

安房鴨川海岸における海浜変形について —実体図化機による図化素図の比較研究—

向井清人* 橋本知昌** 井上正文*** 磯部一洋****

MUKAI, K., HASHIMOTO, T., INOUE, M. and ISOBE, I. (1980) A study on recent beach changes at Kamogawa Coast, Chiba Prefecture. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 31(5), p. 203-219.

Abstract: Kamogawa Coast is located in southeast portion of Bosō Peninsula and directly faced at the Pacific Ocean. Shoreline of this beach indicates a continuous bowed shape and is limited by rocky headlands of both ends. Its beach length is about 4 km and its width and height gradually decrease from northern end to southern one. Kamogawa River is the largest scale in this area and discharges a large amount of bed and suspended load into the sea at the southern end of this coast. Then it is able to consider that the predominant direction of littoral drift in this coast is from the southern end to northern one judging from yearly inclining direction of the river mouth, wind and wave regimes and beach deposits.

Many air photographs covering this area had been taken at five times from 1947 to 1974 irregularly. Also three leveling surveys were conducted along ten profiles perpendicular to shoreline in 1977 and 1978. In order to make clear recent beach changes at this coast, authors have described two detailed plans by a plotting instrument (Wild B8 Aviograph) with these air photographs. Two plans show five times' shoreline changes at the mean sea level 0 m and 2 m in height respectively. In addition to the plans, chronological changes of shorelines which correspond to aforementioned different two positions are described from two plans and the result of the leveling surveys.

It is able to conclude from these data as follows. On the whole Kamogawa Coast indicates erosional tendency since 1947. It is considered that this is based on quantitative reduction of the discharge from Kamogawa River and Machizaki River and so on accompanied by the successive constructions of a fishing port with breakwaters, jetties, reservoirs and debris barriers. The erosional tendency was especially observed at the middle and the southern portions, reversely accretional tendency was predominantly observed at the northern portion between 1947 and 1971. The most remarkable erosion was arisen at the greater part of this coast between 1971 and 1974 when many larger storms with developed typhoons and depressions struck successively at this area. Since 1974, the erosional tendency was weakened during each portion of this coast by "a recovery effect" against excessive erosion of the former duration.

1. はじめに

砂浜海岸における地形変化の調査研究手法としては、1) 撮影時期の異なる空中写真、2) 測量時期を異にする海浜縦断面形状、3) 測量時期の異なる大縮尺の地形図等の各々の比較によるものが一般的である。特にこのうち1) の写真そのままを比べるという単純な手法に関しては、2) 及び3) のそれと比較して一般に精度が低くなるのは避けられない。しかし、日本の場合全国的にかつ数年次にわたり反復して撮影された空中写真があるため、1) の手法も対象とする海岸について希望する時期に解析を行うことができるという長所をもっている。この長所を生か

し、かつ、より高い精度で砂浜海岸の地形変化すなわち海浜変形を明らかにするためには、単純に空中写真を比較するというのではなく、三角測量を実施し、対地標定点を決定した上で、実体図化機により図化素図を作成し、それらを比較検討することが必要である。しかし、このような手法によってなされた報告は今まで極めて少ない。

筆者らは、1972年7月中旬以降に著しい海岸侵食の生じた¹⁾千葉県安房鴨川市前面の鴨川海岸(第1図)を研究対象地に選定し、上述の図化素図を比較することにより、最近30年間の海浜変形を解明しようとした。なお、

*元技術部(現川鉄鉱業k. k.) **技術部 ***資料室 ****環境地質部

1) 台風9号等に伴う暴浪によって7月中旬以降に鴨川海岸が大規模に侵食された。



第1図 鴨川市の位置図

三角点の刺針を含めた現地調査・ごく最近の変形を知るための補足調査及び海浜堆積物調査を、1977年に2回、1978年に1回の計3回実施した。それらの結果の一部をとりまとめてここに報告する。

