

- records of whales and sea-birds. Plankton sampling and observation of the DSL. In Preliminary report of the Hakuho Maru Cruise KH-68-4 (Southern Cross Cruise) November 14, 1968-March 3, 1969. Ocean Research Institute, University of Tokyo, Tokyo, 170 pp.
- KOZLOVA, O.G. (1964) Diatoms of the Indian and Pacific sectors of the Antarctic. Acad. Sci. U.S.S.R., Inst. Oceanology, Moskva. (Engl. Transl. IPST, 1966, 191 pp.)
- NEMOTO, T. (1963) Some aspects 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.
- NEMOTO, T. and A. KAWAMURA (1977) Characteristics of food and distribution of baleen whales with special reference to the abundance of North Pacific sei and Bryde's whales. IWC Supplement (IWC/SC/SP74/DOC 21) (in press).
- OMURA, H. (1973) A review of pelagic whaling operations in the Antarctic based on the effort and catch data in 10° squares of latitude and longitude. Sci. Rep. Whales Res. Inst., 25, 105-203.

3. 2. 2. 海水中の基礎生産

極海の生態系を考えるに当たって、海水は大気・海面間のガス交換、熱交換、日射の海水への透過等に影響を与える存在として重要である。さらに、海水はそれ自体が微小藻類の生活の基盤になるので、定着水に覆われる沿岸生態系の重要な要素と考えられている(ANDRIASHEV, 1968)。したがって、海水中の生物群が極地の沿岸海域の生物生産をどの程度に支えているのかは、検討に値する問題であろう。

海水は、氷の結晶と結晶間に取込まれた海水とからなる複雑な系である。この氷の結晶間隙に含まれる海水中には、原生動物、珪藻などの微小生物群が棲息する。とくに、海水下端では下方に向かって成長する短冊型の氷の結晶の間隙に海水が入り込み、海水のうちで最も生物量の多い部分となり、しばしば、微小藻類の色素により褐色に見えることがある。

この生物群について、南極昭和基地で行った観察を基に、二、三の考察を試みたい。

69°00'S, 39°35'E に位置する昭和基地の周辺は、定着水に覆われているが夏期部分的に開水面が形成されることがある。その面積は年によりかなり変動するものと考えられる。氷山の分布状態の変化から、或る年には定着水域のかなりが開水面になる、ということもあり得ようである。

普通、この開水面が凍り始めるのは2月中旬からであり、3月中旬ないし下旬に氷厚は30cmほどになる。しかし、その後約1か月あまりの間の氷の成長はおそく、4月末までに、せいぜい、40cm程度にしかならない。新成氷の下端に珪藻を主とした微小藻類の群落の形成さ

星 合 孝 男 (国立極地研究所)

れるのはこの時期である。

1970年3月20日、微小藻類による着色層の認められた海水の下端におけるクロロフィルa量の経時的変化を、3月27日から追跡した(第1表)。厚さ数cmにすぎない層ではあるが、クロロフィルa量は短期間のうちに急激に増加し、4月16日には921.25 mg/m³に達した。そして、この時をピークにクロロフィルaは減少した。また、3月27日、前述の観察地点の脇に1m×1mのプールをつくり、そこで形成される海水下端においても微小藻類の群落が形成されることを確めた(第1表)。この時期すでに、海水直下の海水中のクロロフィルa量は低くなっていた。

自然に形成された海水、プールの海水の下端の藻類群落は、*Nitzschia seriata* に似た鎖状群体をなす *Nitzschia* sp. 1, *Nitzschia closterium* によく似た *Nitzschia* sp. 2, *Fragilariopsis* spp. 及び *Dinoflagellata* sp. 1, からなっていた。さらに、海水直下に垂下しておいたスライドグラスには、*Nitzschia* sp. 1, *Nitzschia* sp. 2, *Fragilariopsis* spp. が付着し群落を形成した。以上の事実から、海水下端では付着性の強い珪藻が、氷の結晶を基盤として群落を形成していたものと考えられる。

