

98

111

No. 99

最近本邦の海洋物理學に於ける觀測及
實驗的研究の進歩

宇 田 道 隆

昭和十四年十月

(日本數學物理學會誌第十三卷第二號別刷)

輓近本邦の海洋物理學に於ける觀測及實驗的研究の進歩

宇 田 道 隆*

I. 緒 言

明治時代に始つた日本の系統的海洋調査は今日既に半世紀の歴史を閲して居る。我國の海洋研究の發展は最近の十年間に於て驚くべき躍進を示し、日本近海の大規模なる海洋調査が次々と優秀なる精度を有する最新の方法に依つて遂行されて居る。而して海洋の理論

的並びに實驗的方面の研究は共に今日活潑に進歩しつつある。

以下の報告は我邦海洋研究者の實驗的海洋物理學の部門に於て得られたる成果に就き日本近海に於ける觀測及實驗に基いて綜述せんとするもので、特に第五回

* 水産試驗場

汎太平洋學術研究會議の催された 1933 年以降本年三月に至る軌近の研究調査の進歩を中心として記述せんとするものである。(本文中敬稱は便宜省略した)。

II. 測器及観測方法の研究調査

海洋観測の測器及方法に關しては従前は断片的に諸報告や教科書などに記され、僅かに水産調査の部門に之等の協定があるに過ぎなかつたが昭和十一年神戸の海洋氣象臺で日高孝次等により編述された「海洋観測法」(昭和十三年改訂再版)が出版されて観測の基範を興へ日本に於ける観測精度を向上せしめる上に多大の便益を興へて居る。

(1) 採水器

海の表層以深を観測するのに以前(明治、大正時代)は Petterson 採水器の改良された北原式採水器が一般に用ひられて居た。然るに昭和になつて我邦の主なる海洋調査船は顛倒採水器(主に Nansen 型、時に Ekman 型)を使用する事となり、観測の精度は飛躍的に高められた。之等の北原式及 Nansen 式採水器の機能と精度の比較、特に海水の漏洩混入及北原式採水器の熱絶縁度に就ては安井善一⁽¹⁾、宇田道隆等⁽²⁾に依つて實驗的に検査された。

(2) 水温計

水温の古い観測は商工省檢定付の棒狀寒暖計で北原式採水器を以て汲み上げた水の温度を測つたので其の精度は到底 0.1°C 以上に上り得なかつた。然るに現今では水温は海面に於て 0.1°C 目盛の Füss の棒狀寒暖計により、表層以深では主に P. T. R. で檢定せられた Richter-Wiese 製顛倒寒暖計或ひは前者の補助的に使用せられる場合が多いが N. P. L. 檢定付の Negretti-Zambra 製顛倒寒暖計によつて 0.01°C 或は 0.02°C の精度を以て測られて居る。即ち現今の測温の精度は以前より 10 倍も高められたのである。顛倒寒暖計零點の経年變化に對する更正は時々實驗を反覆する事に依つてなされて居る。日高孝次に依つて導かれた防塵顛倒寒暖計の讀みに對する更正公式⁽³⁾ $dt = \beta(V_0 + T)(T - t) / \{1 - \beta(V_0 + T - t)\}$ は其の簡單にして

(1) 安井善一, 「海と空」13 (1933), 170, 須田院次, 海洋科學, (1933), 67
(2) 宇田道隆, 岡本五郎三, 渡邊信雄, 「海と空」14 (1934), 248.
(3) 日高孝次, 海洋氣象臺歐文彙報 5 (1932), 11.

嚴密なる點に於て在來の公式に優り世界中一般に採用せられて居る。日高公式に従ふ更正の實際方法は O. Sundl の方法により全更正の計算値をグラフに描いて行ふのである。

寒暖計の惰性を消去する爲に必要な求むる水深に顛倒寒暖計を浸漬し置くべき時間は安井善一の室内實驗⁽¹⁾に依り 0.01°C の精度を得る爲めには 6 分間を要し、宇田道隆等の實際海上での實驗⁽²⁾では通常 5 分間を要する事が知られた。更に安井は水温讀取に對する個人誤差を調査して居る⁽³⁾。

軌近海洋研究に於て水温、鹽分、海流等に對する自記的計器が次第に多く要求せられるやうになつた。現在 Negretti-Zambra 製自記水温計は色々の方面に使用せられて成績を収めて居り、二三の漁船が鰹などの漁場搜索に用ひて居るなど注目すべきである。それは適温水帯の潮目(水温が一方の側から他方の側に急變する)附近に鰹等魚群が濃集するからである。又熊田頭四郎⁽⁴⁾はブリ漁を豫知する爲めに定置網附近に自記水温計を沈設して研究し、最近井上直一⁽⁵⁾はイワシ漁場附近の短週期水温變化を新式電氣抵抗寒暖計を用ひて研究した。

(3) 鹽分及比重

鹽分の測定は海水密度の計算從つて海洋の力學的 연구に缺くべからざるものである。鹽分は Mohr 鹽素滴定法に依つて Knudsen の標準海水(コペンハーゲン研究所特製)と Knudsen の burette, pipette を用ひて測られる。精密な目的には二重滴定法を採用し鹽分 0.01% 迄確かに測られてゐる。

渡邊信雄⁽⁶⁾は澤山の試水を迅速に處理して最初の測定値から鹽分を ±0.01% の精度で勘定出来るやうな便利なるモグラフを作製した。又岡田光世等は Knudsen の方法に手を加へて新しい測定表を作つて居る⁽⁷⁾。

然し未だ赤沼式比重計(Kiel 型に似た浮秤で鹽分の近似値を直ぐ求めるに便利なもの)を補助的に使用

(1) 安井善一, 「海と空」13 (1933), 170.
(2) 宇田, 岡本, 渡邊, 「海と空」14 (1934), 248.
(3) 安井善一, 「海と空」14 (1934), 440.
(4) 熊田頭四郎, 「海と空」6 (1926).
(5) 井上直一, 日本水産學會誌, 7 (1938), 141.
(6) 渡邊信雄, 日本水産學會誌, 7 (1938), 122.
(7) 岡田光世, 小川朋次郎, 日本水産學會誌, 7 (1938), 251.

して居る多から換算し(代)は比重測定法で出値で示され赤沼式隆及山下和立に數年測定に伴ふ事や塵埃等變化、試水は 0.1% 以上半鹹水の有用場合も重計が用ひる。日高孝次は 0.1% 以上の圖表を作

(4) 観

海洋観測する爲めに観測水深をい、屢々之い値に達する。(例へて 1 米の水深)や太平洋に於て 1°C 以上通常観測方法に依り就て測深法定の誤差を最小にする観測水深を測深鋼線を測定器^(*)を求めるのに於ける鏡

(1) 須田 * 水産物 (2) 日高 (3) 日高 ** 例へ 或は

して居る多くの調査船があり、15°Cに於ける比重 σ_{15} から換算した鹽分値を記して居る。昔(明治、大正時代)は比重計が一般に密度の測定上重要視せられ鹽素滴定法で出した鹽分すらも大概これに對應する σ_{15} の値で示されることになつて居た。

赤沼式比重計の取扱ひに就ては須田院次⁽¹⁾、宇田道隆及山下利得、* 西田敏三及中井甚二郎*の實驗が各獨立に數年に亙り行はれた。其の結果比重計に依る比重測定に伴ふ數種の誤差の源即ち硝子面の條件の異なる事や塵埃等による水面の汚れにより生じた表面張力の變化、試水中の對流などが複雑に働いて結局測定精度は0.1%以上が高め難い事が分つた。しかし比重計も半鹹水の様な水の密度を測るやうな場合には比較的有用な場合もある。精密な目的にはNansenの全潛比重計が用ひられるが⁽²⁾時間を要し面倒なのが缺點である。日高孝次⁽³⁾は赤沼式比重計の讀みを更正する新しい圖表を作製した。

(4) 觀測地點及觀測水深

海洋觀測に依つて得られた記録を比較し詳しく議論する爲めには我々は先づ觀測位置(經度、緯度)並びに觀測水深を出来るだけきちんと決定しなければならぬ。屢々之等の決定の不確かに基く誤差は著しく大きい値に達し、其の爲め全然間違つた結論を下す事がある。(例へば日本海や北海道南海の躍層附近では屢々1米の水深變化に對し1°C位も水温が變り、日本海や太平洋に於ける水塊の境界帶では1哩位置が變化して1°C以上も誤差の起る事も稀ではない)。

通常觀測點の決定は陸測、天測、ラヂオ・コンパスの方法に依り時に濃霧、暗夜、大雨の場合には既知海圖に就て測深法(近頃は大概音響測深)により行ふ。位置決定の誤差は黒潮の様な強流の所では特に重要で、それを最小にする爲めに特別な注意が拂はれて居る。

觀測水深を精確にきめるのには船を巧みに操縦して測深鋼線を出来るだけ鉛直に近づけ特に作られた傾角測定器^(*)で其の傾角をはかつて實際の觀測水深値を求めらるのであるが、300米以深になると一般に表層下に於ける鋼線の鉛直からの偏倚が著大な誤差を生ずる

(1) 須田院次, 海洋氣象彙報 24 (1930).
* 水産物理學談話會報, (隱寫物)
(2) 日高孝次, 安井善一, 海洋氣象彙報 66 (1933).
(3) 日高孝次, 「海と空」14 (1934), 67.
** 例へば日高孝次, 海洋時報, 2 (1931), 714.
或は水産試驗場型傾角測定器(一般使用中).

事がある^{(1),(2)}。それで吾國の主要な調査船(測量艦, 春風丸, 蒼鷹丸, 鸚丸等)ではRichter製の被壓型倒空受計を用ひて海中に於ける實際の水深と鋼線の曲線形をきめて居る。

中井甚二郎⁽³⁾は被壓型受計により $h = a(t_p - t_w) + \Delta h$
 $\Delta h = \left(\frac{10}{k\bar{\rho}} - 10\right)(t_p - t_w)$ なる公式に基いて水深を簡便に算出し得る圖表を作つた。

(5) 海潮流の觀測*

Ekman-Merz 潮流計を用ふる精密な測流は一般に比較的淺い海では錨を下ろして26時間連続毎時觀測を行ふが、深くて錨定し難い外海ではHolland-Hansenの創始した二機測流法(潮流計の一つを測らんとする水層に、他の一つを殆んど流速零と見做し得る800米~1000米位の深層に置き漂流中の船上に於て測定する)を用ひて居る。

春風丸の如き鐵船ではEkman-Merz潮流計に附屬せる磁針の方向に船の磁化の影響がある。日高孝次は之を測定し海面より5米以深ではこの船の場合殆んど影響なきに近い事を示した⁽⁴⁾。Ottの流速計も伊勢灣の様な淺海ではよく使用せられて居る。

浮漂物による流動調査も其のやり方と纏め方により頗る價值を見出し得るのである。特に海流盛衰の大勢を見るのに水産上有用のものとなつてゐる。それで(明治26年和田雄治の着手以來)年々四季に澤山の海流瓶(葉書を封入し、小ブリキ十字板を附着せるものが多い)を環海に投入して居るが⁽⁵⁾其の拾得報告率は太平洋で5%位(時には10%以上)日本海では30~40%、黄海では15~20%になつて居る。此の様な差異は多分其の海區の地形や流動の特性に依るものであらう。潮流板道跡による測流法は廣く日本近海でなされて効果を擧げて居る。日本沿海での流網、延繩の投入、取り揚げの場所、時刻の記録から流動を求めて宇田は

