*
自然水中のビタミン B_{12} に関する研究—V.池田湖および甲突川におけるビタミン B_{12} の分布

柏田 研一・柿本大壺・金沢昭夫

黒木敏郎・野沢治治

(1959 年 6 月 29 日受理)

STUDIES ON VITAMIN B_{12} IN NATURAL WATER—V.
DISTRIBUTION OF VITAMIN B_{12} IN LAKE IKEDA AND RIVER KÔTSUKIKen-ichi KASHIWADA, Daiichi KAKIMOTO, Akio KANAZAWA,
Toshiro KUROKI and Koji NOZAWA**

In the work reported here the vitamin B_{12} content and its variation in lake and river water was measured.

In May 1958, the vitamin B_{12} content in the water of Lake Ikeda, measured by Euglena method; it was very small (e. g. less than $1\text{ m}\gamma/\text{l}$) and no distinct variation in the vertical and horizontal distribution was observed, however, in August, the vitamin increased in content more than twice as much as that of the spring value, the vertical distribution of it showed a close correlation with the quantity of dissolved oxygen and the maximum was shown at the depth of 20m. (Fig. 2) Fish school were also observed in this region. Similar seasonal change in vitamin B_{12} content was found in water from Kôtsuki River, with a low spring level (about $0.1\text{ m}\gamma/\text{l}$) (Table 2, I) and a high autumn level ($0.4\sim 4.5\text{ m}\gamma/\text{l}$) (Table 2, II). And in the river water, high level of vitamin B_{12} was observed in the morning, and in the daytime the vitamin content decreased with the lapse of time. It was found also that considerable amount of vitamin B_{12} poured into the river water from the banksoil with the rain-water. (Table 2, II)

硅藻類その他下等な水棲生物の中には、その生育上 B_{12} を必要とするものが多く存在することが知られており、このことから海水その他自然水中の B_{12} はそこに生存する生物の生活にとって直接、間接関係があると考えられるが、これまで自然水中の B_{12} に関する知見は甚だ乏しかつたように思われる。筆者らはさきに海水中の B_{12} 定量法を考案し^{1),2)}、さらに定量に関連した事項について行なつた 2, 3 の実験および海水、湖水の B_{12} 分布に関する調査結果を報告してきたが^{3),4)}、自然水中の B_{12} については諸外国においても近年漸く関心が高まりつつあり、それも主として海水中的のものに関してであるが、定量法に関するもの^{5),6)} B_{12} 含量の季節的变化に関するもの⁷⁾ などの報告が見られる。筆者らは目下、海洋生産力と B_{12} との関連性の問題を取上げて研究中であるが、この研究を進めるに当つては、まず自然水中における B_{12} 分布の実態を詳に

* 昭和 33 年 10 月、日本水産学会秋季大会（新潟）において一部発表。本研究は第 4 報までは「海水中のビタミン B_{12} に関する研究」として報告してきたが、今後は海水の外、河水、湖水など広く自然水を対象とした研究も含めるため、表題の「海水」を「自然水」と変えたが、報告番号はそのまま引継ぐこととした。

We have undertaken a study of vitamin B_{12} in sea water a few years ago and four reports were already published by us. With the extension of our work, further studies has been made on the same vitamin in lake and river water in addition to sea water. In these circumstances, the term of “sea water” in the title is turned into “natural water”, the numbering of report, however, following consecutively the preceding one.

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

する必要がある。池田湖の水については先年簡単な調査を行なったが、その後改めて一般湖沼調査と並行して詳しく調査した結果 2, 3 の事項を明らかにすることができた。また河川の B_{12} 分布についてはこれまであまり報告が見られないので、まず手近のところから始める意味で鹿児島市内を流れる甲突川の水について調査したので、その結果も併せてここに報告する。

調査並びに結果

1. 春季および夏季の池田湖における B_{12} 分布

筆者らはさきに池田湖について B_{12} の垂直分布を湖心付近で深度 120m までの水で調べた結果を報告したが⁴⁾、この調査では一般水質との関係については調査しなかった。よつて今回改めて B_{12} の時季的变化を知るために春季と夏季に、また B_{12} の水平並びに垂直分布を調べるのと並行して一般水質調査、魚探による魚群の分布調査も行ない、 B_{12} とこれらとの関連性を探索した。

