

東北大学大学院工学研究科 教授

野池 達也

「新世代型低負荷環境保全技術による

廃棄物のエネルギー化・再資源化」

1. 研究実施の概要

a) 研究実施の概要

近年、地球温暖化をはじめとする地球規模環境問題がクローズアップされ、地球環境にやさしい新世代型科学技術の開発や新しい知的社会システム創造の重要性が強く認識されるようになった。わが国では1980年代後半からごみ排出量が急速に伸びてきている。一般廃棄物では紙類とプラスチック類の排出量が増大しているにもかかわらず、その再資源化割合は産業廃棄物と比較して極めて低いのが現状である。特に、廃プラスチックの増大により燃焼処理を行っているごみ処理施設の耐用年数の低下を引き起こすこと等の問題が生じている。また、産業廃棄物の50%近くを占めている下水汚泥等の処分も、埋立処分地が激減していることから深刻な問題となってきている。人間と環境の調和のとれた知的社会の実現を目指すには、環境への負荷を最小とする物質循環可能な新世代型環境保全技術が必要不可欠である。本研究は、エネルギー・物質循環を重視した廃棄物処理技術の開発に焦点を当て、環境への負荷を最小とする物質循環可能な新世代型環境保全技術を確立することにより、環境低負荷型社会システム実現の一翼を担おうとするものである。

本研究では、都市活動から排出される廃棄物のエネルギー化・再資源化を飛躍的に向上させることにより、内部環境で物質循環を行う新しい経済システムを開発し、外部環境への廃棄物排出の現状を改善することを目的としている。具体的には、物質循環が可能である有機性廃棄物および廃プラスチックに焦点を絞り、物質循環に不可欠であるエネルギー化・再資源化技術の開発を行うものである。このことにより都市廃棄物の管理の観点から低負荷型社会システムを構築し、健全な都市環境の創造が可能となる。図1に本研究の構想を示す。

都市から排出された廃棄物は、易分解性廃棄物（生物由来の有機性廃棄物）および難分解性廃棄物（廃プラスチック）に分けられる。有機性廃棄物は、水素発酵プロセスで水素ガスを回収し、残渣は生物学的重金属除去工程で重金属を除去した後にコンポスト工程に投入される。コンポストは病原性微生物やウイルスに関して安全性評価を受けた後に農地へ還元される。一方、廃プラスチックは、化学プラントにおいて再資源化またはエネルギー化される。

11年度までに、各研究グループにおいて個々の技術をほぼ完成させた。12年度後半より、水素発酵プロセスを中心にコンポスト工程および遺伝子センサーの研究を集約し、プロセス全体の完成を目指した。

このプロセスでは、第1水素生成槽に有機性廃棄物を投入する。第1水素生成槽で水素ガスを回収した後、残渣をコンポスト工程に投入する。高温コンポスト技術（60-70℃）では、セルロースなどの固形成分は細かく分解されている。コンポスト工程では、コラゲナーゼなどの酵素を添加して、難分解性物質の分解を促進させる。第1水素生成槽から流出した有機酸およびアルコールを含む排水は、第2水素生成槽に送られる。第2水素生成槽では、光合成細菌が有機酸およびアルコールを分解して水素を発生させる。水素ガスは第

