

家畜敷料としての資源作物導入による既存酪農システムの脱炭素化に関する研究

橋本 綾佳¹・中井 優里²・上村 英史³
落合 知⁴・石井 一英⁵・古市 徹⁶

¹正会員 岩田地崎建設株式会社 環境ソリューション部 (〒060-8630 札幌市中央区北2条東17丁目2)

E-mail: ayaka.hashimoto@iwatachizaki.jp

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

E-mail: nki22108@ideacon.co.jp

³非会員 岩田地崎建設株式会社 環境ソリューション部 (〒060-8630 札幌市中央区北2条東17丁目2)

E-mail: ue@iwatachizaki.jp

⁴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: ochiai.satoru@eng.hokudai.ac.jp

⁵正会員 北海道大学教授 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

⁶正会員 北海道大学客員教授 大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail: t-furu@eng.hokudai.ac.jp

本研究では、国内のバイオガスプラント(BGP)を中心とした酪農システムに対して、家畜敷料不足の解消および更なる脱炭素化に向けた新たなバイオマス利用という観点から、資源作物ジャイアントミスカンサス($M \times g$)の導入を想定した。現状の酪農システムにおける炭素排出・固定に関して明らかにした上で、 $M \times g$ の敷料としての導入が酪農システムの炭素排出・固定に及ぼす影響について定量的評価を行った。その結果、現状と $M \times g$ を導入した2ケースについて比較すると、炭素収支は約22.5%の減少と試算された。システムで必要な敷料量を確保はもちろんのこと、BGP導入後の近未来の酪農システムにおいても資源作物の導入が、脱炭素化に向けた炭素固定・エネルギー回収に効果が期待されることが明らかとなった。

Key Words : *Miscanthus giganteus*, *biogas plant*, *decarbonization*, *methanogenesis*, *biomass crops*, *cattle bedding*, *dairy farming system*

1. 背景と目的

(1) はじめに

2015年に採択された「パリ協定」では、2050年までに世界の温暖化ガスの排出を「実質ゼロ」にする必要があるとされている¹⁾。温室効果ガスを低排出にするには段階的な措置が必要となり、まずは現状のエネルギー利用から再生可能エネルギーの導入を増やしていくことが必要となる。化石燃料に代替するエネルギー源として注目されるのが、資源作物である。資源作物は、植物の光合成変換能力を最大限に生かしながら、既存エネルギーを代替できるので、社会全体の持続的発展に重要な位置づけとなる。

(2) 資源作物ジャイアントミスカンサスについて

資源作物として、栽培における低い肥料要求性

や高い環境適応性および炭素固定能力などの観点から、ジャイアントミスカンサス (*Miscanthus × giganteus*, 本報では $M \times g$ と表記) という資源作物の利用が注目されている。 $M \times g$ を含むススキ属植物の利点としては以下が挙げられる。

- ・光合成能率の高い特有の反応経路をもつ
- ・栄養分や炭化物の効率的な循環が可能である
- ・低い肥料要求性と多年性であるため、農作業負荷量を下げ、管理コストの削減が可能である
- ・寒冷環境においても耐性をもつ

$M \times g$ は、ススキ (*Miscanthus sinensis*) (二倍体, $2n=38$) とオギ (*Miscanthus sacchariflorus*) (四倍体, $2n=76$) の三倍体自然交雑種である。三倍体であると種子稔性となり、根茎による栄養繁殖が行われる。他のススキ属植物が 30 t-dry/ha/yr 程度であるのに対して、 $M \times g$ は 40-60 t-dry/ha/yr 程度の生産量が期待される²⁾。

(3) 国内の酪農地域における課題

北海道では特に酪農産業が盛んで、近年は飼養方法の多様化や飼養頭数の増頭が進んでいる。平成11年制定の「家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」（家畜排せつ物法）により、家畜のふん尿処理、特に生ふん尿に対して、十分量の敷料を混合して固形化することが求められた。

特に北海道で用いられる敷料は、その地域の農産廃棄物や林産廃棄物が用いられることが多い³⁾一方で、木質バイオマス発電所における木質系燃料の需要拡大の影響で、木質バイオマスの価格が高騰しており、家畜敷料用材料の供給不足が懸念される。しかしながら、流通性、経済性、家畜の安楽性、酪農家のオペレーション性などの観点に加え、酪農家ごとに利用する敷料に対して多様な価値観を有することから、木質系敷料を広く代替する材を見出すまでには至っていない。

