浦之内湾の研究 (豫報) 海洋条件と浮游生物

(昭和 23 年 11 月 20 日受理)

植 田 穂

(高知縣立弘岡農業高等学校)

Hydrobiological Observation on The Uranouchi Bay

Kōchi Prefecture, Japan

M. UEDA

SYNOPSIS

The present report has been written in the hope to give a preliminary account on the hydrobiological feature of Uranouchi Bay. The data so far obtained shows that Uranouchi Bay behaves like a salt lake though it communicates with outer sea through a narrow and shallow canal. The development of thermal and chemical stratifications in this bay are very prominent, the thermal stratification being direct from January to September, and indirect from October to February. The direct stratification of dissolved oxygen is set in April when the water temperature is 15.0°C. Such a stratification is kept so long as the upper layer shows low salinity as it makes the stratification stable. It is, however, often disturbed when the density of surface water rises due to the strong evaporation of summer days, which causes the vertical circulation of water.

The saturation percentage of oxygen ranged between 15.7% (August 1944) and 160.6% (June 1943), the latter value probably being due to *Chaetoceros borealis* which then vegetated. The bulk of the plankton is usually composed of Diatoms such as *Chaetoceros Schultzei*, *Ch. decipiens*, *Ch. dydimus*, *Ch. diadema*, *Rhizosolenia hebetata*, *Rhiz. acuminata*, *Thal'rix. Frauenfeldii*, and *Nitzschia seriata*. The zooplankton which is usually of second importance in quantity consisted of many Copepods, *Eudae*, *Poelon*, *Penilia*, *Ceratium fusus*, and *Noctiluca scintillans*. Of zooplankton it was found that *Crescis* and *Bolipnopsis* appeared in great abundance during Summer and Autumn respectively.

I. 緒 言

浦之内湾は土佐湾の南岸略々中央に位し、東西に細長い半島により外海と隔てられた入江で横浪三里とも云はれる。湾口附近には浅瀬・干潟が多く、各種の生物が頗る豊富に生育し、湾内は終年各種のプランクトンが著しい消長を示してゐる。

一般に海では如何なる場所にも海流、潮流、風浪による水の騒擾、攪乱があり、之は生物の環境条件として最も重要なもの一つであるが、深い入江又は鹹湖では水は多くは停滞し、成層し、其の環境は海洋と著しく違つたものになる。然し此の様な海區は比較的少ないのであるが、近時我が國では此の種の内湾、潟湖に関する調査が進められて、

第 1 圖 浦之内湾附近略図
Fig. 1. Map of Uranouchi Bay.

吉村信吉(1940), 尾原信彦(1941), 松谷善三(1940), 小久保清治(1941), 上野益三(1937), 羽田良禾(1939) 諸氏の業績(文献参照)が発表されてゐる。浦之内湾も此の種の内湾の代表的なものといふことが出来、其の生態は頗る注目すべきものであると思はれる。上述の点から浦之内湾の浮游生物の調査に就いて小久保清治博士に御指導を御願ひ申し上げた処、博士は本湾に深い興味を持たれ、こゝに御熱意ある御指導のもとに昭和17年8月から海洋条件と浮游生物に就て基礎的調査に着手することが出来た。本篇には現在迄に調査した其の概要を記して此の湾の特徴を明かにし、詳細な記述は稿を更めて述べる。本研究に対し終始御懇篤な御指導と種々の便宜を與へられ、且本稿校閲の勞をとられたる小久保博士に衷心より感謝の意を表す。尙貴重な器具及び文献を貸與られた蒲原稔治博士、及び高知縣水産試験場と研究費の補助を支給された実業教育中央振興会並びに高知縣実業教育振興会に感謝の誠を捧げる。

