

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：16301  
 研究種目：基盤研究(C) (一般)  
 研究期間：2014～2016  
 課題番号：26450232  
 研究課題名(和文)高性能担持体を用いるオンサイト処理による新規な海岸原油汚染土壌浄化法の研究開発  
  
 研究課題名(英文) Research and development of on-site method for purification of coastal crude oil-contaminated soil using high-performance fungal preparation with fungi capable for degradation of crude oil  
  
 研究代表者  
 橘 燦郎 (TACHIBANA, Sanro)  
  
 愛媛大学・農学研究科・教授  
  
 研究者番号：10112319  
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：天然からの海水及び塩基性下で原油分解能を有する菌を用いて、この菌を担持して調製した浄化材を用いる海岸原油汚染土壌の浄化法について検討した。原油分解菌により、海水条件下で数種のPAHs(多環芳香族炭化水素)が分解できること、海岸原油(C重油)汚染土壌中のC重油が分解できること、分解菌(1種)を担持した浄化材により海岸土壌中の数種のPAHsが分解できることを見出した。さらに、2種の分解菌を担持した浄化材により海岸原油(C重油、アスファルト、A重油)汚染土壌が効率的に浄化できることを見出した。これらの結果を基に、原油分解菌を担持した浄化材を用いるオンサイト海岸原油汚染土壌浄化法を開発した。

研究成果の概要(英文)：This study was tried to develop on-site method for purification of coastal crude oil(C heavy oil, Asphalt, A heavy oil)-contaminated soil by use of high-performance fungal preparation with fungi capable for degradation of crude oil from nature. It was found that several PAHs (polyaromatic hydrocarbons) were degraded by the screened fungi under saline condition and crude oil in coastal crude oil(C heavy oil)-contaminated soil was degraded by the screened fungi. And several PAHs in coastal soil were degraded by the fungal preparation with one screened fungus. And furthermore, coastal crude oil(C heavy oil, Asphalt, A heavy oil)-contaminated soil could be purified efficiently by the fungal preparation with consortium of two screened fungi. On the basis of the results obtained here, the on-site method for purification of coastal crude oil-contaminated soil using the fungal preparation with consortium of two screened fungi capable for degradation of crude oil was developed.

研究分野：森林資源利用化学

キーワード：海岸原油汚染浄化油 アスファルト 原油分解菌 海岸原油汚染土壌 担持体 原油分解酵素 多環芳香族炭化水素 C重

## 1. 研究開始当初の背景

油井や石油精製施設等から流出や漏出した原油による海岸土壌(弱塩基性及び高塩濃度土壌)汚染が大きな社会問題となっている<sup>1)</sup>。2010年「改正土壌汚染対策法」が施行された<sup>2)</sup>が、海岸原油汚染土壌は殆どが適応外とされ、ベンゼン以外の石油中の有害物質(ベンゾピレン等)は浄化対象外とされたが、これらの汚染物質を分解しないし無毒化しなければ、土壌中に残留し続け、植物の枯死や食物連鎖を通じて人体汚染の発生も考えられる。しかし、これらの汚染の実用的な浄化法は殆ど見出さず、海岸原油汚染土壌の浄化法の開発が強く望まれている。

## 2. 研究の目的

本研究では、海水及び塩基性の条件下で原油分解能を有する原油分解菌を用いて、(1)海水条件下で原油中の難分解性の多環芳香族炭化水素(PAHs)の分解、(2)原油分解菌を担持させる担体の検討及び海岸原油汚染土壌の浄化率向上のための分解菌の最適組合せの検討、(3)海岸原油汚染土壌中で原油分解菌の活性を高める方法の開発、(4)原油分解菌から調製した担持体(浄化材)を用いる海岸原油汚染土壌の浄化法を研究開発することを試みた。

