

相模湾の温暖化に関する一見解

三谷 勇

A view on warming of sea surface temperature in Sagami Bay.

Isamu MITANI*

A B S T R A C T

To examine the warming phenomenon in Sagami Bay during 32 years from 1968 to 1999, changes in the sea surface temperature and those in catch of a few typical warm-water and cold-water fish species coming over to off Kanagawa Prefecture were studied. The average surface temperature in February decreased and then increased periodically. When the peak temperature was compared within the data since 1980, however, it gradually increased by about 0.1 per year. A similar increase was also observed about the lowest temperature. On the other hand, surface temperature in August gave no apparent shift during the same period examined for February.

The annual catches of so-called warm-water fish butterflyfish, flyingfishes and hairtail tended to increase since 1980, but the catch of right-eye-flounders decreased.

These results suggest that the sea temperature of Sagami Bay has been warmed in accordance with the

はしがき

近年、異常気象や地球の温暖化など地球を取り巻く環境は大きく変わりつつある。1999年度版の異常気象レポートによると、東京などの大都市ではここ100年間で2.1度から2.9度も上昇し、数十年間に1回起きる程度の異常高温が1970年代後半から顕著になってきていることを報告している(気象庁, 1999¹⁾)。また、地上全体の平均気温を過去100年間でみると、日本では約1度上昇している。このうち、0.1~0.2度分が都市化の影響で、残りの0.8~0.9度は二酸化炭素などの温室効果ガスによる地球温暖化と、自然変動、エルニーニョ現象などの影響と考えられている。

このような気候の温暖化にตอบสนองして、全球の平均海面水温偏差は1970年代半ば以降に危険率5%で有意な昇温傾向が認められている。日本周辺では、日本海固有水と呼ばれる深層(1000m深)の水温は1958年以来昇温傾向がみられ、北太平洋西・中高緯度海域(主に日本周辺から東方沖海域)では1950年代から1980年代半ばまでの間に下降現象がみられたが、1990年代には正偏差に転じている(気象庁, 1999²⁾)。このような海洋と大気の連動した大規模な急激な遷移をレジームシフトあるいは気候ジャンプと呼ばれる(花輪, 1998³⁾)。レジームシフトによる水産資源への関連は、スルメイカ(桜井, 1998⁴⁾)

やマイワシ(Lluch-Belda et al., 1989⁵⁾、和田, 1998⁶⁾)などの資源変動との関係が明かにされ、あるいは研究されつつあるが、局地的な海域、たとえば相模湾の海況漁況が地球の温暖化によってどのような影響を受けているかは明かにされていない。

本報は、地球の温暖化対策の一助に資するため、相模湾の表面水温および数種類の魚種の漁獲年変動を解析したところ、相模湾においても温暖化の影響が生じている可能性があることを提起した。

材料と方法

相模湾の海洋観測は、日々定地観測点で測定される通称定地観測と神奈川県水産総合研究所所属調査船による月1回の沿岸観測がある。前者は一部を除いて表面水温を測定し、後者は表層から中深層水温や溶存酸素、栄養塩等を観測している。本報に用いた水温資料は1968年から1999年までの三崎、平塚、真鶴の3定地観測点(Fig. 1)の平均表面水温のうち、気候からみて温暖化の激しい冬季の2月の平均水温とその対照として夏季8月の平均水温を用いた。また、この表面水温は風や気温の影響を受け易いので、沿岸観測(神奈川県水産試験場, 1968-1993⁷⁾)で得られた相模湾のSt. 1~12における0.20m層の平均水温との関連を求めた。

相模湾に来遊する魚種は、農林統計では48種である。農林統計は長期間最も資料数が多く、これに代わる資料はみあたらない。本報では、農林統計で得られる魚種のうち、長期的にみて漁獲変動の大きい暖海性のイボダイ、トビウオ類、タチウオを、寒海性のカレイ類の年漁獲量を用いた。農林統計では、近年、漁獲が減少または増加しているサワラやソウダガツオなどがみられたが、これらの魚種は乱獲や黒潮の離接岸の影響が強いと考えているので、本報の資料からは除外した。

