南西水研研報
Bull. Nansei Natl. Fish.
Res. Inst. No. 24, 1991

南西海区，外海域における1980年代の海洋研究

王井　一壽・坂本　久雄・中川　倫寿
見元　孝一・百田　方子

Oceanographical Study in the Southwest Areas of Japan during 1980's

Kazuhisa TAMAI, Hisao SAKAMOTO, Norihisa NAKAGAWA
Koichi MIMOTO and Masako MOMOTA

This paper was extraceted and rearranged from the papers mainly published on academic journals and organs of research papers from 1980 to 1990.

The contents of this paper are based on oceanophysics and chemistry and descried inclusive of th results of fisheries research institutes and prefectural fisheries experiment stations. The main results are as follows.

1) The specification of the appearance region of the cold water mass formed in the northern marginal part of the Kuroshio accompanied by the separation and approach of the Kuroshio with respect to the shore.
2) The patterning of the trend of the Kuroshio branch stream or warm water derived from the Kuroshio to a coastal region at every sea areas of each place.
3) The formation of the mean image of the water temperature distribution or flow in Tosa Bay.
4) The above mentioned results are put to practical use as data for estimating the fluctuations in the separtaion and approach of the Kuroshio with respect to the shore or the meandering of the Kuroshio, the affecting situation of a warm water to a coastal region accompanied thereby and the short-term change of coastal sea conditions.
5) In order to grasp the short-term fluctuations in the sea conditions of south and west open sea and to enhance the estimation accuracy of sea conditions such as the meandering of the Kuroshio or the fluctuations in coastal sea conditions, it is of urgent necessity to keep and fill up investigation and study at the present time asked for social correspondence on a international scale.

Key word　1980's Oceanographical Study, Southwest Japan

黒潮は，東シナ海南部～太平洋南西海域を蛇行や直進等いくつかの変動パターンを繰り返しながら流れている。その変動が沿岸域に黒潮分枝流を派生させて沿岸海況を変化させるばかりでなく，黒潮自体のもつ物理特性（高水温，高塩分，一定方向への速い流れ等）が海洋の生物生産に重要な影響を及ぼしていると考えられている。すなわち，黒潮の一部が南西外海の沿岸域に押し寄せるような現象（黒潮分枝流，前線渦，黒潮系水の貫入，暖水渦等）が生じると，その先端部分は豊後水道，紀伊水道外域や紀伊水道を通過して瀬戸内海にまで達することがある。これに対して，瀬戸内海からは内海系水が外洋に向けて流出する（Fig. 1，藤本　1985a）。また，土佐湾に黒潮分枝流が差し込むと土佐湾固有の流動と合わさって，湾内に独特な流れのパターンが出現する。つまり，黒潮分枝流が沿岸域に差し込むと，周辺の水温分布や流れの状況が一変する。

1991年2月1日受理，南西海区水産研究所業績A第12号，〒739-04　広島県佐伯郡大野町
住所　南西海区水産研究所高知庁舎　〒780　高知市桟橋通り

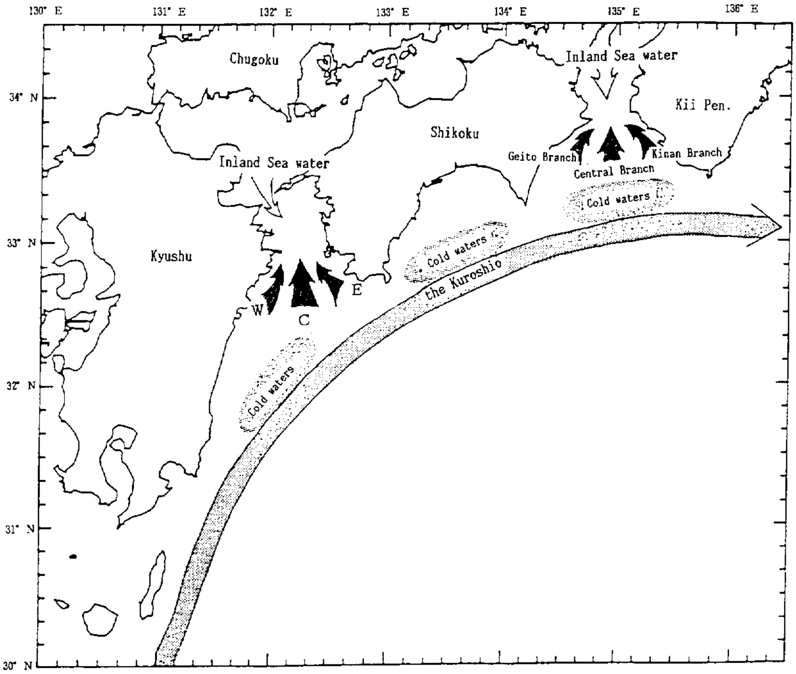


Fig. 1. Schematic representation of the Kuroshio flow, the Kuroshio branches penetrating into each channels and the distribution of some water mass (FUJIMOTO 1985b).
Inland Sea water: Discharge from the Seto Inland Sea
W: Western flow type C: Central flow type E: Eastern flow type of Bungo Channel
Cold waters locating along the northern edge of the Kuroshio denote appearance of cold waters higher than 13°C, between 11～13°C and lower than 11°C at 200 m depth respectively.

ところで，南西外海域のイワシ類，アジ類，サバ類等の産卵場は，この黒潮と沿岸水との境界(黒潮北縁部）を中心に形成される（渡部 1975, 1982)。それらの卵・稚仔は黒潮等の流れによって沿岸域や黒潮下流域へ輸送・拡散されることから，黒潮およびその周辺の海水流動の役割は極めて重要で，卵・稚仔の生き残りのための重要な条件の一つに挙げられている（浅見 1962, 服部 1964)。そして，マイワシ卵・稚仔の分布や輸送・拡散過程からみて，近年のマイワシの主産卵場は薩南海域に，マイワシの稚仔魚の主生育場は，九州東岸，四国周辺，遠州灘，鹿島灘等といった太平洋の沿岸域に形成されると考えられる。

このようなことから，南西外海域の海の研究は，海況予測の精度を高めるためにも先ず黒潮の解明からということになる。本報告では，南西外海域において1980年代の10年間に得られた黒潮を中心とした海洋研究の成果を総述する。

1. 黒潮の変動とそれに伴う黒潮分枝流の派生について

黒潮の蛇行に伴って紀伊半島～房総半島沖の黒潮内側域に発生する冷水塊は，規模が大きくて，2～9年の長期間存在するA型と，規模が小さくて，6ケ月以内に消滅するB, C型の3タイプに分類されている（吉田 1961)。さらに，これらの冷水塊と密接に関連する黒潮流路は，A, B,

C, D, N 型の5つのタイプに分けられている（二谷 1969)。また，黒潮大蛇行（A 型流路）の存在が全期間（1854～1977年）の約40%に達し，大蛇行は黒潮の安定した流路の一つであることが見いだされている（岡田 1978)。このように，本州南方海域の海況パターンは，黒潮大蛇行期（A 型期—A 型流路）と非蛇行期（N 型期—B, C, D, N 型流路）に大別できる。そして，黒潮大蛇行の契機は，九州南東海域に発生した小蛇行にあることが明らかにされて（吉田 1961, SHOJI 1972, SOLOMON 1978)，海洋物理学の面からも南西海域における黒潮研究の重要性が指摘されている。

