

1956年春季北部日本海に於ける 微量栄養成分の分布について

松江 吉行・小牧 勇藏・村野 正昭

(東京大学農学部水産学科)

On the Distributions of Minute Nutrients in the North Japan Sea;
March~April, 1956.

by

Yoshiyuki MATSUYE, Yuzo KOMAKI and Masaaki MURANO

(Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, University of Tokyo)

Abstract

The second investigation of North Japan Sea was carried out by Tenyo-maru in March and April, 1956. We were in charge of the determinations of minute nutrients (Silicate-Si and Phosphate-P), pH and Alkalinity in this investigation.

In present paper we describe the distributions of these factors and attempt an inference on the structure of water-mass system in spring of the North Japan Sea, comparing the summer condition surveyed in August, 1955.

I. 緒 言

1955年蒼鷹丸により北部日本海の沖合調査が戦後初めて行われ、多くの成果が挙げられたが、1956年3月末より4月上旬にかけて天鷹丸により、略々同一海域の調査が実施された。今次調査は日本海区水産研究所の「イワン漁況予報」のための基本的調査が主軸であつたが、われわれは昨夏同様栄養塩類の分析を行い、昨夏の栄養塩分布と比較しつつ水系構造の推定を試した。

調査実施に御尽力を頂いた日本海区水産研究所下村部長、天鷹丸乗組の方達、また船上の作業に従事して頂いた本学科学学生安生二郎君に厚く感謝の意を表し度い。

II. 方 法

第1図に採水点を黒点で示した、今回は採水深度が、0・10・25・50・75・100・150・200・300mの9層に亘る300m深までに限られたが、採水点数はSt. 2・4・6・8・10・12・17・18・20・29・30・31・32・33・34・36・38・40の18点に亘つた。且 St. 30及び34に於ては上記の外400・600・800mの3層からも採水せられた。

測定項目及び分析方法は次の通りである。

(1) Silicate-Si ; Diénert-Wandenblucke の方法を改良した Robinson-Thompson の方法

(2) Phosphate-P ; Denigès-Atkins の方法

(3) pH ; 比色法により温度更正、20°C換算を行う。

(4) Alkalinity ; Machida の混合指示薬 (metyl-orange と aniline-blue の各0.1%溶液の1:1混液) 使用

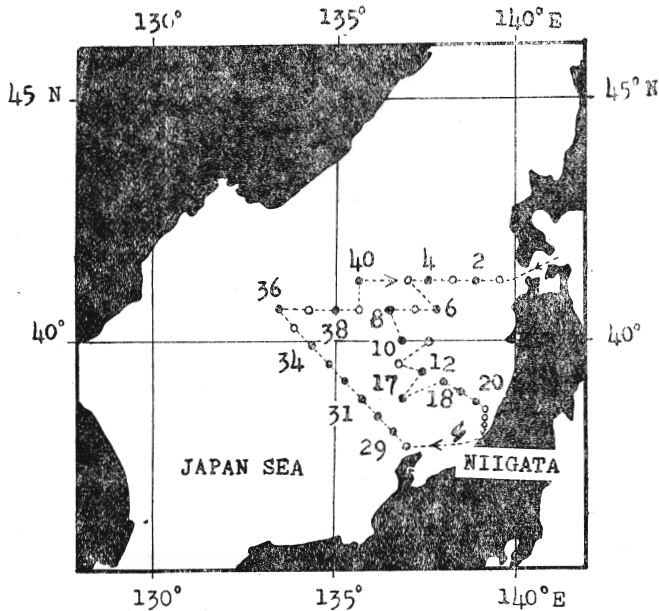


Fig.1 The map showing stations at which water samplings were made (black spot).

