

## 水田における牛尿の液肥利用

小橋有里，山際茂  
新潟県農業総合研究所畜産研究センター

### Utilization of cow urine for liquid fertilizer in rice field

Yuri KOBASHI and Shigeru YAMAGIWA

Niigata Agricultural Research Institute Livestock Research Center

**要 約** 乳牛の尿の窒素成分を活用するため、貯留牛尿を曝気処理し、水田における飼料用稲栽培の穂肥として利用する実証試験を3年間で3作行った。貯留牛尿の硫化水素濃度は、小型ポンプを用いた一昼夜の曝気処理により検出限界以下まで低下し、安全性・臭気の問題が解決できた。また、貯留牛尿を提供して頂いた農家は、3年間同一農家であり、牛尿中アンモニア態窒素成分は、0.5%前後で大きな変動はなかった。液肥施用は、水口から用水とともに混合しながら水田に流入した。牛尿液肥施用は硫安施用と比較して穂や茎葉量、粗玄米収量に差がなく、速効性の窒素源として飼料用稲栽培の穂肥に利用できることが確認された。これにより、糞尿処理の簡易化と肥料費の低減が図られることが示された。しかし、水田圃場の水深のムラが施肥ムラとなる可能性が高いため、品質への影響をさらに検討することや、代かき時の田面の均平化が重要であることが判明した。

平成11年に施行された「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」(農林水産省生産局畜産部畜産企画課 1999)により、家畜ふん尿の適正管理と有効利用が強く求められている。

土壌還元する畑地が少ない水田地帯では畜産経営から排出されるふん尿処理が重要な問題になっている。ふんや敷料等の固形物は、堆肥化処理を中心とした技術が確立していることから利用が進んでいるが、貯留尿等液状物については、これまで浄化処理または圃場散布が行われてきているが、浄化処理についてはコストが高く、敬遠されがちである。また、貯留尿の利用として最も行われている圃場散布については、多頭化による圃場面積の不足および散布時の臭気問題等により、自己完結が非常に難しくなっている。

一方で、輸入肥料原料の価格は上昇し、2000年から比較すると、2008年には1.3~1.8倍にもなり(農林水産省生産局農産部技術普及課 2010)、肥料コスト低減に向けた取組の強化を呼びかけ、地域に存在する肥料成分の活用を推進している(農林水産省生産局農業生産支援課 2008)。家畜ふん尿には、窒素、リン酸、カリウム等の肥料として利用できる成分が含まれており、畜種や管理方法によって違いはあるものの、成分に留意して利用すれ

ば、肥料の代替となりうる(横山 1996)。多数の文献から、牛尿中には原物0.4~0.8%の窒素成分が含まれていることがわかっており、窒素肥料の代替として期待される。

貯留牛尿については、水田での流入施肥方法の検討(上田と下田 1981)や、家畜尿にリン酸を添加させることによってアンモニアの揮散を抑える技術の開発(吉岡 2001)、曝気処理によって硫化水素が低減できることが報告されており(古川ら 1998; 大庭ら 2006)、利用技術の確立が求められる。

本研究では、できるだけ資材を使わず、現場で取り入れられやすいことを前提に、貯留牛尿を一昼夜曝気処理し、現地水田圃場における飼料用稲栽培の穂肥として利用する実証試験を3年間行った。

### 材料および方法

#### 1. 圃場と栽培

供試圃場は、新潟県三条市檜山の農事組合法人ならやまの飼料用稲生産圃場を使用した。供試品種はトドロキワセ(稲 WCS 利用を想定)、北陸 193 号(飼料用米利用を想定)、コシヒカリ BL(食用利用を想定)を用いた。

表 1 試験条件

	2009 年	2010 年	2011 年
栽培品種	トドロキワセ (早生)	北陸 193 号 (晩生)	コシヒカリ BL (中生～極晩生)
牛尿液肥施用面積 (m <sup>2</sup> )	450	500	500
牛尿液肥中アンモニア態窒素濃度 (%)	0.46	0.50	0.55
牛尿液肥施用量 (L)	300	250	210
牛尿液肥施用日	7 月 14 日	8 月 4 日	7 月 27 日
流入時間	1 時間 45 分	1 時間 45 分	2 時間
平均流速 (L/分)	2.86	2.38	1.75