1 水素生成槽および第2水素生成槽から回収される。

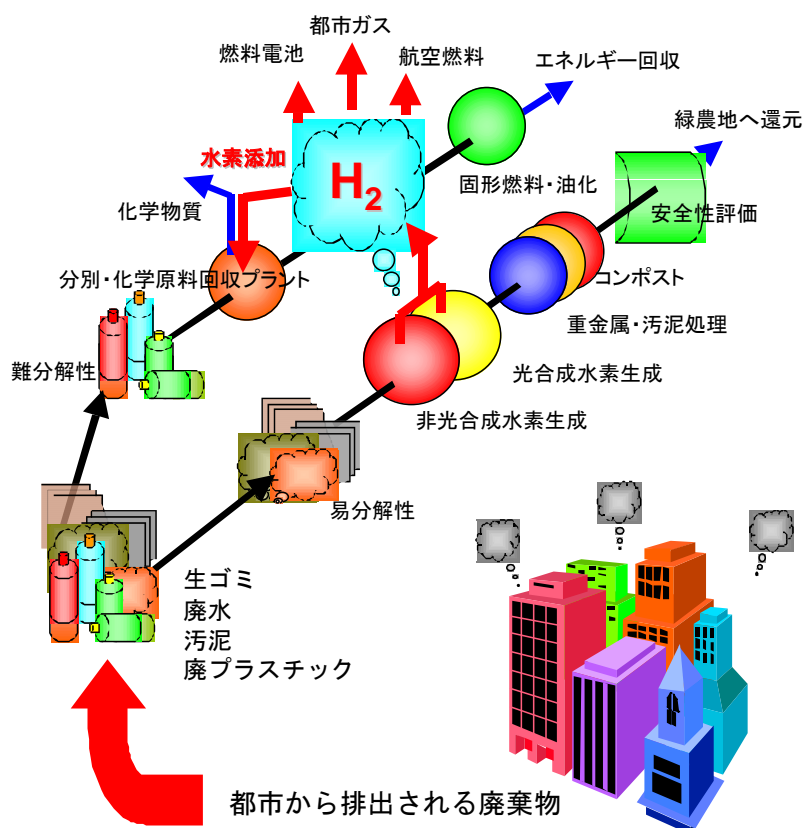


図1 本プロジェクトの基本構想

b) 研究成果の概要

1) コンポスト工程を導入した二相式水素生成プロセスに関する検討

コンポスト工程を導入した二相式水素生成プロセスの開発を行った。プロセスの概要を図2に示す。第1水素生成槽では、主に炭水化物の分解過程から水素が生成される。水素と同時に揮発性脂肪酸、乳酸、アルコールなども生成される。このような代謝産物は、第2水素生成槽において、紅色非硫黄光合成細菌を主とする混合培養系により分解される。この過程でも水素が生成される。第2水素生成槽の前に分離膜を導入して、第1水素生成槽からの細菌の流入を防いでいる。第1水素生成槽から排出した残渣には、繊維物質など分解しにくい物質が含まれている。このような物質は高温コンポスト工程によってコンポストに変換する。コンポスト工程において、コラーゲン等の分解しにくい物質は、酵素を添加することによりその分解を促進する。有機性廃棄物には重金属が含まれている場合もある。重金属は水素発酵やコンポストでは除去できないため、プロセスの外へ流出する恐れがある。このため、コンポストの利用など、資源の再利用を進めるためには、重金属の含有を把握しなければならない。本法では、重金属を検知する遺伝子センサーの開発も行った。

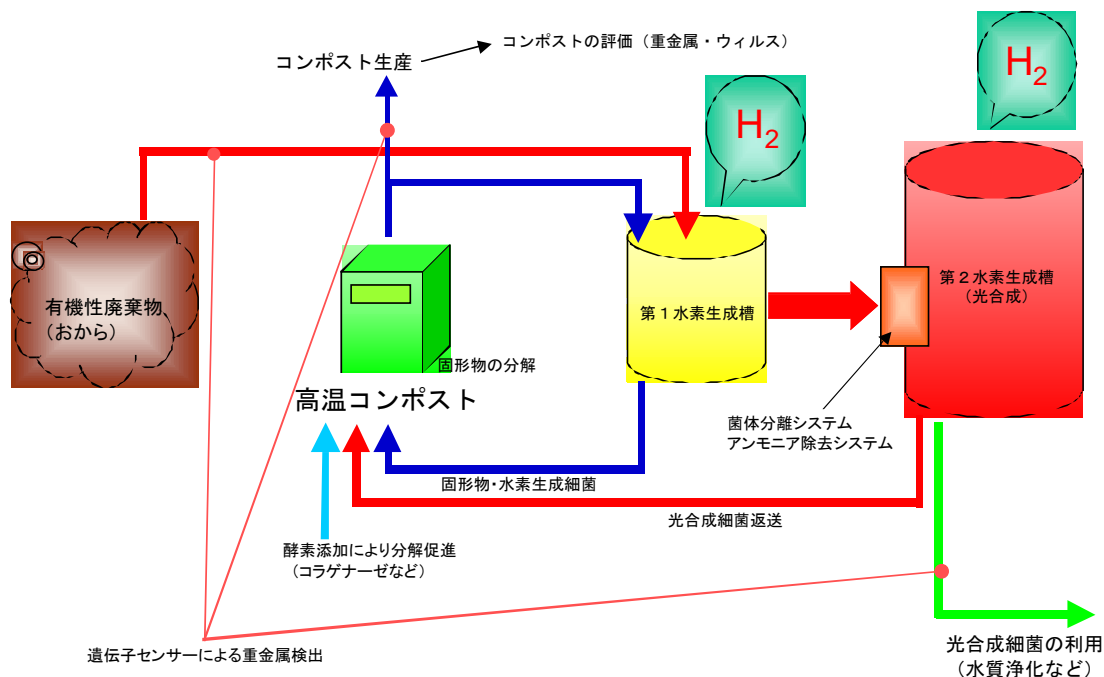


図2 コンポスト工程を導入した二相式水素生成プロセス

1-1) 嫌気性細菌による水素発酵

オカラ、フスマ、米糠、厨芥、製麺工場排水などの有機性廃棄物からの嫌気性細菌による水素発酵について検討した。このとき、それぞれ 2.54、1.73、1.29、0.35、1.47 mol/mol-hexose の水素収率が得られた。また、タンパク質から水素を生成する発酵性細菌の単離、消化汚泥などの嫌気性汚泥を水素発酵汚泥に改質する手法の確立、窒素曝気による水素生成の促進に成功した。

また、水素発酵における水理的滞留時間 (HRT) 及び pH の影響について検討した。デンプンを基質として HRT の影響を検討したところ、HRT が 17 時間のとき水素生成量は最大となった。pH に関しては、初期 pH のみを調整する場合と培養全期間にわたり pH を調整する場合について検討した。その結果、最適 pH はそれぞれ 8.0~9.0、5.0~5.5 であった。

オカラからの水素発酵を行った際、水素発酵から乳酸発酵に転じて水素発酵が停止するという現象が頻繁に観察された。また、オカラから単離した乳酸菌 *Lactobacillus paracasei* ssp. *tolerans* とその培養上清には水素発酵を阻害する効果があることが確認された。このような水素発酵阻害を抑制する手法としてオカラの低温熱処理 (60~90℃) が有効であることが確認された。

