

(2) 蒲生干潟のSSと底質

SUSPENDED SEDIMENT AND BOTTOM SEDIMENT IN GAMOO LAGOON

上原 忠保※

Tadayasu UEHARA※

ABSTRACT: Gamoo lagoon (Miyagi Prefecture) is well known as a resting and feeding place of migratory bird such as snipes and plovers. This study reports a series of measurement of SS, salinity, flow velocity, water level and bottom sediments in Gamoo lagoon with a aim of the conservation of the ecosystem. The present study revealed a large deposition along the bottom of inner region of the lagoon. This is mainly due to SS in the water inflowed from the Nanakita river, waste water discharge from fisher farm behind the lagoon, and the sand transported by the water over the beach during storm at Sendai bay.

KEYWORDS; bottom sediment, suspended sediment, Gamoo lagoon, Japan coast.

1. はじめに

シギ、チドリ等の渡り鳥の渡来地として知られている蒲生干潟は、七北田川(宮城県)河口から上流200 mの左岸にある長さ約860 m、最大幅250 m、水面積13 haの浅い潟潮干潟⁽¹⁾で低潮時には干潟で干出する。蒲生干潟と七北田川は石積み等流堤によって仕切られており、水の交換は、導流堤内の2本のヒューム管(内径1 m)、導流堤内の透水および越流によって行なわれる。干潟北側背後には、養魚場がありその排水が少量づつアシ原を通して干潟に流入する。また干潟の南側は幅約150 mの砂浜があり、干潟は仙台湾の波浪から保護されている(図-8)。多数の野鳥が飛来する理由の一つに、干潟にゴカイ等の多くの底生生物が生息していることがあげられる⁽²⁾。これらの生物の生息環境にとって一つの重要な因子である塩分についてはすでに報告した⁽³⁾。干潟の底質も重要である⁽¹⁾⁽²⁾。またSSは流水によって輸送・沈降、そして洗掘され底質の変化と密接な関係がある。蒲生干潟の底質に関しては、いくつかの研究がある⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾が、その経年変化は未だ知られていない。またSSについては未だ調べられていない。したがって底質と地形の特長とその経年変化を把握するとともに、その原因究明のために水の運動にともなうSSの挙動、養魚場の排水の干潟内でのひろがり、干潟内におけるSSの長期的変化を調べることは、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。本研究は以上のような観点のもとに、1979年から1985年の間に行ったいくつかの観測結果をとりまとめたものである。

2. 地形と底質

2.1 地形

地形は導流堤に平行に20 m~40 m間隔で、目盛付ロープをはり測深棒とレベルによって深浅測量を行なって求めた。昭和54年、57年、59年の3回にわたり行なった。

図-2(a), (b)は、昭和54年度および昭和59年度の

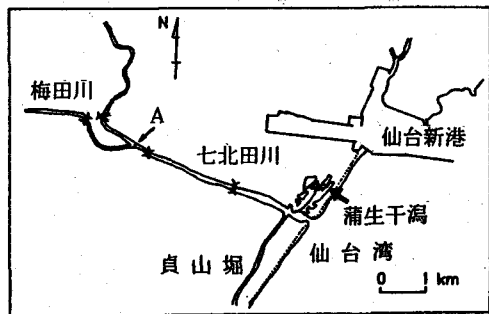


図-1 蒲生干潟位置図

※ 東北学院大学 Univ. of Tohoku Gakuin

深淺図である。導流堤から150 mまでの入口部は、幅が狭く、右岸（導流堤に向って右側）が深い。200 m～300 mで底面が最も高くなり、400 m以奥では次第に深くなる。したがって、300 m以奥の水は低潮時には、300 m～400 mにある幅の狭いみおすじを経て、左岸より右岸にうつり右岸沿いを流出する。54年から59年の5年間に、各断面の最大水深は400 m以奥をみると平均的に0.1 m浅くなり、容積で54年度の22,180 m^3 から、17,653 m^3 に減少した。したがって減少率は水深で2 cm/年、容積で905 m^3 /年(4.0%/年)である。この堆積速度は海域⁽⁷⁾における0.01 cm～1 cm/年、霞ヶ浦⁽⁸⁾における0.2 cm～1.1 cm/年と比べて大きい。また56年8月の台風15号によって、仙台湾からの越波水が砂浜の砂を干潟へ運んだため800 m以奥の左岸は一瞬にして約1,100 m^2 水面積が減少した(図-2)。