春季の調査は昭和 33 年 5 月 26, 27 の両日行なったが、この調査で黒木は魚探による魚群の分布調査を担当し、測温その他水質調査は鹿児島県水産試験場職員が、また B_{12} に関する事項は柏田・柿本・金沢が当った。Fig. 1 に採水した場所を示し、Table 1 に観測測定の結果を表示した。なお B_{12} はユーグレナ法による測定値である。

まず水の B_{12} 濃度に関する今回の調査成績の特徴は全般的に著るしく稀薄で、すなわち $1\text{ m}\gamma/\text{l}$ にも達しないこと

Fig. 1. A map of Lake Ikeda, showing the station number.

Table 1. Results of observation at Lake Ikeda and remarks on echo-sounder record.

Time	Depth (m)	Water temp. (°C)	Air temp. °C)	Wind dir.	Vitamin B ₁₂ (mγ/l)	Ammonia-N (μg/atom/l)	pH	Remarks
Station 1. (May 26, 1958)								
14.40	0	19.20	21.0	W	0.18	1.13	7.55	Dense fish schools were found occasionally at 7.5m.
14.50	5	19.40	21.0	W	0.20	0.63	7.55	
15.00	10	19.19	21.0	W	0.10	0.34	7.70	
15.09	25	12.59	21.0	SW	0.35	0.24	7.60	
15.17	30	11.49	20.0	SW	0.30	0.27	7.55	Scattering layer was observed near 33m.
15.25	35	11.38	20.2	E	0.60	0.30	7.50	
15.34	40	11.22	20.1	E	0.70	0.30	7.50	
15.42	50	11.09	20.1	E	0.30	0.30	7.50	
15.53	75	10.97	20.0	E	0.25	0.24	7.50	
16.18	100	10.85	19.8	E	0.22	0.05	7.50	
16.25	125	10.75	19.0	NNW	0.80	0.05	7.50	
16.38	149	10.91	19.6	SE	0.81	0.05	7.50	
Station 2. (May 26, 1958)								
17.03	0	19.20	20.1	SSW	0.20			Sparse fish schools were found in the layer 50m, and not found near the bottom.
17.08	5	19.28	20.1	SSW	0.70			
17.13	10	18.92	18.9	SSW	0.20			
17.25	15	15.66	18.9	SSW	0.30			
17.33	20	13.22	19.2	SSW	0.38			
17.19	25	12.50	19.2	SSW	0.50			
17.37	30	11.60	18.9	NE	0.21			
17.45	35	11.34	18.8	NE	0.20			
17.54	40	11.19	18.8	SE	0.15			
18.00	50	11.05	18.8	SE	0.52			
18.08	75	10.93	18.8	SE	0.40			
18.18	100	10.80	18.8	SE	0.20			
18.30	125	10.79	19.1	WNW	0.19			
18.41	149	10.75	19.2	NNW	0.35			

Table 1 (Continued)

