

機関番号：11201

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20780169

研究課題名（和文） 地域循環型生物資源利用システムにおける
物質フローからみた持続可能性評価手法の開発研究課題名（英文） Development of method to evaluate sustainability of regional
bioresource utilization and recycling system

研究代表者

原科 幸爾（HARASHINA KOJI）

岩手大学・農学部・講師

研究者番号：40396411

研究成果の概要（和文）：本研究では、バイオマスタウン構想をはじめとした地域循環型生物資源利用システムにおける持続可能性評価手法を開発することを目的とした。岩手県遠野市を事例として、生物資源賦存量評価と利用システムの検討、現況との比較、物質フローの変化からみた持続可能性評価を行い、LCAのフレームワーク構築を最終目標とした。具体的には、家畜糞尿の堆肥利用、木質バイオマスの利用、遊休農地の活用によるバイオ燃料生産について、窒素および炭素循環、コスト、LCAの視点から評価を行なった。

研究成果の概要（英文）：An approach to evaluate sustainability of regional bioresource utilization and recycling system was developed and applied in Tono City, Iwate Prefecture, Japan. Potential supply of bioresources was estimated and utilization system was discussed, followed by sustainability assessment based on comparison with current state, changes in material flow, and LCA. Use of manure from livestock excrement, woody biomass, and bio-fuel produced in abandoned agricultural lands were focused and evaluated on the basis of nitrogen flow, carbon emission, cost, and LCA.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学，農業土木学・農村計画学

キーワード：地域計画・地域づくり，バイオマス，循環型社会

1. 研究開始当初の背景

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から約5年が経過した。この間に全国各地で生物資源の利用にむけた取り組みが推進されてきた。とくに、バイオマスタウン構想は、地域の多様な生物資源を複合的に利用しようとするもので、生物資源に依拠した循環型社会形成に向けたひとつのモデルケースとして期待されている。

しかし、バイオマスタウン構想には、地域循環型の資源利用を行ったときの地域および地球環境の持続可能性向上に関する具体的な評価が含まれていないという問題がある。現状の構想書においては「期待される効果」の項目があるが、ここでは定性的な記述にとどまっている。だが、2006年3月の戦略見直しにおいては、窒素などの重要な物質収支を考慮するとともに、ライフサイクルア

セスメント (LCA)の手法を確立することが必要であるとされている。生物資源利用が不適切な形で推進されると、トータルでみた費用に対する便益が見合わなかったり、かえって負の影響を生じる可能性もあるからである。そのため、バイオマスタウン構想等の生物資源利用推進に関する政策評価に有効な手法の確立が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、バイオマスタウン構想をはじめとした地域循環型生物資源利用システムにおける持続可能性評価手法を開発することを目的とした。岩手県遠野市を事例として、生物資源賦存量評価と利用システムの検討、現況との比較、物質フローの変化からみた持続可能性評価を行い、LCAのフレームワーク構築を最終目標とした。

3. 研究の方法

バイオマスタウン構想が公表されている遠野市を対象として、家畜糞尿の堆肥利用、木質バイオマスの利用、遊休農地の活用によるバイオ燃料生産について、窒素および炭素循環、コスト、LCAの視点から評価を行なった。具体的な方法は以下のとおりである。

(1) 遠野市全域および旧町村における窒素フローの評価

対象地とした遠野市全域および遠野市を構成する11の旧町村における窒素フローの推定を行った。推定方法としては、松本(2000)の方法を援用した。これは、農村地域を「人間」、「家畜」、「農地」のコンパートメントに分け、コンパートメントの窒素ストックとコンパートメント間の窒素フローを既存の統計資料やセンサス、原単位等を用いて求めていく方法である。これによって、遠野市全体の窒素収支および、旧町村ごとに異なる窒素フローの形態の比較から現状の窒素フローの問題点を抽出した。

