

## ヤコウチュウ *Noctilca scintillans* による大型珪藻 *Coscinodiscus wailesii* の捕食事例について

宮原 一隆<sup>\*1</sup>

(1996年2月19日受付)

### Predation of *Noctilca scintillans* on *Coscinodiscus wailesii*

Kazutaka MIYAHARA<sup>\*1</sup>

The predation of *Noctilca scintillans* exclusively on *Coscinodiscus wailesii* was observed in the northern Kii Channel in December 1995. In order to examine this predator-prey interaction between the two species in winter, cell densities and cell sizes of the two species were investigated and the vulnerability of *C. wailesii* to become a prey for *N. scintillans* is discussed from an ecological and biological point of view. The average cell density of *C. wailesii* was more than 100 times than that of *N. scintillans* in the water column examined in this survey. Forty-three percent of *N. scintillans*, which were collected by vertical towing of a Marutoku-B plankton net, preyed on 1 to 4 cells of *C. wailesii*. The valve diameters of *C. wailesii* preyed on by *N. scintillans* were of a comparatively even size, ranging from 165 to 286  $\mu\text{m}$ , while those in the net sample ranged from 186 to 460  $\mu\text{m}$ . The difference between the densities of *C. wailesii* in the net and in the water samples indicates that there should be much more cells with smaller diameters in the field. Judging from the spatial distribution patterns of *N. scintillans* and *C. wailesii*, it is suggested that the vertical mixing in winter could make the inhabitable depth layers of the two species in common. It is also suggested that *N. scintillans* has a chance to capture the abundant *C. wailesii* in winter since the cell size and immotility of this species are both favorable as a prey of *N. scintillans*.

瀬戸内海では、富栄養化の進行した海域を中心に、1960年代後半以降ヤコウチュウ *Noctilca scintillans* が著しく増加した。<sup>1)</sup> 播磨灘、大阪湾、および紀伊水道等の各海域においても本種の分布量は多く、<sup>1-3)</sup> 特に春から秋にかけてはしばしば赤潮を形成する。<sup>\*2</sup>

*N. scintillans* は赤潮構成プランクトンではあるが光合成色素を持たない従属栄養性の渦鞭毛藻であり、生態学的地位は一次消費者である。<sup>1, 4-5)</sup> 食性としては、デトライトス、原生動物、植物プランクトン、動物プランクトンやその卵、さらには魚卵等を捕食することが知られており、生態系において重要な位置を占めていることが示唆されている。<sup>1, 4, 6-8)</sup> 他の種 (*Heterosigma inlandica* <sup>\*3</sup>) による赤潮発生時にその種を捕食した事例や、<sup>6)</sup> カクチイワシ卵を食害した報告もあることから、<sup>7-8)</sup> 本種が他の生物の増殖に対して捕食圧を加えていると考え

られる。しかしながら、これら報告の多くは本種の増殖期である春から秋にかけてのものであり、現存量の低下する冬季における知見は少ない。

また、*N. scintillans* はプランクトンの季節遷移の中では珪藻類と鞭毛藻類の間で出現することが現象的に知られている。<sup>1)</sup> 瀬戸内海東部では、冬季に大型珪藻が増殖し、栄養塩類の枯渇を通じてノリ漁業に悪影響を及ぼしているが、<sup>9)</sup> これら大型珪藻と *N. scintillans* の相互関係やその遷移過程については明らかではない。今回、1995年12月の紀伊水道での調査時に、*N. scintillans* による大型珪藻 *Coscinodiscus wailesii* の大量捕食の事例を観察した。本研究では、この事例について両生物の個体群密度や細胞の大きさ等を検討し、現場の捕食-被食関係について考察を加えたので報告する。

<sup>\*1</sup> 兵庫県立水産試験場 (Hyogo Prefectural Fisheries Experimental Station, Minami-Futami, Akashi 674)

<sup>\*2</sup> 瀬戸内海漁業調整事務局：瀬戸内海の赤潮(1976-1993)