現地調査に際して、千葉県鴨川土木事務所・鴨川市役所建設課から資料の提供等種々便宜をいただいた。ここに記して厚く御礼申し上げる次第である。

2. 周辺地域の地形及び地質の概況

2.1 地形

鴨川海岸の背後には、何段かの地形面に区分できる平坦地が発達し、加茂川平野あるいは鴨川地溝帯と呼ばれている。本平野を加茂川及び待崎川が穿入蛇行しながら

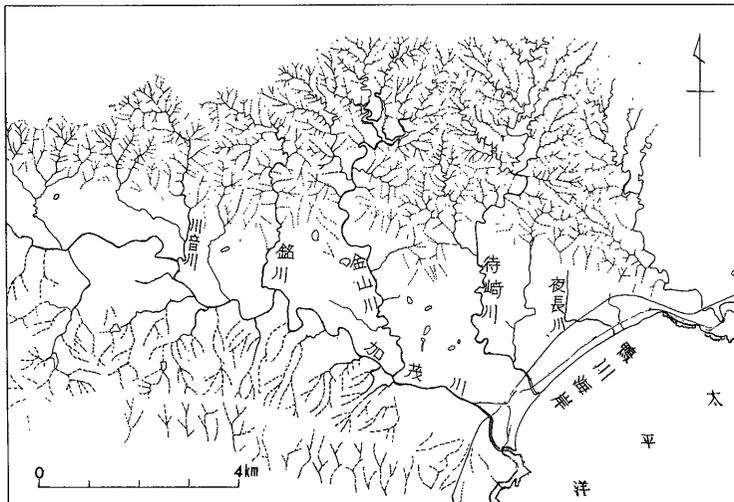
西方から東方へ曲流し、太平洋に流入する。上述の平野をはさんで北側に清澄山(370m)を最高地とする山地と、南側には愛宕山(405m)を最高地とする山地とが東西の伸長方向をもって分布している(第3・4図参照)。この北側山地と加茂川平野の間には、ほぼ東西方向で直線状の断層線崖がみられる。嶺岡山地とさらに南方の高鶴山等からなる山地との間には曾呂川が曲流し、太平洋に流入している。本地域の山地は400mを越える愛宕山を除いて、いずれも200-300m級で、山体の開析は進んではいるがその山稜部は定高性を示す。

第2図は水系網を示したものである。これによれば、加茂川平野北側の水系網は主として樹枝状を呈するのに対し、南側のそれは平行状を呈し、かつ、谷の発達状態(谷密度)も両山地において著しい差異がみられる。この理由としては、後で述べるように、北側山地と南側山地の地質上の違いによるものであろう。

北側山地を流下する河川としては川音川・鉾川・金山川・待崎川(旧名松崎川)及び夜長川が代表的なものであり、何れも著しく曲流して加茂川平野に流下し、直接鴨川海岸へ流入する待崎川・夜長川を除いては平野の南部で加茂川に合流する。南側山地から加茂川に合流する河川はごく小規模なものであり、何れも直線状の河道からなる。

加茂川は本地域中の最大河川であり、流域面積は約80km²、流路延長は約24kmを有し、その河口部は鴨川市の中心街となっている。本河川河口から3km上流の金山川合流点付近では、特に蛇行が著しく1950年代に直線化工事が行われた。

本海岸を含む房総半島の南東部は、1703年11月23日



第2図 鴨川市周辺の水系網図

(元禄16年)に元禄大地震が発生して、最大5-6mにもおよぶ地盤の隆起(伊藤, 1977)があり、また1923年9月1日の関東大地震では約0.5-1.5mの隆起が生ずる(藤田, 1974)など地盤変動の特に著しい地域でもある。

第3図は鴨川海岸周辺の陸上地形と海底地形を示し、海底地形によれば、鴨川海岸から沖合約2.7km、水深約30m付近までは現海成平坦面が発達する。さらにその沖合には鴨川海底谷が西北西-東南東方向に伸び、水深450m付近からその向きを南南東へ変えている(星野・佐藤, 1960)。

2.2 地質

第4図は加茂川・待崎川・夜長川及び曾呂川等の各流域の岩層分布を簡略化して表現したものである。作成に当たっては、主として近藤ほか(1971)及び近藤・高井(1976)による5万分の1表層地質図「鴨川」・「大多喜」を基にし、加茂川流域の一部は三梨ほか(1976)による東京湾とその周辺地域の地質図を参考にした。

これによれば、加茂川平野北側の清澄山を中心に、新第三系の砂岩(清澄層)が広く分布する。一方、同平野南側の嶺岡山を中心に古第三系の頁岩・砂岩及び泥灰岩(嶺岡層)、嶺岡層及び一部の新第三系を貫く火成岩類(玄武岩、斑れい岩及び蛇紋岩)が、東西の方向性をもつ地質構造に支配されて分布する。この嶺岡山地は地すべり地帯としても特に有名であり、岩屑の供給が著しい。さらに、加茂川平野と曾呂川流域の平野をはさんで、新第三系の泥岩と一部礫岩からなる山地が広く分布している。一方、これらの平野は第四系(主として完新統)からなっているが、既存の試錐結果等から判断して第四紀堆積物はいずれも薄いものと考えられる。更新統の降下火山灰層(関東ローム層)は山頂及び稜線部の一部に小規模に残存する程度である。

3. 鴨川海岸の特徴

3.1 海浜地形概況

鴨川海岸は房総半島東南部にあって(第1図)太平洋に面する全長約4km、ほぼ北東-南西に伸びた弧状の砂浜海岸である(第3図)。その両端部は丘陵性の山地が海側に突出し、急崖、隆起波食台、一部海岸段丘(加茂川右岸では)を伴っている。本海岸南端には弁天島・雀島・荒島及び波濤根等の多数の小規模な島々・岩礁が散在し、鴨川松島と総称されている(第7図参照)。この地方の口承によれば、「鴨川松島」は過去2回にわたって陸地が沈下して形成されたものであるといわれているが、その成因については今後に残された研究課題である。

