

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：57501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510211

研究課題名(和文) 廃棄物燃料に内在する細菌叢及びその機能別遺伝子とくん焼・有炎燃焼・爆発の因果関係

研究課題名(英文) Relationship between functional gene and bacteria existed in Refuse-derived fuel and smoldering, fire and explosion

研究代表者

小西 忠司 (KONISHI, Tadashi)

大分工業高等専門学校・機械工学科・教授

研究者番号：00225468

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：廃棄物固形燃料(RDF)火災・爆発の一要因とされる微生物による水素産生について、三重県で製造した5種類のRDFからメタゲノム解析による同定を行った。3日培養後に水素産生菌の割合が2～10倍に増加し、桑名RDFがBacillus属、他の4生産地がClostridium属に占有される。同条件でサイズの異なる3種類の容器による結果では、サイズの増加に対して最高温度が上昇すること、外挿法により推定した結果、10kgのRDF貯蔵庫で75℃、100kgで95℃に達することが判明した。水素産生に関係する遺伝子としてヒドロゲナーゼ遺伝子を特定し、水素発生量と遺伝子発現量の関係を調べる手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：The fundamental study for developing a safe handling system for waste biomass fuels was studied; especially for the prevention of fires and explosions associated with refused derive fuels (RDF). The RDF hydrogen production ability was affected by pH, moisture and ambient temperature. The microbial colony count method revealed that aerobes occupied a dominant in RDF on the 2nd or 3rd day from the beginning, whereas anaerobic occupied a dominant hereafter. Bacillus sp. was superior to Clostridium sp. in Kuwana, whereas Clostridium sp. was superior to Bacillus sp. in Sakura after 3 days of cultivation. Scale effects on the temperature rise of RDF due to biological activities were examined by three different amounts of RDFs. It was reported that the higher amount of RDF, the higher the maximum temperature obtained after 50 hours to 85 hours cultivation was.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：火災・爆発 廃棄物固形燃料 メタゲノム解析 水素産生菌 微生物発酵 スケールモデリング

1. 研究開始当初の背景

ごみ固形燃料(Refuse Derived Fuel, 以下 RDF という)は一般廃棄物を破碎・乾燥後、圧縮成形した燃料である。2003年8月に三重県桑名市の RDF 貯蔵施設で火災爆発事故が発生した。発熱・火災の原因として大気中の水分が RDF に吸着する際の吸着熱による昇温、RDF に生息する微生物の生物学的発熱、有機物の酸化反応による発熱などが報告されている。また、爆発の原因として、火災で酸素濃度が低下した領域での有機物のガス化による可燃性ガス発生、貯蔵サイロ内への放水により、RDF に生息する嫌気性微生物が代謝を開始して水素を産生したことが挙げられている。バイオマスは従来の化石燃料とは異なり、微生物が生息している生きた燃料であり、バイオマスの貯蔵・保管時に起こるくん焼・有炎燃焼・爆発の機構は、従来の熱物性・化学反応に立脚した熱着火理論だけでは、火災・爆発に至る全般的現象を十分に説明できないため、バイオマスの生物学的特性を加味した検討が必要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、廃棄物固形燃料の貯蔵・保管時に起こるくん焼・有炎燃焼・爆発の関連因子を、燃料に内在する細菌叢の分布および機能別遺伝子と関連づけ、従来の熱的特性に生物学的特性を加味した廃棄物燃料あるいはバイオマスの貯蔵・保管時における危険性評価および燃料化・貯留・搬送設備の火災安全対策に関する科学的データの提供と提言を目的とする。第1にメタゲノム解析により産地別に収集された廃棄物固形燃料に内在する細菌叢の分布と機能別遺伝子(エネルギー生産・変換、水素産生、耐熱性等)を明らかにする。第2に産地別の廃棄物固形燃料のくん焼・有炎燃焼・爆発の関連因子(温度上昇率、最高到達温度、水素発生量)と細菌叢の分布と機能別遺伝子の関連性を明らかにする。最後に環境条件(酸素濃度、温度、水分、pH)の変化による、くん焼・有炎燃焼・爆発の要因と細菌叢の分布と機能別遺伝子の関連性の変化を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) メタゲノム解析結果による微生物種推定

