

とこ 常 呂 川 の 河 口 流 出

柏 村 正 和*・吉 田 静 男**

1. 序 文

近年、河川改修、ダム建設あるいは上流における廃水などが周辺環境におよぼす影響について大きな関心が集まるようになった。ことにその末端となる海面の環境維持については、とくに水産業の点で重要な関心事になっている。ここでは北海道のオホーツク海に河口を持つ常呂川について、最近調査する機会を得たので、その資料の中からとくに河口流出に関して述べる（図—1 参照）。



図—1 常呂川の位置

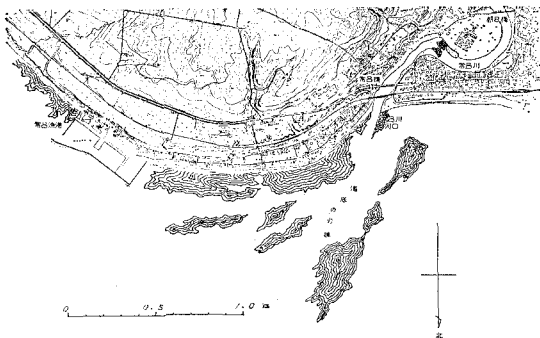
河口から上流 97 km に北見市の上水道、農業用水、洪水調節を目的にした多目的の鹿ノ子ダム建設計画が現在進行している。完成時に、河川の自然の流量配分が変れば、従来そのような自然条件のもとで定着して来た沿岸の魚貝類の生態に変化が起るのではないかと、あるいは工事に伴って増加する流出土砂の影響が出るのではないかと懸念が水産側にあり、河口流出、海上拡散の現状をまず把握せねばならぬという観点からこの調査が行なわれた。この付近のオホーツク海沿岸は、日本有数のホタテ貝漁場として知られ、流出土砂については古くから深い関心が払われている所である。昭和 51 年 7 月下旬～8 月上旬、52 年 4 月下旬の 2 回にわたり調査を行なったが、海に流出した河川水の希釈混合、拡散輸送の段階で海流の層状構造が重要な役割りを果たしているこ

とが判った。従来、海面より海底まで一様な流れとして二次元的に拡散を論ずることが多いが、このような底棲生物を対象とする場合には問題があるように思われる。

2. 常呂川の流況

常呂川は流域面積 1 930 km² の広さを持ち、北海道では第 5 番目であるが、比較的降水量の少ない地域に属し、流量はさほど多くはない。出水期は 4～5 月の融雪出水期と、9～10 月の集中豪雨の時期の二つのピークを持つ典型的な北海道タイプである。河口から 17 km 上流の上川沿における過去 10 年間の記録によれば、最大日平均流量は昭和 50 年 9 月 9 日の 631.51 m³/s であるが、年により流量に大幅の変動があり、例えば昭和 45 年の最大流量は 4 月 2 日のわずか 99.34 m³/s である。年平均流量は 30～60 m³/s であり、冬期または 6～7 月の渇水流量は 10 m³/s に満たぬことが多い。

図—2 の如く、河口から 0.7～1.5 km の間は河道が大きく彎曲し、とくに 0.7 km 付近は河床に岩盤があって極端に浅い瀬を形成しているので渇水期でも海水の遡上はここで阻止される。河口とその上流 0.5 km の間は、2～4 m の水深を維持し、左右両岸は小型漁船の泊地となっている。河口は左岸に導流堤が約 150 m 海中に突出しているが、右岸は海岸線に沿って常呂漁港まで続く岩礁地帯になっていて浅く、航路は導流堤にきわめて寄っており、荒天時には右岸岩礁地帯の沖に形成される砂堆によって波が折れ、過去に海難の例が多かったという。



図—2 常呂川河口地形および海底と河床の岩礁位置図

* 正会員 理博 北海道大学教授 工学部工業力学第二研究室

** 正会員 北海道大学助手 工学部工業力学第二研究室

河口に塩水の侵入する限界流量 Q_0 は、 $Q_0=B\sqrt{\epsilon g H^3}$ (B : 河口幅, H : 河口水深) から計算すると約 $60\text{ m}^3/\text{s}$ である。したがって、冬期、夏期の渇水時以外は河口内にほとんど塩水くさびを認めることはない。渇水時でも前述の河道の浅部のため、河口から 700 m をこえて上流に侵入することはまずないと考えられる。

表一は、河口から 300 m 上流の常呂橋と、約 1.4 km 上流の朝日橋における塩素量濃度、水温、流速の測定結果の一例である。このときの流量は約 $12\text{ m}^3/\text{s}$ 、時刻は満潮の寸前に当り、塩水くさびの遡上に最も良い条件にある。この表から、塩水くさびが朝日橋までは到達していないことが判るであろう。