II. 湾内状況概要

浦之内湾は陥没に依つて生じたい湾入で、前記の通り土佐湾の南岸略々中央に在り、東西の方向に横はる細長い半島によつて外海と隔てられ、参謀本部2万分の1の地圖によれば其の面積は福島の渡以西で10.05平方軒、延長は約10軒で横浪三里とも呼称される。海岸線は甚だ複雑で南岸は30.00軒、北岸は20.65軒、全長50.65軒に及び、肢節量は4.51に達する。周囲は山に囲まれて平地は極めて少く、人家は湾入の各所に散在し、村民は舟をもつて交通の機関としてゐる。流入河川は殆どないので、河水による有機物流入の爲の汚染は全くなく、淡水の影響は降雨に若干あるのみである。深さは一般に湾口が浅くて中央が深く、奥に行くに従つて次第に浅くなる。即ち宇佐港及び湾内灰方岬、大崎見透線迄の大部は浅瀬・干潟が多く、生物としては *Branchiostoma japonicum*, *Virgularia gustaviana*, *Cerianthus misakiensis*, *Balanoglossus misakiensis*, *Lingula anatina*. 等其の他各綱目に互る多数の動物が生棲し、南岸に沿つて3米乃至6米の層筋が通じてゐる。大崎、深浦線附近より急に深く約15米となり網懸迄17又は18米を保ち、之から目ノクソ迄20米、立目沖では15米、横浪で12米となる。此の如く湾口が狭く且浅い爲に潮流は大崎以東の浅瀬の部分は特に速く、以西では緩徐となる。湾内深く入れば海水は殆ど停滞するので夏期には顕著な成層が発生する。干満の差は湾口では1.5米、立目附近で1米前後である。尙当地方として氣象上留意すべきは5,6月頃の梅雨と8,9月頃來襲する颱風による降雨の影響で、其の雨量は海洋条件及び浮游生物に相当密接な関係をもつてゐる。

III. 研究方法

調査地点及び方法は次の通りである。

- 地点 1. 表面水温, 比重, 溶存酸素量の不定期観測及びプランクトンの随時採集。
 地点 2. 表面水温, 比重, 溶存酸素量の定期観測。
 地点 3. 水温, 比重, 溶存酸素量, pH の垂直分布及び水色, 透明度の定期観測とプランクトンの定期垂直採集。
 地点 4. 表面及び深層の水温, 比重, 酸素量, pH の不定期観測, 10 米, 3 米, 表面のプランクトンの定期採集。

以上の他に夏期海水の成層が顕著な時には数地点の観測を行つたが実地調査は隔週 1 回実施し特別事故の無い限り比重は同夜測定し溶存酸素量は翌日滴定した。採水は北原式 B 号採水器により, 水温は 10 分の 1 度目盛の棒状温度計を使用し比重は赤沼式比重計 B 及び C で測定して表によつて標準比重 (σ_{15}) に換算, 溶存酸素量は Winkler 氏の方法で 1 立中の含有量を求め之により其の時の塩分及び水温に應ずる酸素飽和度に対する百分比を計算した。塩分は比重から算出し (海洋観測常用表) 飽和度は Fox 氏の表により求めた。pH は比色法により指示薬は Thymol blue (T. B.) 及び Phenol red (P. R.) を使用した。Plankton net は口径 25 糎, 全長 1 米, 濾過部前半は Müller gaze No. 3 下半部は No. 14 を用ひ植物性及び動物性両方共採集の出来る様に心掛け, 更に口径 25 糎全長 75 糎 Müller gaze No. 2 の net も併用してゐる。

IV. 海 洋 条 件

本湾は海岸線の複雑さと湾口附近の浅瀬の爲に外海の影響は網懸附近迄で湾内深くには及ばず夏期には時に著しい成層を出現する。之は他の一般港湾に比べて本湾の重要な特徴の一つと思はれる。此の特質は港口の次第に浅くなることと相俟つて益々顯著になる傾向を示してゐる。次に述べる諸條件は特に指示せざる所は地点 3 のものである。

第 2 圖 浦之内湾の表面及び 20 m 層に於ける水温, 比重, 溶存酸素量, pH と気温の周年変化, 自昭和 17 年 11 月至昭和 19 年 9 月, (地点 3)

Fig 2.