れた St. 30・34の例では300m以深で、1,000~1,500 r/Lの値が得られている。同様他点でも300m以深では日本海固有水の停滞を物語るものの如く、以後1,000~1,500 r/Lの値に集約してゆく分布型を示す。

上記以外の諸点では表層に分布する Silicate-Si の量も比較的多く400~550 r/Lを示す。またこれらの点では、飛躍層深度もずつと浅くなり、50m附近から Silicate-Si の分布量が急増している。特に顕著なのは St. 12・17・34・36・40等であつて、100m深に至れば850~1,000 r/L以上の値を示す様になる。

第2図に能登半島輪島沖よりNWに向う線に沿つての Silicate-Si の分布断面図を示したが、概観的に見るなら昨夏8月の同線に沿う分布断面図と近似の傾向にある。しかし東朝鮮海流の存在を暗示する St. 33を中心とした Silicate-Si に乏しい水の北方への張出しは、極めて表層に限られている点、及び St.32・33は丁度大和堆の両側上に占められた観測点であつたが、此処には海底隆起から期待される湧昇流とは逆に、顕著な分布の谷が形成せられている点注目に値する。

(2) Phosphate-P

対馬本流域に当ると思われる St. 2・18・20・29・30 等では表面で数 r/L と言つた微量であるが、多くの点では 10 r/L 以上であり、北方系水の張出した水域にあたる St. 4・6・8等では20 r/L以上、30 r/Lにも及ぶ。当然のことながら暖流系統の水の卓越すると思われる水域で占められた点に於ける Phosphate-P の垂直分布の型では、飛躍層の深度が深く150m附近から Phosphate-P 量が急増する傾向にあり、北方寒冷水の影響下にある諸点——例えば St. 4・6・8・34・36・40等に於ては、飛躍層深度は浅く25~50m附近から Phosphate-P 量の急増を

Ⅲ. 栄養塩類の分布

上記 Silicate-Si 及び Phosphate-P の分布の一般的傾向を追跡し、また pH、pH 及び Alkalinity から算出し得る Total CO₂ の分布傾向を検討し、調査水域の水系構造の様相を昨夏と対比して論じ度いと思う。

(1) Silicate-Si

対馬本流中に当ると思われる St. 2・18・20・29・30に於ては、表面で150~200 r/L、東朝鮮海流域中と覚しき St. 10・32・33ではやや多く200~250 r/L程度である。これらの諸点に於ける垂直分布型を見ると、他点に比し飛躍層が深部に存在し、150m附近で急増し、400 r/L から 200mで800r/L 以上となるところが多い。300m 以深の採水がなされなかつたので深層の分布に関しては詳細に論ずべくもないが、800m まで採水さ

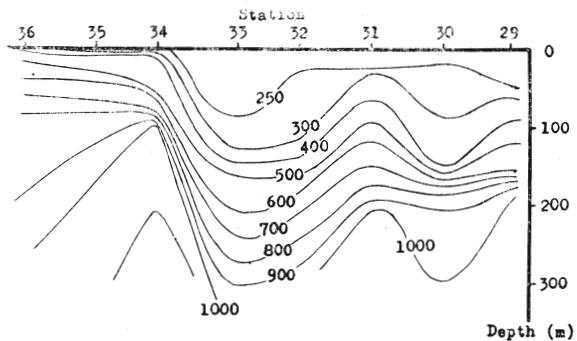


Fig. 2 Sectional distribution of Silicate-Si, along the NW-line from Noto Peninsular (r/L).

見る。

大体の傾向として前者では10m層で30 $\mu\text{g/L}$ 前後、200m層で45~50 $\mu\text{g/L}$ 、300m層で50~60 $\mu\text{g/L}$ の Phosphate-P 分布を認めるが、後者では50m層で既に30 $\mu\text{g/L}$ を越える点もあり、100m層で40 $\mu\text{g/L}$ 、200m層で50 $\mu\text{g/L}$ 前後、300m層では50~60 $\mu\text{g/L}$ の値が得られている。

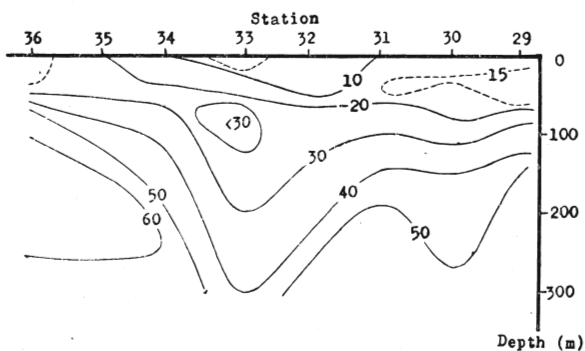


Fig. 3 Sectional distribution of Phosphate-P, along the NW-line from Noto Peninsular ($\mu\text{g/L}$).

