

第23回 かつお・まぐろ漁業研究座談会

エルニーニョと漁業

共催 水産海洋研究会
マグロ漁業研究協議会

日時: 1988年2月18日 13:00~17:00

場所: 東海大学三保研修館

コンピナー: 林 繁一 (遠洋水産研究所)

花本 栄二 (神奈川県水産試験場)

水野 恵介 (遠洋水産研究所)

挨拶: 平野 敏行 (水産海洋研究会会長)

コンピナー趣旨説明

話題及び話題提供者

座長 行 縄 茂 理 (遠洋水産研究所)

1. エル・ニーニョと気象

佐伯 理 郎 (気象庁)

2. 太平洋熱帯海域の海洋変動

水野 恵 介 (遠洋水産研究所)

3. エル・ニーニョとまぐろ漁業 (はえなわ漁業との関係)

宮 部 尚 純 (遠洋水産研究所)

小 井 土 隆 (遠洋水産研究所)

鈴 木 治 郎 (遠洋水産研究所)

4. エル・ニーニョと東部太平洋における表層漁業 (英文)

J. ジョゼフ (全米熱帯まぐろ委員会)

F. R. ミラー (全米熱帯まぐろ委員会)

5. エル・ニーニョが東部太平洋のメバチ資源に与える影響

花本 栄二 (神奈川県水産試験場)

竹内 正一 (東京水産大学)

総合討論

趣 旨 説 明

最近、エル・ニーニョ現象について観測・理論ともに研究の進展が目覚しく、この現象が南米沖の局地的な現象ではなく、大洋規模の海洋変動現象であり、全地球規模の気象にも深く関わっていることがわかってきた。各国ともこの現象を解明しようとする機運が盛り上がり、国際共同研究が組織され我が国もこれに参画することになった。

エル・ニーニョと漁業との関係については、ペルー沖のアンチ・ピーがつとに有名であるが、この現象が大洋規模で海洋環境の変化を引起すものである以上、他の各種特に浮魚類には何等かの影響が引起こされるであろうと想像される。しかしながら、現在どのような漁業上の異常もエル・ニーニョに結びつけて考えられてしまう傾向が無いとは言えず、一度じっくり検討してみる必要

があると思われる。昨日から行なわれているまぐろ漁業研究会においてもこの問題への関心が高く、今回は水産海洋研究会の事業の一環であるかつお、まぐろ漁業研究会(23回)と共催して「エル・ニーニョと漁業」と題してシンポジウムを行なうことになった。

このシンポジウムの目的は、まずエル・ニーニョ現象自体が気象・海洋学的にどこまで明らかにされているか共通の認識をはっきりさせ、漁業への影響が特にまぐろ類に関してどの程度あり、その関係がどこまで明らかになっているかを論議してみたい。更に、これを解き明かしていくためには今後どのような調査・研究が必要なのかも考えてみたい。

コンビーナー 林 繁一・水野恵介・花本栄二

1. エルニーニョと気象

1. エルニーニョとは

エルニーニョはスペイン語で El Niño と書き、幼な子イエス・キリストをさしている。何故、イエス・キリストと海の現象が関係あるのだろうか。

ペルーやエクアドルは赤道に近いといっても南半球に位置しているので、季節は日本と反対になる。したがって気温は1~2月頃最も高くなる。海面での水温も3月頃は最も高く、逆に9~10月頃最も低くなる。この水温の低い時期には深さが100mぐらいのところから栄養塩に富んだ冷たい水が湧き上がってくる湧昇という現象が著しく、この時期ペルーなどでは漁業が盛んであるが、水のぬるみ始める12月のクリスマスの頃から漁は休みになる。この季節的に水温の高くなる現象をクリスマスにちなみエルニーニョと地元では呼んでいた。しかし、数年に一度、水温が低くなる季節になっても少しも下がらず、漁に出ても少しも漁獲がないという毎日が続くことがあった。その原因が、普段冷たい水に占められて好漁場となるペルー沖の海が、その時には栄養塩の乏しい暖かい水で占められ海面での水温が平年に比べて2~5℃も高いことが、いろいろな調査でわかってきた。この

佐 伯 理 郎 (気象庁海洋気象部海洋課)

水温が異常に高くなる現象も、先に述べた季節的な高水温現象と区別せず、地元ではエルニーニョと呼んでいる。この異常な高水温現象はペルーやエクアドル沿岸ばかりではなく、その沖合の東太平洋の赤道海域まで広がっている大規模なものであることが、最近の調査でわかってきた。ここで話題にするのは、この大規模な現象であるエルニーニョについてである。エル・ニーニョは1950年以降では、1951, 53, 57, 63, 65, 69, 72, 76, 82, 86年と2ないし6年間隔で10回発生しており、高水温現象は1年前後持続する。なぜ、このような現象が発生するのか順を追って説明する。

2. 海水温の分布

海面水温の分布を太平洋規模でみると、図1に示すように気温と同じように低緯度域で高く、高緯度域では低くなっている。しかし、太平洋の低緯度の海面水温は西側では高く、東側では低くなっている。また、太平洋の東側の赤道近くでは、その南や北に比べて水温が低くなっている。次に海の深さ方向にどんなふうに水温が変化するかをみってみる。全世界の海洋の平均的な深さは4000mぐらいであるが、水温が季節変化をするのはせいぜい

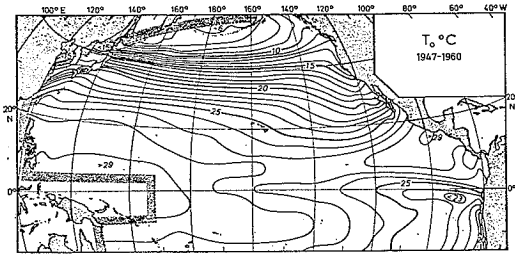


図1 太平洋の8月の月平均海面水温分布 (°C)

300~400m ぐらいまでである。それより深いところでは、ほとんど水温は季節変化しない。温帯や熱帯の海では水温は深くなるにつれ、徐々に低くなっていく。しかし、その変化の仕方は、かなり共通の性質がみられる。すなわち、海面からの 50~200m ぐらいまでは、表層混合層というほぼ一定の水温の層があり、それより深いところには水温躍層（サーモクライン）と呼ばれる鉛直方向に急激に水温の変化する層がある。表層混合層は、その言葉が示すように、そこでは海水の上下の混合が、風によるかきまぜや対流などによって起こされ、等温になっているわけである。もちろん混合層の厚さやその温度は季節によって異なり、夏季はうすく、その水温は高くなっている。冬季は逆に厚く、水温は低くなっている。水温躍層は普通700~800m ぐらいまでみられるが、それより深くなると、あまり水温は変化しなくなる。

海洋物理学では、種々の計算をする時に、海洋を海面近くの表層混合層の暖かい水とその下の冷たい水の二層に分けて単純化して考えることをしばしば行う。このような単純化をモデル化といっているが、海洋を冷・暖の二層に分けて考えると、エルニーニョの発生の仕組みなどを調べるのに便利である。

3. 湧 昇

風によって海には海流や波などいろいろな運動が生じている。海に生ずる大規模な流れには地球の自転によるみかけの力（コリオリの力）が重要な役割を果たしている。北半球では、風を背にして右側へ、また南半球では、風を背にして左側へ、海水が運ばれる。通常、北米大陸の西側では北風が、また、南米大陸の西側では南風が卓越している。したがって、北米大陸の西側でも、南米大陸の西側でも上層の暖い水が沖へ沖へ運ばれるので、それを補うために沿岸近くでは下層から冷たい水が湧き上がってくる（図2）。この現象が湧昇である。特に岸近くで起こる湧昇を、後で説明する赤道湧昇と区別して沿岸湧昇と呼ぶこともある。ところで、この冷たい水

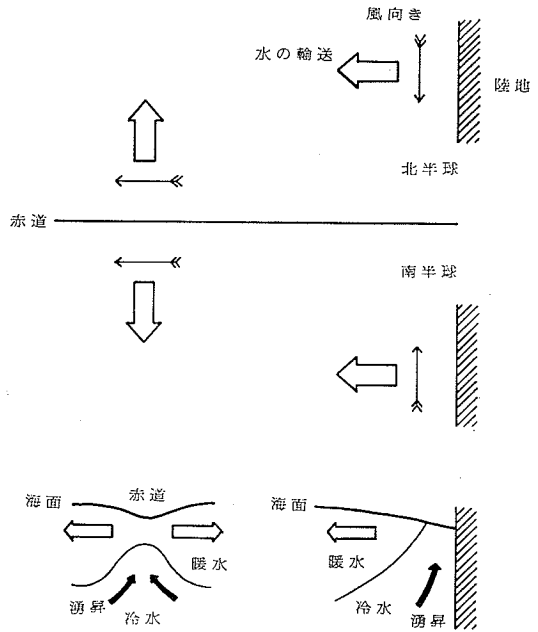


図2 湧昇の起こる仕組み

は栄養塩に富んでいるので、プランクトンなどの絶好のえさになり、更にプランクトンを求めて集まる魚が多いため、世界でも有数の漁場となっている。まさに、ペルー沖やカリフォルニア沖はそういった所である。また、赤道でも湧昇が起こっている。赤道近くでは貿易風が東から西へ吹いていて、赤道の北側（北半球）では、海水は北へ、赤道の南側（南半球）では南へ海水が運ばれる。すると、赤道では上層の暖かい水がポッカリとなくなる形となり、それを補うように、下層から冷たい水が湧き上がっている（赤道湧昇）。したがって、太平洋の東部の赤道近くの海面水温がその南と北に比べて低くなっている。しかし、太平洋の西部の赤道近くの海面水温がその南や北に比べて低くないのはなぜだろうか。それは、東から西へ吹く貿易風のため、上層の暖水が西側に吹き寄せられているので、西部太平洋赤道域では表層混合層の深さが厚くなっていて、赤道湧昇があっても、湧き上がってくる海水が暖かいため、海面の水温も低くならないからである。また、東から西へ暖水が運ばれてくる間に、海面近くの海水が徐々に暖められることもあって、太平洋赤道域の海面水温は、西側が高く、東側で低くなっている。

エルニーニョの発生のメカニズムを解明する上で、

- ① 太平洋赤道域の海面水温の分布には、西側が高

く、東側が低いというコントラストがあること

- ② 東から西へ吹く貿易風の強弱
- ③ 表層混合層の分布の変化
- ④ 湧昇

がカギとなる事柄である。

4. エルニーニョ発生メカニズムと南方振動

東から西へ吹く貿易風が弱くなると、海はどのように反応するだろうか。貿易風によって太平洋の西側の海面近くにたまたまっていた暖水の層がつかい棒をはずされたように、暖水とその下の冷水の境界面が波打って（内部波となって）東の方へ伝わっていく。それまで暖水が薄くしかなかった太平洋の東側では、暖水の層の厚さが通常の時に比べてずっと厚くなる。場所によってその値は異なるが、通常 20~80m ぐらいの厚さが、50~150m ぐらいとなる。そうすると、湧昇により湧き上がってくる海水は普段よりもずっと暖かい水となり、海面での水温も平年に比べて 2~5°C も高くなる。これがエルニーニョである。一方、西太平洋の赤道海域では逆に混合層の厚さは薄くなり、海面水温も少し低くなる(図3)。

海の方から見たエルニーニョの原因は東から西へ吹く貿易風の弱まりである。では、どうして貿易風は弱くなるのであろうか。また、何故赤道近くでは東から西に向かって風が吹いているのか考えてみよう。それを解き明かすカギは先ほど述べた①にある。

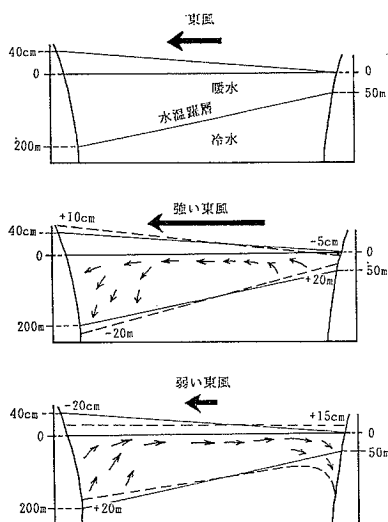


図3 エルニーニョ発生メカニズムの模式図
 (上) 平均状態
 (中) 貿易風が強い時(エルニーニョ発生前)
 (下) 貿易風が弱い時(エルニーニョ発生中)

海面水温が太平洋赤道域の東側で低く、西側で高いと、西側の空気は上昇し、地上の気圧は下がる。上昇した気流は東へ向かい、海面水温の低い太平洋赤道域の東側で下降する。したがって、その地上気圧は高くなる。そして地上付近では東から西への貿易風が吹く(図4)。赤道近くの大気は同じ緯度面に沿って東西方向に大きく循環している。この循環が強くなれば、貿易風は強くなり、弱まれば貿易風も弱くなる。この循環の強さを決めるのは、太平洋赤道域の西側と東側の海面水温の差である。すなわち、差が大きくなれば、地上近くの貿易風は強くなり、差が小さくなれば、貿易風は弱くなる。東と西で海面水温の差が逆転すれば、地上近くの風も西から東へ吹くことになる(図5)。1982年から83年にかけて起こったエルニーニョの時には、実際にそのような風も観測された。この現象は、太平洋赤道域の東と西で、地上の気圧が海面水温の分布に応じてシーソーのように振動するので、南方振動(Southern Oscillation)と呼ばれている。図6はインドネシアのジャカルタの地上気圧と世界の他の地点の地上気圧の同時相関係数を示したものであるが、南太平洋に大きな負相関域が広がっており、上述の関係があることを明瞭に表している。例えば、オーストラリアのダーウィン(12°S, 131°E)と南太平洋のタヒチ(17°S, 150°E)では、南太平洋の東側に位置するタヒチの地上気圧の方が通常高く、タヒチとダーウィンの間の気圧差が大きくなればなるほど、東から西への貿易風が強まることを示している。だから、

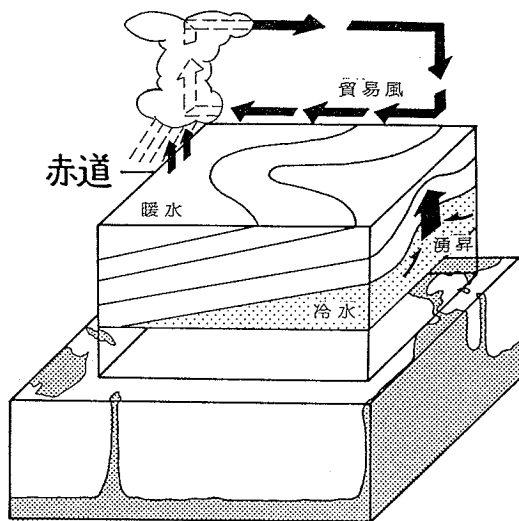


図4 通常の太平洋赤道海域の海洋と大気の様子

この二地点間の地上気圧差は貿易風の強さを示すものとして南方振動の指標 (Southern Oscillation Index) とよばれている(図7)。

今までの話をまとめると、

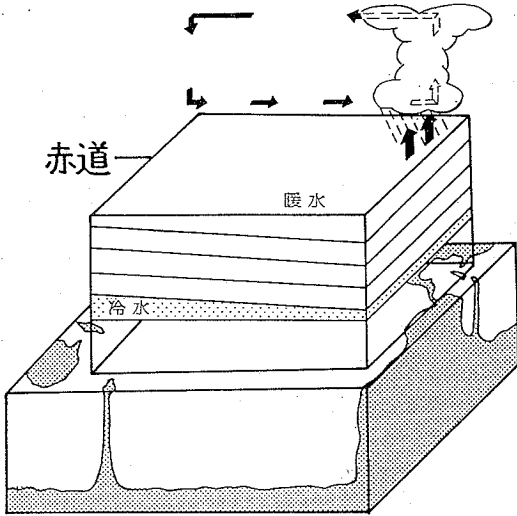


図5 エルニーニョ時の太平洋赤道海域の海洋と大気の様子

赤道域の海面水温の東と西の差が小さい→貿易風が弱まる→エルニーニョの発生

という図式が成り立つ。しかし、太平洋赤道域の海面水温の東と西の差が小さいということは、赤道域の東側で海面水温が高くなるということにはかならない。つまりエルニーニョが発生していることを意味している。すなわち、海の現象であるエルニーニョの原因を大気に求めると、その大気の現象の原因は、再びもとの海の現象に戻ってしまうという「にわとりと卵」の関係になっていることがわかる。

