

牛ふんバイオガスプラントが酪農地域にもたらす環境効果の定量評価

坂田 久尚¹・落合 知²・佐藤 昌宏³・石井 一英⁴

1 北海道大学学生 工学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目)

E-mail: sakata.hisanao.w4@elms.hokudai.ac.jp

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

E-mail: ochiai.satoru@eng.hokudai.ac.jp

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

E-mail: satomasahironies@gmail.com

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

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

地域資源である牛ふんの利活用方法としてバイオガスプラント (以下,BGP とする) があるが,その導入効果の環境的側面について定量評価をした研究は少ない。そこで,本研究では酪農地域において,BGP 導入が地域環境にもたらす効果を定量的に評価することを目的とした。まず,対象地域での物質フローを明らかにし,窒素・リン・カリウムの含有量,土壌固定量,大気揮散量,溶脱量の原単位を文献値より設定することで,元素の動態を解析した。さらに,酪農システム内での窒素・リン・カリウムの循環量の変化,およびそれら元素の酪農システム内への流入・流出の形態と量の変化をそれぞれ定量評価した結果,BGP 導入前後において乳用牛の増頭,購入敷料量の減少等の物質フローの変化,および窒素・リン・カリウムの循環量,溶脱・流出量の変化を明らかにした。

Key Words: biogas plant, nitrogen cycle, dairy system, cow manure, quantification

1. 背景と目的

近年,「持続可能な開発目標 (SDGs)」の採択や「パリ協定」の発効といった国際合意が立て続けに行われ,地球規模で環境に対する意識が高まっている。

2018 年に環境省が公表した第五次環境基本計画¹⁾では,「循環資源や再生可能資源を活用することは,天然資源の投入とそれに伴う資金の域外への流出を抑制し,廃棄物の最終処分量を減少させるとともに,循環産業の成長等による地域の活性化に寄与することが期待される」と述べられ,地域資源を活用した持続可能な地域づくりが求められている。また,その中でも廃棄物系バイオマスに関して,「食品廃棄物家畜排泄物,下水汚泥,紙建設発生木材浄化槽汚泥等の廃棄物系バイオマスをはじめとした地域における資源循環については,排出事業者の処理責任や市町村の一般廃棄物処理に関する統括的責任が果たされることを前提に,農林漁業者など多様な関係者との連携の下,リユース,リサイクル,エネルギー利用などにより,循環資源,再生可能資源を地域で循環利用し,持続可

能な地域づくりを促進し,地域の活性化に貢献する」と述べられている。

さらに,人間活動による地球システムへの影響を客観的に評価する方法の一例として,「地球の限界」(プラネタリー・バウンダリー)という注目すべき研究がある²⁾。同研究において,窒素・リンの循環に関して,回復不可能な変化が高い確率で起きると危惧されている。また,上記2元素を含む窒素・リン・カリウムは植物の生長において必須元素であり,酪農業で用いる牧草や飼料用トウモロコシが生長する上で欠かせないものである。したがって,酪農業において,窒素・リン・カリウムを利用しつつ,なるべくこれらの多くを地域内で循環することが,持続可能な酪農経営および地域づくりにつながると考える。

北海道の地域資源の一つに家畜ふん尿がある廃棄物系バイオマスである家畜ふん尿は,北海道において産業廃棄物排出量の約半分を占め³⁾,その処理・利用方法は重要である家畜ふん尿の処理方法として,近年酪農地域を中心にバイオガスプラント (以下,BGP) の導入が進みつつある。BGP は家畜ふん尿を嫌気発酵することによ

リメタンガスを含むバイオガスを生産し、このガスは熱電併給施設などを利用することで熱と電気に変換することができる。同時に、残渣の液分は液体肥料（以下、液肥）として農地へ還元され、固形分は固形肥料や土壌改良剤、再生敷料として循環利用される。このように BGP はこれまで「処理すべきもの」とみられていた家畜ふん尿をエネルギーや循環資源に変えることができる施設である。