本研究では、国内のバイオガスプラントを中心とした酪農システムを対象として、国内における安価で地域循環に即した敷料の利活用および、脱炭素化に向けたバイオマスのマテリアル・エネルギー利用という観点から資源作物 $M \times g$ を酪農システムへの導入することを想定した。現状の酪農システムにおける炭素排出・固定および $M \times g$ の導入が酪農システムの炭素排出・固定に及ぼす定量的評価を行うこととした。

2. 対象地域と範囲

研究対象は北海道紋別郡興部町に所在する、「興部北興バイオガスプラント(以降、BGPと記載)」を中心としたシステムをモデルとした。興部町はオホーツク海沿岸に位置し、主要な産業は酪農業、漁業、林業である。

BGPでは、町内にて発生した酪農家6軒分(成牛換算560頭分)の家畜ふん尿およびスラリー、下水汚泥、生ごみ、食品加工残渣が処理対象物として原料槽に投入されている。家畜飼育においては、家畜敷料として町外から調達された木質系敷料のおが粉、および再生敷料が使用されている。なお再生敷料とは、BGPにてメタン発酵後の消化液の固液分離により得た固形分を、好気発酵により含水率を60%程度に調整したものである。また、固液分離により得た液分は液肥として牧草地やデントコーン畑などに散布されているほか、一部は「おこっぺバイオ」として道の駅で一般に販売されている。

一方、BGPにて発生したバイオガスは、熱源供給設備により熱と電気に変換される。発生した熱は

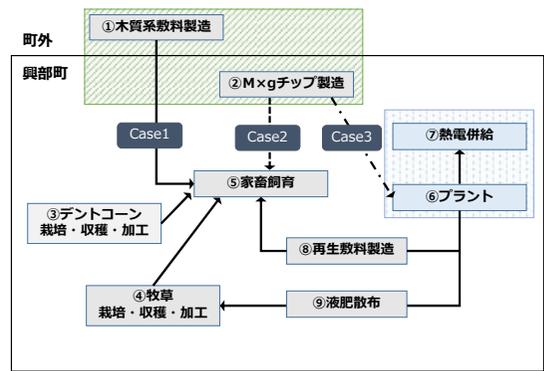


図-1 モデル地域の酪農システム

BGP 施設内の加温に利用され、電気は施設内の一部分で自家消費された分を除いた余剰電力がされている。BGPを中心として図-1中の各プロセスから構成されるシステムを「酪農システム」と定義した。システムを構成するのは、大きく①木質系敷料製造、② $M \times g$ チップ製造、③デントコーン栽培・収穫・加工、④牧草栽培・収穫・加工、⑤家畜飼育、⑥プラント、⑦熱電供給、⑧再生敷料製造、⑨液肥散布の9つのプロセスとした。

炭素排出・固定の評価範囲は、9つの各プロセスからの炭素排出および固定量とした。この酪農システム中の家畜敷料として、現状広く使用されている木質系敷料を $M \times g$ で代替することを想定した。

「Case0：現状システム」、「Case1： $M \times g$ 直接敷料使用システム」、「Case2： $M \times g$ BGP投入システム」の3ケースである。Case0は、現状の酪農システムであり、敷料として木質系敷料と木質系敷料由来の再生敷料を2種類、家畜飼育プロセスで使用している。Case1は、Case0で使用している木質系敷料を、興部町内で栽培・加工した $M \times g$ チップで直接代替することを想定した。敷料としては、 $M \times g$ チップと $M \times g$ 由来再生敷料を家畜飼育プロセスによって使用する。このケースでは、 $M \times g$ 導入による脱炭素化への影響を現状に即した形で検討する。Case2は、Case0で使用している敷料全体を、 $M \times g$ 由来再生敷料で代替することを想定した。このとき $M \times g$ チップは直接BGPに投入されるものとした。このケースでは、再生敷料の地域内利用の循環効率の最大化を目的とし、同時にバイオガス発生ポテンシャルが増加すると想定した。

