高須賀沼表水層に出現した水素イオン 濃度逆轉の小成層と水中の瓦斯代謝

菅 原 健

(東京高等學校)

〔挿圖 3, 表 5〕

(昭和 15 年 2 月 2 日受函)

Dichotomous Micro-stratification of the pH developed in Takasuka-numa and the Gaseous Metabolism

By Ken SUGAWARA.

目 次

緒言——本現象の頻出度——浮游物の分布との關係の顯微鏡的研究——本現象と水中の全炭酸量の變動

緒 言

從來諸種の湖沼因子の強度の垂直變化の測定は metre を單位として 1 m, 5 m, 10 m といいつた間隔を以て測定されて來て居るので、それよりも細かく、例へば 50 cm の間隔を以てした測定の如きはその例が少いものであつた。その理由は大きな間隔を以てしての測定によつて解決せねばならない問題が澤山あつたのと又他方には從來の方法をそのまま踏襲したのでは正しく細かい測定を行ふ事が出来ないといふ様な理由があつたためである。實際エックマン式採水器や北原式採水器ではそれらの器の大きさのためとその廻轉に當つて水層を攪亂するために 10 cm 或は 20 cm といつた厚さの水層を充分分離採水する事が困難である。著者は之等の點に鑑みて別に述べるが如きサイフォン装置を使用する事によつて接近せる上下の水層を混亂せしめることなく屢々數 cm の厚さの水層より採水することに成功し、之によつて從來に比して一段細かい水層差に於ける湖沼因子の分布變動に關する知識を獲得することを試みることにした。

茲に述べる pH 逆轉の小成層なる現象は全くかゝる方法を採用したがために発見の機会を見出したものである。

、即ち著者は 1938 年 7 月かゝる採水方法により埼玉縣高須賀沼に於て最小 5 cm の間隔を以て pH 及び溶在酸素量を測定して次の如き結果に到達した (1)。

第 1 表

	July 29, 1938 5.15-6.20 P.M.						July 30, 1938 6.20-7.30A.M. 1.00-2.50P.M. 5.10-6.30P.M.						July 31, 1938 6.50-7.30A.M.		
Depth m.	Temp. °C	pH	Oxygen (c.c./l.)	Temp. °C	pH	Oxygen (c.c./l.)	pH	Oxygen (c.c./l.)	Temp. °C	pH	Oxygen (c.c./l.)	Temp. °C	pH	Oxygen (c.c./l.)	
0	31.15	7.5	5.83		7.3	5.37	7.5	6.12	30.58	7.7	6.24	27.5	7.0	4.97	
1.00		7.5	5.84	28.00	7.3	5.26	7.5	5.88	28.52	7.5	6.02	28.0	7.0	5.01	
1.05		7.5					7.3								
1.10		7.2					7.1								
1.15		6.9					7.1								
1.20		6.9													
1.25		6.5			7.3		6.9			6.7					
1.30		6.5													
1.40		6.9													
1.50	27.40	7.1	5.40		7.1	5.07	6.7	4.86	27.35	6.5	4.09		6.9		
1.60										6.7					
1.75					6.8	4.42	6.9	5.26		6.9					
1.90							6.7	4.61							
2.00		6.5	2.98	26.26	6.5	3.52	6.7	4.50	26.00	6.7	4.92	26.2	6.6	3.64	
2.5					6.3		6.3	2.07		6.3	1.94				
3.0	20.88	6.2	0.29	21.80	6.2		6.1	0.35	21.30	6.1	0.33	24.2	6.2	0.35	
4.0	20.80	6.4	0.06		6.3										
5.0	18.46	6.9													

7 月 29 日夕 1.05 m より 1.25~1.30 m に向つて pH が減少して極小値に達しそれより再び増加して 1.5 m の 7.1 に及び再び減少して 3.0 m の 6.2 の極小値に達し然る後 5.0 m の 6.9 に増加するのを見た。この二つの極小値の中 3.0 m のものは古くより知られてゐた型式のもので本邦の湖沼に數多く見られるものである。

第 1 圖 高須賀沼表水層に於ける pH の逆轉小成層の生成と消失
(1938 年 7 月 29-31 日)

之に反して始のものは從來認知されて居なかつたものである。尤も從來でも間々表水層の pH 測定に當つて異常に小さな値に遭遇したことはあるのであるが採水し直してみると再びは見られずその何者なるかに就ては疑問を持たれ乍ら全く想像も出来なかつたのである。之は今日になつてみると採水器の攪亂によつて二回目の採水に當つては既に解消し或は著しく微弱化せしめられたためと見られるのである。

ところで翌朝になつてみると前夕 1.25m に見られた pH 極小は消失して表層よりこの層迄一様に pH 7.3 を示しそれ以下の水層は各層とも前夕と同じ pH を示した。

之によつて見れば夜間の冷却によつて 1.5m 迄上下水の混合が起りそれが爲にこの水層迄は pH 成層が解消したものと見られるのである。

次に 30 日晝には朝に對し 0m, 1m, 1.75m 及び 2.0m では pH が増加し且つ酸素量が増加してゐる。ところが獨り 1.25m 及び 1.5m では反對に pH が減少し 1.5m では酸素も減少してゐる。

各水層に於ける酸素量の増加と pH の増加とは植物性プランクトンの炭酸同化作用に基づくことが明かであり又その同化作用は日光照度と共に減少すべき筈故その酸素の増加量と pH の増し方が深度と共に減少することは不

思議でない。然るに 1.75 m, 2.00 m 等で尙ほ酸素の増加と pH の増加が見られるのにそれより表層に近い 1.50 m の如きでそれらの減少が見られたことは一寸意外の事實である。

この異常なる pH と酸素量の減少は引續いて夕刻迄進行し遂に 1.5 m の pH は 6.5 に到り酸素量は 4.09 c.c./l に迄減少し、こゝに前夕見られたと同じ pH の極小層が完成し又それは酸素含量に就ても極小層となつたのである。かくてこの pH の異常分布は 31 日朝には再び解消したのである。

こゝに見られた pH 逆轉層の出現は (1) 從來報告されてゐる pH 逆轉層が數 m 或は數十 m の範圍に亘つて出現したのに對して數十 cm の狭い範圍の内に發現すること (2) 晝間に出現發達した後夜間に消失すること (3) 酸素量の甚だしい減少を伴ふこと等の特徴を示す故、著者は特に之に pH 逆轉の小成層 (Dichotomous microstratification of pH) の名稱を與へることを提唱した。而して之が出現の原因に就ては關係湖沼因子中、水溫、pH 及び酸素の三者のみの測定が行はれたけなので決定的に之を判斷することは出来ない。併し湖沼に就ての科學常識に立脚して之を次の如く想像した。

