

成層型貯水池における水温変動時系列の統計的特性

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
神戸大学大学院 学生員 小川 修隆
鉄建建設(株) 正 員 ○ 沼田 佳久
大阪市水道局 正 員 真嶋 政彦

1. まえがき

神戸市布引貯水池において水温の連続観測を行い、水温時系列の統計解析によって風速と水温変動特性との関係を明らかにした。

2. 対象貯水池の水文量

対象貯水池における各種水文量(水温を除く)の経時変化を図-1に示す。対象期間は、1990年6月1日~12月31日である。水位は7月~8月中に約1.2m程度低下しているが、その他の期間ではほぼ一定である。年交換率は、 $\alpha = [\text{年総流入量}] / [\text{貯水池総容量}] = 13.76(1/\text{year})$ と比較的高いが、成層型の水温構造を有する。

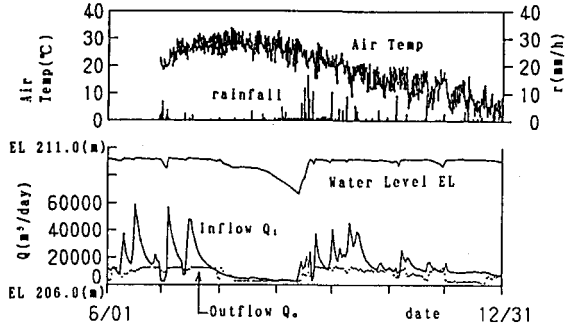
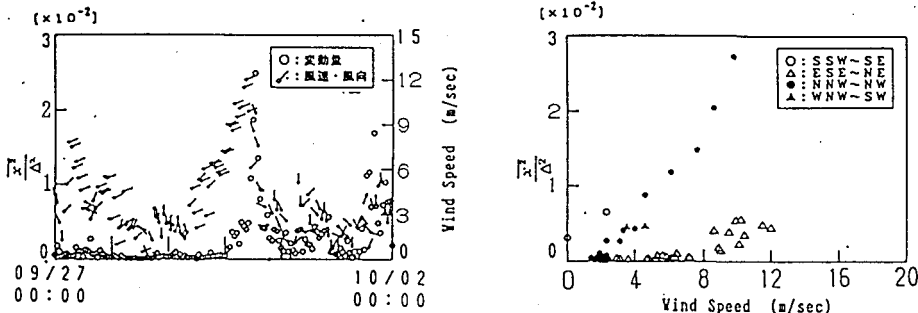


図-1 対象貯水池の水文量変化

3. 風に対する水温変動の応答性状

風については、神戸海洋気象台で1時間間隔で観測されている風向・風速データを用いる。水温はメモリー式水温計によって水深1.5mの表層と躍層部の2点においてサンプリング間隔 45(sec)で連続観測した。風的作用にともなう水温変動特性を調べるために、水温時系列に移動平均操作を施し長周期変動成分を除去する。種々検討した結果、60(min)の移動平均を採用し、各種統計処理を行う。ここでは台風9020号来襲時の水温時系列に関して解析結果を示す。まず、水温変動の大きさを表す指標として、1時間平均値まわりの分散 $\overline{x^2}$ を求める。 $\overline{x^2}$ を躍層での水温差 Δ の自乗で除して無次元化し、風速との関係を調べた。風向・風速ベクトルと $\overline{x^2} / \Delta^2$ の時系列を図-2(a)に、 $\overline{x^2} / \Delta^2$ と風速との風向別相関を図-2(b)に示す。他の強風時にも共通することであるが、 $\overline{x^2} / \Delta^2$ は風速の変化より少し遅れて増加・減少する傾向が見られる。よって、 $\overline{x^2} / \Delta^2$ の最大値は、風の吹き始めより風の衰退時にあらわれる。また、図-2(b)に示すように、 $\overline{x^2} / \Delta^2 \sim$ 風速の関係は、E・S方向よりもN・W方向の風速に対してより高い相関性が認められる。



(a) 風向風速と水温変動の分散時系列

(b) 風速と水温変動の分散値との相関

図-2 風速と水温変動の関係(台風 9020号)

