

## 論文 Article

## 目視観察による有明海表面付近におけるユウレイクラゲの密度推定

近藤裕介<sup>1</sup>・岡田昇馬<sup>1</sup>・橋本周一郎<sup>1</sup>・齊藤充志<sup>1</sup>・片岡 聖<sup>1</sup>・  
田中隼人<sup>1</sup>・加藤幹雄<sup>2</sup>・山口修平<sup>2</sup>・中口和光<sup>2</sup>・大塚 攻<sup>1</sup>Estimation of density of the semaestome jellyfish *Cyanea nozakii* Kishinouye, 1891  
in surface waters of Ariake Sea by visual observationYusuke KONDO<sup>1</sup>, Shoma OKADA<sup>1</sup>, Shuichiro HASHIMOTO<sup>1</sup>, Atsushi SAITO<sup>1</sup>,  
Masashi KATAOKA<sup>1</sup>, Hayato TANAKA<sup>1</sup>, Mikio KATO<sup>2</sup>, Shuhei YAMAGUCHI<sup>2</sup>,  
Kazumitsu NAKAGUCHI<sup>2</sup> and Susumu OHTSUKA<sup>1</sup>

**要旨:** 有明海表面付近におけるユウレイクラゲの密度を調査するために2014年10月、豊潮丸船上から目視観察を行った。早崎瀬戸ー熊本港沖合間（10月27日、12:35–15:35）、熊本港ー有明海中央部 St-B 間（10月28日、8:15–10:15）および有明海中央部 St-B ー熊本港間（10月29日、14:00–16:00）ではそれぞれ3.2–19.4 個体/0.1 km<sup>2</sup>、13.0–114.5 個体/0.1 km<sup>2</sup>、4.3–110.2 個体/0.1 km<sup>2</sup>を示した。今回の調査においてユウレイクラゲの有明海における分布様式は集中分布を示し、ユウレイクラゲの密度と観測区間内の平均風速の間に有意な負の相関が見られた。  
**キーワード:** 有明海, ユウレイクラゲ, 密度, 集中分布

**Abstract:** We estimated the density of the semaestome jellyfish *Cyanea nozakii* Kishinouye, 1891 in the surface waters of Ariake Sea by visual observation in October 2014. The densities of the jellyfish were 3.2–19.4, 13.0–114.5, 4.3–110.2 individuals per 0.1 km<sup>2</sup> along three respective lines, namely, Hayasaki Seto to Kumamoto Port (27 October, 12:35–15:35), Kumamoto Port to St-B (28 October, 8:15–10:15), and St-B to Kumamoto Port (29 October, 14:00–16:00). Our observational data showed that *C. nozakii* had a clumped distribution in the sea. The density of *C. nozakii* correlated negatively with wind speed.

**Keywords:** Ariake Sea, *Cyanea nozakii*, density, clumped distribution

## I. 緒言

ユウレイクラゲ *Cyanea nozakii* Kishinouye, 1891 は傘径が 50 cm に達する大型の鉢クラゲ類である (図 1)。日本の本州中部以南から韓国沿岸部, 黄海, 東シナ海にかけて分布し (並河・楚山, 2000; Park and Chang, 2006; Zhang et al., 2012), 日本では初夏から秋にかけて見られる (三宅・Lindsay, 2013)。本種は大量発生して経済活動にも大きな被害を与えることが報告されている (上野, 2005)。例えば, 漁業において大量のクラゲ類が入網することによる漁網の破損, 刺胞による魚類へのダメージによる活魚としての価値の損失などの被害が生じている (上・上田, 2004)。また, 安田 (1988) では, 1984 年 8 月, 香川県高松市の火

力発電所の取水口にユウレイクラゲが流入したことによって発電量の出力制限が起こったことを報告している。このような被害をもたらすユウレイクラゲであるが, 大量発生を抑制する観点からその生活史について研究が進んでいる。Dong et al. (2008) は人工授精により得たユウレイクラゲのプラヌラ幼生は水温 21 °C の飼育条件下において 1.5 日後には基質に着底し, ポリプへ変態したことを明らかにし, プラヌラ幼生の期間が他の鉢クラゲ類と比べて非常に短いことを指摘している。また, Thein et al. (2013) はユウレイクラゲのポリプが高水温および豊富な餌がある条件下において活発にポドシストを生産し, 増殖することを報告している。ポリプは水温 22–26 °C で約 2 ヶ月間飼育す

