北海道佐呂湖に於ける水溫・比重の 觀測結果に就て

木下虎一郎・中島由太郎

北海道水産試験場

[挿圖 8, 表 6]

Hydrographic Studies on Saroma-Lake, Hokkaido

By Toraichiro KINOSHITA and Yoshitaro NAKASHIMA

The monthly observations were made on the vertical changes in the temperature and the specific gravity of the water of Lake Saroma during the period from June 1933 to March 1937. Judging from the relations between the temperature of the lake water, that of the adjacent sea water, and the air temperature, as well as from the relations between the specific gravity of the lake water, that of the adjacent sea water, the precipitation and the evaporation, it is shown that this lake has the characteristics of a bay but not a lake.

I は し が き

本邦に於ける鹹水湖の長期に亙る水溫や比重の觀測結果による研究は餘り見當らない。著者等は北海道に於ける最大の鹹水湖である北見國佐呂湖に於て、北海道水産試験場が帆立貝増殖試験の必要上施行して來た、昭和 10 年 6 月から昭和 12 年 3 月に亙る約 2 ケ年の定地觀測結果に就て考察を試みた。資料は結氷初期の舟航不能や或は其他の止むを得ぬ故障で可成り缺測があり、不充分の點があるが觀測は尙繼續中であるから後日更に機會を見て補ふこととする。

II 觀測地點と觀測並に取纏方法

佐呂湖は北海道北見國紋別と常呂兩郡に跨る面積 151.2 km²、周圍 91.09 km、廣 26.31 km、袤 12.33 km の純然たる鹹水湖で最深部深度 19 m 餘あり、外海とは紋別郡湧別村下湧別三里に於てオホツク海に通ず

る。この湖口は昭和4年の開鑿になり、この開鑿に伴ひ舊鑑沸湖口は閉鎖を見、湖の性狀に著しい變化を齎した様に思はれる。

觀測點は湖の南東隅、佐呂間村キムアネップ崎の南東、距岸約1km、水深6.5mの地點に定置した帆立貝採苗用垂下筏に

定め、こゝで表面、中層(3m)及び下層(6m)の3層の水溫、比重の觀測を行つた。

而して觀測は主に1日1回であるが、2回行つた時もあるので之を日平均し、取纏めに當つては缺測も相當あるので此點を考慮して日平均より旬平均を、月平均は旬平均より計算した。以下本文にてはこの水溫、比重の月平均値に就て論ずることにする。

III 水 溫

(1) 各層水溫の年變化

昭和10年6月より12年3月迄の各層水溫の變化曲線を描けば第2圖の如く、先づ表面水溫は昭和10年6月は 12.9° を示し、此の時期は氣溫の急昇期に當るので水溫も之に伴ひ昇溫し、7月には 4.7° も急昇したが、8月には 1.7° の前月の約 $1/3$ の昇溫で、8月には年の最高水溫が現れ、 19.3° を示すに至る。而して9月より水溫低下し、10月以降は水溫の急降期で11月は 8.4° も急降して居り、12、1月兩月は結氷初期の舟航不能の爲め缺測してゐるので此の間の狀勢は明でないが、恐らく12月も相當急降を續け、1、2月と漸次水溫低下の度合が減少し、2月には年の最低水溫に達するのであらう。而して昭和11年2月は -0.2° を示して居るが、3、4月と水溫は徐々に昇溫し、5~7月は水溫の急昇期で、殊に5、6月の兩月は最も顯著で前月よりも 6.7° も急昇してゐる。此の水溫の急昇も8月になると著しく減少し、9、10月は缺測のため明かでないが若し前

第1圖 結氷時の佐呂間湖

第2圖 各層水温の年変化並に外海水温との関係

●—● 表面水温, ○—○ 中層水温, × × 下層水温, ---- 外海水温 (紋別)

年と同様とすれば8月の 21.4° は昭和11年の最高水温で、前年よりも 2.1° も高い値である。其後9, 10両月は欠測し11月は 6.6° で前年よりも 0.3° 低く、8月以降に水温の急降したことが窺はれる。12, 1月両月は結氷初期で再び欠測の止むなきに至つたが2月は -0.3° で前年と同様最低水温であるらしく、3月には稍上昇の傾向を現してゐる。

中層水温は大體に於いて表面水温の変化と同様である。即ち昭和10年6月は 11.9° で7月には水温急昇し8月には年の最高水温に達し、 18.6° となり其後水温低下し始め11月は水温の低下急で、昭和11年2月になると -1.1° となり、之は表面水温と同様恐らく年の最低水温と見られる。3, 4月になると水温は再び徐々に上昇し始め、5~8月は水温の急昇期で8月には 20.8° を示し、11月は 6.6° 、越えて昭和12年2月には前年と同値の -1.1° となり、3月には稍上昇してゐる。

