

コンパクトで低コストな脱臭装置の開発

池岡進・宮本和典・高橋希¹・庄野俊一

(¹現 畜産試験場)

Development of compact and low-cost deodorizing equipment

Susumu IKEOKA, Kazunori MIYAMOTO, Nozomi TAKAHASHI, Syunichi SHONO

要 約

平成 24 年度に鳥取県中小家畜試験場で開発したガラス発泡材脱臭装置は大型装置であったことから、この点を改善する目的で試験を行った。その結果、従来の生物脱臭法からクエン酸を用いた洗浄法に転換することで、高い脱臭能力を維持しつつ脱臭槽容積を 10 分の 1 に縮小でき、また設置面積及び設置費を半分以上にすることが可能であった。クエン酸を用いた洗浄法で生じたクエン酸廃液については液肥として利用できることが明らかとなった。

緒 言

全国の畜産に関する苦情のうち、悪臭はその過半を占めており¹⁾、効果的な臭気対策の実施が求められている。一方、効果的な臭気対策の一つとして脱臭装置の設置があるが、コストが高いために設置に踏み切れない畜産農場もある。

このようなことから、鳥取県中小家畜試験場では、平成 24 年度にロックウール資材より安価なガラス発泡材を微生物担体として利用した脱臭装置を開発し²⁾、一定の普及が図られてきた。しかし、この生物脱臭法では微生物と臭気の接触時間を一定時間確保する必要があるため、脱臭槽が大型となり、広い敷地面積が必要となることが課題であった。また畜産農場からはさらなる低コスト化を求める声もあり、これらに対応した新たな脱臭装置の開発に取り組んだ。

材料と方法

1. 洗浄法によるアンモニア除去試験 (試験 1)

(1) 試験方法

従来の脱臭装置を小型化するには装置の大部分を占める脱臭槽を小型化する必要があり、そのためには臭気との接触時間を生物脱臭法より短くする必要がある。それが期待できる脱臭法として洗浄法に着目し、実験室内で試験を行った。

内径 3cm、高さ 15cm の円柱状容器を脱臭槽とし、表 1 の 4 種の資材を深さ 4cm (28cm³) 入れ、容器底部から標準ガス発生装置 (パーミエーター) でアンモニア

表 1 試験区分

区分	資材の状態
水区	—
もみ殻区	—
もみ殻+水区	もみ殻に水を添着させたもの
もみ殻+クエン酸水区	もみ殻に 0.1% クエン酸水を添着させたもの

を 18ppm で毎分 0.3L を送り、アンモニア除去率を調査した。酸を用いた区は安全性の高いクエン酸を使用した。

(2) 調査項目

アンモニア濃度

脱臭槽上部の処理臭をアンモニア検知管で測定した。

2. 酸の違いによるアンモニア除去効果 (試験 2)

(1) 試験方法

図 1 のような小型試験装置にガラス発泡材 0.8L を充填し、容器底部から標準ガス発生装置 (パーミエーター) でアンモニアを 24ppm、毎分 0.3L で送り、水

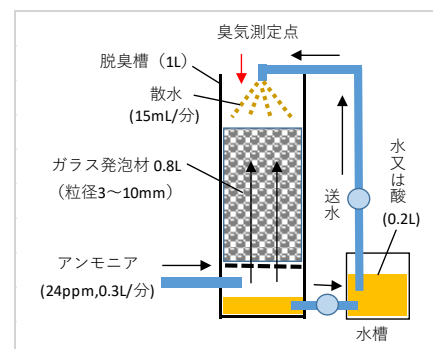


図 1 小型試験装置

区、0.5%クエン酸水区、0.5%乳酸水区各0.2Lを循環させながら、ガラス発泡材上部から散水し、アンモニア除去率を調査した。

(2) 調査項目

アンモニア濃度

脱臭槽上部の処理臭をアンモニア検知管で測定した。

3. クエン酸洗浄法による脱臭槽の小型化試験

(試験3)

