福井県浦底湾におけるミズクラゲの生態—Ⅶ.

水中テレビと C ネット採集から推察した成体型の昼夜移動*

安 田 徹

(1972 年 6 月 30 日受理)

Ecological Studies on the Jelly-fish, *Aurelia aurita* in Urazoko Bay, Fukui Prefecture—VII.

Diel Change in the Vertical Distribution of the Medusa observed by Underwater-Television and Net Sampling

Tôru YASUDA**

In a previous paper the seasonal change in the general vertical distribution pattern of the medusa of *Aurelia aurita* (LINNÉ) was described, but a more detailed qualitative as well as quantitative study dealing with its diel change has hardly been brought forth to present. The present paper, nevertheless, attempts to form a record on the above-mentioned subject.

A series of observations were made at five stations near the mouth of the western coast of the Urazoko Bay, a small inlet on Wakasa Bay situated along the central part of Japan Sea. The observations were conducted at 13:00 to 18:00 hrs. October 17th 1968. At about one-hour intervals, vertical distribution of *Aurelia* medusae was checked qualitatively with an underwater-television (Sensuiken Type No. 500), and the number swimming at each depth was recorded quantitatively by means of vertical hauls of a closing plankton-net (51 cm mouth aperture, 0.33 mm in mesh size). Simultaneously, meteorological and hydrographic observations were made. The results obtained are summarized as follows:

Medusae were mainly distributed at the upper 3 m layer during daytime (13:00 to 16:00 hrs.) when surface illumination was more than 10^3 lx, and they were distinctly abundant at the surface just before sunset. At sunset (17:00 hrs.) however, some of the medusae were observed to sink when the light intensity was less than 10^3 lx. After that they all showed a more conspicuous tendency to sink, and by 18:00 hrs., when it was nearly quite dark, the medusae appeared scattered from the surface to the middle and as far as the bottom layer (15 to 24 m). Therefore, it may safely be concluded that underwater illumination plays an important role in the vertical distribution of the medusae and that *Aurelia* medusa is thus one of the twilight migrants in coastal waters.

On the other hand, no correlation was observed between the vertical distribution of the medusae and other environmental factors such as wind direction, wave strength, current, water velocity and water temperature.

ミズクラゲ *Aurelia aurita* の成体型 (medusa) の垂直分布が、時刻・昼夜によつてどのような変化を示すかという問題にふれた報告は少なく、AGASSIZ¹⁾, MAYER²⁾ らによる海面付近における目視観察の記録のほか、BROWNE³⁾ が底曳・タモ網採集に基づくごく簡単な記載を残しているにすぎない。また、RUSSELL⁴⁾

* 福井県水産試験場業績 25 号

** 福井県水産試験場 (Fukui Pref. Fish. Exp. Stat., Tsuruga, Japan)

は大型ネットによる定量研究を試みたが、採集個体数が少なかつたため、その昼夜移動の状態は不明であつたと述べている。このように、本種の時刻別垂直分布について定性、とくに定量的なとりあつかいをした報告はみあたらない。

筆者は、先に、福井県浦底湾におけるミズクラゲ生態観察の一部として、成体型クラゲの垂直分布型とその季節変化について報告した^{5,6)}。その後、同水域の成体型の昼夜移動について、興味ある一事例を観察したのでここに報告したい。

本文に入るに先だち、報文の校閲をしていただいた北海道大学田村 正名誉教授と近江彦栄教授ならびに京都大学瀬戸実験所西村三郎博士に深い謝意をささげる。また、本種の生態研究の重要性を示唆された北海道大学内田 亨名誉教授と東海大学元田 茂教授、調査の機会を与えられた福井県水産試験場丹羽正一場長、海上において多大な協力をいただいた試験船若潮丸乗員の方々にも心から厚くお礼申し上げる。

調査の方法

1968年10月17日13時、Fig. 1に示した浦底湾（この湾の地形・海洋の特性の詳細については、前報参照⁶⁻¹⁰⁾）の湾口部西岸水域、水深10mの地点において、成体型クラゲの濃密個体群を発見することができた。この個体群の垂直分布が時刻別にどのような変化をするかを主目的として、群出現地点のほぼ中心付近で、約1時間毎に、水中テレビ（潜水研製500型）を用い、深度1m毎にテレビ映像面（11.5×9cm）

上で全面にクラゲが観察される場合を100%（CCC）とし、以下その出現状況をおよそ80-70%（CC）；60-50%（C）；40%（+）；30-20%（R）；20%以下（RR）の各5段階にわけて記録した。同時に、閉鎖式気象台Cネット（口径51cm、網目0.33mm）により、2-5m毎の深度別垂直採集をおこない、入網したクラゲの個体数を記録した。

