

## 牛ふん尿メタン発酵消化液の畑地への効果的施用法

北海道立北見農業試験場 生産研究部栽培環境科長 中村隆一

### 1. はじめに

家畜ふん尿のメタン発酵処理は施設建設費は高いが、悪臭の原因となるアンモニアガスの揮散を抑制でき、エネルギーとして利用可能なメタンガスや、肥料成分を高濃度に含む発酵残渣液（消化液）を液肥として利用できる利点があり普及されつつある。消化液は、原料であるふん尿に比べて窒素濃度は変わらず、炭素率が低く、発酵中に有機物が分解されるので乾物率は低く散布作業性に優れ<sup>1)</sup>、特に、本試験で供試した密閉式の貯留槽に貯留されたものはアンモニウム態窒素濃度が高い特性を有するので、窒素肥効が速効的な液肥として圃場への還元と、これによる化学肥料費の節減が期待される。しかし、消化液はpHが高いため土壤に浸透または土壤に被覆されるまでの間にアンモニア態窒素が揮散するおそれがある<sup>2)</sup>。

北海道立北見農業試験場では畑作物を対象に消化液の施用試験を行い、望ましい利用法と施用適量を検討したので、試験結果を報告する。なお、本試験は2001年から4年間にわたり北海道開発土木研究所を中心に北海道内の6研究機関が共同で実施した「積雪寒冷地における環境・資源循環プロジェクト研究」<sup>3)</sup>の一環として実施した。

### 2. 試験方法

供試した消化液は、2001年に北海道湧別町に建設された共同型嫌気性発酵施設のもので、乳牛の敷料混合ふん尿を固液分離した分離液に尿汚水を2:1の体積比で混合し、30日間で中温発酵後殺菌したものである。作物に対する施用試験は2001年から4年間、施用方法（表面施用、施用翌日土壤混和、施用当日土壤混和）、施用量（0～6t/10a）および化学肥料併用量を変えて実施した。供試作物は、ばれいしょ、秋まき小麦、てんさいと緑肥作物（えん麦やシロカラシなど）であり、生育収量、品質、養分吸収量への影響を調査するとともに、無窒素区と化学肥料単

用区の窒素吸収量も調査して、消化液に含まれる窒素の肥効を求めた。ここでいう肥効率は、消化液中の肥料成分の肥効が化学肥料の肥効の何割に相当するかを作物の養分吸収に基づいて算出した係数（0～1、1は化学肥料の肥効が同等を示す）である。これら結果と、土壤化学性に及ぼす影響や施用時における土壤表面への滞留状況をあわせて消化液の施用適量を求めた。供試土壤は灰色台地土（湧別町）および黒ボク土（訓子府町）である。

### 3. 試験結果および考察

#### (1) 消化液の肥料養分濃度と肥効率

供試した消化液の肥料養分平均濃度は、カリウムはK<sub>2</sub>Oとして約0.51%、窒素は約0.33%、リン酸はP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>として約0.14%であった（表1）。全窒素の約55%がアンモニア態窒素で、消化液のpHは8以上と高かった。この消化液を緑肥作物の上から追肥施用すると、液が付着した部分が枯れて生育と窒素吸収が抑制された。また、消化液を表面施用した土壤では、施用3週目でも極表層にアンモニウム態窒素が集積しており、作土中の無機態窒素量は土壤混和した場合より消化液1t当たり0.9kg少なかった（図1）。消化液を土壤に表面施用すると窒素が揮散するとの報告も多い<sup>2) 4)</sup>。以上から、畑作物に対して消化液を

表1 供試した消化液の肥料成分平均濃度

水分 (%)	pH	EC (mS/cm)	T-N	NH <sub>4</sub> -N	T-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	T-K <sub>2</sub> O	T-CaO	T-MgO
現物重量%								
96.05	8.19	20.4	0.33	0.18	0.14	0.51	0.16	0.08

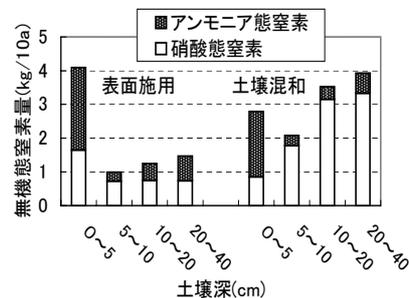


図1 消化液施用後の土壤混和と処理の有無が深さ別無機態窒素量に及ぼす影響  
注) 無機態窒素量は消化液施用後3週目に測定した。  
消化液は10a当たり5t施用した。