(1) 試験方法

クエン酸洗浄法による装置の小型化を目指し、ガラス発泡材の最少必要量を調査した。

図2のような小型試験装置を製作し、24時間、1%クエン酸水に浸漬・吸水させたガラス発泡材を脱臭槽へ投入し、鶏糞堆肥化施設からの臭気を毎分600mLで脱臭槽下部から送気し、アンモニア除去率を調査した。投入するガラス発泡材の量は以下の3区とした。

- ①20%区：1分間あたり送気量の20% (120cm³)
- ②10%区：1分間あたり送気量の10% (60cm³)
- ③5%区：1分間あたり送気量の5% (30cm³)

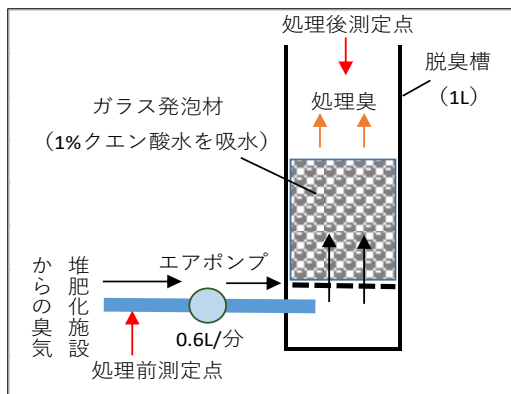


図2 小型試験装置

(2) 調査項目

アンモニア濃度

脱臭処理前後の臭気をアンモニア検知管で測定した。

4. 小型装置(脱臭槽1m³)を用いた現地試験

(試験4)

(1) 試験方法

図3のような脱臭槽1.0m³、送風量毎分2.0m³の脱臭装置を製作し、当試験場の鶏糞堆肥化施設に設置して脱臭効果を調査した。ガラス発泡材の量は試験3の結果から0.2m³(1分間当たり送風量の10%)に設定したが、試験開始から90日目までは装置の安定稼働

のため0.9m³(1分間当たり送風量の約50%)とした。

また脱臭槽下部に設置したクエン酸水槽(200Lポリタンク)に10%クエン酸水を入れ、ポンプで汲み上げて脱臭槽内のガラス発泡材に30分毎に1分間、毎分20Lで散水した。クエン酸水は循環式とし、アンモニアと中和して脱臭能力を失った時点で新しいものと交換した。

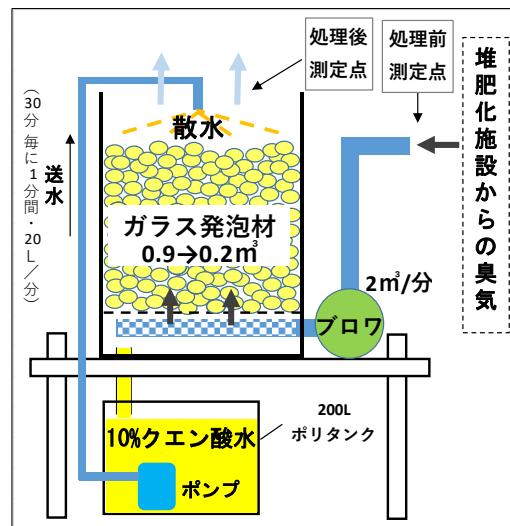


図3 脱臭槽1m³の小型装置

(2) 調査項目

①アンモニア濃度

処理前は臭気吸引部、処理後は脱臭槽上部をアンモニア検知管で測定

②クエン酸水 pH

クエン酸水槽内のクエン酸水を pH メーター (ガラス電極式) により測定

③廃液排出量

クエン酸水槽の表示目盛により算出

5. 養鶏農場における農家実証試験(試験5)

(1) 試験方法

農場で使わなくなった飼料タンクを脱臭槽とした実用規模の試験装置(図4)を製作し、県内肉用鶏農場の堆肥化施設(面積140m²、臭気処理対象容積210m³)に設置し、脱臭性能を調査した。

