

1984年9月の北部日本海横断観測にみられた海況特性

長 田 宏 ・ 木 谷 浩 三
(日本海区水産研究所) (日本海区水産研究所)

1. はじめに

1984年前半は、日本海の広い範囲で数十年に一度という異常低水温現象が観測され、日本海漁業に大きな影響を与えた。この異常低水温および他の海洋諸要素がその後どのように変化したかを適確に把握しておくことは、今後の低次生物生産を含む海洋研究にとって一つの基礎情報となるであろう。

著者らは1984年9月、水産庁用船「但州丸」の漁業資源評価システム高度化調査において、ソビエト200カイリ水域内を含む北部日本海の横断海洋観測を行った。さらに、同じ時期に得られた人工衛星からのリモートセンシング画像も参考にしながら、観測結果について検討を加えた。

本文に先立ち、調査に御協力いただいた但州丸和田船長はじめ乗組員各位に謝意を表す。また、水質分析および作図に協力していただいた片桐久子技官、動物プランクトン湿重量に関する未発表データを提供していただいた広田祐一博士に対し、厚く御礼申し上げる。

2. 方 法

1984年9月、図1に示した定点で海洋観測を実施した。このうち、Sta. 1から14までの横断観測は9月17-20日、Sta. 17から25までのそれは9月21、22日に行った。観測項目は一般気象観測のほか、水温、塩分、溶存酸素、栄養塩類(磷酸態磷、硝酸態窒素)、植物色素(クロロフィル、フェオフィチン)である。水温、塩分はそれぞれ転倒温度計、サリノメーター(オートラボ601 MK IV)を用いた。試水は船上でワットマンGF/Cフィルターでろ過し、ろ紙とともに-30℃で凍結保存した。このろ液とろ紙を用い、気象庁(1970)に従って栄養塩類と植物色素(蛍光法)を分析した。観測深度は300または600mまでとした。さらに、すべての定点でNORPAC ネット(GG 54)を用いて150mから鉛直曳を行い、採集したプランクトンの湿重量を測定した。

一方、(財)日本気象協会より、1984年9月18日19時02分(GMT)のNOAA-7号(16708軌道)のAVHRR データを購入し、得られた画像と観測結果との比較を行った。

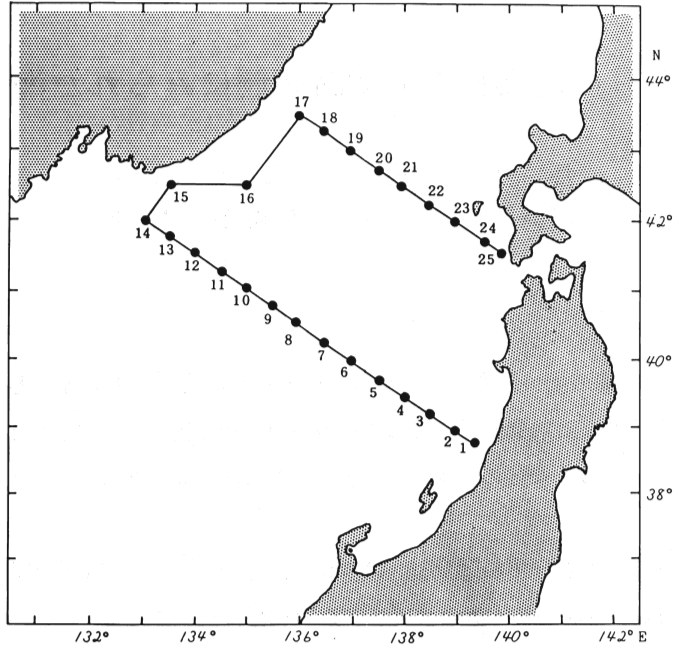


図1 観測定点

3. 結果

(1) 海洋構造

Sta. 1 から14までの断面における水温、栄養塩類の鉛直分布を図2～4に示した。暖水層が比較的厚い沿岸部を除き、断面内では顕著な水温躍層がみられ、特に Sta. 6 以北では発達した水温躍層がみられた。その深度は20～30mにあって、躍層上部と下部とでは10℃以上の大きな水温差が示された。