Time	Depth (m)	Water temp. (°C)	Air temp. (°C)	Wind dir.	Vitamin B ₁₂ (mg/l)	Remarks
Station 4. (May 27, 1958)						
9.13 ^h 0 ^m	0	19.60	24.4	E	0.10	Surface water at the depth 25m.
9.35	13	19.39	24.4	NE	0.20	
9.45	0	19.45	24.4	NE	0.20	
9.50	25	12.10	24.4	NE	0.50	
9.55	50	11.09	24.4	NNE	0.30	Surface water at the depth 50m.
9.58	0	19.45	24.4	NNE	0.40	
10.06	30	11.79	24.0	NNE	0.30	
10.23	20	13.24	24.0	NNE	0.35	
10.28	0	19.45	24.0	NNE	0.15	Surface water at the depth 20m.
10.32	8	19.63	24.0	NNE	0.15	Surface water at the depth 8m.
10.35	0	19.09	24.0	NNE	0.12	
10.45	4	19.22	24.3	NNE	0.30	
Station 5. (May 27, 1958)						
11.25	0	19.77	24.2	NNE	0.15	Fish schools were found at the surface and near the bottom. The depth is about 100m.
11.27	5	19.41	24.2	NNE	0.25	
11.33	10	19.05	24.2	NE	0.20	
11.40	15	15.74	24.2	NE	0.80	
11.45	20	13.31	24.4	NE	0.20	
11.58	25	11.99	24.4	NE	0.32	
12.08	30	11.75	24.4	NE	0.25	
Station 6. (May 27, 1958)						
14.45	0	20.60	23.9	SE	0.35	Dense fish school near 5~10m. looks like <i>Hypomesus dlidus</i> , and that near 30m. looks like crucian.
14.55	5	19.59	23.9	SE	0.40	
15.00	10	19.00	23.9	SE	0.10	
15.07	15	14.59	23.9	SE	—	
15.13	20	13.32	23.9	SE	0.35	
15.19	25	12.43	23.9	SE	0.75	
15.23	30	11.80	23.9	SE	0.58	
15.30	40	11.22	23.9	SE	0.40	
16.05	35	11.55	23.9	SE	0.20	
Station 7. (May 27, 1958)						
17.05	5	20.46	—	WSW	0.70	
17.09	10	19.05	—	WSW	0.10	
17.13	15	14.88	—	WSW	—	
17.17	20	12.80	—	WSW	—	
17.23	25	12.01	—	WSW	—	
Position 9 ₁ ~9 ₁₀ (May 27, 1958)						
16.10	0	—	—	NW	0.20	Across the lake from south to north-west. Surface water was collected at intervals of 5 minutes.
16.15	0	—	—	NW	0.20	
16.20	0	—	—	NW	0.58	
16.25	0	—	—	NNW	0.00	
16.30	0	—	—	NNW	0.20	
16.35	0	—	—	NNW	0.40	
16.40	0	—	—	NNW	0.15	
16.45	0	—	—	NW	0.20	
16.50	0	—	—	NW	1.50	
16.55	0	—	—	NW	0.70	

である。従来の測定例から見てこれは自然水における B₁₂ 濃度としてはかなり低い値であるが、これが池田湖における B₁₂ 量の時季的变化の常態であるか否かは今後の調査に俟たなければ断定できない。B₁₂ 濃度が低いからその分布変化もあまり明瞭でなく、一定の傾向も認め難い、また pH、アンモニアなどとの関連性も明らかでない。表中 9₁~9₁₀ で表わしたのは湖上を南端から西北に向つて船を進め、その間表面水をほ

等間隔 (5 分おき) に 10 点で採水し, B_{12} の水平分布を調べたものであるが, その結果は $0 \sim 1.5 \text{ mg/l}$ で, 両岸から $0.5 \sim 1 \text{ km}$ 附近に高濃度の水域が見られた。

ついで夏季の調査は 8 月 19 日から 22 日まで 4 日間にわたって行なつた。この調査は鹿児島県企画室の企画による西南薩開発計画学術調査の一環として行なつた共同調査で, その結果の一部を取りまとめたもの

Fig. 2, I.

Fig. 2, II. Vertical distribution of vitamin B_{12} , pH, dissolved oxygen and water temperature.

のは池田湖調査資料 (I) として発表された⁸⁾。これは前記調査のデータを集録したものであるが, B_{12} に関しこの調査で明らかにされたことは, まずその量が春季よりも全体としてかなり高値を示したことと, その垂直分布に顕著な特徴が認められたことであつた。湖上の 13 点について水の B_{12} 濃度その他の事項を調査した結果, 深度 200m 以上の深所でも, また 30m 程度の岸に近い浅所でも垂直分布はきわめて類似していた。一例として採水点 A_2 (深度約 200m) と A_1 (深度 33m) における B_{12} , 水温, pH, 溶存酸素の垂直分布を図示 (Fig. 2, I および II), 春季における調査成績との比較に資したが, この分布は当時における池田湖の概貌を示しているものと解してよい。まず, B_{12} 濃度は $0 \sim 5.4 \text{ mg/l}$ の範囲にあつたが, このうち濃度 0 を示したのは日中に採取した表面水であるところから見て, 表面水においては日光あるいはその他の影響で B_{12} が分解若しくは消費されることが多いのではあるまいか。つぎに注目されるのは B_{12} の最高濃度がいずれの場所においても深度 20m 層に明瞭に認められることであつたが, この B_{12} の垂直分布が溶存酸素のそれときわめて類似していることは, 魚群が 20~30m 層に多く観察されたこととともにきわめて興味深い。pH の垂直変化もまたこれらと類似しており, 水温は典型的な分布曲線を示し, その躍層は 12~13m 附近にあつた。磷酸塩, 硅酸塩, 硝酸塩, アンモニアなどの諸成分と B_{12} との間には特に深い関連性は見られないようであつたのでデータの引用, 考察は省略する。(詳細は文献 8 に掲載)

