



Title	魚類棲息環境としての湖沼の微生物学的研究 : II. 支笏湖の微生物叢について
Author(s)	吉水, 守; YOSHIMIZU, Mamoru; 三戸, 秀敏 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 34(2), 93-103
Issue Date	1983-06
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23817
Type	departmental bulletin paper
File Information	34(2)_P93-103.pdf



魚類棲息環境としての湖沼の微生物学的研究

II. 支笏湖の微生物叢について

吉水 守*・三戸 秀敏**・木村 喬久*

Bacteriological Study on Lake as Ambient Water for Fish

II. Microflora of Lake Shikotsu, 1975-1977

Mamoru YOSHIMIZU*, Hidetoshi SANNOHE**
and Takahisa KIMURA*

Abstract

The distribution and composition of heterotrophic microflora and the coliform bacteria in Lake Shikotsu as ambient water for fish was studied.

The number of viable bacteria in surface water that varied from 10^1 cells/100 ml in spring to 10^4 in autumn, and also in middle layer water, was observed 10^1 to 10^3 cells/100 ml with same seasonal variation. The abundance of these microorganisms was observed in the station of western and eastern basins, where the river mouth is situated and an area closed to sightseers. The generic composition of the microflora included the genera *Flavobacterium*/Cytophagaceae, *Pseudomonas*, *Aeromonas* and Enterobacteriaceae, and later of two genera were highly isolated from summer to autumn.

The number of viable bacteria in the plankton was 10^4 to 10^6 cells/g with observed seasonal variation, i.e. higher in autumn, lower in spring, and the microflora was similar to that of water. The viable microbial counts in the mud were 10^3 to 10^5 cells/g and were high in summer. The microflora of the mud was different from that water and the plankton, the principal genera in the mud, were Coryneforms and *Pseudomonas*.

緒 言

前報¹⁾において著者らは洞爺湖における従属栄養細菌の分布および魚類棲息環境としての同湖の微生物叢を報告し、同時にこの調査期間に噴出した有珠山の噴火による降灰の湖水微生物叢に及ぼした影響について報告したが、この国立公園内にはもう一つ代表的なカルデラ湖であり、貧栄養湖である支笏湖が位置する。

この支笏湖においては1974年11月頃から湖に棲息するヒメマス親魚に水生菌が異常寄生する、いわゆる尾腐れ病が発生し、ヒメマス資源に大きな影響を与えた²⁾。病魚の直接の斃死原因は *Saprolegnia shikotsuensis* の寄生によると考えられたが³⁾、疾病発生の経過や病魚の分布をはじめ、病理組織学的検査、細菌およびウィルス検査の結果などから一次原因はウィルスによるものと推察されている⁴⁾。

* 北海道大学水産学部微生物学講座
(Laboratory of Microbiology, Faculty of Fisheries, Hokkaido University).

** 日本水産資源保護協会魚病研修センター
(Fish Disease Center, Japan Fisheries Resource Conservation Association)

著者らはこのヒメマス病魚のウィルス学的、細菌学的調査の実施と共に、本疾病の原因解明の一助とし、1975年5月から湖水、プランクトンおよび湖泥を対象に微生物学的調査を行った。本報では従属栄養細菌数とその菌叢および大腸菌群数の分布について、周年の観察結果をとりまとめ報告する。

実験材料と方法

湖水

1975年5月から1977年11月に至る間に計9回、Fig. 1に示す同湖内に定めた7定点 (Station A~G) において表面水を、また Station A~D の4定点において50m水深の湖水をそれぞれ滅菌三角フラスコおよびJZ式細菌用採水器を用いて採取し、後者では滅菌三角フラスコに移し、共にアイスボックスに収めて湖畔にある北海道さけ・ますふ化場千歳支場、支笏湖事業場に運び直ちに実験に供した。なお湖水の水質については1975年11月までは共同調査を行った北海道立水産孵化場の水質分析結果を利用したが、以後は水質チェッカー (堀場製U-7型) により測定した。なお湖水試料の採取に要した時間は約2時間であった。

