

平成 21 年度国土政策関係研究支援事業 研究成果報告書

バイオマスタウン構想策定自治体を核とする
地域スケールでのバイオマス資源循環
シナリオの設計と評価

(所属) 京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻

橋本 禅

<共同研究者>

(所属) 京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻

森本 英嗣

目 次

I. 研究目的・意義	1
II. 研究手法	3
1. バイオマス資源の賦存および利活用に関する空間データベースの構築	
2. バイオマスタウン事例の実態調査	
3. バイオマス資源循環シナリオの設計と評価	
3-1. 本研究におけるシナリオの位置づけ	
3-2. 評価に用いるモデルの概要	
III. 成果内容	8
○要旨	8
○キーワード	12
○本編	13
1. 本研究の着眼点と事例自治体の位置づけ	13
2. 南丹市バイオマスタウン構想の現状と展望	15
2-1. 構想の概要および現在の状況	
2-2. バイオマス資源循環に向けた今後の展望と課題	
2-3. 地域循環圏形成に対する基本姿勢	
3. 宍粟市バイオマスタウンの現状と展望	21
3-1. 宍粟市の概要	
3-2. 現状と構想の概要	
3-2. バイオマス資源循環に向けた今後の展望	
3-4. 地域循環形成に対する基本姿勢	
4. 事例地区における空間データベースの構築	25
4-1. 空間データベース構築の狙い	
4-2. バイオマスタウン構想書から抽出されるデータ	
4-3. その他機関が作成する統計ならびに地理情報とその利用例	
5. 資源循環シナリオの設計と評価	30
5-1. バイオマス資源循環シナリオ設計および評価の基本的方針	
5-2. 南丹市のバイオマス資源循環シナリオの設計と評価	
5-3. 宍粟市のバイオマス資源循環シナリオの設計と評価	
6. 本研究のまとめ	41
引用・参考文献	43

I. 研究目的・意義

農地や畜産施設等から排出されるバイオマスの有効利用は、廃棄物の削減だけでなく、水質汚濁やエネルギー消費、温室効果ガス排出の削減等の環境負荷の削減につながる。このためバイオマスの有効利用は、21世紀環境立国戦略（2007年閣議決定）に掲げられた低炭素社会、循環型社会、自然共生型社会の3つの社会の形成促進を同時に実現するものと期待されている。国土形成計画においても、バイオマス系の循環資源の有効活用による食料生産の枠を超えた農・林業の新たな展開や、そのための効率的・安定的な収集システムの構築と利活用先の確保等の促進が必要であること等がいわれている。

我が国において、農村地域を中心としたバイオマスの利・活用を促進するために、2004年からバイオマスタウン構想の募集が始まっている。2008年に閣議決定された国土形成計画の中においても、バイオマス資源を活用したバイオマスタウンの構築の重要性が述べられている。しかしながら、バイオマス資源の利活用を進める現場では、実際には、利用可能なバイオマス資源の供給量の限界や、再資源化されたバイオマスの受入先の不在あるいは限定などの問題が生じており、これがバイオマスの利活用を制限する障害となっている例が少なくない。また、バイオマスの利活用を支える制度が十分に整っていないという指摘もある。とりわけ、バイオマスタウン構想は、単一行政区域におけるバイオマスの利活用を想定するものである。しかしながら、バイオマス資源の賦存状況や再資源化物の需要は地域毎に異なるものである。バイオマスタウン構想の調査・分析を行なった既往研究の中には、バイオマスタウン構想が様々な制約により経済性や再資源化率、温室効果ガス排出削減の不効率を招く可能性があることを指摘したものもある。このような問題を解決するためには、バイオマス資源の利活用の方法あるいは利活用を進める地理的な圏域を再検討する必要がある。

これまで、バイオマスの利活用に関する研究は都市域の廃棄物系バイオマス資源の利活用を中心として進められてきた。例えば田畑ら（2002）は、都市スケールの循環型社会の政策効果を定量的に評価する試みとして、愛知県を対象として古紙発生分布を従業員数で分類し、事業所レベルで推計を行い、さらには輸送コストと輸送領域が最適となる再資源化施設の立地をGIS、グラフ理論を用いて検討した。また丹治ら（2003）は、流域圏における有機廃棄物の発生分布を統計情報、施設処理情報等を用いて3次メッシュによる空間データベースを構築すると共に、有機廃棄物の回収、資源化、副産物供給の各プロセスのアルゴリズムを開発し、そのアルゴリズムを実装する施策評価システムを用いて、有機廃棄物施設の評価を検証した。栗島ら（2006）は、三重県多気町のまちづくりを対象に、LCA手法とコンジョイント分析によりまちづくりに伴う設備建設・整備等による環境影響ならびに住民便益を定量的に把握した。そ

して、柳ら（2007）は神奈川県川崎市を対象として、都市活動から発生する一般廃棄物を地域の産業施設を有効に活用する資源循環政策シナリオについて、LCA 手法を援用して定量的に評価するプロトタイプシステムを構築した。先行研究は、都市域を対象とするものが多い。

一方、農村地域を対象とした研究は、2002年のバイオマス・ニッポン総合戦略以降に活発になりつつあるものの、これまでの所、研究の焦点はバイオマス成分のデータベース整備（中村・柚山 2005）や変換技術にあわされることが多かった（例えば中村・柚山 2006、山岡ら 2007）。2004年のバイオマスタウン構想が出されてからは、バイオマス資源循環システムの評価研究の需要が高まりつつあるが、まだ緒に就いたばかりである。例えば小林ら（2006）は、肉牛・耕種複合経営地区を対象として、温室効果ガス排出量ならびにエネルギー消費量の評価をおこなっている。また、柚山（2007）は、農畜産業系バイオマス資源の農業利用および水質環境への影響評価を行なっている。ただし、これらの先行研究は、経済性の評価や廃棄物排出量の評価までは行われていない。

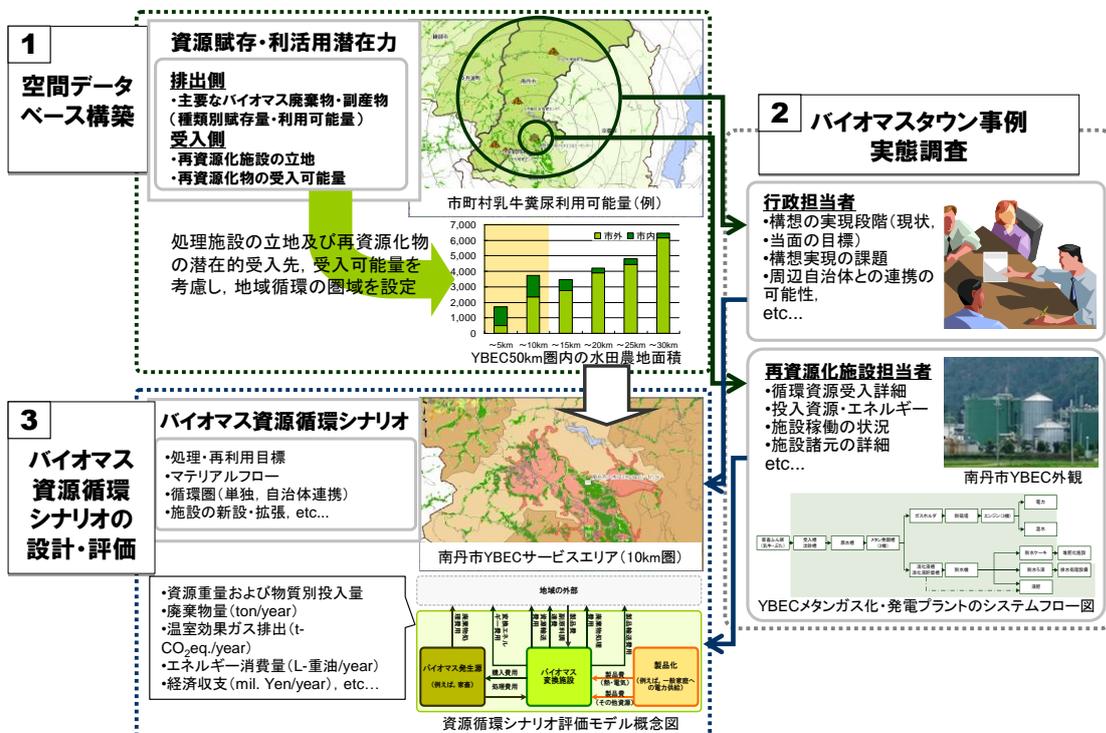
本研究では、バイオマスタウン構想を策定した地方公共団体とその周辺地域に位置する地方公共団体を対象とした調査を行ない、バイオマス資源循環によりもたらされる環境影響ならびに経済効果の多面的かつ空間的な評価を行なうと共に、より効率的かつ実現性の高いバイオマス資源循環を実現するための方策やそこでの障害について明らかにする。本研究を遂行することにより、既存のバイオマスタウン構想の枠組を出発点としつつも、より広域的な観点からみたバイオマス資源循環のあり方の議論に資することが可能となるであろう。この考えは、第2次循環型社会形成推進基本計画で示唆された、地域循環圏形成の概念にも通じる。その意味で、本研究は幅広い政策的意義を持っている。

II. 研究手法

本研究では、バイオマスタウン構想をもとにバイオマス資源の利活用を進める京都府南丹市および兵庫県栗原市を事例に、これら自治体のバイオマスタウン構想の実態調査と、これを踏まえたより広域的なバイオマス資源循環のシナリオの設計ならびに評価を行なう（図表1）。これにより、既存のバイオマスタウンを中心としつつ、単一自治体の行政区域を超えた、より効率的かつ実現性の高いバイオマス資源循環を実現するための方策や課題を整理することが本研究の目的である。研究は、次に示す3つの側面から進める（図表1）。

1. バイオマス資源の賦存および利活用に関する空間データベースの構築

バイオマス資源循環においては、バイオマス資源の賦存量と、それら資源を再資源化する施設（あるいは施設整備の見込み）の存在、さらには再資源化されたバイオマス資源（例えば、堆肥やメタン発酵消化液、ペレット等）の需要がそれぞれ制約条件として働くことが想定できる。そこで本研究では、地理情報システム（GIS）を用い、次項に述べる事例地区及びその周辺におけるバイオマス資源の賦存量と共に再資源化物の供給可能性や需要量等の空間データベース化を行なう。



図表1 本研究の全体像と各研究手法の位置づけ

本研究では、バイオマス資源の賦存量については、既存の農林業統計や研究成果、地理情報をもとに、各種バイオマス資源の賦存状況の空間データベース化を行なう。これにより、未だ十分に活用されていない循環資源の空間的分布の把握が可能となる。次に、バイオマス再資源化物の供給可能量については、既存および今後建設が予定されているバイオマス資源の再資源化施設の位置情報および当該施設で処理されるバイオマス資源の種類や処理量、再資源化物の特性等の情報についての空間データベースを構築する。最後に、需要量は、バイオマスタウン構想で想定される再資源化物の需要量の情報をもとに、空間データ化を図る。以上の作業により、当該施設の実際の稼働状況に基づく諸種の環境負荷の削減効果の算定や、今後想定されうる当該地域における資源循環のあり方を描く際の基礎情報が整う。

2. バイオマスタウン事例の実態調査

本研究では、バイオマスタウン構想をもとに、バイオマス利活用を推進する京都府南丹市および兵庫県宍粟市を事例地区として設定し、研究を進める（図表2）。バイオマスタウン構想を保有する地方自治体は、全国に211ある（2009年9月30日現在）。バイオマスタウン構想保有自治体は、大きく農畜産系の資源の賦存割合が多いバイオマスタウンと林産系の資源の賦存割合が多いバイオマスタウンに2分類できる。本研究で事例地区とする南丹市と宍粟市はそれぞれ、農畜産系の資源が豊富な自治体、林産系の資源が豊富な自治体に位置づけることができる。



図表2 事例自治体（京都府南丹市、兵庫県宍粟市）の位置

注）図中で黄緑色は、2009年9月30日現在でのバイオマスタウン構想を保有する自治体。

出典：全国広域地図（ESRI Japan）を加工。

南丹市では現在、乳牛ふん尿のメタン発酵処理によるバイオガス発電、消化液の液肥利用を推進している。しかし、当該地域の液肥に対する利用価値が十分に確立されておらず、再資源化物の供給先が少なく、結果として高いコストをかけて消化液の水処理をしているのが実態である。

一方、宍粟市は、古くから林業が盛んな地域である。最近では、間伐材を利用した木質ペレットボイラーの導入の検討をするなどし、木質系バイオマスの利活用の検討を進めている。当該地域の木質ペレットボイラーは、製材所の加工残渣や残材を原料としている。しかしながら宍粟市では、木質バイオマス（e. g. 製材所副産物）が豊富に賦存するものの、その供給が少なく、市内の再資源化施設が十分機能していない。

実態調査は、行政担当者および再資源化施設の担当者を対象として行なう。まず、行政担当者に対しては、バイオマスタウン構想の実現段階について現状及び当面の目標、構想実現における課題、さらには周辺自治体との連携の展望について聞き取り調査を行なう。あわせて、バイオマスタウン構想の作成に用いられた根拠資料や関連統計資料、報告書等の収集を行なう。次に、再資源化施設担当者に対しては、施設諸元の他に、これまでの循環資源受入の状況、施設稼働における廃棄物、副資材、エネルギー（熱、電力）の投入、稼働状況について情報提供を求める。なお、これら情報は、次に示すバイオマス資源循環シナリオの設計と評価にも用いる。

3. バイオマス資源循環シナリオの設計と評価

3-1. 本研究におけるシナリオの位置づけ

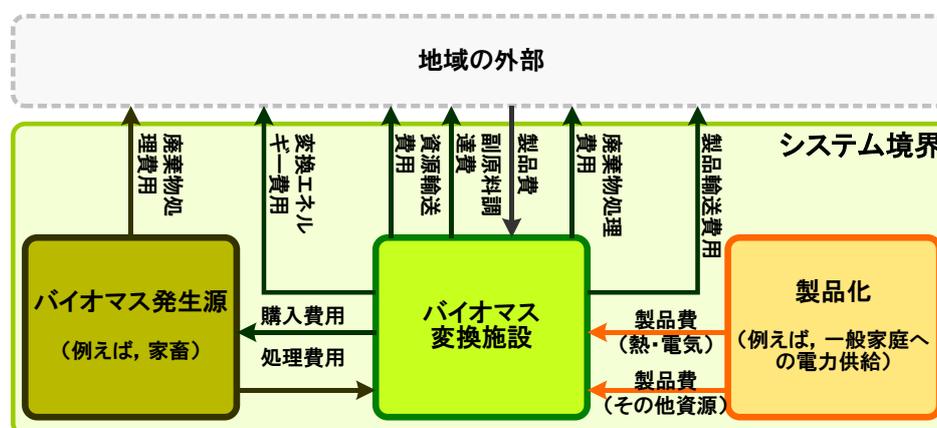
バイオマスタウン構想の内容は、必ずしもその全てが同時に実現に向けて進むわけではない。バイオマスタウン構想は、通常は限られた人材や財源のもとでその実現が目指されることから、今後2～3年程度を視野に取組む事項、今後5年程度を視野に取組みに着手する事項、より長期的な視野で取組む事項、という具合に幾つかの段階にわけて考えられている。本研究でいう「バイオマス資源循環シナリオ」とは、バイオマスタウン構想の実現段階を数段階に分けて示したものであり、「構想の実現行程」という意味合いに近い。ただし、このような情報は、必ずしもバイオマスタウン構想書に明記されていない。本研究では、事例地区における聞き取り調査をもとに、バイオマスタウン構想の優先順位の把握を行ない、バイオマス資源の賦存量や再資源化物の供給可能量、需要量を踏まえ、バイオマスタウン構想の実現段階を分節的にシナリオとして示す。なお、シナリオ作成においては、実現段階の考慮と同時に、構想保有する自治体が単独でバイオマスタウン構想を実現する場合と、周辺自治体との連携により構想を実現する場合の二つを想定する。

