福井県浦底湾におけるミズクラゲの生態—X

1970 年夏期における成体型の夜昼移動^{*1}

安 田 徹

(1974 年 6 月 27 日受理)

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

Diel Vertical Migration of the Medusa in Summer, 1970

Tôru YASUDA^{*2}

From August 19–20, 1970, the diel vertical migration of *Aurelia aurita* population during a period of 23 hours was investigated at the outer-western part of Urazoko Bay, Fukui Prefecture. Methods of sampling and environmental analysis were approximately the same as those employed in the previous studies.

The results obtained are summarized as follows:

1) The medusae collected ranged from 5 to 17 cm in bell-diameter and almost all of them were confirmed immature. They were distributed at the bottom layer below 10 meters during the daytime (11:00–15:00) in fine weather. However, about 50 percent of them distinctly swam up at 17:00 to the middle layer about 6 meters deep before sunset. During the dark hours, most of them were collected from the bottom layer. Thereafter, a small percent of medusae migrated to the surface at 5:40 shortly after sunrise the next morning, but the main distribution layer moved to the bottom layer at 9:05, when it was fine.

2) Although the most important factor controlling the migration of *Aurelia* medusae was again confirmed to be underwater illumination, temperature above 30°C seemed to restrict their activity toward the surface layer.

3) The sinking or refloating velocity of the medusa was estimated to be around 3 meters/hour.

筆者は、前報¹⁻³⁾で、1968 年および 1969 年の両秋期と 1970 年晩春におけるミズクラゲ *Aurelia aurita* の成体型 (medusa) の昼夜移動について述べた。その後、本種の出現盛期である夏期^{4,5)}における垂直分布の時刻変化を観察したのでここに報告したい。

稿をすすめるに当たり、本文の校閲をしていただいた北海道大学の田村 正名誉教授、同大学の近江彦栄教授、京都大学理学部瀬戸臨海実験所の西村三郎博士ならびに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の各位に謹んで感謝の意を表する。また、北海道大学の内田 亨、元田 茂両名誉教授からは有益な御意見をいただき、試験船若潮丸寺崎確船長、元技術開発課の下畑勇課長、田辺順一技師やその他の乗員諸氏には海上において多大な御協力を得たことを記し、ここに厚くお礼申し上げる。

調 査 方 法

1970 年 8 月 19 日の 11 時から 20 日 10 時までの間、前報¹⁻³⁾で述べたのと同じ浦底湾口西部沿岸の水深

^{*1} 福井県水産試験場業績 31 号

^{*2} 福井県水産試験場 (Fukui Pref. Fish. Exp. Station, Tsuruga, Japan)

15 m 前後の水域において、約 2 時間毎に 12 回の採集がおこなわれた。用いたプランクトンネットの大きさや目合、曳網方法、曳網時間ならびに速度などは、すべて前回³⁾と同一である。ネットの曳網深度は、表面、3, 7, 14 m の 4 層であつた。環境要因についても、前報¹⁻³⁾と同じ項目について測定がなされた。

結果と考察

気象条件の時刻変化 天候は、8 月 19 日には晴(雲量 5-7)、翌 20 日も晴(雲量 6-7)であつた。気温と風浪階級の変化を Fig. 1 最上段に示した。これによると、19 日 13-17 時の間に気温は 30-30.5°C を示したが、19 時より低下、21 時から翌日 6 時までの間は 26-27°C 台の最低となり、7 時頃からふたたび上昇し 28°C 以上となつた。

風浪は、19 日の 17, 21 時ならびに 23 時前後は“0”，その他の時刻にはすべて階級“1”であつた。なお、この期間の干潮は 19 日の 22 時 32 分と 20 日の 10 時 34 分、満潮は 19 日の 15 時 41 分と 20 日の 4 時 28 分のそれぞれ 2 回であつた。

海況の時刻変化 水温の垂直分布の時刻変化を Fig. 1 中段に示した。すなわち、この期間中 8 m 以浅は 27°C 以上を示したが、19 日の 17-20 時にかけてこの湾奥部に設置された原子炉の温排水の影響^{6,7)}をうけて、表面が 30°C 以上となつたのは注目すべきことであつた。それ以後は、表面の温度が気温の低下にともない 29-27°C 台に低下し、5-10 m 層の間は 27-26°C 台の間を変化した。つまり、19 日の 17-20 時の期間以外は、温度躍層の形成は顕著ではなかつた。

