

短報論文

沖縄地域に分布する樹木の大气中アンモニア濃度の低減効果

村田正将・玉城政信¹・波平知之・屋良朝宣・仲村一郎¹・石田千華¹・
鈴木直人²・二宮恵介²・風岡雅輝³・辻本卓郎³

琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター,¹琉球大学農学部,
²沖縄県畜産研究センター,³一般財団法人 沖縄県環境科学センター

(受付 2018 年 5 月 23 日 : 受理 2018 年 10 月 4 日)

要 約 沖縄地域で生垣として植栽されているケラマツツジ, ブッソウゲおよびクロトンにおける大气中のアンモニア除去能を評価するため, 密閉型アクリルボックス (457 mm × 457 mm × 915 mm) を作成し, 1%アンモニア水注入後のアクリルボックス内のアンモニア濃度の経時変化について検討した. アクリルボックス内のアンモニア濃度は時間の経過に伴い減少し, 土壌のみの対照区より樹木を植えた処理区で有意 ($P < 0.01$) に減少した. 樹木によるアンモニア除去率はケラマツツジとブッソウゲがクロトンより有意 ($P < 0.01$) に高く, その要因を各樹木の葉の特徴から検討した結果, 最もアンモニア除去率が高かったケラマツツジは, ブッソウゲやクロトンに比べて鉢あたりの葉数および葉面積の値が高く, 比葉面積の値が小さかった. このことから, 肉厚で葉量の多い葉を有する樹木ほど大气中のアンモニア除去能が高くなることが示唆された.

日本暖地畜産学会報 62(1) : 31-35, 2019

キーワード : アンモニア除去能, クロトン, ケラマツツジ, ブッソウゲ

緒 言

沖縄県において畜産業は, 2015 年の産出額が 426 億円で農業産出額の 46% を占めるなど, 沖縄県における農業の基幹産業となっている (沖縄県農林水産部畜産課 2017). 県では市場競争力の強化によって生産拡大が期待できる品目として沖縄 21 世紀農林水産振興計画の主要な産業として肉用牛と豚の生産振興を進めている (沖縄県農林水産部 2017). その一方で, 2015 年度の沖縄県内で発生した畜産経営体からの環境苦情件数は 55 件あり, そのうち肉用牛 13 件と豚 28 件が全体の 74.5% を占め, また, 環境苦情件数における種類別の悪臭に関する割合は 70.9% に達するなど (沖縄県農林水産部畜産課 2017), 畜舎から発生する悪臭の低減や除去, そして敷地外への拡散を防止する対策が必要となっている.

畜舎から排出される悪臭物質の一つであるアンモニアは刺激臭が強く, 水に溶けやすい性質があり, 家畜の健康や生産性に悪影響を及ぼし (佐藤 2004), 管理者に対しても生理的な影響を与える有害ガス (代永 2004) として「悪臭防止法」の特定悪臭物質として規制されている. そのため, 畜舎から高濃度で発生するアンモニアの低減・除去は畜産農家の経営上, 重要な課題だと考えられる (亀田ら 1997).

アンモニアは水に対する溶解度が極めて高く, 相対湿度が 95% 以上になると, アンモニアがアンモニウムに転換されやすい (Healy 1974). 水分ストレスを受けていない樹木葉内における水分環境においては, 気孔が開いていれば, 大气中のアンモニアを吸収する機能を有している. 畜舎周辺での大气中のアンモニア濃度

の低減・除去方法の一つとして景観を配慮した生垣が考えられ (高橋 2004), 国内では温帯性樹木のツゲ等にアンモニアの除去能があることが報告 (高橋ら 1994) されている. しかしながら, 亜熱帯性樹木の除去能については検討されていない. そこで本研究では, 沖縄本島中北部の山地に自生し庭木として利用されているケラマツツジ, 本土では観賞用として温室栽培されているが沖縄県内では至る所に自生しているブッソウゲおよび生垣や公園等に園芸植物として利用されているクロトンを用いて, 大气中アンモニアの除去能について調査を行い, 畜舎から発生する悪臭の緩和策としての利用可能について検討を行った.

