

ヘリコプター搭載型蛍光イメージングライダーによる 流出油のリモートセンシング

環境・エネルギー研究領域 *篠野 雅彦、樋富 和夫、山之内 博、原 正一、山岸 進

1. はじめに

タンカーが油流出事故を起こした場合、海洋環境への影響は大きい。特に流出油が海岸に漂着すると、海岸付近の生態系や人間の経済活動に与える影響は甚大である。事故発生直後に、海洋上での確な防除対策がとれるかどうかで海洋汚染の被害は大きく変わる。現状では、防除対策のために必要な流出油の位置や規模に関する情報は、船舶からの目視によるものがほとんどであるが、夜間や荒天時には困難となっている。

この現状を受けて海上技術安全研究所リモートセンシンググループでは、海上流出油モニターのためのヘリコプター搭載型蛍光イメージングライダーを開発した。この装置は、上空からレーザー光を当てて流出油の蛍光を観測するため、原理的に夜間や荒天時、海面下の流出油も検出可能である¹⁾。

この講演では、ライダー装置の概要と、ヘリコプターによる油のリモート観測結果を示し、装置の性能評価を行う。

2. タンカー輸送油の光学的特性

タンカーが輸送している原油、重油、軽油等の石油類は高分子液体であるので、紫外線をあてると蛍光を発生する²⁾。その光は油の分子構造に由来しているため、油の種類によって発生強度や波長スペクトルが異なる。したがって、流出油に単一波長の紫外レーザーをあててその蛍光を測定すれば、流出油の位置や種類がわかる。図1に、波長355nmの近紫外レーザーをあてた場合の石油各種の蛍光スペクトルを示す。

海水に紫外線をあてた場合も、水分子による水ラマン光が発生されるが³⁾、その発生強度は弱い

ので油との区別は容易である。また、都市沿岸部の濁った海水の場合は、植物プランクトン中のクロロフィルaや有機溶解物等による蛍光が発生されるが^{4) 5)}、その発生強度は比較的弱く、波長スペクトルが油とは異なるため、油と海水の区別が可能となる。

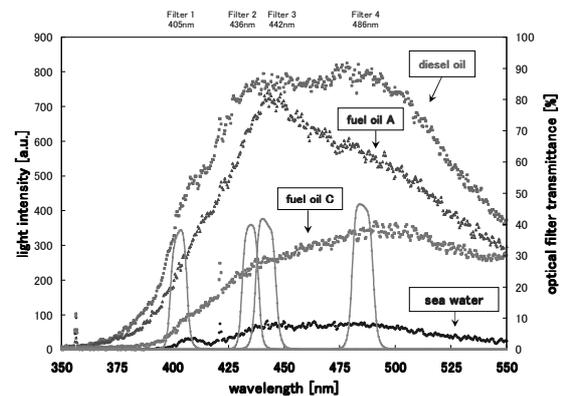


図1 プロットデータは、原油、重油、軽油、海水（高知沖取水）の355nmレーザー励起による蛍光スペクトル（縦軸左）。ラインデータは、蛍光ライダー装置に用いている狭帯域光学フィルターの光透過特性（縦軸右）。

3. ヘリコプター搭載型蛍光ライダー

海上技術安全研究所が開発したヘリコプター搭載型蛍光ライダーの諸元を表1に示す。

この装置は、トランスミッターとしてNd:YAGパルスレーザーの第3高調波（波長355nm）を用いている。パルスあたり約50mJのエネルギー、8Hzの繰り返しで、ビーム拡がり角は観測場所の背景光等の状況に合わせて1mradから100mradの範囲で調整している。いずれの場合も、飛行高度150m以上からの射出では、地上や海面にいる人



図4 国内ヘリポートでの油観測実験(2005.Mar)

また、2005年1月17-19日と3月1-3日には、国内ヘリポート（ホンダエアポート）において一辺1.8mの簡易プールに軽油と灯油を20リットルずつ入れ、ヘリコプターで飛行観測を行った。これらの飛行観測の結果、日中の強い背景光の下、ビーム拡がり角約1mradの集中型レーザー照射で、海水、軽油、灯油のスポット状蛍光・ラマン光観測に成功した。その観測結果を図5に示す。

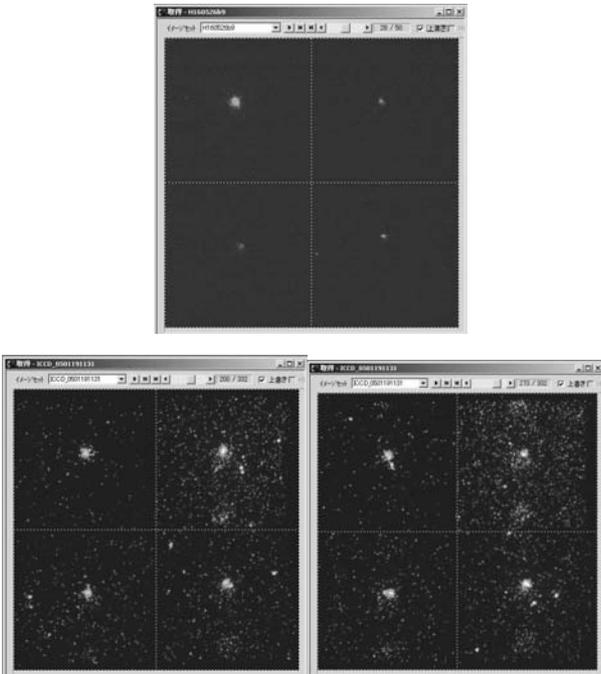


図5 集中型ビーム（約1mrad）によるライダーイメージ観測結果。1画面に4波長の2次元画像が並ぶ。波長は左上から反時計回りに405、436、442、486nm。上：フランスでの海水観測結果。高度約150m。ゲート幅400ns。405nmの水ラマン波長のみ強い信号が得られている。下：国内ヘリポートにおける軽油（左）と灯油（右）の観測結果。高度約130m。ゲート幅200ns。各波長に非常に強い蛍光が観測されている。

