

# 畜産環境情報

第62号

2016年2月



一般財団法人 畜産環境整備機構

# 畜産環境情報 <第62号>

## 目次

### 1. 別海町大型バイオガスプラント

北海道大学名誉教授  
松田 従三 ..... 1

### 2. 家畜ふん堆肥を活用する牧草生産による温室効果ガス削減

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
畜産草地研究所 草地管理研究領域  
森 昭憲 .....15

### 3. 畜種混合堆肥の肥効特性と流通利用—すずらん堆肥の実例

元 岡山県農林水産総合センター 農業研究所  
石橋 英二 .....25

### 4. 栃木県における畜産環境対策の現状と取組について

栃木県 農政部 畜産振興課 環境飼料担当  
主査  
青沼 伸一 .....33

## 別海町大型バイオガスプラント

北海道大学名誉教授

松田 従三

### 1. はじめに

別海町が日本一大きな家畜ふん尿用バイオガスプラントを作ったのは、日本で初めての「別海町畜産環境に関する条例」を施行したことによる。別海町は2014(平成26)年度で耕地面積63,600ha、搾乳農家数713戸、牛頭数106,692頭、1戸当たり生産乳量646トンの全国一の酪農業の町である。

別海町では健全な畜産環境を保持するため、良好な水環境を保全し、農業と漁業が共存する社会を構築するために、この日本で初めての条例を施行した。そして乳牛ふん尿を健全に利用するために、バイオガスプラントを建設することになった。

このように別海町が環境問題とバイオ

ガスプラントをつなぎ合わせて考えたのは、環境汚染問題がたびたび起こったこと、すでに1999(平成11)年に酪農研修牧場に地下埋設型のプラントを、2000(平成12)年には、酪農家の遊休スティールサイロを改造してプラントを建設し、同年2000年には北海道開発局による酪農家10戸の共同型大型プラントを建設した経験があり、それをさらに改善大型化すれば、環境改善、エネルギー取得も大量に可能となると考えるに至ったものであろう。

### 2. 日本のバイオマス量と北海道のバイオマス量

日本及び北海道のバイオマス賦存量を調べてみる。表1に示すように、2007

表1 日本のバイオマス賦存量および利用率

| 種 類     | 発生量<br>約万トン | 利 用 方 法         | 利用率<br>約% | 未利用率<br>約% |
|---------|-------------|-----------------|-----------|------------|
| 家畜排せつ物  | 8,700       | 堆肥等への利用         | 90        | 10         |
| 下水汚泥    | 8,000       | 建築資材・堆肥等への利用    | 70        | 30         |
| 黒液      | 7,000       | エネルギーへの利用       | 100       | 0          |
| 廃棄紙     | 3,700       | 素材原料・エネルギー等への利用 | 60        | 40         |
| 食品廃棄物   | 2,000       | 肥料・飼料等への利用      | 25        | 75         |
| 製材工場等残材 | 440         | 製紙原料・エネルギー等への利用 | 95        | 5          |
| 建設発生木材  | 470         | 製紙原料・家畜敷料等への利用  | 70        | 30         |
| 農作物非食用部 | 1,400       | 堆肥・飼料・家畜敷料等への利用 | 30        | 70         |
| 林地残材    | 350         | 製紙原料等への利用       | 2         | 利用なし       |

(平成19)年度の数值であるが、わが国のバイオマス量32,060万トンの中でもっとも多いバイオマスは家畜ふん尿(8,700万トン:27%)である。

農水省のデータではふん尿の利用率は90%となっているが、北海道で私がみるころでは、せいぜい60~70%とを感じる。このためにも、後述するような市町村での家畜ふん尿条例が必要になってくる。

(1) 北海道のバイオマス量

図1に示すように、北海道のバイオマス賦存量は全量3,922万トンのうち家畜ふん尿が2,120万トン(54%)と圧倒的に多量である。2012(平成24)年の農産物産出額を見れば、畜産5,223億円うち生乳3,068億円、耕種4,914億円うち米1,291億円であることから、家畜ふん尿が多いことがわかる。意外なことに木材バイオマスの利用可能量は北海道は少ないのである。林地未利用材2%(78万トン)、木くず1%からも、利用可能木材が少ないことが推定できる。

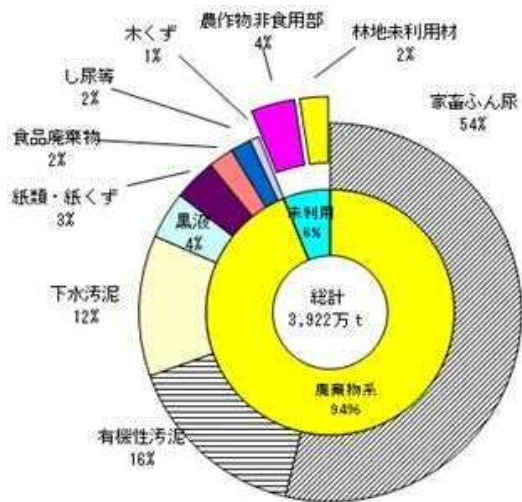


図1 2012(平成24)年度バイオマス発生量(湿潤重量ベース)

(2) 北海道の林業系バイオマス

北海道は非常に木質系バイオマスが多いとされているが、北海道立総合研究機構林業試験場の調査では、集められるかどうかに関わらず伐採に対して発生する伐採量に対して発生する木質バイオマス賦存量は約70万トン/年としている。

木材は枝付のまま集材する全木集材では利用可能量は約36万トン(うち5万トンは既に利用されている)、枝なしで集材する全幹集材では利用可能量は約20万トン(うち5万トンは既に利用されている)としている。これらの利用可能量はいずれもNEDOが実施した可能量の試算値に比べて非常に大きくなっている。水分によって異なるが、木材バイオマスでの発電量は5~6万トンで5,000kWになるので、北海道の木材バイオマスの発電可能量は3.6万kW程度である。

表2 北海道の稼働中、計画中の木材発電量

| 発電規模       | 材料              | 場所  | 開始年度 | 企業        |
|------------|-----------------|-----|------|-----------|
| 4.7 MW     | 木材(4.7)         | 津別  | 2007 | 津別単板共同組合  |
| 50 MW      | 木材(22)、パーム椰子、石炭 | 紋別  | 2016 | 住友林業/他    |
| 10 MW      | 木材(10)          | 苫小牧 | 2016 | 三井物産/イワクラ |
| 25 MW      | 木材(25)          | 江別  | 2015 | 王子        |
| 2.6 MW     | 木材(2.6)         | 芽室  | 2015 | 新栄工業      |
| 5 MW?      | 木材(5)           | 下川  | 計画中  | 下川町       |
| 合計 69.3万トン |                 |     |      |           |

農業系バイオマスの利用可能量は、稲わらが約58万トン、麦稈が約19万トンである。量は木質系より多いが、広く薄く広がっているし、すでに農業利用されているのでバイオマスエネルギーとして使うのは困難である。表2に示すように

北海道内に稼働中、計画中的木質バイオマス発電は意外に少ないこともわかる。

### (3) 北海道の畜産ふん尿系バイオマス

#### 1) 畜産ふん尿系バイオマス量

北海道では乳牛・肉牛・豚・鶏を合わせると毎年約2,000万トンが生産されている。木質系と比べていかに多いかが分かる。日本全体では、8,700万トンも生産され適正量に施用する農地は不足している。

北海道でも十分施用できる農地はある

ように見えるが、ふん尿を散布する農地が不足している市町村はいくつもある。表3に「乳牛頭数と牧草面積」を示している。北海道は全国より牧草面積当たりの牛頭数が少なく、環境汚染は起きにくいことがわかる。しかしバイオガスプラントが次々建設されているのは、売電だけのためでなく、悪臭を低減すること、ふん尿(液肥、消化液)をしっかりと使うためである。

表3 日本の乳牛頭数と牧草地面積当たり頭数

| 乳牛頭数 |     | 飼養戸数      | 全頭数       | 2歳以上    | 頭数/牧草面積ha |      |
|------|-----|-----------|-----------|---------|-----------|------|
|      |     |           |           |         | 全頭数       | 2歳以上 |
|      | 全国  | 18,600    | 1,395,000 | 957,800 | 2.30      | 1.58 |
|      | 北海道 | 6,900     | 795,400   | 506,100 | 1.57      | 1.00 |
| 畑面積  |     | 合計 ha     | 普通畑 ha    | 樹園地 ha  | 牧草地 ha    |      |
|      | 全国  | 2,060,000 | 1,157,000 | 295,600 | 607,800   |      |
|      | 北海道 | 924,700   | 414,200   | 2,920   | 507,500   |      |
| 農地面積 |     | 合計 ha     | 水田率 %     | 耕地率 %   |           |      |
|      | 全国  | 4,335,000 | 54.4      | 12.1    |           |      |
|      | 北海道 | 1,131,000 | 19.5      | 14.6    |           |      |

## 2) 発電量

ただプラントを建設して売電による収入の増加を目論んでいる農家が多いのは否めない。家畜ふん尿によるエネルギー発生率をみても、全国の家畜ふん尿8,700万トンからは、71.8万kWの発電が可能であり、北海道の2,000万トンからは16.5万kWが可能である。これはふん尿1トンからバイオガス35m<sup>3</sup>が発生し、メ

タン濃度は56%とし、発電効率は35%とした場合である。身近の規模で考えると150頭の乳牛からは25~30kWの発電機が運転できる。

木材の発電量3.6万kWより大きいのが、太陽光発電などと比べると少ないと感じるのが大勢でなかろうか。しかしバイオガス発電は太陽光、風力発電と違って24

時間安定して発電できる強みがある。さらに2,000万トンの家畜ふん尿には無機肥料成分が、窒素77千トン、リン酸56千トン、カリ85千トンも含まれ肥料となっている。

### 3) バイオガスプラント数

図2に示しているのは道内に建設稼働しているバイオガスプラント数である。これらはすべて乳牛ふん尿を主として原料として使っている。現在は70か所以上が稼働しているものと思われるが、FITが始まる2012年以前には、11か所のプラントがいろいろな事情で運転中止あるいは撤去されていることも忘れてはならない。



図2 北海道の家畜用バイオガスプラント数

## 3. 家畜排せつ物法

### (1) 法の概要

1999(平成11)年「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)」が制定された。これはあまりにも家畜ふん尿によって環境汚染問題が発生したからである。

この法律は、

- ふん尿の処理、保管を適正に行うための管理基準を義務付ける
- 牛10頭以上、豚100頭以上、鶏2,000

羽以上、馬10頭以上に適用する

- ふん尿の素掘りでの貯留禁止、野積み禁止
  - 管理施設での管理
  - 排せつ物の発生量・処理方法別数量の記帳の義務づけ
- となっている。

### (2) EU諸国では

EU諸国の法律では、農家が持つ農地面積と飼養可能な家畜頭数が制限されているために、農地から収穫できる飼料の量と家畜ふん尿の施用量のバランスが取れている。したがって基本的にはふん尿の撒き過ぎによる土壌汚染が発生しないことになる。これがわが国とEUとの法律のもっとも大きな違いと言えよう。

### (3) 農業環境三法

家畜排せつ物法以外にもわが国には、

- 改正肥料取締法(肥料取締法の一部改正する法律)、
- 持続農業法(持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律)があり、これらを合わせて農業環境三法と呼ばれている。しかし、これらの法律が本当に効果を発揮するには、まだ時間がかかるものと思われる。

### (4) 基本方針の見直し

さらに新たな基本方針の概要が平成27年4月に、平成37年度を目標年度として次のように明らかにされた。①耕畜連携と組み合わせた堆肥利用の推進、②堆肥利用が困難な場合等におけるエネルギー利用の推進、③混住化の推進などによる畜産環境問題への適切な対応の3つがポイントである。

エネルギー利用ということは、メタ

ン発酵ばかりでなく、焼却(熱利用)も含まれている。すなわち日本では家畜ふん尿は農地に施用できないほど多くなっているということを示している。さらに肉牛農家、養豚農家、養鶏農家は農地をほとんど持っていないのが現実である。また、養豚、養鶏では企業的な大規模経営が多いのも現実である。

#### 4. 別海町畜産環境に関する条例

##### (1) 別海町の規制基準

別海町は2014(平成26)年4月1日に日本で初めて、農地面積当たりの家畜飼養頭数(窒素施用量)を乳牛2.13頭/ha(225 kgN/ha年)という規制基準を決め、2017(平成29)年4月1日からこの基準を適用することにした。道内では別海町には、牧草地が多くふん尿を施用する農地が不足しているとはとは考えられなかった。実は道内では十勝、道北、オホーツク、道東でも、ふん尿を施用する農地が不足している箇所が多くあるのは現実である。しかしそれらの地域を差し置いてこのような条例を施行したことは、酪農と漁業が二大産業とはいえ、非常な努力があったと敬意を表したい。

##### (2) 条例制定までの年表

ここで別海町のバイオガスプラント、環境問題の歴史を簡単に述べたい。

- 昭和31(1956)年 別海町でパイロットファーム事業が始まり、別海酪農が始まった。
- 平成11(1999)年 酪農研修牧場に地下型低温バイオガスプラント建設
- 平成12(2000)年 遊休スティールサイロ

をバイオガスプラントに改造  
平成12年(2000) 北海道開発局が別海資源循環試験施設という大型バイオガスプラント建設

平成14(2002)年 別海町地域新エネルギービジョン作成

この委員会でもふん尿による環境汚染問題は大きな課題であった。

平成18(2006)年3月 バイオマスタウン構想

平成19(2007)年 別海町酪農研修牧場に新バイオガスプラント建設

平成24(2012)年3月30日 ふん尿流出事故

平成24(2012)年10月 民間会社からバイオガスプラントを建設したいと申し入れあり。

(流失事故とバイオガスプラントの建設は直接の関係は無いが、ふん尿問題の解決という意味では多に関係している。)