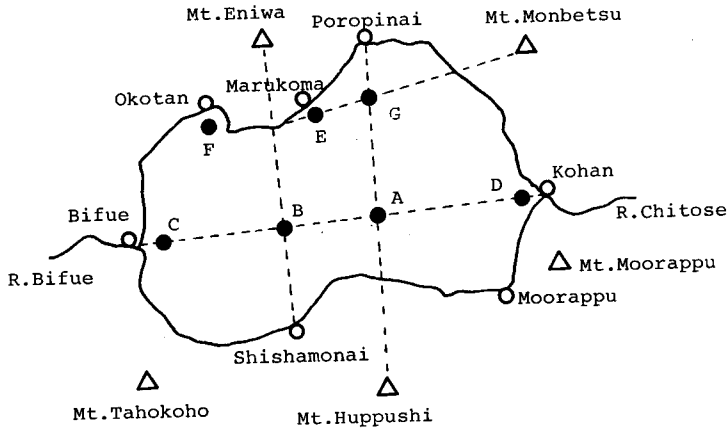


Fig. 1. Sampling station in Lake Shikotsu.

プランクトン

前述の Fig. 1 に示した Station A, C, D の3定点において湖水を採取後、プランクトンネット (XX-13, φ23.5cm) を用い、水深50mから表面までの垂直引きによりプランクトンを採取し、無菌的に三角フラスコに移した後アイスボックスに収め湖水同様氷蔵して実験室に運んだ。なおプランクトンは3,000rpm, 10分間の遠心分離により集め、湿重量を秤量後その9倍量の滅菌生理的食塩水を加え乳鉢にて磨細し、この磨細液を試料とした。

湖泥

前記 Fig. 1 の Station C, E, G の3定点において湖水およびプランクトンを採取後、水深約10mの湖畔まで移動し、そこを定点としてエックマン採泥器を用い採取した湖泥を無菌的にシャーレに移し、氷蔵して実験室に持ち帰った。湖泥は湿重量を秤量後その9倍量の滅菌生理的食塩水を加えて懸濁し、この懸濁液を試料とした。

生菌数の測定法

前述の各試料の生菌数の測定には、各検体について滅菌生理的食塩水を用いた10進希釈を行い、各

希釈液の 0.2 ml を淡水基礎培地⁹⁾表面に塗抹して、20°C 7日間の好気培養により発生した集落数から常法により算出し、水試料では 100 ml 当り、プランクトンおよび湖泥試料では湿重量 1 g 当りの生菌数として示した。なお湖水試料については基礎液体培地を用いた MPN 法により生菌最確数を求める方法および一定量の試料をミリポアフィルター HA (0.45 μ , ϕ 47 mm) を用いて濾過濃縮後、この濾過膜を基礎培地表面に張り付けて培養し濾過膜上に発生した集落数より生菌数を求める方法を併用した。

さらに前記湖水試料のうち 1977 年の表面水については LB 培地を用いた常法の大腸菌群最確数および EC 培地法⁹⁾による *E. coli* 最確数を測定した。

菌株の分離法

基礎培地平板あるいは基礎培地上に張り付けて培養したミリポアフィルター膜上の全集落あるいは一定面積中の全集落 (20~30 個) を鈎菌し、純培養を繰り返して供試分離菌株を得た。

分離菌株の分類法

分離菌株は下記の各種性状検査を行い Shewan et al. の方法⁷⁾および著者らの作成した scheme⁸⁾に準拠して genus レベルの分類を行った。

形態学的性状検査：基礎培地で 20°C 24~48 時間培養した供試菌について、常法通りグラム染色性、菌形、運動性、鞭毛、芽胞の有無を観察した。

生化学的性状検査：グルコースの酸化酵性については Hugh and Liefson の方法⁹⁾により、またオキシダーゼ活性は Kovacs の方法¹⁰⁾により観察した。また *Vibrio* の検索には *Vibrio static compound* O/129 感受性試験を行った。

結 果

湖水表面水の生菌数

湖水表面水の生菌数は Table 1 に示すごとく 9.0~28000/100 ml の範囲で測定され、変動幅が極めて大きかった。全般的には春先に少く秋にピークを示す季節的な変化を示し、地域的には観光区域に近い Station D および河川の流入する Station Cにおいて高い値が観察された。

なお Station A における湖水表面水の水質を生菌数と共に Table 2 に示したが、COD, PO₄, NO₃-N 共に極めて少く、透明度も 18.0~35.0 m を記録するなど典型的な貧栄養湖の様相を呈していた。

Table 1. Viable microbial counts in the surface water sampled in Lake Shikotsu (/100 ml).

