

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 5 月 25 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05794

研究課題名(和文) 夜光虫赤潮が相模湾沿岸域での栄養塩動態、低次生物過程、物質循環に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Impact assessment of Noctiluca scintillans red tide on nutrient dynamics, biological processes in lower trophic levels and material cycle in the neritic area of Sagami Bay

研究代表者

荒 功一 (ARA, Koichi)

日本大学・生物資源科学部・教授

研究者番号：40318382

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：夜光虫赤潮発生時・後に富栄養化(栄養塩濃度、植物プランクトン現存量、一次生産速度が増加)するのか(仮説1)、またその際に植物プランクトンの優占種が珪藻から非珪藻に遷移し得るのか(仮説2)を相模湾沿岸域で検証した結果、夜光虫赤潮は観測されなかったものの、春～秋季の高密度分布時に上層で両仮説が一時的に成立することが度々あった。さらに、夜光虫の排泄・滲出による日間窒素・リン供給量は、春～夏季の夜光虫高密度・低栄養塩類濃度時に有光層内での栄養塩動態と植物プランクトンの日間窒素・リン要求量に対して高い寄与率を示し、またそれらはマイクロ・メゾ動物プランクトン群集の値を大幅に上回った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって得られた研究成果は、現場海域での水質環境(栄養塩動態)ならびに海洋生態系(低次生物過程、一次生産速度、物質収支)に及ぼす夜光虫の影響を定量的に評価する際に必要な知見とパラメーターをほぼ全て兼ね備えている。よって、本研究成果は、当該海域のみならず、夜光虫赤潮が頻繁に発生する本邦ならびに世界の多くの内湾・沿岸域に応用できると共に、人為的な環境変化に対する沿岸生態系の応答予測にも繋がるものとなった。

研究成果の概要(英文)：Field investigations were carried out in the neritic area of Sagami Bay to test hypotheses whether: (1) red tides of *Noctiluca scintillans* exacerbate eutrophication (i.e., rise in nutrient concentrations, phytoplankton standing crop and/or primary productivity); and (2) *Noctiluca*-related eutrophication can change phytoplankton assemblages, with the highly skewed toward diatom dominance shifting towards non-diatom blooms. These two variations were observed frequently and temporally in the upper layer during high *Noctiluca* abundances in spring-autumn, although no *Noctiluca* red tide occurred. Moreover, N and P supply by *Noctiluca* excretion and dissolution contributed high percentages to nutrient concentrations and requirement of phytoplankton primary productivity in the euphotic zone during the periods of high *Noctiluca* abundances and low nutrient concentrations in spring-summer, while *N. scintillans* was greater contributor to nutrient supply than micro- and mesozooplankton communities

研究分野：水圏生産科学関連

キーワード：夜光虫赤潮 細胞内栄養塩含有量・濃度 栄養塩プール 排泄速度 栄養塩滲出(溶出)速度 栄養塩供給 窒素・リン収支 相模湾沿岸域

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。



した。ピコ・ナノプランクトンの試料は、それぞれ直ちにフィルターをスライドガラス上に置き、無蛍光イメージングオイルを滴下しカバーガラスを被せて封入し、紫外線 (UV) 励起光照射の落射蛍光顕微鏡下でクロロフィルが橙 (オレンジ) 色蛍光を発するシアノバクテリア (CBA) と赤色蛍光を発する独立栄養性ナノプランクトン (ANP) を識別して観察した。CBA は 4 ~ 769 視野 (1 視野: 0.01 mm<sup>2</sup>) 検鏡して合計 400 細胞以上、ANP は 100 ~ 340 視野 (1 視野: 0.01 mm<sup>2</sup>) 検鏡して合計 20 細胞以上 (出現密度が極端に低い場合には合計 7 細胞以上) 計数した。マイクロ植物プランクトンならびに夜光虫は、元サンプルの 0.1 ~ 4% を光学顕微鏡下で同定・計数した。夜光虫については、採集された試料毎に細胞直径を計測し、細胞容積を算出した。

