

# 刀利ダムにおける水温と気温の関係

広瀬 慎一・森谷 義春\*

(短期大学部 農業技術学科、\*小矢部川ダム管理事務所)

## 1. はじめに

富山県内の主要河川は、流域に3千m級の高山を抱えているので、その雪融け水により比較的水温が低い。しかしながら小矢部川だけは唯一の例外で、流域に高山地帯がないこと、合口頭首工からの一括取水でなく、3つの頭首工からの分散取水であることから、県内の他の河川ほどその水温は低くない。

小矢部川上流部における農業用水は、刀利ダムから一括取水されたのち、県営第1発電所、県営第2発電所を經由して本川へ放流され、再び第1頭首工、第2頭首工、第3頭首工で取水される。

近年農業用水は夏期に灌漑に使用されるだけでなく、冬期についても消流雪用水など多目的に利用される傾向にある。その際水温が問題になることが多く、本報では、第1図、写真-1に示す刀利ダムにおける長期

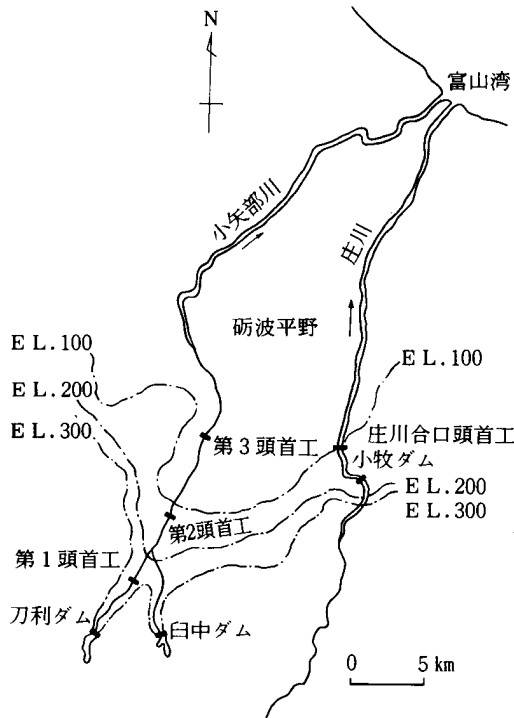
にわたる観測結果より、水温と気温の実態及び両者の関係をみることにする。

## 2. 観測施設

小矢部川は富山県を流下する6つの一級河川のうち最も西に位置し、全長68kmである。刀利ダムは河口から56km上流の小矢部渓谷に、昭和42年農林省により築造された、灌漑・洪水調節・発電の多目的ダムである。その諸元を第1表に示す。刀利ダムでは水文諸量の観測が行なわれており、水温と気温の観測はいずれも午

第1表 刀利ダムの諸元

位 置	富山県福光町刀利 東経136°48'37" 北緯36°28'02"
流 域 面 積	45.9km <sup>2</sup>
形 式	ドーム型アーチ
越流部天端	EL. 352.0m
堤 高	101.0 m
堤 長	229.5 m
総 貯 水 量	31,400,000m <sup>3</sup>
有効貯水量	23,400,000m <sup>3</sup>
洪水調節容量	9,000,000m <sup>3</sup>
農 業 用 水	最大取水量 8.33m <sup>3</sup> /s 灌漑面積 3,780 ha
発 電 用 水	最大取水量 16.0m <sup>3</sup> /s 最大出力 第1発電所 12,500 kw 第2発電所 11,400 kw