次に、塩素量の変化は、今回も時刻・水深による差がほとんど認められず、18.1-18.3‰ の範囲を変化した程度であつた。

水中照度の変化を、Fig. 1 最下段に示した。すなわち、19 日の 11-15 時の間には、海面が $10^4-3 \times 10^4$ lx となり、透明度が 7 m とやや低かつたので、 10^4 lx 等照度線は 4 m 以浅にとどまり、 10^3 lx 等照度線も 14-15 m の範囲内にあつた。日没後の 19 時頃には、海面が 200 lx に減少し、それ以後は測定範囲外となつた。翌日の日出後 5 時 40 分には海面が 1,100 lx、9 時以後には 12,000 lx となり、この時刻の 10^3 lx 等照度線はふたたび 14-15 m 層に達した。

クラゲの傘径と垂直分布の時刻変化 今回採集されたミズクラゲのうち、ほぼ完全な形態を保つていた約 90 個体の傘径を測定したところ、その範囲は 5-17 cm、平均 10.5 ± 2.57 cm で、ほとんどの個体が未成熟の当年発生年級群⁶⁾であつた。

次に、時刻毎に採集されたクラゲの全採集個体に対する各層の出現割合を図示したのが Fig. 1 最下段である。これによると、ミズクラゲは、前報¹⁻³⁾でも述べたように、時刻によつて深淺移動をおこなうことが明らかに認められた。つまり、日中 11-15 時の間には 10-13 m の底層近くに主に分布していたが*、日没前の 17 時頃にはその主な分布層が 6 m の中層へと上昇した。日没の 18 時 41 分には、調査船の事故のためクラゲの採集・観測がなされなかつたが、海面への浮上個体は晩春³⁾・秋期¹⁾ほど顕著に認められなかつた(この点についてはのちほど詳述する)。日没後の 19 時 20 分には、表面で 1 個体のクラゲが採集されたのみで、主な分布層はふたたび 10 m 層以下の底層近くへと降下した。21 時以後から翌日夜明け分前の 5 時までにおこなわれた 4 回の採集結果では、全体の 70-85% が底層で採集された。その後、日出後の 5 時 40 分には、一部の個体が海面へ浮上していることが認められた。7 時 20 分には、採集個体が表面で 1 個体、12 m 層で 2 個体計 3 個体であつたので図示しなかつたが、9 時以後の結果ではクラゲの主な分布層はふたたび 10 m 層以下の底層へと降下した。

さて、本種の昼夜移動に関して、深度別に詳細な定性・定量研究をおこなつた事例は、筆者による 1968 年・1969 年の両秋期と 1975 年晩春の 3 例¹⁻³⁾のみであるが、日没前にいちじるしい浮上の傾向を示す点は、夏期の場合もほぼ同一であることが判明した。また、今回、日没後の 4 回の調査例でミズクラゲはいずれも

* 13時には採集個体が少なく図示できなかつたが、14 m 層で 2 個体、3 m 層で 1 個体それぞれ採集された。

Fig. 1. Diel changes in air temperature, wind wave (above), water temperature (middle), underwater illumination, and vertical distribution of the medusae of *Aurelia aurita* (below). Urazoko Bay, Fukui Pref.; August 19 to August 20, 1970.

10 m 層以下の底層に出現したが、前報¹⁻³⁾で得た秋・春期の例ともあわせて、本種が夜間に沈降する行動を示すことは、ほぼ確実であると考えられる。さらに、夜明け後一部の個体が浮上していたが、時刻の進行にともないふたたび底層へ沈降する傾向も、春期³⁾の快晴下における日出以後の状態と一致していた。これらの結果から、深層取水をおこなう火力・原子力発電所⁹⁾では、晩春～夏期の晴天の場合、日没・日出前後以外の時刻には常にクラゲの流入による事故発生^{4,10,11)}の可能性を考えなければならないことになる。

