

論 說 報 告

第 22 卷 第 4 號 昭和 11 年 4 月

浦 戸 港 口 漂 砂 問 題 研 究 及 び 港 口 計 畫 論

准 員 工 学 士 山 本 將 雄*

On the Drift Sands at Urado Harbour, and the
Construction Plan of the Mouth

By Syôyû Yamamoto, C. E., Assoc. Member.

要 旨

本文は専ら浦戸港口に於ける漂砂問題の研究と之に對する港口の計畫を論じたもので、第 1 編には地形その他の自然狀況と港口に於ける内外 2 個の門洲の特徴及び漂砂の災害と之に對する往昔よりの港口施設を記し、第 2 編には漂砂問題に就き Delekay 氏及び廣井博士の調査意見を述べたる後一般漂砂の性質と之等の誘因たる波浪及び潮流に就き検討し、尙漂砂の本源たる東西兩河川の性質を比較して地質方面より著者の行へる砂礫の採集調査による研究を述べ、本港漂砂西源論を提唱す。第 3 編には港口附近の地形が潮流に及ぼす影響を記し砂洲の沈澱及び海底の洗掘に對する原因を究め、尙附近海底に於ける砂礫の粒度分布及び地質成分より南浦の砂畦及び門洲は一連の漂砂流なる事を論定す。尙港口種崎半島の成因を考察すると共に内外門洲の成立及び中央深所の説明を爲す。第 4 編には港口維持に對して専ら掃流効果の重要性を論じ、第 5 編に於て以上の調査研究に基き整流と防砂を主とする基本計畫方針を提唱して理想案を提示し、その計畫理由と効果に就て検討せるものである。

目 次	頁
緒 言	2
第 1 編 總 論	2
第 1 章 浦戸灣地形概説	2
第 2 章 港口狀況及び性質	4
第 3 章 漂砂の災害と港口施設の沿革	8
第 2 編 漂砂問題の研究	9
第 1 章 既往調査及意見	10
第 2 章 一般漂砂概説	11
第 3 章 浦戸港の位置と swell の影響	13
第 4 章 風波の影響	14
第 5 章 黒潮との關係に於ける潮流考察	15
第 6 章 仁淀、物部兩河川比較	18
第 7 章 沿岸砂礫の査定による地質的調査	20
第 3 編 港口狀勢の研究	22
第 1 章 岩盤調査	22
第 2 章 港口海底潮流と砂の移動調査	24
第 3 章 砂礫採集による港口海底殊に外門洲並に南浦砂畦に就て	25
第 4 章 種崎半島成因に對する考察	27

* 滿洲國國務院國道局第二技術處勤務

第 5 章 結 論	28
第 4 編 港口に於ける掃流效果	30
第 1 章 灣に關する各種水理調査	30
第 2 章 灣内流入河川洪水量の利用	33
第 3 章 灣内水面積の重要性	35
第 5 編 港口計畫論	35
第 1 章 計畫方針の提唱	35
第 2 章 既往諸計畫案	36
第 3 章 第 2 計畫案の支持	37
結 語	38

緒 言

浦戸港は高知市の外港にして縣唯一の關門に當り 諸種の要求より 第二種重要港灣としてその港口維持の困難なるに拘らず巨費を投じて修築せらるゝ事となれり。即ち本港は港内廣く灣入して 靜穩鏡の如く臨港地域も又充分に一見實に天然の良港たるの外形を呈すれど問題は港口にあり、即ち灣口屈曲狹窄せる上に出口には岩礁散在して干満の潮流複雑にして、外海又特に荒く加ふるに年々の漂砂又甚大にして一般海港又は單純なる河口港とは大いに趣を異にせる難所にして、その港口の維持改修に對しては古來幾多の當局者が辛酸の限りを盡し多大の犠牲と勞費を拂ひたるも尙報ひられる所少かりき、實に港口問題の解決こそ本港の生命を決するものなり。而して港口に關する最大問題は漂砂にして、之に對する施設と災害は幾多繰返され又技術家諸先輩の善き研究あるも未だ解決され得ざるは甚だ遺憾とする所なり。此處に内務省修築工事は着手され港内岸壁を完成し更に港口工事に進まんとなす。此の時に當り根本的に漂砂問題を究明し懸案解決の一助たりせば幸なり。港口の調査に當りては主任萩野技師の絶大なる御厚意と御賛成により之を行ひ得たり。本論を報告して深甚の謝意を表す。

第 1 編 總 論

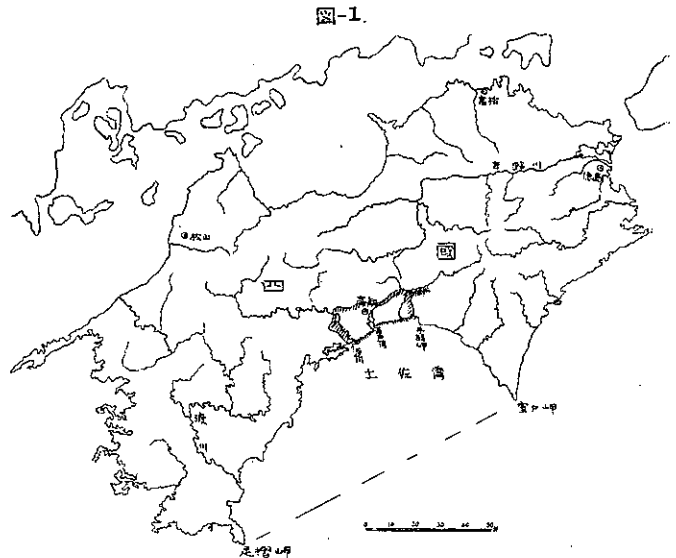
總論に於ては先づその狀況百般を述べたる後漂砂の災害と之に對する施設を沿革すべし。

第 1 章 浦戸灣地形概説

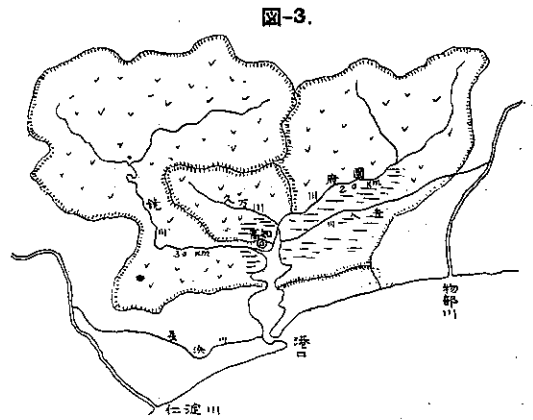
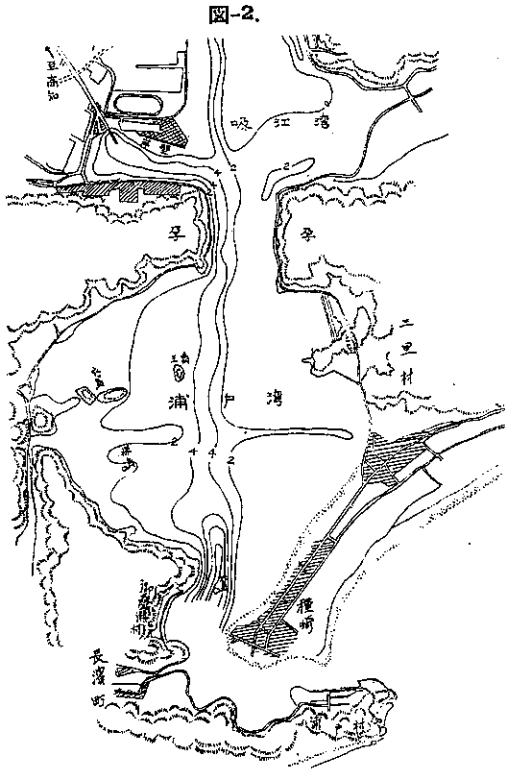
土佐灣はその兩端に室戸岬足摺岬相對してその距離 124 km、萬里の波濤遙か西太平洋マリアナ海方面に正面する弓形に灣入せる延長 200 km は概ね山岳海岸に迫り浦戸灣附近の中央平地には物部、仁淀の 2 川ありて一帯の砂濱を形成す (圖-1 参照)。

一連の長汀東西に延び灣は浦戸村港口

より北に向つて深く灣入し“孕”の峽門により浦戸灣及吸江灣に分れて連珠形をなし南北 6500 m、東西は最大 2360 m にして面積約 7590 000 m² に達し潮汐の干満により港口附近は急潮流を生ず。灣の左方には 2 km に達



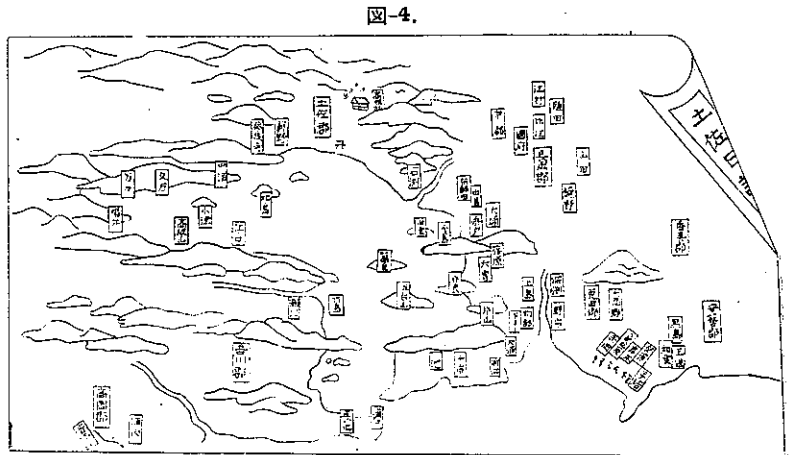
する砂丘種崎半島突出して太平洋の怒濤を遮り灣口を南に追つめて狭水路をなし屈曲して最少幅員 120 m, 東面



して辛うじて種崎沖に開口す。水深の状況は 図-2 の如く平均 2 m 位なり、灣の海底は時により少々の微粒砂を混ざるも大体は一樣に有機物を混ざる泥土の沈澱にして流入河川砂の影響なく浅深による水深の維持容易なり、潮差は最大 2.61m, 平均 1 m とす。

灣内流入河川には 図-3 の如く 鏡川及國府川の 2 川あり、前者は長約 30 km 流域皆山地にして高知市に至る迄屈曲して山間を流れ勾配急なるを以て大雨に際しては急激に増水す、國府川は長さ約 20 km なるが上にその半は平地を緩流する爲洪水は平地部に氾濫し河口に於ける増水は著しからず土砂の流下は鏡川に僅に之を見るも云ふに足らず、その他灣内に流入するものに往昔野中兼山の造れる水運灌溉用に物部川より派流せる舟入川と、仁波川より來り港口長濱に流入するものとあるが灣に對する影響は少し。

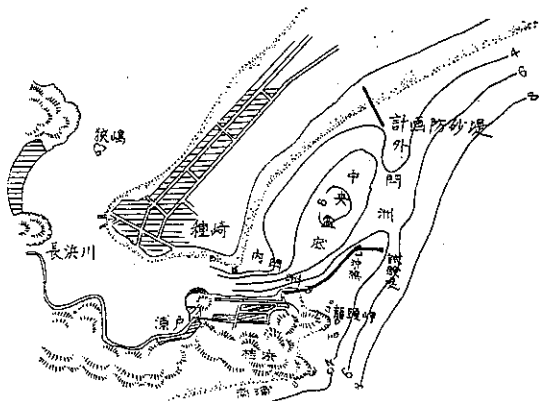
往昔千年の昔は灣は遙かに奥深く入り込みみたりものにして紀貫之の土佐日記にも「大津の港を漕出でて鹿兒の磯邊に貝を漁る乙女等の云々」とあり、 図-4 によれば當時の浦戸灣面積は高知市及附近一帶の平地に及びしものゝ如し。即ち浦戸灣は沖積層よりなる高知中央の平野が漸次海水面の後退によりて生じたる残留海面なり。



第2章 港口状況及び性質

前述せる如く灣の出口は屈曲せる峽水路をなし砂丘よりなる種崎半島の先端を中心に半円形をなし、出口の海中波止の所にては幅約 120 m 東面して海に開く、図-5 に見る如くその凹岸には 3 つの彎曲ありて之等の間の岬端は突出して潮流を速め、殊に北入口にある狭島は對岸 80 m の衣岬と共に著しく出入潮流を阻害してゐる。而して外海は左手は拋物線形に白砂青松遠く 3 里に及び、右岸は岩礁點在する桂濱の岬角を廻りて西方 2 里の砂濱に続く、此の岩礁を概説するに、砂岩よりなる桂濱の岩脈海中に入りて 3 連の群をなし即ち龍王岬より南東に存在するものと龍頭岬より東方に連る一群と、今一つは港口の前面蛭子堂より沖ノ礁に至る弓形に點在する岩礁にして、前二者は港口には大なる關係なきも最後のもの沖ノ礁岩礁列は港口の潮流及び砂洲の成立に重大なる役割を演ずるものなり。次に港口

図-5.



海底の特徴を説明するに當り昭和 9 年 4 月實測による深淺平面図を掲ぐれば 図-6 の如し。此の深淺には 3 つの特有傾向があり年々多少の変動はあるも一貫した性質を持つ、図-5 により之を説明すれば次の如し。

1. **内門洲** 蛭子瀆北側にて兩岸相連絡せんとする傾向あり、之をば廣井博士の呼稱に従ひ内門洲と稱す。此の部分の砂粒は大にして主として波浪により運ばれたるもの、明治の頃此の處にて種崎濱に向ひ一大砂洲突出して港口を塞ぎたる事あり。
2. **外門洲** 次は龍頭岬より現在の試験堤を経て防砂堤計畫點東方を連ぬる線に於て 200-300 m の幅にて淺くならんとする傾向あり、現在兩岸より -4 m の線が突出し中央鞍部は 5 m に足らぬ深きなり、此の點は航路に當る爲波濤中なるも年々の堆積止まず、此の部の海底土砂は細粒の沈澱にして數日の大浪にて一度に數萬立方メートルを堆積す、之を放置すれば早晚港口を閉づべきものにして第一の難問題たる所以なり。
3. **中央盆底** 次に此の内外兩門洲の間にて沖ノ礁北方 300 m の附近に -8 m に達する深所あり、之は年々消失擴大又は多少の移轉等の変動はあるも常に一貫せる性質にして、消失しても又必ず發生し常時その盛衰を繰返してゐる、試みに近年の変動を見るに昭和 6 年 6 月には -7 m となり、12 月には小なる -8 m を生じ、7 年 3 月には之が擴大し、8 月には全く消えて -6 m となりしが、8 年 3 月には又 -8 m が生じ、而も多少東にずれ昨年 8 月には -9 m となれり。

以上の如き 3 つの特性の他尙注意すべきは桂濱南岸なる南浦の堆砂なり。此の地點は漂砂の去來最も盛なる所にして數箇月甚しきは數日にして莫大なる量の砂礫がつき、又は取去らる、現在直径 5-10 mm 位の砂粒が堆積して岩根を覆ふてゐるが、大分又侵蝕されて急勾配をなしてゐる、そして此の砂粒の大きさにも時により大小あり、現在砂は濱一帯に非常に多く堆積して勾配緩にして海岸より 150 m の所に幅約 50 m 位にて -4 m 線に取巻かれたる砂畦が見出される。図-7 は昭和 6 年、図-8 は昭和 5 年、同一場所を寫したるものにして砂の堆積と流去せる場合とを對照せり。

風は大正年間よりの縣の調査による統計あれど正確を期し難き爲、此處には短期間なれど、内務省にて昭和 5-8 年に亙り港口山上に於ける精密なる觀測統計を擧ぐれば 表-1 の如し、即ち風向に於ては春は西及西北多く、夏は南風及東南風を主とし、秋冬の候は西北風を主とし、1 年を通じては西北風最も多く 32 % を占む、而て東寄り風の風は僅かなり、風速は西及北の方向に大にして最大 13 m/sec の記録あり、秋に東風強きものあるは颱風が丸

圖-6. 浦戸港口深淺平面圖 昭和9年4月測量



州を過る時にして、夏期東南風強きものあるも颱風の爲なりとす。要するに本地方一帯に於ける風は西北の成分を主とする事は明かにして、夏秋に東又は南風強きは低氣圧襲來による臨時的影響なり。昭和9年9月21日の颱風は本縣に上陸し室戸岬にて中心示度 684mm を記録し、風速45m/secに達せるも本港の記録は大したるものなし。

波浪は港口に於ては主として東南方向にして大体沖ノ礁附近にて現在航路と直角方向をなし、大波の時は船舶は著しき横波を受け、

図-7.



図-8.



表-1.

最大風速

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NW
春	6.69	6.61	6.43	2.92	2.70	2.60	4.67	2.60	3.70	3.07	4.50	7.35	10.89	10.11	11.67	6.61
夏	5.00	3.38	2.45	2.41	4.28	4.90	8.16	3.97	5.83	2.74	2.92	3.85	4.55	2.92	4.28	3.80
秋	10.70	10.11	7.50	5.45	11.40	6.07	3.20	7.00	2.10	3.50	3.30	6.40	7.27	7.12	9.72	8.95
冬	7.53	7.85	6.53	3.07	6.80	7.58	6.42	2.00	1.25	2.37	3.30	4.00	10.21	13.02	13.22	7.02

風向別

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NW
春	144	95	45	13	20	14	40	27	96	117	109	152	223	215	204	129
夏	75	83	17	31	37	63	176	81	269	196	162	91	134	101	103	66
秋	176	121	65	15	15	12	21	26	59	48	58	61	139	260	449	231
冬	241	205	97	19	15	13	10	9	31	16	17	28	185	336	380	316
合計	636	504	204	78	87	102	287	143	455	377	346	332	684	912	1106	742

外門洲淺洲の爲入港困難となる。巨浪の起るは swell の來る時にして之は風浪よりも波長特に長く俗に“ドウウ波”と稱し主に西南方向より來り波長は 80~90m, 波高 5m に達し迂廻せる浪は深く灣口に侵入して浦戸檢潮計に感ず、又南風強き時は波長短く波高も 2m 内外のものが白頭を卷きつゝ、打寄するも平常は低長なる餘波海濱を洗ひ殊に冬期の風には平穩鏡の如き日も続く、要するに風浪には大したるものなく 2月及 8月頃來る swell に相當なるものあり。

波力は試験堤その他に取付けたる廣井式波力計によれば昭和 4-9 年の間にて 図-9 に示す如し。最大 11.5 t/m² に達し東方よりの波力は僅にして 1 t/m² 内外に過ぎず。

潮位は檢潮場所浦戸村に於ける明治 44 年來 19 箇年間の平均を示せば 表-2 の如く最大潮差 2.1m にして平

図-9.

