

五十里ダム湖の夏季における陸水学的研究*

今村泰二**・菊池昶史**・堀 義彦***

Taiji IMAMURA, Hisabumi KIKUCHI and Yoshihiko HORI: Limnological
Survey of Ikari Reservoir in Summer.

Summary

1. The secondary limnological survey in Ikari Reservoir was made in Aug. 7th-9th, 1962.
2. In this time, the altitude of water surface was 12 meters less than 585 meters, which is the surface level in the time of the former survey in winter of 1961, thence about half part of bottom of the reservoir basin had dried up, so the water depth was even in the deepest station measured 61 meters.
3. Vertical distributions of water temperature in each station are shown in Table 3 and in Figure 2. At station No. 1, for example, the epilimnion seems to be to the depth of 5-6 meters, the hypolimnion seems to be in the depth of more than 30 meters, and the thermocline will be in the depth between 5-30 meters. Speaking in detail, the thermocline is divided into three parts by the thermal layers of 21°C and 15°C.
4. The water transparencies are in 1.75m-2.45m by Secchi's disc and the water colors are Forel's No. 8, Ule's Nos. 14 and 15 as indicated in Table 2.
5. The chlorine ion concentrations are 3.6-6.6 mg/L as described in the text, and the pH-values are mostly 7.0-7.2 in surface waters and 6.3-6.4 in the portions of more than ten meter depth as shown in Table 4 and Figure 2.
6. As illustrated in Table 5 and Figure 3, the dissolved oxygens in surface waters are *ca.* 5.5 cc/L and over 100% saturation at stations Nos. 2-6, and more than 90% saturations in the other stations. The dissolved oxygen concentrations are gradually reduced as the depth increase, for example, at St. No. 3, it is *ca.* 4.5 cc/L at the portions of 6 meter depth and more to the bottom, and about 50% saturation at the portions of more than 30 meter depth.

* 茨城大学濁沼臨湖実験所研究業績, No. 17. この研究に要した費用の一部は文部省科学研究費により, 津田松苗教授代表 “ダム湖とそれに連なる川の生物学的研究,” の一環としてなされた

** 茨城大学文理学部生物学教室

*** 茨城大学濁沼臨湖実験所 (現在は茨城県水産試験場)

1 ま え が き

著者らは前回(1961年12月),五十里ダム湖の水質・プランクトンなどの調査を行ない,冬季の陸水学的性状の一部を明らかにした(今村・菊池・堀 1962, 菊池・今村 1963)。さらに夏季におけるダム湖の性状を冬季のそれと比較するため,1962年8月7~9日にわたって調査を行なった。調査内容は,水温・溶存酸素などの物理・化学的条件とプランクトン・ベントスなどの生物学的条件であったが,本報告では物理・化学的調査結果を扱い,プランクトン・ベントスについては,別に報告する。

調査にあたっては建設省関東地方建設局五十里ダム管理所所長今関三郎氏およびそのたの方々の御好意ある取り計らいを受けた。また茨城大学学生前田成一君の協力を得た。これらの方々に心から感謝の意を表します。

2 調 査 方 法

調査にあたっては,8調査地点(Fig. 1)を設け,1962年8月7~9日の午前9時から午後4時までの間に調査を行なった。水深測定は特別に行なわなかったが,底層の水温測定,採水,プランクトン採集などの際に水深測定をかねた。水温は東邦電探のET-3型電気水温計を使用し,1m毎に測定した。水色はForelおよびUleの水色標準液,透明度はSecchiの白板によった。水質調査のための採水は,3m毎にEkman転倒採水器で行ない, pHは比色法,塩素イオンはMohrの銀滴定法,溶存酸素はWinkler法によった。溶存酸素の固定は採水後直ちに行ない,上陸後,ダム管理所において塩素イオンとともに滴定した。なお,調査地点での舟の固定はアンカーによった。

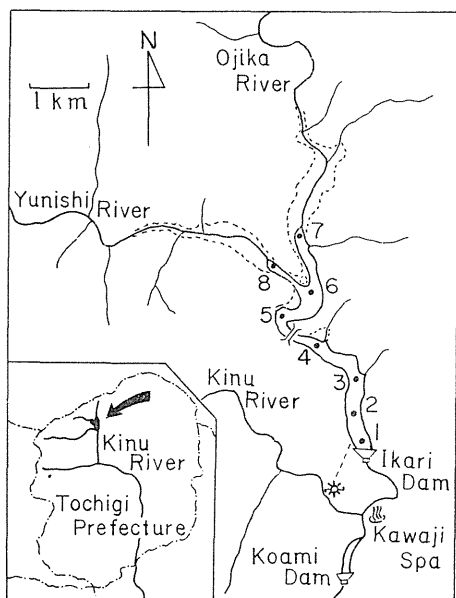


Fig. 1. Map of the stations surveyed. The dotted lines indicate the shore lines of the reservoir in winter of 1961, on which day we had first surveyed.