Sampling date	Sampling station						
	A	B	C	D	E	F	G
22. May '75	23	23	1100	23	9.0	23	75
23. June '75	43	23	43	93	23	1100	9.0
25. July '75	93	43	240	1100	150	460	460
23. Sep. '75	3500	3000	12000	10000	8000	1000	1100
12. Nov. '75	460	13000	11000	6800	7500	11000	3500
17. Mar. '76	23	75	23	43	43	43	93
26. May '77	79	70	2600	2900	70	1600	95
25. July '77	43	240	1100	28000	290	1100	11000
27. Nov. '77	4600	11000	11000	4600	4600	11000	4600

Table 2. Viable microbial counts in the surface water and environmental parameters at station A in Lake Shikotsu

Sampling date	Water temp. (°C)	pH	DO (ppm)	COD (ppm)	SiO ₂ (ppm)	PO ₄ (ppm)	NO ₃ -N (ppm)	Transparency (m)	Viable counts (/100 ml)
22. May '75	8.7	7.4	11.72	0.40	23.3	0.004	0.025	25.5	23
23. June '75	14.2	-*	-	-	-	-	-	-	43
25. July '75	20.7	7.6	8.88	0.49	22.4	0.012	0.043	22.6	93
23. Sep. '75	18.1	7.6	8.77	0.39	22.2	0.016	0.010	19.0	3500
12. Nov. '75	8.9	7.2	10.89	0.48	21.9	0.003	0.020	18.0	460
17. Mar. '76	1.8	-	-	-	-	-	-	-	23
26. May '77	4.7	7.6	13.80	-	-	-	-	35.0	79
25. July '77	18.7	7.8	11.30	-	-	-	-	19.4	43
27. Nov. '77	8.5	7.5	10.90	-	-	-	-	-	4600

*: - indicates no data

湖水中層水の生菌数

Station A~D における 50m 水深の湖水の生菌数を Table 3 に示した。生菌数は 23~4600/100ml の範囲で測定され、季節的には表面水と同様の変化を示したが、生菌数の上限はかなり低い値に留まっていた。

Table 3. Viable microbial counts in the middle layer water (50 m) sampled in Lake Shikotsu (/100 ml)

Sampling date	Sampling station			
	A	B	C	D
22. May '75	43	23	93	93
23. June '75	240	75	93	240
25. July '75	240	240	460	460
23. Sep. '75	460	240	93	1100
12. Nov. '75	460	1100	1100	240
17. Mar. '76	180	75	150	240
26. May '77	70	70	350	350
25. July '77	75	1100	1100	1100
27. Nov. '77	930	930	4600	4600

湖水表面の大腸菌群および *E. coli* 最確数

1977 年の湖水表面水試料における大腸菌群最確数を Table 4 に、*E. coli* 最確数を Table 5 に示し

Table 4. Coli form counts in the surface water sampled in Lake Shikotsu by MPN method (/100 ml)

Sampling date	Sampling station						
	A	B	C	D	E	F	G
26. May '77	*	*	4	5	*	5	*
25. July '77	*	4	9	1100	4	*	4
27. Nov. '77	*	*	93	240	15	*	*

*: less than 1.8/100 ml

Table 5. *E. coli* counts in the surface water sampled in Lake Shikotsu by MPN method (/100 ml)

Sampling date	Sampling station						
	A	B	C	D	E	F	G
26. May '77	*	*	*	*	*	*	*
25. July '77	*	*	4	260	*	*	*
27. Nov. '77	*	*	*	4	*	*	*

*: less than 1.8/100 ml

たが、大腸菌群数は1.8以下～1100/100mlの範囲で測定され、地域的には特に Station C, Dにおいて夏季に多かった。さらにこの傾向は *E. coli* 数においても認められた。