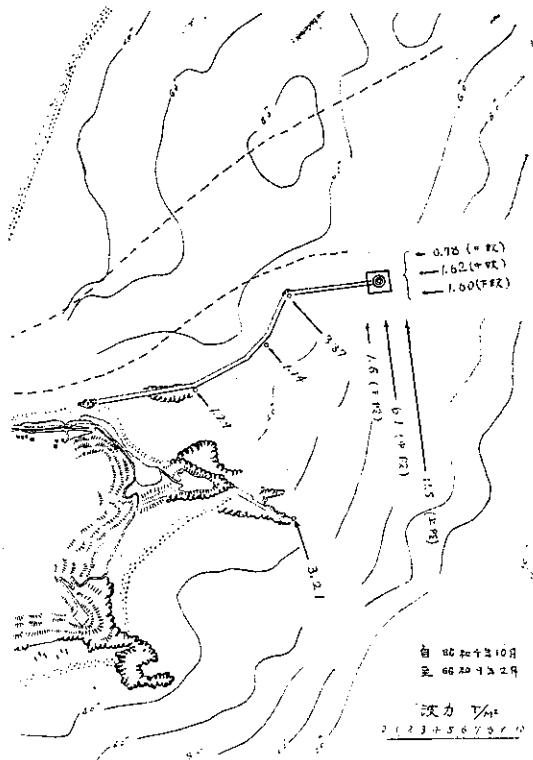


表-2. 浦戸港潮位平均統計

高潮位 1.89	高潮位 2.75	潮望潮 上下差	潮望潮 上下差
高干潮位 .88	高潮位 .00	高潮位 2.04	高潮位 1.77
高潮位 1.38	高潮差 2.10	高潮位 .77	高潮位 .98
高潮差 1.02	高潮差 .01	高潮差 1.26	高潮差 .79

均潮差は 1m なり。波浪、風、及洪水その他の影響により干満には可成りの変動あるも大体は此くの如し、

港口潮流は内部に廣大なる浦戸灣を有する爲干満による出入量著大なり、港口狹部の流速は最大なる所、時

速 6 哩に及ぶ、大潮の落潮時最大にして洪水の時又更に強大となる。港口に於ては地形東面し尙前方には沖ノ礁その他の岩礁點在し實に複雑なる潮流を生ず、落潮時狹部の複雑なる凹凸の爲流心は大体 圖-10 に示す如くにして、港口に達し中心は沖ノ礁に向つて突流し之によりて 2 分されるが、長き觀測によると引き始めは南北兩半に分れ速度大となれば北折して東北方に向ふ北側の主流が著しい、込潮に際しては東方より等深線に沿ひて來潮し港口にては野中波止に遮られて流心は南岸を突きつゝ流れ込む。

圖-10.

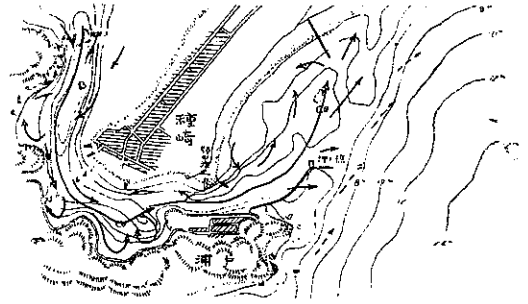
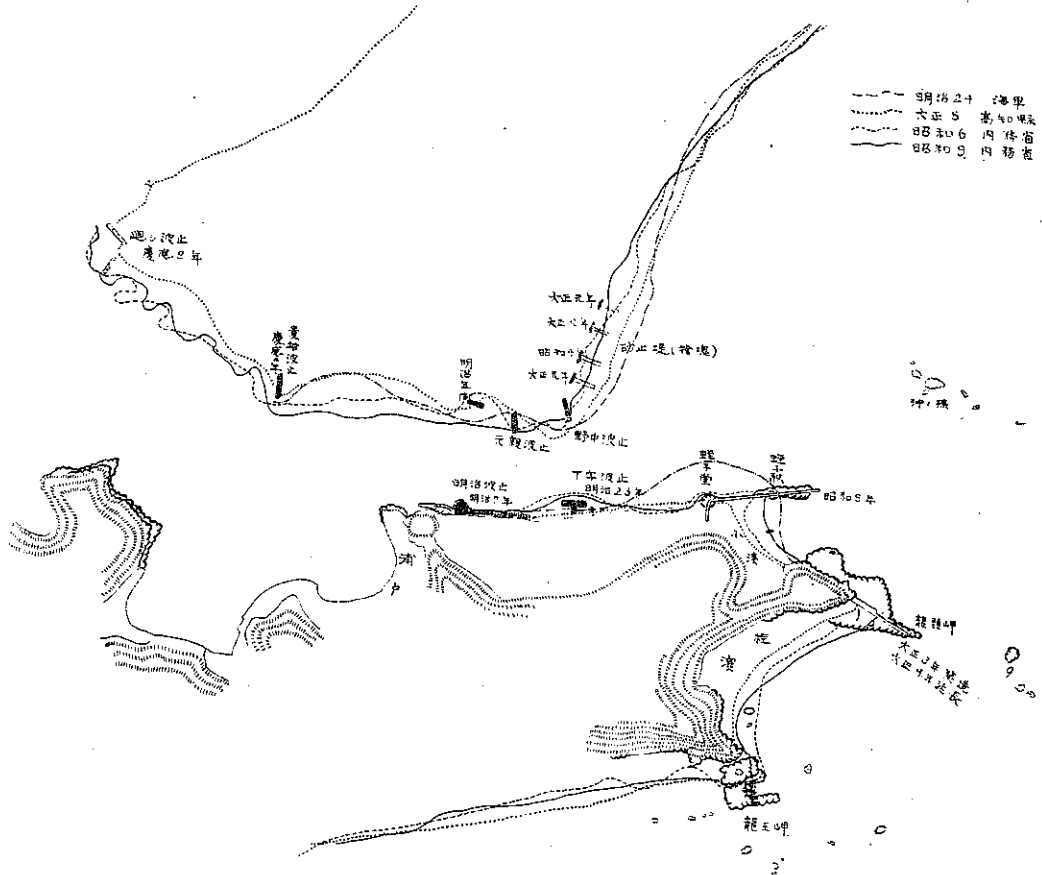


圖-11. 港口施設及び海岸線變化圖



沿岸潮流は緩に東流する日が多いが、干満によるは勿論本地方にては黒潮の本流と密接なる關係あるものにして之に關しては後章に詳述すべし。

第3章 漂砂の災害と港口施設の沿革

浦戸港の史上に見えたるは紀貫之の土佐日記にして當時の港口状態は知るに由なきも、近世に於ては元龜年代迄は航路は沖ノ礁の南にとれり、爲に暗礁、潮流及砂礫の堆積等の爲に悩まされたり。天正の頃長曾我部元親四國を從へて居城を浦戸に構へ港口を修築して流路を整へ大いに良好となる。慶長9年激浪の爲修築箇所を破壊さる。次に寛文の頃家老野中兼山は港口兩岸に導流堤を築き大いに改善せり。寶永4年の大震にて港口の被害大きく大いに復舊に力めたる爲安政元年迄約550年間は事なきを得たるも同年の大震災に際して再び修築箇所は破壊され怒濤は種崎松原の中腹に達せりと云ふ、此の時仁淀川より大量の土砂吐出され之が風波の度毎に桂濱を廻りて港口に來りたるものゝ如く、蛭子堂前に一大砂濱を生じ掘鑿せしも及ばずと云ふ、思ふに先人諸賢はよく港口の事情を察し時宜に適したる施設をなして相當成功し居るも人事を盡して尙自然に抗し得ざりしは當時の事とてあやしむに足らず、更に慶應2年貴船波止、廻し波止を作りて辛うじて水深を保てり、明治7年明治波止を作る、之等を示せば 圖-11 の如し。

即ち此れ迄に於ては港口喉部の維持に止れりと雖も兩岸の護岸及水制によりて退潮流速を強大ならしめ砂礫の侵入にそなへ、その目的に對してはよく成功してゐる。中でも野中波止は最もその適切を稱すべきもので、先年頃迄は砂に埋没してあまり知られざりしも現今初めてその全貌を現して今日迄の港口を維持せる偉力を示してゐる、圖-12 は洗ひ出されたる野中波止を見る。

圖-12.



明治19年より20年にかけて縣技師の設計により沖ノ礁南方の航路を改良する爲、大落及中落2個の暗礁を爆破せり。大落は面積20餘坪、水面下8~10尺位、中落は之より蛭子堂に向ひたる舊石堤で長さ百數十間、深さ12尺位の暗堤にして往昔の築造にかゝる。當時港口にて

は數箇所にて制水堤の築造ありと雖も港外に於ては當に何等の施設を施さざるのみならず、却つて砂礫の來襲に對する唯一の防壁たりし暗礁を取除きてその通路を開きたるものにして、單に航路を改良せんとして漂砂に對する注意

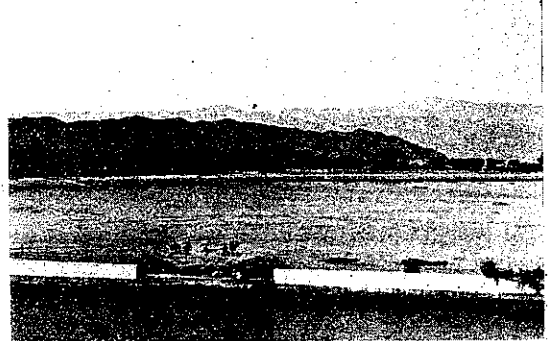
圖-13.

圖-14.



蛭子堂

(明治22年1月20日攝)



を拂はざりしは遺憾とす。即ち翌21年12月20日の頃の暴風雨に驚くべき砂量押よせて内門洲は忽ち種崎濱附近に迄突出して港口全く閉づるに至れり。図-13は當時の状況を雄辯に語るべきものにして、明治22年1月20日の撮影なり。図-14は最近筆者の同一地點を撮影せるものにして、蛭子碇の位置よりして現在の状況と對比するを得べし。之により船舶は全然入港不能となり小舟によりて陸上と連絡するを餘儀なくされ、風浪の都度大小船舶は遠く須崎方面に避難しその不便名状すべからず、被害は單に之に止らず港口塞がれたる爲に洪水に際しては灣内の流入河川屢々氾濫し、高知市の排水悪く市街にも浸水する等その悪影響甚大なりき、翌23年に至り3箇年継続事業として土砂を掘りて港口開鑿を始め又浦戸に制水堤護岸工事をなす等次第に回復につとめたり、此の費用當時にて約5萬圓とす。

大正8年縣で龍頭岬下に防砂堤を築造し翌年更に之を延長して100mに達す、之により防砂に大に效あり蛭子堂附近の砂濱漸次消失し、對岸種崎の砂濱も次第に後退し松原の根元に及び縣では又之の防止に砂止めブロックを4列設けたり。又此の爲か大正8年8月15日の激浪にて防砂堤の向側挂濱に一夜にて大池を生じ數多の魚族捕れりと、その面積約3000坪、堆積砂利10000立坪と概算せられたるが、之は更に25日の激浪にて一夜にして流れ去れりといふ。

昭和5年浦戸港は第二種重要港灣として指定され、内務省直轄にて10箇年継続事業として修築を始められ、昭和7年先づその第1期工事として防波堤計畫の一部蛭子堂より東方九尺落に至る約200m完成せり。又計畫防波堤頭の地點に12m×12mの試験堤を築造せり。図-15は之等工事中のものなり。又航路に當る外門洲約60000m²を浚渫の止むなきに至り現在に至るも作業中なれど之は又忽ち堆積し辛うじて水深維持につとめ居れり。

之等の築造より防波堤南側には再び砂が堆積し始め、反對に北側にある内門洲突出は砂の供給絶無となり漸次洗掘されて流失し港口南岸の砂も完全になくなり、図-16の如き護岸工事をなせり。對岸種崎の砂濱は益々減少し浪は松林の根本を洗ひブロックも波下1mに及べり。

以上要するに藩政迄は港口咽喉部航路の維持に力め制水堤等により砂礫侵入を防ぎて辛うじて保ちしが、明治の頃港外に手を出し航路を整理せんとして失敗せり。大正になりて始めて港外工事に及び西方砂礫を止る事を試みて相當成功せり。昭和になりて更に港外改善に着眼し内務省により防砂防波の計畫を立て先づその一部を了して今日に及べり。

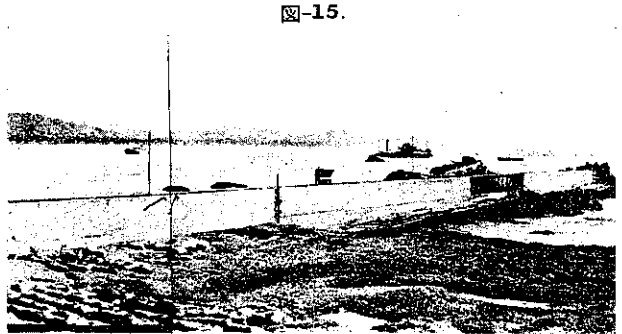


図-15.

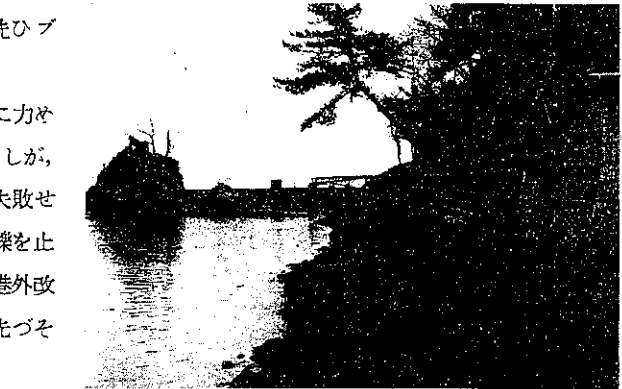


図-16.

第2編 漂砂問題の研究

浦戸灣は東は直ちに物部川口を経て手結岬に至る數里の砂濱に連り西は僅に龍頭岬の岬角を廻りて仁淀川に至

る長汀雲と霞み、前章述べたる如く漂砂砂礫の來襲猛烈にして本港口の特徴となすべき港外に於ける内外 2 條の門洲發達し内門洲は古來屢々港口に災したり。外門洲は又 4m 内外の水深を有するに過ぎず風浪に際しては怒濤は高まりて此の上を狂奔し船舶の此處に難破するもの屢なり。浦戸港命脈のかかる所實に此等門洲の状態如何によるものにして、本港修築に當りて最も大切なるは未だ明かにされざる漂砂問題を根本的に解決し之等門洲の成立を明かにして港口永遠の防砂設備をなさざる可からず。

凡そ漂砂に關する研究は本邦にては廣井博士亡き後荒木博士の研究に二三を見るのみにして、その運動及量等の問題は優に液体動力學中にて至難のものとする。今港灣に於ける漂砂を考へるに當りてはその誘因たる各種の因子の性質を明かにしてその影響を論じその地點に關する之等の状態を考ふべきなり。云ふ迄もなく漂砂は海岸にて生じたる砂礫又は河川より流吐されたる土砂よりなり、之が潮流及波動によりて運ばるゝものにして従つて附近の地勢、河川の性質、濱の狀況、風、浪、潮流等の影響を綜合してその運動を論ずべきものなり。故に今此の各項に互り廣く之を涉覽して本港漂砂を論ぜんとするも、本港口に來襲する漂砂に關しては古來或は東より來ると云ひ、或は西より來ると稱し未だにその依りて來るべき何れの眞なるを極めしものなし、此處に先づ之等先人の意見を漁りて後各方面より検討して事實を正解せんとす。

第 1 章 既往調査及び意見

港口漂砂に對する主なる意見としては明治 32 年内務省傭工師 Delekay 氏のものと、同 39 年有名なる廣井博士の報告書あり。

Delekay 氏の意見は港口に來襲する漂砂は主に東方なる物部川口より來襲するものとなし、後章示すが如き計畫を立てたり。

明治 38 年縣會の要求により本港三里村出身の東京帝大教授廣井博士の視察を求めたり、博士は 2 日に互る實地視察の後報告書を作製して計畫案と共に縣會に提出せり。該報告書は僅々罫紙 3 枚に過ぎず、詳論を窺ふに由なきも概略は次の如し。即ち

内外兩門洲の成立は全く港外よりの漂砂によるものなり。一つは東方の砂濱よりのものにして、之が灣からの退潮の爲に速度にぶり遠く灣外に波堆し外門洲を形成す。一つは西方からの砂礫で、西南の激浪により龍頭岬を廻り港口南側に堆積し突出して内門洲を形する原因となる。先年漂砂の爲に港口を塞れたるは一に岩礁を爆して此の障壁を取除きたる爲なりと指摘す。要するに外門洲の成立は潮流と波動の衝合によるもので、内門洲に至りては全く西方海邊より砂が波動により輸送されしものとなせり。

其の後大正 3 年高知縣技師田口俊一氏の改修計畫あり。同年又内務技師南部常次郎氏の視察あり。大正 8 年同じく安藝杏一博士の視察ありたり。之等諸氏の意見は別に文獻として見る能はざりしも、之により現在の龍頭岬防砂堤が築造されたるを見れば、同じく西方砂礫の優勢なるを認められたるなるべし。

之等を批判するはおこがましきも Delekay 氏の説は明かに認識不足にして皮相の見解に過ぎず、思ふに同氏は西方よりの砂は桂濱岬に遮られ東方は直接數里の砂濱にして且つ種崎半島の東より突出せるを見てかゝる誤りに陥りしならん。従てその計畫も之より出發せるものにして主義に於て吾人の承服し得ざる所なり。

廣井博士の説はよく事實に合致せるものにして實に一大卓見なるも今少し徹底的に解決せられざりしを遺憾とす。即ち内門洲の成立は西方よりの波浪によるものとせるはその識見に服すべきも、外門洲の成立を東方より浮遊する細砂なりとし、單に普通河口に於ける門洲の如く潮流と波動の衝合に起因するものとなし、岩礁による影響を明かにせず、又“東大工學部記要”に西方仁淀砂は龍頭岬より廻り、時としては對岸に達すると見ゆるも何處

迄達するや、幾何の量なるや明記されをらず、されど内外兩門洲の特性を明かにし港口命脈のかゝりて此の門洲にある事を指摘し更に西方土砂の優勢なるを警告したりし卓見は偉大なるものにして、その後の南部、安藝の諸氏も仁淀川砂の偉大につきては勿論之を認められたるならん。

第2章 一般漂砂概説

さて本港に於ける漂砂を論ずるに當り前以て一応一般漂砂に就き波浪その他の影響を論究すべし。

此處に漂砂とは海岸を移動する土砂の總稱にして、海岸の砂濱を形成する物質に他ならず、河川に於ける流砂に相當すべきものなり。本論に於ては便宜上漂砂を次の如く分類す。

- (1) 粗礫 (転礫): 海岸、海底を転りて移動するもの、大き 2-3cm 以上。
- (2) 中砂 (沈砂): 碎波により持上らるゝも流勢減ずれば直ちに沈下するもの、大き 10-12 mm 位。
- (3) 細砂 (流砂): 碎波及海底の流動によりて持上り沈下迄に相當の時間を要するもの、大き 1mm 内外。
- (4) 微細砂 (濁砂): 濁りとなりて水中に止り得て漂ふもの、大き 0.5 mm 以下。

此の (1)(3) は波の方向に移動し、(3)(4) は潮流に従つて流動する。部分的な潮流を起すものに波、風及び潮汐の干満がある、故にその本源をたゞせば總ては風と干満とであるが、直接的に考へる場合は漂砂は波と潮流によりて移動するもので、之がその砂濱の勾配に影響されるは勿論なり。此の中最も主要にして而も複雑なる影響を及ぼすものは波浪なるが故に、波浪の漂砂に對する作用を分析する必要がある。