即ちこの pH 逆轉極小成層の出現の先行條件として問題の水層に何物か酸素を吸収し多量の炭酸瓦斯を放出するやうな物質が集積し之によつて消費される酸素量が、同時にこの水層中に行はれる炭素同化作用によつて生ずる酸素の生成量を遙かに凌ぎ差引酸素量の減少を招來すると共に又之によつて生ずる炭酸量は炭素同化作用によつて消費される炭酸量を凌駕しこゝに炭酸量の増加を、又従つて pH の減少を喚び起したものである。

かくて生じた pH 及び酸素の垂直的變化は夜間の冷却による上下水の混合によつて解消し翌日再び晝間の溫度上昇に伴つて上下水の混合が困難となるに及び上述の機構によつてその出現をくり返すものである。

下に述べるのは其後この現象に就て行つた研究の結果である。

本現象の頻出度

本現象は湖沼の問題として重要な意味を有するか否かは第一にそれが頻

繁に出現するものなるか否かといふ事に關係する。若しそれが極めて偶然なる現象であり乍ら著者の測定に引つかかつて來たといふやうなものであればその重要性は左程に大きなものとは考へられない。又、假りにそれがかなり頻繁に出現するものであるとした場合には、その出現が年中時を定めずして生起するものなるか或は特に屢々出現する時があるものか、之も亦この現象の重要性に關係し又この現象の本質を確定する上に明かにせねばならぬ問題である。

之等の理由により著者は引續いて 1938 年 9 月以降測定を繰り返した。

然るに 1939 年 4 月迄の 8 ヶ月に亘る 20 回近くの測定に於ては 1 回も本現象を見ることはなかつた。かくあることは著者の上の解釋よりすれば寧ろ當然である。即ち上に述べたやうに本現象が出現するには夜間或程度の循環が行はれても晝間は比較的安定なる停滯狀態の成立することを要するのであつて水の充分なる循環の行はれる秋冬春の候に之が見られることは豫期困難のところであつたのである。之に反してこゝに述べたやうな條件が晩春より夏季の靜穩なる天候下にたやすく調ふことは極めて可能のことに屬するのである。

果して水の停滯の始つた 5 月 7 日となるや 0.30—2.00 P.M. 間に行つた測定で 0.8m 層と 1.3m 層とで pH がそれぞれ 7.2 及び 7.1 を示したのに對して中間の 1.0m では 6.9 を示し明かなる pH 逆轉の小成層が發現した

第 2 表 (A) [1939 年 5 月 7 日]

Depth m.	5.55—7.55 A.M.			0.30—2.00 P.M.			4.00—5.45 P.M.		
	Temp. C	pH	Oxygen (c.c./l.)	Temp. C	pH	Oxygen (c.c./l.)	Temp. C	pH	Oxygen (c.c./l.)
0	20.55	7.2	5.68	20.55	7.1	5.38	20.60	7.3	6.00
0.5		7.1	5.42		7.2	5.56		7.3	5.74
0.8		7.1			7.2	5.57		7.3	5.90
1.0	20.50	7.1	5.37	20.50	6.9	5.50	20.60	7.3	5.94
1.3		7.1	5.12		7.1	5.30		7.2	5.90
1.5	18.80	7.0	4.96		7.0	4.78		7.1	5.41

(第2表参照)。

但しこの時の逆轉は同じ日の夕方の測定に於ては 0.8m の pH 7.3, 1.0m の pH 7.3; 1.3m の pH 7.2 となつて既に消滅したのである。

且つ又この時の測定に於て注目すべきは pH の極小層の 1.0m では pH が朝の値 7.1 から晝の

間 6.9 に減少してゐながら酸素は朝の値 5.37 c.c./l より晝の値 5.50

c.c./l. へ増してゐたことである。

これは明かに先きの著者の觀測に當り pH の減少と酸素の減少とが併行した事實と喰ひ違つてゐるのである。

この點に就ては再び後に論及する筈である。

續いて微弱な pH の逆轉は 5 月 29 日にも見られた。

第2表(B) [1929年5月29日]

Depth m.	11.40 A.M.—2.15 P.M.			4.50—6.15 P.M.		
	Temp. °C	pH	Oxygen (c.c./l.)	Temp. °C	pH	Oxygen (c.c./l.)
0	20.8	7.7	6.98	20.6	7.7	7.14
0.5		7.6	6.96		7.8	7.18
0.7		7.5	6.92		7.8	7.16
0.8		7.7	6.78		7.7	
1.0	20.45	7.7	7.06	20.4	7.7	7.07
1.3		7.5			7.7	
1.5	20.15	7.5	6.71	20.25	7.6	6.95
1.75		7.5	6.78		7.5	6.86
2.0	19.6	7.4	6.94	20.0	7.5	7.11
2.25		7.4	6.82		7.5	7.06
2.5	19.15	7.2	5.70	19.05	7.3	6.71
2.75		7.1	5.17		7.1	5.62
3.0	18.25	6.7	4.23	18.2	6.9	4.17
3.25		9.7	3.86		6.7	3.64

この日もそれが晝の觀測に於て觀取され夕刻には既に消えてゐた。

概してこの頃に出現したものは未だ充分に強力でなく早く解消するもののやうである。

かくて7月に入りその14日より17日に亙り連日觀測を行つたがその内、表水層の測定を行はなかつた15を除き、毎日本現象の出現を見ることを得た(第3表参照)。觀測の缺けた15日にも出現を見たことは殆ど疑の餘地のないところである。

即ち14日夕刻には1.3mにpH 6.4なる極小値が見られこの時1m及び

第 3 表

July 14, 1939			July 16, 1939				July 17, 1939							
2.55-7.00 P.M.			3.00-4.40 P.M.				4.55-7.50 A.M.				3.30-5.55 P.M.			
Depth m.	pH	Oxygen (c.c./l.)	Temp. °C	pH	Oxygen (c.c./l.)	Total carbon dioxide (c.c./l.)	Temp. °C	pH	Oxygen (c.c./l.)	Total carbon dioxide (c.c./l.)	Temp. °C	pH	Oxygen (c.c./l.)	Total carbon dioxide (c.c./l.)
0	7.3	6.12	32.7	7.2	5.27	11.3	30.0	7.0	5.22	11.5	32.4	7.2	5.77	10.7
0.5	7.4	6.03		7.1	5.88	10.9		6.9	5.24	11.7		7.3	5.82	10.7
0.8	7.3	6.24		6.8								7.3	6.42	
1.0	6.7	5.56	29.9	6.8	5.42	11.4	29.8	6.9	5.20	11.8	30.4	6.7	5.51	11.9
1.3	6.4	3.70		7.0										
1.5	7.2	6.60	28.9	7.1	6.50	10.9	28.8	6.9	5.21	11.8	29.2	7.5	7.46	10.8
1.8	7.3	7.08		7.3	7.06									
2.0	7.4	7.31	26.3	7.3	7.52	11.2	26.4	7.0	6.62	11.8	26.8	7.4	7.52	11.0
2.25	7.3	6.79												
2.5	6.7	5.10	24.8	6.8	5.73	13.0	24.6	7.1	6.70	12.5		6.9	5.81	12.7