イ. 比 重.

湾内の比重は降雨の影響を受けることが外海よりも甚だしく 10 月頃から翌年 3 月頃迄は表面及び 20 米層共に 25.00 前後で成層は認められないが 4 月から 10 月に至る期間には表面は淡水に近い状態から 20.00 程度に雨量に應じて不規則な変化を示す。甚だしい降雨でも 5 米以深に影響の及ぶことは殆どない。20 米層では変化は比量、溶存酸素量の垂直分布 (地点 3)

Fig. 3. Curve representing a vertical distribution of water temperature, density and dissolved oxygen in the Wancuclibay, 1943.
— July. 11 July. 25

と晴天が続くと蒸発に伴ふ塩分濃度の増加は表層水の比重を増し高温、高比重の表面海水は順次垂直移動を起し、成層は不顯著となる。これは昭和 18 年と全 19 年の夏期に於ける比重及び酸素量の変化の状況 (第 2 圖) を見る事によつて理解することが出来る。尙此の垂直移動の詳細な点に就いては今後の研究に俟たねばならない。

ロ. 水 温.

水温に就いて見るに表面は昭和 19 年 8 月に最高温 31.5 度、全 18 年 2 月及び 19 年 3 月に最低温 11.4 度を示し年偏差 20.1 度に達してゐる。次に 20 m 層は昭和 19 年 8 月に最高温 28.1 度、全年 1 月に最低温 9.9 度を示し年偏差 18.2 度となつて表面と深層の年偏差は大体等しいことが判る。最高温を示すのは表面では 7, 8 月、20 m 層では少し遅れて 8, 9 月、最低温は表面及び 20 m 層共 2 月乃至 3 月である。次に垂直分布は 1 月から 9 月迄は正列成層を成し 9 月から 12 月迄は逆列正層を現出する。然し湖水に觀る様な規則正しい循環と認めることは出来ない。気温の低い 1, 2 月に既に正列成層になるのは日照時間の延長に原因すると考へられる。

表面の水温は日照に伴ふ周日変化のあるのは勿論であるが他に天候の影響、特に降雨及び風による攪乱の影響に著しいものがある。例へば昭和 18 年 7 月 25 日の逆列はこの爲で 21 日から 24 日迄豪雨に次ぐ暴風雨の爲の攪乱によるものであるが此の場合 5 m 以深は影響を受けてゐない。此の事から見て風雨の影響の垂直的の範囲を知る事が出来るがこれは本湾内で行はれてゐる眞珠貝養殖に就て母貝の懸垂深度に重要な示唆を與へるものである。尙水温の成層は酸素量程顯著ではないが、7, 8 月表層が低比重の時晴天が続くと成層は著しくなり、昭和 18 年 7 月 11 日には表面 30.3 度 20 m 層 23.9 度が最大の差を示してゐる。次に水温を外海と比較するに湾内は外海に比べて水温の年偏差が大きいので

湾内の比重は降雨の影響を受けることが外海よりも甚だしく 10 月頃から翌年 3 月頃迄は表面及び 20 米層共に 25.00 前後で成層は認められないが 4 月から 10 月に至る期間には表面は淡水に近い状態から 20.00 程度に雨量に應じて不規則な変化を示す。甚だしい降雨でも 5 米以深に影響の及ぶことは殆どない。20 米層では変化は比量、溶存酸素量の垂直分布 (地点 3)

湾内の比重は降雨の影響を受けることが外海よりも甚だしく 10 月頃から翌年 3 月頃迄は表面及び 20 米層共に 25.00 前後で成層は認められないが 4 月から 10 月に至る期間には表面は淡水に近い状態から 20.00 程度に雨量に應じて不規則な変化を示す。甚だしい降雨でも 5 米以深に影響の及ぶことは殆どない。20 米層では変化は比量、溶存酸素量の垂直分布 (地点 3)