3 調査結果

水位および水深 調査期間中の水位はダム管理所調査によれば、Table 1のごとく海拔約573 mである。五十里ダム湖の6月15日から8月14日までの夏季制限水位は578 mであるから、それより5 m低い。1日の水位変化は、午前6時から午後6時までの間に約30 cm低下し、夜間に約5 cm上昇する。調査地点のうち最大水深はダムゲート前の St. 1で61 mであった (Table 2)。これより上流に向かって次第に浅くなり、St. 5で6 m、湛水域の上限に近い Sts. 7, 8で最も浅く1 m前後となっている。Sts. 7, 8のすぐ上流において前回調査時に湖底であった所が露出している。

Table 1. Water levels in Ikari Reservoir during the survey (Quoted from the data by the Ikari Dam Control Office).

Date	Aug.	6	7	8	9	10
a.m. 6.00		573.88	573.65	573.40	573.14	572.86
9.00		573.84	573.62	573.37	573.10	572.83
12.00		573.78	573.55	573.30	573.02	
p.m. 3.00		573.68	573.45	573.19	572.91	
6.00		573.60	573.36	573.09	572.82	
12.00		573.59	573.35	573.08	572.81	

Table 2. Some physical results at each station.

Station	Date	Time	Weather	Air temperature(°C)	Depth (m)	Transparency (m)	Forel's & Ule's scale (No.)
1	Aug. 7	a.m. 9.32	Clear	25.2	61	2.25	8
2	7	p.m. 2.10	Cloudy	29.5	45		8
3	8	a.m. 11.47	Clear	30.1	41	2.45	8
4	9	p.m. 1.15	Cloudy	29.2	22	2.30	14
5	9	p.m. 0.18	Cloudy	28.9	6	1.75	14
6	9	a.m. 9.40	Cloudy	26.2	3	1.90	8
7	9	a.m. 11.00	Cloudy	30.2	1.1		15
8	9	a.m. 10.30	Cloudy	29.6	0.8		15

透明度 Secchi の白板による透明度は最大2.45 m、最小1.75 mであった (Table 2)。Sts. 7, 8は浅く湖底まで透視された。水深の大きい Sts. 1~4において透明度が大きい傾向がある。

水色 Sts. 1~3および St. 6における水色は Forel's No. 8であり、そのたは Ule's Nos. 14, 15であった (Table 2)。

水温 測定結果を Table 3 および Fig. 2 に示す。ダムゲート前の St. 1では湖面から水深5 mまで約25°C、水深30 m以深で5~6°Cとなっており、その間、水温は大きく下降する。したがって、水深5 mまでが表水層、5~30 mが水温躍層、30 m以深が深水層であるとみなされる。しかし、水温躍層が21°Cおよび15°Cの水によって三分されていることに注目しなければならない。St. 2は St. 1とほぼ同じ傾向を示している。Sts.

3, 4 では表水層と第 1 躍層との区別は, Sts. 1, 2 のように明確ではない。Sts. 5~7 の表面水は約 25°C , 湖底で約 20°C となっており, St. 8 は湖面・湖底ともに約 20°C である。湯西川の水温は 21°C (8月11日午前9時25分)であったから, 流入水は湖底を通過して St. 5 付近まで流れ, さらに密度流となって St. 1 まで達するものと考えられる。