下層水温は前記の表面並に中層水温の変化と同様で、只水温の最高期に於いて昭和10年の8月は 17.7° 、9月は 17.6° で最高期は著しく不明となつて居ることで、之は前記2層に比し、受熱速度が遅れて居るためであらう。

要するに各層に於ける水温の年変化は最高水温は 8 月頃に、最低水温は 2 月に現れ、5~8 月は水温の急昇期で殊に 5~7 月は甚しく、10~12 月は水温の急降期となつて居り、又本湖の結氷初期は 12 月、解氷期は 4 月となつて居る。

(2) 水温の鉛直的年変化

前記観測資料から水温の鉛直的年変化の様を見るために等温線を描いて第 3 圖を得た(欠測した月の値も考慮して点線にて示した)。即ち昭和 10 年 6 月には各層間の水温の鉛直差 1.0° で、此の當時は恰も気温の急昇期に相當するので、表面程受熱量多きため次第に鉛直差を増大 7 月には 1.3° となつたが、8 月の最高水温の出現期には早や放熱現象が現れたためか、鉛直差は前月を最高として減少し、殊に表・中層間に甚しく、9 月には中・下層の鉛直差僅少となり、10 月には表層よりの放熱が盛となり、従つて対流も顯著に行はれるので上下層の水温差は著しく減少し、同温層を形成する。斯の如き状態は結氷期迄持續されるらしく、越えて昭和 11 年 2 月の結氷中の氷温は上・下層何れも氷点以下であるが、表面は -0.2° 、中・下層は -1.1° となつて明かに正列成層を形成して居り、この様な分布状態は昭和 12 年の 2 月にも現れてゐる。一般に淡水湖に於ける結氷期の水温分布は逆列成層を呈するのが通例であるが、本湖に於ける此現象は鹹水湖であるのと後述する下鹹層に起因するものと考へられる。而して水温は 3 月以降上昇し、鉛直差は一時減少するが、5 月には鉛直差が明かとなり、漸次

第 3 圖 水温の鉛直的年変化

増大して前年の如く 7 月に最大となり、8 月には減少、10 月以降には鉛直差皆無の同温層を形成、越えて昭和 12 年 2 月の結氷期には前年と同様逆列成層を形成してゐる。

要するに本湖に於ける水温の鉛直的年変化は結氷期に於ける 2 月の最低水温期は一般淡水湖に反し正列成層を形成し、4 月頃の氷解期には一時鉛直差を減少するが、5 月より漸次増加し 7 月に最大となるが、8 月の最高水温出現期には減少し始め、10 月以降の対流の旺盛に行はれる頃には殆んど同温層を形成、12 月以降の結氷期には再び正列成層を形成するのである。

(3) 湖水温と気温との関係

湖水温と気温との関係を知る爲め湖水温として表面水温を、気温には観測時に於ける気温と本湖に近き網走測候所観測の平均気温をとつた。是等の関係は第 4 圖及び第 1 表に示す如く、湖水温は観測時の気温に比べて大體に於いて 3~9 月は低く、殊に 4~6 月は $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ も低くなつて居り、10~2 月には $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ も高くなつて居る。

斯の如く湖水温が観測時気温に比べて 3~9 月に低いのは此の観測が共

第 4 圖 湖水温と気温との関係

●—● 湖水温観測時の気温, ×—× 湖水温, ●—● 網走の気温

第1表 湖水温と気温との偏差

年次	昭和10年						昭和11年						昭和12年			
	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	11	2	3
項目																
湖水温と観測時 気温との差	-2.4	-1.9	+0.1	-0.2	+0.3	+1.9	+1.9	-0.3	-5.8	-3.1	-4.3	-1.9	-1.1	+1.6	+2.4	-2.3
湖水温と網走平 均気温との差	+1.5	+0.9	+2.4	+2.9	+3.6	+3.9	+6.5	+2.7	-1.9	+0.3	+0.2	+2.0	+1.9	+3.2	+4.2	+2.7

第2表 湖水温と外海水温との偏差

年次	昭和10年						昭和11年						昭和12年			
	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	11	2	3
月次																
偏差	+1.8	+1.2	+1.3	0.0	0.0	-1.6	+0.6	-0.3	-2.1	+0.1	+2.1	+2.6	+1.4	-1.3	+1.3	+0.5

に日中に行はれて居る點より見て、此の期間に於て湖水温は日射の外、尠くとも日中は気温より受熱され、殊に4~6月の間は其影響最も大なることを意味するものであらう。而して10~2月に高いのは、湖面より大氣に向つて絶えず放熱して居ることを示すものであらう。