## 3. 研究の方法

(1) 海水、塩基性条件下で原油分解能を有する菌の選抜

愛媛県松山市内や近郊の森林から採取したキノコ82種からRBBR(レマゾ-ルブリリアントブルー-R)含有czapek-dox寒天培地(pH4.5)上でRBBR脱色能を有する菌5種(S03, S04, SM04, SM27, SM46)を選抜した。これらの菌と天然から選抜した酸性側で成育できる原油分解能を有する菌4種(D7, S133, F092, NG007)計9種のPAHsの一種、ベンゾ[a]ピレン(BP)(20ppm)(を上層)麦芽抽出物(ME)寒天培地(BPMEAM)[pH8.2, 海水塩濃度(35g/L)]上での成育(7日間)を調べた。この寒天培地の調製には蒸留水の代わりに人工海水(pH8.2, 海水塩濃度35g/L)を使用した。なお、5種(S03, S04, SM04, SM27, SM46)のME液体培地[pH4.5, BP(20ppm), 30日]でのBP分解率も研究の方法(2)と同様にして調べた。

(2) 海水及び種々のpH条件下での液体培養によるPAHsの分解、分解への酵素賦活剤の影響

種々の条件[pH3~9, 海水塩濃度(0~35g/L)]下にME液体培地で原油分解菌(SM46)によりBP(20ppm)を分解(暗所、25、0~30日)した。また、BP分解(海水条件下)時に酵素賦活剤[Tween 80(0~1%), MnSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub>(各0.1mM)]を添加し分解への影響を調べた。また、ME液体培地で原油分解菌(NG007)を用いて各種の条件[海水塩濃度

(0~100g/L)及びpH(3-12)]で4種のPAHs混合物[アセナフテン(AN), アントラセン(AT), クリセン(K), BP](50ppm, 各12.5ppm)を分解(暗所, 25, 30日)した。

所定期間培養後、培養液及び菌体を溶媒(酢酸エチル)抽出して得た抽出物をGC/MS(キャピラリーカラム:TC-1, 分析温度:60~280まで10/分で昇温, 同温度で10~20分保持)で分析・定量した。分解率は処理前後の各PAHs量から算出した。また、分解生成物は標品のマススペクトルとの一致から同定した。さらに、培養時の酵素[マンガンペルオキシダーゼ(MnP)<sup>3)</sup>, リグニンペルオキシダーゼ(LiP)<sup>4)</sup>, ラッカーゼ(Lac)<sup>5)</sup>, カテコール1,2-及び2,3-ジオキシゲナー(1,2-D)<sup>6)</sup>, (2,3-D)<sup>6)</sup>]活性も調べた。

(3) 原油分解菌のPAHsの酵素分解

分解菌(SM46)からの粗酵素[0.34U/mL(MnP活性)], 固定化酵素(アルギン酸で固定化)を用いて海水条件下でBP(20ppm)を分解(暗所, 25, 0~30日)した。

(4) 海岸PAHs汚染土壌中のPAHsの分解

海岸土壌(砂質)に対して10%(乾重)となる担体(カッポク, 麦わら, パルプ, 木粉)に原油分解菌(SM46)を加えて前培養(25, 30日)して担持体(浄化材)を調製した。これらを各PAHs[K, BP, ナフタレン(NA), フェナントレン(PH)]を含む海岸PAHs(各濃度50ppm)土壌に加えて培養(暗所, 25, 0~30日)した。研究の方法(2)と同様にして各PAHsの分解率を調べた。

(5) 原油分解率向上への分解菌組合せの検討

プラスチック容器に海岸土壌(砂質)(30g)、グルコース(10%)とシイタケの里(15%)を加えて含水率を30%に調整後、加熱滅菌(121, 3h)した。クリーンベンチ(CB)内で冷却後、原油(C重油)(ジクロロメタンに溶解)を1000ppmになるように添加した。CB内で軽く混合した後約5時間放置した。これに原油分解菌5種(SM46, S133, D7, F092, NG007)(前培養(7日)液)を各2種宛割合を変えて添加(計4mL)し、培養(暗所, 25, 0~30日)した。所定期間培養後、培養物を溶媒(*n*-ヘキサン, ジクロロメタン, クロロホルム)で逐次抽出して得た抽出物をMishraら<sup>7)</sup>の方法により、脂肪族炭化水素部(アルカン部)、芳香族炭化水素部(芳香族部)、NSO部、ASP部に分画して、TPH(Total petroleum hydrocarbon)を算出し、処理前後のTPHから分解率を算出した。