上記のような BGP を中心とした酪農地域での現状を踏まえた上で、「資源循環」「ふん尿の適正処理」という観点から BGP 導入は今後も広まるべきであると考え、そのために、BGP 導入を環境的側面から評価し、その価値を再評価することが必要であると考えた。しかし、BGP 導入が酪農地域にもたらす環境効果について定量的に示した研究例⁴⁾や、BGP 導入地域における窒素・リン・カリウムの収支量を示した研究例⁵⁾は少ないのが現状である。そこで、本研究では BGP が導入された実際の酪農地域を対象として、BGP 導入前後を比較し、①家畜ふん尿などの評価対象物質の流れと量の変化、②窒素・リン・カリウムの酪農システム内での流れと量の変化、③窒素・リン・カリウムの酪農システムへの流入、酪農システムからの流出、システム内循環をそれぞれ定量し、BGP 導入が地域環境にもたらす効果を明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

(1) 評価範囲と評価対象物質

本研究における酪農システムとは、「BGP」、現在 BGP に家畜ふん尿を投入している数軒の酪農家の所有する「牛舎」、「牧草地」、「飼料栽培地」、「家畜ふん尿肥溜め」の5つのプロセスで構成するものとし、それらを連携させた範囲を本研究の評価範囲とした。また、評価対象時期としては、対象 BGP は H28 年に稼働開始したため、BGP 導入前はプラント稼働前年度である H27 年度、BGP 導入後は現状収集できうる最新の情報として R1 年度の実績データを収集し、本研究に用いた。

評価対象物質は上に示した各プロセスに投入される物質とそこで生産される物質を対象とした。具体的には、生乳、飼料、敷料、牧草、飼料用トウモロコシ、家畜ふん尿、堆肥、液肥、生ごみ、下水汚泥、食品加工残渣、再生敷料、消化液、化学肥料、である。

(2) 評価項目

BGP が導入された実際の酪農地域を対象として、BGP 導入前後を比較し、①家畜ふん尿などの評価対象物質の流れと量の変化、②窒素・リン・カリウムの酪農システム内での流れと量の変化、③窒素・リン・カリウムの酪農システムへの流入、酪農システムからの流出、システム内

循環をそれぞれ定量評価することとした。

(3) 情報収集の方法

a) ヒアリング調査および統計データの収集・整理

実際の牛ふん尿、飼料、生乳、敷料の物質量および種類、対象地域内の物質の流れについては、対象地域の行政、BGP 運営者、酪農家に対しヒアリング調査および統計データの収集整理を行うことにより明らかにした。

b) 文献調査

窒素・リン・カリウムの循環量を計算するため、これらの元素の動態として、①牧草地および飼料栽培地での土壌固定量、大気揮散量、溶脱・流出量、②牛舎作業から発生する大気揮散量、③ふん尿処理工程における大気揮散量、を文献調査により原単位を設定し算出した。なお、リン・カリウムの大気揮散については、文献調査したところ、酪農作業工程における大気揮散に関する研究が見当たらなかったため、本研究では考慮しない。

(4) 元素動態量の算出方法

窒素・リン・カリウムの土壌固定量、溶脱・流出量、大気揮散量は以下のようにして求める。

$$(\text{元素動態量}) = (\text{肥料量}) \times (\text{肥料中に含まれる元素割合}) \times (\text{肥料別の元素動態割合})$$

表-1 肥料別の元素の動態別割合

肥料	動態	割合 (%)		
		窒素	リン	カリウム
化学肥料	植物固定	65.0 ^{6,7,8,9)}	22.2 ⁸⁾	27.7 ⁸⁾
	土壌固定	16.0 ^{6,7,8,9)}	70.3 ^{**}	70.6 ^{**}
	溶脱	3.0 ^{6,7,8,9)}	7.5 ⁹⁾	1.7 ⁹⁾
	揮散	8.0 ^{6,7,8,9)}	-	-
	不明	8.0		
消化液	植物固定	28.0 ^{6,7,8,9)}	22.2 ⁸⁾	27.7 ⁸⁾
	土壌固定	11.0 ^{6,7,8,9)}	70.3 ^{**}	70.6 ^{**}
	溶脱	44.0 ^{6,7,8,9)}	7.5 ⁹⁾	1.7 ⁹⁾
	揮散	8.0 ^{6,7,8,9)}	-	-
	不明	9.0		
堆肥	植物固定	13.0 ^{6,7,8,9)}	10.7 ⁸⁾	18.3 ⁸⁾
	土壌固定	68.0 ^{6,7,8,9)}	89.0 ^{**}	81.3 ^{**}
	溶脱	1.0 ^{6,7,8,9)}	0.3 ⁹⁾	0.4 ⁹⁾
	揮散	8.0 ^{6,7,8,9)}	-	-
	不明	10.0		
スラリー	植物固定	22.6 ¹⁰⁾	22.2 ⁸⁾	27.7 ⁸⁾
	土壌固定	52.6 ¹⁰⁾	70.3 ^{**}	70.6 ^{**}
	溶脱	5.2 ¹⁰⁾	7.5 ⁹⁾	1.7 ⁹⁾
	揮散	19.7 ¹⁰⁾	-	-
	不明	0		

