

多目的貯水池の水温分布特性とその影響要因
Seasonal Characteristics of Temperature in Multi-Purpose Reservoirs

中部工業大学 正 員 松尾 直規
京都大学工学部 正 員 岩佐 義朗
京都大学工学部 正 員 綾 史郎

1. はじめに

今日における多目的貯水池管理の目標は、貯留水の量的ならびに質的配分の最適化を図ることであり、そのための水量・水質制御が重要課題となっている。後者について言えば、冷水、濁水長期化及び富栄養化の問題に対する早急な対策の樹立が迫られているが、これらの問題はいずれも貯留水の水温分布特性と密接に関係していることが知られており、その解決にあたっては、この点を十分把握しておく必要がある。貯水池の水温分布特性、ならびに関連する水理・水質現象の把握の方法には、対象とする現象の時間的、空間的变化のスケールに応じて、各種のものがあるが、¹⁾ 本研究は、このうち、比較的大きな時・空間スケールにおける水温分布特性、およびその変化特性を対象として、それに影響を及ぼすと考えられる流入流量や、貯水池形状との関係について考察しようとするものである。すなわち、多目的ダム管理年報所載の多目的貯水池のうち、比較的資料の整備されている66貯水池を対象として、等水温線経月変化図、および、月平均流入流量の年周変化図等を作成し、水温分布の年変化の特徴とその経年変化の有無、ならびにそれらに影響を及ぼすと考えられる流量、貯水池形状、取水口位置などとの関係について検討する。なお、本研究で対象とした貯水池は、先に著者らが、発表した文献²⁾ に所載のものと同一であり、貯水池名、対象年次、水温分布特性、貯水池の幾何形状の概要等は、文献を参照されたい。

2. わが国多目的貯水池の水温分布特性

わが国多目的貯水池における年間を通じての水温分布とその変化の特徴は、すでに著者ら^{2),3)} を含めたいくつかの報告に示されるように、等水温線経月変化図を作成し、その等水温線の示すパターンを読みとり、夏季における水温分布形成の有無(強度)、および水温分布の経時変化の様子を知ることにより、いくつかの種類に分類することが可能である。しかしながら、このような水温分布形状の類型的分類のみでは、水温分布と、その経時変化の特徴は、必ずしも明確とは言えず、また、その分類に際しても、個人の主観に影響される面もあり、境界条件や、幾何形状との関係をみる際に、十分に明らかにされにくい面があったことは、否定できない。本報文では、以下に示すように、水温分布の形成の有無(強度)、および、その経時変化を示すいくつかの数値指標を定義し、これらの諸量によって各貯水池における水温分布特性の実態をより詳細に、かつ、明確に表示するとともに、これらの数値指標と従来の成層型分類の関係について検討する。

- 密度勾配 $\Delta\rho/\Delta z$; まず、等水温線経月変化図を作成し、春季より秋季まで、連続した等水温線が描ける場合は、これを変水温層有りとし、変水温層下端の等水温線とこれより 10°C 上の等水温線の7月末時点における距離より求める。変水温層がない場合は、水温観測値の得られている範囲内における最高、最低水温とその測定点間距離より求めた。
- 変水温層位置 L ; 7月末時点における変水温層下端の等水温線の水表面からの距離。
- 変水温層相対低下量 ΔL ; 6月1日~8月31日の3か月間における変水温層下端の等水温線の水表面からの距離の差。

