

35° N線上の海洋構造と卵稚仔の輸送量

久保 治 良・富 永 敦

On the Oceanographic Structure and Transport of Eggs and Larvae along 35° N

Haruyosi KUBO, Atusi TOMINAGA

1. はじめに

この調査の目的は黒潮海域の海洋構造を解明すると同時に黒潮によって輸送される魚卵稚仔の量がどのくらいあるのかを解明しようとするものである。

1992年には35° N線上で反復観測を3回にわたって実施した(久保、1993)。その結果水温、塩分の鉛直分布から見て2-3日間程度の海況の短期変動はそれほど大きなものではないことが判った。また、水塊の層重状態は久保ら(1982)が鹿島灘で解析したのと同様の結果が得られた。稚仔魚の出現海域のピークは黒潮強流帯と沖側の環流域に認められた(久保、1993)。なお、この調査は200カイリ水域内漁業資源総合調査委託事業の中の太平洋系マイワシ資源等緊急調査の一環として実施したものである。

2. 材料と方法

1993年3月16~18日に茨城県水産試験場所属の調査指導船水戸丸(179トン)により35° N線上の140° 20' E~143° 00' E間で経度10分毎に観測点を設け、計17点で一般海洋観測及び卵稚仔採集を行った(図1)。

卵稚仔採集は夜間のみ実施することになっていたため、昼間は船を流しておいて、夜間のみ行動した。稚魚ネットは表層曳きで、船速2ノット、10分間曳きで行った。卵稚仔の同定を日本エヌ・ユー・エス(株)に依頼した。

水温、塩分はCTD(Neil Brown社 Mark III B)により1000dbまで測定した。水温、塩分から密度及び地衡流を求めた。地衡流は1000dbを基準面として計算した。また、G E K(理研式)観測結果から海面の流向、流速を求めた。

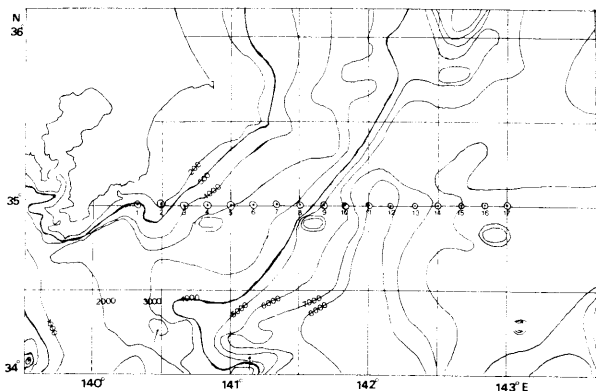


図1 観測地点(経度10分毎)及び海底地形
測点2付近が急に浅くなっている

3. 結 果

1) 海況の全体像

調査海域を含んだ調査当時の海況の全体像を図2(a)に示した。当時の水温分布(200m層)をみると、鹿島灘には北から冷水舌が張り出し、この海域で冷水塊状を成している。九十九里沿岸域には弱い暖水舌が侵入し、35° N付近の等温線はほぼ東西に引かれている。等温線が混んでいる所は、142° から143° E間に見られる。

流れをみると、黒潮はかなり南下し、35° N線上では142° Eより東に認められたに過ぎない。しかも、流向はほとんど東流である。しかし、これより半月前の海況図(図2. b)では、黒潮は房総半島にかなり接岸していたので、今調査の場合は、離岸してからあまり時間が経過していないものと考えられる。