3. 調査および定量評価方法

本研究では、興部町およびBGP設計会社にヒアリングを行い、なるべく現状の実態に即した形で炭素の排出量および固定量の定量評価を実施した。

(1)各プロセスの定量評価方法

各プロセスにおけるヒアリング内容と定量評価への反映した方法を以下に示す。

①木質系敷料製造：木材の伐採場所は湧別町を想定した。木質系資源として、カラマツを想定し、現状使用している木質系敷料量は、興部町へのヒアリングにより、町内全体での木質系敷料量⁴⁾から、興部北興 BGP の対象頭数⁵⁾を基にして算出した。

木材に対する固定量⁶⁾は、湧別町における天然広葉樹の成長量 $1.56 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{yr}$ ⁷⁸⁾、拡大係数 1.9 ⁹⁾、木材比重 0.6 ⁹⁾、地上部地下部比率 1.26 ⁹⁾、炭素含有率 0.5 ⁹⁾を利用し、(1a)式を用いて求めた。

(炭素吸収量)=
(ha 当たり成長量)×(拡大係数)×(木材比重)×(炭素含有率)×44/12…(1a)

②M×g チップ製造：M×g 栽培に関する項目は、種苗、耕起・定植、施肥、除草剤散布、収穫調整のプロセスに細分化されるとし、BGP に運搬されたのちに木質系敷料と同じチップパー機でチップ化され、BGP にて貯蔵もされるものとした。Case1 では、木質系敷料と同量の M×g チップをシステムへ導入することを考慮し、Case2 では 1 頭当たりの再生敷料量から、必要な頭数分の再生敷料量から M×g のチップ量を設定した。M×g に対する炭素固定量は(1b)式を用いて求めた。M×g の乾物収量は、実績値である $15.2 \text{ t}/\text{ha}/\text{yr}$ 、炭素含有量は 0.46 を用いた。栽培面積は Case1 で 9.4 ha 、Case2 で 13.6 ha を用いた¹⁰⁾。

(炭素固定量)=
(乾物収量)×(栽培面積)×(炭素含有率)×44/12…(1b)

③デントコーン栽培・収穫・加工：栽培～加工のプロセスは興部町に作業実態をヒアリングした。デントコーンは興部町 TMR センターに運搬され、全量サイレージとして調整されるとした。BGP で受け入れている乳牛頭数分の作付面積とデントコーン年間摂取量は、町全体の作付面積および収穫量と町全体の乳牛頭数から 1 頭当たりに必要な量を基に算出した。デントコーンに対する炭素固定量は、(1b)式で算出した。乾物収量は実績値である $16.3 \text{ t}/\text{ha}/\text{yr}$ ¹¹⁾、栽培面積は 34.2 ha ¹¹⁾、炭素含有率は 0.116 ¹²⁾を用いた。

④牧草栽培・収穫・加工：栽培～加工のプロセスは

興部町に作業実態をヒアリングした。収穫された牧草は、興部町 TMR センターにて一部はデントコーンと混合され、または乾牧草として集草され、乳牛のサイレージとなることを想定した。デントコーンと混合しサイレージ化される場合は、刻み・収穫・ギ酸投入をハーベスタにて行われ、その後バンカーサイロ詰め、影込、鎮圧、密封の工程を経てサイレージとなる。

乾牧草として調整される場合は、いったん刈取をし、そのまま牧草地に放置し乾燥させ、その後牧草を回収する作業ののち、ロール作業が行われる。BGP で受け入れている乳牛頭数分の作付面積および年間摂取量は、町全体の作付面積および収穫量と町全体の乳牛頭数から 1 頭当たりに必要な量を算出した。牧草に対する炭素固定量は、(1b)式で求めた。乾物収量はイネ科牧草の 1 番草と 2 番草の合計とし、それぞれ $3.06 \text{ t}/\text{ha}/\text{yr}$ ¹³⁾、 $2.06 \text{ t}/\text{ha}/\text{yr}$ ¹³⁾を用いた、栽培面積は乾牧草分とサイレージ用合計で 400 ha ¹¹⁾、炭素含有率は 1 番草 0.082 ¹²⁾、2 番草 0.088 ¹²⁾を用いた。