平成25(2013)年2月19日 『畜産環境と水環境を考える研修会・意見交換会』(2008度から2013年度にかけて、北大、帯広畜産大学、酪農学園大学が合同して行ってきた「戦略的大学連携支援事業」)の講演会で、酪農学園大学前田善夫特任教授の講演に対し、元漁協組合長から『ふん尿の問題は40年前から指摘してきたが一向に改善されていない』との質問があった。

この問題は今まで役場が昭和50年(1975)年の新酪農村事業

から先送りして抜本的な対策をして来なかった問題であったために、当時の担当者はこれを契機にこの問題解決法を今手掛けないと今後もこのままになると、条例の策定に取り組み始めた。

平成 25 (2013) 年 6 月 バイオマス産業都市認定(下川町・十勝圏・別海町)この計画の中で達成すべき目標としてエネルギー調達率、消化液利用方法、環境汚染削減法をあげた。

平成 26 (2014) 年 4 月 別海町畜産環境に関する条例施行

平成 26 年 6 月(2014) FIT 認定

平成 26 年 5 月(2014) 新大型バイオガスプラント造成工事開始

平成 27 年 7 月(2015) 別海大型バイオガスプラント本格稼働

### (3) 条例の基本理念

条例の目的は、別海町において家畜ふん尿等を適正に処理し、環境に対する悪影響が出ない状態を保ち続けるための基本理念を定め、町、畜産事業者、農業団体の責務を明らかにし、良好な水環境を保全し、農業と漁業が将来にわたり共存共栄しうる社会を構築することを目的としている。

基本理念とは、

- ①町、畜産事業者、農業団体が自らの責務を自覚し、自主的かつ積極的に畜産環境保持に取り組むこと
- ②別海町の豊かな自然環境を未来の世代に継承していくこと
- ③将来にわたり農業と漁業が共存共栄し

ていける社会を構築していくことの3項目からなっており、各団体の責務も明文化されている。

### (4) 規制基準の遵守

さらに規制基準が設定され遵守が求められている。事業者は、町長が定める健全な畜産環境の保持を図るために必要な「規制基準」を遵守することが求められている。基準に違反した場合は、改善勧告、改善命令、氏名等公表の罰則がついている。

規制内容を簡単に記すと、

- ①家畜排せつ物の適正管理
- ②スラリーおよび堆肥等の適切な散布など
- ③雑排水の適切な処理
- ④乳牛の使用規模の範囲
- ⑤その他、家畜を飲水のために河川に侵入させない、廃棄乳の適正処理などからなっている。

この中で重要なのは、家畜ふん尿を還元することが可能な面積当たりの換算頭数を2.13頭/haとしていることである。これを超える場合は町、農協による指導を受けるようになっている。

換算頭数は搾乳牛頭数(2産以降)+搾乳牛頭数(初産)×0.78+育成牛頭数(初生から未経産)×0.55としていることである。

### (5) 2.13 頭/ha の根拠

もっとも注目を浴びている家畜頭数密度 2.13 頭/ha は、次のような根拠で決定している。

草地における窒素環境許容量は施用量 225 kgN/ha 年である。これは地下水の硝酸態窒素濃度が 10 mg/L 基準であり、消化液中窒素濃度は約 0.4% であることに



より、ふん尿排泄量から1 ha当たりの施用可能な飼養頭数は2.13頭/haとなる。

一方北海道のカリ施用基準は、220 kgK<sub>2</sub>O/ha年であり消化液中のカリ濃度は窒素とほぼ同じ0.4%なので乳牛ふん尿必要量は55,000 kg/haとなる。これを換算すると乳牛ふん尿2.3頭/ha分となり、これでは窒素施用量が多すぎるために、窒素基準の2.13頭/haに決定したのである。

ただこれを超えるふん尿を所有する場合は、町や農協の指導チームに指導を受けて、預託や広域利用等によって汚染がないようにするか、飼養規模の低減に努めなければならない。

2.13頭/haなどさらに詳しい条例の詳しいことは、下記のインターネットで調

べて欲しい。

「別海町畜産環境に関する条例の制定について」

<http://betsukai.jp/blog/0001/index.php?ID=3533>

## 5.家畜ふん尿バイオガスプラント

### (1)メタン発酵とFIT

家畜ふん尿の処理方法には、堆肥化とメタン発酵(バイオガスプラント)がある。メタン発酵は図2に示すように、2012(平成24)年7月1日にスタートした固定価格買取制度(Feed in Tariff)から急速に普及した。これは太陽光発電の普及をみればわかるであろう。表4でメタン発酵と堆肥化を比較してみる。

表4 メタン発酵と堆肥化

|       | メタン発酵 (嫌気性発酵)                                   | 堆肥化 (好気性発酵)                             |
|-------|---|---|
| 適用規模  | 大・中規模   | 中・小規模                                   |
| 長所    | 発酵中・貯留中・散布中および後の悪臭低減効果が大い。エネルギーが生産できる。液肥が生産できる。 | 一般に機械類が少ない。運転が容易。維持管理費が安い。製品の堆肥が減量化できる。 |
| 短所    | 液肥として使う圃場がない場合は、水浄化処理が必要。製品の液肥は減量化しない。          | 発酵中に悪臭が発生する。発酵に日数がかかる。                  |
| 建設費   | 大   | 中・小                                     |
| 維持管理費 | 大   | 小                                       |

### (2)2015年建設のパイロットプラント

表5に北海道に建設された最新のバイオガスプラントの例を示している。この表からもわかるように、プラントはどん

どん大型化してきている。FITが制定時には、300頭50kWの発電機を前提にして、資本費392万円/kW、運転維持費18.4万円/kW・年を想定していたが、実際に稼動

したプラントを見ると、資本費の平均は237万円/kW、運転維持費の平均は15.0万円/kW・年になっている

### (3) 大型化するプラント

稼働率の違いなどがありこの違いの解釈には十分に注意する必要があるが、ほ

表5 2015年に製作された家畜ふん尿用バイオガスプラント

|                        | 別海バイオガス発電株式会社           | 鹿追瓜幕バイオガスプラント            | カーム角山バイオガスプラント          |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 乳牛頭数 頭                 | 4,500                   | 3,000                    | 480                     |
| ふん尿量 トン/日              | 280                     | 210                      | 42                      |
| 食品残渣等 トン/日             | 5                       | 0                        |                         |
| 発酵槽容量 m <sup>3</sup>   | 4,000m <sup>3</sup> ×2基 | 1,939m <sup>3</sup> ×4   | 1,500m <sup>3</sup>     |
| 合計                     | 8,000m <sup>3</sup>     | 7,755m <sup>3</sup>      |                         |
| 発酵条件                   | 高温発酵                    | 中温発酵                     | 中温発酵                    |
| 発電機 kW                 | 600kW×3基                | 250kW×4基                 | 150kW                   |
| 合計                     | 1,800kW                 | 1,000kW                  |                         |
| 液肥貯留槽容量 m <sup>3</sup> | 12,300m <sup>3</sup>    | 14,035m <sup>3</sup> ×4基 | 3,600m <sup>3</sup> /2基 |
| 合計                     | 農家の貯留槽も使用               | 56,139m <sup>3</sup>     | 7,200m <sup>3</sup>     |
| 製作会社                   | 三井造船                    | コーンズバイオガス                | 土谷特殊農機具                 |
|                        |                         |                          | 搾乳ロボット 8基               |

とんどのプラントは、発電容量75kW以上と大型化しており、また、バイオガス発生量の多いサイレージを原料として牛ふん尿に混入し、設備の発電効率を高めるといふ動きも見られる。これによりバイオガス設備の頭数当たりあるいは発電機1kW当たりの建設費が安くなり、採算性が高まり、結果的に融資された債務を短年度で返還できることになる。

### (4) 補助金の利用

また農水省のバイオマス産業都市などの補助金を利用する場合、原則50%の補助金が付くとされているが、FITで売電をする設備については発電設備（発電機だけでなく、発酵槽やガスバッグなども発電設備と見なされている）は補助金の対象にならないため、現実にはプラント全体では30%程度の補助しか受けられない。しかも、発電設備などで使用する電気を発電した電気で購入することになると、発電

した全量を売電することはできない。したがって売電できるのは、発電全量のうち発電設備が使用する電力以外の70%～80%だけになる。

また国の補助金を利用して、発電設備を除くバイオガスプラントだけを建設して、発電事業は別会社にする方法もある。このようにすればバイオガスプラントには約40%の補助がつくことになる。ただし発電事業の資金は融資などで賄わなければならない。

## 6. 別海町バイオガス発電事業の背景と効果

別海町畜産環境に関する条例で述べたように、このバイオガス事業は畜産環境を改善、汚染を削減することが第一目標であったといえる。

2012(平成24)年に発生したスラリーの流出事故でふん尿貯留施設が不足して

いることが明らかになり、条例を作ると共にバイオガスプラントを作ろうという機運が高まった。これは4.(2)の年表にも示したように、すでにこの時点で別海町は町が関係して4か所にプラントを建設し、バイオガスプラントに慣れていたということも大きく関係していたと考えられる。

もちろん環境改善ばかりでなく、発電による経済的効果も大きな魅力としてあったと考えられる。さらに嫌気性発酵による肥料効果の向上、酪農家のふん尿処理の合理化、再生敷料の経済的、衛生的効果もバイオガスプラント建設の大きな後押しになっていったといえる。

## 7. 事業の概要

本事業の概要は以下のとおりである。

### (1) 事業者

三井造船 70%、別海町 15%、中春別農協 11.4%、道東あさひ農協 3.6%

### (2) 建設費

概算 24 億円 (地域バイオマス産業化整備事業補助金活用)

### (3) 原料

家畜ふん尿 (4,500 頭相当 94 戸)  
(スラリー 20%、堆肥 80%)  
280 トン/日  
産廃系食品残渣 : 5 トン/日  
合計 : 285 トン/日

### (4) 運転方式

湿式メタン発酵 (高温発酵 55°C)、  
消化液 70°C 殺菌、再生敷料製造

### (5) バイオガス発生量

12,000 m<sup>3</sup>/日 (CH<sub>4</sub>: 55%以上)

### (6) 売電量

約 10,000 MWh/年  
(約 1,200 kWh×24/日×365 日)

### (7) 事業収入

売電 (89%) FIT 適用、消化液・  
再生敷料販売 (7%)、産廃処理  
費 (4%)  
売電料 約 4 億円/年、  
消化液販売費 約 3 千万円弱、敷  
料販売費 約 5 百万円

## 8. 主要施設の概要

### (1) 主要施設

主要施設の概要は以下のとおりである。

#### 1) 建築設備

- ①管理棟
- ②原料受入棟、見学室
- ③堆肥化ヤード棟、製品管理ヤード棟

#### 2) 原料受入設備

- ①堆肥ホッパー 2 基 (1 日分)
- ②固液分離機 2 基 (スクリュウプレス式)
- ③粉砕機 2 基
- ④混合槽 2 槽 (10 時間)
- ⑤調整槽 1 槽 (約 1,800 m<sup>3</sup>)

#### 3) メタン発酵設備

- ①投入ポンプ、スラリー破砕機 2 機
- ②熱交換器 2 基
- ③発酵槽 2 基 (4,000 m<sup>3</sup>/基)  
(高温発酵 55°C 12 日間)

#### 4) 消化液 (液肥) 利用設備

- ①消化液分離機 2 基 (スクリュウプレス式)
- ②殺菌槽 (1 槽目 60°C 2 時間 (発電機の余熱)、2,3 槽目で 70°C 2 時間)

(ボイラーの蒸気で加熱)

③消化液移送ポンプ

消化液貯留槽 1基(12,300 m<sup>3</sup>)

5) 再生敷料化設備

①乾燥発酵用温風発生器

②圧縮梱包包装装置

6) バイオガス利用設備

①脱硫設備

②バイオガスブロワ

③ガスホルダー 1基(1,000 m<sup>3</sup>)

④ガス発電機 3台(600 kW/台)  
1,800 kW

7) 熱回収設備

①温水タンク

②熱回収ポンプ

8) 用役設備

①脱臭設備

②用水設備

③ボイラー設備

④圧力空気供給設備

9) 電気・計装設備

①系統連系設備

②受変電設備

③計測器類

(2) 施設の特徴

1) 固形ふんの投入

このバイオガスプラントの特徴は、日本一大型であることはもちろんであるが、湿式メタン発酵槽ではスラリーしか原料として投入しないのに、固形ふん(堆肥)も受け入れているということである。

もちろん固形堆肥も投入すれば分解性有機物量は大幅に増加するので、バイオガスの発生量は大幅に多くなり、発電量は多くなる。しかも全原量 280 トンのう

ちスラリーが20%で80%が堆肥とのことである。

したがって湿式メタン発酵の発酵物にするには、他のバイオガスプラントではみたこともない大型固液分離機と粉碎機が設置されている。これが一番の特徴かもしれない。

2) 高温発酵槽と殺菌槽

また4,000 m<sup>3</sup>発酵槽が2基という大型発酵槽が高温発酵である上に、70℃の殺菌槽をも併設しているのもわが国唯一のプラントである。70℃の殺菌槽を併設したのはふん尿を収集する農家が94戸と多いこと、産廃原料も原料として加えていること、消化液の利用農家も94戸と多いからである。

70℃の殺菌槽は多数の酪農家からのふん尿には、法定伝染病であるヨーネ病に感染した牛のふん尿が入ってきた場合の殺菌を考えてのことである。ヨーネ菌も70℃の殺菌槽を通れば殺菌されるので、北海道内では以前北海道開発局が建設した別海資源循環試験施設に続いて殺菌槽が併設された。ただ70℃の殺菌槽は大きな熱エネルギーが必要になる。