栄養塩類も水温とほぼ同じ分布パターンを示した。すなわち、断面内の低栄養塩部は高温部にあたり、高栄養塩部は低温部に対応していた。高温部にあたる表層では検出限界値以下の極めて低濃度の栄養塩分布を示していた。暖水層が厚く分布する Sta. 1 から3までの沿岸部では磷酸態磷濃度が $1.0\mu\text{g-at}/\ell$ 以下、硝酸態窒素濃度が $10.0\mu\text{g-at}/\ell$ 以下の水系が200m付近にまで達していた。

300 db 面を基準とした力学計算による流速の鉛直分布 (図5) から Sta. 1-4 と 5-6 に北上流が認められた。特に沿岸部の Sta. 1-4 の表層では最大 $19\text{cm}/\text{sec}$ (約 0.4kt) の北上流速が得

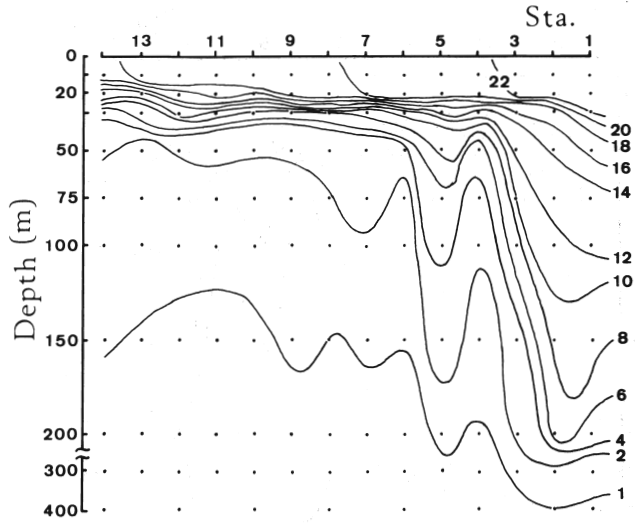


図2 Sta.1-14の水温の鉛直分布(°C)

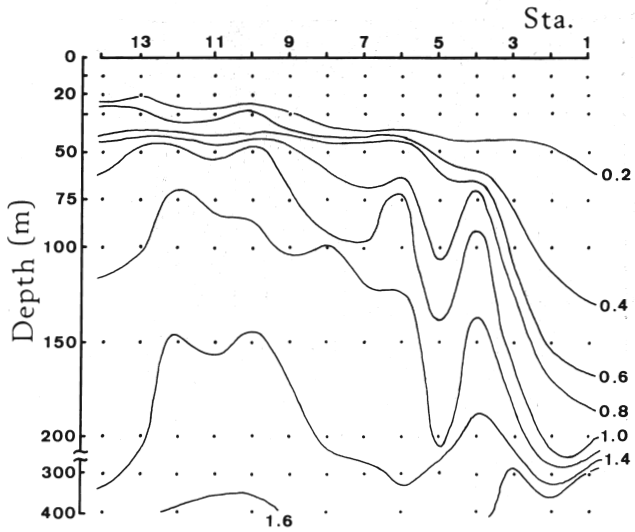


図3 Sta.1-14の磷酸態磷の鉛直分布
($\mu\text{g-at}/\ell$)