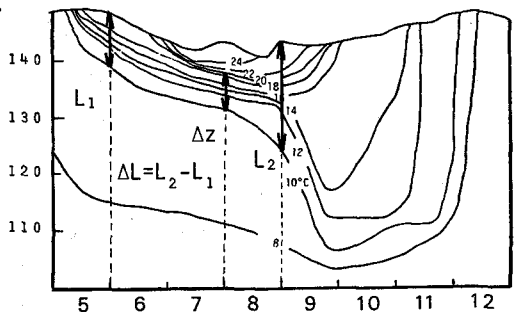
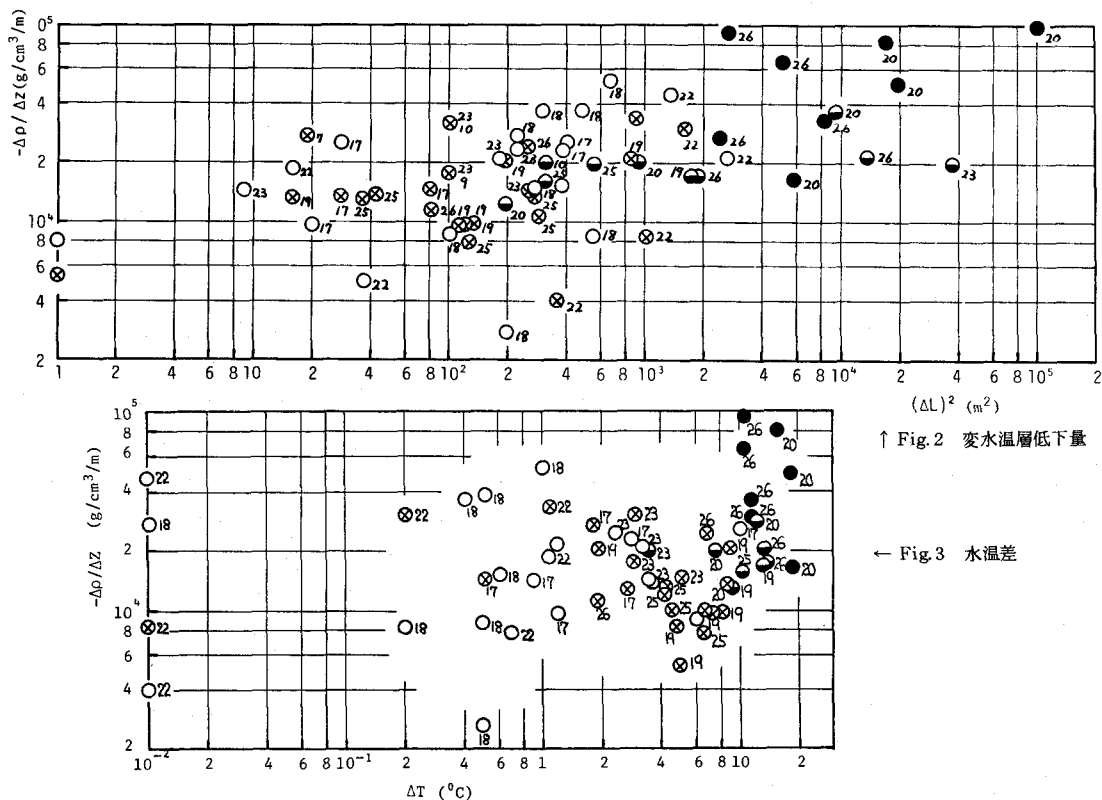


Fig. 1. 指標値の定義



↑ Fig. 2 変水温層低下量

← Fig. 3 水温差

但し、変水温層が長期間存在しないものは、短期における等水温線と水面の低下率より求めた。

○底層水温差 ΔT ; 冬季（原則として2月）および夏季（原則として8月）の最低水温の差 (Fig. 1 参照)。

Fig. 2~3 は、これらの数値指標が、どの程度の値をとるか、数値指標値間の関係は如何なるものか、また、それらの関係は、成層の有無あるいは水温分布類型とどのような関係にあるかを明らかにするために、タイプの異なる貯水池が混在する関東地方における例を示したものである。いずれも両対数紙上で、縦軸に $(-\Delta\rho/\Delta z)^{-1}$ をとり、横軸に、その他の指標値をとってプロットしている。

まず、 $(-\Delta\rho/\Delta z)^{-1}$ であるが、その値は、 $3.0 \times 10^3 \sim 1.0 \times 10^5 \text{ m}/(\text{g}/\text{cm}^3)$ の間に存在する。しかし、成層型分類との対応は必ずしも明確ではない。すなわち、一つの貯水池で、その経年変化をみると、概ね、成層型に属する場合の方が、 $-\Delta\rho/\Delta z$ は、混合型、中間型のものより大きくなるが、多くの貯水池を通じてみると、成層型に分類されるものの方が、混合型（中間型）に分類されるものよりも、小さな密度勾配を有している場合も多い。しかしながら、 $-\Delta\rho/\Delta z > 10^{-4} (\text{g}/\text{cm}^3)/\text{m}$ の領域では、中間型、混合型に属するものはない。

