

16 川内川河口の調査

運輸省第四港湾建設局企画課 〇正員 嶋 文 雄
" " 吉村 芳男
" 技員 福田 伸男

I 序 論

1. 調査の目的

川内港は川内川河口より上流 12 Km にあつて、川内地方の物資の集散港として又澳港として大きな役割を演じ、最盛期には年間 18 万屯の貨物を取扱ったが、近年河状の悪化と共に出入船舶は漸減し、現在では 30~40 屯の機帆船程度のものが満潮時を利用して辛く出入し得るのみで、港としての機能は殆ど停止寸前にあり、物資の交易は遠く串本野阿久根の両港を經由して行はれてゐる状況である。この為、河口部に新たに港を建設して物資の流動を合理的に行うと共に、川内川の用水電力背後の林産資源とを利用して、河口部の広大な土地に工業地区を造成し当地方の産業の発展を図る事が計画されるに至つた。

川内川河口は兩岸より砂州が発達し風浪と洪水流によって消長を繰返し、附近海岸は遠浅の砂浜で砂丘が発達してをり、又河口部河川は断面積の急激な拡大と砂州による河口の狭窄の為に、流砂による埋没現象が著しく河床は上昇傾向にある。従つて河口に港を計画するに当つて、

- (i) 河口の固定と水深及び巾員の維持
- (ii) 海岸の安定
- (iii) 港内の水深維持

を図る必要があり、之等の問題点を解明する為本年 5 月より河口部を中心に現地調査を実施中であるが、本文に現在迄の調査結果の一部と若干の考察とを述べ、事とする。

2. 川内川の沿革と現況

川内川は北部鹿児島縣を横断する九州有数の河川で、上流は宮崎縣熊本縣の一部にあつて、古来より南部九州の産業文化の発展に寄与してきたが、特に河口部の京泊は坊之津、津(博多)と共に九州三津の一と称され、王朝鎌倉時代に大陸貿易の基地として繁栄し、又対岸の久見崎には島津藩の軍造船所が設置され、朝鮮役の軍船根據地として利用されてゐた。

a) 川内川の河相

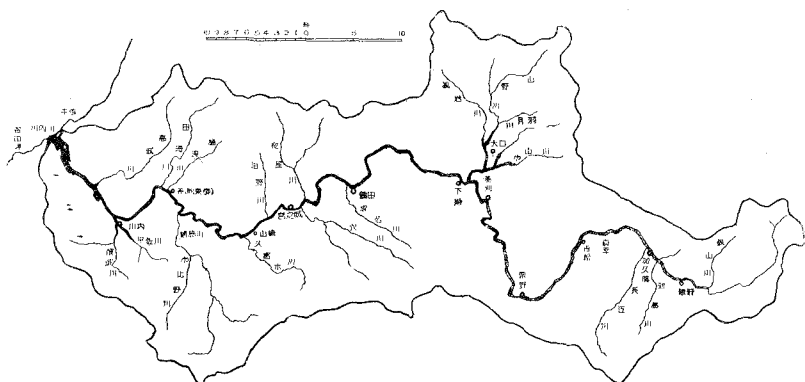
本河川はその水源を霧島國見山等に発し、幹線の総延長 128 Km、総流域面積 1,636 Km²、全落差 1,400 Km、全川平均勾配は 1/100 に達している。流域は河口より山が兩岸に迫り、丘陵性山岳と平野の交错する所が多く、所々に小盆地を有する所謂階段式の地形となつてゐる。中流部鶴田附近では南北に縦断する山脈によって峡谷を形成し急流となつてゐるが、この上流は伊佐盆地を蛇行する緩勾配の平地河川となり、更に最上流飯野に至つて山地河川となつてゐる。

下流部は川内市上流端弁根で感潮区間に入り、之より河口近河床は緩勾配となり、流路

は中員 200~500m を以て蛇行し、潮波の傳播は大潮時 20Km, 小潮時 16Km に及んでいる。河口より

2.5Km の地臭からは断面が急激に拡大し、船岡島を挟んで流路は南北二つに分岐し河口寸前に合流してこの間に遊水池的な水威を形成している。

図-1 川内川流域図



潮汐は河口より 1.3Km の流揚において $M_2: 68cm, 234^\circ$, $S_2: 18cm, 267^\circ$, $K_1: 27cm, 212^\circ$, $O_1: 13cm, 172^\circ$ で大潮差 171.7cm, 小潮差 98.7cm を示している。⁽¹⁾

6) 川内川の改修

表-1 川内川の河状係数と河川密度

川内川の改修は河口一斧淵間と計画洪水流量

3,500 m^3/s で昭和 6 年度から、又上流部では东川と羽月川の合流点で 3,100 m^3/s と定められ、昭和 23 年度から直轄改修工事が施工され、昭和 30 年度迄に下流 70.4%, 上流 9.7% の竣工率となっている。然しながら下流の計画洪水流量は明治 39 年 6 月の洪水痕跡高により、又上流部は昭和 18 年 9 月の洪水によって夫々個別に定められておるが、上流下流一貫した洪水流量の再検討が行はれた結果、上流の改修に伴い従来の湛水氾濫区域の減少から、洪水流量の増加、洪水波の傳播速度の増大が予想され、既に 7 割以上の竣工をみている下流部に及ぼす影響が大きいため、中流部鶴田村地先にダムを建設して洪水を調節し下流部の洪水流量を 3,500 m^3/s 前後にとどめる計画が検討されている。^{(2), (3)}