こう見てくるとエルニーニョと南方振動は一つの現象を海洋と大気の二側面から見ていることがわかる。従って、最近では、エルニーニョと南方振動の二つの言葉を合わせて ENSO (エンソ) と呼ぶようになった。現在、海洋と気象の大きな研究テーマとして、エンソがクローズアップされている。先ほど述べたように、海洋と大気が互いに影響を及ぼし合いながら、エルニーニョが発生するようであるが、まだ十分にエルニーニョ発生のメカニズムが解明されたとは言えない状態である。このように大気と海洋が影響し合うことを、大気海洋相互作用と言うが、エンソはまさに大気海洋相互作用の一大研究テーマである。

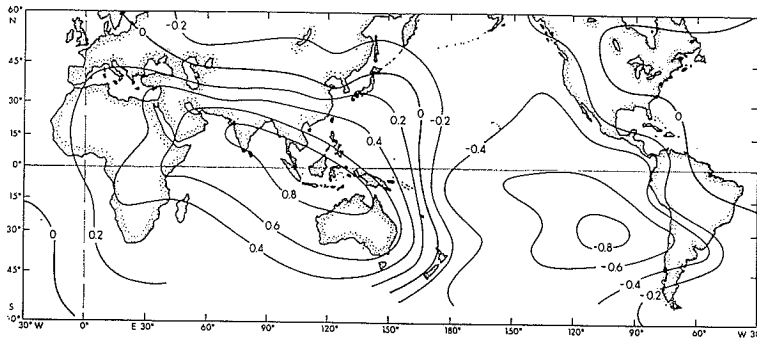


図6 ジャカルタの年平均地上気圧と他の地点の気圧との同時相関係数分布 (BERLAGE, 1966)

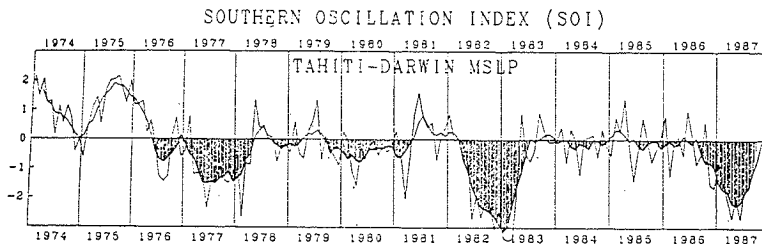


図7 南方振動指数の推移。負の大きな値の時にエルニーニョが発生している。

5. エルニーニョの気象への影響

エルニーニョが発生すると、日本の夏は冷夏になりやすいとか、世界各地に異常気象が多発するとか言われているが、実際にはどうなのであろうか。

南方振動のところでも述べたように、通常、太平洋赤道域の西部では上昇気流、東部では下降気流、となっている。上昇気流のところは、積雲や積乱雲が発生し、雨が降りやすくなっている。インドネシアやオーストラリア北部では一年を通して雨がが多く、例えば、ジャカルタでは年間1910mm、ダーウィンでは1804mmの降水量がある。一方、赤道太平洋の東側では雨が少なく、ペルーのカハマルカという所では、695mmにすぎない。ところが、ひとたびエルニーニョが発生すると、様相は一変する。西側では干ばつになり、東側では豪雨にみまわれる。西側では干ばつばかりではなく、山火事や砂嵐なども発生しやすくなる。東側でも、中・東部の太平洋熱帯域の島々では頻りに台風が襲われるようになり、また、南太平洋沿岸の南米の国々では洪水による被害をうけ、社会的にも経済的にもエルニーニョは大きなインパクトを与えている。図8は中部赤道太平洋のカントン島(3°S, 172°W)における気温、海面水温、降水量の長期変化を示したものであるが、エルニーニョの発生とともに海面水温が上昇し降水量が増加している。ちなみに、1982年から83年にかけて発生したエルニーニョによると考えられる異常気象により受けたエクアドル・ボリビア・ペルー三国の被害総額は9千億円近くに達した。

エルニーニョ現象の進展に伴って、熱帯での積雲が盛んに活動する地域が東へ移動するにつれ、中・高緯度地方の気象も大きく変化すると考えられている。1982~83年のエルニーニョの時に、様々な異常気象が中・高緯度地方でも起きた。夏の間、中国の北東部では冷害が発生した。これは、エルニーニョの時に共通して見られるものである。ハワイでも深刻な干ばつにみまわれ、南半球

の夏のニュージーランドでも、西ないし南西の風が平常より強く、また頻発し、これらの風によりもたらされる夏の気温は平均して1~2°C低めであった。メキシコではエルニーニョの影響と考えられる干ばつがあった。日本でも、1982年には長崎豪雨、1983年には山陰豪雨と異常気象が頻発した。(International TOGA Project Office, 1985)

これらの異常気象を理解し、予測するためには熱帯の海洋と全球の大気の大循環の変動との関係についての研究を推進することが必要であることは言うまでもない。そのため、世界の気候変動に関する国際共同研究計画(World Climate Research Programme)の一環として、TOGA計画(The Tropical Ocean and Global Atmosphere Programme: 熱帯海洋及び全球大気変動国際共同研究計画)が1985年から10年計画で開始された。

この計画の発足をうけて、熱帯域の海洋や気象の観測やデータ解析が精力的に進められていたところ、1986年後半にはエルニーニョがタイミングよく発生した。現在、米国をはじめ日本、フランスなど海洋・気象の主要な研究国が盛んに観測・解析・モデル計算等を行っているところである。

最近では、エルニーニョではない時期の太平洋赤道域の海面水温の分布も大気に対して特徴的な影響を与え、またこの時期、次のエルニーニョの準備をしている段階であるとも考えられている。そういった意味で、エルニーニョの発生ばかりでなく、その消滅、また、次のエルニーニョの準備、そして再び発生と、エルニーニョの“サイクル”を理解することが本質的に重要であるとの認識も生まれつつある。まさに、発展しつつある研究分野であると言えよう。エルニーニョはイエス・キリストが海洋・気象学者に与えてくれた大きなクリスマスプレゼントだと私は思われる。

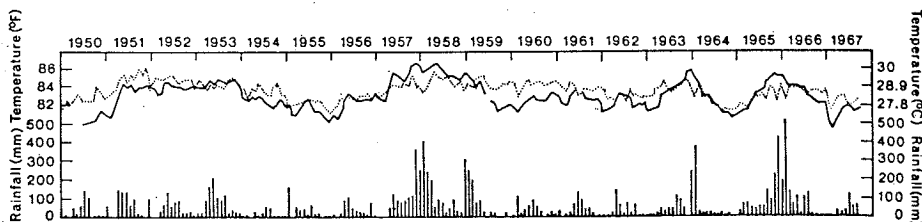


図8 カントン島(3°S, 172°W)における海面水温(実線)、気温(破線)及び降水量の変化(1950~67年), (BJERKNES, 1969)

質 疑 応 答

中込 (神奈川水試) ; エルニーニョと中緯度の高気圧帯のエルチチョン火山との関係が逆で、噴火したことによって中緯度高気圧帯の気温があがって、貿易風が弱まり、エルニーニョができるように聞いたが、どうか？

佐伯; 現象の順序としてエルニーニョができて亜熱帯高気圧が強くなると私は理解している。エルチチョンの話は私もよく理解できないこともあるが、1982—1983年のエルニーニョはエルチチョンの噴火が引金になったとも考えられている。5人の学者が今回のエルニーニョを予測したが、その中で火山噴火説を唱える人もいる。

関口 (三重) ; 大西洋にもエルニーニョはあるか？

佐伯; 大西洋にもエルニーニョはある。現象が見えに

くいののは、太平洋が経度方向に広いので東西のコントラストができやすいのに、大西洋は狭いので、風の応力を受け、西側に暖水がたまるのが太平洋ほど顕著でない。定性的には(暖水は)西で厚く東で薄いし、ギニア湾では湧昇がある。規模が小さいので、気象との関係などは今のところ不明である。

横田 (福島水試) ; エルニーニョとそうでない時で、北赤道反流の流速、流量に変化があるか？

佐伯; 変化はある。ハワイ大学のパーキー先生はエルニーニョ時に北赤道反流の流量が増すと述べている。西にたまったものが東に戻っていく。力学的な谷が深くなって、相対的に北赤道反流の流量が多くなると考えられる。

2. 太平洋熱帯海域の海洋変動

水 野 恵 介 (遠洋水産研究所)

1. 目 的

まぐろ類のうち、キハダ及びメバチは太平洋の赤道海域にその主分布域をもち、そこは再生産の場である。したがって、これらの資源にとって生息、環境としてこの海域の海況変動は重要な役割をもっている。太平洋赤道海域にはエルニーニョに代表される広域に及ぶ海況変動が存在することがよく知られ、まぐろ類の鉛直的な生息範囲は表層混合層から水温躍層に及んでいるといわれている。HANAMOTO (1987) によれば、メバチは 10° — 15° Cの適水温帯に一樣に分布している。このため、エルニーニョのような大規模な海洋変動によって、躍層深度の変化など鉛直的な水温構造が変化すれば、分布や漁場形成に影響するであろうと考えられる。また、久米・宮部 (1987) は実際に東部熱帯太平洋においてエルニーニョ時と非エルニーニョ時ではメバチの漁場形成に大きな違いが見られることを指摘している。一方、全米熱帯マゴロ委員会 (IATTC, 1986) によれば1982—83年のエルニーニョ時には東部熱帯太平洋において、キハダ、ピンナガの漁獲が極めて不振となり、特にエルニーニョの最盛期であった1982年第4四半期、1983年第1四半期には多くの漁船が西部太平洋に移動して操業が行なわれたと報告されている。最近では行縄ほか (1987) がエルニーニョとキハダの分布・再

生産に関して研究を行ない、熱帯太平洋において表層混合層深度が深く、東部太平洋海域の水温が低い時に出現する傾向があり、卓越年級群は表層混合層深度が深く、東部太平洋海域の水温が低い時に出現することを見出している。以上のような研究結果からまぐろ類の分布及び資源変動に与えるエルニーニョの影響は大きく、広域に亘る海洋変動を把握してその変動のメカニズムを明らかにすることは、海洋研究のみならず、水産資源研究上も実用上も極めて重要なことと考えられる。

太平洋熱帯域の海洋変動に関して観測・理論両面から様々な研究が行なわれているが、長期間かつ広域に及ぶ資料解析は少なく、エルニーニョに対する記述も個々のイベントの記述にとどまっている。そこで、本文は太平洋熱帯域の長期・広域的な海況変動の特性を把握することを目的として資料解析を実施した。既往の研究では資料の制約から、局所的・短期的な解析に留っていたが、遠洋水産研究所が中心となって過去20年以上に亘って実施している公庁船の観測資料を中心に他機関の資料も統合して、従来になく広範囲にわたって、四半期毎の海況変化を統計的に解析した。表層混合層の深度は表面の暖水の厚さを反映しており、その変動はエルニーニョ現象を極めてよく表現できるので、ここでは1965年以降20年間広域の海況変化について、表層混合層深度を取

り上げてその変動の特性を統計的に検討した。本研究の目的は、太平洋熱帯域において表層混合層深度が平均的にどのような分布を示すか、それは季節的・経年的にどのように変化しているか、その変化の様子は空間的・時間的にどのようなスケールで変化し空間的にどのような相関を持ちながら変化しているかを把握し、その変動機構をさぐることにある。

2. 資料

用いた資料は1965年～1984年の間に水産関係地方公庁船（水産高校・水産試験場）及び JODC より提供を受けた BT, XBT による水温観測資料（提供番号 82-047, XBI-82GF）である。本資料の水温データは観測最大深度までの所定層における水温値が入力されている。図1に使用した資料の分布を示した。ただし、図には解析対

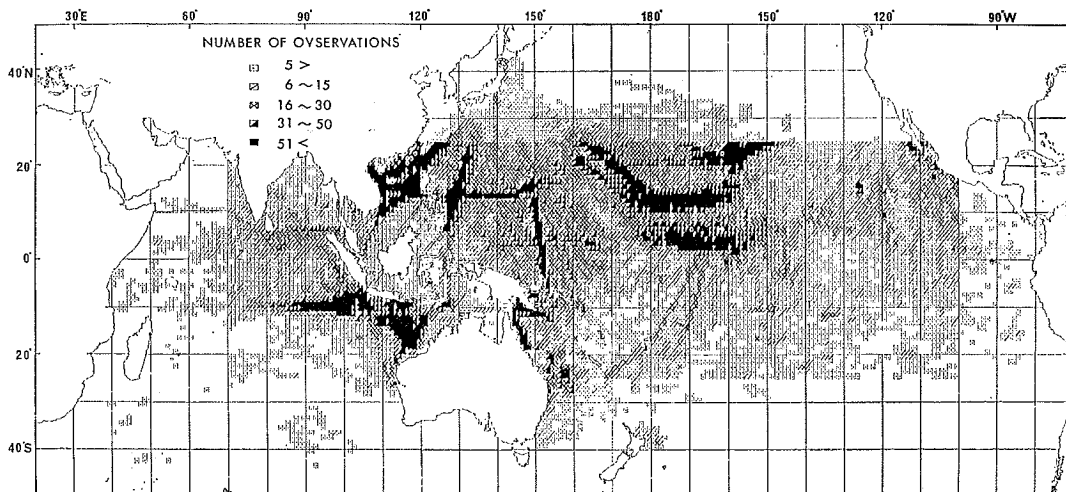


図1 観測点散布図（1965～1984年の公庁船及び J O D C 資料）

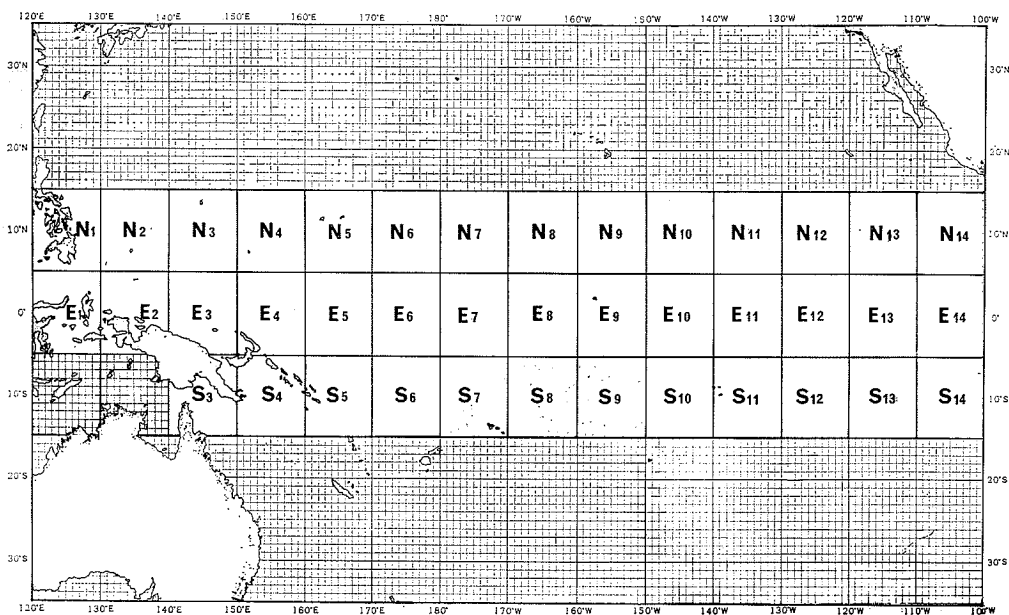


図2 海区区分

象範囲外の海域の資料数も示されている。これらの資料のクオリティコントロールは人手によるデータシートへのチェック、即ち視察による不良データの除去がほどこされ、更に統計的手法による不良データの除去処理、即ちエルニーニョ時、非エルニーニョ時に分けて 200m 深水温の平均、及び標準偏差を緯経度 1° ごとに計算し、平均から 3σ 以上離れた資料は棄却する処理が施されている。

解析の対象海域は、エルニーニョの影響が顕著に表れやすい、赤道をはさみ熱帯海域の 15°N~15°S, 120°E~100°W の範囲とし、これを緯・経度 10° の柵目に区分し、それぞれを単位海区とし、5°N~15°N を北海域、5°N~5°S を赤道海域、5°S~15°S を南海域として、図 2 のように符号を付した。表層混合層深度の計算方法は川合(1969)が大西洋熱帯域で用いた方法を準用し、鉛直水温傾度を表面から計算して、これが初めて 0.05°C/m を超える深度を採用した(図 3)。これらの資料を歴年の四半期を単位として、各单位海区につき平均値を求め、これを解析すべきデータセットとした。