変水温層低下量 ΔL^2 (Fig. 2) についてみると、これは、成層型分類との対応がかなり明確である。すなわち、 $(\Delta L)^2 > 1.0 \times 10^3 (\text{m}^2)$ 以上のものは、混合型（一部中間型）に属するのに対し、 $(\Delta L)^2 < 1.0 \times 10^3 (\text{m}^2)$ では、成層Ⅰ型、Ⅱ型と分類されるものがほとんどである。しかし、Ⅰ型、Ⅱ型の区分は明確とは言えない。すなわち、成層Ⅰ型とⅡ型を区分するものは、等水温線経月変化図でみられる変水温層の時間的低下率、および、底層水温の温度変化量である³⁾が、Fig. 2 でみられるように、多くの貯水池を通じてみると、変水温層の時間的低下率 $((\Delta L)^2 \text{ に対応})$ に関しては、成層類型との対応は、あまりよくない。

Fig. 3 は、横軸に底層水温の夏季と冬季における温度差 ΔT をとったものであるが、これは、成層型分類との対応はよいと言える。すなわち、 $\Delta T > 10 (^\circ\text{C})$ のものは、混合型、中間型と分類され、 $10 > \Delta T > 1$ のものは、ほぼ、成層Ⅱ型であり、 $1 > \Delta T$ では、ほとんどが、成層Ⅰ型に存在している。

Fig. 2～3から読みとられる前出の傾向は、他の地方における各貯水池においても、一部の例外はあるがほぼ同様に認められるものである。

また、Fig. 4(a), (b)は、全対象貯水池のうちの成層が形成されている場合のいくつかをとり上げ、取水口位置が定まっているもの (Fig. 4(a)) については、取水口位置と変水温層下端の距離を、また、表層、選択取水をしているもの (Fig. 4(b)) については、水表面からの距離を測り、 $(\Delta \rho / \Delta z)$ との関係を片対数紙上で示したものであって、中間取水の場合については、そのほとんどが、成層Ⅱ型に分類され、また変水温層位置も取水口数高と、それより 10 m 下の間に存在していることがわかる。一方、Fig. 4(b)に示されるように、表層 (選択) 取水の場合は、ほぼ、成層Ⅰ型に分類されたとともに、変水温層位置は、各貯水池によって異なり、10 m～50 m の間に広く分布することがわかる。しかしながら、各貯水池においては、毎年、ほぼ定まった位置に形成されている。

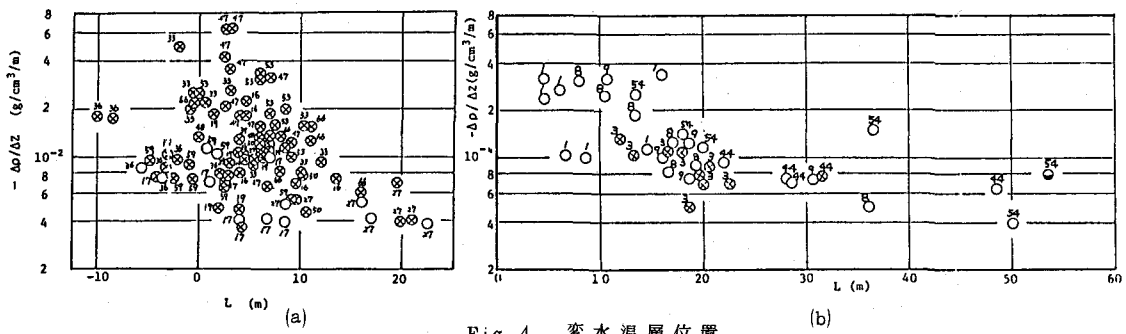


Fig. 4 変水温層位置

以上、述べてきたように、水温分布形状とその変化特性について、従来は、等水温線経月変化図より読み取られるパターン分類に基づいて、定性的に述べられるのみであったが、今回、前述のような数値的指標を導入することにより、密度勾配、変水温層低下量、変水温層位置、夏季と冬季における底層水温差等について、具体的にどの程度の値をとるか、また、それらの値と、従来から行なわれてきた成層分類との関係について、詳細に明らかにすることができた。