堆肥化施設からの臭気を送風機(ターボブロウ、1.5KW、3相200V)により毎分30m³でガラス発泡材3m³を充填した脱臭槽下部から送気した。また脱臭槽下部に設けたクエン酸水槽(1m³)に10%クエン酸水を入れ、ポンプで汲み上げてガラス発泡材上部から30分毎に3分間ずつ毎分70Lで散水した。クエン酸水は循環式とし、交換は試験4の結果を踏まえてpH6.0を目安に行った。装置は脱臭槽(飼料タン

ク)の設置以外は概ね自家施工で行い、配管やポンプ類の多くはホームセンターで購入し低コスト化を図った。設置コストは53万円(飼料タンクは0円として計算)、設置面積は6.3㎡であった。

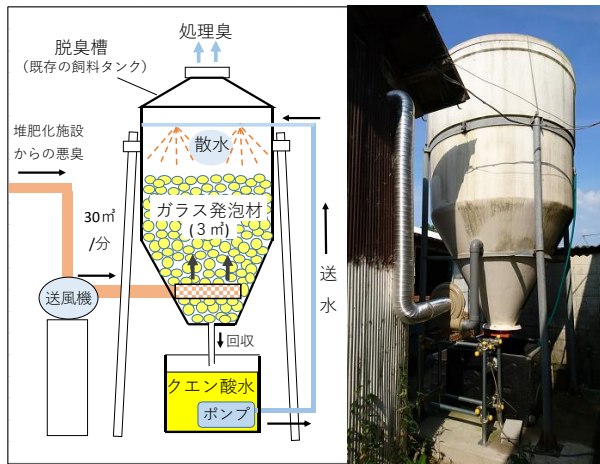


図4 農家実証試験装置

(2) 調査項目

①アンモニア濃度

処理前は臭気吸引部、処理後は脱臭槽上部をアンモニア検知管で測定

②クエン酸水 pH

クエン酸水槽内のクエン酸水を pH メーター (ガラス電極式) により測定

③廃液排出量

クエン酸水槽の表示目盛により計量

6. クエン酸廃液の作物への施用試験 (試験6)

クエン酸廃液の処理及び有効利用の検討のため、コマツナ及び飼料用稲 (WCS) への施用試験を行った。

(1) コマツナへの施用試験

①試験方法

鳥取県園芸試験場へ依頼し、コマツナへの施用試験を行った。クエン酸廃液は試験4により排出されたもの(アンモニア態窒素 (NH₄-N) 2.7%、pH6.7)を供試し、これを50倍、100倍、250倍に希釈したものをクエン酸廃液区とした。対照区は無処理区(水のみ施用)及び市販液肥区とした。市販液肥は「くみあい液肥特2号」(10-4-8)を標準倍率(500倍)で希釈したものとした。ビニールハウス内に播種したコマツナに1㎡あたりに試験区、対照区共に各1Lを播種から収穫(播種45日後)まで計7回を施用した。

②調査項目

- ・草丈

収穫時(播種45日後)に各区30株を個体毎に

測定

(2) 飼料用稲 (WCS) への施用試験

①試験方法

県内農家の飼料用稲「たちすずか」のほ場13aに試験5により排出された廃液(アンモニア態窒素 (NH₄-N) 0.7%、pH6.9)450Lを追肥として施用し、生育状況を調査した。施用方法は出穂前にほ場の水口から灌漑水と共に流し入れ、ほ場全体に行き渡らせた(窒素量2.4kg/10a)。対照区の設定は無し。

②調査項目

- ・草丈

ほ場6地点における5株の平均値

- ・10a当たり収量

1株重量(6地点平均)及び植栽密度から換算

7. 装置の規模・コストの比較 (試算)

