

中海におけるミズクラゲの分布と成長 (予報)

檜山盛生¹・宮本 康²

Spatial distribution and growth of Jellyfish *Aurelia aurita* (Linnaeus) in brackish lagoon Lake Nakaumi.

Morio Hiyama¹, Yasushi Miyamoto²

Abstract: In the recent brackish lagoon Lake Nakaumi, the basic ecological insights of jellyfish are needed to be clarified since their nuisance to fisheries is becoming serious. Here, we conducted field observations in order to clarify spatial distribution and growth patterns of *Aurelia aurita* (Linnaeus) in brackish lagoon Lake Nakaumi. We counted medusa visually in ca. 5×5m surface water and measured their diameter at six sites in May, August, September, and October. The observations detected that the medusa diameter significantly larger in August than May, however, not differed among August, September, and October, in addition, two peaks in the size distribution in May became one peak after August with disappearing larger size class. These suggest that major growth of medusa occurs during spring to early summer and that recruitment of pelagic medusa from benthic polyp occurs before spring. The observations also found that the medusa distributed in an aggregative manner, and the aggregation became more intense as wind velocity became larger. The results provide us basic ecological insights of jellyfish, however, our findings could not cover all of the fishermen's findings, such as the wind direction dependent aggregation pattern and the depth distribution. In order to provide useful suggestions for fisheries, continuous research is needed.

Key words: Jellyfish, *Aurelia aurita* (Linnaeus), spatial distribution, size distribution

はじめに

近年、クラゲ類の大量発生が日本各地の沿岸域で問題となっている。過去に報告のあるクラゲ由来の問題は発電所被害と漁業被害が主なものであるが、近年では、特に漁業被害に関する報告が増えている(安田, 1988; 上, 2004; 山田ほか, 2008; 上田, 2009)。日本海沿岸域で漁業に甚大な被害を与えるクラゲ類としてはエチゼンクラゲ (*Nemopilema nomurai* Kishinoue) が有名だが(安田, 2003; 飯泉,

2004; 本多ほか, 2005)、中海の中では本種の出現が確認されず、むしろ、ミズクラゲ (*Aurelia aurita* (Linnaeus)) の大量発生が注目を浴び始めている。

ミズクラゲは世界中の閉鎖海域で分布が認められ、しばしば大量発生することが報告されている(Weisse and Gomoiu, 2000; Lucas, 2001)。同様に、国内でも本種の大量発生とそれに伴う漁業被害に、近年、注目が集まり始めた(上, 2004; 上田, 2009)。2000年以降に瀬戸内海と伊勢湾、三河湾で行われたアンケート調査では、過去四半世紀の間にミズク

¹ 鳥取県立境港総合技術高等学校 Tottori Prefectural Institute of Comprehensive Technical High School

² 鳥取県衛生環境研究所 Tottori Prefectural Institute of Public Health and Environmental Science

ラゲが増加したことに加え、本種の出現時期が長期化している傾向があることを多くの漁業者が感じていると報告している(上・上田, 2004; 山田ほか, 2008)。そして、こうしたミズクラゲ発生的大量化・長期化が、特に網漁業における問題、例えば、クラゲの大量入網による網の被害(変形・破裂など)、有用種の入網量低下、クラゲと混獲された有用種の鮮度低下、そして有用種の選別にかかる労力の増加等を引き起こしていることが指摘されている(上, 2004)。

しかし、こうした一連のミズクラゲ発生的大量化・長期化による漁業被害の報告例は氷山の一角に過ぎないことが予想される。事実、報告例がほとんどない中海においても、クラゲ類による漁業被害に関する情報が漁業者から寄せられている。そこで、2008年に中海漁業協同組合と米子市漁業協同組合に対して中海に発生するクラゲ類に関する所見を求めたところ、クラゲの混獲により有用種の商品価値が低下する上、混獲により網揚げが困難になるなど、瀬戸内海や伊勢湾、三河湾における漁業被害と同様の情報が得られた(上・上田, 2004; 山田ほか, 2008)。さらに、高齢化が進む中海の漁業者にとって、上記のようなクラゲ類の引き起こす被害が深刻であり、問題解決に向けた基礎情報の収集が望まれていることも同時に伝えられた。