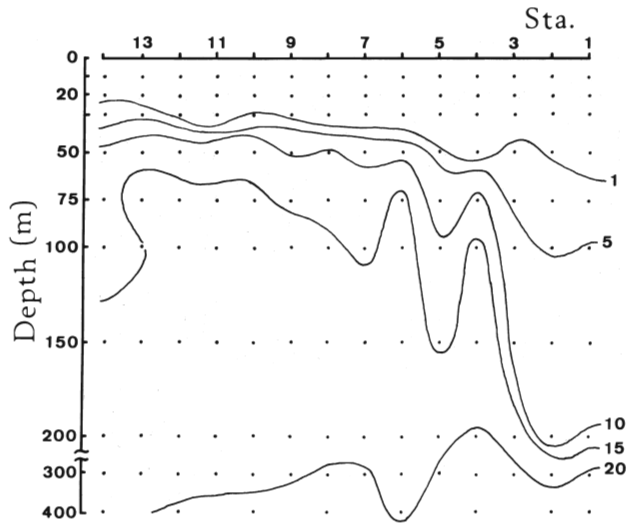


図4 Sta. 1-14の硝酸態窒素の鉛直分布
($\mu\text{g-at}/\ell$)

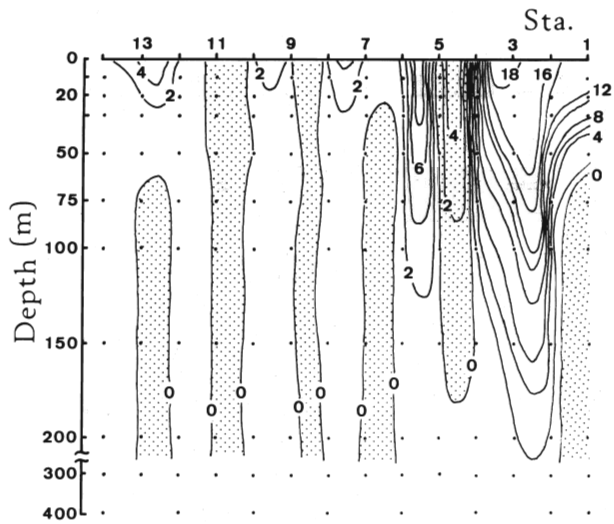


図5 Sta. 1-14の力学計算による流速の鉛直分布
(cm/sec , 300 db 面基準)

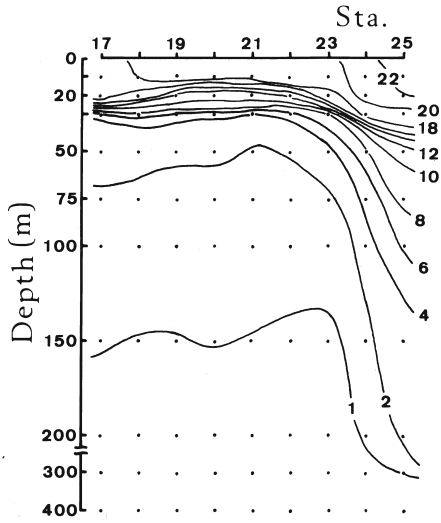


図6 Sta.17-25の水温の鉛直分布
($^{\circ}\text{C}$)

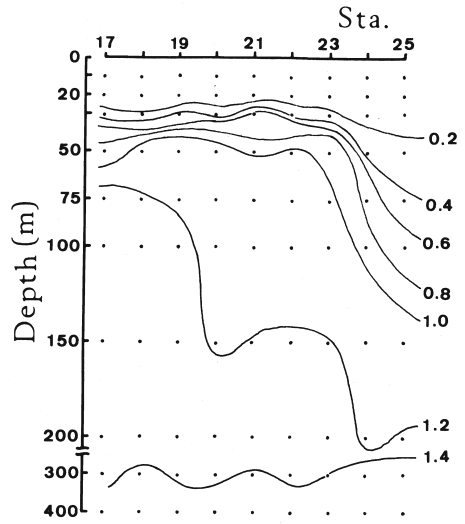


図7 Sta.17-25の磷酸態磷の鉛直分布
($\mu\text{g-at/l}$)