RDF をハンマーで細かく破碎した。滅菌蒸留水を加え5分間振とうした後、80 μ m プレフィルター(Millipore, AP2504700)でろ過し、未培養サンプルとした。次に、破碎した RDF 10g と滅菌蒸留水 30ml を滅菌バイアル瓶に加え、瓶内を CO₂ 置換し、30 $^{\circ}$ C で3日間静置培養した。培養後、80 μ m プレフィルターでろ過し、3日培養サンプルとした。各サンプルに存在する微生物の DNA を ZR Fungal/Bacterial DNA Kit(ZYMO RESEARCH, D6005)で抽出した。次に、微生物の分類に広く利用されている 16S rRNA 遺伝子を PCR 法で増幅した。PCR 産物に混在する多種の微生物の 16S rRNA 遺伝子をク

ローニングにより単離した。再び 16S rRNA 遺伝子を PCR 法で増幅し、NucleoSpin ExtractII(MACHE REYNAGEL, 74-0609.50)または ExoSAP-IT(岩井化学薬品, 78200)で不純物を除去した。その後、塩基配列の決定をタカラバイオ(株)に委託した。決定した 16S rRNA 遺伝子の塩基配列を塩基配列決定結果編集ソフト 4Peaks で波形解析した後、遺伝子データベース NCBI で類似した塩基配列と照合し、RDF に存在する微生物の種類を推定した。

(2) mRNA 定量用プライマーの作製

酵素は生体内でおこる化学反応の触媒となるタンパク質である。生体内でのタンパク質合成過程は DNA の塩基配列をもとにメッセンジャーRNA(以下、mRNA という)を合成する転写、mRNA の塩基配列をもとにタンパク質を合成する翻訳に分けられる。mRNA はタンパク質の必要性に応じて適時適量合成される。このため、転写過程で合成されたヒドロゲナーゼの mRNA を定量すると、ヒドロゲナーゼ合成量が多いか少ないかを間接的に知ることができる。*Clostridium butyricum*(以下、*C.butyricum* という)のヒドロゲナーゼ遺伝子 *hydB2* の塩基配列情報を NCBI から得た(accession numbers: JF720852, JF720835)。得た塩基配列情報と遺伝子解析ソフト GENETYX とプライマー設計支援ソフト Amplify を用いて、PCR 時に *hydB2* に結合して長さ 174bp(base pair, 塩基対)の PCR 産物を得るプライマー HGBf と HGBr を設計した。表1に設計したプライマーの塩基配列を示す。プライマー合成を(株)グライナー・ジャパンに委託した。*hydB2* に結合するか確認するために、*hydB2* を有する *C.butyricum* と有さない大腸菌の DNA を用いて PCR を行った。

(3) *C.butyricum* の水素産生量の測定

滅菌した容積 70mL のアルミシールバイアル瓶に、クロストリジウム強化培地(以下、培地という)20mL と *C.butyricum* を付着させた滅菌爪楊枝を入れた。瓶内に 0.2 μ m エアフィルター EB-Disk25(関東化学, 96923-00)でろ過滅菌した CO₂ を1分間吹きつけ、瓶内を嫌気状態にした。37 $^{\circ}$ C で静置培養した。培養時間は 24h, 48h, 72h の3条件とした。培養後、水上置換法でガス発生量を測定した。バイアルビン内に残留したガスの組成をガスクロマトグラフィー(島津製作所, GC-2014)で測定した。

(4) RDF の発熱実験

RDF の火災事故の原因の一つに、RDF 内の発熱によって無機物の化学反応が起こり、さらに可燃性ガスが発生する場合、または発熱が続いて自然発火に至った場合も考えられている。好気性菌が有機物内で活動すると熱を生成することは食品系廃棄物を堆肥にするときや植物のくすぶりによる発火等があるように RDF でも起こることが十分に考えられる。実際に RDF を好気環境下で培養させた場合に発熱量はどの程度かを調査した。実験条件を述べると、RDF 貯蔵庫は最大