2.2 底質

深淺測量と同時に干潟内百数十点で、底面の表土をエクマンバージ採泥器を用いて採取し、土質試験法に

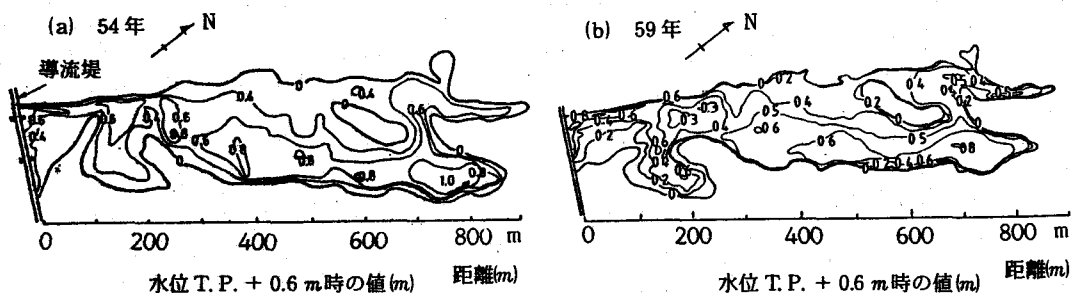


図-2 蒲生干潟深淺図

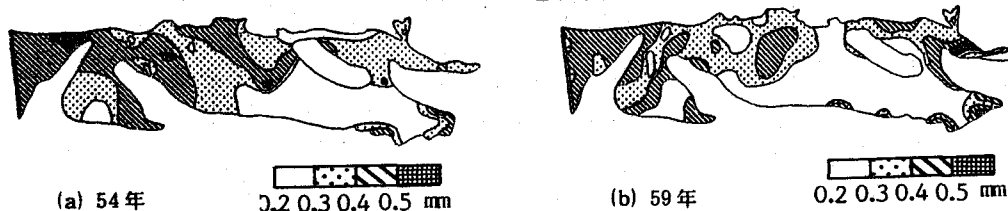


図-3 底質の中央粒径分布図

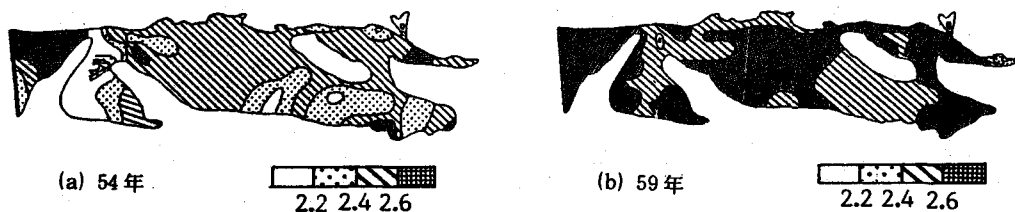


図-4 底質の比重分布図

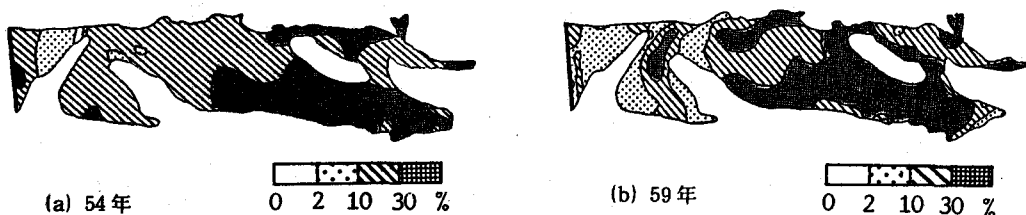


図-5 底質のシルトクレイ含有率分布図

もとづいて、試料を分析した。またPOCおよびPONの含有率は250mg～1gの試料について柳本CNコーダーで求めた⁽⁹⁾。図-3、図-4、図-5および図-6は、それぞれ中央粒径、比重、シルトクレイ($d \leq 0.075 \text{ mm}$)含有率およびPOC、PONの含有率の分布を示す。中央粒径は入口付近では0.3mm以上である。300m以奥では0.20mm以下の部分が5年間に増加している。また150m付近にもあらわれている。比重は2.4以上が大部分であるが一部に2.4以下の部分もある。そして入口から奥部に向かって600m～700mで最少になるように減少している。シルトクレイ含有率30%以上の部分が中央から奥部に存在するが、59年度には54年度にはなかった中央右岸と150mの干潮時に干潟を生ずる部分にも存在するようになった。そしてシルトクレイ30%以上の部分は5年間に47,000㎡から60,000㎡へ約46%増加している。全体に水深、水容積がへり、底質は泥質化している。左岸部分は仙台湾からの越波水の運ぶ砂の流入のため砂泥質である。POCおよびPON含有率(59年度)は、500～600mの部分にそれぞれ最大4～5%および0.4～0.5%の部分がある。

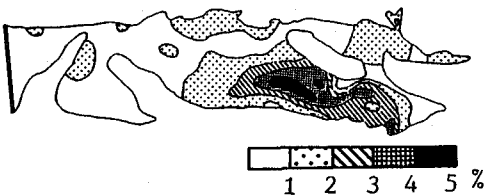


図-6 底質のPOC含有率分布図 59

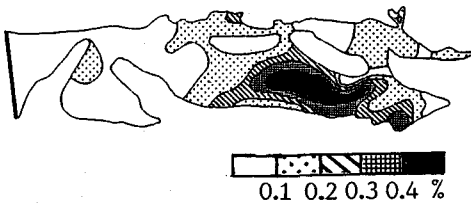


図-7 底質のPON含有率分布図 59年

3. SS

3.1 観測概要

観測測点数は、観測ケースによって若干異なるが、最大40点である。導流堤から干潟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つける(図-8)。観測項目はSS、水位、塩分、流速である。表層の採水は1ℓ試料びんで直接行ない底層はハイロート採水器を用いた。水位は水位杭、流速はプロペラ試流速計を、採水