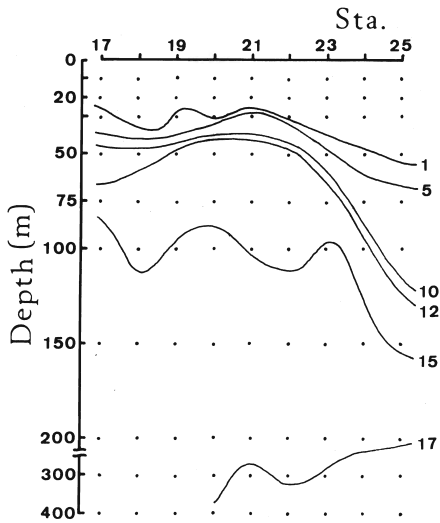


図8 Sta.17-25の硝酸態窒素の鉛直分布
($\mu\text{g-at/l}$)

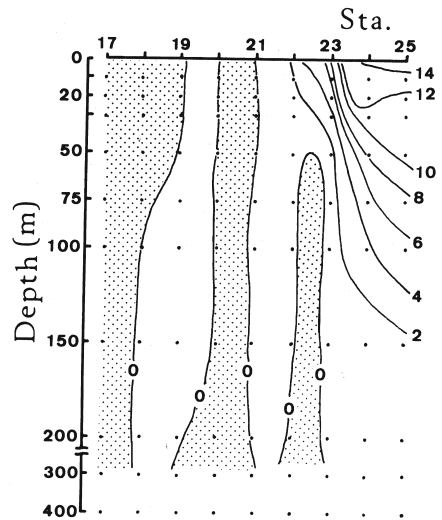


図9 Sta.17-25の力学計算による流速の鉛直分布
(cm/sec , 300 db面基準)

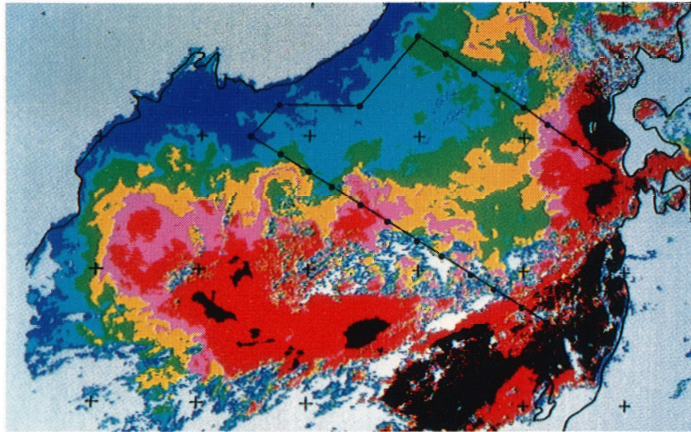


写真1 ノア-7号による北部日本海の熱赤外画像
(1984年9月18日19時02分)

られた。また200m層でも最大3 cm/secの北上流速が得られた。Sta. 1から14の断面内では北上流成分が卓越したが、南下流成分を示す部分も示され、正味の北上流量は、2.6 SVであった。

Sta. 17から25までの断面では、沿岸部のSta. 23-25に相対的に高温で栄養塩濃度が低い水系がみられた(図6-8)。水温躍層は前述の断面と同様、沿岸部を除いてよく発達しており、その深度は10-30mであった。この断面でも躍層より上層では栄養塩濃度は検出限界値以下という低濃度を示していた。

力学計算の結果(図9)、Sta. 22-25の沿岸部表層に卓越した北上流が示され、最大14cm/sec(約0.3 kt)であった。この断面内における正味の北上流量は0.8 SVであった。

熱赤外リモートセンシング画像(写真1)から、日本海中央部に広く分布している暖水が舂作崎西方域で強く収れんし、その後、一部は津軽海峡から太平洋へ流出し、残りは北海道西岸を北上していることがうかがえた。最も水温の高い水域は、佐渡西方域では、やや沖合であったが、山形以北では接岸を示していた。一方、Sta. 12-13付近には、時計回りの暖水の渦流が存在し、北方からの冷水を渦の中に巻き込んでいた。

(2) 動植物プランクトン

Sta. 1-14の断面における植物プランクトン(クロロフィルa)は、水温躍層付近の30-50mに極大濃度を示したが、その値は小さく、Sta. 14の $0.13 \mu\text{g}/\ell$ を除いて、すべての定点で $0.1 \mu\text{g}/\ell$ 以下であった。また躍層より浅い表層では、本州沿岸寄りを除いた定点で、 $0.01 \mu\text{g}/\ell$ 以下の著しく低い濃度を示した(図10)。