Table 1 は、以上のことより、逆に、各指標値を基準に、対象貯水池の全てについて、各年におけるそれぞれの値を分類し、各指標の数値の特性より水温分布の特徴ならびにその経年変化の特徴を表示したものである。Table 1 において、S 1～S 3 に属する貯水池では、小渋、横山貯水池の昭和 47 年、小瀬川貯水池の昭和 53 年の計 3 例を除くと、等水温線図より判定した従来の分類は全て、成層Ⅰ型とⅡ型であり、指標とよく対応する。SM 1～SM 2 の貯水池では、高坂、下久保、三面の数例を除くと、 ΔL が約 33 m を超えたときに、中間型、混合型と判定しており、SM 3～M 3 の型についても、相対低下量、或いは、底層水温差のいずれかが基準値を超えた場合には、ほとんど中間～混合型と判定している。すなわち、底層水温差、或は変水温層相対低下量の値は、貯水池の水温分布を特徴づける水温成層形成の有無を知る有力な数値指標であり、これらの値が、流入流量、貯水池形状等とどのよ

Table 1 経年変化を考慮した水温分布特性

型	ΔT	ΔL	$\frac{\Delta \rho}{\Delta z}$	貯 水 池 名
S 1	○	○	○	岩尾内、桂沢、石河、大倉、目屋、土師、布部、小瀬川、内場、長柄、福地
S 2	○	○	●	金山、田瀬、釜房、荒沢、藤原、犀川、笹生川、小渋、矢作、横山、青蓮寺、引原、宮川、永瀬、緑川、神ノ浦、力丸
S 3	○	○	●	豊平峡、室牧、日向神、市房
SM 1	○	●	●	鳴子、高坂、相保、下久保、北川
SM 2	○	●	●	二瀬、三面
SM 3	●	○	●	五十里、相模、浜田、鹿野川、南畑
MS 1	●	●	●	湯田、笠堀、大野、菅沢、厚東川、黒瀬、長安口、芹川、渡川、綾北、綾南、岩瀬
MS 2	●	●	●	菌原、城山、美和
M 1	●	●	●	猿谷
M 2	●	●	●	鑑畑、高山
M 3	●	●	●	丸山

○： $\Delta T < 10^{\circ}\text{C}$, $(\Delta L)^2 < 10^3 \text{m}^2$, $(\Delta \rho / \Delta z) > 10^{-4} (\text{g/cm}^3/\text{m})$ が毎年成立
●： $\Delta T > 10^{\circ}\text{C}$, $(\Delta L)^2 > 10^3 \text{m}^2$, $(\Delta \rho / \Delta z) < 10^{-4} (\text{g/cm}^3/\text{m})$ が毎年成立
●：上の関係が年によって異なる。

うな関係にあるか、明らかにしていく必要がある。

3. 水温分布特性に影響を及ぼす因子

2. で検討したような貯水池の水温分布特性に影響を及ぼす因子には各種のものが考えられるが、夏季水温成層の形成に寄与する重要な因子は、降水量の時間的分布及び集水域の諸特性を反映し、流入に関する（熱量を含めて）境界条件を規定する流入流量の時間的分布とその大きさであろう。一方、流れの場を規定する貯水池の形状特性については、わが国の多目的貯水池では通常夏期制限水位を設定し、それに基づく貯水位操作を行うことから、夏期制限水位に対する諸量が考えられよう。日射は水温成層形成の一方の要因であるが、わが国では地域間の差が小さいため、気温同様、各貯水池を特徴づける要因としての影響は小さいと考えられる。以上より、ここでは、影響因子として次のようなものを考えることにする。