第1図 刀利ダムの位置

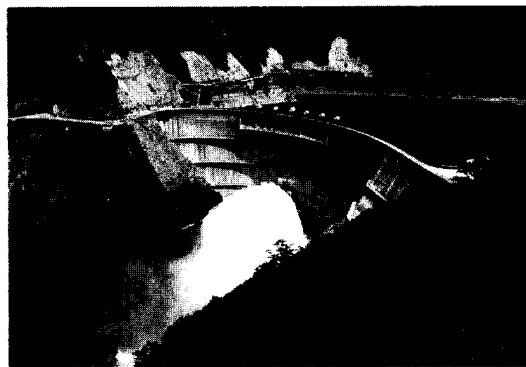
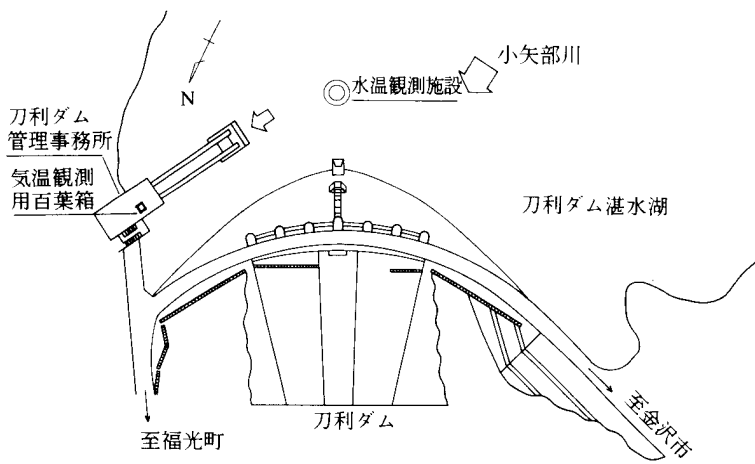
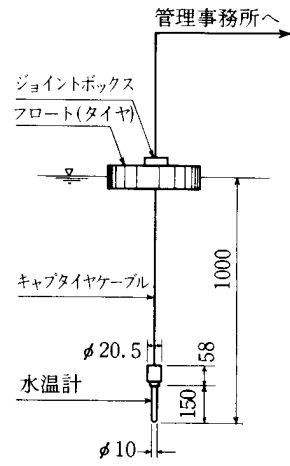


写真-1



第2図 水温と気温の観測位置



第3図 水温計の構造

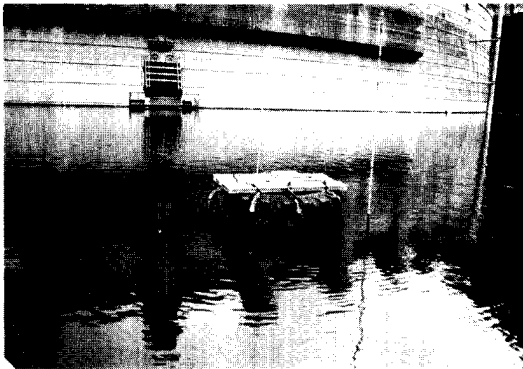


写真-2

前9時に行なわれている。水温は第2図、第3図及び写真-2に示すように、取水口の前面の湖面にタイヤを浮かべ、水面下1mの位置で抵抗温度計で観測している。気温はダム管理事務所の屋上に設けられた百葉箱で、これも抵抗温度計で観測している。

第2表 月平均水温

刀利ダム S.46年~S.63年 単位:℃

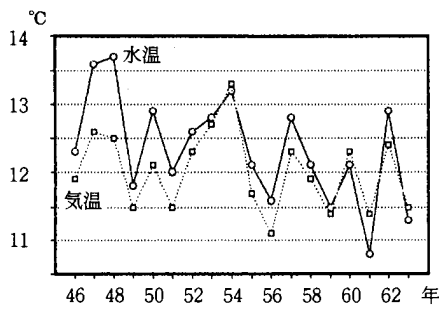
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
46	4.1	1.9	3.8	7.8	13.5	19.1	22.6	23.2	19.1	15.1	10.7	6.6	12.3
47	5.8	5.7	6.6	11.0	16.1	18.7	21.9	24.0	19.7	15.4	10.8	7.2	13.6
48	8.5	5.7	4.1	9.6	14.0	17.9	24.6	25.8	21.3	15.6	11.2	5.9	13.7
49	3.0	1.4	3.4	7.4	12.6	18.5	20.0	23.2	20.3	15.5	10.3	6.4	11.8
50	3.6	2.5	3.1	8.1	12.9	18.9	22.0	23.3	22.2	16.9	12.7	8.5	12.9
51	4.5	3.1	5.4	8.1	13.2	18.1	21.7	22.0	18.0	14.7	9.1	5.8	12.0
52	2.9	0.9	2.2	7.9	13.1	18.1	23.6	22.7	21.8	16.7	12.6	8.2	12.6
53	5.2	2.2	3.5	7.7	14.1	18.4	23.4	25.0	20.2	15.8	10.8	7.7	12.8
54	5.4	4.5	5.1	8.2	13.6	20.2	21.5	23.5	20.1	15.6	12.0	8.3	13.2
55	5.6	2.7	4.2	7.4	13.1	19.9	20.4	20.5	18.7	15.2	10.6	7.4	12.1
56	2.1	1.9	2.9	7.8	11.2	17.3	22.3	22.2	19.5	14.9	10.1	6.3	11.5
57	4.4	3.0	4.0	8.5	16.0	19.1	21.2	22.0	19.0	14.5	12.5	9.6	12.8
58	4.8	3.0	3.2	8.4	14.7	18.4	20.0	22.3	20.5	14.3	9.7	5.8	12.1
59	3.0	1.0	0.7	4.6	11.5	18.4	21.4	24.6	20.2	15.3	10.4	6.9	11.5
60	3.0	2.1	3.3	8.3	14.6	17.9	20.1	25.7	19.0	14.3	11.2	5.3	12.1
61	2.7	1.0	1.2	7.1	10.5	16.8	18.0	21.1	19.5	14.6	10.2	7.4	10.8
62	4.9	3.2	3.6	8.5	13.8	19.1	23.1	21.0	19.5	16.9	12.0	8.6	12.9
63	5.6	3.2	3.9	7.2	11.6	16.4	18.3	22.1	18.5	14.3	9.3	4.6	11.3
平均	4.4	2.7	3.6	8.0	13.3	18.4	21.5	23.0	19.8	15.3	10.9	7.0	12.3