EUでは、複数の酪農家、食品廃棄物などを原料とし、複数の農家が消化液を利用する中温メタン発酵槽では70℃1時間の殺菌槽を併設することが求められている。

3) 最大の発電機

さらに発電機も600 kW 3基合計1,800 kWの発電量であり、これも家畜ふん尿プラントとしては日本一である。

## 9. 消化液貯留槽（スラリーストア）

### （1）貯留容量

バイオガスプラントのスラリーストアは12,300 m<sup>3</sup>しかないので、本格的に原料が入り始めれば、あのストアだけでは貯留容量は足りなくなる。ただ搬入される原料の種類により、消化液発生量は異なるが、大まかに言えば280トン/日処理を行えば、150～200トンの消化液が発生することになる。

### （2）散布を踏まえた必要容量

別海町での消化液散布時期を踏まえると、日量150トンとして150日分、即ち22,500トンと現有の約2倍のスラリーストアがこのプラントには必要になる。別海バイオガス発電株式会社とすれば、ストアを農家から借りるというより、各施用農家のストアに事前に消化液を輸送しておくことを考えており、ストアの借用費は考えていない。

この方式はデンマークなどで一般的に行われているサブストアをあちこちに建設して農家が運搬時間を減らして散布しやすくする方法に似ており、よく考えられた方法と言えよう。

ただ12月末(2015年)現在で約13,000 m<sup>3</sup>は農家へ既に販売済みであるが、今後のスラリーストア必要容量については不足となる。このように消化液の評判はよく販売できているが、冬季間の貯留量には不足が心配されている。

### （3）冬季間の容量不足対策

そのため上記の問題を解決するために、多くの貯留施設を確保する必要があり、バイオガス会社としては隣接地にシート

ラグーン(5,000 m<sup>3</sup>超)も整備し、更に農家には空いているストアがあれば、消化液を会社が運搬経費を負担し、農家には1円で消化液を購入してもらって、これを春以降農家自身で農地散布し利用してもらうことを検討している。すでに8戸(約3,800 m<sup>3</sup>)の農家に協力してもらうことになっており、今後の消化液利用を促進していきたいとしている。

## 10. ふん尿価格、消化液価格・再生敷料の価格

ふん尿(スラリー・堆肥)の農家販売額、消化液(液肥)の農家購入額、再生敷料の農家購入額は表6に示す通りである。

表6 ふん尿・消化液・再生敷料の  
販売額・購入額

|         |                     |
|---------|---------------------|
| ふん尿販売額  | 200円/トン             |
| 消化液購入額  | 100円/トン             |
| 再生敷料購入額 | 200円/m <sup>3</sup> |

しかし原料のふん尿の運搬額、消化液及び再生敷料の運搬は農家自身で運搬する場合もあれば、各農家が産廃業者あるいは運搬業者と契約し運搬することもあるため、一律ではない。

### 11. 酪農家の費用負担想定

会社としては、農家の成牛1頭あたりの年間費用として、支出ではふん尿販売、運搬費用として20.8トンと消化液購入、運搬費用8.4トン合わせて年間金額で18,360円/頭の支出、削減額(収入となる)

としては、労務費、肥料の低減と再生敷料の利用を合わせて年間20,720円/頭と想定している。したがって酪農家にはこの差額2,360円/年・頭の利益がでるものと見込んでいる。これは堆肥搬入農家であり、スラリー搬入農家は2,390円/年・頭の利益と見込んでいる。

筆者には、100頭で20万円の利益が大きいかわ小さいかわ判断できないが、農家としてはほとんどふん尿処理の労働がなくなるのであろうから、それらを含んだ利益は大きいのではないかと考える。

## 1.2. バイオガス事業の利点

メタン発酵の効果はいくつもある。ただ最近のバイオガスプラント建設の目的が、売電が第一になっているのは多少寂しい気がする。本来メタン発酵はふん尿処理が目的である。これを二の次に考えたバイオガスプラントは間違いとは言えないが、常にふん尿処理を第一に考えて欲しい。

### (1) 地域環境の向上

一番は悪臭抑制であろう、農地、農家周辺の環境保全、特に別海では河川へのふん尿流入防止が大きな効果になろう。

### (2) 温室効果ガスの削減

筆者らは、通常の堆肥化、スラリー処理(曝気なし)とバイオガスプラントによってどれくらい温室効果ガスの発生量に差があるものか、5研究機関で3年間実験調査した結果、100頭の成牛100頭から1年に発生する温室効果ガスは二酸化炭素に換算して堆肥化処理273.0トン、スラリー処理123.2トン、バイオガス処理30.7トンという結果であった。バイオ

ガス処理は堆肥の1/9の発生量である。これは非常に大きい効果である。

### (3) 消化液の効果

化学肥料の削減効果ばかりでなく、ふん尿に含まれる雑草の種子が特に高温発酵では、ほとんど活性を失うのでこれは大きい。またこのプラントは70℃の殺菌槽を設置しているので病原菌はほとんど死滅しているものと考えられ非常に衛生的になっている。

### (4) エネルギー生産

バイオガスプラントの特徴はエネルギーを生産することである。この収入によって農家の労働が軽減され、収入も若干増えるのは望ましいことである。

### (5) 留意点

ただ筆者が心配するのは、消化液の施用だけでは、特に再生敷料用に固形分を除いた消化液には有機物量が非常に少なくなる。近年酪農家は草地更新をあまりやっておらず、農地には有機物とカルシウムが不足している。これがさらに助長される恐れがある。

さらに消化液にはカリ濃度が高いため、牧草のマグネシウム吸収量が少なくなり、問題も生じている。土壌診断を少なくとも5年に1回は行って消化液のみの施用で問題ないか十分に注意する必要がある。

## 1.3. おわりに

北海道別海町に日本一の家畜ふん尿用のバイオガスプラントが建設された(図3、4)。別海町は酪農と漁業が二大産業であるので、酪農による河川汚染は海洋汚染につながり、漁業に大きな被害を及

ぼすこともあった。

そのようなことがあって2014(平成26)年に日本で初めて別海町畜産環境に関する条例が施行された。これはEUでは既に実施されている条例であるが、日本では画期的な法律である。この条例制定作業とは別であるが、ふん尿の流出事故もあたりして、バイオガスプラントを建設して環境汚染をなくそうという機運が町に高まった。これは民間会社からの強い勧めもあったからである。

ただ別海町はこのプラント以前に4か所にバイオガスプラントを建設した経験があり、プラント建設には非常に乗り気であったと思われる。

別海町は、家畜ふん尿の環境汚染、漁協への河川・海洋汚染による被害を経て、畜産環境条例が施行され、同時に日本一大型のバイオガスプラントが建設されたわけである。

プラントは2016(平成27)年7月に稼働し始めたばかりであるから、まだ本格稼働には入っていないが、順調に運転して農家が喜ぶようなプラントになって欲しいと願わずにはいられない。またこの大型プラント事業が成功すれば、あとに続く町村も出てくるであろう。今までの個別プラントと鹿追町、別海町の大型プラントの双方が順調な経営が続くことを祈っている。

別海バイオガス発電株式会社 施設フロー

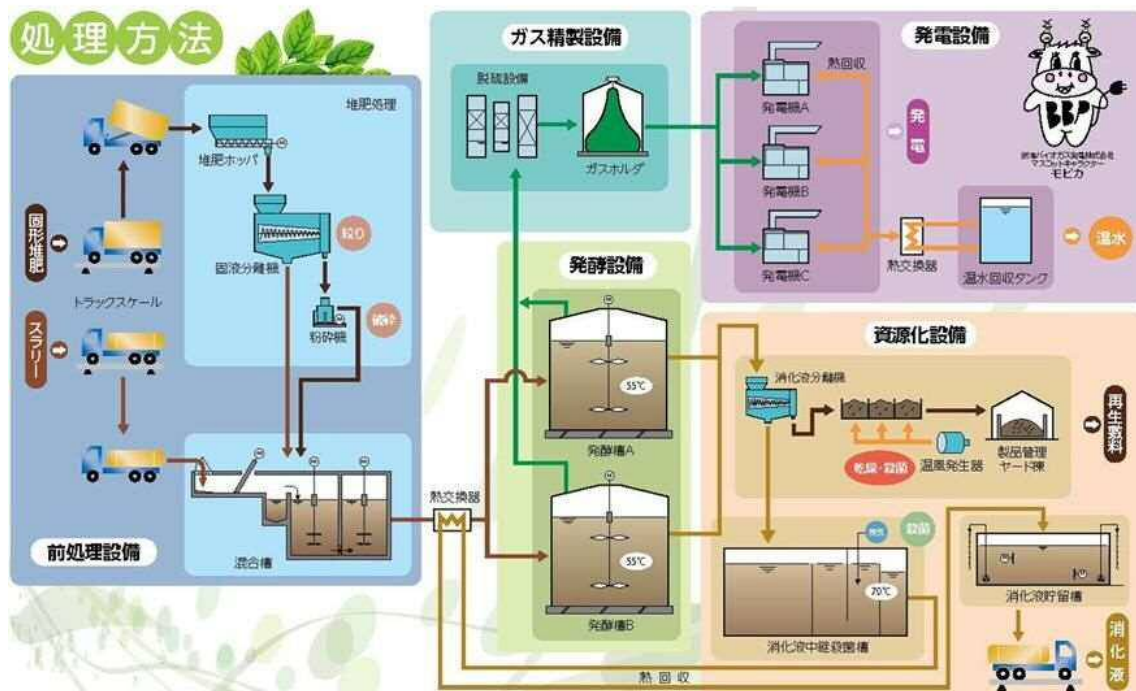


図3 バイオガスプラント処理方法



図4 別海バイオガス発電株式会社空中写真



# 家畜ふん堆肥を活用する牧草生産による温室効果ガス削減

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
畜産草地研究所 草地管理研究領域

森 昭憲

## 1. はじめに

1880 から 2012 年の間に気温は 0.85℃ 上昇したことが確認され、温室効果ガス (GHG) 排出抑制に関する追加的努力を行わない場合、21 世紀末に 1986 から 2005 年の平均より 2.6 から 4.8℃ 気温が上昇し、食料生産、自然生態系、健康などに悪影響が及ぶことが懸念されている<sup>4)</sup>。

人為起源の GHG 排出量 (2010 年) の内訳は、化石燃料燃焼などを起源とする二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) が 65%、森林伐採などの土地利用変化を起源とする

CO<sub>2</sub> が 11%、メタン (CH<sub>4</sub>) が 16%、一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) が 6.2%、フッ素ガスが 2.0% と推定されている<sup>4)</sup>。

このうち、森林伐採などの土地利用変化を起源とする CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> と N<sub>2</sub>O の排出量の一部は、主に農畜産業に由来すると考えることができる。本稿は、採草地で堆肥を最大限に利用し適切な減肥を組合せることで牧草生産と GHG 削減の両立が可能であり、物質循環に立脚した草地管理が温暖化緩和の観点から見ても重要であることを指摘する。

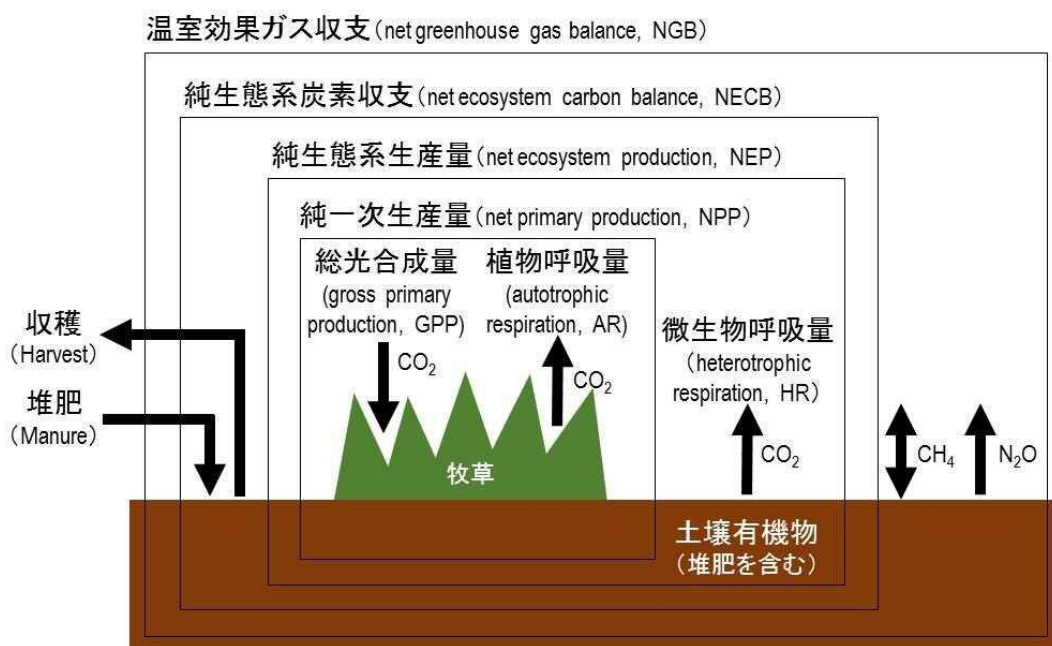


図 1 草地生態系の温室効果ガス収支の構成要素

## 2. 牧草生産と GHG の関わり

### (1) 炭素の収支

牧草は、光合成と呼吸により大気と CO<sub>2</sub> 交換を行う。また、地上部の生長量の一部は収穫される。牧草の生長は草地生態系への炭素流入、収穫は草地生態系からの炭素流出と見なされる (図 1)。

牧草生産では、堆肥や化学肥料が利用される。施用堆肥と土壤有機物の一部は、土壤微生物に分解され大気中に CO<sub>2</sub> として放出される。堆肥施用は草地生態系への炭素流入、堆肥と土壤有機物の分解は草地生態系からの炭素流出と見なされる (図 1)。

### (2) CH<sub>4</sub> の収支

酸化的な土壌は、CH<sub>4</sub> を CO<sub>2</sub> に酸化する。このため、草地生態系からの CH<sub>4</sub> 発生量は負値となり、大気中の CH<sub>4</sub> が地表面に吸収されるように見える場合が多い (図 1)。CH<sub>4</sub> 吸収は、土壤微生物の働きによる。

