

水戸口閉塞の歴史と河道安定条件

佐々木幹夫*・村岡憲司**・渥美雅裕***・小松洋亮***

1. まえがき

岩木川の河口・十三湖の湖口を現地では水戸口（みとぐち）と呼んでいる。過去に、この水戸口は西北西の強風、激浪時、漂砂でふさがり、岩木川の流れをとめ大被害となって地元大きな被害をあたえ続けてきた経過がある。この湛水災害を防止するために水戸口に突堤・導流堤が設けられたが、この突堤工事に着手したのが大正14年で、全工事を完了したのが昭和22年であり、完成以来、水戸口導流堤は、今日なおその機能を持続しており、河口処理に成功した数少ない貴重な河川構造物となっている。そこで本研究では、水戸口閉塞の過程とその原因、水戸口河道の安定条件を明らかにすることとする。そのために、既存の資料収集解析と現地調査（図-1）を行った。

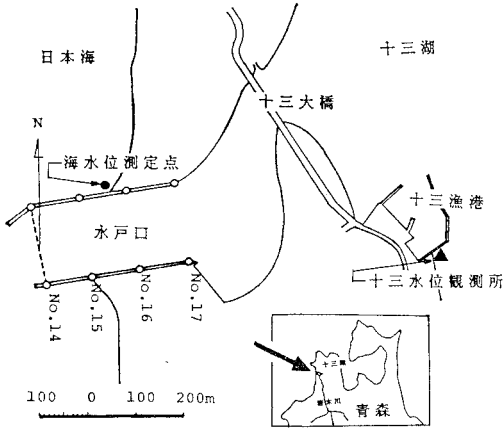


図-1 水戸口位置と調査地点

2. 水戸口の閉塞

水戸口は過去に幾度となく閉塞したが、水戸口のある十三村ではそれでも困ることはなかった。満水になった

岩木川の水を開疎により一気に流すことにより河道を深くすることができ、航路として適当な深さの水路が出来上がるからで、十三村の住民にとってはできるだけ水を湛めた方が良いが、上流の住民にとっては床上浸水等の被害が起きているもて生活しなければならないので大変な事態が発生したことになる。水戸被りとは上流の村民が十三村に入り、閉塞河道の開削を行おうとする行為であり、水戸被りをめぐって明治39年には流血事件まで起きている。

水戸口の閉塞は昭和5年1月に起きたのを最後に河道閉塞の歴史を閉じた。それは南突堤が汀線から175m築堤されたときである。このことは水戸口の兩岸の突堤が適度の長さになったときに効果を発したのでであると解釈できる。水戸口の場合、兩岸の突堤が河口の漂砂制御に良く機能しているが、それは突堤がなかった頃の河口地形変動特性を知ること容易に理解することができる。水戸口閉塞時の河口地形変動調査は大正7年～昭和14年に行われており（内務省岩木川改修事務所、1918～1939）、それによると以下のようになる。河口閉塞は大正7年から昭和5年の間に起きており、水戸口開疎後その日のうちに閉塞した場合もあり、これを閉塞2回として数えると、13年間で39回の河口閉塞があったことになる。年平均3回発生しており、最も多かった年は大正8年で8回、最も少なかった年で1回となっている。図-2は各月毎の閉塞回数を示したもので、図より、1月に11回と最も多く、次いで2、12月の順で7および8回と

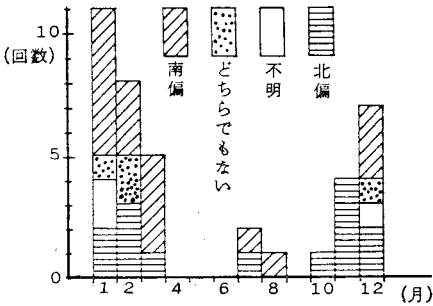


図-2 月別閉塞頻度

* 正会員 工博 八戸工業大学助教授 土木工学科
** 正会員 建設省東北地建青森工事事務所所長
*** 正会員 建設省東北地建青森工事事務所

なっており、夏期、7、8月にも3回の閉塞がみられるが、ほとんどは冬期に発生（92%）している。また、図中には河道が閉塞時に南北のどちらかに偏向していたかが示されており、図中『どちらでもない』は河道の偏向がないままに、閉塞したことを意味している。図より、11月にはすべてが北へ偏向して閉塞に至っているが、全体では南偏の回数がやや多くなっている。これは、南偏と北偏の割合を示した図-3で明確になっているが、北偏