(6) 海岸土壌の種類、栄養源添加の菌への影響

2種の海岸土壌(砂質、粘土質)を用いて分解菌の成育状況を調べた。栄養源(麦芽抽出物)添加による土壌中の酵素活性も調べた。

(7) 浄化材の調製、浄化材を用いる海岸原油汚染土壌の浄化法の開発

研究の方法(4)と同様に担体(カボック)に2種の原油分解菌(S133, NG007)を最適割合で加えて調製した担持体(浄化材)を海岸原油(C重油, アスファルト, A重油)汚染(濃度 1000~3000ppm)土壌(砂質)に加えて培養した(暗所, 25℃, 0~120日)。所定期間培養後、処理土壌を研究の方法(4)と同様にして溶媒抽出して得た抽出物を(4)と同様にして分解(浄化)率を算出した。また、培養後15, 30, 60, 90日目に栄養源(麦芽抽出物)及び栄養源と酵素賦活剤[Tween80(0.5%)とMnSO<sub>4</sub>+CuSO<sub>4</sub>(各0.5mM)]を添加して浄化への影響について調べた。

#### 4. 研究の成果

##### (1) 海水及び塩基性条件下で原油分解能を有する菌の選抜

海水及び塩基性条件下で原油分解能を有する菌を選抜した。82種の菌からRBBR脱色能の高い5種(S03, S04, SM04, SM27, SM46)を選抜した。この5種及び天然から選抜した酸性側で原油分解能を有する菌4種(S133, D7, NG007, F092)計9種のBPME寒天培地[pH8.2, 海水塩濃度(35g/L)]上での成育を調べて、海水及び塩基性条件下で成育できる原油分解菌7種(S03, SM27, SM46, D7, NG007, F092, S133)を見出した。結果の一部を図1に示す。いずれの菌もBPME寒天培地[pH8.2, 海水塩濃度(35g/L)]上で成育したが、菌により成育に差が見られた。SM46とSM27は同種(*Bjerkandera adusta*)の菌で、ほぼ同等の能力だったので、菌の成育速度が速いSM46菌を研究に用いた。また、S03はSM46と似た成育を示したが、BP(20ppm, 30日)分解率は35%であり、SM46(63%)よりも低かったため、SM46を本研究に使用した。

以上から5種(SM46, S133, D7, F092, NG007)を海水及び塩基性条件下で成育できる原油分解能を有する菌として以下の研究に用いた。

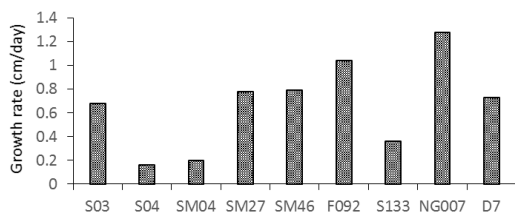


図1 BP含有寒天培地[pH8.2, 海水塩濃度(35g/L)]での菌の成育

##### (2) 原油分解菌の海水条件下でのPAHsの分解

原油分解菌(SM46)による各pH(3~9)及び海水塩濃度(0~35g/L)条件下でBP(20ppm)を分解(約40~75%)(30日)できたが、pH及び塩濃度が高くなる程分解率は低下した。海水条件下でのBP分解率は約40%(30日)であったが、このBP

分解時に酵素賦活剤(MnSO<sub>4</sub>等)を添加すると分解率が約1.2~2倍増加した[MnSO<sub>4</sub>(0.1mM)添加での分解率約80%]。また、分解菌(SM46)からの粗酵素、固定化酵素によりBP(20ppm)が分解[各々約55%(8日), 約78%(30日)]された。

原油分解菌(NG007菌)による各海水塩濃度(0~100g/L)及びpH(3~12)条件下での4種PAHs(AN, AT, K, BP)混合物(50ppm)の分解では、全ての条件でPAHsが分解(約80~10%)できたが、塩濃度及びpHが高くなる程分解率が低下した。

SM46菌によるBPの分解スキームを図2に示す。BPの分解にはジオキシゲナーゼ及びリグニナーゼが関係していることを見出した。バクテリアによるPAHs分解にはジオキシゲナーゼが関与している<sup>8,9)</sup>が、本研究で見出した分解菌はジオキシゲナーゼ及びリグニナーゼ両方の酵素を産出するので、PAHsや原油分解能力はバクテリアのそれよりも強いものと考えられた。

