

北海道酪農地域における 物質循環・経済から見た バイオガスプラント導入効果に関する研究

北島 弘¹・石井 一英²・藤山 淳史³・佐藤 昌宏⁴

¹非会員 北海道大学修士課程 大学院工学院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: kitajima0716@gmail.com

²正会員 北海道大学准教授 大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: k-ishii@eng.hokudai.ac.jp

³正会員 北海道大学特任助教 大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: fujiyama@eng.hokudai.ac.jp

⁴正会員 北海道大学助教 大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: satomasahiro@eng.hokudai.ac.jp

近年、北海道酪農地域では、家畜ふん尿を主要な原料としたバイオガスプラント (以下、BGP) の導入が進んでいる。BGPは、家畜ふん尿の適正処理やバイオガスのエネルギー利用、発酵残渣の液肥利用を通して、窒素汚染や温室効果ガス排出の削減、肥料やエネルギーの外部購入の節約など、地域における物質循環に影響を与え、資源や資金を地域内で循環させる経済的役割を果たす。本研究では、2つの北海道酪農地域を対象に、産業連関や農林水産統計などの各種統計、土壌における炭素と窒素の動態を扱うモデルなどを用い、BGP導入による物質循環及び経済の変化を解析した。その結果、BGP導入により、液肥利用が進むことで地域の循環利用率が上昇することを示し、そして経済効果は地域の農業・畜産部門生産額の3.6~6.8%であることを示した。

Key Words : Cow manure, liquid fertilizer, bioenergy, material circulation ratio, GHG emissions

1. 研究背景と目的

我が国では、最終処分場の逼迫や、地球規模での化石燃料エネルギー等の資源の枯渇、地球温暖化などの問題を背景に、平成12年度に循環型社会形成推進基本法が制定され、「廃棄物等の発生抑制、循環資源の循環的な利用及び適正な処分が確保されることによって、天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される」¹⁾循環型社会の形成が目指されるようになった。そして、環境省により、「地域循環圏は、地域で循環可能な資源はなるべく地域で循環させ、地域での循環が困難なものについては循環の環を広域化させていく」²⁾地域循環圏の形成が推進され、里山地域では農林水産業に由来するバイオマス系資源の地産地消的な利活用が基本的な方針として掲げられ、特に酪農地域では家畜ふん尿の利活用施設としてバイオガスプラント (以下、BGP) の導入が進められている。BGPの導入により、廃棄物である家畜ふん尿をバイオガス化することで、エネルギーを

生産し自ら消費し、発酵残渣である液肥を農地で利用することで、循環利用率の向上が促進され化石燃料消費量および化学肥料の消費量の削減が図られ、循環利用率の向上が促進される。また、地域外からの資源購入量の削減は、外部への資金流出の抑制という経済的な効果をもたらす。このように、酪農地におけるBGPの導入は、地域の物質循環と経済の両方に影響を与える。BGP導入効果に関する先行研究としては、松本³⁾により、畜産と農地を中心とした地域における窒素収支が解析されているが、農地からの温室効果ガス (以下、GHG) 排出量や窒素溶脱量など、農地での物質挙動については詳細な検討がなされていない。三枝⁴⁾は、農地における窒素収支を圃場における実測値に基づき解析している。農林水産バイオリサイクル研究所「システム化サブチーム」⁵⁾は、松本の研究をもとに、地域における窒素、リン、カリウム、炭素の循環を解析する「バイオマス資源循環利用診断モデル」を作成している。このモデルでは、地域で発生する家畜ふん尿や食品廃棄物、し尿・浄化槽を対

象に堆肥化施設やBGPを導入した場合の物資収支の变化を解析することができる。BGP導入による地域経済効果に関しては、中村⁶⁾をはじめ、プラントの事業収支を中心に多くの研究がなされているが、地域への経済効果に関する研究は行われていない。このように、BGP導入効果に関する先行研究は多数存在するが、地域全体での物質循環および地域経済への影響を同時に解析し、循環利用量の改善及びGHG発生削減量、外部への資金流出抑制による地域経済効果を考察した例はほとんど見られない。これらの先行研究を踏まえ、本研究では北海道酪農地域を対象に、家畜ふん尿を主原料としたBGPを導入し農地で液肥利用した際の、地域での①物質循環への影響及び、②経済への影響を分析し、その効果を定量的に示すことを目的とし、北海道S町とA町を対象に複数のシナリオを作成し、解析を行った。

2. 物質循環・経済から見たBGP導入効果の解析方法

(1) 解析方法の概要

本研究でのBGP導入効果の解析方法を図-1に示す。まず、物質循環フローモデルを作成し、地域の物質循環を窒素、リン、カリウム、炭素レベルで解析した。これは、バイオマス由来の堆肥や液肥の肥料としての特徴の把握や、GHG排出量、窒素溶脱量の把握のためである。そして、このフローモデルから推計される購入肥料削減量、売電量にそれぞれの単価を掛け合わせることで、肥料節約費、売電利益を直接の経済効果として算出した。次に、この直接の経済効果から、産業連関分析によって、地域への波及効果を推計した。これらの解析により、BGP導入効果として、循環利用率、廃棄量、GHG排出量の変化、肥料削減・売電による経済効果などの地域への影響を明らかにした。

(2) 物質循環フローモデル

物質循環フローモデルは、表-1に示す主要データをもとに、図-2のように構築した。解析の対象は、食品の生産・消費部門と人の居住空間での物質フローとし、対象のバイオマスは、家畜ふん尿、食品加工残渣、家庭系生ごみ、生活系排水汚泥とした。図-2中の番号は表-1のデータ番号と対応している。まず、家畜飼育頭数や人口、食品産業生産額から対象バイオマスの発生量と窒素、リン、カリウムの成分量を推計した。そして、農作物の作付け面積と施肥基準から推計される地域の肥料成分需要量と比較し、BGPへの原料投入量を決定し、発電・売電量、液肥の発生量を求め、削減できる化学肥料量を求め