表一 常呂川、水温、塩分、流速 (8/1, 1976)

○ 常呂橋

(1803 ~)

深 度 (m)	水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	塩素量濃度 (%)	流 速 (cm/s)
0.00	22.0	0.5	39.5
0.25	21.8	1.5	—
0.50	21.1	5.0	27.0
0.75	18.8	16.0	9.0
1.00	18.4	17.3	—
1.25	18.2	17.7	0.0
1.50	18.2	18.1	0.0
1.75	18.3	18.0	—
2.00	18.3	18.0	0.0
2.25	18.1	18.1	0.0
2.30	18.1	18.0	—

○ 朝日橋

(1823 ~)

(1757 ~)

深 度 (m)	水 温 ($^{\circ}\text{C}$)	塩素量濃度 (%)	流 速 (cm/s)
0.0	22.1	0.05	10.1
0.5	22.1	0.05	9.2
1.0	22.1	0.05	8.9
1.4	22.1	0.05	9.6

ついでながら天塩川の調査と同様に¹⁾、密度流についての水理量計算を一つ示す。河口から約 500 m 上流の観測 (昭 51.8.4) から、内部フルード数 $F_i=0.410$ 、全水深 $h_0=3.1\text{ m}$ 、淡水厚 $h_1=0.5\text{ m}$ 、淡水流速平均値 $u_1=12.8\text{ cm/s}$ 、淡水厚勾配 6.06×10^{-4} を用いて計算した界面抵抗係数は 5.04×10^{-8} 、 $\phi(=u_1^3/\epsilon g\nu)$ の値は 1.08×10^4 であった。

このように下流部の河床が浅いことや、さらに河口上流 0.7 km の岩礁のために、比較的降水量の少ない地域であるにもかかわらず常呂川の塩水遡上は他河川に較べて非常に局限されている。本年 4 月 27 日には、たまたま塩水の河口侵入の限界条件に近い状況に遭遇した。河川流量約 $50\text{ m}^3/\text{s}$ のもとで、塩水は河口導流堤先端の上流約 30 m の河床にその先があった。この場所から 210 m 上流では表面から底まで塩素量濃度は 0.03% の全く

の淡水であり、この場所の水深 2.35 m を用いて計算した内部フルード数は 0.96 であった。河口導流堤先端の塩素量濃度は、表面で 0.17% 、 -0.5 m で 0.30% 、 -1.0 m で 4.97% 、 -1.5 m で 7.16% 、 -2.0 m で 13.04% という値を示していることから見て、河口内にわずかに侵入した塩水の先端部から、淡水流によってはげしく塩水が連行希釈され、淡水と塩水の中間濃度の層を生じそれが浮上しつつ海上に出て行く状況が察せられる。また塩水先端が河口内に 30 m 侵入している状況から判るように、始めに予測した常呂川の塩水くさびの存在限界流量約 $60\text{ m}^3/\text{s}$ は、ほぼ妥当な値であることが認められる。

これまでの調査では、これ以上の大流量に遭遇しなかったので想像の域を出ないが、流量が $100\text{ m}^3/\text{s}$ 以上に及ぶときは、流量に応じて河口外の相当沖の点まで淡水が占め、上下の混合よりも、導流堤外側の海水を側方から連行する噴流形式に似た流出状況を示すものと思われる。

3. 河口沖の海況

常呂川河口を含むオホーツク海沿岸は、夏季と冬季とで、二つの顕著な海流に支配されている。すなわち、5 月頃から対馬暖流の枝が宗谷海峡を経てオホーツク海に入り宗谷暖流となって北海道沿岸に沿い幅数 10 km の細い帯状をなして南下し、速度の早い恒流系を形成する^{2),3),4)}。比較的高温、高鹹である。11 月頃から季節の変化と共に、樺太東海岸に発達する東樺太海流の南下が優勢となって、次第に宗谷暖流を圧迫し 12 月~1 月に、ついにこれに代り、北海道沿岸に沿ってかなり幅の広い恒流を形成し南下する。これはオホーツク海北部の低温、低鹹の水塊を輸送するため、沿岸は急速に冷却する。1~2 月に流水を運ぶのはこの海流である。3 月から 4 月にかけて流水が去り、再び宗谷暖流が回復してくる時期には、北海道の陸上の融雪、解氷が始まり、多量の陸水が沿岸に流出して極めて低鹹の沿岸水帯を形成し、これが沖の宗谷暖流に押されつつ南下する。オホーツク海ではこのような海流の交替が毎年繰り返されているが、1 年を通じて南下する恒流が圧倒的に卓越し、これはこの沿岸の大きな特徴になっている。このような沖の海流に加えて、岸近くでは風による表層の吹送流、沿岸水と沖の海水との間に起る密度流が加わり、さらに恒流に較べれば強くはないが潮流が重なっている。沿岸から $1\sim 2\text{ km}$ の範囲の流れは広義の沿岸流に含まれる。これは主として沖の恒流に支配されつつも吹送流の影響をかなり受け、さらに湖口や河口付近では流出する流れを加えて流況は複雑になる。ごく岸に近い砕波帯ではこの他、波の入射によって形成される局地的な海浜流系の存

