網走湖に於ける水中光度の日週變化

(昭和 24 年 5 月 23 日受理)

濱 野 繁

(北海道大学農学部・水産学教室)

Diurnal Change of Under-water Illumination at

Lake Abashiri.

S. HAMANO

SYNOPSIS

The under-water illumination at Lake Abashiri on August 23, 1947, was measured by the method of Pearsall and Hewitt (1933), using potassium iodite solution. However, the concentration of sulphuric acid in the solution was slightly increased.

The diurnal variation of intensity of under-water illumination at various depths was given in Fig. 3. The intensity of light at the depth corresponding to the limit of Secchi's disc reading (1.3 metres in the present case) was about 7.3 % of that obtained at the layer just under the surface.

I. 緒 言

湖沼に於ける水中光度は湖中の生物の生態に密接な関係があり、特にその日週変化はプランクトンの晝夜垂直動を支配する重要な要因と考へられてゐる。本研究は昭和 22 年 8 月網走湖に於てプランクトンの垂直分布を 1 時間毎に 1 晝夜連続して観測した際其れに併行して水中光度の時間的變化を測定したものでプランクトンの晝夜移動に関する項は資料未整理のため茲には水中光度に関する結果を報告し度い。研究に際して網走臨湖実験所の使用を許された北海道水産孵化場並びに野外作業に當つて多大の助力を與へられた同実験所石田技師及び北大農学部水産学科元田助教外同行の学生諸氏に厚く感謝の意を捧げる。

II. 測 定 方 法

水中光度の測定方法としては化学的方法、同化作用を利用する生理的方法及び電氣的方法等があり、その中電氣的方法是種々の点で最も進歩したもので光電管及び熱電堆を用ひて水中光度の測定実験が諸所の湖沼で行はれたが今回はその準備も整はなかつたので化学方法に依り Pearsall and Hewitt (1933) の沃度加里法を用ひた。本法を用ひた研究としては益子氏 (1936) の浅虫沖及び恐山湖に於けるものと及び元田氏 (1939) のパラオ岩山灣に於ける研究がある。Pearsall の方法は 2% KI と 1.15% H_2SO_4 を等量混合して光線に露出し光のために遊離した沃度の量を以て光の強度を測るのであるが今回の研究に於ては前記益子、元田両氏の経験に鑑み且つ網走湖は透明度悪く水中光度の微弱な点を考へて試薬の酸

1) Contribution No. 109 from the Department of Fishery, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

性を高めて感光性を鋭敏にすべく試みた。予備実験は上記に関する試薬調製試験、温度差に依る感光度の比較試験及び遊離沃度阻害作用の補正試験の3種を行ひ其の結果は次の如くである。

1. 試薬の調製試験

2% KI に等量混ぜべき硫酸濃度を種々に變へてみて最も感光度が高く而も隠蔽中の対照混合液中の遊離沃度量があまり多くなならない程度に止まる硫酸濃度を決定せんとしたものである。実験は札幌の北大農学部水産学科養魚池で表面及び底部（1.5 米）の二層に就て行ひその結果は第一表の如くである。

表面の場合は混合液を入れた瓶が水面直下に没する程度に位置せしめた。

第 一 表

Table 1.

Test of reagent, more sensitive than Pearsall, s original.

Concentration of sulphuric acid	Place of measurement	Titration volume of N/100 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ to the 100c.c. of reagent (c.c.)	Quantity of liberated iodine (mgr)
1.15%	Surface	10.7 c.c.	13.7mgr
	Bottom (1.5m)	0	0
2.3%	Surface	36.5	45.7
	Bottom (1.5m)	1.9	2.4
3.45%	Surface	57.5	73.9
	Bottom (1.5m)	2.0	2.5
4.6%	Surface	66.2	84.0
	Bottom (1.5m)	2.8	3.6

Date : August 5, 1947. Time : From 14. 5. to 15. 5. (one hour)

Weather : Fine. Temperature : 18°-18.5°C.

6.9%	Surface	77.6	97.4
	Bottom (1.5m)	2.8	3.6
8.05%	Surface	83.6	106.1
	Bottom (1.5m)	3.6	4.6
9.2%	Surface	87.6	111.2
	Bottom (1.5m)	4.1	5.2

Date : August 8, 1947. Time : From 10. 50. to 11. 50. (one hour)

Weather : Fine. Temperature : 18.5°-19.5°C.

第一表に示される如く試薬の酸性度に平行して感光度（遊離沃度量）は強くなるがあまり酸性を高めると光に暴露しなくても沃度が遊離する事が考へられる。従つて其の局限を確める爲に次に池の底層に露出瓶と同時に黒布で包んだ対照瓶をおいで遊離沃度量を比較してみた。（第二表）。

第二表に見る如く此の程度の露出即ち日中晴天下に 1.0 米層に 19°C 位の温度で露出する場合には Pearsall の処方以上に酸性を高める事は測定結果を不確定たらしめる恐れがあり、硫酸濃度を高まるにしても 2.3%程度に止めて置くべき事が判る。従つて上の2種の実験を比較対照した結果本研究に於て

第 二 表

Table 2.

