

水産廃棄物の土壌における分解特性およびその施与が小松菜の生育に及ぼす影響

荒木康平・鄭紹輝・有馬進¹⁾佐賀県唐津市松南町152-1 佐賀大学海浜台地生物環境研究センター、¹⁾佐賀大学農学部

Digestion of Marine Processing Waste Sludge in the Soil and Its Effects on the Growth of Komatsuna

Kohei ARAKI, Shao-Hui ZHENG and Susumu ARIMA¹⁾Coastal Bioenvironment Center, Saga University,
152-1 Shonan-cho, Karatsu Saga 847-0021, Japan, ¹⁾ Fac. of Agric., Saga Univ.

要 旨

唐津市水産加工団地加工残渣由来の水産廃棄物(海産汚泥)は窒素含量が高いが、肥効が遅いことやカリウム含量が少なく、有機肥料とした場合、バランスが悪いのは欠点である。しかし、これまでの研究では、ハウレンソウの生育に対しては、牛ふんや鶏ふん堆肥よりも優れる結果が得られている。本報告では、この海産汚泥の肥料溶出特性を明らかにするとともに、カリウム及びケイ酸が豊富な竹炭を海産汚泥と混合したことによって、海産汚泥の肥効を有効に引き出せるのではないかと考え実験を行った。その結果、海産汚泥からのアンモニア態窒素及び硝酸態窒素の溶出は、化学肥料区及びカニガラに比較して遅く、培養3週間後に硝酸溶出量が増加した。また、カリウムの溶出は鶏糞や化学肥料に比較して海産汚泥では極めて低かった。これはもともと含量が低いことによるものであった。海産汚泥を窒素成分換算で化学肥料の2倍の施肥量におけるコマツナの生育は、海産汚泥区が化学肥料区を上回る結果となった。一方、海産汚泥+竹炭、及び化学肥料+竹炭区のいずれも、竹炭なし区よりも生育がよかったことから、竹炭は何らかの生育促進効果があると思われたが、海産汚泥にカリウム及びケイ酸だけの添加区では無添加区とさほど差がみられなかった。以上のように、海産汚泥は窒素成分が化学肥料の2倍になるように施肥すれば、前報のハウレンソウに続き小松菜においても化学肥料と同等以上の生育量が得られた。また、海産汚泥のカリウム不足を竹炭で補うことについては、今後作物の種類及び施与環境についてさらなる検討が必要であると考えられる。

Summary

The objective of the present study was to make clear the nutrition releasing of the marine processing waste sludge (MPWS) and its effect on the growth of komatsuna (*Brassica campestris* L.). The MPWS and other fertilizers were mixed with 3 kg of soil and were incubated at 25°C and dark conditions for 6 weeks. The nitrogen releasing from the MPWS was slow compared with chemical fertilizer and the crab shell. Very little potassium was released from the MPWS because of its low potassium contents. However, The phosphorus releasing was very low in all fertilizers since the phosphorus could be fixed tightly by the soil. In order to make clear the effect on the growth of komatsuna, The amount of MPWS application was adjusted as it contained two times of nitrogen of chemical fertilizer. As the results, the fresh and dry weight of komatsuna was higher in the MPWS application, whereas no clear effects were found on the leaf number and the longest leaf length. Only the combination of MPWS and bamboo charcoal enhanced the growth of komatsuna, however, no effects were found by the combinations of MPWS and potassium or silica. To reveal this unique effect of bamboo charcoal, more examinations are needed.

1. 緒言

近年、消費者の健康志向や環境保全型農業への関心の高まりから、有機農産物の需要が増加している。化学肥料や農薬の使用に頼ってきた従来の慣行栽培法では、土壌や水源の汚染、さらに地力低下による農業の持続性を減衰させる恐れがある(堀内ら 2008)。一方、土壌に施与する有機資材は微生物の働きで緩やかに分解されるため即効性に乏しいが、養分供給や通気性、透過性など土壌の物理的及び生物的性質の改善の役割を持ち、地力維持と土壌改良を可能にする(西尾 2007; 樋口 1996)。さらに、こうして栽培された有機農産物は品質的にも安心して食べられるという認識が消費者に定着している。これまでの有機資材施与の効果に関する研究結果として、ホウレンソウ等の葉菜類で適当な条件下での有機資材施与が化学肥料施与に比べ硝酸含量を低減させ、糖含量を増加させたという報告などがある(山崎・六本木 1998; 松本ら 1999)。