### (3) N<sub>2</sub>O の収支

施用堆肥と土壤有機物の分解に伴う窒素無機化や窒素施肥で土壌中の無機態窒素濃度が高まると、N<sub>2</sub>O が発生する (図 1)。N<sub>2</sub>O は、土壤微生物の働きにより無機態窒素が形態変化 (硝化と脱窒) する過程で生成する。

### (4) GHG の収支

このため、牧草生産と GHG の関係を調べる際には、草地生態系と大気間の GHG (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) 交換、収穫による炭素流出、堆肥施用による炭素流入の測定が必要となる (図 1)。

## 3. 日本の草地における GHG 観測

### (1) 調査地点

2004 年から道総研・根釧農業試験場 (北海道標津郡中標津町)、北大・静内研究牧場 (北海道日高郡新ひだか町)、農研機構・畜産草地研究所 (栃木県那須塩原市)、家畜改良センター・宮崎牧場 (宮崎県小林市) などの採草地で、GHG 交換のモニタリング研究が実施された<sup>11)</sup>。

### (2) 化学肥料・堆肥施用区の管理

上記 4 地点には、化学肥料のみを施用する化学肥料区 (F 区)、牛ふん堆肥と化学肥料を併用する堆肥化肥区 (MF 区) が設置され、採草地の GHG 収支 (net greenhouse gas balance, NGB, 図 1) に及ぼす堆肥施用の影響が調査された。F 区では地域の施肥標準に則した施肥が毎年繰り返され、MF 区では堆肥からのカリウム供給量を基礎に堆肥を上限値まで施用した上で、堆肥の連用年数を考慮し窒素減肥がなされた (図 2、3)。GHG 交換量は、以下に述べるように、統一された調査法で通年測定され、牧草収量と堆肥施用量が併せて調査された。

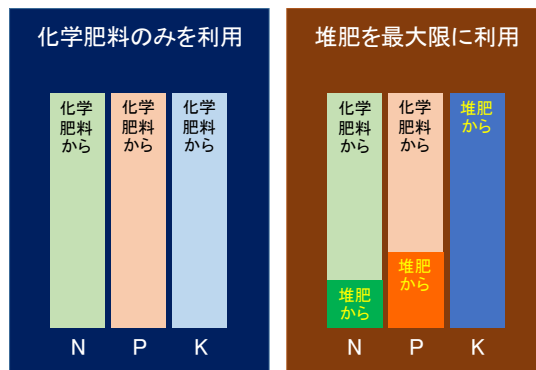


図 2 堆肥施用量の上限値の決め方

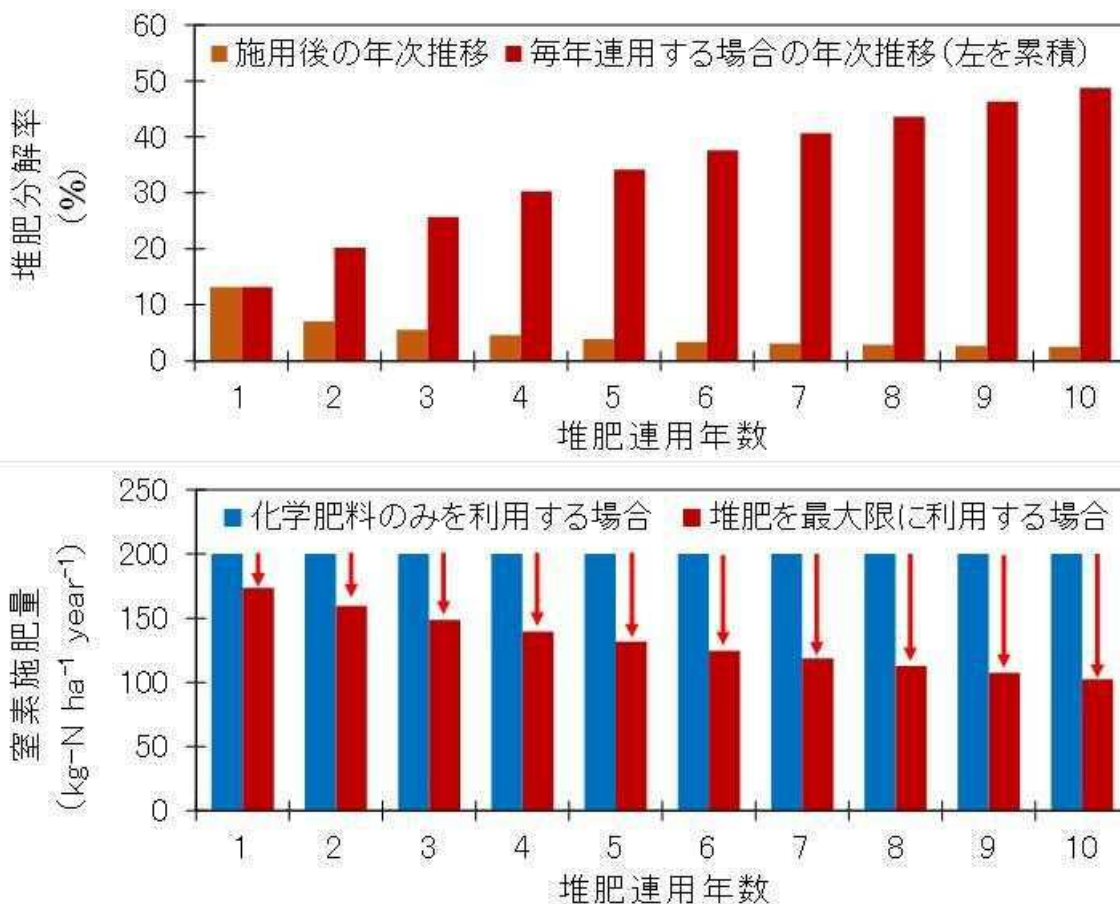


図3 堆肥連用時の堆肥分解率と窒素施肥量の計算例(文献12から作成)

#### 4. 採草地における GHG 調査法

##### (1) CO<sub>2</sub> のフラックス

牧草による光合成と呼吸、堆肥と土壌有機物の分解を全て含めた草地生態系の正味の CO<sub>2</sub> 収支(純生態系生産量, net ecosystem production, NEP, 図1)を直接測定する方法として渦相関法が用いられる。本法は、地表面から約 2 m の高さに設置した超音波風向風速温度計と赤外線分析計を組合せ、草地生態系における CO<sub>2</sub> の鉛直輸送量(フラックス)を測定する<sup>11)</sup>。

##### (2) CH<sub>4</sub> と N<sub>2</sub>O のフラックス

土壌微生物の働きによる CH<sub>4</sub> と N<sub>2</sub>O

のガス交換には、牧草が直接関与しないため、地表面に設置したチャンバー(直径約 40cm、高さ約 30cm)内の CH<sub>4</sub> と N<sub>2</sub>O の濃度変化を基礎に、CH<sub>4</sub> と N<sub>2</sub>O のフラックスを測定する<sup>11)</sup>。

#### 5. 採草地の炭素収支

##### (1) 純一次生産量と微生物呼吸量

牧草の総光合成量と牧草の呼吸量の差が牧草の生長量であり、「純一次生産量(net primary production, NPP, 図1)」と呼ばれる。施用された堆肥と土壌有機物の一部が土壌微生物の分解を受けた結果、大気中に放出される CO<sub>2</sub> 量は、

「微生物呼吸量 (heterotrophic respiration, HR, 図1)」と呼ばれる。

(2) 採草地の炭素収支の見積もり

採草地の「純生態系炭素収支 (net ecosystem carbon balance, NECB, 図1)」は、主に NPP、HR と収穫による炭素流出 (Harvest)、堆肥施用による炭素流入 (Manure) で構成され、以下のように求めることができる<sup>17)</sup>。

$$NECB = NPP - HR - Harvest + Manure$$

4の調査法の冒頭で述べたように、

$$NEP = NPP - HR$$

(図1)であるから、

$$NECB = NEP - Harvest + Manure$$

と変形できる。既述のように NEP は渦相関法で測定される草地生態系の正味の CO<sub>2</sub> 収支、Harvest は収穫された牧草中の炭素量、Manure は施用された堆肥中の炭素量で、いずれも直接測定で求

めることができる。

(3) 堆肥施用の効果

既述の4地点の NEP は、MF 区が F 区より小さく、堆肥分解による CO<sub>2</sub> 発生の影響と考えられた<sup>1)</sup>(図4)。F 区では、

$$NEP < Harvest$$

で、草地生態系の正味の CO<sub>2</sub> 収支以上の炭素が収穫により草地生態系から持ち出された結果、NECB は負値となり草地生態系の炭素が消耗した<sup>1)</sup>(図4、5)。

一方、MF 区では、

$$NEP + Manure > Harvest$$

で、堆肥施用により草地生態系に炭素が持ち込まれた結果、NECB は正値となり草地生態系に炭素が蓄積した<sup>1)</sup>(図4、5)。

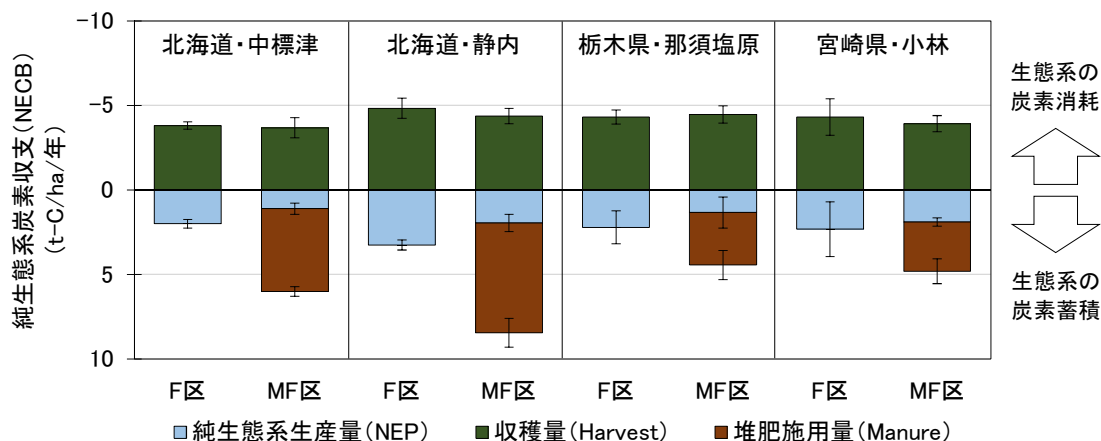


図4 草地生態系の炭素収支に及ぼす堆肥施用の影響 (文献1から作成)

以上は、堆肥連用を始めてから3年間の結果の平均であるが、堆肥施用により国内の採草地の炭素量が維持されていることが確認された。

堆肥の連用開始から3年間の堆肥分

解率は、3年間に施用された堆肥の25% ± 37%で、主に未分解堆肥(残り約75%)が採草地のNECBの増加に寄与したと推定された<sup>15, 16)</sup>。なお、堆肥はスラリーよりNECBを改善する効

果が大きいことが確認されている<sup>9)</sup>。

## 6. 採草地から発生する CH<sub>4</sub> と N<sub>2</sub>O

### (1) CH<sub>4</sub> の発生量

既述の4地点におけるCH<sub>4</sub>発生量は、負値となる場合が多く、堆肥施用の有無による処理間差は認められなかった<sup>14)</sup>。同様の結果は、採草地で多数報告されている<sup>6,8)</sup>。

また、静内では降雨後に土壤水分が高まると比較的大きなCH<sub>4</sub>放出が認められ、CH<sub>4</sub>発生量が正值となる場合が多かった<sup>14)</sup>。

### (2) N<sub>2</sub>O の発生量

N<sub>2</sub>O発生量は、土壤が高温多湿となる条件で窒素を施肥すると増加する。このため、1年間に複数回の施肥を繰り返す採草地からのN<sub>2</sub>O発生量は、明確な季節変化を伴う<sup>5,7)</sup>。既述の4地点においてもN<sub>2</sub>O発生量は、冷涼地より温暖地で多かった<sup>1)</sup>(図5)。

一方、処理間差に注目すると、N<sub>2</sub>O発生量は、堆肥連用を始めてから最初の3年間、F区よりMF区で多かった<sup>1)</sup>(図5)。しかし、堆肥連用を継続すると、小林を除き、堆肥施用の有無による処理間差は認められなくなった<sup>14)</sup>。

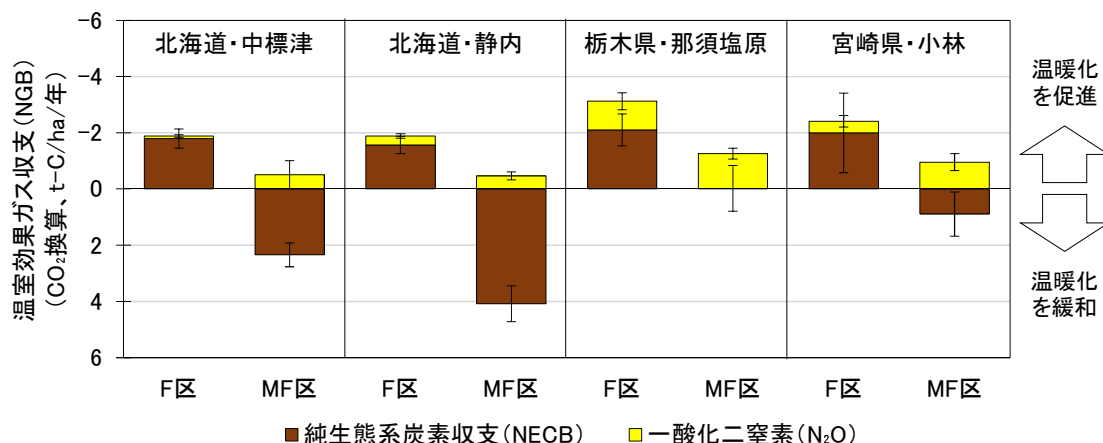


図5 草地生態系の温室効果ガス収支に及ぼす堆肥施用の影響(文献1から作成)

