
水環境

ハンドブック

(社)日本水環境学会 [編集]

朝倉書店

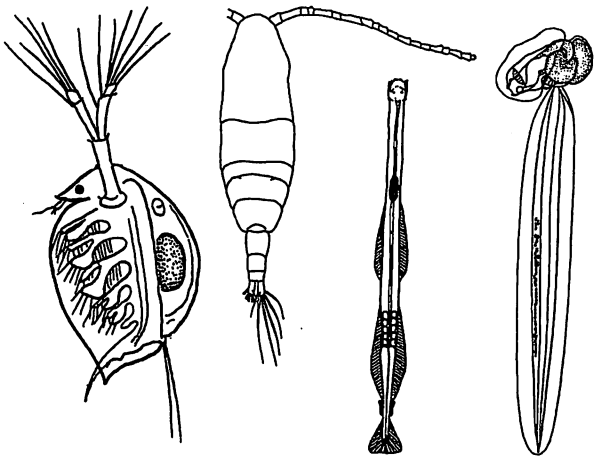


図 14.15 代表的な中・大型動物プランクトン

左側から枝角類（体長：約 1 mm）、カイアシ類（体長：約 1 mm、第 1 触角と又肢刺毛の左側は省略）、毛顎類（体長：約 2 cm）、尾虫類（体長：約 1 mm）（日本産海洋プランクトン検索図説，東海大学出版会より）。

ンクトン，デトライタスなどを雑食する。カイアシ類に次いで 2 番目に現存量が多い分類群が，体型がダーツに似ていて体長数 cm になる毛顎類（Chaetognatha，図 14.15）である。口の周辺にある顎毛と呼ばれる鋭い刺でカイアシ類などを捕獲して丸のみする肉食性動物プランクトンである。また，オタマジャクシ様の体型をした尾虫類（Larvacea，図 14.15）は自ら分泌したゼラチン質のハウスの中で摂餌水流を起こし，ハウス内に入ってくるピコ・ナノサイズの懸濁粒子を摂餌している。さらに夏季を中心に多毛類，貝類などのベントスの幼生が一時性プランクトンとして多量に出現することがある。瀬戸内海における中・大型動物プランクトンの 1/l あたりの平均炭素現存量は $10^1 \mu\text{g}$ のオーダーである³⁾。彼らの世代時間は水温の影響を強く受け，数日から数か月の範囲にある。中・大型動物プランクトンはプランクトン食性魚類などの主要な餌となっている。

c. 巨大動物プランクトン

船上から肉眼でもみることのできる 2 cm 以上のクラゲ類（刺胞動物 Cnidaria），クシクラゲ類（有櫛動物 Ctenophora），サルパ類（Thaliacea）などが巨大動物プランクトン（megazooplankton）である。これらは浮遊適応のために体がゼラチン質で構成されている共通点がある。クラゲ類，クシクラゲ類は典型的な肉食者であり，その中でもミズクラゲ，カブトクラゲはわが国の沿岸域で最も現存量が多い。瀬戸内海ではミズクラゲは初春に幼クラゲとして出現し，成長して夏に最大となり，秋には消失するの

が一般的である。カブトクラゲは主として夏に多量に出現する。一方，サルパ類は植物プランクトンなどの懸濁粒子をろ過摂餌する。無性的な出芽などにより増殖するので，サルパ類は巨大動物プランクトンの中では最も成長速度が高く，植物プランクトンの摂餌圧も強大である。これらの巨大動物プランクトンが大量出現すると漁網を塞ぐなどの被害をもたらすことがある。 [上 真一]

文 献

- 1) Uye S, Iwamoto N, Ueda T, Tamaki H and Nakahira K (1999) : Geographical variations in the trophic structure of the plankton community along a eutrophic-mesotrophic-oligotrophic transect. *Fish Oceanogr*, 8 : 227-237.
- 2) Uye S, Nagano N and Tamaki H (1996) : Geographical and seasonal variations in abundance, biomass and estimated production rates of microzooplankton in the Inland Sea of Japan. *J Oceanogr*, 52 : 689-703.
- 3) Uye S and Shimazu T (1997) : Geographical and seasonal variations in abundance, biomass and estimated production rates of meso- and macrozooplankton in the Inland Sea of Japan. *J Oceanogr*, 53 : 529-538.

