

Abstract: In the remote sensing of oil spills, the fluorescence spectra, the decay time, and the conversion efficiency show promising characteristics of identification and mapping of pollution. The compact imaging lidar system is designed and the prototype model was tested. The method has been developed to measure the thickness of oil over the water surface from an image of return signal of water Raman.

1. まえがき: ナホトカ号海難事故の経験から、流出防除作業には油と水を識別して、夜間も追跡する監視技術が必要することが再認識された。これまで蛍光ライダーによる油汚染やクロロフィル検知についての多くの報告がある(1, 4)。しかし、ほとんどが大型のもので、汚染防除の現場で活用された例は極めて少ない。このため汚染画像を実時間表示する小型装置の開発を行っている。現在製作中のシステムは、高出力パルスYAGレーザー、高速ゲート操作可能なI. I.、CCDカメラから構成され、パッチ画像の中でターゲット部分の成分識別するものである。本報では、このプロタイプを用いて、ラマン画像から油膜厚さを測定する実験を行ったので報告する。

2. 油膜厚さの測定: 紫外レーザーにより生ずる水のラマン散乱光またはクロロフィルの蛍光にバンドパスフィルターの通過波長を合わせておけば、油膜部分が影として表示され、油膜層が薄い場合、この減光度合いから膜厚さを知ることができる。水面上に一樣な油膜が場合、大気による減衰は小さいとして無視すれば、油膜厚さは(1)式で表すことができる(1, 2)。

$$d = -\frac{1}{ke + kr} \ln(R'/R) \quad (1)$$

ここで、 d は油膜厚さ、 ke 、 kr はそれぞれ、入射レーザー波長、ラマン波長における消散係数を示す。 R' は油膜がある時の水のラマン光強度、 R は油膜が無い時の水のラマン光強度を表す。ラマン光に注目して油膜厚さを求める場合、 R' は油膜の蛍光および水の蛍光分を差し引いた値であり、水の蛍光、油膜の蛍光強度を別途求めなければならない。一般に、消散係数は吸収係数(α_{abs})と散乱係数(α_{scat})の和で表されるが、拡散光を考慮すると実験的に次式となることが報告されている(4, 5)。

$$ke = \alpha_{abs} + \alpha_{scat}/6 \quad (2)$$

これは、集光角が大きいときは単一散乱に較べて、拡散光の散乱係数を用いた方が良いことを示している。水の消散係数の測定値は、文献に示された吸収係数に較べて桁ちがいに大きなもので、状態によって大きく異なるため in-situ 測定が必要と考えられる。水の散乱係数の波長依存性については入射光波長(355nm)と水のラマン波長(406.9nm)の範囲で急激な変化は少なく、測定値から外挿しても大きな誤差は生じないと考えられる。一方、油など汚染物質には大きな吸収係数があるため、 kr の波長依存度を測定しなければならない。

3. 実験装置: 実験では一定厚さの油膜状態を測定して、(1)式から逆に消散係数の和($ke+kr$)を求めることとする。Fig. 2に示す配置で、ガラス容器の蒸留水(深さ82mm)に、資料油をマイクロシリンジで計量滴下して一樣に広がった状態で観測した。計測装置はYAGレーザーの3倍波(最大出力11mj)、高速ゲート操作可能(3nsec)なイメージインテンシファイア(I. I.)が内蔵したCCDカメラ、同期パルス発生器、およびデータ処理CPUから構成される。CPUは連続20枚の画像を取り込むことができる。計測では、パルス発生器の内部トリガーにより、レーザー、I. I.、CPUの同期をとり、同期周波数を10Hz、I. I.の解放ゲート幅を13nsとし、遅延時間をナノ秒オーダーで適宜セットした。スペクトルの選択には、水のラマン波長(406.9nm)に合わせた狭帯域フィルター(405nm, FWHM:10nm)を用いた。Fig. 3は遅延時間零として、斜め上方から観測した画像がである。これは油膜のある場合で、光路に沿ったラマン光とレーザー入射、出射部分の蛍光が観測されている。入射部の強い光は水のラマン光と油膜蛍光が合わさったもので、より深い部分からの光はラマン光のみと考えられる。入射レーザー光は容器の底面で一部反射され、再び水面の油膜で蛍光を発する。弱い反射光による水のラマンは観測されてい