1-2) 光合成細菌による水素生成

嫌気性細菌による水素生成代謝産物は主として低級揮発性脂肪酸で構成される。従来、光合成細菌による水素生成に関しては、純粋細菌種による滅菌された基質からの水素生成

の研究が主であった。本研究プロジェクトでは、実用性の観点から低級揮発性脂肪酸を主成分とした非滅菌人工基質を用いて、紅色非硫黄細菌を主とする光合成細菌混合微生物系による連続的水素生成に成功した。また、青色光の照射によって、光合成細菌の増殖を阻害する酸素発生微生物の増殖が抑制されることが明らかとなった。さらに、水素発酵を阻害するアンモニアの除去を組み込んだ二段式光合成水素生成プロセスの構築を提示した。

1-3) 水素発酵残渣のコンポスト化

都市廃棄物に含まれる難分解性有機質の効率のよいコンポスト化が大きな課題となっている。当研究分担グループでは、これら難分解性有機質としてコラーゲンと脂質にターゲットを絞り、これらの有機質の分解を高温条件下で長期間にわたって安定に作用する耐熱性酵素を幅広く探索した。その結果、土壌から耐熱性コラーゲン分解酵素生産菌を、また当研究室の保存株から耐熱性コラーゲン分解酵素をそれぞれ見だし、その遺伝子を取得した。耐熱性コラーゲン分解酵素遺伝子をクローニングしてその1次構造を明らかにした結果、これまで例のない、新しいタイプのコラゲナーゼであることを明らかにし、特許出願した。また、脂質分解酵素の基質特異性を分子シャッフリングにより改変した。

1-4) 重金属を検知する遺伝子センサーの開発

水俣湾底泥から単離した数種の水銀耐性細菌の染色体を調べたところ、水銀耐性を獲得するための一連の遺伝子群（Mercury resistance module）はトランスポゾン上に存在することが明らかとなった。このトランスポゾンには他に独立して転移できるグループ2型の細菌イントロン（Intron）をもコードしていることが明らかとなった。これらの知見から、このトランスポゾンまたはイントロンを細菌種間で水平伝達させることによって、実際の汚染環境中およびバイオリクター中で本来その中に生息する細菌に水銀除去遺伝子等を転移させて浄化機能を発現させる方法として、新たに *In-vitro* 分子育種法という技術概念を提案した。

2) 廃プラスチックのエネルギー化・再資源化

高温 NaOH 水溶液を用いた混合廃プラスチックの湿式処理により、ダイオキシン等の有機塩素化合物の副生を伴わずに、塩素系プラスチックの脱塩処理が可能であることを明らかにした。PET 樹脂は加水分解により、原料モノマーであるテレフタル酸に容易に化学転換が可能である。また、塩ビ材料に可塑剤として添加され、環境ホルモンであるフタル酸エステルをフタル酸とアルコールに加水分解できることを明らかにした。本処理法では、重金属は容易に浸出する。

3) 水素発酵残さへの重金属蓄積機構の解明

下水処理場について、処理規模、工場系排水の割合が幅広い範囲となるように調査し、Znは無機炭酸塩態および有機結合態の画分が主であり、流域規模等の違いによる重金属の存在に有意な差は見られなかったが、Cuは安定な形態と考えられる硫化物塩形態と残留態が主な画分であり、流域規模の大きな処理場では、不安定な形態の占める割合が多かった。下水処理過程における重金属の形態変化については、Zn、Cuとも存在形態の比率はほとんど変化しない。嫌気性消化過程では、発生した HCO_3^- や HS^- 等との結合のし易さが金属によって異なり、Cuは最も結合し易く堅固な形態であり、ZnはCuに比べて遙かに低く、また、堅固な形態のNiは存在しないことを明かにした。

4) 水素発酵残さからの重金属溶出技術の確立

ICP-MSによる下水汚泥中の重金属濃度の分析の前処理には、王水煮沸法が適しており、前処理した試料液を100倍以上に希釈すれば測定に影響しない。消化汚泥中に存在する硫黄及び鉄を酸化する細菌が生息していることを確認し、これらの細菌と汚泥中に存在する物質および下水処理場で生成する廃棄物のみを利用して、下水汚泥からの重金属除去のためのClosed systemを構築した。また、汚泥からのヒ素除去手法について検討した結果、吸着態のヒ素の割合が多く、ヒ素はpHを酸あるいはアルカリ側にすれば溶出率を増加でき、特に、pHを11にすると24時間で90%以上の溶出率が得られた。

5) 病原細菌及びウイルスの安全性評価

下水汚泥及びコンポストからの病原細菌及びウイルスの定量的検出方法並びに安全性を評価する新しいリスク評価法の開発に取り組んだ。その結果、高いウイルス検出効率を示すウイルス誘出促進法の開発、活性汚泥からのウイルス吸着タンパク質の分離に成功した。また、病原微生物が引き起こす水系感染症のリスクを、年齢による感染症への感受性の違いを考慮して評価するモデルを構築し、リスク評価を行った結果、年齢構成が感染症の流行に多大な影響を与えることが明らかとなった。

2. 研究構想

本研究はエネルギー・物質循環を重視した廃棄物処理技術の開発に焦点を当て、環境への負荷を最小とする物質循環可能な新世代型環境保全技術を確立することにより、環境低負荷社会システム実現の一翼を担おうとするものである。