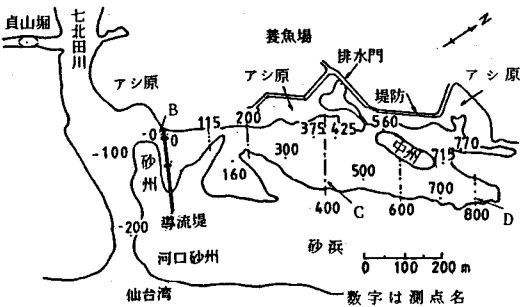


図-8 潮生干潟測点位置図

表-1 観測の水理条件一覧表

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.)			S S 濃 度 の 平 均 値			最 大 塩 分	河 口 砂 州 形 状	干 潟 内 (115m) の 最 大 の 流 量 と 流 速				備 考
			河 口 (m)	800 m (m)		- 0 m (mg/ℓ)	800 m (mg/ℓ)	800 m ($\%$)			流 入		流 出		
											$Q(\text{m}^3/\text{s})$	$\bar{V}(\text{m}/\text{s})$	$Q(\text{m}^3/\text{s})$	$\bar{V}(\text{m}/\text{s})$	
①	1979. 8. 8 ～ 8. 9	2.7	0.82 - 0.41	0.85 0.20	大潮	10	11	18.1	開	12.5	0.55	- 3.5	- 0.35	塩分小, S S 小	
②	1980. 8. 29	34.0	0.81 - 0.14	0.81 0.25	中潮	35	22	5.5	開	6.1	0.56	- 4.1	- 0.26	洪水時, 塩分小, S S 大	
③	1980. 10. 11 ～ 10. 12	2.9	0.72 - 0.05	0.71 0.23	中潮	28	22	26.1	開	6.2	0.62	- 3.5	- 0.35	塩分大	
④	1981. 8. 1 ～ 8. 2	2.5	0.83 - 0.25	0.83 0.24	大潮	29	25	32.2	開	7.0	0.43	- 1.9	- 0.28	塩分大, S S 大	
⑤	1982. 8. 6	2.8	0.67 0.13	0.62 0.34	大潮	15	20	13.6	半 開	5.1	0.35	-	-		
⑥	1983. 1. 14 ～ 1. 16	2.5	0.53 0.04	0.53 0.19	大潮	16	15	12.0	半 開	-	-	-	-	冬期	
⑦	1984. 9. 24 ～ 9. 24	0.6	0.88 0.01	0.85 0.29	大潮	21	26	21.5	半 開	8.0	0.5	- 3.1	- 0.15	S S 大	