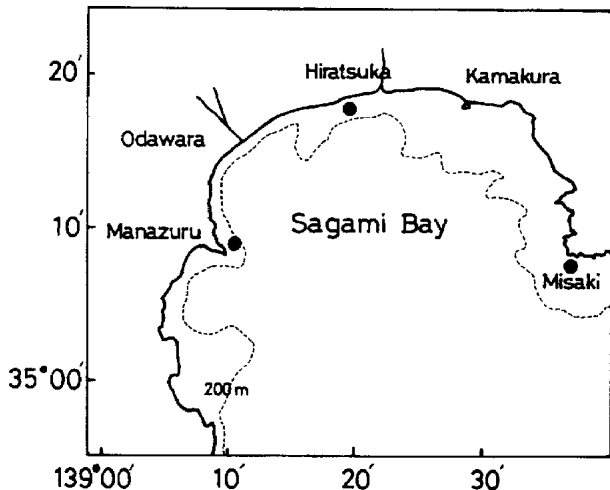


Fig.1 Location of sampling stations in Sagami Bay.

結果

2月の表面水温 相模湾における2月の平均水温を年別に Fig.2 に示した。2月の平均水温は、1972年から1979年にかけて14台であったが、1980年から1983年までは13台に、1984年から1985年の2年間は12台に低下した。翌1986年には急激に14台に昇温し、この水温台が1989年まで続いた。1990年から1993年は約13台に、1994年には14台と昇温したが、翌年には降温し、1997年まで13台が続いた。1998年には過去30年間で最も高い15台の平均水温を記録したが、翌1999年には14台に降温した。

1968年から1999年間全体で平均水温の年変動をみると、概ね13~14台で推移しているが、海洋の表面水温は

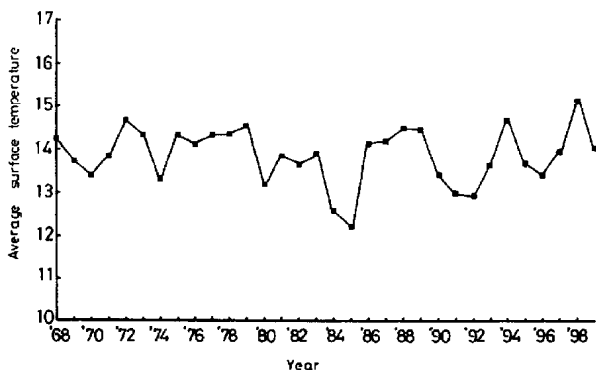


Fig.2 Annual changes in average surface temperature of Sagami Bay in February during 1968-1999.

1970年代半ば以降から昇温が顕著になってきた(気象庁1999¹⁾)と報告されているので、Fig. 2では1980年以降の年変動に着目した。また、異常気象(数10年間に1回程度で発生する現象)のなかでは、異常高温の発生する回数が増加しているのに対して、異常低温の発生回数が減少していることから、1980年以降の平均水温を高温年と低温年に区分した(Table 1)。

Table 1 Year of peak and lowest temperature in February compared within the data since 1980.

temperature	year									
peak	'81	'82	'83	'86	'87	'88	'89	'94	'98	
lowest	'84	'85	'90	'91	'92	'93	'95	'96	'97	'99

2月の高温年における平均水温を年別に Fig. 3 に示した。この平均水温は1981年から1998年にかけて上昇傾向を示し、この傾向は直線回帰で示された。この回帰式から1年間に約0.08度ずつ上昇し、1989年の平均水温(14.43度)は1981年の平均水温(13.83度)よりも0.60度上昇し、1998年の平均水温(15.12度)では1.29度上昇していた。

2月の低温年における平均水温を年別に Fig. 4 に示した。この平均水温は、高温年と同じように、経年的に上昇傾向が認められるが、その回帰性は高温年よりも低かった。この回帰式から、低温年における年上昇温度は

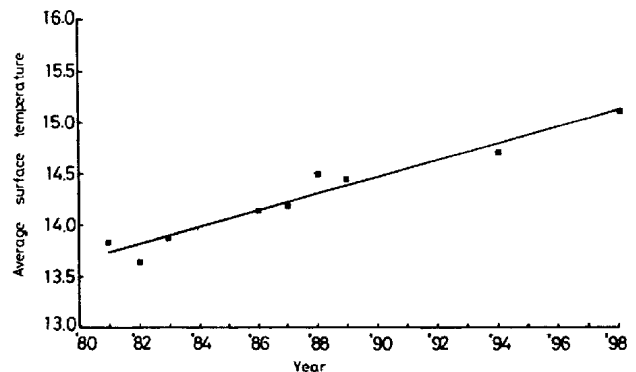


Fig.3 Annual changes in peak temperature for February of Sagami Bay during 1968-1999.