ところで、水産業が盛んな唐津市では水産加工団地で魚介類由来の残渣として多量に生じる海産汚泥の処理が問題になっている。この海産汚泥を有機肥料として農業に有効活用することが考えられるが、一般的な有機資材と同様にカリウム含量が低く、土壌に施与された際に植物へ供給される養分のバランスが適当であるかという問題点が懸念されるほか、他の肥料と比較してその肥効にどのような特徴があるか明確ではない。一方で、竹炭は他の有機資材に比べ比較的多くのカリウム及びケイ酸を含んでいることが特徴であり、土壌環境の浄化作用を持つ他に、堆肥と混ぜて使用することで有機物の分解を促進する効果がある(岸本・池嶋 1999; 徳永・荒木 2007)。

そこで本研究では、海産汚泥の農業における有効利用を図る目的で、海産汚泥の土壌における分解特性を明らかにするとともに、海

産汚泥と竹炭の併用がコマツナの生育への影響について実験を行った。

2. 材料および方法

実験1. 供試有機資材の養分溶出特性

佐賀大学海浜台地生物環境研究センター内圃場から採取した土壌を雨よけハウス内で1週間ほど乾燥させ、1/5000アールワグネルポットに3kgの土壌と所定量の肥料を混ぜて入れた。使用した肥料は化学肥料(三菱化学アグリ株式会社、窒素含有率:16%)、海産汚泥(フィッシュエース 唐津水産加工団地協同組合、同:7.3%)、カニガラ(有限会社宝水産、同4.5%)、および醗酵鶏ふん(株式会社グリーン産業、同2.5%)で、施肥量及び各成分量は表1の通りであった。2日後に各ポット内の土壌の飽和水分量まで水を与え、25℃暗黒条件に設定したインキュベータ内で培養した。実験期間中は2日ごとに重さを

表1 有機資材の養分溶出実験における施肥量及び各成分含有量

	施肥量	N成分量	P成分量	K成分量
化学肥料区	5.0	0.8	0.80	0.80
海産汚泥区	21.9	1.6	0.44	0.18
カニガラ区	35.6	1.6	1.78	0.08
鶏糞区	64.0	1.6	4.42	2.56

※単位はg/ポット

※有機資材施与区は窒素成分を化学肥料施与区の2倍に設定。

表2 コマツナ栽培における各処理区の施肥量及び窒素成分量

	施肥量	N成分量	竹炭施与量	Si施与量	K施与量
化学肥料のみ区	5.0	0.8	0	0	0
化学肥料+竹炭区	5.0	0.8	20	0	0
化学肥料+Si区	5.0	0.8	0	5	0
化学肥料追肥区	10.0	1.6	0	0	0
鶏糞区	64.0	1.6	0	0	0
海産汚泥のみ区	21.9	1.6	0	0	0
海産汚泥+竹炭区	21.9	1.6	20	0	0
海産汚泥+Si区	21.9	1.6	0	5	0
海産汚泥+K区	21.9	1.6	0	0	0.62

※単位はg/ポット

※化学肥料追肥区では、収穫2週間前に5gの化学肥料を追肥した。

※海産汚泥+K区では、化学肥料のカリウム含量から海産汚泥のカリウム含量を差し引き不足分を施与した。

量り、失われた水分量だけ給水した。ミズトール(大起理化工業株式会社)を利用して培養開始後0、7、14、21、28、42日目に土壌溶液を採取し、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、カリウム、リン酸の溶出量を測定した。

実験2. 有機資材の施与がコマツナの生育に与える影響

実験は佐賀大学海浜台地生物環境研究センターの雨よけハウス内で行われた。供試品種は照彩小松菜(株式会社トーホク)で、2010年9月3日から10月19日まで栽培を行った。1/5000アールポットにセンター内実験圃場の土壌と肥料を混ぜて十分に給水した後、1つのポットにつき2か所、1か所につき5、6粒播種し、各処理区5ポットずつ設けた。各処理区の施肥量及び施肥条件は表2の通りであった。なお、ケイ酸施与にはウォータースリカ(富士シリシア化学株式会社製、有効ケイ酸含量17%)を使用した。また、海産汚泥のカリウム含量を化学肥料のカリウム含量から差し引き、不足分を補った区を海産汚泥+K区とした。各区5個体ずつ収穫し、新鮮重、展開葉数、最大葉長、乾物重を測定した。