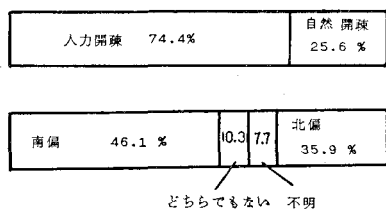


図-3 開疎・偏向状況

の生起頻度が36%にもなっている。これは、漂砂の卓越方向が地形図からは北から南の方向と判断されるが、閉塞時にはこれに無関係に、むしろ、その時々波向が強く関係していることを意味している。また、図-3より、河口が偏向することなく閉塞に至った場合が10%あり、閉塞には岸沖漂砂も関係していることを示している。図-4および5には南偏および北偏の河口地形変動後に閉塞した場合の代表例を示した。図の一点鎖線は開疎線を示したもので、どちらも人力により開疎しており、図-4の場合には大正8年1月18日に閉塞したものを翌日19日14時に開疎したが、24日12時に再び閉塞し、同日14時には図中鎖線で示した箇所を掘削して、河道を開いている。図-5の場合は大正8年11月4日に閉塞し、11月7日午前7時に開疎している。水戸口の回復は自然に開疎されたものが26%で、ほとんどは人力により開疎し（4回に3回の割合）、水戸口の復旧に努めている（図-3）。

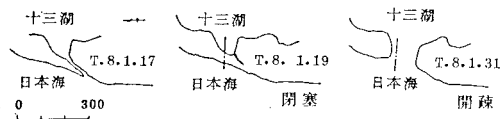


図-4 南偏による閉塞例



図-5 北偏による閉塞例

水戸口の突堤・導流堤の布設経過は以下のようになる。大正15年に水戸口の北側に突堤を設けることになり、同年5月に工事に着工、捨石を開始し（7月に被災す）昭和2年4月には65mになり、このときから水戸口が北突堤に接近し、同年7月には80m、初めて導流堤としての効果が見えるようになり、同年11月に135m、昭和4年6月に190m、昭和8年11月に240m、昭和9年11月に300m、昭和10年9月には現在の突堤と同じ長さの350mとなっている。一方、南岸の突堤は昭和5年5月に着工、同年10月には175mの突堤長となり、昭和8年11月には現在の長さと同じ240mの突堤となっている。突堤長が前年度より短くなっている年もあるが、これは捨石の被災のためであろう。図-6は南突堤がないときに起こった河道閉塞の一例を示したもので、図より、北側の突堤だけでは河口の安定が得られていないことがわかる。突堤の布設状況と水戸口の地形変化図をみると水戸口の安定は南北両岸の突堤とそれらの適度な長さによって得られているといえる。

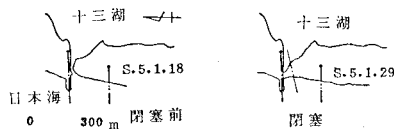


図-6 南突堤がなかった時の閉塞例

当時と昭和52年の風向を比較してみると、年間の風向頻度はほぼ同一の傾向を示している。冬期にはほとんどがNW～W方向の風となっており、当時の最頻度風向はNWとなっている（図示省略）。閉塞はほとんどが冬期に起きているが、冬期のW波は日本海沿岸特有の季節風によるもので、波向分布と陸上での風向分布図は一致する場合は少ないが、冬期のW方向の場合には風向に波向がある程度追従しているものとすれば、NW～Wの波向が多く、WSWやWSの波は5%弱の頻度となる。したがって、風向、波向から考えれば南下する漂砂が卓越し、突堤の北側では汀線の前進がみられることになる。