具体的には廃棄物を循環可能な物質と位置づけ、易分解性（下水汚泥）および難分解性（廃プラスチック等）という廃棄物の性状の相違に応じた遺伝子工学等の先端技術を用いたエネルギー化・再資源化を行うことにより、人間活動から、生じる廃棄物の高度循環システムを構築することである。特に、下水汚泥等の再資源化（コンポスト化）において最大の障害となっている人体に悪影響を及ぼす重金属、病原微生物・ウイルス、毒性物質の除去技術および安全性評価のための先端的技術を開発すること、および有機性廃棄物を微生物学的手法を用いて主に水素へ変換することによる新しいエネルギー化技術システムを構築することを目的とするものである。

図3は研究開始時に目指した研究計画の概要を示すものである。また、表1に研究課題と主な研究分担者を示した。

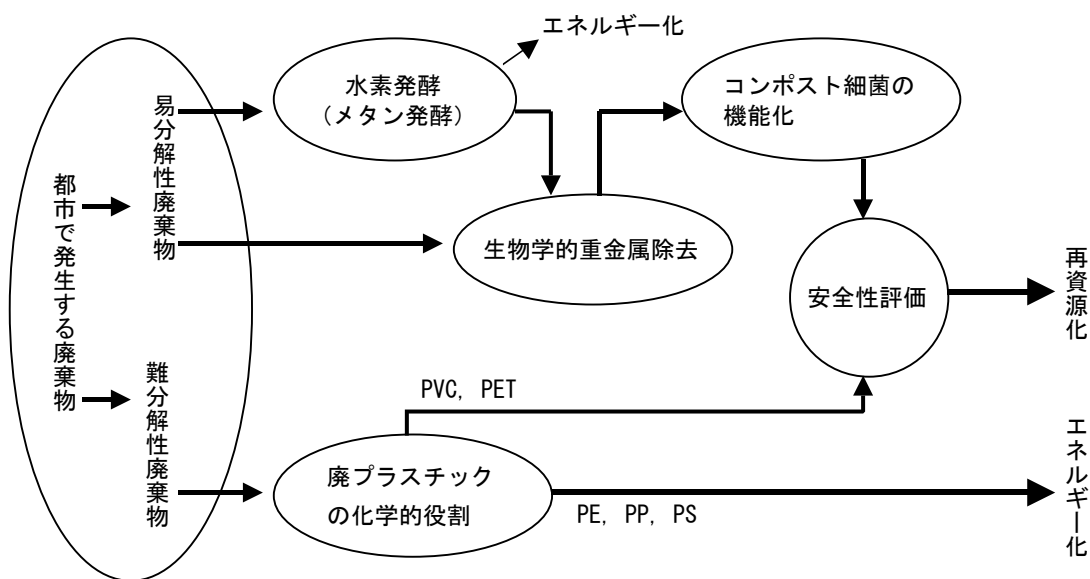


図3 プロジェクト開始時における研究計画の概要

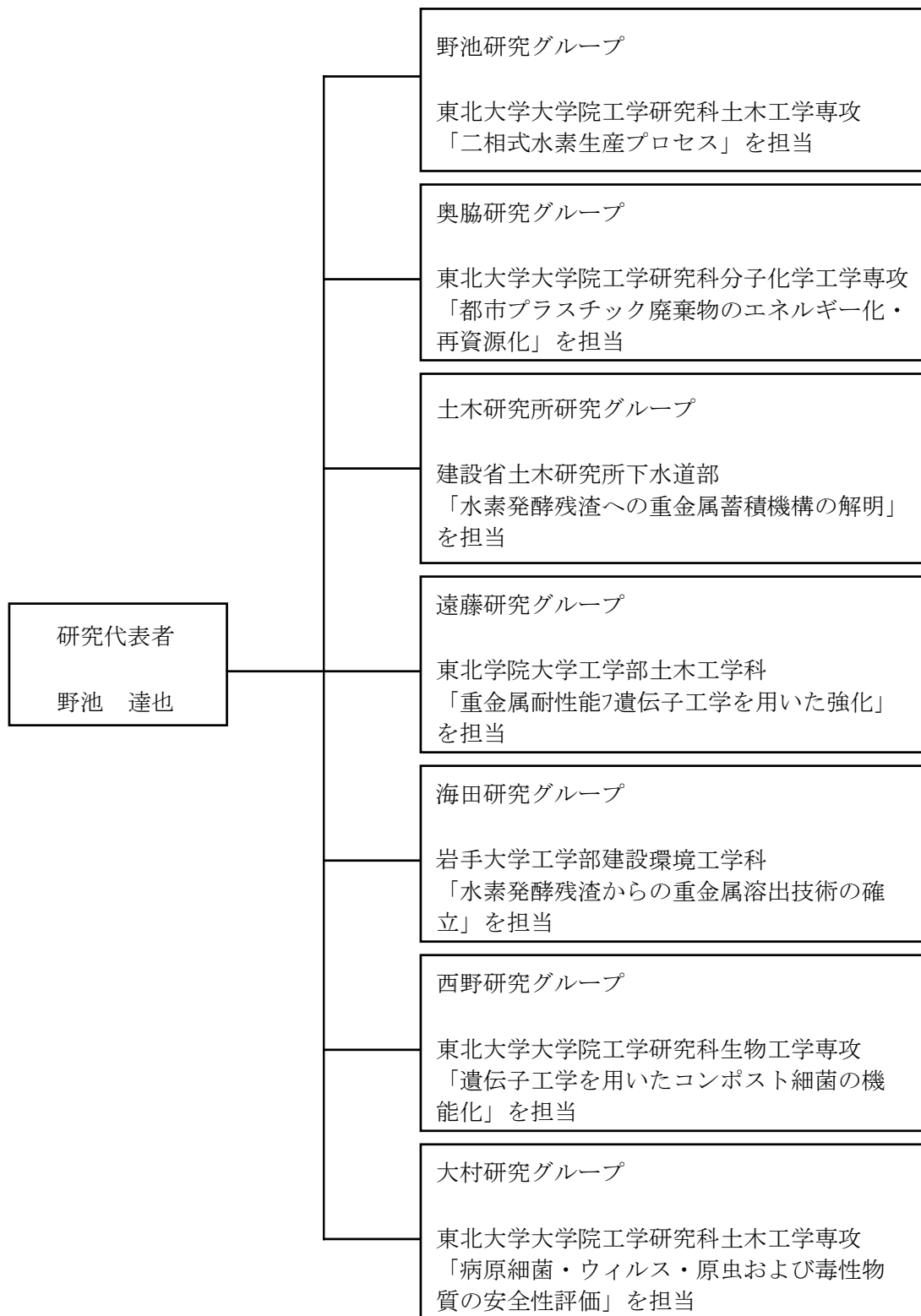
表 1 研究課題と主な研究分担者

①水素およびメタン発酵法を利用した都市廃棄物のエネルギー化	東北大学大学院工学研究科 土木工学専攻 野池達也
②都市プラスチック廃棄物のエネルギー化・再資源化	東北大学大学院工学研究科 応用化学工学専攻 奥脇昭嗣
③汚泥への重金属蓄積機構の解明	建設省土木研究所下水道部 汚泥研究室 森田弘昭
④重金属耐性能の遺伝子工学を用いた強化	東北学院大学工学部 土木工学科 遠藤銀朗
⑤汚泥からの重金属溶出技術の確立	岩手大学工学部 建設環境工学科 海田輝之
⑥遺伝子工学を用いたコンポスト細菌の機能強化	東北大学大学院工学研究科 生物工学専攻 西野徳三
⑦病原細菌・ウイルス・原虫および毒性物質に対する安全性評価	東北大学大学院工学研究科 土木工学専攻 大村達夫

11年度までに、各研究グループにおいて個々の技術をほぼ完成させた。12年度後半より、図2に示した二相式水素発酵プロセスを中心にコンポスト工程および遺伝子センサーの研究を集約し、プロセス全体の完成を目指した。検討したモデル有機性廃棄物としておからを用いた。おからはわが国で年間約75万トン排出され、産業廃棄物として指定され、含水率が高く腐敗しやすいので殆どが焼却処理され、家畜飼料や食用として利用されている割合は極めて小さい。

3. 研究実施体制

(1) 体制



4. ワークショップ・シンポジウム等

年月日	名称	場所	人数	概要
平成 10 年 1 月 28 日	嫌気性消化に関する特別セミナー	仙台	40 人	
平成 10 年 3 月 14 日	特別講演会	仙台	80 人	
平成 11 年 1 月 13 日	嫌気性消化に関する特別セミナー	仙台	42 人	
平成 11 年 10 月 22 日	CREST 研究に関する講演及び情報交換	東北大学	30 人	
平成 11 年 10 月 30 日 ～11 月 2 日	第一回プラスチック科学リサイクル国際シンポジウム	仙台国際センター	250 人	
平成 12 年 2 月 16 日	嫌気性消化に関するセミナー	東北大学	40 人	
平成 12 年 10 月 13 日 14 日	Japan-Netherlands Workshop on Low-loading Recycle of Municipal Waste	仙台市ニューワールドホテル会議場	70 人	資源回収に関する最新の知見に関して、オランダ研究グループと CREST（野池研究チーム）の間で意見交換および討論
平成 14 年 3 月 6 日	CREST 有機性廃棄物の水素・メタン発酵に関する国際シンポジウム	国際文化会館		有機性廃棄物からの水素・メタン発酵に関して世界的な研究者を招聘し、知識・情報の交換を行った。