なお、環境要因としては、流向・流速（東邦電探製CM2型）、水温、水中照度（離合社製201A型）のほか、ビューフォート階級による風向・風速・風浪の強度などの目視観察をもおこなつた。

結果と考察

ミズクラゲ群の大きさと水平移動状況：今回発見されたミズクラゲ個体群について、海面における目視観察の結果は次のようである。この群のひろがり、調査船の長さならびに沿岸の目標物の位置などから推定して、海岸線沿いにおよそ長径100m、短径10-15m前後の長橢円形状を呈していた¹¹⁾。そして、ほぼ10m台等深線にそつて、15時11分にSt. 2、15時48分にSt. 3へ移動し、この時の群のひろがり、長径120m-130m、短径20mに達した。さらに日没直前の17時には、St. 4（水深22m）へ移動したが、1時間後にはこの付近で群の存在を確認できなかった。しかし、18時にSt. 5（水深24m）において海岸

Fig. 1. Map showing Urazoko Bay, Fukui Prefecture and the stations where the observations were made. The 10 and 20 meter contour lines are also shown. Dotted part indicates the regions where drifting medusa patches appeared continuously.

Fig. 2. Successive changes in the direction and velocity of horizontal water current at each depth (above), and vertical distribution of water temperature (below). In the above, the arrow points to the direction (up-right: north) and its length is proportional to the velocity of water current.

Fig. 3. Change in the vertical distribution of *Aurelia* medusae observed by an underwater-television qualitatively (above), and by a closing plankton-net haul quantitatively (below) in relation to underwater illumination.

線にはほぼ直角な方向にむかつて群泳する長径 50 m, 短径 10-15 m 前後の長橢円状群をふたたびみいだすことができた (Fig. 1)。

気象・海況: クラゲ群観察時の天候は、晴時々曇りで、雲量 6-8, 風向は 13-17 時までは N または NNW, 18 時から N, 時に SW に変化した。風力階級と風浪はすべて 1 であった。

次に、観測定点付近の流速・流向を Fig. 2 上段に示した。これによると、表面の流向は 13-16 時の間にほぼ SSW, 17 時で SW, 18 時には SSE に変化した。1 m 以深-5 m までは、図示のごとく時刻により一定傾向がみられたが、それ以深においては、時刻変化が大きかった。流速は、0-11 cm/sec の範囲を変化し、クラゲ群集付近の流向・流速がきわめて不安定で、この観察水域に弱い渦流が形成されていることを示唆している^{6,7,12)}。

水温垂直分布の時刻変化は、Fig. 2 下段に示したように、1 m 以浅が 15-16 時にかけてやや高温の 21°C 以上を示したほかは、秋期の鉛直混合* がなされ^{6,12)}、各深度ともにほぼ 20°C 台を示していた。

水中照度の変化は、Fig. 3 上・下段に示したような経過をたどった。すなわち、13 時-14 時 30 分の間は、表面付近が 5×10^3 lx 以上で、 10^3 lx 等照度線は 9 m 付近にみられたが、15 時以後著しく減少、日没直前 (17 時 05 分) に表面は 800 lx, さらに 18 時には表面 50 lx 以下、1 m 以深は 0 となつた。

クラゲ群の垂直分布の変化状況:** 水中テレビ映像上の深度別クラゲ出現状況を、Fig. 3 上段に示した。この変化で注目されたことは、13-16 時の間にはクラゲがすべて 3 m 以浅に認められ、特に 16 時前後には表面で 100% の高率出現が観察されたが、日没直前からは表面より低率であるが 3-13 m の中層にまで分布が確認され、さらに照度がほとんどなくなつた日没後の 18 時には、24 m の底層に至るまで 50% 前後の出現・分布が観察されたことであつた。

いづつぼう、C ネットの浮水率を 60%¹³⁻¹⁵⁾ として、1 m³ 当りの水深別個体数を算出し、その立方根をもつて図示したのが Fig. 3 下段である。これによると、13-16 時前後の昼間にクラゲはすべて 2 m 以浅のごく表層で採集され、特に日没前の 16 時頃には 120.8 個体/m³ の値を記録したが、日没直前には 2-10 m の間においてクラゲが採集されており、日没後の 18 時には表面より 2-4 m 層間の分布密度が高くなると共に、分布深度も 15 m まで拡大していた。つまり、クラゲの採集できた深度は、水中テレビによる観察結果と若干のくいちがいがあるが、昼間、日没直前および日没後の垂直分布の変化・分布拡大が両者ともきわめて類似した傾向を示すことが判明した。

環境要因としての風向・風速・風浪・流向・流速・水温・水中照度のうち、クラゲ垂直分布の時刻変化と最も関連の深かつたのは、前報^{5,6)}で得た結果と同様、照度であつた (Fig. 3)。