湾内の比重は降雨の影響を受けることが外海よりも甚だしく 10 月頃から翌年 3 月頃迄は表面及び 20 米層共に 25.00 前後で成層は認められないが 4 月から 10 月に至る期間には表面は淡水に近い状態から 20.00 程度に雨量に應じて不規則な変化を示す。甚だしい降雨でも 5 米以深に影響の及ぶことは殆どない。20 米層では変化は比量、溶存酸素量の垂直分布 (地点 3)

冬期は外海よりも低温で夏期は高温である。即ち寒暑の影響を受けることが甚だしく地点 1, 2 では年偏差が 12.5 度であるが地点 3 では 20.1 度に達し 7.6 度の差を示してゐる。春期は 4 又は 5 月秋期は 10 乃至 11 月に湾内外が等温になる。

ハ. 溶存酸素量

本湾の溶存酸素量は圖に見る如く大体規則的な周年変化を示してゐるが其の増減は雨量及びプランクトンと密接な関係がある。即ち夏期生じた海水の成層は秋期の上下循環のために 11 月頃から消失して比重は降雨の減少と共に其の成層は無くなり酸素量も上下層共大体等しくなる。次いで 3 月頃迄は順次増加の傾向を示すが之は植物性プランクトン増殖の爲と思はれる。次に深層の水温が 15 度前後となる 4 月頃から正列成層が発達し下層に酸化現象による酸素の消費のある爲に酸素に漸次成層を生ずる。此の時期には珪藻は春期の増殖期を過ぎて衰退する爲に表層近くの酸素量も減少する。次いで 5, 6 月の梅雨期になると珪藻増殖が起るために表面近くの酸素量は著しく増加し、また下層は停滞のため酸化現象により漸次酸素を減少する。而して 10, 11 月頃迄此の成層は認められる。尙既述の通り 1 ケ年を通じて雨量の多寡は此の成層に複雑な影響を與へる。即ち表面の比重と深層の酸素量との変化の状態はよく一致し、雨量が多ければ深層では軽い表面海水のために垂直移動は妨害せられて酸素は益々減少して 7, 8 月頃最少量を示す。飽和度は 1 月下旬から 3 月下旬迄は上下層共に過飽和になり 4 月からは深層では不飽和になつて此の傾向は次第に上層に向つて発達する。然し 6 m 以浅では 1 ケ年を通じて過飽和の状態を示す。最も減少したのは 20 m 層に於ける昭和 19 年 8 月、15.7 % 最大は表面に於ける昭和 19 年 6 月の 160.6 % であつた。

昭和 18 年 10 月の深層に於ける酸素量の増加は *Chaetoceras borealis* の繁殖によるものでこれは一時的現象と思はれる。次いで同月下旬には珪藻を殆ど見ず *Ceratium fusus* の多数の繁殖を見、深層に於て 53.8% に減少してゐるがこれは前記珪藻の酸化に依るものであらう。此の現象は注意すべきもので赤潮と密接な関係があるものと考へられる。即ち地方の漁業関係者が秋期晴天が続いたあとで雨が多いと潮の腐ることがあるといふのは此の間の消息を物語つてゐるのであらう。降雨の爲に珪藻が突発的に増殖し之が死滅して海水に栄養塩類が増加すると *Ceratium* 其の他の Protozoa の異状な増殖の爲に遂に赤潮となるので前記 10 月の状態はこの徴候の僅かに現れたものと思はれる。

ニ. 水素イオン濃度

pH に就いて見るに 10 月から翌年 4 月迄珪藻類の多い時は上下各層共 8.3 で 2, 3 月の最盛期に 8.4 を示すことがある。5 月以降植物性プランクトンが減少し深層で酸素量が少くなると pH も低くなり成層の最も発達した 7, 8 月には 20 m 層では 7.6 を示すことがあつた。