1.5m 層の酸素量が夫々 5.56 c.c./l 及び 6.60 c.c./l なるに 1.3m は 3.70 c.c./l といふ小さな値を示した。

次に 16 日夕刻の観測に於ては 1.0m 層に pH 及び酸素の極小値が見出された。而して 17 日午後には 0.8m で pH 7.3, 1.5m で 7.5 なるに 1.0m で pH 6.7 を示し酸素量が又この層に於て最小値を示した。

但しこゝに注意すべきはこの日も 5 月 7 日の観測に當つて述べたやうに酸素量を同じ水層の朝の量に比較すると他の層に於けるが如く酸素量が増加してゐることが見られるのである。唯他層と異なるのはその増し方が他層に比して著しくない點である。

8 月は観測出来なかつたが恐らく引き續いて本現象の出現に適當な湖沼因子の組合せが持續し度々その現象が現はれたものと判斷される。

9 月に入つて後試みた観測には未だ一回も本現象を見ない。

以上の観測の結果を要約するに

(イ)「本現象の出現は湖水の比較的安定な停滯状態が成立する晩春より盛夏に互つて頻繁に行はれる」。これは上述の著者の本現象出現の原因に對する推測と矛盾しない。

(ロ)「pH 極小の出現する層の酸素量は必ずしも減少の途を迎らず却つて之を増すことが屢々觀察される」。この點に就ては後に再び論及する筈である。

浮游物の分布との關係の顯微鏡的研究

著者は本現象發現の原因として問題の水層中に酸素を吸収し多量の炭酸瓦斯を放出するやうな物質が集積することを想像したが進んでその物質が如何なるものであるかに就ては敢て之を述べやうとはしなかつた。

但し之は述べることを控へただけであつて著者自身はそれが水中に生産されたプランクトン等の遺骸或はその斷片又は之に由來する分解生成物であつてそれが腐敗或は之に類した分解的變化を行ふものであらうと想像して居たのである。

假にこの著者の想像が當つてゐたとして、且つ又その分解を蒙るものが顯

微鏡的に生物遺骸又はその斷片と確認し得る形態上の特徴と大きさとを保有してゐるやうな場合には本現象の出現時に各水層中の浮游物を採集して顯微鏡的に比較試験を行へば或は問題の pH 極小層にかゝる遺骸又はその斷片の著しい集積を確認し得て上述の著者の想像を裏書する論據となるであらうことが考へられるのである。

浮游物の垂直分布の顯微鏡的研究を企てた第一の理由がこゝにある。更に又次のやうなことも考へられない譯でない。即ち著者の考へた酸素を消費し炭酸瓦斯を出す物質といふのが實は動物性プランクトンであつて或る種の動物性プランクトンが水中の温度、照度等の條件に制縛されて問題の水層に著しく聚まり、その著しい呼吸作用によつて本現象が出現したのではないかと考へられぬ譯ではない。然りとすればこの場合には又浮游物の調査によつて動物性プランクトンが特に數多く問題の水層に集積してゐることを證明し得る筈である。

更に又我々は本現象の出現を上記著者が想像したとは全く別様な機構の下に招來されたものと想像することも許されぬ譯ではない。

即ち以上の著者の考へでは特定水層に酸素を消費し多量の炭酸瓦斯を放出するものの集積を想像したのである。之と反對にその特定水層に於て炭酸瓦斯を消費し酸素を放出するもの、即ち植物性プランクトンの或物の密度が他の水層に對して甚だしく減少してゐるといふ様な事情が假りにあつたとも考へられる。さすればこの植物性プランクトンの異常分布といふ事だけで pH 及び酸素量の減少層の出現が可能になる譯である。

尤もこゝに考へた様な動物性或は植物性プランクトンの異常分布を考へるといふことは生物學的常識から見ると一寸考へにくい事柄である。併し乍ら問題の眞相を突きとめるためには一應はこの點も明かにしておく必要があるのであつた。

兎に角以上二つの理由から著者は問題の小成層が充分に發現した 7 月 14 日の夕と同月 17 日の夕の觀測に當つて各水層よりの採水に就て浮游物の垂直分布を検した次第である。

計測方法及び其結果に就ての細かい點は別に報告の機會があらうと考へるので、こゝには當面の問題に關聯した部分を中心としてその大要をのべるに止める。計測に當つては各水層より採つた 50 c.c. の試水に 5 c.c. のフォルマリンを加へ保存したものをよく振りまぜ、ピペットを以てその約 5 c.c. を KOLKWITZ 式の計測室に移しこの中の個體數又はコロニー數を計測した。同一の試水に就ては 3 回或は 4 回計測を繰返し、得られた値の平均値を求めた。而がしてかゝる計測を 7 月 14 日の分に於ては 0 m より 4.5 m 迄 14 種の異なる水層に就て又同月 17 日の分では 0 m より 2.5 m 迄¹⁾ 7 種の水層に就

第 2 圖 高須賀沼に於ける植物性プランクトンの深さによる分布。A, 1939 年 7 月 14 日 (2.55-5.00 P.M.)。B, 1939 年 7 月 17 日 (3.30-5.55 P.M.)。數字は 1 c.c. 中の個體數或はコロニー數を示す。

1) 著者が浮游物の垂直分布の測定を企てた第二の理由はこゝにあつたのである。

て試みた。第2圖は計測されたプランクトンの中主要なるものの個體數及びコロニー數を示したもので其の數は試水 1 c.c. に就ての値である。

此の圖より第一に觀取されることは掲げられたプランクトンが何れも植物性のものであることと、その何れの種類も pH 極小層 (7 月 14 日に於ては 1.3m 層, 17 日に於ては 1.0m 層) に於て之を挟む上下の二層と格別異つた分布状態を示さないといふことである。

尤も仔細にみる時は 14 日の 1.3m 層では *Mougeotia* (a), *Mougeotia* (b), *Melosira*, *Tetrastrum*, *Nostoc*, *Microcystis* (b) の値が 1.0m 及び 1.5m 層のそれに比して小さい。而して又個體數コロニー數を寄せ集めた總數がこの層で極小を示してゐる。かやうな關係が果して偶然のものであらうか、それとも又それが問題の pH 極小層の出現と何等かの因果關係にあるものであらうかに就ては唯今のところ判斷の下しやうがない。

或は問題の水層の pH が少くなつたことか或は酸素量が之を挟む上下の水層に於て大きいことか、その何れかの條件に對して此等の生物が反應して二次的にこの水層を避けて pH の大なる或は酸素量の大きな水層へ逃避すると云つたことが起つたためと考へられぬ譯でもない。

