# バチルス菌による養豚業由来のアンモニア低減効果

群馬工業高等専門学校　学生会員　○神立浩佑　中島眞太郎
群馬工業高等専門学校　正会員　宮里直樹

## 1. はじめに

### 1.1　研究背景

群馬県は古くから養豚業が盛んで、現在でも豚飼養頭数で全国5位に位置している。しかし、近年では、養豚業から排出される悪臭が問題となっている。前橋市の赤城山南面では群馬県内でも特に養豚業が盛んな地域であった。しかし、近年では、この地域は景勝地として売り出されていて、別荘や高級住宅が多く建設され、住宅と豚舎が混在する地域となりつつある。それに伴い、養豚業に起因する悪臭が問題となってきた。そこで、下水処理場にてバチルス菌が優占化した脱水汚泥は通常の脱水汚泥と比べ、臭気がほとんどなくなったと報告[1)]があることに着目し、バチルス菌が優占化した余剰汚泥を用いて畜産由来の悪臭を抑制し、かつ余剰汚泥の有効活用をしようと考えた。

### 1.2　研究目的

本研究では、養豚業に由来する悪臭をバチルス菌が優占化した余剰汚泥を用いて抑制する技術の開発を目的とした。そのため、バチルス菌による悪臭の除去効果を検証した。中間発表では、バチルス菌にはアンモニアガスを分解する働きがあると考え、バチルス菌のアンモニアガスへの作用を検証したが効果は小さかった。従って、悪臭発生源(糞・脱水汚泥等)からのアンモニア発生を抑制する働きがあると考え、本発表ではバチルス菌の発生源への作用を検証した。

## 2. アンモニア発生源に及ぼすバチルス菌の効果（実験1）

### 2.1　実験手順

図-1に示す500mlの実験瓶に30gの養鶏脱水汚泥を入れ、蓋をして24時間後に実験瓶内部のアンモニア濃度を北川式検知管を用いて計測した。このとき、実験瓶内部の気体が外気と混合しないように注意した。アンモニア濃度を計測した後、脱水汚泥に表-1に示す試料水をそれぞれ5ml散水した。このとき、試料水のpHを計測した。なお、No.1はブランクとしてなにも散水しないものとした。No.4の消毒バチルスとNo.5の液体バチルスには、バチルス菌への基質として酢酸ナトリウムを添加した。散水した後、24、48、72、96、120、144時間後の実験瓶の中のアンモニア濃度を北川式検知管で計測した。また、実験前の脱水汚泥、消毒バチルス、液体バチルス内のバチルスコロニー数、実験後のNo.1～No.6の脱水汚泥内のバチルスコロニー数を測定した。

表-1　実験1で用いた試料水

| 実験瓶 | 試料水名 | 詳細 |
|---|---|---|
| No.1 | ブランク | - |
| No.2 | 消毒バチルス | B農集排処理場の汚泥に次亜塩素酸Naを2000mg/L加えた |
| No.3 | 液体バチルス | バチルス菌を芽胞状態で濃縮した液体 |
| No.4 | 消毒バチルス＋酢酸Na | 液体バチルス100mlに酢酸Naを0.326g加えた |
| No.5 | 液体バチルス＋酢酸Na | 消毒バチルス100mlに酢酸Naを0.326g加えた |
| No.6 | 蒸留水 | 普通の蒸留水 |

### 2.2　実験1の結果および考察

実験結果を表-3、図-2に示す。実験前の脱水汚泥、消毒バチルス、液体バチルス内のバチルスコロニー数と実験後のNo.1～No.6の脱水汚泥内のバチルスコロニー数を測定した結果を表-2に示す。実験後の脱水汚泥のバチルスコロニー数は、No.1が$4.7\times10^8$個/dryg、No.2が$4.2\times10^8$個/dryg、No.3が$3.7\times10^8$個/dryg、No.4が$5.1\times10^8$個/dryg、No.5が$4.5\times10^8$個/dryg、No.6が$5.1\times10^8$個/drygとなり、実験前の$3.2\times10^8$個/drygとほぼ変化しないと判断できる。