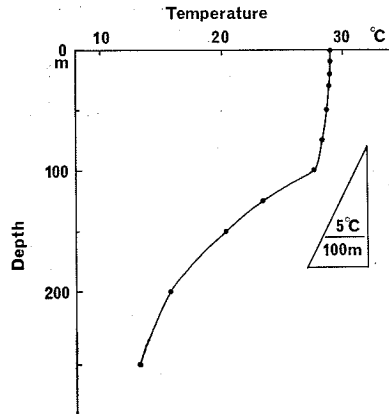


図 3 表層混合層深度の計算方法: 黒丸は所定層を表し、表面から次の所定深度まで鉛直水温傾度を逐次計算していき、これが 0.05°C/m を越えた所の上方の点を表層混合層深度とした。

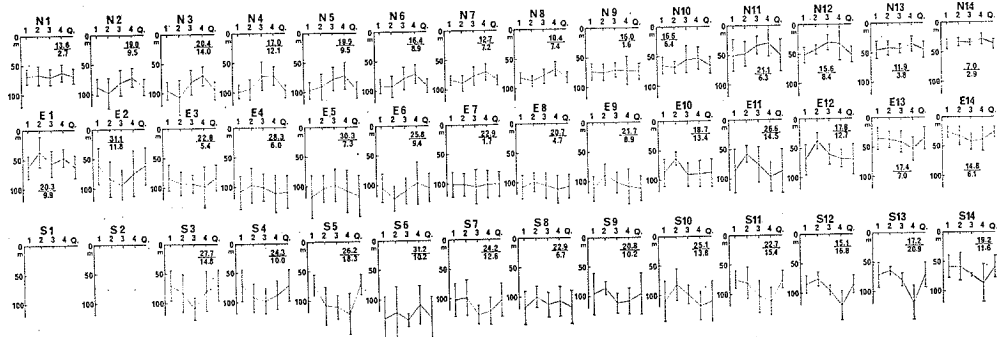


図 4 海区別表層混合層深度の四半期別平均値と標準偏差。各海区で右上の 2 つの数字のうち上方は季節変動の標準偏差(°C), 下方は経年変動の標準偏差(°C)

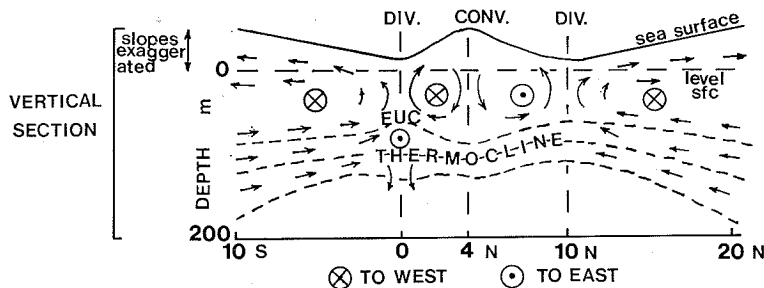


図 5 赤道海域の流れの模式図 (PICKARD and EMERY, 1982)。10°N 付近で水温躍層が上昇している所が North Equatorial Ridge.

第23回 かつお・まぐろ漁業研究座談会

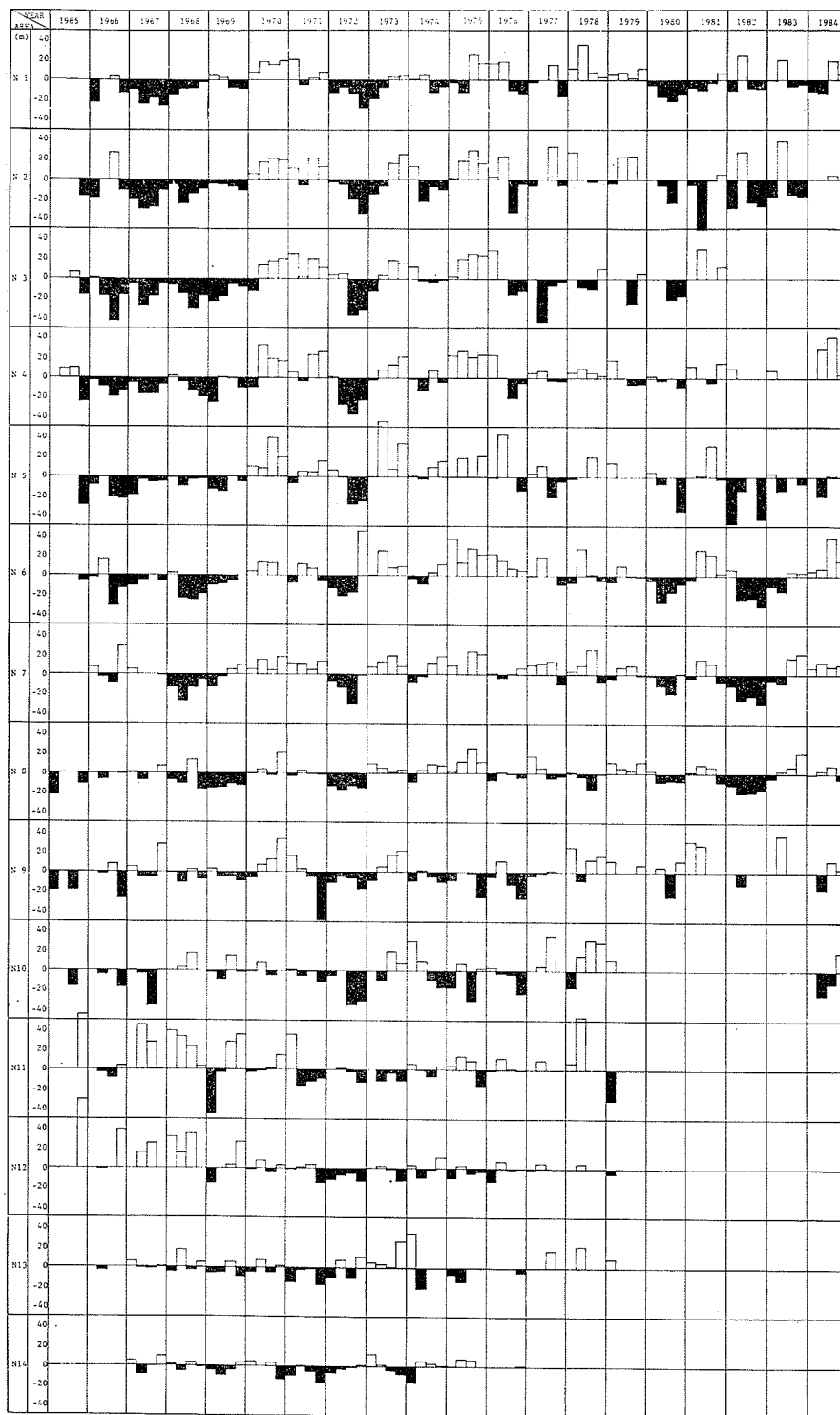


図6 表層混合層深度の偏差値の海区別経年変化
a ……北海区 (5°~15°N)

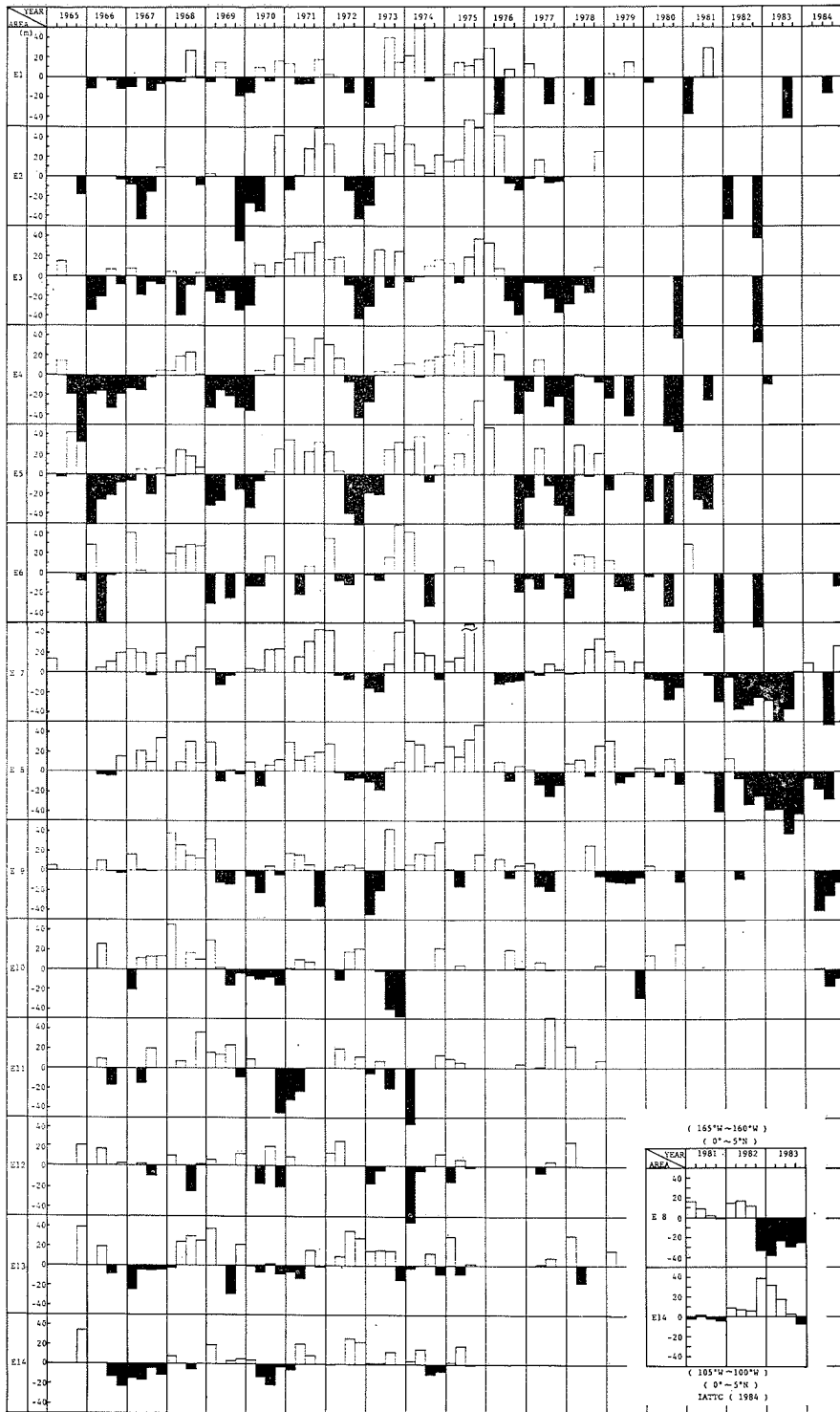


图6 b赤道海区 (5°N~5°S)

第23回 かつお・まぐろ漁業研究座談会

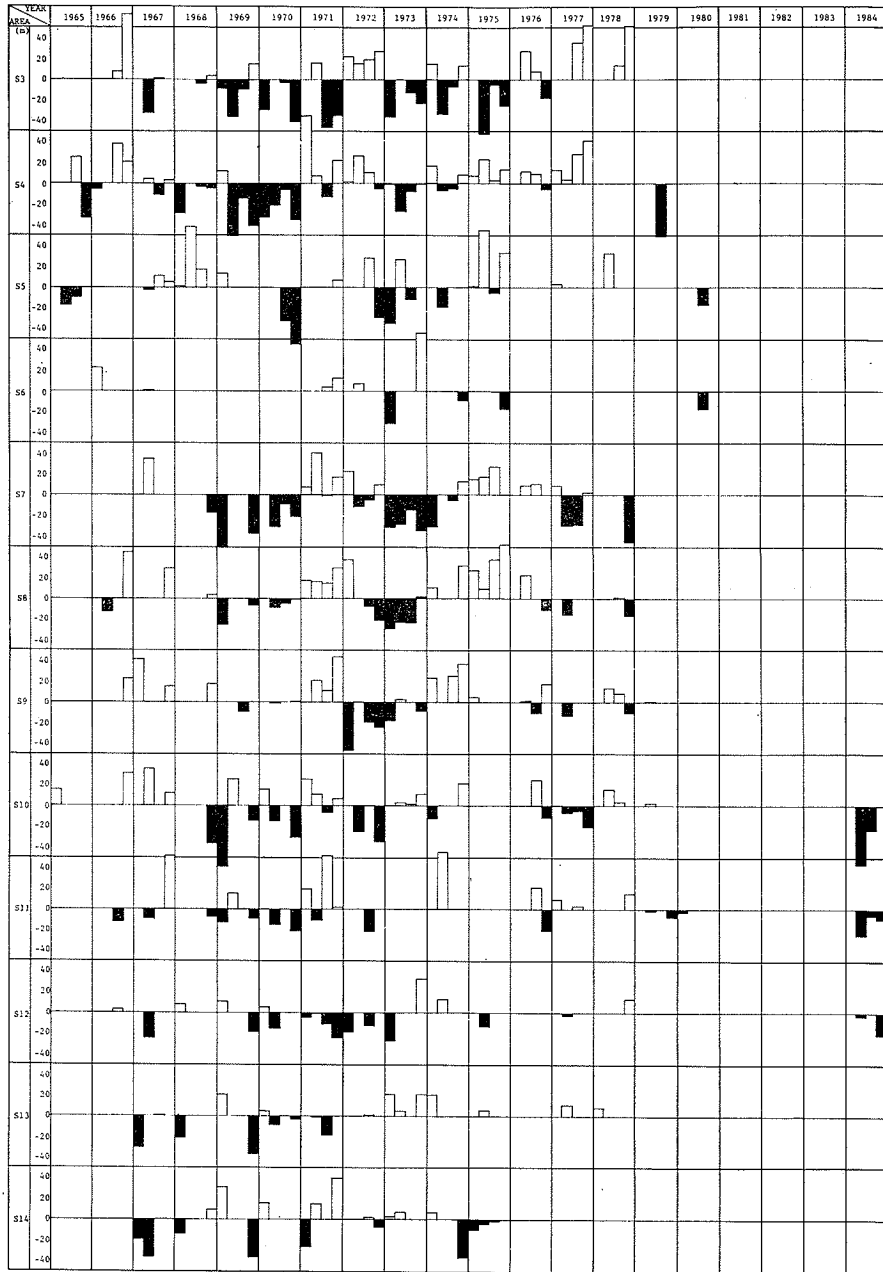


図6 c……南海区 (5°~15°S)

3. 平均状態及び季節変化

表層混合層深度分布の平年のパターンについて、海域別にみると(図4)、いずれも東西方向の変化はよく似たパターンを示し、太平洋の両端域で浅く、180°付近で最も深くなっている。これは太平洋東側では湧昇のため表層混合層は発達せず、また貿易風によって表層暖水は西へと吹き寄せられており比較的西側が表層混合物が厚くなることを示している。最も西側では再び浅くなっているのは、WYRTKI (1982) が示したようにエルニーニョ時にはこの海域の表層暖水が東方へ移動することにより著しく表層混合層深度が浅くなることと、西岸で海流が極方向に向かうことが考えられる。全体に北海域では浅く、南海域で最も深いことが認められる。北海域で表層混合層深度が浅くなっているのは海区区分で、5°N~15°Nをとっており、10°N付近に緯度沿いに North Equatorial Ridge があって(図5)、発散域となっているため周辺の混合層深度は浅くなるのが原因であろう。南海域では水温躍層が極に向って深化しており、表層混合層深度は、おおよそ躍層深度と対応するためもっとも表層混合層が厚くなるのであろう。

季節変動のパターンは各海域で異なり北海域では第1ないし第2 四半期に最大、第4 四半期に最小となる傾向があり、南海域はこの逆になっている。赤道海域では南・北海域のようにはっきりした傾向は見られない。経年変動の大きさは(図4の各单位海区に経年変動/季節変動の大きさを示してある)、各单位海区はいずれも季節変動をはるかに上回ることが多く、全体に季節変動の1.5~4 倍程度の変動値を示した。これは、本海域全体として、季節的变化よりも年々の変化の方が卓越していることを示している。

4. 表層混合層深度の変動特性

表層混合層深度がどのように変化するかを全体的に把握するため、図6に赤道海域における表層混合層深度の平年値からの偏差値による経年変化を示した。全海区について正と負の偏差は明確な周期をもって変化するもの