それは兎に角としてこのプランクトンの分布の異常さの程度は洵に小さいものである。之を個體數, コロニー數の總計に就て見るに問題の水層と之を挟む上下の水層とで其の値は僅かに 10% の違ひを示してゐるに過ぎないのである。

一方之を觀測された pH なり酸素量なりの之等水層間に見られる相違の大きさに比較するときプランクトン總數に於ける 10% の相違は之等 pH, 酸素量等の化學的因子の強度の相違を説明するには到底不充分なることが判るのである。

之を要するに植物性プランクトンの分布は少くとも本現象出現の主要原因の内には數へられないといふ結論を得るのである。

次に述ぶべきは動物性プランクトンの問題である。動物性プランクトンの分布が本現象と直接關係のないことは下に述べるやうに半理論的に之を論斷

することが出来る。

A. P. STCHERBAKOW (2) によれば *Diaptomus graciloides* の雌の一尾が 5°C で 24 時間に吸収する酸素量は 0.001mg であり、その雄或は *Cyclops leuckartii* 及撓脚類のナウブリウスの吸収量は更に小さい。

今この吸収量が通常の化学反応の温度係数を以て温度の上昇と共に増加するものとすれば 30°C (測定當時の高須賀沼の水溫) 近くでは 0.008mg 位になると考へられる。

一方 7 月 14 日 pH 最小層の酸素量は 3.70 c.c./l. で之を挟む 1.0 m. 層及び 1.5 m. 層の酸素量は 5.56 c.c./l. 及び 6.60 c.c./l. であつた。今日日朝この各水層が略同じ酸素量より出立したことは疑ひない。然りとすれば pH 最小層では朝からこの測定時迄の間の 10 時間近くの間 1.0 m. 層に對しては 1.74 c.c./l. 又 1.5 m. 層に對しては 2.90 c.c./l. からの餘計の酸素の消失があつた譯である。之が上に考へた如き動物性プランクトンに依て行はれたものとするときそれが 1 l. に就き何尾位のプランクトン個體によつて顯現されるかを上の *Diaptomus* の値より推算する事が出来る。

30°C で 24 時間に 1 個體の酸素消費量が 0.008mg (體積にして之は $4 \times 10^{-3}\text{ c.c.}$ 従て 12 時間で $2 \times 10^{-3}\text{ c.c.}$) 従て上の 1.74 c.c. 或は 2.90 c.c. の消費には $900 \sim 1500$ 個體の *Diaptomus* 或は之と大きさを近くする動物性プランクトンを豫想しなくてはならない。

之を換言すれば問題の現象發現の原因が動物性プランクトンの集積によるものとすれば 7 月 14 日の如き 1.0 m. , 1.5 m. の兩層に對して 1.3 m. 層は 1 l. につき $900 \sim 1500$ 尾からも餘計の動物性プランクトンの集積が見られねばならぬ事になる。かかる數字は事實と隔ること著しきものがある。

著者の測定の場合の如き各層とも $200 \sim 300\text{ c.c.}$ の採水に當つて其中に混んじて來るかかる動物性プランクトンは 3 匹或は 4 匹といふのが通常で、1 匹も見出されぬ場合も珍しくないと言ふ有様である。

かくしてみれば第二の疑問に對しては「動物性プランクトンの分布も亦問題の pH 極小層の出現の少くとも直接の原因ではない」と云ひ得る次第で

ある。

以上によつて問題の現象と動物性或は植物性プランクトンの分布とが直接の因果關係によつて結びついて居ないことが判明した。残るは浮游物分布の測定を企圖した第一の點であつて、問題の水層にプランクトンの遺骸或はその顯微鏡的に確認し得る斷片が特に著しく集積するのが見られるか否かの問題である。この問題は著者が特に之を明確に解決したいと希望して來たものであり、且又上の植物性プランクトン計測に當つては殊にこの點に注意して測定を試みたつもりである。併し遺憾乍ら著者はこの點に明確なる判定を下すに充分なる結果に到達し得なかつた。

かくてこの問題に就ての解答としては

「浮游物の顯微鏡的計査は pH 極小層にプランクトンの遺骸或はその斷片の浮游するものが特に多いといふことを積極的に示す結果には到達しなかつた」といふ記述を行ふに止めるの外はない。

本現象と水中の全炭酸量の變動

先に筆者は本現象即ち表層水中に於ける pH の極小層の出現の原因として酸素を消費し炭酸瓦斯を多量に生成するものが集積し、その結果として pH の減少が見られるものと想像することを度々述べたがこの想像は實際に測定した湖沼因子（水温、pH、酸素量の三者）の關係を基礎として行つたものである。従てこの想像を正當化するためには同時に炭酸量の變動量を實測して矛盾なきを示すことが必要であるのみならず、炭酸量の變動測定の結果から進んでそこに行はれる酸素代謝、炭酸代謝の本質を探る希望もある譯である。

然るに茲に問題になつたことは酸素の1日中變化量から推して炭酸の1日中變化量が恐らく 1 l に就て 0.1 e.e. 乃至數 e.e. のものであらうことが想像されることである。而して以下にのべる議論を正當に進めんがためには炭酸量を 1 l につき少くも 0.1 e.e. 迄正しく測り得るが如き測定法の存在することを必要としたのである。而も採水時に於ける炭酸の眞の含量を知るためには、その時の含有炭酸を直ちに固定して後に測定するか採水後數分の間にその測定を行ふことが必要である。

従来考案された多數の炭酸或は全炭酸の測定法は之をその精度の一面からのみ見ただけでも、一つとして著者の上述の希望を充たすものはないのである。即ちそれらの方法には水 1*l* に就てその含量炭酸量を 0.1 c.c. 迄の精度を以て與へるものは一つもないのである。

この故に著者はその希望する條件を具へた分析法の案出を企て別に報告する水中の全炭酸の新測定法(日本化學會邦文又は歐文會誌に近く發表の豫定)の案出に成功し、之を用ひて 7 月 16—17 日に互つての測定に於て全炭酸を同時に測定した。その結果を次に論考することにした。

先づ第一に注目されることは 17 日朝の全炭酸量が表層 0m より 2.0m 迄殆ど一樣に分布することであつて之は 0m より 1.5m 迄の酸素の一樣なる分布と共に前夜間に充分の循環が 2.0m 近く迄行はれた事を示すものである。然るにこの一樣な酸素及び全炭酸の分布は夕刻迄の間に各層間に著しい變動を示し特に全炭酸は 0, 0.5, 1.5 及び 2.0m に於て何れも明かなる減少を示しそれらに相當する pH の増加に對應して居る。而して獨り 1.0m のみは pH の減少が見られそれが僅か乍ら全炭酸の増加と對應してゐるものである。