位 置	飯野	吉松	下殿	鶴田	宮之城	山崎	斧淵	川内	河口
流域面積 km^2	100.0	303.0	733.3	834.3	1,054.3	1,237.7	1,434.1	1,535.0	1,635.6
流路延長 km	20.0	40.5	70.5	84.7	99.2	118.7	120.7	128.4	138.0
形状係数	0.275	0.185	0.147	0.116	0.120	0.087	0.098	0.093	0.084
河川密度	—	0.163	0.240	0.227	0.246	0.251	0.261	—	0.262
东川・全流路延長 km	—	49.4	175.5	189.7	259.2	311.2	375.0	—	429.2

m^3/s と定められ、昭和 23 年度から直轄改修工事が施工され、昭和 30 年度迄に下流 70.4%, 上流 9.7% の竣工率となっている。然しながら下流の計画洪水流量は明治 39 年 6 月の洪水痕跡高により、又上流部は昭和 18 年 9 月の洪水によって夫々個別に定められておるが、上流下流一貫した洪水流量の再検討が行はれた結果、上流の改修に伴い従来の湛水氾濫区域の減少から、洪水流量の増加、洪水波の傳播速度の増大が予想され、既に 7 割以上の竣工をみている下流部に及ぼす影響が大きいため、中流部鶴田村地先にダムを建設して洪水を調節し下流部の洪水流量を 3,500 m^3/s 前後にとどめる計画が検討されている。^{(2), (3)}

II 調査の概要

1. 河口砂州の変遷

明治 43 年発行の海図によれば右岸より砂州が発達して河口は左岸に偏しているが、当時の河川の主流は船岡島の北を流れており、平水時洪水時共流勢が河口左岸に集中していたのである。その後大正 3 年に至り右岸京泊洗揚地区の河岸を洪水から防護する為、船岡島の東端より導流堤を出して右岸流を制限した結果、河口は右岸に移り現在に至っている。

図-2 明治43年頃の河口
(明治43年測量海図)

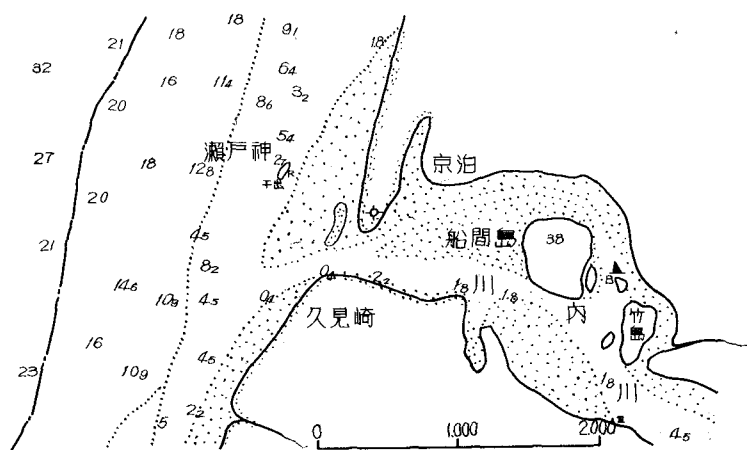
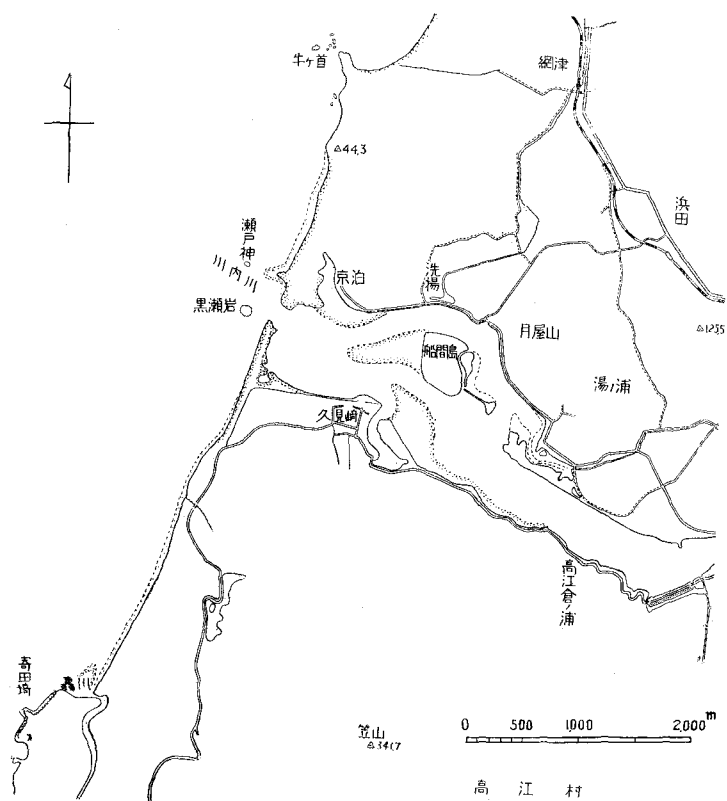


図-3 河口平面図



α) 河口断面と流量

漂砂のある感潮河川の河口は、河口潮流と河川流及びその場所の漂砂との影響のもとに形成されるものであるが、川内川の固有流量は、定流区間と考えられる感潮部上流端の斧淵で平均低水量は50m³/s前後で極めて少ない。

従って川内川の河口は河口潮流と洪水流によって支配されていると思はれるので、河口断面と河口流量及び洪水流量との関係を調べた。流量としては図-6の流量曲線によって各深浅測量時の直前の斧淵における洪水流量をとり、洪水のなり時は大潮時における河口流量を対応させた。

河口潮流による流量

は昭和23年5月25日

(月令15.9日)の实测結果及び昭和32年9月9日(月令14.6日)の实测結果から平水期における大潮時下げ潮最強時の流量を800m³/sと推定した。

図-10によれば昭和18年8月の記録を除けば、河口最狭部の断面積と中員は流量の増加に応じて直線的に増加し、平水期は

河口潮流によって断面積450~500m²、河口中90~130mを維持している。水深は流量との相関が見られ水深6~8mに保たれている。

図-4 汀線変化図(大13.3-昭18.8)