3. 結果

1) 供試有機資材の養分溶出特性

アンモニア態窒素の溶出量は、各処理区とも培養開始1週間後に最も高い値を示し、その後徐々に低下していったが、化学肥料、カニガラ区に比べ、海産汚泥、鶏ふん区では値はかなり低かった(図1)。培養期間全体を通して化学肥料区で最も多く、有機資材施与区では、カニガラ区が一時的に高い値を示したが化学肥料区に及ぶことはなかった。培養時間にとまなうアンモニア含量の低下は、畑状態における硝化菌の作

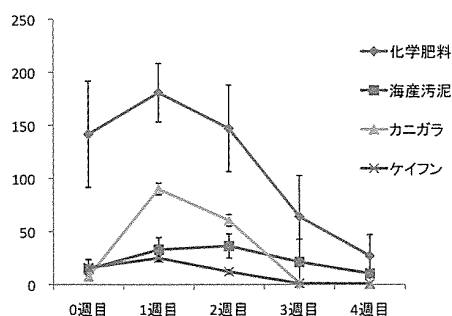


図1 土壌溶液中のアンモニア態窒素含量の推移

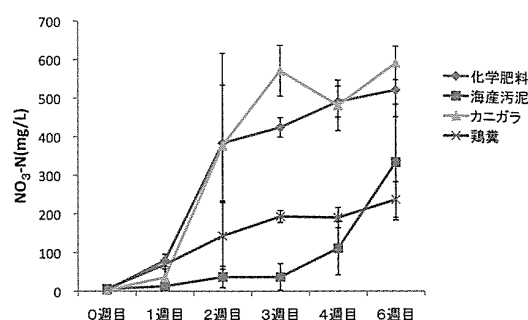


図2 土壌溶液中の硝酸態窒素含量の推移

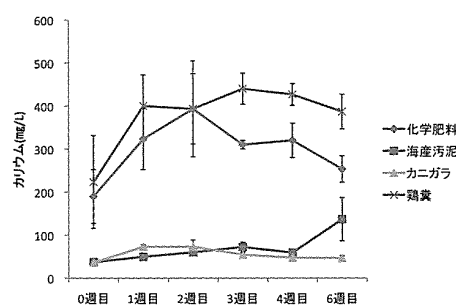


図3 土壌溶液中のカリウム含量の推移

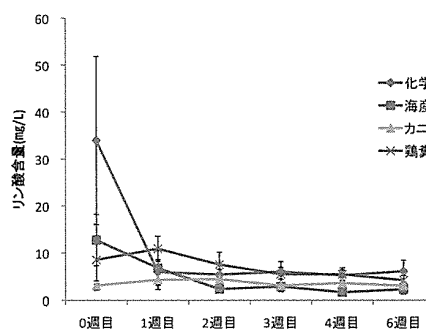


図4 土壌溶液中の可溶性リン酸含量の推移

用により、発生したアンモニアが酸化されたためであると考えられる。硝酸態窒素の溶出量については、培養開始1週目以降の化学肥料区とカニガラ区で著しく増加したが、海産汚泥区では培養3週間目まではあまり溶出せず、4週間目以降に急激に増加した(図2)。鶏ふん区の溶出速度は終始安定していた。カリウムの溶出量は、元から含有量が高い鶏ふん区、化学肥料区で高い値を示したが、海産汚泥区、カニガラ区では培養期間中目立った溶出は見られなかった(図3)。これはももとの含有量の差によるものであると考えられた。リン酸の溶出量は、培養開始日に化学肥料区が一時的に多かったものの、1週目以降どの処理区でもほとんど土壌溶液中には溶出されなかった(図4)。これは、リン酸が溶出されてもすぐに土壌によって固定され、



写真1 各資材施与区におけるコマツナの平均的な個体の生育様子
※棒の長さは10cmを示す

土壌中には遊離態として存在しなかったことを意味している。

2) 有機資材の施与がコマツナの生育に与える影響

写真1には播種48日後の各処理区におけるコマツナの生育様子を示している。小松菜1個体当たりの新鮮重は、化学肥料のみ区約43gに対し、海産汚泥+竹炭区では最も高く約68g、次いで海産汚泥区で約58g、海産汚泥+K区及び海産汚泥+Si区では海産汚泥のみ区とほとんど変わらなかった(図5)。なお、化学肥料をベ-