(2) 家畜糞尿の堆肥利用にかかるリソースマイル分析

家畜糞尿に注目し、旧町村よりも細かい空間単位である農業集落ごとに家畜糞尿の発生量と農地の堆肥受け入れ可能量を窒素ベースで試算した。さらに、その差し引きから窒素収支を計算し、窒素収支の空間分布を明らかにした。

この結果から、窒素収支に空間的な偏りがあること明らかになったため、家畜糞尿の堆肥化を通して、窒素を移動させることが必要と考えられた。そこで、家畜糞尿の堆肥利用に関して、既存の堆肥化施設配置における糞尿・堆肥の輸送にかかる環境負荷を、リソースマイル(RM)を用いて評価した。RMと

は輸送重量と輸送距離を乗じたものである。ここでは、柚山ら(2005)の方法を援用し、糞尿発生場所→堆肥化施設の輸送(RM1)と堆肥化施設→農地の輸送(RM2)の2つを合計して算出した。堆肥発生場所および堆肥施用の位置については、各農業集落内の建物用地と農地の重心(集落点)として計算した。RM1は、集落点から最寄りの堆肥化施設への最短道路距離とし、RM2は堆肥化施設から道路距離の近い集落点の順に堆肥を分配していくときの最短道路距離とした。

このようにして求めたリソースマイルを現況の堆肥化施設の配置と、集中型システム(市の重心に1箇所配置)、分散型システム(旧町村の重心にそれぞれ1箇所配置)で比較を行い、現況の改善策について検討した。

(3) 木質バイオマスの利用可能性とコスト評価

木質バイオマスの利用可能性の評価と利用推進のボトルネックとなっている収穫・輸送コストの評価を行なった。まず、木質バイオマスの賦存量評価を行なうとともに、針葉樹に関しては間伐材、林地残材を、広葉樹に関しては全木をエネルギー利用するものとしてそのポテンシャル評価を行った。

つぎにバイオマスプラント(製材・発電所)の配置について、4つのシナリオを設定し、それぞれについて、GISと経験式を用いた収穫・輸送コストの評価を行なった。

(4) 遊休農地の活用によるバイオ燃料生産の可能性評価とLCA

未利用のバイオマス資源を想定して、遊休田・遊休畑を活用したバイオ燃料生産の可能性評価とエネルギーおよびCO₂収支でのLCAを行った。ここでは、バイオ燃料として、飼料米から作るバイオエタノールと菜種油から作るBDFを想定し、E3およびB5の生産可能量と遠野市におけるガソリンと軽油の消費量との比較することでバイオ燃料利用可能性の評価を行った。

4. 研究成果

(1) 遠野市全域および旧町村における窒素フローの評価

窒素フローのコンパートメントモデルを作成して推定を行なった結果、旧町村ごとに特徴的な窒素フローがみられたが、現況の問題点として、地域外からの食料、飼料の購入量が多いこと、有機物肥料として生ゴミや家畜糞尿が有効に利用されていないこと、牧草地に対し過剰な窒素投入があること、地域によっては蓄積・溶脱する窒素量が大きいところが存在するという点があげられた(図1)。

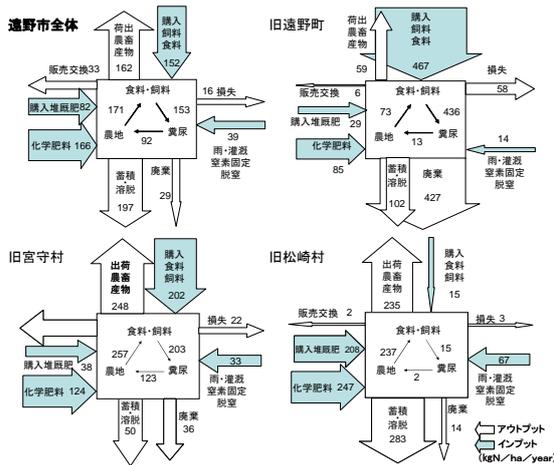


図1 遠野市全域および旧町村における農地面積あたりの窒素フロー

(2) 家畜糞尿の堆肥利用にかかるリソースマイル分析

遠野市全体で見ると、家畜糞尿による窒素発生量 985 tonN/year に対して堆肥施用による農地受入可能量は 1,002 tonN/year であり、ほぼバランスが取れていると推定された。しかし、これを集落単位でみると窒素過多な地域とそうでない地域があるため(図2)、これらの中で糞尿・堆肥の輸送を通じた窒素のやりとりが必要であることがわかった。

