

富栄養化湖沼に流入する河川環境特性

石川 靖 日野修次*¹ 斉藤 修 湯谷仁康*²

* 1 山形大学理学部、 * 2 原子力環境センター

要 約

北海道の南端の渡島半島に位置する渡島大沼は、近年、アオコの発生がしばしば見られ、富栄養化の進行が指摘されている。この原因を調査するため、1993～94年の2年間をかけて原因解明調査が行われた。湖への流入負荷の影響を検討するため、主な3つの流入河川のうち人為汚染が考えられる軍川で上流から下流まで詳細調査を行った。その結果、農業、牧畜の影響でふん便性大腸菌群やCOD、T-N、T-Pが上流から下流にかけて増加する傾向が見られた。しかし、3河川総流量中で軍川の占める比率が1～2割程度であることから、大沼の水質に対する影響は、大きくないと考えられた。

1 はじめに

北海道の南端の渡島半島に位置する大沼国定公園の湖沼群は、通称狭戸（セバット）でつながる大沼、小沼の2つの沼（以下「渡島大沼」という）と葦菜沼から成り立っており、有数の景勝、観光地として知られている。渡島大沼は、近年、アオコの発生など植物プランクトンの増大等の影響により、CODを指標とした富栄養化の進行が指摘されている¹⁾。湖沼の富栄養化現象の原因としては、流入河川等からの負荷量の増加と湖内環境の変化の2つの理由に大別される。ここ渡島大沼では、漁業の他に観光、農業が盛んであり、これらが産み出す負荷量の影響が前者、一方1980年代後半に行われた水生植物の刈り取りによる影響が後者の理由にあたると思われる。

流域を渡島大沼を中心に南北に分けた場合、北側は、駒ヶ岳とその麓のゴルフ場や別荘・保養所等に代表される山岳リゾート地区であり、南側は住居、観光産業、農業といった土地利用がなされている。大沼に流入する河川は大小、多数あるが、主な河川としては、宿野辺川、荏間川、軍川であり、前者は北側に、後二者は南側にあり、それぞれ流域からの影響を受けている。流入河川から影響される負荷量を見積もることは、渡島大沼の富栄養化現象を考える上での基礎資料として不可欠である。

これを検討するため、過去幾度か^{2) 3)} 調査が行われている。その内容としては、3河川の上流から下流までに流入する支流からの流入影響や、観光産業からの流入量について検討されたことがあるが、畜産や農業からの負荷量を検討された事はなく、1河川に対して全体的に詳細な調査がなされたこともほとんどない。また、1989年（平成元年）から下水処理施設が稼働を始めたので、流入負荷について

再検討をする必要がある。

本報告では、流域に農耕地が広がり、かつ牧草地の拡大傾向がある軍川における河川環境について検討した。調査点は、公共用水域の常時監視の調査を行っている点（大沼橋、以下軍川①）に加え、上流へ4点（上流に向かって軍川②、軍川③、軍川④、軍川⑤とする）の合計5点で生活関連項目、栄養塩等や流量の調査を行った。降雨時には糞便性大腸菌群についても調査を行った。なお、この調査は1993年から1994年にかけて渡島大沼で実施された「水質環境基準未達成原因解明調査」の一部として行われたものである。

2 調査地域の概要

渡島大沼に流入する河川のうち流量のほとんどは宿野辺川、荏間川、軍川の3河川で占められる。その位置関係を図1に示した。これら各河川の流量寄与を坂田ら⁴⁾は、宿野辺川が70%、軍川20%、荏間川10%であると算出している。3河川の諸元を表1に示した⁵⁾。軍川、荏間川流域は牛、宿野辺川流域は豚が多く飼育されていて、流域全体を1981年と比較すると牛3.1倍、豚6.6倍と両方とも増加しているが、軍川流域は比較的変動が小さい。

表1 渡島大沼流域の河川特性 (94.3.31現在)