Test of reagent, more sensitive than Pearsall's original.

Comparison of liberated iodine of controll with bottom (1.5m)

Concentration of sulphuric acid	Place of measurement	Titration volume of N/100 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ to 100c.c. of reagent (c.c.)	Quantity of liberated iodine (mgr)	Difference of liberated iodine between bottom and controll. (bottom iodine—controll iodine) (mgr)
1.15%	Controll	1.5	1.9	+0.1
	Bottom (1.5m)	1.6	2.0	
2.3%	Controll	2.0	2.5	+1.5
	Bottom (1.5m)	3.2	4.0	
3.45%	Controll	2.5	3.2	+1.7
	Bottom (1.5m)	3.8	4.9	
4.6%	Controll	3.3	4.2	-1.0
	Bottom (1.5m)	2.5	3.2	
5.75%	Controll	4.1	6.2	-3.2
	Bottom (1.5m)	2.4	3.0	
6.9%	Controll	4.0	5.1	-1.9
	Bottom (1.5m)	1.7	2.2	
8.05%	Controll	4.9	6.2	-2.9
	Bottom (1.5m)	2.6	3.3	
9.2%	Controll	4.7	6.0	-2.3
	Bottom (1.5m)	2.9	3.7	

Date : August 9, 1947. Time : From 13.30. to 14.30. (one hour)

Weather : Fine. Temperature : 19-19.5°C.

は 2% KI と 2.3% H_2SO_4 の混合液を用ひる事とした。

(2) 温度差に依る感光度比較試験

湖水温度は垂直的に又時間的に変化するから本法を以て週日の光度変化を知らうとする場合には予め沃度遊離速度の温度による変化を確かめおかねばならない。従つて第三表に示す如く3段階の温度に於ける沃度遊離量を測定してみた。0°C にする場合は寒剤を用ひ、10°C の場合は水道栓から放出する流水を利用し、19°C の場合は養魚池の表層に瓶をおいたものである。勿論之等3種の瓶の露出は同一時間に同一状態の下で行つた。(第三表)

その結果は1°C から 10°C までの沃度遊離度の変化は急激であるが 10°C から 19°C の間は極めて緩慢である。網走湖で本研究を行つた場合は表層温度は 24°—25°C で一日中の変化は 3°C 以内に止まり又測定範囲の垂直温度差も 3°C を超へなかつたから本研究に於ては温度補正は不必要と考へられる。

第 三 表

Table 3.

Comparison of liberated iodine according to temperature.

Temperature	Titration volume of N/100 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ to the 100c. c. of reagent (c.c.)	Quantity of liberated iodine (mgr)
0.5°—1.5°C	35.2	44.7
10°C	49.7	63.1
18.5°—19.5°C	54.2	68.8

Date: August 16, 1947. Time: From 12.50 to 13.20 (30minutes) Weather: Fine.

(3) 遊離沃度の阻害作用の補正試験

混合液を光線に暴露中遊離して出た沃度の着色等により反應速度が漸減するからあまり長時間露出すると照射した光線に比較して沃度の遊離量が不十分になる。この爲に生ずる誤差がどの程度に止るかを知らる爲に次の実験を試みた。感光瓶を2系列作りA列は6個の瓶を10分間毎にとりかへて合計1時間の露出を行つたもので其等の沃度遊離量を順次累計したものが第一図Aである。B列は6個の瓶を夫々10分間、20分間、30分間、40分間、50分間、1時間の露出を行つたもので其の結果は第一図Bの通りである

第 一 図

Fig. 1.
Experiment on checking effect of liberated iodine when successively exposed.

Duration of exposure to sunlight (minute)

A: Successively exposure

B: Divided exposure

第一図のAとBの比較により此の実験の条件下では30分を超すと阻害作用が現はれて沃度遊離速度が遅れてくる事が示される。即ち遊離沃度量約20 mgr 即ち N/100 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 滴定量 15—16 c.c. 程度 (混合液 100 c.c. 使用) に達するあたりが此の方法で測定するに適当な限界点と考へられる。

上の実験結果を参照して網走湖で測定した場合には表面の瓶のみ30分の露出に止めて30分毎に新しい瓶と交換し、下層の瓶は1時間毎に交換する事とした。

(4) 網走湖に於ける測定

網走湖呼人半島先端西部沖で深度約10米の地点に於て昭和23年8月23日午前5時より午後6時までの間0, 0.5, 1, 2, 3, 3.5 米の各層の光度を測定した。その方法は定置した舟中に黒布で隠蔽した暗室を造りその中で使用すべき試薬を混合攪拌してから約100 c.c. 容量のウインクラー酸素定量瓶に充たし各層につるして光線に暴露したのであるが一部の瓶は終始黒布についでおいて対照とした。尙用いた瓶は予め多数の瓶を同一条件の下で光度測定を行ひ相互の誤差の少ないものを選んで使用した。

錘を水中につるす方法は第二図の如く3米位棒を舟端より突出し其の先端にロープを結び、錘で垂直にたらししたロープの各所定の位置に瓶が水平になる様に瓶の首をしかりつけた。表面の瓶は水面を丁度

第 二 図

Fig. 2.