能登半島輪島NW沖に向う線に沿つての分布鉛直断面は第3図に示す通りであり、これ以外の代表的な垂直分布の型を示す点について第9図に示した。断面図からも明らかな様に、対馬本流域の St. 29・30 から St. 31 の方向に向い、Phosphate-P に乏しい表層水の張出しが認められる。また St. 33 を中心として東朝鮮海流が存在することを裏付けるが如く、Phosphate-P の分布の谷が形成せられている。即ち、Silicate-Si の分布断面については水温・塩分の分布断面と近似の断面を形成している。

(3) pH, Alkalinity 及び Total CO_2

昨夏の栄養塩分布に関する報告中に述べた通り、pH 値の分布比較には 20°C に補正換算した値 (pH_{20}) を用いるべきであり、今

度もこの通りにし、亦現場水温に於て示すべき $\text{pH}(\text{pH}_{\text{tw}})$ をも同時に求めて見た。

能登半島輪島NW沖線に沿つての断面図は pH_{20} 、 pH_{tw} の各々につき、第4図及び第5図に示す通りである。またこの線以外の代表点の pH_{20} の垂直分布につき第10図を描いた。

表面では低緯度で pH_{20} 8.1~8.3の値が示され、高緯度では pH_{20} 8.0~8.1の値が得られた。暖流系水の影響下にある点では、上記栄養塩類の分布と同じく、飛躍層が深部にあり寒冷水の影響が下層に顕著な箇処では浅部に位置する。St.33 では東朝鮮海流の流路を暗示するべく、緩やかな分布傾度が認められ50m層で pH_{20} 8.15、100m層で8.05、200m層で8.0、300m層で7.9の値が示される。一般的には200m以深となると pH_{20} 7.8以下の値を各点ともに示す様になる。

pH_{tw} の分布断面も pH_{20} のそれと似通つた様を示すが、細部に亘つては、多少の差異があることが第4・5図の対称から認められるであろう。

Carbonate alkalinity は各点とも大差はない。即ち表層で 2.45 meq/L 前後、深層に及ぶと 2.50~2.55 meq/L である。

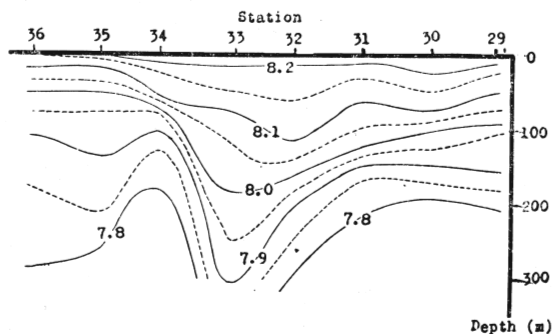


Fig. 4: Sectional distribution of pH (at 20°C), along the NW-line from Noto Peninsular.

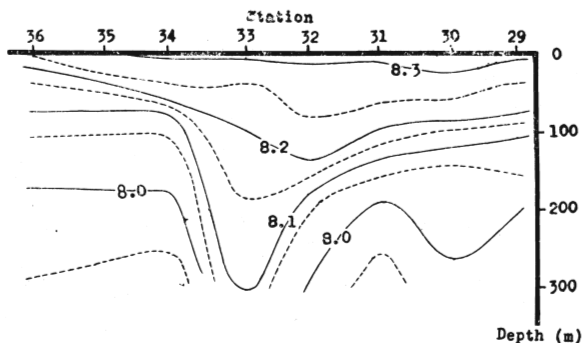


Fig. 5: Sectional distribution of pH in situ, along the NW-line from Noto Peninsular.

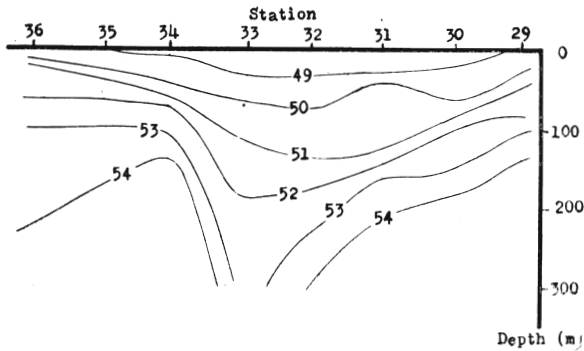


Fig. 6 Sectional distribution of total carbon dioxide, along the NW-line from Noto Peninsula (cc/L).