3-2. 評価に用いるモデルの概要（森本ら、2009）

バイオマス資源循環シナリオの評価は、次に示すバイオマス総合利活用評価モデル（以下、総合モデル）を用いて行なう。本モデルは、農林水産バイオリサイクル研究システム化サブチームが開発した「バイオマス資源循環利用診断モデル」（以下、診断モデル）を改良したものである。診断モデルは、既存の統計情報を用いることにより、容易に対象地域でのバイオマスの循環状況を把握し、評価するものである。ところが診断モデルの評価対象は、バイオマス資源循環における資源重量および物質（窒素、リン、カリ、炭素等）別の投入・産出量に限定されており、実際の施策立案に必要な経済性や環境影響の評価ができなかった。総合モデルは、原単位法により、温室効果ガス排出量（トン-CO₂eq./年）、エネルギー消費量（リットル-重油/年）、経済収支（百万円/年）、窒素循環利用量（トン-窒素/年）、炭素利用率（%）、廃棄物量（トン/年）を評価する。本研究では本モデルを用い、対象地域のシナリオを設計・評価する。

バイオマスの発生地域は、家畜、食品産業、家庭、農地、森林・林業・製材業、集落（都市域）とし、複数のバイオマス変換施設および系外を含めた構造をもつ。これら複数の領域をコンパートメントと呼び、これらコンパートメント間を移動するマテリアル（炭素、窒素、リン、カリウム）、エネルギー（熱、電力）、キャッシュの量をフローとして表現している。キャッシュフローの分析を例としたモデルの基本構造を図表3に示す。

モデルには、バイオマスの発生から変換、利用までに関するデータベースが内蔵されている。評価対象とできるバイオマスは図表4のとおりである。試算可能な再資源化技術は現在実用段階にある技術を対象とし、①堆肥化、②メタン発酵、③バイオディーゼル燃料化、④炭化（廃熱利用）、⑤直接燃焼発電、⑥小規模ガス化発電・熱利用、⑦ペレット化およびペレットボイラー、⑧チップボイラー、⑨エタノール化とした。なお、主要な再資源化施設については、可能な限り現地で施設調査を行ない、モデルのパラメータとして反映する。



図表3 総合モデルの基本構造（キャッシュフローの例）

図表 4 総合モデルで評価できるバイオマスの種類

バイオマスの分類	該当するバイオマス
家畜排泄物	牛、豚、鶏のふん尿
食品廃棄物	食品産業生ゴミ（産業廃棄物）
家庭廃棄物	生ゴミ、紙ゴミ、廃食用油（一般廃棄物）
木質廃棄物	製材工場残材、建設廃木材、剪定枝（街路樹、庭木等）
下水系汚泥	下水道汚泥、浄化槽汚泥、し尿処理汚泥、集落排水汚泥等
農業副産物	わら類、籾殻、作物残渣等
林産副産物	間伐材、林地残材
資源作物	エネルギーの原料として栽培される農作物

経済性と環境影響の分析における廃棄物系及び未利用系バイオマスのフローについては、原料バイオマスの収集・運搬～変換～製品利用の範囲を対象とした。資源作物の評価では、これに栽培が追加される。評価にあたっては、バイオマス由来の熱を使用すれば化石資源由来の熱が削減されるというように、バイオマス製品利用においては、バイオマスが代替することにより削減される物質やエネルギーがあることを考慮した。また、収集・運搬～変換に使用される機械製造や構造物築造に関する環境影響は考慮していない。なお、経済性の評価は図表のシステム境界内を対象として行なっている。

環境影響評価については、GHG 排出量、農地土壌への窒素利用量及び炭素利用量、廃棄有機物量、化石エネルギー消費量、炭素利用量について分析する。GHG や化石エネルギーは、施設稼働や原料調達により排出・消費され、売電や石油代替製品に伴う削減・抑制されるという概念で、GHG 排出係数とエネルギー消費原単位を基に計算する。

III. 成果内容

○要旨

1. バイオマス資源循環における問題の所在と事例地区の位置づけ

バイオマスタウンとは、発生から利用までを最適なプロセスで結ぶ総合的な利活用システムが構築された地域、またはこれから行われることが見込まれる地域をいう。2009年9月末現在、日本全国で218の市町村がバイオマスタウンに認定されている。バイオマスタウンは大きく、(1)農畜産系の資源の賦存割合が多いバイオマスタウン、(2)林産系の資源の賦存割合が多いバイオマスタウンに分類できる。

既往研究によると、バイオマスタウン構想の多くは、循環型社会の形成を目的とするバイオマスの循環利用に特化したものに留まり、経済性や環境影響への配慮が十分になされてとの指摘もある(森本ら、2009)。この理由の一つとして、バイオマスタウンが、概ね一つの基礎自治体の中でバイオマスの循環利用が完結することを想定して策定されてきたことが挙げられる。つまり、単一自治体では利用可能なバイオマス資源の供給量の限界や再資源化されたバイオマスの受入先の不在/限定が生じやすく、これが資源循環の非効率を招いていると考えられる。逆に言えば、望ましい循環利用の規模は、循環利用するバイオマス資源の賦存量や性質に応じ異なる。より効率的なバイオマス循環を実現するには、当該地域やその周辺のバイオマス資源の種類や賦存量、供給可能量を踏まえ、複数の自治体やバイオマスタウンでの連携を進める必要がある。

この様な問題認識に立ち、本研究では、京都府南丹市および兵庫県宍粟市を事例に、これら自治体のバイオマスタウン構想の実態調査と、これを踏まえたより広域的なバイオマス資源循環のシナリオの設計ならびに評価を行なうこととした。先のバイオマスタウンの分類に基づけば、南丹市、宍粟市はそれぞれ農畜産系のバイオマス資源、林産系のバイオマス資源が豊富な自治体として位置づけられる。

2. 南丹市バイオマスタウン構想の現状と展望

南丹市では、畜産の盛んな八木町地区では、1998年に八木バイオエコロジーセンター(YBEC)が建設され、家畜排泄物や食品工場残渣の直接堆肥化(堆積方式)の他に、メタン発酵によるバイオガス発電、熱回収及び残渣堆肥化を進めてきた。南丹市のバイオマスタウン構想の狙いは、八木町地区の取組みをさらに進展させ、南丹市全域においてバイオマスの利活用に取り組むことにある。

構想の実現段階は大きく3つに分けられ、現在は第1段階として、牛ふん尿、豚ふん尿、鶏ふん、食品工場残渣(一部)の利活用が重点的に進められている。課題は、

YBEC で行なわれるメタン発酵処理では、副産物として消化液の利活用である。現在は、消化液の液肥利用が普及しておらず、その処理費用が施設運営上の大きな負担となっている。

構想実現の第 2 段階として、メタン発酵施設を新設し、現在、民間業者に委託している生ごみと下水汚泥の処理の直営化が検討されている。ただし、第 2 段階への着手は、第 1 段階の取組みにある程度の目処がたってからと考えられており、施設の建設用地の確保や規模等についてはまだ具体的な検討はされていない。第 3 段階に挙げられている、製材工場残材、林地残材の利活用や、もみ殻、稲わら、菜種、飼料米の栽培は、現時点では個別の利用や栽培が行なわれているのみであり、市の施策としてまだ具体的な検討はなされておらず、長期的なバイオマス資源の利活用の構想として位置づけられている。まずは消化液の液肥利用が普及すれば、第 2 段階を含めたメタン発酵施設を核としたバイオマスタウン構想の実現に大きな弾みとしたいというのが南丹市行政の考えである。

構想実現上の主要な課題として、南丹市の家畜ふん尿の処理や堆肥の利用体制は、旧町を単位に構築されており、市全域での資源循環体制が構築されていない点を指摘できる。このため、液肥の供給先が限定される結果となっている。また、周辺自治体との連携による地域循環圏の形成についても、それぞれの自治体で独自に家畜ふん尿の堆肥化施設や堆肥利用の体制が整備されており、南丹市の行政担当者や YBEC の施設担当者は、自治体の境界を越えるどころか、旧町の垣根を越えた液肥利用を行なうこと自体が難しい状況にあると見ている。

3. 宍粟市バイオマスタウンの現状と展望

宍粟市は総面積の約 90%が森林で占められ、古くから林業が盛んな地域である。したがって、バイオマス利活用の基本的視点は、木質バイオマスが豊富に存在していることから、素材や加工品などマテリアルとしての利活用が最優先されている。現在の利活用状況は、製材所から発生する木くずや廃材の炭化（オガ炭製造）、チップ化を行い、地域内外に渡った供給・販売をしている。しかしながら、原料である木くずや廃材は市内だけでなく、市外の製材所や建築業者からの供給に頼っているのが実情である。今後は、宍粟市林業再生プロジェクト、県産木材供給センターの稼働に伴い、市内の木質バイオマスの搬出量の増大が見込まれ、各事業所や企業でのマテリアル利用、化石燃料代替の製造が推進される予定である。

木質バイオマス以外では、家畜ふん尿の堆肥化、生ゴミの RDF 化、もみ殻の炭化等が進められており、廃棄物系バイオマスの利活用に主眼が置かれている。ただし、2012 年から西播磨地区を取り巻く広域のゴミ処理施設が稼働する見込みであり、本ゴミ処理施設が稼働すると、市内の生ゴミはその施設で処理されることになるため RDF 化は

バイオマスタウン構想から外れる予定である。

地域循環圏形成について行政担当者は、県産木材供給センターやペレットか施設の導入を追い風に、宍粟市をペレットの広域的な供給拠点とする構想を持っている。既に、木質バイオマスの再資源化においては、播磨木質バイオマス利用共同組合と兵庫炭化工業(株)と連携しており、今後は県産木材供給センターならびに民間木材加工業者等との連携することが考えられている。

4. 事例地区における空間データベースの構築

南丹市および宍粟市を中心とする、バイオマスタウン構想の実現プロセスならびに広域的な地域循環形成による経済収支や環境影響の評価を行なうための基礎情報として、空間データベースの構築を行なった。本研究では、空間データベースの構築にあたり、全国で広く整備されたデータの利用に努めた。本節に述べたデータベース構築の方法とその用例は、日本全国に適用可能な一般的な枠組を提供するためである。空間データベースに収録されるデータは大きく、事例地区のバイオマスタウン構想書から抽出されるデータと、その他の機関が作成した統計データ及び地理情報に大きく2分類できる。

バイオマスタウン構想書からはバイオマスの種類別の現況利用量や仕向け量の構想値の記載を読み取り、事例自治体の地理情報（行政界）の属性情報として空間データ化を行なった。バイオマス資源循環シナリオの設計では、これら情報に加え構想書に記載のあるマテリアルフロー図（現況及び構想）も参照している。

その他機関が作成する統計ならびに地理情報としては、NEDO（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）が作成・公開しているバイオマス賦存量・利用可能量の推計値、国土交通省が作成・公開する国土数値情報（土地利用細分メッシュ、地域指定）、数値地図空間データ基盤 2500（道路ネットワークデータ）、数値地図 25000（地名・公共施設）の最新版を用いた。また、補足的にそのため補足的に、電話帳データにもとづくアドレスマッチング処理や携帯型 GPS により位置情報を取得し、ポイントデータの作成を行なった。バイオマス資源循環シナリオの設計に際して、土地利用や地域指定のデータを、バイオマス資源の供給量（e.g. 宍粟市における林地残材）や再資源化物の供給可能エリア（e.g. 南丹市における液肥利用農地）の算定に、道路ネットワークや施設位置情報を、再資源化物の供給可能エリアの算定に用いた。

5. 資源循環シナリオの設計と評価

南丹市、宍粟市およびその周辺を対象とするバイオマス資源循環シナリオの設計と評価を行なった。シナリオの設計するために、行政担当者を対象に各自治体の現在の

バイオマス利活用の現状、バイオマスタウン構想とのギャップ、今後のバイオマスタウン構想の実現の行程についての調査を行なった。また、再資源化施設の担当者を対象に、施設の稼働状況や運営上の課題を把握した。これらの情報を元に、事例自治体のバイオマスタウン構想の実現段階を概ね、現在の課題（第1段階）、当面の目標（第2段階）、構想実現（第3段階）の3つに分け、バイオマス資源循環シナリオとして設計した。また、地域循環圏形成への示唆を得るため、第3段階の取組みを周辺自治体との連携で進めるシナリオも設計した。以上の4つのシナリオを、バイオマス総合利活用評価モデルを用いて評価した。

南丹市では、経済性については、構想を実現するために新規の施設建設が必要となり、支出が増大する傾向にあることが分かった。一方、バイオエタノールの生産、BDFの有効利活用により、大幅な化石エネルギー抑制量や温室効果ガス排出削減が可能となることがわかった。また、液肥利用に特に着目し、地域循環圏を形成するシナリオを評価したところ、現状の受入率（約20%）では供給圏を30kmまで拡大しても、液肥の全量消費はできないことがわかった。一方、受入率を100%まで向上させると、15km圏内で液肥の全量が消費できることがわかった。液肥利用については、液肥利用の普及拡大が、効率的な資源循環の鍵となることがわかる。

宍粟市では、経済収支、化石エネルギー抑制量ならびに温室効果ガス排出量の何れの項目においても、バイオマスタウン構想が実現されることで、収益そして環境改善効果が増大することが推定された。これには、木質バイオマスエネルギー（ペレット）の生産・販売が大きく寄与している。地域循環圏を形成するシナリオにおいては、宍粟市で供給されるペレットにより、隣接する周辺自治体の業務熱需要をまかなう状況を想定した。評価の結果宍粟市から供給できるペレットを有効活用すれば、周辺自治体の業務熱需要量の約半分をまかなうことができる事が分かった。ただし、ペレット製造の拡大のために林地残材の搬出率を増加させると、結果として搬出単価が増加し、経済的には採算性が低下するという結果となった。

