

話題 43 「バイオマスタウンの構築と運営」

柚山 義人

要旨：

バイオマスの利活用は、原料バイオマスの生産（発生）、その収集・搬送・貯蔵、有用なエネルギーやマテリアルへの変換、それらの貯蔵、搬送・利用、それぞれの段階での適正処分などがつながって成立する。バイオマスの利活用は基本的には手段であり、たとえば、①農林業の発展、地域活性化、②循環型社会形成、③エネルギーの地産地消、④水質保全や温暖化抑制などの上位目標が存在する。

話題 8 と 9 でバイオマス利活用について論じた。また、話題 37 でエネルギー問題を取りあげた。本話題は、これらとの関係が深く、一部は重複している。

本話題では、バイオマス活用推進基本計画の趣旨を踏まえ、市町村バイオマス推進計画の策定と運営を行い、魅力的なバイオマスタウンの構築に役立つと思われる情報を提示する。

本話題の内容は、話題提供者の個人的見解であり、話題提供者の所属する組織の公式見解ではありません。

キーワード：バイオマス活用推進基本計画、循環型社会形成、地域資源、計画・評価手法、プロジェクトサイクルマネジメント、外部経済効果、地域経済活性化

- 1 バイオマスタウン構想から市町村バイオマス活用推進計画へ
- 2 本格的なバイオマスタウン
- 3 プロジェクトサイクルマネジメント
- 4 構想・計画の策定
- 5 SWOT 分析
- 6 地域バイオマス利活用診断ツールの活用
- 7 評価指標の設定と進捗度管理
- 8 トータルコストアセスメント
- 9 ライフサイクル的評価
- 10 外部経済効果の評価
- 11 トラブルからの教訓
- 12 ともにつくる農が輝く地域社会

1 バイオマスタウン構想から市町村バイオマス活用推進計画へ

地域でのバイオマス利活用の推進に関し、認識しておくべき政策の動向等を以下に整理した。

(1) バイオマス・ニッポン総合戦略

バイオマス・ニッポン総合戦略¹⁾(2002年12月閣議決定, 2006年3月改訂)は, 様々なバイオマス利活用の取組みの起爆剤となった。

戦略では, 具体的行動計画の1つとして, 地域のバイオマス資源を総合的かつ効果的に利活用するバイオマスタウン構想の策定を市町村等に奨励し, 2010年までに全国で300程度の市町村等がバイオマスの利活用を推進することを目標として設定した。戦略において, バイオマスタウンは, 「域内において, 広く地域の関係者の連携の下, バイオマスの発生から利用までが効率的なプロセスで結ばれた総合的利活用システムが構築され, 安定的かつ適正なバイオマス利活用が行われているか, あるいは今後行われることが見込まれる地域」と定義され, 数値目標としては, 「廃棄物系バイオマスの90%以上, または未利用バイオマスの40%以上の活用」を基準としていた。提出された構想書がこの基準に合致している場合にはホームページで公表した。2011年4月28日時点の公表数は, 318地区である。

(2) 食料・農業・農村基本計画

2010年3月に閣議決定された食料・農業・農村基本計画²⁾では, 基本的な方針の中でバイオマス利用に関して, 気候変動をはじめとする地球環境問題への対応, 6次産業化による活力ある農山漁村の再生が掲げられている。農村の振興という観点では, バイオマスを基軸とする新たな産業の振興と農村における再生可能エネルギーの生産・利用の促進が記されている。

(3) 農林水産研究基本計画

2010年3月に決定された農林水産研究基本計画³⁾では, その重点目標の中で, バイオマス利活用に関連するものとして, 地球温暖化への対応とバイオマスの利活用, 新分野への展開, 地域資源活用が掲げられている。また, 期別達成目標として, 国産バイオ燃料・マテリアル生産技術の開発とバイオマスの地域利用システムの構築という大きな課題が立てられ, 具体的には, ①食料供給と両立できるバイオマスからの燃料生産技術の開発, ②バイオマスの多様な燃料利用技術の開発, ③バイオマスからのマテリアルの開発, ④地域バイオマス利用システム設計・評価手法の開発が示されている。

(4) 行政刷新会議による事業仕分け, 総務省による政策評価

2010年に行政刷新会議による事業仕分けが行われ, バイオマス利活用に関わる多くの事業が廃止あるいは削減とされた。総務省は, バイオマス利活用の政策評価を行い, その結果を2011年2月に公表した⁴⁾。これらは, 税金を投入して実施する価値のある事業を厳選して行うことを求めている。

(5) バイオマス活用推進基本計画

バイオマス活用推進基本法が2009年9月に施行された。今後は, 同法に基づき, 2010年12月に策定されたバイオマス活用推進基本計画がバイオマス利活用の道標になっていく。注目すべきは, バイオマス利活用の施策毎に達成目標とその評価指標が明示されたことで

ある⁵⁾。その1つとして、2020年までに600の市町村バイオマス活用推進計画を策定することを数値目標として設定している。本話題は、この目標への貢献を強く意識している。

2 本格的なバイオマスタウン

バイオマス利活用の推進に当たっては、持続的な地域資源の管理、適切な変換技術（群）の適用、信頼できる運営組織の設立及び維持、再生資源（マテリアルやエネルギー）の確実な需要確保、搬送・貯蔵が重要である。

本格的なバイオマスタウンには、①地域経済の発展を含めて地域活性化につなげる、②循環型社会形成、エネルギーの地産地消に貢献する、③物質・エネルギー収支の面から持続性を成立させる、④生産基盤整備とリンクし、地域環境を保全し地球温暖化を抑制する、⑤創意工夫で成長し続ける、という要素が入っていることが重要と考えられる。

目指すべきバイオマスタウン像は地域によって異なる。筆者が抱く目指すイメージは、「人（組織）、技術、制度、資金をつなげ、資源の地産地消が進む、にぎわいのあるタウン」である（図1）。読者の皆様それぞれが描くバイオマスタウンの姿を是非聞かせて頂きたい。

「人と技術と制度と資金」をつなげて、バイオマスの利活用を進めます。効果を、地域活性化に及ぼせます。バイオマスが健全に利活用されるマチは、人の心と自然が美しくなります。循環型社会の形成に貢献し、環境スタイルで、人の交流を生むバイオマス利活用、それは地域の元気の源です。



**バイオマス利活用で
「子供たちの歓声が響き、にぎわいのあるマチ」
をつくりましょう！**

図1 地域のにぎわいをもたらすバイオマス利活用

3 プロジェクトサイクルマネジメント

バイオマスを持続的に利活用する施策は、図2に示すようなプロジェクトサイクルマネジメント（PCM）を導入することにより、実現可能性の高い計画の策定と事業の進捗状況の管理が可能になる⁶⁷⁾。PDCAと同義の考え方である。1サイクルの時間は主たる再資源化（変換）施設の耐用年数に支配され、7～20年程度の場合が多い。プロジェクトのサイクルは、地域診断、計画策定、事業の実施、評価に区分される。

具体的には、中核事業主体、関係主体、市町村の担当者、内部監査担当者、公募市民および有識者などで構成するバイオマス利活用推進協議会などの場で、適切な地域診断や社会実験を経て計画を策定し、事業実施中はモニタリングにより毎年度点検を行いながら運営する手順が適切である。保守・点検や適期の修繕により施設や機器の長寿命化が図られる。モニタリングや評価にあたっては、間接エネルギーや外部経済の評価を組み入れることが望ましい。バイオマスの利活用には経費（支出）を伴うが、それをできる限り地域内の人・組織への収入にすることが地域経済活性化につながる。

