

研究課題名・研究番号=水蒸気吸引式流出油回収機構の研究開発 (K 1739)

国庫補助金精算所要額 (円) =7,064,000

研究期間 (西暦) =2003-2005

研究年度 (西暦) =2003-2005

代表研究者 = 藤田勇 (独立行政法人港湾空港技術研究所)

共同研究者 = 吉江宗生 (独立行政法人港湾空港技術研究所)

研究目的

流出油による汚染から海洋ならびに沿岸の自然環境を守るためには、流出事故の発生を未然に防ぐことが第一である。しかしながら平成9年に発生したロシア船籍のタンカー「ナホトカ号」による油流出事故や平成14年度にスペイン沖で発生した「プレステージ号」による油流出事故など大規模なものに加えて、国内においても小規模の流出事故は毎年発生しており、事故発生件数をゼロにすることは不可能である。従って万が一事故が発生した際に、環境に対する負荷を最小限に留める効果的且つ効率的な流出油除去並びに環境修復手法を持つことが環境維持並びに危機管理上重要である。

流出油への対処法としては、大きく分けて回収処理、分散剤等化学薬品による拡散処理、および現場焼却などの手法がある。これらの内、分散剤による処理は比較的軽質油に対しては効果があるが、環境温度が低い場合や、重質成分が多くエマルジョンを形成した流出油に対する効果は制限される。現場焼却は安全性や大気汚染といった二次的な問題が懸念される。そのため回収による汚染除去は流出油対策として重要な地位を占めるものである。流出油汚染の回収除去の効率はいろいろな要素に影響されるが、その中で最も重要なパラメータが流出油の粘度である。

海上に流出した油は海水との混合により W/O 型エマルジョンを形成し、非常に高い粘度を示すようになり、現場回収作業は困難を極める。ナホトカ号事故の場合には粘度が 100 万 mPa.s を超えたという報告もある。このように超高粘度になると、一般の流体のように扱えなくなる。従って高粘度流出油を安全かつ効率的に回収除去するためには、回収作業の際、流出油の物理性状を能動的に制御する必要がある。

本研究では作動流体に水蒸気を用いて海上流出油を吸引除去あるいは回収油の改質する方法について研究する。水蒸気吸引式油回収装置では、蒸気噴流による吸引仕事と蒸気凝縮による加熱を同時に行うことができるため、流出油の低粘度化が可能となり、従来不可

能であった超高粘度の海上流出油の吸引除去に有効である。

また重質分を含む流出油は通常内部に油量の倍近くの水を内包することで（体積増加を起こしている。油回収現場では常に貯油タンクの容量に制約があり、エマルジョンを解消して正味の油のみを回収できれば、同一規模の資機材で 2 倍程度の流出油を回収できる。エマルジョンを解消するには、ある種の界面活性剤が効果を持つことが知られているが、温度が低い場合には、反応に長時間を要するため、実用化されていない。本研究の蒸気吸引式では、上述の様にほぼ瞬時に加熱することが可能であり、界面活性剤の反応時間を格段に短くすることが可能となる。このように回収現場においてエマルジョンブレキング等の流出油の改質が可能となることで、回収効率の飛躍的な向上が期待できる。また蒸気吸引式の装置は吸引物を選ばないため、流出油汚染を受けた海岸の砂からの油除去にも活用することができるなど、本研究によってもたらされる効果は大きい。

本研究ではそのような蒸気吸引式油回収機あるいは改質装置の設計に必要な基盤要素技術に関する研究開発を行う。更にそれらの知見を基に実際の油回収装置のプロトタイプを設計製作し性能試験を行い、その有効性を検証する。流出油除去及び回収油の有効的な再利用に関する効果的且つ効率的な技術の開発が重要である。

研究方法

水蒸気駆動のエジェクタを海上流出油による油濁被害の対応に用いることの優位性を確認するために下記に示す項目について研究を実施した。

- (1) 蒸気エジェクタによる流体吸引の基本特性の把握
- (2) 蒸気エジェクタ吸引による重油エマルジョンの性状変化
- (3) 界面活性剤によるエマルジョン分解における支配因子に関する検討
- (4) 蒸気エジェクタによる油汚染砂の洗浄に関する基礎実験
- (5) 蒸気エジェクタ吸引を用いた海上漂流油回収装置の模型実験