まず、流入流量の時間的分布に関しては、多目的ダム管理年報所載の貯水池のうち、ほぼ5年以上資料の存在する貯水池をとりあげ、統計解析し、次のようにパターン分類した。記号のAは、融雪による流入を、Bは梅雨によるものを、Cは台風性降雨によるものを示している。Fig.5に年周変化の例を、Table 2に、水温分布特性を調べた貯水池をパターン分類した結果を示す。

- 1) A型；融雪による流入が卓越し、4月及び5月に卓越したピークを持ち他の時期には大きな流入はない。
- 2) AB型；融雪による流入が中心となるが、梅雨による流入もあり、4、5月に大きなピーク、7、8月に小さなピークがみられる。台風の影響はほとんどない。
- 3) AC型；融雪による流入が中心となるが、台風性降雨による流入もあり、4、5月および、9月と二つのピークを有する。梅雨の影響はほとんどない。

Table 2 月平均流入流量の年周変化の型

型	貯水池名	型	貯水池名
A	岩尾内、桂沢、豊平峡、目屋 藤原、矢木沢、笠堀、犀川	B	緑川、日向神、南畑、市男 芹川、綾北、綾南、岩瀬
AB	石洩、鳴子、湯田、 鑑畑、萩形、荒沢 高坂、三面、室牧	BA	美和、小波
AC	金山、釜男、五十里、藤原	BAC	矢作、丸山、厚東川、小瀬川 力丸、神ノ浦、鹿野川
ABC1	大倉、相俣、笹生川、横山	BCA	下久保、高山、青蓮寺
ABC2	田瀬、引原、大野、菅沢 土師、浜田、布部	C	二瀬、城山、猿谷、宮川、早明浦 長安口、黒瀬、北川、渡川、永瀬
		CBA	相模、内場、長柄

- 4) ABC1型；4、7、9月に各々、融雪、梅雨、台風性降雨によるとみられる流入が多いが、4月におけるものの比重が大きい。
- 5) ABC2型；ABC1型と同じく、4、7、9月に3つの山を有するが、それらは、ほぼ等しい。
- 6) B型；梅雨性の流入が顕著であって、6、7月を中心とした1つの山を形成する。
- 7) BA型；梅雨性、融雪性の2つの流入ピークがあるが、梅雨によるものの方が大きい。

