

国営環境保全型かんがい排水事業における 臭気軽減効果の調査 — 臭気軽減効果の調査手法の検討 —

釧路開発建設部 根室農業事務所

○小林 裕
國島 隼人
青木 新一

我が国を代表する大規模酪農地帯である別海町、根室市では、国営環境保全型かんがい排水事業により肥培かんがい施設等を整備し、家畜ふん尿の適正な利活用とともに地域環境への負荷軽減を図っている。

受益者への聞き取りでは、肥培かんがい施設の整備に伴い、ふん尿処理時に発生する臭気の軽減が確認されているが、定量的な調査手法が確立されていない。このため、現在実施している臭気調査手法の検討について報告する。

キーワード：環境保全型かんがい排水事業、肥培かんがい、臭気、事業効果

1. はじめに

別海町および根室市からなる当該地域は、我が国を代表する大規模酪農地帯である（図-1）。しかし近年、乳用牛の多頭化飼養に対応した粗飼料の生産が確保されておらず、また、増大



図-1 位置図

する家畜ふん尿はその処理に多大な労力を要している。そのため、国営環境保全型かんがい排水事業では、家畜ふん尿の有効かつ適正利用、地域への環境負荷軽減を図る目的で肥培かんがい施設の整備を行っている。

これまで施設整備の効果として、家畜ふん尿をかんがい用水で希釈した液状のふん尿（以下「スラリー」という）の散布による牧草増収効果¹⁾、経営経費節減効果²⁾、雑草種子の発芽抑制効果¹⁾、腐熟スラリーの窒素肥効率の向上³⁾について報告した。さらに、受益農家に対する肥培かんがい施設の有効活用を啓発するため、スラリー腐熟目安や適正な運転方法、経済的な効果等を記載した啓蒙普及資料作成⁴⁾について紹介した。

一方、地域環境負荷軽減のうち臭気の軽減については、受益者への聞き取り調査によってその効果を整理している。しかし、これは主観的な評価であるため、客観的（定量的）な評価を行い、施設の整備効果を示すことが望まれていた。このため、現在実施している臭気調査の定量的な評価手法の検討について報告する。

2. 肥培かんがい施設の概要

この地域では、これまで別海および別海南部地区の事業が完了し、現在、別海西部、別海北部および根室地区で事業が実施されている。図-2に別海西部、別海北部および根室地区で整備されている肥培かんがい施設の一般的な概要を示す。なお、地区別の施設整備の開始年度は、別海西部地区が平成20年度、別海北部地区が平成25年度、根室地区が平成26年度からである。

牛舎から排出されたふん尿は、流入口で3倍程度に希釈（ふん尿：水=1：2）され、調整槽へ圧送ポンプにより搬送される。この搬送されたスラリーは、ブローポンプによって曝気・攪拌し、均質に調整された後、堅型スラリーポンプで配水調整槽へ移送し貯留される。その後配水調整槽に貯留されたスラリーは、スラリータンカーでほ場に散布される。

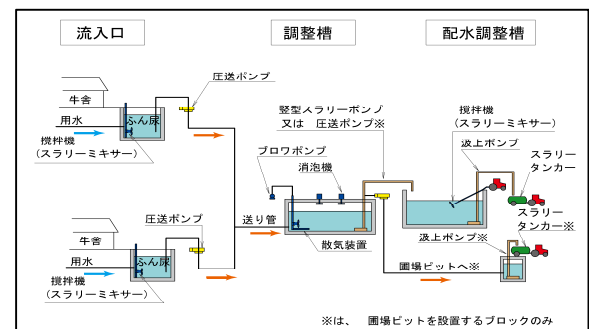


図-2 肥培かんがい施設概要

3. 聞き取り調査による臭気軽減効果の確認

施設導入前の受益者18戸を対象に、現状で、ふん尿処理時に発生する臭気について聞き取り調査を行った(表-1)。その結果、「臭いと感じる」と回答した受益者が半数おり、臭気については施設導入前の課題の一つであることが分かる。

表-1 施設導入前のふん尿処理時に発生する臭気に対する聞き取り調査結果

項目	戸数	割合 (%)
気にならない	9	50
臭いと感じる	9	50

次に、施設導入後の受益者6戸を対象に、導入前後のふん尿処理時に発生する臭気について、聞き取り調査を行った(表-2)。その結果、導入前に臭いと感じていた受益者の全てが、導入後に臭気が「改善された」と回答したことから、施設導入による臭気軽減効果があることが明らかであった。

