

地学研究シリーズ第30号

茨城県沖の海況 I

1990年

茨城県高等学校教育研究会地学部

ま え が き

昭和23年に10数名の部員で発足した茨城県高等学校教育研究会地学部も40余年のあいだに大きく発展し、本年度は会員数も、84校、156名になっています。

本地学部では、部員の協力により、毎年県内各地の地質見学案内書をはじめ、化石、気象、天文などの資料を刊行してまいりました。これらの地学研究シリーズは小・中・高の先生方の理科授業における指導資料あるいは野外観察におけるガイドブックとして利用されております。

本年度の地学部の活動としては、茨城県沖の海況、有孔虫化石、地学写真集、茨城の岩石と鉱物の4つの研究調査グループと大学入試センター試験問題、情報処理、天文教材の3つの研究委員会によって研究が進められております。

これらの研究のうち、平成2年度は地学研究シリーズ第30号として「茨城県沖の海況 I」を刊行することになりました。

この研究は、昭和62年度以来、8名の部員による4年間にわたる調査研究の成果で、表面水温、海流の流況、海洋気象、海洋分野における実験・実習事例などの内容が含まれています。

海況についての調査研究は全国的にも数が少なく、本県地学部としても初めての取り組みで、貴重な資料と考えられます。各学校においては、この研究成果を学習指導資料として十分ご活用いただければ幸いです。

最後に、この4年間、校務のお忙しいなか、研究調査にあたられた先生方に深く感謝申し上げるとともに、何かとご高配を賜りました研究委員当該校の学校長をはじめ諸先生方に厚くお礼申し上げます。

平成 3 年 3 月

茨城県高等学校教育研究会 地学部長

蜂 須 紀 夫

人工衛星から見た茨城の海況

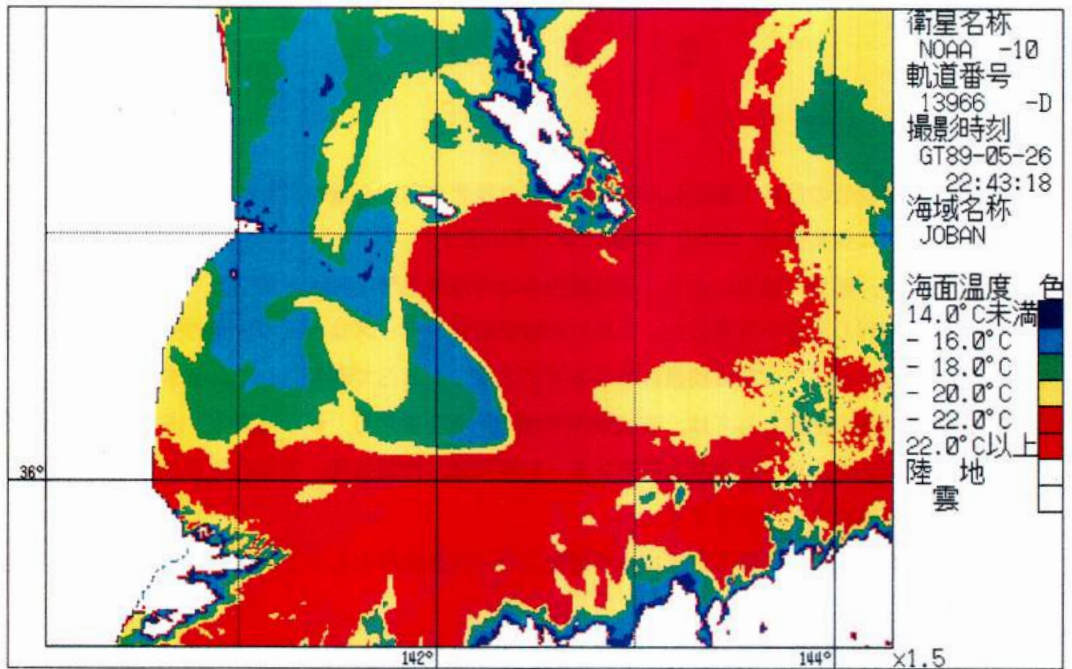


図 1

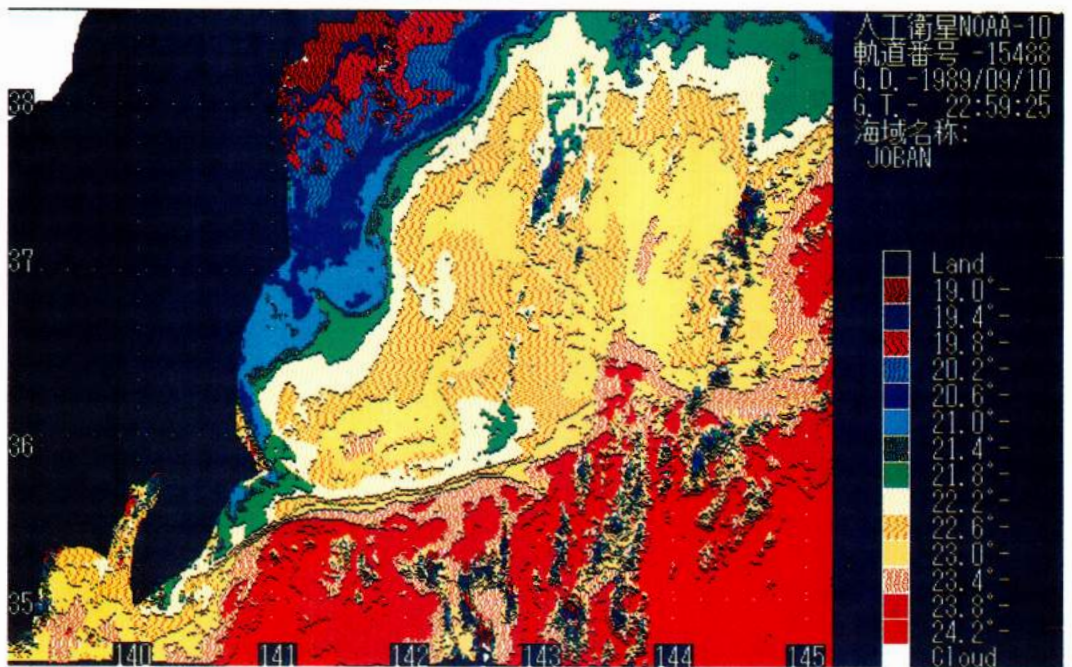


図 2

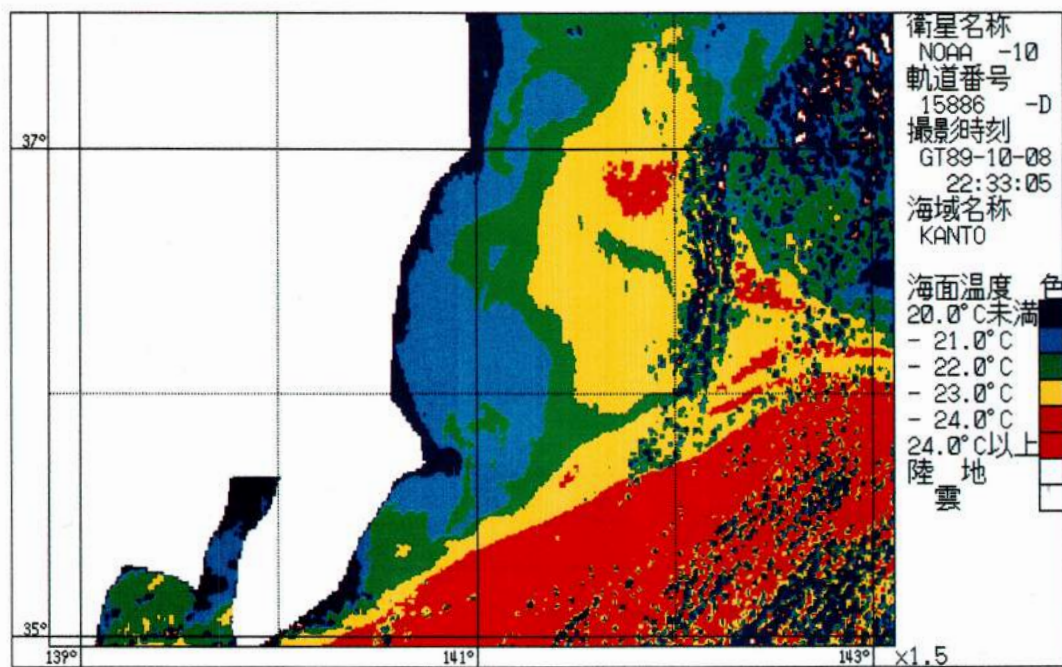


図3

図1～3は、それぞれ1989年の5月26日、9月10日、10月8日に撮影されたものである。図1から順に、O型、K型、W型に分類される。(くわしくは本文8ページ)

(資料提供 茨城県漁業無線局)

も く じ

ま え が き

も く じ

I. は じ め に	1
II. 表 面 水 温	3
1. 漁海況速報について	3
2. 表面水温の概況	3
(1) 平均水温	3
(2) 季節ごとの水温の変動	3
(3) 南北の水温差	5
(4) 年ごとの水温の変動	5
3. 茨城沖に現れる前線について	7
4. 海況パターンと出現頻度	8
5. ま と め	11
コラム 茨城沖の暖水舌について	12
III. 流況について	14
1. 沖合いの流況	14
(1) G E K測流について	14
(2) 流向の頻度分布	15
(3) 流速の頻度分布	16
(4) ま と め	17
<参考> 力学計算について	17
コラム 茨城沖の魚群と水温	18
2. 沿岸の流況	20
(1) 流速の変動について	23
(2) ま と め	26
コラム 沿岸湧昇	29

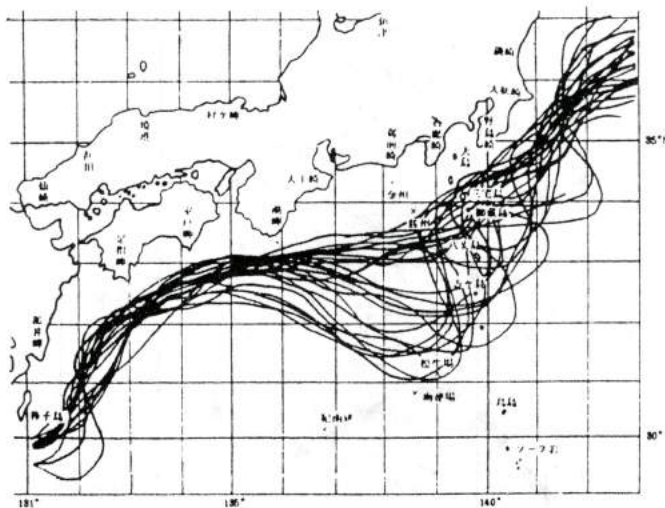
IV. 気象と海況—鹿島灘を例として—	31
<参考> 1. 波の観測方法	38
2. 有義波	40
3. 風速と波の規模	40
コラム 天気予報における波の高さについて	42
V. 「海洋」分野における実験・実習例	43
1. 水温の鉛直分布グラフの作成	43
2. 潮候曲線の作成	44
3. 海洋の塩分量の測定	46
4. 海水のpHを測定する	47
5. T—Sダイアグラムの作成	48
参 考 文 献	49
あ と が き	50

I. は じ め に

日本近海を流れる海流の代表的なものとして、黒潮と親潮がある。

黒潮は北大西洋のメキシコ湾流とならんで世界の海流の代表的なものである。黒潮はフィリピンあるいは台湾の東方より東シナ海を経て、大陸棚の外縁に沿って北上し、日本南沿岸に沿って東流し、犬吠埼の沖から東方あるいは北東に流れていく。黒潮の流速は、主流部で3～5ノット(5.6～9.3km/h)、幅は数十マイル(1シーマイルは1.852km)である。数百mの深さでも1～2ノット(1.9～3.7km/h)の流速があり1秒間に数千万tの流量を持つと推定される。地衡流の性質を持ち、黒潮の流路は200m層の水温水平分布図の15℃線とよく対応する。表面水温は冬季に20℃、夏季には30℃近くになる。塩分量は冬季に34.8パーミルであるが、夏季には34パーミル以下になる。日本南海の黒潮は沿岸部に強い向岸流を派生したり、遠州灘沖にしばしば形成される大冷水塊を迂回して流れたりして、その流路や流量が大きく変化し複雑である。(図I-1)

茨城沖ではこの黒潮が大小さまざまな波長の蛇行状態を呈している。これは黒潮が、進路を日本列島に押さえつけられる形で房総半島まで流れてきたのが、それより先では、こういった境界がなくなってしまうためと考えられている。茨城沖の黒潮の流路は、142°E以西に蛇行が1波長現れる暖水舌型や、房総から鹿島灘の沖合いを北東方向に流れる黒潮分派型等がある。



図I-1 昭和55年1～12月の各月(前半・後半)における黒潮流路の変動図
(水路部海洋速報による)

一方、親潮は栄養塩に富み、魚類を始めとする生物資源を養い育てる意味からつけられたといわれる。親潮は千島列島に沿って南西に張り出し、北海道の南東岸から、三陸沖まで南下する。流速は黒潮のように早いものではなくせいぜい1ノット(1.9km/h)ぐらいである。親潮は冬季、北洋によって著しく冷却されるので水温は低く、冬季は1℃前後、夏季は三陸沖に南下し表面はかなり上昇するが、その主体となる下層の水温は5℃以下である。また、塩分も黒潮に比べて低く33.3パーミル以下である。親潮は三陸沖を南下する場合142~143°E付近を南下するもの、その沖合い146~147°E付近を南下するもの、さらにその沖合いを南下するものがあることが知られている。これらを親潮第一分枝、親潮第二分枝と呼んでいる(図I-2)。また、この親潮第一分枝より岸側を津軽暖流が南下している。これは、日本海を北上してきた対馬海流が津軽海峡を通り、岸沿いに南下したものである。親潮分枝の先端は親潮前線を形成し、その位置は夏季には40°N、冬季には38.6°Nに達する。冬から春にかけて親潮の第一分枝の南への張りだしが著しくなり、常磐沿岸に及ぶとともに、三陸沿岸の各湾に親潮水が侵入し湾内の結氷や魚貝類の弊死をもたらしすることがある。この現象は異常冷水と呼ばれ1953年、63年、65年、79年にそれぞれ観測されている。異常冷水とまではいえなくとも親潮系の冷水舌が茨城沖にはりだす現象はしばしばみられる。

このように茨城の沖は黒潮や親潮の影響を受け、親潮系の海水に覆われたり、黒潮系の海水に覆われたりする。このような磐城から茨城の沖の海域を混合水域と呼んでいる。黒潮と混合水との間、親潮と混合水の間にはそれぞれ黒潮前線、親潮前線と呼ばれる潮境が存在し、この前線をはさんで水温や塩分が大きく変化している。このため同じ時期・同じ測定地点で水温や塩分を測定しても年度が違えば、前線の位置によってその値が大幅に変化するのが茨城沖の海況の特徴である。

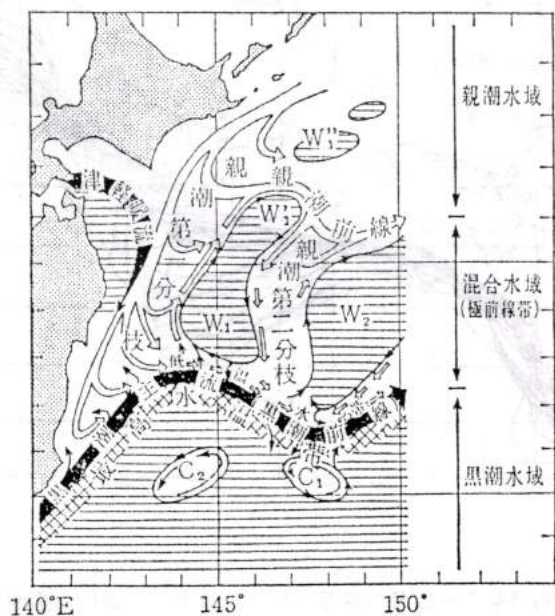


図 I-2 東北沖の海況 (増沢, 1957)

Ⅱ. 表 面 水 温

1. 漁海況速報について

茨城の海況については、図Ⅱ-1のような「漁海況速報」が、茨城県漁業無線局・茨城県水産試験場から毎週金曜日に出されている。これは、フェリーや漁船等の測定した表面水温を図にまとめたものが主な内容であるが、親潮や黒潮の様子等、海況の特徴が述べられ、かつ今後一週間の海況の予測がなされている。この裏面には海況関係の記述があり、種々の魚類の水揚げ具合や値動き等、漁業関係者には重宝がられている。

尚、これとは別に、毎週火曜日に出されているものもある。これは、人工衛星「ノア」がキャッチした海水表面温度のデーターを、コンピューター処理したもので、こちらの方も表面には「水産の窓」と称して種々の調査、その時々話題、トピックス等が掲載されている。

更にまた、茨城新聞（旧 いはらき新聞）に毎週日曜日、掲載されている「沿岸漁況」は、上記のものを、アレンジしたものである。

2. 表面水温の概況

(1) 平均水温

図Ⅱ-2に示した「平均水温」は下記のようにして算出した。

まず水温測定点を次のようにした。即ち、塩屋埼、大洗、犬吠埼南のそれぞれの沖合において、図Ⅱ-3に示したように、東経で15'の距離ごとの×をつけた所である。この地点での表面水温を、漁海況速報から読みとり、それぞれの沖合の温度を平均し、更に、1983年（昭和58年）4月～1988年（昭和63年）3月までの5年間を平均し、これを「平均水温」とした。この方法によると、塩屋埼沖では14.8℃、大洗沖では16.6℃、犬吠埼南沖では19.7℃となり、全海域の平均は17.2℃である。