その後，非蛇行流路は九州から紀伊半島沖にかけて安定して岸に接近しており，一方，典型的な大蛇行流路は，四国南方では沖に位置し，南北変動が大きい。ただし，九州の南方では両流路はほぼ同じ場所を通過している（KAWABE 1985）ことが明らかにされた。ところで，二谷（1984)，藤本（1985b）は1981年11月から1984年8月まで2年10ケ月続いたこれまでの大蛇行現象とは異なるタイプの蛇行現象について報告している。この蛇行現象は1969年に短期間出現したものに類似した現象（その南端位置が大蛇行時の南端位置に比べて北東側，伊豆諸島寄り）であることから，準大蛇行（NITANI 1975）に分類された。

黒潮大蛇行，準大蛇行がみられない期間は，「大蛇行期」に対して前述のように「非蛇行期」と呼ばれている。しかしながら，その期間でも黒潮が常に直進流路をとるとは限らず，中・小規模の蛇行が系統的に西から東へ移動していく（藤本 1970)。藤本・百田（1984）は，このような変動を1968年以降，各県水産試験場や水研等による海洋観測結果の資料を用いて作成している月別の海況図（水温，塩分，透明度等の水平分布）を統計的に処理・解析して，太平洋南西沿岸に沿って流れる黒潮の北縁部に形成される冷水域（Fig. 1 参照）が黒潮の長期変動に対応して出現することを明らかにした。

藤本他（1985c）は，上記の海況図から川合（1972, Table 1）の方法で得られた黒潮主軸資料を用いて，東シナ海をも含めた南西海域の代表的な岬である那覇北西，屋久島正南，都井岬南東，足摺岬正南，室戸岬正南，潮岬正南各沖における主軸変動の特徴を，大蛇行の有無や海況の転換期に注目して検討した。その結果，足摺岬正南沖から潮岬正南沖にいたる海域では，大蛇行，準大蛇行の発生，持続，消滅に伴って，黒潮主軸が系統的でしかも局地性の強い離・接岸変動を示すことを明らかにし，坂本（1971）の指摘を検証した。そして，非蛇行期には，九州南東方で発生する黒潮の小蛇行のいくつかが潮岬以東の海域にも波及し，大蛇行や準大蛇行の引き金となり，また，大蛇行期には同様な現象が，大蛇行の持続に重要な働きをしているらしいことを明らかにした。

一方，那覇北西および屋久島正南沖における黒潮は，大蛇行現象とはあまり関係なく，独特の変動をしていると考えられていた（SHOJI 1972）が，最近，都井岬沖以東の黒潮変動に直接結びつくと思われる現象が見いだされている。KAWABE（1987）は日本南岸域の6測点（名瀬，西之表，串本，浦神，三宅島および八丈島）における潮位のスペクトル特性を非蛇行期（1964年2月～1975年5月）と大蛇行期（1975年10月～1979年12月）について調べ，黒潮流路変動の時間スケールを議論した。黒潮大蛇行は，おもに約20年ついで7～8.5年の周期で形成・消滅を繰り返す。

Table 1. The locations of the Kuroshio axis off each Capes and the rank in regard to be partial to north or south of its axis (Kawai 1972)

Due south of Omaezaki (15.0°C)	Lat.	34° 36′　34° 00′　33° 30′　33° 00′　32° 10′　31° 20′
	Dist.	0　36　66　96　146　196
	Class	MI　SI　NS　SO　MO　EO
	Rate	10　20　40　30　50　50
		valley
Due south of Daiosaki (15.1°C)	Lat.	34° 16′　33° 20′　33° 00′　32° 20′　31° 40′
	Dist.	0　56　76　116　156
	Class	SI　NS　SO　MO　EO
	Rate	30　40　30　50　50
		valley
Due south of Sionomisaki (16.0°C)	Lat.	33° 26′　33° 00′　32° 30′　32° 00′
	Dist.	0　26　56　86
	Class	NS　SO　MO　EO
	Rate	70　30　50　50
		valley
Due south of Murotomisaki (16.5°C)	Lat.	33° 15′　32° 50′　32° 30′　32° 10′
	Dist.	0　25　45　65
	Class	NS　SO　MO　EO
	Rate	40　40　15　5
Due south of Asizurimisaki (16.5°C)	Lat.	32° 43′　32° 20′　32° 00′　31° 40′
	Dist.	0　23　43　63
	Class	NS　SO　MO　EO
	Rate	40　40　15　5
120° Direction of Toimisaki (16.5°C)	Long.	131° 21′　131° 51′　132° 11′　132° 31′
	Dist.	0　30　50　70
	Class	NS　SO　MO　EO
	Rate	40　40　15　5

① (　) in first column is a practical value of the isotherm at 200 m depth indicative of the Kuroshio axis.
② Words of second column mean next abbreviations; Lat. = Latitude, Long. = Longtude, Dist. = Distance (nautical mile), Class = Classification, Rate = Rate of Appearance (%) and the left of 0 point shows each shorelines.
③ The symbolic representaions denote the following: SI..Slightly Inshore, MI..Moderately Inshore, NS...Near Shore, SO..Slightly Offshore, MO..Moderately Offshore, EO..Extremely Offshore.
④ "Valley" below Rate line of second colomn meas the bottom of the frequency ditribution that the Kuroshio axis appeared at each cape.

非蛇行期には，その主たる周期は1.6～1.8年であり，そのほか110日，約195日，1年といった周期成分を含む。一方，大蛇行期には，三宅島と八丈島を除く日本南岸域での潮位変動に，70日と110日周期の変動が顕緒である。70日周期変動は日本南岸域全体で相関が高く，110日変動の高相関は狭い領域に限られるようであることを示唆した。

Kawabe (1988) は，1965～1983年間の名瀬と西之表の潮位差を使って，トカラ海峡における黒潮の流速変動を調べた。黒潮流速の経年変動は，5年以上と2.1年付近の周期で特に大きく，ほとんど沖側の潮位変動に支配されている。すなわち，黒潮の沖側（名瀬）の潮位とは1.7年以上の周期で相関が高く，逆に岸側（西之表）の潮位とは2.8年以上の周期で非常に低い。19年間の平均季節変動では，黒潮流速は7月に最大になり，8月・9月に急激に減少したのち10月後半に最小となる。しかし，毎年の変動をみると，振幅・卓越周期・位相が年によって大きく異なる。ほぼ毎年みられる特徴は，9月から12月にかけて流速が小さいということのみである。季節変動の振幅は，黒潮大蛇行の形成年に大きく，大蛇行期間に小さいという傾向がある。

黒潮流路予測研究のためにも，今後，この海域に注目した調査・研究を進めていくことが必要である。

南西海域（南西諸島周辺～潮岬沖）の黒潮は，流路変化が小さく，しかも，その変動は安定しているといわれていたが，前述したように詳細にみると，黒潮はかなりの規模で変動している。しかも，遠州灘沖における黒潮の大蛇行発生，持続および消滅に伴った黒潮の離・接岸変動が認められ，豊後水道外域，土佐湾，紀伊水道外域等への黒潮分枝流の派生は，沖合における黒潮流路の変動と密接な関連をもつことが明らかにされてきた（能津　1965，藤本 1987，山重 1980，