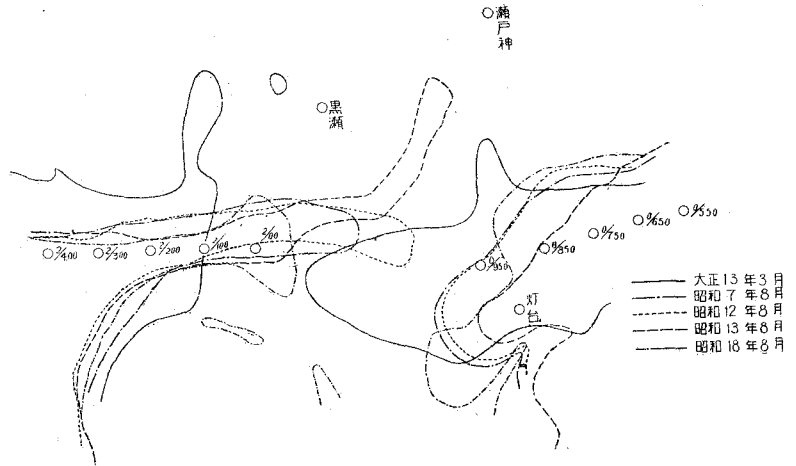


図-5 汀線変化図(昭22.8-昭32.8)

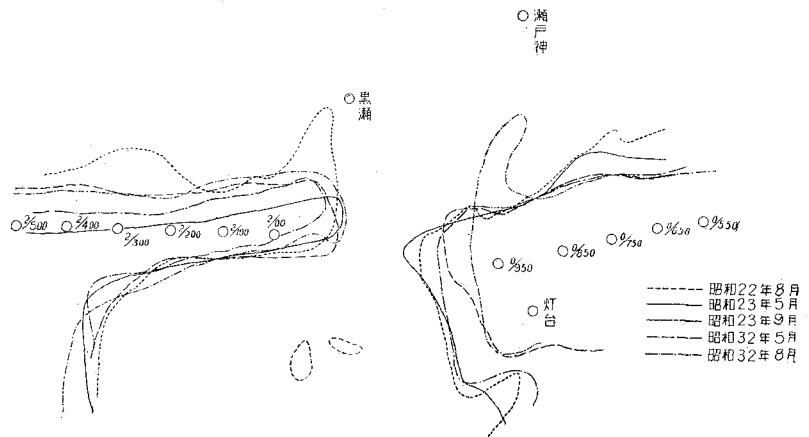


表-2 河口断面と流量

河口断面(最狭部)				流量		
年月	断面積 m ²	河口中 m	水深 m	年月	水位 m	流量 m ³ /s
昭12年8月	458	95	7	大潮時		800
18.8	490	278	2	昭18年6月	6.78	1,390
22.8	619	169	7	22.6	7.42	1,640
23.5	503	131	7	大潮時		800
23.9	743	228	6	23.7	8.16	1,920
32.5	754	203	5.5	32.4	6.15	1,170
32.8	977	254	7.9	32.7	9.15	2,730

图-7 河口水位流量图
(昭 23. 5. 25)

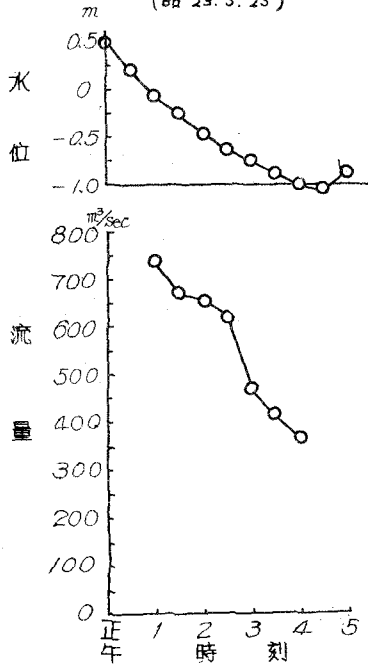


图-6 斧淵流量曲线

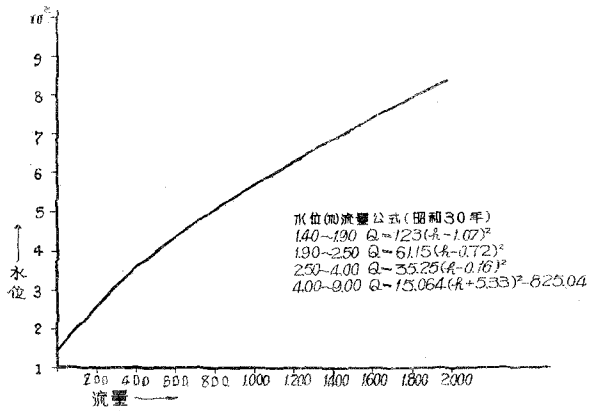


图-8 河口流速分布图 (昭 32. 9. 9. 下中潮最低时)

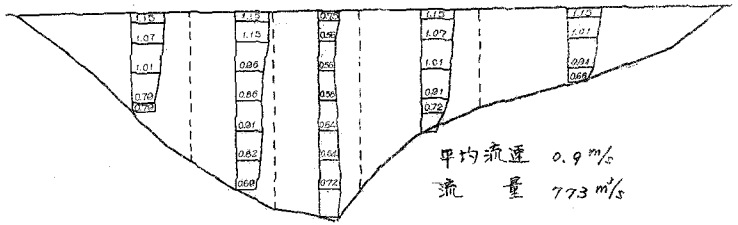
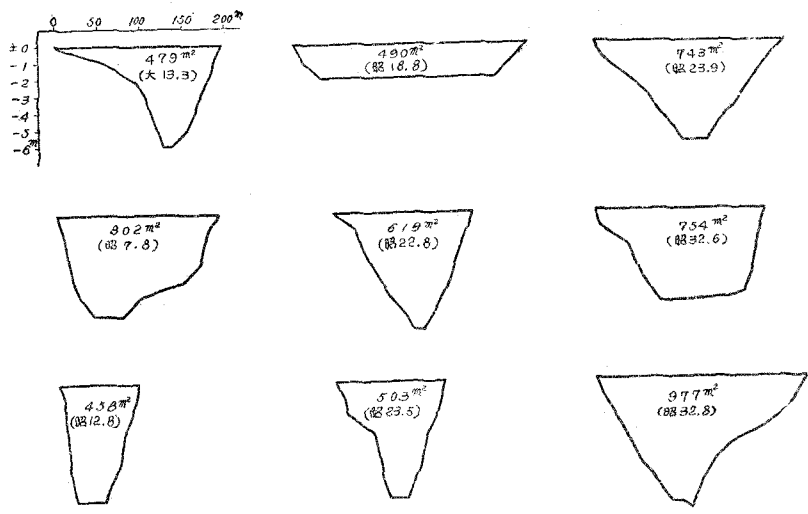