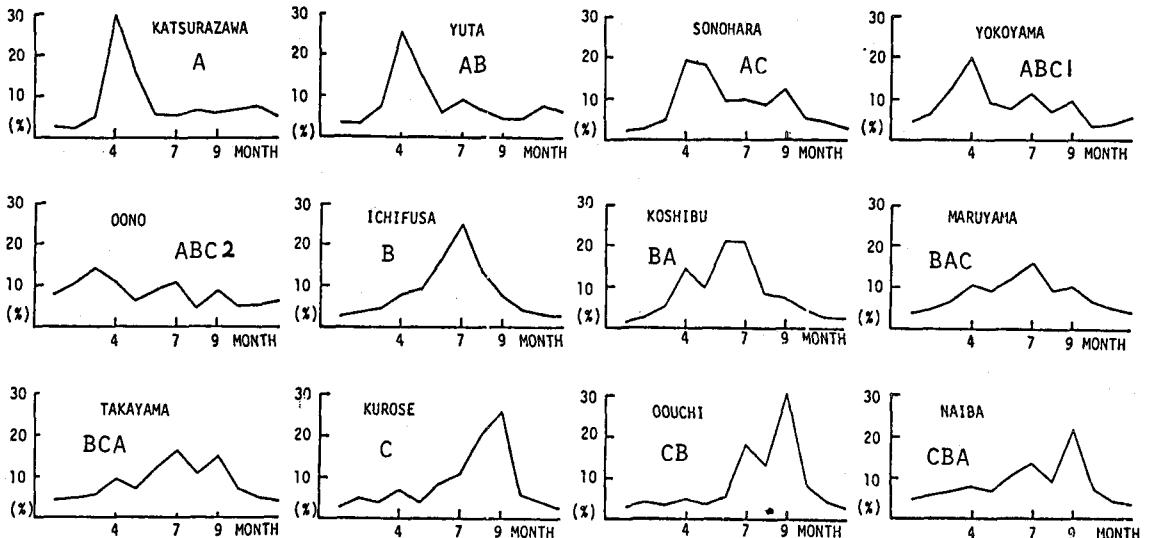


Fig.5 月平均流入流量の年周変化図

- 8) BAC型 ; 4, 7, 9月に, 融雪, 梅雨, 台風性降雨による流入ピークがあるが, 7月が最大である。
- 9) BCA型 ; BAC型とほぼ同一であるが, 融雪によるものより, 台風性降雨によるものの方が大きい。
- 10) BC型 ; 梅雨, および台風性降雨による流入が著しく, 融雪の影響はない。
- 11) C型 ; 台風性降雨によるものが卓越し, 8, 9月を中心とする1つの大きな山を形成する。
- 12) CB型 ; 梅雨, および台風性降雨による流入が著しく, 2つのピークを有するが, 9月のもの方が大きい。
- 13) CAB型 ; 4, 7, 9月に, 融雪, 梅雨, 台風性降雨による流入ピークがあるが, 9月が最大である。

次に, 流入流量の大きさについては, 従来と同様に回転率で表すことにし, 水温成層が最も発達する7月の月平均回転率 α_7

$$\alpha_7 = Q_7 / V_s \tag{1}$$

と, 5月～8月の受熱期における月平均回転率 α_{5-8}

$$\alpha_{5-8} = Q_{5-8} / V_s \tag{2}$$

を指標とする。(1), (2)式において Q_7 : 7月の総流入量, Q_{5-8} : 5月～8月間の平均月総流入量, V_s : 夏期制限水位に対する貯水容量である。

貯水池に関する諸条件に関しては, すでに容量を上述の回転率で考慮していることから, 形状指標として次の2つ

$$L^* = L_s / \overline{H_s} \tag{3}$$

$$H_m^* = H_m / \overline{H_s} \tag{4}$$

と取水口の位置を表す指標としての H_i^* (次式) を考える。

$$H_i^* = H_i / H_m \tag{5}$$

ここに, L_s , H_m , H_i は, 夏期制限水位に対する貯水池長, 最大水深, 取水口水深 (表層取水のものは一律2mと仮定した) であり, $\overline{H_s}$ は, そのときの平均水深 (= 貯水容量 / 水表面積) である。 L^* は貯水池底の平均勾配の逆数であり, H^* は底勾配が直線的で縦断面形状がほぼ三角形をなすのか ($H_m^* = 2$), 下流にいくに従い底勾配が急になる形状か ($H_m^* > 2$), あるいはその逆に緩やかになる形状か ($H_m^* < 2$) を表している。また, H_i^* は, 表層, 中層, 深層取水を区別するためのものである。

4. 水温分布特性と影響要因との関係

3に挙げた各種要因は2に述べた各貯水池の水温分布特性に多かれ少なかれ影響を及ぼしていると考えられる。そこで, Table 1, 2に分類表示した水温分布型と流量パターン, および α_7 , α_{5-8} , L^* , H_m^* , H_i^* との関係を整理し, 一つの表にまとめたのがTable 3である。Table 3においては, α_7 , α_{5-8} , L^* , H_m^* , H_i^* の値をあらかじめいくつかに分け, 各貯水池におけるそれらの値がどの区分に属するかを求めて, その定性的特徴を示している。各指標値の区分は次のようである。

α_7 及び α_{5-8}

S
: 対象とする各年における値がいずれも 2.0 以下のもの

M
:
"
2.0 以上のもの

SM
: 対象とする期間内でみたとき, 2.0 以下となる年の方が多いもの

MS
:
"
2.0 以上となる年の方が多いもの

L^* 及び H_m^*

AA
: $L^* < 100$, $H_m^* > 2.0$

AB
: $L^* < 100$, $1.4 < H_m^* < 2.0$

AC
: $L^* < 100$, $H_m^* < 1.4$

BA
: $100 < L^* < 200$, $H_m^* > 2.0$

BB
: $100 < L^* < 200$, $1.4 < H_m^* < 2.0$

BC
: $100 < L^* < 200$, $H_m^* < 1.4$

CA
: $L^* > 200$, $H_m^* > 2.0$

CB
: $L^* > 200$, $1.4 < H_m^* < 2.0$

CC
: $L^* > 200$, $H_m^* < 1.4$

$$H_i^* \begin{cases} A: H_i^* < 0.3 & (\text{表層取水}) \\ B: 0.3 < H_i^* < 0.6 & (\text{中層取水}) \\ C: H_i^* > 0.6 & (\text{深層取水}) \\ D: \text{多段式あるいは選択式のもの} \end{cases}$$