写真 1



写真 2

それぞれの試験条件は表 1 に示す。いずれの年も、1 枚の水田を穂肥施用まで同一の栽培管理を行い、畔波シートで区画を分けた。液肥施用の前日に畔波シートで区画を区切り、液肥施用を試験区、硫酸施用を対照区とした。また液肥施用の後には、土壌中への液肥の吸着を確認後、波板を除去し、一般管理を行った。

## 2. 牛尿採取と曝気処理

牛尿は、新潟県三条市内の酪農家の貯留牛尿を汚泥ポンプで 500 L のプラスチックタンクに汲み上げたものを用いた。小型直結型の油回転真空ポンプ（排気速度 20 L/分）で一昼夜の曝気処理を行い、プラスチックタンクの開口部の曝気処理前と後の硫化水素濃度とアンモニア濃度をガステック検知管（株式会社ガステック、綾瀬市）により測定した。また、曝気処理後のアンモニア態窒素濃度を測定し、硫酸を穂肥として施用する対照区と同量の窒素成分になるよう試験区の液肥の必要量を算出した。写真 1 は、小型直結型の油回転真空ポンプで曝気処理をする前の様子、写真 2 は、曝気処理後に、プラスチックタンクの開口部で硫化水素濃度を測定している様子である。

## 3. 水田への液肥の施用

現地水田圃場は、施肥前日から落水させ、水深 1-3 cm の極浅水灌水状態にし、水尻は閉鎖しておいた。曝気処理後の液肥は、500 L のプラスチックタンクに入れたままトラックの荷台に乗せ、現地水田圃場に運び施用した。プラスチックタンクの排水ドレンからゴムホースをつなぎ、水田の水口から、牛尿液肥と用水を混合しながら流入した。液肥の施用後、圃場の土壌表面の水深がほぼ 0 cm になり、十分に土壌中に液肥が吸着したことを確認の後、一般の水管理に戻した。

## 4. 液肥の施肥ムラの確認と収量調査

液肥の施肥ムラを調査するために、施肥直後から施肥 2 時間後、施肥翌日の電気伝導度 (EC) をガラス電極式水素イオン濃度計（堀場製作所、京都市）によって測定した。また、施肥直後に水深、草丈を計測、葉緑素含量を SPAD-502 (KONICA MINOLTA、千代田区) によって測定し、15 日後に草丈、葉緑素含量を測定した。

2009 年は、稲 WCS 利用を目的とし、穂と茎葉のそれぞれの乾物収量、および穂と茎葉の割合も調査した。2010 年は、飼料用米利用を目的とし、乾物粗玄米収量を調査

表 2 曝気前後の臭気濃度

		2009年	2010年	2011年
硫化水素濃度 (ppm)	曝気前	1,000	960	800
	曝気後	4	60	< 0.1
アンモニア濃度 (ppm)	曝気前	150	330	250
	曝気後	280	470	300



写真 3



写真 4

した。2011 年は、7 月 27 日～30 日に起きた新潟・福島豪雨により、畔の決壊で水田に土砂が流入し、収量調査はできなかった。

### 結果および考察

#### 1. 牛尿中のアンモニア態窒素と曝気処理の効果

牛尿中のアンモニア態窒素濃度は、2009 年が 0.46 %，2010 年が 0.50 %，2011 年が 0.55 % であり，3 年間を通じて大きな変化はなかった。尿による窒素排泄量と窒素摂取量には予測式が立てられるほど深い関係があり（長命ら 2006），これは、牛尿を採取した農家の飼養管理方法，特に飼料中のタンパク質含量に大きな変化がなかったことに由来すると考えられた。