以下の〔4〕～〔11〕では、このPCMに添う形で、それぞれの方法を述べる。

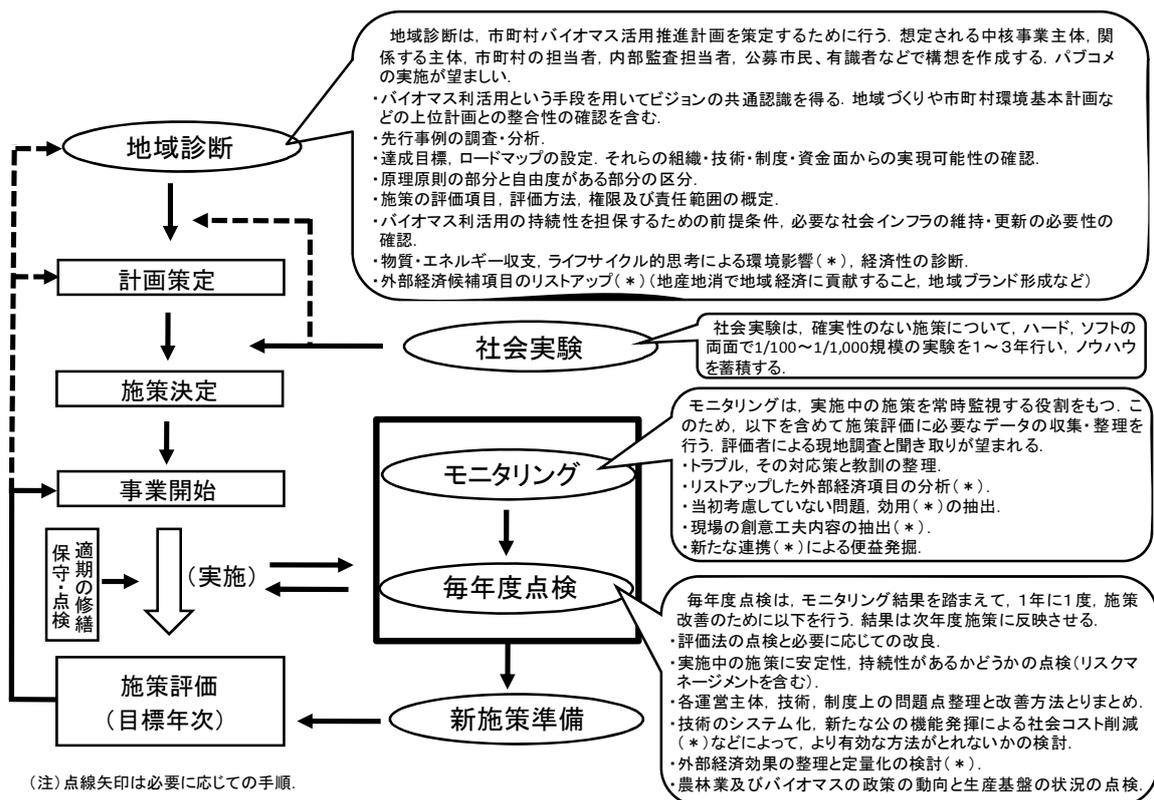


図2 バイオマス利用施策のプロジェクトサイクルマネジメント

4 構想・計画の策定

バイオマス利活用には、次のような側面がある。これらは、それぞれに目的と方法を明確にして推進すべきである。

- ①付加価値のついた商品，機能物質をつくって儲けたり楽しんだりする仕組づくり（生産者・消費者のマッチング，先行利益の取得を含む）
- ②行政が中心となって外部不経済の解消，外部経済の発揮という観点から，公共の利益に資する社会資本の整備の一環として進めるべきもの（国のいう「バイオマスタウン」の概念に一致。本話題は，この部分に焦点を当てている。）
- ③ビジネスとして，国益として，国際公約を守るという観点から進めるべきもの（京都議定書目標達成計画など）

地域の中でバイオマス利活用を進める際には，第1に，地域の知恵と人材を結集し，夢ある将来の地域像を描く市町村バイオマス活用推進計画（バイオマスタウン構想の発展版）の作成を行いたい。構想や計画づくりには，多くの機関が関わることになる。

市町村が中心的役割を果たして市町村バイオマス活用推進計画を策定する方法は，現実的には，①市町村の担当者が情報の収集と分析を踏まえて素案を作り，協議会などの場でブラッシュアップしていく，②中核となり得る事業者の提案を受けて，それを軸に組み立てる，③本格的な市民協働を目指し，丁寧なヒヤリングやワークショップを踏まえる，などが考えられる。市町村の担当者が研修を受けて成果を活用したり，バイオマスタウンアドバイザーなどの力を借りたりする場合もある。計画は，地域の問題解決を重視する場合と，高きビジョンのもと未来の創造を目指す場合があると思われる。バイオマス利活用は地域特性に大きく委ねられ，地域独自の創意工夫や合意形成を図っていくプロセスが大切である。

市町村の立場としては，何らかの税金を使うことになる場合は計画の内容を説明し理解を得る必要がある。税金を使わない場合においても，上位計画，関連計画との整合性をとり，事業推進に効果があること，少なくともマイナスの影響がないことを確認する必要がある。このため，議会の場での議論や住民に対しての広報広聴がなされる。また，本来，住民や事業者から積極的に提案やアイデアを受け，活かすことが望ましい。様々な場で，外部経済効果（波及効果や副次的効果と呼ばれたりする場合もある）についても議論がなされると思われる。同時に，事業推進によるリスクも議論になると思われる。

構想・計画を策定するためには，空間的にまとまりのある地域の中で，バイオマス利活用に係わる，バイオマスの生産（発生），収集・運搬，貯蔵，変換，変換によって生成される再生資源（マテリアル，エネルギー）の貯蔵・輸送，利用，廃棄をトータルにとらえた，「現状把握」と「(複数の) 構想案作成」を行い，それらの物質循環の健全性・持続性，環境への影響，経済性等を評価し，構想を固めていく必要がある。適切な物質・エネルギーフローをつくり上げることと，バイオマス利活用に係わるそれぞれの役割を担う組織をつなぐことが重要である。

基本的には，図3に示す手順となる⁸⁾。①将来の地域像の中に位置づける，②地域の中で何が化石資源を使って製造される資材やエネルギーの代替になるかを見極める，③現状把

握とともに複数の計画案を物質・エネルギー収支、環境、経済性、持続性などの観点から診断しアイデアをスクリーニングする、④適用技術、施設の規模・配置及び運営組織を検討する、などが重要検討事項である。先行利益の取得を目指したビジネス化と地域の中の全体最適確保のバランスをとることが望まれる。表1は、作業シートの例である。

市町村からの事業発注においては、バイオマス変換プラントの建設と運営を一貫して行う競争的なプロポーザル方式が注目され実施事例が出てきている。これにより、相当なコスト削減が可能になる。このためには、的確な事業仕様書を作成し、プロポーザルを読み取る力が必要であり、バイオマス利活用推進協議会の中に、専門部会を設置して進めるのが効果的と思われる。

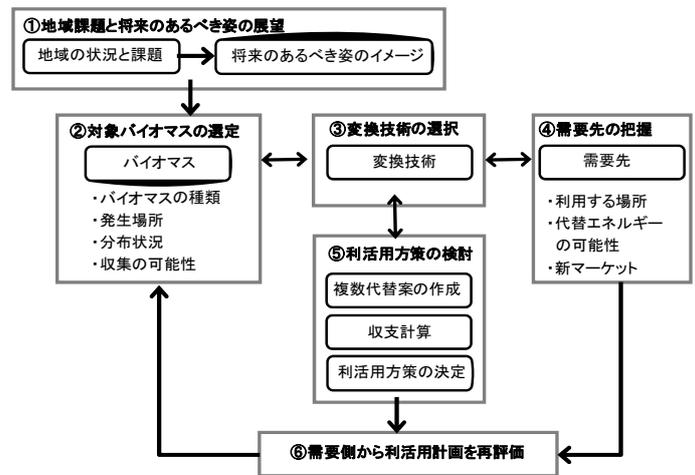


図3 バイオマス利活用計画の作成法

表1 バイオマス利活用検討のための作業シート (例)

| 項目 | 生産 (発生) | 収穫・収集 | 搬送 | 貯蔵 | 変換 (エネルギー・資材) | 貯蔵 (保管) | 搬送 | 利用 (需要) | 処分 | メモ |
|----------------|---------|-------|----|----|------------------|------------|----|------------|----|----|
| 内容 | | | | | | | | | | |
| 配慮事項 | ----- | | | | | | | | | |
| 量・面積 | | | | | | | | | | |
| 担い手 (誰が) | | | | | | | | | | |
| 場所 (どこで) | | | | | | | | | | |
| 収入 (誰から誰へ) | | | | | | | | | | |
| 支出 (誰から誰へ) | | | | | | | | | | |
| 公約資金 (or 外債返済) | | | | | | | | | | |
| 環境影響 | | | | | | | | | | |
| 備考 | | | | | | | | | | |

