

Abstract: Marine mixed layer is known to play an important role in the transportation of pollution exiting ship-funnels. The application of a diffusion model is critically depend upon a reliable estimate of the lid. However, the processes that form lids are not well understood, though considerable progress toward the marine boundary layer has been achieved. This report describes observations of the marine mixed layer from the course Ise-wan to Nii-jima with the intention of gaining a better understanding of their structures by a shipboard lidar. The observations were made in summer of 1991. One interesting feature of the observations was that the multiple layers of aerosol was encountered.

1. まえがき 船舶からの大気汚染物質が環境に及ぼす影響を評価するために、拡散予測モデルが必要である。海上では測定の困難さもあって、拡散場の構造や拡散パラメータに関する基礎データも極めて不十分であり、モデルの妥当性を検討するため観測調査が実施された⁽¹⁾。本報は、船舶搭載ライダーを使い、混合層中で上方への拡散が抑制される高さをエアロゾルの濃度分布から推定した海上混合層についての観測結果である。

2. 船上計測 ライダー装置を航海訓練所青雲丸(5,000t)に搭載し、右舷斜め前方と上方を観測できるように後部甲板にワイヤーで固縛し観測した。船体動揺角を、ライダー計測とタイミングを合わせて2軸ジャイロ(精度0.5度)で動揺(ピッチングとローリング)を記録しておき、計算で視角の補正を行った。気象パラメータは上部デッキ(海面から約10m)で、水温は冷却水取入れ口で測定した。

3. 混合層の解析 ライダーの受信パワー、 $P(R)$ から背景光パワーを差引き、距離自乗補正を行った量 $f(R)$ は(1)式で表される。

$$f(R) = \{P(R) - P_b\} \cdot R^2 = P_0 \cdot C \cdot \beta(R) \cdot \exp \{-2 \int \alpha(r) dr\} \quad (1)$$

ここで、 R は距離、 P_0 は入射パワー、 $\beta(R)$ は体積後方散乱係数、 P_b は背景光パワーである。混合層を考える時、 $\alpha(R)$ はエアロゾル濃度のみに依存する量である。観測では、視程が30km以上であり、高度3km以内では大気透過率はほぼ1.0と見なせるので、 $f(R)$ が $\beta(R)$ に比例する量となり、 $f(R)$ をもってエアロゾル濃度とした。エアロゾル分布構造は、濃度分布そのものより変化率を見た方が明瞭となる。ライダーによる都市域境界層の研究では、次式で定義した濃度勾配指標、NCG(Normalized Concentration Gradient)が用いられた。⁽²⁾

$$NCG(R) = \frac{f(R - \Delta R/2) - f(R + \Delta R/2)}{f(R) \cdot \Delta R} \times 100 \quad (\%/100m) \quad (2)$$

ここで、 ΔR は高度区間を示す。本観測では、このNCGが極大値をすぎて急に小さくなる場合、拡散が抑制されたものと見て、ピークの最大値をもって上端とした。鉛直方向には複数のピークが見られるため、一本のNCGだけから境界を判定することは難しい。しかし、経時変化をグラフ化すると、変化過程が明瞭となって境界を発見し易くなるのでこの方法を解析に用いた。

4. 観測結果 鉛直分布: 1991年8月8日伊勢湾~新島への航海で観測された結果について分析した。当日、関東の東海上には前線を伴った低気圧がゆっくり北東に進んでおり、一方日本海西部に中心をもつ高気圧が張り出していた。伊勢湾沖を朝8:00出航し、同日夕刻新島に到着するまで、晴れており、風速14-19m/secの西風が吹いていた。夕刻到着後風が弱くなり、海水温度が気温より高い状態になっていた。(Fig.1)航海中30分毎にエアロゾルの鉛直分布を観測した。Fig.2はエアロゾルの鉛直分布とその変化率、NCGの代表的例であり、1データは連続した600ショットの平均値で、NCGの最大値は23.4%/100mであった。消散係数を、視程を初期値として、繰り返し計算(Poward法)によって求めた結果は最大 0.07km^{-1} である。混合層の変化: Fig.3はNCGの経時変化を示し、主なピークをx印で表した。下のハッチ部は検知器の感度を減じた領域であり、データとして使用していない。横軸はNCGの大きさと時間経過を示す。NCGの値100%/100mが横軸1時間の長さに対応し、右側が正值を示す。NCGのピーク値に互いに関連があると推定される大きな変化を示す不連続が3つ(A, B, C)見える。混合層の上端高度は伊勢湾内を出航した時点で約1.6kmあった。湾口付近から急に低下して、湾外では高度約700-900mとなり、航路帯でもほぼこの高さを保っていた。また、伊勢湾では、B、新島に近づく所では、CといったNCGが2番目に大きいピークが明瞭となっている。気象庁潮岬のレーウィンゾンデデータによれば

1.6km 付近に湿度ピークが観測されており、これが不連続 A に対応すると考えられる。上部不連続、A は船が陸から離れるにつれて消えて、下部の不連続、B だけが残っていることから、これが海上混合層に匹敵するものと考えられ、湾内では陸上で発達した混合層と海上混合層が2重に存在していたと考えられる。一方、新島付近で見られた不連続、C は日射の弱まりとともに気温が低下し、海水温度が気温より高い状態となり、新たに混合の活発な層が形成されたと考えられる。ライダーによる鉛直断面分布の観測も並行して行ったが、新島に到着するまでは海面近くのアロゾル濃度に特徴的な分布は認められなかったが、到着後(18:30 頃)海面近くに蒸発に伴って混合が活発に行われていると推測される濃度分布の乱れが観測された。この高さは約 170m に達しており、それ以上では急激にエアロゾル濃度が低下していることから上部に安定層があったと考えられる。