試料の塩分は導電率計で、鉛直分布測定には塩分計を用いて測定した。

SS濃度は、採水試料をメンブランフィルター(東洋ろ紙,GS-25,グラスファイバーフィルター、孔径 1μ)によって求めた。塩分を除去するため、ろ過後、蒸留水40ccでろ紙を洗浄した。観測ケースの水利条件を表-1に示す。

3.2 観測結果及び考察

ケース1からケース6についての、塩分の侵入、交換についてはすでに報告した⁽³⁾。図-9は観測時間(12~44

時間)について各測点のSS濃度を時間平均した値を干潟の流心に沿った距離に対して示したものである。ケース1は最もSS濃度の低いケースで、400m以外は約 $10\text{mg}/\ell$ である。観測時間内に塩分は8%から18%に増加している。ケース1, 3, 4および7では、SS濃度は入口から奥部に向かって増加し、400mで $31\text{mg}/\ell$ になりそれ以後では減少している。ケース3, 4は高塩分の場合である。ケース5と6は、中央で高い値になる傾向はないが、400mでの直は左岸寄りの測点を用いている。一般に400m以奥では、左岸側は右岸側よりSS濃度は高い。またケース5と6は河口砂洲が発達している時の例である。ケース6は冬期間に行なわれた。ケース2は七北田川が降雨によって増水しておりSS濃度は、七北田川断面の方が干潟内断面より大きく、干潟奥部に向かって減少しており、他のケースより高い値になっている。ケース7も七北田川よりも干潟内の方がSS濃度が高いケースである。部分的ではあるが、干潟内にはアオコが発生していた。

養魚場の排水の干潟内へのひろがりの様子をケース7の観測例によって調べてみる。ケース7は河口砂洲が南下し、七北田川水と仙台湾水との交換が悪いため、干潟内の水位も下げ潮時T.P.+0.29mまでしか下らず(表-1)、干潟内外水の交換も悪い状態であった。(表-1)。

図-10はSS濃度の時間変化図である。河口(-200m)のSS濃度は平均的に $10\text{mg}/\ell$ で低いが、干潟内136mでは、下げ潮終りから上げ潮始めに、 $30\sim 40\text{mg}/\ell$ まで上昇し平均的には $22\text{mg}/\ell$ である。600mの中央では上げ始めに $64\text{mg}/\ell$ まで上昇する。養魚場排水が干潟へ浸み出てくる450m右岸では、低潮時から上げ潮半ばには $870\text{mg}/\ell$ になるが、七北田川水が侵入した後は $12\text{mg}/\ell$ まで低下する。

図-11は低潮時における干潟の右岸沿いおよび左岸沿いの測線に沿ったSS濃度および塩分濃度の変化である。右岸沿いの200mから700mにかけて塩分が低下し、450m付近でSS濃度が増加する。左岸沿いは一部を除いて塩分が高くSS濃度は低くなっている。

