

5

5

蒼鷹丸

「海と空」第九卷第十一號別刷

謹
呈
著者

1929

黒潮の流域下に於ける海水層の層重状態に就て

宇
田
道
隆

黒潮の流域下に於ける海水層の層重状態に就いて

水産試験場

宇 田 道 隆

一、緒 日本列島の太平洋沿岸の大半は北赤道流の延長であ

る黒潮(日本海流、Blue salt current)の勢力範囲内にある事は周知の事柄であり、其の表層の事項に就ては今迄に調査研究されたものも少なくない。然るに此の黒潮流域下の海水層の状態に就ては在來の観測にして水深三四百米以深に及ぶもの甚だ乏しいため、嘗て系統的な研究の爲されたものを聞かない。唯最近 G. Wüst が過去の Challenger 等諸観測線の利用し得べき材料を集め大成して此の黒潮流域に近接した太平洋の南北に互る線につき一垂直断面圖を作製し、これと太平洋の中部を南北に切る垂直断面圖とを併せて太平洋の一般海洋状態を示したのみである。(Veröff. d. Inst. f. Meereskunde, Neue Folge, A. Heft. 20, G. Wüst: Schichtung u. Tiefenzirkulation des Pazifischen Ozeans. Feb. 1929 参照)。

本文の目的とする所は我々の既に得たる半年平面海洋圖より直に黒潮本流及び親潮流の本幹を貫く一線を想定して之に應ずる垂直断面圖を作製し、更に海水層の深部に到る迄の海況の四季變化を調査して以て Wüst の所論を細部に互つて検討し、特異なる黒潮を簡明する一具たらしめんとするにある。こゝには其の梗概を載せるに止むる爲説明圖及び記録の詳細は多く之を省略する。資料の詳細は「海洋調査要報」若くは彙報に載せられる豫定である。

二、今我々の作製した第一圖(a b c d)に示すが如き半年の八月海洋圖を一見すれば容易に黒潮及び親潮の本幹を貫く一線を想定し得る。かくして我々の採用した縦断線は第二圖に示すが如き略二千米等深線に沿ふて走る一線である。夏期を除いては親潮流域に於ける観測の甚だ乏しい事情に依り第三圖に示すが如き八月に於ける垂直断面圖を作製した。然して第四節に述べる結果を應用して東北海區及び三重和歌山沖の四百米以深にあつては月のちがひは念頭に置かず雲鷹丸の五月・十月の観測値を其の儘利用した。

第三圖を見るに Wüst の圖と甚だ良く似て居り彼の結果が日本列島の太平洋沿海に於て概ね正鴻を得て居ることを認める。即ち親潮の夏期北緯四十一度・四十二度あたり襟裳崎・釧路沖

の邊で沈降し初め、略房總沖迄緯度十度を南下する間に表面から六百米の深度迄 Polar front に沿ふて斜に滑り下り、それから略水平に六七百米の水深を南進する。そして沈降した親潮潜流即ち Wüst の所謂 Zwischenström (中間流) は大體に於て攝氏五度と十度との等水温線の間に阻まれた帯状をなして入り込んでゐる。其の流軸に於ける水温は五度乃至八度で南北とも差を認めないが比重の方は南進と共に其の斜に降下する段階に於て著しく増加する。そして上層の四百米迄は高鹹な南方水 (Wüst の所謂 Subtropische Unterwasser) の黒潮の勢力範圍でそれが南から北上してその先端は青森沖附近に達して居り、其の流軸は大體攝氏二十度線に沿ふてゐると看做してよい。尙比較的low鹹にして高温な Deckenschicht (表面水層) 及び中間流に比し稍々鹹度大なる低温な深海水の存在 (黒潮流域で九百米以深にある) も明かに示されてゐる。

第四圖は黒潮流軸に於ける鹹度が北上と共に如何に減少して行くかを示すものである。更に親潮潜流の斜降の段階を圖に示せば第五圖の如くである。即ち Wüst の圖より求められた沈降點の緯度約六度程南方に我々の場合の沈降點が位してゐる。これは畢竟するに寒暖二流の中軸に縦斷線を擇んだ爲の差異であらう。沈降曲線の兩者の平行なるは注目すべき事柄である。次に Wüst の圖に在つては、中間流の證據は遠く南方赤道附近に迄延びて居るが、我々の場合には黒潮流域下にあつては既に三重・潮岬邊に到つては中間流の混交漸減の状態の著しき事は第三圖第四圖より看られる所である。思ふにかくの如きは大陸縁部に在つては太平洋中部に於ける程中間流の發展を許さぬ爲であ