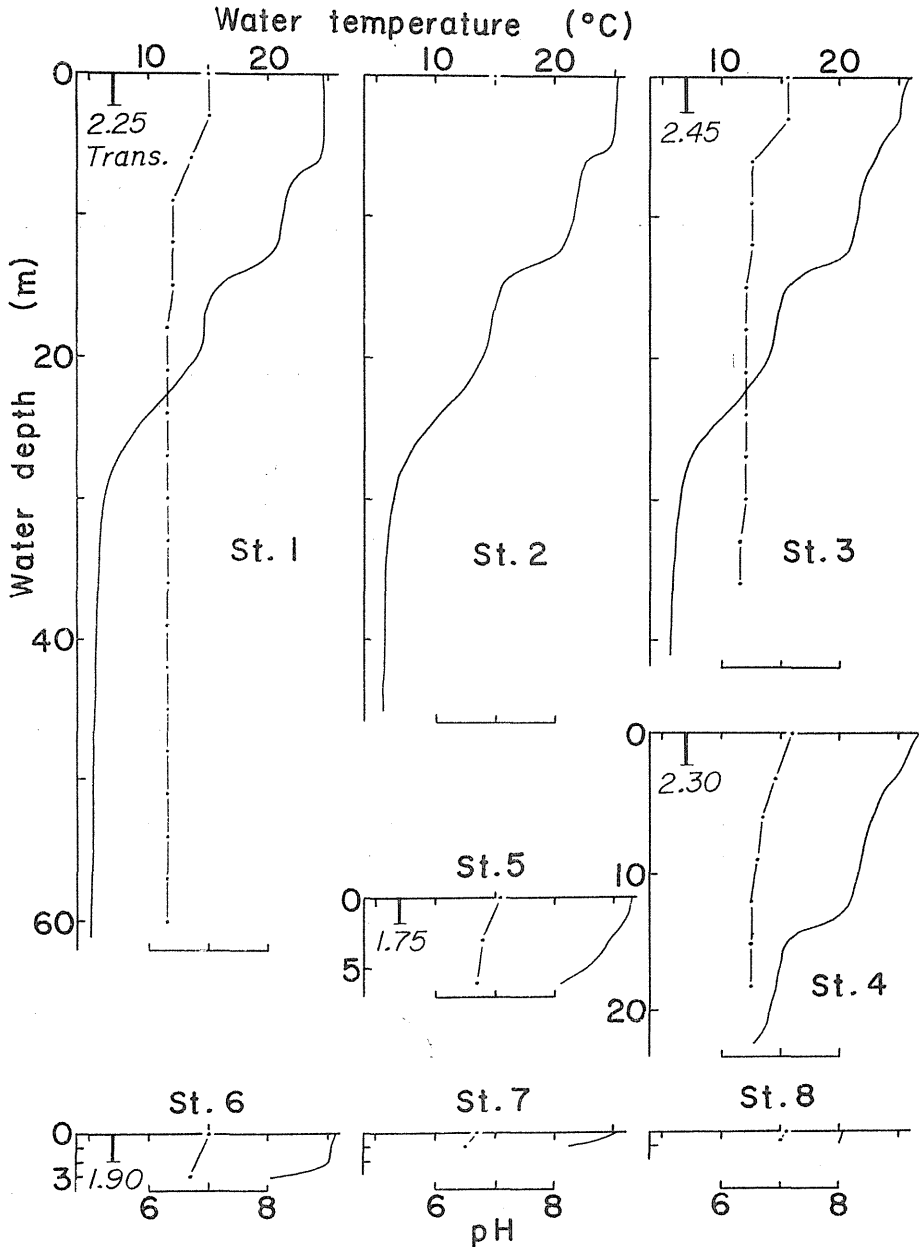


Fig. 2. Graphs of the vertical distribution of water temperature and pH-value.

- : water temperature
- - - : pH-value
- Trans. : transparency

Table 3. Vertical distribution of water temperature at each station (in °C).

