

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23580343

研究課題名(和文) アンモニア揮散低減と肥効促進を目的とした家畜排せつ物堆肥化時のMAP生成促進

研究課題名(英文) Enhancement of MAP precipitation during livestock manure composting for reducing ammonia emission and improvement fertilizing effect

研究代表者

前田 武己 (MAEDA, Takeki)

岩手大学・農学部・准教授

研究者番号：40333760

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：堆肥材料へ塩化マグネシウム(MgCl<sub>2</sub>)を添加することによりMAP(リン酸マグネシウムアンモニウム)の生成を促進させることによる、堆肥化早期のアンモニア揮散の低減について検討した。アンモニア揮散はMgCl<sub>2</sub>添加により大きく抑制された。その一方で、MAP-Nは増加したがその量は少なく、材料のpHの低下とECの上昇が生じ、有機物分解率は低下した。アンモニア揮散の低減は、MAP生成による効果よりも材料pHの低下による効果が大きかったと考えられる。

研究成果の概要(英文)：The effects of MgCl<sub>2</sub> addition to composting material on MAP precipitation and ammonia emission were investigated. Ammonia emission after MgCl<sub>2</sub> addition decreased largely. However, a small increase in MAP-N was observed. the pH of the material decreased and the electrical conductivity increased. And the degradation rates of volatile matter decreased. These results suggest that, pH reduction had a greater effect on the reduction of ammonia emission than did the MAP increase.

研究分野：農学

キーワード：バイオマス 廃棄物再資源化 環境負荷低減

## 1. 研究開始当初の背景

家畜排せつ物堆肥に含まれる窒素成分のうち、従来は有機性の窒素とされるものの一部が、MAP (リン酸マグネシウムアンモニウム,  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ) であることが明らかにされた。堆肥に含まれる MAP の確認は、肥効評価の上で有用という以外に、堆肥時のアンモニア揮散低減や堆肥の品質向上という点においても、大きな可能性を示唆している。

堆肥化時のアンモニア揮散は悪臭の原因となるのみならず、肥料成分である窒素の損失でもある。このため多くの低減方法について検討がなされてきたものの、いずれの方法も実用技術としての普及には課題が残されている。家畜排せつ物に含まれる N, P, Mg のモル含量は、基本的には N が最も多く、次いで P であり、Mg が最も少ない。不足する Mg を安価な  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  として材料に添加して堆肥化を行くことにより堆肥時のアンモニア揮散が低減できれば、環境負荷低減と堆肥の高窒素化・高機能化を両立させることができ、国内物質循環の促進に寄与する。

## 2. 研究の目的

堆肥化時の MAP 生成は、生物学的反応である有機物分解と、その結果生じる化学的反応との複合反応である。このため、家畜排せつ物に含まれる N, P, Mg は、畜種によりその初期含有量が異なるだけでなく、有機物分解による無機化の時期が異なるなどの差異があるものと考えられる。このため、複数畜種の排せつ物を材料として、 $MgCl_2$  を Mg 源として添加した時の、有機物分解やアンモニア揮散といった堆肥化に及ぼす影響と、材料中の MAP の動態について検討を行い、材料温度変化、有機物分解などとの関連性を明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1)  $MgCl_2$  添加が家畜排せつ物の堆肥化に及

ぼす影響

肥育牛 (BC), 搾乳牛 (DC), 肥育豚 (FP), ブロイラー (BL) の 4 畜種の排せつ物について、 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  (以下、 $MgCl_2$ ) を添加して堆肥化を行った。添加量は、排せつ物の乾燥質量 1 kg 当たり 0.1 mol (+0.1 区, ブロイラーでは未実施), 0.2 mol (+0.2 区), 0.4 mol (+0.4 区), 無添加の対照区 (Cont. 区) の計 4 条件とした。