この場合酸素の變動狀況はと云へば各水層共に増加を示した。興味あるは pH 減少の見られた 1.0m 層に於て前年の觀察とは相反し 5 月 7 日の觀察に於けると同じく少量乍らその増加を示してゐる事である。

之を以て見れば pH の變動の方向は直接酸素變動の方向によつて決定されるものでなく水中全炭酸の變動の方向によつて決定されるものであることが判るのである。

尤も pH を左右するものが獨り全炭酸量の變動量にあるかそれとも炭酸の外にも之を支配する條件があるか否かと云ふことは速かに斷言出來ない。それにしても pH を左右する要因中の最大なるものが炭酸であらうことは殆ど疑ふ餘地のない所である。

この點は pH 價と全炭酸量と過剩鹽基量との 17 日朝に於ける相互關係からも充分察知される(第 4 表參照)。この時 0m と 0.5m に於ける 1*l* 中の過剩鹽基當量は 0m が 0.000014 丈け大きいが全炭酸の當量は 0.5m の方

0.0002 丈大きく差引

第 4 表

1939 年 7 月 17 日 4.55—7.50 A.M.

き重炭酸鹽として過

剩鹽基と結合し得ざ

る炭酸量は 0m に

對して 0.5m では

0.00003 當量丈大き

いことになり之に應

じて 0m の pH 7.0

に對して 0.5m は 6.9

Depth m.	pH	Equivalent of total carbon dioxide /l.	Equivalent of excess base /l.
0	7.0	0.00102	0.000451
0.5	6.9	0.00104	0.000437
1.0	6.9	0.00106	0.000472
1.5	6.9	0.00106	0.000458
2.0	7.0	0.00105	0.000478
2.5	7.1	0.00112	0.000670

と 0.1 だけ pH の低下が見られる。次に 1.0m 及び 1.5m では 0.5m に對して炭酸の當量が何れも 0.00002 丈増してゐるが過剩鹽基は夫れ夫れ 0.00003 或は 0.00002 を増してゐるので、差引き遊離炭酸の當量は 1.0m で僅かに 0.00001 當量を増し 1.5m では全く増減なきため pH も 0.5m と變りなく 6.9 を示すもののやうである。更に 2.0m では 1.5m に對して炭酸の當量に於て 0.00001 を減じ過剩鹽基當量に於て 0.00002 を増し従つて遊離炭酸の當量は 0.0003 だけ減すること 0.5m に對する 0m の關係に見るが如く、従つて又 0m と同じく pH 7.0 を示すやうに見える²⁾。

以上の如き相關關係が見られることは之等の水層に於ける pH が少くとも大部分含有される過剩鹽基當量と全炭酸當量によつて決定されるものであると考へられる。さうして過剩鹽基當量の如きは比較的短時間中に著しく變動する筈はないのであるから結局吾等が見る pH の日中變化は之をこの炭酸の變動に大體歸して差支へなからうと思ふのである。

かくして見れば問題の pH 極小層の出現の原因が酸素を消費し多量の炭酸を生成する何者かの集積にあらうとの著者の推察はこの點からも支持されるものと云つてよからう。

2) 2.5m はその著しく大なる過剩鹽基當量よりも窺へる如く、2.0m 以淺の水層とは含有物に大分差があるものと考へられる故、この層へ迄は上の pH 全炭酸及び過剩鹽基當量の相關關係の數量的考察を進めることは寧ろ避くべきものと思ふ。

次に著者はこの炭酸生成の機構に就ての論考を試みたいと思ふ。

之に先立つて著者は湖水水中に於て O_2 , CO_2 の消失及び生成の可能なる場合として考へ得られる限りをあげて下に示すことにした。

(A) 酸素の生成	炭素同化作用	(1)
	{ 正常の呼吸	(2)
(B) 酸素の消費	{ 或種の醗酵(例へば醋酸醗酵の如き)	(3)
	{ 其他の無機及び有機反應の或物	(4)
(C) 炭酸の生成	{ (2) (3)	
	{ 其他の醗酵	(5)

茲にあげた諸種の反應に就て下の著者の議論に最も大きな関係のあるのは失はれ或は生成する酸素量と生成し或は消失する炭酸量との商である。先づ反應 (1) に就て之を述べれば之は同化商として CO_2/O_2 が殆んど常に 1.00 或は之に近いものであり、それは WILLSTÄTTER (1918) 以來諸家の研究により反復證明されてゐるところである。

次に正常の呼吸 (2) に於て CO_2/O_2 は常に 1 より小さく 0.7~1.0 の間を彷徨する。これも普く知れた事實である。又醋酸醗酵を以て代表される型式 (3) の反應では少量の酸素の消費の下に大量の炭酸が生成する。故にその CO_2/O_2 は當然 1 より大きくなり例へば

の如き變化に於てはその商は 2 を示す(又乳酸よりすれば 1 となる)。

(4) の型式に屬する反應の一つとしては二價の鐵化合物が水中の酸素により三價の鐵化合物に變ずるが如き場合が考へられるが、かゝる場合には酸素の消費に對して炭酸の生成が伴はず從て CO_2/O_2 は 0 となる。

更に又 (5) の反應例へば通常の酒精醗酵の如きに於ては (4) の場合とは正反對に炭酸の生成を見ながら酸素の消失を見ず CO_2/O_2 は無限大となる。

以上の準備記述を前置として次には當の問題たる 7 月 16—17 日に亘つての酸素變動量と炭酸の變動量との關係を考察して見ることにする。

第一に考察したいのは夜間に於ける湖水中の CO_2/O_2 である。

著者は夜間に於ける水の循環混合の限界を 2.75 m と見做し (14—15 日に互る水温測定 14—17 日に互る酸素の測定結果からかく判断することが許されると信ずる³⁾), 0 m より 2.75 m に互る底面積 100 cm^2 の水柱を想像しこの中に溶在する酸素量なり炭酸量を次の如くに見積つた (第 3 圖参照)。

即ちこの水柱を表面から 0.25, 0.75, 1.25, 1.75, 2.25 m で切斷し 6 箇の圓盤を作り各圓盤はそれぞれ 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 m に於ける採水に就て定められた酸素量又は全炭酸量と同じ割合の酸素又は全炭酸を以て夫れ夫れ一様に充されてゐるとする。次に之等の酸素なり炭酸なりの總和を求めれば之はこの水柱中に含まれた全體の酸素量或は炭酸量になる譯である。之等を ΣO_2 及び ΣCO_2 で表はすことにする。すると ΣO_2 は 16 日夕には 168.43 c.c. 17 日朝には 157.9 c.c. を示し ΣCO_2 は 16 日夕 315.25 c.c. 17 日朝 326.75 c.c. を示す。そこで 17 日朝の ΣO_2 及び ΣCO_2 と 16 日夕のそれらとの差を求め之を $\Delta \Sigma \text{O}_2$ 及び $\Delta \Sigma \text{CO}_2$ で表はせばそれらは -10.52 c.c. 及び $+11.50 \text{ c.c.}$ となる。