表1 作製したプライマーの名称と塩基配列

名称	塩基配列
HGBf	5'-AAG TGG TGG TGT ATC AAT GC-3'
HGBr	5'-CCT TTG CAT CCC ATT CCT TC-3'

約 2,000 t を保管することが出来るため堆積した RDF の場合、堆積 RDF 底の環境下は自らの荷重によって熱が外部に逃げにくくなると推測できるので断熱状態と仮定する。表 2 をみると 2003 年 8 月の三重県の平均気温は 30℃前後だったので、恒温槽温度を 30℃になるよう設定する。断熱状態を確保するため、断熱性の高い容器である魔法瓶を用いた。容器内に水分を含ませた RDF を隙間なく詰めながら熱電対を設置した。

4. 研究成果

(1) メタゲノム解析結果による微生物種推定結果

図 1 に種類を推定した 509 個の微生物を水素産生菌と非水素産生菌に分けた結果を示す。水素産生菌の割合は、未培養では桑名 33.9%、香肌 11.4%、海山 13.7%、浜島 1.8%、さくら 28.8%である。3 日嫌気培養では桑名 61.2%、香肌 98.1%、海山 65.4%、浜島 20.0%、さくら 61.9%である。図 2 に水素産生菌 189 個を *Clostridium* 属、*Bacillus* 属、*Janthinobacterium* 属に分けた結果を示す。未培養の水素産生菌の内訳は、桑名は *Clostridium* 属 40%、*Bacillus* 属 50%、*Janthinobacterium* 属 10%である。香肌は *Clostridium* 属 50%、*Bacillus* 属 37.5%、*Janthinobacterium* 属 12.5%である。海山は *Clostridium* 属 28.6%、*Bacillus* 属 71.4%である。浜島は *Clostridium* 属 100%である。さくらは *Clostridium* 属 46.7%、*Bacillus* 属 26.7%、*Janthinobacterium* 属 26.6%である。3 日嫌気培養の水素産生菌の内訳は、桑名は *Clostridium* 属 3.3%、*Bacillus* 属 96.7%であり、*Bacillus* 属がほぼ独占している。香肌、海山、浜島、さくらは *Clostridium* 属 100%、*Bacillus* 属 0%である。

(2) mRNA 定量用プライマーの作製結果

図 3 (a) に遺伝子 *hydB2* を有する *C.butyrlicum* の PCR 産物の電気泳動結果を示す。設計プライマーで増幅が予想された DNA 断片長と一致する約 170bp の PCR 産物が確認できた。図 3 (b) に遺伝子 *hydB2* を有さない大腸菌の PCR 産物の電気泳動結果を示す。大腸菌では PCR 産物は確認されなかった。

(3) *C.butyrlicum* の水素産生量の測定結果

図 4 に培養時間 24h、48h、72h における全ガス発生量と水素発生量を示す。全ガス発生量と水素発生量はそれぞれ、24h 後に 0.4mL、0.035mL、48h 後には急増して 46mL、17mL、72h 後に 40mL、14mL と微減した。図 5 に培養時間 24h、48h、72h におけるガ