(1) 宇田道隆, 「海と空」14 (1934), 147.
(2) 安井善一, 「海と空」14 (1934), 169.
(3) 中井甚二郎, 「海と空」15 (1935), 53-60.
須田院次, 海洋時報 2 (1931), 447, 644.
* 嘗て水路部に於て施行せる測流方法に就ては岸人三郎の説述したものがある。水路要報, 10 (1931), 10, 12, 11 (1932), 2.
(4) 日高孝次, 海洋氣象彙報 16 (1928).
(5) 水路要報, 海洋調査要報, 朝鮮釜山水試及北海道水試海洋調査報告, (大阪毎日)日本環海流調査業績(1922)

てをる。⁽¹⁾ 海水の濁りに就ては潜水者が赤や青の色のついた布片の水平可視距離を視視した位のものであつたが、並列平面鏡と寫真フィルムを向ひ合せてフィルムに現はれる線條の數から濁度を求めると云ふ優秀な濁度計が木村喜之助に依りつくられた。⁽²⁾ 吉村信吉は透明度の物理的意義を論議して透明度と懸濁物質の量との間に双曲線關係のあるのを決定した。⁽³⁾ 竹内能忠は同一投射光を一つの光電池に附した異なる特性を有する數種の濾光板を通じ同時に觀測する事によつて積分方程式を數值的に解く方法を案出した。⁽⁴⁾ 又神谷鐘吉は Macbeth の光度計を使つて實驗し且理論からも空の状態とみかけの水色が一定の時 *Secchi* 盤の直徑に對する透明度の比は海水中の光の消散係數と盤の直徑の相乘積になる事を示した。⁽⁵⁾ 關口鯉吉、朝比奈貞一、北岡龍海が考案し⁽⁶⁾ 湖水で實驗した水中の光の透過を測る装置は二つの圓筒形の金屬容器に收めた光電池と電燈によるもので之を使つて躍層に對應する中層に異常に濁つた層が檢出された。

III. 海洋の流動機巧に關する模型實驗

寺田寅彦、藤原咲平其他の人々により得られた渦動に關する數多くの實驗的研究の成果は海洋の現象及其機巧を知る上に重要なヒントを與へた。寺田等の實驗⁽⁷⁾ で示された流れの線と平行に生じた渦動の一例としての不連続線は黒潮や *ガルフストリーム* の様な強大な海流の本性を研究する上に注目すべきものであり、Dietrich, Langmuir, 宇田等の記載した「高温水のリボン」、「暖寒流の縞帯」、「潮目」現象の説明にも用ひ得られる。水平渦動の一例として見た「潮目」の本質に就て實驗し、宇田は二液の境界面が兩液中の反對流の強さ及それらの液の密度を逐次變化させる事に依つて如何なる變位をなすかを研究した。⁽⁸⁾ 寺田の見出した細胞

渦の機巧は海洋中の對流現象の説明に利用出来るもので、例へば須田院次⁽¹⁾ は之を用ひて冬季日本海北部で起る對流を説明し之れによつて日本海底管水の更新がなされるものとした。素より我々は相似律を立てない以上は模型實驗に依つて現象を量的に理解出来ないものであるが、大體の輪廓を掴むのには役立つ。本多光太郎、寺田寅彦、石谷傳市郎、吉田の 1908 年に發表した日本港灣の二次的潮汐振動に關する有名な報告⁽²⁾ 中に既に相似律に基いてなされた模型實驗が記載されて居る。海洋氣象臺で日高孝次の行つた日本近海の流れに關する模型實驗⁽³⁾ は黒潮を吹送流で置き換へてやつたのであるが日本列島の配置に應じて黒潮のコースが如何に曲げられて居るかが興味深く見られる。又同臺の高谷靜馬は播磨灘の潮流に就て相似律に基いて模型實驗を行つて居る。⁽⁴⁾ 水産講習所の岡田光世、三善清旭は相模灣の潮汐及海潮流に就ての模型實驗に工夫を凝らし寫真に依つて有用なる結果を得た。⁽⁵⁾ 又北海道水産試驗場の諫早隆夫、中島由太郎は模型實驗に依つて噴火灣の大勢を求め得た。⁽⁶⁾ 又港灣土木の見地から土木試験所の松尾春雄は浦戸灣、大阪灣、銚子港口に就て詳密なる模型實驗を行つて實測結果と對照し、風波と流れの合成作用による漂砂の問題の解決に貢獻した。⁽⁷⁾ 中野猿人も主風の港灣の深さに及ぼす影響につき模型實驗をなし成功を収めた。⁽⁸⁾ 上記の實驗ではすべて實現の困難から地球自轉偏向力の影響を示す装置を缺いて居り、將來の問題になつて居る。

IV. 海底の調査

(1) 海の深さ

半世紀の久しきに互り海軍水路部に依つて日本近海の測深作業が續けられて居り、多數の海圖として出版せられ且絶えず資料の増加につれて更新されて居る。特に最近は音響測深に依つて急速に資料を加へるやう

(1) 吉村信吉「海と空」, 16 (1936), 23.
 (2) 木村喜之助, 水産試験場報告 1 (1930).
 (3) 吉村信吉はこの方法の精度と意義を論じて居る。「海と空」16 (1936), 23.
 (4) 竹内能忠, 日本水産學會誌, 5 (1936), 224.
 (5) 神谷鐘吉, 日本水産學會誌, 4 (1936), 365.
 (6) 關口鯉吉, 朝比奈貞一, 北岡龍海, 氣象集誌, 14 (1936).
 (7) 寺田寅彦其他, 航空研究所報告, 26 (1927), 31 (1928), 53 (1929).
 (8) 宇田道隆, 日本水産學會誌, 5, (1936), 5.

(1) 須田院次, 海洋時報, 4 (1932).
 (2) 本多光太郎, 寺田寅彦, 石谷傳市郎, 吉田, 東京理科大学紀要, 24 (1908).
 (3) 日高孝次, 中央氣象臺歐文彙報, 1 (1927).
 (4) 高谷靜馬, 海洋氣象臺彙報, 28 (1930).
 (5) 岡田光世, 三善清旭, 水産講習所研究報告, 29 (1933), 30 (1935).
 (6) 諫早隆夫, 中島由太郎, 北海道水試旬報, (1934).
 (7) 松尾春雄, 土木試験所報告, 41, (1938).
 (8) 中野猿人, 中央氣象臺歐文彙報, (1939).

になつた。

日本近海水深圖(1936年改版海圖番號6080)は其の總括による著しい業績であつて、「滿洲」、「駒橋」、「膠州」等の調査船に依つて得られた資料に基いた小倉伸吉、⁽¹⁾⁽²⁾ 重松良一の報告³⁾⁽⁴⁾に論議されて居る。特に著名なる日本海溝(舊名タスカロ海溝)の形態を完全に描き出し之を詳論して居り、従前の想像とは違つて同海溝はずつと幅が狭くしかも深いもので最深部はRamapo海淵と呼ばれ16600m.もあつて以前の最深部9435m.の附近に位置する事を明らかにした。重松は日本南海及マリアナ海溝の海底の複雑なる地形を報告し、半月形のマリアナ海溝を三部分に分けた。Yap海嶺はMariana海嶺に續いて居り、Palauの北にある海嶺は沖ノ島迄延びて居る。又大東島の東方に270m.324m.の深度の所謂高鵬堆がある。松山基範は潜航艇による調査から日本海溝に平行して分布した重力偏差の一系列を見出した。⁵⁾ 更に矢部長克、⁶⁾ 重松良一、小倉伸吉等は日本近海で多数の海谷(溺谷)を見出して居るが其等は單に地殻構造線として及地質時代の沈下を指示するものとして重要なのみならず、漁業上現在の沿岸漁場としても重要である。海中の堆、礁は一般に漁場として高く評價されてゐるので多数の漁船は從來其等の發見に力を注いで居る。最近水産試験場の蒼鷹丸は足摺崎南方の海中29°51'N.133°21'E.で最淺480m.の蒼鷹堆を發見し⁷⁾、相模灣の大島北東方で209m.の新礁を、⁸⁾ 日本海の隠岐-大和堆海嶺から分岐した新海嶺⁹⁾を發見して居る。膠州堆(一名紀南礁710m.)及前記の高鵬堆は鯉魚漁場として著名である。海洋氣象臺春風丸の1930年見出した春風堆(深さ465m.)及蒼鷹丸の1932年見出した795m.の淺所は其の後「北大和堆」⁽¹⁰⁾(最淺處418m.)に包括された。この堆は

軍艦大和が詳しい調査した大和堆¹⁾(最淺285m.)の北方に位する。(大和堆は大正10年7月水産講習所の天鵬丸が日本海中央部で307~472m.の淺所3ヶ所を發見したのに端を發して重松大佐指揮の下に「大和」が大正13年夏に詳しく測量して其の全貌を明らかにした。其後福井縣水産試験場の調査で同堆の流場としての價值が確かめられた。)

朝鮮總督府水産試験場では日本海の測深に之れ迄多大の努力を拂つて來て居る。特記すべきは西田敏三の指揮の下に鵬丸の測深から昭和9年43°0'N, 137°39'E.で日本海最深部4049m.(銀索傾角11°)の發見の報告である。⁽²⁾ 同場所の鵬丸、鶴丸、鵬丸による資料を綜合して齋藤陽三は新たに朝鮮東岸沿海の細密な水深圖を描き從來未知の三堆を記載して居る。⁽³⁾ 日本海の新水深圖を作つて宇田は圖的計算から同海平均水深543m.面積1302×10²km²,容積1113×10³km³を示して居る。⁽⁴⁾ 同様の海洋地理學的計算は瀬戸内海に就て安井善一が、⁽¹⁴⁾ 相模灣に就て宇田道隆が、⁽⁵⁾ 他の諸内灣に就て吉村信吉が、⁽⁶⁾ 更に朝鮮近海に就て特に朝鮮總督府水産試験場が之を行つて居る。⁽⁷⁾ 寺田寅彦は水深圖の地球物理學の研究上重要な事を日本海、⁽⁸⁾ 土佐灣、相模灣等に就て發表した。太平洋では現在廣大な海底が未測の儘横はつて居る。其れ故將來の海圖は斯様な部分の資料の充實と共に此れ迄の平板なものと違つて相當複雑なしかし興味深い海底地形を顯はすに至るものと考へる。

(2) 海底沈積物

太平洋で測量艦「滿洲」に依り蒐集された底質に就き半澤正四郎、⁹⁾ 庄司誠一¹⁰⁾等の報告があり、底質の分類及分布が顯微鏡的且化學的に詳しく與へられて居り、特に石灰、ラヂウム量⁽¹¹⁾の分析結果が注意される。熊田頭四郎は支那海、表南洋、裏南洋の底質分布に就き

- (1) 小倉伸吉,水路要報,4(1925).
- (2) 小倉伸吉,第5回汎太平洋學術會議錄,(1933).
- (3) 重松良一,日本海洋學業績歐文報告,6(1934).
- (4) 重松良一,同前報告,5(1933).
- (5) 松山基範.學士院記事,12(1936).
- (6) 矢部長克,田山利三郎,日本海洋學業績歐文報告,2(1929).
- (7) 宇田道隆,今村喜市,水路要報,17(1938).
- (8) 今村喜市,岡本五郎三,水路要報,13(1934).
- (9) 宇田道隆,水産試験場報告,7(1936).
- (10) 水路要報,12(1933),及新野弘,地質學雜誌,42(1935).

