

## E-0805 バイオマスを高度に利用する社会技術システム構築に関する研究

## (4) 地域への適用方法に関する研究

東京工業大学 資源化学研究所	仲 勇治
地方独立行政法人青森県産業技術センター農林総合研究所 生産環境部	坂本 清・八木橋 明浩
弘前大学 人文学部	金藤 正直

## 〈研究協力者〉

東京工業大学 資源化学研究所	岡本 大作・越智 裕士・Nasser Ayoub
横浜国立大学 経営学部	八木 裕之
弘前大学 農学生命科学部	泉谷 眞実
芝浦工業大学 複合領域産学官民連携推進本部	白石 雅美
みずほ情報総研(株)	羽田 謙一郎・高木 重定
TMエンジニアリング	三森 輝夫

平成20～22年度累計予算額 11,329千円 (うち、平成22年度予算額 3,259千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 技術情報基盤を利用して、青森県の、主として中南地域における資源発生や製品系に対する市場要求を加味しながら、その地域が期待するバイオマス利活用システムの可能性について詳細に検討し、一次評価の結果を取りまとめて複数の地域主体への意見聴取を行った。聴取された意見を踏まえてプロジェクト内での議論を実施し、技術情報基盤や意思決定カードを用いてシナリオの改善を試み、環境影響、環境会計、コスト、地域への影響等の最終的なシナリオの評価結果を取りまとめた。

[キーワード] バイオマス利活用システム、ネットワークシステム、バイオマス利用シナリオ、総合評価、地域社会

## 1. はじめに

地域社会におけるバイオマス利活用システムを設計し構築するためには、地域のバイオマスに係る資源量や処理、利用等の実態を整理、分析し、堅実なシステム導入シナリオを作成しなければならない。シナリオ作成に際しては、目指すべき地域社会のあり方を見据えながら、地域のステークホルダーとの協議や調整を重ねることによって、より堅実なシナリオが描ける。

平成22年度は、青森県中南地域におけるバイオマス利活用シナリオを複数想定し、技術情報基盤や意思決定カードを用いてシナリオの導入効果を分析し、地域主体への意見聴取やプロジェクト内での議論を重ねてシナリオを改善し、環境影響や環境会計、コスト、地域への影響等、シナリオの評価結果を取りまとめた。

## 2. 研究目的

本課題は、青森県中南地域におけるバイオマスの処理や処分、利活用の実態を調査して、バイオマスの廃棄物处理的側面における課題と製品やエネルギーの潜在的な市場等の問題を抽出、分析して、域内外における効率的なバイオマスの利活用を図ろうとするものである。また導入時における検討項目を明らかにするために、サブテーマ（3）と関係して、導入過程も分析する。

平成22年度は、地域におけるバイオマス利活用シナリオを作成し、技術情報基盤や意思決定カードを用いた評価に基づいて、地域主体への意見聴取やプロジェクト内での議論を重ね、シナリオの改善を図りつつ、最終的なシナリオ評価結果を取りまとめる。

## 3. 研究方法

研究方法は次の通りである。

第1ステップ（平成20年度）：サブテーマ（1）によるバイオマス資源の発生に関する現状を把握し、それらの製品としての可能性を調査する。また、導入しようとする利活用システムが備えるべき要件を明らかにするために、サブテーマ（3）と関係して導入検討過程を分析しながら、現状のシステム計画の考え方を整理する。

第2ステップ（平成21年度）：現状の評価を実施すると共に、可能性のある変換UPの全ての組み合わせを考慮したバイオマス利活用システムのスーパーストラクチャを整備する。これには、既存設備も含まれる。

第3ステップ（平成21年度）：スーパーストラクチャから実現可能性のある変換UPのネットワークシステムを想定し、技術情報基盤を利用しながら、改善を行う。

第4ステップ（平成21～22年度）：輸送UPを導入し、技術情報基盤を利用して前ステップで選ばれたネットワークシステムを評価しながら詳細化する。

第5ステップ（平成22年度）：種々の変動に対する対応の方法を検討し、導入システムの提案を行う。さらに、将来の変換UPや輸送UPの改善提案を加える。

シナリオの作成、議論と提案（平成21～22年度）：第3ステップと第4ステップを一連のステップとして取りまとめる。

## 4. 結果・考察

### （1）現状の把握としシステム計画の考え方の整理

最初に、導入シナリオ検討のため表4.1に示す基礎情報を整理した。また、この項目について資源別・利用方法別に導入シナリオを検討するための情報を表4.2に整理した。

表 4. 1 導入シナリオの検討項目

導入シナリオ検討項目		内容	
資源		資源名称	
利用方法		転換技術	
既存/将来		現状技術か将来の技術か	
発生源		バイオマス発生源	
原料収集		原料収集方法	
転換への輸送方法		転換への輸送方法	
転換方法		原料の製品への転換方法	
転換場所		原料の製品への転換場所	
需要家への輸送方法		製品の需要家への輸送方法	
需要家		需要家	
物量	原料供給可能量	原料の供給可能量	
	製品供給可能量	製品としての供給可能量	
	需要の受け入れ可能量	需要側の受け入れ限界量	
成立/制約条件	季節変動	原料	原料の季節変動の状況
		転換	転換システムの季節変動の状況
		需要	需要の季節変動の状況
	インフラ	発生源～転換	インフラ立地の制約因子
		転換～需要家	
	輸送	発生源～転換	輸送に関する制約因子
転換～需要家			
その他		その他制約因子	
経済性	原料価格	原料の適当な価格帯	
	製品価格	販売する際の市場価格	
	製造コスト	製造コスト	
関連法規制		導入を推進/制約する法規制	
関連助成策		助成金の利用可能性	
転換技術の成熟度		技術の実用化レベル	
競合技術等		製品が競合相手になる技術	
有望度合い		○、△、×で評価	

研究段階の事例として、りんご剪定枝及び鶏糞を原料としたりんご剪定枝堆肥と、ホタテの中腸腺(ウロ、カドミウム除去済み)を原料としたホタテウロ肥料の施用効果を、水稻の減化学肥料栽培において検討した。りんご剪定枝堆肥は、稲わら堆肥に比べ、カリを除き主要な成分が多く、腐熟も進んだ良質なものである。そして、両者とも水稻の収量は減化学肥料栽培に使用される既存の有機質肥料と同等であり、市場性は高いものと判断される。

実用段階の事例として、中南地域のバイオマス関連事業を実施している自治体・事業者に対して、より詳細な地域の実体や今後の意向や構想を確認するため、ヒアリング調査を実施した。その結果、中南地域では、今期はりんごが余剰状況にあり、加工(搾汁)用にまわるりんごが例年の約3倍に達していることが明らかとなった。搾汁後のりんご絞り粕の処理は、中南地域が抱える大きな課題の1つであるが、加工業者にとって、今期は例年以上にこの課題が大きな負荷となっているものの、これを契機としてりんご絞り粕の用途開発の研究に着手するなど、企業努力が進められている。

社会技術システム構築では、上記のような個別事業主体の取り組みを如何に位置付け、評価するか、また、個々の新規技術のメリットを社会に如何に根付かせ、普及させていくかを行った双方向の視点から、地域への適用方法を模索する。