### (3) 夜光虫の細胞内栄養塩含有量・濃度、排泄速度、栄養塩滲出 (溶出) 速度

細胞内栄養塩含有量・濃度、排泄速度、死滅した細胞からの栄養塩滲出 (溶出) 速度の測定には、目合い 200 μm のノルパックネットを用いて水深 20 m から海面までの鉛直曳きにより採集した夜光虫を用いた。細胞内栄養塩含有量・濃度の測定には、生きた夜光虫 200 細胞を濾過海水で洗浄し、テフロンホモジナイザーで粉碎し、GF/F で濾過後、濾液の栄養塩濃度を測定した。排泄速度は、濾過海水を満たした溶存酸素瓶 (容量約 100 ml) に生きた夜光虫 400 細胞を移し入れ、ウォーターボトル法により無給餌条件下で 1 ~ 63 時間インキュベートした後、試水の栄養塩濃度を測定し、実験開始時および終了時の栄養塩濃度の差から算出した。栄養塩滲出 (溶出) 速度は、濾過海水を満たしたポリカーボネイト製角瓶 (容量約 1 L) に生きた夜光虫 1,000 細胞を収容し、遮光後、無給餌条件下でインキュベートし、数日毎に同瓶から少量 (約 50 ml) ずつ海水試料を採取し、栄養塩濃度を測定した。

## 4. 研究成果

### (1) 栄養塩濃度

栄養塩濃度は、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N が 0.08 ~ 2.41 μM、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N が 0.19 ~ 10.87 μM、DIN が 0.43 ~ 12.32 μM、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P が検出限界 (0.02) 未満 ~ 0.85 μM、Si(OH)<sub>4</sub>-Si が 0.13 ~ 23.13 μM の範囲で変動した。栄養塩濃度は、深層 (水深 30 m 以深) で常に高濃度で推移したが、夏季 (6 ~ 9 月) に上層 (水深 20 m 以浅) で著しく低く枯渇状態だった。

### (2) Chl-*a*濃度

全Chl-*a*は、0.04 ~ 16.84 μg L<sup>-1</sup>の範囲で変動し、春 ~ 夏季に上層 (水深0 ~ 10 m) で高かった。Chl-*a*のサイズ組成は、水柱全体で <2 μm が 9.9 ~ 63.6% (平均 29.7%)、2 ~ 20 μm が 9.4 ~ 63.1% (平均 24.8%)、>20 μm が 3.7 ~ 75.2% (平均 45.5%) を占めた。春季ブルーム期には >20 μm のサイズ、それ以外 (夏 ~ 冬季) には <20 μm のサイズが全Chl-*a*の大部分を占めた。

### (3) ピコ・ナノ・マイクロ植物プランクトンの出現密度

各植物プランクトン群集の出現密度は、CBA が 1.03×10<sup>5</sup> ~ 3.58×10<sup>8</sup> cells L<sup>-1</sup>、ANP が 3.61×10<sup>4</sup> ~ 6.46×10<sup>6</sup> cells L<sup>-1</sup>、マイクロ植物プランクトンが 4.00×10<sup>1</sup> ~ 1.68×10<sup>6</sup> cells L<sup>-1</sup> (珪藻: 3.75×10<sup>1</sup> ~ 1.68×10<sup>6</sup> cells L<sup>-1</sup>、渦鞭毛藻: 0 ~ 8.36×10<sup>3</sup> cells L<sup>-1</sup>) の範囲で変動し、マイクロ植物プランクトン (珪藻・渦鞭毛藻) が春 ~ 秋季、CBA・ANP が夏 ~ 秋季にいずれも上層 (水深 10 m 以浅) で高かった。

### (4) 夜光虫の出現密度・細胞サイズ

夜光虫は、2018年3~11月、2019年4~11月、2020年1~12月 (10月を除く) に出現した。夜光虫は春 ~ 夏季に上層 (水深 0 ~ 10 m) で高密度に分布したものの、夜光虫赤潮は観測されなかった。各年の最大出現密度は、2018年に 1.36×10<sup>2</sup> cells L<sup>-1</sup>、2019年に 4.50×10<sup>2</sup> cells L<sup>-1</sup>、2020年に 2.79×10<sup>2</sup> cells L<sup>-1</sup> であった。夜光虫の平均細胞サイズは、細胞直径が 401 ~ 813 μm、細胞容積が 3.89×10<sup>7</sup> ~ 2.98×10<sup>8</sup> μm<sup>3</sup> の範囲で変動し、水温との間にそれぞれ有意な負の相関関係 (対数近似、*r*<sup>2</sup> = 0.319 と 0.290、*p* < 0.0001) が認められた。

