

八戸工業大学構内の環境衛生に関する実態調査

西村 順子[†]・熊谷 一輝^{††}・関川 舞^{†††}・
橋本 竜太郎^{††††}・古川 直樹^{††††}・本田 慎弥^{†††††}

The Survey of the Environmental Hygiene in Campus of Hachinohe Institute of Technology

Junko NISHIMURA[†], Kazuki KUMAGAI^{††}, Mai SEKIKAWA^{†††},
Ryutarō HASHIMOTO^{††††}, Naoki FURUKAWA^{††††} and Shinya HONDA^{†††††}

ABSTRACT

In order to solve the problem of odor from the livestock facility, the relation between weather condition and environmental hygiene indexes was investigated. In this result, it was showed that odor and volatile organic compounds were related to weather condition and O₂ concentration in air, on the other hand, value of the sensor and sense of smell against odor was not. Captured flies had high ratio of small fly in this year, and it was considered that populations and life cycle of fly were controlled by weather condition. And *Enterococcus faecalis* and *Staphylococcus* sp. were detected from the fly and it was confirmed that fly routinely expanded infectious diseases. In addition, it was suggested that acetic acid was effective to induce the fly. The influence on campus tree by odor wasn't almost recognized. Based on these findings, it is considered that continuous survey will be necessary to improve environmental hygiene in future.

Key Words: livestock facility, environmental hygiene, weather condition, odor, fly

キーワード: 家畜施設, 環境衛生, 気象条件, 臭気, ハエ

1. 緒言

近年の急激な土地開発に伴い、畜産経営をめぐる衛生環境は厳しさを増す一方であり、畜産事業所から発生する悪臭問題は、昨今の環境対

策において改善が迫られている重要な課題である。

畜産臭気の発生源は主に畜舎・糞尿処理施設であり、100を超える化学物質が確認されている。代表的な化合物として、アンモニア・低級脂肪酸・硫黄化合物・インドール類・アミン類・アルデヒド類があげられる^{1,2,3)}。畜舎臭気対応策の一つとして、植物(生垣)の利用があるが⁴⁾、その詳細についてはまだ検討されていない。

農場周辺の住宅地での衛生害虫発生もまた見過ごせない社会問題となっている^{5,6)}。近年では、イエバエが腸管出血性大腸菌 O157 を媒介しているとの報告もあり⁶⁾、衛生害虫対策も必須である。

八戸工業大学では大学構内から半径 5 km 以内

平成 28 年 10 月 25 日受付

† 工学部バイオ環境工学科・准教授

†† 岩手缶詰 (バイオ環境工学科・平成 27 年度卒)

††† 青森日産 (バイオ環境工学科・平成 27 年度卒)

†††† サンデー (バイオ環境工学科・平成 27 年度卒)

††††† 有楽製菓 (バイオ環境工学科・平成 27 年度卒)

†††††† バイオ環境工学科・平成 27 年度卒

の周辺地域に、養豚場、養鶏場、産業処理施設が隣接しており、それら3つの施設から発生する悪臭や衛生害虫は少なくとも大学構内の環境衛生の悪化をもたらし、その影響は年毎に異なる気象条件や季節等に依存していると考えられる。

本研究では、大学構内の衛生環境向上を目的とし、気象・臭気・VOC (Volatile Organic Compounds; 揮発性有機化合物) を定点測定するとともに、大学構内のハエの発生状況と伝播微生物ならびに効果的な捕獲のための誘引物質の検討、さらには構内の植生調査を行うことによって、大学構内に対しての影響について網羅的に検証した。

2. 実験方法

2.1 気象および悪臭測定と官能評価

平成27年4月から気象(天候(目視)、風向(風向計(簡易風力計付): ArTeC)、温度(温度計: SK式1号, SATO)、湿度(乾湿計: SK式1号, SATO)の測定を開始し、5月からはO₂濃度測定(酸素濃度計: XOS-326, COSMOS)を開始した。さらに6月から、VOCの濃度測定(VOCモニター: ppb RAE plus, RAE SYSTEMS)、臭気強度の測定(臭気強度計: XP-329m, COSMOS)、および研究室構成員による官能評価(モニタリング調査)を開始した。場所はバイオ環境工学専門棟の出入り口付近で、午前11時と午後6時の2回に分けて測定を行った。官能評価は6段階臭気強度表示法を用いた。なお基準合わせは研究室内とし、その臭気と相対比較とした。