Depth (m)	Station							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0.1	24.61	25.31	25.88	26.78	26.47	25.63	25.05	20.30
1	24.61	25.20	25.41	26.06	26.37	25.25	21.19	20.10*
2	24.61	25.02	25.10	25.49	25.56	25.15		
3	24.61	25.00	25.02	24.85	24.54	20.19		
4	24.61	24.90	24.13	23.83	23.77			
5	24.51	24.63	23.35	23.26	22.37			
6	24.27	22.76	22.86	22.66	20.45			
7	22.46	22.32	22.19	22.37				
8	21.78	21.92	21.83	21.97				
9	21.53	21.68	21.65	21.70				
10	21.19	21.43	21.43	21.51				
					Depth (m)	Station		
						1	2	3
11	20.99	21.09	21.19	21.17	41	5.58	5.62	5.72
12	20.60	20.74	20.82	20.87	42	5.55	5.59	
13	19.90	19.40	19.70	19.70	43	5.52	5.58	
14	17.46	16.59	16.80	16.75	44	5.49	5.59	
15	15.93	15.46	15.53	15.57	45	5.48	5.54	
16	15.01	14.95	14.99	15.09	46	5.44		
17	14.75	14.70	14.70	14.78	47	5.40		
18	14.59	14.49	14.54	14.64	48	5.40		
19	14.39	14.29	14.29	14.29	49	5.36		
20	13.98	13.83	13.87	14.00	50	5.30		
21	13.17	13.17	13.19	13.48	51	5.28		
22	12.16	12.43	12.22	12.70	52	5.22		
23	11.06	11.31	11.36		53	5.22		
24	10.00	10.15	10.11		54	5.20		
25	9.04	9.13	8.90		55	5.20		
26	8.09	8.28	7.99		56	5.20		
27	7.39	7.61	7.34		57	5.19		
28	6.85	6.94	6.94		58	5.19		
29	6.47	6.57	6.61		59	5.19		
30	6.26	6.32	6.46		60	5.19		
31	6.09	6.18	6.28		61	5.20		
32	5.99	6.08	6.17					
33	5.89	5.98	6.03					
34	5.84	5.84	5.98					
35	5.78	5.79	5.96					
36	5.71	5.79	5.89					
37	5.69	5.78	5.81					
38	5.67	5.71	5.78					
39	5.61	5.69	5.76					
40	5.59	5.64	5.73					

* at the depth of 0.8 m

pH 測定結果を Table 4 および Fig. 2 に示す。湖面における pH は、男鹿川の流れこむ St. 7 での 6.7 を除き、すべて 7.0~7.2 であった。St. 1 では水深 0~3 m で 7.0、水深 9 m から 6.4 になり、水深 18 m 点で 6.3 になって底層まで一定している。ほかの地点でも、程度の差はあるが、深くなるにつれて pH 値は低くなっている。

Table 4. Vertical distribution of pH-value at each station.

Station Depth (m)	1	2	3	4	5	6	7	8
Surface	7.0	7.0	7.1	7.2	7.1	7.0	6.7	7.1
3	7.0		7.1	6.9	6.8	6.7	6.5*	7.0**
6	6.7		6.5	6.7	6.7			
9	6.4		6.5	6.6				
12	6.4		6.5	6.5				
15	6.4		6.4	6.5				
18	6.3		6.4	6.5				
21	6.3		6.4					
24	6.3		6.4					
27	6.3		6.4					
30	6.3		6.4					
33	6.3		6.3					
36	6.3		6.3					
39	6.3							
42	6.3							
45	6.3							
48	6.3							
51	6.3							
54	6.3							
57	6.3							
60	6.3							

* at the depth of 1m

** at the depth of 0.5m

塩素イオン 最大 6.6 mg/L, 最小 3.4 mg/L の値が得られた。塩素イオン量が数 mg/L の場合、Mohr 法では正確な値が得られないためくわしい測定値は省略したが、特に異常は認められなかった。

溶存酸素 採水器の一時的故障のため Sts. 1, 2 では表面水のみ測定した。溶存酸素量と飽和度を Table 5 に、溶存酸素量と飽和量を Fig. 3 に示す。なお、飽和量・飽和度は湖面水位 573 m として高度補正を行なった。表面水の溶存酸素量は Sts. 2~6 で飽和量よりもやや多くなっており、それ以外の地点でも 90% 以上となっている。St. 3 では水深 3 m 以浅で 5 cc/L, 90% 以上、6 m 以深で 4.5 cc/L 前後であるが、飽和度は次第に小さくなり、30 m 以深で約 50% となっている。したがって底層でも無酸素状態に近い値は得られなかった*。

* 舟の固定はアンカー 1 個で行なったため測定時に舟は多少移動する。水温測定時の湖底水深は 41 m であったが、採水時には 38 m で採水器に泥が入った。したがって水深 36 m で湖底に近いと考えてよい。