堆肥化実験は、容積 4 L の反応槽に材料を充填し、気浴保温式装置にて 15 日間 (ブロイラーのみ 12 日間) 行った。材料温度は、65 °C までは自己発熱により昇温させ、それ以降は実験終了時まで 65 °C を維持させた。その間、材料は 3 日毎に攪拌と分析試料の採取を行った。試料中の MAP については、アンモニア性窒素について HCl 抽出 (pH < 5) と KCl 抽出とによる測定を行い、その差を MAP-N とした。

(2) Mg 源の違いが肥育牛排せつ物の堆肥化と MAP 生成に及ぼす影響

肥育牛排せつ物を材料とし、Mg 源として  $MgCl_2$ ,  $MgO$ ,  $Mg(OH)_2$  をそれぞれ添加して堆肥化を行った。添加量は排せつ物の乾燥質量 1kg あたり 0.2 mol とし、無添加の対照区を設けた。堆肥化は (1) と同様に行ったが、6 日後に終了した。

(3) Mg 源と P 源の同時添加が肥育牛・搾乳牛排せつ物の堆肥化と MAP 生成に及ぼす影響

肥育牛排せつ物と搾乳牛排せつ物をそれぞれ材料とし、Mg 源として  $MgCl_2$  あるいは  $Mg(OH)_2$  を、P 源として  $KH_2PO_4$  を添加して堆肥化を行った。添加量は、排せつ物の乾燥質量 1 kg 当たりそれぞれ 0.15 mol とし、対照区,  $MgCl_2$  区,  $MgCl_2+P$  区,  $Mg(OH)_2+P$  区の計 4 条件の検討を (2) と同様に行った。

(4)  $MgCl_2$  と鶏糞焼却灰添加が堆肥化と MAP 生成に及ぼす影響

安価な鶏糞灰は Mg 源, P 源両方の役割を果たすと考えられるが、灰をそのまま用い

る場合 (Ash) と、その酸溶解液を用いる場合 (Ash liq.) とについて検討した。搾乳牛排せつ物を材料とし、Mg・P の添加量とともに排せつ物の乾燥質量 1 kg 当たり 0.15 mol とし、MgCl<sub>2</sub> 区、Ash 区、MgCl<sub>2</sub>+Ash 区、MgCl<sub>2</sub>+Ash liq. 区の計 4 条件を (2) と同様に検討した。

#### 4. 研究成果

##### (1) MgCl<sub>2</sub> 添加が家畜排せつ物の堆肥化に及ぼす影響

いずれの排せつ物の堆肥化においても、MgCl<sub>2</sub> 添加によりわずかな材料昇温の遅れ、pH の低下、EC の上昇が観察された。また、MgCl<sub>2</sub> 添加区では有機物分解率が低下し、添加量が多いときほどその低下は明確であった。しかし、FP および BL においてその影響は小さかった。MAP-N は、Cont. 区に対して MgCl<sub>2</sub> 添加区で多くなったが、初期含量に対して増加したのは BC のみであり、DC、FP、BL では減少した。P 含量が多い FP、BL においても MAP 生成促進がみられなかったことから、MAP 生成は P の含量に加えてその形態に大きく影響を受けるものと考えられる。また、いずれの排せつ物も MgCl<sub>2</sub> 添加区ではアンモニア揮散が低減され、+0.2 区の Cont. 区に対する低減率は、BC が 17%、DC が 8%、FP が 7%、BL が 18% であった。この揮散低減は pH 低下が要因と考えられる。添加区では、アンモニア性窒素 (TAN) として、材料中により多くの窒素が保持された。

##### (2) Mg 源の違いが肥育牛排せつ物の堆肥化と MAP 生成に及ぼす影響

アンモニア揮散は MgCl<sub>2</sub> 区が対照区より抑制され、MgO 区と Mg(OH)<sub>2</sub> 区とが対照区より促進された。MgCl<sub>2</sub> 区では材料 pH が対照区より低く、MgO 区と Mg(OH)<sub>2</sub> 区とでは反対に pH が高かったためである。

