

第四章 摘要

本論文では、地下水及び公共用水域の硝酸汚染の一因とされる余剰家畜排泄物の有効利用方策として、窒素負荷の低減が期待できる牛ふん炭の農地還元技術の確立を目指した。そのため、牛ふん炭を多量施用が可能なリン酸資材として活用することを計画し、牛ふん炭のリン酸肥効の解明と多量施用時の塩類低減技術の開発を中心課題として研究を進めた。

第I章の序論では、家畜排泄物の再資源化がバイオマス資源量の観点から必須であることを示し、従来の堆肥化による再資源利用だけでは、現況の窒素負荷の問題点を改善できないことを指摘した。このため、新たな再資源化法として家畜排泄物の炭化利用を提唱し、家畜ふん炭の有用性や研究開発の現状を示すとともに、研究材料として家畜ふん炭の中で牛ふん炭を選定した理由を挙げ、牛ふん炭の除塩によるリン酸資材化に至る本研究の一連の経緯を示した。

第II章の実験では、牛ふん炭中のリン酸及びカリの肥料効果について、同等施用量 (P_2O_5 :150kg ha⁻¹, K_2O :300kg ha⁻¹) の速効性の化学肥料 (過リン酸石灰、塩化カリ) を対照に、黒ボク土及び砂質土におけるコマツナのポット栽培の生育量を中心指標として検討した。牛ふん炭はリン酸及びカリをク溶性で2~7%程度含み、炭化温度 500℃及び 800℃による成分組成の違いは小さく、炭化温度による化学肥料代替性の違いも認められなかった。また、500℃で作成した牛ふん炭を夏作及び冬作のコマツナと冬作のハウレンソウに施用した結果、いずれの作物及び栽培時期においても化学肥料と同等の効果が得られ、牛ふん炭の栽培時期に依存しない化学肥料代替性が確認された。

第III章の実験では、牛ふん炭の資材的利用の可能性を探るため、牛ふん炭の施用限界量と多量施用後の灌水除塩による濃度障害の低減効果を黒ボク土及び砂質土で検討した。牛ふん炭2試料 (炭A:ク溶性 P_2O_5 含量 4.8%, 炭B:同 1.9%) を用いて、標準のリン酸施用 P_2O_5 :150kg ha⁻¹ に対して段階的な倍量施用 (炭A:2.5倍, 7.5倍, 12.5倍, 炭B:1倍, 3倍, 6倍) を行い、さらに炭Bでは6倍量施用土壌で2回の灌水除塩 (播種後7日, 49日) を行ってコマツナの生育や養分吸収に対する影響と除塩に伴う溶脱塩類の組成を調査した。牛ふん炭の施用量の増加に伴う濃度障害は、炭Aでは両土壌において12.5倍量、炭Bでは砂質土の6倍量で認められたが、黒ボク土では認められなかった。砂質土における

炭6倍量施用による濃度障害は、除塩1回目の65mm灌水によって低減したが、除塩後においても植物体中の P , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} の吸収抑制は依然認められ、反対に Na^+ 吸収は高まった。除塩1回目の溶脱成分は Cl^- 及び K^+ が主体で、それぞれ砂質土では 3,774mgL⁻¹, 2,069mgL⁻¹, 黒ボク土では 2,025mgL⁻¹, 2,517mgL⁻¹ の高濃度となった。その他の溶脱塩類は概ね1桁低い濃度であり、牛ふん炭施用時の濃度障害の主因は、牛ふん炭に含まれる多量の Cl^- 及び K^+ によると考えられた。黒ボク土では牛ふん炭施用に伴う土壌の塩類集積が顕著で除塩による改善効果は低かった。砂質土では除塩の効果と比較的高かったものの、除塩2回の合計130mmの灌水による Cl^- の除去量は、牛ふん炭施用に伴う Cl^- 投入量の約13%に満たなかった。従って、牛ふん炭施用に際しては、炭1倍区の施用量程度に留めるか、牛ふん炭に含まれる高濃度の塩類の事前除去が必要であると推察された。

第IV章の実験では、牛ふん炭を水洗 (炭1:水80の重量比) した除塩炭の塩類集積に対する影響を把握し、多量施用時のリン酸資材的な特性を明らかにする目的から、コマツナを指標作物として除塩炭及び牛ふん炭のリン酸肥効とその持続性を検討した。コマツナのリン酸肥効の指標作物としての有効性は、試験1のリン酸・カリ低含量の黒ボク土及び砂質土を用いたリン酸・カリ要素欠乏栽培において、カリ肥料に反応せずリン酸肥料のみに反応したことから明らかであった。そこで、試験2として本土壌を充填したポットでコマツナを1年間に4連作栽培し、地上部乾物重の推移から過リン酸石灰の毎作施用 (P_2O_5 :150kg ha⁻¹) を標準として、1作目のみに標準の6倍量 (P_2O_5 :900kg ha⁻¹) を施用した溶リンと牛ふん炭、及び5倍量を施用した除塩炭のリン酸肥効の持続性を評価した。黒ボク土においては、2連作まで溶リン及び両炭化物のリン酸肥効は標準と同等であった。3連作では標準に対して、溶リンは同等、牛ふん炭は約150%、除塩炭は約80%であった。4連作ではいずれの資材も標準の約80%にリン酸肥効が低下した。一方、砂質土においては、2連作まで濃度障害が発生した牛ふん炭を除き、溶リン及び除塩炭は標準と同等のリン酸肥効を示した。3連作以降は両炭化物ともに、連作で生育が低下した標準及び溶リンに対して、140~240%に増加した。両炭化物施用土壌のリン酸含量は、黒ボク土では溶リンと同様に水溶性及びトルオーグ態がほとんど増

加しなかったが、砂質土では両炭化物ともに水溶性リン酸が1作目に溶リンの5～9倍と顕著に増加した。濃度障害の主因である水溶性塩素及びカリウムは、両土壌でそれぞれ、牛ふん炭では標準の2～3倍、13～18倍と多かったが、除塩炭では1/4～1/2倍、2～4倍と少なかった。以上から、除塩した牛ふん炭は塩類集積の危険性が小さく多量施用に適したリン酸資材として有望であった。