2.2 ハエの捕獲

ハエの誘引剤には市販リンゴジュースを用いた。ハエ捕殺用にペットボトルに加工を施し、リンゴジュース200 ml、リンゴジュース195 ml+殺虫剤5 ml、リンゴジュース190 ml+殺虫剤10 mlを入れ、八戸工業大学構内(バイオ環境工学専門棟出入り口付近)の地上約150 cmの箇所に

吊るした。1週間毎に誘引剤を交換するとともに、その際に誘引剤中に捕獲されたハエを、体長をもとに3区分(大型ハエ1 cm以上、中型ハエ5 mm以上1 cm未満、小型ハエ5 mm未満)に分け、各区分での個体数を数えた。

2.3 細菌検出用のハエの捕獲

細菌検出用のハエとして、(株)美保野ポーク養豚場の施設付近(青森県八戸市美保野)と大学構内(青森県八戸市妙)でハエを捕獲し、個体別毎に使用するまで-30°Cで保存した。

2.4 ハエ体表面からの細菌の検出

美保野ポーク養豚場の施設付近で捕獲した4匹(No. 1-4)と大学構内で捕獲したハエ1匹(No. 5)を使用した。滅菌した0.85%塩化ナトリウム水溶液1 mlにハエ1匹を入れ、軽く振盪後、菌液として用いた。菌液100 µlを標準寒天培地(栄研化学、東京、日本)、BDクロムアガーO157寒天培地(日本BD、東京、日本)、BD BBL™ MYP寒天培地(日本BD)に塗抹し、35°Cで48時間、好氣的に培養した。培養後、プレート上に形成したコロニー数を計測し、菌液1 mlあたりのCFU (Colony Forming Unit)を算出した。

2.5 媒介微生物の同定

ハエの体表から分離した特定の菌種については(株)スルガテクノラボ(静岡県静岡市、日本)に依頼をして、16S rDNA-500解析により簡易同定を行った。

2.6 ハエの種の同定

捕獲したハエは多角度から写真を撮影し、全体(形、色など)、顔、翅脈の形態特徴をもとにして、種の同定を行った。

2.7 誘引剤の成分分析

ハエ捕獲に使用した後の誘引剤中の糖ならびに陽・陰イオン化合物の変化を分析した。糖の分析には高速液体クロマトグラフィーにより、誘引剤中のスクロース、グルコース、フクトー

スの3糖を検出した。また、試料中の陰イオン化合物ならびに陽イオン化合物は、イオンクロマトグラフィーにて検出した。以下に使用した装置および測定条件を記した。

<高速液体クロマトグラフィー測定>

装置：高速液体クロマトグラフ装置

（島津製作所製，京都，日本）

カラム：Shim-pack SPR-Ca3（島津製作所製）

（充填剤基材：スルホン化ポリスチレンゲル）

温度：80℃

移動相：水

流速：0.6 ml/min

検出：示差屈折率検出器 RID-10A

<陽イオンクロマトグラフィー測定>

装置：イオン交換クロマトグラフ装置

（島津製作所製）

カラム：Shim-pack IC-SC1（島津製作所製）

（充填剤基材：ポリメタクリレート）

温度：40℃

移動相：3.5 mmol/L 硫酸:194 μl

流速：1.0 ml/min

検出器：電気伝導度検出器 CDD-10Avp

（島津製作所製）

<陰イオンクロマトグラフィー測定>

装置：イオン交換クロマトグラフ装置

（島津製作所）

カラム：Shim-pack IC-A3（島津製作所製）

（充填剤基材：ポリメタクリレート）

温度：40℃

移動相：

8 mmol/L p-ヒドロキシ安息香酸：1.105 g

3.2 mmol/L Bis-Tris：0.670 g

50 mmol/L ホウ酸：3.092 g

流速：1.2 ml/min

検出器：電気伝導度検出器 CDD-10Avp

（島津製作所製）

2.8 植生調査

調査場所は八戸工業大学構内の第2駐車場付近とテニスコート付近の2箇所とし、植樹されている樹木の同定と、葉の表裏の褐変や点状斑等の異常の目視確認を行った^{7,8)}。本調査は夏期2回、冬期2回実施した。