先にも述べたとおり、本種の昼夜移動について定性・定量的なとりあつかいをした報告は、海外でもまったくみあたらないが、AGASSIZ¹⁾ は、フロリダ沿岸で本種の表面における出現状況を観察し、初春に日没後海面がおだやかな場合には表面に多数出現するが、日光が強くなると岩影や波止場などの日影の部分に集合するようになると述べている。また、MAYER²⁾ は、1893 年 2 月にハバナ港で午前中はまったく表面にみられなかつたが、午後 4 時以後から表面に多数の浮上群が認められ日没後までその状態が続いたとし、BROWNE³⁾ は、プリマウス沿岸で 4 月下旬に昼間は底曳網でしか採集されなかつたが、夕刻には海面近くの浮上個体をタモ網で捕獲することができたと報告している。これらの報告は、観察の場所・季節・時刻等にそれぞれ差異があるため直接比較できないが、いずれの場合も本種はむしろ海面が薄光時の低照度となつた場合によく浮上するという点で共通している。

筆者は、前報^{5,6)}で、本種の垂直分布の季節変化を調べ、秋期の、しかも 10^3 lx 台の低照度の場合に 5 m 以浅の表層で濃密分布がみられたことを報告したが、今回の Fig. 3 上・下段の 13-16 時の結果からも明ら

* 塩素量については、測定されなかつたが、当水域ではこの時期に水温の場合と同様、ほぼ各深度均一になることが知られている^{6,12)}。

** この間に採集・観察されたクラゲの傘径は測定できなかつたが、前報^{9,10)}で、10 月には多くのものが 8-10 cm 前後の未成熟な当年発生個体で占められていることが知られている。

かなように、時刻別にみた場合もそれがあてはまるといえる。筆者は、この年の9月上旬に浦底湾奥部に設置された長さ5m、幅1m、深さ1mの止水のコンクリート水槽内(水温24.5°C)に傘径10-15cmのミズクラゲを入れ、水面上1mの位置に100W電球5個を配列して水面下2,000-2,600lxの照度下で光に対する反応を調べたところ、クラゲは1-3cm/secの速さで電燈下に集合するのを観察した。最近になって、近大・農学部¹⁰⁾が和歌山県の浦神湾において、岸から10m離れた海面上に100W電球をセットし、900lxの照度下で本種の集合を観察したところ夜半から夜明けにかけて多く集まったという。これらの実験結果ともあわせて、本種の傘の収縮運動(beating)は 10^3 lx台前後で活発となることが明らかで、AGASSIZ¹⁾の観察例ともよく符合する。

ところで、入沢ら¹⁷⁾は、本種の感覚体に明暗刺激を交互に与えた場合に著明な傘筋の収縮がおこることを報告し、同様な陰影による反応は他の鉢水母類でアカクラゲ *Dactylometra pacifica*¹⁸⁾、ヒドロ虫類ではカミクラゲ *Spirocodon saltatrix*^{19,20)}、キタカミクラゲ *Polyorchis karafutoensis*²¹⁾ についても知られている。時刻毎に照度が減少していく場合に浮上するというMAYER²⁾、BROWNE³⁾の観察例や、今回16時頃に表面のみに特に高率・濃密分布していた結果は、自然条件下においても前記の実験結果があてはまることを強く暗示している。ところが、日没直前および後には中・底層へと垂直分布の拡大がみられた。この点については次の推察が可能ではないかと思われる。つまり、本種の傘の収縮運動は、 10^3 lxよりさらに低照度になると、その値が減少しても、もはや光刺激とはならなくなるのではあるまいか。その結果、海水よりもわずかに比重の大きいミズクラゲ²²⁾は、収縮運動の減少とともに中・底層へ沈降するに至るのであろう。海面の照度がほとんど失われた日没後の18時における底層への分布拡大はこのようなものとして理解される。菊地¹⁹⁾は、夜間におけるカミクラゲの海中における垂直分布について同様な考察を試みており、さらに関・電・技・研²³⁾の本種来襲記録によると、火力発電所の海水導水路へのクラゲ侵入による事故は、むしろ昼間より夜間に生じており、さらに当水域に建設・稼動した原子力発電所では、7m以深から海水を導入しているが、秋期におけるクラゲ流入事故は日没後に生じている*ことも前述の推察を裏付けているように考えられる。

ところで、BROWNE²⁴⁾は、数種のヒドロ虫類を、柿沼²⁵⁾、小久保²⁶⁾、ABE and HISADA²⁷⁾はミズクラゲをそれぞれ長期間飼育する場合に、水の攪拌による水流刺激が傘の収縮運動をおこさせるうえに極めて重要な役割をはたすことを述べている。しかし、Fig. 2上段とFig. 3から明らかのように、16時と17時では、5m以浅の流速値に極端な差はないにもかかわらず、その垂直分布状況は極めて異なっていることから、流動要因は、その層に分布・浮遊しているクラゲ群の水平移動(Fig. 1)にのみ主に関連すると考えられる。また、風浪の強度がクラゲの深淺移動に関与するという報告(AGASSIZ¹⁾、CHAS and HARGITT²⁸⁾)もあるが、今回の観察期間はいずれの時刻も風浪は階級1であつたので、これが垂直分布に与える影響は少なかつたと思われる⁶⁾。