Table. 1: The station groups divided by the type of vertical distribution of water temperature.

Group	Station No.	
	Before Niigata	After Niigata
1.	St. 4, 6, <u>8</u> .	35, 36, 38, 40.
2.	St. <u>10</u> , 12.	(2') 29, 30, 31, 34.
3.	St. 2, 17, <u>18</u> ,	
4.	St. <u>20</u> .	33.

Notice: The vertical distributions at under lined stations are shown in Fig. 7. as the representative types of each group

Silicatf-Si, Phosphate-P 及び pH₂₀ の垂直分布型についても、水温のそれと平行的な分布型が認められ、新潟までの観測点につき代表点に於けるそれを第 8~10 図に示した。

第 11 図に、栄養塩類の分布を基礎に他要因をも併せ考えて水系構造の模式的な様相を示した。即ち能登半島沖を北上する対馬本流は、St. 29・30 を通過し St. 7・12 をかすめて St. 2 に至るものであろう。St. 18 附近からの暖流の一分枝が、山形県沖に向け東流 St. 20 を流域に含み再び北上津軽沖に至るのであろう。また暖流の一大分枝である東朝鮮海流は、St. 33 を流中の中心に大和堆上を北東流する。この結果 St. 32・33 には栄養塩分布の断面にも分布の谷が形成せられるものと思う。夏季に対比して東朝鮮海流の流路は大分本州寄りに接近していることが判る。其の後 St. 10・12 付近で対馬本流と合流し北上を続け、St. 2 に垂直分布傾度の少い栄養塩の分布を出現せしめるのであろう。

暖流系のこれ等 2 大分枝により囲まれる水域には東朝鮮海流の下層を潜った北方系寒冷水、或いは深部の日本海固有水が、反時計廻りの渦流に誘発されて湧昇し、栄養塩の垂直分布傾度の大きな St. 17 を出現させ、またその影響が St. 31 附近にまで及んでいるものであろう。対馬本流と St. 12 附近から分れる分枝により囲まれた St. 18 附近の水域でも、表層はこれら暖流系貧栄養の水層に覆われながらも、中層には栄養塩の顕著な躍層が存在し、渦流による底層水の卓越を物語るものと言えよう。

夏季に比ベ冬季の北西季節風卓越の予後或いは沿岸洲沿岸で形成せられる寒冷水の張出しを物語るものと思われるが、前線の形成は夏季より南部に於て行われている模様で、それを裏付ける様に、東朝鮮海流の外縁比側

Total CO₂を pH₂₀ と Carbonate alkalinity とから算出し、能登沖線についての分布断面図を第 6 図に示した。他の要因と同じく、St. 33 を中心とした分布の谷が認められる。

IV. 水系構造についての推察

以上の諸要因の分布状況から推して、調査水域に於ける水系構造を昨年夏のそれと対比しつつ推論してみよう。

先ず水温について各点に於ける垂直分布型により、類似の型態を有するものをまとめ上げると第 1 表の如くなる。この group 1~4 の代表的な分布型は第 7 図に示す通りである。第 1 表中の能登沖線の各点に於ては、1 及び 3 の中間的分布を示す group を形成するのでこれを 2' とした。

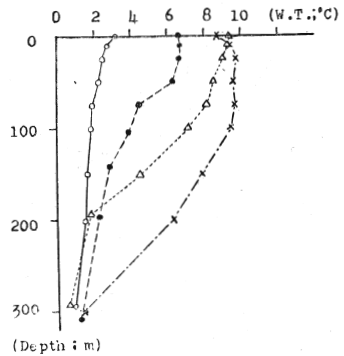


Fig. 7: The representative types of vertical distributions of water temperature, among stations before Niigata.

○—○ st. 8 ●—● st. 10
△—△ st. 18 ×—× st. 20

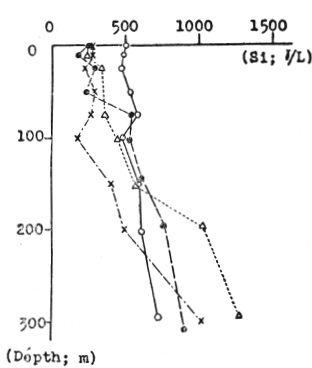


Fig. 8 The representative types of vertical distributions of Silicate-Si, among stations before Niigata.