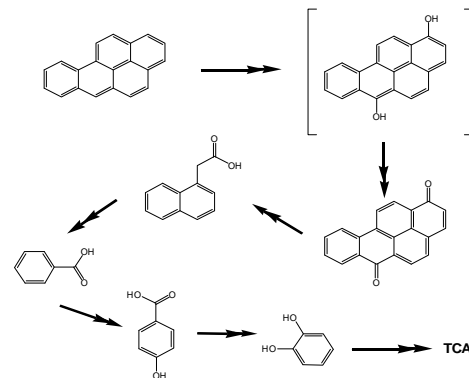


図2 SM46菌によるBPの分解経路

##### (3) 海岸PAHs汚染土壌中のPAHsの分解

各担体(カボック, 麦わら, パルプ, 木粉)に分解菌(SM46)を担持させた担持体を用いて、研究の方法(4)で調製した各海岸PAHs汚染(各50ppm)土壌中の各PAHsを分解した。その結果、4種全てのPAHsが分解(約15~65%, 30日)できることを見出した。原油分解に関係するリグニナーゼ活性は、担体として、カボック, 麦わらを用いた場合の方が他の2種よりも高かった。

##### (4) 2種の原油分解菌の共培養が海岸原油(C重油)汚染土壌の浄化に及ぼす影響

結果の一部を図3に示す。研究の成果(1)で見出した5種全ての菌は、海岸原油汚染土壌中で原油(C重油)を分解した。分解率を向上させるため、分解菌を2種ずつ組合せて共培養した場合、殆どの菌の組合せでは相乗効果(単独菌よりも分解率の向上及び酵素活性の増加)は認められなかったが、NG007とS133の組合せで相乗効果が認められた。2種の菌の最適の組合せ及びその割合は、NG007-S133(1:3)であった。

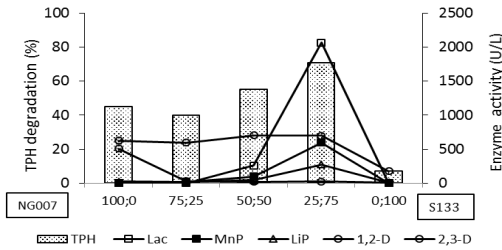


図3 分解菌の共培養による海岸原油(C重油)汚染土壌の浄化への影響

(5) 原油分解菌から調製した担持体による海岸BP汚染土壌の浄化、高性能浄化材の調製  
カボク、麦わらに研究結果の(4)で見出した2種の分解菌(NG007, S133)を最適割合で担持させて調製した担持体の酵素活性を調べた。その結果を図4に示す。原油分解に関係する酵素、ジオキシゲナーゼ及びリグニナーゼ活性は、カボクの方が高かった。さらにカボクは原油(アスファルト)吸収能が高く(自重の約30倍吸収)、この担持体は、原油吸収能及び原油分解能の高い高性能担持体(浄化材)と考えられた。

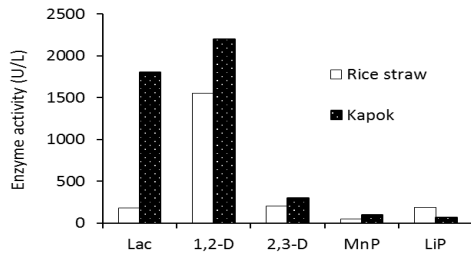


図4 担体の違いが酵素活性に及ぼす影響

(6) 海岸土壌の種類及び栄養源添加による原油分解菌の生育への影響  
研究の方法(7)で調製した担持体(浄化材)を2種の海岸土壌(砂質, 粘土質)に加えて生育状況を調べた。その結果、砂質土壌の方が分解菌の成長が速いこと(粘土質の約1.3倍~1.5倍)が分かった。また、栄養源(麦芽抽出物)添加により、分解菌が産出する原油分解に関する酵素活性が約1.5~2倍高まることも見出した。この結果から土壌中の分解菌の酵素活性を高め得ることが分かった。

(7) 海岸原油汚染土壌の浄化条件の検討及び浄化率を向上させる方法の開発  
結果の一部を図5に示す。研究の方法(7)で調製した浄化材を添加した海岸原油汚染土壌中の酵素活性は、処理期間が長くなる程酵素活性の低下が見られた。しかし、栄養源添加により酵素活性が約1.5~2倍高まった。  
浄化率向上を目指して、栄養源及び酵素賦活剤添加が酵素活性及び浄化率に及ぼす影響を調べた。その結果、栄養源添加量は10%が良く、