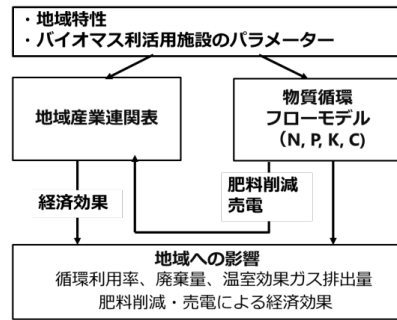


図-1 解析のアプローチ

表-1 主要データと入手方法

| No. | データ項目 | 詳細 | データ入手方法 |
|-----|----------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | 耕地面積 | 青森県、牧草地に区分 | 農林水産統計 |
| 2 | 農作物作付け延面積 | | 農林水産統計 |
| 3 | 化学肥料施用量及び時期 | 作物別、窒素、リン酸、カリウムに区分 | 施肥基準、資農指導所 |
| 4 | 堆肥など有機物施用量及び時期 | | 松本(1996)、資農指導所 |
| 5 | 農作物収穫量 | | 農林水産統計 |
| 6 | 気象データ | 土性、粘土率、間隔率、しおれ点、pH | 地方産産基本調査総合成績書 |
| 7 | 気象データ | 日別最高気温、最低気温、降水量、平均風速、日射量 | 気象庁HP |
| 8 | 人口(農家・非農家) | | 国勢調査、農林水産統計 |
| 9 | 生活排水処理状況 | 生活排水処理人口、処理量 | 生活排水処理計画 |
| 10 | 家畜系生ごみ発生量 | | 食品廃棄物発生調査 |
| 11 | 食品産業の廃棄物排出量 | 動物性残渣発生量、有機性汚泥発生量 | 事業系廃棄物処理課 |
| 12 | 家畜飼育頭数 | 牛、肉用牛、豚 | 関係取り |
| 13 | 家畜ふん尿排出量及び処理状況 | 畜種別 | 松本(1996) |
| 14 | 廃棄物による物質移動割合 | 堆肥化、メタン発酵による大気揮発量 | 資源循環利用診断モデル |
| 15 | 各種バイオマスの成分量 | 窒素、リン、カリウム、炭素 | 資源循環利用診断モデル |
| 16 | 堆肥、液肥の肥効率 | | 資源循環利用診断モデル |
| 17 | バイオガス化に関するデータ | バイオガス発生量、発電量 | 農産物資源センター |
| 18 | 増加による温室効果ガス排出量 | | 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度HP |

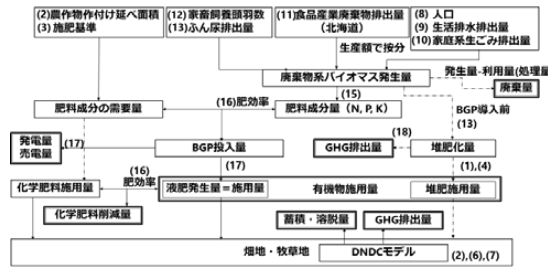


図-2 物質循環フローモデルの概要

た。BGP導入前については、堆肥化プロセスでのGHG排出量や堆肥施用量を推計した。本研究では、液肥や堆肥の施用量を、循環利用量とした。また、農地でのGHG排出量や炭素・窒素の土壌への蓄積・溶脱量はDNDCCモデル（Denitrification and Decomposition mode）⁷⁾を用いて推計した。入力するデータは、地域特性を反映させるため、市町村単位での統計資料や市町村への聞き取りから出来るだけ入手した。市町村単位で得たデータは、第3章で述べる。ここでは、原単位として用いたデータについて述べる。

廃棄物系バイオマスの発生量の原単位は、表-2、表-3に示す値を用いた。いずれも生重量に窒素率、リン率、カリウム率、炭素率を掛けあわせることで窒素量、リン量、カリウム量、炭素量を算出した。

また、BGP導入前の家畜ふん尿の利用状況は表-4に示すとおりである。本研究では、自家利用は地域内の牧草地、販売・交換は地域内の畑地で利用すると設定した。

また、どちらの利用でも堆肥化による利用とした。

堆肥化プロセスで発生する温室効果ガス発生量は、メタンが0.00044t-CH₄t (原料ふん尿重量当たり)、亜酸化窒素が0.031t-N₂O/t-N (原料ふん尿の窒素重量当たり)の値を利用した¹⁰⁾。

また、バイオマスの変換による原料からの物質移動割合と、堆肥と液肥の農地での肥効率は表-5及び表-6のとおりである。物質移動割合は変換処理における原料と産出物、肥効率は農地における与えた肥料と収穫物の原料の成分値を比較することにより推計している。物質量とこれらの値から、農地で有効に利用される物質量を算出した。

飼料・敷料の購入量は農業経営統計調査報告畜産物生産費¹¹⁾、人の食料購入量(家庭部門のみ)は資源循環利用診断モデルの原単位を用いた。肥料購入量は、農作物作付け延べ面積と作物ごとの施肥基準から推計した肥料成分需要量から、堆肥・液肥の農地で有効に利用される物質量を引いた値とし、窒素、リン、カリウムそれぞれの重量を算出した。

また、BGPにおける発電量、売電量は、S町環境保全センターにおけるBGPの実績値¹²⁾から、発電量原単位は0.0157kWh/t(処理ふん尿重量当たり)、売電量は、発電量の2分の1と設定した。

農地における窒素、炭素の蓄積・溶脱量と揮発量(GHG排出量)は、DNDCモデルにより推計した。

(3) DNDCモデル

DNDCモデルとは、土壌における炭素と窒素の動態を扱うプロセスモデルであり、土壌からの温室効果ガスの発生を予想するためにLiら¹⁴⁾により開発された。

図-3に示すように、土壌気象(Soil climate)、作物育成(Plant growth)、有機物分解(Decomposition)、硝化(Denitrification)、脱窒(Nitrification)、発酵(Fermentation)の6つのサブモデルから構成され、土壌中の炭素及び窒素の生化学的及び地球科学的な反応をシミュレーションする。モデルの基本構造の作成には、古典的な物理、化学、生物反応の法則や圃場や実験室における観測値が用いられた。その後、Zhangら¹⁵⁾により、植物による光合成、呼吸、炭素の配分、残渣の生産、作物による水及び窒素の吸収等、作物の生育を取り扱うサブモデルが生化学的サブモデル中に組み込まれたことで、モデルによる予測の精度が向上した。中川ら¹⁶⁾によると、このモデルは、欧米や中国を始めとする国々において圃場試験データをもとに適合性の検証が行われており、温室効果ガスの発生パターンや発生量、土壌炭素の動態を概ね予測可能だと報告されている。また、日本においても、中川ら¹⁶⁾により日本の農耕地の大半を占める黒ボク土への適合性が確認され

表-2 家畜ふん尿排出量の原単位⁸⁾

| 畜種 | 区分 | ふん尿合計 | | | | |
|-----|-----------|-----------|------------|------------|--------------|------------|
| | | 重量 t/年 | 窒素 kg/年 | リン kg/年 | カリウム kg/年 | 炭素 kg/年 |
| 乳牛 | 搾乳牛(牛乳) | 18.7 | 159.8 | 18.7 | 67.4 | 887.1 |
| | 乾乳牛 | 9.5 | 35.0 | 6.3 | 32.3 | 502.6 |
| | 2歳未満 | 8.9 | 57.9 | 5.9 | 31.4 | 449.8 |
| | 未経産牛 | 14.9 | 53.5 | 6.0 | 48.9 | 859.5 |
| | 肉牛(雌1歳未満) | 3.6 | 20.9 | 2.5 | 13.9 | 145.8 |
| 肉用牛 | 肉牛(雌1歳) | 10.6 | 44.4 | 4.9 | 36.1 | 570.5 |
| | 肉牛(雌2歳以上) | 10.4 | 44.2 | 6.9 | 34.8 | 578.0 |
| | 肉牛(雄1歳未満) | 3.6 | 23.8 | 2.4 | 13.9 | 145.8 |
| | 肉牛(雄1歳) | 8.7 | 54.1 | 5.7 | 32.1 | 394.5 |
| | 肉牛(雄2歳以上) | 9.2 | 49.3 | 8.1 | 32.6 | 454.9 |
| | 乳用種 | 8.1 | 61.1 | 5.7 | 30.4 | 354.3 |
| | 交雑種 | 8.0 | 57.1 | 5.3 | 29.6 | 356.8 |
| | 豚(子取り用) | 3.2 | 13.7 | 4.1 | 2.4 | 78.4 |
| 豚 | 種おす豚 | 2.9 | 23.1 | 5.8 | 4.2 | 138.4 |
| | 肥育豚 | 2.4 | 18.7 | 3.2 | 2.2 | 73.8 |
| | その他豚(子豚) | 0.9 | 4.4 | 1.1 | 0.6 | 18.5 |

