

志賀、富来町沿岸海域の環境要因
と温排水の影響予察調査報告書

昭和46年4月

石川県水産試験場

は し が き

原子力の平和利用が急速に実用化されるとともに、最近我が国の沿岸各地に原子力発電所の建設ならびに建設計画が進められており、本県においても、赤住地区海岸に建設されることになっている。

原子力発電所が設置されれば当然冷却用温排水が放出されるが、このことが、水産資源保護および漁業生産維持の見地からみて遺憾のないようその措置を期するために、まず、付近海域の自然環境を究明し、その結果、温排水の付近海域における拡散分布の状況と水産資源に対する影響^にについて予察することなどを目的とし、昭和43年より水産試験場が3カ年間^に断続で事前調査をして来たところ、初期の目的どおり調査を実施することができ、ここに、本報告が作成された。なお、本報のほかに各年度毎に資料編を作成し報告していることを付け加えておく。

この調査研究を行なうに当り多大のご指導とご協力を賜った旧水産庁東海区水産研究所企画連絡室長谷井潔理学博士、同所漁具漁法部長宮崎干博農学博士、同所海洋部長（現水産庁調査官）、平野敏行理学博士、同所技官、杉浦健三、水産庁日本海区水産研究所資源部長、伊東祐方農学博士、同所海洋部長、上村忠夫、同所、深滝弘室長、宮田和夫（現南西水研）室長、同所、渡辺和春技官、冲山宗雄技官、笠原昭吾技官ならびに西海、福浦、志賀町漁業協同組合の関係者各位に対し深く感謝の意を表する。

昭和46年4月

石川県水産試験場長

谷内弘雄

目 次

I 調査担当者および調査の計画助言者	1
II 調査計画および実施経過	2
1. 調査の目的	2
2. 調査海域および調査定点	2
3. 調査計画ならびに経過	2
III 現 況	4
1. 志賀・富来町周辺海域の地形・底質	4
(1) 海底地形	4
(2) 底 質	4
2. 海 況	4
(1) 上野から西海沖合の海況概要	4
(2) 上野から西海沿岸海域の現海況	5
i) 調査対象海域内の水温・塩素量の分布について	5
ii) 調査対象海域内の平均水温・塩素量の月変化	2 1
iii) 沿岸定置観測	2 2
iv) 流向・流速	2 2
v) 透明度	2 9
3. 生物の分布状況	3 3
(1) 試験船による三重刺網の漁獲試験結果	3 3
i) 魚種別漁獲状況	3 3
ii) 主な漁獲物の体長組成	3 3
iii) 水温帯別漁獲状況	3 9
(2) 標本漁船の調査結果	4 8
(3) 西海地区における定置網漁況と漁獲水温について	5 1
i) 主要魚種の漁獲状況	5 1
ii) 漁場水温	5 1
iii) 主要魚種の海況と水温について	5 4
(4) 海藻類の分布	6 0
i) 海藻種類と全海域の海藻繁茂の特徴について	6 3

ii) 各種海藻の繁茂状況と時期的変化	6 3
iii) 海藻の年変動	6 8
(5) 標識放流結果からみたブリ・マダイの回遊調査	6 9
i) ブリ(当才魚)	6 9
ii) マダイ(産卵群)	6 9
(6) 魚卵・稚魚の分布	6 9
IV 予 察	7 3
1. 温排水拡散について	7 3
2. 水温上昇の水産資源におよぼす影響	7 7
(1) 魚類、魚類以外の水産動物	7 7
(2) 海藻類	7 9
i) 主要海藻と高水温について	8 1
a ホンダワラ	8 1
b フカメ	8 2
c テングサ	8 3
d ノリ	8 4
V 要 約	8 6
1. 現 況	8 6
(1) 海底地形・底質	8 6
(2) 海 況	8 6
i) 水温・塩素量	8 6
ii) 流向・流速	8 6
iii) 透明度	8 7
(3) 生物の分布状況	8 7
i) 魚類、魚類以外の水産動物の主な出現種	8 7
ii) 棲み分け	8 7
iii) ブリ・マダイの魚道	8 8
iv) 魚卵・稚魚の分布	8 8
v) 海藻類の分布	8 8

2. 予 察	89
(1) 温排水の拡散	89
(2) 水温上昇の水産資源におよぼす影響	89

I 調 査 担 当 者

総括	水試場長	谷内弘雄
"	水試資源科長	富和一
調査とりまとめ (執筆)	" 主査	町中茂
" "	増試研究調査科技師	田島迪生
(")	水試加工科主査	橋田新一
調査	" 資源科技師	伊藤勝昭
"	増試(旧)技師	安部秀直
"	" 技術員	佐賀満志司
"	水産課技師	山田悦正
"	"	杉本和彦
調査船	禄剛丸船長	内木幸次
	" 乗組員	島田武雄
	" "	高田良雄
	" "	山瀬俊夫
	" "	志寒勇吉

調査の計画助言者

水産庁東海区水産研究所

旧企画連絡室長(理学博士)

漁具漁法部長(農学博士)

海洋部長(現調査官理学博士)

技 官

水産庁日本海区水産研究所

資源部長(農学博士)

海洋部長

室 長

室 長(現南西水研)

技 官

"

"

谷	井	潔
宮	崎	千博
平	野	敏行
杉	浦	健三

伊	東	祐方
上	村	忠夫
深	滝	弘
宮	田	和夫
沖	山	宗雄
渡	辺	和春
笠	原	昭吾

II 調査計画および実施経過

1 調査の目的

赤住海岸に原子力発電所の建設が予定されているが、発電所が開設された場合温排水が放出されるので、付近の海況に変化を生ぜしめることが予想される。付近の沿岸域では現在漁業が行なわれているが、海況の変化によっては漁業に影響を与えることもありうると思われるので、この点について検討する必要がある。このためまづ付近の海況魚貝藻類の分布状況を明らかにし、しかるのちにそのような海域の場合に予想される温排水によって、いかなる影響が生ずるのであろうかを推察する。

2 調査海域および調査定点

富来町七海から志賀町安部屋間の陸岸に添って14,000m、沖合約12,000mの海域を中心とした。(第1図)

3 調査計画ならびに経過

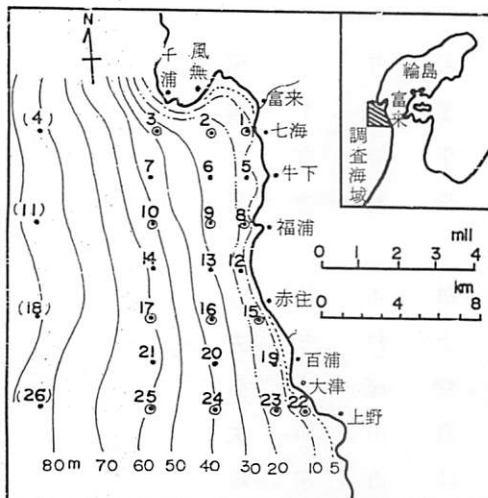
(1) 建設地周辺海域と他海域との海水の交流ならびに水域の配置

i) 海洋観測

測温、採水(塩素量、酸素量、PH) 気象(天気、気温、風向、風力、雲量、雲形)
海象(海流、水色、透明度、波浪、ウネリ、海深)

ii) 沿岸定置観測(4カ所)

(2) 魚卵、稚仔、プランクトンの調査



(●) 流向、流速、プランクトン採集

第1図、調査対象海域内の等深線及び調査定点図

(3) 水産生物の分布状況ならびに主要資源の漁獲調査

- i) 調査船による漁獲試験
- ii) 標本船による魚種別漁獲調査
- iii) 海藻類の分布と単位当たり収量調査

(4) 標識放流による魚道調査

- i) ブリ
- ii) マダイ

(5) 底質調査

(6) 調査期間

昭和43年度から3カ年間

(7) 実施経過

調査船、緑剛丸 17.42トン、ディーゼル75馬力、

船長、内木幸次

外乗組員4名

調査項目	調査期間	調査回数
定点海洋観測(含むcl、O ₂ RH)	昭和43.5 ~ 45.10	14
沿岸定置観測(委託)	43.4 ~ 46.3	4カ所×毎日
標本漁船調査	43.4 ~ 46.4	10隻×毎日
イワノリ生育調査	43.12 ~ 45.2	6
プランクトン定点採集	43.5 ~ 45.10	12
魚卵・稚魚定点採集	43.5 ~ 45.10	12
底質調査	43.5	1
流向・流速定点調査	43.5 ~ 45.10	12
流動追跡調査	43.5 ~ 45.10	10
生物調査 (潜水によるライン観察および採卵)	43.5 ~ 45.9	18
浅海水域の生物群落調査 (箱メガネによる肉眼観察)	43.5	1
三重刺網による漁獲試験	43.5 45.10	73
桁曳網による漁獲試験	43.5 ~ 43.9	8
イワノリ調査	43.12 ~ 45.2	6
定置網漁場における測温ならびに 魚種別漁獲状況調査	42.5 ~ 43.8	(2漁期)
マダイ標識放流	43.5	2(41尾)
ブリ標識放流	43.5 ~ 45.8	4(1930尾)
放射能測定用サンプル採集(採水)	43.5 ~ 45.11	9(9種)
調査実施計画ならびに現地 指導、取りまとめ助言者来県	43.4 ~ 46.3	12(延べ25人)

Ⅲ 現 況

1 志賀・富来町周辺海域の地形・底質

(1) 海底地形

調査の対象海域は、能登半島西岸に位置し山が岸までせまり、いわゆる岸深で海岸線は、岩盤地帯が多く風光明媚なところである。等深線は第1図に示すとおり、5～20m等深線は千浦沿岸と福浦から赤住沖にかけて岸深となっている。

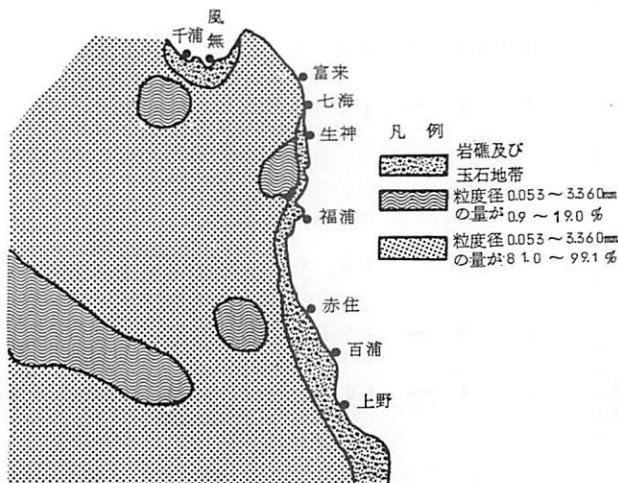
水深が20～100mに達する距離は10,000mあり、この間の傾斜はすこぶる緩やかとなっている。

(2) 底 質

底質は第2図に示すごとく、富来湾を除く他の沿岸部は、岩礁地帯が多く、特に生神から福浦地区にかけての起伏が著しく変化に富んだ海域である。また、岩礁地帯の沖合で水深5～10mでは、玉石原が多く見受けられ、水深15～20m以深は、ほとんど砂地帯となっている。調査st別に分析した粒度についてみると、砂利地帯(粒径3.33mm以上)はほとんどなく、砂(粒径0.05～0.36mm)が81.0～99.1%を示し、泥(粒径0.05mm以下)は0.9～19.0%であった。このことから調査対象海域内の底質は、岩礁地帯、玉石原、砂地帯の3地帯に分けられ沿岸寄り、岩礁、玉石原で水深15～20m以深の海域はすべて砂地帯で大半を占めている。

2 海 況

(1) 上野から西海沖合の海況概要



第2図 調査対象海域の底質

上野～西海沖合は、対馬暖流水域内で、同暖流第1分枝が北東に指向し、その東側すなわち海岸寄りに近よった海域では弱い反流があり、さらに、小渦動を伴って流向、流速とも複雑な海域となっている。

この海域を含む広範囲の状況を示すために春、夏、冬の対馬暖流の主流軸の接岸状況を第3図に示した。対馬暖流の主軸、すなわち、暖流第1分枝は、4～8月に強く、

12月入ると極端に弱まり能登半島西岸海域は冬期間に入ると、暖流第2分枝の沖合流の影響を受けるようになる。いずれにしろ、能登半島西岸一帯は、対馬暖流水塊を含んだ水塊が不規則に流動する区域となっている。

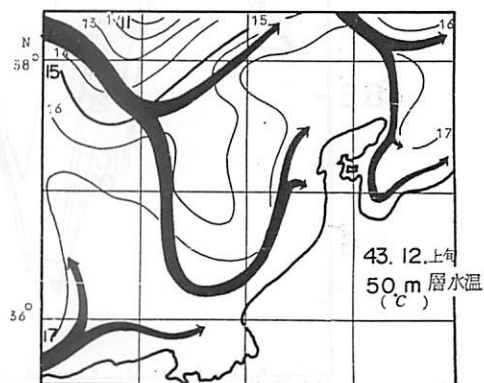
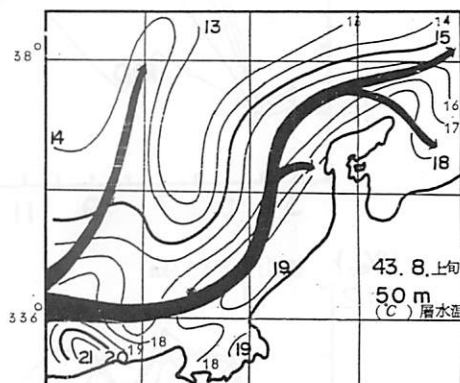
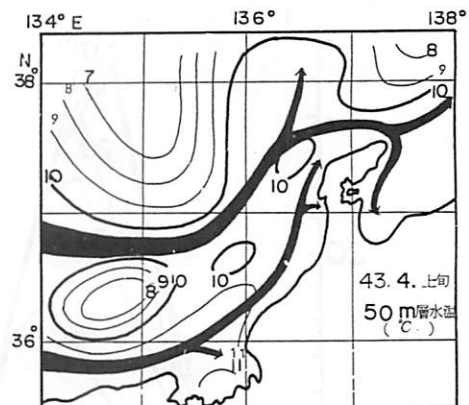
しかしながら、海況の不規則性は、それほど強いものでなく季節的にかなり規則的な変動を示していることが判る。

この点について、水試が漁海況予報事業の一環として定期的な観測を実施しているうちの2定点が猿山北西18.7 Km、および同北西37.3 Kmの点で行なわれているので、その資料を利用し検討してみると第4図のような型を示す。この図は昭和39～43年の5カ年間の平均水温および塩素量の月変化を示したものである。2つの観測点の年変化は非常によく類似しており、猿山NW18.7 Kmの方が若干高目で塩素量はやや振幅が大きい。しかし、水温変化は実に規則的で、表面における加熱、冷却の結果を示し、8～9月に年間の最高水温を示し26℃台、3～4月最底となり10℃台を示しその差は16℃となっている。塩素量の年変化は8～11月の4カ月が低く、水温の昇温と逆の変化を示している。最高は5～7月の19.10%、最低は9～10月の18.50%前後で、その差は約0.6%となり、夏から秋にかけては低かん期となっている。

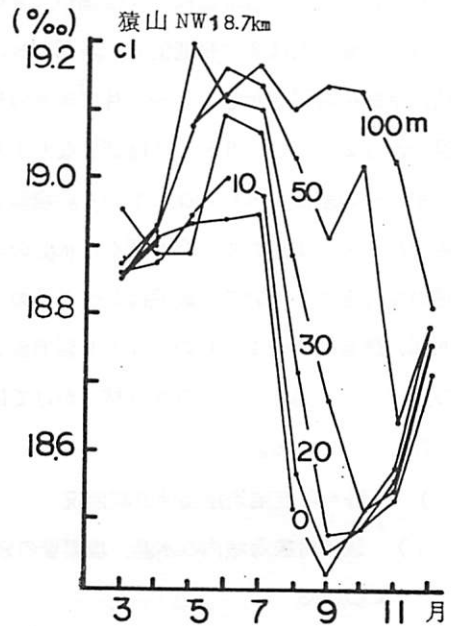
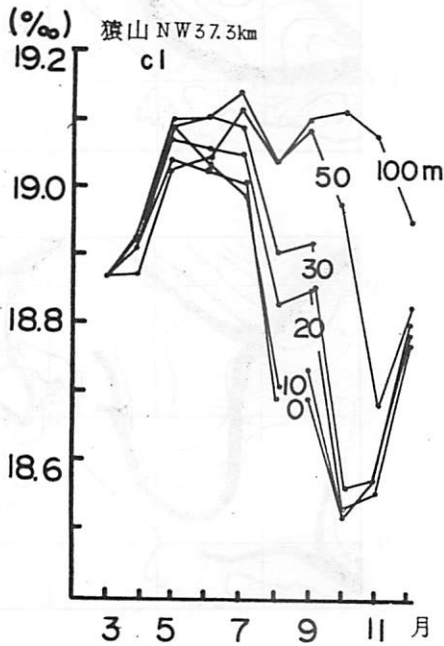
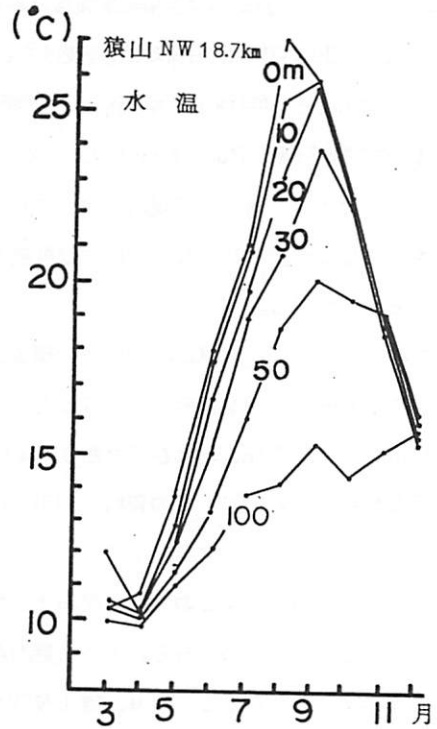
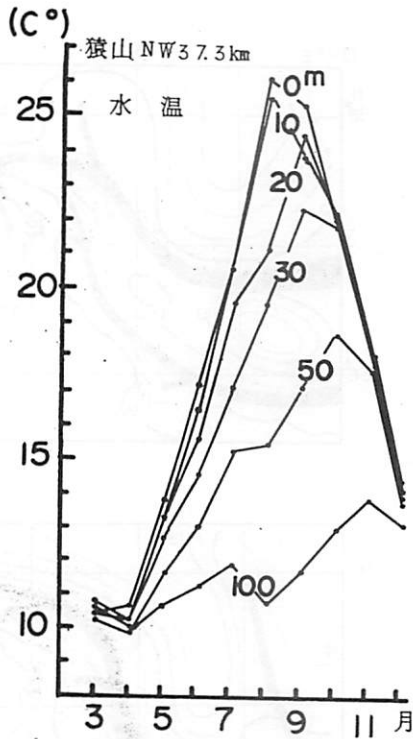
(2) 上野から西海沿岸海域の現海況

i) 調査対象海域内の水温、塩素量の分布について

5月水温；表面から10 m層の水温は14～16℃台で、昭和43.4.4年は沿岸低温、沖合高温の型をとっているが、



第3図. 沖合海域の海況



第4図、猿山 NW 37.3km、18.7km 沖合における昭和39~43年の平均水温および塩素量の月変化

昭和45年は福浦を中心に南部沿岸高温、北部沿岸に低温を示した。躍層は20～30m層間に形成され上層に比べ2℃前後の低目となっている。全般的にみて3カ年間では昭和43年に比べ同44.45年の方が沖合暖流の接岸が優位を示したため1℃前後の高目となっている。冷水域は富来湾、上野～赤住間で目立っているが、同冷水域は、南部(上野沖)沖合からの突込みが認められる。

塩素量；塩素量は18.70～19.10%内で20～30m層でもつとも高かんとなっている。水平分布についてみると、全般的に沿岸寄りにわづかに低かんを示し、沖合部で高かんとなっている。このほか富来湾、上野沖の冷水域付近で低かんとなっているのが目立っている。

7月水温；10m以浅の水温は22～25℃台で、高温域は上野沖から沿岸添いに連なり、暖流の北上流が認められる。一方、冷水域は赤住沖、富来湾内にある。躍層は10～20m層に形成されている関係上、上層と下層との水温差が大きく10～20m層で2.2℃、30m層では2.0℃台となっている。

塩素量；5m以浅の表層では17.7～19.00%台となっているが年間変動は大きい所で0.8%台となっている。

9月水温；表面～20m層の水温分布は、昭和43年が2.2℃～2.5℃台、同44.45年が2.5～2.6℃台で、その差は2～4℃となり、昭和44.45年の水温がかなり高くなっている。躍層は20～30m層にあり、30m層水温と上層水温との差が2～4℃となっている。水域配置は赤住を中心に、その南と北にそれぞれ渦動域が形成されている。

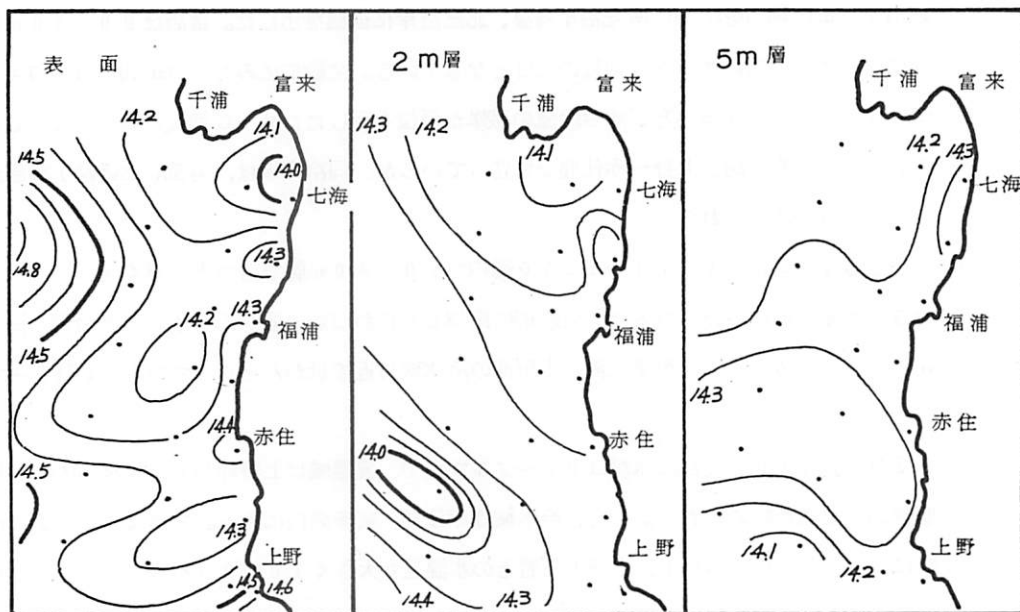
塩素量；昭和43年は18.50～18.90%同44.45年は17.80～18.30%で年間差が0.6～0.7%程度認められる。躍層は水温分布と同様20～30m層にあり下層の方がやや高かんとなっている。

10月水温；表面～20m層では2.0～2.3℃台となるが、昭和43年に比べ同44年の方が約1℃、同45年の方が約3℃低く、10月の水温はかなりの年変動が認められた。30m層の水温は上層水温に比べ約1℃の低目で水温差は少なく、この時期は対流混合の初期的な様相を示している。

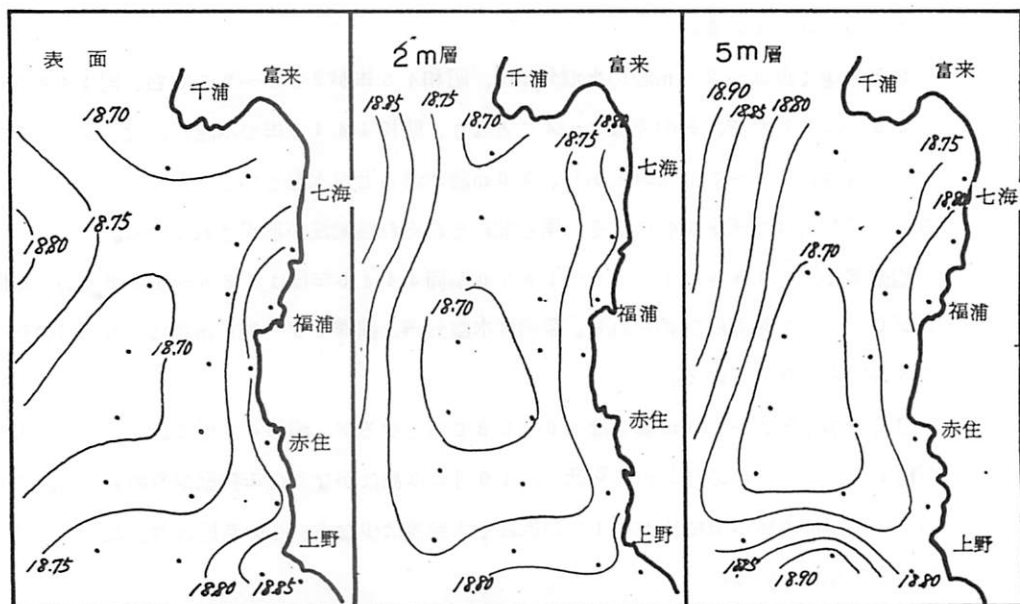
塩素量；表面から10m層では17.80～19.00%となっているが、年変動は0.5%程度の差となっている。

2月水温；対流混合が盛んとなり垂直分布では水温差が少なく、むしろ、大気冷却により表面～5m層の水温は10～30m層の水温より若干高目となっている。

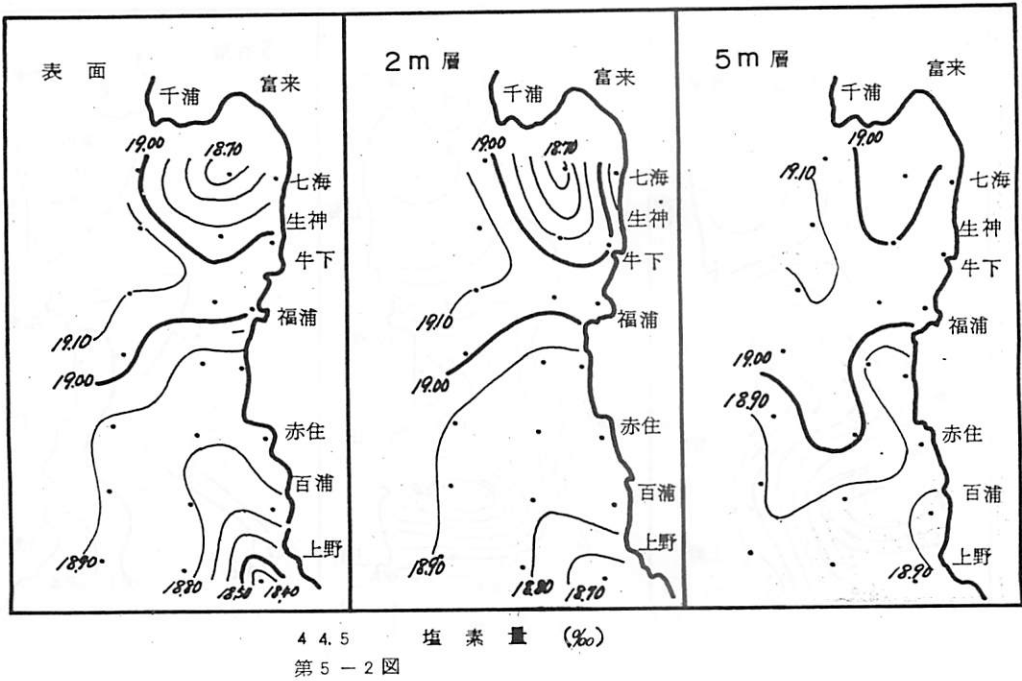
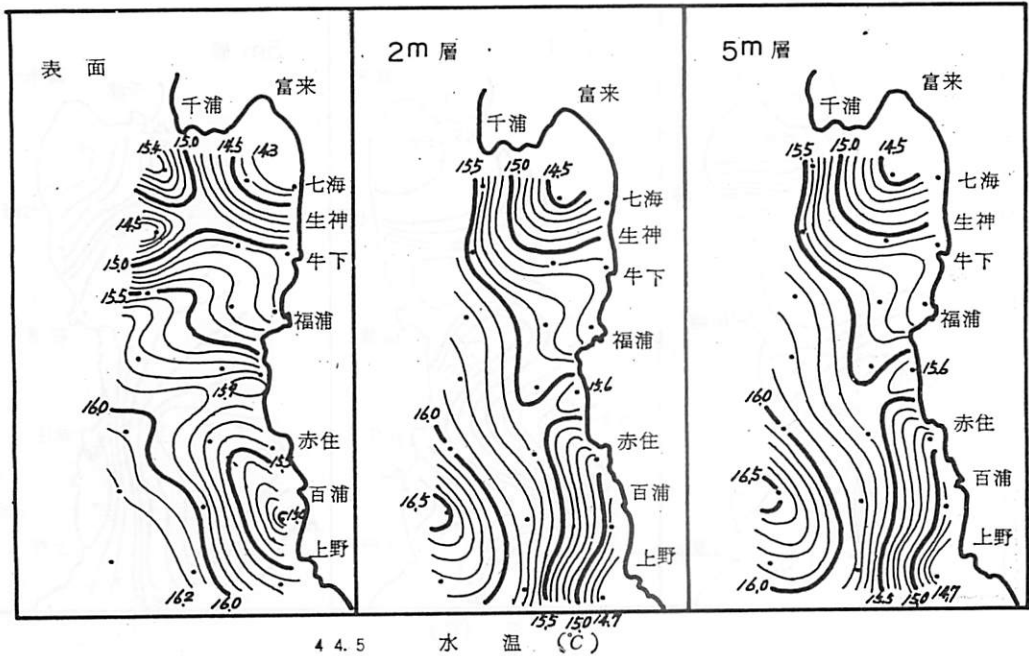
昭和43年が1.0～1.1℃台、同44年が8.5～10.0℃台で昭和44年の方がいくらか

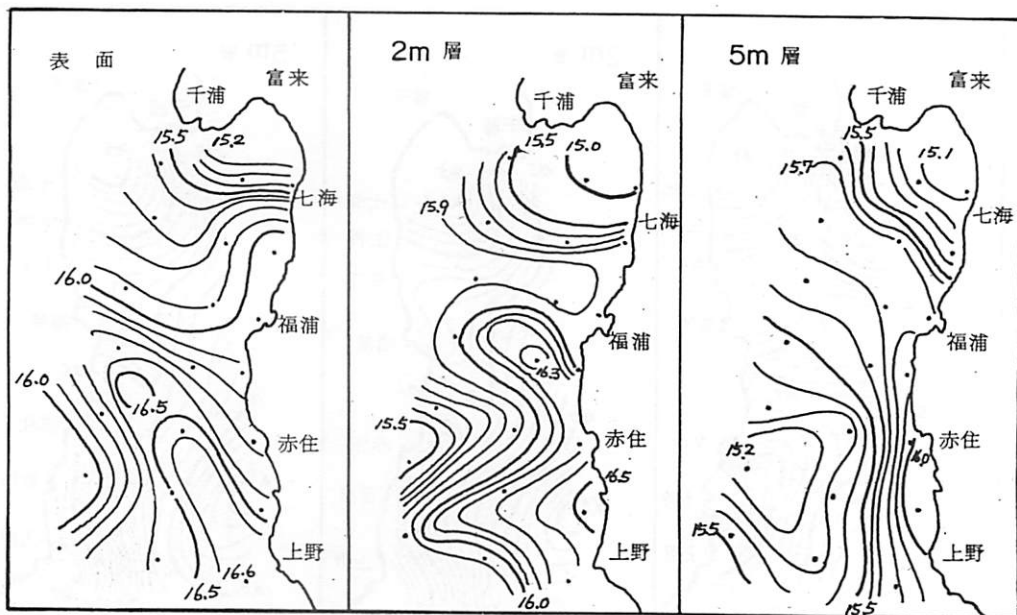


4 3.5 水 温 (°C)

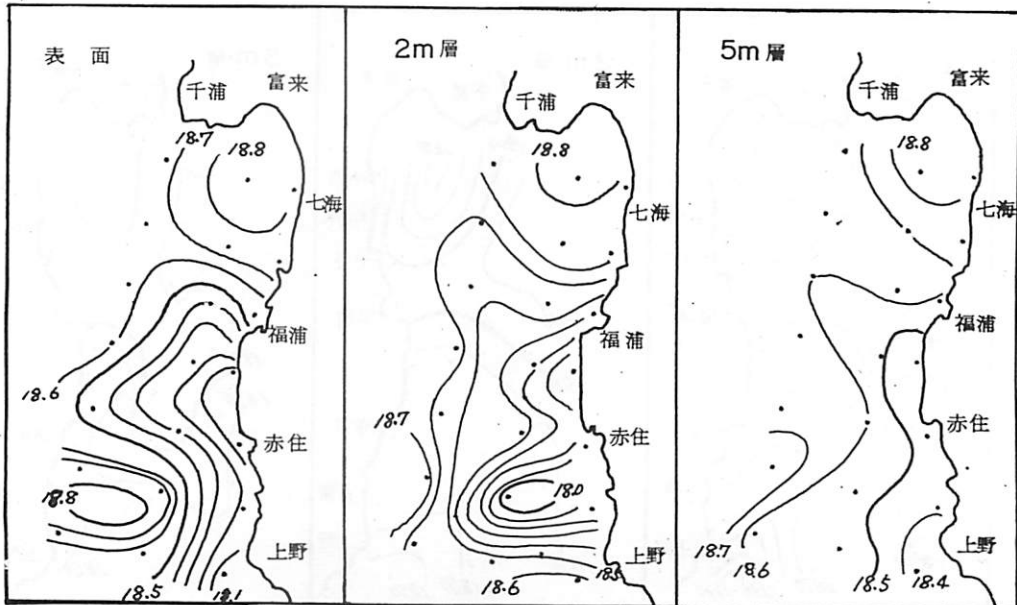


4 3.5 塩 素 量 (‰)
第 5 - 1 図 水 温・塩 素 量 分 布



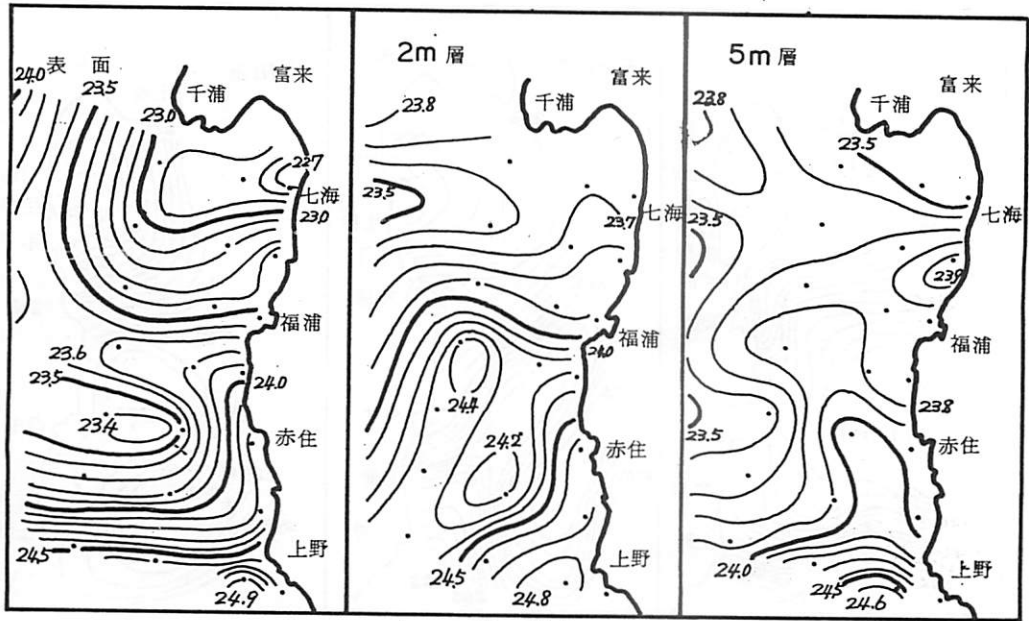


4 5.5 水 温 (C)

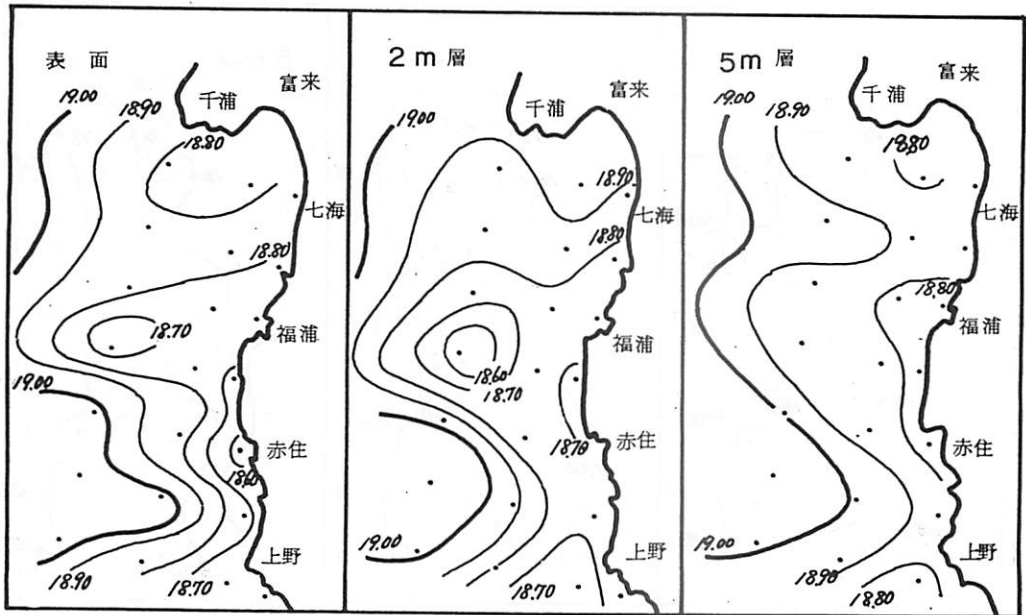


4 5.5 塩 素 量 (‰)