表-2 施設導入前後のふん尿処理時に発生する臭気に対する聞き取り調査結果

導入前	→	導入後
気にならない (2戸)	→	気にならない (2戸)
臭いと感じる (4戸)	→	改善された (4戸)

4. 定量的な臭気調査手法の検討

次にこの臭気軽減効果について、定量的な調査手法を用い、評価できないか検討を行った。

まず、客観的に臭気を評価する場合、我が国においては悪臭防止法および臭気規制ガイドライン⁹⁾が定められており、臭気強度または臭気指数によって評価を行っている。家畜ふん尿やスラリーの臭気は、アンモニアや硫化水素などの様々な臭気成分が含まれるため、複合臭と呼ばれる。複合臭については、嗅覚測定法による臭気指数による評価方法が多く採用されている。

また、山本ら⁹⁾は、畜産業から発生する臭気を市販の「ニオイセンサ」を用いて測定し、臭気指数に推定できることを報告した。

嗅覚測定法による臭気指数の算出は、専門の分析機関と有資格者(臭気判定士)に加え、分析日数、費用を要する。一方、ニオイセンサは、携帯型であり、その場で誰でも計測が可能であるため、簡易かつ安価な測定方法として、期待されている。

これらのことから、肥培かんがい施設導入前後の Yutaka, Kobayashi, Hayato, Kunishima, Shinichi, Aoki

受益者を対象に、ふん尿処理時に発生する臭気をニオイセンサで測定するとともに、その臭気指数を算出し、比較することで、施設導入による臭気軽減効果を数値として示すこととした。さらに、これらの相関関係を分析することで、簡易的な臭気調査手法としてのニオイセンサの有効性を検証した。

5. 定量的な臭気軽減効果の検証

(1) 調査対象牧場

調査は施設導入前が2牧場、施設導入後が2牧場の計4牧場で実施した。導入前の2牧場については、前歴事業によるスラリー化処理(未曝気)をしており、導入後の2牧場は、平成26、27年度に肥培かんがい施設が整備されている。それぞれの牧場の概要は、表-3に示す通りである。

表-3 調査対象牧場の概要

項目	牧場	地区	ふん尿処理方式(施設整備年度)
施設導入前	A	別海北部	スラリー化
	B	根室	スラリー化
施設導入後	C	別海北部	肥培かんがい(H26)
	D	根室	肥培かんがい(H27)

(2) 調査条件の設定

ふん尿処理時に発生する臭気については、堆肥等の切返し、移送、散布時が挙げられる。この中で、施設導入前後でも共通する作業の内、最も臭気が発生するのは、散布時であると考えられる。このため、臭気調査の対象は、スラリー散布時のほ場とし、測定点は散布跡の直上とした。

(3) 調査項目および方法

調査項目は、ニオイセンサによる現地測定と、嗅覚測定法による臭気指数の算定とした。これらの項目の方法について、以下に示す。

a) ニオイセンサによる現地測定

測定点において携帯型ポンプ等を用いて試料袋(テドラーバック)に採取した。この際、採取するポンプの高さは、人間の鼻の位置と同程度である1.2~1.7m程度とした。採取したガスについては、その場でニオイセンサを用い、そのニオイの強さをセンサー値によって確認した。なお、用いたセンサは、ポータブル型ニオイセンサ(新コスモス電機株式会社:XP-329III R)である。

b) 嗅覚測定法による臭気指数の算定

臭気センサで計測した後、余ったガスを試料袋ごと試験室に持ち帰り、悪臭防止法の臭気指数算定方法（三点比較式臭袋法）に準拠して試験を実施した。具体的な方法は以下の通りである。

- ・6名以上のパネラーに、対象試料を適切な濃度に希釈した調整試料を導入した1Lにおい袋1個と、無臭空気を導入した1Lにおい袋2個の計3個から、においを感じたにおい袋を選定してもらう。