材料および方法

試験は琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センター内のガラス室にて, 2018 年 1 月 24 日から同月 28 日までの期間に実施した. 供試樹木は樹齢 2 年未満のケラマツツジ (*Rhododendron scabrum* G. Don), ブッソウゲ (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) およびクロトン (*Codiaeum variegatum* L.) の幼木とし, 容積 15.2 L (高さ 330 mm, 上部直径 270 mm, 下部直径 215 mm) の植木鉢に移植した樹木を用いた. なお, 土壌のみの植木鉢を対照区とした. 各処理区の植木鉢は 5 反復とし, それぞれランダムに配置した. 試験実施時の植木鉢内の供試樹木の樹高は, ケラマツツジ, ブッソウゲおよびクロトンそれぞれ 52.8 ± 2.2 , 50.2 ± 12.0 および 45.0 ± 11.0 cm であった. 試験開始 1 週間前から 1 日に 1 回 50 ml の水道水を 17 時に灌水しながらガラス室で栽培した. 試験実施日 (1 月 24 日) に各処理

区の植木鉢をガラス室のコンクリート床上に設置したコンクリートパネルの塗装面に配置し、厚さ 3 mm の透明アクリルボックス (457 mm × 457 mm × 915 mm) をそれぞれの植木鉢に被せた (図 1)。アクリルボックス内のアンモニア濃度を測定するため、植木鉢上面からアクリルボックス上面との間の中央に直径 6 mm の穴を開け、測定時以外は透明の粘着テープ (幅 50 mm) で穴を塞いだ。午前 9 時からアクリルボックス内に設置したガラスシャーレ (直径 90 mm × 高さ 15 mm) に 1% アンモニア水を 2 ml 注入し、発生したアンモニアがアクリルボックス外に揮散しないようにコンクリートパネルとアクリルボックスの接触部分を透明の粘着テープですぐに貼り付け、午後 3 時まで密封状態とした。その後はアクリルボックスを除き、翌日まで植木鉢を静置した。試験期間中、アンモニア水の注入は 5

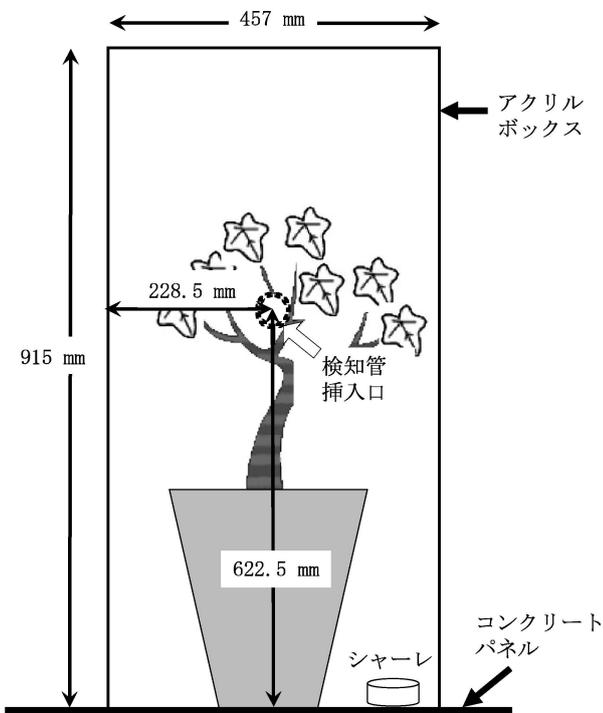


図 1. 密閉型のアクリルボックス

日間繰り返した。アクリルボックス内のアンモニア濃度の測定は、検知管式気体測定器 (GV-110S 株式会社ガステック, 神奈川) を用い、1 月 24 日 (1 日目), 1 月 26 日 (3 日目) および 1 月 28 日 (5 日目) の合計 3 回実施し、アンモニア水の注入後 60 分, 120 分, 180 分および 240 分経過した時点で測定した。樹木によるアンモニア除去率 (%) は、対照区におけるアンモニア濃度を 100% とし、各処理区におけるアンモニア濃度との比率から算出した。アクリルボックス内の気温と湿度は温湿度計 (おんどとり TR-72wf T&D 社製, 長野), 照度は照度計 (LX-1332D 株式会社カスタム, 東京) を用いて測定した。試験終了時の樹木調査として、各供試樹木の葉数を計測し、自動葉面積計 (AAM-8 林電工株式会社, 東京) を用いて鉢あたりの葉面積を測定し、鉢あたり葉の乾物重量を除いた値から比葉面積を算出した。