- (1) 水路要報,5(1925).
- (2) 西田敏三,「海と空」15(1935)105.
- (3) 齋藤陽三,朝鮮總督府水試報告,5(1937).
- (4) 安井善一,海洋氣象臺彙報,29(1930).
- (5) 宇田道隆,水産試験場報告,8(1937).
- (6) 吉村信吉,地學雜誌,46(1934).
- (7) 朝鮮總督府水産試験場,朝鮮海洋便覽,(1936).
- (8) 寺田寅彦,地震研究所彙報,12(1934).
- (9) 半澤正四郎,日本海洋學業績歐文報告,1(1929).
- (10) 庄司誠一,東北帝大地質古生物教室報告,29(1938).
- (11) 濱口博,石橋,原田,日本化學會誌,59(1938).

新しく圖
布に就て
ける陸性
の上赤下
た。⁽²⁾ 蒼
しい地質
をる。⁽³⁾
發見した
見出した
新野の行
海、⁽⁴⁾ 錢
果が示さ
きもので
學的及び
探險報告
ど何も分

一水塊
なる事か
は水温、
布曲線か
のが普通
氣象臺及
に基いて
1924年
1935年
對し宇田
水産廳分

- (1) 上
- (2) 年
- (3) 年
- (4) 年
- (5) 年
- (6) 年
- (7) 年
- (8) 年
- (9) 年
- (10) 年
- (11) 年
- (12) 年
- (13) 年

新しく圖示して居る。⁽¹⁾ 日本海に於ける底質の鉛直分布に就ては宇田の記載に依り 150 m, 以淺の海底に於ける陸性砂質帶, 200-1500 m. の青泥帶, 1000-3000 m. の上赤下青泥帶, 3 000 m. 以深の赤褐泥帶が知られた。⁽²⁾ 蒼鷹丸の日本海に於て蒐集した標本に對する詳しい地質學的研究は新野弘に依つて逐次に遂行されてをる。⁽³⁾ 新野が始めて大陸斜面の比較的上部海底に發見した管狀の偽凝結物⁽⁴⁾は其後齋藤陽三も朝鮮側で見出した⁽⁵⁾が之の成因は未だ明瞭にされて居ない。新野の行つた堆礁(武藏堆,⁽⁶⁾ 大和堆,⁽⁷⁾ 支達瀬, 石花海,⁽⁸⁾ 錢洲⁽⁹⁾等)に關する地質學的研究から澤山の結果が示されたが就中堆上の礫に就ての知見は注目すべきものである。深海の流動と海底沈澱物の物理的, 化學的及び生物學的特性との關係は大西洋の“Meteor”探險報告等で既に研究されて居るが日本近海では殆んど何も分つて居ない。

V. 日本近海の水塊

一水塊はその中の水溫鹽分等の屬性が特有で且均等なる事から他の水塊と識別出来る。従つて水塊の解析は水溫, 鹽分, 海色, 透明度, 溶在酸素, 現場密度等の分布曲線か, Jacobsen の方法に倣つて温鹹曲線から行ふのが普通である。太平洋表面水溫の月々の分布は中央氣象臺及海洋氣象臺で蒐集した諸船舶よりの報告資料に基いて 1904 年和田雄治が始めて圖示し,⁽¹⁰⁾ 次に 1924 年岡田武松,⁽¹¹⁾ が更に 1929-30 年須田院次,⁽¹²⁾ 1935 年佃十吉⁽¹³⁾が描いてゐる。又漁業調査の要求に對し宇田等は 1930, 1931 年日本近海の表面, 百米層の水溫鹽分の年平均分布圖を定期積斷觀測による過去廿年

の記録の累年平均から作製して居る。⁽¹⁾ 1936 年西田敬三は同様の圖面を特に朝鮮近海に就て作つて居る。⁽²⁾ 日本海, 黄海,⁽³⁾ 太平洋,⁽⁴⁾ 瀬戸内海⁽⁵⁾の年平均海況の調査は宇田が海色,⁽⁶⁾ 透明度,⁽⁶⁾ 表面及表層下の水溫, 鹽分の月々の變化を調べて温鹹曲線に基く海區特有の各種水塊を摘記したものがある。水路部では季節的の年平均表面水溫分布を海圖 6031 號中に示して居る。水産試験場では絶えず更新された水溫鹽分年平均分布を月報海洋圖中に示してゐる。素より唯一隻の調査船で廣大な海區の完全な海況を抽出する事は其の調査期間中に得られた資料が時間的變化を受けて居る以上甚だ困難である。この目的を果す爲には其の海區で時々多數の優秀な調査船を動員して系統がたつた方法により一定線上を同時に一齊調査して其結果を綜合すればよい。

(1) 日本近海の水塊

日本海一齊調査を昭和七年六月五日^{(8)*}及同八年十一月五日⁽⁹⁾を中心とした兩次の或期間水産關係の調査船(蒼鷹丸, 探海丸, 鷗丸等)各 50 隻及 30 隻が協同調査を行つた。この調査の綜合結果は水産試験場の宇田が報告して居る。⁽⁷⁾⁽⁸⁾ 海洋氣象臺の春風丸は日本海で昭和三〜七年夏調査を行ひ其の結果を海洋時報に發表して居る。⁽⁹⁾ この外日本海の調査は測量艦「大和」及朝鮮總督府鷗丸により昭和八, 九年の周年各季に施行された。⁽¹⁰⁾ 昭和七年春季, 日本海で冷水塊(鹽分 33.7~34.2%)と對馬暖流系水塊(鹽分 34.3~34.8%)の相接するを見た。(昭和八年秋) 25 m. 以淺の上層では黄海, 東支那海の方から對馬水道へ 6 月以降流入する低鹹水塊が見られる。そしてその多量が東鮮暖流により日本海に運び込まれ, 比較的高鹹且清澄な水塊が北海道西方の日本海北東部へ移つて居る。50~150 m.

- (1) 早稲水産研究所, 水路要報, 13 (1931).
- (2) 宇田道隆, 水産試験場報告, 5 (1934).
- (3) 新野弘, 地學新誌, 45 (1933), 水産講習所研究報告, 31 (1935), 2.
- (4) 新野弘, 地學雜誌, 45 (1933), 水産講習所研究報告, 29 (1935).
- (5) 齋藤陽三, 朝鮮總督府水試報告, (1933).
- (6) 新野弘, 地理學評論, 12 (1936).
- (7) 新野弘, 地質學雜誌, 40 (1932).
- (8) 新野弘, 水産講習所研究報告, 29 (1934).
- (9) 新野弘, 地學雜誌, 47 (1935), 532.
- (10) 和田雄治, 中央氣象臺歐文彙報, 1 (1904).
- (11) 岡田武松, 海洋氣象臺彙報, (1924).
- (12) 須田院次, 海洋時報, 1 (1929-30).
- (13) 佃十吉, 吉川泰雄, 海洋氣象臺彙報, 84 (1935).

- (1) 宇田道隆, 岡本五郎三, 水産試験場報告, 1 (1930) 2 (1931).
- (2) 朝鮮總督府水試 (1936).
- (3) 宇田道隆, 水産試験場報告, 5 (1934).
- (4) 宇田, 同前報告, 3 (1933), 79-136.
- (5) 宇田道隆, 渡邊信雄同前報告, 3 (1933).
- (6) 宇田, 「海と空」10 (1930).
- (7) 宇田道隆, 日本海洋學業績歐文報告 6 (1934), 水産試験場報告 5 (1934).
- (8) 宇田道隆, 水産試験場報告, 7 (1936).
- * 同時期の黒潮流域の海況を肥沼寛一が記述した。海洋時報, 5 (1933).
- (9) 海洋時報, (1930-1934).
- (10) 朝鮮水産試験場海洋調査要報 (1936-1938).

深の中層には對馬暖流系水塊(高温高鹹で栄養鹽と酸素量に乏しくpHが大きい)が日本海南部に、低温低鹹な、栄養鹽豊富でアルカリ性の少ない水塊が日本海西北部に相面して居る。而して兩者の不連続線は日本海中部を朝鮮東岸迎日灣から津輕海峡西方40哩の海區に向つて弧状をなして走つて居る。樺太西方にあるリマン寒流系水塊は北鮮寒流系水塊とは識別される。水温、鹽分、溶存酸素、栄養鹽等の分布から下層水塊の著しい上昇流域が津輕海峡西部、大和堆附近及對馬東方に推察される。日本海の水塊層重に就ては我々は三層を見分け得る。即ち25m.以淺の高温低鹹な上層と、比較的高温で頗る高鹹な對馬暖流系水中核を含む25~200m.深の中層、200m.以深の下層とである。殊に最後の深層水は日本海に固有なものであつて、略一様な性質、水温 $0.1^{\circ}\sim 2^{\circ}\text{C}$ 、鹽分34.0~34.3% (平均略34.1%)を有して居る。1000~1500m.の深さでは水温最低 $0.1^{\circ}\sim 0.15^{\circ}\text{C}$ が観測される。栄養鹽の分布は上層では大陸側の冷水域により多量を示すが、200m.以深では逆に日本々土側が大陸側より更に饒多を示して居る。

日本海の深層水に於ては酸素著しく豊富(約6cc/l.)で其他和度も高い(約75%)事は驚く可き事實である。これは太平洋及オホーツク海に於ける分布(O_2 1000m.深で2cc/l.以下)に比し大差を示す。平均深度100~200m.位の宗谷、津輕、對馬海峡なる海關に依つて、日本海々盆の固有水は太平洋及オホーツク海の海水とはすつかり隔離せられて居る。此の固有水塊は冬期大陸側の表層水塊が旺盛な鉛直對流に依つて沈降する爲に生じたものであると考へられる。須田院次は表面水塊が冬季著しく冷却されて密度を増しそれに結水時に生じた高鹹水塊が加つて對流を起す原因になると述べた。⁽¹⁾ 日本海底層水の更新は上記の沈降に伴ふ大環流に依り徐々にされるものと見られる。春から夏に向つて高鹹水塊が北へ移動する一方、夏對馬海峡に流入した低鹹水塊がこれの後を追つて0.3ノットの速さで北上する。黄海では夏季15~30m.深に躍層が形成せられ其の上層では水温 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 、鹽分31~31.5%、下層では $7^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 、32.2~32.5%である。長崎測候所施行の長崎~上海間の定期観測も亦支那海系沿岸水の消長に對し有用なる資料を提供して居る。⁽²⁾

(1) 須田院次, 海洋時報, 4 (1932).

(2) 松平康雄, 安井善一, 海洋時報, 4, (1932).