第V章では、牛ふん炭の除塩に降雨を利用した場合の降雨強度や雨量の基本的な影響を把握するため、室内で高さ1mに牛ふん炭を充填したカラムの除塩試験を行った。1週間当たり30mm及び150mmの灌水強度で純水をカラム上部より合計1,500mmまで灌水した結果、除塩に及ぼす灌水強度の影響は小さく、積算灌水量の影響が大きいことが示された。牛ふん炭中の過剰塩類である Cl^- 及び K^+ は、積算灌水量600mmまでにそれぞれ約40%、約44%が急速に溶脱除去されたが、それ以降の除塩効率は大幅に低下した。一方、有効成分の P_2O_5 は灌水量の増加とともに直線的に溶脱量が增大したものの、その溶脱量は1,500mmの灌水でも牛ふん炭中のク

溶性 P_2O_5 の10%未満に過ぎないことが判明した。以上の結果から、牛ふん炭のリン酸肥効の損失を最小限に抑えて効率のよい除塩効果を得るためには、積算灌水量は600mm程度が適切であると判定された。しかし、牛ふん炭の除塩がさらに必要になる場合には、除塩水量の増加や堆積物の切り返しなどの処置を検討する必要があると考えられた。

第VI章の総合考察では、本研究の各章で得られた知見を総括して、家畜排泄物の再資源化におけるi) 環境負荷低減管理、ii) 塩類集積対策、iii) 再資源化物の価値向上の重要性を提言した。また、これらの3項目に沿って牛ふん炭の農地還元技術の有効性を各実験結果を基に検証した。その結果、本研究で開発した除塩牛ふん炭は上記の3条件を満たす家畜排泄物の再資源化手法として有力であることが確認された。さらに、本章では未検討である牛ふん炭の製造過程における経済性や施用上の重金属などの問題点にも触れ、この解決方を論議すると共に、牛ふん炭の農地還元技術の発展に対して、関連産業や関連研究の参画が不可欠であることを提言した。

引用文献

- Agehara, S. and D.D. Warncke(2005) Soil moisture and temperature effects on nitrogen release from organic sources. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 69:1844-1855.
- Amon, B., V. Kryvoruchko, T. Amon, and S.Z. Boltensern (2006) Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112:153-162.
- 安藤淳平 (1983) リン資源の将来とわが国の進むべき方向. *土肥誌*. 54:164-169.
- 千葉県 (2002) 「バイオマス立県ちば」推進方針.
http://www.pref.chiba/syozoku/e_ichihai/bio.htm
- 安西徹郎 (1988) 水稲に対する豚尿の施用法に関する研究. *千葉農試特報*. 16:1-50.
- Aronsson, H., G. Torstensson and L. Bergstrom (2007) Leaching and crop uptake of N, P and K from organic and conventional cropping systems on a clay soil. *Soil Use and Management*, 23:71-81.
- Bauer, P.J., A.A. Szogi and M.B. Vanotti (2007) Agronomic effectiveness of calcium phosphate recovered from liquid swine manure. *Agron, J.* 99:462-468.
- Burton, C.H. (2007) The potential contribution of separation technologies to the management of livestock manure. *Livestock Science*. 112:208-216.
- Chardon, W.J., G.H. Aalderink and C. Salm (2007) Phosphorus leaching from cow manure patches on soil columns. *J. Environ. Qual.*, 36:17-22.
- Cihacek, D.L., R.A. Mulvaney, L.F. Welch and R.A. Wiese (1974) Phosphate placement for corn in chisel and moldboard plowing systems. *Agron, J.* 66:665-668.
- 茅野充男・斎藤 寛 (1988) 重金属と生物, 重金属汚染による健康障害. pp.176-187. 博友社. 東京.
- 土壤環境分析法編集委員会 (1997) 土壤環境分析法. pp.195-208;241-251;262-269. 博友社. 東京.
- 江波戸宗大・栗原三枝 (2009) 高塩類堆肥を用いた野菜栽培での土壤溶液組成および陽イオンバランスの経時変化 (2) - コマツナ連作栽培の場合 - . *土肥誌*. 80:233-240.
- Eghball B (2002) Waste Management, Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. *Agron, J.* 94:128-135.
- Eigenberg, R.A and J.A. Nienaber (2003) Electromagnetic induction methods applied to an abandoned manure handling site to determine nutrient buildup. *J. Environ. Qual.*, 32:1837-1843.
- 遠藤成朗・大島英之・高柳 周・藤野光士・遠藤 桂・西川義尚・松橋通生 (1999) 寒天培地中に混じた炭素粉末の細菌細胞増殖促進効果に及ぼす種々の外的要因. *日本農芸化学会誌*. 73:1181-1186.
- Fixen, P.E. (1993) Crop responses to chloride. *Advances in agronomy*. 50:107-150. ACADEMIC Press. San Diego, CA.
- 藤原彰夫・岸本菊夫 (1988) 燐と植物 (1) 燐の農学と農業技術 - リン酸質肥料の種類と分類 - . pp.104-110. 博友社. 東京.
- Fukumoto, Y., K. Suzuki, T. Osada, K. Kuroda, D. Hanajima, T. Yasuda and K. Haga (2006) Reduction of nitrous oxide emission from pig manure composting by addition of nitrite-oxidizing bacteria. *Environ Sci Technol.* 40:87-91.
- 藤本英人 (2008) 低品質木炭を助燃剤とする豚糞焼却とそのエネルギーの徹底利用. 都市エリア事業 (都城盆地エリア) 成果報告. *木材学会誌*. 54:346-351.
- Ghoshal, S. (1975) Biological immobilization and chemical fixation of native and fertilizer phosphorus in soil. *Plant and Soil*. 43:649-662.
- 後藤逸男 (2004) 家畜ふんたい肥と土づくり - 第3回 - たい肥化によらない家畜ふん資材の開発 - . 畜産経営情報. 172:1-6.
- 羽賀清典 (2001) 豚ふん尿処理技術に関する最近の研究から. 畜産試験場研究報告. 60:1-20.
- Hao, X. and C. Chang (2003) Does long-term heavy cattle manure application increase salinity of a clay loam soil in semi-arid southern Alberta? *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 94:89-103.
- 原田靖生 (1999) 土壤圏と地球環境問題 - 土壤生態系における家畜排泄物の循環 - . pp.61-77. 名古屋大

