

バイオマス(消化液&養殖固形廃棄物)の農地還元研究の振り返り

Self-review of the application of biomass (digested slurry and aquaculture solid waste) to farmland

○山岡 賢

YAMAOKA Masaru

1. 緒言 著者は、20年以上バイオマスの農地還元に関する研究を実施してきた。内容の1つに消化液の農地還元の輸送・散布計画の策定を支援するシステムの開発がある。システムの基本的な内容は、農研機構において普及版のプログラムとマニュアルをまとめたが¹⁾、普及版に入れられなかった知見がいくつかあるので、今回の機会に再紹介させていただく。また、数年前琉球大学に赴任して大型研究プロジェクト(JST COI-NEXT本格型)に参画する機会を得て、閉鎖循環式陸上養殖施設から排出される糞や残餌など(養殖固形廃棄物)の農地還元を目指す研究に携わった。陸上養殖は今後普及が期待されており、陸上養殖の養殖固形廃棄物や排水の取扱いは資源循環や環境保全の観点から新たに対応が求められる課題である。また、養殖施設は農業集落排水施設と技術的に類似点も多いので、閉鎖循環式陸上養殖施設関係についても紹介(一部再紹介)する。

2. 閉鎖循環式陸上養殖関係

(1)養殖施設の構成 養殖施設には、魚の飼育水槽の他、飼育水槽で発生する糞や残餌などの固形物を排除するためのドラムフィルターや泡沫分離装置、溶解性汚濁物質を浄化する生物ろ過槽、飼育水槽に酸素を供給するための曝気装置などが設けられる。陸上養殖では飼育密度は自然界に比べて高密度(最大10%)なため酸素供給は養殖魚の「命綱」のとなる。また、魚の排泄物にも含まれるアンモニア性窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)は魚に対して毒性を示して水産用水質基準では0.90mg/Lとされている²⁾。このため、飼育水槽中の $\text{NH}_4\text{-N}$ を速やかに排出するため、飼育水槽の水は滞留時間は20min程度で循環される。また、好気条件下に置かれる養殖施設内の水中で脱窒を成立させる難易度は高い。

(2)養殖固形廃棄物の回収 養殖固形廃棄物は欧米ではドラムフィルターからの廃水を手槽に受けて凝集剤添加、機械脱水、焼却されている³⁾。欧米の養殖は大規模施設であるが、琉大プロジェクトでは沖縄や太平洋島嶼国への普及を目指した中小規模の養殖技術の確立を目指していることから、ドラムフィルターからの廃水を天日乾燥床で受けて回収することを構想した。これによって水槽、脱水機等を省略できるとともに省エネルギーで脱水乾燥できる。また、養殖固形廃棄物の成分及び除塩について報告した⁴⁾⁵⁾。

3. メタン発酵消化液の農地還元

(1)消化液の課題 消化液は $\text{NH}_4\text{-N}$ を含有して速効性窒素肥料として利用可能である。しかし、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の含有割合は、化学肥料では数%から21%(硫酸)、45%(尿素)に比べて消化液では0.1から0.2%程度と非常に低濃度である。この消化液の濃度は植木鉢に散布するには”肥料やけ”を気にせず施用できるレベルであるが、化学肥料の代替として農業生産に用いる場合、輸送・施用の対象量や作業労力が化学肥料に比べて非常に大きなものとなる。この点が考慮されず、バイオマスブームの初期の「肥料として利用できる消化液はメタ