### (3) 堆肥連用の効果

堆肥連用年数が増加すると、堆肥からの無機態窒素の供給量が増加するため、窒素施肥量は毎年少しずつ減らすことができる(図3)。堆肥連用年数が増えると化学肥料の施肥直後に、MF区の土壤中の無機態窒素濃度の上昇がF区の場合より抑制された結果、経年的にN<sub>2</sub>O発生量が少なくなったと推察

される<sup>7)</sup>(図6)。

以上から、採草地のCH<sub>4</sub>吸収量は堆肥連用の影響をほとんど受けないこと、N<sub>2</sub>O発生量は堆肥連用の影響を受けるが、適切な減肥を組合せることで化学肥料のみの場合と比べN<sub>2</sub>O発生量を増やさずに牧草生産を維持できる場合の多いことが確認された<sup>14)</sup>。

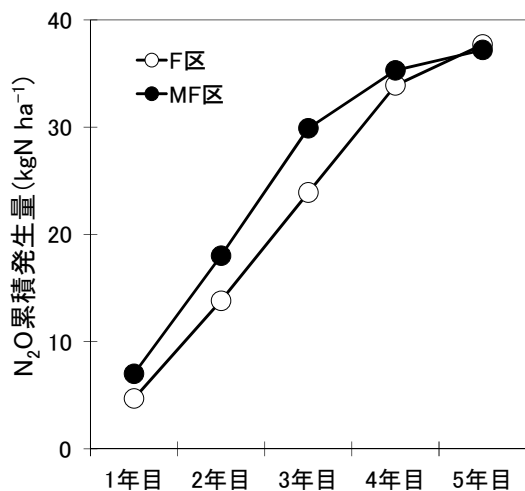


図6 那須塩原の採草地における一酸化二窒素の累積発生量(文献7から作成)

## 7. 採草地の NGB

CH<sub>4</sub> 1 kg は CO<sub>2</sub> 25 kg、N<sub>2</sub>O 1 kg は CO<sub>2</sub> 298 kg、炭素(C) 12 kg は CO<sub>2</sub> 44 kg にそれぞれ相当するため、CH<sub>4</sub> 発生量を 25 倍、N<sub>2</sub>O 発生量を 298 倍、炭素収支は 3.7 倍し加算することで、3 種類の GHG の温暖化影響を CO<sub>2</sub> 相当量として総合評価できる<sup>3)</sup>。

上記を適用すると、NGB は F 区より MF 区で大きく、堆肥施用が温暖化緩和に寄与すること、NECB と比べ CH<sub>4</sub> の温暖化影響は無視できるほど小さいが、N<sub>2</sub>O の温暖化影響は無視し得ないことが確認された<sup>1)</sup>(図5)。

## 8. GHG 削減に寄与する草地管理

堆肥施用量の上限値は、堆肥からの窒素、リン、カリウムの供給量のいずれかが施肥標準に達する量として決まる<sup>2)</sup>。牛ふん堆肥の場合、堆肥からのカリウム供給量で堆肥施用量の上限値

が決まる場合が多い(図2)。堆肥の過剰施用は、牧草品質を低下させ、牛のグラスタニー症や繁殖障害などの原因となるため、堆肥施用量は上限値以下とすることが大切である。

堆肥分解に伴う窒素無機化は、堆肥の畜種と連用年数を基礎に内田式で推定できる<sup>12)</sup>(図3)。このモデルで堆肥からの無機態窒素の供給量を求め、不足する無機態窒素を化学肥料で補うことが、高品質の牧草を生産する上で基礎となる。土壤中で無機態窒素濃度が高まると、N<sub>2</sub>O 発生量が増加するため、上記の適切な減肥で余剰窒素を抑制することは、N<sub>2</sub>O 発生量を抑制する上でも大切である<sup>8, 10, 13)</sup>。

このような草地管理は、堆肥から供給される養分を有効活用し牧草生産を維持する技術として推奨されてきたが、草地生態系の GHG 削減にも寄与することが確認された(図5)。家畜ふん堆肥を最大限に活用し適切な減肥を組合せることで物質循環に立脚した草地管理を行うことの重要性が改めて指摘される。

## 謝辞

本研究は、日本中央競馬会特別振興資金助成事業「環境に配慮した草地管理に係わる調査事業」(日本草地畜産種子協会, 2004-2006 年度), 同「環境に配慮した草地飼料畑の持続的生産体系調査事業(日本草地畜産種子協会)」(2007-2009 年度)、および農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のた

めの技術開発」(2010-2014年度)の支援を受けて実施した。及川棟雄(元日本草地畜産種子協会)、三田村強(元日本草地畜産種子協会)、宮田明(農業環境技術研究所)、松浦庄司(農研機構・畜産草地研究所)、清水真理子(土木研究所・寒地土木研究所)、有田敬俊(道総研・上川農試天北支場)、新美光弘(宮崎大学)、寶示戸雅之(北里大学)、波多野隆介(北海道大学)、築城幹典(岩手大学)の各氏をはじめ、これらの研究の共同研究者に感謝申し上げる。

#### 引用文献(著者名のアルファベット順)

- 1) Hirata, R., Miyata, A., Mano, M., Shimizu, M., Arita, T., Kouda, Y., Matsuura, S., Niimi, M., Mori, A., Saigusa, T., Hojito, M., Kawamura, O. and Hatano, R. (2013) Carbon dioxide exchange at four intensively managed grassland sites across different climate zones of Japan and the influence of manure application on ecosystem carbon and greenhouse gas budgets. (日本の異なる気候帯に分布する4地点の集約管理草地におけるCO<sub>2</sub>の交換と堆肥施用が生態系の炭素収支と温室効果ガス収支に及ぼす影響) *Agricultural and Forest Meteorology*, **177**, 57-68.
- 2) 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(2004) 家畜ふん尿処理・利用の手引き2004, 北海道立畜産試験場, 1-93.
- 3) Intergovernmental Panel on Climate Change (気候変動に関する政府間パネル IPCC) 2007. Climate Change (気候変動)(2007) Synthesis Report. IPCC.
- 4) 環境省(2015) IPCC第5次評価報告書の概要-統合報告書-, 環境省. [http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5\\_syr\\_overview\\_presentation.pdf](http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5_syr_overview_presentation.pdf)
- 5) Mori, A., Hojito, M., Shimizu, M., Matsuura, S., Miyaji, T. and Hatano, R. (2008) N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> fluxes from a volcanic grassland soil in Nasu, Japan: comparison between manure plus fertilizer plot and fertilizer-only plot. (那須における火山性の草地土壌から発生するN<sub>2</sub>OとCH<sub>4</sub>のフラックス: 堆肥と肥料を組合せて管理した処理区と肥料のみで管理した処理区の比較) *Soil Science and Plant Nutrition*, **54**, 606-617.
- 6) Mori, A. and Hojito, M. (2011) Nitrous oxide and methane emissions from grassland treated with bark- or sawdust-containing manure at different rates. (バークまたはオガクズを含む堆肥の施用量が異なる草地からのN<sub>2</sub>OとCH<sub>4</sub>の発生量) *Soil Science and Plant Nutrition*, **57**, 138-149.
- 7) Mori, A. and Hojito, M. (2012) Effect of combined application of manure and fertilizer on N<sub>2</sub>O fluxes from a grassland soil in Nasu, Japan (堆肥と肥料を組合せた施肥管理が那須の草地におけるN<sub>2</sub>Oのフラックスに及ぼす影響) *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **160**, 40-50.
- 8) Mori, A. and Hojito, M. (2015a) Effect

- of dairy manure type and supplemental synthetic fertilizer on methane and nitrous oxide emissions from a grassland in Nasu, Japan. (乳牛由来の種類が異なるふん尿処理物と合成肥料を組合せた施肥管理が那須の草地におけるCH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>Oの発生に及ぼす影響) *Soil Science and Plant Nutrition*, **61**, 347–358.
- 9) Mori, A. and Hojito M. (2015b) Effect of dairy manure type on the carbon balance of mowed grassland in Nasu, Japan: comparison between manure slurry plus synthetic fertilizer plots and farmyard manure plus synthetic fertilizer plots. (乳牛由来のふん尿処理物の種類の違いが那須の採草地における炭素収支に及ぼす影響: スラリー及び合成肥料を施用した処理区と堆肥及び合成肥料を施用した処理区の比較) *Soil Science and Plant Nutrition*, **61**, 736–746.
- 10) Mu Z., Huang A., Kimura S.D., Jin T., Wei S. and Hatano R. (2009) Linking N<sub>2</sub>O emission to soil mineral N as estimated by CO<sub>2</sub> emission and soil C/N ratio. (土壌からのCO<sub>2</sub>発生量と土壌のC/N比から推定した土壌中の無機態窒素の供給量とN<sub>2</sub>O発生量を関連付ける) *Soil Biology and Biochemistry*, **41**, 2593–2597.
- 11) 日本草地畜産種子協会 (2010) 自給粗飼料生産による温室効果ガス削減—環境に配慮した草地飼料畑の持続的生産体系調査事業(普及版)—, 日本草地畜産種子協会.
- <http://souchi.lin.gr.jp/skill/pdf/jikyuuuso-shiryu.pdf>
- 12) 志賀一一・大山信雄・前田乾一・鈴木正昭 (1985) 各種有機物の水田土壌中における分解過程と分解特性に基づく評価, 農業研究センター研究報告, **5**, 1–19.
- 13) Shimizu, M., Marutani, S., Desyatkin, A.R., Jin, T., Nakano, K., Hata, H. and Hatano, R. (2010) Nitrous oxide emissions and nitrogen cycling in managed grassland in Southern Hokkaido, Japan. (北海道南部の管理された草地におけるN<sub>2</sub>Oの発生量と窒素循環) *Soil Science and Plant Nutrition*, **56**, 676–688.
- 14) Shimizu, M., Hatano, R., Arita, T., Kouda, Y., Mori, A., Matsuura, S., Niimi, M., Jin, T., Desyatkin, A.R., Kawamura, O., Hojito, M. and Miyata, A. (2013) The effect of fertilizer and manure application on CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from managed grasslands in Japan. (肥料と堆肥の併用が日本の管理された草地におけるCH<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>Oの発生量に及ぼす影響) *Soil Science and Plant Nutrition*, **59**, 69–86.
- 15) Shimizu, M., Hatano, R., Arita, T., Kouda, Y., Mori, A., Matsuura, S., Niimi, M., Mano, M., Hirata, R., Jin, T., Limin, A., Saigusa, T., Kawamura, O., Hojito, M. and Miyata, A. (2014a) Farmyard manure application mitigates greenhouse gas emissions from managed grasslands in Japan. (堆肥施



- 用は日本の管理された草地における温室効果ガス発生を緩和する) pp. 115–132. *In Sustainable Agroecosystems in Climate Change Mitigation* (Ed. Oelbermann M.), Wageningen Academic Publishers.
- 16) Shimizu, M., Hatano, R., Arita, T., Kouda, Y., Mori, A., Matsuura, S., Niimi, M., Mano, M., Hirata, R., Jin, T., Limin, A., Saigusa, T., Kawamura, O., Hojito, M. and Miyata, A. (2014b) Mitigation effect of farmyard manure application on greenhouse gas emissions from managed grasslands in Japan. (日本の管理された草地における堆肥施用による温室効果ガス抑制効果) pp. 313–325, *In Soil Carbon* (Eds. Hartemink A.E., McSweeney K.), Springer International Publishing.
- 17) Shimizu, M., Marutani, S., Desyatkin, A.R., Jin, T., Hata, H. and Hatano, R. (2009) The effect of manure application on carbon dynamics and budgets in a managed grassland of Southern Hokkaido, Japan. (北海道南部の管理された草地における堆肥施用が炭素の動態と収支に及ぼす影響) *Agriculture Ecosystems and Environment*, **130**, 31–40.