- 学出版会.
- 橋本淳一・高宮信章・竹矢俊一・石渡輝夫 (1999) 家畜ふん尿由来の窒素収支と課題. 開発土木研究所月報. 550:41-51.
- 服部林太郎・服部太一朗・森田茂紀 (2008) 植物の根に関する諸問題 [181] -アーバスキュラー菌根菌と作物の耐塩性-. 農及園. 83:1205-1210.
- 畠中哲哉・伊吹俊彦 (1997) 農業技術体系畜産編, 第8巻, 環境対策-堆肥の戻し利用(戻し堆肥)-. 本体 pp.152の2-152の7. 農文協. 東京.
- 畑 直樹・村上賢治・榎田正治・秋庭英治・太田靖子 (2007) 鶏ふん燃焼灰のバイオ強酸水処理に伴う肥料成分の溶出量の変化. 農及園. 82:1295-1301.
- He, B.J., Y. Zhang, T.L. Funk, G.L. Riskowski and Y. Yin (2000) Thermochemical conversion of swine manure, An alternative process for waste treatment and renewable energy production. Trans ASAE. 43:1827-1834.
- 北海道林業試験場 (1992) III未利用森林資源の活用技術開発. 林産試験場報. 7(4):33-38.
- Hooker, M.L., R.E. Gwin, G.M. Herron and P. Gallagher (1983) Effects of long-term, annual application of N and P on corn grain yields and soil chemical properties. Agron, J. 75:94-99.
- 堀塚 覚・吉本葉子・佐藤玲子・篠山浩文・野田勝二・野間 豊 (2005) 炭化したナシ剪定枝の野菜栽培用土としての有効利用. 園学研. 4:287-290.
- 細谷 毅 (1985) 農業技術体系. 土壤施肥編. 第6-1巻, 地温と肥効・施肥. 原理 pp.39-42. 農文協. 東京.
- 寶示戸雅之・松波寿弥・林健太郎・村野健太郎・森昭憲 (2006) 集約的畜産地帯における窒素沈着の実態. 土肥誌. 77:47-52.
- 市川 勝 (2005) 家畜ふん尿から抽出したメタンからプラスチック原料と水素の製造技術. 農林水産技術研究ジャーナル. 28:15-20.
- 猪股敏郎 (2002) 堆肥施用の現状と今後の利用促進. 日本土壤協会.
http://leio.lin.go.jp/taihi/kai9_01.html
- 犬伏和之・柴崎直美・古川勇一郎・榎本秀雄・小林正彦・中村宏二 (2004) 家畜糞堆肥の施用が黒ボク水田土壌からのメタンおよび亜酸化窒素フラックスに及ぼす影響. 千葉大園学報. 58:11-16.
- 犬伏和之 (2008) 土壌資源の今日的役割と課題-土壌における炭素貯留の仕組み-. pp.205-223. 大日本農会. 東京.
- 石崎重信・岡崎好子 (2004) 牛ふん炭化物の牛舎敷料利用と堆肥化. 千葉畜セ研報. 4:25-28.
- 磯部勝孝・藤井秀昭・坪木良雄 (1996) 木炭の施用がサツマイモの収量に及ぼす影響. 日作紀. 65:453-459.
- 磯部勝孝・山中 亘・片野功之輔 (2002) オカラ炭化物の施用が土壌理化学性とインゲンマメの生育に及ぼす影響. 土肥誌. 73:287-290.
- 伊藤吉紀・中田俊彦 (2008) 畜産排泄物の地理的分布を考慮したバイオマス利活用プラントの配置と促進方策の検討. Journal of the Japan Institute of Energy. 87: 56-67.
- 岩崎貢三・竹尾優子・田中壮太・櫻井克年 (2001) 環境保全型農業導入前後における施設栽培土壌の養分集積実態の比較. 土肥誌. 72:265-267.
- Iyamuremye F, and RP Dick (1996) Organic amendments and phosphorus sorption by soils. Advances in agronomy. 56:139-185. ACADEMIC Press. San Diego, CA.
- 生雲晴久 (2001) 家畜排泄物カリウム量の前単位推定と我が国における窒素, リン酸, カリウムの農地負荷. 農業技術. 56:421-424.
- 生雲晴久・森江昌史・山本直之・山口武則 (2007) 家畜排泄物等有機物資源の循環的利用のための調査研究と技術開発-プロジェクト研究第6チームと総合研究第5チームの研究概要-. 中央農研研究資料 7:93-117.
- Kalbasi, M. and K.G. Karthikeyan (2004) Phosphorus dynamics in soils receiving chemically treated dairy manure. J. Environ. Qual., 33:2296-2305.
- 亀田智子・山田正幸・高橋朋子 (1997) 生牛糞の長期連用が土壌に及ぼす影響. 群馬畜試研報. 4:99-107.
- 神山和則・寶示戸雅之・佐々木寛幸・宮路広武 (2003) 農業統計メッシュデータを用いた養牛に起因する水系への窒素負荷量の推定. 土肥誌. 74:425-433.
- 上山紀代美・竹本 稔・田邊 眞・川村英輔・鈴木一好 (2008) 豚ふん尿から回収されたリン酸結晶の肥料評価, 第3報 黒ボク土における肥効特性. 土肥要旨集. 54:144.
- 金子文宜 (2008) 土壌診断および施肥設計支援システムを活用した肥料高騰対策, 技術と普及, 45:36-37.
- 金子文宜 (2009) 炭化技術による物質循環の適正化-炭化物の特性を活かした農業利用の事例紹介-. 農及園. 84:144-153.
- 官公庁環境専門資料 (2008) 排出量取引の国内統合市場の試行的実施. 43:54-61. 公害研究対策センター.