第 5 - 3 図

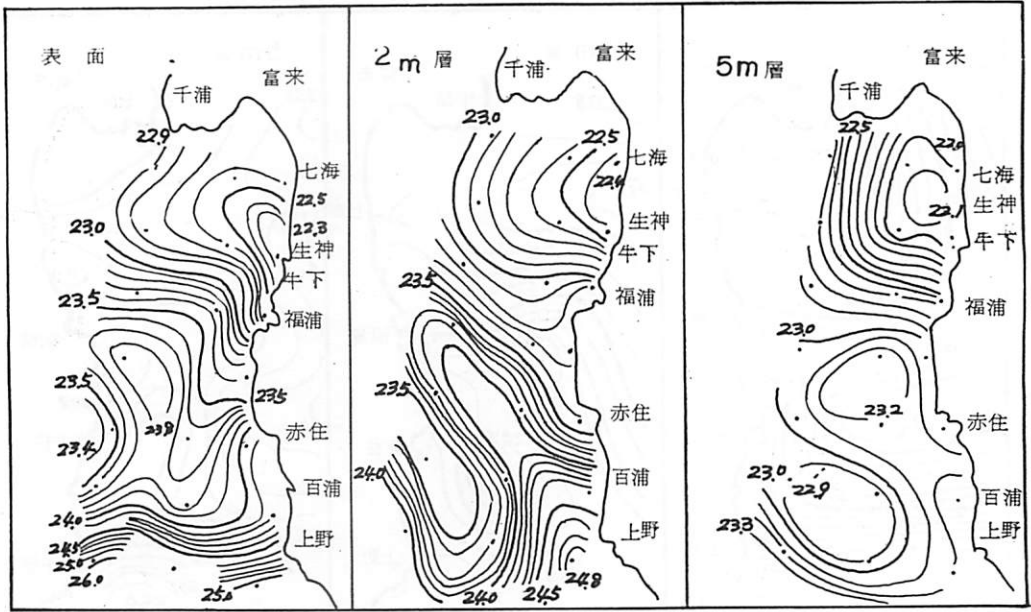


4 3 7 水 温 (°C)

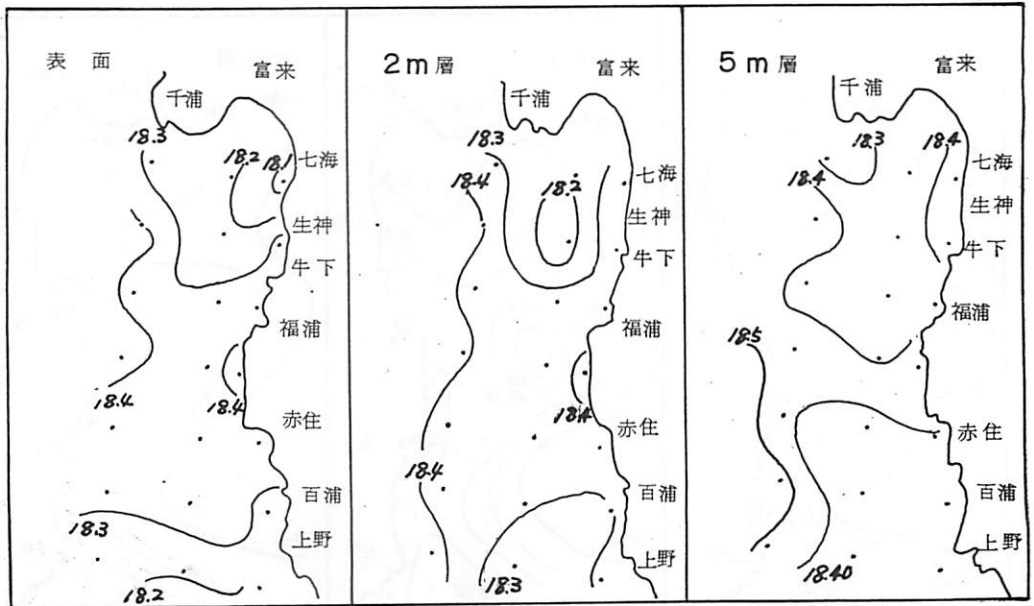


4 3 7 塩 素 量 (‰)

第 5 - 4 図

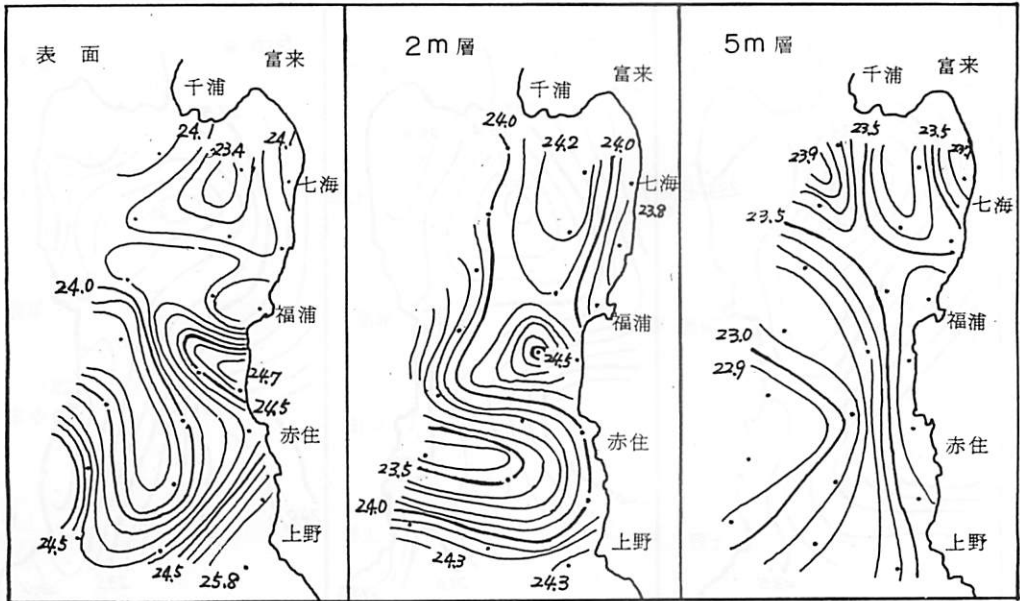


4 4. 7 水 温 (°C)

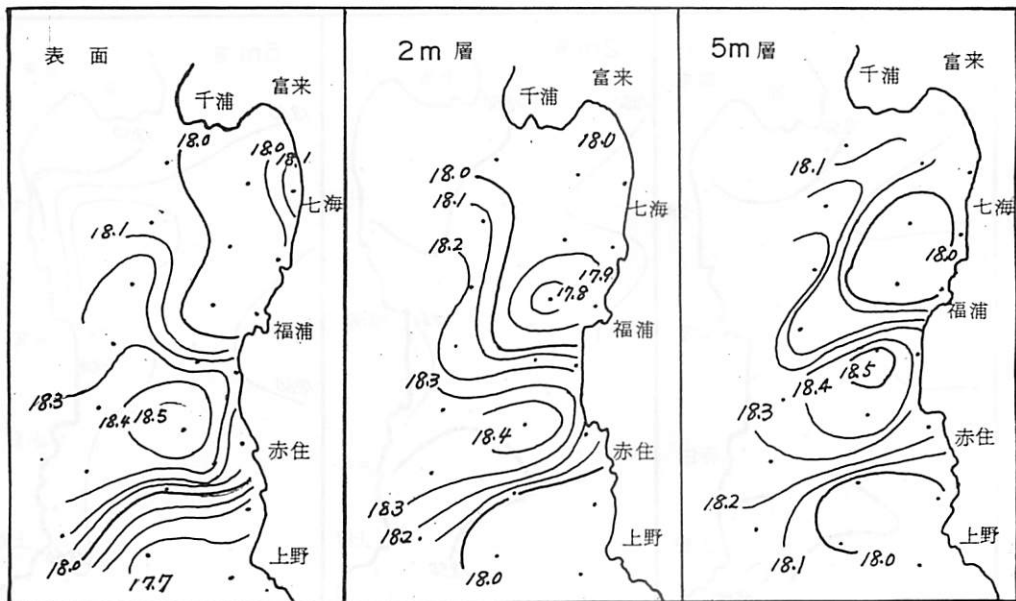


4 4. 7 塩 素 量 (‰)

第 5 - 5 図

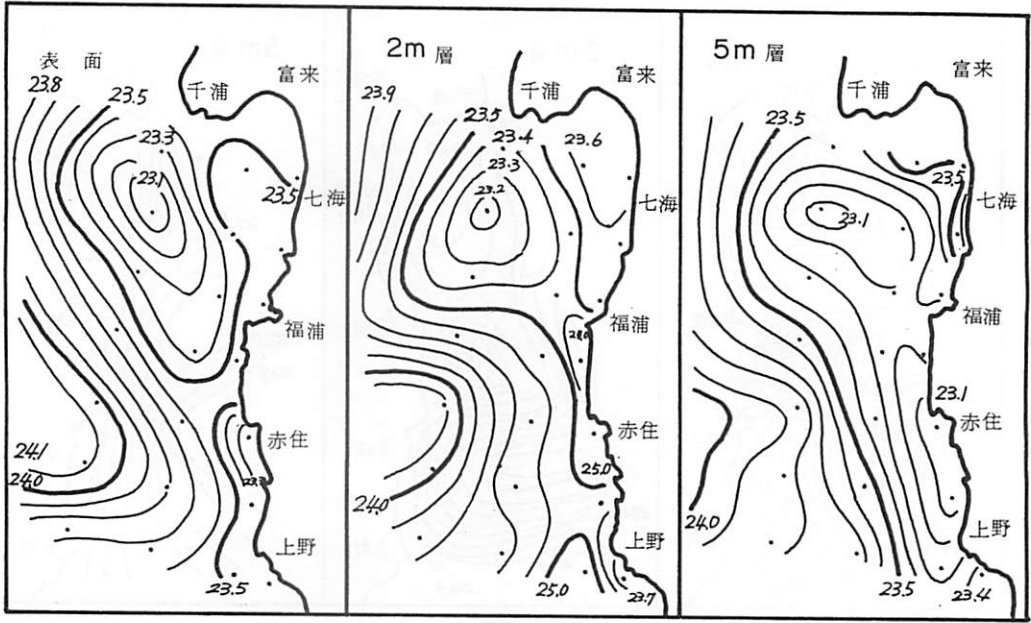


4 5. 7 水 温 (°C)

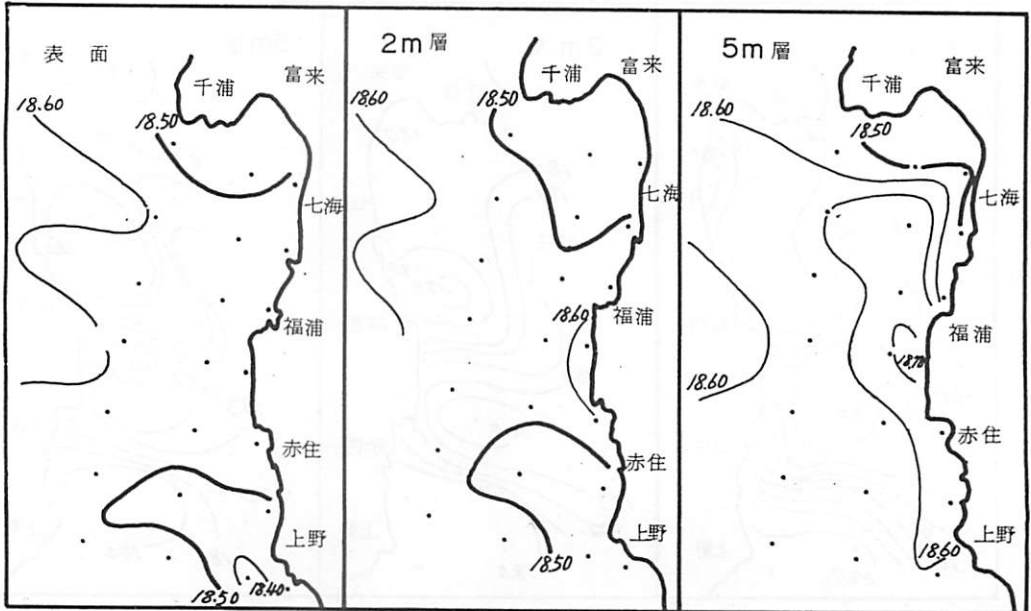


4 5. 7 塩 素 量 (‰)

第 5 - 6 図

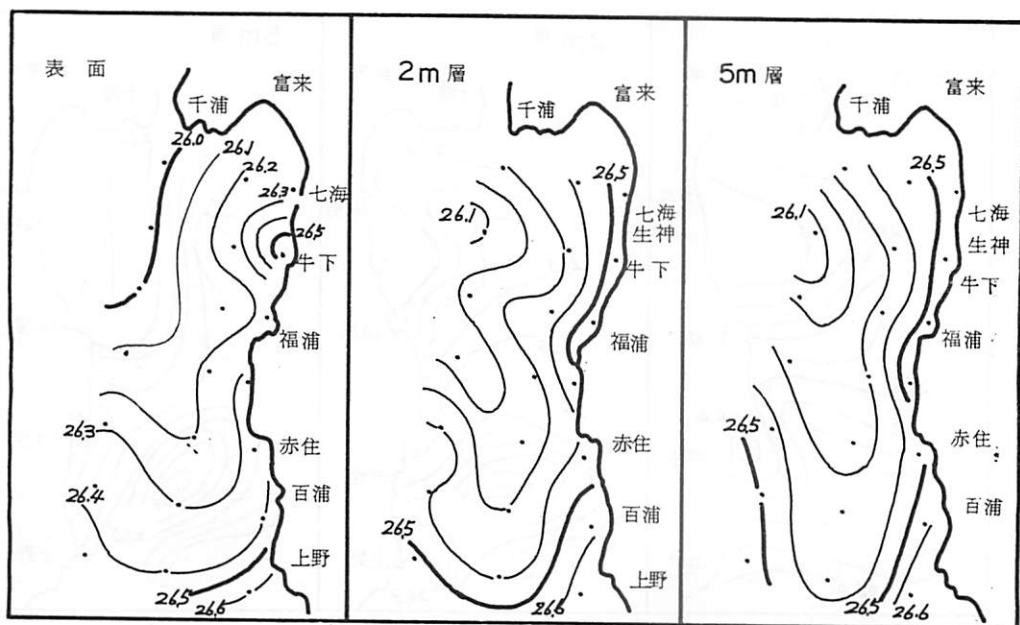


4 3. 9 水 温 (°C)

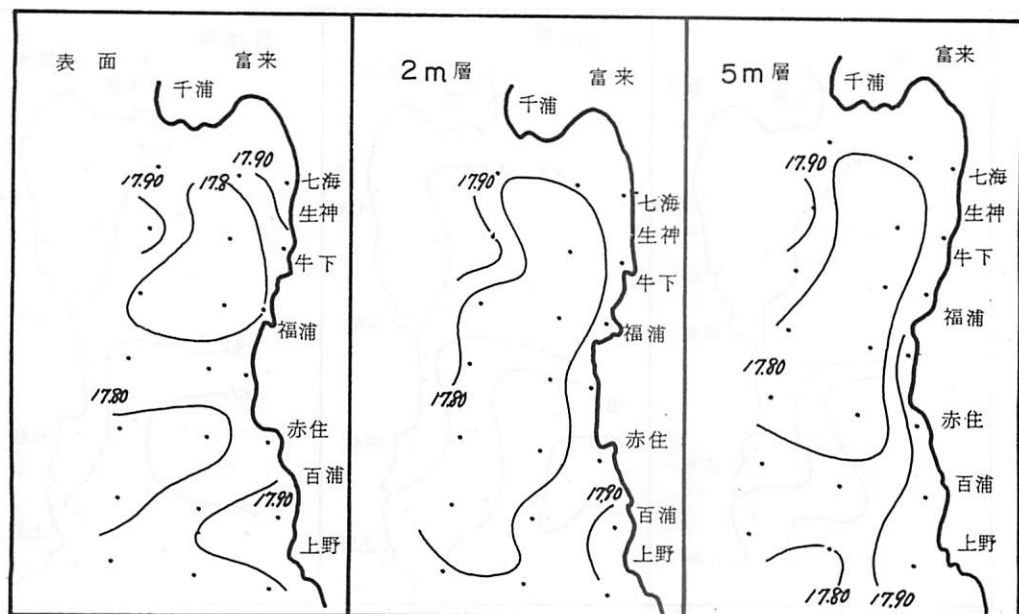


4 3. 9 塩 素 量 (‰)

第 5 - 7 図

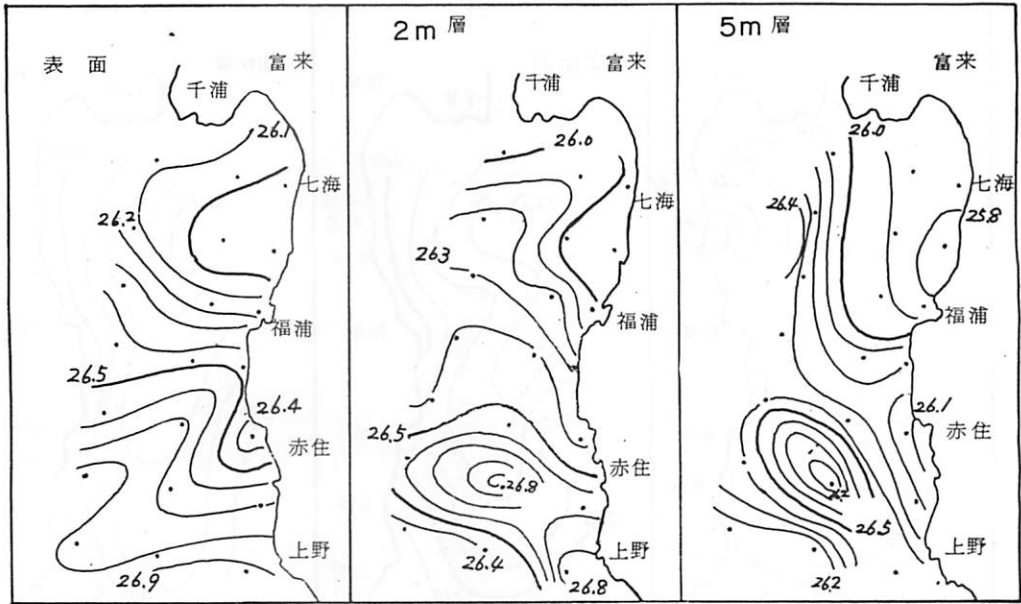


4 4. 9 水 温 (°C)

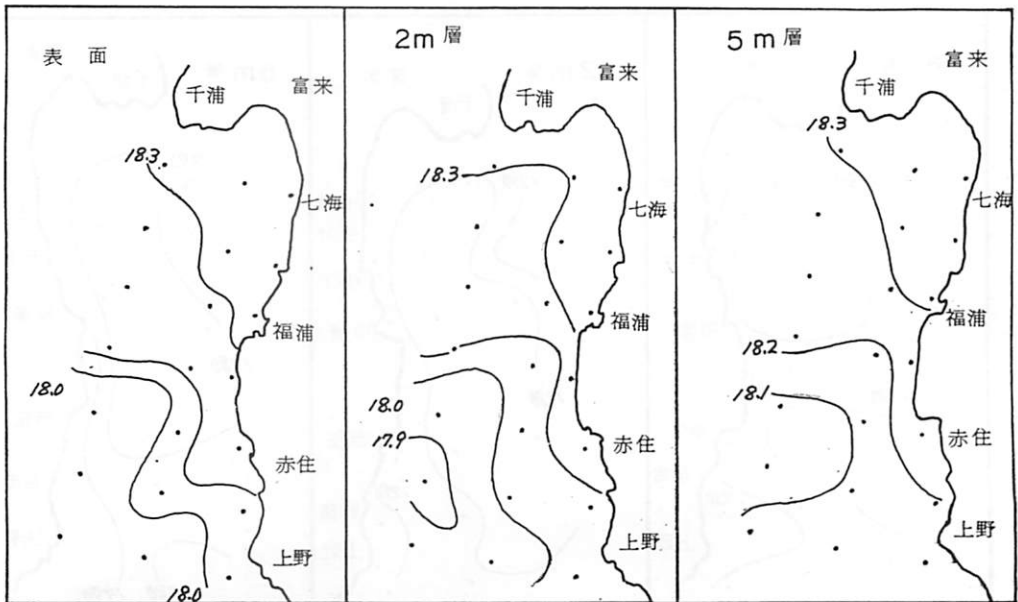


4 4. 9 塩 素 量 (‰)

第 5 - 8 图

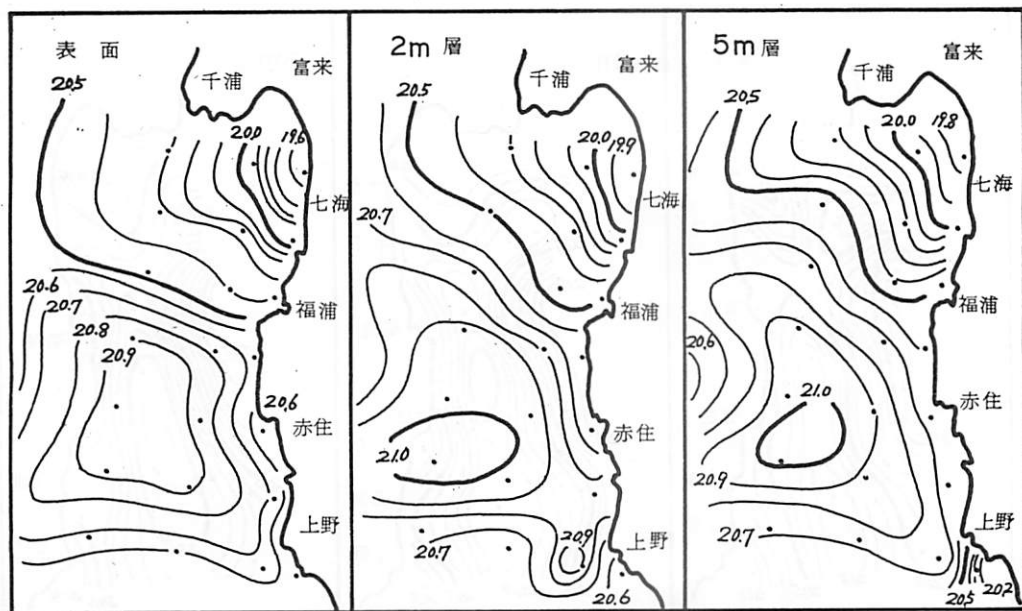


4 5.9 水 温 (°C)

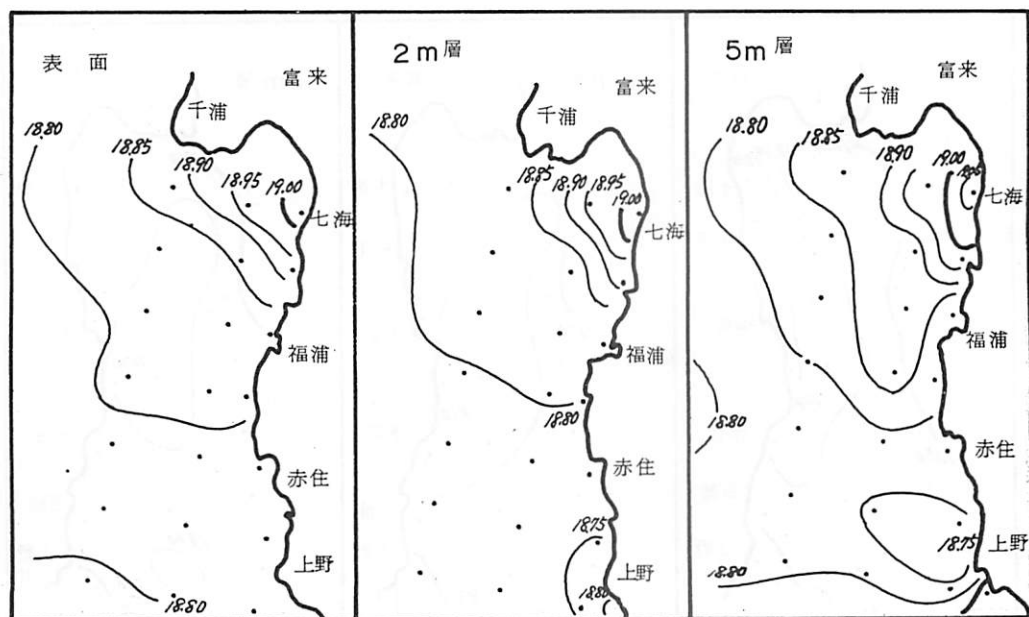


4 5.9 塩 素 量 (‰)

第 5 - 9 图

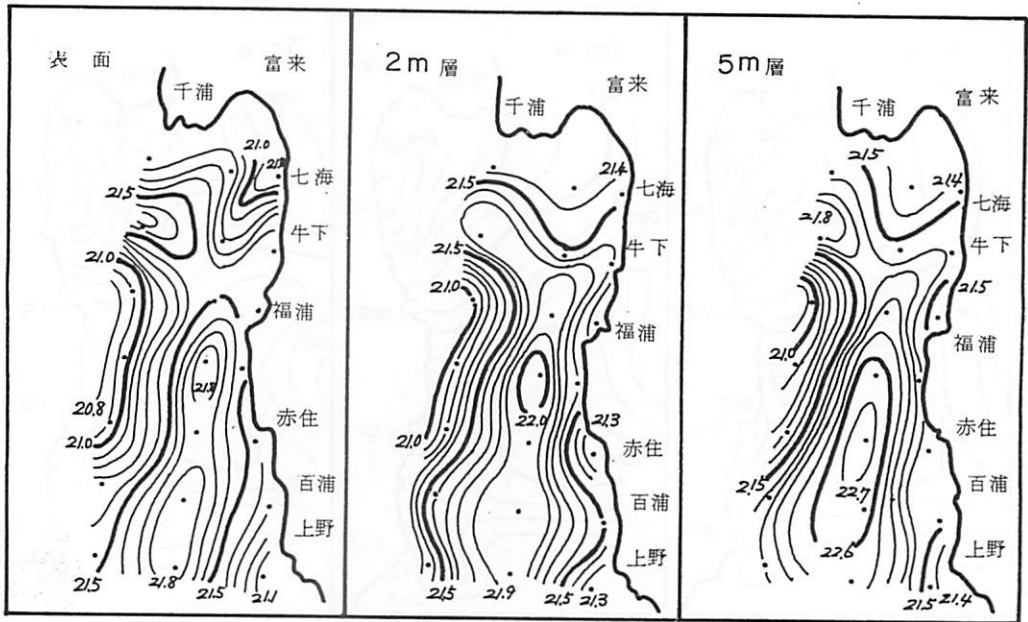


4 3. 1 0 水 温 (°C)

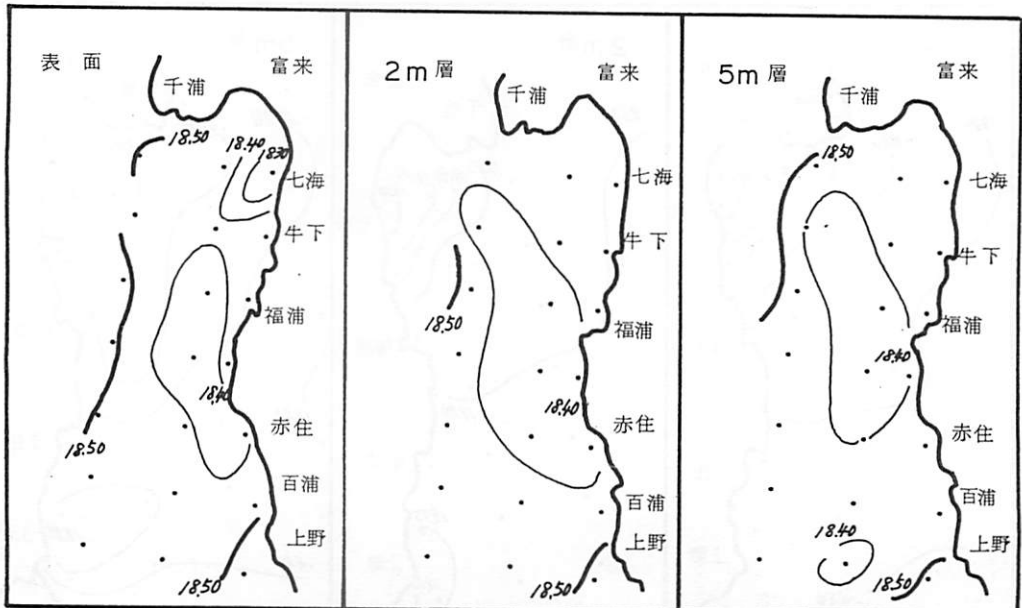


4 3. 1 0 塩 素 量 (‰)

第 5 - 1 0 図

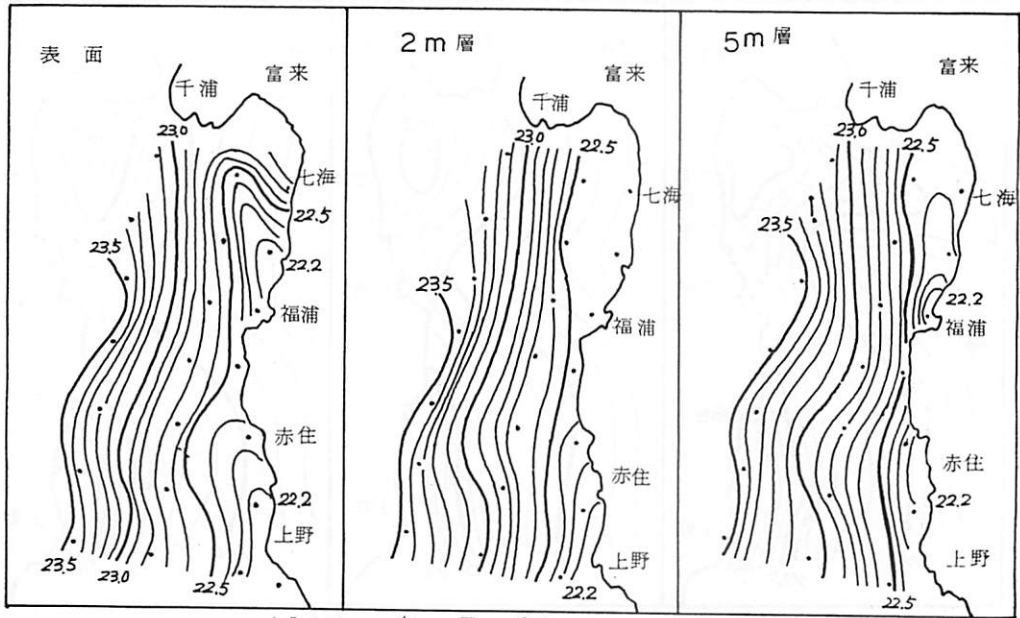


4 4. 1 0 水 温 (°C)

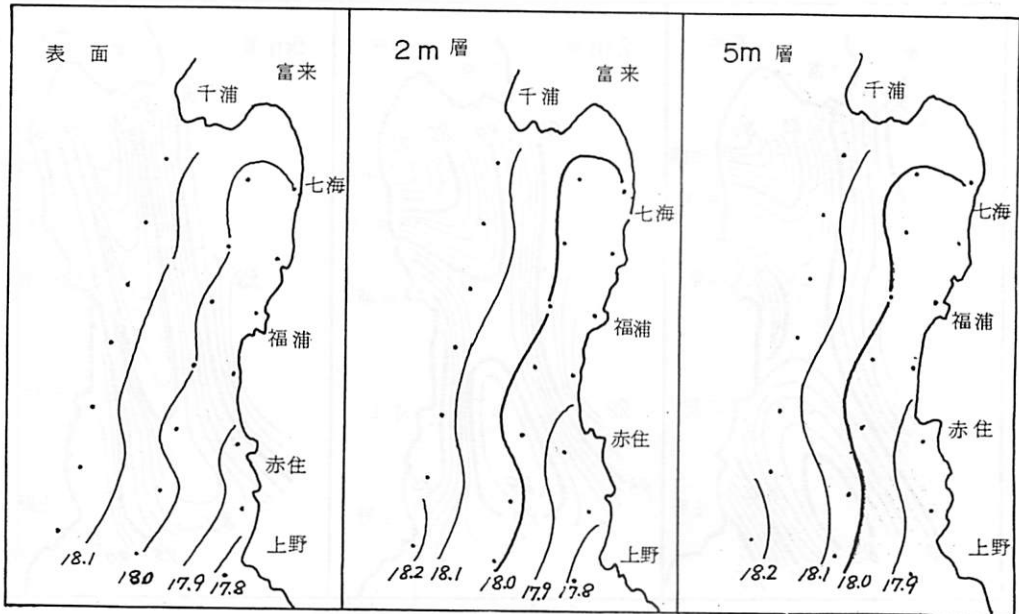


4 4. 1 0 塩 素 量 (‰)

第 5 - 1 1 図

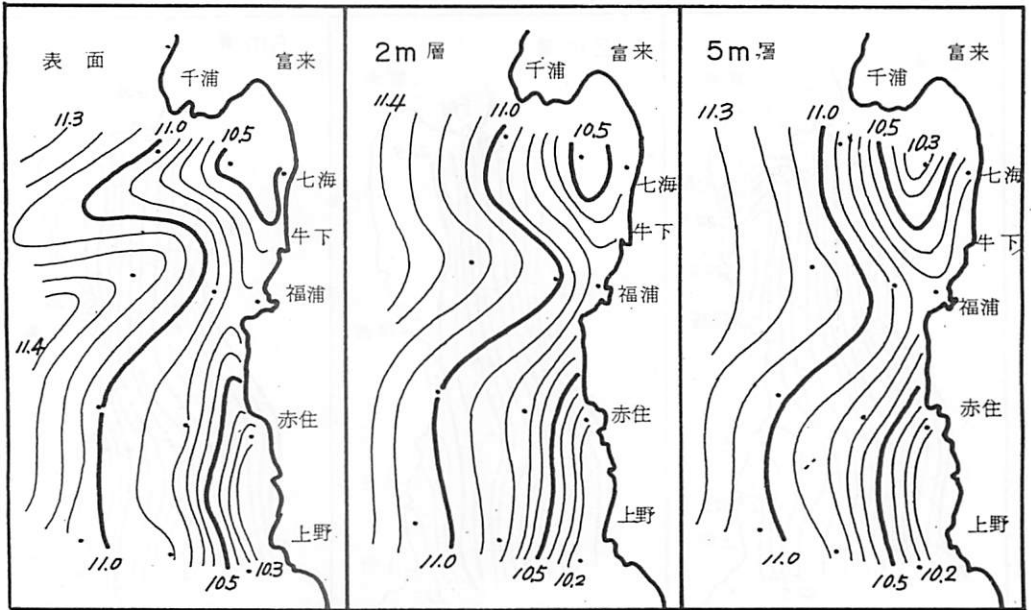


4 5. 1 0 水 温 (°C)

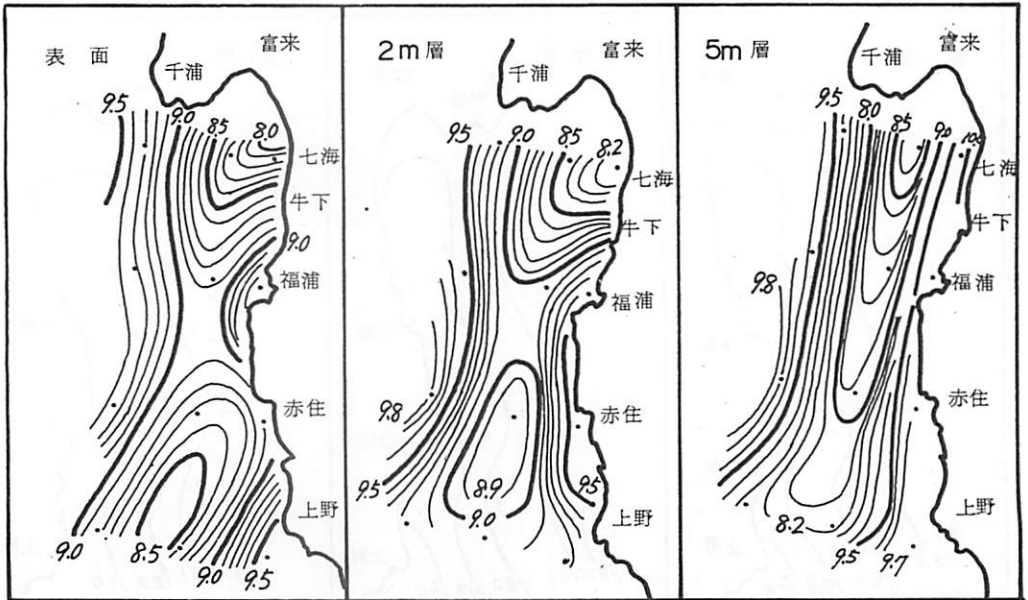


4 5. 1 0 塩 素 量 (%)

第 5 - 1 2 図



43年 2月 水 温 (°C)



44年 2月 水 温 (°C)

第5-13图

低目となっている(第5-1~13図)

ii) 調査対象海域内の平均水温、塩素量の月変化

過去3カ年の水温、塩素量を年毎に21測点の平均値を示したのが第1表である。

それによると、水温は各年とも5、7、9月と上昇を示し、10、2月に降下している。このことから調査対象海域は8~9月に水温の年間最高期となり、2~3月に最低温期に入るものと推察される。水温の年変動は月によって異なるが、1~2.7℃の温度差が認められた。

第1表 調査対象海域内の平均水温、塩素量の月変化

水 温 ℃

塩素量 %

年	月 Depth (m)	水 温 ℃					塩素量 %			
		5	7	9	10	2	5	7	9	10
43	0	14.3	23.6	23.6	20.5	10.8	18.75	18.82	18.53	18.83
	2	14.24	24.14	23.56	20.61	10.75	18.71	18.82	18.53	18.82
	5	14.25	23.83	23.38	20.57	10.73	18.75	18.89	18.57	18.83
	10	14.17	23.57	22.92	20.53	10.75	18.82	18.97	18.64	18.85
	20	13.84	22.23	22.56	20.17	10.73	18.95	19.10	18.69	18.95
	30	12.92	20.88	21.33	19.67	10.63	19.09	19.18	18.85	19.08
	50	12.26	18.88	20.24	18.78	10.15	19.20	19.23	18.97	19.17
44	0	15.4	23.5	26.3	21.4	8.9	18.89	18.31	17.84	18.44
	2	15.46	23.4	26.38	21.51	9.20	18.93	18.33	17.81	18.40
	5	15.26	22.82	26.39	21.59	9.38	18.96	18.39	17.83	18.43
	10	14.88	22.33	26.38	21.59	9.78	19.01	18.51	17.88	18.48
	20	13.83	21.39	26.20	20.53	9.86	19.12	18.76	18.13	18.88
	30	13.04	20.82	24.56	19.28	10.07	19.12	18.90	18.53	19.01
	50	12.53	19.39	19.89	17.24	10.09	19.08	19.17	18.93	19.11
45	0	16.2	24.31	26.4	22.8	—	18.45	18.07	18.48	18.04
	2	15.90	23.92	26.35	22.80	—	18.50	18.07	18.19	18.04
	5	15.55	23.35	26.17	22.84	—	18.61	18.15	18.22	18.04
	10	15.10	23.03	25.86	22.78	—	18.70	18.21	18.27	18.04
	20	14.12	22.58	24.82	23.09	—	18.85	18.35	18.35	18.11
	30	13.58	22.39	23.00	23.16	—	18.87	18.41	18.46	18.15
	50	12.24	—	—	—	—	18.86	—	—	—