1 広島大学大学院生物圏科学研究科附属瀬戸内圏フィールド科学教育研究センター竹原ステーション; Takehara Marine Science Station, Setouchi Field Center, Graduate School of Biosphere Science, Hiroshima University

2 広島大学生物生産学部; Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University

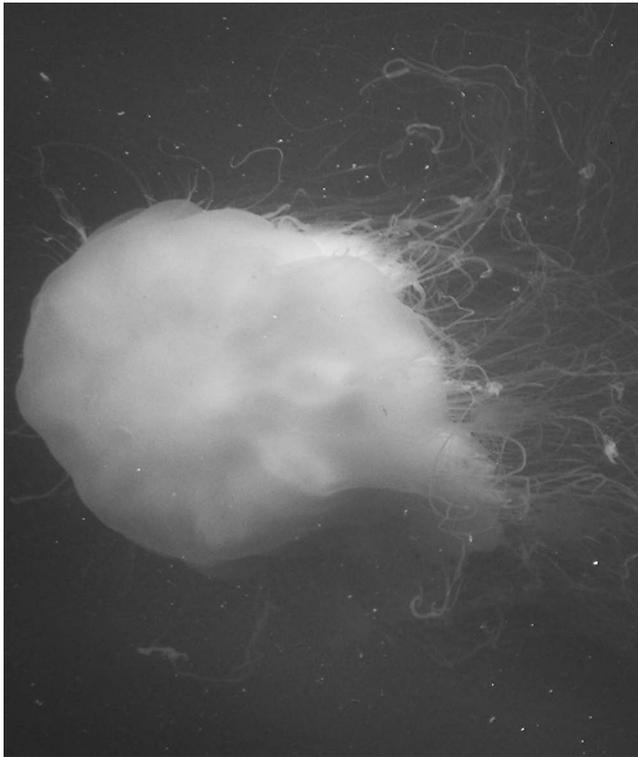


図1 2014年10月27日有明海早崎瀬戸にて遊泳するユウレイクラゲ。

ることでモノディスクタイプのストロビレーションを開始し、エフィラを放出する (Dong et al., 2008)。野外におけるユウレイクラゲの成長は非常に早く、晩春に傘径約5 cmの小型個体が出現すると、その数ヶ月後には傘径が40 cmに達する大型個体も出現し始める (Kinoshita et al., 2000)。このように成長が早く、大型化するユウレイクラゲの大量発生が日本の瀬戸内海 (安田, 1988; 石田, 2007)、中国の遼東湾 (Dong et al., 2008) などで報告されている。

近年、有明海島原沖においてもユウレイクラゲの大量発生が確認され、沿岸漁業への影響が心配されている (独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所, 2008)。さらに、有明海には大型の食用クラゲであるビゼンクラゲ *Rhopilema esculentum* Kishinouye, 1891 が生息しており、現在日本で唯一の食用クラゲ類の漁場であるが (藤井ほか, 2014)、クラゲ食性であるユウレイクラゲが大量発生することによってビゼンクラゲの密度を低下させることも懸念される。実際に中国渤海ではユウレイクラゲの大量発生がビゼンクラゲの密度を低下させ、クラゲ漁業活動に約7千万ドルの損失をもたらしたと推定した (Dong et al., 2010)。今後、有明海でも同様の被害が懸念されるため、その出現予測や個体群動態に関する基礎研究の蓄積が急務である。そこで本研究では2014年10月、有明海早崎瀬戸から中央部および前の海にかけてユウレイクラゲ