らう。尙豆南海區に有ける蒼鷹丸の千米乃至二千米に及ぶ觀測より深部の比重一・〇二五〇以下を中間水帯と看做して調査せる數字は次の如くである。

第一表

中間流 (四季平均)	上層深度	最小 400m (柳葉島北部)
	普通	500m (柳葉島入文島間)
下層深庫	最大	600m (八丈島南ヶ島間)
	平均	885m - 900m (北渡南深)
流軸の厚さ	普通	300m - 400m
	最大	600m (入文南 700m)
流軸の深度	最小	1,025.41 (北)
	最大	1,025.88 (南)
流軸に於ける比重	平均	1.02546
	標準	1.02546

次に水温鹹度の垂直的分布曲線を調査して見る。第三圖から述べた結果が更に明瞭になる。青森以北では Kathohaline (上層低鹹下層高鹹) を呈し、青森以南八丈附近迄に在つては Dieohaline (上層高鹹、中層低鹹、下層再び鹹度増加) を呈してゐる。この事は第三圖の結果を照合して青森沖乃至房總沖の海水層の比較的安定にして垂直的運動の旺盛であることを物語つてゐる。然し乍らこの標準比重曲線の示す程表層が不安定なものではないことは第三地點でも現場比重を調べれば安定を示すことでも分る。

更に Wüst 流に第六圖に示す様な Thermo-haline Kurve (温鹹曲線) を北から南に順々に並べて見ると更に各々の海區の特性を明示することが出来る。此の特性指示曲線の趨向が北では左上から右下に走るのに南では右上から左下に走るやうに移り且つその中間の凹入が北から南に移つてゐる狀況も著しい。かくしてこの温鹹曲線より黒潮及び親潮潜流の流軸 (Kern) を指

示する a b 點を合理的に決定し得ることを知る。八月の觀測結果を平均して算出せる結果は第二表に示す通りである。

第二表

St. 13 " 12 " 11 " 10 " 9 " 8 " 7 " 6 " 5 " 4 " 3 " 2 " 1 球象	θ_a	S	θ_b	S ₁	H _a	H _b	H _b -H _a	$\theta_a - \theta_b$	S _a -S _b	S _a -S _b
13	2.9	2433	2.9	2435	60	100	40	0.9	4	8
12	2.9	2424	2	2430	40	60	20	0.9	4	4
11	7.0	2449	2.5	2440	30	80	50	4.5	9	9
10	(15.0)	(2433)	(10)	(2438)	(10)	(30)	(20)	(5.0)	(5)	(5)
9	10.9	2502	8.6	2483	50	100	50	2.3	19	34
8	12.1	2525	7.5	2491	50	200	150	4.6	34	47
7	14.2	2552	6.5	2512	50	400	350	7.7	40	47
6	14.8	2571	5.6	2524	50	300	250	9.2	47	47
5	11.2	(2561)	4.5	2532	(200)	550	(350)	6.7	29	29
4	16.2	2579	—	—	200	—	—	—	—	—
3	18.1	2588	8.0	2546	200	800	400	10.1	43	43
2	17.3	2596	—	—	100	—	—	—	—	—
1	19.8	2604	—	—	200	—	—	—	—	—
球象	21.3	2612	—	—	150	—	—	—	—	—

百米以深 二百米以深 三百米以深 四百米以深 五百米以深 六百米以深 七百米以深 八百米以深 九百米以深 一千米以深

$\theta_a \dots a$ 點 = 於 θ_a の水深
 $S_a \dots a$ 點 = 於 θ_a の比重
 $H_a \dots a$ 點 = 於 θ_a の深度
 $\theta_b \dots b$ 點 = 於 θ_b の水深
 $S_b \dots b$ 點 = 於 θ_b の比重
 $H_b \dots b$ 點 = 於 θ_b の深度

三、以上を前提としてこのやうな Schichtung (層重状態) が季節的にどんな變動をするかを述べよう。
 前述の親潮沈降の如きは盛夏期に就ての調査であるから表面流の冬には更に南下して其の勢力を擴張することは明かである即ち月々の極前線の移動を細論し更に境界面に起る渦動を論ずる必要があるが此の研究は他日に譲る。只今は蒼鷹丸に依つて

一九二八年から一九二九年にかけて行はれた二月・六月・八月十一月の豆南海區四季細密調査の一部を紹介して、此の問題に若干の考察を加へたいと思ふ。著者は六月初旬の觀測に當りたる關係上特に六月の調査を詳記した。従前に斯の如き千米乃至二千米といふ深部に及ぶ四季觀測のなされたものがない爲に今後の調査により更に確認されることを望むものである。

(1) 水温比重に就て 先づ第一に各深度(〇米・五十米・百米・二百米・四百米・六百米・八百米・千米)に於ける水温比重の平面圖を作つて之が觀察を試みた。代表的一例として第七圖に昭和四年六月上旬の二百米等温線等比重線圖を載せる。

