

高知海岸の漂砂浜について

上 森 千 秋*

1. はしがき

土佐湾は波浪が大きく、急峻な地形からの土砂流出と相まって、漂砂移動が激しく、河口、港口に堆砂障害を発生していたが、近年河川からの供給砂の減少、砂利採取などにより浸食障害がみえ始めた。

そこで建設省は、仁淀川および物部川の河川計画上から、高知県は海岸砂利採取規制の面から、両河口付近および県下全域海浜にわたって地形調査を実施している。

ここでは、これらの調査結果を参考にして、高知海岸（高知県中央部以東の宇佐湾口から手結港までのほぼ 31 km）の漂砂浜の実態について報告する。

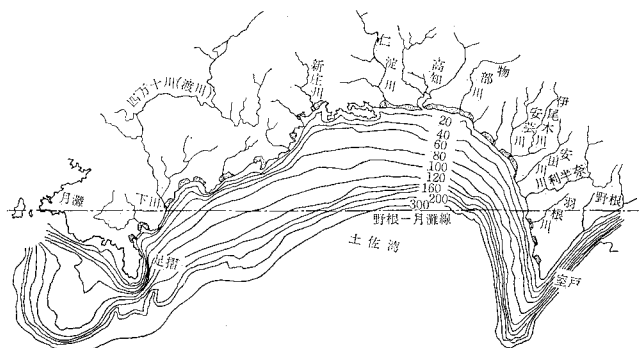
2. 土佐湾の概況

いわゆる土佐湾は延長 240 km の比較的単調な弧状の海岸線で、主な漂砂浜延長は 83 km におよび全湾長の約 36% を占め、そのほとんど（約 77%）は仁淀川以東に分布している。

(1) 沿岸地形

高知県の野根一月灘線以南(図一1)には、比較的近代(10~20 万年前)に形成された三段にわたる海岸段丘があり、標高 200, 100, 50 m 内外の隆起汀線がみえる。南海地震時の地盤沈下はこの線以北で起こり、この線以南は隆起した。よって奈半利から下田間を一応沈降海岸と見なすことができよう。この沈降性は仁淀川以西の海岸で判然としている。しかしこの地震による変動量はたかだか 1 m 内外のもので、漂砂浜の分布に関係すると

図-1 土佐湾岸の地形



は思えない。

土佐湾の等深線をみると大陸棚は、水深 200~300 m までおよび、奈半利川と渡川の沖に海谷がみえ地盤変動と対応している。

大陸棚までの海底勾配は中央でゆるく両岬へ向かって急になっており、とくに奈半利川以東で大となっている。海谷は水深 150 m 以浅で消えており底質の移動が行なわれていること、換言すれば土佐湾には $T=14$ sec 台の波がしばしば発生することを物語っている。

東部海岸は、この 150 m 線が海岸に近いので、14 sec 台のうねりもあまり変形せず浜に作用すると考えられるが、西部海岸では 80 m より深いところが緩勾配となり、 $T=10$ sec 以上の波はかなり沖から変形を受けることになる。

すなわち海底形状からすれば，東部は西部にくらべ，energy の大きい長周期の波が作用する可能性がある。

(2) 漂砂の供給源

土佐湾に注ぐ河川は、中央構造線以南の西南日本外帯に源を発しているが、この外帯はみかぶ線、仏像線等の構造線によって、三波川帯、秩父帯、四万十帯に別けられ南へ新しくなっている。

仁淀川上流の一部が變成岩帯に、その大部分と物部川および渡川の上流が古生層帯に流域をもち、やや流砂供給が多いかと考えられるが、他はすべて四万十層帯に属し、流域の岩石学的な受食性、崩壊性はあまり変わらないと思われる。

しかし県北西部および北東部の山地では地形性の豪雨が発生することが多く、渡川、仁淀川流域および奈半利川、佐喜浜川、野根川流域は山地荒廃による流出土砂の生産地となっている。

また流砂に影響する河川勾配は東部の河川が大（西部河川平均勾配 1/76.4 に対し東部のそれは 1/32）であり、海岸線長に対する河川流入密度も東部が大（西部 0.18本/km に対し東部 0.3 本/km）で、東部海岸に対する流砂供給の多いことが想像される。