(1) 試算方法

当試験場に設置されている生物脱臭法による脱臭装置の規模(パナソニック環境エンジニアリング社製)及び農家実証試験(試験5)の結果から試算した。

(2) 比較項目

脱臭槽容積、設置面積、設置費、運転費

結果

1. 洗浄法によるアンモニア除去試験 (試験1)

「もみ殻+クエン酸水」区は、アンモニア除去能力が持続した(図5)。「もみ殻+水」区は試験開始7時間以後アンモニア除去能力が低下した。「水」区及び「もみ殻」区はアンモニア除去能力が持続しなかった。

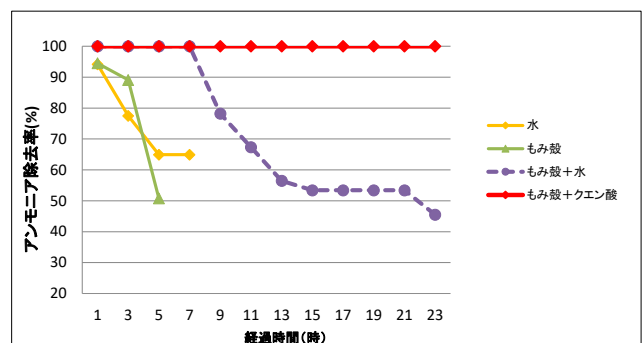


図5 洗浄法によるアンモニア除去率

2. 酸の違いによるアンモニア除去効果 (試験2)

0.5%クエン酸水区及び0.5%乳酸水区は試験開始から終了までアンモニアが完全に除去された。水については24時間後からアンモニア除去率は低下し、72時間後の除去率は63%と除去能力は低下した(表2)。

表2 酸の違いによるアンモニア除去率

区分	0時間	24時間後	48時間後	72時間後
水	100%	88%	83%	63%
0.5%クエン酸水	100%	100%	100%	100%
0.5%乳酸水	100%	100%	100%	100%

3. クエン酸洗浄法による脱臭槽の小型化試験 (試験3)

20%区及び10%区はアンモニアが完全に除去されたが、5%区は完全には除去できなかった(表3)。

表3 ガラス発泡材量とアンモニア除去率

試験区分	処理前(ppm)	処理後(ppm)	除去率(%)
20%区 (120cm ³)	41.1	0.0	100.0
10%区 (60cm ³)	41.1	0.0	100.0
5%区 (30cm ³)	41.1	1.6	95.8

4. 小型装置(脱臭槽1m³)を用いた現地試験 (試験4)

試験期間(186日間)を通してアンモニアの平均除去率は93.2%(平均アンモニア濃度:処理前52.3ppm→処理後3.4ppm)であった(図6)。クエン酸水のpHは経時的に上昇し(図7)、6.5を超えるとアンモニア除去率は急激に低下した(図8)。