の表層付近における密度の推定を目的として目視調査を行った。クラゲ類の分布は海洋の物理環境と密接に関連することが示唆されている (安田ほか, 2003)。Chas and Hargitt (1910) はキタユウレイクラゲ *Cyanea capillata* (Linnaeus, 1758) において海表面が波立っている場合は沈降し、穏やかになると反転して浮上することを報告しており、海表面の波浪状況がクラゲ類の鉛直分布に影響を与えていると考えられる。表面の波は風によって影響を受け、風速が増すとそれによって生じる波高も大きくなる (ピネ, 2010)。このように表面付近におけるクラゲ類の出現は海上の風速と関連していることが予想されたため、ユウレイクラゲの密度と風速の関係についても調査を行った。

## II. 材料と方法

有明海表面付近におけるユウレイクラゲの密度は広島大学生物生産学部附属練習船豊潮丸からの目視観察で行った (図2A-D)。2014年10月27日に有明海早崎瀬戸を通過した12時35分から熊本港沖合を通過した15時35分までの3時間 (中潮, 下げ潮) (図2B)、10月28日に熊本港を出港した8時15分から有明海中央部と前の海の境界線付近に位置する St-B (32°59'04" N, 130°19'24" E) に到着した10時15分までの2時間 (中潮, 上げ潮) (図2C)、10月29日に St-B を出航した14時から熊本港に到着した16時までの2時間 (中潮, 下げ潮) (図2D) の計3回、表面付近におけるユウレイクラゲの個体を計数した。観察は航行中の豊潮丸2階デッキの左右両舷に各2名ずつ配置し、左舷、右舷から約10 mの幅内で表面にいるユウレイクラゲの個体数を30分おきにカウント、船速 (約10 kt) から走行距離を求めて密度を算出した。また、この30分間に観察した左右両舷の海表面の面積を合わせて一つの観測区間とした。さらに、各航路内でのユウレイクラゲの水平分布の特徴を明らかにするために、次式より森下の分布集中度指数 ( $I_{\delta}$ ) を求めた (Krebs, 1999)。

$$I_{\delta} = n ((\sum x^2 - \sum x) / ((\sum x)^2 - \sum x))$$

ここでは  $n$  は観測区間数、 $x$  は各観測区間内における個体数を示す。 $I_{\delta} > 1$  の場合、集中分布を示し、 $I_{\delta} = 1$  ならばランダム分布、 $I_{\delta} < 1$  の場合は一様分布を示す。

航行中は豊潮丸に備え付けられた自動気象観測装置 (株式会社日本エレクトロニック・インスルメント) により1分毎の風速 (m/s)、風向 (°) および表層水温 (°C) を測定した。測定された風速、風向、表層水温は30分間の観測区間ごとに平均値を算出した。流向、流速に関しては多層式超音波流向流速計 (WH-ADCP300

