

第17回 北洋研究シンポジウム

—北太平洋亜寒帯海域における生産—

(2) プランクトン群集を中心とした餌料環境

共催 北海道大学水産学部  
水産海洋研究会

日 時: 昭和61年1月28日(火) 10時~17時  
会 場: 北海道大学水産学部6階会議室 (函館市港町 3-1-1)  
コンビーナー: 三島清吉 (北海道大学水産学部)  
箕田嵩 (北海道大学水産学部)  
米田義昭 (北海道大学水産学部)  
挨拶: 佐藤修 (北海道大学水産学部長)  
平野敏行 (水産海洋研究会会長)

話題および話題提供者

座長 大和田 守 (函館海洋气象台)

1. 北海道北部沿岸域における春季から夏季の  
渦鞭毛藻の水平分布 宮園 章 (北海道大学水産学部)
2. 亜寒帯水域における植物プランクトン群集の  
分布パターン 唐牛 公平 (函館海洋气象台)
3. 人為的環境における生物餌料の生産様式 草刈 宗晴 (北海道立栽培漁業総合センター)

座長 谷口 旭 (東北大学農学部)

4. 北太平洋亜寒帯水域における尾虫類の  
季節的分布 志賀 直信 (北海道大学水産学部)
5. 東北海区におけるサンマ餌料としての  
動物プランクトンの分布 小谷祐一・小達和子 (東北区水産研究所)

座長 箕田 嵩 (北海道大学水産学部)

6. 北西北太平洋域の餌料動物  
プランクトンの分布について 河村 章人 (北海道大学水産学部)
7. 亜寒帯海域の植食性動物  
プランクトンの生産生態 谷口 旭 (東北大学農学部)

総合討論 司会 辻田 時美

# 1. 北海道北部沿岸域における春季から秋季の渦鞭毛藻の水平分布

宮 園 章 (北海道大学水産学部)

北海道北部, 日本海およびオホーツク海沿岸域では, 春から秋にかけて, 対馬暖流, 宗谷暖流の勢力が強くなるのに伴い, 植物プランクトンの組成が冷水種から暖水種へと変化することが知られているが, 日本海側とオホーツク海側における植物プランクトン, 特に渦鞭毛藻類群集の比較は十分になされていない。一般に, 北海道沿岸では渦鞭毛藻は珪藻の春季ブルームの終わったのち, 暖水期に増加し, 夏季の植物プランクトン群集において重要な組成となることが知られているが, それらの定量的研究はほとんどない。本研究では, 1983年の春-秋季に標記日本海側とオホーツク海側海域の表層における渦鞭毛藻の水平分布を調査し, 渦鞭毛藻群集の特徴を水塊分布との関係から検討を行った。

図1に調査時期毎の調査地点の配列を示した。渦鞭毛藻の採集はすべて表面採水法(1L)により, 同時に表面水温, 塩分の測定を行った。渦鞭毛藻の同定および種毎

の計数は倒立顕微鏡下で行ったが, *Gymnodiniales*, *Prorocentrum minimum* および *P. balticum* は同定が困難だったため計数対象から除いた。

調査海域の水塊構造をみると, 各月ともに日本海側は対馬暖流水, オホーツク海側のごく沿岸域は宗谷暖流水, 沖合域はオホーツク海表層低塩分水がそれぞれ分布し, 宗谷暖流域とオホーツク海表層低塩分水域の間にはフロント構造が存在した。

渦鞭毛藻の総細胞数は暖流域と寒流域とで異なる季節分布を示した。すなわち, 日本海側では, 5月には  $4 \times 10^2 \sim 2 \times 10^3$  cells/L, 8月には  $2 \times 10^2 \sim 2 \times 10^3$  cells/L および10月には  $1.7 \times 10^2 \sim 5 \times 10^2$  cells/L, オホーツク海沿岸域では, 5月には  $2 \times 10^2 \sim 2.2 \times 10^3$  cells/L, 8月には  $1.4 \times 10^2 \sim 2.7 \times 10^2$  cells/L および10月には  $2.4 \times 10^2 \sim 5.4 \times 10^2$  cells/L であり, 両水域とも細胞数は5月に多く, 8, 10月には減少した。一方, オホーツク海沖合域では5月には  $1.4 \times 10^2$  cells/L (5月にはオホーツク海側の調査地点が少なく, 猿払沿岸域の Sta. 19 を沖合域とみなした), 8月には  $4.0 \times 10^2 \sim 3.6 \times 10^3$  cells/L および10月には  $7.0 \times 10^2 \sim 8.6 \times 10^2$  cells/L であり, 他の2水域とは異なって, 細胞数は8月に最も多く, 10月には減少して海域間にはさしたる相違がなくなった。

出現した渦鞭毛藻は未査定11種を含む20属 103種であった。5月には, 広分布種と冷水性種が多種にわたって出現し, 種組成は日本海側の南 (Sta. 1~5) と北 (Sta. 6~12) および沖合と沿岸とで一部異なるものの, 総じて海域間には差はなく, 全般に広分布種が優占する種組成を示した。8月の種組成は海域毎に異なった。日本海側は暖水性種による組成を示すが, 種毎にみるとその出現は散発的である。利尻, 礼文島の東側海域から宗谷海峡およびオホーツク海沿岸域では暖水性種と広分布種の混合組成を示し, オホーツク海側では岸寄りから沖合に向かって広分布種の出現比率が増加した。オホーツク海側の沖合地点では *Protogonyaulax tamarensis* と, 5月に出現した広分布種および冷水性種が優占する組成を示した。これらのうち, *Scrippsiella trochoidea*, *Protogonyaulax tamarensis* はそれぞれ特徴ある分布を示し, 前者は宗谷海峡からオホーツク海沖合域まで広く分

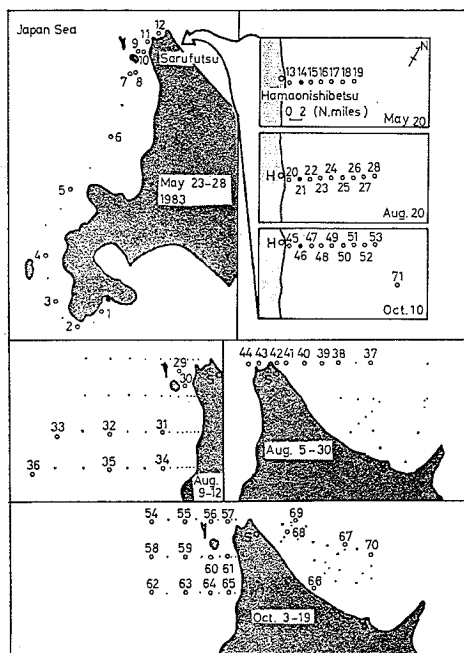


図1 浜鬼志別・猿払沖(上段右)および日本海, オホーツク海における調査定点, 1983年, 白丸は渦鞭毛藻採集点, 黒丸は海洋調査点を示す。

布したが、後者はオホーツク海沖合地点にのみ分布した。また、これら2種は出現細胞数が最も多く、最大細胞数はそれぞれ 905 cells/l (Sta. 39) および 1970 cells/l (Sta. 28) に達した。10月には暖流系種の種組成に占める割合が増加し、特に日本海側、オホーツク海側沿岸域では *Palaeophalacroma verrucosum* の出現比率がそれぞれ最高 89% (Sta. 55) と 90% (Sta. 48) を示し、かつ両水域ともに種組成は類似していた。一方、オホーツク海沖合では、冷水種の出現比率は8月に比べて減少し、主に広分布種による組成となるが、*P. verrucosum*、*Ceratium kofoidii*、*Protoferidinium quarnerence* などの暖流系種も出現し、寒流域への宗谷暖流水の流入を示唆する。

4~5月の北海道北部沿岸域では、冷水沿岸性珪藻が卓越すること(川原田, 1964; 大和田, 1970)が知られているが、5月の渦鞭毛藻群集に水域間の差が小さいのは主組成となった広分布種が北海道沿岸域に在来の種であったためであろう。8, 10月の渦鞭毛藻群集に対する暖流の影響は暖水性種あるいは暖海性種の出現をともなうことやこれが暖流の勢力の増大に伴って暖流域から寒流域(オホーツク海沖合域など)へ広がることで示された。

8月のオホーツク海沖合域における渦鞭毛藻の出現細胞数は日本海側に比べて多く、最大値で18倍、平均値で7倍の差がみられ、この大きな違いは特記すべきである。夏季のオホーツク海側はフロント域が南北に広がる複雑な海況を示し、同月にオホーツク海沖合域では *Scrippsiella trochoidea* と *Protogonyaulax tamarensis* が優占、大增殖するという生態的特徴がある。HOLLIGAN (1979)、SELIGER *et al.* (1979) はフロント域における渦鞭毛藻のパッチを観察し、パッチ形成の要因としてフロント域の物理的機構と栄養塩環境およびこのような条件下で増殖しうる特性をもつ種組成の存在であることを

指摘している。したがって、オホーツク海沖合域の特質は南北にのびるフロントの存在と密接な関係があるものと思われる。また、内湾域においては渦鞭毛藻-微小動物プランクトン-高次消費者の食物連鎖 (TURNER and ANDERSON, 1983; STOECKER *et al.*, 1984) を形成するとの指摘もあり、フロント域において渦鞭毛藻が高密度に分布することは夏季のオホーツク海の高次消費者にとって好適な餌場として機能しているかもしれない。

## 文 献

- HOLLIGAN, P.M. (1979) Dinoflagellate blooms associated with tidal fronts around the British Isles. *In*, Toxic Dinoflagellate Blooms, ed. D.L. TAYLOR and H.H. SELIGER, Elsevier/North Holland, New York, 249-256.
- 川原田裕 (1964) ミクロプランクトンによる北太平洋北部海域の海況解析に関する研究. 北海道大学学位論文, 198 pp.
- 大和田 守 (1970) 日本海のミクロプランクトン性状と海況との関係に関する研究. 北海道大学学位論文, 182 pp.
- SELIGER, H.H., M.A. TYLER and K.R. MCKINLEY (1979) Phytoplankton distributions and red tides resulting from frontal circulation patterns. *In*, Toxic Dinoflagellate Blooms, ed. D.L. TYLER and H.H. SELIGER, Elsevier/North Holland, New York, 239-248.
- STOECKER, D.K., L.H. DAVIS and D.M. ANDERSON (1984) Fine scale spatial correlations between planktonic ciliates and dinoflagellates. *J. Plankton Res.*, 6(5), 829-842.
- TURNER, J.T. and D.M. ANDERSON (1983) Zooplankton grazing during dinoflagellate blooms in a Cape Cod embayment, with observations of predation upon tintinnids by copepods. *Marine Ecology*, 4(4), 359-374.

## 2. 亜寒帯水域における植物プランクトン群集の分布パターン

唐 牛 公 平 (函館海洋气象台)\*

亜寒帯水域の海洋構造と気象・気候がもたらす大きな低次生産はこの水域の豊かな高次の有用水産資源を支えている。この水域の基礎生産および植物プランクトンの時空間分布について多数の調査研究があり、沿岸域における季節変化や広域の分布などの報告がある。亜寒帯水域の冬季の気象条件の厳しさや、海域の大きさなどから、冬季の資料や広域の季節変化の資料などは非常に限られている。本報告は函館海洋气象台観測船高風丸の観測資料を用いて千島列島水域の植物プランクトンの季節分布パターンを紹介するもので、1963-68年の採水による珪藻資料の中から広域のものを選んで季節順に示した。このため年変動や年による季節変化のズレなどがあるため季節変化そのものを示すものではないが、季節分布の傾向を知ることが出来る。

図1-7に海水1 l中の珪藻細胞数(A)と主要珪藻群集(B)を示した。この水域の出現種を次の代表群集に区分した。沿岸性群集は *Chaetoceros-Hyalochaete* 群(H), *Thalassiosira* 群(T), *Fragilaria* 群(F), 外洋性群集は *Chaetoceros-Phaeoceros* 群(P), 他に *Nitzschia* 群

(N), 暖水群集(W), *Rhizosolenia stolterfothii* (R) である。季節順の分布パターンは次のようになる。

1) 1965年5月(1A, B): 細胞数は北海道の南-南東方で  $10^4$   $10^6$  台, 千島列島南側で  $10^4$ - $10^5$  台, 列島南方沖合(150°E 以東)で  $10^3$  台である。沿岸群集が卓越し、北海道の南西で *Hyalochaete* 群(*C. radicans*, *C. debilis*), 南東方で *Hyalochaete* 群(*C. debilis*, *C. furcellatus* 他), *Thalassiosira* 群, *Fragilaria* 群, 千島列島南側は *Thalassiosira* 群(*T. nordenskiöldii*, *T. gravigida*) が分布する。沿岸群集の縁辺部に *Phaeoceros* 群(主に *C. convolutus*) と *Rhizosolenia* heb. f. *semispina*, *Denticulopsis*, *Corethron* 等の外洋種が分布し、その沖合は *Nitzschia* 群集となる。

2) 1964年5-6月(2A, B): 千島列島の南側で  $10^4$ - $10^6$  台, 北側は  $10^4$ - $10^5$  台で、北側の西寄りには  $10^3$  台, 北海道の沿岸はオホーツク海側, 太平洋側共に  $10^2$ - $10^4$  である。北海道の南に *Hyalochaete* 群(主に *C. debilis*), その東方-千島列島水域は *Hyalochaete* 群(*C. debilis*), *Thalassiosira*, *Fragilaria* の沿岸群集で、

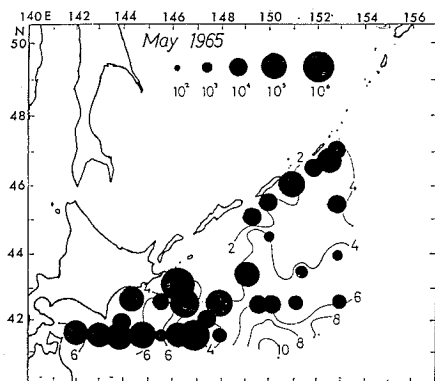


図1.A. 海面珪藻細胞数(1 l中)と海面水温(5月)