### (5) 一次生産速度

有光層の深度は 7.8 ~ 53.0 m の範囲で変動した。一次生産 (純生産) 速度は、0.04 ~ 1,497.9 μg C L<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> の範囲で変動し、春 ~ 秋季に上層 (水深 10 m 以浅) で高かった。有光層内積算の一次生産量は、0.13 ~ 3.45 g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> の範囲で変動し、平均 1.05 g C m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> であった。

### (6) 夜光虫の細胞内栄養塩含有量・濃度と栄養塩プール

夜光虫の細胞内栄養塩含有量は、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N が 0.24 ~ 5.02 nmol cell<sup>-1</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N が 0.05 ~ 0.83 nmol cell<sup>-1</sup>、DIN が 0.29 ~ 5.55 nmol cell<sup>-1</sup>、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P が 0.03 ~ 0.31 nmol cell<sup>-1</sup>、Si(OH)<sub>4</sub>-Si が 0.15 ~ 1.38 nmol cell<sup>-1</sup> の範囲で変動した。

夜光虫の細胞内栄養塩濃度は、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N が 6.10 ~ 26.89 amol μm<sup>-3</sup> (6,099 ~ 26,886 μM)、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N が 1.01 ~ 3.54 amol μm<sup>-3</sup> (1,010 ~ 3,542 μM)、DIN が 6.10 ~ 27.32 amol μm<sup>-3</sup> (6,100 ~ 27,318 μM)、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P が 0.41 ~ 1.72 amol μm<sup>-3</sup> (405 ~ 1,724 μM)、Si(OH)<sub>4</sub>-Si が 1.68 ~ 6.07 amol μm<sup>-3</sup> (1,676 ~ 6,067 μM) に相当した。これらは、観測時の現場海水中の栄養塩濃度に対して NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N が 4,077

~133,101 倍 (平均 13,771 倍)  $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- - \text{N}$  が 119 ~ 12,694 倍 (平均 845 倍)  $\text{DIN}$  が 567 ~ 21,299 倍 (平均 4,258 倍)  $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$  が 666 ~ 84,078 倍 (平均 4,515 倍)  $\text{Si}(\text{OH})_4 - \text{Si}$  が 20 ~ 7,328 倍 (平均 750 倍) と極めて高い濃度であった。

夜光虫の細胞容積と細胞内栄養塩 [ $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- - \text{N}$ 、 $\text{DIN}$ 、 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$  および  $\text{Si}(\text{OH})_4 - \text{Si}$ ] 含有量との間には、それぞれ有意な正の相関関係 (直線近似、 $r^2 = 0.509 \sim 0.676$ 、 $p < 0.0001$ ) が認められた。これらの得られた回帰式と出現密度より、相模湾沿岸域に存在した (海水中+夜光虫細胞内) 栄養塩濃度は、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  が  $0.08 \sim 6.00 \mu\text{M}$ 、 $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- - \text{N}$  が  $0.22 \sim 10.87 \mu\text{M}$ 、 $\text{DIN}$  が  $0.58 \sim 12.32 \mu\text{M}$ 、 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$  が検出限界 ( $0.02$ ) 未満  $\sim 0.85 \mu\text{M}$ 、 $\text{Si}(\text{OH})_4 - \text{Si}$  が  $0.23 \sim 24.60 \mu\text{M}$  と推定された。これらは、観測時の海水中の栄養塩濃度に対して  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  が 1 ~ 8.3 倍、 $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- - \text{N}$  が 1 ~ 3.6 倍、 $\text{DIN}$  が 1 ~ 6.4 倍、 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$  が 1 ~ 12.4 倍、 $\text{Si}(\text{OH})_4 - \text{Si}$  が 1 ~ 3.3 倍高い濃度に相当した。

夜光虫の総細胞内栄養塩含有量は、水柱 (水深 0 ~ 50 m 層) 内および有光層内に存在した栄養塩現存量 (細胞内含有量+海水中濃度) に対して  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  が 0 ~ 49.4% と 0 ~ 57.4%、 $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- - \text{N}$  が 0 ~ 10.9% と 0 ~ 32.7%、 $\text{DIN}$  が 0 ~ 31.4% と 0 ~ 42.3%、 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$  が 0 ~ 33.5% と 0 ~ 49.1%、 $\text{Si}(\text{OH})_4 - \text{Si}$  が 0 ~ 7.3% と 0 ~ 12.3% を占めた (図 2)。夜光虫の総細胞内栄養塩含有量は、夜光虫の出現密度が高く、なおかつ海水中の栄養塩濃度が低かった 5 ~ 7 月に有光層内での窒素現存量の 6.1 ~ 42.3%、リン現存量の 4.3 ~ 49.1% を占め (図 2) 環境中の栄養塩プールとして量的に重要であったと考えられる。