河川の名称	流域面積 km ²			流路延長 km	家 畜 (頭)	
	山 地	平 地	合 計		牛 (81.3時)	豚 (81.3時)
軍 川	22.4	3.2	25.6	12.2	1,302 (938)	25 (52)
荊 間 川	11.6	2.5	14.1	9.0	3,969 (361)	208 (122)
宿野辺川	28.6	15.9	44.5	11.2	618 (601)	24,509 (3,509)
計					5,889 (1,900)	24,832 (3,764)

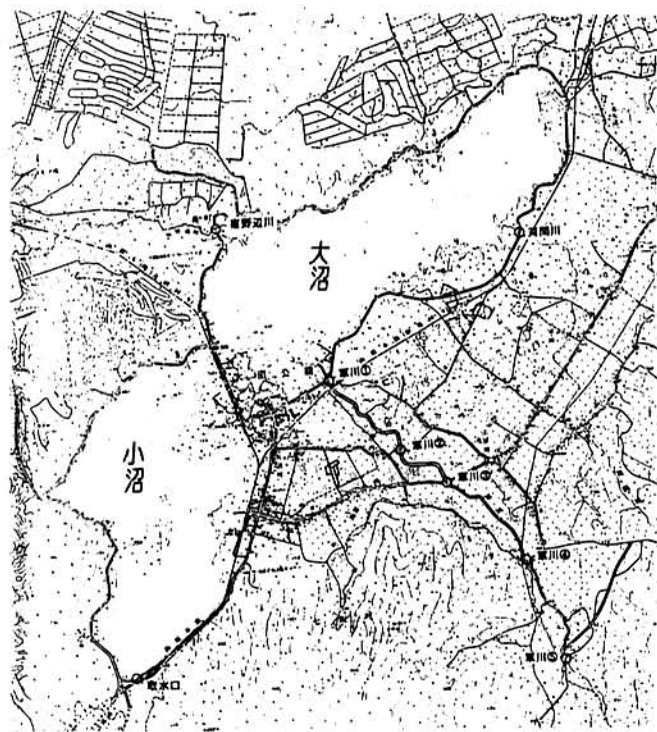


図1 流域河川測定地点図

3 調査及び分析の方法

調査は1993年7月から1995年2月まで湖が結氷する期間を除いて、ほぼ1カ月毎に合計17回実施した。採水は、130mm×150mm×250mmのステンレス製の採水缶による表層採水を行った。河川流量は、広井式流速計、または電磁流速計（アレック社 モデルACM-3D）により測定した。調査項目はDO、pH、COD、SS、NO₃-N、NO₂-N、NH₄-N、PO₄-P、T-P及びT-Nの10項目である。ふん便性大腸菌群数試験は、1993年の7月調査時に5回、8月調査時に3回行った。総大腸菌群数の試験法は、デソオキシコレート培地・37℃培地法（以下DESO法）、ふん便性大腸菌群数の検出は、メンブレンフィルター（MFC）寒天培地44.5℃培地法（以下MFC）により行った。なお、1993年7月の観測は、26日夕方から27日の夕方まで、ほぼ6時間おきに合計5回行い、同年8月は、9～11日まで24時間おきに3回行った。7月25日は2mm⁶⁾、及び26日は1mmの降雨があり8月は降雨0mmであった。

4 結 果

4.1 流量変動

1993年の軍川の上流から下流への流量の増減傾向を図2に示す。軍川は農業用水の取水がある場合は流下につれ流量が減少することがある。軍川④～③の採水点の近くでは、稲作を数件の農家が行っており、必要に応じてポンプにより5月1日～6月30日まで約0.38m³/sec、7月1日～8月31日まで約0.32m³/secを用水路に導入し、12haの農用地の農業用水として利用している。6月及び7月は、軍川④以後に約0.3m³/sec減少しているのは、その影響を受けたためと見られる。8月は上流部の水量が少ないため、取水が行われなかったと考えられる。9月及び10月は、調査日前日にそれぞれ5mm、3mmの降雨があり（9月は調査日も4mmの降雨）、この降雨により田畑から農業用水が溢れだし、流量が増加したと推測される。しかし、11月の調査では④から①まではほぼ一定の流量が得られていることから、湧水や伏流水は微量であると考えられる。9月及び10月の④から①まで、約0.2m³/sec～0.25m³/secの増加があるが、これはほとんど農業用と考えて、流出負荷検討時の基礎資料とした。