- 東京.
- 唐澤敏彦 (2004) 輪作におけるアーバスキュラー菌根菌の動態と作物の生育に関する研究. 北海道農研研報. 179:1-71.
- Karr, J.D., W.J. Showers and G.D. Jennings (2003) Low-level nitrate export from confined dairy farming detected in north Carolina streams using $\delta^{15}\text{N}$. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 95:103-110.
- 加瀬尚子・坂本一憲 (2008) スギ製材残さから製造したプラスチックの土壌中における分解. 土肥要旨集. 54:178.
- Katou, H. (2004) Determining competitive nitrate and chloride adsorption in Andisol by the unsaturated transient flow method. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 50:119-127.
- 川西英明・森岡泰樹・中田俊彦 (2007) 畜産廃棄物利活用のための地域最適システム設計に関する研究. *Journal of the Japan Institute of Energy*. 86:256-264.
- 木口 実 (2003) バイオマス・ニッポン総合戦略と炭化技術. *農林水産技術研究ジャーナル*. 26:5-13.
- 金 主鉉 (2004) 畜舎汚水の浄化処理における新しい窒素低減技術. *農林水産技術研究ジャーナル*. 27:12-16.
- 小林郁雄 (2004) 家畜排せつ物の管理および利用の現状と研究開発への期待. *農林水産技術研究ジャーナル*. 27:5-11.
- 国立環境研究所・地球環境研究センター (2009) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書. http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/2009/NIR_JPN_2009_v3.0J.pdf
- 今野一男・西川介二 (1993) 炭化条件の異なる各種木炭粉の施用が畑作物の生育・養分吸収に及ぼす影響. *土肥誌*. 64:190-193.
- 越野正義 (1988) 第二改訂詳解肥料分析法. pp.96-106:121-124. 養賢堂. 東京.
- 木谷 収 (2005) バイオマス—生物資源と環境—. 環境評価. pp.124-128. コロナ社. 東京.
- 河野憲治 (2002) 環境負荷を予測する, IX 生物圏におけるリンの動態. 日本土壌肥料学会編. pp.143-154. 博友社. 東京.
- 江 耀宗・柳田友隆・三谷知世・野々山弥 (2005) リン酸イオンを吸着した硫酸第一鉄混合・加熱火山灰土壌のリン再生及び使用済リン吸着材の再利用. *水環境学会誌*. 28:575-580.
- 小柳 渉・安藤義昭・水沢誠一・森山則男 (2004) 家畜ふん堆肥中の塩類組成の特徴. *土肥誌*. 75:91-93.
- 熊澤喜久雄 (1993) 逃げられない家畜ふん尿問題との対決—その現状と展望—. *農林水産技術研究ジャーナル*. 16:3-7.
- 熊澤喜久夫 (1999) 地下水の硝酸汚染の現況. *土肥誌*. 70:207-213.
- 黒田章夫・滝口 昇・加藤純一・大竹久夫 (2005) リン資源枯渇の危機予測とそれに対応したリン有効利用技術開発. *環境バイオテクノロジー学会誌*. 4:87-94.
- 榊淵隆之・湊 和之・奥木康夫 (2007) 重金属低減に向けた飼養管理研究. *群馬畜試研報*. 14:37-42.
- Larney, F.J., L.J. Yanke, J.J. Miller and T.A. McAllister (2003) Fate of coliform bacteria in composted beef cattle feedlot manure. *J. Environ. Qual.*, 32:1508-1515.
- Lehmann, J., J.P. Silva Jr., C. Steiner, T. Nehls, W. Zech and B. Glaser (2003) Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and Ferralsol of the Central Amazon basin. *Plant and Soil*. 249:347-357.
- Lehmann, J., L. Zhongdong, C. Hyland, S. Sato, D. Solomon and Q.M. Ketterings (2005) Long-term dynamics of phosphorus forms and retention in manure-amended soils. *Environ. Sci. Technol.*, 39:6672-6680.
- Lehmann, J. (2007a) Bio-energy in the black (Biochar bio-energy). *Front Ecol Environ*. 5:381-387.
- Lehmann, J. (2007b) A handful of carbon. *Nature*. 447:143-144.
- Lekasi, J.K., J.C. Tanner, S.K. Kimani and P.J.C. Harris (2003) Cattle manure quality in Maragua District, Central Kenya; effect of management practices and development of simple methods of assessment. *Agric. Ecosys. Environ*. 94:289-298.
- Lima, I.M. and W.E. Marshall (2005) Adsorption of select environmentally important metals by poultry manure-based granular activated carbons. *Chemical Technology and Biotechnology, J.*, 80:1054-1061.
- McAndrews, G.M., M. Liebman, C.A. Cambardella and T.L. Richard (2006) Residual effect of composted and fresh solid swine (*Sus Scrofa* L.) manure on soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] growth and yield. *Agron, J.* 98:873-882.