ところが上に推定したところより 2.75 m 以深の水層とこの水柱との間には酸素なり炭酸なりの交換はなかつたものと考へることが出来る。又外氣と表層との間にも瓦斯の交換はなかつたものと考へる³⁾。更に又水平方向には無論之等の物質の濃度は殆んど變化なしと考へてよいのであるからこの水柱

3) 假にそれらの場所で瓦斯の交換が行はれたとしても、その方向はこゝでの著者の議論を肯定するやうなものでこそあれ決して之の矛盾によるものでないことは次に記す通りである。嚴密にいへば吾々は表面と外界との間又 2.75 m とそれ以深の水層との間の瓦斯交換を無視してはならない。當時の 0 m の酸素量は 110% 以上の過飽和の状態にあつた。それ故酸素は絶えず表面から逃げてゐたものと考へられる。又水の pH と溶在炭酸量から見て炭酸も表層から逸出してゐたことが考へられる。但し pH の値と炭酸の湖沼水に對する親和力とより考へ又著者の炭酸逸出速度の實驗よりみてこの場合の炭酸の逸出速度は酸素の逸出速度に對して問題にならない。而してこの結果は眞の意味に於ける $\Delta \Sigma \text{CO}_2 / \Delta \Sigma \text{O}_2$ より實測の $\Delta \Sigma \text{CO}_2 / \Delta \Sigma \text{O}_2$ を小ならしむることになるのみである。乃ち吾々の實測したこの商は 1.09 であるが表面よりの瓦斯の逸出を考慮するときは眞に水中に行はれた炭酸生成と酸素消費との商はこの 1.09 より遙かに大なるもので

は問題の期間中酸素炭酸に就ては一つの隔離物質系をなしてゐたと見做すことを得るのである。して見ればこゝに見られた $\Delta\Sigma O_2$ 及び $\Delta\Sigma CO_2$ なるものは實際この水柱内で16日夕より17日朝迄の間に化學的或は生化學的變化によつて失はれた全酸素量を表はすものであり又生成した全炭酸量を表はすものである。従つて次にその商 $\Delta\Sigma CO_2/\Delta\Sigma O_2$ を求むる時その値から吾々はその間この水中で行はれた酸素炭酸代謝が如何なる性質のものであつたかを判斷することが出来る譯である。然らばその $\Delta\Sigma CO_2/\Delta\Sigma O_2$ がこの場合如何なる値を示したかといへば 1.09 になるのである。

第 3 圖

次に問題になることはかくこの値が 1.09 或はそれ以上の大きさ³⁾を示してゐるのは何故であるかといふことである。

之に對する回答は簡單である。消費した酸素の體積に比して大量の炭酸を放出するやうな變化 (3) なり或は全く酸素を消費することなしに炭酸を放出する變化 (5) 即ち半ば好氣性の或は全く嫌氣性の醗酵がかなり活潑に行はれてゐたことを示すものである。勿論その外に動物性或は植物性プランクトン或は其他の湖沼生物による正常の呼吸が行はれ或程度迄炭酸の生成を伴ふ酸

あつたらうことが想像されるのである。

又 2.75m と以深の水層との間に混合があつたとして假りに 16 日夕の 2.5m 層の水が 3.0m 層のそれと翌朝迄に完全に混合したとする。16 日夕 2.5m 層の酸素及び炭酸量がそれぞれ 5.73 c.c./l 及び 12.7 c.c./l であつたし又同じ時 3.0m 層では 15 日午後と同様酸素 1.45 c.c./l 及び炭酸 17.4 c.c./l であつたと見做せば完全混合によつて 2.5m の水の酸素量は 3.59 c.c./l 又炭酸量は 15.1 c.c./l となり混合前の値に對し酸素の消失量 2.14 c.c./l 又炭酸の増加量 1.4 c.c./l となる。而して兩者の比は 0.65 と云ふ小なる値となる。そこでかかる混合が起ると云ふことは上の $\Delta\Sigma CO_2/\Delta\Sigma O_2$ は 0.65 なる如き條件があるにも拘らず 1.09 を與へることを示すものであつて、従つてそれは眞の意味の $\Delta\Sigma CO_2/\Delta\Sigma O_2$ が之又 1.09 以上の値を示すべきであるとの結論に導くものである。何れにしても $\Delta\Sigma CO_2/\Delta\Sigma O_2$ の眞の値は 1.09 より大きくとも小さいと云ふことは絶対にないことを示して居る。

素の消費の變化が並行的に行はれてゐることも考へねばならない。

それ以上立ち入つての推論は避けるとして、こゝには

「7 月 16 日夕—17 日朝迄 0—2.5 m. の水層中には正常の呼吸などと共に半好氣性或は完全に嫌氣性の酸酵變化がかなり活潑に行はれた」ことを確認したことを述べるに止める。

尚、つけ加ふべきはかかる酸酵變化は獨り夜間に留まらず更に次にあぐる 17 日朝—17 日夕に亘る晝間にも繼續して行はれたことが疑ひないといふ事である。

かかる考慮の下に次には晝間の $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ を検討することにしよう。先づ注意すべきはこの期間
は外界よりの光、熱の照射によつて一般に水温の上昇が見られ表層程その上昇度高く従つて夜間に行はれた水の循環は停止し上下層の混合が休止する。ために各水層はそれぞれ獨立の隔離物質系と見な

第 5 表

(Morning-evening) July 17, 1939.			
Depth m.	ΔO_2	ΔCO_2	$\frac{\Delta\text{CO}_2}{\Delta\text{O}_2}$
0	+0.54	-0.8	1.5
0.5	+0.85	-1.0	1.2
1.0	+0.30	+0.06	(0.2)
1.5	+2.25	-0.1	0.4
2.0	+0.90	-0.8	0.9
2.5	-0.89	+0.2	0.2

すことが出来るやうになる。従つて各水層に就ての ΔCO_2 , ΔO_2 を定め $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ を定むればそれは直ちに當該水層中に見られた酸素及び炭酸代謝の内容を示すものと考へる事が出来る。

今この間の ΔO_2 及び ΔCO_2 を第 5 表に就て見るに既に同化分解兩作用の對償深度 (Compensation depth) 以下に位する 2.5 m を除き 0—2.0 m 迄の各層は例外なしに朝から夕方にかけて酸素量の増加を示してゐるので之等の水層中では酸素消費の變化に對して同化作用が打ち勝つだけの活潑さを以て行はれたことが示される。之に應じて炭酸量は減少してゐる。但し pH の極少層に當る 1.0 m では反對に僅か乍ら増加を示してゐる (この點に就ては後に再び論ずることにする)。

