

## II-135 貯水池における内部変動現象の現地観測

|         |     |       |
|---------|-----|-------|
| 神戸大学大学院 | 学生員 | 小川 修隆 |
| 神戸大学工学部 | 正 員 | 神田 徹  |
| 神戸大学工学部 | 正 員 | 道奥 康治 |
| 鉄建建設(株) | 正 員 | 沼田 佳久 |

1. はじめに: 水温成層場におけるエネルギー伝達・消散過程に対する内部波の役割を調べるために、サーミスターチェーンを用いた水温観測を神戸市布引貯水池において実施した。測点は水深=1, 2, 3, 4, 5.5, 7, 8.5, 10, 11.5, 13, 14.5(m), の鉛直方向11点である。水温時系列をもとに内部波の伝播特性に関する考察を行う。サンプリング間隔は5(min)である。風速データは神戸海洋気象台での観測値を用いた。

2. 対象とした時系列: ほぼ一様な水温勾配が形成されている3月20, 21日の時系列を解析の対象とする。3月21日の観測結果に関して、図-1に水温の鉛直分布、図-2に風速の時系列、図-3に水温の時系列を示す。ピーク風速が10(m/s)を超える季節風によって水温成層場に各種の内部波動が観測された。

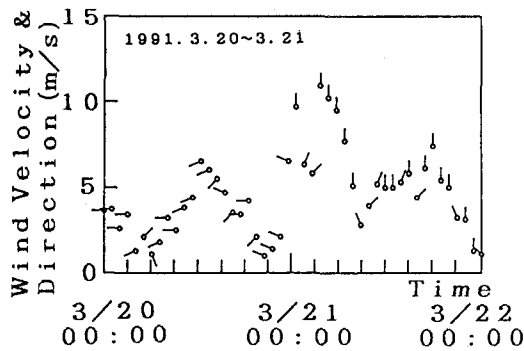


図-2 風速・風向の時系列

3. 内部変位の時系列特性: 水温時系列より、次式を用いて鉛直変位 $\eta$ を近似的に算出する。

$$\eta = T' / (\partial T / \partial z) \quad (1)$$

ここで、 $T'$ : 生の水温時系列に240(min)のハイパスフィルターを施して得られる水温変動量、 $(\partial T / \partial z)$ : 水温の鉛直勾配である。

図-3の水温時系列より式(1)を用いて得られた各観測点での鉛直変位 $\eta$ の時系列を図-4に示す。図-2の風速時系列と図-4との比較から、風速の増減とともに内部変位はほとんど時間差なく応答していることがわかる。図-1のように明瞭な躍層は形成されていないので、セットアップなどによる応答遅れも

小さいと考えられ、風応力によってモード波的な内部波が生じているようである。鉛直変位に対し、MEMによるスペクトル解析を行った例を図-5に示す。おおよそ40分~200分程度の範囲の周期を持つ大小各種の内部変動が発生している。

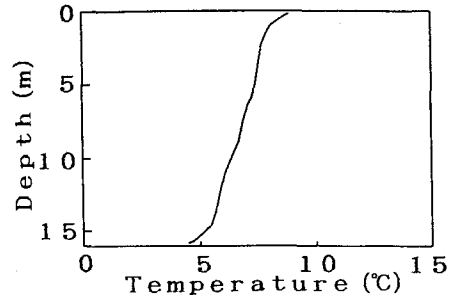


図-1 水温の鉛直分布(1991.3.21)

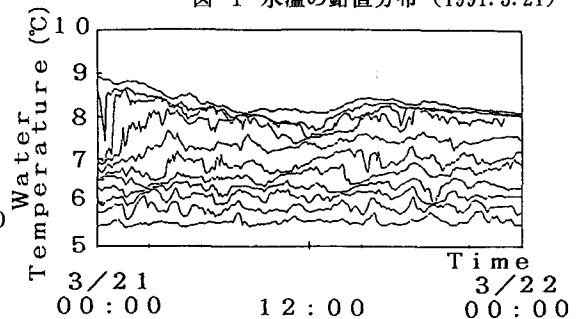


図-3 水温の時系列(1991.3.21)

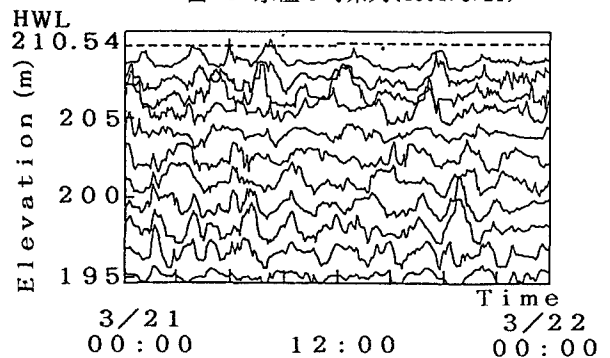


図-4 鉛直変位の時系列(1991.3.21)