平成 14 年 3 月 8 日	CREST 研究成果に関するワークショップ	東北大学	20 人	プロジェクト終了に際しての研究打ち合わせ

5. 主な研究成果

(1) 論文発表

野池研究グループ

- 1) Okamoto, M., Miyahara, T., Mizuno, O. and Noike, T. (1999) Influence of moisture content on biological hydrogen potential of organic fraction of municipal solid wastes, II International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Waste, Water Science and Technology, in press.
- 2) Lay, J.J. and T.Noike (1999) Hydrogen production and degradation of cellulose by anaerobic digested sludge, 土木学会論文集、No.636/VII-13, 97-104.
- 3) Lay, J.J., Lee, Y.J. and Noike, T. (1999) Feasibility of biological hydrogen production from organic fraction of municipal solid waste, Water Research, 33, 2579-2586.
- 4) M. Okamoto, T. Miyahara, O. Mizuno and T. Noike (2000): Biological Hydrogen Potential of Materials Characteristics of the Organic Fraction of Municipal Solid Wastes, Water Science and Technology, 41 (3), 25-32.
- 5) T. Noike and O. Mizuno (2000): Hydrogen Fermentation of Organic Municipal Wastes, Water Science and Technology, 42 (12), 155-162.
- 6) O. Mizuno, T. Ohara, M. Shinya and T. Noike (2000): Characteristics of Hydrogen Production from Bean Curd Manufacturing Waste by Anaerobic Microflora, Water Science and Technology, 42(3/4), 345-350.
- 7) 水野 修、新谷真史、鈴木清彦、矢口淳一、野池達也 (2000): 製麺工場排水からの水素生成に及ぼす pH の影響、環境工学研究論文集、37, 97-106.
- 8) Lee Y.J., T. Miyahara and T. Noike (2002): Effect of pH on microbial hydrogen fermentation, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, in press
- 9) 高仁 範、水野 修、野池達也 (2002) 多種類光合成細菌培養体による水素生成に関する研究、土木学会論文集、掲載予定
- 10) 高 仁範、野池達也 (2002) 光合成細菌による水素生成に及ぼす藻類の影響および制御、水環境学会論文集、掲載予定