得られた数値の統計処理は、フィッシャーの LSD 法を用いて処理区間の比較を行った。

結果

試験期間中のアクリルボックス内の環境条件 (温度, 湿度および照度) を表 1 に示した。試験期間中の温度は 20.8~26.8°C, 湿度は 76.7~80.7%, 照度は 12.8~97.6 Klux の範囲内にあった。

表 1. アクリルボックス内の環境条件

測定日	天候	温度(°C)	湿度(%)	照度(Klux)
1/24(1 日目)	曇時々雨	26.8	76.7	18.3
1/26(3 日目)	雨	20.8	80.7	12.8
1/28(5 日目)	曇時々晴	25.0	77.2	97.6
平均値±標準偏差		24.2±3.1	78.2±3.1	42.9±47.5

値は 10, 11, 12, 13, 14 時の測定値の平均値とした。

アンモニア水注入後のアクリルボックス内のアンモニア濃度と樹木によるアンモニア除去率の推移を表 2 に示した。各処理区とも時間の経過に伴いアクリルボックス内のアンモニア濃度が大幅に低下し、ケラマツツ

表 2. アンモニア水注入後のアクリルボックス内のアンモニア濃度と樹木によるアンモニア除去率の推移

処理区	アンモニア濃度 (ppm)			
	注入 60 分後	120 分後	180 分後	240 分後
ケラマツツジ区	1.8 ± 0.5 ^A	0.6 ± 0.2 ^A	0.4 ± 0.1 ^A	0.2 ± 0.1 ^A
ブツウゲ区	8.2 ± 2.6 ^{AB}	1.3 ± 0.5 ^A	0.6 ± 0.2 ^A	0.3 ± 0.1 ^A
クロトン区	17.5 ± 2.3 ^{BC}	4.7 ± 0.6 ^B	2.2 ± 0.2 ^B	1.5 ± 0.2 ^B
対照区 [†]	19.8 ± 3.0 ^C	7.0 ± 0.9 ^B	3.7 ± 0.5 ^C	2.9 ± 0.3 ^C
処理区	アンモニア除去率 (%)			
	注入 60 分後	120 分後	180 分後	240 分後
ケラマツツジ区	74.5 ± 12.4	90.5 ± 2.6 ^A	89.6 ± 3.4 ^A	93.3 ± 3.1 ^A
ブツウゲ区	63.5 ± 11.1	79.0 ± 10.1 ^A	83.4 ± 6.7 ^A	87.3 ± 5.3 ^A
クロトン区	26.1 ± 7.9	35.0 ± 7.5 ^B	41.7 ± 3.7 ^B	48.6 ± 4.2 ^B

値は合計 3 回の測定日の平均値±標準誤差。

同列の異符号間には 1% 水準で有意差あり。

[†] 対照区は土壌のみの植木鉢をアクリルボックス内に設置。

表 3. 供試樹木の鉢あたりの葉数、葉面積、葉の乾物重量および比葉面積

処理区	葉数 / 鉢	葉面積 (cm ² /鉢)	葉の乾物重量 (g/鉢)	比葉面積 [†] (cm ² /g)
ケラマツツジ区	780.8 ± 188.8	2141.4 ± 325.4	18.8 ± 2.0	111.7 ± 10.8
ブッソウゲ区	120.8 ± 18.2	1504.8 ± 377.7	7.6 ± 1.7	195.5 ± 12.4
クロトン区	31.8 ± 3.5	946.6 ± 67.0	5.8 ± 0.5	165.6 ± 8.9

平均値 ± 標準誤差.