海岸欠壊が著しいと見なされる岬部は、同じ地質帯に属し、受食性の相違は考えられない。

* 正会員 農博 高知大学教授 農学部

(3) 風および波

室戸岬および足摺岬における、数年間平均の風速別風向発生頻度は図-2のようで、両岬とも西および東風が卓越するが、大きい風波に関係するような強風は西寄りのものが多く、東部海岸は西部海岸より波作用が大であること、中央部海岸においては漂砂は西から東へ移動する傾向があることがわかる。

台風によるうねりは、台風が北緯 25 度内外にあるとき大きくなるが、この頃は西に偏した位置にあることが多く、土佐湾に対しては西寄りのうねりとなる。したがって西寄りのうねりは長大で東部海岸へはあまり変形せず作用し、向岸漂砂が多く、浜は堆積傾向をもつ。

台風が太平洋上を北東進するにしたがって、波の発生域からの距離が近くなり、うねりは方向を変えたとともに、steep になってくる。また逆風効果により減衰変形もすすむので、西部海岸へ作用するうねりは、東部海岸のそれに比べ energy は小さいが、steep で浸食性をもっていると思われる。

つぎに高知海岸(浜改田)で数年間目視観測をした波の発生状況は図-3のようである。

すなわち年間の約半分は $H=0.5\text{ m}$, $T=8\text{ sec}$ 内外であるが、台風、低気圧で時々高浪が発生する。

台風によるうねりは $H=5\sim 7\text{ m}$, $T=12\sim 14\text{ sec}$ ぐらいに発達するが、年数回発生するのは $H=3\sim 4\text{ m}$, $T=10\sim 12\text{ sec}$ で半日以上継続することがある。低気圧によるものは $H=2\sim 3\text{ m}$, $T=7\sim 9\text{ sec}$ のものが多い。