14.4.3 植物プランクトン

植物プランクトン（phytoplankton）は，クロロフィル，カロチノイド，フィコビルリンなどの色素によって光エネルギーを利用し，光合成（photosynthesis）を行う浮遊性の微細藻類（microalgae）であり，多くは観察に顕微鏡を必要とする微生物（microorganisms）である。藻類は系統的に単一でなく人為的に取りまとめられた生物群であり，強いて定義するならば「光合成の過程で酸素を発生する生物の中から，コケ植物，シダ植物，および種子植物を除いたもの」となる。藻類の門は，光合成色素の組成および光合成産物である貯蔵物資を主たる基準とし，これらに生殖細胞や鞭毛，分子系統研究の成果などを勘案して，現在 11 門に分類されている（表 14.2）^{1,2)}。表 14.2 から明らかなように，藻類は原核生物と真核生物の両方にまたがっており，きわめて多様な生物群といえる。細胞の微細構造研究や分子系統学研究的発展により，藻類は起源の異なる多様な生物の集合（共生体）であることがわかってきた³⁾。この共生説によれば，真核藻類の葉緑体（chloroplast）の起源は酸素発生型光合成を行う原核生物であるという。さらにこの共生体である真核微細藻類が他の従属栄養（heterotrophy）の真核生物に取り込まれ，葉緑体として定着して（真核共生）さらに多様な真核藻類が生まれることになった。

表 14.2 藻類の分類

原核植物類 (Prokaryophyta)
藍色植物門 (Cyanophyta)
藍藻綱 (Cyanophyceae)
原核緑色植物門 (Prochlorophyta)
原核緑色藻綱 (Prochlorophyceae)
真核植物類 (Eukaryophyta)
灰色植物門 (Glaucophyta)
灰色藻綱 (Glaucophyceae)
紅色植物門 (Rhodophyta)
紅藻綱 (Rhodophyceae)
クリプト植物門 (Cryptophyta)
クリプト藻綱 (Cryptophyceae)
渦鞭毛植物門 (Dinophyta)
渦鞭毛藻綱 (Dinophyceae)
黄色植物門 (Chromophyta)
= 不等毛植物門 (Heterokontophyta), オクロ植物門 (Ochrophyta)
黄金色藻綱 (Chrysophyceae)
ラフィド藻綱 (Raphidophyceae)
= 緑色鞭毛藻綱 (Chloromonadophyceae)
珪藻綱 (Bacillariophyceae)
褐藻綱 (Phaeophyceae = Fucophyceae)
黄緑色藻綱 (Xanthophyceae = Tribophyceae)
真眼点藻綱 (Eustigmatophyceae)
ディクティオカ藻綱 (Dictyochophyceae)
ペラゴ藻綱 (Pelagophyceae)
ピングイオ藻綱 (Pinguiphyceae)
ハプト植物門 (Haptophyta)
= プリムネシウム植物門 (Prymnesiophyta)
ハプト藻綱 (Haptophyceae)
= プリムネシウム藻綱 (Prymnesiophyceae)
クロララクニオン植物門 (Chlorarachniophyta)
クロララクニオン藻綱 (Chlorarachniophyceae)
ユーグレナ植物門 (Euglenophyta) = ミドリムシ植物門
ユーグレナ藻綱 (Euglenophyceae) = ミドリムシ藻綱
緑色植物門 (Chlorophyta)
ブラシノ藻綱 (Prasinophyceae)
緑藻綱 (Chlorophyceae)
アオサ藻綱 (Ulvophyceae)
トレボキシア藻綱 (Trebouxiophyceae)
シャジクモ藻綱 (Charophyceae)

(文献1の表を元に、筑波大学生物科学系植物系統分類学研究室 (<http://www.biol.tsukuba.ac.jp/~inouye/ino/contents.html>) と文献2を参考に作成した)

海産微細藻の仲間は、従属栄養種と光合成種が単系統を形成している場合が多く、また鞭毛による遊泳能力を有し、光合成を行い、餌生物を摂食するという混合栄養 (mixotrophy) の種も少なからず存在している。以上から植物プランクトンを、単純に光合成を行う海の単細胞植物というと考え方をするのは妥当でなく、他の単細胞性の従属栄養を営む原生生物と併せてその生理生態を考慮する必要がある。