表4. 2 導入シナリオ検討のための基礎情報の整理結果

資源	利用方法	既存/将来	発生源	原料収集	転換への輸送方法	転換方法	転換場所	需要家への輸送方法	需要家	物量(もしくはコメント)	成立/制約条件			経済性				関連法規制	関連助成策	転換技術の成熟度	競合技術等	有望度合い		
											原料供給可能量	製品供給可能量	需要の受け入れ可能	原料	転換	需要	インフラ						輸送	転換～需要家
下水汚泥	メタン発酵発電熱利用	既存	家庭	下水道	オンサイト	メタン発酵	下水汚泥処理施設	電線(系統)	電気事業者		無限	なし	なし	なし	下水道設置エリアであること	なし	なし	送電線への距離			実用化	購入電力		
下水汚泥	メタン発酵ガス利用	将来	家庭	下水道	オンサイト	メタン発酵	下水汚泥処理施設	ガス管	ガス事業者		無限	なし	なし	なし	下水道設置エリアであること 都市ガス供給エリア	なし	なし	ガス精製装置の設置、ガス管への距離			実用化	都市ガス		
稲わら	敷料	既存	水田	オンサイト	ロールペーラー	ロール化	水田	トラック	畜産農家		牛の飼養頭数に依存	秋のみ発生	原料転換が秋に集中する(冬は雪のため困難)	なし	ロールペーラーを利用できること	なし	なし(発生源で転換)				実用化	なし?		
稲わら	踏み込み	既存	水田	オンサイト	オンサイト	破碎	水田	—	水田		水田面積に依存	秋のみ発生	秋のみ	なし	なし	なし	なし(発生源で転換)				実用化	なし?		
りんご剪定枝	直接燃焼発電	将来	樹園地	手作業or新規機械	トラック輸送	燃焼発電	発電施設	電線(系統)	電気事業者			冬のみ発生	冬のみ	なし	なし	なし	収集技術が確立していない	送電線への距離			実用化	購入電力		
りんご剪定枝	ガス化発電	将来	樹園地	手作業or新規機械	トラック輸送	ガス化発電	発電施設	電線(系統)	電気事業者			冬のみ発生	冬のみ	なし	なし	なし	収集技術が確立していない	送電線への距離			実証レベル	購入電力		
りんご剪定枝	ペレット製造	既存?	樹園地	手作業or新規機械	トラック輸送	ペレット工場	トラック	家庭・公共施設				冬のみ発生	冬のみ	なし	ペレットストーブを所有	なし	収集技術が確立していない				実用化	重油		
りんご剪定枝	堆肥化	既存	樹園地	手作業or新規機械	トラック輸送	堆肥化	堆肥施設	トラック	耕種農家			冬のみ発生	冬のみ	なし	なし	なし	収集技術が確立していない	散布機械の所有			実用化	肥料		
りんご搾り粕	飼料化	既存	りんごジュース工場	オンサイト	トラック輸送	飼料工場	飼料工場	トラック	畜産農家			9月~4月	9月~4月	なし	なし	なし	なし	なし				実用化	飼料	
りんご搾り粕	堆肥化	既存	りんごジュース工場	オンサイト	トラック輸送	堆肥化	堆肥施設	トラック	耕種農家			9月~4月	9月~4月	なし	なし	なし	なし	散布機械の所有			実用化	肥料		
間伐材・林地残材	ペレット製造	将来	森林	林業機械	トラック輸送	ペレット工場	ペレット工場	トラック	家庭・公共施設			降雪	なし	家庭:冬のみ公共施設:なし 林業機械を利用できること	ペレットストーブを所有	なし	収集技術が確立していない				実用化	重油		
間伐材・林地残材	直接燃焼発電	将来	森林	林業機械	トラック輸送	燃焼発電	発電施設	電線(系統)	電気事業者			降雪	なし	なし	なし	なし	収集技術が確立していない	送電線への距離			実用化	購入電力		
製材廃材	熱利用	既存	製材工場	オンサイト	オンサイト	燃焼熱利用	製材工場	配管	製材工場				なし	なし	なし	なし	転換と需要の距離				実用化	重油		
製材廃材	熱利用	既存	製材工場	オンサイト	トラック輸送	燃焼熱利用	温浴施設等	配管	温浴施設等				なし	なし	なし	なし	転換と需要の距離				実用化	重油		
製材廃材	ペレット製造	既存	製材工場	オンサイト	トラック輸送	ペレット工場	ペレット工場	トラック	家庭・公共施設				なし	家庭:冬のみ公共施設:なし	ペレットストーブを所有	なし					実用化	重油		
一般廃棄物	熱利用	既存	家庭	パッカー	—	燃焼熱利用	清掃工場	配管	プール?				なし	なし	なし	なし	転換と需要の距離				実用化	重油		
一般廃棄物	発電	既存	家庭	パッカー	—	燃焼発電	清掃工場	電線(系統)	電気事業者				なし	なし	なし	なし	送電線への距離				実用化	購入電力		
廃食用油	燃料化	将来	家庭	トラック輸送	トラック輸送	メチルエステル化	燃料工場	トラック	バス会社?				なし	なし	なし	ディーゼル車混合する場合にはフレンド施設が必要	なし				実用化	軽油		
廃食用油	燃料化	既存	食品工場	オンサイト	トラック輸送	メチルエステル化	燃料工場	トラック	バス会社?				なし	なし	なし	ディーゼル車混合する場合にはフレンド施設が必要	なし				実用化	軽油		
廃食用油	熱利用	既存	食品工場	オンサイト	オンサイト	燃焼熱利用	食品工場	配管	食品工場				なし	なし	なし	なし	なし				実用化	重油		
ホタテワロ		将来	ホタテ工場	オンサイト	トラック輸送								なし									適当技術がない		
建設発生木材			建設現場	トラック輸送									なし											
もみ殻	堆肥化	既存	カントリーエレベーターライセンダー	オンサイト	トラック輸送	堆肥化	堆肥施設	トラック	耕種農家			秋のみ発生	秋のみ	なし	なし	なし	散布機械の所有				実用化	肥料		
家畜排せつ物	堆肥化	既存	畜産農家	オンサイト	オンサイト	堆肥化	畜産農家	トラック	耕種農家				なし	なし	なし	なし	散布機械の所有				実用化	肥料		
家畜排せつ物	堆肥化	既存	畜産農家	オンサイト	トラック輸送	堆肥化	堆肥施設	トラック	耕種農家				なし	なし	なし	なし	散布機械の所有				実用化	肥料		
家畜排せつ物	メタン発酵発電熱利用	将来	畜産農家	オンサイト	オンサイト	メタン発酵	畜産農家	電線(系統)	電気事業者				なし	なし	なし	なし	送電線への距離				実用化	購入電力		
家畜排せつ物	メタン発酵発電熱利用	将来	畜産農家	オンサイト	トラック輸送	メタン発酵	メタン発酵施設	電線(系統)	電気事業者				なし	なし	なし	なし	送電線への距離				実用化	購入電力		
食品廃棄物	メタン発酵発電熱利用	将来	食品工場	オンサイト	トラック輸送	メタン発酵	メタン発酵施設	電線(系統)	電気事業者				なし	なし	なし	なし	送電線への距離				実用化	購入電力		
食品廃棄物	飼料化	既存	食品工場	オンサイト	トラック輸送	飼料工場	飼料工場	トラック	畜産農家				なし	なし	なし	なし	なし				実用化	飼料		

(2) 現状の評価とスーパーストラクチャの整備

1) 中南地域の現状の評価

中南地域で発生するバイオマス資源と処理や利用の現状を、昨年度実施した実態調査の結果をもとに取りまとめたものが図4. 1である。このマテリアルフローを技術情報基盤で試算した結果のうち、コストに係る結果を表4. 3に、環境性に係る結果を表4. 4に示す。中南地域におけるバイオマスの輸送、処理・処分、利用に係るコストは約120億円/年、メタン (CH<sub>4</sub>)、亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O) の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 換算量を含めた温室効果ガス (GHG) 排出量は約28,000 t -CO<sub>2</sub>/年と試算された。

なお、稲わらの鋤き込みや圃場での野焼きに伴う潜在的なコストを、一般的な産業廃棄物の処理料金 (30,000円/t) で試算すると約22億円となり、地域全体では約142億円となる。また、鋤き込み、野焼きに伴う潜在的な温室効果ガス排出量を、環境省・経済産業省「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver. 2.4」に記載されている排出原単位を用いて試算すると約1,100 t -CO<sub>2</sub>/年となり、地域全体では29,100 t -CO<sub>2</sub>/年となる。

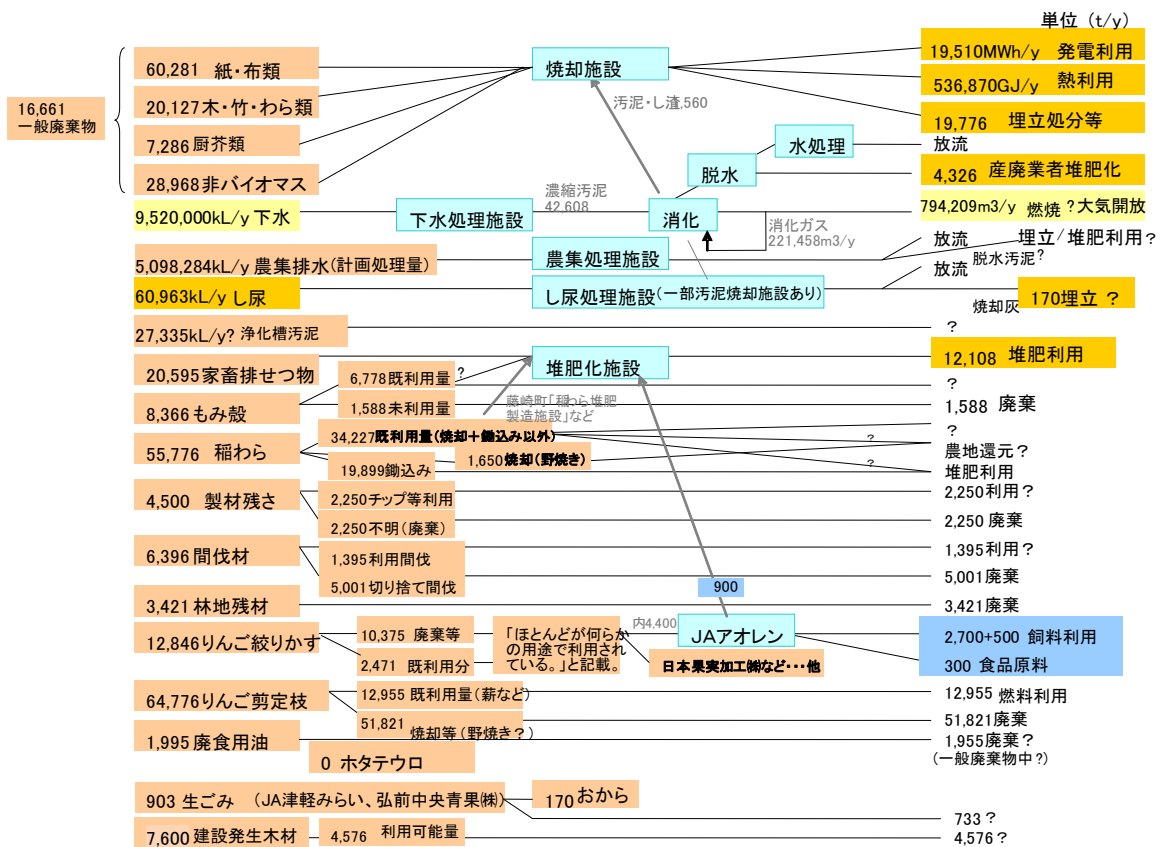


図4. 1 中南地域におけるマテリアルフローモデル

表 4. 3 中南地域の現状の評価 コスト 単位：百万円/年

項目	変換・処理プロセス	資源の収集・運搬	製品・残渣等の輸送	合計
支出計	7,769	3,674	340	11,784
固定費	4,486			4,486
人件費	1,660			1,660
変動費	1,623			1,623
輸送費		3,674	340	4,015
収入計 <sup>注1</sup>	229			229
総収支	7,541	3,674	340	11,556