在する所もある。常呂川は、このような海況の場に流出する河川であることを念頭におき観測データを解析せねばならない。

4. 流出する河川水のひろがり

海上調査は常呂川河口と常呂漁港を含む沿岸に沿い、沖 1~2 km の範囲で行なった。多くの観測点で船をアンカーし、水温、塩分(電導度計による)、流向流速の鉛直分布および気象観測をした。これと平行してフィルム記録型の流向流速計を全観測期間中常呂川河口沖約 800 m、水深 10 m の点で、海面下 3 m に設置し連続記録させた。それらの諸観測の一部を述べて検討する。

図-3 は、昨年 7 月 30 日の表層塩素量濃度の分布を示す。常呂川の河川水は河口で急速に希釈され西方に伸びて移動していることが判る。流量は約 $12 \text{ m}^3/\text{s}$ である。このときの流向は、東向き恒流とは逆の方向になっているが、これは表層 1~2 m だけであり、下層は別の方向に向く。たまたま当日は東の風が $3\sim 4 \text{ m/s}$ で終日継続したため、表層のみが西へ吹送されていた。図中の⊗の地点で測定した流速流向を見ると、下層では逆に東の方向へ向く成分が多く、底近くでは岸の方へ向いているのが見られる。たまたま時期が渇水期で、淡水は混合しながら密度流的に海面に浮上し拡がっているのに、陸上から見ると川の濁りは西へ向いているのが観察されている。しかし下層の流れは方向が異なっており、このことから河川流量が多い時期には表面の濁りだけを見て拡がりの方向を判断することは注意せねばならない。浮遊する微細な土砂粒子はやがて沈降し、下の層に移れば、陸上からは察し得ない別の方向へ輸送されることもあるからである。

図-4 は同じく 8 月 2 日の表層の塩素量濃度分布である。当日は始め南西の風 $2\sim 3 \text{ m/s}$ が続き、その後無風

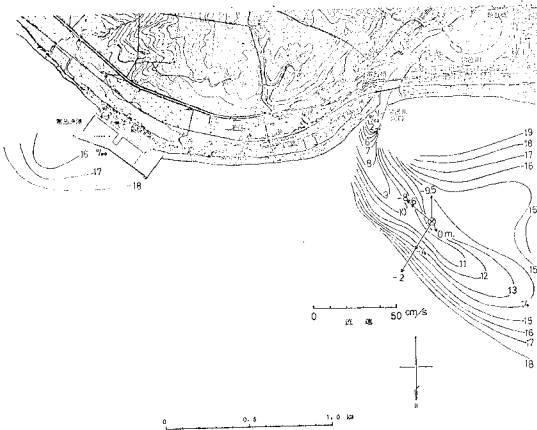


図-3 表層塩素量濃度分布 (7/30, 1976)

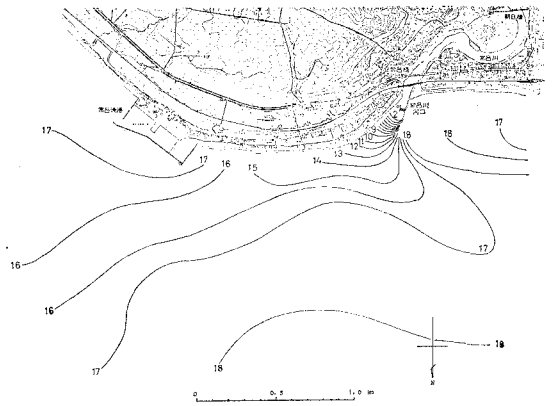


図-4 表層塩素量濃度分布 (8/2, 1976)