本海岸に流入する河川としては、北端から約1km南西の部分に小河川の夜長川が、北端から南西3kmの部分に待崎川が、南端に加茂川があって、それぞれ太平洋に開口している。

加茂川河口は約50年以前から導流堤によって固定され変化しないが、待崎川・夜長川及びほかの小河川の河口は年間を通じ北側(左岸)へ片寄ることが多く、かつ河口閉塞の傾向が認められる。そのため待崎川河口右岸には消波ブロックによる突堤が海岸に直角方向に施工され、また河口部において河道直線化のための浚渫作業が時々行われている。

砂浜の幅²⁾は、北端から夜長川河口までは約70-110m、夜長川河口右岸から待崎川河口に至る間では³⁾約30-80m、待崎川河口右岸から加茂川河口に至る間では約20-50mとなっている。また、本海岸における静穏時の波の遡上限界付近に当たる高位汀段の高度をみると、北端から夜長川河口左岸までは約5m、同河口右岸から待崎川河口までは約4m、待崎川右岸から加茂川河口左岸0.5km手前まででは約4.3-3.5m、加茂川河口左岸付近では約2mに過ぎない。従って、砂浜の幅と高位汀段の高度は、本海岸北端から南端へと何れも減少している。高位汀段端海側のbeach faceの勾配は100/1,000前後である。また高位汀段端付近には大cusp⁴⁾が、海側の低位汀段端付近には小cuspが発達する。

3.2 海浜堆積物

3.2.1 特徴

本海岸の堆積物は主として砂からなり、わずかに礫が存在する程度で泥質堆積物はほとんどみられない。一方、海底部には泥質堆積物が堆積しているものと考えられる。これは、出水時に加茂川・曾呂川及び待崎川から泥質堆積物が排出されるのが観察され、それらの河口の沖合に当たる海面は細粒の浮遊物質に富み褐色を呈するためである。

本海岸の砂は粒径の違いによって色が異なることに特徴がみられる。すなわち、粗粒砂は黒色-暗灰色、細粒砂は明灰色、中粒砂はそれらの中間の灰色をそれぞれ呈する。これは粗粒砂と細粒砂を構成する物質の違いによるものであり、粗粒砂は黒っぽい頁岩・砂岩の岩片であるのに対して、細粒砂は無色鉱物の石英・斜長石等の鉱物粒からなっている。

礫としては細礫及び中礫が多く、大礫は少ない。巨礫は人為的に搬入されたものを除いて海岸全体を通じて全

2) 護岸(波返し)の施工区域では汀線から護岸まで、未施工区域では汀線から砂防林海側までの水平距離。

3) 北端から待崎川河口左岸までを東条海岸、同右岸から加茂川河口左岸までを前原海岸とそれぞれ呼ぶ場合がある。

く存在しない。何れの礫もよく円磨され、扁平なものが多いことに特徴がみられる。礫の色は、粗粒砂同様に黒色-暗灰色を呈する。これは超塩基性岩及び塩基性岩である暗緑色の蛇紋岩及び黒色の玄武岩と斑れい岩に加えて、黒色の頁岩・砂岩及び礫岩によるためである。礫としては細粒-中粒の砂岩礫が最も多く、次いで頁岩礫が多い。ほかの礫種としては、斑れい岩・蛇紋岩・玄武岩・礫岩及び凝灰岩が代表的なものである。新第三系の脆弱で円磨された泥岩や軽石の細礫も場所によっては認められるが、必ずしも海岸全体を通じて分布してはいない。なお、細礫には貝殻片が少量含まれている。

本海岸内における堆積物の粒度組成変化の指標として、最大級礫20個⁴⁾の総重量についてみれば、待崎川河口付近の砂浜では5kg前後と大きく、そこから離れると1kg前後と小さくなる。波の静穏時に場所によっては、細礫帯が汀線付近の表層部に薄く発達する。

一方砂質堆積物についてみれば、汀線に対して直角方向の粒度組成変化は大きい。この傾向は海岸全体にわたって共通して認められる。すなわち、後浜で高位汀段が発達する場所では粗粒-中粒砂が、前浜ではより淘汰された細粒砂が卓越する。砂質堆積物の沿岸方向の変化は、汀線に対して直角方向における変化と比べても著しくない。汀線付近において、細粒砂層の厚さは3cm前後と薄い場合があり、細粒砂層の下位には粗粒砂層-中粒砂層、時によっては細礫層が成層してみられる。