ホ. 水色及び透明度

Forel の水色標準液とは正確には一致しないが大体 No. 5~8 の間にある。8, 9 月珪藻の最も減少した頃は水色が No. 5、透明度は 11 m 前後であるが降雨が多いと著しく緑色を帯びて No. 8 となり透明度は 2~6 m となる。梅雨期又は其の他に於ても *Chaetoceras* が多ければ白濁調を呈するが、夏期雨量の多い時に濁るのは生物学的よりも物理化学的原因が主である様である。1 ケ年を通じては水色 No. 6 透明度は 5~8 m の場合が最も多い。

V. 浮 游 生 物

湾内に産する浮游生物は表裏の通りであるが略々規則正しい季節的变化を示し種類は動物性プランクトンが多く数量は植物性プランクトンが遙かに勝つてゐる。植物性プランクトンの主要なもの中、*Chaetoceras Schottii*, *C. decipiens*, *C. didymus*, *C. diadema*, *Rhizosolenia habetata*, *Rhizo. acuminata*, *Thalassiothrix frauenfeldii*, *Nitzschia striata*, *Bacteriostrom* 等は大量に出現し他に *Eucampia Zoodiacus*, *Stephanopyxis Palmeriana*, *Ditylimum Brightwelli* 等も重要な種類である。動物性プランクトンの主要な

第4圖A 植物性プランクトン1ヶ月間の消長

Fig. 4 A.. Diagram showing annual change of
Phytoplankton in the Uranouchi Bay.

第4圖B 動物性プランクトンの1ケ年間の消長

Fig. 4 B. Diagram showing annual change of Zooplankton in the Uranouchi Bay.

ものは先づ橈脚類の他は *Eudone*, *Podon*, *Penilia* 等の葉脚類及び甲殻類の幼生が多く *Ceratium fusus*, *C. furca*, *Tintinopsis cylindrica*, *Noctiluca scintillans* 等の原虫類も多い。夏期 *Crescis*, 秋期 *Bolinopsis*, が無数に発生することがあるが他に大量に出現するものは少い。季節的消長の概要を見るに 11 月頃から種類の増加し始めた硅藻は 1, 2, 3 月と漸次数量を増し, *Chaetoceras decipiens*, *C. didymus*, *C. Schuttii*, *Nitzschia seriata*, *Rhizosolenia habetata*, 等最も多い。動物性プランクトンは数量種類共に甚だ少く深層に橈脚類を僅かに見るのみである。4, 5 月になると前記硅藻は数量が急激に減少して動物性プランクトンが多くなり, *Gymnodinium* の *Pyrocystis* stage, *Favella panamensis*, *Dictyocysta*, *Noctiluca* 等の原虫類及び橈脚類の *Cithona* 等が特に目につく。次に 5, 6 月の頃梅雨期に入ると一度減少してゐた硅藻が再び増加し 2, 3 月の状態に逆轉する。此の際には数量は甚だ多いが種類は少く, *Monotonous plankton* として *Chaetoceras didymus*, *C. Schuttii*, 等が主部を占める。梅雨後は硅藻の激減に伴ひプランクトン総量も少くなり動物性プランクトンとして *Oncuea*, *Calanus*, *Euterpia*, *Penilia*, *Eudone* 等の甲殻類が多く夏期の群聚の特徴を現す。8 月下旬から 11 月に亘り *Bolinopsis mikado* の増加が著しくネットは之が爲に濾過不能となることがある。此の期の主要プランクトンは橈脚類, *Ceratium fusus*, *C. furca*, *C. deflexum* 等の動物性のものが多く, *Rhizosolenia acuminata* は表面近くに多数出現し 11, 12 月になると硅藻の各種類の増殖を見る。本湾に於ては一般に認められてゐる硅藻の秋期に於ける増殖は春期程規則正しくは出現せず下記の如く梅雨後から秋期間に生ずる不規則な消長の一環と看做すことが出来、11 月から初まる種類及数量の増加を定期的な秋期増殖と認めることが出来る。以上は 1 ケ年を通じての消長の概要であるが春期硅藻の増殖に次いで夏期動物性プランクトンの繁殖する点は從來一般に知られてゐることゝ一致するが他に此の季節的消長に対して注意を要することがある。其の一は夏來襲する颱風の影響で豪雨は海洋條件、特に比重に激変を與へ表層比重は著しく減少する。プランクトンは梅雨期の様な硅藻の極端な増加はなく低比重の表層には橈脚類の幼生が多く深層には橈脚類, *Ceratium* 等が多い。他の一は梅雨後から秋期間に於て硅藻が突発的な増殖をすることがあり一見不規則な変化の様に見えるが其の原因は降雨であるらしく雨量の多寡が増殖の程度に密接な関係をもつと思はれる。此の点に關しては今後の精査に俟たねばならぬ。