Exposure of bottles containing mixture to the sun light at various depths in the lake.

没す程度に位置せしめた。露出時間は前述の如く表面では 30 分間表面以外は 1 時間である。露出の終つた瓶は直ちに引き上げて舟中の暗室の儘かの光の投入する中で迅速に $N/100Na_2S_2O_3$ で滴定し遊離沃度量を求めた。

III 測 定 結 果

測定結果は第四表の如くである。

今午前 11 時より正午までの表層に於ける遊離沃度量を標準にとつて 100% とし其の他の各時間及び各深さに於ける遊離沃度量を百分率で表はすと第三図の通りである。

此の図によつて晴天の日に於ける色々の深さの一日中の光の強さが示されるが図を一瞥して水中の最も明るい時間が下層に行

第 四 表

Table 4.

Under-water illumination at lake Abashiri from sun rise to sun set.

Hour	Depth (m)	Quantity of liberated iodine to the 100 c.c. of reagent. (mgr)					
		0	0.5	1	2	3	3.5
4—5		0					
5—6		37.7	0	0			
6—7		70.2	6.7	2.0			
7—8		110.3	14.3	8.5			
8—9		148.7	34.9	10.2	0		
9—10		157.7	44.8	12.4	2.0		
10—11		156.5	65.2	20.2	2.2	0	0
11—12		179.7	79.8	24.5	3.7	1.6	0.8
12—13		173.1	70.3	41.2	4.3	2.8	0.7
13—14		168.9	60.7	19.7	3.2	2.0	0.6
14—15		157.2	59.8	16.9	2.4	1.9	0
15—16		128.0	23.7	4.8	2.2	1.9	
16—17		43.3	5.0	2.2	1.9	0.8	
17—18		6.7	0	0	0	0	
18—19		0					

く程時間のずれがある様な印象をうける。然し乍ら 0.5 米以下に於ては午前 11 時より正午までの光度

と正午より午後 1 時までの光度とは左程著しい変化はなく、たゞ 0.9 米乃至 1.8 米辺りの範囲では午前 11 時乃至正午よりも正午乃至午後 1 時の方が明るさを増して居る。3 米以深の遊離量が極く小さい即ち此の間では測定誤差が大きくひびくから此の間の光度の変化を論ずる事は控へる。

さて測定地点は岸から十分はなれた所であるし又沿岸には標高の大きい山もないから午前と午後とで光を受ける度合ひに差があるとは考へられない。記録した時間は東京の標準時であるから東京よりも光度が西偏して居る。

網走湖では太陽が真直に位する時刻は正午以後となる頃であつて此の関係で 0.9 米乃至 1.8 米のみられる最強光度が正午から午後 1 時までに現はれたと考へる事も出来る。

然し乍ら仮りに 12 時半を中心にしてみても各光度連続線はやはり不対称で例へば午前 5 時半には 20 % であるのに夕方では午後 4 時 40 分頃既に表面 20 % の光度に減少してゐる。以上の不対照の現象に関しては其の理由となるものを推察し得なかつたが或は天候状態を終日同一條件と判断したけれども実際には肉眼的には差を感じない程度の些少の変化があつて午後から夕方にかけて光が朝方よりも弱くなつたのかも知れない。即ち兩者の間の雲量の相違が直接光の量に影響したのかも知れない。尚ほ菊

池氏 (1931) は夏の富士五湖其他でマツダセレンウム光電池 (感應曲線は肉眼と殆んど一致する) を用ひて水中光度を測定した結果水面下 1cm の光度を基準にとれば約 14.5% になる深さが透明度に相当すると述べて居る。然し此回の研究では透明度の深さは大体に於て水面直下の光度の 7.3% に当る光度の深さに相当する。

但し今回の用ひた Pearsall の方法で測定されるものは白色中の青色部で即ち 4000—5000 Å の範囲が主である。

第三図

Fig. 3.
Diurnal change of under-water illumination at lake Abashiri. Light intensity at noon making the condition of surface water as standard (100%).

参 考 文 献

- 1) Pearsall, W. H. and T. Hewitt, 1933
Light penetration into fresh water, II Penetration and changes in vegetation limits in Windermere.
Jour. Exp. Biol. 10
- 2) 益子精來也 1936 沃度加里法に依る浅虫沖及び忍山湖に於ける光の水中透過度測定
日本水産学雑誌 5 卷 3 号
- 3) 菊池健三 1931 湖水の水中光度と透明度との関係 陸水学雑誌 5 卷 4 号
- 4) Sigeru Motoda 1939
Submarine Illumination, Silt Content and Quantity of Food Plankton of Reef Corals in Iwayama Bay, Palao.
Palao. Trop. Biol. S. Studies. No. 4.