

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	有機肥料製造のため水熱処理によるリグノセルロース残渣（有機肥料製造のため水熱処理によるリグノセルロース残渣
Title(English)	Enhancing Biodegradability of Lignocellulosic Residues for Organic Fertilizer Production through Hydrothermal Treatment
著者(和文)	バクティヨルナクシニエフ
Author(English)	Nakhshiniev Bakhtiyor
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9363号, 授与年月日:2013年12月31日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉川 邦夫,竹下 健二,上田 宏,高橋 史武,時松 宏治,隅田 裕明
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9363号, Conferred date:2013/12/31, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

(2000 字程度)

報告番号	甲 第 号	氏 名	Nakhshiniev Bakhtiyor		
論文審査	氏 名		氏 名		職 名
	主 査	吉川 邦夫	審査員	高橋 史武	准教授
審査員	審査員	竹下 健二		時松 宏治	准教授
		上田 宏		隅田 裕明	外部審査員

本論文は「Enhancing Biodegradability of Lignocellulosic Residues for Organic Fertilizer Production through Hydrothermal Treatment」と題し、生物分解性を高めるための前処理として水蒸気加熱処理を行うことによって、リグノセルロース系残渣から効果的に有機肥料を製造することを目的に、全5章から構成されている。

第1章「Introduction」では、再生可能な代替栄養源としてのリグノセルロース系残渣が持つ可能性について概観し、リグノセルロースの生物分解性を高める、有機肥料製造の前処理技術として、水蒸気加熱処理の有効性を検討することが本論文の目的であることを述べ、本論文の構成について紹介している。

第2章「Effects of HTT on the physicochemical properties and subsequent aerobic degradation rate of date palm lignocellulosic Residue」では、堆肥化過程で、ヘミセルロースとリグニンの共存のために、リグノセルロースの主要な生物分解性成分であるセルロースへの微生物のアクセスが制限されることによって、分解速度が遅いことがリグノセルロースの特徴であることが述べられている。一方で、水蒸気加熱処理は、リグノセルロースの主要成分を分解できる効率的な前処理技術であることが知られているが、多くのリグノセルロースの成分が、炭素源および通気支持材として機能していることから、細胞膜を完全に可溶化させ、破壊させるような前処理は避けるべきであり、そのためには、水蒸気加熱処理条件の最適化が必要であると指摘している。そこで、本章では、ナツメヤシの伐採残渣をリグノセルロースのモデル物質として使用し、比較的マイルドな反応条件下で水蒸気加熱処理を行って、63日間の定温（38℃）堆肥化における、細胞膜の可溶化とそれに引き続く好気性分解の速度（CO₂の生成速度として計測）に与える水蒸気加熱処理の影響を検討している。その結果、160℃と180℃の水蒸気加熱処理温度では、ヘミセルロースの可溶化が顕著に認められ、処理前の原料中に34.1%存在していたヘミセルロースが、それぞれ9.5%と4.6%に減少するが、反応温度を200℃および220℃にまで引き上げると、リグニンの可溶化が生じ、ヘミセルロース中の一部の多糖類の加水分解反応が抑制され、その結果として、処理生成物中のヘミセルロース濃度が、それぞれ、5.8%および9.4%へと増加することを見出している。この結果から、最適な水蒸気加熱反応温度が180℃であり、この処理条件下では、生物が容易に利用できる形態の炭素量が増大し、細胞膜中に細孔や気孔が形成されてバクテリアの侵入と細胞膜の破壊が容易になる、ことを示している。180℃で水蒸気加熱処理されたナツメヤシ残渣では、生物分解反応が促進されて、未処理の場合には63日を要した安定化まで、わずか21日で到達することを明らかにし、リグノセルロースからの有機肥料製造を目的とする好気性分解反応速度を向上させるための前処理として、水蒸気加熱処理が有効であることを実証している。

第3章「Effect of HTT on ammonia volatilization reduction during bench-scale aerobic composting of date palm lignocellulosic residues」では、環境に対する窒素負荷でなく、重要な栄養素である窒素分の減少を招く、リグノセルロースの好気性堆肥化時のアンモニア揮発速度に及ぼす水蒸気加熱処理の影響を検討している。これまで、アンモニア揮発を抑制するための様々な手法が試みられてきており、単糖類を添加することによって、微生物による窒素固定を促進することが有効であることが示されている。しかし、アンモニア揮発を効果的に抑制するためには、多量の単糖類の添加が必要とされ、経済性の点で問題があった。前章での検討結果から、反応温度180℃、反応圧力1.0MPaというマイルドな条件下で水蒸気加熱処理を行うと、ヘミセルロース中の大部分の多糖類が可溶化によって単糖類へと転換され、その結果として、好気性分解が促進されることが明らかにされたことから、水蒸気加熱処理が、アンモニアの揮発抑制にも効果があることが予想された。そこで、本章では、この条件下で水蒸気加熱処理を行ったナツメヤシ残渣に対して、45日間のベンチスケールでの好気性堆肥化実験を行い、その結果として、堆肥化の初期段階では生成された単糖類による窒素固定により、また堆肥化の後期段階では微生物による分解に対するセルロース粒子の耐性の向上による窒素固定によって、アンモニア揮発が大幅に抑制され、最終的に高品質の堆肥の製造が可能であることを実証している。

第4章「Evaluation of stability and maturity during composting of lignocellulose rice straw with and without HTT」では、未成熟な堆肥を使用することは危険であるにも関わらず、堆肥の熟度を正確に評価できる手法が確立されていないことを指摘し、水蒸気加熱処理を施した稲わらと未処理の稲わらのビンスケール（90L）での堆肥化実験を行って、C/N比、CO₂生成速度、NH₄⁺-N濃度、NH₄⁺/NO₃⁻比、pH、電気伝導度ならびに発芽指数の各種パラメータの分析を通じて、製造された堆肥の熟度を総合的に評価し、合わせてアンモニア揮発抑制に及ぼす水蒸気加熱処理の効果を明らかにすることが本章の目的であることが述べられている。実験の結果、水蒸気加熱処理を施した稲わらは、6週間の堆肥化の後に、安定化し完熟状態にあると判断でき、窒素分の損失もなかったのに対して、未処理の稲わらは、14週間の堆肥化後も、完熟状態にはほど遠く、60%近くの窒素分が失われていたことを明らかにしている。

第5章「Conclusions」では、得られた成果の総括と、今後の研究の展望が述べられている。

以上、本論文で行われた研究は、180℃という比較的マイルドな温度条件下で、水蒸気加熱処理を施すことによって、これまで堆肥化が困難とされていたリグノセルロース系残渣が短期間で効果的に堆肥化でき、しかも、アンモニア揮発も抑制できることを明らかにしており、本論文は、バイオマス資源からの有機肥料製造にとって、工学的に重要な貢献があると認められ、博士（工学）の学位論文として価値あるものと判断する。