(2) 季節ごとの水温の変動

塩屋埼沖でみると、最低は4月の7℃、最高は9月の23℃である。大洗沖では、最低は3月の10℃、最高は9月の24℃である。また、犬吠埼南沖では、最低は4月の15.5℃、最高は8月の26℃となっている。このように、最低水温を示すのは、3～4月であり、最高水温を示すのは、8～9月である。これは、気温の変動から1か月のずれがあると考えられる。

漁海況速報 61-No. 1

海況の特徴（表面水温分布図より）

- 1 黒潮は太東崎で接岸し、犬吠埼東40マイル付近より東流している。
- 2 暖水舌が141°10'E線を軸に北に張り出し、その先端（10°C）は駿崎沖13マイル付近に達している。
- 3 親潮系水が暖水舌の沿岸側及び沖合側を南下し、沿岸側は7℃台の水で覆われているが沖合の親潮系水はやや強勢で5℃台となっている。

◎ 今後1週間の海況予測

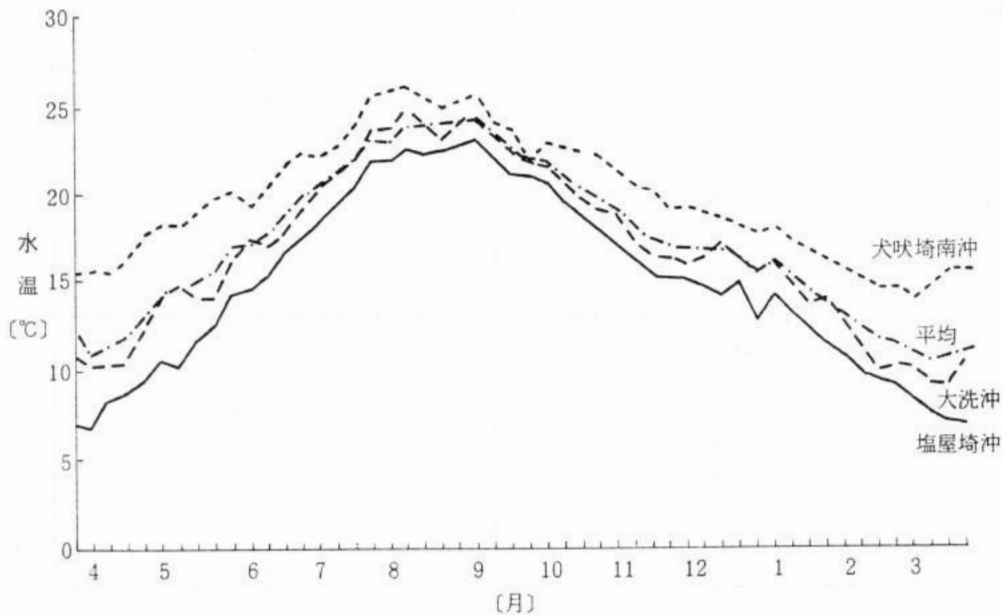
- 1 黒潮は南偏傾向を維持するであろう。
- 2 暖水舌は、現状を維持し水温も現状程度であろう。

茨城県漁業無線局
茨城県水産試験場

昭和61年 3月28日～4月3日

那珂測定地水温(℃)

日	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---



図Ⅱ-2 平均水温

(3) 南北の水温差

図Ⅱ-2によると、塩屋埼沖と犬吠埼南沖の水温差は、一般に3月～5月頃が最大9度と大きく差が開いており、その後徐々に差が縮まってきて、9月頃が最小2度と一番差が狭まり、その後また、温度差が大きくなっていく。これは、(2)でみたように塩屋埼沖では、年間の最高水温と最低水温の差が大きいのに対し、犬吠埼南沖では、それが小さくなっているからである。

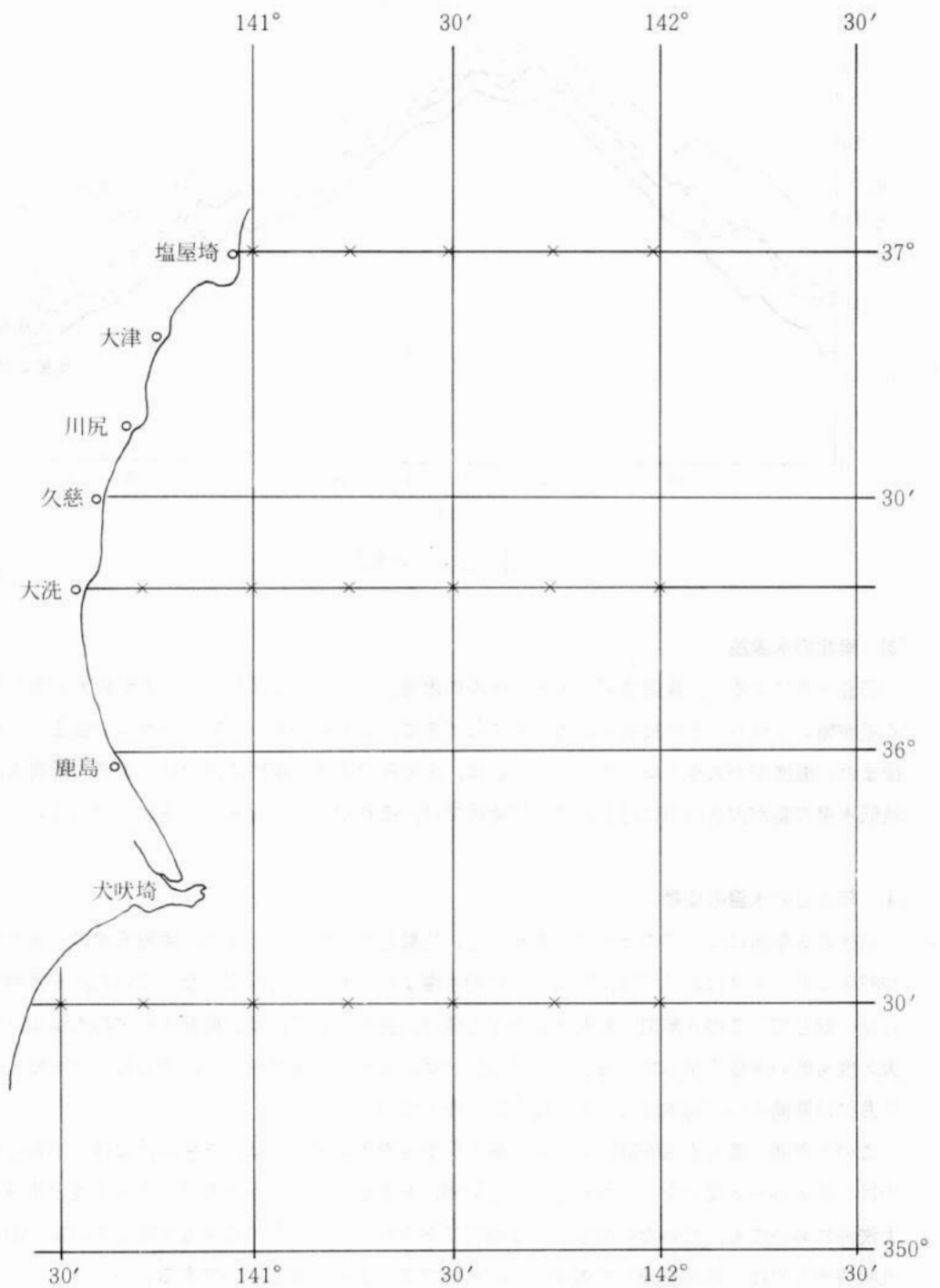
(4) 年ごとの水温の変動

前述の5年間についてのデーターを年ごとに比較してみた。たとえば、塩屋埼沖の平均水温は、1983年4月～6月にかけては、期間中の平均水温よりも最大4度も高くなっていた。6月中旬からは一転して、この5年間の最低水温を示し続け、翌年の3月には、期間中の平均水温よりも最大5度も低い温度を示している。この低温状態は、5月中旬まで続くが、その後また一転して、7月には期間中の平均水温よりも2度も高くなっている。

この5年間で最も水温が高かった年と最も低かった年の温度差は、塩屋埼沖では、冬から春にかけて最大5～8度となっており差が大きい。9月から11月にかけては、2～3度と小さい。大洗沖においても、だいたい同じような傾向にあるが、9月から11月頃も5度くらい差がある。犬吠埼南沖では、年間を通して差が同じくらいでは、2～5度くらいである。

このように、水温のばらつきがかなりあり、特に冬から春にかけて、変動は大きい。夏は小

さい。一般的に、塩屋埼沖および大洗沖は、年ごとの水温の変化は大きいが、犬吠埼南沖では比較的小さい。



図Ⅱ-3 水温データー採取地点

3. 茨城沖に現れる前線について

大気に気団ができるのと同じように、海水にも温度、塩分がほぼ同じ様な値を示す水塊を考えることができる。

日本付近の太平洋岸に分布する代表的な水塊は主として黒潮系のものと親潮系のものである。以下で典型的な黒潮と親潮の水塊の性質を示す。

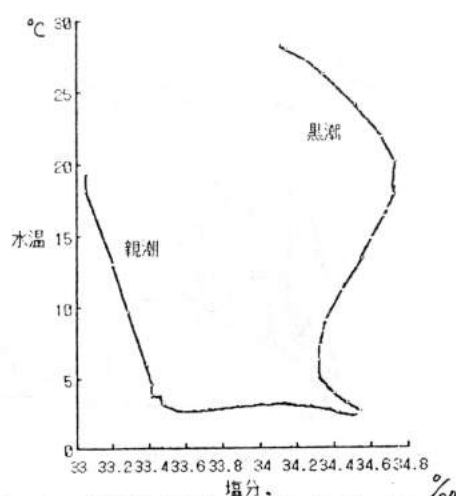
黒潮：北赤道海流がフィリピン東方で向きを変え強い海流となって南西諸島沿いに北上してきたもので、水温は20-30℃と高く、塩分も34-35パーミルと高い。色は濃紺で、酸素、ケイ酸塩、リン酸塩が少ないため、プランクトンが少なく、透明度は高くなっている。

親潮：ベーリング海とオホーツク海に源を発し、千島列島の東を列島に沿って南下してきたもので、水温が数℃以下、塩分が32-33パーミルと低く、緑色をしている。酸素やケイ酸塩、リン酸塩などの栄養分に富み、プランクトンが多いため魚類の生息する量も多く、透明度は低くなっている。

日本付近の太平洋岸では、南関東から東海沖にかけては、いわゆる黒潮系の水塊であり、水温は高く、塩分も高い値を示す。一方、東北地方では、一般に水温、塩分とも低い親潮系の水塊である。そして、その間に挟まれる茨城沖は、表面水温の分布からもわかるように、南からの黒潮系の海水で占められることもあれば、北からの親潮系の海水で占められることもあり、また、両者が入り乱れて分布することもある。しかし、海水というのは、本来そう簡単に混合しないので、両者の間には、明確な前線面が形成されることが多い。この場合、距離50km離れた2地点での温度差は、5-6度以上にもなる。ただ、この前線は、冬は割と明確に出るが、夏は、あまりはっきりしないことが多く、また、前線の形についてはいくつかのパターンがある。

表Ⅱ-1 典型的な黒潮と親潮の性質

	黒 潮	親 潮
水 温	20-30℃	1-19℃
塩 分	34-35パーミル	32-33パーミル
流 速	1.5-2.5m/s	0.2-0.5m/s
色	濃紺	緑
酸 素	少	多
プランクトン	少	多
透 明 度	大	小



図Ⅱ-4 黒潮と親潮のT-Sダイアグラム

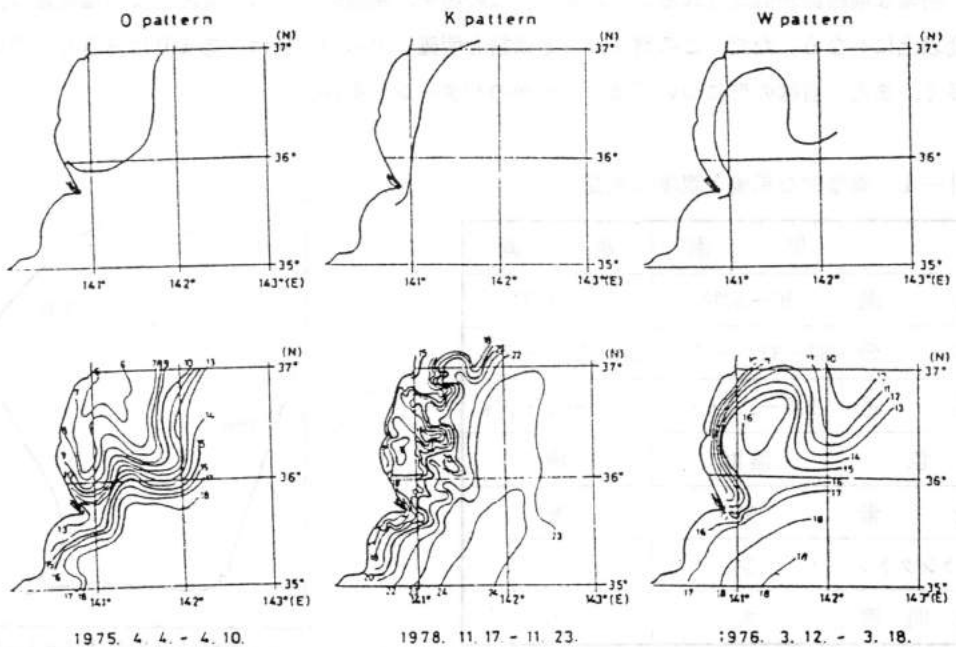
4. 海況パターンと出現頻度

「3」の最後で述べたように、前線の形や位置によって暖水と冷水の分布をいくつかのパターンに分類できる。ここでは、久保ら（1981年）が行った分類を参考にして、昭和58年度から63年度までの5年間について、茨城沖の海水の表面温度を前線の位置に注目して、O、W、K、の3つの場合にパターン分けを行った。（図Ⅱ-5）

Oパターン……低温水が当海域の 141.5°E 以西のほとんど全域を覆っているか、または前線が鹿島灘沖で東西に形成される場合。

Wパターン……沿岸域と沖合いを低温水が南下し、その中間に暖水が張り出しているいわゆる暖水舌型。

Kパターン……沿岸域に低温水があり、沖合いに行くに従って高温となり、前線が南北に形成される場合。



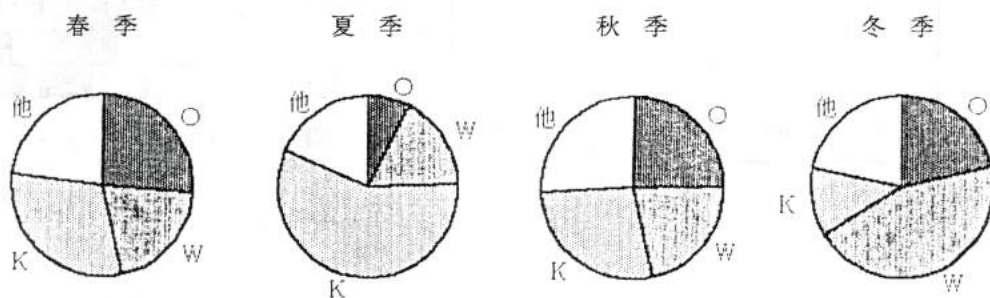
図Ⅱ-5 茨城沖の水温分布の3パターンのモデル（上図）及びその具体的例（下図）（久保による）

しかし、実際は、この3つでは不十分である。例えば、前線位置が明確でない場合、沿岸域に暖水が入っている場合、冷水が沖の方からこの海域に入り込んでいる場合などは、この3パターンで分類することはむずかしい。しかし、それらの現れる頻度は、この3つに比べるとかなり少ないため、これ以外は、その他としてまとめた。

このパターン分けは、結局は茨城沖の海水が、主として黒潮系か親潮系かを示すことにもなる。年により、また季節によりある程度の特徴が出るはずである。よってこの結果を各年度ごとに3か月毎に区切ってまとめてみたのが表Ⅱ-2及び図Ⅱ-6である。

表Ⅱ-2 季節ごとの各パターン頻度

春 (4～6月)					夏 (7～9月)					秋 (10～12月)					冬 (1～3月)				
	O	W	K	他		O	W	K	他		O	W	K	他		O	W	K	他
58	3	1	4	5	58	3	6	2	2	58	5	4	1	3	58	5	5	1	2
59	1	7	2	3	59	0	3	8	2	59	3	5	5	0	59	3	4	2	4
60	1	2	8	2	60	0	0	12	1	60	1	4	6	2	60	5	5	0	3
61	7	1	4	1	61	0	0	10	3	61	0	1	3	9	61	0	6	3	4
62	5	2	2	4	62	2	2	5	4	62	7	0	3	3	62	1	9	2	1
計	17	13	20	15	計	5	11	37	12	計	16	14	18	17	計	14	29	8	14



図Ⅱ-6 季節ごとの各パターン別頻度 (5年間計)

春季 (4～6月) : 59年度がWパターン, 60年度がKパターン, 61年度がOパターンと, 年度により傾向がまったく異なるが, Wパターンは冬のなごり, Kパターンは夏の先取りともいえ, 冬季から夏季への橋渡しの時期であるといえる。