でないが、正または負の偏差は1年~3年の間隔で入替わっていて、変動のタイムスケールは年のオーダーであることが分る。北海区については1967~'68年の負の偏差、1970~'71年の正の、1972年の負、1982~'83年の負の偏差が西側で目立ち、かなり空間的にも広がりをもって変化している。赤道海区は、エルニーニョによる表層混合層の深度変化が表れやすいがこれは1965年~'66年では西側で負、東側で正の偏差が目立つ。同様な現象は1969年、1972~'73年、1976~'77年、1982~'83年で見られ、これは全てエルニーニョの発生した年であって洋の東西で表層混合層の厚さが逆位相で変化することを裏付けている。この時の東西の境界は E7~E9 (即ち180°~150°W) にあるように見られる。南海区では赤道海区ほど明確なエルニーニョの現象が見られない。160°W 付近より以西では1965~'66年、1969年、1972~'73年、1976~'77年、1982~'83年に負の値を示し、以東では以西と逆位相の経年変化をしていることが認められる。

上記で大まかに変動の様子を検討したが、これを更に統計的に主要な変動様式を求めるため、各单位海区の四半期毎の表層混合層深度の資料を用いて、経験的直交関数による解析を行った。ただし、解析した期間は欠測の少ない1967年から1975年とし、対象海域は主に北及び赤道海域とした。この範囲についてまず変動の大きさの分布を知るため、標準偏差の計算をした(図7)。これを見ると変動の中心は西側のパプア・ニューギニア近海と東側の140°W付近である。

経験的直交関数の第1関数(図8)は全変動の27%を説明している。空間パターンは160°Eを境に東西で逆位相で変動しており、経年的な変動である。これはエルニーニョイベントを表現していると思われ、特に1972年のものは顕著に表現されている。変動の中心は10°N、145°E 付近と0°、140°W 付近にあって、全変動の分布(7図)と比べると西側のものは全変動の最大の場所よりやや北に偏っている。第1関数の表現するものは表層

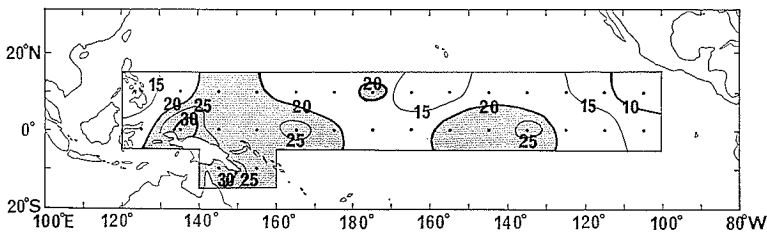


図7 表層混合層偏差の分布。20m以上に影をつけた。

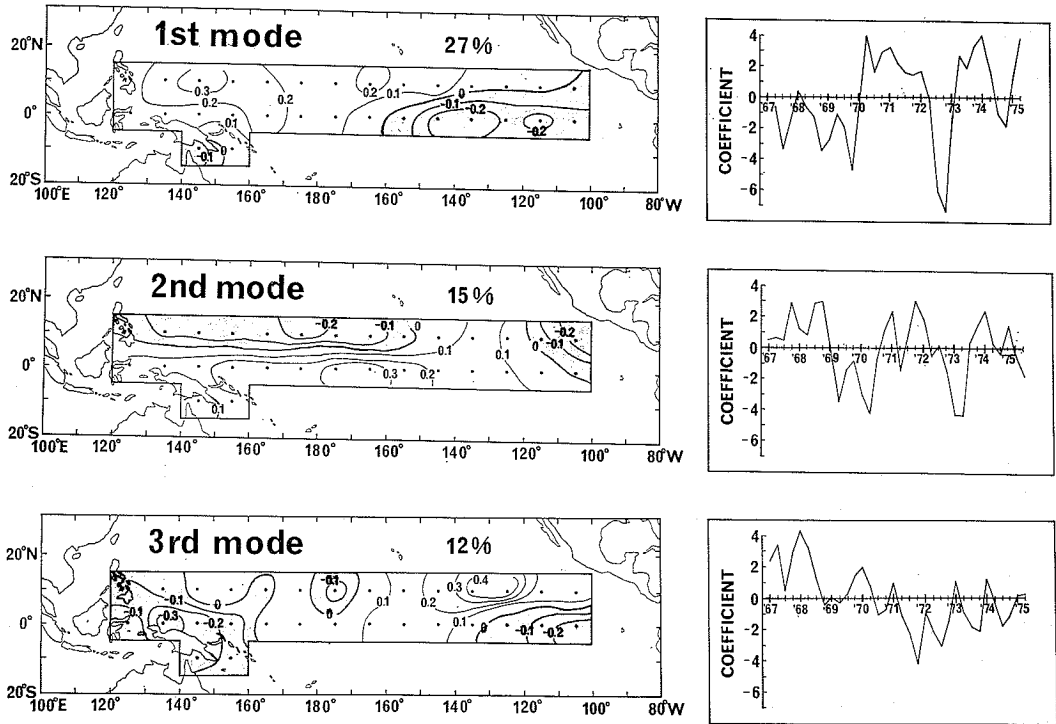


図8 表層混合層深度の経験的直交関数(第1~第3)による解析結果
 左……空間パターン
 右……振幅関数

混合層深度が洋の東西で交互に経年的に変動するパターンであってこれはエルニーニョ・非エルニーニョの海況変化を表すものであろう。即ち西岸においては非エルニーニョ時に暖水プールが発達して表層混合層深度は深くエルニーニョ時にはこれが東方に移動して浅くなるため西岸に変動の中心が出るのであろう。第2関数は15%を説明しており、空間パターンは南北の振動を現わしており、その境界はほぼ北赤道海流と北赤道逆流の境に一致しており、これらの海流系の全体的な変化を表現するものと思われる。この関数の振幅関数をみると経年的な変化が卓越しているが第1関数のそれとよく似た変化を示している。ただし、約1四半期程度即ち数ヶ月のラグがあるようである。これは第1関数の変動にやや遅れてこの関数の変動パターンが強化される。例えばエルニーニョ発生時に表層混合層が西側で浅く東側で深いパターンを示した数ヶ月後には North Equatorial Ridge 以北で深く、以南で浅くなる傾向を示している。第3関数は12%の説明率で中央部と東・西部がそれぞれ逆位相で変動しているが、ほぼ規則正しい1年の周期で変化している。変動の中心はパプア・ニューギニアの北

岸近くと東側 10°N, 130°W の付近に出現する。全変動(図7)でのパプア・ニューギニア沖の変動の大きい所はこの変動パターンに負うことが分かる。

以上の3つの関数では第1関数と第2関数が重要と考えられ、第1関数はエルニーニョに伴う暖水の東西の移送を表すものと考えられ、振幅関数の負のピークが1969年、1972年のエルニーニョとよく一致している。第2関数は振幅関数で見ると第1関数とよく似たパターンを示しているが、第1関数より数ヶ月のタイムラグをもっている。即ち第1関数の表す海況パターンが最もよく表れた数ヶ月後に顕著に表れるパターンで、これはエルニーニョに伴う赤道海流系の消長を表現しているものと考えられる。

5. まとめ

平年値の東西の傾斜は表層水の貿易風による東側域より西側域へ移送されることにより、東部域で浅くなり、中央部より西部で深くなると考えられ、西端域では陸岸の存在により南北方向に流出するために浅くなることを示唆しているものと思われる。また、北海域で浅いのはこの海域は Equatorial Ridge を含んでいるためである

う。太平洋熱帯域全体に経年変化が卓越しているが、これはエルニーニョなどの大規模な変動が作用するためと思われる。経年変化にみられる中～西部赤道太平洋の負、そして東部赤道太平洋で正の偏差はエルニーニョ発生年に符合しており、表層混合層はエルニーニョ年に西側で浅く、東側で深くなることを示している。経験的直交関数の結果からもこの変動パターンが最も卓越した変動として示されており、更にエルニーニョに伴い数ヶ月遅れて North Equatorial Ridge 付近を境に南/北で表層混合層が浅く/深くなることが示された。

文 献

- HANAMOTO E. (1987) Effect of oceanographic environment on bigeye tuna distribution. Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr., 51(3), 203-216.
- IATTC (1987) Annual Report of the Inter-American Tropical Tuna Commission 1986. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., 264pp.
- 川合英夫 (1969) 熱帯大西洋における水温構造とまぐろはえなわ漁場分布との関係について - I. 遠水研報, 2, 275-303.
- 久米 漸・宮部尚純 (1987) 東部赤道太平洋におけるエルニーニョとメバチの漁場形成について. 水産海洋研究会報, 51(1), 62-68.
- PICKARD G. L. and W. J. EMERY (1982) Descriptive physical Oceanography. 4th (SI) Enlarged Edition. Pergamon press, Oxford, 249pp.
- WYRTKI K. (1982) The southern oscillation Ocean-atmosphere interaction and El Nino. Mar. Tec. Soc. J., 16(1), 3-10.
- 行縄茂理, ほか (1987) まぐろ類の再生産および分布に与えるエルニーニョの影響. 昭和61年度科技厅振興調整費による重点基礎研究報告, 1-13.

3. エルニーニョとまぐろ漁業 (はえなわ漁業との関係)

宮部尚純・小井土隆・鈴木治郎 (遠洋水産研究所)

1. はじめに

近年の研究によってエルニーニョ現象は熱帯太平洋における大規模な海洋と大気相互変動であり、間接的には大気を通じ全球的な規模で影響を及ぼしていることが明らかにされつつある。このような大規模な環境変動がまぐろ漁業やまぐろ資源に与える影響を調べるにあたって、世界のほとんどの海域で操業を行なっている我

質 疑 応 答

- 山中 (東海大); エルニーニョには、いわゆる大きいとか小さいとか、あるいは水温が高いとか低いとか。つまり規模に対する基準というものはあるのか。
- 水野; エルニーニョを台風みたいに、大きいとか小さいとか分類することが意義のあることとは考えない。
- 佐伯; エルニーニョの definition (定義) に関しては、かつて5～6人の研究者が集まって決めたというのを聞いているが、それが使われているというは聞いていない。最近の情報では、昨年12月に出た JGR で1850年頃からのエル・ニーニョの規模についての論文が掲載されているそうである。
- 山中; 規模については、気象の方では熱の時空的成分や熱輸送が問題になるだろうし、水産では time referenceの方が問題になるだろう。目的意識によって規模の捉え方は異なってくると思う。
- 関口 (三重大); エルニーニョの大規模に発生する年と、そうでない年との、赤道域における赤道反流などの分布のパターンは、どういう風に変化するかイメージはあるのか。
- 水野; 大まかには判っている。エルニーニョの時は海面がアジア側で低くなり南米側で高くなる。それにしたがって海流は反流系が割合強くなる。
- 関口; エルニーニョのない時には、北赤道海流などはぐっと南下している。赤道を中心にして南北に少し移動するというのが、エルニーニョに対するレスポンスあたりと考えて良いか。
- 水野; 巾が広がったりはするが、中心的な位置はそれ程変わらないと考える。むしろスピードの方に大きな変化が出る。

が国まぐろはえなわ漁業は格好な材料である。1982-83年に起った最大級のエルニーニョ時には漁業者から漁況異常について情報が寄せられており、その後の1985-86年に見られた近年にないメバチ・キハダの豊漁は魚価の低迷及び過剰在庫問題等を深刻化させている。これらの原因についてエルニーニョ現象との関連がいろいろと取り沙汰されてきたのはまだ耳に新しいところであ

る。最近、著者らは熱帯・亜熱帯をその主な分布・産卵域とするメバチ・キハダを取り上げ、エルニーニョが我が国まぐろはえなわ漁業及びその対象とするまぐろ資源に与えた影響を、太平洋の資源について評価する試みを開始した。

我が国まぐろはえなわ漁業は1986年に50-120トンの近海許可船を約450隻、50-500トンの遠洋許可船を約700隻保有し、まぐろ・かじき類の総漁獲量は約30万トンに達している。同漁業によるキハダの漁獲は主として180°以西の中西部熱帯太平洋より揚げられている(図1)。この水域では主に50-100トンクラスの近海許可船がキハダを目的に操業しており、近年の漁獲量は約5万トンである。太平洋の東西に大規模なまき網漁業が存在するため、各国の総漁獲量は太平洋全体で約47万トンに達する

(1985年)。したがって我が国まぐろはえなわ漁業によるキハダの漁獲量はその10%程度にすぎない。

一方、メバチの漁場は赤道を中心とした低緯度水域と30°N線を中心とした水域に東西方向に連続して形成される(図2)。低緯度水域では成魚を対象として周年操業が行なわれ、高緯度水域では索餌回遊を行なっている2~4才の小型魚を冬期に漁獲している。現在、太平洋における100トン以上の遠洋許可船のほとんどが、メバチを主目的に操業していると言ってよい。近年の太平洋における総漁獲量は全体で約15万トンと推定され、その大部分ははえなわ漁業で漁獲される。1985年の日本はえなわ漁業の漁獲量は約10万トンである。図2に示す通り、メバチの主漁場は160°W以東の東部太平洋にあり、ここからの漁獲は日本はえなわ漁業全体の約2/3に達する。

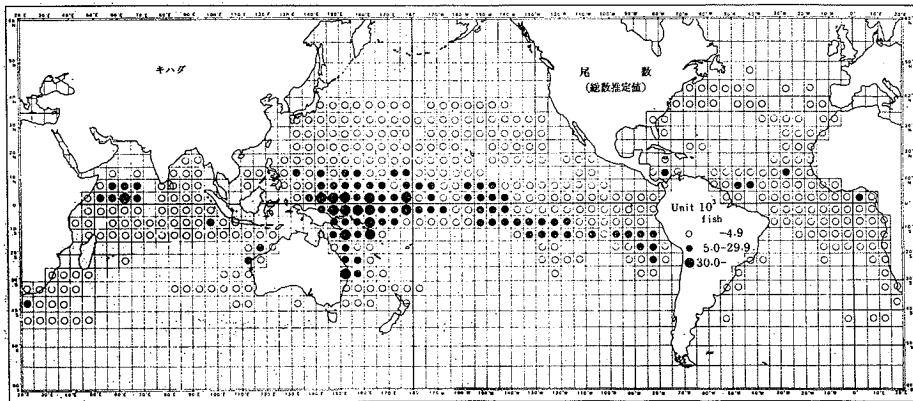


図1 キハダ漁獲分布 1985年

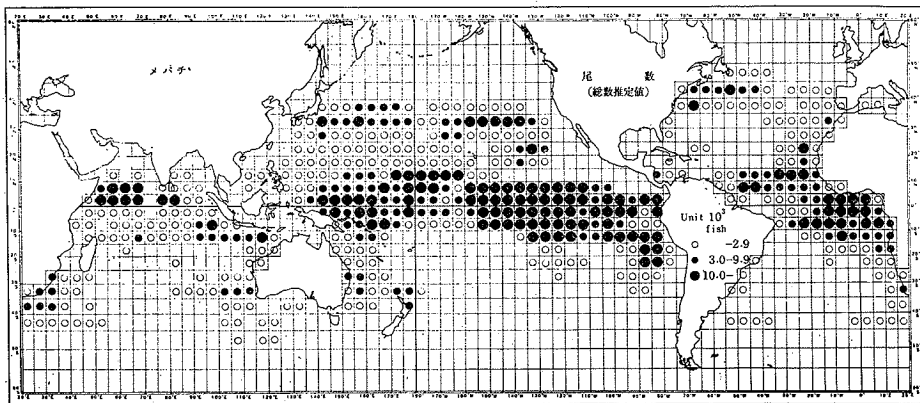


図2 メバチ漁獲分布 1985年

本研究ではエルニーニョの及ぼす影響を、まぐろはえなわ漁業の漁獲資料と海洋観測資料を使って、キハダに関しては中西部太平洋系群に絞って1) 漁獲効率, 2) 資源量について, メバチに関しては1) 東部熱帯太平洋における漁場の形成, 2) 資源量について検討した結果を報告する。

2. 資料及び方法

まぐろはえなわ漁業の漁獲データは、漁業者より提出された漁獲成績報告書に基づき遠洋水産研究所浮魚資源部によって編集されたものを使用した。漁場の形成位置についてはこれを四半期別緯度経度1度毎にまとめたものを、漁獲尾数については月別5度区画別に集計したものをを用いた。

年齢組成作成にあたって、1965-85年にわたって同浮魚資源部で収集した年別四半期別緯度10度・経度20度毎にまとめられた体長データを用い、キハダについては藪田ほか(1960), メバチについては須田・久米(1967)の成長式から各年齢に振り分けた。なお漁獲に対して体長データがない階層については他の階層のデータで代用したが、その際の優先順位は1) 隣接水域, 2) 四半期, 3) 年とした。