湖水表面における従属栄養細菌の分布

以上湖水の生菌数測定結果を基に1975年度の湖水表面における従属栄養細菌の分布を等生菌数線として現わしてみると Fig. 2 に示すごとくであった。すなわち5～6月に河川流入口および一部の地域を除いて湖全体に少かった生菌数は、7月に観光区域に近い、特に湖の東方側において増加し、さ

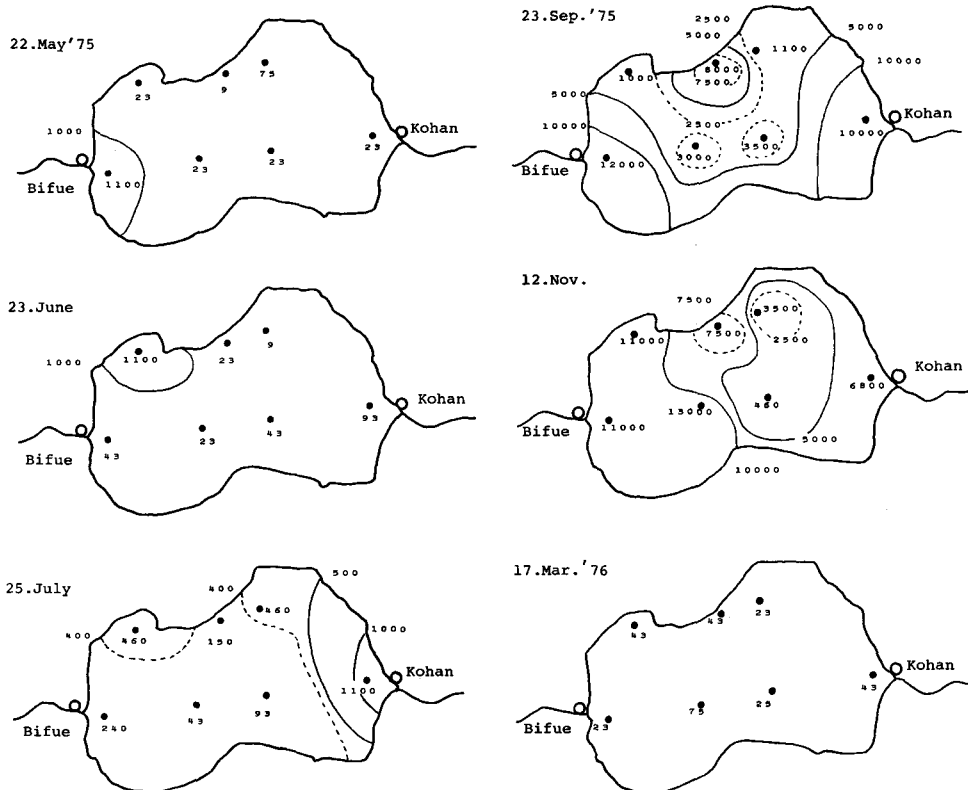


Fig. 2. Epilimnion aerobic heterotrophs (/100 ml).

らに9月にかけて中心部を除く広い範囲に及ぶ傾向が観察された。しかし11月には流入河川の影響を受けると考えられる西方地域を残し生菌数が減少する傾向がみられ、翌年3月には湖全域共にきわめて低い値を示すに至った。

プランクトンの生菌数

Station A, C, Dの3定点において採取したプランクトンの生菌数はTable 6にみられるごとく、 $10^4 \sim 10^6/g$ の範囲で測定され、湖水の生菌数に比し約 10^4 程度高い値を示した。季節的には湖水同様春先に少く夏から秋にかけて増加する変動が観察された。

Table 6. Viable microbial counts in the plankton sampled in Lake Shikotsu (/g.)

Sampling date	Sampling place		
	A	C	D
22. May '75	1.4×10^5	8.3×10^5	3.4×10^4
23. June '75	6.3×10^4	6.2×10^6	1.7×10^5
25. July '75	7.1×10^5	1.9×10^6	1.4×10^6
23. Sep. '75	1.8×10^6	2.6×10^6	1.3×10^6
12. Nov. '75	6.0×10^6	7.9×10^6	5.9×10^6
17. Mar. '76	3.9×10^5	1.6×10^6	2.5×10^5
26. May '77	2.5×10^5	5.3×10^4	7.8×10^4
25. July '77	2.9×10^5	-*	1.4×10^5
27. Nov. '77	3.8×10^5	-	4.1×10^5

*: - indicates no data

湖泥の生菌数

Station C, E, Gの3定点における湖泥の生菌数はTable 7に示すごとくで、 $10^3 \sim 10^5/g$ の範囲で測定され、夏から秋にピークを示す釣鐘型のモードを示し、湖水やプランクトンに比しより明瞭な季節的变化が観察された。

Table 7. Viable microbial counts in the mud sampled in Lake Shikotsu (/g.)