3. 汀線変化

汀線の前進量を深淺測量図から読み取ったものが図-7であり、図には昭和13年9月の汀線位置を基準にした場合の汀線前進が正、汀線後退が負で表わされている。前述のように、北突堤は昭和10年9月に、また、南突堤は昭和8年11月に現在の長さには達しており、基準となった昭和13年9月はそれから3～5年後になる。図より、昭和13年以降の汀線変化は以下ようになる。昭和13～14年では北側が前進、南側が後退、しかし、その変

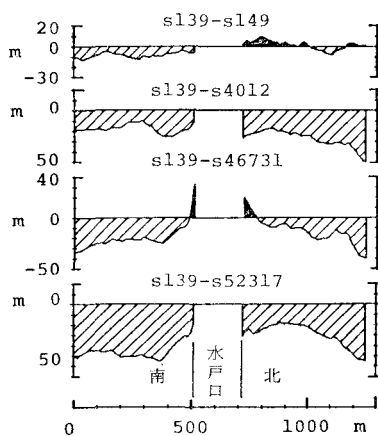


図-7 汀線変化(+: 前進, -: 後退)

化は小さく、昭和40年以降は、昭和46年の両岸突堤付近の汀線前進を除けば、すべて後退しており、全般的には両岸とも汀線の後退がみられる。昭和52年以降の変化は示していないが、昭和52～62年まで10年間の汀線変化を南北突堤から200 mの範囲でみると(図示省略)、北側汀線はNo. 16(図-1)付近を中心にして変動を繰り返しており、突堤近くで、前進の最大年が昭和55年3月、後退の最大年が昭和55年8月で、その差が35 mとなっており、200 m北側での10年間の汀線変動幅は21 mとなっている。また、南側汀線はNo. 15付近に付いており、突堤近くの汀線の最前進年が昭和50年8月、同最後退年が昭和55年3月でその差が56 mとなっており、そこより200 m南側での汀線変動幅は32 mとなっている。各年の汀線はこれらの範囲を前進したり、後退したりしているだけで、全体としては均衡が保たれている。したがって、図-7の昭和52年が近年の汀線位置を表わしているものとすることができる。図より、昭和13年を基準にすると汀線は全体として後退していることになり、表-1に500 m範囲の汀線の前進の平均値を示したが、昭和13～52年でその汀線後退量は北側で22 m、南側で27 mとなる。昭和40年以降は、表より、平均汀線の移動平均は $-12 \sim -6$ mとなっており、自然の変動を示しているものと考えられる。図-8は表-1に示した昭和40年の汀線位置を基準にした場合の汀線前進距離を示したもので、この基準年の汀線の相対的位置は表-1の平均値との比較よりわかるように汀線は南側で11 m前進、北側では5 m後退しており、その分だけ南側の後退量および北側の前進量が多くなっている。したがって、それらを差し引いて考えれば、汀線は昭和40年以降前進・後退を繰り返していることが図-8よりわかる。また、図より、これらの汀線移動の最大が南側で $-40 \sim -40$ m、北側で $-15 \sim -40$ mとなっており、これが自然の最大移動距離ということになろう。

和13～52年でその汀線後退量は北側で22 m、南側で27 mとなる。昭和40年以降は、表より、平均汀線の移動平均は $-12 \sim -6$ mとなっており、自然の変動を示しているものと考えられる。図-8は表-1に示した昭和40年の汀線位置を基準にした場合の汀線前進距離を示したもので、この基準年の汀線の相対的位置は表-1の平均値との比較よりわかるように汀線は南側で11 m前進、北側では5 m後退しており、その分だけ南側の後退量および北側の前進量が多くなっている。したがって、それらを差し引いて考えれば、汀線は昭和40年以降前進・後退を繰り返していることが図-8よりわかる。また、図より、これらの汀線移動の最大が南側で $-40 \sim -40$ m、北側で $-15 \sim -40$ mとなっており、これが自然の最大移動距離ということになろう。