ない。この方法によれば、幾何学的画像から光路長が計算することができ、消散係数を求めることが可能である。

4. 実験結果: Fig. 3は油膜の無い場合の水のラマン光減衰を示す。縦軸はラマン光強度、横軸は光路長を示す。これから求められた消散係数は 0.0019mm^{-1} であり、文献から推定した吸収係数 (0.00005mm^{-1}) よりかなり大きい値である。またFig. 4は軽油膜のある場合の測定で、横軸はCRT上の距離を示す。位置 350 では軽油の蛍光が加わっているため、この部分を除いて直線近似により消散係数を求めた。このようにして、軽油 1.35mm^{-1} 、潤滑油 0.30mm^{-1} などの消散係数を求めた。

5. まとめ: 小型軽量で実時間画像表示する蛍光ライダーのプロトタイプを作成し、フィージビリティスタディを行った。ゲート操作可能なイメージインテンシファイア付き高感度画像素子を用いて、水中光路に沿ったラマン光を観測し、その減衰から、水および油膜(軽油と潤滑油)の消散係数を求めた。今後、油の変質による蛍光分布の変化、表面波の効果等について検討する予定である。

参考文献: 1) Hoge, F.E. and Swift, R.N. (1980) Appl. Optics, vol. 19, p3269, 2) Kung, R. T. V. and I. Itzkan (1976) Appl. Optics, vol. 15, p409, 3) Sato, T. et al. (1978) Appl. Optics, vol. 17, p3798 4) Browell, E. V. NASA TN D-8447 (1977), 5) Duntley, S. Q., AD73072

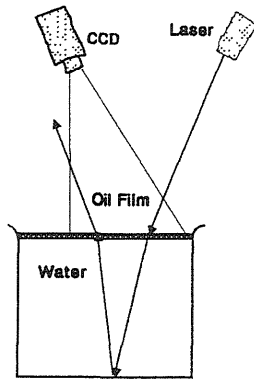


Fig. 1 計測器配置図

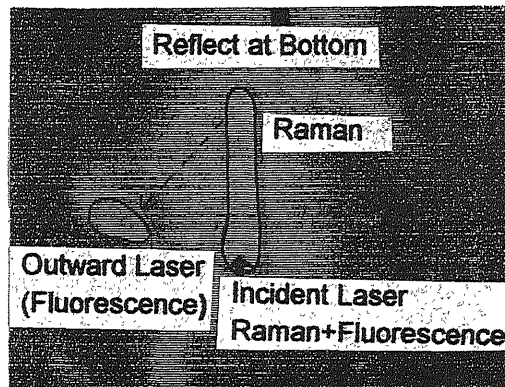


Fig. 2 油膜面のレーザー励起画像

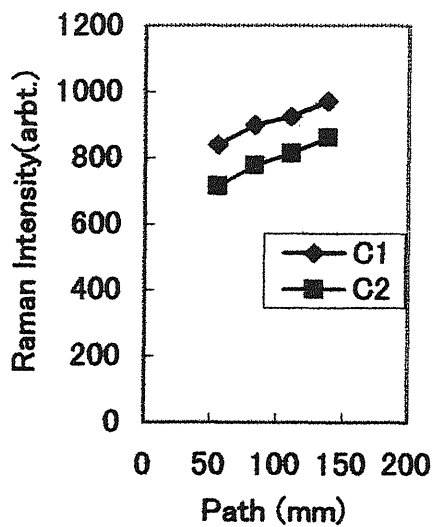


Fig. 3 油膜の無いときの水のラマン光分布
蒸留水、パラメータ: I. I. ゲイン

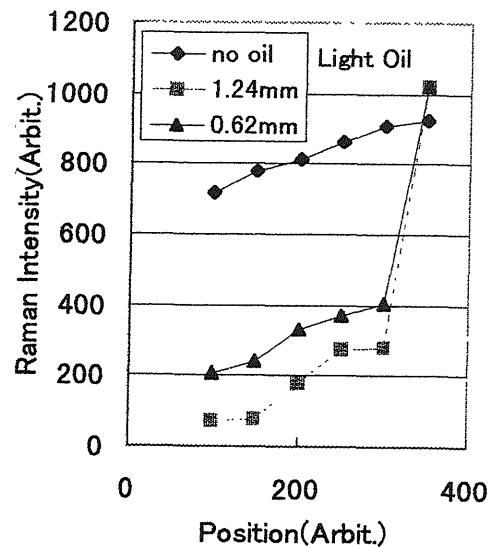


Fig. 4 油膜のある時の水のラマン光分布
軽油+蒸留水