発生しないものとした。以上より算出したコストと収入をTable 37に示す。

シナリオ5・計画では、対象とする休耕水田でバイオ燃料原料米を栽培する。栽培に係る作業条件やコスト、収量は、筆者らが2007年度に行なった多収品種のモミロマンの栽培実証試験(清水ら, 2009)の結果に基づき設計した。栽培作業は、耕うん(秋耕)、施肥(メタン発酵消化液を4t/10a施用)、耕うん・砕土、畦畔成形、苗準備作業(初消毒、浸水、培土殺菌、播種、育苗管理)、代かき、苗運び、田植え、補植、除草剤散布、畦畔除

Table 36 シナリオ5の各ステージの内容  
Activities of each stage in Scenario 5

ステージ シナリオ	①バイオマスの生産(発生)ステージ	②収集・輸送・貯蔵ステージ	③バイオマスの変換ステージ	④生成物の輸送・貯蔵ステージ	⑤生成物の利用ステージ
実態	休耕田266.5haの維持管理	なし	なし	なし	なし
計画	休耕田266.5haでのバイオ燃料原料米栽培(うち231.94haでは簡易な農地整備実施)	圃場-乾燥調製施設の初輸送、乾燥調製、乾燥調製施設-バイオエタノール変換施設の輸送	バイオエタノール生成	なし	なし

**Table 37** シナリオ5・実態の①バイオマスの生産（発生）ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ① Biomass production stage of Present Scenario 5

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	土地（休耕地）に係るインフラ等の建設・購入費	算出対象外
	休耕地維持のための農業機械等の購入費	食用米のものを利用するため neutral
廃棄コスト (円/年)	休耕地維持のための農業機械等に係る廃棄費	食用米のものを利用するため neutral
ランニングコスト (円/年)	維持管理作業に係るランニングコスト（光熱動力費，土地改良及び水利費，労働費のみ）	91,140 円/ha × 266.5ha=24,289 千円/年
収入（円/年）	なし	0 円/年

草，水管理，稲刈り・脱穀である。栽培対象水田のうち，「活用可能性」が「可能」な休耕地（231.94ha）に対して作付前に実施する簡易な農地整備については，疎水材を用いた暗渠工の単位面積当たりの費用とし，使用期間を15年として1年当たりのコストを計上した。バイオ燃料原料米栽培に必要な農業機械は，既存の食用米のものを利用するため，農業機械の初期コスト・廃棄コストは“neutral”として機械の修繕等のランニングコストは計上せずに，機械使用時の燃料費のみをランニングコストとした。これらの光熱動力費に加え，種苗費，肥料費，農業薬剤費，その他の諸材料費，土地改良及び水利費，賃借料及び料金は，実証栽培試験での測定値を用いた。物件税及び公課諸負担，生産管理費については，平成21年度米生産費調査（農林水産省，2010）の値を用いた。労働費は，実証栽培試験で得られた延べ作業時間

に，対象地域の米生産農家へのヒアリング調査で得られた農作業雇用の時間単価（1,500円/時間）を乗じて求めた。バイオ燃料原料米（籾付き，水分25%）は，すべての圃場において1,452kg/10aの収穫が得られ，45円/kg（乾燥調製手数料を含む価格）でバイオエタノール生成施設に販売する。バイオ燃料原料米の販売単価は，平成19年度より新潟県でイネ原料バイオエタノール地域協議会が実施しているバイオ燃料地域利用シナリオ実証事業における価格を参考に設定した。以上より算出したシナリオ5・計画のステージ①におけるコストと収入をTable 38に示す。

(2) 収集・輸送・貯蔵ステージ

シナリオ5・実態では，ステージ①で生産（発生）するバイオマスはないため，計上しない。

計画では，休耕水田266.5haで生産された3,870t/年

**Table 38** シナリオ5・計画の①バイオマスの生産（発生）ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ① Biomass production stage of Plan Scenario 5

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	土地（休耕地266.5ha）に係る建設・購入費	算出対象外
	休耕地におけるバイオ燃料原料米栽培のための農業機械等の購入費	食用米のものを利用するため neutral
	「活用可能性」が「可能」な休耕地（231.94ha）における簡易な農地整備に係る建設・購入費※	(1,627 千円/ha × 231.94ha) ÷ 15 年 = 25,158 千円/年
廃棄コスト (円/年)	休耕地におけるバイオ燃料原料米栽培のための農業機械等に係る廃棄費	食用米のものを利用するため neutral
	「活用可能性」が「可能」な休耕地（231.94ha）における簡易な農地整備に係る廃棄費	計上しない
ランニングコスト (円/年)	種苗費	93,280 円/ha × 266.5ha = 24,859 千円/年
	肥料費（メタン発酵消化液のみ）	24,000 円/ha × 266.5ha = 6,396 千円/年
	農業薬剤費（初消毒剤，殺菌剤，殺虫剤，除草剤）	31,780 円/ha × 266.5ha = 8,469 千円/年
	光熱動力費	98,350 円/ha × 266.5ha = 26,210 千円/年
	その他の諸材料費（育苗用培土）	35,900 円/ha × 266.5ha = 9,567 千円/年
	土地改良及び水利費	35,780 円/ha × 266.5ha = 9,535 千円/年
	賃借料及び料金	46,000 円/ha × 266.5ha = 12,259 千円/年
	物件税及び公課諸負担	11,930 円/ha × 266.5ha = 3,179 千円/年
	建物費，自動車費，農機具費	食用米のものを利用するため計上しない
	生産管理費（統計値：450円/10a）	4,500 円/ha × 266.5ha = 1,199 千円/年
	労働費	378,600 円/ha × 266.5ha = 100,897 千円/年
乾燥調製手数料（支払）	3,870t/年 × 25 千円/t = 96,750 千円/年	
収入（円/年）	籾付き玄米販売（価格45円/kg）	3,870t/年 × 45 千円/t = 174,150 千円/年