Sta. 17-25の断面では、前述の南側断面より全般的にやや高濃度を示しているが、水温躍層付近

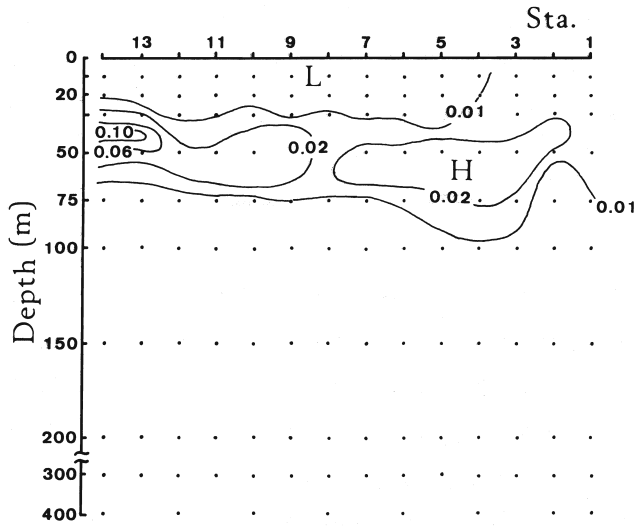


図10 Sta.1-14のクロロフィル a の鉛直分布
($\mu\text{g}/\ell$)

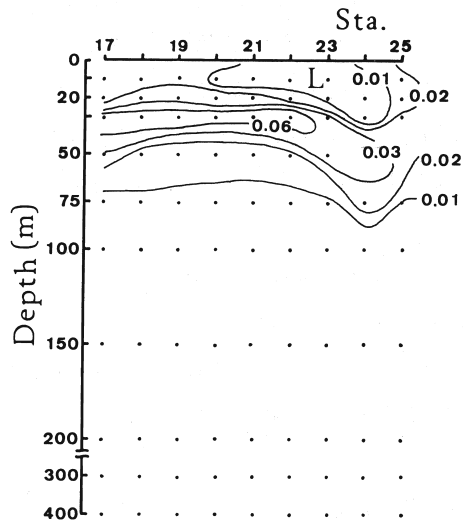


図11 Sta.17-25のクロロフィル a の
鉛直分布 ($\mu\text{g}/\ell$)

の極大層濃度でも南側断面と同様、ほとんどの定点で、 $0.1\mu\text{g}/\ell$ 以下の低い値を示した(図11)。

動物プランクトンの湿重量は採集時刻がまちまちではあるが、Sta. 1-14では $42\sim 132\text{mg}/\text{m}^3$ 、平均 $78.4\text{mg}/\text{m}^3$ 、Sta. 17-25では $58\sim 134\text{mg}/\text{m}^3$ 、平均 $108.1\text{mg}/\text{m}^3$ であった(広田 未発表)。

4. 考 察

気象庁が過去20年間(1964-83)行った日本海の海洋観測結果(舞鶴海洋气象台 1985)と比較すると、今回観測した表面水温は9月としては、やや低めであった。また、躍層より下層においても平年より低温を示した。一方、昇温期のピークであった84年8月の表面水温は平年よりも高かったが、50m層では逆に低い部分が多かった(日水研 1984)。このような84年8月の水温躍層の発達は、おそらく冬季の異常冷却とその後の表面昇温が相乗的に作用したためと考えられる。すなわち一度躍層が形成されると大気からの受熱は極く薄い表層に集中し、ますます躍層を発達させる結果となる。表層水が薄いことと、発達した躍層はこのことを示唆している。なお、Sta. 1から4およびSta. 23から25の水系は、周囲より高温、貧栄養であったことから、対馬暖流系の水と思われる。この層の厚さは、前者で200m、後者で150m程度と推察された。