#### (7) 夜光虫の排泄速度

夜光虫の排泄速度は、アンモニア ( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ) が  $2.5 \sim 316.1 \text{ pmol cell}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 、リン ( $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ ) が  $0.3 \sim 23.1 \text{ pmol cell}^{-1} \text{ h}^{-1}$  の範囲で変動し、いずれも実験開始 1 ~ 3 時間後に高く、それ以降時間の経過に伴い急激に低下した。実験時間と窒素・リン排泄速度との間には、それぞれ有意な負の相関関係 (累乗近似、 $r^2 = 0.864$  と  $0.751$ 、 $p < 0.0001$ ) が認められた。時間経過に伴う排泄速度の急激な低下は、実験中の無給餌 (絶食) 条件の影響であると思われる。よって、実験開始 1 時間後に得られたアンモニア・リン排泄速度の最高値 ( $316 \text{ pmol N cell}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 、 $23 \text{ pmol P cell}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) が無給餌 (絶食) の影響がより小さく、実際の排泄速度により近いものと考えられる。

#### (8) 死滅した夜光虫細胞からの栄養塩滲出 (溶出) 速度

夜光虫は、無給餌下で実験開始 17 ~ 41 日後に死滅し細胞が破裂した。死滅した夜光虫細胞からの最大滲出 (溶出) 速度は、アンモニア ( $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ) が  $88.0 \sim 166.6 \text{ pmol cell}^{-1} \text{ d}^{-1}$ 、リン ( $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ ) が  $4.1 \sim 9.9 \text{ pmol cell}^{-1} \text{ d}^{-1}$  の範囲で変動した。夜光虫の最大日間滲出 (溶出) 速度 ( $166.6 \text{ pmol N cell}^{-1} \text{ d}^{-1}$ 、 $9.9 \text{ pmol P cell}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) は、細胞内窒素・リン含有量のそれぞれ  $7.9\% \text{ d}^{-1}$  と  $6.9\% \text{ d}^{-1}$  に相当し、また最大日間アンモニア・リン排泄速度のそれぞれ 2.2% と 1.8% に相当した。

#### (9) 栄養塩動態ならびに植物プランクトン群集に対する夜光虫の影響

季節躍層が形成・発達することで深層から上層への栄養塩供給が妨げられていた 2018 ~ 2020 各年 4 ~

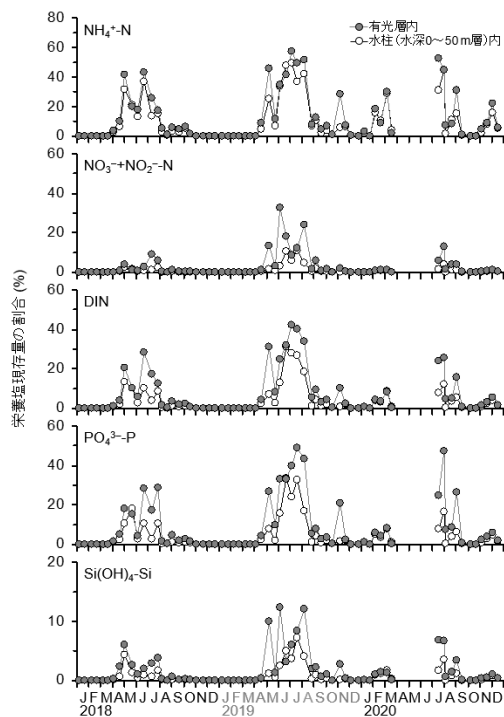


図 2 2018 年 1 月 ~ 2020 年 12 月の相模湾沿岸域の水柱 (水深 0 ~ 50 m 層) 内ならびに有光層内に存在した栄養塩現存量 (細胞内含有量+海水中濃度) に対する夜光虫の総細胞内栄養塩含有量の割合の変動。