⑤家畜飼育：各酪農家の牛舎における作業を想定した。家畜敷料としては、木質系敷料、M×g チップ、再生敷料が各ケースに応じて、酪農家に運搬される。サイレージとしては、デントコーンおよび牧草が興部町 TMR センターから酪農家に運搬される。酪農家の飼養方法によって異なるが、ふん尿の固形分は、コンテナ車にて回収され、スラリーはバキューム車にて回収される。どちらも町所有車であり、バキューム車は、午前ふん尿回収、午後液肥散布に利用されている¹⁴⁾¹⁵⁾。

施設内での重機を使用する作業としては、家畜敷料の敷設と家畜ふん尿の施設内回収作業を想定し、北海道農林水産統計年報の「敷料の搬入・きゅう肥の搬出の労働時間」を重機稼働時間とした。この時 1 軒当たりの酪農家の規模は飼養頭数 $80\sim 100$ 頭とした¹⁶⁾。また牛の消化管内発酵による CH_4 ガスはこのプロセスで全量発生するとしている¹⁷⁾。

⑥プラント：プラント設計会社へのヒアリング¹⁸⁾より、プラントへの処理対象物としては、家畜ふん尿(ふん+尿)それぞれ $4,193 \text{ t}/\text{yr}$ 、スラリー $12,238 \text{ t}/\text{yr}$ 、下水汚泥 $271 \text{ t}/\text{yr}$ ¹⁹⁾、生ごみ $167 \text{ t}/\text{yr}$ ²⁰⁾、食品加工残渣 $3.8 \text{ t}/\text{yr}$ ²¹⁾が運搬されている、プラント稼働は 344 日を想定している。再生敷料投入量は Case0 および Case1 で $303 \text{ t}/\text{yr}$ ¹⁸⁾²²⁾、Case2 で $612 \text{ t}/\text{yr}$ ¹⁸⁾²²⁾とした。プラントは原料受入棟、発酵槽、殺菌槽、固液分離設備、脱硫設備、熱利用設備、制御系設備から構成され、設備稼働時の電力消費分は、

プラントにおける買電量とした、プラントは滞留時間 30 日間、発酵槽温度 42 °Cにて稼働している。M×g の 30 日間のバイオガス発生量は、メタン発酵実験により得られた 483 Nm³/t-VS を用いた。

⑦熱電併給：ガスバックによって捕集されたバイオガスを用いて、発電および熱回収が行われ、発電機の稼働時間は、発生したガス量によって変化する。発電機の電力消費は、稼働時と待機時で異なる。

稼働時は下式で示され、待機時およびメンテナンス上の停止時における消費電力は本プロセスでの買電量とした。この時買電は炭素発生量として、売電は炭素固定量として算入している¹⁸⁾。

(売電) =

(発電した電気の総量) - (自家消費電力) × (1c)

⑧再生敷料製造：プラント設計会社へのヒアリングにより、再生敷料製造では、嫌気発酵後の固液分離設備から回収された固形分を 3 日間貯留→BGP 敷地内で堆積発酵→3 日おきにタイヤショベルによる切り返し作業が行われ、9 日のサイクルで作業が進む。堆積発酵においては、切り返し作業により好気発酵が促進され、CO₂ ガスと水が発生し、同時に発熱反応が生じる。それにより堆積物の内部温度が 60~70°C に達するため固形分中の水分が蒸発する。

⑨液肥散布：固液分離設備にて分離された液体分は、液肥として、BGP 敷地内にある貯留槽と敷地外の町内サテライト貯留槽 2 か所へバキューム車によって運搬される。それぞれの貯留槽から牧草地へ液肥が運搬され、液肥散布機にて散布作業が行われる。

(2) システムで使用する家畜敷料量の設定

BGPでの当初のふん尿受け入れ頭数は、成牛換算で560頭分であったが、現在は各酪農家で増頭が進んでいる。より現状にあった敷料量を算出するため、本研究では6軒酪農家全体で飼養頭数は958頭(搾乳牛516頭、乾乳牛76頭、育成牛366頭)とし、そのうちの560頭分の家畜ふん尿およびスラリーがBGPに、残りは個別処理しているものとした。