試験期間中のクエン酸水交換回数は8回、クエン酸使用量は140kg、廃液排出量は580Lであった。

ガラス発泡材量は0.2m³(1分間当たり送気量の10%)に減らしても脱臭効果は維持された。

また試験終了後のガラス発泡材の劣化状態を目視、手触により確認したが、特に劣化は見られなかった。

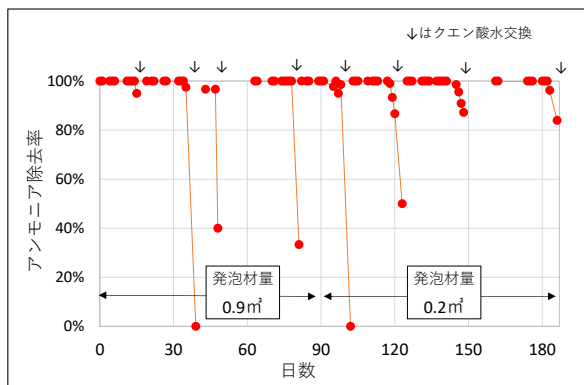


図6 アンモニア除去率の推移

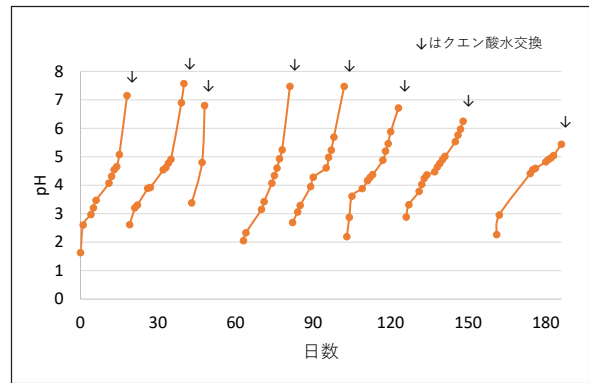


図7 クエン酸水 pH の推移

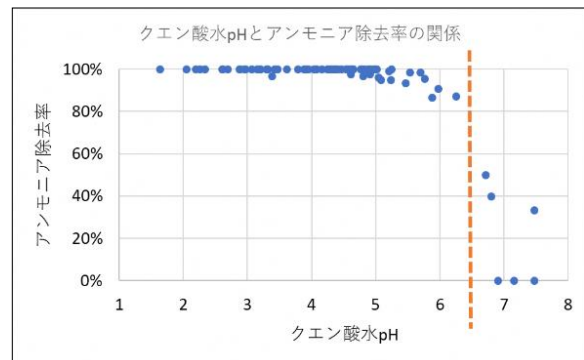


図8 クエン酸水 pH とアンモニア除去率との関係

5. 養鶏農場における農家実証試験(試験5)

試験期間(184日間)を通してアンモニアの平均除去率は98.3%(平均アンモニア濃度:処理前18.8ppm→処理後0.2ppm)であった(図9)。さらに生物脱臭法では効果が落ちやすい冬季(試験開始120日以後)においても脱臭性能は安定していた(図9)。

アンモニア除去率はクエン酸水 pH が 6.0 に近づくに従い低下する傾向を示したが、クエン酸水の交換目安を pH6.0 としていたため、アンモニア除去率が 70% 未満となったのは 2 日間のみであった(図10)

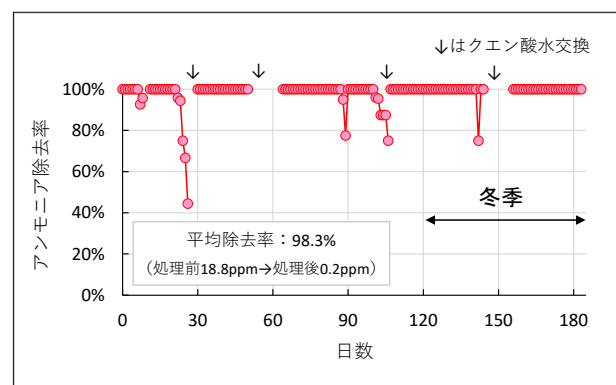


図9 アンモニア除去率の推移

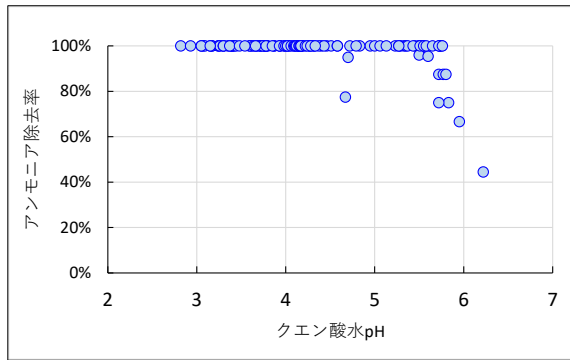


図10 クエン酸水 pH とアンモニア除去率との関係

試験期間中のクエン酸水交換回数は4回、クエン酸使用量は500kg、廃液排出量は1,950Lであった(1か月あたり平均:クエン酸交換回数0.7回、クエン酸使用量83kg、廃液排出量325L)。この廃液排出量(1,950L)は試験装置運転に伴う水分蒸発のため、作成したクエン酸水量4,500Lの半分以下となっていた。

