

II-415 魚群探知機を用いた濁り観測

東亜建設工業㈱土木本部機電部 加藤 謙
東亜建設工業㈱土木本部設計部 正会員 矢内栄二

1. はじめに

従来、底泥の海洋投棄の沈降・拡散過程について現地観測を行った例は少ない。その理由の一つとして、濁りの3次元分布測定が難しかったことがあげられる。底泥拡散の場合は、汚濁負荷量が大きく粒子沈降速度が小さいため拡散域が大きくなり、長時間にわたって広域に観測する必要がある。また、非定常なために観測は短時間に行う必要があることから多数の濁度計が必要となり、砂礫の場合と比べて観測が大掛かりなものとならざるを得なかった。本研究では、上記の問題点を解決するため、新たな3次元汚濁分布測定法として超音波式魚群探知機を導入した結果について報告する。

2. 濁度の3次元分布測定法

(1) 測定機器

使用した魚群探知機はSIMRAD社製曳航式科学魚探EY-Mであり、発振ビーム周波数70kHz、ビーム角11°である。通常魚探では、反射エコーは深度が増すほど弱くなり反射エコーのレベルが減少するが、科学魚探では時間の増加とともに受信ゲインを増加させる機能(TVG回路)が付いており、エコーの減衰を補うようになっている。そのため、同一の対象物であれば浅い水深と深い水深のエコーが同一のレベルで得られるようになり、映像信号を積分することにより対象物の数の絶対値を知ることができる。積分範囲は、水平方向には0.1～10マイルの間を最小単位0.1マイルで、深度方向には振動子の表面から3mを除いて1000mの間を最小単位1mで8つの層に任意に設定できる。

(2) 濁度の算出理論

濁度の算定方法は、以下のような魚群密度の測定理論^{1)～3)}を用いて行うこととした。魚群探知機の反射波のレベルは水中の音響法則から式(1)で表される。

$$E_r = E_s - 2E_t + E_i + E_r, \quad \text{-----} \quad (1)$$

ここに、 E_s ：反射音響のレベル(dB)、 E_s ：ソースレベル、 $2E_t$ ：往復の伝達損失、 E_i ：目標点強度、 E_r ：受信電圧応答である。濁り物質による影響は式(1)において目標点強度 E_i に現れるが、これは*i*層での区間*L*に対する平均後方散乱強度 $\overline{S_v(i)}$ との関係により求められる。パルス*j*での船速を $S(j)$ 、単位時間あたりのパルス数を N_p とすると、*i*層での平均後方散乱強度 $\overline{S_v(i)}$ は、式(2)で表される。

$$\overline{S_v(i)} = \frac{C_s}{LN_p N_s D(i)} \sum_j S(j) V(i, j)^2 \quad \text{-----} \quad (2)$$

ここに、 $D(i)$ ：平均層厚、 C_s ：魚群探知機の測定定数、 N_s ：1m当たりの粒子数、 $V(i, j)$ ：平均電圧値である。本研究では、船速を5ktとし、鉛直方向5m、水平方向50m間隔で積分することとした。また、2次波の影響により表層付近では精度が低下することから、海面から5m以下に対して上記の手法を適用した。

(3) 濁度の較正と精度

式(2)により濁度を求めるためには、目標点強度と濁度の関係を知る必要がある。本研究では、濁度計との較正をするために後方散乱強度と濁度計の光束透過率との関係を求め、光束透過率から濁度計の換算式を使って各層内の濁度を算定することとした。濁度計との換算は本システムが大型で室内での較正が難しいことから、現地において携帯式濁度計であるYPC-1型透過型濁度計と同時測定することにより行っ

た。本研究では、最小二乗法から図-1に示すような式(3)により濁度計の光束透過率を校正した。

$$P_{tr} = K_1 - K_2 \overline{S_v} \quad (3)$$

ここに、 P_{tr} : 濁度計の光束透過率(%), $\overline{S_v}$: 魚群探知機の後方散乱強度(dB), $K_1=77.9953$, $K_2=0.76466$ であり、相関係数 $R=0.74$, 標準誤差 $\sigma_e=12.6\%$ である。光束透過率から濁度への換算は、YPC-1型濁度計の換算公式である $C=K_3 \log P_{tr}$ ($K_3=-14.9925$)を用いて行うこととした。

