北海道　十勝農業改良普及センター　十勝西部支所　普及指導員　木村　繁久

バイオガスプラント消化液の有効利用について

1. はじめに

近年、化学肥料や家畜飼料を始めとする農業資材価格の高騰が続いており、農業を取り巻く状況は一層厳しいものとなっています。その中で令和４年に肥料価格高騰対策事業が採択され、肥料費の増額分の一部が補填される条件として、化学肥料低減に向けた取り組みが求められています。取組メニューの中には「堆肥の利用」も含まれており、農業現場では堆肥の有効利用への関心が高まっています（**表１**）。中でも新たな有機質肥料としてバイオガスプラント消化液の利用が注目されています。

バイオガスプラントとは、家畜のふん尿や食品残渣、生ゴミ、汚泥などの「有機性廃棄物」を原料に用いて発酵処理を行うことで、バイオガス（メタン）を発生させ、燃焼させることで電気や熱などのエネルギーを生産することができる施設を指します（**図１**）。

表１　化学肥料低減取組メニュー[1)]

取組メニュー
ア　土壌診断による施肥設計
イ　生育診断による施肥設計
ウ　地域の低投入型の施肥設計の導入
エ　堆肥の利用
オ　汚泥肥料の利用（下水汚泥等）
カ　食品残渣など国内資源の利用（エとオ以外）
キ　有機質肥料（指定混合肥料等を含む）の利用
ク　緑肥作物の利用
ケ　肥料施用量の少ない品種の利用
コ　低成分肥料（単肥配合を含む）の利用
サ　可変施肥機の利用（ドローンの活用等も含む）
シ　局所施肥（側条施肥、うね立て同時施肥、灌注施肥等）の利用
ス　育苗箱（ポット苗）施肥の利用
セ　化学肥料の使用量及びコスト節減の観点からの施肥量・肥料銘柄の見直し（ア～スに係るものを除く。）
ソ　地域特認技術の利用（　　）

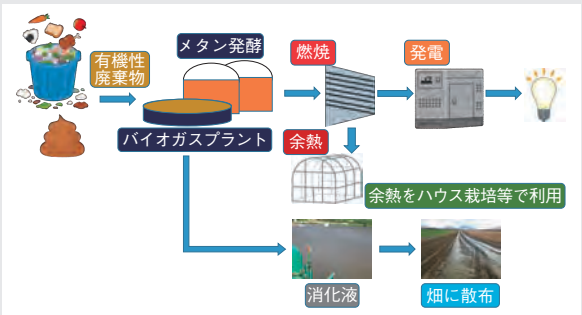

図１　バイオガスプラントの原料と生産物

バイオガスプラントで発酵処理された後の残渣はバイオガスプラント消化液（以下、消化液）と呼ばれ、主に液肥として農業や家庭菜園での有効利用が進められています。

北海道では、道東地域を中心に乳牛のふん尿を原料としたバイオガスプラントの建設が進んでおり、消化液は牧草や飼料用トウモロコシなどの飼料作物を中心に畑への還元が進められていると共に、畑作物への有効利用についても研究が進められています。今後、消化液の肥料特性を明らかにし、有効かつ効率的な利用方法を確立することが求められています。

今回は十勝農業改良普及センター（北海道河西郡）で取り組んできた消化液の有効利用についての事例[2)]を紹介します。

2. バイオガスプラント消化液の性質

（１）成分は原料によって変化

消化液は、バイオガスプラントで利用される原料によって成分が大きく変化することが「メタン発酵消化液の濃縮・改質による野菜栽培利用マニュアル」[3)]に記されています（**表２**）。北海道で多く見られる乳牛ふん尿由来の消化液は、水分が90％以上を占め、成分含量としては窒素とカリウムが多く、リン酸は少ない特徴があります。含まれる窒素分は有機態が５割、無機態が５割程度を占め、無機態窒素はほとんどがアンモニア態窒素です。そのため、

