

油の微生物分解処理技術の一般化に関する研究（その5）

小谷公人^{*}・斉藤雅樹^{**}・吉岡誠司^{*}・坂本晃^{*}・佐藤幸志郎^{*}・兵頭敬一郎^{*}・関正明^{***}

^{*}製品開発支援担当・^{**}工業振興課・^{***}実装アドバイザー

Research and Development for Utilization/Generalization of Biodegradation Disposal of Recovered Oil (5th Report)

Kimito KOTANI^{*}, Masaki SAITO^{**}, Seiji YOSHIOKA^{*}, Akira SAKAMOTO^{*}, Koushiro SATO^{*},
Keiichiro HYODO^{*}, Masaaki SEKI^{***}

^{*}Product Development Group, ^{**}Industrial Development Division, ^{***}Implementation Advisor

要 旨

油流出事故回収物の処理時の環境負荷低減を目的とする微生物分解技術の社会実装として、23年度はこのたびの東日本大震災を受け、被災地の復興を技術支援するため、災害漂着油回収物をパーク堆肥によりバイオ処理する技術の実証試験など各種活動を行った。

1. はじめに

油濁事故回収物における油分は事故実測値で14～21%程度¹⁾、ナホトカ号事故では数%²⁾と意外に低いため、平成19年度から、環境負荷低減型の処理と位置付けられる微生物分解処理技術の社会実装を目標として、これまで「回収油を閉鎖サイトにおいて微生物分解処理した安全な残留物を環境に戻す」シナリオ実現をめざしてきた。

本研究では、回収油の現処理法である「焼却」に対し、全国各地のパーク堆肥製造工場での発酵工程をそのまま分解処理に適用するバイオ処理の実証モデルの研究普及活動を継続して行っている。これらを通して、バイオ処理の拠点を全国に配置することが社会実装には不可欠であると考え、19年度には北海道、山口県にて、20年度には岩手県、栃木県にて、21年度には富山県、山口県（2回目）、22年度には岐阜県にてパーク堆肥による油分解実験をそれぞれ行い^{3) 4) 5)}、本技術の社会実装に向けたバイオ処理の拠点づくりを行ってきた。

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波等により、少なくとも6県の各港湾等において製造工場等の燃料油貯蔵タンクや大型船舶などが破損・倒壊・流失した。つまり、この東日本大震災を油濁という観点で捉えれば、広域性と多発性を特徴とする「国内史上最大級の油流出災害」であると言える。

これらの経緯から、本研究は、この震災に関連する復興支援技術として位置付け、被災地での社会実装をめざし、23年度も延長して実施することとなった。具体的には、被災地におけるバイオ処理の拠点づくりに向け、現地調査、社会実装活動、実証試験などを行った。

2. 現地調査

東日本大震災の後、バイオレメディエーションの専門家として実際に気仙沼市の水産業等に関わる方々の復興支援に携わっている宮城大学の笠原准教授より、倒壊タンクや流失船等による油流出汚染の処理として、急遽、本活動の照会等があった。震災の災害流出油の被害状況を把握するため、4月中旬に宮城県の現地調査⁶⁾を行った。宮城県気仙沼市では、燃料タンク23基のうち21基が流失し約1万2千KL以上の燃料油が気仙沼湾で災害流出油となり火災と油汚染を引き起こしていた。（Fig.1）

この時の調査地点は、燃料油タンクが設置されていた地区であった。この時点での気仙沼湾内の海面や沿岸の油汚染状況は、油臭や漂着油に覆われるような深刻な汚染は見受けられなかったが、海域や土壌汚染については今後更に経時的な詳細な調査が必要であると思われた。

その後、報道や(独)海上災害防止センターをはじめとする関係機関等を通じて情報収集を行う中で、災害流出油汚染が発見されやすい状況にある被災地区では、5～6月にかけて自治体による油汚染の回収・防除などの対応が一部の被災地で開始しているとの情報がもたらされた。

これらの情報を基に、現地の関係機関、自治体等に照会し、8月下旬に宮城県気仙沼市と岩手県大船渡市で再調査を実施した。この再調査では、沿岸低質に比較的薄い油分を層状に伴う油汚染が広範囲にわたっている状況や沿岸に近い特定地区に濃厚な油分を伴う漂着油汚染が手つかずのまま放置されている状況などが確認できた。（Fig.2）



Fig.1 燃料タンク倒壊の様子 (H23.4.21 気仙沼市)



Fig.2 災害漂着油汚染の様子 (H23.8.24 大船渡市)