つぎに、水温の垂直分布についてみると、表面から10 m層までは年月を問わず、ほぼ均一に近い値を示しているが、20 m以深と、それ以浅とでは、季節にもよるが水温差のあることが明瞭にうかがえる。とくにその差の大きいのは7～9月の間で、この時期はいわゆる成層期であるため、上下層の混合が少なく、20～30 m層に躍層が形成され上下の水温差は4～6℃となっている。

5月は成層期の初期、10月是对流期の初期的段階で、前記の7～9月に比べると上下層の水温差はいくらか小さくなっている。

一方2月は前述のごとく、大気冷化が年間でもっとも激しいため、対流混合は著しく、水温は、底層まで均一状態となっている。

塩素量は、年月によって異なるが、17.81～19.23%の範囲内でかなり不規則な変動を示している。このことは、調査対象海域内への対馬暖流の接岸消張によって、塩素量の分布が異なるものと推測される。

iii) 沿岸定置観測

西海、福浦、赤住、上野のそれぞれの地先で毎日午前9時に表面水温の測温を実施した測温値の旬別平均を求め、年間の変化を現わしたのが第6図である。それによると地先水温の年間の最高水温期は、8月下旬から9月上旬に認められ27℃台に達している。一方最低水温期は2～3月で、水温値は、場所によって多少異なるが、6～7℃台となり、地先水温が10℃以下の期間は12月下旬～4月上旬にわたり、数カ月の長期にわたっている。

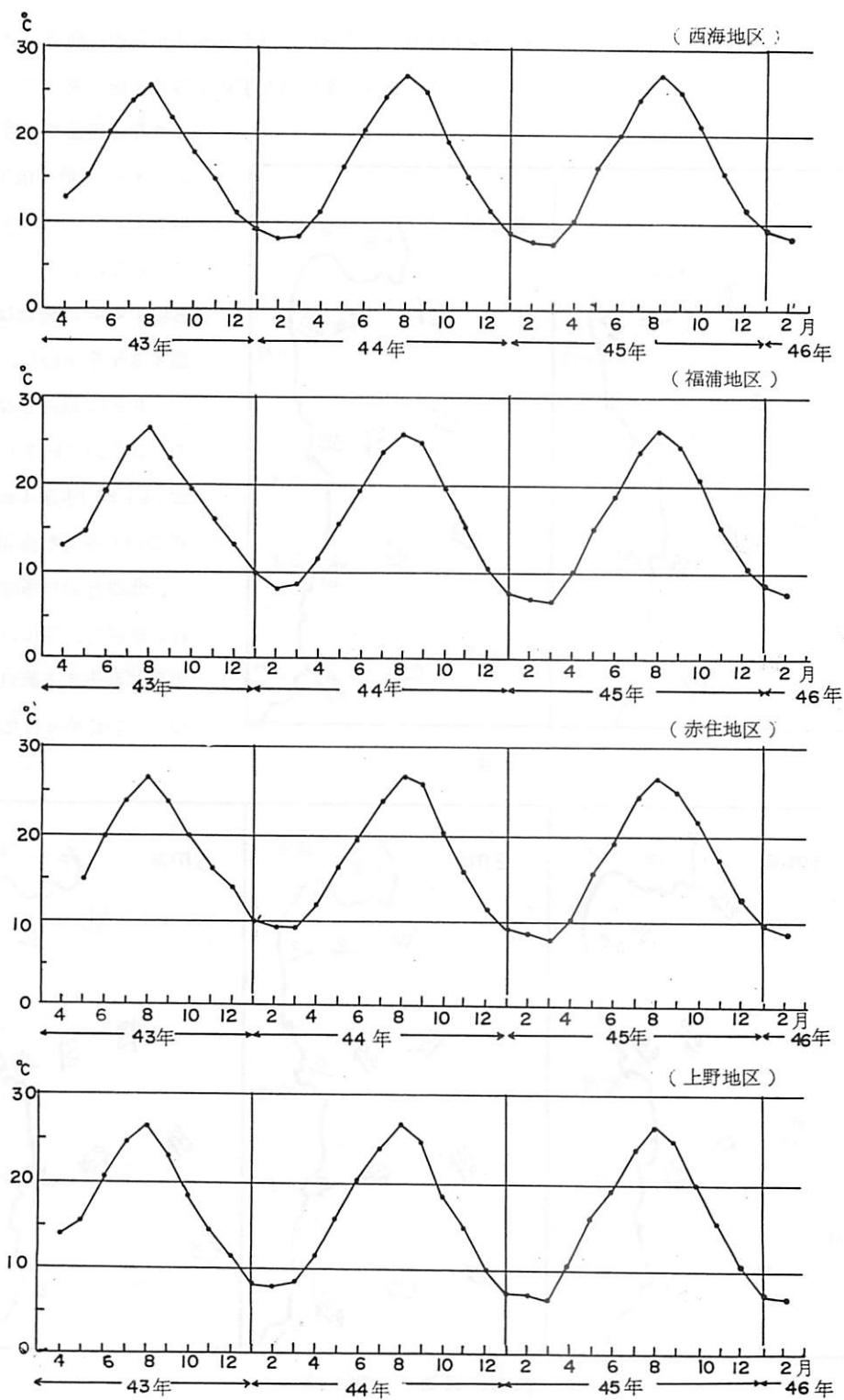
地先水温においても年変動が認められ最高、最低期で2～3℃の水温差のあることがわかった。

iv) 流向、流速

流測計による調査結果

調査は5、7、9、10月に実施し、第1図に示した12点について測定した結果を第7-1～4図に示した。流向は全般的にみて沖合部で北上する流れが卓越し、距岸6,000 m以内の沿岸寄りでは、沖合北上流とそれによる小渦動を伴って複雑な流向を示している。それによると、流向は、測定位置によって異なり様々な方向に指向しているが、全般的に云えることは調査時点での5月は西～南、南々東、7月は北北西、西、北東、東南東、9月は西、北西、北～東北東、北々東、10月は南々東、北々東、東に指向する流れが卓越しているようである。

流速は第7図をみてもわかるとおり、沖合に強く、沿岸寄りに弱くなり、距岸6,000

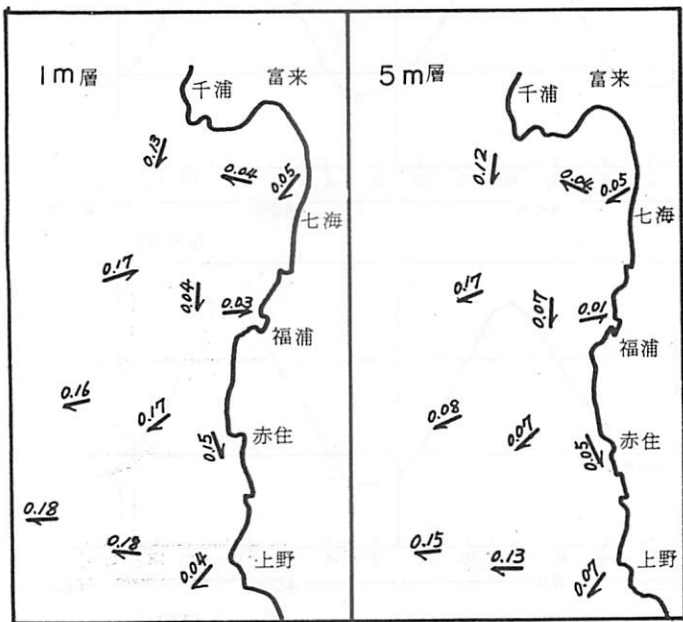


第6図、地先沿岸における水温の変化(午前9時観測)

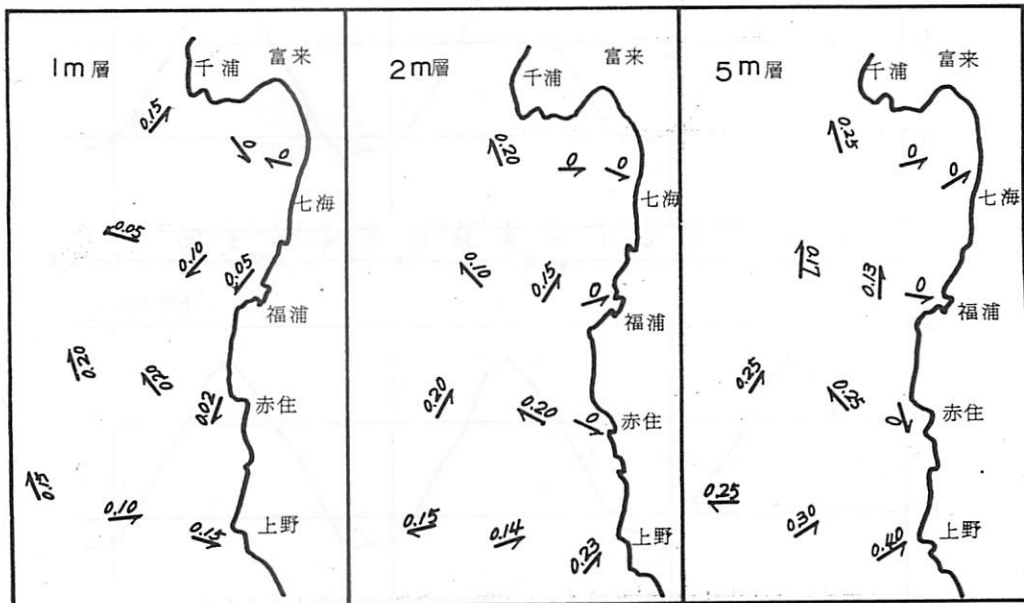
m以内の沿岸部では50 cm/sec以下で、さらに距岸1300 m以内の海域では 1.9 cm/sec以下であった。いま全測点の流速の平均値を求めてみると第2表のごとく昭和

43年は表面で9月の19.6 cm/secが最高値で、7月の9.8 cm/secが最少値となっている。

昭和44年の流速は全般に同43年を下廻り、7月に弱く9月に最強となっている、赤住地先約700 m付近(st15)水深1 mの流速についてみると流向は、南と、北西方向に指向する流れが卓越し、時には東、西方向に流去する流れの生ずることが認められたが、こ

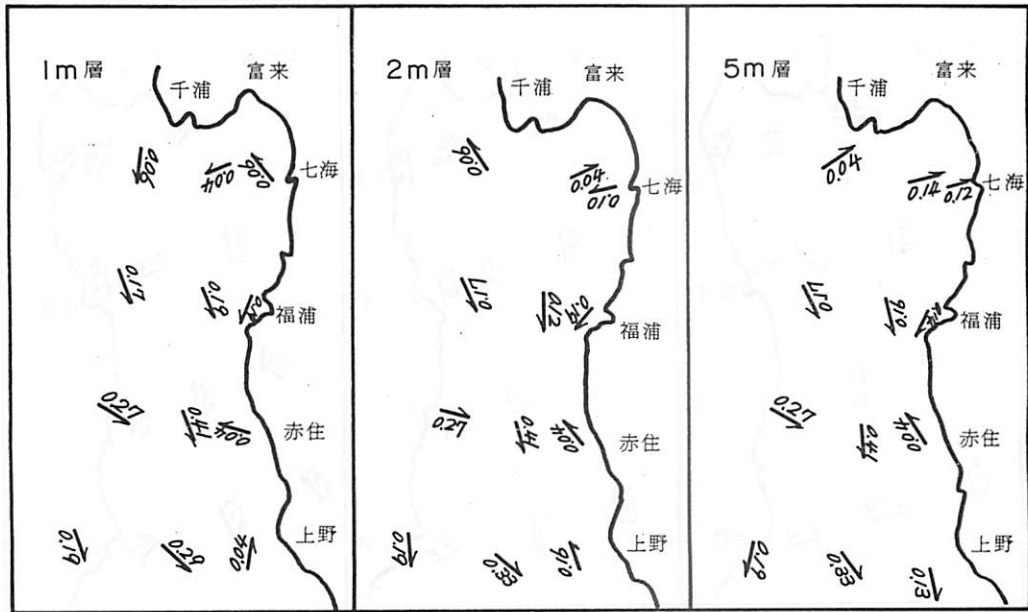


43. 5 流向、流速

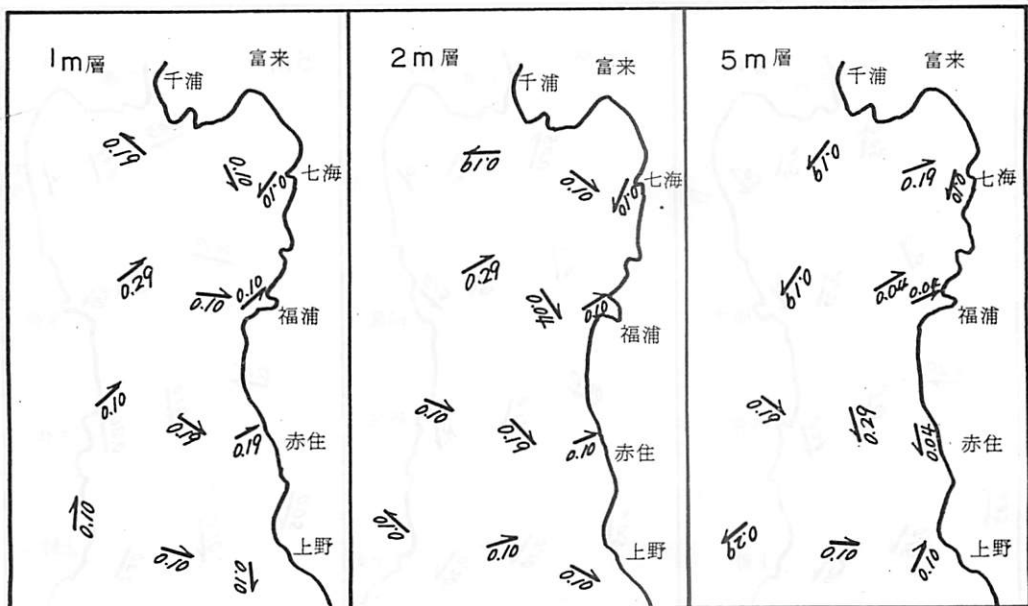


43. 7 流向、流速 (m/Sec)

第7-1図 流向、流速

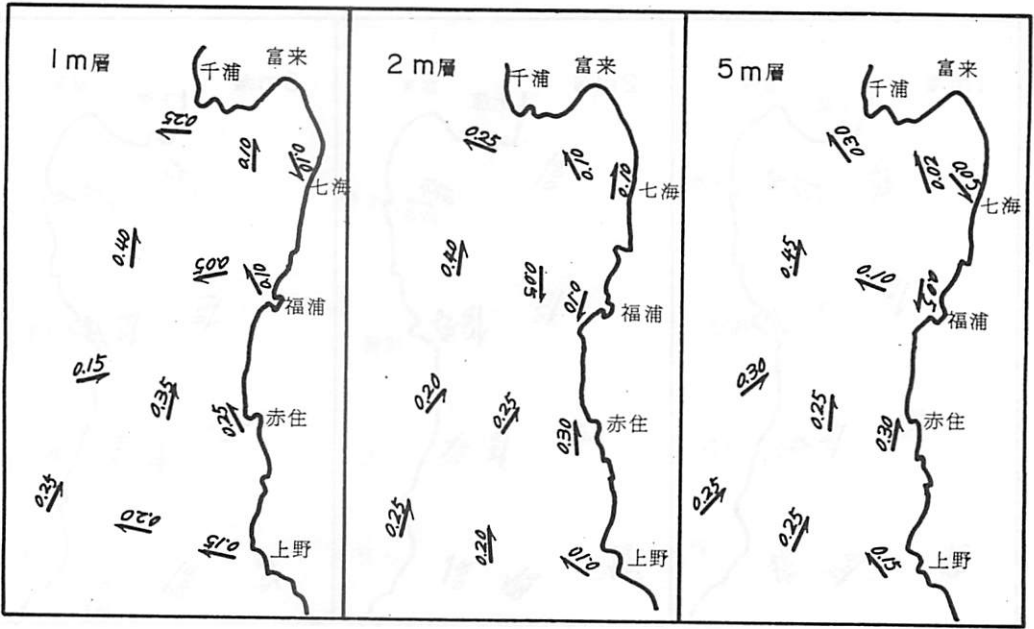


44. 5 流向、流速

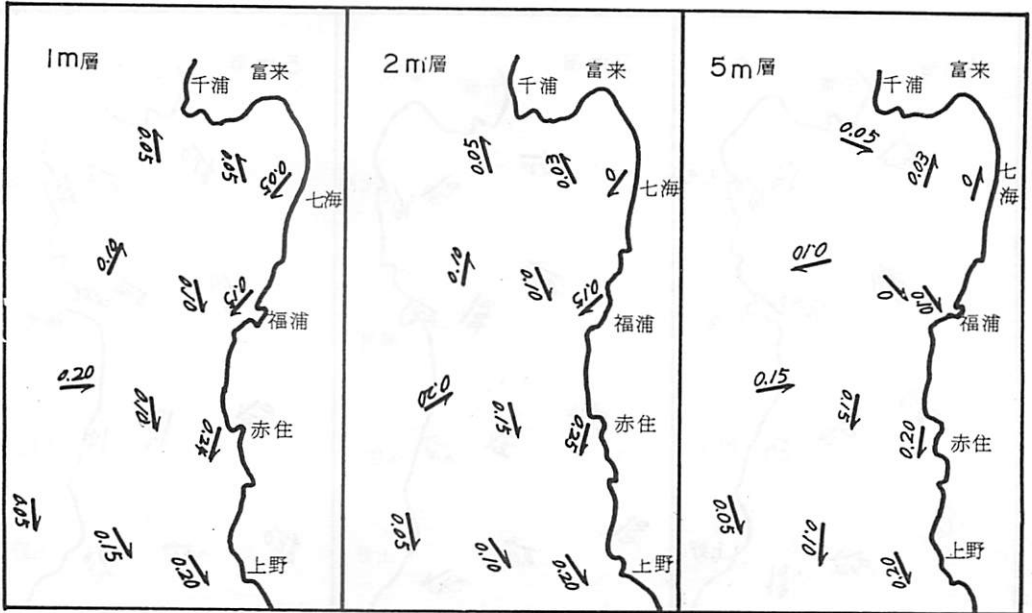


44. 7 流向、流速

第 7-2 図

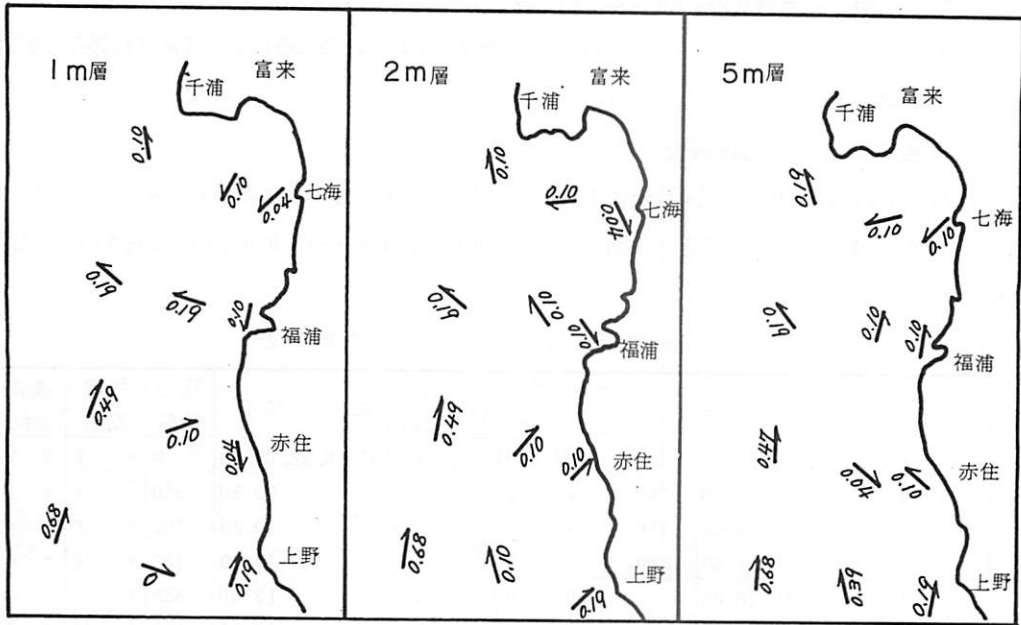


43.9 流向、流速

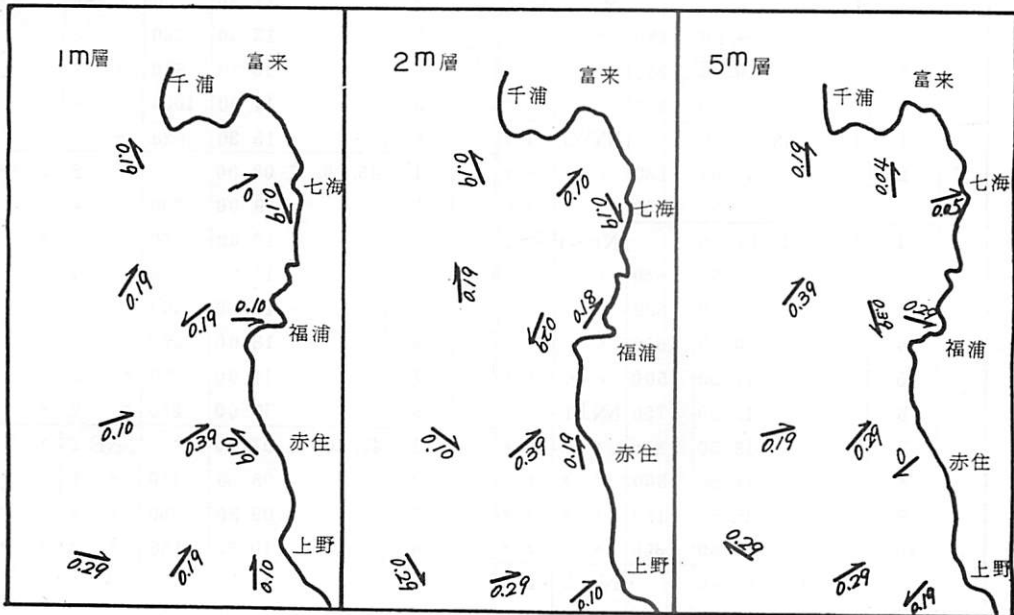


43.10 流向、流速

第7-3图



44. 9. 流向、流速



44. 10 流向、流速

第 7-4 图

これは風向、風力によって支配されているものと思われる。流速は $2\text{ cm/sec} \sim 25\text{ cm/sec}$ の流速が認められたが昭和43～44年の2カ年で延べ8回の測定をしたところ、 2 cm/sec が3回、 10 cm/sec が2回、 15 cm/sec が1回、 25 cm/sec が2回となっており、測定時によって流速は異なるが、秒速 2 cm 程度の緩な流れが5、7、9月に認められた。

測流板による流動追跡調査

昭和43年に延べ6回、同45年に4回の計10回の結果を図示したのが第8図である。測流板投入位置は、福浦港と赤住部落の間で距岸 1600 m と $400 \sim 900\text{ m}$ のところを中心としておこなった。

第2表 測流板による流動追跡調査結果表

st	確認位置	年月日時分	移動距離	風向風力	波浪ウネリ	st	確認位置	年月日時分	移動距離	風向風力	波浪ウネリ
I	1	43. 5. 10. 08. 53	m	0	0.0	VII	1	45. 5. 22. 08. 30	m	S 1	2 2
	2	09. 53	500	0	0		2	09. 30	580	" 1	" "
	3	10. 53	450	0	0		3	10. 30	400	" "	" "
	4	11. 53	400	0	0		4	11. 30	400	" "	" "
II	1	43. 5. 10. 13. 35			0	0	5	12. 30	320	" "	" "
	2	14. 35	250	0	0	6	13. 30	150	" "	" "	
	3	15. 35	250	0	0						
III	1	43. 7. 13. 08. 20		SE 1	0~1	VIII	1	45. 7. 21. 10. 30		SW 1	— —
	2	09. 20	630	" "	" "		2	11. 30	600	" 1~2	" "
	3	10. 20	350	" "	" "		3	12. 30	680	" "	" "
	4	11. 20	500	" "	" "		4	13. 30	680	" "	" "
IV	1	43. 7. 13. 11. 30		NNW2	1 1	5	14. 30	1000	" "	" "	
	2	12. 30	330	" "	" "	6	15. 30	620	" "	" "	
	3	13. 30	770	" "	" "						
V	1	43. 9. 17. 07. 45		N0~1	0~1	IX	1	45. 9. 7. 08. 00		E 2	2 —
	2	08. 50	650	" "	" "		2	09. 00	300	" "	" "
	3	09. 50	500	" "	" "		3	10. 00	350	" "	" "
	4	10. 50	1650	" "	" "		4	11. 00	350	" 1	" "
	5	11. 50	500	" "	" "		5	12. 00	400	" 1	" "
	6	12. 50	750	NNE1	" "		6	13. 00	270	" 1	" "
	7	13. 50	300	" "	" "		7	14. 00	250	" 2	" "
	8	14. 50	300	" "	" "		8	15. 00	250	" 2	" "
	9	15. 50	150	" "	" "						
	10	16. 50	300	" "	" "						
VI	1	43. 10. 11. 08. 40		NE 2	2 3	X	1	45. 10. 6. 07. 30		NNE 2	1 1
	2	09. 40	160	" "	" "		2	08. 30	140	" 1	" "
	3	10. 40	330	" "	" "		3	09. 30	230	" "	" "
	4	11. 40	470	" "	" "		4	10. 30	150	" "	" "
						5	11. 30	170	NW	" "	
						6	12. 30	150	" 2	2 1	
						7	13. 30	100	" "	" "	
						8	14. 30	70	" "	" "	
						9	15. 30	70	" "	" "	

測流水深は、表面より1、2、5 mの3層としたが、流向、流速ともに1 m層とはほぼ変りなかつたので、ここでは1 m層の流動について述べることにする。

移動状況は第8図をみてもわかるとおり、実施時期によって異なり、北上南下と、そして沖合から沿岸寄りに指向する流れが認められた。この流れは、通称下り潮、上り潮などと呼ばれているものである。

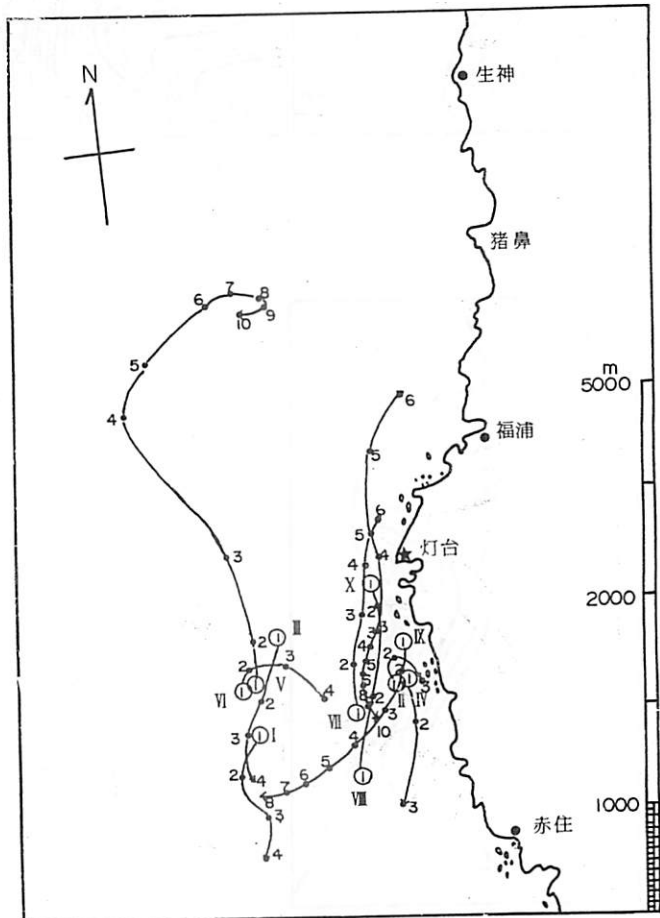
移動距離は第3表に示すとおりであるが、いま、その表から1時間当りの平均流速を求めると456 m/hとなり、0.24ノットの流速となる。また、1時間当りの最高流速1650 m/h (45 cm/sec)、最小流速は150 m/h (4 cm/sec)で、温排水放出予定海域付近の流速は時期によって異なるが0.9~0.08ノットの流速が認められた。

V) 透明度

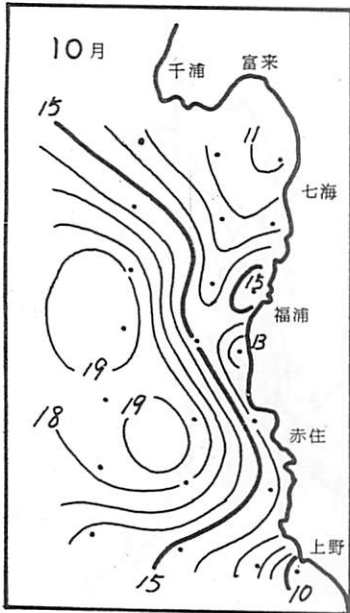
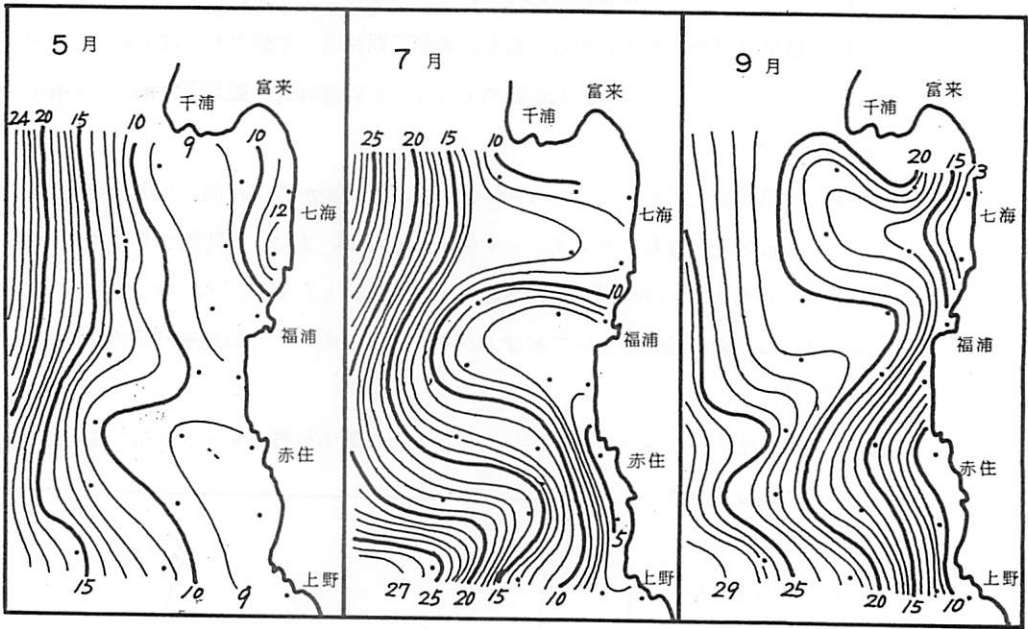
透明度の分布は第9-1~3図に示したとおり、年間の分布は4~36 mで変化し、年季節、海域によって大きな変化をみせている。

昭和43年の場合は、5月に9~24 m、7月に5~25 m、9月に10~25 m、10月に10~29 mとなっており、透明度の海域差がもっとも大きな月は7月で、逆に小さな月は5月となっており9、10月はその中間的な状況を示している。海域的な分布についてみると、沖合ほど透明度が高く、沿岸寄りになるにしたがって低くなり、特に南部海域の上野沿岸に低い値を示している。

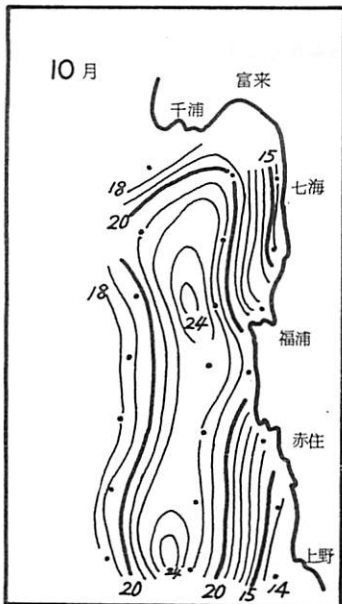
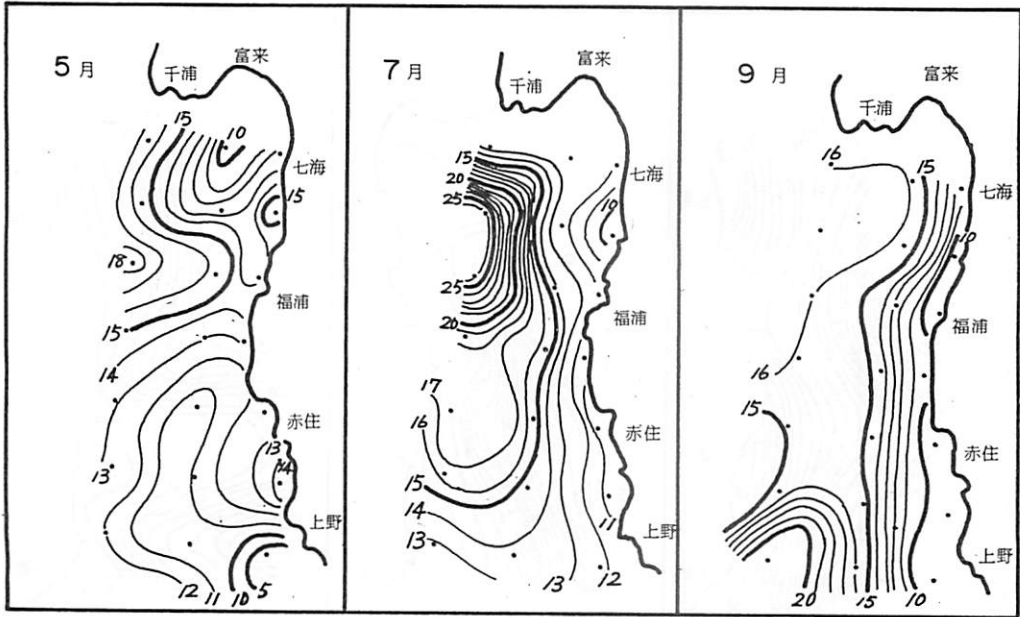
昭和44年についてみると、5月5~18 m、



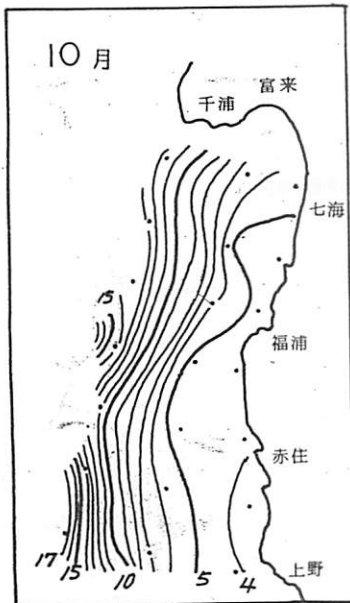
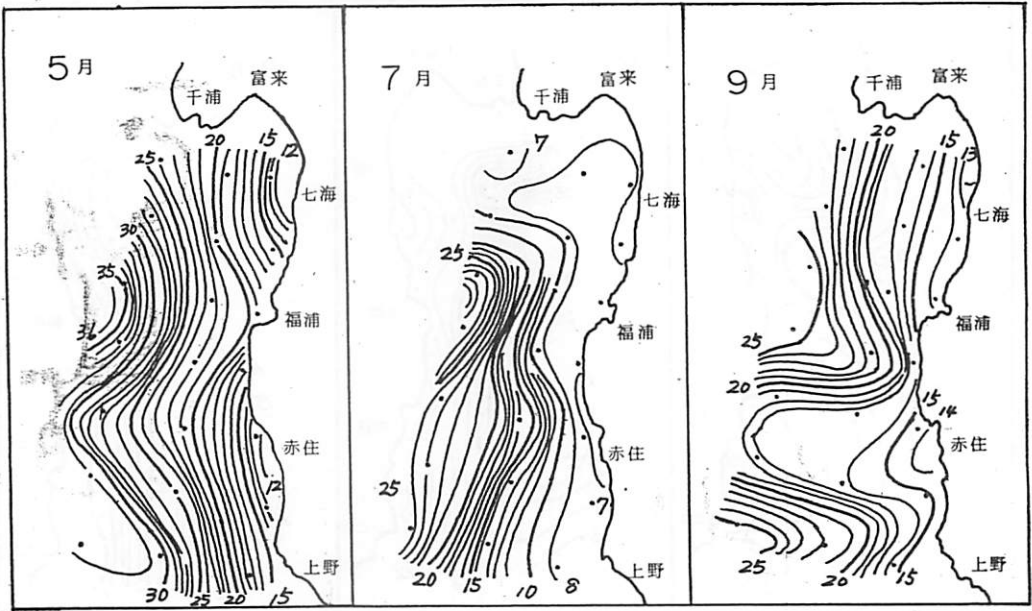
第8図 測流板による流動追跡調査 (測流水深1 m)



第9-1图 昭和43年透明度分布图



第9-2图 昭和44年透明度分布图



第9-3图 昭和45年度透明度分布图

7月10～26m、9月10～20m、10月14～24m、昭和45年は5月12～36m、7月7～25m、9月13～25m、10月4～17mとなっており、年、月変動の大きいことを示している。海域分布は43年と同様の傾向を示し、沖合に高く沿岸寄りに低くなっている。

3 生物の分布状況

調査対象海域内の沿岸部に生息する、魚類(イカ、タコ、カニ、サザエ、ナマコを含む)の分布状況を明らかにすることを目的とし、三重刺網による漁獲試験を実施した。なお、この調査は根付けの資源の一部にすぎないので、この調査の穴となっている魚族の資源調査は志賀町、富来町にある漁協より10隻の標本漁船を抽出し、これに西海の定置網1カ統を含めて漁獲状況を調査した。