以上沿岸地形、河川流域、風や波から考察すると中部以東に漂砂浜が発達し、かつその移動が激しいことがわかる。

3. 海浜地形

高知海岸において昭和 41 年 10~12 月にかけ 33 点

図-2 風の発生頻度

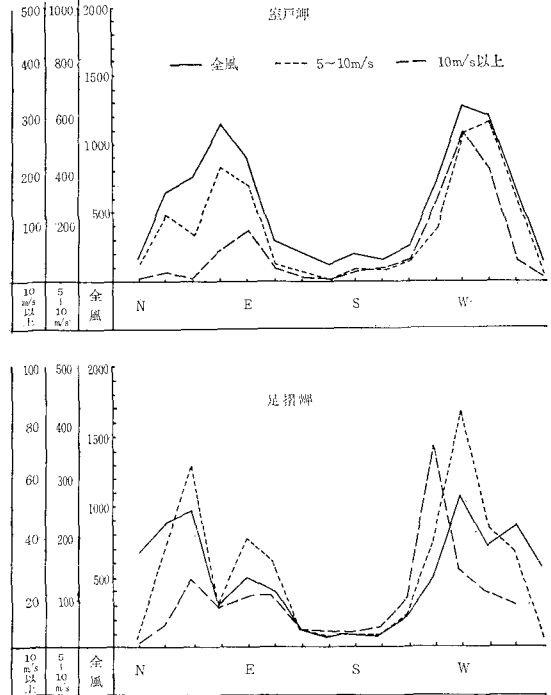


図-3 波の発生頻度

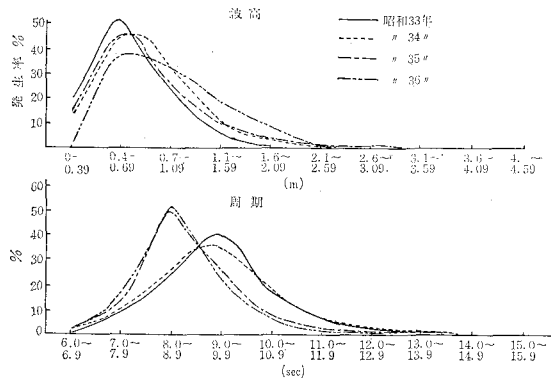
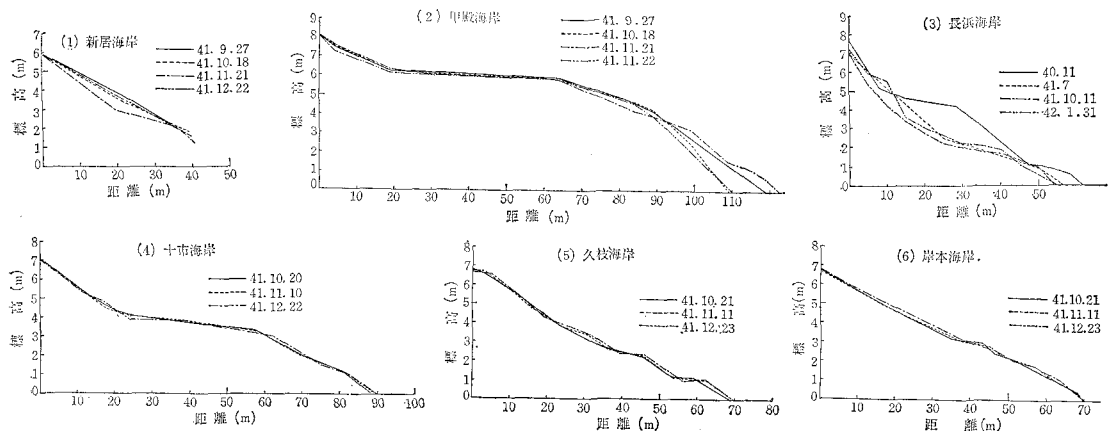


図-4



の浜地形と、17 点の外浜地形の測定を行なった。

(1) 浜 地 形

代表的な浜形状は図—4 のようである。測定は数回実施したが、調査開始がおくれ、いずれも台風時期を過ぎたもので、むしろやや堆積に近い profile を示している。

この海岸は全線にわたり、汀線より陸側 40~120 m に海岸堤があるが、海岸堤根付の砂面高は +8~4.5 m で、大きい波はのり尻まで容易にはい上る。

新居海岸は、仁淀川河口右岸(西方)約 2 km のもので、後浜から前浜にかけてスムーズな形状を示し、いくらか浸食傾向を帯びている。すなわち西方からはもちろん、仁淀川からの漂砂供給が少なく、かつ竜崎の影響もあって、海岸堤が汀線に近いところで著しく浸食が進み、この地点からやや東方で、昭和 40 年から海岸堤の欠壊が生じ、根固め mound の施工等を行なっている。

甲殿海岸は、仁淀川河口左岸(東方)約 2 km のものであるが、仁淀河口より供給された漂砂の東上と、甲殿川右岸に施工されている導流堤および防砂堤とによって、堆積した形状を示している。

長浜海岸は仁淀河口東方約 7.5 km、竜王岬(桂浜)西方約 1.5 km の地点のもので、最近やや浸食 profile を示している。この地点は西寄りの波によって堆積する地形にあるが、41 年夏の浸食が残り秋から冬にかけての堆砂埋もどしが行なわれてない。

十市海岸は仁淀河口東方 14 km(浦戸湾口より 5 km)、物部河口西方 7 km の地点のもので、+3~4 m に berm をもつ高知海岸の代表的な浜形状である。この付近は仁淀川、物部川供給砂の境界点にあたり、漂砂粒径は比較的小さいが、横方向に連続した浜を持ち、かつ海岸堤もさがっているの、急激な変形を起こさずかなり安定している。

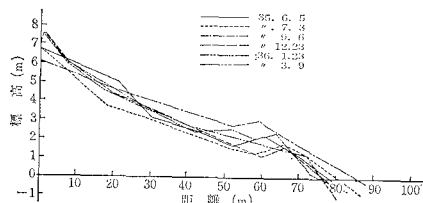
久枝海岸は物部河口西方約 2 km のもので、前浜の漂砂粒径が大きく、+2 m 付近に顕著な berm が形成される。

岸本海岸は物部河口東方約 5 km の地点にあるが、東方からの漂砂は手結岬でしゃ断され、物部川河口から夜須川河口までの浜は物部川の漂砂圏で、大体近似した形状を示している。

いずれも台風後測定のは浜形状の変化が少ないが、かつて筆者が調査¹⁾したのものによると浜形状の変化はかなりあり、同じ海岸においても測点によって変形量が異なる。

図—5 は久枝海岸の 35 年度測定のもので、波が大きくなり始めた 6 月から 7 月にかけて +4 m 内外のところで 1 m 以上の浸食がみられるが、8 月 20~29 日にかけての台風 15、16 号時の flat な波($H=2.5\sim 5$ m, $T=11\sim 14$ sec)によって、汀線から 50 m ぐらいの間へ大堆砂をもたらした。