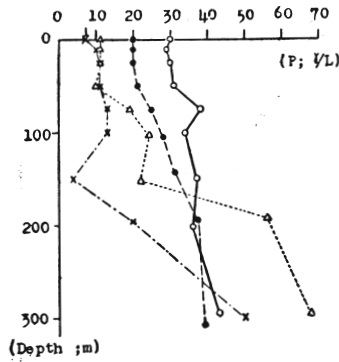


Fig. 9 The representative types of vertical distributions of Phosphate-P, among stations before Niigata.

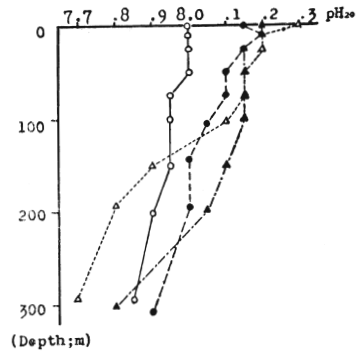


Fig. 10 The representative types of vertical distributions of pH₂₀, among stations before Niigata.

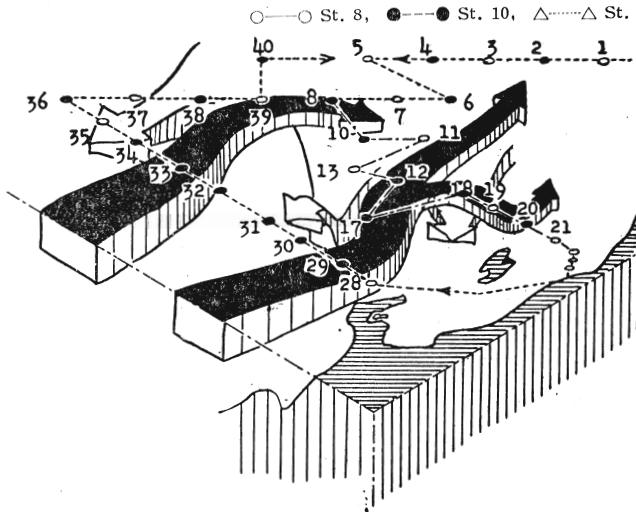


Fig. 11 Schematic illustration of water-mass system in the North Japan Sea.

解析は至難であると従来指摘されているが、日本海々底には最上堆・大和堆・春風堆・隠岐堆等々と本州に平行して走る幾つもの海底隆起があることから、これら海底隆起の間にはさまれた海谷状の場所では、或程度独立した物質循環の系が形成せられており、栄養塩の深層に於ける分布に量的な差異として表われるのではあるまいか。尤も日本海固有水の起源或いはその更新の問題等に関して、深層でも以外に豊富な酸素量が認められているし、尚疑点の残るところである。強いて推論を下せば、200m以浅層の栄養塩の水平・垂直分布は対馬暖流各分枝の消長、北方系水の張出しの程度等に支配せられ、深層では海底形状に伴って多少の独立性のある分布をなすものではあるまいか。

V. 要 約

1956年3月下旬より4月上旬に亘り、天鷹丸によつて行われた第2次北部日本海沖合調査に於て、栄養塩 (Silicate-Si 及び Phosphate-P), pH, Alkalinity の測定を行い、これらの分布及び pH と Alkalinity とから算出した Total CO₂ の分布を記述した。

これらの分布から調査水域に於ける水系の構造を推論し、表層の栄養塩分布は主として対馬暖流各分枝の消

に沿い St. 34・38・40・4・6 といった諸点で、栄養塩類の量も豊富であり、垂直分布傾度も大となっている。

大和堆をはさんで占められた St. 30・34では300m以深400・600・800mの3層からも採水せられ、両点に於ける Silicate-Si, Phosphate-P の垂直分布を第12図に示した。両点に於ける 200m以浅層での分布傾度に顕著な差のあることは、表層を覆う暖流系貧栄養の水の卓越状況によるものと解釈出来ようが、300m以深の栄養塩量に見られる差は何により惹起せられるものであろう。これは昨年夏季の調査でも認められたものである。

水温・塩分の分布からは深層水系の

長に支配せられ、深層部では海底地形に伴つた或程度独立性のある系の下に分布が支配せられているかも知れぬことを指摘した。

VI. 参 考 文 献

朝鮮総督府水産試験場 (1933) ; 海洋調査要報 No. 8
昭和 8 年海洋観測成績

福岡県水産試験場 (1953) ; 東対馬水道海洋観測資料
(大正 2 年 9 月 ~ 27 年 5 月)

Fleming, J.A. et. al. (1945) : Observations and
results in physical oceanography. Sci. Res.
Cruise VII of Carnegie, dur. 1928-29 under
comm, Cap. J.P. Ault. Oceanogr. 1-B.

