自然水中のビタミン B_{12} に関する研究—Ⅶ.湖沼の栄養型とビタミン B_{12} 量との関係*

柏田 研一・柿本 大 壱

(1962 年 1 月 8 日受理)

STUDIES ON VITAMIN B_{12} IN NATURAL WATER—VII.
RELATION BETWEEN THE FERTILITY AND
THE VITAMIN B_{12} CONTENT OF LAKES

Ken-ichi KASHIWADA and Daiichi KAKIMOTO

There has been adopted a view that lakes and marshes can be classified according to their contents of nutritive salts into eutrophic, mesotrophic and oligotrophic ones. In order to find how the trophic level or fertility of these land waters is connected with vitamin B_{12} content of their water, the authors carried out the measurement of the latter, selecting as an object of research 10 members of lakes and marshes in Japan. As seen from the data obtained in the present research (see Table 1), the level of vitamin B_{12} content found as several mg/l to about $10 mg/l$ for typical eutrophic lakes as, for example, Lake Kasumigaura and Lake Suwa and that estimated as only $1 mg/l$ and below for typical oligotrophic lakes as, for example, Lake Ikeda, Lake Biwa, Lake Towada and Lake Tōya are in striking contrast to each other, that of Pond Unagiike, a typical mesotrophic lake in Kagoshima Prefecture being situated in the middle of the space between the former two.

It may hence be given a conclusion that as regards the trophic type of lakes and marshes there exists likely an intimate relation between the content level of nutritive salts and that of vitamin B_{12} .

湖沼は生産量に応じて富栄養湖、中栄養湖、貧栄養湖に分類されるが、富栄養湖には生物に必要な栄養塩が豊富でプランクトンの繁殖が盛んであるのに反し、栄養塩の稀薄な貧栄養湖ではプランクトンの繁殖が少なく、ひいては水の透明度にも違いが生ずる。このように湖沼の栄養型は栄養塩の量によつて分れ、とくに N, P, Fe などがしばしば制限因子となるところから、これらの元素の量により、あるいは pH, 透明度などによつて湖沼の栄養型を区別することが試みられている。しかし湖沼の生産量が単にこのような N や P などの元素としての量によつて決められるかどうかは問題で、さらに水中に溶存する有機物についても考慮する必要があるように考えられる。すなわち生育上チアミンやビタミン B_{12} (以下 B_{12} と略記) などを要求する植物プランクトンが必ずしも少なくないことが知られてきているので、これらビタミン類も海洋や湖沼の生産力を検討する場合、全く考慮しないわけにはゆかないのではあるまいか。われわれはさきに池田湖について B_{12} の分布を調査したところ、その量がきわめて少ないことを知つた¹⁻⁴⁾。周知のように池田湖はわが国における代表的な貧栄養湖の一つであるが、このことと B_{12} の少ないこととの間に関係があるのではないかの考えに立つて湖沼の栄養型と B_{12} 量との関係を調べて見た。これまで湖沼水のビタミンに関する研究は比較的少なく、 B_{12} 量については ROBBINS⁵⁾ らがある池水で $0.1 \sim 2.0 mg/ml$ の B_{12} を定量しているのが見られる。筆者の今回行なつた調査により、貧栄養湖に属する湖水の B_{12} 量は $1 mg/l$ に達しないのが普

* 1961 年 4 月 7 日、日本水産学会年会 (東京) で発表した。

** 鹿児島大学水産学部 (Fac. Fish. Kagoshima Univ., Kagoshima, Japan).

通であるのに対し、富栄養湖に属する湖沼水においては数ないし 10 mg/l 以上に達する場合もあり、湖沼水の B_{12} 量は栄養型によつて明瞭な差異のあることが確認されたので、その概要を報告する。

なお今回の調査は湖沼が栄養型によつて B_{12} 量に差異があるかどうかを確かめることを当面の目的として行なつたものであつて、 B_{12} と他の要素あるいは現象との関係を論じ得るような事項に触れる調査は行なわなかつた。

調 査 方 法

調査した湖沼と調査期日 調査したのは地元鹿児島県の三湖沼、池田湖、鰻池、蘭牟田池の外、代表的の貧、富栄養湖および人工湖として琵琶湖、諏訪湖、相模湖、手賀沼、霞ヶ浦、十和田湖、洞爺湖の計十湖沼で、調査期日は洞爺湖を除き 1960 年 9～10 月である。