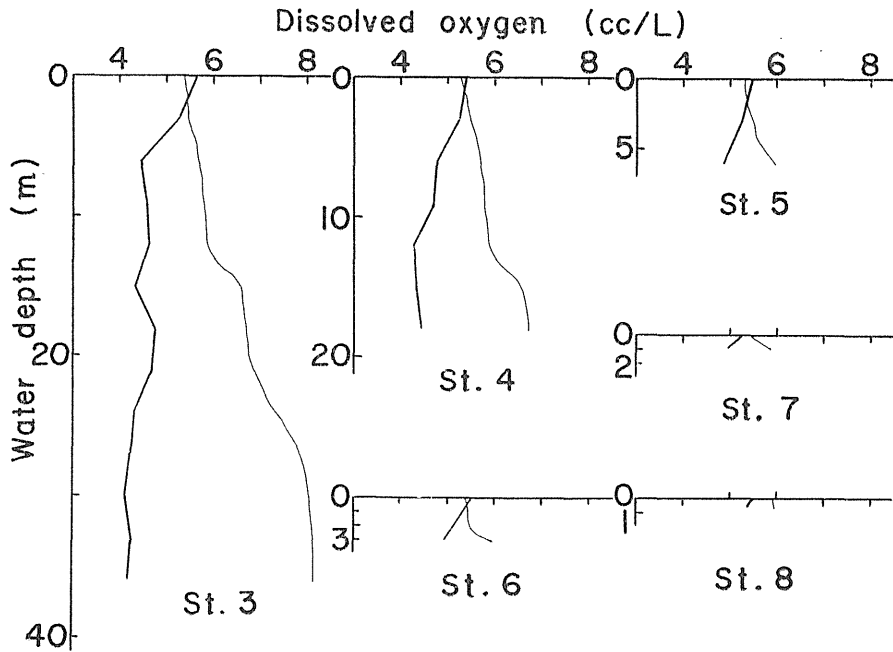


Fig. 3. Graphs of dissolved oxygen contents.
 thick lines : dissolved oxygen contents
 thin lines : oxygen saturation curves

Table 5. Vertical distribution of dissolved oxygen contents at each station.

Depth (m)	Station	1		2		3		4	
		cc/L	%	cc/L	%	cc/L	%	cc/L	%
Surface		5.27	95.9	5.57	102.7	5.63	104.9	5.39	102.5
3						5.28	96.9	5.26	96.3
6						4.45	78.6	4.77	84.0
9						4.59	79.4	4.70	81.3
12						4.62	78.6	4.28	72.9
15						4.32	66.1	4.33	66.3
18						4.78	71.6	4.44	66.7
21						4.69	68.3		
24						4.31	58.5		
27						4.24	54.0		
30						4.13	51.4		
33						4.27	52.7		
36						4.20	51.5		

Continued Table 5.

Depth (m)	Station	5		6		7		8	
		cc/L	%	cc/L	%	cc/L	%	cc/L	%
Surface		5.46	103.0	5.50	102.0	5.26	96.7	5.46	92.1
3		5.25	95.5	4.91	82.5	4.92*	84.4	5.37**	90.1
6		4.84	81.9						

* at the depth of 1m

** at the depth of 0.5m

4 考 察

前回調査時（1961年12月）における湖面水位は585 m，ダムゲート前 St. 1 の水深は81 mであり，本調査では同点で水位573 m，水深61 mであった。St. 1 はできるだけ前回調査時と同一地点になるよう努力したが，ある程度の位置のずれはまぬがれない。ゲート前の湖底は，かつてせまい男鹿川の谷筋と道路にあたっており，調査地点のわずかのずれによる湖底の起伏は大きいと考えられる。したがって，前回とくらべて，水位差を差引いた水深10 mの喰い違いは，8ヶ月間の湖底堆積によって浅くなったのではなく，調査地点のずれによるものと考えられる。

ダム湖の湛水域上限は，冬にくらべて著しく下流に移動している。水量は別としても，前回調査時の湖面積の約1/2の湖底が露出している。このことは，人工湖における生物，とくに魚類の生産に大きな影響がある。8月11日に St. 8 近くの露出湖底にできた pool にウグイとヨシノボリがいるのを観察したが，この水がなくなる前に大きな増水がなければこれらの魚は死んでしまうであろう。

透明度は'61年冬と比較して30~50 cm低くなっている。水色は前回，Forel's No. 8~11であって調査地点によって少しづつ違っていたのに対し，'62年夏には Forel's No. 8 と Ule's Nos. 14, 15 の二つにはっきりとわかれていた。Ule's Nos. 14, 15 を示す地点はいずれも，湖底露出部に近いことから，湖底泥の影響によるものと考えられる。