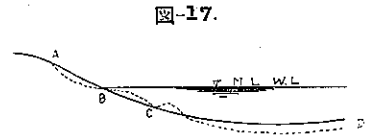
(1) 波浪による海底土砂の攪亂: 波浪により前後動の海底に於ける最大速度は淺海波の理論より

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{2\pi g}{L}} \times \frac{b_0}{\sqrt{\sin h \frac{2\pi H}{L}}}, \quad b_0: \text{半波高}, \quad L: \text{波長}, \quad H: \text{水深}$$

此の V により動される程度の砂粒は海底にて前後動をなし小なる細粒は浮動する、從て岸に近く水深小となれば V は急に大となり、又反對に水深 H の増すにつれ急に低減するから或深さに達すれば殆ど移動はない。尙此の上に下層流、即ち潜流にも影響されて動くが、大体の経験によれば攪亂は波高の 5 倍位の水深に達すると云ふ。

(2) 海底勾配の影響: 勾配緩なる時は水分子の前進運動により浮游物の陸岸に打寄せらると同様海底砂礫も陸に向つて移動する、反對に勾配急なる所では地球の重力が波動の後退速度に合同して砂礫は沖に向つて引下げられる故に海底勾配の緩急は漂砂の移動に大なる關係をもつ。

(3) 波浪の大小と砂濱の変動: 海岸は絶えず浪に洗れつゝ或時間後は砂粒の細粗と勾配及波浪の強弱により平衡の域に達するものであるが、此の波浪の大小による作用の相違を荒木博士の實驗研究より要抄すれば圖-17 に於て



(a) 強勢なる波浪: 寄浪は引浪の上を滑走し引浪は流量、速度共に大にして重力と共に AB 部を洗掘する。B C 部にては引浪と寄浪と遭遇し互に速度にぶりにて砂を沈殿する。又強大なる波浪は海水を前進せしむる傾向なる爲海岸局部の水位上昇し逆潜流強くなる、そして之は引浪の流勢と合して BC 部及海底を洗掘する、故に第一碎波附近に堆砂し全体としては侵蝕され、細砂は流動して沖に流れ去る。

(b) 低長なる餘波: 斯くて時化後は勾配緩やかとなる爲引浪が弱り寄浪の方が割合優勢となり、又逆潜流弱く爲に海底土砂は波動により陸方に運れる、故に沖より BC 部に推積し更に BC 部が侵蝕され之が AB 部に堆積、即ち全体として海岸は増積する。

(c) 靜穩に近い時：長時間の後 BC の砂を AB に移す。

(d) 再び低長なる餘波：AB が侵蝕され BC に堆積す。

要するに波浪高まる時は AB→BC, CD→沖にして波が弱る時は AB←BC, CD←沖、即ち波高まれば海岸の砂礫流失し、波弱れば再び増積さるゝものにして同氏の觀測結果によれば此の波の大小の境界は波長と波高の比 50 附近なるが如し。

又緩斜せる海底にて比較的大なる餘波が海岸に直角に来る時は前述せる如く陸に向つて海底細砂を推動する傾向あり碎波すれば此の力がなくなる、一方波によりて生じたる逆潜流も陸岸より運べる細砂を此の地點に沈堆する、此る状態が長時間続けば碎波する附近に砂畦を生成し、而も干満により水深異なるを以て碎波の位置も又異なる稍廣き範圍に發達すべし、從て此の砂粒は細いもので流砂及濁砂よりなり沖合に當りて大量に貯溜される。

要するに波の大小、強弱によりその堆積又は侵蝕に自ら相異あり、砂礫は此くして常に波と平衡せんとする傾向にあり、又波浪が斜に来る時はその強弱の変転により漂砂は海岸と海底との間を上下しつゝ波の方向に移動し行くものにして、海岸より或る深さ迄の間に一大河川狀をなして移動するものにして之を“漂砂流”と稱し得べし、殊に砂畦に於て一度び斜波に會へば漂砂としての勢恐るべきものあり。

此の如く海底勾配、水深、波高、波長及砂粒の細粗は漂砂の移動に甚大なる關係あるものにして、現地に於ては各狀況により複雑微妙なる平衡を保ちつゝその活動を永遠に続けるものにして、恰も河川に於てその流況と河床が平衡せる如く而も遙かに複雑せり、されどその微妙にして而も猛威をたくましふせる漂砂と雖も當然起り得べくして起りつゝあるものなれば各方面より深甚なる注意を拂ひてその狀況を觀察しその必然性の結果たる状態を達觀悟通すべきである。

第 3 章 浦戸港の位置と swell の影響

さて本港口に於て先づ考ふべきはその位置にして 図-1 を参照すれば V 形灣の最奥部に室戸岬、足摺岬の線に平行して一帯の砂濱存在し此の長汀の間にて浦戸灣は西端にある仁淀川より 8km、東際にある物部川より 12km の所にあり、即ち灣の開敞面に向つて中央より少しく西に偏してゐる、此の事は次の波浪及潮流を考へる場合重大なり、而して土佐灣海底は室戸方面は急にして大山岬より與津岬の間は緩なり。

さて本地方に於て長大なる巨浪となりて猛威をたくましふするは swell にして漂砂移動の最大原因となる、此處に云ふ swell とは海洋中では波長大にして之が沿岸に達すると波長を幾分縮めると共にその高さを増し海岸に向つて咆吼し風波の有無に關せず 2~3 日或は 4~5 日続くものにして所謂餘波の大なるものなり。本地方に於ては之を俗にドウコウ波と稱し 8、9 月の候颱風の日本を襲ふ頃頻々として起る。又冬の 2 月頃もあり、2 月波とも云はる。之は經驗によれば颱風が日本を通過する 2~3 日前に甚しく、颱風通過すれば忽ち收る、故に低氣壓の中心より洋上を傳播して來るものゝ如く颱風と密接なる關係あるべし。swell 發生の機構は、本田、寺田兩博士の説によると低氣壓中心にては所謂“眼”を形成するが此の中心の氣壓が急激に昇降し海面に衝撃作用をなす爲に長波を發生して四方に進行し數百乃至千軒に波及すると云ふ。されど又中心近くの最強風部の擾亂による餘波としての影響も相當あると考へられる、藤原博士の説によれば、即ち低氣壓の爲に起る強烈な風が海面に浪を起し此の風波は波長短く高さも高いが風と共に收る、然し此の爲に發生したる swell は四方に傳播し波長長く山は低くして丸く數千軒の遠方に及びて消滅すると。

兎に角海洋上に低氣壓があれば必ず“うねり”を發生し、四方に傳播するものにして之を swell と稱すべし。

swell の速度は 20~80 km/hr 位なる爲低氣圧は遙か洋上にある時でも swell は既に海岸に來襲するを以て、靜穩な好日和でも“うねり”高ければ低氣圧のある事が分り、而もその方向に中心のあるを知る。要するに swell の波長は大にして 50~60 m より 300~400 m に達し之が海岸淺海に來れば波長を減ずる代りに波高を増し巨浪となりて海岸に打寄るもので波長、波高共に一般風浪より遙に大にして港灣工事に最も恐るべきものなり。

土佐灣一帶に及ぼす swell の影響 颱風の發生するはマリアナ、カロリン諸島近傍の熱帯低氣圧帯域内にして、之が北太平洋南部に存する温帯高氣圧帯より吹き出る風によりて導かれその南縁に沿ひて西に進み次第に北西に轉じ遂に北東に動いて本邦に來襲し北太平洋に疾走するが、此の高氣圧部は時々その強さ及位置の変動ある爲颱風の進路も之に応じて變る、大体夏は北東より北に變り晩秋になると東に片寄る傾向あり、又抵抗の少い所に入るか温濕の空氣が之を涵養する所例へば黒潮の流域に來りて異常の發達を示す事あり、最近に於ける颱風の發生經

圖-18.

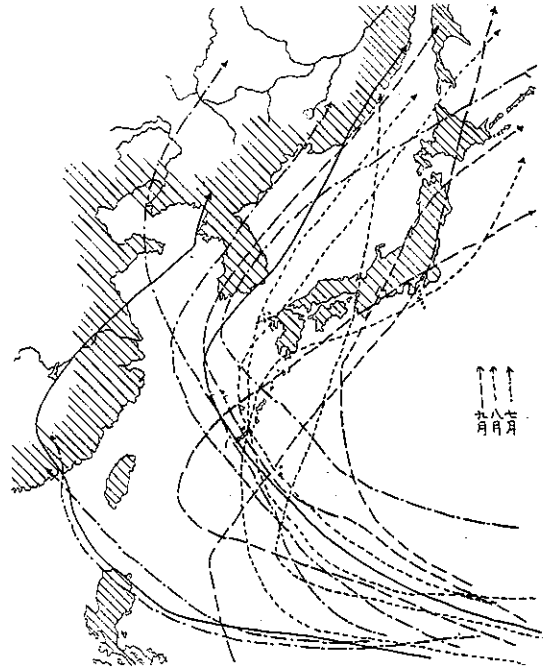


圖-21.

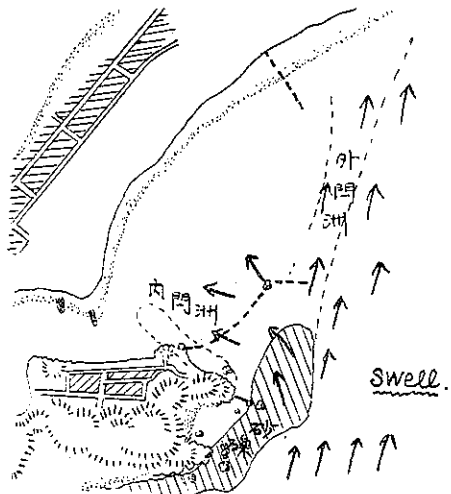


圖-19.

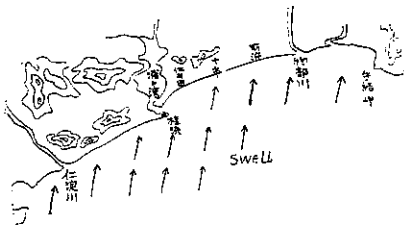


圖-20.



路を示せば 図-18 の如し。今その経路を大別すればマリアナ海方面よりその儘印度支那方面に行くものもあるが普通は琉球を通りて東支那海に出で朝鮮、對馬方面を通りて日本海に出づる経路をとるが時には九州四國に上陸する事あり、今一つは四國沖を通りて房總沖に向ふもの及び小笠原方面より東するもの、3 通りに大別せらる。

之等は何れも土佐灣に關係するが中でも第一第二のものによる swell の影響最も大にして且つしばしば起るものなり。即ち土佐灣に大なる swell の來るは颱風が琉球以南の洋上大東島附近にある時にして、互なる“うねり”は南西南の方向より來りて、天氣晴朗なる時と雖も巨浪次第に增高す。颱風東支那海に入れば琉球及九州の影になりて swell は消失し、又土佐沖間近を通る時は暴風雨は猛烈を極むれど大なる swell は起らない、又小笠原方面より來るものは室戸崎に遮られ影響は少い、要するに巨大なる swell は南西南より來り之が實に港口附近に漂砂を運ぶ最大なるものにして、期節は 7-11 月に互りて屢々起る、之が港口の東西 20 km に互る砂濱に於て考へるに 図-19 の如し。即ち swell の方向は仁淀より前濱迄の砂濱に對しては斜交してゐる、故に前章述べたる如く波動及潜流の爲に日に月に土砂の東進する事が察せらる。一朝にして港口を埋める漂砂は實に此の swell の働きによるものにして、図-20 は此の狀況を示す、桂濱岬山上より西方遙に仁淀方面を見たるものにして晴天なれど西南よりの巨浪大なり。

次に之の港口に及ぼす影響を見るに 図-21 に示す如く内門洲は始め swell により南浦の濱に持來されたる砂礫が更に之を廻りて港口前に運ばれ図の如き位置に來り之が岬を迂迴せる“うねり”により港口に向つて打寄せられたるものにして、外門洲は swell の方向に延びたるものとす。

之を要するに swell は港口迄砂利を運ぶ作用と、之を又打上る作用と更に港口を横切りて漂砂を東に推進せしむる作用をなすべし。

第 4 章 風波の影 響

強風が長く海上を吹けば海面に風波を生ず、風波の頂は高く尖り波長も短し、風靜りたる後も餘波となりてしばし続く、此の種の波を風波と總稱して港口附近の影響を考へん、此の爲には先づ風そのものを吟味すれば足る。

(1) 定風 此處に筆者の定風と稱するはその定性をもつものにして大氣の環流よりなる風系に屬するものと、半年毎に代る季節風と、半日毎に代る海陸風の 3 者にして、之によりその土地の風を概念する事を得。此處に大氣流と云ふは地球上存する 3 個の風系にして、即ち $30^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 附近にある高圧帶から熱赤道附近の低圧帶に吹込んでゐる貿易風と、次の風域 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ に互る偏西風（之は所により定性を缺くも、とに角西風が卓越してをり高緯度に従ひ西に偏る）と兩極地方に於ける寒冷なる偏東風と稱す。

季節風は即ち大洋と大陸間に起る風で、本邦にては夏は東南の風が太平洋より蒙古地方に吹込み、冬は西シベリヤ高原から太平洋に吹返す、一般に冬の風の方が温度差大なる爲強い。又風の更替季節 3、4 及 9、10 月には此の定風はない海陸風は地方的であるが晝夜により陸風と海風が更替し此の間に朝風と夕風を持つ。海陸風は低緯度地方は常時存在するが高緯度地方は夏期のみ起り、我國では夏期大抵の海岸に起るものなり。

以上によりて見れば本地方は偏西風の風系に屬し、更に季節風としては多西北風強く夏は緩かに南風が吹き海陸風は夏表れて晝は南風、夜は北風を生じ日射強き爲可成りのものあるべし。

(2) 不定風 之は低氣圧の發生即天候によるものにして夏秋の颱風によるもの多く即ち颱風が東支那海より朝鮮海峡を経て日本海に入る時は強い西風が吹き、颱風が土佐沖を通る時は東風より次第に北風になる。

之等より綜合するに風向に於ても風速に於ても本地方では西北風が卓越し、夏は南風を交へる事が分る。東風

は又稀にして東南風は颱風による不定風として少々あるべきも、常時は一般に西風、北風を主とし東風は非常に少い。浦戸にて實地観測せる統計は短期間なれど之を示してゐる、故に平常時の波浪による砂の移動は東方に進む可能性遙に多い、殊に颱風が九州方面を通る時は西風強く西からの風波を起す、之砂礫東進の一助となるものにして前述 swell 沈静の直後に來るものなればその影響や大なり。東からの風浪は颱風が土佐沖を通る時にして日時も非常に短く又室戸岬の影に當り大なるものは起り得ざるべし。

之に於て考ふるに夏は swell その他の浪強大なる爲に海岸侵蝕されて沖に運ばれ又横に移動する量多く、冬は長期間波低く西方より來り砂の堆積を増し、尙又強き北風は陸に向ふ海底潜流を誘發して堆砂を助く。

第 5 章 黒潮との關係に於ける潮流考察

潮流の影響は砂礫の推動に非ずして専ら波浪によりて浮遊せられたる流砂及濁砂に屬する細砂の運搬にあり、之は全く沿岸潮流によりて左右されるものにして此の爲には本地方の沿岸の如何に流れるやを極めざるべからず、之に於て神戸海洋氣象臺、高知水産試験場、高知測候所、縣廳等につきて之をきくも土佐灣潮流を明かにしたるもの皆無にして依る所なし、唯海軍水路部にて數年前 5、6 日間の測定に依る灣中央數箇所の流速と沖を流れる黒潮の調査若干あり、されど沿岸潮流につきては更に云ふ所なし。

此に於て筆者は土佐灣に於ける沿岸潮流調査の爲附近漁村の漁業家又は漁業組合にて古來沖の事情に通ぜるものを求めて之を調査せり、即ち浦戸以東にては十市村漁業組合及び網元某々氏、浦戸以西にては戸原村漁業組合及び仁淀河口なる所居村漁業組合等その代表的なるものにして、之等の結果を綜合したる概略次の如し。

即ち何人と雖も一致する點は潮は 7~8 分通りは東流にして流れはゆるやかなり、西流する時は必ず天候悪しく速度も早い、しかし之も一兩日にして天候回復すれば又東流に歸り濁りは 1 週間位にて澄む。冬は東流が主で夏は西流がしばしば生ず、之は天候の変動多き爲なり。3~4 月の頃引き潮と云ひて表面は黒潮が眞向に陸に突進し底は沖に向ひて流れ去る事ありと、以上 2 つの事實を知るを得たり。又仁淀河口左岸宇佐の沖は反流ある爲時により西流、時により東流し、日により時間により不定なるも浦の内半島の沖は絶えず西流し、仁淀河口以東は殆ど定つて東流なりと。

之によりて結論するに本砂濱地方の沿岸潮流は天候により変化し而も 7 分通りは東流を常態とす。故に西流の際濁るも之が沈澱は東流中に完了す。即ち潮流より考ふるも漂砂の細流は年中 7、8 分通り東進する事が分る。

以上は經驗的事實なるも如何にして此くあるか此の依りて來る所を理論的に説明し得て始めて完全なりと云ふを得べく、又我々の取るべき立場なり、茲に於て先づ土佐灣に於ける潮流分布を考へるに、土佐沖は有名なる黒潮の室戸岬をかすめて東流する本流にして、之に依りて土佐灣の潮流は誘發されるは當然にして而も前記調査により低氣圧により著く影響されをるは確かなり、故に先づ第一に知るべきは黒潮にしてその本体を見るの要あり。之に就きては海軍當局にても未だ調査中にしてその明確なる説明は得られざるも之を大観すれば次の如し。

黒潮は所謂日本海流の暖流にしてその源を遠く北太平洋赤道流の後身にして赤道北部なる北東貿易風の生ずる所、此の流れは比島に衝突して 2 派に分れ、1 は南下して赤道反流を助長するも大部の強流は即ち黒潮となりて北方に向ひ緯度と共に増す、地球自転による轉向力の爲と海岸線の影響により臺灣附近を流れて東支那海に入り、分岐を日本海及黃海に注ぎ本流は九州、四國、本州の東南岸を洗ひその凹所々に左廻轉の反流を生じつゝ房總沖にて本州を離れ東偏して北太平洋西風漂流に投じ北米の西岸を南下して茲に北太平洋環流を形成する。此く海流がその方向を變ずるは前記 2 原因の他その地方の風及海水の密度の差等にも影響される（日本近海の此の種潮流に

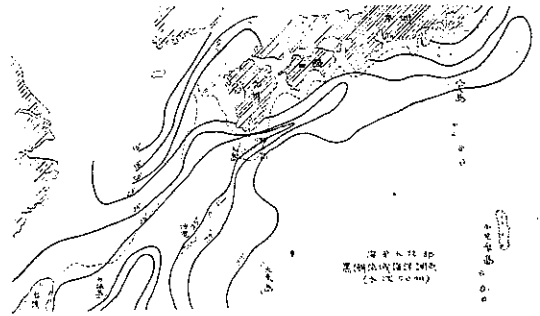
關しては海洋氣象臺日高博士の實驗研究あり)。

黒潮に關しては最近以上の如く考へられてゐるもその實際は結局實地の調査に依らざる可からず、さて此の海流を調ぶるには凡そ次の 4 つの方法ありと考へられる。

- (1) 流速及方向を各地點に就き測定
- (2) 溫度分布によりその変化を測定
- (3) 化学成分を測定
- (4) 微生物の分布調査

今迄になされたるは (1) 及 (2) にして之は直ちになされるも (3) 及 (4) は海水を採取して實驗室にて分析し H イオンの濃度、O₂ の量又は Cl の量等を測り、或は微生物を検出する。此の種の方法によれば前記 2 方法よりも遙かに正確にその海流を調べ得るも現在之により黒潮を調べる迄に至らず試験的研究中なりと聞く、此く海流の調査は仲々困難なるものにして黒潮の領域未だ判明せず知られたるは大体の傾向に過ぎず我海軍にても鋭意測定中なれば黒潮に關する資料も全く之によるの他はない。

図-22.