Table 3 水温分布特性と各種影響要因との定性的関係

流量パターン	α_7	α_{5-8}	L_i^*, H_i^*	H_i^*	水温分布型	貯水池名	地 域	備 考
A AC	S	S	AB, BA, BB	A, B, D	S1, S2, S3	岩尾内, 桂沢, 釜房, 金山	北海道, 東北	
	MS	M	BC, CB	B	SM3	犀川, 豊平峽, 目屋, 藤原	関東, 北陸	
			AA	B	SM3	五十里	関東	
	MS	MS	AB	A	MS1	笠堀	北陸	
	M	M	BB	C	MS2	菌原	関東	
AB ABC1 ABC2	S	S	AA, AB, AC	A, B, D	S1, S2	大倉, 田瀬, 笹生川, 引原, 土師, 浜田	東北, 北陸	S2は横山
		MS	BA, CA	A, B, C	SM1, SM2	石淵, 萩形, 荒沢, 室牧	中国	
	SM	M	AC, BA, BB	A, B, C	SM1, SM2	相俣, 鳴子, 三面	関東, 東北, 北陸	
		S	BA	A	MS1	菅沢	中国	
	MS	MS	BB	B, C	SM1, S2	高坂, 横山	北陸, 中部	
BA BAC BCA		M	BB, CA	A, B, D	MS1, M2	湯田, 大野, 鑑畑	東北, 北陸	
	S	S	AB, BB	B, C, D	S2	小洗, 矢作, 青蓮寺, 力丸, 神ノ浦	中部, 近畿, 九州	
	SM	SM	BC, CA	B, D	SM1, SM3	下久保, 鹿野川	関東, 四国	
	MS	MS	AA	B	S1	小瀬川	中国	
			BC, CB	B, C	MS1, MS2, M2	厚東川, 美和, 高山	中部, 近畿, 中国	
B BC	M	M	CA	B	M3	丸山	中部	S2は緑川
	S	S, SM	AB, BB	A, B	S1, S2, S3	福地, 日向神, 市房	九州	
	SM	S, SM	AB, BB	B, C	MS1	芹川, 綾南	"	
	MS	MS	AB, BB	B, C	S2, SM3	緑川, 南畑	"	
		M	BB, CB	B	MS1	綾北, 岩瀬	"	
C CB CBA	S	S	AA, BB, CB	B, D, C	S1, S2	内場, 長柄, 宮川	近畿, 四国	
			AB	A	SM2	二瀬	関東	
			BB, AC	D, C	M1, MS1	猿谷, 黒瀬	近畿, 四国	
	SM	SM	BB, BC	B, C	MS1	北川, 渡川	九州	
			B, BC, CC	D, C	S2, SM1	永瀬, 相模	四国, 関東	
	MS	MS	BB	B, C	MS1, MS2	城山, 長安口	四国	