スの組成を示す。ガス中の水素濃度は 24h で 7.3vol%、48h で 36.6vol%、72h で 35vol% である。

(4) 考察

メタゲノム解析により、RDF に存在する水素産生菌の大半が *Clostridium* 属または *Bacillus* 属であることが明らかになった。*Clostridium* 属は無酸素下で増殖する細菌であり、土壌や生物の腸内などに生息する。*Bacillus* 属は酸素存在下または酸素濃度に依存せず増殖する細菌であり、土壌や水中に普遍的に生息する。また、*Clostridium* 属と *Bacillus* 属は増殖・生存に不適な環境では芽胞を形成する。芽胞はいくつかの細菌の栄養細胞が菌体内部に形成する休止状態の細胞である。水分の含量は極めて少なく、熱、乾燥、酸、消毒剤、放射能にさえ高い抵抗性を示す。芽胞形成状態の細菌は増殖ができない。Sakka らによると三重県では RDF 原料を破砕後、230~280℃の熱風で乾燥している。このとき芽胞未形成の微生物は多くが死滅し、芽胞形成状態の *Clostridium* 属と *Bacillus* 属は死滅せずに生存すると考えられる。このため水素産生菌の大半が *Clostridium* 属と *Bacillus* 属になったと考えられる。図 3(a) より DNA 長 170bp のみで PCR 産物が確認できた。このため、プライマー-HGBf と HGBr が設計通りに *hydB2* に結合したといえる。HGBf と HGBr を用いて *C.butyrlicum* のヒドロゲナーゼの mRNA 定量化ができる。

図 4 より培養 24h から 48h の間でガス発生量が 115 倍、水素発生量が約 486 倍に増加している。培養 48h から 72h ではガス発生量および水素濃度にあまり変化はない。このことから *C.butyrlicum* が 48h まで活発に水素産生すると考えられる。

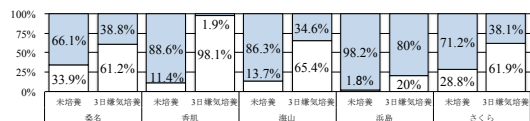


図 1 全微生物に占める水素産生菌の割合

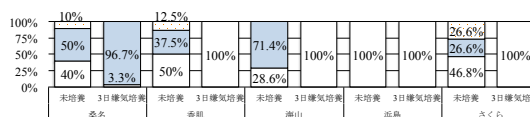


図 2 水素産生菌の種類と割合

(5) RDF の発熱実験結果

RDF100g,750g,1500g の場合の温度推移を図 6 に、RDF 質量 (以下、スケール) に対する最高温度と熱量の変化を示したグラフを図 7 に掲載する。実験開始時は、RDF に水を加えることで約 20℃から始まり室温 30℃に平衡するように推移する。100g、1500g の場合は実験開始から約 24h 付近から始め