故に本論にては従來の方法による溫度、流速による調査を参考とすれば、先づ溫度分布による等温線を見るに水深約 300 m 迄のもの、特に水深 50 m の所の方が最も黒潮の流域を示す特性を表してゐる。即ち 図-22 によりその大体を知るべく伊豆半島迄は確かに黒潮の流域たる事が分る (表面水温は氣温の影響を受け之によりては判定し得ない)。

次に海洋の大規模の流速調査を綜合するに大体 図-23 の如し。即ち本流は臺灣間近を抜けて東支那海に入り、種子ヶ島附近にて再び太平洋

図-23.



に出で、日向灘及室戸岬沖をかすめて房總沖に至り、急に東偏して洋中に入り一部は伊豆諸島小笠原列島の障害により南に反流して右廻転、小笠原逆流となりて土佐沖に再來し、更に本流を海岸に廻らしむる傾向となる。更に四國附近の調査を見るに數旬に亙る測定の結果が水路部小倉博士により報告されてゐるが、種子ヶ島より潮岬に至る間は大体海岸の凸凹に沿ふものにしてその中心は室戸岬沖にて近々 40哩方向 ENE、速度

図-24.

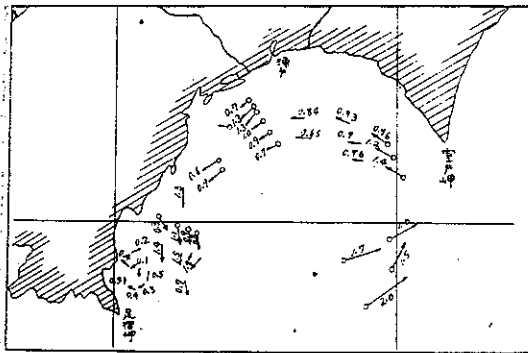
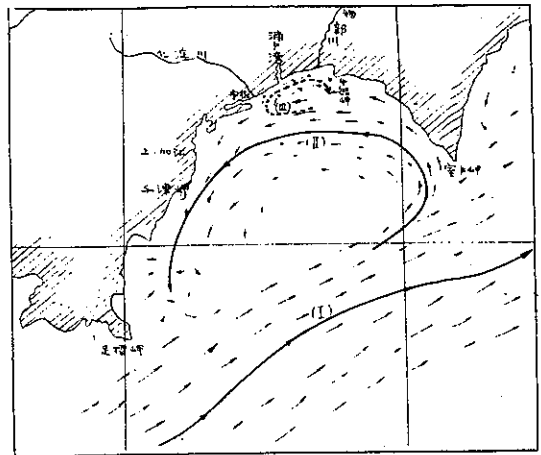


図-25.



3 哩なり。更に範圍をせばめて土佐灣内のものを見るに、昭和 5 年 7 月の測定により 図-24 の如く明かに室戸岬による左廻転の逆流が報告されてゐる。又高知縣高鵬丸船長の語る所によるも足摺岬沖 7~10 哩から既に黒潮にして中心迄は 30~40 哩なりと。

大體此の如きものにして黒潮に關しては之以上の資料なし、以下は唯之を基本として筆者の経験と推理による。

海軍水路部の調査によれば前述の如く土佐沖の黒潮本流は ENE に流れ、丁度室戸、足摺線に平行にして中心は約 40 哩の沖合にあり、之に對して逆流は室戸岬西側より上ノ加江、與津方面に向ひて常時存在し此の大部分は足摺岬の方に逆流してゐる (図-25)。港口地方の東流する沿岸潮流は更に之が部分的に宇佐沖より図に於ける點線の如く逆流せるものならんと考へらる。便宜上之等の海流、潮流を I, II, III と名づれば、第 2 海流 (II) は黒潮による第一次沿岸逆流にして上層流を主とし、本流の消長及方向の変化により大に影響さるべし。第 3 潮流 (III) は仁淀川口より手結岬に至る地方に限り部分的且つ微弱なるものにして、風及 (II) の僅少の変化と雖も鋭敏に影響されるものなり。

此に於て筆者は季節及天候による此の影響を次の如く説明せんとす。即ち季節による変化は冬は黒潮弱く且つ親潮發達し、西北風強き爲に第 1 流は岸より速くなり、すると第 2 流も北風と共に沖に出る。即ち (I) (II) 共に幾分沖に移動する、従つて第 III の反流はその安定の度を増すものとす。

夏期は黒潮優勢にして且つ南風もあり室戸岬に衝突して反流する量も多く且つ相當深く逆流する爲に第 III 流も不安定にして消失し易い、されど同時に紀伊半島に當る黒潮流も多き爲室戸岬東側の反流も強く従つて室戸岬より本流を沖に押さんとする傾向あり、爲に第 III 流もやはり存在し得る。

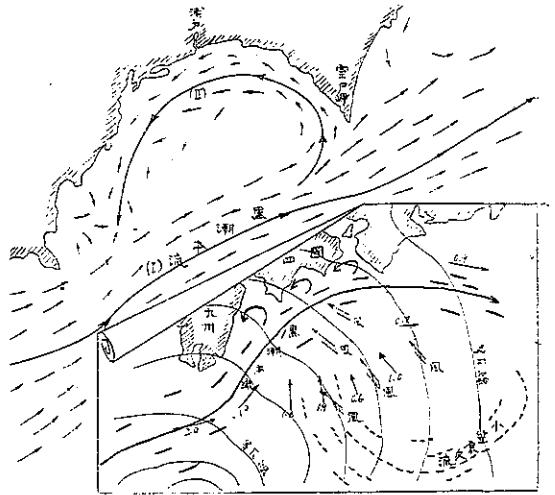
天候による変化は次の如し、前述の如くして生ぜる (III) は極めて微弱なるものにして沖合潮流の僅少の変化と雖も鋭敏に感ずるものと云ふべく極めて微妙なる平衡を保てるものにして従つて低氣圧、風波により直ちに影響さるべく天候を豫知すべき指針とも云ふべき性質のものなる事首肯さるべし。

即ち 図-26 により説明すれば、低氣圧が西南方向に来る時は南及南東風が吹き、之が小笠原反流の北向流速と重りて第 I 流を幾分陸岸に近寄らしめ且つ北東に向ける傾向となる、従つて室戸岬に當る量が幾分多くなり、第 II 流を北に転ぜしめ且つ南風と共に II は愈北に押されるから遂に第 III 流を消失せしめ、後に次第に此處に第 II 流の一部が流入して西流を起し即西流が速くなる。即ち天候下るは低氣圧の日本に近附く時にして III は停止し後西流を生ず。而して夏期には此の傾向多くなり西流の屢々起る所以なり。

以上にして東流を主とする浦戸地方の沿岸潮流の黒潮との関係を述べたるが、尙又港口より東方物部川に至る長汀の細砂東進に對しては東面開口してゐる浦戸灣退潮流の影響も又小ならず。

此處に於て最後に低氣圧の本港漂砂に及ぼす影響を一括するに、先づ遠方にある時は低長なる波を來し、相當距離に來りたる時、巨大なる swell を起して砂礫を侵蝕及東進しいよいよ近づくにつれて天候悪くなると共に風浪強く海を濁して西流し、九州より北に出ると西風強く西寄りの風浪を起し潮流又東流に歸り濁水と共に砂を東進せしむ、即ち低氣圧の襲來により本砂濱の侵蝕と堆積及東進の作用をなす。

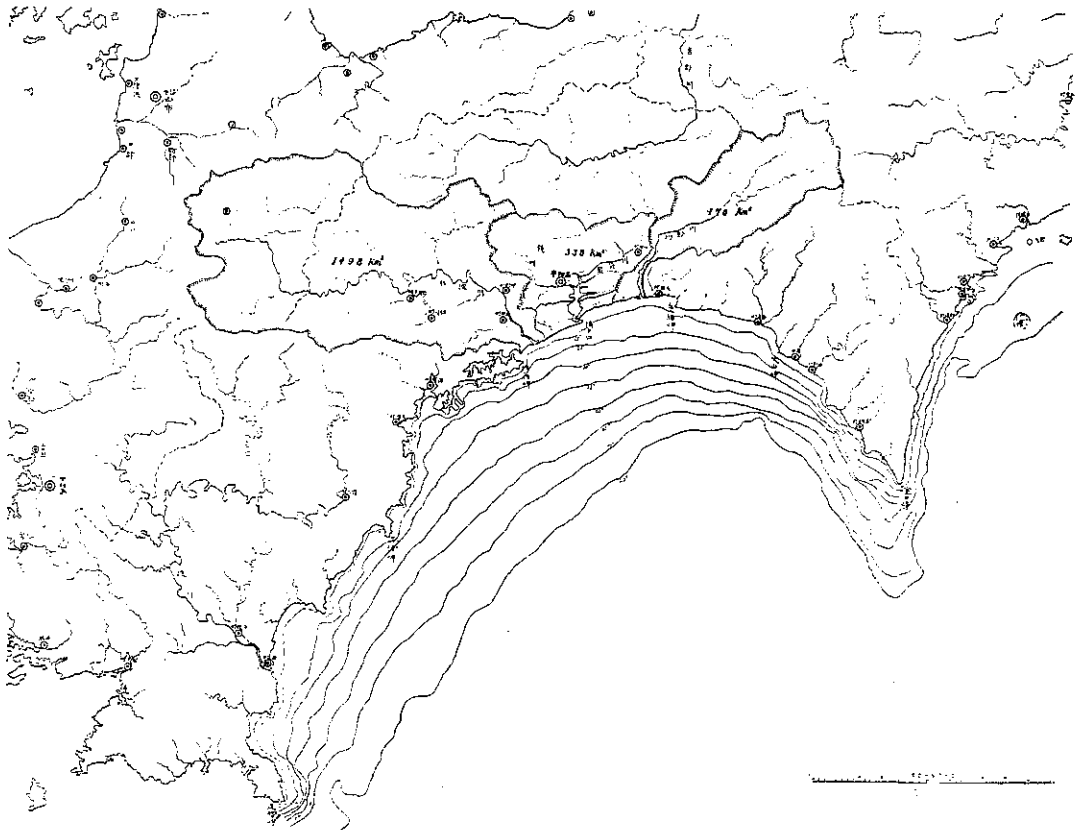
図-26.



第 6 章 仁淀、物部兩河川比較

高知地方の平地は大部分沖積層の平野にして海面の後退により現在の海岸線を現出せるものにして之に兩河川

図-27.



流入してその海岸を増しつゝあり、現在の海濱を平衡にありとすれば兩河川そのものゝ性質を知り兩方面より供給する砂量を比較するも亦缺くべからざる事なり。

今兩河川の位置その他の關係を 圖-27 に示す。先づその成立を論ずるに、仁淀川は古成層を流れて屈曲多く古き河川にして延長 120 km、物部川は之に反し比較的新しい層を流れて延長 52 km 屈曲も少く新しき河川に屬す、即ち仁淀方面は流路長き爲に大量の小砂粒を生じ海岸に出でたるものは遠方迄漂砂として移動し得る。物部川は流路短く急流河川なる爲河口に至る迄大礫にして移動し難く、又海岸にて小粒となるものは粘土となり易く遠く迄運ばれ難い。此の如き性質の他、その流域を比較すれば物部川は約 470 km² なるに仁淀川は隣縣愛媛にも擴がりて流域面積約 1 500 km² に達し遙に大にしてその水量も比べ物に非ず、流砂量の比も大体水量の大小によるを見れば自づと明かなり。

今之を數字的に略示すれば、勿論流砂量は地質の新舊硬軟により考ふべきで且つ地震後は大量の土砂を流出するが此處に高水流量を重視するに 1 km² 當の比流量は附近河川の確かなる調査は吉野川 3.81 m³/sec、渡川 6.18 m³/sec なるを以て之を参照して物部川及仁淀下流を 4.0 m³/sec、仁淀上流を 3.5 m³/sec とすれば、1 880 m³/sec 及 5 700 m³/sec となり流砂量を前者に於て 0.7 %、後者に於て 0.8 % とすれば、洪水時吐出砂は物部川 13.2 m³/sec、仁淀川 45.6 m³/sec 即ち仁淀川砂は物部川砂の約 3 倍以上流出する事が察せらる、年雨量より出せる平均總流量より概算するも同じく約 3 倍強の値を得る。

更に兩河川下流地方を見るに 圖-28 の如し。仁淀川下流は僅に平地を存するに過ぎずして流出土砂の堆積し得る所なく之に反して物部川下流は所謂香長の平野にしてその餘裕實に廣闊たり、之に加ふるに仁淀川は長濱川を分

流するのみなるに物部川は舟入川、上井川、下井川等を分流してあまねく香長の平野を灌溉しその河口流量に多大の差あり、而も港口よりの距離前者 8 km、後 13 km なりとす。

一方又河口に於ける砂丘の發達を見るに 圖-29 下図は陸地測量部地図に示すものにして、此の狀況は陸軍の測量當時明治 44 年たまたま洪水によりて砂丘の中部が切斷されたる時の形にして、近年は同上図の如く河口右岸の砂丘著く發達し長さ約 4 km に達する一大砂洲は東に延び河口を辛うじて東角岩礁の中に開いてゐる、之が大洪水により又忽ち吐出さるゝものにしてやがて港口を襲ふべく待期中の姿なりと云ふべく本港漂砂の根源此處にあり。

以上にして漂砂の量及移動に關する諸因子は悉く述べ盡したりと考ふ。筆者は此處に以上の検討による綜合的結論として本港口に災する漂砂は凡て西方より來り東方物部川方面よりの土砂はその影響殆ど絶無なりと云ふも可なるべく、先人の誤認を指摘する所以にして事實西方漂砂の如何に優勢なるかは前編第 3 章に述べたるが如く

圖-28.

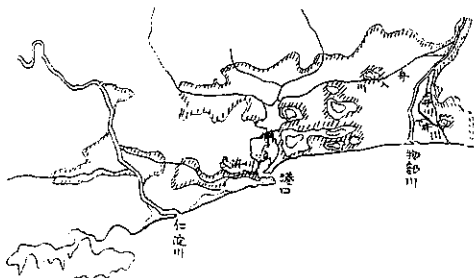
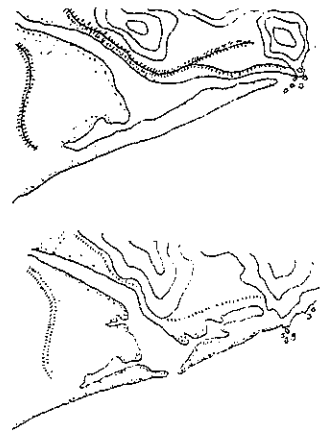


圖-29.



現にその危期又迫れるを見ずや。

次に然らばその勢力の分布如何なる範圍に達しをれるや何人も之を欲する所なるも、幸にして此處に地質的探索により事實によりて之を判然と證するを得たり。

第 7 章 沿岸砂礫の査定による地質的調査

本地方の砂濱にて廣く附近を踏渉するに仁淀川口の砂礫は港口桂濱のものと同なるに、物部川口の砂礫は之と著く相異なるものを見る、即ち物部川附近のものは殆ど皆青灰色の砂岩なるに反し桂濱の砂は石英、珪岩等の赤、黄、緑及白色のもの大部分なり。又港口より東方物部川に至る砂濱を見るに次第に砂礫の大き及色の變化せるを認めをれり、即ち兩河川砂に相反する特色ある事察知せらる。故に此の相異を根據としてその分布境界を定め得らるべき事想到せらるべく四國地質構造の立場から2箇年の夏に互り各地點の砂礫採集による實地調査を行へり、此の種まとめて一章となし此處に報告す。

兩河川砂の性質を異にせる事の地質的説明は一言にして云へば兩河川流域の岩石の相違によるもので、仁淀川の地質は古く東方にては此の層は吉野川となり、物部川はその南側の新しい地層を流れてゐる。而も仁淀上流には噴出火成岩がある。此處に於て先以て四國地質構造を調ぶるの要あり、之に就きては理学博士江原眞伍氏の四國地質分布図を示せば 圖-30 の如し。

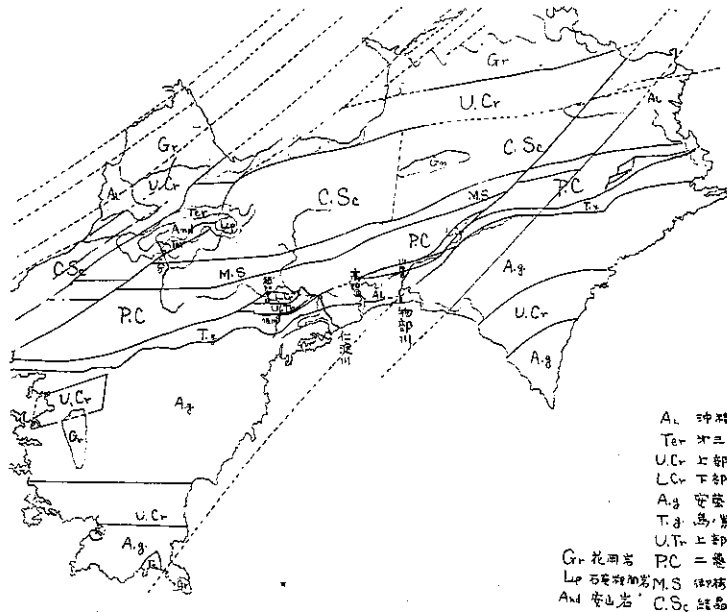
之に於て兩河川の流域を見るに

仁淀川 前述久萬地方の噴出火山岩と第三紀層に源を發して結晶片岩層を流れ、御荷鉾層を南下して石炭紀層に入り東流して下部白亜紀の越知盆地上部三疊紀の佐川盆地を通り沖積層の上を流れて海に入る、之に倭羅層より支川流入するも僅なり。

物部川 下部白亜紀の物部川盆地に沿ひ、石炭紀及鳥の巢層の間を流れて沖積平野を通りて海に出る。

之により兩河川砂の特有成分及相違を指摘し得る。即ち砂岩、頁岩、珪岩、放散蟲珪岩、輝綠凝灰岩は何れにもあり、又石灰岩も少量乍ら兩方にある。故に、特に砂礫の仁淀川上流地方より運れたる證據として注意さるべきものは火成岩礫及結晶片岩礫、砂及稀に輝岩、角閃岩蛇紋岩あり、特に結晶片岩分布區域は廣し。物部川流域には此の種の岩石絶對になく此の分布によりその勢力を識別し得べし、一方物部川砂は全部水成岩にして砂岩、頁岩、礫岩及石灰岩等であつて別に特長なく“青石”と俗稱する砂岩が特に多い。尚又砂礫の性質としては遠く運れたるものは丸くなり硬いものが残る、故に砂の角狀により判別し得る。即ち港口東方砂濱では共通の岩質で物部川

圖-30.



