

ダム貯水池の水温成層予測モデルについて

京都大学工学部 正員 岩佐義朗
 長崎大学工学部 正員 野口正人
 京都大学工学部 学生員 遠藤正昭
 四国電力 K.K. 赤沢博良

1. まえがき

人工貯水池においても、自然湖沼の場合と同様、受熱期に水温成層化現象が見られることはよく知られている。ところで、昨今のように、水資源開発の重要性が叫ばれている状況下において、水利用のうえから貯水池の水温分布を把握することが重要になる。本研究では、わが国の貯水池を水温成層状態から分類するとともに、実際の貯水池に対する水温成層予測モデルの適用性について検討する。

2 貯水池の分類

わが国の人工貯水池を水温成層状態から分類するため、58ヶ所の貯水池を取り挙げ、成層に関連する諸量を計算した。その一部を示せば、表-1のとおりである。ここに、表の最後欄に示された成層形式は、貯水池の水温イソプレット図より分類したものである。すなわち、成層Ⅰ型(S1)においては、貯水池への流・出入量が少なく、太陽光線の輻射に代表される気象要因で貯水池の水温成層が形成される。この型の貯水池では、イソプレットは受熱期を通して緩やかな右下がりのカーブを描き、それぞれの等温線間隔は標高が下がるにつれて広くなる。したがって、貯水池内での水温分布を示せば、変曲点のない曲線で表わされる。また、成層Ⅱ型(S2)の貯水池では、流出・入量が大きいので、水温成層が気象要因よりも移流熱量によって形成される。このような貯水池では、成層期に躍層の位置を示す等温線は密となり、ほぼ水平な直線で表わされる。もちろん、洪水のような大量の流入水があるときには、躍層の位置は変化する。一方、総貯水容量に比べて流入量が著しく大きくなると、水温成層は形成されず混合型(M)の貯水池になる。この場合には、夏季のごくわずかな期間を除けば、貯水池内の水温分布は底から水面まで一様であり、貯水池内の水温と流入水温はほぼ等しい。なお、これまでに示された形式は典型的なものであるため、それぞれの性格を兼ね備えているときには中間型(S1,2,M)とした。

ダム名	V_t ($10^6 m^3$)	Q_0 ($10^6 m^3$)	Q_0/V_t	L/D (10^3)	β (10^{-2})	F_d (10^{-3})	成層形式
鳴子	50.0	389.4	7.79	0.51	5.72	8.58	S1
釜房	45.3	248.5	5.49	0.33	10.36	2.11	S1
五十里	55.0	316.4	5.75	0.30	4.92	1.40	S1
相模	25.0	179.1	7.16	0.13	8.57	1.51	S1
矢木沢	204.3	793.8	3.89	0.26	2.51	3.75	S'1
下久保	130.0	117.5	0.90	0.46	3.73	1.32	S1
二俣	26.9	90.6	3.37	0.12	2.39	1.45	S'1
美和	29.6	391.9	13.24	0.36	5.42	8.70	S'1
小沢	58.0	171.2	2.95	0.22	5.95	1.42	S1
横山	43.0	1191.1	27.70	0.47	4.12	35.07	S2
鎌谷	23.5	286.1	12.17	0.54	5.70	9.33	M
青蓮寺	27.2	128.7	4.73	0.21	5.58	2.28	S1
高山	56.8	646.6	11.38	0.67	5.44	17.90	M
天ヶ瀬	26.8	4555.0	173.20				S2
菅野	4.5	311.1	69.90	0.29	0.79	112.3	M
上市川	5.1	167.7	33.21	0.08	5.17	8.14	S'1
布部	7.1	117.1	16.49	0.15	7.92	7.23	S2
北川	41.0	409.5	9.99	0.58	6.84	3.80	S2
綾北	20.8	540.9	25.98	0.31	4.21	16.07	M
菅藤	3.0	38.4	12.69	0.05	9.43	1.63	S2
Lake Johnson			10.41	4.86		680	——
Hungry Horse			0.38	0.67		2.6	成層
Detroit			1.10	0.27		3.0	成層
Lake Roosevelt			15.77	2.86		460	弱成層
Priest Rapids			145.1	1.61		2400	混合
Wells			211.3	1.77		3800	混合

表-1

形成される。このような貯水池では、成層期に躍層の位置を示す等温線は密となり、ほぼ水平な直線で表わされる。もちろん、洪水のような大量の流入水があるときには、躍層の位置は変化する。一方、総貯水容量に比べて流入量が著しく大きくなると、水温成層は形成されず混合型(M)の貯水池になる。この場合には、夏季のごくわずかな期間を除けば、貯水池内の水温分布は底から水面まで一様であり、貯水池内の水温と流入水温はほぼ等しい。なお、これまでに示された形式は典型的なものであるため、それぞれの性格を兼ね備えているときには中間型(S1,2,M)とした。