(2) 北太平洋北部

北太平洋距岸一千哩の海區では昭和八年⁽¹⁾以降毎年八月水産關係の調査船10~20隻により一齊海洋調査が續けられて居る。然るにそれの一成果として北太平洋に於ける水温は昭和九年の夏季に於て前年の同期に比し著しく低温で特に 40°N .線を中心とする緯度に平行な帶狀部の150m.以淺上層の低温が分つたが、此の事は既往の長年に繰返し經驗された東北日本の冷涼な夏と凶作とに密接な關聯を有して居る。其れ故次の年の昭和十年以降同様な一齊調査が八月に加へて一、二、三、十一月に施行せられ、農事水産方面の要請に基いて夏季水温の平年偏差を豫測する資料を得て居る。⁽²⁾ 水温、鹽分、海色、透明度、溶存酸素、珪酸等の分布を見ると三陸海區沖合を南西から東方へ走る不連続線が波状をなし、北方の親潮寒流系水塊と南方の黒潮暖流系水塊との境界を區切つて居る。親潮水塊の特性は低温(水温 15°C 以下)及低鹹(鹽分34%以下)、海色フオーレル番號4~8の不良で透明度10m.以下、上層に多量の酸素を溶存(屢々 O_2 7cc/l.以上で常に過飽和)、プランクトンに對する栄養鹽の豊富(特に珪藻の饒多に對應して珪酸量の豊富)なる事である。前者と反對に黒潮水塊は高温($15^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{C}$)及び高鹹(34.5~35.3%)、清澄(普通透明度25m.以上で海色フオーレル番號I~II)、比較的貧酸素(上層 O_2 5cc/l.以上)、親潮水塊よりアルカリ性強くpH約8.3、栄養鹽に乏しい(特に珪酸量甚少)。黒潮流域に於ける水塊の層重に關しては次の水塊を識別し得る。即ち25m.以淺の表層の高温($20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{C}$)、低鹹(34.5%以下)、50~100m.深に比較的高温($15^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{C}$)及高鹹(34.5~35.3%)な黒潮系水塊中核、中間低鹹層(水温 $5^{\circ}\sim 8^{\circ}\text{C}$ 、鹽分34~34.4%)が普通南海の600~800m.深にあり其の中央の核になる水深を辿ると北へ北へと淺くなり親潮の上層に續くものと、 $2^{\circ}\sim 5^{\circ}\text{C}$ の低温で比較的高鹹な(34.5%以上)1300~1500m.深の深層水である。次に親潮水塊中の層重に就ては親潮寒流表層水塊が25m.以淺にあり低温(15°C 以下)及比較的低鹹(33.5%以下)、50~200m.深の親潮系水中核に當る中冷水では $0^{\circ}\sim 2^{\circ}\text{C}$ の低温(普通100~150m.深に最低水温)で33.3%位の低鹹、500~800m.深の水温 $3^{\circ}\sim 4^{\circ}\text{C}$ 、鹽分34.1%位の中暖水塊、1500m.深位の處に水温 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}\text{C}$ 、

(1) 宇田道隆, 水産試験場報告, 6 (1935).

(2) 宇田道隆, 同前報告, 9 (1938).

鹽分 34.4

中冷水

も見出

に見出

で(須田

院次は

想像され

現場密度

海の親潮

物と考へ

層の鉛直

たもので

居る。北

される中

たもので

ク海及千

田院次

北方海區

は高温な

水塊、(3

層と O_2

水と其の

(4) 冷た

り成因に

する點に

(3)

北太

測の分

m. 深

層丸の

黒潮流

黒潮系

400~90

低鹹で

比較的

深では

の昭和

m. 以

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

鹽分 34.4~34.6% の深層水塊がある。

中冷水塊は親潮海區のみでなくオホーツク海に於ても見出され特に樺太東岸沿海の冬季結水域の直下に見出され水温 0°C 以下で屢々 -1°C 以下の負温帯で(須田院次による)⁽¹⁾ 同海を反時計廻りに運動すると想像されてゐる。水温、鹽分、溶在酸素(約 7 cc/l.)、現場密度の一致する事から宇田は中冷水が冬季千島沿海の親潮流域とオホーツク海の表層にある水塊と同一物と考へた。⁽²⁾ 即ち中冷水は冬季海面の氣冷に依り上層の鉛直對流で中層に沈下した水塊が夏季に檢出されたものであり、上層は日射と暖流の影響で暖められて居る。北海道南方、青森、岩手、宮城沖合で夏季見出される中冷水の一部分は其海區の表層から冬季沈下したもので主なる部分は親潮寒流に依つて冬のオホーツク海及千島沿海から運搬されたものと推察される。須田院次(1937年)⁽¹⁾ はオホーツク海、ベーリング海等北方海區の水塊を次の如く分類した。(1) 低鹹で夏季は高温な厚さ 10~20 m. の表層水塊、(2) 上記の中冷水塊、(3) 中暖水塊、其の起源は不明であるが、中冷水層と O₂ 極小層との一致から見て恐らく中冷層の中間水と其の下方の深層水との境界に當るものであらう。(4) 冷たい底層水は 200 m. 以淺の比較的淺海域にあり成因は中冷水と同じで鉛直對流の海底に到達する點に於て事情を異にする。

(3) 北太平洋南部

北太平洋を横斷する觀測としては進徳丸施行表面觀測の分に就き松平康雄の報告があり、⁽³⁾ 白鷹丸の 400 m. 深に及ぶ觀測に就て齋藤宗一の報告がある。⁽⁴⁾ 蒼鷹丸の昭和三、四年の觀測に基いて宇田は豆南海區の黒潮流域水層を三層に分けた。⁽⁵⁾ 即ち 0~200 m. 深の黒潮系水(高温高鹹で 100~150 m. 深を中心とする)、400~900 m. の中間層水(低温 5°~10°C で 34.3% 位の低鹹で平均 500~600 m. 深を中心とする)、2°~3°C で比較的鹹い、1000 m 以深にある深層水である。400 m. 深では水温鹽分の急變する躍層が見られる。又蒼鷹丸の昭和 4~10 年毎冬相模灣に於ける調査の結果⁽⁶⁾ 300 m. 以淺の黒潮系水(100 m. 深に其中核の水温 17°C

の鹽分 34.75%) を含む上層、300~1000 m. の親潮潛流系水(600 m. 深を中心とし 5.5°C, 34.3% を中核とする)を含む中間層水、1000 m. 以深には水温 3°C に近く鹽分 34.55% 位の深層水が見られた。豆南海區の相模灣の 100 m. 以淺の最上層部の水塊は夏季類的低鹹で所謂 Deckschicht(被覆層)となつてをる。

黒潮系水には薩南より琉球近海に亘り昭和 8~10 年春風丸の調査がある。⁽¹⁾ それによると該區の水塊層重は表層水(23°~30.5°C, 33~34.7%)の海表面から第一不連続層(50~100 m. 深にあり)、第一不連続層と第二不連続層(300~500 m. 深にあり)の間の黒潮本流系水(23°~10°C, 34.7~34.9%)、第二不連続層と第三不連続層(900 m. 深)の間に親潮潛流系水(12°~4°C, 34.5~34.2%)、第三不連続層以深には太平洋深層水(2.6°~5°C, 34.4~34.5%)がある。

「滿洲」の調査記録⁽²⁾ を温鹹曲線に基く Jacobsen の方法に倣つて肥沼寛一は(1937, 1938)⁽³⁾⁽⁴⁾ 北太平洋西南部の水塊の特性を論じ其等の起源を考察した。北太平洋の高鹹水は 160°~180°E. 20°~30°N. の表層域から發したるもの様である。其の温度は相當著しい季節的變化を示すが鹽分の變化は少ない。この水塊の一部分が秋に北東貿易風で西流して來て冬季に凡そ 150 m. 深に沈降して當海區の高鹹水の原體をつくる。西部太平洋の熱帶域に於ける高鹹水塊は 20°S. の北方及 180°E. の東方に當る表面海域に發し南東貿易風で押し動かされたものである。

10°N. 以北にある表面と中間層の間にある水塊は混合水塊で其の上部はどの海區の中でも最も高鹹なものと見られる。黒潮水塊は此の最高鹹部に屬する。更に肥沼は黒潮水塊を二種に區別し、一つは一般に信じられて居る様に東支那海を北東方に流れ四國の南に來るとし、もう一つは北々東に流れて南大東島の北東に來る、これからこの兩者が黒潮の最も明らかな潮岬の南方で合一するやうであると結論してゐる。

(4) 沿岸及内海の水塊

陸水と高鹹な外洋水との混合物であるから 20 m. 以淺の陸棚上にある沿岸水は一般に複雑な組成を有し外海の海流の影響の外に氣象及地形の條件の支配を蒙

- (1) 須田院次, 水産學雜誌, 41 (1937).
- (2) 宇田道隆, 「海と空」15 (1935), 445.
- (3) 松平康雄, 海洋時報, (1929~1938).
- (4) 齋藤宗一, 水産研究誌, 29 (1934), 32 (1937).
- (5) 宇田道隆, 日本海洋學業續論文報告, 2 (1930).
- (6) 宇田道隆, 水産試験場報告, 8 (1937).

- (1) 海洋時報, 11 (1938).
- (2) 水路部報告, 6 (1933).
- (3) 肥沼寛一, 海洋氣象臺論文彙報, 6 (1958).
- (4) 肥沼寛一, 「海と空」16 (1936), 133, 17 (1937), 151.

むる事が著しい。吉村信吉は沿岸水に就て陸水、外洋水及降水の三要素の混合比を珪酸及鹹度の測定に依つて算出した。(1) 連続の式を用ひて同じく珪酸及鹽分の資料を使つて Knudsen の定理を三次元に擴張し岡田光世は相模灣の上昇流域及下降流域を識別してゐる。(2) 須田院次(1934)は日本列島沿海の沿岸水消長を詳細に調査し、沿岸水の時間的變化が陸水注入の變化に支配されて居り、沿岸水域の月々の變化を調べると親潮流域で最も消長するのは五月であり、更に年々の沿岸水の變動を調べると大正十二年の極大と同十五年の極小が目立つて居り、變化の究極原因は降水量に存する事が明かにされた。(3) 宇田及渡邊信雄は瀬戸内海の鹽分が一月位前の降水量と負の相関を有する事から同海の鹽分豫測をなし得る事を示した。(4) 極端例として昭和九年夏の瀬戸内海の鹽分はその年の旱魃により1-3% 平年より高鹹を見、昭和13年夏は反對に豪雨と洪水の爲平年より2-5%も低鹹を示した。沿岸水の影響を變化さす根本的原因は其の海區へ供給される陸水量の變動と共に沿岸海區に隣接する外洋水の影響がある。外洋水の侵入による著しい變化はVIII章(2)に述べる。

潮汐流と相伴ふ水温の著しい變化に就ては木村喜之助の観測がある。(5) 沿岸流に依つて運ばれる沿岸水は外洋水に對して形成された境界線内に或る地形的條件に應じた渦流域中に集積される傾向がある。其處には外洋水の混入の影響は頗ぶる乏しい。斯様な場所は殆んど常に流れの收斂域と合致する。更に境界線は垣網的作用をして魚群を集め、營養鹽は豊富で稚魚及プランクトンの群衆が見られる事になり、結局其海區は沿岸の好漁場となる(例相模灣の真鶴岬附近)。利根川河口の南北にある渦流域は松尾春雄の實驗でも明示されて居る(6)が此處は鱈の好漁場に當る。沿岸水中に沖合海水の侵入する事に依つて鱈、鰯等の魚群は或ひは濃縮せられ或ひは誘導せられる。外洋水は混合に依つて沿岸水を變質させ遂に之を驅逐する。逆に沿岸水の消長は沖合海流の變化に影響を及ぼす事は須田院次(1934)の指摘せる如くである。(7) 更に沿岸水又は内