### 3. 観測結果

刀利ダムは昭和42年より湛水を開始したが、水温と気温の両方の資料が整っている昭和46年から昭和63年までの18年間について統計処理をした。

#### (1) 年平均

まず水温と気温の年平均の経年変化を第2表、第3表、第4図でみる。水温も気温も11℃から14℃の間で上下の変動を繰り返している。両者の関係は、一方が上がれば他方も上がり、相関が非常に強い。昭和59年以前は昭和54年を除き水温が気温を若干上回っていた。昭和60年以降は昭和62年を除き逆に気温が水温を上回っている。全観測期間の水温の平均は12.3℃、気温の平均は12.0℃である。水温には若干低下傾向がみられる。



第4図 年平均水温・気温の経年変化  
刀利ダム S.46年～S.63年

水温Yと気温Xの相関係数は0.838（データ数18、1%水準有意）で次の回帰式が得られる。

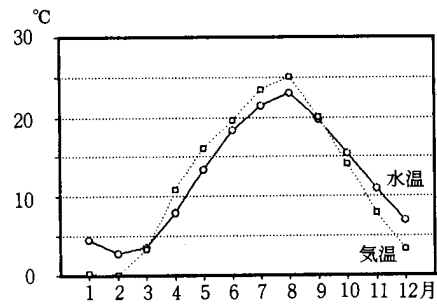
$$Y = 1.15X - 1.49$$

#### (2) 月平均

次に水温と気温の月別変化を第2表、第3表、第5図でみる。水温・気温とも最高は8月で、水温23.0℃、気温25.1℃である。水温は最高時でも灌溉水温の適温30～32℃<sup>1)</sup>を若干下回っている。最低については水温・気温とも2月で、水温2.7℃、気温0.0℃である。水温と気温がほぼ等しくなるのは3月と9月である。3月から9月の間は若干気温の方が水温を上回り、9月から3月の間は水温の方が上回る。