(1)は蒸気吸引式流出油回収改質装置を実現する上で必要となる基盤要素技術について研究であり、蒸気吸引式で期待される性能あるいは効果が実際に得られるかどうかを確認するためのものである。蒸気吸引式実験装置を構成し、実際のエマルジョン化 C 重油を吸引及び管内輸送することで、吸引並びに管内流動特性を計測した。蒸気圧力、蒸気流量、吸引圧力、吸引油量、管内圧力損失、管内液ホールドアップ及び温度等の物理量を計測し、蒸気吸引機構の特性把握に努めた。(2)においては水蒸気混合による熱処理によって起きるエマルジョンブレキング効果の確認を行った。試験油内に取り込まれている水の量の変化を測定するとともに顕微鏡観察を行った。その際、界面活性剤添加の効果も合わせて検証した。(3)においては界面活性剤を添加することによって起きるエマルジョンブレイク過程における影響因子を調べた。実験は円筒型スピンドルを持つ回転式粘度計を用いて反応の進行速度を測定した。界面活性剤には PEG-10 laurate、Sorbitan laurate, Diethylhexyl Sodium Sulfosuccinate、DRIMAX1235、NEOS、SC-1000 及び灯油を用いた。更に、基礎実験におい

て得られた結果をもとに、ロータリー型エマルジョン分解装置を試作し、効果の程を検証した。(4)においては、エジェクタが液体のみならず、スラリー等も吸引できることを利用して、汚染砂からの油の分離を試みた。(5)では近い将来の実用化を念頭にプロトタイプのな模型を試作し大型実験水槽において高粘度浮遊油の回収実験を行うことで、蒸気吸引式油回収装置の実際の海での性能予測を試みた。

結果と考察

得られた結果と考察を以下に列記する。

(1) 蒸気エジェクタによる流体吸引の基本特性の把握

蒸気エジェクタによる水、空気、油、砂スラリー等の吸引特性を測定し、基本的な特性を把握した。水蒸気吸引により、エマルジョン化 C 重油の流動性は向上する。このため高粘度性といった従来の回収作業の際の障害因子の克服ができることが分かった。

(2) 蒸気エジェクタ吸引による重油エマルジョンの性状変化

初年度並びに次年度に行った蒸気エジェクタによる重油エマルジョンの吸引実験においてエマルジョンの分解が観察された。界面活性剤を添加した場合および界面活性剤を添加しない場合でも含水率の低下が認められた。しかしながら最終年度に行った(5)の実験ではエマルジョンの分解は見られなかった。両者の違いに関する検証は今後の課題である。

(3) 界面活性剤によるエマルジョン分解における支配因子に関する検討

界面活性剤によって起きるエマルジョンブレイク過程における環境影響因子としては、温度やずり速度が考えられるが、特にずり速度の影響が顕著である。

エマルジョンの分解を一次反応と仮定して、その速度を特性時間により評価すると、特性時間はずり速度の逆自乗に比例する。これはエマルジョンの分解の程度がずりにおける散逸エネルギーの量に比例することを示唆していると考えられる。

ずり速度を制御できるロータリー式の試作装置においてエマルジョンの分解が確認された。

(4) 蒸気エジェクタによる油汚染砂の洗浄に関する基礎実験

蒸気エジェクタは油汚染砂の洗浄にも有効であることがわかった。実験では C 重油で汚染された砂(油/砂比=20%)を蒸気エジェクタ処理することで、残留油分を1%前後まで低減することができた。

(5) 蒸気エジェクタ吸引を用いた海上漂流油回収装置の模型実験

エマルジョン化高粘度油を用いた油水回収実験において、蒸気圧 0.35MPa で 6m³/hr 程度の回収量が得られた。模型縮尺を 1/4 程度と想定しているため、実機では 24m³/hr の油水回収量が予想される。

浮遊油を放水銃等により吸引口近くに寄せることで、50%程度の油水比で漂流油回収

が可能である。

結論

本研究では、流出油回収あるいは処理における水蒸気の利用という新しい着想の有効性について調査研究を行った。特にポンプ仕事と熱供給を同時に行うことができるという蒸気エジェクタの特質を利用して、高粘度エマルジョン化油の吸引除去、エマルジョンの分解について検討した。さらには、被吸引物体を選ばないことを利用して、油汚染砂の洗浄を試みた。一連の検討を終えた現段階で全てが明らかになった訳ではないが、本研究を通して、幾つかのものについては実用化の目処が得られると同時に、流出油事故の際、種々の場面で遭遇する、高粘度、エマルジョン、海岸汚染等の困難を克服するための技術の鍵として水蒸気を使用することの可能性ならびに優位性を示すことができたと考える。