堆肥化後の MAP-N は、Mg 源添加区が対象区より多く、その差は MgCl<sub>2</sub> 区が 1.1 gN kg<sub>DMO</sub><sup>-1</sup>、

MgO 区が 0.4 gN kg<sub>DMO</sub><sup>-1</sup>、Mg(OH)<sub>2</sub> 区が 0.3 gN kg<sub>DMO</sub><sup>-1</sup> であった。MgCl<sub>2</sub> 区の MAP-N が最も多くなったのは、MgCl<sub>2</sub> が水溶性であったことと、アンモニア揮散抑制により TAN が多かったためと考えられる。

##### (3) Mg 源と P 源の同時添加が肥育牛・搾乳牛排せつ物の堆肥化と MAP 生成に及ぼす影響

肥育牛排せつ物のアンモニア揮散は、MgCl<sub>2</sub>+P 区において対照区より揮散が 30% 抑制され、MgCl<sub>2</sub> 区と Mg(OH)<sub>2</sub>+P 区とでは対照区と同等であった。堆肥化後の MAP-N (図 4) は、添加区ではいずれも対照区より多くなった。特に MgCl<sub>2</sub>+P 区と Mg(OH)<sub>2</sub>+P 区で MAP-N が多く、MgCl<sub>2</sub>+P 区では対照区より 1.8 gN kg<sub>DMO</sub><sup>-1</sup> 多かった。MgCl<sub>2</sub>+P 区はアンモニア揮散低減と MAP-N 生成促進が同時に達成された。Mg(OH)<sub>2</sub>+P 区では pH 上昇によるアンモニア揮散の促進と、MAP-N 生成促進による揮散抑制とが拮抗し、揮散が対照区と同等となった。

搾乳牛排せつ物のアンモニア揮散は、MgCl<sub>2</sub> 区、MgCl<sub>2</sub>+P 区、Mg(OH)<sub>2</sub>+P 区において対照区より抑制され、対照区に対する低減率はそれぞれ 40%、29%、17% であった。MAP-N は、対照区と MgCl<sub>2</sub> 区とではほとんど生成されなかった。MgCl<sub>2</sub>+P 区と Mg(OH)<sub>2</sub>+P 区とでは MAP-N が生成されたが、その量は生成が多かった MgCl<sub>2</sub>+P 区でも 0.8 gN kg<sub>DMO</sub><sup>-1</sup> にすぎなかった。MgCl<sub>2</sub> 区の結果は、搾乳牛排せつ物では Mg 源のみの添加では MAP 生成が期待できないことを示している。また同時添加区の結果は、搾乳牛排せつ物は P が少なく本実験の P 源添加量では MAP 生成に限界があったことを示している。

##### (4) MgCl<sub>2</sub> と鶏糞焼却灰添加が堆肥化と MAP 生成に及ぼす影響

アンモニア揮散は MgCl<sub>2</sub> 添加区で抑制されたが、Ash 区では低減されなかった。MAP-N は MgCl<sub>2</sub>+Ash 区、MgCl<sub>2</sub>+Ash liq. 区において生成し、後者の生成量は 1.8 gN kg<sub>DMO</sub><sup>-1</sup> となった。MgCl<sub>2</sub>+Ash 区は 3 日後には MAP が生成

していたが 6 日後には減少した。MgCl<sub>2</sub>+Ash liq.区において MAP が最も増加した要因は、鶏糞灰を酸溶解させることにより灰中の P が MAP に利用しやすい形態となり、添加した Mg と結びつきやすくなったためと考えられる。