採水と B_{12} の定量 北原採水器によつて湖沼の各層から採水した。なお測温と比色法による pH の測定は採水と同時に進めた。 B_{12} 定量用試水にはトルオールを添加振盪し、光線を避けて実験室に運び、東洋濾紙 No. 5C で濾過したものを用い、ユーグレナ法によつて測定した。したがつて本報告でいう B_{12} はユーグレナ法による測定値である。なお琵琶湖では pH の測定にガラス電極 pH 計を用い、相模湖では隔測温度計によつて測温した。

調査点 Fig. 1 に各湖沼における調査点を示した。なお図はそれぞれ任意に縮図したものであるから、この図によつて各湖沼の面積や調査点の距離などを相互に比較することはできない。

調査成績 採水の際行なつた各湖沼における観測値その他と各湖沼水の B_{12} 量を Table 1 (a～j) に一括表示した。

調 査 結 果 の 考 察

a. 池田湖 池田湖については前記のとおり、すでに 1956 年以来、 B_{12} の分布を調査してきたが、他の湖沼と比較する意味で再度調査した。湖流が少なく上下移動もほとんど行なわれないうため、水温や B_{12} の垂直分布は湖上何れの点でもあまり変わらないことがこれまでの調査によつて判つているので、今回は水深約 50m の St. 1 と約 40m の St. 2 の 2 点について B_{12} の垂直分布を調べた。その結果は Table 1, a. に見られるようにこれまでの調査結果とはほとんど異なることなく、すなわち B_{12} は微量で 1 mg/l に達しないこと、水深 20m 付近に B_{12} の極大層の存在することが再確認された。また透明度が大きく、12m にも達したことは池田湖が貧栄養湖であることをよく表わしている。

b. 鰻池 鰻池は池田湖の東方約 1.6km のところにあり、東西約 1.1km、南北約 1.3km でほぼ円形に近く、水深約 50m、中栄養湖とされている。透明度は 6.5m で池田湖より小さいのは鰻池が中栄養湖に属することと一致する。 B_{12} は表面水においては池田湖とあまり変らないが、10～15m 以深においては $2\sim 3 \text{ mg/l}$ 以上を示し、池田湖に較べて明らかに多量である。採水した 3 点とも水深 15m に B_{12} の極大層が見られる。このように極大層が明瞭に現われているのは、一つには湖水がきわめて静穏で湖流が無に近い状態にあるためと思われるが、ある特定の深度の水に B_{12} 極大層の存在するのは色々の意味から興味深い現象であるので、その成因その他については今後研究を進めたい。

c. 蘭牟田池 鹿児島県薩摩郡にあり、大きさは東西約 900m、南北約 800m で円形に近く、調査当時、渇水期に當つていた関係もあるが最深部でも水深約 60cm にすぎなかつた。ジュンサイが自生し、周辺は泥炭地帯で、また泥炭よりなる大きな浮島が浮遊している特殊の沼である。表面水について B_{12} を定量した結果は Table 1, c. のとおりで、含量としてはとくに少ない方ではないが栄養型については詳かでないので、今回はただ調査結果の報告に止めておく。

d. 琵琶湖 いうまでもなくわが国最大の湖で水深約 96m、貧栄養湖に分類されている。滋賀県水産試験場によつて調査が行なわれてきているが、今回も同場で行なわれた定期観測に参加、同場で定めている松原一舟木崎上の定点 I—V の 5 点で採水して B_{12} 分布を調べた。その結果は Table 1, d に示したが、

Fig. 1. Map of lakes, showing the station where the water samples were collected.

Table 1. Distribution of vitamin B₁₂ in lake water.

a. Lake Ikeda

Date: Sept. 26, 1960. Time: 12.00~13.30

St.	Depth (m)	pH	B ₁₂ (mγ/l)	Remarks
1	0	7.4	0.3	Fine weather Transparency: 12m
	5	7.4	0.6	
	10	7.4	0.5	
	15	7.4	0.3	
	20	7.2	1.2	
	30	6.6	0.4	
	40	6.6	0.6	
	50	6.6	0.5	
2	0		0.6	
	5		0.4	
	10		0.4	
	15		0.6	
	20		1.2	
	30		0.9	
	40		0.6	

b. Unagiike

Date: Sept. 27, 1960.