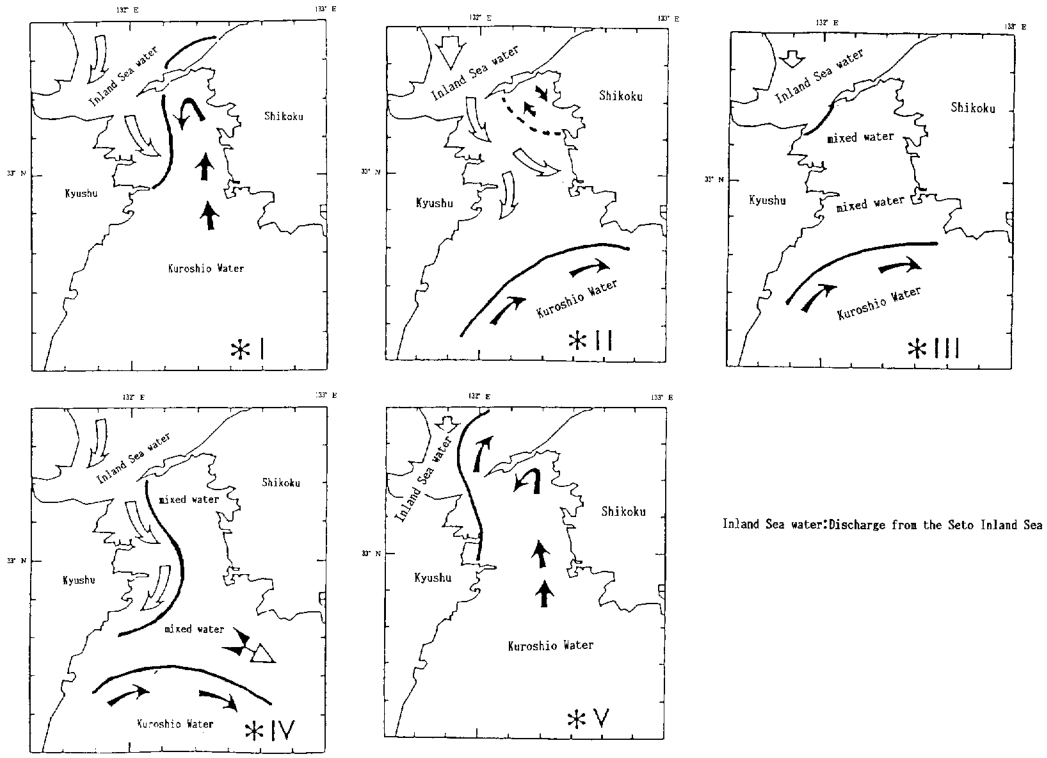


Fig. 2. Schematic representation of the Kuroshio branches penetrating into Bungo Channel (after Nozu 1965) Addtion of II type that the outflow of the Inland Sea waters excelled (FUJIMOTO *et al.* 1989).

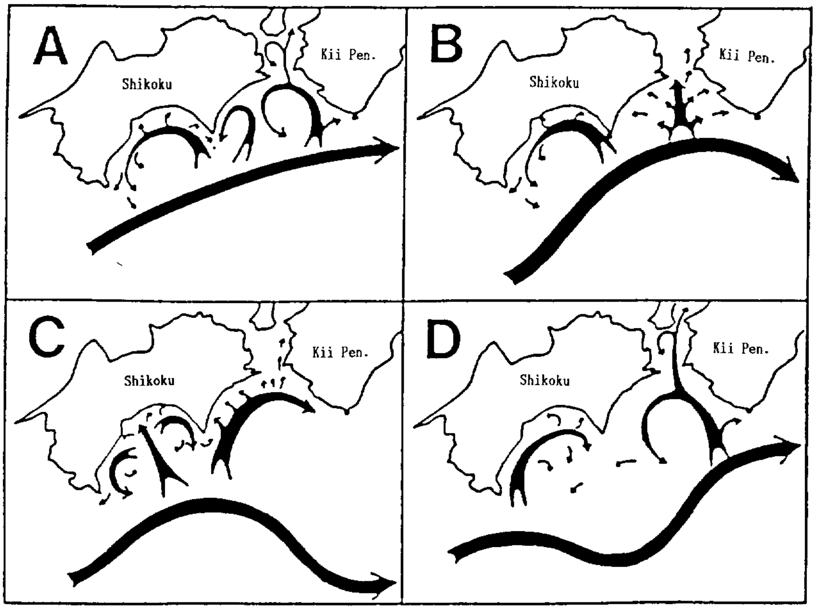


Fig. 3. Schematic representation of the Kuroshio branches penetrating into Tosa Bay and offshore region of Kii Strait (after YAMASHIGE 1979 and TONOGAYA 1981).

藤本他 1989, 殿谷 1981; Figs. 2〜5)。

南西沿岸域における漁場形成は，この黒潮分枝流の動向に大きく影響される。前述したように，現在，南西海域の太平洋岸は，薩南海域に主産卵場が形成されているマイワシの卵・稚仔の輸送・拡散経路にあたっており，黒潮および黒潮分枝流による南西沿岸域への補給の多寡は，潮岬以東海域のマイワシ資源への補給添加と関連して注目されている（花岡・小西 1988)。

2. 黒潮の離・接岸変動に伴う土佐湾の海況変化について

ここでは，土佐湾に関する海洋研究の成果の概要を述べる。

土佐湾は太平洋に向かって弧状に開いた開放性の海湾で，海深が 10〜200 m の間でゆるやかな勾配の大陸棚を有し，200〜600 m の間では急激な勾配の大陸斜面となっている（山重 1979a)。その両端が足摺岬と室戸岬であり，黒潮の主軸は通常，両岬南方の約25浬付近に位置している（川合 1972)。黒潮が四国沖を東流しているので，土佐湾の水温・塩分，その他の項目が示す海洋構造は，海底地形による定常的な変化に対して，黒潮流路変化の影響を強く受けて複雑に変化するため，これまでは主として黒潮との関連で記述されることが多かった（宮田 1980a)。しかし，近年になって外洋性海湾における水産資源培養方式の可能性の検討，漁海況予測，船舶による油汚染の問題（宮田 1979, 山重 1979a）等に関連し，従来より詳細な海洋構造を論議する必要が生じている。

土佐湾の流動に関する実測資料は，表面流については高知県水産試験場による漁海況予報事業の沖合・沿岸定線調査時の GEK 測流結果がある。また，24時間以上の潮流連続観測は，1970年代前半には神戸海洋気象台により数回実施されたが，1 測点の報告例（別所 1976, 南 1976）があり，湾内としての潮流観測資料はほとんど皆無であったといえる。

宮田他（1980b）は，土佐湾におけるチダイ浮遊期の卵・稚仔の輸送機構を明らかにするため，土佐湾の大陸棚上で実施した25時間以上の表層流観測結果を次のようにまとめて，より長期の測流結果や鉛直的流動変動等に対する検討素材を提起した。すなわち，湾全体の潮流特性を把握する必要上，1975−1978年の 4 ヶ年間に大潮期を選んで合計32地点で潮流観測（小野式自記潮流計およびフイルム記録流速計を海面下 10 m に設置し，48時間前後の測流）が実施され，波浪の影響の少ない良好な資料が18点で得られた。その資料から北方成分と東方成分の平均値を求め，それを調和分解して調和常数を計算した。なお，そこでは25時間の平均流を恒流として説明している。