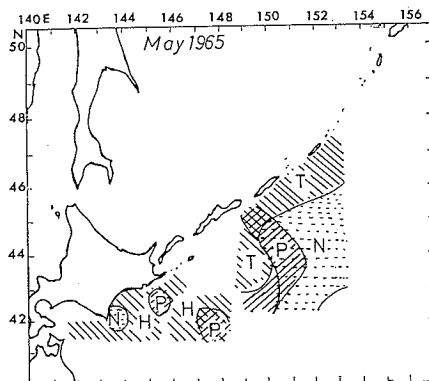


図1.B. 珪藻群集の分布パターン(5月)

H: *Hyalochaete* 群, T: *Thalassiosira* 群  
P: *Phaeoceros* 群, N: *Nitzschia* 群  
W: 暖水群集

\* 現在網走地方气象台

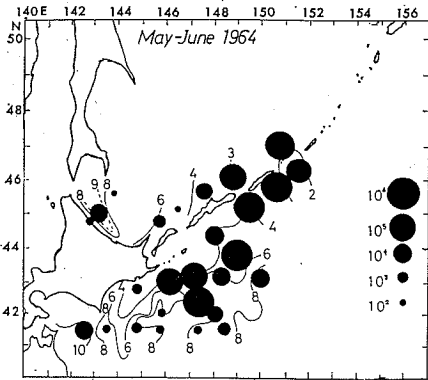


図 2.A. 海面珪藻細胞数(1/l中)と海面水温(5~6月)

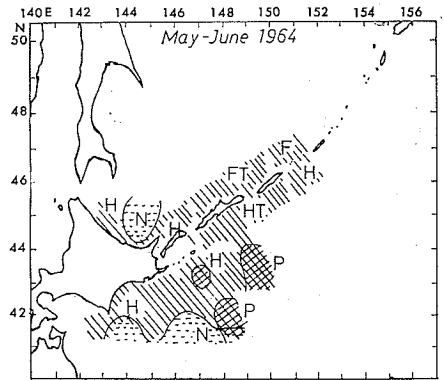


図 2.B. 珪藻群集の分布パターン(5~6月)  
H: *Hyalochaete* 群, T: *Thalassiosira* 群  
F: *Fragilaria* 群, P: *Phaeoceros* 群  
N: *Nitzschia* 群

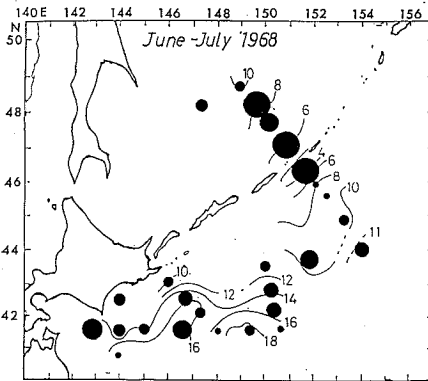


図 3.A. 海面珪藻細胞数(1/l中)と海面水温(6~7月)

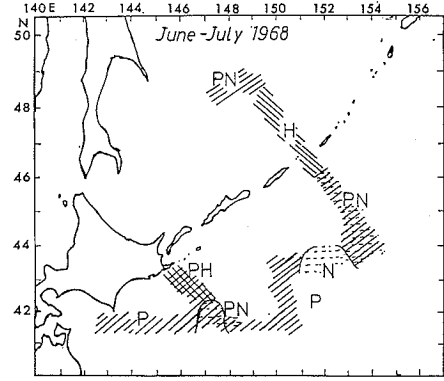


図 3.B. 珪藻群集の分布パターン(6~7月)  
H: *Hyalochaete* 群, P: *Phaeoceros* 群  
N: *Nitzschia* 群

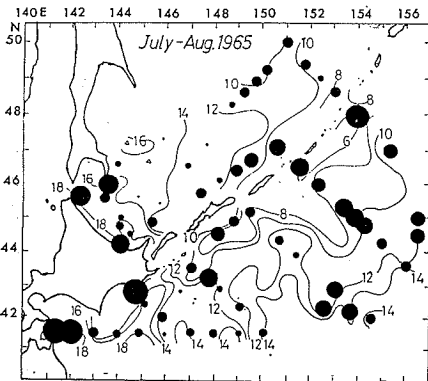


図 4.A. 海面珪藻細胞数(1/l中)と海面水温(7~8月)

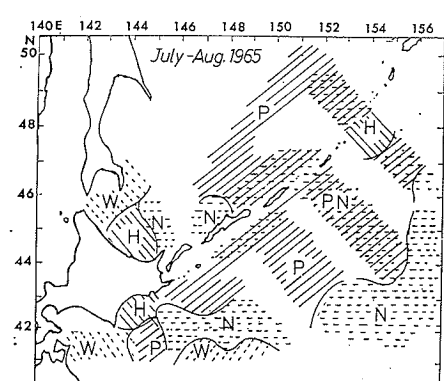


図 4.B. 珪藻群集の分布パターン(7~8月)  
H: *Hyalochaete* 群, P: *Phaeoceros* 群  
N: *Nitzschia* 群, W: 暖水群集

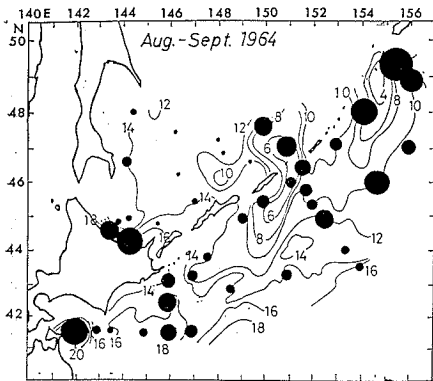


図 5.A. 海面珪藻細胞数(1/l中)と海面水温(8~9月)

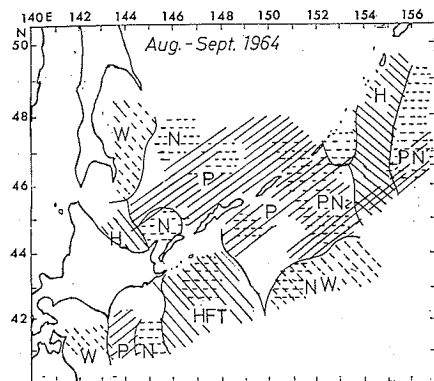


図 5.B. 珪藻群集の分布パターン(8~9月)  
 H: *Hyalochaete* 群, T: *Thalassiosira* 群  
 F: *Fragilaria* 群, P: *Phaeoceros* 群  
 N: *Nitzschia* 群, W: 暖水群集

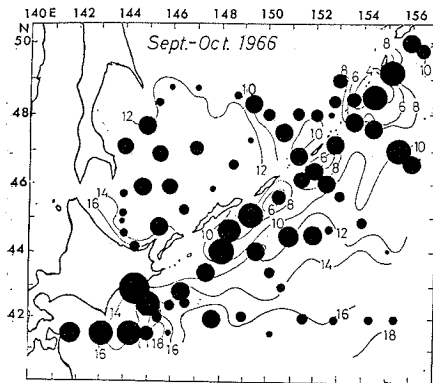


図 6.A. 海面珪藻細胞数(1/l中)と海面水温(9~10月)

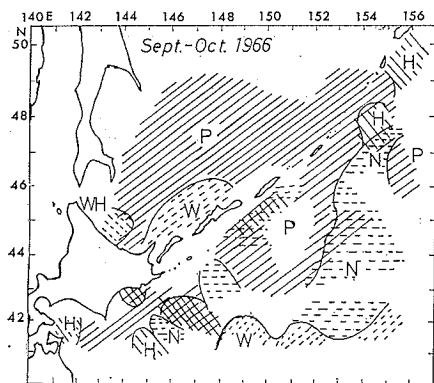


図 6.B. 珪藻群集の分布パターン(9~10月)  
 H: *Hyalochaete* 群, P: *Phaeoceros* 群  
 N: *Nitzschia* 群, W: 暖水群集

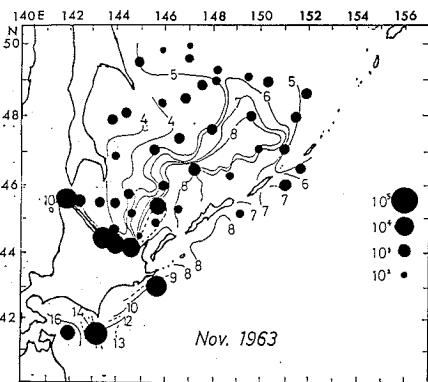


図 7.A. 海面珪藻細胞数(1/l中)と海面水温(11月)

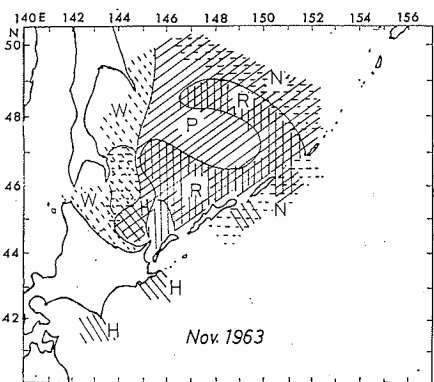


図 7.B. 珪藻群集の分布パターン(11月)  
 H: *Hyalochaete* 群, P: *Phaeoceros* 群  
 N: *Nitzschia* 群, W: 暖水群集  
 R: *Rhizosolenia storterfothii*

列島北側には *Denticulopsis* も多い。太平洋側は沿岸群集の外縁部に *Phaeoceros* (*C. atlanticus*, *C. convolutus*), その南側は *Nitzschia* 群となる。オホーツク海の沿岸は *Hyalochaete* の他に *Skeletonema*, *Leptocylindrus*, *Nitzschia* を含む沿岸群集が分布する。

3) 1968年6-7月(3A, B): 列島中部のウルップ水道からオホーツク海南部で  $10^4$ - $10^5$  台, 北海道東方沖は  $10^8$  台となる。オホーツク海南部は *C. debilis*, *C. radicans* の *Hyalochaete* 群, その北の  $50^\circ$ - $51^\circ$ N は *C. atlanticus*, *C. convolutus*, *C. concavicornis*, *Denticulopsis* の *Phaeoceros* 群が分布する。列島南側では *C. convolutus* と *Thalassiothrix* が優占し, その沖に *Nitzschia* 群がある。

4) 1965年7-8月(4A, B): 北海道の南西で  $10^4$ - $10^5$  台, 南千島列島南側は  $10^8$  台でその沖合は  $10^8$  台, 北千島はその南東沖を含めて  $10^2$ - $10^4$  台, オホーツク海のウルップ水道北側は  $10^2$ - $10^8$  台, 南西部に  $10^2$  以下の低密域がある。西側のサハリン南方-北海道沿岸は  $10^3$ - $10^4$  である。組成は大きく変わり, *Phaeoceros* 群 (*C. atlanticus*, *C. concavicornis* f. *volans*, *C. conc.* f. *trisetosa* 等) と *Nitzschia* 群が広く分布する。沿岸群集は北千島のムシル海峡部に *Hyalochaete* (*C. debilis*), 北海道の南東方に *Hyalochaete* (*C. radicans*), 南西方には暖水性の *Hyalochaete* (*C. affinis*, *C. curvisetus*, *C. laciniatus*) *Skeletonema*, *Leptocylindrus*, *Hemiaulus* 等の群集がある。サハリン東方-北海道沿岸にかけても暖水性の *Hyalochaete* と *Skeletonema* が優占する。

5) 1964年8-9月(5A, B): 北海道の南西方は  $10^4$ - $10^5$  台, 東方から千島列島沿いに  $10^8$  台, その沖合は  $10^8$  以下となる。北千島列島のウルップ水道-ムシル海峡の低温域では多く  $10^4$ - $10^6$  台である。オホーツク海のウルップ水道北方は  $10^4$  台であるが, 南西部に  $10^2$  以下の低密域がある。*Phaeoceros* 群 (*C. atlanticus*, *C. concavicornis*, *C. conc.* f. *volans*, *C. conv.* f. *trisetosa*) と *Nitzschia* 群が広く卓越する。北千島列島の *Hyalochaete* 群の東方沖は *C. convolutus* が卓越する。沿岸群集は北千島シムシル島とその南西方に *C. debilis* の *Hyalochaete* 群が広がっている。南千島列島南方には *Hyalochaete*, *Thalassiosira*, *Fragilaria* が分布する。 $41^\circ 30'N$  線では, 北海道南西方に沿岸種・外洋種の暖水群集, 東方には *Nitzschia* 群集と外洋種の暖水群集がある。オホーツク海のサハリン沿岸にも *Hyalochaete* が分布し北海道沿岸は *Hyalochaete* を主とする暖水群集となっている。

6) 1966年9-10月(6A, B): 北海道の南西方で  $10^4$  台,

南方で  $10^5$  台, 東方から千島列島南側に沿って多く  $10^4$ - $10^5$  台, 沖合の  $44^\circ N$  以南では  $10^8$  以下となる。オホーツク海ではウルップ水道-ムシル海峡の北で  $10^8$  台, サハリン東方で  $10^8$  台, その中間と北海道沿岸の間では  $10^8$  以下となる。太平洋側では *C. convolutus*, オホーツク海ではこの他に *C. conv.* f. *trisetosa*, *C. concavicornis* を主とする *Phaeoceros* 群が広く卓越する。沿岸群集は北千島パラムシルームシル海峡の南側に *Hyalochaete* (*C. debilis*) が分布し, 北海道の南は暖水性の *Hyalochaete* と *Rhizosolenia*, *Hemiaulus*, *Asterionella* 等の暖水群集, 沖合の  $42^\circ N$  線には暖水性の *Phaeoceros* と *Rhizosolenia*, *Hemiaulus*, *Thalassiothrix* の外洋性暖水群集がみられる。オホーツク海の南千島列島沿いに *Hyalochaete*, *Bacteriastrium*, *Rhizosolenia* の暖水群集がある。