図-2から、各試料水のアンモニア濃度の減少が確認できると判断した96時間後のアンモニア濃度の値を考察に採用する。No.1、No.5は初期値からそれぞれ9および8ppm増加していたが、ほぼ変化していないと判断した。No.2は初期値から24ppm増加しており増加傾向にあると考えた。No.3、No.4、No.6は初期値からそれぞれ30ppm、19ppm、38ppm減少しているため、減少傾向にあると判断した。

No.3とNo.5、No.4とNo.6を比較すると、酢酸ナトリウムを添加していない方がアンモニア濃度の減少が大

図-1　実験の様子

表-2　バチルスコロニー数（実験1）

| | 試料名 | バチルス菌群数 |
|---|---|---|
| 実験前 | 養鶏脱水汚泥 | 3.2×10^8個/dryg |
| | 消毒バチルス | 5.4×10^5個/ml |
| | 液体バチルス | 4.1×10^5個/ml |
| 実験後 | No.1 | 4.7×10^8個/dryg |
| | No.2 | 4.2×10^8個/dryg |
| | No.3 | 3.7×10^8個/dryg |
| | No.4 | 5.1×10^8個/dryg |
| | No.5 | 4.5×10^8個/dryg |
| | No.6 | 5.1×10^8個/dryg |

表-3　アンモニア濃度（実験1）

| 実験瓶No. | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 | No.5 | No.6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 散水液体 | ブランク | 蒸留水 | 液体バチルス | 消毒バチルス＋酢酸Na | 液体バチルス＋酢酸Na | 消毒バチルス |
| pH | - | 6.73 | 3.58 | 7.05 | 6.61 | 5.54 |
| 経過時間(h) | アンモニア濃度(ppm) | | | | | |
| 0 | 26 | 22 | 72 | 78 | 51 | 88 |
| 24 | 20 | 50 | 49 | 47 | 60 | 50 |
| 48 | 40 | 35 | 40 | 45 | 52 | 46 |
| 72 | 36 | 34 | 32 | 40 | 50 | 40 |
| 96 | 35 | 46 | 42 | 59 | 59 | 50 |
| 120 | 60 | 40 | 32 | 42 | 46 | 41 |
| 144 | 70 | 34 | 33 | 42 | 45 | 37 |

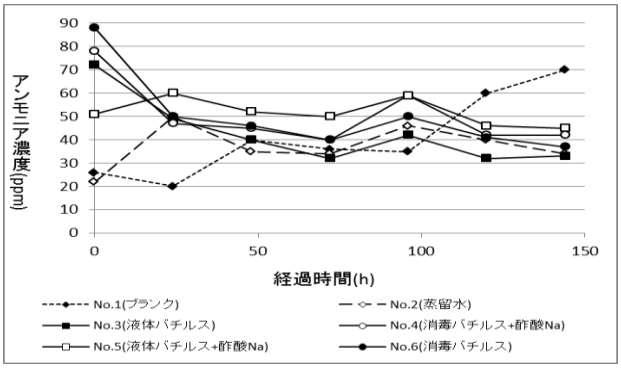


図-2　アンモニア濃度の変化（実験1）

キーワード　バチルス菌、生物脱臭、アンモニア、畜産廃棄物、悪臭
連絡先　群馬県伊勢崎市昭和町1644-4　TEL.0270-21-7196　E-mail：atomicdrop-654@ezweb.ne.jp

きいことが判断できる。これは、バチルス菌の基質として添加した酢酸ナトリウムが、脱水汚泥内のアンモニアを生成する微生物の基質になったことが推定される。また、消毒バチルスには次亜塩素酸ナトリウムが残留していたため、アンモニアを生成する微生物の活動を抑えたと考えられため、No.4とNo.6におけるアンモニア濃度の減少がバチルス菌による効果が大きいかどうかは判断できなかった。