3.2.2 供給源

大量の土砂が、加茂川、曾呂川、待崎川及び夜長川から本海岸へ供給されている。このうち、曾呂川からの土砂は、鴨川漁港防波堤整備に伴い急激に減少してきているものと考えられる。加茂川からの供給土砂量は、上述

4) 後浜の20m×20mの範囲から大きい順に採取する。

の諸河川のうちに著しく大きく、土砂の主たる供給河川となっている。なお、本海岸の両端に当たる岩石海岸からも土砂がごく小規模に供給される可能性がある。

第4図に示す通り、加茂川の北側流域には新第三系の砂岩層(清澄層)が広く分布している。清澄層は石英・斜長石及び軽石粒を多く含む中粒砂-細粒砂を主としており、風化した状態では特に砂粒に分解し易い。これに対して、加茂川の南側流域と曾呂川の流域には、蛇紋岩・玄武岩及び極く小規模に斑れい岩、それに古第三系の頁岩・砂岩層及び泥灰岩層(嶺岡層)、さらに新第三系の泥岩・礫岩層等が分布する。この山地からは礫・粗粒砂及び泥が大量に供給される可能性が大きい。

先に述べた本海岸にみられる海浜堆積物の特徴と供給源に当たる岩層とを関連づけ、その供給経路を考えれば、次の通りである。大礫-細礫と粗粒砂及び一部の中粒砂は、頁岩・砂岩・礫岩・泥灰岩・蛇紋岩・玄武岩及び斑れい岩等から構成されているので、古第三系の頁岩・砂岩層及び泥灰岩層、新第三系の礫岩・泥岩層及び火成岩類からなる嶺岡山地と高鶴山地等から、加茂川と曾呂川を通じて供給されている。一方、中粒砂-細粒砂は、新第三系の砂岩・泥岩層からなる清澄山地から、金山川等の加茂川の支流及び待崎川を通じて供給されている。