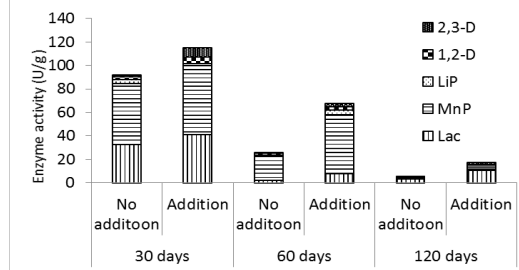


図5 担持体を添加した浄化処理時の土壌中の酵素活性に及ぼす栄養源添加の影響

酵素賦活剤は Tween80(0.5%)、MnSO4 + CuSO4(各0.5mM)の添加が有効であり、無添加に比べ各々浄化率を約1.1~1.3倍向上させることを見出した。また、栄養源添と酵素賦活剤の併用添加では、分解率はさらに約1.2~1.3倍、酵素活性は約1.3~1.7倍増加することを見出した。

(8) 海岸原油汚染土壌の浄化法の開発  
浄化材を用いる海岸原油汚染土壌の浄化及び栄養源添加が浄化率に及ぼす影響  
図6に結果の一部を示す。浄化材を用いて海岸原油(C重油)汚染(1000, 15000, 30000ppm)土壌を浄化すると、各々94, 49, 41%(120日処理)浄化できる事を見出した。栄養源を添加すると浄化率は、各々97, 59, 60%(120日処理)となり、無添加のそれよりも約1.1~1.5倍向上することを見出した。

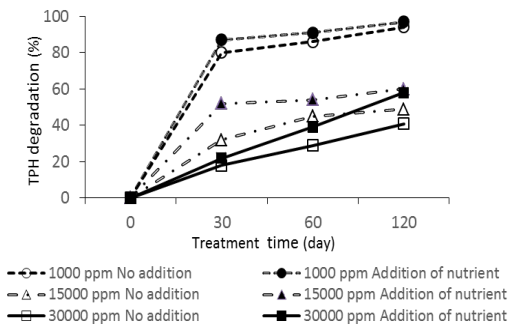


図6 海岸原油(C重油)汚染土壌の浄化に及ぼす栄養源添加の影響

海岸原油(A重油)汚染土壌浄化の場合も栄養源添加により、汚染(1000, 15000, 30000ppm)土壌の浄化率は、各々96, 95, 90%(120日処理)となり、栄養源無添加の浄化率[各々93, 85, 81%(120日処理)]よりも各々約1.1倍向上した。  
海岸原油(アスファルト)汚染(1000, 15000, 30000ppm)土壌浄化の場合も栄養源添加により浄化率は、各々71, 45, 25%(120日処理)となり、栄養源無添加の浄化率[65, 23, 11%(120日処理)]よりも約1.1~2.3倍向上した。

栄養源と酵素賦活剤の添加が浄化に及ぼす影響

結果の一部を図7に示す。この図から、浄化時に栄養源と酵素賦活剤を添加した場合、栄養源単独よりもさらに浄化率の向上が見られた。図7に示すように、栄養源と酵素賦活剤を添加した場合、海岸原油(C重油)汚染(15000ppm)土壌の浄化率は、62, 65, 69% (各々30, 60, 120日処理)であり、栄養源添加の浄化率52, 54, 60% (各々30, 60, 120日処理)に比べさらに約1.1~1.3倍向上した。

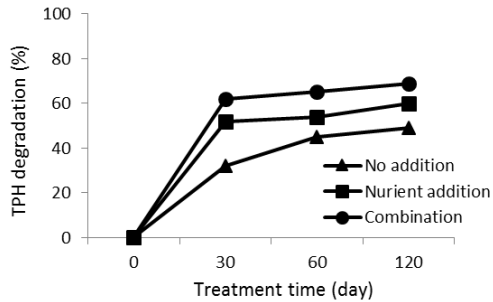


図7 海岸原油(C重油)汚染(15000ppm)土壌浄化の栄養源と酵素賦活剤添加効果

また、海岸原油(アスファルト)汚染(1000, 15000, 30000ppm)土壌の浄化時に栄養源と酵素賦活剤を添加した場合、浄化率は各々82, 54, 50% (120日処理)となり、栄養源単独添加よりもさらに約1.15~2倍向上した。さらに、海岸原油(A重油)汚染(1000, 5000, 30000 ppm)土壌の浄化でも、栄養源と酵素賦活剤を添加した場合、浄化率は各々98, 95, 93% (120日処理)となり、栄養源添加よりもさらに向上した。