[†]比葉面積 = 葉面積 / 葉の乾物重量

ジ区、ブッソウゲ区およびクロトン区は、土壌のみの対照区に比べてアンモニア濃度が低くなった。樹木間で比較すると、最もアンモニア濃度が低かったのはケラマツツジ区であり、次いでブッソウゲ区、クロトン区の順となり、アンモニア水注入後 240 分経過した時点では、ケラマツツジ区とブッソウゲ区においては悪臭防止法の基準値である 1 ppm 以下のアンモニア濃度まで低下した。いずれの樹木ともにアンモニア障害による葉の褐変等は認められなかった。

供試樹木によるアンモニア除去率は、樹木による違いが認められ、ケラマツツジ区とブッソウゲ区はクロトン区に比べて有意 ($P < 0.01$) に高くなった。ケラマツツジ区とブッソウゲ区に比べて、クロトン区はアンモニア注入後 240 分経過した時点でアンモニア除去率が 50% 以下の値となった。

供試樹木の鉢あたりの葉数、葉面積、葉の乾物重量および比葉面積を表 3 に示した。鉢あたりの葉数は、ケラマツツジ区 > ブッソウゲ区 > クロトン区の順で多く、各樹木とも反復間のばらつきは小さかった。鉢あたりの葉面積および葉の乾物重量の値は、ケラマツツジ区 > ブッソウゲ区 > クロトン区の順で高かった。比葉面積は、ブッソウゲ区 > クロトン区 > ケラマツツジ区の順で高い値となった。

考 察

畜産由来の悪臭の発生量は、畜舎構造や家畜の飼養環境によって左右されるが、生垣によって畜舎周辺の悪臭が緩和できることが知られている (高橋 1996)。全国的に高いアンモニア濃度が検出される沖縄県の一部地域においては、アンモニアの発生源が畜舎だと考えられている (嘉手納ら 2010) ことから、畜舎周辺にアンモニア除去能の高い樹木を植栽することで畜舎から発生するアンモニアを中心とする悪臭緩和が期待できる。本試験は亜熱帯性樹木による大気中のアンモニア除去能について密閉型の簡易アクリルボックスを作成し、沖縄地域で生垣として植栽されている樹木で検討した。その結果、アクリルボックス内に 1% アンモニア水を注入すると、アクリルボックス内のアンモニア濃度は土壌のみの対照区でもアンモニア濃度が時間の経過とともに減少する結果が得られた。大気中のアンモニアは乾燥状態よりも湿潤状態で物理的吸着が進むことが知られている (高橋 1996, 福森 2004)。本試験においても、灌水によって湿潤状態が保たれた土壌に

揮発したアンモニアが吸着されたものと考えられた。その一方で、アクリルボックス内に供試樹木を配置した場合は、土壌のみの対照区よりもアンモニア濃度が低くなる結果が得られ、また、樹木の違いによる差異が認められた。植物は大気中のアンモニアを貯蔵する器官として考えられ (Farquhar ら 1980)、また、大気中のアンモニアはわずかであるが樹木の葉に付着することも知られている (高橋 2004)。本試験においては、揮発したアンモニアが土壌以外の樹木の葉に付着・吸収された結果、アクリルボックス内のアンモニア濃度が減少したものと考えられた。

対照区のアンモニア濃度の比率から算出した樹木によるアンモニア除去率 (表 2) ではケラマツツジ区とブッソウゲ区がクロトン区より有意 ($P < 0.01$) に高かった。その要因について、各樹木の葉の特徴から検討した結果、最もアンモニア除去率が高かったケラマツツジ区は、ブッソウゲ区やクロトン区に比べて鉢あたりの葉数が多く、また、鉢あたりの葉面積の値が高くなっていたが、比葉面積の値は小さかった。比葉面積は個葉の光合成能力と関係のある形質の 1 つとして選抜指標に用いられ、この値が小さい葉は厚く内容物が充実し、光合成能が高いとされている (窪田 2002)。すなわち、ケラマツツジは形態的に肉厚な葉が数多く密生した樹木であった。そこで、各樹木の葉の特徴とアンモニア除去率との関係について検討し、図 2 に示した。その結果、樹木によるアンモニア除去率は、鉢あたりの葉数、葉面積、葉の乾物重量との間に有意 ($P < 0.01$, $P < 0.05$) な正の相関が得られた。このことから、樹木によるアンモニア除去能は、鉢あたりの葉数、葉面積および葉の乾物重量の値が高いものほど高くなる傾向にあると推察された。本試験では葉数、葉面積が多いケラマツツジが最もアンモニアの除去能が高いことが明らかになった。