St.	Depth (m)	Water temperature (°C)	pH	B ₁₂ (mγ/l)	Remarks
1	0	29	7.5	0.7	Fine weather Transparency: 6.5m
	5	28	7.5	0.8	
	10	20	7.1	2.0	
	15	13	6.6	3.3	
	20	12	6.5	2.5	
	25	12	6.4	1.3	
2	0	30	7.6	0.7	
	5	27	7.5	0.7	
	10	20.5	7.4	2.0	
	15	15	6.7	3.0	
	20	13	6.4	1.3	
	30	12	6.4	1.8	
	40	12	6.2	1.8	
	42	18	6.6	3.6	
3	0	28	7.6	0.8	
	5	27	7.4	0.7	
	10	27	7.5	0.5	
	15	13	6.6	4.0	
	20	12	6.4	2.5	
	30	12	6.4	1.4	
	40	12	6.2	1.6	
	50	12	6.2	2.1	

c. Imutaike

Date: Sept. 21, 1960. Time: 13.00~15.00

St.	Depth (cm)	Water temperature (°C)	pH	B ₁₂ (mγ/l)	Remarks
1	50	31	6.4	1.6	Fine weather. B ₁₂ of surface water was determined.
2	50	30	6.5	2.0	
3	60	29	6.5	2.6	
4	60	30	6.6	3.0	
5	30	32	6.5	2.6	
6	15	—	—	2.6	

d. Lake Biwa

Date: Oct. 14, 1960. Time: 8.57~13.00

St.	Depth (m)	Water temperature (°C)	pH	B ₁₂ (mg/l)	Remarks
1	0	20.95	7.8	0.9	Atmospheric temperature: 18.4°C Transparency: 4.0m Depth: 8.2m
	5	20.95	—	0.8	
	7.6	20.90	7.8	0.7	
2	0	21.1	7.8	0.6	Atmospheric temperature: 18.3°C Transparency: 5.0m Depth: 19.5m
	5	21.0	—	0.7	
	10	20.9	7.7	0.6	
	15	20.8	—	0.5	
	19	17.1	7.2	0.4	
3	0	20.7	7.7	0.4	Atmospheric temperature: 18.6°C Transparency: 6.9m Depth: 42m
	5	20.7	—	0.7	
	10	20.6	7.8	0.5	
	15	18.9	—	0.5	
	20	14.9	7.3	0.2	
	30	11.1	7.2	0.1	
4	41	9.6	7.1	0.4	Atmospheric temperature: 19.4°C Transparency: 7.3m Depth: 80.3m
	0	20.9	7.7	0.5	
	5	20.8	—	0.5	
	10	20.8	7.8	0.6	
	15	20.6	—	0.5	
	20	13.6	7.3	0.1	
	30	10.6	7.3	0.2	
	40	9.6	7.2	0.2	
	50	9.2	7.3	0.2	
	60	9.2	7.1	0.2	
	70	9.1	7.0	0.5	
	79.2	9.1	6.9	0.4	
5	0	20.8	7.6	0.5	Atmospheric temperature: 21.8°C Transparency: 6.1m Depth: 9.0m
	5	20.7	—	0.8	
	8.5	20.7	7.6	0.4	

e. Lake Suwa

Date: Oct. 12, 1960. Time: 13.30~14.30

St.	Depth (m)	Water temperature (°C)	pH	B ₁₂ (mg/l)	Remarks
1	0	17.5	8.2	3.5	Cloudy weather Transparency: 1.17m Depth: 5.0m
	2	17.3	7.7	2.9	
	4	17.0	7.3	3.5	
2	0	17.5	8.1	4.5	Transparency: 1.20m Depth: 6.5m
	2	17.1	7.9	3.5	
	4	17.0	7.3	3.5	
	6	16.9	7.2	4.2	
3	0	17.3	7.8	2.9	Transparency: 1.20m Depth: 3.1m
	2	17.0	8.1	3.4	
	2.5	17.2	7.9	3.7	

f. Teganuma

Date: Oct. 8, 1960. Time: 13.30~14.30

St.	Depth (m)	Water temperature (°C)	pH	B ₁₂ (mg/l)	Remarks
1	0	21	—	1.2	Fine weather
	1	—	—	8.9	
2	0	21	—	1.3	
	1	—	—	3.8	
3	0	21	—	0.9	
	0.75	—	—	1.2	