これらの現地調査の状況から、震災から半年が経過した時点でも、環境汚染対応は後手にまわっている傾向が見受けられた。災害流出油汚染の被害については、例えば沿岸におけるカキ・ホヤ・ワカメなどを養殖する水産業者からは「油臭による被害・風評被害を招く」として復興を妨げる死活問題との悲痛な声が寄せられていた。また、これらの災害流出油汚染に地域社会及び地元住民の目が届く状況に至れば、本格的な浄化対応を求められることが予測された。

3. 社会実装活動

本研究は社会実装を目標とする「油流出事故回収物の微生物分解処理の普及」の一環と位置付けられ、震災に関連し被災地での実装活動に特化して延長実施することとなった。

NPO日本バーク堆肥協会および関連団体や関係機関などを通じて岩手・宮城・福島の新たな拠点候補企業の照会を行ったところ、宮城県と岩手県のバーク堆肥製造企業とバイオ処理拠点について協議を行うこととした。被災地

に適用する実装活動すなわち災害流出油汚染油のバイオ処理拠点を被災した各県に配置することをめざし、7月に岩手県や宮城県の拠点候補企業を対象に、既に実装拠点第1号となった先例地域の山口県においてバイオ処理施設を含めたOJT（オン・ジョブ・トレーニング）研修を計画どおり実施した。（Fig.3）



Fig.3 OJT研修の様子 (H23.7.22 下関市)

その後、7～8月にかけて岩手県や宮城県の各関係機関等と連絡を取りながら被災地の災害流出油被害の情報提供を受けるとともに、バイオ処理が復興支援に向けた新たな事業となるよう情報交換を重ねた。

8月上旬には、宮城県仙台市で開催された「産業技術連携推進会議-東北大学-産業技術総合研究所合同セミナー-震災復興に向けての産学官連携の取り組み-」において、地元住民のコンセンサス形成に繋がるよう一般参加者等約180名に啓発パンフレットを配布するとともに、短時間ではあったがバイオ処理の安全性や技術内容について紹介する機会を得た。

8月下旬には、第二管区海上保安本部、環境省東北地方環境事務所、国土交通省東北地方整備局など被災地の油流出対応及び処理対策に関する国、県、地元自治体の関係部署にて、震災対応として実施しているバイオ処理の安全性、経済性と低環境負荷であること等を紹介し理解の増進を図った。

さらに岩手県大船渡市と宮城県気仙沼市で現地調査を行った際、バイオ処理の社会実装について現地説明を行った。その上で関係各機関、関係部署との協議を経て、地元自治体である大船渡市との協議の中で災害漂着油汚染の対応についてバイオ処理による支援を申し出たところ、災害漂着油回収物のバイオ処理の実証試験を大船渡市で開始することへの理解を得た。

9月にはボランティア団体等のべ43名が参加し同市による災害漂着油回収作業が実施された。この回収作業には、

大分県竹田市のぶんご有機肥料㈱が製造する杉樹皮製油吸着マット「杉の油取り」30箱(1,500枚)が同市に無償提供され、そのうちの約600枚が使用された。(Fig.4)



写真提供：大船渡市

Fig.4 「杉の油取り」による回収 (H23.9.19 大船渡市)

本研究の本来の主旨は、製造、使用、処分時における熱処理が原則として不要な環境負荷の低い杉樹皮製油吸着マットによる油汚染回収物を処理する技術として、流出油回収物の微生物分解処理技術の社会実装を進めているものであり、実際の災害漂着油の回収作業時に微生物分解が可能な油吸着マットが供試されたことは、バイオ処理の拠点づくりに向けた実証試験のみならず今後の社会実装においても重要かつ有意義なものとなった。

4. 実証試験

実証試験は、震災により甚大な被害を受け、災害漂着油汚染が残る被災地域でこれまでの技術蓄積を実証するために、大船渡市内港湾周辺の被災工業用地において、計画どおり9月下旬に準備し10月から開始した。

4.1 漂着油溜りの事前サンプリング

災害漂着油の油分性状及び油分以外の有害物質の混入量等を事前把握する目的で、8月下旬の現地調査時に、大船渡市の災害漂着油汚染地で漂着油溜りの試料を廃油水としてサンプリングし、浮かぶ油層部とその下層の水層部を各々、n-ヘキサン抽出重量法で油分濃度、重金属等の有害物質、放射線量を測定した。その結果、油分濃度は油層部で約 340,000ppm(mg/kg)、水層部で約 170ppm(mg/L)であった。重金属等の有害物質については、水層部に環境省の一律排水基準の健康項目許容限を超えるものは無かった。放射線量についても 0.0 μ Sv/h 未満であった。よって、油分以外の物質については有害な影響を受けないであろうと判断した。また、この油層部、水層部のサンプリング結果の油分濃度を用いて実際の災害漂

