

蒲生干潟における塩分の侵入と交換に関する研究

Field Study on Salinity Intrusion and Exchange in Gamoo Lagoon

東北学院大学工学部 正 員 上 原 忠 保

1. はじめに

蒲生干潟は七北田川（宮城県）河口から上流 200 m の左岸にあり（図—1）、七北田川とは石積み導流堤によって仕きられている。仙台新港の建設にともない、北上していた七北田川河道が埋めたてられ現在の形となった（図—2）。七北田川河口付近の水の塩分は仙台湾の潮汐変化にともなって変化する。そして干潟内の水の塩分も水位が低いときは主に導流堤内の 2 本のヒューム管（内径 1 m）を通して、また水位の高いときはさらに導流堤上の越流も加わって、七北川河口付近の水の干潟への流入および流出にともなって変化する。

蒲生干潟はシギ・チドリ等の渡り鳥の渡来地として知られるが、その理由の 1 つにゴカイ等の底生生物が多数生息しており渡り鳥がそれを採餌することができることがあげられる。ゴカイはある範囲の汽水域にのみ生息できる。また、仙台新港の建設や干潟周辺地域の開発により干潟をとりまく環境は徐々に変化しつつある。したがって、干潟内水の塩分の変化、侵入状況および七北田川 水との交換を明らかにすることは、干潟の生物環境保全の方策をたてる上で基本的に重要である。

蒲生干潟水の塩分と海水交換については、干潟保全の立場からいくつかの研究が行なわれており、干潟内の塩分交換モデル、七北田川水と干潟水の交換率および七北田川水の塩分分布と干潟内水の塩分分布の関係が調べられた。また 1 次元数値モデルによる干潟内水の塩分変化の計算も行われている。しかし、干潟の水環境は、潮汐・河川流量および河口砂州等の多くの因子によって影響を受ける。そのためにはさらに多くの現地データを蓄積していく必要がある。1979 年から 1983 年にわたり蒲生干潟における塩分分布、侵入挙動および交換について、いくつかの観測を行った。本研究は、これらの結果をとりまとめたものである。

2. 現地および観測の概要

蒲生干潟は長さ 860 m、最大幅 250 m、最大水深 1.0 m（T. P. + 0.6 m 時）である。導流堤より 150 m の入口部は幅が狭く右岸（導流堤に向って右側）が深い。200 m ～ 250 m は干潟内の滞筋では河床が最も高い。300 m 以奥は左岸が深く、奥部に向って次第に深くなり 800 m で最大になる。（図—2）このような地形のため 300 m 以奥の水は低潮時でも流出せず残留し、水深の浅い部分が干潟となって露出する。

隣接する養魚場の淡水排水が右岸 500 m 付近のアシ原より干潟へ少量づつ流入する。

観測断面あるいは測点数は、観測ケースによって若干異なるが最大 25 である。導流堤から奥に向う距離でこれらを区別する。マイナスは七北田川側の断面に付ける（図—3）。

観測項目は水位・塩分および流速である。水位は水位杭、流速はプロペラ式流

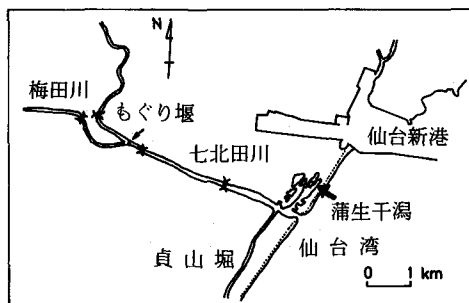


図 - 1 蒲生干潟位置図

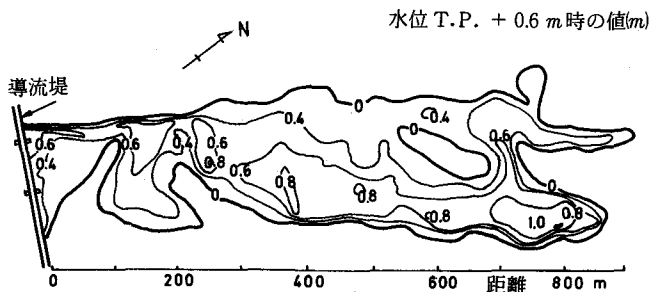


図 - 2 蒲生干潟等深浅図

1979.12 ~ 1980.1

速計を用いて測定した。塩分の測点は水面と底層とした。直接、試料びんで採水するかあるいはハイロート採水びんで採水したものを導電率計で分析して求めた。

観測は12～44時間、1～2時間毎に行なった。流速測定断面にはロープをはり、ゴムボートで移動して測定した。

図-4、5および6は、それぞれ七北田川流量の頻度分布、仙台湾の高潮位の頻度分布および七北田川河口砂州形状の例である。河川平水量は $1\sim3\text{ m}^3/\text{s}$ 、潮汐は、高潮位がT. P. +0.77 m未満の日が93%, T. P. +0.77 m～0.87 mの日は月2日生ずる。