海洋観測資料は地方公庁船によって1965-1985年に観測されたもの及び日本海洋データセンターより提供された1965-1985年の層別水温資料を併せて用いた。

3. 結果

(1) キハダ

①漁獲効率に与える影響 エルニーニョに伴う海洋環境の変動の中で漁獲効率に最も大きな影響を及ぼすと考えられるのは水温である。エルニーニョの指標としてよく用いられるのは東部熱帯太平洋における水温偏差の上昇であるがそれと同時に海洋の水温鉛直構造も変化し、太平洋の西部ではエルニーニョ時に表層混合層が浅くなり、東部では暖水の集積によって表層混合層が深くなる。一方これまでの知見によるとキハダは水温躍層が浅に主として分布すること、またはえなわのつり釣は通常水深 80~200mに達することが知られている。従ってエルニーニョによる表層混合層深度の変化は、キハダの漁獲効率に何等かの影響を与えたと推測される。一般には魚の分布層が広くなれば魚群密度が減少して漁獲率が低くなり、逆の場合には漁獲率が高くなると想定される。ここではえなわ漁業によるキハダの漁獲が主に中西部熱帯太平洋にあることから、キハダの釣獲率と表層混合層深度の平年からの偏差を同水域で比較してみた(図3)。各海

における釣獲率・表層混合層深度の偏差の変動傾向はよく一致しており、特に偏差が大きい時には両者間に逆相関が認められる。すなわち、表層混合層深度の偏差が小さい時(深度が浅いすなわちエル・ニーニョ時)に釣獲率の偏差が大きい(釣獲率が高い)傾向がある。これは特に1966, 69, 76年のエルニーニョ時に明瞭である。しかしながら、他のエルニーニョ時例えば

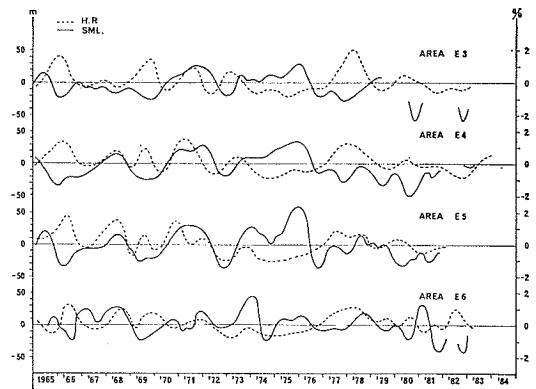


図3 表層混合層深度(SML)と釣獲率(HR)の偏差値の経年変化

- AREA E3 5°N-5°S, 140°E-150°E
- AREA E4 5°N-5°S, 150°E-160°E
- AREA E5 5°N-5°S, 160°E-170°E
- AREA E6 5°N-5°S, 170°E-180°E

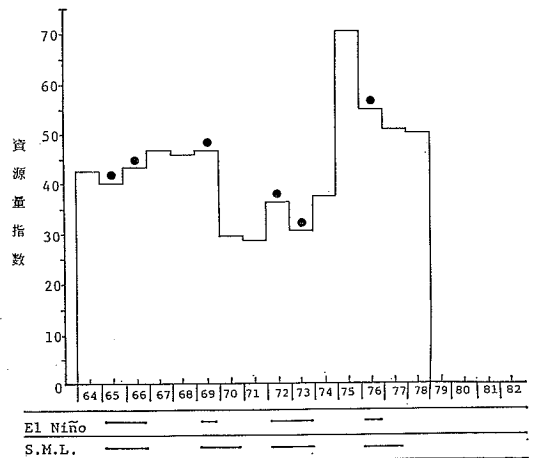


図4 西部太平洋熱帯域(15°S-15°N, 140°E-180°)におけるキハダの年級別資源量指数

- S.M.L. : 表層混合層深度偏差値が負を示した年
- : El Niño が認められた年

1972・73年時にはこのような逆相関は明らかでなく、資源の絶対量の変動等の影響が含まれて、この逆相関関係をマスクしているものと推測される。

②資源量に与える影響 本研究でははえなわ漁業のデータをもとに解析を行なったため、ここでもキハダ漁獲の中心である 180°W 以西の中部太平洋について考える。この水域ではキハダは単一の系群を形成していると考えられている。資源量の絶対量が求められていないので本間 (1974) の方法で標準化したはえなわ漁業の CPUE を資源量を表す指数として求めた。上述した方法で年齢組成を作成し、各年の年齢別構成比を用いて年級ごとの資源量指数を計算した(図4)。図中で黒丸印を付した年がエルニーニョ年であるが、エルニーニョ年に発生した1972, 76年級はわずかに強勢であるが、1973年級はエルニーニョ年にもかかわらずその豊度は低い。従って、エルニーニョ年とその年

に発生したキハダの年級の強さとは関連がないようである。

しかしながら、中西部太平洋には前述したようにはえなわ漁業の他に遠洋のまき網・竿釣り漁業、フィリピン・インドネシアの沿岸漁業が存在し、また近年はえなわの漁獲量は減少して全体の約1/7を占めるにすぎない。したがって年級豊度の変動をうまく取り出せていない可能性もある。

(2) メバチ

①漁場の形成に与える影響 ここではメバチの中心漁場であり、かつエルニーニョにより海洋環境変化を最も強く受けると考えられる東部熱帯太平洋に水域を限定した。この水域の1982-83年エルニーニョ時のメバチ漁場形成とその釣獲機構についてはすでに久米・宮部(1987)によって報告されているが、本報告では1971年までさかのぼって漁場の分布を検討した。

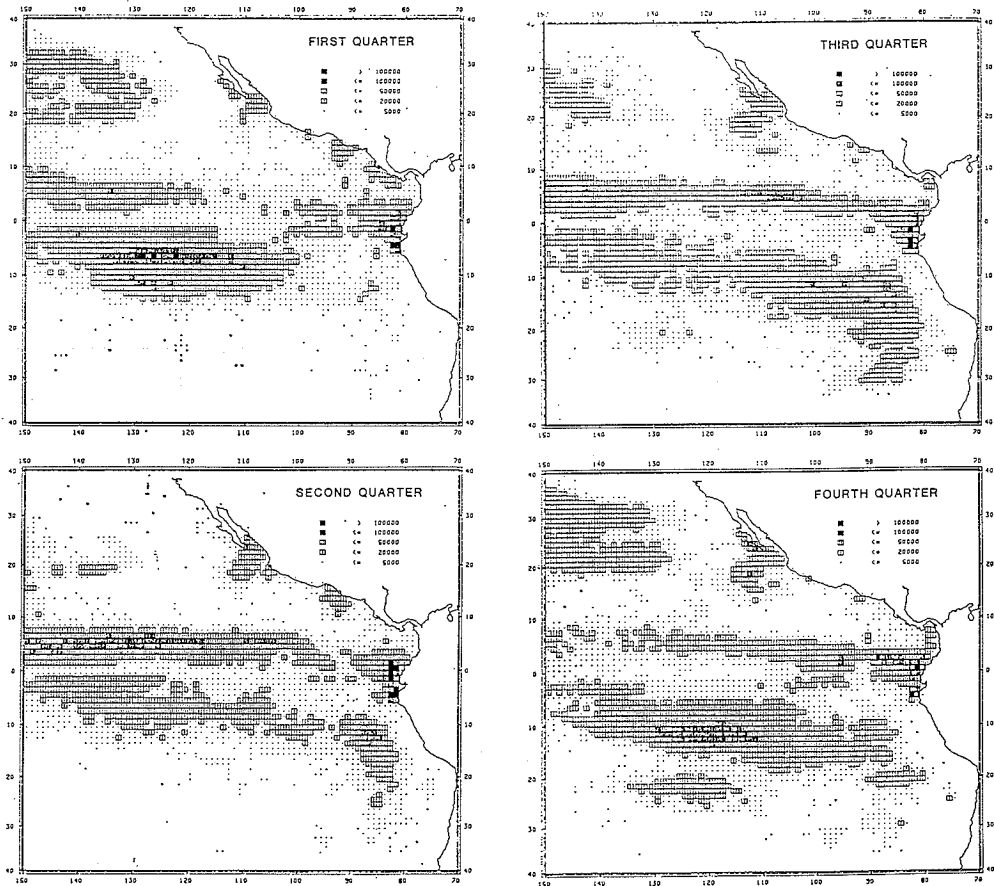
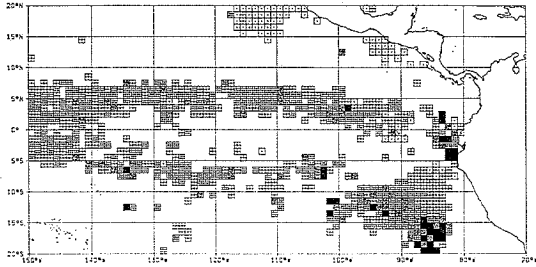
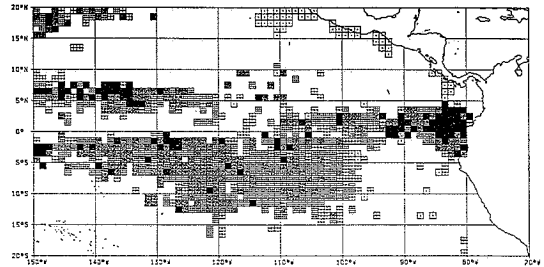


図5 東部熱帯太平洋における四半期別平均漁獲努力量分布1971~'80 (After MIYABE and BAYLIFF 1987)

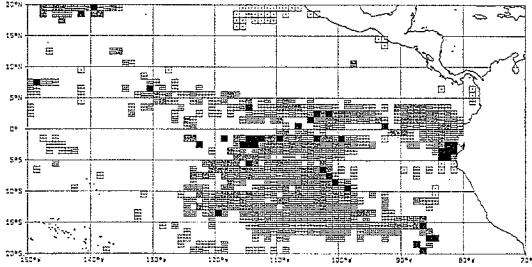
72年 Q3 (第3四半期)



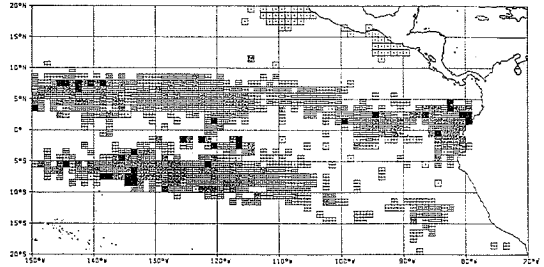
73年 Q1 (第1四半期)



72年 Q4 (第4四半期)



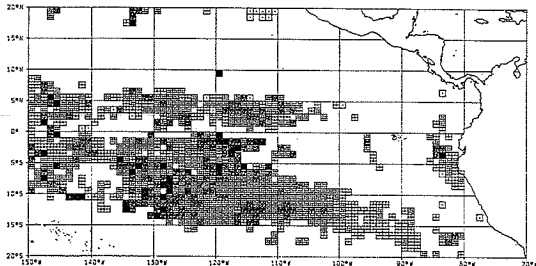
73年 Q2 (第2四半期)



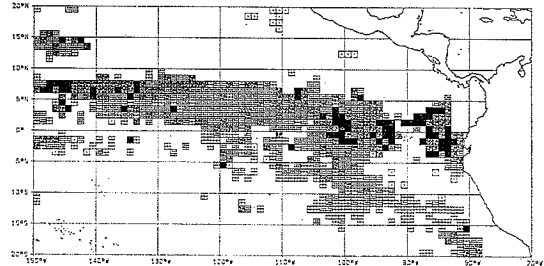
□ = 0.0 ▨ < 0.5 ▩ < 1.0 ▪ < 1.5 ■ ≥ 1.5

図6 メバチ四半期別釣獲率分布図 1972・73年 エルニーニョ

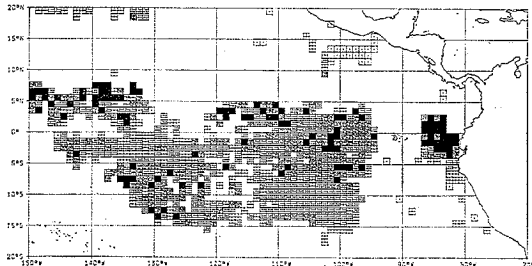
82年 Q4 (第4四半期)



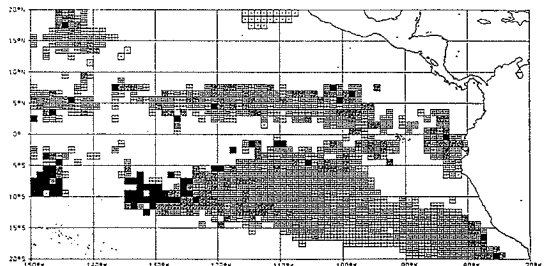
83年 Q2 (第2四半期)



83年 Q1 (第1四半期)



83年 Q3 (第3四半期)

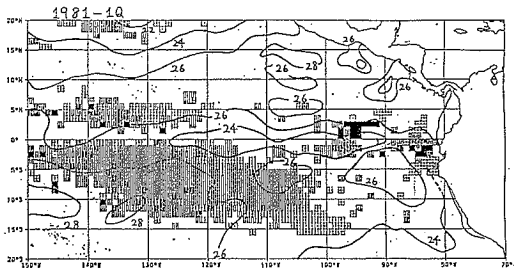


□ = 0.0 ▨ < 0.5 ▩ < 1.0 ▪ < 1.5 ■ ≥ 1.5

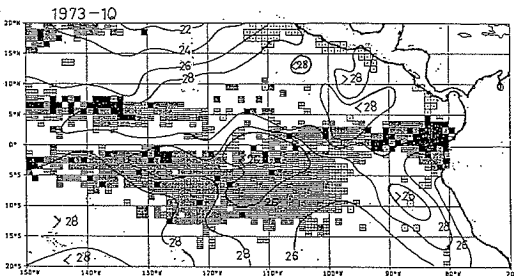
図7 メバチ四半期別釣獲率分布図 1982・83年 エルニーニョ

この水域における漁場の位置は年や季節により多少変動があるものの一般的には次の様な季節変化を示す(図5)。赤道上附近の冷水帯をはさんで南北にそれぞれ東西方向に細長く形成され、特にこの冷水帯の発達する第3四半期にその傾向が明瞭となる。ところが大規模エルニーニョが発達してくると90°Wから120°Wの赤道上にも高釣獲率を示す漁場がみられ(図6及び7)、南北に分離していた漁場が連続するようになり(特に1972年第4四半期、73年第1四半期、83年第1、2四半期)南側にも伸出して15°S附近に達する。これらの時期はエルニーニョが最も発達した時期とよく一致する。1971年以降1976年にもエルニーニョが起きているが、1972-73年及び1982-83年時ほど顕著な現象は見られない。一般的な漁場形成パターンがくずれられるにもかかわらず、漁況に応じて好適な漁場を迅速かつ的確に選択するまぐろはえなわ船の機動力は大変大きいことが分る。

試みに表面水温の分布とメバチの漁場を対比させてみると(図8)、エルニーニョ時には赤道上附近の冷水帯が消滅し、ほとんどが26°C以上の水で覆われてしまうのが分る。



平 常 年



エルニーニョ年

図8 平年及びエルニーニョ年におけるメバチの釣獲率と表面水温分布

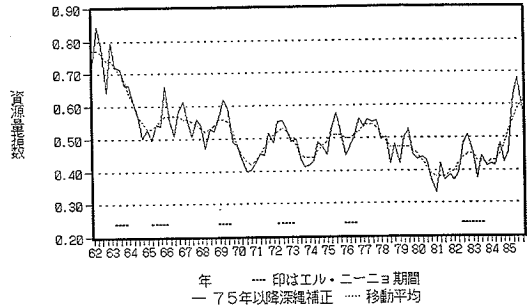


図9 太平洋メバチ四半期別資源量指数 本間法(1974)による

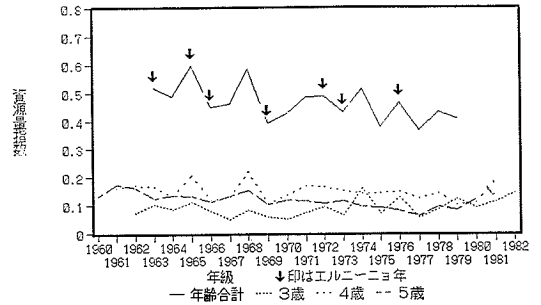


図10 太平洋メバチ年級別資源量指数

②資源に与える影響 現在、太平洋メバチの系群は単一と考えられている。そこでキハグの場合と同様に本間(1974)の方法で太平洋系群の資源量指数を求めた。ただし、1975年頃から深層に生息するメバチを狙って深縄操業が導入され、一般により高い釣獲率を得ているので、深縄の効率のよい熱帯・亜熱帯水域について普通縄と深縄の釣獲率の比と深縄操業の導入率によって努力量の補正を行なった。得られた資源量指数を図9に四半期別に示す。1965年に減少した後、多少変動しながらわずかに減少傾向を示し、1982年以降上昇傾向にあって特に1985年は高い値となっている。メバチの主漁場である東部太平洋では海洋観測資料が少ないので中西部太平洋キハダの場合の様な漁獲効率とエルニーニョとの関連の検討は行なわなかった。しかしながら、資源量指数はエルニーニョ期間中にその前後と比較して高くなる傾向がみられ、キハダと同様エルニーニョ期間中に漁獲効率がよくなるものと推測される。