*複数参考文献がある項目は各論文からの参考値を平均した

**全体から植物固定割合と溶脱割合を引いて算出

ここで、肥料別の元素動態割合とは投入肥料中の元素量に対する動態割合を指している。表1に肥料別の元素の動態別割合を示す。表1中の窒素割合について動態別にいくつかの参考文献を参照しているため、植物固定、土壌固定、溶脱、揮散の合計が100%とならず、不足分は「不明」という項目で表現した。また、リン・カリウムについては揮散を考えないため、植物固定と溶脱以外が土壌固定するものとした。

3. BGPがもたらす環境効果の定量評価結果

(1) 評価対象物質の流れと量の変化

図1はBGP導入前、図2はBGP導入後の物質の流れを表したものである。図1中のデントコーンとは、飼料用トウモロコシのことである。また、スラリーとは、牛ふんと牛尿が混ざった状態のものである。BGPに参加している酪農家の中でもフリーストール式の飼い方をしている牛舎では家畜ふん尿はスラリー状で収集され、つなぎ式の飼い

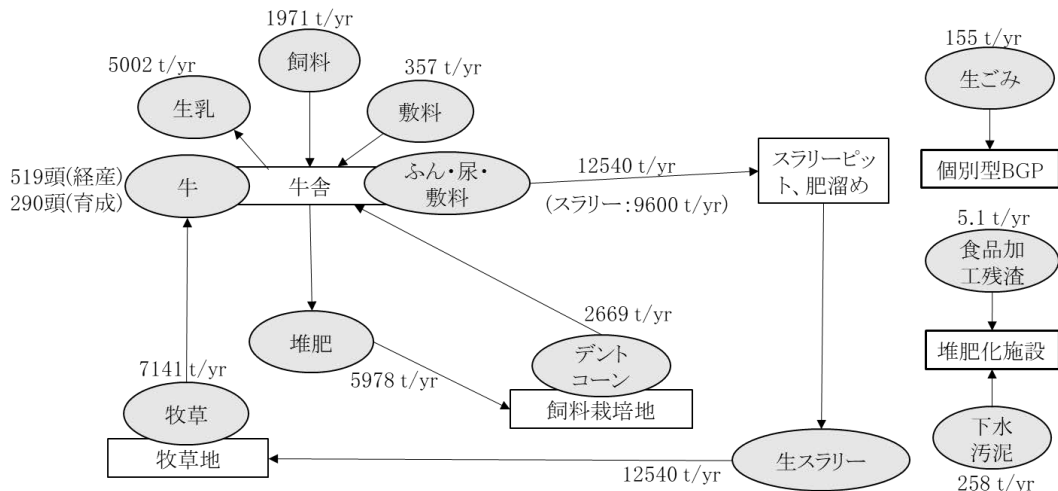


図-1 BGP導入前 (H27年) の物質の流れ

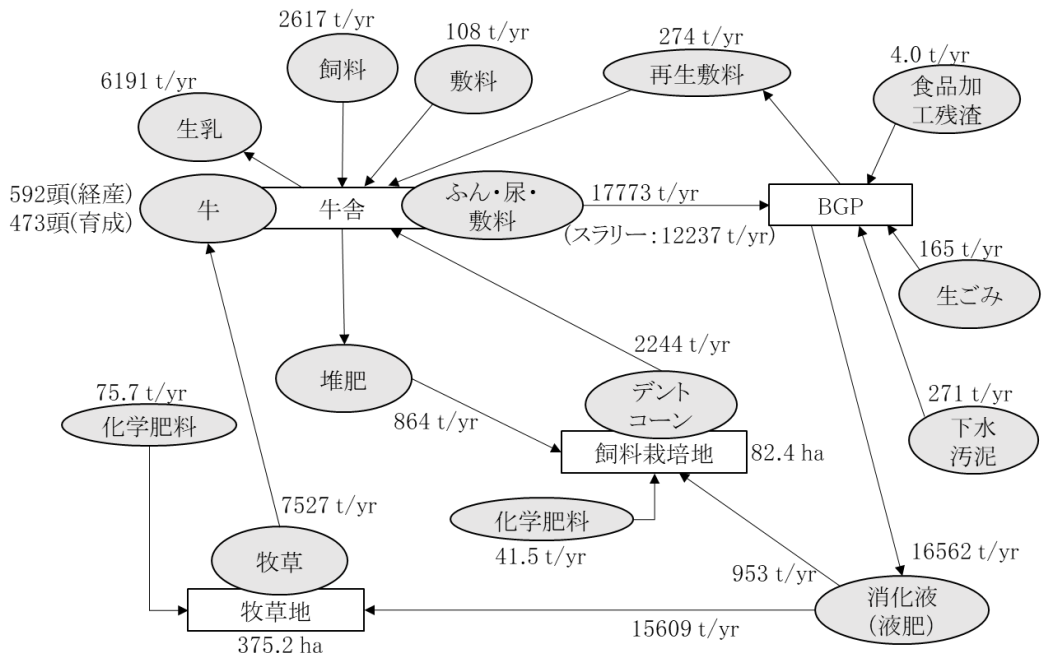


図-2 BGP導入後 (R1年) の物質の流れ

方をしている牛舎では牛ふんと牛尿は別々に収集される。BGP導入前には各酪農家が保有する肥溜めに家畜ふん尿を投入しており、肥溜めで家畜ふん尿を静置し、発酵させ、肥料として牧草地に散布していた。また、生ごみは町内にあった別の個別型のBGPに投入されていた。下水汚泥、食品加工残渣は民間の堆肥化施設に投入されていた。BGP導入後は、BGPから生産される再生敷料と消化液を各酪農家が利用するようになり、町内の生ごみ、下水汚泥、食品加工残渣はBGPに投入されるようになった。

(2) 窒素・リン・カリウムの酪農システム内での動態別の流れと量の変化

図3はBGP導入前の元素の流れを表したものであり、図4はBGP導入後の元素の流れを表したものである。なお、窒素の不明量はBGP導入前が11t、BGP導入後が8.8tであった。