そこで次に對償深度以淺の各深度の中異常例なる 1.0 m は除外して其他の

水層に就ての $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ を比較するとき一見著しいことは表層の 0m 及び 0.5m ではその値が 1.5 或は 1.2 で 1 より遙かに大きいことであり又之に反して 1.5m 及び 2.0m ではその値が 0.4 或は 0.9 で 1 より小なることである。且つその値が 0m で最大で深度と共に値を減じ 1.5m 層を極小として 2.0m で再び増加してゐることも注意に値する。

兎も角、かく、 $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ が深度によつて値を異にすることは深度によつて行はれる酸素炭酸代謝の各種行程が異なることを物語るものである。

而して今それらの行程を論考するに當つて吾々は上に夜間の代謝行程に就て得た知識を基礎として之を進めることが出来る。唯夜間と異なる點は夜間の諸變化行程に加へて晝間には炭素同化作用が之に介入する點でこの因子が一つ加はるだけ問題が複雑化する理である。

併し乍らこゝに都合のよいのは前述の如く炭素同化作用の $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ が殆んど 1.0 に近いことであつて、それは吾人の得た $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ の解釋を甚だ樂にしてくれるのである。

偕て夜間の變化に就ては上に「正常の呼吸 (2) の外に半好氣性 (3) 或は全く嫌氣性の醗酵的變化 (5) が行はれる」ことを指摘したが次には之等 (2) (3) (5) の變化に炭素同化作用 (1) が組合さつた種々なる場合を考慮して $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ の値と結びつけて見ることにする。

(イ) 先づ炭素同化作用のみが行はれたとすれば酸素量は増し炭酸量が減り $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ は 1 になる。

(ロ) 炭素同化作用と正常の呼吸のみが行はれるとし且つ前變化が後變化を凌ぐ場合にも酸素量は増し炭酸量は減少し $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ は 1 以上となる。

(ハ) 炭素同化作用と正常の呼吸と醗酵とが同時に行はれる場合で、

炭素同化作用が著しく活潑に行はれる時には酸素量を増し、又一般に炭酸量が減ずる。但しこの時呼吸と醗酵との強さに就て (甲) 前者が強ければ $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ は 1 以上になることあるべく (乙) 後者が強ければ $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ は 1 以下の値となることがあらう。

(ニ) (ハ) の場合に當つて炭素同化作用に比べて分解的變化特に醗酵變

化が前者に打ち勝つ迄ではないが相當に活潑に行はれる場合には一方に於て多少の酵素量の増加を見ると共に炭酸量は全く變化しないか或は却て之も増大するといふやうな場合があり得る。

この外尚ほ種々なる場合を考へる事が出来るが當面の問題を論ずるには大約之位の場合を考慮すれば足りるやうに思ふ。さうして今上にあげた各水層に於ける $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ の値とこゝにあげた四つの場合を比較して前者の各々が後者の何れに當るかを検討することにする。

先づ 0m 及び 0.5m の場合を考へるに之等の場合には $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ が 1 以上になつてゐる。そこでこゝに行はれる變化なるものは疑もなく (ロ) 又は (ハ) の甲に當ることが想像される。即ち之等の層では活潑なる同化作用と活潑なる呼吸作用が行はれるに對し醗酵的變化は行はれないが行はれたとしても微弱であつたと解すべきである。

次に 0m では $\Delta\text{CO}/\Delta\text{O}_2$ が 0.5m に於けるよりも大きいがその意味は呼吸作用による酸素の消費は兩層に於て著しい差異はないが同化作用が 0.5m に於て強かつたとも見られ、又その反對に同化作用は兩層著しく食ひちがひがなかつたが呼吸作用が 0m では強かつたとも見られ、正しい判斷はつきかねる。或は 0m では過飽和の酸素が炭酸よりも逃れ易く生成した酸素の一部がかやうにして外界へ逃れるために見掛上の酸素量の増加が少く實は同化作用も呼吸作用も 0m と 0.5m との間に著しい相違がなかつたのではないかと考へられる。恐らくこの後の見方が最も眞相に近いものではないかと思はれる。

次に pH 極小層の出現した 1.0m である。こゝでは他層に比して微弱なる酸素量の増加と極めて僅かに炭酸の増加が見られ之は明かに (ニ) に當る場合で著しい醗酵と呼吸とのためによし同化作用の強度は他層と異らずとも見掛上の酸素増加量は減じ且つ酸素の増加に拘らず多少とも炭酸の増加を示してゐることはこの際の醗酵が極めて著しいものであつたことを物語るものである。即ちこの水層は 0m, 0.5m に對して呼吸、醗酵といふ變化の強度に於て著しい相違を示してゐるのである。

1.5 m 及び 2.0 m では $\Delta\text{CO}_2/\Delta\text{O}_2$ が 1 に足りない。これは明かに (ハ) の乙に該當する。即ち呼吸に對して醗酵的變化が甚だ活潑に進行したことを示すと共に炭素同化作用が之を凌いで更に活潑に行はれたことを意味するものである。

以上を綜合するに晝間に於ては水中の代謝行程が深度を異にする水層の間に著しい相違を示すのであつて、特に醗酵的變化は 1.0 m 以深の水層に於て活潑を極め 1.0 m 以淺の水層では之に比べるとこの變化の活潑さが遙かに遜ることが判る。換言すれば醗酵的變化を顯現する物質が 1.0 m 以深の層に濃密に分布することが判るのである。而して 1.0 m に於ては特にこの醗酵物質の密度が他の 1.5 m, 2.0 m に比して高いか或は炭素同化作用が 1.5 m 及び 2.0 m に對して弱いかの理由によつてこゝでは炭素同化作用に當り消費される炭酸瓦斯を補償して餘りある炭酸の生成を見るために、他層に於ける炭酸量の減少と pH の増加とは相反しこの層では炭酸量の増加 pH の減少を見、從つて pH 極小層の生成を來したものと見る事が出来るのである。

かくして見る時は本報告の中心問題なるこの pH 逆轉の小成層の出現に就いて著者がさきに行つた想像即ち酸素を吸収し多量の炭酸を放出するやうな物質がこの水層に集まるといふ假定は大體誤つて居なかつたことがわかる。但し今回の結果はその炭酸を放出する物質は獨り 1.0 m の水層に於てのみ集積するのでなく 2 m にも 2.5 m にも廣汎に集積するのであつて、唯それと炭素同化作用の強度との關係で顯著なる狹少帶として pH 逆轉層が出現したものであることが判明した次第である。

次には進んでこの醗酵的變化と炭素同化作用との關係をも少し考察して見ることになしたい。

第 5 表によつて酸素の増加量を比較すると 1.5 m が極大で 0.5 m 及び 2.0 m 之に次ぎ 0 m は更に少く 1.0 m は極小である。

pH 逆轉の 1.0 m を除いてみると酸素の増加量は表層より深層へ向つて増大し pH 逆轉層の直下で極大となりそれから減少して對償深度にまで及んでゐるのを見る。同様の關係は 1938 年 7 月 30 日の結果に於ても見られる。