※工事（疎水材を用いた暗渠工）費用の面積単価は北川巖氏（農研機構農村工学研究所・農地基盤工学研究領域）による（未公表）

(水分25%)の籾付き玄米を、生産者が圃場から乾燥調製施設(食用の既存施設を利用)まで輸送する。輸送距離は10kmとし、20a(1圃場)につき4tダンプトラックで1便とする。籾付き玄米の容積比を0.7として1,333便/年とし、総走行距離は26,660km/年である。輸送用のダンプトラックは、食用米生産と共用と考え、初期コストおよび廃棄コスト、固定費は計上せず、人件費についても生産者が持ち込むものとして0円とした。ランニングコストは、輸送に係る燃料費と燃料以外の運行費のみをTable 4より中型の値をもとに計上した。

乾燥調製施設は、食用米のカントリーエレベータ(循環式乾燥方式)を想定し、初期コストおよび廃棄コストは計上せず、運転に係る変動費と管理費(合計605円/玄米60kg)のみを農林水産技術情報協会(1999)から引用した。乾燥調製施設に対して支払われる乾燥調製手数料(1,500円/60kg)は、エタノール生成施設が支払うものとした。また、乾燥調製施設で発生するもみ殻は、1,200円/tで販売される(乾燥調製施設の収入とするが、販売については算出対象としない)。籾すり・乾燥(水分15%)された玄米(2,448t/年)は、輸送業者がエタノール化施設まで輸送する。乾燥調製施設からバイオエタノール変換施設までの輸送距離は20kmとし、大型(10t)ダンプトラック1台で輸送する。調製済み玄米の容積比

を0.7として350便/年(年間走行距離14,000km)とした。輸送用車両の初期コスト、廃棄コスト、固定費は計上せず、燃料費と燃料費以外の運行費のみを計上した。輸送に係る労力を、大型ダンプ1台当たり1名とし、国土交通省の輸送原単位(実働1日1車当たり走行距離143.86km(大型))に基づいて実働日数58日/年×30千円/日として人件費を計上した。以上より算出したシナリオ5・計画のステージ②におけるコストと収入をTable 39に示す。

### (3) バイオマスの変換ステージ

シナリオ5では、本ステージは計画のみ設定した。地域内に建設されたバイオエタノール変換施設において、玄米からバイオエタノールを生成する。バイオエタノール変換施設の建設費については、原料投入量がほぼ同じであるJA全農のバイオエタノール製造所(原料投入2,250t/年、バイオエタノール生成約1,000kL/年)の値を用いた。建設費を建築土木と設備機器に分けることができなかつたため、総合耐用年数は15年(朝野・美濃輪, 2007)とした。施設の年間稼働日数は330日とした。

バイオエタノール変換施設の運転条件は、東京大学生産技術研究所・いであ株式会社(2010)による算出データを用い、エタノール変換効率を0.306kL/玄米tとした。ただし、文献値では「エタノール発酵・でんぷん系

Table 39 シナリオ5・計画の②バイオマスの収集・輸送・貯蔵ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ② Biomass transportation stage of Plan Scenario 5

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	乾燥調製施設に係る建設・購入費	食用米のものを利用するため計上せず
	籾付き玄米輸送用4tダンプトラック購入費	食用米のものを利用するため計上せず
	乾燥調製済み玄米輸送用大型ダンプトラック購入費	食用米のものを利用するため計上せず
廃棄コスト (円/年)	乾燥調製施設に係る廃棄費	食用米のものを利用するため計上せず
	籾付き玄米輸送用4tダンプトラック廃棄費	食用米のものを利用するため計上せず
	乾燥調製済み玄米輸送用大型ダンプトラック廃棄費	食用米のものを利用するため計上せず
ランニングコスト (円/年)	籾付き玄米収集輸送に係る4tダンプトラックの燃料(軽油)費	$26,660\text{km} \div (5.26\text{km/L}) \times 103\text{円/L} = 522\text{千円/年}$
	籾付き玄米収集輸送に係る4tダンプトラックの燃料費以外の運行費	$26,660\text{km} \times (7.5\text{円/km}) = 200\text{千円/年}$
	籾付き玄米収集輸送に係る人件費	農家持ち込みのため0円/年
	籾付き玄米収集輸送に係る4tダンプトラックの固定費	食用米のものを利用するため計上せず
	乾燥調製施設運転費	$2,448\text{t} \times 10,083\text{円/t} = 24,683\text{千円/年}$
	乾燥調製施設からバイオエタノール変換施設までの玄米輸送に係る人件費	$58\text{日/年} \times 30\text{千円/人} \cdot \text{日} = 1,740\text{千円/年}$
	乾燥調製施設からバイオエタノール変換施設までの玄米輸送に係る大型ダンプトラックの固定費	食用米のものを利用するため計上しない
	乾燥調製施設からバイオエタノール変換施設までの玄米輸送に係る大型ダンプトラックの燃料(軽油)費	$14,000\text{km} \div (3.34\text{km/L}) \times 103\text{円/L} = 432\text{千円/年}$
乾燥調製施設からバイオエタノール変換施設までの玄米輸送に係る大型ダンプトラックの燃料費以外の運行費	$14,000\text{km} \times (9\text{円/km}) = 126\text{千円/年}$	
収入(円/年)	乾燥調製手数料(収入)	$3,870\text{t/年} \times 25\text{千円/t} = 96,750\text{千円/年}$
	もみ殻販売(収入)(713t/年)	$713\text{t/年} \times 1,200\text{円/t} = 856\text{千円/年}$

（玄米，資源米玄米）・DDGS 生産有り」のデータは最小規模でも日投入量 100t である。本報の設定において香取市内で供給できるバイオ燃料原料米は 7.4t/日 であるため，運転に要するユーティリティ（電力・スチーム・水）および副原料はすべて 1/14 として算出した。以上より，バイオエタノール変換施設に投入される玄米（水分 15%）は 2,447t/年，生成物はエタノール 750kL/年，発酵副産物 981t/年 となった。副原料（薬剤）の価格は，規格外小麦を原料としたプラント操業コストの試算例（エタノール生成規模 30,000kL/年，稼働率 40% の条件で 65,000 千円/年）（十勝圏振興機構，2005）をもとに，エタノール生成規模 750kL/年（稼働率 90%）として算出した。また，人件費は JA 全農のバイオエタノール製造所の作業員体系をもとに 1 班 3 名×4 班の 3 交代制とし，1 班当たり 250 日/年の勤務として算出した。変換施設の点検補修費は，十勝圏振興機構（2005）より，建設費の 1.5% とした。生成されるエタノールは 100 円/L で，発酵副産物を飼料原料として 10 千円/t で販売できるものとした。以上より算出したシナリオ 5・計画のステージ③に係る初期コスト，廃棄コスト，ランニングコスト，収入を Table 40 に示す。