なお、水中テレビ観察とCネット採集結果とで17時以後のクラゲ垂直分布範囲に、若干の相違がみられたが、これはクラゲ群の分布密度がある層で稀薄であつたり、また濃密に分布していた場合でもその地点から採集場所がずれていた場合には口径51cmという中型ネットの採集による推定に限界があることを暗示するものであろう。

要 約

福井県敦賀半島の浦底湾口部西岸において、1968年10月17日、13-18時の間、ミズクラゲ *Aurelia aurita* 個体群の時刻別垂直分布の変化模様を、水中テレビと中型閉鎖ネット(口径51cm、網目0.33mm)採集により観察し、次の知見を得ることができた。

クラゲ群は、海面が 10^3 lx以上の昼間(13-16時)には、すべて3m以浅のごく表層に濃密分布してい

* 日本原子力発電所の浜崎一成氏の私信による。

たが、 10^3 lx 以下の低照度となる日没 (17 時) から一部の個体が 5-13 m の中層へ沈降しはじめ、さらに日没後 (18 時) には、15-24 m の底層に至るまで分布・移動することが明らかになった。したがって、本種は 10^3 lx 台のやや薄光時に活動する浮遊動物のひとつであると考えられる。

他の環境要因としての風浪・風速・流向・流速・水温と本種垂直分布の変化との間には関連が認められなかった。

文 献

- 1) L. AGASSIZ: Contribution to the natural history of the United States of America, 4, Boston p. p. 12-86 (1862).
- 2) A. G. MAYER: *Bull. Mus. Com. Zool. Harvard College*, 37, 13-82 (1900).
- 3) E. T. BROWNE: *Biometrika* 1, 90-108 (1901).
- 4) F. S. RUSSELL: *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 15, 81-86 (1928).
- 5) T. YASUDA: *Ann. Rep. Noto. Mar. Lab., Fac. Sci. Kanazawa Univ.*, 10, 15-22 (1970).
- 6) 安田 徹: 日生態会誌, 21 (3・4), 115-119 (1971).
- 7) 安田 徹: 本誌, 35 (1), 1-6 (1969).
- 8) 安田 徹: 同誌, 34 (11), 983-987 (1968).
- 9) 安田 徹: 水産増殖, 17 (3), 145-154 (1969).
- 10) 安田 徹: 本誌, 37 (5), 364-370 (1971).
- 11) 桑原 連・佐藤修一・野口信彦: 同誌, 35 (2), 156-162 (1969).
- 12) 前川邦輝・丹羽正一: 福井水試報告 (13), 1-67 (1967).
- 13) S. MOTODA, M. ANRAKU and T. MINODA: *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 8, 1-22 (1957).
- 14) 元田 茂・安楽正照・プランクトンに関する研究, 対島暖流開発調査報告書, 第2輯, pp. 111-162. 水産庁 (1958).
- 15) 伊東祐方・西村三郎: 日水研年報, 4, 57-64 (1958).
- 16) 近畿大学農学部: クラゲの生態と防除に関する研究. 中間報告書, 1-28 (1970) (タイプ印).
- 17) 入沢 宏・入沢 彩・西田芳郎: 科学, 26(6), 312-313 (1956).
- 18) M. TAMASHIGE: *Bull. Mar. Biol. Asamushi, Tôhoku Univ.*, 13 (3. 4), 211-214 (1969).
- 19) 菊地健三: 動雑, 57 (9), 144-146 (1947).
- 20) M. HISADA: *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. VI. Zool.*, 12, 529-533 (1956).
- 21) 玉重三男・山口恒夫: 動雑, 76, 35-36 (1967).
- 22) 大島泰雄・笠原正五郎・二村義八郎・桑原 連: 東・電・技・研報, 231-232, 1-23 (1967).
- 23) 関西電力総合技術研究所: クラゲ防除に関する研究. 第4報, 1-50 (1969).
- 24) E. T. BROWNE: *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 5, 176-180 (1897).
- 25) 柿沼好子: 青森県生物学会誌, 4 (1・2), 10-17 (1961).
- 26) 小久保清治: 海洋生物学, pp. 252-261, 恒星社厚生閣, 東京 (1962).
- 27) Y. ABE and M. HISADA: *Bull. Mar. Biol. Asamushi, Tôhoku Univ.*, 13 (3・4), 205-207 (1969).
- 28) W. CHAS and G. T. HARGITT: *J. Morph.*, 21, 217-263 (1910).