図-12は養魚場排水門外におけるSS濃度の時間変化図である。水位は高潮付近のみ上昇している。流量は平均

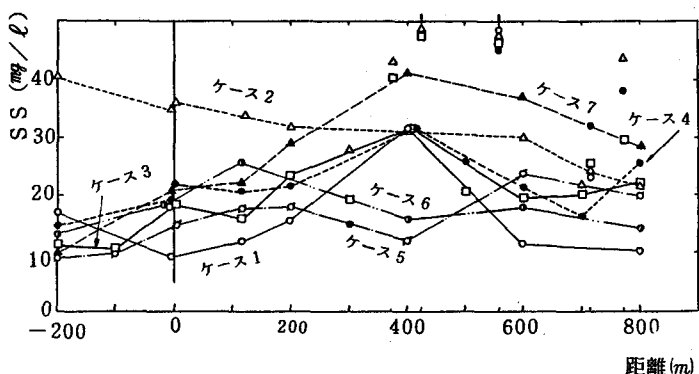


図-9 SS濃度の観測期間平均値の流れ方向分布図

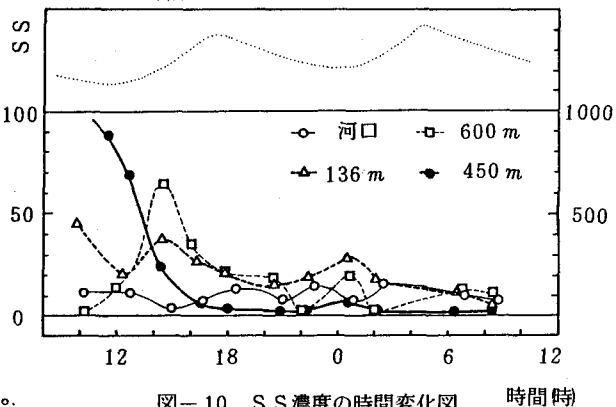


図-10 SS濃度の時間変化図

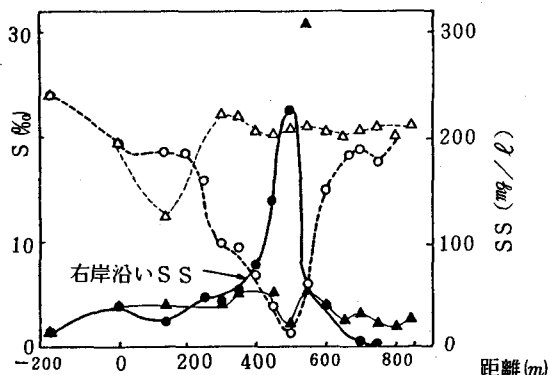


図-11 SS濃度および塩分濃度の流れ方向変化図
ケース⑦

0.035 m^3/sec ではば一定量が流出していた。
 塩分は 0.9 ‰ではば一定である。SS 濃度
 は平均的に 120 mg/l である。59 年 9 月 24
 日 12 時から 24 時間までの間に流出した SS
 重量は、11.7 kg になる。60 年 6 月の測定
 によると、この地点の採水試料の POC は
 25.0 ‰、PON は 4.7 ‰、POC/PON は 5.3
 である。

図-13 は表層の SS 濃度および塩分濃度
 の平面分布図である。(1) 10:00 (下げ潮終り)

: 排水口付近に 100 mg/l 以上の SS 濃度
 の大きい水が右岸沿いに流出
 している。また 550 m の左岸
 に向って SS 濃度の大きい水
 が拡がっている。(2) 12:00 (低
 潮): 拡がり部分の SS と塩
 分の分布形はよく似ている。
 更に 600 m までひろがる。

(3) 14:00 (上げ潮始め): 中
 州の中央まで拡がる。(4) 18
 :00 (高潮 2 時間後): 七北田
 川から侵入してきた海水は 700
 m に達し、干潟内はほとんど
 40 mg/l になる。(5) 0:00
 (低潮): 400 m ~ 600 m の左岸
 に塩分が低く、SS 濃度の大き
 い部分がある。

図-14 は 600 m における
 塩分の時間変化図である。上
 げ潮終り頃に侵入塩水で、鉛
 直にはば一様の 20 ‰になっ
 た後、高潮時以後下層に 30 ‰
 近い塩水がもぐりこみ成層化
 した状態が生ずる。この塩水
 の侵入状況は、表-1 のケー
 ス 1, 4 および 5 の結果と一
 致する。SS の鉛をフラック
 ス F_{ss} および沈降速度 W_{ss} の
 平均法を内径 10 cm 、長さ 15
 cm の円筒型の捕集筒 6 本を用
 いて測定したのが表-2 であ
 る。捕集筒の設備場所は、400
 m 、800 m (図 8, C, D 点)で、