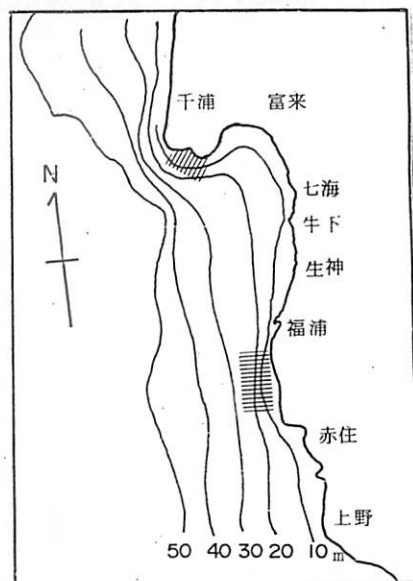
(1) 試験船による三重刺網の漁獲試験結果

i) 魚種別漁獲状況

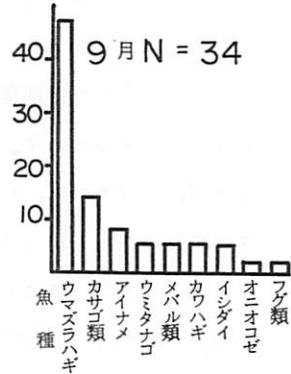
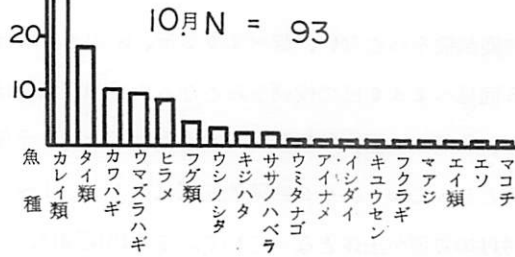
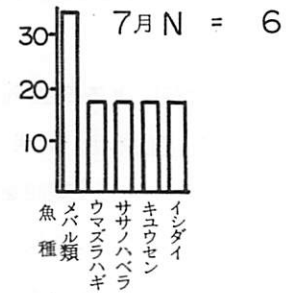
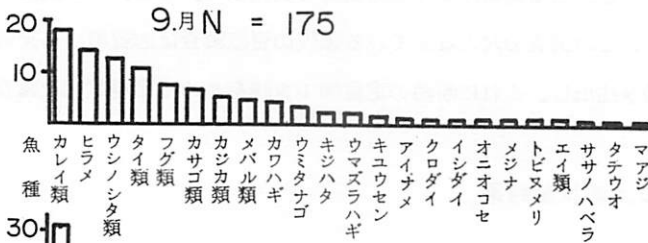
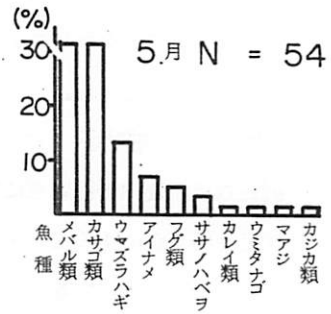
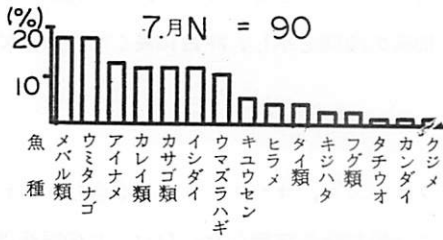
昭和43年は全期間を通じて17回の漁獲試験をおこない、延べ102反、昭和44年は29回、延べ290反、同45年は、28回延べ280反の投網をおこなった。調査海域は第10図に示した。その結果西海地先では、魚類49種、魚類以外の水産動物18種、赤住地区では、魚類36種、魚類以外が12種となっており、その漁獲物組成は第11-1～6図に示したとおり多種多様で全般的に根付けの魚種が主体となっている。主な出現種は、5月メバル、イシガレイ、アイナメ、アカメフグ、カサゴ、イソカサゴ、ヒラメ、7月、イシガレイ、ウマズラハギ、9月カワハギ、イシガレイ、ヒラメ、ウミタナゴ、アカメフグ、クロウシノシタ、10月カワハギ、ウマズラハギ、ヒラメ、イシガレイ、クロウシノシタ、メバル、マダイなどとなっており、魚類以外ではサザエ、ナマコ、イシガニ、ベニイシガニなどが目立っていた。西海、赤住の両地区とも出現種にはあまり変りなく、回遊性の少ない根付け的な魚種が多くなっている。

ii) 主な漁獲物の体長組成

カワハギ；赤住、西海地区ともに9～10月に出現が多く、体長範囲は8～14cmで、モードは9～10cmにみられ、全般に小型で14cm以上の

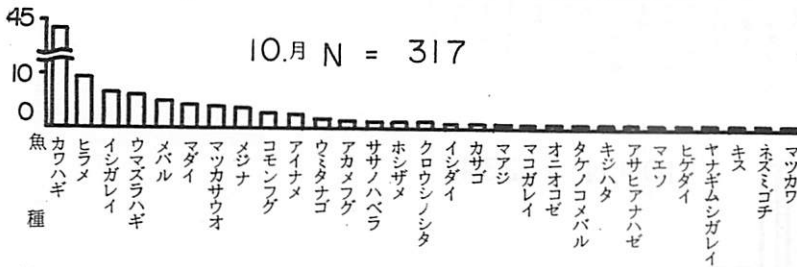
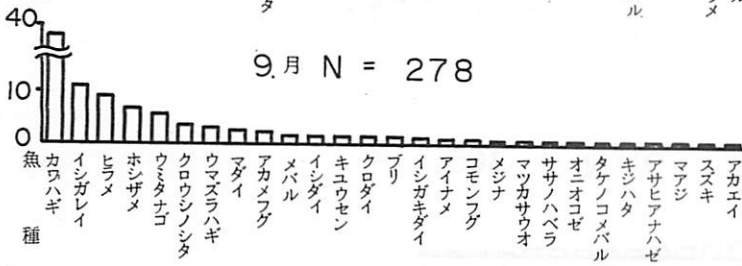
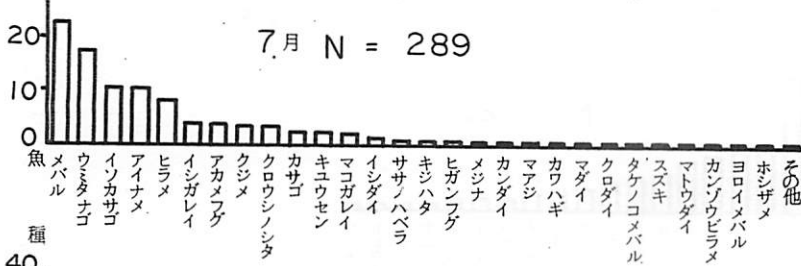
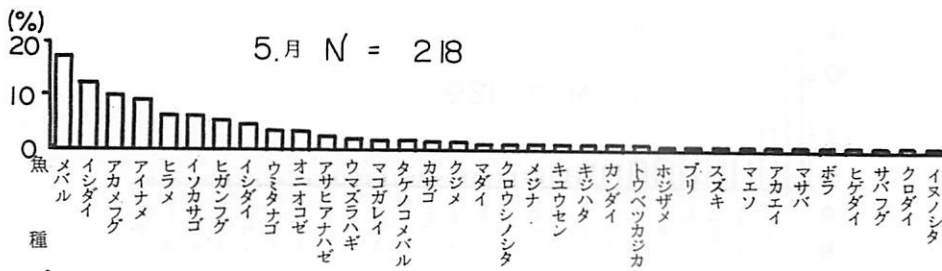


第10図 三重刺網操業位置図

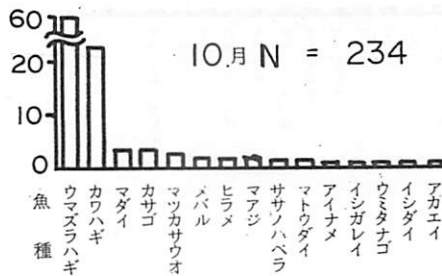
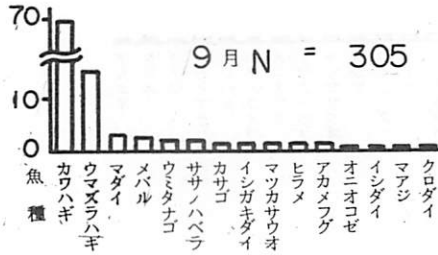
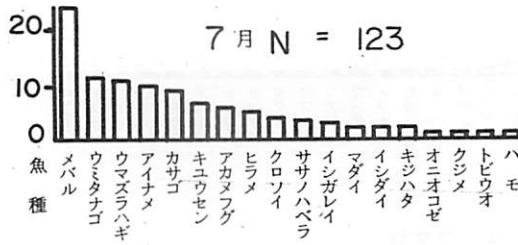
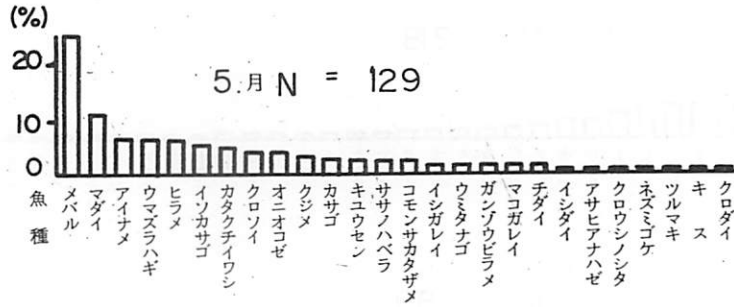


第11-1図昭和48年度三重刺網の漁獲試験結果からみた魚種組成 (西海地区)

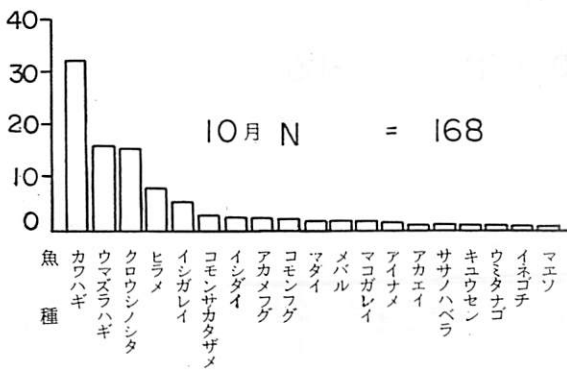
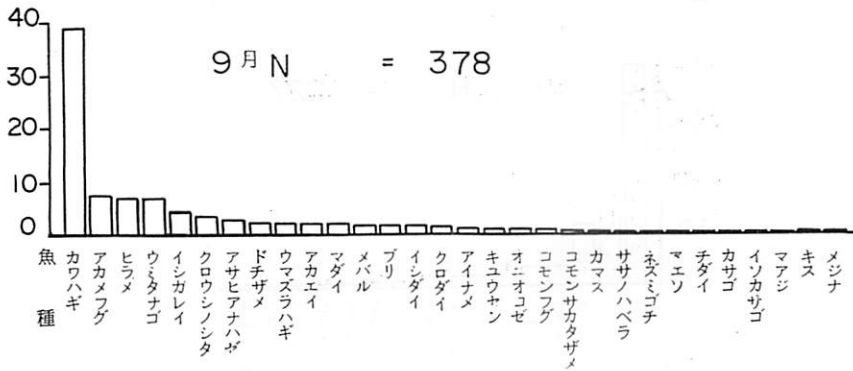
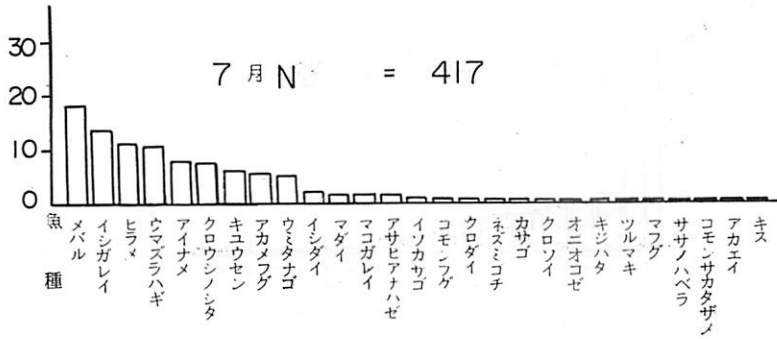
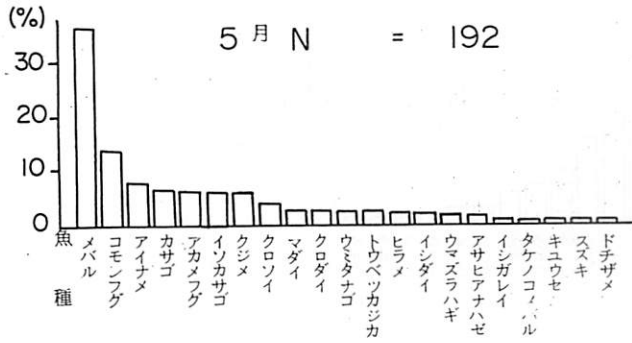
第11-2図昭和48年度三重刺網の漁獲試験結果からみた魚種組成 (赤住地区)



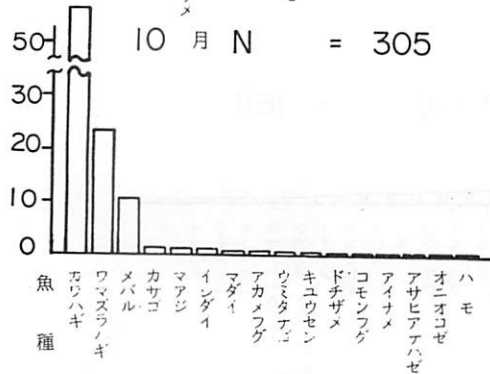
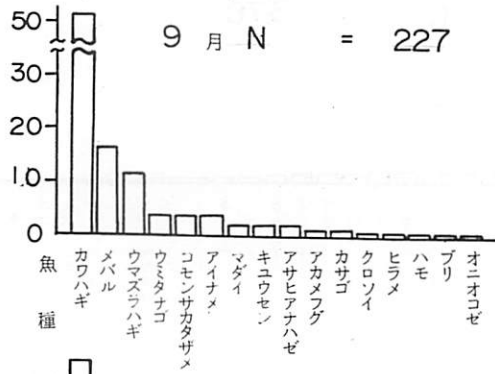
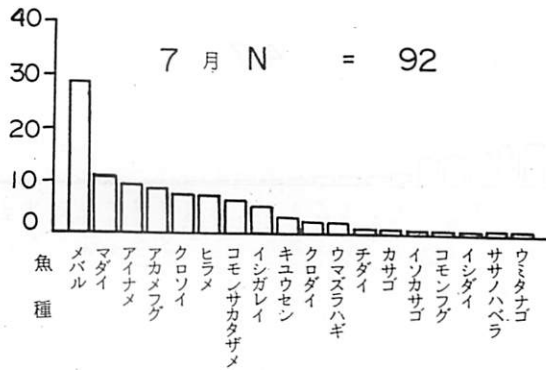
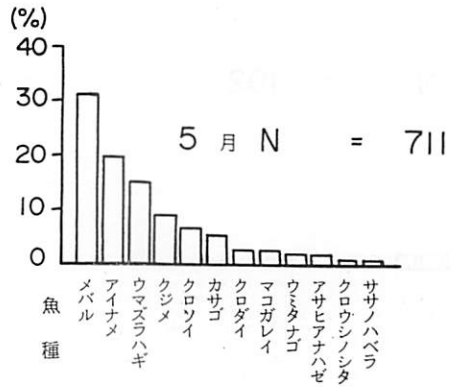
第11-8図 昭和44年度三重刺網の漁獲試験結果からみた魚種組成 (西海地区)



第 11-4 図 昭和 4 4 年度三重刺網の漁獲試験結果からみた魚種組成 (赤住地区)



第11-5図 昭和45年度 三重刺網の漁獲結果からみた魚種組成(西海地区)



第 11-6 図 昭和 45 年 三重刺網の漁獲試験からみた魚種組成(赤住地区)

大型群の出現がみられなかった。

メバル；出現体長範囲は9～30 cmにみられるがモードは昭和44、45年ともに、5月16～17 cm、7月15～16 cm、10月14～16 cmとなっており春、夏、秋期に向うにしたがってモードが小さくなる傾向がある。

ウマズラハギ；出現体長範囲は10～22 cmで、5月に15～16 cm、7月19～20 cmにモードをもつ、やや大型群が出現するが、9月には12～13 cmの小型群を主体とする群が現われ、10月になると、モードが14～16 cmとなりその成長がうかがえる。

ヒラメ；体長範囲11～43 cmで5～10月の期間では季節を問わづ幅の広い出現を示しているところから、調査対象海域は幼魚から成魚までの生息場となっているものと思われる。

アイナメ；ヒラメ同様体長範囲の幅が広く10～37 cmのものが時期を問わづ出現しているところから、同一海域では周年生息しているものと思われる。

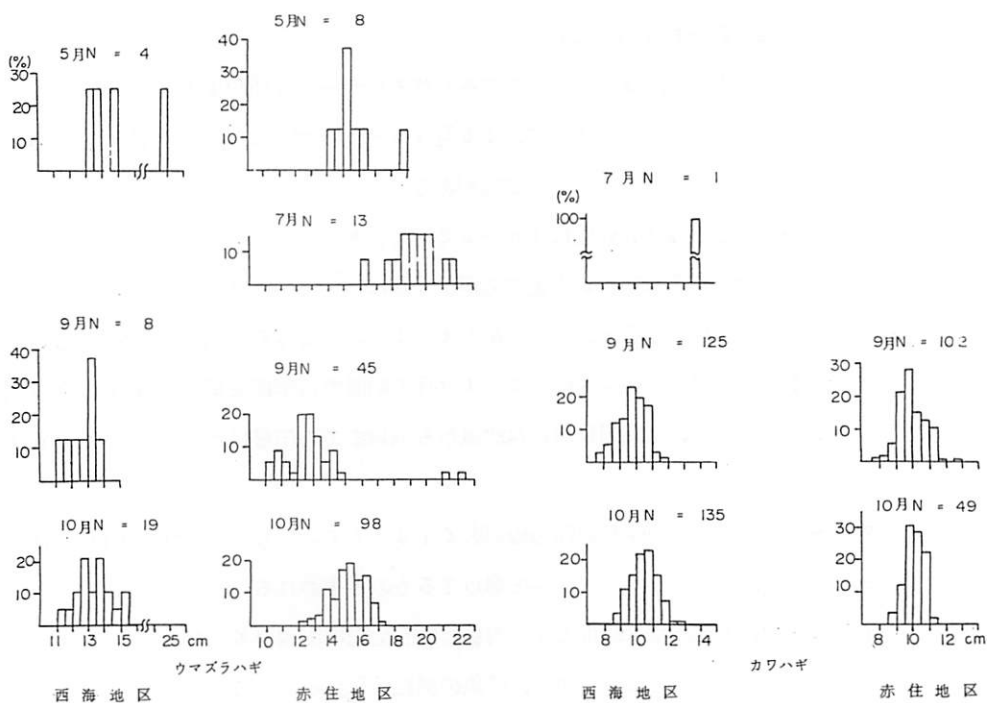
イシガレイ；生息地は砂地帯となる関係上西海地先に出現が多くなっている。体長範囲は16～38 cmで時期を問わづ幼魚、成魚の混獲が目立っている。

ウミタナゴ；海域的には西海地区に多く赤住地区に少ない。体長範囲は13～19 cmでモードは、年、月、場所によって、いくらか異なるが、13～15 cmにみられ、7月には18 cm付近にもモードが現われている。

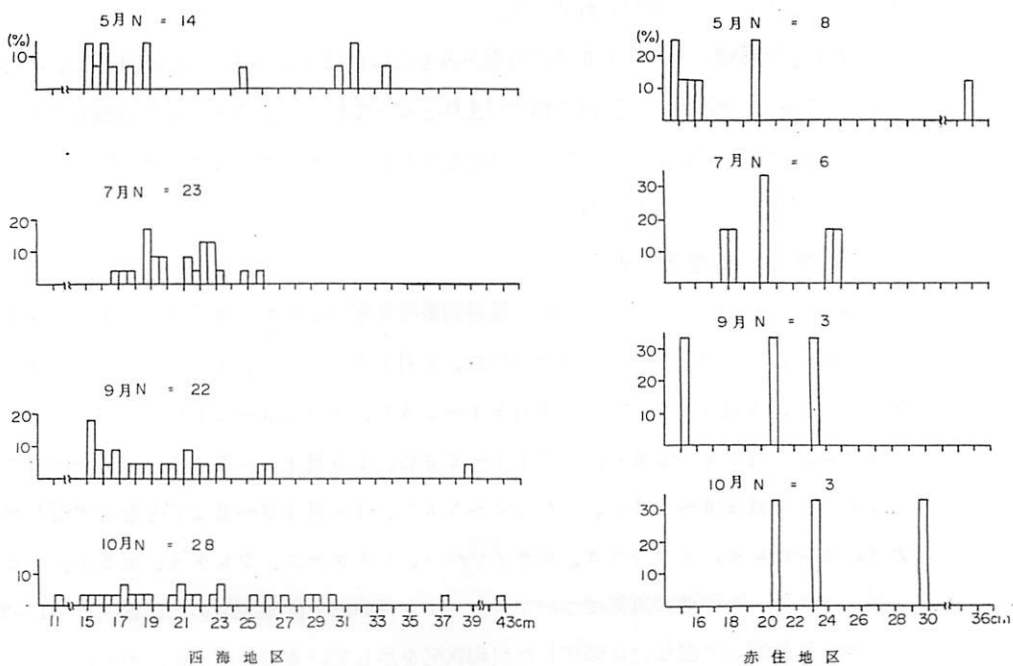
マダイ；両海域とも5～10月に出現がみられ体長は13～47 cmの範囲内で、主として体長17～18 cm以下の小型群の出現が主体となっているが、5～7月には数は少ないが27～34 cmの大型群が漁獲の対象になることもあり、季節によっては大型群がかなり磯寄りに接岸することが認められた。

iii) 水温帯別漁獲状況

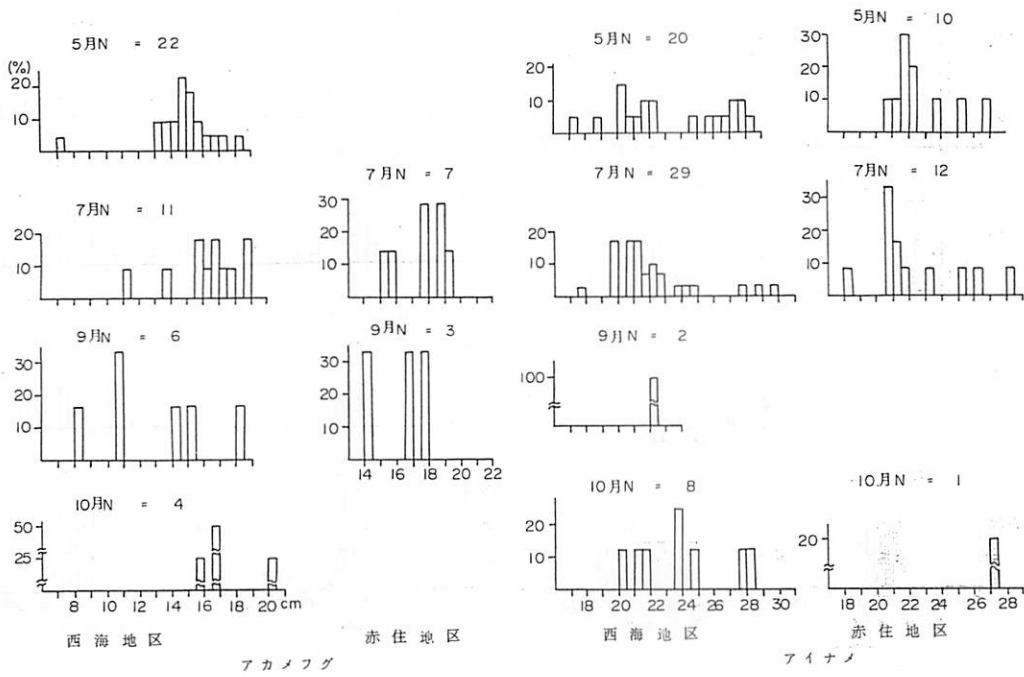
主要魚種について、年、月、別に水温帯別漁獲比率を示したのが第13—1～5図である。それによるとカワハギ、7月20℃台、9月23～26℃、10月19～22℃、ウマズラハギ、5月11～16℃、7月21～25℃、9月23～26℃、メバル5月10～16℃、7月20～23℃、9月23～26℃、10月19～21℃、マダイ5月14～16℃、7月20～23℃、9月23～26℃、10月19～22℃となっておりアイナメ、イシガレイ、イソカサゴ、ササノハベラ、ウミタナゴ、クロダイ、ヒラメ、アカメフグ、カサゴ、その他の魚種についても5～10月の間では出現帯の水温範囲は11～26℃台で、季節的な水温変化に順応した出現状況を示していることがうかがえる。



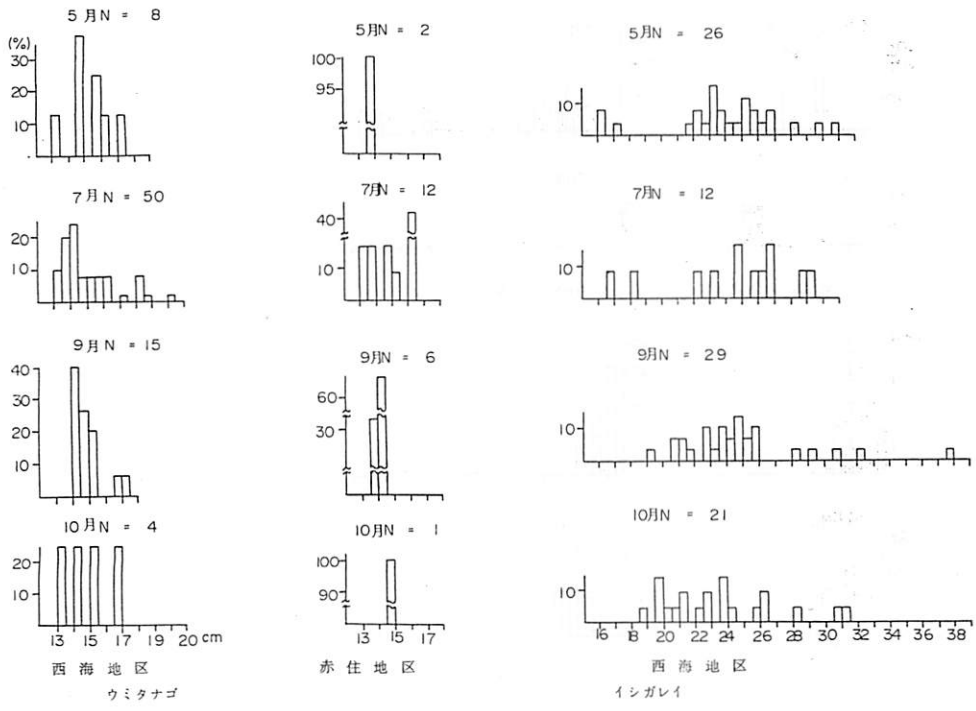
第12-1図 体長組成(昭和44年)



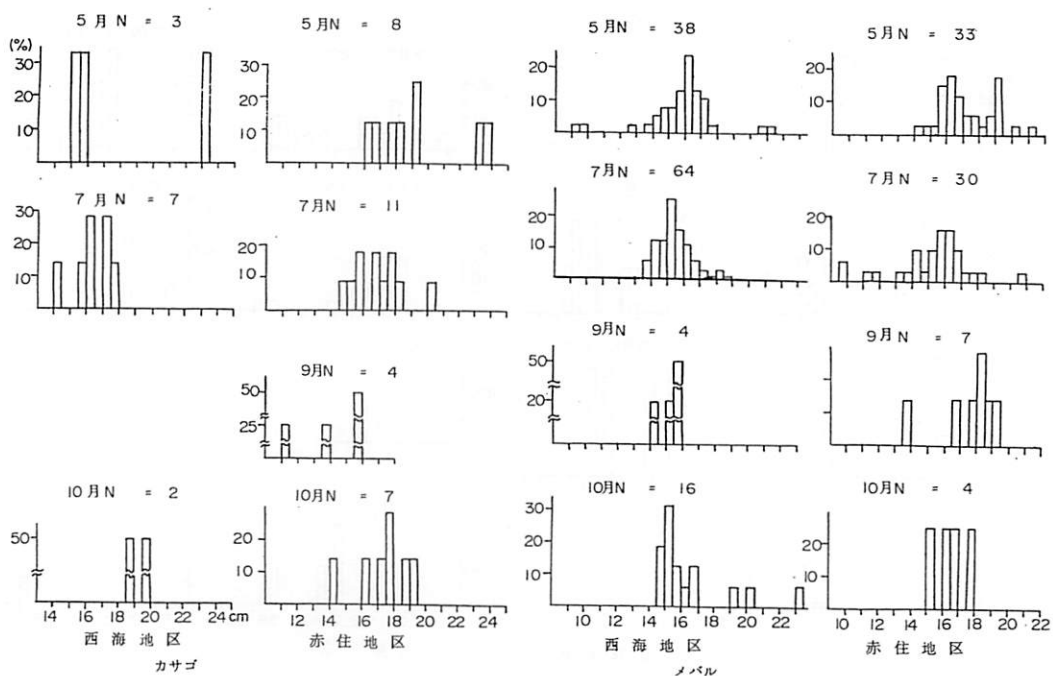
第12-2図 ヒラメ体長組成(昭和44年)



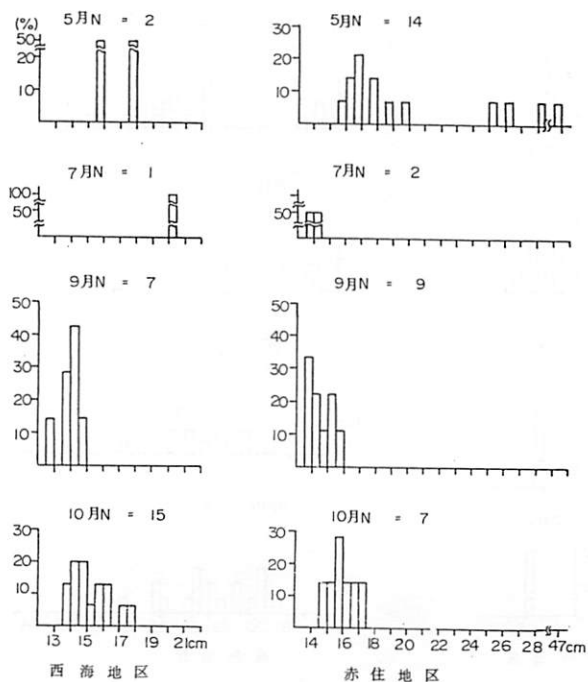
第12-3図 体長組成 (昭和44年)



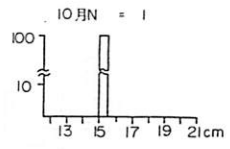
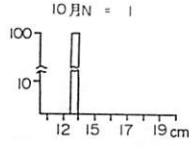
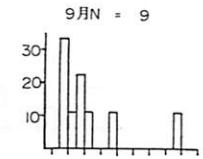
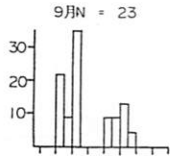
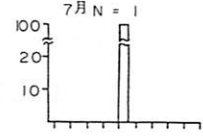
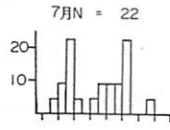
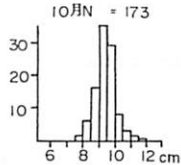
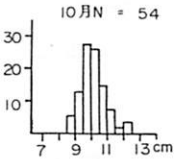
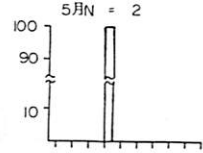
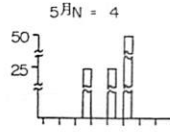
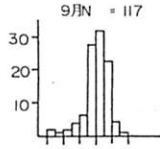
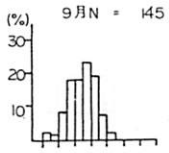
第12-4図 体長組成 (昭和44年)



第12-5図 体長組成(昭和44年)



第12-6図 マガイ体長組成(昭和44年)



西海地区

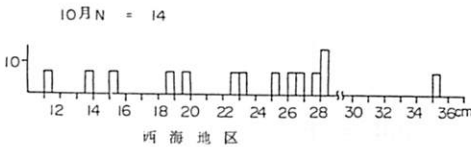
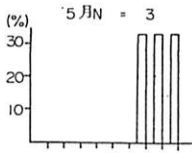
赤住地区

第12-7図 カワハギ 体長組成(昭和45年)

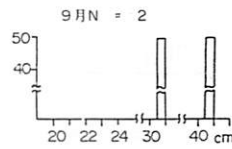
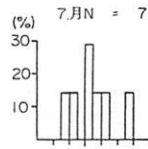
西海地区

赤住地区

第12-8図 ウミタナゴ 体長組成(昭和45年)

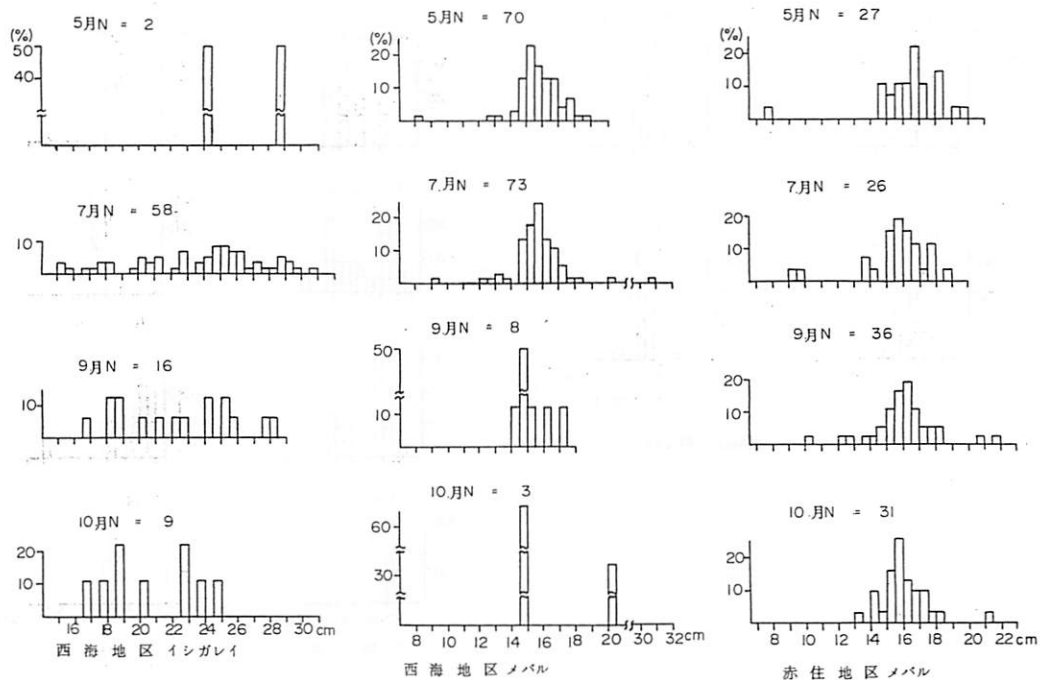


西海地区

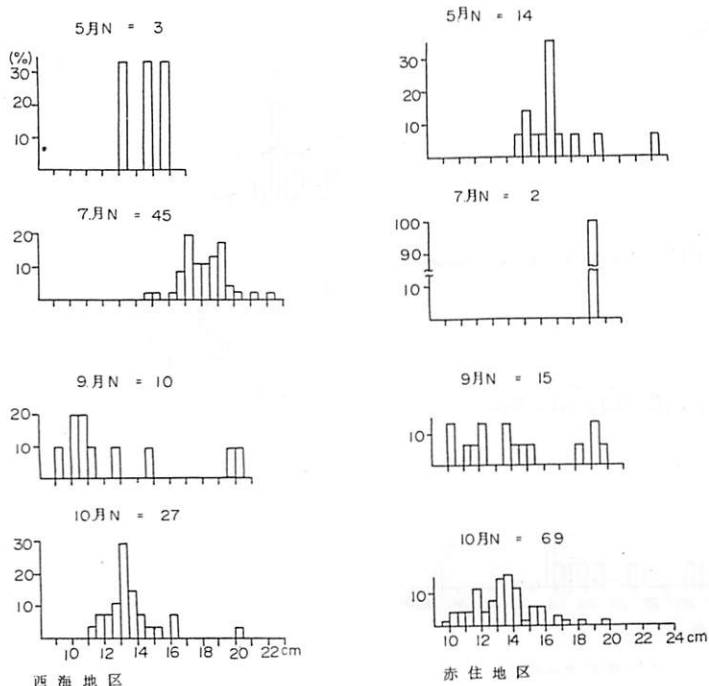


赤住地区

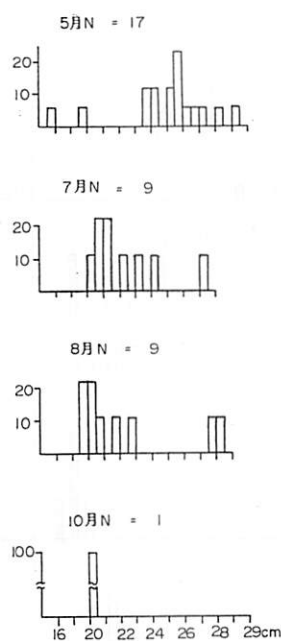
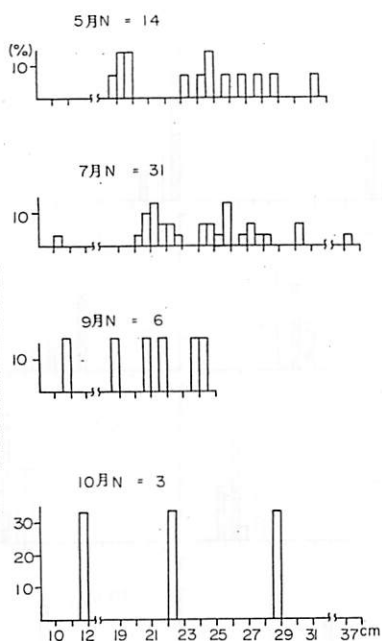
第12-9図 ヒラメ 体長組成(昭和45年)