## 3. 添加物質によるアンモニア発生源への影響 (実験2)

### 3.1 実験手順

アンモニア濃度の初期値を揃えるため、養鶏脱水汚泥を 180g 計り取り、すり鉢でかき混ぜた。かき混ぜた後、実験 1 と同様に専用の 500ml の実験瓶に 30g の養鶏脱水汚泥を入れ、蓋をして 24 時間後に実験瓶内部のアンモニア濃度を北川式検知管を用いて計測した。このとき、実験瓶内部の気体が外気と混合しないように注意した。アンモニア濃度を計測した後、脱水汚泥に表-4 に示す試料水をそれぞれ 5ml 散水した。このとき、試料水の pH を計測した。なお、No.1 はブランクとしてなにも散水しないものとした。また、No.5 は次亜塩素酸ナトリウムのみによる影響を調べるために行った。散水した後、29、53、77、101 時間後の培養瓶の中のアンモニア濃度を北川式検知管で計測した。さらに、実験前の脱水汚泥、消毒バチルス、液体バチルス内のバチルス菌コロニー数と実験後の No.1～No.6 の脱水汚泥内のバチルスコロニー数を測定した。

**表-4 実験 2 で用いた試料水**

| 実験瓶 | 試料水名 | 詳細 |
|---|---|---|
| No.1 | ブランク | − |
| No.2 | 蒸留水 | 普通の蒸留水 |
| No.3 | 消毒バチルス | B 農集排処理場の汚泥に次亜塩素酸 Na を 2000mg/L 加えた |
| No.4 | 液体バチルス | バチルス菌を芽胞状態で濃縮した液体 |
| No.5 | 次亜塩素酸 Na | 蒸留水に次亜塩素酸 Na を 2000mg/L 加えた |
| No.6 | グルコース | 100ml の蒸留水にグルコースを 0.8g 加えた |

### 3.2 実験2の結果および考察

実験結果を表-6、図-3 に示す。実験前の脱水汚泥、消毒バチルス、液体バチルス中のバチルスコロニー数、実験後の No.1～No.6 の脱水汚泥中のバチルスコロニー数を測定した結果を表-5 に示す。実験後の脱水汚泥のバチルスコロニー数は、No.1 が $4.2\times10^8$ 個/dryg、No.2 が $3.7\times10^8$ 個/dryg、No.3 が $3.0\times10^8$ 個/dryg、No.4 が $3.9\times10^8$ 個/dryg、No.5 が $3.5\times10^8$ 個/dryg、No.6 が $2.8\times10^8$ 個/dryg、となり、実験前の $1.2\times10^9$ 個/dryg とほぼ変化しないと判断できる。

図-3 から、各試料水のアンモニア濃度の減少が確認できると判断した 77 時間後のアンモニア濃度の値を考察に採用する。No.1 は初期値から 7ppm 増加しているが、ほぼ変化しないと考えた。同じく No.2 は初期値から 9ppm 減少しているため、ほぼ変化しないと判断した。No.3、No.4、No.5 は初期値からそれぞれ 37ppm、18ppm、45ppm 減少したため、減少傾向にあると考えた。No.6 は 77 時間後以外の測定時間で初期値より増加しているため、増加傾向にあると判断した。

No.3とNo.5を比較すると、アンモニア濃度の減少に大きな差は見られなかった。従って、消毒バチルスのアンモニア生成を抑制する効果は消毒バチルス内の次亜塩素酸ナトリウムによるものが大きく、バチルス菌による効果は小さいと考えられる。また、No.6はグルコースを散水したことで、アンモニア濃度は増加傾向になったため、有機物を発生源に散水すると、アンモニアを生成する微生物の基質になると考えられる。No.2とNo.4を比較すると、No.4はNo.2よりもわずかに減少が大きいことが分かる。このことから、バチルス菌は発生源に対し抑制効果を発揮しているが、アンモニア生成の速さにバチルス菌の除去作用が追いついていないと考えられる。