图-9 河口断面图

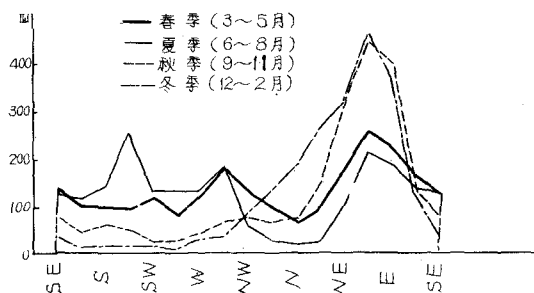


河口の位置の変動を見るに河口の中
の中心奥の動きを、昭和7年8月を
基準にして右岸への変位を+、左岸
への変位を-として表はせば図-11
の如くなる。昭和12年には昭和7年
に比し80m右岸の方へ寄り、昭和18
年には夫から110m左岸へ移動したか、
その後は余り変化を示していない。

6) 汀線と風と流量

阿ス根測候所(標高39.9m)の風信記
録をもって川内海岸の風を表はす事
にする。昭和15年から19年に至る5
年間の平均毎時観測風向図によれば、
全般的にNNEからふふWに至る陸
風が多く、特に秋季。冬季にはNNE
EからEふEにかけての陸風の風向
回数が圧倒的に多い。又昭和15年か
ら31年に至る風速10m/s以上の吹送時
間の累計をとれば、冬季における海
風が著しく卓越し而もその風向は殆
ど海岸線に直角である。

図-12 風向図(昭15~19年毎時観測値平均)



又川内海岸は単調な遠浅の砂浜で牛ヶ首と寄田崎の2つ突出部で限られ、牛ヶ首以北及
び寄田崎以南は懸崖が多く、川内海岸の漂砂の補給は主として川内川からの流下土砂によ
るものと考へられる。従つて汀線と前進させる要素として河川の流下土砂を考へ、又汀線
と後退せしめる要素として強風による風浪を考へ、大々河川の流出量と風速10m/s以上の
海風の吹送時間によって代表せしめて、汀線の変化との関係と調べた。河川の流出量は観

図-10 河口断面と流量との関係

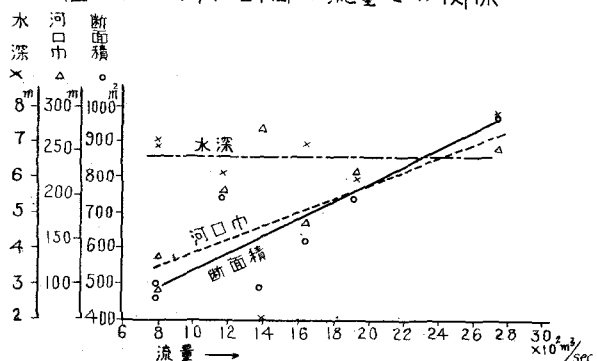


図-11 河口や中心奥の変化

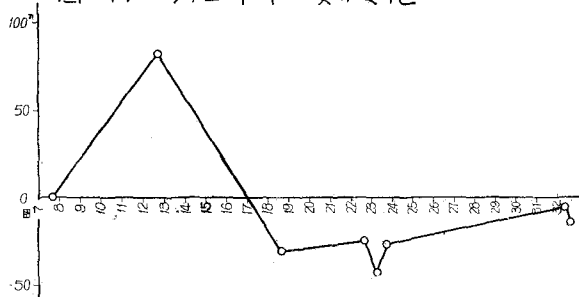
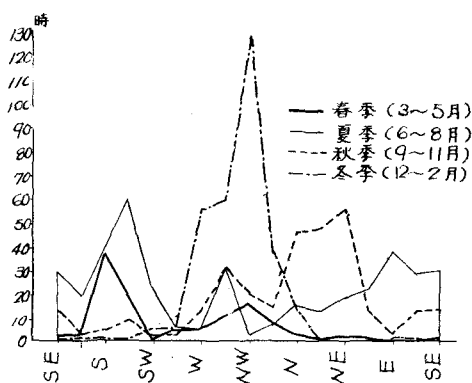


図-13 強風(10m/s以上)風向別吹送時間
(昭15~32.6の累計)



測記録がなりので、年平均水位と年平均低水位とによって流出量を推定し、又風は汀線に対する法線方向(WNW)と境にして、WNW~NとWNW~SWの2群に分け、WNWの風は2分して夫々の群に配合した。又汀線の変化は河口から遠ざかった $\frac{1}{700}$, $\frac{2}{200}$ (図-参照)の地質の汀線移動量で表はし、昭和7年8月の汀線を基準にして図示した。(図-14, 図-15, 図-16)

汀線、風及び水位の各記録の一致する昭和18年8月以降について観察すれば、昭和22年8月の汀線は昭和18年に比し右岸が36m・左岸が102m前進し、昭和23年8月には夫々54m, 108mと急激に後退し、昭和32年8月は昭和23年に比して右岸は12mの後退、左岸は26mの前進を示し変動が小さい。

とは昭和22年には強風が皆無であったため汀線の大巾な前進を来し、昭和23年は昭和22年の流出量が極めて少く又洪水もなかったため流下土砂が少く、可成の強風が吹いた事と相まって急激に汀線が後退したものであり、又昭和32年においては昭和31年から32年にかけて相当の強風が吹いたにも拘らず、河川の流出量が多かった為に多量の流下土砂が補給された結果、汀線の変動が小さかったと解釈され、汀線の長年月に亘る変動は、風速10m/s以上の海風と河川流出量とによって定性的によく説明される。

2. 底質と波浪

昭和32年6月11日から16日にかけて、汀線に沿って200m間隔に測線を出し、前浜から水深10m前後の範囲にかけて底質の採取を行った。底質の比重は2.67~2.69である。各測線の底質の平均粒径を求め、河口部分、河口より離れて一般海岸と見なされる部分及び両者の中間にある河口付近の3つに分けて、水深 d と平均粒径 d_m との関係と調べると図-17の