- ・この試験の正解、不正解結果の状況から次の式(1a)および(2b)を用いて臭気濃度、臭気指数を算出する。

$$Y = t \times 10^{(M-0.58)/(M-N)} \quad (1a)$$

Y：臭気濃度

t：最初にテストを行った希釈倍率

M：最初に行った希釈倍数での平均正解率

N：2度目に行った希釈倍数での平均正解率

$$Z = 10 \log Y \quad (1b)$$

Z：臭気指数

(4) 調査回数および数量

調査は各牧場のほ場において、スラリー散布時に行い、散布直後の臭気を採取、計測し、施設導入前後の比較を行った。

また、センサー値と臭気指数との関係性を把握することを目的に、複数の異なるセンサー値の臭気を収集するため、散布後から臭気が軽減した状況においても、調査を実施した。すなわち調査は、散布直後の臭気が最も強く感じられた際(C1)に加え、散布後の臭気が感じられた際(C2)、臭気が弱く感じられた際(C3)、臭気があまり感じられない際(C4)の4回とした。

(5) 評価方法

我が国では、悪臭について悪臭防止法により規制しており、規制の対象となる規制区域の指定は、各都道府県知事が行い、その土地の利用実態により、I、II、III区域に分類される。なお、各規制区域に対応する臭気強度と、臭気強度に対応する臭気指数については臭気指数ガイドラインによると、表-4のように整理できる。

表-4 悪臭規制に対応する臭気強度および臭気指数

規制区域	内容	臭気強度	臭気指数*
I区域	最も厳しい基準	2.5	12
II区域	中間の基準	3.0	15
III区域	最もゆるい基準	3.5	18

*：臭気指数規制ガイドライン(2001)で示される参考値の平均値

本調査の地域は別海町および根室市に位置しており、北海道の悪臭規制地域マップを見ると、両市町とも市街地のみがA区域と指定されており、市街地以外は規制が設けられていない。調査対象である各農家のほ場は、市街地から遠く離れた場所にあり、基準が設けられていない。そのため今回は、規制区域の中で最もゆるい基準であるC区域の規制を基準値（臭気指数18）として、評価する。

(6) 調査結果

a) ニオイセンサによる現地測定結果

ニオイセンサによる現地測定の結果を図-3、表-5に示す。

散布直後(C1)における臭気のセンサーの指示値(センサー値)は、施設導入前のA牧場が238、B牧場が210であった。一方、施設導入後は、C牧場が15、D牧場が61であり、導入前に比べかなり小さい。このことから、ニオイセンサを用いた計測では、施設導入後のスラリー散布時の臭気は、導入前より弱くなっていることが明らかとなった。

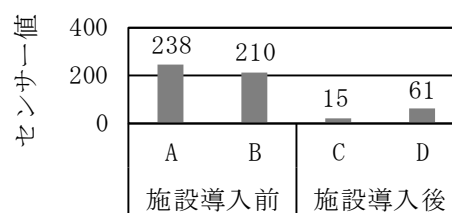


図-3 ニオイセンサによる現地測定結果(C1：散布直後)

散布直後から臭気が減少する過程で採取した臭気のセンサー値は、C1、C2、C3およびC4でそれぞれ、施設導入前のA牧場が238、150、119および37、B牧場が210、135、47および13、導入後のC牧場が15、8、7および1、D牧場が61、28、21および8であった。センサー値が最大となったC1から段階的に減少し、1~238までの異なるセンサー値の臭気を収集することができた。

表-5 ニオイセンサによる現地測定結果

項目	牧場	調査日	C1	C2	C3	C4
施設導入前	A	10/18	238	150	119	37
	B	10/13	210	135	47	13
施設導入後	C	10/11	15	8	7	1
	D	10/6	61	28	21	8

※ C1～C4は臭気指数、C2～C4の測定時経過時間は不定期

C1：散布直後（臭気が強く感じられる）

C2：散布後（臭気が感じられる）

C3：散布後（臭気が弱く感じられる）

C4：散布後（臭気があまり感じられない）

b) 嗅覚測定法による臭気指数の算定結果

嗅覚測定法による臭気指数の算定結果を図-4、表-6に示す。

散布直後(C-1)の臭気の臭気指数は、施設導入前のA牧場、B牧場ともに39であった。一方、施設導入後は、C牧場が検出限界である10を下回り、D牧場が14であった。このことから、臭気指数においても、導入後のスラリー散布時の臭気は、導入後より低いことが明らかとなり、施設導入による臭気改善効果が確認された。