本試験では試験期間中の供試樹木における光合成速度の測定を行わなかったが、各種環境条件下で検討した樹木の光合成速度は、ツツジ、ブッソウゲおよびクロトンで、それぞれ $10 \sim 15 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}^1$ (Wang ら 2009)、 $10 \sim 15 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}^1$ (Fulcher ら 2012) および $7 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2/\text{s}^1$ 程度 (Chen ら 2009) とする報告があり、本試験で用いたケラマツツジとブッソウゲはクロトンに比べて高い光合成速度を有するものと推察された。ケラマツツジ区とブッソウゲ区ではクロトン区に比べてアンモニアの吸収が進み、その中で大気中

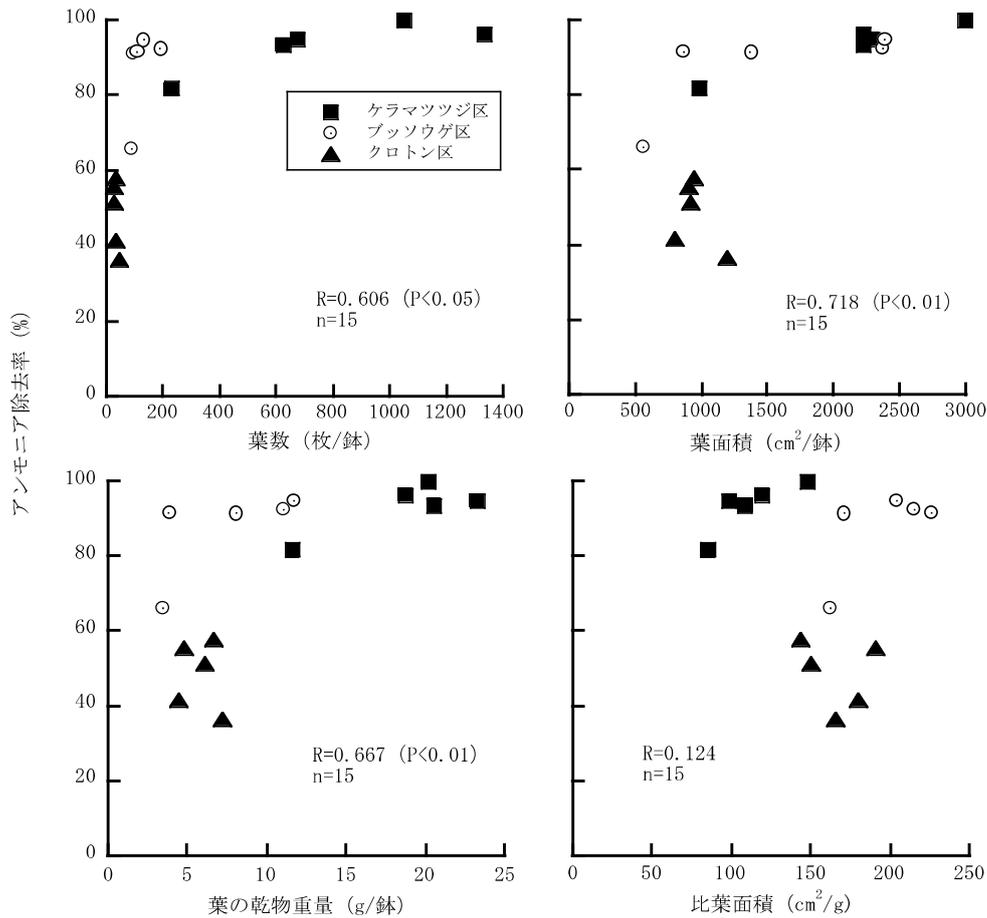


図2. 樹木によるアンモニア除去率と葉の特徴との関係

のアンモニアの貯蔵器官として肉厚な葉を有するケラマツツジが最も高いアンモニアの除去能を示したと考えられた。

以上のことから、沖縄地域で植栽されているケラマツツジとブッソウゲはクロトンに比べてアンモニア除去能が高いことが明らかとなり、また、樹木の葉の特徴において、樹木あたりの葉数、葉面積ならびに葉の乾物重量が高い葉を有する樹木ほど大気中のアンモニアの除去能が高くなる可能性が示唆された。アンモニア除去能の優れた樹種ほど葉の褐変等のアンモニア障害が発生した報告（高橋ら1994）もあり、今後は成木での試験を行い、高濃度条件下でのアンモニア除去能とアンモニア障害の有無を含め、畜舎周辺や敷地環境線への生垣に最適な樹木を剪定・植栽し、実用規模での大気中のアンモニア除去能の評価を行う予定である。

謝 辞

本試験を遂行するにあたり、琉球大学農学部附属亜熱帯フィールド科学教育研究センターの安里昌弘氏には供試樹木の管理に多大な支援を頂き、ここに記して感謝いたします。

文 献

Chen JW, Zhang Q, Cao KF. 2009. Inter-species variation of photosynthetic and xylem hydraulic traits in the

deciduous and evergreen Euphorbiaceae tree species from a seasonally tropical forest in south-western China. *Ecological Research*, 24: 65-73.

- 代永道裕. 2004. 畜産環境対策大辞典 第2版. 農文協編. pp.27-41. 社団法人農山村文化協会. 東京.