植物プランクトンの分類や栄養形態が複雑である

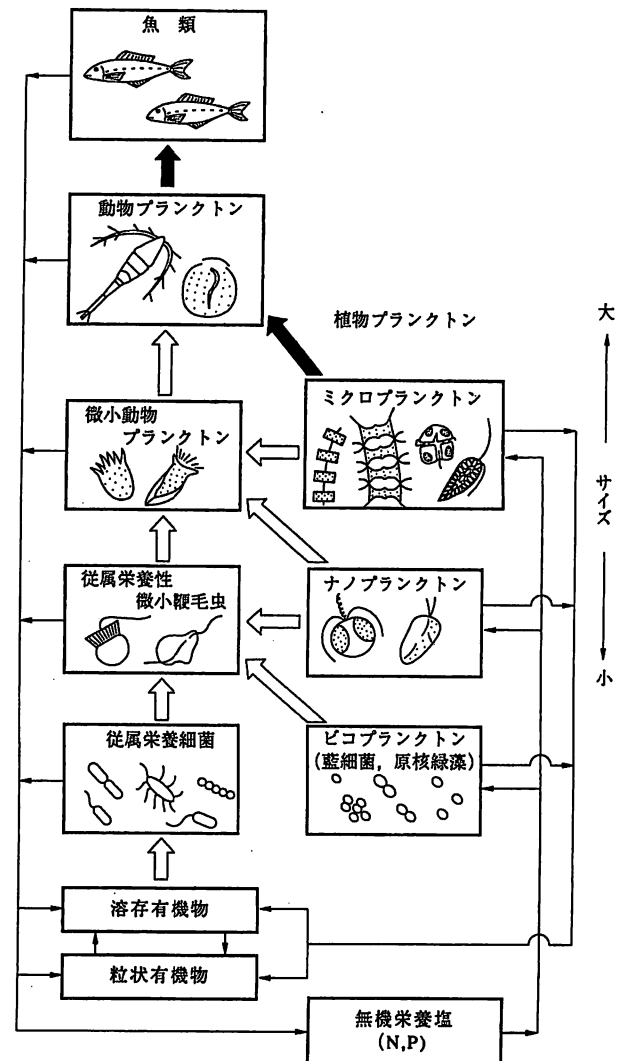


図 14.16 海洋の生物生産過程における、種々のサイズの植物プランクトンを考慮した食物網の概略図^{4,5)} 植物性マイクロプランクトン→動物プランクトン→魚類の連鎖は従来の生食連鎖を表す。

とはいえ、植物プランクトンが海の生物生産過程における基礎生産者 (primary producer) として基本的に重要な役割を演じていることに変わりはない。植物プランクトンはサイズによって、マイクロ (20~200 μm)、ナノ (2~20 μm)、ピコプランクトン (2 μm 以下) におおむね分けられる。海洋の生物生産過程における、種々のサイズの植物プランクトンを考慮した食物網 (food web) の概略図を図 14.16 に示した^{4,5)}。最もサイズの小さい植物性ピコプランクトン (picoplankton) は、従属栄養細菌 (heterotrophic bacteria) と併せて従属栄養性微小鞭毛虫類 (heterotrophic nanoflagellates) に捕食され、植物性ナノプランクトン (nanoplankton) は従属栄養性微小鞭毛虫類と併せて微小動物プランクトン (microzooplankton) に捕食される。植物性ミクロ

表 14.3 種々の有害有毒藻類ブルームのタイプ⁷⁾ (文献 8 を参考に作成)

1. 大量増殖赤潮 (バイオマスブルーム) : 基本的には無害であるが, 高密度に達した場合には溶存酸素の欠乏などを引き起こして魚介類をへい死させる 原因生物 : <i>Gonyaulax polygramma</i> , <i>Noctiluca scintillans</i> , <i>Trichodesmium erythraeum</i> , <i>Scrippsiella trochoidea</i> , <i>Prorocentrum micans</i> , <i>Ceratium furca</i> など
2. 有毒ブルーム : 強力な毒を産生し, 食物連鎖を通じて人間に害を与えるもの。海水が着色しない低密度の場合でも毒化現象 (特に二枚貝) がしばしば起こる 原因生物 麻痺性貝毒 : <i>Alexandrium tamarense</i> , <i>A. catenella</i> , <i>Gymnodinium catenatum</i> など 下痢性貝毒 : <i>Dinophysis fortii</i> , <i>D. acuminata</i> , <i>Prorocentrum lima</i> など 記憶喪失性貝毒 : <i>Pseudo-nitzschia multiseries</i> , <i>P. australis</i> など 神経性貝毒 : <i>Karenia brevis</i> シガテラ毒 : <i>Gambierdiscus toxicus</i>
3. 有害赤潮 : 人間には無害であるが養殖魚介類を中心に大量へい死被害を与えるもの 原因生物 : <i>Chattonella antiqua</i> , <i>C. marina</i> , <i>C. ovata</i> , <i>C. verruculosa</i> , <i>Heterosigma akashiwo</i> , <i>Heterocapsa circularisquama</i> , <i>Karenia mikimotoi</i> , <i>Cochlodinium polykrikoides</i> , <i>Chrysochromulina polylepis</i> など
4. 珪藻赤潮 : 通常は海域の基礎生産者として重要な珪藻類が, 海苔養殖の時期に増殖して海水中の栄養塩類を消費し, 色落ちによる海苔の品質低下を引き起こして漁業被害を与えるもの 原因生物 : <i>Eucampia zodiacus</i> , <i>Coscinodiscus wailesii</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Rhizosolenia imbricata</i> , <i>Chaetoceros</i> spp. など