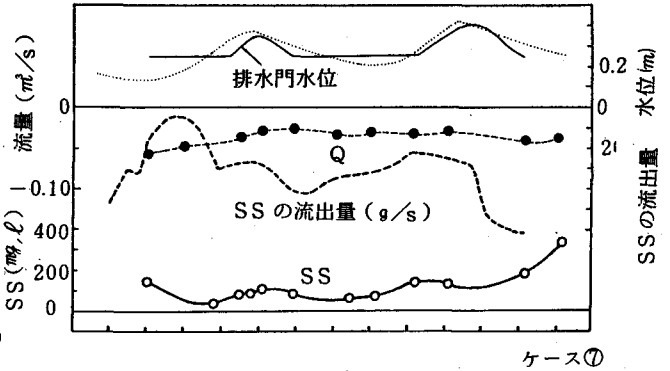
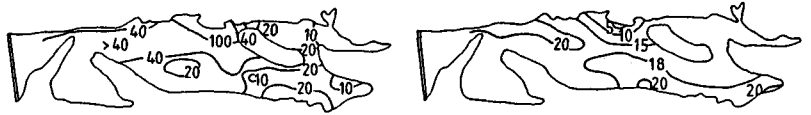
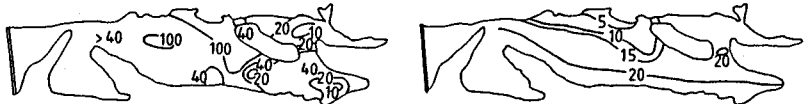


図-12 SS 濃度および流量の時間変化図

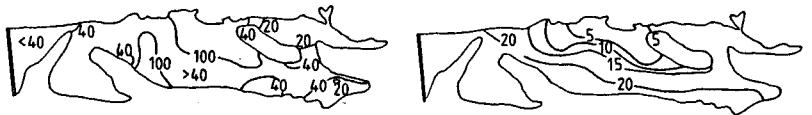
(1) 10:00 (下げ潮終り)



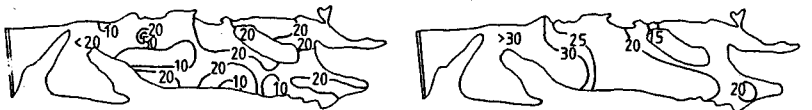
(2) 12:00 (低潮)



(3) 14:00 (上げ潮始め)



(4) 18:00 (高潮 2 時間後)



(5) 0:00 (低潮)

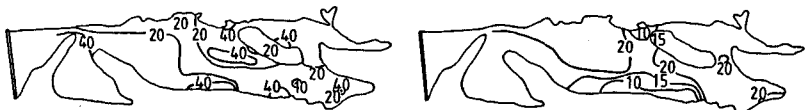


図-13 SS および塩分の等濃度線図

架台に万力で固定した。

$$F_{ss} = (W - SS_1 \cdot V) / AT - (1)$$

ここでWは捕集筒内のSS重量、 SS_1 は周囲水の初期SS濃度、V：水量、A：開口部面積、T：設置時間である。大潮平水時の平均沈降速度 W_{ss} は 4 m/day であり、西宮沖水深 1 m での観測値⁽¹⁰⁾ $1.3 \sim 2.0 \text{ m/day}$ にオーダーは一致す

る。以上より、下げ潮終りから低潮時に干潟内 400 m 以奥に拡がっていた高SS濃度の水は、上げ潮から高潮そして下げ潮時に、低SS濃度、高塩分濃度の水の侵入によって稀釈され、干潟内のSS濃度は低下する。そしてSSの一部は高塩分下で沈降するものと考えられる。

表-2において平水時のPOC、PONは底質(図-6、図-7)に比べて大きいが排水門での値に比べるとずっと小さい。なおアシ原中の底質のPOC、PONはそれぞれ4.3%、4.5%である。また洪水時のC/N比は底質の

表-2 捕集筒による沈降フラックス(F_{ss})および平均沈降速度(W_{ss})

設置期間	設置位置(m)	設置水深	W(mg)	SS_1 (mg/l)	V(l)	T(day)	F_{ss} (mg/m ² /day)	W_{ss} (m/day)	平均SS(mg/l)	平均塩分(‰)	POC(%)	PON(%)	備考
60. 6. 17 ~ 6. 18	800	底面より5cm上	6,750	11.3	6.42	0.887	159,758	4.16	38.4	17.9	6.79	1.08	大潮, 平水
60. 6. 17 ~ 6. 18	400	"	5,229	29.8	6.72	0.904	118,039	3.82	30.9	16.8	5.16	0.72	大潮, 平水
60. 7. 1 ~ 7. 2	400	"	5,137	141.2	6.79	0.868	102,202	2.37	83.3	11.0	4.05	0.48	大潮, 洪水~平水