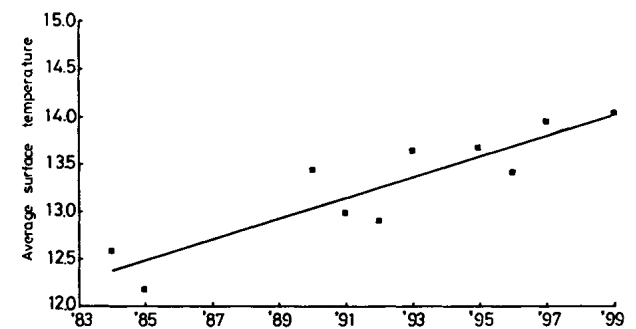


Fig.4 Annual changes in lowest surface temperature for February of Sagami Bay during 1968-1999.

約0.11で、高温年と比較すると、低温年の方が上昇割合が高いことがわかった。また、1984年の平均水温(12.58)を基準にすると、1993年には約1.05、1999年には約1.44上昇した。

下層水温 岸寄りの定地観測点が相模湾全体の水温を代表しているかどうかを検討するために、定地観測から求めた2月の平均表面水温と沿岸観測で求めた2月の表面水温の関係を求め、Fig.5に示した。これらの関係はややばらつきが大きいですが、直線回帰の関係が認められた(相関係数0.711)。そこで、沿岸定線で測定された表面水温と20m層の中層水温との関係を求め、Fig.6に示した。表面水温と20m層水温との間には高い相関が認められた。

このことから、定地観測で求めた平均水温は相模湾を代表する水温といえる。

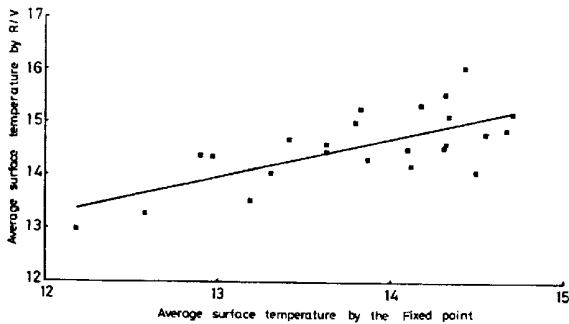


Fig.5 Relationship between average surface temperature measured by the fixed points observation and Research Vessels in Sagami Bay February during 1968-1999.

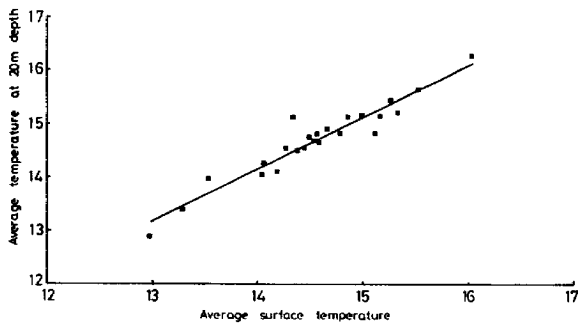


Fig.6 Relationship between average surface temperature and average temperature at 20m depth in Sagami Bay in February during 1968-1999.

8月の表面水温 相模湾における8月の平均水温を年別にFig.7に示した。8月の水温は概ね24~25の範囲で変動し、一見明白な昇温傾向は認められない。そこで、2月と同じように、高温年と低温年に区分して平均水温の上昇傾向を検討した。8月の高温年における平均水温はやや年々上昇傾向が認められたが、相関係数($r=0.703$)は低く、有意な差は認められなかった。また、8月の低温年の平均水温には回帰関係が認められなかった。

イボダイ年漁獲量 神奈川県沿岸で漁獲されたイボダイ

の年漁獲量をFig.8に示した。1977年の漁獲量は37トンで、これ以前の10年間の漁獲量は図中に示していないが、0~4トンであった。1978年から1986年の9年間の漁獲量も0~4トンと低かったが、1987年以降増加傾向を示し、1994年には251トンと過去30年間で最高の漁獲量となった。この増加傾向がイボダイ資源の増大によるものであるかを検討するために全国の年漁獲量を求めた(Fig.9)。