- 町田剛史・川城英夫・安藤光一（2007）堆肥施用が肥効調節型肥料によるセル内基肥連用のキャベツの生育に及ぼす影響。園芸学研究別 1. 6:170.
- Mackie, R.I., P.G. Stroot and V.H. Varel (1998) Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock. *J. Anim. Sci.*, 76:1331-1342.
- 前田守弘（2007）農業生産における有機性資源に関連した窒素負荷の現状と今後の課題。水環境学会誌, 30:337-342.
- 牧 浩之・渡辺和彦（2004）タマネギ炭化物のコマツナ栽培に対する施用効果。土肥誌, 75:439-444.
- 牧 浩之・河野 哲・渡辺和彦（2005）オカラ炭化物の諸性質とコマツナ栽培への施用効果。土肥誌, 76:21-26.
- 牧 浩之・河野 哲・永井耕介（2009）熱および炭化処理による牛ふん堆肥の無機元素収支と溶解性の変化。土肥誌, 80:257-262.
- Marshall, E.W. (2003) 畜産廃棄物から生成された活性炭の特性. pp.1-4. 国際交流セミナー第2回バイオマス炭化シンポジウム資料。(独)農業工学研究所, 農林水産技術会議事務局主催.
- 増井正芳（1985a）農業技術体系土壌施肥編, 第6-1巻, 野菜の施肥技術-野菜のリン酸特性と施肥-. 技術 pp.78-82. 農文協, 東京.
- 増井正芳（1985b）農業技術体系土壌施肥編, 第6-2巻, 飼料作物の施肥技術-飼料のミネラルバランスと施肥-. 技術 pp.465-469. 農文協, 東京.
- 松丸恒夫（1993）施設栽培における作物の塩類障害に関する研究 第2報 塩化ナトリウム集積土壌における耐塩性の作物間差. 千葉農試研報, 34:55-62.
- 松丸恒夫（1997）千葉県における雨水の水質と雨水成分の耕地への負荷. 千葉農試研報, 38:9-15.
- 松丸恒夫・真行寺孝（2005）牛ふん炭化物中リン酸, カリの肥料効果-特にコマツナに対する多量施用の影響-. 土肥誌, 76:53-57.
- 松森 信・郡司掛則昭（2002）成分調整型堆肥の果菜類およびダイズに対する施用効果. 九州農業研究, 64:54.
- 松本尚子・山田正幸（1998）当场牛排せつ物の動態と生産した堆肥の性状. 群馬畜試研報, 5:57-61.
- 松中照夫・三枝俊哉・佐々木寛幸・松本武彦・神山和則・古館明洋・三浦 周（2009）環境に配慮した酪農のためのふん尿利用計画支援ソフトウェア「AM A F E」. 土肥誌, 80:177-182.
- 松崎敏英（1985）農業技術体系土壌施肥編, 第6-2巻, 糞尿の施用(飼料作物). 技術 pp.471-474. 農文協, 東京.
- Miller, J.J. (2001) Impact of intensive livestock operations on water quality. *Advances in Dairy Technology*, 13:405-416.
- 三崎葉一（2004）乾式メタン化技術による家畜ふん尿のエネルギー化. 農林水産技術研究ジャーナル, 27:29-34.
- 三島慎一郎・遠藤 明・白戸康人・木村園子ドロテア（2009）国・都道府県に存在する有機性廃棄物資源量と農耕地の有機物受入れ量の推計. 土肥誌, 80:226-232.
- 宮田尚稔・池田英男（2005）養液土耕と液肥・培地管理. V メタン発酵消化液と家畜尿の液肥としての利用. 日本土壌肥料学会編, pp.120-152. 博友社, 東京.
- 宮崎成生・大村裕頭（1998）生石灰処理による豚ふんの粒状肥料化(第2報)畑作物への施用効果. 栃木農試研報, 47:29-36.
- 三好 洋（1984）農業技術体系土壌施肥編, 第4巻, 土壌診断の考え方-作物の種類と地力評価-. 基本 pp.11-12. 農文協, 東京.
- 森 昭憲・藤野雅丈・竹崎あかね（2001）木炭の孔隙特性が硝酸イオンの保持機能に及ぼす影響. 土肥誌, 72:642-648.
- Murphy, L.S., G.W. Wallingford and W.L. Powers (1972) Effects of application rate in direct land disposal of animal wastes. *Journal of Dairy Science*, 56:1367-1374.
- 長田 隆（2002）豚のふん尿処理に伴う環境負荷ガスの発生. 畜産草地研究所報告, 2:15-62.
- 中野明正・上原洋一・山内 章（2001）施設土壌における塩類集積の現状と低硫酸根緩効性肥料による化学ストレスの改善. 土肥誌, 72:237-244.
- 中野明正（2004）有機性廃棄物を用いた養液土耕栽培法の開発と窒素安定同位体比を用いた農産物施肥歴の推定. 農林水産省農林水産技術会議事務局, pp.1-7. <http://www.vegetea.affrc.go.jp/print/proceedings/2/1-1.pdf>
- 中西康博・高平兼司・下地邦輝（2001）地下水窒素汚染における起源別窒素負荷率の重回帰法による推定. 土肥誌, 72:365-371.
- 根路銘美穂・豊田剛己・Tajul M.D. Islam・佐藤一郎・松岡智生・西島孝紀（2005）生ゴミ炭化物の土壌施用によるトマト青枯病抑制. 土と微生物, 59:9-14.

- Nicks, B., M. Laitat, M. Vandenheede, A. Desiron, C. Verhaeghe and B. Canart (2003) Emissions of ammonia, nitrous oxide, methane, carbon dioxide and water vapor in the raising of weaned pigs on straw-based and sawdust-based deep litters. *Anim. Res.*, 52:299-308.
- 西原英治・元木 悟 (2009) 活性炭の農業利用. pp.1-244. 農文協. 東京.
- 西 春彦 (2003) 糞尿処理に踏み出すために. 牧草と園芸. 51:1-8.
- 西尾道徳 (1987) 農業技術体系土壌施肥編. 第1巻, 土壌の働きと根圏環境, VA 菌根菌. pp.167-172. 農文協. 東京.
- 西尾道徳 (2003) 農業生産環境調査にもとづく我が国のリン酸施用実態の解析. 土肥誌. 74:435-443.
- 西尾道徳 (2005) 農業と環境汚染. 余剰窒素による地下水汚染リスクの評価方法. pp.146-171. 農文協. 東京.
- 西尾道徳 (2006) 農業技術体系土壌施肥編. 第5-1巻, 堆肥の肥効率の検証. 畑の土壌管理. pp.162の8-162の15. 農文協. 東京.
- 農業協同組合新聞 (2008) 土壌診断に基づく適切な施肥設計でコストを削減.
<http://www.jacom.or.jp/ronsetsu/kaisetsu/kaisets08/rons103k08061308.htm>
- 農林水産バイオリサイクル研究「システム実用化千葉ユニット」(2007) 農林水産省農林水産技術会議事務局委託事業「千葉県北東部におけるバイオマス多段利用システムの構築及び実証」アグリ・バイオマスタウン構築へのプロローグ. pp.1-161.
- 農林水産省農産園芸局農産課 (1996) 土壌改良と資材-地力増進基本指針-. pp.15-25. 土壌保全調査事業全国協議会発刊. 東京.
- Ogiyama, S., K. Sakamoto, H. Suzuki, S. Ushio, T. Anzai and K. Inubushi (2005) Accumulation of zinc and copper in an arable field after animal manure application. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 51:801-808.
- 荻山慎一・坂本一憲・鈴木弘行・牛尾進吾・安西徹郎・犬伏和之 (2005) 家畜ふんコンポストを施用した各種畑土壌におけるコマツナによる亜鉛と銅の吸収. 土肥誌. 76:293-297.
- 荻山慎一・鈴木弘行・坂本一憲・犬伏和之 (2008) 豚ふんコンポスト施用土壌におけるアーバスキュラー菌根菌の接種及び木炭の施用がトウモロコシの亜鉛と銅の吸収に及ぼす影響-MIDIシステムを用いた土壌中の菌根菌プロパギュールの測定-. 土肥誌. 79:255-262.
- 大谷杉郎・小島 昭 (2004) 炭素-微生物と水環境をめぐって. pp.1-230. 東海大学出版会. 神奈川.
- 折原健太郎・上山紀代美・藤原俊六郎 (2002) 家畜ふん堆肥の重金属含量の特性. 土肥誌. 73:403-409.
- Pratt, P.F. (1979) Management restrictions in soil application of manure. *J. Anim. Sci.*, 48:134-143.
- Rajan, S.S.S., J.H. Watkinson and A.G. Sinclair (1996) Phosphate rocks for direct application to soils. *Advances in agronomy*. 57:77-159. ACADEMIC Press. San Diego, CA.
- Reneaum, Jr. R.B., G.D. Jones and J.B. Friedericks (1983) Effect of P and K on yield and chemical composition of forage sorghum. *Agron. J.* 75:5-8.
- Rodriguez, E., R. Sultan and A. Hilliker (2004) Negative effects of agriculture on our environment. *The Traprock*. 3:28-32.
- 齋藤 守 (2002) 栄養管理による豚からの環境負荷物質排泄量の低減. 農業技術. 57(6):278-283.
- 作物分析法委員会 (1975) 栽培植物分析法. pp.69-86. 養賢堂. 東京.
- Sánchez, M.E., O. Martínez, X. Gómez and A. Morán (2007) Pyrolysis of mixtures of sewage sludge and manure; A comparison of the results obtained in the laboratory (semi-pilot) and in a pilot plant. *Waste Management*. 27:1328-1334.
- Saran, S., E.L. Capel, E. Krull and R. Bol. (2009) Biochar, climate change and soil: A review to guide future research. *CSIRO Land and Water Science Report*.
<http://www.csiro.au/files/files/poei.pdf>
- Shapiro, C.A., W.L. Kranz and C.S. Woltmann (2005) Salt thresholds for liquid manure applied to corn and soybean. *American Society of Agricultural Engineers*. 48:1005-1013.
- 嶋田典司 (1969) 作物に対する塩類の濃度障害に関する基礎的研究 (第2報) キュウリ根の活性に及ぼす共存塩類の効果について. 土肥誌. 40:32-37.
- 志村 進・甲 忠敏・北林 誠・清水健司 (2007) 下水汚泥炭化物のバイオマス燃料利用, 電気製鋼. 78:73-78.
- 真行寺孝・大塚英一・金子文宜・松丸恒夫 (2006) 湧水中の $\delta^{15}N$ 及びイオン組成解析による下総台地の硝酸汚染の実態. 千葉農総研研報. 5:95-103.
- 真行寺孝・松丸恒夫 (2007) 牛ふん炭化物の施用量お