プランクトン (microplankton) は微小動物プランクトンや動物プランクトンに捕食され, 最終的には上位の魚介類の生産につながり人間のために必要な有用水産生物の生産を支えている。この食物網の中で重要な点は, 植物プランクトンが捕食される際, 同様のサイズの従属栄養生物と併せて上位の捕食者に捕食されることである。すなわち, 食段階が上がっていくにつれてより大きいサイズの生物に変換されていくとみなすことができる。したがって, サイズの大きい植物プランクトンが基礎生産者である生態系 (湧昇域や沿岸域) では, 生食連鎖 (grazing food chain) は, 高次の生物への食段階数が比較的少なくなり, 効率のよい生物生産が実現される傾向がある。逆に, 植物プランクトンのサイズが小さい場合 (外洋域や貧栄養的な水域) は, 大型の生物に至るまでに数多くの食段階が必要となり, 生産効率の低い生物生産となってしまう。

前述のように, 植物プランクトンには混合栄養性の種類が多く存在しており, サイズの小さいものはもちろん, 自身と同じ程度のサイズの生物 (植物プランクトンや従属栄養生物) を捕食している。また渦鞭毛藻の仲間には, 従属栄養性の種が多く存在し, さまざまな摂食様式で植物プランクトンや微小動物プランクトンなどを摂食している。これらのことは, 基礎生産 (primary production) を含む低次生物生産物が単純に上位の生物へと効率よく転送されていくわけではないことを示している。また近年, 藻類ウイルス (viruses) が植物プランクトンへ感染し

殺滅することが示されたことから⁶⁾, 基礎生産について見直しが必要となっている。

海域における植物プランクトンの生産は, 主要な栄養塩である窒素の起源によって, 再生生産 (regenerated production) と新生産 (new production) に大別される。前者は有光層内 (euphotic zone) で生物の排泄や細菌 (bacteria) による有機物の分解の結果再生されたアンモニア態や尿素態の窒素に基づく生産, 後者は有光層下から鉛直混合や湧昇 (upwelling) によって供給された硝酸態窒素, あるいは流入河川水や降雨に由来する窒素, または固定窒素に基づく生産をいう。持続可能な漁獲は新生産に基本的に依存しており, 漁獲が再生産に食い込むとその海域から窒素の総量が減少して生産量が縮小することになる。富栄養化 (eutrophication) した沿岸域の基礎生産は新生産による割合が高い。

海域における基礎生産は, 基本的には図 14.16 に示した生物生産過程を通じて呼吸などの無機化を経ながら有機物が高次生物へと転送される。東京湾, 三河湾, 伊勢湾, 瀬戸内海, 博多湾などの富栄養化した水域においては, 季節や環境条件が好適な場合, 植物プランクトンが大量に増殖して海水を着色させるような赤潮 (red tides) が発生する。赤潮は新生産に起因し, 捕食などを通じて食物連鎖に参入しなかった過剰な基礎生産とみなすことができる。また, 増殖した有毒な植物プランクトンが食物連鎖を通じて二枚貝類に蓄積された場合には, 貝毒 (shellfish poisoning) の問題が生じる。赤潮や貝毒の原因と

なる植物プランクトンの増殖は有害有毒藻類ブルーム (harmful algal bloom) と総称されている (表 14.3)^{7,8)}。有害赤潮は養殖魚介類の大量へい死を通じて大規模な漁業被害を引き起こし、たとえば 1972 年夏季の赤潮被害によって播磨灘赤潮訴訟が起こるなど社会問題にもなっている。有毒ブルームは貝毒の発生を通じて人間に健康被害を与えるだけでなく、付随する出荷停止による経済的被害も大きい。珪藻赤潮はノリ養殖を行う秋～春季に養殖海域で発生した場合に、栄養塩 (特に窒素) を枯渇させて海苔の色落ち被害を引き起こしており、その被害は有明海や播磨灘などで深刻な状況にある。大量増殖赤潮は基本的には無害であるが、高密度になった後の分解過程で溶存酸素の欠乏などを引き起こし、魚介類をへい死させることで漁業被害が生じる。