図—5 久枝海岸浜形状変化



表—1 久枝海岸の汀線変化

測定年 測点	S34年度 (m)	S35年度 (m)	S36年度 (m)	S37年度 (m)	S38年度 (m)	平均 (m)
No. 0	—	—	68.72	64.77	58.18	63.89
1	67.72	76.33	77.12	73.00	60.47	70.93
2	71.38	78.73	75.25	74.70	68.62	73.73
3	78.52	79.71	74.43	74.27	71.88	75.76
4	81.11	81.87	71.10	66.07	74.00	74.83
5	81.44	81.28	81.57	73.20	79.95	79.49
6	81.69	81.28	77.43	77.30	84.68	80.48
7	76.67	76.73	76.65	74.40	77.63	76.42
8	68.98	73.30	72.47	71.20	69.20	71.03
9	66.31	68.10	72.97	64.30	67.13	67.76
10	64.01	66.33	67.13	62.13	65.37	64.99
平均	73.78	76.37	74.08	70.49	70.55	72.79

このような浜形状の変化は当然汀線位置を変える。久枝海岸の 10 測点において年間 6 回測定したものの平均汀線長(測点から T.P.=0 m までの距離)を示すと表—1 のようである。測定各回の変化量は最大 20 m におよび、数回の平均における年々の変化も 10 m 以上におよぶことがある。

物部川流砂の影響する 3 カ所の海岸について同様の測定を行なったが、浜形状や汀線長の変化は、測定前の海面状況、海底地形に支配され、地点による特定な性格はみえなかった。

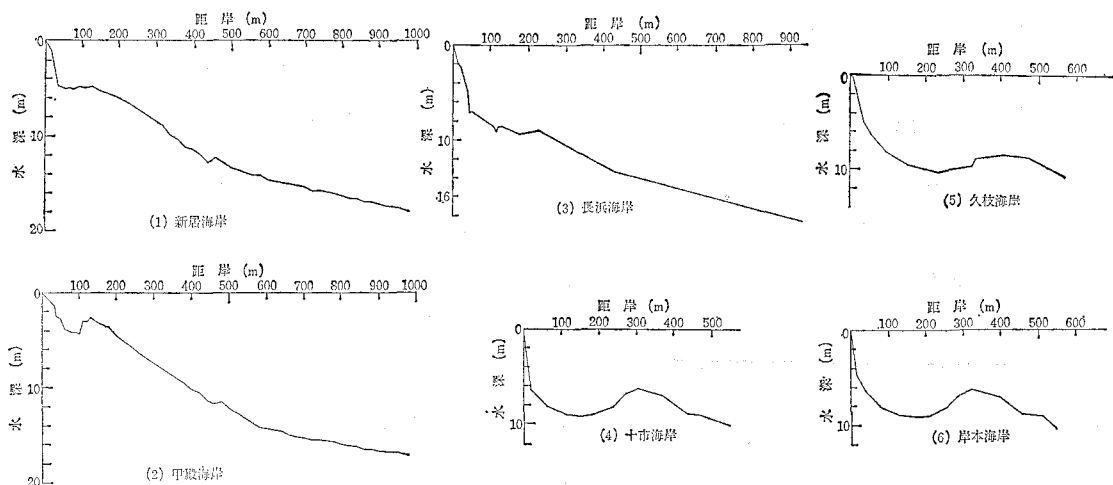
(2) 外 浜 地 形

図—6 は浜形状と同じ時点で測定した外浜の形状である。いずれも急深海浜で、汀線から 500 m 沖で水深 10 m におよんでいる。これらの海浜形状は、bar 型とも step 型とも判定できないが、浦戸湾口以西と以东とでその形状はかなり異なる。すなわち西の海浜は比較的浅いところで形状変化があるが、東の方では汀線から 150~300 m まで一様に深くなり、その後きれいな形をした offshore bar がみられる。

西方の外浜の形状は、その点の浜の変形と直接関係してないようである。すなわち新居海浜および長浜海浜は step 型で堆砂形状にみえるが、浜は浸食されており、甲殿海浜は bar 型のように見えるが浜にはかなり堆砂している。このことから浜と外浜は同一時点の profile を示さず、浜地形には三次元的な漂砂移動の影響が大きく現われていると想像される。