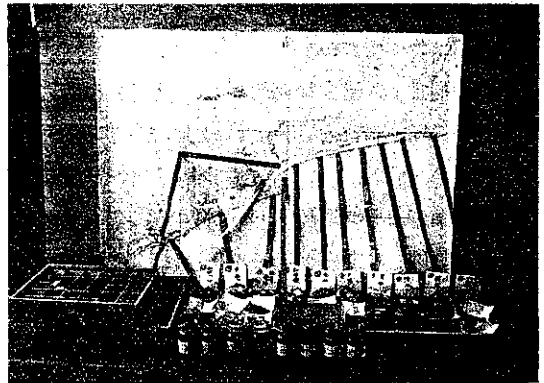
(大)……礫(2cm以上のもの) (中)……砂(1cm以下0.5cm位のもの) (小)……細砂(粟粒位以下のもの)

之等各々の精密なる鑑査の結果は紙數の都合上此處には省略するも此の結果により兩河川砂の分布を图示すれば 圖-32 の如し。此の線の高さは大体量の多少を表はすものとす、之によりその分布境界を見るに礫にては仁淀よりは濱改田に達し、東方よりは坪池に迄來りて此の間に混合し中間境界は濱田附近にあり、砂は遠く物部河口に達し又物部砂は頁岩の多角なものを發見する事により濱田迄來てゐるのが見らる。此く廣く混和してその境界分明ならずと雖も尙東にずれてゐるべきなり。微細なる濁砂に至りては多量に遠く物部河口に達し更に進んで東に及んでゐる。

之にて漂砂東進は事實によりて確められ本港附近は勿論仁淀砂の勢力範圍にあり、而も東方物部川方面よりのものは漸く大瀕位にして港口に來る事甚だ稀なりとす。

圖-33 は精査せる砂礫を整理陳列せるものにして現品は内務省浦戸港修築事務所に提出せるものなり。

圖-33.



第3編 港口狀勢の研究

前編に於ては本港漂砂に關し西方より來襲すべき事を指摘しその根源と移動状態を明にせり。然らば此の持來されたる漂砂は港口に於て如何なる平衡を保つや、之れ本編に於て論ぜんとするものにして即ちその特徴ある深淺の性質を理論的に考察せんとす。

第1章 岩盤調査

もとより海底狀勢は波浪及潮流の影響に由來するものにして之には先づ地形及岩盤を考へるの要あり、殊に本地點にては岩盤は出入潮流及波浪の方向と勢力に對し著しき影響を與へてゐるは確にして、港口を扼せる一連の暗礁こそ本港口狀勢の最大因子と云はざる可からず、斯かる微妙なる狀勢にては一礁一岩の高低と雖もその場

圖-37.

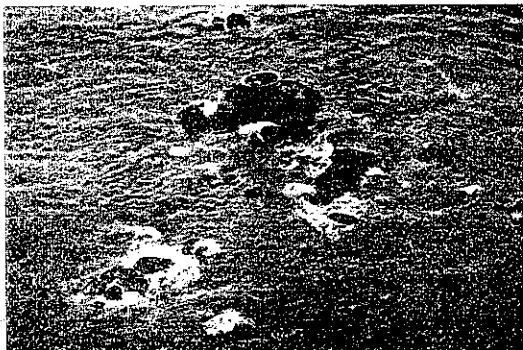


圖-36.

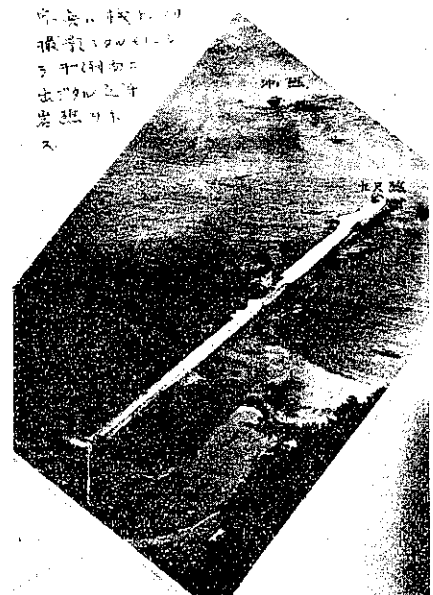


図-34. 沖ノ礁平面図

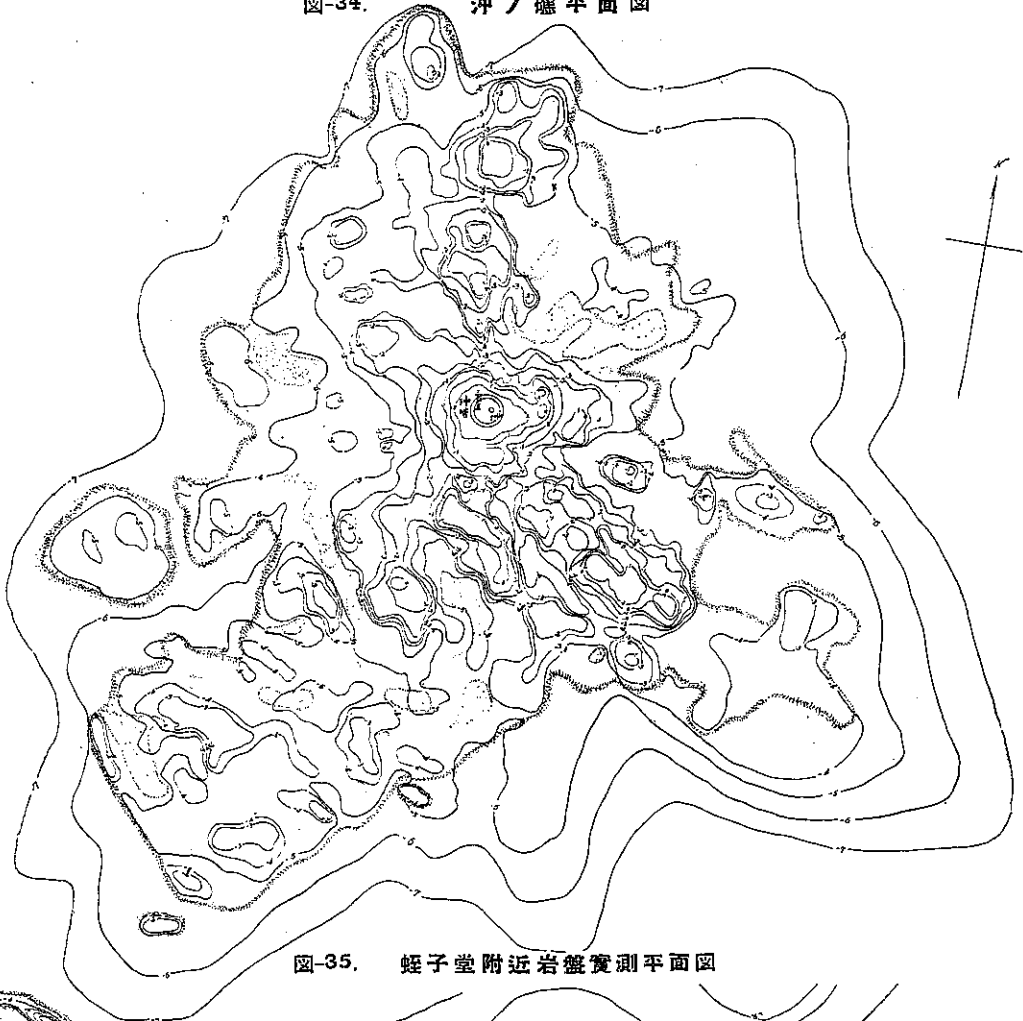
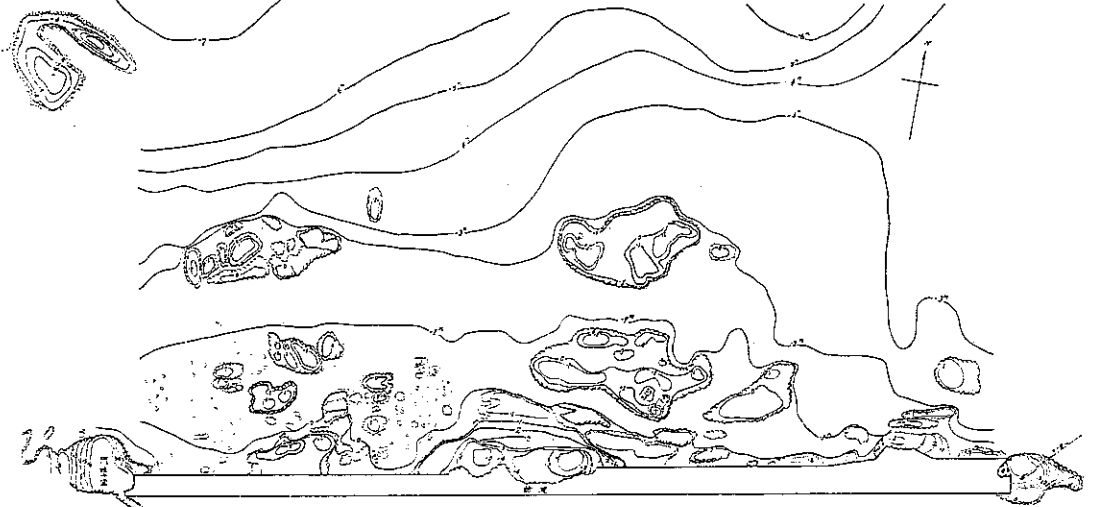


図-35. 蛭子堂附近岩盤實測平面図



所によりゆるがせにすべからざるものあり、故に先づその態容を明かにしてその必然的效果を論ぜんとす。

沖ノ礁岩礁列は總論にて概述せる如くなるも此の中特に防波堤北方の岩礁と沖ノ礁こそ最重要にして而も未だその調査なきを以て此處にその全貌を明かにせんとし、波浪と潮流により相當の困難ありたるも略次の結果を得たり、(図-34, 35 参照)。即ち防波堤北方の2礁(A, B とす)は豫想の如く港口中央に向ひて竝立し何れも海底からの高さ約 4 m の断崖をなし、廣さ約 50 m² 容積約 200 m³ に達し、その北側の直壁を見れば著しく流勢を反撥してゐるのが分る。内橋は小にして數個のもの聳立せり、驚きたるは沖ノ礁にしてその岩根は豫想外に擴り直径約 100 m に達し米喰をその南端として南北は 180 m に盤居して潮流及波浪を遮つてゐる、図-36 及 図-37 は干潮時機上より撮影したるものにして防波堤附近及沖ノ礁を示す。

第 2 章 港口海底潮流と砂の移動調査

本港口の砂及細砂の移動沈澱は波によるものなしとせざるも大部分は潮流によるものにして、而も直接に影響あるは海底潮流なり、表面流の観測は勿論之をなすつゝあるも本港口の如き地形錯雜し岩礁、砂洲、波浪等の影響著しき所にては底流は表面流とその方向、速度に於て著く性質を異にすべきにて殊に前章の岩盤調査の結果よりすれば大体その底流を豫想し得べく今迄調べたる表面流とは著く相異らんとは當然の歸結なり故に此の特殊なる地形の配置によるその変化を調べて港口の深淺及び砂洲の性質を考究せんとす。

海底上 1~1.5 m あたりの流速及方向を知る爲に、出来るだけ容積大にして而も海水より重きものを沈めて之を主体とし適當なる長さのロープにて之を小形の輕き浮器に吊る事によりその移動に表面流の影響少きものを作り得べく想到し、主体には 1 m 角の木箱を用ひ之に 2, 3 個の鉄片を入れて沈め、浮器には石油罐 2 個を用ひ之に旗をつく、船上に揚げるには傾けて水を出し又は浮したる儘曳き行くを得、操業容易なるを得たり。投入後もロープは直立し上下流速方向を異にせる場合でもよく垂直の位置を保ち底流に従ひ移動せしむるを得たり。

之により大潮時に於ける主流を測定するに、表面流は南北兩側に流れてゐるも底主流は A, B 礁及沖ノ礁の岩根に反撥され著く北に曲り大体外門洲に沿ひてその内側を洗掘し、遠く仁井田濱に至り外門洲を斜に越流する量も多いが又一方種崎濱の逆流も判然と認めらる。之を略示すれば 図-38 の如し。又此の時岩礁列の南側は殆ど静止

図-38.

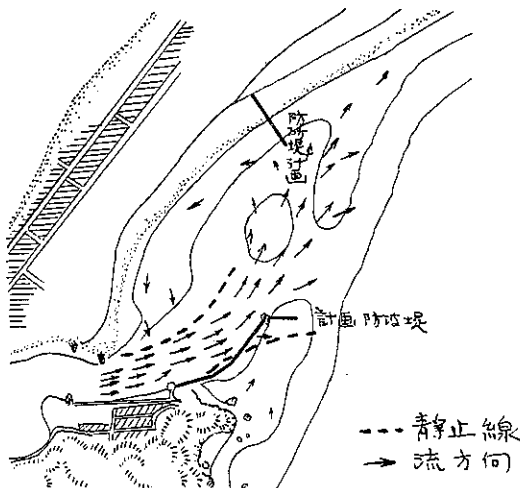
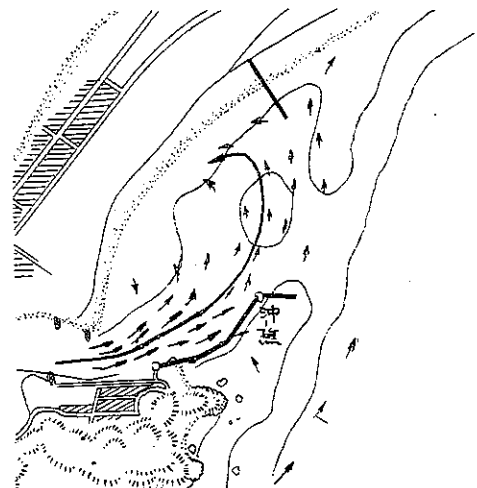


図-39.



し僅に東北に流れたり。表面流も始めの中は東流するが勢が強くなると底流に誘れて東北に向ひ奔放するに至るを見る。

小潮時は流勢弱き爲流れは早くより擴つて種崎側の逆流も少い、而して上層流は一樣に擴るも北向のものが多し、下層流の大半は岩礁列と外門洲の内側にて渦流状となり北部にて一部越流するものゝ如し、その状況を 図-39 に示す。込潮に際しては 図-40 の如く沖ノ礁を迂廻して種崎濱に沿ひて流入するも礁附近の流速前者とは比べ物に非ず。

外門洲砂礫の移動は退潮流の爲上記の結果よりして東北に向ふものならん、而して内側は洗掘の傾向あり、外側は波浪による沈澱と込潮に際しては西南に移動すべし、此の外門洲細砂の移動を實地に知らんと欲して 図-41 に示す如き鉄板を作り潜水夫により之を海底に沈設せり。その場所、方向は 図-40 の示す地點 3 箇所にして約 10 日後之を見るに、外門洲のもの海側の兩側に約 50 cc. 陸側にはなし、而して鉄板の上下側は約 10 cm. 内側約 3 cm. 掘れてゐるを見たり。仁

図-40.

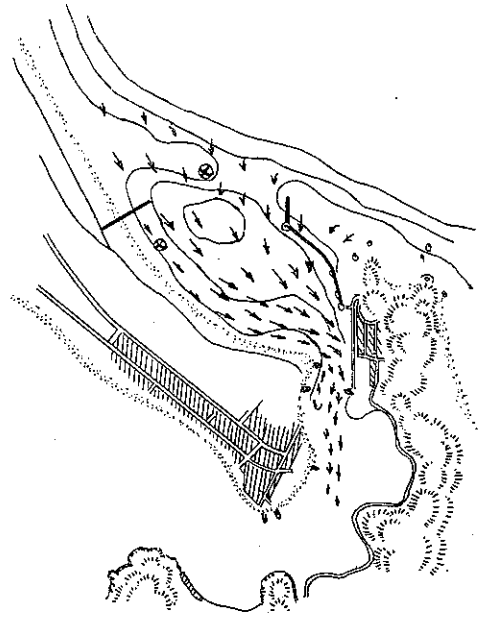


図-42.

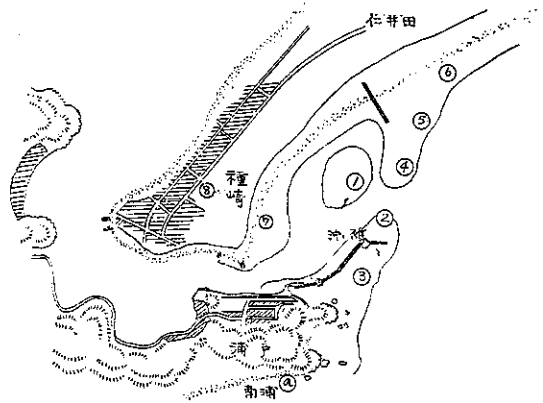
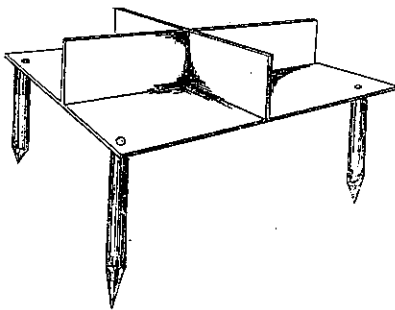


図-41.



井田濱のものは陸洲の東側にのみ約 50 cc ありたり。之によれば外門洲は沈澱と流速と全くその平衡を保つものにして種崎濱の砂は退潮の逆流及込潮の爲絶えず西南に運ばれてゐるを知る。

第 3 章 砂礫採集による港口海底殊に外門洲並に南浦砂陸に就て

潜水夫により港口海底の主要なる點 8 箇所に互りその海底砂をとる。即ち外門洲上 5 點、中央 1 點、内門洲上 1 點及南浦砂陸のもの 1 點、之等の位置は 図-42 に示す。重要なるはその粒度及成分にして之を精査するに、

- ⑧ 0.5-1mm. 石英粒、綠色片岩、黑色片岩及輝綠凝灰岩
- ③ 0.2-0.4-0.5mm. 石英粒、結晶片岩粒、輝綠凝灰岩(少)
- ② 0.5-1mm. 結晶片岩類(多)、輝綠凝灰岩、放散蟲硅岩
- ④ 0.5-1-1.5mm. 石英粒(多)、硅岩片、結晶片岩、輝綠凝灰岩

- ⑤ 0.2-0.4mm. 石英, 珪岩粒, 結晶片岩片
- ⑥ 1.0-2mm (最大) 綠色片岩, 石英, 黑色片岩
- ⑦ 1-4-7mm 砂岩, 石英粒 (多), 輝綠凝灰岩, 結晶片岩

即ち各點に於けるもの何れも仁淀砂なるは勿論殊に石英粒片岩粒よりなり粒度は所により自らなる配置あるを知る。即ち内門洲のものは大きく 4mm 平均なるに外門洲は中央流速の大なる點にては 1mm, その他は 0.4mm の細粒にして北方波打汀近くでは波動の爲に 1mm のものとなる。外門洲に於ける水深と粒度の關係をその縦断にて示せば 圖-43 の如し。

圖-43.