表-3 食品加工残渣・家庭系生ごみ・生活排水汚泥の排出量原単位⁹⁾

| | 食品加工残渣 | | 家庭系生ごみ | 生活排水汚泥 | |
|----------|-----------|-----------|----------|---------|---------|
| | 汚泥 | 生ごみ | | 下水汚泥 | し尿浄化槽汚泥 |
| 重量 | 304.7 | 93.8 | 79.8 | 78.6 | 23.4 |
| | (t/十億円/年) | (t/十億円/年) | (kg/人/年) | (t/人/年) | (t/人/年) |
| 窒素率(%) | 0.210 | 0.390 | 0.390 | 0.005 | 0.014 |
| リン率(%) | 0.050 | 0.023 | 0.064 | 0.001 | 0.001 |
| カリウム率(%) | 0.020 | 0.064 | 0.130 | 0.003 | 0.008 |
| 炭素率(%) | 1.470 | 3.913 | 8.800 | 0.019 | 0.047 |

表-4 家畜ふん尿の使用状況³⁾

| | | 処理区分(率) | | |
|----|----|---------|-------|------|
| | | 自家利用 | 販売・交換 | 廃棄 |
| | | % | % | % |
| 乳牛 | 糞 | 82.3 | 16.5 | 1.2 |
| | 尿 | 87.4 | 6.2 | 6.4 |
| | 敷料 | 82.3 | 16.5 | 1.2 |
| 肉牛 | 糞 | 72.7 | 21.2 | 6.1 |
| | 敷料 | 72.7 | 21.2 | 6.1 |
| 豚 | 糞 | 52.1 | 31.1 | 16.8 |
| | 尿 | 50.0 | 19.5 | 30.5 |
| | 敷料 | 52.1 | 31.1 | 16.8 |

表-5 堆肥化・メタン発酵による物質移動割合⁵⁾

| | たい肥化 | | | メタン発酵 液肥 | | |
|------|------|------|-----|----------|------|-----|
| | 農地 | 大気揮散 | 計 | 農地 | 大気揮散 | 計 |
| 窒素 | 60 | 40 | 100 | 100 | 0 | 100 |
| リン | 100 | 0 | 100 | 100 | 0 | 100 |
| カリウム | 100 | 0 | 100 | 100 | 0 | 100 |
| 炭素 | 50 | 50 | 100 | 60 | 40 | 100 |

表-6 堆肥と液肥の肥効率⁵⁾

| | 肥効率 | | |
|----|-----|-----|------|
| | 窒素 | リン | カリウム |
| 堆肥 | 0.3 | 0.8 | 0.9 |
| 液肥 | 0.8 | 0.8 | 0.9 |

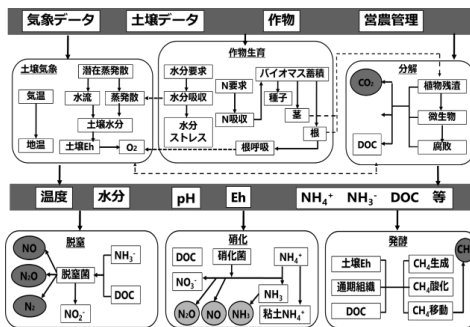


図-3 DNDCモデルの概要 (Liら¹⁴⁾を参考に作成)

ている。モデルへの入力データとして、対象地域の気象情報(日別最低及び最高気温、降水量、平均風速、日射

量、湿度)、土壌の理化学性、営農管理方法(播種日、収穫日、耕起を行った日及び深さ、施肥日及びその量)を入力することで、畑地・牧草地での窒素、炭素の蓄積・溶脱量と揮発量を推計することができる。

(4) 産業連関表による経済波及効果の推計

産業連関表を用いた地域への経済効果の推計は、図-4に示す手順で行った。ここでは、投入する各係数について説明する。対象産業を外生化した逆行列係数とは、直接効果により生産額が増加した産業の列部門の逆行列係数を、その産業の行と列の交点の逆行列係数で除した計数である。雇業者所得率とは、産業の生産額のうち、その産業の雇業者所得の額の割合のことである。消費転換率とは、家計調査における可処分所得に対する消費支出の割合のことである。消費パターンは、消費支出増加額を、産業連関表の最終需要部門の民間消費支出の構成比を使って産業部門ごとに分配することで求まる。地域内自給率は、産業連関表の地域内需要額から移輸入額を引いた値を、地域内需要額で除すことで求まる。このような係数を用いて、直接効果に、第1次間接効果、第2次間接効果を加えることにより、地域全体への波及効果を含んだ経済総合効果が推計できる。

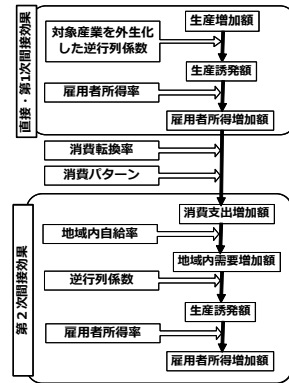


図-4 経済効果の推計方法

| | (B) 中間需要 | (D) 最終需要 | (E) 移輸入 | (A) 生産額 |
|-----------|----------|----------|---------|---------|
| (B) 中間投入 | [2] | [4] | [5] | [1] |
| (C) 粗付加価値 | [3] | | | |
| (A) 生産額 | [1] | | | |

図-5 地域産業連関表作成のモデル図

3. 対象地域の設定とシナリオの作成

(1) 対象地域の設定

本研究では、対象地域を北海道酪農地域であるS町とA町とした。S町は、面積402.88 km²、人口5,570人(2016年現在)の酪農業を主産業とした町である¹⁷⁾。S町では、平成18年に家畜ふん尿、敷料、生ごみ、浄化槽汚泥等を堆肥化およびバイオガス化する環境保全センターが稼働した。約35,000 tのバイオマスがバイオガス化され、約28,000 tの消化液が町内の農地で散布されている¹²⁾。A町は、面積1,408.04 km²、人口7,150人の酪農業、林業が盛んな町である¹⁸⁾。A町では、BGPの導入が検討されているものの、未だ実現には至っていない。

(2) シナリオの設定

解析シナリオは、以下の通り合計5つ作成した。現状シナリオに平成23年のデータを用いたのは、現在、経済産業省が公表している最新の産業連関表が平成23年版であるためである。

S町

- ① H17(既存BGP導入前)
- ② H23(現状: 既存BGP導入後)
- ③ H23(BGP拡大シナリオ)

A町

- ④ H23(現状: BGP導入前)
- ⑤ H23(BGP導入シナリオ)