水温Yと気温Xの相関係数は0.973（データ数12、1%水準有意）で、次の回帰式が得られる。

$$Y = 0.781X + 2.95$$



第5図 月平均水温・気温の年間変化  
刀利ダム S.46年～S.63年

第3表 月平均気温

刀利ダム S.46年～S.63年 単位：℃

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
46	-0.3	0.7	2.6	10.8	16.1	19.5	24.4	24.9	19.5	12.7	8.5	3.8	11.9
47	2.6	1.4	4.7	11.5	15.6	19.8	24.2	24.4	20.3	15.0	7.9	3.6	12.6
48	1.9	1.8	3.0	13.9	16.3	18.0	25.9	27.1	19.8	13.8	7.5	1.5	12.5
49	-1.3	-0.6	1.9	10.9	17.0	20.0	21.9	25.0	20.1	14.2	6.6	2.1	11.5
50	-0.2	-0.7	3.0	10.7	15.1	19.1	24.3	25.9	22.4	14.5	9.0	2.7	12.2
51	0.2	1.6	4.0	10.5	15.4	18.4	23.0	23.3	18.5	13.6	6.9	2.3	11.5
52	-1.6	-0.3	4.3	10.4	15.9	19.3	24.6	23.0	21.4	15.4	10.0	4.4	12.2
53	0.8	-1.3	3.0	10.2	16.9	21.2	27.1	27.1	19.7	14.2	8.5	4.9	12.7
54	2.5	3.5	5.2	10.1	15.8	22.9	23.0	25.4	20.5	15.8	9.9	5.5	13.3
55	1.6	-0.8	3.7	10.2	17.2	21.3	21.5	22.1	19.0	13.3	8.6	2.2	11.7
56	-2.0	-0.7	3.4	9.7	15.4	19.2	24.6	23.9	18.8	12.9	5.8	2.9	11.2
57	0.5	0.1	4.7	11.2	17.9	18.8	22.7	24.1	18.8	13.9	9.6	4.8	12.3
58	0.7	-0.2	3.3	12.8	16.9	19.2	21.5	25.3	20.9	13.0	7.1	1.9	11.9
59	-1.5	-2.4	1.2	8.1	15.8	20.6	24.7	27.3	20.0	13.1	7.9	2.6	11.5
60	-1.8	0.3	2.8	11.2	17.4	18.5	24.2	28.2	21.0	14.6	8.8	2.1	12.3
61	-1.8	-2.0	3.1	10.6	15.0	19.7	21.5	25.7	20.5	12.7	7.6	4.0	11.4
62	1.2	0.9	4.0	11.2	16.8	19.9	24.0	24.1	20.2	14.7	8.1	3.8	12.4
63	1.4	-1.3	2.8	10.3	15.0	19.8	21.7	25.2	20.0	13.1	6.4	2.9	11.4
平均	0.2	0.0	3.4	10.8	16.2	19.7	23.6	25.1	20.1	13.9	8.0	3.2	12.0

(3) 旬平均

水温と気温の年間変化を、第4表、第6図の旬平均により、もう少し詳しくみる。水温の旬平均は、最低2月中旬の2.5℃から、最高8月中旬の23.5℃の間を、サインカーブのように滑らかに変化する。一方気温の方は、6月に一度上昇傾向がゆるむので、水温ほどは滑らかではないが、ほぼ水温のカーブを上下に引き伸ばしたような形で変化する。

水温Yと気温Xの相関係数は0.972(データ数36、1%水準有意)で、次の回帰式が得られる。

$$Y = 0.780X + 2.95$$

(4) 半旬平均

第6図で水温、気温それぞれのピークに注目すると、気温の変化は水温の変化に対して1~2旬ほど先行しているように見える。この関係を明らかにするため、先ず半旬平均(第5表)について水温Yと気温Xの相関係数を求めると、0.971(データ数72、1%水準有意)で、次の回帰式が得られる。

$$Y = 0.779X + 2.97$$

さらに水温Yに対して気温Xを順次半旬ずつ遅らせて両者の相関係数を求めると第7図のようになる。ここで2半旬ずらした場合の相関係数が0.991(データ数72、1%水準有意)と最も高く、次の回帰式が得られる。

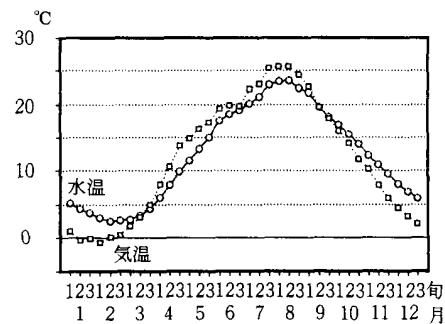
$$Y = 0.794X + 2.78$$

このときの水温と気温の年間変化を第8図、散布図を第9図に示す。水温に対して気温を2半旬遅らせることにより、両者のカーブの位相がほぼ一致している。

(5) 庄川合口頭首工と刀利ダムの比較

筆者は庄川合口頭首工においても水温と気温の関係进行调查した。<sup>2)</sup> それと今回の結果を比較したものを第6表に示す。両者の条件の大きく異なる点は、庄川合口頭首工は河川取水であるのに対し、刀利ダムはダム取水であること。両者の標高差は大きく、約240m刀利ダムが高いことである。したがって気温に関する全