<sup>\*3</sup> = *Heterosigma akashiwo*

## 材料と方法

調査は、1995年12月18日に紀伊水道北部に位置する定点K1 (34° 14.0' N, 135° 3.5' E, 水深41m)で実施した(Fig. 1)。当場の調査船“ひょうご”(FRP, 45.95 t)により、中井式丸特Bネット(口径45cm, 濾過部側長80cm, 網地オープニング334  $\mu$ m)を用いて水深30m以浅の鉛直曳網(曳網速度: 約1m/sec.)を行った。ネット枠には、濾水計(離合社製)を取り付け、その読みから濾水量を算出した。試料は、船上で直ちにホルマリン(試料の10%の容量)を加えて固定し、研究室に持ち帰った。これと同時に、北原式採水器を用いて表層(水深0.5m)と中層(水深10m)から採水した。現場水温と塩分の測定には、アレック電子社製STDメーター(AST-1000S)を用いた。試料は、水道水で全容を150mlにメスアップし、よく攪拌してシャーレ

(直径9mm, 深さ15mm)に2mlずつ分取した。万能投影機(Nikon V-12A)で各シャーレ内の*N. scintillans*と*C. wailesii*を観察し、出現した個体数を計数した。この作業を9回繰り返して、それぞれの総個体数と濾水量から個体群密度を換算した。さらに、よくかき混ぜた試料から、(1) *N. scintillans*, (2) *N. scintillans*に捕食された*C. wailesii*, および (3) ネットで採集された*C. wailesii*をそれぞれ無作為に抽出し、各個体の細胞径を測定した。細胞径は、*N. scintillans*では桿状器<sup>43</sup>に垂直な断面を、*C. wailesii*では蓋殻径をそれぞれ測定した。また、*N. scintillans*および*C. wailesii*の現場での個体群密度を調べるため、表層と中層の試水それぞれ200mlをGA-200ガラスファイバーフィルター(Advantec Toyo)を用いて濾過し、フィルター上に残った個体数を数えた。

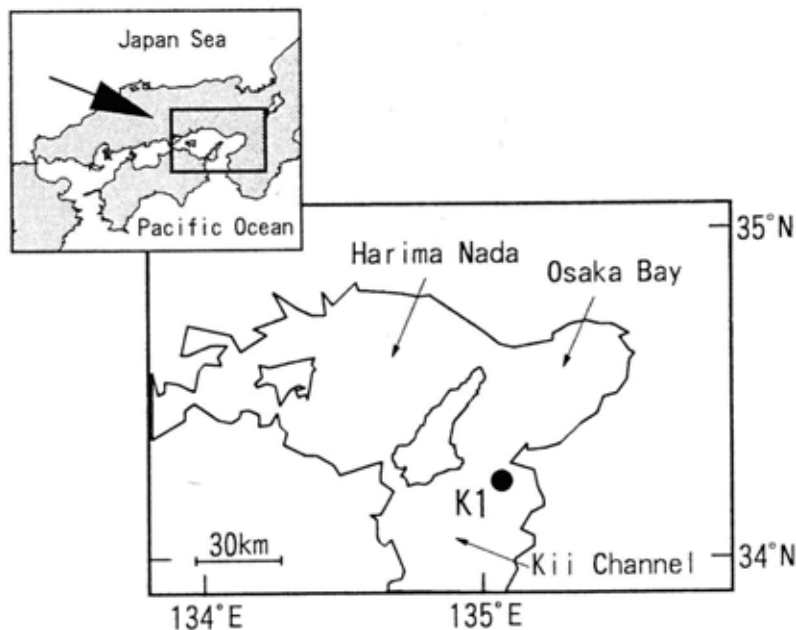


Fig. 1. Location of the sampling station (K1) in the Kii Channel.

