

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 4月30日現在

機関番号：27101

研究種目：基盤研究（B）海外

研究期間：2010～2012

課題番号：22404003

研究課題名（和文）ダナン市におけるベトナム戦争の被害修復と都市衛生環境改善の同時実現

研究課題名（英文）An integrated approach to minimise organic pollution in Danang, Vietnam

研究代表者

安井 英斉（YASUI HIDENARI）

北九州市立大学・国際環境工学部・教授

研究者番号：70515329

研究成果の概要（和文）：ベトナム戦争で散布された枯れ葉剤で汚染された土壌の効率的処理は、ダナン地域の都市開発において特に重要視されている。この土壌を焼却する際の熱源として地域で発生する有機性廃棄物のメタン発酵に着目し、高効率発酵プロセスの開発とともに、ダナン地域において原料となる都市ごみ・食品残渣の発生量調査を行った。また、ベトナムの4大河川に含まれる微量化学物質の定量調査を実施し、ダナンの特性を評価した。

研究成果の概要（英文）：An implementation of low-cost system to remove Dioxins in soil, which is a consequence of Vietnam war in 1960s-1970s is highly desired in Danang for its safe urban development. In this regard, a development of improved methane fermentation process receiving organic wastes was highlighted to provide heat energy for the thermal decomposition of dioxin-polluted soil. While developing the new process in lab-scale, the material flow of municipal solid wastes in Danang including food waste was clarified through field survey. It appeared that a large amount of the food waste was currently being beneficially transferred to piggery farms outside Danang, and accordingly non-feedable fraction (e.g. septic tank sludge) was thought to be the essential organic source for the methane fermentation process, unlike other developed countries. The field research also revealed apart from the hot-spots of Dioxins, the presence of the compounds in Danang river was limited and most of micropollutants were mainly attributed to insecticides from farms in the area.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2011年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2012年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
年度			
総計	8,800,000	2,640,000	11,440,000

研究分野：土木環境システム

科研費の分科・細目：環境影響評価・環境政策

キーワード：衛生工学、廃棄物、マテリアルフロー、市民参加、ベトナム

1. 研究開始当初の背景

ベトナム戦争で散布された枯れ葉剤に含ま

れる猛毒のダイオキシン類は、難分解性のため戦争終結後、40年以上を経た現在でもダナ

ンをはじめとするいくつかの地域に高濃度で蓄積している。この汚染土壌は焼却処理が最も適しているが、その熱源を得ることは経済力の乏しいベトナムではなお課題である。これについて、有機性廃棄物の代表的処理プロセスであるメタン発酵を利用し、そのプロセスから発生するメタンガスを熱源にすることを考えた。しかしながらメタン発酵プロセスの運転においても一定のコストが必要であり、一方で、その原料確保も適用上の課題となる。

2. 研究の目的

本研究は、(1)メタン発酵プロセスの効率化、(2)ダナン地域における有機性廃棄物の発生とその処理特性の把握、(3)河川水に存在する微量化学物質のリスト化、の3点を目的とした。

3. 研究の方法

(1)メタン発酵プロセスの効率化

ラボスケールの実験装置をもとに、下水汚泥や腐敗槽汚泥を模擬した嫌気性消化汚泥を原料として、汚泥の多くを占める生物非分解成分を改質することでメタン生成を高める検討を進めるとともに、排出される高濃度栄養塩類（アンモニア）の省資源型処理に必須となる亜硝酸型硝化の制御理論構築を行った。