## 記号・略号一覧(アルファベット順)

〔編集担当作成〕

| 記号・略語            | 和文名・意味         | 掲載ページ・図                        |
|------------------|----------------|--------------------------------|
| CH <sub>4</sub>  | メタン            | p.15, 16, 17, 19, 20, 図1       |
| CO <sub>2</sub>  | 二酸化炭素(炭酸ガス)    | p.15, 16, 17, 18, 20, 図1       |
| F区               | 化学肥料区          | p.16, 18, 19, 図4, 5, 6         |
| GHG              | 温室効果ガス         | p.15, 17, 20                   |
| Harvest          | 収穫による炭素流出      | p.18, 図1, 4                    |
| HR               | 微生物呼吸量         | p.18, 図1                       |
| Manure           | 堆肥による炭素流入      | p.18, 図1, 4                    |
| MF区              | 牛ふん堆肥と化学肥料の併用区 | p.16, 18, 19, 図6               |
| NECB             | 純生態系炭素収支       | p.18, 20, 図1, 4, 5             |
| NEP              | 純生態系生産量        | p.17, 18, 図1, 4                |
| NGB              | 温室効果ガス収支       | p.16, 20, 図1, 5                |
| N <sub>2</sub> O | 一酸化二窒素(亜酸化窒素)  | p.15, 16, 17, 19, 20, 図1, 5, 6 |
| NPP              | 純一次生産量         | p.17, 18, 図1                   |

## 畜種混合堆肥の肥効特性と流通利用—すずらん堆肥の実例

元 岡山県農林水産総合センター 農業研究所

石橋 英二

### はじめに

#### 堆肥は総合的養分供給材

作物は窒素、リン酸、加里、石灰、苦土等の多量元素とホウ素、マンガンなどの微量元素が適度に供給されなければ健全に生育しない。堆肥等の有機質資材は成分含有率に偏りがあるものの、作物が要求する必須元素をすべて含んでいるため、総合的な養分供給材として価値がある。

同時に、土壌中の有機物を増やし、地力窒素の発現量を大きくする効果も高く、さらに土壌の団粒化を促進するなど、堆肥の施用は、水田、畑を問わず、土づくりの基本とされてきた。

#### 堆肥の養分バランスに注意

このため、堆肥はたくさん施用すれば、施用するほど土が良くなると考えられてきており、とりわけ牛ふん堆肥は、相対的に窒素の肥効が小さいことから、窒素過剰による障害が起こりにくいため、多量に施用されることが多かった。その結果として、堆肥施用量が多い圃場では養分のアンバランスが顕著になり(図1)、それに起因する生育障害等の発生も各地の有機栽培圃場等で顕在化してきた<sup>1)</sup>。

これは、堆肥施用に伴う各種成分投入量と作物の養分要求量が異なることによる。それ故、堆肥はそれぞれの堆肥の肥

効特性が明らかにされたうえで適切に施用されなければならない。

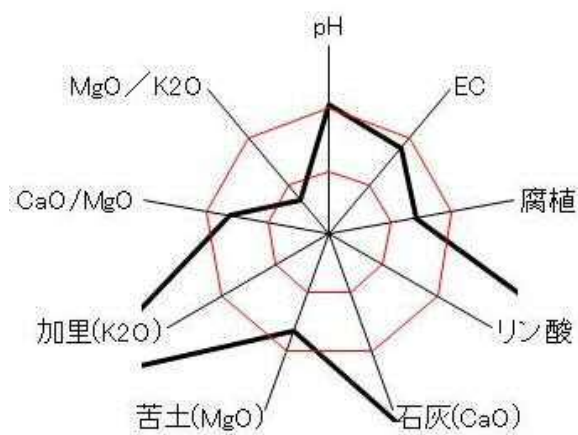


図1 堆肥の過剰施用畑圃場の土壌実態調査 (n=66)

注：改良目標値下限(内側の円)を100、上限(外側の円)を200としたときの相対値で作図

#### 各畜種堆肥の成分と肥効

ところで、堆肥中成分の中で作物が最も敏感に反応するのは窒素である。一般的に、鶏ふんは、牛ふんや豚ふん堆肥と比較して、堆肥の中では窒素含有率が高く、その上肥効が早いのにに対して、牛ふん堆肥は窒素含有率が低い上にその肥効も遅い。中には施用当年のみならず数年間は窒素の取り込みが優占する牛ふん堆肥もみられる。豚ふん堆肥はそれらの中間であるが、比較的鶏ふんに近い性質を

持っている。

そこで、堆肥を有効活用するためには、速効的で肥効が高い鶏ふん堆肥等と肥効がゆっくりで土壌の物理性の改良効果の高い牛ふん堆肥を、同時に適切な量を組み合わせることで施用することが効果的である。さらに、作物が要求する養分を堆肥だけから供給しようとするのではなく、堆肥中に含まれる窒素やその他のすべての有効成分の投入量を考慮して、化学肥料の施用量を調整していくことが重要である。そのことにより、土壌の化学性を悪化させることなく、土壌の物理性を改善でき、健全な土づくりができるようになる。

#### 畜種混合堆肥

その意味で、堆肥製造中に牛ふんと鶏ふんなどの性質の異なる複数の畜種ふんを混合して製造した堆肥は、養分の偏りが是正されているため、非常にユーティリティの高い堆肥となる。岡山県内でも多くの堆肥が生産されているが、牛ふんと他の畜種を混合した堆肥は少なく、とりわけ牛ふん、鶏ふん及び豚ふんを配合した堆肥は稀である。

本稿で紹介する3畜種のふんを混合して生産した畜種混合堆肥である「すずらん堆肥」(図2)は、岡山県良質堆きゅう肥共励会で優秀賞を受賞するなど、その品質は高く評価されている。本稿では、畜種混合堆肥を生産するに至った経緯、畜種混合堆肥の肥効的な特徴、流通実態について紹介する。



図2 すずらん堆肥

### 1. 堆肥生産地域の概要

畜種混合堆肥を生産している哲多町堆肥センターは、高梁川の上流域の新見市にある。新見市は北は鳥取県、西は広島県に接している(図3)。面積は793 km<sup>2</sup>で、岡山県全体の約1割を占める。当地域は中国山地に属する森林86%、耕地4%の典型的な中山間地域である。

当地域の主要産業は農業で、江戸時代には全国から優良牛を求めて購買者が集まるほど和牛繁殖が産業として栄えていた。現在でも和牛生産が盛んで、特産「千屋牛」は高い評価を得ている。



図3 すずらん堆肥の生産場所

## 2. 哲多町堆肥センターの設立

哲多町堆肥センターは、旧哲多町（現在は新見市）の中にあり、畜産業の中では肉用牛の繁殖、肥育が最も多く、ブロイラー、産卵鶏などの養鶏と養豚農家が混在している地域にある。かつては、これらの畜産農家と耕種農家は有機的に結合していたが、畜産業の規模拡大に伴い、畜産廃棄物の適切な処理ができず、環境汚染が問題となっていた。

その対策として、平成4～9年度にかけて、環境保全型畜産確立対策事業により旧哲多町が事業主体となり、事業費6億1千7百万円で、発酵処理施設、袋詰施設、堆肥散布機などが整備された。平成10年4月から旧哲多町の堆肥供給センターとして稼働し、現在、施設の管理はもとより堆肥の販売・散布まで新見市から指定を受けた(有)哲多町堆肥センターが運営している。当センターは、出資5農場（肉用牛2、養鶏、ブロイラー、養豚）と近隣の2農場の協力を得て、正社員1名で堆肥製造事業を開始した<sup>2)</sup>。

当地域では、和牛生産だけでなく、養

鶏や養豚も行われており（表1）、堆肥原

表1 畜産の現状

| 区分    | 頭数     | 戸数   |     |
|-------|--------|------|-----|
| 肉用牛   | 繁殖     | 430頭 | 71戸 |
|       | 肥育     | 870頭 | 3戸  |
| ブロイラー | 20万羽   | 2戸   |     |
| 採卵鶏   | 18万羽   | 2戸   |     |
| 養豚    | 3,500頭 | 2戸   |     |

料として、牛ふん、鶏ふん及び豚ふんの収集が容易であったことから、畜種別のふんの混合割合を牛ふん6：鶏ふん3：豚ふん1で配合した堆肥<sup>3)</sup>を生産することとなった。

現在は、和牛ふん5農場、鶏ふん3農場、豚ふん2農場から原料ふんを受け入れており「すずらん堆肥」として、商圈は、JA阿新管内にとどまらず、岡山県南部地域にまで広がっている<sup>3)</sup>。

## 3. 堆肥化処理方式

堆肥供給センターの処理方式は、「スクープ式攪拌強制発酵方式」で、そのフローは、図4、5のとおりである。

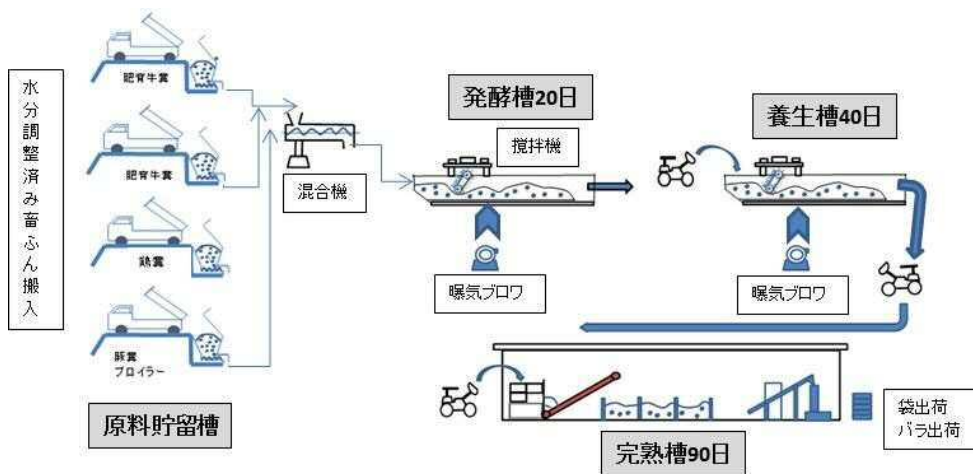


図4 堆肥の受け入れ、製造、出荷のフロー図



図5 畜ふん受け入れホッパーと発酵槽

原料は、公道運搬時の住民に対する配慮と、堆肥センターでの効率的な発酵促進のため、畜産農家が約30日間堆積し水分調整したもの（水分約60～65%）を、畜種毎に指定された貯留槽に投入し、混合し発酵槽へ堆積（約20日間）、養生槽（40日間）、完熟槽（90日間）へと移動させ、畜産農家での水分調整期間を含めて180日を掛けた製品として出荷している。発酵時温度は60℃以上となるようにし、病原菌、害虫卵、雑草種子対策を徹底している。

#### 4. すずらん堆肥の概要

「すずらん堆肥」は、水分調整済みの3畜種（牛ふん、鶏ふん、豚ふん）のふんを、6:3:1の割合でバランス良く配合して生産しており、それぞれの畜種の特徴を生かした速効性と持続性のある堆肥となっていることが最大の特徴である。副資材は、肥育牛舎等で敷料として使われているおが屑が主体であるが、その割合は近年低下傾向にある。それは、牛舎での副資材のコスト負担が大きいことから、コスト削減のために戻し堆肥も利用

することとし、畜産農家の敷料コストの削減を図っているからである。その結果、隣接する和牛哲多牧場の例では、敷料コストを平成21年度の1,351万円から平成25年度には400万円にまで大幅に低減している<sup>3)</sup>。

#### 5. すずらん堆肥の流通

すずらん堆肥の生産量は、年間4,000～4,500tであり、その大半は図6のようなシステムの中で地域で利用されている。その見返りに畜産に欠かせない稲わらを譲り受けるという、地域と連携した互いの生産コストを抑えた循環型農業モデルが確立されている。

一方、すずらん堆肥は肥効に秀でた特徴を持つことから、品質の良さが口コミで拡がり、図7にみられるように北西部の新見市（バラとしての出荷や堆肥散布の出荷が主体）だけでなく、県南部地域（JA全農岡山と、JA岡山及びJA岡山西の合計12か所の支店）でも広く販売（袋製品、17kg）されている。その他、岡山県南部の千両ナス部会なども年間80tをバラで購入している。これら、域外へ

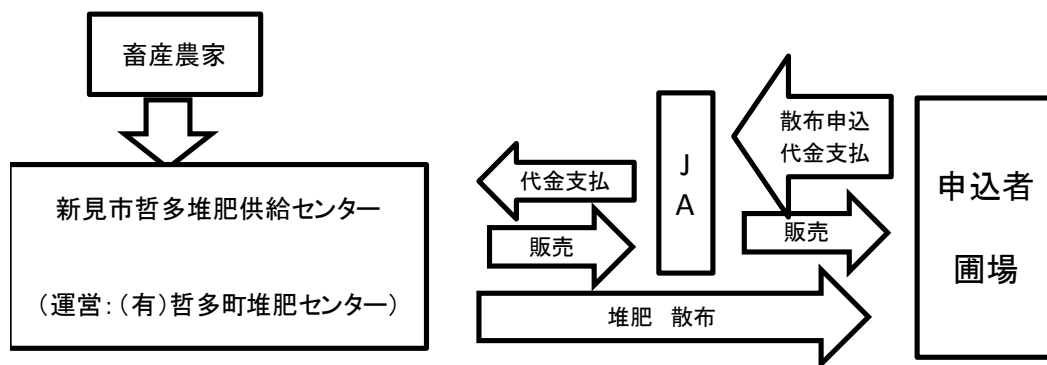


図6 堆肥流通システム

の販売量は年間生産量の7%程度にすぎないが、「足りないぐらい売れる」という評判であり、年々重要が増えている。これらの需要に対応するためにも、哲多町堆肥センターでは年間の生産量の増加に向けた稼働日数の増加等を検討しているところである。

布も請け負っている。

表2 堆肥及び散布価格

| 形態    | センター渡し<br>価格(円) | 市内配達<br>価格(円) | 散布価格<br>(円) |
|-------|-----------------|---------------|-------------|
| 17kg袋 | 250             |               |             |
| 軽トラ1台 | 2,000           |               |             |
| バラ1t  | 3,300           | 3,900         | 5,200       |

注:市外への配達、散布価格は別途算出



図7 岡山県内におけるすずらん堆肥の流通地域

販売価格は表2のとおりであり、市内を中心にマニュアルスプレッダーによる散

## 6. すずらん堆肥の肥効的特徴

### (1) 牛・豚・鶏ふん堆肥の中間的成分

すずらん堆肥は前述したように、牛ふん、鶏ふんおよび豚ふんの3種の畜ふんを混合した堆肥であり、他に類をみない特徴のある堆肥である。図8は、岡山県内の堆肥の成分を畜種別に図示したものである。この図に見られるように、畜種混合堆肥(図中、牛豚鶏)は、当然のことながらほとんどの項目で牛、豚、鶏ふん堆肥の中間的な成分含有率を示している。当然ながら、畜種混合堆肥の全窒素含量は、鶏ふんや豚ふん堆肥より低い。牛ふん堆肥よりも高いことは他の成分となら変わりはない。

(2) 窒素の無機化パターン

しかし、窒素の無機化パターンに特徴がある。鶏ふん堆肥、牛ふんオガクズ堆肥、畜種混合堆肥の窒素無機化パターンを図9示した。鶏ふん堆肥では施肥後速やかに窒素が無機化するが、牛ふんオガクズ堆肥や畜種混合堆肥では、当初は有機化が先行し、その後無機化してくることが分かる。ここで用いた畜種混合堆肥は窒素がよく効くという農家の評判が高い堆肥であるが、堆肥施用後の窒素無機化パターンは後半の窒素無機化量が多くなることを除いては、牛ふんオガクズ堆肥とほとんど同じであった。