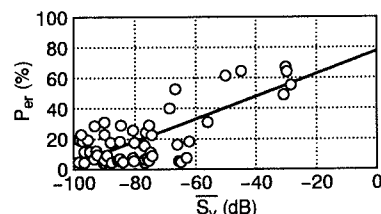


図-1 光束透過率と散乱強度

3. 観測結果

現地観測は、太平洋側の水深41mの地点において行った。中央粒径 $0.7 \sim 2.0 \mu m$ の底泥が、500～600 m^2 積みの底開式バージまたはスプリット式バージによって、本投棄地点に運搬・投下された。測定開始から終了までの時間は47分であり、測点数は132点である。観測時の底泥の含水比は泥槽中央部で170%、泥槽端部で185%前後であり、矢内・加藤⁸⁾による多塊拡散型の沈降形態が予想された。

図-2(a)～(c)は、投棄後0～5分間の10～15m(以下15m層と呼ぶ)、20～25m(同25m層)、30～35m(同35m層)の結果である。図中、●は投棄地点を示し、数値はバックグラウンド濃度を除去していない濁度の測定結果(単位: ppm)である。バックグラウンド濃度と考えられる観測値に着目すると、変動幅は0.2～3.4ppmと大きいことが認められる。別に行ったYPC-1型濁度計によるバックグラウンド濃度が3ppm前後で安定したこと、およびYPC-1型濁度計の測定精度(0.1ppm)と図-1の誤差を考えると、本方法による測定精度は1～2ppm程度と考えられる。各層の濃度を比較すると、15m層、25m層では有意な濁りが見られず、35m層で10ppm前後の大きな濁りが発生している。これは、測定時の投棄泥塊が多塊拡散型であることを示していると推定され、上述した矢内・加藤の分類と一致していることから、本方法は沈降形態の把握には十分な精度を有しているものと考えられる。

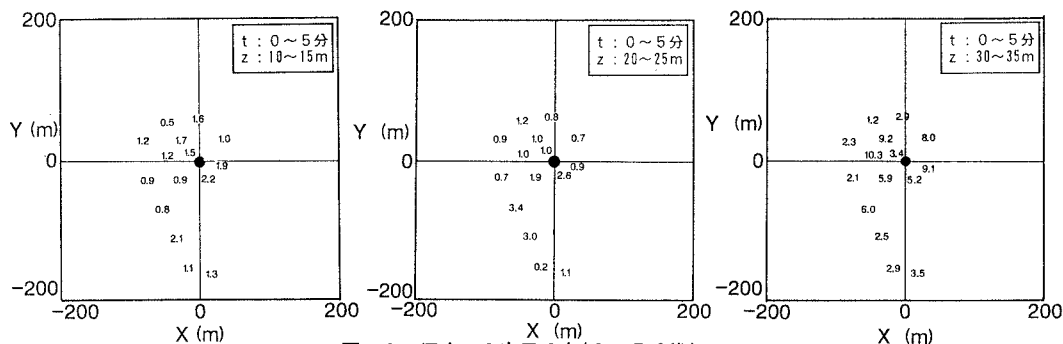


図-2 濁度の3次元分布(0～5分後)

4. むすび

魚群探知機を用いた濁りの観測は、超音波の分散特性などのために精度にはまだ問題が残されているものの、短時間で広い領域の濁度を測定できるため、沈降形態や汚濁発生原単位の測定などには有効な方法であると考えられる。

参考文献

- 1) SIMRAD : QD Echo Integrator Instruction Manual, 10p.
- 2) 古澤昌彦・石井憲 : 超音波魚量計による魚群密度の測定理論, 水産工学研究所報告, No.1, pp.143-154, 1980.
- 3) R.J. エーリック著(土屋明訳) : 水中音響の原理, pp.18-31.
- 4) 木原純孝 : 懸濁粒子の沈降挙動と超音波の反射吸収特性, 港湾技術研究所報告, Vol.11, No.2, pp.309-328, 1972.
- 5) 田中實 : ポータブル科学魚探による計測例, 漁業資源研究会議北日本底魚部会会議報告, pp.62-75, 1983.
- 6) 実吉純一(監修) : 超音波技術便覧, 日刊工業新聞社, 1991.
- 7) J.J. Tsai : Acoustic Remote Sensing of Waste Disposal in the Ocean, NOAA Technical Memorandum, ERL AOML-59, 99p., 1984.
- 8) 矢内栄二・加藤謙 : 外洋投棄した底泥の拡散過程, 海岸工学論文集, vol.37, pp.774-778, 1990.