4月下旬或は5月初旬以降、気温の低下とともに、海水は下方に向かって成長し、9月下旬から10月にかけて最高の厚み(130cm~180cm)に達する。一方、日射量は減少し、6月1日から7月10日まで太陽のない季節を迎える。7月以降、太陽高度、日照時間は日を追って増加する。9月中旬以降には、気温も上昇し氷の成長は鈍くなる。場所によって遅速はあるが、この頃になると海

氷下端に再び着色層が認められるようになる。

この間の、海水表面から下端までのクロロフィルa量の季節変化を第1図に示した。資料は順に、秋・冬・春・夏を代表するものである。秋形成された着色層は、8月までには上下に拡散し、色はうすくなる。この時のクロロフィルa量は 24.5 mg/m^3 であった。また、秋から冬へかけて形成された透明に近い氷の中には、かなりの量

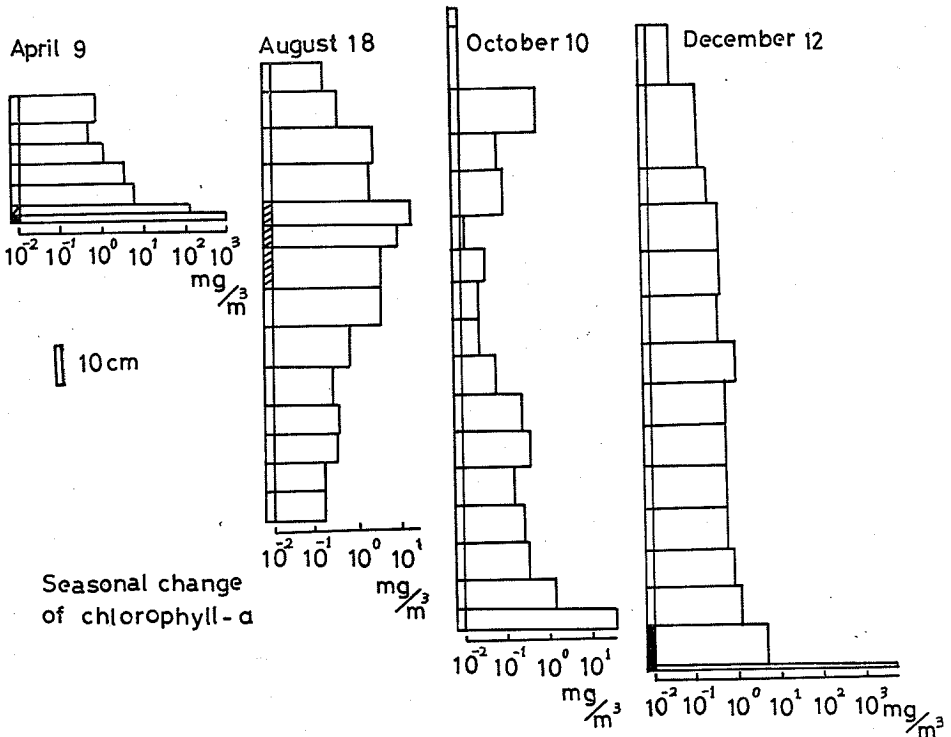
のクロロフィルaが存在することが確められた。冬期、海水下端には2種の *Peridinium* が見出され、同時に、橈脚類のノープリウスが多数見出された。10月、秋の着色層に相当する部位のクロロフィルa量は極めて低くなったが、海水下端のクロロフィルa量は明らかに増加した。ここには *Fragilariopsis* spp. 及び *Amphiprora* sp. が多数見出されるようになった。12月の調査では海水下

第1表 海水下端及び海水中のクロロフィルaの経時変化

Bottom of sea ice						
Date: 1970	Mar. 27	Apr. 3	Apr. 9	Apr. 16	Apr. 23	May 1
Ch mg/m^3	86.35	138.12	829.15	921.25	403.27	177.13
Ph mg/m^3	0	0	5.03	73.09	52.15	13.20