全国漁獲量は、1978年以前では15,000トン以上であったが、1979年以降では急激に減少し、概ね5000トン以下に減少した。すなわち、神奈川県にみられる漁獲の増大はイボダイ資源の増大によるものではなかったため、神奈川県以西にある愛媛、兵庫・大阪、愛知の各県の年漁獲変動を求めた(Fig.10)。

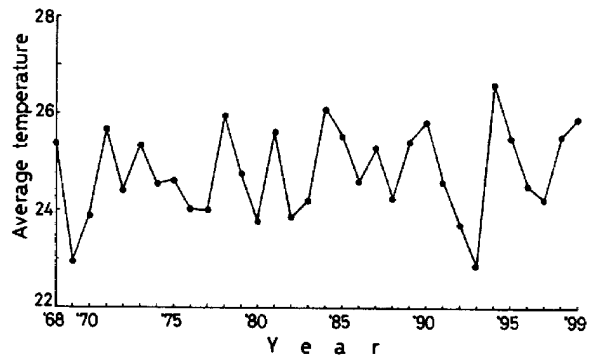


Fig.7 Annual changes in average surface temperature in Sagami Bay in August during 1968-1999.

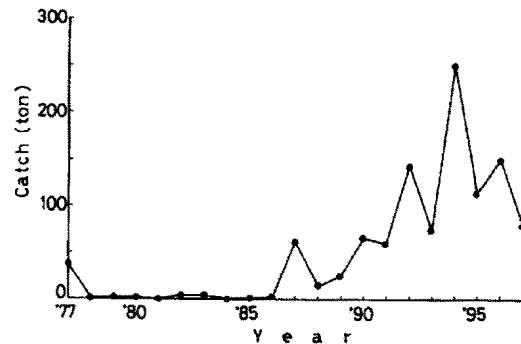


Fig.8 Annual changes in catch of butterfish off Kanagawa Prefecture.

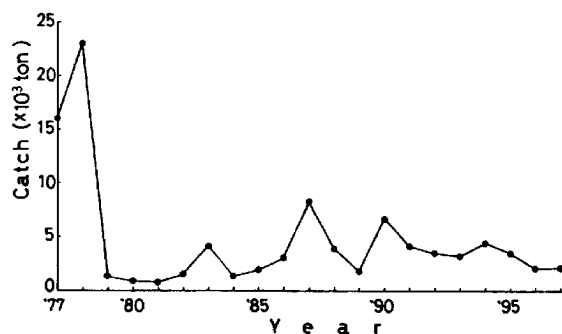


Fig.9 Annual changes in total catch of butterfish off all parts of Japan.

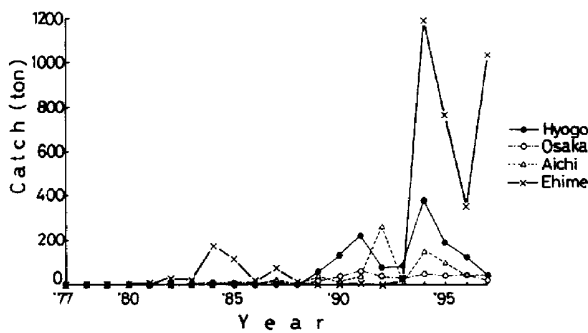


Fig.10 Annual changes in total catch of butterfish off the Kansai district.

愛媛県のイボダイ漁獲量は 1982 年から増加し始め、1984 年に約 200 トンとなったが、その後減少した。1989 年から 1992 年まではほとんど漁獲されなかったが、1994 年以降約 400 ~ 1200 トンと高い漁獲となった。兵庫県と大阪府におけるイボダイは 1980 年頃から漁獲され、年々わずかずつ増加し、1989 年には両県で 74 トン、1994 年には最高の 427 トンとなった。愛知県のイボダイ漁獲量は 1984 年頃から増加傾向を示し、1992 年には約 260 トンの高い漁獲を示した。これ以後 1993 年には急激に減少したが、1994 年は再び増加した。