(4) 生成物の輸送・貯蔵ステージおよび生成物の利用ステージ

シナリオ 5・実態では，バイオマス由来の生成物はないため，本ステージでのコスト・収入は計上しない。計画で生成物されたバイオエタノールの貯蔵やガソリン混合，流通販売については，シナリオ作成に十分な見解が得られなかった。また，発酵副産物の利用についても実証試験が進められている段階であり，今後の課題とした。

### c 算出結果

シナリオ 5 における実態と計画のコストおよび収入の算出結果を Table 41 にまとめた。シナリオ 5 では計画のステージ①と③におけるコストが非常に大きい。ステージ①では，バイオ燃料原料米の栽培に係る材料費や機器，ユーティリティ（農地整備を含む）に係るコストが約 39%，労働費が 31% を占めた。ステージ③におけるコスト・収入については不確定要素が多いため議論は難しいが，バイオ燃料の原料となる資源作物の低コスト生産が大きな課題であることが指摘できる。

Table 40 シナリオ 5・計画の③変換ステージにおけるコストと収入  
Cost and income in ③ Biomass conversion stage of Plan Scenario 5

算出項目	データ名	算出結果
初期コスト (円/年)	バイオエタノール変換施設建設費	1,600,000 千円 ÷ 15 年 = 106,667 千円/年
廃棄コスト (円/年)	バイオエタノール変換施設廃棄費	(1,600,000 千円 × 0.05) ÷ 20 年 = 5,333 千円/年
ランニングコスト (円/年)	人件費	12 人 × 4,500 千円/年 × (250 日/330 日) = 40,909 千円/年
	電力料金(契約電力 43kW, 電力消費量 1,016kWh/日)	基本電力料金 43kW × (1,100 円/kWh/月) × 12 ヶ月 = 568 千円/年 従量電力料金 322,929kWh/年 × 20 円/kWh = 6,459 千円/年
	主原料購入費支払(生産者へ支払)	3,870t/年 × 45 千円/t = 174,150 千円/年
	副原料購入費(薬剤: α アミラーゼ, グルコアミラーゼ, 水酸化カルシウム, 硫酸, 尿素, 水酸化ナトリウム, 酵母)	3,668 千円/年
	点検補修費(建設費の 1.5%)	1,600,000 千円 × 0.015 = 24,000 千円/年
収入(円/年)	バイオエタノール販売(750kL/年)	750kL/年 × 100 千円/kL = 75,000 千円/年
	発酵副産物販売(981t/年)	981t/年 × 10 千円/t = 9,810 千円/年

Table 41 シナリオ 5 における実態と計画のコストと収入  
Cost and income in Present and Plan Scenario 5

			①バイオマスの生産(発生)	②収集・輸送・貯蔵	③バイオマス変換	④生成物の輸送・貯蔵	⑤生成物の利用	計
実態	休耕田の維持	コスト	24,289	0	0	0	0	24,289
		収入	0	0	0	0	0	0
計画	バイオ燃料原料米栽培とバイオエタノール生成	コスト	324,478	27,703	361,754	0	0	713,935
		収入	174,150	97,606	84,818	0	0	356,574

## V バイオマス利活用シナリオのライフサイクルでの経済性評価

### 1 コスト・収入についての実態と計画の比較

各シナリオのライフサイクル（全ステージ）のコストと収入を算出した結果を Fig.18 にまとめた。実態（上図）および計画（下図）について、収入を左軸に、コスト（初期コスト、廃棄コストおよびランニングコストの合計）を右軸に示している。この図は、地域全体での経済収支の構造を理解するのに有用である。“neutral”の部分に記載していないことに注意を要する。

シナリオ1では、約500頭の乳牛ふん尿（25t/日、香取市内牛ふん尿利用可能量の26%）を対象とし、実態では堆肥を、計画ではメタン発酵により電気・熱・消化液を生成した。ライフサイクル全体での収支（収入－コスト）は、実態のケース1（3戸の酪農家が個別で堆肥化）で129百万円/年のマイナス、ケース2（1戸の酪農家が個別で堆肥化）で123百万円/年のマイナスとなった。計画では、ケース1（3戸の酪農家が共同でメタン発酵）で96百万円/年のマイナス、ケース2（1戸の酪農家が個別でメタン発酵）で95百万円/年のマイナスになり、収支の観点では赤字がそれぞれ26%、23%縮小されたことになる。Fig.18からは、ステージ③、④、⑤でのコストが、実態に比べて計画でそれぞれ小さくなっていることが読み取れる。ステージ③では、変換施設に係る初期コストと廃棄コストが実態よりも計画で高くなったが、計画では施設運転に必要な電力・熱が自給されるためにランニングコストが低くなった。ステージ④では、堆肥の輸送・散布（実態）に必要な車両数や労力が計画に比して多く、それに伴う輸送用燃料コストも高くなった。ステージ④の輸送・散布体系は、評価対象とした千葉県香取市の道路事情や圃場条件に基づいて設定しており、計画においても輸送・散布車両を大型化するなど、より効率的な輸送・散布体系を構築することにより、コスト削減の可能性がある。