河口砂州の形状は年間を通じて絶えず変動している。図-6(a)のときは湾と河口内の水の出入に大きな影響はないが、砂州が南下した図-6(b)では流水断面が減少し、影響がある。

3. 観測結果および考察

表-1は観測ケースの水利条件である。各ケースの水利条件のちがによって、塩分の侵入と交換の状況が異なっている。

(ケース1) 大潮、平水量で河口砂州の影響が小さい場合。海水交換の結果、干潟内の塩分が上昇するケース：

表-1の観測①、④および⑤がこのケースに相当する。

観測①は1979年8月8日11時より30

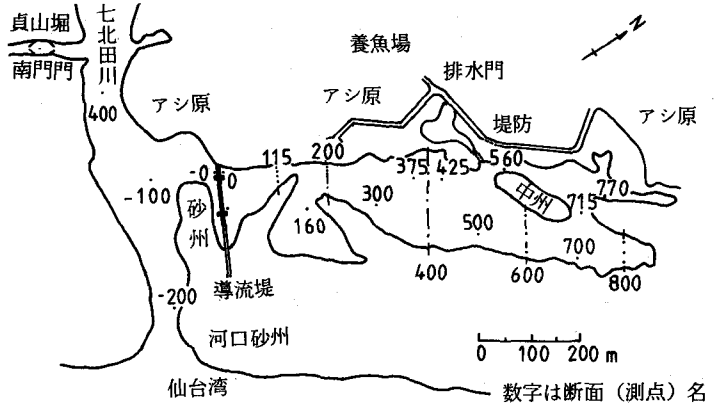


図-3 蒲生干潟測点位置図

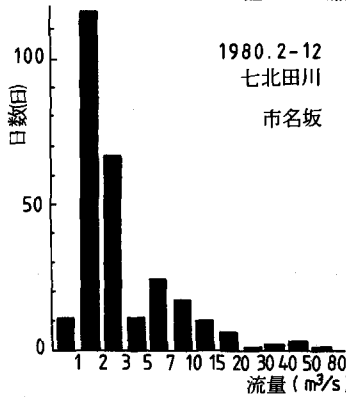


図-4 河川流量の頻度分布図

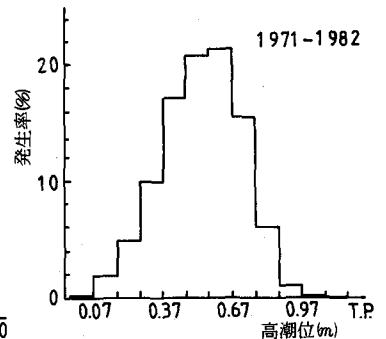


図-5 仙台湾高潮位の発生率分布図

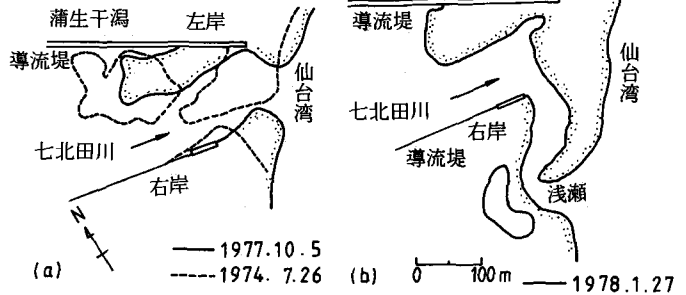


図-6 河口砂州形状の例

表-1 観測の水利条件一覧表

観測 No	観測 年月日	七北田 川流量 (m^3/s)	高潮位および低潮位 (T.P.)				最大塩分			観測前 干潟内 (800m) 塩分(‰)	河口砂 州形状 (図-6)	干潟内(115m)の 最大の流量と流速				備 考
			仙台湾 (m)	河 口 (m)	800 m (m)		河 口 (‰)	-0 m (‰)	800 m (‰)			流入 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	流速 $v(\text{m/s})$	流出 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	流速 $v(\text{m/s})$	
①	1979. 8. 8 ～ 8. 9	2.7	0.79 -0.79	0.82 -0.41	0.85 0.20	大潮	28.0	25.1	18.1	8.1	a	12.5	0.55	-3.5	-0.35	塩分上昇
②	1980. 8. 29	34.0	0.69 -0.50	0.81 -0.14	0.81 0.25	中潮	3.2	4.5	5.5	5.1	a	6.1	0.56	-4.1	-0.26	洪水直後
③	1980. 10. 11 ～ 10. 12	2.9	0.70 -0.48	0.72 -0.05	0.71 0.23	中潮	33.8	30.3	26.1	30.8	a	6.2	0.62	-3.5	-0.35	塩分低下