これらのことから、東シナ海で多獲されるイボダイは、愛媛県では 1982 年から、兵庫県・大阪府では 1980 年頃から、愛知県では 1984 年頃から、そして、最も東側に位置する神奈川県では 1987 年から増加傾向を示していることがわかった。

トビウオ類年漁獲量 神奈川県および千葉県沿岸におけるトビウオの年漁獲量を Fig.11 に示した。神奈川県

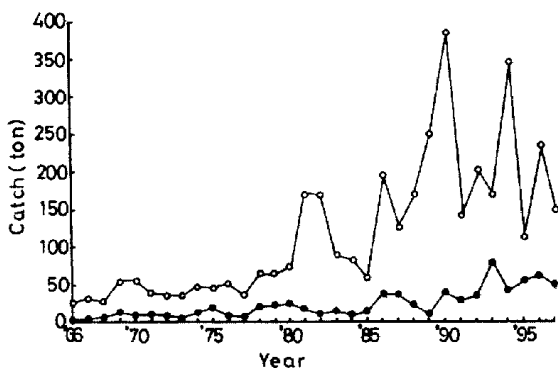


Fig.11 Annual changes in catch of flyingfishes off Kanagawa (○) and Chiba (●) prefecture.

のトビウオ漁獲量は 1966 年以來わずかずつ増加し、1986 年に前年の約 2.5 倍の 36 トンとなった。この年から増減を繰り返しながら増加傾向を示し、1993 年には 79 トンの最高の漁獲となった。千葉県の漁獲量は、神奈川県と同じく 1966 年からわずかずつ増加し、1981 年に急激に増加し、その後高い漁獲が続いた。全国のトビウオ漁獲量は、1971 年以降、1984 ~ 1986 年を除き概ね減少傾向であった。

タチウオ・カレイ類年漁獲量 神奈川県沿岸におけるタ

チウオおよびカレイ類の年漁獲量を Fig.12 に示した。タチウオの年漁獲量は 1968 年から 1980 年まで多くても約 140 トン程度であった。1981 年に 275 トンと前年の約 1.8 倍に、翌 1982 年には 496 トンと増加し、1985 年まで 200 トンを超えた漁獲となった。1986、'87 年には一時的に低下したが、その後急激な増加を示し、1993 年には過去 30 年間のなかで最高の 1024 トンとなった。

寒海性のカレイ類は、1970 年に 1600 トンの高い漁獲を示していたが、1973 年には急激に減少し約 600 トンとなった。この漁獲水準はやや減少しながら 1984 年まで続き、1985、'86 年の 2 年間は 1000 トン前後となった。これ以後、漁獲が急激に減少し、1993 年には 215 トンとなり、以後、300 トン前後で推移した。

考 察

地球の温暖化によって種々の海洋環境が大きく変わることが予測されている。既存の知見を取りまとめた結果によると(岸田, 1994⁶⁾、温暖化が進むと、海水温の昇温は北大西洋の北西部で最も激しく、約 3 上昇し、鉛直方向の温度勾配が大きくなり、冬季の鉛直混合が弱まり栄養塩類の補給が減少するという予測が多いことを報告している。さらに、深層からの栄養の補給が減少すれば、基礎生産力が低下し、魚類の再生産力は減少していくという。

本報は、相模湾の 2 月の海水温が明白に上昇傾向にあることを明かにした。この結果から相模湾の表面水温が周年にわたって上昇しているかどうかは結論づけることができないが、日本周辺海域で 1980 年前半から昇温傾向が続いている(気象庁 1999⁷⁾)ことからみて、相模湾でも水温の上昇が進んでいると考えられる。

また、神奈川県沿岸で漁獲される暖海性魚類のイボダイやトビウオ類、タチウオは、水温の上昇傾向が顕著になってきた 1980 年頃から増加し始めていることが本報の結果からわかった。水温の上昇が漁獲の増減をもたらした具体的な事例として、温暖化による大西洋ニシンと大西洋サバの漁獲変化についてまとめた報告がある(岸田達, 1994⁷⁾)。大西洋ニシンは 2 年前の水温が高いと漁獲量が増加し、水温が低くなると、このニシンの再生産力が低下し、ニシンに代わって大西洋マサバの漁獲量

