箱根蘆ノ湖に於ける車軸藻の同化作用研究豫報*

吉 村 信 吉

緒 言

水生植物の同化及び呼吸作用に關しては植物生理學者の研究が數多あるが、湖水中に於ける同化作用の強さと深さとの關係を研究したものは餘り多くない。Ruttner⁽¹⁾ は Lunzer Untersee に於て Schomer⁽²⁾ は Wisconsin 諸湖で種々の水草を用ひて研究してゐる。

著者はこの關係を明かにしやうと思ひ蘆ノ湖で研究を行つた。天候の不良と準備不充分の爲豫期のやうな結果は得られなかつたが、取敢結果を報告して同志の方々の叱正を仰ぎたいと思ふ。

研 究 方 法

蘆ノ湖塔島半島の西南岸に近い 21m の湖底に大石を錨にして長さ 3m の竹筒 2 本で浮標を作り、綿ロープを下げ種々の深さに袋を付け硝子瓶を入れて實驗を行つた。

同化作用を知る爲には O₂ 定量瓶 (100 cc) に 1g の車軸藻を入れて一定時間に變化した O₂ 及び pH を測つた。甚しい同化作用の行はれる層では生じた O₂ の氣泡は瓶の口に集まり試薬注入に際して放出するのでよい結果を得られなかつた。目下水草の生理的實驗用の定量瓶を作製中である。

光度積算量を測る爲には Pearsall⁽³⁾ のやつたやうに 2% KI 20 cc 及び 2% H₂SO₄ 20 cc 混合液 (KI は粉末にして定量直前に溶してから硫酸と混合した) を瓶の用意が足りなかつたので管瓶につめ、生じた I₂ の量を $\frac{N}{100} \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ で船中で直ちに滴定した。別に同様に處理した混和液を暗箱に入れ船の上げ板の下におき、同時に滴定したが、實驗中には全く I₂ を遊離しなかつた。湖面の光度測定も同様に混和液を入れた管瓶を直射の下において比較した。

水温は最近製造の和製 $\frac{1}{10}$ 顛倒寒暖計を用ひ器差、補助寒暖計による補正を行つた。pH の測定はクラーク法により B. T. B. C. R. を指示薬とし、O₂ はウインクラー法によつた。

第 一 回 實 驗

昭和 10 年 6 月 16 日午前 11 時前記地點で同朝深さ 6~10m の湖底から採集した車軸藻 *Chara*

* S. Yoshimura: Photosynthesis of *Chara* at Various Depths in Lake Asinoko, Hakone. 東京文理科大學地理學教室業績。

(1) F. Ruttner: Kohlensäureassimilation einiger Wasserpflanzen in verschiedenen Tiefen des Lunzer Untersees. Intern. Rev. 15 (1926) 1-30.

(2) H. A. Schomer: Photosynthesis of water plants at various depths in the lakes of northeastern Wisconsin. Ecol. 15 (1934) 217-218.

(3) W. H. Pearsall: The aquatic vegetation of the English lakes. Ecol. 8 (1920) 163-201.

W. H. Pearsall: Light penetration into fresh water. II. Light penetration and changes in vegetation limits in Windernere. Jour. Exp. Biol. 10 (1933) 306-312.

の芽の部分 1g を秤量して瓶に入れ湖の表層水⁽¹⁾を採水器から静かに充し栓をし、KI 混合液と共に 1, 3, 6, 11, 16, 21 m の各深度に下げ、16 時まで放置した。この間の天候は始めは晴で時々日射が強かつたが後次第に曇つて來た。風向は西、疾風程度で波浪があつた。透明度は 11h に 11.9 m で水温及び pH は右表のやうであつた。(第 1 表)

参考の爲同日 18 h に湖の最深點で行つた観測値を掲げる。(透明度 11.5 m) O_2 の % の計算に當り飽和量は Whipple の表⁽²⁾を用ひ高さの補正を加へたものである。(第 2 表)

何れも 8-17 m 層に餘り發達しない躍層があり、pH は 20 m 層迄は大差なく以深は稍々酸性に傾いてゐる。 O_2 は 20 m 迄過飽和で以深は稍々減少してゐる。

實驗の結果は第 3 表のやうであつた。

第 1 表

深 度 m	水 温 °C		pH
	11 h	15 h	11 h
0	18.43	18.69	7.1
2	18.44	—	7.1
5	18.40	18.69	7.1
8	17.45	—	—
10	13.87	14.47	7.1
12	12.88	—	—
15	10.64	11.24	7.1
20	7.43	8.96	7.0