曝気処理による硫化水素濃度とアンモニア濃度の変化を表 2 に示した。曝気前の硫化水素濃度は、3 年間を通じて 800-1,000 ppm の範囲であり，曝気後では 2010 年は 60 ppm までしか減少しなかったが，2009 年は 4 ppm，2011 年は検出限界（0.1 ppm）以下にまで減少した。厚生労働省は酸素欠乏症等防止規則の中で許容濃度を 10 ppm としているが（厚生労働省 1972），酸素の十分ある屋外で曝気すること，作業者は真空ポンプの管をプラスチックタンクに挿入する時だけ硫化水素の含まれた空気を吸入する可能性があることから，作業上の危険性は極めて低いと推測される。しかし，安全のため，曝気前の取扱には十分な注意と周囲への配慮が必要と考えられた。曝気

前のアンモニア濃度は，3 年間を通じて 150-330 ppm の範囲であり，曝気後では 280-470 ppm へと増加している。これは，大庭ら（2006）も報告しているように，曝気によって臭気の質が，硫化水素からアンモニア主体になったと推測される。アンモニアは，リン酸の添加によって pH を低下させることで抑制できることが報告されており（吉岡 2001），液肥を施用する周辺環境によっては，安価な食品添加用リン酸と発砲を防止する消泡剤の併用も考慮した方がよいと思われる。

周辺環境への臭気の拡散について調査するために，2010 年の曝気中に，プラスチックタンクの風下 1，2，5，10 m の地点で硫化水素濃度とアンモニア濃度を測定した。その結果，硫化水素濃度は，風下 1 m の地点で 1.9 ppm，2 m の地点で 1.5 ppm，5 m と 10 m の地点では検出限界（0.1 ppm）以下であった。アンモニア濃度は，風下 1 m の地点で 3 ppm，2 m の地点で 0.9 ppm，5 m の地点で 0.2 ppm，10 m の地点では検出限界（0.05 ppm）以下であった。

これらの結果から，臭気の問題は，牛尿の入ったプラスチックタンクの開口部付近数 m の範囲内の問題であり，曝気処理の作業場所を選べば，大きな問題になりにくいと推察された。実際，3 年間を通じて試験場の敷地内で曝気処理を行ったが，関わった作業員以外，誰も臭気を認知することはなかった。

## 2. 水田への液肥の施用

圃場配置図を図1に示した。2009年は900 m<sup>2</sup>の水田圃場を塩化ビニール製の畔波シートで半分に区切り、水口側を液肥施用区とした。2010年は1,500 m<sup>2</sup>の水田圃場を同様に1/3に区切り、水口側を液肥施用区とした。2011年は1,500 m<sup>2</sup>の水田圃場を同様に1/3に区切り、水口側を液肥施用区とした。

写真3は、液肥の流れるホースを、水口に入れ、用水と混合しながら水田へ流入している様子である。これまでの他の報告でも、用水とともに液肥を流入し、さらに押水を行う方法(白石ら2004)が行われており、水田に均一に肥料成分を行き渡らせるためには、液肥を用水と混合しながら水田へ流入する方法が最善の策だと考えられた。さらに押水を行う方法については、圃場の面積や田面の均平度により必要とされる可能性があるが、本実証試験では、小面積であり、田面の様子を確認した上で圃場を選定したため、必要としなかった。

写真4は、2011年に液肥を施用した日の様子であるが、水田圃場から道路を挟んだ向かい側に民家があり、人の往来もあるが、臭気に対する苦情や液肥施用に対する苦情もなかった。

飼料増産協議会によるダイレクト収穫体系による飼料用稲麦二毛作体系技術マニュアル<2013年度版>(飼料増産協議会2013)によると、群馬県において乳牛の尿を曝気し、バキュームカーによって水田に用水とともに施肥している例もあるが、周辺環境への配慮から、農薬散布などで馴染みのあるプラスチックタンクを用いる方が良いのではないかと考えられた。