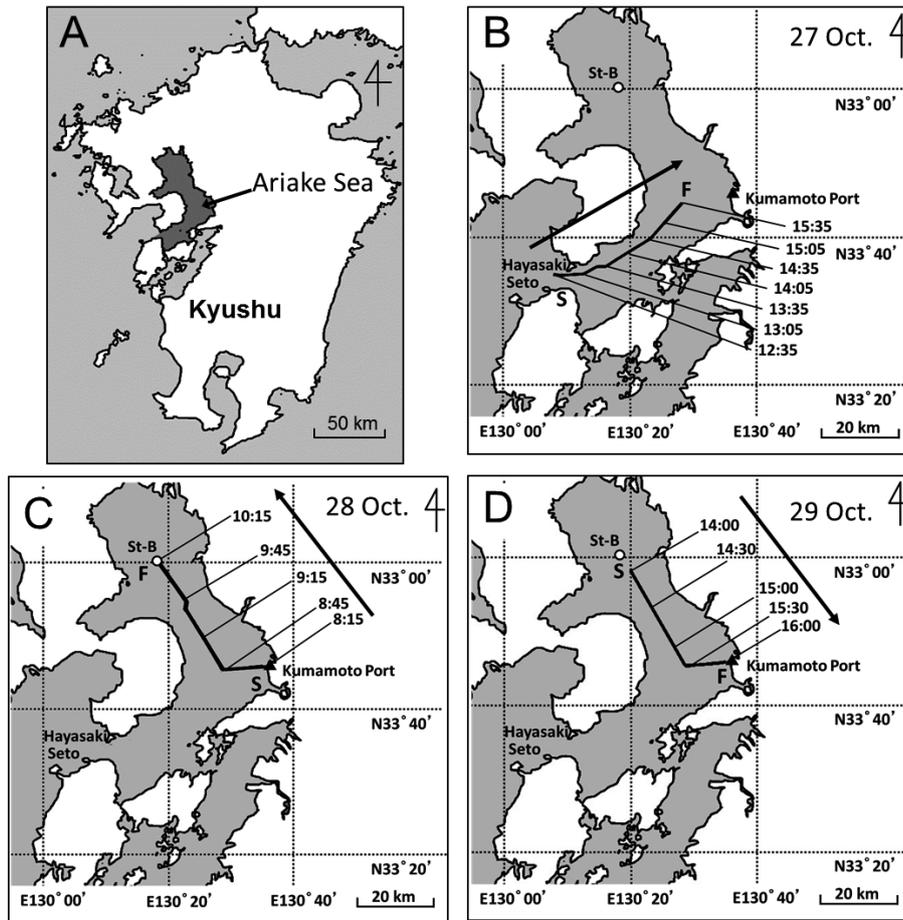


図2 (A) 有明海；(B) 2014年10月27日，有明海早崎瀬戸から熊本港までの観測区間；(C) 2014年10月28日，熊本港からSt-Bまでの観測区間；(D) 2014年10月29日，St-Bから熊本港までの観測区間。S：開始地点；F：終了地点。

kHz マリナー，Teledyne RD Instruments) が故障中であったため測定することができなかった。

### Ⅲ. 結果と考察

本調査においてユウレイクラゲは有明海早崎瀬戸から St-B までの観測区間全域において観察された (表 1~3)。2008 年 7~10 月にかけて独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所 (2008) が行った有明海中央部・湾口部でのアンコウ網を用いた調査では大量のユウレイクラゲが入網したことが報告されている。また，藤井ほか (2014) が 2012 年 10 月に行った目視観察においても有明海中央部でユウレイクラゲの出現が確認されており，夏~秋にかけて有明海湾口部および中央部においてユウレイクラゲの大型個体が出現していることが明らかとなった。

表面付近のユウレイクラゲの密度は 2014 年 10 月 27 日，早崎瀬戸から熊本港沖合にかけての観測区間では 0.1 平方キロメートル当たり 3.2~19.4 個体であった (表 1)。28 日，熊本港から St-B，29 日，St-B

から熊本港の観測区間での密度はそれぞれ 13.0~114.5 個体，4.3~110.2 個体となり，両観測区間において熊本港付近に高密度でユウレイクラゲが出現した (表 2，3)。小田ほか (2003) によれば島原市から熊本市付近の海域では湾幅が広がるため流速が弱まるとされており，さらに，熊本市側は島原市側に比べて潮流が弱いとされている。このため流れの停滞した熊本港付近ではユウレイクラゲが留まりやすく，高密度で出現したとも考えられる。Wang et al. (2012) は中国の膠州湾において 2011 年 8，9 月のユウレイクラゲの密度は 1 平方キロメートル当たり 0~150.2 個体であり，特に湾口および中央部において高密度に出現したと報告している。これは本研究での有明海のユウレイクラゲの密度に比べて 10 分の 1 程度低い密度である。しかし，低密度ではあるものの，湾口部および中央部において高密度に出現することは本研究結果とよく一致する。Wang et al. (2012) は膠州湾内ではこれまでユウレイクラゲのエフィラがほとんど確認されておらず，湾口部付近においてユウレイクラゲの成体

表 1 2014 年 10 月 27 日, 早崎瀬戸から熊本港沖合における観測区間内のユウレイクラゲの密度.