Sampling date	Sampling station		
	C	E	G
22. May '75	4.8×10^3	4.7×10^3	4.7×10^3
23. June '75	9.5×10^3	7.5×10^3	1.8×10^4
25. July '75	4.2×10^5	3.5×10^5	8.0×10^4
23. Sep. '75	1.3×10^5	6.6×10^5	3.7×10^5
12. Nov. '75	2.8×10^4	2.0×10^4	3.3×10^3
17. Mar. '76	1.6×10^3	2.9×10^4	3.8×10^3
26. May '77	2.7×10^3	-*	3.3×10^3
25. July '77	4.5×10^3	-	9.3×10^3
27. Nov. '77	7.8×10^4	-	2.2×10^4

*: - indicates no data

湖水表面水の細菌叢

前述の湖水表面水試料のうち、高い生菌数が測定された9, 11月の基礎培地平板および3月のミリポアフィルター HA (0.45 μ) 濾過膜上の集落より分離した総計265株より継代不能の39株を除く226株について Shewan et al. の方法および著者らの作成した scheme に基づく属レベルの分類を行い、各 genus の出現率を分離菌株に対する百分率で表わした結果を Table 8 に示した。全般的には *Flavobacterium*/Cytophagaceae, *Pseudomonas* がその主体を成していたが、特に9月に *Aeromonas* と Enterobacteriaceae, 11月に Enterobacteriaceae の占めの割合が顕著に高くなった。

Table 8. Generic distribution of microorganisms isolated from the surface water sampled in Lake Shikotsu

Sampling date	Station	<i>Micrococcus</i>	Coryneforms	<i>Achromobacter</i>	<i>Flavobacterium</i> / Cytophagaceae	<i>Xanthomonas</i>	Enterobacteriaceae	<i>Pseudomonas</i>	<i>Vibrio</i>	<i>Aeromonas</i> *	Yeast	Number of the isolates
23. Sep. '75	A	0	0	33	0	0	17	0	0	50	0	6
	C	0	0	0	15	0	0	15	0	70	0	20
	D	0	0	5	0	0	30	45	0	20	0	20
	F	0	0	0	0	0	45	55	0	0	0	20
	G	0	0	0	17	0	17	0	0	67	0	6
12. Nov. '75	C	0	0	0	20	0	75	0	0	5	0	20
	D	0	0	0	36	0	50	0	0	9	5	22
	G	0	0	0	50	0	33	0	0	17	0	6
17. Mar. '76	A	0	0	0	41	0	6	53	0	0	0	17
	C	0	0	0	50	0	10	40	0	0	0	20
	D	0	0	0	55	0	0	35	0	10	0	20
	E	0	0	0	65	0	5	30	0	0	0	20
	F	0	0	0	35	0	0	65	0	0	0	20
	G	0	0	0	53	0	5	42	0	0	0	19

*: include some strains, no gas from glucose, no sensitivity to 0/129 and terrestrial type.

プランクトンの細菌叢

Station A, C, D におけるプランクトンより分離した450株より継代不能株を除く444株の分類結果を Table 9 に示した。プランクトンの菌叢も *Flavobacterium*/Cytophagaceae, *Pseudomonas* が主体を成したが、湖水同様 *Aeromonas* が7月および9月に、また Enterobacteriaceae が9月と11月に高率に検出され、プランクトンの菌叢は湖水の菌叢を反映するものと推察される。

湖泥の細菌叢

Station C, E, G における湖泥より分離した430株より継代不能株を除く425株の分類結果を Table 10 に示した。湖泥の菌叢は前述までの湖水およびプランクトンとは異り Coryneforms が主体を占め、次いで *Pseudomonas*, *Achromobacter* などが主要な構成員となっていた。