夏季（7～9月）：58年度はKパターンがほとんど現れなかったが、全体的にはKパターンが圧倒的に多く、黒潮系の暖水が幅広く進入していることを示している。ただ、夏は、水温の季節躍層が発達していて、表面温度だけでこの結論を出すのは無理がある。実際には、塩分や、深層水の温度等も参考にする必要がある。

秋季（10～12月）：春季と同じ様に年度による違いが大きいのと、1つの年の中でもパターンの変化がよく見られるのが特徴である。ここも夏季から冬季への移り変わりであるといえる。

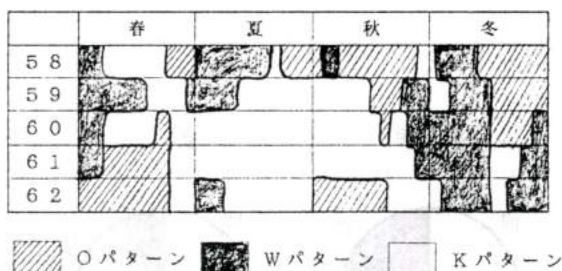
冬季（1～3月）：Wパターンが圧倒的に多くOパターンがそれに続く。この時期は、親潮系の冷水に覆われるが、黒潮分派による暖水舌が形成されている。

これらの結果をまとめてみると、夏季のKパターン、冬季のWパターンは、特徴的に見られるが、春、秋については、特に目立っているパターンはない。また、夏、冬も含めて、年ごとの差が大きく、また、同じパターンが長く続くといった傾向も見られる。（表Ⅱ－3、図Ⅱ－7）

また、表Ⅱ－3に各年度ごとのパターン別頻度を示す。これによると、58年度にKパターンが少なく、60、61年度はKパターンが多い。また62年度はどのパターンも同じくらいの頻度で現われるなど、やはり年ごとの差が大きいことが示されている。

表Ⅱ－3 年度ごとの各パターン別頻度

	O	W	K	他
58	16	16	8	12
59	7	19	17	9
60	7	11	26	8
61	7	8	20	17
62	15	13	12	12
計	52	67	83	58



図Ⅱ－7 海況パターンの変動サイクル

この分析は、久保らが昭和47年から行っている。それによると、冷水年とその他の年では傾向に違いがみられ、冷水年ではOパターンが多く出ることが示されている。一方全般的には、この5年間の結論とはほぼ同じで、夏季にKパターン、冬にWパターンが圧倒的に多く出現し、春、秋にはどのパターンも同じように現われている。また、久保はさらに分析を深め、パターンの持続性の問題や、パターンの移行型の問題、さらには水温変動の分析にまで踏み込んでおり、将来の海況予測、魚況予測につながる研究を目指している。

5. ま と め

表面水温からみた茨城の海況についてわかったことを箇条書きでまとめた。

1. この海域内の平均水温は、約17℃である。
2. 最高水温は8月下旬から9月に現れ、23～26℃である。また、最低水温は3月下旬から4月に現れ、北部で7℃、南部で15℃くらいである。
3. この期間内の南北の温度差は、3～5月ごろが最大で約9度、9月ごろが最小で約2度である。
4. 冬から春にかけての水温は年によって大きく異なり、いわゆる冷水年が生じる。一方、夏から秋にかけては、年度の違いによる温度差は余り見られない。
5. 茨城沖を占める水塊は、黒潮系のものと親潮系のものが見られ、両者の間には、前線面が形成される。
6. 表面水温分布は、前線の位置によって大きく3つのパターンに分けられ、夏はKパターン、冬はWパターンが圧倒的に多く、春、秋は、年度ごとの変動が大きい。

コラム 茨城沖の暖水舌について

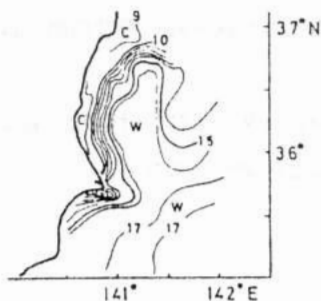
茨城沖の暖水舌について、久保治良・友定 彰氏（1982）によって発表された。ここでは、その定義、実態など暖水舌の特性についてまとめておく。

1. 定義

鹿島灘の 142° E以西で、犬吠埼沖から鹿島灘へ暖水が張り出し、1波長を形成するとき暖水舌とする。また、同場所で、1波長を形成しない暖水の張り出しは、黒潮分派として暖水舌と区別する。

暖水舌は、黒潮そのものが鹿島灘へ張り出すのではなく、黒潮の縁辺部がその本流から分離して、鹿島灘に張り出す現象である。

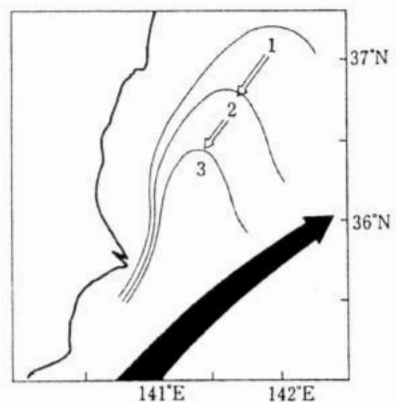
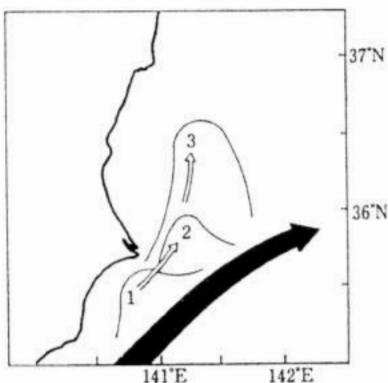
この海域では、 142° E以西の暖水舌と、沖合（ 142° E以东）に蛇行の峰ができる黒潮分派とが観察され、その中間に波長をもった蛇行は、観察されない。



2. 発生パターン

久保氏の観測によると、1972年から1976年の4年間の12月から6月の間に、暖水舌は、25回発生している。その発生状況は2通りに大別されている。

- (1) 犬吠埼以西の海域から、黒潮縁辺部の小さな振動の波長が伝播し、鹿島灘で増幅する。
- (2) 北から冷水が舌状に南下することによって、黒潮分派の波長が短くなり暖水舌となる。



発生状況を見ると、房総沿岸の小振幅波が鹿島灘で増幅する場合は、もともと鹿島灘の水温が低いところへ暖水舌を形成するため、鹿島灘の水温は上昇する。一方、黒潮分派が波長が短くなって、暖水舌を形成する場合は、鹿島灘が暖水で覆われているところに暖水舌を形成するため暖水舌の最

高水温は、暖水と同程度か、低くなる。

その発生回数は、(1)(2)の両パターンとほとんど同じ頻度で発生している。

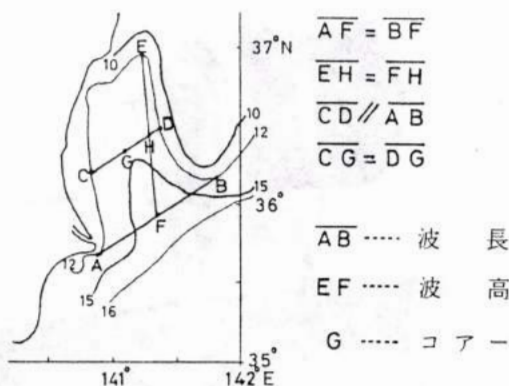
暖水舌の発生時期は、1月～3月の冬季に最も多く存在し、逆に7月～9月の夏季に極端に少ない。また、暖水舌の持続期間は1か月前後が多く、2か月～3か月続く場合もある。(これは強い流れが、長期間、海底に達していると思われる。)

3. 暖水舌の波高・波長と舌端部の移動と消滅

波高・波長のとり方は図の通りとする。波高・波長の大きさは30～70マイル(56～130km)が圧倒的に多い。波高の舌端部が塩屋埼に達するものは、まれである。

沿岸で発生した波高の舌端部は東に移動する傾向があり、沖合いで発生した波高の舌端部は西に移動する傾向がある。

消滅するときは、暖水舌の波長が長くなって黒潮分派になるか、鹿島灘海域内で孤立暖水塊状になるか、あるいは、鹿島灘海域内で拡散、消滅するかの3通りである。



Ⅲ. 流況について

1. 沖合いの流況

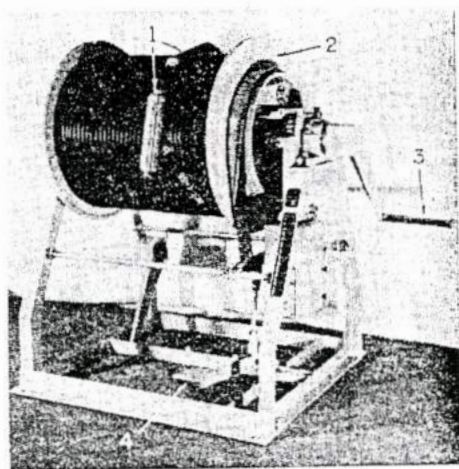
当海域では、南に黒潮が流れており、鹿島灘で蛇行して暖水舌を形成したり、北東方向に流れいわゆる黒潮分派を形成したりする。北から親潮系の海水が南下することもあり、その結果茨城沖は黒潮系の海水で覆われており、親潮系の海水で覆われたりして海況が複雑になっている。

この章では、茨城県水産試験場で行なっているG H Kによる測流結果と友定・久保(1980)による黒潮系の海水で覆われる解析結果を紹介する。

(1) G E K測流について

G E Kとは電流速計のことで図Ⅲ-1のような形状である。これを船尾から曳航し、表面の流速を測定する。原理は次のようなものである。海水は伝導体であるので、地球の磁場の中を運動すると電流を生じる。したがってG E Kの2本の電極間の電位差を測定すれば、海水の運動の速度が測定できるというのである。

茨城県水産試験場では、1971年以来、毎月1回試験船「ときわ」によってG E K測流が行なわれている。観測点を図Ⅲ-2に示す。



図Ⅲ-1 G E K (ドラムに巻いた曳航部)

- ① 電極 ③ 手巻きハンドル
 - ② ドラム ④ ブレーキペダル
- (海洋観測指針より)

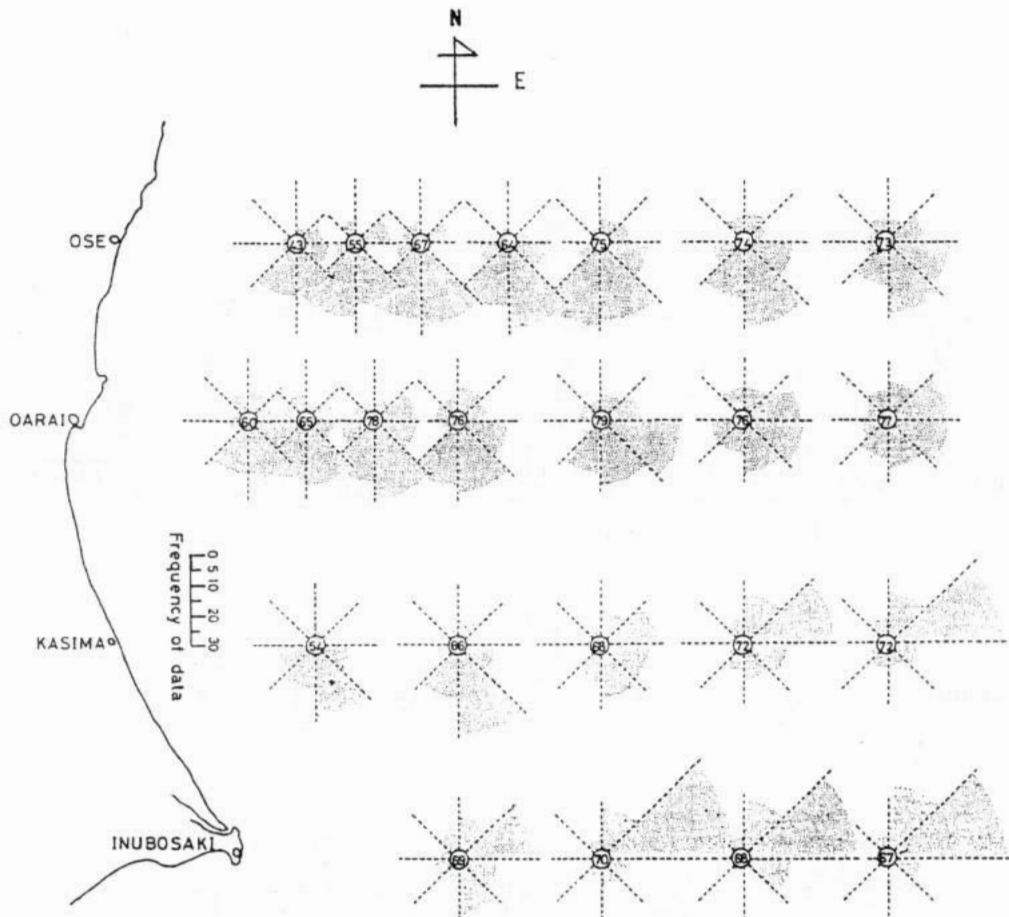


図Ⅲ-2 G E K観測を行った地点

(2) 流向の頻度分布

G E Kによる測流値から、流向を8方位に分け、全期間の流向の頻度分布を図Ⅲ-3に示す。犬吠埼の沖合いと鹿島の沖合いでは、東～北東が頻度が高く、黒潮が流れていることを示す。犬吠埼の沿岸よりの測点では、東～北東の頻度と南～南東の頻度が高い。前者は黒潮が接岸しているとき、後者は離岸しているときに見られる。鹿島灘の沿岸域は、南西～南東の頻度が高く沖合いにいくにつれて、東向き頻度が高くなる。

黒潮の流向は、春と秋に、北～北東に向かう頻度が高くなり、冬と夏には東～北東に向かう頻度が高い。また、断水舌が形成された冬・春季に大洗野沿岸に測点で北向きの流れが観測されることがある。

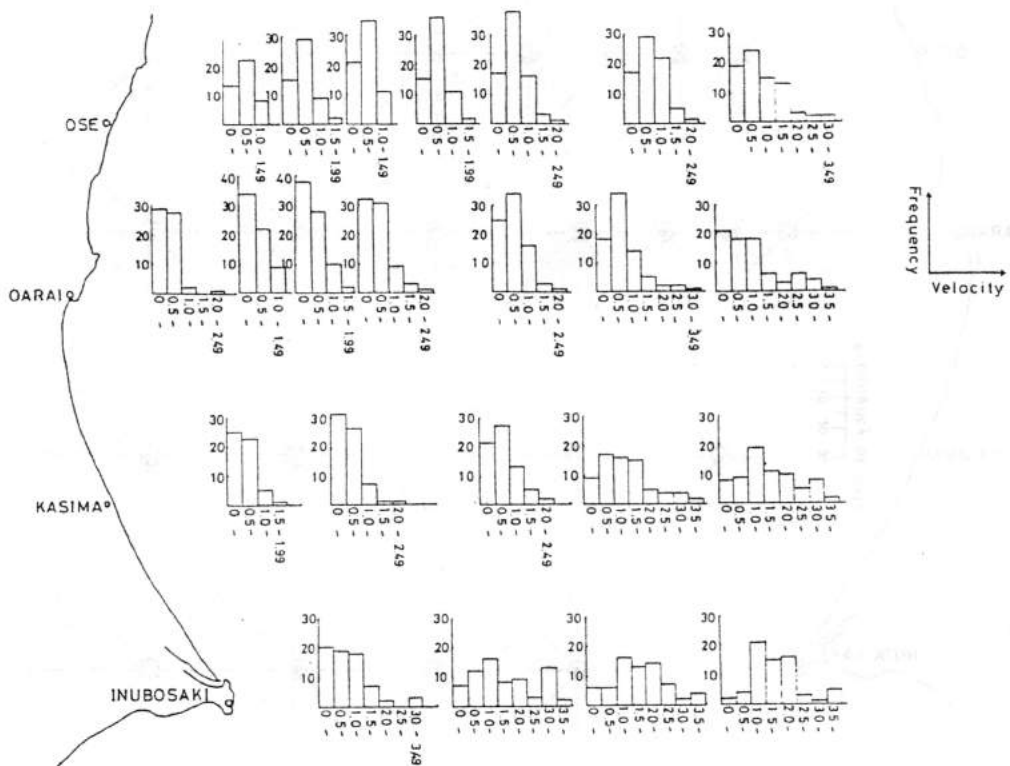


図Ⅲ-3 流向の頻度分布 (1971～1978年全期間)
丸の中の数字は、測定回数を示す。
(久保ら, 1980)

(3) 流速の頻度分布

図Ⅲ-4は各測点の流速の頻度分布である。

会瀬沖の測線では、いずれの測点も0.5ノット (0.9km/h) ~ 1ノット (1.9km/h) の頻度が高い。沖合いに行くにしたがって流速は早くなる傾向がある。大洗沖では、沿岸よりの4測点で0.5ノット未満の流速になるときが、0.5ノット~1ノットの流速になるときを上回るが、沖合いにいくにしたがって流速が速くなる傾向がある。この傾向は鹿島沖、犬吠埼沖でもみられる。黒潮が通っている測点では3ノット (5.6km/h) 以上の流速が記録されているが、鹿島灘では全体的に南向きに、1ノット未満の流速で流れる流れが多く、東にいくにしたがって多少流速が速くなり、東に向かう成分が多くなる。



図Ⅲ-4 流速の頻度分布 (1971~1978年全期間)
たて軸に度数、よこ軸に流速 (単位: ノット) を示してある。
(久保ら, 1980)