土佐湾の流れは，恒流成分から 3 つの環流系，すなわち足摺岬東方の右旋環流，湾中央部の左旋環流及び室戸岬西方の右旋環流によって構成されることが模式的に表現でき，それらの環流系内の潮流特性は地域的な特徴を示唆している。さらに，土佐湾中央の陸棚近傍では沿岸寄りよりも流速が速いことから，土佐湾の大陸棚上を北西へ向かう進行性の潮浪による回析波の影響が土佐湾西部海域にあるのではないかとの考えを示した。

その後，藤本（1987）は上記の資料も含めて既往の資料を整理し，土佐湾内の流動パターンを

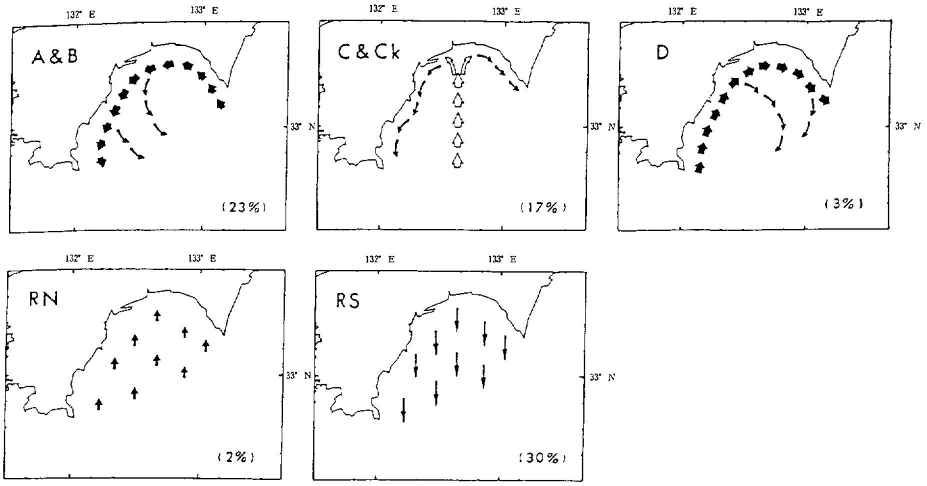


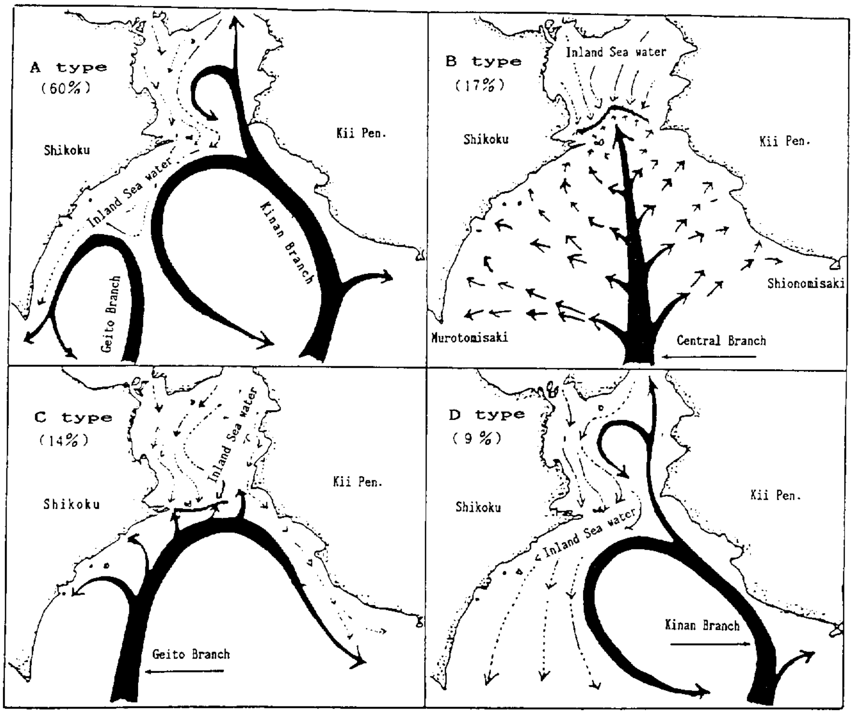
Fig. 4. Schematic representation of five typical flow types in Tosa Bay and their appearance rate (%).
(A & B) Counterclockwise flow type
(C& Ck) Diffluence flow type
(D) Clockwise flow type
(RN) Onshore flow type
(RS) Offshore flow type
(Note) Blank arrows in the upper middle figure indicate the appearance of the Kuroshio branch. In this case, flow type is especially renamed as Ck type in this study.

従来の3～4型（宮田 1979, 1981, 山重 1979b, Fig. 3）に，黒潮の急激な接岸による向岸流の型と冬期の季節風等によって頻発する離岸流の型の2つを新たに加えて5つのパターンで示した（Fig. 4)。また，坂本（1987）は，標識ブイの追跡調査によって黒潮から土佐湾へ流入し，再び，湾外へ流出して黒潮と合流する黒潮分枝流の存在を初めて把握した。ただ，その挙動が定常的なものかどうかは今後の検討課題となっている。

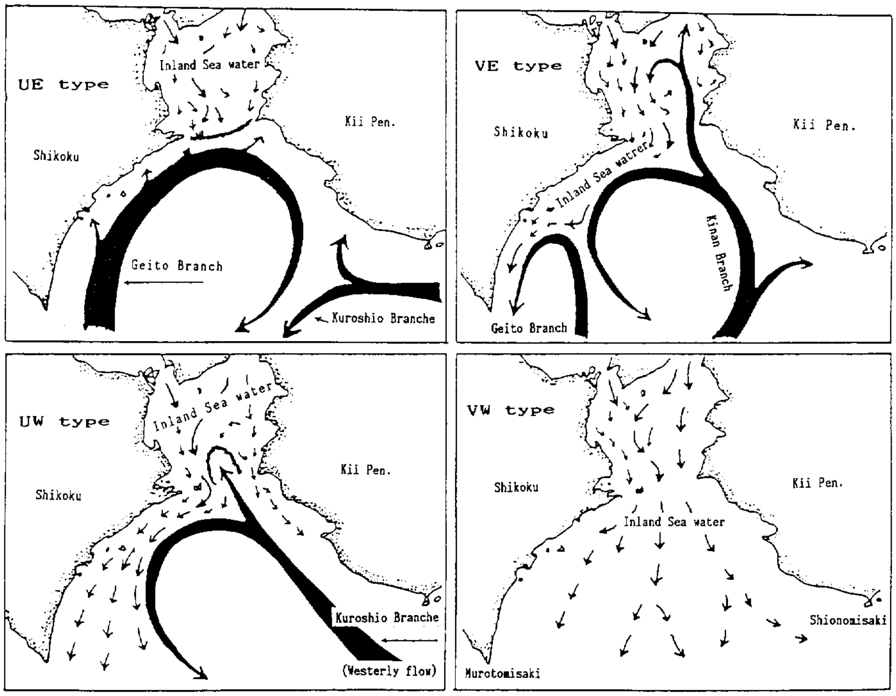
3. 水温等の平均値から解析される特徴的な海況変化について

ある時期における海況がどのような状況下にあるかを判断する方法として，従来から水温の平年偏差値がよく用いられている（山重 1980)。この平年偏差値の基準となる平年値を計算する際に，同質のものを平均化することと，異質・同質のものを混ぜて平均化する場合とを，はっきり区別して検討する必要のあることが指摘されている（中村 1977)。例えば，藤本・友定（1980）は，熊野灘～鹿島灘に至る本州南東沿岸の海況を黒潮の大蛇行期と非蛇行期に区分して，潮岬以西，熊野灘，遠州灘，駿河湾，伊豆諸島周辺，相模灘，九十九里浜と房総域及び鹿島灘の平均水温分布について検討し，海域別に大蛇行期と非蛇行期とで差異が生じることを明らかにした。また，潮岬周辺海域では黒潮の離岸時に，夏季，低温現象が出現する傾向が認められた（杉村 1979)。