また、ビーム拡がり角約60mradの拡散型レーザーを照射することで、軽油、灯油の蛍光による2次元イメージ観測にも成功した。レーザーは円形に拡散しているが、円の内部で2倍程度の強度ムラが生じている。ICCDカメラの視野は100mradであるのでレーザーは全て観測視野の中に収まっている。その観測結果を図6に示す。

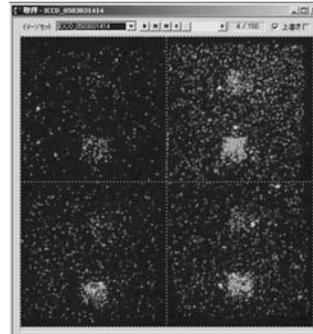


図6 拡散型ビーム（約60mrad）によるライダー観測結果。高度約120m。波長は図5と同じ。軽油と灯油の入った簡易プールの部分だけがレーザー励起蛍光で強い信号を出している。

さらに、日中晴天下においてレーザー励起を用いない4波長パッシブ観測により、海上流出油の2次元イメージ観測に成功した。この観測結果を図7に示す。また、地上簡易プールのパッシブ観測結果を図8に示す。

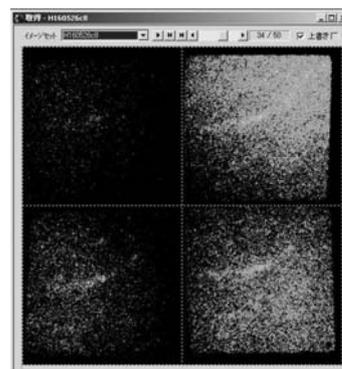


図7 海上流出油の4波長パッシブ観測結果。高度約330m。ゲート幅400μs。波長は図5と同じ。流出油のエッジが確認できる。

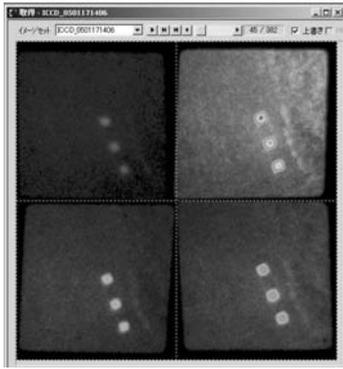


図8 地上簡易プール(3個)の4波長パッシブ観測。高度約350m。ゲート幅1ms。波長は図5と同じ。簡易プールの中は上から順番に軽油、灯油、空となっている。

5. まとめと今後の展望

流出油モニターのためのヘリコプター搭載型蛍光イメージングライダーを開発し、装置の性能評価のためのテスト観測を行った。フランス実海域流出油観測実験と2度の地上簡易プール観測実験により、海水、軽油、灯油の蛍光・ラマン光観測と、それらの判別に成功した。また、軽油、灯油に対してレーザー励起蛍光による2次元イメージ観測にも成功した。これらは日中の強い背景光の下で行ったものであり、夜間には背景光が減るため、さらに観測性能が上がるのが容易に想像できる。このことから、昼夜を通じた流出油リモートセンシング装置としての性能は十分に有することが証明できたとと言える。

また、日中晴天下の4波長パッシブ観測による2次元イメージ観測では、流出油や簡易プールのエッジを観測することができた。これは日中の流出油観測に更なる観測手段が加わったという意味で重要であると同時に、アクティブとパッシブの両手法による観測可能なリモートセンシング装置として、近年発展の著しいパッシブ型地球観測衛星の較正用に活躍できる可能性も示唆していると言える。

今後の展望として、荒天時の観測のために装置を防水仕様にし、荒天時でも飛行可能なパワフルなヘリコプターに搭載して、荒天時を含む様々な気象、海象条件でテスト観測を行って性能評価を進めることが必要である。また、石油化学製品も

リモートセンシングの対象とするために、レーザー波長の変更等、装置の改良を行うことも検討している。

謝辞

本研究は、環境省地球環境保全等試験研究費により実施しました。ご援助に感謝いたします。

参考文献

- 1) 「流出油検出のためのヘリコプター搭載型リモートセンシング装置の開発」
篠野雅彦、樋富和夫、山之内博、田口昇
第4回海上技術安全研究所研究発表会講演集(2004) pp325-328.
- 2) 「日本分光学会測定法シリーズ3 蛍光測定」
木下一彦、御橋廣真 編
学会出版センター (1983)
- 3) “Raman scattering by pure water and seawater”
J.S.Bartlet, K.J.Voss, S.Sathyendranath, A.Vodacek
Applied Optics Vol.37 No.15 (1998) pp.3324-3332
- 4) “Inherent optical properties of the ocean: retrieval of the absorption coefficient of chromophoric dissolved organic matter from airborne laser spectral fluorescence measurements”
F.E.Hoge, A.Vodacek, R.N.Swift, J.K.Yngel, N.V.Blough
Applied Optics Vol.34 No.30 (1995) pp.7032-7038
- 5) “Airborne laser-induced oceanic chlorophyll fluorescence: Solar-induced quenching corrections by use of concurrent downwelling irradiance measurements”
F.E.Hoge, C.W.Wright, R.N.Swift, J.K.Yungel
Applied Optics Vol.37 No.15 (1998) pp.3222-3226
- 6) 「レーザー安全ガイドブック」
光産業技術振興協会 編
新技術コミュニケーションズ