

学位論文題名

海上流出油の回収に関する研究

学位論文内容の要旨

近年、各国の湾岸や海洋で大量の油流出事故がたびたび発生し、周辺海域の自然環境に深刻な被害を及ぼしている。これらの油汚染被害は世界的に報道され、油流出事故の防止と環境破壊の軽減が急を要する課題となっている。流出油の回収は海洋油汚染の拡大防止策として最も確実な方法であるが、「ナホトカ号」の事例からわかるように流出した重油の回収は困難を極めた。冬季荒天の日本海に流出した油の回収には解決すべき問題が多い。この技術開発の障害は流出油が漂流中にエマルジョン化して高粘度の油塊群になることである。

本研究では、まず海上流出油の性状変化を究明し、流出油の性状に応じた回収技術を開発することを目的とした。実際には、流出油の付着性に関する基礎研究からブラシコンベア一式油回収システムを発展させた。また、CAF (Core Annular Flow) に関する基礎研究から二重吸引口を装着した真空吸引式油回収システムの実用化に成功している。以下各章の概要を略述する。

第1章は序論で、海上流出油による汚染被害の深刻さと油汚染の拡大防止技術の必要性を指摘し、本論文における研究の目的と立場を明らかにしている。

第2章では、現在海上流出油の無害化処理方法として採用されている現場燃焼、薬剤処理及び物理的回収方法の問題点を指摘している。また、物理的回収法として開発されている吸引式回収、付着式回収及び導入式回収で解決すべき問題点を明らかにした上で、技術開発の指針を示している。

第3章では、海上流出油の性状変化としてC重油と水の間に起こる界面現象を究明するとともに、C重油と水のエマルジョンの粘度を測定し、エマルジョンの粘度と含水率の関係を明らかにしている。特に、エマルジョン化したC重油には70・80V₀1%もの水を含み、粘度は元のC重油の数百倍に達することを確認している。また、油中水滴型のエマルジョンは自然状態では解離しないことを明らかにしている。

第4章では、ブラシコンベアによる油回収で問題となる低粘度油の付着性に関する実験を行い、付着能力の発生機構を解明している。すなわち、毛間空隙が小さいほど油水の飽和度が高くなることを確認し、低粘度油の回収には高密度の細毛ブラシの方が有利であることを見いだしている。

第5章では、回流試験水槽で実施したブラシコンベア一式油回収システムLSCの性能

試験結果について説明している。すなわち、低粘度油用軟質ブラシ及び高粘度用硬質ブラシとも高い油水分離能を発揮し、80%以上の油回収率が確保されていることを確認している。また、油回収率を上げるためには、スキミング・ブームによって油層群を密集させることが重要であることを指摘している。

第6章では、真空吸引方式は利点が多い反面、管路閉塞と云った致命的欠陥があることを指摘し、この問題を解決するために進めた二重吸引口の技術開発を説明している。実際には、吸引ホース内のCAFを実現するために、二重吸引口に対して油吸引・水加圧方式を適用し、高粘度油の確実な吸引が可能であることを実証している。

第7章では、平行平板内の中央部に油、壁際に水を配したCAFの二次元数値計算法と計算結果について述べている。CAFの計算結果から水を僅かに上回る程度の圧力損失で高粘度油の管内流送が可能であることを実証している。なお、流速が大きく油の粘度が低い場合は、油コアの界面形状の変動が大きくなり、高さ関数を用いた計算では追従できないことも確かめている。このため、第8章では、オリジナルなVOF法に改良を加えることによってCAFの計算を行い、流水中の油コアの変形と圧力勾配の変動を明らかにしている。更に、これらの計算結果から、初期の吸引過程で切断された油コアの圧力勾配は、複雑な流れを反映して大きく変動するが、時間平均圧力勾配は連続コアの値と大きな差違はないことも確かめている。

第9章では、油水CAFの管内流送試験結果を説明し、前章のシュミレーションから得られたCAFの流動現象を確認している。また、油水CAFの管内流送における圧力損失の算出式を提案している。

第10章では、本研究の最終目標である実用性の高い大型真空式油回収装置の開発と実操業試験について説明している。すなわち、真空吸引による油回収、CAFによる高粘度油の流送及びブラシコンベアーによる油水分離に関する上述の研究成果をシステム化し、大型真空式油回収装置の開発に成功している。また、本装置の操業試験を試験水槽や海上で実施し、油回収システムの実用性、信頼性及び安全性を総合的に確認している。

第11章は本研究の結論で、各章で得られた研究成果をまとめ、海上流出油の回収技術の発展性を展望している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 中 島 巖
副 査 教 授 清 水 達 雄
副 査 教 授 恒 川 昌 美
副 査 助 教 授 朝 倉 國 臣