5 SWOT 分析

SWOT 分析は、事業の導入あるいは展開を検討するに当って、内部要因を強みと弱みに、外部要因を機会と脅威に分けて、冷静に事業の方向性を見出すことを目的とする手法である。SWOT は、Strengths (強み)、Weaknesses (弱み)、Opportunities (機会)、Threats (脅威) の略である。詳細は専門書⁹⁾を参考にして頂きたい。

筆者らは、プロジェクト研究の対象としている都市近郊農畜産業地域において豚ふん尿が水処理されている現状をメタン発酵に切り替えることについて SWOT 分析を行った。結果を表 2 に示す⁷⁾。本地域がメタン発酵導入に優位な点としては、住みやすく様々な農作物の生産が可能であること、農作物の市場との距離が近いこと、若い農業経営者が多くチャレンジ精神が旺盛であること、専門性を要する技術を使いこなす人材を確保しやすいことなどがあげられる。メタン発酵により生成される消化液の農地利用は、主要検討事項である。消化液利用の弱みを克服し、強みを活かす方向性としては、創意工夫を加えて消化液の品質向上、搬送・散布に関わるコストの低減を図りつつ、土壌診断技術をベースに堆肥利用と連動させ、適正施肥による環境保全への貢献を含めた消化液利用農作物のブランド化を促進することが有効と考えられる。周到に計画が練られると、実施できる可能性が高い。

表 2 SWOT 分析による豚ふん尿のメタン発酵導入の評価

| | | 外部要因 | |
|--------------|----|---|--|
| | | 機会 | 脅威 |
| 内部 要 因 | 強み | <ul style="list-style-type: none"> ・放流水質基準の改訂 ・再生可能エネルギーへの注目 ・周年栽培可能な畑地の存在 ・第2次、第3次産業との近接 | <ul style="list-style-type: none"> ・家畜排せつ物の地域内余剰 ・高収入原料の争奪 ・不安定なエネルギー，農業政策 ・高レベルの新技术との競合 |
| | 弱み | <ul style="list-style-type: none"> ・若い耕畜専業農家集団 ・土壌診断技術保有 ・消費者とのつながり | <ul style="list-style-type: none"> ・適正規模の再検討 ・ネットワークの再構築 ・広域の強化 |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ・農畜産物の品質向上，ブランド化 ・堆肥と消化液の組み合わせ促進 ・地域（経済）活性化 | <ul style="list-style-type: none"> ・[撤退] ・新技术システムへの転換 |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ・[強みを活かす] ・各種補助制度の活用 ・シルバー人材活用，若手人材養成 ・低コスト化，省エネ化 | |

6 地域バイオマス利活用診断ツールの活用

バイオマス利活用は、地域の自然条件、社会基盤、産業社会構造を色濃く反映したものになる。原料と再生資源の種類にもよるが、搬送や地縁・生活圏の問題から、概ね 10～30 km以内の空間規模で議論が進むことが多いと思われる。どのような構想や計画の提案についても、現状を正しく認識した上で、効果や正負の影響を早い段階で分析する必要がある。筆者は、この作業を「地域診断」と呼んでいる。地域診断の目的は、バイオマス利活用が持続的で健全であることを見極め、何か深刻な問題があれば別の方法の検討に切りかえることにある。このため、現状の分析、複数案の比較、対象地域の範囲の検討、再資源化（変換）方法や組合せの検討、再資源化（変換）施設の規模・配置及び機能分担の検討、需要と供給の量及び時空間バランスの確認などを行う。

再生資源需要量のポテンシャルと実際に利用できる量には大きなギャップがある場合が多いので、再生資源の需要量予測は、慎重に行う必要がある。また、地域内で強引に循環を進めるより、広域連携や一部の原料や生成物を廃棄処分の方が望ましい場合があることを念頭におく必要がある。

筆者らは、複数のプロジェクト研究を経て、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（バイオマス利用モデルの利用・実証・評価）」（2007～2011 年度）の中で、物質循環の診断ソフトである「地域バイオマス利活用診断ツール」を開発した¹⁰⁾（図4）。対象とする空間レベルは、実際に資源循環が機能する場であると考えられる1～十市町村からなる任意の空間である。対象とするバイオマスは、家畜糞尿、農作物残さ、資源作物、食品加工・流通残さ、林・水産廃棄物、生ごみ、生活系廃水汚泥など有機性資源全般である。対象物質・要素は、N、P、K、C及び重量（生）である。本ツールは、バイオマスタウン構築のために活用できる。

東京大学生産技術研究所は、「バイオマスタウン設計・評価支援ツール」を開発している¹¹⁾。上記の「地域バイオマス利活用診断ツール」と併用することにより、地域レベルでより望ましいバイオマス利活用法を発見できる。

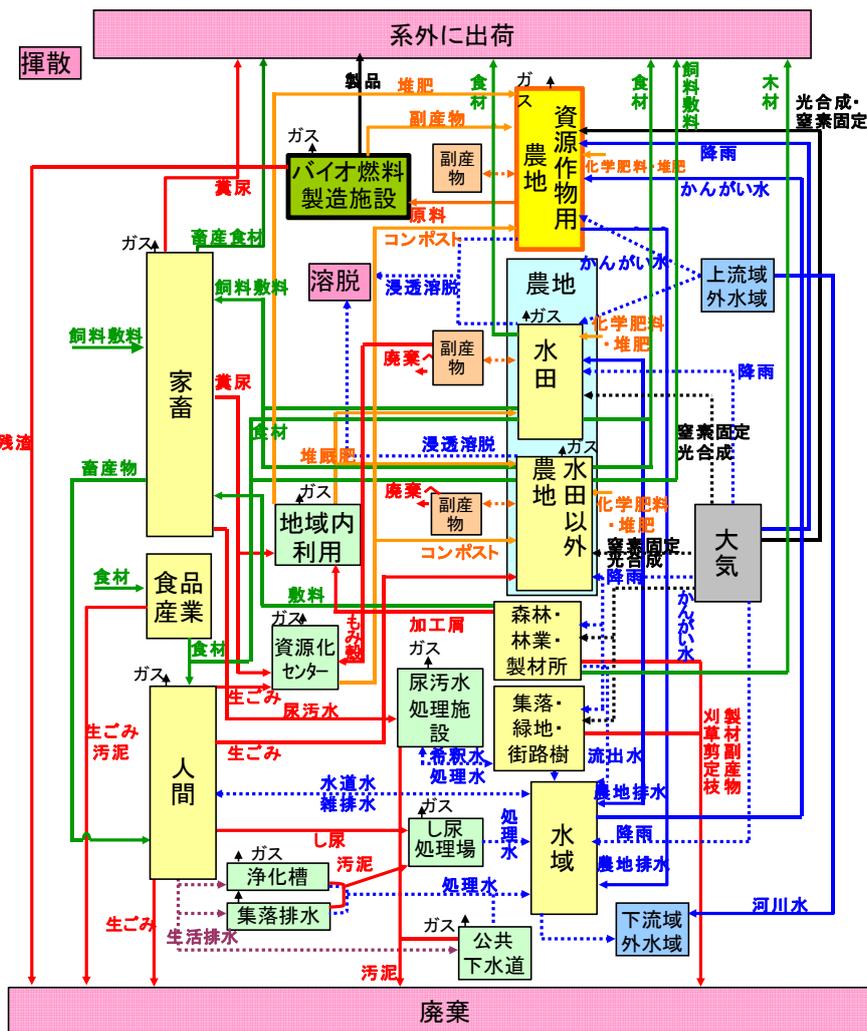


図4 地域バイオマス利活用診断ツールの基本モデル

7 評価指標の設定と進捗度管理

バイオマス利活用施策の実施は、物質収支、エネルギー収支、環境への影響、安全性、経済性、運営組織からみた妥当性、地域の社会・経済への波及効果などから総合的に判断する必要がある。持続性は根本的な評価指標である。経済性は、建設費、減価償却費、維持管理費を全て含むライフサイクルコストで評価すべきである。近年では、さらに環境負荷回収コストを加えたフルコストで評価すべきという考え方も出てきている。