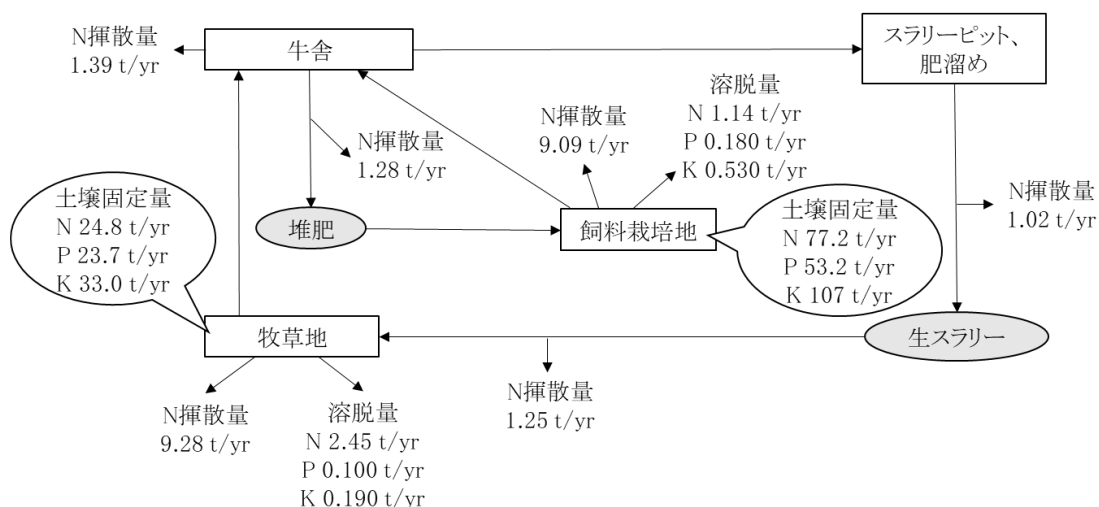


図-3 BGP導入前（H27年）の元素の流れ

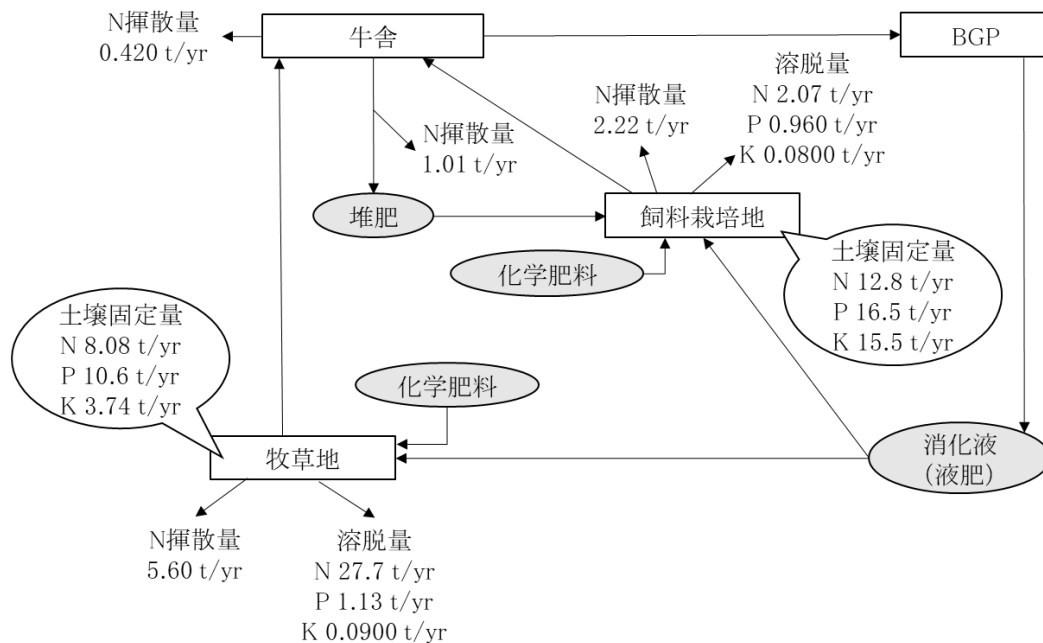


図-4 BGP導入後（R1年）の元素の流れ

(3) 窒素・リン・カリウムの酪農システム内への流入, 酪農システムからの流出, システム内循環

a) 窒素収支

図5はBGP導入前後の窒素収支を示しており, 酪農システム内の窒素の循環量は「酪農システム内に入ってくる窒素量」と「酪農システムから出ていく窒素量」の差と定義した。以下, リンとカリウムについても同様に循環量を計算した。BGP導入前後を比較すると, 酪農システム内に入ってくる窒素量は33トン増加, 酪農システムから出ていく窒素量は18トンの増加となっていた。