(4) ま と め

茨城沖の流況をまとめると次のようになる。

1. 岸よりの海域では南向きで1ノット(0.9km/h)以下の流れがみられる。
2. 沖の海域では南東～東向き1ノット程度の流れがみられる。
3. 南側の黒潮流域では東～北東に流れ、黒潮流軸では3ノット(5.6km/h)以上の流速になる。
4. 断水舌が形成されたときに大洗沖の沿岸部で北向きの流れがみられることがある。

<参考> 力学計算について

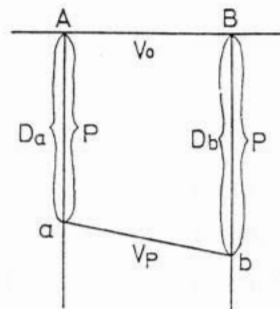
最近、海流を直接測定する方法がかなり進歩したが、伝統的な手法として力学計算による海流の推算がなお有効な方法として利用されている。

海流は風や太陽放射等いろいろな作用によって維持されているが、近似的には地衡流と考えることができる。地衡流は、コリオリの圧力傾度と釣り合う条件から計算できる。海中の圧力分布は、密度分布から決定できるので、地衡流を求めるためには、海中での密度分布を知る必要がある。これら一連の計算を力学計算という。

下図に示すように、2つの観測点A、Bにおいて、水圧 p の点をそれぞれ a 、 b とし、これらの D の値を D_a 、 D_b (ダイナミックメーター)、海面A Bおよび p なる等圧面 $a b$ におけるこの断面に直角な平均流速をそれぞれ V_0 、 V_p

($\text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}$)とすれば、地衡流の定義により次式が成立する。

$$V_0 - V_p = \frac{D_b - D_a}{2\omega \sin \phi \cdot L}$$



鉛直断面図

L : 両点間の水平距離 (km) ω : 地球自転の角速度 ($0.0000729 \text{sec}^{-1}$) ϕ : 地理的緯度

上式の右辺は観測によって求まるから、これから等圧面と海面との流速差がわかる。したがって、任意の等圧面における流速がわかっているれば、この断面の流速分布がわかるが、一般には未知なので、十分深いところでは流れが弱いとみなし、それとの相対速度をもとめる。

つまり、流速は直接測定しなくても、水温と塩分の分布から計算によって求めることができるのである。(くわしくは海洋観測指針参照のこと)

コラム 茨城沖の魚群と水温

海産生物は水温変化に敏感だけでなく、水温変化に対する抵抗が弱い。水温が低下すると魚体内の化学反応が鈍くなるため、新陳代謝が弱まり死ぬこともある。また、高温になりすぎても新陳代謝が盛んになり死ぬ。

したがって、魚類にはその種類によって、生活に最も適した水温がある。また、生殖行為も水温によって著しく影響を受ける。一般に、水温変化の少ない沖合では生殖期間が長く、沿岸のように水温変化の著しいところでは生殖期間が短い。

寒流性魚類……………タラ、タラバガニ、ニシン、サケ、マス

やや寒流性魚類……スルメイカ、大羽イワシ、サバ、ブリ、タイ、サンマ

暖流性魚類……………マダロ、カツオ、ビンナガ

カタクチイワシ（12～17℃）

沿岸の水深5～10mを群れをなして遊泳している。ときどき、内湾に侵入して淡水区域にまで上ることもある。産卵は九州海域からオホーツク海にかけて、年中熟卵を持ち、浮遊性卵を産む。産卵は春と秋に盛期がある。寿命は2年半。2年で13cm位。

茨城沖の海域では、表面水温12～17℃の黒潮系水寄りの水帯に魚場が形成される。10℃以下の水帯が覆う海域には見られない。



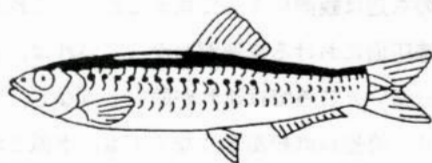
マイワシ（5～25℃）（適温14～16℃）

外洋性の魚で、上層・中層を群れをなして回遊している。産卵期以外は内湾に入ることは稀である。2年で成熟。全長19cm。4年で22cm。最高8年まで生き24cmになる。横腹に青黒い斑点がある。春から夏に沿岸に沿って北上し、水温の低下にともなって南下する。

茨城沖の海域では、沿岸から沿岸と黒潮の混合水帯、及び、黒潮と親潮との混合水帯の幾分親潮側に生息している。

また、大きさによって次のように分類している。

体長 18～35mm	マシラス（白色）
35～45mm	カエリ（黒灰色）
50～90mm	小羽
90～150mm	中羽
150mm～	大羽



サンマ (12~20℃) (適温15~17℃)

外洋の表層近くを群れをなして遊泳する。冬は日本の南方へ、夏は北海道や千島沖へ移動する。太平洋岸では、千葉県以北が主な漁場である。

茨城沖の海域では、早いときには9月下旬から漁場が形成されるが、一般には、10月下旬頃である。

鹿島灘に大冷水塊の張り出しが顕著な年には、この海域の黒潮前線北側に好漁場が形成される。しかし、逆にこの海域に黒潮分派や暖水塊が接岸し、親潮系水の張り出しを阻んでいる時には全く不漁となる。

マサバ (10~22℃) (適温14~16℃)

群れをなして沿岸表層域を活発に回遊する。水温10~22℃の清澄な水帯にすむ。

茨城沖の海域はマサバの南下群、北上群の経過海域であり、群れの分布域は適水温帯の大きさによって限定される。漁場は大陸棚の縁に沿い、親潮系水、暖水舌、黒潮分派、沿岸水帯との潮境に形成される。

カツオ (16~30℃) (適温19~23℃)

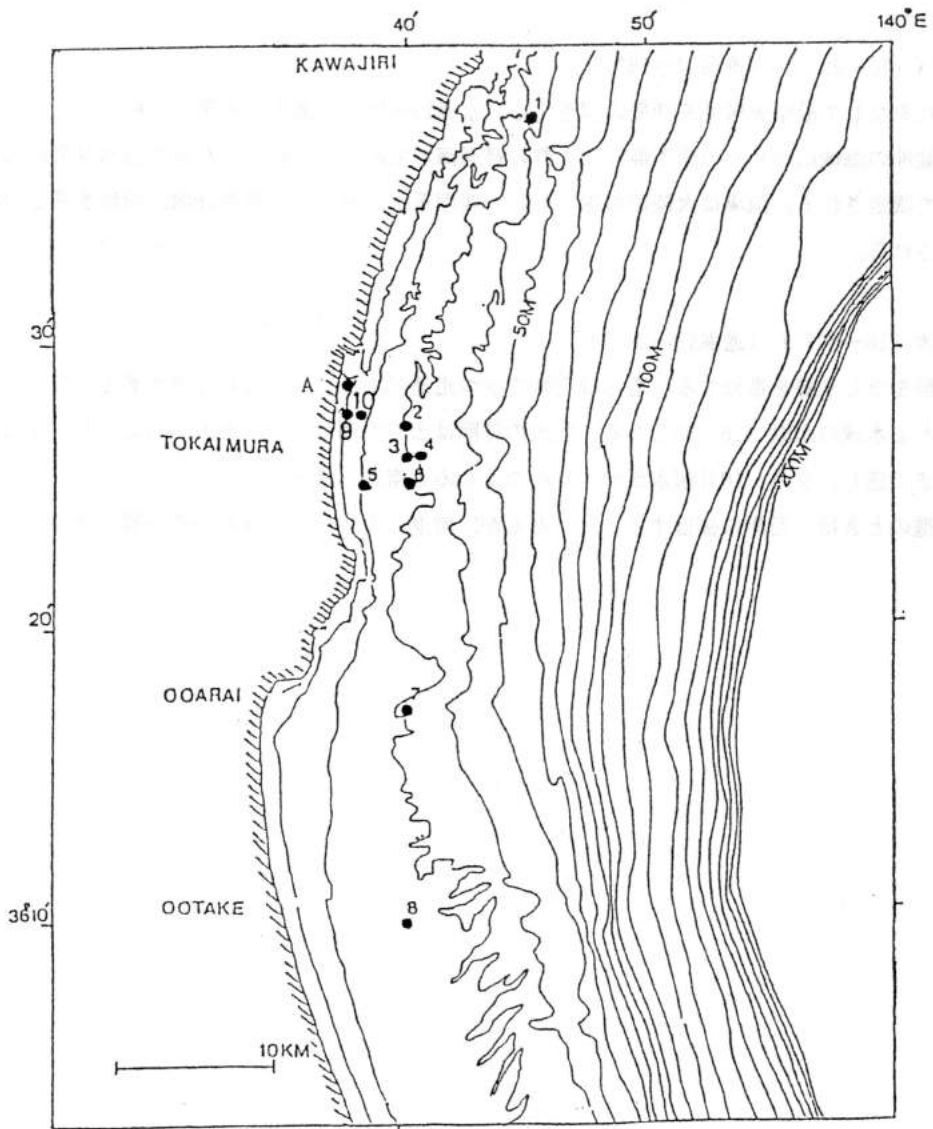
大群をなし表層を遊泳する。遊泳は巧妙でかつ迅速である。19~23℃を適水温としているが、漁獲される水域の水温は16~30℃ある。回遊の範囲は広く黒潮によって南方から北上し、夏は北海道近くまで達し、9月~10月頃水温がやや冷たくなると南方へ帰る。

北進のときは、沿岸に接近することもあるが、南進のときは遠く沖あいの中層を泳ぐ。

2. 沿岸の流況

使用した資料は、茨城県水産試験場が昭和50年度から62年度にかけて行った温排水影響調査によるものである。この調査は、東海村にある日本電子力発電所(株)東海発電所、同第二発電所から放出される、復水器の冷却水が周辺海域の海洋生物に及ぼす影響を調査したものである。

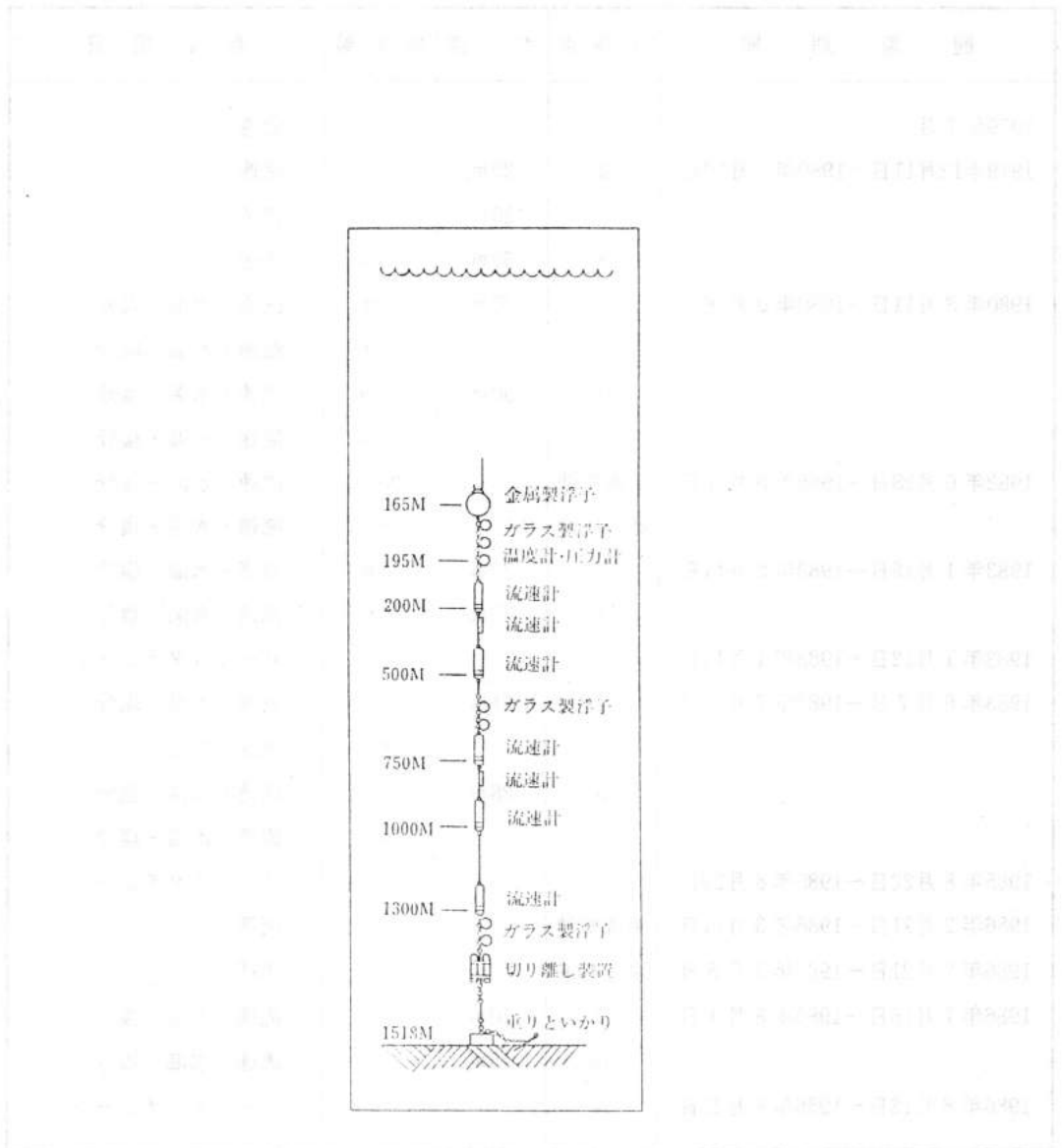
流速の測定は次のように行なわれた。観測地点、観測期間はそれぞれ図Ⅲ-5、表Ⅲ-1に示す。計測方法は図Ⅲ-6に示す通りである。流速計は主としてアンデラ型が用いられ、東西方向と南北方向の流速及び水温・塩分が測定された。



図Ⅲ-5 観測海域の海底地形及び測点配置

表Ⅲ－1 観測期間及び測定項目，水深，測定層

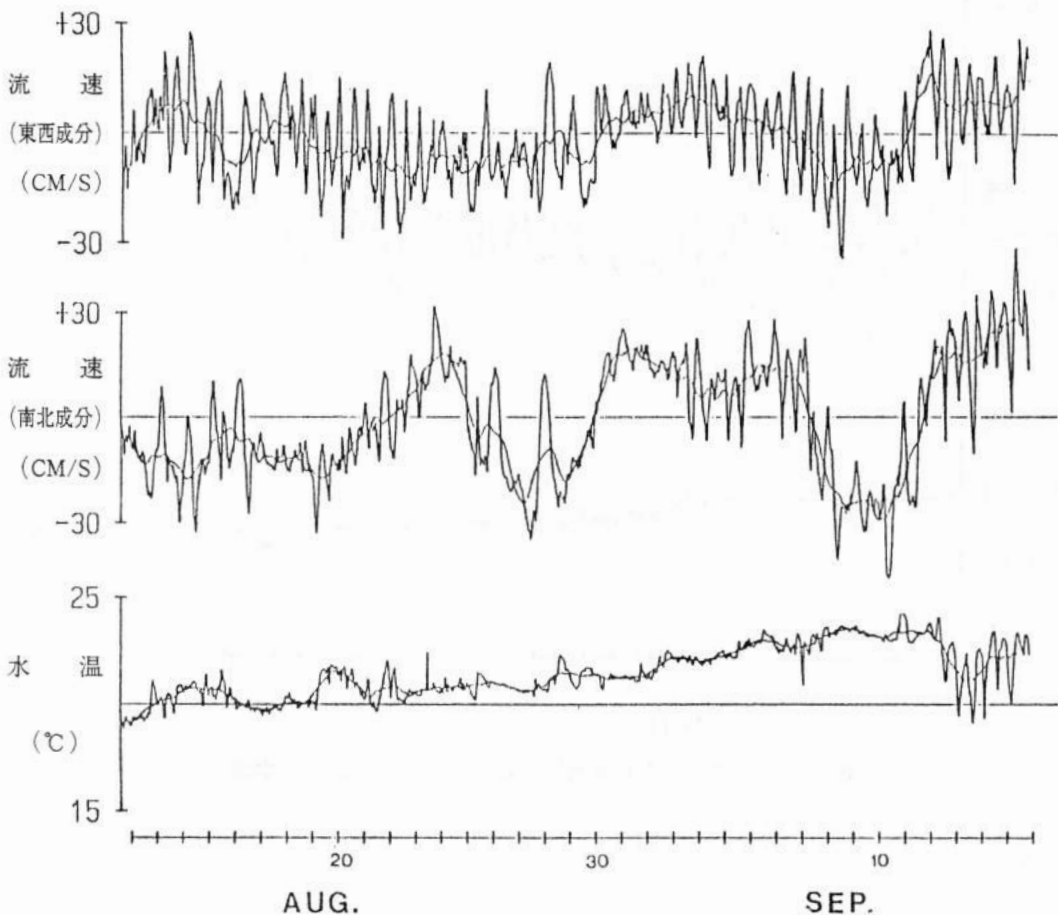
観 測 期 間	観 測 点	水 深	観 測 層	測 定 項 目
1979年 7 月				流速
1979年12月11日～1980年 2 月10日	2	20 m	5 m	流速
	5	20 m	5 m	流速
	6	30 m	5 m	流速
1980年 8 月11日～1980年 9 月16日	1	20 m	5 m	流速・水温・塩分
			15 m	流速・水温・塩分
	6	30 m	5 m	流速・水温・塩分
			15 m	流速・水温・塩分
1982年 6 月28日～1982年 8 月 6 日	東海村沖		20 m	流速・水温・塩分
	鹿 島 沖		18 m	流速・水温・塩分
1983年 1 月16日～1983年 2 月14日	2	32 m	17 m	流速・水温・塩分
	7	32 m	17 m	流速・水温・塩分
1983年 1 月12日～1983年 1 月14日				サーミスタチェーン
1983年 6 月 7 日～1983年 7 月10日	4	31 m	10 m	流速・水温・塩分
			20 m	流速・水温・塩分
	8	28 m	10 m	流速・水温・塩分
			20 m	流速・水温・塩分
1985年 8 月22日～1985年 8 月29日				サーミスタチェーン
1986年 2 月21日～1986年 3 月11日	東海村沖			流速
1986年 2 月21日～1986年 3 月 5 日	東海村沖			流速
1986年 7 月16日～1986年 8 月 1 日	9	10 m		流速・水温・塩分
	10	15 m		流速・水温・塩分
1986年 8 月12日～1986年 8 月21日	A			サーミスタチェーン