この資源量指数を漁獲物の年齢組成で各年各年齢別

に振分け、年級毎に示したのが図10である。1965年級及び1976年級の資源量指数は高くエルニーニョ年と一致するが他のエルニーニョ年は比較的年級資源量指数が低く、エルニーニョ現象と対応していない。また年級間の資源変動量がかなり小さく(約10%内外)、資源がかなり安定していることを示している。

4. まとめ

本研究では、エルニーニョによる海洋環境の変動によってまぐろはえなわ漁業の漁獲効率や漁場形成などに即時的に及ぼされる影響と、再生産や稚仔の生残率変化等によって数年後にまぐろはえなわ漁業の対象資源量を変動させる影響の2つの評価を試みた。

前者については、東部熱帯太平洋のメバチ主漁場が大規模なエルニーニョ時には大きくその位置を変え、特に東よりの赤道直上付近に好漁場を形成することが判明した。また、あまり明確ではないが中西部太平洋のキハダではエルニーニョ時に漁獲効率が良くなる傾向がうかがえたし、図9にも示されるようにメバチの資源量指数はエルニーニョ時に高い傾向があり、メバチにおいても漁獲効率が向上すると言える。これはメバチ漁場の変化に伴って、漁場の探索に費やされる努力量のロスがあることを考えれば、好漁場がそのロスを補ってあまりあることを示しており、そのような好漁場での釣獲機構の解明には深い興味もたれる。残念ながら先にも述べた通り、東部熱帯太平洋での海洋鉛直構造に関するデータは非常に少ないので、エルニーニョのメバチ釣獲機構に及ぼす影響の評価は困難であるが、今後のデータ蓄積を待ってキハダと併せてより詳細な時空間内での検討を行いたい。

後者の影響については、メバチ・キハダ共にエルニーニョと資源量との間にあまり関連がないという予想に反した結果になった。両種共に資源の絶対量が推定されていないので、標準化を行なった資源量指数を年令組成を用いて各年級に分離するという方法を用いた。しかしながら、資源量指数は真の資源の変動に加えて漁獲効率等の変動を含んでいると考えられるし、推定した年令組成にもかなりの誤差が含まれている可能性もある。コホート分析等を用いて資源量を推定し、今回の結果と比較吟味する必要がある。

今回扱ったデータは1985年までであるので、1982-83年エルニーニョ時の年級はやっと漁業に加入したばかりであってその強度は不明である。好漁であった1985年のメバチ漁獲物中には特に3・4才(1981, 1982年級)が卓越していた。1982-83年に発生した年級群の強さが

どの程度であるか、今後のデータ解析が待たれる。

5. おわりに

今回の報告は、エルニーニョとまぐろはえなわ漁業及びまぐろ資源における変動とを単に現象面で関連づけてみたものである。従って、仮にエルニーニョとの関連が見られたとしても、エルニーニョのどの部分がまぐろ資源のどの部分に作用したのかについては、全く今後の課題として残されている。しかし、このような大規模な環境変化を通して資源を見ることにより、資源の変動機構を理解する一助となるのではないかと考える。

文 献

- 久米漸・宮部尚純(1987) 東部赤道太平洋におけるエルニーニョとメバチの漁場形成について. 水産海洋研究会報, 51, (1), 62-68.
- 本間操(1974) まぐろはえなわ漁業の漁獲強度の推定—魚群分布に季節変化のある大西洋のキハダの場合—. 遠洋水研報, 10, 63-85.
- MIYABE, N. and W. H. BAYLIFF (1987) A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980. Inter-Am. Trop. Tuna Comm., Bull, 19, (1), 1-163.
- 須田明・久米漸(1967) まぐろはえなわ漁業の漁獲物から推定された太平洋メバチの加入と生き残り. 南海区水研報, 25, 91-103.
- 薮田洋一・行縄茂理・薬科侑生(1960) キハダの成長と年齢Ⅱ, 鱗にみられる輪紋からの検討. 南海区水研報, 12, 63-74.

〔質疑応答〕

松村(遠洋水研): 釣獲率の分布図と、エルニーニョのある時、ない時の海況のパターンが非常によく似ている。これはランダムに集めたデータによる偶発的類似なのか、または漁業者がエルニーニョを知っていて、海況に合わせて操業を行ったためによる一致なのか。

宮部: 私も同じ疑問を持っている。今は情報が進んでおり、船主達がそれを集めて船に送っている場合や、長年の蓄積された経験結果から、状況に応じた行動を取っているのではないかと考える。

松村: 漁業情報サービスセンターの海況図のようなものを見て、船を進めている可能性があり、結果は決して偶発的でないかと考えるのか。

宮部: そうだ。資料をみていて船の動かし方に上手い、下手があるけれども、平均的にみてかなり効率的に獲れるところに行つて操業を行っている。

井上(東海大): インド洋においては太陽の輻射熱に

よる熱赤道があり、この線に沿ってキハダとメバチの好漁場ができる。即ち、これらの魚種の分布は最高水温帯の広がりに関係している。太陽の輻射熱がエルニーニョ発生の因とも考えられるので、このことも考慮しているか。

宮部：データが表面水温しかない。しかし、メバチの場合棲息水深が深く、表面水温よりも水温躍層に影響される。東部太平洋の場合水温が一番高いところよりも若干低いところに好漁場ができる。

井上：インド洋においても熱赤道の両側の低温側に好漁場ができる。やはり太陽の輻射熱を考慮すべきであろう。

中込（神奈川水試）：1985年の豊漁が1982年のエルニーニョの影響としたが、そのメカニズムについての仮説はあるのか。

宮部：仮説としては、水温の上昇によって稚仔魚の生残りが良かったということしかない。他にも考えられるが、まだ十分掘り下げていない。

4. El Niño and the Surface Fishery for Tunas in the Eastern Pacific

James JOSEPH and Forrest R. MILLER (Inter-American Tropical Tuna Commission)

Tunas, being pelagic during all stages of their lives, are profoundly influenced by their environment. In order to carry out its mandate with respect to the management of tunas in the eastern Pacific, the Inter-American Tropical Tuna Commission maintains a continuing program of investigation of the various ocean phenomena that may affect the distribution, catchability, and abundance of tunas.

A major recurrent oceanic and atmospheric phenomenon that manifests itself in the eastern Pacific at irregular intervals is the anomalous warming condition known as "El Niño". This feature, which is associated with changing atmospheric pressures, sea levels, and current patterns, has an apparent effect on the distribution and abundance of tunas in the eastern Pacific Ocean.

It has generally been hypothesized, and demonstrated statistically, that one of the factors contributing to the great success of purse-seine fishing for tunas in the eastern tropical Pacific (ETP) is the shallow thermocline. The thermocline seems to act as a thermal barrier to the schools of smaller tunas, and where it is shallow and the temperature gradient is sharp, the fishery is usually more successful.

However, when the thermocline is deep, as is the case during an El Niño, tunas seem to be less vulnerable to capture. During an El Niño the level of the sea in the ETP rises, and internal ocean waves, which are generated by surface winds in the central Pacific, move east-

ward in the equatorial region and depress the thermocline. As a result, upwelling of the cooler, nutrient-rich subsurface water is usually suppressed. Consequently, there is a marked reduction in food production during a prolonged El Niño. During the 1982/1983 El Niño fishing success by seiners was quite poor, and it is hypothesized that much of this poor fishing was due to the effects of the very extended El Niño.

In Fig. 1A, the depth of the thermocline along the equator in 1982 and 1983 is compared with the average depth of the thermocline in the last several decades. Whereas the average thermocline depth in this equatorial region of the eastern Pacific is about 25 meters, it dropped to nearly three times that depth at the height of the El Niño. This deepening of the thermocline was associated with a decrease in fishing success. As shown in Fig. 2, the relative index of catch rate of yellowfin and skipjack combined was at its lowest level during this period. With a return to normal thermocline topography in late 1983 and 1984, fishing success improved. It is interesting to note that the opposite situation occurred in the western Pacific. There the thermocline is generally quite deep, averaging about 100 meters along the equator (Fig. 1B), and this is often considered one of the contributory factors to the poor success of purse-seine fishing in that region. During the 1982/1983 El Niño, however, the thermocline in the western Pacific shoaled significantly, and simultaneously

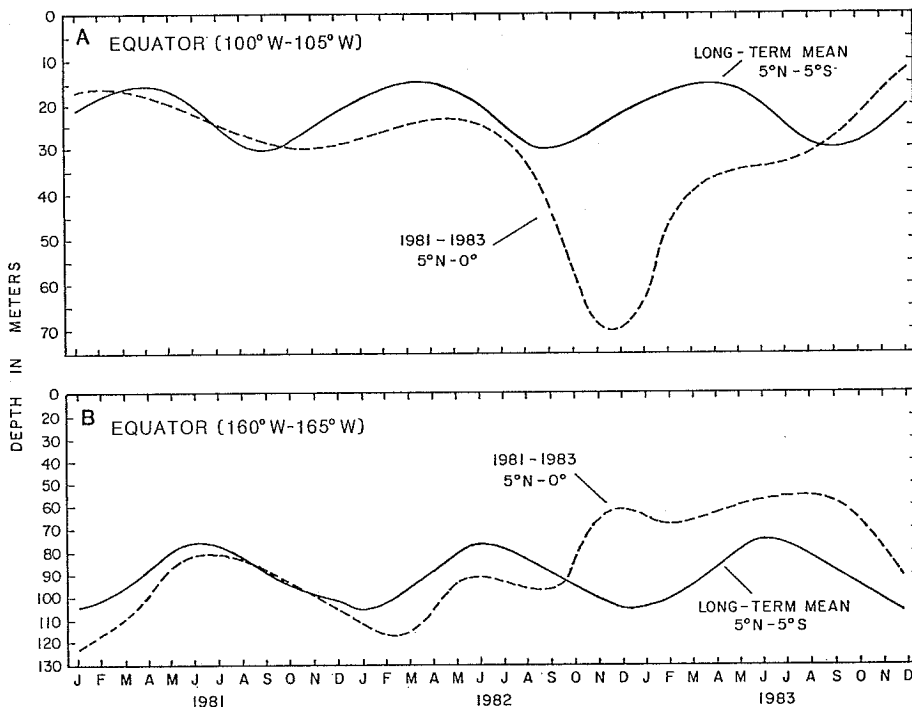


Fig. 1. Depths to the top of the thermocline along the equator between 100°W and 105°W (A), and between 160°W and 165°W (B), during 1981-1983, compared with the long-term means.

the fishing success there increased. This is clearly seen by examining the relative index of fishing success in Fig. 2. As conditions returned to normal in the western Pacific, and the thermocline deepened, fishing success diminished, as shown in Fig. 2.

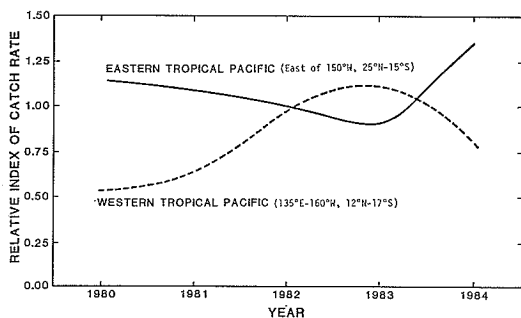


Fig. 2. Indices of abundance of the combined catch of yellowfin and skipjack tuna in the eastern and western Pacific during 1980-1984. Indices are based on data for U.S. purse seiners of carrying capacities greater than 1,000 tons.

In addition to the thermocline deepening and sea level rising, the upper mixed layer above the thermocline becomes abnormally warm in the ETP during an El Niño. The greatest sea-surface temperature (SST) anomalies, which are departures from long-term mean SSTs, occur where upwelling is greatly reduced. Abnormal warming of the sea surface in the ETP along the equator and off the coasts of Ecuador and Peru is often the first indication that an El Niño condition is developing. For example, the Tuna Commission's SST analyses, carried out every month since 1970, indicated that in June 1982 organized patterns of warming were taking place along the equator east of 140°W and offshore from Peru between 80°W and 95°W. This warming was seen as the beginning of an El Niño event in the ETP before any significant rise in sea level or deepening of the thermocline shown in Fig. 1A was observed. By October 1982 a strong El Niño had developed, with SSTs rising to more than 3°C above normal

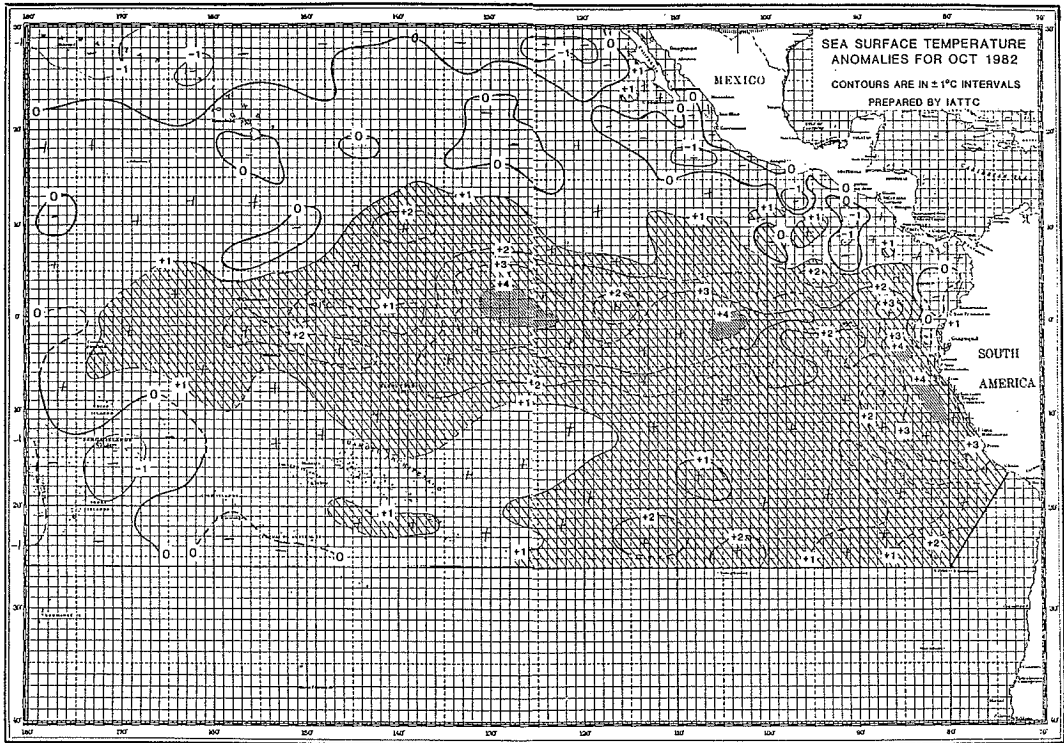


Fig. 3. Departures of SSTs from long-term normals (anomalies) for June 1982, based on data from commercial ships and fishing vessels. The areas with SSTs 1° to 4°C above normal are hatched, and those with SSTs more than 4°C above normal are shaded.

along the equator and the coastal areas of Peru (Fig. 3). By December 1982 the positive anomalies of SSTs along the equator and the coastal areas of Ecuador and Peru had more than doubled, reaching values 6° to 8°C above normal, some of the greatest anomalies ever recorded. The areas with the greatest positive anomalies, shown in Fig. 3, were those where upwelling was most drastically curtailed.

A second interesting phenomenon that has been observed for the yellowfin tuna population in the eastern Pacific is the relationship between estimates of recruitment and the El Niño condition. Since 1968 Commission scientists have estimated the recruitment of yellowfin to the fishery by means of cohort analyses, and in Fig. 4 anomalies from the average are plotted. In this figure, the vertical lines represent the El Niño years—1969, 1972, 1976 and 1982/1983.

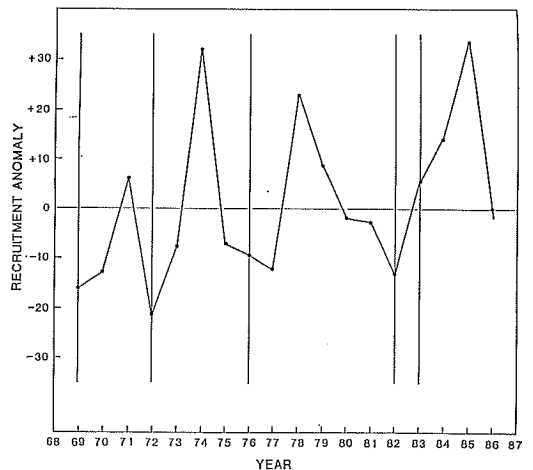


Fig. 4. Anomalies in recruitment of yellowfin tuna within the CYRA. Vertical lines denote El Niño events.