第七圖に見らるゝ如く暖流軸は常に御藏島・八丈島間に位置して居り季節的の黒潮流域の擴張移動は極く表層に限られてゐる沿岸水を混合した比較的冷たい水帯は北より房總沖を南西に黒潮流域に舌狀をなして入り込んでゐる、又相摸灣一帯に瀾漫する比較的寒冷な沿岸水帯は四・五月頃最も卓越して居り、六月上旬黒潮支流の流入に伴ひ洋水と交代する。これらの事實は蜆量蜆種の平面的分布圖(第九圖)、等水色線圖(第八圖)、等透明度線圖(第八圖)、炭酸量平面分布圖、酸素量飽和率平面分布圖等と極めて良く一致して其の確からしさが強調される。

今第九圖に示すが如く植物性蜆と動物性蜆との數量の比を圖示すればその二十乃至三十の線を境として如何に明かに黒潮流域に動物性蜆(Copepoda, Radiolaria 等)比較的多く冷水域に概ね沿岸水域には植物性蜆(Chaetoceras, Rhizosolenia 等)が多いが蜆としての總數を圖示する時はその等蜆數線は全く第九圖

に對應する分布をし、黒潮流域には著しく浮数の乏しいことを教へる。比率五に對應する浮数は一萬、比率二十に對應して五萬、比率三十に對しては十萬といふ數量である。尙八丈島東南部にあらはれたる多浮域は *Nakagawa* の説が如き、親潮潜流の富士海嶺によりて起されたる上昇流域に關係するものではないからうか、このことは我々の既に屢々見出したる八丈島蔭の冷水圏より暗示される所である。斯くの如くにして洋水域(B區)と比較的低温水域(A區)とが區別された。然らば其の兩區の水温、比重の垂直的分布の差異は如何? 千米深までは θ_{V_d} でこの差は千米以深には見られない、且つ四百米で其の差は極大である。而して二つの層状態には根本的差異はなく水温から見て五百米以淺では θ_{V_d} 、特に百米乃至四百米に於て著しく其の差がある。五百米以深では θ_{A_d} で千八百米以上では最早差はない。此等の點から見るとA區はB區より遙かに安定がよく種々の點で北方海區の型式に似て居る、更にA區にあつてはB區より鮮鋭な鹹度の低極を示すと共に其の高極、低極の位相がB區より稍々深部にすれて存在することも注目せられる。

黒潮の降水其他の影響に基く鹹度の稀釋された表層は百米の厚さを持ち水温も百米迄略々均一に高温を示す、そして比重の方から見て黒潮の厚みは二百米以内と考へられる。

之を要するに豆南海區の黒潮流域下の水層の重なりは次の三部分に大別せられる、即ち水深百五十米(所により百米)を中心とする二百米の深さに及ぶ高鹹高温な上層(黒潮)と水深五六百米を中心とする低鹹低温な親潮潜流(四百米—九百米)と千米以深の稍々高鹹にして攝氏二度から三度の低温を示す深海水層と

である。そして四百米の深度では上層から中層に移る急激な轉移の爲に *Spungschicht* (飛躍層) が考へられるがこれは黒潮と親潮との混合水帯として生じたもので獨立の意味を持つものではない。表層(*Deckschicht*) 百米に就いては既述の通りである。更に深部に下つて *Wüst* の想像した三千米以深の底流に就いては我々の知る由もない。

次に諸要素の四季の變化を調べやう、矢張りA區とB區とに分けて調べることにする。A區・B區共水温較差(θ_{ann})は百米乃至二百米で既に激減を示し二百米以深では一、二度程度で千米迄大差ない、鹹度較差(S_{ann})も二百米以深は一〇内外即ち殆ど變りなしと見られる。百米以深は $\theta_{\text{ann}, B}$ $\theta_{\text{ann}, A}$ で以淺は $\theta_{\text{ann}, B}$ $\theta_{\text{ann}, A}$ であるのは百米迄に黒潮域に特に高温な表層水の在る事で容易に説明し得られる。二百米以深の較差の變化の乏しい事は以淺の黒潮圏との境界をなすものである、而して更に第三表より中間水の存在が水深六百米を中心として看取される。第三表はB區に就ての調査の結果を示す。

第三表を見るに表面より深くなるにつれて水温の極大がおくられて来て表面では八月半に極大があるのが、百米では九月過、二百米では十一月、四百米以深ではそれが十二月迄移る。