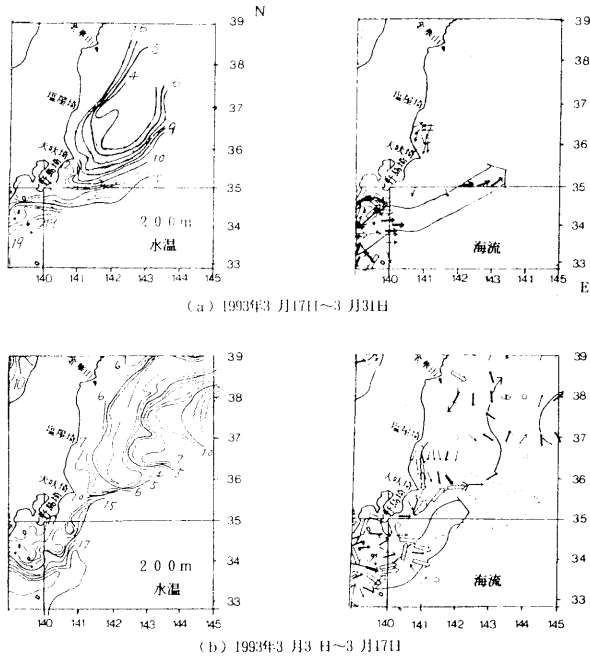


図2 調査海域の海況(海洋速報、平成5年6号、7号より)
3月前半は黒潮が接岸、後半(観測時)は大きく離岸

2) 水温、塩分の鉛直分布

図3に昨年同期(1992年2月17日~18日)の分布、図4に今回の分布を示した。昨年は水温も塩分も向斜構造を示していたが、今年は142° E以西では等値線が数十マイルではかなりの凹凸は認められるが、大きく見るとほぼ等深に添って平行に引かれている。これは図(図2. a、図4)よりみて黒潮がこの海域を流れていないことによるものである。142° E以东は向斜構造を示し黒潮の存在を示唆している。140° 30' E付近のリッジ(図1. 測点2)の沖側には昨年も今回も400m以浅に低温、低塩分水の背斜構造が認められる。

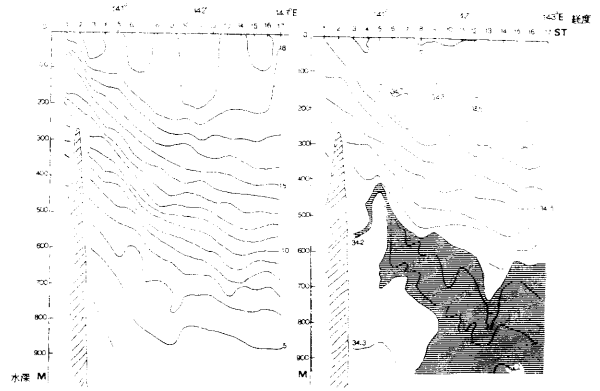


図3 水温、塩分鉛直分布(1992年2月17~18日)
水深300m以浅に厚い等温、等塩分層、塩分極小層は岸側で浅く、沖側で深い

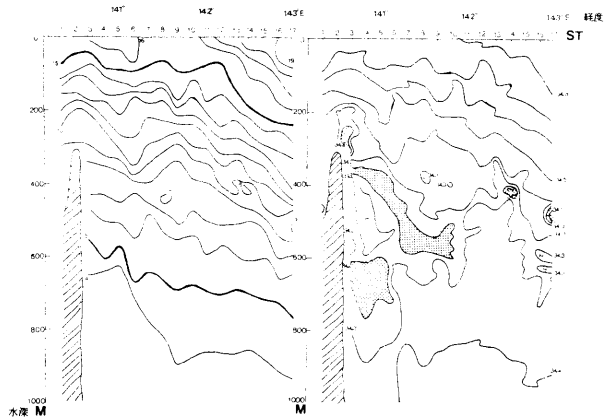


図4 水温、塩分鉛直分布(1993年3月16~18日)
水深300m~500mに厚い等温、等塩分層、測点6以西に塩分極小の二重構造

塩分分布に着目すると、昨年は厚い等塩分層(34.7psu台)が上層(300m以浅)にあったが、今回は141° 20' から142° 10' Eの間の水深300m~500m層に厚い等塩分層(34.3psu台)が存在している。

塩分極小層を見ると、昨年は一層で沿岸側が浅く、沖合側が深くなっていたが、今回は様相が全く変わり、141° 10' E(測点6)以西には二層の極小層が存在している。深い方の極小層は分布図から見ると、浅い方の極小層から分離して下層にもぐり込んだもののように見える。

3) 流動

a) G E Kによる流向、流速

図5にG E Kによる流向、流速を示した。測点7から岸側は1ノット以下の南向きの流れで、黒潮内側域は北からの流れが卓越していることを示している。測点9から沖側は3ノット以上の強い東向きの流れとなっており、これは黒潮が35° N付近を東に流れていることを示している。