1994年度もほぼ同様の傾向で、6月～8月の期間に農業用水によると思われる流量変化が見られた。しかし、全国的な猛暑、渇水により、山地からの流量が十分でないため、その取水量は少なかったようである。農閑期に入ったと見られる11月の期間の上流部（⑤）から下流部（①）の流量の差はいずれも0.2m³/sec前後となっており、この量は周辺の湧水の流入と見られる。冬期（2月）にはこの量は10分の1に減少していた（1993年時）。

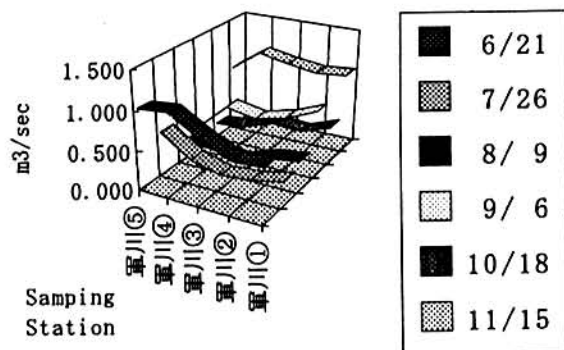


図2 軍川①～⑤間の流量変動
(93年 軍川流下変動)

4-2 ふん便性大腸菌群数試験結果

測定結果を表2に示す。7、8月の軍川のMFCとDESOの相関係数は0.994、幾何平均値は $MFC/DESO=0.015$ であり、この相関係数の高さから見て、総大腸菌群数の約1.5%程度が、ふん便性大腸菌群数である可能性を示唆している。また、この結果は総大腸菌群数の10～20%がふん便性で、その由来が屠畜系とみなされる石狩川における報告0.171($MFC/DESO$)⁷⁾と比較した場合、10分の1以下となっている。また、赤石らは⁸⁾札幌市内の河川を対象に、再確数法による大腸菌群数中のふん便性大腸菌群の割合を検討し、平均で7.6%、清澄な河川では0.3%以下であると報告を行っており、今回の結果はこの濃度ほぼ同様であった。

図3に、1993年7月の時間採水時における軍川の上流から下流へのMFC/DESO比の変動を示す。ほぼ全体的傾

向としては、各地点内で変動が激しいものの、ほぼ上流(軍川④)から下流(軍川①)に向かってふん便性大腸菌群数の比率が上昇する傾向があった。1、2回目の調査で軍川③が0.018、0.025と増えているのは、発生源調査の結果より軍川②～③における畜産系の影響によるものと考えられる。また、軍川①が、3、4回目の調査で0.043、0.069と増えていることについては、河岸に畜産の糞が野積みしたあとがあり、それが原因と思われる。⑤の大きな比も、確認できてないが同様の理由と考えられる。軍川⑤の3回目の著しく大きな値が他の地点や以後の調査に影響を与えた形跡がないのは、調査間隔の6時間以内に湖内に流入したためと考えられる(①～⑤の距離が約6km、⑤～③までの地点の河川上の中心流速が約2km/hの流速)。

8月には、荊間川及び宿野辺川の末流点についても同様の分析を行ったが、その結果、表2に示すとおり、その割合が1%以下と低いことが分かった。7月と8月のふん便性大腸菌群数を比較すると、下流側は特に7月の方が高かった。7月と8月の家畜のふん便の処理が同様であるとするならば、降雨の有無による違いであると考えられ、台風等により多量に降雨があった場合には、さらにこの比率が上昇することも示唆された。流下距離からみて糞便が湖内域に到達する割合は高いと予想される。河川堤防沿いに詳細に観察を行った軍川近辺では、河川の極近傍に家畜のふん便が野積みされていた。このように、糞便の管理が適切になされていない可能性があり、降雨時における流入が懸念される。今後、飼育数が増加する場合は、適正な処理が行われるよう指導、監視をする必要がある。

