

黒部湖（夏季）におけるプランクトンの種類構成と現存量

安田 郁子・新村 行雄*・浦谷 一彦*

(短期大学部 環境工学科、*富山県公害センター)

1. はじめに

黒部湖は黒部川上流部の御前沢（標高1448m）にアーチ式ドーム越流型ダムを築造してつくられた、細長い形の巨大な人工湖である。1960年1月にダムの一部湛水が開始され、1963年6月に竣工された。その水は最大出力335,000 kw の発電力をもつ黒部川第四発電所に供給されている。黒部湖の最深部はダムサイトにあり、最大水深は満水時の135m¹⁾、平均水深は51m²⁾である。

黒部湖のプランクトンについては、津田³⁾、田中⁴⁾、稲垣ほか⁵⁾、田中・富永⁶⁾による報告がみられるが、プランクトンに関する定量的な調査資料は少ない。とくに、植物プランクトンに関する定量的調査は1973年

8月に一度行われたのみである。

ダム完成後25年の1988年8月、富山県公害センターによる黒部湖の水質調査が行われるのに際して同行の機会を得たので、とくに植物プランクトンに重点をおいてプランクトンの調査を行った。その結果、若干の知見を得ることができたので報告する。

2. 方 法

2-1. 調査地点および時期

調査地点は第1図に示したとおり、湖中央部（A地点）とダムサイト付近（B地点）の2地点である。

1988年8月30日、湖中央部は10:30から11:30にかけて、ダムサイト付近は12:30から13:30にかけて調査を行った。調査の当日、前日ともに晴天であった。

2-2. 水質調査方法

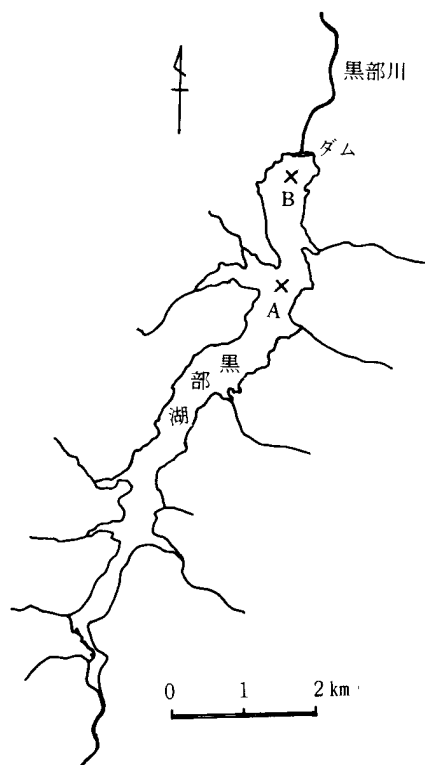
物理化学的環境要因については、12項目が同時に調査されたが、本報では、水温、pH、透明度、クロロフィルa、全窒素、全燐の結果について述べる。

水温は電気温度計、pHは比色法により現場で測定した。クロロフィルaはアセトン抽出法により、全窒素と全燐については、各々、高圧蒸気滅菌器中でペルオキシ二硫酸カリウムによる分解後、全窒素はカドミウム・銅カラム法、全燐はモリブデン青法によって測定した。

2-3. プランクトンの採集および計数方法

動物プランクトンは、湖中央部（A地点）において網地No.25の閉鎖式定量用プランクトンネットを用いて、水深0~5m、5~10m、10~20m、20~30m、30~50mの各層を採集し、ホルマリンで固定した。植物プランクトンは、湖中央部（A地点）とダムサイト（B地点）において、0m、5m、10m、20m、30m、50mの各水深ごとにバンドーン式採水器により採水し、100mlをサンプルとしてルゴール溶液で固定した。

動物プランクトンの各サンプルは8~10mlに濃縮し



第1図 調査地点

た後、よく攪拌して2 mlを settling chamber にとり、倒立顕微鏡を用いて種ごとに計数した。各種の大きさや量に応じて適宜200倍または100倍の倍率で chamber の直径または chamber 全体の中の数を集めた。植物プランクトンについては、各サンプルをよく攪拌して適量を setting chamber にとり、倒立顕微鏡を用いて種ごとに計数した。この場合も各種の大きさや量に応じて適宜300倍または150倍の倍率で chamber の直径または chamber 全体の中の数を集めた。また、ネット採集でのみ得られた植物プランクトンについては、動物プランクトンと同様の方法で計数を行った。そのうち、*Eudorina* と *Pandorina* については群体数をかぞえたが、さらに、それぞれ20群体の平均細胞数を算出し、それらから1 lあたりの細胞数を計算した。

