

メタン発酵消化液の水田における液肥利用とその環境影響

Application of methane fermentation digested liquid to paddy plots and its effects on environment

○中村公人*, 渡部慧子*, 柳 讚錫*, 飯田訓久*

Kimihito Nakamura, Satoko Watanabe, Chan Seok Ryu, Michihisa Iida

1. はじめに 京都府南丹市八木町では地域の家畜糞尿や食品残渣のメタン発酵処理を行っている。しかし、発酵残渣である消化液の多くは高度処理を行って河川に放流するため、その費用が莫大であり、消化液の農地での液肥利用の拡大が重要な課題となっている。とくに、本地域では水田農業が主体であり、水田への利用が求められている。本報告では、八木町における水田への消化液の利用実態について述べるとともに、施用技術の開発を目的に行ってきた施用方法、施用時期に関する検討と環境への影響評価について紹介する。

2. 八木町での液肥利用の概要 八木町のメタン発酵処理施設（八木バイオエコロジーセンター）は1998年より稼働している。年間約20,000tの消化液が生成されるが、消化液の処理コスト（とくに高分子凝集剤）を下げることを目的として、2009年から本格的な水田への消化液施用が開始された。消化液料金は5,000円/10aに設定されている。八木町内には約200haの水田があるが、2009年は約20ha、2010年は約66haの水田に消化液が施用された。2010年の消化液利用状況をTable 1に示す。キヌヒカリ、ヒノヒカリの作付面積が多く、全使用量の71%を占める。使用量は基肥、穂肥ともにおよそ20t/haであり（施用される全窒素量が6~7kg/10aになるように設計）、全使用量は1,793tで、年間生成量の約9%にとどまる。単収に関しては、化学肥料のみの場合（キヌヒカリ：549kg/10a、ヒノヒカリ：550kg/10a）と比較すると、キヌヒカリで有意に低く、ヒノヒカリで有意差はなかった。食味を左右するタンパク質含量は両品種とも有意差はなかった。穂肥としての使用量が基肥の36%にとどまるのは、生育状況に応じた穂肥管理には化学肥料の方が扱いやすいという農家の認識によるものと考えられる。基肥としての施用方法はスラリースプレッドを用いた表面散布法がほとんどであり、流し込み法は僅かである。穂肥時は全て流し込みである。

3. 施肥方法の検討 消化液は液状であるために、粒状の化学肥料とは異なる施用方法を検討する必要がある。基肥としての施用方法として、「流し込み」、「表面散布」、「土壌内散布」の3種について、イネの収量、土壌中窒素濃度への影響を2007年に比較検討した。その結果、表面散布区で作土のアンモニア態窒素濃度(NH₄-N)と溶存態有機態窒素濃度(DON、(0.45μm以下))が他の区よりも高く推移し、イネの収量は表面散布区で最多となった。

Table 1 水田における消化液の利用状況（2010年） Use of digested liquid into paddy plots (2010)

品種	圃場数	作付面積 (ha)	液肥使用面積		液肥使用量		単位面積当たり液肥使用量		基肥液肥施用方法(ha)		単収 (kg/10a)
			基肥(ha)	穂肥(ha)	基肥(t)	穂肥(t)	基肥(t/ha)	穂肥(t/ha)	表面散布	流し込み	
キヌヒカリ	105	26.7	24.0	7.6	493.7	139.7	21	18	23.5	0.4	506
ヒノヒカリ	80	22.2	21.9	8.9	461.5	176.0	21	20	20.5	1.2	527
祭り晴	24	7.0	7.0	3.1	151.6	64.6	22	21	6.5	0.5	475
日本晴	15	6.3	6.3	5.0	136.0	98.0	22	20	5.3	1.0	496
コシヒカリ	5	2.2	2.2	0.0	43.5	0.0	20	-	2.2	0.0	451
フクヒカリ	1	0.3	0.3	0.0	6.0	0.0	20	-	0.3	0.0	362
モチ	4	1.0	1.0	0.0	22.5	0.0	23	-	1.0	0.0	507
計	234	65.7	62.7	24.6	1314.8	478.3			59.3	3.1	