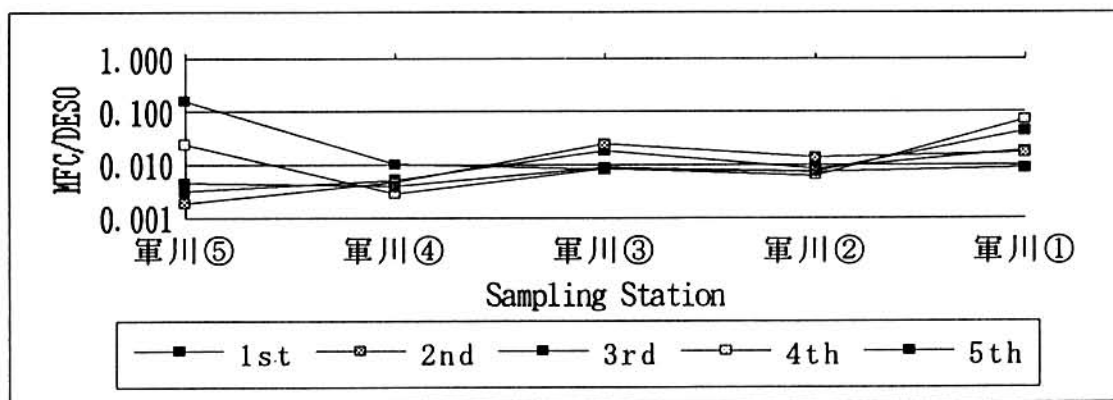


図3 軍川 MFC/DESO流下変動

表2 ふん便性大腸菌群数試験結果

		7月26～27日			8月9～11日			2月間平均
		DESO	MFC	MFC/DESO	DESO	MFC	MFC/DESO	MFC/DESO
		個/ml	個/ml		個/ml	個/ml		
軍川①	1回目	173	3.2	0.018	112	0.20	0.002	0.010
	2回目	302	5.0	0.017	180	0.20	0.001	0.009
	3回目	277	12.0	0.043	147	0.50	0.003	0.023
	4回目	121	8.4	0.069				0.069
	5回目	146	1.3	0.009				0.009
軍川②	1回目	166	1.4	0.008	59	0.25	0.004	0.006
	2回目	174	2.4	0.014	73	0.50	0.007	0.010
	3回目	135	1.0	0.007	75	0.20	0.003	0.005
	4回目	115	0.72	0.006				0.006
	5回目	103	0.76	0.007				0.007
軍川③	1回目	143	2.6	0.018	52	0.40	0.008	0.013
	2回目	170	4.2	0.025	75	0.30	0.004	0.015
	3回目	100	0.82	0.008	43	0.50	0.012	0.010
	4回目	130	1.1	0.008				0.008
	5回目	80	0.70	0.009				0.009
軍川④	1回目	142	0.72	0.005	30	0.05	0.002	0.003
	2回目	137	0.64	0.005	67	0.25	0.004	0.005
	3回目	68	0.70	0.010	30	0.90	0.030	0.020
	4回目	247	0.70	0.003				0.003
	5回目	66	0.26	0.004				0.004
軍川⑤	1回目	93	0.30	0.003	5	0.00	0.000	0.001
	2回目	430	0.80	0.002	19	0.30	0.016	0.009
	3回目	23	3.6	0.156	13	0.10	0.008	0.084
	4回目	16	0.38	0.024				0.024
	5回目	22	0.10	0.005				0.005
宿野辺川					34	0.20	0.006	
荻間川					251	0.80	0.004	
幾何平均								0.015

4.3 軍川における上流から下流への物質変動

1993年調査時の9月、10月の軍川各地点の流量と、COD、T-N、T-Pの月当たりの負荷量を表3に示した。この時期は上流で取水が行われず、上流から下流までの農業影響が最も考察しやすい期間と考えられた。