てのデータが刀利ダムの方が2.0℃~2.6℃低くなっている。一方、水温については、冬期のデータすなわち最低水温については0.5℃~0.6℃刀利ダムの方が低いが、夏期データすなわち最高水温については、逆に4.1℃~4.6℃刀利ダムの方が高い。そして年平均水温は庄川合口頭首工の10.4℃に対し刀利ダムの12.3℃と、刀利ダムの方が1.9℃高くなっている。これは刀利ダムに限らず一般にダム貯留においては、夏期に水温成層が発生しているからと考えられる。すなわち春の日射量の増加と気温の上昇によって水面が加熱され、表層に熱貯留が行なわれる。今回の水温観測は水面下1mで行なっているので、この水温成層の中での観測値となる。



第6図 旬平均水温・気温の年間変化  
刀利ダム S.46年~S.63年

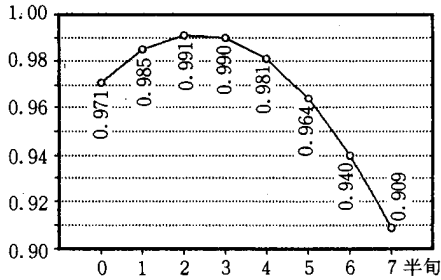
第4表 旬平均水温・気温 刀利ダム S.46年~S.63年 単位:℃

月	旬	水温	気温	月	旬	水温	気温
1	上	5.2	1.0	7	上	20.2	22.3
	中	4.4	-0.3		中	21.1	23.0
	下	3.7	-0.1		下	22.9	25.3
2	上	3.0	-0.7	8	上	23.4	25.6
	中	2.5	0.2		中	23.5	25.6
	下	2.6	0.4		下	22.4	24.3
3	上	2.8	1.8	9	上	21.7	22.6
	中	3.4	3.1		中	19.6	19.7
	下	4.4	5.0		下	18.2	17.9
4	上	6.1	8.0	10	上	16.9	16.0
	中	7.9	10.6		中	15.4	14.1
	下	9.9	13.7		下	14.0	11.8
5	上	11.5	14.8	11	上	12.2	10.3
	中	13.3	16.3		中	10.9	7.9
	下	15.0	17.3		下	9.5	6.0
6	上	17.5	19.4	12	上	8.1	4.5
	中	18.5	19.9		中	6.9	3.2
	下	19.2	19.8		下	6.0	2.2

### 4. ま と め

刀利ダムにおける気温と水面下1mの水温の観測結果から、次のことがわかった。

- (1) 年平均水温は12.3°C、年平均気温は12.0°Cである。
- (2) 年平均水温には若干低下の傾向がみられる。
- (3) 灌漑期の月平均水温は、5月13.3°C、6月18.4°C、7月21.5°C、8月23.0°Cである。旬平均水温の最高は8月中旬の23.5°Cであり、これは灌漑の



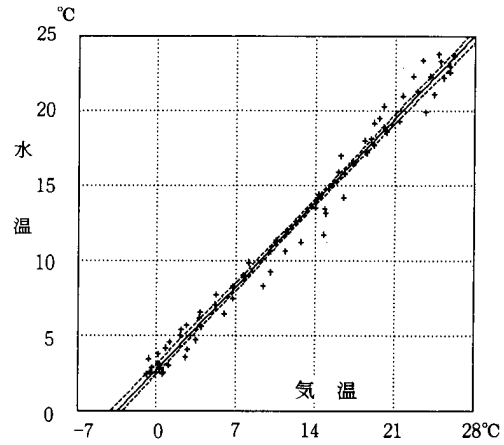
第7図 半旬平均水温・気温の相関係数  
水温に対して気温を半旬ずつ遅らせた  
刀利ダム S.46年~S.63年