いずれのプランクトンについても表層から水深50mまでの採集結果であるが、過去の調査資料^{4) 6)}によれば、50m以深においてはプランクトンが極めて少なく、さらにクロロフィル a の垂直分布⁶⁾からみて、植物プランクトンは20m以深で急激に減少すると推測されることなどから、本調査結果によりプランクトンの種類構成や現存量を知ることは充分可能であると考えられる。

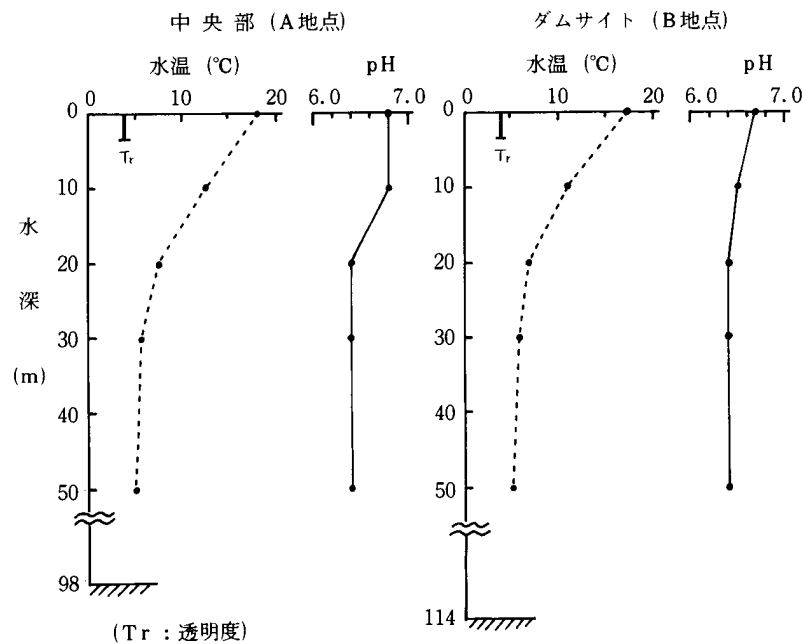
3. 結果と考察

3-1. 環境条件

水温、pH の垂直分布および透明度を第2図に示した。

水温の垂直分布からわかるように、表層水温は約18°Cで、水深20mでは7°C前後、水深50mでは約5°Cである。水深20m位までが変水層、20m以深が深水層となっており、停滞期であることがわかる。ただし、0mと10m間の水温測定を行っていないため表水層は明らかではない。

pH はやや低い値を示しており、表層でも6.7 (ダムサイト)、6.8 (中央部) であり、水深20~50mの層では6.4である。吉村⁷⁾によれば、「湖の深層では有機物が分解されて炭酸が生じるので、日本の多くの湖沼のように緩衝作用の小さい湖では微酸性となる。」といわれている。実際に他の湖沼、例えば富山県内の有峰湖¹⁾や、藤ヶ池⁸⁾、子撫川ダム湖⁹⁾では深層水の pH 値は6.0~6.5の範囲にあり、いずれも微酸性である。さらに他の地方においても同様の現象を示す湖沼は数多く存在する^{7) 10) 11) 12) 13)}。これらのことから考える



第2図 調査地点の水温、pH および透明度

第1表 全窒素、全燐の濃度

採水年月日		1988. 8. 30			
地 点		中央部 (A地点)		ダムサイト(B地点)	
水深	水質項目	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)
	0m		0.19	0.004	0.10
10m		0.13	0.005	0.12	0.005
20m		0.16	0.004	0.14	0.004
30m		0.17	0.006	0.15	0.004
50m		0.17	0.005	0.19	0.004

と、黒部湖の深水層のpH値6.4はとくに低い値ではない。一方、表層水のpH値は通常、植物プランクトンの光合成によりアルカリ性の側に傾くが、植物プランクトンの量やその活性度によりpH値の上昇の程度は異なる。黒部湖の場合、晴天時の表層でも6.7~6.8である。これは植物プランクトンの量が少ないこと(後述)によるところが大きいと考えられる。