下流の流量は9月、10月とも上流の約2.5倍であるのに対しCOD、T-N、T-Pとも6～10倍と流量以上に過大である。1994年度も同様の傾向があり、特に7、8月では下流で上流部より流量が減じているのにも拘わらず、負荷量が増加していた。図5に、1994年7月に軍川②から①まで調査した軍川への流入の概略図を示した。ほとんどの流入口から水の流入が見られた。②～①間で図中のA、Bで採水したT-N、T-Pの分析を行ったところ、A地点で各々0.08mg/l、0.024mg/l、B地点で各々0.75mg/l、0.008

mg/lと違いがあるが、T-Nまたは、T-Pが高濃度で流入していた。これらは河川水又は地下水等を稲作に導水して、それらが溢れてきたか、下水道に接続されていない生活系排水等が流入しているのではないかと推測される。また、2ヶ所（図中丸印）で軍川から取水を行っており、この水の一部が稲作地等を巡って再び流入してくると思われる。数量は把握していないが、④～③、③～②までの地域でも水の流入、取水が行われている地点が見られた。軍川④から①までは、周辺に田畑があり、軍川地区では田が82ha、畑が223haである。これから考えて、流下水中の水質は、田畑へ取水、流出により、変動しており、その成分の起源を特定する事は難しい。

表3 軍川の流量と負荷量変動

		軍川⑤	軍川④	軍川③	軍川②	軍川①	④／⑤	③／④	②／③	①／②	①／⑤
9	FIOW	0.303	0.654	0.583	0.675	0.843	216	89	116	125	278
月	COD	1.31	3.34	5.08	4.25	9.20	255	152	84	216	702
	T-N	0.13	0.42	0.41	0.61	0.90	323	98	145	145	690
	T-P	0.013	0.012	0.015	0.033	0.083	92	125	220	251	634
10	FIOW	0.182	0.219	0.354	0.331	0.331	120	162	94	142	258
月	COD	0.51	0.97	1.7	2.21	2.21	190	175	130	134	580
	T-N	0.04	0.06	0.26	0.26	0.26	150	433	100	173	1125
	T-P	0.003	0.005	0.012	0.012	0.012	167	240	100	250	1000

FIOW : m^3/sec COD、T-N、T-P : t/month

比率は%

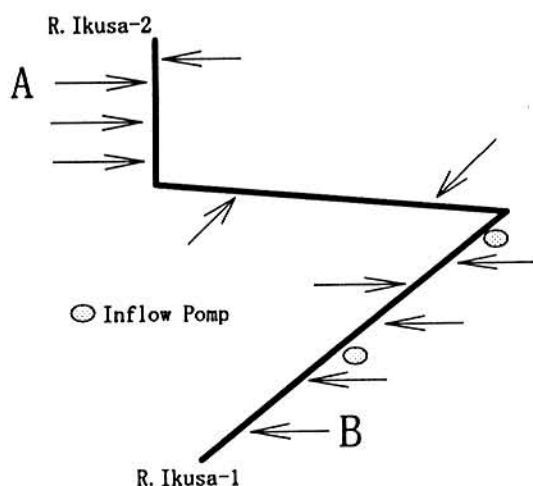


図5 軍川①～②間の主な流入口点

栄養塩の濃度は、結氷下の期間を除くと下流部の軍川①で $\text{NO}_3\text{-N}$:濃度範囲(以下同様) 0.120-0.379 (mg/l)、平均値0.246 (mg/l : 2年間以下同様)、 $\text{NO}_2\text{-N}$:0.000-0.032 (mg/l)、0.004 (mg/l)、 $\text{NH}_4\text{-N}$:0.000-0.543 (mg/l)、0.126 (mg/l)、 PO_4P :0.000-0.017 (mg/l)、0.010 (mg/l)、最上流部である軍川⑤での各濃度は $\text{NO}_3\text{-N}$:0.000-0.129 (mg/l)、0.070 (mg/l)、 $\text{NO}_2\text{-N}$:0.000-0.001 (mg/l)、0.000 (mg/l)、 $\text{NH}_4\text{-N}$:0.000-0.103、0.030 (mg/l)、 $\text{PO}_4\text{-N}$:0.000-0.005 (mg/l)、0.002 (mg/l)であった。