(2)ダナン地域における有機性廃棄物の発生とその処理特性の把握

ダナン市資源環境公社による都市ごみ収集の状況について現場調査を実施し、ベトナムのダナン地域で発生する有機性廃棄物の組成・発生量を整理した。

また、有機性廃棄物の中で最もメタン発酵しやすい成分の一つである食品残渣に着目し、処理方法・リサイクルフローの現状について現場調査を実施した。

(3)河川水に含まれる微量化学物質のリスト

ダナン・ハノイ・ホーチミン・ハイフオンの4大都市において、それぞれの河川水に含まれる微量化学物質を約1,000種の成分に着目して同定・定量分析を行った。

4. 研究成果

(1)メタン発酵プロセスの効率化

下水処理場で発生する余剰汚泥（活性汚泥）とベトナムで広く使われている腐敗槽から発生する消化汚泥（嫌気性消化汚泥）の2種類について、汚泥を酸化剤で前処理することによってこれらのメタン転換率が著しく向上することが200日以上に亘る連続運転で明らかになった。活性汚泥を原料に用いた場合、従来のメタン発酵プロセスでは50%ほどに留まっていたメタン転換率は約80%に向上した。活性汚泥よりも非生物分解成分を多く含む嫌気性消化汚泥を用いた場合は、無処理の条件で10%以下に過ぎなかったメタン転換率は

30-40%まで向上した。これらの原料（活性汚泥・嫌気性消化汚泥・酸化剤で改質した汚泥）について、国際水協会(IWA)のタスクグループが開発したプロセスモデル(ASMs)を改変してそれぞれの成分の比分解速度を表すことができるようにした。この結果、発生するメタンガスやシステムから排出される残渣の量も精度良く計算できるようになった。

一方の亜硝酸型硝化の反応においては、各種の回分実験と文献データを用いたシミュレーションの結果、従来に考えられていたような亜硝酸酸化細菌の可逆的阻害(Haldane式)によって処理性能が定まることは例外的であり、むしろアンモニアや亜硝酸に起因する不可逆的阻害(死滅)によってシステムの応答が定まると考えられた。また、これを応用したこの知見は、亜硝酸酸化の散水濾床実験においても安定的に部分亜硝酸型硝化反応が得られること、また、この運転動力は従来のエアレーションシステム(活性汚泥プロセス)に対して1/10以下になり得ることも判った。

(2)ダナン地域における有機性廃棄物の発生とその処理特性の把握

ダナン市の都市廃棄物発生量は、1日当たり約674トンで、その66.6%(449トン)を食品残渣をはじめとする有機廃棄物が占めていた。大規模排出者であるレストラン(3軒)、ホテル(3軒)、市場(3軒)と、商業施設、教育機関、公共機関を対象に14カ所でヒアリング調査を実施した結果、ほとんどのレストラン、ホテルでは食品廃棄物の分別が行われており、養豚用飼料として有効活用されていること、一方で、市場と教育機関では分別が行われておらず、その主原因は教育・指導が未徹底あることに加えて、市場では分別作業のスペースが明らかに不足していることであった。市内の市場からの1日あたりの排出量は9.92トンであり、その内の81.5%(8.09トン)は食品残渣等の有機廃棄物であった。

そして、ダナン市郊外の養豚農家にヒアリングすることで得た豚1頭1日あたりの食品残渣供給の原単位(約5kg、含水率90%)と飼育頭数を元に養豚業者による食品残渣のリサイクル量を推計した。この値は、1日あたり65.8トンであった。これはスープなどの液体分を多く含むため、台所の調理くずと同様な濃厚状態で回収できるようになった場合、1日あたり26.3トンまでは現状の業者回収ネットワークのままに対処できると予想された。これは、ダナン市が公的に収集する都市廃棄物の4.1%に相当する。

(3)河川水に含まれる微量化学物質のリスト

ベトナムにおける4つの代表的な河川を調査した結果、ダナンはハノイやホーチミンと特性がかなり異なり、生活排水由来の化学物

質による汚染は顕著でなかった。雨季と乾季間で検出物質・濃度に違いはなく、一部の市内河川からはピレスロイド系農薬が高濃度で検出された。地方都市や郊外の河川も生活排水由来の化学物質により汚染されているものの、検出物質数や濃度は問題となるレベルではなかった。一方で、水道原水として使用されている一部河川から多種の農薬が検出された。これらのことから、ダナンを含む大都市では早急な下水道整備が必要であること、地方都市や郊外においても適切な規模の汚水処理施設の整備が必要であることが判った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 13 件)