坂本（1981）は，宮田他（1980a, b）の成果を踏まえて土佐湾における表面水温の平均値と，その年周変化の振幅・位相および外洋水の影響等について地域差，季節変化を明らかにし，その



Inland Sea water : Discharge from the Seto Inland Sea



Inland Sea watrer : Discharge from the Seto Inland Sea

要因について流動も含めて考察した。資料は，高知県水産試験場の漁海況予報事業の一環として実施された沿岸定線調査結果の1965－1976年間を使用し，旬毎の平均表面水温を計算した。その値を調和分解して調和常数を求め，周期解析した結果は，次のとおりである。

土佐湾全域における年平均表面水温は 21.74°C であり，３月上旬に最低（16.77°C），８月中旬に最高（27.90°C）となる。これらの値は，山重（1977）の計算結果とほぼ一致する。旬平均表面水温の年周変化にみられる１年周期成分の変動幅（振幅の２倍）は 9.4°C ～11.2°C であり，位相（最高水温の出現日）は８月15日－21日である。土佐湾内表層水中に占める黒潮系水の割合は，平均表面水温から友定・久保（1976）の式に準じて求めると年平均19.5%であり，最大は８月の41%，最小は６月の11%である。

そして，土佐湾沿岸表層水の輸送は，卓越風の連吹による吹送流の影響が大きい。さらに，前述の土佐湾における３つの環流系の性状を平均表面水温の特性及び黒潮系水の割合等から調べて，足摺岬東方の右旋環流域は比較的外洋水の影響を強く受けており，湾中央部の左旋環流域は陸水の影響が強い海域である。そして，室戸岬西方の右旋環流域は土佐湾内で最も外洋水の影響を強く受けている海域であると考えた。

これまで述べてきたように，南西海域の沿岸海況は，第一義的には黒潮の影響下にあり，四国沖～紀伊半島沖の黒潮は，A 型冷水塊の存在によって，それのない期間と比べて全く異なった流況を示す（Figs. 3～5）。従って，沿岸海況を論じるにあたっては，両期間の平均値に相違が生じているかどうかを検討する必要がある。

坂本（1985）は，代表海域に紀伊水道およびその外域を取り上げ，A 型期（黒潮大蛇行期，1975年７月～1979年12月）と N 型期（非蛇行期，1970年１月～1975年６月）別に求めた平均水温差について検討した。資料は，徳島県および和歌山県両水産試験場が実施した漁海況予報事業の浅海・沿岸定線調査結果である。平均値は両型別および各定線の定点毎に月別，層別に計算した。

両型の平均水温差をみると，紀伊水道およびその外域における A 型期の平均水温は，全般的

⇐ **Fig. 5.** Schematic representation of the Kuroshio branches penetrating into the Kii Channel (after TONOGAYA 1981) Left-side means during non-meander of the Kuroshio. Right-side means during the Kuroshio meander.
Each type mean the fluctuation of the Kuroshio axis southwest of Japan.
1) During non-meander of the Kuroshio (Upper)
Number in ( ) means a rate that the Kuroshio branches appeared by each type.
A type shows a case that the Kuroshio axis is paralled to the shore.
B type shows a case that the Kuroshio axis is cross the Murotomisaki, but off the Asizurimisaki and the Shionomisaki.
C type shows a case that the Kuroshio axis is off 3 Capes.
D type shows a case that the Kuroshio axis is cross the Ashizurimisaki and the Shionomisaki, but off the Murotomisaki.
2) During the Kuroshio meander (Lower)
UE type is a case that a cold water mass is situated at easter that 136° E, south of the Kumanonada.
VE type is a case that a cold water mass is situated at easter that 136° E, south of the Enshunada.
UW type is a case that a cold water mass is situated at wester than 136° E, south of the Kii Channel.
VW type is a case that a cold water mass is situated at wester than 136° E, south of the Shionomisaki.

にみてN型期よりやや低い傾向にある。このことは，杉村（1979）および藤本・友定（1980）の指摘した事象を部分的に検証している。ただ，低温傾向の出現は，非常に複雑で系統的でない。すなわち，当海域でみられる平均水温差の複雑さは，N型期よりも黒潮が比較的に安定した流路を辿るといわれるA型期に現れているが，それは期間中でも認められる黒潮の短期変動に依存するものと思われる。紀伊水道およびその外域では，黒潮の長期変動型別（大蛇行，非蛇行）に水温の平均値を求め，用途に応じて使い分ける必要があることが分かった。

今後は，黒潮の短期変動にも注目しながら，他の南西沿岸域にも同様な検討を加える必要があろう。

4. 南西海域の低次生物生産について

低次生物生産とはここでは，いわゆる栄養塩類とクロロフィル-a，基礎生産力までを対象とする。

これまで低次生物生産に関して日本周辺海域および太平洋沖合をも対象とするモニタリングを行なっているのは主に気象庁である。

1） 栄養塩類の分布

神戸海洋気象台（1987）は紀伊半島沖の黒潮を横断するG線のリン酸の分布について，1972～1983年間の0～1000 m深のデータを用いて，全測点での平均的季節変動と標準偏差を明らかにした。これによれば，冬季の沿岸域の100 m以浅では鉛直混合により海面まで濃度が高くなる。100 m以深では四季を通じて沿岸域で高く，沖合域で低い傾向を示す。黒潮流軸の離・接岸変動の影響は，500 m深の濃度変化に顕著に表れる。

古橋他（1990）は，神戸海洋気象台（1987）のデータの一部を黒潮による物質輸送という観点から整理し，春から秋にかけてはG定線に沿った方向の移流・拡散が，冬季は鉛直方向の混合拡散が物質輸送に関わると考えた。

沿岸域については，土佐湾，日向灘およびトカラ群島周辺海域についての次の報告がある。山中（1985）は，土佐湾における1982年の栄養塩の海面の分布について報告している。アンモニアと亜硝酸，硝酸，リン酸のうち，硝酸とリン酸は冬季に最高濃度となった。

池田（1985）は，日向灘の1978年8月の海面のアンモニアと亜硝酸，硝酸，リン酸について調べ，日向灘沿岸の栄養塩類は小内湾や河口を除き黒潮系外洋水の影響を強く受けて，低い値を保つことを示した。

武田（1990）は，鹿児島湾口から奄美大島に至る定線での栄養塩について報告している。観測期間は1978～1980年間の6，8，11，1，3の各月，観測層は300 m深までである。上記定線における硝酸，リン酸，珪酸について，その鉛直分布と屋久島南側を境にして季節変動がそれ以北では大きく，以南では少ないことを明らかにしている。

渡久山（1985）は，沖縄島周辺における栄養塩に関する研究が3例（平良他 1976，Cross-

LAND 1982, 大出・比嘉 1983) あることを紹介している。

しかし，これらの報告はどれも限定された海域に関するものであり，海況変動との関連での解析が不足している。このように，栄養塩の分布に関する報告は極めて少なく，また，海域も限られている。