まず 6 軒の酪農家のうち、現状で全量再生敷料を使用している酪農家の飼養頭数から、1 頭当たりに必要な再生敷料量を算出した。他 5 軒の酪農家は、木質系敷料と再生敷料を併用しているとした。それぞれの酪農家の飼養頭数分に①木質系敷料製造工程で算出した 1 頭あたりの木質系敷料使用量と再生敷料使用量を頭数で乗ずることで各ケースごとの敷料使用量を算出した²²⁾。表-1 に各ケースの使用敷料

種類と量を示す。

表-1 各ケースの使用敷料種類および量

ケース名	想定敷料利用量(m ³ /yr)(カッコ中に t/yr)				計
	木質系敷料	木質系敷料 由来再生敷料	M×g チップ	M×g 由来再生敷料	
Case0: 現状	685 (137)	706 (337)	-	-	1,391 (474)
Case1: M×g 直接 敷料利用	-	-	685 (128)	706 (337)	1,391 (465)
Case2: M×g 直接 BGP投入	-	-	-	1391 (664)	1,391 (664)

表-2 炭素排出・固定の算出に関する項目

項目	実測値・原単位	変換値	炭素換算係数
機械および設備 における燃料の使用	機器燃費、稼働時間、単位発熱量	E1	燃料種別炭素排出係数
運搬	車両燃費、運搬距離、運搬頻度、 年間輸送距離	E1	燃料種別炭素排出係数
		D	車輛別炭素排出係数
買電(BGP)	機器燃費、稼働時間、単位発熱量	E2	電気事業者別排出係数
微生物反応 (家畜の消化管内発酵・ 再生敷料製造時の堆積発酵)	乳牛飼養頭数	M	炭素排出係数
	堆積発酵での好気分解量、嫌気分解量		
植物による炭素固定 (木質資源・資源作物・飼料作物)	年間成長量	M	炭素含有割合
売電(BGP) 熱利用(BGP)	バイオガス量、発電量、熱回収量、 機器燃費、稼働時間、単位発熱量	E2	電気事業者別排出係数
		E1	燃料種別炭素排出係数

表-3 炭素排出・固定量および実質炭素排出量

ケース名	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /yr)	CO ₂ 固定量 (t-CO ₂ /yr)	実質CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /yr)
Case0: 現状	2,594	-1,406	1,188
Case1: M×g 直接敷料利用	2,593	-1,675	918
Case2: M×g 直接BGP投入	2,735	-1,812	923

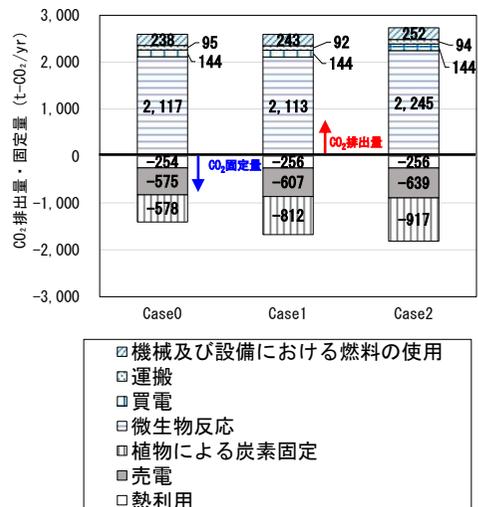


図-2 各ケースにおけるCO₂排出量・固定

表-4 各プロセスにおけるCO₂排出・固定量

ケース名	上段：CO ₂ 排出量(t-CO ₂ /yr) 下段：CO ₂ 固定量(t-CO ₂ /yr)								
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
	木質系敷料	M×g	デント ユーン	牧草	家畜飼育	プラント	熱電併給	再生敷料	液肥散布
Case0 :	8.0	-	23.6	115.0	2116.0	153.0	2.2	156.0	20.3
現状	-3.1	-	-240.8	-333.7	-	-254.1	-574.6	-	-
Case1 : M×g 直接敷料利用	-	11.0	23.6	115.0	2116.0	153.0	1.9	152.0	20.3
	-	-237.5	-240.8	-333.7	-	-255.9	-606.8	-	-
Case2 : M×g 直接BGP投入	-	15.6	23.6	115.0	2118.0	153.0	1.6	287.0	20.3
	-	-342.6	-240.8	-333.7	-	-255.9	-639.4	-	-