④	1981. 8. 1 ～ 8. 2	2.5	0.78 -0.72	0.83 -0.25	0.83 0.24	大潮	34.0	32.6	32.2	29.2	a	7.0	0.43	-1.9	-0.28	塩分上昇
⑤	1982. 8. 6	2.8	0.66 -0.56	0.67 0.13	0.62 0.34	大潮	28.3	16.0	13.6	13.6	b	5.1	0.35	—	—	塩分上昇
⑥	1983. 1. 14 ～ 1. 16	2.5	0.59 -0.86	0.53 0.04	0.53 0.19	大潮	18.3	12.0	12.0	12.0	b					河口砂州

時間、毎時行った。7月末の大雨後は平水量が続き、直前も大潮であった。河口砂州形状は図-6のタイプ(a)である。仙台港の高潮位はケース中最大である。

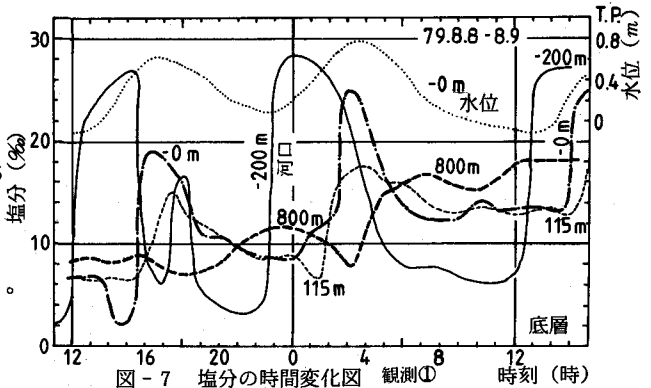
図-7は、河口（-200 m）、-0 m、115 m および 800 m 断面底層の塩分の時間変化図である。8月8日の塩分の最大値は河口で26%であるが、115 m 断面では15%に低下する。

上げ潮のある期間は-0 mおよび115 m 断面の塩分はいったん低下する。一時的な塩分低下の原因は七北田川河口付近の塩水侵入の状況から説明できる。下げ潮時成層をなして流出する七北田川の流れが、上げ潮に入って河口から侵入した海水によってせきとめられる。海水の壁のつくるフロントは徐々に上流に進行するので河口内の水位は上昇し干潟への流入が始まる。フロントが導流堤の位置に達するまでは河口内の淡水に近い表層水が流入する。フロントが到着すると塩分の高い水が流入する。

図-7において奥部の800 m 断面の塩分は観測当初8.1%であるが8月8日23時に11.5%、8月9日13時に18.0%に上昇する。2サイクルで塩分が10%上昇したことになる。

図-8は、8月9日の1サイクルについての鉛直および水平方向の等塩分濃度線図である。1時：河口内は上げ潮半ばである。干潟内の200 m 断面付近までは7%以下の低塩分水が占める。3時：低塩分水は800 m 断面に達した。-0 m 断面は最高の25%となった。4時：干潟の内外で高高潮位 T.P.+0.79 m で、底層塩水は奥に向っている。10時：下げ潮半ばであるが、400 m 断面から600 m 断面の下層に高塩分水が侵入中である。14時：低低潮時に800 m 断面の塩分は17.8%に上昇した。