こうした背景の下、鳥取県内で唯一水産学科をもつ境港総合技術高等学校は、教育プログラムの一端である課題研究の1テーマとして、2008年度より中海に出現するミズクラゲの分布と成長のパターンを明らかにする課題に取り組み始めた。2008年度は本種の水平分布と成長様式に関する特徴を把握するための野外調査を行い、ミズクラゲの水平分布の特徴とサイズ組成の季節変化の一端を明らかにすることができたので、ここに結果を報告する。

方 法

野外調査

本種の水平分布と成長パターンを把握するために、中海に設けた6定点(Fig. 1)において2008年の5月26日、8月9日、9月6日、10月4日に野外調査を行った。なお、6月と7月は当校(境港総合技術高等学校)のカリキュラムの都合上、調査を行うことができなかった。各定点において、船上から目視できる範囲(約5m×5m)でクラゲ類の個体数を計数し、その後、ランダムに20~100個体を採

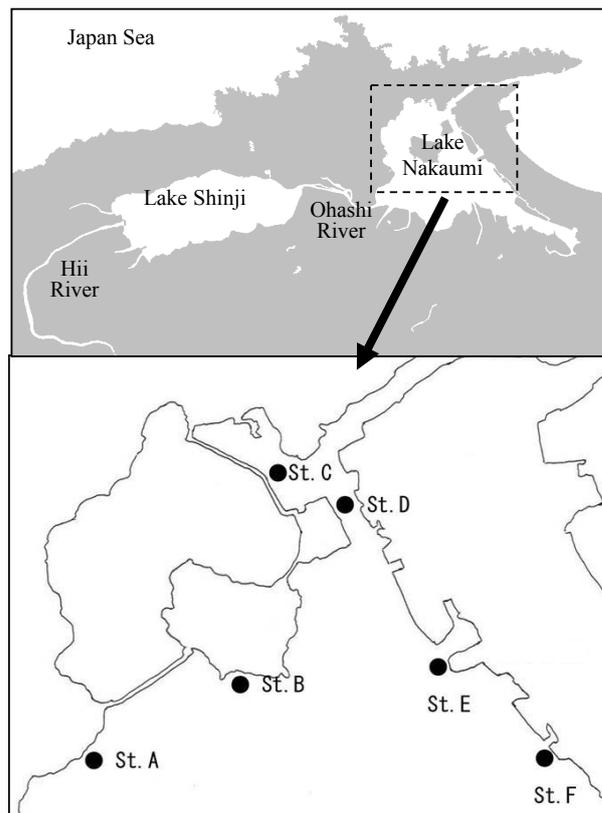


図1. 中海における野外調査の定点。

Fig. 1. Map of Lake Nakaumi. Census sites were also represented.

集し、各個体のサイズを傘径として計測した。また、各調査日の風に関する情報(松江気象台で測定された1時間毎の風速・風向)を気象統計情報(気象庁HP)よりダウンロードした。

データ解析

サイズ組成の季節変化を明らかにするために、調査日を独立変数、サイズ(傘径)を従属変数とする一元配置分散分析を行った。分析に先立ち、傘径値に対数変換を施してデータの正規化を図った(Sokal and Rohlf, 1995)。この分析の後、Student-Newman-Keulsの検定を行い、有意なサイズ変化の生じた月間を明らかにした(Underwood, 1997)。

また、クラゲが特定の場所で高密度に分布する傾向があるのかどうかを明らかにするために、地点毎(全6地点)に得られた4ヶ月分の密度データ(個体数/5×5m)を用いてKendallの一致係数を算出した(Sokal and Rohlf, 1995)。この統計値が有意であれば($P < 0.05$)、特定の場所で密度が高くなる傾向があると判定される。