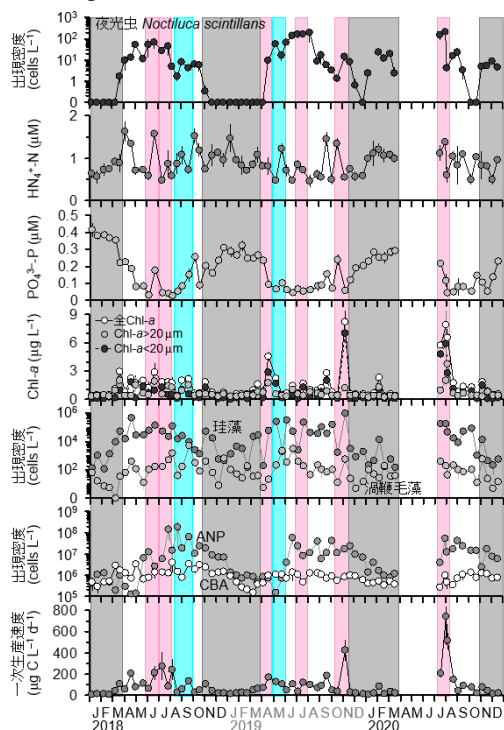


図 3 2018 年 1 月 ~ 2020 年 12 月の相模湾沿岸域の有光層内での夜光虫の出現密度、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ ・ $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$  濃度、クロロフィル *a* 濃度 ( $\text{Chl-}a$ : 全、 $>20 \mu\text{m}$ 、 $<20 \mu\text{m}$ )、珪藻・渦鞭毛藻・ANP・CBA の出現密度、一次生産速度の変動 (値は平均  $\pm$  平均誤差)。



10月の期間中(図3:灰色以外の時期)、夜光虫は赤潮を形成するに至らなかったものの、高密度に出現した時期に上層(水深10m以浅)で $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ならびに $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 濃度が一時的に上昇したか、あるいは $\text{NH}_4^+\text{-N} \cdot \text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 濃度が低かったにも関わらずマイクロ植物プランクトンの現存量( $\text{Chl-}a > 20 \mu\text{m}$ )・出現密度(珪藻、渦鞭毛藻)ならびに一次生産速度が一時的に上昇することが度々あった(図3:ピンクと黄色の時期)。さらに、マイクロ植物プランクトンの出現密度については、殆ど全ての観測日に珪藻が渦鞭毛藻よりも卓越していたものの、夜光虫が高密度に出現した時期・後に渦鞭毛藻が珪藻と同等、もしくは渦鞭毛藻が珪藻よりも卓越することが数回観測された(図3:黄色の時期)。一方、ピコ・ナノ植物プランクトンの現存量( $\text{Chl-}a < 20 \mu\text{m}$ )・出現密度(CBA、ANP)は、夜光虫の出現密度ならびに $\text{NH}_4^+\text{-N} \cdot \text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 濃度に殆ど連動しないで変動した(図3)。よって、本研究課題の目的である仮説ならびに仮説については、相模湾沿岸域で一時的に成立することが確認された。

#### (10) 物質(窒素・リン)収支に対する夜光虫由来の栄養塩の寄与率

一次生産速度からレッドフィールド比により推定した植物プランクトンの日間窒素・リン要求量( $1.61 \sim 43.39 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ,  $0.10 \sim 2.71 \text{ mmol P m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ )は、有光層内での海水中窒素現存量( $12.16 \sim 346.98 \text{ mmol N m}^{-2}$ )の $0.5 \sim 356.9\% \text{ d}^{-1}$ 、リン現存量( $0.44 \sim 18.94 \text{ mmol P m}^{-2}$ )の $0.5 \sim 563.0\% \text{ d}^{-1}$ に相当した。このことにより、植物プランクトンが一次生産(光合成)するの中海水中の窒素・リンだけでは大幅に不足することが数回あったものと考えられる。

夜光虫の出現密度と最大排泄速度、最大滲出(溶出)速度から求めた有光層内での日間窒素・リン供給量( $0 \sim 17.79 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ,  $0 \sim 1.55 \text{ mmol P m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ )は、有光層内での海水中窒素・リン現存量のそれぞれ $0 \sim 25.6\% \text{ d}^{-1}$ 、 $0 \sim 57.0\% \text{ d}^{-1}$ 、また植物プランクトンの日間窒素・リン要求量のそれぞれ $0 \sim 209.4\%$ 、 $0 \sim 290.9\%$ を満たしたと見積もられた(図4)。