6. 本研究のまとめ

バイオマスタウン構想は、既存の再資源化施設の利用を基礎としつつ、多岐にわたるバイオマス資源の循環を模索する中で作成されている。ただし、既存の再資源化施設は必ずしも好ましい稼働状況にあるわけではない。例えば、南丹市のメタン発酵処理施設（YBEC）は、家畜の排泄物や食品工場残渣の堆肥化施設として機能しているが、処理残渣である液肥の利用体制が整っておらず、これが経営を圧迫していた。また、宍粟市でも、市内に製材所残材の炭化施設はあるものの、残材の供給が追いついておらず稼働状況は低調である。

こうした経験から導き出されるのは、バイオマス資源循環が円滑に進むには、地域

に賦存するバイオマス資源を安定的に供給すると共に、これを効率的に再資源化し、さらには再資源化物が安定的に消費される仕組みが作られなければならないという知見である。既存施設の稼働の安定化については、南丹市においては再資源化物としての消化液の利用体制の整備が、宍粟市においてはバイオマス資源の供給の安定化が必要である。一方、新規で建設する施設については、再資源化物（例えば、木質ペレット）の需要が喚起されていないものもあり、再資源化物の需要の形成が、施設の安定稼働の鍵となると考えられる。

地域循環圏の形成について、事例調査地区の行政担当者らはおしなべて消極的な態度を示した。その一つの理由が、当該自治体内での体制整備にすら腐心している状況で、近隣自治体との連携までは手が回らないというものである。これは、再資源化物の需給の競合とも関係する。例えば、南丹市を含む南丹地域は古くから畜産の盛んな地域である。そのため、南丹市も周辺自治体も、畜産系のバイオマスの賦存や再資源化物（例えば、堆肥）の供給、利用の体制は類似の状況にある。宍粟市も森林資源の豊富な地域にある自治体であり、近隣自治体もバイオマス資源の賦存、再資源化物の（潜在的な）供給力という点で状況は似通っている。このような状況では、再資源化物の供給において、当該地域の中では競合が生じることになる。つまり、再資源化物の流通を複数自治体程度の狭い範囲で考えた場合、ある自治体からの供給量が増えると、他自治体からの供給量が減少することになる。南丹市においては、このような地域間競合が、旧町の間でも生じていることが確認された。

バイオマスタウン構想にはもともと、目標年次が位置づけられておらず、構想に示された目標がどの程度の期間で達成されるのかの判断が難しい。本研究の事例自治体はいずれも、バイオマスタウン構想を段階的に実現することを考えていた。ただし、行政担当者や既存の再資源化施設の担当者の関心は、まずは現状の課題への取り組みや、問題の解決に焦点が定められており、長期的な実現工程がしっかりと描かれているわけではない。このような段階的な実現方法は、地方自治体の限られた行財政のもとでは避けられない。しかし、構想に示された目標値が野心的な水準であるだけに、実際取り組み状況との乖離が際だつ結果となっている。これはバイオマスタウン構想という施策そのものがもつ構造的課題であろう。

○キーワード

バイオマスタウン構想、資源循環、地域循環、空間データベース、シナリオ

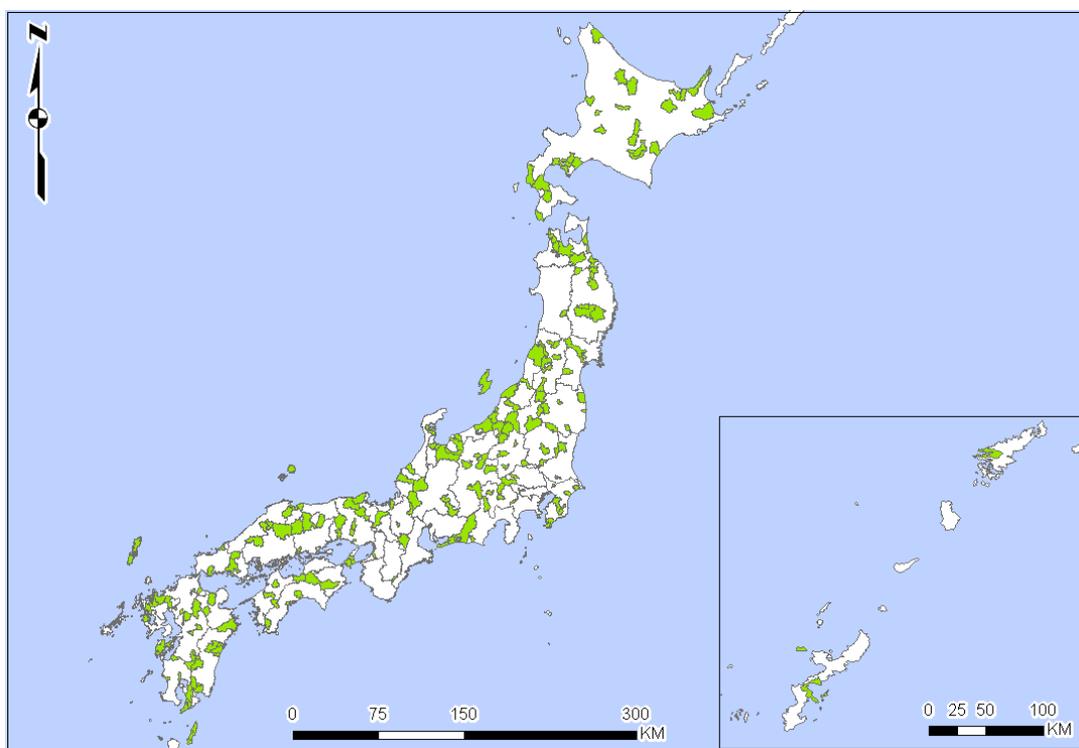
○本編

1. 本研究の着眼点と事例自治体の位置づけ

バイオスタウンとは、発生から利用まで最適なプロセスで結ぶ総合的な利活用システムが構築された地域、またはこれから行われることが見込まれる地域をいう。バイオスタウン構想書を作成するにあたり、市町村とその地域の関係者が協力し、国土交通省をはじめ内閣府や農林水産省、経済産業省など7府省庁の合意の上で、バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議事務局において基準に達した地域がバイオスタウンと認定される。2009年9月末現在、218市町村が認定されている（図表5）。

バイオスタウン構想のねらいは、地域のバイオマスを総合的かつ効率的に利用するために、地域全体での取組を実施し持続可能な社会を形成すること、そして実施計画内容を広く公開することで、国内における情報共有を促す点にある。

森本ら（2009）は、これらバイオスタウンについて、バイオマス総合利活用評価モデルを援用し、当時38市町村の現状と構想案に書かれているバイオマス利活用の評価を行った。評価項目として経済収支、温室効果ガス排出量、化石エネルギー消費量、炭素利用率などを取り上げ、当該地域のバイオマス利活用についての実態と課題を抽



図表5 バイオスタウン構想保有自治体の空間分布（2009年9月末現在）

出典：国土数値情報行政区画データ（H19）を加工。

出した。バイオマスタウン構想は、物質の循環利用に特化し、循環型社会の形成を目的としたものに留まり、経済性についての配慮が低く、「持続可能な」社会を目指すための計画には至っていないと指摘した。そして、バイオマスタウンの中に経済性の面で課題を持つ地区が少なからず存在することを指摘した。これは、バイオマスタウンが、概ね一つの基礎自治体の中でバイオマスの循環利用が完結することを想定して策定されているためと考えられる。

望ましい循環利用の規模は、循環利用するバイオマス資源の賦存量や性質に応じ異なるものである。つまり、より効率的なバイオマス循環を実現するには、バイオマス資源の種類や賦存量を踏まえ、複数の自治体やバイオマスタウンでの連携を進める必要がある。これは、循環型社会基本計画に新たに盛り込まれた「地域循環圏」の考えにも通じるものである。循環させる資源の賦存量と特性に応じた循環圏の設計に関わる研究は未だ緒に就いたばかりであり、今後さらなる研究が必要である。中・長期的観点から効率的なバイオマス資源の循環圏を設計するためには、まず広域でのバイオマス資源の賦存量ならびに社会・経済動向を踏まえたバイオマス資源・エネルギーの需要量の動向を見積もる必要がある。次いで、種類別のバイオマスの供給可能量（賦存量）と、バイオマス資源・エネルギーの需要量に加え、バイオマス利活用技術の導入可能性を踏まえ、望ましいバイオマス資源循環圏の規模について検討する必要がある。本研究では、このような手順を踏むことで、地域の実情を踏まえた適切なバイオマス循環圏の設計が可能になると考えた。

そこで、適切なバイオマス利用循環圏を設計し評価するため、対象事例を踏まえ検証することとした。まず一つは、家畜ふん尿のメタン発酵処理の先駆けとなった京都府南丹市を選定した。南丹市は1999年に現在のメタン発酵プラントを市の事業として稼働させてきたが、発酵過程に発生する消化液の水処理に莫大な経費が掛かり、財政的に逼迫した状況が続いてきた。消化液を液肥として利用することで水処理費用の削減に繋がるが、液肥としての利用時期の偏りや普及率の低迷などにより、未だ全体の約90%が水処理されている。これには、市として事業を実施してきたことにより、市内での利活用のみを考えざるを得なかった経緯がある。ならば液肥の利活用場所を市内に限定せず、隣接する自治体を取り入れた広域で利活用することで、課題解決策を見出すことができると考えた次第である。

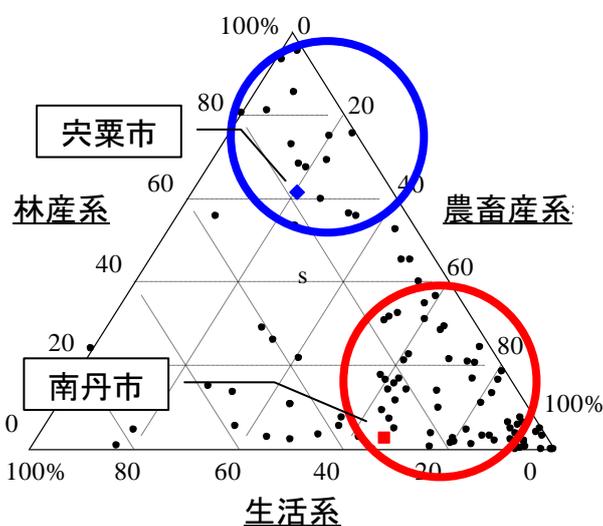
さらに、もう一つの事例地区として兵庫県宍粟市を取り上げた。宍粟市は総面積の約90%が森林で占められ、古くから林業が盛んな地域である。最近では、間伐材を利用した木質ガス化発電施設の実証実験を行なうなどし、木質系バイオマスの利活用の検討を進めている。地理的には、典型的な中山間地域に含まれ、人口は減少傾向にあり、平成12年から平成17年には4.75%減と減少傾向が一層進んでいる。今後は、地域産業である林業の復活を契機に地域活性化を図る動きがあり、バイオマスタウン構想の他に「宍粟市森のゼロエミッション構想」も作り上げている。その中のひとつのねら

いとして、バイオマスエネルギーの広域供給拠点とする目標を掲げている。しかしながら、林業への就業者の高齢化により、木材生産の急な増産は難しい。今後このような地域は、剪定枝や林地残材などの未利用であったバイオマスの利活用を推し進める方策が最適と考え、市内に眠る未利用系バイオマスの利活用とバイオマスエネルギーの広域な需給バランスを考慮した計画法を見出すことができるのではないかと考えた。

本研究で事例とする南丹市および宍粟市の、バイオマスタウン構想公表自治体に占める位置づけを示したのが図表6である。本図表は、2008年9月時点でバイオマスタウン構想を公表する自治体を対象に、バイオマス資源の賦存特性を、バイオマスの種類別構成比（林産系、農畜産系、生活系）の三角グラフとして示したものである。バイオマスタウン構想を保有する自治体は、大きく

- 農畜産系の資源の賦存割合が多いバイオマスタウン（図表6赤丸）
- 林産系の資源の賦存割合が多いバイオマスタウン（図表6青丸）

に2分類できる。本研究で事例調査を行なう南丹市は農畜産系のバイオマス資源が豊富な自治体に、また宍粟市は林産系のバイオマス資源が豊富な自治体に含まれている。これら2つの事例地区を対象に詳細な調査を行なうことで、それぞれのグループが抱える問題や課題がある程度把握できると考えた。



図表6 バイオマスタウンの資源賦存特性

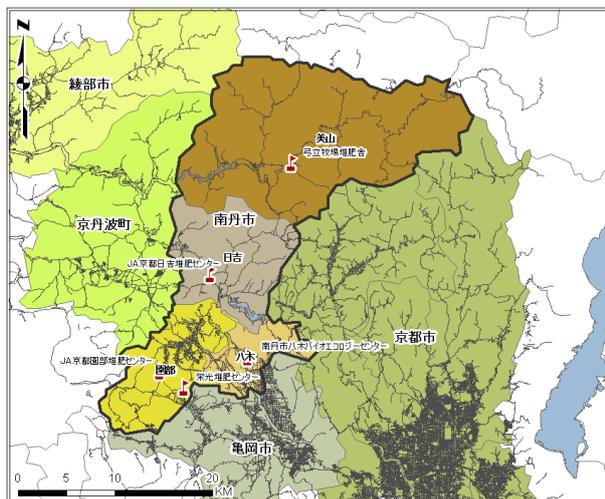
注) 2008年9月時点のバイオマスタウン構想公表自治体

2. 南丹市バイオマスタウン構想の現状と展望

2-1. 構想の概要および現在の状況

(1) 事例地区の概要

南丹市は、平成 18 年に園部町、八木町、日吉町、美山町が合併して誕生した、総面積 616km²、人口 3.6 万人（世帯数 1.3 万世帯）の自治体である（図表 7）。農家戸数は約 3,600 戸であり、そのうち約半数を第 2 種兼業農家が占める。農業産出額は 17 億円であり、その内訳は耕種 10 億円、畜産 7 億円である。畜産は酪農業が盛んであり、京都府で 2 位の農業生産額を誇る。八木町地区（旧八木町）は畜産が盛んであり、市の畜産産出額の約 6 割近くを占める。



図表 7 南丹市およびその旧町の区分

出典：全国広域地図（ESRI Japan）を加工。

(2) バイオマス資源の賦存ならびに利用の現況

図表 8 は、南丹市におけるバイオマス資源の、種類別の賦存量と仕向け量を示したものである。全体の約 8 割を廃棄物系のバイオマスが占め、残り 2 割が未利用系のバイオマスである。廃棄物系バイオマスでは、約 65%が畜産の廃棄物系バイオマスである（未利用系を含めたバイオマス全体に占める割合は約 52%）。畜産の盛んな八木町