3.3 風況及び海況

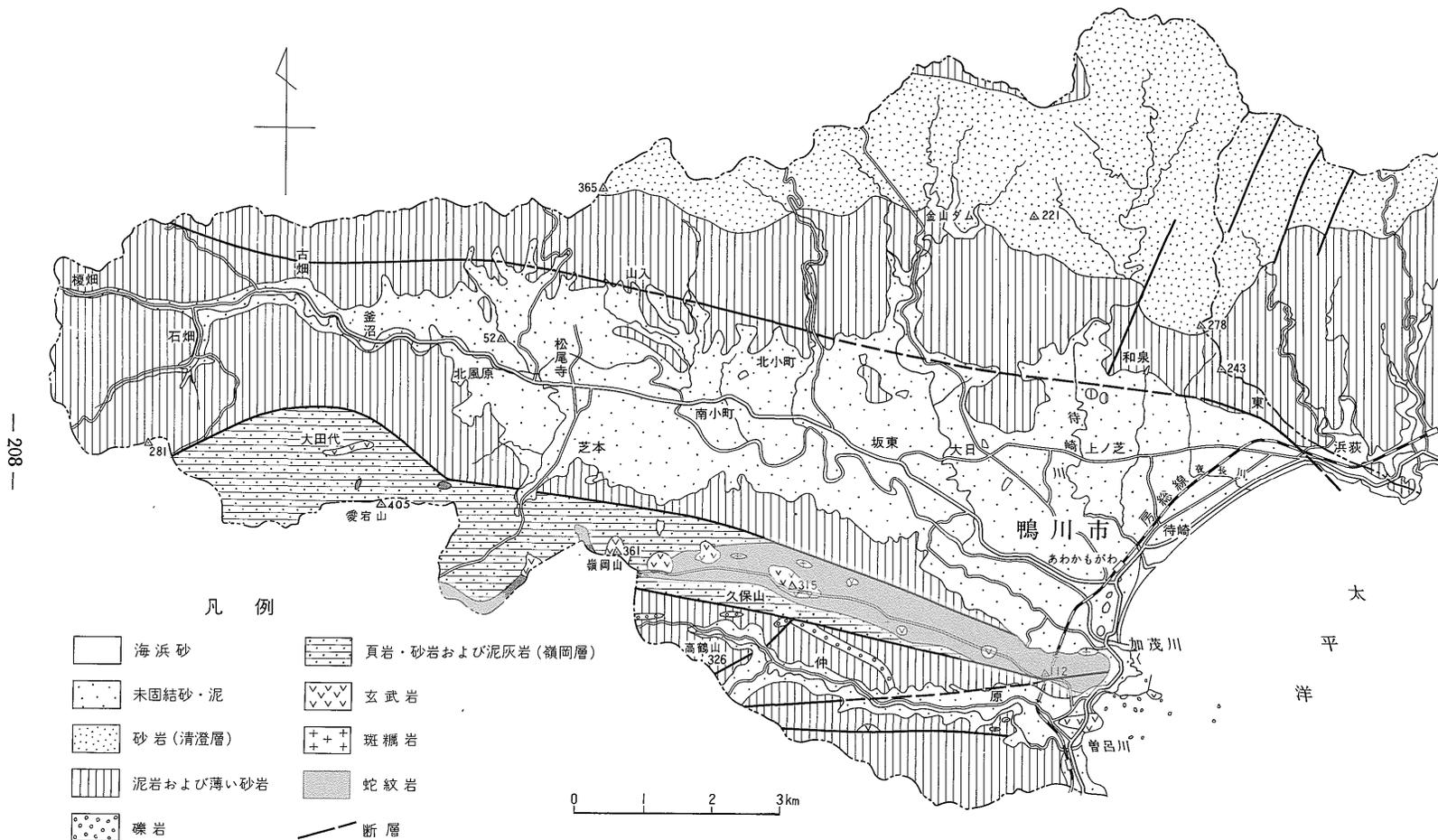
3.3.1 風況

第1表と第5図は、鴨川市にある県土木事務所において1974-1976年にかけて観測された風向・風速の資料を基に、その期間に発生した強風(最大風速10m/s以上)186件に関する風向別、季節別の頻度傾向についてまとめたものである。これらによれば、春・夏季には南西風が特に多く、秋・冬季には北西風が最も多くなり、次いで南西風の順である。従って、鴨川海岸においては沿岸

第1表 鴨川市における強風の風向別発生頻度(1974-1976年, 10m/s以上)

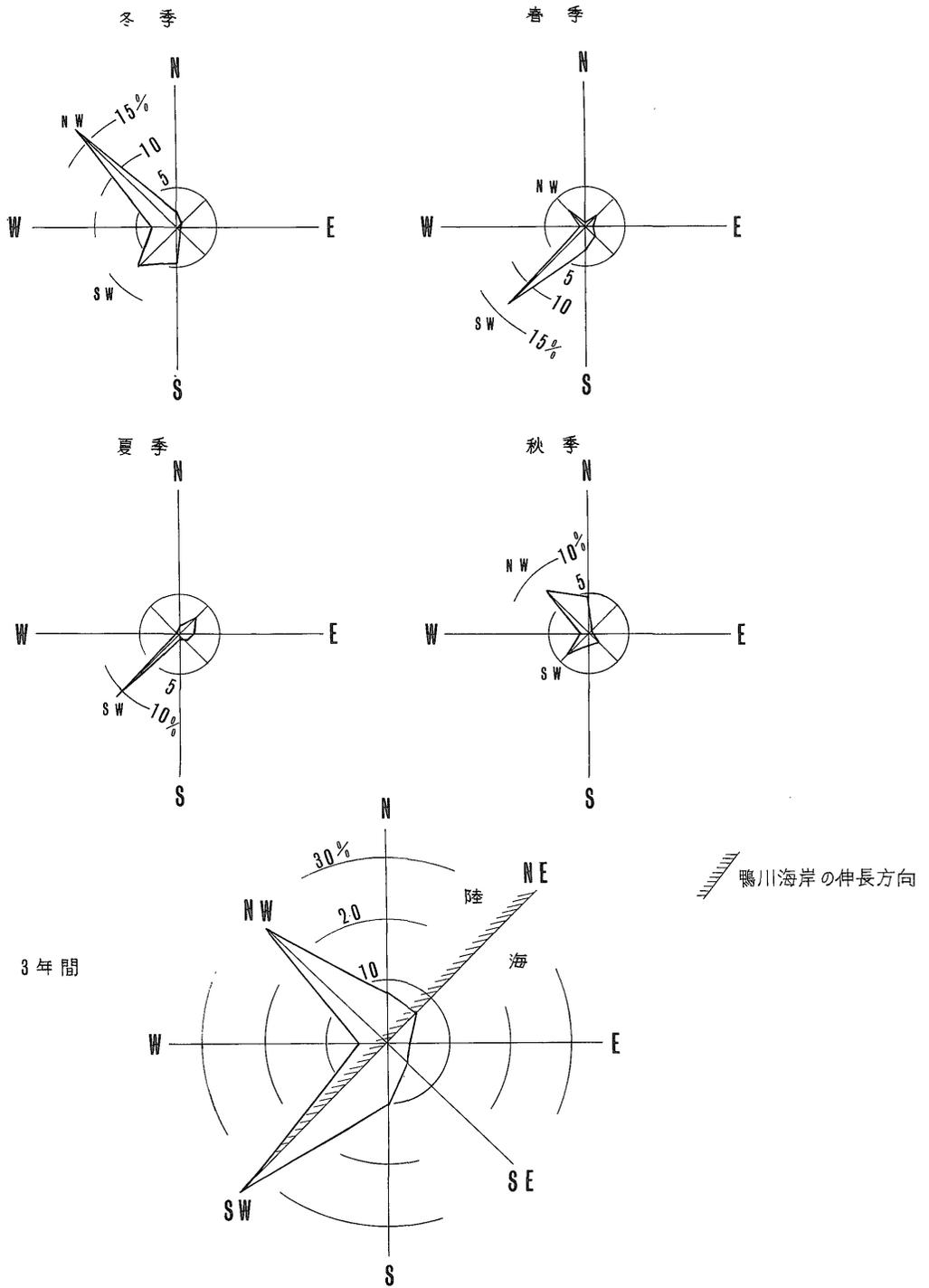
季節 風向	春	夏	秋	冬	計
N	1	2	8	4	15 (8.1%)
NE	4	6	1	1	12 (6.5%)
E	2	4	1	0	7 (3.8%)
SE	3	2	4	0	9 (4.8%)
S	6	1	4	8	19 (10.2%)
SW	25	20	7	12	64 (34.4%)
W	1	0	2	6	9 (4.8%)
NW	6	1	13	31	51 (27.5%)
計	48 (25.8%)	36 (19.3%)	40 (21.5%)	62 (33.4%)	186 (100.0%)