これら5つのシナリオを作成し、①、②、③の比較と④、⑤の比較により地域の物質循環の変化、②、③の比較と④、⑤の比較により地域の経済への影響を分析した。なお、③、⑤のBGP導入・拡大シナリオでは、地域の肥料成分需要を可能な限り満たす量の液肥を発生する規模のBGPを導入した場合のシナリオとした。

(3) 地域産業連関表の作成

産業連関表による経済効果の推計にあたり、本研究の対象地域であるS町とA町では、産業連関表が作成されていないため、大久保ら¹⁹⁾による先行研究を参考にし、対象地域の地域産業連関表を作成した。作成手順は、以下のとおりである。

- [1] 町内生産額(A)の推定
- [2] 中間投入(B)の推定
- [3] 粗付加価値(C)の推定
- [4] 最終需要(D)の推定
- [5] 移輸入(E)の推定

[1]町内生産額は、北海道産業連関表の産業別生産額を、経済センサスにおける北海道と対象地域の事業者数の割合で按分することにより求めた。経済センサスの統計資料は、平成21年と平成24年のものが公表されているが、平成23年の統計資料は公表されていないため、平成21年と平成24年の統計資料の値を線形近似することで、平成23年の値を求めた。また、産業連関表と経済センサスでは、産業の分類が異なるため、表-7のように対応さ

せた。なお、耕種農業と畜産部門の町内生産額のみ、地域への聞き取りにより情報を得られたため、その値を用いた。事務用品、分類不明部門は、これらの部門を除く町内生産額で中間投入、粗付加価値を求め、その中間投入の行和を、第1次の事務用品及び分類不明部門生産額とし、この生産額に再び投入係数をかけて求めた列和を最終生産額とした。

次に、[2]中間投入及び[3]粗付加価値は、産業別の町内生産額に、北海道産業連関表の中間投入係数及び粗付加価値係数を乗じることにより求めた。

そして、[4]最終部門は、表-8に示す方法で、北海道産業連関表の各最終需要を分割指標で按分することにより求めた。

最後に、[5]移輸出入額は、産業連関表の行バランスの整合性を保つため、式(1)に示すバランス式で移輸出入額を求め、移輸入額、移輸出額の割合は北海道産業連関表の割合を利用することにより求めた。

$$\text{移輸出入額} = \text{町内生産額} - (\text{中間需要} + \text{町内最終需要額}) \quad (1)$$

作成した産業連関表を、第1次産業、第2次産業、第3次産業の3部門にまとめたものを、表-9及び表-10に示す。この表によって、S町は第2次産業の生産額が極端に少ない経済構造であり、A町は第3次産業が主産業であることがわかる。

さらに、生産額の生産額構成比と、式(2)で算出される各産業の特化係数を、表-11にまとめた。S町は、畜産(特化係数19.47)、農業(5.24)に著しく特化しており、畜産・農業部門に密接に関わるBGP事業は、地域に大きな影響を与えることが予想される。A町も同様に、畜産(特化係数7.94)、農業(1.69)に特化していると言えるが、林業(10.99)への特化傾向が大きく、バイオマス活用事業としては、BGP事業とともに、木材バイオマス事業への取り組みが期待される地域であると言える。

地域における産業Aの特化係数

$$= \frac{\text{地域における産業Aの生産額}}{\text{地域総生産額}} \div \frac{\text{北海道における産業Aの生産額}}{\text{北海道総生産額}} \quad (2)$$

4. 解析結果と考察

(1) S町における物質フロー解析結果

2章(2)節で述べた方法で推計したS町の肥料成分需要量と、堆肥・液肥の農地への散布量を表-12～表-14に示す。①H17(既存BGP導入前)では、牧草地への散布量がカリウム成分で144(=1096-952)(t/年)過剰となっ

表-7 産業分類の対応表

| 地域産業連関表の分類 | 北海道産業連関表の分類 | 経済センサスの分類 |
|------------|------------------------------|-------------------------------|
| 耕種農業 | 耕種農業 | |
| 畜産 | 畜産 | |
| 林業 | 林業 | 林業 |
| 漁業 | 漁業 | 漁業 |
| 鉱業 | 鉱業 | 鉱業、採石業、砂利採取業 |
| 食料品 | 食肉・畜産食料品 水産食料品 その他の食料品 | 食料品製造業 飲料・たばこ・餡料製造業 |
| 繊維 | 繊維 | 繊維工業 |
| 製材・家具 | 木材・家具 | 木材・木製品製造業(家具を除く) 家具・装飾品製造業 |
| パルプ・紙 | パルプ・紙 | パルプ・紙・紙加工品製造業 |
| 印刷・製版・製本 | 印刷・製版・製本 | 印刷・同関連業 |
| 化学製品 | 化学製品 | 化学工業 |
| 石油・石炭製品 | 石油・石炭製品 | 石油製品・石炭製品製造業 |
| 皮革・ゴム | 皮革・ゴム | ゴム製品製造業 |
| 窯業・土石製品 | 窯業・土石製品 | 窯業・土石製品製造業 |
| 鉄・鉄鋼 | 鉄・鉄鋼 | 鉄鋼業 |
| 金属製品 | 鉄鋼一次製品 金属製品 | 金属製品製造業 |
| 非鉄金属一次製品 | 非鉄金属一次製品 | 非鉄金属製造業 |
| 機械 | 機械 | はん用機械器具製造業 |
| | | 生産用機械器具製造業 |
| | | 業務用機械器具製造業 |
| | | 電子部品・デバイス・電子回路製造業 |
| | | 電気機械器具製造業 |
| | | 情報通信機械器具製造業 |
| その他の製造品 | その他の製造品 | 輸送用機械器具製造業 |
| | | プラスチック製品製造業(別項を除く) |
| | | その他の製造業 |
| | | 製造業 内格付不能 |
| 建築・土木 | 建築・土木 | 建設業 |
| | | 電気・ガス・水道 |
| 商業 | 商業 | 卸売業、小売業 |
| | | 金融業、保険業 |
| 金融・保険・不動産 | 金融・保険・不動産 | 不動産業、物品賃貸業 |
| | | 運輸・郵便 |
| 運輸 | 運輸・郵便 | 運輸業、郵便業 |
| | | 情報通信 |
| 情報通信 | 情報通信 | 情報通信業 |
| | | 公務 |
| 公共サービス | 公共サービス | 学術研究、専門・技術サービス業 |
| | | 教育、学習支援業 |
| サービス業 | サービス業 | 医療、福祉 |
| | | 宿泊業、飲食サービス業 |
| | | 生活関連サービス業、娯楽業 |
| | | 複合サービス事業 |
| 事務用品 | 事務用品 | サービス業(他に分類されないもの) |
| 分類不明 | 分類不明 | |

表-8 最終需要部門の推計手順

| 最終需要部門名 | 推計方法・分割指標 | 参考資料 |
|----------|---|----------------------|
| 家計外消費支出 | 粗付加価値部門の行和を、北海道産業連関表の家計外消費支出の財貨・サービス購入パターンで品目別に分配。 | |
| 民間消費支出 | 道民経済計算の家計最終消費支出×「国勢調査人口」の道と町の割合×「全国消費実態調査」全世帯1人あたり1か月の支出額の道と町の割合の計算により求めた消費支出を産業連関表の構成比で品目別に分配。 | 『国勢調査』 『全国消費実態調査』 |
| 一般政府消費支出 | 道の一般政府消費支出に歳出決算額の消費的支出(物件費)の道と町の割合により求めた町の一般消費支出を北海道の構成比で品目別に分配。 | 『地方財政統計年報』 |