It is quite clear that following each El Niño, a positive anomaly in recruitment occurs. This relationship was first noted in 1982, and was used to predict a good recruitment following the 1982/1983 El Niño. The fact that recruitment in 1984 and 1985 produced two very strong cohorts is encouraging.

If this relationship persists, it will be useful for the assessment and management of the fishery. The reasons for the relationship are not understood, but we can speculate on a number of possibilities. These are: (1) during an El Niño eastward-flowing surface currents increase in strength, and may transport tuna larvae and juveniles into the area, thereby contributing to local recruitment; (2) during non-El Niño years westward-flowing surface currents are strong, and may transport larvae and juveniles from the area, thereby decreasing apparent recruitment; (3) a combination of these two; (4) surface winds decrease during an El Niño, and theoretically micro-stratification should therefore increase.

This may, as in the Laskerl hypothesis for anchovies in the eastern Pacific, increase food availability to larval tuna, thereby increasing survival and recruitment. It is emphasized that these analyses, along with the various hypotheses presented, are still preliminary, and will be subject to much more intensive investigation.

註1. LASHER, R. (1975), U.S. Nat. Mar. Fish. Serv., Fish. Bull. 73, (3): 453-462.

〔質疑応答〕

山中(東海大): 東太平洋と西太平洋の漁獲のデータを比らべたものですが、時系列が短いので言い難いけれども、何か周期があるように見えます。統計的に吟味したのでしょうか。

シェフアー: 確かにそういう面あるかもしれませんが。ただ、やはり時系列が短いので決定的なことは言えないと考えます。統計については本人達に聞いてみないと判りません。

5. エルニーニョが東部太平洋のメバチ資源に与える影響

花本 栄二 (神奈川県水産試験場)

竹内 正一 (東京水産大学)

1. はじめに

近年、エルニーニョは、単なるペール沿岸域で見られる昇温現象だけではなく、太平洋の広範囲にわたって影響を与えている現象であり、数年に一度は起ること、また、海洋と大気との相互作用であることなど、その内容が少しずつ明らかになってきた。

エルニーニョによる昇温現象が最も大きい東部太平洋は日本のまぐろはえなわ漁業にとってメバチの重要な漁場である。そこでは(130°W以東)、年間約1億本の釣鉤が投入され、70~90万尾の同種が漁獲されている。それらは全大洋のそれぞれ約20%、30%を占めており(遠洋水産研究所, 1987)、同海域は日本の刺身用鰯の重要な供給域である。昨年来のエルニーニョの出現は種々の形で、この東部太平洋のメバチ資源に影響を与えており、同現象に関する漁業者の関心は高い。そこで、エルニーニョによりメバチ漁場がどう変化し、何故そのよ

うな変化をするのか、水温面から議論するとともに、同現象が加入量に与える影響について検討した。

2. エルニーニョによるメバチ漁場の変化

まぐろはえなわ(以下はえなわ)の漁獲資料を用いて資源解析を行う場合、注意しなければならないことは、釣鉤の設置深度であり、はえなわでは同深度内のまぐろ類を漁獲しているということである。その深度は対象魚種によって異なる。近年、メバチを主漁獲目的とするはえなわ漁船は、同種の遊泳層が深いということから、釣鉤を深く設置する深はえなわ操業を行うようになった。その場合、釣鉤の深度は、風、海流等に影響されるため、計算深度に比べて1~2割浅く、主として100~250m深に設置されている(花本, 1986)。

通常年とエルニーニョ年のメバチ漁場の変化を見るため、東部太平洋の10~3月(夏期, 南半球)における緯度、経度5°区画別のメバチの長期平均漁獲尾数分布

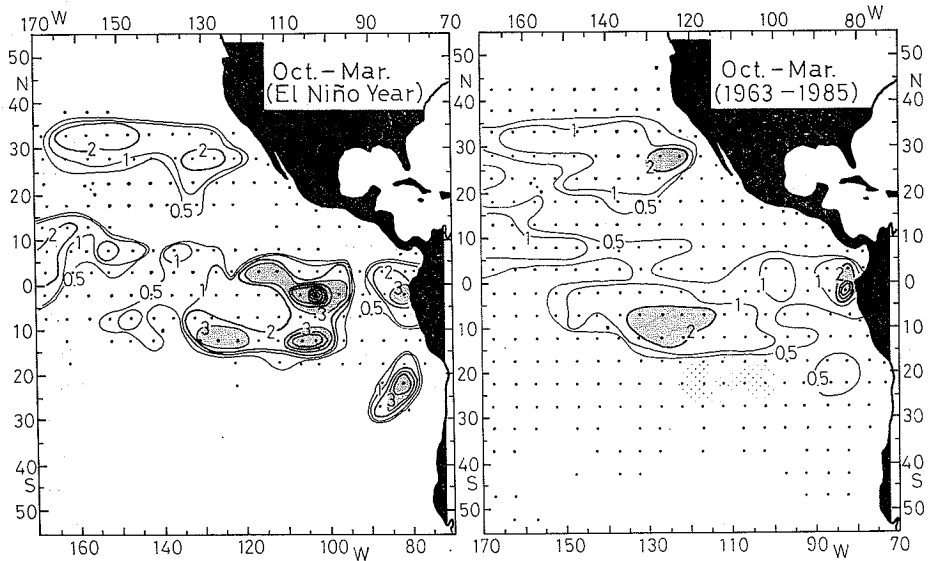


図1 10～3月における緯度、経度5度区画別のメバチの長期(1963～1985, 右側)とエルニーニョ年(1982～1983, 左側)の平均漁獲尾数分布(1カ月当りに相当)。数字は1,000尾, 点は資料の得られた5度区画を示す。

(1963～1985, 通常年型)と本世紀最大規模といわれるエルニーニョ年(1982～1983)の同種の平均漁獲尾数分布図(1カ月当り)を図1に示した。同図は昭和39年～昭和60年のまぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告(水産庁, 1967～1980; 遠洋水産研究所, 1983～1987)から求めたものであり, 漁獲尾数を等値線により示した。なお, エルニーニョは南半球の夏を中心とした期間に盛んであるため(長坂, 1983 a, b; 気象庁, 1987), 漁場変化を鑑べるに当って用いた期間は, 10～3月の夏期(南半球)にしたものである。

図1によると, 通常年(長期平均)の主漁場は北半球では, ハワイ諸島(20°N, 155°W)北沖から東沖, そして, 南西沖にかけての海域, 及び, 東西沖, エクアドル沖, 南半球では, マーケサス諸島(10°S, 140°W)北西沖から北沖, 東沖にかけての海域, そして, ペルー, チリ沖に(20°S, 85°W)形成されていた。

エルニーニョ年(1982年10月～1983年3月)の主漁場は, 北半球のハワイ諸島北から東, 南西沖にかけての周辺海域, 及び, エクアドル沖では上述した通常年のそれと変わらないが, 南半球のマーケサス諸島周辺域, 赤道域, ペルー, チリ沖では大きな変化をしていた。すなわち, マーケサス諸島周辺の漁場は, 通常年に比較すると, 同諸島北から西沖で衰退し, 東沖で縮小していた。

特に, 東沖では漁場が縮小すると共に, 重心が通常年の10°S, 120～130°Wから更に沖合の10°S, 100～110°Wへと一層東方へ移動していた。このような漁場の縮小, 東方への移動現象は, 図示しなかったが, 1972, 73年のエルニーニョ年にも認められた。また, 通常年にはそれ程好漁場とはならない100～120°Wの赤道域でも好漁場の形成が見られた。一方, ペルー, チリ沖では, 通常年の漁場は20°S, 80～90°Wを中心に形成され, 同海域内では漁獲尾数の多少の位置的相違はそれ程見られなかった。しかし, エルニーニョ年には, 漁場位置は通常年のそれと余り変らなかったが, 漁獲はある海域(20～25°S, 80～85°W)を主体に集中的に行なわれていた。この漁場が集中的に為された現象は上述の赤道域, 及び, マーケサス諸島東方の10～15°S, 100～110°Wでも見られた。

このように, 東部太平洋におけるエルニーニョ年のメバチ漁場は北半球では通常年と変りなかったが, 南半球では, マーケサス諸島周辺の漁場が衰退し, 東へ移動するとともに, 赤道域でも形成されていた。そして, この南半球の漁場では, ペルー, チリ沖も含めて, 漁獲尾数の多い海域はその漁場内のある海域を主体として集中的に行われていた。

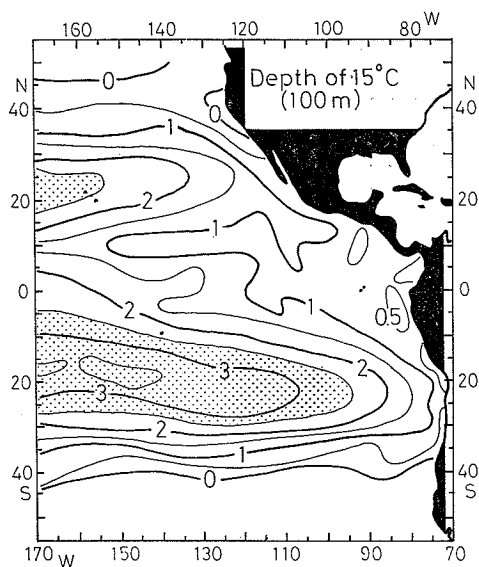


図2 15°C水温の深度分布 (Hanamoto, 1987から一部引用)。数字は深さで、単位は100m。点々域は15°C水温が250m以深に存在する海域。

3. 水温から見たメバチの分布環境

HANAMOTO (1987) は、魚に影響を与える数多い海洋環境要因の内、先ず第1に水温を基本ととらえ、水温とメバチの分布との関係を調べた。その結果、メバチの適水温は10~15°Cで、同種はこの適水温帯に様に分布していることが分った。

適水温が10~15°Cということは、メバチは15°C等温面より深く、10°C等温面より浅いところに多く生息していることを意味する。同種の生息域を知るため、図2に適水温の上限値である15°C等温面深度分布を示した。15°C水温の南北方向の深さの変化を見ると、同水温は10°Nを中心とした低緯度海域で浅く(100m)、南北緯度20~30°の中緯度海域へ向けて深くなっていった(200~300m)。そして、緯度30°付近から高緯度海域へ向けて再び浅くなり、同40~45°で海面に出現していた。東西方向の深さの変化は緯度30°N以北、30°S以南では見られないが、それ以外の南北緯度30°以内の海域では、東側で浅く、西側に行くに従い、徐々に深くなっていった。その深さは、赤道域では、東側のエクアドル沖で約50m、西側のハワイ諸島南沖の160°W付近で約200mであった (HANAMOTO, 1987)。

メバチは、この様な適水温分布の中、すなわち、15°C水温の深度より深いところに分布している。そして、この様な環境の中で、はえなわでは釣鉤を100~250m深に

設置し、この深度内の同種を漁獲している。したがって、15°C水温の深度が250m以浅に存在する海域では釣鉤の深度と適水温層のそれが一致するため、メバチは漁獲される。しかし、15°Cが250m以深にある海域(図2の点々域)、例えば、マーケサス諸島の南、緯度20°Sを中心とした中緯度海域では、同以深にメバチは分布しているにもかかわらず、釣鉤がその深さに達していないため、同種はほとんど漁獲されない。

4. エルニーニョがメバチ漁場に与える影響

東部太平洋において南東貿易風が弱くなると、前項で述べたメバチの分布環境の所に、西部太平洋の熱帯域にため込まれていた表層暖水が一気に(約2カ月)赤道域を通過して運ばれて来る。東端に達した暖水は南北アメリカ大陸の沿岸沿いに高緯度方向に向かって広がって行く。これがエルニーニョ現象である。その結果、東部太平洋では、水温、水位が上昇し、水温躍層も深くなる(蓮沼, 1984)。

従来、同現象に関しては、資料が得やすいため、海面水温を使った議論が多い。しかし、水温は海面だけではなく表、中層においても昇温している。行縄・山中(1986)によると、エルニーニョ年の20°C水温の深度は、通常年のそれに比べ深く、マーケサス諸島東沖の8°S, 130°W付近では約160m深と通常年の100m深より60m深くなっている。これらのことは、エルニーニョにより表層水温が暖くなるため、適水温(10~15°C)層、すなわち、メバチの分布層も深くなることを示すものである。

第2項で述べた通り、エルニーニョ年のマーケサス諸島周辺のメバチ漁場は、通常年のそれに比べ衰退、縮小し、漁場重心はさらに東方の10°S, 100~110°Wへ移動していた。同諸島周辺では、通常年、適水温の上限値である15°C水温の深度は250m深前後にあり、その等値線は同諸島を中心に北西-南東に走っている(図2)。この周辺では、暖水流入により適水温層が250m以深に深くなるのが推測される。そこでは、メバチの鉛直分布は250m以深、すなわち、釣鉤の設置深度(100~250m)以深となるため、はえなわでは漁獲され難くなる。したがって、漁獲効率が悪くなり、漁場の縮小、衰退が見られたものと考えられる。マーケサス諸島東沖より更に東方の10°S, 100~110°Wでは通常年の15°C水温は150m深前後にあり、また、赤道域では同水温が50~100m深にある。そのため、これらの海域では適水温層と釣鉤の設置深度が一致し、通常年の同諸島東沖の漁場に代って、主漁場が形成されたものと思われる。特

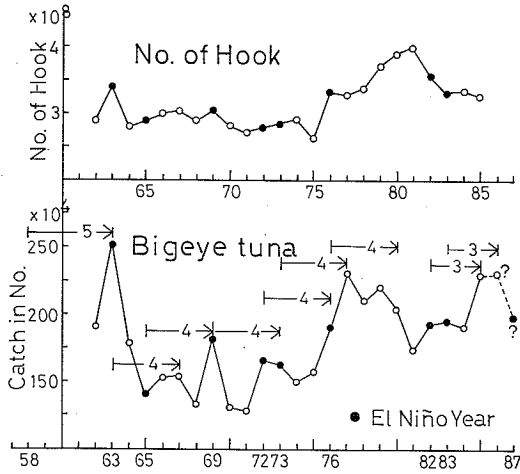


図3 太平洋におけるまぐろはえなわの総釣鈎数（上段，単位は億本），及び，メバチの漁獲尾数（下段，単位は万尾）。1957，'58年の他に，黒丸印はエルニーニョ年を示す。1986，'87年の漁獲尾数は推定である。

に，赤道域は，同水温が50m深より更に深くなるため，釣鈎の設置深度内への魚群の高密度化が考えられ，また，エルニーニョによる赤道潜流の弱化によりはえなわ漁具が正常に設置され易く，獲られ易くなることが原因であると考えられる。

このように，東部太平洋では，エルニーニョによる表層の暖水現象により，メバチの適水温層が深くなり，同種の鉛直分布も深くなっている。その結果，はえなわの漁獲効率に影響を及ぼし，同種の漁場位置に変化を与えているものと考えられる。

5. 漁獲量，加入量に与える影響

エルニーニョによる漁獲量，加入量への影響を調べるため，図3に1962年以降の太平洋におけるはえなわの総釣鈎数，メバチの漁獲尾数を示した。資料は遠洋水産研究所（1987）による。海域を或る海域，例えば，東部太平洋に限定すると，獲られ易さ，難さの漁獲効率の影響が出るため，太平洋全域の漁獲尾数を調べた。このような場合，通常，釣獲率が使われるが，太平洋全域だと，他魚種に対する漁獲努力量，特にミナミマグロに対する努力量が含まれ，その影響が大きいため，問題は多いと思われるが，ここでは漁獲尾数を用いた。

近年におけるエルニーニョ出現年は，長坂（1983a），気象庁（1987）の資料から，1957～'58，1963，1965，1969，1972～'73，1976，1982～'83，1986～'87とした。このうち，1972～'73，1982～'83に起ったエルニーニョは極めて規模が大きく，特に後者は今世紀最大のもの

と言われている。

図3に示したメバチの漁獲尾数の年変動によると，同種の漁獲は1975年迄は，1963年の250万尾を除くと，約150万尾を上下していた。しかし，1976年以降は増加が見られ，同年から近年まで約200万尾を上下していた。この増加し始めた年代は深はえなわ操業が普及し始めた年代（SUZUKI *et al.*, 1977）とほぼ一致している。