図Ⅲ-6 係留ブイシステムの例
(本県で使用したものとは少し異なる)
(「海流の物理」永田 豊より)

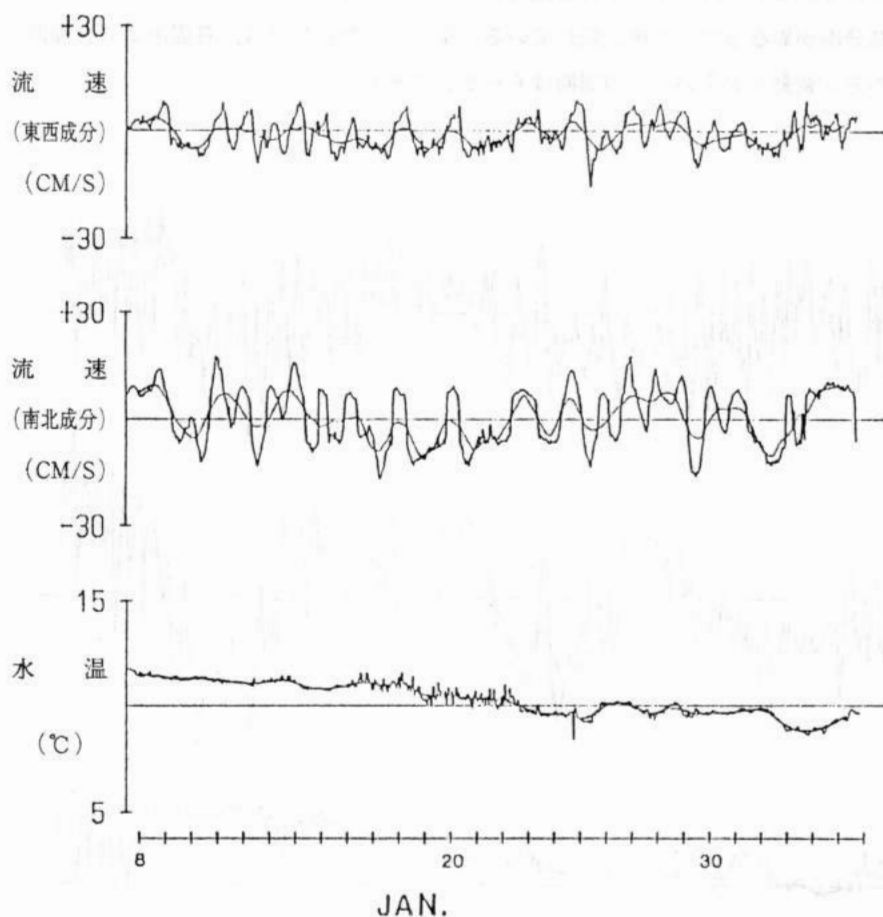
(1) 流速の変動について

観測で得られた結果の一例として、東海村沖の5 m深における1980年8月11日から9月20日までのながれの東方及び北方成分・水温記録を図Ⅲ-7に示す。東向き、北向きをそれぞれ正とする。日周潮・半日週潮の変動が顕著であるので、その影響をある程度取り除いてみる為に、25時間の移動平均を生データに重ねて描いた。流れの東型成分即ち岸に直交する成分には、半日周期の変動がはっきり見られる。一方、岸に平行な流速成分では、日周期の変動が卓越している。両成分で潮汐の卓越分潮が異なるのが明確に現れている。岸に平行な成分では、日周潮より日周期の変動が長周期の方が変動が大きい。この周期は6-8日である。



図Ⅲ-7 1980年8月東海村における5 m層の流速・水温

成層の存在しない時期の観測例として、同じ観点の1883年1月の17m深の流速・水温記録を図Ⅲ-8に示す。両成分とも夏に比べ振幅は小さい。約1日周期の変動が顕著で、それよりわずかに周期の長い変動も認められる。この変動の周期は2-3日である。日周期より長い数日周期の変動は、夏に比べて周期が短く振幅も小さいことがわかる。



図Ⅲ-8 1883年1月東海村における17m層の流速・水温

各測定期間中の平均と変動の大きさを比較するため、岸に平行な流速成分（南北）、垂直な流速成分（東西）についてそれぞれ平均値と標準偏差を計算した。（表Ⅲ－２）岸に平行な成分、垂直な成分は、それぞれ北向き、東向きを正としている。岸に平行な成分、垂直な成分ともに平均値より標準偏差の方が大きい。変動性に富んだ海域であると言える。また、1981年と1983年には岸沿いに南向きの平均流が存在している。それ以外の期間の観測からは、目立った平均流は見つからなかった。各期間とも各測点において、岸に垂直な成分の偏差が岸に平行な成分の偏差より小さいが、これは測点が岸に近い場合、海岸線に垂直な成分が小さくなったものと考えられる。

表Ⅲ－２

観 測 期 間	観 測 点	南北平均流速 (北流が正)	東西平均流速 (東流が正)	標 準 偏 差	
				(南北)	(東西)
1979年 7 月		-2.32cm/sec	-1.34cm/sec		
1979年12月11日～1980年 2 月10日	2	2.76cm/sec	0.06cm/sec	9.26	7.89
	5	0.75cm/sec	-0.84cm/sec	9.48	3.16
	6	0.02cm/sec	-1.30cm/sec	12.35	5.89
1980年 8 月11日～1980年 9 月16日	1	-4.02cm/sec	0.99cm/sec	18.30	16.22
		1.66cm/sec	-1.41cm/sec	11.65	7.85
	6	-0.71cm/sec	-0.69cm/sec	16.79	11.55
		-0.79cm/sec	-0.63cm/sec	11.90	5.97
1983年 1 月16日～1983年 2 月14日	2	0.16cm/sec	-1.15cm/sec	8.12	4.24
	7	-1.85cm/sec	-1.32cm/sec	8.76	4.65
1983年 6 月 7 日～1983年 7 月10日	4	-9.56cm/sec	-2.33cm/sec	13.80	8.69
		-3.23cm/sec	-2.00cm/sec	9.85	6.62
	8	-6.73cm/sec	-1.27cm/sec	17.56	9.01
		-6.15cm/sec	0.27cm/sec	12.10	6.84

(2) ま と め

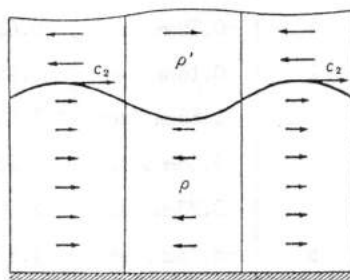
このようにして、全期間の流速変動をまとめると次のようになる。

1. 流速は冬季に比べ夏季の方が大きい。
2. 夏季には南向きの平均流が観測されるが、冬季の平均流は弱く、北流の傾向がはっきりしない。
3. 流速の東西成分には、夏季に半日周期の変動が見られる。これは沖合いから岸に進行した内部重力波である。
※1
4. 日周期より長い周期の変動は夏季に1週間程度、冬季に3日程度の周期をもつ変動が見られる。これは、陸棚波によって北の海域から伝播してきたものである。
※2

用語解説

※1. 内部重力波

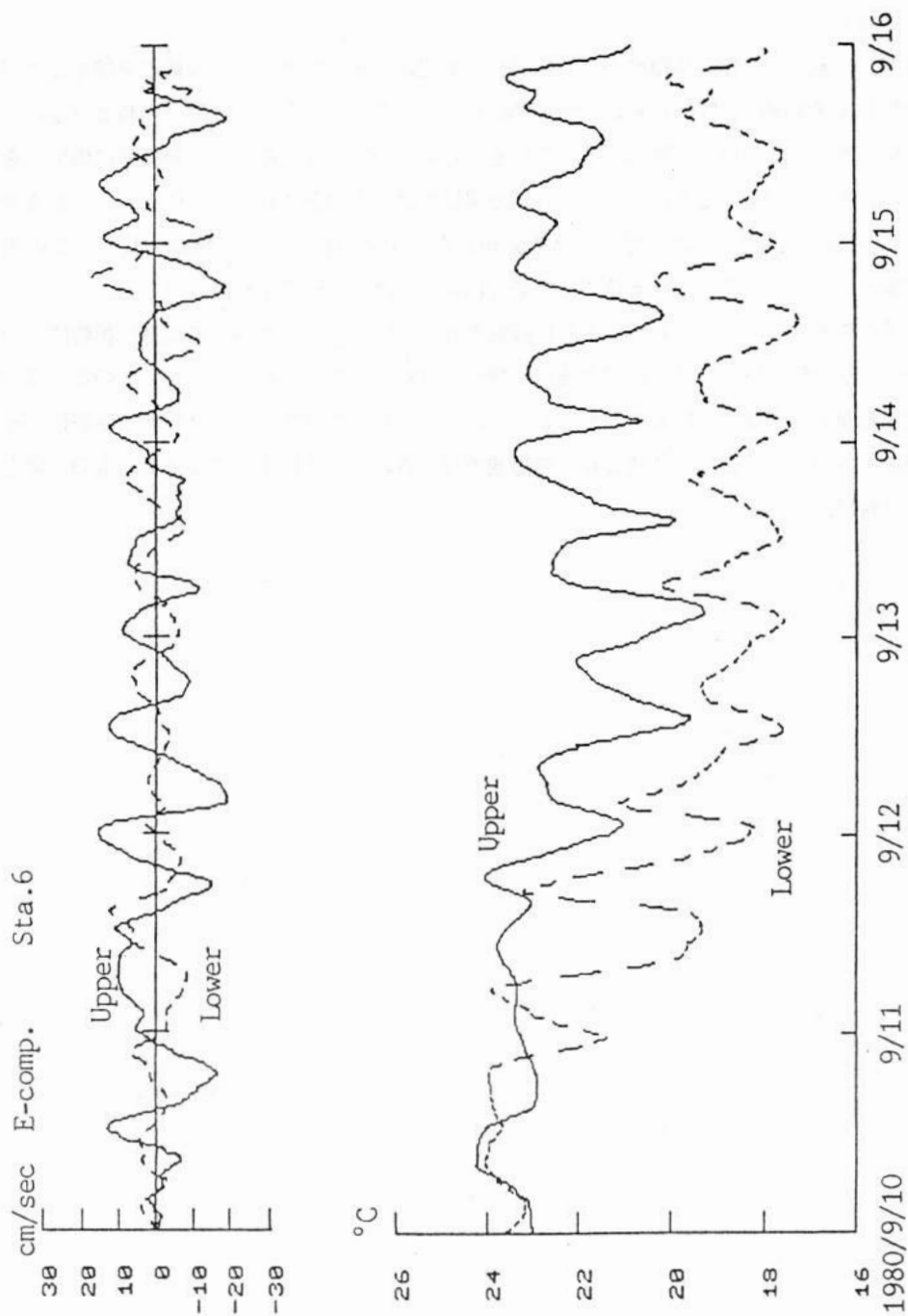
海中のある深さに存在する水温躍層は定常的なものでなく半日周期で常に変動している。それ以外にも、水温躍層で波動が観測されている。このような水温躍層での数10分から半日程度の波動を内部波と呼んでいる。この現象は最初、潜水艦の乗組員らによって観測された。たとえば、J・ピカールは、メキシコ湾流調査のため潜水艦ベンジャミン号で潜水漂流を行なった。彼の航海日誌には数分周期で10mの振幅で潜水艇が上下する現象に悩まされたと記している。これらはすべて内部波の水の運動によるものであることがわかった。



図Ⅲ－9 内部波における振幅と流速の模式図
(C_2 は内部波が進む方向、矢印は海水の流れを示す)

図Ⅲ－9は、内部波とそれに伴って起こる水の流れを示している。内部波の波高は躍層付近が最も大きく、表層や底にいくほど小さくなる。また、観測される内部波の周期は10分程度から半日ぐらいまでである。内部波の発生は、海面での風、大気圧の変動、潮汐、表面波、海底地形の影響によるものと考えられている。

夏季に見られる半日周期の変動は、成層期だけに見られ、成層の崩れる時期（9月頃）以降には見られない。また、2層で流速を観測したときよく上下逆相になっている（図Ⅲ－10）。以上のことからこの現象は内部重力波と考えられている。（川崎、1985）



図Ⅲ-10 1980年9月10日～16日の測点6における東西成分流速，及び水温の上下層の様子。流速については，2時間のローパスフィルターと12.5時間のハイパスフィルターをかけている。水温については2時間のローパスフィルターをかけている。実線が上層（5 m層），破線が下層（15 m層）である。（温排水影響調査報告書，1988）

※ 2. 陸棚波

日本列島南岸で、転記は穏やかなのに異常に潮位が上昇し浸水等思わぬ被害を被ることがある。この現象は異常潮位と呼ばれる。庄司（1961年）によるとこのような潮位の変動は東日本では北から南へ西日本では東から西へ伝播していることが報告された。その後、陸棚域に係留系を設置しその流速を測定することによって、各地で同様の現象が観測されるようになった。福島沖でも Kubota et al (1981) によって、流速変動が北から南に伝播するのが観測された。この現象は陸棚波とよばれるもので、北半球では岸を右にみて伝播する性質を持つ。

今回の観測データで得られた、南北に設置され、2点間の流速変動の間に高い相関関係があり、その変動が北側の観点に対し南側の観点で数時間遅れていることがわかった。このことは、北の流速変動が南に伝播していることを示している。したがって夏季に1週間程度、冬季に2～3日の周期を持つ流速変動は、茨城より北の海域で起こされ陸棚波によって伝播したものと考えられる。（村田，1985）

コラム 沿岸湧昇

なんらかの原因で下層あるいは深層の水が表層あるいは上層へ引き上げられる現象を湧昇という。このような現象は、海岸付近で風が吹くことにより、海底地形の影響を受けて引き起こされることが多い。

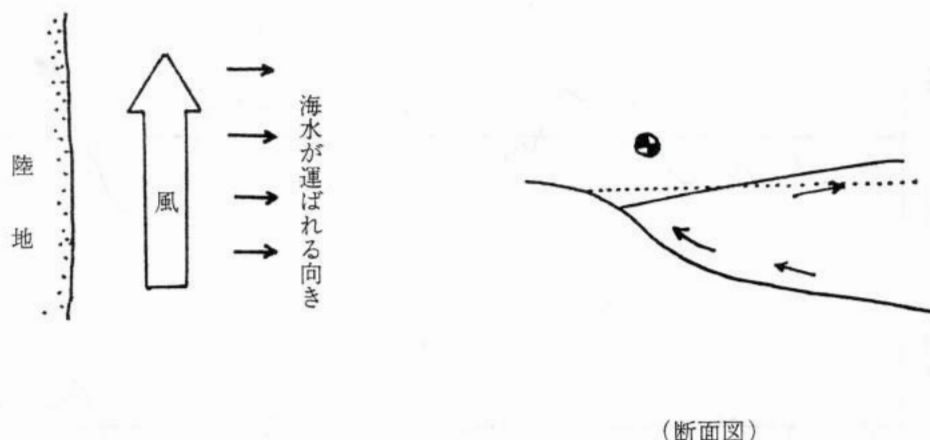
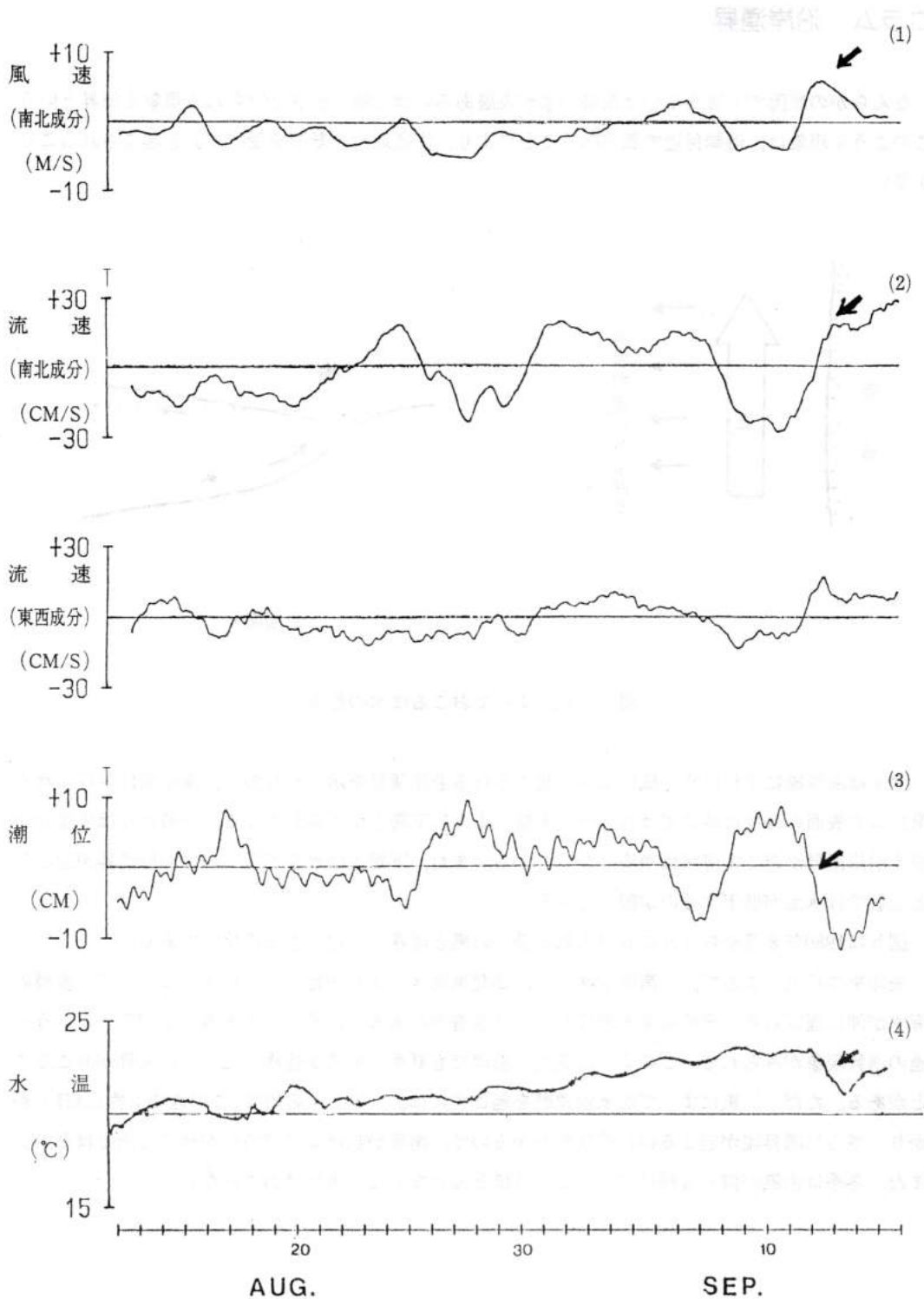