Bottom of sea ice formed in the hole opened on 20 Mar.			
Date: 1970	Apr. 9	Apr. 16	Apr. 23
Ch mg/m^3	67.56	290.88	35.28
Ph mg/m^3	6.24	30.42	9.72

Sea water beneath the sea ice					
Date: 1970	Mar. 16	Mar. 24	Apr. 1	Apr. 11	Apr. 27
Ch mg/m^3	0.13	0.08	0.05	0.10	0.07
Ph mg/m^3	0.30	0.09	0.05	0.09	0.05



第1図 海水中のクロロフィルa量の季節変化、色の薄い着色層を斜線で、濃い部分を黒で示してある。

端に *Navicula* spp., *Stephanopyxis* sp., *Amphiprora* sp. などの着色層が形成され、クロロフィル *a* 量は $5,000 \text{ mg/m}^3$ を超えた。そして、海水下端だけでなく海水全体にクロロフィル *a* の増加が認められた。

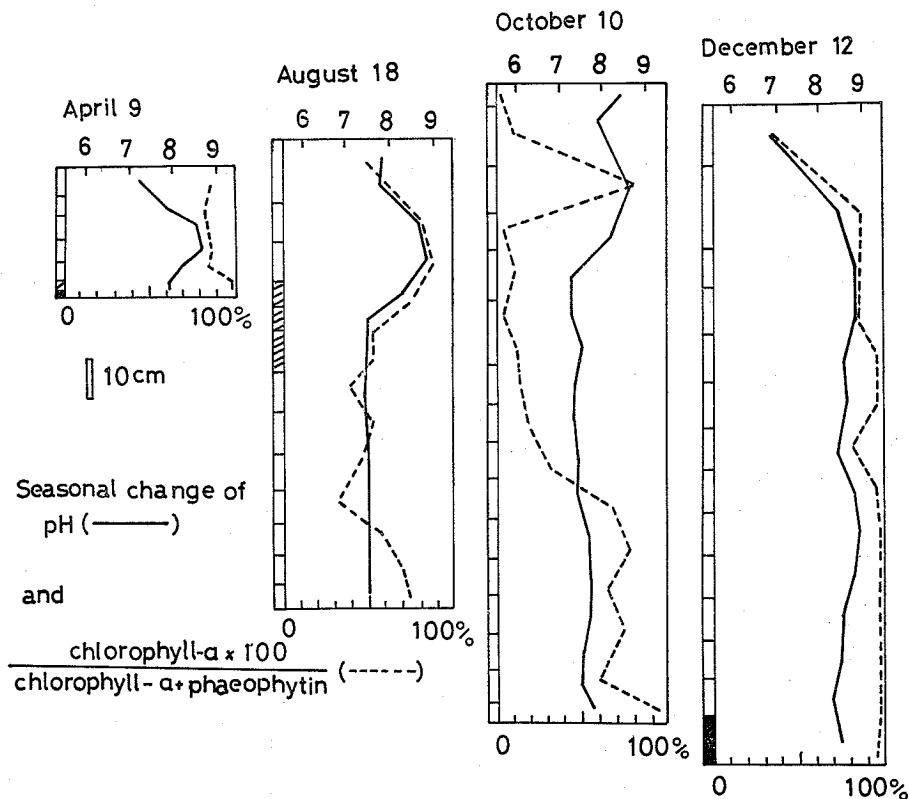
先に述べた4試料の pH の垂直分布を第2図に示した。海水表面付近では、周年概して高い pH 値が認められた。秋の着色層上部付近の pH は、秋すでに高く8.72であった。8月には更に高く8.85となったが、10月には一旦7.30~7.50となり、12月の試料では再び8.40以上の値を示すようになった。着色層下部から海水下端へかけての pH も8月より10月の方が低い値を示し、12月には再び高い値を示した。

pH は試料を室温で溶かしてから測定した値であるから、藻類の棲息環境の pH そのものではないが、藻類をとりまく全体的な環境指標の一つと考えた。しかし、pH の変動に藻類の光合成、呼吸が影響を与えることは充分考えられることで、pH の変動がクロロフィル *a* 量の季節変化と符合していることは興味深い。