3. 結果および考察

3.1 気象および悪臭測定と官能評価

4月から11月にわたり、定点気象観測と大気中のVOCおよびO₂濃度の測定を行った。測定期間内でVOC濃度の最大値は9月11日の日中に観測された（100,000 ppb，O₂濃度20.6%）。計測期間中の全体的な推移より、VOCの増加は気温上昇と大気中のO₂減少と相関関係があると考えられた。VOCの濃度は、基本的には時間的な違いはなかったが、7月29日と9月11日に違いがみられた。とくに7月29日においては、夕方に一時的な急激な増加が認められたが、この当日、畜産事業所では硫化水素発生による堆肥処理作業従事者2名が倒れ、うち1名が亡くなる事故が起こった。VOCの急激な変化は、事故現場の現場検証や清掃作業が行われたためと考えられる。この時期の平均気温は28.4℃であり、畜産堆肥保存施設のような有機物の豊富な環境下では微生物の代謝がより活発になり、底部の還元状態が増加するとともに、大気中のO₂濃度が約10日前から0.5%低下していたことから、硫化水素の発生源となる偏性嫌気性細菌の硫酸還元菌が生育しやすい状況であったと容易に推察できる。以上より、日常的に気温、O₂濃度を測定することは、現場作業者に対する硫化水素発生への安全喚起のタイミングを図る一指標になるのではないかと考えられた。

なお臭気と官能評価（モニタリング調査）においては、相関性は全く認められなかった。

3.2 ハエの捕獲について

誘引剤として用いたリンゴジュースは、ジュースのみと濃度の異なる殺虫剤添加ジュース2種類の計3種類を用い、捕獲数を比較するとともに気象条件との関連を調べた。その結果、期間中に捕獲できたハエは小型ハエが中心であり、飛行能力から考えると、畜産現場からの発生ではなく、大学構内の草木から発生したものであると考えられた。誘引剤に添加する殺虫剤の濃度依存性は認められなかった。小型バエの一種であるショウジョウバエでは、産卵から羽化までが約9日(25°C)であり、気温が30°C以上もしくは5°C以下になると死滅し、成虫で摂食、摂水が必要で、乾燥に非常に弱いのが判っている⁹⁾。今年、小型ハエの発生割合が高かった原因としては、温度と湿度が大きく関与していたと思われる(とくにシーズン1巡目)。なお大型ハエに分類されるイエバエの場合、卵-幼虫-蛹-成虫の生活環をとり、卵-蛹までが約2週間、成虫が約3週間とされている¹⁰⁾。さらには、両方のハエにおいて、温度が高いとサイクルが短く、低いとサイクルが長くなることも判っており^{11, 12, 13)}、気温と湿度を定期的にモニタリングすることは、ハエ発生の予測のためにも重要であると考えられた。

3.3 ハエの媒介する菌数測定と菌種同定

ハエの体表面に付着していた細菌の検出を行うにあたり、ハエを5匹用いて、滅菌生理食塩水で体表を洗浄後、標準寒天培地、O157 選択培地、セレウス菌選択培地(MYP 培地)に塗抹して、35°Cで48時間、好氣的に培養した(図1, 2, 3, 4)。その結果、No. 3 が体表に細菌を最も多く付着させており(図1)、コロニーの形状から No. 3 は単一菌種のみ、No. 1, 2, 4 は複数の菌種を付着されていたことが判った(図2)。また、O157 は全てから検出されず(図3)、さらにセレウス菌検出用培地であるMYP寒天培地では、No. 1のみコロニーが検出されたが、セレウス菌に特徴的な赤色コロニーではなかった(図4)。

標準寒天培地 No. 3 と MYP寒天培地 No. 1 に生

育したコロニーは形状や色調等が同じで、単一菌種と考えられたため、16S rDNA 菌種同定試験を行った。これらのBLAST解析の結果、標準寒天培地 No. 3 に生育した細菌は腸球菌(*Enterococcus faecalis*)と同定できた。また MYP 寒天培地 No. 1 に生育した細菌は、上位30塩基配列との相関率が最も高かった種は *Staphylococcus saprophyticus* subsp. *saprophyticus* (99.4%)、次いで *Staphylococcus xylosum* であった。いずれもヒト常在の菌種であるが、とくに *Staphylococcus saprophyticus* は急性膀胱炎や尿路感染症を引き起こす腐生ブドウ球菌で、ブドウ球菌の中の病気発症起因菌として臨床的に検出される一種である。今回の解析ではRNAの一般的な保存領域のみでの検出であったため、近縁種が多く *Staphylococcus sp.*との同定であったが、厳密に同定するためには、16S rDNAの全長解析や *recA*などをターゲットとした機能遺伝子DNA塩基配列解析が必要だろう。