Time	1235-1305	1305-1335	1335-1405	1405-1435	1435-1505	1505-1535
Jellyfish/0.1 km <sup>2</sup> (counting No.)	3.2 (3)	8.6 (8)	19.4 (18)	4.3 (4)	3.2 (3)	3.2 (3)
Starting point	32° 35' 34"N 130° 07' 55"E	32° 34' 55"N 130° 11' 15"E	32° 36' 01"N 130° 15' 07"E	32° 37' 16"N 130° 18' 52"E	32° 39' 13"N 130° 22' 31"E	32° 42' 15"N 130° 25' 47"E
Finishing point	32° 34' 55"N 130° 11' 15"E	32° 36' 01"N 130° 15' 07"E	32° 37' 16"N 130° 18' 52"E	32° 39' 13"N 130° 22' 31"E	32° 42' 15"N 130° 25' 47"E	32° 45' 00"N 130° 29' 39"E
Mean surface temperature (°C)	22.5	22.5	22.3	22.1	22.2	22.1
Mean wind direction (°)	172.0	121.4	47.9	25.1	97.7	294.3
Mean wind speed (m/s)	6.2	5.7	5.1	4.8	5.0	5.3

表 2 2014 年 10 月 28 日, 熊本港から St-B における観測区間内のユウレイクラゲの密度.

Time	0815-0845	0845-0915	0915-0945	0945-1015
Jellyfish/0.1 km <sup>2</sup> (counting No.)	114.5 (106)	76.7 (71)	15.1 (14)	13.0 (12)
Starting point	32° 45' 36"N 130° 34' 42"E	32° 45' 16"N 130° 28' 56"E	32° 49' 35"N 130° 25' 21"E	32° 54' 32"N 130° 22' 43"E
Finishing point	32° 45' 16"N 130° 28' 56"E	32° 49' 35"N 130° 25' 21"E	32° 54' 32"N 130° 22' 43"E	32° 59' 04"N 130° 19' 24"E
Mean surface temperature (°C)	21.4	21.7	21.7	21.4
Mean wind direction (°)	47.9	48.8	85.2	283.4
Mean wind speed (m/s)	0.8	1.5	2.1	2.7

表 3 2014 年 10 月 29 日, St-B から熊本港における観測区間内のユウレイクラゲの密度.

Time	1400-1430	1430-1500	1500-1530	1530-1600
Jellyfish/0.1 km <sup>2</sup> (counting No.)	10.8 (10)	4.3 (4)	110.2 (102)	17.3 (16)
Starting point	32° 56' 29"N 130° 20' 34"E	32° 51' 48"N 130° 23' 49"E	32° 47' 02"N 130° 26' 50"E	32° 45' 03"N 130° 30' 22"E
Finishing point	32° 51' 48"N 130° 23' 49"E	32° 47' 02"N 130° 26' 50"E	32° 45' 03"N 130° 30' 22"E	32° 45' 44"N 130° 35' 15"E
Mean surface temperature (°C)	21.5	21.7	21.6	21.3
Mean wind direction (°)	217.7	201.2	71.2	54.6
Mean wind speed (m/s)	2.3	2.0	1.8	1.7

が高密度に出現することから、膠州湾外で発生したユウレイクラゲが成長し、海流によって大量に湾内に流入した可能性を指摘している。しかしながら、有明海におけるユウレイクラゲの生活史については全く不明であるため、今後、ポリプ、エフィラを含めたユウレイクラゲの生態について調査を行う必要がある。

本調査において密度が観測区間によって大きく異なる値を示したため、早崎瀬戸から熊本港沖合、熊本港から St-B、St-B から熊本港の各航路内の分布集中度指数 ( $I_d$ ) を算出したところ、それぞれ 1.83, 1.62, 2.52 となり、集中分布 ( $I_d > 1$ ) を示した。これまでの研究により、多くのクラゲ類が集中分布を示すことが知られている。特にミズクラゲ *Aurelia* sp. ではしばしば航空機から視認できるほど巨大なパッチを形成することが報告されている (Magome et al., 2007)。上 (2004) は 2000 年 8 月宇和海沿岸にて発生したミズクラゲのパッチについて、急潮の発生に伴う外洋水の流入により沖合に分布していたミズクラゲが湾奥部に