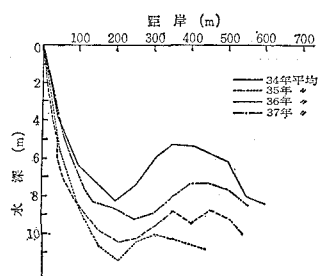
外浜の地形変化もかなり大きく、久枝海岸の 10 測点延長の平均形状の年変化を示すと図—7 のようである。

図-6 外浜形状



とくに昭和 34 年距岸 300~400 m に形成されていた大きな bar は翌年には消え、全線平均して高さ 4 m におよぶ地形変化を起こしている。35 年地形は step 型になり台風 16 号によって大量の浜堆砂（汀線が 5 m あまり前進）が生じたことと対応している。

図-7 久枝海岸外浜地形変化



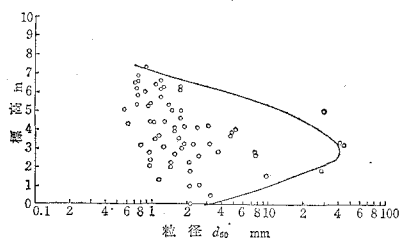
これにより上述の浜の堆積、浸食と外浜形状との関係は、かなり広範囲にわたって観察すれば一応説明できるようなのである。

4. 漂砂の分布と移動

(1) 浜 漂 砂

41 年秋各海岸で採取し分析した、浜漂砂の中央粒径 d_{50} と標高との関係は 図-8 のようである。これによると粒径範囲は 0.4 mm から 40 mm の幅にわたって分布し、+3 m 付近の径浜頂を最大にして上下に小さくなっている。図中の実線は 34~37 年に測定した高知海岸の粒径分布の傾向線であるが、近年はレキに属する部分の

図-8 高さ と 粒 径

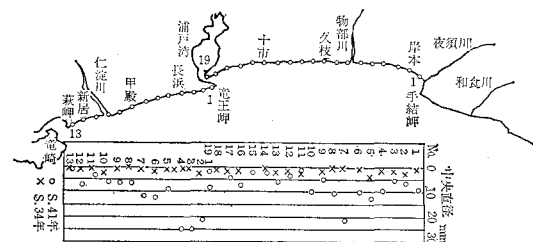


減少がみられる。

(2) 汀 線 漂 砂

図-9 は汀線の基準点付近の漂砂粒径の分布を示したものである。この粒径はやや大きく基準点より高いところで採取されたのではないと思われるが、それでも汀線方向の傾向はみえる。

図-9 高知海岸の汀線漂砂分布



採取時期が秋であったため、波は西寄りの成分が強く、ジグザグに西→東へ移動する漂砂を阻止するような障害物のあるところ、たとえば桂浜竜王岬の西側、物部川河口右岸では漂砂粒径は大きく、浜堆砂が行なわれており、逆に漂砂供給の断たれるところ、たとえば萩岬の東側浜、浦戸湾口の東の浜（種崎海岸、図中の No. 18, 19）では粒径小さく、浸食傾向を示している。

図中の×印は、昭和 34 年 8 月に採取分析したもので平均 1.92 mm となり、41 年のもの（平均 8.77 mm）にくらべると著しく小さい。これは採取位置に相違があるとしても、堆積進行中は前浜の漂砂粒径を大にし、浸食進行中は粒径を小にするという性質からすれば、高知海岸は夏期に浸食される気配があることがわかる。

(3) 海 底 漂 砂

過去数回にわたる採取分析結果³⁾、海底の漂砂粒径の分布は、陸浜部のそれを汀線を境に折返した状態に近い。すなわち最終砕波点（-2~-3 m）付近を最大にして、深さとともに粒径を減じている。そして陸浜と同じ粒径