g. Lake Kasumigaura

Date: Oct. 8, 1960. Time: 10.00~11.05

St.	Depth (m)	Water temperature (°C)	pH	B ₁₂ (mg/l)	Remarks
1	0	19.8	8.4	6.2	Fine weather Atmospheric temperature: 25.4°C Transparency: 1.50 m Depth: 4.85 m
	2	19.6	8.4	11.9	
	4	19.4	8.4	6.4	
	4.8	—	—	5.6	
2	0	20.1	8.4	9.0	Transparency: 0.97 m Depth: 2.30 m
	2	19.8	8.4	7.0	
3	0	20.0	8.0	4.8	Transparency: 0.80 m Depth: 2.50 m
	2	19.3	8.2	6.8	

h. Lake Sagami

Date: Oct. 10, 1960. Time: 13.50~15.10

St.	Depth (m)	Water temperature (°C)	pH	B ₁₂ (mg/l)	Remarks
10	0	18.40	9.2	1.4	Atmospheric temperature: 21.3°C Transparency: 1.3 m Depth: 23.5 m
	5	16.65	7.2	1.2	
	10	15.88	7.4	0.7	
	15	15.58	7.2	1.4	
	20	15.39	7.2	1.2	
	23	15.13	7.2	1.3	
9	0	18.23	9.2	1.1	Transparency: 1.3 m Depth: 31.7 m
	5	16.38	7.0	1.1	
	10	15.82	7.2	0.8	
	15	15.50	7.2	1.2	
	20	15.31	7.0	1.0	
	25	14.98	7.4	1.1	
	30	13.06	6.6	2.4	

i. Lake Towada

Date: Oct. 26, 1960. Time: 11.00

St.	Depth (m)	Water temperature (°C)	pH	B ₁₂ (mg/l)	Remarks
	0	13.5		—	
	5	13.4		0.0	
	10	13.4		0.8	
	15	12.8		0.0	
	20	7.3		+	
	25	6.7		0.0	

Lake Tōya

Date: June 18~19

Date	Water temperature (°C)	Atmospheric temperature (°C)	B ₁₂ (mg/l)	Remarks
June 18, 18.00	9.3	18	0.6	Fine weather
19.30	9.0	13	0.3	Sunset
21.15	8.4	14	0.6	
22.30	9.5	15	1.3	
24.00	10.8	14.5	0.6	
19, 1.30	11.0	13	0.8	
3.00	12.0	12.5	0.6	
4.30	12.7	12.8	0.8	Sunrise at a quarter past 4.
6.00	12.8	15.8	0.4	
7.37	13.0	16.5	0.3	
9.00	13.6	22.1	0.6	
10.30	14.5	22.0	0.3	
11.57	15.0	23.0	0.4	Light rain
13.30	16.0	22.0	0.1	
14.55	15.0	24.8	0.6	
16.30	14.8	22.4	0.2	
18.00	13.5	22.0	0.3	
19.30	13.1	19.0	0.6	Heavy rain
20.55	12.8	18.0	0.4	

B₁₂ は微量で各点、各層とも 1mg/l に達しないことは同じく富栄養湖の池田湖の場合によく似ている。なお池田湖では水深 20m に B₁₂ の極大値が認められたが、琵琶湖はかなり深湖であるにもかかわらず極大層らしいものは認められない。これは湖の形態、河川などの条件が池田湖といちじるしく異なり、潮流による水の攪乱があるためではないかと考えられる。透明度は 4~6m で、池田湖よりもかなり小さく、これは中栄養湖の鰻池のそれに近い。

e. 諏訪湖 わが国における代表的富栄養湖の一つであり、古くから著名な湖沼学者により詳細にわたる調査が行なわれてきている。富栄養湖の特徴として水深は浅く、湖心部と推定された St. 2 においても 6.5m にすぎなかつた。水はかなり混濁して透明度は約 1.2m, pH も表面においては 8 以上を示した。Table 1, e に見られるように B₁₂ は 2.9~4.5mg/l の範囲にあり、池田湖や琵琶湖（富栄養湖）、鰻池（中栄養湖）に比較して明らかに含量が多い。各観測点とも深度によつて B₁₂ 量が変わらないのは浅湖で湖水の攪拌移動がよく行なわれるためであろう。