暗黒条件下でクロロフィルがフェオフィチンに変わり、

明状態では可逆的にクロロフィルにもどることが報告されている (YENTSCH, 1965)。前述の4試料について、クロロフィル *a* とフェオフィチンの和に対するクロロフィル *a* の百分率を求めて第2図に示した。秋、着色層の形成直後のクロロフィル *a* の割合は、海水表面から下端へかけての総ての部分で80%以上であった。しかし、冬8月には、着色層の上部で80%を越えるほか、他の部分では低い値を示した。特に、着色層中央部から下の部分での値は30~50%であった。10月になると、秋の着色層に相当する部分のクロロフィル *a* の割合は20%以下になったが、海水中央以下の部分では60%を越えるようになり、下端では95%にまで達した。さらに、12月になると海水表面付近を除いて、クロロフィル *a* の割合は95%を越える高い値を示すようになった。

また、クロロフィル *a* の割合が明暗状態の影響で変化するばかりでなく、細胞の age によっても変ると考えられる結果が第1表に示されている。すなわち、藻類群落の発達過程では、クロロフィル *a* の割合は大きな値を示している。



第2図 pH, クロロフィル *a* とフェオフィチンの和に対するクロロフィル *a* の割合の季節変化。

これまで見てきたように、クロロフィルaのクロロフィルa+フェオフィチンに対する割合の季節変化は、クロロフィルa量の季節変化、pHの季節変化とよく一致している。秋繁殖した藻類の一部は、冬不活潑な状態で生存し、春から夏へかけての日射の増加、気温の上昇により、ふ活されるとともに、新たな細胞の加入による群落形成が行われたものと考えられる。

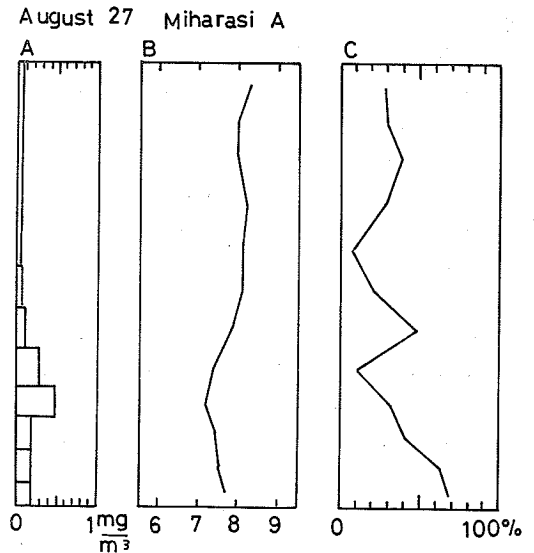
これまでは着色層のある海水について述べてきた。着色層は昭和基地の周辺のかかなり広い地域で認められるが、着色部分を全く持たない海水も存在する。とくに秋の着色層は2年以上を経た海水には殆んど認められない。着色層の見られない海水中には藻類は存在しないのであろうか。

この点を検討するために、秋の着色現象が認められなかった海域の新成氷の調査を実施した。結果を第3図に示したが、8月27日の調査において、着色層を含む海水に比べれば少量であったが、クロロフィルaを検出することができた。海水上部では、pH、クロロフィルaのクロロフィルaとフェオフィチンの和に対する割合は、第2図に示した8月18日の着色層をもつ海水での値よりかなり低かった。しかし、下半分での値は両試料間にあまり差異が認められなかった。さらに、同じ場所の12月23日の試料についてみると、海水表面付近を除いてクロロフィルa量、pH、クロロフィルaの割合の顕著な増加が認められた(第4図)。着色層のない海水においても、春から夏へかけて微小藻類による生産活動が行われたと考えられる。また、8月に見出されたクロロフィルaは、秋に海水内で生産されたものと考えることができよう。