*京都大学農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

Keywords : メタン発酵消化液, 水田, 窒素

実際、流し込みでは、十分な用水確保が可能であることが必要条件となり、これが利用拡大の制限要因となる。土壌内散布では、消化液からのアンモニア揮発は抑制されると考えられるが、スラリーインジェクタの詰まりによる吐出不十分などの状況を目視により把握できないといった問題がある。表面散布（ただし、直後に揮発抑制のための耕起を行う）は、散布作業面や収量面からも最も適切な方法であると考えられる。なお、施用方法による地表排水負荷の違いはみられなかった。

4. 基肥施用時期の検討 消化液中の窒素成分の内、約半分が $\text{NH}_4\text{-N}$ 、残りが有機態窒素であるため、施肥量と施肥時期を検討する必要がある。基肥施用が苗定植の1, 2, 3週間前について実証試験を行った結果（2009年）、2, 3週間前の場合、基肥施用から代かき前の入水（苗定植の1週間前）までの非湛水期間に、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は施用直後に上昇するが、入水前の時点までに5~20mg/kgまで低下した。一方、硝酸態窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）は増加する傾向がみられ、湛水後少なくとも10日後には2mg/kgにまで低下した。つまり、非湛水期間に硝化過程によって消化液中の一部の $\text{NH}_4\text{-N}$ は $\text{NO}_3\text{-N}$ に変化し（一部は有機化の可能性もある）、湛水後は脱窒によって失われたと推察される。基肥施用が1週間前の圃場では、入水前日が施用日であったため、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化・脱窒による損失量はほとんどないものと考えられる。DONは湛水前までは約20mg/kgを推移したが、どの条件においても湛水後からは大きく上昇し、3週間後には200mg/kg以上に達した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は湛水10日後には、全ての圃場において50~65mg/kgに達した。このように、苗定植の2, 3週間前の基肥施用においても、湛水後はDONの無機化によって、1週間前の施用と同等の $\text{NH}_4\text{-N}$ が生成されたと考えられ、結果としてイネの生育量や収量に大きな違いをもたらさなかったものと考えられる。

また、2010年の広域散布の結果より得られた消化液の基肥施用から苗定植までの日数と収量の関係を Fig.1 に示す。晩稲のヒノヒカリで非湛水期間が長い程収量が増加する傾向が若干みられるが、早稲のキヌヒカリでは違いがみられなかった。多くの水田面積に消化液を散布するためには、施用時期が分散することが望まれる。苗定植前およそ1ヶ月の間に施用すれば、大きな収量低下はないものと考えられる。

5. 環境影響の検討 2005, 2006年に、流し込みによる消化液施用圃場と化学肥料施用圃場における環境への窒素負荷に関する比較調査を行った。その結果、①田面水濃度は流し込み時に急上昇するが、2~3日後（投入量が多い場合は1週間後）には化学肥料区と同等の濃度になること、②基肥時に浅層地下水の濃度が一時的に急上昇する場合があること、③消化液からのアンモニア揮発量は投入 $\text{NH}_4\text{-N}$ 量の約30%になることがわかった。

6. 今後の課題 消化液の使用量増加のためには、穂肥としての施用指針の明確化が重要と考えられる。一方で、広域での利用に伴う地表水および地下水の水質への影響についてモニタリングが必要ではないかと思われる。また、消化液の連用による土壌への影響を長期にわたって調査し、現施用量の妥当性に関する検討も必要であろう。

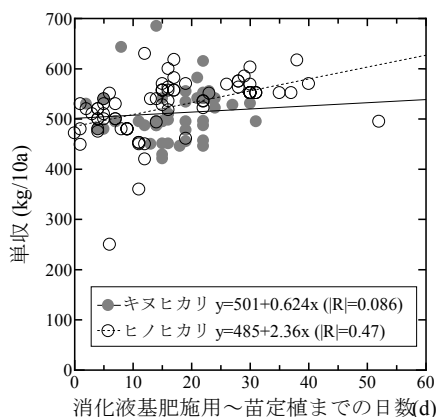


Fig.1 消化液基肥施用～苗定植までの日数と収量の関係
Relation between the yield and the duration between the application of basal digested liquid and the planting.