図 a 風によっておこる海水の動き

図 a は海岸線に平行に吹く風によって起こされる沿岸湧昇を示したもので、海岸線に平行に吹く風により表面の海水は沖に運ばれ、それを補うように下層水が上昇してくる。下層水には栄養分が多く沿岸湧昇が起こる海域は漁場となっている。また、下層水は水温が低いので沿岸湧昇が起こると上層では水温が低下するのが観測される。

図 b は1980年8月から9月における海岸沿いの風と流速、潮位、水温の比較である。

矢印をつけたところで、(1)南風が吹くと、(2)北東向きの流れが起こり、転向力によって、表層の海水が沖に運ばれる。その結果(3)潮位が下がり底層から海水が湧昇し、(4)水温が下がる。という一連の湧昇現象がみられる。このように茨城の沿岸でも夏季に南風が連吹したときに湧昇がおこることがある。ただし、風によって海水が運動を起こすには、一定以上の時間(この辺では約1.4日)かかり、さらに湧昇流が起こるのに時間がかかるので、南風が吹けば必ず湧昇が起こる訳ではない。また、冬季は南風が何日も続けて吹くことはほとんどないため湧昇はおこらない。

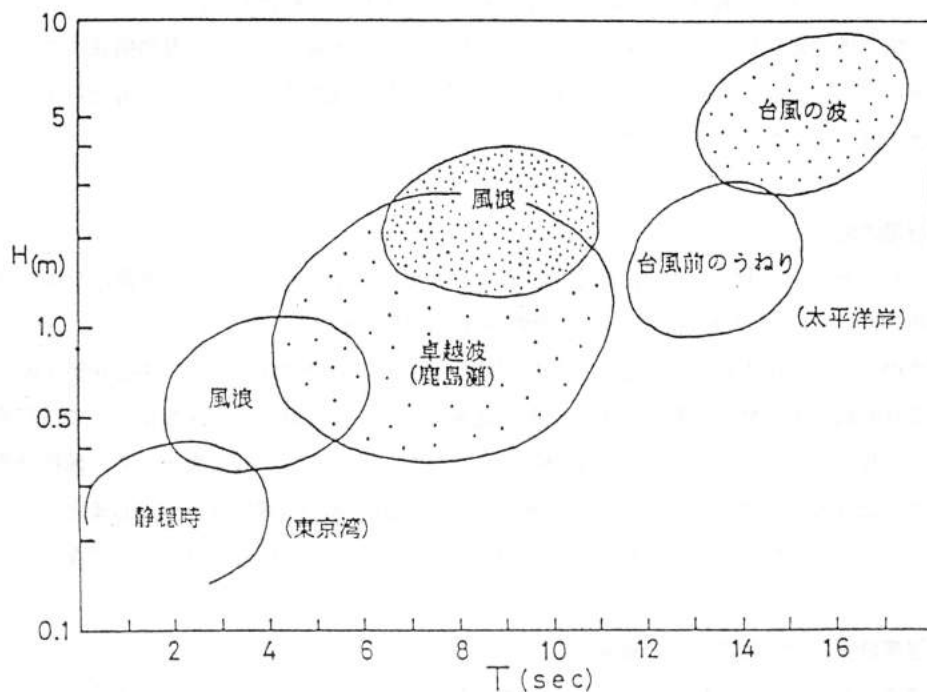


図b 1980年8月東海村における5m層の風速・流速・潮位・水温の比較

IV. 気象と海況—鹿島灘を例として—

わが国は、一年を通じて波高変化の著しい国である。これは、次のような気象条件によってもたらされている。

- (1) 春や秋には、偏西風が南北に波動しながら上空を吹きぬけるのに対応して、温帯低気圧が西から東へ通過する。
- (2) 南方海上で発生した台風が接近したり上陸したりする。
- (3) 冬には西高東低型の気圧配置が発達して、北西の季節風が吹きぬける。



図IV-1 鹿島灘で見られる波浪の性質（牧野・増田，1986より，ただし風波を風浪に改めた）。鹿島灘において頻度の高い波浪の周期と波高が示されておりそれをわが国太平洋岸での台風による風浪，うねり，台風以外の風浪および東京湾での風浪，静穏時の波と比較している。

高い波高をもたらす原因を日本海側と太平洋側とで比較すると、日本海側では冬の季節風による風浪が主であるのに対して、太平洋側では台風などによる風浪とうねりが主になっている。特に、夏に台風からのうねりが伝わってきたものを土用波といい、台風の中心から1000km以上離れていても1～2mの波高が見られる。また、台風以外のうねりも絶えずやってくるため、風の弱い時でも波高0.2～0.5mの波が残っていることが多い。

さて、茨城県内の例としては、広瀬・高橋(1983)が鹿島沖の波浪を約10年間にわたって観測したデータを報告しており、さらに、牧野・増田(1986)がこのデータと井島(1960)およびI N A新土木研究所(1972)のデータを用いて、第四紀層に見られるウェーブリップルの形成条件を推定している。図Ⅳ-1はその研究論文から引用したものである。鹿島灘で見られる波はひじょうに幅広い周期と波高を示しているが、最も頻繁に見られるのは、周期4～11秒、波高0.4～3.0mの波である。これは、東京湾の湾口(富津沖)で見られる風浪よりもやや大きい。

一方、第二港湾建設局ほか(1968)は、鹿島港における波高変化と気圧配置の関係について、天気図を使って、具体的な事例を示している。それによると、鹿島港に高い波高をもたらす気圧配置には、次のようなものがあげられる。

(1) 台風の北上

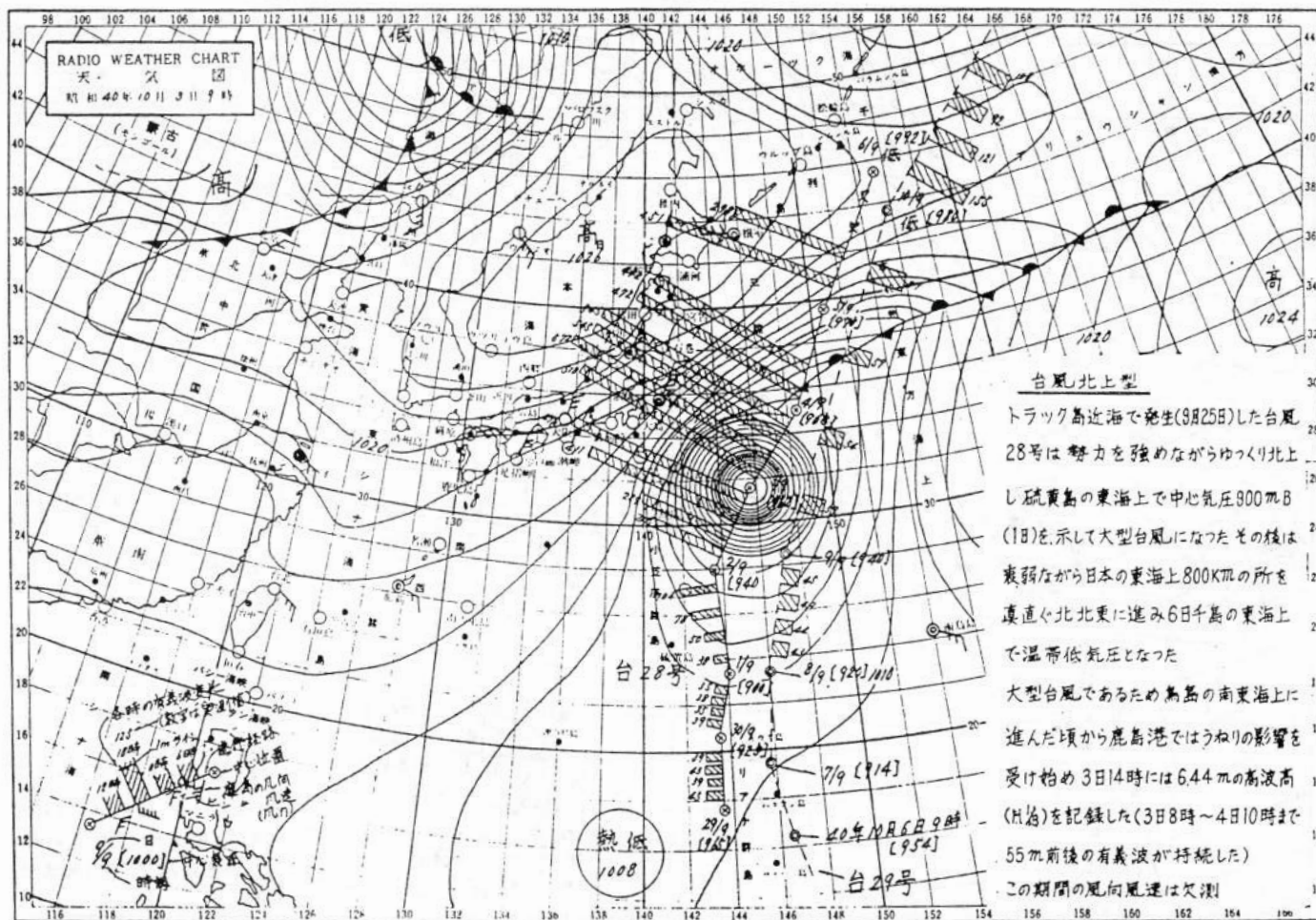
台風が南海上を北上してくると、まずうねりが太平洋沿岸にやってくる。鹿島港では、鹿島の南東約700kmに達した頃から周期13～15秒のうねりが現われるという。

関東の東方数百kmを真直ぐ北上した昭和40年の台風28号の例では、台風の中心が銚子沖に來た時に最高6.44mの波高を記録した後、台風が北海道沖に達した段階でも、2m以上の波高を持続した(図Ⅳ-2)。このように、台風が陸から離れたコースをたどった場合でも、最接近の前後4日間位はうねりの高い状態が続くのであって、海岸が台風の風域にはいってしまえば、当然、風浪が発達し、最盛時には周期14～18秒、波高5m以上の高波が押し寄せることになる。

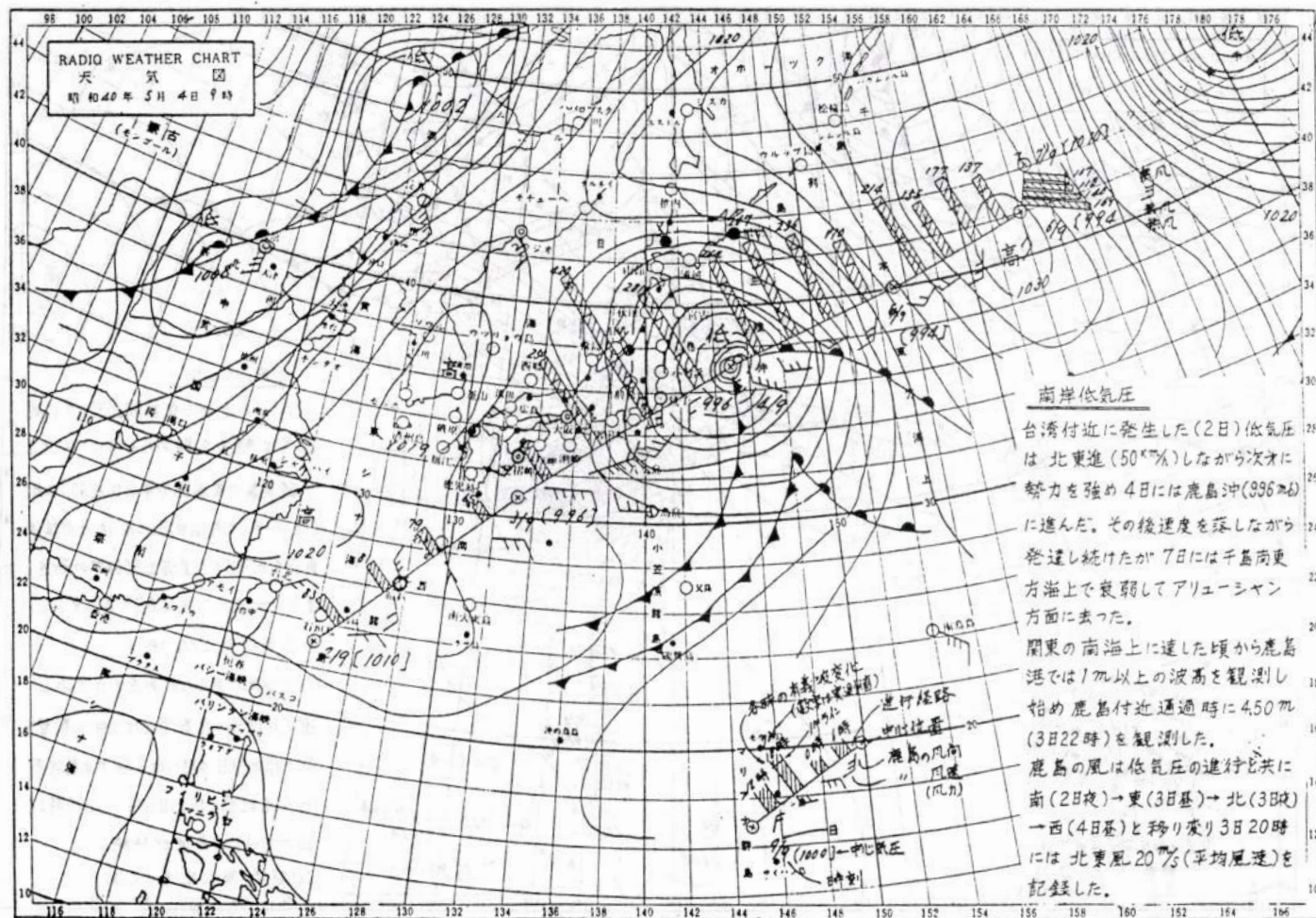
(2) 温帯低気圧が日本の南岸を通過

台湾沖で発生した温帯低気圧が発達しながら北東へ進み、日本の南岸を通過する場合には、低気圧の中心が関東南岸にある頃をピークに周期7～11秒、波高2m以上の風浪が発生する。最盛時の風は、鹿島灘の海岸線にはほぼ垂直な岸向きの風、すなわち、北東の風である。図Ⅳ-3の例では、風速20m/sの北東の風を記録した2時間後に最高4.5mの波高を観測した。鹿島付近通過後も低気圧の影響は続き、低気圧が千島南東沖の東経160°を越えるまで波高1m以上のうねりが残った。