表２　バイオガス原料による消化液成分の違い（一部抜粋）

	単位	施設A	施設B	施設C	施設D	施設E	施設F
主な原料		乳牛ふん尿	乳牛ふん尿	豚ふん尿（洗浄水含む）	生ごみ	食品加工残渣・生ごみ	野菜加工残渣・乳牛ふん尿
水分	%	93.9	95.9	98.3	98.2	97.4	97.5
pH		8.03	7.66	7.79	8.04	8.08	7.48
EC	S/m	1.97	1.96	0.82	2.05	1.49	1.43
C/N比		5.2	2.9	2.8	1.8	2.4	4.5
全炭素	mg/ℓ	17,000	9,790	3,620	4,930	3,900	8,180
全窒素（N）	mg/ℓ	3,270	3,390	1,290	2,710	1,640	1,820
アンモニア態窒素（NH_4-N）	mg/ℓ	1,480	1,740	731	1,550	961	798
亜硝酸態窒素（NO_2-N）	mg/ℓ	＜0.3	＜0.3	＜0.3	＜0.3	＜0.3	＜0.3
硝酸態窒素（NO_3-N）	mg/ℓ	＜0.3	＜0.3	＜0.3	＜0.3	＜0.3	＜0.3
リン酸（P_2O_5）	mg/ℓ	2,175	1,228	612	733	545	926
加里（K_2O）	mg/ℓ	3,542	3,867	590	1,433	2,289	3,096
苦土（MgO）	mg/ℓ	－	1,096	－	13	71	－
石灰（CaO）	mg/ℓ	－	2,239	－	57	34	－
ナトリウム	mg/ℓ	－	850	－	1,480	1,120	－
塩化物イオン	mg/ℓ	1,100	1,390	307	1,520	1,030	786

牛ふん堆肥に見られるような土壌改良効果はほとんど見られず、速効性の液肥としての効果が期待できます。

（２）アンモニア態窒素の揮散は軽微

アンモニア態窒素は揮発性が高いため、畑への散布中や散布後の土壌表面から揮散してしまうことが懸念されます。実態把握のため、機械散布中の空中揮散量と土壌に施用した後の土壌表面揮散量の確認試験を行いました。

機械散布中の揮散量については、機械散布前と散布後の消化液を採取して比較試験を行ったところ、アンモニア態窒素残存率の変化は軽微でした（**図２**）。しかし、散布により消化液の水分が若干蒸散していたため、蒸散した水分とともにアンモニア態窒素の一部も揮散した可能性が考えられます。