Table 9. Generic distribution of microorganisms isolated from the zoo-plankton sampled in Lake Shikotsu

Sampling date	Station												Number of the isolates
		<i>Micrococcus</i>	Coryneforms	<i>Achromobacter</i>	<i>Flavobacterium/Cytophagaceae</i>	<i>Xanthomonas</i>	Enterobacteriaceae	<i>Pseudomonas</i>	<i>Vibrio</i>	<i>Aeromonas</i>	Yeast	Unclassified	
22. May '75	A	0	0	10	50	4	0	30	0	0	3	3	30
	C	0	0	0	20	0	20	47	0	3	0	10	30
	D	0	7	0	0	0	0	60	0	6	17	10	30
25. July '75	A	0	0	0	22	4	7	57	0	0	3	7	29
	C	0	0	0	13	3	0	20	0	64	0	0	30
	D	0	19	15	11	0	7	22	0	11	0	15	27
23. Sep. '75	A	0	0	0	14	3	43	7	0	33	0	0	30
	C	0	0	0	3	0	47	3	0	47	0	0	30
	D	0	0	0	0	0	73	27	0	0	0	0	30
12. Nov. '75	A	0	0	0	20	0	80	0	0	0	0	0	30
	C	0	0	0	7	0	86	0	0	7	0	0	30
	D	0	0	0	0	0	87	13	0	0	0	0	30
17. Mar. '76	A	0	0	0	59	0	0	41	0	0	0	0	29
	C	0	0	0	33	0	3	57	3	4	0	0	30
	D	0	0	0	62	0	24	14	0	0	0	0	29

考 察

以上支笏湖における湖水，プランクトンおよび湖泥の従属栄養細菌数とその菌叢について観察を行ったが，湖水の生菌数は $10^1 \sim 10^4/100\text{ml}$ とかなり幅の広い範囲で測定され，季節的には春に少く秋に多くなる変動を示した。この季節的变化は前報の洞爺湖¹⁾をはじめ道南の河川水¹¹⁾においても認められ，細菌数のピークは水温の最高時よりもやや遅れる傾向が認められた。また地域的には湖の東方および西方において特に夏から秋にかけて増加する傾向が認められ，これらは大腸菌群および *E. coli* の分布状況などから温泉地である Station D の観光客由来の汚染細菌の流入および上流に集落の存在する美笛川の Station C への流入による影響が大きいと推察される。

湖水の細菌数については一般に湖が富栄養化するにつれ，従属栄養細菌数は増加する傾向にあることが知られており^{12)~14)}，支笏湖は洞爺湖に比べ菌数は約 1/10~1/100 と少く，化学分析による水質面からはさほど顕著な差は認められない両湖であるが，微生物学的には支笏湖の方が明らかに貧栄養の段階にあることが確かめられた。

一方細菌叢は *Flavobacterium/Cytophagaceae* および *Pseudomonas* がその主体を成しており，これらは他の湖沼や河川，水道水をはじめ飼育池などでも菌叢の主要な構成員であり^{1), 5), 11), 12), 15)}，湖泥の菌叢，Coryneforms がその主体を成す，とは異なることから湖水に適応した細菌群であろうと考えられる。水温の上昇した夏から秋にかけて *Aeromonas* や Enterobacteriaceae が高率に検出されるようになったが，前者に関しては湖水の無酸素層で比較的多く検出されるとの報告があるが^{12), 16)}，本湖での要因は明らかでない。しかし後者に関してはその由来は生活排水等ヒト由来の汚染細菌によるものと

Table 10. Generic distribution of microorganisms isolated from the mud sampled in Lake Shikotsu