同海域で期間中に他研究で得られたマイクロ動物プランクトン群集(MicroZoo:無殻繊毛虫、

有鐘繊毛虫、従属栄養性渦鞭毛虫、カイアシ類ノープリウス幼生)の出現密度と細胞(または個体)重量から既存式により求めた排泄速度に基づいて推定した有光層内での日間窒素・リン供給量( $0.21 \sim 8.75 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ,  $0.03 \sim 1.49 \text{ mmol P m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ )は、有光層内での海水中窒素・リン現存量のそれぞれ $0.1 \sim 10.8\% \text{ d}^{-1}$ 、 $0.2 \sim 48.0\% \text{ d}^{-1}$ 、また植物プランクトンの日間窒素・リン要求量のそれぞれ $1.4 \sim 77.0\%$ 、 $3.5 \sim 189.3\%$ を満たしたと見積もられた(図4)。同様にメソ動物プランクトン群集(MesoZoo:カイアシ類、尾虫類、枝角類、ヤムシ類、クラゲ類など)の出現密度と個体重量から既存式により求めた排泄速度に基づいて推定した有光層内での日間窒素・リン供給量( $0.13 \sim 2.43 \text{ mmol N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ,  $0.01 \sim 0.16 \text{ mmol P m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ )は、有光層内での海水中窒素・リン現存量のそれぞれ $0.1 \sim 5.6\% \text{ d}^{-1}$ 、 $0.1 \sim 9.2\% \text{ d}^{-1}$ 、また植物プランクトンの日間窒素・リン要求量のそれぞれ $0.9 \sim 100.2\%$ 、 $0.9 \sim 68.8\%$ を満たしたと見積もられた(図4)。

以上より、夜光虫の排泄・滲出(溶出)による窒素・リン供給量は、その出現密度が高く、なおかつ海水中の栄養塩類濃度が低かった5~7月に有光層内での栄養塩動態ならびに一次生産速度に基づく物質循環(窒素・リン収支)のいずれに対しても高い寄与率を示し、またそれらはマイクロ・メソ動物プランクトン群集の値と比較して顕著に高かった。

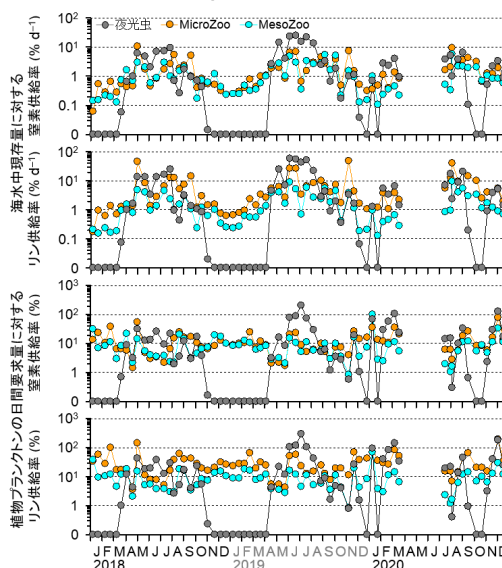


図4 2018年1月~2020年12月の相模湾沿岸域の有光層内での海水中窒素・リン現存量ならびに植物プランクトンの日間窒素・リン要求量に対する夜光虫、マイクロ動物プランクトン群集(MicroZoo)およびメソ動物プランクトン群集(MesoZoo)による日間窒素・リン供給量の割合。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ara, K., S. Fukuyama, T. Okutsu, S. Nagasaka, A. Shiimoto	4. 巻 14
2. 論文標題 Seasonal variability in phytoplankton carbon biomass and primary production, and their contribution to particulate carbon in the neritic area of Sagami Bay, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plankton and Benthos Research	6. 最初と最後の頁 224-250
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3800/pbr.14.224	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 荒 功一・島本章広・塩本明弘
2. 発表標題 相模湾沿岸域での栄養塩動態と植物プランクトン群集の応答
3. 学会等名 2018年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ara, K., Shiimoto, A.
2. 発表標題 Traditional approaches for estimating zooplankton production rate and food requirement in the neritic area of the North Pacific
3. 学会等名 North Pacific Marine Science Organization (PICES)-2018 Annual Meeting（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荒 功一・島本章広・塩本明弘
2. 発表標題 相模湾沿岸域での栄養塩動態と植物プランクトン群集の応答
3. 学会等名 2019年度日本海洋学会秋季大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------