水研における栄養塩に関する研究は近年，黒潮の開発利用調査研究 (KER) に報告されるようになったが，南西外海域に関してはこれまでのところその数は少ない（中川 1985, 中川他 1986・1987・1989)。栄養塩類の挙動に関して興味深い知見が黒潮内側域（北縁部）において明らかにされつつある（中川・小西 1988, Fig. 6)。

黒潮を横断する定線での栄養塩類のモニタリングデータは，主に気象庁で収集されており，今後のデータ収集体制の整備が望まれる。

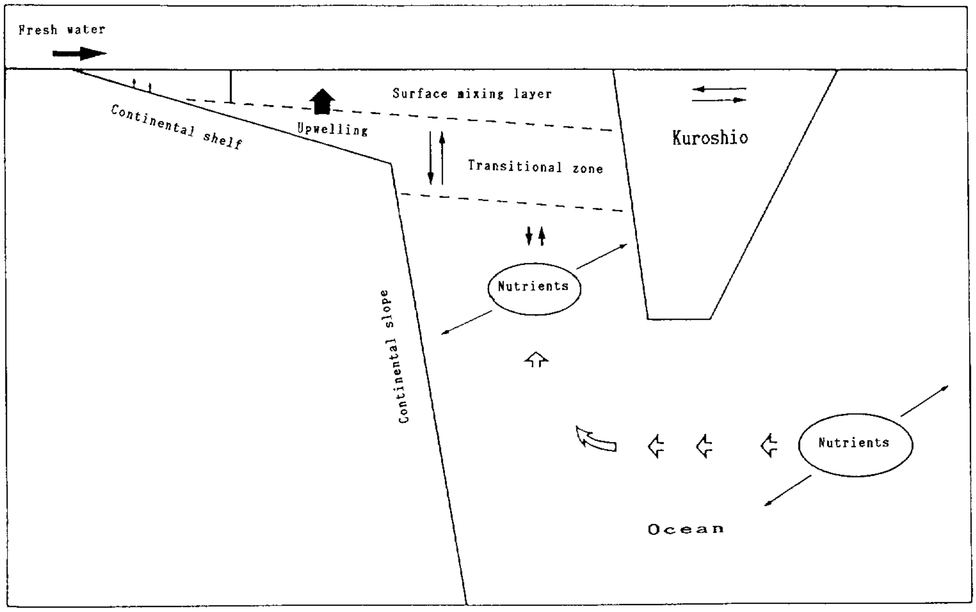


Fig. 6. Schematic representation of the nutrients transports in the Kuroshio area.

2) クロロフィル-a の分布

神戸海洋気象台 (1987) は，紀伊半島南方の観測定線 G 線において1972～1983年間の表面から 200 m 深までのデータについて整理し，その平均的な季節変化を明らかにした。100 m 以浅は，四季を通じて沿岸域で高濃度，沖合域で低濃度である。冬季は海面から 80～100 m まではぼ均一となり，春季は沿岸よりの高濃度域が四季を通じて最も広くなる。夏季は極大層が四季を通じて最も深くなり，秋季は春季と同様に年変動が大きい。

黒田他 (1977) は1973～1975年の資料を用いて，紀伊水道沖合域から黒潮流域までの海域毎の分布特性や季節変化について論じている。このデータは神戸海洋気象台 (1987) のものの一部であり，その結果もほぼ同様である。

寺崎 (1990) もクロロフィル-a について取りまとめているが，主なデータは神戸海洋気象台

(1987) のものであり，導かれる結果も同様のものである。

神戸海洋気象台 (1987) 以外では，SAIJO *et al.* (1970) があるが，調査海域が対象外なのでここでは取り上げなかった。

上記以外では，南西海区水産研究所（高知庁舎）が黒潮中流域である薩南海域～四国南方を対象として1976年以降低次生物生産に関する調査研究を KER の一環として実施している。その成果の一例を次に紹介する。

中川他 (1987) は，1986年8月の調査結果から本州南方海域および東シナ海において夏季のクロロフィル-a の極大層が水温躍層よりも下層に分布する（盛山 1983，半沢他 1984）ことを確かめた。そして，この海域における全体的な傾向としてみると，クロロフィル-a 量は必ずしも栄養塩濃度を反映していない。夏季に水温躍層下にクロロフィル-a の極大層が出現するのは，表層の成層化に伴い表層の栄養塩が欠乏するため，水温躍層下に分布する栄養塩を利用してプランクトンが増殖した結果であると考えた。しかし，日向灘では湧昇により他の海域よりも高濃度の栄養塩が分布していたにもかかわらず，クロロフィル値はこれを反映したものではなく，湧昇によって表層に供給された栄養塩が直ちに植物プランクトンに利用されるものではないことを示唆している。

クロロフィル-a についても栄養塩と同様に，モニタリングデータは主として気象庁で収集されている。

3） 基礎生産の分布

^{14}C 法による基礎生産量の測定データはほとんど見当らない。特に，近年，基礎生産量に関する報告が少ないのは，放射性同位元素（^{14}C 法）の野外での使用が規制されていることによる。最近，^{13}C 法が普及しつつあるので，今後データが蓄積されてくるかもしれない。

4） 特徴的な現象について

四国沖暖水塊およびその周辺海域

四国沖暖水塊に関する研究は3例（和田 1984，杉本他 1985，TAKAHASHI *et al.* 1985）ある。これらは1982年6月に行なわれた観測で得られたデータをそれぞれの分野で解析している。和田 (1984) は暖水塊内の有光層内で消費される硝酸は下層から供給される量に等しいこと，また，亜硝酸の極大層は海水の渦動拡散の程度を表すことを示した。

杉本他 (1985) は漂流ブイの追跡等から暖水塊中心部の渦流と水温，塩分，クロロフィル-a の湧昇構造について明らかにした。

TAKAHASHI *et al.* (1985) は有光層内のクロロフィル-a の大部分が亜表層クロロフィル-a 極大層にあり，その分布が恒常的なものであること，また，その極大層がより上層に持ち上げられることがあることを示した。

潮岬沖の黒潮前線内の栄養塩等の分布

南西海域におけるこの種の研究は，潮岬沖に関するものが2例（黒田他 1985，佐々木他

1985）あるだけである。これも1983年3月に約540m間隔で行なわれた観測で得られたデータをそれぞれの分野で解析している。黒田他（1985）によれば，クロロフィル-aは沿岸水帯と黒潮系暖水帯で比較的少なく，低温低塩分水帯と黒潮水帯で多い。黒潮前線帯でクロロフィル-aの低下は捕食の影響と考えた。佐々木他（1985）は，リン酸，珪酸濃度は前線の沿岸側で高く，沖合側で低くなることを明らかにし，黒潮前線での微細分布特性をフロンタルエディによって説明している。

これら南西外海域における低次生物生産に関する報告はいずれも一度の観測例であり，今後の研究に対する問題提起であると考えられる。すでに明らかなように，この海域での栄養塩等の観測は気象庁の定線調査によるものがほとんどで，少ない。特に，基礎生産に関するデータが近年皆無なのは，栄養塩―植物プランクトン―餌料生物―魚類等といった食物連鎖を究明する上で問題である。