Sampling date	Station	<i>Micrococcus</i>	Coryneforms	<i>Achromobacter</i> <i>Flavobacterium</i>	Cytophagaceae	<i>Xanthomonas</i>	Enterobacteriaceae	<i>Pseudomonas</i>	<i>Vibrio</i>	<i>Aeromonas</i>	Yeast	Unclassified	Number of the isolates
		%											
22. May '75	C	0	77	0	0	0	10	10	0	0	0	3	30
	E	0	14	0	20	13	7	30	3	3	0	7	30
	G	0	60	0	11	3	3	17	0	0	3	3	30
25. July '75	C	0	24	13	0	0	0	53	0	3	0	7	30
	E	0	59	0	0	0	0	21	0	3	0	14	29
	G	0	62	10	11	0	0	17	0	0	0	0	29
23. Sep. '75	C	0	50	11	7	0	0	32	0	0	0	0	28
	E	0	20	17	0	0	0	47	0	10	0	7	30
	G	0	40	17	10	0	0	13	3	0	0	17	30
12. Nov. '75	C	0	23	23	7	0	7	30	0	3	0	7	30
	E	0	45	7	3	0	7	28	0	3	0	7	29
	G	0	10	0	0	0	0	70	0	0	0	20	10
17. Mar. '76	C	0	30	30	3	0	34	3	0	0	0	0	30
	E	0	0	13	0	0	64	17	0	0	0	0	30
	G	0	33	0	0	0	37	30	0	0	0	0	30

考えられる。

プランクトンについては菌数が $10^4 \sim 10^6/g$ と湖水に比べ約 10^4 程度高い値を示したが、この値は前報の洞爺湖および著者らが海洋で調査したプランクトンにおいてもほぼ同程度の値であった^{17),18)}。しかも菌叢は湖水の菌叢に類似し、菌数の変化も湖水と同様の季節的変化を示すことから、プランクトンの細菌叢は湖水の菌叢をよく反映増幅するものと推察される。

他方湖泥では細菌数が $10^3 \sim 10^5/g$ の範囲で測定され、湖水やプランクトンの場合と異り、夏にピークを示す明瞭な季節的変化を示し、菌叢も Coryneforms がその主体を成していた。

なお本報では魚類棲息環境としての湖沼の細菌叢の把握という目的から、本湖に棲息するヒメマス¹⁹⁾の細菌叢の観察に用いた培地を湖水試料の観察に使用したが、湖水や海水等、水試料の細菌数の測定に際しては、一般に生菌数の測定に用いられている培地よりも有機物濃度を低くした方が、より高い計数値を得ることが出来るとの報告があり^{12),19)-21)}、著者らも水槽水試料の生菌数測定に際し基礎培地の有機物濃度を検討した結果、今回用いた基礎培地の有機物濃度を 1/10 とした場合、約 10 倍の生菌数を計測し得ていることから²²⁾、今後使用する培地の組成についても検討する必要があると考える。

要 約

1. 湖水の生菌数は $10^1 \sim 10^4/100ml$ の範囲で測定され、春先に少く秋に増加する季節的変化を示した。菌叢は *Flavobacterium*/Cytophagaceae, *Pseudomonas* が主体を成していたが、夏に *Ae-*

- romonas*, 秋に Enterobacteriaceae が増加した。
2. プラクトンの生菌数は $10^4 \sim 10^6/g$ の範囲で測定され、湖水同様の季節的変動を示した。菌叢は湖水の菌叢を反映したものであった。
 3. 湖泥の生菌数は $10^3 \sim 10^5/g$ の範囲で測定され、夏にピークを示す季節的変化を示した。菌叢は湖水およびプラクトンと異り Coryneforms が優勢であり、次いで *Pseudomonas*, *Achromobacter* などにより構成されていた。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、試料の採取にご協力頂き且つ心よく諸設備使用の便を賜った北海道さけ・ますふ化場調査部長小林哲夫博士、同千歳支場支笏湖事業場前場長安田貞夫氏、北海道立水産孵化場調査研究部魚病科長栗倉輝彦博士はじめ両孵化場関係各位に深甚なる謝意を表す。さらに本研究の遂行にあたり終始ご協力を頂いた北海道大学水産学部微生物学講座助教授絵面良男博士に感謝の意を表す。