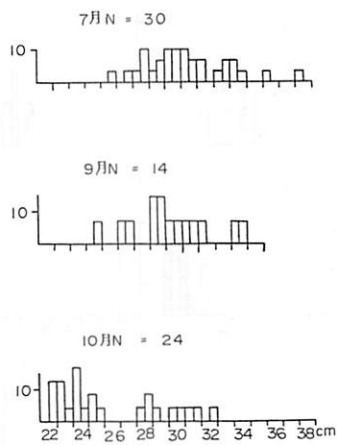
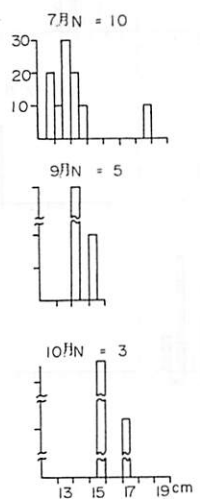
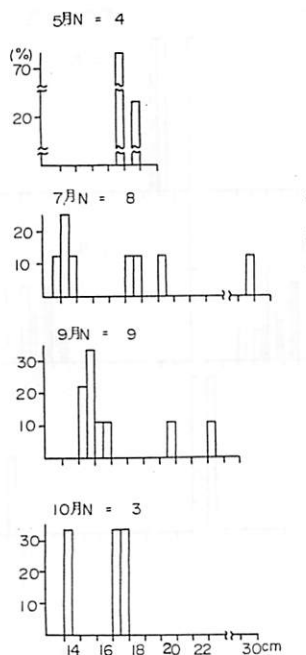
第12-10図 体長組成(昭和45年)



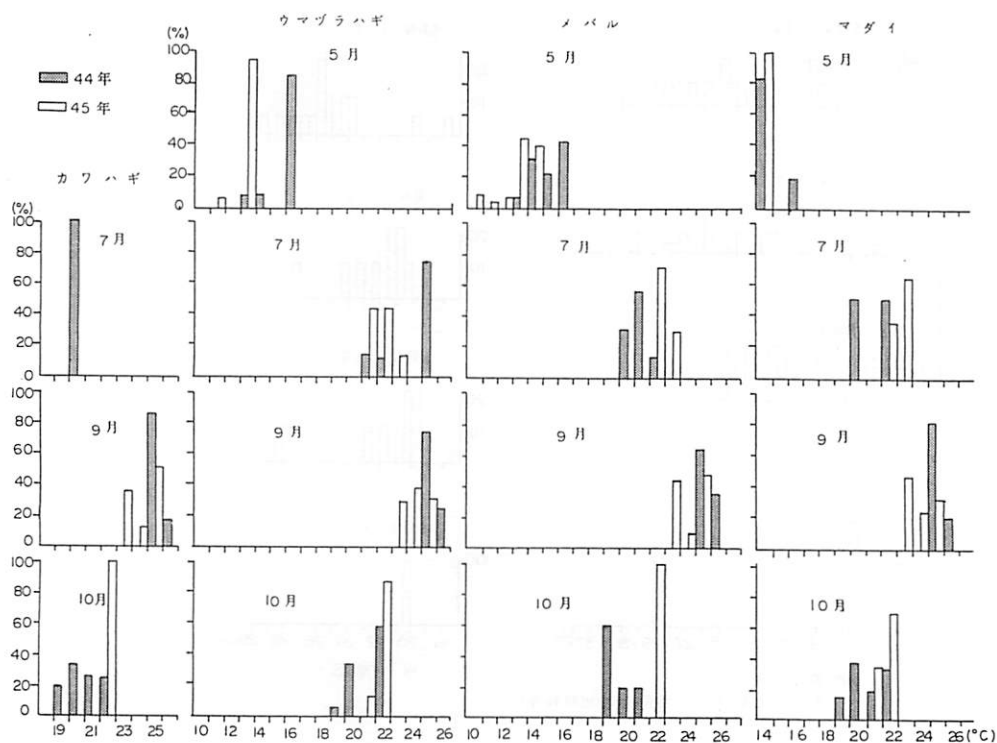
第12-11図 ウズラハギ体長組成(昭和45年)



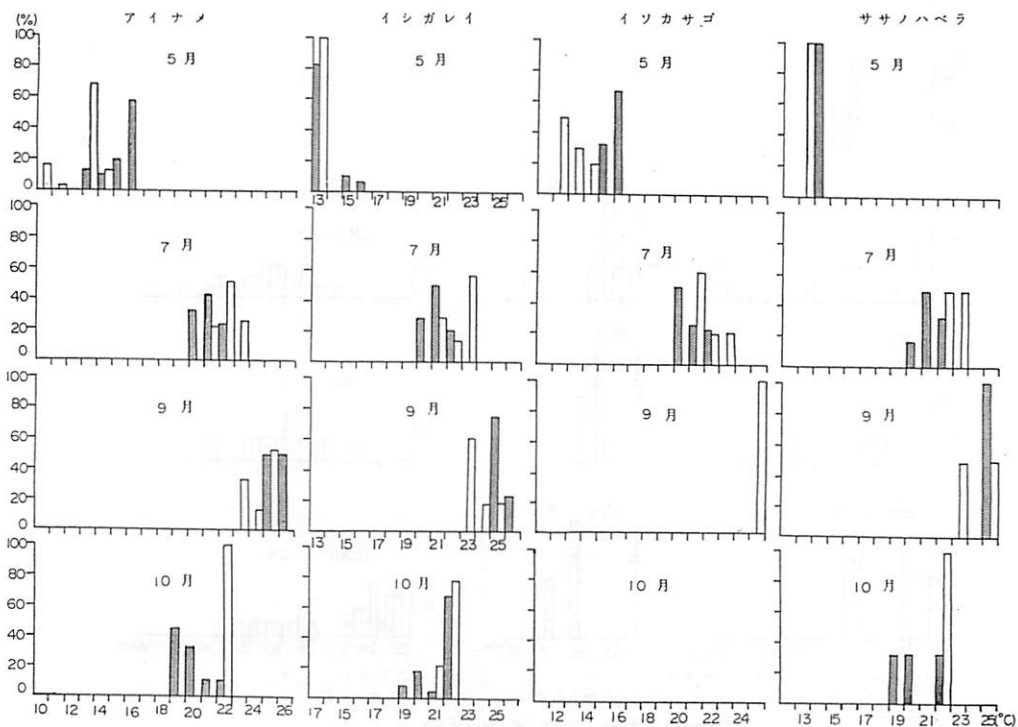
第12-12図 アイナメ体長組成 (昭和45年)



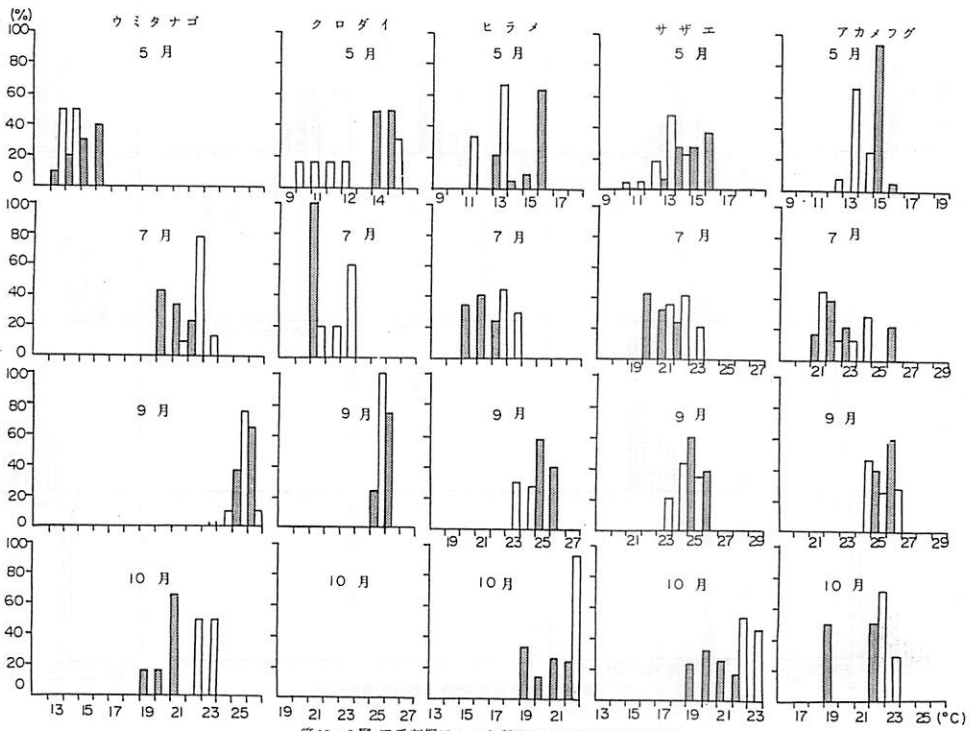
第12-13図 体長組成 (昭和45年)



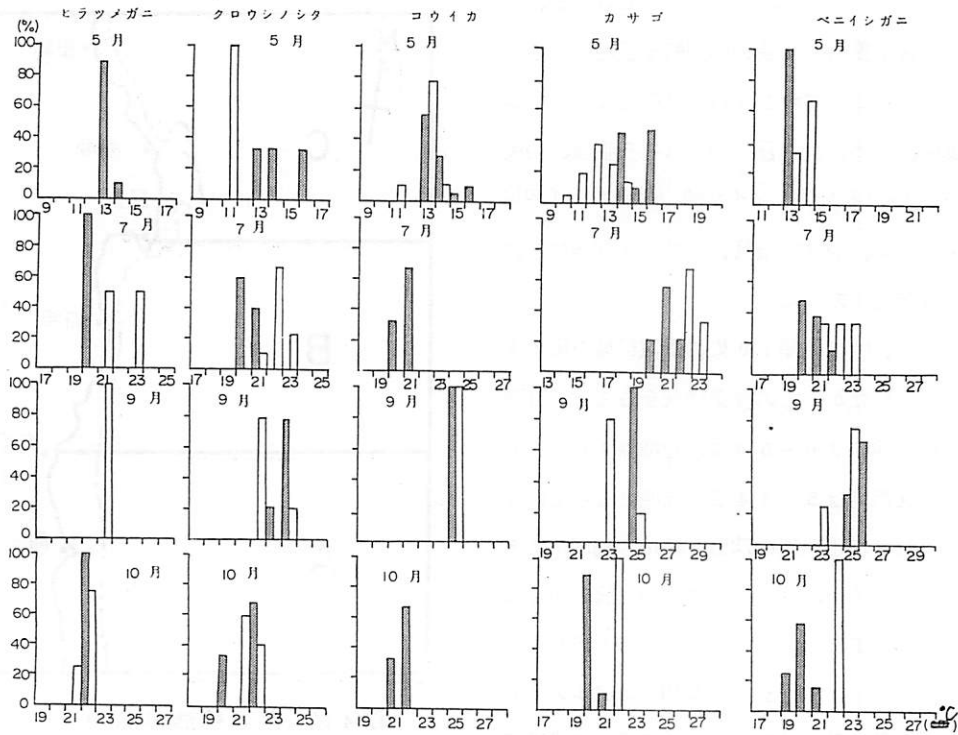
第13-1図 三重刺網による魚種別漁獲水温帯別漁獲割合



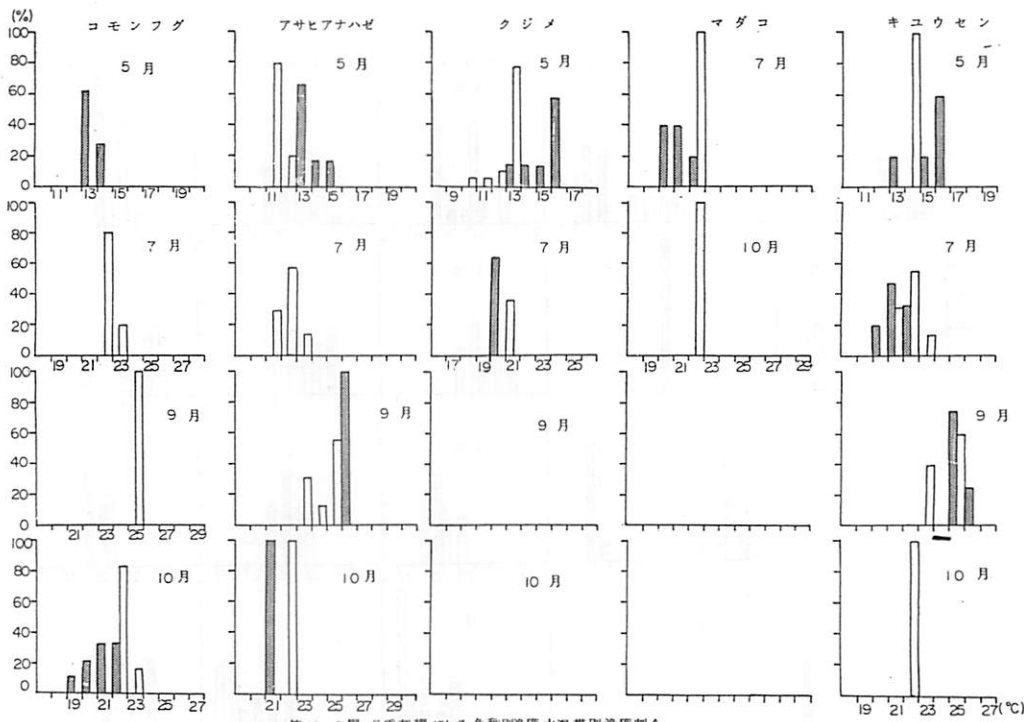
第13-2図 三重刺網による魚種別漁獲水温帯別漁獲割合



第13-3図 三重刺網による魚種別漁獲水温帯別漁獲割合



第13-4図 三重刺網による魚種別漁獲水温帯別漁獲割合



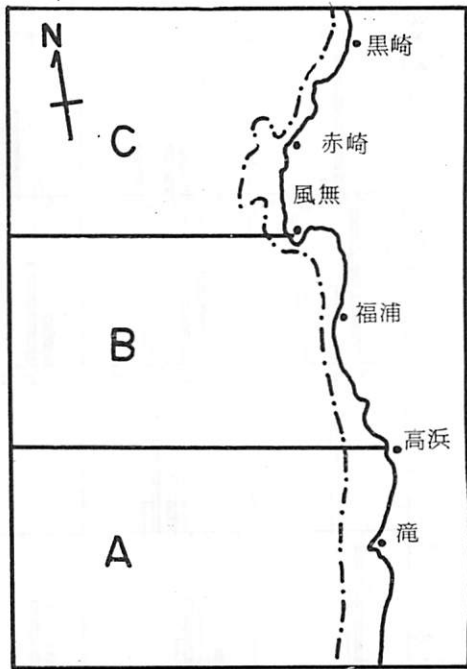
第13-5図 三重刺網による魚種別漁獲水温帯別漁獲割合

(2) 標本漁船の調査結果

標本船は、西海、上野地区から各4隻、福浦地区2隻計10隻の小型船を選んだ。この標本船によっておこなわれた漁業は、小型底曳網、刺網、釣、吾智網、八そう張網、船曳網、小型まき網、シイラ漬、パイ籠、イカ籠、タコツボ、やす、は具、イワノリ採集などの13業種であった。

いま、標本漁船10隻の操業区域を第14図に示したが、その操業状況をみると、B漁場は全体の30~50%、C漁場40~50%、A漁場は5~14%の出漁となっている。

これは標本漁船の抽出方法にも問題があると思われるが、地区的な漁業の形態と漁場などの環境的な面の違いによるものと思われる。したがって、漁獲量もC漁場では全体の83~86%、B漁場で12~13%、A漁場で



第14図 標本船漁場区分

第3表 標本漁船調査結果による漁場別漁獲状況

業種別漁場利用度 (43年)

項目 業種別	延べ出 漁隻数	漁場別		
		A	B	C
小型底曳網	189	4%	81%	15%
刺網	288	—	62	38
釣	211	—	11	89
吾智網	288	19	81	—
八そう張網	9	—	—	100
シイラ漬	3	—	—	100
バイ籠	49	—	—	100
イカ籠	20	—	100	—
タコツボ	59	—	100	—
突棒	13	—	100	—
岩メリ採集	18	—	100	—
計	1,147	5.6	53.9	40.5

業種別漁場利用度 (44年)

項目 業種別	延べ出 漁隻数	漁場別		
		A	B	C
小型底曳網	169	7%	35%	59%
刺網	237	10	38	52
釣	192	—	23	77
吾智網	298	40	46	14
八そう張網	3	—	—	100
シイラ漬	19	—	32	68
バイ籠	78	—	—	100
イカ籠	18	—	100	—
船曳網	12	—	100	—
ワカメ採集	49	—	—	100
計	1,075	14	34	52

業種別漁獲割合 (43年)

項目 業種別	漁獲量	漁獲比率		
		A	B	C
小型底曳網	150.94 ^{kg}	2%	63%	36%
刺網	9,561	—	79	21
釣	9,973	—	8	92
吾智網	13,573	20	80	—
八そう張網	18,650	—	—	100
シイラ漬	373	—	—	100
バイ籠	5,536	—	—	100
イカ籠	404	—	100	—
タコツボ	1,829	—	100	—
突棒	375 2,440	—	100	—
岩ノリ採集	323	—	100	—
計	2,440 [□] 243,541	1	13	86

業種別漁獲割合 (44年)

項目 業種別	漁獲量	漁獲比率		
		A	B	C
小型底曳網	154.91 ^{kg}	6%	32%	62%
刺網	3,451 [□] 10,499	34	11 22	89 44
釣	11,884	—	32	69
吾智網	20,660	36	51	12
八そう張網	158,360	—	—	100
シイラ漬	18,589	—	26	74
バイ籠	10,063	—	—	100
イカ籠	927	—	100	—
船曳網	1,826	—	100	—
ワカメ採集	3,863	—	—	100
計	3451 [□] 255,613	5	12	83

業種別 1日1隻当り漁獲量(43年)

項目 業種別	漁獲量	1日1隻当り平均漁獲量		
		A	B	C
小型底曳網	15,094 ^{kg}	39 ^{kg}	63 ^{kg}	182 ^{kg}
刺網	9,561	—	42	18
釣	9,973	—	31	49
吾智網	13,573	100	37	—
ハそう張網	186,500	—	—	20,722
シイラ漬	373	—	—	93
イカ籠	404	—	20	—
タコツボ	1,829	—	31	—
バイ籠	5,536	—	—	113
突棒	2,440 ^コ	—	163 ^コ	—
岩ノリ採集	375	—	25 ^(生重)	—
	233	—	19	—

業種別漁場利用度(45年)

項目 業種別	延べ出 漁隻数	漁場別		
		A	B	C
小型底曳網	263	14%	52%	34%
刺網	185	—	41	59
釣	183	—	18	82
吾智網	97	66	28	6
小型巻網	3	—	—	100
ハそう張網	6	—	—	100
バイ籠	5	—	—	100
船曳網	9	—	100	—
計	751	13	38	49

業種別漁獲割合(45年)

項目 業種別	漁獲量	漁獲比率		
		A	B	C
小型底曳網	25,440 ^{kg}	16%	51%	33%
刺網	14,720	—	74	26
釣	7,683	—	20	80
吾智網	5,342	69	27	4
小型巻網	13	—	—	100
ハそう張網	93	—	—	100
バイ籠	579	—	—	100
船曳網	1,552	—	100	—
計	55,422	14	48	38

業種別 1日1隻当り漁獲量(44年)

項目 業種別	漁獲量	1日1隻当り平均漁獲量		
		A	B	C
小型底曳網	15,497 ^{kg}	78 ^{kg}	48 ^{kg}	98 ^{kg}
刺網	10,499	149	4 ^コ	25 ^コ
釣	11,884	—	85	55
吾智網	20,660	63	78	60
ハそう張網	158,360	—	—	52,787
シイラ漬	18,589	—	805	1,058
バイ籠	10,063	—	—	129
イカ籠	927	—	52	—
船曳網	1,826	—	152	—
ワカメ採集	3,863	—	—	79

業種別 1日1隻当り漁獲量(45年)

項目 業種別	漁獲量	1日1隻当り平均漁獲量		
		A	B	C
小型底曳網	25,440 ^{kg}	109 ^{kg}	95 ^{kg}	95 ^{kg}
刺網	14,720	—	141	31
釣	7,683	—	45	41
吾智網	5,342	57	53	34
小型巻網	13	—	—	4
ハそう張網	93	—	—	16
バイ籠	579	—	—	116
船曳網	1,552	—	172	—

はずかに1~2%の水揚となっている。このようにA漁場の利用度は低く、わずかに吾智網、小型底曳網漁業で利用されている程度である。1日1隻当りの魚種別、漁場別漁獲量をみると、小型底曳網では、A漁場でマダイ、B漁場でマダイ、マガレイ、スガレイ、C漁場ではマダイ、マガレイ、スガレイ、ヤナギムシガレイなどの漁獲が目立っている。

刺網漁業についてみると、A漁場では漁獲なし、B漁場でメバル類、トビウオ、サザエ、C漁場ではメバル類、ウマズラハギ、の漁獲が多かった。

釣漁業についてみると、刺網漁業同様、A漁場での操業はなく、B、C漁場にのみ出漁している。B漁場ではメバル類、ブリ、スルメイカ、クロマグロ(メジ)などの漁獲率がよくなっている。

一方マダイを漁獲の対象とする吾智網漁業についてみると、A、B漁場において操業することが多くなっていることから、同海域はマダイの生息海域になっているものと思われる。

(3) 西海地区における定置網漁況と漁獲水温について

i) 主要魚種の漁獲状況

昭和42、43年の2カ年の資料から、西海沖の定置網に漁獲されたおもな魚種をあげると、第4表に示すとおり、ブリ、サバ、アジ、ソウダカツオ、マグロ(クロマグロ、バショウカジキ)マダイ、トビウオ、ウマズラハギ、クロダイ、スズキ、ヒラメ、マス、フグ、シイラ、イワシ類、サンマなどがあげられ、そのほかスルメイカ、タコなども含まれるが、これらの魚種のほとんどが、回遊魚となっている。

つぎに、年別にみると昭和42年度は、ブリ、マダイ、マグロの漁況が不振であったため5~7月における総漁獲量はわずか28トン、月別にみると5月4トン、6月16トン、7月6トンとなっている。この年にわずかに良かった。魚種はトビウオ、フグ、シイラであった。昭和43年マダイ、マグロ、トビウオ、マアジ、ウマズラハギ、フグなどが好漁を示し、特に、マダイ、マグロ、トビウオ、ブリの漁獲が目立っている。

月別漁獲量は5月80トン、6月37トン、7月25トン、となっており、総漁獲量は93トンで、前年の3.3倍となった。

このように年による漁獲変動が非常に大きいことがわかる。このことは、回遊魚が漁獲の主対象となっているところに起因するものと思われる。

ii) 漁場水温

水温は朝(午前5時頃)夕(午後3時頃)の網起し時に、定置網の矢引付近で表面と底層(40m)の2層を測温したものであるが、欠測があり十分な結果は得られなかったが第15-1~2図に示したのが、水温の日変化である。この図からみて全般的に云えることは、測

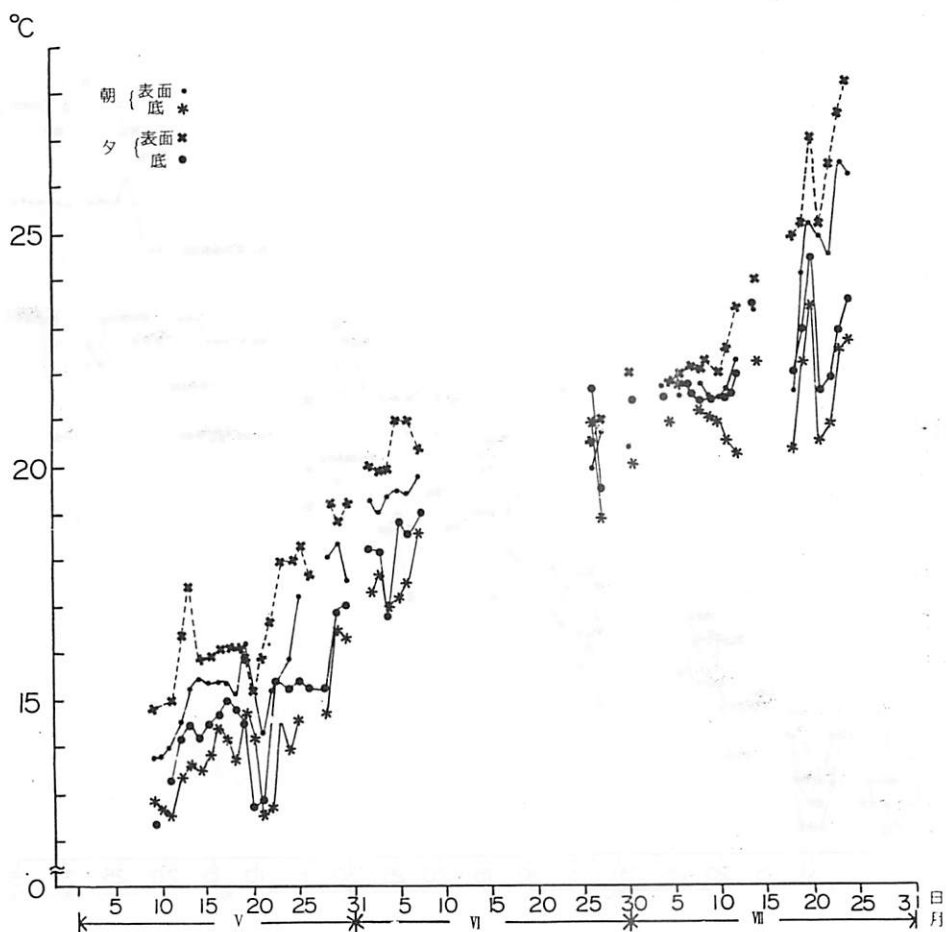
第4表 西海定置網の魚種別漁獲量

単位 kg

年 度	種 類	ブリ				サ バ	ア ジ	イ シ	ス ル メ イ カ	カ ツ オ	メ マ グ シ ロ	そ の 他	皮 ハ ギ	ク ロ ダ イ	ス ズ キ	タ イ	ヒ ラ メ	ト ビ ウ オ	マ ス	フ グ	サ ン マ	シ イ ラ	タ コ	計	
		大 ブ リ	中 ブ リ	小 ブ リ	フ ク ラ ギ																				
四 十 二 年 度	5	上	8	—	—	—	—	—	—	—	3	—	21	1	7	2	—	—	—	—	—	—	—	42	
		中	7	11	—	—	—	—	253	—	252	207	90	70	87	76	4	—	—	—	—	—	—	1,057	
		下	7	—	—	—	—	—	227	—	1,142	—	42	57	10	41	1	201	4	3,224	—	—	—	4,956	
	計	22	11	—	—	—	—	480	—	—	1,397	207	153	128	104	119	5	201	4	3,224	—	—	—	6,055	
	6	上	—	—	11	—	26	—	—	—	261	6	35	14	8	108	20	2,570	—	5,528	9	—	—	8,596	
		中	—	—	65	—	82	—	—	—	192	124	10	2	—	4	—	2,595	—	1,029	—	—	—	4,103	
		下	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	5	—	7	2	2,833	—	79	—	22	—	2,957	
	計	—	—	76	—	108	—	—	—	—	453	130	54	21	8	119	22	7,998	—	6,636	9	22	—	15,656	
	7	上	—	—	3	105	—	—	—	—	2	759	3	4	2	64	2	1,528	—	40	—	128	—	2,640	
		中	—	—	—	1	35	—	—	—	—	189	—	—	—	5	—	758	—	95	—	6	—	1,214	
		下	—	—	—	25	—	—	—	—	299	—	616	1	—	—	—	698	—	—	—	712	—	2,351	
	計	—	—	3	131	35	—	—	—	—	424	2	1,564	4	4	2	69	2	2,984	—	135	—	846	—	6,205
計	22	11	79	131	143	—	480	—	424	1,852	1,901	211	153	114	307	29	11,183	4	9,995	9	868	—	27,916		
四 十 三 年 度	5	上	—	339	154	44	223	1,115	—	220	—	—	357	9	58	375	2	—	16	—	—	—	—	2,912	
		中	—	735	771	1	—	238	—	—	—	528	6	272	34	16	12,370	—	—	—	—	—	6	14,977	
		下	—	2,550	5,490	8	40	310	—	—	—	2,913	12	35	57	13	1,033	5	3	3	—	—	3	—	12,475
	計	—	3,624	6,415	53	263	1,663	—	220	—	3,441	18	664	100	87	13,778	7	3	19	—	—	—	9	30,364	
	6	上	47	284	881	42	44	20	—	—	—	2,940	—	12	23	—	140	—	1,409	4	135	—	5	5,986	
		中	—	14,830	2,006	14	—	—	—	—	—	5,430	—	14	12	—	183	6	1,449	—	240	—	45	—	24,229
		下	7	1,085	2,430	30	—	83	—	—	—	710	4	58	1	4	323	3	1,881	—	—	—	106	—	6,725
	計	54	16,199	5,317	86	44	103	—	—	—	9,080	4	84	36	4	646	9	4,739	4	375	—	151	5	36,940	
	7	上	16	143	44	55	—	4,618	—	—	—	2,130	360	65	—	3	123	10	4,533	—	72	—	—	—	12,172
		中	—	135	998	220	70	—	—	—	—	57	96	232	—	2	149	12	3,832	2	174	—	—	—	5,979
		下	—	1,459	211	610	2	—	—	—	42	64	1,188	1,138	16	1	165	2	2,270	—	—	—	34	—	7,202
	計	16	1,737	1,253	885	72	4,618	—	—	42	2,251	1,644	1,435	16	6	437	24	10,635	2	246	—	34	—	25,353	
計	70	21,560	12,985	1,024	379	6,384	—	220	42	14,772	1,666	2,183	152	97	14,861	40	15,377	25	621	—	185	14	92,657		

温時間による水温差の大きいことがわかる。すなわち、表面で朝と夕に測温したものでは、1℃前後の差があり、夕に測温したものが全般に高くなっている。底層では表面ほどの差はないが1℃程度の差を認めることがある。

一方表面と底層との水温差は季節によって異なり、その差が5月には1～1.5℃、6月1～3.5℃、7月2～5℃で、6月以降の水温安定期に入ると、上、下層の水温差は一層大きくなっている。しかし7月頃の入梅期で一時的に気温の低下がみられるときは、水温差が2℃以下になることもあるようである。すなわち、昭和42年の7月4～14日頃に顕著にその現象が現われている。



第15-1図 昭和42年西海定置網における水温の日変動

つぎに季節的な変化について見ると、兩年ともかなり大きな日変動（日差）が認められ、5～7月までは表面、底層（40m）をとわず、大きいときで2～2.8℃前後の日差は頻繁に認められている。このことは、第15-1～2図からみても明らかである。このように日変動はかなり激しいものであるが、季節的にみると比較的規則的な変化があり、兩年の結果からみると、5～7月の間では1旬に大凡1.5℃程度の昇温が認められている。

iii) 主要魚種の漁況と水温について

ブ リ

昭和42年はほとんど漁獲がなかったので、同43年のみについてみると、第15-3図

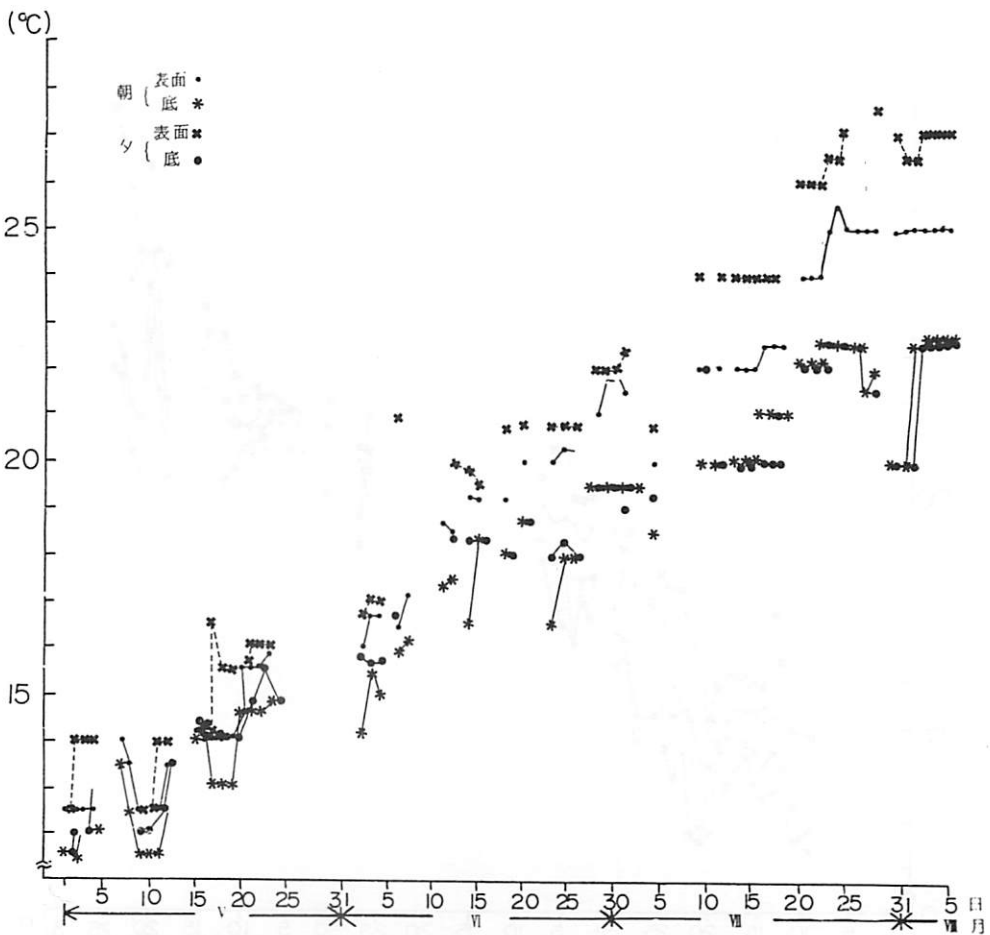
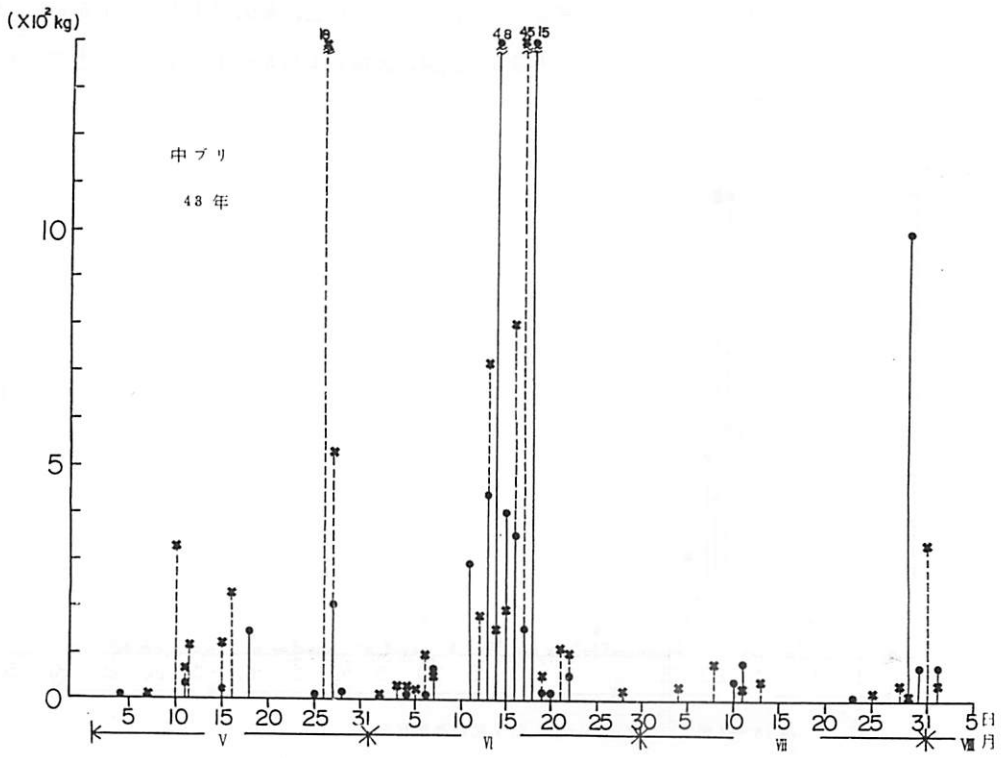
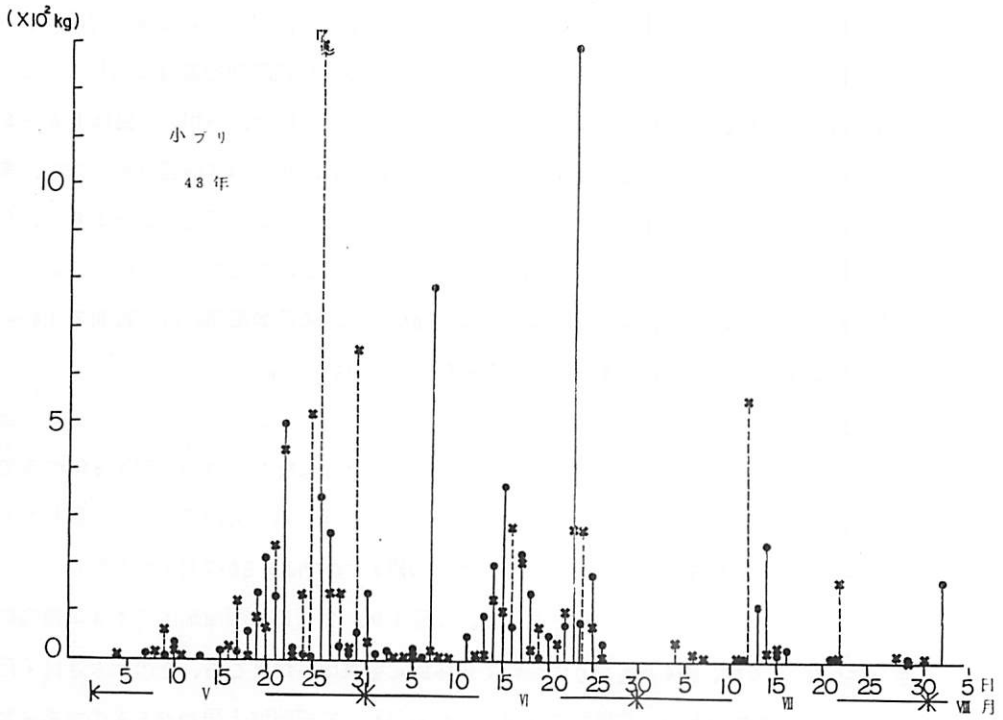