海水は酷寒又は暴風雨により甚しく異常を呈する。瀬戸内海に於ては地方水産試験場の報告に依れば1934年1月の嚴寒に對應して水温は平年より1°C低く、特に紀伊水道下層では2°C低い。鯛等底魚の凍魚が紀伊沿岸南部など外洋水と沿岸水の接觸帶の變位する爲め水温變化の著しい場所や、鳴戸附近の如き激烈な潮流により氣冷の影響の海底に及ぶ場所で見出された。其の年同様現象が臺灣海峡に於ても存在した事を早坂一郎が報告してある。1936年又酷寒に對應し内海の水温は一、二月低温且低鹹、特に播磨灘では水温は前年より4°C低く平年より2°Cも低かつた爲め一月下旬多數の凍えた鯛が海面を浮流し漁師に拾はれると云ふ現象を呈した。其の鹽分が1936年及1934年の當時0.5%(所により1%)も平年より低かつた事實は單に嚴寒の爲ではなく黒潮の冬季異常な南退の爲めに紀伊水道を通じて暖水流入の微弱なりを示すものである。

暴風雨に依る水塊の混合は林喬(8)木村喜之助(9)宇田道隆等(9)が斷片的に記して居る。所謂「ヌタ」なる海底の細微な沈澱物を低氣壓に伴ふ風波及びウェリが攪き立てるため海は黄濁し冬季ブリ好漁の前兆と見られる。木村喜之助に依ると「ヌタ」は二月を中心とする對流期に於て最も屢く見られ春の成層期になるとそれは殆んど消失する。(10) 勿論豪雨の場合には泥水は沿岸水域に運び出される。野滿隆治及竹上藤七郎の實驗的研究(11)によると河から運び出された泥の沈澱はそれが海水に出會つた時に加速される。といふのは海水のイオン作用で泥粒子が凝着して速く沈下するからである。揚子江沖の浮泥の分布及顯微鏡的化學的特性につき松平康雄の調査がある。(12)

太平洋側の日本沿岸水域では毎年三、四月の早春には海水が著しく濁つて來て通常青白い色になり、漁業者は「潮腐れがした」といふ。岩手縣近海では特に著しく現はれ「厄水」ととなへられ、林喬(13)丸川久俊(14)や岩手縣水産試験場(15)がそれぞれ調査して居る。斯

(7) 林喬, 理化學研究所彙報, 12 (1933).

(8) 木村喜之助, 日本海洋學業績論文報告, 5 (1933), 2.

(9) 宇田道隆, 渡邊信雄, 日本水産學會誌, 6 (1938), 240.

(10) 木村喜之助, 日本水産學會誌, 4 (1935), 54.

(11) 野滿隆治, 竹上藤七郎, 日本海洋學業績論文報告 9 (1937).

(12) 松平康雄, 海洋時報, 4 (1932).

(13) 林喬, 水産界, (1935).

(14) 丸川久俊, 水産研究誌, (1939).

(1) 吉村信吉, Gerl. Beitr. z. Geophys. 34 (1931).

(2) 岡田光世, 日本水産學會誌, 3 (1934), 3 (1935).

(3) 須田院次, 「海と空」 14 (1934), 336.

(4) 宇田道隆, 渡邊信雄, 水産試験場報告, 3 (1933).

(5) 木村喜之助, 日本水産學會誌, 4 (1936), 339, 374.

(6) 松尾春雄, 土水試験所報告, 14 (1938).

くの如き
ば大概植
に繁殖し
喜之助は
を述べて
よるもの

航海及
の調査は
の如き著
斜流, 吹
治³⁾等に
分, O₂等
が岡田光
海流中に
海, 太平
且 Sand
田院次は
た。(6)
太平洋
されて居
旬報は同
(1)

黒潮
ひ臺灣東
東の方面
の延長
黒潮
バルト
25メー
北赤
あり, 朝

(1) 2

4 (1936

(2)

1933.

(3) 1

* 海洋

(1937) 1

(5) 9

(6) 2

(1936).

くの如き濁水の原因は雪融けの泥水によるものを除けば大概植物性プランクトン(主に珪藻)の早春爆發的に繁殖して年の極大量に達することの爲である。木村喜之助は沿岸水の透明度變化が半月位の週期をもつ事を述べて居るが、⁽¹⁾これは大潮に伴ふ外洋水の侵入によるものであらう。

VI. 流動調査の成果

航海及漁業に影響を及ぼす一重要因子として海潮流の調査は熱心に行はれて居り特に黒潮親潮及對馬海流の如き著名な海流に就てなされて居る。密度流、傾斜流、吹送流に關する理論的研究は日高孝次、⁽²⁾野滿隆治³等により大いに發展せしめられた。*他方水温、鹽分、 O_2 等の觀測された海洋要素に基いて實際的計算法が岡田光世により研究された。⁽⁴⁾宇田道隆は漂流瓶の海流中に於ける分布を理論的に⁽⁵⁾論じて居る。日本海、太平洋、オホーツク海に於て既報の資料を綜合し且 Sandström の方法に依つて流線の分布を描いて須田院次は渦粘性の分布から海流中の勢力逸散を論議した。⁽⁶⁾

太平洋に於ける四季の綜合海流圖は水路部から出版されて居る(改版海圖番號 6301, 1936年)。海潮流の旬報は同部から「海流通報」に公けにされて居る。

(1) 黒潮又は日本海流

黒潮は水路誌に記された様に日本列島太平洋側に沿ひ臺灣東方海區から三陸東方海區迄の諸海區を北乃至東の方向に強勢に流過する大海流であつて、北赤道流の延長と目せられる。

黒潮は其の名の如く頗る綺麗な少し黒味を帯びたコバルト青色でフォーレル番號 I-II に相當し透明度 25 メートル以上、時には 40 メートル以上に達する。

北赤道流は貿易風による吹送流と考へられるものであり、幅 230 哩以下で流速 1 哩時以下のものである

が Truck, Palau 諸島の北の北緯 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の海區を通つて Samar 島附近に来てから南北に分岐する。臺灣東海から奄美大島の北方海區迄は流速 1~3 節で幅 150 哩以下であるが、更に北へ進む程幅を減じ流速を増して居る。春風丸の調査に依れば⁽¹⁾黒潮は琉球西岸沖合を幅 70~80 哩を以て北流し土噶喇海峡を東へ流過する。大隅海峡を北東方に流過する黒潮分派流の航海上の重要性は重松良一に依つて注意されて居る。⁽²⁾薩南海區から千葉縣東方海區迄北緯 $35^{\circ} \sim 36^{\circ}$ に横はる黒潮は流速平均 2~3 節(岸人三郎に依れば其の最強流主軸は 3~4 節)で幅員 100 哩以下である。⁽³⁾千葉縣沖合から東經 170° 附近の海區に至る間の黒潮は 2 又は 3 分派を示し流速 1~2 節に減る。之れは屢々「北太平洋流」と唱へられ冬季季節風の影響を大いに蒙むる西風漂流と考へられる。

海潮流實測結果と力學的推算結果とを比較すると黒潮は主に密度流の特徴を示し G. Wiist の以前指摘した様に Gulf Stream に類似して居るが少しは吹送流の影響を有して居る。今日の我々は昔の見解とは異なり黒潮流域の種々雑多な水塊の概念に賛成するもので、たとへ流線は引續いて居ても混合變換が其間常に水塊に働いて其等を肥沼寬一の解析で示されて居るやうに⁽⁴⁾變質せしめて居る。黒潮流域の數個の渦流の存在(例へば潮岬南方百哩、 $30^{\circ}N, 136^{\circ}E$ を中心とする時計廻り渦動の如き)を圖示してから、岸人三郎は黒潮は數個の渦流の聯接するものと見做し得るといふ見解に傾いた。⁽⁵⁾支那海系低鹹水の混入(特に夏季に旺んである)が沿岸水の混入と相伴つて黒潮水塊の異質性を生じ、上記の諸渦流は黒潮の強さと流路に影響を與へる。

今日では黒潮は最早以前の様に海洋中の一大河の如くには考へる事は出来ない。黒潮の 1936 年以來の異常な變化が日本南海で見出され、特異な冷水塊が潮岬南方百哩附近を中心に現はれ反時計廻り渦流をなし、黒潮を沖合に迂迴せしめ其の流路を八丈島附近海區から北上流に偏向せしめて居る。⁽⁶⁾⁽⁷⁾斯くの如き異變と

(1) 木村喜之助, 日本水産學會誌, 1 (1932), 130, 4 (1936), 339, 374.

(2) 日高孝次, 海洋氣象臺歐文彙報, 「海と空」1930-1933.

(3) 野滿隆治, 京大理學部紀要, 1932-1938.

* 海洋大循環は荒川秀俊により數學的に取扱はれた。

(4) 岡田光世, 日本水産學會誌, 5 (1937), 341, 6 (1937) 1, 341.

(5) 宇田道隆, 日本水産學會誌, 4 (1936), 385.

(6) 須田院次, 中央氣象臺歐文彙報, 6 (1932), 10 (1936).

(1) 海洋時報, 13 (1938).

(2) 重松良一, 水路要報, 14 (1935).

(3) 岸人三郎, 水路要報, 10 (1931).

(4) 肥沼寬一, 海洋氣象臺歐文彙報, 6 (1937), 279, 349.

(5) 岸人三郎, 第 4 回汎太平洋學術會議報告, 1929.

(6) 宇田道隆, 科學, 7 (1937).

(7) 肥沼寬一, 「海と空」18 (1938), 185.

密接なる關聯を持つて東北海區の顯著な海況變化が出現して居る。1938年5~7月蒼鷹丸は上記南海の特別調査を行ひ此の現象を確かめた。

日本東方海區の黒潮に關しては、⁽¹⁾ 銚子沖を東方に向ひ $36^{\circ}\sim 37^{\circ}\text{N}$. を1~2節の流速を以て流れる黒潮主流(A)と(A)から分離して北々東に 144°E . 線に近い經度方向に流れる分派(B)が見られる。分派流(B)は $40^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$. の水帯に來て東方へ轉向する。又東進する程(A)は流線の發散に一致して南方に偏向し、結局 34°N . 附近の緯度に沿ひ歸還する流れに這入る。 180°E . を越える東方海區では黒潮は甚だ微弱で識別し難くなる。

通常(B)は三分枝をなし $144^{\circ}\sim 145^{\circ}\text{E}$. $148^{\circ}\sim 149^{\circ}\text{E}$. 及び $155^{\circ}\sim 158^{\circ}\text{E}$. を走るが、更に夏から秋に掛けて金華山沖から始まり三陸沿岸の 142°E . を北上する一分枝B'の加はる事が知られる。黒潮の流線は大概冬季水温 10°C 以上、夏季水温 20°C 以上の水域に擴つて居る。流動の大勢は各季共類似して居るが(B)、(B')は冬季には微弱である。海流瓶の報告から我々は東北海區沿岸の南流(青森縣鉾沖で約1節の強流、福島縣より千葉縣の間の沿海では $0.4\sim 0.5$ 節の略等速)を検出し得、更に黒潮反流域及北赤道流線邊部では $0.4\sim 0.5$ 節の西乃至南西偏流を見出し得る。襟裳岬西方海區の150 m. 以淺では日本海より流出する津輕暖流のはつきりした現れを見る。更に微弱ではあるがオホーツク海から南千島沿海へ流出する宗谷海流の末端の影響をも認め得る。

(2) 親潮(又は千島海流)*

親潮の名は多分北海區の動物物を涵養する源泉たる海流の意味から生れたものであらう。親潮は千島北海道近海を南西方向に1節以下(平均約0.5節)の流速で流れ三陸沖から福島沖迄南下し、それから一分枝は更に南下を續けて銚子附近の海區に達し暖寒兩流水塊の境界に至つて斜降して中層を親潮潜流として南下し續ける。⁽²⁾ 三陸沖には親潮寒流の顯著なる三分枝があり、其等は夏季は通常 $141^{\circ}\sim 143^{\circ}\text{E}$.、 $146^{\circ}\sim 147^{\circ}\text{E}$. $150^{\circ}\sim 151^{\circ}\text{E}$. 附近にある。一般に宗谷海流及津輕海流

(1) 宇田道隆, 水産試験場報告, 6 (1935), 9 (1938)

* 親潮調査に關しては北海道水産試験場の水産調査報告海洋調査月報と太平洋漁業會社から最近出た報告物は特に注意する必要がある。

(2) 宇田道隆, 水産試験場報告, 3 (1933).