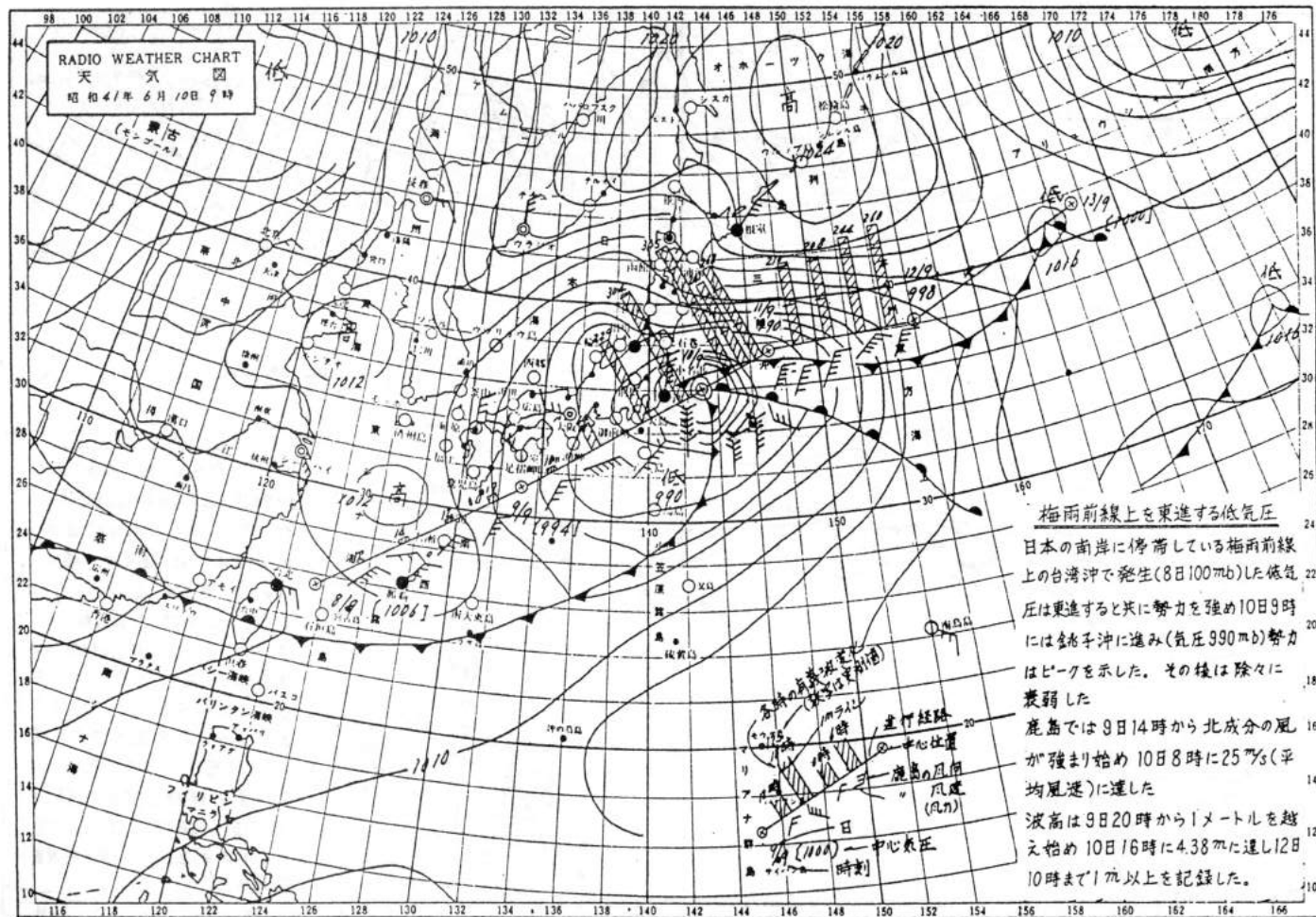
このパターンと同様の気圧配置は、梅雨や秋雨の時期にも発生しやすい。これは、日本の南岸に形成された停滞前線上の低気圧に向かって吹く北ないし北東の風が強くなったり、風速はそれほどなくても長時間持続的に吹いたりした場合に波高が大きくなる例である(図Ⅳ-4, 5)。



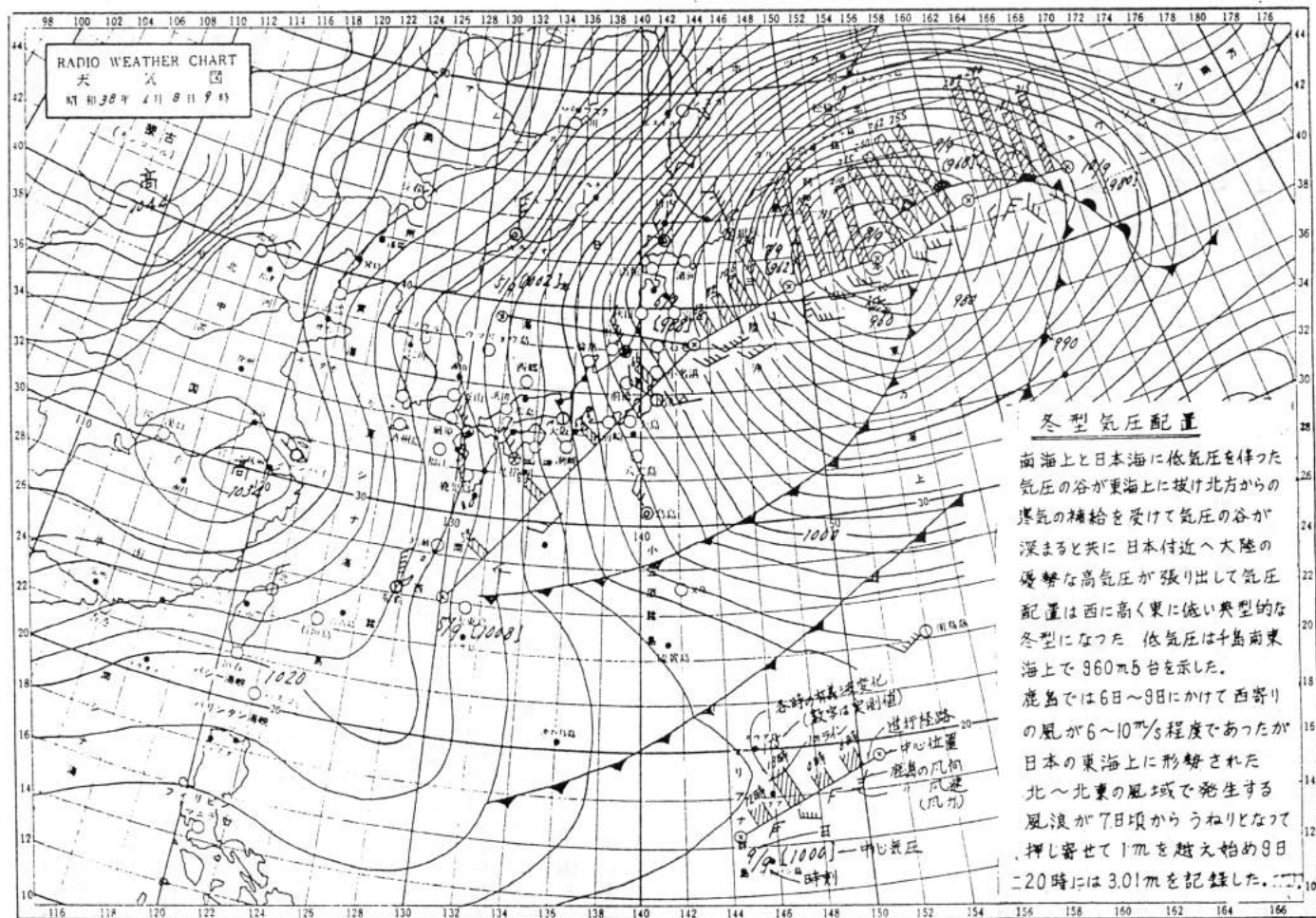
図Ⅳ-2 台風北上時の波浪変化(第二港湾建設局ほか, 1968より)



図IV-3 温帯低気圧が日本の南岸を通過した時の波浪変化(第二港湾建設局ほか, 1968より)



図Ⅳ-4 梅雨前線上を低気圧が東進した時の波浪変化(第二港湾建設局ほか, 1968より)



図IV-6 西高東低型の気圧配置における波浪変化 (第二港湾建設局ほか, 1968より)

(3) 西高東低の気圧配置

冬の西高東低の気圧配置は、強い北西の季節風を吹かせるため、日本の各地に高い風浪をもたらす。特に、日本海沿岸では、周期8～10秒、波高4～5mの高波が多く見られるようになる。

それに対して、鹿島灘では、北東の季節風が陸風となるため、必ずしも高い波には発達せず、風浪の周期は比較的短いものが多くなっている。しかし、低気圧が北東の海上に位置することから、そこで発生したうねりが鹿島灘まで伝わってくる。図Ⅳ-6の例では、北緯40°付近を低気圧が東進する間に、周期約10秒で、波高が1mを超えるうねりが押し寄せ、最盛時には波高3.01mを記録した。

<参考>

1. 波の観測方法

実体航空測量を行えば波長、波高、波速といった波の諸要素を観測できるのであるが、コストと手間がかかりすぎるという難点がある。実際には、海岸や沖合、あるいは船舶などに測定器を設置して、波高変化を記録する方法が多く用いられる。

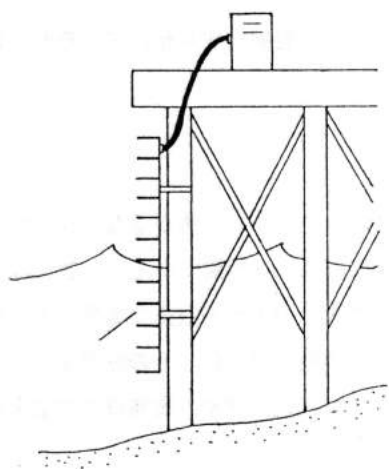
波高変化の測定方法には、水面の昇降そのものを測定する方法、水中のある深さにおける水圧変化を測定する方法、海水の動きの加速度を測定する方法などがある。

水面の昇降は、精度を考えなければトランシットとストップウォッチを使って目視でも観測できるが、同一地点での水面の動きを測定するには、検潮器と同じように浮きを浮かべて、その上下動をそのまま記録したり、段型抵抗波浪計（図Ⅳ-7a）といって、長さ8mほどの管に数cm間隔で取り付けられた電気接点を用い、水に浸っている部分の長さに応じて電気抵抗が変化するのを測定したりする方法が採られている。

一方、沖合で固定点の動きを知るためには工夫が必要であるが、その一つとして、フルード波高計がある（図Ⅳ-7b）。これは、波の運動が、沖合では、普通、水深を増すにつれて指数関数的に小さくなっていくことを応用したもので、動きの小さい深い場所に制御板とおもりを取り付けて位置を保っている。

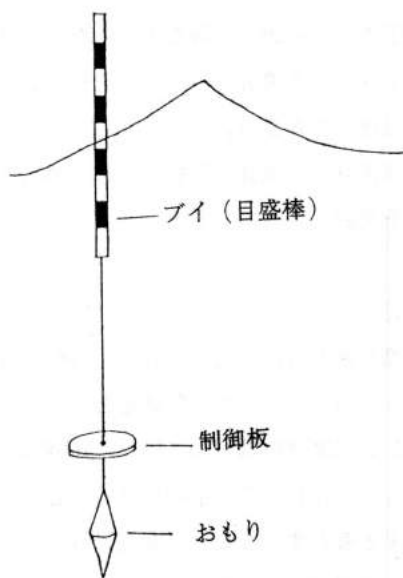
水圧変化を測定する圧力式波浪計は、フイゴになっている受圧部の伸縮を電気信号に変換するのである（図Ⅳ-7c）。受圧部上端の隔壁には小さな穴があいていて、これが潮汐などによる長周期の圧力変化を取り除くしくみになっている。

a

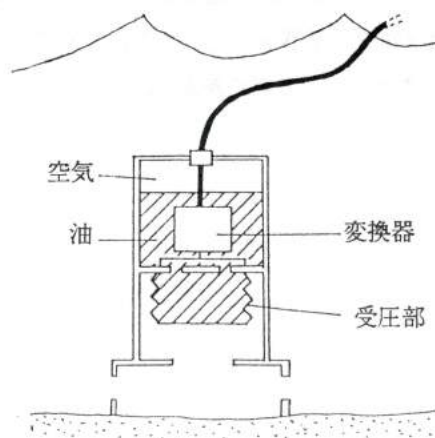


抵抗部

b



c



図Ⅳ-7 波浪測定方法の例

a. 段型抵抗波浪計 b. フルード波高計 c. 圧力式波浪計

水圧ではないが、上端をふさいだパイプを海中に立てて、水位の変化に伴う管内の気圧変化を記録する立管式波浪計というものも利用されている。この方法は、簡便でコストも安く済むけれど、精度は期待できない。

加速度計は、地震計同様、ふりこの原理を応用したもので、ブイや船舶に取り付けて、それらの運動を記録するものである。

2. 有義波

実際の海の波は、波長、波高、周期、波向のいずれをとっても、さまざまな波が重なり合って成り立っている。従って、観測値をそのまま使って波の性質を論じることは困難である。一般には、10～20分程度連続観測して得た、100個前後の波について、波高の大きい方から数えて3分11の数波を拾いだし、その平均を代表値として用いている。これは有義波と呼ばれ、その波高をH、周期をTと表わす。また、有義波以外に、10分の1の数で求めた1/10最大波や、最高波高の値を採用した最高波も代表値として用いられることがある。

3. 風速と波の規模

波の規模は風速、吹送距離によって決まる。これらについての理論式にもとづいて、風浪の有義波を予測する予報曲線が何種類か考案されている（和達（監修），1960；荒巻，1972などを参照されたい）。

風速と波の規模の関係については、気象庁風力階級表に風力・風速に対応した海面の状態と参考波高が記載されているので利用できる。表Ⅳ-1としてその必要部分を抜粋した。また、参考写真も用いれば、よりはっきりと印象づけることができよう。

表Ⅳ－１ 風力と海上の状態（気象庁風力階級表より、和文は一部改変）

風力 階級	海上における状態	地上10mにおける 相当風速 (m/s)	参考波高 (m) ()内は最高波高
0	鏡のような海面。	0.0 ～ 0.2	—
1	うろこのようなさざ波ができるが、波頭に泡はない。	0.3 ～ 1.5	0.1 (0.1)
2	小波の小さいもので、まだ短いがはっきりしてくる。波頭はなめらかに見え、砕けていない。	1.6 ～ 3.3	0.2 (0.3)
3	小波の大きいもの。波頭が砕けはじめる。泡はガラスのように見える。ところどころに白波が見える。	3.4 ～ 5.4	0.6 (1.0)
4	波の小さいもので、長くなる。白波がかなり多くなる。	5.5 ～ 7.9	1.0 (1.5)
5	波の中位のもので、いっそうはっきりして長くなる。白波がたくさん現われる。（しぶきを生ずることもある。）	8.0 ～ 10.7	2.0 (2.5)
6	波の大きいものができはじめる。白く泡立った波頭の範囲がいっそう広くなる。（しぶきを生ずることが多い。）	10.8 ～ 13.8	3.0 (4.0)
7	波はますます大きくなり、波頭が砕けてできた泡が筋を引いて風下に吹き流されはじめる。	13.9 ～ 17.1	4.0 (5.5)
8	大波のやや小さいもので、長くなる。波頭の端は砕けて水煙となりはじめる。泡は明かりのような筋を引いて風下に吹き流される。	17.2 ～ 20.7	5.5 (7.5)
9	大波。泡は濃い筋を引いて風下に吹き流される。波頭はのめり、崩れ落ち、逆巻きはじめる。しぶきのため視程がそこなわれることもある。	20.8 ～ 24.4	7.0 (10.0)
10	波頭が長くのしかかるような非常に高い大波。大きな塊となった泡は濃い白色の筋を引いて風下に吹き流される。海面は全体として白く見える。波の崩れ方は、激しく衝撃的になる。視程がそこなわれる。	24.5 ～ 28.4	9.0 (12.5)
11	山のように高い大波（中小船舶は波の陰に見えなくなることもある）。海面は、風下に吹き流された泡の塊で完全に被われる。波頭の端が吹き飛ばされて水煙となる。視程はそこなわれる。	28.5 ～ 32.6	11.5 (16.0)
12	大気は泡としぶきが充満する。海面は完全に白くなる。視程は著しくそこなわれる。	32.7 以上	14.0以上

コラム 天気予報における波の高さについて

最近、テレビの天気予報で、「明日の波の高さは〇〇メートル」とやっているのをみたことがあると思う。明日の波の高さはどのように予想しているのだろうか。

水戸地方気象台の予報官の方に聞いてみたところ、次のようにして予報を出していると言うことであった。

風速と波の高さの関係は統計的調べられており、風速が分かれば波の高さが計算できる式がある。また、ある地点における風の速度は気圧配置によって決まり、その値も気圧配置から計算することができる。天気予報においては、まず、明日の気圧配置を予想し、その気圧配置から風の分布を計算し、それによって起こる波の高さを計算して明日の波の高さとして発表している。ここでいう波の高さは有義波高といって、100個の波の高さを観測したとき、高い方から $1/3$ にあたる波の高さを指す。また、茨城沿岸といっても北と南、岸よりと沖では、その値が異なるので、その海域で最も高い波高を発表している。波の高さが2.5メートルを超えると、波浪注意報が出され、波の高さが6メートルを超すときには、波浪警報が出される。水戸地方気象台では茨城沖20海里（37km）以内の波の予報を出しており、それより沖は東京や仙台の気象台の管轄だそうである。

