

## 学位論文審査の結果の要旨

氏名	Faridullah
審査委員	主査 山本定博  副査 本名俊正  副査 増永二之  副査 進藤晴夫  副査 藤山英保 
題目	Characterization and Recycling of Poultry Litter Ash as Potential Source of Phosphorus Fertility (リン酸質肥料としての家禽糞灰の特性と利用法)
審査結果の要旨 (2,000字以内)	
<p>作物の必須元素である(P)は今世紀中に枯渇が危惧される有限資源という一面と環境汚染源という別の側面を持つ。持続的な農業生産のためには、効率的施肥と環境保全の両立が必要であり、この観点から、Faridullah氏は新規P資源と効率的なP利用法の開発に挑戦し、畜産廃棄物である家禽ふん(PL)焼却灰に着目し、環境への負荷軽減と農地の肥沃度改善を両立させるP肥料として利用するための有用かつ基礎的知見をとりまとめた。</p> <p>今日、家禽産業は大規模に展開され、大量発生する糞尿による環境汚染が世界各地で問題化している。その一般的処理法である乾燥や堆肥化による農地還元では環境汚染リスクが高く、大量のPLの適正処理は困難である。そこで近年、PLを焼却して土壌改良資材化する処理が広まりつつあるが、焼却条件がPの形態・肥効の関係、重金属類の形態、P肥料としての代替効果などに及ぼす影響が明確にされていない。本研究においてFaridullah氏は、PLの焼却温度とP、重金属類の形態、PLAの肥料効果の関係を検討し、家禽ふん焼却灰(PLA)のP肥料としての特性と利用可能性を以下のとおり明らかにした。</p> <p><b>① 焼却温度がPの形態に及ぼす影響</b></p> <p>鶏ふん(CL)、アヒルふん(DL)風乾物を200~900℃の5つの温度条件下で焼却し、鶏ふん焼却灰(CLA)とアヒルふん焼却灰(DCA)を調製した。燃焼温度による灼熱損量はCLとDLで異なり、DLの焼却効率が高かった。CL、DLともに焼却により無機態Pの形態に大きな変化が生じることを逐次抽出法[水(P<sub>w</sub>)→NaHCO<sub>3</sub>(P<sub>sb</sub>)→NaOH(P<sub>oh</sub>)→HCl(P<sub>hcl</sub>)]により検討した。その結果、焼却前に無機態Pの30%を占めていたP<sub>w</sub>が焼却により顕著に減少する一方、P<sub>hcl</sub>は焼却温度上昇に伴いその割合を高め、900℃の焼却灰では無機態Pの70%を占めるに至り、焼却によりPは水溶性から難溶性に変化することを明らかにした。これは弱アルカリ性であるPLに含まれていたCa(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>、CaHPO<sub>4</sub>あるいはリン酸カリウム塩が、焼却によってpHが上昇し(最大13)、CaHPO<sub>4</sub>、Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>に変化した結果と推察した。焼却灰の無機態P含量は600℃で最大となり、800℃以上では減少したことから、高温条件でリン酸の脱水重合化も生じたと示唆された。</p>	

可給度の最も高い画分 ( $P_w$ ,  $P_{SB}$ ) は  $400\sim 600^\circ\text{C}$  で最大となった。肥料成分を評価するクエン酸可溶 P ( $P_{CA}$ ) は全 P 量に相当したが、高温 ( $800^\circ\text{C}$  以上) の DL では  $2\sim 3$  割低下した。すなわち、P の形態は焼却温度の影響を大きく受け、高温条件では P 可給度が低下することが明らかになり、本研究では  $600^\circ\text{C}$  が最も肥効の高い P 組成の焼却灰を生じる条件であった。塩基成分に関しては、水溶性の主体は燃焼の有無に関わらずカリウムであったが、水溶性カルシウム、マグネシウムは焼却により著しく低下し、その一部は P と難溶性塩を形成したと示唆された。

## ② 焼却温度が重金属の形態に及ぼす影響

CLA, DLA の重金属元素 (銅 : Cu, 亜鉛 : Zn, マンガン : Mn, 鉛 : Pb, ニッケル : Ni) の全量と逐次抽出法 ( $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{NaOH} \rightarrow \text{EDTA} \rightarrow \text{HNO}_3$ ) による形態別測定を行った。各 5 元素の全量の合計は CLA が DLA より約 30% 高かったが、両者とも Mn, Zn が主体であり合計量の 80% 以上を占めていた。焼却灰の Zn, Cu 含量は肥料取締法等の基準値以下であったが、連用による集積が危惧された。全元素とも燃焼により化学的形態が変化し、その傾向は元素で大きく異なっていた。燃焼温度の上昇に伴い Mn は  $\text{HNO}_3$  可溶態が顕著に増加、Cu, Ni は EDTA 可溶態が増加、Zn は CLA において  $\text{KNO}_3$  態の割合が増加したが、Pb は組成変化は小さかった。全体的に焼却によって重金属類の可給度は低下した。

## ③ PLA の P 肥料効果

砂丘未熟土に P 源として  $100 \text{ kg P ha}^{-1}$  相当の CLA, DLA を添加し、コマツナを栽培した結果、CLA, DLA とも  $400^\circ\text{C}$  で乾物重が最大となり (CL, DL よりも 50% 以上、対照である  $\text{CaHPO}_4$  よりも最大 20% 以上高い乾物重)、P 吸収量も最大になっていた。コマツナの生育は可給度を反映した P の形態とほぼ対応した結果が得られたが、焼却灰添加土壤の電気伝送度 (EC) が低い DLA が CLA よりも生育が良好であり、P 以外の要因も生育に影響していた。次に、施与量 ( $100, 200, 300 \text{ kg P ha}^{-1}$ ) を変えて CL,  $600^\circ\text{C}$  で調製した CLA を砂丘未熟土、マサ土に施与して、トウモロコシをポット栽培した結果、土壤に関わらず CL, CLA とともに添加量に比例して、乾物重が増加したが、CLA は 70~100% 高い値を示し、P の肥効の高さが明確に示された。他の養分吸収量も CLA 区が多くなっていた。重金属類吸収量は CLA 区が 30% 程度高くなっており、重金属の組成変化とは異なる傾向が認められた。

以上の結果から、家禽類排泄物の焼却により、P の化学形態変化に伴う肥効改善と環境汚染リスクの軽減効果、P の可給度からみた最適焼却温度条件を明確にした本研究は、独創性の高さとともに、持続性の高い環境保全型農業への大きな貢献、家禽産業が抱える問題に対する有効な解決手法の提言など、有用性の高い成果を有していると評価でき、学位論文に値する研究であると判断した。