奥脇研究グループ

- 1) 吉岡敏明、奥脇昭嗣 (1997) 廃プラスチックの原燃料への転換技術、化学工業、4月号、41-52
- 2) 申宣明、渡辺修一、吉岡敏明、奥脇昭嗣 (1997) 高温アルカリ水溶液中における農業用塩化ビニルフィルム中の PVC の脱塩化水素速度、日本化学会誌, (1), 64-68
- 3) Toshiaki Yoshioka, Akitsugu Okuwaki (1998) Kinetics of Hydrolysis of PET Powder in Nitric Acid by Modified Shrinking-core Model, Ind. Eng. Chem. Res., 37, 336-340
- 4) 申宣明、渡辺修一、吉岡敏明、奥脇昭嗣 (1998) 農業用ポリ塩化ビニルフィルムの高温水溶液処理における分解挙動と生成する炭素質の特性、廃棄物学会誌、9 (5), 141-148
- 5) Toshiaki Yoshioka, Keiichi Furukawa, Tugio Sato, Akitsugu Okuwaki (1998) Chemical Recycling of Flexible PVC by Oxygen Oxidation in NaOH Solutions at Elevated Temperatures [J. Appl. Polymer Sci., 70, 129-136]
- 6) Syun-Myung Shin, Toshiaki Yoshioka, Akitsugu Okuwaki (1998) Dehydrochlorination Behavior of Rigid PVC Pellet in NaOH Solutions at Elevated Temperature [Polymer Degradation and Stability, 61, 349-353]

- 7) Shun-Myung Shin, Toshiaki Yoshioka, Akitsugu Okuwaki (1998) Dehydrochlorination Behavior of Flexible PVC Pellets in NaOH Solutions at Elevated Temperature [J. Appl. Polymer Sci., 67, 2171-2177]
- 8) 奥脇昭嗣 (1998) プラスチックリサイクルの現状と将来、リサイクル技術ハンドブック、工業調査会、9-16
- 9) 奥脇昭嗣 (1998) 産官学の三位一体で廃プラ問題に対処、プラスチック、Vol.49、No.8、1-3
- 10) Toshiaki Yoshioka, Keiichi Furukawa, Akitsugu Okuwaki (2000) Chemical Recycling of Rigid-PVC by Oxygen Oxidation in NaOH Solutions at Elevated Temperatures [Polymer Degradation and Stability, 67 (2), 285 - 290]
- 11) Toshiaki Yoshioka, Tsutomu Motoki and Akitsugu Okuwaki (2001) Kinetics of Hydrolysis of Poly (ethyleneterephthalate) Powder in Sulfuric Acid by a Modified Shrinking-Core Model [Ind. Eng. Chem. Res., 40 (1), 75 - 79]
- 12) Toshiaki Yoshioka, Tetsuhiro Akama, Miho Uchida, Akitsugu Okuwaki (2000) Analysis of Two Stages Dehydrochlorination of Poly (vinyl Chloride) Using TG-MS [Chemistry Letters, (4), 322 - 323]
- 13) 吉岡敏明、奥脇昭嗣 (2000) ケミカルリサイクルの動向と将来展望－1st International Symposium on Feedstock Recycling of Plastics (ISFR'99)を中心に－、プラスチックエージ、臨時増刊号、57-60
- 14) Tetsuhiro Akama, Toshiaki Yoshioka, Toyonobu Suzuki, Miho Uchida, Akitsugu Okuwaki (2001) TG-MS Analysis of Dehydrochlorination of Poly (vinylidene Chloride) [Chem. Lett., (6), 540 - 541]
- 15) 奥脇昭嗣 (2001)、廃プラスチックの有効利用による二酸化炭素発生量の削減、無機マテリアル学会誌、8、95-96
- 16) Akitsugu Okuwaki, J. Mater. Cycles Waste Manag. (2001) Overview, 3, 1
- 17) 奥脇昭嗣 (2001) 廃プラスチックリサイクルの方向性、JCII NEWS, 51, 8-9

土木研究所研究グループ

- 1) Morita, H., Tsuboi, H. (2000) Basic investigation on the chemical forms of heavy metals in a sewage treatment plant, Water Science and Technology, 42(9), 159-165.