更に南浦砂灘のものを見るに 0.5-1mm にして當然之が外門洲細砂の材料たるべくその前身此處にある事を指摘す。

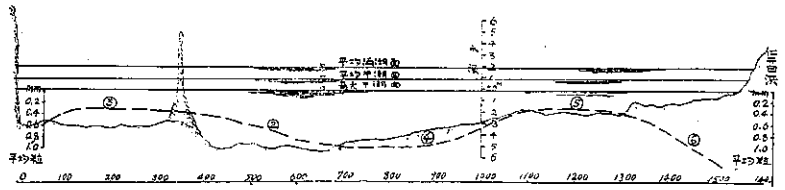


圖-45.



圖-44.



此處に於て港口の右岸桂濱龍王岬を廻りてその西側なる南浦海岸を注視するに前章述べたる如く漂砂去來の変転頻繁にして時によりては數日にして堆砂し數日にして流れ去る。又その砂礫の大小も波浪の高低, 長短と不可分の關係あるべく時によりて大又或時は小なり。圖-44 は昭和 6 年 8 月 25 日, 26 日頃の波浪により洲積したるものにして昭和 5 年 11 月以來始めて堆砂したるものなり。圖-45 は昭和 5 年 11 月 26 日砂の流去して岩根波に洗れるの圖を示す。

同地點は此の如くその砂礫の去來盛なると共にその沖合海底に砂柱の發達せる事を見出さる。即ち巨浪に際しては此の點より碎波し 200m の沖合より一面の白濁となりて奔騰するを見る。昨年 4 月の實測圖を 圖-46 に示す。即ち冬期の低長なる swell により形成せられたるものにして約 200m の沖より幅 80m 内外にて -5m のコンターに囲まれたる一連の砂柱が海濱に平行して存在するを見る。昭和 6 年の實測にも同様のも

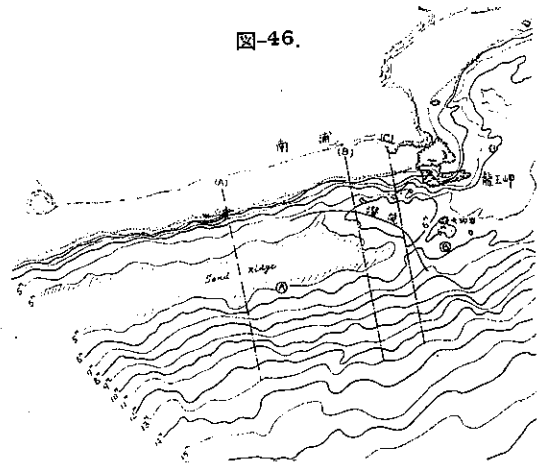
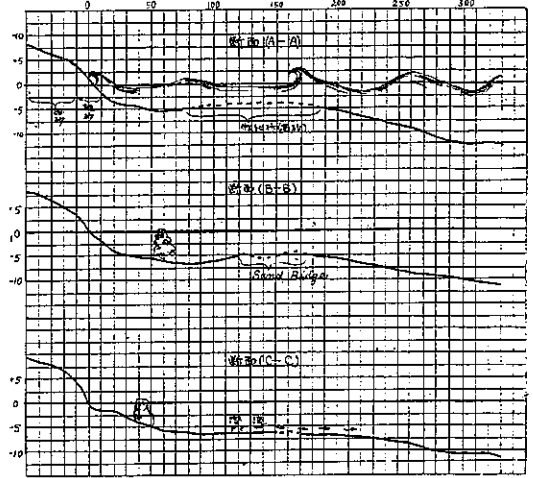


圖-46.

の見える、而してその構成する砂粒は前記採取せる如く石英粒、片岩粒を主とせる 0.5-1mm 位の微細砂なり。又図に見る天狗岩附近の凹所は砂堆内部の水位上昇の爲発生せる逆潜流により洗はれるるにより存在するものにして砂堆の東に延びんとするを切断してゐる。図-47 は各断面を示す。

尙此の地點に砂礁の存在するあり、即ち汀より 50~60 m にて東西に濱に平行して非常に固く一見コンクリート状を呈し厚き所は 1m に達す。之れ米國にて sand reef と呼ばるゝ種のものならん、即ち介殻が溶解して砂を膠結するものにして珊瑚礁と同じ理により形成せらる、即ち介殻の集りて静かなる所に出来るものにしてカルシウムが溶けて下にある砂の層に浸入し膠結するなり。此の地點は西方より砂礫の集積する所にして介殻も此處に集る事も察知せらるべく前記砂堆の成生と同様に説明さるべし。

図-47



第 4 章 種崎半島成因に對する考察

種崎半島に關しその成因を皮相なる外形觀察より單純に考へらるゝ恐れあり。此處に本章を附して之を考察せん。即ち種崎半島は沖積層海底にて浦戸灣の形成と共に附近の土砂集積して生じた一大砂洲にして海面の更に低下せる爲現れて最高約 10 m、幅約 600 m の一大砂堤となりしものにして、その生成は地質時代に屬し現在の海岸に於ける潮流、波浪により出来たるものに非ず、之を以て漂砂西進と考ふるは早計ならん (Delekay 氏の如き)、而してその成生に對しては附近の地質最も好適なりしなり。即ち淺海底に於て次の如く發達せるならん。

此の部は桂濱丘陵の蔭に當る爲當時の沿岸潮流の西流は勿論東流してもその逆流により絶えず西南に向ひ、又南方からの廻浪は之に利し、當時奥深く侵入せるならん、浦戸灣一帶の内海よりの退潮流によりても西南に誘はれ砂洲は當然 圖-48 に示すが如くして發達せり。

圖-48.

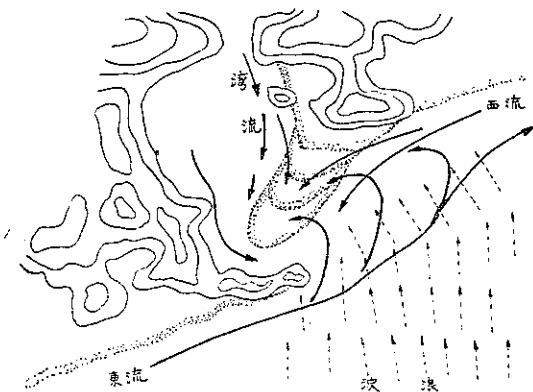
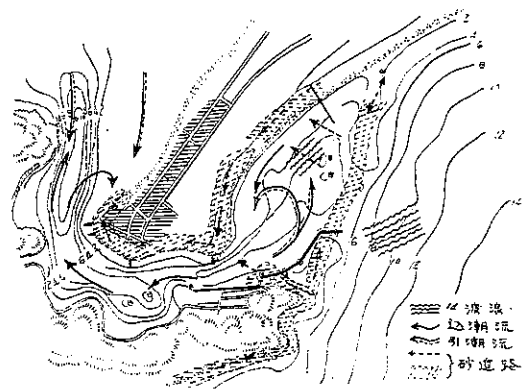


圖-49.



而してその海面の低下による露出後は内外の土砂により益々發達して港口を西に追つめたり。此の成長に更に誘引するは沖ノ礁及狹島にして此の爲に港口水路内側の流速をにぶらし又は逆流を起して仁淀方面よりの砂礫の着積を助けてゐるは 圖-49 の如し。此の A, B 點に於ける試掘結果は之を實證するものにして ④ 點は 70 尺、砂岩、珪岩及粘土、介殼にして ③ 點は 140 尺表層には仁淀砂あり。

第 5 章 結 論

前述せる如く種崎半島の成立は地質時代に屬しその周邊は仁淀砂により被覆されてその成長を助けられてゐる。港口一帯の海底は西方よりの仁淀砂の沈澱なり、南浦海岸の堆砂及砂畦の洲嶺は西方より來る漂砂の一貯溜所にして港口に災する漂砂の原材なりとす。砂畦及 sand reef の存在は又その一證たるべし、而して本港の特徴たる内外門洲及中央深所の成立は次の如く結論する。

(1) 内門洲の成立 南方右岸よりの突出は之れ全く swell の仕業にして廣井博士の説の如く波浪の爲水汀を移動せる砂礫が桂濱を迂迴して港口に達し尙も波力にて艇子堂迄來り出入潮流により一部は兩側に擴散されるも一部は突出して種崎に渡らんとして右岸より内門洲形成の傾あり、之れ最近迄の状態にして明治年間に中礁の爆破により港口を塞ぎたるは障害除去により内門洲著く發達せるものにして、現在桂濱防砂堤及防波堤の一部完成してその通路を絶ちて完全に之を防止したる爲此の突洲消失し、右岸の砂濱も無くなりたるは前述の如し。

圖-50.

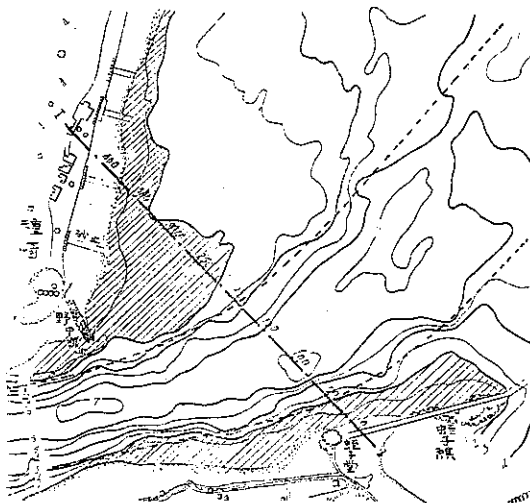


圖-51.

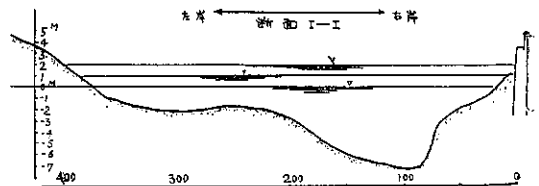
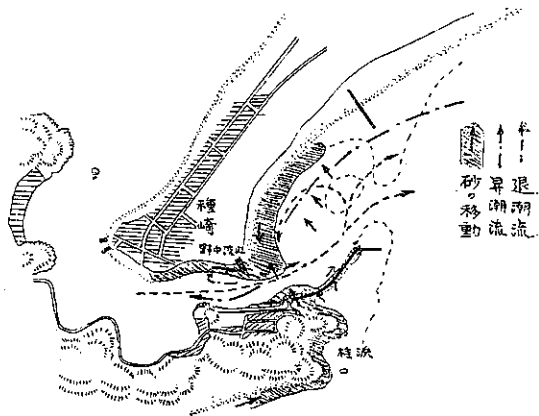


圖-52.



而して北方からの突出は現在にても觀取されるものにして 圖-50 に之を示す。圖-51 はその横断面なり。之は沖ノ礁岩礁列の爲種崎濱に沿ひて干満共に潮流が南に流れ波の力と相まちて外門洲内側及種崎濱一帯の海底砂礫が北東より之に集積し又港口左岸野中波止の爲此の内側潮流も干満共に常時東流する。斯て西方砂濱より來り内外に擴散されたる砂が本地點に集る。而して此の中の細粒は流出して外門洲に運ばれ、砂礫は残りて此の北方突出となる、此の點の粒度大にして平均 10 mm 位なり、込潮及退潮によりて洗はれ現在の如き状態にてその平衡を保てるものゝ如く之より成長するとは思はれず、図解すれば 圖-52 の如し。故に若し此の部を浚渫して附

近海底の平衡を破る事は益々種崎濱の崩落をひどからしむる原因たるべく考へらる。

(2) 外門洲成立 外門洲は廣井博士によれば“東方より來る漂砂の潮流と波浪の衝合による沈澱なり”とするも、筆者の調べたる前記海底土砂その他の研究よりして西方土砂なるは勿論明かに南浦砂岬の後身にして所謂沿岸漂砂流の延長なりとす。

桂濱を迂迴せる漂砂流は swell 及潮流により此の線に誘導せらるゝものにして、沖ノ礁岩礁列が出入潮流を遮りて此の部を靜穩ならしめ、南方からの波動をも受止めて外門洲形成を益々容易ならしむ。故に砂洲は圖-53 に示すが如く岩礁列に沿ひて此の東南に突出するに至るべし。一度之を生ずれば下層潮流は益々北向けらるゝを以て swell の方向と相待つて沖ノ礁を越ても尙依然として此の傾向は存在する。又地形的に見ても沖ノ礁により北に反撥された底流は之迄の擴散及海底摩擦の爲此の附近では大分弱勢となり、之を外海に流し出し得ず南方からの波と衝合して漂砂は容易に此の地に沈澱す、更に

北方よりの突出は、沖合海底の漂砂が南方よりの波浪及潮流と衝合して此處に平衡沈澱を招來する、更に込潮時の西流によりその東側の砂を促して之を南に向つて突出せしめるは前記移動實驗により明かなり。又沖ノ礁より北向けられたる退潮流及洪水流は次に述べる中央深所を洗掘してその砂量を此の點に運び上げる。

此の如くにして遂に港口沖合の海底に南北に互り長さ 1 500 m、幅約 250 m に達する一大門洲を形成し港口を塞がんとするものにして、要するに沈澱漂砂と流速の平衡により大體現在の狀態を保ちをるものにしてその粒度及深淺及び流速を見れば各部分夫々定性あるを知る(圖-43 参照)。故に此の外門洲は内門洲程優勢ならざるもその性質として慢動的にして常時たりとも間断なく堆積し放置すれば次第に增高する傾向を持つもので、その対策は遙に困難なるものにして姑息的手段により解決し得るものに非ざるものなり。

(3) 中央深所 次に之等兩門洲の中央にありて沖ノ礁北方約 300 m を中心とし 7~8 m の深部を保てるあるを考ふれば、之は前章述べたる如く年々、月々、多少の変遷消長はあれど決して消失せざる特有性質にして、確に底流による洗掘の爲に保たれ居るは前述岩盤調査及海底調査より明かにしてその掃流々心を示せば圖-54 の如く此の線に沿ひて洗掘が行はれる。斯くして洗掘された砂量は一部外門洲北半部、一部は種崎濱を移動して内門洲北突出となりて此處に一つの循環をやる。

以上を要するに西方からの漂砂流が港口に達するや、岩盤に誘導されたる港口潮流により此の如き形態をと

圖-53.

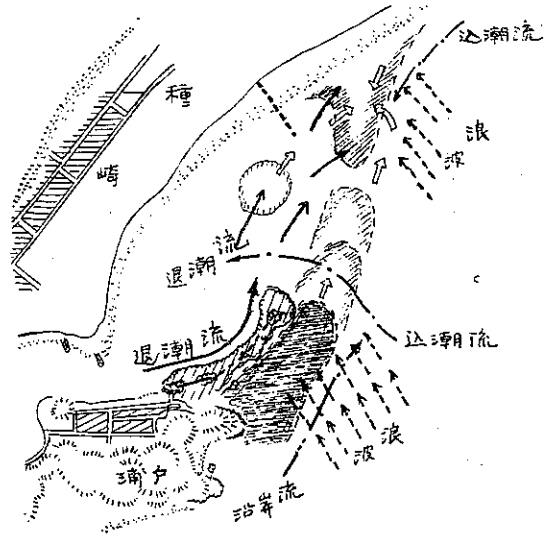
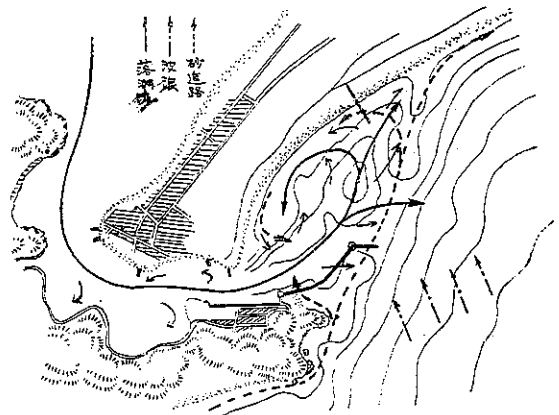


圖-54.



るものにして、内門洲は退出潮流の口元に發達し外門洲は灣流の勢力消衰と方向転移の爲之を流出し得ず、主なる流勢のエネルギーは徒に中央深所を洗掘してゐるのが本港口状況の大觀なり。

此處に沖ノ礁は港口沖中央にありて一見些々たる岩礁に過ぎざるもその岩根は廣くわだかまり、位置の重大さに於て實に本港口問題の眼目にあり、之を如何に取扱ふかは本港生命のかゝる所、港口計畫の重心なれば此處に更めてそのなせる役割を摘出するに、

1. 外門洲成立を助成する最大原因なり。
2. 兩門洲間の深所を沖ノ礁北方に生成する直接原因。
3. 内門洲北方突出の遠因をなす。
4. 入港船舶に對し、その航路を遮る如く淺洲及深溝を作り波荒き時南からの横波と、北に向ふ流速の爲北方砂洲に（外門洲北部）坐洲せしむる原因となる。
5. 一方防波效果大にして、且つ海底流を之に沿ふて流れしめ灣口より之に至る航路筋の水深を維持し船は外門洲さへ通過すれば絶對安全なり。
6. 西方からの漂砂の港口内部に入るを遮つてゐる。

第4編 港口に於ける掃流效果

港口維持の理論 西方土砂は浦戸以西の砂濱を形成すると同時に港口を経て遙に遠く物部川口に迄達せる事前迹の如し。此の如き優勢なる漂砂の來襲を受けつゝ而も本港の今日あるを得たるは全く自然の恩恵の然らしむる所にして即ち左岸桂濱の丘陵突出して之が蔭をなし而して内に擴る浦戸灣水面積の偉力により維持せらるる所以なり、今少しく詳論すれば浦戸灣水面積 $7\,000\,000\text{m}^2$ にして感潮部總面積は $9\,000\,000\text{m}^2$ に達す。而して平均潮差 1m なるを以て朝夕 $9\,000\,000\text{m}^3$ の水量が幅 150m に過ぎざる港口より流入又は射出してその水深を維持す、最大潮差は 2m なれば大潮時は優に $18\,000\,000\text{m}^3$ の水量を吞吐すべくその最盛流勢時速 6 哩に達す、以て大自然の偉力を窺ふに足るべくその配在又妙を得たりと云ふべし。

此の掃流效果こそ本港口の今日ある所以にして加ふるに灣内流入河川の洪水は又此の掃流をより強力ならしむるを以て本港に限りその洪水を歓迎する所以なり。

第1章 灣に關する各種水理調査

されば此の掃流效果につきその實狀を熟知するは前記漂砂調査と共に本港計畫に對してその根柢をなすものなり。

先づ推算と實測と照合してその掃流の主体たる港口流量を規定せんとす。

(1) 潮汐より誘導したる流量の略算

A : 水面積, h : 潮位, Q : 灣の水量 とすれば任意の時刻に於ける流量は次の如し。

$$\left[\frac{dQ}{dt} \right]_{t_0} = A \left[\frac{dh}{dt} \right]_{t_0}$$

之により港口より出入する流量を略算するを得べし、即ち潮位表より任意の日の潮差 d を求め、月潮間隙表より兩月潮間隙線間の時間を求めて之を T とすれば T は高低潮間の時間を示すものにして、潮位曲線は 図-55 の如し。之をば $h = \frac{d}{2} \cos x$ なる曲線と假定すれば、流量を次の如く計算するを得べし、例へば最大流量は dh/dt の \max なる時にして $x = \pi/2$ の時なり、即ち