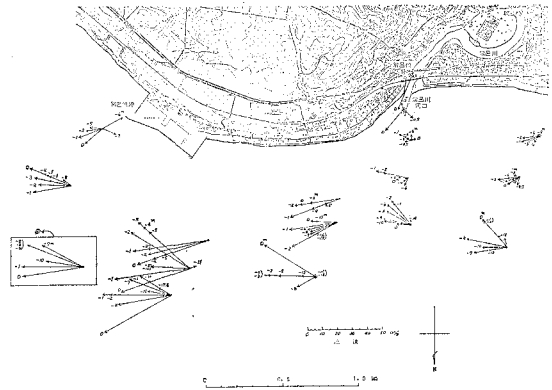
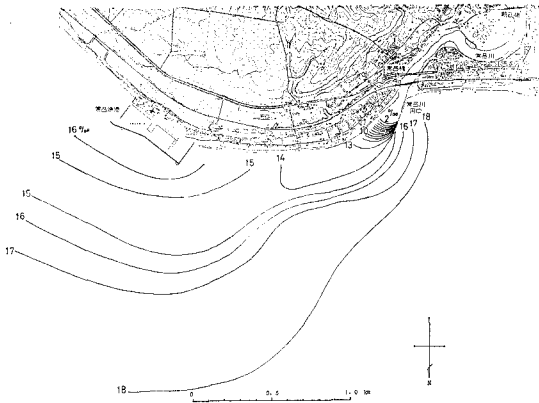


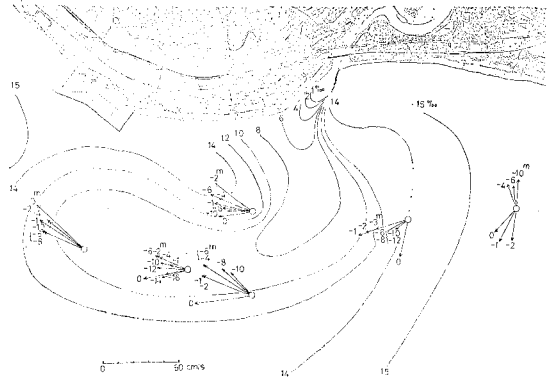
図-5 深度別流速流向分布 (8/2, 1976)

になったが、表層に乗った川の水は今度は東の方向に向いている。河口を出て急速に希釈され、右岸の岩礁の多い海岸に沿って東へ移動したあと離岸し、漁港のあたりから沖に向かいつつさらに東へ伸びていく。この時の流速流向の鉛直分布は、図-5 に示すとおりである。この日の流れは恒流に支配されていたと考えられるが、注意してみると表層と各深度とでは流向にかなりの違いがある。浅海領域なのでコリオリ力の影響ではなく海底地形によるものであろう。図-2 のように海底に岩礁が複雑に配置されており、音響測深機の記録では深浅の度合いが入り乱れてはげしい所が多いのでそのためと思われる。和田・宮池⁵⁾によれば、吹送流による湾内の流れの解析において、鉛直循環流が海底形状の変化に敏感に左右されると述べているが、これと同じ事情と思う。

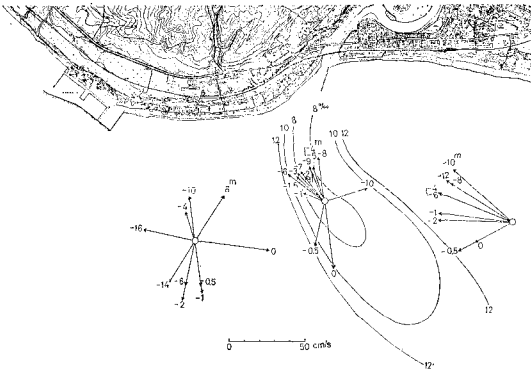
注目すべき点として、常呂漁港沖では流れが非常に早いことがあげられる。河口の西方海域と比較して顕著であり、海岸の突出した地形が原因と思われる。この傾向は他の観測にもその都度見られるものである。図-6 は 8 月 4 日のもので状況はよく似ている。以上の諸例は、



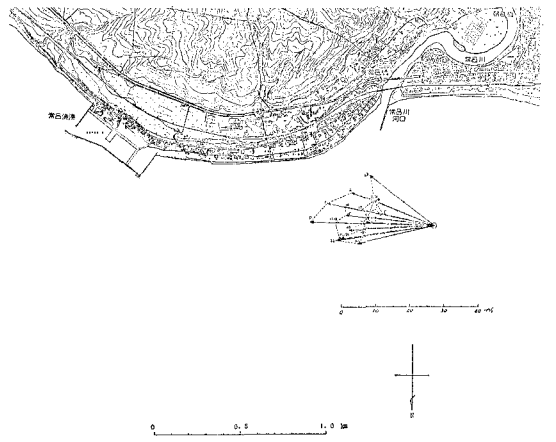
図—6 表層塩素量濃度分布 (8/4, 1976)