注1：売電単価を11円/kWh、堆肥製品の販売単価を2.5円/kgとして試算

表 4. 4 中南地域の現状の評価 環境性 単位：t-CO<sub>2</sub>/年

項目	変換・処理プロセス	資源の収集・運搬	製品・残渣等の輸送	合計
非バイオマスの焼却	474			474
購入電気	14,446			14,446
化石燃料の燃焼	2,147	2,750	571	5,469
CH <sub>4</sub>	4,360			4,360
N <sub>2</sub> O	3,666			3,666
合計	25,093	2,750	571	28,415

## 2) 中南地域のスーパーストラクチャの整備

スーパーストラクチャはバイオマス資源とバイオマス製品との間に既存の変換技術を配置し、実現される可能性のある利活用ネットワークシステムを可能な限り網羅的に整理する中で可視化して構築した普遍的、抽象的なモデルである。

地域を特定したシナリオ検討を進めるにあたっては、普遍的なスーパーストラクチャに、地域固有の条件や特徴などを補完したモデルを構築し、これをベースとする必要がある。中南地域は、りんごや稲の栽培及び加工に伴うバイオマス資源や製品に関する地域固有の条件や特徴を有する地域であり、この点を補完して中南地域におけるスーパーストラクチャを図4. 2のように構築した。中南地域におけるバイオマス利活用シナリオの検討は、このスーパーストラクチャを根幹に据えて進める。このように対象地域への俯瞰的視野をシナリオ導入過程の基礎に位置付けることで、導入システムの拡張性、堅牢性を担保する。

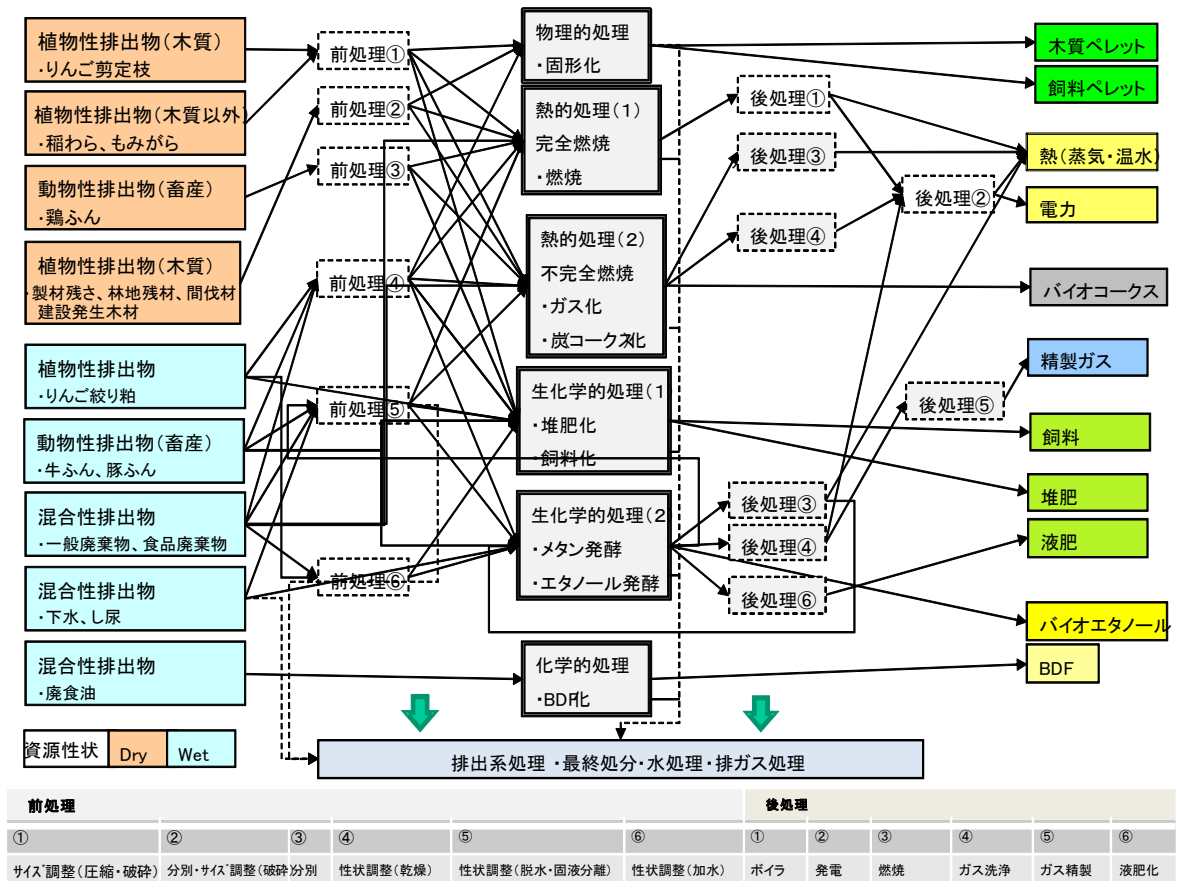


図4. 2 中南地域におけるスーパーストラクチャ

(3) シナリオの作成、議論と提案

スーパーストラクチャから想定される様々なネットワークシステムの中から、シナリオを作成し、それに基づくフローを抽出して、技術情報基盤で評価していく。

現状分析の結果と中南地域のスーパーストラクチャから、様々なスコープに基づくシナリオを作成する。本年度は、シナリオ作成、評価の試行と併行して技術情報基盤の適用可能性の検証するため、次の手順でシナリオを作成した。

a. バイオマス利用用途のアイデアの整理とバイオマス利用を阻害する要因の抽出

プロジェクトメンバー及び青森県で、バイオマスの用途とバイオマス利用を阻害する要因についてブレインストーミングを実施した。

b. 好ましい社会像の描出

バイオマス用途のアイデアの整理結果を参考にしつつ、現実の中南地域を対象を限定して好ましい社会像の事例を描出した中から、次の3つをモデルシナリオ作成の対象として選定した。

- ・ 農業系バイオマスの還元による減化学肥料栽培の推進

- ・「りんご」に関する廃棄物のゼロエミッション社会
- ・有機堆肥の流通活性化を目指す

#### c. シナリオの作成と評価の試行

選定した社会像の実現に向けたシナリオとして、中南地域における主要なバイオマス資源であり、且つ未利用割合の高いりんご剪定枝・りんご絞り粕などのりんご系資源と、稲わら・もみ殻などの稲作系資源に焦点をあてて、りんごに関するゼロエミッション社会の実現に向けたりんご系シナリオと、稲わらを中心として、可能な限りバイオマスを有機堆肥として利用し、減化学肥料栽培を推進する社会を目指す稲作系シナリオの2つを作成した。これらのシナリオを技術情報基盤で試算して、技術情報基盤のシナリオ評価への適用可能性を検証した。

この手続きを経て最終的に3つのシナリオに絞り込み、さらにシナリオごとにケースを分けて比較した。

### (4) 導入システムの提案

#### 1) 「持続可能な社会インフラを目指す」シナリオ

##### a. シナリオの前提

ごみ焼却施設及び下水処理場の統合、複数の施設の統合や集約、消化工程で発生する消化ガスの有効利用により、従来の処理の低コスト化、高効率化を図るとともに、バイオマス資源の有効利用の実現性についても検証する。

本シナリオの背景には、市の下水処理場を隣接する青森県の流域下水処理場（岩木川浄化センター）と統合する計画がある。市の下水処理場には消化槽があり汚泥焼却施設がない。一方、県の下水処理場には消化槽がなく汚泥焼却施設がある。市は県の施設に下水処理を委託することで既存施設の更新費用を軽減することを目指している。

一般廃棄物の清掃工場については、現状、中南地域には焼却発電施設が1施設、焼却施設が2施設立地している。これらの現有の施設を段階的にひとつの焼却発電施設に統合するシナリオを想定する。施設能力を超過する量の一般廃棄物については、厨芥類を下水処理場の消化槽で処理するケースを想定する。

現状及びシナリオの統合1～3の各段階のフローを図4. 3に示す。



統合1：弘前市下水道処理場と岩木川浄化センターを統合する。脱生活污水は全量焼却。  
 統合2：一般廃棄物の一部の厨芥を消化原料として利用。他は、ごみ焼却施設で処理。  
 統合3：新規焼却施設で全量発電で全量発電する場合を想定。