5 考察とまとめ

渡島大沼への流入河川の負荷量等を詳細に検討するため、流入3河川のうち流域に農業用地や牧草地が広がっている軍川において上流から下流まで5地点を設定し、ふん便性大腸菌群数、流量、COD、栄養塩等の詳細調査をおこなった。ふん便性大腸菌群数試験の結果、少量の降雨で、平時と比較してその増加がみられてことから、野積みしてあるふん便または肥料として利用した畑作地に散布したふん便が流失してきたと考えられる。1994年が記録的渇水という気象条件であったため、1993年と同様の十分な調査が出来なかったが、過去の河川の調査事例と比較して、農耕地や家畜が増加しており、適切な管理の必要性が明らかになった。他の2河川については詳細な調査を行っていないが、集域に家畜を飼っている農家が見られることから、同様に十分な管理が必要であろう。また、1993年11月に上流側の地点でSSが $19\text{mg}/\text{l}$ 、CODが $2.8\text{mg}/\text{l}$ と急激に上昇していた。これは降雨による影響もあろうが、この時期に実施されていた上流域での土木工事に起因するところが大いと考えられる。

全体的な傾向として、軍川では流量、COD、栄養塩等は上流から下流に到達するまでの間、それぞれ増加していたが、特に、軍川③以降で流量に比してCOD、T-N、T-Pの増加量が多かった。しかしながら、軍川の比率が、3河川合計のうち流量比段階で1～2割程度であることから現段階では、渡島大沼への影響は少ないと考えられる。今後は、同等の河川流量ながら、牛の家畜数の多い荏間川や、流量(流量比)が最大である宿野辺川についても同様の詳細な調査の実施を検討する必要があると考えられる。

謝 辞

この調査を行うに当たり、渡島支庁の公害係の植村政博係長（現空知支庁土地公害係長）並びに安井雅裕氏には現地調査並びに各種資料収集に、特段のご配慮を頂きました。この場をかりて厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 北海道編：北海道環境白書 '93 p80-81 (1993)
- 2) 北海道公害防止研究所：昭和57年度富栄養化防止対策調査報告書（大沼水域）（1993）
- 3) 北海道：湖沼水質管理指針策定調査－大沼－（1982）
- 4) 坂田康一・青井孝夫・村田清康・近藤秀治・日野修次：渡島大沼の富栄養化－物質収支について－．北海道公害防止研究所報 第13号，55-65，1986
- 5) 北海道環境科学研究センター：平成6年度環境基準未達成水域原因解明調査＜渡島大沼＞平成7年3月(1995)
- 6) 北海道の気象．第37，38巻 第6～9号(1993)
- 7) 日野修次、棗庄輔：河川水中のふん便性大腸菌群と総大腸菌群の挙動およびその汚濁指標性、全国公害研究誌、Vol.15、No.1、30-36、(1990)
- 8) 赤石尚一・佐藤泰昌・市川修三・高杉信男：メンブランフィルター法による河川水中のふん便性大腸菌群の検討．札幌市衛生研究所年報 第11号，98-102 (1983)

The characteristics of chemical compositions and flow rate into the rivers in the eutrophic lake.

Yasushi Ishikawa
Syuji Hino
Osamu Saitoh
and Kimiyasu Yutani

Lake Ohnuma is located in the Oshima Peninsula, the southern part of Hokkaido. Recently, because of water bloom has often appeared in the lake, Researchers have thought Lake Ohnuma was changed the type of eutrophic lake. For investigating the cause for that phenomenon, we have researched the chemical compositions, water temperature and etc in the lake and inflow rivers from 1993 to 1994. We especially performed a detailed research in River Ikusa. This reason is that catchment area of river Ikusa are agriculture and cattle breeding zone, and is lived in many cows, pigs, and the other domestic animals.

The results suggested that the concentration and amount of COD, T-N, T-P and Fecal Coliform in River Ikusa increased, in the meantime the water of its river flowed from the upper stream point to the downstream point. We report that the load of River Ikusa is low effect to the water quality of Lake Ohnuma. That reason is the flux of River Ikusa isn't always much all research months and that flux only occupied 10-20 percentage to the total flux into the Lake Ohnuma.