さらに、調査を行った地点間でクラゲが一様に分布しているのか、ランダムに分布しているのか、そ

れとも特定の地点に集中的に分布しているのかを明らかにするために、森下の分布集中度指数 (I_b) を算出した。 I_b の算出式は以下の通りである (Krebs, 1989)。

$$I_b = n ((\sum x^2 - \sum x) / ((\sum x)^2 - \sum x))$$

(n : 調査地点数, x : 各地点における個体数)

ここで、 $I_b > 1$ ならば集中分布、 $I_b = 1$ ならばランダム分布、 $I_b < 1$ ならば一様分布と判定される。なお、 I_b が有意に 1 と異なるかどうかは、以下の統計量の有意性により判定した (Krebs, 1989)。

$$\chi^2 = I_b(\sum x - 1) + n - \sum x \quad (\text{自由度} = n - 1)$$

結果と考察

サイズ組成の季節変化

ミズクラゲのサイズ組成は季節的に変化した (Fig. 2; 一元配置分散分析: $F = 51.39, P < 0.0001$)。5月には傘径 20-30 mm と 120-130 mm にモードをもつ 2 群が確認されたが、8月には傘径のモードが 110-120 mm のみとなった (Fig. 2)。しかし、その後は 9・10月とも傘径のモード・レンジともに8月とほとんど違いが見られなかった (Fig. 2)。こうした結果は分散分析の結果に反映されており、5月における傘径が 8・9・10月に較べて有意に小さいことが示された (S-N-K test: $P < 0.05$)。これらの結果より、ミズクラゲの生活史に関する以下の2点が示唆された。

1点目は本種のフェノロジーに関するものである。ミズクラゲは卵から発生した後、まず固着生活を行うポリプとなり、その後、ポリプから分離して浮游型、いわゆるクラゲと認識される形態となる (安田, 1988; Lucas, 2001)。本調査において、ポリプからの加入群と考えられる傘径 10-40 mm の浮游型個体が確認されたのは5月のみであり、8月以降は確認されていない (Fig. 2)。さらに今年度 (2009年) の調査では、5月に全採集個体の 35% を占めた傘径 10-40 mm の浮游型個体が、6月に行った2回の調査ではいずれも 12% 以下に減少していた (檜山, 未発表)。これらの結果に加え、多くの個体群でポリプから浮游型への分離が晩冬から初春にかけて主に始まること (Lucas, 2001)、同様に、瀬戸内海においても浮游型の初期段階であるエフィラ幼生が 1-3 月に出現し (上・上田, 2004)、東京湾ではエフィラ幼生の出現期が 12-5 月で主な出現期が 3 月と考えられていることから (渡邊, 2000)、今日の中海においても、ポリプから浮游型への分離は主に5月以前であると考えられる。ただし、現時点においてはポリプの生育域が不明であるため、エフィラ幼生の分離が湖内で生じるのか、それとも境水道や美保湾・日本海で分離したエフィラ幼生が湖内に流入しているのかは定かではない。

浮游型となった後の成長に関しては、冬～初春にかけて緩やかに成長した後、春季の中頃に指数関数的な体サイズの増加が生じ、夏～秋季にかけて体サイズが減少することが多くの個体群で認められている (Lucas, 2001)。本調査の結果は、5～8月の間に体サイズ (傘径) の有意な増加があり (S-N-K test: $P < 0.05$)、この間にモードが著しく (約 10 cm) 増加したことを示している (Fig. 2)。6月と7月に調査を行っていないため、この期間に体サイズが徐々に増えたのか、それとも特定の時期に集中的に増加したのかは明らかでない。しかし、エフィラ幼生が冬季にほとんど成長しない反面、5～6月において水温上昇と動物プランクトン量の増加に応じて急速に親クラゲへと成長することがキール湾で報告されていることから (Möller, 1980)、本調査期間においても、5～8月の期間の前半に集中的に成長したものと予想される。一方、本調査では8～10月に有意なサイズ組成の変化が検出されず (S-N-K test: $P > 0.05$)、この期間における傘径のモードにはむしろ経月的な減少傾向が見られた (Fig. 2)。この結果は、産卵期にあたる夏～秋季に、体サイズが減少する傾向があるとする一連の先行研究の結果と類似す