学 位 論 文 題 名

海上流出油の回収に関する研究

近年、各国の湾岸や海洋で大量の油流出事故がたびたび発生し、周辺海域の自然環境に深刻な被害を及している。これらの油汚染被害は世界的に報道され、油流出事故の防止と環境破壊の軽減が急を要する課題となっている。海洋油汚染の拡大防止策として流出油の回収は最も確実な方法であるが、「ナホトカ号」の事例からわかるように流出した重油の回収は困難を極めた。事実、冬季荒天の日本海に流出した油の回収には解決すべき課題が多い。この技術開発の障害は、流出油が漂流中にエマルジョン化して高粘度の油塊群になることである。

本研究に当たっては、まず海上流出油の性状変化を究明し、流出油の性状に応じた回収技術を開発することを目的としている。実際には、流出油の付着性に関する基礎研究からブラシコンペアー式油回収システムを発展させている。また、CAF (Core Annular Flow) に関する基礎研究から二重吸引口を装着した真空吸引式油回収システムの実用化に成功している。本論文はこれらの研究成果をまとめたものであり、11章より構成している。以下、各章の概要を略述する。

第1章は序論で、海上流出油による汚染被害の深刻さと油汚染の拡大防止技術の必要性を指摘し、本論文における研究の目的と立場を述べている。

第2章では、現在海上流出油の無害化処理方法として採用されている現場燃焼、薬剤処理及び物理的回収方法の問題点を指摘している。また、物理的回収法として開発されている吸引式回収、付着式回収及び導入式回収で解決すべき課題を明示した上で、技術開発の指針を設定している。

第3章では、海上流出油の性状変化としてC重油と水の間にかかる界面現象を究明するとともに、C重油と水のエマルジョンの粘度を測定し、エマルジョンの粘度と含水率の関係を明らかにしている。特に、エマルジョン化したC重油には70～80Vol%もの水を含み、粘度は元のC重油の数百倍に達することを確認している。また、油中水滴型のエマルジョンは自然状態では解離しないことも追認している。

第4章では、ブラシコンペアーによる油回収で問題となる低粘度油の付着性に関する実

験を行い、付着能力の発生機構を解明している。すなわち、毛間空隙が小さいほど油水の飽和度が高くなることを確認し、低粘度油の回収には高密度の細毛ブラシの方が有利であることを見いだしている。

第5章では、回流試験水槽で実施したブラシコンベアー式油回収システムLSCの性能試験結果について説明している。すなわち、低粘度油用軟質ブラシ及び高粘度用硬質ブラシとも高い油水分離能を発揮し、80%以上の油回収率が確保されていることを確認している。また、油回収率を上げるためには、スキミング・ブームによって油層群を密集させることが重要であることを指摘している。

第6章では、真空吸引方式は利点が多い反面、管路閉塞と云った致命的欠陥があることを指摘し、この問題を解決するために進めた二重吸引口の技術開発を説明している。実際には、吸引ホース内のCAFを実現するために、二重吸引口に対して油吸引・水圧入方式を適用し、高粘度油の確実な吸引が可能であることを実証している。

第7章では、平行平板内の中央部に油、壁際に水を配したCAFの二次元数値計算法と計算結果について述べている。CAFの計算結果から水を僅かに上回る程度の圧力損失で高粘度油の管内流送が可能であることを検証している。なお、流速が大きく油の粘度が低い場合は、油コアの界面形状の変動が大きくなり、高さ関数を用いた計算では追従できないことも確かめている。このため、第8章では、オリジナルなVOF法に改良を加えることによってCAFの計算を行い、流水中の油コアの変形と圧力勾配の変動を明らかにしている。更に、これらの計算結果から、初期の吸引過程で切断された油コアの圧力勾配は、複雑な流れを反映して大きく変動するが、時間平均圧力勾配は連続コアの値と大きな差違はないことも確かめている。

第9章では、油水CAFの管内流送試験結果を説明し、前章のシュミレーションから得られたCAFの流動現象を確認している。また、油水CAFの管内流送における圧力損失の算出式を提案している。

第10章では、本研究の最終目標である実用性の高い大型真空式油回収装置の開発と実操業試験について説明している。すなわち、真空吸引による油回収、CAFによる高粘度油の流送及びブラシコンベアーによる油水分離に関する上述の研究成果をシステム化し、大型真空式油回収装置の開発に成功している。また、本装置の操業試験を試験水槽や海上で実施し、油回収システムの実用性、信頼性及び安全性を総合的に確認している。

第11章は本研究の結論で、各章で得られた研究成果をまとめ、海上流出油の回収技術の発展性を展望している。

これを要するに、著者は、ブラシコンベアー式油回収システムとCAFの発生機能を有した吸引システムの研究成果を組み合わせることにより高粘度油に対応できる大量回収システムの実用化に成功しており、環境保全工学の発展に寄与するところ大である。よって、著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。