輸送されパッチが形成されたと推定している。このようなクラゲ類の水平分布に関連する要因として潮汐、潮目、海流などが挙げられる。今回の調査では 10 月 27 日、早崎瀬戸から熊本港沖合 (1235~1535) にかけての観測区間が中潮の下げ潮時に相当した。また、28 日、熊本港から St-B (0815~1015) および 29 日、St-B から熊本港 (1400~1600) の観測区間ではそれぞれ中潮の上げ潮時、下げ潮時に相当した。しかしながら、観測機器の故障のため流向・流速など海洋の物理環境に関するデータを得ることができなかったため、ユウレイクラゲの密度と水塊の挙動との関連については明らかにすることはできなかった。本調査によってユウレイクラゲが集中分布することが示されたが、今後、クラゲ類の密度と流向、流速など多くの海洋の物理環境要因を調査し、クラゲ類の水平分布との関連を明らかにすることが必要である。

各観測区間における平均風向、平均風速および平均表層水温はそれぞれ、10 月 27 日、早崎瀬戸から熊本

港沖合において  $25.1\sim 294.3^\circ$ ,  $4.8\sim 6.2$  m/s,  $22.1\sim 22.5^\circ\text{C}$ , 28日, 熊本港からSt-Bにおいて  $47.9\sim 283.4^\circ$ ,  $0.8\sim 2.7$  m/s,  $21.4\sim 21.7^\circ\text{C}$ , 29日, St-Bから熊本港において  $54.6\sim 217.7^\circ$ ,  $1.7\sim 2.3$  m/s,  $21.3\sim 21.7^\circ\text{C}$ であった。全観測区間を通じて平均表面水温は大きく変動せず,  $21.3\sim 22.5^\circ\text{C}$ の範囲であった。また, 表面水温はユウレイクラゲの生息可能な水温 ( $7.7\sim 26.1^\circ\text{C}$ )の範囲内であった (Wang et al. 2012)。27日の観測区間では28日, 29日の観測区間に比べて平均風速が速く, 一方, ユウレイクラゲの密度は低くなる傾向が見られた (表1~3)。また, 28日と29日では両観測区間ともに有明海St-B付近において平均風速が速く, ユウレイクラゲの密度が低くなったのに対して, 熊本港付近では平均風速が遅くなり, ユウレイクラゲの密度が高くなった。そこで全観測区間におけるユウレイクラゲの密度と観測区間内の平均風速について関連を調査したところ, 有意な負の相関が得られた (スピアマンの順位相関係数,  $R = -0.74$ ,  $p < 0.01$ ) (図3)。波高は海上の風速が増大するにしたがって高くなることが知られており (ピネ, 2010), 特に内海や内湾では波高と風速との間に有意な正の相関が見られる (山口ほか, 2014)。このため有明海においても平均風速の速かった27日の観測区間では28日, 29日に比べて高い波が生じていたことが示唆される。実際に29日の観測区間では海表面が穏やかで波がほとんどなかったのに対して, 27日の観測区間では時折, 白波が観察された。キタユウレイクラゲやタコクラゲ *Mastigias papua* (Lesson, 1830) など多くのクラゲ類において表面が穏やかな状態では表層付近を遊泳し, 荒れている場合は深場へ沈降することが観察されている (Uchida, 1926; Chas and Hargitt, 1910)。また, Houghton et al. (2006) は航空機を用いてイギリスのトレマドク湾における *Rhizostoma octopus* (Linnaeus, 1788) の密度調査を行っており, 風力階級1 (風速  $0.3\sim$