図表 8 南丹市のバイオマス資源の種類別賦存量と仕向け量の現況値と構想値

廃棄物系/ 未利用系	バイオマスの種類	現況			構想		
		賦存量 (t/年)	仕向け量 (t/年)	利用率 (%)	仕向け量 (t/年)	利用率 (%)	差分 (t/年)
廃棄物系 バイオマス	牛ふん尿	41,100	41,100	100	41,100	100	0
	豚ふん尿	12,600	12,600	100	12,600	100	0
	鶏ふん尿	5,000	5,000	100	5,000	100	0
	食品工場残渣	8,000	4,900	61	7,600	95	2,700
	生ごみ	800	800	100	800	100	0
	農業集落排水汚泥	1,300	0	0	1,300	100	1,300
	下水汚泥	1,500	900	60	1,500	100	600
	浄化槽汚泥	7,000	0	0	7,000	100	7,000
	し尿	5,500	0	0	5,500	100	5,500
	製材工場残材	8,100	1,200	15	6,100	75	4,900
未利用系 バイオマス	稲わら	10,500	2,600	25	5,300	50	2,700
	もみ殻	2,500	600	24	1,900	76	1,300
	林地残材	8,700	0	0	400	5	400
	飼料稲	0	0	NA	500	NA	500
	菜種	0	0	NA	100	NA	100

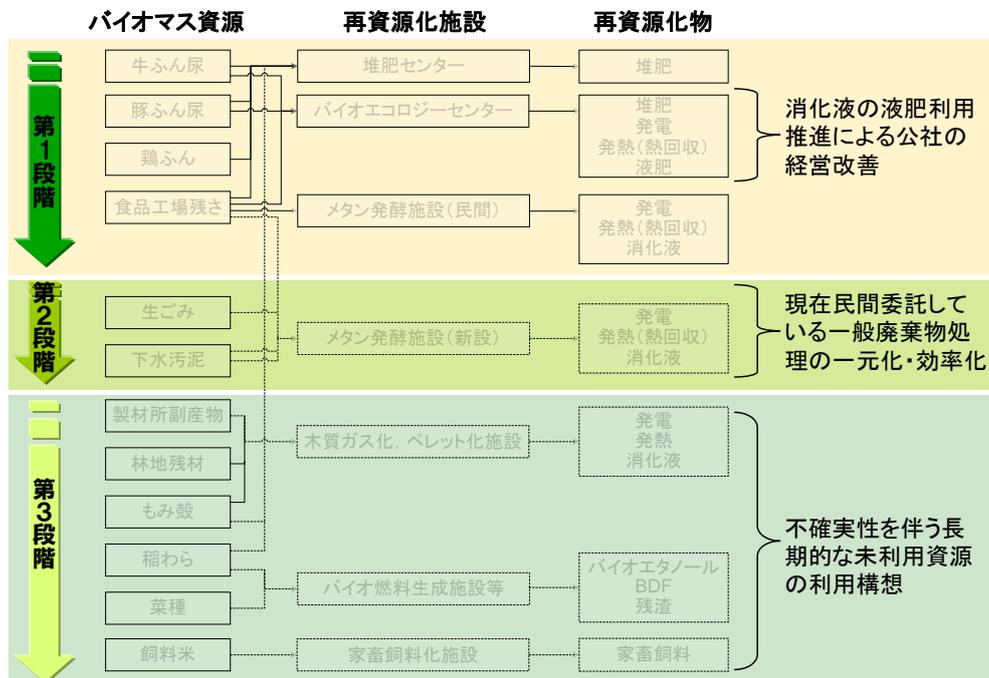
注) 南丹市八木町地区バイオマスタウン構想をもとに作成

地区では、1998年に八木バイオエコロジーセンター（現南丹市八木バイオエコロジーセンター、以下YBEC）が建設され、直接堆肥化（堆積方式）の他に、メタン発酵によるバイオガス発電、熱回収及び残渣堆肥化を進めている。

畜産の廃棄物系バイオマスに次いで大きな割合を占めるのが、食品工場残渣である（全体の約7%）。市内では園部町地区（旧園部町）、八木町地区を中心に様々な企業が操業している。現時点ではこれら食品工場残渣は、園部町地区ではJA京都園部堆肥センターで堆肥化处理、八木町地区ではYBECにおいてメタン発酵、堆肥化处理されている。この他、市内で発生する生ごみの処理は民間業者に委託されており、食品廃棄物や有機性汚泥、剪定枝等と併せてメタン発酵処理（乾式）されている。下水汚泥、集落排水汚泥、浄化槽汚泥、し尿はそのほとんどが脱水・焼却処理されており、十分に活用が進められていない。また、製材工場残材や、稲わらやもみ殻等の未利用系バイオマスの利活用は現時点では低調である。

(3) 構想の概要

南丹市のバイオマスタウン構想の作成は、合併前の旧八木町を中心に進められてきた。その後、合併し南丹市の一部となったが、このため、南丹市のバイオマスタウン構想は当初、八木町地区を中心に描かれ、「南丹市八木町地区バイオマスタウン構想」



図表 9 南丹市バイオマスタウン構想の実現段階とその状況

注) 南丹市八木町地区バイオマスタウン構想をもとに作成

(平成 18 年 7 月公表)とされていた。その後、本構想は、八木町地区の取組みをさらに進展させ、南丹市全域においてバイオマスの利活用に取り組むべく「南丹市バイオマスタウン構想」(平成 20 年 3 月公表)に改訂された。

図表 9 は、南丹市のバイオマスタウン構想の概要を示したものである。図左から純に、市内に賦存するバイオマス資源、それらが運び込まれる再資源化施設、再資源化物である。図中の実線部は、現在既に資源循環が成立し、仕向け量が構想値に達している部分である。一方、破線部は、今後段階的に実現が目指されているバイオマス資源である。

構想の実現段階は大きく 3 つに分けられる。現在は、構想実現の第 1 段階として、牛ふん尿、豚ふん尿、鶏ふん、食品工場残渣(一部)の利活用が重点的に進められている。図表 9 では、これらバイオマス資源のほぼ全量が循環利用されているように見える。しかしながら、YBEC で行なわれるメタン発酵処理では、副産物として消化液が発生し、その処理が大きな課題となっている。消化液を農地で液肥として利用することができればよいが、利用が普及していない。そのため現在は、消化液を水処理する必要があり、これが YBEC の経営主体である(財)八木町農業公社の大きな負担となっている。消化液の液肥利用が普及すれば、第 2 段階を含めたメタン発酵施設を核としたバイオマスタウン構想の実現に大きな弾みとなることが期待されている。このような理由から、南丹市では現在、メタン発酵消化液の利用普及に大きな努力が注がれている。次に、第 2 段階として、メタン発酵施設を新設し、現在、民間業者に委託している生ごみと下水汚泥の処理の直営化が検討されている。ただし、第 2 段階への着手は、第 1 段階の取組みにある程度が目処がたってからと考えられており、施設の建設用地の確保や規模等についてはまだ具体的な検討はされていない。第 3 段階に挙げられている、製材工場残材、林地残材の利活用や、もみ殻、稲わら、菜種、飼料米の栽培は、現時点では個別の利用や栽培が行なわれているのみであり、市の施策としてまだ具体的な検討はなされておらず、長期的なバイオマス資源の利活用の構想として位置づけられている。

2-2. バイオマス資源循環に向けた今後の展望と課題

(1) 今後の展望

南丹市のバイオマス資源循環の目下の課題は、YBEC で発生するメタン発酵消化液の利用拡大に焦点が当てられている。メタン発酵消化液の利用体制が整えば、第 2 段階で新設が予定されているメタン発酵施設の運用の見込みも立ち、構想の実現が大きく前進する。

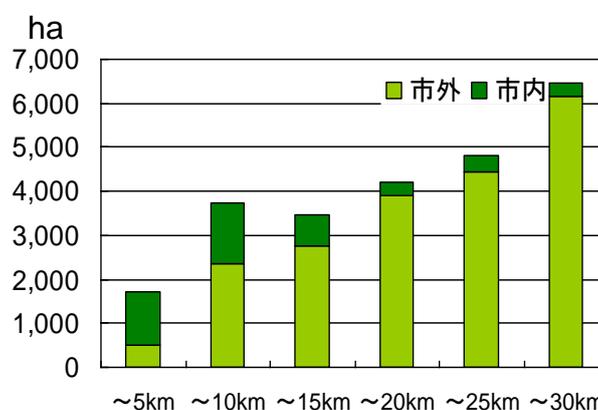
現在、YBEC では、年間約 2 万トンの消化液が排出される。2008 年度はそのうちの約 860 トンが利用され、残りは廃水処理された。2009 年度は、利用を拡大し、年間約 2,000 トンの利用を目標としている。ただし、目標が実現できてとしても、これは全量

の約1割が利用されたにすぎない。園部町地区は、地区内の堆肥化施設で製造された堆肥を利用した農業生産を奨励し、生産物のブランド化「ほんまもん」を図っており、八木町地区でも、液肥を利用した水稲栽培を奨励し、米のブランド化と液肥利用によるYBECの経営改善を図る狙いがある。

(2) 課題

南丹市では、水田への液肥の施用は、10aあたり2トンとして利活用が進められている。八木町地区には約200haの水田があり、その全域で液肥が利用されれば年間4,000トンの液肥利用が図られることになる。これは全消化液の約20%に相当する。消化液を全て農地還元するには、単純計算で約1,000haの水田が必要になる。ただし、液肥利用には幾つかの課題がある。

第1に、現在のところ液肥の利活用の取組みは、八木町地区でしか行なわれていない。南丹市の家畜ふん尿の処理や堆肥の利用体制は、旧町を単位に構築されており、園部町地区、日吉町地区、美山町地区にそれぞれ堆肥センターが整備・運用されている。そのため、八木町地区で生産された液肥を周辺地区で利用しようにも、体制整備がなかなか進まない状況にある。八木町地区は亀岡市に隣接するた



図表 10 YBEC から 30km 圏内の水田面積 (ha)

注) 次節で述べる空間データベースをもとに算定

め、亀岡市の水田で液肥利用を進められるという考えもある。YBECから5km刻みで30km圏内にある水田面積を、市内・市外の別に示したものが図表10である。5km圏内では、市内の水田面積の比率が多いが、5km圏を超えると市内よりも、市外（主として亀岡市）の水田で液肥を利用する方が効率である。しかしながら市内の他地区と同様に、亀岡市にも堆肥センターがあり、域内で生産された堆肥の利用が推進されている。旧来からある体制が制約となり、新たな取組みが進みにくい状況にある。

第2の課題は、液肥（消化液）の需要と供給が、時期においても量においても必ずしも一致しないという点にある。水田での液肥の利用時期は限られており（水稲の元肥、穂肥、麦生産での利用）、1年を通して平均的に利用されているわけではない。一方、メタン発酵消化液は、多少の変動はあるものの年間を通じ毎日約50トンを超えるペースで安定的に排出される。このため、例え液肥を施用できる農地が拡大できたとしても、供給能力が制約となる。液肥の施用を水田に限ると、このような需要と供給の不均衡が生じることになる。施用を水田に限らず、年間を通じ安定的に液肥を利活

用する仕組みを作る必要がある。

2-3. 地域循環圏形成に対する基本姿勢

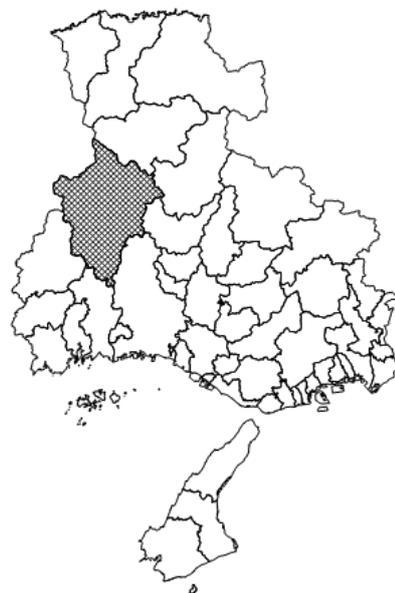
南丹市やその周辺地域は、古くから畜産が盛んな地域であり、それぞれの地域で独自に家畜ふん尿の堆肥化施設や堆肥利用の体制が整備されてきた。液肥は元肥や穂肥として、また堆肥は収穫後の土壌改良材として用途の棲み分けができるため、必ずしも競合するわけではない。しかしながら、そのようなことがわかっているにもかかわらず、従来からある利用体制と調和することは極めて難しい状況にある。そのため、南丹市の行政担当者やYBECの施設担当者は、自治体の境界を越えるどころか、旧町の垣根を越えた液肥利用を行なうこと自体が難しい状況にあると見ている。

3. 宍粟市バイオマスタウンの現状と展望

3-1. 宍粟市の概要

兵庫県宍粟市は、2005年4月に旧宍粟郡4町(山崎町、一宮町、千種町、波賀町)が合併し、人口43,452(2010年1月末現在)、総面積659km²で、およそ90%(586km²)を森林が占める、中山間もしくは山間地域に属する地域である(図表11)。

古くから林業が盛んな地域であり、年間約50,000m³が素材生産されているが、1997年をピークに、2003年の生産量はその69%にまで減少している。農業従事者はほとんどが兼業農家であり、米作を中心に、地域振興作物のひとつとして黒大豆や自然薯の生産にも取り組んでいる。



図表11 宍粟市の位置

地図出典:全国広域地図(ESRI Japan)を加工。

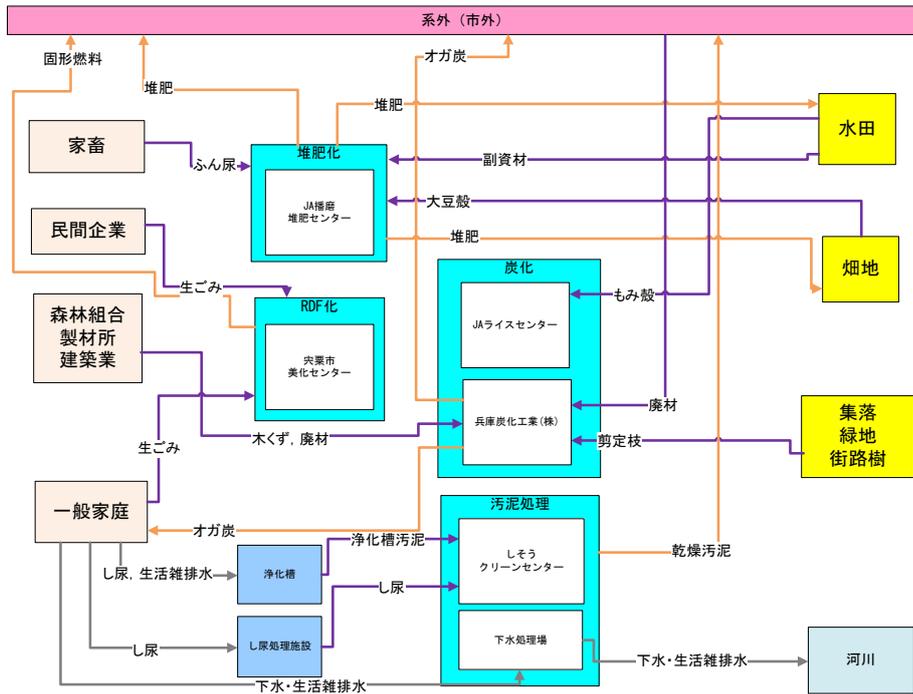
3-2. 現状と構想の概要

(1) 現状(図表12)