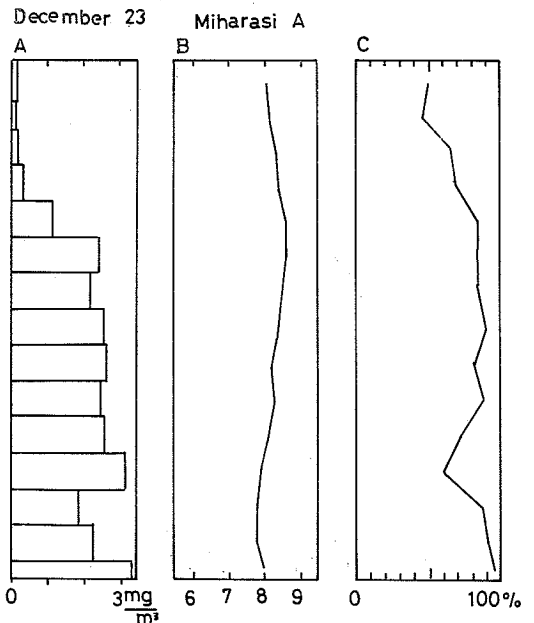
昭和基地周辺の海水には、着色現象が認められようと思ふにかかわらずクロロフィルaが含まれていた。したがって、一般に、海水は微小藻類の棲所としてごく普通のものと考えてよいであろう。もしそうであるならば、極海(北極海の着色現象は知られている)以外の地域の海水からも藻類群落が見出されるに相違ない。

ところで、海水の生物群は極海の生態系において、どのような位置を占めているのであろうか。これを検討するために、問題を昭和基地で着色層のみられた海水にもどす。ここでの単位面積当りのクロロフィルa量とフェオフィチン量の季節変化を第5図に示す。図から、秋のピーク約30 mg/m²、春のピーク30 mg/m²は、それぞれの季節の純生産量に近似すると考えてさしつかえなさそうである。いま、クロロフィルaと有機炭素との比率を1:50と仮定すれば、年間純生産量は約3.0 g C/m²となる。しかし、この値が海水の年間生産量を示すものとし

て妥当であるか否かを、比較検討すべき材料は現在のところ見当たらない。



第3図 着色層をもたない海水のクロロフィルa(A)、pH(B)、クロロフィルaとフェオフィチンの和に対するクロロフィルa(C)の割合。



第4図 着色層をもたない海水のクロロフィルa(A)、pH(B)、クロロフィルaとフェオフィチンの和に対するクロロフィルa(C)の割合。

先にも述べた通り、昭和基地周辺においてさえ、現存量の地域差は大きい。定着氷の北縁では、夏期、海水表面付近に顕著な着色層が認められ、MEGURO (1962) はそこでの現存量を 97 mg/m^2 と報告した。しかし、定着氷域の南部では、表面付近の着色層は認められなくなる。また、春、海水底の珪藻群落は極端に発達すると、氷の底にボロキレを貼付けたようになる。こうなると現存量は昭和基地で得られた値とは、比較にならない程大きくなるであろう。こういったことを考慮した上でなお、海水の年間生産量を 3.0 g C/m^2 と考えることにする。

南極海の年間生産量を RYTHER (1963) は 100 g C/m^2 と見積り、BURKHOLDER ら (1967) は 30 g C/m^2 程度であろうといった。そこで単純に考えれば、海水の年間生産量は $3 \sim 10\%$ に相当することになる。BUNT (1968) はたかだか 2% 程度であろうと述べている。海水中の微小藻類の量的な貢献度は、必ずしも大きくはないようである。