次に、環境要因のうち、本種の深浅移動にもつとも関連が深かつたのは、今回の場合もやはり照度^{1-3,5,12)}であった。すなわち、ミズクラゲの主な分布層は 10^4 – 10^3 lx 等照度帯内にあつて、照度が次第に減少する場合に浮上が誘発される点^{1-3,12,13)}、また海面が 10^3 lx 台になると一部の個体が浮上している点なども前報¹⁻³⁾で得た結果とよく一致した。さらに、昼・夜間には、ミズクラゲは沈降する傾向を示す点も前回⁹⁾と同じであり、その生起機構は、前記した浮上の理由とあわせて、前報^{1-3,12)}で考察・詳述したのでここでは省略する。ただ今回の調査で、前報¹⁻³⁾で得た結果とことなる点は、秋期・晩春の場合、日没およびその直後にかんがりの海面浮上群がみられたのに対し、今回の盛夏における同時刻前後には、海面への浮上がほとんど認められなかつた点である。この点についていささか考察してみたい。

本種の傘の搏動と水温との関係については、本邦では研究例がみあたらないが、海外では次の報告があ

る。すなわち、MAYER¹⁴⁾によれば、カナダのハリファックスにおけるミズクラゲは -1.4°C 以下、 $29-29.7^{\circ}\text{C}$ 以上で傘の運動が停止するが、北アメリカのフロリダ地方のそれは、 $7.75-11.8^{\circ}\text{C}$ 以下と $36.4-38.4^{\circ}\text{C}$ で停止するとし、この場合でも 30°C 以上をこえると 1 分間当りの搏動数が減少することを報告している。また、THIEL¹⁵⁾ は、バルチック海産のミズクラゲは、 -0.5°C 以下、 30°C 以上で運動を停止すると述べている。つまり、本種は、生息・分布海域によつて、傘の運動と温度の関係はかなり変化することが示唆されているが、一般的にいつて、寒海地方では 30°C 以上が本種の上限致死温度に相当し、亜熱帯地方産のものでこの値をこえた場合傘の運動が低下するものと推察される。当水域の自然条件下では、夏期の最高温度の温度が 30°C 以上をこえることはない^{4,5,8,12,16)}。しかし、 30°C 以上の高温*は、当水域のミズクラゲの傘の搏動を低下させ、したがって日没または日没直後に海面への出現・浮上を防げる原因になりうると考えられる。このような傾向は、本種と出現時期を同一にする北アメリカ、メリーランド地方の鉢水母類の一種 *Chrysaora quimquecirra* についても示唆されている (CONES and HAVEN¹⁷⁾, GATZ *et al.*¹⁸⁾)。

なお、他の要因として、気温・風浪・塩素量および 30°C 以下の水温変化とミズクラゲの垂直移動との間には、今回の調査でも明確な関連性をみいだすことができなかった。他の鉢水母類では、VERWEY¹⁹⁾ がオランダのデンヘルダー地方で *Rhizostoma pulmo* と *Chrysaora hysocella*、ヒドロ虫類では、SCHMIDT²⁰⁾ が紅海のエイラット湾における *Aglaura hemistoma* と *Lirope albescens*、ARAI and FULTON²¹⁾ は太平洋北東部のサンニッチ湾で *Aglantha digitale* の昼夜移動をそれぞれ検討し、温度や塩分の変化はクラゲの垂直活動に関して重要な影響を与えないであろうと結論している。また、VERWEY¹⁹⁾ が報じたように、潮汐にともなう海水の動きがクラゲの垂直分布・移動に大きな影響を与えるという考えもあるが、潮汐流の弱い当水域¹⁾では、今回の調査で得た 21-4 時における分布状態から判断しても、この推察はあてはまらないと思われる^{1,8,21)}。次に、19 日の日中および日没前後の浮上・沈降状態をみると、15 時には 11.2 m に主な分布層があつたが、約 2 時間後の 17 時には 5.6 m 層へ浮上、さらに約 2 時間後の 19 時にはふたたび 11.2 m 層へ移動・沈降していることから、本種の浮上・沈降速度は、1 時間当たり 2.8 m 、約 3 m と計算される。しかし、この値は、傘の大きさやその他の環境条件によつてかなり変化することが予察されるので^{12,23)}、この点についてはより多くの事例を観察したうえで再検討したい。