## 結果

調査時の水温、塩分および*N. scintillans*と*C. wailesii*の個体群密度をTable 1に示した。水温は0, 10, 20, 30および40mの各層とも14.9°Cを示した。塩分も水深による差はほとんどなく、33.44~33.46の範囲にあった。調査時

の濾水率は63.6%, 濾水量は $3.03 \times 10^3$ lであった。検鏡した試料(計18ml)中の*N. scintillans*と*C. wailesii*の個体数はそれぞれ301と225であり、これらから換算した水深0~30mでの平均個体群密度は、それぞれ0.83cells/lと0.62cells/lであった。なお、*N. scintillans*は生細胞のほか死細胞や二分裂細胞<sup>13</sup>が混在していたが、今回は生細胞

Table 1. Water temperature, salinity, and cell densities of *N. scintillans* and *C. wailesii*

Depth (m)	W.T. (°C)	Salinity (psu)	Net sample (cells/l)		Water sample (cells/l)	
			<i>N. scintillans</i>	<i>C. wailesii</i>	<i>N. scintillans</i>	<i>C. wailesii</i>
10	14.9	33.44	0.83	0.62	N.D.*	105
10	14.9	33.45			N.D.*	110
20	14.9	33.44				
30	14.9	33.46				
40	14.9	33.44				

\* not detected.

Table 2. Numerical composition of *C. wailesii* preyed on by *N. scintillans*

Number of <i>C. wailesii</i> in a cell of <i>N. scintillans</i>	Number of <i>N. scintillans</i>	%
0	171	56.8
1	94	31.2
2	25	8.3
3	7	2.3
4	4	1.3
total	301	100.0

のみ計数した。また、試水中の個体群密度は、濾過した水量が不十分であったため *N. scintillans* では検出限界以下、*C. wailesii* は0m層で105cells/l、10m層で110cells/lであった。

合計301個体の *N. scintillans* について、捕食個体数別の組成をTable 2に示した。また、2個体の *C. wailesii* を捕食していた *N. scintillans* の顕微鏡写真をFig. 2に示した。全体の43.2%の *N. scintillans* が1~4個体の *C. wailesii* を捕食しており、その内訳は1個体を捕食していたものが31.2%、同じく2個体が8.3%、3個体が2.3%、および4個体が1.3%であった。全体としては、301個体の *N. scintillans* に181個体の *C. wailesii* が捕食されていた。観察の結果、*N. scintillans* の細胞内部には *C. wailesii* の他にもデトライト状の物質や生物体の分解物らしきものも含まれていた。しかしながら、それらの同定は不可能であったため、餌生物として *N. scintillans* の内部に確認されたのは *C. wailesii* 1種であった。

試料中の *N. scintillans* ( $n=301$ ) の細胞径は559~1211  $\mu\text{m}$  の範囲にあり、その平均は798  $\mu\text{m}$  であった。細胞径が最小の個体でも、ネットのオープニングより200  $\mu\text{m}$  以上大きかった。捕食されていた *C. wailesii* とネットで採集された *C. wailesii* とについて、蓋殻径の頻度分布を

Fig. 3に示した。蓋殻径は前者では165~286  $\mu\text{m}$  (平均±標準偏差: 222 ± 22  $\mu\text{m}$ ,  $n=206$ )、一方後者では186~460  $\mu\text{m}$  (275 ± 62  $\mu\text{m}$ ,  $n=219$ ) の範囲にあった。

## 考察

紀伊水道北部におけるネット調査の結果では、*N. scintillans* は主に2~8月に出現することが報告されている。<sup>2)</sup> また、隣接する大阪湾では周年出現するもののその出現数が多いのは4~10月であり、12月は年間を通じて出現数をもっとも少ない。<sup>1)</sup> 本種にとって冬季の環境条件は増殖にあまり適しておらず、それゆえこの時期をのり越えるためには、いかに有効に捕食するかが一つの鍵となると考えられる。

今回の調査において *C. wailesii* が唯一の被食生物であったこと、さらには43.2%の *N. scintillans* が *C. wailesii* を捕食していたことは、*N. scintillans* にとって *C. wailesii* が冬季の重要な餌生物であることを示唆している。ここでは *C. wailesii* の捕食されやすさについて、分布様式、餌生物としての大きさ、遊泳性の3つの観点から考察する。