PM線の84年9月の正味の北上流量は1.97 SVであり(舞鶴海洋气象台 1984)、今回調査したSta. 1-14の2.6 SVより、やや小さい値であった。赤外画像によると、日本海中央部に暖水が広く分布しており(写真1)、また84年9月の100m水温分布図からは、対馬暖流の一部がPM線の外側を通過して佐渡近海に達していることがうかがえた(舞鶴海洋气象台 1984、日水研 1984)、したがって、PM線における流量は、当時の対馬暖流全体の流量より少なめであったと思われる。対馬暖流が取れんする舂作崎西方の定線における9月の平均北上流量(1966-82)は3.55 SVであり(青森水試 1984)、今回計算した値がこれより少なかったということは、84年の異常冷水の影響がまだ残っていたためかもしれない。

ところで、Sta. 12, 13付近には北上流が存在し、Sta. 10, 11付近には、弱いながらも南下流が存在することが、力学計算の結果から想像されたが、熱赤外画像から、ちょうどこの位置に渦流があり、冷水を巻き込んだパターンがみられるため、これを示している可能性がある。リモートセンシング画像は、総観的な海況把握とともに、このような中小規模の海洋構造を調べる際にも有用であることが示されている。

植物プランクトン(クロロフィルa)分布は、水温、栄養塩、海流などの分布パターンとはほとんど関係はなく、全定点、全層を通じて極めて低濃度であり、過去のPM線秋季のクロロフィル量(舞鶴海洋气象台 1982, 83)に比べ、およそ1/10であった。植物プランクトンは、84年4月には北陸沿岸を中心に、前年の4倍以上と多かったが(長田 1984)、それ以後は著しく減少したものと考えられる。異常冷水現象が植物プランクトン等の低次生産者に与えた影響については今後さらに検討を加えねばならないが、84年は、冬季の活発な鉛直混合に伴う下層からの栄養塩供給によって

春季に植物プランクトンが著しく増殖し、表層の栄養塩を使い果したころ、夏季に入り、前述のような発達した水温躍層によって栄養塩供給が断たれ、植物プランクトンの増殖が妨げられたと考えられる。表層の磷酸態磷が極めて低濃度であり、一方、水温躍層以深では、秋の平均（舞鶴海洋気象台 1985）よりも高濃度であったことは、これらの過程と矛盾しない。

一方、動物プランクトン湿重量は、対馬暖流域内と思われる Sta. 1-3 および24-25では、沖合域に比べて少なかったが、それでも全体的にみれば83, 84年秋季のPM線での結果（1983: 22~94mg/m³, 1984: 8~39mg/m³ 舞鶴海洋気象台 1983, 84）と比べてやや多かったことから、植物プランクトンが少なかったのは、動物プランクトンに捕食されたことも原因の一つかもしれない。

5. 結 論

1984年9月の北部日本海には、次のような海況特性がみられた。

- 1) 表層水は薄く、水温躍層の発達が著しかったが、これは対馬暖流の流量が少なかったことも含め、84年の異常冷水現象が関係しているとみなされた。
- 2) 植物プランクトンは、過去の値と比べ極めて少なかった。これは、84年の夏季に特に発達した水温躍層によって、下層からの栄養塩の供給が妨げられたことが原因の一つと思われた。
- 3) 北部日本海の南東~北西断面の中に北上成分流と南下成分流が算出された。これらの流れには中規模の渦流が含まれていることがリモートセンシング画像より示唆された。

文 献

- 青森水試（1984）. 昭和58年度漁況，海況予報事業結果報告書。
気象庁（1970）. 海洋観測指針. 日本海洋学会. 東京, 427 pp.
舞鶴海洋気象台（1982, 83, 84）. 海洋速報 No.341, 345, 349.
—（1985）. 日本海海洋観測20年報。
長田 宏（1984）. 北陸沿岸域における1984年春季の植物プランクトンの増加について. 水産海洋研究会報（46）, 139-140.
日水研（1984）. 日本海漁場海況速報 No.382, 383.