



Title	浅い池における溶在酸素量垂直分布の日変化
Author(s)	梶原, 昌弘; KAJIHARA, Masahiro
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 19(1), 40-45
Issue Date	1968-05
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23345
Type	departmental bulletin paper
File Information	19(1)_P40-45.pdf



浅い池における溶在酸素量垂直分布の日変化

梶原昌弘*

The Diurnal Variation of Vertical Distribution of Dissolved Oxygen in a Shallow Pond

Masahiro KAJIHARA

Abstract

It is well known that the content of dissolved O_2 in shallow water is affected by the production or consumption by phytoplankton and also by the exchange of O_2 between air and water. However little is known about the vertical detailed distribution of dissolved O_2 and its diurnal variation. Observation have been carried out in a shallow pond (3 m \times 13.5 m, depth 1 m) by applying a newly developed water sampler (Kajihara 1968) which was designed to collect samples of water from five adjacent depths by hydrostatic pressure. (Fig. 1)

The results are summarized as follows;

- 1) On July 24 at 11.18 there was a maximum value of O_2/O_2 (saturation) at about 8 cm below the surface. This maximum had a tendency to descend during the day.
- 2) In the sampling taken at 22.59 the maximum at about 18 cm below the surface suddenly changed to a minimum. This means that a high content of phytoplankton existed in this narrow layer.
- 3) With the decrease of water temperature, the narrow layer of minimum value expanded down to the bottom. This may be caused by the gradual convection of water due to the cooling rather than by the dispersion of phytoplankton. These tendencies described above are seen both in the vertical distribution of dissolved O_2 and the ratio of dissolved O_2 to that of saturate value. (Table, Fig. 2)
- 4) Diurnal variations of O_2/O_2 (saturation) in fixed layers have sinusoidal sharpened profiles which have the same phase and amplitude. But as to the detail, the amplitude of profile at 10 cm depth from the water surface is slightly smaller than other amplitudes. This may be caused by the exchange of oxygen between air and water.

I 緒 言

水中の溶在酸素量は、特に浅い池などでは植物プランクトンによる消費、生産によって顕著に変化することは良く知られている。しかし採水方法の困難さから従来この溶在酸素量を初めとして化学的、あるいはまた生物的な研究の多くは垂直的に比較的粗い採水による分布やその日変化が求められていることが多く、微視的な立場からの測定例はほとんど報告されていない。筆者は最近新しい採水器を考案しそのテストを大学講内の貯水池で行なったが、その際にまたま予期以上に溶在酸素量の分布が微細に変動していることを知り、その分布の日変化を測定してみた。測定結果は板沢¹⁾による一

* 北海道大学水産学部 北洋水産研究施設海洋部門
(Division of Oceanography, Research Institute of North Pacific Fisheries, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

定深さにおける溶在酸素量の日変化と傾向として略等しいが、垂直分布としての変動、また微細な変動に注目するとき興味あるものがあった。上記のようにこの測定は採水器テストの一環として行なったものであり、測定量も溶在酸素量、水温のみであって特に植物プランクトンの種類、その個体数の測定を行っていない点で議論の進展上不備は免れないが、溶在酸素量分布の微細な垂直分布の測定例としてここに報告する。

II 測定方法

ここで用いた採水器は、本来海底面近くの微垂直採水を目的として設計したものであるが、操作によって数種の応用が考えられるため、その応用の一つとして実施したのがここで述べる採水方法である。採水器の詳細および操作応用は別に報告²⁾しているので省略する。

Fig. 1 はここで用いた方法を示している。

A はアクアラング用のポンプであるが空気送量を任意に調節するため酸素溶接に用いているレギュレーター B を附加した。C は空気用の高圧ホースで、このホースとレギュレーターとの接合部には空気抜き弁を取り付けてある。D はビンの上部にアダプターを付けた 5 本の酸素ピンを収納している耐圧容器で、この酸素ピンはビニールチューブ (8mm φ) F に接続している。なおこのビニールチューブの先端部には西牧式逆止弁を取り付け、さらに操作の簡便をはかるためこれをクリップに固定した。採水に際してはあらかじめこのクリップを保持棒 E に止め、採水深度に応じて圧搾空気を送り込む。次に保持棒および耐圧容器を水中に沈めるが、これらを沈下させる際に生じた水中の擾乱をさけるため、保持棒 E をビニールチューブの長さの許す限り他の擾乱されてないと思われる場所に静かに移動させる。