1962年以降，エルニーニョ年の漁獲（図3の黒丸）は，他の年に比べて，特に多い，少ないといった傾向が見られるわけではない。しかしながら，1965年を除くと，同現象が出現した年の漁獲はその前後の年より多いようである。

はえなわによる太平洋のメバチの漁獲魚は，1960年前後は5歳魚（140cm）主体の4歳魚（123cm）以上，1965～'80年は4歳魚主体の3（102cm）～5歳魚（久米，1979；久米・宮部，1987），そして，1985年は主として2歳（76cm），3歳魚主体の2～4歳魚（藁科，1986），1986年には3～4歳魚（藁科，1987）により構成されていた。このように，メバチの漁獲魚は少なくとも2歳魚（76cm）以上と大きいため，エルニーニョによる数°Cの高温がこれらの大きさのメバチの生死に直接影響するとは考えられない。したがって，エルニーニョ現象がその年のはえなわで漁獲される2歳魚以上の資源量の増減に直接影響を及ぼすとは考えられない。前述した，エルニーニョ年の漁獲がその前後の年より多いという現象は，前項で述べた漁獲のされ易さ，難さといった漁獲効率の問題，更には，エルニーニョ以外の原因によりもたらされた自然変動による資源の増減によるものであろう。

エルニーニョ現象の発生後，何年目に漁獲が多かったかについて調べると（図3），1963～1980年には，同現象から4年後の漁獲がその前後の年より多かった。しかし，1963年以前は5年後，1982，83年はそれより3年後（1985，1986）の漁獲が多かった。前述した通り，1965～1980年の主漁獲魚は4歳魚，1960年前後は5歳魚，1985年は2，3歳魚，1986年は3，4歳魚であった。すなわち，エルニーニョ年に生れた魚群が，主漁獲魚として出現した年にメバチは好漁となっていた。このことは，エルニーニョ年に卓越年級群が出現したことを示すものであり，水温の高いことが生残に好条件に働いていたものと考えられる。ただし，この問題については，本報告では漁獲努力量を考慮しないで，漁獲尾数の変動から概略的に述べたにすぎず，問題提起にすぎない。今後，資料の選び方，方法論も含めて再検討する必

要がある。

文 献

遠洋水研 (1983~1987) 昭和56年1月~昭和60年12月まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告. 249pp., 237pp., 225pp., 232pp.
 花本栄二 (1986) 海洋環境がメバチの分布に与える影響. 神奈川県水産試験場論文集, 2, 61pp.
 HANAMOTO, E. (1987) Effect of Oceanographic Environment on Bigeye Tuna Distribution. Bull. Japan. Soc. Fish. Oceanogr., 51, 203-216.
 蓮沼啓一 (1984) エルニーニョ-海と大気の相互作用. 水産海洋研究会報, 45, 101-108.
 久米 漸 (1979) 太平洋におけるメバチの生態と資源. 水産研究叢書, 32, 水産資源保護協会, 54pp.
 気象庁 (1987) エルニーニョ 1986/87. 海況旬報, 1483, 4.
 久米 漸・宮部尚純 (1987) 東部太平洋におけるエルニーニョとメバチ漁場の形成について. 水産海洋研究会報, 51, 62-68.
 長坂昂一 (1983a) エルニーニョ現象<1>. 気象,

27(7), 9-11.
 長坂昂一 (1983b) エルニーニョ現象<2>. 気象, 27(9), 32-34.
 水産庁 (1967-1982) 昭和39年1月~昭和55年12月まぐろはえなわ漁業漁場別統計調査結果報告. 379pp., 375pp., 299pp., 293pp., 283pp., 326pp., 319pp., 279pp., 265pp., 267pp., 269pp., 264pp., 235pp., 241pp., 243pp., 242pp.
 SUZUKI, Z., Y. WARASHINA and M. KISHIDA (1977) The comparison of catches by regular and deep tuna longline gears in the Western and Central Equatorial Pacific. Bull. Far. Seas Fish. Res. Lab., 15, 51-89.
 薬科侑生 (1986) まぐろ漁業稼働状況 (昭和60年7月~60年12月). 遠洋水産研究所, 5, 50pp.
 薬科侑生 (1987) まぐろ漁業稼働状況 (昭和61年7月~61年12月). 遠洋水産研究所, 7, 52pp.
 行縄茂理・山中 一 (1986) インド・太平洋の赤道域における海況変動 El Niño の異常年と平常年の海況差. 昭和60年度マグロ漁業研究協議会議事録, 48-54.

総 合 討 論

座 長 行 縄 茂 理

行縄 (座長); コンビナーから本シンポジウムの主旨説明と要望が冒頭でされた。その要望された線に沿ってエルニーニョ現象が何処まで明らかにされているか、そして、この現象が漁業に与える影響が何処まで判っているかということについて、つまり、物理的な側面と生物的な側面というか、漁業と結びついたものとの2つに焦点を絞って論議を進めては如何かと考える。まず、物理面から入りたいと思うが、これに関して先程佐伯氏と水野氏から話題提供があったが、二人の間にはエルニーニョ現象についての認識や受け取り方には差がなかったと感じているが、それとは別の意見や、あるいはこういったことを聞きたいといったことがあれば、発言願いたい。

山中 (東海大); 1970年頃からエルニーニョというのが世界的に関心が持たれるようになってきた。そして、熱帯太平洋の調査もだんだん行われようになってきた。その結果、エルニーニョというのは今まで考えていたようなローカルな現象ではなくて、あっちでも、こっちでも起こっているんだということが判ったというような意見もある。

佐伯 (気象庁); 確かにエルニーニョというものを、日本の気象とか漁業への影響とか、そういったものを、これまでみてはいなかったか、または見落していたという側面があると思う。これからは、かなりデータをさかのぼって、海洋の状態がどうなっていたか、魚群の分布がどうなっていたか、漁業はどうだったか、現在から過去にさかのぼって整理をして物を見てみると、今言っていることが本当かどうかというのが良く判るのではないかという気がする。例えば、海洋の方でも、1960何年から整理して解析すると、もっと明らかになると思う。

松村 (遠洋水研); エルニーニョがある時と平常な時という分け方をしているが、メカニズムからみると、エルニーニョが起こっているのが特に異常な時という解釈に疑問を感じる。つまり、両者があるのが普通であって、エルニーニョがある時、ない時という考えである。異常年と正常年という言い方でなくて、エルニーニョがある時、ない時という分けの方が良いと考える。

佐伯; 松村氏の指摘の通りだと思ふ。考え方としては、太平洋の熱帯域の海洋現象としてエルニーニョが

ある。エルニーニョ自体は水温が高くなり、逆の時は低い。そういったサイクルでぐるぐる回っている一つのフェイズがエルニーニョである。黒潮の大蛇行と同じように、平均的に見ると3年から4年で1回起こっている。一方、西部太平洋をみると、準2年変動とどうか、2、3年ぐらいの変動が卓越する。長さから言うと、東部太平洋の水温が高い時期が1年ちょっとあって、低い時期が1年半か2年ぐらいというようなイメージで、低い方はどちらかということあまり低くならないで長く続く。エルニーニョの時は高い時期が続く。それを平均、積分してやれば丁度0になるという。そういったイメージで捉えるのが、良いのではないかと思う。そのサイクルを再現するというのが、今、物理屋の興味を中心になっている。西部太平洋はおおよそ、2、3年のサイクルで回っているが、東部に現われる現象としては、3、4年というところだ。3、4年と2、3年とどうして違うのかというのも一つの大きな問題である。要するにエルニーニョの必要条件が西部太平洋で満たされても、それが必ずしも東部、中部太平洋でエルニーニョという形にはならないという場合もあるというのが、最近判ってきたことである。

井上（東海大）；先程も言ったが、インド洋においては熱赤道、サーマルイクエーターというのがある。5年間のまぐろの漁場を調べると年変動が非常にある。サーマルイクエーターは海流系のあまり発達していない所で、太陽の輻射熱によって海面の最高水温帯を現わしている。それによると季節的に南北移動がある。ところが、太平洋はインド洋よりも東西に長い距離のためか、海流の移動によっても熱は移動するものだから、輻射熱だけでは説明がつかない。しかし、インド洋において起こるようなことは、太平洋においてもあると考えられる。だから、高い水温の変動を扱う場合には、海流とか水塊による熱の輸送と同時に、やはり太陽の輻射熱による年変動というものが加味されて、始めて海面水温の変動が論議されるべきと思う。今までの中で、太陽の輻射、先程火山の影響とかもあったが、そういうことによって太陽の海面に対する輻射熱というものが、年変動の形になってたまたま現われる。そういう点について今まで論議されたことがあるのか。

行縄；エルニーニョの原動力になる熱エネルギーとして捉えて論議したことがあるかということ、海水の流動だけでなく日射量を考えてもっと原点からみて行くべきではないかという意見である。

佐伯；そういったことがエルニーニョの原因とか、

その維持とかに、サイクルを考える上で非常に大切であるという認識に達しており、そのような研究観測をこれから行おうとしている。例えば、アメリカでは、西側の方に暖かい水が、いわゆるエルニーニョのない時に溜まって、それが維持されているとか、それから、それが東側の方に移動して、例えば今のエルニーニョの場合にはかなり長く続いているが、実際そういった水温の異常がどうしてそんなに長く続くのかというようなことを、海面の熱のやり取りの過程が非常に大切であるという認識で、これから解明しようという話になっている。

水野（遠洋水研）；コンビーナーとしてですが、気象とか、海水温に関しては共通の認識が大体得られたと思う。重要なのは、これを誘き起こす引き金のようなものを見つけ出す努力が必要ではないかと考える。時間が無いので、生物の方に論議を移したらどうか。

大滝（遠洋水研）；宮部氏の発表で、年級変動に及ぼす影響はあまり関係無いという結果だったが、年級群の資料の出し方にちょっと問題があるのではないかという感じを受けた。体長組成から年齢組成に持って行く段階での問題で、変動が入るということ、それを更にまた年級を追っかけて、ずっと積算しているという説明だったが、むしろそのやり方では、そういう長年の誤差が入り易いので、むしろ一番最若年の分だけをメルクマールにして、エルニーニョとの対応で捉えられたら、後からでたシェーフター氏や花本氏の結果と合うのではないかと感じた。

宮部（遠洋水研）；体長から年齢、年齢から年級という風に積算するところでは、かなり誤差が入ってくると思う。現在の資料で漁獲物を年齢組成に変換してみたわけだが、それで見てもどの年齢をとっても、あまり明瞭な結果が出ない。次に、出ないということで各年級に分けて計算したが、どちらも同じような結果になった。

山中；大滝氏の意見に賛成だ。1972年のこの前の強いエルニーニョがあった時にやった仕事で、キハダについて一番未熟の若い年級をとって、それをシェーフター氏が言ったようにちょっとずらして、サーモクラインデプクとの関係をやってみた。一応関係らしいものは出たけれども、シグニフィカントではないような結果であった。関係ないとはいいい切れないが、何かアパレントなものはあるような気がした。そのことはエジンバラで開かれたジョイント オセアノクラフィー アセンブリーの議事録に出ているはずだ。それから、もう一つ花本氏が言われたように、西太平洋のキハダについてだが、1972年のエルニーニョの時に、西太平洋のサーモクラインが非

常に浅くて冷たかった時、ニューギニアの北のキハダの釣獲率の重心を、前後の年と比べてみると、やはり2度ばかり南に下がって行く。つまり、密度の重心と言うか、分布が南に寄っていたようだ。

林（遠洋水研）；今までの話の中からみて、エルニーニョそのものについてはかなり共通した認識があるようだが、魚の方についてみると、2つ問題があった。1つは分布の問題で、これが魚の獲れ方とどう関係しているか。これはエルニーニョという大きな変化が起こると、温度とか酸素とかの要因のどれが一番きいているかは別として、水の構造の問題として捉えたいのではないか。そういうことと関連して魚が獲れ易くなる、あるいは獲れ難くなったりして、漁獲の方には影響があるということ。それからもう1つ、エルニーニョという大きな現象が起こること、これは異常と捉えるべきではなくて、季節とは別なんだが、乾期とか雨期とか、1つの年の中の季節の変化を見るように、何年かをまとめた不規則な周期みたいなものがあるというような捉えかたをしてもいいのではないかということ。そういう中で、加入に影響があるのではないかという話があり、そこはまだはっきりしていない、そうとは思えないという観察結果があった。ここら辺の問題は、魚や資源といった生物がそこに入ってくると、とたんに今までよりずっと複雑になり、調査の精度の問題とも絡んで、もう少し調べてみる価値がありそうだとするところが、今日の話の一応のまとめではないかと思う。

行縄；今まで論議したものを、うまくとりまとめたいただいた。時間もないので、これだけはどうしても発言しておきたいということがあったら、2つほど受けたい。

小網（海洋圏研）；エルニーニョの発生はいつ頃までさかのぼってデータが得られているのか。また、シエファー氏が出された加入の図、2年たつと多くなり、エルニーニョ発生年には加入が小さくなることを示されたが、このことに疑問を持っている。なぜかと言うと、焼津の30年位前からのカツオの総水揚量をチェックしてきたものとエルニーニョとを重ねてみたところ、エルニーニョが発生した年は普段よりも倍ぐらい水揚がある年になる。2年ぐらいたつと、普段の年よりも2分の1ぐらいに下がるという変動がある程度見られる。その変動がエルニーニョに対応しているのかどうかということについて、何年位前にさかのぼって調べられるかということ、林氏が言われたような資源に影響があるのではないかということについて知りたい。

佐伯；海洋の方のデータとしては、例えば海面水温なんかは1850年ぐらいから一応そろっている。残念ながら今話題になっている東部太平洋赤道域のデータは非常に少ない。いわゆる戦後ぐらいからなんとかなるのではないか。それからBTのデータも一応取られているが、1960年台以降になるのではないかとみている。

山中；その問題に関して、チリか、ペルーかの論文で、1920年ぐらいの様子について述べられたものがある。但し、その論文はちゃんとしたデータではなくて、現象として述べているだけである。

中込（神奈川水試）；今、エルニーニョが起きた年に卓越年級が発生するという説と、そういう関係はみられないという説の2つが出ている。大分以前にメバチの卓越年級群の発生と水温分布の関係を調べた。エルニーニョとの関係をみたわけではないが、どうしても低温年、いわゆる冷水域が広がった年に卓越年級の発生がぶつかってしまう。宮部氏から話しがあったように、私も水温との関係で見れば、水温の高い年に卓越年級が出ると考え、何回も繰返して調べ直したが、どうしても低温年に出てきた。アメリカの研究者の結果をみて、低温年は湧昇が卓越し、下から栄養塩が上がってきて、いわゆるプランクトンが発生して餌が豊富になるのではないかという仮説をたてている。関連の話題として紹介だけをする。

行縄；論議がわいている途中で誠に申しわけがないが、これにて本日の討論を終らせていただく。座長の運営の勝手から総合討論の時間を十分とれなかったことをお詫びする。特に、エルニーニョとまぐろ類の再生産や年級群との対応についての論議が佳境に入った場面で打切ることになったことは誠に残念に思う。今回のシンポジウムでは、エルニーニョ現象の物理的側面と漁業や資源の生物学的側面に与える影響との2つのカテゴリーに分けて討論を進めた。その内容については、前者ではエルニーニョの定義については画一的に捉えたものはなく、目的とする事象によって異なる。エルニーニョ現象は大気、海洋の大規模な相互作用であり、その発生メカニズムのモデルや発生に伴う物理的諸現象については、参加者間で共通の捉え方がなされていることが認識された。また、発生の引き金となる要因とも関連して日射量（太陽エネルギー）を注視する必要が提言された。後者については漁場形成の変化と海況との対応関係についてはほぼ同じ見解がされている。しかし、まぐろ類の再生産一餌一年級群の大きさへの影響や関わりあいの点では異なった意見が開陳され、問題点の提起として

第23回 かつお・まぐろ漁業研究座談会

受け止められたと集約できると思う。エルニーニョとまぐろ漁業との関わりあいについて、研究者、漁業者がどのような理解や意見を持っているか、また、未解決の問題が多いことを相互に知り合えたことが、本シンポジウムにおける最大の成果であったように思われる。この研究はまだ緒についたところであり、むしろ今後本格

的な取組みがされる段階にある。これらを巡っての問題点がかなり浮彫りにされ、また、今後の研究の方向も示唆されたように思う。今後の研究の飛躍のための踏台、あるいは糧として十分に有意義なものであったと評価される。以上、簡単であるが座長として本シンポジウムの総括とする。