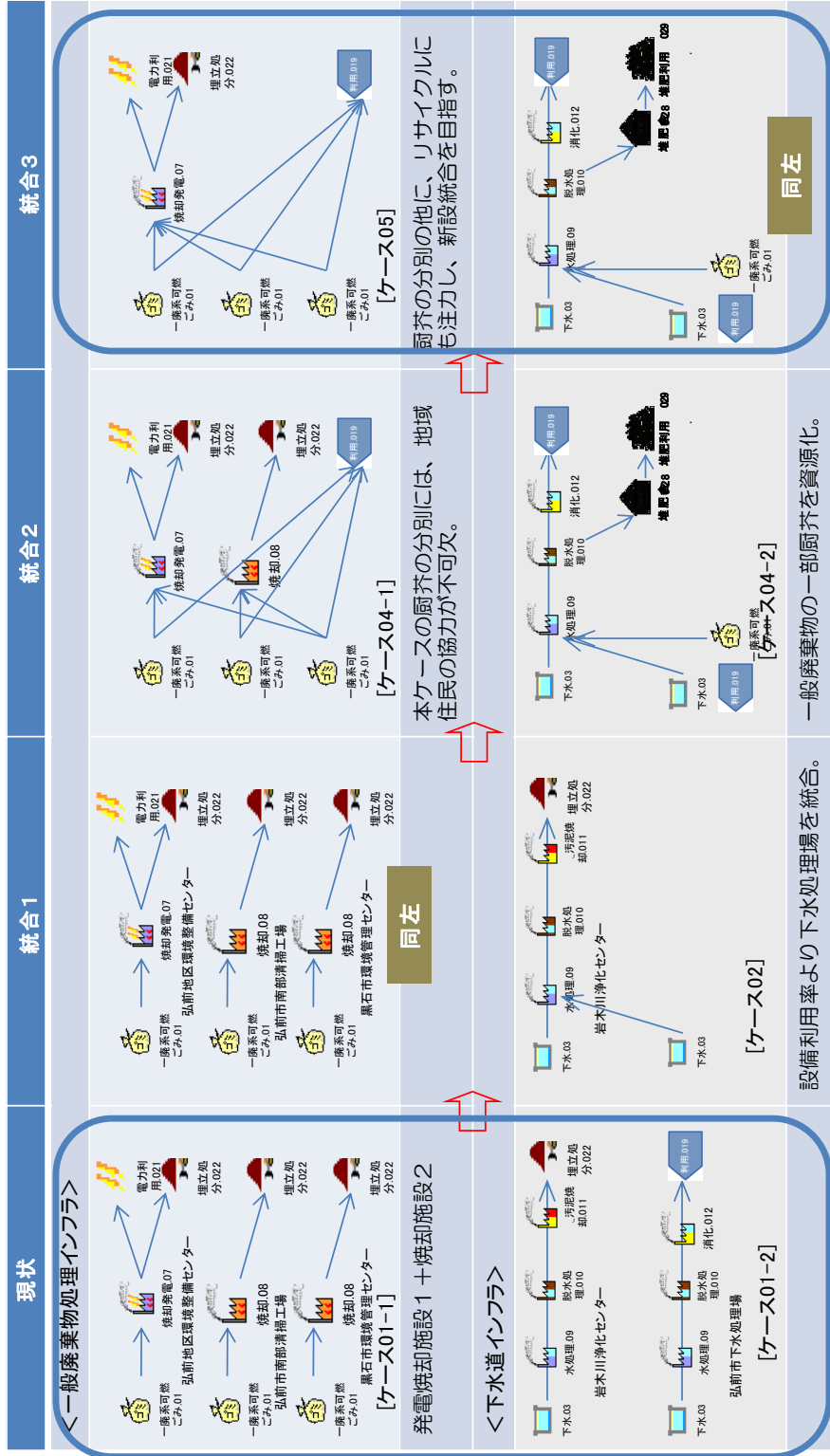


図4.3 「持続可能な社会インフラを目指す」シナリオのフロー

統合1では、前述の弘前市水処理場を青森県岩木川浄化センターへ統合した場合の試算を行っている。両施設は隣接しており、配管の切り替えにより下水の合流が可能である。これが実現できる理由は、両施設の利用率が低いため（表4.5参照）、と弘前市の担当者ヒアリング時に説明があった。加えて、弘前市の下水処理場は老朽化が著しく、建て替え時期を迎えており、統合により弘前市の建設費を抑制できる、との説明もあった。統合後は、弘前市では、市から流入する下水分については、青森県へ処理費を支払う形を検討している。

表4.5 下水処理場の利用率など

	計画 (m <sup>3</sup> /d)	現状 (m <sup>3</sup> /d)	利用率 (%)	管轄	共用年
弘前市下水処理場	53,000	25,000	47.2	弘前市	2002～
岩木川浄化センター	120,000	53,000	44.2	青森県	1992～

統合2では、一般廃棄物を処理している焼却施設をターゲットとした。前述した3ヶ所の焼却施設の利用率と建設年を表4.6に示す。下水処理場と同様に、焼却施設も統合した場合を検討する。統合前後の各々の処理量を表4.7に示す。

表4.6 一般廃棄物焼却施設の利用率など

Push01(現状)	定格 (t/d)	定格 (t/y)	実績値 (t/y)	利用率 (%)	共用年
弘前市環境整備センター	246	68,880	60,259	87.5	2002～
弘前市南部清掃工場	140	39,200	33,158	84.6	1992～
黒石市環境管理センター	120	33,600	27,374	81.4	1988～
280d/yとする。(365-85(=30整備+2*15点検+18起動+7前提)=280)					

表4.7 統合前後の各施設の処理量

施設名称	現状		統合2 処理(t/d)	統合3 処理(t/d)	備考
	定格(t/d)	処理(t/d)			
弘前市環境整備センター	68,880	60,259	66,084	108,080	
弘前市南部清掃工場	39,200	33,158	41,752	0	42,000
黒石市環境管理センター	33,600	27,374	0	0	
	現状		統合2・3		
	計画(m <sup>3</sup> /d)	処理(m <sup>3</sup> /d)	処理(m <sup>3</sup> /d)	厨芥類(t/d)	
弘前市下水処理場	53,000	25,000	0	0	
岩木川流域浄化センター	120,000	53,000	78,000	12,711	

中南地域の3ヶ所の焼却施設を2ヶ所に統合する際、処理できない分量（約12,700t/年）を厨芥から差し引き、差し引いた厨芥を下水処理場へ搬送することとした。搬送した厨芥は、弘前市下水処理場の既設の消化設備を活用し、メタンガスを発生させ、熱利用及び発電利用する。現状では、厨芥等の受入は行わず、主に汚泥の減容化を目的として本設備を活用しているが、統合2では、これを積極的に活用する。また、発電だけでなく、近隣に熱を搬送できるように、需要先、

例えばある程度大口の食品工場やハウス等、が存在すれば、熱の形で外部活用する方法も有効と考えられる。一方、一部厨芥を差し引いた一般廃棄物は、弘前市の2ヶ所の既設の焼却施設に搬送する。1ヶ所は発電を行っており、もう1ヶ所は単純に焼却を行っている。

統合3では焼却施設を新設し、中南地域の一般廃棄物を1ヶ所で集中的に焼却発電を行えるよう仮定した。下水処理場に関しては統合1および2と同様に1ヶ所に統合する。統合1および2において、一般廃棄物の処理において、既設を活用しているもので、維持管理費は発生するものの、弘前市はじめ弘前市へ一般廃棄物処理を委託している周辺自治体において、大規模な出費は回避できると考えられる。この間に、統合3で想定する新設の焼却発電施設に備えることで、その後の持続的な財政を実現しうると考えられる。また、分別等の住民の協力が前提ではあるが、ある程度厨芥類が差し引かれた一般廃棄物は、発熱量も高くなり、発電効率も向上することが期待できる。発電量が確保できれば、PFI(Private Finance Initiative)事業者にとっても魅力的な事業となり、中南地域の自治体および住民全体のメリットになる可能性も高い。そのためには、弘前市はじめ周辺自治体どうしの協力が求められる。また、現時点では、一般廃棄物の焼却発電は、再生可能エネルギーの全量買取制度の対象となっていないが、今後対象が拡大されることも想定され、買取による収入を確保できる可能性も出てくる。

#### b. シナリオの試算結果

技術情報基板を用いた本シナリオについての試算結果を以下に整理する。

図4. 4に本シナリオのコスト試算結果を示す。

コストについては、現状と統合1とでは顕著な変化は見られない。ただ、人件費が僅かながら減少し、燃料費は増加している。前者は施設の統合により実現したと考えられ、後者は汚泥焼却で使用する重油使用量の増加による。統合1のような形での統合は、統合受け入れ側の岩木川浄化センターを運営する青森県の負担が大きくなるが、中南地域全体で考えると、施設の稼働率向上による効率的な施設運営が可能となり、トータルの施設運営費を大きく削減できると見られる。今回の試算では人件費が僅かに減少した程度であったが、削減代があると考えられる。市担当者の話の通りとなるか、今後の市と県の協議の進展に期待したい。このことは、中南地域に限らず、他県や地域においても、自治体の下水処理場と県が管理する流域下水処理場が近接するケースもあると考えられる。他の地域においても、柔軟な対応や運用により、将来の費用負担の軽減を見据えた検討が起こると考えられる。このような統合は、これから人口が減少し、税収が落ち込むと考えられる県および市町村において、無駄な出費の抑制に大きく寄与できる。尚、本シナリオで検討した統合1については、2010年12月に地元新聞の記事で公表されている。

統合2では、3ヶ所の一般廃棄物中の厨芥類が一部抜き出され、下水道インフラで利用される。また、下水処理において、汚泥焼却を行わず、脱水汚泥は全量堆肥化するフローとした。この場合の事業費については、燃料費は大きく減少したが、変動費、人件費、固定費が大きくなった。これは新たに堆肥化施設を設けたことによる。

統合3では、事業費は統合2との差異は小さい。ただ、統合3のマイナス側の5.67億円/年は売電収入を示しており、事業費に大きく寄与している。

ごみ焼却施設と下水処理場を統合・集約することで、現状と比較して、統合3の段階で約0.6億円/年の事業費を軽減でき、既存施設を活用することで、固定費の削減を見込める。

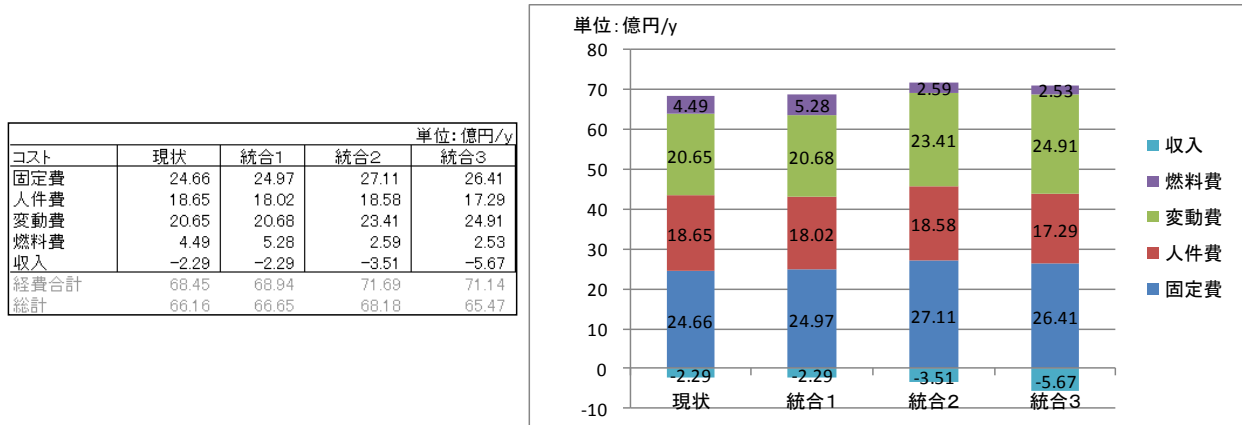


図4. 4 「持続可能な社会インフラを目指す」シナリオのコスト試算結果

図4. 5に、現状と統合3について、一般廃棄物と下水および施設と輸送の各々の事業費を示す。施設と輸送の事業費を比較すると、統合3の方が現状より輸送の費用が増大している。