第 2 表

深度 m	水温 °C	pH	O_2 cc/l	O_2 %
0	18.58	7.2	5.97	100
5	18.40	7.15	6.07	101
8	17.09	7.1	6.31	102
10	15.65	7.1	6.56	103
11	14.06	7.1	—	—
12	12.90	7.15	7.36	109
15	10.77	7.2	7.46	105
17	9.29	7.2	7.75	106
20	8.04	7.05	7.68	102
25	7.41	7.0	7.53	98
30	7.20	6.95	7.39	96
35	6.94	6.9	7.15	92
38.5	—	6.7	6.52	84
40	6.75	6.7	5.78	74

(湖底 40.5 m)

第 3 表

深 さ m	光 度 積 算 量 ⁽³⁾ I	車軸藻 1 g を加へた 110 cc の瓶の pH 及 び O_2 cc/l	
		pH	O_2 cc/l
空 中	11.2	7.0	5.76
1	3.5	>8.8	7.59
3	1.1	8.7	6.55
6	0.15	7.9	6.90
11	0.22	7.1	6.08
16	— ⁽²⁾	7.05	5.95
21	— ⁽²⁾	7.05	5.65
暗 箱 中 (車軸藻なし)	0.0	7.1	5.85
(+1g 車軸藻)	—	—	3.86

第 3 表より計算して第 4 表を得る。(第 1 圖)

KI を分解させる光は青色線であるが、青色光は深さを増すと共に急に減少する。深さを y 軸に x 軸に 光度 % の對數をとると僅かに彎曲した直線に近い曲線で表はされる。沈下深度が餘り正

(1) 芦の湖は貧營養型に屬し植物性プランクトンは極度に少いからその硝子栓内に於ける水に對する影響は著しくない。

(2) Ricker, W. E.: A critical discussion of various measures of oxygen saturation in lakes. Ecol. 15 (1934) 348-363.

(3) 100 cc の 2% KI に對し消費した $\frac{N}{100}$ $Na_2S_2O_3$ の cc 數。 (4) 管瓶のコルク栓が外れ失敗。

第 4 表

深 度 m	光 度 (空中=100) I %	pH の變化 Δ pH	O ₂ の變化 cc/l Δ O ₂
0	100	-0.1	-0.09
1	31	>+2	+1.74
3	10	+1.6	+0.70
6	1.3	+0.8	+1.05
11	1.9?	$\pm$ 0.0	+0.23
16	—	-0.05	+0.10
21	—	-0.05	-0.20
暗 箱	0	—	-1.99

第 1 圖

確に測つてないと、水面と水中との値が厳密に比較出来ないから、完全な指數曲線で表はされるかどうかは疑はしい。竹田、櫻庭、福田三氏⁽¹⁾は昭和 7 年夏共軌日射計により輻射の強さを測定した結果では深さを増すにつれ弱まつてはゐるが、0 m と 5 m との差は餘り大きくない。今回測定した青色線よりも蘆ノ湖に於けるやうな透明の湖では輻射線は遙かに早く吸収される筈であるから多少三氏の観測結果には疑問があるやうに感ぜられる。

pH の變化を見るに 1-6 m 層に於て著しくアルカリ性となり、1 m 層の如きは C. R. で測ることが出来ず 9 以上であらう。0 m 及び 16, 21 m は反つて酸性に近寄る。

O₂ も 1-3 m に於て激増し同化作用が甚だ盛なことを示してゐる。16 m 迄も尙多少増加し同化作用が營まれつゝあることが分るが、21 m では呼吸作用の方が著しい。この時の補償深度 compensation depth は 16~21 m 多分 18 m 附近にあつたものと思はれる。21 m 層でも暗箱内に於けるよりも O₂ の減耗が少いことは注意すべきである。表面に於ては O₂ は減少することは pH が減少するのと呼應してゐる。

第 二 回 實 験

第一回實驗後直ちに既に pH 測定用に一度使用した車軸藻の上に湖水を充し同様に沈め 18.5 h に引揚げた。この間は積層雲濃く日射は極めて弱かつた。光度積算量は著しく少く、11-16 h の 5 時の總量の約 $\frac{1}{15}$ に過ぎなかつた。

第 5 表

3 m 層は空中の 12% で前に得た値の 10% に似てゐる。6 m 層の値は疑はしい。

pH の變化を見るに 前回と異り

0 m 層がアルカリ性となり深さを減

するに従ひ pH の増加は減少する。今回の空中の照度積算量は前回の 3 m 層のそれに匹敵し、pH

深 さ m	光度積算量 cc	光度 %	pH	pH の變化
空 中	0.85	100	>8.8	>2
1	—	—	7.8	0.7
3	0.10	12	7.4	0.3
6	0.45?	?	7.15	0.05
10	—	—	7.1	0
15	—	—	7.1	0

(1) 竹田建二、櫻庭信一、福田喜代志：蘆の湖水中日射観測報告。氣象集誌 II. 11 (1933) 177-182.