これは同時にビニールチューブが水面に浮き、採水が不可能になるのをさけることにもなる。この状態で空気抜き弁を徐々に開けると、水圧によってそれぞれの深さの水は、自動的に耐圧容器内の酸素ピンに入り容器内の空気がなくなるまで酸素ピンから横溢する。なお水面近くでは水圧が小さく、逆止弁を押し開くことが出来ない場合がある。したがって水面近くの採水を行なう場合には圧搾空気を使用せず且つ弁を開いておき、先ず保持棒を静かに沈下、移動させながら耐圧容器を静かに沈め自然流下によって採水した。採水した水の溶在酸素量は Winkler 法により滴定した。なお水温は精度 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ のサーミスター温度計により、採水したと同じ深さの水温を測定した。

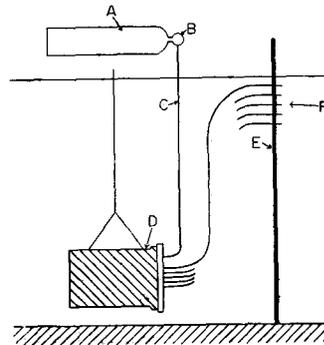


Fig. 1. Schematic diagram of sampling method

A; air tank, B; pressure regulator with air-drain valve. C; air hose, D; junction chamber in which house sampling bottles, E; supporting rod, F; one-way vanes and vinyl tubes for water intake.

III 測定 の 自然 環境

採水、測定は太陽光度の急激な変化をさけるため雲のない快晴の日が望ましいが、数回の試みの後 1967 年 7 月 24 日から翌 25 日にかけて略 3 時間間隔で採水を行なった。24 日は晴天ではあったが時々太陽を雲が覆うこともあり、必ずしも快晴とは言い難く、一方 25 日は夜明より全くの快晴であった。なお両日とも無風状態に近かった。

採水場所としては大学講内の貯水池を用いたが、この貯水池はコンクリート製の縦 13.5m、横 3m、深さ 1m の大きさで年に数回水を交換しているが、この測定を行なった際には黄色に塗装した採水器がわずかに底で見える程度の非常に透明度の悪い状態であった。

IV 測定結果および考察

あらかじめ予備測定によって、水面近くの溶存酸素量の変化が特に大きいことを確かめてあったため、表層は近接して、また下層はやや粗く採水することとし2回に分けて採水を行なった。測定結果

Table Smapling times, depth (cm), dissolved oxygen (ml/l) and temperature (°C)

Time 11.00-11.35			Time 13.45-14.20			Time 16.40-17.07		
Depth	O ₂	Temp.	Depth	O ₂	Temp.	Depth	O ₂	Temp.
0	5.15	26.4	2	5.70	27.7	0	5.54	26.8
4	5.28	26.4	5	5.54	27.4	4	5.49	26.8
8	5.37	26.5	12	5.74	27.3	10	5.92	26.9
14	5.23	26.5	20	5.57	27.1	18	5.66	26.9
20	5.12	26.5	30	5.57	27.0	28	5.88	26.9
30	5.33	26.4	40	5.64	26.9	38	5.78	26.9
40	5.50	26.3	50	5.52	26.7	48	5.82	26.9
			60	5.76	26.5	68	5.60	26.7

Time 19.40-20.10			Time 23.45-23.13			Time 01.45-02.05		
Depth	O ₂	Temp.	Depth	O ₂	Temp.	Depth	O ₂	Temp.
5	5.63	26.4	6	5.28	26.0	2	5.18	25.6
11	5.63	26.5	12	5.34	26.1	6	5.32	25.8
17	5.91	26.5	18	5.07	26.2	12	5.41	25.9
30	5.68	26.6	24	5.37	26.2	24	4.95	25.9
40	5.78	26.6	32	5.40	26.3	32	5.12	25.9
50	5.86	26.6	40	5.41	26.3	50	5.39	25.9
60	5.63	26.6	50	5.43	26.3			
70	5.77	26.6						

Time 04.30-05.00			Time 07.30-07.58			Time 10.30-10.55		
Depth	O ₂	Temp.	Depth	O ₂	Temp.	Depth	O ₂	Temp.
3	5.12	25.2	3	5.20	25.6	3	5.44	27.4
7	5.37	25.2	9	5.00	25.6	8	5.23	27.0
13	4.67	25.4	14	4.95	25.6	14	5.08	26.9
19	4.36	25.5	20	4.76	25.6	20	5.12	26.8
29	4.18	25.5	26	4.79	25.6	26	5.03	26.5
49	4.40	25.6	28	4.77	25.6	34	5.21	26.4
69	4.80	25.6	38	4.80	25.6	44	5.12	26.3
			48	5.00	25.6	54	5.25	26.3
			58	5.39	25.6	64	5.22	26.3
						74	5.44	26.3