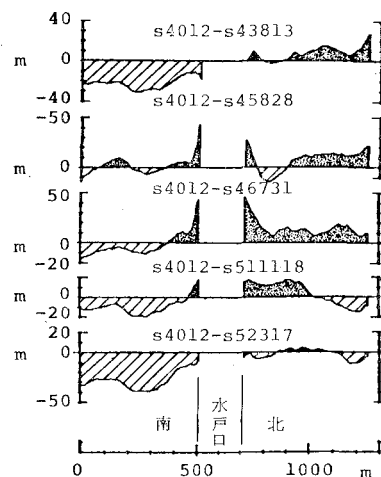


図-8 汀線前進の年変動

4. 水戸口の水利特性

水戸口の水利調査は東北大学土木教室(1967)と佐々木等(1989)によりなされているが両者の測定結果に異なる点がある。すなわち、前者の調査結果は外海潮位差 $2a_b \approx 0.2$ m、周期 $T \approx 12$ hrのもとで、内水位差 $2a_b$ が $a_b \approx a_s$ 、位相 $\tau \approx 30$ 分、最大流速 $u_{\max} = 0.41$ m/sとなり、湖内では a_b は場所に関係なく一定である。後者の結果は $2a_s \approx 0.36$ m、周期 $T = 25$ hrのもとで、 $a_b/a_s = 0.67$ 、 $\tau \approx 3$ hr 35 min、 $u_{\max} = 0.55$ m/sであり、したがって、位相と振幅が異なることになる。これを確認するために、図-1に示した箇所を外海水位と内水位の測定を実施してみた。内水位は河口より約1200 m

表-1 汀線前進の平均値(500 m 平均値)

単位: m

基準年	年	S14.9	S40.12	S43.8	S45.8	S46.7	S51.11	S52.3	平均
S13.9	N	1	-27	-20	-21	-13	-29.9	-29	-22
	S	-9	-18	-41	-15	-20	-27.7	-46	-27 ^{注)}
S40.12	N	—	—	8	6	14	4.2	2	6
	S	—	—	-22.5	3.0	2	-9.6	-28	-12
S42.8	N	—	—	—	-1.1	6.4	-3	-9	-2
	S	—	—	—	26	21	13	-6	13

N: 突堤北側汀線, S: 突堤南側汀線, 注) S14.9は除く

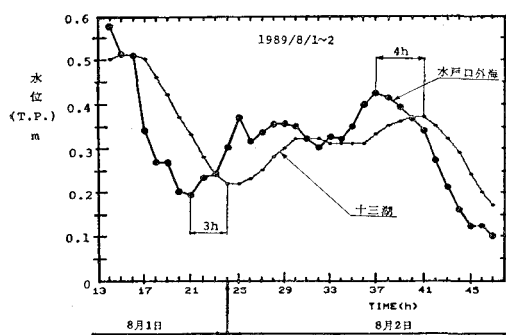


図-9 海水位と内水位の観測

上流にある建設省の十三水位観測所のデータを利用することとし、外海水位は水戸口突堤北側の海水位を測定することとした。水位は8ミリで録画したものを $\Delta t=0.5$ 秒間隔で5分間取った値を平均して求めた。図-9は測定結果であり、外海および内水の振幅は0.23と0.15、振幅比は $a_b/a_s=0.65$ 、位相 τ は $\tau=3\text{ hr } 30\text{ min}$ となり、佐々木等(1989)と同様の結果を得ている。外海水位を単一正弦波とすれば、図より周期 T は $T=26\text{ hr}$ となり、この場合の振幅比と遅れ時間 τ の理論(中村等, 1965, 近藤, 1972)値は0.9強および1hr強となり、実測値と合わないが、これは図よりわかるように、外海水位には日潮不等がみられるので、外海水位を単純に正弦波とするような理論はこの場合適用できないからであろう(近藤, 1972)。

水戸口付近の海域の振幅は大きい時で30cm前後、小さい時で10cm前後であり、最大流速は佐々木等(1989)の結果から類推すると潮位差が30~40cmで50~60cm/s、20~30cmで40~50cm/sとなるものと推定される。

5. 水戸口河床変化

図-10は水戸口河道内の平均水深 h を示したもので、 h には多少の変動はあるものの、極端な変化はみられず、とくに昭和50年以降の変化は小さく、No. 14は4m、それより上流のNo. 15およびNo. 16では3m付近の深さが続いており、非常に安定していることがわかる。