要 約

1970 年の 8 月 19 日 11 時から翌 20 日の 10 時までの間、福井県 浦底湾口西部沿岸において、プランクトンネット (口径 100 cm 、網目 1 cm) の表面、3, 7, 14 m の各層同時水平曳きをおこない、ミズクラゲ *Aurelia aurita* の昼夜移動を調べた。

1) 採集されたクラゲの傘径は、 $5-17\text{ cm}$ 、平均 $10.5 \pm 2.57\text{ cm}$ で、ほとんどの個体が未成熟のものであつた。これらのクラゲは、日中 (11-15 時) には 10 m 層以下の底層に分布していたが、日没前の 17 時には 50% 以上の個体が 6 m 層の中層へ浮上した。夜間 (19-4 時) には、70-80% が底層で採集された。その後、日出後には、一部の個体が表面に浮上したが、日中 (9 時) にはふたたび底層へ沈降した。

2) 深淺移動ともつとも関連が深いと推定された要因は、今回も水中照度であつた。しかし、海面の温度が 30°C 以上となつた場合には、浮上が防げられる可能性も示唆された。

3) 本種の浮上・沈降速度は、およそ 3 m/hour と推定された。

文 献

- 1) 安田 徹: 本誌, **38**, 1229-1235 (1972).
- 2) T. YASUDA: *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **20** (Proc. Second Internat. Symp. Cnidaria), 491-500 (1973).

* 当水域では、本種の傘の搏動と温度の関係は、未だ検討されていない。しかし、 $29.1-29.2^{\circ}\text{C}$ の場合に海面へ多数のクラゲが浮上・分布していたことが知られているので⁸⁾、 29°C 台では傘の運動を極端に低下させる可能性はないと考えられる。

- 3) 安田 徹: 本誌, **39**, 1145-1150 (1973b).
- 4) 安田 徹: 同誌, **35**, 1-6 (1969a).
- 5) T. YASUDA: *Ann. Rep. Noto Mar. Lab.*, **10**, 15-22 (1970).
- 6) 丹羽正一・安田 徹: 福井水試報告, **70**, 1-105 (1972).
- 7) 日本水産資源保護協会: 福井県若狭海域における 原子力発電所温排水環境と漁業生産におよぼす影響に関する調査報告。浦底および美浜地先海域, 1-262 (1973).
- 8) 安田 徹: 本誌, **37**, 364-370 (1971).
- 9) 日本水産資源保護協会: 水産生物と温排水, 水産研究叢書 **25**, 石崎書店, 東京, 1974, pp. 4-8.
- 10) N. MATSUEDA: *Bull. Mar. Biol. Stat., Asamushi, Tôhoku Univ.*, **13**, 187-191 (1969).
- 11) 桑原 連・佐藤修一・野口信彦: 本誌, **35**, 156-162 (1969).
- 12) 安田 徹: 日生態会誌, **21**, 115-119 (1971).
- 13) 元田 茂: 日海誌, **28**, 278-292 (1972).
- 14) A. G. MAYER: *Pap. Tortugas Lab.*, **6**, 1-24 (1914).
- 15) H. THIEL: *Z. Wiss. Zool.*, **150**, 51-96 (1937), 18) より引用。
- 16) 安田 徹: 水産増殖, **17**, 145-154 (1969).
- 17) H. M. CONES and D. S. HAVEN: *Chesapeake Science* **10**, 75-84 (1969).
- 18) A. J. GATZ, V. S. KENNEDY and J. A. MIHURSKY: *ibid.*, **3**, 171-180 (1973).
- 19) J. VERWEY: *Neth. J. Mar. Res.*, **3**, 245-266 (1966).
- 20) H. E. SCHIMDT: *Marine Biology*, **18**, 61-68 (1973).
- 21) A. BENOVIĆ: *ibid.*, **18**, 298-301 (1973).
- 22) M. N. ARAI and J. FULTON: *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **30**, 551-553 (1973).
- 23) L. AGASSIZ: in "Contribution to the natural history of the United States of America," Vol. 4, Boston, 1862, pp. 12-86.