海田研究グループ

- 1) 北田久美子、伊藤 歩、相沢治郎、海田輝之 (1998) 誘導結合プラズマ質量分析法による下水汚泥中の重金属の分析、下水道協会誌論文集、Vol.35, No.432, 143-156
- 2) A. Ito, T. Umita, J. Aizawa and K. Kitada (1998) Effect of inoculation of iron oxidizing bacteria on elution of copper from anaerobically digested sewage sludge, Water Science and Technology, Vol.38, No.2, 63-70
- 3) K. Kitada, A. Ito, J. Aizawa and T. Umita (1999) Heavy metals removal from anaerobically digested sewage sludge using indigenous iron oxidizing bacteria, Proc. of 7th IAWQ Asia-Pacific Regional Conference, Vol.2, 969-974
- 4) 北田久美子、伊藤 歩、相澤治郎、海田輝之 (1999) 下水汚泥中に生息する鉄酸化細菌による下水汚泥からの重金属の除去、環境工学研究論文集、Vol.36, 105-112

- 5) T. Umita, N. Saito, A. Ito, J. Aizawa and T. Takachi (1999) Removal of arsenic from sewage sludge, Proc. of IAWQ Specialised Conference on Disposal and Utilisation of Sewage Sludge, 265-272
- 6) A. Ito, T. Umita, J. Aizawa, T. Takachi and K. Morinaga (2000) Removal of heavy metals from anaerobically digested sewage sludge by a new chemical method using ferric sulfate, Water Research, Vol.34, No.3, 751-758
- 7) A. Ito, T. Takachi, K. Kitada, J. Aizawa and T. Umita (2001) Characteristics of arsenic elution from sewage sludge, J. of Applied Organometallic Chemistry, Vol.15, 266-270
- 8) K. Kitada, A. Ito, K. Yamada, J. Aizawa and T. Umita (2001) Biological leaching of heavy metals from anaerobically digested sewage sludge using indigenous sulfur-oxidizing bacteria and sulphur waste in a closed system, Water Science and Technology, Vol.43, No.2, 59-66
- 9) A. Ito, T. Takachi, K. Kitada, J. Aizawa and T. Umita (2001) Chemical and biological removal of arsenic from sewage sludge, Proc. of IWA Sludge Management entering the 3rd Millennium-Industrial, Combined, Water and Wastewater Residues, 72-77
- 10) A. Ito, J. Kusanagi, T. Matsukura, J. Aizawa and T. Umita (2001) Relationship between partition of heavy metals in sewage sludge and elution of heavy metals, Proc. of IWA Specialised Conference on Sludge Management: Regulation, Treatment, Utilisation and Disposal, (in Press).
- 11) 伊藤 歩、高地敏幸、斉藤紀子、相澤治郎、海田輝之 (2001) 下水汚泥からのヒ素の溶出に関する基礎的研究、環境工学研究論文集、Vol.38、(掲載決定)

遠藤研究グループ

- 1) 成田勝、黄介辰、遠藤銀朗 (1998) : 水俣湾底泥からの嫌気性水銀耐性細菌の分離と水銀耐性遺伝子の分子生物学的解析に関する研究、環境工学研究論文集、Vol.35, pp.457-466
- 2) M. Narita, C.C. Huang and G. Endo (1999): Molecular analysis of *merA* gene possessed by anaerobic mercury-resistant bacteria isolated from Minamata Bay., Microbes and Environments, Vol. 14, No.2, pp.77-84
- 3) C.C. Huang, M. Narita, T. Yamagata, Y. Itoh, M. and G. Endo (1999): Structure analysis of a class II transposon encoding mercury resistance of Gram-positive bacterium, *Bacillus megaterium* MB1, a strain isolated from Minamata Bay, Japan., Gene, No.234, pp.361-369
- 4) C.C. Huang, M. Narita, T. Yamagata and G. Endo (1999): Identification of three *merB* genes and characterization of a broad-spectrum mercury resistance module encoded by a class II transposon of *Bacillus megaterium* strain MB1. , Gene, No.239, pp.361-366
- 5) M. Narita, C.C. Huang, T. Koizumi, T. Yamagata and G. Endo: (1999) Characteristics of anaerobic mercury-resistant bacteria isolated from mercury-polluted sediment., Proceedings of 7th IAWQ Asia-Pacific Regional Conference, Vol.1, pp.310-315
- 6) C.C. Huang, M. Narita, T. Yamagata and G. Endo (1999): *In situ* molecular breeding for bioremediation of mercury-polluted water environment., Proceedings of 7th IAWQ Asia-Pacific Regional Conference, Vol.1, pp.322-327
- 7) 成田勝、黄介辰、小泉卓哉、山肩健史、遠藤銀朗 (1999) : 絶対嫌気性細菌 *Clostridium* 属における水銀耐性遺伝子の普遍的保有と重金属耐性スペクトラムの評価に関する研究、環境工学研究論文集、Vol.36, pp.29-37

- 8) 山肩健史、黄介辰、成田勝、遠藤銀朗 (1999): グラム陽性細菌 *Bacillus megaterium* MB-1 株が持つ新規有機水銀耐性オペロンの同定と有機水銀分解遺伝子の機能解析., 環境工学研究論文集, Vol.36, pp.39-47
- 9) M. Narita, C.C. Huang and G. Endo (2000): Substrate specificity of the three organomercury lyase genes of mercury resistance module of *Bacillus megaterium* MB1., Prpceedings of the fFifth International Symposium on Environmental Biotechnology, pp.368-391
- 10) C.C. Huang, M. Narita and G. Endo (2000): Development of bio-monitoring and bio-purification system for the prevention of organomercury contamination., Prpceedings of the Fifth International Symposium on Environmental Biotechnology, pp.372-375
- 11) 山肩健史、黄介辰、成田勝、遠藤銀朗 (2000): *Bacillus megaterium* MB1 の Tn*MER11* から発見された新規有機水銀分解遺伝子 *merB3* の発現調節に関する研究., 日本農芸化学会誌, Vol. 74, No.8, pp.897-901
- 12) M. Narita, C.C. Huang, T. Koizumi, T. Yamagata and G. Endo (2000): Identification and Characterization of anaerobic mercury-resistant bacteria isolated from mercury-polluted sediment., Water Science and Technology, Vol.42, No.3-4, pp. 109-114
- 13) 山肩健史、石井秀学、成田勝、熊谷康、黄介辰、遠藤銀朗 (2001): 新たに発見された有機水銀分解遺伝子 *merB3* とその発現調節系を利用した有機水銀の検出方法に関する研究., 水環境学会誌、Vol.24, No.4, pp.219-224
- 14) T. Yamagata, M. Ishii, M. Narita, C.C. Huang and G. Endo (2001): Bio-affecting mercury detection using mercury resistance gene module fused with bioluminescence reporter genes., Proceedings of Asian Waterqual 2001-First IWA Asia-Pacific Regional Conference, Vol.1, pp.329-334