表-9 S町の地域産業連関表

| | 中間需要 | | | | 最終需要 | 総需要 | (控除) 移輸入 | 町内生産額 | |
|---|-------|--------|-------|--------|--------|--------|----------|---------|--------|
| | 第1次産業 | 第2次産業 | 第3次産業 | 内生部門計 | | | | | |
| 中 | 第1次産業 | 5,036 | 379 | 46 | 5,461 | 20,452 | 25,913 | -4,294 | 21,619 |
| 間 | 第2次産業 | 5,308 | 648 | 2,879 | 9,034 | 12,334 | 21,368 | -14,377 | 3,169 |
| 投 | 第3次産業 | 2,716 | 716 | 4,251 | 7,683 | 24,377 | 32,060 | -9,861 | 21,237 |
| 入 | 内生部門計 | 13,060 | 1,943 | 7,176 | 22,179 | 57,162 | 79,341 | -28,532 | 46,026 |
| | 粗付加価値 | 8,560 | 1,227 | 14,061 | 23,847 | | | | |
| | 町内生産額 | 21,619 | 3,169 | 21,237 | 46,026 | | | | |

表-10 A町の地域産業連関表

| | 中間需要 | | | | 最終需要 | 総需要 | (控除) 移輸入 | 町内生産額 | |
|---|-------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|---------|--------|
| | 第1次産業 | 第2次産業 | 第3次産業 | 内生部門計 | | | | | |
| 中 | 第1次産業 | 2,332 | 674 | 54 | 3,060 | 8,068 | 11,129 | -1,145 | 9,984 |
| 間 | 第2次産業 | 2,220 | 4,929 | 2,818 | 9,967 | 21,136 | 31,103 | -17,295 | 13,807 |
| 投 | 第3次産業 | 1,208 | 2,654 | 4,626 | 8,488 | 36,360 | 44,849 | -21,741 | 23,108 |
| 入 | 内生部門計 | 5,760 | 8,257 | 7,498 | 21,515 | 65,565 | 87,080 | -40,181 | 46,899 |
| | 粗付加価値 | 4,223 | 5,313 | 15,068 | 25,144 | | | | |
| | 町内生産額 | 9,984 | 13,570 | 23,106 | 46,660 | | | | |

ている一方、畑地への散布量は需要量に対して全ての成分で少ない。一般的に、カリウム過剰は、作物のマグネシウム欠乏を引き起こし、葉の黄化、光合成能力の低下、それによる収量の減少、品質の低下につながる³⁰⁾ため、農場への家畜ふん尿堆肥の過剰散布は問題である。②H23(既存BGP導入後)では、家畜ふん尿の自家利用量のうち、既存BGP実績値より、33,914(t/年)がバイオガ

ス化されるとした。その結果、家畜ふん尿堆肥の牧草地への散布量は減少したが、牧草の作付け面積が平成17年よりも減少したため、カリウムの過剰量は144 (t/年) と大きな改善は見られなかった。③H23 (BGP拡大シナリオ) では、肥料成分需要量が廃棄系バイオマスの有効成分量を上回ったため、発生する廃棄物系バイオマスをすべてBGPへ投入するシナリオとなり、その量は441,728 (t/年)、BGPの規模は1,210 (t/日) である。液肥は、カリウムの過剰散布とならない限界量を牧草地へ散布し、残りを畑地へ散布するとした結果、牧草地へ275,997 (t/年)、畑地へ165,731 (t/年) 散布となった。

さらに、その他の廃棄物系バイオマスの処理状況とBGP規模の設定を表-15に示す。

これらの結果を用いて推計されたS町における窒素・リン・カリウムの物質フロー解析結果を図-6～図-8に示す。枠線は地域外や環境との境界、矢印は物質フローを表し、生産段階から消費段階への矢印は農畜産物生産量、消費段階から廃棄段階への矢印は廃棄物系バイオマス発生量、廃棄段階から生産段階への矢印は循環利用量を表す。シナリオ①では、窒素・リン・カリウム成分量の合計で、循環利用量が2,718 (t/年)、廃棄量が295 (t/年)、購入肥料量が2,662 (t/年) であり、式(3)で定義する再生利用率は、32%である。それに対してシナリオ②では、BGP導入による液肥利用で循環利用量が2,799 (t/年)、廃棄量が291 (t/年) となり、購入肥料量が2,211 (t/年) と①と比べて451 (t/年) 減少、再生利用率は35%と若干の上昇がみられた。窒素の蓄積・溶脱量は165(=1965-1800) (t/年) 減少したが、これは、牧草の作付け面積の減少による影響である。BGPを拡大したシナリオ③では、循環利用量が3,475 (t/年)、廃棄量が70 (t/年)、購入肥料量が1,093 (t/年) となり、再生利用率は45%と大きく上昇した。これは、堆肥化により大気中にアンモニアや亜酸化窒素として揮発していた窒素成分が、バイオガス化ではほぼ全量液肥へ移行している影響が大きい。一方、農地への有機物施用量の増加により、窒素の蓄積・溶脱量がシナリオ②と比較して601 (=2401-1800) (t/年) 増加しているが、土壌での蓄積が考えられるため、全量が地下水への流出ではない。これらの結果から、シナリオ②既存BGP導入による物質循環の変化は限定的だが、シナリオ③BGP拡大シナリオでは、堆肥化からバイオガス化へ移行することにより、物質の循環利用率が上昇し、特に、窒素成分の有効利用という点で、堆肥化に対して液肥利用に優位性があると言える。