7) 1963年11月(7A, B): 細胞数は北海道の南北沿岸で  $10^4$  台, オホーツク海では  $10^2$ - $10^8$  台である。北海道の南西方には *Hyalochaete* (*C. debilis*, *C. radicans*, *C. compressus*) オホーツク海沿岸にはこの他に *Skeletonema* の多い沿岸群集がある。オホーツク海の沖合は *C. atlanticus*, *C. convolutus*, *Denticulopsis* の *Phaeoceros* 群であるが, 更に南千島列島から北へ *Rhizosolenia stolterfothii* が広がっている。ウルップ水道の北東側には *Nitzschia* 群集があり, サハリン東側には *Skeletonema*, *R. heb.* f. *semispina*, *Leptocylindrus*, *C. decipiens* 等の沿岸群集がみられる。

以上に示した5-11月の分布パターンをまとめると大まかに次のようになる。

5-6月は北海道-千島列島水域の春の増殖期に当たって、沿岸群集が卓越する。北海道沖では *Hyalochaete* 群, 千島列島水域では *Thalassiosira* 群, *Fragilaria* 群が優占して, 細胞数は  $10^9$  を超える。沖合は  $10^8$  台の *Phaeoceros* 群と *Nitzschia* 群の外洋性群集である。

6-7月の北海道近海では細胞数が  $10^3$ - $10^4$  に減少して外洋群集となり, 千島列島水域も沿岸性群集は *Hyalochaete* 群となる。

7-10月はオホーツク海・太平洋側共に *Phaeoceros* 群と *Nitzschia* 群が卓越し, 沿岸群集は北千島列島水域と北海道の南沖とオホーツク海沿岸, サハリン東側のみとなる。7-9月には細胞数が  $10^2$ - $10^3$  のところが多いが, オホーツク海南西部に  $10^2$  以下の低密域がある。太平洋側ではウルップ水道-北千島列島水域で  $10^4$ - $10^6$  台の *Hyalochaete* (*C. debilis*) の卓越する沿岸群集がみられる。またオホーツク海南西部の低密域では原生動物のチ

ンチヌス類の個体数が珪藻細胞数より多い。太平洋側の44°N以南は10°台である。9-10月(1966年)の場合は全域に細胞数が多く、かつ沿岸域でも *Phaeoceros* 群が卓越している。しかしこれが秋季の一般的な分布パターンなのかこの年の特徴なのかは判別し難い。

北海道南沖南西部の津軽暖流域では7-10月に *Hyalochaete*, *Skeletonema* といった暖水性沿岸種が多いが11月には5月と同じ組成に戻る。オホーツク海の北海道沿岸・宗谷暖流域でもほぼ同じ組成がみられる。

11月のオホーツク海には *Phaeoceros* 群集, *Nitzschia*, *Denticulopsis*, *Rhizosolenia* 等の外洋性群集が卓越するが、南千島列島から北側に暖水性の *Rhizosolenia stouterfothii* が広く分布しており、これは宗谷暖流系暖水の

広がりによるものと考えられる。

ここで用いた資料は年と季節によって観測の範囲や観測点の分布に差が大きく、複雑な海面の植物プランクトンの分布を十分に把握していないところもあるが、分布パターンの大要は示されていると思われる。餌料環境の見地から植物プランクトンを扱う時、植物プランクトンの生産に関係する環境要因と生産機構の問題、および植物プランクトンを餌として利用する立場、例えば植食性動物プランクトンにとっての利用価値の問題が重要と考えられる。本報告の資料は細胞数と組成であるが、更に細胞や群体の大きさおよび形を加えることができれば、この海域の動物プランクトン、例えば植食性橈脚類等の餌料としての有効な資料となると考えられる。

### 3. 人為的環境における生物餌料の生産様式

草 刈 宗 晴 (北海道立栽培漁業総合センター)

#### 1. はじめに

生物餌料とは加工された人工飼料に対して呼ばれる生きた餌、あるいは天然餌料のことである。現在、海産魚類の稚仔期に用いられる生物餌料は、シオミズツボワムシ(以下にワムシと略記)、アルテミア・サリーナ(アルテミア)、チグリオプス・ヤポニカス(チグリオプス)などである。

種苗生産における餌料系列は、基本的には、ワムシ、アルテミア幼生、養成アルテミア(幼生を1.1~2.0mm位まで養成したもの)・チグリオプス、魚介肉である。この方法により、ワムシを摂餌でき、かつ大量の受精卵を確保できる魚種は種苗量産が可能となる。

種苗生産とは人為環境下(閉鎖系)での生物生産様式であり、生残率の向上を狙いとするが、それは餌料の質と量により影響される。いわば稚仔の各発育段階で、栄養価が高い、適量の餌料が確保されなければ、目標生産は達成できない。

ここでは、当機関での生物餌料生産様式と、クロソイ・ヒラメの種苗を一定数量生産するのに、必要な各餌料生産規模の試算例を紹介する。

#### 2. 種苗生産工程

種苗とはある目的に応じた大きさの稚仔をいい、そこまで育成することを生産工程と呼ぶ。その内容は、大まかに、親魚養成、採卵(卵生魚に対して)・出産(卵胎生

魚に対して)、ふ化、仔・稚魚期の飼育、餌料生産、などの管理である。

以下に、卵胎生魚のクロソイ(図1)と卵生魚のヒラメ(図2)の生産工程の概要を述べる。

##### (1) クロソイ

本種は日本各地の沿岸に分布する根付魚である。北海道日本海沿岸及び津軽海峡での漁期は春(5~6月)と晩秋~初冬(11~12月)の2回みられる。本道の年間漁獲量は不明であるが、おおよそ数百トン程度とみられる。

当場では昭和52年~56年に、量産の技術開発試験を実施し、各工程の見通しは得ている。親魚は、5月中旬~6月上旬(6~10°C)に天然採集した妊娠魚を用いる。出産近くまで天然水温下で畜養し、生産可能な時点であらかじめ15~17°Cに調節した海水を流下した出産槽に移し入れ、自然出産させる。産仔は全長6.5mm、出産と同時に摂餌する。12mmで稚魚に達し、15~20°C、50日間で22~25mm、31~50%の生残率が期待できる。餌料系列は、ワムシ・ワムシ・アルテミアふ化幼生-養成アルテミア・チグリオプス-スケソウ卵-魚介肉である。初期減耗は出産直後~数日間と餌の切り換え時期、過剰にアルテミア幼生を給餌した場合にみられるが、15mm以降急減する。産仔の収容密度は3~5万尾/トンとみられる。

##### (2) ヒラメ



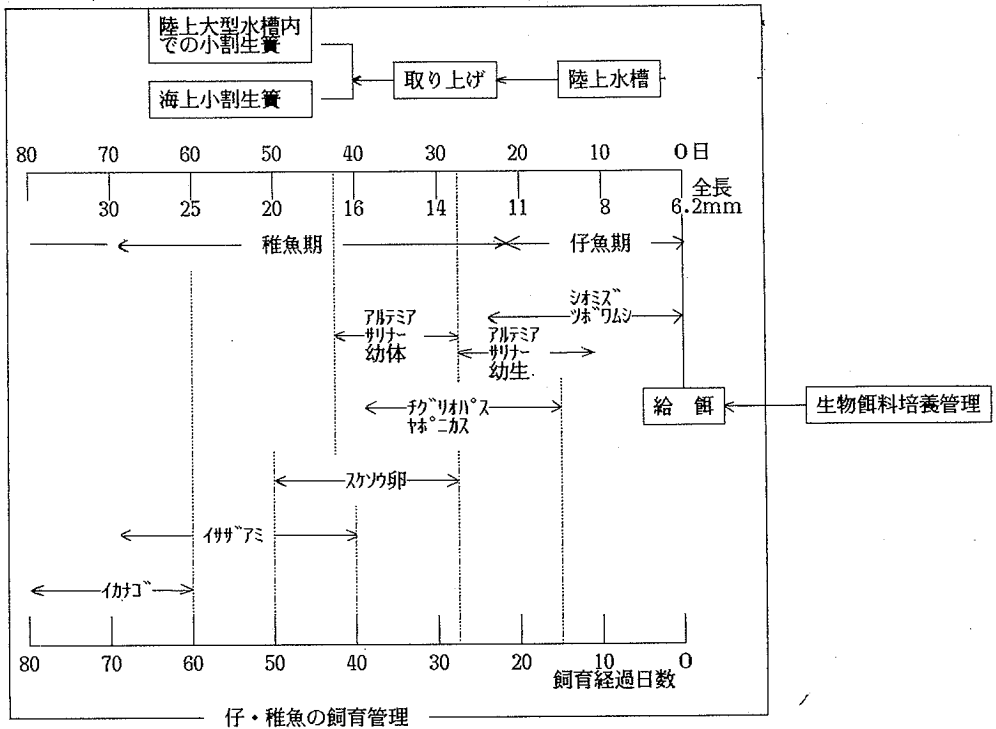


図1 クロゾイの人工種苗生産工程図

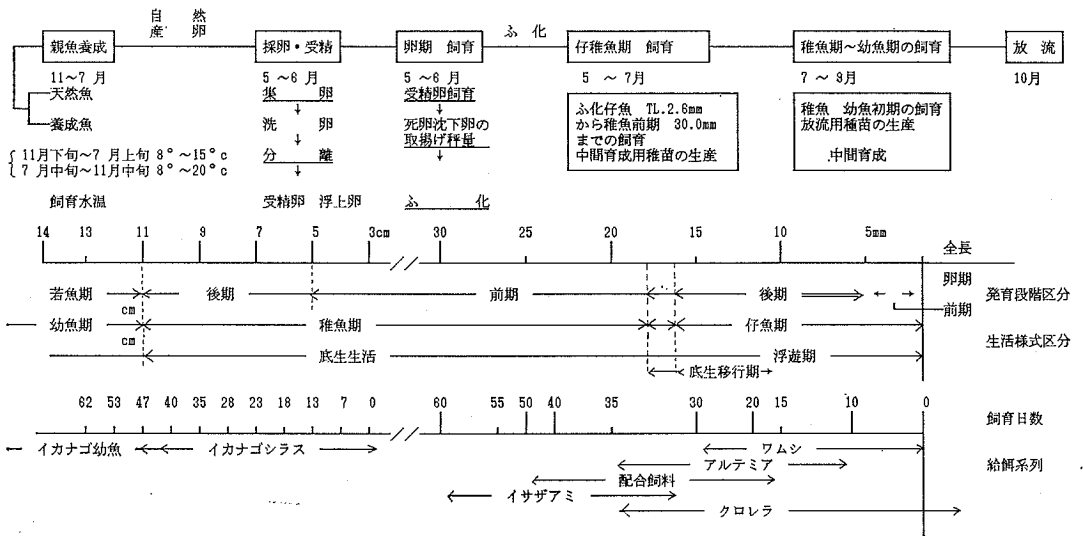


図2 ヒラメの人工種苗生産工程図

本種は日本各地の砂浜性沿岸域に分布する。最近では、マダイ、はまちに次いで養殖生産が可能な高級魚である。道内の主な漁場は日本海～オホーツク海の一部海域、津軽海峡、太平洋の噴火湾沿岸で、漁期はクロソイとほぼ同様、5～7月、10～1月である。ここ5年間の平均漁獲量は674トンである。

本州では昭和40年代後半から技術開発研究がスタートしており、ひととおりのマニュアルは出来上がっているが、未だに安定した技術にはなっていない。当場では、昭和59年から2カ年は基礎試験を行い、61年からは量産試験を、実施することになっている。

親魚には、天然魚の養成と人工種苗を養成する2通りの方法がとられている。現在は主に後者の方法が採用されている。人為的に温度調節し、性成熟を促進させ産卵

を早めて採卵する。受精卵は15～18℃でふ化させ、全長2.6mmのふ化仔魚は3mmで開口し、摂餌する。11mm頃から右眼の移動が始まり、同時に底生に移行し始め、15mmで着底、18mmで両眼が定位し、背鰭は定数に達し、変態を終了する。餌料系列は、基本的にはワムシ-アルテミアふ化幼生-養生アルテミア-魚介肉である。

両魚種とも、1回の給餌量はワムシが飼育海水1m<sup>l</sup>当たり5個体、アルテミア幼生が2～3個体、養成アルテミアが1～0.5個体とし、1日4～5回給餌する。

### 3. 生物餌料生産様式

種苗の量産には各生物餌料を大量生産しなければならぬ。生物餌料の生産規模は飼育槽の大きさにより規定される。

表1 生物餌料の培養環境条件

条件	餌料	クロレラ	ワムシ	チグリオプス	アルテミア ふ化幼生	養生アルテミア
培養系	植継ぎ	植継ぎ	植継ぎ(回分培養)	連続(間引き)	2日間	5～7日間培養
場所及び施設	屋外ビニールハウス	屋内	屋内	屋内	屋内	屋内
水槽・規模	1トン×10基, 12トン×5基	1トン×8基	1トン×8基, 2.5トン×2基, 6トン×2基		0.35トン×5基	1トン×10基
装置類						
加温	無し	有り1KWヒーター	有り1KWヒーター	有り1KWヒーター	有り1KWヒーター	無し
通気	有り	有り	有り	有り	有り	有り
照明	無し	蛍光灯80W/基 24L	蛍光灯80W/基 16L-8D	無し	無し	無し
戸過	"	0.1トン槽, サラン ロック使用	有り(1トン), 他は無し	"	"	"
培養方法						
培養液組成, 餌料	硫酸, 過リン酸 石灰, 尿素	クロレラ海水, 酵母類	クロレラ海水, 酵母類	無し	フェオダクテラ ム, マリンメイト	
温度℃	18～22 クレフット-32	L型 24～26, S型 27～30	17～20	26～28	17～22	
海水条件	全海水	3/4海水	全海水	全海水	全海水	
植継ぎ密度	150～200×10 <sup>4</sup> cells/ml	100～120個/ml	100～500個/l	460～500個/ml	10個/ml	
収穫密度	2,000～3,000× 10 <sup>4</sup> cells/ml	350～400個/ml	500～1,000個/l	320～350個/ml	5個/ml	
生産量	200～300×10 <sup>4</sup> cells/ml 日	純生産2.5～3.0 ×10 <sup>8</sup> 個/トン	20～30個/l, 6トン	3.2×10 <sup>7</sup> /100l	5×10 <sup>6</sup> 個/トン	
培養期間/回	7～10日(5～6月)	4日	20～30日 60～90日	2日	5日	
生産期間	5～7月	5～6月	4～7月	5～6月	5～7月	
最大増殖密度	4,000×10 <sup>4</sup> cells/ml	500～550個/ml	1,400～1,600個/l			
測定方法	光電比色計	目視計数	目視計数	目視計数	目視計数	
備考			15～36個/ml		ふ化率70%, 回収率55%	