土壌表面からの窒素揮散量は、ワグネルポットを用いた簡易ポット試験（**図３**、**写真１**）により確認

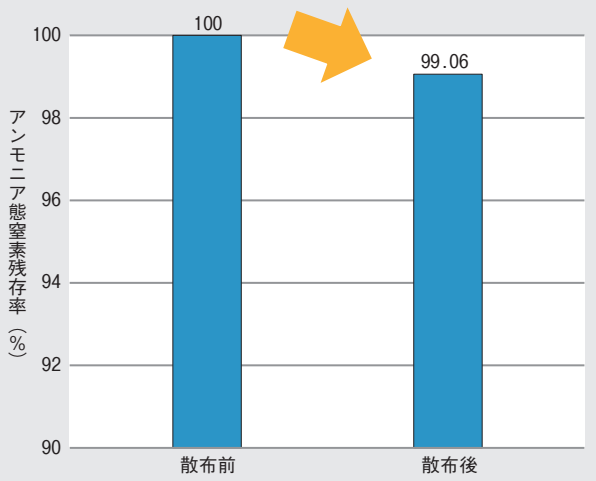

図２　機械散布前後のアンモニア態窒素量の変化

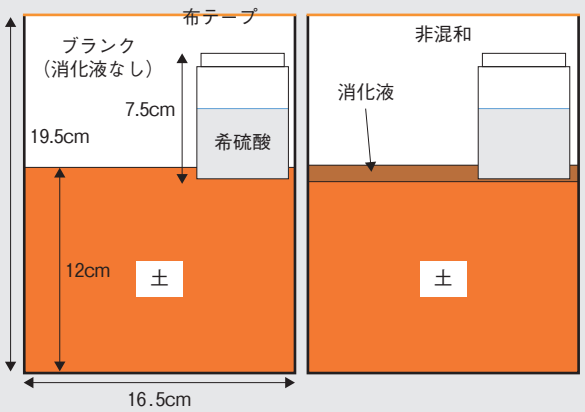

図３　ワグネルポットの簡易図

写真１　ワグネルポット

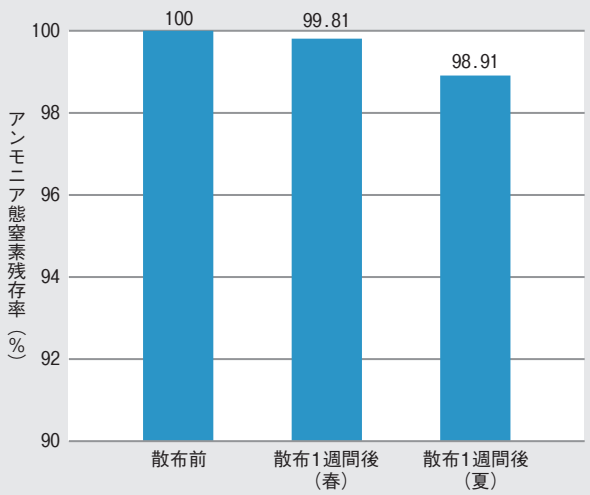

図４　土壌表面施用１週間後の推定アンモニア態窒素量

しました。本試験においては、気温の高い夏季には揮散量が若干多くなるものの、その量はアンモニア態窒素の１％程度でした（**図４**）。アンモニア態窒素の揮散については、過去の試験において夏季草地への施用で10％～20％程度揮散したとの報告[4)]もありますが、本試験では消化液の土壌への浸透が早かったため、揮散が少なくなったものと考えられます。散布条件（高土壌pH、強風、高温、多量の散布等）によっては揮散量が多くなる可能性もあるため、揮散が多くなる条件の場合、散布後すぐに土壌へ混和する等の対策が必要です。

（３）雑草種子はほぼ含まれない

消化液の原料である乳牛のふん尿には、乳牛体内で消化されなかった雑草種子が含まれており、堆肥として施用することでその雑草種子がほ場に侵入することがあります。特に輸入牧草に含まれるイチビやヒルガオ類、ギシギシなどの強害雑草は一度広がると防除が困難になるため、一部の農業者からは敬遠されています。しかし、消化液は発酵処理の過程で熱処理されるため、適切に処理がされた消化液は雑草の侵入リスクが大きく低減します。西田智子らの報告[5)]では、55℃で35日置くことで、種子の温度耐性が高いアレチウリもほぼ全滅させることができるとされています。

３．畑作物への有効利用

（１）消化液の基肥利用で減肥と収益向上

消化液は、作物の生育に必要な成分の内、窒素とカリウムを多く含んでおり、基肥として施用することにより化学肥料を削減し、畑作物の生産コストの低減が期待できます。そこで、消化液を基肥に利用した際の施用効果について、てんさい、小豆で試験

表３　消化液を利用した化学肥料減肥試験の施肥設計

てんさい	消化液散布	施肥量			肥料代（消化液なし対比）
		N	P	K	
消化液有り	5 t/10a	16.2	17.0	20.8	86
消化液なし	なし	15.1	26.5	6.7	100

小豆	消化液散布	施肥量			肥料代（消化液なし対比）
		N	P	K	
消化液有り	3 t/10a	6.5	18.7	9.9	89
消化液なし	なし	6.8	18.9	7.5	100

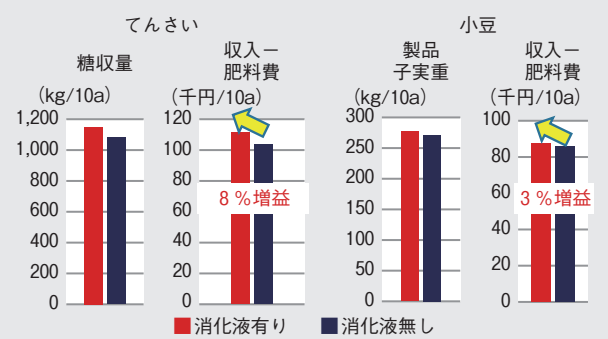

図５　消化液の基肥利用による増益効果

を行いました。てんさいと小豆で、慣行施肥区（消化液なし）と消化液を散布し化学肥料を減肥した区（消化液有り）の収量と収益を比較したところ（**表３**）、消化液有りで収量はほぼ同等からやや優り、収益も消化液有りで優りました（**図５**）。

この結果から、消化液を基肥に利用することでてんさいと小豆では肥料コストの低減と収益の増加が望めることが分かりました。

（２）麦稈はすき込み前の消化液散布で分解を促進

消化液は速効性の液肥のため、小麦収穫後に消化液を散布してから麦稈をすき込むことで麦稈の分解促進が期待されます。そこで、麦稈をたまねぎネットに入れて消化液を施用・混和した土壌に埋めて分解の様子を確認したところ（**写真２**）、消化液を施用した方が麦稈の分解が２週間以上早まることが確

