

貯水池の水温構造に関する基礎研究

東北大学工学部 市村雅史
後藤光亀
佐藤敦久

1 はじめに

人工貯水池の水温構造に関する研究は、MITモデルや電研の1次元モデル等で詳細に検討され、現在さらには2次元の濁度等を加味した水質モデルが提案されている。2次元モデルで洪水時などの1日程度の時間スケールでの水温、濁度変化まで説明が可能であり、1次元モデルは年間を通しての長い時間スケールでの解析となる。一方、短時間の風による躍層の破壊や再形成及び流入、放流による水文現象の変化の他に対象池の形状が貯水池の水温構造に大きく影響する。

本報告では、貯水池の水質保全を考える上で最も基本となるこの水温構造に着目し、釜房ダム取水塔において仙台市水道局が観測している水温データと気象データとしてAMeDAS等のデータを用いて人工貯水池の水温構造に関する基礎的考察を加えた。

2 水温及び気象、水文データ

水温は仙台市水道局が昭和56年8月から釜房ダム取水塔に設置している水温観測データを用いた。このデータは130～149mの1mピッチで計20点の測定点があり、観測間隔は1時間である。水文データは釜房ダム管理月報を用いた。気象データは川崎町AMeDASの時間データ（風向、風速、日照時間、降水量、気温）を用いた。AMeDASの観測地点は釜房ダムサイトより約6.2km西方の川崎町（川崎町字荒町北原25）柴田農林高等学校川崎分校内にある。これらのデータを用いる際の注意事項は①水温観測点はダムサイトにあり必ずしも湖内の代表水温を表さない②ダムサイトの風データは地形的影響を強く受けるのでこれも湖内での代表値とはしにくい。しかしAMeDASデータも湖端より約4km離れているので湖上での風向、風速を直接は表現できない③昭和59年度から建設省が行っている空気揚水筒による湖水強制循環の期間では観測地点が揚水筒から近距離にあるのでその影響を強く受け、湖水の代表値とはなり得ない。

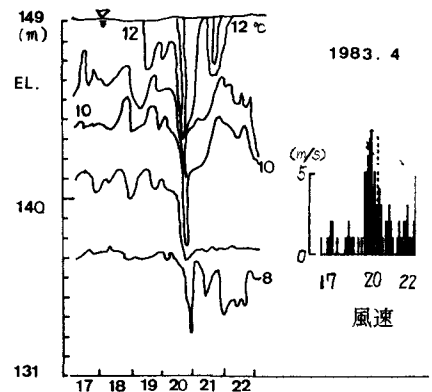
このように今回の解析に用いたデータが種々の制限を受けているので詳細な検討を行い得ない。しかし、貯水池の水温構造に及ぼす因子① 気象事象の中で特に吹送流②水文事象によるダム操作（コンジットゲート放流：長期的水温構造影響因子）③湖水人工循環法、について若干の考察を述べてみたい。

3 考察

図－1は、昭和58年の強風時の取水塔水温である。当期間で出水等の放流はない。4月のように躍層が十分発達していない場合には、図に示すように水深14m付近まで水温の変化が認められる。しかし、これは約1～2日程度の短期間に回復する。これは、吹送流による湖水の混合にもよるが、むしろ取水塔の位置から判断して吹き寄せによる効果も大きいと考えられる。夏期に水温躍層が発達している場合は吹送流による躍層以深までの混合は生じにくく、せいぜい最大4～5mである。また、吹送流による混合深さは風向、吹送時間、吹送距離によって変化する。風による水面応力によって生じる水面付近の湖水流動速度 V_0 は、昼間安定して風が吹く場合、次式で推定される。

$$V_0 = k \cdot W, \quad k: \text{風力係数}, \quad W: \text{平均風速 (m/s)}$$

ダム湖周辺の地形特性から東西方向に風が吹く場合、ダムサイト近傍の表層の流動速度は、風速約3m/s、で $k=0.01\sim0.04$ 、風速8～9m/sでは $k=0.01$ 程度である。鉛直方向の流動が吹送流にともなう乱流渦によるものとし、その規模が渦動粘性係数 ϵ_z によって決定される鉛直混合流について考えてみる。Reynoldsの仮定により拡散係数 K_z は ϵ_z にほぼ同等とし、吹送流によ