図-9は、115 m 断面の塩のフラックスの時間変化図である。フラックスは wQS



(1) 1:00 上げ潮

(2) 3:00 上げ潮

(3) 4:00 高高潮

(4) 10:00 下げ潮

(5) 14:00 低低潮

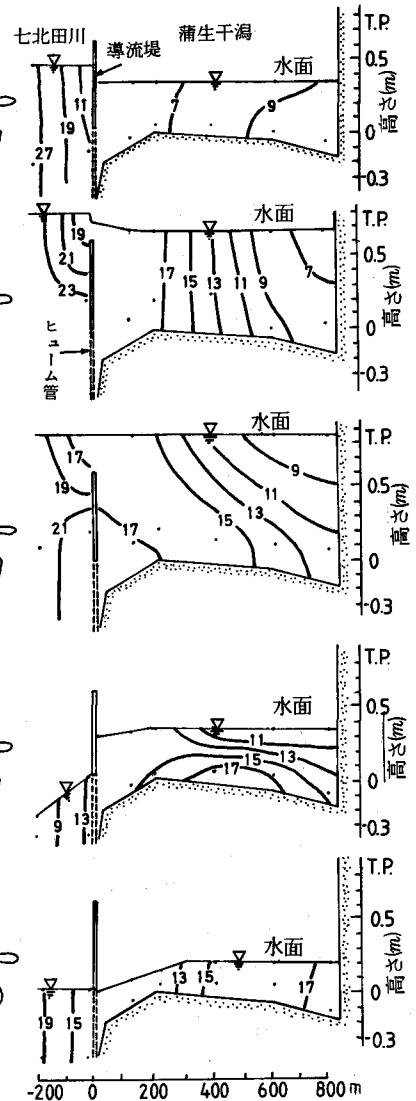


図-8 水平および鉛直等塩分濃度線図 観測① 1979.8.9
・は測点 数字は塩分(%)

で計算した。 $\bar{S}$ は断面内 6 点の平均塩分、 w は水の単位重量である。観測① (実線) の場合、30 時間の出入りの結果残留した塩の方が多くなる。

観測④は、1981 年 8 月 1 日 11 時より 19 時間、毎時行った。河川流量は 7 月半ばに $13 \text{ m}^3/\text{s}$ に増水した後の 8 日間は平水量にもどっている。観測日の前 2 日は大潮である。河口砂州形状タイプ(a)、仙台港の低高潮位は T.P. + 0.61 m、高高潮位は T.P. + 0.78 m である。

図-10 は塩分の時間変化図である。奥部 800 m 断面では観測当初は 29 % の高塩分である。

上げ潮時には 23 % に低下した後、22 時に 32 % までさらに上昇する。これは河口での最大塩分が 34 %、干潟入口の 115 m 断面でも 33 % であることによる。

観測⑤は、1982 年 8 月 6 日 11 時より 12 時間行った。河口砂州の形状は、タイプ(a)と(b)の間である。7 月末に $35 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水があり 8 月初めも $10 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度の日が続いたが当日は平水量にもどっている。低低潮より低高潮までの期間の観測である。

図-11 は塩分の時間変化図である。奥部 800 m 断面では、観測当初は 13.6 % で上げ潮時 10.0 % に降下するが 20 時には、14 % に増加している。600 m 断面の塩分の上昇から推測すると以後 800 m 断面もさらに塩分は増加するものと思われる。観測⑤では河口砂州の影響はあるが干潟奥部での塩分の交換は生じている。ケース 1 では観測当初の干潟内の塩分と流入水の塩分の大きさに相異はあるが、各観測とも終了時には塩分が上昇している。塩

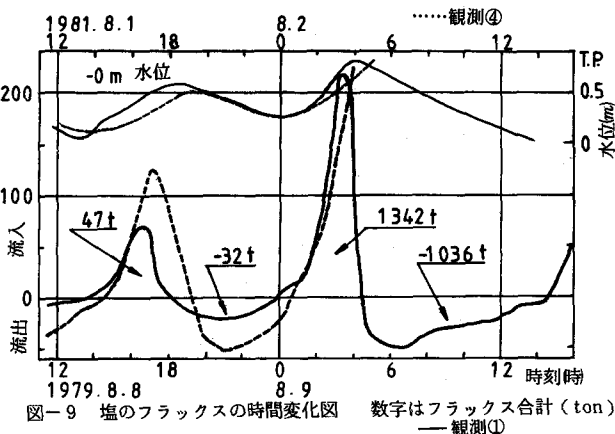


図-9 塩のフラックスの時間変化図 数字はフラックス合計 (ton)