透明度はダムサイトで3.5m、湖中央部では3.3mである。湛水当初、1963年10月においては透明度が9.5m³であったが、1973年8月にはすでに約3m⁵になっている。

全窒素、全燐は第1表に示したように、どの水深においても、いずれも極めて小さい値である。

3-2. プランクトンの種類構成と現存量

(1) 動物プランクトン

湖中央部(A地点)における動物プランクトンの種類構成と現存量を第2表に示した。

輪虫類の*Synchaeta* sp. や *Polyarthra trigla* が最も多く、0~5m層では1ℓ中、各々、約30個体存在している。また、甲殻類の *Bosminm longirostris* も多い。

動物プランクトンについては、1973年8月⁴⁾⁵⁾及び1984年8月⁶⁾の調査資料がある。それらの結果の一部を第3表に示した。いずれの調査においても水深0~5mの層に最も動物プランクトンが多いので、第3表には水深0~5mの層の結果を引用した。本調査では輪虫類の *S. sp* や *P. trigla* が大部分を占めていたが、このような種類相や量は1984年8月の調査結果と同様であり、1973年8月のものとはやや異なっている。動物プランクトンの全個体数は、1973年8月当時よりも本調査時の方が多くなっている。しかし、種類による体積の違いを考慮すると、それほど大きな増加ではないと考えられる。

第2表 動物プランクトン

採 集 年 月 日		1988. 8. 30				
地 点		中 央 部 (A 地 点)				
s p.	水深 (m)	0~5	5~10	10~20	20~30	30~50
(根足虫類)						
<i>Difflugia</i> sp.		3.5	6.8	0.25	0.20	0.12
(繊毛虫類)						
<i>Tintinnopsis</i> sp.			0.20		0.01	
(輪虫類)						
<i>Synchaeta</i> sp.		26	7.2	2.1	0.50	0.89
<i>Polyarthra trigla</i>		32	4.4	0.50	1.2	0.74
<i>Keratella quadrata divergens</i>		0.02	0.02	0.12	0.01	
<i>Anuraeopsis fissa</i>				0.25		
(甲殻類)						
[枝角亜目]						
<i>Daphnia longispina</i>		0.02				
<i>Bosmina longirostris</i>		1.3	0.16		0.01	
<i>Scapholeberis mucronata</i>					0.01	

(単位: 個体数/ℓ)

第3表 動物プランクトンにおける過去の資料(田中⁴⁾、田中・富永⁶⁾)との比較

採集年月日	1973年 8月12日 ⁴⁾				1984年 8月28日 ⁶⁾	1988年 8月30日
	ダムサイト		中央部付近		ダムサイト	中央部 (A地点)
水深(m)	0~1	1~5	0~1	1~5	表層	0~5
全個体数/ℓ	0.43	0.88	0.27	1.03	50	63
主な種類	(輪虫類) <i>Asplanchna</i> (甲殻類) <i>Scapholeberis</i> <i>Ceriodaphnia</i>	(輪虫類) <i>Asplanchna</i> (甲殻類) <i>Ceriodaphnia</i>	(輪虫類) <i>Asplanchna</i> (甲殻類) <i>Scapholeberis</i>	(輪虫類) <i>Asplanchna</i> (甲殻類) <i>Ceriodaphnia</i> <i>Bosmina</i>	(輪虫類) <i>Synchaeta</i> <i>Polyarthra</i>	(輪虫類) <i>Synchaeta</i> <i>Polyarthra</i>

第4表 植物プランクトン

採集年月日	1988. 8. 30.													
	s p.	水深(m)	中央部(A地点)						ダムサイト(B地点)					
0			5	10	20	30	50	0	5	10	20	30	50	
(藍藻類)														4*
<i>Aphanocapsa kordersi</i>														
(黄色鞭毛藻類)														
<i>Ochromonas</i> sp.	840	740	840	1100	1400	340	1700	760	610	1200	1500	260		
<i>Dinobryon sertularia</i>	75	180	48		48		550	64		15				
<i>Mallomonas</i> sp.	3	32												
(珪藻類)														
<i>Rhizosolenia longiseta</i>	48	16	16					32						
<i>Cyclotella</i> sp.								1						
<i>Asterionella formosa</i>	4	6	29	6	1		11	21	23	11	6	1		
<i>Synedra radians</i>	48	16	16	5	1	16	16	48	80	32				
S. sp.			16											
(渦鞭毛藻類)														
<i>Peridinium</i> sp.	7	9	4	2	1		16	16	1	1				
(褐色鞭毛藻類)														
<i>Cryptomonas</i> sp.	4	6		1	4	2	4	2	1	3	2	1		
(緑藻類)														
<i>Tetraedron minimum</i>							16							
全細胞数に対して <i>Ochromonas</i> sp. の細胞数が占める率 (%)	81.6	73.6	86.7	98.7	96.2	95.0	73.5	80.6	85.3	95.1	99.5	97.7		

(単位: 細胞数/ml, * ; 群体数/ml.)