循環利用率=循環利用量

$$\div (\text{肥料購入量} + \text{食料飼料購入量} + \text{循環利用量}) \quad (3)$$

表-11 生産額と構成比、特化係数

| | S町 | | | A町 | | |
|-----------|----------|--------|-------|----------|--------|-------|
| | 生産額(百万円) | 構成比(%) | 特化係数 | 生産額(百万円) | 構成比(%) | 特化係数 |
| 耕種農業 | 4,593 | 9.98 | 5.24 | 1,510 | 3.22 | 1.69 |
| 畜産 | 16,934 | 36.79 | 19.47 | 7,040 | 15.01 | 7.94 |
| 林業 | 77 | 0.17 | 0.6 | 1,434 | 3.06 | 10.99 |
| 漁業 | 15 | 0.03 | 0.04 | 0 | 0 | 0 |
| 鉱業 | 94 | 0.2 | 0.76 | 129 | 0.27 | 1.03 |
| 食料品 | 1,033 | 2.24 | 0.35 | 1,280 | 2.73 | 0.43 |
| 繊維 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 機械・家具 | 81 | 0.02 | 0.04 | 896 | 1.91 | 0.04 |
| パルプ・紙 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 印刷・製版・製本 | 26 | 0.06 | 0.18 | 48 | 0.1 | 0.34 |
| 化学製品 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 石油・石炭製品 | 0 | 0 | 0 | 801 | 1.71 | 0.44 |
| 皮革・ゴム | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 窯業・土石製品 | 28 | 0.06 | 0.12 | 455 | 0.97 | 1.92 |
| 鉄・鋼 | 38 | 0.08 | 0.08 | 0 | 0 | 0 |
| 金属製品 | 12 | 0.03 | 0.02 | 593 | 1.26 | 0.87 |
| 非鉄金属一次製品 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 機械 | 48 | 0.1 | 0.04 | 2,232 | 4.76 | 1.98 |
| その他の製造品 | 27 | 0.06 | 0.14 | 274 | 0.58 | 1.37 |
| 建築・土木 | 1,700 | 3.69 | 0.52 | 4,575 | 9.75 | 1.37 |
| 電力・ガス・水道 | 155 | 0.34 | 0.09 | 2,524 | 5.38 | 1.48 |
| 商業 | 1,795 | 3.9 | 0.35 | 3,885 | 8.28 | 0.74 |
| 金融・保険・不動産 | 1,129 | 2.45 | 0.21 | 4,143 | 8.83 | 0.77 |
| 運輸 | 1,570 | 3.41 | 0.58 | 1,331 | 2.84 | 0.48 |
| 情報通信 | 0 | 0 | 0 | 101 | 0.22 | 0.06 |
| 公務 | 9,242 | 20.08 | 2.63 | 5,583 | 11.9 | 1.56 |
| 公共サービス | 3,966 | 8.62 | 0.67 | 4,555 | 9.71 | 0.76 |
| サービス業 | 3,352 | 7.28 | 0.61 | 3,200 | 6.82 | 0.57 |
| 運送用品 | 47 | 0.1 | 0.72 | 80 | 0.13 | 0.9 |
| 分類不明 | 137 | 0.3 | 2.17 | 250 | 0.53 | 3.89 |
| 産業合計 | 46,026 | 100 | | 46,899 | 100 | |

表-12 ①における肥料成分量と堆肥等散布量

| | 面積 (ha) | 需要量(t/年) | | | | 散布量(有効成分)(t/年) | | | | |
|-----|---------|----------|-----|-----|----|----------------|-----|-----|-------|-------|
| | | N | P | K | 堆肥 | 重量 | | | | |
| | | | | | | N | P | K | C | |
| 牧草地 | 5,290 | 952 | 529 | 952 | 堆肥 | 238,205 | 233 | 222 | 1,096 | 9,383 |
| 畑地 | 6,723 | 764 | 341 | 640 | 堆肥 | 50,762 | 43 | 53 | 214 | 2,245 |

表-13 ②における肥料成分量と堆肥等散布量

| | 面積 (ha) | 需要量(t/年) | | | | 散布量(有効成分)(t/年) | | | | |
|-----|---------|----------|-----|-----|----|----------------|-----|-----|-------|-------|
| | | N | P | K | 堆肥 | 重量 | | | | |
| | | | | | | N | P | K | C | |
| 牧草地 | 4,780 | 952 | 529 | 952 | 堆肥 | 238,205 | 233 | 222 | 1,096 | 9,383 |
| 畑地 | 6,674 | 800 | 440 | 587 | 堆肥 | 50,762 | 43 | 53 | 214 | 2,245 |
| | | | | | 液肥 | 33,914 | 97 | 22 | 107 | 1,875 |

表-14 ③における肥料成分量と有機物散布量

| | 面積 (ha) | 需要量(t/年) | | | | 散布量(有効成分)(t/年) | | | | |
|-----|---------|----------|-----|-----|----|----------------|-----|-----|-----|-------|
| | | N | P | K | 液肥 | 重量 | | | | |
| | | | | | | N | P | K | C | |
| 牧草地 | 4,780 | 860 | 478 | 860 | 液肥 | 275,997 | 791 | 181 | 860 | 9,230 |
| 畑地 | 6,674 | 800 | 440 | 587 | 液肥 | 165,731 | 475 | 109 | 513 | 5,543 |

表-15 S町における廃棄物系バイオマスの処理状況とBGP規模

| | シナリオ① | シナリオ② | シナリオ③ |
|----------|----------------------|----------------------|---------------------|
| BGP規模 | - | 950(t/日) | 1,210(t/日) |
| 家畜ふん尿 | 表-12 | 表-13 | 表-14 |
| 家庭系生ごみ | 全量堆肥化 農地に散布 327(t/年) | 全量堆肥化 農地に散布 289(t/年) | 全量BGPへ投入 289(t/年) |
| 食品加工残渣 | 全量地域外へ搬出 6,010(t/年) | 全量地域外へ搬出 5,792(t/年) | 全量地域外へ搬出 5,793(t/年) |
| し尿・浄化槽汚泥 | 全量地域外へ搬出 121(t/年) | 全量地域外へ搬出 114(t/年) | 全量BGPへ投入 114(t/年) |

また、S町におけるGHG排出量の変化を図-9に示す。堆肥・液肥起源の土壌有機物からのCO₂発生量変化よりも、堆肥化量の変化によるGHG排出量の変化量の影響が大きく、堆肥化のないシナリオ③のGHG排出量が最も少ない。シナリオ①からの減少量は28,494 (t/年) である。この結果から、GHG排出量の観点からも、BGP導入による堆肥化から液肥利用への移行によって、環境負荷物質排出量が減少し、物質循環が改善したと言える。

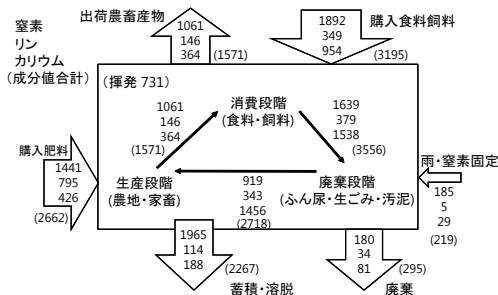


図-6 シナリオ①における物質フロー

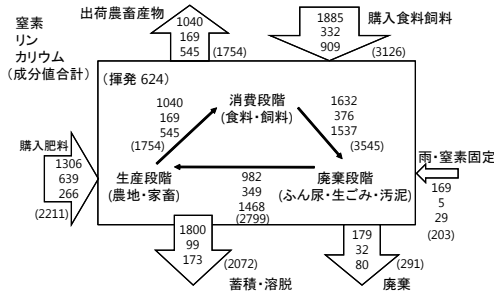


図-7 シナリオ②における物質フロー

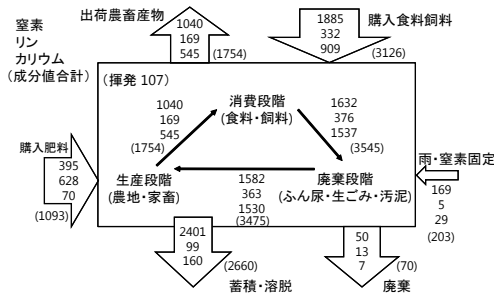


図-8 シナリオ③における物質フロー

□農地N₂O ■農地CO₂ ▨堆肥化N₂O ▩堆肥化CH₄
(CO₂-t/年)