図15-2 昭和48年西海定置網における水温の日変動

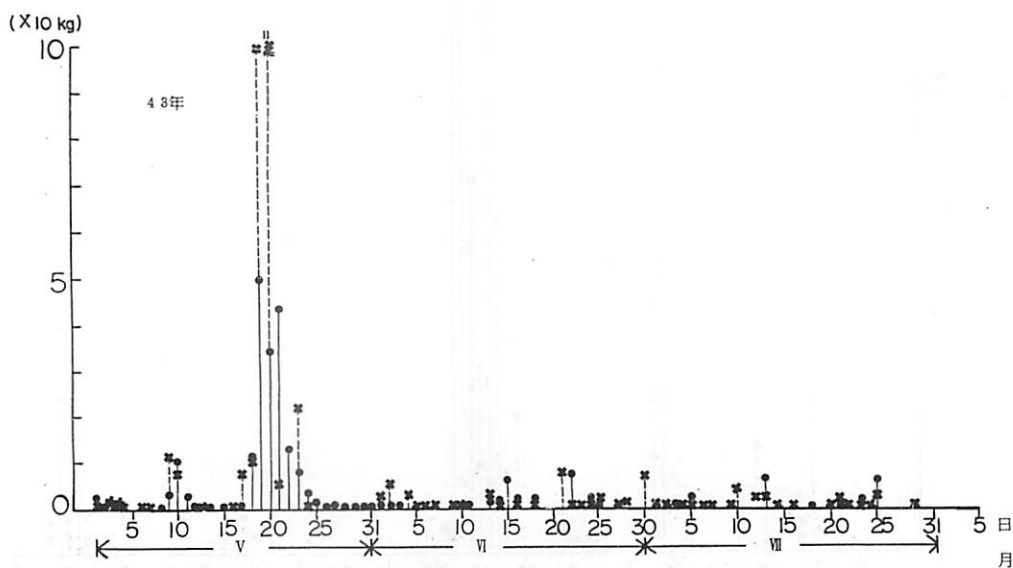


第15-3図 ブリの日別・朝夕起別漁獲状況

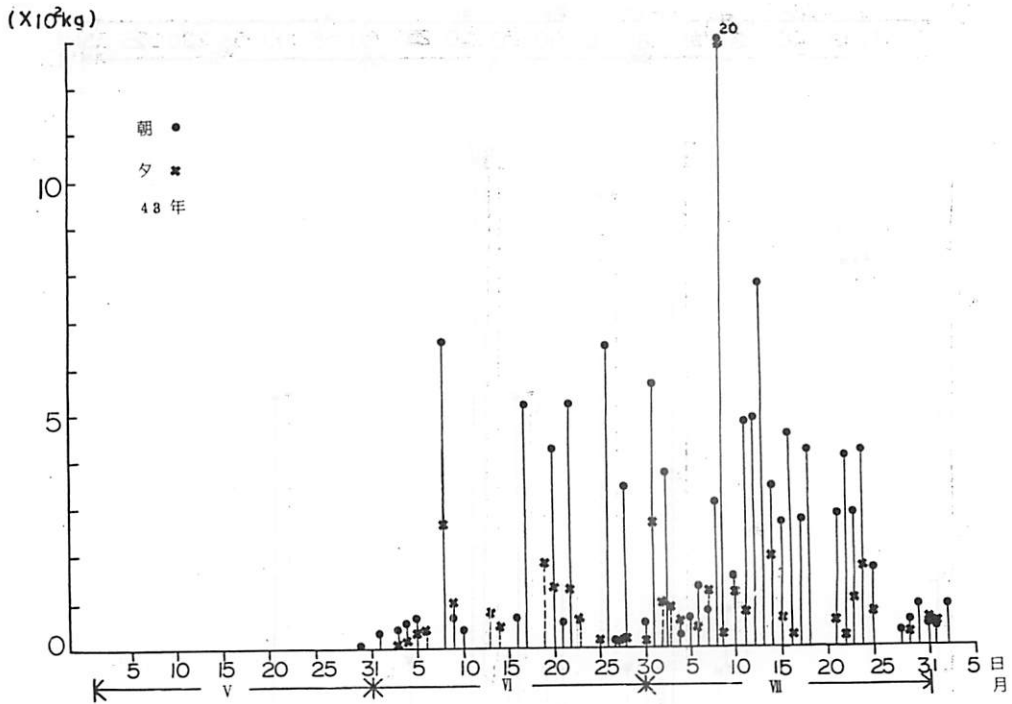
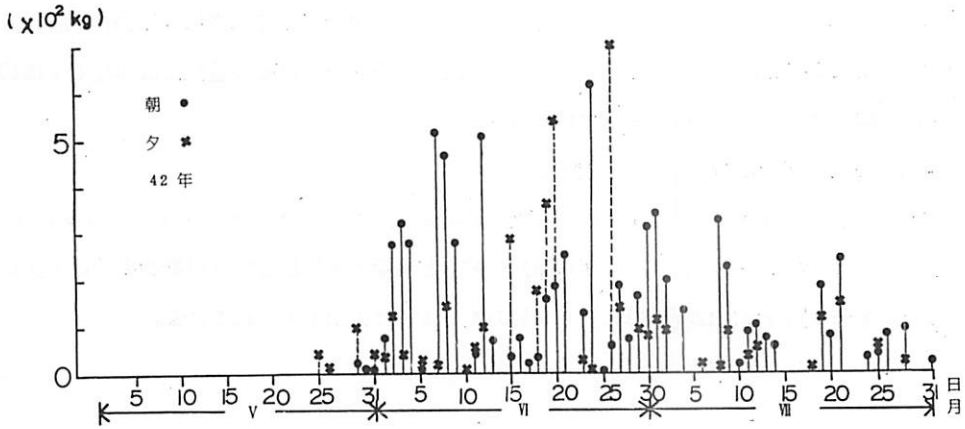
にみられるごとく、この年に漁獲の対象になったのは小ブリ、中ブリが主体で初漁期は5月上旬に始まり5月中旬～下旬、6月中旬に集中的な漁がみられ以降漁獲量は激減している。この時期の表面水温、すなわち、5月下旬14～16℃台、6月上、中旬の水温は18～21℃台となり、それぞれの水温差は3℃～4℃、また、両者の期間の水温差は4～5℃、また、7月では24℃で漁獲がみられている。底層(40m)では、5月下旬12～16℃、6月上、中旬16～19℃台で約3℃の水温差が生じている。このことから、小中ブリがこの時期に西海沖に回遊したときの水温には、かなり幅があり、来遊水温範囲は、表面で14～21℃、底層(40m)で13～19℃台であったことがわかった。

マダイ

ブリと同様、昭和42年のタイ漁は、不振が目立った漁はなかったので同43年のみで検討する。日々の漁獲量は第15-4図に示すとおり、5月上旬から漁獲があり、同月20日を中心に18～23日に集中的な漁があった。以降わずかではあるが7月まで漁獲がみられており近年まれにみるマダイの好漁年であった。5月19、20日は西海地区で43年最高の漁獲を示した。この時、約40尾余りについて魚体測定を実施したところ、その大きさは(尾又長)29～42cmのもので生殖腺の熟度状態から判断して産卵群と思われるものであった。この時(5月17日～23日)の漁場水温は、午前5時測温、表面で14.0～15.8℃、底層で(40m)13.0～14.8℃、午後3時測温、表面で15.5～16.5℃、底層で14.0



第15-4図 マダイの日別・朝夕起別漁獲状況

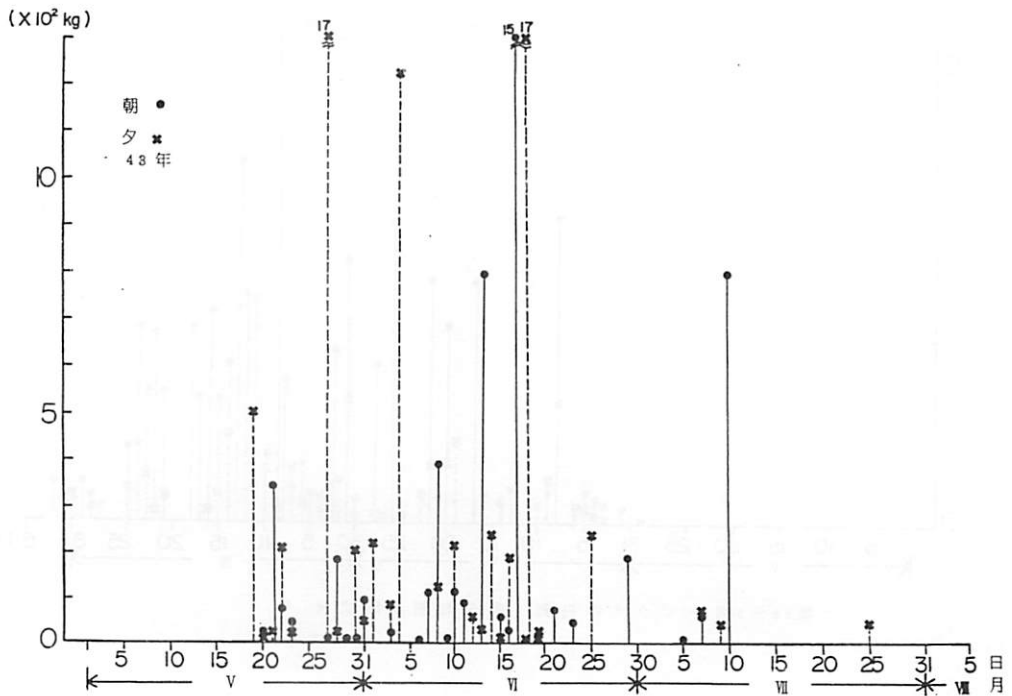
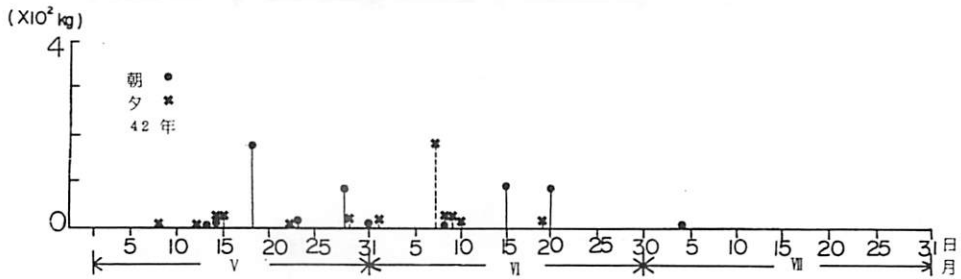


第15-5図 トビウオの日別・朝夕起別漁獲状況

～15.5℃となっており、時間的な変化はもとより、表面、底層の水温値は近位し、その、差は1℃内外で非常に少なくなっている。しかし、その後6～7月に水温が表面、底層とも16～18℃以上になってもマダイの漁獲が継続してみられているが量的には少なく1網の漁獲量は100kg以下でまとまった漁はみられなかった。

トビウオ（ホソトビ主体）

昭和42、43年とも6月はじめから漁獲がみられ、7月下旬までコンスタントに漁獲されている。（第15-5図）42年の数回を除くと両年とも朝起しの方が断然漁獲量が多く、昭和43年7月9日には1網で2,000kgのまとまった入網がみられている。



第15-6図 メジの日別・朝夕起別漁獲量

第5表 西海定置網の5～7月の主要魚種の漁獲水温

区 分	漁 獲 水 温 (°C)		水 温 差 (°C)		備 考
	表 面	底層 (40m)	表 面	底層 (40m)	
ブ リ	13°~24° (16°~21°)	12°~19° (14°~18°)	11° 5°	7° 4°	小中ブリ
マ ダ イ	14°~18° (14°~16°)	13°~16° (14°~15°)	4° 2°	3° 1°	1尾の目廻り2K 前後の産卵群
ト ビ ウ オ	16°~27° (17°~24°)	—	11° 7°	—	ホソトビ主体
マ グ ロ	14°~22° (15°~20°)	13°~20° (14°~18°)	8° 5°	7° 4°	1尾の目廻り3K 前後のメジ

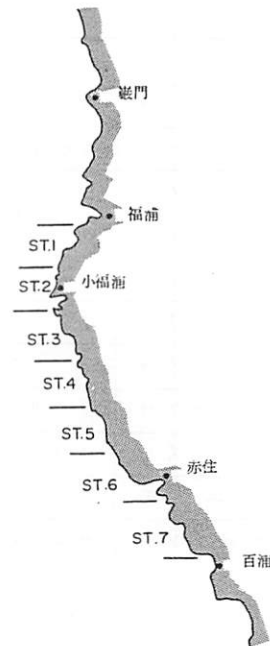
(註 ()内水温は集中的な漁獲のあったとき)

つぎに、漁獲水温についてみると、初漁期の6月上旬の表面水温は、昭和42年が17°C、昭和43年が16°C以上になったときに始まっている。その後水温はじょじょに昇温し7月中旬の盛漁期までには21~24°Cとなっており、さらに、終漁期の7月下旬では27°C台にまでおよんでいる。むろん、この間には、トビウオ自体の生態的な変化も考えられるが、いずれにしても、表面水温が17~24°Cの範囲内で漁獲が多かったと云うことがいえる。このことから、中、小ブリと同様漁獲水温範囲はかなり広く水温の幅は7~8°Cもあることが認められた。

マ グ ロ (ク ロ マ グ ロ)

ここで論ずるマグロは、クロマグロで北上回遊するメジ(1尾当りの目廻り2~3kg)を対象とした。日別漁獲状況についてみると第15-6図に示すごとくである。この図によると昭和42年の初漁期は5月7日、同43年は5月19日に始まり昭和43年の方に漁期の遅れをみせている。総体的な漁獲量は昭和43年の方が圧倒的に多く13トンで昭和42年の0.8トンをはるかに上廻っている。漁期は、両年とも6月下旬まで続き、その後も若干の漁はあるが盛漁期は6月20日頃となっている。

一方、昭和42年の初漁期の表面水温は14~15°C、底層(40m)13~14°C、同43年は表面15



第16-1図 福浦、百瀬間の海域区分

～16℃、底層13～15℃で始まっている。その後水温は徐々に昇温し、6月中旬には、表面水温が19～20℃、底層水温(40m)16～18℃、終了期の6月下旬～7月上旬には表面水温が20～22℃、底層水温18～20℃となっている。このことから、昭和42、43年の5～7月に西海定置網においてメジが漁獲されたときの表面水温は14～22℃、底層水温は13～20℃となっている。つぎに、もっとも漁獲の多かった盛漁期についてみると、昭和42年は明瞭でないので同43年のみについてみると表面水温は15～20℃底層水温14～18℃となっており、昭和43年の盛漁期は表面水温が15℃+5℃以内、底層水温14℃+4℃の範囲内でまとまった漁があった。



第16-2図坪刈地点

(4) 海藻類の分布

調査の方法は昭和43年度、志賀町から富来町の海域全般の海藻の群落の状況を把握するために、伝馬船上より箱メガネで海底をのぞき、海藻の優占種を観察した。七海から福浦までと、

第6表 赤住海域の海藻

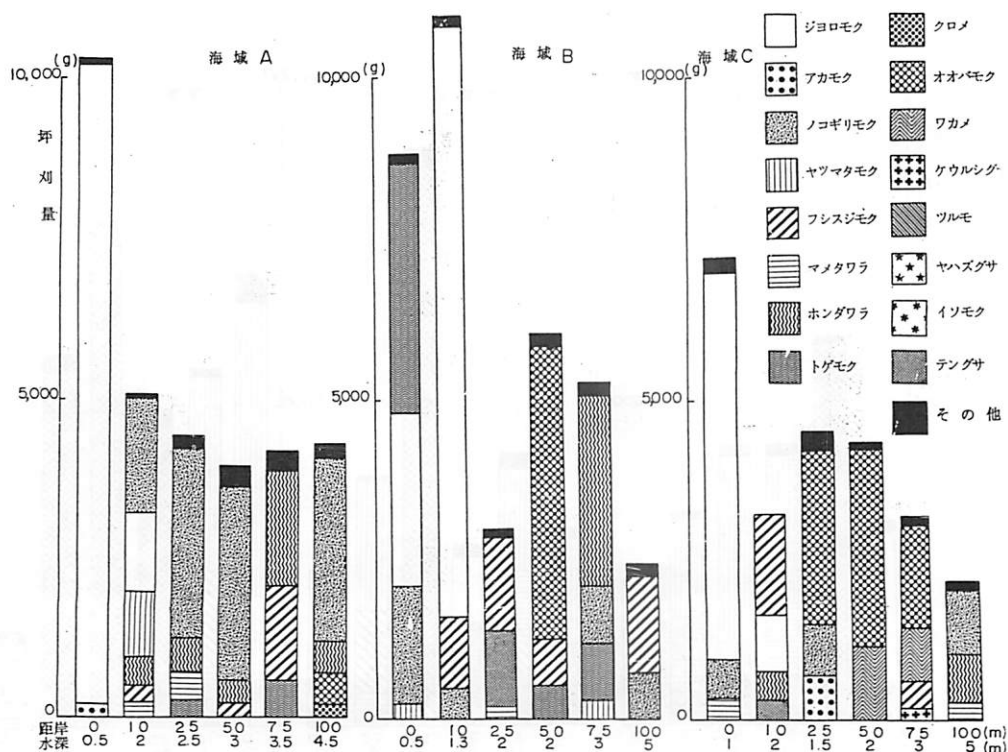
緑藻類	シオミドロSP	ワカメ	紅藻類	アミクサ
アナアオサ	アミジグサ	ジヨロモク	ウツプルイノリ	イギス
スジアオノリ	フクリンアミジ	マメタワラ	ウミゾウメン	エゴノリ
ヒラアオノリ	シワヤハズ	ヤツマタモク	カギノリ	ハイウスバノリ
ボウアオノリ	ヘラヤハズ	アカモク	マクサ	ダジアSP
ウスバアオノリ	コナウミウチワ	ノコギリモク	ムカデノリ	シヨウジョケノリ
シオグサSP	クロモ	ヨレモク	カタノリ	イトグサSP
タマリシオグサ	モズク	オオバモク	キヨウノヒモ	ユナ
ヒメシオグサ	ケウルシグサ	フシスジモク	ミリン	ソゾSP
ホソジユズモ	ハバモドキ	ホンダワラ	ユカリ	ジキバラノリ
ハネモ	フクロノリ	ウミトラノオ	ホソユカリ	
フサイワツタ	カゴメノリ	イソモク	イバラノリ	
ミル	セイヨウハバノリ	トゲモク	カバノリ	
	サナダグサ	ナラサモ	コスジフシツナギ	
褐藻類	ツルモ	スギモク	ワツナギソウ	
マタザキクロガシラ	クロメ		キヌイトカザシグサ?	

百浦から上野までをそれぞれ1つの海域とし、福浦から百浦までを第16-1図のように7等分し福浦側をst1とし、百浦側をst7とした。また水深別に①干出地帯、②水深0~1m、③1m、④2m、⑤3m、⑥4mに分けて観察した。この調査は昭和43年5月のみとした。このほか七海・巖門・赤任・上野海域で、5, 7, 9月に、沿岸より沖合に100mのロープを張り、このロープ線上を潜水游泳し海藻繁茂状態の観察をし、その結果を被度として表した。(付表参照)

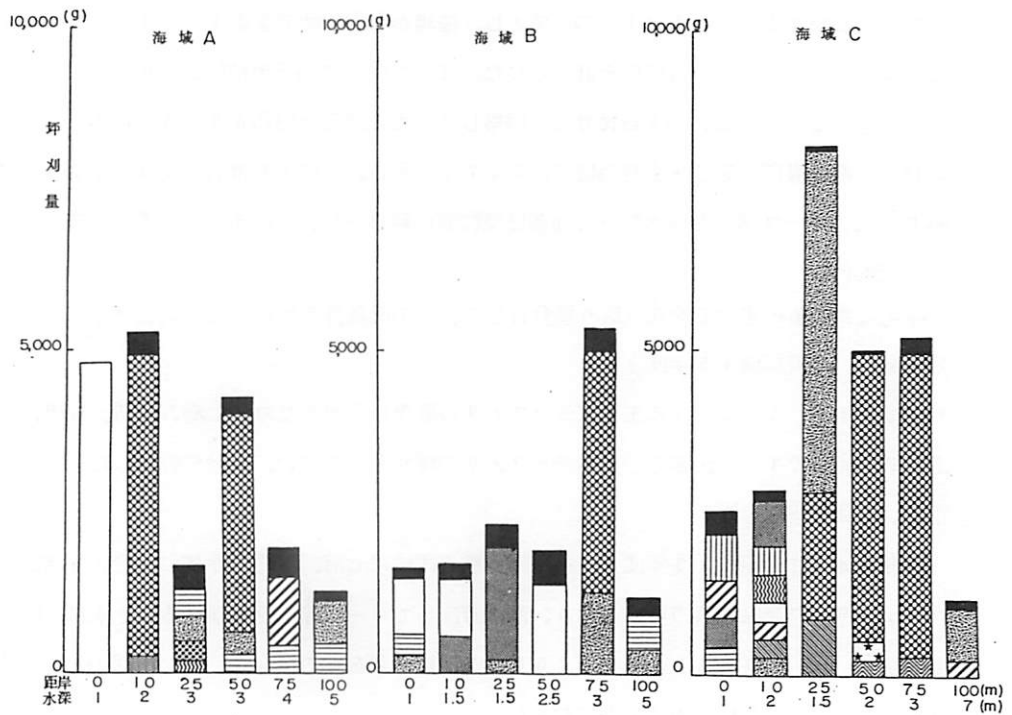
坪刈は食用藻のすべてを刈り取り種分けして、その湿重量を測定した。調査月は5, 7, 9月である。(資料編45年度)

冬季(12, 1, 2月)に生育するイワノリの量をしらべるために七海、巖門、福浦、赤任上野の各海域で1/4m平方の枠内のイワノリの坪刈をおこない、十分に脱水した後にその湿重量、葉長を測定した。

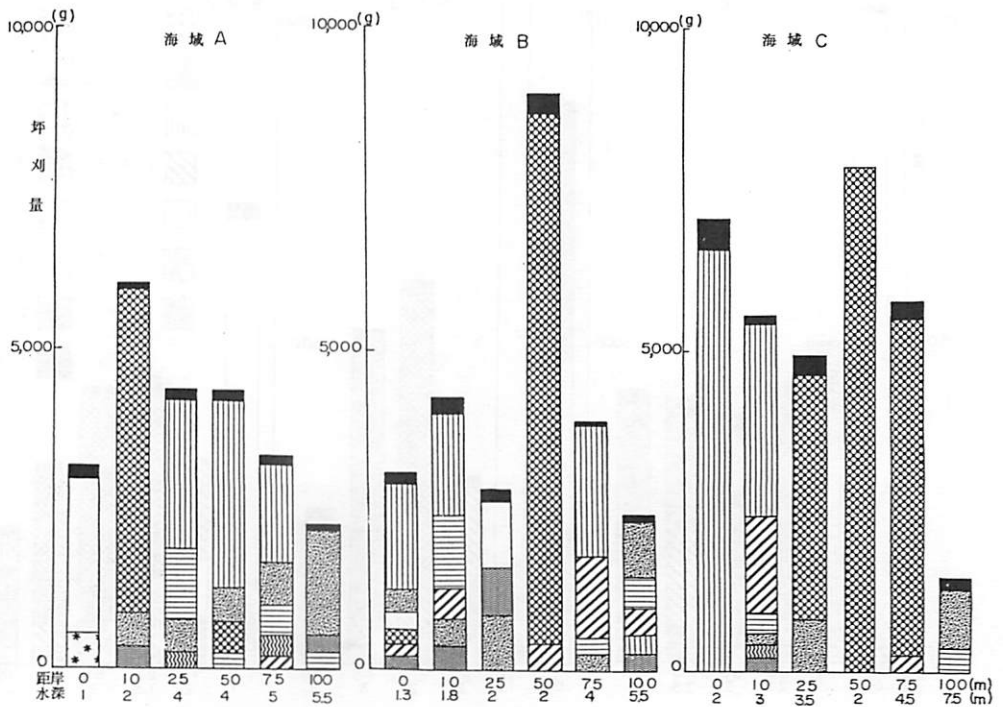
昭和44年度, 昭和43年度のロープ線観察と同様に七海、巖門、赤任、上野の各海域に100mのロープを沿岸より沖合にはり、潜水游泳してロープ線上を観察するとともに、同線上の距岸10, 30, 50, 75, 100mの所に坪刈をおこなった。また冬季のイワノリ調査は昭和43年と同様の方法でおこなった。



第17-1図 海域別季節別海藻坪刈量の変化(5月)



第 17-2 図 海城別季節別海藻採り量の変化 (7 月)



第 17-3 図 海城別季節別海藻採り量の変化 (9 月)

昭和45年度、第16-2図に示した如く、温排水放出予定海域を中心としたA、B、Cの地点をとり、この点より沖合に100mのロープをはり、その線上すなわち距岸0、10、25、50、75、100m地点の坪刈をおこない各種の重量を測定した。AとB、BとCの距離は大凡300、500mである。なお、被度の表現方法としては、 $5 \cdots \frac{1}{1} \sim \frac{1}{2}$ を被う、 $4 \cdots \frac{1}{2} \sim \frac{1}{4}$ を被う、 $3 \cdots \frac{1}{4} \sim \frac{1}{8}$ を被う、 $2 \cdots \frac{1}{8} \sim \frac{1}{16}$ を被う、 $1 \cdots \frac{1}{16} \sim \frac{1}{32}$ を被う、 $0 \cdots$ わずかに生育として表わした。

i) 海藻種類と全海域の海藻繁茂の特徴について

採集された海藻は第6表に示したとおり、69種あった。これらの種のうち、干出地帯、潮だまりおよび沿岸のごく浅部に生育し磯採集で主に観察されたものは、アオサ、アオリ類、フサイワヅタ、コナウミウチワ、キョウノヒモ、カタノリ、ウミゾウメン、ウツプルイノリなどであり、他の種は潜水、坪刈で観察されたものである。第17-1~3図に海域別季節別海藻坪刈量の変化を示した。

A海域の海底は岩盤、岩礁、玉石原、小砂利原であり、海藻の繁茂は季節、水深、底質によって左右されているようである。

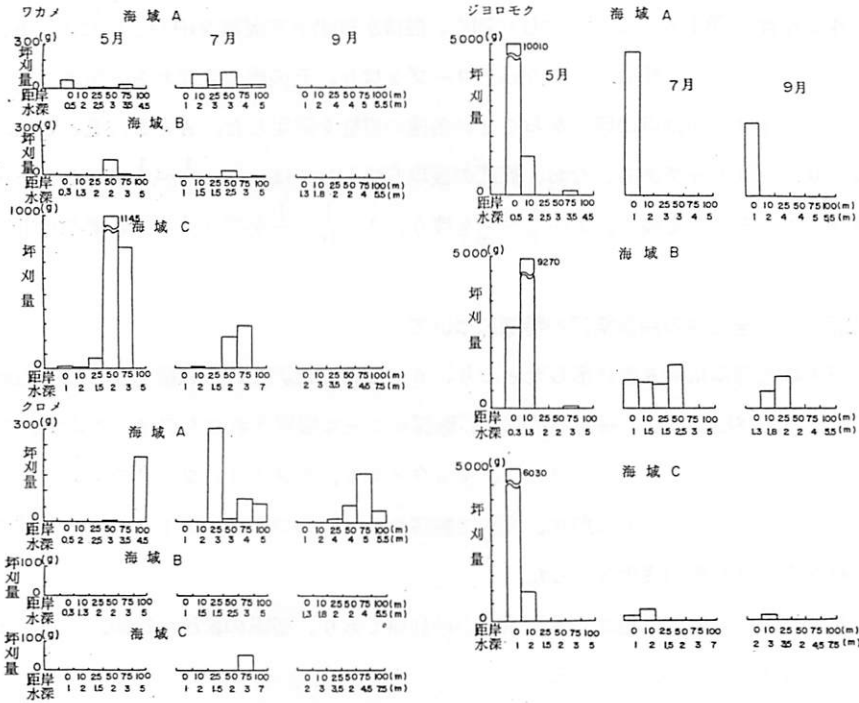
海藻繁茂の特徴としては、日本海の特徴としての緑藻が著しく少ないことがあげられるし、海底の岩盤、岩礁地帯の80%以上はホンダワラ類で被れているほどに、ホンダワラ類が量的に多いことも特徴の一つである。そのほか、季節により、ワカメが繁茂することもあり、テングサが7月にホンダワラ類を圧倒するほどの繁茂を示すところもいくらかみられる。カタノリ、スギモクなど日本海特産種がみられるのも海域特徴であろう。玉石原、小砂利原になると幾分深部となりホンダワラ類は根部のみが生育しているようにみられる。ツルモ、イバラノリなどがところどころ繁茂している。一般に、玉石原、小砂利原は岩盤、岩礁より海藻の繁茂が少ない。

ii) 各種海藻の繁茂状況と時期的変化

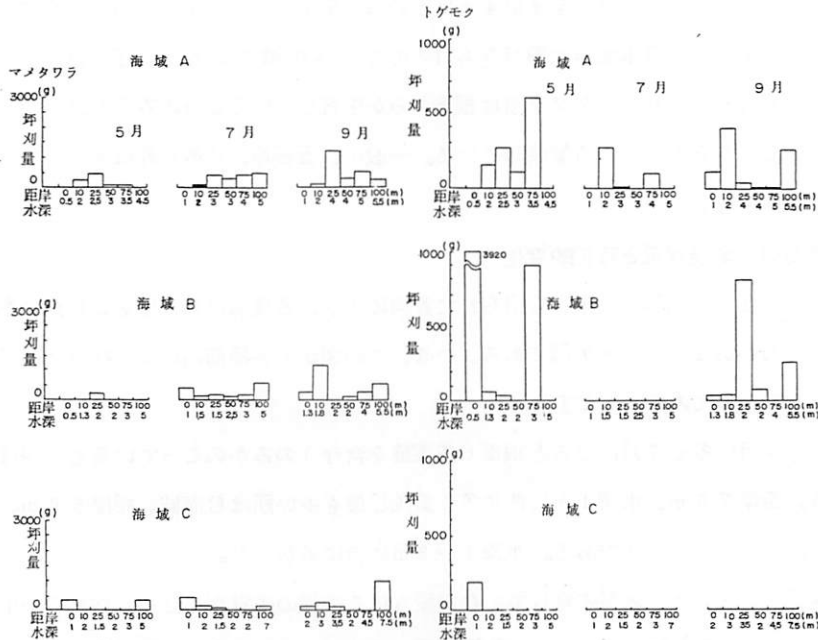
昭和45年度の坪刈調査結果から得られた資料により、各種海藻の重量を距岸別、水深別に図示したのが第18-1~7図である。いま、この図から各種海藻の繁茂状況と時期的変化について検討してみることにする。

ワカメ；5月に多く7月になると根部（成実葉を含む）のみがのこっているものがほとんどである。距岸75m、水深4m以浅に多く繁茂し最も多い所はC海域、距岸50m、水深2mの1㎡当り1145gである。水深1~3mに特に多かった。

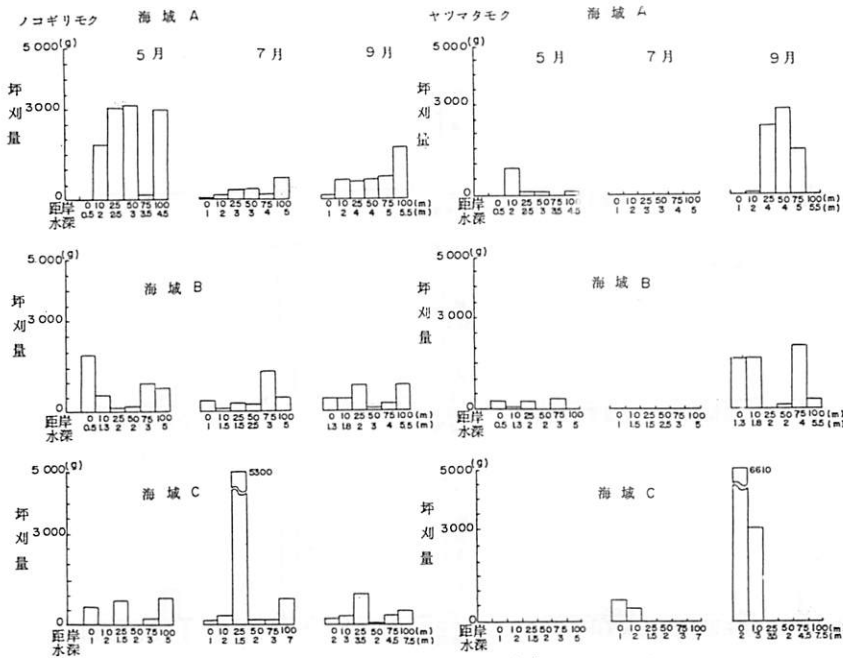
クロメ；アラメ、カジメが生育していない変りにこの種の生育が目立つ。坪刈の結果では7月にもっとも多くなっている。肉眼観察によると、5、9月にも正常な大型のクロメ



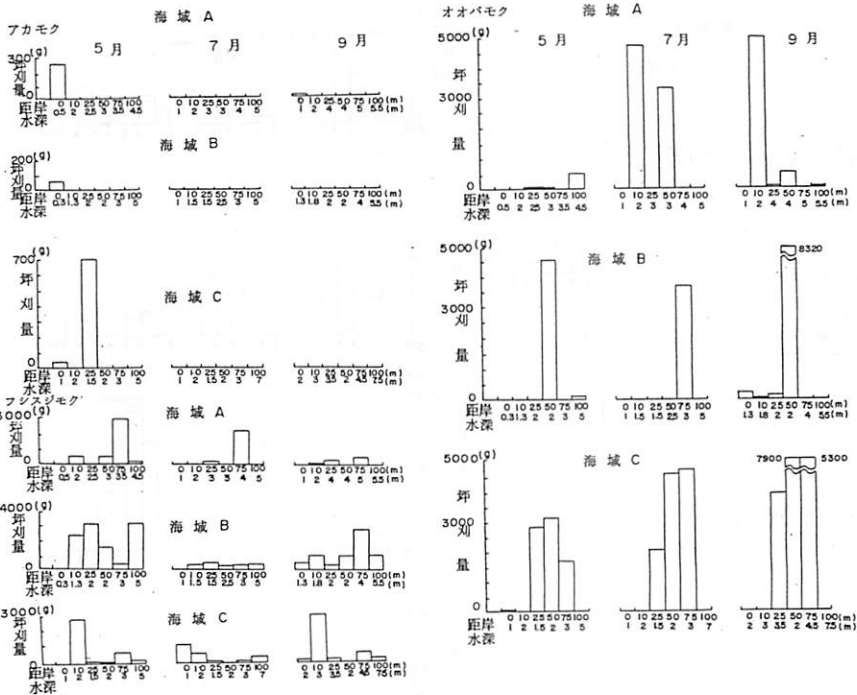
第18-1図 距岸別海藻採刈量の変化



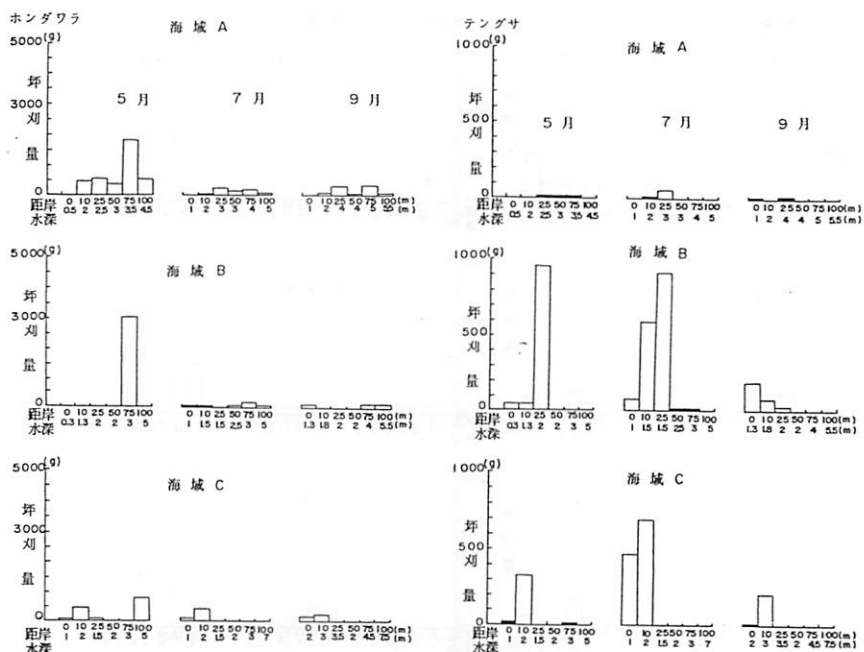
第18-2図 距岸別海藻採刈量の変化



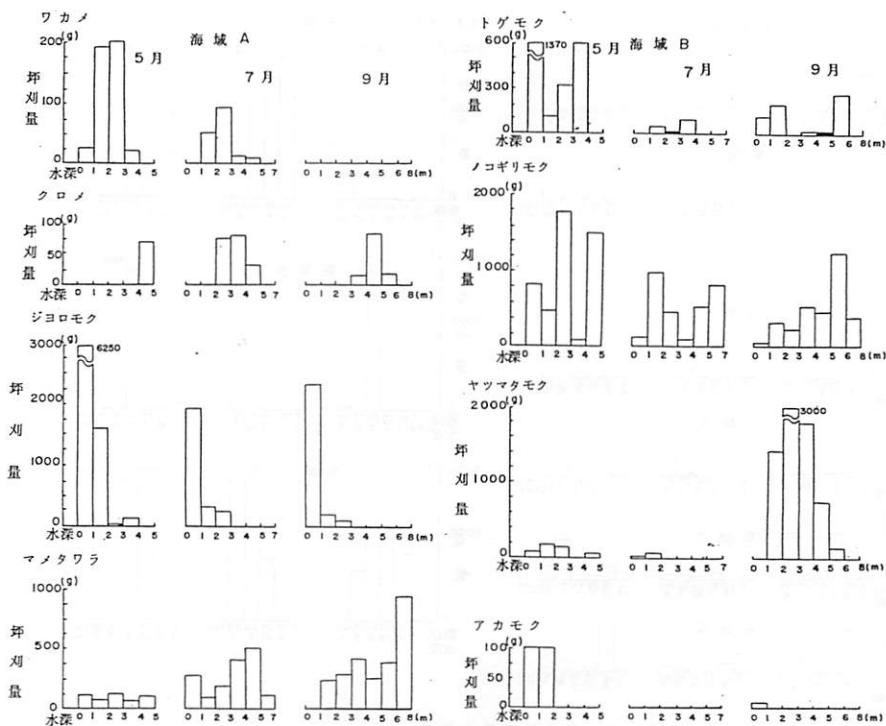
第18-3図 距岸別海藻坪刈量の変化



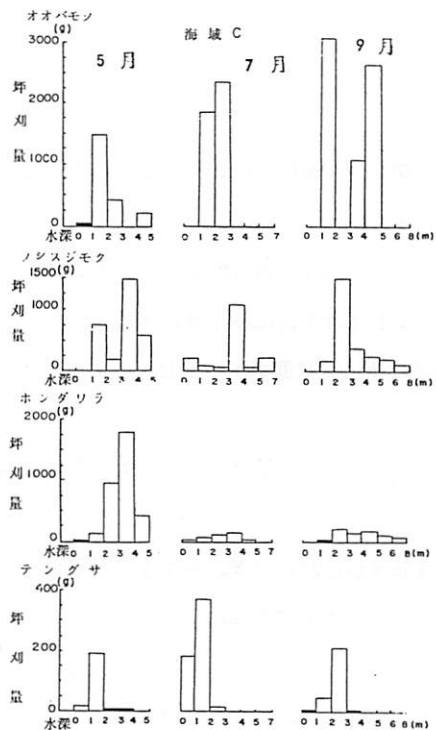
第18-4図 距岸別海藻坪刈量の変化



第18-5図 距岸別海藻坪刈量の変化



第18-6図 水深別海藻坪刈量の変化



第18-7図 水深別海藻坪刈量の変化

トゲモク；時として大繁茂がみられる海藻であるが生育はまばらで、ある場所では大量に生育しているも、そのすぐ近くではほとんどみられないことがしばしばある。このことは図からもうかがえる。調査海域内では距岸、水深には関係なく生育しているようである。