此日の朝から夕迄の増加量は 0m, 0.87 c.c., 1m, で 0.76 c.c., pH 逆轉の 1.5 m 層を超えて 2.0m で 1.10 c.c. の極大値に達し次いで 2.5m の 0.38 c.c. に減少更に 3.0m では反對に酸素量の減少を見たのである。

そこでかういふ酸素増加量の關係は pH 極小層の出現同様この時期に於て普通の關係であると見ることが出来る。其上この關係は單に見掛上の關係丈でなく實際各層で炭素同化作用がこれと略、同じ強さの順序を以て行はれたものと見られる。

無論觀測された酸素の増加量は眞實の酸素生成量ではない。眞實の酸素生成量から呼吸により腐敗による又その他の變化により消費された酸素量を差引くものではある。ところがこの差引かれる消費酸素量なるものは表層より深層へ向つて増加の傾をもつ量である（それは上來の記述から異論なく證認すべき事實である）。ところで 1938 年 7 月 30 日の 2.0m 層及び 1939 年 7 月 17 日の 1.5m 層に（これらの層はさういふ點から見て消費酸素量の大きな層である）見掛上の酸素増加量の極大値が見られたのである。これはとりも直さず之等の水層の炭素同化作用が他の何れの水層に於けるよりも遙かに活潑であつたといふことを示すものにちがひないのである。光の照度の點から考察すれば 2.0, 1.5m といふ層はその照度が炭素同化作用に對して恐らく既に制限的に働いてゐる水層であるのである。それにも拘らずかくこれらの水層では最も活潑なる炭素同化作用が行はれるのである。それは何によるかと云へばそれはこれらの水層に植物性プランクトンが特に著く集積することを想像して説明するの外はないであらう。

そこで再び前記のプランクトン計測の結果に立ち戻つて之を検討してみることが必要である。こゝで明かなことはプランクトン總數が 0m より 2.5m 迄一様に (1.0m と 1.5m との間に見られる 10% 程の顛倒を除いて) 深度と共に増加してゐることである。

かうな植物性プランクトンの分布は確かに日光照度の場合とは相反して酸素増加量を深度と共に大ならしめる方向に働く條件であるに違ひない。但しその數値を比較するとプランクトン總數と酸素の増加量の變化の間に嚴密な

一致を見出す事が出来ない事が判る。即ちプランクトンは 0 m の 673, 0.5 m の 695 に對して 1.5 m では 959 で後者の前者に對する比は 0.71—0.72 になる。然るに酸素の増加量は 0 m の 0.54 c.c./l, 0.5 m の 0.85 c.c./l に對して 1.5 m では 2.25 c.c./l で後者の前者に對する比は 0.24—0.38 に過ぎず、1.5 m 於ける酸素量の増加率はプランクトン数の増加率を超えること甚だ大なるものがあるのである。

この間の不一致はプランクトンを總數の代りに種類分けにし主要プランクトンをその各々の個體數或はコロニー數の垂直變化を吟味すると或度迄解釋がつく様に見える。

それに就て先づ考へねばならぬのはこゝに問題にされることがらが酸素生成といふ化學的變化を量的に支配する要素であるといふことである。そこでそれはプランクトン中でも單位體積中に多數に含まれる種類のもの、即ち炭素同化作用に最も量的に作用すべき種類のものでなければならぬといふ事である。

偕てかゝる點から如何なる種類のものが第一に考慮に容れらるべきかといへば *Microcystis* (b) 及び (a), *Melosira*, 無鞭毛の綠藻類及び *Sphaerocystis* 之である。そこでこれらのプランクトンの上下分布を検するとき *Melosira* 又は綠藻類の分布狀態が表層に粗に、下層に向つて急に増大して行くことが認められる。さうしてそれが吾々の問題に直接の關係を及ぼしてゐるやうに思はしめるのである。

即ち 1 c.c. 中のそれらの個體數は 0 m 47, 0.5 m 61, 1.0 m 116, 1.5 m 266, 1.8 m 330, 2.0 m 332, 2.5 m 428 と 0 m 或は 0.5 m に對して 1.5 m 或は 1.8 m は 5.45—5.57 倍といふ大なる増大率を示してゐる。

之を上酸素増加量に比較するときそれとこれとの間にはかなり理解し易き關係の存在するやうに思はれ、上にプランクトン總數の垂直變化と酸素増加量とを比較するに當つて見た不一致はこゝではどうやら解消するもののやうである。一方綠藻類に代つて他の種類の代表的プランクトンを以てその不一致を説明することは困難の事に思はれる。

以上の諸點を考慮するとき當時の高須賀沼水中の炭素同化作用に對しては無鞭毛の綠藻類が決定的の役割をつとめたといふことは略々確かな事實ではないかと思はれる。

最後に考慮を要するのは 1.0 m である。この層では酸素の増加量が緩かに 0.30 c.c. で 0—2.0 m 間の各層中で最小値を示してゐる。ところが上に述べた植物性プランクトンはその總數量に於ても、復た炭素同化作用に對して最も強力なる役割をつとめると思はれる無鞭毛の綠藻類個體數に於ても、決してこの層に極小値は見られない。それらは表層より下層へ向つて漸進的に増加してゐる。さうして 1 m では 0.5 m と 1.5 m の中間の値をしめ殊に綠藻類に就てその關係を検すれば 0.5 m に對してこの層で不連續的に急激にその量を増してゐるのである。

かういふ事實から見ると 1.0 m 層では決して他層に比べて隔段に炭素同化作用が抑制されて居たとは思はれない。恐らくその炭素同化作用の強度は 0.5 m に於けると 1.5 m に於けるとの中間程度或は日光照度の點から推論すれば、寧ろ 1.5 m に於ける値に近い程の強度であつたらうとさへ考へられさうである。

而も見掛上酸素の増加量がかく極めて小さいのである。これは取も直ほさず 1.0 m 層に於ける酸素の消費的變化が甚だ強かつたと見るの外はないのである。恐らくは 1.5 m に比して遙かに強い酸素消費が行はれたのであらう。

その詳密な量的關係に到つては今日迄の測定結果のみを以てしては充分に論ずる譯に行かない。これは今後の研究によつて再び之を論ずる機會をもちたいと思つてゐる。

本研究は服部報公會より研究費の援助を受けて遂行したものである。記してこゝに感謝の意を表することにする。

文 獻

1. SUGAWARA, K. 1938: Proc. Imp. Acad., 14: 316-319.
2. KUZNETZOV, S. I. 1931: Zbl. Bakt. Parasitenk., II, 83: 167-174.