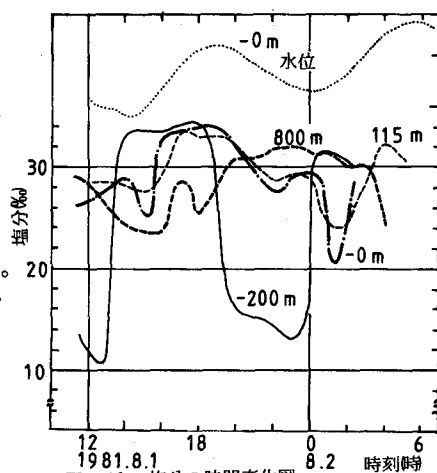


図-10 塩分の時間変化図

観測④ 底層

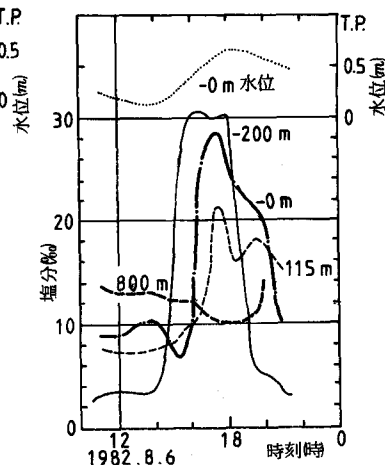


図-11 塩分の時間変化図

観測⑤ 底層

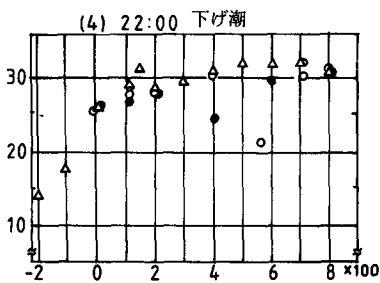
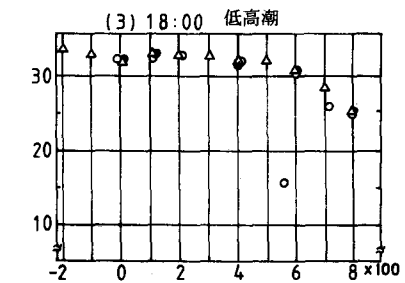
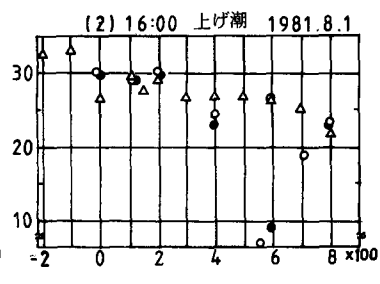
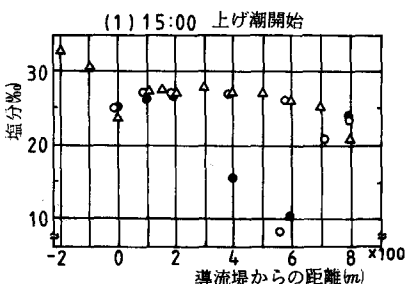


図-12 塩分の流下方向分布図

観測④ 底層 △左岸 ○中央 ●右岸

分の流下方向の分布は観測④の場合、図-12 のようになる。15 時：上げ潮開始で、入口付近に低塩分水が流入している。16 時：上げ潮中で、奥部に低塩分水が押し込まれ入口は高塩分になった。18 時：低高潮で高塩分水の先端が 600 m 断面付近に達した。800 m 断面の塩分は最低となる。22 時：下げ潮で入口部の塩分が低下し、奥部が上昇し最高になった。以上の例のような塩分侵入、交換の型はケース 1 に共通である。

(ケース 2) 干潟内の塩分が低下して中潮、増水中、河口砂州の影響が小さいとき、海水交換によって干潟内の塩分がわずかに減少するケース：

表-1 の観測②がこのケースに相当する。観測は 1980 年 8 月 29 日 11 時より毎時、12 時間行った。観測前 2 日間、30 m³/s の洪水があった。観測当日はほぼ平水にもどったが、観測中再び増水した。中潮であるが河川水位の上昇のため河口での低高潮位は T.P. + 0.81 m である。図-13 および 14 はそれぞれ七北田川および干潟内の塩分の時間変化図である。七北田川河口から上流 400 m の断面では高潮時には底層に沿って 21 % の塩水が侵入しているが、潟内へ流入する水の塩分は 5 % 程度である。800 m 断面の最大塩分は 8 % である。