千葉県土木事務所観測資料

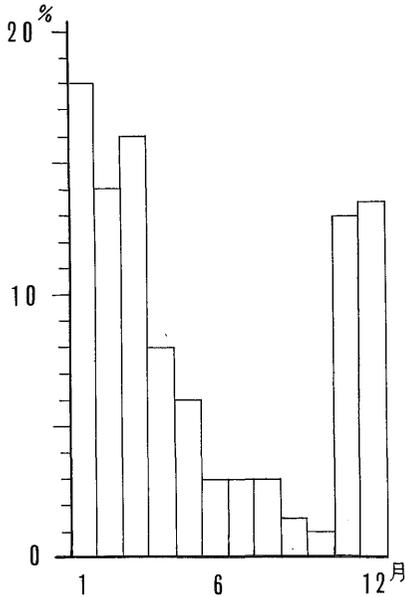


第4図 加茂川及び曾呂川流域の岩層分布図
 (近藤ほか, 1971; 近藤・高井, 1976; 三梨ほか, 1976の簡略図)

安房鴨川海岸における海浜変形について (向井清人・橋本知昌・井上正文・磯部一洋)



第5図 強風 (10 m/s) の発生頻度 (1974-1976年)
千葉県鴨川土木事務所観測資料



第6図 富崎における高波(2m以上)の月別発生率 (荒巻, 1971)

方向へ吹く南西風が年間を通じて卓越し、冬季及び秋季には海側へ吹く北西風が最も多くなる。

3.3.2 海況

本海岸は太平洋に面するため、波の静穏時であっても小規模な波が入射する。大規模な波は、晩夏から秋季にかけて房総半島へ接近あるいは上陸する台風に伴うもの、及び晩冬から初春にかけて発達した低気圧に吹き込む強風に伴うものである。

現在のところ、本海岸においては継続的な波浪観測は実施されていないので、房総半島最南端に位置する富崎における波の観測結果を基にして高波(2m以上)の月別発生率図(荒巻, 1971)を参考にする。第6図は1959-

1965年間の観測資料であり、高波は11-3月に多くなっている。この高波は、冬季を中心に発達した低気圧に吹き込む暴風に伴うものである。

4. 空中写真による対比図化素図の作成

4.1 対比図化素図の縮尺及び作成要領

鴨川海岸地域の空中写真は、米軍によって1947年に撮影されて以来、1974年までに国土地理院によって4回撮影されており、それらの写真記号・撮影日時及び撮影条件等は第2表に示す通りである。空中写真の縮尺は4万分の1から1万分の1にわたり、最大縮尺は1974年撮影の1万分の1であるので、対比図化素図の精度を高め判読を容易にするために縮尺を1万分の1に統一した。また、図化を行うために基準とする空中写真は、何れのものにも共用できる対地標定点を包含することが必要である。この点からすれば、米軍撮影の4万分の1空中写真(M50, 16-18)と国土地理院により1968年撮影の3万7千分の1空中写真(KT-68-7Y-C8, 8-11)とが条件をみたしているが、後者の写真(Plate 1)の方が解像性に優れ、かつ、他年次空中写真の対地標定点が容易に確認できるので、図化の基準空中写真として用いることにした。まず基準空中写真の図化に際しては、必要な対地標定点としての国家三角点及び新設点(位置標定点の項参照)を現地において空中写真(KT-68-7Y-C8, 8-11)に刺針し、座標及び標高については三角測量等を実施して求めた。これらの対地標定点を使用して基準図化素図を作成し、同時に他年次の空中写真図化に必要な標定点の座標及び標高を求め、順次図化を行うこととした。