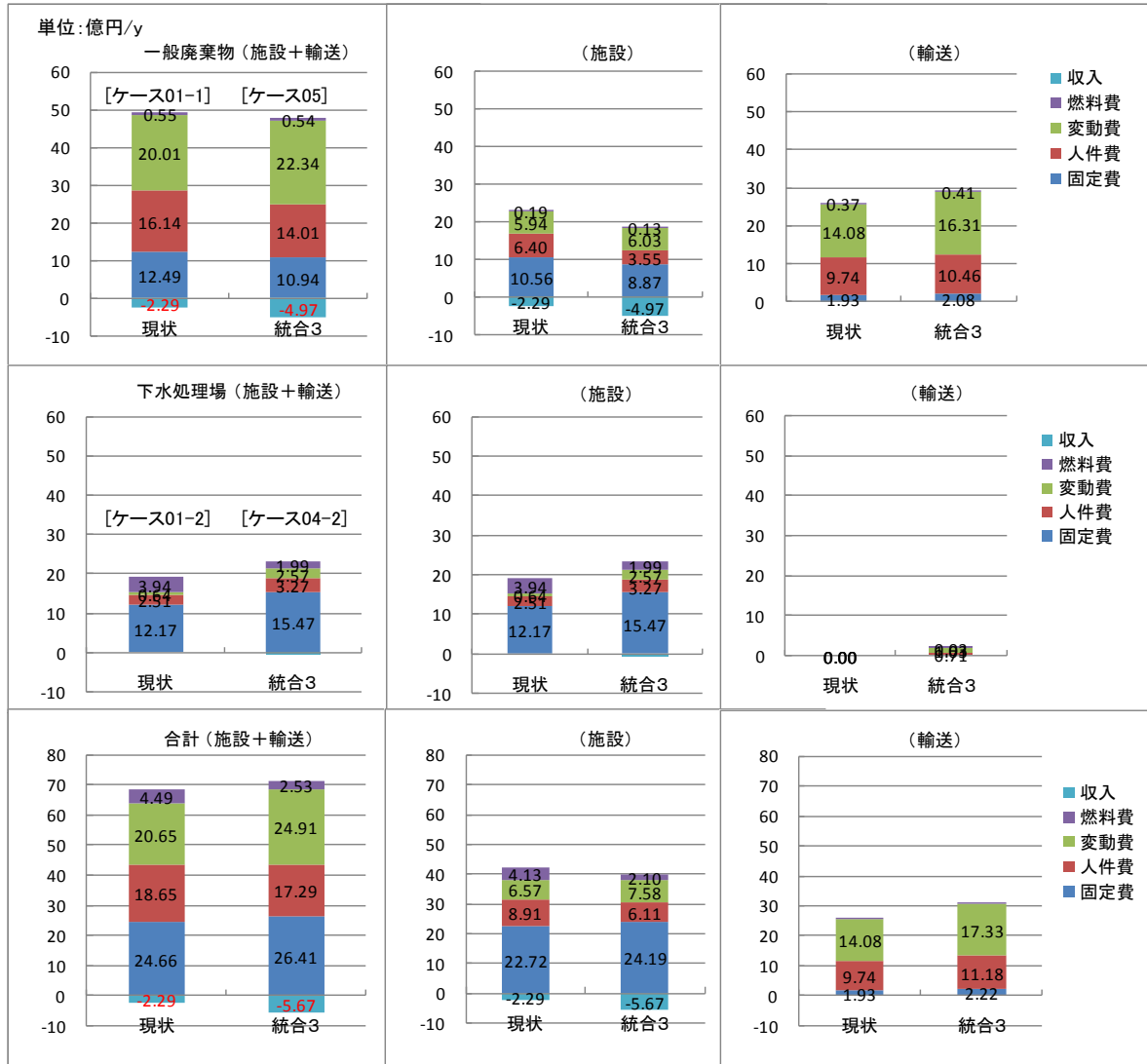


図 4. 5 「持続可能な社会インフラを目指す」シナリオの事業費内訳

このため、この部分での新たな雇用の創出の可能性も考えられる。ただし、新たな雇用は自治体の負担増に繋がるため、自治体はこの負担を軽減する努力も必要となる。例えば、厨芥を分別収集する回数は現状通り週に数回であっても、その他の可燃物や資源ごみなどの収集回数を減らして、トータルの負担を抑えるなどの方法も考えられるが、一般廃棄物から厨芥を差し引く際、住民の分別への協力も不可欠になるため、自治体は取り組みの目的や目標などを、丁寧に説明をする責任も求められると考えられる。

また、一般廃棄物の焼却施設の事業費は減少する一方、下水処理場の事業費は増加している。合計で比較すると、現状の事業費は統合、集約することで、約0.6億円/年削減することができる。この数値は、全体の事業費約70億円/年の1%にも満たない金額である。しかし、統合、集約により、運転員の適正配置や設備稼働率の向上、前述のような厨芥類の分別による収集回数の削減など、今回試算できなかった部分を工夫、検討することにより、更に事業費を削減できる可能性は残っている。ただ、これらの工夫、検討がなされなければ、統合、集約の効果は限定的であり、単純な施設の統廃合だけでは、現状と変化はないことも示唆している。今回のシナリオでは、既

設を活用しながら、段階的に統合3へ移行しており、自治体などに一度に過大な支出、すなわち住民の負担が発生しにくい形になっており、この点は現実性の高いアプローチの1つと考えられる。本情報基盤では、このような様々な選択肢の中からベストではなくても、ベターなアプローチを探索することも可能である。

図4.6に「持続可能な社会インフラを目指す」シナリオの環境負荷試算結果を示す。

統合1のCO<sub>2</sub>排出量は現状に比べて、約1.5倍に増加している。これは汚泥焼却での重油使用量の増加が原因である。

統合2では汚泥を焼却せず堆肥化を行っているため、CO<sub>2</sub>排出量は大幅に減少している。ただし、下水汚泥を堆肥化しても、その利用については公園やりんご果樹園など、施肥量や金属含有量など留意する必要があると考えられる。

統合3では搬入輸送のCO<sub>2</sub>排出量が高くなっている。これは、1ヶ所に焼却施設を統合したことで、中南地域の遠方からパッカー車などで搬送する一般廃棄物の比率が大きくなった為と考えられる。

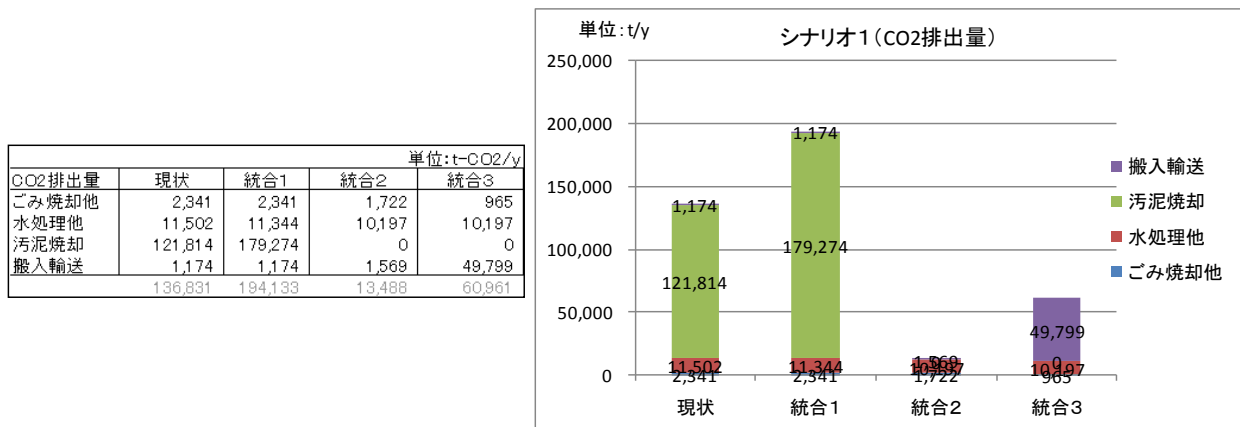


図4.6 「持続可能な社会インフラを目指す」シナリオの環境負荷試算結果

統合2および3では、厨芥を車両によって下水処理場へ搬送することを想定している。これを全てディスポーザにより管路搬送する場合について検討を行った。ここまでの試算結果では、搬送に要する費用が大きくなることが示されている。分別した厨芥類を別途搬送するより、ディスポーザを使用することで、搬送費の低減に寄与するかを評価した。

管路や下水処理場の維持管理の負担など、検討すべき事項は多々あるが、輸送費の削減という定量的に期待できる事項の他に、住民の分別の負担軽減、夏季の臭気対策など定性的なメリットも挙げることができ、これらを総合的に鑑みて、今回検討するに至った。