表1に海岸原油(C重油)汚染土壌の3種の浄化処理時の原油分解に関する酵素活性の結果の一部を示す。浄化材添加(栄養源無添加)、栄養源単独添加、栄養源添加と酵素賦活剤添加の順に酵素活性は高くなった。

表1 3種の浄化処理による海岸原油(C重油)汚染土壌の浄化時(60日処理)の酵素活性

汚染濃度 (ppm)	処理	Enzyme activity (U/g)				
		Lac	1,2-D	2,3-D	MnP	LiP
15000	A	126	112	2.6	18.6	2.3
	B	152	86	.2	21.3	2.5
	C	208	177	6.1	22.4	12.8
30000	A	192	170	6.3	32.7	3.8
	B	275	192	7.2	36.5	3.4
	C	283	242	28.5	27.6	12.8

注：A：栄養源無添加；B：栄養源添加；C：組合せ（栄養源 + 酵素賦活剤）

また3種の浄化処理による海岸原油(アスファルト)汚染土壌浄化時のアスファルトの各4

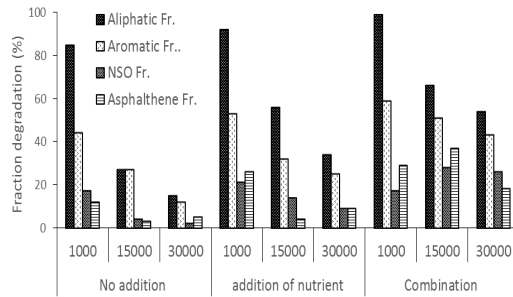


図8 3種の処理による海岸原油(アスファルト)汚染土壌浄化(60日処理)時のアスファルトの各成分の分解率

成分(アルカン部、芳香族部、NSO部、ASP部)の分解結果の一部を図8に示す。各成分の分解率はアルカン部が最も高く、次いで芳香族部、NSO部、ASP部の順に低くなったが、栄養源無添加よりも栄養源添加、栄養源添加よりも組合せ(栄養源と酵素賦活剤併用添加)の方が各成分の分解率が高くなった。同じ傾向が30日、120日処理の場合にも、また他の汚染土壌の浄化でも見られた。これは栄養源と酵素賦活剤の添加により分解菌の活性が高まったためと考えられた。表1及び図8からも浄化材を用いる海岸原油汚染土壌の浄化時に、栄養源と酵素賦活剤を添加することにより、海岸原油汚染土壌を効果的に浄化できることを見出した。

以上から、2種の原油分解菌を担体に担持して調製した高性能浄化材を用いる海岸原油汚染土壌(弱塩基性土壌)の浄化法を開発した。

### 結論

2種の原油分解菌を担体に担持させて調製した高性能浄化材(担持体)を用い、その浄化時に栄養源と酵素賦活剤を添加することにより海岸原油汚染土壌を浄化できる方法を開発した。本浄化法は、海岸原油汚染土壌の浄化をオンサイト処理で行うことができるものと考えられる。浄化期間を短縮することや開発した方法の実用化への検討が今後の課題と考えられる

### 参考文献

- 1) 徳田 廣: 海洋における流出石油の自然浄化と生物への影響, 日本海水学会誌, 45巻, 5号, 276-282(1991).
- 2) 土壌汚染対策法に基づく調査および措置に関するガイドライン(改定第2版) [環境省2010年(平成22年)4月]から公表.
- 3) M. Tien and T. K. Kirk: Lignin-Degrading Enzyme from *Phanerochaete chrysosporium*: Purification, Characterization, and Catalytic Properties of a Unique H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Requiring Oxygenase, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 81,