は Table に示した。各の採水に約 20 分ないし 30 分の時間を要しているがこれは前記のように採水を 2 回に分けたため、採水ビンの耐圧容器内への挿入、試水の酸素固定等に時間を要したためである。したがって実際の採水時間、すなわち空気抜き弁を開けてから水が耐圧容器内に充滿するまでの時間は 5 分前後であった。溶在酸素量の値はこの表から明らかなように時間的にも空間的にも変動が大きい。そこで先ずそれぞれの水温における溶在酸素量の飽和値を求め³⁾、この飽和値と測定された溶在酸素量との比を求めて Fig. 2 に図示した。各々の分布の時刻は便宜上 Table の採水時間の間時刻で示した。横軸は飽和度であり、1.0 以下が未飽和、1.0 以上が過飽和であることを示している。なおこの貯水池における塩素量は 16.5mg/l であった。さて Fig. 2 の 24 日 11 時 18 分の採水による

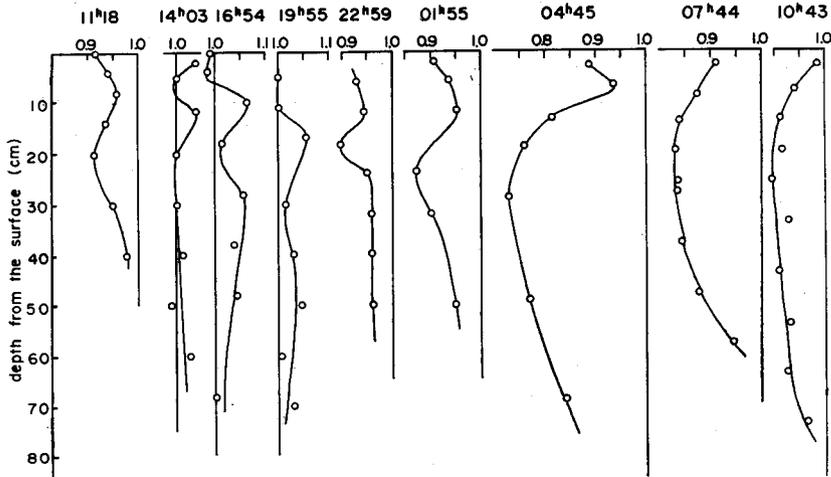


Fig. 2. Vertical distribution of O_3/O_2 (saturation)