図-14 平均水位と平均低水位の変化

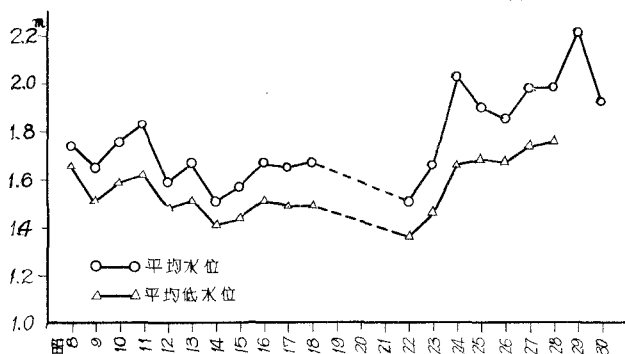


図-15 強風(10%以上)吹送時間の変化

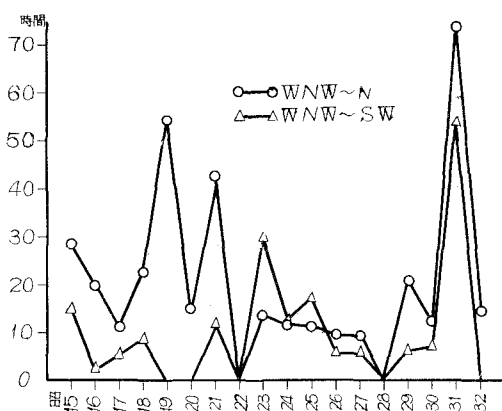
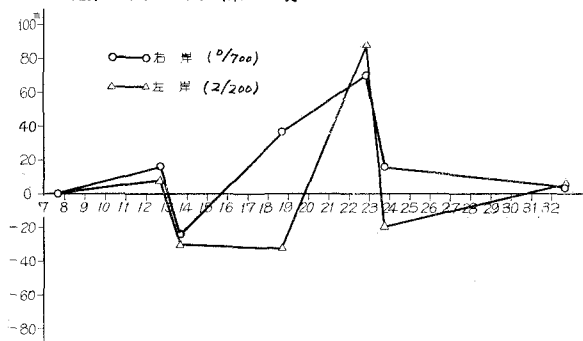


図-16 汀線の変化



如くである。

之によれば河口部においては水深に対する平均粒径の散ばりが大きく、河口部を離れるに従って平均粒径の散乱が小さくなって来る。従って一般海岸と見なされる部分の平均粒径のみに着目すれば、 $h > 7.5m$ では平均粒径は大部分が $0.2mm$ で略一定して居るので、 $h = 7.5m$ の所を基準にして次式⁽⁴⁾ によって d_m と h との関係を描いてみた。

$$\frac{d_m}{d_{m0}} = \left(\frac{h_0}{h} \right)^{\frac{3}{2}}$$

d_{m0} : 水深 h_0 の所の平均粒径

d_m : 水深 h の所の平均粒径

$4.5m < h < 7.5m$ の所では実測値とよく一致している。底質採取と前後して沖合 $500m$ 、水深 $5m$ の所で、河口、右岸及び左岸の3地所に波高桿を設置して波高観測を行った。表-3に右岸での観測結果を示すが、6月6日に最大波高 $1.7m$ の波が略1晝夜未襲している。従って採泥時の海底は6月6日の波浪に強く影響されていると考へられるので、この波浪について次式⁽⁴⁾ により底質の移動限界を求めた。

$$d_m = 2.5 U_m^2$$

d_m : 平均粒径 (mm) U_m : 限界流速 (m/s)

$$U_m = \frac{\pi a}{T \sinh kh}$$

a : 半波高 T : 周期 h : 水深 $k = 2\pi/L$
 L : 波長

$2a = 1.2m$, $T = 1/s$, $h = 6.0m$ を沖波に換算すれば $2a_0 = 1.0m$, $T_0 = 1/s$, $L_0 = 189m$ となり、更に $h = 7.5m$ の所の波を求めれば、 $2a = 1.1m$, $T = 1/s$, $L = 95m$ となる。この波による海底の平均流速は上式から、 $U_m = 0.3m/s$ となり、この平均流速によって移動限界にある平均粒径は $d_m = 0.22mm$ となる。図-17によれば $h = 7.5m$ では $d_m = 0.20mm$ であるから、この底質

図-17 平均粒径と水深との関係

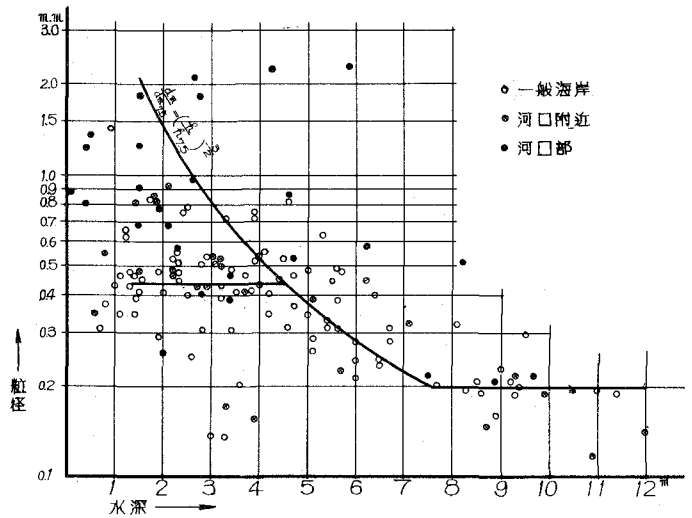


表-3 波浪観測表(右岸)