シナリオ2では、母豚170～180頭規模の養豚一貫経営10戸より発生する豚ふん尿排水（除ふんなしで266t/日、香取市内豚ふん尿利用可能量の20%）を対象とし、実態では污水处理を、計画ではメタン発酵を行った。実態では収入は発生せず、豚ふん尿排水の適切な処理と化学肥料を用いた農産物栽培のために535百万円/年が費やされる結果となった。計画では、ステージ③、④、⑤での収入が発生する一方、ステージ③やステージ④でのコストが増加したため、システム全体での収支は537百万円/年のマイナスとなり、実態に比べて1.5百万円/年の赤字増となった。計画ではライフサイクルでの収支は改善されない結果となったが、計画で算出される収入のうち、ステージ③の消化液販売とステージ④の消化液輸送・散布手数料収入は、同じシナリオのステージ⑤で耕種農家がコストとして支払ったものである。計画で

は、豚ふん尿排水の活用により地域内自給肥料が生産されるため、ステージ⑤では耕種農家にとって施肥コストが削減できたことに加え、肥料購入費として地域外に支払われるコストは50%以下になった。ステージ④でのコスト削減が課題であるが、地域を単位とすれば経済性の観点から資源の循環的活用が経済性においても評価できる。

シナリオ3では、生ごみ、生活排水処理汚泥、食品加工残さの混合物10t/日を対象とした。香取市内の各バイオマス利用可能量に占める割合は、各々40%、39%、10%である。実態では焼却処理を、計画ではメタン発酵を行った。実態では収入が発生せず、焼却処理（ステージ③）と化学肥料を用いた農産物栽培（ステージ⑤）のためのコストは78百万円/年であった。計画では、ステージ③やステージ⑤におけるコストは実態に比して小さいものの、収入がコストを上回ることはなく、システム全体の収支は27百万円/年のマイナスとなった。しかし計画では、実態に比して50百万円/年の赤字が削減された。シナリオ3においても、消化液の輸送・散布体系の効率化、たとえば消化液の用水流し込みによる散布作業の簡素化などにより、車両・機器コストおよび人件費の削減が可能になり、ステージ④の収支が改善される可能性がある。なお、計画のステージ③で仮定したメタン発酵施設は10t/日規模とシナリオ1（25t/日）、2（26.56t/日）に比して小規模であるが、1施設当たりの初期コスト、廃棄コスト、ランニングコストは大きく減少せず、変換施設のスケールメリットを考慮した計画の必要性が示唆された。

シナリオ4では、規格外甘しょ（1,500t/年、発生量の17%）と地域内発生分食品加工残さ（3,917t/年、香取市内の利用可能量の90%）に加え、地域外発生分の食品加工残さ（3,917t/年）を対象とした。実態では、規格外甘しょは利用されず、食品加工残さは焼却処理される。計画では、これらをあわせた30t/日（300日/年稼働）から19.2t/日の飼料を生成した。本シナリオで仮定した金額BおよびCについては、収支において相殺されるためグラフ上では0として表している。実態では収入は発生せず、食品加工残さの適切な処理（ステージ②の収集輸送およびステージ③の焼却処理）のためのコスト（“neutral”とした分を除く）は、135百万円/年となった。計画では、コストは実態に比して増加したが、ステージ③（飼料化）での収入が大きく、システム全体の収支が170百万円/年のプラスに転換した。食品加工残さについてはシナリオ3でも対象としたが、シナリオ4では、より収益性の高い飼料への変換によりステージ③でコストを上回る収入が得られる結果となった。ただし、本シナリオで設定した高付加価値飼料価格は、ブランド豚生産者との連携によって実現した価格であり、本報で扱わなかったステージ⑤を含めた評価が今後の課題である。

シナリオ5では、資源作物の生産とバイオ燃料生産

	実態	計画
シナリオ1	乳牛ふん尿の堆肥化	乳牛ふん尿のメタン発酵
シナリオ2	豚ふん尿排水の汚水処理	豚ふん尿排水のメタン発酵
シナリオ3	生ごみ・生活廃水処理汚泥・食品加工残さの焼却	生ごみ・生活廃水処理汚泥・食品加工残さのメタン発酵
シナリオ4	規格外甘しょ・食品加工残さの焼却	規格外甘しょ・食品加工残さの飼料化
シナリオ5	休耕田の維持	休耕田での多収量米栽培とエタノール生成