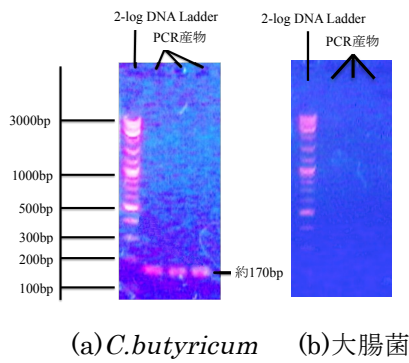


図 3 電気泳動結果

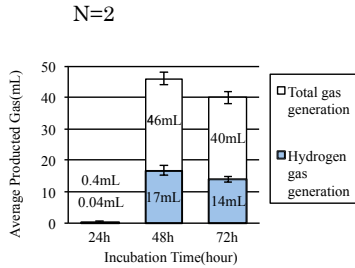


図 4 *C. butyricum* の水素産生量測定結果

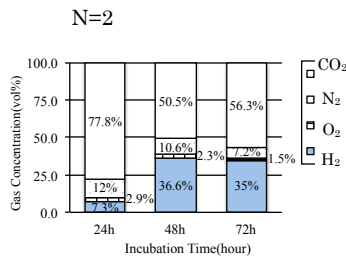


図 5 バイアル瓶に残留したガスの組成

たのに対し、750g は約 36h 付近から温度上昇がみられ、3 種類ともその後は温度が上昇する。それぞれの最高温度は 100g の場合 38.1°C、750g の場合 51.6°C、1500g の場合 57.5°C を記録した。しかし、その後温度は上昇せず停滞または低下する推移を示した。これらの温度上昇は RDF 内部の微生物活動によるものであり、好気性菌の呼吸による熱生成だと思われる。実験開始時は好気環境下で開始しており、RDF 内部には酸素が十分に含まれている。また、好気性菌の活動は嫌気性菌の約 12 倍ものエネルギーを生成することが知られている。増殖に最適な温度は細菌の種類によって様々であるが、20°C 前後のものを低温菌、35°C 前後のものを中温菌、55°C 前後のものを高温菌と呼び、好気性菌は高温菌も多く存在し、堆肥作りにも貢献する菌である。RDF が自然発火するまでのメカニズムは二段階と予測されている。第一段階では、発酵による熱生成が開始し、その温度は約 80°C に達する例もある。第二段階では、十分に温度が高くなったことで比較的反応しやすい有機物が酸素と化学反応を起こして化学反応熱を生成し、さらに温度上昇を続けて自己発火温度にまで到達し発火したと考えられている。

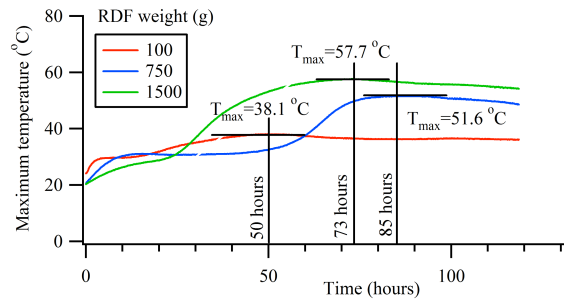


図 6 温度推移

続いてスケールを変化させた場合、RDF 内部の微生物によって生成される熱量 Q を計算した。ここで、魔法瓶の中に RDF と水の混合物として考える。実験開始時、RDF に水を含ませた後の混合物の温度は 25°C 前後で始まるのだが、室温と同じ 30°C から熱量を計算する。また、魔法瓶容器の熱は無視する。断熱容器の中に RDF と水が同じ温度で入っている混合物として考える。RDF が水を含んでから室温 30°C で保管すると、混合物の温度は元の室温から ΔT だけ上昇したそれぞれの値を計算する。それぞれの記号を、水の質量を M_w 、水の比熱を $C_w=4.2$ [kJ/(kg K)]、RDF の質量を $MRDF$ 、最高温度を T_{max} 、室温の平均を T_{av} とする。そして RDF の比熱は $CRDF=1.7$ [kJ/(kg K)] を用いる。そして、水の熱容量 G_w 、RDF の熱容量 $GRDF$ 、温度差 ΔT 、混合物の熱容量 G_{mix} および、混合物内部から生成された熱量 Q は、

$$G_w = M_w \cdot C_w \quad (1)$$

$$GRDF = MRDF \cdot CRDF \quad (2)$$

$$G_{mix} = G_w + GRDF \quad (3)$$

$$\Delta T = T_{max} - T_{av} \quad (4)$$

$$Q = \Delta T \cdot G_{mix} \quad (5)$$

として計算した。RDF のスケールと熱量の関係は図 6 の近似式より、

$$Q = 0.9785 \cdot MRDF - 8.3718 \text{ [kJ]} \quad (6)$$

として表される。ただし、式(6)は 100g から 1500g までの範囲の近似式であるので、スケールを拡大もしくは縮小するときには使用できないものである。さらに、スケールと最高温度勾配は 100g から 750g までは大きい、750g から 1500g では温度勾配は緩やかとなる。しかし、この実験範囲ではさらに RDF

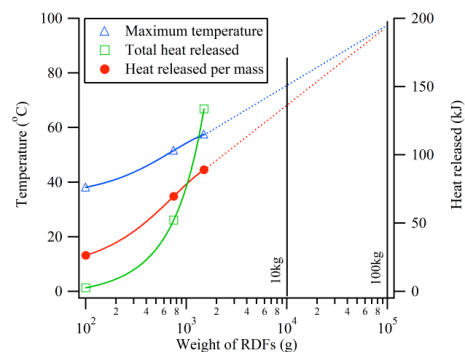


図 7 容器サイズが最高温度と発熱に与える影響

の質量を増加させた場合、熱量および最高温度がどのように推移するかは未知である。

今後の課題として、RDFの質量を100~750gの範囲の場合、1500g以上の場合で行うことでRDF質量に対する発酵熱の推移を求めることができるだろう。また、RDFの水分比率の変更や、実験装置内の気体成分の分析などが必要である。