文 献

- 1) 木村喬久・吉水 守・三戸秀敏 (1978). 魚類棲息環境としての湖沼の微生物学的研究. I 有珠山噴火に伴う降灰の洞爺湖湖水微生物叢に及ぼした影響について. 北大水産彙報, 29, 363-377.
- 2) 広井 修・真山 紘・阿部進一・小林哲夫・栗倉輝彦・吉住喜好・木村喬久 (1971). ヒメマスのミズカビ病に関する研究-I. 支笏湖における発生状況とその組織学的観察結果. 昭和51年度日本水産学会春季大会において講演発表.
- 3) 畑井喜司雄・江草周三・栗倉輝彦 (1979). 魚類寄生ミズカビの新種, *Saprolegnia shikotsuensis* sp. nov. について. 魚病研究, 12, 105-110.
- 4) 木村喬久 (1977). ヒメマスの魚病対策に関する研究. 昭和51年度北海道委託研究報告書.
- 5) 吉水 守・木村喬久・坂井 稔 (1976). サケ科魚類の腸内細菌叢に関する研究-I. 飼育魚の腸内細菌数と細菌叢. 日水誌, 42, 91-99.
- 6) Fishbein, M. (1962). The aerogenic response of *Escherichia coli* and strain of *Aerobacter* in EC broth and selected sugar broths at elevated temperatures. *Appl. Microbiol.*, 10, 79-85.
- 7) Shewan, J., Hobbs, G. and Hodgkiss, W. (1960). The *Pseudomonas* and *Achromobacter* group of bacteria in the spoilage of marine white fish. *J. Appl. Bact.*, 23, 463-468.
- 8) 吉水 守・木村喬久・坂井 稔 (1980). サケ科魚類の稚仔魚期における腸内細菌叢の形成時期について. 日水誌, 46, 967-975.
- 9) Hugh, R. and Leifson, E. (1953). The taxonomic significans of fermentative versus oxidative metabolism of carbohydrate by various gram negative bacteria. *J. Bacteriol.*, 66, 24-26.
- 10) Kovacs, H. (1956). Identification of *Pseudomonas pyocyanea* by the oxidase reaction. *Nature*, 29, 703.
- 11) 吉水 守・木村喬久・坂井稔 (1976). サケ科魚類の腸内細菌叢に関する研究-IV. 河川および湖沼棲息魚の腸内細菌叢. 日水誌, 42, 1281-1290.
- 12) 近田俊文 (1982). 湖水中の好気性従属栄養細菌の分布. 水温の研究, 25, 19-28.
- 13) 桜井喜雄 (1976). 環境と生物指標 2. 水界編. 生物指標としてのバクテリア (河川). 310 p. 共立出版, 東京.
- 14) 手塚泰彦 (1976). 環境と生物指標 2. 水界編. 生物指標としてのバクテリア (湖沼). 同誌.
- 15) 吉水 守・田中 真・桐原慎二・木村喬久 (1982). 実験動物としてのサケ科魚類 SPF 飼育に関する研究-I. 脱塩素処理水道水による飼育成績. 昭和57年度日本水産学会秋季大会において講演発表.
- 16) Fliermans, C.B., Gorden, R.W., Hazen, T.C. and Esch, G.W. (1977). *Aeromonas*

- distribution and survival in a thermally altered lake. *Appl. Environ. Microbiol.*, **33**, 114-122.
- 17) 吉水 守・木村喬久・坂井 稔 (1976). サケ科魚類の腸内細菌叢に関する研究-III. 海洋棲息魚の腸内細菌叢. 日水誌, **42**, 875-884.
 - 18) 絵面良男・山本啓之・吉水 守・田島研一・木村喬久 (1980). 大槌湾サケ・マス海面養殖海域の微生物学的調査. 大槌臨海研究センター報告, **6**, 51-62.
 - 19) Ishida, Y. and Kadota, H. (1977). Distribution of oligotrophic bacteria in Lake Mergozzo. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **43**, 1417-1424.
 - 20) 芳倉太郎・小田国雄・飯田才一 (1981). 低濃度有機物培地による河川水中の従属栄養細菌の計数. 同誌, **47**, 183-189.
 - 21) Ishida, Y. and Kadota, H. (1974). Ecological studies on bacteria in the sea and lake water polluted with organic substances-I. Responses of bacteria to different concentrations of organic substances. *ibid.*, **40**, 999-1005.
 - 22) 桐原慎二・絵面良男・木村喬久 (1982). 魚類飼育水槽における細菌フローラの遷移について. 昭和57年度日本水産学会秋季大会において講演発表.