また, 酪農システム内の窒素の循環量は15トン増加した。酪農システムから出ていく窒素に注目すると, 窒素の大气揮散量は14トン減少し, 窒素の溶脱・流出量は26トン増加していた。

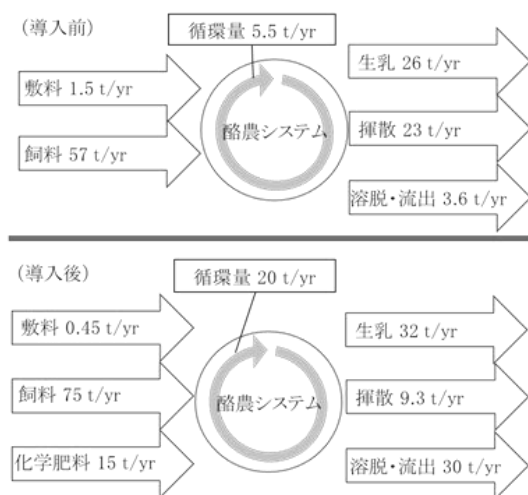


図-5 BGP導入前後の窒素収支

b) リン収支

図6はBGP導入前後のリン収支を示している。BGP導入前後を比較すると, 酪農システム内に入ってくるリン量は31トン増加, 酪農システムから出ていくリン量は2.9トンの増加となっていた。また, 酪農システム内のリンの循環量は29トン増加した。酪農システムから出ていくリンに注目すると, リンの溶脱・流出量は1.8トン増加していた。