VI. 摘 要

1. 本予報は浦之内湾の海洋條件及びプランクトンに就て昭和 17 年 8 月から全 19 年 9 月に至る約 2 ケ年間の調査の概要である。
2. 本湾は地形の影響を受けて海水は停滞し鹹湖としての性質を具備し夏期には著しい成層が出現する。
3. 成層発達の原因の一は梅雨及び夏期の降雨で雨量が多ければ表層の塩分が少く比重が少となり海水の垂直移動は妨げられて成層が発達し之に反し降雨が少なければ日照に伴ふ高温、高鹹度の表面海水は深層に移動して成層を妨げる傾向がある。
4. 水温の年偏差は地点 3 では 20.1 度で湾口の 12.5 度に対し 7.6 度の差を示し湾内は湾口よりも気温の影響を多く受けることが判る。
5. 溶存酸素量は夏期下層に於て甚だしく減少するが其の程度は飽和度 15% を最低とし酸素量零を示すことはないものゝ如くである。
6. 浮游生物は植物性プランクトンは数量が多く動物性プランクトンは種類に富む。硅藻の春期増殖は 2, 3 月頃最盛となり 5, 6 月には梅雨期の増殖を示す。夏期に於ても降雨の影響で著しい増殖をすることがあるが一般には梅雨期程甚だしくはない。秋期の繁殖は春期程規則正しくは出現せず、9 月から 11 月に於て時に多数の増加を示すことがあるも 11 月以降に定期的な秋期の増殖が認められる。
7. 海洋條件から考へると大体網懸、小島線が境になつて之より以西は準鹹湖と認めることが出来

る。然し別に底棲動物から考察すると大体灘，鍋島頭線が外海と内湾との境界線である。

VII. 文 献

- 吉 村 信 吉 (1940): 久美浜湾, 離湖, 與謝内海の湖沼学的研究 ‘一’ 地理学評論 Vol. 16. No. 6.
 尾 原 信 彦 (1941): 波浮湾の海洋学的研究特に紫硫黄菌の発生に及ぼす水質の特性に就て ‘一’
 地理学評論 Vol. 17. No. 3. (1940) 下田湾の水質に関する研究 ‘一’ 地理学評論 Vol. 16. No. 9.
 Matsuya Z.: Some Hydrographical Studies of the Water of Iwayama Bay in the South Sea
 Islands. Palao Trop. Biol. St. Studies. No. 1.
 小 久 保 清 治 (1941): 津軽十二湖のプランクトンと其の季節的变化 ‘一’ 水産学雑誌 49 号.
 “浮游生物” 実験法: (青森湾に於ける季節的消長の項).
 “浮游生物” 分類学: .
 “浮游生物” 学: .
 上 野 益 三 (1937): 藻琴沼とその生物 ‘一’ 植物及動物 Vol. 5. No. 7,
 羽 田 良 禾 (1939): 藻琴沼のプランクトン特に夜光虫に就て ‘一’ 植物及動物 Vol. 7. No. 2.
 神戸海洋气象台: “海洋観測法”。