昭和50年以降の変化が小さいのは南突堤側に捨石プロ

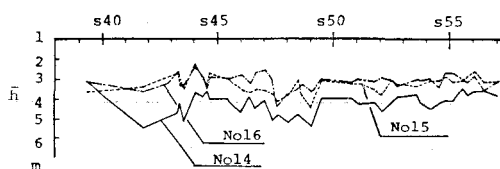
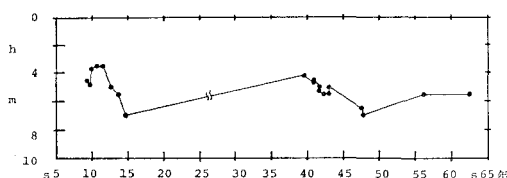
図-10 水戸口河道平均水深 $\bar{h}$ の変化

図-11 水戸口北突堤先端部の水深変化

ックが置かれ、水路幅が10m程狭くなったために、河道内の流速が増し、交番流による掃流力が増したためとも考えられる。図中のNo. 14は図-1に示したように、水戸口先端付近の深さを表わしており、この付近の水深がほぼ4mの深さで維持されていることは、水戸口先端部に砂州が簡単には形成されることのないような条件が自然に作られていることを示していよう。図-11は突堤先端部の深さを図示したもので、昭和14年9月までは延長していく過程にあるので徐々に先端深が深くなるが、それ以降は水深が5m前後に保たれており、大きな変化は見られない。昭和47年7月には先端深が6.7mと比較的大きくなっているがこのときの深深図をみると水戸口先端中央部が $h=3.5\text{ m}$ まで浅くなったときで、同年10月にはこの部分は消えて深くなっており、河道の一部が極端に深くなるとその分、他の箇所が浅くなる傾向にあるようである。

図-12はNo. 15~16の河床が凸になっている箇所を水戸口河道最浅部として、各年の水深の変化を図示したもので、昭和47年7月を除けば昭和9年以降2m以上の深さが続いている。昭和47年7月にはNo. 15+50で1.8mの最浅部が現われたが、同年10月には同箇所は3mの深さに戻っている。したがって、水戸口では河道浅部の水深が2m以上になるように、流れの掃流力が河床の底質に作用していることになる。

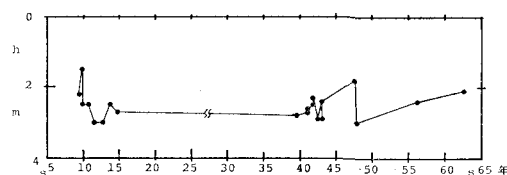


図-12 水戸口河道最浅部の水深変化

河床の起伏部が流れによって掃流されるかどうかは底質特性と流れの強さで決まる。交番流によって掃流される底質粒径 d_c は以下になる。限界掃流力 τ_c は限界シールズ数 ϕ_c を用いて表わせば、

$$\tau_c = \phi_c w (\sigma_s - 1) d_c = w h I \dots \dots \dots (1)$$

となり、ここに、 w =水の単位重量、 σ_s =底質の比重、

h =水深, I =水面勾配であり, 式(1)よりマンニングの式を用いれば d_c は以下になる.

$$d_c = v^2 n^2 / \{ (\sigma_s - 1) \phi_c h^{1/3} \} \quad \dots\dots\dots (2)$$

いま, $v=0.5$ m/s, $n=0.03$, $\sigma_s=2.65$, $\phi_c=0.05$, $h=3$ m とすると, $d_c=1.9$ mm となり, 一方, ϕ_c に岩垣の式を用いると $d_c=2.2$ mm となる. したがって, 河道にはおおよそ 2 mm より大きい粒径の土砂群は残るが, それより細かい底質は交番流によって掃き出されることになる. 図-13 は水戸口の前面, 北側および南側海域の底質を示したもので, 図より, 水深 4~9 m の海域の底質は河道内に入っても交番流により排除されることになる. 岩木川上流と南北両岸の底質は以下になる. 水戸口から上流へ約 4.8 km のところに岩木川河口があるので水戸口への流砂は十三湖内の底質となり,