2. 甲突川におけるビタミン B_{12} の分布

前記のごとく自然水中の B_{12} でこれまで問題にされているのは主として海水中のものであり, 河水中の B_{12} についての報告はあまり見られないようである。河川は海洋や湖沼とはその性格がかなり異なり, 水の移動の遙かに早い場合が多く, 地形や流域の状況によつて水質やその汚染の程度などもきわめてまちまちと思われるので, B_{12} 量もかなり変動が大きいのではないかと想像されるが資料に乏しいのでその辺の事情がほとんど判っていない。さらに場合によつては海水の B_{12} の一つの根源となつているかも知れない。そこで

一例として鹿児島市内を貫流している甲突川について B_{12} 量を調査した。この河は河口部を除けば幅 2, 30m 程度で浅いが流れは比較的速い。第 1 回の調査は昭和 33 年 6 月 15 日の午後行なつた。快晴で採水は河口から約 5km 遡つた所を最上流点とし、それより下流河口までの間に在る 9 つの主な橋のたもとで行なつた。この最上流採水地点は市の郊外部に当り、人家もあまり稠密ではない。試水は現地 No. 5C 東洋汙紙で汙過してトルオールを添加し、光を避けて実験室に運び、直ちにユーグレナ法によつて B_{12} を定量した。その結果は Table 2, I に示したように、いずれの試水も 0.1mg/l の微量にすぎず、河口からの距離、

人家の疎密などの条件による変動は認められなかつた。海水より多少とも多いのではあるまいか、人家の疎かな上流より人家の密な市街地になると、 B_{12} が増加するのではあるまいかという予想は外れ、海水と変わらないことが判つた。

第 2 回目は 10 月 15 日に行なつたが、この調査では採水場所を新上橋のたもと（河口から約 3km 上流で人家はかなり稠密）とし、ここで時刻による変化を調べた。当日始めの間は大体曇天であつたが 10 時頃から正午にかけてやや強い降雨があり、その後は弱い雨が續いた。採水は 5 時 30 分から始め、14 時 30 分までの間に 4 回行なつた。 B_{12} 定量の結果は Table 2, II の通りであつた。

この調査によると B_{12} 濃度は春季よりも増加しており、またそれが時刻によつて、か

なり変動すること、雨水の影響があることなどが判つた。日出前の早朝の水では 2.7mg/l の B_{12} を含んでいたが、日出後時刻の経過するにつれて比較的急速に減少している。10 時頃からの降雨によつて河水は著るしく濁つてきたが、14 時 30 分に採つたこの濁水では 4.5mg/l と明らかに増加した。これは陸上を洗つた雨水によつて相当量の B_{12} が河に流れ込んだことを示すものと考えられる。なお最初に採つた水を別にポリエチレンの袋に入れて屋外に放置した場合の B_{12} の変化は表の右端欄に示したように、時刻のたつにつれて減少した。その減少の経過は河水中のそれとほとんど等しいことから見て、河水の B_{12} が時刻の移るにつれて減少して来るのは、日光による B_{12} の分解に一部あるいは大部分の原因があるのではあるまいか。もつとも B_{12} の減少が日光にのみよるものか、その外の原因、例えばバクテリアなどもこれに関与しているかどうかを確かめるためには今後の実験が必要である。

池田湖の水では春季に B_{12} が著るしく低濃度であつたが、甲突川の水においてもまた同様であつた。COWEY⁷⁾ はノールウェー近海の海水の B_{12} 量は 6 月に最低値を示すことを報告しているが、湖水や河水で

Table 2, I. Regional variation of vitamin B_{12} content in River Kōtsuki. (June 15, 1958)