値に近い。図-15は七北田川河口から上流4.5km(図-1, A), 導流堤および400m(図-8, B, C)におけるSS濃度の週変化図である。400mの高高潮位および低低潮位、降水

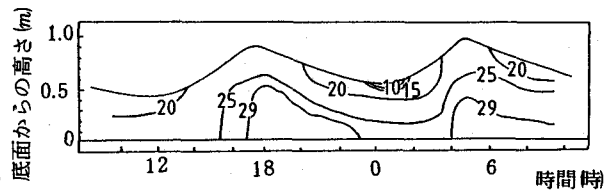


図-14 塩分濃度の時間変化図

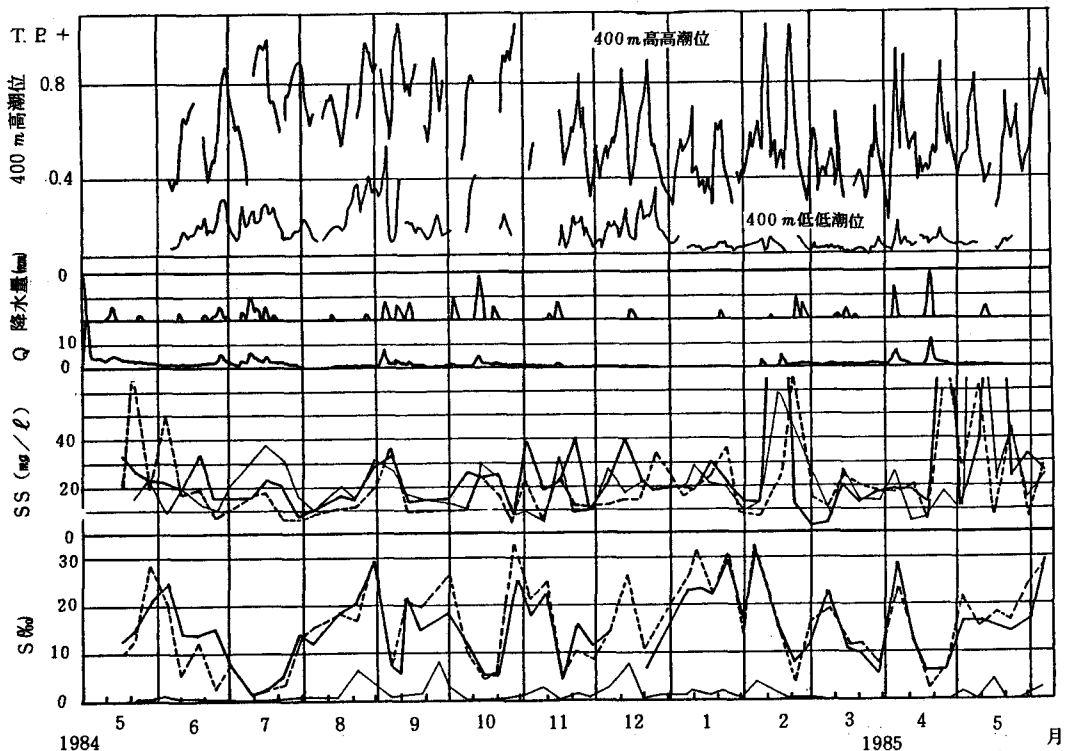


図-15 蒲生干潟および七北田川のSS濃度の変化図

—— 七北田川 ——— 400m - - - - 導流堤

量、七北田川（市名坂）流量および塩分濃度も示した。塩分濃度については、七北田川の流量が増加すると干潟内の塩分濃度が低下し、大潮時に再び増加し小潮時に低下するパターンがみられる⁽³⁾。SS濃度は塩分濃度よりずっと複雑に変化する。採水した潮時は観測毎に異なっている。洪水時は、一般に七北田川のSS濃度が高く、干潟内は低くなる。これは図-8の洪水時（ケース2）の平均SS濃度分布および洪水時の鉛直分布図（図-16）からも明らかのように、干潟奥までは、塩分の低い水が侵入できず、塩分が高い時のような交換パターンが生じにくいからである。干潟内の低潮時の水位は、300 m付近の底面が高いため（図-2）T.P. + 0.20 m以下に