(6) 結言

① 三重県の5製造地のRDF(桑名, 香肌, 海山, 浜島, さくら)についてメタゲノム解析により水素産生菌を同定した。全生産地に存在する水素産生菌の大半が、*Clostridium*属と*Bacillus*属であり、3日培養後では、桑名のみが*Bacillus*属に占有され、他のRDFは*Clostridium*属に占有される特徴を有していた。

② 水素産生の起因となるヒドロゲナーゼ遺伝子に対するプライマーを設計し、RDFから効率よくmRNAを抽出する方法を確立した。リアルタイムPCRによる水素発生量とヒドロゲナーゼ遺伝子の発現量を定量化して、RDFの爆発危険性を評価する手法の目処がたった。

③ 同条件でサイズの異なる3種類の容器による結果では、サイズの増加に対して最高温度が上昇すること、外挿法により推定した結果、10kgのRDF貯蔵庫で75℃、100kgで95℃に達することが判明した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4件)

- ① Tadashi Konishi, Akihiko Ito, Yuji Kudo, Yoshiyuki Ichinomiya, Naomasa Kamimura, Experimental analysis of the explosion mechanism of gasoline vapor in a small leisure boat, *Safety Science*, 査読有, Vol. 53, pp. 73-81, 2013
- ② Takako Ninagawa, Tadashi Konishi and Akira Narumi, Measurement of Microclimate within Clothing Using the Combination Technique of Infrared Ray Absorption Method And Holographic Interferometry, *The Open Applied Physics Journal*, 査読有, Vol. 5, pp. 54-59, 2012
- ③ Tadashi KONISHI, Akira NISHIZONO, Tetsu YAMASHIRO, Comparison of Legionella Biofilm Formations at Three Different Temperatures in Liquid Flow, in Static Liquid and on Agar Plate, *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, 査読有, Vol. 6, No. 3, pp. 160-172, 2011
- ④ 小西 忠司, 小原 裕治, 鳴海 明, 斎藤 洋徳, メタゲノム解析によるゴミ固形燃料の微生物分布の解明, *日本火災学会論文集*, 査読有, Vol. 61, No. 2, pp. 53-63, 2011

[学会発表] (計 16件)

- ① T. Ninagawa, A. Eguchi, A. Narumi, T. Konishi, The Possibility of New Cryopreservation Technique of Plant Cell under Lower Temperature, 7th Asia-Pacific Conference on Biomechanics, 2013. 8. 29-31, KIST(Seoul, Korea)
- ② T. Konishi, K. Kwang-il, K. Nam, P. Jeong, A. Narumi, The Empirical Research on Human Evacuation Behaviors in Fire by Using *Acanthamoeba culbertsoni*, 7th Asia-Pacific Conference on Biomechanics, 2013. 8. 29-31, KIST(Seoul, Korea)
- ③ T. Konishi, Y. Kawamura, A. Narumi, T. Ziemba, Scale Modeling of Biomass Fire associated with Hydrogen producing Bacteria, 7th International Symposium on Scale Modeling, 2013. 8. 6-9, Hirosaki University (Hirosaki, Aomori)
- ④ H. Park, K. Kwang-il, K. Nam, T. Konishi, A Study on Arson Motives Affected by Korean's Social Changes, 平成 25 年度 日本火災学会研究発表会, 平成 25 年 6 月 8~9 日, 熊本大学 (熊本県熊本市)
- ⑤ T. Konishi, K. Kwang-il, K. Nam, P. Jeong, A. Narumi, Development of in vitro toxicity methods for fire combustion products by using human A549 lung cells, 9th Asia-Pacific Conference on Combustion, 2013. 5. 19-22, Hilton hotel (Gyeongju, Korea)
- ⑥ 河村佑太, 蛭川貴子, 鳴海明, 小西忠司, 水素産生菌の水素ガス産生評価と菌の共存効果, 日本機械学会バイオフロンティア講演会, 平成 24 年 10 月 5~6 日, 弘前大学 (青森県弘前市)
- ⑦ 蛭川貴子, 小西忠司, 鳴海明, 衣服内気候の計測に関する研究, 第33回日本熱物性シンポジウム, 平成 24 年 10 月 3~5 日, 大阪市立大学 (大阪府大阪市)
- ⑧ 河村 佑太, 蛭川貴子, 鳴海 明, 小原 裕治, 小西忠司, ごみ固形燃料における産生ガス濃度と微生物相の推移, 平成 24 年度日本火災学会, 平成 24 年 5 月 21~22 日, 宇都宮東武ホテルグランデ (群馬県宇都宮市)
- ⑨ 小西 忠司, 小原 裕治, 後藤 拓人, 佐藤 宏和, 河村 佑太, 鳴海 明, ごみ固形燃料に内在する細菌叢及び水素発生に関与する遺伝子の同定, 平成 24 年度日本火災学会, 平成 24 年 5 月 21~22 日, 宇都宮東武ホテルグランデ (群馬県宇都宮市)
- ⑩ Yuta Kawamura, Takako Ninagawa, Akira Narumi, Tadashi Konishi, Transition of bacteria flora and its relation to