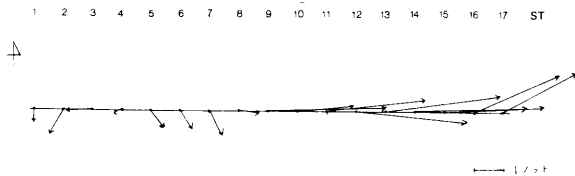


図5 G E Kによる流向、流速

測点7より岸側は南寄りの流れ、測点8から沖側は東寄りの流れ、測点9から沖は3ノット内外の強流

b) 地衡流

G E Kの測流結果から、測点9より東の海域が黒潮域と考えられ、1000db面を基準面とした地衡流量（北向き成分）は、12.6sv ($10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$)となった。図2(a)より黒潮は約70°の角度で流れているので、黒潮の流量は $12.6\text{sv} / \cos 70^\circ = 36.8\text{sv}$ 程度と推定される（図6）。G E Kの測流結果を見ると、沖側では東向きの流れが卓越しているため、地衡流での南北流は小さくなっている。黒潮を直角に横切らなかった今回の調査で地衡流量から卵稚仔の輸送量を算定するには無理がある。

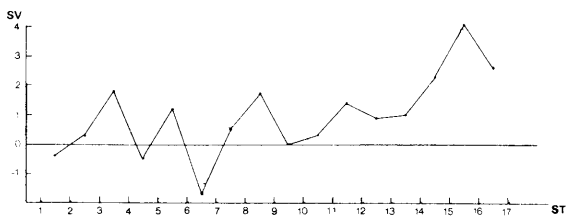


図6 1000db面を基準面とした黒潮の地衡流量

(SV : $10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$)

測点9より沖の全流量は12.6sv

4) 卵稚仔魚分布

図7に測点別稚仔魚採集数を示した。稚仔魚は岸

側と沖側に山が見られ、岸側の山は黒潮内側域にあり、ここは図4で見ると上層の高温、高塩分水塊の沖側縁辺部（測点7,8）に当たる。沖側の山は黒潮強流域にあり、図4で見ると上層での高温、高塩分水塊の岸側縁辺部（測点15,16）に当たる。山と山の間はG E Kの観測結果から見ると、測点7の南流から測点8の弱い東流、測点9の強い東流に変わっている海域である。昨年の場合（久保、1993）もそうであったが、このような流向の変位海域の沖側付近では、稚仔魚の量が極端に少なくなる。

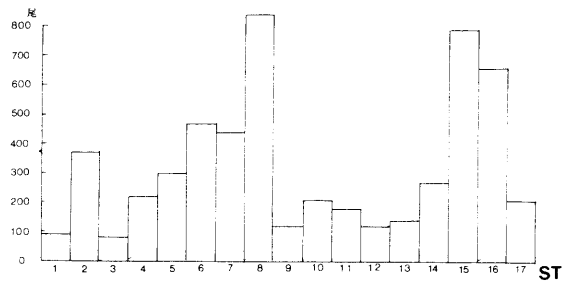


図7 測点別稚仔魚出現状況

黒潮内側域と黒潮強流域に山がある、流向の変位海域には稚仔魚少ない

卵の出現状況を見ると、魚類ではサンマ卵以外はマイワシ卵が測点1で7個採集されたのみである。サンマ卵は黒潮域のみで採集され（図8）、黒潮内側域では全く採集されていない。

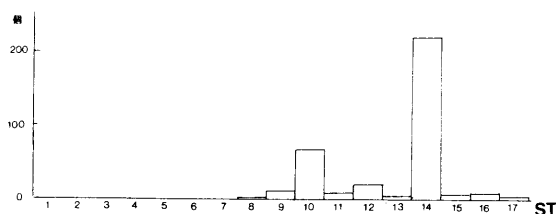


図8 測点別サンマ卵出現状況

卵は黒潮域のみで採集

魚種別に稚仔魚の出現状況を見たのが図9である。本調査ではマイワシ稚仔魚が圧倒的に多く、マイワシ稚仔魚の出現分布は図7の全魚種の出現分布と同様の分布を示している。サンマ稚仔魚は全海域で出現しているが、ピークは黒潮強流帯の縁辺部にみられ、マイワシ稚仔魚が多い所にはサンマ稚仔魚が少なく、サンマ稚仔魚が多い所にはマイワシ稚仔魚が少ない。その他の魚種については測点8にピークがあり、それを中心にして岸側及び沖側に漸減している。