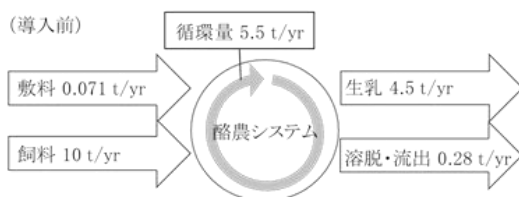


図-6 BGP導入前後のリン収支

c) カリウム収支

図7はBGP導入前後のカリウム収支を示している。BGP導入前後を比較すると, 酪農システム内に入ってくるカリウム量は11トン増加, 酪農システムから出ていくカリウム量は1.3トンの増加となっていた。また, 酪農システム内のカリウムの循環量は10トン増加した。酪農システムから出ていくカリウムに注目すると, カリウムの溶脱・流出量は0.54トン増加していた。

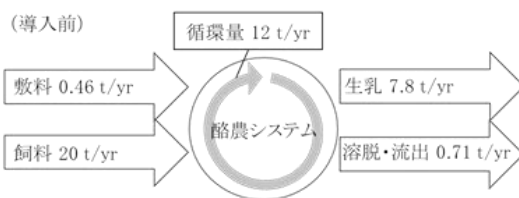


図-7 BGP導入前後のカリウム収支

4. 考察

(1) 評価対象物質の流れと量の変化

図1, 2より, 評価対象物質についてBGP導入後に, 酪農家たちの合計飼育乳牛頭数が256頭の増加, 合計購入敷料量が249トンの減少が明らかになった。また, 評価対象物質の流れはBGP導入後に, 生ごみ, 食品加工残渣, 下水汚泥がBGPに投入されるようになった。さらに, 飼料栽培地に消化液を散布するようになり, 化学肥料が牧草地・飼料栽培地に追肥されるようになった。BGP導入前後を比較して明らかになった上記の結果の要因を考察する。乳牛が増頭の要因として, BGP導入前は各酪農家は家畜ふん尿を収集し, それを各戸の保有する家畜ふん尿肥溜めに投入する, という作業を行っていたが, BGPの導入により, BGP事業者が家畜ふん尿収集車にて各戸の家畜ふん尿を回収するため, 酪農家の家畜ふん尿処理作業が導入前に比べて軽減されたと考えられた。なお, ヒアリングにより作業が軽減されたとの感覚を酪農家がもっていることを確認した。購入敷料量の減少は, BGP内の処理過程で生産される固形分を再生敷料として利用するようになったためである。化学肥料が追肥される要因としては, BGP導入前はスラリーピットで管理していた家畜ふん尿を牧草地に, 牛ふんを堆肥化処理した堆肥を飼料栽培地にそれぞれ撒いていた。そしてBGP導入後は, 消化液を物質循環として牧草地および飼料栽培地へ散布している。消化液の散布と同時に, 土壤中栄養成分について詳細調査を継続的に行った結果, 北海道庁の施肥基準に基づく化学肥料の追肥が牧草地および飼料栽培地で行われた。

図1, 2の変化で見られたように, BGP導入により, 物質の流れは大きく変化した。乳牛を多く飼うことができるようになり, 出荷生乳量が増加し, BGP導入地域の酪農業の手助けにBGPが一役を買ったといえる。また, BGPから生産された再生敷料や消化液を用いることは地域資源を有効に活用できているといえる。

(2) 窒素の流れと量の変化

図5よりBGP導入前後で窒素量の変化が見られたので, その原因を考察する。酪農システム内に入ってくる窒素量が増加したのは, 図1, 2で示したように酪農システム内に入ってくる物質(具体的には, 飼料・化学肥料)量が増加したためである。図1, 2より購入敷料量が減少したと述べたが, 購入敷料量減少分が購入飼料量増加分より小さいこと, 敷料含有窒素割合が飼料含有窒素割合より小さいことが酪農システム内に入ってくる窒素量の合計量が増加した要因である。酪農システムから出ていく窒素量が増加したのは, 酪農システム内に入ってくる窒素量の増加に伴い, 出ていく窒素量も増えたためである。酪農システム内での窒素循環量が増加した原因とし

ては, BGP導入前での窒素の大気揮散は, 牛舎作業時, 堆肥化処理時, 発酵処理過程, 生スラリー散布時での揮散であったが, BGPが導入されることで, 発酵処理過程, 生スラリー散布時の大気揮散がなくなったので大気揮散は減少したと考えられる。また, 肥料別の窒素の大気揮散割合が化学肥料・消化液ともに生スラリー・堆肥よりも小さいことも要因である。窒素の溶脱・流出量が増加したのは, BGP導入後に投入されるようになった消化液の窒素の溶脱・流出割合が高いことが要因である。