施用する場合、作物体への付着を避け、表面施用よりは土壌混和または土壌かん注が望ましいと考えられた。

消化液を土壌表面に施用してから土壌混和するまでの日数が養分吸収量に及ぼす影響をばれいしょで検討した結果、当日混和したほうが翌日混和した場合より窒素吸収量が多い傾向にあった(表2)。消化液からのアンモニア態窒素揮散は、施用後4時間目に最大となるとの報告があることから<sup>5)</sup>、土壌混和する場合も施用後すみやかに混和した方が望ましいと考えられた。土壌混和したときの肥効率をてんさいやばれいしょなどで求めた結果、全窒素で0.4、アンモニウム態窒素で0.7でふん尿スラリーの肥効率(全窒素で0.25~0.35、アンモニウム態窒素で0.5~0.7)<sup>6)</sup>と同程度であり、供試土壌で肥効率に明らかな差はなかった。

表2 消化液を土壌混和するまでの日数がばれいしょの収量、でん粉価、養分吸収量に及ぼす影響

消化液を土壌に混和した日	上いも収量(kg/10a)	でん粉価(%)	吸収量(kg/10a)		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
施用当日a)	6444	17.4	18.6	9.07	35.4
施用翌日b)	5098	16.2	12.5	7.80	28.2
化学肥料区	4775	17.8	15.1	7.63	28.3
b/a(%)	-	-	67	86	80

注) 消化液は5t/10a(T-Nとして14.4kg/10a)を全面施用し、15cm深に混和した。

なお、秋まき小麦では起生期追肥として消化液を作物体上から表面施用しても生育障害は生じず、成分肥効率は全窒素で0.7、アンモニウム態窒素で1.0と高かった。肥効率が高い原因は、施用時期が早春で気温が低く土壌表面が作物体で被覆されているため窒素揮散が抑えられること<sup>2)6)</sup>、消化液が根が多い表層部に施用されるためと考えられる。消化液を基肥として秋まき小麦に施用すると肥効率は低かった。越冬前の窒素吸収量が少なく、吸収されなかった窒素は硝酸態に変化して翌春までに下層へ流亡してしまうためと考えられる。したがって、秋まき小麦に対しては消化液は起生期に追肥施用することが望ましかった。

本試験では、消化液を土壌へかん注したり(写真1)、地表面近くからじょうろで試験区全面に施用した。窒素揮散が生じやすいリールマシンやスプラッシュプレートで消化液を施用すると、肥効率はスラリーの場合と同様に低下するものと考えられる。

本試験では消化液のカリウムの肥効率を求められなかったが、ふん尿中のカリウムの形態は水溶性であり、畑作物にカリウムを過剰施用すると澱粉価が



写真1 かん注施用に用いたスラリータンクプレッダーと付属のフローティングインジェクター

低下するなどの悪影響が生じることから、その成分肥効率はスラリー同様に1.0と設定した。

## (2) 消化液の施用限界量

消化液を収量や品質および環境に悪影響を与えずに施用するには、その肥効率に基づいて併用する化学肥料を減肥するとともに施用上限量を設定する必要がある。

消化液のみで標準施肥量を満たすための施用量は、最も多く含まれる肥料成分であるカリウム(現物当たり約0.5%)で規定され、てんさい、ばれいしょ、緑肥作物は約3t/10a、秋まき小麦は約2t/10aであった。消化液施用跡地土壌の交換性カリウム含量は10a当たり3t施用で約3mg/100g、5t施用で約7mg/100g、6t施用で約10mg/100gそれぞれ増加した(図2)。北海道の普通畑の交換性カリウム含量は全体としては減少傾向にあるが依然として過剰な圃場が見られるので、消化液の施用量はカリウムで施肥標準量以内とするとともに、消化液施用時には含有するカリウム相当の化学肥料を減肥すべきである。

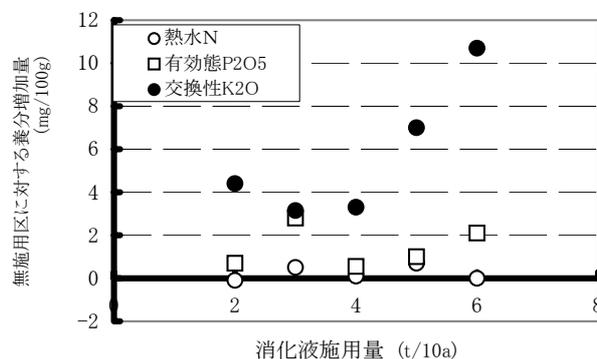


図2 消化液施用が跡地土壌の養分増加に及ぼす影響

消化液の施用が生育および品質に与える影響を調査した結果、緑肥表面に施用した場合を除くと約

6 t/10aまでは減収しなかった。しかし、ばれいしょでは、4t/10a以上の施用では無化学肥料でも窒素吸収量が対照区を上回りでん粉価が低下した。なお、てんさいでは標準窒素施肥量に対して消化液の施用量が少ないこともあり、品質に対する消化液施用の影響は判然としなかった。