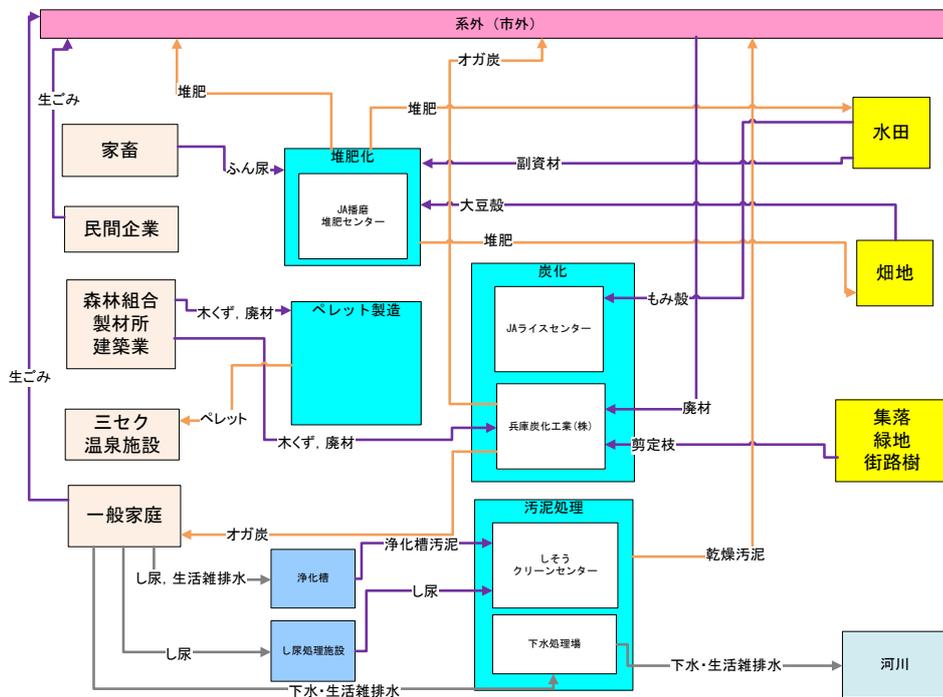
同市におけるバイオマス利活用の基本的視点は、木質バイオマスが豊富に存在していることから、素材や加工品などマテリアルとしての利活用を最優先する。そして、廃材となったものをエネルギーへと変換し、化石燃料代替の製造による環境負荷低減を目指す、持続可能な地域づくりを基本理念としている。

現在の利活用状況は、製材所から発生する木くずや廃材の炭化(オガ炭製造)、チップ化を行い、地域内外に渡った供給・販売をしている。しかしながら、原料である木くずや廃材は市内だけでなく、市外の製材所や建築業者からの供給に頼っているのが実情である。また、年間約1,500haが間伐され、およそ16,000tの間伐材が発生している。ところが、そのうち30%(採取率60%、搬出率50%)が搬出されているが、残りの70%は山林内に残されたままである。

木質以外では、家畜ふん尿の堆肥化、生ゴミのRDF化、そして、もみ殻の炭化(くん炭製造)を実施している。現状では、廃棄物系バイオマスの利活用に主眼を置いている状況である。一般家庭や事業から発生する廃食用油は回収され、民間企業がBDF変換を実施しており9,000L/月(消防法の限界値)を精製、販売している。



図表 12 現在のバイオマス利用状況



図表 13 バイオマス利用構想

(2) バイオマスタウン構想の概要 (図表 13)

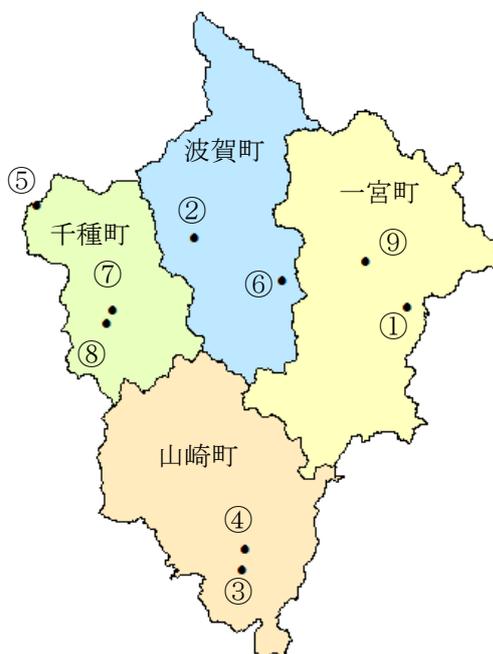
構想の実施主体は宍粟市と引き続き現在のバイオマス利活用を継続し、木質の未利用系バイオマス（間伐材や林地残材）の利活用を図る。推進及び検討が進められている宍粟市林業再生プロジェクト、木材供給センターの稼働に伴い、市内の木質バイオマスの搬出量の増大が見込まれるため、各事業所や企業でのマテリアル利用、化石燃料代替の製造を推し進める。

宍粟市の行政担当者によると、2012年から西播磨地区を取り巻く広域のゴミ処理施設が稼働する見込みである。構想作成時は、美化センターの RDF 化施設の継続利用が想定されていたが、本ゴミ処理施設が稼働すると、市内の生ゴミはその施設で処理されることになるため RDF 化は構想から外れることになる。

3-3. バイオマス資源循環に向けた今後の展望

市内に既存する公共施設や第三セクター施設、熱需要の大きい施設へのバイオマス燃料の利用を検討しており、特に冬季における灯油や重油の代替エネルギーとしての利用を念頭としている。以下は、それら施設であり、図表 14 は、それぞれの位置関係を示す。

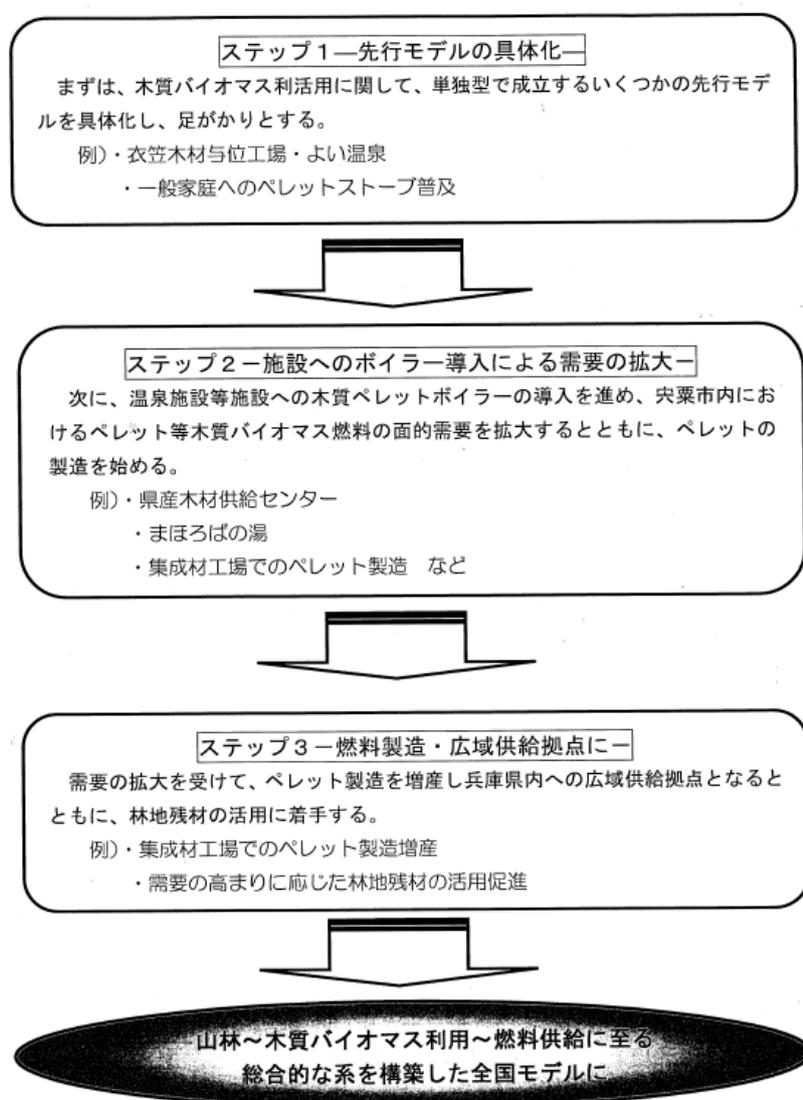
- ① 福知溪谷休養センター
- ② 楓香荘
- ③ 山崎市民局
- ④ 生谷温泉伊沢の里
- ⑤ ちくさ高原
- ⑥ フォレストステーション波賀
- ⑦ 千種市民局
- ⑧ 千種保健福祉センター
- ⑨ 一宮温泉まほろばの湯



図表 14 旧町別にみる熱需要地施設
地図出典：全国広域地図 (ESRI Japan) を加工。

3-4. 地域循環形成に対する基本姿勢

木質バイオマスの再資源化において、同市バイオマスタウン構想案のもとで市と連携している企業や事業は、播磨木質バイオマス利用共同組合と兵庫炭化工業(株)のみである。今後、市内に県産木材供給センターが建設され、チップパーの導入も見込まれている。同センターならびに民間の木材加工業者と連携をとり、ペレット製造に着手し、宍粟市を中心としたペレットの広域供給拠点とする意向を示している。詳細は図表 15 を参照。



図表 15 宍粟市の木質バイオマス利活用の総合戦略

出典：宍粟市（2007）「宍粟市木質バイオマス利活用調査報告書」、宍粟市

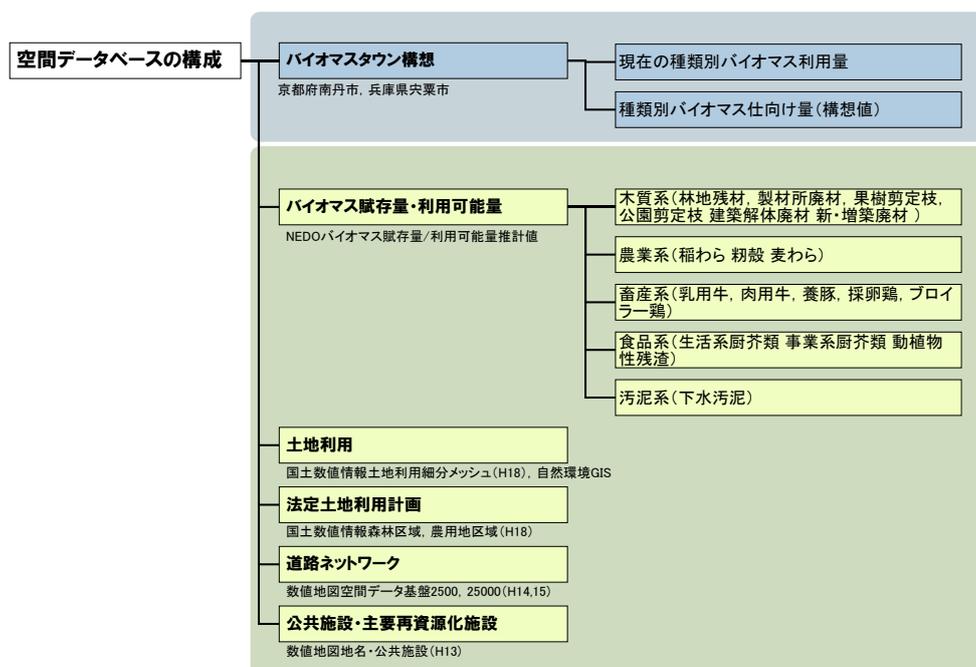
4. 事例地区における空間データベースの構築

4-1. 空間データベース構築の狙い

空間データベースに収録されるデータは大きく、事例地区のバイオマスタウン構想書から抽出されるデータと、その他の機関が作成した統計データ及び地理情報に大きく2分類できる(図表16)。なお、本研究では、空間データベースの測地系としては世界測地系を採用した。以下に、本研究で構築した空間データベースの構成とその主な用例を示す。本研究では、空間データベースの構築にあたり、全国で広く整備されたデータの利用に努めた。本節に述べたデータベース構築の方法とその用例は、日本全国に適用可能な一般的な枠組を提供するためである。次節以降に述べる解析に用いる距離や面積には、この空間データベースにより求めた値を用いている。したがって、別の自治体であっても、本節に述べる統計や地理情報を収集、整備し、空間データベース化することで、次節以降に述べる解析に備えることができる。

4-2. バイオマスタウン構想書から抽出されるデータ

バイオマスタウン構想書には、通常、バイオマスの種類別の現況利用量と仕向け量の構想値の記載がある。本研究では、これら情報を構想書から読取り、事例自治体の地理情報(行政区)の属性情報として空間データ化を行なった。バイオマス資源循環シナリオの設計では、これら情報に加え構想書に記載のあるマテリアルフロー図(現況及び構想)を利用した。



図表 16 空間データベースの構成および収録データの概要

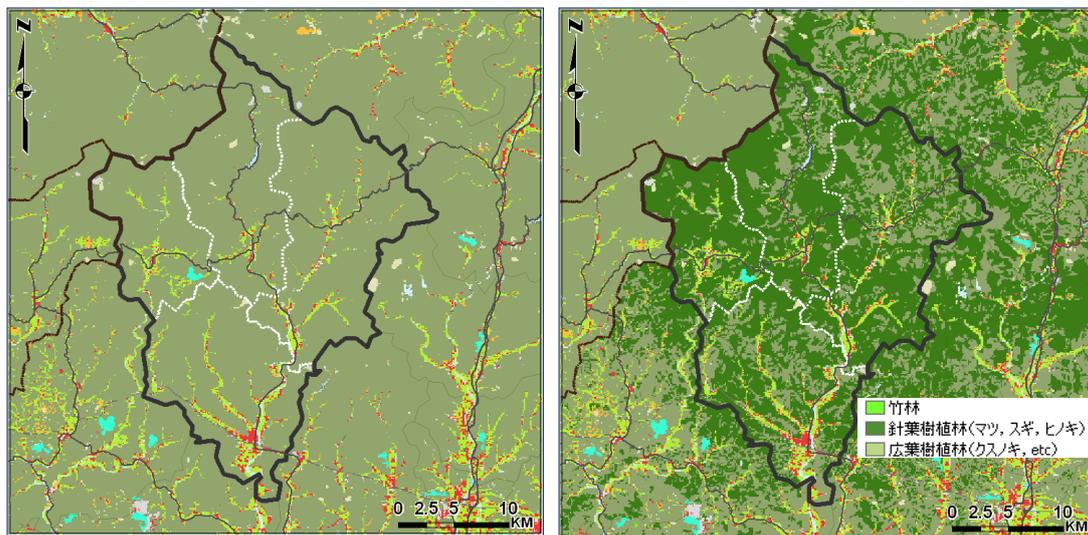
4-3. その他機関が作成する統計ならびに地理情報とその利用例

(1) バイオマス賦存量・利用可能量

NEDO（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）が作成・公開しているバイオマス賦存量・利用可能量の推計値を用いた（NEDO2005, NEDO2006）。ここで、「賦存量」は、当該地域で得られるバイオマス資源の総量であり、堆肥等で有効利用されているバイオマス、林地残材等の未利用バイオマス等を全て含むものであり、一方、「利用可能量」は、現状で有効に利用されていないバイオマス資源の量であり、賦存量から堆肥、家畜敷材等として既に有効利用されているバイオマスを除いた量である。

$$\begin{aligned} (\text{賦存量}) &= (\text{現在有効利用されているバイオマス資源量}) \\ &+ (\text{有効利用されず焼却・埋め立て・海洋投棄等で処理されているバイオマス資源量}) \end{aligned}$$