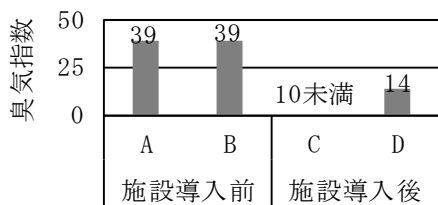


図-4 嗅覚測定法による臭気指数結果(C1：散布直後)

散布直後から臭気が減少する過程で採取した臭気の臭気指数は、C1、C2、C3およびC4でそれぞれ、施設導入前のA牧場が39、30、24および24、B牧場が39、34、26および10未満、導入後のC牧場が全て10未満、D牧場が14、11、11および10未満であった。今回の調査において、スラリー散布時の臭気指数については、検出限界を除くと11～39の範囲にあった。

表-6 嗅覚測定法による臭気指数結果

項目	牧場	C1	C2	C3	C4
施設導入前	A	39	30	24	24
	B	39	34	26	10未満
施設導入後	C	10未満	10未満	10未満	10未満
	D	14	11	11	10未満

なお、Ⅲ区域規制と同等として設定した基準値（臭気指数 18）に対し、施設導入前は両牧場とも、

散布直後(C1)が 39 と大きく上回った。それに対し、施設導入後は、散布直後(C1)で 10 未満および 14 と、基準値を下回っており、導入前と比べ、大幅に低下していることが明らかとなった。

施設導入後のスラリー散布時の臭気は、Ⅲ区域規制、さらにはⅡ区域規制（臭気指数 15）にも適応可能であることが示唆された。

6. ニオイセンサの臭気調査手法としての有効性の検討

ニオイセンサの指示値は、相対的なニオイの強弱を示しているだけにすぎず、臭気指数といった絶対値に変換し、評価を行う必要がある。このため、今回の調査で得られたセンサー値と臭気指数の値を回帰分析によって照合することで、その相関関係を検証し、ニオイセンサの臭気調査手法としての有効性を検討した。

(1) 使用データ

分析に使用するデータは、全データのうち、臭気指数が検出限界である10未満を除いた10個のデータを用いた。

(2) 分析結果

ニオイセンサーのセンサー値と臭気指数の回帰分析結果を図-5に示す。

その結果、本調査で得られたセンサー値と臭気指数は決定係数(R²)が0.77と相関が高いことが示された。

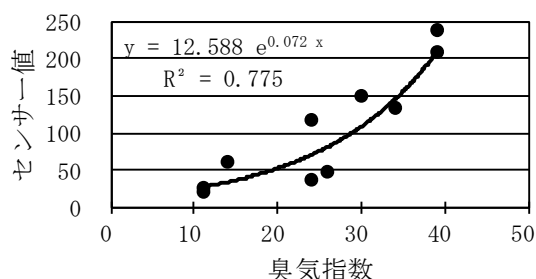


図-5 センサー値と臭気指数との回帰分析結果

しかし、相関は高く、センサー値と臭気指数の傾向が見て取れるものの、バラツキがあることは否定できない。

例えば図-6 に示すように、同じようなセンサー値であっても臭気指数が異なることや（図中の点線）、センサー値が異なるが臭気指数は同じ値である（図中の破線）ことが挙げられる。

そのため、今後、分析データを増やすことや、サンプリングの条件から外れ値の解析を行うなど、精度を高めることが課題として挙げられる。

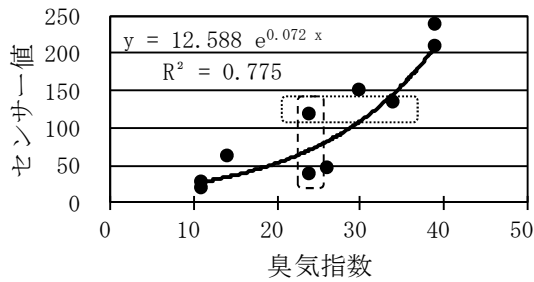


図-6 センサー値と臭気指数との回帰分析結果のバラツキ

7. 今後の展望

肥培かんがい施設の導入後は、かんがい用水による加水、調整槽での曝気攪拌により腐熟スラリーとなり、圃場への浸透も速やかとなることから、臭気が減少すると考えられる。一方、施設導入前は、スラリーの調整を促す設備が十分ではなく、未熟スラリーによって臭気が増すものと推測される。