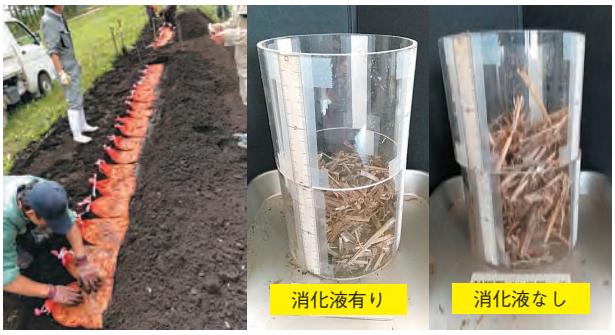

写真２　麦稈埋設と埋設84日後の麦稈量

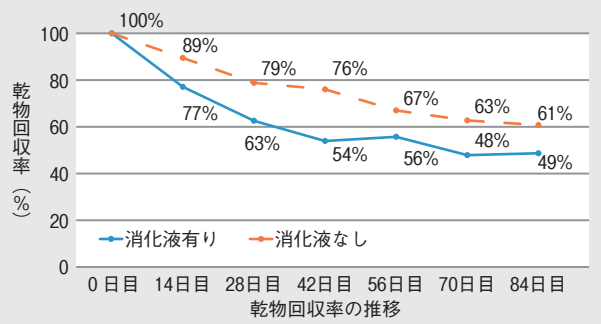

図６　消化液施用による乾物回収率の推移

写真３　消化液固分の散布

認されました（**図６**、**写真２**）。小麦収穫後に麦稈を持ち出したほ場で緑肥を栽培する場合、消化液を５t/10a程度施用していれば麦稈の分解に必要な窒素量（２～３kg/10a）以上に窒素が施用されるため、麦稈すき込み後の緑肥に対しても基肥の効果が期待できます。

（３）固液分離後の固分は良質な堆肥

消化液を固液分離して得られる固分は、十分な発酵処理が行われた堆肥として、一般的な堆肥と同じ効果が期待できます（**写真３**）。また、液分は固液分離しない消化液と同じように液肥として利用できます。

４．消化液の利用拡大に向けた課題

（１）消化液の多投入による土壌バランスの悪化

乳牛ふん尿の多くは窒素とカリウムが多く含まれており、乳牛ふん尿を原料とした消化液にも窒素とカリウムが多く含まれます。そのため、少量であれば作物に利用されほ場外に持ち出されますが、多量に投入するとほ場外への流出やほ場での蓄積が進み、環境汚染や作物の生育不良などの問題を引き起こします。有機物の施用による土壌成分の変化を５年間調査したところ、堆肥等有機物を数年に一度施

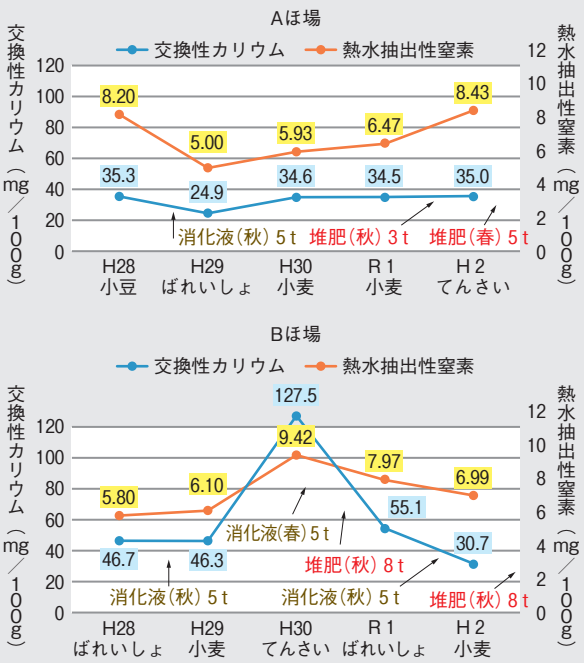

図７　有機物等の施用による土壌分析の推移（５カ年）

用しているほ場（**図７**、Aほ場）では、毎年施用しているほ場（**図７**、Bほ場）に比べて交換性カリウム及び熱水抽出性窒素が適正に近い傾向があり、分析値のばらつきもあまり見られませんでした。堆肥等有機物を毎年施用しているほ場では、交換性カリウム及び熱水抽出性窒素の値が基準値より高いため、土壌分析値に応じた適切な有機物の施用を図る必要があります。また、堆肥等有機物を毎年施用しているほ場で年次により土壌分析値が大きく変動した理由として、堆肥等有機物の散布ムラにより同一ほ場内でも土壌成分がばらついたことが考えられます。そのため、堆肥等有機物の施用にあたっては、より正確な施肥を行うために、GNSSガイダンスシステムを用いた均一な散布を心がけることが有効と考えられます。

（２）土壌の堅密化

現在、十勝地方を含む大規模農業地帯における消化液の散布方法は、大型スラリースプレッダーを用いた大量輸送、大量散布が主となっています（**写真４**）。しかし、大型のスラリースプレッダーを牽引