Harvey, H. W. (1955) : The chemistry and fertility
of sea waters. Cambridge Univ. Press.

神戸海洋气象台 (1934) ; 第 4 回及第 5 回日本海北部海
洋観測調査報告 (昭和 6 年 6・7・8・9 月, 昭和 7 年 7・
8・9・10 月施行, 海洋時報 6 卷 1 号 pp. 1~102.

Matida, Y. (1953) : Some notes on the method of
alkalinity determination. Bull. Jap. Soc. Sci.
Fish., Vol. 19, No. 5, pp. 703-709.

日本海区水産研究所 (1951) ; 昭和 26 年夏対馬海流域一
斉観測結果

日本海区水産研究所 (1952) ; 昭和 27 年夏対馬海流域一斉観測結果

日本海洋学会 (1955) ; 海洋観測指針

西田 敬三 (1955) ; 日本海及其の隣接海域の海洋調査成績 No. 2

Sverdrup, H.U. et. al. (1942) ; The oceans, their physics, chemistry and general biology, Printice-
Hall, Inc.

須田 皖次・川崎英男 (1929) ; 日本海の一横断面について。海洋時報, 1 卷 2 号 pp. 134~146

須田 皖次・其の他 (1930) ; 日本海南部海洋観測報告 (第 1 報), 海洋時報 2 卷 1 号 pp. 1~73

須田 皖次・其の他 (1930) ; 日本海南部海洋観測報告 (第 2 報), 海洋時報 2 卷 2 号 pp. 155~264

須田 皖次 (1930) ; 漁況の変調と日本海固有の深層水, 海洋時報 2 卷 3 号 pp. 534~535 (雑報)

須田 皖次・日高孝次 (1932) ; 第 2 回日本海南部海洋観測調査報告 (第 1 報), 海洋時報 3 卷 2 号 pp. 291~375

須田 皖次・其の他 (1932) ; 第 2 回日本海南部海洋観測調査報告 (第 2 報), 海洋時報 3 卷 3 号 pp. 545~619

須田 皖次・其の他 (1932) ; 第 3 回日本海主要部海洋観測調査報告, 海洋時報 4 卷 1 号 pp. 1~174

宇田 道隆 (1934) 日本海及其の隣接海区の海況 (昭和 7 年 5・6 月連絡施行日本海第一次一斉海洋調査報告), 水産試験場報告 No. 5 pp. 57~190

宇田 道隆 (1934) ; 日本海・黄海・オホーツク海の平年各月海況 (連絡試験調査), 水産試験場報告 No. 5
pp. 191~236

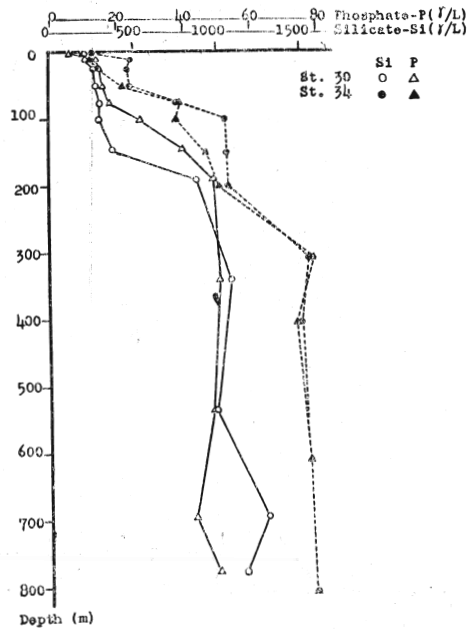


Fig. 12 The vertical distributions of Silicate-Si and Phosphate-P at the stations 30 and 34.