6. クエン酸廃液の作物への施用試験(試験6)

(1) コマツナへの施用試験

クエン酸廃液(50倍、100倍、250倍希釈)を施用したものは無処理区(水のみ施用)より生育が良く、50倍希釈したものは市販液肥と同等に生育(5%水準

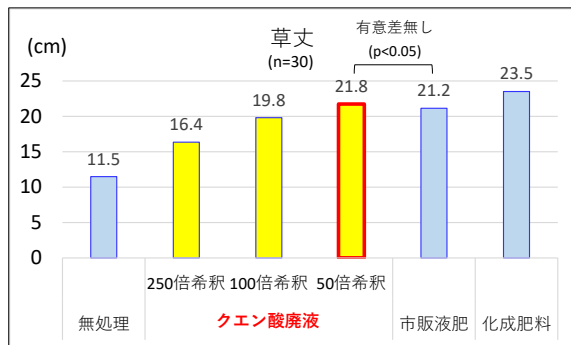


図11 クエン酸廃液を施用したコマツナの生育(草丈)で有意差無し)した(図11)。

(2) 飼料用稲(WCS)への施用試験

施用試験実施後の飼料用稲の生育を図12に示した。飼料用稲の生育は順調で、生育障害等は特に確認されず、10aあたり飼料用稲の収量は4.6tと平均的であった。

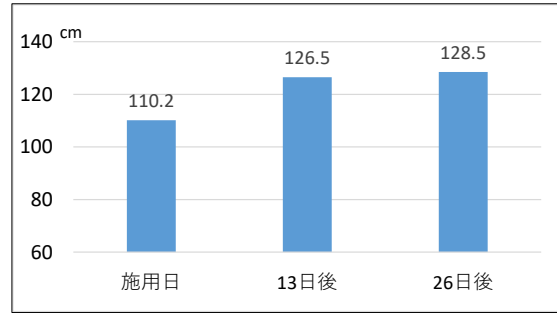


図12 クエン酸廃液を施用した飼料用稲の生育(草丈)

7. 装置の規模・コストの比較(試算)

従来型装置(生物脱臭法)と新型装置(酸洗浄法)の設置面積及びコストを比較した(表4)。肉用鶏堆肥化施設140m²(試験5の農家実証試験と同規模)に自家施工により設置した場合の試算とした。

脱臭槽容積は従来型の30m³に対し、新型は3m³と10分の1に、設置面積は20m²から8m²と半分以下となった。そして設置費は従来型の250万円から100万円とこちらも半分以下であった。ただし、新型では運転費としてクエン酸費用が年間30万円発生する結果となった。

考 察

当場で開発したガラス発泡材脱臭装置を生物脱臭法からクエン酸を用いた洗浄法に転換することにより、アンモニアが効果的に除去され、装置を大幅に小型化できることがわかった。

装置を小型化する脱臭法として洗浄法に着目し、試験1及び試験2から使用する酸としてはクエン酸が有効であることが明らかとなった。乳酸もクエン酸同様に効果は高かったが、単価や取り扱い易さ(クエン酸は粉末、乳酸は液状)の点でクエン酸が優れており、試験3以降はクエン酸を用いた。

試験3では脱臭性能が維持できる最少のガラス発泡材必要量を調査したところ、1分間あたりの送気量の10%の量(従来の10分の1)であることがわかり、試験5の農家実証試験においてもこの量で十分な脱臭効果が実証された。農家実証試験を行った農場では、装置設置前までは近隣住民からの苦情があったが、設置後は無くなった。

試験4ではクエン酸の交換が遅れ、pH7.0以上になるとアンモニア除去率が急激に低下することが判明

表4 装置の規模・コストの比較(試算)