而してまだ著しいことは四百米以深では八月過に極小を有し六月、十二月と年二回の極大を持つ半年週期の變化を示す點である、之に相當するものは福島沖で二百米以深に七月に現はれる岩手では七月と八月の間に五十米の深さから既に現はれて来る此の水温の低極の原因は北方中間水(親潮潜流)が夏期に優勢となる爲ではないかと考へるが尙之が確定に就いては將來に俟た

ねばならぬ。

第三表
御藏島南方黒潮流域水温比重平均
(B 區)

水深	二月上旬	六月上旬	八月中旬	十一月上旬	平均	差
0m	16.8 23.90	23.2 23.66	27.5 25.88	24.6 25.55	23.0 25.62	10.7 5.2
25	17.0 23.90	22.4 23.67	26.9 25.55	24.7 25.56	22.8 25.67	9.9 3.5
50	18.9 23.88	21.2 23.74	25.8 25.68	24.6 25.58	22.1 25.72	8.3 3.0
100	15.7 23.82	18.3 23.75	21.9 25.68	22.0 23.78	19.5 25.76	6.3 1.4
200	13.1 23.71	14.6 23.69	15.1 23.67	16.8 23.77	14.9 23.71	3.7 1.0
400	8.7 23.58	10.2 23.55	9.3 23.61	10.7 23.55	9.7 23.57	2.0 0.6
600	5.6 23.54	7.8 23.47	6.7 23.48	8.0 23.46	7.0 23.49	2.4 0.8
800	5.0 23.58	5.8 23.46	4.9 23.51	6.6 23.53	5.6 23.52	1.7 1.3
1000	4.4 23.61	5.2 23.49	4.1 23.53	5.1 23.60	4.7 23.56	1.1 1.2

比重の變化は表面より二百米迄一様な型式をとり、八九月の夏期に一低極を有し冬期に一高極を有するものやうであるが二百米以深にありては其の較差は極めて小さく、四季の變化は判然せず、大體に於て春夏に低極冬期に高極を有するものやうである。福島沖では低極では表面の五月より三百米の五月半に移つて居るが、表層から三百米深迄の豆南海區四百米以深の

六月初旬の低極は恐らく此の北方寒水の潜入に基く影響ではないかと考へられる。各季の中間流の比重低極位置は大體六七百米であつて春夏は深く秋冬に浅い。以上を一括すれば

二百米以淺 水温 夏秋冬の順
二百米以深 水温 春秋夏の順 (のやう)

尙上の第三表から冬季に於ける温鹹曲線を作りて見れば、冬期は著しく南方型を呈し夏期は稍々北方型を呈し、春秋は其の趣相似て當地の特性を示すやうである。即ち夏の冬より安定よきを示すは「海と空」第九卷第五號に須田院次氏の日本海にての所説を符號するものである。尙十一月及び二月は五十米以淺の水層甚だ均等なることを示す。

(2) 水色、透明度は四・五・六月の春季に悪く七・八・九月の夏季に良い。而して黒潮域に著しく高く寒水域に著しく低きこと第七圖に其の一斑を示す通りである。黒潮域は大體六月の水色一・二、透明度十五米—二十米以上である。

(3) 酸素溶解量の四季變化は第四表に見る如く、表層より二百米深迄高極が冬に在る。二百米以深にては高極は春より夏に移る。低極は表層では夏であるが深部に下るに従ひ其の位相が漸次遅れて秋になる。そして表層より二百米迄は四・c以上を含有する。酸素溶解量は主に水温により決定されるから、以上の極大、極小の事實は深度と共に水温の極小極大の偏倚せる(1)の調査の結果と良く符するものである。酸素溶解量の深度に對する遞減率は五十米—百米で極大をもち後は漸次緩かな傾斜を

第四表 酸素溶解量 (c.c.)

水深	春	夏	秋	冬	平均
0m	4.81	4.68	4.78	5.29	4.89
25	4.80	4.66	4.64	5.30	4.85
50	4.71	4.82	4.42	5.21	4.79
100	4.44	4.50	3.97	4.93	4.46
200	4.42	4.31	3.52	0.07	4.03
400	3.55	3.63	2.96	3.08	3.31
600	2.95	2.71	2.15	2.17	2.50
800	2.45	2.05	—	—	2.25
1000	2.06	—	1.52	1.74	1.77

以て減少して居る。この曲線と黒潮流域内の水温遞減率曲線とを對照すると甚だ酷似した趨り方をして居ることを見出す。故に水温酸素曲線は更に定性的な意味を持つものである。

次に酸素の溶解飽和率を調査して見るに其の深部に到る程遞減する狀況は溶解量の遞減曲線に略々合致するが、表層より六百米位迄其の減少率は更に大きい。今〇米乃至五十米の水柱の含有する酸素量の飽和率を見るに、二月九〇・九%、六月九〇・六%、八月一〇〇%、十一月九一・四%、平均九三・三%、即ち盛夏に完全に飽和し春六月は最も貶大で九・四%不足である。場所による飽和率の差異は一七・五—一九・五%であるが飽和率の値は黒潮暖流域では著しく大で平均値以上であり寒水域では小で平均値以下である。即ち同化作用の影響を没して飽和率の