f. 手賀沼 調査点は図示しなかつたが、西端部に近い我孫子沿いの 3 点で採水した。各点とも水深は 1m 内外にすぎず、水は比較的透明であつたが、湖底一面に密生した水藻が表面にまで達していたため湖底は見えず、透明度も測定できなかつた。B₁₂ は 3 点とも表面においては約 1mg/l であまり多いとはいえない。しかし水深 1m のところでは 8.9, 3.8mg/l の如く St. 1 と 2 ではかなり多い。手賀沼は富栄養湖に分類されているが、表面と湖底とで B₁₂ 量に大差のあるものは珍しい。採水当日が快晴であつたため表面水の B₁₂ が日光で破壊されたのに反し、下層の B₁₂ は繁茂した水藻によつて日光がさえぎられ破壊を免がれたのか、底土に B₁₂ が豊富に含まれていて、これから水中に B₁₂ が補給されるものか、その辺の事情はさらに研究を進めてみないと明らかでない。

g. 霞ヶ浦 諏訪湖とともに代表的富栄養湖に属する。茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所における観測定點 St. 1, 2 および木原地先の St. 3 の 3 点につき表面から湖底まで数層から採水した。水深は比較的浅く、もつとも深い St. 1 においても 5m に達しない。水は黄緑色に混濁し、透明度は 0.8~1.5m にすぎず、pH はすべて 8 以上を示した。Table 1, g に見られるように B₁₂ は約 5~12mg/l の範囲にあり、今回調査した湖沼中最高値で池田湖や琵琶湖のおおよそ 10 倍、琵琶湖の最低値 0.1mg/l と霞ヶ浦の最高値 11.9mg/l とでは 100 倍以上の開きがある。諏訪湖におけると同様 B₁₂ の垂直分布に明瞭な傾向が見られないのは、浅湖で水の混合がよく行なわれるためと考えられる。

h. 相模湖 相模川河口より約 50km 上流にあり、相模ダム建設のため 1945 年出現した人工湖であり、陸水学的性状において他の湖沼とはかなり性格を異にしている。水源を山中湖（中栄養湖）に発した桂川が主流をなしているが、湖状をなしている相模湖町地先の区域は長径約 2km、短径約 800m、最深部の水深約 35m で湖水の断面は V 字型である。採水は湖流を考え 2 点で行なった。水は黄褐色に混濁し、透明度は 1.3m にすぎなかつたが、調査の前夜かなりの降雨があり、陸上から流れ込んだ濁水の影響もあつたと思われる。pH は表面において 9.2 という異常に高い値を示したが、それ以深は 7.2 内外で変動が少なく、ただ St. 9 の 30m 層で 6.6 を示した。水温の垂直分布は両観測点とも 2~4m に躍層があり、4m 以深における温度勾配はきわめて緩やかであるが、St. 9 では 29m から湖底 (31.7m) にいたる間の水温低下は大きく、4m で約 3° の差があつた。 B_{12} 量 (Table 1, h) は湖心付近と目された St. 9 の水深 30m で 2.4mg/l を示した以外は各層とも約 1mg/l で、 B_{12} 量としてはむしろ少ない方である。垂直分布は両観測点とも近似し、水深 10m で減少の傾向を見せている。しかし深度による差が概していちじるしくないのは流れによる水の動きがかなり活発に行なわれるためかと考えられる。なお湖心付近の底層水に B_{12} が明らかに増加している原因はよく判らないが、湖底に B_{12} が多く、しかもその付近の水が地形上滞留状態となるためではあるまいか。なお過去行なわれた調査によると相模湖は栄養塩などの点から見ると富栄養湖としての条件を具えているとのことであるが、 B_{12} 量は富栄養湖の諏訪湖や霞ヶ浦に較べてかなり少なく、中栄養湖の鰻池にもおよばない。

i. 十和田湖 中山崎地先における採水である。試料数が少ないので確実ではないが、 B_{12} は 0 または痕跡程度で、その含量のきわめて少ないことは充分窺知できる。なお、十和田湖は貧栄養湖に分類されている。