肉用鶏堆肥化施設(140m ²)に自家施工により設置した場合(送風量30m ³ /分)					
脱臭装置の形態 (脱臭法)	脱臭槽 容積(m ³)	設置面積※ (m ²)	設置費 (万円)	運転費 (万円/年)	
従来型 (生物脱臭法)	30	脱臭槽	16	ガラス発泡材費	100
		送風機他	4	脱臭槽等施設費	100
				送風・散水装置他	50
		計	20	計	250
新型 (酸洗浄法)	3	脱臭槽	2	ガラス発泡材費	10
		送風機他	4	脱臭槽等施設費	40
		クエン酸水槽	2	送風・散水装置他	50
		計	8	計	100

※ガラス発泡材の堆積高を2.0mとした場合

したため、試験5ではpH6.0を目安に交換したことにより、アンモニア除去率を高く維持することができた。

装置の規模及びコストについては、新型では脱臭槽容積(ガラス発泡材量)が従来型の10分の1、設置面積が半分以下、そして設置費も半分以下にできるものと考えられた。ただし、新型では運転費としてクエン酸費用が発生する。クエン酸費用は今回の農家実証試験の場合(肉用鶏堆肥化施設140m²、平均アンモニア濃度18.8ppm)、年間約30万円が必要であり、単純計算では従来型と新型との設置費の差額150万円が5年で相殺されることとなる。しかし、従来型は装置が大型であるため、自家施工が困難と思われ、業者施工により高額になることを考慮すると、新型はコスト的に有利であると思われる。また運転費の抑制策としてクエン酸大量購入による単価抑制や装置運転管理方法の工夫等によりコスト抑制の期待はできる。従来型と新型のどちらを選択するかは、農場の敷地面積や予算、設置労力等を考慮し、柔軟に対応すればよいと考える。

新型では廃液処理が必要であるが、污水处理施設がある場合、そこでの処理が可能である。しかし、養鶏農場等では、污水处理施設が無い場合も多いため、今回、廃液のコマツナ及び飼料用稲への液肥施用試験を行ったところ、液肥としての効果が認められた。今回はこの2つの作物しか調査しなかったが、牧草類や樹木等においても施用効果が期待できることから污水处理施設を持たない畜産農場における廃液処理方法として有効であると思われた。ただし、第三者へ譲渡する場合等は「肥料の品質の確保などに関する法律」との関係があるため、留意が必

要である。

また廃液の交換労力については、今回農家実証試験を行った農場の規模では交換頻度や排出量がそれほど多くなかったため、負担は少ないと考えられた。実際に農家実証試験で廃液交換作業を行った養鶏農場職員からも負担は少ないとの声が聞かれた。

以上のことから、クエン酸洗浄法によるガラス発泡材脱臭装置は脱臭能力が高く、自家施工も可能なコンパクトかつ安価な脱臭装置であると言え、今後の普及が期待された。普及により臭気対策の推進、悪臭苦情の低減、さらには畜産農場の持続的な営農に繋がるものと考えられた。

参考文献

- 1) 農林水産省生産局畜産部. 畜産経営に起因する苦情発生状況. 令和3年5月
- 2) 庄野俊一ら. ガラス発泡材を担体として利用した脱臭装置の開発. 鳥取農林総研中小試研報56: 13-17. 2012
- 3) 鈴木睦美. クエン酸水溶液の散水による畜産臭気除去装置の考案. 群馬畜試研報 21 :61-66. 2014
- 4) 瀬山祥平ら. ネットを利用した開放型畜産施設向け脱臭技術の開発(第1報). 群馬畜試研報 23: 79-85. 2016
- 5) 瀬山祥平ら. ネットを利用した開放型畜産施設向け脱臭技術の開発(第2報). 群馬畜試研報 25: 30-35. 2018
- 6) 茂木浩徳ら. ネットを利用した開放型畜産施設向け脱臭技術の開発(第3報). 群馬畜試研報 26: 53-59. 2019