琉球大学農学部, Faculty of Agri., University of the Ryukyus,

バイオマス, 資源循環, メタン発酵, 消化液, 陸上養殖, 魚の糞, 自然乾燥

ン発酵施設で無料配付すれば良い」との無謀な対応となった。

(2) 消化液の輸送・散布 例えば窒素の施用量が5kg/10aの場合、硫酸(窒素21%)は約24kgに対して消化液(0.2%)は約2,500kgと100倍を上回る。しかも、消化液は液体なので通常のトラックでは輸送できなくバキューム車等の特殊な車両が必要である。また、農地内に施用する車両も必要である。このため、メタン発酵施設側で消化液の輸送・散布体制を構築する必要がある、それら計画策定を支援するシステム(シミュレーションモデル)を開発した⁶⁾。このシステムでは、消化液の年間の生成量と散布量の収支が取れた状態での必要な車両台数、消化液の貯留槽容量を算定する⁷⁾⁸⁾。また、メタン発酵施設を建設・稼働から消化液の年間の生成量と散布量の収支が取れた状態になるまでの原料の受け入れ量や散布量の設定についても検討した⁹⁾。

メタン発酵消化液の輸送・散布の効率化の方策として中間貯留槽の設置がある⁶⁾⁸⁾。中間貯留槽を設置する場合、「中間貯留槽をどこに設置すれば」、「どの農地に中間貯留槽から消化液を輸送したら」効率的なのかが課題になった。これらの点をリソース・マイレージ(RM)を用いて評価する手法を開発した¹⁰⁾。また、中間貯留槽の導入は消化液の散布期間中の作業量や車両の必要台数の低減を図れるが、年間の総作業量は増加する傾向にある。これは、中間貯留槽で消化液を所謂「二度扱い」することによる。中間貯留槽の導入によって年間の総作業量を削減できる条件を検討した¹¹⁾。

これらの検討が、メタン発酵消化液の輸送・散布の計画策定や運営に、少しでも参考となれば幸いである。文献9)10)の入手は困難ですので、ご覧になりたい場合、部会事務局に連絡ください。

謝辞 陸上養殖関係の研究はJST共創の場形成支援プログラムJPMJPF2012(代表：琉球大学理学部 竹村明洋 教授)の支援を受けた。プロジェクト関係者に感謝の意を表す。

参考文献 1) 農研機構(参照2025.12.07):メタン発酵消化液の輸送・散布計画の策定支援モデル(使用マニュアル), https://www.naro.affrc.go.jp/org/nkk/soshiki/soshiki07-shigen/01shigen/methane_manual.html. 2) 日本水産資源保護協会(2020):水産用水基準(2018年版), p.9. 3) 山本義久(2022):閉鎖陸上養殖 我が国の現状と事業性評価, 養殖ビジネス, 59(9), 11-17. 4) 山岡 賢ら(2023):農地還元に向けた養殖水槽の沈殿固形物の性状及び塩分についての考察, 農業農村工学会論文集, 317, I_149-I_155. 5) 山岡 賢ら(2025):農地還元に向けた養殖水槽の沈殿固形物の除塩一室内実験と槽列モデルによる必要除塩用水量の検討一, 320, I_13-I_20. 6) 山岡 賢ら(2012):メタン発酵消化液の輸送・散布計画支援モデルの機能拡張一消化液輸送車の複数台運用と中間貯留槽の導入に対応一, 農業農村工学論文集, 280, 53-61. 7) 山岡 賢ら(2014):メタン発酵消化液の輸送・散布計画支援モデルの適用一中間貯留槽を設けないケース一, 農業農村工学会論文集, 289, 25-35. 8) 山岡 賢ら(2014):メタン発酵消化液の輸送・散布計画支援モデルの適用一消化液の貯留槽及び中間貯留槽の容量算定一, 農業農村工学会論文集, 293, 45-53. 9) 山岡 賢ら(2017):消化液の液肥利用の普及段階におけるメタン発酵施設の運営計画の策定方法の提案, 農業農村工学会論文集, 304, I_35-II_44. 10) 山岡 賢ら(2012):メタン発酵消化液の輸送・散布計画における中間貯留槽の位置決定法の検討, 農業農村工学会資源循環研究部会論文集, 8, 31-44. 11) 山岡 賢ら(2013):中間貯留槽導入によるメタン発酵消化液の輸送作業量の削減策の解析, 農業農村工学会資源循環研究部会論文集, 9, 1-15.