

ベトナムホーチミン市における生ごみメタン発酵消化液の
液肥としての安全性とからし菜への肥効の検討

Study on safety of digested slurry from methane fermentation of garbage
and its fertilizer effects on leaf vegetables in Ho Chi Min City, Vietnam

○折立文子*・山岡 賢*・中村真人*

ORITATE Fumiko, YAMAOKA Masaru and NAKAMURA Masato

1. はじめに ベトナムの主要都市であるホーチミン市では約 8,000 t/日の都市ごみが発生し、そのほとんどが直接埋立処分されている。都市ごみの大部分は含水率が高い生ごみであり、これが埋立処分場での主要な温室効果ガス排出源となっている。この生ごみを分別し、メタン発酵によりエネルギーを得た後、残渣（消化液）を液肥利用するというリサイクルループの構築¹⁾は資源循環と環境負荷軽減の観点から有効と考えられる。ベトナムにおける消化液の液肥利用の実用化のためには、消化液の作物に対する安全性と肥効の証明を伴う「肥料登録」の手続き²⁾が必要とされる。生ごみのメタン発酵はわが国では既に事例があり、その消化液の性状や作物への肥効は明らかにされてきているが（例えば、小林（2012）³⁾）、我が国と生活習慣等が異なるベトナムの家庭からの生ごみのメタン発酵消化液の性状および作物への肥効に関する知見はない。そこで本研究では、現地における生ごみメタン発酵試験機から得られた消化液の分析と作物栽培試験によりこれらを確認する。

2. 消化液の性状と液肥としての安全性 消化液はホーチミン市 1 区で発生する分別生ごみを高温可溶化後（55℃）、中温メタン発酵を行う試験機から採取し、分析後に作物栽培試験に供した。表 1 に消化液の分析結果を示す。作物への肥効に関する項目としては、全窒素に対するアンモニア態窒素が 3 割未満であり、日本の同様の消化液³⁾（5 割以上）と比べて低く、有機態窒素のうち、易分解性のものが比較的多く残存している可能性が示唆された。また、重金属類および細菌類が肥料登録における制限値⁴⁾未満であり、肥料としての安全性は確保されていると判断できた。

3. 消化液を用いた作物栽培試験 作物栽培試験は、ホーチミン市近郊で栽培がさかんな“からし菜”を対象とし、南ベトナム農業科学研究所（IAS）の屋外の有天井網室内でポット（400×630×150 mm）を用いて行った。供試土壌は Cu Chi 郡の水田土壌の表層 0-20 cm から採取し

表 1 消化液の性状
Property of digested slurry

分析項目	単位	分析値	制限値 ⁴⁾
含水率	%	98.7	-
pH		7.93	-
EC	mS/cm	7.82	-
TC	mg/L	16,340	-
TN	mg/L	2,350	-
NH ₄ -N	mg/L	702	-
可給態 P ₂ O ₅	mg/L	880	-
交換性 K	mg/L	442	-
Cd	mg/L	不検出	5.0
Pb	mg/L	5.9	200
As	mg/L	0.52	10.0
Hg	mg/kg	0.166	2.0
<i>E. coli</i>	MPN /ml	< 0.3	1.1×10 ³
<i>Salmonella</i>	CFU/25ml	不検出	検出されないこと

*農研機構 農村工学研究部門 Institute for Rural Engineering, NARO キーワード：生ごみメタン発酵、消化液、肥効、安全性

風乾後に 5 mm ふるいしたもの各ポット 20kg ずつ充填して用いた。からし菜の種子は 2017 年 2 月 8 日に苗床に播種し、苗床で 10 日間出芽・生育後、各ポットに 6 個体ずつ移植した。灌水は 1 日 2 回各ポットへ 300-500mL 程度となるように行った。施肥は現地のからし菜栽培の推奨値に従い、基肥（移植前日）で N, P₂O₅, K₂O がそれぞれ 30, 40, 20 kg/ha, 追肥（移植 10 日後）で N, P₂O₅, K₂O がそれぞれ 30, 0, 20 kg/ha となるように実施した。処理区は基肥および追肥における必要量の N, P₂O₅, K₂O を全て化学肥料により供給する区（化肥区）、基肥および追肥における必要量の N を全て消化液により供給し、不足する P₂O₅, K₂O を化学肥料により供給する区（消化液区）、基肥における必要量の N, P₂O₅, K₂O を消化液により供給し、基肥において不足する P₂O₅, K₂O および追肥における必要量の N, P₂O₅, K₂O を化学肥料により供給する区（基肥消化液区）、基肥および追肥における必要量の P₂O₅, K₂O のみを化学肥料により供給する区（無窒素区）の 4 つとし、各区 3 反復とした。化学肥料は尿素、過リン酸石灰、塩化カリウムを用いた。また、消化液の全窒素に対するアンモニア態窒素の値から、施肥後の短期間での（消化液由来）有機態窒素の無機化の可能性を考慮し、消化液中の全窒素の 50%の量を基準として施肥設計を行った。2017 年 3 月 15 日の収穫時に草丈、葉幅および湿潤重量（6 個体の合計）を測定し処理区間の有意差の検定を行った。

4. 消化液の肥効 各処理区の作物体重量（湿重）、草丈および葉幅を表 2 に示す。無窒素区以外の 3 つの処理区はいずれの項目においても無窒素区より有意に高かった。また、この 3 つの処理区間ではいずれの項目においても統計的な有意差が見られなかった。一方、作物体重量においては化肥区＞基肥消化液区＞消化液区、草丈においては基肥消化液区＞化肥区＞消化液区、葉幅においては化肥区＝基肥消化液区＞消化液区となり、統計的な有意差は見られなかったものの、化肥区および基肥消化液区に比べ消化液区はいずれの項目も低くなった。今回、消化液の全窒素に対するアンモニア態窒素の値から、短期間での消化液中有機態窒素の無機化の可能性を考慮し、全窒素の 50%の値を施肥設計に用いたが、実際の無機化率は想定よりも低く、消化液による窒素供給量が各施肥時の必要窒素量を下回ったためと考えられる。基肥消化液区においては追肥で化学肥料を用いたために、基肥における窒素不足分の影響が緩和され、化肥区とほぼ同様の結果が得られたと考えられた。以上より、消化液は肥料として有効であり、施肥時の作物の必要窒素量を満たすような施肥設計により、化学肥料と同等の収量や生育効果が得られると考えられた。

表 2 収穫時の各処理区の作物体重量、草丈及び葉幅
Weight, plant height and width of the leaf for each treatment at harvesting

	作物体重量 g/ポット	草丈 cm	葉幅 cm
化肥区	242 a	26.8 a	11.0 a
消化液区	188 a	25.8 a	10.2 a
基肥消化液区	229 a	27.1 a	11.0 a
無窒素区	102 b	20.1 b	8.1 b

※異なるアルファベット間には Tukey の多重比較 (P<0.05) で有意差あり (n=3)。

謝辞 本研究は、日立造船（株）、（株）サティ

スファクトリーらが環境省から受託した「平成 28 年度 我が国循環産業の国際展開に資する CO₂ 削減技術効果検証委託業務・ベトナム国ホーチミン市における生ごみ循環システムの構築」において実施した。

参考・引用文献 1) 日立造船（株）ら、平成 27 年度 我が国循環産業の国際展開に資する CO₂ 削減技術効果検証委託業務報告書、2) Circular No.51/2010/TT-BNNPTNT, 3) 小林俊博、平成 24 年度試験研究成績書、京都府農林水産技術センター丹後農業研究所、pp.7-12, 4) Circular No.41/2014/TT-BNNPTNT