j. 洞爺湖 数ある北海道の湖沼の一つで貧栄養湖に属する。1960 年 6 月 18 日から 19 日にかけての調査で、他の湖沼とは時期的に「ずれ」があり、季節による影響があれば他の湖沼との比較は困難であるが、池田湖の場合は季節の変化はほとんどないので一応そのままの値で考察する。洞爺湖温泉町北虹田発電所取入口の表面水を取り、 B_{12} の時刻による変化を調べたものであるが、18 日 22 時 30 分採取の試水を除けばいずれも 1mg/l に達せず、既述の各湖沼と比較すれば池田湖や琵琶湖の B_{12} と同程度の微量にすぎないことが判る。採水時刻によつて B_{12} 量の変化する程度はあまりいちじるしくはないが、昼間と夜間とに分けて各々の平均値をとつて見ると、18 日の 19 時 30 分から 19 日の 4 時 30 分までの平均値は 0.7mg/l 、同 6 時から 19 時 30 分までの平均値は 0.4mg/l であるから、夜間における方が増加する傾向があるが、これと同じ現象は先年調査した際の池田湖の表面水についても認められた。

以上、九州から北海道にいたる湖沼について B_{12} の分布を調査した結果を総合すると、湖沼の栄養型と B_{12} 量との間には密接な関係があり、すなわち富栄養湖には B_{12} が多く貧栄養湖には少ないことが明瞭に示され、その差は 10 倍から数 10 倍、時としてそれ以上にも達する場合のあることが判つた。これまで富栄養湖と貧栄養湖とでは水の性状や成分量に差のあることが指摘されていたが、その差は上記 B_{12} 量におけるほど顕著なものではなかつたのではあるまいか。いまかりに B_{12} 量が湖沼の栄養豊富の程度をあらわしうるものとすれば、今回調査した湖沼中、富栄養の第一は霞ヶ浦であり、諏訪湖、手賀沼はやや劣つてこれに続き、鰻池がこれにつぎ、相模湖はさらにこれよりわずかに劣り、池田湖、琵琶湖、洞爺湖（表面水についてのみの調査で確実性を欠くが）、十和田湖はもつとも貧栄養で、この四者は相似たもののようである。

以上今回の調査結果に関連して、湖沼水における B_{12} の起源、変化、各栄養塩その他の成分との関係、湖沼生産における B_{12} の意義など多くの問題が提起されるが、それらは今後の研究にまつこととし、今回は単に湖沼水の B_{12} 量と湖沼の栄養型との間に密接顕著な関係があることの確認された調査結果の報告のみに止める。

総 括

栄養塩類に富む湖沼は生産量が大きく、栄養塩類に乏しい湖沼は生産量が小さいところから湖沼を富栄養

湖、中栄養湖、貧栄養湖と栄養型によつて分類している。筆者らは自然水中のビタミン B_{12} と生産力という問題が近年識者の間で強い関心をひきつつある点を考慮し、湖沼の栄養型とビタミン B_{12} との関係を知らるために湖水における B_{12} 分布を調査したところ、富栄養湖（たとえば諏訪湖、霞ヶ浦）では数ないし 10mg/l 程度の B_{12} 量であつたのに対し、貧栄養湖（たとえば池田湖、琵琶湖、十和田湖、洞爺湖）では通常 1mg/l 未満で明らかに少なく、中栄養湖（たとえば鰻池）ではその中間の含量で、従来の栄養塩量を基準とした湖沼の栄養型と B_{12} 量との間に密接な関係のあることが判つた。

この研究は主として昭和 35 年度農林漁業試験研究費補助金に行なつた研究の一つであり、調査にあつては滋賀県水産試験場、長野県水産指導所諏訪支所、茨城県霞ヶ浦北浦水産事務所、淡水区水産研究所相模湖支所の各職員、淡水区水産研究所白石芳一技官、北大水産学部黒木敏郎、原沢両氏、本学部講師、金沢昭夫諸氏の御協力を得、また B_{12} の定量は当時の本学部学生、今井淳一君を煩わした。ここに記して各位に深甚の謝意をあらわす次第である。

文 献

- 1) 柏田研一・柿本大彦・川越一徳：本誌，23，450 (1957).
- 2) 柏田研一ら：本誌，25，652 (1959).
- 3) 柏田研一・柿本大彦・金沢昭夫：本誌，26，321 (1960).
- 4) 池田湖調査資料：鹿児島大学水産学部紀要，7，199 (1959).
- 5) ROBBINS, W., HERVEY, A. and STEBBINS, E.: Bull. Torrey Bot. Cl. 77, 423 (1950).