ノコギリモク；調査海域内の全域にみられる藻類のようで、C海域、距岸25m、水深1.5mで5,300g/m²の多くの坪刈量を示しているが、他の海藻と比較して、時期（5、7、9月）、水深の変化にあまり左右されていないような生育状態を示している。この海域では2つの形のノコギリモクが見られた。1つは上下の葉の大きさが著しく違い、他の1つは上下の葉の大きさがほとんど同じものである。どちらかという、前者の方が多く出現し、共に当海域の優占種となっている。

ヤツマトモク；距岸、水深に関係なく生育している。坪刈の結果では9月に多く、5、7月に少なくなっている。

アカモク；距岸25m、水深1.5m以内の水域における坪刈に全部含まれているが量は少ない。時期的には5月に多くなっている。

オオバモク；距岸10～75mの所に多く繁茂し、浅所、深所ではきわめて少ない。大凡水深1～5mに多く生育している。時期的にみると5、7、9月と時期がおそくなるに従って繁茂が著しくなるようである。しかし、昭和43、44年度の被度調査では前述のような結果とは逆に5～7月に多くある時もある。この種も優占種の1つである。

が多くみられた。生育水深は比較的深く、距岸25m、水深3m以深に多かった。

ジヨロモク；距岸50m以内、水深3.5m以浅に多く、特に距岸10m、水深2m以浅の水域に密集繁茂がみられた。5月に最も多く、7、9月になると次第に量的に少なくなる傾向を示す。5月のA海域、距岸0m、水深0.5mで10,010g/m²、B海域、距岸10m、水深1.3mで9,270g/m²、C海域、距岸0m、水深1mで6,030g/m²の坪刈量であった。この種は沿岸部での最も多い藻類の1つであろう。

マメタワラ；量的にはあまり多くはないが調査海域内では割合均等に生育している。5月には少なく7、9月に比較的多い量を示した。

フシスジモク；水深1 m以深に生育し、調査海域内では場所、水深、時期にあまり関係なく分布し、時期的な量変動も少ない。

ホンダワラ；調査海域内全般に生育するが、水深2～4 m付近にいくらか量が多くなっている。時期的には5月が7、9月に比べわずかに多い。

テングサ；伊豆近海では水深10 m付近のところで大繁茂がみられるようだが、赤住沿岸では距岸25 m、水深4 m以浅に多く見られた。量的には7月に多く5、9月に少ない。また、海域により極端に量的な差がありB、C海域は特に生育量が多かった。

iii) 海藻の年変動

ホンダワラ類の各種については不明であるが、全ホンダワラ量については大きな変化はみられなかった。

ワカメは量的に昭和43年度が最も多く同44年度がこれにつき、昭和45年度が更に少なかった。品質から考えても量と同様昭和43、44、45年の順に小型のワカメが多くなっている。

テングサはワカメとは幾分異なり昭和43、44年度にはあまりみられなかったものが昭和45年度にかなりの生育がみられたことは坪刈結果からもはっきり現れている。

第7表 イワノリ坪刈結果表

坪刈量

昭和43年度		(g/m ²)		
海域	月	12	1	2
七海		160.3	206.1	202.6
巖門		898.9	317.6	197.0
福浦		402.2	437.7	235.4
赤住		477.0	203.8	195.5
上野		442.0	353.8	235.7

昭和44年度		(g/m ²)	
海域	月	12	1
赤住		—	602.6
福浦		618.6	248.4
上野		408.6	—

葉長

昭和43年度		(cm)		
海域	月	12	1	2
七海	造	7.35	20.20	9.21
	非	—	13.92	10.91
巖門	非	9.48	10.22	9.06
	造	9.11	10.84	7.18
福浦	非	—	13.85	9.78
	造	11.39	7.55	—
赤住	非	—	13.92	5.65
	造	8.26	10.57	6.90
上野	非	—	8.63	6.28

昭和44年度		(cm)	
海域	月	12	1
赤住		15.36	12.97
福浦		13.71	13.89
上野		12.87	16.57

イワノリは第7表(昭和45年度資料編)に示したが、坪刈調査は、すでに漁民によって採

集された後に行なわれたこともあって、良い資料が得られなかったが、聞きとりの結果では昭和43年度は不作で例年の $\frac{1}{3}$ 程度、同44年度は平年並の収穫がなされたようである。

(5) 標識放流結果からみたブリ、マダイの回遊調査

調査海域における回遊魚の魚道を究明するため、ブリ、マダイの2魚種を選び標識放流を実施した。

i) ブリ（当才魚）

標識放流は昭和43、44、45年の8月にコゾクラを主対象として実施した。その結果によると、その時期におけるコゾクラは、加賀海域から沿岸ぞいに北上し、志賀町、富来町沿岸に接岸する群と、さらに北方に移動する群のいることが認められた。

移動状況は第19-1~3図に示したとおりであるが、年別に放流地点より北上して再捕されたものゝ割合についてみると、昭和43年は37%、同44年54%、同45年20%となっており、そのうち、（再捕総数の）調査対象海域内に再捕されたものが昭和43年37%、同44年14%を占めていることから8~10月頃には加賀海域から、富来、志賀町沿岸の距岸数kmの海域にブリ当才群の添加が行われていることが判明した。

ii) マダイ（産卵群）

漁況その他の理由から標識放流を実施したのは昭和43年5月のみに限られた。放流対象魚体は2kg前後の産卵群を主体とし、赤住沖に放流した。移動状況は第19-4図に示したとおりで、再捕された9尾のうち7尾が西海の定置網に入網し、他の2尾は、さらに北上し、沿岸部の定置網に漁獲されたことから、5月頃のマダイの産卵群は志賀町富来町を沿岸ぞいに北上するものゝいることが認められた。

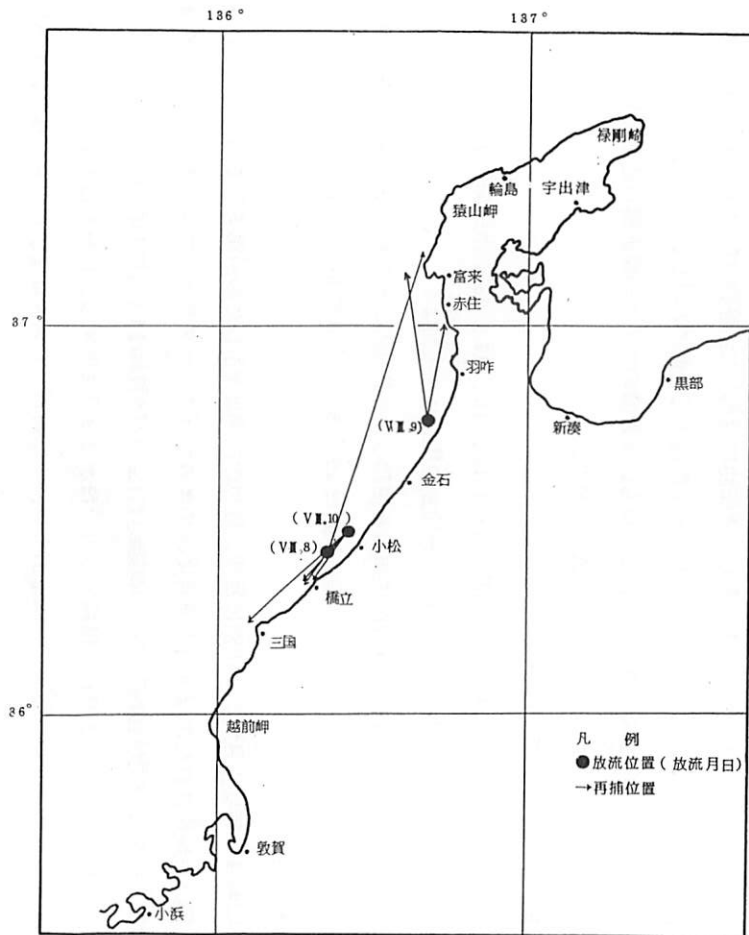
(6) 魚卵、稚魚の分布

昭和43、45年度の調査は、観測点のst 15、16、17、18（赤住沖合）でおこなった。ラーバネットは口径130cmのものを5分間表層曳した。実施は5、7、9、10月に行なった。

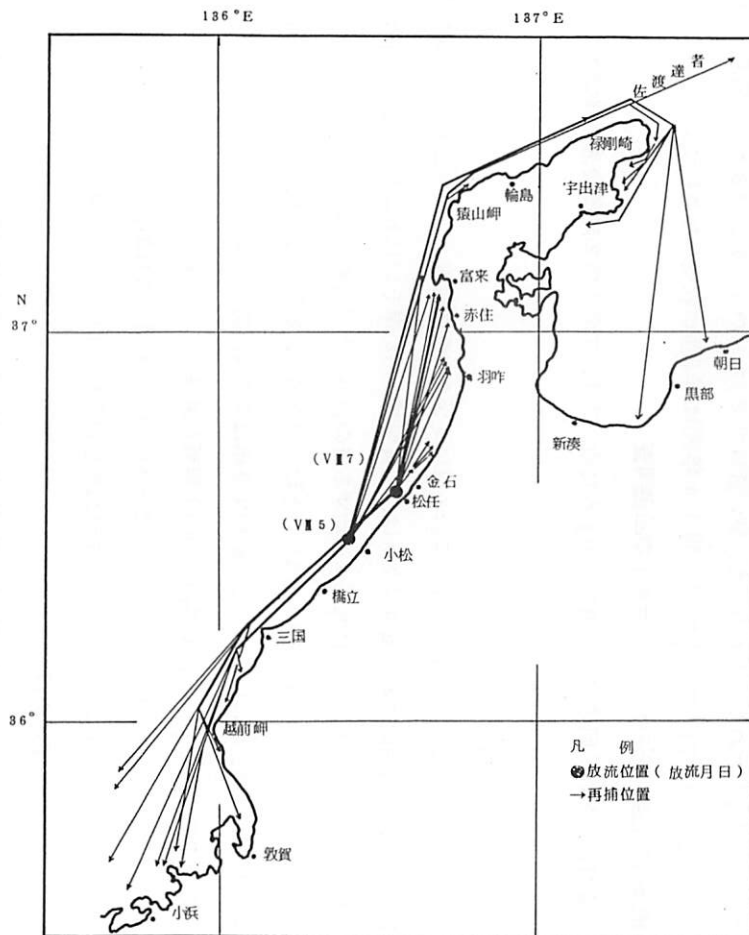
昭和44年度の調査は1000Wの集魚灯を使用し、赤住地内の地先距岸300m、水深7mの藻場付近で稚魚の採集を行なった。集魚時間は19時30分~20時30分の1時間で5、7月にそれぞれ実施した。

昭和43年度；月別、st別に魚卵、稚魚の採集量を示したのが第8表である。それによると魚卵が採集されたのは5月と9月に集中されている。カタクチイワシおよびホソトビウオ稚魚は7月に2、8尾が沿岸寄りのstに採集された。メバル稚魚は10月に1尾のみの採集に終わった。

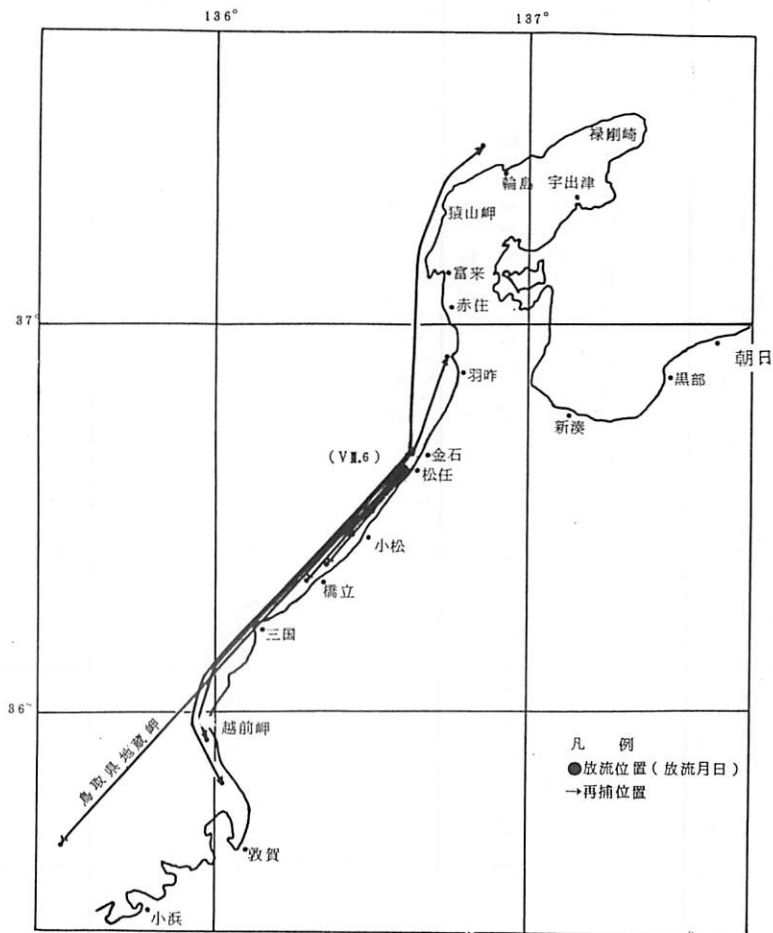
甲殻類のゾエアは5月に2尾採集されたほかは9月に集中し、しかも沿岸から沖合へと広く分布している。ゾエア後のstageのもの、すなわち、ミススおよびメガロパは9、10月に採



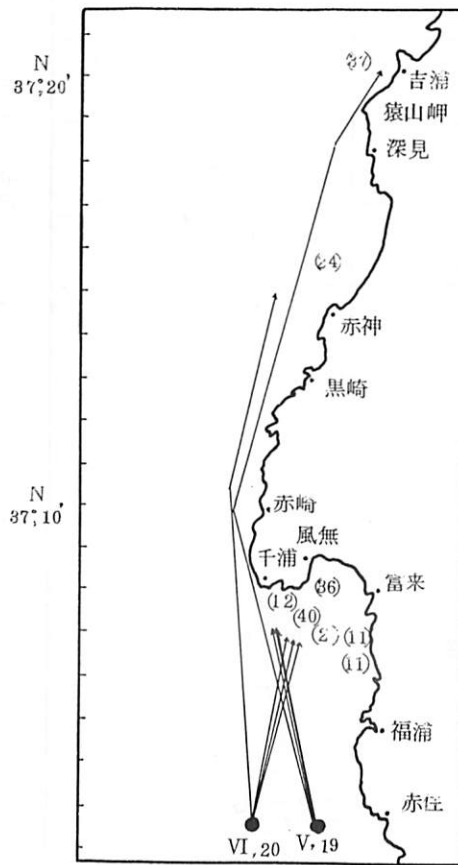
第 19 - 1 図 標識放流再捕結果による当オブリの移動追跡図
(昭和 48 年 8 月放流)



第 19 - 2 図 標識放流再捕結果による当オブリの移動追跡図
(昭和 44 年 8 月 5・7 日放流)



第 19-3 図 標識放流再捕結果による当オブリの移動追跡図
 (昭和 45 年 8 月放流)



第 19-4 図 マダイ標識放流再捕魚の追跡図
 ● 放流位置 (放流月日)
 () 内数字は再経過日数

第8表 昭和45年度稚魚ネット採集

調査月	種	魚卵	カタクチ稚魚	ホソトビ稚魚	メバル稚魚	ゾエア	ミス	メガロパ	シャコラーバ	ツノイ	稚イカ
V	15					2					
	16	11									
	17	23									
	18	3									
VII	15			8							
	16		2								
	17										
	18										
IX	15	3				15					
	16	303				32			14		
	17	2				7	1	2			
	18	4				5			2		
X	15	2								2	
	16				1			2		4	
	17							2		3	
	18							4			2

集され、メガロパにおいてはその80%が10月に採集された。シャコ幼生は9月16個体、ツノイは10月に11個体、稚イカは10月1個体採集された。

昭和44年度；この年は5、7月に集魚灯による稚魚採集を行なったが、その結果を第9表に示した。採集されたものはサヨリ、マフグ、イカナゴ、カマス、ヒガンフグでいずれも魚類

第9表 昭和44年度 集魚灯による稚魚採集(赤住沖水深7m藻場)

調査月	種名 (採集尾数)
V	サヨリ (1) マフグ (1) イカナゴ (1) ダンゴイカ (1)
VII	サヨリ (5) カマス ヒガンフグ

ばかりであった。

昭和45年度；43年度と同様ラーバネットにより採集した。第10表に示したごとく、キス、サヨリ、メジナ、カタクチイワシおよびナベカ稚魚は7月に採集個体の全部またはその大部分が採集され、シマイサキおよびアミメハギの全部または大部分が10月に採集された。

第10表 昭和45年度稚魚ネット採集

月	種	キス	アミメハギ	サヨリ	メジナ	カタクチイワシ	シマイサキ	ナベカ	ニジキンポ	ミス	メガロパ	シャコラーバ
V	15											
	16											
	17											
VII	15							2				
	16	5				3			10			
	17		1	2	12	10						
IX	15					1			1	14	1	
	16										9	1
	17					4				2	4	
X	15						2					
	16		1								3	
	17		3							1	3	

甲殻類のミスおよびメガロパは採集された総個体の大半が9月に集中された。シャコ幼生は9月に1尾採集された。

IV 予 察

1 温排水拡散について（平野の理論による）

原子力発電所から海に放出される温排水の拡散については、流入する温排水と海水との比重差が小さいが、流出温排水の量（放出量）が比較的大きいことが特徴である。（一般に海水と淡水の比重差はほぼ 0.02 に対し、海水と温排水（約 10℃ 差）の比重差は、ほぼ 0.0018 である。）

温排水の拡散理論のひとつに、表層水の安定状態を示す方程式として、フルード数が用いられている。温排水の拡散現象は海水中に海水より比重の小さい水が流入すると、海水の表層をある層をなして拡がり、海水と混合をおこして、流入水は海水に稀釈され、沖合に行く程流入水の濃度は薄くなる。このような過程は従来、拡散方程式によって表わされているが、対象となる海域、放出条件、混合過程の違い等によって、式を解くための条件が異なる。

さて、ここで放出水は、かなりの放出速度をもって放出されると、放出直後の海域では、（火力発電によれば）放出水は乱流状態をていして、海水と混合し表層に浮上して層をなして流れることになるが、この結果表層に稀釈されたこの水には、温排水放出量と、混合によって下層から加入した海水が加わり、混合水の流量は放出水量より多くなる。したがって、流出後ある範囲までは、少なくとも、かなりの流速をもって沖合に拡がる。そして水平渦動拡散が行われるが、この水平渦動拡散の行われる部分が周辺部（前線付近）であり、温度差約 1℃ のところである。

従って水域のある部分までは鉛直混合が、水平混合にくらべて大であり、ある部分からは小となっている。この辺りを表層混合水の流速や密度差によって海水の加入には違いがあるが、表層水の安定状態を示すひとつの目安とすることができる。

フルード数は次式で示される。

$$\text{フルード数 } F = \frac{u}{\sqrt{g \frac{\Delta P}{\rho} h}} \leq 1$$

u : 表層水の流速

$P = 1$

g : 重力加速度

h : 1 m

ΔP : 密度差

h : 表層水の厚さ

$F > 1$ の場合は不安定、 $F < 1$ の場合は安定状態を示す。

今以上のことを考慮して、赤住周辺の地形を考えると、放出した温排水は、海域に特殊恒流や潮

汐流がないとすると、放出口を中心にして、ほぼ半円形に拡がるのが想像される。そしてこの半円形に拡がった表層水は、稀釈倍率を n とすると、稀釈が主として海水加入によっておこっているとみなすことができるならば、次の関係式が成り立つ。

$$U_n \frac{n V}{\pi L_n h} \dots\dots\dots (1)$$

V : 温排水放出量

L_n : 放出口から n 倍にうすまった表層水までの距離

U_n : その速度 (稀釈倍率 n の場所の流速)

h : 表層水の厚さ (深さ)

n : 稀釈倍率

$$F = \frac{U_n}{\sqrt{9.8 \Delta P}} \quad (U_n \text{ の単位は } m / s e c) \dots\dots\dots (2)$$

n と ΔP との関係は、海水と、温排水の比重の差はほぼ 0.0018 であるから

$$n = \frac{1}{\Delta P} \times 2.0 \times 10^{-3} \dots\dots\dots (3)$$

(3)を(2)に代入すると、

$$F = \frac{\sqrt{n} U_n}{\sqrt{19.6 \times 10^{-3}}} \dots\dots\dots (4)$$

稀釈倍率 n と放出口からの距離 L_n との間には次の関係が成立つ。

$$L_n = \frac{n-1}{a-1} (L_a - L_1) + L_1 \approx \frac{n-1}{a-1} L_a \dots\dots\dots (5)$$

a は任意の稀釈倍率を示す。したがって、 n と L_n とに上のような比例関係があると仮定し、これを (1) 式に代入すると、

$$U_n = \frac{(a-1) n V}{(n-1) \pi L_a} \dots\dots\dots (6)$$

(6)を(4)に代入すると、

$$F = \frac{(a-1)}{\sqrt{19.6 \times 10^{-3}}} \frac{n \frac{3}{2} V}{\pi (n-1) L_a} \dots\dots\dots (7)$$

$F > 1$ を不安定状態の判定の規準にとると、海水加入による稀釈が行われているためには、少

なくも、

$$\frac{(a-1)}{\pi \sqrt{19.6 \times 10^{-3}}} \frac{n^{\frac{3}{2}}}{(n-1)} V > L a \quad \dots \dots \dots (8)$$

が満足されていなければならない。この式は海水加入によって1℃温度の高い表層水が厚さ1mで、L aの距離に存在するためには、稀釈倍率a以下の倍率nの海域(L a > L n)で常に(8)式を満足していることを意味している。したがって、 $\frac{n^{\frac{3}{2}}}{n-1}$ の最小値を求めればL aは少くも、この値による(8)式も満足していなければならない。その最小値はn=3である。

今、原子力発電所の温排水量は35トン、排水地点における海水と排水温度差は75℃として計算すると、

L 7.5	<	1345 m
L 375	<	569 m
L 2.5	<	310 m
L 1.5	<	103 m

となる。但し上記の値は潮流、波浪、地形等の作用によって異なることはいうまでもない。この場合の流速は次式で示される。

$$U_n = \frac{n V}{\pi L_n h}$$

U n : 稀釈倍率nの場所の流速

したがって、U 7.5 ≈ 6.2 cm/secより小さくなることはないが、L 7.5 ≈ 1345mであれば、u 7.5はほぼ6.2 cm/sec。U 375 ≈ 7.4 cm/secより小さくなることはないがL 375 ≈ 569mであればU 375はほぼ7.4 cm/sec、U 2.5 ≈ 9.0 cm/secより小さくなることはないが、L 2.5 ≈ 310mであれば、U 2.5はほぼ9.0 cm/sec、U 1.5 ≈ 16.2 cm/secより小さくなることはないがL 1.5 ≈ 103mであればU 1.5はほぼ16.2 cm/secとなる。

又、平野はある方向に流速Vの定常流が存在する場合、Vが大きくて(|V|)、潮汐によってひきおこされているような場合には、所謂潮汐混合として考慮しなければならないし|V| ≈ U nであれば、渦動拡散、あるいは海水加入による混合過程が、U nによるものに加わってよい。いずれにしても|V|が大きければ大きい程稀釈混合が進み、1℃以上の温度上昇を示す影響域の面積は、小さくなる。したがって、Vによる移流の効果(影響域がVの方向に漂流する度合)と、稀釈がより早く進んで影響域が縮小される度合との兼ねあいによって、影響域外縁が推定されるとしている。

今、V=0の場合に、放出口を出た水がL 7.5に達するまでの経過時間Tを推定すると、

$$T = \int_{L_1}^{L_a} \frac{L_a}{U n} dL_a \approx \frac{\pi L^2 a}{(a-1)^2 V} \int_1^a \frac{n-1}{n} d n = \frac{\pi L^2 a}{V} \cdot \frac{a-1 - \text{Log } e \cdot a}{(a-1)^2}$$

T : 定常流が V_0 のとき放出水の L_a に達するまでの経過時間、

A : 放出水の漂流距離

$V = 35 \text{ トン/秒}$ とすると、 $T \approx 1.72 \times 10^4 \text{ 秒}$ 。

今、 $IVI \approx 7.5 = 6.2 \text{ cm/秒}$ であるならば、これによる海水加入への影響も少く、漂流効果のみを示す流動としても、最大と考えられるから、これによる放出の漂流距離 $V \times T$ を計算すると、 1.066 m と算定される。したがって、 $V = 35 \text{ トン/秒}$ の場合、(半径 1345m)の半円形で示される影響域が V の方向へ 1.066 m シフトしたような形の影響域が現われることになり、放出口から、この影響域の最大外縁までの距離は 2411 m となる。

同じように V が 35 トン/秒 、 30 トン/秒 の場合の拡散前線水温差 1°C 、 2°C 、 3°C 、 5°C について算出すると第 11 表のとおりである。

第 11 表 原子力発電所温排水拡散範囲

排水量	放水時 温度差	拡散前線 水温差	拡散距離	流速	経過時間	漂流距離	漂流拡散 距離
35ton/sec の場合	7.5 ^{°C}	+1 ^{°C}	1345 ^m	6.2 ^{cm/sec}	288 ^{min} (4.8時間)	1066 ^m	2411 ^m
		+2	569	7.4	90 (1.5時間)	406	975
		+3	310	9.0	35	201	511
		+5	101	16.2	5.8	58	161
30ton/sec の場合	7.5 ^{°C}	+1	1153	6.2	246 (4.1時間)	915	2068
		+2	488	7.4	78 (1.3時間)	348	836
		+3	266	9.0	32	173	439
		+5	88	16.2	5.1	50	138

2 水温上昇の水産資源におよぼす影響

(1) 魚類、魚類以外の水産動物

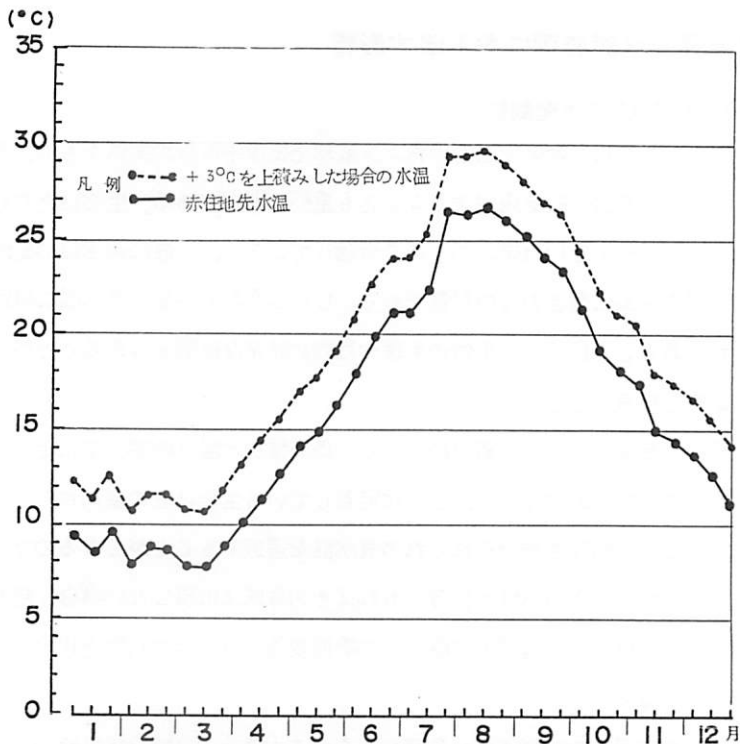
概観すると水温は水産生物の生活および繁殖と密接不可分の関係をもち、その生息、着生水域、ひいては地理的分布を規定するもっとも重要な要因である。生物はそれぞれ固有の水温範囲をもつ、生活圏あるいは環境のうちで活動しているが、一般に適水温の範囲内では水温が高いほど生理現象が促進されるのが常である。しかし水温の変動が適水温の範囲を超える場合には、それが高くとも低くとも生物の生理や行動に異常な影響を与えることがあり、時には、それが致命的となることもある。

赤住周辺の海況については前記のごとく、同海域の水温は時期、年によって変化するが、ほぼ一定の傾向で季節的に変化し、そこに定着している生物はその変動に対応して生活し、繁殖を営んでいるが移動性水族はそれぞれの適水温を選択することができるので、それに対応する季節にその海域に出現し水温が異常であればその海域に出現しない場合も起り得る。いづれにしても、この場合、その海域の水温とその季節変動とが平年の状態と比較して異常であるかないかが問題となる。

富来・志賀町周辺の沿岸海域に分布のみられる大部分の魚類は暖海性のもものが多く、とくに回遊性魚種については、春秋に接岸し、夏冬季に去るものが少なくない。また根付け的な魚種、魚類以外の水産動物にとっても冬季の水温は、それらの生活にとって厳しい条件になるものと思われる。したがってこれらの水族、とくに、根付け的な魚類に対する水温上昇の影響は、大ざっぱに考えて、夏季には、それらの環境に悪化の方向に、また冬期にはむしろ改善の方向に働くと言えるのであろう。富来・志賀町周辺の海況は前項で述べたが夏季の表層が 27℃ を超えることがないようである。また、水温垂直分布では季節を問わず、10 m 以浅ではほぼ均一に近い値を示しているが、10 m 以深になると、冬季間を除き、それ以浅との水温差が 1°~2℃ 台で低くなっている。一方冬季の地先水温は 7℃ 前後となっているがたゞし沖合 50 m 付近まで出ると最低水温期でも 9~10℃ 台である。

このように赤住を中心とする水温の一般的傾向を念頭において、同地先の沿岸水温に +3℃ 水温が上積みされる場合を考えると、第 20 図に示したような年間変動を示すことになり、地先水温は冬季間の最低水温期でも 10℃ を割ることがない、また夏期の水温最高温期には 29℃ 台の高水温が約 1 カ月あまり続くことになる。水温上昇の影響を強く受けられると思われる。沿岸域の浅所では単に水温の異常な上昇のみでなく、酸素収支の平衡が破れる恐れなしともしない。

魚類の中に水温が 30℃ を超えることがあっても、水温変動が急激に超えない限り、また水



第20図 赤住地先水温旬別変化と、+3°Cを上積みした場合の水温変化

中の溶存酸素が充分あるときは、その水域に生息することもあり得るが水温がこのように高くなるのが問題となるのは、他の環境条件の悪化がこれに伴うためであるとも考えられる。

赤住、西海地先での三重刺網、西海定置網などによる水温別漁獲状況などからみて、周年生息しているものと思われる。メバル、イシガレイ、アイナメ、アカメフグ、カサゴ、イソカサゴ、ヒラメ、ウミタナゴ、サザエ、マダコなどにとっては冬季期間の10°C以下の水温条件は、それらの魚種の生息にとって、低温の範囲に入ると考えられるので、冬季間における水温の上積みの影響は、それが極端な場合を除いて、当該海域に分布する水族の生活に対して大きな支障は与えないであろうと推察されるが、しかし、夏季の高水温期における上積みは、冬季間とは全く逆の影響を与えることが予測される。

一方回遊性の強いブリ、マダコ類、マダイ、トビウオ、シイラ、イワシなどについては成長段階にもよるが、集中的な漁獲があった水温範囲はかなり制約的なものがみられる。

とくにブリ（若令魚）マダイなどのように標識放流の結果から明らかのように沿岸寄りに接岸する魚種については、2~3°Cの温度が自然の海水温に上積みされた場合なんらかの影響を与えるものと思われる。また定着性の生物についても、従来から長い期間、その地域の環境に順応した生活を送っているものと思われるので人為的な環境の変化により生理、生態に全く影

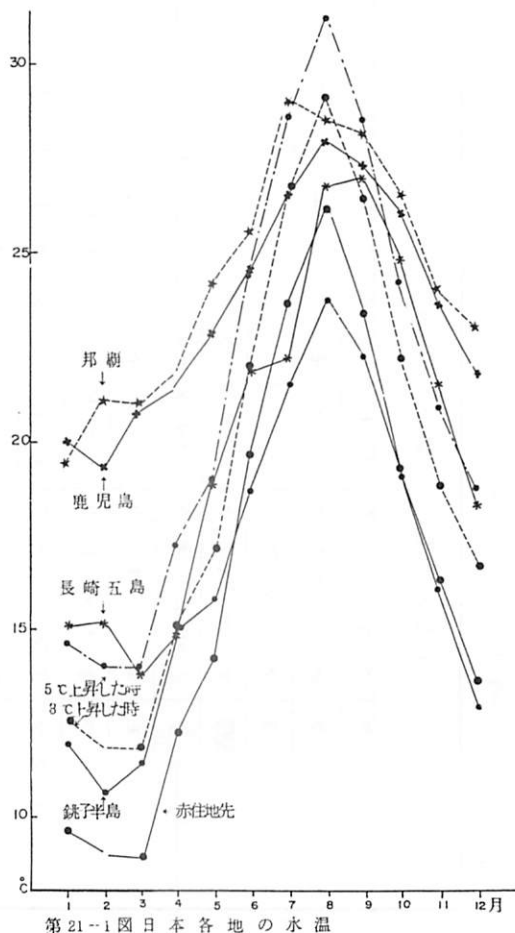
響がないとは言えない。

(2) 海藻類

温排水の拡散については前述のとおりであるが、排水口よりある範囲を越えると表層1 m付近をうように拡散されるので、海底は表層より温排水の影響を受ける度が幾分少ないであろうが、移動力のない生物として影響を免れることはできない。赤住地先における年間の月別平均水温は第21-1図に示したとおり最低は3月に約8.9℃で最高は8月に26.4℃で現われる。日本各地および沖縄の数カ所の月別平均水温を図示したごとく、冬の最低水温は沖縄で19℃台となっており、赤住地先の水温に比べ11℃程度の差が認められる。一方夏の最高水温は沖縄が29℃で赤住海域では26℃で3℃の差しかない。このような条件下にあって、仮に赤住地先の水温に3℃、5℃の上積みを考えるならば、最低水温は11.9℃、13.9℃、最高水温は29.4℃、31.4℃となり、年間の月別水温変化は第21-1図に示すようになると仮定できる。

この図から3℃、5℃の水温が上積みされた場合、冬の低温期には、銚子半島、長崎五島と類似し、夏の高温期は鹿児島、沖縄の水温に匹敵か、または、それを上廻る高水温を示すことになる。このように日本海に類をみない異状水温変動となる可能性がある。藻類の生育に最も必要な要因の一つと考えられる水温がこれほど大きな変動があれば、何らかの影響をうけることは免れないであろう。

高水温の影響をうけるであろうと思われる藻類のうち有用藻類として、(1)海藻群落(ホンダワラ)、(2)ワカメ、(3)テングサ、(4)イワノリをとりあげ、数多の既知の研究より、水温変化が藻類におよぼす影響、また、藻類の限界水温などを参考として次のように予察した。

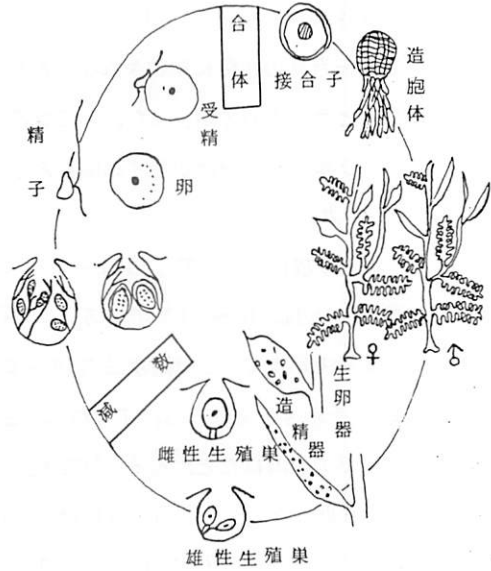


第 12 表 日本各地のホンダワラ類

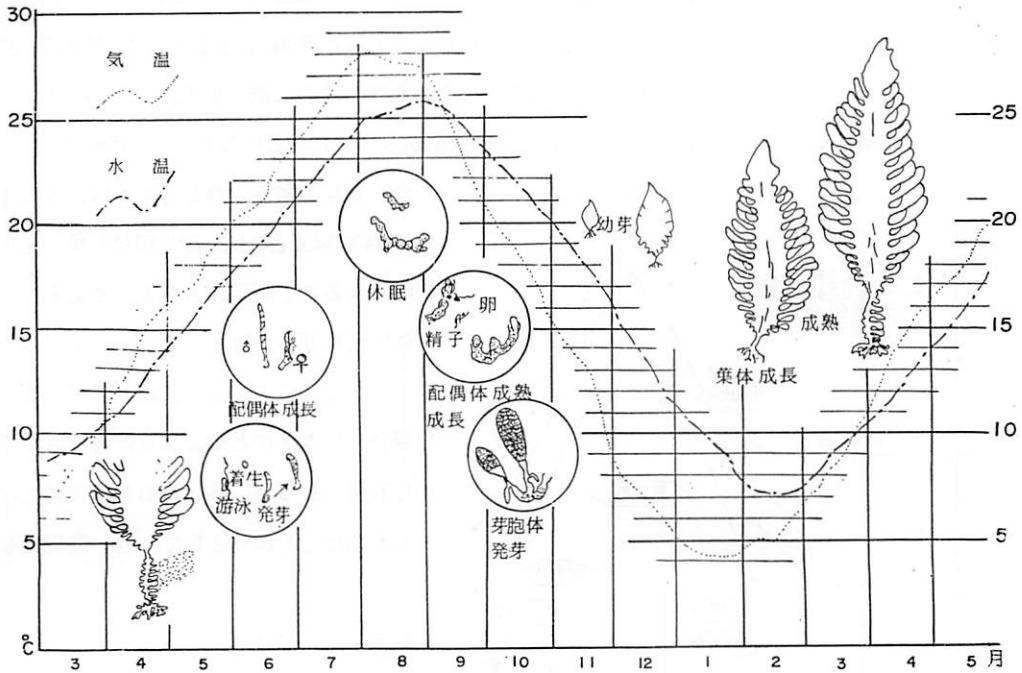
能登地方	七海～赤住	銚子半島	長崎平戸	鹿児島(錦江湾、種子島、屋久島、佐多)	鹿児島奄美大島	宇治郡島
ジヨロモク	ジヨロモク	ジヨロモク	ジヨロモク	マメタワラ	ナンカイモク	アカモク
ヤツマタモク	ヤツマタモク	ヒエモク	ヒエモク	ヤツマタモク	コバモク	イソモク
マメタワラ	マメタワラ	ヒジキ	ヒジキ	アカモク	ツクシモク	ウミトラノオ
マメタワラの1変種	アカモク	マメタワラ	マメタワラ	ノコギリモク	ジンメンソウ	マメタワラ
フシイトモク	ノコギリモク	ヤツマタモク	ヤツマタモク	ヨレモク	ウミトラノオ	フタエモク
ナラサモ	ヨレモク	アカモク	アカモク	ウミトラノオ	イソモク	
オオバモク	オオバモク	ノコギリモク	ノコギリモク	イソモク	アカモク	
ホンダワラ	フシスジモク	ヨレモク	ヨレモク	トゲモク	フタエモク	
ノコギリモク	ホンダワラ	オオバモク	カメギモク	フタエモク		
ヨレモク	ウミトラノオ	ネジモク	オオバモク	ナンカイモク		
アカモク	イソモク	ホンダワラ	フシスジモク	ワタライモク		
トゲモク	トゲモク	ウミトラノオ	ホンダワラ	コブクロモク		
タマシナモク	スギモク	ハハキモク	ウシトラノオ	ジンメンソウ		
イソモク		イソモク	ハハキモク	キシウモク		
ウミトラノオ		トゲモク	イソモク			
フシスジモク			トゲモク			
ハハキモク			ツクシモク			
スギモク			エンドモク			
18種	13種	15種	18種	14種	8種	5種