(3) 炭素排出・固定に関する項目の定義

炭素排出・固定に関して、実測値および原単位からエネルギー量などの変換値を求め、それらに炭素換算係数を乗じることで算出した。なお、表-2 中の変換値はそれぞれ E1：熱エネルギー (J), E2：電気エネルギー(kWh), D：距離 (km), M：物質質量 (kg)を示している。

本研究では、機械および設備における燃料の使用、運搬、買電(BGP)、微生物反応、植物による炭素固定、売電(BGP)、熱利用(BGP)の7項目に項目を分け、定義することとした。運搬について、各プロセスにおけるマテリアル・エネルギーフローから、インプットとなるものはそのプロセスにおける運搬エネルギーとし、アウトプットとなるものは次のプロセスにおける運搬エネルギーとして計上した。また運搬頻度は、各マテリアル使用量を運搬車両の積載容量で除したものとした。

売電・買電・熱回収は BGP におけるものとした。なお、売電については売電量分を CO₂排出削減量として計上した。また、熱回収については熱利用によって重油利用量が削減されたものとし、CO₂ および CH₄ 排出削減量として算入した。

微生物反応に、家畜の消化管内発酵、再生敷料製造時の堆積発酵を算入した。炭素固定に関しては、植物体のうちの利用部分にのみ着目するものとし、乾物収量に関しては植物体の地上部のみを算入した。CH₄ 量については地球温暖化係数によって、CO₂ 量に換算を行った。

4. 定量評価結果および考察

(1) 各ケースにおける炭素排出・固定

表-3 に各ケースごとの全体の CO₂ 排出・固定および実質炭素排出量を示す。CO₂ 排出量は、Case0 と比較して、Case1 および Case2 で微増した。M×g の導入によって、CO₂ 固定量が増加し、これを考慮した実質の CO₂ 排出量は Case1, Case2 とともに減少する結果となった。図-2 に各ケースにおける CO₂ 排出量・固定量を示す。図において CO₂ 排出をプラス、CO₂ 固定をマイナスとして表現している。

各ケースにおいて、微生物反応による CO₂ 排出量が総排出量の約 82% を占めることが示された。

Case2 においては、Case0 と比べて CO₂ 排出量が約 130 t-CO₂ (6.06%)の増加となった。機械及び設備における燃料の使用による CO₂ 排出量は、Case1, 2 においてそれぞれ約 6 t-CO₂(3.24%), 約 14 t-CO₂ (5.33%)増加した。

運搬による CO₂ 排出量については、Case1, 2 においてそれぞれ約 3 t-CO₂ (3.24%), 約 1 t-CO₂ (1.19%) の減少となり、M×g 導入による大きな効果は見られなかった。

対象とした酪農システムにおいて、CO₂ 総排出量の約 75% が家畜消化管内発酵による CH₄ 排出によるものであると試算された。国内の農林業分野における 2017 年の GHG 排出量のうち、家畜消化管内発酵による CH₄ 排出は農業分野の GHG 総排出量の約 14%であると報告されている²³⁾。

BGP を導入した酪農システム全体の更なる脱炭素化に向けては、家畜消化管内発酵による CH₄ 排出低減策が必要であることがわかった。

またM×g導入に関するCO₂排出・固定に関して、M×g の使用量に占める年間成長量が木質系敷料製造に用いられる木材よりも大きいため、CO₂ 固定量が増加した。また、M×g のバイオガス発生量が木質系敷料と比較して約 9 倍大きいため、BGP におけるバイオガス発生量が増加した。それにともない売電による CO₂ 固定量が増加となった。

(2) 各プロセスにおける炭素排出・固定

表-4 に各プロセスにおける炭素排出・固定量を示す Case0 現状と比較を行うと、まず M×g チップ製造工程はその利用量が増えて、その栽培や収穫で排出される CO₂ 量が微増しかしないため、1tあたりの実質 CO₂ 固定量が大きいことがわかる。次に熱電併給設備工程では、稼働時は自家消費、待機時は買電により電力が賄われている。Case1 および 2 においてはバイオガス発生量の増加に伴い、熱電併給設備の稼働時間が増加する一方で待機時間が減少した。そのため買電量減少分の CO₂ 排出量が削減され、固定量が増加している。