(3) リンの流れと量の変化

図6よりBGP導入前後でリン量の変化が見られたので, その原因を考察する。酪農システム内に入ってくるリン量が増加したのは, 図1, 2で示したように酪農システム内に入ってくる物質(具体的には, 飼料・化学肥料)量が増加したためである。図1, 2より購入敷料量が減少したと述べたが, 購入敷料量減少分が購入飼料量増加分より小さいこと, 敷料含有リン割合が飼料含有リン割合より小さいことが酪農システム内に入ってくるリン量の合計量が増加した要因だと考えられる。酪農システムから出ていくリン量が増加した原因としては, BGP導入により, 酪農システム内に入ってくるリン量が増加したのに伴い, 出ていくリン量も増えたためである。酪農システム内でのリン循環量が増加したのは, BGP導入に伴い, 酪農システム内に入ってくるリン量が増加したこと, BGPから生産された再生敷料を酪農家が使用するようになったこと, 飼料栽培地に消化液が散布されるようになったことが原因である。リンの溶脱・流出量が増加した要因としては, まず, 導入前には飼料栽培地に堆肥しか投入していなかったが, 導入後には堆肥施肥量が減少し, それに加え, 化学肥料, 消化液が投入されるようになったこと, さらに, リンの化学肥料と消化液使用時の溶脱割合が堆肥使用時に比べて高いこと, が考えられる。

(4) カリウムの流れと量の変化

図7よりBGP導入前後でカリウム量の変化が見られたので, その原因を考察する。酪農システム内に入ってくるカリウム量が増加したのは, 図1, 2で示したように酪農システム内に入ってくる物質(具体的には, 飼料・化学肥料)量が増加したためである。図1, 2より購入敷料量が減少したと述べたが, 購入敷料量減少分が購入飼料量増加分より小さいこと, 敷料含有カリウム割合が飼料含有カリウム割合より小さいことが酪農システム内に入ってくるカリウム量の合計量が増加した要因だと考えられる。酪農システムから出ていくカリウム量が増加した要因としては, BGP導入により, 酪農システム内に入ってくるカリウム量が増加したので出ていくカリウム量も増えたからである。酪農システム内でのカリウム循環量が増

加したのは、酪農システム内に入ってくるカリウム量が増加したこと、BGP から生産された再生敷料を酪農家が使用するようになったこと、飼料栽培地に消化液が散布されるようになったことが原因である。カリウムの溶脱・流出量が減少したのは、BGP 導入前において、カリウムの溶脱・流出量は、飼料栽培地に投入されていた堆肥由来のものが多く 139 t-K/yr であったが、BGP 導入後に飼料栽培地への堆肥投入量が 19 t-K/yr へ減少し、この 120 t-K/yr の減少分が BGP 導入後に散布されるようになった化学肥料、消化液に含まれるカリウム量より少ないことが要因の一つだといえる。

5. 結論

本研究では、酪農地域での BGP 導入の環境効果を定量的に示すことを目的とした。より現実的な定量を行うために、実際の酪農地域を対象として、BGP 導入前後での酪農システム内外における物質の流れおよびその量を明らかにした。さらに環境効果の指標として、窒素・リン・カリウムに注目し、それら元素が BGP 導入前後でどのように酪農システム内に流入・流出さらに循環しているのかを明らかにした。

本研究において、BGP 導入前後での物質の流れは大きく変化したことが分かった。具体的には、牧草地と飼料栽培地に化学肥料が、BGP から生産された消化液がそれぞれ散布されるようになったこと、BGP から生産された再生敷料を酪農家が使うようになったこと、が物質の流れの変化として判明した。また、評価対象物質の量も BGP 導入前後で変化したことが分かった。具体的には、酪農家の飼育乳牛頭数が 256 頭増加したこと、酪農家の購入敷料量が 249 トン減少したこと、化学肥料が牧草地に 75.7 トン、飼料栽培地に 41.5 トン追肥されるようになったこと、が物質量の変化として判明した。

また、評価対象物質に含まれる元素量を算出することで酪農システムにおける元素の移動量を求めた。その中でも循環量に関しては、BGP 導入前後を比較して、窒素が 15 トン増加、リンが 29 トン増加、カリウムが 10 トン増加、したことが分かり、窒素・リン・カリウムすべての循環量が増加したことが判明した。BGP 導入により、物質の流れに変化があり、そのために循環量が増加することとなった。