本試算の想定項目を表4.8に示す。

表 4. 8 ディスポーザの想定項目

中南地域総世帯数	112,426	世帯
中南地域で発生する全厨芥量	20,156	t/年
	12,711	t/年(ディスポーザの対象となる厨芥量)
	63	% (全厨芥量に対する比率)
仮定した対象世帯数	70,899	世帯
単価	26,500	円/1個 (=1世帯)
総金額	18.79	億円
原価償却	10	年
メンテ比率	20	%
固定費	1.69	億円/年
メンテ費+固定費	2.03	億円/年⇒施設固定費に追加する。
消費電力量	1000	Wh/1個 (=世帯)
1回使用時の時間	2	分/回
1日使用時の回数	3	回/日
総消費電力	37	kWh/年・世帯
電気代単価	10.69	円/kWh
1世帯当たりの電気代	390	円/年・世帯
総電気代	27,663,855	円/年
総金額	0.28	億円/年⇒施設変動費に追加する。

表 4. 9 において、ディスポーザを導入した結果を、統合 3' で示す。図表中、事業費の費用合計を比較すると、統合 3 の 71.14 億円/年に対し、統合 3' では 71.54 億円/年と増加している。表中の施設と輸送の内訳を見ると、輸送の事業費は低減できているが、施設を見ると、固定費と変動費において、表 4. 8 で示した金額分が増加している。

表 4. 9 ディスポーザ導入時の試算例

	合計			施設			輸送		
	現状	統合3	統合3'	現状	統合3	統合3'	現状	統合3	統合3'
固定費	24.66	26.41	28.30	22.72	24.19	26.22	1.93	2.22	2.08
人件費	18.65	17.29	16.58	8.91	6.11	6.11	9.74	11.18	10.46
変動費	20.65	24.91	24.16	6.57	7.58	7.86	14.08	17.33	16.31
燃料費	4.49	2.53	2.50	4.13	2.10	2.10	0.37	0.44	0.41
収入	-2.29	-5.67	-5.67	-2.29	-5.67	-5.67	0.00	0.00	0.00
費用合計	68.45	71.14	71.54	42.33	39.98	42.29	26.12	31.16	29.25
収入	-2.29	-5.67	-5.67	-2.29	-5.67	-5.67	0.00	0.00	0.00
費用+収入	66.16	65.47	65.87	40.05	34.31	36.62	26.12	31.16	29.25

ただし、統合3' は、ケース04-21において下水処理施設へ搬入する厨芥量の全量をディスポーザ処理すると仮定。

この結果に、前述の通り、管路や下水処理場の維持管理費を加えて検討することが必要となる。ただ、より効率的な社会インフラの構築を念頭においた社会の仕組みを考えると、これから10年、20年先を見据えた上で、今取り組むべき課題の1つなのかも知れない。将来、これまでに莫大なコストを掛けて構築してきた社会インフラの更新費用や更なる維持管理費が必要になってくる。ディスポーザが全てではないが、1つの考え方として、将来、発生する社会インフラコストをどのように低減していくのか、今後、何らかの手立てが必要になると考える。

## 2) 「りんご剪定枝による新事業を創出する」シナリオ

### a. シナリオの前提

弘前市では、市内で盛んなりんご栽培から発生するりんご剪定枝の有効活用として、市支庁舎における空調設備での燃料利用を予定しており、これをシナリオの前提とする。

搬送方法として、剪定枝条の状態でチップ化施設に搬送し、チップ化したものをボイラ設置先

まで輸送するケースと、樹園地内において可搬式チップパにより選定枝をチップ化し、それをボイラ設置先まで搬送するケースを想定する。

また、利用方法として、チップのまま利用するケースとチップをペレット化して利用するケースを想定する。

中南地域では、約64,000t/年のりんご剪定枝が発生しており、このうち約2割は薪として既に利用されている。本シナリオでは、残りの約51,000t/年の枝分を対象とする。

シナリオのフローを図4.7に示す。





## b. シナリオの試算結果

技術情報基板を用いた本シナリオについての試算結果を以下に整理する。

図4. 8に本シナリオの搬送方法別のコスト試算結果、図4. 9に利用方法別のコスト試算結果を示す。搬送方法別の比較では、可搬式チップを導入すると人件費が嵩み、事業費が増大する可能性がある。利用方法別の比較では、未利用分のりんご剪定枝の約1/10をチップ等の燃料活用する場合、1.5～3.5億円/年の事業費が必要となる。一方、この事業費より軽トラックによる選定枝の回収費用を除外すると、事業費は0.5～1.5億円へ半減しており、軽トラック回収費用を工夫することが事業継続のポイントの一つになることが示唆されている。この点について、高知県仁淀川町や岡山県真庭市などでは、間伐材を軽トラックで所定収集場所まで持ってくると、軽トラ1杯で数千円と自治体や組合等が買い取る仕組みを構築しており、中南地域においても、このような仕組みを参考とすることも考えられる。尚、この財源として、国内クレジットやカーボンオフセット等を活用して、これによる収益を充当する等の考え方もある。

	施設+輸送		施設(注記2)		輸送	
	Push06-1	Push06-2	Push06-1	Push06-2	Push06-1	Push06-2
	可搬式	チップ	可搬式	チップ	可搬式	チップ
固定費	44.65	51.77	39.09	13.53	5.57	38.24
人件費	748.06	192.73	720.00	0.00	28.06	192.73
変動費	49.18	282.90	10.86	0.11	38.32	282.79
燃料費	26.93	11.56	23.64	8.61	3.29	2.95
費用計	868.82	538.96	793.58	22.25	75.24	516.71

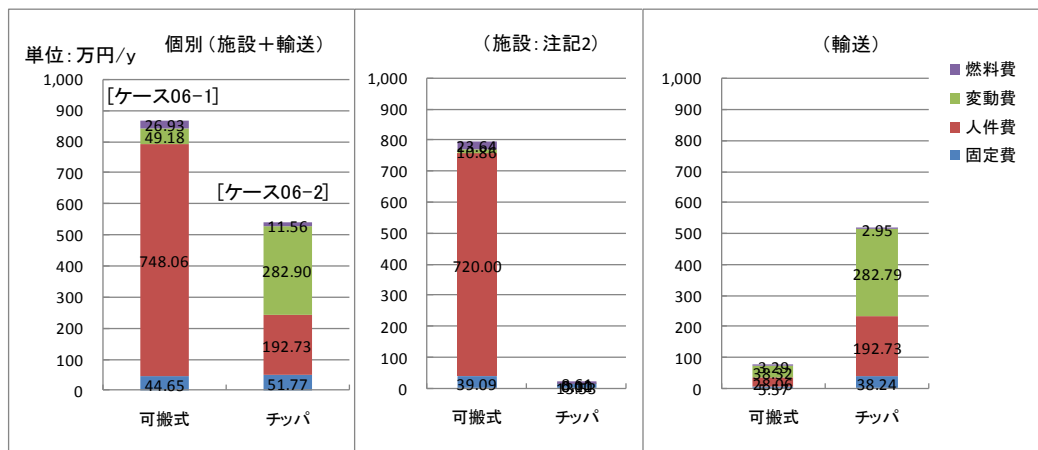


図4. 8 「りんご剪定枝による新事業を創出する」シナリオの搬送方法別のコスト試算結果

施設+輸送

	全体			全体(軽トラ分カット)		
	Push07-1 チップ	Push07-2 ペレット	Push07-3 可搬式+チップ	Push08-1 チップ	Push08-2 ペレット	Push08-3 可搬式+チップ
固定費	1,463	4,573	1,774	401	3,511	1,420
人件費	6,204	14,211	25,676	852	8,859	852
変動費	9,098	8,557	4,153	1,165	624	1,509
燃料費	380	708	860	378	706	859
費用計	17,145	28,049	32,463	2,796	13,700	4,640