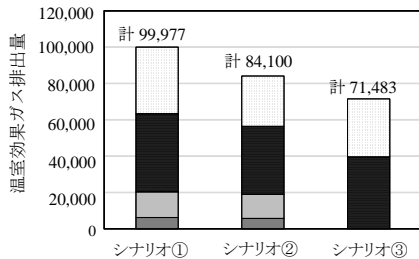


図-9 S町におけるGHG排出量の変化

(2) S町における経済への影響の解析結果

本研究では、経済への影響のとして、BGPへ家畜ふん尿を投入することにより変化する物質循環の範囲の中から、購入化学肥料節約費、売電利益増加額を対象に解析を行った。BGP建設費、BGP運転と消化液利用に付随する費用、し尿・浄化槽汚泥の地域外への搬出に伴う費用

表-16 肥料原料の輸入価格

| 円/t | | |
|--------|----------|------------|
| 尿素(窒素) | リン鉱石(リン) | 塩化加里(カリウム) |
| 70,297 | 23,041 | 45,169 |

表-17 ④における肥料成分量と有機物散布量

| | 面積 (ha) | 需要量(t/年) | | | 散布量(有効成分)(t/年) | | | | |
|-----|------------|----------|-------|-------|----------------|-----|-----|-----|-------|
| | | N | P | K | 重量 | N | P | K | C |
| 牧草地 | 10,400 | 1,872 | 1,040 | 1,872 | 堆肥 162,054 | 183 | 158 | 773 | 6,488 |
| 畑地 | 1,669 | 206 | 187 | 223 | 堆肥 33,935 | 26 | 35 | 153 | 1,545 |

表-18 ⑤における肥料成分量と有機物散布量

| | 面積 (ha) | 需要量(t/年) | | | 散布量(有効成分)(t/年) | | | | |
|-----|------------|----------|-------|-------|----------------|-----|-----|-----|-------|
| | | N | P | K | 重量 | N | P | K | C |
| 牧草地 | 10,400 | 1,872 | 1,040 | 1,872 | 液肥 243,896 | 693 | 164 | 792 | 8,478 |
| 畑地 | 1,669 | 206 | 187 | 223 | 液肥 58,077 | 165 | 39 | 189 | 2,019 |

表-19 A町における廃棄物系バイオマスの処理状況と

| BGP規模 | シナリオ④ | | シナリオ⑤ | |
|----------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 表-17 | 表-18 | 表-17 | 表-18 |
| BGP規模 | - | | 302(t/日) | |
| 家畜ふん尿 | 表-17 | | 表-18 | |
| 家庭系生ごみ | 全量堆肥化 農地に散布 398(t/年) | 全量BGPへ投入 398(t/年) | 全量BGPへ投入 398(t/年) | 全量BGPへ投入 398(t/年) |
| 食品加工残渣 | 全量地域外へ搬出 9,269(t/年) | 全量地域外へ搬出 9,269(t/年) | 全量地域外へ搬出 9,269(t/年) | 全量地域外へ搬出 9,269(t/年) |
| し尿・浄化槽汚泥 | 全量地域外へ搬出 105(t/年) | 全量BGPへ投入 105(t/年) | 全量BGPへ投入 105(t/年) | 全量BGPへ投入 105(t/年) |

などの経済効果は本研究では解析しておらず、今後の課題である。解析対象年は平成23年とし、シナリオ②からシナリオ③の変化を解析した。まず、シナリオ②からシナリオ③では、購入化学肥料削減量が窒素911(t/年)、リン11(t/年)、カリウム196(t/年)であり、これに日本貿易月表²⁾から算出した表-16に示す肥料原料の輸入価格を乗じ、購入化学肥料節約費111(百万円)を算出した。化学肥料は地域外から購入していることから、これを農業部門における移入量の減少として計上した。また、増加売電量は、12,880(MWh/年)であり、これにFIT制度によるバイオマス発電の売電価格39(円/kWh)を乗じることにより、売電利益増加額502(百万円)を算出した。これを、公共サービスの一環としてのBGP事業の利益として、公共サービスの生産額の増加として計上した。経済波及効果の評価手法としては、BGP部門を新設し分析することが理想だが、大規模BGPの導入により地域の経済構造も大きく変わると考えられる。現時点ではその構造は未知であり、また役場がBGP事業に金銭的にも深く関与しており売電益は地域雇用も含めた工業関連事業に使用されると想定して公共サービス業部門に代替して経済波及効果の一次近似的な推定を行った。BGP事業拡大に伴う地域経済波及の推定は今後の課題となろう。そして、2章(3)節に示した手法により、第2次間接効果まで含めた総合経済効果は740(百万円)と推計された。これは、S町の農業・畜産部門生産額の3.6%に相当する。

(3) A町における物質フロー解析結果

A町での肥料成分需要量と、堆肥・液肥の農地への散布量を表-17、表-18に示す。④H23 (BGP導入前) では、牧草の肥料成分需要量が大きく、過剰散布とはならなかった。⑤H23 (BGP導入シナリオ) では、発生する廃棄物系バイオマスを全量BGPへ投入するシナリオとなり、その量は301,973 (t/年)、BGPの規模は827 (t/日) となった。液肥の牧草地、畑地への散布割合は、シナリオ④と同じ割合とした結果、牧草地へ243,896 (t/年)、畑地へ58,077 (t/年) 散布となった。

さらに、その他の廃棄物系バイオマスの処理状況とBGP規模の設定を表-19に示す。

これらの結果を用いて推計したA町の物質フロー解析結果を図-11、図-12に示す。シナリオ④では、成分量の合計で、循環利用量が1,966 (t/年)、廃棄量が157 (t/年)、購入肥料量が4,074 (t/年) であり、再生利用率は25%である。それに対して、BGPを導入したシナリオ⑤では、循環利用量が2,424 (t/年)、廃棄量が99 (t/年)、購入肥料量が3,359 (t/年)、再生利用率は32%と、A町においても物質循環に改善が見られた。これは、S町と同様に、堆肥化プロセスで大気へ損失していた窒素成分を、液肥利用により循環利用するためである。

また、A町におけるGHG排出量の変化を図-13に示す。A町もS町と同様、堆肥化の減少により、18,078 (t/年) の温室効果ガス削減が推計され、バイオガス化による液肥利用の優位性を示した。

(4) A町における経済への影響の解析結果

シナリオ④に対するシナリオ⑤の購入肥料削減量、窒素649 (t/年)、リン11 (t/年)、カリウム55 (t/年) から算出された購入肥料節約費48.3 (百万円)、増加売電量9,604 (MWh/年) から算出された売電利益増加額375 (百万円) に、第2次間接効果まで含めた経済総合効果は、634 (百万円) と推計された。これは、A町の町内農業・畜産部門総生産額の7.5%に相当する値である。

5. 結論と今後の課題

(1) 結論

北海道酪農地域であるS町とA町を対象とした解析の結果から、以下の結論を得た。

- 1) 家畜ふん尿を中心とする廃棄物系バイオマスのバイオガス化と液肥利用により、化学肥料の外部購入と廃棄量が削減された。結果として、本研究での解析範囲である食品の生産・消費部門と人の居住空間範囲での循環利用率の向上効果を示した。
- 2) 廃棄物系バイオマスの窒素成分の有効利用及びGHG排出量の環境負荷軽減の観点から、単なる堆肥化に