現況の6箇所の堆肥化施設のリソースマイル(RM)合計値は 533 (10³km・ton) となり、施設ごとに値が大きく異なることがわかった(図2)。

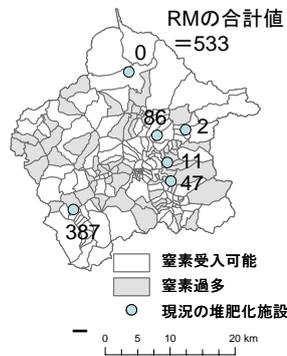


図2 現況の堆肥化施設ごとのリソースマイル(10³km・ton)

仮想的なシナリオとして設定した、施設を1箇所のみ市の重心に配置する集中型システムと各旧町村の重心に配置する分散型システムでは、集中型システムが分散型システムの約4倍となった(図3)。現況のRM合計値はそれらの中間にあるが、市北西部に施設がないため、施設ごとのRMに不均衡を生じている現状から(図2)、1箇所堆肥化施設を追加した現状改善型システムを想定するとRM合計値が約35%削減され得ることがわ

かった。

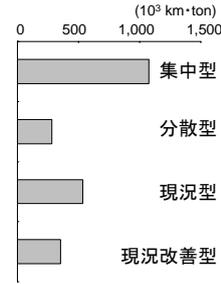


図3 堆肥化施設配置に関する4つのシナリオごとのリソースマイル合計値

(3) 木質バイオマスの利用可能性とコスト評価

対象とした木質バイオマス全て(針葉樹の間伐材、林地残材および広葉樹の全木)を用いて発電を行った場合、遠野市の電力使用量の約27%の発電量が得られることがわかった。

設定した4つのシナリオ(既存のプラント3箇所を配置した「現況型」、遠野市の重心に1箇所配置した「集中型」、市内旧町村のそれぞれの重心に11箇所配置した「分散型」、および100km²以上の流域を基準として、それぞれの重心に7箇所配置した「流域型」)ごとの収穫・輸送コストは、10,065~10,827円/tDMであり、「分散型」、「流域型」、「現況型」、「集中型」の順にコストが低くなるが、その差は1割未満程度であることがわかった。

算出された木質バイオマスの収集・輸送コストが安い林班から順に資源量を積み上げていくことにより、木質バイオマス資源量と収集・輸送コストの関係を調べたところ、伐採範囲よりも材の種類によってコストが大きく異なり、林地残材、広葉樹、間伐材の順にコストが安かった(図4)。既往の報告から木質エネルギー利用したときの採算の取れるボーダーとして5400円/tDMを仮定すると、その範囲内で利用できる木質バイオマスによる発電量は、電力使用量の1.7%に過ぎないことがわかった。

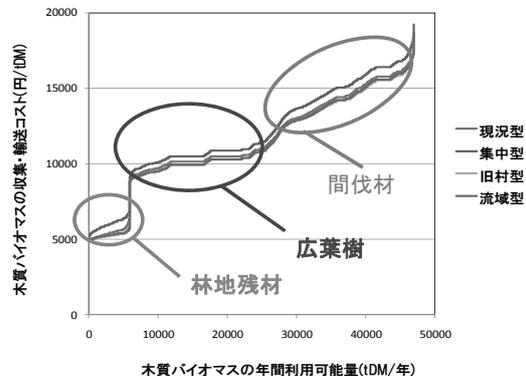


図4 木質バイオマス資源量と収穫・輸送コストの関係

(4) 遊休農地の活用によるバイオ燃料生産の可能性評価とLCA

E3 および B5 の生産可能量と遠野市におけるガソリンと軽油の消費量との比較することでバイオ燃料利用可能性の評価を行った。その結果、それぞれの域内自給率は、E3 で170%～200%、B5 で27%～87%となり、域内のガソリン消費量は全て E3 で代替可能であるが、軽油については、全てはカバーできないことが分かった。