この部門の研究は，まだ緒についたばかりなので，当面は次に示すことについて現場で実証していく必要があると考える。

栄養塩はどこからきて，どこへいくのか？

生産の場はどこにあるのか，どんなプランクトンがいるのか？

クロロフィル-aとはなんなのか？

基礎生産力を量ると何が分かるのか？など

これらが明らかになってくると，物理部門との共同により黒潮内側域での定量的取扱いが少し進むかもしれない。

5. 終わりに

南西海区水産研究所外海調査研究部海洋動態研究室では県水産試験場や大学等と協力しながら，マリーンランチング計画→大型別枠研究「生態秩序計画（バイオコスモス）」，沿岸漁場整備開発事業，近年中国との共同研究に発展したKER，日中共同黒潮調査研究（JRK）等の調査・研究を継続して実施している。それらの成果は，上述した内容と重複する部分もあることから割愛した。

黒潮，黒潮分枝流および沿岸水温等南西外海域の海況は，総合的に解析され（宮田　1981，藤本他　1988a），年に2回，向こう6ヶ月間の海況予測に活用されている*。また，研究成果に加えて，研究の材料となったデータ，分布図，計算プログラムおよび計算値などもなんらかの形で公表され，県水産試験場などの機関で活用されている**。

今後は，遠州灘における冷水塊の形成と黒潮大蛇行に関連すると考えられている九州南東方の小蛇行の発生とその東方への波及現象の要因解明，および黒潮上流域の沖縄諸島周辺海域～トカラ海峡における黒潮流量や流速変化等を把握するための海洋調査・研究を行なうとともに，これらの変動等をモニターし得る観測体制の整備・確立を図る必要がある。

* 南西海区水産研究所（1980～1990）南西海区長期（漁海況）予報会議議事録（第16回～第45回）

** 南西海区水産研究所高知庁舎　海洋部（1980～1988）南西海区漁場海況概報，No. 78～91。
同上外海調査研究部（1988～1989）同誌，No. 92～95。

要　　約

本総説は，1980～1990年間に主として学会誌や研究報告等機関誌で公表された論文から海洋物理，化学および低次生物生産中心に抜粋し，整理したものである。

それらは水研ばかりでなく県水試などのも加えて記述した。主な成果は，次の通りである。

1) 黒潮の離・接岸に伴う黒潮北縁辺部に形成される冷水塊の出現区域の特定。

2) 黒潮から沿岸域へ派生する黒潮分枝流や暖水の動向を各地先水面毎にパターン化。

3) 土佐湾内の水温分布や流れの平均像の作成。

4) 以上の成果は，黒潮の離・接岸変動や蛇行，それに伴う沿岸域への暖水の波及状況及び沿岸海況の短期変化を予測するための資料として活用されている。

5) 太平洋の中層に分布する栄養塩類は，東シナ海の密度躍層下へ運搬され，また，冬季～早春季の表層への栄養塩類の供給源は同様に中層に分布する栄養塩類である。

参 考 文 献

浅見忠彦，1962：太平洋南区のカタクチイワシ *Engraulis japonica* (HOUTTUYN) に関する研究．南海区水研報，(16), 1-55.

別所進一，1976：土佐湾定点測流観測．海洋速報，神戸海洋気象台，(73), 4-22.

CROSSLAND, C. J., 1982: Dissolved nutrients in reef waters of Sesoko Island, Okinawa:A preliminary study. *Galaxea,* **1**(2), 47-54.

藤本　實，1970：昨年及び過去数ケ年における黒潮主軸の変動について．東海区漁場海況概報，(45), 1-8.

藤本　實・友定　彰，1980：黒潮大蛇行期・非蛇行期からみた本州南東沿岸域の平均水温分布について．東海水研報，103, 17-30.

藤本　實・百田方子，1984：本州南西海域の黒潮北縁冷水域について．黒潮の開発利用の調査研究成果報告書（その7），科学技術庁研究調整局　海洋科学技術センター，306-313.

藤本　實，1985a：海況．最近の南西外海における漁業資源動向，南西海区水産研究所高知庁舎，226-227.

藤本　實，1985b：黒潮蛇行1981について．南西水研報，(19), 87-97.

藤本　實・百田方子・坂本久雄・中川倫寿，1985c：南西海域の黒潮主軸変動について．南西水研報，(19), 99-109.

藤本　實，1987：土佐湾に出現する海水流動の型と流れの安定度．海と空，**62**(4), 15-28 (127-140).

藤本　實・坂本久雄・中川倫寿，1988a：黒潮大蛇行と南西海域の海況．海と空，**64**(3), 1-16.

藤本　實・石田善久・上岡一兄，1988b：土佐黒潮牧場1号の物理環境．水海研会報，**52**(1), 69-75.

藤本　實・坂本久雄・中川倫寿・見元孝一，1989：水道域における流況と流れ藻の分布．マリーンランチング計画――昭和63年度Ⅳ―2―― (2) 課題（ホンダワラ）研究成績報告書，水産庁南西海区水産研究所，91-105.

古橋賢造・鷺　猛・杉村行勇，1990：第11章日本周辺海域の汚染について　Ⅰ　日本周辺海域の化学成分およびプランクトン．「続・日本沿岸海洋誌」，（日本海洋学会　沿岸海洋研究部会編），東海大学出版会，東京，239-258.

服部茂昌，1964：黒潮ならびにその隣接流域における稚魚の研究．東海水研報，(40), 1-157.

花岡藤雄・小西芳信，1988：南西海域における近年の産卵場形成と卵稚仔の輸送状況．漁業資源研究会議第19回浮魚部会報告，漁業資源研究会議，59-71.

半沢洋一・久保　直・緑川　貴・日当智明，1984：本州南方の植物色素量．黒潮の開発利用調査研究成果報告書（その7），科学技術庁研究調整局　海洋科学技術センター，146-154.

