HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	下水汚泥中内分泌かく乱物質の汚泥処理過程及び土壌環境中での挙動［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	南山, 瑞彦
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	乙第7066号
Issue Date	2018-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/72361
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Mizuhiko_Minamiyama_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　　氏名　南山 瑞彦

審査担当者　主　査　特任教授　高橋 正宏
副　査　教　授　岡部 聡
副　査　教　授　五十嵐 敏文

学位論文題名

下水汚泥中内分泌かく乱物質の汚泥処理過程及び土壌環境中での挙動
(Fates of endocrine disruptors in sewage sludge treatment process and land application of composted sewage sludge)

社会に関わる多くの物質の中で、人や野生生物の内分泌作用をかく乱し、生殖機能阻害等を引き起こす可能性があると疑われている物質等 (以下、内分泌かく乱物質) による環境汚染が各国で報告されており、日本でも環境中に広範囲にわたって存在していることが明らかとなっている。そのため、本研究では、1990 年代からその内分泌かく乱作用が疑われていたノニルフェノール類を中心に、下水道システムの中での内分泌かく乱物質の挙動、特に下水汚泥処理系での挙動、さらにコンポスト等の下水汚泥リサイクル製品として施用されたのちの挙動を明らかにすることを目的とし、下水汚泥試料中のノニルフェノール類の分析手法、下水汚泥処理系におけるノニルフェノール類の挙動、下水汚泥リサイクル製品の施用先における内分泌かく乱物質の挙動について検討し、基礎的知見を得た。

本研究は 5 章で構成されている。以下にその概要を示す。

第 1 章では、本研究の背景を整理するとともに、本論文の構成を示した。

第 2 章では、下水汚泥試料中のノニルフェノール類の分析手法を検討し、下水汚泥からの内分泌かく乱物質の抽出方法の検討を行った。乾燥汚泥からのノニルフェノール、その主な前駆物質であるノニルフェノールエトキシレート (NPnEO) の抽出に高速溶媒抽出 (PFE) 法を用いることで、一般的に用いられている加熱還流法による抽出と比較し、抽出時間が 1/4 以下で、1.03〜1.3 倍のノニルフェノール 類を抽出することが可能との結果を得たため、PFE 法を下水汚泥試料中のノニルフェノール 類の抽出手法として提案した。一方、下水汚泥試料中のノニルフェノール 前駆物質の一つであるノニルフェノールエトキシ酢酸 (NPnEC) の分析手法の検討を行ったところ、水試料中の NPnEC の分析に用いられる前処理方法では分析が困難であることが明らかとなった。

第 3 章では、下水汚泥処理系におけるノニルフェノール類の挙動を検討した。下水汚泥処理系におけるノニルフェノール 類の挙動をより詳細に明らかにするため、前駆物質の消長を対象とした嫌気性消化室内実験を行った。実下水処理場より採取された濃縮汚泥を用い、滞留時間約 28 日、35 ℃で運転している嫌気性消化実験装置にノニルフェノール の前駆物質である NP1EO を投入したところ、約 40% に相当する量がノニルフェノール に変換されて消化汚泥中に存在することが明らかとなった。また、ノニルフェノール の前駆物質のある NP1EC、NP2EC を投入した。その結果、投入した NP1EC のほぼ全量がノニルフェノール に変換されて消化汚泥中に存在することが確認された。一方、NP2EC に関しては、20 日程度まではノニルフェノール の増加が認められなかっ

た。これらにより、35 ℃の中温消化条件では、NPnEO や NPnEC からのノニルフェノール 生成はほぼ避けられないことが示された。ノニルフェノール のエストロゲン様活性はこれらの前駆物質よりも高いとされていることから、汚泥処理過程で汚泥の安定化が進んでいるにもかかわらず、ノニルフェノール 類については反応が進み、エストロゲン様活性が高い物質が産生されているように見えていることが明らかとなった。

第 4 章では、下水汚泥リサイクル製品の施用先における内分泌かく乱物質の挙動を検討した。下水汚泥製品の施用先における内分泌かく乱物質の挙動を把握するため、ライシメータを用いたコンポスト施用土壌からの内分泌かく乱物質浸出実験を行った。約 2 年 10 ヶ月の実験の結果、降雨によるノニルフェノール の累積浸出率は初期存在量の 0.22〜0.48% と少なく、土壌中で分解する傾向にあることが明らかとなった。また、コンポスト施用土壌中の内分泌かく乱物質の植物体への移動に関する検討を、小松菜等を用いて行ったところ、分析が可能な濃度域でのノニルフェノール 類の植物体への移動は確認されなかった。

第 5 章では、本研究で得られた知見をとりまとめた。

これを要するに、著者は高濃度の雑多な有機物である下水汚泥中に含まれる、ごく微量の内分泌かく乱物質の分析法を開発し、得られた分析法をもって下水汚泥処理プロセスにおけるノニルフェノールの挙動を明らかにしたところ、汚泥処理後にも残留が認められたため、汚泥の緑農地利用における影響を評価し、ノニルフェノール等の地下水や植物体への移行リスクは低いことを確認したものである。これらの業績は、下水道を通じた化学物質の環境中への拡散に関する知見に資するものであり、水環境工学、環境リスク工学の発展に貢献するところ大なるものである。よって、著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。