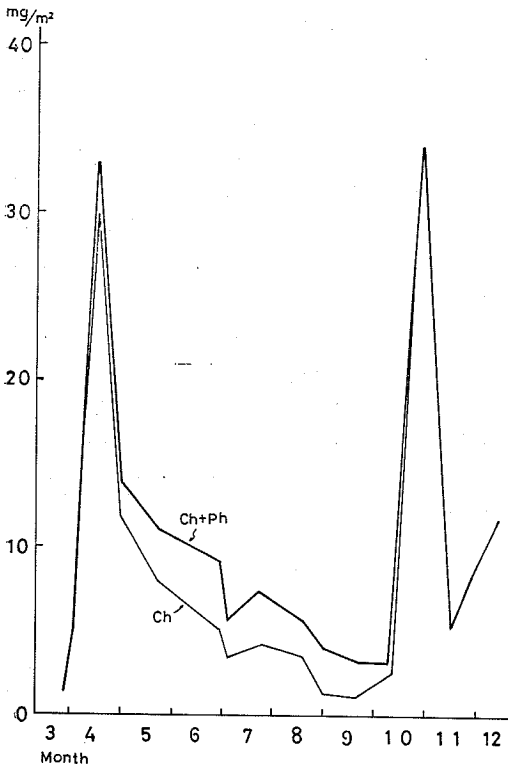
しかし、生態系での意義を論ずるには、質的な面も考慮しなければならない。砕氷により転倒した海水の下端

にオキアミがよく見出される。ナンキョクオキアミの摂食している珪藻 (NEMOTO, 1968) の主要部分を占める小型羽状目珪藻が海水の群落の主要構成要素であること。冬期、海水中の植物プランクトン量が極めて少ない時に、海水中にクロロフィル a が存在すること。さらに、海水底の付着珪藻がフレークとなり、底棲の suspension feeder の食物になっているという事実 (GRUZOV *et al.*, 1967) などを見ると、海水中の微小藻類が南極海の生態系を考える上で、重要視されねばならぬ存在であることがわかる。海水中の微小藻類の生態学的意義についての研究は、まだ極めて乏しく、今後重点的に実施しなくてはならない。

以上、海水は一般的にいて、微小藻類の正常な棲所と考えられ、特に密度の高いところが着色水として視認されること。海水中の微小藻類の年間生産量は、海水のそれに比べて少ないが、生態系の中で占める重要度はかなり高いと考えられる。従って、その重要度を具体的にかつ定量的に研究する必要があることを述べた。

引用文献

- ANDRIASHEV, A. P. (1968) The problems of life community associated with lower layers of the Antarctic fast ice. Symp. Antarctic Oceanogr. Scott Polar Res. Inst. Cambridge, 147-154.
- BUNT, J. S. (1968) Microalgae of the Antarctic pack-ice zone. Symp. Antarctic Oceanogr. Scott Polar Res. Inst. Cambridge, 198-218.
- BURKHOLDER, P. R. and L. M. BURKHOLDER (1967) Primary productivity in surface waters of the South Pacific Ocean. Limnol. Oceanogr., 12, 606-617.
- GRUZOV, Ye. N., M. V. PROPP and A. F. PUSHKIN (1967) Biological associations of coastal areas of the Davis Sea (Based on the observations of divers). Soviet Antarctic Exped. Inform. Bull., 6, 523-533.
- MEGURO, H. (1962) Plankton ice in the Antarctic Ocean. Antarctic Rec., 14, 72-79.
- NEMOTO, T. (1968) Feeding of baleen whales and krill and the value of krill as a marine resource in the Antarctica. Symp. Antarctic Oceanogr. Scott Polar Res. Inst. Cambridge, 240-253.
- RYTHER, J. H. (1963) Geographic variations in productivity. The sea 2, ed. M. N. HILL, Interscience Publ., 347-380.
- YENTSCH, C. S. (1965) Distribution of chlorophyll and phaeophytin in the open ocean. Deep-Sea Res., 12, 653-666.



第5図 海水中における微小藻類現存量の季節変化。