- よび多量施用土壌の除塩がコマツナの生育と養分吸収および溶脱塩類に及ぼす影響. 土肥誌. 78:355-362.
- 真行寺孝・松丸恒夫・犬伏和之 (2009) 牛ふんの炭化物および除塩炭化物のコマツナに対するリン酸肥効の持続性と除塩炭化物による塩類障害軽減効果. 土肥誌. 80:355-364.
- 凌 祥之 (2002) 農業廃棄物の炭化による再利用技術の確立. 農業技術. 57:273-277.
- 凌 祥之・東理 裕 (2003a) バイオマス由来の炭化物の用途開発と炭化装置の改良. 農及園. 78:1049-1055.
- Shinogi, Y. and Y. Kanri (2003b) Pyrolysis of plant, animal and human waste; physical and chemical characterization of the pyrolytic products. *Bioresource Technology*. 90:241-247.
- 凌 祥之・東理 裕 (2003c) バイオマス由来の再資源炭の性状と農地還元. 農林水産技術研究ジャーナル. 26:37-42.
- 凌 祥之 (2006) バイオマス炭化 現状, 問題点と展望. 木質炭化学会誌. 3:5-14.
- Stims, J.T. and D.C. Wolf (1994) Poultry waste management: agricultural and environmental issues. *Advances in agronomy*. 52:1-72. ACADEMIC Press. San Diego, CA.
- 杉山 恵・阿江教治 (2000) 黒ボク土および黒ボク土に施用した鉍物に対する作物のカリウム吸収反応. 土肥誌. 71:786-793.
- Sutton, A.L., V.B. Mayrose, J.C. Nye and D.W. Nelson (1976) Effects of dietary salt level and liquid handling systems on swine waste composition. *J. Anim. Sci.*, 43: 1129-1134.
- 鈴木一好・田中康男・長田 隆・和木美代子 (2001) 豚舎汚水中の P, Mg, Ca 濃度およびこれら成分の結晶化法による除去の可能性. 日本畜産学会報. 72:72-79.
- 鈴木睦美・山田正幸・高橋朋子・浦野義雄・福光健二 (1998) 群馬県における家畜ふん尿発生の分析. 群馬畜試報. 5:57-61.
- Sweeten, J.M., K. Annamalai, B. Thien and L.A. McDonald (2003) Co-firing of coal and cattle feedlot biomass (FB) fuels, Part I. Feedlot biomass (cattle manure) fuel quality and characteristics. *Fuel*. 82:1167-1182.
- Tagoe, S.O., T. Horiuchi and T. Matsu (2008) Effects of carbonized and dried chicken manures on growth, yield, and N content of soybean. *Plant and Soil*. 306: 211-220.
- 高田良三 (2004) 排泄物中の銅, 亜鉛の低減に向けた飼養管理技術. 農林水産技術研究ジャーナル. 27:17-22.
- 高橋英一 (1991) 塩類集積土壌と農業・V 植物における塩害発生の機構と耐塩性. 日本土壌肥料学会編. pp.123-154. 博友社. 東京.
- 高橋英一・前嶋一宏・岡崎美晴 (1997) カリウム供給量をかえて土耕栽培した葉菜類に対するナトリウムの施用効果. 土肥誌. 68:363-368.
- 武田育郎 (2007) 農業生産におけるリン酸負荷の現状と課題. 水環境学会誌. 30:343-347.
- 竹本 稔・川村英輔・藤原俊六郎 (2002) ハウス乾燥方式により神奈川県内で生産された牛ふん堆肥の特徴. 土肥誌. 73:161-163.
- 竹本 稔・上山紀代美・田邊 眞・川村英輔・岡本 保・加藤直人 (2008) 畜ふん堆肥の低塩類化法の検討. 各種処理時の牛ふんの成分変化の検討. 土肥要旨集. 54:161.
- 田代正一 (2000) EU の硝酸塩指令に関する一考察. 鹿大農学術報告. 50:95-101.
- 土田通彦・相川博志・岡島量男 (2003) 肥効調節型肥料による露地ウンシュウミカンの年1回施肥法. 土肥誌. 74:519-524.
- 梅谷章人・野網よしの・井汲芳夫・鈴木武志・阿江教治 (2008) Heatphos 法により作製した人工リン鉍石乾燥品の特異な肥料効果の解明. 土肥要旨集. 54:144.
- 浦野義雄・高橋朋子・鈴木睦美・山田正幸 (1999) : 家畜ふん炭化処理前後の性状変化. 群馬畜試研報. 6:107-110.
- 浦野義雄・山田正幸・鈴木睦美 (2008) 堆肥からの肥料成分を計算するソフト. 群馬畜試研報. 11:75-80.
- 牛尾進吾・吉村直美・鈴木節子・安西徹郎・中島信夫 (2001) 家畜ふん堆肥の成分特性を示す「堆肥クオリティーチャート」. 土肥誌. 72:291-294.
- Van Horn, H.H., A.C. Wilkie, W.J. Powers and R.A. Nordstedt (1994) Components of dairy manure management systems. *J. Dairy Sci.*, 77:2008-2030.
- Velthf, G.L., J.A. Nelemans, O. Oenema and P.J. Kuikman (2005) Gaseous nitrogen and carbon losses from pig manure derived from different diets. *J. Environ. Qual.*, 34:698-706.
- 渡邊浩一郎・六平一良・松田広子・有馬泰紘・平田 照・久米民和・松橋信平 (2001) 生殖生長期ダイズ