## 3. 液肥の施肥ムラの確認

EC測定による施肥ムラを確認したところ、液肥施用2時間後には水口に近い方に液肥が偏っているものの、翌日には圃場の端まで十分に行き渡っていることが確認された(図2)。また、図3に2009年の施肥直後の水深、施肥15日後の葉緑素含量と草丈を示した。3年間を通じて、圃場の水深とEC、15日後の草丈、葉緑素含量には相関が認められ、水田圃場の水深のムラが施肥ムラとなり、その後の植物体の生育に影響を与える可能性が示された。この問題を解消するには、代かき時の田面の均平1 cm程度に調整しておき、施肥後2-3日間は4 cm程度の水深を維持すること、さらに、田面を均平に整地することが施肥ムラをなくすための重要なポイントであることをダイレクト収穫体系による飼料用稲麦二毛作体系技術マニュアル<2013年度版>でも進言している。

## 4. 収量調査

2009年の乾物収量は、対照区で1,675 kg/10a、試験区で1,410 kg/10aとなり、有意な差がなかった。また、それぞれの穂と茎葉割合は対照区で56.7:43.3、試験区で65.2:43.8となり、有意な差がなかった。

2010年の粗玄米収量は、対照区で559 kg/10a、試験区で533 kg/10aとなり、有意な差がなかった。

稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアルにおいても、牛の尿液肥の活用によって、低コスト生産が可能であることが示されている((社)日本草地畜産種子協会2012)。尿液肥は、窒素成分中のアンモニア態窒素の割合が94.7%と高く、化学肥料と同様に速効性の養分補給ができ、跡地土壌への窒素の蓄積が少ないなど、扱い易く、安心して使える肥料であるとされている。また、須藤ら(2003)によると、条播湛水直播栽培で稲WCSの収量を最大に高めるための液肥の施肥量は、イネの4-5葉期に基肥2 t/10a、イネ幼穂形成期前(播種後58日)に追肥3 t/10aを施用した場合で、液肥だけの施肥で十分な収量を確保できることを実証している。

飼料用米の生産・給与技術マニュアルにおいても、稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアルと同様に、牛の尿液肥の活用によって、低コスト生産が可能であることが示されている(全国飼料増産協議会2014)。いずれの事例も、アンモニア態窒素の含有量を調整することで、尿液肥施用でも化学肥料施用と同等の粗玄米収量を確保できている。また、化成肥料の代替による、肥料コスト低減だけでなく、水口流入施肥ができるので施肥の省力化にもつながることから、今後、さらに取り組みが広がることに期待したい。