図－1 吹送流に伴う水温躍層の変化

る表層付近の平均流速と鉛直拡散係数 K_z で決まる時間 T と、水平、鉛直距離 L 、 H との関係は次式で与えられる。

$$L = V_o \cdot T$$

$$H = \sqrt{K_z \cdot T}$$

ここで、風速 3m/s 、 $k=0.01$

とし $H=4\text{m}$ 、 $V_o=3\text{cm/s}$ 、

$K_z=2\text{cm}^2/\text{s}$ とおくと、水面上

の物質が水深 4m の全層に拡散するまでの時間 T は 22 時間、水平距離は 2.4km となり、約 1 日で拡散混合する。ただし、深い湖で、水温躍層が発達している場合、水温差が大きい場合の ε_z は変水層に近づくにつれ急速に減少する。

図-2は、昭和57、58年における $\text{EL. } 131\text{m}$ 及び表層 $\text{EL. } 143\text{m}$ （水深で7～9月はほぼ水深が $0.5\text{m} \sim 1.0\text{m}$ ）の4時、16時の水温経日変化である。表層は日射や吹送流により大きな変化を示す。 $\text{EL. } 131\text{m}$ の水温はコンジットゲート（ $\text{E.L. } 122.5\text{m} \sim 128.7\text{m}$ ）からの放流により大きく影響される。特に初夏では $30\text{m}^3/\text{s}$ 以上の時に対応する出水時に大きな躍層の破壊が生じ底層水の上昇がある。このことは、水温勾配の低下を生じるので、下流域への影響を与えないならば適当なダム放流操作による湖水の水温分布を制御でき、その効果は長期間に及ぶ。

図-3に昭和57～61年までの水温イソプレットを示した。ここで、昭和59年以降は空気揚水筒が稼働しているので、取水塔水温はその影響を受けている。昭和57、58年は夏期の日照時間が少なく、水温躍層の発達も顕著でない。強制循環を開始した昭和59年以降には、底層水温の上昇、水温躍層の低下が認められるが水文、気象条件及び湖水の流動を考慮した湖の熱収支についてさらに解析する必要がある。特に、前述の吹送流による流動は空気揚水筒による底層水の水平混合拡散に重要な働きをすると考えられる。

4 おわりに

貯水池の水温構造に関し、定性的ではあるが基礎的検討を加えた。特に湖水人工循環法を除けば吹送流に伴う鉛直混合、ダム選択放流等は水温構造に大きく影響するとかんがえる。

最後に、各データを心よく提供していただきました建設省釜房ダム管理所、仙台市水道局及びAMeDASの提供で御協力いただいた日本気象協会東北支部の皆様にご心からお礼申し上げます

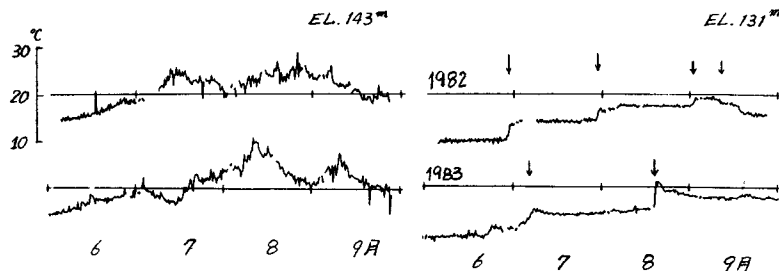


図-2 表層及び中層の水温日変化

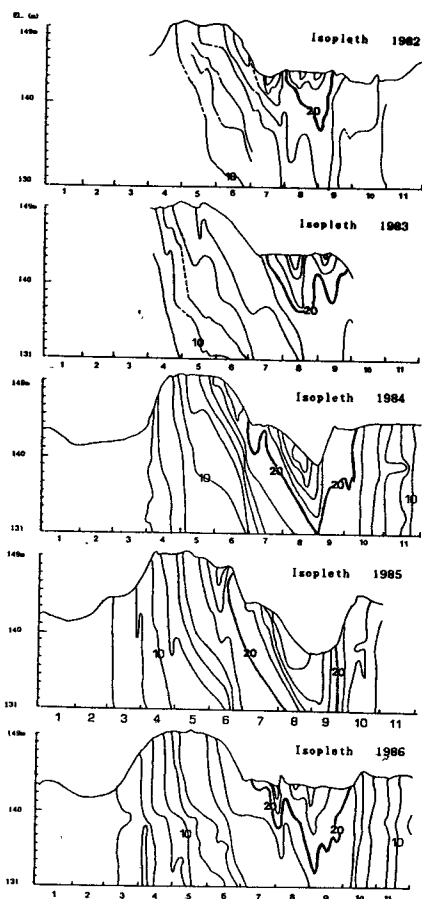


図-3 水温イソプレット