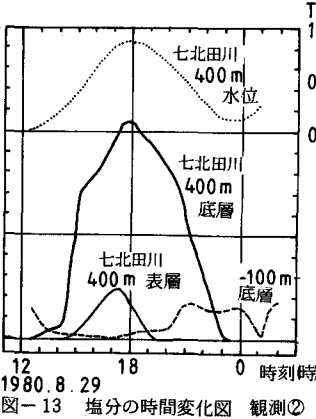


図-13 塩分の時間変化図 観測②

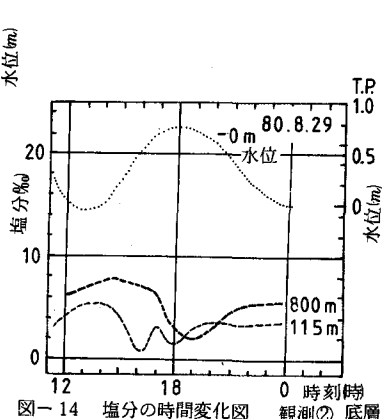


図-14 塩分の時間変化図 観測② 底層

(1) 15:00 低潮



(2) 17:00 上げ潮



(3) 19:00 高潮



(4) 23:00 下げ潮

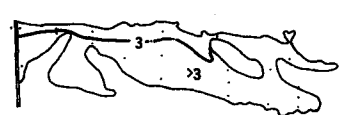


図-15 は、等塩分濃度線図で、図-16 は流下方向の塩分分布図である。これらの図より次のことがわかる。

15 時：低潮時には干潟の奥部の塩分が入口部より高い。17 時：上げ潮で低塩分水が干潟中央に達している。

19 時：高潮時干潟の大部分が 1 % 以下になる。23 時：下げ潮で奥部に再び 5 % 線があらわれる。これは低塩分水によって奥部に押し込まれた 8 % の水が、水位の低下とともに再びもどってきたものである。ケース 2 は、干潟内の塩分が低下 (8 %) して、七北田川の増水のため淡水に近い水が大量に干潟に流入するが、奥部の水は、押しこまれるため完全に、淡水化するのではなく、塩分はわずかに減少する状況を示している。

図-15 等塩分濃度線図 観測② 底層 1980.8.29

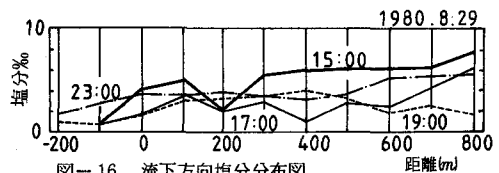


図-16 流下方向塩分分布図 観測② 左岸底層

(ケース 3) 干潟内が高塩分で、中潮、平水量、河口砂州の影響が小さいとき、海水交換によって干潟内の塩分が減少するケース：

表-1 の観測③がこのケースに相当する。観測は 1980 年 10 月 11 日 11 時より 28 時間、毎時行った。観測前 20 日間、平水量が続いた。その間に 2 度大潮があった。そのうち 1 度は観測日直前である。潮汐は中潮で

仙台港の高高潮位は、T. P.+ 0.7 m、低高潮位は、T. P.+ 0.62 mである。

図-17は塩分の時間変化図である。干潟内奥部800 m断面の塩分は観測当初30.8‰で観測の中で最大であった。この値は10月12日の低低潮時に29.0‰に、つづく1サイクルで26.0‰に減少している。-0 mおよび115 m断面の塩分はケース1で述べた理由によって、10月11日の上げ潮時(14時30分)に急低下している。12日の低下はこれより小さい。両日の低潮位を比べると11日の方が高い。すなわち低潮位が高いと干潟へ流入する水の塩分が低い。この理由は、次のように考えられる。低潮位が高いときは、

河口における上げ潮時の海水流入は比較的穏かであり、河口内のフロントの進行も遅い。-0 m断面での水位が約T. P.+ 0.35 mの時干潟へ低塩分水の流入が始まる。フロントの進行が遅いと低塩分水の流入量が多くなり、塩分が低くなる。表-1において、観測③の河口での低潮位は、大潮時の観測より高い。ケース3は中潮あるいは潮差の小さいときは、低塩分水の流入量が多くなり、干潟内の塩分が低下する傾向があることを示している。図-17において塩のフラックスは流出が流入を上まわっており干潟内の塩分低下を裏づけている。