一般に湖沼では夏季に水温成層し，表水層と深水層の間に水温躍層がみられる。しかし，水温躍層が複数見られる例は少ない。五十里ダム湖の8月の水温分布は，Fig. 2 に示すごとく，Sts. 1 および 2 において水温躍層が明らかに三分されている。石橋⁴⁾は五十里ダム湖湛水の1年後の1957年にくわしい水温調査を行ない，6月，7月に水温躍層がはっきりと二分していることを示している。しかし8月のゲート前の水温分布は，むしろ今回調査の St. 3 に近い型を示している。東京農地事務局⁸⁾による五十里ダム湖の1960，1961年の調査結果も躍層が二分されている。石橋は，第1と第2躍層の間の等水温層の高さに発電用取水口があること，流入水温と，この等水温層の水温が相応することから，流入水が密度流となって取水口に直行しているため，このような等水温層ができるとしている。1962年8月の調査時の発電取水口は水深13 m，コンジットゲートは水深28 mの位置にある。したがって第1と第2躍層間の等水温層は，発電用取水口の位置に近いが，第2と第3躍層の間の等水温層とコンジットゲートとの関連は不明である。

津田ほか⁹⁾は坂本ダム湖で8月に，2~5 m，30~40 mの2ヶ所に水温躍層を認め非常に興味あるとしている。また樋口²⁾による湯原湖の9月の水温測定結果は水温躍層が三分

されている傾向があり、本調査結果とやや似た現象を示している。ダム湖の場合、湖面積に比較して流入水量が多く、深いこと、放水量が一定しないこと、放水口の位置などの関係から、天然湖沼と異なった温度成層をなすことは考えられることである。躍層分断の原因を正しくとらえるためにはこのような多くの条件を考慮して長期間の測定を行なう必要がある。

石橋はさらに水温躍層が6月から9月にかけて次第に深層に移動していることを指摘している。1961年冬の躍層はきわめて小さいが水深 60 m 付近にあり、1962年夏の躍層よりもはるかに深層にある。これは石橋の指摘と一致する。なお、冬の深水層水温は夏のそれよりも約1°C高くなっている。躍層の下降にともなってダム湖内の水温の平均化が進んだためであろう。

表面水の pH は St. 7 を除いて冬よりも高くなっている。1961年12月の St. 11 は男鹿川流入部にあつて、他の調査地点より pH 値が低く、プランクトン構成が全く異なっていた⁶⁾。1962年8月の St. 7 は位置こそ違つうがやはり男鹿川流入部にあつて、pH が他の地点よりもはるかに小さい。このようなことから、男鹿川の水質と湯西川の水質が異なっていると推測される。

溶存酸素量は、表面水で100%前後、底層水で50%程度であつて無酸素状態は認められない。このことは、荒沢湖¹⁾、湯原湖²⁾、糠平湖⁵⁾、相模湖⁷⁾、などの人工湖の7~8月の状態と同様な傾向を示している。

文 献

- 1) 阿部 襄・村井貞彰・高橋永治 1960: 荒沢ダム人造湖利用に関する基礎調査(第1報)湖水の物理的環境及びプランクトンの消長について. 山形大学紀要(農学), 3: 345-368.
- 2) 樋口昌三 1960: 湯原湖の陸水学的研究(第1報). 陸水雑, 21: 87-98.
- 3) 今村泰二・菊池昶史・堀 義彦 1962: 五十里ダム湖の冬季における陸水学的研究, 主として水温分布と成層について. 茨城大学文理紀要(自然科学), 13: 23-30.
- 4) 石橋 豊 1958: 五十里貯水池の夏季水温について. 宇都宮大学農学部「学術報告」, 4: 99-104.
- 5) Kawamura, T. 1960: Plankton Succession of Lake Nukabira, an Artificial Lake in Hokkaido, for Five Years after being impounded. Jap. Jour. Limnol., 21: 151-164.
- 6) 菊池昶史・今村泰二 1963: 五十里ダム湖の冬季プランクトン. 茨城大学文理紀要(自然科学), 14: 31-40.
- 7) 白石芳一・徳永英松・吉田能久・北森良之助 1953: 人工湖相模湖の陸水学的研究(1949~1950). 淡水研報, 2: 31-54.
- 8) 東京都農地事務局資源課 1960-1961: 河川水温調査報告書鬼怒川水系五十里ダム, 昭和35年度・昭和36年度.
- 9) 津田松苗・渡辺仁治・村戸久平 1962: 奈良県上北山村坂本ダム湖の調査結果. 淡水生物, 8: 16-17.