閉鎖性水域において、植物プランクトンの増殖 (基礎生産) を通じて有機物が生産されることは、有機物量増大の観点から内部生産と呼ばれる。図 14.16 に示した生物生産過程が正常に作動している場合は、基礎生産は豊かな漁業生産を支える基本として重要かつ有用である。しかしながら、赤潮の発生などによって短期間で大量に過剰な基礎生産が生じると動物プランクトンなどに消費されずに沈降し、海底付近で有機物が分解され酸素が消費されて、生物が生息できない貧酸素水塊が形成される。この貧酸素水塊が気象海象条件によって沿岸域に湧昇すると青潮が引き起こされ、アサリなどの生物の大量へい死の原因となる。このように赤潮が発生すると、貧酸素水塊が発生しやすくなるといった悪循環が形成されるといえる。 [今井一郎]

文 献

- 1) 今井一郎, 吉永郁生 (1998): 海洋微生物の分類. 沿岸の環境圏 (平野敏行編), pp.134-138, フジ・テクノシステム.
- 2) Kawachi M, Inouye I, Honda D, O'Kelly CJ, Bailey JC, Bidigare RR and Andersen RA (2002): The Pinguiphyceae *classis nova*, a new class of photosynthetic stramenopiles whose members produce large amounts of omega-3 fatty acids. *Phycological Res*, 50 : 31-47.
- 3) 井上 勲 (1996): 真核光合成生物の多様性をもたらしたもの. 科学, 66 : 255-263.
- 4) 今井一郎 (1989): 沿岸域における微生物の生態. 沿岸海洋研究ノート, 27 : 85-101.
- 5) 今井一郎 (1998): 海洋生態系における海洋微生物の位置づけと役割. 沿岸の環境圏 (平野敏行編), pp.128-133, フジ・テクノシステム.
- 6) 長崎慶三 (2000): 水圏環境中の真核藻類とウイルスの相互関係. 月間海洋号外, No.23 : 197-201.
- 7) 今井一郎 (2001): 沿岸海洋の富栄養化と赤潮の拡大.

海と環境—海が変わると地球が変わる, 日本海洋学会編, pp.203-211, 講談社サイエンティフィク.

- 8) Hallegraeff GM (1993): A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 32 : 79-99.

14.4.4 底生生物

ベントス (benthos : 底生生物) は、文字どおり海底を生活の場としている生物群集の総称であり、一般には水中で遊泳したり (nekton : ネクトン)、漂ったり (plankton : プランクトン) している生物群集との対比で用いられる概念である。

その類別は、体長などのサイズによるものが一般的だが、もともとは砂泥域に生息しているベントス群集を篩い分けすることによって採取するとき用いられたものである。現在は、岩礁などに生息するものも含めて、サイズによって区分する方法が採られている。

サイズの小さいほうから、マイクロベントス (microbenthos), メイオベントス (meiobenthos), マクロベントス (macrobenthos), メガベントス (megabenthos) と分けられている。

マイクロベントスには、明確なサイズ規格がないが、このカテゴリーに含まれる生物は、バクテリアや藍藻などの原核生物および単細胞の原生動物や微小藻類などが含まれる。まれに、このマイクロベントスを、細菌などのピコベントス (picobenthos) と微細藻類や原生動物などが含まれるナノベントス (nanobenthos) の 2 画分にさらに分ける研究者もいる。

メイオベントスは、成体の大部分が 0.5 mm ないし 1.0 mm 目合いの篩を通過する小型の多細胞動物をいう。しばしば見つかるのは、ソコミジンコなどの甲殻類や自由生活線虫類、棘皮虫類、小型の渦虫類などである。なお、サイズによる分類なので、マクロベントスの幼稚体などもこのカテゴリーに含まれる。

マクロベントスは、その成体や幼稚体の大部分が、0.5 mm ないし 1.0 mm 目の篩上に残るサイズのものを用いる。このサイズカテゴリーは、ほとんどの二枚貝や巻き貝などの腹足類、ゴカイなどの多毛類、ウミグモなどの節足動物、ヨコエビや底生コペポダなどの甲殻類など多彩である。

メガベントスは cm サイズ以上の大型海藻類やアマモなどの維管束をもつ海草類、魚介類などが含まれる。

水環境ハンドブック

定価は外函に表示

2006年10月30日 初版第1刷

編集者 (社)日本水環境学会
発行者 朝 倉 邦 造
発行所 株式 朝 倉 書 店
 会社

東京都新宿区新小川町6-29
郵便番号 162-8707
電話 03(3260)0141
FAX 03(3260)0180
<http://www.asakura.co.jp>

〈検印省略〉

©2006 〈無断複写・転載を禁ず〉

教文堂・渡辺製本

ISBN 4-254-26149-7 C 3051

Printed in Japan