月日時	風		波				水深
			波高		周期		
	風向	風速	H	H%	T	T%	
5月27日~3/日			20 ^{cm} 程度				
6月1日 17時30分	W	20 ^{m/s}	30 ~ 10 ^{cm}	22 ^{cm}	9 ~ 2 ^s	6 ^s	5.3 ^m
6. 3. 13. 40	WSW	4.0	60 ~ 20	47	8 ~ 2	6	5.5
6. 5. 14. 0	S	10.0	90 ~	63	11 ~ 7	8	6.2
6. 6. 17. 0	W	7.0	170 ~	120	12 ~ 4	11	6.0
6. 7. 11. 40	N	1.0	100 ~ 30	79	10 ~ 3	9	5.2
6. 8. 10. 40	N	5.0	100 ~ 20	62	8 ~ 3	6	4.7
6月10日~16日			20 ^{cm} 程度				
6. 18. 17. 0	WSW	4.0	100 ~ 50	81	9 ~ 3	7	5.1

註. 6月5日及び6日の $H_{1/3}$ は 7日, 8日の記録から $H_{1/3} = 0.7 H_{max}$ と計算

は6月6日の波浪に対して平衡した大きさの粒径となっており、又 $d > 7.5m$ では d_m が一定であってこの波浪に対して安定である事を示している。次に $d = 7.5m$ を基準として $d = 7.5m$ 近は海底の粒径分布は水深の $\frac{1}{2}$ まで成正比してあり、この範囲の底質は上述の波浪によって自然分析された分布をなし平衡の状態にあるものと見做す。又之より浅い所の平均粒径は水深に關係なく $0.4 \sim 0.5mm$ の範囲にあって沿岸漂砂の著しい部分といえる。

次に平均粒径を左岸と右岸とに分けて水深との關係を図示すれば図-18の如く、左岸側の平均粒径が右岸のそれを大きく上廻っているのが注目される。

又海浜断面に沿う底質の平均粒径分布を右岸左岸及び河口部について夫々一断面宛示せば図-19の如くなる。海岸部においては何れも汀線附近と沿岸砂州の附近に山が見出される。河口部では500m附近迄2.0mm前後の平均粒径を示し600mをすぎると急激に粒径が小さくなり、700mをすぎると他の部分と同様の粒径分布を示し、河口より700m近は川からの流水の影響が支配的である事を示している。

3 海底勾配

川内海岸の海底は海図によれば図-20のようになるが、汀線から700m附近迄 $\frac{1}{100}$ 程度の勾配で水深を増し、これより沖合は $\frac{1}{60}$ の勾配で傾斜し沖合2kmで水深30m

図-18 右岸と左岸の平均粒径の關係

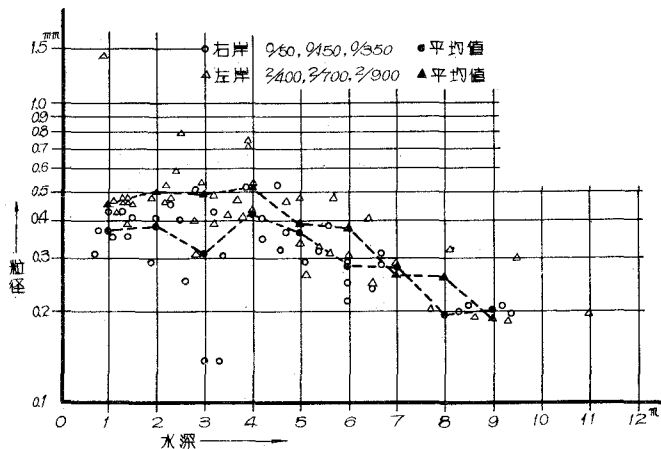
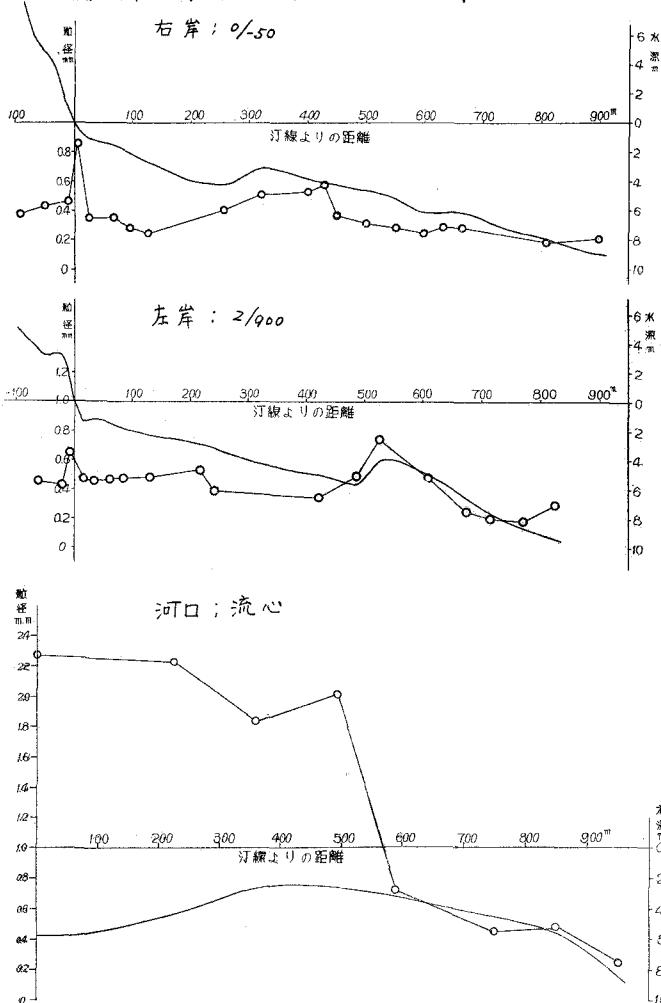


図-19 汀線と直交方向の粒径分布



に達している。之からは先は再び傾斜が緩かになっている。

5月24日及び8月31日の深淺測量結果により海岸部と河口部に分けて、夫々の海底勾配を図-21及び図-22に示す。

図-21は冬季風浪後の海底勾配を表はし、図-19は6月6日の波浪によって変化した海底勾配を表はし、又図-22は7月28日の出水と8月21日の台風7号によって変化した海底状態を表はすものと考へられる。