消化液は高水分で流動性に富むため施用時に表面流去しやすく、排水性の優れる黒ボク土でも5t/10a施用すると表面流去が生じ凹地へ消化液が集積して散布ムラを生じた（写真2）。一方、3t/10aでは表面流去が認められなかった。消化液の原料となるふん尿スラリーでも表面流去が生じないように畑地への施用量は4～5t/10a以内と指導されていることも参考にする、消化液を均一散布するための施用上限量は3t/10aと判断された。

以上から総合的に判断して、消化液の施用上限量はてんさい、ばれいしょ、緑肥作物は10a当たり約3t、秋まき小麦は10a当たり約2tとした。

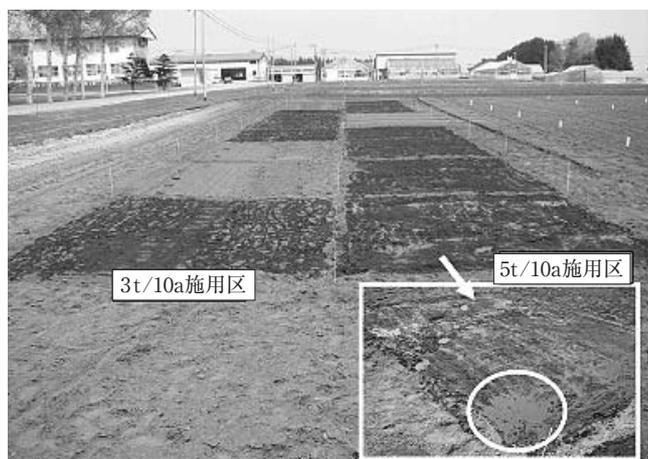


写真2 消化液施用量が表面流去による施用ムラの発生に及ぼす影響  
注) 5t/10aの施用では凹地（写真円内）に消化液が集積した。

## 4. まとめと課題

以上の結果を、畑作物に対する乳牛ふん尿を原料とした消化液の望ましい施用法と成分肥効率として表3にまとめた。なお、消化液中の肥料成分含有率はその原料や発酵条件、貯留条件によって異なるの

で、施用にあたっては分析を行うか、電気伝導度と乾物率を元に成分を推定<sup>8)</sup>することが望ましい。

本試験で供試した消化液中の重金属含量は環境基準値を大幅に下回り、衛生指標菌である大腸菌や腸球菌、原料であるふん尿スラリーに混入する雑草種子はメタン発酵処理や加熱処理で著しく減少していた。ただし、水産廃棄物や下水汚泥等、重金属含量の高い資材を混入するときは、消化液の重金属含量を十分に監視する必要がある。

表3 畑作物に対する消化液の望ましい施用法と肥効率

施用法	対象作物	肥 効 率			施用適量 (10a当たり)
		T-N	NH <sub>4</sub> -N	K <sub>2</sub> O	
表面施用	秋まき小麦 (起生期追肥)	0.7	1.0	1.0	約2t
表面施用 後混和	てんさい、ばれいしょ、緑肥 (基 肥)	0.4	0.7	1.0	約3t

注) 肥効率は0.0～1.0で表し、1.0は化学肥料と肥効が同等であることを示す。

## 【引用文献】

- 1) 松中照夫, 成瀬往代, 熊井美鈴: 乳牛ふん尿のメタン発酵処理に伴う性状変化. 土肥誌. 73. 259-267 (2002)
- 2) 松中照夫, 佐藤創一: 乳牛由来液状きゅう肥から環境へ流出する窒素の牧草栽植による抑制効果. 酪農学園大学紀要, 25, 83-94 (2000)
- 3) 石渡輝男, 横浜充宏, 小野学, 栗田啓太郎, 中川靖起, 大日向裕, 中村和正, 大深正徳, 中川博敬, 鶴川洋樹, 日向貴久, 岡田直樹, 高橋圭二, 吉田邦彦, 木村義彰, 三枝俊哉, 湊啓子, 渡辺敢, 今野一男, 志賀弘行, 古館明洋, 中村隆一, 中久保亮, 松田従三: 共同利用型バイオガスプラントの利用技術. 新しい研究成果 北海道地域vol.2004: 6-12 (2005)
- 4) 徳田進一, 田中康男, 東尾久雄, 村上健二, 相澤証子, 浦上敦子: メタン発酵消化液由来無機態窒素のキャベツ畑土壌における動態. 野菜茶業研究成果情報.vol2007. 37-38 (2008)
- 5) 松中照夫, 熊井美鈴, 千徳あす香: バイオガスプラント消化液由来窒素のオーチャードグラスに対する肥料的効果. 土肥誌. 74. 31-38 (2003)
- 6) 北海道立新得畜産試験場: 家畜ふん尿処理利用の手引き2004. 北海道立農業・畜産試験場家畜ふん尿プロジェクト研究チーム. pp93. (2004)
- 7) 横濱充宏, 中川靖起: 北海道開発局土木研究所月報. 267: 29-41 (2005)
- 8) 北海道施肥ガイド. pp.76. 北海道農政部. (2000)