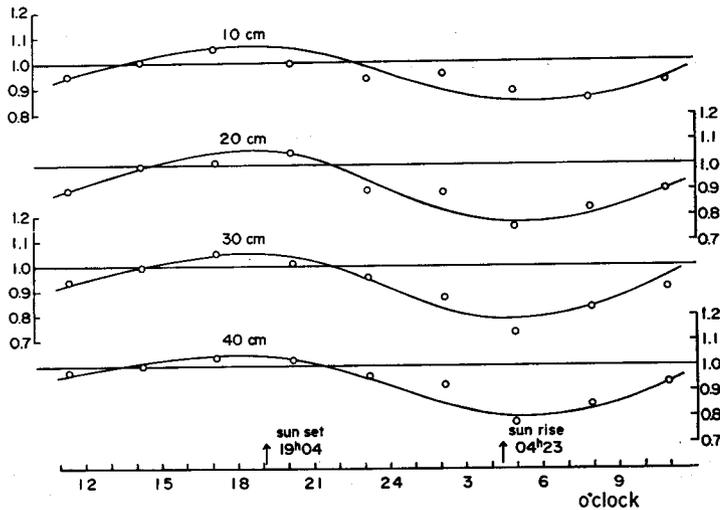


Fig. 3. Diurnal variation of O_2/O_2 (saturation) on July 24-25, 1967

垂直分布をみってみると、全層にわたって末飽和ではあるがしかし水面より約 8cm 下に分布の極大がみられる。この極大は時間の経過とともに飽和度こそ異なるが下降の傾向を示しながら、19時55分の分布まで見出される。しかし次の22時59分の分布では、前回の分布で極大の存在していたとはほとんど同じ深さで分布に極小が現われているのが見出される。この7月24日の日没が19時04分であったことを考慮すれば、植物プランクトンの呼吸作用がこの極値の変化をもたらしたと考えて良いのではなかろうか。したがってもしこれが植物プランクトンに原因するものと考えれば、この植物プランクトンは非常に薄い層にしかも濃密に存在していたものと思われる。なお Mizuno⁴⁾ は溜池に関する詳細な論文の中で Eckman 採水器による溶在酸素量、pH、水温、プランクトン等の垂直分布の日変化を取り扱っているが、彼の測定では動物プランクトンが深さに関して集合性を持っていたのに対し、植物プランクトンにはその傾向がみられない。しかし地理的、気候的な条件を加味すれば当然植物プランクトンの種およびその生息密度も異なるため、ここで予想されたような分布もあり得ると思われる。この分布の極小は次の25日1時55分には更に下降し、同時に時間の経過とともに全層にわたってゆるやかに拡がってゆく。飽和度の垂直分布がこのように変化してゆく理由としては植物プランクトンの分散も考えられるが、水温測定の結果を考慮するとむしろ夜間における気温低下がもたらす水温の冷却によって、貯水池の水温の垂直分布が不安定となり対流が起こったことに大きな原因があると考えられる。なおまた水面下 10cm までの層に注目してみると、24日11時18分の分布を除き、過飽和の場合は水面に近づいたがってより飽和度が高く、日没頃から早朝にかけては水面に近づいたがってより飽和度が低くかつ時間的にもその値が減少しているのが見られる。これは水面での急激な水温の上昇および下降に対して水と空気との間の酸素交換に時間的なおくれが生じていること、および表層での溶在酸素量の拡散現象によるものであろう。Fig. 2 のそれぞれの時刻における垂直分布から水面より 10, 20, 30, 40cm の溶在酸素量の飽和度を読みとり横軸に時刻をとって図示したのが Fig. 3 である。垂直分布がかなり微細に、かつ複雑に変化しているにもかかわらず、いずれの深さにおいても日変化はきれいな sine 型に近くしかも同位相、同振幅に近い。10cm における日変化にややバラッキが多くなると振幅がわずかに小さいが、これは前記のように水面での酸素交換および拡散現象の影響を受けたためであろう。なお Fig. 2, Fig. 3 とともに飽和度で取り扱っているが、測定された溶在酸素量を図示した場合もこの傾向は変らない。

このように微細な溶在酸素量の垂直分布をみってみるとその変動を左右する要因は生物学的なもの、熱的現象に起因するもの、拡散、風の影響を考慮した境界面での酸素交換、光学現象等が非常に複雑に重なり合っていることが予想される。今後さらに検討を加えて行きたいと考えている。

V 要 約

新たに設計した採水器を用いて、1967年7月24日から25日にかけて大学講内の縦 13.5m、横 3m、深さ 1m の貯水池で採水を行ない、溶在酸素量の垂直分布とその変化を測定した。測定結果によれば溶在酸素量ならびにその飽和度は24日11時18分の採水による分布では水面下約 8cm の所に極大があり、この極大はその後時間の経過とともに下降する傾向を示している。そして22時59分の採水では前回の19時55分の採水で観察された水面下 18cm の極大がほとんど同じ深さで極小に逆転しているのが注目される。これは植物プランクトンがこの水面下 18cm 附近の薄い層に濃密に存在していたためと思われる。この分布の極小はその後早朝にかけてゆっくりと全層にわたって拡がってゆく。これは植物プランクトンの分散も考えられるが、水温分布から考えるとむしろ対流による混合に大きな原因があると思われる。さらに水面下 10cm までの層に注目してみると、ここでは水と空気との間の酸素交換および表層での拡散現象によって溶在酸素量の分布が大きく支配されている。

終りにこの測定に協力して載いた、坂本 亘、森元荘八の両君に深く感謝する。

文 献

- 1) 板沢晴男 (1963). 養鱈池水炭酸量の日中変化. 日水誌 **29**(3), 226-234.
- 2) Kajihara, M. (1968). A simple method and apparatus for obtaining water samples in a thin layer. *Journ. Oceanogr. Soc. Japan.*, **24**(2), 41-44.
- 3) Green, E. J. & Carritt, D.E. (1967). New tables for oxygen saturation of seawater. *Journ. Mar. Res.*, **25**(2), 140-147.
- 4) Mizuno, T. (1961). Hydrobiological studies on the artificially constructed ponds ('Tame-ike' Ponds) of Japan. *Jap. Journ. Limnol.* **22**(2-3), 66-192.