次に湖水温と網走の平均気温との關係を見るに、湖水温は平均気温に比べて4月を除いては常に高く、一般に水温の上昇期に比べて下降期程高温顯著で殊に10~2月は偏差5°内外となつて居る。此の現象は主として大氣と湖水の受熱に因る昇温、放熱に因る降温速度の相違から來るものであらう。2月の結氷期に於て昭和11年の偏差+6.5°、同12年の偏差+4.2°の如く各月中の最大となるのは湖面を被覆する氷板によつて寒冷なる大氣と絶縁放熱作用を妨げるため、4月の解氷期に於て平均気温よりも低温となるのは融氷によつて水温の上昇を阻止する

に起因するものであらうと考へられる。

(4) 湖水温と外海水温との關係

本湖は前記の様に新湖口を通じて外海水と湖水の交換が行はれて居るので、湖水温と外海水温との關係を見ることにする。

湖水温はその表面水温をとり、外海水温には本湖に近き北海道水産試験場、紋別定地観測所観測の平均水温をとつて第 2 表及び第 2 圖を得た。大體に於て湖水温は外海水温に比べて、2, 3 月頃の結氷期には稍高く、4 月の解氷期には一時低目となり、5~8 月の受熱期には概ね $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$ も高くなつて居るが、9 月以降の放熱期には殆んど同値となり、11 月には反つて 1.6° も外海水温より低くなつて居る。上記の現象を考ふるに、2, 3 月頃の稍高目となつて居ることは、湖水温は湖面を被覆する氷板によつて冷却を防止されると或一定温度迄冷却された場合は湖水は海水に比べて鹽分差によつて比較的高い温度で結氷してしまふからで、若し湖水が外海水と同量程度の鹽分を含有してゐるならば、湖水温は外海水温に比べて略同値となるか或は反つて低目となるべき筈である。今比較に用ひて居るのは表面水であるが、中・下層水の水温と比重(鹽分を表す)を外海水のそれに比べて見ると此の現象も一應は首肯出来る。

第 3 表

時 期	水 温 比 重	湖 水			外 海
		表 面	中 層	下 層	
昭和 11 年 2 月	水 温	-0.2	-1.1	-1.1	-0.8
	比 重	4.09	22.24	23.47	18.30
昭和 12 年 3 月	水 温	-0.3	-1.1	-1.0	-1.6
	比 重	4.48	23.15	23.67	23.23

而して 4 月の湖水温の低目となつて居るのは前項気温との關係の項にて述べた如く、融氷による湖水温の上昇を妨げる爲であつて、5~8 月には湖水は陸水的影響を多分に受けるので外海水よりも従つて高くなり、最高水温は次の如く常に湖水に高く、出現も稍早いやうで、9 月以降には之に反し下降急となるため 11 月頃に外海水温よりも低位となるのである。

第 4 表

		昭和 10 年	昭和 12 年
湖	水	19.3° (8 月)	21.4° (8 月)
外	海	18.1° (9 月)	20.0° (8 月)

IV 比 重

(1) 各層比重の年変化

比重の各層に於ける年変化は第 5 圖に示す如く、表面比重は昭和 10 年 6 月は 22.08 で、其後 7, 8 月と漸次増加し 9 月は 23.29 となつて最多を示したが、10 月には減少し始め 11 月には 20.54 となり、12, 1 月は缺測のため明かでないが、昭和 11 年 2 月には 4.09 に激減し、3, 4 月は更に減少殆んど淡水と同値となつたが、5 月には急増し 21.77 となつて恢復し、其後徐々に増加し、8 月以降 11 月を除き缺測したため此の間の状態不明であるが、8 月は 23.26, 11 月は 23.56 となつて相當高鹹である。越えて昭和 12 年 2 月には再び 4.48 に急減し、3 月には更に 2.40 に減少して居る。以上の如く表面比重の年変化は 2, 3, 4 月の結氷期は低鹹で殆んど

第 5 圖 各層比重の年変化並に外海比重との關係

●—● 表面比重, ○—○ 中層比重, x—x 下層比重, ---- 外海比重 (紋別)

淡水に近いが、5 月には急速に恢復し、其後徐々に増加し、秋期に於いて最高鹹となり、冬期には再び最低鹹となる様である。

中層比重にあつては大體表面比重の變化と大差なく、結氷期に最低鹹、秋期に最高鹹となるが兩者の較差は表面比重よりも至つて尠く、22.00 前後より 24.00 位迄を變化して居る。下層に於ける比重の變化は前 2 層に比して著しく不明瞭であるが、強いて云へば春期は最低鹹、秋期は最高鹹となるやうで、其變化は 23.00~24.50 迄の間である。