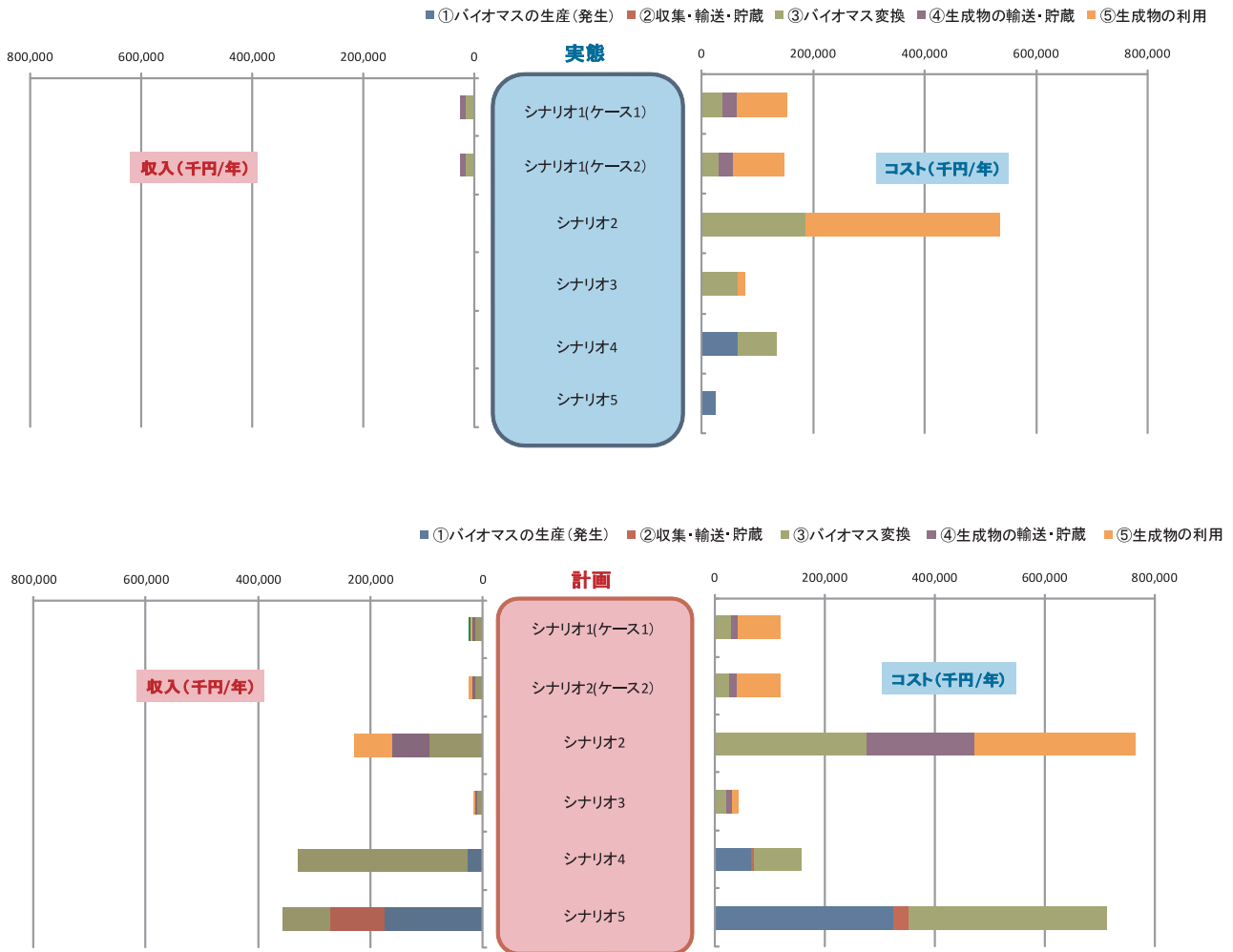


Fig.18 5シナリオにおける実態・計画のライフサイクルでのコストおよび収入  
Lifecycle-basis cost and income in Present and Plan of 5 scenarios

を扱った。実態では、休耕田 266.5ha（香取市内の遊休水田の約 70%）は維持管理作業のみを行い生産しない。計画では、同じ休耕田でバイオ燃料原料米を栽培し、バイオエタノールを生成する。実態では休耕田の維持に係るコストのみであるため、コストは 24 百万円/年と小さい。一方、計画では、ステージ①での休耕田での簡易な圃場整備および多収量米栽培、ステージ③でのエタノール生成に係るコストが大きく、ステージ①、③では収入をコストが大きく上回ってしまった。そのため、システム全体の収支は 357 百万円/年のマイナスとなった。なお、シナリオ 5 については、エタノール生成やそれに伴う原料前処理に係る技術、変換工程の規模について十分な知見が得られず、今後さらなる情報収集と検討が必要である。

以上のように、「収入－コスト」の値は、シナリオ 4・計画（規格外甘しょ・食品加工残さの飼料化）を除くす

べてのシナリオでマイナス（赤字）となったが、シナリオ 1, 3 では、実態に比べて計画で赤字が縮小された。シナリオ 2 では赤字が微増となった。シナリオ 5 では、計画での「収入－コスト」は実態を大きく上回るマイナスとなった。本報では、5 対のシナリオを個別に評価した。各シナリオの対象となるバイオマスの種類および量が異なるため、シナリオ間の比較には注意が必要である。また、複数のシナリオの組み合わせにより、エネルギーや資材を地域内で効率的に活用できる可能性もある。これらの課題については、改めて別報で検討することとしたい。

## 2 外部経済効果の試算

バイオマス利活用システムの各ステージにおける直接的なコストおよび収入を評価することは、バイオマス利活用が持続的なビジネスとして成立するかどうかを判断

するために重要な観点である。この意味では、本報で扱った各シナリオについては高い経済性があるという評価は得られなかった。しかし、バイオマス活用推進基本計画にも述べられているように、バイオマス利活用は地球温暖化の防止や循環型社会の形成にも大きな貢献が期待されている。また、バイオマスを活用する新たな産業の発展、国際競争力の強化、農山漁村の活性化などの効果も期待されている。キャッシュフローでは直接的に表現できないこれらの副次的にもたらされる効果、すなわち外部経済効果を評価することにより、地域におけるバイオマス利活用の駆動力になると考えられる(柚山ら, 2011)。一方、バイオマス利活用システムにおける外部経済効果の定義づけや評価方法、評価項目の算出についてはさらなる議論が必要である。外部経済効果が発揮される一方で、外部不経済と見なされるものもある。たとえば、バイオマス変換により生成されたメタン発酵消化液を貯蔵したり農地に散布したりする際に発生する悪臭や、散布作業に伴う事故増加の危険性、さらには原料が廃棄物と認識されていることが多いため、作物に生育障害などが起こった場合など生成物の信用性の低下をもたらすこともありうる。これらを踏まえて総合的な評価を行っていく必要がある。

本報では試算例として、シナリオ2・計画について、外部経済効果の一部を評価した。

第1に「水質保全効果」である。シナリオ2・実態において、現時点の畜産農家に対する漸定放流水質基準が900mgN/Lであるのに対し、本報では「近い将来求められるであろう実態」として、T-Nで120mg/Lの処理水が21.43m<sup>3</sup>/日放流されると設定した。しかし、高レベルの処理を行ったとはいえ、生活廃水(原水)のT-Nが約30mg/L、一般的な河川のT-Nが約1mg/Lであることを考えると、この処理水の濃度は極めて高く、外部不経済をもたらしていると考えられる。シナリオ2・計画では消化液を液肥利用するので、この問題が解決されることから、これを外部経済効果と捉える。

