

氏名(本籍)	宮代知直(神奈川県)
学位の種類	博士(学術)
学位記番号	博甲第6149号
学位授与年月日	平成24年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	亜臨界水反応を用いた廃棄物の多目的資源化と安全性評価

主査	筑波大学教授	農学博士	杉浦則夫
副査	筑波大学教授	博士(農学)	張振亜
副査	筑波大学准教授	博士(農学)	北村豊
副査	筑波大学准教授	博士(理学)	内海真生

論文の内容の要旨

本論文は、長年にわたり亜臨界水処理(反応容量2m³)の実用機を用いた様々な廃棄物の処理試験結果を集大成するとともに、その処理物の安全性について実証・解析・評価し多目的資源化を可能とすることを目的とした。

これまでにゴミとして焼却廃棄されて来た、人の生活から恒常的に発生する、下水汚泥や可燃性廃棄物の資源化における「亜臨界水処理」の有用性について廃棄物中の重金属を含む有害化学物質の含有等、安全性について不透明性があることから、本研究開発では亜臨界水反応新技術を導入した多目的廃棄物再生処理装置を用いて、下水処理汚泥について、温度・圧力・時間・粉殻の添加率を変え、14回の処理実験を系統的に行った。下水汚泥の処理前後の有機成分・ミネラル類・重金属濃度を底質調査法で分析し、粉殻と処理物の重量比率を30%程度にすると、重金属類濃度が安定的に減少し、良好な処理物が得られることがわかった。本技術は、高温高压で攪拌し、亜臨界水にて処理するため、焼却肯定が無く、二酸化炭素やダイオキシン・亜酸化窒素の発生もなく、密閉して処理する事により、悪臭の発生がなくなり、環境問題の解消にも有効で、処理済の製品は無菌状態で、残留ダイオキシンや、重金属は、国の安全基準値を大きく下回っていることが実験で実証できた。

この亜臨界水の利点としては、①温度と水を制御するだけで、反応を進めることができる。②反応速度が速く、処理時間は15～60分程度で大量処理が可能である。③溶媒が水で環境負荷が小さく、後処理が容易であることが挙げられる。

亜臨界水で処理できる廃棄物は、下水汚泥はもとより、食品廃棄物、生ゴミ、廃プラスチック、畜産排泄物、農業残渣、可燃性一般廃棄物、可燃性産業廃棄物、医療廃棄物等の有機性廃棄物全般におよび、それらの混合処理も可能である。それらの有機物を飽和水蒸気による亜臨界水で有機物や環境ホルモン等の有害化学物質を分解・無害化し、亜臨界水処理によりセルロースやリグニンはグルコースやオリゴ糖類に、タンパク質系は各種アミノ酸類に分解された。プラスチック類も分解され、可溶化し液体燃化が、また重金属類は結晶化が可能となった。亜臨界水処理された製品は生物に吸収されやすくメタン発酵等の効率を高めることができることがわかった。また飼料や肥料として使うことが可能となった。

亜臨界水の応用分野としては、メタン発酵プラントに亜臨界水処理装置を組み込む事によりメタンガスの発生量を5割ほど増加させることが確認された。高温水有機物は通常メタン発酵によりエネルギーを回収するが、その前処理として亜臨界水処理を行うと、バクテリア類の有機物の消化率が高くなり、また発酵期間も相当程度短縮された。そのため発酵槽での滞留期間が短縮化され、その容量も小さくなる。その結果、イニシャルコストの縮減が可能であり、消化残液は肥効の高い液肥として利用でき、それに使用しない場合でも排水処理の効率化が期待できる。

このように、本論文では実証規模の試験結果で示したように「亜臨界水処理技術」を下水汚泥や可燃性廃棄物に適用することにより、重金属を無害化レベルまで固化し溶出抑制できること、幅広い可燃性廃棄物を無害化から有価物への変換が可能であることが実証できた。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究論文は、内外において極めて深刻となっている廃棄物すなわち下水汚泥、食品廃棄物、生ゴミ、廃プラスチック、畜産排泄物、農業残渣、可燃性一般廃棄物、可燃性産業廃棄物、医療廃棄物等の有機性廃棄物全般、それらの混合物など幅広い廃棄物を対象として長年にわたり亜臨界水処理装置の実用化を目指して様々な処理試験を綿密にしかも系統的に実施展開し、その物理・化学・生物学的な最適反応処理条件および処理後のその処理物質の安全性について実証・解析・評価し多目的資源化を可能とした成果をまとめたものである。

すなわち本開発装置により処理した汚泥は無害化され肥料化、メタン発酵への容易な利活用が可能なこと。また有害あるいは難分解性の有機性廃棄物を飽和水蒸気による亜臨界水反応により有機物や環境ホルモン等の有害化学物を容易かつ低エネルギーで分解・無害化し、最適な反応条件を見出していること。セルロースやリグニンはグルコースやオリゴ糖類に、タンパク質系は各種アミノ酸類に、プラスチック類も分解され、可溶化し液体燃化ができ、重金属類は結晶化が可能であることを実証した。さらに亜臨界水処理された物質は製品化により生物に吸収されやすくメタン発酵等の効率を高めることができた。また飼料や肥料として使うことが出来るなど有機物固体を微粒子にし、微細孔を形成するため乾燥が速く、応用範囲が広範囲であることを見出している。本開発装置は実用規模で多目的資源を実社会に活用できる極めて有用な次世代型処理技術であると判断される。その実用性はもとより新規性、独創性は高く評価され、今後、持続的社会形成のためのインフラストラクチャーをも変えうる重要な技術・開発研究として高く評価されるものである。

平成24年1月27日、学位論文審査委員会において審査委員全員出席のもとに論文の審査および最終試験を行わない本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。よって著者は博士（学術）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。