また、E3 および B5 を利用した際には、バイオエタノールとBDFの分で、ガソリンと軽油を代替したことになる。この時のCO2排出削減量についても試算を行った。バイオエタノールとBDFのライフサイクルの各工程(図5, 図6)におけるエネルギー投入とCO2排出量を試算し、地域内のバイオ燃料製造による環境負荷についての評価を行った(表1, 表2)。その結果、バイオエタノールでは、エネルギー投入量に対して約3.8倍のエネルギーが算出可能であると試算された。また、CO2排出量の合計は約224tであった。E3によるCO2削減量が2,051tなので、差し引き1,827tのCO2削減になると試算された。BDFでは、エネルギー投入量に対して約7倍のエネルギーが算出可能であると試算された。その結果、CO2排出量の合計は約90tであった。BDFでのCO2削減量が1,162tなので、全体で1,072tのCO2削減になると試算された。

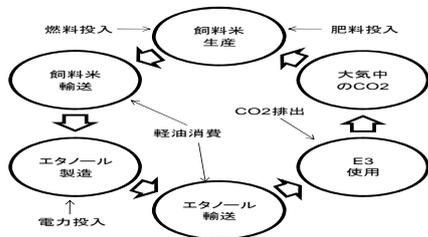


図5 バイオエタノールのライフサイクル

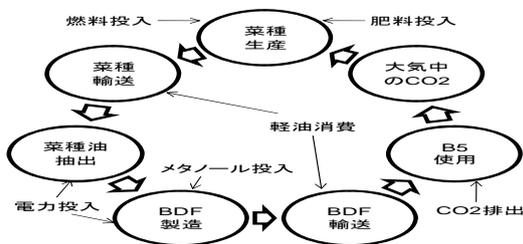


図6 BDFのライフサイクル

表1 バイオエタノールのライフサイクルにおける投入エネルギーとCO2排出量

項目	エネルギー (MJ)	CO2排出量 (t)
窒素肥料製造	406,971	13.21
リン酸肥料製造	83,635	5.54
飼料米製造	2,583,246	54.27
エタノール製造	3,791,760	143.76
飼料米輸送	44,172	5.28
エタノール輸送	12,976	1.55
合計	6,922,758	223.61

表2 BDFのライフサイクルにおける投入エネルギーとCO2排出量

項目	エネルギー (MJ)	CO2排出量 (t)
窒素肥料製造	29,261	0.95
リン酸肥料製造	9,626	0.64
菜種製造	193,245	13.28
菜種油製造	396	0.02
BDF製造	1,655,201	59.27
メタノール製造	336,739	12.77
菜種油輸送	22,187	2.65
BDF輸送	7,242	0.50
合計	2,253,897	90.07

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Harashina, K. and Ichinose, T., A hierarchical zoning method for land resource management based on watershed and population: a case study in Iwate Prefecture, Journal of Landscape Architecture in Asia, 5, 1-6, 2010 査読有
- ② 原科幸爾, 生態系と物質循環からみた広域地方計画, 農村計画学会誌, 28, 84-89, 2009, 査読無

[学会発表] (計1件)

- ① 原科幸爾, 家畜糞尿の堆肥利用のための施設配置に関するリソースマイル分析, 環境情報科学, 39, 84-84, 環境情報科学ポスターセッション, 2009年11月30日, 日本大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

原科 幸爾 (HARASHINA KOJI)

岩手大学・農学部・講師

研究者番号: 40396411