実態での水処理後の放流水を1mg/Lまでに低下させるのに必要な費用が計画の採用により「代替された」と考え、「水質保全効果」を次のように金額換算した。汚水処理施設1基当たりの処理水のT-N濃度を、1mg/Lまでに低下させるのに必要な費用を見積る。このための水質浄化処理施設として、窒素除去率13%の接触酸化水路を適用する。逆算すると処理対象となる原水濃度は1.15mg/Lとなる。1日当たり21.43m<sup>3</sup>の処理対象液分のT-N量は2.572kg/日で、年間では938.6kgN/年となる。T-N濃度が1.15mg/Lの希釈水量は、816,203m<sup>3</sup>/年(上流からの希釈水を含む)である。このタイプの水質浄化施設の単位処理能力あたりの維持管理費と減価償却費として、白谷ら(2003)が整理している1m<sup>3</sup>/sの汚濁水を浄化するのに必要な1日当りの費用383,000円/(m<sup>3</sup>/s)/日を用いると、その費用は以下のように計算される。

$$383,000 \times 816,200 / 86,400 = 3,618,000 \text{ 円} = 3,618 \text{ 千円/年}$$

上記の考え方をあてはめると、シナリオ2では、10基の汚水処理施設を対象としているため、3,618千円/年×10基=36,180千円/年の「水質保全効果」が計画で得られる。

第2に「雇用創出効果」である。シナリオ2・計画では、③バイオマス変換ステージで年間8人(計画の1.5人/基と実態の0.7人/基の差である0.8人/基×10基)、また、④生成物の輸送・貯蔵ステージで50人(5人×10基)の雇用が創出される。雇用創出により支払われる賃金は152,400千円/年であり、その5%を住民税として市町村の税収増加とみなして、「雇用創出効果」を7,620千円/年と試算できた。

第3に「CO<sub>2</sub>排出削減効果」である。Table 42に示すように、シナリオ2・実態では、購入電力により1,922,000kWh/年が使用され、化石エネルギーの代替は0である。一方、計画では、③バイオマス変換ステージで熱19,966GJ/年、電力1,182,600kWh/年が使用されるが、メタン発酵+バイオガスコジェネレーションにより熱20,028GJ/年、電力3,058,000kWh/年が生産される。これらの生産エネルギーの一部は施設内で必要な熱・電力として使用され、余剰分は外部で使用(販売)されると仮定すると、化石エネルギーの直接代替分=CO<sub>2</sub>排出削減量と考えることができる。

各エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出量を算出した結果、シナリオ2のライフサイクル全体でのCO<sub>2</sub>収支(CO<sub>2</sub>排出量-CO<sub>2</sub>排出削減量)は、実態で803tCO<sub>2</sub>/年、計画では-381tCO<sub>2</sub>/年となり、実態に比べて計画では1,184tCO<sub>2</sub>/年が削減できると考えられる。この結果から、CO<sub>2</sub>単価を1,400円/tCO<sub>2</sub>と仮定すると、「CO<sub>2</sub>排出削減効果」は、1,658千円/年と算出された。

外部経済効果の評価額をキャッシュフローで示される収支にそのまま上乗せすることは慎重な検討が必要であるが、Fig.18において、シナリオ2の収支は、実態に比べて計画では1.5百万円/年の赤字増であったのに対し、外部経済効果として収入が45百万円/年追加されたことにより、44百万円の赤字縮小という結果となった。

以上に掲げた外部経済効果に加えて、グリーン電力証書のように化石燃料以外のエネルギーにより発電された電力に対する環境付加価値を取引することも行われている。

## VI 結 言

本報では、市町村等の「地域」を対象範囲としたライフサイクルでのバイオマス利活用システムを経済性の観点から評価するための枠組みを示し、千葉県香取市を事例として評価方法を具体的に解説した。

評価に当たっては、まず、対象地域のバイオマス賦存



**Table 42** シナリオ2の各ステージで消費・生産される燃料・電力・熱の量  
Consumption and production of fuel, electricity and heat in each stage of Scenario 2

		化石エネルギー	①原料バイオマスの生産	②収集・輸送・貯蔵	③バイオマス変換	④生成物の輸送・貯蔵	⑤生成物の利用	CO <sub>2</sub> 排出量換算* (tCO <sub>2</sub> /年)
(実態) 汚水処理	エネルギー消費	軽油 (kL/年)	0	0	0	0	0	0
		電力 (kWh/年)	0	0	1,922,090	0	0	803
	エネルギー生産	軽油 (kL/年)	0	0	0	0	0	0
		電力 (kWh/年)	0	0	0	0	0	0
(計画) メタン発酵	エネルギー消費	軽油 (kL/年)	0	0	0	158	0	408
		電力 (kWh/年)	0	0	1,182,690	0	0	494
		熱 (GJ/年)	0	0	19,966	0	0	1,198
	エネルギー生産	軽油 (kL/年)	0	0	0	0	0	0
		電力 (kWh/年)	0	0	3,058,700	0	0	1,279
		熱 (GJ/年)	0	0	20,028	0	0	1,202

※「neutral」分は0と表示

\*各エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出係数は、環境省・経済産業省(2010)による。1) 燃料の使用(軽油): 2.58tCO<sub>2</sub>/kL, 2) 他人から供給された電力の使用(東京電力(株)実排出係数): 0.000418tCO<sub>2</sub>/kWh, 3) 他人から供給された熱の使用(産業用蒸気): 0.06tCO<sub>2</sub>/GJ

量や現状での利用状況から、利活用の計画対象となるバイオマスを決定した。次に、対象バイオマスの生産(発生)から生成物の利用までを5つのステージに分け、各ステージの物質の移動や活動の流れを表す**実態**シナリオと**計画**シナリオを作成した。地域内のバイオマス利活用のライフサイクルは、この5つのステージで構成されるとともに、各ステージ内でも建設・製造、運営、廃棄の3段階のライフサイクルが設定されている。これらのライフサイクルを考慮した上で、**実態**と**計画**のシナリオ設定に沿って各ステージにおけるコストおよび収入を算出し、**実態**と**計画**における地域全体での収支構造を明らかにした。そして、**実態**と**計画**を比較し評価した。事例地域では、5対の**実態**と**計画**のシナリオを作成した。各シナリオで対象としたバイオマスは、乳牛ふん尿(シナリオ1)、豚ふん尿排水(シナリオ2)、生ごみ・生活廃水処理汚泥・食品加工残さ(シナリオ3)、規格外甘しょと食品加工残さ(シナリオ4)、休耕田で栽培されるバイオ燃料原料米(シナリオ5)である。各シナリオの**実態**は、事例地域の現状を反映したシナリオ設定とし、**計画**は、シナリオ1, 2, 3ではメタン発酵とガス発電による電熱生産および消化液の農地利用、シナリオ4では養豚用の飼料生成、シナリオ5では玄米を原料としたバイオエタノール生成を設定した。