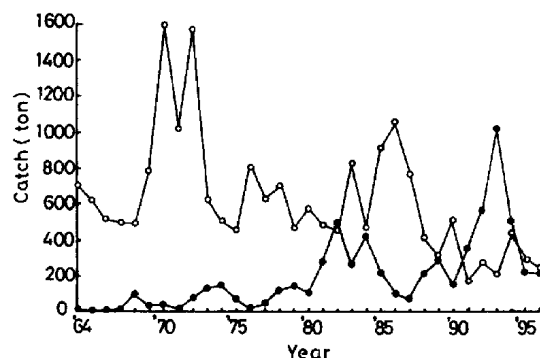


Fig.12 Annual changes in catch of hairtail (○) and righteye flounders (●) off Kanagawa Prefecture.

が増加してくるといふ。これは、大西洋ニシンのように生態的に優先する魚種の加入量が水温などの環境に影響され、サバのような下位の魚種の再生産力は魚種間の抑制によって増減するためと解釈されている。すなわち、資源の増減は水温の高低によって影響されるが、本報の結果では、1970年代の2月の水温は1980年前後の水温よりも高く、1980年以降の2月の水温の上昇割合は非常に小さな値であり、8月の水温はほぼ同程度であった。また、イボダイやトビウオ類の全国漁獲量は減少しているので、これらの魚種の再生産力が温暖化によって増大したものではないと推測される。

海域別のイボダイの漁獲量をみると、東シナ海で最も多く漁獲され、太平洋側の各県の漁獲量は、愛媛県では1982年から、兵庫県・大阪府では1980年頃から、愛知県では1984年頃から、そして、神奈川県では最も遅く1987年から増加傾向を示している。このような漁況経過からみると、イボダイは水温が年々上昇するにตอบสนองして分布域を北側の海域に拡大しているかのように見える。

このように、一見、暖海性の魚類の北上化に伴い、寒海性のカレイ類は1980年後半から減少している。1970年代後半からカレイ類の年漁獲量は1985-1987年の3ヶ年を除いて減少傾向を示しているため、あたかも暖海性の魚類の進出によって生じた現象のように見える。しかし、神奈川県沿岸では、カレイ類のなかで東京湾のマコガレイが最も多く漁獲されるが、埋め立て等による保育場の減少がマコガレイの資源に影響を与えているとも考えられるので、さらに長期的な傾向を観察していく必要がある。

地球の温暖化は将来も続き、地上昇温は100年後には世界全体では現在の約1 から約3.5度に上昇すると予測されている(気象庁1999¹⁾)。わが国では、異常高温

が増加して異常低温が減少し、冬の季節風が弱まると予測されている。本報は相模湾という局地的な海の温暖化について話題を提供するにとどめた。地球の温暖化は長期間の観察によって求められるものであり、その上昇温度も非常に小さいことから、本報で取り扱った年数では魚群の生態や生活に与える影響を論及することはできなかった。

今後、長期的な異常気象と局地的な海の温暖化ばかりでなく、これに連動した魚群の生態的变化にも注目して研究を続けていく必要があると考えられた。

引用文献

- 1) 気象庁(1999): 異常気象レポート'99 総論, 気象庁, pp61.
- 2) 気象庁(1999): 異常気象レポート'99 各論, 気象庁, 107-121.
- 3) 花輪公雄(1998): 気候のレジュームシフトと海洋生態系の応答, 月刊海洋, 30, 389-394.
- 4) 桜井泰憲(1998): 気候変化に伴うスルメイカ資源変動のシナリオ, 月刊海洋, 30, 424-436.
- 5) Lluch-Belda, D.S., R.J.M. Crawford, T. Kawasaki, A.D. MacCall, R.H. Parrish, R.A. Schwartzlose and P.E. Smith(1989): Worldwide fluctuations of sardine and anchovy stocks, the regime problem. S. Afr. J. Mar. Sci., 8, 195-205.
- 6) 和田時夫(1998): マイワシの資源変動モデル, 月刊海洋, 30, 436-443.
- 7) 神奈川県水産試験場(1968-1993): 昭和43 - 平成5年度漁況海況予報事業結果報告書.
- 8) 岸田 達(1994): 地球の温暖化と水産業, 水産と環境, 恒星社厚生閣, 81-89.