賦存量・利用可能量のデータ（何れもトン/年）は、木質系（林地残材、製材所廃材、果樹剪定枝、公園剪定枝 建築解体廃材 新・増築廃材）、農業系（稲わら 籾殻 麦わら）、畜産系（乳用牛、肉用牛、養豚、採卵鶏、ブロイラー鶏）、食品系（生活系厨芥類 事業系厨芥類 動植物性残渣）、汚泥系（下水汚泥）、の5項目18種類に分かれている。

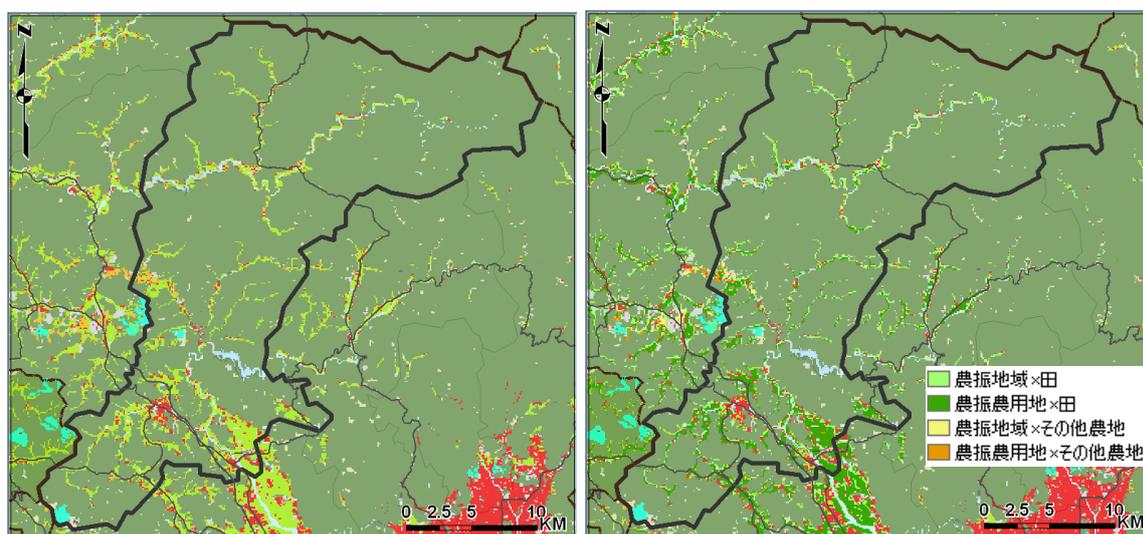


図表 17 自然環境 GIS を用いた針葉樹植林地の分布把握例（宍粟市）

出典：国土地理院数値地図空間データ基盤 2500、25000 (H14、H15)、数値地図地名・公共施設 (H13)、国土数値情報土地利用細分メッシュ (H18)、国土数値情報地域指定 (H18)、環境省自然環境 GIS を加工。

(2) 土地利用

土地利用情報は、研究対象地域の農地（田・畑）や森林の分布を把握する上で必要となる。本研究では、2009年8月に一般公開された、国土数値情報土地利用細分メッシュ（平成18年）を採用した。本データは、全国の土地利用の状況について、3次メッシュ1/10細分区画（100mメッシュ）毎に、各利用区分（田、畑、果樹園、森林、荒地、建物用地、幹線交通用地、湖沼、河川等）を整備したものである（国土交通省、online）。ただし本データは、森林は一つのカテゴリとして収録されており、樹種の違いが分からない。そのため本研究では、土地利用細分メッシュの森林カテゴリを、環境省生物多様性センターが公開する、自然環境情報GISデータ（第2-3回植生調査）により細分類した（環境省、online）。なお、データの年次はベースとなる土地利用情報に比べて古い（第2回調査が1978、79年、第3回調査が1983～87年）、その後も大幅な樹種の分布変化が無いものと仮定している。なお、自然環境情報GISデータによる細分類は、土地利用細分メッシュで「森林」に分類されている区域のみを対象としている。図表17は、兵庫県宍粟市およびその周辺自治体を対象とし、土地利用細分メッシュによる森林（図表17-a 薄緑色）のうち、森林法で地域森林計画対象民有林に指定されている区域のものを、自然環境情報GISデータを用いて針葉樹植林地（図表17-b 濃緑色）とそれ以外とに細分類した例である。



(a) 土地利用細分メッシュによる農地分布

(b) 地域指定データによる農地の細分類

図表18 地域指定による農地の細分類例（南丹市）

出典：国土地理院数値地図空間データ基盤 2500、25000（H14、H15）、数値地図地名・公共施設（H13）、国土数値情報土地利用細分メッシュ（H18）、国土数値情報地域指定（H18）を加工。

した距離帯区分を行なうためには、事例地区およびその周辺地域における道路ネットワークの把握が必要になる。本研究では、実際の移動距離を反映した詳細な距離帯を求めるため（これを、「サービスエリア解析」という）、空間データベースに数値地図空間データ基盤 2500 の道路ネットワークデータを実装した。図表 19 は、そのデータを用いて、南丹市八木バイオエコロジーセンター（メタン発酵施設）から 10km, 20km 圏を、バッファ解析（図中破線による同心円）及びサービスエリア解析（図中桃色）により抽出した結果である。バッファ解析による距離帯区分は実際の移動距離による距離帯区分と大きくかけ離れており、過大評価する傾向にあることがわかる。

(5) 公共施設および再資源化施設

バイオマス資源の輸送距離や資源循環のサービスエリア解析を行なうためには、バイオマス資源の排出場所や再資源化施設等の位置情報が必要となる。本研究では、数値地図 25000(地名・公共施設) (2001 年度版) を元に、行政庁舎やその他公共施設の空間データ化を行なった。ただし、解析に必要となる全ての位置情報がこれに含まれている訳ではない。そのため補足的に、電話帳データにもとづくアドレスマッチング処理や携帯型 GPS により位置情報を取得し、ポイントデータの作成を行なった。

以上が、本研究で構築した空間データベースの基本的な構成である。次節で行なうシナリオの設計と評価に用いる輸送距離や再資源化物の面積等の算定には、この空間データベースにより求めた値を用いている。

5. 資源循環シナリオの設計と評価

5-1. バイオマス資源循環シナリオ設計および評価の基本的方針

(1) シナリオの設計方針

行政担当者への聞き取り調査では、まず各自治体の現在のバイオマス利活用の現状を把握するとともに、バイオマスタウン構想とのギャップの把握を行なった。次に、今後のバイオマスタウン構想の実現の行程について聞き取りをおこなった。一方、再資源化施設の担当者への聞き取り調査では、施設の稼働状況や運営上の課題を把握した。以上の情報を元に、事例自治体のバイオマスタウン構想の実現段階を概ね、現在の課題（第1段階）、当面の目標（第2段階）、構想実現（第3段階）の3つに分け、シナリオとして設計した。なお、シナリオの設計に際しては、地域循環についても考えるため、事例自治体のみならず近隣の自治体を含め、バイオマス発生場所ならびに発生量、再資源化施設、需要施設、再資源化物の需要量等を考慮し、地理的な広がりを考慮することに心がけた。

(2) シナリオの評価範囲

シナリオの評価範囲は、基本的に、市内におけるバイオマス発生源、バイオマス変換施設、バイオマス製品の利活用場所（公共施設や農地、畑など）を含む境界で、図2-1 でいうところの波線部内とする。市内における収支を評価対象とする。なお、地域循環圏を考慮したシナリオにおいては、これらに加え、近隣自治体におけるバイオマス資源の賦存や再資源化物の需要量を考慮している。経済収支ならびに再資源化物（バイオマス製品）の販売単価は、ヒアリング調査ならびに既往研究をもとに図表設定した（図表20）。

図表 20 経済性評価のための主な設定

経済収支	収入－支出＝製品販売収入－（施設償却費＋維持管理費＋資源調達費）
施設償却費	耐用年数で償却する（耐用年数：15年～20年） 金利4%を想定。補助金は考慮しない
維持管理費	電力料金 15 円/kWh 燃料代：重油 40 円/L，軽油 70 円/L 人件費：2,000 千円/人・年
資源調達費 逆有償はマイナス（▲）	林地残材 17,000 円/t 製材工場残材，稲わら，籾殻 1000 円/t 家畜排泄物▲500 円/t，生ゴミ▲15,000 円/t 下水系汚泥▲15,000 円/t，剪定枝▲20,000 円/t 建設発生木材▲5,000 円/t，資源作物
製品販売費	木炭 1,000 円/t，堆肥 5,000 円/t，液肥 1,000 円/t，ふん尿炭化物 10,000 円/t，生ゴミ炭化物 1,000 円/t，BDF50 円/L，熱 2 円/MJ，電力 15 円/kWh ペレット 33,000 円/t

5-2. 南丹市のバイオマス資源循環シナリオの設計と評価

(1) 南丹市のバイオマス資源循環シナリオの概要

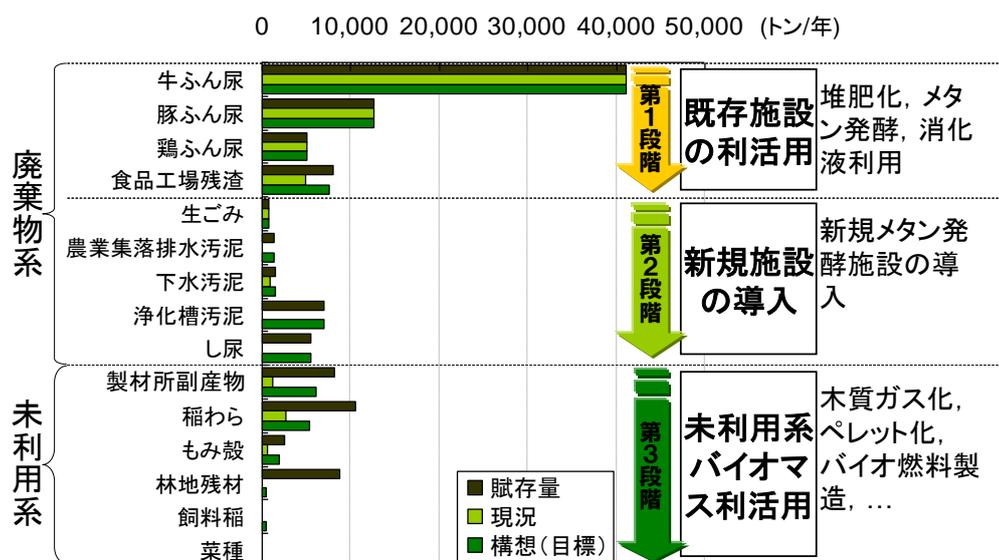
南丹市のバイオマス資源の種類別賦存量、現況利用量ならびに構想利用量を図表 21 に示した。行政担当者を対象とする聞き取りから、南丹市のバイオマスタウン構想は、概ね次に示す 3 つの段階を経て実現する狙いであることが分かった。本研究では、聞き取りの結果を基に、これらをバイオマス資源循環シナリオとして条件設定した。第 3 段階まで達することで、バイオマスタウン構想の目標は達成であることになる。なお、設計に当たっては、現在すでに循環利用されているバイオマス資源の利活用は今後もそのまま継続するものと仮定した。これに加え、本研究では地域循環への示唆を得るため、第 3 段階をさらに発展させ、再資源化物の循環の範囲を、隣接自治体にまで拡大する地域循環シナリオもあわせて設計した。

第 1 段階 (現状)

既存の堆肥化施設、メタン発酵施設 (湿式) (共に YBEC) を稼働させる。堆肥は市内の農地で施用し、メタン発酵消化液は八木町地区の農地で、液肥として利用する。

第 2 段階 (当面の目標)

第 1 段階で設定したい YBEC の堆肥化施設、メタン発酵施設 (湿式) の稼働を継続する。これに加え、生ゴミ処理のためのメタン発酵施設 (乾式) を新たに導入する。メタン発酵施設 (湿式) で発生した液肥の利用は八木町地区から市全域まで拡大する。



図表 21 南丹市バイオマスタウン構想の実現段階

第3段階（構想）

第2段階に加え、林地残材の木質ガス化、ペレット化、資源作物の栽培、バイオ燃料製造施設等の導入を図る。

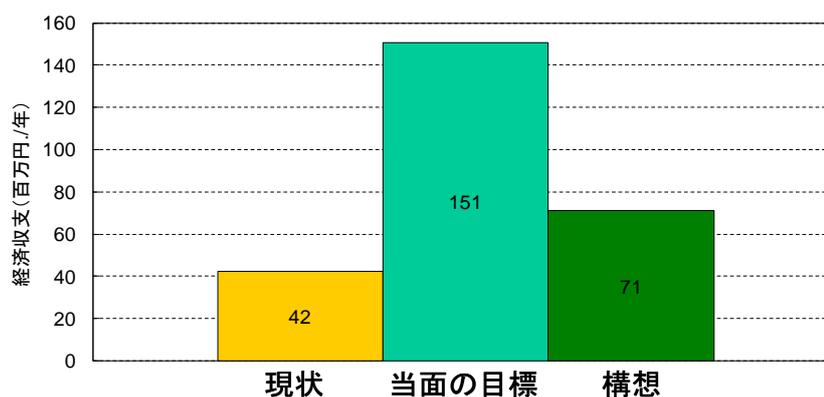
第4段階（地域循環圏の形成）

メタン発酵消化液の還元場所を市内の農地に限らず、YBEC からの輸送距離に応じ、隣接する自治体内の農地への還元を図る。

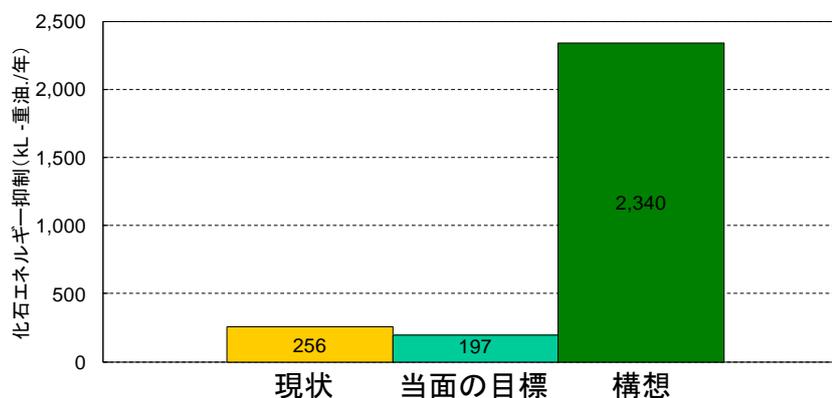
(2) 評価結果

① 構想の実現に伴い達成される経済収支、環境改善効果

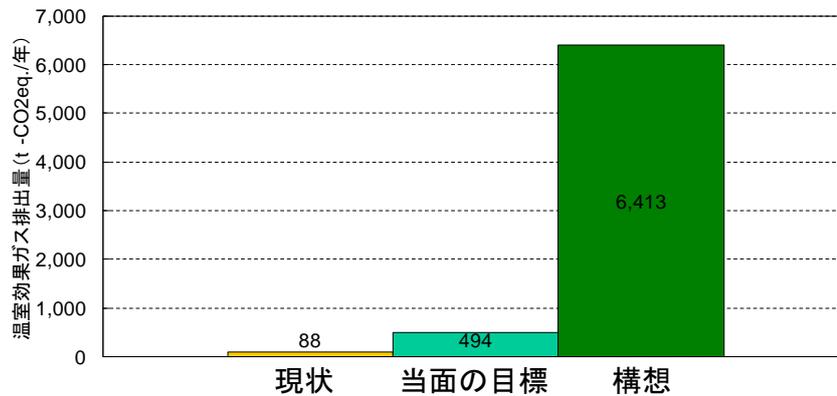
南丹市のバイオマスタウン構想が第1段階（現状）から第3段階（構想）まで実現されることで実現される、経済収支、化石エネルギー抑制量ならびに温室効果ガス排出量を総合モデルにより評価した。その結果を、図表22～24に示す。