ワムシ、チグリオプスの生産（一次培養）には一定密度のクロレラ海水が餌料として必須であるから、これらの動物性餌料の生産規模（水槽の大きさ）が決まるとクロレラ海水の生産規模も決まる。そのほか、一次培養したワムシ、チグリオプスは給餌する前に、クロレラ細胞に含まれる  $\omega 3$  高度不飽和脂肪酸を取り込ませ、栄養強化を図るので、再びクロレラ海水で培養（二次培養）する。なお、アルテミアのふ化幼生と養成アルテミアについても同様の処理が必要である。したがって、現状では動物性餌料の生産にはクロレラの量産が必須条件となっている。

各餌料の量産の手順は図 3, 4, 及び図 5 に示した。すなわち、保存中の原株（原種）から株分けした一部を元種とし培養を繰り返しながら培養規模を徐々に拡大していく。例えば、後述するが、連続培養法のクロレラは水

槽が、回分培養法（バッチ式）のワムシでは高密度増殖が、また連続培養法では水槽の大型化が、それぞれ必要となる。なお、各餌料の培養条件は表 1 にとりまとめた。以下に、各餌料の培養法を概説する。

クロレラ (2~3  $\mu\text{m}$ ): 保存原株の株分け、恒温状態下 (20~22°C) での閉鎖系培養及び開放系培養による量産の各手順は図 3 と図 4 に示した。増殖速度は光（強さと照射時間、温度 (20~25°C)、栄養塩（チッ素、リン、カリなど）により規定され、増殖量は容器の大小により影響される。例えば、閉鎖系培養では通常  $\times 10^8$  細胞/ml 以上に達するが、開放系では  $\times 10^7$  細胞/ml である。同一の培養条件では小型容器ほど増殖速度が早い。ワムシの餌料として使用できる  $2 \times 10^7$  細胞/ml になるには、5 月に屋外ビニールハウス内で 12 トン槽を用い、 $2 \times 10^6$  細胞/ml で接種すると約 10~14 日間を要する。

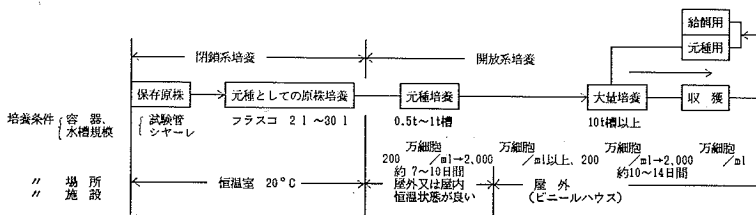


図 3 クロレラ大量培養の工程図.

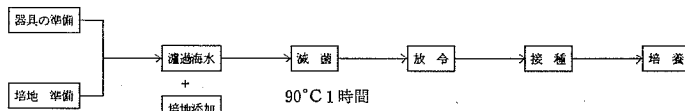
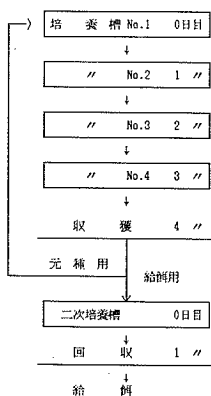


図 4 クロレラの閉鎖系培養工程.

シオミズツボワムシの 4 日間回分培養法及び二次培養法のフローチャート



回分培養及び二次培養の作業工程

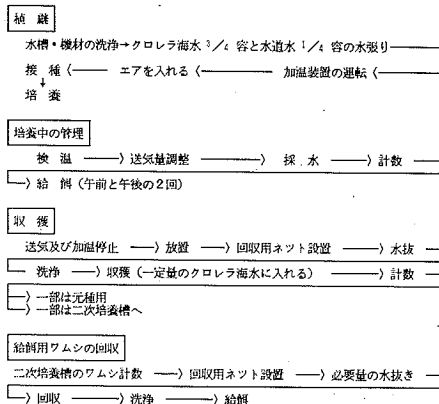


図 5 ワムシ培養工程図.

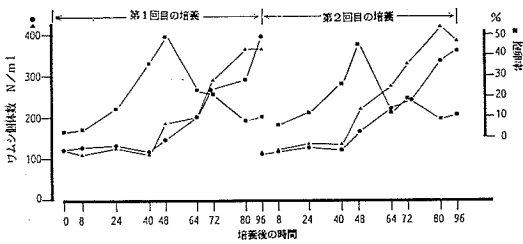


図6 1トン槽を用いたクロレラと油脂酵母を餌料とするワムシの増殖数及び抱卵率の経時変化、ただし各回とも2基の増殖状況は同じである。

ワムシ (140~320  $\mu\text{m}$ ): 当機関で技術開発した4日間の回分培養法(バッチ式)のフローチャートとその作業工程を図5に、実際の増殖状況を図6に、それぞれ示した。この方法は、1トン槽を用い、3/4 クロレラ海水に接種した 100 個/ml のワムシに、23~25°C で、クロレラ海水の色が残っているうちに油脂酵母を1日に1回ワムシ  $10^6$  個体に 1g の割合で給餌し、培養水のゴミをサラロック (汚過剤の名称) などに吸着させ、水質を安定させながら、4日目で 350~400 個/ml とし収穫するものである。100 個/ml は次回の元種とし、増殖分 (純生産量) は給餌用とする。通常1日の給餌量には  $2.5 \sim 3.5 \times 10^8$  個を生産できる。なお、安定生産のためには、少なくとも2カ月前からクロレラによる拡大培養を行い、繁殖力の旺盛な元種をつくるのが大切である。

チグリオプス (1.0~1.1 mm): ワムシとの混合による連続(間引)培養法である。元種の接種から油脂酵母を毎日給餌し、収穫まで20日間以上は要する。なお、1回の生産期間は約60日間である。現在のところ、日平均4~5 個/ml の生産が可能である。

アルテミアのふ化幼生 (360~500  $\mu\text{m}$ ): 本種の耐久卵をふ化させ、幼生を餌料とする。幼生の  $\omega 3$  高度不飽和脂肪酸の含量は産地や年度で異なることが知られており、使用前のチェックが必要である。

養成アルテミア (1.1~1.5 mm): ふ化幼生をクロレラ又はフェオダクトラムを初期餌料に用い、その後、総合ビタミン剤入りの配合餌料を給餌し、養成する。幼生 10個/ml を接種し、18~20°C、5~7 日間で 5 個/ml が収穫できる。

#### 4. 餌料生産規模の算出法

種苗生産に当たって、飼育水槽の大きさが決まると、各餌料種毎の日間給餌量が決まり、次に、前述の方法により各餌料の生産規模(容量と数量)、そして、クロレラ海水の生産規模がそれぞれ算出される。

ワムシ: 例えば日間給餌料が  $6.8 \times 10^8$  個であれば、1トン槽による純生産量は  $2.5 \times 10^8$  個/日であるから、1日の収穫槽は1トン×3基となる。収穫に4日間を要するので、生産に1トン槽が12基必要となる。一方、クロレラ海水は一次培養に約3トン/日、二次培養に2トン/日用いられる。

アルテミアの幼生: 一定の給餌量を確保するには、乾燥卵 1g 当たりの卵数、ふ化率、ふ化時間、そして幼生の回収率、などの基礎資料が必要である。ふ化槽の設定に当たっては 100 l の海水で乾燥卵 170 g がふ化できるので、日間給餌量から逆算してふ化水槽の容量を算出する。

アルテミアの幼生と養成アルテミアの二次培養: 幼生はクロレラ海水 1ml 当たり 30 個、養成アルテミアは 5 個とすると、日間給餌量から各々の収容槽の容量が算出され、その容量分だけクロレラ海水が必要となる。

チグリオプス: 大型槽で、5 個/ml の増殖状態であれば、間引率の 5% は生産に支障ない。例えば、1日の給餌量が  $4.5 \times 10^7$  個の場合、9 トン/日の培養水を汚過すると良く、したがって生産槽の規模は 180 トンとなり毎日 9 トンのクロレラ海水が必要である。

#### 5. 種苗生産と餌料生産の関係

ここでは、現状の技術レベルで、一定量の種苗を生産するとき、どの程度の餌料生産規模が必要であるか、クロソイとヒラメで試算したので紹介する。

生産目標はクロソイとヒラメの 18 mm 種苗をそれぞれ 139,500 尾 (生残率は 31%) と 245,000 尾 (50%) とし、それぞれを 45 トン槽 1 基と延 36 トン槽 1 基で 40 日と 50 日間飼育することとした。給餌系列を図 7 に餌料生産規模の試算例を表 2 に示した。各餌料の日間給餌量は湿重量に換算すると、クロソイでは、ワムシが 2040 g、アルテミアのふ化幼生が 2160 g、養成アルテミアが 1530 g、チグリオプスが 3150 g である。一方、ヒラメでワムシが 540 g、アルテミアふ化幼生は底生移行前では 576 g、底生移行期~着底まで 1140 g、養成アルテミアが 816 g である。

次に、種苗生産時に必要な生物餌料の総生産規模をみると、給餌系列 A ではクロソイが、374.6 トン、ヒラメが 217.3 トンでありクロレラ生産が共に 80% 以上を占めている。B 系列では 752.6 トンで、クロレラが 64% と A より低い理由は、チグリオプスの生産に、主に、油脂酵母を用いるためである。なお、チグリオプスの生産規模は 26.3% を占め、ワムシとアルテミア生産規模より大きい。

表2 クロソイとヒラメの種苗生産における生物餌料生産規模の試算

		ク ロ ソ イ			ヒ ラ メ				
1. 種苗生産目標と飼育条件		積算基礎			積算基礎				
大きさと目標数	全長18mm, 139,500尾								
親魚	全長50~55cm, ♀4尾	抱卵尾数=160,000/ 1尾の親魚		全長50~60cm, ♀:♂=10:30	受精率=70%,				
受精卵数	780g=1.2×10 <sup>6</sup> 粒								
産仔・ふ化仔魚数	全長6.5mm, 450,000尾	初期減耗=20%		全長2.6mm 490,000尾	ふ化率=60%				
飼育水槽	45トン			12トン→24トン					
飼育期間	35~40日			50~55日					
2. 給餌量の算出		給餌期間	日間給餌量	積算基礎	給餌期間	日間給餌量	積算基礎		
ワムシ	20~25日	6.8×10 <sup>8</sup> 個	(5個/ml×3回/日) ×45×10 <sup>6</sup> ml	25~30日	1.8×10 <sup>8</sup> 個	(5個/ml×3回/日) ×12×10 <sup>6</sup> ml			
アルテミア幼生	10~15	1.8×10 <sup>8</sup>	(2/ml×2/日) ×45×10 <sup>6</sup>	35~40	I 4.8×10 <sup>7</sup> II 9.6×10 <sup>7</sup>	(2/ml×2/日) ×12×10 <sup>6</sup> (2/ml×2/日) ×24×10 <sup>6</sup>			
養成アルテミア	10~15	4.5×10 <sup>7</sup>	(0.5/ml×2/日) ×45×10 <sup>6</sup>	15~20	2.4×10 <sup>7</sup>	(0.5/ml×2/日) ×24×10 <sup>6</sup>			
チグリオプス	10~15	4.5×10 <sup>7</sup>	0.5/ml×2/日) ×45×10 <sup>6</sup>						
3. 餌料培養規模とク		規 模		クロレラ海水	規 模		クロレラ海水		
ロレラ海水の算出		水槽	数	総容量	日間使用量	水槽	数	総容量	日間使用量
ワムシ一次培養	1.0トン	12基	12.0トン	3.0トン	1.0トン	4基	4.0トン	1.0トン	
" 二次 "	2.0	2	4.0	4.0	1.0	2	2.0	2.0	
アルテミアのふ化	0.3	2	0.6		0.3	1	0.3		
" 幼生の二次培養	3.0	2	6.0	6.0	2.0	1	2.0	I: 1.6, II: 3.2	
" 幼生飼育	4.5	10	45.0		6.0	4	24.0		
養生アルテミアの二次培養	4.5	2	9.0	9.0	5.0	1	5.0	4.8	
チグリオプスの一次培養	60.0	3	180.0	9.0					
" 二次 "	9.0	2	18.0	18.0					
クロレラ海水の飼育水添加				13.5					
クロレラの培養									
給餌系列A	50.0	6	300.0		30.0	6	180		
" B	40.0	12	480.0						
合 計	" A		374.6	35.5			217.3	24.6	
	" B		752.6	62.5					

6. おわりに

現在、海産魚類の稚仔期飼育に用いられている、ワムシ、アルテミア、チグリオプスとこれらの培養に必須餌料であるクロレラについて、当機関で実施している方法と、種苗生産における各餌料生産の規模の算出法の紹介をした。また、クロソイ、ヒラメを例に一定量の種苗生

産に必要な餌料生産規模を試算した。クロソイの18mm種苗、139,500尾を生産するには、45トン槽を用いると、総給餌量としてワムシが40.5kg(20日間)、アルテミアが58.5kg(乾燥卵に換算すると106.3kg:ふ化幼生20日間、養成アルテミア10日間)、チグリオプスが31.5kg(10日間)と試算された。種苗の増重量8.7kgに対し、