generated product in refused derived fuel, The International Forum on Heat Transfer 2012, 2012. 11. 12-13, Nagasaki Brick Hall (Nagasaki, Japan)

- ⑪ 後藤拓人, 佐藤宏和, 小西忠司, 小原裕治, 人工肺と組織細胞を用いた呼吸器・代謝系非動物実験による火災ガス毒性評価方法の確立, 九州学生会第 43 回学生員卒業研究発表講演会, 平成 24 年 3 月 11 日, 佐世保工業高等専門学校 (長崎県佐世保市)
- ⑫ 千田亮一, 大村友彦, 小西忠司, 人工肺と組織細胞を用いた呼吸器・代謝系非動物実験による火災ガス毒性評価方法の確立, 九州学生会第 43 回学生員卒業研究発表講演会, 平成 24 年 3 月 11 日, 佐世保工業高等専門学校 (長崎県佐世保市)
- ⑬ 鳴海明, 江口曉美, 飯田泰広, 小西忠司, 低温ストレス環境下における植物の細胞内挙動, 日本機械学会 2011 年度年次大会, 平成 23 年 9 月 11 日, 東京工業大学 (東京都目黒区)
- ⑭ 斎藤洋徳, 河村佑太, 鳴海明, 小原裕治, 小西忠司, 飯田康宏, 産地の違いによる微生物に関連したゴミ固形燃料火災の危険性評価 (その 2 水素発生試験による評価), 平成 23 年度日本火災学会, 平成 23 年 5 月 16~17 日, 東京理科大学 森戸記念館 (東京都新宿区)
- ⑮ 小原裕治, 中尾亮介, 小西忠司, 産地の違いによる微生物に関連したゴミ固形燃料火災の危険性評価 (その 1 メタゲノム解析による評価), 平成 23 年度日本火災学会, 平成 23 年 5 月 16~17 日, 東京理科大学 森戸記念館 (東京都新宿区)
- ⑯ 小西忠司, 仲家徹, 中山泰宏, A549 細胞を用いた非動物実験による火災ガス毒性評価方法の研究, 平成 23 年度日本火災学会, 平成 23 年 5 月 16~17 日, 東京理科大学 森戸記念館 (東京都新宿区)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:

番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.oita-ct.ac.jp/kikai/konishi/index.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小西忠司 (KONISHI, Tadashi)
大分工業高等専門学校・機械工学科・教授
研究者番号: 00225468

(2) 研究分担者

鳴海明 (NARUMI, Akira)
神奈川工科大学・工学部・教授
研究者番号: 50100764

山田健太郎 (YAMADA, Kentaro)
大分大学・全学研究推進機構・助教
研究者番号: 70458280

(3) 連携研究者

なし