1) 主要海藻と高水温について

a ホンダワラ：既報の文献はほとんどみあたらないが、日本各地の水温とホンダワラ類の分布状況より判断すると、第12表に示したごとく、能登地方(七海、赤住地区)に類似した分布は、銚子半島、長崎の平戸であり、鹿児島県と能登地方ではかなりの違いが認められる。また、沖縄では真性ホンダワラ類が見られていないようである。海藻の繁茂は光、水温、栄養塩、潮流など種々の要因が重なっているものと思われるが、ここでは水温変化のみについて考えてみると、まづ、夏期の場合赤住地先の水温に3℃、5℃水温が上積みさ



第21-2図 アカモクの生活史



第21-3図 ワカメの生活史と月別水温変化

れたとすると、その水温は那覇、鹿児島を上廻る水温となる。しかし冬期は銚子半島、五島付近の水温に匹敵することとなり、もし、ホンダワラ類の郡落相が夏期の水温によって左右されると仮定すれば、赤住地区のホンダワラ類相はかなり異なって来るものと思われる。一方夏の水温に左右されないと仮定した場合、ホンダワラ類相に大きな変化が見られないと考えられるが、ただ、赤住海域の環境によって永年の順応性をもつた同海域のホンダワラ類に異常海況が生ずればなんらかの変化があると考えるのが妥当であろう。

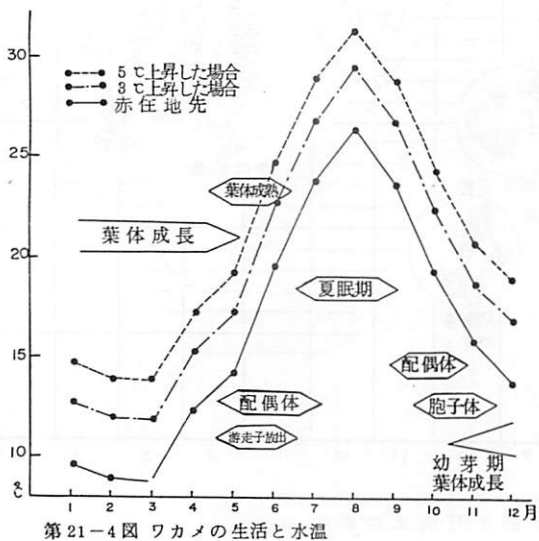
b ワカメ

遊走子放出について：第21-3~4図に示したごとく平常時の放出時期は4月中旬~6月中旬で水温13~21℃である。この平常時より水温が3℃上積みされた場合は4月中旬~5月中旬までは放出適水温の16~21℃を示しているが、それ以降6月中旬までは21~24℃を示すことになる。すなわち、遊走子放出は4~5月中旬となり、5月中旬~6月中旬までの放出はたとえあるとしても少量となり、着生も20℃以下が良く、25℃以上では非常に悪くなることから、放出はほとんど期待出来なくなるであろう。5℃上積みの場合については3℃上積みの場合より、さらにひどく放出適温期が短縮され4月中旬~5月上旬頃までとなる。

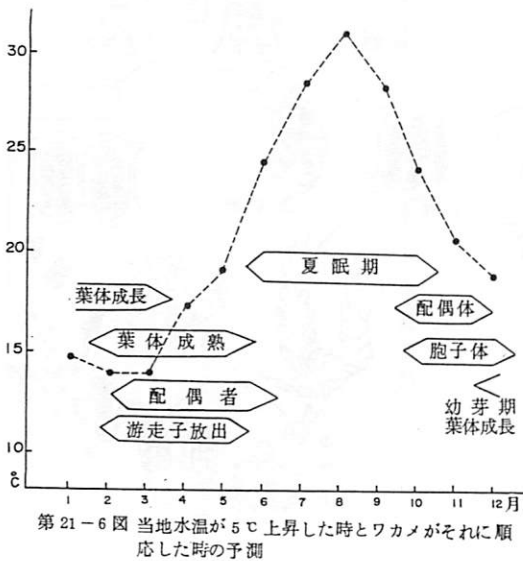
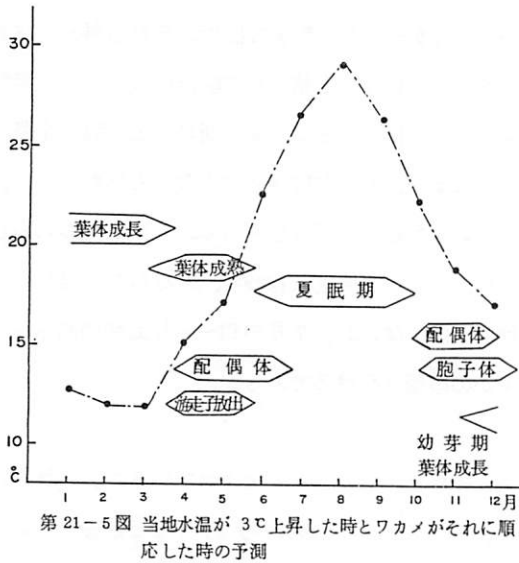
配偶体の生長：配偶体の生長は4月下旬から7月上旬の水温24℃ぐらいまでであるが水温が3℃上積みすることによって、6月中旬にはすでに水温24℃となる。配偶体生存可能水温は27.5℃までとなっているが、これは単なる生存可能の上限である。とすれば、この水温上昇の場合には、水温24℃前後の6月中旬頃からすでに夏眠に入ることが考えられる。

また、5℃上積みされるとすれば、5月下旬に24℃以上となり、約2旬ほど早く夏眠状態に入ることが予想される。この場合、配偶体生長期は1カ月ぐらいてあり平年の半分となる。このように、配偶体期が短い場合、ワカメにどのような影響を与えるかは不明であるが、早い時期に配偶体となったものはともかくとして、遅い時期のものは何らかの影響をうけるものと思われる。

夏眠：夏眠は普通、7月中旬~9月初旬までの水温23~24℃以上になるが、3℃、5℃上積みすると、7月中旬にはすでに



第21-4図 ワカメの生活と水温



25～27℃の高温となり、9月初旬は26、28℃となっていて、夏眠水温から考えれば、この間ずっと夏眠期が延長されることになる。

胞子体形成および生長：胞子体形成は普通、9月初旬23℃ぐらいから始まり、11月下旬の水温14℃ぐらいまで形成されるが、この9月初旬に3℃上積みするならば27℃、5℃上積みならば29℃となり、この時期に胞子体が形成されれば、へい死を意味すると思われるし、この時期を夏眠ですごし23℃前後になる10月初旬、10月中旬に胞子体が形成されるようになれば、配偶体成熟、胞子体形成、胞子体生長は時期からみて遅れその期間が短くなる可能性がある。

以上は水温変動に順応しない場合であって、かりに順応したと仮定しても夏眠期の延長、葉体生長期の短縮、遊走子形成条件も悪く、いずれにしても生育条件が不利になることはまぬかれないものと思われる。

c テングサ

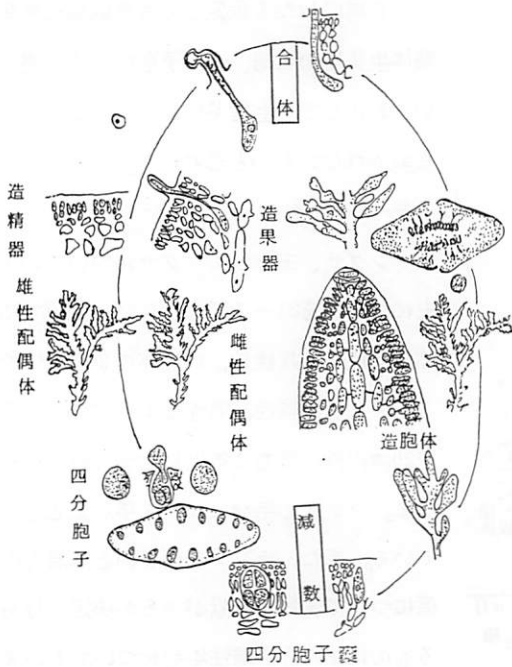
テングサ、主としてマクサについての生活史について第21-7図に示した。収穫する生体は雌性体、雄性体、無性体の3種の体である。マクサの雌性、無性は1年で10cm、2年で20cm内外に育ち2年生以上が収穫の対象となる。マクサの年令は2～8年以上と言われている。また、テングサの豊凶と水温との関係について既報の文献があるが決定づけられるものはないし、雄性年令についてもいまだ説明されていない。なお、生活環を一巡するに要する最短期間は早いもので2年と考えら

れる。

いま、孢子放出、発芽は24.5℃で最も迅速、健全で低温ほど遅滞するが、高水温にはおよそ29℃を限界として考えて、赤住海域では6～9月を孢子放出期、それ以外および6～9月を成長期と考えてみると、赤住海域の水温に3℃上積みした場合については、平常水温時より、孢子放出、発芽期は長く条件的には良くなるが、成長期に入ると限界水温29℃とみて、幾分この水温をこえるときはあるが、大きな障害とならないと思われるし、冬期は10℃以上を保つこととなり、より良い環境となる可能性もある。5℃上積みの場合、3℃上積みの場合と同様に、孢子放出、発芽、葉体生長は29℃、すなわち7月初旬までと、9月中旬以降の月は水温的には何ら支障がないが、7月中旬～9月上旬の高水温(29℃以上)が1カ月以上も続けば何らかの影響をうけるであろう。

d ノリ

赤住地先で採取されるイワノリのほとんどがウップルイノリとされているが、本種と水温との関係についての研究は少ないので、アサクサノリ、マルバアマノリなど数種のものから考えてみた。ノリの季節別に生育別に分けた生活史は判然としないが一応第21-8図のように推定した。



第21-7図 マクサの生活史



第21-8図 ノリの生活史

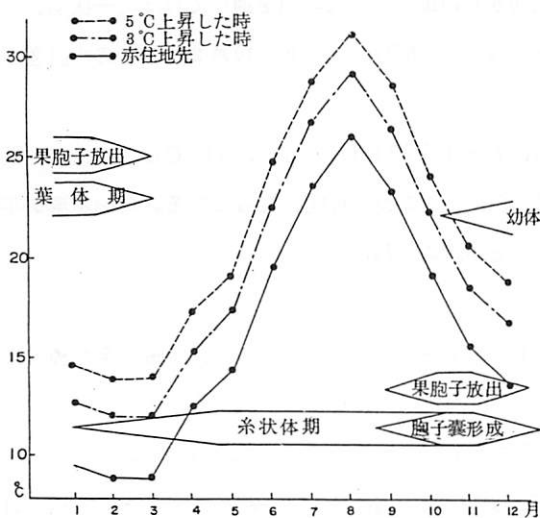
糸状体の生長：糸状体の生長適水温は15～20℃であり、生存可能最高水温を28～29℃として仮定すると、夏期における平常時最高水温が26.4℃であるので、これに3～5℃の水温が上積みされると29.4～31.4℃となり、3℃上積みでへい死寸前の水温であり、この状態が長く続けば危険であり大量へい死も考えられうる。また5℃上積みの場合は31.4℃となり、へい死はまぬがれないと思われるが、たとえ残っても生長は悪く、はたして単胞子形成がなされるかどうか疑問である。

単胞子形成：単胞子嚢形成水温を10～25℃とみて、その形成時期は9月下旬以降となるので、この時期の平常水温に3℃の上積みがなされた場合、形成時を幾分遅らす結果になるろうが、量的には逆に多く形成される可能性もある。水温5℃上積みの場合でも前者と同様なことがいえる。

単胞子放出水温9～24℃で適水温17～20℃とみて、まず、22℃まで大体放出があるとみてよからう。したがって平常時は9月下旬頃から、3℃上積みで10月上旬、5℃上積みで10月下旬からとなり幾分放出は遅れるが逆に適水温期が長くなるため、単胞子放出時期が長くなる。ただノリ単胞子放出には週期があり（ウツプルイノリは不明である。）放出回数が進むにつれて放出数が少なくなるため、放出時期がながくなくとも放出効果はあまり期待できない。

葉体生長：ノリの生長水温、幼ノリは15～20℃、葉体生長5～15℃とすると、幼ノリの場合3℃上積みされる約1カ月、5℃上積みで1.5カ月程度平常より生長が遅れることが予測される。葉体生長では3℃上昇の上積みを考慮した水温分布から成長期間を推定すると12

月下旬～4月初旬までが該当することになるが、過去2カ年間の赤住地区のイワノリの調査結果ならびに養殖ノリの生育状況から判断して、2月以降のイワノリは特に3℃上積みされる水温と光線などの増大も重なって環境的にも不利な条件となる。さらに、5℃上積みされる適水温期の短縮なども加わって一層環境条件の悪化が目立つものと推定される。



第 21-9 図 ノリの生活史と水温変化

V 要 約

赤住地区原子力発電所建設計画により、発電に必要な冷却用の温排水が同海域に放出されることが予定されるのに対し、この放水が赤住地区沿岸を中心とする周辺海域の漁業にどのような影響を及ぼすかを予察するため、昭和43年4月から同46年3月に至る間、上野から西海沿岸の海況・魚卵・稚魚・同海域の根付け生物の分布生息状況・標識放流によるブリ・マダイの魚道調査を行なうと共に、温排水の拡散範囲・魚類・海藻類の生理生態についての考察ならびに各種文献などから、これらの諸調査結果に基き現況を明らかにすると共に放水による海況・漁況への影響予察をするについての調査研究を行なった。その結果の概要は次の如くである。

1 現 況

(1) 海底地形・底質

調査対象海域の沿岸寄りには、岩礁・玉石原で水深15~20m以深（富来湾を除く）は、すべて砂地帯で、その81.0~99.1%が粒径0.05~0.36mmとなっている。

(2) 海 況

i) 水温・塩素量

3カ年の調査結果からみて、調査対象海域は、対馬暖流の影響を強く受け、水温は10°~20°C台で年間変動し2~3月に最低、8~9月に最高を示す。塩素量は17.8~19.2%台で、距岸4,000~6,000m付近に周年を通じ明瞭な潮境の存在することが認められた。

水温の垂直分布についてみると、表面から10m層までは年間を通じてほぼ均一状態、それ以浅と以深とでは時期にもよるが7~9月で4~6°C、5・9・10月2~3°Cの水温差が認められるが均一状態となる。

一方地先水温は2~3月6~8°C台、8~9月27°C台となり、10°C以下の低水温期は約3カ月におよぶが、25°C以上の高水温期は1.5カ月程度となっている。なお水温の年偏差は、大きい時で2°~3°Cにおよぶことが認められた。

ii) 流向・流速

調査時点での平均流速は、表面で7.1 CM/sec ~19.6 CM/sec となるが、20m層を含めると5.9 CM/sec ~25.0 CM/sec となり、距岸6,000m以遠では定常的な北上流が認められ、距岸3,000~4,000m以内の海域では複雑な流れとなり、沖合に比べ流速は弱く、1ノット以内で距岸1,800m以内の海域では19 CM/sec 以内で最少流速は4 CM/sec と云うことも認められたが、逆に45 CM/sec と云う記録もみられた。したがって、温排水放出予定海域付近の流速は時

期によって異なり、流向にいたっては（距岸 3,000 m 以内）一定方向への卓越流は認めがたい状態にあるが、がいて、沿岸に添って北上または南下と云った流れの頻度が多くなっている。

iii) 透 明 度

年間の海域変動は 3~36 m の間にあり、季節的には 5 月最低、7 月に最高値を示している。海域的には、沿岸寄りに低く、沖合部に高くなっているが、とくに上野地先に年間を通じてもっとも低い値を示している。

(3) 生物の分布状況

i) 魚類・魚類以外の水産動物の主な出現種

三重刺網による試験結果によると、西海地先では魚類 49 種、魚類以外の水産動物 18 種、赤住地先では魚類 36 種、魚類以外の水産動物 12 種となっており、種数においては赤住地先の方がやや少くなっている。

主な出現種は、メバル、カワハギ、カレイ類、カサゴ、ヒラメ、ウマズラハギ、アイナメ、マダイ、アカメフグ、イシダイ、タナゴ、サザエ、ナマコ、イシガニ、ベニイシガニ、マダコ、コイカなどで多種、多様にわたっているが、そのほとんどが回遊性の少ない根付け性のものが主体となっている。

一方標本漁船による調査結果では、メバル、マダイ、スガレイ、マコガレイ、イシダイ、カサゴ、スズキ、ウマズラハギ、ブリ、スルメイカ、マダコ、サザエ、バイ貝などとなり、マダイ、ブリ、スルメイカなどのような回遊性の強い魚種も含まれている。また、定置網における対象種はブリ、サバ、ソウダカツオ、クロマグロ、ウマズラハギ、クロダイ、スズキ、マダイ、ヒラメ、トビウオ、フグ、シイラなどとなっており、他の漁業種類に比べ回遊性の魚類が多くなっている。

ii) 棲み分け

赤住~西海海域を中心とするごく沿岸域では、カワハギ、ウマズラハギは中型群以下で大型群の出現が少ない。ヒラメ、イシガレイ、アイナメ、ウミタナゴについては幼魚から成魚の混獲が目立っていることから、これらの魚種については幼魚から成魚にいたるまで周年磯よりに生息し、根付け的な性格を示している。一方、ブリは北上、南下と云う回遊を示し、小型群（当才魚）については 7~10 月にかなり沿岸寄りに接岸するが、大型群は当才魚ほど接岸しない。マダイについては稚魚、小型若令魚ほど藻場の切れ目付近の磯寄りに生息するが、大型群になると 5~6 月頃の産卵時期にごく沿岸部の水深 10~15 m 付近に接岸するものいることが認められた。

水温と漁獲状況についてみると(5~10月の間における調査結果による)カワハギ、ウマズラハギ、メバル、マダイ、アイナメ、イシガレイ、イソカサゴ、ササノハベラ、ウミタナゴ、クロダイ、ヒラメ、アカメフグ、クロウシノシダ、カサゴ、コモンフグ、アサヒアナハゼ、クジメ、キュセン、スズキ、ヒラツメガニ、コウイカ、マダコ、サザエなどは水温12°~26°Cの範囲内で漁獲されていることから生息水温範囲がかなり広がっていることが判る。これらの漁獲対象物は、赤住海域の水温に順応し、同海域付近に周年生息しているものと思われる。

一方回遊性の強い魚種として、ごく沿岸寄りに接岸するものとして、ブリ、マダイ(成魚)マダロ類、トビウオなどがあげられる。これらの魚種の漁獲水温範囲はせまく、ブリ14°~21°C、マダイ(成魚産卵群)14°~16°C、トビウオ17°~24°C、クロマダロ15°~20°Cとなっている。

iii) ブリ、マダイの魚道

ブリ(当才魚)、北上期のブリ当才魚は7~8月に橋立~内灘海域の沿岸部に出現するがこの群が次第に沿岸添いに北上し、8~10月に志賀町、富来町の距岸数千米付近の沿岸に接岸する群のいることが標識放流の結果から明らかとなった。

マダイ(産卵群)、5~6月の産卵回遊群を主体に標識放流をしたが、その結果、赤住沿岸から沿岸添いに北上し、富来湾口付近に移動するが、その後さらに北上し、猿山沿岸に達するものいることが認められた。

iv) 魚卵、稚魚の分布

赤住沖合における5、7、9、10月の魚卵、稚魚の分布についてみると、魚卵は5、9月に集中的に沿岸、沖合を問わず分布していた。稚魚はカタクチイワシ、ホソトビ、メバル、キス、サヨリ、カマス、メジナ、アミメハギ、シマイサキなどがみられ、7、9月多く採集された。甲殻類ではゾエア、ミシス、メガロバ、シャコラーバなどが9、10月に多く採集された。

v) 海藻類の分布

赤住地先を中心とする沿岸域に採集された海藻は69種であった。この海域の特徴は緑藻が少なく、ホンダワラ類が量的に多いことである。カタノリ、スギモクなど日本海特産種がみられるのも海域特徴である。カジメ、アラメが生育せず、クロメの生育が目立った。海域の優占種として、ジヨロモク、ノコギリモク、ヤツマタモク、オオバモクなどがあげられる。

このほか食用種としてイワノリ、ワカメ、テングサなどは時期、年によって大きな変動が見られるが、生育場として好い海域となっているようである。

2 予 察

(1) 温排水の拡散

平野の理論により、排水量 35 tm/sec 、 30 tm/sec の場合を想定し、付近の海水より 7.5°C 高い温水が排出されることを前提として（但し放水方法は海の表面へ 1 m/sec のスピードで放出するとして）計算すると、前者の場合その影響範囲は $+1^\circ\text{C}$ で $2,411 \text{ m}$ 、 $+2^\circ\text{C}$ で 975 m 、 $+3^\circ\text{C}$ で 511 m 、 $+5^\circ\text{C}$ で 161 m となる。後者の場合は $+1^\circ\text{C}$ で $2,068 \text{ m}$ 、 $+2^\circ\text{C}$ で 836 m 、 $+3^\circ\text{C}$ で 439 m 、 $+5^\circ\text{C}$ で 138 m となる。また、温排水の流去方向は赤住沿岸を中心とした流道調査結果ならびに地形状況からみて一定方向へのシフトは考えられないので放出口を中心に前記影響距離の半円型内が最大影響範囲で、これを超えることはないと推定される。

(2) 水温上昇の水産資源におよぼす影響

水温は水産生物の生活および、繁殖と密接不可分の関係を持ちその生息、着生水域ひいては地理的分布を規定するもっとも重要な要因である。生物はそれぞれ固有の水温範囲をもつ生活圏あるいは環境のうちで活動しているが、一般に適水温の範囲内では、水温の高いほど生理現象が促進される。しかし、水温の変動が適水温の範囲を超える場合には、それが高くとも、低くとも生理や行動に異常な影響を与え、時にはそれらが致命的となることもある。特に藻類についてその影響が大であろう。

魚貝類：温排水の直接影響を受ける赤住地先に出現する魚種は主として海性で根付的なものが多いが、同海域の海況状況から判断すると、夏期には環境の悪化、冬期には改善の方向に働くと云えるであろう。一方回遊魚については、多少の魚道変向のあることも考えられる。

藻類：食用種はもとより、ホンダワラ類やその他藻場が幼稚魚の育成場となっており、環境の変化による藻類組成または量的な変化があれば単なる種の変化や減少だけでは片付けられない問題が含まれる。主要種についてみると、

ワカメについては水温の上昇によって生活様式が変わる場合とそうでない場合について考えてみると、前者の場合、夏眠時期が非常に長くなりそれに対する他の生活段階が短くなることが考えられる。この生活史変化でワカメが育つかどうかは疑問である。後者の場合、遊走子放出、配偶体生長、夏眠、孢子体形成、孢子体生長のすべてに、 3° 、 5°C の水温上昇（上げみ）によって受ける被害が大であると思われる。

テングサの場合は 3°C 上積みされても環境条件は悪くなるとは考えられないが、 5°C 上積みすれば、夏期の高水温期に条件が悪化することが考えられる。

ノリの生産を左右する大きな環境要因の一つである水温が 3° 、 5°C 通年上昇するとすれば、

大きな問題点として夏期の高水温期における糸状体の生存、生長およびそれに結びつく単孢子形成などがあげられる。この水温上昇でノリ生活は非常に危険なものとなろうし、その結果、収獲にも大きく響いてくるものと思われる。もう一つの問題として葉体生長期の短縮化であり、ノリ生産の減産も考えられる。実際には水温変動に合致した生活様式がなされた場合に光的要因も加味されるので上述の他に種々の問題がからんでくるため被害は大であると思われる。

ホンダワラ類については、沖縄、鹿児島地方と赤住地先とは分布が異なるが、銚子半島、長崎平戸とは、その分布が割合類似していることから、この原因が夏の水温によるものならば、赤住地先の水温が3°、5° C上昇すればホンダワラ類の分布相の変化が考えられるが、冬の水温によるものならばホンダワラ類の分布に大きな変化はみられないものと思われるが、しかし、同海域のホンダワラ類は永年その環境に順応した生活が続けられているので異常海況が生ずればなんらかの変化があるものとするのが妥当であろう。

付表1. 昭和43年度ガラス箱による全海域海藻の優占種

地域	種名 海域	シ	イ	マ	ジ	ア	オ	ノ	フ	ウ	ハ	ワ	ク	ケ	イ	テ
		オ	ソ	ツ	ヨ	カ	オ	コ	シ	ミ	バ	カ	ロ	ウ	バ	ン
		グ	モ	メ	ロ	モ	バ	ギ	ス	ト	ノ	メ	メ	ル	ラ	グ
		サ	ク	タ	モ	ク	モ	リ	ジ	ラ	リ			シ	ノ	サ
		類		ワ	ク			モ	モ	ノ	類			ゲ	サ	
st 1	1	◎	◎													
	2		◎													
	3										○					
	4			◎			○	○								
	5		○												◎	
	6			○											◎	
st 2	1								○							
	2								◎							
	3					○										
	4					○						◎				
	5							◎				○				
	6											○				
st 3	1									◎						
	2															
	3			○		◎										
	4					○	◎					○				
	5			◎									○			
	6			○												
st 4	1	◎														
	2		◎				◎									
	3						◎									
	4				◎		◎									
	5				◎											
	6				○											
st 5 入江	1			○						◎						
	2															
	3														○	
st 5 外海	1															
	2															
	3															
	4		◎			○	○	○								
	5				○		○									
	6							◎								

付表2-1 ロープライン観察(昭和43年)

七海海域

調査月日	距岸(m)	水深(m)	種名 底質	ケウルシグサ	ハバノリ類	ツルモ	クロメ	ワカメ	マヤツメ ツマタ ワラ	ジョロモク	アカモク	ノコギリモク	オオバモク	フシスジモク	ホンダワラ	イソモク	トゲモク	スギモク	エゴノリ (付着藻)	イバラノリ	テングサ
30	4~5	岩盤玉石			0			3			0		0			0			2		
50	7	岩盤玉石		0				2			0		0					0	1		
80	8.5	岩盤玉石						4			1		0						1		
100	9	岩盤玉石				0		4			3		0						1		
九月四日	10	2~4	岩盤						5			0	0	1	0						
	30	4~5	岩盤						5			0	0	0	0	2					
	50	5~6	岩盤				0		5			2	0	1	0						
	75	7	岩盤玉石						4			3	0	0	0						
	100	7~8	岩盤				0		4			3		0	0						

付表2-2 (昭和48年)

敵門海域

調査月日	距岸(m)	水深(m)	種名 底質	ケウルシグサ	ハバノリ類	ツルモ	クロメ	ワカメ	マヤシヨロモク メタワラクク	アカモク	ノコギリモク	オオバモク	フシスジモク	ホンダワラ	イソモク	トゲモク	スギモク	エゴノリ (付着藻)	イバラノリ	テングサ
				五月十六日	20	3	岩盤 玉石	2	1	2					3		3			
	40	4	岩盤 玉石	2	2	2		2	3	1		0	3				3	2		
	60	5	岩盤 玉石	0	1			2	3	2	2		2				3	3	0	
	80	5	岩盤 玉石	1				1	4		2	0					2	2		
	100	7	岩盤 玉石	2	1			1	4		3		3							
七月二十四日	10	3	岩盤 小石 玉石		0	0			4		0		0					0	0	
	30	3	岩盤 小石 玉石		0	0			4			0	1				0	0	0	
	50	4	岩盤 玉石						3		1	2	1					0		
	70	5	岩 盤						4		0		0				0	0	0	
	100	6	岩盤 玉石						0		3	0	2				0	1	1	
九月四日	10	2	岩 盤						4		3	2	0	0	0			0		
	30	3	岩盤 玉石				0		2		2	3	0	0	2					
	50	3	岩 盤						0			5	0	0	0					
	75	4	岩 盤				0		5		0	0	0	0						
	100	6	岩盤 砂 玉石				0		3		1	0	0	0			0			

付表2-3 (昭和43年)

赤住海域

調査 月日	距 岸 (m)	水 深 (m)	種 名 底 質	ケ	ハ	ツ	ク	ワ	マ	シ	ア	ノ	オ	フ	ホ	イ	ト	ス	エ	イ	テ	
				ウル	バ	ル	ロ	カ	メ	メ	メ	メ	メ	メ	メ	メ	メ	メ	メ	メ	メ	メ
五月 十九日	10	4	岩盤	0		2	0	2	1	4		3	1		1							
	30	5	岩盤	0	1	0	0	2		3		4	0						0			
	50	6	岩盤	3			0	3		2		4	0									
	80	6	岩盤 玉石	0		3	2	2	3		2	3	0						0			
七月 二十三日		5	岩盤			0			0	2	3	0	2						0			
		5	岩盤				0	0	3		0	2	0						2			
		8	玉石			3	0				0		0						1			
		10	岩盤 玉石				0		2		4	0							0			
九月 五日	20	2~3	岩盤				0		4		3	3	0	0	0	3						
	40	3~4	岩盤 玉石						2		2	3	0	0		1						
	60	4	岩盤 玉石				0		5		3		0	0		1						
	80	5	岩盤				0		4		3	0	0	0		0						
	100	6	岩盤				0		4		4	0	0	0		3						

付表2-4 (昭和43年)

上野海域

調査 月日	距 岸 (m)	水 深 (m)	種名 底質	ケ ウル シ グ サ	ハ バ ノ リ 類	ツ ル モ	ク ロ メ	ワ カ メ	マ メ タ ワ ラ	ジ ヨ ロ モ ク	ア カ モ ク	ノ コ ギ リ モ ク	オ オ バ モ ク	フ シ ス ジ モ ク	ホ ン ダ ワ ラ	イ ソ モ ク	ト ゲ モ ク	ス ギ モ ク	エ ゴ ノ リ (付着藻)	イ バ ラ ノ リ	テ ン グ サ	
五月二十日	10	4	岩盤	0	3	2		3			2	0	0	0			2			0		
	30	5	岩盤	0		1	0	2	2			0	4	0						2		
	50	7	岩盤	0			0	1	3			0	0							4		
	75	7	岩盤 玉石					1	0			4	0	2						0		
	100	10	岩盤 砂	0			0	0				4		2								
七月二十三日		3	岩盤 玉石			0		0	3	3	2	3								2	0	
		7	岩盤 玉石			2		0	3		0		0			0				0	3	
		9~11	岩盤 砂 玉石			2	0		4		1									0	3	
九月五日	10	1	岩盤						5		2	0	0	0	0	1	2					
	30	4	岩盤				0		5		0	0	0	0	1		0					
	50	5	岩盤 玉石						3		3	0	2	0								
	75	5	岩盤						5		2	0	3									
	100	7	岩盤 小石						5		0	0	0									

付表3-1 ロープライン観察(昭和44年)

七海海域

調査月日	距岸(m)	水深(m)	種名		ケウルシグサ	ハバノリ類	ツルモ	クロメ	ワカメ	マヤメ ツメ タワ ラ	ジヨロモク	アカモク	ノコギリモク	オオバモク	フシスジモク	ホンダワラ	イソモク	トゲモク	スギモク	エゴノリ (付着藻)	イバラノリ	テングサ
			底質																			
五月十二日	10	2~4	岩	礁			0		0	4	0	0	0	0	0		3					
	30	2~5	岩	礁	0				0	3		0	0	0			3					
	50	6	岩	礁				0	0	5			2	0	0							
	75	7	大	玉石					0	3	0	3			0							
	100	8	岩	礁					0	5			3		0							
七月十三日	10	4	岩	礁			0	0	4			0	1	1								
	30	3~4	岩	礁						4		0		0								
	50	6	岩	礁			0	0	3			0	0	1	0						0	
	75	8	岩	石						2		0		2								
	100	9	岩	石						2		3		0								
九月三日	10	1~2	岩	礁						5		0	0	0			0				0	
	30	2~3	岩	礁						5		0	0	0								
	50	4~5	岩礁	玉石			0			5		0	0	0	0	0						
	75	6	岩礁	玉石						2		4		0	0							
	100	6.5	岩礁	玉石			0			4		4		0								

附表 3-2 (昭和44年)

巖門海域

調査月日	距岸(m)	水深(m)	種名		ケウルシグサ	ハバノリ類	ツルモ	クロメ	ワカメ	マヤタマタワラ	ジヨロモク	アカモク	ノコギリモク	オオバモク	フシスジモク	ホンダワラ	イソモク	トゲモク	スギモク	エゴノリ (付着藻)	イバラノリ	テングサ
			底質																			
五月十二日	10	1	岩	礁		0			0	5	0	0	0	0	0				0			
	30	3	岩	礁					0	3	3	2	0	0								
	50	3	岩	礁					0	0		0	3	0			2					0
	75	5	岩	礁					0	5		0	0	0			0					
	100	6	岩	礁		0		0	0	2	0	3		2					0			
七月十四日	10	3	岩石	砂					0	4		0		2				0				0
	30	3	岩	礁					0	0			5	0				0				
	50	3~4	岩	礁					0	0		0	5	0				0				
	75	4	岩	石				0	0	2		0	4	2								
	100	4~5	岩	礁				0	0	4		0	3	0								
九月三日	10	1	岩礁	玉石						0		0	4	0	0			0				
	30	1~2	岩礁	玉石						5		0	3	0	0					0		
	50	2~5	岩礁	玉石				0		4		0	4	0	0							
	75	4	岩礁	砂						3		2	0	0	0				0			
	100	3	岩	盤						5		0		0	0							0

付表 8-3 (昭和44年)

赤住海域

調査 月 日	距 岸 (m)	水 深 (m)	種 名 底 質	ケ	ハ	ツ	ク	ワ	マ	ジ	ア	ノ	オ	フ	ホ	イ	ト	ス	エ	イ	テ	
				ウル	バ	ル	ロ	カ	マ	ヨ	カ	コ	ギ	シ	ン	ソ	ギ	ゴ	バ	ン	着	ラ
				シ	ノ	モ	メ	メ	タ	ロ	モ	ギ	バ	ジ	ダ	ソ	ゲ	ギ	付	ノ	サ	
				ン	リ				ワ	モ	ク	リ	モ	モ	ワ	モ	モ	モ	藻	リ		
五 月 十 四 日	10	3	岩 礁					0	3			3	3								0	
	30	4	岩礁 玉石				0	0	5	0		2	0	0		0					0	0
	50	5	岩 礁					0	5			0	2	0		0						
	75	6	岩礁 玉石				0		5				0	0								
	100	4~6	岩 礁				0	0	2	0		3	2	0								
七 月 十 四 日	10	1.5	岩 礁				0	0	0			0	5	0			0				0	
	30	3	岩礁 玉石				0		4			0	0	0	0		0				0	
	50	2~3	岩礁 玉石				0		0			0	3	0	0		0					
	75	5	岩 石				0		5			1	0	2	0		0				0	
	100	6~7	岩 礁				0	0	0			3	3	0	0							
九 月 三 日	10	1~2	岩 礁				0		0	0		2	5	0			2				0	
	30	1.5 ~2	岩礁 玉石				0		5			2	0	3	0		0					
	50	3	岩 礁				0		5			0	4	0	0							
	75	4	岩 盤						5			0		0			0					
	100	5	岩盤 玉石				0		3			4	0	0	0		0				0	

付表 3-4 (昭和44年)

上野海域

調査月日	距岸(m)	水深(m)	種名 底質	ケウルシグサ	ハバノリ類	ツルモ	クロメ	ワカメ	マヤツメ ジャヨロモク ツマタモク タワラクク	アカモク	ノコギリモク	オオバモク	フシスジモク	ホンダワラ	イソモク	トゲモク	スギモク	エゴノリ (付着藻)	イバラノリ	テングサ
30	5~6	岩礁 玉石				0	0	4	0	4	0	0					0			
50	5~6	岩礁 玉石					0	5	0	0		0					0	0		
75	6	岩礁 玉石						3	0	2		2					0			
100	8	岩礁				0		2	0	2		0						0		
七月十三日	10	2	石					0	4		4	0	0	0		0				1
	30	2~3	岩石						4		0	0	0	0		0			0	0
	50	4	岩盤				0		3		3	3	0	0						
	75	5	岩石						4		0	0	3							
	100	6	岩石						4		0		3							
九月三日	10	2	岩礁 玉石						4		4	0	0							0
	30	1.5~2.5	岩礁 玉石				0		3		3	0	0			0				0
	50	3	岩礁 玉石				0		5		3	0	0			0				0
	75	4	岩礁				0		5		3	0	0	3						
	100	5	岩礁 玉石				0		4		2	0	0							0