図-7 スラリーの圃場への浸透イメージ

このため、今回の報告により確認された課題を踏まえ、今後の展望として、臭気調査の定量的な評価を行うための検証が必要と考えられる。

(1) 多様な視点による臭気軽減効果の検証

今回の報告では、スラリー散布時の臭気を定点のみで測定し、施設導入前後で評価し、一定の効果を確認できた。

しかし、臭気は大気中に拡散するため、より正確に臭気軽減効果を検討するには、臭気の面的な広がりや消長を捉える必要がある。このことから、今後は散布箇所に対し一定の距離間隔および時間間隔で、測定を実施し、効果を検証したいと考える(図-8、図-9に成果イメージを記載)。

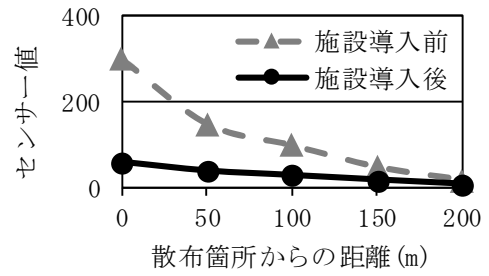


図-8 散布箇所からの距離と臭気(センサー値)の関係(成果イメージ図)

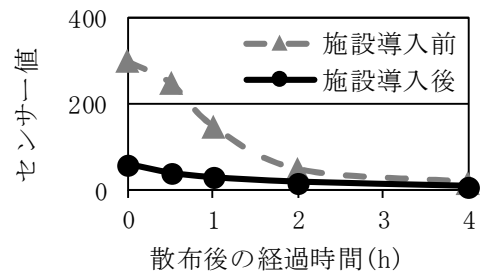


図-9 散布直後の経過時間と臭気(センサー値)の関係(成果イメージ図)

(2) 各調整段階における臭気の把握

今回の報告で、スラリーの腐熟による臭気の軽減が確認できた。これを証明するため、施設導入前後の牧場を対象に、各調整段階のスラリーを採取し室内試験によりスラリーの性状と臭気を把握することで、施設導入後の臭気軽減効果がより明確になるものとする(図-10に成果イメージ図を記載)。

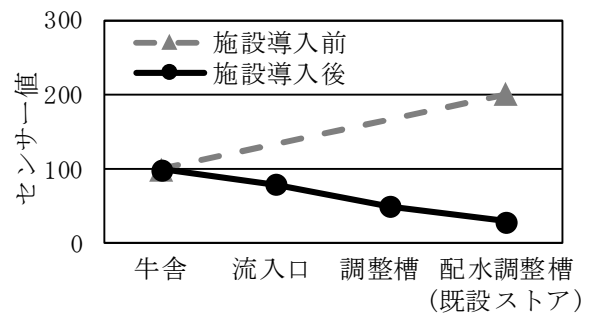


図-10 各調整段階におけるスラリー等の臭気(センサー値)の推移(成果イメージ図)

8. おわりに

肥培かんがい施設導入によって、スラリー散布時における臭気の軽減効果について、臭気指数を用いることで定量的に評価することができた。また、簡

易的な調査手法としてニオイセンサは有効であるが、臭気指数への変換精度については向上させる必要がある。また今後は、様々な視点から臭気調査を展開し、施設の有効性を明確にする必要があると考える。

一方、スラリーの臭気軽減効果は、適切な曝気や希釈を行いスラリーを腐熟させることで発現する効果である。そのため、効果検証を行うと同時に、受益者に対し施設の有効性についての認識を高め、適切な運転管理の啓蒙を図りたい。

参考文献

- 1) 北海道開発局：第53回（平成21年度）北海道開発局技術研究発表会 環境保全型かんがい排水事業における肥培施設整備後の効果検証－第四報－
- 2) 北海道開発局：第59回（平成27年度）北海道開発局技術研究発表会 環境保全型かんがい排水事業における肥培施設整備後の効果検証－第九報－
- 3) 北海道開発局：第56回（平成24年度）北海道開発局技術研究発表会 環境保全型かんがい排水事業における肥培施設整備後の効果検証－第六報－
- 4) 釧路開発建設部HP：
国営環境保全型かんがい排水事業の取組と効果
- 5) 環境省環境管理局（2001）：臭気指数規制ガイドライン
- 6) 山本朱美ほか（2008）：日本畜産学会報 79(2) p 235-238