V. 「海洋」分野における実験・実習例

1. 水温の鉛直分布グラフの作成

目的 水温の鉛直変化はどのような特徴があるか。季節によるちがいはあるか。それぞれグラフから考える。

準備 資料, グラフ用紙

留意点 ア. 水深が増すごとに水温が下がっていることを確認させる。

イ. 変化率が急激に変化しているところ(主温度躍層)を確認させる。

ウ. 季節によって表層に季節躍層が形成されたりされなかったりすることを確認させ、その理由を考えさせる。

(資料) 水温観測記録

観測点 夏 30°02' N 137°04' E

冬 30°N 137°E

観測日 夏 1973年7月27日

冬 1972年1月15日

水温 (°C)	水深 (m)	夏	冬	水深 (m)	夏	冬
	0	26.8	19.3	300	17.0	17.0
	10	26.7	19.2	400	16.0	15.4
	20	26.7	19.2	500	13.9	13.2
	30	25.5	19.2	600	11.4	10.4
	50	22.0	19.2	700	8.9	7.6
	75	20.7	19.3	800	6.8	5.8
	100	19.5	19.3	1000	4.4	4.2
	125	19.0	19.2	1200	3.4	3.2
	150	18.8	19.1	1500	2.7	2.5
	200	18.3	18.0	2000	2.1	2.0
	250	18.3	17.4	2500	1.7	1.8
				3000	1.6	1.6

2. 潮候曲線の作成

目的 実際の検潮記録をもとに潮候曲線を作成し、潮汐について学習する。また、月齢との比較によって、天体が潮汐に及ぼす影響を考察する。

準備 検潮記録、グラフ用紙、月齢のデータ

- 留意点 ア. 1日のうちに平均すると2回ずつ潮位が上下するのを確認させる。
 イ. 潮位差がもっとも大きい日と小さい日をさがし、それぞれが周期的に現れるのを確認させる。
 ウ. イと月齢を比較させる。
 エ. 1日のうちで干満の差がおなじにならないことを確認させる。(日潮不等)

表V-1 潮位表

昭和62年4月										潮位表										(大鹿港検潮所)	
日	月	満				干				天候	最多風速	平均風速	風向	うねり	雨量	潮位				月令	備考
		時	高	時	高	時	高	時	高							平均	最大	平均	最大		
1		5:10	112	17:55	101	11:40	-7	23:35	40												
2		5:15	110	18:55	100	12:15	-10														
3		5:25	121	19:25	92	0:05	60	12:45	0												
4		5:45	114	20:30	76	0:05	65	13:30	0												
5		6:05	100			0:05	65	14:00	3												
6		6:35	91			15:15	8														
7		6:45	90			16:35	25														
8		3:10	92			18:40	22														
9		2:30	89	12:15	82	9:30	73	19:40	17												
10		2:30	94	13:30	94	8:40	62	20:20	27												
11		2:55	109	14:30	110	8:55	57	21:10	26												
12		3:15	110	15:15	110	9:30	37	21:40	18												
13		3:15	104	16:00	109	9:40	14	22:10	18												
14		3:50	101	16:40	108	10:20	-3	22:40	29												
15		4:05	108	17:15	109	11:00	-13	23:10	38												
16		4:15	111	18:15	102	11:30	-23	23:30	50												
17		4:45	114	19:15	95	12:10	-24														
18		5:15	115	20:20	90	0:05	61	12:45	-20												
19		5:55	116			0:15	73	13:50	-11												
20		5:45	113			14:35	-2														
21		6:40	105			15:55	12														
22		7:30	101			18:00	19														
23		1:50	98	11:00	92	7:20	74	19:00	25												
24		2:10	107	12:40	95	7:40	65	20:05	23												
25		2:15	98	14:15	97	8:30	33	20:35	27												
26		2:55	108	15:45	109	8:50	26	21:20	43												
27		3:00	118	16:00	105	9:50	6	21:55	38												
28		3:30	108	16:40	102	10:20	-13	22:15	43												
29		3:40	107	17:25	102	10:45	-21	22:55	53												
30		4:00	112	18:15	97	11:25	-23	23:20	57												
31																					
全日平均		3日5時25分				121				南風平均速度				大				3			
相対平均高潮位		113.5				干潮平均速度				24				小				潮位			
干潮平均潮位		102.2				潮位平均干潮速度				23.5											
平均潮位		63				位				17 11:12 25 10 分				-24							

気象庁気象研究所提供

潮 位 月 表

昭和62年4月

(大正港検潮所)

表V-2 潮位月表

時刻 日	月令	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	平	均
1		37	53	74	93	107	112	106	87	58	30	7	-6	-5	6	31	56	81	96	101	95	81	66	49	41		61
2		41	52	68	87	103	110	107	92	67	41	16	-3	-10	-5	15	38	62	84	96	100	94	82	71	63		61
3		60	65	79	94	110	119	118	108	88	62	37	16	2	0	9	22	49	68	83	91	90	84	75	68		67
4		65	69	77	90	104	113	114	108	93	71	49	25	7	0	2	12	31	46	61	71	76	76	71	66		62
5		65	66	70	79	88	96	100	98	90	74	55	36	17	6	3	6	13	25	38	50	59	64	65	63		65
6		63	64	67	73	79	86	90	91	86	75	63	47	33	20	12	8	10	15	24	35	45	55	61	66		63
7		69	72	74	78	81	86	89	90	88	83	79	69	59	48	38	30	25	25	29	36	46	56	67	76		62
8		82	88	91	92	91	91	89	89	88	86	85	82	76	68	59	48	37	28	23	23	29	37	49	63		67
9		76	85	89	89	86	82	79	76	73	75	76	79	81	80	75	66	53	39	25	18	19	25	38	53		64
10		71	87	93	94	90	84	75	66	62	62	69	78	89	94	94	88	78	63	47	34	27	30	39	54		70
11		75	83	105	109	107	97	84	71	59	57	61	73	88	101	109	109	101	85	63	44	31	26	30	34		76
12		56	87	102	110	107	98	81	62	48	38	38	48	67	87	104	110	107	95	75	52	32	20	20	29		70
13		49	71	91	103	102	92	71	50	29	17	15	23	44	67	90	105	109	101	84	62	41	24	18	22		62
14		37	64	85	97	101	93	73	49	23	3	-3	0	12	39	67	91	105	107	97	79	58	40	30	30		57
15		40	62	83	101	108	104	85	60	32	5	-10	-13	-6	18	47	73	98	109	107	95	79	58	43	38		60
16		43	64	83	101	110	109	98	73	40	11	-12	-22	-22	-10	20	48	75	94	102	100	88	74	59	50		57
17		51	62	82	99	112	113	104	85	57	27	-1	-20	-24	-21	0	26	51	73	89	95	93	83	72	64		57
18		61	66	79	95	108	115	112	99	73	47	20	-4	-17	-19	-12	8	29	54	72	85	89	88	83	76		59
19		74	75	82	92	105	113	116	109	91	68	44	20	0	-9	-11	-4	13	32	50	64	77	82	83	81		60
20		80	81	83	91	101	108	113	111	100	84	65	43	23	8	0	-1	5	16	30	45	60	72	80	85		62
21		88	88	88	90	95	101	104	105	103	94	83	68	52	38	22	14	12	16	21	32	47	61	73	85		66
22		92	95	96	97	96	98	100	100	100	98	94	87	77	64	51	37	25	20	19	22	33	47	63	78		70
23		88	96	98	96	91	84	81	80	80	83	88	92	90	87	77	62	48	36	27	25	29	39	54	72		71
24		89	102	107	104	95	85	74	67	65	68	77	87	94	95	94	84	68	50	32	24	23	26	36	54		71
25		74	89	98	96	89	74	58	41	34	35	44	60	77	92	97	96	86	70	51	35	28	28	36	53		63
26		72	92	105	108	102	85	66	45	30	27	31	48	68	89	104	109	107	95	77	59	47	43	46	58		71
27		77	99	113	118	111	94	71	45	21	8	6	18	39	63	87	101	105	100	86	68	51	40	38	46		67
28		62	82	99	107	106	93	69	42	15	-6	-12	-9	12	38	64	86	99	101	94	79	64	50	44	46		59
29		57	74	93	105	106	98	76	50	21	-5	-18	-20	-10	15	43	70	92	101	100	90	78	65	55	53		58
30		61	75	93	106	112	108	92	65	37	8	14	-23	-20	-5	22	50	74	91	97	94	82	71	61	57		59
31																											
平均																											65

茨城県三井物産建設事務所

3. 海洋の塩分量の測定

目 的 海水に含まれている塩分量と密度を測定する。

準 備 電子てんびん、ホールピペット、ビーカー、ガスバーナー、海水（採集しておく）

方 法 ア. ホールピペットで海水10mlをとり、ビーカーに入れ海水の質量を測定する。

イ. 測定した海水のビーカーからホールピペットで少量の海水を取り除き海水10gとする。

ウ. この海水を水分がなくなるまで加熱する。

エ. ビーカーを冷やしてから塩分量を測定する。

留意点 ア. 最初から最後まで弱火でゆっくり煮づめる

イ. 海水10mgを加熱していくと、急に結晶が増加する。その点を記録しておく。

ウ. 密度は約 $1.022\text{g}/\text{cm}^3$ となる。塩分量は約32 (‰) となる。

エ. モールの硝酸銀溶液法より塩素量 (Cl) から塩分量 (S) を求める方法がある。

$$S (\text{‰}) = 0.030 + 1.8050\text{Cl} (\text{‰})$$

この方法は、海水15mlを取り、指示薬として8%のクロム酸カリウム溶液を数滴加える。次に一定濃度 ($37.06\text{g}/\text{l AgNO}_3$) の硝酸銀を滴下すると、そのなかの銀イオンは海水の塩素イオンと結合して、塩化銀の白色沈殿ができる。全部塩素イオンが化合してしまうと、残った銀イオンは、指示薬として入れたクロム酸イオンと化合して赤色沈殿が生じる。それが、塩化銀の白色沈殿と混合して、わずかに薄桃色になる。この瞬間に硝酸銀溶液の滴下を止めて、その使用量から塩素量がわかる。(終点直前に5, 6分強くかくはんする)

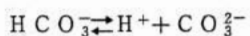
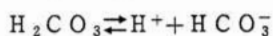
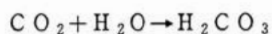
4. 海水の pH を測定する

目 的 海水の一性質である pH を測り興味をもたせる。

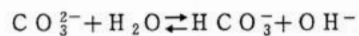
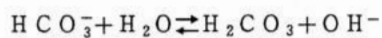
準 備 デジタル pH メーター, 温度計, ビーカー, 蒸留水, 海水

理 論 海水は弱アルカリ性で, その pH は海水表面では, だいたい 8.2~8.3 ぐらいであるがこれは深さにより, 海域によって多少変動する。

海水の pH を決定するおもな因子は, 海水に溶けている二酸化炭素・炭酸水素イオン・炭酸イオン・ホウ酸イオンなどの濃度で, これらのイオンの間の複雑な解離平衡関係によって, 海水の pH が決まる。



となり, HCO_3^- と CO_3^{2-} は H_2O と反応して,



右へ解離して海水がアルカリ性の一因となる。

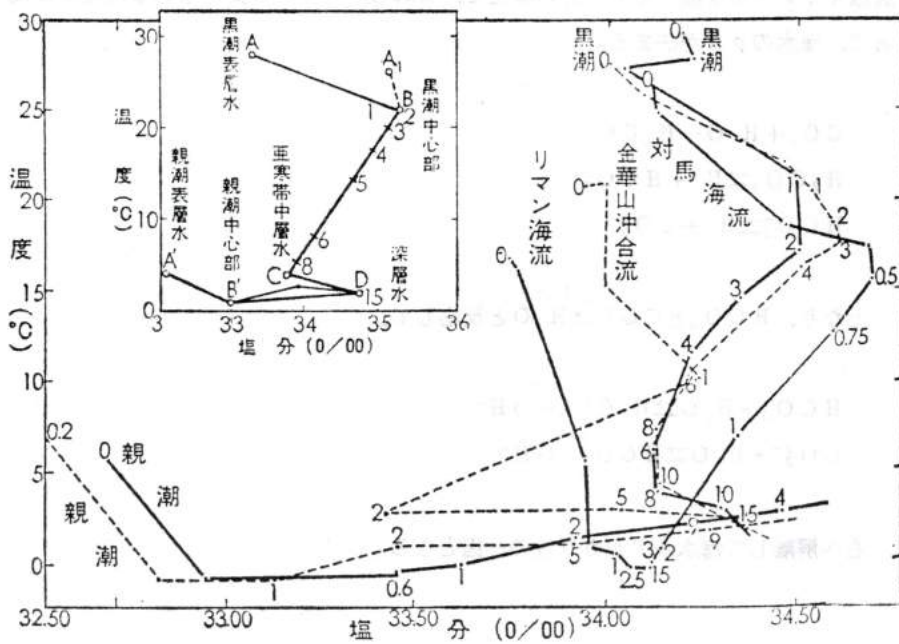
5. T-Sダイアグラムの作成

目的 T-Sダイアグラムをつくり水塊のタイプや違いを理解する。

準備 理科年表、茨城水産試験場の資料

留意点 ア. 縦軸に水温、横軸に塩分量を取る。

イ. 時間があれば、（縦軸に水深、横軸に水温）、（縦軸に水深、横軸に塩分）のグラフをつくってみると水塊の違いが理解しやすい。



日本近海のT-S曲線（玉川百科大辞典より）

参 考 文 献

- 荒巻 孚 (1972) : 生きている渚. 海岸の科学, 三省堂, 336p.
- 浅田陽治・他5名 (1981) 新水産ハンドブック.
- バスカム, W, (1977) : 海洋の科学. 海面と科学の力学, 河出書房, 288.
- 第二港湾建設局・港湾技術研究所・茨城県 (1968) : 鹿島工業港の建設にともなう調査について.
鹿島工業港計画資料調査編, 207p.
- 広瀬宗一・高橋智晴 (1983) : 沿岸波浪の出現特性 (その2). 第30回海岸工業講演会論文集, 168
-172.
- 茨城県漁業無線局・茨城県水産試験場 (1983-1988) : 漁海況速報.
- 茨城県三浜港湾建設事務所 : 潮位表および潮位月表
- 茨城県水産試験場 (1988) : 温排水影響調査総合報告書
- 井島武士 (1960) : 海岸・港湾測量. 地人書館, 169p.
- I N A新土木研究所 (1972) 東京湾口調査成果整理報告書. 漂砂編, 124p.
- 川合英夫 (1972) : 黒潮と親潮の海況学, 海洋科学基礎講座, 海洋物理Ⅱ. 東海大学出版会
- 気象庁編 (1970) : 海洋観測指針日本海洋学会
- 久保治良・友定 彰 (1976) : 鹿島灘の海況-I, 海面水温の変動と黒潮系水の占有率. 東海水試
試研報.
- 久保治良・友定 彰 (1982) : 鹿島灘の海況-II, 暖水舌について. 茨城水試試研報.
- 久保治良・友定 彰 (1980) : 鹿島灘の海況-IV, -GEK測流より-. 東海水試試研報.
- 久保治良・友定 彰 (1981) : 鹿島灘の海況-V, 表面水温から見た近年の海況パターンの変動に
ついて. 茨城水試試研報.
- 久保治良 (1985) : 鹿島灘の海況-VII, 海面水温の変動 (2). 茨城水試試研報, 25.
- 草野和之・中瀬勝義・川崎清・松山優治・吉田次郎 (1984) : 茨城県沿岸海域における海況-その
1-, 84年季海洋学会要旨集
- 草野和之・松山優治・吉田次郎・村田一弘・川崎清 (1985) : 茨城県沿岸海域における海況-その
2-, 85年季海洋学会要旨集
- Kubota, et al (1981) : Continental shelf wave off the Fukushima coast, Part I. J. Oceanogr.
Soc. Japan, 37, 267-278
- 桑島 進 (1989) : 海洋気象. 成山堂書店, 160p.
- 牧野泰彦・増田富士雄 (1986) : 古東京湾におけるウェーブリップル形成条件の水力学的解析. 昭
和60年度科学研究費補助金 (一般研究C) 研究成果報告書, 63p.
- 東海大学出版会編 (1984) : 日本産魚類大図鑑 (図版, 解説).
- 永田 豊 (1981) : 海流の物理, 講談社.
- 日本海洋学会 沿岸海洋研究部会編 (1990) : 日本全国沿岸海洋誌, 220-231, 293-304.
- 和達清夫 (監修) (1960) : 海洋の事典. 東京堂出版, 671p.

あ と が き

昭和62年度に発足した「茨城の海況」研究委員会も早いものですに4年の歳月が流れてしまいました。ほとんどの先生にとって海洋の分野は専門外であり、この分野で一体何をどのように教えるかということについて御苦勞なさっている事と思います。我々は海の近くに住んでいるにもかかわらず、意外に海のことをよく知らないのです。

我々は研究を始めるにあたって、まず、海洋の分野で何ができるか考えました。調査船をチャーターする予算等あるはずがありません。とりあえず、新聞等で簡単に手に入れることができる海洋のデータを使って茨城沖の海況の特徴を調べることにしました。親潮と黒潮の潮境がこんなに複雑だったのか、とあらためて驚かされたり、自分たちの海流の概念が間違っていたことに気付いたり、初歩的なことでも我々にとっては新鮮に感じられました。

内容的にはまだまだですが、本研究が茨城の海のことを知る一つのてがかりになれば幸いです。なお、本研究をまとめるに際し、茨城県水産試験場の久保治良氏には資料を提供していただいただけでなく、内容についても御助言をいただきました。また、茨城県農林水産部漁政課、日本海洋データセンター、茨城県漁業無線局、水戸地方气象台、茨城県三浜建設港湾事務所からデータを提供していただきました。心から感謝の意を表します。

茨城県立伊奈高等学校	青木 秀則
清真学園高等学校	荒川 真司
茨城県立潮来高等学校	飯島 力
茨城県立東海高等学校	小森 勝己
茨城県立水戸南高等学校	戸塚 育甫
茨城県立常北高等学校	村田 一弘
茨城県立並木高等学校	横手 利雄

(50音順)