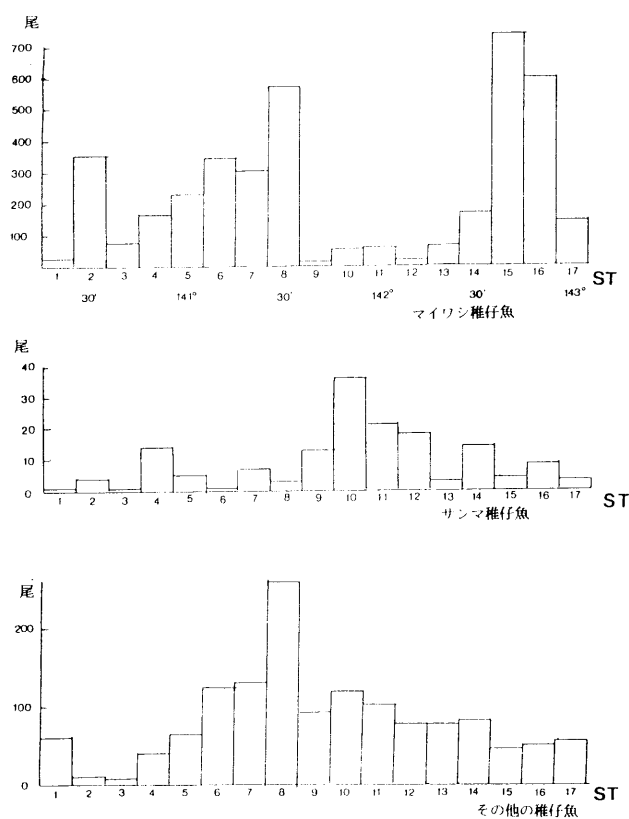


図9 魚種別測点別稚仔魚の出現状況

マイワシ稚仔魚は黒潮内側域黒潮強流域に山、サンマ稚仔魚はマイワシ稚仔魚の少ない所に多い、その他の魚の稚仔魚は測点8に山

頭足類について見ると(図10)、稚仔魚はほぼ全域で出現し、出現海域についての特徴的なことは見当たらない。卵は全海域で出現しているが、黒潮内側域に多量に出現している。

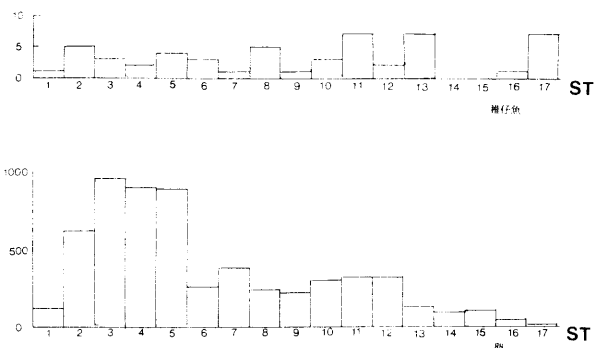


図10 測点別頭足類の卵稚仔魚の出現状況

稚仔魚では特徴的な状況なし、卵は黒潮内側域に多い

海域によって稚仔魚の体長組成がどうかを調べたのが図11である。ここではマイワシの稚仔魚が全海域で採集されているのでこれを用いた。図から見て沿岸域は体長が大きく、黒潮内側域の沖合側に行くに従って体長が小さくなり、黒潮縁辺部では再び体長が大きく、黒潮域では体長が小さくなっている。

4. 考 察

1) 水温、塩分の鉛直分布

リッジの沖側の低温、低塩分水の背斜構造の形成については、色々考えられ、図1より見て地形によって流れが横から回り込んだり、山の上を越えることにより擾乱が起きたか、地衡流的釣り合いによるものか、湧昇によるものか等が考えられるが、いずれにしても資料不足で判定は難しい。しかし、T-Sダイアグラムからみると(久保、本報)、擾乱による可能性が大きい。

昨年表層(300m以浅)に見られた厚い等温、等塩分層の水は亜熱帯モード水で、当時黒潮が接岸していたため亜熱帯モード水が観測され、今回は黒潮が大きく離岸していたため、亜熱帯モード水は測点17に認められたのみで(図4)、これは亜熱帯モード水の縁辺部が観測されたにすぎず、表層の厚い等温、等塩分層が明瞭に現れなかったものであろう。