一方、物量で表現される指標以外に、人の価値観に関わり定量化しづらいが、本質的に大切なものが存在する。地域の景観形成・イメージアップ、地域への愛着・誇り・自信の醸成、自然愛・人間愛の醸成、活動への参画による達成感・満足感の実感などである。バイオマス利活用により、公害や感染症の発生を未然に防止し、健康予防に役立つとすれば、それは、人の生命に係わる視点となる。

バイオマス利活用の目的は地域によって異なるため、表3に示すような各々に適合した施策による効果が把握できる指標とその算出方法を設定する必要がある⁶⁾⁷⁾。これに事業開始から目標年次までの達成目標を入れることによりロードマップが具体化する。指標の選択と重み付けは地域の主体的な取組みを促進する観点から、毎年度点検において柔軟に改善を図るべきである。達成目標は、技術革新、資金調達、国レベルの制度・規制の動向を踏まえた設定となり、外部要因、前提条件を付記することにより目標に対する実績の評価に説明性、納得性が高まる。

施策評価の中で、何を外部経済効果として扱うかは、評価のシステム境界の設定に委ねられる。表3では最下欄に外部経済効果の内容を例示したが、それより上の欄の内容も外部経済効果として扱うべき場合もある。バイオマス利活用の推進による地域経済の発展を考える場合には、バイオマス利活用施設における経営だけでなくバイオマス利活用システム全体の各工程で、地域住民・企業のかかわり、キャッシュフロー、地域としての収入増（支出減）を評価していく必要がある。環境保全の側面では、現状の地域内活動が法律違反をしていなくても環境に大きな負荷を与えるものが、バイオマス利活用を通して改善されるならば積極的に評価していくべきと考えられる。農山漁村活性化プロジェクト支援交付金費用対効果算定要領¹²⁾には、参考となる方法論が示されている。

進捗度管理に当ってはプロジェクトデザインマトリックス（PDM）の適用が有効である¹³⁾。PDMの構造を表4に示す。PDMの作成に際しては、①地域の「どのような問題」を「どのように解決」しようとしているのかが明確で、②それについて関係者全員が共通理解を持ち、③バイオマス利活用の活動内容に合意している、ことが前提となる。もっとも、現実にはこれらの条件を整える間もなく事業が「走り出す」ことも多い。このような状況であっても、関係者が協力してPDMを作成することを通じて、課題に対する共通理解が深まることが期待できる。PDM作成のメリットは以下のとおりである。

- ① 各課題間の関係が明瞭になり事業の全体像が容易に把握できる。
- ② 関係者の位置づけや役割が明瞭になる。
- ③ 関係者間のコミュニケーションが促進される。
- ④ あるメンバーが途中で交代しても事業の継続性が担保される。

- ⑤ 事業の透明性が確保され説明責任が果たせる。
- ⑥ 事業を成功に導くための外部条件が明瞭になる。
- ⑦ 目標達成までの道筋と条件が明瞭に整理されているので、事業計画を立てる段階で複数の代替案を検討していれば、計画の修正も容易になる。

バイオマス利活用の目的は地域によって異なり、市町村バイオマス活用推進計画の策定及び運営の評価を画一的な方法で行うべきではない。国は標準的な枠組や例を提示し、それぞれの地域でこれらを参考に独自の方法を生み出していくべきである。現時点で提示されているマニュアル骨子案¹⁴⁾は、進化の余地がある。マニュアル案は改訂作業が進められている。

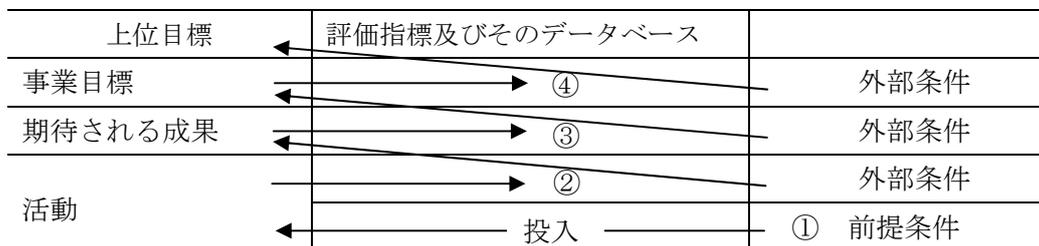
表3 地域バイオマス利活用の施策評価指標と算出方法

| 指標 | 内容 | 算出の方法等 | 評価の視点 ^(*) | | | |
|-----------|--|---|----------------------|---|---|---|
| | | | ① | ② | ③ | ④ |
| バイオマス利用率 | 地域で発生(生産)する原料バイオマス毎の賦存量に対する利用率(重量, C, N, P) | 市町村バイオマス活用推進計画の直接的なモニタリング。最終廃棄処分の削減量の計測。ツール ^(*) の活用。 | | A | | |
| 化石資源代替量 | バイオマス由来のマテリアル・エネルギー利用による化石資源使用の削減量 | 地域内での利用量を積算し、代替化石資源量を熱量換算。ツール ^(*) の活用。 | | A | B | |
| 地産地消率 | 地域で発生(生産)する原料バイオマスを変換して地域内で利用する率 | 上記2指標を当該地域に限定して適用。ツール ^(*) の活用。 | C | A | | |
| 新資源創出量 | 食料生産と両立できる方法での資源作物等の生産によるマテリアル及びエネルギーの創出量 | ナタネ、ススキ、早生樹、微細藻類などの栽培・培養により産み出される利用可能な資源量を算出。 | C | | A | B |
| GHG 排出削減量 | 新たなバイオマス利活用の取組みによる削減量 | LCA。バイオマス由来マテリアル利用、省エネ、節エネ、吸収・貯留源の増進による効果もカウント。 | C | | A | |
| 水質負荷削減量 | バイオマス変換施設・土地からの地表排水及び地下水排水の水質負荷量 | 地域内での窒素収支を比較。ツール ^(*) の活用。 | B | B | | |
| 地域経済効果 | 当該施策により地域にもたらされる収入、雇用の維持・創出、新産業の創出、業務内容の変更 | 地域産業関連表による分析。イベント開催による経済効果算出方法を参考にする。 | A | | | B |
| 外部経済効果 | コミュニティ活性化による地域づくり、農林業の発展、6次産業化への貢献、耕作放棄地対策、鳥獣害防止対策、健康、食育、福祉などの相乗効果 | 仮想評価法、経済環境統合勘定、デルファイ法など。定量化が困難な項目もリストアップする。外部不経済解消効果を含める。 | A | | | B |

(*) 地域バイオマス利活用診断ツール、バイオマスタウン設計・評価支援ツール。第150回農林交流センターワークショップ(2010年10月)でβ版が公開されている。

(**) ①: 地域活性化, ②: 循環型社会形成, ③: 温暖化対策, ④: 新産業創出。視点の重みは、A>B>Cの順。

表4 PDMの論理



8 トータルコストアセスメント

筆者らが進めているメタン発酵を軸とするバイオマス利活用の実証研究の取組み¹⁵⁾について、トータルコストアセスメント (TCA) がワークショップ形式で開催された¹⁶⁾。TCA は、バイオマス利活用の全プロセス、関係者及び影響を受ける社会を総合的に捉えて、どこでどのようなコストと便益が生じるかを確率の考え方も用いて算出する方法である。このアセスメントの中には、プラント建設費、プラントの減価償却費、原料や製品の価格、様々なリスクなどが幅をもった値または確率として入力されており、プラントの運転年数と収益の関係が理解できるようになっている。このような分析は、ビジネスの成立性を検討する上で大変重要である。

筆者らは、情報や意見を提出する立場であった。物質・エネルギー収支、キャッシュフロー以外に求められた興味深い情報には以下があった。設問の多くは答えにくいものであったが、数値に幅を持たせるとともに、経験・感覚的にもっともらしい数値を議論を踏まえながら導き出すという形がとられた。

- ① 事業実施に伴うリスクの種類と発生確率
- ② 主体 (プラント経営者, 耕種農家, 畜産農家, コミュニティー) 別にみた事業の展望
- ③ 環境負荷物質排出に伴う社会コスト

提供した情報に基づき、次のような解析結果がまとめられた。いずれも平均, 最小, 最大推定確率毎 (例えば, 5, 25, 75, 95%) の推定値が示された。

- ① バイオマスプラントの正味現在価値 (NPV) の経年変化
- ② バイオマスプラント建設にかかわる補助率の影響
- ③ バイオマスプラント運転 20 年後における主体毎の NPV