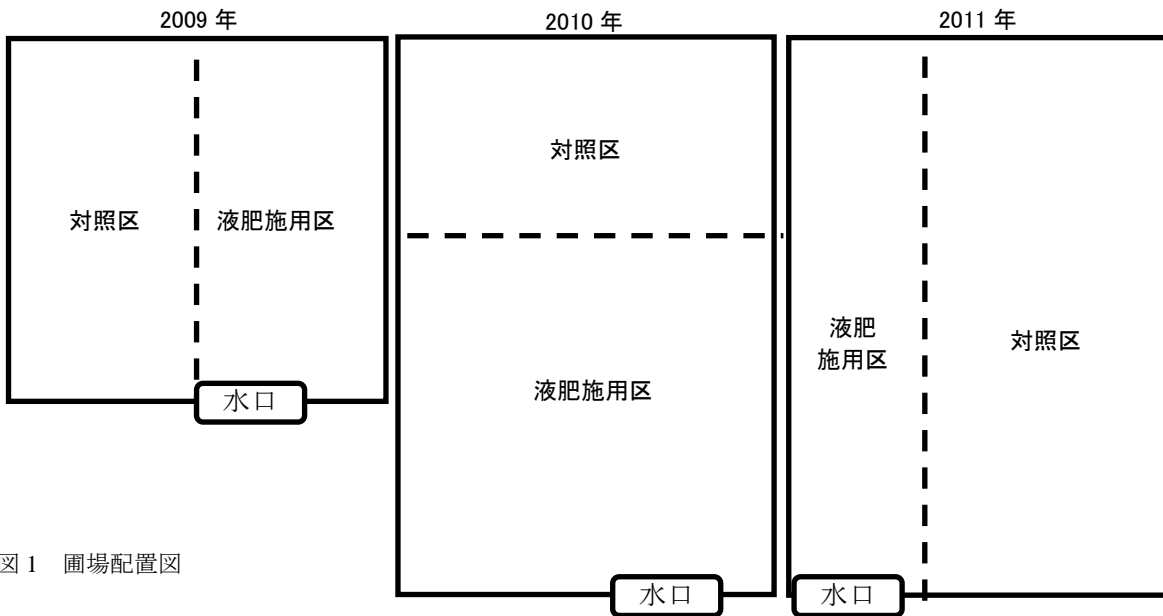


図1 圃場配置図

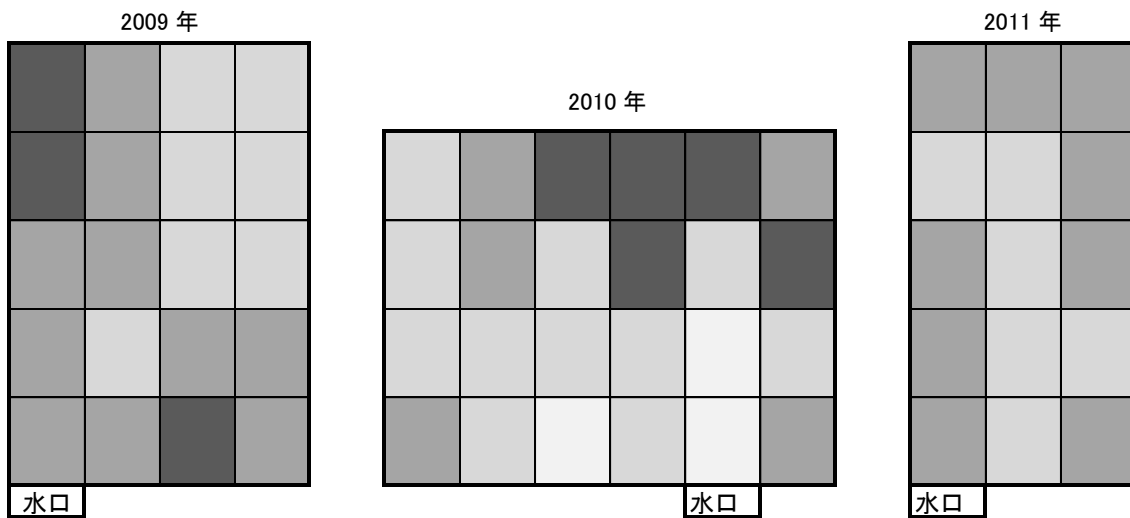


図2 液肥施用翌日のEC（色の濃淡は、数値の大小を示す）

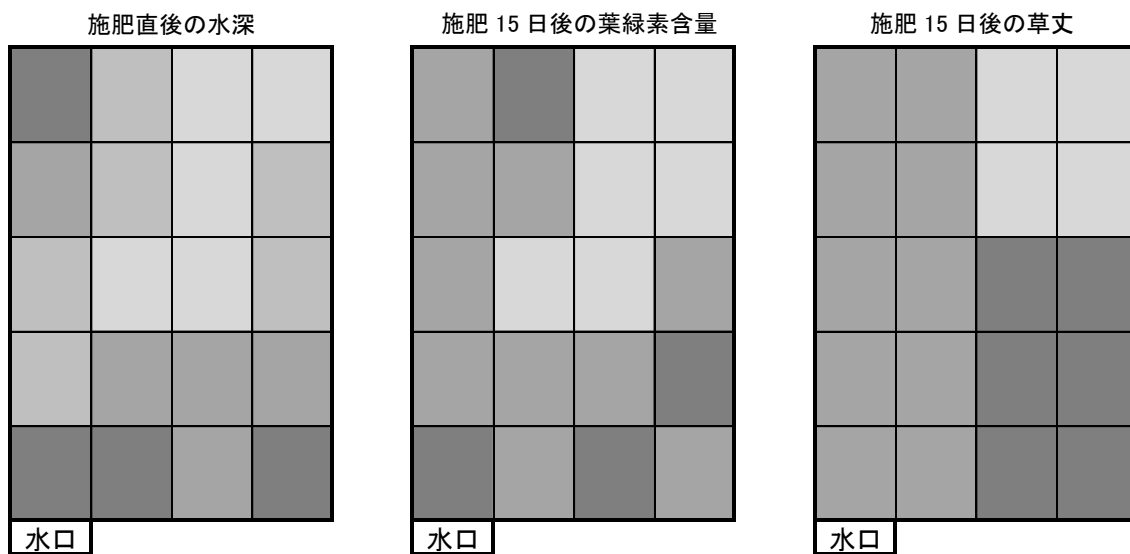


図3 2009年の施肥直後の水深，施肥15日後の葉緑素含量と草丈（色の濃淡は、数値の大小を示す）

## 謝 辞

本実証試験を遂行するにあたり、水田圃場の栽培管理を行っていただいた農事組合法人ならやまの皆様へ感謝します。また3年間に渡り、牛尿を提供して頂いた酪農家の飯塚英也様に感謝します。

## 引用文献

- 長命洋佑, 寺田文典, 広岡博之. 2006. 乳牛と肉牛における窒素排泄量の予測と比較. 日本畜産学会報77, 485-494.
- 古川陽一, 白石誠, 田原鈴子, 日野靖興. 1998. 臭気低減のための牛尿汚水簡易処理法の確立(1). 散気管曝気による圃場散布時臭気の低減. 岡山県総合畜産センター研究報告9, 61-61.
- 厚生労働省. 1972. 酸素欠乏症等防止規則.  
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S47/S47F04101000042.html>
- 農林水産省生産局畜産部畜産企画課. 1999. 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).  
[http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t\\_mondai/03\\_about/pdf/1\\_law2\\_2.pdf](http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/t_mondai/03_about/pdf/1_law2_2.pdf)