図表 22 経済収支



図表 23 化石エネルギー抑制量



図表 24 温室効果ガス排出量

経済性については、構想実現の場合は新規の施設建設による支出が大きく影響してしまう傾向にあるが（図表 22）、環境改善効果についてはバイオエタノールの生産、BDF の有効利活用により大幅に期待できる（図表 23、24）。

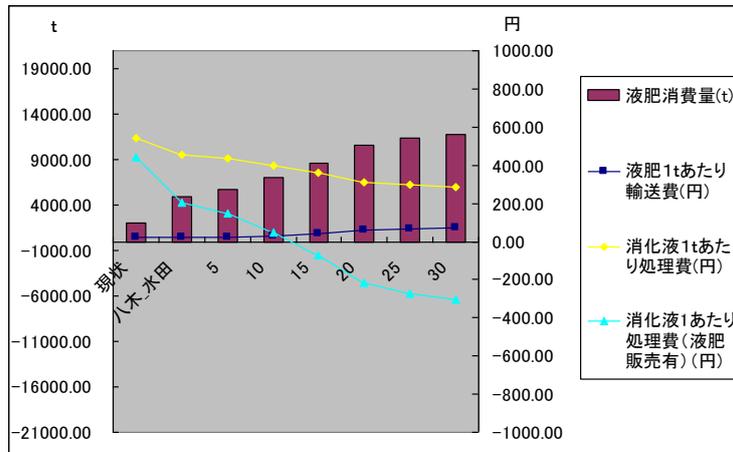
②地域循環圏の形成により得られる効果

a. 液肥の受入率を現状（21%）の場合

受入率とは、供給圏内の農地の何割が、液肥を利用するかを意味する。2008 年度度の液肥の利用実績から、受入率は 21%と算定できる。このような仮定の下で、想定される液肥の消費量、総輸送費、液肥 1 トンあたりの輸送費、消化液浄化費、消化液処理費（液肥販売有）を示したのが図表 25、これを図示したものが図表 26 である。本分析から、現状の受入率では供給圏を 30km まで拡大しても、液肥の全量消費はできないことがわかる。

図表 25 液肥供給範囲と経済収支（受入率 21%の場合）

液肥供給圏 (km)	液肥消費量 (t)	輸送費 (万円)	液肥 1t あたり輸送費 (円)	浄化費 (万円)	消化液処理費 (液肥販売有) (円/t)
10	7,060	20	30	780	50
15	8,650	40	40	680	-70
30	11,850	80	70	490	-310



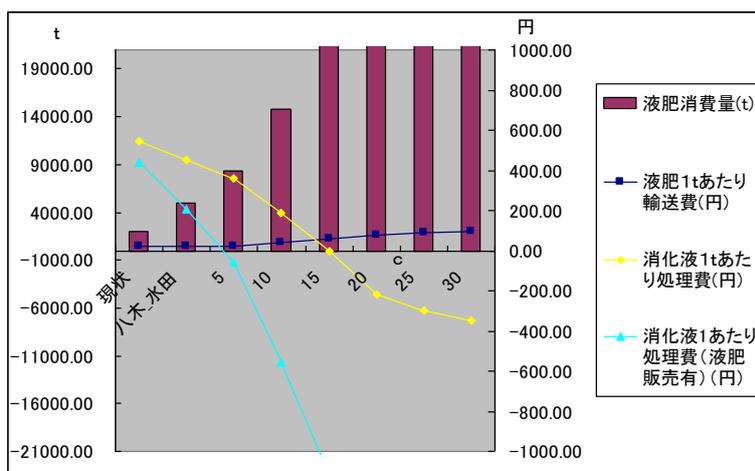
図表 26 液肥供給範囲と経済収支（受入率 100%の場合）

b. 液肥受入率 100%の場合

ここで、液肥の受入率を 100%に設定した場合を考える。受入率 100%とは、供給圏内にある全ての農地で液肥が施用されたことを意味する。この様な仮定のもとで、YBEC を中心に液肥供給圏を広げていくと、液肥消費量は急激に増加し、15km 圏内で液肥の消費量が 20,000t を越え、全量を農地還元できることがわかった（図表 27、28）。以上の結果から、液肥利用の普及拡大が、効率的なバイオマス資源循環の鍵となることがわかる。

図表 27 液肥供給範囲と経済収支（受入率 100%の場合）

液肥供給圏 (km)	液肥消費量 (t)	総輸送費 (万円)	液肥 1t あたり 輸送費 (円)	浄化費 (万円)	消化液処理費 (液肥販売有) (円/ t)
5	8,360	20	20	700	-60
10	14,820	60	40	310	-550
15	22,370	130	60	-140	-1,120

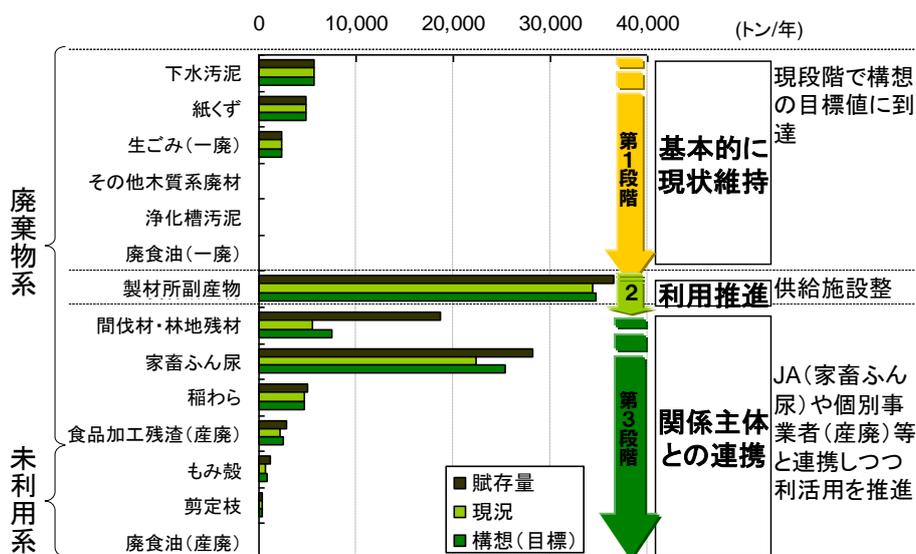


図表 28 液肥供給範囲と経済収支（受入率 100%の場合）

5-3. 宍粟市のバイオマス資源循環シナリオの設計と評価

(1) 宍粟市のバイオマス資源循環シナリオの概要

宍粟市のバイオマス資源の種類別賦存量、現況利用量ならびに構想利用量を図表 29 に示した。行政担当者を対象とする聞き取りから、宍粟市のバイオマスタウン構想は、概ね次に示す 3 つの段階を経て実現する狙いであることが分かった。南丹市におけるシナリオ設計と同様に、宍粟市でも聞き取りの結果を基に、これらをバイオマス資源循環シナリオとして条件設定した。したがって、シナリオが第 3 段階に達することで、宍粟市のバイオマスタウン構想が全て実現されることになる。宍粟市のシナリオ設計においても、現在すでに循環利用されているバイオマス資源の利活用は今後もそのまま継続するものと仮定した。



図表 29 宍粟市バイオマスタウン構想の実現段階

第1段階（現状）

1段階では、既存の堆肥化、炭化施設、生ごみのRDF化施設などの稼働を継続する。生産されるバイオマス製品（再資源化物）については、堆肥や炭化物は地元での消費、RDFは市内での需要が少ないため、市外へ搬出することを想定した。下水泥は浄化処理された後、脱水・乾燥汚泥にされるが、これも市内での需要がなく、市外の施設へ搬出される。

第2段階（当面の目標）

第2段階は、第1段階のバイオマス資源循環を継続するとともに、製材所廃材の利用を拡大する。さらに、炭化施設の利用を処理能力の最大まで拡大する。

第3段階（構想）

第3段階では第2段階に加え、木質バイオマスの燃料化（ペレット化）、廃食用油からのBDF生成等を推進する。

第4段階（地域循環圏形成）

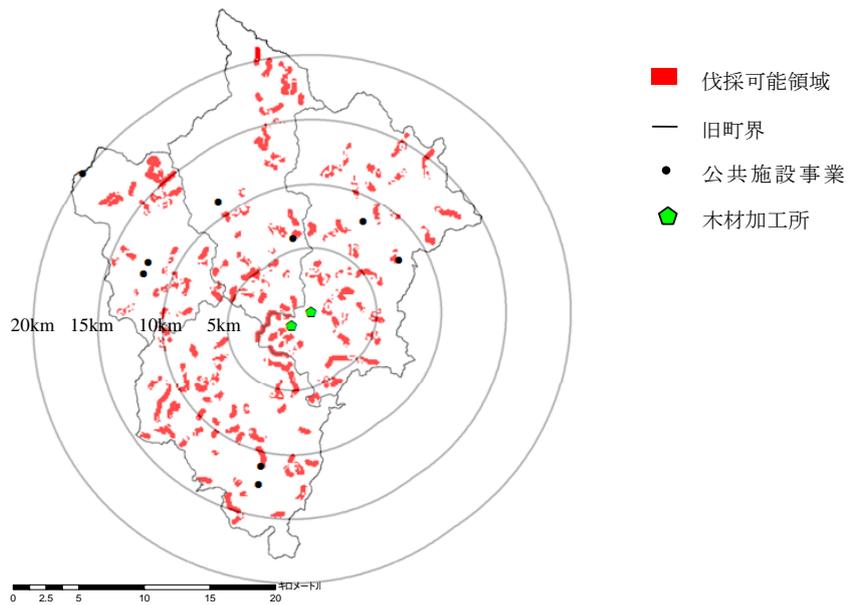
宍粟市は未利用系バイオマスを活用して、ペレット製造を軸とした広域供給拠点をめざしている。林地残材を活用したペレット製造で集中型のプラントを考える。林地残材の前処理は播磨バイオマス利用共同組合が所有する17.5t/日（年間稼働日数250日）規模のチップパーを最大限活用することを想定している。この場合、最大4,375t/年を前処理することができる。森林組合へのヒアリングによると、森林伐採可能領域は、以下2つの条件を満たす必要がある。

条件1：林道からの距離200m

条件2：傾斜角が40度以下

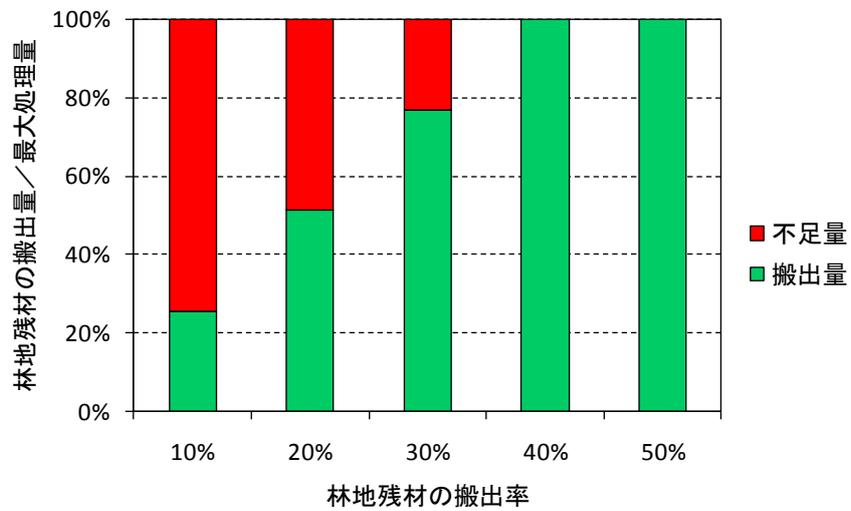
空間データベースを用いて、これら条件を同時に満たす領域を特定したところ（図表30）、森林伐採可能領域は6,454haとなることがわかった。宍粟市の調査では、間伐材の発生率10.7t/ha（16,000t/1,500ha）であるのに対し、未搬出率70%となっている。ここから、同市内における林地残材量は48,340tと推計できる。林地残材の搬出率の設定を10%、20%、～、50%と段階的に変更した場合、図表31の様に搬出率が10%～30%までは最大処理量に及ばず、市外からの原料調達が必要となる。今回は、市外からすでにチップ化されたものを2,500円/m³で購入する仮定した。

ペレットボイラーの導入を検討している公共施設の現在の使用実績に基づき、燃料種、使用量(kL)、熱量(MJ)、さらにはこれら現在の熱需要をペレット換算した際に必要となる木質バイオマス量を求めた（図表32）。現在の使用実績にもとづくと、熱需要を満たすのに必要となる木質バイオマスの量は1,206tとなる。



図表 30 青森県の森林伐採可能領域

地図出典：全国広域地図（ESRI Japan）を加工。



図表 31 最大処理量に対する林地残材の搬出量

図表 32 公共施設における年間の化石燃料消費量

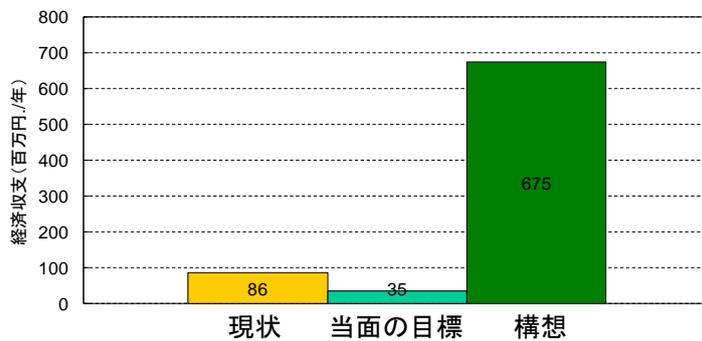
施設名	旧町	使用燃料種	使用量 (kL)	熱量 (GJ)	ペレット換算 (t)
①福知渓谷休養センター	一宮町	灯油	48	1,790	98
②楓香荘	波賀町	A重油	66	2,567	140
③山崎市民局	山崎町	灯油	8*	298	16
④生谷温泉伊沢の里	山崎町	A重油	94	3,657	200
⑤ちくさ高原	千種町	灯油	55	2,052	112
⑥フォレストステーション波賀	波賀町	A重油	132	5,135	281
⑦千種市民局	千種町	A重油	8	311	17
⑧保険福祉センター	千種町	灯油	57	2,126	116
⑨一宮温泉まほろばの湯	一宮町	灯油	111	4,140	226
合計			579	22,077	1,206