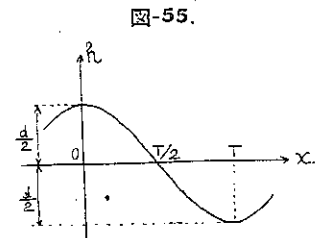


図-55.

$$\frac{dh}{dt} = \frac{\partial h}{\partial x} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{d}{2} \sin x \frac{dr}{dt} \quad \text{にて } x = \frac{\pi}{2} \quad \text{として } \frac{dh}{dt} = \frac{d}{2} \frac{dx}{dt}$$

$$\text{而るに } x = \frac{\pi}{T}t \quad \text{故に } \frac{dh}{dt} = \frac{d}{2} \cdot \frac{\pi}{T}, \quad \text{即ち } \frac{dQ}{dt} = A \times \frac{\pi}{2} \cdot \frac{d}{T}$$

によりその日の最大流量を求め得べし。

例へば本港に於ける潮位表及月潮間隙表より 3 月 17 日の大潮にては $d=2\text{m}$, $T=6.5$ 時間を得る, 故に此の月の最大流量は $A=9\,000\,000\text{m}^2$ とすれば之等を前式に代入して,

$$\frac{dQ}{dt} = 9\,000\,000 \times \frac{\pi}{2} \times \frac{2}{6.5 \times 3\,600} = \frac{28\,250}{23.4} = 1\,200\text{m}^3/\text{sec}$$

を得る。7 月, 8 月の大潮も略同様なり。此の概略の推定を實際に於て果して如何なるか流速計を用ひて實測せる結果次の如し。

港口流出量實測場所としては最も狭く且つ前後大体直線をなすべき所を踏査して港口野中波止の内側約 50m の地點を選定し先づ断面の深淺を測量し、干潮より始め 1 時間置きに断面上 4 點につきて測定し、此の流量をその日の潮位曲線と對照せるもの

圖-56 の如し、即ち平常にては望潮の際に大きく $1\,200\text{m}^3/\text{sec}$ 以上の流量存在するを知る。又之等に見るに最大潮流は潮位その他、風その他に原因されるものなるも流量線は大なる時は大体正弦曲線に近く小なる時は之より少し尖りてゐる如し。又以上の測定より總流出量を計算すれば約 $18\,000\,000\text{m}^3$ にして之はその日の潮差 1.9m よりの計算

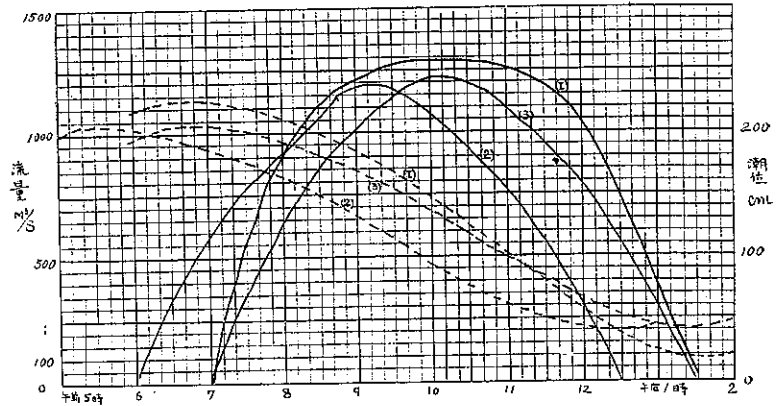
よりは少し大なるも此の如き流速の複雑優勢なる所の測定としては相當の精度なりと信ず。圖-57 はその流勢を示すものにして測定點確保の爲石油罐を錨繋せるに到底所定の位置に止り得ず忽ちにして流されたる時なり。錨繋のきかざるは當然にして床上 1m の水中大豆大の砂粒の流速計の羽根にはさまりて之以下の流速は測定し得ざりき。

尙昨年 8 月 25 日 (舊 7 月 15 日) の大潮にては最盛流量實に $1\,440\text{m}^3/\text{sec}$ を見たり。

圖-58 はその流速分布を示す。

又灣内外の水位差の変化は外海に於ける靜水

圖-56.



港口潮位及流量圖 (1) 85 和 9.7.23. (2) 85 和 9.8.10
 (—) 流量 (---) 潮位 (3) 85 和 9.8.12.

圖-57.



面を得るに困難にして不明なり。灣内に於ては港内棧橋と港口との潮位は干満共に約 10 cm の差あり。中間にては約 4 cm 異なるも之は平穩なる日にして灣内の風速及港外の波浪の大小等により複雑なる変化あるものとす、又浦戸にある自記檢潮計によれば週期約 20 分、高低差約 15 cm なる seiche あるを知る。

とに角掃流に規準すべき港口流出流量を以上の結果よりして 1 200~1 300 m³/sec とす。

次に此の如き港口流出量が現在沖ノ礁南北にて如何に分れるかは港口計畫にて沖ノ礁を論ずる際に重要なる數字を供するを以て幸ひ之を調べんと欲せり。前述せる浮標にて深さ 3 m 及 5 m の 2 個を作り之にて測定せる結果圖-59 の如く断面によるその流量の計算は表-3 に示す。

此の計算に用ひたる平均速度は各々 圖-60, 61 断面に於ける流速分布より推定せり。

此によれば沖ノ礁北方断面にては流出總計 1 247 m³/sec, 逆流量 157 m³/sec, 差引 1 090 m³/sec の流量があり、

圖-59. 浦戸港口深淺平面圖

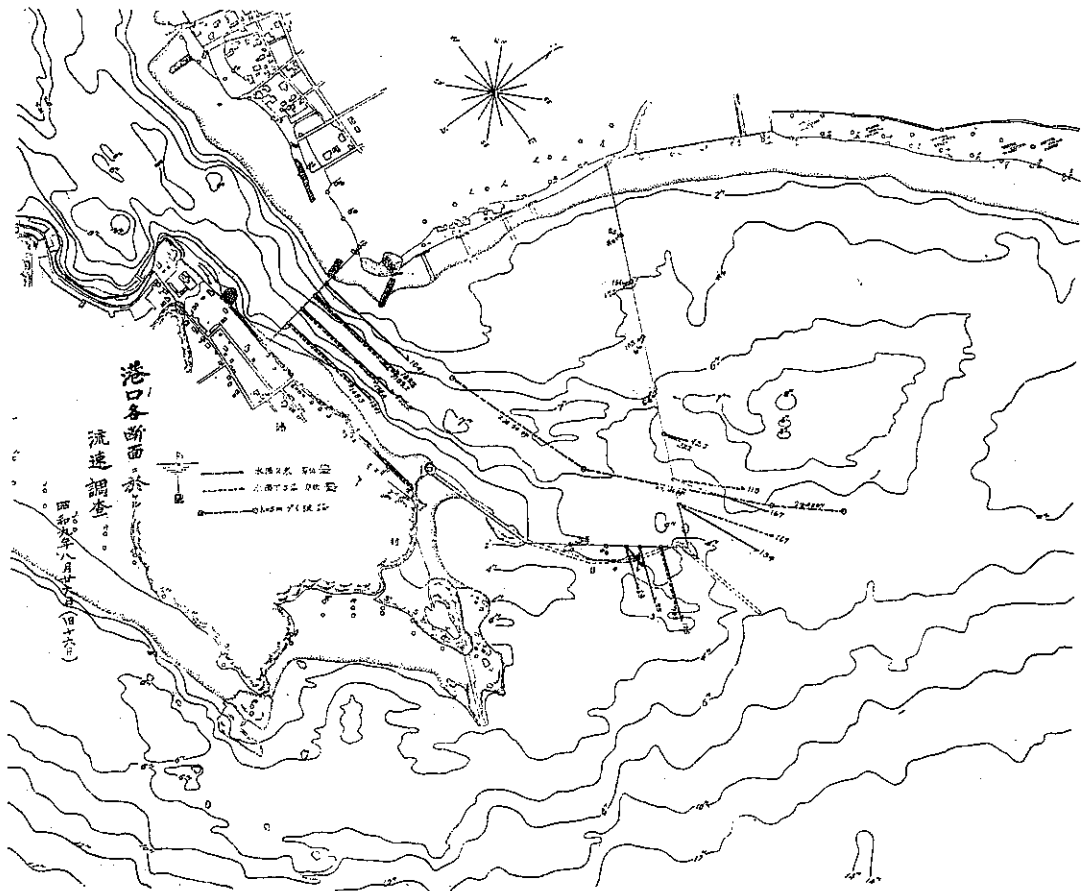
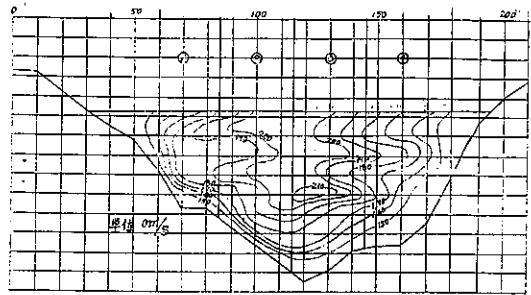
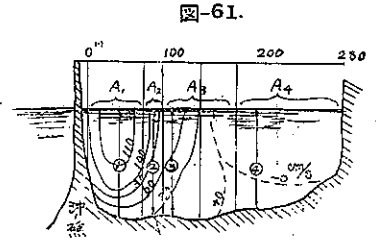
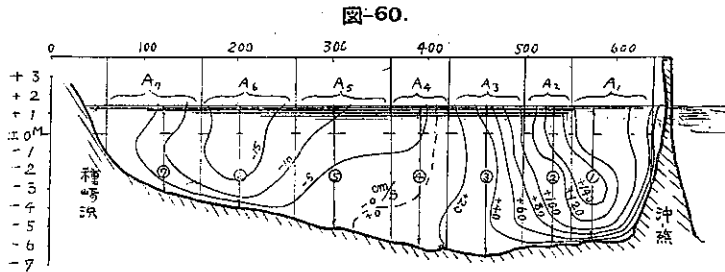


圖-58.





南方断面は流入殆どなく流出は約 460m³/s.c となり、之等の和は前記 1440m³/sec を得たる翌日にしていさゝか大に過ぐるも大体 2/3 以上沖ノ礁北側を流れ居るを知れり。

第 2 章 灣内流入河川洪水量の利用

灣内に流入する 河川鏡川及國府川の洪水が港口の掃流に如何程の効果を及ぼすべきか之を數理的に精密に決定する事は不可能なるも相當の重要性あるを以て此處に略推せんとす。先づ兩河川洪水量が必要なるも流域と雨量より推定するの他なし。鏡川は全長 30km, 流域 174km² にして平地なく、又久萬川は位置及狀況鏡川の支流と考へて可なり、故にその流域 28km² を加算す、國府川は全長 23km 流域 115km² にしてその半は平地なり、而してその洪水流下時間は前者 3 時間なるに後者は 5 時間と推定さる。

(1) 洪水雨量 高知地方に於ける 1903-1925 年に互る最大 1 時間雨量は表-4 に示すが如くにして、之によれば 40mm 以上は毎年 1 回位はあり、50mm 以上は 5 年に 1 回位あるを知る。然らば之が何時間続かや不明なり、之に於て最大日雨量より推定せんとするに、表-5 に示す統計によれば毎年起り得べき限度は 130mm 位とす、之により $r=r_0 \left(\frac{24}{T}\right)^{\frac{2}{3}}$ なる式を用ひ T 時間平均強度を求むるに T=2 とすると、 $r_0=150/24=5.4\text{mm}$ なるを以て、 $r=39.5\text{mm}$ 、T=3 とすると $r=21.6\text{mm}$ となる。即ち 40mm が 2 時間続く事は毎年 1 回は少くとも期待出来る、之を以て標準洪水雨量とすべし。

(2) 浦戸灣標準洪水量 40mm 2 時間の雨量による流出量を“標準洪水量”と名づけ之を計算すると、鏡川の最大流量は $f=0.8$ とすれば

$$q_m = 0.2778 \times 40 \times 0.8 \times 2/3 \cdot A = 1192 \text{ m}^3/\text{sec}$$

國府川は氾濫する爲 $f=0.6$ とすれば

$$q_m' = 0.2778 \times 40 \times 0.6 \times 2/5 \cdot A = 307 \text{ m}^3/\text{sec}$$

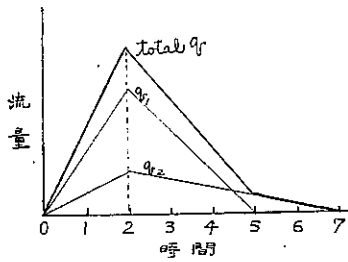
圖-62 に於て 6 時間 (干満の半週期) の合計總流出量は $\Sigma Q \approx 14,000,000 \text{ m}^3$ と計算される。即ち大潮時出入潮量 18,000,000 m³ の約 7/9 に當る。

此處に灣の游水作用を考へるに、灣は一つの游水池とも稱すべく吸江灣、浦戸灣を合すれば 7.30 km² 感潮部を

表-3.

位置		深	方向	速度	毎秒流速	平均流速	断面積	流量	
①	2	EEN	154	114	110	543	650		
	5	EEN _W N	167	141.5					
②	2	EEN _W N	167	141.5	110	335	402		
	5	NE	118	110.0					
③	2	NEbyE	42.5	36.7	34	575	195		
	5	NEbyE	32.2	28.0					
④	2	S	6.6	5.4	-2	430	-8.6		
	5	〃	0	0					
⑤	2	S	10.18	-9.6	-6.5	620	-40		
	5	SSE	6.6	-4.3					
⑥	2	SSW _W S	17.5	-16.7	-16	520	-83		
	5	SSW _W N	16.1	-16.0					
⑦	2	SW	5.5	-3.2	-7.5	340	-2.5		
	5	SSW	9.5	-9.5					
				流出總計 = 1227 m ³ /s		流入總計 = 157 m ³ /s		差量 = 1070 m ³ /s	
位置		深	方向	速度	毎秒流速	平均流速	断面積	流量	
①	2	SEE	12.5	118	100	330	330		
	5	SEE	10.5	99					
②	2	SEE	9.5	90	65	114	74		
	5	SE	4.0	40					
③	2	SEE	6.9	65					
	5	E	4.0	30	30	238	71		
④	2	NNE	3.5	-2.8	-2.0	492	-10		
	5	〃	0	0					
				流出總計 = 475 m ³ /s		流入量 = 10 m ³ /s		差別流量 = 465 m ³ /s	

図-62.



合して 9km² の水面積を有し、之に前記洪水量が降雨後 6 時間に來積するものとすれば之が全部灣に貯溜されてもその水位は僅に 1.6 m 上るに過ぎず、事實は尙然らずして次の如き種々の場合に依じてその消化作用をなすべし。

(1) 灣の満潮時と同時に始るとすれば、即ち退潮流とほぼ同量のものが一方向から流入する爲に潮位の低下緩慢にして次の昇潮に對しては港口流入量少くして満潮となる即ち 12 時間にて消化すべし。

(2) 落潮最中に洪水の始る場合は最大干潮時河川流入量は最大となるから干潮面は餘り下らず次の満潮となる。

(3) 干潮時に洪水の始る時は唯水面の上昇を内からの水量にて行ふのみにて港口流入量少くして普通満潮面となる。

(4) 昇潮中に始つた場合、高潮面迄の水量を洪水量で補ひその餘の水量は満潮面上に堆水する、故に次の落潮は流勢早くより生ずべし。

以上の如く假定水位上昇は前述の洪水にては約 1.6m なるも(4)の場合以外は満潮位以上に灌水する事なく次の満潮迄には何れも消化さるべし。

港口退潮流を最も急流せしむるは(1)の場合なるべきも、然らば此の場合その潮位低下はいくばくなるや、灣の地形及港口狭水路の廣狹、屈曲、高低等複雑にして之を水理的に算出

し難きを以て今假りに現場諸狀況を參照して最盛時水面勾配を本來のもの、2 倍位にて内外水位差平衡すると假定すれば、流速公式より平均流速は 1.4 倍、即ち平時掃流力の 1 倍半内外の流勢即ち 1700~2000 m³/sec 附近の流量を得べし。

表-4. 高知地方に於ける最大 1 時間降雨量 (1903-1935)

年次	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
03	4.0	3.8	20.5	25.6	36.3	10.5	24.6	8.9	24.6	22.9	25.9	8.0
04	2.7	5.7	11.0	9.2	8.7	24.4	37.5	13.6	15.0	28.0	5.0	1.6
05	4.0	3.0	1.2	17.2	9.7	14.8	14.1	28.5	22.8	15.9	5.0	10.9
06	9.8	15.3	17.4	6.6	14.0	20.1	48.0	19.4	43.2	8.5	8.4	8.1
07	6.7	2.8	1.8	19.1	12.5	10.5	18.5	11.9	12.0	22.2	11.8	0.3
08	3.7	1.4	13.1	18.7	9.0	58.4	41.9	30.8	82.0	14.0	3.1	15.3
09	4.5	11.8	9.0	7.0	12.4	15.7	15.7	28.9	51.5	10.5	30.0	10.4
10	13.5	5.5	7.5	10.2	18.8	8.2	19.5	35.5	36.8	8.5	40.3	1.6
11	7.1	2.1	20.3	13.4	24.5	28.2	21.7	48.0	14.1	36.8	16.0	16.0
12	3.9	20.0	26.0	43.0	10.2	6.5	14.5	35.0	19.7	22.0	4.4	14.2
13	23.9	2.8	3.4	19.6	57.7	30.2	23.0	37.7	8.5	9.7	11.8	11.0
14	21.7	2.2	7.8	20.4	37.5	42.0	28.5	19.5	42.0	31.2	17.2	7.0
15	14.9	22.0	4.7	28.6	15.0	40.0	8.5	21.1	44.4	22.0	20.8	2.6
16	4.9	30.5	5.5	22.9	14.0	43.0	14.5	44.5	22.7	26.3	4.1	6.0
17	38.5	5.2	14.0	65.0	9.7	14.7	9.9	31.5	18.0	24.2	12.0	0.7
18	1.6	2.2	53.0	7.5	14.0	6.5	17.3	32.0	1.8	12.3	21.0	5.0
19	8.0	13.5	7.4	16.0	6.0	11.3	22.6	24.4	33.0	7.0	3.1	6.5
20	0.7	31.5	9.4	10.4	18.0	22.0	43.0	50.0	25.0	18.0	3.4	41.7
21	2.5	5.5	10.5	10.0	15.0	33.0	42.0	10.0	25.0	17.0	3.0	8.0
22	4.0	18.5	7.0	10.0	6.5	19.0	30.0	6.0	14.5	9.5	13.0	0.5
23	12.5	30.0	13.5	15.5	21.8	19.0	30.0	43.0	20.0	22.0	3.0	12.0
24	2.4	21.0	3.8	6.0	11.8	30.0	8.0	12.5	18.5	3.0	10.0	3.0
25	2.5	4.5	13.0	14.5	10.0	10.8	29.5	21.0	62.7	18.9	29.2	15.5
最大量	38.5	30.5	53.0	65.0	57.7	42.0	68.0	48.0	84.0	36.8	40.5	41.7

表-5. 高知地方最大日雨量 (mm)