5. あとがき 船上ライダー観測によってエアロゾル濃度の鉛直分布とその変化率の経時変化を調べる事が海上大気構造の観測方法として有効であることが示され、伊勢湾から新島まで観測した結果、混合層の上端は陸上において約 1.6km、海上では約700m から900mであったと推定される。また、湾内では濃度分布が2重構造となる事が示された。さらに、海水温が気温より高い状態では、蒸発を伴う活発な層が観測され、かなり高度の低い安定層を伴う状態が見られた。

本研究は、モータボート競走公益資金による(財)シップ・アンド・オーシャン財団の「船舶運航の大気環境へ及ぼす影響の現状とその防止技術に関する調査委員会」と共同して行われた。また、観測に協力を戴いた航海訓練所及び高層データを提供して戴いた気象庁高層課に謝意を表します。

6. 参考文献(1)山岸、山之内、土屋、第57回船研講演会(2)松井、笹野、環境科学会誌4(1):33-41(1991)

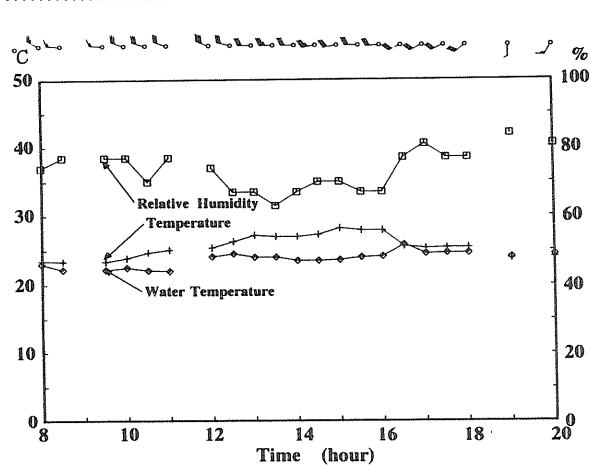


Fig.1 Meteorological data measured on the ship from Ise-wan to Nii-jima, 1991 Aug.8.

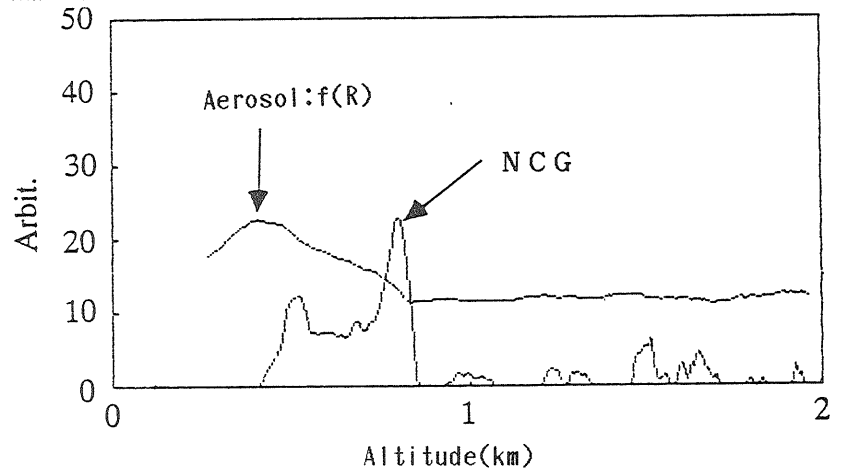


Fig.2 Example of the vertical profile of aerosol. 1991 Aug.8,14:30.

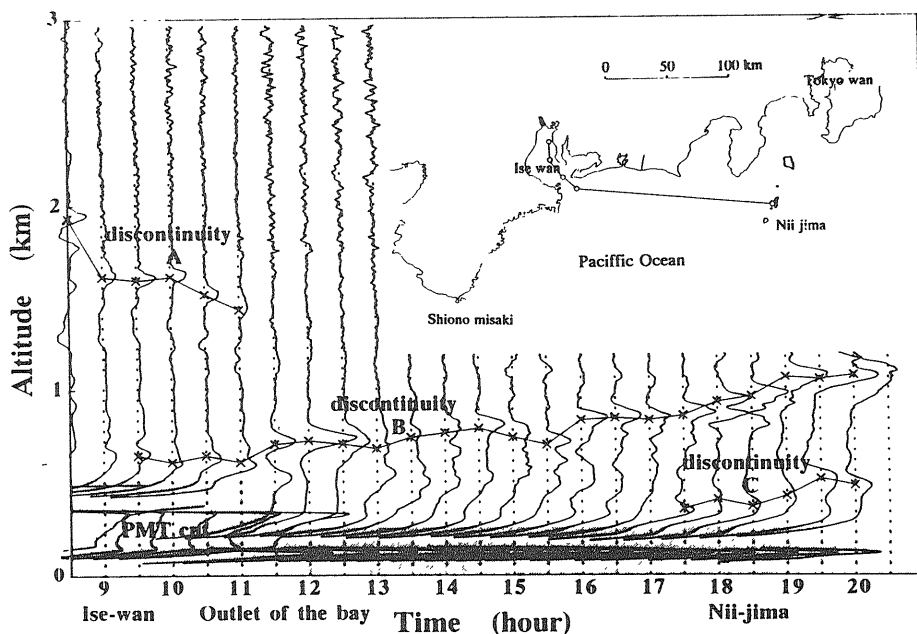


Fig.3 Development of discontinuity in the marine mixed layer. Profiles show the normalized concentration gradients. 1991 Aug.8.