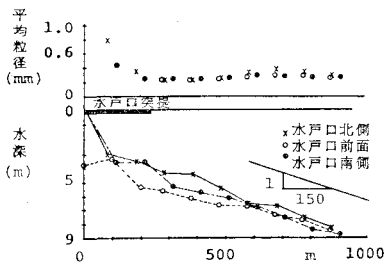


図-13 水戸口付近の海域の底質特性

十三湖の平均的な粒径は 0.029~0.057 (シルト・粘土質) のものが大部分である. 水戸口の南北の海岸砂の平均粒径は, 北の磯松ではかなり大きい (34 mm) がこれを南下すると急に小さくなり, 水戸口付近 (南北へ 1.5 km) の砂州では平均して 1~2 mm 程度である. したがって, 水戸口河道は順流・逆流掃流力と底質特性との均衡した関係のもとに安定が持続しているものと考えられる.

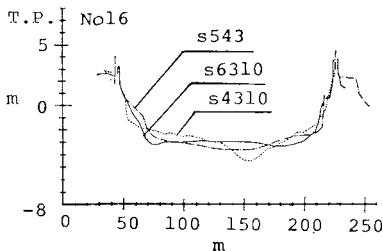


図-14 水戸口断面形状の変化

図-14 は水戸口河道の断面形状を示したもので, 河床形状はわずかに変化しているが, これらの流積比を比較すると昭和63年を基準にして, 昭和43年および昭和54年との流積比は, それぞれ 1.03 および 1.02 となり, 断面形状が変わっても流積はほとんど変わらないでいる.

6. む す び

以上, 本研究によって得られた主要な結論は以下のようになる.

(1) 水戸口の閉塞は河口が南偏した後に閉塞に至った場合と北偏して閉塞に至った場合とがあり, 南偏の方がやや多いが, 北偏の生起頻度も 3 割以上あった. どちらにも河口が偏ることなく閉塞に至った場合もあり, 水戸口閉塞には沿岸漂砂だけでなく, 岸沖漂砂も強く係わっていた. 水戸口の河道安定化には沿岸漂砂と岸沖漂砂の両方に対処していく必要があった.

(2) 水戸口では南北両岸の突堤があって始めて河口閉塞を防ぐことが可能となった.

(3) 汀線は50年前 (昭和13年) と比較すると水戸口突堤の南北両岸とも後退しており, 突堤から 500 m 範囲の後退の平均距離は南で 30 m 強, 北で 20 m 強となる. 昭和40年以降は前進・後退を繰り返しながら全体として均衡を保っている.

(4) 潮位差が 30~40 cm のとき, 水戸口における最大流速 u_{max} は $u_{max}=0.5\sim0.6$ m/s, 潮位差が 20~30 cm で $u_{max}=0.4\sim0.5$ m/s の流速となる.

(5) 水戸口河道は安定流積に達しており, 断面形状の年変動はみられても, 流積の変化はほとんどない. 水戸口の最浅部水深は 2 m 以上となっている. 水戸口前面は 4 m 前後の水深が続いている.

(6) 水戸口の河道平均水深は 3 m 強で持続してきているが, これは, 交番流掃流力と底質特性との良好な関係によるものである.

参 考 文 献

- 近藤徹郎 (1972): 感潮炭水路の流速, 内水位および最大流速水深の一解法, 土木学会論文報告書, 第 206 号, pp. 49~54.
- 佐々木幹夫・沼尾康男・田中 仁・首藤伸夫 (1989): 岩木川水戸口の水利特性, 昭和 63 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要, pp. 62~63.
- 東北大学工学部土木教室 (1965): 岩木川河口水利調査報告書, pp. 20.
- 内務省岩木川改修事務所 (1918~1939): 十三水戸口変形図, 780p.
- 中村 充・白石英彦・佐々木泰雄 (1965): 海水交流の一解析法, 第 12 回海岸工学講演会論文集, pp. 128~132.