以上より、ハエは日常的に細菌感染の媒介し、その拡大に非常に大きな影響力を持っているのが確認できた。

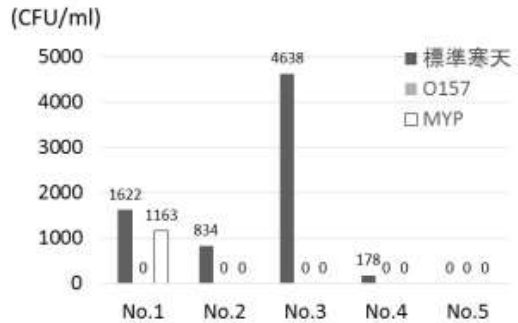


図1 ハエ体表に付着していた生菌数

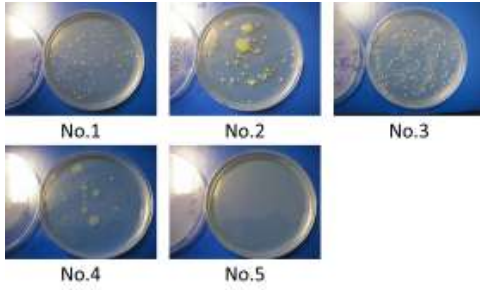


図2 培養後のプレートの様子
(標準寒天培地)

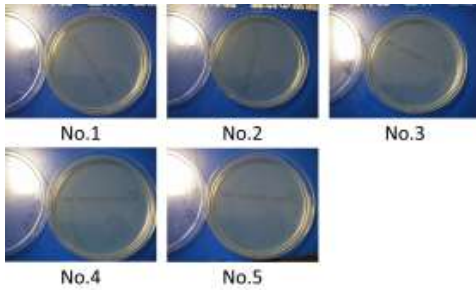


図3 培養後のプレートの様子
(BDクロムアガーO157寒天培地)

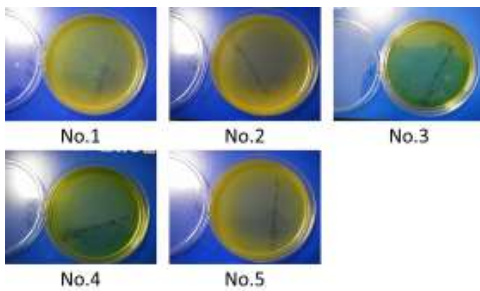


図4 培養後のプレートの様子
(BD BBL™ MYP寒天培地)



No. 1



No. 2



No. 3



No. 4



No. 5

図5 捕獲したハエ

さらに、今回捕獲して実験に使用したハエは5匹中3匹（No. 1, 3, 4）がイエバエと同定、また1匹（No. 5）はケブカクロバエと推測できた（図5）。No. 2はハエ類ではなかった（図5）。イエバエ類やクロバエ類はヒトの住環境に密接して生活しているのが判っており^{14, 15, 16)}、本結果からも同様のことが推察された。

3.4 誘引剤中の糖およびイオン化合物の変化

誘引剤に使用したリンゴジュース中に含まれる糖（スクロース、グルコース、フルクトース）および陰イオン、陽イオン化合物の含量変化を分析した（図6,7,8）。

糖においては、7月の試料ではすべての糖が顕著に減少し、なかでも1試料（果汁195ml+殺虫剤5ml）で3種類とも検出されなかった（図6）。11月は果汁200mlでスクロースが検出されなかったが、グルコース、フルクトースが増加した。スクロースが分解され、グルコースとフルクトースが生成したものと考えられる。7月と11月の糖含量を比較すると、7月に糖消費量が高く、11月には減少することがわかった。また各糖含量を比較すると、スクロース、グルコース、フルクトースの順で減少率が高かった。スクロースはフルクトースとグルコースの2つの糖から構成される糖である。初期段階としてスクロースが分解され、次いでグルコースが消費されたと考えられる。