要するに本湖に於ける各層比重の年變化は表・中層共結氷期に最低鹹、秋期に最高鹹となり、就中表面の最低鹹には著しきものがあつて殆んど淡水と異ならないが、下層の變化は極めて緩慢で、強いて云へば春期最低鹹、秋期に最高鹹となつて居るやうで、湖比重の此の年變化型式は後述する外海比重のそれと大體一致して居ることは注目すべきである。

(2) 比重の鉛直的年變化

比重の鉛直的年變化を見るため第 6 圖を描いた。之を通觀するに各月何れも下鹹層を形成して居る。即ち 2, 3 月頃を中心とする結氷期には表面に 5.00 以下の著しい低鹹水が薄く現れるが、下層には 23.00 以上の比較的高鹹水が占據するため比重の鉛直的勾配は著しく急で年の最大となつて居る。4 月に入つても表面水は依然融氷水によつて稀釋さるゝため低鹹で、下層水も前月と大差ない。従つて鉛直差も急となつて居る。5 月に入つては表面に於ける低鹹水消滅し、鉛直差も甚しく減少する。其後秋期迄は表面 23.00 前後、下

第 6 圖 比重の鉛直的年變化

層は 24.00 以上となつて鉛直差最も尠く、12 月の結氷期に入れば再び鉛直差最大となるのである。以上述べた如く 2, 3 月頃の結氷期に表面に 5.00 以下の低鹹水が現れ、鉛直差著しく大となるのは鹽分を比較的多量に含有し又水温の零度餘の寒冷にして密度の大なる湖水が中層以深にあつて此の上層を河川水が覆ひ、且つ湖面は氷板によつて覆はれ風等の攪亂的作用を受けることが無いため斯の様な層重状態が密度差によつて維持されて居ると見るべきで、5 月頃急激に表面水が比重を増加し鉛直差の減少するのも湖面を被覆する氷板融け風等に因る攪亂的作用を多分に受け上・下水の混合が行はれる結果であるとするべきである。

(3) 湖比重と降水並に蒸發との關係

湖比重と降水並に蒸發との關係を見るために湖比重には表面比重を、降水並に蒸發には網走測候所觀測の降水量と蒸發量との差をとつて比較して見ると、第 7 圖及び第 5 表に示す如くである。若し本湖が外海との交換

第 7 圖 湖比重と降水蒸發量差との關係

●—● 湖比重, x---x 降水量と蒸發量との差 (mm)

第5表 湖比重及降水量と蒸發量との差

年次	昭和10年						昭和11年						昭和12年			
	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	11	2	3
湖比重	22.08	23.11	23.00	23.29	22.21	20.54	4.09	0.61	0.90	21.77	22.10	23.38	23.26	23.56	4.48	2.40
降水量と蒸發量との差 (mm)	+18.9	-10.5	+133.5	+38.7	+17.8	+58.5	+4.5	-4.5	-15.3	-50.6	-27.9	+12.8	-15.3	+1.3	-19.2	-10.8

が無く、且つ河水の流入が無いものとすれば、湖比重の増減はクヌーツセン氏の鹽分量不變の法則から降水量と蒸發量の差に依つて支配されるべきである。

即ち降水量が蒸發量に比べてより多い時は湖比重は減少し、之に反する時は増加すべきである。然るに圖並に表示の様に降水量が蒸發量に比べて最も多量であつた昭和10年の8月及び11月には湖比重の幾分減少して居ることが窺へるが、之に反し降水量が蒸發量に比べて甚だ僅少であつた昭和11年の2, 3月及び同12年の2, 3月に湖比重の増加を見るべきであるのに事實は反つて激減を呈して居る。之に依つて見ると湖比重は幾分降水量と蒸發量の影響を受けるが其程度は極めて僅少で、何れかと云へば後述する外海より受ける影響が甚大である。實際、本湖は前記の假定と異なり注入河川があつて降水並に蒸發と湖比重との關係が顯著に現るべきであるが、又一方外海と通じ海水と湖水との交換が常に行はれ、降水並に蒸發の影響を不明ならしめる様な状態の下に置かれて居るのである。

(4) 湖比重と外海比重との關係

第5圖に於て湖比重と外海比重との關係を描いた。湖比重は表面比重を、外海比重には北海道水産試験場紋別定地觀測所觀測の比重をとつた。兩曲線は昭和12年の2, 3月を除いては略平行して變化し、1, 2月を除いては外海比重は湖比重に比べて常に高位となつて居る。即ち兩者共に年の最低値は冬期に、最高値は夏秋期に出現し、湖比重は外海比重に比べて常に低値となつて居るのである。斯の様な兩者の關係よ