- の生育とリン酸吸収に及ぼすアーバスキュラー菌根菌の影響—可給態リン酸蓄積黒ボク畑表土を用いたポット試験. 土肥誌. 72:793-796.
- Wulf, S., M. Maeting and J. Clemens (2002) Application technique and slurry co-fermentation effects on ammonia, nitrous oxide and methane emissions after spreading ; II. greenhouse gas emissions. *J. Environ. Qual.* 31:1795-1801.
- Xian, Y.L., L.G. Liang, T.S. Hua, S. Gavin and H.Z. Huan (2007) Salinity of animal manure and potential risk of secondary soil salinization through successive manure application. *Science of the Total Environment.* 383:106-114.
- 薬師堂謙一 (2003) 家畜ふん尿の炭化・エネルギー化システム. 農林水産技術研究ジャーナル. 26:14-19.
- 薬師堂謙一 (2004) 家畜ふん尿の多段階式コ・ジェネレーションシステム. 農林水産技術研究ジャーナル. 27:35-40.
- 山田正幸・高橋朋子・鈴木睦美・浦野義雄 (1999) 堆肥施用量決定要因としての発芽試験と電気伝導率. 群馬畜試研報. 6:100-106.
- 山田正幸・高橋朋子・鈴木睦美・松本尚子 (2006) 堆肥の性状把握方法と「家畜排せつ物法」の影響評価. 群馬畜試研報. 13:109-117.
- 八槇 敦・斉藤研二・安西徹郎 (2003) 千葉県における農地に関する窒素収支. 千葉農総研研報. 2:62-69.
- 山本大輔・坂本一憲 (2006) 千葉県下に分布する各種畑土壌の諸性質に及ぼすバイオマス炭化物の影響. 平成 17 年度木質バイオマス利活用実用化促進事業, 木炭新用途開発研究成果 (中間) 報告書. 木質バイオマス新用途開発プロジェクトチーム. pp.31-57.
- 山本幸洋・金子文宜・大塚英一・松丸恒夫 (2005) 砂質露地畑における牛ふん炭施用による農薬鉛直浸透抑制効果. 農薬学会第 30 回大会要旨集. p.64.
- 山内益夫 (1991) 塩類集積土壌と農業・VI 中性植物の耐塩性における品種間差の発現機構. 日本土壌肥料学会編. pp.155-176. 博友社. 東京.
- 八尾泰子・日高 伸 (2001) 溶成ケイ酸カリ肥料の溶解特性と肥効. 土肥誌. 72:603-610.
- 安江園子・金子文宜 (2008) 新しい考え方に基づく水稻の有機物施用技術 (環境にやさしい農業技術研修会資料) pp.21-22. 千葉県農林総合研究センター環境保全型農林業技術開発研究事業第Ⅲ期研究成果集.
- 家壽多正樹・八槇 敦・戸辺 学・安西徹郎 (2003) 黒ボク土畑における有機物および土壌改良資材の連用が作物収量および土壌に及ぼす影響. 土肥誌. 74:673-677.
- 彌富道男 (1999) 農業技術体系野菜編第 4 巻. 有機物の種類と施用法. 基 pp.241-251. 農文協. 東京.
- 横田 剛・伊藤豊彰・小野剛志・高橋正樹・三枝正彦 (2003) 製造条件の異なる牛ふん堆肥の無機態リン酸組成. 土肥誌. 74:133-140.
- 横山理英・林 聡・中西 真・高田 潤 (2008) Ca を含有させた木質系廃棄物由来炭化物材料の硝酸性窒素吸着特性. 粉体および粉末冶金. 55:177-184.
- 吉田 滯・三浦周行・山崎 篤 (1996) 土壌と肥料の混合の強弱がツケナの生育に及ぼす影響. 土肥誌. 67:413-418.
- Yost, R.S., G.C. Naderman, E.J. Kamprath and E. Lobato (1982) Availability of rock phosphate as measured by an acid tolerant pasture grass and extractable phosphorus. *Agron, J.* 74:1352-1356.

Summary

Studies on the bio-phosphate material with low nitrogen load produced by desalting carbonized cattle feces

Takashi SHINGYOJI

In an intensive agricultural system, large amounts of unused livestock feces is one major factor increasing the nitrate contamination of surface and ground water. Carbonized livestock feces (CLF) is a promising alternative for recycling animal waste on farm lands while minimizing nitrogen loads to the environment. The objective of this study is to develop a usage of carbonized cattle feces (CCF) as a bio-phosphate material enabled to be applied in large quantities on farm lands. This research focused on the evaluation of phosphorus (P) availability in CCF and developing practices of its salt removal.

In chapter 1, it was proposed that the traditional way of composting livestock feces has had little effect on lowering nitrogen loads. Using a new recycling method of surplus livestock feces is indispensable for preventing a large impact on the environment. Therefore, it is necessary to study CLF as a new recycling method. Present research related to CLF was surveyed and benefits were ascertained. The reasons for selecting CCF as a representative material from the CLF was stated in chapter 1. Following are example using CCF as the bio-phosphate.