陰イオン化合物の分析では、7月の試料に大量の酢酸イオンが生成していることが判った（図7）。酢酸は、ハエが味覚で受容したときには誘因的に作用するのが判明しており¹⁷⁾、市販の誘引剤の中にも酢酸イソアミルが高頻度で使用されていることから、リンゴジュースを誘引剤として使用している間に生成した酢酸が、ハエの誘因物質として作用していた可能性が示唆された。

また陽イオン化合物の分析結果から、リンゴジュースには非常に高濃度の K^+ イオンが含まれており、誘引剤として使用すると、7月、11月ともに減少する傾向が認められた（図8）。環境由来微生物の混入による消費が一因として考えられた。

なお今回、誘引剤として使用後のリンゴジュースについての菌叢解析は実施しなかったため、全て一連の成分変化が環境由来混入微生物に起因しているものかどうか不明である。今後、本現象の詳細について検証していきたい。

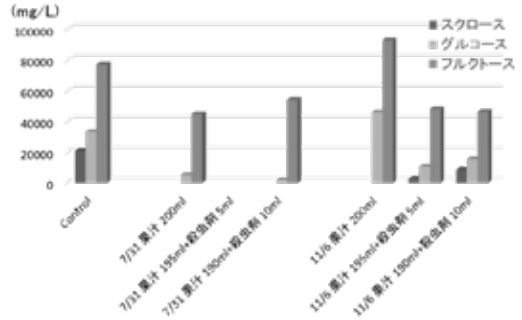


図6 各誘引剤中の単糖分析

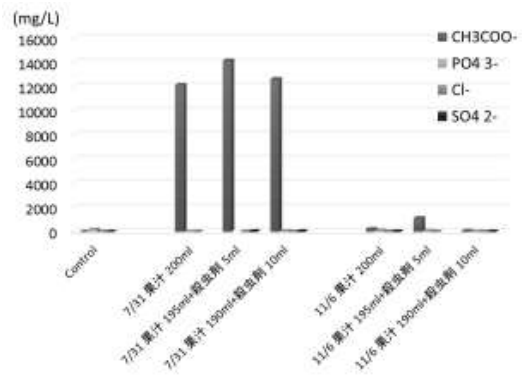


図7 各誘引物中の陰イオン化合物分析

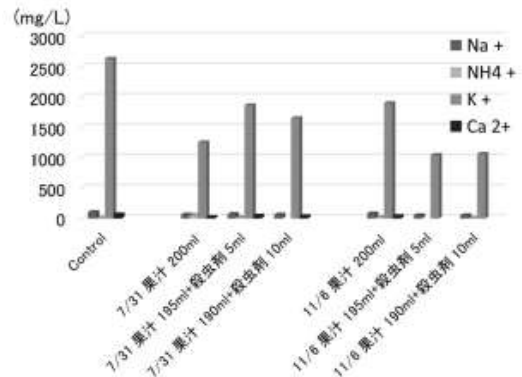


図8 各誘引物中の陽イオン化合物分析

3.5 植生調査と植物への影響

テニスコート付近と第2駐車場付近の調査の結果、テニスコート付近では低木～中木が多いのに対し、第2駐車場付近では比較的、高木の樹木が多いことがわかった。優勢植物は、テニスコート付近ではカイヅカイブキ、第2駐車場付近ではスギであった。その他、テニスコート付近ではナナカマドやヤマツツジ、第2駐車場付近ではクロマツやアカマツが多く確認された。

葉の褐変や点状斑の発生状況の調査から、夏期は両調査区ともに葉に対する影響は認められなかった。冬期の調査でも、落葉した葉では白斑などの異常変化は認められなかったが、常緑針葉樹のスギやアカマツでは、枝の根元付近の褐色化が認められた。この褐変化現象は、悪臭（とくにアンモニア）のみならず、虫や病気、生理障害、気象害の可能性も考えられるため、畜産事業所からの影響かどうかを見極めるには、長期的な観察が必要と思われた。