1. Liu, B., Naka, D., Javis, I., Goel, R. and Yasui, H., A Benchmark Simulation to Verify an Inhibition Model on Decay Stage for Nitrification. WST, 査読有, (in press)
2. Liu, B., Naka, D., Javis, I., Goel, R. and Yasui, H., A Kinetic Expression for the Growth and Decay of Nitrite Oxidising Bacteria. Japanese Journal of Water Treatment Biology, 査読有, Vol. 48, No. 3, 2013, 89-98.
3. Nguyen, V. A., Duong, T.H., Thai, M.H., Nguyen, P.T., Zeig, C., Wagner, M. and Yasui, H., Anaerobic Co-Digestion of Organic Waste and Septic Tank Sludge at Thermophilic Condition (55°C). Journal of Science and Technology, VAST, 査読有, Vol. 50, No. 1C, 2013, 9-17.
4. Suehiro Otoma, Hai Hoang, Hai Hong, Izumi Miyazaki, Ricardo Diaz, A survey on municipal solid waste and residents' awareness in Da Nang city, Vietnam, Journal of Material Cycles and Waste Management, 査読有, Vol. 15, 2013, 187-194.
5. Ricardo Diaz, Suehiro Otoma, Constrained Recycling: A Framework to Reduce Landfilling in Developing Countries, Waste Management and Research, 査読有, Vol. 31, 2013, 23-29.
6. Takaaki Kato, Pham Thi Xuan Dung, Hoang Hai. Yon-Hai Xue, Tran Van Quang, Roles for pig farmers in food residue recycle in Danang, Vietnam. 2nd Congress of East Asian Association of Environmental and Resource Economics, 査読有, 1-24(CD-ROM), February 2-4, 2012, Bandung, Indonesia.
7. Takaaki Kato, Pham Thi Xuan Dung, Hoang Hai. Yon-Hai Xue, Tran Van Quang, Food residue recycling by swine breeders in a developing economy: A case study in Da Nang, Viet Nam. Waste Management, 査読有, Vol. 32, No. 12, 2012, 2431-2438.
8. Kiwao Kadokami, Shuangye Pan, Duong Thi Hanh, Xuehua Li, and Terumi Miyazaki, Development of Comprehensive Analytical Method for Semi-Volatile Organic Compounds in Sediments by Using Automated Identification and Quantification System with GC-MS Database, Analytical Sciences, 査読有, 28, 2012, 1183-1189.
9. Nguyen Minh Hai and Hidenari Yasui, Modification of the Anaerobic Digestion Process Using Partial Chemical Oxidation to Improve Biogas Conversion Efficiency, SCIWA2012 (International Conference on Sustainable Concepts for Industrial Wastewater Treatment and Industrial Zones Management), 1-7, 2012, 10-11/Oct/2012, Hanoi, Vietnam.
10. Nguyen Phuong Thao, Nguyen Viet Anh, Hidenari Yasui, Simulation of anaerobic digestion process of municipal sludge using GPX-S software. Magazine of Vietnam Water Supply and Sewerage Association (VWSA), 2012, June/2012, 30-36. (in Vietnamese)
11. 中大輔, Rajeev Goel, 安井英資, 高温嫌気性消化における無機物溶解析出の熱力学・化学反応動力的アプローチ, 土木学会論文集 G(環境), 査読有, Vol. 67, No. 7, 2011, III_303-310.
12. 陣矢大助, 岩村幸美, 門上希和夫, 楠田哲也, 固相抽出法と GC-MS 自動同定定量データベース法による水試料中半揮発性化学物質の包括分析法の開発, 環境化学, 査読有, Vol. 21, 2011, 35-48.
13. Li Wei-Mei, Li Xue-Hua, Cai Xi-Yun, Chen Jing-Wen, Qiao Xian-Liang, Kiwao Kadokami, Daisuke Jinya, Toyomi Iwamura, Application of Automated Identification and Quantification System with a Database (AIQS-DB) to Screen Organic Pollutants in Surface Waters from Yellow River and Yangtze River, Environmental Sciences, 査読有, Vol. 30, 2010, 627-2632.