図-10 仁淀川河口付近底質粒径

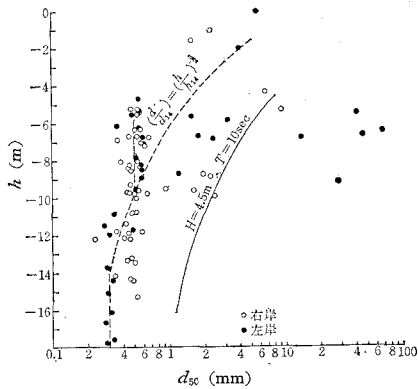


図-11 仁淀川河口付近海底変化

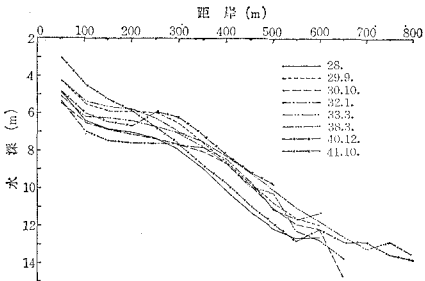


表-2 仁淀川河口部移動漂砂量

測定時	S.28 ~29.9	S.29.9 ~29.10	S.29.10 ~30.5	S.30.5 ~30.11	S.30.11 ~32.1	S.32.1 ~33.3	S.33.3 ~38.3	S.38.3 ~40.12	S.40.12 ~41.10
平均高差 (m)	1.23	-1.11	-0.02	0.34	-0.24	0.33	0.50	-0.51	0.38
距岸 500 m までの 移動量 (m ²)	670.00	-526.25	-47.75	216.60	-108.00	94.00	369.50	-384.50	353.88
総移動量 (m ³)	1851620	-1710893	-88425	647140	-460138	614063	855594	-784362	603419

が存在する深さまで、浜との漂砂交換が行なわれていると想像される。

図-10 は昭和 40 年暮から正月にかけて採取分析した仁淀川河口付近の海底漂砂の鉛直分布である。佐藤・岸³⁾は海底質が波動に対し平衡状態にあるときは、平均粒径は水深の 3/2 に逆比例して分布するということを確かめられている。水深 14 m 以深の粒径を 3 mm とすると、本河口付近では破線のようになり、点の散開が多く、この採取時点における海底の粒径分布は、海底における波のせん断力とあまり対応してないようである。すなわち、このような状況は、急激に大きい波を受け十分淘汰されないままの形であるか、大きい洪水が波と合して河口堆砂を沖に運び、その後これを動かすほどの波がなかったかであろう。

この分布に作用したと考えられる波は、台風 23 号が安芸市へ上陸するまで (40 年 9 月 9~10 日) の高波で、S.M.B. 法による推算では、 $H_0=4.5\text{ m}$ 、 $T=10\text{ sec}$ 以上に達したようである。この波の各水深における移動可能粒径を佐藤・岸³⁾の式

$$d_m=2.5 u^2, \quad u=\frac{\pi H}{2 T \sinh \frac{2 \pi h}{L}}$$

から求めると、図の実線のようなものである。これはかなり移動が顕著な限界であるが、右方の大粒のものはこのときの波で動いたものではない。

(4) 漂砂の移動量

上述のように、高知海岸は地形変化が著しく、漂砂粒径の幅も大で、かなり活発な漂砂移動が予想される。

仁淀川河口付近で実施した、建設省の深浅測量結果から、マクロ的な漂砂移動の傾向を観察してみる。測定範

表-3 各海岸の特性

測線名	浜幅 (m)	堤尻砂面高 (m)	根入高 (m)	平均勾配	中央粒径 (mm)
新居 ①	80	7.8	0.50	0.098	1.04
②	55	5.8	0.50	0.105	7.55
③	60	6.8	0.50	0.113	—
甫家 73	73	8.6	4.10	0.118	—
甲殿 120	120	8.0	4.10	0.067	7.20
戸原 ①	58	4.5	2.00	0.078	12.30
②	71	8.0	2.00	0.113	13.30
長浜 (ナムラノ鼻) ⑦	39	5.6	1.94	0.144	—
⑧	33	4.7	1.94	0.142	2.13
⑨	53	6.8	1.94	0.128	—
⑩	60.5	6.4	1.94	0.106	3.08
⑪	47.5	6.6	1.94	0.139	—
⑫	56	7.0	1.94	0.125	2.10
仁井田 (建運境) ⑬	69	7.7	0.04	0.112	1.14
⑭	50	6.2	0.04	0.124	2.55
十市 ①	81	7.3	1.85	0.090	6.00
②	88	7.0	1.85	0.080	—
③	67.5	6.0	1.85	0.089	—
前浜 ①	86	6.5	1.85	0.076	1.42
②	105	6.7	1.85	0.064	—
③	109	6.7	1.85	0.061	9.80
久枝 ①	84	7.1	2.00	0.085	—
②	69	6.8	2.00	0.099	5.05
③	80	6.7	2.00	0.084	—
吉川 ①	53	5.8	2.00	0.109	10.00
②	65	4.7	2.00	0.072	—
③	61	5.3	2.00	0.087	12.60
赤岡 ①	71	6.1	0.00	0.086	—
②	81.5	6.4	0.00	0.079	5.90
岸本 ①	79	6.0	0.00	0.076	6.65
②	70	6.7	0.00	0.096	—