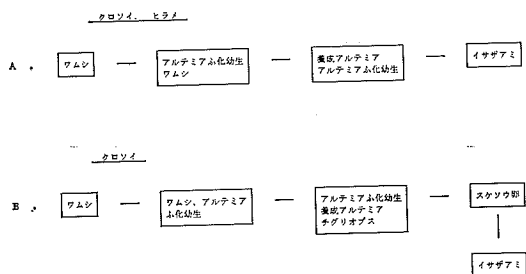


図7 クロソイ及びヒラメ種苗生産の餌料系列。

給餌系列 A の場合で 99 kg, チグリオプスを用いる B 系列で 130 kg の総給餌量を必要としたことになる。このように 1 kg の稚魚生産にも膨大な施設を必要とすることを考えると、その維持・管理には多大の予算が必要となる。また、現状では、発育段階に応じた給餌方法をとれないため飼育海水を基準とするので、餌料のロスが多く、餌料効率が悪くなっている。今後この方面の研究が必要である。したがって、今後、手軽に給餌できる配合餌料の技術開発が急務と考えられる。

#### 4. 北太平洋亜寒帯水域における尾虫類の季節的分布 (要旨)

志賀直信 (北海道大学水産学部)

尾虫類は原索動物門の 1 目を構成し, “house” とよばれる精巧な濾過装置を自から分泌して造り, 微細な植物プランクトンを効率よく摂餌する動物群である。大部分の種類は暖水性であり, 世代時間は 1~3 週間と短い。本動物群は沿岸域, 特に内湾では海の色が変わるほどの集群を形成することがあり, カレイ, ニシン, サケ, イカナゴなどの稚仔魚の重要な餌生物となっている。

しかしながら, 外洋域, 特に亜寒帯水域におけるこの

動物群の分布と生態に関する知見は乏しい。ここでは, 北海道太平洋側の噴火湾, 道東海域 (襟裳岬から落石岬に至る 41°N 以北の水域), 北太平洋北部 (外洋域) およびベーリング海における尾虫類の季節的消長と分布を, 演者自身のこれまでの研究をもとに取りまとしてみた。

上記諸海域に出現が記録されている尾虫類の種類は表 1 に示す通りである。ただし, この表の噴火湾および道東海域の資料は周年のプランクトン試料に基づいている

表 1 亜寒帯水域に出現する尾虫類の最大個体数密度 (ind./m<sup>3</sup>). (NORPAC ネットによる 150~0 m あるいは海底直上~0 m の垂直曳網)

	噴火湾	道東海域	北太平洋北部 (極前線以北)	ベーリング海
<i>Okiopleura labradoriensis</i>	216	121	328	100
<i>O. vanhoeffeni</i>				762*
<i>O. longicauda</i>	202	180		
<i>O. fusiformis</i>	58	48		
<i>O. rufescens</i>		+		
<i>O. parva</i>	+			
<i>O. dioica</i>	50	175*		48*
<i>Fritillaria borealis</i> f. <i>typica</i>	1177	1865*	16	1097*
<i>F. pellucida</i>	+	+		
<i>F. formica</i>		+		
<i>Tectillaria fertilis</i>		+		
<i>Appendicularia sicula</i>	+	+		

空欄は出現しなかったことを, +は 5 ind./m<sup>3</sup> 未満を示す。

\* は大陸棚上の採集を示す (ただし, 噴火湾は全て 150 m 以浅)。

が、北太平洋北部やベーリング海の資料は6~8月に限られている。極前線以北のいわゆる亜寒帯水域で数量的に重要なのは、当然のことながら、冷水性の *Oikopleura labradoriensis* と *Fritillaria borealis* f. *typica* の2種である。北極種の *O. vanhoeffeni* は夏季のベーリング海ではセントローレンス島周辺の低水温域に分布が限られている。*O. longicauda*, *O. fusiformis* および他の暖水種は噴火湾や道東海域で、それぞれ津軽暖流系水、黒潮系分離水塊が存在する時期にのみ出現した。数年間の試料のうち、数例だけであるが、沿岸性の *O. dioica* がベーリング海南東部の大陸棚に出現したことは、その分布がアラスカ海流と関連があることを示唆している。

*O. labradoriensis* は *F. borealis* f. *typica* に比べて個体数の上ではほぼ1桁少ないが、体サイズの面でははるかに大きい (*O. labradoriensis* 成体の軀幹 3.6 mm, 尾部 14.4 mm; *F. borealis* f. *typica* 成体のそれら 0.8 mm, 1.5 mm) ので、バイオマスの点では *O. labradoriensis* がより重要である。この両種は噴火湾では3~4月、道東海域では6~7月に個体数のピークを示したが、両海域ともこのピークは植物プランクトンのブルーム期より1カ月以上遅れていた。水温の上昇率から判断して、北太平洋北部やベーリング海では両種の個体数ピークは7~8月と考えてよからう。

尾虫類は海水の動きに極めて受動的であることから、生存の可否は環境要因に対する適応範囲の広狭で決定されると考えられる。噴火湾における周年の研究から、*O. labradoriensis* と *F. borealis* f. *typica* の水温、塩分の至適範囲はそれぞれ、0~8°C, 32.5~33.6‰; 1~20°C, 31.7~33.8‰ と定められた。表層性の *F. borealis* f. *typica* は広い水温・塩分範囲を有するにもか

かわらず、その分布域は沿岸水の影響を受ける大陸棚上に限定され、沖合では極めて少ない。一方、比較的狭い水温・塩分範囲をもつ *O. labradoriensis* が亜寒帯水域で周年出現し得るのは、たとえ夏季に表層が昇温しても、水温躍層の下には本種が生息し得る水温・塩分条件がそなわっているからであろう。この考えは本種が水温の低い春には表層に分布の中心を持つが、夏から秋に水温躍層が発達すると躍層に深にのみ分布する観察結果と符合した。

このように、尾虫類の垂直分布は第一次的には水温、塩分に代表される物理的要因によって規制されるが、この必要条件が満たされている至適条件下ではクロロフィル極大と一致している場合が多いことから、分布は餌料となり得る植物プランクトンの多寡に第二次的に左右されていることが暗示される。ただし、尾虫類は植物プランクトンのブルーム時（一般に大型珪藻が主体）には個体数が少ないこと、またベーリング海の *Chaetoceros convolutus* や *Ch. concavicornis* のように連鎖状群体を形成する珪藻が豊富に存在する水域および深度では殆んど採集されないことから、植物プランクトンの総量が問題となるのではなく、尾虫類に摂取されるサイズの細胞量が重要であることを意味している。今後、尾虫類の消化管および糞塊の内容物を定量・定性的に調べ、摂取された植物プランクトン種の海中における分布量と比較することによって尾虫類の分布をより正確に理解することができよう。また、亜寒帯境界付近の尾虫類の分布は生態的地位を同じくする、すぐれた濾過摂餌者であるサルパ類やウミタル類との競合という観点から観察される必要もあろう。

## 5. 東北海区におけるサンマ餌料としての動物プランクトンの分布

小谷祐一・小達和子（東北区水産研究所）

はじめに

水産研究所における主要な業務には、魚類資源の評価と漁獲量、漁場形成の位置や期間などの予報を行う、いわゆる漁海況予報事業がある。サンマに関しては従来の漁獲物の測定や漁況報告、試験操業などの記録を資料とするほかに、近年ではその発育段階・生活年周期に対応した調査を行うことによって、その分布量や資源状態を

推定し、漁況を予測することが試みられている。調査は1年を4期に分けて行われ、2月には「産卵場調査」として本州南東から南西の沖合域を、5月には「北上期魚群分布調査」として三陸・常磐沖合海域を対象としている。さらに4月から7月にかけては「北方水域における魚群分布調査」が、8月から10月にかけては「漁場調査」が各県の試験船によって行われている。プランクトン

研究の立場からは、その餌となるプランクトンの季節的な変動や分布を把握して、それらがサンマの生き残りや生長に与える影響を明らかにすることが重要であろう。したがって、調査の内容としてはサンマ採集の他に各種の海洋観測や卵稚仔・プランクトンの採集も行われている。また、1983年からは「漁業資源評価システム高度化調査」が行われ、この調査の中では東北海区に來遊する魚食性魚類の分布量や胃内容を調べることによって、捕食されるサンマの量を推定する試みもなされている。このように現在では、生物間の「食う食われるの関係」を明らかにし、また、非生物的環境による影響を考慮してサンマの資源量を推定する試みが行われつつある。

本報告では、はじめに北西太平洋におけるサンマの生活史をめぐり、その回遊・生長過程での餌となるプランクトンとの関係を示す。さらに近年行ったプランクトン採集の結果から、特に北上過程におけるサンマ稚幼魚の消化管内容物と動物プランクトンの分布の特徴について述べる。

1. サンマの北上過程と動物プランクトン群集

サンマの産卵は主に黒潮域で行われ、ここで発生した仔魚は黒潮前線において群を形成する。そして、生長に伴って親潮域に北上回遊し、索餌活動を行う(小達、

1977)。その後、成熟に伴って産卵のために南下する。このような回遊経路で、サンマがどのようなプランクトンにめぐり合うかを知るために、東北海区に出現する主要な動物プランクトンを月別・海域別に示した(図1)。円の大きさ(⊙)ネット1曳網当たりの湿重量に対応する)で示したように、東北海区において動物プランクトン現存量が増加する時期は、サンマの北上期(5~7月)に良く対応している。さらに北に行くほど動物プランクトンの増殖期は遅く、その現存量も多くなることから、量的な側面では北上するに伴って多くの餌が保障されていることが推測される。しかし、南下期になると道南、三陸、常磐のいずれの海域においても動物プランクトンの現存量が減少する。また、回遊するにしたがってサンマが遭遇する動物プランクトン群集も変化する。北上期の4月には常磐海域で、暖水性の小型のかいあし類のほかにはサルパやしらす型の稚仔魚、夜光虫が多い。5月には三陸沖合で、大型の冷水性種である *Calanus plumchrus*, *C. cristatus* が出現するようになる。6月になると北海道の南東海域では冷水性種が多くなり、さらに7月から9月の索餌期になる北海道北東海域でサンマの好餌料である *Calanus plumchrus* が卓越するようになる。

これらのことを含めて小坂・林(1980)は、黒潮域か

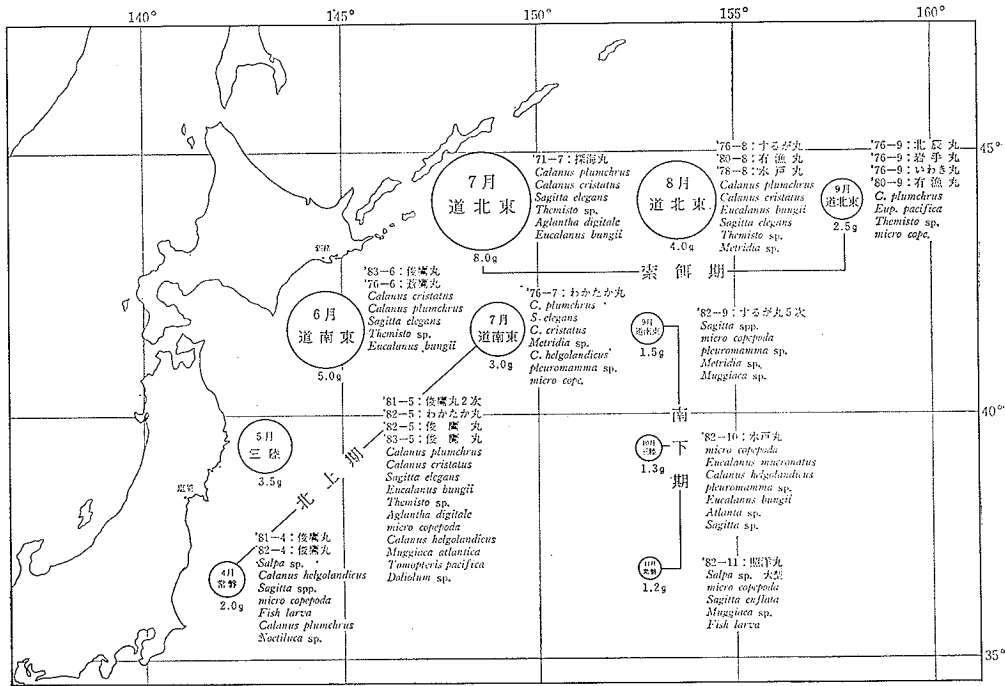


図1 サンマ回遊経路に出現する主要な動物プランクトンの種類と現存量 (⊙)ネット1曳網当たりの湿重量)



ら親潮域にまで広く分布・回遊する北西太平洋のサンマ  
 個体群の動態過程を決定する主要な諸関係についての概  
 念を示している。このなかでは個体群の減耗要因とし  
 て、餌料生物や捕食者との係わりを重視しているが、我  
 々は特に仔魚期から幼魚期への移行に伴う生活の変化に  
 対応して餌料生物が保障されているかどうか大きな減  
 耗要因の1つであると考えている。したがって、サンマ  
 の北上期における餌料生物の分布や発生量を調べるこ  
 とによってサンマ個体群の動態を説明する重要なパラメ  
 タが得られるものと考え、その主要な北上経路の表層に  
 おいて様々な方法によって動物プランクトンの採集を行  
 い、あわせて稚幼魚の消化管内容物の観察を行った。

2. 北上期稚幼魚の主要な餌生物とその分布

近年の調査結果を含めて、北上期魚群の主体となっ  
 ているサンマ稚幼魚の消化管内容物に関する今までの報  
 告を整理すると、いずれの海域においてもサンマ稚幼魚が  
 摂餌しているのは *Paracalanus parvus*, *Acartia* spp.,  
*Corycaeus* spp., *Oncaea* spp., *Oithona* spp. といった暖  
 水性の小型のかいあし類であることがわかる(図2)。ま  
 た、1981年5月および1983年6月の調査の結果では、同  
 一点で採集したサンマであってもその发育段階によっ  
 て消化管内容物の組成が大きく異なり、生長するにした  
 がって出現種数が多くなることが示された。このことは