図-21によりては海岸部は右岸、左岸とも $1/10 \sim 1/100$ の緩かな勾配で、右岸には汀線より300m附近に明瞭なbarとtroughが見られ、左岸では150m, 350m及び550m附近にbarが散見される、右岸とは異つた形状を示している。図-19に於ては右岸の200m附近が浸蝕されて深くなり、700mの所にbarが発生し、又左岸では40mと500mの所にbarが生じ、その間に在つたbarは消滅して一樣な勾配に変わっている。

更に図-22に至ると右岸では汀線附近が浸蝕されると共にbarが生じ、300m附近のbarは河口に近い所では更に発達しているが、河口から遠ざかるにつれて小さくなっている。又600mの所で一部barの発生が見られる。左岸では汀線、100m, 300m及び600m附近にbarの発達を著し、図-19, 21, 22を通じて各断面とも汀線から600m、水深6m前後迄の範囲で局部的な変化するが、平均勾配は何れも $1/100$ 前後で極めて緩かな勾配であり、700m附近から勾配が急になり海底の自然勾配になっている。

波と海底勾配との関係によりては京都及び九州大学において砂を用いて実験が行はれ、 $steepness \delta_0 = 0.009 \sim 0.06$ の波によって夫々の平衡勾配が得られたが、^{(5), (6)} 夫等の平均勾配は何れも $1/10$ 前後で、川内海岸の実測結果は之と著しく相違している。九州大学で海浜の形状は波高 H_0 、周期 T 、重力の加速度 g の外に、底質の性質として水中における砂の比重 δ 及

図-20 海底勾配(明治43年測量の海図)

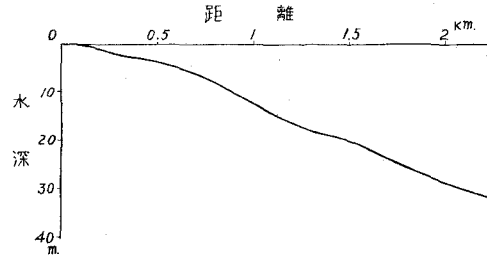
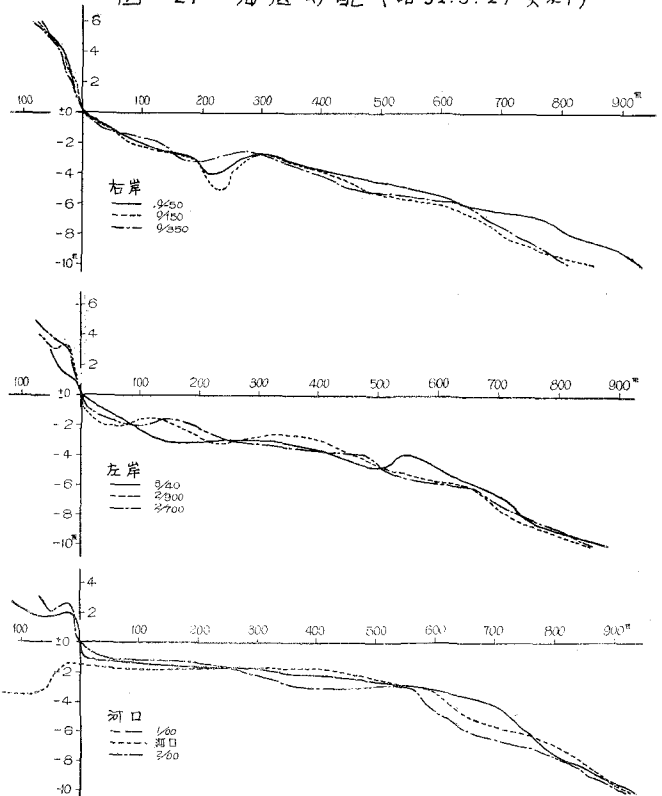


図-21 海底勾配(昭32.5.24実測)



が粒径 D の影響をうけよものと考え、石炭粉を用いて H_0/SD の範囲を広げて実験を行っている。⁽⁶⁾ 之によれば前浜及びその波帯の勾配は底質によって非常に異なり、底質の粒径が小さい程海底勾配が緩かくなる結果が得られた。例へば $\delta_0 = 0.01$ の波に対し、砂の場合 ($H_0 = 1.99\text{cm}$ $H_0/SD = 60$) 平均勾配が $1/10$ であるのに対し、石炭粉の場合 ($H_0 = 4.30\text{cm}$ $H_0/SD = 495$) では $1/6$ が得られた。川内海岸について6月6日の波浪によって H_0/SD を求めれば、 $H_0 = 1.0\text{m}$ $S = 1.68$ $D = 0.3\text{mm}$ とすれば、 $H_0/SD = 2,000$ となり、実験時の H_0/SD に比して著しく大きい。川内海岸が著しい緩勾配を保っている理由の一つに H_0/SD が著しく大きい事が考えられる。

次に図-21, 22 において河口部の海底勾配と比較すれば、何れも $600 \sim 700\text{m}$ 附近から勾配が急となり、河口噴流による土砂の流送は河口より $600 \sim 700\text{m}$ 附近迄と考えられる。

4. 沿岸潮流

九州沿岸水路誌によれば、川内沿岸の潮流は大抵流速 $0.8 \sim 1.0\text{kt}$ で、穀列島との中間では $1.0 \sim 1.5\text{kt}$ となり、上げ潮流は北上し下げ潮流は南下する。

図-23 は波高観測点附近の大潮時における海底上 1m の所の潮流楕円である。何れも流れは沿岸に平行してより北向きの微弱な恒流が見られる。最大流速は約 19cm/sec であるが、之によって移動し始め、底質と前掲の式によって求めれば $d_m = 0.09\text{mm}$ となる。前述の如く底質の平均粒径は 0.2mm 以上であって、沿岸潮流は漂砂の動きに対して殆ど影響を与へない。

5. 河口深浅の変化

5月及び6月における深浅測量結果を図-24に示す。5月24日の深浅図は低水期における河口も代表するものと考えられるが、河口兩岸より汀線に直角に砂州が発達し、之等の砂州は河口より沖合 500m の所に形成された砂州によつ