大小が水温の高低に依ると云ふ事は興味ある事實と考へる。
(4) 炭酸溶解量(二月・十一月の測定)は第五表に見る如く概ね冬の方が各深度に於て秋より大である。即ち冬の方がより Alkalinity が大である、特に四百米以淺の暖水圏に於て其の差が顯著であることは冬がより鹹度の大きなこと及び四百米以淺に其の較差の大であることから當然の歸結である。八百米以深

第五表 CO₂

水深	二月		平均	二季之差
	c.c./lit	十一月		
0m	24.92	24.12	24.52	+0.80
100	25.18	24.79	24.98	+0.39
200	25.05	24.77	24.91	+0.28
400	25.35	24.95	25.20	+0.40
600	25.68	25.67	25.68	+0.01
800	26.19	26.14	26.17	+0.05
1000	26.46	26.00	26.23	+0.46
1500	26.44	26.36	26.70	-0.26
1800	26.88	25.95	26.42	+0.93
2000	(26.95)	—	26.95	—

になると殆ど二季の相違は認められない。Alkalinity は千米迄急激に増加するがそれ以下では殆ど變りないやうである。即ち深海水域に入ると Alkalinity は餘り變らない。之を平面的に觀察して見るに二季を通じ鹹度の高い暖水帯に多量に冷水帯に乏しいのは豫期した通りである。茲に注目すべきことは遠州灘に於ける二月では沖に多量に沿岸に少く、十一月では沖に少く沿岸

域に著しく大なる事實である。之は恐らく遠州難沿岸に秋季降
水等の爲め集積された沿岸水の影響を示すものであらう、今後
の調査を俟つ。

(5) 比色法に依る水素イオン濃度の測定は昭和三年十一月の航
海の際に行はれたのみである。四百米以深は n_D^{20} colour である
此の P_H の値は大正七年七月日本海での P_H 観測値より遙に大で特
に五十米—百米の水深に於て其の差が著し
い。之は主として太平洋と日本海と海況の
根本的差異に依るもので水温の深度に對す
る遞減曲線を兩海に就いて比較して見ても
明らかである。

第六表

水深	平均 P_H
0m	8.30
25	8.30
50	8.27
100	8.16
200	7.95
400	<7.86

四、結語 以上述べた所に従ひ、黒潮域の水層層重状態は第
三節(1)に論ずるが如き三層に區分される事が明らかになつた而
して黒潮流のみの調査は四百米の水深迄實施すれば十分である
此等の理論的考察に就いては

A. Defant: "Stabile Lagerung ozeanischer Wasserkörper und
dazu gehörige Stromsysteme" — Veröff. Inst. Meereskunde,
Univ. Berlin Neue Folge. A. Heft 19. —

に説く所が大いに参考になるだらうと考へられる。

此の研究に引用した時の査定は相川廣秋氏によるもので、化
學的調査は山下利得氏に負ふ所が多い。茲に兩氏及び蒼鷹丸乗
組員各位に厚く感謝の意を表する次第である。

潮目現象の観測に就て

昭和四年五月二十九日午後一時半蒼鷹丸が館山灣碇泊の際、

大房崎より高島にかけて顯著な潮目(Some)が現はれて居るの
を見た。其の潮目は水條光つて一線を成し續き、その線上〇〇五
米位の帯狀を成して流藻・塵芥等の集つて青緑な風の爲めに浪
の立つた沖の水と黄緑な波靜かな沿岸水との明らかなる境界を
なして居た。而して三十分間に約四百米の速度を以て沖合に向
ひ移動して居た、直ちにモーターボートで一時五十分から二時
十分迄潮目を數回往復して表面水温・比重・水色・透明度等の觀
測を試みた。その結果は第十圖の通りである。即ち半米に足ら
ざる潮目を横切れば水温に約二度、比重に約〇〇〇五〇程の飛
躍あるを認めた。之は折柄南西風により灣に入り込んだ比較低
温高鹹な水色良き沖の水と退潮によつて沖に出やうとして居る
高温で低比重の水色の悪い沿岸水と衝突して潮目を作つたもの
であらう。

今參考に水産講習所試験報告第十八卷所載の神谷尙志氏の館
山灣調査の一九一二年から一九一六年の五箇年平均の結果を引
照すれば次表のやうである。

高島	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	平均
水温	14.8	14.7	14.3	16.3	18.5	21.3	23.3	25.9	24.5	21.5	19.4	19.3
比重	3540	3529	3518	3535	3530	3493	3529	3525	3493	3474	3505	3517
透明度	11.2	11.2	8.0	7.7	7.1	8.3	8.3	10.0	8.4	7.6	10.8	9.9