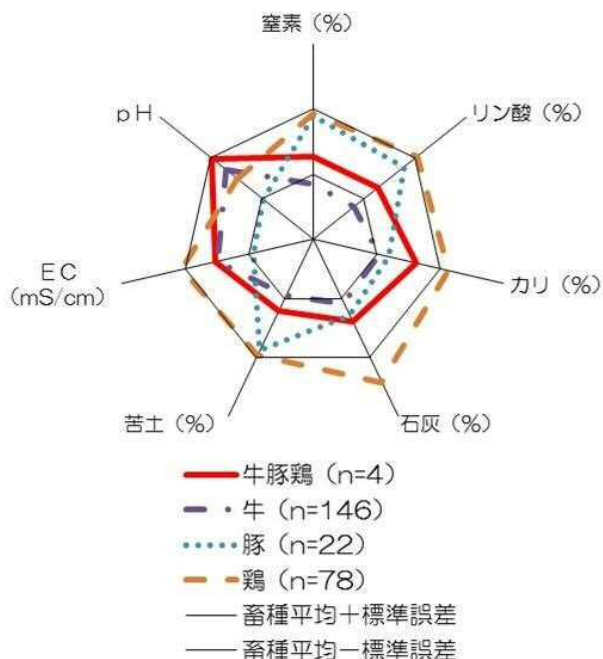


図8 畜種別堆肥の成分量の違い

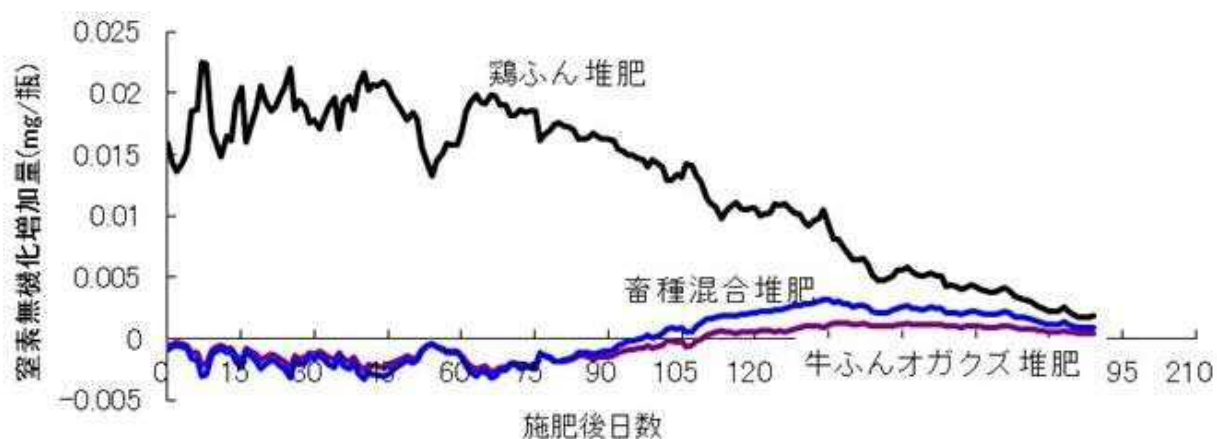


図9 堆肥施用後の毎日の窒素無機化パターン推定値の経日変化 (5月1日施用)

(3) 窒素の無機化量

図9に示したのは、堆肥施用後に新たに無機化してくる窒素の経日変化を示したものであるが、堆肥施用前から堆肥中にすでに無機態窒素となっていた量には大きな差があった。その差を施用後30日

間の窒素無機化率として図10に示した。このように、畜種混合堆肥は、施用初期の窒素無機化量が牛ふんオガクズ堆肥と比べてかなり多いことが分かる。つまり、堆肥の肥効を考えると、堆肥が施用直後から効いてくる無機態窒素の量(図



10に相当)と散布後地温の上昇に伴い徐々に無機化してくる無機態窒素量(図9に相当)を各々判断して総合的に肥効を判定することが重要である。

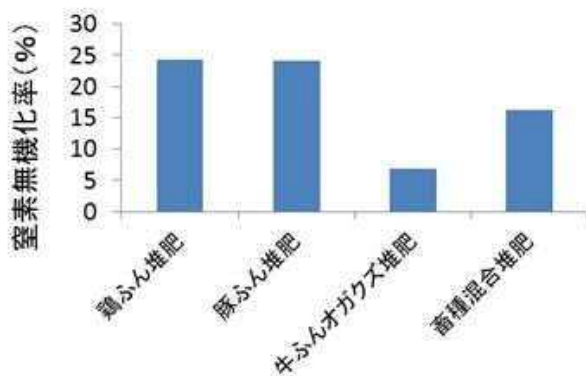


図10 全窒素に対する施用後の30日間に無機化する窒素の割合(%)

#### (4) 総合的特徴

このような図9、10の特徴を総合的に判定すると、畜種混合堆肥は施用後の窒素肥効が高く、また、牛ふんの配合割合が高いため、地力増強的な効果も鶏ふんや豚ふん堆肥よりも大きいということになる。このようなことから、畜種混合堆肥は、農家から高い評価を得ており、地域だけでなく広く県南の農業地帯まで流通しているのである。

#### おわりに

すずらん堆肥は特徴のある堆肥であることを、これまで述べてきたが、このよ

うな特徴を持つがゆえに、最も効果的な施用方法が存在する。牛ふん堆肥を土壌の物理性改善や長期的な地力向上のために使用する場合は、無機態窒素含有率が低く、窒素の取り込みも起こるような木質副資材が多く混入された堆肥を用いると良い。

その場合は、連用効果による地力窒素の増加を考慮しなければならないが、当年施用堆肥の窒素の肥料的効果はあまり考えず、リン酸や塩基類等の投入量を考慮して、化学肥料の施用量を計算する。しかし、すずらん堆肥のような窒素の肥効が期待できる堆肥を用いる場合は、栽培開始の7~14日前ごろに施用し、堆肥中の窒素を含めた有効成分を有効に活用しながら、土壌の物理性改善と化学肥料の低減等を目指すが良い。

#### 参考文献

- 1) 後藤逸男(2010) 圃場と土壌, 42(1): 38-41.
- 2) 阿新農業改良普及センター(1998) 哲多町堆肥供給センター稼働、岡山畜産便り 9月号
- 3) 横溝 功(2014) スピードの経済の追求と社員が一体となった和牛の繁殖・肥育一貫経営、畜産の情報 6月号



参考写真1  
哲多町堆肥センター全景

参考写真2  
すずらん堆肥の袋詰



参考写真3  
すずらん堆肥の散布

## 栃木県における畜産環境対策の現状と取組について

栃木県 農政部 畜産振興課 環境飼料担当  
主査

青沼 伸一

### 1. 栃木県の農業

栃木県は、関東の北部に位置し、県土面積 6,408km<sup>2</sup>。そのうち約 20%が農地(1,250km<sup>2</sup>)です。那珂川や鬼怒川、渡良瀬川等の豊富な水資源に恵まれ、地域の特徴を活かした多様な農業が展開されています。さらに、東京から 60~160km に位置しており、大消費地に近いという恵まれた立地条件を備えています。

平成 25 年の農業産出額は 2,690 億円、全国第 9 位となっています。内訳は米麦が 728 億円、野菜が 810 億円、畜産が 955 億円とバランスのとれた構造となっています。(図 1)。

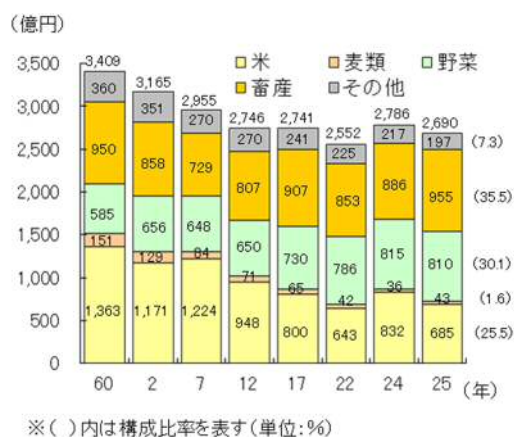


図1 栃木県の主な品目別農業産出額の推移(農林統計)

主な生産物としては、いちご(250 億

円・全国 1 位)、生乳(307 億円・全国 2 位)、米(685 億円・全国 8 位)などがあげられます。また、昭和 43 年産以降収穫量日本一の「いちご」の、10 a 当たりの収量が 4.3 t で、全国平均(2.96 t)を大きく上回っているなど、高い技術力を有しています。

2015 農林業センサスによると、販売額 3,000 万円以上の農家数の割合が全国第 10 位、また、5 ha 以上の販売農家数の割合が全国第 7 位であり、高い技術力をベースに高い経営力を兼ね備えた農業者が増えています。

### 2. 栃木県の畜産

農家戸数は高齢化等により減少しています。飼養頭羽数も減少傾向ですが、規模拡大が進み、1 戸あたりの飼養頭羽数が増加するとともに(表 1)、畜産の産出額も拡大しています(図 2)。

畜産の産出額(平成 25 年)は、乳用牛が 356 億円(37.3%)、肉用牛が 187 億円(19.6%)、豚が 261 億円(27.3%)、鶏が 149 億円(15.6%)、その他が 2 億円(0.2%)となっています(図 2)。

生乳生産量は全国第 2 位、本州では第 1 位、豚の農業算出額は全国 8 位、肉用牛は全国第 8 位と全国有数の畜産県となっています。

表1 栃木県の家畜飼養戸数・頭羽数の推移

| 畜種<br>区分 | 乳用牛    |           | 肉用牛    |           | 豚     |           | 鶏 ※   |                 |       |                 |
|----------|--------|-----------|--------|-----------|-------|-----------|-------|-----------------|-------|-----------------|
|          |        |           |        |           |       |           | 採卵鶏   |                 | ブロイラー |                 |
|          | 飼養戸数   | 飼養頭数      | 飼養戸数   | 飼養頭数      | 飼養戸数  | 飼養頭数      | 飼養戸数  | 飼養羽数<br>(×1000) | 飼養戸数  | 飼養羽数<br>(×1000) |
| 年次       |        |           |        |           |       |           |       |                 |       |                 |
| 全国 平27   | 17,700 | 1,371,000 | 54,400 | 2,489,000 | 5,270 | 9,537,000 | 2,640 | 174,806         | 2,380 | 135,747         |
| 栃木 昭55   | 3,100  | 60,600    | 5,230  | 57,000    | 3,700 | 254,900   | 4,430 | 2,891           | 95    | 1,543           |
| 60       | 2,440  | 65,000    | 5,320  | 86,000    | 2,020 | 302,600   | 1,520 | 3,527           | 69    | 1,508           |
| 平2       | 1,990  | 66,940    | 3,880  | 103,720   | 960   | 307,330   | 1,100 | 3,946           | 40    | 906             |
| 7        | 1,570  | 64,100    | 2,680  | 103,900   | 410   | 303,500   | 170   | 4,328           | 25    | 626             |
| 12       | 1,300  | 60,700    | 2,000  | 105,200   | 270   | 319,600   | 115   | 4,258           | 25    | 497             |
| 17       | 1,150  | 58,300    | 1,570  | 98,100    | 196   | 336,500   | 101   | 4,256           | 19    | 376             |
| 22       | 998    | 53,900    | 1,360  | 99,100    | 139   | 368,840   | 108   | 3,974           | 11    | 233             |
| 25       | 876    | 53,500    | 1,160  | 91,800    | 142   | 395,900   | 72    | 3,968           | 10    |                 |
| 26       | 827    | 52,900    | 1,160  | 87,900    | 136   | 393,200   | 71    | 3,969           | 9     |                 |
| 全国順位     | 3位     | 2位        | 12位    | 6位        | 11位   | 8位        | 14位   | 20位             | 33位   | 35位             |
| 1位の都道府県  | 北海道    | 北海道       | 鹿児島県   | 北海道       | 鹿児島県  | 鹿児島県      | 愛知県   | 茨城県             | 宮崎県   | 鹿児島県            |
| 全国に占める割合 | 4.4%   | 3.8%      | 2.0%   | 3.4%      | 2.6%  | 4.1%      | 2.7%  | 2.3%            | 0.5%  | 0.2%            |

※H3年から種鶏のみの飼養者及び成鶏めす300羽未満の飼養者を除く  
豚及び鶏のH27年全国値はH26年値を記載。豚、採卵鶏のH22年値は農林業センサス値を、ブロイラーのH22年値はH21年値を記載。



図2 畜種別畜産物農業産出額の推移 (農林統計)

### 3. 栃木県の畜産環境対策

#### (1) 家畜排せつ物の発生・処理状況

(平成25年度)

県内における家畜排せつ物の発生量は、推計で約2,819千tであり、畜種別にみると乳用牛925千t、肉用牛810千t、豚914千t、採卵鶏169千tとなっていま

す(表2)。また、「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」の適用を受ける全ての畜産農家が、本法律で規定されている「管理基準」を遵守しています(表3)。