(ケース4) 河口砂州の影響で大潮時でも海水交換によって干潟内の塩分がほとんど変化しないケース:

表-1の観測⑥がこのケースに相当する。観測は1983年1月14日から16日まで44時間、2時間毎に行った。10月下旬に洪水があって後、80日間平水であった。その間に4度大潮があった。観測日も含め前3日は大潮である。河口砂州の形状は図-6のタイプ(b)である。河口(-200 m)断面は、海より約150 m上流である。潮汐は大潮であるが、仙台港の高潮位はT. P.+ 0.59 m、低潮位はT. P.- 0.86 mである。

図-18は塩分の時間変化図である。-200 m断面では上げ潮時最大34.7‰の塩分が侵入するが、干潟入口(-0 m)断面に達するまでに2時間余りかかり、塩分は21.0‰に低下する。800 m断面では塩分は9.0‰でほとんど変化しない。図-18より、-0 m断面の水位は下げ潮に最大11時間を要し、低潮位が高く、高潮位は低下することがわかる。仙台港と比べると、河口との潮差の比は0.41、干潟については0.26である(表-1)。観測⑥は、河口砂州の発達により、七北田川河口および干潟内の水の潮汐変動が制限され、

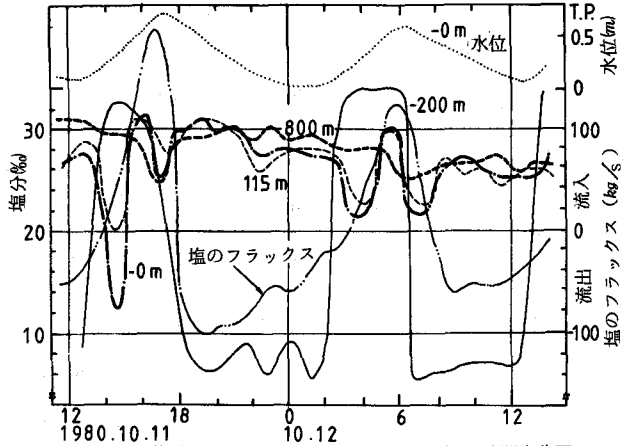


図-17 塩分および塩のフラックス(115 m)の時間変化図
観測③ 底層

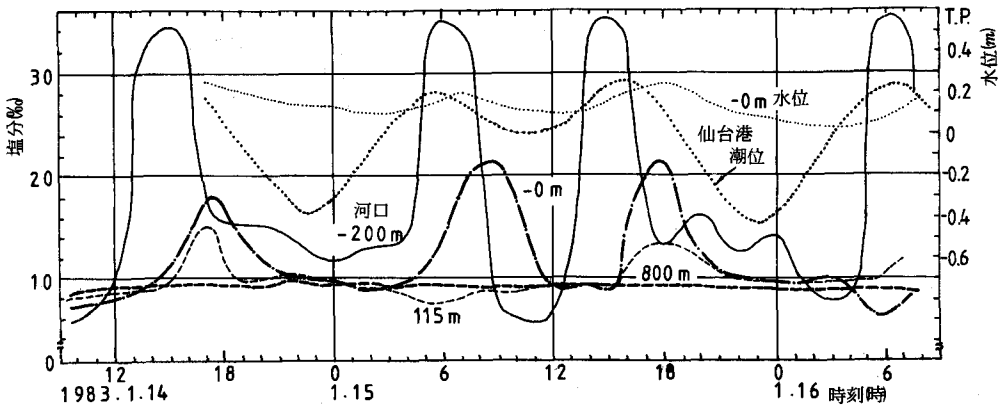


図-18 塩分の時間変化図
観測⑥ 底層 河口砂州タイプ(b)

干潟内の塩分が、低く保たれる状況を示している。

図-19は115 m断面における流入水の最大塩分と仙台港高潮位との関係を平水量の場合について示す。同一の観測については高潮位が大きいと最大塩分も大きくなる傾向があることがわかる。観測①は他の観測と河川流量は変わらないが、観測前の洪水のため河口での塩分が低下しているので最大塩分が低くなっている。観測⑤、⑥は、河口砂州の影響を受けて最大塩分が低くなっている。