即ち四五月は透明度著しく小である、且つ冬を中心とした前後
と盛夏期には外洋性水色を呈し其の兩期の中間では沿岸性水色
を呈することも知られた。更に卓越風は冬期は北又は北東風で
秋は東風、春から夏にかけて南西風である。即ち沿岸水の擴張

鯉の急激なる増殖によりて及び北偏風による下層上昇により生じたる湛り水はこゝに四・五月頃豆南房總沿海水の相當沖迄著しく濁り來り鯉業の漁況を著しく不振ならしむる一現象がある俗稱して春湛はるぼり（Haru Towari）と云ふ。この湛が晴れる時分即ち當地漁老の所謂青山潮（Aoyamazio）なる良き潮の沖より差し來る六月初がStoneの頻繁に起る季節であることを附加しておく。將來の重要な漁業海洋學上の研究問題であらう。

Fig. 1 (a)
August
Normal Year Isotherms
(0^m Depth)

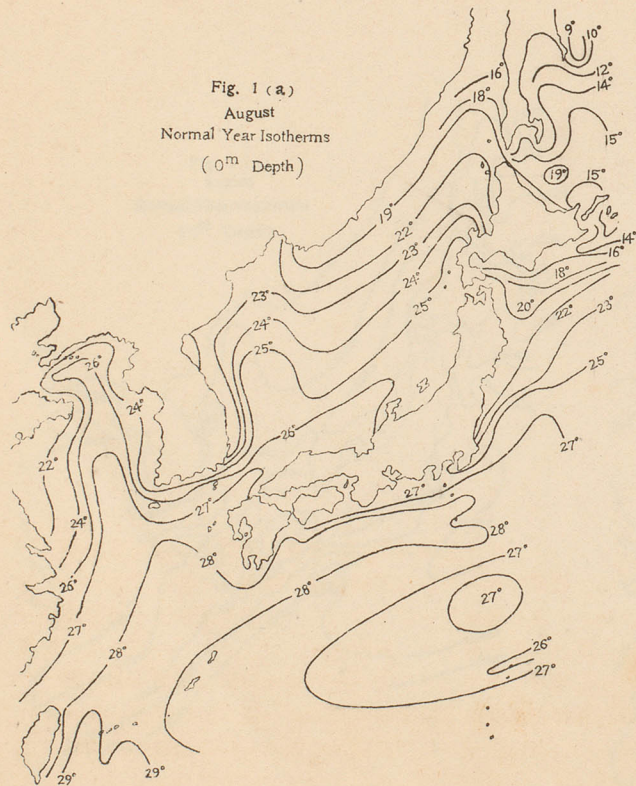


Fig. 1 (b)
August
Normal Year Isotherms
(100^m Depth)

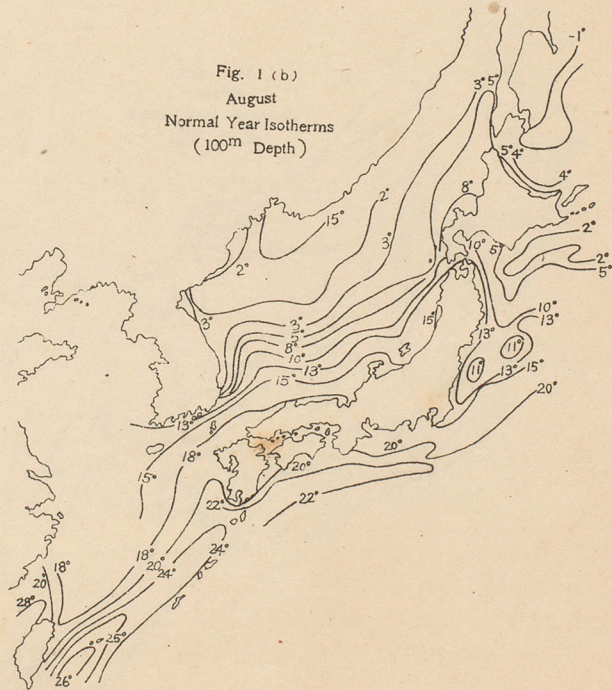


Fig. 1. (c)
August
Normal Year Isopycnals
(0^m Depth)