In chapter 2, a study of CCF as a substitute for PK fertilizers was compared to rapid-release chemical PK fertilizers (super-phosphate of lime, potassium chloride) applied equally using the Komatsuna (*Brassica rapa* L.) grown on pot packed with two different soils, a humic Andosol (Andosol) and a coarser-textured Brown Lowland soil (sandy soil). A similar chemical composition of CCF produced at 500 °C and 800 °C containing citric-acid soluble P, and K at 2-7% proximately was also used. Their fertilizer effect was similar. Therefore, the CCFs produced at 500 °C were used during research; once at 400 °C. The growth of Komatsuna (*Brassica rapa* L.) in summer and winter and spinach (*Spinacia oleracea* L.) in winter cultivated in the above soils and applied with CCF were also compared to the chemical PK fertilizer. The results indicated that the CCF fertilizer, as a substitute PK fertilizer, was not effected by temperature changes during the plant growth periods.

In chapter 3, the effects of the increasing rate of the CCF application and subsequent salt removal by irrigation on the growth, nutrient uptake of Komatsuna, and nutrient leaching from the soil were

examined. Two CCFs, produced at 400 °C and 500 °C were applied to above soils, in amounts 2.5, 7.5, 12.5 times (400 °C) and 1, 3, 6 times (500 °C) the recommended phosphate fertilizer application 150 kg-P₂O₅ ha⁻¹. Where the CCF equivalent to 900 kg-P₂O₅ ha⁻¹ was applied, salt removal treatment was also tested by applying 63 mm of irrigation water 7 and 48 days after seeding. Increasing the application rate of CCF at 400 °C (citric-acid soluble P₂O₅ 4.8%) reduced the plant growth 12.5 times in both soils. CCF at 500 °C (citric-acid soluble P₂O₅ 1.98%), irrespective of application rate, showed no plant growth inhibition in the Andosol, while the growth was significantly inhibited in the sandy soil when the CCF equivalent to 450 kg-P₂O₅ ha⁻¹ or more was applied. After the first salt removal by irrigation, the growth inhibition became statistically insignificant in terms of the dry weight of the upper plant, although a suppression of P, K, Ca and Mg uptake was still observed. The dominant leached ions upon the first salt removal treatment were Cl and K, with the concentrations in the effluent of 3,774 mg L⁻¹ and 2,069 mg L⁻¹, respectively, from the sandy soil, and 2,025 mg L⁻¹ and 2,517 mg L⁻¹, respectively, from the Andosol. These highly concentrated salts were assumed to be derived from the CCF and responsible for the inhibition of plant growth. The double salt removal treatments were ineffective in view of the fact that the leached Cl accounted for only 13% of the Cl contained in the CCF applied pot. These results suggest that CCF should be applied at a rate equivalent to the recommended P fertilizer application, and that salt removal from the CCF prior to application should be effective for avoiding salt problems.

In chapter 4, two experiments were carried out to determine the residual P availability and salt influence of CCF and washed CCF (WCCF) using pot cultivated Komatsuna as a test plant to develop the usage of CCF as a slowly released P material. In the first experiment, the top growth of the plant was increased only by the addition of P but not of K in the Andosol and sandy soil with very low PK levels. Results suggest that this plant is useful for evaluating the P availability of CCF. In the second experiment, to evaluate initial and residual P availability of CCF and other P materials, plants were pot-cultivated 4 times a year successively. The weight of the upper plant was measured on both soils where thermal-fused phosphate (Yoorin) 900kg P₂O₅ ha⁻¹, CCF 900kg P₂O₅ ha⁻¹ and WCCF, water 80 to 1 CCF (w/w), 750kg P₂O₅ ha⁻¹ were applied one time prior to the first planting. Superphosphate 150kg P₂O₅ ha⁻¹ was added at each pre-planting as a control. For Andosol, in the first and second plantings, the availability of P supplied in Yoorin, CCF and WCCF was similar to the P of the control. At the third planting, P availability in Yoorin was also similar to the control; however the response of P in CCF rose to 150% and WCCF declined to 80% of the P availability in the control. At fourth planting, the P in all three materials was approximately 20% less available than that of the control. In the sandy soil, by the end of the second planting, the P availability in Yoorin and WCCF was also similar to that of the control. For the CCF, there was a decline in the P availability. From the third planting,

availability of P in Yoorin was similar to the control. The availability of P in CCF and WCCF increased significantly to 140% and 240% of that of the control. The P extractants of the soils were measured and averaged using water and the Truog-method after each harvest. The P contents of the applied Andosol, CCF and WCCF showed very little increase similar to the Yoorin.

However, the water solubility of P in the applied sandy soil showed both CCF and WCCF increased by 5 to 9 times more than that of the applied Yoorin at the first planting. The water soluble salts, Cl and K averaging contents of either applied soils CCF were 2 to 3 times and 13 to 18 times higher than that of the control. In the case of WCCF, these contents were estimated 1/4 to 1/2 and 2 to 4 times compared to the control. Thus the WCCF may be a useful phosphate material without a high risk of salt accumulation where much CCF application is required.

In chapter 5, a leaching column studies were conducted in order to determine the influence, intensity, and amount of rainfall needed to remove salt from the CCF. The controlled study used two columns at 0.1m diameter of packed the CCF with 1m height and one column received a total of 1500 mm of pure water at intervals of 30 mm and one at 150 mm per week. Main salts in leachates were Cl and K which were rapidly removed from the CCF by 40% and 44% respectively until a total of 600 mm. Afterward notable subsequent removal of the salts were not observed. P removal along with leachates also increased linearly with increasing amounts of water, although this P loss didn't reach under 10% of the P content in CCF during the experiment period using 1500 mm of water. These patterns of salt elution of the CCF columns were mainly affected by the total amount of watering not by the intensity. Results suggest that, when the CCF is piled up at 1m height, a total rainfall of 600 mm is necessary for being compatible with salt removal and retention P availability of the WCCF. Furthermore, in the case of a high rate of the WCCF application requested, more advanced salt removal practices should be developed such as prolonged exposing with rainfall and stirring up of the piled CCF.

In chapter 6, through a reconsideration of findings of this study, general discussion was conducted confirming the significance of the following three matters where re-use of the livestock feces are required: i) reduction management of their impact to environment, ii) amelioration of their salt damage to soil and plant and iii) creation of more valuable recycled product derived them. The above three conditions were mostly satisfied by the WCCF developed successfully in this study, although a few problems still remained when it was used: such as economic threshold and heavy metals contained in WCCF. Finally it was proposed that, to improve these issues and complete the WCCF methods in the near future, related studies based on positive corporation between research and industry should be involved.