注) 発熱量: 灯油 (37.3MJ/L)、A重油 (38.9MJ/L)、ペレット 18,300 (MJ/t) と仮定。*は、値が不明のため千種市民局の値を代用した。

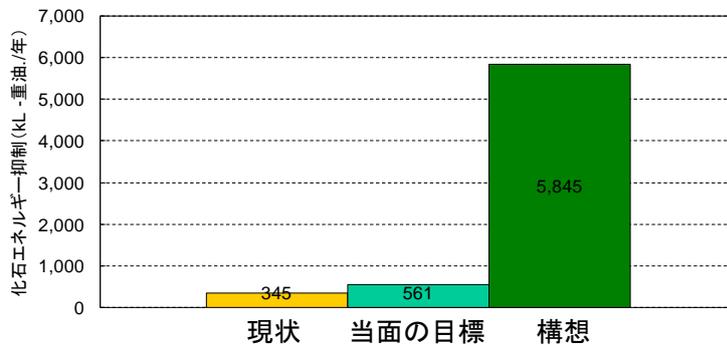
(2) 評価結果

① 構想の実現に伴い達成される経済収支、環境改善効果

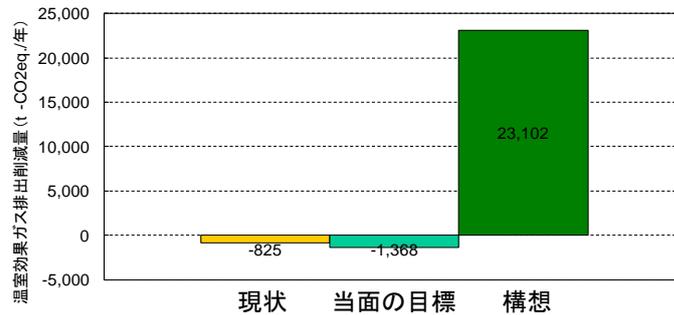
宍粟市市のバイオマスタウン構想が第1段階（現状）から第3段階（構想）まで実現されることで実現される、経済収支、化石エネルギー抑制量ならびに温室効果ガス排出量を総合モデルにより評価した。その結果を、図表 33～35 に示す。



図表 33 経済収支



図表 34 化石エネルギー抑制量



図表 35 温室効果ガス排出削減量

どの項目においても、構想実現の際には、木質バイオマスエネルギー（ペレット）の生産・販売が大きく影響し、収益そして環境改善効果が増大することが推定される。

②地域循環圏の形成により得られる効果

NEDOによる市町村別のエネルギー需要量調査結果をもとに、宍粟市に隣接する周辺自治体の業務熱需要量は111,522GJで、必要となる木質バイオマスの量は6,094tとなる（図表36）。ここで業務熱量とは、卸・小売業、サービス業、公務を含む事業体ならびに施設の熱需要量を意味する。宍粟市で生産できるペレットの量（4,375t/年）から市内の需要量（1,206t）を除いた3,169tが、周辺自治体へと供給できるペレットの量となる。これは、周辺自治体の業務熱需要量の53%にあたる（図表37）。

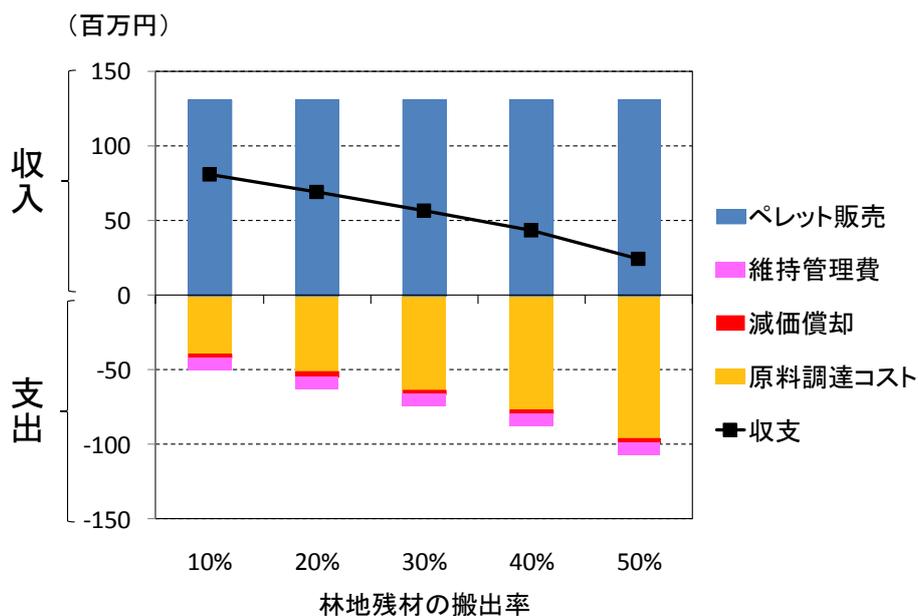
図表36 宍粟市周辺自治体の業務熱需要

周辺自治体	業務熱需要 (GJ)	ペレット換算 (t)
佐用町	2,946	161
養父市	4,376	239
姫路市	87,648	4,790
朝来市	5,506	301
たつの市	9,572	523
神河町	旧神崎町	996
	旧大河内町	479
合計	111,522	6,094

図表 38 市内ならびに周辺自治体への CO₂ 削減効果

	熱需要量 (GJ)	供給率	CO ₂ 削減量 (t-CO ₂)
宍粟市	22,077	100%	1,678
周辺自治体	111,522	53%	4,408
合計	133,599	60%	6,086

総合モデルを利用し、4,375t/年のペレット製造をする際の建設費、維持管理費を試算した。施設の耐用年数を15年、金利4%で計算した場合、減価償却費は3,000千円、維持管理費は8,130千円であった。これらをもとに、経済収支を求めたのが図表39である。ここから、搬出率が増大するにつれて収支が減少する傾向にあることがわかる。これは、搬出単価が大きく影響しているからである。市外からチップを購入した方が経済的には負担が小さいことを示している。



図表 39 搬出率と経済収支

6. 本研究のまとめ

本研究では、バイオマスタウン構想をもとにバイオマス資源の利活用を進める京都府南丹市および兵庫県宍粟市を事例に、これら自治体のバイオマスタウン構想の実態調査と、これを踏まえたより広域的なバイオマス資源循環のシナリオの設計ならびに評価を行なった。全国的に見ると、バイオマスタウン構想を保有する自治体は、農畜産系の資源の賦存割合が多いバイオマスタウン、林産系の資源の賦存割合が多いバイオマスタウンに大きく2分類できる。本研究で事例調査を行なった、京都府南丹市、兵庫県宍粟市はそれぞれ農畜産系、林産系のバイオマス資源が豊富な自治体として位置づけられる。本研究では、事例自治体の取組みについて詳細な調査を行なうことで、それぞれのグループが抱える問題や課題をある程度把握できると考えた。以下では、本研究により得られた知見について概括し、本研究のまとめとしたい。

6-1. 再資源化施設の整備・稼働および再資源化物の利用体制

バイオマスタウン構想は、既存の再資源化施設の利用を基礎としつつ、多岐にわたるバイオマス資源の循環を模索する中で作成される。ただし、既存の再資源化施設は必ずしも好ましい稼働状況にあるわけではない。例えば、南丹市のメタン発酵処理施設（YBEC）は、家畜の排泄物や食品工場残渣の堆肥化施設として機能しているが、処理残渣である液肥の利用体制が整っておらず、これが経営を圧迫している。南丹市のバイオマスタウン構想は、消化液の利用普及による当該施設の経営改善が最優先事項とされている。今後、建設を検討しているメタン発酵施設も、消化液の利用体制が構築されない限り、導入は難しいであろう。また、宍粟市でも、市内に製材所残材の炭化施設はあるものの、残材の供給が追いついておらず稼働状況は低調である。また、新規での建設を検討しているチップ化施設もペレット化施設が安定的に稼働するには、施設整備と同時に再資源化物としてのチップやペレットの需要を形成する必要がある。

つまり、バイオマス資源循環が円滑に進むには、地域に賦存するバイオマス資源を安定的に供給すると共に、これを効率的に再資源化し、さらには再資源化物が安定的に消費される仕組みが作られなければならない。既存施設の稼働の安定化については、南丹市においては再資源化物としての消化液の利用体制の整備が、宍粟市においてはバイオマス資源の供給の安定化が必要である。一方、新規で建設する施設については、再資源化物（例えば、木質ペレット）の需要が喚起されていないものもあり、再資源化物の需要の形成が、施設の安定稼働の鍵となると考えられる。

6-2. 地域循環圏形成へのインプリケーション

事例調査地区の行政担当者らは、バイオマスタウン構想保有自治体を核とした地域循環圏の形成について消極的な態度であった。その一つの理由が、当該自治体内での

体制整備にすら腐心している状況で、近隣自治体との連携までは手が回らないというものである。これは、再資源化物の需給の競合とも関係している。例えば、南丹市を含む南丹地域は古くから畜産の盛んな地域である。そのため、南丹市も周辺自治体も、畜産系のバイオマスの賦存や再資源化物（例えば、堆肥）の供給、利用の体制は類似の状況にある。宍粟市も森林資源の豊富な地域にある自治体であり、近隣自治体もバイオマス資源の賦存、再資源化物の（潜在的な）供給力という点で状況は似通っている。このような状況では、再資源化物の供給において、当該地域の中では競合が生じることになる。つまり、再資源化物の流通を複数自治体程度の狭い範囲で考えた場合、ある自治体からの供給量が増えると、他自治体からの供給量が減少することになる。実際に、南丹市での聞き取り調査では、近隣の自治体では、当該自治体の農業生産には地元で生産された堆肥を利用しようという圧力のようなものがあり、南丹市からの堆肥の出荷量の減少を引き起こしたという声も聞かれた。このような地域間の競合は、自治体内部でも起っている。南丹市における畜産排泄物の処理や堆肥を始めとする再資源化物の流通は、依然として旧町を単位として行なわれている。自治体が連携し、地域循環圏を形成するには、このような競合関係の調整が不可欠である。

6-3. 施策としてのバイオマスタウン構想が抱える課題

バイオマスタウン構想の認定要件の一つとして、「域内に賦存する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%以上の活用に向け、総合的なバイオマス利活用を進めるものであること。」という記載がある（農林水産省、2004）。このため、事例自治体のバイオマスタウン構想はいずれも、バイオマス資源循環の目標値が高く設定されている。ただし、バイオマスタウン構想にはもともと、目標年次が位置づけられておらず、これら目標値がどの程度の期間で達成されるのか不明瞭なものとなっている。

本研究の事例自治体はいずれも、バイオマスタウン構想を概ね3段階—現在の課題への取組み（第1段階）、当面の目標の実現（第2段階）、残る構想の実現（第3段階）—にわけて実現することを考えていた。ただし、工程は必ずしも厳密に管理されているわけではない。また、行政担当者や既存の再資源化施設の担当者の関心は、まずは第1段階の取組みに焦点が定められており、第1段階の目標がある程度実現された段階で、第2段階の取組みへと移ることになる。事例自治体はいずれも、第1段階の目標の達成に腐心している状況であった。このような段階的な取組みは、地方自治体の限られた行財政のもとでは避けられないことかもしれない。しかしながら、構想に示された目標値が野心的であるだけに、実際の取組み状況との乖離が際だつ結果となっている。これはバイオマスタウン構想という施策そのものがもつ構造的な課題と考えられる。

引用・参考文献

- 栗島 英明、瀬戸山春輝、田原聖隆、玄地裕（2006）「LCA手法と住民選好調査を利用した地方自治体のまちづくりの環境効率評価」、土木学会環境システム研究論文集、34、21-28.
- 小林久、柚山義人（2006）「LCA手法を適用したバイオマス資源循環の評価ー肉用牛・耕種複合経営の物質フローとリサイクルプロセスの事例的分析ー」、農業土木学会論文集、241、13-23.
- 宍粟市（2008）「宍粟市木質バイオマス利活用調査報告書」、宍粟市.
- 田畑智博、後藤尚弘、井村秀文、藤江幸一、薄井智貴（2002）「廃棄物発生空間分布に基づく廃棄物輸送・再資源化施設の適正配置の決定に関する研究」、土木学会環境システム研究論文集、30、pp. 315-322.
- 丹治三則、藤田壮、盛岡通（2003）「流域圏でのシナリオ誘導型の施策立案と評価を支援する地理情報システムに関する研究」、環境システム研究論文集、土木学会環境システム委員会、31、367-377.
- 中村真人、柚山義人（2005）「各種バイオマス成分のデータベース整備」、農業工学研究所技報、203、57-80.
- 中村真人、柚山義人（2006）「成分調整コンポスト製造のための各種バイオマスの分類と適用性の検討」、農業土木学会論文集、246、73-82.
- 南丹市（online）「南丹市バイオマスタウン構想」（平成18年3月）、
http://www.biomass-hq.jp/biomasstown/pdf14/14_2.pdf.
- 南丹市（online）「南丹市バイオマスタウン構想」（平成20年2月）、
http://www.biomass-hq.jp/biomasstown/pdf14/14_2.pdf.
- NEDO（2005）「バイオマス賦存量及び利用可能量の全国市町村別推計とマッピングデータの公開に向けたシステム開発」に関する調査(平成17年度)、NEDO.
- NEDO(2006)「バイオマス賦存量及び利用可能量の全国市町村別追加推計とマッピングデータの公開」に関する調査(平成18年度)、NEDO.
- 農林水産省（2004）「バイオマスタウン構想基本方針」、農林水産省.
- 農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」（独）農業工学研究所（2006）「バイオマス利活用システムの設計と評価」、農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」（独）農業工学研究所.

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」、農村計画学会誌、27、317-322、2009.

柳奈保子、土田えりか、Looi-Fang WONG、藤田壮、山口直久（2007）「地域 GIS データベースを用いた資源循環政策の効果算定システムの構築と試行的運用」、環境情報科学論文集、21、451-456.

山岡賢、柚山義人、中村真人（2007）「減圧蒸留によるメタン発酵消化液ろ液からのアンモニアの分離とろ液の濃縮」、農業農村工学会論文集、250、47-55.

柚山義人（2007）「農畜産業系バイオマスの持続的利活用システム」、水環境学会誌、30/7、22-26.