水深300~500mに存在している厚い等温、等塩

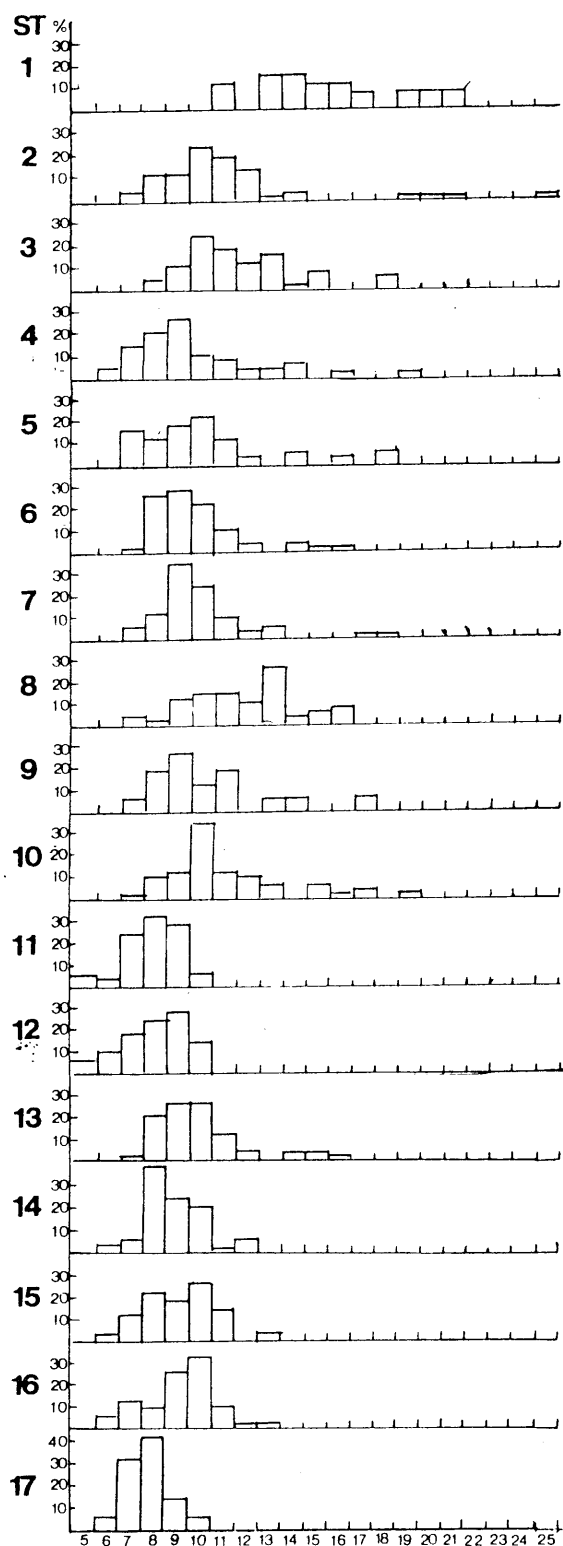


図11 測点別マイワシ稚仔の体長組成

沿岸域は体長が大きく、沖合側に行くに従って小さくなり、黒潮縁辺部では再び大きく、黒潮域では小さくなっている

分層（水温7～8℃、塩分34.3～34.4psu）は昨年は見られなかった。この存在について友定（1994）は東北海区の暖水塊の残骸とは考えられないのかと指摘しているが、東北海区の38°N以南には暖水塊が存在せず（1～2月）、三陸沖の暖水塊が房総沖まで南下したとは考え難い。図12に見られる様に、1～2月に黒潮外側域に暖水塊が存在し、これが3月に黒潮流軸が南下したため黒潮に吸収され、更に親潮系水が南下してきたため、混合系水の下層に暖水塊の残骸が厚い等温、等塩分層として捕まえられたものであろう。これと似た現象は稲掛ら（1992, 1993）が黒潮統流域で行った調査でも捕まえられており、「黒潮に取り込まれた暖水塊の一部が分断され、黒潮の躍層付近へ鉛直的に移動し、黒潮沿に流されているもの」と説明している。しかし、この場合は黒潮流軸の南側に存在していた。

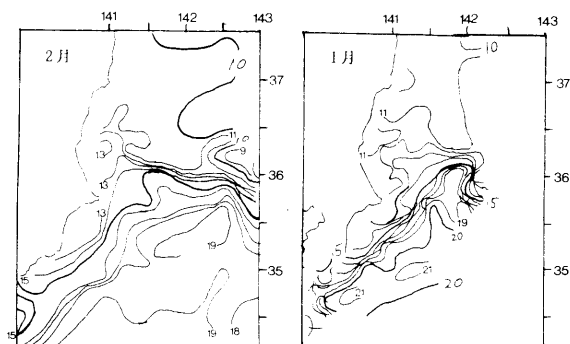


図12 1993年1月、2月 100m層水温分布

（東北水研作成）

黒潮外側域に暖水塊

2) 卵稚仔魚分布

図7で黒潮内側域に多量の稚仔魚が採集されたことは、興味深いことであるが、図2 (b)に見られるように、本調査が実施される少し前の海況は、黒潮が房総半島に接岸しており、その後すぐに黒潮が南偏したため黒潮によって運ばれた稚仔魚は房総半島沿岸の黒潮内側域に取り残されたと考えるのが妥当であろう。測点9では強流（4ノット）にもかかわ