サンマの生長・发育に伴う摂餌生態の変化によると思わ  
 れる。さらに幼魚はいずれの場合も動物プランクトン標  
 本中に出現しない *Corycaeus* spp. を多く摂餌しており、  
 消化管内容物と環境プランクトンとが必ずしも対応しな  
 い点が疑問となっている(小谷・小坂, 1984)。これが  
 サンマの側の選択性の現れであるのか、摂餌層と餌生物  
 の分布層との違い(主要な餌料種の分布層に日周変化が  
 あることが、1982年4月の調査で示された)や餌生物の  
 パッチ状の分布によって引き起こされたものであるのか  
 は、さらに検討を必要とする。

また、1979年6月および1983年6月の調査の結果で  
 は、水温の変化の激しい海域およびその北側に分布する  
 サンマは体長も大きく、その消化管内容物の組成も多様  
 であり、冷水側に移行したサンマは摂餌活動が活発にな  
 るものと思われる。このことは北上期におけるサンマの  
 发育と海洋構造の変化に対応する回遊過程(図3)から  
 も推察でき、发育に伴う生理的变化および異なる生活領  
 域に回遊したために起こる現象であろう。さらに東北海  
 区の混合域は動物プランクトン現存量の多い北方索餌域  
 への単なる回遊経路でなく、この時期、この海域におい  
 て形成される潮境は、プランクトンの集積を引き起こし  
 (図4)、同様に集積滞留する仔稚魚にとって、好適な餌  
 料環境を保障しているものと考えられる。

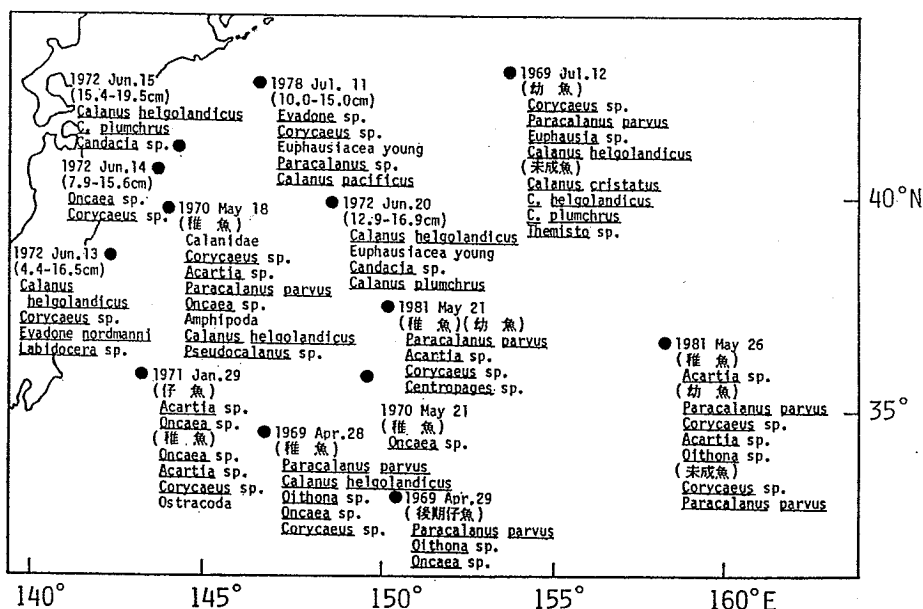


図2 北上期のサンマ稚幼魚の採集点(●印)と消化管内容物の報告例  
 [参考資料: 林ほか, 1969; 小達, 1972, 1977; 高ほか, 1980; 小谷・小坂, 1984]

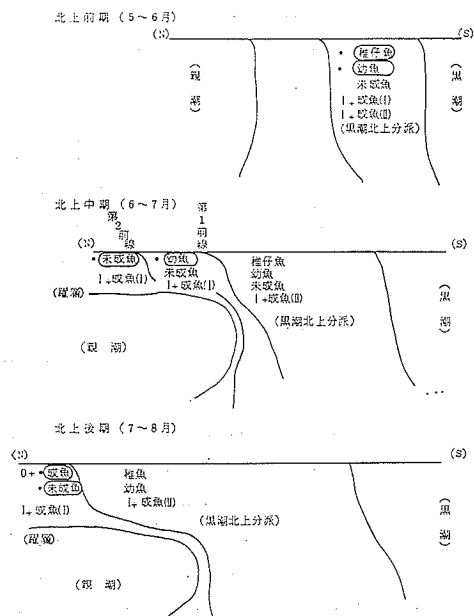


図3 海洋の構造変化に対応したサマの發育を伴う北上回遊過程の模式図 (小坂, 1980)

3. 調査方法の問題点と今後の課題

サマの摂餌生態については、まずはじめに飼育実験の結果から、その摂餌量や消化時間が推測された(堀田, 1958)。また、消化管内容物の観察から、發育段階や分布域によって違いがあるがサマの餌料は主として甲殻類の動物プランクトンであること、さらにその發育段階ごとの主要な餌料種が明らかにされた(林ほか, 1970; 小達, 1977)。しかし、これらの方法だけでは、現場に生息するプランクトンとの「食う食われるの関係」を直接説明することは難しい。そこで、これらの知見をもとにその主要な餌となる動物プランクトンの分布や生態からサマの摂餌生態を推定する方法が試みられている(高ほか, 1980, 1982; 小谷・小坂, 1984)。こういった観点からの研究の重要性を谷口(1984)も指摘していて、プランクトンと水産資源学との主要な係わり方を(1)餌料としてのプランクトンの現存量、生産量、分布様式等が水産資源生物の生産に直接影響すること、(2)動物プランクトンの生態から魚類の生態を間接的に類推することの二通りとして、その実例を示しながら、詳しく説明している。そして、魚類の摂餌に関する調査研究とプランクトン研究の結合による新しい資源論の展開を提唱している。また、本シンポジウムでも紹介しているように動物プランクトンの生産生態が浮魚類の回遊生態に大き

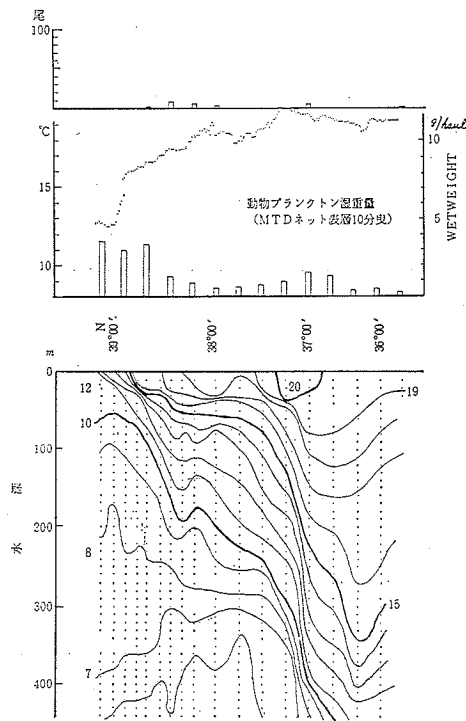


図4 152°00'E線におけるサマ分布(上段)、表面水温と動物プランクトン湿重量(中段)及び水温鉛直断面(下段)、1984年5月27日~6月12日 俊麿丸

く関わっていることを指摘している。この考え方をサマの摂餌・回遊生態にあてはめることは興味深いことであるが、予報体制のなかで役立つには、プランクトンの発生量をモニタリングするようなことが必要であり、調査手法の面で指摘されるべき問題点が多い。水産海洋、漁業資源の研究におけるプランクトン調査については、その位置づけや手法の問題点が数多く指摘されている(小達, 1980; 鈴木, 1983)ので、今後はこれらの点も考慮して、効果的な採集方法を試みる必要がある。さらに飼育実験などの方法で、サマ自身の摂餌生態についてもより詳しく研究する必要がある。また、産卵場から移動してくる過程でのサマの生き残りや餌生物の分布の関係を明らかにすることも重要であり、このことについてはサマ産卵期に行われる調査において検討して行く予定である。

文 献

林 小八・小達 繁・小達和子(1970) サマ稚幼魚の分布生態. 第19回サマ研究討論会議事録, 76-81.

- 堀田秀之(1958) 飼育実験によるサンマの成長について. 東北水研研報, (11), 47-64.
- 小坂 淳・林 小八(1980) サンマの発育過程における自然死亡要因と資源評価をめぐる若干の問題点. 第29回サンマ研究討論会議事録, 99-101.
- 小坂 淳(1980) 俊鷹丸による三陸沖合調査結果(1979年5・6月)に対する一考察. 第29回サンマ研究討論会議事録, 79-82.
- 小谷祐一・小坂 淳(1984) 混合水域における表層性動物プランクトンの分布とサンマ稚幼魚の餌生物. 東北水研研報, (46), 53-60.
- 小達和子(1977) サンマの食性について. 東北水研研報, (38), 75-88.
- 小達和子(1980) 海洋プランクトン—東北海区の混合水域. 海洋科学, 12(9), 634-645.
- 小達和子(1985) サンマと餌料生物の関係. 第33回サンマ研究討論会議事録, 170-174.
- 小達 繁(1977) 北太平洋におけるサンマの分布. 北大水産北洋研業績特別号, 35, 3-381.
- 鈴木秀弥(1983) プランクトンの調査手法の現状と問題点. 水産海洋研究会報, 44, 89-92.
- 高 幸子・北片正章・和田時夫(1980) 千島列島南東水域における7月のサンマ餌料生物と動物プランクトンの垂直分布について. 北水研研報, (45), 15-31.
- 高 幸子・北片正章・和田時夫(1982) 千島列島南東水域における夏季のサンマと餌料生物, 特に *Calanus plumchrus* との関係について. 北水研研報, (47), 41-55.
- 谷口 旭(1984) プランクトンと水産資源学. 海洋科学, 15(5), 308-313.

## 6. 北西北太平洋域の餌料動物プランクトンの分布について(要旨)

河 村 章 人 (北海道大学水産学部)

基礎生産から始まる複雑な過程を経たのちに野外では具体的には現存量として認識される動物プランクトンとはどのような種類のものにせよいずれは何かの捕食者か分解者に利用されて亜寒帯北太平洋の生態系を構成する一成分としての役割を終えるであろう。したがって、ここでいう餌料動物プランクトンとは北西部北太平洋で餌として利用される特定の動物プランクトンが存在するという意味ではなく、単にその普遍性からとりわけ重要度の高いと思われる甲殻類プランクトンをめぐる一例をとりあげるまでのことである。

数ある研究の視点の中で興味のあるもののひとつは、いつの時代にも古くて新しい問題、つまり一部の動物プランクトン種が示す“群れ”現象であり(たとえば, HARDY, 1964)これを介して殆ど局地的ともいえる漁場の形成、とか直接の漁獲あるいは潜在資源開発の可能性(たとえば, OMORI *et al.*, 1972), などが考えられる場合がある。北大西洋や北海方面では比較的古くから動植物プランクトンの空間分布の不均一性を漁業生物の生活環境と絡めつつ ‘patchy/uneven/heterogeneous’ distribution として捉え、数 10 m~数 100 km オーダーの空間スケールをもつ現象として考究がなされてきた。(たとえば, CUSHING, 1953; CUSHING and TUNGATE, 1963; STEEL, 1976)。この点北太平洋海域ではそこでの盛んな漁業活動に比べるとこの patchy distribution については植物プランクトンで BEKLEMISHEV and NAKON-

ECHNAYA (1972), あるいは米加沿岸域での群集研究(たとえば, ARON, 1958; MACKAS and BOYD, 1979; MACKAS *et al.*, 1980) などが散見されるが、知見はむしろ北太平洋にバイアスがある。北海方面でいわれる ‘*Calanus water*’ が北太平洋でも存在する (NEMOTO, 1963; KAWAMURA, 1978) にしても、その分布のし方や原理は明らかではない。動物プランクトンの分布がこのような極端な形をとった場合が単独種の示す群れ分布で、人によって用語上の定義が若干異なるがいわゆる ‘swarm’ とか ‘aggregation’ で、これがいずれは全体的な patchy な分布パターンを与えることになるのであろう。北太平洋におけるノルパックネットの標準採集標本(150-0m)をみると通常は Copepoda だけでも約20種程度は見出される。一方、同海域に索餌回遊をするひげ鯨類の餌生物をみると、少なくとも Copepoda ではわずかに3種 (*Calanus cristatus*, *C. plumchrus*, *C. pacificus*; *C. marshallae* や *C. orientalis* は殆ど例外的) のみが単独種組成で食されていることがわかる (KAWAMURA, 1982)。つまり、典型的な河過捕食者にとってはこれら3種の Copepoda 以外のものは直接的には栄養生態上何らの意味をももっていないと考えることができるだろう。このことは北部北太平洋では上記3種の Copepoda のみが比較的表層部分で ‘swarm’ していることを示唆するが、*Metridia pacifica* も時にそうであろうと思われる記録もある (NEMOTO, 1957)。北部北太平洋では通