図—8 表層塩素量濃度および深度別流向流速分布 (4/27, 1977)



図—7 表層塩素量濃度および深度別流向流速分布 (4/25, 1977)



図—9 流速流向の日変化 (海面下 3 m, 8/2, 1976, 0 時～23 時, 数値は時刻を表わす)。

夏期渇水期におけるものである。

次に、春期増水時の例を示す。ただし大流量には遭遇しなかったため、河川流量は約 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ の程度である。図—7 は、本年 4 月 25 日の測定による表面塩素量濃度分布である。流水はすでに去って、沖は次第に宗谷暖流に代りつつあり、同時に沿岸には融雪出水による沿岸水が発達する時期に相当しているため塩分濃度は低く、最高の塩素量指示値は 16.5‰ 程度のものであった。従って高鹹な沖の水塊との間に密度流を形成する傾向があると思われるが、日常の恒流や吹送流、潮流に較べれば微弱のようではっきりしない。この日、風は南東 $3 \sim 5 \text{ m/s}$ で河川水は浮上混合しつつ比較的拡散することなく沖に伸びている様子が見られる。ただし流量が夏より多いため範囲は拡大している。また流速流向の分布から見て、表層は左右両端の海水を連行して二次流を形成していることがうかがわれる。ただし水面下の流れは夏の例と同様に表層とは様子が異なり、逆に岸向き、あるいは恒流と同じの東向きになっている。浮遊物質の輸送方向を表面だけから判断できない一例である。

図—8 は、同じく 4 月 27 日のもので、風は治まり海上は静穏であった。図—7 もそうであったが周辺の塩分が低いのは沿岸水の影響である。また拡散域が広いことも夏の場合と異なるが、拡散の状況は夏の静穏時のタイプとよく似ている。流れの向きは、表面から底まで大体東向きの成分を持つ点が多く、これも夏の場合と同じである。西側に一点だけ表層が沖に向かい、下層は岸に向かっており、現実の流れの複雑さがうかがわれる。

最後に、潮流よりも恒流が卓越していることを示す一例として図—9 を掲げる。これは昨年 8 月 2 日のもので 7 昼夜の連続記録から一日分だけを取り出したものである。流速計は水面下 3 m にあり、毎時の流向流速が矢印で示されている。全期間を通じて常に流れは東向きの成分を持ち、恒流が支配的であった。矢印の先端を結ぶ線の動きから潮流成分と思われる周期的な変化が見られるが、その他の不規則な成分も含まれている。

以上を要するに、常呂川河口沖の海流は1年を通じて東向きに恒流が発達しているの、無風時または西風のときは、河川水は混合希釈しつつ海面に浮上し東方へ輸送される。しかし東風の場合は表層 1~2 m の厚さのみが西方に向かい、岸から見ると川水のひろがり西へ向くように見えるが、中層部、底層部は依然として東あるいは岸方向に向いており、沈降した粒子はこの方向に運ばれるものと思われ、表層と下層とで方向のちがう大規模な分散形式をとることが想定される。したがってホタテ貝等の底棲生物に対する影響について考える際は、この点に注目して判断せねばならない。

5. む す び

調査が終わってから日が浅いため、海上拡散、分散の数値的あるいは解析的研究はまだ完成していないので、ここでは現地の生のデータおよびそれによる定性的な解析結果についてのみ述べた。大流量の流出にも遭遇しなかったもので、その研究もあわせて今後解析を継続したい。

調査に当っては、北海道開発局網走開発建設部鹿ノ子ダム建設事業所、および常呂漁業協同組合に格別の御援助をいただいた。また北海道開発協会には一方ならぬ御尽力をいただいた。記して、深く謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 柏村正和・吉田静男：天塩川の河口密度流，第23回海講論文集，pp. 477~481，1976.
- 2) 前田総之助：On the cold water belt along the northern coast of Hokkaido in the Okhotsk Sea，海と空，第43巻，第3号，pp. 71~90，1968.
- 3) 渡辺貫太郎：北海道周辺の海況および気象の特色，沿岸海洋研究ノート，第3巻，第2号，pp. 23~30，1964.
- 4) 青田昌秋：北海道オホーツク海沿岸沖における海況変動の研究Ⅰ，Ⅱ，低温科学 物理篇 第26輯，pp. 261~279，1970.
- 5) 和田 明・宮池克人：吹送流による湾内水の循環特性，第23回海講論文集，pp. 534~538，1976.