西野研究グループ

- 1) Nakayama, T., Tsuruoka, N., Akai, M., and Nishino, T. (2000) Thermostable collagenolytic activity of a novel thermophilic isolate, *Bacillus* sp. strain NTAP-1. *J. Biosci. Bioengin.* 89: 612-614.
- 2) Taniguchi, J., Hemmi, H., Tanahashi, K. Nakayama, T. and Nishino, T. (2000) Zinc biosorption by a zinc-resistant bacterium, *Brevibacterium* sp. strain HZM-1. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 54: 581-588.

大村研究グループ

- 1) Fukushi, K., T. Tsuchida, H. Tanaka and T. Omura (1998) A risk evaluation of pathogenic microorganisms in water environment by modified dose-response models, Proceedings of 19th Biennial Conference of the International Association on Water Quality (Vancouver, Canada), 10, 17-23
- 2) K. Fukushi, T. Tsuchida, T. Watanabe, H. Tanaka, Y. Takahashi and T. Omura (1998) Development and evaluation of risk assessment models for pathogenic microorganisms in natural water environment, Proceedings of 2nd International Conference on Advanced Wastewater Treatment, Recycle and Reuse (Milan, Italy), 363-370
- 3) 土田武志、福士謙介、田中宏明、大村達夫 (1999) 環境水における病原性微生物数の確率分布を考慮したリスク評価モデル、土木学会論文集、615/VII-10、61-68

- 4) T. Watanabe, K. Fukushi, and T. Omura (1999) Risk assessment for waterborne diseases by poliovirus in city through drinking water, Proceedings of 7th IAWQ Asia-Pacific Regional Conference (Taipei, Taiwan), 370-375
- 5) D. Sano, K. Fukushi, and T. Omura (1999) Enumeration of enteric viruses in municipal sewage sludge with Enzymatic Virus Elution method, Proceedings of 7th IAWQ Asia-Pacific Regional Conference (Taipei, Taiwan), 1053-1058
- 6) 渡部徹、福士謙介、大村達夫 (2000) 病原微生物に汚染された水道水摂取による感染症集団発生モデルの開発、土木学会論文集、650/VII-15、25-32
- 7) 渡部徹、大村達夫 (2000) 流域内二都市間における水系感染症の流行伝播モデルの開発、土木学会論文集、664/VII-17、75-83
- 8) T. Watanabe, D. Sano and T. Omura (2001) Risk evaluation for pathogenic bacteria and viruses in the compost of sewage sludge, 1st IWA Asia-Pacific Regional Conference, Fukuoka, Japan (accepted for oral presentation)
- 9) D. Sano, K. Fukushi, K. Yano, Y. Yoshida and T. Omura (2001) Enhanced virus recovery from municipal sewage sludge with a combination of enzyme and cation exchange resin, Wat. Sci. Tech., 43(2), 75-82

(2) 特許

発明者：野池達也、水野 修、宮原高志

発明の名称：熱処理による有機性廃棄物・排水中の微生物相の選択

事業団番号：A071-42PCT

出願日：平成 13 年 9 月 28 日

発明者：奥脇昭嗣、吉岡敏明、申宣明、内田美穂

発明の名称：プラスチック混合廃棄物の処理方法

出願番号：特願平 11-041271 号

出願日：平成 11 年 2 月 19 日

発明者：奥脇昭嗣、吉岡敏明、申宣明、内田美穂

発明の名称：プラスチック混合廃棄物の処理方法

出願番号：特願平 11-041272 号

出願日：平成 11 年 2 月 19 日

発明者：遠藤銀郎、黄介辰、成田勝

発明の名称：環境浄化微生物の生態系内分子育種法

出願番号：特願 2000-35902

出願日：平成 12 年 2 月 14 日

発明者：西野徳三、中山 亨、鶴岡直樹、赤井 稔
発明の名称：耐熱性コラーゲン分解酵素およびその製造方法
出願番号：特願平 11-242816
出願日：平成 11 年 8 月 30 日

発明者：西野徳三、中山 亨、邊見 久、谷口淳也、棚橋 紺
発明の名称：新規な亜鉛吸着菌
事業団整理番号：A071P63

(3) 受賞、新聞報道等

① 受賞

特になし

② 新聞報道

平成 11 年 9 月 6 日付 日刊工業新聞

「耐熱性プロテアーゼ生産 新種の細菌を発見 東北大 高温コンポスト化有望」

平成 11 年 11 月 11 日 河北新聞

「混合廃プラを無害化 奥脇東北大教授らが技術開発 100 パーセント脱塩素、燃料に再利用」