(2) 植物プランクトン

湖中央部 (A地点) 及びダムサイト (B地点) における植物プランクトンの種類構成を第4表に示した。

優占種は黄色鞭毛藻類の *Ochromonas* sp. である。

次いで *Dinobryon sertularia* が目立つ。1 ml あたりの細胞数が1000を超えているのは *O. sp.* のみであり、*D. sertularia* は多い層でも 1 ml あたり、550細胞、他の種類は 1 ml あたり10~100、あるいは10未満の細胞数である。

植物プランクトンの垂直分布の状態も第4表からわかる。中央部、ダムサイトともに、水深30m位までは全細胞数は 1 ml あたり1000前後であり、細胞数が最も多いダムサイトの表層においても 1 ml 中の全細胞数は2300程度である。どの水深においても *O. sp.* の占める率は高く、水深0~10mの間では74~87%、20~50mでは95%以上である。深くなるほど *O. sp.* の占める率が高いのは、20m以深では他の種類、すなわち *D. sertularia* や珪藻類が極端に少なくなるのに対して *O. sp.* は水深50mまで減少せず、その50mの深さにおいてもなお 1 ml あたり300前後の細胞数を保持していることによる。

クロロフィル a の濃度を示した第5表においても、植物プランクトンの垂直分布とよく似た傾向が認められ、ダムサイトの表層で最も多く水深20mからやや減少し、50mでは0.5 $\mu\text{g}/\ell$ 未満と極めて少なくなっている。

第5表 クロロフィル a の濃度

採水年月日	1988. 8. 30.	
地点	中央部(A地点)	ダムサイト(B地点)
(水深) 0m	1.7 $\mu\text{g}/\ell$	3.4 $\mu\text{g}/\ell$
10m	1.6	1.4
20m	1.1	1.1
30m	0.8	1.3
50m	<0.5	<0.5

さらに、プランクトンネットによる採集サンプル中にしかみられなかった植物プランクトンもあった。これらを第6表に示した。有鞭毛の緑藻、*Pandorina morum* や *Eudorna elegans* が主要な種類である。しかし、量的には少なく、最も多い水深0~5mの層でも 1 ℓ あたり、100~200細胞数である。

一方、過去における植物プランクトンの定量的調査資料 (1973年8月) と本調査結果との比較を第7表に示した。1973年の調査報告⁴⁾⁵⁾ においては、植物プランクトンとして *Dinobryon sertularia* が記録されている。本調査で得られた植物プランクトンは、ネット採集でのみ得られた種類も含めると、全部で21種類であるが、このうち、*D. sertularia* 以外は全て黒部湖では未記録種である。ただし、1973年当時と本調査とはサンプルの固定方法や計数方法などが異なるため、当

第6表 ネット採集でのみ得られた植物プランクトン

採集年月日	1988. 8. 30				
地点	中 央 部 (A地点)				
s p. \ 水深 (m)	0~5	5~10	10~20	20~30	30~50
(珪藻類)					
<i>Tabellaria fenestrata</i>		0.06	0.75	0.10	0.50
<i>T. flocculosa</i>		0.32	0.50		
(渦鞭毛藻類)					
<i>Peridinium willei</i>	2.5	0.06		0.04	
<i>Ceratium hirundinella</i>	1.0	0.04			
(緑藻類)					
<i>Pandorina morum</i>	120(7.5*)	45(2.8*)	12(0.75*)	4.8(0.30*)	6.9(0.43*)
<i>Eudorna elegans</i>	180(8.0*)	92(4.0*)	46(2.0*)	18(0.80*)	51(2.2*)
<i>Oedogonium</i> sp.				0.28	
<i>Mougeotia</i> sp.	4.0	1.1	0.62	1.7	0.37
<i>Staurastrum asterias</i>	0.5				

(単位: 細胞数/ ℓ , *; 群体数/ ℓ)