*N. scintillans* は成層期には表層を主生息層としている

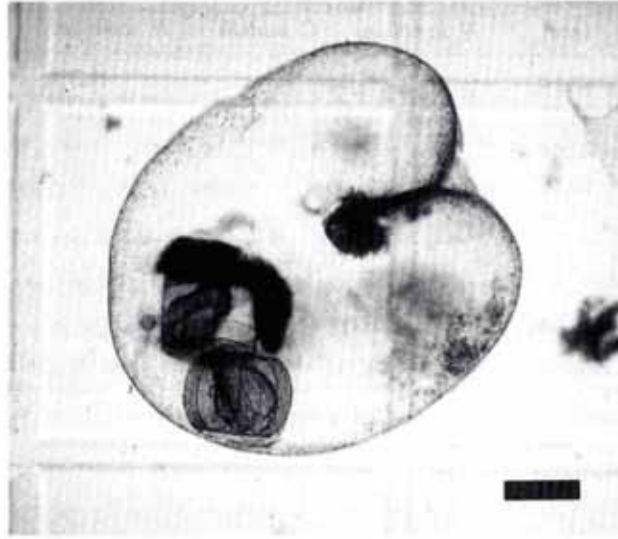


Fig. 2. Photomicrograph of *N. scintillans* feeding on two cells of *C. walesii*. Scale bar: 0.2mm

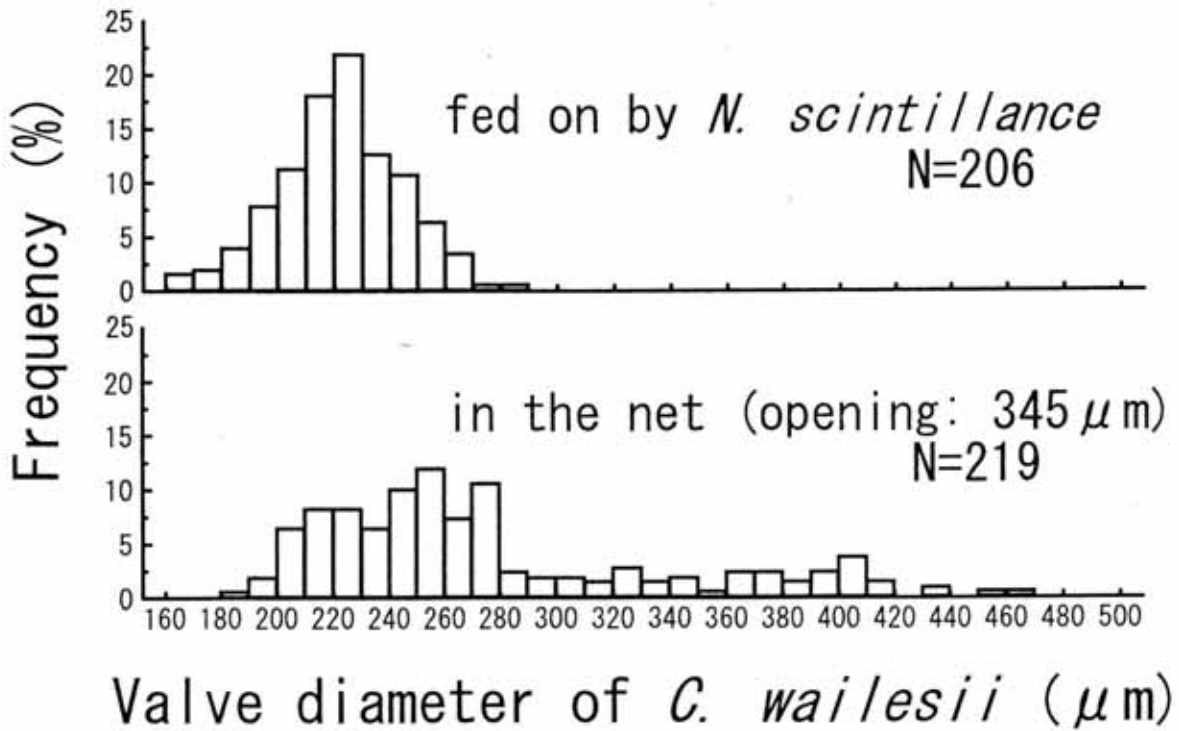


Fig. 3. Frequency distributions of the valve diameter of *C. walesii*.