年次	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
1895	51.0	18.8	58.2	130.1	102.1	47.2	51.9	180.4	78.2	127.7	71.8	53.8
96	49.6	25.7	71.7	129.0	68.1	53.4	76.5	4.2	78.6	33.9	20.9	4.8
95	13.5	127.7	31.2	48.9	100.7	81.7	118.1	79.5	58.0	117.4	55.2	42.9
96	14.9	78.5	53.0	123.8	95.7	103.6	65.6	23.9	171.8	145.8	12.9	33.5
97	28.0	53.2	82.9	71.8	129.4	31.4	34.0	82.5	222.8	50.9	84.9	125.8
98	10.4	26.7	19.5	66.1	87.3	115.9	204.0	122.8	149.1	32.5	24.4	78.5
99	11.7	48.1	85.6	135.3	65.9	254.9	67.1	132.5	193.1	68.0	98.9	9.1
1900	18.4	13.9	49.3	113.8	96.4	59.5	76.8	101.1	186.7	121.3	73.2	5.5
1	11.1	6.5	35.7	124.9	24.4	83.5	133.3	42.3	160.7	109.7	28.0	13.7
2	20.5	7.1	70.8	60.4	150.7	170.8	139.4	150.9	45.0	118.3	38.0	36.0
3	29.9	15.1	79.2	116.1	103.9	53.0	139.9	27.5	65.7	61.6	48.0	14.7
4	22.4	49.4	57.0	50.0	29.7	96.0	110.6	41.9	21.6	82.9	81.0	0.2
5	18.7	24.8	47.5	80.4	40.1	76.0	200.3	93.0	90.3	85.5	13.7	21.5
6	27.1	98.7	93.5	36.9	59.2	114.8	83.8	38.6	33.9	59.2	17.2	17.8
7	34.7	25.0	75.4	144.6	60.6	81.9	57.9	29.0	178.5	47.7	50.8	19.4
8	29.0	24.0	42.1	71.4	62.8	59.0	59.8	148.5	44.1	123.1	21.9	125.1
9	20.3	50.0	53.4	76.3	59.2	148.5	34.0	65.4	126.5	25.5	18.4	38.2
10	17.9	33.5	66.0	62.5	92.9	70.8	141.2	53.5	119.9	29.2	116.2	42.8
11	11.6	13.2	151.0	41.1	50.0	60.7	78.1	231.7	107.8	99.7	90.6	12.5
12	34.7	60.9	20.0	98.1	53.0	206.6	51.0	89.4	246.0	119.4	48.6	30.7
13	54.3	12.1	37.2	57.7	108.5	57.4	75.4	98.0	102.4	47.4	25.8	31.0
14	27.6	19.8	34.6	80.7	239.1	124.7	26.4	70.5	61.4	151.8	50.3	10.0
15	14.2	107.8	21.0	97.5	86.8	89.9	97.9	44.8	155.8	119.9	70.3	57.9
16	24.0	127.3	88.2	142.3	73.8	108.7	85.8	184.9	251.3	114.0	14.6	11.3
17	25.0	19.5	125.4	152.5	21.4	192.5	42.5	170.7	39.4	49.3	39.6	3.1
18	56.4	9.5	63.0	77.0	59.1	46.8	55.6	140.4	106.1	28.4	17.9	52.7
19	13.9	51.7	44.3	95.3	64.4	50.2	72.5	36.0	184.1	14.3	112.4	38.9
20	63.7	71.9	47.8	69.4	100.2	99.8	164.4	346.3	47.0	34.9	14.7	42.2
21	31.7	29.6	30.5	101.0	40.3	96.4	93.0	38.5	100.6	108.1	27.3	15.5
22	61.5	69.0	104.4	132.7	38.7	72.7	260.0	18.0	95.2	57.4	24.9	8.9
23	24.6	70.8	9.8	104.0	106.8	63.9	138.6	126.2	58.9	93.5	41.5	7.9
24	101.1	31.4	52.0	115.6	67.9	44.0	26.2	94.1	45.7	42.6	34.6	14.4
25	4.6	33.5	43.5	57.0	85.6	73.5	91.2	34.1	343.5	8.2	64.1	21.1

第3章 灣内水面積の重要性

前述の如く本港に於ける港口維持の作用は一に灣内に入出する干満潮流によるものにして、往昔は灣は更に北方平原に侵入し居たりしは總論に述べたるが如くにしてその概算面積 32km² と推定さる。之が漸次海面の退下と共に現在の状態に至れるものにして、築堤、埋立等によりせばめられ、現在感潮總面積約 8-9 km² にして之により毎日 18 000 000~9 000 000 m³ の水量を吞吐して今日の港口水路を保つてゐる。又洪水調節池としても重要な役目をなしをれるは前章の如く若し之れなかりせば高知市一帯の氾濫は免れず。

されば單なる經濟的目的より築堤或は埋立により此の面積を更に減少する結果となるものは許すべからざるものにして現存漸く現れたる吸江灣泥土の堆洲も之を取除くを念とし、更に港内設備も開渠或は運河を内陸に向つて掘込む方針を可とすべく考へらる。

第5編 港口計畫論

本港口計畫立案に際してはその複雑なる特殊性に鑑み特に周到なる慎重を要すべく殊に優勢なる漂砂に對する施設こそ本港の生命ならん。以上述べ來りたる觀點に基き此處にその對策として基本的計畫方針と信ずるものを提唱するに次の如し。

第1章 計畫方針の提唱

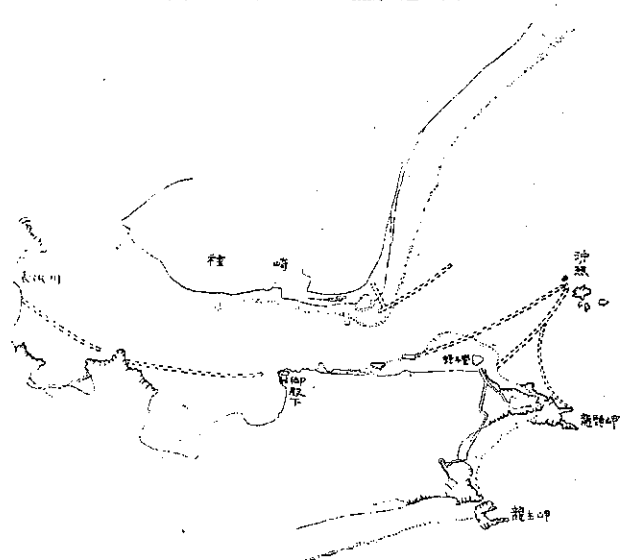
重點を漂砂問題におき更に防波方法を考へる。

- (1) 先づ内外門洲を形成する材料たる 仁淀川砂礫を全力を盡して防ぐべし、而して後に餘勢を港口にて完全に防がんとす。
- (2) 次の大問題は外門洲細砂にして之は退潮流勢及洪水流量を利用して掃流により解決せんとす、即ち自然を以て自然を制するの策にして本築港計畫の根柢をなす。若し之を無視或は輕視せる築港をなさんか本港の如き優勢なる漂砂に對してはその運命は唯時間の問題に過ぎざるべし。

此の爲には適當なる方法により港口潮流を整へて外門洲地點にて一定の掃流速度を生ずるを必須とす。且つ此の流速を漂砂流に直角とし港口はなるべく深所に迄達せしむ。

- (3) 内門洲は(1)及(2)により自ら解決すべし。
- (4) 波浪は東方よりのものは考へる必要なし、(2)の施設により防波も自ら解決すべし。
- (5) 成るべく現在迄の施設を利用すべき事。

図-63. デレーケ氏浦戸港口図



第2章 既往諸計畫案

以上の方針より本港口に關する既往計畫案を述べてその得失を論じ採長捨短以て理想案を考へんとす。

(1) Delekay 氏計畫案 港口に來襲する土砂は主に東方物部川口より來るものなりとの立場より 圖-63 の如く立案せり。即ち長濱川口より沖ノ礁に至る一大導流堤を設け、港口は沖ノ礁北方にとり種崎濱出口に突堤を築く。同氏の説の出發點にて既に誤れるは明白なるも、長濱川口より御殿下に至る導流堤は複雑なる狭水路を改良して大に效果あるべく、流勢を整へて航路を維持せんとしたるは以て詭とすべきも港外計畫にて沖ノ礁に至る導流堤は現在の流路をその儘助長するものにして外門洲の成立及中間深所を一層甚しく何等の良果なかるべし。

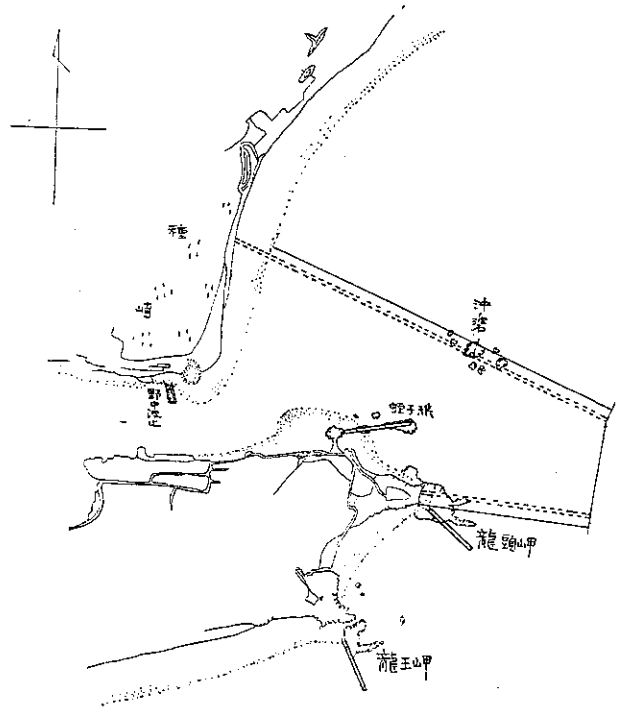
(2) 廣井博士計畫案 計畫理由は前述の如く外門洲の成立は潮流と波動により東方土砂の沈澱に基き内門洲に至りては全く西方海濱より砂礫が波動により輸送されしものなりとの立場よりして 圖-64 の如き計畫を立てたり。即ち桂濱に第1、第2の防波堤を築き、種崎濱出口にも1本設く。龍頭崎東方へ230間の潜堤を作り種崎からは沖ノ礁を通りて500間に達する一大潜堤を築き港口は沖ノ礁東南約12m水深の海中に設けその幅員140間とす。

之を見るに2段の防砂堤により西方土砂を防がんとするは最も適切なる處置と云ふべく、その一つ第2のものは早くより施工されて現に大切な効果を擧げてゐる。兩側に大導流堤を突出し港口を東南12mの深所に迄突出したるは砂の何方より來るとするも外門洲細砂の障害をさけうべきも、之は沖ノ礁岩礁列殊にその基部の岩盤を無視せるものにして之を取除くの施工至難なりと云ふべし。而も現在蛭子峯防波堤の竣工せる今日云ふべくして行はれ難し。

(3) 修築原計畫案 その計畫概要は蛭子堂より岩礁上を連ねて沖ノ礁に至り更に屈折して東方に延び總延長650mの防波堤を作る。種崎濱に港口より1200mの北砂濱に延長約270mの防砂堤を作る。以上圖示すれば 圖-65 の如し。之によりその設計方針を察するに前記 Delekay 氏の港外計畫に似たり、少しく詳細に互り本案の利害を檢討するに、

南防波堤により内門洲の南側突出は之を完全に防ぎ、又沖ノ礁に至る航路は維持さるべきも此の岩礁列を連る築堤計畫は外門洲及中央深所の成長を益々ひどからしむべし。即ち現在その1/3南流してゐる潮流を全部北向せしめ中央海底は一層洗掘され更に仁井田濱を突き一部は外門洲基部を發達せしめ一は種崎に逆流して内門洲を突出せしむ。更に此の衝突點附近に防砂堤を作ることは益々此の逆流を助くる傾向あり、又東方に對する防砂とし

圖-64. 廣井博士案浦戸港口圖



ては顧慮すべき必要な事前章に論じたる如し。又灣流に對して弓形堤の影にある部分は波浪に對しては先端部の影に當る爲漂砂の沈澱を容易ならしむべし。要するに本計畫は外門洲を助成するものにして之を解決し得ざるべし。

第3章 第2計畫案の支持

本港漂砂の本源は遠く仁淀川上流にあるを以て近時竣成せる發電用堰堤の如きは、將來幾分の効果なしとは云へず、仁淀川を治むるはその本源を治むるものなるも本論にては之にふれず、單に港口附近の計畫をば前章述べたる基本方針に基きその具体案を樹てんとす。今前記諸案の中以て範とすべきものを採擇すれば、

Delekay 氏案の	狭水路部導流堤計畫
廣井博士案の	西方防砂堤計畫
修築原案の	一部既成防波堤

の3點にして殊に第3のものは絶對的なものなり、及廣井案の中龍頭岬防砂堤も實在せる必須施設なる事勿論なり。之等を參酌してその方策を立つるに次の如し。

1. 現在竣工せる南防波堤をその直線上に延長して水深 8~10m に達せしむ(此の總長 650~750m となる)。
2. 南堤以北の岩礁殊に A. B. 礁及沖ノ礁を爆破し水深 7m 内外とし潮流北折の障害を除く。
3. 南堤々頭より港口幅員 450m 内外を東面して開き北堤の端とし、北堤は潜堤にしてその方向は潮流を導流して正しく港口に向はしめ内部に逆流を生ぜざるを理想とす。
4. 灣口狭水路部を整流する爲長濱川口より浦戸に至る導流堤を設く。
5. 現在桂濱防砂堤を第1とし、第2防砂堤を龍王岬より南方に約 150m 突出す。

以上 図-66 に示すが如し。次に之等の計畫理由を説明するに(1)及(2)により現在著しく北に轉向してゐる

図-65. 港口附近平面図

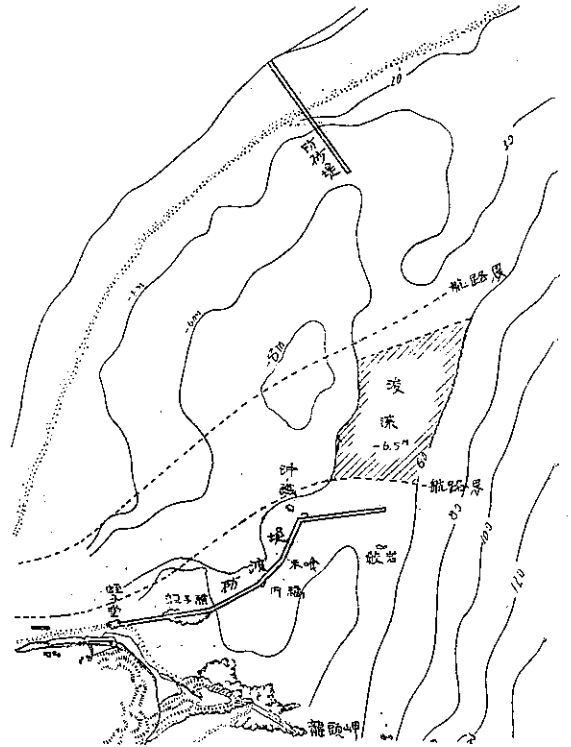
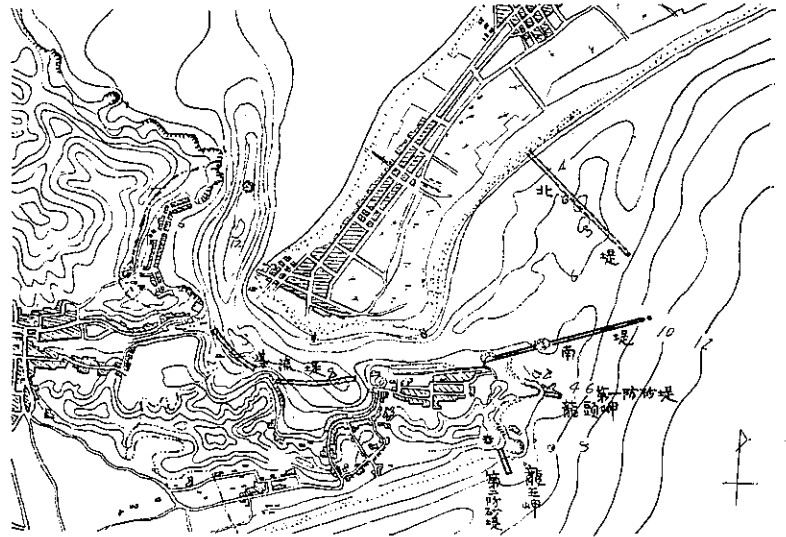


図-66.



流勢を整へて灣口よりその儘直ちに東流せしめて方向を正し流勢を大ならしめ以て今迄に中央深所を維持して徒費されし洗掘力をば外門洲掃流に利用せんとするものなり、(3)の北堤は前記退潮流の流幅擴大による流速の擴散を少からしめる爲北方より導流して港口水深を維持せんとするにあり、更に一方之は東方からの込潮及廻浪を遮る事により種崎濱の流失及内門北突出を防ぐに效あり同時にその東側を通る漂砂流の港口に捲込まれるを遮る意味を含む。

(5)は優勢なる西方漂砂を極力防んとするもので第2防砂堤はその西側砂濱に莫大なる砂量を貯め得べく海岸の方向 圖-67 の如くなれば波浪は直角に近くなり漂砂の移動も自然減少するを得べく之にて足らざれば更に西方に第3防砂堤を築造す。

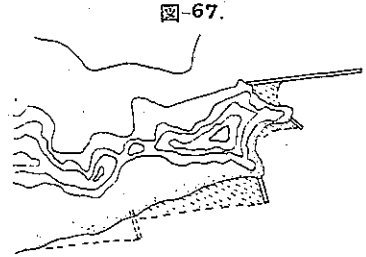


圖-67.

又南堤基部に小漁船の通路として漂砂の通過せざる深さに切欠きを設くるは適當にして何等の防げなかるべし。

出入船舶に對しては港口にて横波を受くるは止を得ず又流路速整により最盛時動力を持たざる小漁船及帆船の出入には不便なるも之は港口維持の重大さに鑑み當然忍ぶべきものならん。

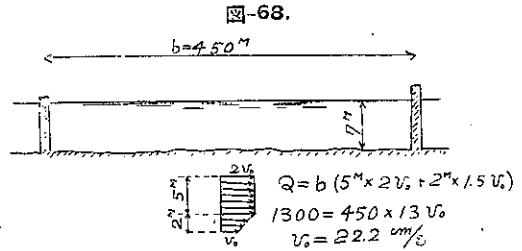


圖-68.

本計畫による外門洲掃流効果につきては今假りに 圖-68 の如くに略算すると、底流速 22cm/sec を得、丸粒にて直径 2mm 強、扁平又は細長きものは 3-4mm の砂を掃流するを得べく現在の此の地點に来る外門洲細粒たる 1mm 以下の微粒は勿論洗掃するを得べし。

結 語

以上の如き計畫を前述基本方針に沿ふ一具体案として提示するものにして就中(1)及(2)は内務省比較第2案として考究中のもの、之を極力支持して本計畫の骨子となす、工費の都合上多少の縮少は止むを得ざるも本港の維持發展を期せん爲には之丈けの施設は要求さるべく、殊に南堤の築造は至難の業なるも本港修築の重點たるべし。