再生敷料製造工程においては CO₂ 排出量が、Case0 に比較して、Case1 ではわずかに減少し、Case2 では大きく増加している。これは同じ投入量でも、木質系敷料に比べて、*M×g* の方がメタンガス発生量が多い(メタンへの変換率が高い)ため、Case1 では再生敷料用の発酵残渣に含まれる炭素分が少なくなり、微生物発酵による炭素排出が減少する。Case2 では再生敷料製造量が増加したことにより、微生物発酵が増加し、CO₂ 排出量が増加する。

5. まとめ

本研究では、実際の酪農地域の実態をヒアリングし、稼働中の BGP を中心とした各プロセスにおける炭素排出量・固定量を現状に即した形で明らかにした。BGP の運用と並行して、資源作物 *M×g* の導入によってもたらされる脱炭素効果について定量的に明らかにすることができた。今後酪農地域において、BGP 導入後のさらなる脱炭素化において、*M×g* の栽培、敷料利用が効果的であることが示唆された。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、情報提供およびヒアリング調査に多大なご協力いただきました興部町様に、心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 環境省：パリ協定概要，2020
- 2) 山田敏彦：エネルギー作物としてのスキ属植物への期待，日草誌，Vol. 55，No.3，pp. 263-269，2009
- 3) 堀江秀夫：北海道における家畜敷料の需給予測—間伐木の敷料としての可能性—，北海道立林産試験場報，Vol.15，No.5，pp.10-20，2001
- 4) 興部町：おが粉購入量，2019

- 5) 興部町：飼養頭数調査集計表(興部地区)，2020
- 6) 松本光朗：日本の森林による炭素蓄積量と炭素吸収量，森林科学，Vol.33，pp.30-36，2001
- 7) 北海道：林小班区画及び森林資源データ，
- 8) 北海道：林種・樹種・林相別森林資源構成表その2，2019
- 9) 北海道：森林のもつ二酸化炭素吸収・貯蔵機能について，2009
- 10) 坂口雅己，中辻敏朗，松本武彦，牧野司，木場稔信，杉川洋一：燃料用資源作物としてのスキ栽培におけるエネルギー収支比，北農，Vol.82，No.11，pp. 50-55，2015
- 11) 興部町：自給飼料生産利用状況調査票，2019
- 12) 中央畜産会：日本飼養標準 2017・乳牛用，p.254，2017
- 13) 興部町：1 番牧草および 2 番牧草収量調査圃場一覧・調査結果，2020
- 14) 興部町：車両燃料調書，2020
- 15) 興部町：原料収集運搬状況，2021
- 16) 農林水産省：平成 30 年~令和元年度北海道農林水産統計年報，2020
- 17) 環境省：温室効果ガス総排出量算定方法ガイドライン ver1.0，2019
- 18) 興部町：興部北興バイオガスプラント 数量計算書，2014
- 19) 興部町：下水汚泥受入月報，2020
- 20) 興部町：生ごみ汚泥受入月報，2020
- 21) 興部町：食品廃棄物受入月報，2020
- 22) 興部町：戻し敷料販売状況，2019
- 23) 長田 隆，永西 修：畜産からの温室効果ガスの排出抑制技術，第 30 回農業環境シンポジウム資料，2008

(Received August 23, 2021)

STUDY ON DECARBONIZATION OF THE DAIRY FARMING SYSTEM USING BIOMASS CROPS AS CATTLE BEDDING

Ayaka HASHIMOTO, Yuri NAKAI, Eiji UEMURA
Satoru OCHIAI, Kazuei ISHI and Toru FURUICHI

We assumed to be introduced using biomass crops *Miscanthus×giantus* (*M×g*) for the dairy farming system centered on the domestic Biogas Plant (BGP), from the viewpoint of solving the shortage of cattle bedding and using new biomass for further decarbonization.

The carbon emission and fixation was evaluated quantitatively in the present dairy system in Okkope town, Hokkaido. Additionally, the effect of introduction of *M×g* as a litter on the carbon emission and fixation of the system was evaluated. As a result, the carbon balance was estimated to decrease by about 22.5% when compared with the two cases that *M×g* was introduced.

It is clear that the introduction of *M×g* is effective for carbon fixation and energy recovery for decarbonization in dairy farming system. It is not only to secure the necessary amount of cattle bedding in the system, but also become further decarbonization for near future after the introduction of BGP.