- 2280-2284(1984).
- 4) D.S.Arora, P.K.Gill: Comparison of two assay procedures for lignin peroxidase, *Enzyme Microb. Technol.*, 28, 602-605(2001).
  - 5) A. Leonowicz and K. Grzywics: Quantitative estimation of laccase forms in some white-rot fungi using syringaldazine as a substrate, *Enzyme Microb Technol*, 3, 55-58(1981).
  - 6) T. Nakazawa and A. Nakazawa: Pyrocatechase (*Pseudomonas*). *Methods in Enzymology*, 17, 518-522(1970).
  - 7) S. Mishra, J. Jyot, R.C. Kuhad, B. Lal: In situ bioremediation potential of an oily sludge-degrading bacterial consortium., *Curr. Microbiol.*, 43, 328- 335(2001).
  - 8) R.-H. Peng, A.-S. Xiong, Y Xue, X.-Y. Fu, F. Gao, W. Zhao, Y.-S. Tian, Q.-H. Yao: Microbial bio degradation of polyaromatic hydrocarbons, *FEMS Microbil. Rev.*, 32, 927-955(2008).
  - 9) C. Balachandran, V. Duraipandiyar, K. Balakrishna, S. Ignacimuthu: Petroleum and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) degradation and naphthalene metabolism in *Streptomyces* sp. (ERI- CPDA-1) isolated from oil contaminated soil, *Bioresour. Technol.*, 112,83-90(2012).

#### 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)

- Ade Andriani, 橋 燦郎, Lignocellulosic materials as solid support agents for *Bjerkandera adusta* SM46 to enhance polycyclic aromatic hydrocarbon degradation on sea sand and sea water media, 査読有, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2016, 8, 310-320.
- Ade Andriani, 橋 燦郎, 伊藤和貴, Effects of saline-alkaline stress on benzo[a] pyrene biotransformation and ligninolytic enzyme expression by *Bjerkandera adusta* SM 46, 査読有, *World J. Microbiol. Biotechnol.*, (2016) 32:39, DOI 10.1007/s11274-015-2001-4.
- Dede Heri Yuli Yanto, 伊藤和貴, 橋 燦郎, Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons mixture by *Pestalotiopsis* sp., 第59回リグニン討論会, 査読無, 2014, 90-93.
- Ade Andriani, 伊藤和貴, 橋 燦郎, Benzo[a]pyrene biodegradation by a newly isolated white rot fungus from nature in soil, 第59回リグニン討論会, 査読無, 2014, 138-141.

##### [学会発表](計4件)

- Ade Andriani, 橋 燦郎, Combination of nutrient amendment and kapok impregnated with fungal co-culture (*Polyporus* sp S133 and

*Pestalotiopsis* sp NG007) for crude oil removal at contaminated sea sand, 日本木材学会中国・四国支部第28回研究発表会研究発表会, 2016年9月12-13日, 愛媛大学城北キャンパス(愛媛県, 松山市)

Ade Andriani, 橋 燦郎, 伊藤和貴, Enhanced culture at static batch system for benzo[a]pyrene degradation by *Bjerkandera adusta* SM46 under an acidic and a saline condition, The 6<sup>th</sup> International Conference on Sustainable Future for Human Security (SUSTAIN) 2015, 18-18, Bali, Indonesia, 17 November, 2015.

Ade Andriani, 橋 燦郎, 伊藤和貴, Degradation of crude oil using co-culture system *Pestalotiopsis* sp NG007-*Polyporus* sp S133 under a saline condition, 日本木材学会中国・四国支部第27回研究発表会, 2015年9月28日, 久世エスパスランド(岡山県, 久世市)

Ade Andriani, 橋 燦郎, 伊藤和貴, Optimized culture system for Benzo[a]pyrene degradation by *Bjerkandera adusta*, 第65回日本木材学会大会, 2015年3月18日, タワーホール船堀(東京都, 江戸川区)

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

橋 燦郎 (TACHIBANA SANRO)  
愛媛大学・大学院農学研究科・教授  
研究者番号: 1 0 1 1 2 3 1 9

##### (2)研究分担者

( )  
研究者番号:

##### (3)連携研究者

伊藤 和貴 (ITO KAZUTAKA)  
愛媛大学・大学院連合農学研究科・教授  
研究者番号: 5 0 2 5 3 3 2 3