これらは、施策実施の判断材料になると思われる。また、地域産業やコミュニティーへのプラスの影響は外部経済と解せるものも含まれると思われる。

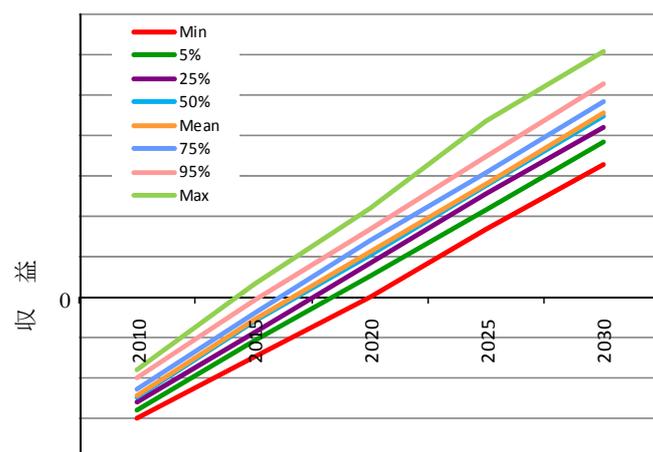


図5 トータルコストアセスメント (TCA) の結果 (イメージ)

9 ライフサイクル的評価

バイオマス利活用の施策の評価は、原料バイオマスの発生（生産）・収集・搬送・貯蔵、エネルギーや資材への変換、変換により生成したエネルギーや資材の貯蔵、利用場所への搬送及び利用、廃棄の全工程を対象に、コスト、化石エネルギー消費量、環境負荷量をライフサイクル的に行うことが望まれる¹⁷⁾。

バイオマス利活用の全体システムは図6のように整理される。ライフサイクルでのコストと化石エネルギー使用量の削減は重要課題である。

筆者らが実施中のプロジェクト研究では、「バイオマス利活用システム全体のライフサイクルでのコスト（LCC：Life Cycle Cost）、化石エネルギー消費量（LCFEC：Life Cycle Fossil Energy Consumption）をそれぞれ20%以上削減できるシナリオ（モデル）を提示すること」を研究開発目標としている。バイオマス利活用を積極的に進めることによるLCCとLCFECの削減のイメージを図7に示す。比較対象は、それぞれの地域でのバイオマス利活用の現状、事業が始まっている地域においては事業開始前の状況である。上記プロジェクト研究の開発目標は、バイオマス利活用システム全体の総合耐用年数 Δt の期間において、現状の方法によるLCC、LCFEC（ L ）に比べて、これらが ΔL 削減（ $\Delta L/L > 0.2$ ）できるシナリオ（モデル）を提示するということである。図7において、「現状」のトレンドはわかりやすくするために直線で表わしている。 t_0 で計画が現状を上回るのは、施設建設の初期投資による。現状の変換施設を新しい変換施設にする場合には、前者の廃棄も含まれる。その後、計画が現状を下回るのは新技術により維持管理時のコスト及び化石エネルギー消費量が低減されるためである。また、 Δt_1 と Δt_2 期間と比べると、さらなる新技術の開発により $\Delta L_2 > \Delta L_1 \times 2.0$ となる。

バイオマス利活用システムのLCCとLCFECの計算に当たっては、まず、前提条件とシステム境界の設定を行う必要がある。コストやエネルギー消費は、「変換」に係る部分を中心となるが、「搬送」に係わる部分も大きい。バイオマス変換プラント（以下、「プラント」と記す）の性能、総合耐用年数が大きな影響を及ぼす。許容される環境負荷量の上限や再生資源の利用を、現行法規の枠内で考えるか、あるべき環境像、資源循環像をベースに考えるかでも計算値が異なってくる。マンパワーの計算法、求められる再生資源の製造効率（原料からの回収率や時間）、プラントの規模・配置の影響も大きい。対象地域外とのモノのやりとりも多い。計算法は確立されていないので、全体像を見失わないようにしつつ一定の取舍選択が必要である。

筆者らは、千葉県香取市を対象に5つのバイオマス利活用のシナリオを設定してライフサイクルでのコストと化石エネルギーについて試算した（図8、図9）¹⁸⁾。バイオマス利活用の全プロセスをライフサイクルで捉えた解析結果である。解析条件の妥当性やデータの信頼度は今後も精査していく予定であるが、このような結果は、バイオマス利活用施策の選定に重要な役割を果たす。詳細は、この方法を市町村の担当者が使える形にして近々公表を予定している。

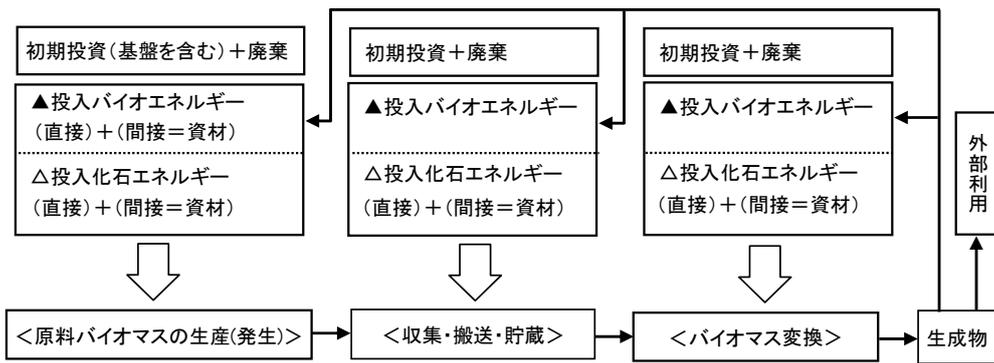


図6 バイオマス利活用の全体構成

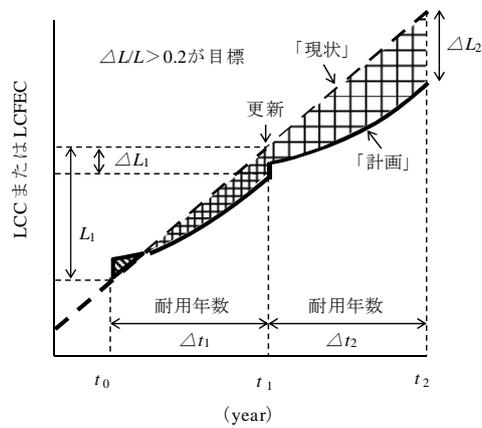


図7 LCCとLCFEC削減のイメージ

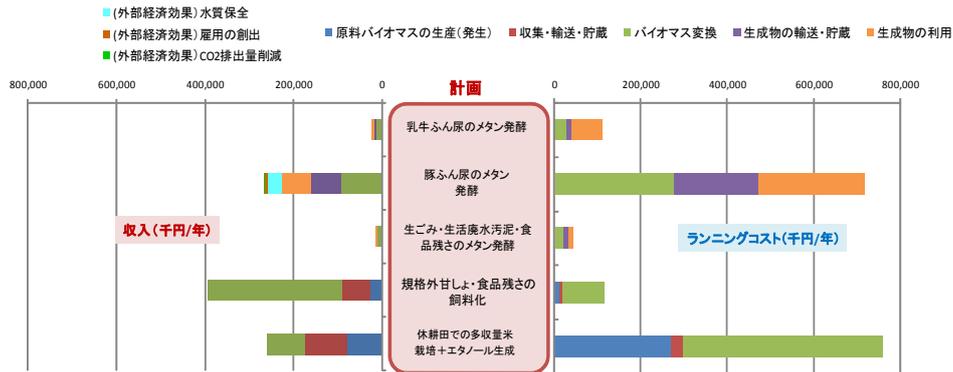
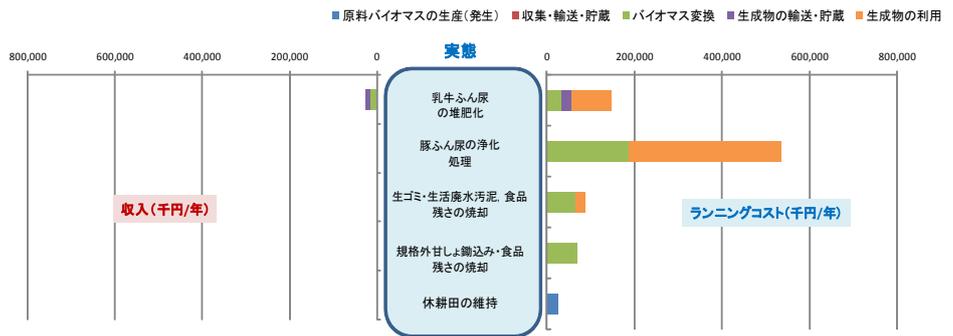