さらに、評価対象物質に含まれる元素量を算出することで酪農システムにおける元素の移動量を求めた。各元素の酪農システムへの流入量、酪農システムからの流出量は、BGP 導入前後を比較して、窒素が流入量 33 トン増加・流出量 18 トン増加、リンが流入量 31 トン増加・流

出量 2.9 トン増加、カリウムが流入量 11 トン増加・流出量 1.3 トン増加、したことが分かり、窒素・リン・カリウムすべての流入・流出量が増加したことが判明した。BGP 導入により、物質の流れに変化があり、そのために流入・流出量が増加することとなった。

6. 今後の課題と展望

本研究の課題としては、元素量を求める際に用いた値は学術論文や基準値を採用しているため、土壌の質や物質ごとの性状など、対象地での値とは異なる可能性も考えられた。また、窒素に関しては、引用元の文献が異なるため不明量が発生した。本研究で用いた各元素の大気揮散・溶脱・土壌固定の分配係数は現地での長期間（数年～数十年）のモニタリングを経ることで初めてその土地を再現できる値であるといえる。したがって、長期間のモニタリングをすることで、より正確な環境中での各元素の動態が明らかになると考えられる。

最後に、BGP の価値を再評価し BGP 導入促進につなげたい、というのが本研究の背景である。今後、BGP の価値を検討する際の調査方法の一つとして、本研究で用いた方法が参考となると考える。

参考文献

- 1) 環境省：第五次環境基本計画，2018。
- 2) Johan Rockström et al.:A safe operating space for humanity, *Nature*, Vol 461, 24 September 2009.
- 3) 北海道庁：北海道産業廃棄物処理状況調査結果 (H26), 2016.
- 4) 北島ら：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, 土木学会論文集 G (環境), Vol.73, No.6 (環境システム研究論文集 第 45 巻), II_53-II_61, 2017.
- 5) 寶示戸ら：わが国農耕地における窒素負荷の都道府県別評価と改善シナリオ, 日本土壌肥科学雑誌第 74 巻第 4 号, 2003.
- 6) 大橋ら：黒ボク土野菜畑における牛ふんおがくず堆肥および被覆肥料由来窒素の溶脱, 日本土壌肥科学雑誌第 74 巻第 5 号, 2003.
- 7) 酒田ら：被覆肥料窒素の土壌中での挙動, 日本土壌肥科学雑誌第 66 巻第 3 号, 1995.
- 8) 橋本ら：家畜ふん堆肥を連用した砂質畑土壌における収支, 溶脱量及び土壌蓄積量からみた窒素, リン, カリウムの動態, 愛知農総誌研報 48:17-28, 2016.
- 9) 竹内：農耕地からの窒素・リンの流出, 日本土壌肥科学雑誌第 68 巻第 6 号, 1997.
- 10) 根釧農試草地環境科：草地における重窒素標識乳牛堆肥およびスラリーに由来する窒素の動態, 2006.

(Received July 25, 2021)

STUDY ON QUANTITATIVE EVALUATION FOR THE EFFECTS OF A BIOGAS PLANT FOR COW MANURE ON ENVIRONMENT IN DAIRY INDUSTRY AREA

Hisanao SAKATA, Satoru OCHIAI, Masahiro SATO and Kazuei ISHII

A biogas plant (BGP) is a method of utilizing cattle manure as a local resource, but few studies have quantitatively evaluated the environmental aspects of its introduction. The purpose of this study was to quantitatively evaluate the effect of BGP introduction on the local environment in a dairy farming area. First, the substance flow in the target area was clarified, and the dynamics of the elements was analyzed by setting the basic unit of nitrogen, phosphorus, and potassium content, soil fixation, atmospheric volatilization, and leaching from literature values. The results of quantitative evaluation of changes in the circulating amount of nitrogen, phosphorus, and potassium in the dairy system, and changes in the forms and amounts of these elements flowing into and out of the dairy system before and after the introduction of BGP revealed changes in material flow such as increase in the number of dairy cows and decrease in the amount of purchased bedding, and changes in the circulating amount and amount of nitrogen, phosphorus, and potassium. The results of the quantitative evaluation of the changes in the form and amount of BGP before and after the introduction of BGP showed that the number of dairy cows increased, the amount of purchased bedding decreased, and the material flow changed. As a result of analyzing the flow of each element, nitrogen, phosphorus and potassium, it was found that the circulating element and leaching increased for all the elements.