第7表 植物プランクトンにおける過去の資料(田中⁴⁾)との比較

採集年月日	1973年 8月12日 ⁴⁾				1988年 8月30日			
	ダムサイト		中央部付近		ダムサイト		中央部	
水深(m)	0~1	1~5	0~1	1~5	0	5	0	5
Dinobryon の細胞数/ml	0.077	0.094	0.063	0.10	550 (2300)	64 (940)	75 (1000)	180 (1000)
主な種類	Dinobryon	Dinobryon	Dinobryon	Dinobryon	Ochromonas Dinobryon	Ochromonas Dinobryon	Ochromonas Dinobryon	Ochromonas Dinobryon

() 内の数字は1ml中の植物プランクトン全細胞数を示す。

時と本調査時との間で各種の存在や量の比較をすることは妥当ではない。例えば、本調査で優占種であった *Ochromonas* sp. は湖沼にはごく普通に出現する種類である⁹⁾¹⁴⁾¹⁵⁾が、ホルマリン固定をすると観察できなくなる。しかし、*Dinobryon* に関してはホルマリン固定(1973年の固定方法)でも充分観察可能である。したがって、第7表においては *Dinobryon* の細胞数のみを比較した。*Dinobryon* の細胞数は、1973年8月当時よりも本調査時における方が1000~5000倍ほど多くなっている。本調査時でも植物プランクトンの細胞数は多くなく、*Dinobryon* の細胞数も1mlあたり1000に満たず少ない。それが15年の間にかなりの増加があった結果であるということは、1973年当時は植物プランクトンがいかに少なかったかということを示唆している。

3-3. プランクトンからみた黒部湖の湖沼類型

湖水の栄養度は主に植物プランクトンによって知ることができる。ネット採集によってのみ得られた植物プランクトンの中に *Eudorina elegans* や *Pandorina morum* が主要種としてみられた。両種とも好腐水性であり、*E. elegans* が大量発生し両者が共存すればその水域はβ-中腐水性(栄養的には富栄養の水質)であるといわれている¹⁶⁾。したがって、これらの種類が湖水の富栄養を指標するのは大発生する時であると考えられる。本調査時、両種は1ℓあたり約0.1~0.2の細胞数で、植物プランクトンの全細胞数、1mlあたり1000~2000と比べるとごくわずかである。*Eudorina* や *Pandorina* の細胞の体積は約500~2000 μm^3 (実測値)であるのに対して、植物プランクトンの大部分を占める *Ochromonas* の体積は約100 μm^3 (実測値)であるということを考慮してもなお、全植物プランクトンに対する *Eudorina* や *Pandorina* の量的割合はかなり小さい。したがって、黒部湖の湖沼類型を考える際、ネット採集でのみ得られた植物プランクトンについては、考慮

しなくてもよいと考えられる。

その他の植物プランクトンにおいては、すでに述べたように、どの水深においても優占種は黄色鞭毛藻類の *Ochromonas* sp. である。*Ochromonas* は光合成を行う以外にファゴサイトシス(細菌などの粒状物質を摂食すること)も行うことが報告されている¹⁷⁾¹⁸⁾。また、同じ黄色鞭毛藻類の *Dinobryon* においてもファゴサイトシスが報告されている¹⁸⁾。*Dinobryon* は黒部湖では *Ochromonas* の次に多い種類である。すなわち、黒部湖では植物プランクトンの優占種や亜優占種は光合成以外にファゴサイトシスも行うことのできる種類であり、珪藻類の *Rhizosolenia* などのように光合成のみによって増殖する種類は少ない。このことは湖水に栄養塩類が極めて少ないことを示唆しており、黒部湖は代表的な貧栄養湖であると考えられる。

また、全窒素や全磷の濃度(第1表)も植物プランクトン相から推察される状況を裏付けている。

4. まとめ

黒部湖のプランクトンについては、これまでに定量的な調査資料が少なく、とくに植物プランクトンに関しては極めて少ない。プランクトン(とくに植物プランクトンに重点を置いて)の種類構成と現存量を明らかにすることを目的に、1988年8月に調査を行った。その結果、以下の点が明らかになった。

- (1) 環境要因としてのpH値はやや低い。これは大部分植物プランクトンが少ないことに起因していると考えられる。
- (2) 動物プランクトン(湖中央部)においては輪虫類の *Synchaeta* sp. と *Polyarthra trigla* が主要構成種である。これらの種類相および動物プランクトンの全個体数は1984年と同様であるが、1973年とは異なっている。