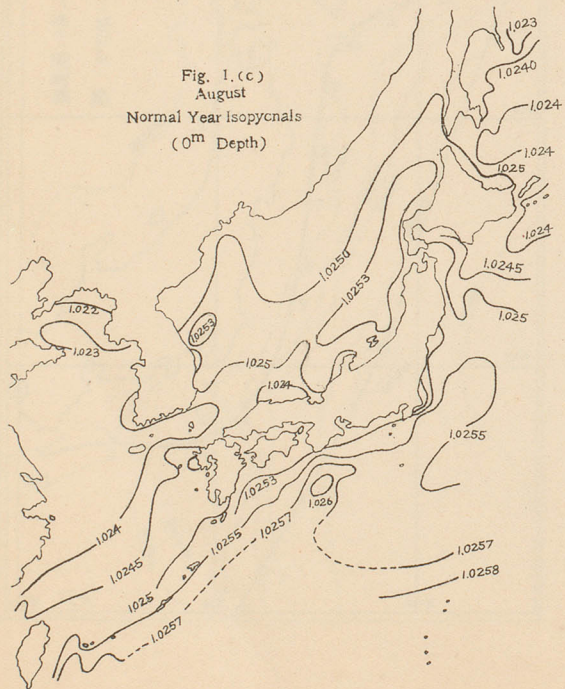
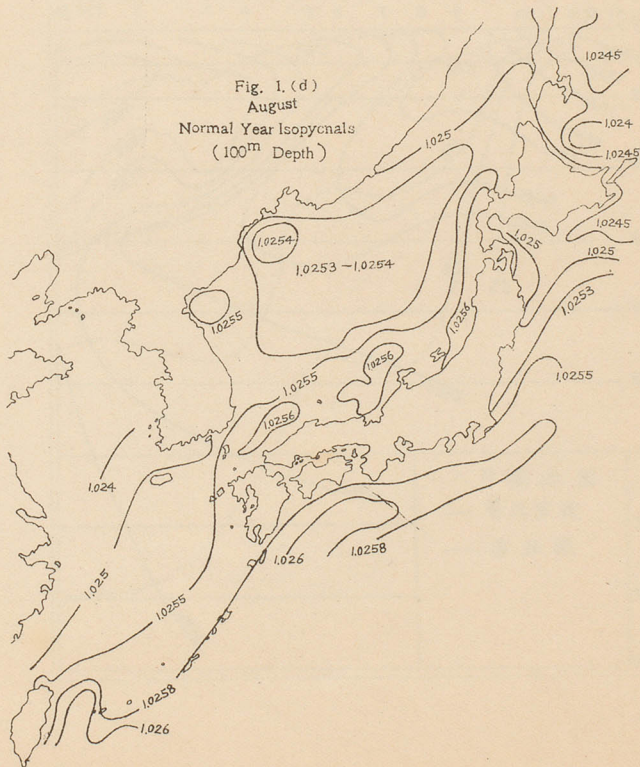
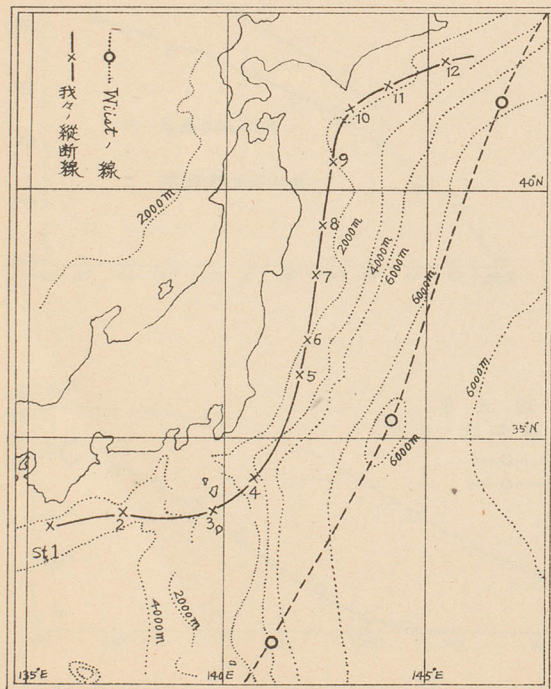


Fig. 1. (d)
August
Normal Year Isopycnals
(100^m Depth)