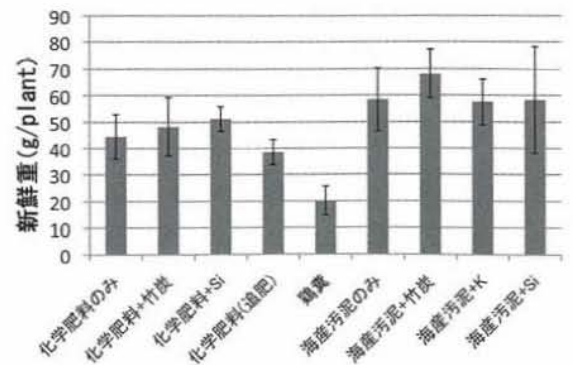


図5 各資材の施与がコマツナの新鮮重に及ぼす影響

スにした処理区では、化学肥料に竹炭及びケイ酸を加えた区ではやや大きかったが、化学肥料追肥区ではかえって小さくなった。一方、鶏糞区の小松菜の重さは全処理区中で最も軽く、化学肥料区の約半分、海産汚泥区の1/3程度しかなかった。小松菜1個体当たりの乾物重も新鮮重と同様な傾向を示している(図6)。最大葉長についてみると(図7)、化学肥料ベース区の約25cmに対し、海産汚泥ベース区ではすべて長く28から29cmであった。鶏糞区では最も短かった。しかし、竹炭及びケイ酸添加は、化学肥料と海産汚泥のいずれも効果は示さなかった。1個体当たりの展開葉数も最大葉長とほぼ同様の傾向を示した(図8)。

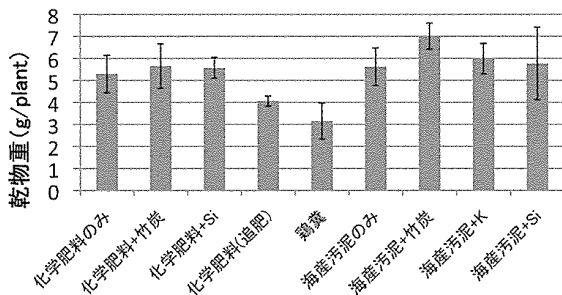


図6 各資材の施与がコマツナの乾物重に及ぼす影響

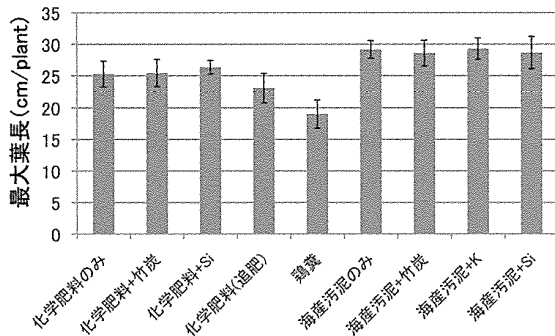


図7 各資材の施与がコマツナの最大葉長に及ぼす影響

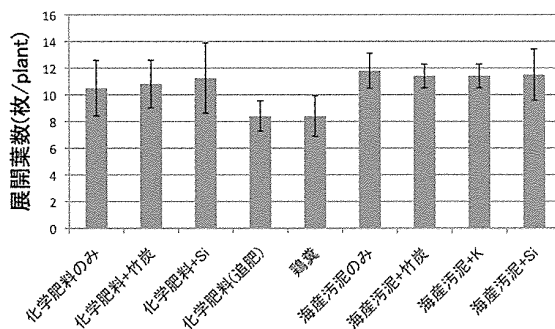


図8 各資材の施与がコマツナの展開葉数に及ぼす影響

4. 考察

1) 海産汚泥の土壌における分解特性について

通常、土壌中のアンモニア態窒素は有機物の分解とともに生成されるが、酸素が存在する畑条件下では硝酸菌の硝化作用により亜硝酸態を経て硝酸態に変換される。そのため、今回の実験でもこれらの過程でアンモニア態窒素の溶出量の減少に伴い硝酸態窒素溶出量が増加したと考えられる(図1, 2)。カニガラには4.5%程度の窒素成分が含まれており(野口 2001)、海産汚泥より窒素成分は少ないものの溶出速度は有機資材区の中で最も速かった。これは、以前本研究室で行われた実験結果とも一致する(蘇木 2008)。また、化学肥料の硝酸態窒素溶出速度と同等であったため、有機資材の中では即効性に優れた肥料であると言えるであろう。海産汚泥は、硝酸態窒素の溶出が顕著に増加する時期こそ遅いものの、実験後半では鶏糞を上回る溶出速度であったため、長期間の作物栽培では十分に窒素肥料としての効果が期待できるであろう。カリウムの溶出量は、有機資材区の中で鶏糞が最も多かった。一般的に家畜ふん堆肥中のカリウムは大部分が水溶性であり、土壌への溶出が分解の程度にあまり影響されず、カリウム肥料として化学肥料と同等の肥効と即効性が望める(小柳・加藤 2010)。今回の実験では、溶液のサンプリング時に各ポット間で水分含量の差による濃度差が生じないように、可能な限り土壌の飽和水分量を維持した。そのため、含量の高かった上位2区ではほぼ安定した値を示していたのは、実験開始時の給水で大部分のカリウムが溶出し、以降も多量の流失がなく溶液中に存在していたためであると推測できる。一方、土壌溶液中のリン酸含量は、実験開始初日の化学肥料区を除き一貫して少なかった(図4)。これは、リン酸が土壌中で固定され不溶性に変化してしまうことが原因であると考えられる。