写真４　スラリースプレッダーによる消化液散布

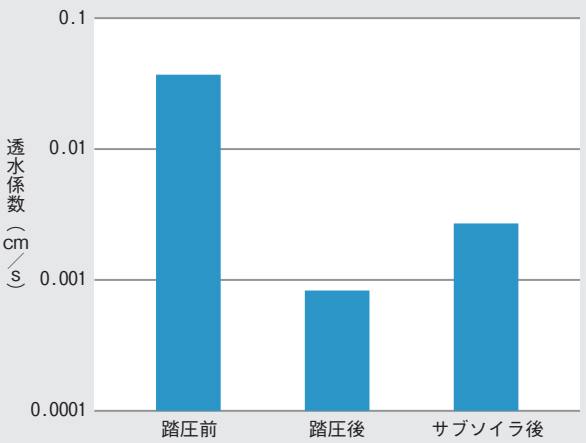

図 8　散布前後の透水係数の変化とサブソイラによる透水係数の改善効果

したトラクタによる作業がほ場に与える踏圧は強く、土壌の堅密化を引き起こします。十勝農業改良普及センターの調査では、スラリースプレッダーの作業後にサブソイラを施工することで、土壌の堅密化が軽減できることが確認されていますが（**図 8**）、作業工程が増えてしまうことから、畑作物での消化液利用拡大のためにはほ場への踏圧を低減できる散布手法の開発が望まれます。

（3）散布効率の向上

バイオガスプラントには農業者個人が所有する個人プラントと法人や市町村、複数の農業者が集まって運営する集合型プラントがあります。個人プラントは消化液の散布も概ね個人レベルで解決できる規模となります。一方で、集合型のプラントでは、大量の消化液を効率的に散布することが求められます。大型のスラリースプレッダーでの散布が主となっている現状では、散布機械の台数やオペレーターの人数、散布可能期間（**図 9**）など様々な要因によって散布量が制限されています。作物で利用面積の拡大を図るには、オペレーターや作業機の確保に加えて、新たな散布技術の開発や効率的な散布手法の整理などを行う必要があります。効率的な散布手法として、リールマシンを使った消化液の散布手法や大型のホッパーをほ場に輸送し、そこにダンプで消化液を輸送することで散布機のほ場外移動を省略し、散布時間を低減する手法（**写真 5**）等が検討されています。ダンプによる消化液の運搬手法では、プラントとほ場間の移動時間を低減できるため、小型のスラリースプレッダーを使用しても散布能率を落とさずに消化液を散布することができ、ほ場への踏圧を低減する効果も期待されます。

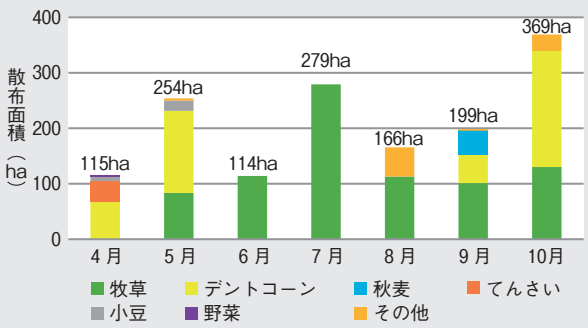

図 9　Aバイオガスプラントにおける消化液散布実態（時期別・作物別）

写真 5　ダンプによる消化液の輸送

5．さいごに

消化液の作物への利用はまだ始まったばかりで分からない部分や散布する上で抱える問題は多岐にわたります。これらの問題の解決を図るためには、バイオガスプラント関係者はもちろん、農業者や農協、市町村、普及センターが連携を図り、消化液の利用方法を整理していく必要があります。消化液の有効利用は化学肥料の減肥や家畜ふん尿の適正処理にもつながるため、今後も消化液の有効利用に向けた技術の整理を進めてまいります。

6．引用文献

1）農林水産省．肥料価格高騰対策事業（取組計画書の添付資料）．（2022）

2）十勝総合振興局．バイオガスプラント消化液の有効利用に向けた試験結果（中間とりまとめ）．（2020）

3）財団法人畜産環境整備機構．メタン発酵消化液の濃縮・改質による野菜栽培利用マニュアル．（2013）

4）北海道立総合研究本部．乳牛ふん尿を主原料とするバイオガスプラント消化液の特性と草地・畑地への施用法．（2005）

5）西田智子（農研機構）．メタン発酵処理が雑草種子の死滅率に及ぼす影響．（2005）