第二圖



第三圖

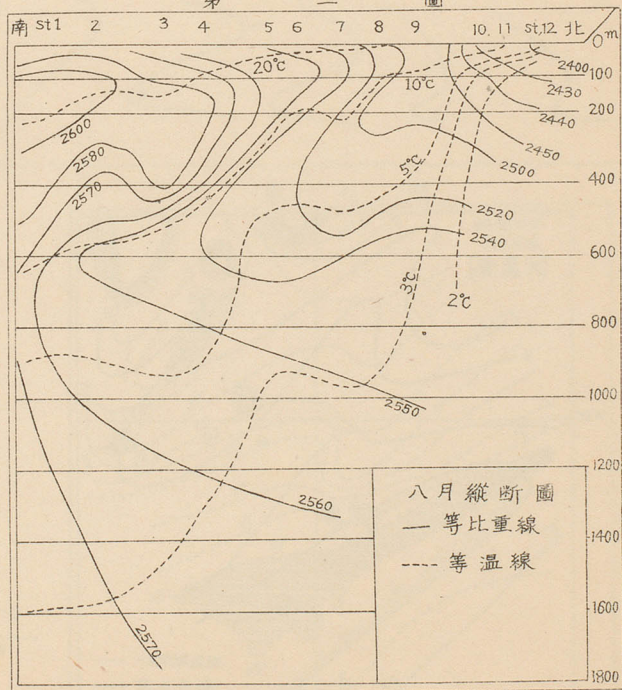


Fig. 7 (2.)

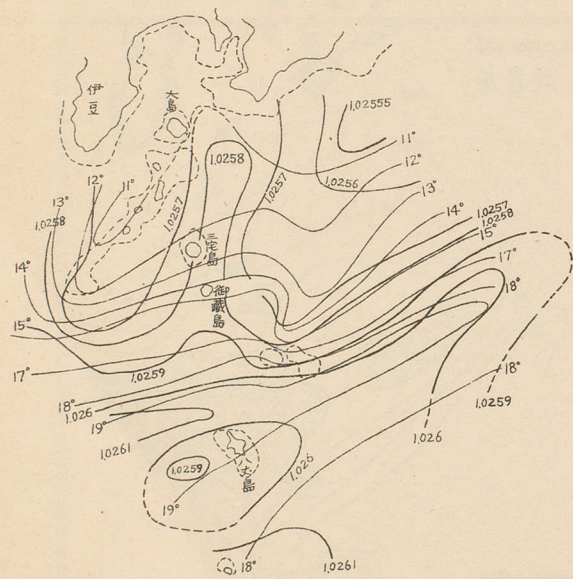
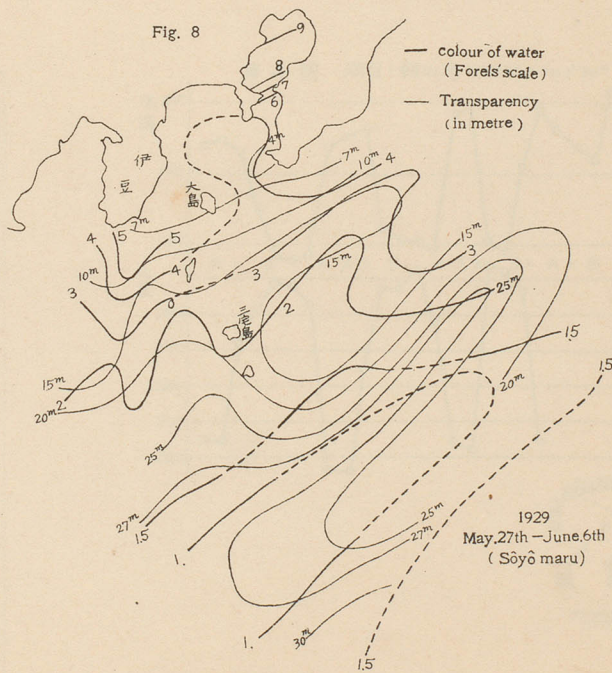
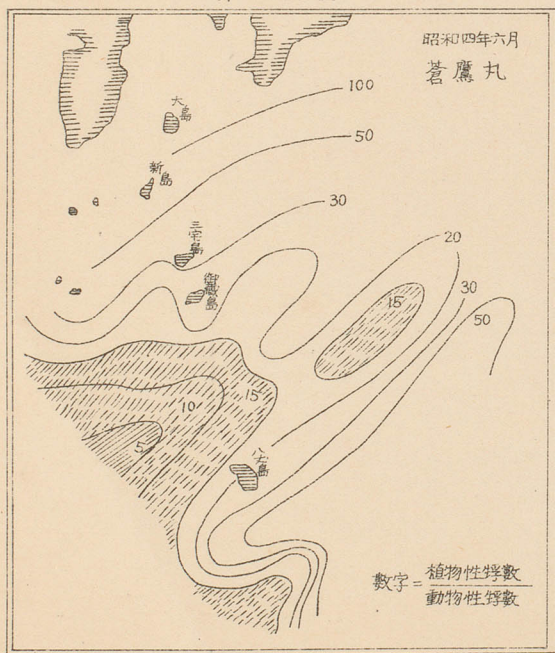


Fig. 8



第九圖



第十圖 潮目-館山灣 (五月廿九日 Pm 1^h50^m - 2^h20^m)