図-22 海底勾配 (昭32.8.31 実測)

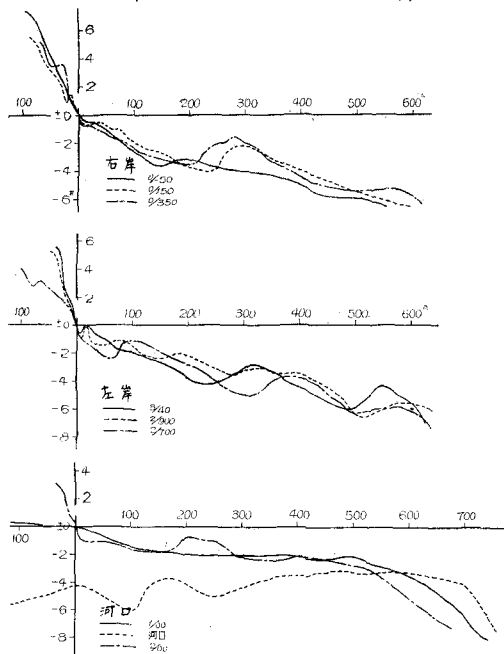
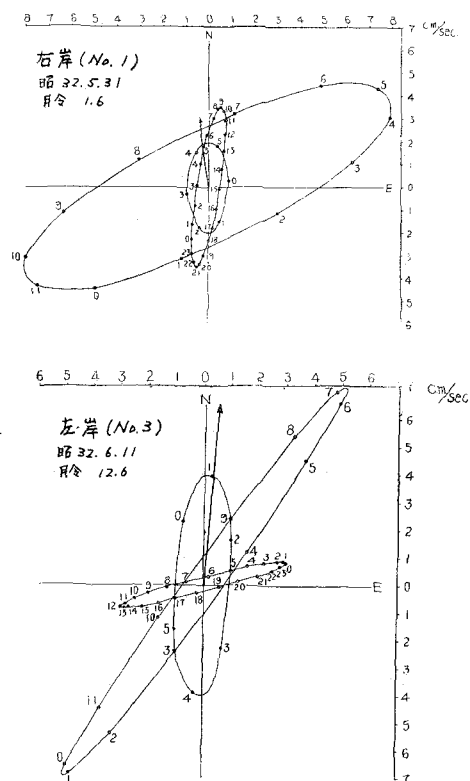


図-23 沿岸潮流楕円



て馬蹄形状に連結されている。大潮時の退潮最強時の河口流速は図-8に示す如く最大 1.2 m/s 、平均 0.9 m/s 程度であるが、河口と出た退潮流は河口中の2.5倍の所から急激に流速が低下するものようである。

7月28日の出水によって河口前面の砂州がなくなり、河口兩岸の砂州は更にのびて河口沖合 650 m

の所に達しているが、これは河口中の2.6倍に当り、5月の深浅結果と一致した結果を示している。河口兩岸の砂州の鎖線は河口両端から拋物線形に拡がり、河口中の1.7倍の所で兩拋物線の距りが最大となり、その中負は河口中の約2倍である。この点から兩線は閉合の傾向を示している。蹼筋は小さな蛇行を示し最大水深 8.6 m 、両側砂州の先端で 3.1 m を保ち深部に連っている。

又出水によって河口より上流 1 km の区間は可成り洗掘されてをり、水面積と水容積の変化を算出すれば表-4の如くなるが、この区間で略 20 万 m^3 の河底土砂が外海に運び出された事になる。

参 考 文 献

- 1). 南 宏：川内川の河相についで。土木研究所報告，第80号昭25.11
- 2). 川内川計画決水流量の検討(補訂版)。九州地方建設局，昭31.6
- 3). 田中定都留大治郎：川内川経済調査報告。全建九建支部，昭32.8
- 4). 佐藤清一，岸 力：漂砂に関する研究(7)，波動による海底剪断力と底質の移動。土木研究所報告，第85号昭28.4
- 5). 岩垣雄一榎木亨：海浜の平衡勾配と碎波による砂移動に関する実験。海岸工学講演会講演集，昭30.11
- 6). 栗原道徳，藤原謹爾，橋東一郎，吉岡益男：波による海浜の砂移動。海岸工学講演会講演集，昭31.11

図-24 深 浅 図

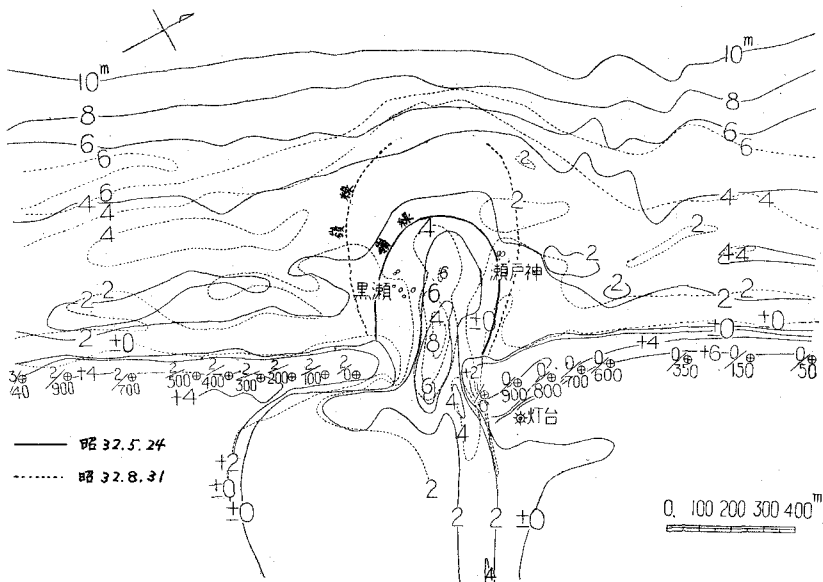


表-4 河床の変化

月 日	水面積 m^2	水容積 m^3
32年5月 A	669,450	859,297
32年8月 B	701,150	1,049,563
B - A	31,700	190,266