の變化も大體それと等しくなつてゐる。3m 層の光度積算量 0.10 は前回の 6~11m 層のそれに等しいが、今回 pH の増加 0.3 は前回の 6~11m 層の平均増加 0.4 にほど等しい。丁度二回目の状態は一回目の各層を 3m づゝ上げた時の状態と考へることが出来る。

第三回 實驗

翌日最深點で一層大規模に實驗する豫定であつたが、霧深く浮漂に達することさへ出来なかつたので陸上で次のやうな實驗をした。

ヒロハノエビモ *Potamogeton perfoliatus*, フサモ *Myriophyllum spicatum* 及び車軸藻を湖岸から採集し芽 1g を用ひ同化及呼吸作用の比較を行つた。9.45-11.45 h の二時間放置した。この間の光度積算量 4.58 cc で水温 17.8°C であつた。

暗所では何れも O_2 も pH も減少し呼吸作用が優つてゐることを示すが、就中フサモが最も著しく車軸藻は比較的變化が小さい。屋外の資料を見るに O_2 , pH 共に増加してゐるが、ヒロハノエビモ、フサモが極めて變化が大きいのに對し車軸藻の變化は小さい。光度積算量 4.58 を第一回實驗で見るに大體 1m 層のそれよりも少し大きい。恐くこの量は車軸藻の同化作用に有害なものと考へられ

第 6 表
始めの O_2 cc/l=6.00 pH=7.1

植 物	暗 箱 内		屋 外	
	O_2	pH	O_2	pH
ヒロハノエビモ	3.06	6.9	8.45	>9
フサモ	2.16	—	5.71+	>9
車 軸 藻	4.65	7.0	6.07	7.6
	O_2 の變化	pH の變化	O_2 の變化	pH の變化
ヒロハノエビモ	-2.94	-0.2	+2.45	>+2
フサモ	-3.84	—	++	>+2
車 軸 藻	-1.35	-0.1	+0.07	+0.5

る。車軸藻はヒロハノエビモ、フサモより遙かに弱い光の場所を好むものと推察される。

實驗に基く考察、車軸藻と光度との關係、車軸藻生育の限界深度

實驗した數が多くないので判然とした結果を出すことが出来なかつたが、 x 軸に光度の積算量を y 軸に pH 及び O_2 の變化をとつて兩者の關係を見るに車軸藻は光度積算量 0.1~4 cc の範圍では同化作用が呼吸作用を凌駕してゐる。(第 2 圖)

特に 2-3 cc 附近が最好適のやうである。5 cc 以上になると反つて同化作用は妨害されるやうに働くらしい。倉茂農學士⁽¹⁾が宮城前の濠でエビモを用ひ實驗した結果と比較するにエビモが快晴の一日の積算輻射を受けて漸く同化作用が衰へるのに比較すると車軸藻は一層弱い光度を好み又弱い

(1) 倉茂英次郎：水中溶存酸素の日に變化と日射量との關係に就ての二、三の實驗。氣象集誌 II. 10 (1932) 715-726.

H. Kurasige: Some experimental observation on the diurnal change of pH and oxygen production by aquatic plants in relation to the solar radiation. Geophys. Mag. 5 (1932) 343-359.

光に堪え得るものと思ふ。自分の實驗した所でもフサモヤヒロハノエビモとは大分趣を異にしてゐる。

自分の蘆ノ湖に於ける採集は天候に禍され完全を期し得なかつたが、車軸藻は 2~3 m の湖底より増加し 10 m 附近が最も多く大形植物の大部分を占めてゐる。15 m 附近からは減少し 17 m 附近では採れる所とそうでない所とがある。19~20 m が採集された下限で 22 m に斷片を見たが、恐く浅い所から流されて來たもののやうで黒くなつてゐた。蘆ノ湖ではかく車軸藻が優勢であるのみならずその下限

も頗る深い。中野博士⁽¹⁾及著者(蔦沼)によると我國の湖の車軸藻帯下限は右表のやうである。(透明度は最大値で著者の添加したもの、透明度は絶對的の量ではなく單に比較的の値として掲げた)

第 2 圖

第 7 表

湖 名	車軸藻下限深度 m	最大透明度 m
十和田湖	19	21
青木湖	16 (14 m 以深少)	14
蔦沼(青森縣)	>15 (最深部迄)	13
木崎湖	13 (少量)	10
野尻湖	10	12
蘆の湖	20 (15 m 以深少)	16