が、冬季の鉛直混合期には全層に分布する。<sup>1, 4)</sup> 今回の調査時は、水温と塩分の測定結果が示すように鉛直混合が起こりやすい環境条件下にあり、本種がある特定の層に濃密分布していた可能性は小さい。一方、餌生物の*C. wailesii*は表中層とも*N. scintillans*の100倍以上の高密度で分布していた。紀伊水道北部における12月のプランクトンの生物量(沈殿量)は、*Coscinodiscus*属の繁殖状況によって左右されることが知られており、<sup>3)</sup>この時期に*C. wailesii*はしばしば大增殖する。また、本種は沈降速度が大きいため、<sup>10)</sup>鉛直混合期においても表層よりも中底層により多く分布する傾向がある。<sup>11-12)</sup>本報では両生物の個体群密度の変動と分布を時系列に沿って捉えていないため、捕食-被食関係の量的な評価については言及できない。しかしながら、冬季に発生した現象としては、*N. scintillans*が、個体群密度の大きな*C. wailesii*と分布空間を共有することで、大量捕食の機会を得たと考えられる。

*N. scintillans*に捕食されていた*C. wailesii*の蓋殻径は165~286  $\mu\text{m}$ の範囲にあり、その頻度分布は220  $\mu\text{m}$ 前後をピークとする単峰型であった(Fig. 3)。 *C. wailesii*の蓋殻は珪酸質で非常に堅固なため、被食による蓋殻径の変化はないと考えられる。Fig. 3からわかるように、ネットで採集された*C. wailesii*の中には蓋殻径が290~460  $\mu\text{m}$ の大きな個体も存在していたが、これらの被食は観察されなかった。高山<sup>13)</sup>は、本種によるシオミズツボワムシ *Brachionus ptililis*(160~280  $\mu\text{m}$ )、*Artemia*耐久卵(210~250  $\mu\text{m}$ )およびそのnauplius幼生(420~510  $\mu\text{m}$ )の捕食実験において、*Artemia*耐久卵、ついでシオミズツボワムシの捕食数が多かったこと、nauplius幼生はほとんど捕食されなかったことを報告している。今回捕食されていた*C. wailesii*は、上記のシオミズツボワムシや*Artemia*耐久卵と大きさが似かよっており、*N. scintillans*にとって捕食しやすい大きさであったと想定される。また、現場のネット調査から得られた0~30m深の平均個体群密度が、表中層の試水中の個体群密度の1%にも満たなかったことから(Table 1)、現場では網目のオープニング(334  $\mu\text{m}$ )よりも小さい個体の割合が大きかったと考えられる。*N. scintillans*にとって捕食しやすい大きさの個体群密度が大きかったことも、今回の観察結果に至った一因であろう。

さらには、*C. wailesii*が遊泳力を持たないことも、*N. scintillans*の餌生物となった重要な要素であると考えられる。触手をゆっくりと動かすうちに、その先端に触れた餌を捕獲して細胞口に運ぶという*N. scintillans*の捕食様式<sup>5)</sup>では、運動性の高い生物を捕食することは難しい。実際に甲殻類プランクトン等の遊泳力の強い生物は捕獲してもしばしば離脱され、捕食に到らないことが観察されている。<sup>13)</sup>逆に運動性を持たない餌については、たとえばカタクチイワシ卵のように自身よりやや大きなものまでも捕食し得る。<sup>7-8)</sup>