以上の方法で貯水池を分類し、平均的な内部フルード数

$$F_d = \frac{LQ}{DV_t \sqrt{g\beta}} \quad (1) \quad \begin{array}{lll} L: \text{貯水池長} & Q: \text{流出量} & D: \text{平均水深} \\ V_t: \text{総貯水容量} & \beta_0: \text{代表密度} & \beta: \text{平均密度こう配} \end{array}$$

を年総流出量と総貯水容量の比(Q_0/V_t)との関係で示せば、図-1のようになる。図中の直

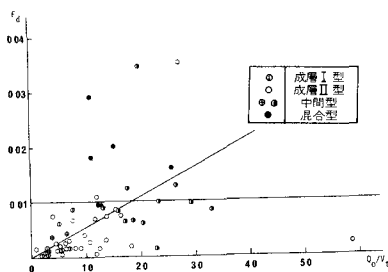


図-1

線は、対象とした貯水池の平均値 $L/D = 330$, Q_7/Q (7月の平均流出量と年総流出量より求めた平均値の比) $= 1.35$, $\beta = 0.07$ より求めた関係 $F_d = (0.540 \times 10^{-3}) Q_7/V_t$ ならびに, $F_d = 0.01$ である。G.G.Park & P.S.Schmidt⁽⁴⁾ は、米国の人工貯水池において成層形式が Q_7/V_t に関連づけられるとしているが、(1)式のフルード数の定義からも明らかな

ように、このほかにも、貯水池の形状や流出量の平均値からの偏りによつて成層形式は変化する。安芸・白砂⁽²⁾は、電力用貯水池を分類するうえで、 Q_7/V_t が10以下ならば安定した成層型に、また20以上ならば混合型になるとしているが、この傾向は図-1においてもみられる。以上の分類により求められた各形式の貯水池底層水温の1年間の変動を示せば図-2のようになる。これより、成層II型では底層水温は年間を通じてあまり変化しないのに対して、混合型では変動が著るしい。吉川・山本⁽³⁾は、貯水池の底層水温は年間を通じてほぼ一様で、洪水時などに躍層下へ流入水が澄り込む場合に底層水温の上昇が見られるとしているが、このほかにも、水面で吸収された太陽熱による水温上昇が無視しえない。

3 水温予測モデルの適用性

実際に貯水池の水温予測を行なうにあたって、これまで多数のモデルが提案されている。それらの多くは成層型の貯水池に適用されるもので、たとえば、天ヶ瀬ダムのように貯水池への流入・入量が増加したときには、あまり有効でなくなる。これは貯水池への熱収支を考える場合、流入・入量によって運ばれる熱量は太陽光線による輻射熱量に比べて格段に大きくなるためである。このような貯水池の水温予測では、W.R.E.モデルやM.I.T.モデルを使うまでもなく、移流熱量のみを考慮した移流モデル⁽⁴⁾で十分である。(図-3参照) したがって、水温予測を効率的に行なうには、貯水池の成層形式を予め知った上でシミュレーション・モデルによる計算を行なうことが好ましい。なお、貯水池の分類にあたっては多目的ダム管理年報(昭46)のデータを使用した。参考文献、(4) G.G.Park & P.S.Schmidt, Water Resources Bulletin, Oct, 1973 (2) 安芸・白砂 電研報告555,昭44, (3) 吉川・山本 土木学会論文報告集第16号, 1971, 2 (4) 岩佐野・中野 第28回年講, 昭44, 10

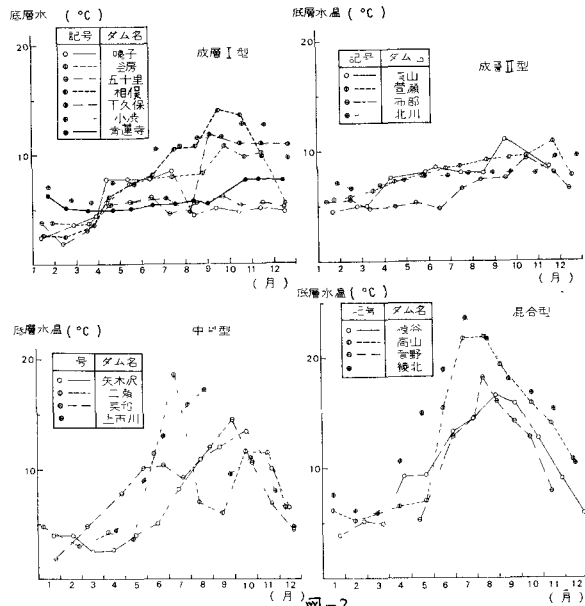


図-2

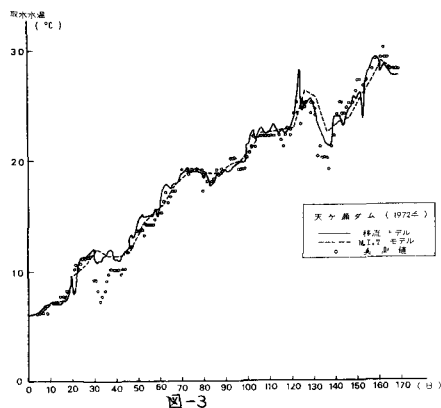


図-3