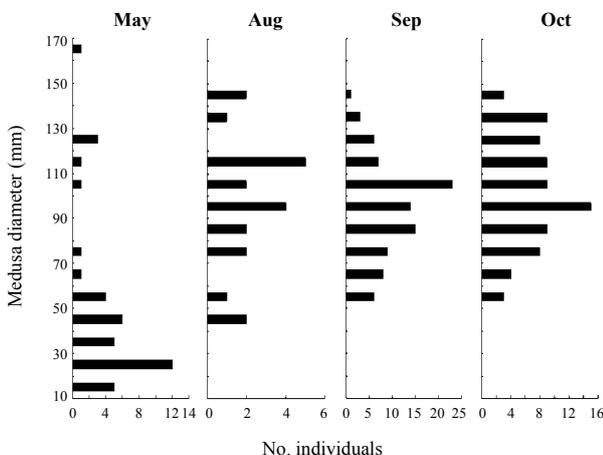


図 2. ミズクラゲのサイズ組成の季節変化。
Fig. 2. Seasonal change in size distribution of *Aurelia aurita*.

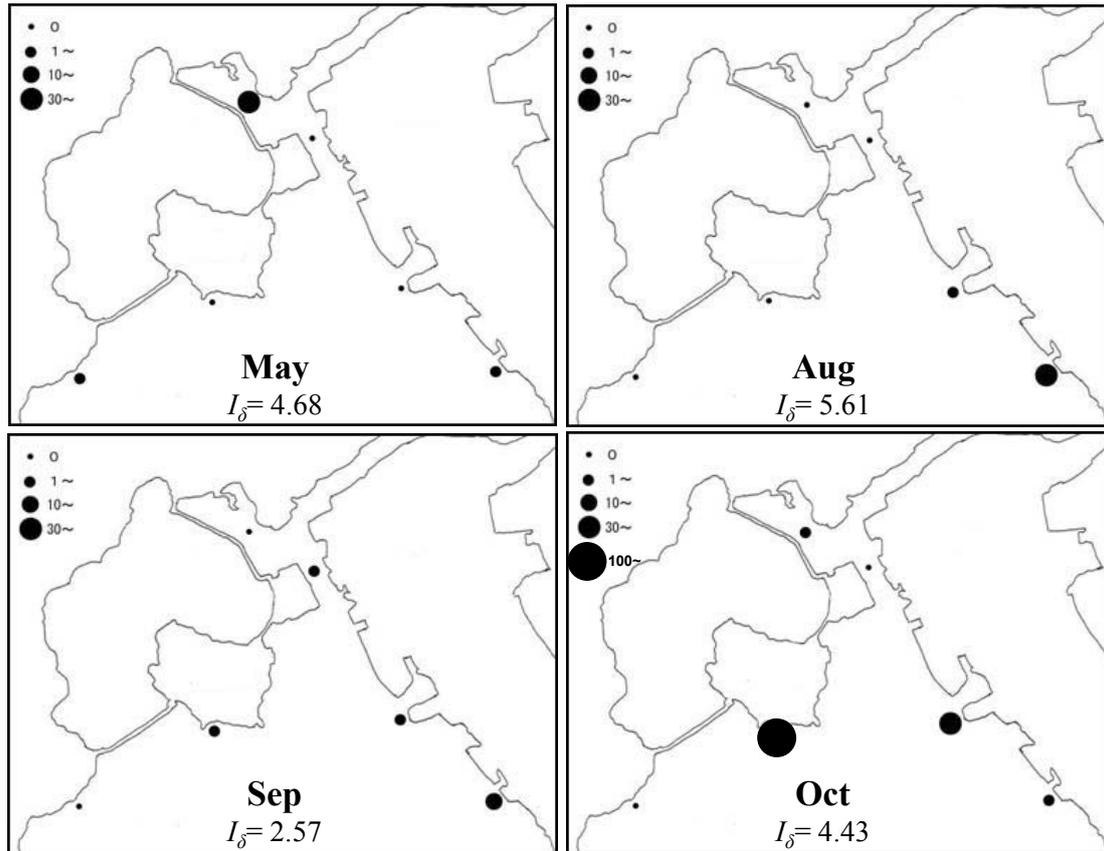


図3. 各調査日におけるミズクラゲの水平分布, および分布集中度指数 (I_δ).
Fig. 3. Spatial distribution and dispersion index (I_δ) of *Aurelia aurita* at each census day.