〔学会発表〕(計 29 件)

1. 川瀬敬三, 門上希和夫, GC-MS プライベートライブラリーを用いた環境中未知汚染物質の検索手法の開発, 第 47 回日

- 本水環境学会年会, 11-13/March. 2013, 大阪.
2. 吉田悠祐, チャウティーカームホン, 白坂華子, 門上希和夫, LC-TOF-MS を用いた全自動同定・定量データベースの開発, 日本水環境学会九州支部研究発表会, 16/Feb/2013, 北九州.
 3. Nguyen Minh Hai, Hiddenari Yasui, Improvement of Anaerobic Digestion Efficiency Using a Partial Oxidation of Sludge, 2012年度 日本水環境学会九州支部研究発表会, p. 71, 16/Feb/2013, 北九州.
 4. Ian Jarvis, Bing Liu and Hiddenari Yasui, Evaluation of a Trickling Filter for Partial Nitrification and the Associated Energy Savings, 2012年度 日本水環境学会九州支部研究発表会, p. 67, 16/Feb/2013, 北九州.
 5. 島本裕希, 安井英査, Caイオンの添加による消化汚泥脱離液からのリン除去, 2012年度 日本水環境学会九州支部研究発表会, p. 61, 16/Feb/2013, 北九州.
 6. Ricardo Diaz, Suehiro Otoma, Solid Waste Management in Da Nang City, Vietnam: New Perspectives, International Joint Symposium on Pollution Mitigation and Sustainable Regional Development, 5/Jan/2013, . Da Nang, Vietnam.
 7. M. Allinson, J. Myers, V. Pettigrove, G. Allinson, K. Kadokami, G. Allinson, High Throughput Bioassays of Urban Stormwater in Combination with AIQS Database GC-MS Screening, SETAC North America, 11-15/Nov/2012, California, USA,
 8. Yasui, H., Improvement of the Anaerobic Digestion Efficiency for Municipal Sludge using Partial Oxidation Process, 3rd International Conference on Environmental Aspects of Bangladesh (ICEAB 2012), Bangladesh Environment Network Japan (BENJapan), 13/Oct/2012, Kitakyushu, Japan.
 9. Shinya Nakashima, Takashi Yamagami, Yoshinori Ogawa, Kiwao Kadokami, Koji Arizono, GC/MS Software and Database for Screening Analysis: Mechanism and Evaluation Using River Water Samples, 24-27/Sep/2012, Kumamoto, Japan.
 10. Kiwao Kadokami, Daisuke Jinya, Pan Shuangye, Hanh Duong, Xuehua Li, Terumi Miyazaki, Development of a comprehensive analytical method using a novel GC-MS database for grasping the whole picture of chemical pollution, SETAC Asia/Pasific, 24-27/Sep/2012, Kumamoto, Japan.
 11. Mayumi Allinson, Kiwao Kadokami, Jackie Myers, Vincent Pettigrove, Graeme Allinson, Passive sampling of urban storm water in combination with AIQS database GC-MS screening, SETAC Asia/Pasific, 24-27/Sep/2012, Kumamoto, Japan.
 12. Hanh Duong, Kiwao Kadokami, Trung Nguyen, Screening Analysis of Hundreds of Organic Micro-pollutants in Vietnamese Rivers, SETAC Asia/Pasific, 24-27/Sep/2012, Kumamoto, Japan.
 13. Liu, B., Naka, D., Jarvis, I., Goel, R. and Yasui, H., A Benchmark Simulation to Verify an Inhibition Model on Decay Stage for Nitrification. Proc. of IWA Nutrient Removal and recovery 2012, 23-25/Sep/2012, Harbin, China, pp. 95-97, 14-17-2 (in CD-ROM). (oral presentation, published through WST).
 14. Duong Thi Hanh, Kadokami Kiwao and Nguyen Quang Trung, Screening Analysis of a Thousand Micro-pollutants in Vietnamese Rivers, , The 10th International Symposium Southeast Asian Water Environment, 8-10/Augst/2012, Hanoi, Vietnam.
 15. Duong Thi Hanh, Kiwao Kadokami, Nguyen Quang Trung, Occurrence of Organic Micro-Pollutants in Vietnamese Rivers, 第21回環境化学討論会, 11-13/Jul/2012, 愛媛.
 16. Duong Thi Hanh, Kiwao Kadokami, Nguyen Quang Trung, Occurrence of Heavy Metals in Vietnamese Rivers, 第21回環境化学討論会, 11-13/Jul/2012, 愛媛.
 17. K. Kadokami, Development of Automated Identification and Quantification System with a Database, 19th International Mass Spectrometry Conference, 15-21/May/2012, Kyoto, Japan.
 18. D T Hanh, K Kadokami, N Q Trung, Pollution Status of Organic Micro-Pollutants in Vietnamese Rivers, 日本水環境学会九州支部研究発表会, 10/Mar/2012, 北九州市.
 19. 坂本周平, 安井英査, 下水汚泥における生物分解成分の季節変化, 日本水環境学会九州支部研究発表会, 10/Mar/2012, 北九州市.