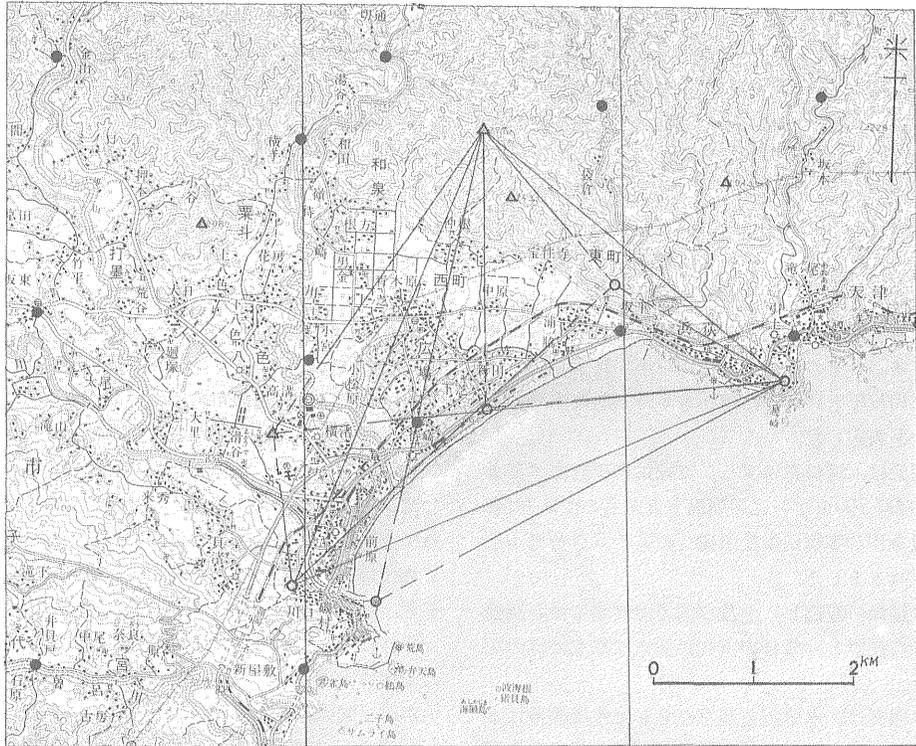
4.2 対地標定点の決定

4.2.1 位置標定点

第7図は、三角点及び対地標定点の配置状況を5万分の1地形図「鴨川」上にプロットして示したものである。これによれば、本海岸付近の地形の精度をより高めて図

第2表 鴨川海岸撮影の空中写真一覧表

空中写真の記号及び番号	撮影日時	撮影高度(m)	写真の縮尺	撮影レンズの焦点距離(mm)
M50, 16-18	1947年2月22日	6,100	1:40,000	153.30
(KT-66-5X-C8, 15-17 KT-66-5X-C9, 17-18)	1966年11月22日13時	3,250	1:21,000	151.88
	" 10月18日10時	"	"	"
KT-68-7Y-C8, 8-11	1968年4月2日15時	5,640	1:37,000	152.85
(KT-71-3X-C8, 15-17 KT-71-3X-C9, 15-16)	1971年4月27日11時	3,050	1:20,000	152.22
	" "	"	"	"
(CKT-74-14-C21, 37-40 CKT-74-14-C22, 40-41 CKT-74-14-C23B, 19-20)	1974年2月11日10時	1,500	1:10,000	152.49
	" "	1,500	"	"
	" 13時	1,500	"	"



第7図 基準対地標定点及び三角測量網図 △国家三角点, ●標高標定点, ○位置標定点
 「この地図は、国土地理院発行の5万分の1地形図(鴨川)を使用したものである。」

化するためには位置標定点(この場合は三角点)が本海岸から離れすぎていること、図形的によくないこと等が明らかである。そこで、三角点の刺針を含めた現地調査を実施し、第7図にみられるような三角点2点を含む計7点(うち、2点は建造物を利用)からなる三角網を設定して位置標定点とした。

現地観測には、6秒読経緯儀(Dahlta 020)を用い、平均計算を行って各点の座標値と標高を求めた。

4.2.2 標高標定点

先に述べた位置標定点は同時に標高標定点としての役割も果たすが、本海岸付近の標高標定点はより高い精度を必要とするところから、国家水準点(以下水準点と呼ぶ)を基準点とした水準測量によって決定した。

一方、本海岸から離れた標定点については、2台の精密気圧高度計(Paulin Micro Altimeter)を使用し、1点につき1台で10回以上の測定を行い、測定の実値について温度と気圧の補正をしたうえで標高として採用した。この場合の気圧補正には大田式自記気圧計(1日用)を使用した。