謝 辞

本実験遂行にあたり、快く試料を提供して頂きました株式会社美保野パーク代表取締役清水明徳様をはじめ、関係者の皆様に深く御礼申し上げます。また、臭気測定機器を提供して下さいました本学バイオ環境工学科の小比類巻孝幸教授ならびに植生調査に関する資料提供とアドバイスを下さいました本学バイオ環境工学科の鮎川恵理准教授に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 山本朱美：畜産臭気問題の現状と対策，
http://www.jlta.or.jp/news/image/seminar2012/jltaseminar2012_msyamamoto.pdf
- 2) 群馬県畜産試験場，埼玉県農林総合研究センター畜産研究所，新潟県農業総合研究所 畜産研究センター：畜産臭気対策マニュアル（平成27年3月），
<http://www.ari.pref.niigata.jp/chikusan/swine/odor/%20anual/od>

- or/%20manual%20270302.pdf
- 3) 農林水産バイオリサイクル研究，畜産エコチーム，微生物サブチーム，農林水産技術会議事務局，農業・生物系特定産業技術機構，畜産草地研究所：畜産で利用される臭気対策資材の効果判定方法（平成17年3月），
https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/shuukitaisaku_hamteihouhou.pdf
- 4) 高橋朋子，鈴木睦美，福光健二：樹木による悪臭防止技術，群馬県畜産試験場研究報告，No. 1, pp. 136-142, 1994.
- 5) 福井和夫：ハエの防除対策について，社団法人京都府畜産振興協会，
<http://www.kyochiku.com/sysdata/pdf/kankyo2002.pdf>
- 6) 鈴木睦美，山田正幸，高橋朋子，浦野義雄，福光健二：誘引法によるハエの効率的防除の検討，群馬県畜産試験場研究報告，No. 5, pp. 43-49, 1998.
- 7) 鮎川恵理：八戸工業大学構内の樹木フロラと樹木による炭素蓄積量の推定，八戸工業大学紀要，Vol. 29, pp. 119-147, 2010.
- 8) 佐竹義輔，原寛/巨理俊次，富成忠夫 編：新装版 日本の野生植物 木本1，平凡社，1999.
- 9) 知られざる双翅目のために -Information on Japanese Diptera of Japan-, diptera-bio.jimdo.com.
- 10) BugGuide, <http://bugguide.net/node/view/40904>
- 11) 愛媛県ホームページ（愛媛県庁）畜産原稿 H27_6月，
www.pref.ehime.jp/houkei/gijutu/documents/2706chikusan.pdf
- 12) 山本雅敏，上田龍：各種動物の拡散防止措置の例③ ショウジョウバエ，
www1a.biglobe.ne.jp/idenkyo/upfile/anzen_drosophila.pdf
- 13) 更科孝夫，山田渥，大塩行夫：北海道の一養豚場におけるハエ類における季節的消長，衛生動物，Vol. 36, No. 3, pp. 205-210, 1985.
- 14) <https://ja.wikipedia.org/wiki/イエバエ>
- 15) イカリ消毒オンラインショップ，
<https://www.ikari.jp/gaicyu/03010d.html>
- 16) アース害虫駆除なんでも辞典 ハエを知る，
<http://www.earth-chem.co.jp/gaichu/hae/knowledge>
- 17) Joseph, R. M., Devineni A. V., King, I. F. G. and Heberlein U.: Oviposition preference for and positional avoidance of acetic acid provide a model for competing behavioral drives in *Drosophila*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United*

States of America, Vol. 106, No. 27, pp. 11352-11357, 2009.

要 旨

本研究では、八戸工業大学構内の衛生環境をより改善するために、大学構内の気象条件と環境衛生指標物質のモニタリングを行い、ハエの発生状況、捕獲したハエの種の同定とハエの媒介する細菌の検出、ハエの誘因物質、構内樹木に対する影響を検討した。その結果、気象条件やO₂濃度の影響によりVOCや臭気の発生が左右されたが、臭気の数値はヒトの感じる「臭い」と殆ど一致しなかった。また、大学構内の気温推移とハエの捕獲から、気象条件の変動によりハエの個体数や生活環が変わることがわかった。ハエ体表からは腸球菌 (*Enterococcus faecalis*) や *Staphylococcus* 属細菌などが分離され、環境衛生の向上のためにはハエ駆除は必須であることがわかった。ハエの誘引物質には酢酸が有効であることが示唆された。悪臭による大学構内樹木への影響は殆ど認められなかった。畜産経営に伴う環境汚染を改善し、衛生環境を整えていくうえでも、継続的な観察が必要と思われた。

キーワード: 家畜施設, 環境衛生, 気象条件, 臭気, ハエ