**表-5 バチルスコロニー数(実験2)**

| | 試料名 | バチルス菌群数 |
|---|---|---|
| 実験前 | 養鶏脱水汚泥 | 1.2×10^9個/dryg |
| | 消毒バチルス | 3.3×10^7個/ml |
| | 液体バチルス | 5.0×10^6個/ml |
| 実験後 | No.1 | 4.2×10^8個/dryg |
| | No.2 | 3.7×10^8個/dryg |
| | No.3 | 3.0×10^8個/dryg |
| | No.4 | 3.9×10^8個/dryg |
| | No.5 | 3.5×10^8個/dryg |
| | No.6 | 2.8×10^8個/dryg |

**表-6 アンモニア濃度(実験2)**

| 実験瓶No. | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 | No.5 | No.6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 散水液体 | ブランク | 蒸留水 | 消毒バチルス | 液体バチルス | 次亜塩素酸Na | グルコース |
| pH | - | 5.88 | 6.03 | 3.6 | 8.36 | 8.14 |
| 経過時間(h) | アンモニア濃度(ppm) | | | | | |
| 0 | 63 | 59 | 67 | 63 | 70 | 60 |
| 29 | 70 | 60 | 40 | 50 | 45 | 65 |
| 53 | 100 | 60 | 40 | 70 | 50 | 80 |
| 77 | 70 | 50 | 30 | 45 | 25 | 60 |
| 101 | 50 | 50 | 30 | 50 | 30 | 90 |

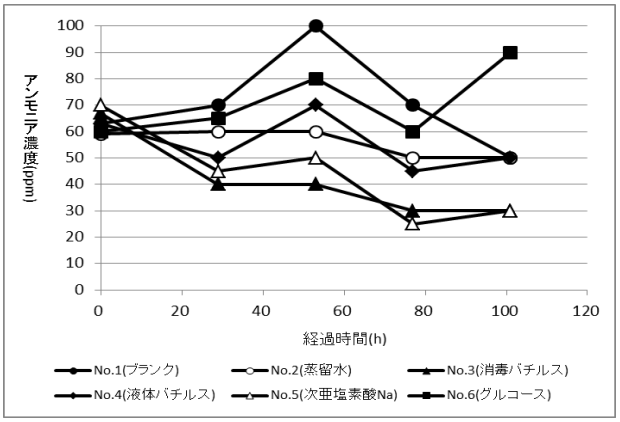


**図-3 アンモニア濃度の変化(実験2)**

## 4. 研究のまとめ

中間発表では、アンモニアガスに対してバチルス菌が除去効果を発揮するかどうかを確認するための実験を行った。その結果、除去作用は確認できたがバチルス菌によるものかどうかを証明できず、発生したアンモニア自体に対して効果は小さいと判断した。

今回の実験では、アンモニアの発生源に対してバチルス菌が除去効果を発揮することを明確にできなかった。表-2 および表-5 から、実験前の発生源にバチルス菌が生息していたが、アンモニアが発生していた。そのため、今回の実験で使用した脱水汚泥とバチルス菌がほとんど生息していない脱水汚泥から検知されるアンモニア濃度の変化と比較して、バチルス菌がアンモニア発生を抑制する効果があるか検討する必要がある。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、実験ならびにデータ分析に青井先生、本専攻科生にご協力頂きました。この場を借りてお礼を申し上げます。

## 参考文献

1)新活性汚泥技術研究会(2005)『NASTNEWS No.8』
2) 環境省：悪臭防止法の手引き
3) 村上弘毅・李文生・土井幸夫・青木満・入江鐐三・建石耕一(1996)「好気性無臭し尿処理において優占化する *Bacillus.sp* の種の同定」『日本処理生物学会誌』第 32 巻第 2 号 pp105-110 日本処理生物学会