は寒流と混合して南偏流をなして居る。

須田院次,⁽¹⁾ 重松良一,⁽²⁾ 宇田道隆,⁽³⁾ 中島由太郎⁽⁴⁾ は各々獨立な調査の結果から親潮の起源に就て次の如き見解に一致して居る。即ち親潮の主なる源泉はオホーツク海の冬季多量の海水を生ずる区域に見出され、同海から中部千島の諸海峽を通じて太平洋に流出し、ベーリング海からカムチャツカ東岸に沿ひ南西下する海流(前者より比較的少量)と合一する。それから親潮は三陸近海迄南乃至南西方向に流下する。須田はオホーツク海から流出する水量は日本列島附近の親潮の一分枝を涵養するに充分なる事を示して居る。雲鷹丸の調査資料に基いて丸川久俊は(1918, 1919年)⁽⁵⁾ 始めてオホーツク海中部の南下流を推定したが、其後重松良一は力學的計算から其の流速0.3節を求め丸川の想像せる如き海流分布を確かめた。⁽⁶⁾

黒潮水塊と親潮水塊との境界に隣接する親潮側の200 m. 以淺の水塊から發して親潮潜流水塊は黒潮水塊の下方へ其の現場密度のより大なるが爲め斜めに降下する。親潮水塊は北海區 $25\sim 50$ m. 以淺の上層にあつて氷雪により涵養せられた水塊に起源を持つ低鹹な冷水塊(A')と、比較的一定の鹹度を持つ $50\sim 200$ m. の下層にある中冷水塊(C')とから成る爲め、冷水塊の沈降は不連続面に沿ふて須田院次(1936)の極前面、第二次極前面と唱へたるものに對應し二段をなして起つて居る。⁽⁶⁾ 此等の前面では須田の指摘せるが如き機構に従へる水平軸渦動が考慮されるべきである。

宇田道隆は中間水層に於ける鹽分極小深度と中冷水層の水溫極小深度との合致が不連続線附近に於ける親潮潜流の一證と見られる事を示した。⁽⁷⁾ 中冷水(親潮水塊中核)の南限は親潮潜流の消長と相伴つて變動する。親潮自身は東北海區沿岸を冬季最も強勢に南下するが、晩春盛夏には同海區の中下層を南下する。

肥沼寛一に依れば⁽⁸⁾ 温鹹曲線に基き亞寒帶系中間層

(1) 須田院次, 中央氣象臺産業氣象調査報告, 4 (1933).

(2) 重松良一, 水路要報, 12 (1933).

(3) 宇田道隆, 水産試験場報告, 9 (1938).

(4) 中島由太郎, 北海道水試水産調査報告, 43 (1938).

(5) 丸川久俊, 漁業基本調査報告, 6, 7, 8 (1918, 1919).

(6) 須田院次, 中央氣象臺歐文彙報, 10 (1936).

(7) 宇田道隆, 「海と空」15 (1935), 445. 中央氣象臺歐文彙報, 11 (1938), 4.

(8) 肥沼寛一, 海洋氣象臺歐文彙報, 6 (1937), 279, 349.

水は西部
見られる
夏季が最
に上層に
のと見ら
流は夏季
の親潮
の豊富な
向力と日
幹は一枝
島八丈島
分は日本
し、結局
合や日向
の東側に
昇による

(3)

近年日
等に依
西田敬
る。黒
北上後
馬海峽
し、今
で春北
廻りを
流入及
響で現
本海本
西方海
の北で
北上流
。其
峡から
其の大
ものと

(1)

及宇田

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

四隻により潮流板、潮流計を用ひて一齊に行はれて成功を収めた。⁽¹⁾

太平洋側では日向灘、豊後水道、土佐灣、紀伊水道、熊野灘、伊勢灣、駿河灣、相模灣及東京灣では一般に反時計廻り環流を示し、それは沖合の黒潮の強流及地球自轉偏向力に依つて生じたもので地形に應ずる誘發反流である。1929年~1935年冬蒼鷹丸に依り相模灣の細密調査が行はれた。⁽²⁾ 春風丸は日本の諸内灣(東京灣,⁽³⁾ 大阪灣,⁽⁴⁾ 伊勢灣,⁽⁵⁾ 大村灣,⁽⁶⁾ 陸奥灣,⁽⁷⁾ 噴火灣,⁽⁸⁾ 富山灣,⁽⁹⁾ 有明海, 八代海⁽⁹⁾等)を次々に調査しあまたの海洋要素につき記載して居る。之に加へて津輕海峡の水利も同船により調査された。⁽¹⁰⁾ 東京灣内へ外洋水は千葉縣側に沿ひ流入し、沿岸水は横濱側の沿岸から灣外へ流出する。噴火灣の深層では陸奥灣東部の底層水と同様海水は殆んど停滞して居り溶存酸素量僅かに 3cc/l. で栄養鹽豊富である。以上の他、吉村信吉の下田灣,⁽¹¹⁾ 松島灣⁽¹²⁾ に於ける調査報告、松江吉行の油壺灣に於ける報告⁽¹³⁾ など各灣の水利状況を細密に記載したものである。水産講習所岡田光世の相模灣に於ける調査報告、北海道水産試験場諫早隆夫、中島由太郎の噴火灣調査、朝鮮水産試験場の朝鮮海灣に於ける調査結果等注目すべきである。

VII. 海況の變動

海況は年々變動し相當長週期の輪廻的變化を示すものであるから、もし其趨勢の一部分を探つて見るならば水温の昇降の傾向が見られる。過去 30-40 年に互り観測した日本沿岸水温の 5 ヶ年平均に基いて宇田は十年間につき 1°C 以下の水温平均の昇降(大概 0.5°C 位)を報告して居る。⁽¹⁴⁾ 太平洋側では水温上昇が岩手以北で見られ特に南千島で著しいが、宮城縣~千葉縣沿岸では降温が顯著で、日本南海岸の水温昇降の不定なるを除き臺灣附近でははつきり降下して居る。日本

- (1) 宇田道隆, 日本海洋學業績歐文報告, 4 (1932).
- (2) 宇田道隆, 水産試験場報告, 8 (1937).
- (3) 海洋時報, 3 (1931).
- (4) 海洋時報, 8 (1935), 海洋氣象臺彙報, 29 (1930).
- (5) 海洋時報, 5 (1933).
- (6) 海洋時報, 8 (1935).
- (7) 海洋時報, 7 (1934).
- (8) 海洋時報, 6 (1934).
- (9) 海洋時報, 11 (1938).
- (10) 海洋時報, 6 (1934).
- (11) 吉村信吉, 東京文理大理科紀要, 3 (1936).
- (12) 吉村信吉, 學士院記事, 13 (1937).
- (13) 松江吉行, 水産學會報, 7 (1938), 4.
- (14) 宇田道隆, 「海と空」18 (1938), 343.

海側では高島の昇温を除けば殆んど凡ての観測點で降温明白で特に朝鮮側沿岸及本土側中部沿岸に著しい降下を見る。

海況變動を見る爲め年平均の相関を計算するのが普通である。然るに須田院次は臺灣東方斷面に於ける海況條件の變化を、海洋要素の變化率 $\frac{\theta - \theta_0}{\theta_0}$ を採用して調査した(1937, 1938年)。⁽¹⁾ 等變化率曲線圖から黒潮のスカラー場の變化は全體變化、部分變化に分類せられ後者は更に細分して層狀型及柱狀型、團塊型となされた。T-S 圖表から限定せられた部分水塊の概念を導入し、黒潮は一系列の部分水塊の動く帯の如く見做される。一斷面の變化率は亂渦效果及對流效果なる二因子より成立すると結論されて居る。

(1) 日本海に於ける海況變動

日本海本土側沿海に就き岡本五郎三は水温 15°C の起日と平均 38 日前の水温 19°C の起日とが山口縣下の漁場で正相関を示し、又秋田縣下の一漁場で水温 10.8°C の起日と平均 22 日前の 8°C の起日とが正相関を示す事から鹽の初遡期を實驗式に基いて豫知する方法を見出し、⁽²⁾ 更に對馬海流域の流れの上から下へと逐次に 1918~1935 年に蒐集された水温資料に就き相関係数を計算した。⁽³⁾ 其の結果正相関の極大値が流れの上から下へと逐次に變位する事を知り冬から夏に掛けての水温偏差を豫測し得るに至つた。日本海に於ける鹽分の豫知は對馬海流により運ばれる高鹹水塊の移動に基いて爲し得られる。⁽⁴⁾

(2) 太平洋に於ける海況變動

岡田武松⁽⁵⁾ は鷲鷹鼻(臺灣)の冬季水温 x と續く夏季の根室(北海道)の氣温 y 及宮古(岩手)の氣温 z との間の相関を計算して $r_{xy} = +0.61$, $r_{xz} = +0.62$ を得、更に冬の鷲鷹鼻の水温と續く夏の宮古の水温との相関を計算して $r = +0.53$ を得て居る。

冬季黒潮中の異常低温は親潮中の異常低温と正相関を持つ。黒潮が冬異常に低温な年には北部日本の殊に東岸が冷夏に見舞はれる虞れがある。關豊太郎、遠藤吉三郎、築地宜雄、安藤廣太郎、岡田武松等の研究によ

- (1) 須田院次, 中央氣象臺歐文彙報, 11 (1937), 11, (1938), 4.
- (2) 宇田道隆, 岡本五郎三, 水産試験場報告, 7 (1936).
- (3) 岡本五郎三, 日本水産學會誌, 7 (1938), 17.
- (4) 宇田道隆, 水産試験場報告, 2 (1934).
- (5) 岡田武松, 海洋氣象臺歐文彙報, 6 (1936), 97.