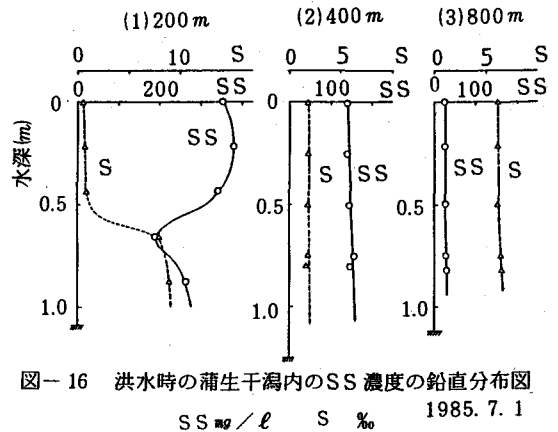


図-16 洪水時の蒲生干潟内のSS濃度の鉛直分布図
SS mg/l S % 1985. 7. 1

は下らない。したがって、400 mの低低潮位が降雨がないのに高い時は、河口砂州が発達し海水交換の悪い時である。低低潮位が下がる時は、SS濃度が低くなる傾向がみられる。塩分濃度が高い時は一般に、SS濃度が低くなる。59年12月27日～60年1月10日、60年2月末～3月初めは、干潟内が結氷期間でSS濃度は七北田川より低くなっている。60年2月15日のピークは、強風によって低潮時の干潟水面に生じた波浪による底土のまきあがりのためである。養魚場の池ざらいの時は、池の水はポンプを用いて大量にアシ原に排出される。60年4月末および5月末には、400 mで、100～300 mg/lに達している。60年5月初めには、七北田川の水が田植えに使用されるため、七北田川の水のSS濃度が高くなっている。この外にも例えば植物性プランクトンなどの浮遊生物に対しては水温や水質も影響するであろう。このように蒲生干潟内のSS濃度は様々の要因によって変化するが、大略では七北田川のSS濃度の変化と類似している。

4. 結 語

蒲生干潟は養魚場の排水が流入し高い有機物の付加があり、奥部が深く中央部より少し入口側で浅くなっている特長をもち、導流堤があるため一度干潟に流入したSSは、干潟内に留まりやすく底質は泥質化することはさげられない。しかし、奥部の水域にSSが沈降して留まることは、それ以外の領域が泥質化からまぬがれていることを意味する。七北田川水と干潟内水の海水交換はSSに対しても重要である。

本研究をすすめるにあたり、ご指導を賜った東北大学名誉教授 岩崎敏夫氏に厚く御礼申し上げます。東北大学理学部助教授 菊地永祐氏には有機物の分析についてご教授いただいた。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（代表者 東北大学教授 栗原康氏）から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) 秋山章男・松田道生：干潟の生物観察ハンドブック，東洋館出版社，1984。
- (2) 栗原 康：干潟は生きている，岩波書店，1980。
- (3) 上原忠保：蒲生干潟における塩分の侵入と交換に関する研究，土木学会第28回水講，1984。
- (4) 上原忠保・岩崎敏夫：蒲生干潟のSSの挙動についての観測，土木学会年報，1983。
- (5) 渡辺 龍・岩崎敏夫・鈴木武：微細底泥の移動限界に関する基礎水理実験，土木学会東北支部技術研究発表会概要，1984。
- (6) 菊地永祐・花輪公雄・栗原康：河口保全の問題点—蒲生干潟の場合—，降waters雑誌，41巻，3号，1980。
- (7) 塩沢孝之・川名吉一郎・星加章・谷本照己：瀬戸内海における懸濁物質と底質，沿岸海洋研究ノート，第22巻，第2号，1985。
- (8) 軽部重太郎：函ヶ浦底泥の理工学的性質について，土と基礎Vol. 26，No. 1，1978。
- (9) 日本海洋学会：海洋環境調査法，恒星社厚生閣，1985。
- (10) 細川・堀江・三好・加藤：沿岸域におけるけん濁粒子の沈降速度測定方法について—数種の測定法の比較—，港湾技研資料，No. 433，Sept.，1982。