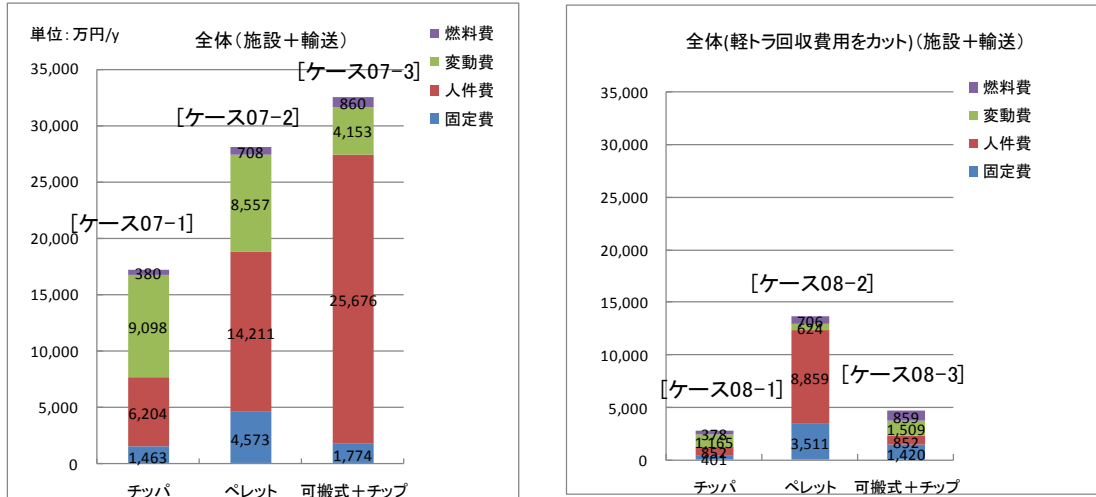


図4.9 「りんご剪定枝による新事業を創出する」シナリオの利用方法別のコスト試算結果

図4.9の結果で示されたチップについて、事業収支を検討した。図4.10にチップ単価による事業収支の試算結果を示す。

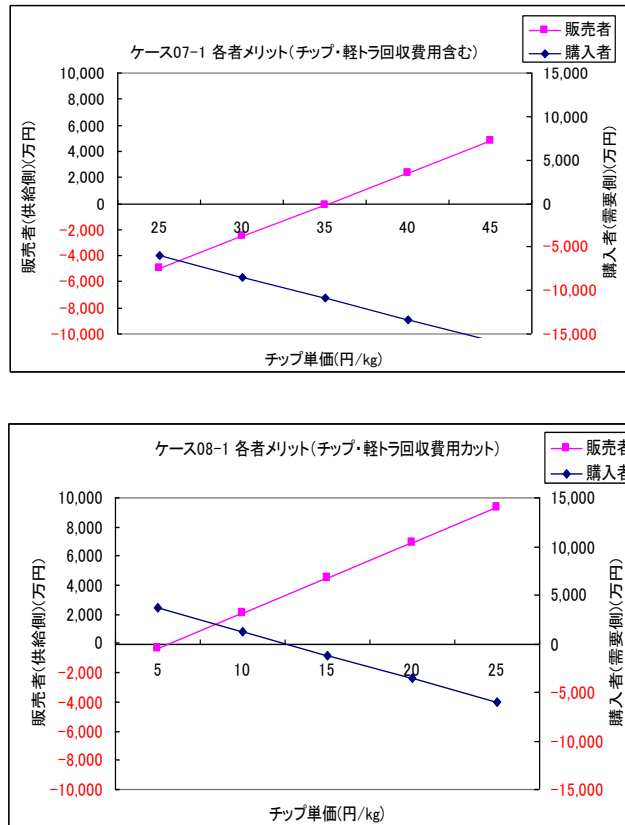


図4. 10 「りんご剪定枝による新事業を創出する」シナリオの事業収支試算結果

前述したように、軽トラックによる回収費用を削除した場合、チップ取引価格約7円/kgで販売者、購入者とも事業収支はプラスになり、取引が成立すると考えられる。各事業者の事業収支を把握した上で、県や自治体が補助金などの支援を行う方策も考えられる。チップ単価が各事業者にとって利用に見合う価格とならず、事業として成立しない場合、商品の取引は成立せず、バイオマス資源が未利用のままとなってしまうため、金銭的な支援も含めて、バイオマス資源を商品に替える工夫が必要であろう。尚、この試算でのチップの生産量は、熱量ベースで弘前市内の小学校の灯油使用量分を賄う規模であるが、資源量約5万tのうちの1/10に過ぎない。利用可能な資源量はまだ十分に賦存しており、事業展開によっては更に灯油や重油等の燃料使用量の削減が期待できる。

ここではチップ単価による事業収支を検討したが、ペレットについて同様に検討しても、現時点においてはコスト高となることが想定される。ただ、主要都市や町中心部など、チップボイラを設置する上で制約がある場所であれば、販売価格を高めを設定してもペレット需要はあると考えられる。また、中南地域のりんご剪定枝のペレットであれば、青森のりんごというブランドを活かした地域内外への拡販の可能性も考えられる。原料の剪定枝に樹皮部が多く含まれると、燃焼機器でのクリンカや燃焼状態の調整などクリアすべき課題もあるものの、バイオマス資源としては付加価値の高い資源と考えられる。付加価値という点では、現在、日本の森林で問題となっている間伐材の活用との比較からも、間伐材の場合はその収集コストが課題であるのに対し、りんご剪定枝の場合は、ある程度収集コストは必要ではあるものの、収集方法を工夫することで間

伐材より安価に収集できるのではないかとみられる。

図4. 1 1に本シナリオの搬送方法別の環境負荷試算結果、図4. 1 2に利用方法別の環境負荷試算結果を示す。CO<sub>2</sub>排出量はチップ、ペレット製造装置での排出量が多い一方、可搬式チップのCO<sub>2</sub>排出量は小さい。

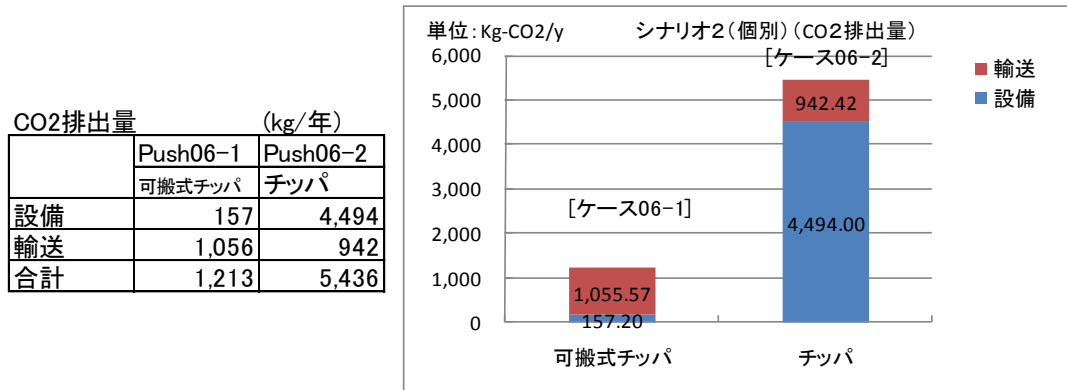


図4. 1 1 「りんご剪定枝による新事業を創出する」シナリオの搬送方法別の環境負荷試算結果

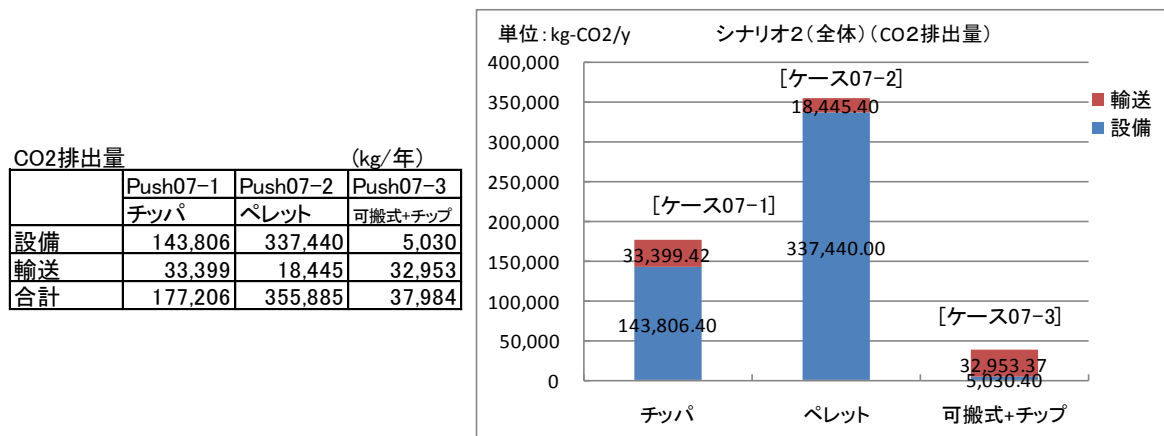


図4. 1 2 「りんご剪定枝による新事業を創出する」シナリオの利用方法別の環境負荷試算結果

### 3) 「環境保全・増益指向型農業の展開」シナリオ

#### a. シナリオの前提

稲作やりんご栽培が盛んな中南地域では、稲わらの野焼きによる煙害（健康被害、視界不良）、りんご絞り粕の処理に伴う費用負担等の課題を抱えている。また、青森県は農業県でありながら、冬期間は降雪、積雪等による農作業の制約が多いため、県外からの農産物の移入に依存する構造となっており、12月～翌年5月の期間に約100億円分が県外から移入されている。本シナリオでは、バイオマス資源の有効活用による地域内の資源及び貨幣の循環構造の構築と維持を目的として、堆肥、飼料、燃料による利用を想定する。

バイオマス資源別、ケース別の利用方法の設定を表4. 1 0に、現状及びシナリオのフローを図4. 1 3に示す。

表 4. 10 「環境保全・増益指向型農業の展開」シナリオの利用方法の設定

ケース名 (略称)	バイオマス利用方法の設定 (全量を10とした場合の仕向割合)			
	稲わら	もみ殻	りんご剪定枝	りんご絞り粕
現状対策 ケース (現状)	野焼き・鋤込み (市町村毎に実態 調査結果に基づき 設定)	未利用 (野焼き) 10	未利用 (野焼き) 10	未利用 (産廃焼却) 1 堆肥 (逆有償) 9
有機質堆肥の 需要増ケース (堆肥ケース)	堆肥10	燃料10 (ハウス暖房の補 助燃料)	堆肥10	飼料10
家畜飼料の需 要増ケース (飼料ケース)	飼料10		堆肥10 (稲わら堆肥の減 少分を補充)	
花卉市場の需 要増ケース (花卉ケース)	堆肥10		燃料10 (ハウス暖房の補 助燃料)	