常の動物プランクトンをめぐる community study では重要種となる *Eucalanus bungii bungii* や *Pseudocalanus minutus s.l.* などがこの点では全く欠落していることに注目しておきたい。同様のことはサンゴ海や東部熱帯インド洋でも見出されるが、この場合には甲殻類プランクトンでは数種の Euphausiacea のみが対象となる (KAWAMURA, 1980)。一般にひげ鯨類の daily ration は体重の約 4% 前後 (KAWAMURA, 1974) と見積られるから初期資源時点での資源量×漁場(餌場)滞在日数をみると 2 次生産のうちでもこのような甲殻類プランクトンのかなり大きな部分が 'swarm' 現象を通じて消費されていることになる。したがって、北部北太平洋で動物プランクトンの 'swarm' についてその分布生態を知ることは 2 次生産の運命を知る重要な手掛かりを与えてくれるはずである。しかし、現在のところは先にも古くて新しい問題といったように、来だ知見の蓄積に乏しく、残された研究主題のひとつとなっている。一方、ひげ鯨類と同じ海域に分布する主要魚類マイクロネクトン 2 種, *Tarletonbeania taylora* (ホクヨウハダカ) 及び *Symbolophorus californiensis* (ナガハダカ) の消化管内容物についてみると、Copepoda だけで約 12 種 (KAWAMURA and FUJII, 未刊資料), 北海道南方域では上記と異なるはだかいわし類 5 種から約 18 種程度 (GORDON *et al.*, 1981) が見出されるもののそれぞれの魚種別でみると組成種類は比較的貧相である。しかし、ミッドウェイ島近海産ニタリクジラに食されていた *Vinciguerrria nimbaria* (ヤベウキエソ) の消化管内容物をみると、Copepoda のみで 73 種以上 (KAWAMURA and HAMAOKA, 1981) に及んでいて前記亜寒帯性魚種に比べると明らかに opportunistic である。ところが、この *V. nimbaria* を食していたニタリクジラの胃内容物をみると、Copepoda では *Calanus pacificus* 一種のみしか食していない (KAWAMURA, 1982)。これまでに記したことからみると動物プランクトンの運命(行方)は、ひとつには少数種ながらも大量生産性のつよい 'swarm' する種が鯨などの戸過捕食者によって大量に消費され、多様性に富んだ残余群集は '落穂拾い' 的な opportunistic 捕食者に消費される。これを大まかにいえば、2 次生産の行方がいわば two-way-path のようなモデルによって収支していると考えられないであろうか。問題はこれを北太平洋亜寒帯域の生物群集に移して考える場合、swarm を経由する path はよいとしても、どのような生物群、あるいは成長過程にあるものに opportunistic 捕食者としての対象が見出されるだろうかということにある。このよう

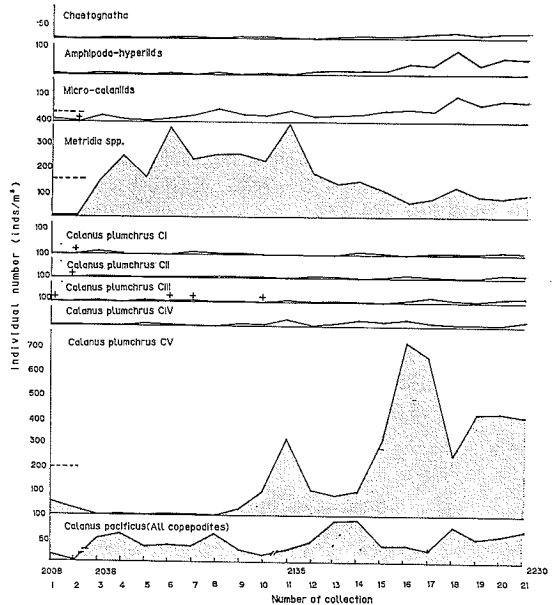


図1 北西部北太平洋の表層約 2.0 m 深で観察された *Calanus plumchrus* の軽度の不均一分布の一例。1985年7月19日, 地方時 2008~2230, 航速 2ノット下での連続ポンプ採集。北星丸測点 Ho 85095, 42°15.0'N, 170°00.3'E, 15.20°C, 34.07‰, 横軸の一区間は平均で 321 m を示す。*C. plumchrus* では CV ステージのみが swarm する傾向のあることに特徴がある。この例での変動係数 ( $\sigma_{n-1}/\bar{x}$ ) は 1.14, ちなみに *C. pacificus* と *Metridia* spp. では、それぞれ 0.48 及び 0.64 となっていた。図中の点線は平均。

な視点から本シンポジウムでは1981年と1985年のいずれも7-8月期の北西部北太平洋で行った海表層の連続プランクトン採集の結果に基づいて特に *Calanus plumchrus* の表層 'swarm' の空間スケールについてのべた。結果の一部 (KAWAMURA and HIRANO, 1985) によれば, *C. plumchrus* の 'swarm' は海面約 1 km 程度の空間規模にあるようでそれは図1に示したその後のポンプ採集調査 (KAWAMURA, 未刊資料) でも同様の結果が得られている。これらの結果は、たとえば PLATT and DENMAN, 1980) が提示した patchiness 規模の一般的概念ともよく一致しているものと考えられるが、後者の詳細については今後に予定する別報にゆずりたい。

#### 文 献

- ARON, W. (1958) The use of a large capacity portable pump for plankton sampling, with notes on plankton patchiness. *Sears Found. Journ. Mar.*

- Res., **16**, 158-173.
- BEKLEMISHEV, C. W. and A. P. NAKONECHNAYA (1972) Plankton of the North Pacific Current. *In*, Biological Oceanography of the northern North Pacific Ocean, ed. A. Y. TAKENOUCI *et al.*, Idemitsu Shoten, Tokyo, 367-371.
- CUSHING, D. H. (1953) Studies on plankton population. *J. Con. int. Explor. Mer.*, **19**, 3-22.
- CUSHING, D. H. and D. S. TUNGATE (1963) Studies on a *Calanus* patch. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **43**, 327-337.
- GORDON, J. D. M., S. NISHIDA and T. NEMOTO (1985) The dite of mesopelagic fish from the Pacific coast of Hokkaido, Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **41**, 89-97.
- HARDY, Sir. A. (1964) Plankton studies and our understanding of major changes in the great oceans. *Studies on Oceanography*, Univ. Tokyo Press, 550-560.
- KAWAMURA, A. (1974) Food and feeding ecology in the southern sei whale. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.*, **26**, 25-144.
- 河村章人 (1978) 動物プランクトンの極端に偏った分布. *海洋科学*, **10**, 877-888.
- KAWAMURA, A. (1980) Food habits of the Bryde's whales taken in the South Pacific and Indian Oceans. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.*, **32**, 1-23.
- KAWAMURA, A. (1982) Food habits and prey distributions of three rorqual species in the North Pacific Ocean. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.*, **34**, 59-91.
- KAWAMURA, A. and S. HAMAOKA (1981) Feeding habits of the gonostomatid fish, *Vinciguerria nimbaria* collected from the stomach of Bryde's whales in the southwestern North Pacific. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **28**, 141-151.
- KAWAMURA, A. and K. HIRANO (1985) The spatial scale of surface swarms of *Calanus plumchrus* Marukawa observed from consecutive plankton net catches in the northwestern North Pacific. *Bull. Mar. Sci.*, **37**, 626-633.
- MACKAS, D. L. and C. M. BOYD (1979) Spectral analysis of zooplankton spatial heterogeneity. *Science*, **204**, 62-64.
- MACKAS, D. L., G. C. LOUITTIT and M. J. AUSTIN (1980) Spatial distribution of zooplankton and phytoplankton in British Columbian coastal waters. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **37**, 1476-1487.
- NEMOTO, T. (1957) Foods of baleen whales in the northern Pacific. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.*, **12**, 33-89.
- NEMOTO, T. (1963) Some aspect of the distribution of *Calanus cristatus* and *C. plumchrus* in the Bering and its neighbouring waters, with reference to the feeding of baleen whales. *Sci. Rep. Whales Res. Inst.*, **17**, 157-170.
- OMORI, M., A. KAWAMURA and Y. AIZAWA (1972) *Sergestes similis* Hansen, its distribution and importance as food of fin and sei whales in the North Pacific Ocean. *In*, Biological Oceanography of the northern North Pacific Ocean. ed. A. Y. TAKENOUCI *et al.*, Idemitsu Shoten, Tokyo, 373-391.
- PLATT, T. and K. DENMAN (1980) Patchiness in phytoplankton distribution. *In*, The Physiological Ecology of Phytoplankton. ed. I. MORRIS, Blackwell Sci. Publ. Oxford & others, 413-431.
- STEELE, J. H. 1976. Patchiness. *In*, The Ecology of the Seas, ed. D. H. CUSHING and J. J. WALSH, Blackwell Sci. Publ., Oxford, 98-115.

## 7. 亜寒帯海域の植食性動物プランクトンの生産生態

谷 口 旭 (東北大学農学部)

### 1. はじめに

本シンポジウム7演題のうち、私の話題は最終題である。それで、私自身の話題に入る前に、前6題の講演の内容を、私に課せられたテーマの観点に立って、ごく手短かに要約しておきたい。くり返すが、この要約は公正なものではなく、あくまでも私の演題の観点から導かれたものにすぎない。

宮園さんは、春期の珪藻ブルームが終息した後に渦鞭毛藻が増加し、その後の消長は比較的狭い水域においても、水塊ごとに異なることを示され、唐牛さんは珪藻群集を中心として、群集組成も現存量も、ともに水域ごとに、また季節によって変化すること、また群集の起源によっては現存量の大小とは別に活性の高低も変動することを示された。このように、海域や季節によって変化し

やすい植物プランクトンの群集組成と生産力の性質は、それに依存している植食性動物プランクトンの生産生態に直接的な影響をおよぼしているにちがいない。

草刈さんの講演からは、栽培漁業の種苗生産に利用されている生物餌料が、主として小型の植食性動物プランクトンであり、それで稚仔魚を育成するには、自然海洋ではめったに見られないような高い密度で給餌しなければならないことが理解される。志賀さんが入手された数多くのデータは、微小ないし超微プランクトンを摂食する植食性動物プランクトンの代表である尾虫類の生体量は通常 100 個体/m<sup>3</sup> 以下であり、大型の動物プランクトンに対する相対重量比も小さいことを示していた。反面、尾虫類が大発生するときには 1 l の海水中に数千個体の密度になることも紹介された。この 2 講演は、稚仔魚の高い生産率を保障するような高密度の微小動物プランクトン群集の存在が、亜寒帯海域では常在しないのではないかとこのことを予想させた。逆に見れば、ときおり出現する高密度の微小動物プランクトン群を的確に利用できるか否かは、稚仔魚にとって重大な意味を持つことを示していよう。

小谷さん・小達和子さんは、同じサンマであっても発育段階によって摂食する餌生物が変化することはもちろん、東北海域にいるときと道東海域へ北上した後とでは、摂餌内容を、またおそらくは餌料選択性の度合をも変化させていることを示された。また、サンマが真夏までは道東海域へ北上侵入しないということは興味深いことである。主たる餌生物である橈脚類群集が若令幼生期にある時よりも、その個体数密度は低下しても、より大型の後期幼生・成体期に育つまで、サンマはあたかも待っているように見える。河村さんの講演では、我々が現在知りえている動物プランクトンの分布状態と、それを摂食しているネクトンの胃内容物との間には大きなギャップのあることが浮き彫りにされた。プランクトン群集を中心とした餌料環境を評価するためには、プランクトンについて良く知ることと同時に、あるいはそれ以上に、魚類の摂餌生態の実態を明らかにすることが重要であることを、最後の 2 講演は示していた。

植物プランクトン、動物プランクトン、魚類といった各栄養階層の生物群の群集としての生理学的また生態学的特性が変動しやすいこと、さらにその変動の時間的空間的スケールが各階層で異なっていることは、以上の各講演からも明らかである。今回のシンポジウムのような論議をすることの困難さは、各階層内および階層間にはそのような異質的かつ変動しやすい特性があるにもか

わらず、一定の平均化あるいは一般化された姿を捉えなければならぬということにある。さらに極端に言えば、この種の困難さは種レベルでも見られることであり、分析的に研究を進めようとするれば、我々の研究には終りがなくなってしまい、結論も得られないのではないかと心配される。分析的な各個研究の成果は、やはり時には総合的な視野からまとめられ、仮説の中に取り込まれて行くべきだと思われる。

幸か不幸か、現在のところ亜寒帯の植食性動物プランクトン各種についての、分析的な生物学的研究が十分に進歩しているとまでは言えないので、本文ではかなり思い切った一般化の観点に立つことが可能である。彼等の生産生態を要約することにより、魚類の生産からみた植食性動物プランクトンの役割(谷口, 1975)について述べてみたい。

## 2. 植食性動物プランクトンの役割

### 1) 基礎生産の季節変動性の吸収

図 1 は OHWADA (1957) がオホーツク海で観察記録した、春-夏間の珪藻群集の現存量ならびに種組成の変動を示している。亜寒帯海域の植物プランクトン群集の季節変動が、量的にも質的にも、いかに大きなものであるかが理解される。本シンポジウムでの宮園、唐牛両氏の講演をはじめ、同様の事実を証明する研究例は古くから数多くある。わずか 1~2 週間のうちに細胞数密度は 100~1000 倍の桁で増減し、種組成や性格(発生の起源)

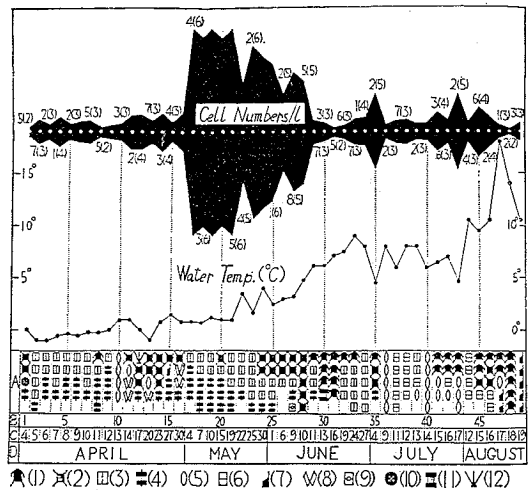


図 1 オホーツク海の春-夏期にみられる珪藻プランクトン群集の現存量と種組成の変化(OHWADA, 1957 より)。種組成を示す記号(1 から 12 まで)の内容説明は、ここでは省略してある。

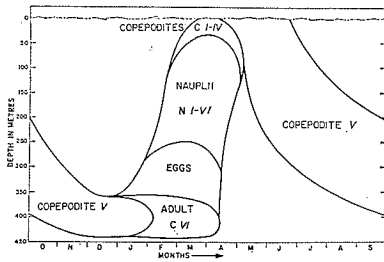


図2 カナダ西岸域のジョージア海峡における *Calanus plumchrus* (橈脚類) の個体発生に伴う鉛直分布の季節変化の模式図(FULTON, 1973 より)。