$1.5$  m/sに相当) の条件下では  $0.1$  平方キロメートル当たり  $13,000$  個体以上の巨大なパッチが観察されたが, 風力階級3~4 (風速  $3.4\sim 7.9$  m/s) ではパッチは観察されなかったことを報告している。これは本調査で見られた27日と28日, 29日の観測区間でのユウレイクラゲの密度と風速の関係と非常によく一致する。クラゲ類などのゼラチン質動物プランクトンは表面付近の乱流に巻き込まれると柔らかい体組織が破損する危険性があることが指摘されている (Graham et al., 2001)。Shanks and Graham (1987) では *Stomolophus meleagris* Agassiz, 1862 は波の進行方向を感知して自身の遊泳方向を変化させているとし, これは風などによって生じる乱流を回避するための行動であると考えられている。これと同様の回避行動がカブトクラゲの1種である *Mnemiopsis leidyi* Agassiz, 1865でも見られる (Miller, 1974)。ユウレイクラゲにおいても表層の乱流を回避するために表面からより深度のある層へと沈降したため, 表面での密度が低くなったと考えられる。また, Hays et al. (2008) はアカクラゲの1種である *Chrysaora hysoscella* (Linnaeus, 1767) においても乱流を避けて沈降する行動が観察されており, 体組織の破損を防ぐためであると考えられている。このようにクラゲ類ではデリケートな構造をした触手, 口腕などの摂餌器官が乱流下では破損する危険がある上, うまく機能しないためにこのような行動をとるものと推定される。

今後, 有明海でのユウレイクラゲの水平分布を決定する要因を解明するためには有明海の気象・海況の物理的な環境を総合的に観測する必要があるだろう。

### 【謝辞】

査読者には大変貴重なご意見を頂いたので, ここに記して謝辞を述べる。本調査では広島大学生物生産学部附属練習船豊潮丸の船員の方々に協力を得たので記して感謝する。本研究の一部は科学研究補助金 (基盤研究 (B), No.25304031) の援助を受けて行った。

### 【引用文献】

- 石田鉄兵 (2007) : 今年クラゲの当たり年. タコクラゲなど夏以降のクラゲの出現. [http://www.pref.tokushima.jp/\\_files/00168618/s\\_dayori64-3.pdf](http://www.pref.tokushima.jp/_files/00168618/s_dayori64-3.pdf). (2015年7月27日閲覧)
- 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.
- 上野俊士郎 (2005) : I. クラゲ類の大量発生とその影響.