図8 ライフサイクルでの収入と支出

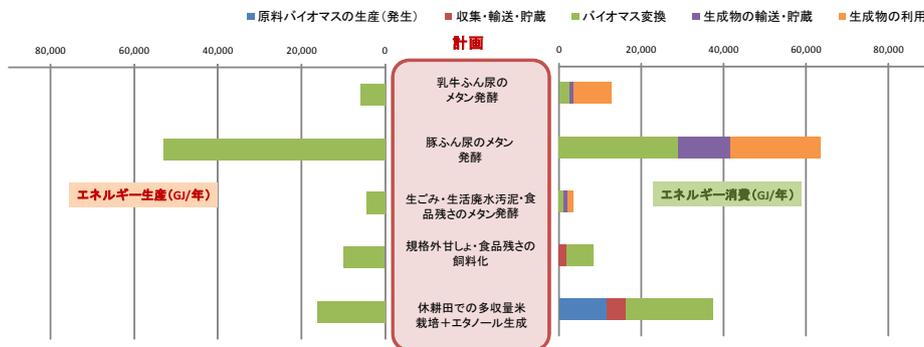
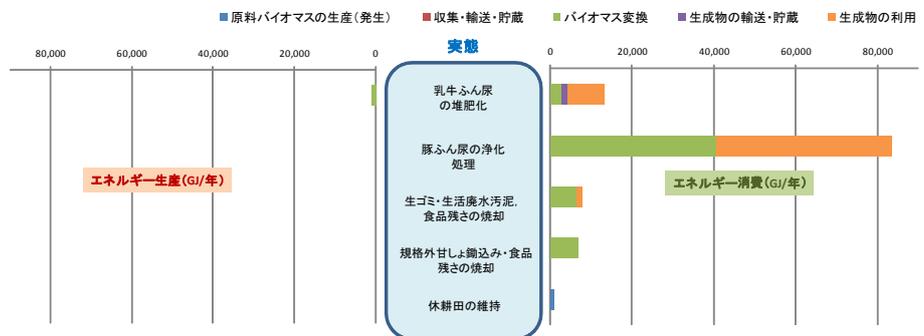


図10 ライフサイクルでのエネルギー生産とエネルギー消費

10 外部経済効果の評価

農林水産関係用語集によると、「ある経済主体の経済活動が、市場を介さずに、他の経済主体の経済活動に及ぼす影響を外部効果といい、それがよい効果である場合は外部経済といい、悪い効果である場合は外部不経済と呼ぶ」とある。バイオマス利活用の評価項目の中に外部経済効果を含めるべきかどうか、そもそも何を外部経済として認識するかについては議論のあるところである。これまでに、環境・経済統合勘定などを含め、様々な方法で評価が行われてきた^{19)~24)}。ここでは、産業活動に伴って生じるキャッシュフローでは直接的に表現できない環境保全、にぎわいの創出、参画感や愛着心の向上、まちの好感度アップなどの効果を外部経済と捉える。外部経済効果の評価方法や評価結果の用い方についての議論を総合的に解釈すると、地域（経済）活性化や環境の改善に対する効果を把握するという点での価値は大きいと言える。一方、バイオマス利活用施設の経営などバイオマス利活用システムを構成する個々の主体の経営という観点からは、外部経済効果を利益としてカウントするのは危険と言える。

バイオマス利活用がもたらす潜在的な外部経済効果の発掘・評価は、図2の*印部分に相当する。外部経済の発揮や外部不経済の解消の効果を適切に評価することは、ステークホルダーの意欲を高め、バイオマス利活用推進の駆動力になる。また、市町村が主体的に計画策定を行い、地域資源の利用における全体最適を図るという意義の正当化につながると考えられる。

地域活性化は、外部経済の大きな要素である。ブレインストーミング、各種イベントで発掘されたアイデア及び筆者らのこれまでの取組みによる知見を入れ込んだバイオマス利活用による地域活性化のための構図を図10のように作成した⁷⁾。様々な活動への多様な主体の参画が要点と言える。

外部経済効果を説明する例を以下に示す。

(1) 社会コストの軽減効果

各種の活動が法令遵守で行われても環境へ負荷を与えている場合が多い。例えば、水質環境の保全において事業者課せられる排水基準と公共用水域に設定されている環境基準の濃度には大きな開きがある。その間（はざま）の水質浄化は公的機関が担うことになりコストが生じる。水処理が消化液利用に置き換わる、焼却処分がエネルギー生産に置き換わるとなれば、公的負担（社会コスト）を抑えられる。

バイオマス利活用を通しての省エネや創エネの推進は化石資源の枯渇に対応する取組になる。また、GHG排出量の削減に寄与することが期待できる。食とエネルギーの地産地消の推進は、セキュリティの向上にも貢献する。

(2) 地域経済活性化効果

バイオマス利活用の推進は、その仕組み方により、地域のある主体の支出が、地域の別の主体の収入になる構造をつくり出すことができる。異業種交流による産業連関の拡大、新産業創出である。これにより、雇用の拡大、定住人口の確保、税収の増加が期待される。

取組の内容によっては、主産業へ付加価値をもたらすその発展へ寄与するとともに、耕作放棄地対策、鳥獣害防止対策、健康・食育・福祉などの増進など、他案件との相乗効果

が期待される。バイオマスを含む再生可能エネルギーが高い価格で安定して買い取られる制度ができれば、経済的インセンティブが増す。

(3) まちの好感度アップと地域への愛着心の醸成

バイオマス利活用は、時代の要請にマッチした取組である。これに住民あるいは事業者として参画、体現することにより、達成感・満足感を享受できる。時には、外部からの評判で良さに気づく。取組が成長していることの実感は、まちへの愛着心や誇りを醸成する。

バイオマス利活用は手段であるが、これを契機としたコミュニティ活性化による地域づくりに発展させやすい分野である。環境行動の社会心理が好循環を生み出す。住民や事業者による「新たな公」の力の発揮が期待され、子供たちやシニア世代の活躍が組み込まれると、地域に希望をもたらす。

外部経済効果の項目が、市町村バイオマス活用推進計画策定の過程でリストアップされ検討されることは、後々の事業推進を円滑に進めることにつながる。効果の認識は、バイオマス利活用に対する関心、支持を高める。また、バイオマス利活用の取組に要する経費の一部を公的セクターから支出することを容認する理由付けになる。さらに、これらのバックアップにより使命感を持てる事業推進が可能になる。

地域づくりの考え方として打ち出される「学ぶ、つながる、つくり出す」というコンセプトに当てはめると、「外部経済効果を認識する、関係主体が集い連携する、事業を推進しよい効果を地域にもたらす」となる。バイオマス利活用に関する提案、マッチングの場が設定され、協働の機会と出番がつくられると、当事者意識が高まる。当事者意識は、生ごみの分別など市民に期待される役割の遂行に対し、精神的インセンティブが増す。バイオマス利活用は、一度決めた計画を一定期間同じように進めるというより、民間ビジネスとして随時計画を見直し柔軟に進めるという性格が強いため、新たな連携や新技術の導入が新たな外部経済効果を生み出す。市町村は、外部経済効果がより多く発揮されるように誘導すべきと思われる。