2) 小松菜の生育に対する効果

今回の実験で用いた小松菜の生育は、海産汚泥区において化学肥料区を上回る結果が得られた。実験期間の前半の高い平均気温(約26℃)が施与した有機物の分解を促進し、肥料効果が十分に表れたものであると思われる。また、竹炭を施与した2区において成長量が増加する傾向

が見られた。特に海産汚泥＋竹炭区が化学肥料＋竹炭区に比べて、より増加の幅が大きかったことから、徳永・荒木(2007)の報告にあるように竹炭が海産汚泥の分解を助長したのか、あるいは竹炭からのカリウムの溶出で土壤中の養分バランスが整ったからかもしれない(Tomemoriら 2002)。以上のことから、露地栽培のコマツナにおいて、海産汚泥の施与は化学肥料と同等かそれ以上の生育が期待できることが示された。また、海産汚泥のカリウム不足を補う目的の竹炭併用効果はある程度みられたが、カリウム肥料を直接添加した場合に明確な効果がみられなかったことから、竹炭の添加効果はカリウムだけでは説明できないかもしれない。この点は竹炭の利用において大変興味深いことであり、今後明らかにする必要がある。

本実験の結果から、海産汚泥の窒素成分量を化学肥料の2倍に設定して施与することで、化学肥料と同等以上の肥料効果が得られることが明らかになり、過去に報告したホウレンソウの栽培結果(川崎ら 2010)と合わせて、海産汚泥は葉菜類の栽培においてかなり有効な肥料であることが分かった。また、海産汚泥の肥料としての特徴を理解することにより、今回の竹炭との混合施与のように、海産汚泥を他の資材と組み合わせることによりさらに肥料効果を発揮する可能性があり、今後の検討課題である。

5. 引用文献

- 樋口太重 1996. 環境保全型農業における肥料の開発・利用, 環境保全型農業を巡る土壌肥沃度管理. 財団法人日本土壌協会編. 信陽堂, 東京. 9: 65-72
- 堀内孝次・榊田正治・中筋房夫・小林久・稲村達也 2008. 持続可能な社会に向けた環境保全型農業の構築. *Jpn.J.Crop Sci.* 77(2): 213-220
- 川崎真理 2010. 有機資材及びケイ酸の施用がホウレンソウの生育及び品質に与える影響. 佐賀大学農学部卒業研究論文
- 岸本定吉・池嶋庸元. 竹炭・竹酢液の作り方と使い方. 社団法人農山漁村文化協会編. 農文協, 東京
- 小柳渉・加藤直人 2010. 家畜糞堆肥の利用方法. 農業技術大系. 土壌施肥編. 第6-①巻.

- P.130-2 ~ 130-12. 農文協
- 松本真悟・阿江教治・山縣真人 1999. 有機質肥料の施用がホウレンソウの生育および硝酸、シュウ酸、アスコルビン酸含量に及ぼす影響. *日本土壌肥料学雑誌* 70: 31-38
- 西尾道徳 2007. 堆肥・有機質肥料の基礎知識. 社団法人農山漁村文化協会編. 農文協, 東京
- 野口勝憲 2001. 有機質肥料の組成と土壌微生物. 農業技術体系. 土壌施肥編. 第71巻 肥料の特性と利用. P.256-10 ~ 256-18. 農文協
- 蘇木愛 2008. カニ殻類資材の肥料効果について. 佐賀大学農学部卒業研究論文
- 徳永陽子・荒木光 2007. 竹林と環境. 京都教育大学環境教育研究年報第15号: 99-123
- Tomemori, H・Hamamura, K・Tanabe, K 2002. Interactive Effects of Sodium and Potassium on the Growth and Photosynthesis of Spinach and Komatsuna. *Plant Prod.Sci.* 5(4): 281-285
- 山崎晴民・六本木和夫 1998. 有機物施用が葉菜類の収量及び品質に及ぼす影響. 埼玉園試研報 21: 7-20