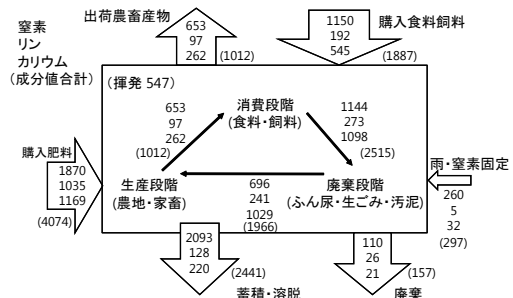


図-11 シナリオ④の物質フロー

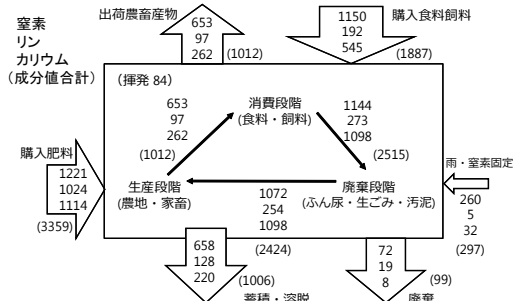


図-12 シナリオ⑤の物質フロー

□ 農地N₂O ■ 農地CO₂ ▨ 堆肥化N₂O ▩ 堆肥化CH₄
(CO₂-t/年)

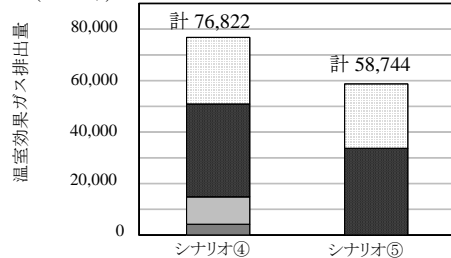


図-13 A町におけるGHG排出量の変化

比べバイオガス化を通じた液肥としての利用に優位性があることを示した。

- 3) 化学肥料の外部購入削減と売電利益による地域の経済への影響は、地域の農業・畜産部門生産額の3.6～7.5%であることを示した。

(2) 今後の課題

経済効果の推計では、解析対象を購入化学肥料節約費と売電利益増加額のみとしたが、実際のBGP導入による経済効果は、BGP建設費、BGP運転と消化液利用に付随する費用、ふん尿処理の労力削減による飼育頭数増加に伴う畜産生産額増加や、有機農業による農作物のブランド化による農産物生産額増加など、様々なものがあり、本研究により推計した経済効果はBGP導入による経済効

果の一部である。また、経済波及効果の推計においては、BGP部門を新設し、分析することが理想ではあるが、S町においては既存のBGPが存在するが、大規模BGPの導入によりBGP事業の投入構造も変わることから、現時点では構造は未知であるとして、公共サービス業部門に代替して経済波及効果の一次近似的な推定を行った。今後は聞き取り調査や文献調査により、投入構造を把握したうえでBGP部門を新設し分析を行い、さらに多くの経済効果を推計する必要がある。

謝辞：本研究を進めるに当たり、バイオマス資源循環利用診断モデルを提供して下さった農林水産バイオリサイクル研究所「システム化サブチーム」の皆様、聞き取り調査にご協力いただいたS町、A町の皆様に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 環境省：循環型社会形成推進基本法，2000
- 2) 環境省：地域循環圏形成推進ガイドラインの概要，2012
- 3) 松本成夫：地域における窒素フローの推定方法の確立とこれによる環境負荷の評価，農業環境技術研究所報告，第18号，p.81-152，2000
- 4) 三枝俊哉：物質循環から見た北海道の畜産，北海道家畜管理研究会報，第39号，p.6-9，2004
- 5) 農林水産バイオリサイクル研究所「システム化サブチーム」：バイオマス利活用システムの設計と評価，2006
- 6) 中村稔：酪農バイオガスシステムにおけるメタン発酵由来消化液の活用の効果，Journal of the College of Dairying. Cultural and social science 36(2)，p.77-122，2012
- 7) The DNDC Model：http://www.dnrc.sr.unh.edu/ 最終観覧日 2017年2月24日
- 8) 松本成夫：地域における窒素フローの推定方法の確立とこれによる環境負荷の評価，農業環境技術研究所報告，第18号，p.81-152，2000
- 9) 環境省：産業廃棄物排出・処理状況調査報告書，2006，2011
- 10) GHG 排出量算定・報告・公開制度 HP：
http://ghg-santeikohyo.env.go.jp/calc，
最終観覧日 2017年2月24日
- 11) 農林水産省：農業経営統計調査報告書，2006，2011
- 12) S町：S町環境保全センターでの取り組み，2014
- 13) S町への聞き取り調査，調査実施日 2016年10月17日
- 14) Li, C., Frolking, S., and Frolking, T.A. : A model of nitrous oxide evolution from soil driven by rainfall events, 1. Model structure and sensitivity. Journal of Geophysical Research 97, p.9777-9783, 2000
- 15) Zhang, Y., Li, C., Zhou, Z., and Moore, B. : A simulation model linking crop growth and soil biogeochemistry for sustainable agriculture, Ecological Modeling 151, p.75-100, 2002
- 16) 中川陽子・凌 祥之：DNDC モデルの硝酸態窒素溶脱量予測における適合性の検とモデルシミュレーションの応用，農業工学研究所技報，第204号，2006
- 17) わがマチ・わがムラ S町基本データ：
http://www.machimura.maff.go.jp/machi/ contents/01/634/index.html，最終観覧日 2017年2月24日
- 18) わがマチ・わがムラ A町基本データ：http://www.machimura.maff.go.jp/machi/ contents/01/649/index.html 最終観覧日 2017年2月24日
- 19) 大久保優子，石塚孔信：鹿児島市産業連関表の作成と地域経済分析，経済学論集，第73号，p.1-39，2009
- 20) JA よこすか葉山営農だより：https://www.jakanagawa.gr.jp/yokosuka-hayama/einou/back.html 最終観覧日 2017年2月24日
- 21) 農林水産省：肥料価格の現状等について，2008

(2017. 3. 24 受付)

STUDY ON EFFECT OF INTRODUCTION OF BIOGAS PLANTS IN A DAIRY FARMING AREA, HOKKAIDO REGARDING MATERIAL CYCLE AND ECONOMY

Hiroshi KITAJIMA, Kazuei ISHII, Atsushi FUJIYAMA and Masahiro SATO

Recently, biogas plants (BGP) receiving cow manure as a main source have been constructed in dairy region, Hokkaido. A BGP plays a role in material cycle and economy within a region, such as mitigation of nitrogen groundwater pollution and GHG emissions and saving money for inorganic fertilizer and energy from outside, through proper management of manure, energy recovery from biogas and application of fermentation residue as fertilizer. This study analyzed effectiveness in material cycle and economy in two regions, which introduce BGP, as a case study, using statistical data including inter-industry relations table and a model which presents behavior of carbon and nitrogen in cultivated field. As a result, introduction of BGPs promoted fermentation residue utilization, raising the cyclic usage rate. Economic effect by BGP introduction was estimated to 3.6~6.8% in the agricultural production value.