Tohru KANDA, Kouji MICHIOKU, Nobutaka OGAWA, Yoshihisa NUMATA, Masahiko MASHIMA

4. 水温変動の統計的特性

図-3の10月6日の観測値において、(A)弱風時(2:00-5:00)と(B)強風時(14:00-17:00)の水温時系列(躍層部)のパワースペクトルをMEMによって求める。図-4に(A)、(B)の時間帯に対するスペクトル密度関数 $P(f)$ を示す。(A)の弱風時には見られない10~30(min)の短周期変動成分が(B)の強風時にはあらわれている。このような風速と周波数特性の関係をより一般的に調べるために、様々な風速条件下での水温時系列のスペクトルを比較する。 $P(f)$ を3時間平均値まわりの分散で規準化した $P'(f) = P(f) / \overline{x^2}$ を用いることによって変動強度の影響を除き、水温変動の周波数特性に注目した考察を行う。図-5に示すように、規準化されたスペクトル密度関数がおおよそ4種類の形態に分類された。風速の増大につれて、I→II→III→IVへと形態が移行し、スペクトルの卓越成分が高周波側へと移行するのがわかる。このことを定量的に示すために、 $P'(f)$ の分布から周期の中央値 T_m を求め、風速との相関を調べた。図-6において風速の増大とともに T_m が減少する傾向が見られる。ただし、弱風時には長周期から短周期成分まで広い範囲の変動成分が存在している。弱風時のデータには風速減衰後のセーシュや躍層界面波による水温変動成分も含まれ、密度構造に関係する固有周期やモード数に依存するような低周波から高周波の成分が卓越していると考えられる。強風時には、風応力によって誘起された躍層界面での乱れや強制振動が卓越し、それらは低モードの自由振動成分より高周波であることが図-6から想像される。

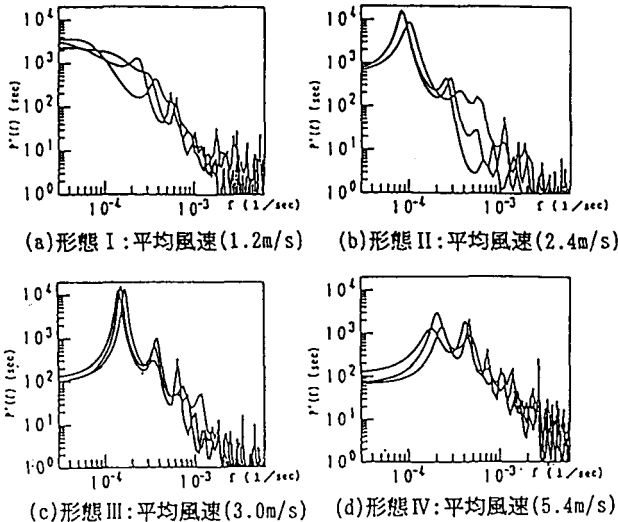


図-5 規準化されたスペクトルの各形態

5. むすび

解析の対象とし得る内部運動の周波数は比較的小さい範囲に限定されたが、内部の変動現象の側面を明らかにできたと考える。観測にあたり神戸市水道局奥平野浄水管理事務所の関係各位と神戸大学工学部前田浩之技官の協力を得た。記して謝意を表します。

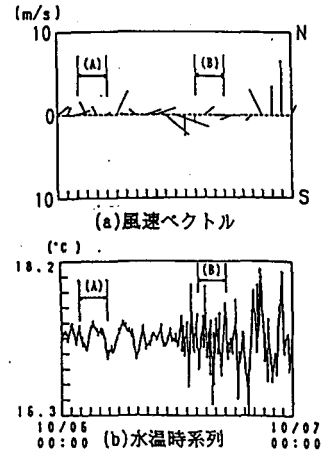


図-3 風速ベクトルと躍層部の水温時系列

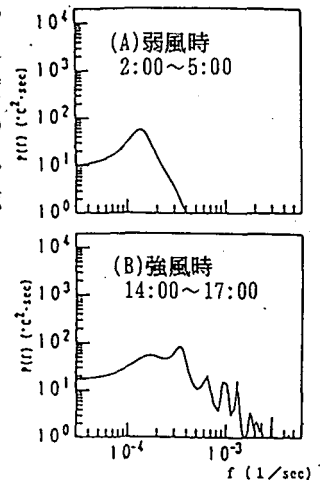


図-4 弱風時と強風時の水温変動スペクトルの比較

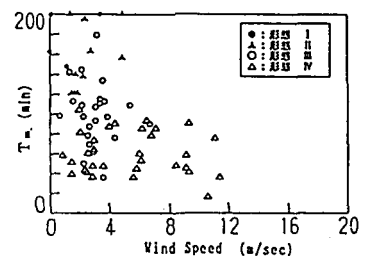


図-6 スペクトル関数より求めた周期の中央値 T_m と風速の関係