Table 3 より, 経年的な変化を考慮した上での水温分布特性とその影響要因との関係を定性的に検討すれば, 以下のような諸点を指摘できるであろう。

- 1) 貯水池形状及び取水口の位置は, 今回の検討では, 水温分布特性と明確な関係を見出すことは困難であった。
- 2) 流量パターン別にみていくと, 北海道, 北陸, 関東地方に存在するA, AC型 (Fig. 5) では, 水温分布型と α_7 との関係が深く, α_7 が毎年あるいは多くの年に2.0以下となる貯水池ではS1, S2, S3型となって毎年水温成層の形成がある。一方, α_7 が毎年2.0以上となる菌原貯水池はMS2型, 2.0以上になる年が多い笠堀貯水池はMS1型となり, 成層形成の可能性は低くなる。なお, 両貯水池の違いとして取水口位置がある。
- 3) 東北, 北陸, 関東, 中部, 中国地方に存在するAB, ABC型の流量パターンをもつ貯水池では, 2) に述べたA, AC型のものと似た傾向をもつが, その区別はA, AC型ほど明確ではない。すなわち, α_7 が毎年2.0以下であっても水温分布型がSM型やMS型になる貯水池, 一方, α_7, α_{5-8} ともに2.0以上である年が多いにもかかわらずS2型となる横山貯水池の例がある。特に, 菅沢, 横山両貯水池については現段階で説明し得ない例外的なものである。
- 4) 関東, 中部, 近畿, 中国, 四国, 九州地方に存在するBA, BAC型の流量パターンをもつ貯水池では, 3)

に述べたAB, ABC型とほぼ同様の傾向をもつ。小瀬川貯水池は例外的であるが、同様の回転率を有する他の貯水池と比べると、貯水池形状が異なっている。

5) 九州地方に存在するB, BC型の流量パターンをもつ貯水池でも、緑川貯水池を除くと上述の3), 4)の場合とほぼ同様の傾向にあるが、 α_7 が2.0以上となる年が多い芹川、綾南はMS1型の水温分布型となる。

6) 四国, 九州, 近畿, 関東地方に存在するC, CB, CBA型の流量パターンをもつ貯水池では、もはや、 α_7 , α_{5-8} の値と水温分布型との関連性ははっきりとは認められない。

以上の定性的検討より、貯水池の水温分布特性とその経年変化特性は、3.に挙げた影響要因のうちでは、 α_7 の値とその変化の影響を最も強く受けるようである。また、その影響は融雪流入の卓越する流量パターンをもつ貯水池でより明らかで、梅雨性、台風性の流入が卓越する流量パターンでは不明確なケースが増えてくる。すなわち、前者では、水温分布特性と α_7 の特性との対応がとれない貯水池は菅沢、高坂、横山の3つであるのに対し、後者では、小瀬川、芹川、綾南、緑川、南畑（以上梅雨期の流入が卓越するもの）、猿谷、黒瀬、北川、渡川、永瀬、相模（以上台風期の流入が卓越するもの）の計11にのぼる。

5. 結語

本報文では、貯水池の水温分布形状特性について、従来より用いられている等水温線経月変化図から読みとられる定性的パターン分類（成層型の分類）に加えて、密度勾配、変水温層位置、変水温層低下量、底層水温差等の数値指標を定義し、数値的に水温分布形状の特性を示すとともに、それらと成層類型との対応を明らかにした。また、水温分布形状特性に影響を及ぼす因子として、月平均流入流量の年周変化パターン、7月、5～8月の月平均回転率、貯水池の幾何的形状特性量 L^* , H_m^* , H_i^* を取りあげ、それらが、水温分布形状特性および、その経年変化にどのように影響を及ぼしているかについて検討した。その結果、ここに取りあげた貯水池の幾何的形状特性量と、水温分布特性とその経年変化について明確な関係を見出すことは困難であったが、月平均流入流量の年周変化パターン及び7月の月平均回転率との間には、ある程度の対応関係のあることが示された。しかしながら、この関係には、例外も多くみられ、今後、各個別の貯水池毎に、より詳細な解析を行なっていく必要がある。

最後に、資料の収集に御協力頂いた建設省河川局、また解析に御協力頂いた新日本気象海洋株式会社、京都大学工学部河川工学研究室、中部工業大学水工学研究部の諸氏に謝意を表します。

参考文献；

- 1) 松尾直規・岩佐義朗・小林正典・川邦部嘉彦；貯水池水理の空間的スケールからみた解析法の考察，第25回水理講演会論文集，1981.
- 2) 岩佐義朗・松尾直規・綾 史郎・小木曾博；多目的貯水池の水理・水文の性格と河川環境との関係について，第2回水資源シンポジウム論文集，1982.
- 3) 小林正典・岩佐義朗・松尾直規；わが国多目的貯水池の水理・水文の特徴とその評価，第24回水理講演会論文集，1980.