らず、稚仔魚量が極端に少ないのはこの海域が流向の変位海域であるため、発散域となり、この水を補うのに下から水がきた（湧昇）もので、直接黒潮によって運ばれてきた水は少なく、そのためにこの海域には稚仔魚が少ないのではないかと推測される。サンマ卵が黒潮域のみで採集された（図8）のは、サンマは黒潮域を主たる産卵場としているためと考えられる。また、回遊魚の稚仔魚は採集されているにもかかわらず、サンマ卵以外の卵が採集されないのは、当海域は回遊魚の産卵場としての役目は小さく、黒潮のもっと上流域が産卵場であることが推測される。頭足類の卵が黒潮内側域に多量に出現しているのは（図10）沿岸域又は黒潮内側域が頭足類の産卵場であろうと推測される。マイワシの稚仔魚の体長組成が海域によって異なり（図11）、黒潮内側域の体長が大きく、沖合側に行くに従って小さくなり、黒潮縁辺部では再び大きく、黒潮域で小さくなっているのは、流れの強さと関係しているものと考えられる。即ち、黒潮内側域や黒潮縁辺部では流れが弱く、稚仔魚は発生後に長期間滞留しているため体長が大きく、黒潮域では流れが速いため発生後の滞留時間が短いことにより体長が小さいものと考えられる。

5. まとめ

35° N線上の1993年3月の調査から、海況、卵稚仔魚について解析した結果は次のとおりである。

- (1) 140° 30' E付近のリッジの沖側には低温、低塩分の水があり、これの成因は色々考えられるが、リッジの存在による擾乱が有力である。
- (2) 水温、塩分の鉛直分布で測点6～11の中層に厚さ200m程度の等温、等塩分層が観測され、これは1～2月に黒潮の南に形成された暖水塊が黒潮に取り込まれ、その残骸である可能性が強い。
- (3) 流れは測点8より沖側が強い東流で黒潮を示していた。そのため流量計算による南北流は

1992年2月に比較して小さな流れとして計算された。

- (4) 稚仔魚の分布を見ると黒潮の内側域と黒潮の強流域の二箇所に出現の山が見られ、この分布はマイワシの稚仔魚分布と一致している。流れの変位海域には昨年と同様に稚仔魚が少ない。
- (5) マイワシ稚仔魚が多い所にはサンマ稚仔魚が少なく、サンマ稚仔魚が多い所にはマイワシ稚仔魚が少ない。
- (6) マイワシ稚仔魚の体長組成は沿岸域と黒潮縁辺部で大きく、黒潮域で小さい。これはその海域での滞留期間の長短によるものと推測された。
- (7) 頭足類は黒潮内側域で産卵することが推測された。
- (8) 地衡流量から卵稚仔の輸送量を算定するには黒潮をほぼ直角に横切るような観測線を設定することが肝要である。

6. おわりに

今回と前回の調査（1992）で卵稚仔の分布傾向はある程度明らかになってきた。黒潮による輸送を一本の測線から推定するためには黒潮を直角に横切る測線を設定する必要性を改めて痛感した。終わりに当たり力学計算や作図をしていただき、また本論文に関して議論していただいた東北水研の安田一郎博士や本論文の校閲をお願いした東北水研の友定彰博士に感謝する。

参考文献

- 稲掛伝三、他、1992、1990年10月における黒潮と暖水塊の相互作用 —水温、塩分、溶存酸素の分布—、1992年海洋学会春季大会予講集、83-84
- 稲掛伝三、他、1993、黒潮続流域における中層水の変質、1990年10月、北光丸の観測結果から、月刊海洋、Vo125, No 3, 141-147
- 久保治良、他、1982、鹿島灘の海況—Ⅲ 常磐～房総海域の水塊特性、東海区水研報、No108 59-

133

久保治良、1993、35° N線上の黒潮構造と流量の短期変動及び卵稚仔の輸送量、茨城水試研報、31、1-22

久保治良、本報、35° N線上の塩分極小について、友定 彰、1980、S T Dによる伊豆海嶺以東の海況調査、黒潮の開発利用の調査研究報告（その3）、科学技術庁、89-99

友定 彰、1981、1980年の伊豆海嶺以東の海洋調査から、黒潮の開発利用の調査研究報告（その4）、科学技術庁、77-91

友定 彰、1994、私信