着油回収物の油分量を推定することとした。

4.2 パーク堆肥

供試したパーク堆肥は、拠点候補企業である岩手県内のパーク堆肥製造企業の協力を得て、既報⁴⁾のとおり微生物相 DGGE 法解析によって、一般にCFB菌と称する *Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroidetes* グループの微生物が出現することが確認されているものを用い、パイール 100 m³(約 50 t) のやや膨らんだ円錐台状とした。なお、処理前のパーク堆肥水分率は 78%であった。

4.3 災害流出油回収物

分解対象物質とする災害漂着油回収物は、大船渡市により回収された災害廃棄物用 200L オープンドラム 21 缶分、総重量にして約 3.6 t 以上であった。この災害漂着油回収物の内訳は、油濁液状回収物が 17 缶分(重量値で約 2.9 t)、油吸着マット回収物が 4 缶分 402 枚(同 約 650kg)、他に土嚢袋に回収された粘土状の油濁泥土 7 袋(同 約 110kg)と推計した。

このうち 17 缶分の油濁液状回収物 約 3,000L 中に浮かぶ高粘度黒色油層が最も高濃度の油汚染物質であることから、この油層部は全て供試することとし、この油層部のみを選別して優先的に供試した。この油層部回収量を集計したところ 145L (約 130kg)であった。

4.4 供試した災害漂着油回収物のバイオ処理

バイオ処理の実証試験は、これら 4.1 から 4.3 の供試条件からパーク堆肥 100 m³(約 50 t) に災害漂着油回収物を総重量で約 1.6 t 投入した。油濁液状回収物 17 缶分のうち、水層部約 2 t は投入できなかった。(Fig.5)



Fig.5 実証試験開始時の様子 (H23.10.6 大船渡市)

投入した災害漂着油回収物の内訳推計値を Fig.6 に示す。油層部油分濃度の約 340,000ppm(mg/kg)を基に実際の油分量を推計した結果、油層部中で約 44kg、油吸着マット回収物中で約 42kg、合わせてもわずか約 86kg(約 5%)

であった。これは、ナホトカ号事故回収物での油分量構成比に近似していた。結果的に、この実証試験におけるパーク堆肥パイル全体の実験開始時（0日、油投入直後）における計算上の油分濃度の平均値は約 5,800 ± 620ppm と推算された。その後、2週間ごとに行う攪拌時にサンプルを採取した後、それぞれの油分濃度を1か月ごとに測定した。

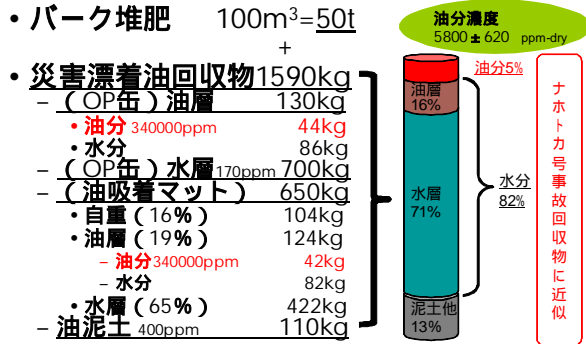


Fig. 6 投入した災害漂着油回収物の内訳推計値

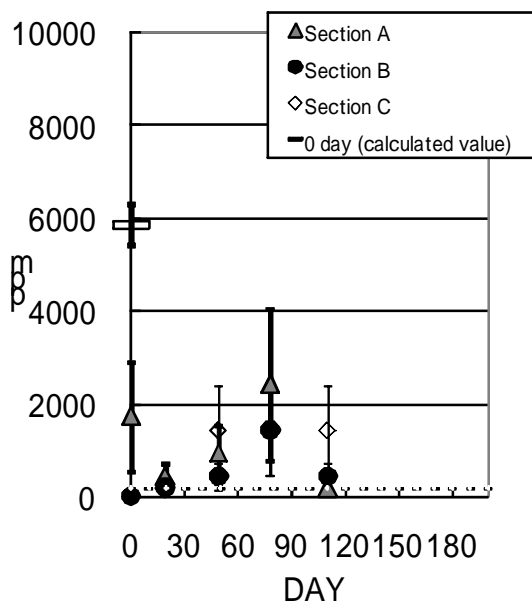


Fig. 7 実証試験の油分濃度の変化（相対誤差 11%）

この実証試験のバイオ処理の経過は、油臭については開始直後から50日前後まで残ったがその後は無くなり、また油膜については開始直後に周囲の水溜りで油膜が観察されたものの、それ以降には観察されなかった。