り海の異
大影響を
田院次 (1
に應ずる
日射の不
勢力が注
中央及地
海道水産
水温と北
出した。⁽³⁾
層水帯の
傾向のあ
高温の観
水の多量
日本では
夏を見る
宇田道隆
た。⁽²⁾ 東
中部に地
夏には比
續く夏の
均水温は
依つて下
た異常な
た異常な
海況
的、年
の水帯
は水温
い年比
であつ
(3)
内海
面から
上層が
れる時
稀釋せ

- (1)
- (2)
- (1938)
- (3)
- (4)

り海の異常低温は異常な冷夏を通じて北日本の米作に大影響を及ぼす事は周知の事實となつてゐる。最近須田院次(1933年)は⁽¹⁾昭和6年の北洋の異常低温と之に應ずる其の年の凶作を論じた。低温の原因に就ては日射の不足の他に冬季に生じた下層冷水塊の卓越せる勢力が注意せられた。昭和9年の異常低温に關しては中央及地方水産試験場の報告が直ちに示された。⁽²⁾北海道水産試験場の中島由太郎はオホーツク海側沿岸の水温と北海道の米作収穫高及流水期間との負相關を見出した。⁽³⁾凶作年に就て須田院次は太平洋中緯度の表層水帯の異常低温とそれが前冬から續く夏迄持續する傾向のある事、反對に豐作年には上記水帯中に著しい高温の觀察せられる事を示した。⁽⁴⁾前冬以來北洋に海水の多量に生じた爲め冷水環流の旺盛なる年には北部日本では冷夏を見るが、暖水環流の微弱な年にも亦冷夏を見る。

宇田道隆(1938年)は東北海區の水溫變動を報告した。⁽²⁾東北海區の沿岸及沖合の水溫の變化率は同海區中部に地理的極大を示し、それは春には比較的南部に夏には比較的北部に移動する。東北海區の冬の水溫と續く夏の水溫とは正相關を有する。一年を通じての平均水溫と最低水溫も亦正相關を有する。我々は黒潮に依つて南方から、津輕暖流に依つて北西方から運ばれた異常な高温水塊、及び親潮に依つて北方から運ばれた異常な冷水塊を見る。

海況の變化は不連続線移動に伴つて起るから季節的、年々の及び短週期的水溫變動極大は不連続線附近の水帶上で見出される。1933年、1937年及1938年は水溫の異常に高かつた年、1931年、1934年は異常に低い年比較的冷い年は1935年、1936年は略平常なる年であつた。

(3) 内海及内灣の海況變動

内海内灣では冬季の鉛直對流に依つて水溫鹽分は表面から底に至る水柱を通じて普通均質になつて居る。上層が日射と暖流の春季に流入する事に依つて暖められる時或は鹽分が降水の増加及夏季陸水の注入に依り稀釋せられる時に黄海北部及伊勢灣の底層水は水溫鹽

分共殆んど不變の儘に留まる。⁽¹⁾瀬戸内海中部(備後灘、播磨灘)では其傾向は上記海區に似ては居るが、強い潮流による混合と流入外洋水の増大により多少水溫の上昇と鹽分の下降に影響する。

斯様な内灣に於ける其の年の既往年に比較しての水溫順位は殆んど其の年の二月三月の順位に依つて決定され、前年同期との水溫差は殆んど不變の儘冬から夏へと持ち越される。海潮流の日々變化に關しては、相模灣西口で昭和9年冬蒼鷹丸の測定⁽²⁾と、約半月の潮汐位相と一致する變化に就き1928年夏神子元島附近の測流に基いた秋吉利雄の報告⁽³⁾を注目すべきである。

VIII. 流動の特異現象

(1) 海洋の潮目現象

海面に現れる比較的細長い帯で特殊な漣を見せ、普通泡や色々な漂流物を伴ふものを潮目と呼んで居る。北原多作は“魚群は二海流の接觸水帯で衝突線である潮目の線附近に集まる”事を力説して居る。寺田寅彦の實驗的に示した熱對流に依る柱狀渦の綫狀週期的模様は潮目の機構を説明するのに重要な緒を與へて居る。⁽⁴⁾宇田道隆(1938年)は潮目の觀測及實驗に基いて潮目の本質を論じ海洋の潮目を純粹な收斂に依るもの、上昇流による收斂に原因するもの、中下層の水塊不連続に對應する強流によつて生ずる云々は見掛けの潮目と云ふべきもの(銚子沖の例)の三種を區別した。⁽⁵⁾潮目の發達各段階に於ける屬性、漣、破浪、潮目上の油を流した様な帯、騒音等が説明された。日本近海の潮目の分布は普通水塊及海流の不連続線附近に多く起つて居る。潮目を含む不連続線の波狀は潮目の附近の渦動性に關聯する特質である。渦動度は普通は不連続度に比例する、それは須田院次が見出した亂渦度の極前線上に最大値を有する事⁽⁶⁾に對應する。太平洋、日本海、若狹灣、相模灣で廻轉と收斂とを計算して、我々は不連続線が正負廻轉の間の中立的境界を縫つて走る事及潮目の分布は大概收斂の分布と一致するのを認めた。潮目の普通の特徴である潮目に結び付いた漂

(1) 宇田道隆, 定置漁業界, 33 (1937) 陸水學雜誌, 8, (1938).

(2) 宇田道隆, 水産試験場報告, 8 (1937).

(3) 秋吉利雄, 水路要報, 13 (1934).

(4) 寺田寅彦, 航空研究所報告, (1927), (1928), (1929).

(5) 宇田道隆, 中央氣象臺論文彙報, 9 (1938).

(6) 須田院次, 「海と空」15 (1935), 21.

(1) 須田院次, 中報氣象臺產業氣象調查報告, 4 (1933)

(2) 宇田道隆, 科學, 5 (1935), 水産試験場報告, 9 (1938).

(3) 中島由太郎, 北海道水産試験場報告, (1934).

(4) 須田院次, 天氣と氣候, 5 (1933).

流物の集積は收斂性の齎らしたものである。不連続面の縦と横の断面に依つて、螺旋狀の流線に依つて構成せられた海面上に見られる收斂線に沿へる潮目は正負渦動の一對の様考へられる。藤原咲平の注意した⁽¹⁾潮目がSの伸びた形で渦動の一連鎖を其の中核として成立して居ると云ふ事と合致して居る。海底地形と關聯ある潮目の頻發特に陸棚縁での頻發が論議せられた。潮目を含む不連続面の移動の實例と共に依つて生じた海況變化も論ぜられ日本近海で示された。外洋水の侵入し來る前面に於ける潮目の觀測から、木村喜之助は駿河灣北東岸の下層の水溫急變と急潮との關係を潮目に沿ひ下降した表層暖水の影響に依るものとして説明して居る。⁽²⁾

(2) 急潮

日本沿岸には時々流速1節乃至其れ以上もある甚は激しい流動が起つて定置網の揚網を屢々不能ならしめるばかりか時には其れを流失せしめる。斯くの如き現象を我國漁業者は急潮と名付けて居る。急潮の出現が低氣壓の通過と密接なる關聯を有する事を始めて三浦定之助が指摘し⁽³⁾後宇田は鰯魚との關係を取扱つた⁽⁴⁾數ヶ年に互る急潮の觀測から木村喜之助は駿河灣及相模灣の急潮の特性に就て有用な結果⁽⁵⁾⁽⁶⁾を得て居る。急潮に伴ふ(1日1°~2°C程度の)水溫上昇は沿岸水と外洋水の境界前面が急速に沿岸に接近して來た爲に生じたものである。そして其の昇温は沿岸から沖合へと水溫の上昇勾配の年中で最も大きい冬季に於て顯著である。しかし假令急潮が冬季に起つても沿岸水の量が乏しい時は昇温は殆んど認め得られない。木村喜之助は相模灣、駿河灣に於ける平常年の昇温は多少年々差異はあるが概ね二ヶ月おきの次の三期に當る事を注意した。⁽⁶⁾即ち十一月下旬~十二月月上旬、一月下旬~二月月上旬、三月下旬~四月の三期で之をそれぞれ年々冬季、春季大急潮と呼んで居る。比較的低温な水塊と高温な水塊が外洋水中に分布して居りそれが流れの上手から下手へと海流に依つて運ばれ沖合から沿岸へと運ばれて來る。急潮の場合は比較的混合し難い爲、水塊の一系列を運び來り沖合から沿岸に向つて急速に

變化を齎らす事になる。此の現象の究極原因は低氣壓とか不連続線の通過による急激な氣象變化が外洋水を急速に沿岸へ侵入せしめる事にある。木村喜之助に依れば⁽⁶⁾三月には特に日本列島は顯著な南北に走り且東進する不連続線の頻來を受け、それに伴ふ南の大風が本州沖合の南海を吹き渡る。春季大急潮はこの強い南風が外海を吹いた後一週間か十日位して起る様に見える。1933年、1934年及1936年淡島漁場での日々觀測の資料に基いて木村は⁽⁶⁾流れを流速0.5節以下(弱)、0.5~1.2節(稍強)、1.5節以上(強)に分類し急潮は稍強及強に相當するとなした。向岸流は離岸流と同じく流れの轉移活動期の異常現象でその起つて居る時は上下流向を異にする二重潮など觀察せられる。(相模灣で眞鶴、網代、大磯附近の蒼鷹丸の測流例)。⁽¹⁾

二重潮の存在する時は上昇下降が沿岸線を含む水塊の境界及端で見られる。下降流は海面に收斂を示し鰹、秋刀魚、飛魚等の浮魚は潮目の線附近に集まる。上昇流は下層冷水を上昇せしめて上層暖水中に侵入し、鯖、鮪、柔魚等の魚群を中間の適温層中に濃縮し好漁を齎らす。極端な場合には冷水の侵入の爲めに凍えた魚が半死又は死死の状態て水面を浮流する。

IX. 海波と海水

海波及海水は航海上重要な意味を持つて居る。

(1) 海波

Froudeの裝置に活動寫眞を應用し且實體寫眞法を用ひて精密な測定をした海波の注目すべき研究を最近日高孝次及其協同者が發表して居る。⁽²⁾⁽³⁾(後者の方法は水路部でもなされた)。實體寫眞に現はれた天然の海波は決して單なる正弦的又はトロコイドの形で現はし得るものでなくもつと複雑なまるで山脈の地圖を見るやうな形をして居る。群波の週期の解析は高橋浩一郎の方法に依つてなされた。最近に福島浩は磯波の實驗的研究を實際海岸で行つて波の峯及波の實質の水分子の運動を實測に基いて論議して居る。⁽⁴⁾棚橋嘉市は新しい沿岸用の自記波高計を製作した。⁽⁵⁾海の波を

(1) 藤原咲平, Quart. Journ. Roy. Met. Soc. 1921.

(2) 木村喜之助, 日本水産學會誌, 7 (1938), 4.

(3) 三浦定之助, 定置漁業界, 1 (1927).

(4) 宇田道隆, 水産講習所試験報告, 23 (1928), 3.

(5) 木村喜之助, 日本水産學會誌, 7 (1938), 4.

(6) 木村喜之助, 日本水産學會誌, 4 (1935), 54.

(1) 宇田道隆, 水産試験場報告, 8 (1937).

(2) 日高孝次, 海洋氣象彙報, 6 (1938), 337. 「海と空」17 (1937), 18 (1938).

(3) 日高孝次, 「海と空」18 (1938), 443.

(4) 福島浩, 理化學研究所彙報, 18 (1939).

(5) 棚橋嘉市, 「海と空」17 (1937), 404.