囲が一定せず、またいそ波帯および浜部が欠けているので十分ではないが、比較的正確と思われるデータについて間隔約 200 m ごとの形状を約 3 km にわたり平均し、各年の外浜の形状を示すと 図-11 のようになる。

これによると水深が 14~15 m ぐらいで激しい変化は少なくなっている。各測定間の沖合 500 m までの移動量は表-2 のようである。測定の時間間隔が大で、風や波の効果を考えることはできないが、間隔の短いもの (29.9~29.10) および測定が海の荒れた直後 (28~29.9) のものは移動量が大きく、時間間隔の長いもの、静穏時測定のもの移動量が小さく現われている。すなわちある一つの波による変化量はきわめて大きい、波が静まり、時間が経過すると浸食、堆積量は cancel されるようである。仁淀川河口のような漂砂移動の激しいところでも、マクロ的にみれば、時間、空間的なバランスはとれていると考えることができよう。

5. 海浜の安定度

高知海岸の各測点について、41 年の調査から、海浜および海岸堤の安定度に関する事項を摘記すると表-3 のようになる。この測定は 1 時点のもので汀線付近の精度はおちているが、浜の容積 (浜幅×堤防のり尻砂面高) および漂砂粒径が大で堤防基礎の深いところは一応安全度が高いと見なされる。

浜幅の大きいのは、堤防法線が汀線よりさがっていることにもなり、波の反射が少なく安全である。また同じ浜幅でも浜勾配が大きいところは、堆積性海浜で安全度が高い。

のり尻砂面高が低いうえに、堤防根入の浅いところは危険で、戸原 No. 1, 長浜 No. 6, 吉川 No. 2 などは 2 m あまりの余裕しかなく、40 年来海岸堤欠壊を続けている新居海岸は砂面高が +1.5 m 内外で、1 m の余裕しかなく危険度が高い。

高知海岸を一連の漂砂浜と見なし、海岸堤の根入高さから現在の浜勾配で 0 線まで結び、その上の全砂レキ量を有効堆積量と見なすと約 700 万 m^3 となる。現在高知

海岸での海砂利採取許可量は、河川課の集計によると 41 年 4 月~12 月が約 22 万 m^3 で、年間ではこの倍量約 40 万 m^3 が採取されていると見込まれる。これらはほとんどが砂利で、浜地形への影響が大きい。

また、この海岸への漂砂の供給源である仁淀川、物部川も、ダム建設、砂利採取 (同上期 許可量 32 万 m^3) によって、その供給量が急減している。

このように、数字からみると高知海岸の漂砂浜も決して安全な状態ではなく、漂砂を伴う海岸災害の危険性が徐々に高まっている。

6. むすび

以上高知海岸の漂砂浜について概要を述べたが、連続した海岸で漂砂問題を考える場合には、かなり広範な漂砂圏を検討する必要があることがわかった。

採用したデータが不揃いで、また波資料に欠け、厳密な考察はできなかったが、さらにこの海岸の形状、変形に関する資料を計画的に集め、河川からの供給砂量の問題とともに、海浜の将来の動向、浜および海岸堤の保全について研究してゆきたいと思う。

この調査を行ない、資料を提供された高知県土木部および四国地建高知工事事務所に対し敬意と謝意を表す。

なお本研究の一部は、文部省科学研究費補助金 (特定研究) の援助によって行なわれたことを付記し、関係各位に感謝する。

参 考 文 献

- 1) 農林省農地局：河口閉塞調査報告書, 1964.
- 2) 上森千秋：河川吐口の閉塞とその処理に関する研究, 高知大学農学部紀要, 第 9 号, 1962.
- 3) 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 号の 6, 1952.