第 6 表 観 測 表

地 名		佐 呂 湖							紋 別		綱 走		
年 別	月 別	気温	水 温			比 重			水温	比重	気温	降水量 mm	蒸發量 mm
			表面	中層	下層	表面	中層	下層					
10	6	15.3	12.9	11.9	10.9	22.08	22.53	23.29	11.1	22.24	11.4	93.0	74.1
	7	19.5	17.6	16.3	15.0	23.11	23.62	23.89	16.4	22.51	16.7	75.0	85.5
	8	19.2	19.3	18.6	17.7	23.00	24.06	24.30	18.0	23.39	16.9	200.4	66.9
	9	18.3	18.1	17.7	17.6	23.29	24.05	24.30	18.1	24.28	15.2	114.2	75.5
	10	15.0	15.3	15.3	15.3	22.21	24.25	24.39	15.3	24.52	11.7	68.0	50.2
	11	5.0	6.9	7.7	7.6	20.54	22.55	23.10	8.5	23.80	3.0	90.6	32.1
	12	---	---	---	---	---	---	---	1.2	23.24	-4.6	37.0	38.0
11	1	---	---	---	---	---	---	---	-1.4	23.36	-6.3	69.4	37.7
	2	-2.1	-0.2	-1.1	-1.1	4.09	22.24	23.47	-0.8	18.30	-6.7	42.3	37.8
	3	0.3	0.0	-0.2	-0.4	6.10	21.69	23.58	0.3	18.13	-2.7	58.7	63.2
	4	6.6	1.1	1.3	1.1	0.00	22.46	23.09	3.2	22.23	3.0	58.5	73.8
	5	11.3	8.2	7.8	7.5	21.77	22.89	23.06	8.1	22.94	7.9	44.9	95.5
	6	18.8	14.5	13.5	12.7	22.10	23.71	23.79	12.4	23.41	14.3	70.6	98.5
	7	20.8	18.9	17.6	16.5	23.38	24.05	24.46	16.3	23.67	16.9	76.8	84.0
	8	22.5	21.4	20.8	19.8	23.26	24.18	24.44	20.0	24.34	19.5	76.8	92.1
	9	---	---	---	---	---	---	---	19.3	24.70	17.0	52.4	91.0
	10	---	---	---	---	---	---	---	14.2	24.20	10.7	105.2	79.1
	11	5.0	6.6	6.6	6.7	23.56	24.07	24.11	7.9	23.63	3.4	48.7	43.4
	12	---	---	---	---	---	---	---	1.9	23.18	-2.3	35.1	43.7
12	1	---	---	---	---	---	---	---	-1.2	23.32	-6.1	31.2	37.9
	2	-2.7	-0.3	-1.1	-1.0	4.48	23.15	23.67	-1.6	23.23	-4.5	67.7	36.9
	3	2.4	0.1	-0.5	-0.4	2.40	23.05	23.74	-0.4	23.49	-2.8	50.9	61.7

り見て本湖水と外海水との交換が相當頻繁に行はれて居ることが察知され、降水や蒸發等の影響も尠く、本湖は寧ろ陸水的性質よりも内灣的性質を多分に持つて居り、此のことは生物相にも現れて居ることは特に注目すべきである。

Ⅴ 結 び

佐呂湖に於ける昭和 10 年 6 月より 12 年 3 月迄の水温、比重の観測結果により各層及び鉛直的年變化を記述し、湖水温と気温及外海水温との關係並に湖水比重と降水・蒸發及び外海比重との關係を論じて、本湖は陸水的性狀よりも寧ろ多分に内灣的性狀を有することを明かにした。

Ⅵ 参 考 文 献

北海道廳經濟部, 1935~37: 北海道氣象月報, 478~499.

北海道水産試験場, 1935~37: 海洋調査月報, 9, (6)~11, (3).

久保時夫, 1934: 島原貯水池水温観測報告(第1報). 海と空, 14, (2).

木下虎一郎, 近藤賢藏, 今井晴一, 1936: 北見國佐呂湖湖産水産動物(第1報). 北水試事旬, 302.

木下虎一郎, 中島由太郎, 1936: 北海道佐呂湖湖に於ける *Noctiluca* の出現消長と水温. 比重の關係に就て. 養殖會誌, 6, (9).

須田皖次, 1933: 海洋科學.

高安三次, 五十嵐彦仁, 近藤賢藏, 1934: さろま湖調査. 北水試水調報, 34.