る (Möller, 1980; Schneider, 1989; Lucas and Williams, 1994). したがって, 中海の個体群においても8~10月は成長期ではないと考えられる.

2点目の示唆は, 浮游型の出現時期に関する示唆である. 瀬戸内海で行われた漁業者に対するアンケート調査では, 近年では浮游型の出現開始時期が早まった一方で消失時期が遅くなり, 浮游型のまま越冬する現象も普通に観察されるようになったことが報告されている (上, 2004; 上・上田, 2004). 我々の調査は5-10月の限られた期間に行われたものであるが, 上述のように, 5月のサイズ組成には二山が確認された (Fig. 2). これらのうち, 小型の群は当年群であることは間違いないが, 大型の群は越冬群である可能性がある. この考察に関する直接的な証拠はないものの, 著者 (宮本) は2005年の1月に, 本庄水域の定置網から傘径が10 cm以上のミズクラゲ (浮游型) が大量に引き上げられる現場に立ち会ったことがある. これは, 5月のサイズ組成とあわせて, 今日の中海に越冬する浮游型が存在することを示唆するものである.

空間分布の特徴

野外調査の結果より, 中海の表層付近におけるミズクラゲの分布様式は集中分布であることが示唆された. その証拠として, 各調査日の分布集中度指数 (I_δ) はいずれも1より大きな値であった (Fig. 3). このように, 表層付近におけるミズクラゲの分布が集中的であること, すなわちパッチ状であることは瀬戸内海でも報告がある (上, 2004).

さらに, こうしたミズクラゲのパッチが特定の水域に滞留するものではなく, 移動することも併せて示された. 全4回にわたる今回の調査の中で, 特定の水域にミズクラゲが常に高密度に出現する傾向は確認されなかった (Fig. 3). この点は, 各調査日間で評価した Kendall の一致係数が有意でなかったことから支持される ($W = 0.058, P > 0.05$). このように, ミズクラゲのパッチが移動性のものであることは漁業者も認識しており, 特に風との関連が指摘されている. そこで, 各調査日の分布集中度と風速の関係を評価した結果 (Fig. 4), 分布集中度の変動の71%が風速の変化により説明され, 風が強いほ

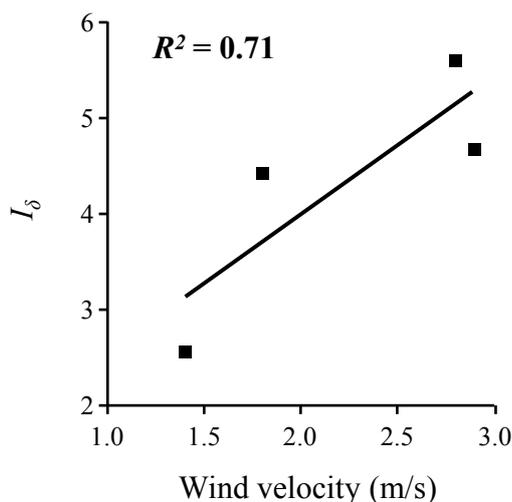


図4. 風速とミズクラゲの分布集中度指数の関係. 風速は各調査日に1時間毎に計測された値の平均値.

Fig. 4. The relationship between wind velocity and dispersion index (I_{δ}) of *Aurelia aurita*. The wind velocities are hourly means of each census day.

ど限られた水域にクラゲ類が集まる傾向があることが示唆された.