- 農林水産省生産局農業生産支援課. 2008. 肥料価格高騰に対応した肥料コスト低減に向けた取組の強化について.  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s\\_hiryo/pdf/data1.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_hiryo/pdf/data1.pdf)
- 農林水産省生産局農産部技術普及課. 2014. 肥料をめぐる情勢.  
[http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/sehi/pdf/hiryo\\_2605.pdf](http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/sehi/pdf/hiryo_2605.pdf)
- 大庭康彦, 大友一博, 佐藤章, 日野義彦. 2006. 水田への家畜尿の液肥化利用. 東北農業研究成果情報20, 39-40.
- 上田弘美, 下田健之介. 1981. 水稲に対する牛ふん尿の流入施肥法. 農業技術 36, 313-315.
- (社)日本草地畜産種子協会. 2012. 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル. 白石誠, 佐藤和久, 大家理哉, 正吉輝彦, 吉田拓司, 脇本進行, 内田啓一, 古川陽一, 奥田宏健. 2004. 飼料イネに対する牛尿の施用試験. 岡山県総合畜産センター研究報告 14. 71-76.
- 須藤和久, 新井一博, 茂木浩徳, 福田博文. 飼料イネ栽培における家畜尿液肥の利用. 群馬県畜産試験場研究報告 10, 55-64.
- 横山達平. 1996. 水稲及び園芸作物における家畜糞尿の

- 有効利用技術. 東北農業研究 9, 19-30.
- 吉岡秀樹. 2001. 佐賀県における家畜尿の有効利用について. 畜産環境情報 13, 7-15.
- 全国飼料増産協議会. 2013. ダイレクト収穫体系による飼料用稲麦二毛作体系技術マニュアル<2013年度版>. 北関東における飼料用イネの液肥栽培と飼料用オオムギの堆肥を活用した省力栽培技術.
- 全国飼料増産協議会. 2014 飼料用米の生産・給与技術マニュアル<2014年度版>. 堆肥, 液肥の活用.