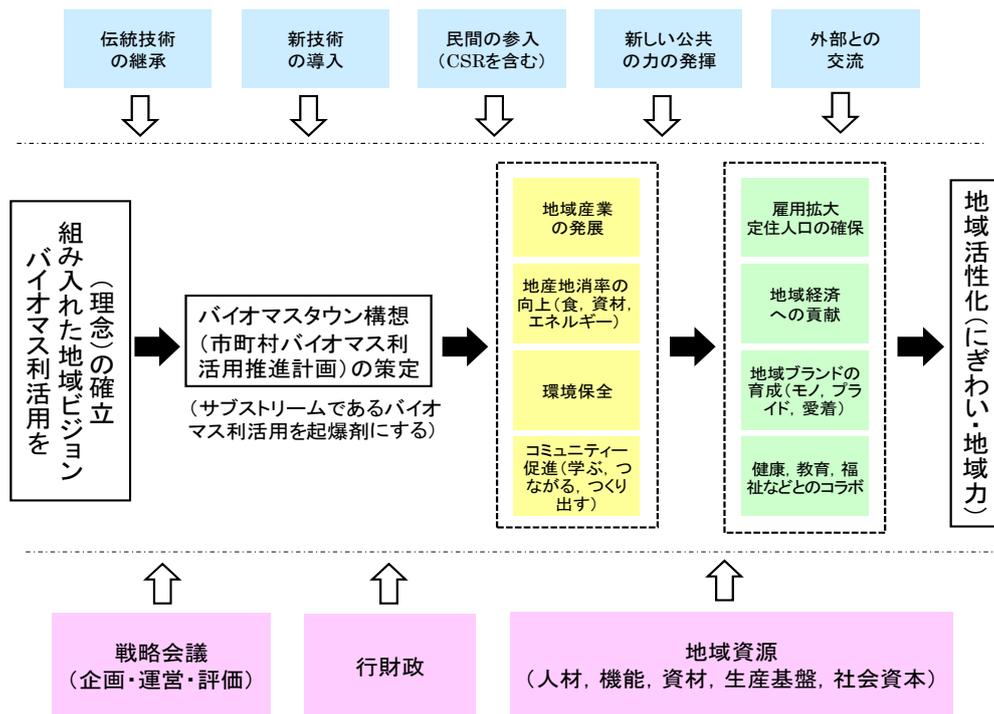


図 10 バイオマス利活用による地域活性化の図式

11 トラブルからの教訓

バイオマス利活用の事業開始後は、図2に示すように、モニタリングと毎年点検により事業の方法を改善していくことが望まれる。バイオマス利活用施設で起こりうるトラブルを予見し、未然に防ぐことができれば、施設を安定して運転することができる。トラブルからの教訓の蓄積である。願わくは図2に示す社会実験の段階で教訓を洗い出したものである。

施設におけるトラブル事例の報告は、あまり見あたらない。事例を積み上げていく必要がある。筆者らは、メタン発酵（原料投入量5 t/d）を中核技術とするバイオマス利活用施設である山田バイオマスプラント（メタン発酵、メタン精製、消化液固液分離、炭化等の施設・設備から構成）の運転開始から約4年間に起きたトラブル（ここでは、メタン発酵プラント内で起こる、プラントの安定的な運転に支障を与える出来事と定義する）を解析し、安定運転を実現するための情報として整理した²⁵⁾。この整理は、現在も継続中である。メタン発酵プラントの運転管理者、メタン発酵の導入を検討している地方自治体の担当者、バイオマス利活用を専門とする研究者にとって参考となる情報である。各プラントにおいてトラブルリストの作成することにより、トラブル防止が可能となり、プラントの安定的な運転に寄与できる。情報は次のように要約される。

- ① 山田バイオマスプラントの約4年間に発生した28のトラブルは、表5の用に整理される。それぞれについて、「日時」、「事象・原因」、「対策とその結果」、「教訓」等を記している（表6）。
- ② 運転開始当初は、メタン発酵の原料である乳牛ふん尿に想定以上の割合のオガクズ（敷料として利用されているもの）が混入していたことによる脱水機等の詰まり等のトラブルが発生した。同じ畜種のふん尿でも、飼養形態によって排出されるふん尿の性状が異なることを認識してプラントの設計をすべきことが示唆される。
- ③ 2005年の冬には凍結により管路が破裂、流量計が破損するなどのトラブルが見られ、管路に保温チューブをまく、クーリングタワーに常時通水する等の凍結防止対策を行った。山田バイオマスプラントが立地する千葉県は温暖な気候であると想定していたため、低温対策についてあまり考慮していなかったが、プラントが窪地に立地しているため、周囲より低温になりやすく、上記のようなトラブルが起きた。気温等の気象条件は、周辺の気象観測データだけではなく、微地形等を考慮に入れた検討が必要であることが示唆される。
- ④ 脱硫剤の交換が遅れたため、脱硫塔の能力破過が起こり、脱硫塔を通過したバイオガス中の硫化水素濃度が上昇した。さらに、その対処が遅れ、約2カ月間、硫化水素濃度の高いバイオガスが下流側に流れ、メタン精製装置（PSA）等の機器が不調となった。硫化水素は、機器に対して重大なダメージを与えるため、脱硫剤の消耗度を予測し、脱硫剤は早めに交換する必要がある。
- ⑤ 運転開始後2年を経過した頃から部品の消耗や長期運転による影響が原因とみられるトラブルが急激に増加した。そのことを見越し、交換部品の用意等の対応をとっておくことが必要である。

表5 山田バイオマスプラントで起きたトラブル一覧表

| 年 | トラブルの原因(分類) | 件名 |
|----|------------------|---------------------------------|
| 1 | (乳牛ふん尿に含まれる)オガクズ | 設計値と比較してバイオガス発生量が少ない |
| 2 | (乳牛ふん尿に含まれる)オガクズ | 夾雑物搬出量が多い |
| 3 | (乳牛ふん尿に含まれる)オガクズ | 夾雑物脱水機の詰まり |
| 4 | (乳牛ふん尿に含まれる)オガクズ | 消化液オーバーフロー管の詰まり |
| 5 | その他 | 消化液貯留槽満杯 |
| 6 | 凍結(気象) | ライン凍結, 配管の破損 |
| 7 | 凍結(気象) | バイオガス流量計故障 |
| 8 | 凍結(気象) | バイオガス配管の凍結による水封水の吸引 |
| 9 | その他 | メタン濃度計の不良 |
| 10 | その他 | うじ虫(ハナアブの幼虫)の発生(2007, 2009にも発生) |
| 11 | その他 | 配管の閉塞 |
| 12 | 硫化水素 | 脱硫塔の能力破過の見過ごし |
| 13 | その他 | メタンガス貯留タンクが満杯 |
| 14 | 部品の消耗・長期運転の影響 | 加温ヒーターのショートによる部分停電発生 |
| 15 | 部品の消耗・長期運転の影響 | フレアスタックが点火せず |
| 16 | 部品の消耗・長期運転の影響 | PSA装置の真空ポンプのダイヤフラムの破損(1回目) |
| 17 | 部品の消耗・長期運転の影響 | コンベアローラー摩耗 |
| 18 | 部品の消耗・長期運転の影響 | 夾雑物脱水機の不調 |
| 19 | 部品の消耗・長期運転の影響 | 受入ピットのスノコの腐食 |
| 20 | 部品の消耗・長期運転の影響 | PSA装置での空気作動弁の不調 |
| 21 | 部品の消耗・長期運転の影響 | 脱硫塔内のパンチングメタルの腐食 |
| 22 | 部品の消耗・長期運転の影響 | PSA装置の真空ポンプのダイヤフラムの破損(2回目) |
| 23 | 部品の消耗・長期運転の影響 | メタンガス充填設備のプースターの不調 |
| 24 | 部品の消耗・長期運転の影響 | 受入ピット底部にたまった沈殿物による夾雑物脱水機の不調 |
| 25 | 部品の消耗・長期運転の影響 | 受入ピットへの原料以外のものの混入 |
| 26 | 硫化水素 | PSA装置でのメタン収率の低下 |
| 27 | 硫化水素 | 製品ガス流量計の不調 |
| 28 | その他 | 脱硫塔パッキン不良 |