測るため
タントで
ネリに就
船の報告
嘗つて
器を使つ
岸線に互
れた空気
出した。

内波は
る際普通
丸、春風
又は一日
内波をか
木村喜之
動的變化

(2) 海

地理的
かつた。
北日本の
府の調査
男、田口龍
の海水の中
海水の中に
松平康雄
雄は⁽¹⁰⁾北
した。藤
を引用し
から熱傳導
周圍の海
れは海水の

- (1) 秋
- (2) 大
- (3) 中
- (4) 寺
- (5) 水
- (6) 木
- (7) 須
- (8) 須
- (9) 松
- (10) 宇
- (11) 藤
- (12) 須

測るため小倉伸吉は視水平に對する波の俯角をセキスタントで計る新しい實際的方法を示した。⁽¹⁾ 風波やウネリに就て大谷東平⁽²⁾中野猿人⁽³⁾等の統計的調査は商船の報告及驗潮記録に基いてなされたものである。

嘗つてウネリに就て寺田寅彦は⁽⁴⁾ヘルムホルツ共鳴器を使つて興味ある研究をなし、海鳴の機構につき沿岸線に互つてウネリの一列が碎ける時磯波に巻き込まれた空氣が逃げ出す爲め起る騒音であるとの學説を提出した。

内波は海中に密度の異なる不連続の層重をなして居る際普通に起るものであるが之に關しては僅かに蒼鷹丸、春風丸などの少數の観測があるに過ぎない。半日又は一日の週期を有する内波及び3~5時間の週期の内波をカムチャッカ西沿岸で忍路丸が調査して居る。⁽⁵⁾ 木村喜之助は駿河灣の沿岸に近い中層で水温鹽分の振動的變化の見られた事を報告して居る。⁽⁶⁾

(2) 海水

地理的關係から從來日本では海水の調査は甚だ乏しかつた。下記の報告は甚だ断片的であるが1934年の北日本の凶作年以來千島近海及オホーック海に於て政府の調査が活発に行はれて居る。以前須田院次、關和男、田口龍雄⁽⁷⁾は日本海、オホーック海、ベーリング海の海水の出來始め及融け終りの時期を調査して居る。海水中に含まれた鹽分及プランクトンを須田院次⁽⁸⁾、松平康雄⁽⁹⁾がそれぞれ調べて居る。宇田道隆と渡邊信雄は⁽¹⁰⁾北海道南海の流水に就き密度、厚さなどを測定した。藤原吹平の出した海水生成の理論(1910年)⁽¹¹⁾を引用して須田院次は結氷及融氷を論議し氷厚の増加から熱傳導率 K を計算した。⁽¹²⁾ 更に K を假定して周圍の海水のアウトウシユを $0.1 \sim 0.2$ と出した。これは海水の結氷及融氷に密接な關係を持つて居る。海

氷の最大厚 D_m と最低月氣温 T_m との關係は T_m が -2°C 以下なれば $D_m = 8.7(-2 - T_m)^{0.9}$ になる。

X. 潮汐及潮汐の二次振動

(1) 潮汐

日本近海の潮汐に就ては小倉伸吉に依り英文で1933年取纏めの結果が發表せられた。⁽¹⁾ 之れは同著者の1914年に出した報告の改訂版と見做されるものである。瀬戸内海,⁽²⁾ Urkt Road,⁽³⁾ 津輕海峽,⁽⁴⁾ 伊豆諸島,⁽⁵⁾ マリアナ群島,⁽⁶⁾ オホーック海,⁽⁷⁾ 及び黃海,⁽⁸⁾ 渤海,⁽⁹⁾ 直隸海灣,⁽¹⁰⁾ 橫濱港⁽¹¹⁾等につき同潮時、同潮差圖が小倉伸吉等により次々に示されて居る。後半の研究は Sternick-Defant の方法から潮汐を力學的に計算して居るが其の結果は實測とよく合致して居る。中央氣象臺、水路部から日本沿岸に就て Darwin の方法で求めた M_2, S_2, K_1, O_1 等の潮汐の調和常數表⁽¹²⁾を含む潮汐表を年々發表して居る。特に海洋氣象臺では神戸港,⁽¹³⁾ 大阪港,⁽¹⁴⁾ 名古屋港,⁽¹⁵⁾ 門司港⁽¹⁶⁾等の日本の重要港灣の潮汐及潮汐流を精査して居る。春風丸は瀬戸内海⁽¹⁷⁾(紀伊水道、播磨灘、豊後水道、大阪灣等)、東京灣、伊勢灣、有明海、大村灣、陸奥灣⁽¹⁸⁾等の潮流を測定して居る。蒼鷹丸は相模灣の潮流を測定した。⁽¹⁹⁾ 朝鮮近海の潮流に就ては西田敬三が精密なる解析を行つた。⁽¹⁹⁾ オホーック海及千島近海の潮流に就ては蒼鷹

- (1) 小倉伸吉, 水路部報告(英文), 7 (1933).
- (2) 小倉伸吉, 天文月報, 23 (1930). 東洋學藝雜誌, 46 (1930), 562.
- (3) 小倉伸吉, Hydr. Rev. 7 (1930).
- (4) 小倉伸吉, 水路要報, 11 (1932).
- (5)(6) 小倉伸吉, 地理學評論, 6 (1930).
- (7) 小倉伸吉, 水路部報告, 7 (1933).
- (8) 小倉伸吉, 栗林, 實松, 水路要報 11 (1932), 12, (1933), 15 (1936). 小倉伸吉, 日本天文學地球物理學輯報, 14 (1936).
- (9) 小倉伸吉, 水路要報, 15 (1936).
- (10) 小倉伸吉, 水路要報, 11 (1932).
- (11) 水路書誌, 275 (1933).
- (12) 須田院次, 海洋氣象臺彙報, 50 (1932). 壺井伊八, 「海と空」, 18 (1938), 76.
- * 例へば日高孝次, 海洋氣象臺歐文彙報, 3 (1929), 167.
- (13) 須田院次, 安井善一, 中央氣象臺彙報, 49 (1932). 海洋時報, 5 (1933).
- (14) 海洋時報, 8 (1936). (15) 海洋時報, (1938).
- (16) 前出 p. 145. 下欄右 (2).
- (17) 前出 p. 146. 下欄左 (7).
- (18) 宇田, 水産試驗場報告, 8 (1937).
- (19) 西田敬三, 「海と空」, 朝鮮海洋調査要報.

- (1) 秋吉利雄, 水路要報, 16 (1937).
- (2) 大谷東平, 氣象集誌, (1938).
- (3) 中野猿人, 氣象集誌, (1939).
- (4) 寺田寅彦, 氣象集誌, 34 (1915).
- (5) 水産研究彙報(函館高水) 4 (1934).
- (6) 木村喜之助, 日本水産學會誌, 4 (1936), 339, 374.
- (7) 須田院次, 關和男, 田口龍雄, 海洋時報, 3 (1931), 4 (1932).
- (8) 須田院次, 海洋時報, 4 (1932).
- (9) 松平康男, 「海と空」 13 (1933).
- (10) 宇田道隆, 渡邊信雄, 科學, 6 (1936).
- (11) 藤原吹平, 中央氣象臺歐文彙報, 3 (1910).
- (12) 須田院次, 「海と空」 14 (1934), 185.

因は低氣壓
七が外洋水
討喜之助に
に走り且
南の大風
この強い
起る様に見
日での日々
0.5節以下
に分類し
流は離岸
その起つ
觀察せら
鷹丸の測
含む水塊
敏を示し
裏まる。上
に侵入し、
縮し短漁
に凍えた
る。
寫眞法を
究を最近
後者の方
れた天然
形で現
の地圖を
は高橋浩
は磯波の
實質の水
棚橋嘉市
海の波を
8), 337.

丸⁽¹⁾、忍路丸⁽²⁾などの僅かな観測を除いて殆んど何も分つて居ない。1932年宮原宣はPoincaréの方法を使つて潮汐の一般論を發表した。⁽³⁾

(2) 潮汐の二次振動

1908年潮汐の二次振動に關し本多光太郎、寺田寅彦、石谷傳四郎、吉田の出した報告は⁽⁴⁾其後斯學の典籍となつた。海洋氣象臺の日高孝次⁽⁵⁾、高谷靜馬⁽⁶⁾等は大阪灣を矩形や橢圓形と假定して同灣の靜振を數學的に解き之を實測と比較して居る。主としてStokesの積分法を改良して日高孝次は紡錘形、橢圓形其他さまざまの形、海湖盆の靜振の問題を解決した。中野猿人⁽⁷⁾は隣接する二灣の聯成振動に就て研究した。彼は更に進んで主風の影響に依る港灣の深さの變化を論議し、風波で攪き立てられた底の砂が吹送流か、それによつて起された補償流により、砂粒の大きさ性質に應じて運搬せられ漂砂をなす機構を説明した。⁽⁸⁾

寺田寅彦の先見に従つて海面水位と氣壓、風、波、海流、降水との關係を山口生知は統計的に調査して居

- (1) 須田曉次, 水産研究彙報, 4 (1934).
- (2) 宇田道隆, 水産試験場報告, 9 (1938).
- (3) 宮原宣, 日本天文學地球物理學輯報, 10 (1936).
- (4) 本多光太郎, 寺田寅彦, 石谷, 吉田, 東京理科大学紀要, (1908).
- (5) 日高孝次, 「海と空」, 海洋氣象臺歐文彙報, (1931-1938).
- (6) 高谷靜馬「海と空」(1931-1932).
- (7) 中野猿人, 中央氣象臺歐文彙報, 11 (1936).
- (8) 中野猿人, 中央氣象臺歐文彙報, 9 (1935), 10 (1936), 10 (1937).

る。⁽¹⁾ 同様に水位と氣象條件との關係は、關口鯉吉,⁽²⁾ 野滿隆治,⁽³⁾ 小倉伸吉⁽⁴⁾等により研究せられた。暴風や地震津浪の事は近年地震研究所, 中央氣象臺, 帝大の地球物理教室から多數の研究が現はれて居る。

津浪に伴ふ發光現象は寺田寅彦により注目せられ始めて説明せられた。⁽⁵⁾

結 び

以上を通觀して我々は將來に向つて、海水の物理的性質(熱及電氣の傳導率や粘性など)を更に充分研究し、先づ一層精密な良い観測をする爲めオリジナルな測器や方法の案出につき研鑽の必要を痛感すると共に少くとも變貌甚しき黒潮、親潮、對馬海流等の諸海流、諸水塊に就て一層明確なる結論を得且波、海水、潮目、急潮等の海洋諸現象をより物理的により定量的に究め應用方面にも充分役立てたいと熱望するものである。本稿は筆者の慌しい観測生活の裡に書き上げたものであるから文獻の遺漏や記事の誤りなどある事を覆れて居り、其等にお氣付の方は何卒教示の勞を咨まれん事をお願いする次第である。擲筆に當り拙文を通讀されて有益な多くの示教と忠告を與へられた海洋氣象臺の日高博士に深謝申上げる。

- (1) 寺田寅彦全集, 科學篇, (1937, 1938), 山口生知, 地震研究所彙報, 8, (1930).
- (2) 關口鯉吉, 中央氣象臺歐文彙報, 6 (1932).
- (3) 野滿隆治, 京大理學部紀要, (1932-1937).
- (4) 小倉伸吉, 水路要報, 4 (1935).
- (5) 寺田寅彦, 學士院記事, 9 (1933).