蘆ノ湖は我國に於て最も深い所迄生育する湖の一つである。

著者の第一回實驗によると 16 m 迄は同化作用を営み 21 m では既に停止するが、當日は餘り日射が旺盛でなかつたし、且半日の實驗であるから快晴の時には同化作用は恐く 20 m 層附近迄行はれるであらう。これは丁度車軸藻の生育下限と一致する。0~3 m 層に少い理由の一つには湖岸に岩石、砂礫が多く水の動搖が大きくて生育附着に適さないこともあらうが、同時に光度が余り大で有害に働くであらうことも考へられる。

最後に注意すべきは蘆ノ湖の O_2 の 100% になる深さは菅原理學士⁽²⁾の觀測によると大體一定して停滯期には 20 m 附近にあり、躍層と 20 m の間の水層は過飽和である。過飽和の原因の一つは水溫の急昇による見掛上の過飽和であるが、同時にこの湖のやうに車軸藻が多い所ではその同化作用も考へられるし、又植物性プランクトンも少量ながら生産されるが、これら植物は皆 20 m 層までは同化作用を営みそれ以深では同化作用を停止し寧ろ O_2 を減少させる作用をなすのではなからうか。丁度 20 m が車軸藻の下限に當るから 20 m 層は蘆の湖の全植物の補償深度で Thienemann⁽³⁾

(1) 中野治房：日本湖沼植物の生態に就て。水産學會報 1 (1915) 50-60.

中野治房：仁科三湖の植物生態に就て。日本北アルプス湖沼の研究 (1930), 572-609.

(2) 菅原 健：1927 年~1928 年に亘る野尻湖及び蘆の湖の溶存化學成分の季節的變化。陸水學雜誌 3 (1933) 33-37.

(3) A. Thienemann: Der Sauerstoff im entropfen und oligotropen Seen. Die Binnengewässer. 4 (1928).

の云ふ營養生成層と分解層との境に當るのではあるまいか。期して後日の考察に待ちたいと思ふ。

結 言

以上蘆ノ湖に於て車軸藻を用ひて同化作用を行ふ深度を決定し、同時に KI の分解により光度積算量を求め、兩者の關係を論じ進んでは車軸藻の下限との關係に及んだ。

しかしながら惡天候に禍されて充分に調査出來なかつた上、場合によつては O_2 が氣泡となつて瓶中に生じ同化作用の大きさを知ることが出來なかつた。將來車軸藻以外の水草を用ひ、尙特種の定量瓶を用ひて O_2 量を測定し、且 KI の外光電管をも併用して光度分布を調べ、車軸藻も定量的に採集して量とその深さの同化作用の狀態とから現在の深度分布を説明したいと思ふ。

終に臨み本調査を共にした植物學科學生渡邊顯敬氏及び種々便宜を與へられた神奈川県水産試験場の前田丸平技師及川口氏に感謝の意を表する。

最近に於ける本州中部、近畿、中國等に起つた

二、三の淺發地震の調査 (II)*

上 井 兼 文

内 容	{	1. P 波初動分布に及ぼす不連續面の影響と節線の形狀
		2. 二、三の淺發地震の初動振幅分布の調査
		3. 彈性體内部の多重源よりの P 波 S 波によるレーレー波の
振幅分布と淺發地震への應用
		4. 二、三の淺發地震の上下動最大振幅の分布の説明

1. 前報では P 波初動の振幅分布を實在の地震に就て議論する際には多くは、節線の形は便宜上不連續面を假定した型をとつたが、不連續面を考へなくても震央附近の節線の形、振幅分布は充分に説明出来る事は一、二の場合を示したが遠方でも實在の地震での節線を説明されはしまいか。先づある角度(茲では $\approx 55^\circ$)の頂角を持つ節圓錐型の發震機構を考へ、圓錐軸の傾きを適當に與へて、圓錐面が節面になるものと地球上に現はれる節線の形を考察しよう。實際には圓錐の模型を作り、深さ 20 呎の場合の震波經路から求めた。その結果は第 1 圖 A, B, C, D の如く發震機構は夫々圖の圓錐の中のみ押しとなり圓錐軸は水平と $0^\circ, 10^\circ, 23^\circ, 84^\circ$ の傾きをなす。大體の模様は不連續面を假定した河角氏の作圖とよく似てはゐるが細部では違ふ。特に所謂“轉向圓”は顯著でなく圓とはならない。只圓錐軸が地面に垂直である時のみ圓になる筈であるがその半径は不連續面を假定した

* K. Uwai: Some Investigations of Shallow Earthquakes. (II)