池田考真，1985：第19章　日向灘　Ⅲ　化学．「日本沿岸海洋誌」，(日本海洋学会　沿岸海洋研究部会編)，東海大学出版会，東京，764-766.
川合英夫，1972：黒潮と親潮の海況学．海洋科学基礎講座　2，海洋物理Ⅱ，東海大学出版会，東京，129-320.
KAWABE, M., 1985: Sea Level Variations at the Izu Islands and Typical Stable Paths of the Kuroshio. *J. Oceanogr. Soc. Japan,* **41**(5), 307-326.
KAWABE, M., 1987: Spectral Properties of Sea Level and Time Scales of Kuroshio Path Variations. *J. Oceanogr. Soc. Japan,* **43**(2), 111-123.
KAWABE, M., 1988: Variability of Kuroshio Velocity Assessed from the Sea-Level Difference between Naze and Nishino-omote. *J. Oceanogr. Soc. Japan,* **44**(6), 293-304.
黒田一紀・馬場信夫・高橋晴久・別所進一，1977：紀伊水道およびその隣接海域（大阪湾・黒潮海域）におけるクロロフィル色素の分布特性．海と空，**53**(1), 1-14.
黒田一紀・木立　孝・友定　彰・瀬川恭平，1985：潮岬沖の黒潮前線付近における海洋構造とプランクトンの微細分布の調査．東海水研報，(115), 47-64.
神戸海洋気象台海洋課，1987：紀伊半島沖定線（G線）30年報．神戸海洋気象台彙報，(206), 1-26.
南　秀人，1976：土佐湾定点測流（MT 式）観測報告．海洋速報，神戸海洋気象台，(74), 49-50.
宮田和夫，1979：土佐湾の海域環境．海潮流．土佐湾浮流油の漁業への影響調査報告書（アル　サビア号事故およびマイティ　トレーダー号事件），土佐湾浮流油漁業影響調査協議会，高知県，14-18.
宮田和夫，1980a：土佐湾，その周辺海域の海洋構造．水海研会報，(36), 38-42.
宮田和夫・坂本久雄・百田方子，1980b：土佐湾の海洋構造について—Ⅰ　土佐湾の潮流．南西水研報，(12), 115-124.
宮田和夫，1981：黒潮流域における海洋構造の長期変動．水海研会報，(39), 89-92.
盛山栄一，1983：東シナ海の黒潮定線における植物色素，動・植物プランクトンの平均的な分布像．黒潮の開発利用の調査研究成果報告書（その６），科学技術庁研究調整局　海洋科学技術センター，174-189.
中川倫寿，1985：本州南方海域の栄養塩の分布と黒潮内側域の上層水中のクロロフィル・栄養塩の経時変化．黒潮の開発利用の調査研究成果報告書（その８），科学技術庁研究調整局　海洋科学技術センター，280-291.
中川倫寿・藤本　實・坂本久雄・百田方子，1986：本州南方海域の海洋構造と栄養塩の分布．黒潮の開発利用の調査研究成果報告書（その９），科学技術庁研究開発局，361-380.
中川倫寿・坂本久雄・藤本　實・百田方子，1987：薩南海域の海洋構造（特に中層の栄養塩分布特性）について．黒潮の開発利用調査研究（第Ⅱ期）成果報告書（その１），科学技術庁研究開発局，297-304.
中川倫寿・坂本久雄・百田方子，1989：東シナ海及び南西諸島東方海域における海洋構造．昭和62年度黒潮の開発利用調査研究成果報告書，科学技術庁研究開発局，338-345.
中川倫寿・小西芳信，1988：Ⅲ．低次生産　2．マイワシ再生産の場における化学・生物環境研究の展望．第21回漁業資源研究会議シンポジウム-海洋観測新時代における環境・資源研究の展望-漁業資源研究会議報，水産庁・水産研究所　漁業資源研究会議，(26), 61-73.
中村保昭，1977：駿河湾ならびに隣接海域の海況変動．水海研会報，(30), 8-38.
二谷穎男，1969：最近数年の黒潮の蛇行について．水海研会報，(14), 13-18.
NITANI, H., 1975: Variation of the Kuroshio south of Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan,* **31**(4), 154-173.
二谷穎男，1984：1981年11月発生した遠州灘沖黒潮（大）蛇行の概要及び深層の特性．黒潮の開発利用の調査研究成果報告書（その６），科学技術庁研究調整局　海洋科学技術センター，122-130.
能津純治，1965：豊後水道におけるカタクチイワシ *Engraulis japonica* (HOUTTUYN) の漁業生物学的研究．大分県水試研報，(5), 1-135.
大出　茂・比嘉辰雄，1983：中城湾の水質．沖縄の水産振興に関する海洋基礎調査報告書，沖縄協会，33-46.
岡田昌美，1978：黒潮の大蛇行（1854～1977）と潮汐観測．号外海洋科学，**1**(2), 81-88.
坂本久雄，1971：日本南西海域における黒潮主軸の季節変動について．南西水研報，(4), 37-44.
坂本久雄，1981：土佐湾の海洋構造について—Ⅱ　表面水温．南西水研報，(13), 29-40.
坂本久雄，1985：紀伊水道及びその外域における黒潮蛇行期と非蛇行期の平均水温について．南西水研報，(18), 39-49.

坂本久雄，1987：黒潮表層水の土佐湾への流入過程について．水海研会報，**51**(2)，165–168.

佐々木克之・山下きわ・黒田一紀，1985：潮岬沖黒潮前線付近における栄養物質の微細分布．東海水研報，(118)，1–10.

SHOJI, D., 1972: Time variation of the Kuroshio south of Japan. In"Kuroshio", ed. H. STOMMEL and K. YOSHIDA, University of Tokyo Press, Tokyo, 217–234.

SOLOMON, H., 1978: Occurrence of small "trigger" meander in the Kuroshio off Southern Kyushu. *J. Oceanogr. Soc. Japan,* **34**(3), 81–84.

杉村充三，1979：潮岬周辺海域の海況について．水海研会報，(34)，106–110.

杉本隆成・石丸　隆・小林雅人，1985：四国沖暖水塊中心部における時計回りの渦流と上層の水温・塩分・クロロフィル等の湧昇構造．月刊海洋科学，**17**(7)，420–425.

平良初男・兼島　清・西浜完治・大森　保・渡久山章，1976：人工海浜における栄養塩類の変化について．琉球大学理工学部紀要理学篇，(22)，33–40.

TAKAHASHI, M., T. NAKAI, T. ISHIMURA, T. HASUMOTO and Y. FUJITA, 1985: Distribution of the Subsurface Chlorophyll Maximum and its Nutrient-Light Environment in and Around the Kuroshio off Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan,* **41**(2), 73–80.

武田健二，1990：第32章　薩南諸島周辺海域　Ⅲ　化学．「続・日本沿岸海洋誌」，(日本海洋学会　沿岸海洋研究部会編)，東海大学出版会，東京，654–663.

寺崎　誠，1990：第12章　日本周辺海域のプランクトンについて．「続・日本沿岸海洋誌」，(日本海洋学会　沿岸海洋研究部会編)，東海大学出版会，東京，265–281.

渡久山章，1985：第27章　沖縄本島周辺海域　Ⅲ　化学．「日本沿岸海洋誌」，(日本海洋学会　沿岸海洋研究部会編)，東海大学出版会，東京，1072–1077.

殿谷次郎，1981：大型冷水塊形成による黒潮流及び徳島沿海の海況変動．徳島県水試事業報告（昭和54年度），128–135.

友定　彰・久保治良，1976：鹿島灘の海況―Ⅰ．表面水温の変動と黒潮系水の占有率．東海水研報，(86)，113–125.

和田栄太郎，1984：暖水塊における硝酸・亜硝酸の分布構造と動態．月刊海洋科学，**16**(8)，451–456.

渡部泰輔，1975：温帯沿岸回遊性魚類の再生産と環境．海洋生物資源環境（平野敏行編），東大出版会，東京，129–145.

渡部泰輔，1982：沿岸回遊性浮魚類の卵・稚仔分布と黒潮．沿海研ノート，**19**(2)，149–162.

山重政則，1977：土佐湾の平均水温とその標準偏差について．昭和50年度高知県水試事業報告書，**73**，98–100.

山重政則，1979a：土佐湾の海域環境，形状と海底地形，水温分布，塩分分布，透明度，底質分布．土佐湾浮流油の漁業への影響調査報告書（アル　サビア号事故およびマイティ　トレーダー号事件），土佐湾浮流油漁業影響調査協議会，高知県，11–31.

山重政則，1979b：土佐沖の黒潮．高知県沿岸・沖合域の海況と主要魚種の産卵場（水産業改良普及事業資料），高知県漁業指導所・水産試験場・漁業振興課　南西海区水産研究所高知庁舎，1–21.

山重政則，1980：土佐湾の平均的海況について．昭和53年度高知県水試事業報告書，**76**，104–119.

山中弘雄，1985：第18章　土佐湾　Ⅲ　化学．「日本沿岸海洋誌」，(日本海洋学会　沿岸海洋研究部会編)，東海大学出版会，東京，736–740.

吉田昭三，1961：遠州灘沖冷水塊と黒潮の変動について（その1）．水路要報，(67)，54–57.