#### (5) まとめと今後の展望

堆肥材料の P が多いときには、Mg 源の添加により MAP 生成が促進される。MgCl<sub>2</sub>では材料の pH も低下するために、アンモニア揮散も低減される。MgO と Mg(OH)<sub>2</sub>では MAP は生成されるが、材料 pH が上昇し揮散は増加する。このため、Mg 源としては MgCl<sub>2</sub>が理想的である。Mg 源と P 源の同時添加では、畜種に関わらず MAP 生成が促進されたが、安価な鶏糞焼却灰を P 源とする場合は、酸溶解などにより P を MAP 生成に利用しやすい形態にする必要がある。今後は、材料中の MAP 生成を促進させる方法について、堆肥化操作の側面からの検討が必要である。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

前田武己, 佐久間雅紀, 工藤洋晃, 立石貴浩, 築城幹典, 宮竹史仁, 岩淵和則, 前田高輝 (2013), 塩化マグネシウムの添加が堆肥化早期のstruvite生成とアンモニア揮散とに及ぼす影響, 農業施設, 44, 100-106.

〔学会発表〕(計 7 件)

幅 千尋, 佐久間雅紀, 前田武己, 工藤洋晃, 立石貴浩, 築城幹典, 宮竹史仁, 岩淵和則, Mg源・P源の添加が肥育牛排せつ物堆肥化時のMAP生成に及ぼす影響(口頭), 第73回農業食料工学会年次大会(琉球大学), 2014年05月16日~2014年05月19日

前田武己, 佐久間雅紀, 幅 千尋, 立石貴浩, 築城幹典, 宮竹史仁, 岩淵和則  
堆肥材料へのMgCl<sub>2</sub>添加によるアンモニア揮散低減 その機構と課題 (口頭), 第72回

農業食料工学会年次大会(帯広畜産大学), 2013年09月10日~2013年09月13日

佐久間 雅紀, 幅 千尋, 前田武己, 立石貴浩, 築城幹典, 宮竹史仁, 岩淵和則, 窒素安定化を目的とした材料へのMgCl<sub>2</sub>添加が堆肥化時の微生物挙動に及ぼす影響(ポスター), 第72回農業食料工学会年次大会(帯広畜産大学), 2013年09月10日~2013年09月13日

幅 千尋, 佐久間 雅紀, 前田武己, 立石貴浩, 築城幹典, 宮竹史仁, 岩淵和則, MgCl<sub>2</sub>添加による家畜排せつ物堆肥化時の窒素安定化~異なる畜種における検討~(口頭), 第72回農業食料工学会年次大会(帯広畜産大学), 2013年09月10日~2013年09月13日

幅 千尋, 佐久間雅紀, 前田武己, 立石貴浩, 築城幹典, 宮竹史仁, 岩淵和則, 牛排せつ物の堆肥化時におけるMgCl<sub>2</sub>添加による窒素安定化(ポスター), 2013年度農業施設学会大会(岐阜大学応用生物科学部), 2013年08月28日~2013年08月30日

佐久間雅紀, 幅 千尋, 前田武己, 立石貴浩, 築城幹典, 宮竹史仁, 岩淵和則, 家畜排せつ物へのMgCl<sub>2</sub>添加が堆肥化時の微生物増殖と有機物分解とに及ぼす影響(口頭), 2013年度農業施設学会大会(岐阜大学応用生物科学部), 2013年08月28日~2013年08月30日

佐久間雅紀, 前田武己, 工藤洋晃, 立石貴浩, 築城幹典, 宮竹史仁, 岩淵和則, 前田高輝, 塩化マグネシウムを添加した肥育牛排せつ物の堆肥化(口頭), 農業環境工学関連学会2012年合同大会(宇都宮大学 峰キャンパス), 2012年09月11日~2012年09月14日

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

前田 武己 (MAEDA, Takeki)  
岩手大学・農学部・准教授  
研究者番号: 4 0 3 3 3 7 6 0

##### (2) 研究分担者

立石 貴浩 (TATEISHI, Takahiro)  
岩手大学・農学部・准教授  
研究者番号: 0 0 3 5 9 4 9 9