表2 栃木県の家畜排せつ物排出量(推計)

| 区分    |         | 飼養頭羽数<br>(頭羽) | ふん            |                | 尿             |                | 計          |           |
|-------|---------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|------------|-----------|
|       |         |               | 原単位<br>kg/日頭羽 | 排せつ量<br>年間(千t) | 原単位<br>kg/日頭羽 | 排せつ量<br>年間(千t) | 年間<br>(千t) | 割合<br>(%) |
| 乳用牛   | 搾乳牛     | 33,600        | 45.5          | 558            | 13.4          | 164            | 722        | 25.6      |
|       | 乾乳牛・未經産 | 7,280         | 29.7          | 79             | 6.1           | 16             | 95         | 3.4       |
|       | 2才未満    | 12,000        | 17.9          | 78             | 6.7           | 29             | 108        | 3.8       |
|       | 計       | 52,880        |               | 715            |               | 210            | 925        | 32.8      |
| 肉用牛   | 2才未満    | 25,000        | 17.8          | 162            | 6.5           | 59             | 222        | 7.9       |
|       | 2才以上    | 17,400        | 20.0          | 127            | 6.7           | 43             | 170        | 6.0       |
|       | 乳用種     | 45,500        | 18.0          | 299            | 7.2           | 120            | 419        | 14.8      |
|       | 計       | 87,900        |               | 588            |               | 221            | 810        | 28.7      |
| 豚     | 6カ月未満   | 351,100       | 2.1           | 269            | 3.8           | 487            | 756        | 26.8      |
|       | 6カ月以上   | 42,040        | 3.3           | 51             | 7.0           | 107            | 158        | 5.6       |
|       | 計       | 393,140       |               | 320            |               | 594            | 914        | 32.4      |
| 採卵鶏   | 6カ月未満   | 980,000       | 0.059         | 21             | -             | -              | 21         | 0.7       |
|       | 6カ月以上   | 2,989,000     | 0.136         | 148            | -             | -              | 148        | 5.3       |
|       | 計       | 3,969,000     |               | 169            | -             | -              | 169        | 6.0       |
| ブロイラー | x       | 0.130         | 0             | -              | -             | 0              | 0.0        |           |
| 合計    |         |               |               | 1,793          |               | 1,026          | 2,819      | 100       |

※1 飼養頭羽数は、畜産統計(平成26年2月1日現在)参照

※2 原単位は農研センター公表(1997年)のものを使用。

表3 家畜排せつ物法対応状況(平成26年12月1日現在)

| 畜種    | 管理基準<br>対象農家 | 管理施設による対応 |      |       | 放牧・農<br>地還元等 | 管理基準<br>不適合 |
|-------|--------------|-----------|------|-------|--------------|-------------|
|       |              | 恒久的<br>施設 | 簡易対応 | 計     |              |             |
| 乳用牛   | 732          | 710       | 21   | 731   | 1            | 0           |
| 肉用牛   | 567          | 468       | 98   | 566   | 1            | 0           |
| 豚     | 118          | 116       | 0    | 116   | 2            | 0           |
| 採卵鶏   | 58           | 55        | 1    | 56    | 2            | 0           |
| ブロイラー | 16           | 14        | 2    | 16    | 0            | 0           |
| 馬     | 0            | 0         | 0    | 0     | 0            | 0           |
| 計     | 1,491        | 1,363     | 122  | 1,485 | 6            | 0           |

## (2) 畜産経営に起因する苦情発生状況

飼養規模の拡大や混住化の進展により、畜産経営に起因する悪臭、水質汚濁、害虫発生等の環境問題が発生し、市町や県に苦情が寄せられています。

平成27年の苦情件数は88件で、畜種別では、乳用牛51件、肉用牛12件、豚

14件、採卵鶏7件、ブロイラー1件、養蜂3件となっています。苦情の内容別では、悪臭関連60件、水質汚濁関連5件、害虫発生関連5件、その他24件(延べ発生件数)の順となっています。苦情の約70%を悪臭関連が占めており、臭気対策が一番の課題となっています(表4)。

表4 畜種別の環境問題発生状況(平成27年度)

| 項目    | 悪臭関連    | 水質汚濁関連 | 害虫発生関連 | その他     | 計               |
|-------|---------|--------|--------|---------|-----------------|
|       |         |        |        |         | (上段:実件数、下段:延べ数) |
| 乳用牛   | 37      | 0      | 3      | 13      | 51              |
|       | (69.8)  | (0.0)  | (5.7)  | (24.5)  | 53              |
| 肉用牛   | 7       | 0      | 0      | 5       | 12              |
|       | (58.3)  | (0.0)  | (0.0)  | (41.7)  | 12              |
| 豚     | 11      | 4      | 0      | 1       | 14              |
|       | (68.8)  | (25.0) | (0.0)  | (6.3)   | 16              |
| 採卵鶏   | 4       | 1      | 2      | 2       | 7               |
|       | (44.4)  | (11.1) | (22.2) | (22.2)  | 9               |
| ブロイラー | 1       | 0      | 0      | 0       | 1               |
|       | (100.0) | (0.0)  | (0.0)  | (0.0)   | 1               |
| 養蜂    | 0       | 0      | 0      | 3       | 3               |
|       | (0.0)   | (0.0)  | (0.0)  | (100.0) | 3               |
| 計     | 60      | 5      | 5      | 24      | 88              |
|       | (63.8)  | (5.3)  | (5.3)  | (25.5)  | 94              |

※一部、1件につき重複項目発生あり

※調査対象期間は、平成26年7月1日～平成27年6月30日

### (3) 栃木県の取組

#### 1) 畜産農家への指導・助言等

県では、畜産経営に起因する環境問題の発生を未然に防止するため、畜産農家や市町、農協等関係団体、県それぞれの留意事項を規定した「栃木県環境保全型畜産確立対策推進指導要領」を策定し、市町、関係団体等と連携して畜産農家への指導・助言等を実施しています。

また、環境問題が発生している場合には、臭気の測定や要因分析を畜産酪農研究センターが支援する等により、環境問題に速やかに対応できる体制を整備しています。

#### 2) 養豚業に対する臭気抑制対策

本県において、畜種別に苦情発生率(苦情発生件数/全農家数×100)を見てみると、乳用牛が6.2%、肉用牛が1.0%であるのに対し、豚は10.3%と高く、その中

でも臭気に関連する苦情が大半を占めており、本県の養豚業においては、臭気問題に関する対応が緊急の課題となっています。

上記のことから、平成27年度から、養豚農家や県、関係団体が一体となって個々の農家の臭気発生要因を分析しその対策を実施する「畜産臭気低減対策推進事業」を実施していますので紹介します。

#### ア 事業の目的

関係機関が連携し、畜産農家における臭気の実態調査、要因分析、低減対策、効果検証を行い、その成果を波及させることで、畜産農家、関係機関・団体の臭気対策への意識向上、技術向上を図ることを目的としています。

#### イ 事業費

2,000千円(補助率1/2以内)

ウ 事業主体

栃木県養豚協会

エ 事業の進め方

①臭気測定

対象農場各所の臭気を畜環研式ニオイセンサで測定します。特に臭気

が強い箇所は検知管による測定を実施します。

ニオイセンサの数値を農場マップ上に臭気指数ごとに色分け表示し、臭気の強い箇所が一目で分かるように図示します(図3)。

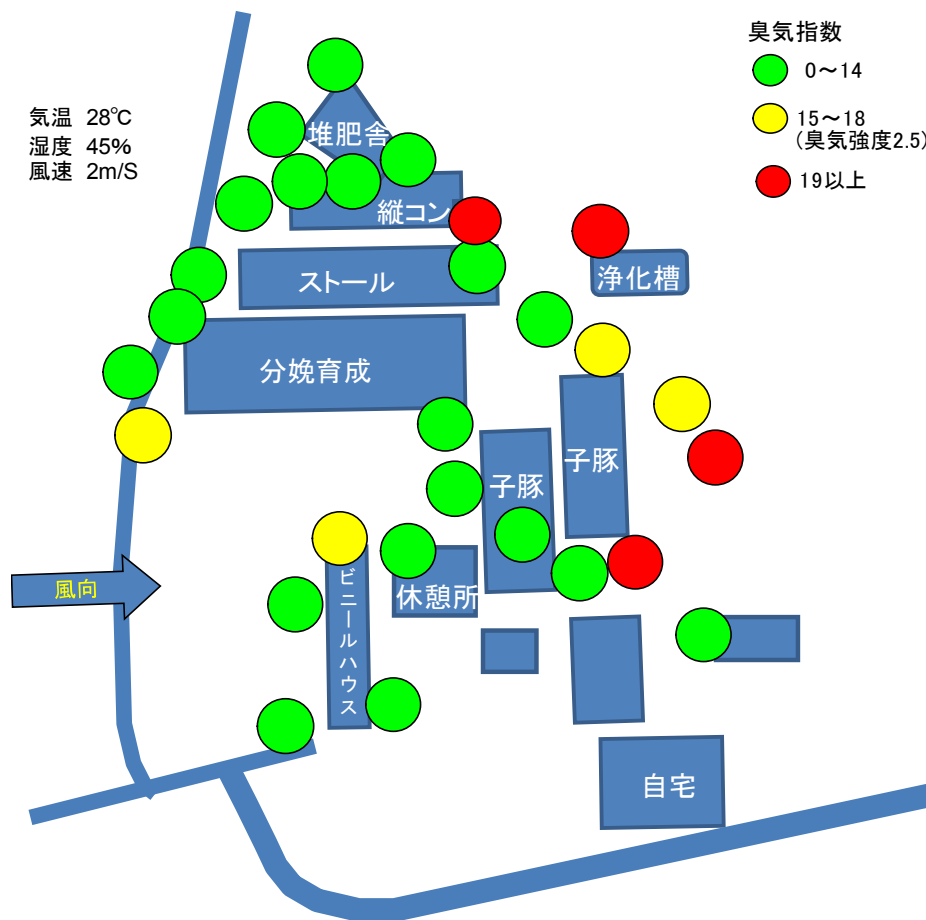


図3 臭気測定結果(イメージ図)

②要因解明、改善対策の検討

臭気測定後、畜産農家、畜産環境アドバイザー、県関係機関(畜産酪農研究センター、農業振興事務所、家畜保健衛生所、畜産振興課)で構

成した対策検討会において、測定結果に基づき、臭気的主要な発生要因を分析するとともにそれぞれの発生要因に適した低減対策を検討、決定します(表5)。

表5 対策検討会での検討結果

| 農場名 | 臭気要因                               | 対策箇所、内容                       | 備考                  |
|-----|------------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| A農場 | ・子豚舎の排気がレジャー施設側へ向いている              | 排気口外側に消臭ネット設置                 | 対策後の効果測定はレジャー施設側で実施 |
| B農場 | ・縦型コンポストの脱臭槽のチップ腐敗<br>・畜舎排気の臭気が高い  | ・脱臭槽のチップ交換<br>・排気口外側に消臭ネットを設置 | チップ交換の際は、換気に注意      |
| C農場 | ・発酵舎が開放型である                        | カーテンで覆う                       |                     |
| D農場 | ・子豚舎の臭気が高い。<br>・縦型コンポストの脱臭槽の臭気が高い。 | 子豚舎への消臭材散布                    | 効果的な消臭材選定           |
| E農場 | ・離乳舎の臭気が高い                         | 最適な対策を継続検討中                   |                     |

## ③対策実施、効果の測定・検証

対策検討会で提示された対策を実施前後、臭気測定を行い、効果を測定します。

この結果を基に、再度対策検討会を開催し、対策とその効果について検証を行います。この結果は、翌年度の対策にフィードバックさせ、さらに効果的な対策の実施につなげます。

## ④成果の周知

これら一連の取組により、臭気発生要因別に合わせた効果的な改善策を見いだします。得られた成果を県内の養豚農家に周知することで効果的な悪臭抑制対策を実施します。

## (4) 畜産環境対策技術にかかる調査研究

栃木県畜産酪農研究センターでは、畜産由来バイオマスの有効活用技術の開発、畜産施設から発生する汚水の処理や悪臭低減のための技術の確立に関する試

験研究に取り組んでいます。

## 1) 畜産バイオマス利用促進にむけた取組

畜産由来バイオマスのエネルギー利用の一環としてメタン発酵プラントの実証試験に取り組んでいます(写真1)。当該施設については、一般県民等の見学を積極的に受け入れており、畜産環境対策への取組に対する理解促進の一翼を担っています。



写真1 メタン発酵プラント実証施設と牛舎



## 2) 畜産排水対策にかかる調査研究

本県は全国有数の酪農県で、フリーストール・ミルクパーラーの導入に合わせて洗浄水等の排水処理施設が整備されつつあります(写真2)が、施設や管理の違いにより処理対象排水の量や性状

が異なります。そこで、新たに施設を設計するために必要となる基準値(原単位)や管理指標の策定のため、排水処理施設実態調査の実施や水質のモニタリング手法について検討しています。



写真2 ミルクパーラー排水の量や性状に影響を及ぼす主要因例

## 3) 畜産臭気対策技術の開発

臭気対策技術については、まず、臭気の「見える化」が重要であるため、農場内臭気の強弱をマップ化することに取り組みました。畜環研式ニオイセンサによる測定(写真3)で得られた臭気指数相当値を、大きさごとに色分けして地図上に表示することで、臭気の強弱を視覚的にとらえるように工夫しています。

この手法は、前述した畜産臭気低減対策推進事業において、改善ポイントを重点化するためのツールとして活用されています。



写真3 農場における畜環式ニオイセンサによる臭気測定

#### 4. 最後に

県内の畜産業の現状に目を向けると、飼料価格の高騰が畜産経営を圧迫するとともに、高齢化や規模拡大による労働力不足が顕在化してきており、畜産農家だけでは環境問題への対応が難しいケースも増えてきています。

本県の畜産が持続的に発展していくためには、畜産経営に起因する環境問題に適切かつ丁寧に対応していく必要があります。

今後、ますます厳しくなる環境基準や、住民の環境意識の高まりに対応するため、これからは、環境対応施設の整備や家畜排せつ物の低コスト処理技術、臭気対策技術の開発を着実に進めるとともに、畜産環境問題を地域の課題として捉え、県や市町、関係団体等と畜産農家が一体となって対策に取り組む体制の構築を進めて行きます。

|       |  |
|-------|--|
| 発行人   | 織田 哲雄  |
| 発行年月日 | 平成 28 年 2 月 18 日   |
| 発行    | 一般財団法人 畜産環境整備機構<br>〒105-0001 東京都港区虎ノ門 5-12-1<br>ワイコービル 2F<br>TEL 03-3459-6300 (代) FAX 03-3459-6315<br>ホームページ <a href="http://www.leio.or.jp/">http://www.leio.or.jp/</a> |



一般財団法人 畜産環境整備機構  
〒105-0001 東京都港区虎ノ門5-12-1 ワイコービル2階  
TEL. 03-3459-6300(代)  
FAX. 03-3459-6315