4. 内部波の伝播特性: 卓越した内部変動と思われる周期50分～100分の範囲の変動成分を抽出するために、鉛直変位時系列にバンドパスフィルターを施す。このようにして得られた時系列を図-6に示す。同図では、相関が高い内部変位どおしを矢印で結び、鉛直方向の内部変動の伝播の様子を調べる。これより、内部変位の鉛直方向の伝播速度 $C_z$ を求める。一方、内部変位の大きさを表わす指標として、各水深における振幅強度 $\sqrt{\delta'^2}$ を時系列より求め、その鉛直分布を図-7に示す。時系列間のピークのずれ時間をスペクトル関数から得られる卓越周期で除して位相の遅れ角 $\phi$ も求め、同図に併記している。3月21日の場合、振幅の最大値はほぼ水深3(m)と13(m)、最小値はほぼ水面、水深8.5(m)および14.5(m)(底面)の位置にある。位相の遅れ角 $\phi$ の鉛直分布も振幅強度の鉛直分布にほぼ対応しており、第二モードの内部波の様相を呈している。3月20日の観測値についても同様の検討を行い、水深半ばで一つの振幅ピークを持つ第一モード的な内部波の特徴が得られた。

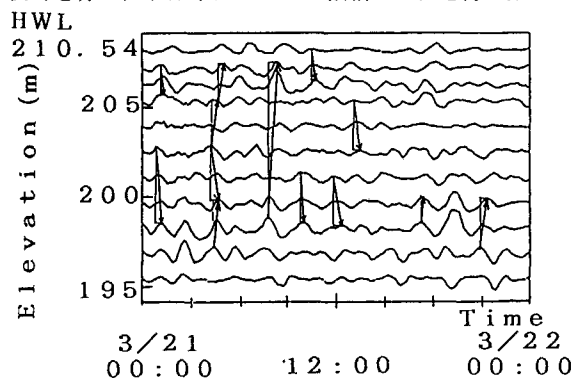


図-6 バンドパスフィルターに通した鉛直変位時系列(3/21, 周期 50<T<100)

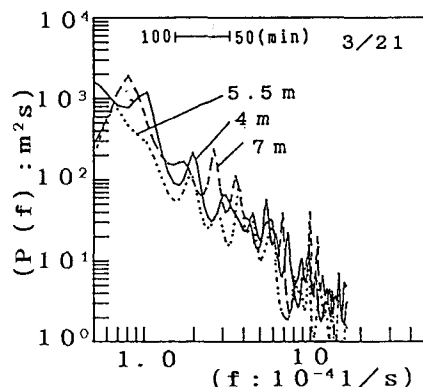


図-5 鉛直変位のスペクトル  
(水深 4m～7m)

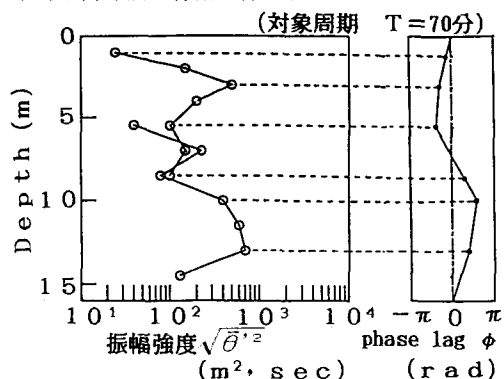


図-7 振幅強度とPhase lagの鉛直分布  
(1991.3.21)

水面と底面を固定端とする鉛直方向内部波の伝播速度を表わす次式と、図-6のようにして得られた鉛直方向伝播速度の観測値との比較を図-8に示す。

$$C_z = n / \lambda = (2\pi / T) / (m\pi / H) = 2H / mT \quad (2)$$

ここに、 $n$ : 角振動数、 $\lambda$ : 鉛直方向の波長、 $T$ : 周期、 $m$ : モード数、 $H$ : 水深、である。

同図の曲線は、 $m=1, 2, 3$ に対する式(2)の計算値、シンボルは鉛直変位時系列より求めた鉛直方向伝播速度 $C_z$ の観測値である。白丸は、3月20日の観測値、黒丸は3月21日の観測値に各々対応する。振幅強度、位相遅れ角の鉛直分布特性から推定されたように、3月20日には $m=1$ 、3月21日には $m=2$ の内部波が卓越しているようである。

5. むすび: 貯水池の水温現地観測に際し、ご協力を頂きました神戸市水道局に謝意を表します。また、本研究にご助力を得た神戸大学工学部 前田浩之 技官にお礼を申し上げます。

参考文献: 金成誠一: びわ湖の内部波の研究(I), 京大防災研年報第11号B, pp.179-189, 1968.

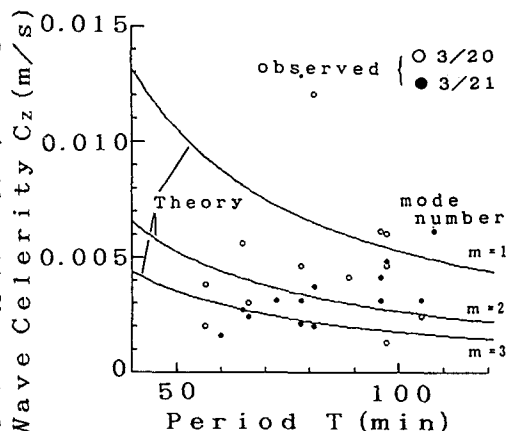


図-8 鉛直方向波速  $C_z$ と周期  $T$