Locality	B_{12} (mg/l)	Remarks
Tamae bridge (玉江橋)	0.12	About 5.1km up the river.
Tsuruo bridge (鶴尾橋)	0.12	" 4.2km "
Harara bridge (原良橋)	0.10	" 3.7km "
Sinkan bridge (新上橋)	0.10	" 3.2km "
Hirata bridge (平田橋)	0.18	" 3.0km "
Takami bridge (高見橋)	0.13	" 2.5km "
Kōrai bridge (高麗橋)	0.10	" 2.0km "
Takeno bridge (武之橋)	0.14	" 1.3km "
Tempozan bridge (天保山橋)	0.14	" 0.5km "
Sea	0.14	Near the outfall

River water was collected at the foot of the main bridge in Kagoshima city.

Table 2, II. Diurnal variation of vitamin B_{12} content in River Kōtsuki. (Oct. 15, 1958)

Time	Weather	Sample water	B_{12} (mg/l)	B_{12} in stored water*
5.30 A.M.	Cloudy	Clear	2.7	2.7
7.30 "	"	"	1.2	1.5
9.30 "	"	"	0.4	0.7
2.30 P.M.	Rainy	Muddy	4.5	0.7

Remarks: It began to rain at about 10.00 A.M.

* The river water collected at 5.30 A.M., was stored out of doors in polyethylene sack.

も春季に B_{12} が低濃度を示すものであれば自然水に共通した現象ということができよう。

摘 要

池田湖の水についてビタミン B_{12} 量の季節による変化, B_{12} 量と一般水質, 魚群分布との関係などを知るため春季と夏季に調査した。また河水の B_{12} については従来ほとんど知られていないので鹿児島市内を流れる甲突川について調査した。それによつてつぎのことが判つた。

1) 昭和 33 年 5 月の調査によると池田湖における B_{12} はきわめて稀薄で 1mg/l に達せず, 垂直分布に明瞭な傾向は認められなかつた。(Table 1)

2) 8 月の調査では B_{12} 量は春季に較べて全般的に高まつており, 深度 20m にきわめて明瞭な最高値層が認められた。この B_{12} の垂直分布は溶存酸素量のそれとほとんど一致し, 魚群もまたこの 20m 層附近に多いというきわめて興味ある結果がえられた。(Fig. 2)

3) 甲突川の水は 6 月の調査では B_{12} は著るしく稀薄で約 0.1mg/l にすぎなかつたが, 10 月の調査ではやや増加していた。時刻的には早朝の水に B_{12} が多く, 日出後は減少して行つた。降雨によつて河水が濁ると B_{12} の増加が見られたが, これは雨水によつて陸上から流れ込んだものと思われた。

本研究は昭和 33 年度農林漁業試験研究費補助金による成果の一部である。池田湖の調査に際しては, 地元指宿市産業課の協力を得, 観測, 調査の実施に当つては鹿児島県水産試験場小松光男氏および本学部中山博, 国崎敏広氏, また甲突川の B_{12} 調査は製造学科学生大浜用吉君の協力に負うところが多かつた。池田湖の総合調査を企画され, これへの参加を許された本学部村山三郎教授を始め協力者各位, 関係諸機関の当局者に深謝の意を表する。

文 献

- 1) 柏田研一・柿本大竜・金沢昭夫: 鹿大水産学部紀要, **5**, 146~152 (1956)
- 2) 柏田研一・柿本大竜・盛田友弼・金沢昭夫・川越一徳: 本誌, **22**, 637~640 (1957).
- 3) 柏田研一・柿本大竜・川越一徳: 本誌, **23**, 450~453 (1957).
- 4) 柏田研一・柿本大竜・金沢昭夫・川越一徳・久保素子: 本誌, **24**, 591~594 (1958)
- 5) L. PROVASOLI and I. J. PINTNER: *Proc. Soc. Protozoologists*, **4**, 10 (1953).
- 6) M. R. DROOP: *J. Mar. biol. Ass. U. K.*, **34**, 435~440 (1955).
- 7) C. B. COWEY: *Ibid.*, **35**, 609~620 (1956).
- 8) 鹿大水産学部紀要, **7**, 199~205 (1959).