評価の結果、規格外甘しょ・食品加工残さの飼料化シナリオ(シナリオ4・**計画**)を除くすべてのシナリオで、ライフサイクルでの収支(収入-コスト)はマイナスとなった。しかし、乳牛ふん尿対象(シナリオ1)、生ごみ・生活排水処理汚泥・食品加工残さ対象(シナリオ3)の**計画**(メタン発酵)では、収入が得られたりコストが削減されたりすることによって、**実態**に比べてライフサイクルでの赤字が縮小された。また、豚ふん尿排水のメタン発酵(シナリオ2)において、水質保全、雇用創出、

CO<sub>2</sub>削減に関する外部経済効果を算出し加算した結果、赤字が縮小された。廃棄物系バイオマスの利活用においては、地域単位での赤字が縮小されるということは計画として意義がある。

本報で述べた評価方法は、市町村等におけるバイオマス利活用など関連施策の立案・評価の際に活用できるものである。経済性だけでなく、物質フローの観点からこのライフサイクルを追うことにより、バイオマスに関わる地域(市町村)の中での需要と供給、地域内自給率を評価することができる。また、本報の評価例では、個別のステージでの収支がプラスになる、すなわちそのステージの担い手にとっては収益が得られるシナリオも示された。システムの持続的な運営の観点からは、ステージの連携が円滑に進むために、各活動を「誰がどのように」運営するか、を各ステージの経済的収支から検討することができる。

ライフサイクルでの経済性評価は、提案されるバイオマス利活用システム導入の可否条件を判断する上で重要である。本報での算出結果そのものは、参考情報として認識いただくのが妥当である。但し、シナリオ中の仮定条件や入力データはデフォルト値として使っただけのものである。本報での算出の応用としては、補助金の活用、施設・機械等の使用年数の増減による感度解析などが考えられる。

## 参考文献

- 1) 朝野賢司・美濃輪智朗(2007): 日本におけるバイオエタノールの生産コストとCO<sub>2</sub>削減コスト分析, 産業技術総合研究所バイオマス研究センターディスカッションペーパー, 2007年7月, 1-14
- 2) ベスピャトコ・リュドミラ・多田千佳・柳田高志・

- 佐賀清崇・パウティエスタ・エルマー・藤本真司・美濃輪智朗 (2009) : バイオマスタウンの現状の評価および情報提供のツールとしてのバイオマス会計の提案, 日本エネルギー学会誌, 88, 1081-1094
- 3) ベスパットコ・リュドミラ・美濃輪智朗 (2010) : バイオマス会計フォームのマニュアル, 産業技術総合研究所バイオマス研究センターバイオマスシステム技術チーム (2010年5月1日), [https://unit.aist.go.jp/btrc/systemteam-kaikeihyou/systemteam\\_kaikeihyou.html](https://unit.aist.go.jp/btrc/systemteam-kaikeihyou/systemteam_kaikeihyou.html) (2011.11.2 最終確認)
  - 4) 千葉県 (2011) : ちばエコ農業情報ステーション (2011.5.6 更新), <http://www.pref.chiba.lg.jp/annou/ecojouhou/index.html> (2011.12.6 最終確認)
  - 5) 千葉県香取市 (2009) : 香取市環境基本計画, 平成21年3月, 1-126
  - 6) 畜産環境整備機構 (1998) : 家畜ふん尿処理・利用の手引き, 初版, 1-202, 畜産環境整備機構, 東京.
  - 7) 畜産環境整備機構 (2003) : 畜産環境アドバイザー養成研修会【堆肥化施設の設計・審査技術】, 1-253, 畜産環境整備機構, 東京.
  - 8) 畜産環境整備機構 (2004) : 家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術, 初版, 17, 畜産環境整備機構, 東京.
  - 9) 畜産環境整備機構 (2005) : 家畜ふん尿処理施設・機械選定ガイドブック (堆肥化処理施設編), 86, 92 および 130-133, 畜産環境整備機構, 東京.
  - 10) 古市徹監修・有機系廃棄物資源循環システム研究会編著 (2010) : 循環型社会の廃棄物系バイオマスー利活用事業成功のためのシステム化ー, 第1版, 44-50, 環境新聞社, 東京.
  - 11) 濱井和博・豊澤健太・岡庭良安・熊谷徹 (2010) : バイオマス利活用システムの費用対効果及び温室効果ガス削減効果, 農業農村工学会資源循環研究部会論文集, 6, 131-147
  - 12) いすゞトラックステーション (2011) : トラック輸送の計数管理, <http://www.isuzu.co.jp/cv/cost/keisuu/index.html>, (2011.11.2 最終確認)
  - 13) 神奈川県 (2010) : 平成21年度 エコドライブ等実施状況調査結果, <http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/13376.pdf>, (2011.11.2 最終確認)
  - 14) 環境コミュニケーションズ (2002) : 小規模事業場排水処理対策全科, 小規模事業場排水対策マニュアル普及版, 5, 121-140
  - 15) 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課 (2006) : 廃棄物処理施設建設工事等の入札・契約の手引き, 2006.7.18 公開, [http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=8285&hou\\_id=7331](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=8285&hou_id=7331), (2011.11.2 最終確認)
  - 16) 環境省・経済産業省 (2010) : 「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver.3 (平成22年6月)」, pp. I -1- II -228, (2011.3.11 最終確認)
  - 17) 経済産業省総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会・電気事業分科会買取制度小委員会 (2011) : 「再生可能エネルギーの全量買取制度における詳細精度設計について」買取制度小委員会報告書 (2011.2.18 公表) [http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004601/houkokusho\\_110218\\_01.pdf](http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004601/houkokusho_110218_01.pdf), (2011.11.2 最終確認)
  - 18) 熊本県鹿本町 (2002) : 鹿本町地域新エネルギービジョン策定等事業フィージビリティスタディ調査報告書, 22
  - 19) まちむら農場 (2011) : バイオガスプラントについて, 町村農場, < [http://www.machimura.co.jp/gas\\_index.php](http://www.machimura.co.jp/gas_index.php) > (2011.11.17 最終確認)
  - 20) 間野和美 (2009) : ごみ焼却施設における触媒フィルターによる排ガス処理コスト等の削減に関する事例, 環境技術会誌, 134, 89-92
  - 21) 森本英嗣・土井和之・星野敏・柚山義人・九鬼康彰 (2009) : バイオマス利活用総合評価モデルの開発とその適用ーバイオマスタウン構想公表38市町村を対象としてー, 農村計画学会誌, 27, 論文特集号, 317-322
  - 22) 農林水産バイオリサイクル研究「システム実用化千葉ユニット」(2007) : アグリ・バイオマスタウン構築へのプロローグ, 1-163, 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所, 茨城.
  - 23) 農林水産省大臣官房統計部 (2010) : 平成21年農業物価指数 (2010.6.22 公表), 1-24
  - 24) 農林水産技術情報協会 (1999) : エネルギー管理型農業生産システム開発調査(平成10年度エネルギー管理型農業生産システム開発調査委託事業報告書, 平成11年3月), 23-77
  - 25) 大久保天・秀島好昭・主藤祐功・近江谷和彦 (2010) : 乳牛ふん尿主体のバイオメタン製造プラント導入による温室効果ガス排出削減とその経営収支に関する分析, 農業農村工学会論文集, 270, 43-55
  - 26) 清水夏樹 (2005) : 有機性資源の利活用を促進するための支援策ー牛ふん尿の堆肥としての利用を例としてー, 農工研技報, 203, 47-56
  - 27) 清水夏樹・柚山義人 (2010) : エネルギー収支・経済性・環境負荷からみたバイオマス利活用シナリオの評価, 農村計画学会誌, 28, 論文特集号, 243-248
  - 28) 清水夏樹 (2011a) : バイオマス賦存量の算定方法, バイオマスタウンアドバイザー育成テキスト (農林水産省平成22年度国産バイオ燃料等普及促進事業) 第5章2, 375-394, 日本有機資源協会, 東京.
  - 29) 清水夏樹 (2011b) : エネルギーー農作物の栽培から収穫に要するエネルギーの実態と課題, 環境技術, 40, 345-350
  - 30) 白谷栄作・吉永育生・人見忠良 (2003) : 代替法による農地の窒素浄化・汚濁機能の経済勘定の試み,