20. Emoto K. and Yasui H., Improvement of Anaerobic Digestion Efficiency for Waste Activated Sludge Using Fenton Reaction, Joint Research Conference of International Environmental Leader Training Programs, 10/Mar/2012, Kitakyushu, Japan.
21. Miyazaki M. and Otoma S., A survey on residents' awareness and usage of plastic bags in Da Nang city, Vietnam, Joint Research Conference of International Environmental Leader Training Programs, 10/Mar/2012, Kitakyushu, Japan.
22. Kato T., *et. al.*, Roles for Pig Farmers in Food Residue Recycle in Danang, Vietnam, Second EAAERE Congress, 2-4/Feb/2012, Bandung, Indonesia.
23. Naka D., Goel R. and Yasui H., Inorganic Solid Precipitation Model for Anaerobic Digestion Liquor, 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, 2-6/Oct/2011, Tokyo, Japan.
24. Naka D., Goel R. and Yasui H., A Novel Approach to Estimate Precipitable Inorganic Species in the Anaerobic Digestion Tank, 4th IWA-ASPIRE Conference & Exhibition, 2-6/Oct/2011, Tokyo, Japan.
25. Bing Liu Daisuke Naka, Ian Jarvis, Rajeev Goel and Hidenari Yasui, A Kinetic Expression for the Growth and Decay of Nitrite Oxidising Bacteria, The 4th IWA-ASPIRE conference, 2-6/Oct/2011, Tokyo, Japan.
26. D. T. Hanh, K. Kadokami, N. Q. Trung, Environmental survey on 947 organic micro-pollutants in river water in Vietnam by AIQS-DB, 第20回環境化学討論会, 17/July/2011, 熊本市.
27. Bing Liu, Daisuke Naka, Magnus So, Ian jarvis, Hidenari Yasui, 亜硝酸酸化細菌の増殖と阻害に関する動力学, 第45回日本水環境学会年会講演集, p.160., 18-20/Mar/2011, 札幌.
28. Pham Thi Xuan Dung, and Takaaki Kato, A comparison of domestic solid waste management: Da Nang, Ha Noi, and Kitakyushu, The Japan-Vietnam Joint Symposium on Sustainable Urban Environmental System, 23-24/Sep/2010, Danang, Vietnam.
29. Trinh Thi Hong Hai and Suehiro Otoma, Study and Investigation of Municipal Solid waste in Da Nang, Vietnam, The Japan-Vietnam Joint Symposium on

Sustainable Urban Environmental System, 23-24/Sep/2010, Danang, Vietnam.

〔図書〕 (計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.env.kitakyu-u.ac.jp/ja/kenkyuka/yasui/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安井 英斉 (YASUI HIDENARI)

研究者番号: 70515329

北九州市立大学・国際環境工学部・教授

(2) 研究分担者

加藤 尊秋 (KATO TAKAAKI)

研究者番号: 20293079

北九州市立大学・国際環境工学部・准教授

李 玉友 (LI GYOKUYU)

研究者番号: 30201106

東北大学大学院・環境化学研究科・准教授

門上 希和夫 (KADOKAMI KIWAO)

研究者番号: 60433398

北九州市立大学・国際環境工学部・教授

乙間 末廣 (OTOMA SUEHIRO)

研究者番号: 90124338

北九州市立大学・国際環境工学部・教授