適温30°C~32°Cを若干下回っている。

- (4) 冬期灌漑期の月平均水温は、12月7.1°C、1月4.4°C、2月2.7°C、3月3.5°Cである。
- (5) 半旬平均のデータより、水温Yと気温Xの相関係数を求めると、Yと2半旬以前のXとの相関が最も高く、0.991で、このときの回帰式は、

$$Y = 0.794X + 2.78$$

である。



第9図 半旬平均水温・気温の散布図  
刀利ダム S.46年~S.63年

第5表 半旬平均水温・気温

刀利ダム S.46年~S.63年 単位: °C

月	半旬	水温	気温	月	半旬	水温	気温	月	半旬	水温	気温
1	1	5.4	1.2	5	1	11.2	14.9	9	1	22.3	23.7
	2	5.0	0.8		2	11.7	14.8		2	21.1	21.4
	3	4.6	0.1		3	13.1	16.5		3	19.9	20.3
	4	4.2	-0.7		4	13.4	16.0		4	19.3	19.2
	5	3.8	0.1		5	14.2	16.2		5	18.6	18.5
	6	3.5	-0.4		6	15.9	18.3		6	17.7	17.3
2	1	3.2	-0.5	6	1	17.0	18.9	10	1	17.2	16.6
	2	2.9	-0.9		2	18.0	20.0		2	16.5	15.4
	3	2.6	0.5		3	18.1	19.2		3	15.8	14.3
	4	2.5	0.0		4	18.9	20.7		4	15.0	14.0
	5	2.5	0.6		5	19.2	19.6		5	14.4	12.2
	6	2.6	0.2		6	19.1	20.0		6	13.5	11.4
3	1	2.6	1.1	7	1	19.5	21.7	11	1	12.6	10.5
	2	2.9	2.5		2	20.9	23.0		2	11.9	10.0
	3	3.1	2.7		3	21.0	22.6		3	11.3	8.1
	4	3.6	3.5		4	21.3	23.4		4	10.6	7.6
	5	4.1	3.9		5	22.3	24.8		5	9.9	6.7
	6	4.7	6.0		6	23.4	25.8		6	9.1	5.2
4	1	5.6	6.7	8	1	23.8	26.2	12	1	8.4	5.1
	2	6.5	9.4		2	23.0	25.0		2	7.8	3.8
	3	7.5	10.0		3	23.7	25.8		3	7.1	3.7
	4	8.4	11.3		4	23.3	25.3		4	6.6	2.6
	5	9.3	12.7		5	22.6	24.1		5	6.2	2.2
	6	10.6	14.7		6	22.2	24.4		6	5.7	2.1

(6) 庄川合口頭首工と刀利ダムを比べた場合、刀利ダムの方が庄川合口頭首工より約240mも標高が高いにもかかわらず、年平均水温で1.9°C高い。また、夏期の最高水温を半旬平均でみると、庄川合口頭首工19.2°C、刀利ダム23.8°Cと4.6°Cも刀利ダムの方が高い。これはダム貯水における水温成層のためと考えられる。

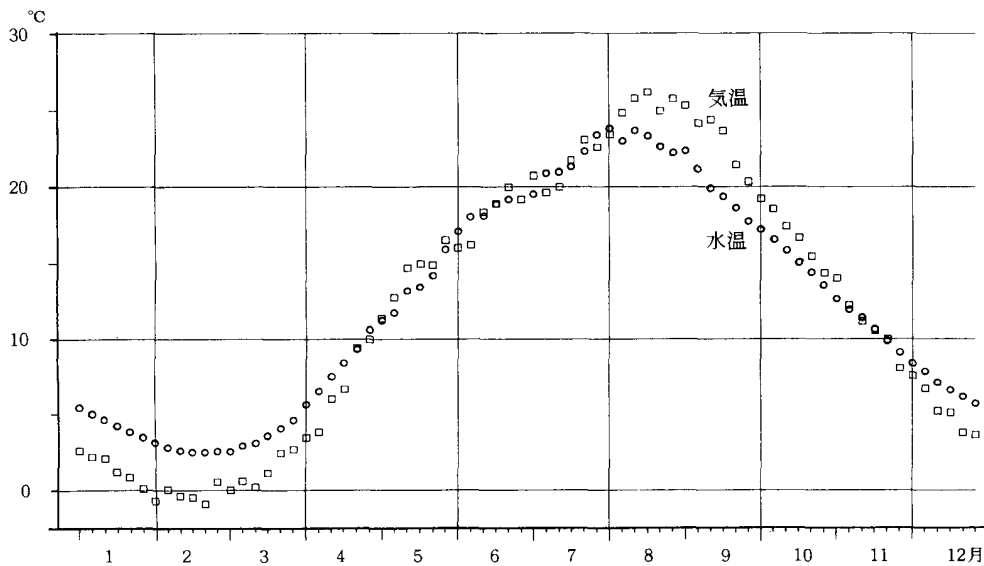
今後ダム貯水における水温成層についても調査を進めたい。本報の資料収集にあたり、富山県小矢部川ダム管理事務所大森豊氏、資料整理にあたり本学平成2年卒業生浅田陽子氏の協力を得たことを記して感謝したい。