- ワークショップ「農業・農村地域の持つ多面的機能の評価手法」, 農業工学研究所・農林交流センター, 9
- 31) タニ工業株式会社 (2011): タニバッグ事業部, <http://www.tani-k.jp/bag/bag.html>, (2011.10.24 最終確認)
- 32) 十勝圏振興機構 (2005): 北海道十勝地域の規格外農産物及び農産加工残渣物利用におけるバイオエタノール変換システムに関する事業化可能性調査報告書 (平成 17 年 3 月), 80
- 33) 東京大学生産技術研究所・いであ株式会社 (2010): バイオマス利活用システム設計・評価ソフトウェア基本版概要 (第 150 回農林交流センターワークショップ「バイオマスタウン設計・評価支援ツールの開発」テキスト『バイオマス利活用システム設計・評価ソフトウェア』, 1-12, 筑波農林交流センター・農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所
- 34) 上田達己 (2009): 国産バイオエネルギー生産システムの効率性・コストに関する予備的調査, 研究調査室小論集, 農研機構研究調査チーム, 12, 1-54
- 35) 柚山義人・生村隆司・小原章彦・小林久・中村真人 (2006): バイオマス再資源化技術の性能・コスト評価, 農工研技報, 204, 61-103
- 36) 柚山義人・山岡賢・中村真人・清水夏樹 (2010): ライフサイクル的にみたバイオマス利活用評価の論点, 農土論集, 266, 71-76
- 37) 柚山義人・清水夏樹・山岡賢・中村真人 (2011): 外部経済効果の積極的評価によるバイオマス利活用の推進, 農業農村工学会資源循環研究部会論文集, 7, 67-79
- 38) 全国農業会議所 (2007): 2005 年遊休農地対策データベース (2007.11.12 参照)

# Lifecycle-basis Evaluation of Profitability on the Biomass Utilization System

SHIMIZU Natsuki, YUYAMA Yoshito, NAKAMURA Masato and YAMAOKA Masaru

## Summary

Biomass utilization system is consisted of 5 process stages of 1) production or generation of feedstock biomass, 2) collection, transportation and storage of feedstock biomass, 3) conversion of the feedstock biomass to demand-oriented energy and material (products), 4) storage, transportation of the products and 5) use of the products. Each of them has 3 time stages of 1) initial installation/construction, 2) running (operation) and 3) disposal. This paper tried to show the methodology of calculating lifecycle cost of designed biomass utilization system to contribute to the Municipal Biomass Utilization Promotion Plan under the Master Plan for the Promotion of Biomass Utilization.

To show the concrete procedures of evaluation, Katori city of Chiba prefecture was chosen as a representative of suburban agricultural and livestock industrial area. Five scenarios of biomass utilization system were designed that represent both present condition and planned condition of biomass utilization. Each process stage is considered from both needed hardware and human activities. Scenarios involved methane fermentation, composting, animal feeding and so on. Externality was counted in one scenario as an example, because adequate evaluation of externality drives promotion of biomass utilization.

The evaluation results clarified the structure of cost and income for designed biomass utilization scenarios and will provide ideas to choose suitable biomass utilization plan in terms of profitability. The lifecycle-basis evaluation is important to ensure the sustainability of biomass utilization system. The person in charge of preparing the Municipal Biomass Utilization Promotion Plan can apply this methodology for their own plans.

**Keywords:** biomass utilization, lifecycle, running cost, scenario, externality, methane fermentation