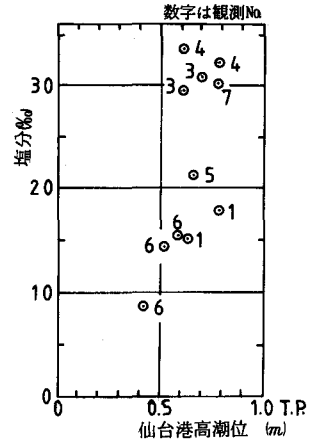


図-19 仙台港高潮位と115 m断面最大塩分との関係図
7は、1979. 9. 9

図-20は、1983年4月～11月の蒲生干潟内の400 mおよび800 m断面の塩分の週変化図である。降雨量(仙台)、仙台港高潮位および河口砂州形状のタイプの変化も示した。七北田川の河川流量は降水量とほぼ対応している。閉塞していた河口は5月半ばに人工的に砂が排除されタイプ(a)の状態が続いたが、11月下旬に再びタイプ(b)となった。タイプ(b)のとき干潟内の塩分は、ケース4でみられたように、潮汐の変動に大きくは反応せず、低塩分になっている。7月および9月の降雨にともなう流量増加によって、

干潟内の塩分は、ケース2でみられたように、約5‰に低下している。降雨の少なかった6月、10月および11月では、塩分はケース1あるいはケース3でみられたように大潮時に増加し、小潮時に減少している。

4. 結 語

蒲生干潟内の塩分変化を七北田川流量、仙台湾潮汐および河口砂州の形状と関連づけて分類し各ケース毎に観測結果を述べた。現状では、干潟内の塩分は、潮

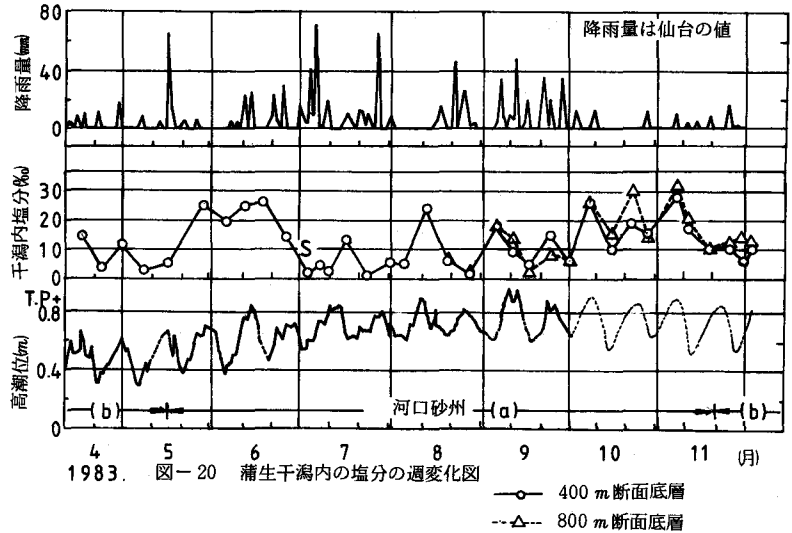


図-20 蒲生干潟内の塩分の週変化図

汐変化、適度の出水等により、生物環境にとって好ましい値0.9～23.5‰にはほぼ保たれている。したがって例えば干潟底質の悪化に対する対策として、現状の変革を検討するときには慎重な配慮が必要である。今後七北田川河口～干潟入口までの塩水フロントの挙動についてさらに研究をすすめる必要がある。

本研究をすすめるにあたり、終始御指導を賜った東北大学 岩崎敏夫教授に厚く御礼申し上げます。東北学院大学工学部職員 高橋宏氏および水理研究室卒業生、在校生の諸氏より観測、資料整理および図面作成の協力を得た。宮城県河川課および運輸省第二港湾建設局塩釜港工事事務所からは貴重な資料をお借りした。また文部省環境科学特別研究(1)(代表者 東北大学 栗原康教授)に研究費の一部の援助を受けた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 栗原康; 岩波新書, 1980.
- 2) 岩崎敏夫・上原忠保; 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要, 1980.
- 3) 菊地永祐・花輪公雄・栗原康; 陸水学雑誌, 1980.
- 4) Hanawa, K. and E. Kikuchi and Y. Kurihara; 陸水学雑誌, 1981.
- 5) 岩崎敏夫・江塚利幸・清水保; 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要, 1980.
- 6) 上原忠保・岩崎敏夫; 土木学会第27回水理講演会論文集, 1983.
- 7) Hanawa, K. and T. Sugimoto; Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 5, Geophys. 25, No 4, 1979.