引用文献

- 1) 農林省農地局 (1967)、土地改良事業計画設計基準、第2部計画第1編灌溉第5章水温水質、1~13。
- 2) 広瀬慎一 (1989)、農業用水の取水温と気温の関係—庄川合口頭首工における事例—、富山県立技術短期大学研究報告、第23巻、160~166。

第6表 庄川合口頭首工と刀利ダムの比較

	庄川合口頭首工	刀利ダム
標高	テンターゲート天端 109.3m	越流部天端 352.0m
流域面積	1,113km <sup>2</sup>	45.9km <sup>2</sup>
観測期間	S.40~S.61 22年間	S.46~S.63 18年間
観測時	10:00AM	9:00AM
水温観測位置	水面下0.50m	水面下1.00m
年平均水温 Y	10.4°C	12.3°C
年平均気温 X	14.3°C	12.0°C
相関係数	0.661	0.838
回帰式	$Y = 0.711X + 0.23$	$Y = 1.15X - 1.49$
月平均水温 Y 最高	8月 18.9°C	8月 23.0°C
最低	2月 3.2°C	2月 2.7°C
月平均気温 X 最高	8月 27.4°C	8月 25.1°C
最低	1月 2.2°C	2月 0.0°C
相関係数	0.954	0.973
回帰式	$Y = 1.54X - 1.68$	$Y = 0.781X + 2.95$
旬平均水温 Y 最高	8月下旬 19.1°C	8月中旬 23.5°C
最低	2月中旬 3.1°C	2月中旬 2.5°C
旬平均気温 X 最高	8月中旬 27.8°C	8月上旬 25.6°C
最低	1月中旬 1.9°C	2月上旬 -0.7°C
相関係数	0.953	0.972
回帰式	$Y = 1.53X - 1.67$	$Y = 0.780X + 2.95$
半旬平均水温 Y 最高	8月第4・5 19.2°C	8月第1 23.8°C
最低	2月第2・3 3.1°C	2月第4・5 2.5°C
半旬平均気温 X 最高	7月第6 28.2°C	8月第1 26.2°C
最低	1月第4 1.7°C	2月第2 -0.9°C
相関係数	0.952	0.971
回帰式	$Y = 0.591X + 1.95$	$Y = 0.779X + 2.97$
半旬最大相関係数	気温を3半旬遅らせた場合 0.994	気温を2半旬遅らせた場合 0.991
回帰式	$Y = 0.616X + 1.59$	$Y = 0.794X + 2.78$



第8図 半旬平均水温・気温の年間変化 水温に対して気温を2半旬遅らせた  
刀利ダム S.46年~S.63年

## The Relation between the Water Temperature and the Air Temperature at the Touri Dam

Shin-ichi HIROSE, Yoshiharu MORIYA \*

(Section of Agricultural Engineering, \* Oyabe River Dam Control Office)

A survey of the water temperature and the air temperature at the Touri Dam has produced the following findings.

- (1) The average water temperature in summer was 13.3 °C in May, 18.4 °C in June, 21.5 °C in July and 23.0 °C in August.
- (2) The average water temperature in winter was 7.1 °C in December, 4.4 °C in January, 2.7 °C in February and 3.5 °C in March.
- (3) Let Y be the average water temperature for every 5 days and let X be the average air temperature for every 5 days. It was found that the values of Y were most highly correlated to those of X observed 10 days earlier. Hence, the two sets of temperature data, re-plotted to remove the time lag factor, show the following regression line :  $Y = 0.780X + 2.95$  with a correlation coefficient of 0.994.
- (4) The max. Y was 23.8 °C at the Touri dam, which is at EL. 350m. And it was 4.6 °C higher than the one obtained at the Shougawa headwork, located at a lower altitude of EL. 110m. This rather incongruous high temperature can be attributed to the formation of the 'thermo - layer' in the dam reservoir.