も極端に変化する (BOOTH, 1980; HORNER, 1982; SMAYDA, 1980 等)。このように激しい変動も、複数の植食性動物プランクトンの摂食と成長によって、魚類の餌料環境としては穏やかに交換されて伝えられる (HARRISON *et al.* (1983) の Fig. 5 参照)。

ベーリング海などでは、春-夏の基礎生産力は他のいずれの海域におけるよりも高いが、冬の生産量はゼロに等しい (MCROY *et al.*, 1972; TANIGUCHI and KAWAMURA, 1972)。その年変動も、植食性動物プランクトンの完璧なほどの摂食活動と、脂質蓄積-越冬生態により吸収され、生産物はむだなく継続的に魚類へ伝達される。植食者は、夏の間基礎生産物をあますことなく摂食し (TANIGUCHI, 1973)、休眠卵の形ではなく、プランクトンとして越冬することを選択した (MCLAREN, 1974)。図2には *Calanus plumchrus* の例を示したが、他の種では越冬のために中深層へ下降する時期が異なるし、また下降しない種もあり (MILLER, 1983)、冬の間も魚類は餌料を確保することができる。

極めて急激な変動は、植物プランクトン自体にとっても危険がないわけではなく、例えば無制限の増殖は栄養塩の枯渇を招く。赤潮は魚類の害となるだけでなく、赤潮生物自体の壊滅をも招く。大增殖途上の植物群集を摂食する植食者は、植物群集の密度調整と栄養塩再生産にも益していると考えられよう。

いずれにしても、危険とも言える植物プランクトンの激しい変動 (短期長期を問わず) は、植食性動物プランクトン群集によって吸収・収束されて、魚類生産へと繋がってゆく。

## 2) 基礎生産物のサイズ増大

海洋生態系の著しい特徴の1つは、基礎生産者が極めて小型だということである。最近の研究では (WATER-

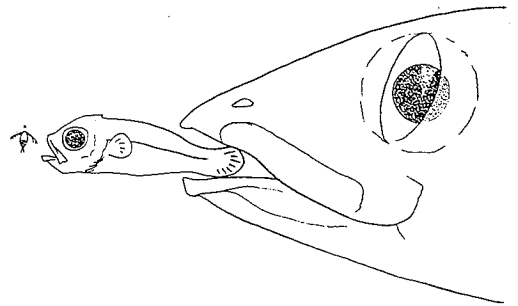


図3 食物連鎖を通じて有機物塊(生物体そのもの)の大きさが、段階的に大きくなる海洋生態系独特の機構。この図では 30  $\mu\text{m}$  の植物プランクトン(橈脚類の頭上の点)、体長 3mm の橈脚類、3cm の稚魚、30cm のマサバ成魚の頭部のさらに一部を、体サイズの比率のとおり描いた。

BURY *et al.*, 1979; TAKAHASHI and HORI, 1984; TAKAHASHI *et al.*, 1985 等)、1  $\mu\text{m}$  以下の植物プランクトンが普遍的に存在していることが明らかになった。ここから出発する食物連鎖は体長 30m のクジラにまで至っている。亜寒帯海域に多い、より大型の珪藻から出発する連鎖を考えると、基礎生産者と高位栄養階層動物とのサイズ差はなお顕著である(図3)。海洋の基礎生産者が小型であらねばならぬ理由はさておいて(谷口, 1983)、ここで強調したいことは、植食性動物プランクトンの仲介なしには、甚だしいサイズ差を示す生物群から成り立っている海洋の食物連鎖は、機能しえないということである。

微細な植物プランクトンはほとんどの魚類にとっては直接の餌料にはなりえず、特別に発達した濾過摂食器官を備えた植食者に一旦摂食されることによって始めて、高位の大型動物による利用が可能になる。魚が植食性動物プランクトンを摂食するのは捕食可能な大きさによるのであって、タンパク質を求める陸上生態系内の肉食とは本質的に異なった習性なのである(谷口, 1975)。マイワシの食性が、摂食器官の発達に伴って動物プランクトン食から植物プランクトン食へと転換する様は、この事情を雄弁に物語っている。

植食性動物プランクトンの欠けた系では、植物プランクトンは上層で利用されることなく沈降し、エネルギーは深海系へ直接流出して行く。植物の沈降速度は遅いから沈む間に分解は進行し、したがって、この種の有機物輸送の効率は一般に悪い。ただし浅海域では効率は必ずしも悪くなく、植食性動物プランクトンが極めて少ない

ベーリング海東南陸棚水域では、底棲動物の生産が高くなっているようだ (SAMBROTTO and GOERING, 1983)。

亜寒帯海域の植物プランクトン群集の特色の1つは、そのサイズスペクトラムが大型に偏っており、ナノあるいはピコプランクトンの相対量が少ないことである (MALONE, 1980; FURUYA and MARUMO, 1983)。後者は、珪藻類とは異なって、我々がふつうに考えている植食性甲殻類プランクトンの餌生物としては、なお小さすぎる。原生動物繊毛虫を中心とした微小動物プランクトンがそれらを摂食し、次いで甲殻類が微小動物を食べるので、ナノプランクトン等が多い海域の食物連鎖構造は複雑になる。優勢な植食者(単種又はごく少数種)だけを対象にした場合には、何らかの選択的な摂食活動は植物プランクトン群集のサイズ組成や種組成を変化させるだろうということは当然のことである (FROST, 1980)。しかし、自然群集を考慮すれば、植物群集の組成の単純さあるいは複雑さが植食者群集組成の単純さ複雑さを支配していると言わねばならない。珪藻を中心とする比較的単純な亜寒帯植物プランクトン群集は、橈脚類を中心とする単純な植食者群集を生み出しているのである。

ナノプランクトン→繊毛虫→橈脚類の経路が細く、ミクロプランクトン→橈脚類の経路が卓越するということは、基礎生産→魚類生産の効率が高くなることを意味する。亜寒帯海域では魚類の生産性が高いといえる。一方、繊毛虫のような終生微小動物プランクトンが相対的に少ない亜寒帯海域では、稚仔魚はより大型の橈脚類ノープリウス幼生を主として摂食することになるだろう。さらに後者は晩冬から早春にかけて出現する(図2)一時性の微小動物なので (TANIGUCHI, 1977)、亜寒帯海域の魚類は、この時期に集中して、より大型の稚仔が育つまでの卵黄を含有した卵を産むことになるだろう。基礎生産者から魚類に至る間に起こっている有機物塊(生物体そのもの)のサイズ増大のありかたは、魚類の生活史選択をも支配していると言えよう。

### 3) 植食者のその他の役割

表1は前述の二項目を含めて、植食性動物プランクト

表1 海洋生態系内で植食性動物プランクトンの生産活動が果たしている主要な役割(カッコ内は、関係する生産活動の側面)。

- 1) 基礎生産量の季節的振動の吸収(摂食・油滴蓄積・個体発生に伴う季節的鉛直移動)
- 2) 基礎生産物のサイズ増大(摂食)
- 3) 栄養塩再生産(消化・代謝・排泄)
- 4) 基礎生産物の下方輸送(摂食・鉛直移動・排糞)

ンの果たす役割を列挙したものである。表中の3) 栄養塩再生産とは、植食者が摂食、消化、代謝を経て無機化した窒素やリン化合物を排泄することを意味する。元来富栄養状態にある亜寒帯海域では、この点での役割はいつも大きいというわけではないが、夏には重要な働きをすることがある (McROY *et al.*, 1972)。

4)の下方輸送上の役割もいつも大きいというわけではない。陸棚水域のような浅海域では相対的に重要度は低いし、前述のように東南ベーリング陸棚域には優勢な植食者が欠けていて、植物プランクトンは自ら沈降している例も見られる。しかし中深層プランクトン・ネクトンにとっては、効率の良い有機物下方輸送は重大なよりどころとなる。表層で排泄される植食者の糞粒等の沈降量が多いときには、中深層プランクトンの一部は夜間もその深度にとどまり、表層へ上昇して摂食するという行動を示さない例も知られている (服部, 1985)。

一年を単位として繰り返される植食者の個体発生に伴う季節的鉛直移動(図2)、前述のように、基礎生産の季節的振動吸収と、魚類からみた餌料のサイズ組成の季節変化を支配しているが、それは同時に、有機物の下方輸送の役割をも担っているのである。

### 3. まとめ

以上述べてきたように、植食性動物プランクトンが海洋生態系内で果たしている役割はいくつか考えられ、それらは互いに複合して単純ではない。また、それぞれの側面での役割の軽重は海域によって、あるいはもっと狭い水域によっても、季節によっても異なることを認識しなければならない。ただ、植食者の摂食活動から始まる食物連鎖を通じて、有機物塊のサイズが順次増大するという機構は、海洋生態系には特有かつ本質的なことがらであり、いついかなるころであっても、重要な意味を有していることは強調されてしかるべきである。

一般に富栄養環境にあり、基礎生産が極めて激しい季節振動を示す亜寒帯海域の性格に着目すれば、栄養塩再生産の側面は比較的軽いとしても、基礎生産の振動吸収(植物プランクトン群集密度の制御と高次生産層へのエネルギー輸送の平滑化の両側面がある)に果たす役割の大きさは、やはり強調されなければならない。

いずれにしても、どの側面の役割も、植食性動物プランクトンが日常にとっての生産生態の結果にすぎない。その生態は植物プランクトンの生産生態に支配されながら、永年のうちに植物生産を最大限有効に、安定に利用する方向へ選択されてきたにちがいない(谷口,



1975)。そのような植食性動物プランクトンの生産生態に対応して、魚類がどのような生産生態を選択してきたのか、我々はもっと魚類の生態について知らなければならない。

文 献

BOOTH, B. C. (1980) Vernal phytoplankton community in the eastern Subarctic Pacific: predominant species. 6th Diatom-Symposium, 1980, 339-358.

FROST, B.W. (1980) Grazing. *In*, The Physiological Ecology of Phytoplankton, ed. I. MORRIS, 465-491.

FULTON, J. (1973) Some aspects of the life history of *Calanus plumchrus* in the Strait of Georgia. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **30**, 811-815.

FURUYA, K. and R. MARUMO (1983) Size distribution of phytoplankton in the western Pacific Ocean and adjacent waters in summer. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **30**, 21-32.

HARRISON, P.J., J.D. FULTON, F.J.R. TAYLOR and T.R. PARSONS (1983) Review of the biological oceanography of the Strait of Georgia: pelagic environment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **40**, 1064-1094.

服部 寛 (1985) 西部北太平洋亜寒帯海域における橈脚類の鉛直微細分布とその日周変化の研究. 農学博士論文, 東北大学, 仙台, 146 pp.

HORNER, R. (1982) Do ice algae produce the spring phytoplankton bloom in seasonally ice-covered waters? 7th Diatom-Symposium, 1982, 401-409.

MALONE, T.C. (1980) Algal size. *In*, The Physiological Ecology of Phytoplankton, ed. I. MORRIS, 433-463.

MCLAREN, I. A. (1974) Demographic strategy of vertical migration by a marine copepod. *Am. Nat.*, **108**, 91-102.

MCROY, C.P., J.J. GOERING and W.E. SHIELS (1972) Studies of primary production in the eastern Bering Sea. *In* Biological Oceanography of the Northern North Pacific Ocean, ed. A.Y. TAKENOUTI *et al.*, 199-216.

MILLER, C.B., B.W. FROST, H.P. BATCHELDER, M.J. CLEMONS and R.E. CONWAY (1984) Life histories of large, grazing copepods in a Subarctic ocean gyre: *Neocalanus plumchrus*, *Neocalanus cristatus*, and *Eucalanus bungii* in the

Northeast Pacific. *Prog. Oceanogr.*, **13**, 201-243.

OHWADA, M. (1957) Diatom communities in the Okhotsk Sea, principally on the west coast of Kamchatka, spring to summer 1955. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **13**, 29-34.

SAMBROTTO, R.N. and J.J. GOERING (1983) Interannual variability of phytoplankton and zooplankton production on the southeast Bering Sea shelf. *In*, From Year to Year: Interannual Variability of the Environment and Fisheries of the Gulf of Alaska and the Eastern Bering Sea, ed. W.S. WOOSTER, 161-177.

SMAYDA, T.J. (1980) Phytoplankton species succession. *In*, The Physiological Ecology of Phytoplankton, ed. I. MORRIS, 493-570.

TAKAHASHI, M. and T. HORI (1984) Abundance of picophytoplankton in the subsurface chlorophyll maximum layer in subtropical and tropical waters. *Mar. Biol.*, **79**, 177-186.

TAKAHASHI, M., K. KIKUCHI and Y. HARA (1985) Importance of picocyanobacteria biomass (unicellular, blue-green algae) in the phytoplankton population of the coastal waters off Japan. *Mar. Biol.*, **89**, 63-69.

TANIGUCHI, A. (1973) Phytoplankton-zooplankton relationships in the western Pacific Ocean and adjacent seas. *Mar. Biol.*, **21**, 115-121.

谷口 旭 (1975) 動物プランクトンの生産生態. 海洋プランクトン (元田 茂編), 海洋科学基礎講座 6, 117-235.

TANIGUCHI, A. (1977) Biomass and size composition of copepod nauplii and tintinnids in the Philippine Sea and the Celebes Sea, summer 1972. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **24**, 1-10.

谷口 旭 (1983) 植物プランクトンの生産特性—厳しい環境下での生産. *化学と生物*, **21**, 602-606.

TANIGUCHI, A. and T. KAWAMURA (1972) Primary production in the Oyashio region with special reference to the subsurface chlorophyll maximum layer and phytoplankton-zooplankton relationships. *In*, Biological Oceanography of the Northern North Pacific Ocean, ed. A.Y. TAKENOUTI *et al.*, 231-243.

WATERBURY, J.B.S., S.W. WATSON, R.R.L. GUILLARD and L.E. BRAND (1979) Widespread occurrence of a unicellular, marine, planktonic, cyanobacteria. *Science*, **277**, 293-294.