- (3) 植物プランクトンにおいては、ネット採集でのみ得られた種類も含めると、全部で21種類の出現がみられた。このうち、*Dinobryon sertularia* 以外の種類は全て黒部湖では未記録種である。
- (4) 植物プランクトンの全細胞数は1 ml中1000~2000であり、そのうちの74~99%を黄色鞭毛藻類の *Ochromonas* sp. が占める。
- (5) 珪藻類は非常に少なく、多い層でも1 ml中の細胞数は約100である。
- (6) ネット採集でのみ得られた種類の中に、富栄養湖で多産する *Eudorina* と *Pandorina* がみられた。しかし、それらの細胞数は1 lあたり100~200 (水深0~5 m層) でごくわずかな量であるため、富栄養の指標にはならないと考えられる。
- (7) 植物プランクトンの種類構成と現存量から考えて、黒部湖の湖水は極めて貧栄養である。
- 6) 田中晋、富永典子 (1987) : 水質と水生生物「黒部川流域の自然と土砂流出-黒部川の濁水現象に関する報告-」(富山県自然保護協会編)、42-59、関西電力株式会社北陸支社、富山。
- 7) 吉村信吉 (1937) : 湖沼学 (増補版)、439 pp., 生産技術センター、東京。
- 8) 田中晋、黒田玉喜、杉坂桂子 (1978) : 藤ヶ池における植物プランクトンの季節変化、富山大学教育学部紀要、26 : 5-15。
- 9) 高倉盛安、安田郁子 (1988) : 子撫川ダムの陸水学的研究 [II]、富山県立技術短期大学研究報告、21 : 71-110。
- 10) 安田郁子、荒井優実、井山洋子 (1975) : 野尻湖のプランクトン、日本水処理生物学会誌、11 : 2, 20-23。
- 11) _____ (1975) : 仁科三湖のプランクトン、陸水学雑誌、36 : 4, 139-146。
- 12) 上野益三 (1952) : 深見池、119 pp., 下伊那教育会、長野県。
- 13) 渡辺仁治 (1969) : 鳥取県多鯉ヶ池の陸水生物学的研究、奈良陸水生物学報、2 : 15-19。
- 14) 安野正之、花里孝幸、岩熊敏夫、林秀剛、安田郁子、山本裕子、坂本 充 (1988) : 動物プランクトンの制御による生態系の構造と機能の変化-炭酸ガスによる動物プランクトンの制御-「メソコスムによる水域生物相互作用系の実験的解析、昭和62年度文部省特定研究(1)研究成果報告書」: 82-100。
- 15) 安田郁子、岩熊敏夫、花里孝幸、林秀剛 (1988) : コレゴナス投入実験における植物プランクトンの種類構成と現存量の変化、同上 : 145-153。
- 16) Liebmann, H. (1962) : Handbuch der Frischwasser-Abwasserbiologie, Band I. 588pp., R. Oldenbourg, München.
- 17) Kimura, B. and Ishida, Y. (1985) : Photophagotrophy in *Uroglena americana*, Chrysoophyceae, *Jpn. J. Limnol.*, 46 : 4, 315-318.
- 18) 石田祐三郎 (1986) : 赤潮藻類のフェゴサイトシス、化学と生物、24 : 7, 475-477。

謝 辞

本調査の機会を与えて頂いた富山県公害センターの前所長・石坂実氏、ならびに調査にご協力頂いた公害センター水質課の方々、富山県公害対策課の方々からお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 高倉盛安、藤森一郎 (1976) : 黒部湖、有峰湖および庄川水系ダムの水質、富山県立技術短期大学研究報告、9 : 41-50。
- 2) 富山県公害対策審議会・水質専門部会 (1990) : 報告書「黒部ダム貯水池 (黒部湖) 水域に係る環境基準の水域類型及び排水基準について」、15 pp..
- 3) 津田松苗 (1965) : 黒部湖メモ、淡水生物、10 : 37。
- 4) 田中晋 (1974) : 黒部湖、有峰湖およびその流入河川における陸水生物相調査報告書、26 pp. (+ 図表 64 pp.).
- 5) 稲垣真智子、浮橋真理、佐藤久三 (1975) : 黒部湖及び有峰湖のプランクトン、富山県生物学会会誌、15 : 40-57。