ただし、現時点において、これらの解釈は限定的である。今回の調査は定点数が少ないこと(6点)、森下の指数(I_{δ})が地点数の影響を受けやすいことから、定点数を増やした後、分布集中度を再評価することが必要である。さらに、調査回数が4回であることから、分布集中度と風速の関係の有意性を確認することが困難であり、この点に関しても、調査回数を増やして再検証する必要がある。

結 論

本研究で行った野外調査の結果より、中海におけるミズクラゲの分布と生活史の特徴の一端が明らかになった。ただし、限られた日数と地点で行われた本調査は、漁業者が経験的に認識しているクラゲ類(特にミズクラゲ)の分布の特徴を全て検証することはできなかった。特に、風向とクラゲの集まる場所の関連性、そしてクラゲが多く生息する水深については、本調査では明らかにできなかった。こうしたクラゲが集まる場所の特徴は、漁業被害の大きい網漁業にとって有益な情報になることが期待される。今後はこの点の解明に力を注ぎたい。

謝 辞

中海のクラゲ類に関する情報を提供していただいた中海漁業協同組合の石倉正夫氏、聞き取り調査に快く応じていただいた中海漁業協同組合と米子漁業協同組合の漁業者の方々、本調査に熱意をもって取り組まれた境港総合技術高等学校海洋科の学生諸氏に厚く御礼申し上げる。

引 用 文 献

- 飯泉 仁 (2004) 大型クラゲ *Nemopilema nomurai* の大量出現に関する国際ワークショップおよび今後の研究方向について. 日本水産学会誌 70 : 821-823.
- 本多直人・松下吉樹・渡部俊広・飯泉 仁 (2005) エチゼンクラゲによる漁業被害に対する取り組み. 日本水産学会誌 71 : 975-976.
- 気象統計情報 (気象庁 HP) <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>
- Krebs, C. J. (1989) *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers Inc, New York, 654pp.
- Lucas, C. H. (2001) Reproduction and life history strategies of the common jellyfish, *Aurelia aurita*, in relation to its ambient environment. *Hydrobiologia* 451: 229-246.
- Lucas, C. H. and Williams, J. A. (1994) Population dynamics of the scyphomedusa *Aurelia aurita* in Southampton Water. *Journal of Plankton Research* 16: 879-895.
- Möller, H. (1980) Population dynamics of *Aurelia aurita* medusae in Kiel Bight, Germany (FRG). *Marine Biology* 60: 123-128.
- Schneider, G. (1989) The common jellyfish *Aurelia aurita*: standing stock, excretion, and nutrient regeneration in the Kiel Bight, Western Baltic. *Marine Biology* 100: 507-514.
- Sokal, R. R. and Rohlf, F. J., (1995) *Biometry* 3rd ed. Freeman, New York, 887pp.
- 上 真一 (2002) 沿岸表層の連鎖系. 月刊海洋 号外 29 : 137-142.
- 上 真一 (2004) 瀬戸内海におけるミズクラゲの増加と漁業被害. 日本水産学会誌 70 : 387-391.
- 上 真一・上田有香 (2004) 瀬戸内海におけるクラゲ類の出現動向と漁業被害の実態. 水産海洋研究 68 : 9-19.

- Underwood, A. J. (1997) Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- 上田幸男 (2009) 招かざる客アカクラゲとミズクラゲの徳島県沿岸への大量来遊. 徳島県水研だより 62. http://www.green.pref.tokushima.jp/suisan/s_dayori/62/62sdayori.html
- 山田 智・海幸丸乗組員 (2008) クラゲによる漁業被害軽減対策技術開発試験, 平成 19 年度愛知県水産試験場業務報告.
- 安田 徹 (1998) ミズクラゲの研究. 日本水産資源保護協会, 東京, 136pp.
- 安田 徹 (2004) 2003 年晩夏から冬にかけて日本近海に大量出現した巨大エチゼンクラゲ *Nemopilema nomurai* Kishinoue と漁業被害. 漂着物学会誌 2 : 35-38.
- 渡邊朋子 (2000) 大量発生につながるミズクラゲ *Aurelia aurita* のポリプの成長と増殖およびエフィラ幼生の生産に関する研究. 東京水産大学博士学位論文.
- Weisse, T. and Gomoiu, M. T. (2000) Biomass and size structure of the scyphomedusa *Aurelia aurita* in the northwest Black Sea during spring and summer. Journal of Plankton Research 22: 223-239.