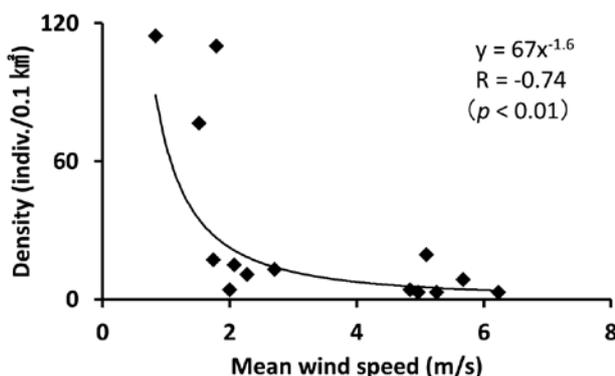


図3 観測区間内の平均風速に対するユウレイクラゲの密度の相関関係。Rは相関係数を示す。

- I-1. 我が国で大量発生するクラゲの種類. 日本水産学会誌, 71, 969-970.
- 小田卷実・大庭幸広・柴田宣昭 (2003): 有明海の潮流新旧比較観測結果について. 海洋情報部研究報告, 39, 33-61.
- 独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所 (2008): 有明海における大型クラゲ分布調査. [http://150.26.56.30/~dbmngtr/cgi-bin/search/search\\_detail.cgi?RESULT\\_ID=2721&YEAR=2009](http://150.26.56.30/~dbmngtr/cgi-bin/search/search_detail.cgi?RESULT_ID=2721&YEAR=2009). (2015年7月24日閲覧)
- 並河 洋・楚山 勇 (2000): 『クラゲガイドブック』ティビーエス・ブリタニカ.
- ピネ, ポール・R. 著, 東京大学海洋研究所監訳 (2010): 『海洋学 原著第4版』東海大学出版会.
- 藤井直紀・近藤裕介・岡田昇馬・大塚 攻・浦田 慎・足立文・加藤幹雄・山口修平・中口和光・村中志帆・吉野健児・堤 裕昭 (2014): 2012年夏期～秋期における有明海産ピゼンクラゲ *Rhopilema esculentum* Kishinouye の現存量推定. 日本プランクトン学会報, 61, 23-31.
- 三宅裕志・Dhugal Lindsay (2013): 『110種のクラゲの不思議な生態. 最新クラゲ図鑑』誠文堂新光社.
- 安田 徹 (1988): 『ミズクラゲの研究』日本水産資源保護協会.
- 安田 徹・上野俊士郎・足立 文 (2003): 『海のUFOクラゲ発生・生態・対策』恒星社厚生閣.
- 山口正隆・野中浩一・畑田佳男 (2014): 内湾・内海における気圧・風速・波高の長期変動および気候変動指標との相互関係の考察. 愛媛大学工学部工学ジャーナル, 13, 50-114.
- Chas, W. and Hargitt, G. T. (1910): Studies in the development of scyphomedusae. *Journal of Morphology*, 21, 217-262.
- Dong, J., Sun, M., Wang, B. and Liu, H. (2008): Comparison of life cycles and morphology of *Cyanea nozakii* and other scyphozoans. *Plankton Benthos Research*, 3, 118-124.
- Dong, Z., Liu, D. and Keesing, J. K. (2010): Jellyfish blooms in China: Dominant species, causes and consequences. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 954-963.
- Graham, W. M., Pagès, F. Hamner, W. M. (2001): A physical context for gelatinous zooplankton aggregations: a review. *Hydrobiologia*, 451, 199-212.
- Hays, G. C., Doyke, T. K., Houghton, J. D. R., Lilley, M. K. S., Metcalfe, J. D., Righton, D. (2008): Diving behavior of jellyfish equipped with electronic tags. *Journal of Plankton Research*, 30, 325-331.
- Houghton, J. D. R., Doyle, T. K., Davenport, J., Hays, G. C. (2006): Developing a simple, rapid method for identifying and monitoring jellyfish aggregations from the air. *Marine Ecology Progress Series*, 314, 159-170.
- Kinoshita, J., Hiromi, J. and Nakamura, Y. (2000): Feeding of the scyphomedusa *Cyanea nozakii* on mesozooplankton. *Plankton Biology and Ecology*, 47, 43-47.
- Krebs, C. J. (1999): *Ecological Methodology*, 2nd ed. Benjamin Cummings, San Francisco.
- Magome, S., Yamashita, T., Kohama, T., Kaneda, A., Hayami, Y., Takahashi, S. and Takeoka, H. (2007): Jellyfish patch formation investigated by aerial photography and drifter experiment. *Journal of Oceanography*, 63, 761-773.
- Miller, R. J. (1974): Distribution and biomass of an estuarine ctenophore population, *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz). *Chesapeake Science*, 15, 1-8.
- Park, J. H. and Chang, S. J. (2006): Three new records of scyphomedusae (Cnidaria: Scyphozoa) in Korea. *Animal Systematics, Evolution and Diversity*, 22, 57-62.
- Shanks, A. L., Graham, W. M. (1987): Orientated swimming in the jellyfish *Stomolopus meleagris* L. Agassiz (Scyphozoa: Rhizostomida). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 108, 159-169.
- Thein, H., Ikeda, H. and Uye, S. (2013): Ecophysiological characteristics of podocysts in *Chrysaora pacifica* (Gotte) and *Cyanea nozakii* Kishinouye (Cnidaria: Scyphozoa: Semaestomeae): Effects of environmental factors on their production dormancy and excystment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 446, 151-158.
- Uchida, T. (1926): The anatomy and development of a rhizostome medusa, *Mastigias papua* L. Agassiz, with observations on the phylogeny Rhizostomae. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo. Section IV, Zoology*, 1, 45-95.
- Wang, S., Zhang, G. T., Sun, S., Wang, Y. T. and Zhao, Z. X. (2012): Population dynamics of three scyphozoan jellyfish species during summer of 2011 in Jiaozhou Bay. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 43, 471-479. (in Chinese with English abstract)
- Zhang, F., Sun, S., Jin, X. and Li, C. (2012): Associations of large jellyfish distributions with temperature and salinity in the Yellow Sea and East China Sea. *Hydrobiologia*, 690, 81-96.

(2015年8月31日受付)

(2015年12月10日受理)