本報の事例は一定点における観察結果であり、今後はこの現象が他の海域や他の時期にも生じているのかどうかを検討する必要がある。今回のような捕食-被食関係が冬季に頻繁に生じているとすれば、大型珪藻の個体群密度の減少を経て、ノリ漁業に悪影響をおよぼす栄養塩類の枯渇が間接的に緩衝されている可能性がある。*N. scintillans*が体内に高濃度の $\text{NH}_4\text{-N}$ や $\text{PO}_4\text{-P}$ を含有していること<sup>14-15)</sup>を考慮すると、本種は無機態のみならず有機態も含めた栄養塩類の物質循環にも重要な役割を果たしていると考えられる。冬季における本種の生態学的評価を再検討し、大型珪藻との相互作用についても定量的に把握する必要があるだろう。

## 謝辞

この研究は、現場が毎月実施している「重要水族環境調査」の一環として行い、漁業調査船「ひょうご」乗組員の方々と資源部の皆様には、多くのご協力をいただいた。また、京都大学農学部中原紘之教授には、有益なご助言を賜った。ここに深く感謝申し上げる。

## 文献

- 1) 黒田一紀・佐賀史郎：大阪湾におけるヤコウチュウの分布と生態、水産海洋研究会報、(32)、56-67 (1978)。
- 2) 浜田尚雄：播磨灘における主要動物プランクトンの水平分布、兵庫水試研報、(20)、1-17 (1981)。
- 3) 堀木信男：和歌山県沿岸海域におけるプランクトン沈殿量について、和歌山水試報告、131-138 (1975)。
- 4) 黒田一紀：Ⅲ渦鞭毛藻綱。「日本の赤潮生物」(福代

- 康夫・千原光雄・高野秀昭・松岡藪充編),内田老鶴  
圃, 東京, 1990, pp. 78-79.
- 5) 高山晴義: 広島湾沿岸に出現する赤潮生物-II ヤコ  
ウチュウ *Noctilca scintillans* (MACARTNEY), 広島水  
試研報(14), 25-29 (1984).
- 6) 高山晴義: ヤコウチュウ *Noctilca scintillans*  
(MACARTNEY) の培養とその観察, 日本プランクトン  
学会報, **24**(2), 83-86 (1977).
- 7) Y. Enomoto: On the occurrence and the food of *Noctilca*  
*scintillans* (MACARTNEY) in the waters adjacent to the  
west coast of Kyushu, with special reference to the fish  
eggs by that plankton, *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* **22**,  
82-88 (1956).
- 8) S. Hattori: Predatory activity of *Noctilca* on anchovy  
eggs, *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, **9**, 211-220  
(1962).
- 9) 眞鍋武彦・長井敏・堀豊: 厳しさを増す沿岸漁業  
「水産と環境」(清水誠編), 水産学シリーズ103, 恒  
星社厚生閣, 東京, 1994, pp. 9-18.
- 10) T. Manabe and S. Ishio: Bloom of *Coscinodiscus wailesii*  
and DO deficit of bloom water in Seto Inland Sea, *Mar.*  
*Poll. Bull.*, **23**, 181-184 (1991).
- 11) 眞鍋武彦・近藤敬三: 播磨灘における大型珪藻  
*Coscinodiscus wailesii* と栄養塩環境に関する研究,  
赤潮対策技術開発試験報告書, 兵庫水試, 19-26  
(1987).
- 12) 眞鍋武彦・近藤敬三: 播磨灘における大型珪藻  
*Coscinodiscus wailesii* と栄養塩環境に関する研究,  
赤潮対策技術開発試験報告書, 兵庫水試, 23-30  
(1988).
- 13) 高山晴義: ヤコウチュウ *Noctilca scintillans*  
MACARTNEY に関する観察-I 捕食行動について,  
広島水試研報,(10), 27-34 (1977).
- 14) 岡市友利・西尾幸郎: 夜光虫(*Noctilca miliaris*)の毒性  
について, 日本プランクトン学会報, **23** (2), 25-30  
(1976).
- 15) 反田実・安田基・眞鍋武彦: 播磨灘における夜光虫  
の分布と栄養塩類の関係について-I 1977年4月に  
おける表層中の夜光虫細胞数と栄養塩濃度との関係,  
兵庫水試研報, (18), 81-84 (1978).