※ 2005年7月から運転を開始した。本表は、2005年7月から2009年7月までに発生したトラブルを示す。

表6 トラブルリスト(例)

| 事例番号 | 25 | 日時 | 2009.3 | 分類 | 部品の消耗・長期運転の影響 |
|---------|---|----|--|----|---------------|
| 件名 | 受入ピットへの原料以外のものの混入 | | | | |
| 事象・原因 | 原料受入ピットの清掃を行った結果、原料以外の異物(手袋、石、釘、工具等)が見つかった。 | | | | |
| 対策とその結果 | <ul style="list-style-type: none"> 原料供給者に原料の管理の徹底を依頼する。 定期的な清掃が必要。 | | | | |
| 教訓 | <ul style="list-style-type: none"> 原料供給者に原料の管理の徹底を依頼する。 一方、ある程度の異物混入はやむをえないので、ピットの構造で異物を分離できるようにし、機器への致命的なダメージを避ける。 | | | | |
| 備考 | 受入ピットは原料に混入する異物を分離する役割を果たしている。 | | | | |
| 写真 | 左：受入ピット清掃の様子、 右：受入ピットの底から出てきた異物 (石、釘等) | |  | | |

12 ともにつくる農が輝く地域社会

バイオマス活用推進基本計画の基本的な方針の1つに「地域の主体的な取組の促進」が掲げられている。バイオマス利活用が目指すべきことは、地域資源²⁶⁾をフルに活用した農業活動により、農村地域がエネルギーの地産地消を推進し、多面的機能を発揮しつつ食料自給力を高めることである。

バイオマス利活用は、目指すべき我が国の農業像、農村像を再考する機会になる。バイオマス利活用は、従来の食料・木材等の生産という枠を超えて、農村地域の活性化、雇用確保、休耕田や耕作放棄地の再生に役立ち、農林業の新たな領域の開拓をもたらす。グリーンバンクとしての土地活用、コントラクター方式の導入等、新しい営農体系を取り入れての取り組みが望まれる。いつでも食料生産への切り替えが可能な資源作物の栽培体系は、社会資本としての生産基盤を維持・保全し、農村に人の営みを成立させる手段の1つになり得ると思われる。わが国においては、資源作物の中でも多収糧米の栽培を精力的に進めるべきと思われる。それも、経験に裏づけされた農業技術が継承できるうちにある。地域資源をフル活用したバイオマスタウンづくりは、一定の収入と達成感・満足感の共有による賑わいをもたらす農村復興へのプロセスでもある。

バイオマス利活用に係わる施策や活動が、地域活性化、心の豊かさ、時間のゆとりの確保、健康増進につながり、循環型社会の形成に貢献することを祈る。

本話題の最後に、Seneca21stの訪問者の皆様に聞いて頂きたい歌声がある。グーグル等でインターネット検索すると、さわやかな少年の声がお耳に届くと思う。これでパワーを得て皆様が何らかの行動を起こして頂ければ幸いである。

<コラム> バイオマスの歌

バイオマスの利活用が全国で進むようにとの想いをこめて、「バイオマスの歌」を作詞した。明るく楽しく歌い、2節の中の「マチ」には、読者それぞれの故郷や住んでいる市町村・地域の名前を入れて頂ければと思う。

ゴーゴー バイオマス

《せりふ》

知ってるかい、ぼくらバイオマスのこと。

山の木、植物、動物、生ゴミ、ふん尿、みーんなバイオマス。

光合成で生まれて、エネルギーやモノに変身するよ。

そして、みんなに使われて循環するんだ。

さあ、みんなで、ゴー、ゴー、バイオマス！

《1節》

バイ、バイ、バイ、バイ、バイオマス

バイオマスはマジシャン

引継ぐわれらの地球のために
光と水がサポーター
CO₂吸って植物育つ
いえーい、光合成
ワァオー、ストップ温暖化
ゴー、ゴー、ゴー、ゴー、バイオマス
未来を変えるバイオマス
《2節》
バイ、バイ、バイ、バイ、バイオマス
バイオマスはドリーマー
輝くわれらの「マチ」のために
科学と社会がサポーター
技術使って資源をつくる
いえーい、バイオエネルギー
ワァオー、環境スタイル
ゴー、ゴー、ゴー、ゴー、バイオマス
未来を夢見るバイオマス
《3節》
バイ、バイ、バイ、バイ、バイオマス
バイオマスはスマイルズ
素敵なわれらの暮らしのために
夢と絆がサポーター
大事に使ってリサイクル
いえーい、もったいない
ワァオー、マンパワー
ゴー、ゴー、ゴー、ゴー、バイオマス
未来を拓くバイオマス

引用文献

- 1) バイオマス・ニッポン総合戦略：
<http://www.maff.go.jp/j/biomass/>
- 2) 農林水産省：食料・農業・農村基本計画
http://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/index.html
- 3) 農林水産技術会議事務局：農林水産研究基本計画
<http://www.s.affrc.go.jp/docs/kihonkeikaku/top.htm>
- 4) 総務省：バイオマスの利活用に関する政策評価書，2011
http://www.soumu.go.jp/main_content/000102165.pdf
- 5) バイオマス活用推進基本計画
http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_kihonho/pdf/keikaku.pdf
- 6) 柚山義人・清水夏樹・山岡 賢・中村真人・折立文子：地域バイオマス利活用施策のプロジェクトサイクルマネジメントと評価指標，平成 22 年度農研機構農村工学研究所研究成果情報，pp.15-16，2011
- 7) 柚山義人・清水夏樹・山岡 賢・中村真人：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，資源循環研究部会論文集，7，pp.67-79，2011
- 8) 農林水産省環境バイオマス政策課：バイオマスタウン構想策定マニュアル，2008
- 9) 宮川雅明：事業計画立案のための実践プロセス（K-SWOT），産業能率大学出版部，2008
- 10) 柚山義人・土井和之・中村真人・清水夏樹：地域バイオマス利活用診断ツールの開発，農業農村工学会論文集，266，pp.57-62，2010
- 11) 東京大学生産技術研究所：「バイオマスタウン設計・評価支援ツール」利用ガイドライン，2010
- 12) 農山漁村活性化プロジェクト支援交付金費用対効果算定要領
http://www.maff.go.jp/j/kasseika/k_project/index.html
- 13) 柚山義人：バイオマスタウン構想策定に係る調査と試験の方法，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 21 年度環境バイオマス総合対策推進事業（全国普及・啓発事業），JORA（日本有機資源協会），pp.374-414，2010
- 14) 三菱総合研究所：市町村バイオマス活用推進計画検証マニュアル骨子案，農林水産省委託事業「平成 22 年度バイオマス利活用加速化事業のうち市町村バイオマス活用計画の検証手法検討事業」報告書，2011
- 15) 中村真人：メタン発酵消化液の液肥利用とその環境影響評価に関する研究，農村工学研究所報告，50，pp.1-57，2011
- 16) L.Laurin, K.Hayashi and S.Uchida(2010): The environmental and social impacts of biofuels production: Total Cost Assessment of biomass utilization trials in Japan, EcoBalance2010, The 9th International Conference on EcoBalance, Tokyo, Japan, pp.22-25, 2010
- 17) 柚山義人・山岡 賢・中村真人・清水夏樹：ライフサイクル的にみたバイオマス利活用評価の論点，農業農村工学会論文集，266，pp.71-76，2010
- 18) 清水夏樹・柚山義人：バイオマス利活用の実現に向けた収益性・エネルギー収支のラ

ライフサイクル的評価, バイオマスエキスポ 2011, 2011

- 19) 柚山義人・森 淳・中村真人・清水夏樹：有機性資源の利活用推進方策，農業土木学会誌，72(8)，pp.13-18，2004
- 20) 農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」編：「バイオマス利活用システムの設計と評価」，農業工学研究所，2006
- 21) 増田清敬・山本康貴：LCA を用いた農業地域における有機性資源循環システムの環境影響評価，出村克彦，山本康貴，吉田謙太郎編「農業環境の経済評価」，北海道大学出版会，pp.208-226，2008
- 22) 濱井和博・豊澤健太・岡庭良安・熊谷 徹：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評価，農業農村工学会資源循環研究部会論文集，6，pp.131-147，2010
- 23) 古市 徹監修：循環型社会の廃棄物系バイオマス，環境新聞社，2010
- 24) エックス都市研究所：バイオマスタウン実現による事業効果～栃木県茂木町～
<http://www.kanto-biomass.com/post-351/result/413>
- 25) 中村真人・柚山義人・山岡 賢・折立文子・清水夏樹・阿部邦夫・相原秀基：メタン発酵プラントのトラブル記録と長期運転データの解析，農工研技報，210，pp.11-36，2010
- 26) 柚山義人：農村の地域資源，環境情報科学，37(4)，pp.17-21，2008