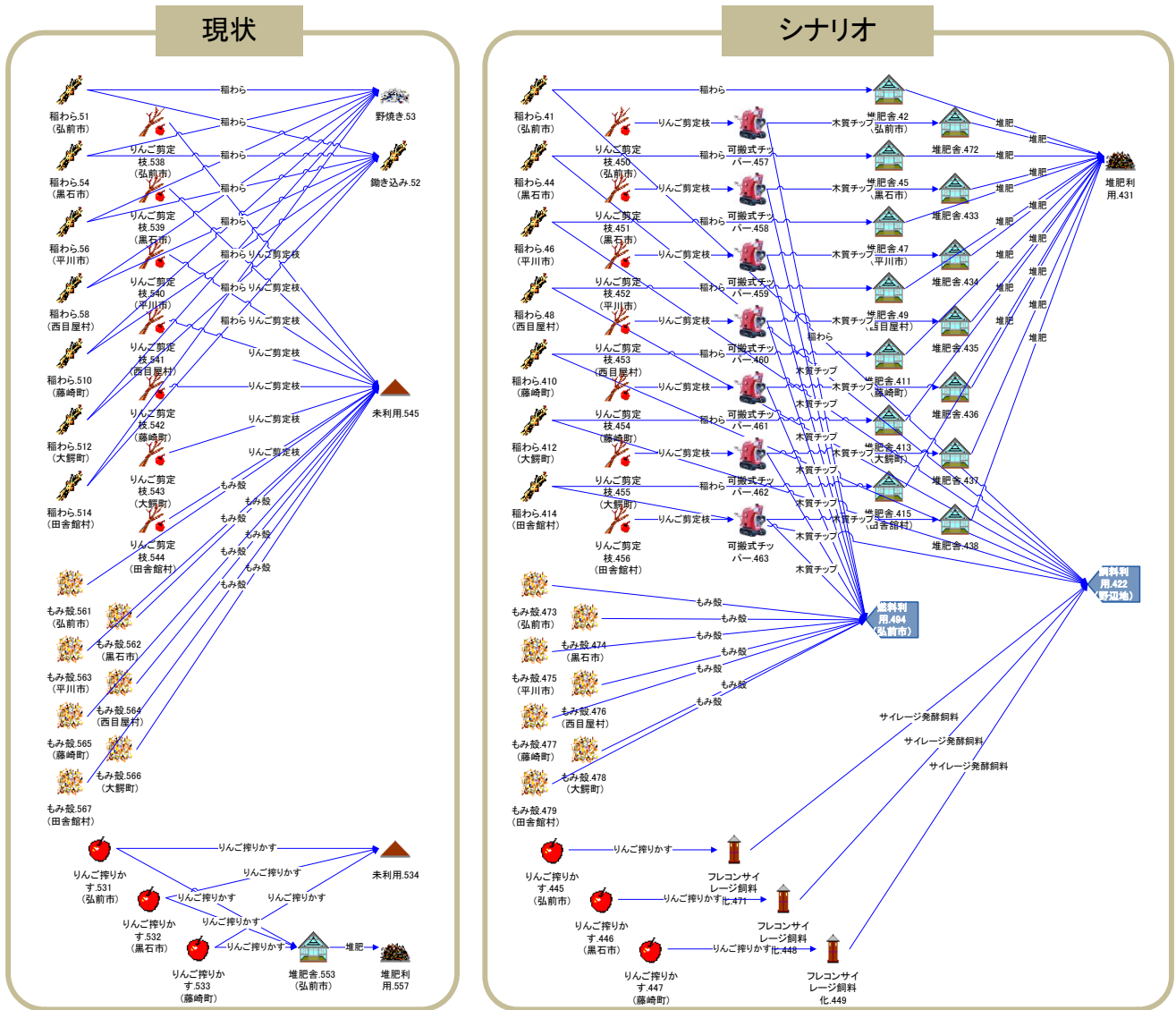


図 4. 13 「環境保全・増益指向型農業の展開」シナリオのフロー

## b. シナリオの試算結果

技術情報基板を用いた本シナリオについての試算結果を以下に整理する。

図4. 14に本シナリオのコスト試算結果を示す。

コストは現状がシナリオの3つのケースに比べて少ないが、野焼きや鋤き込み、未利用の資源を産業廃棄物として適正に処理した場合のコストを潜在コストとして加算すると、他のケースよりもコストが高い結果となる。

なお、飼料ケースでは、現状に照らして需要先を中南地域外の青森県内（畜産が盛んな野辺地近辺）に設定しているため輸送費が最も多い。中南地域で畜産が盛んになれば需要先への輸送負担が軽減され、よりよいシステムとなる可能性がある。

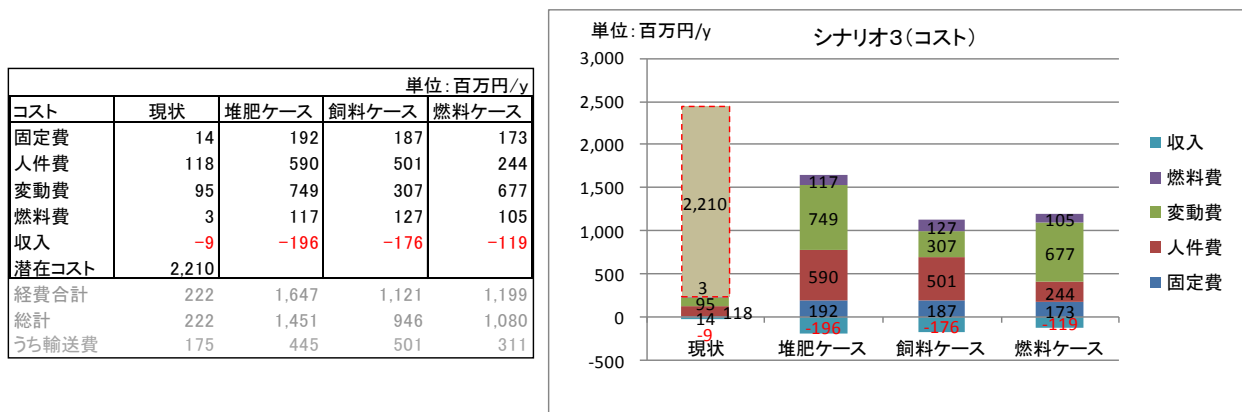


図4. 14 「環境保全・増益指向型農業の展開」シナリオのコスト試算結果

図4. 15に本シナリオの環境負荷試算結果を示す。

顕在的なCO<sub>2</sub>排出量のみを比較すると現状の排出量が最小となるが、鋤き込み由来のCH<sub>4</sub>や、化石燃料、化学肥料、飼料等の代替効果をサブテーマ（3）で採られているようなLCA的手法で評価すれば、シナリオケースとの差が縮小すると考えられる。

飼料ケースでは輸送からの排出量が多いが、これはコスト試算結果でも述べたように需要先を遠隔地に設定して試算していることによる。仮に需要先の畜産業が中南地域に根付けば、輸送部分は大幅に抑制される。

シナリオの中では燃料ケースの環境負荷が最も少ないが、化石資源代替分を加味すればさらに低環境負荷型となる。

単位:t-CO2/y				
CO2排出量	現状	堆肥ケース	飼料ケース	燃料ケース
可搬式チップパー	0	54	54	54
堆肥舎	86	657	479	178
フレコンサイ レージ飼料化	0	326	326	326
輸送	53	419	841	332
	139	1,455	1,699	890

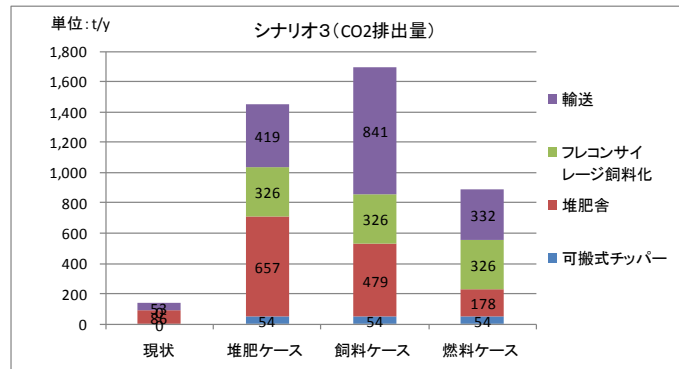


図4. 15 「環境保全・増益指向型農業の展開」シナリオの環境負荷試算結果

## (5) 地域主体との連携

### 1) 青森県

青森県とは、平成21年度来、農林水産政策課及び新産業創造課との連携体制を維持しており、22年度も引き続き共同で技術情報基盤を用いたシナリオの議論や意見交換を実施した。「青森県バイオ燃料ビジネスプラン」で検討されているビジネスモデルについても、本プロジェクトでもシステムの設計等を検討しているところである。中南地域の資源を利用した全県的な取り組みや利用システムについては県の協力が不可欠であり、次年度も青森県と連携しながら展開する。

青森県とは、プロジェクト期間中、農林水産政策課及び新産業創造課との連携体制を維持し、シナリオの議論や意見交換を実施した。前述のシナリオの評価結果についても青森県への意見聴取を行い、それを踏まえたものとなっている。

### 2) 弘前市

弘前市ではりんご剪定枝のペレット化・燃料利用のプロジェクトや下水処理場の統合についてヒアリングを実施し、シナリオ作成の参考とさせていただくとともに、シナリオの評価結果についての意見聴取もを行い、シナリオのとりまとめの際に参考とさせていただいた。

### 3) 青森県産業技術センター、弘前大学北日本新エネルギー研究センター

青森県産業技術センターは本プロジェクトメンバーでもある農林総合研究所が所属する研究機関であり、平成22年度は、同センター及び弘前大学北日本新エネルギー研究センターへの本プロジェクトの説明会を複数回開催した。これにより、本プロジェクトで構築した地域への適用についての方法論の有用性が認識され、上記2センターが主体となる研究プロジェクトにて採用された。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

地域における資源循環やGHG対策の主役となる地方公共団体や民間企業が、比較的簡単な操作でバイオマス利用に伴う経済面や環境面の評価が可能な技術基盤を構築した。これにより、利害が複雑に関係しあう地域の多様なステークホルダーに対して、科学技術データに基づく中立性を保持した定量的な検討材料の提供が可能となった。



## (2) 環境政策への貢献

技術情報基盤を用いた政策立案の手法は汎用性が高く、評価範囲が明確であるため、地域循環圏の検討やバイオマス利用計画策定に資する。

本プロジェクトでも現状からの将来展開シナリオや地域の期待する将来展開シナリオを検討したが、平成22年度はこれに加えて、地域の研究機関である青森県産業技術センター及び弘前大学北日本新エネルギー研究センターにおいて取り組まれている別プロジェクトにて技術情報基盤を用いたシナリオ検討が進められるはこびとなり、実地域での環境政策立案に向けた取り組みが開始された。

## 6. 引用文献

- 1) 環境省・経済産業省：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルVer.2.4，平成21年3月

## 7. 国際共同研究等の状況

なし。

## 8. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

なし。

### (2) 口頭発表（学会等）

なし。

### (3) 出願特許

なし。

### (4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし。

### (5) マスコミ等への公表・報道等

なし。

### (6) その他

なし。