油分濃度の変化を Fig. 7（相対誤差 = 11% で表記）に示す。概して測定値のバラつきが大きく、初回投入時点から低い油分濃度を示しているが、全体的な攪拌が行われていないことに起因するサンプリング時の偏りの影響と考えられる。開始後80日以前は計算上の初期油分濃度を

下回る中で油分濃度が上昇する傾向に見えるが、これは攪拌時のオペレーションなど攪拌が進むにつれ生じるサンプリング要因によるバラつきと解釈することが可能である。攪拌が進んだ110日時点における油分濃度は500～2,300 ppm程度と、開始時の計算上の油分濃度の1/2～1/10程度に減少している。一方で、未だバックグラウンド周辺の値と開きがあるため、さらに観察を継続する必要がある。

5. まとめ

このたびの東日本大震災に関連して延長実施した本研究における実施内容は以下のとおりである。

- ・現地調査を経て、被災地で沿岸低質に比較的薄い油分を層状に伴う油汚染が広範囲にわたっている状況や沿岸に近い特定地区に濃厚な油分を伴う漂着油汚染が手つかずのまま放置されている状況などが確認できた。
- ・被災地を汚染している災害流出油回収物をバイオ処理する拠点の形成をめざし、岩手県及び宮城県のパーク堆肥企業を対象に先例となる山口県のバイオ処理拠点でバイオ処理技術のOJT研修を計画どおり実施した。
- ・宮城県の拠点候補企業が諸般の情勢から実証実験を断念したが、災害漂着油が残る岩手県大船渡市においてバイオ処理への要請もあり、実際に地元自治体とボランティアによって回収作業がなされた災害漂着油回収物を用いてバイオ処理の実証試験を行うに至った。
- ・大船渡市のボランティアによって回収された災害漂着油回収物は総重量約3.6tあったものの汚染回収対象物質である油分はそのうちの約2%であったということが明らかとなった。
- ・実証試験における実験開始時（0日、油投入直後）における計算上の油分濃度の平均値は約5,800 ± 620ppmと推算され、攪拌が進んだ110日時点における油分濃度は500～2,300 ppm程度と、開始時の計算上の油分濃度の1/2～1/10程度に減少し、油臭・油膜とも無く分解過程にあるが、未だバックグラウンド周辺の値と開きがあるため、さらに観察を継続する必要がある。

これらの経緯から、パーク堆肥由来のバイオ処理技術は、製造、使用、処分時における熱処理が原則として不要な環境負荷の低い油回収・処理システムとして期待され、福岡県の産業廃棄物処理企業が事業化主体となり、被災地の企業と連携して事業化体制に入るとの表明がなされた。これにより、高リスク地域での拠点づくりという社会実装活動の目標をほぼ達成した。

引き続き本技術の一般化と社会への実装活動が具体的に進むことになると考えられる。

謝辞

本研究にあたっては、長年多大なる支援を頂いた(独)科学技術振興機構、今回の実装活動にご尽力頂いた大船渡市の特に環境衛生係の関係担当者、貴重な助言を頂いた宮城大学 笠原紳准教授、(独)海上災害防止センター 萩原貴浩氏、実証試験の実施においてご協力頂いたトーア木材(株)並びに(株)昭林、NPO 法人日本バーク堆肥協会、油吸着マットの提供を快諾頂いたぶんご有機肥料(株)ほか各機関・団体の関係各位に心より深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) (独)海上災害防止センター：杉樹皮製油吸着材の有効利用及び微生物分解処理技術に関する調査研究報告書，第4章，2005
- 2) 内藤林 他：ナホトカ号の事故に関する調査研究報告書（ナホトカ号の事故に関する調査研究会編），1998
- 3) 斉藤雅樹，他：油の微生物分解処理技術の一般化に関する研究，大分県産業科学技術センター平成19年度研究報告，2008
http://www.oita-ri.go.jp/report/2007/2007_07.pdf
- 4) 斉藤雅樹，他：油の微生物分解処理技術の一般化に関する研究（その2），大分県産業科学技術センター平成20年度研究報告，2009
http://www.oita-ri.go.jp/report/2008/2008_07.pdf
- 5) 斉藤雅樹，他：油の微生物分解処理技術の一般化に関する研究（その3），大分県産業科学技術センター平成21年度研究報告，2010
http://www.oita-ri.go.jp/report/2009/2009_09.pdf
- 6) RISTEX CT Journal Issue No. 11，気仙沼港の石油タンク倒壊による油流出の調査報告，2011
http://www.ristex.jp/aboutus/enterprize/security/pdf/ind_01.pdf