- Farquhar GD, Firth PM, Wetselaar R, Weir B. 1980. On the gaseous exchange of ammonia between leaves and the environment: Determination of the ammonia compensation point. *Plant Physiology*, 66: 710-714.
- Fulcher AF, Buxton JW, Geneve RL. 2012. Developing a physiological based, on-demand irrigation system for container production. *Science Horticulturae*, 138: 221-226.
- 福原 功. 2004. 畜産環境対策大辞典 第2版. 農文協編. pp.78-88. 社団法人農山村文化協会. 東京.
- 嘉手納恒・友寄喜貴・城間朝彰・與古田尚子・与儀和夫. 2010. 沖縄県南城市における大気中アンモニア濃度の特徴. *沖縄県衛生環境研究報*, 44: 57-60.
- Healy TV. 1974. Ammonia and related atmospheric pollutants at Harwell. *Atmospheric environment*, 8: 81-83.
- 亀田智子・高橋朋子・山田正幸. 1997. 畜産臭気の発生実態調査. *群馬県畜産試験場研究報告*, 4: 87-93.
- 窪田文武. 2002. 品種改良の目標と生理生態的形質.

- 作物学総論. 第4版. 堀江 武・吉田智彦・巽 二郎・平沢 正・今木 正・小葉田 了・窪田文武・中野淳一編. pp.143-161. 朝倉書店. 東京.
- 公益社団法人畜産技術協会. 2016. アニマルウェルフェアの考え方に対応した肉用牛の飼養管理指針 (改訂版). pp.10-11. 公益社団法人畜産技術協会. 東京.
- 沖縄県農林水産部. 2017. 沖縄の農林水産業. pp.4-10. 沖縄県. 沖縄.
- 沖縄県農林水産部畜産課. 2017. おきなわの畜産. pp.2-61. 沖縄県. 沖縄.
- 高橋朋子. 1996. 樹木による悪臭の緩和と生垣の効果. 畜産コンサルタント, 32 (11):14-20.
- 高橋朋子. 2004. 畜産環境対策大辞典 第2版. 農文協編. pp.474-478. 社団法人農山村文化協会. 東京.
- 高橋朋子・鈴木睦美・福光健二. 1994. 樹木による悪臭防止技術. 群馬県畜産試験場研究報告, 1: 136-142.
- Wang X, Peng Y, Singer JW, Fessehaie A, Krebs SL. 2009. Seasonal changes in photosynthesis, antioxidant systems and *ELIP* expression in a thermonastic and non-thermonastic *Rhododendron* species: A comparison of photoprotective strategies in overwintering plants. *Plant Science*, 177: 607-617.