4.3 図化素図の作成及び精度

上述の方法で求められた対地標定点を使って空中写真

図化機(Wild B8 Aviograph)により、本地域で基準とする1968年撮影の空中写真(KT-68-7Y)3枚の絶対標定⁵⁾を行った。その結果、位置の標定点は図上において本海岸付近で0.2-0.3mm(実際の長さに換算すれば2-3mm)以内に、そのほかでも最大0.5mm以内に、標高の標定点はKT-68-7Y-C8の11Bの+0.7mを除き較差が±0.2-0.4m以内におさめることができた。そこで、本海岸付近の図化に先だち各撮影年次ごとの空中写真の図化に必要な対地標定点を展開図上にプロットし、対地標定点図(標高は5回以上の測定値の平均)を作成した。

次に、各撮影年次ごとの空中写真について上述の方法で求めた対地標定点を使って絶対標定を行ったところ、位置に関しては本海岸付近で0.3mm(実際の長さに換算すれば3mm)以内に、写真の縁辺部であっても最大0.6mm以内に、標高に関しては本海岸付近で±0.3m以内、写真の縁辺部であっても0.7m、0.8m及び1mのものがそれぞれ1点ずつ生じたくらいにおさめることができた。

これらの誤差状況から判断して、それぞれの図化素図

5) 空中写真図化モデル内の各点とそれに対応する地上点の座標をモデル縮尺の比で一致させること(国土地理院, 1974)。

は海浜変形の対比資料としての精度を十分に有するものであると考えられる。なお、各撮影年次の汀線の高度は、何れも標高0m(平均海水位)をもって表示することにする。

5. 海浜縦断形状の補足測量

本地域に関する空中写真は1974年撮影のものが最新であり、これまでの撮影間隔も最長19年9カ月、最短1年4カ月余と何れも長い(第2表)。そこで、1974年以降のごく最近の海浜変形を把握するために、1977年から1978年にかけて3回、そのうち1回は1977年1月下旬に、ほかの2回は1977年と1978年の何れも6月下旬に海浜縦断形状の測量を実施した。

測線の配置は、河口をはずし、汀線にはほぼ直交するように間隔約300-700mごとに10測線をとるものであり、各測線の位置を1972年鴨川市役所発行の2千5百分の1地形図上にプロットした。

本海岸の護岸(波返し)上及び国道海側端には各測線の基点を10点設置し、後日の消失に備えて基点の点の記を作成した。

各基点の標高は、水準点を基準点とした水準測量によって決定した。なお、No. 4'測線は1977年6月下旬の測量時には前回(1977年1月下旬)と比べて著しい侵食により後退が認められた箇所であったため、新たに補充した測線である。

6. 海浜変形の実態

6.1 対比図化素図からみた海浜変形

各撮影年次について得られた図化素図から、高度0mと2mの各ラインをそれぞれ縮尺1万分の1の展開図に移写し、平面的な地形変化の分布状況を表わしたものが第8図である。高度0mと2mを採用したのは以下の理由によるものである。高度0mは平均海水位の汀線に当たり、海と陸地との境界を示す。一方、高度2mは先に述べた通り、本海岸内における高位汀段端の最小の高度(加茂川河口左岸)である。なお、本海岸のこのほかの場所では、高度2mの位置は、高位汀段海側の急勾配なbeach faceに当たる。

第8図下段の折線グラフは、1947年を基準として、各撮影年次ごとに0m及び2mの等高線が海側・陸側へどれだけ移動したのかを示したものである。この図では、本海岸の伸長方向(N50°E)に基準線を取り、本線に直角方向に引いた直線と1947年の汀線とが交わる各地点ごとに、縦断方向への水平移動量を示した。

第8図(1)を詳細にみると加茂川河口左岸の一部と夜

長川河口付近から本海岸北端にかけた地域においては、むしろ堆積傾向にあり、待崎川左岸一帯を除けば、本傾向は1947(基準)年以降、1971年のグラフにおいてより顕著である。一方、1974年のグラフでは待崎川河口以外の海岸全体にわたり、特に待崎川河口右岸-加茂川河口左岸間(前原海岸)において侵食が顕著となっている。待崎川河口付近だけは、1947年以降堆積傾向が続いている唯一の場所であり、本河川からの排出土砂による堆積の結果を強く反映したものと考えられる。

第8図(2)によれば、同図(1)と比べてさらに全海岸にわたって侵食傾向が強まり、特に前原海岸に近づくほど著しい。一方、夜長川河口付近から北端にかけた地域では堆積が侵食よりも優勢となり、特に北端に向かって堆積傾向が顕著である。最新資料の1974年には、海岸全体にわたり侵食傾向が強まるが、夜長川河口右岸の一部とさらに北側の海岸の一部だけは1947-1974年の期間継続して堆積傾向がみられる。待崎川河口付近は侵食傾向にあるが、前原海岸等に比べて侵食量は小さい。

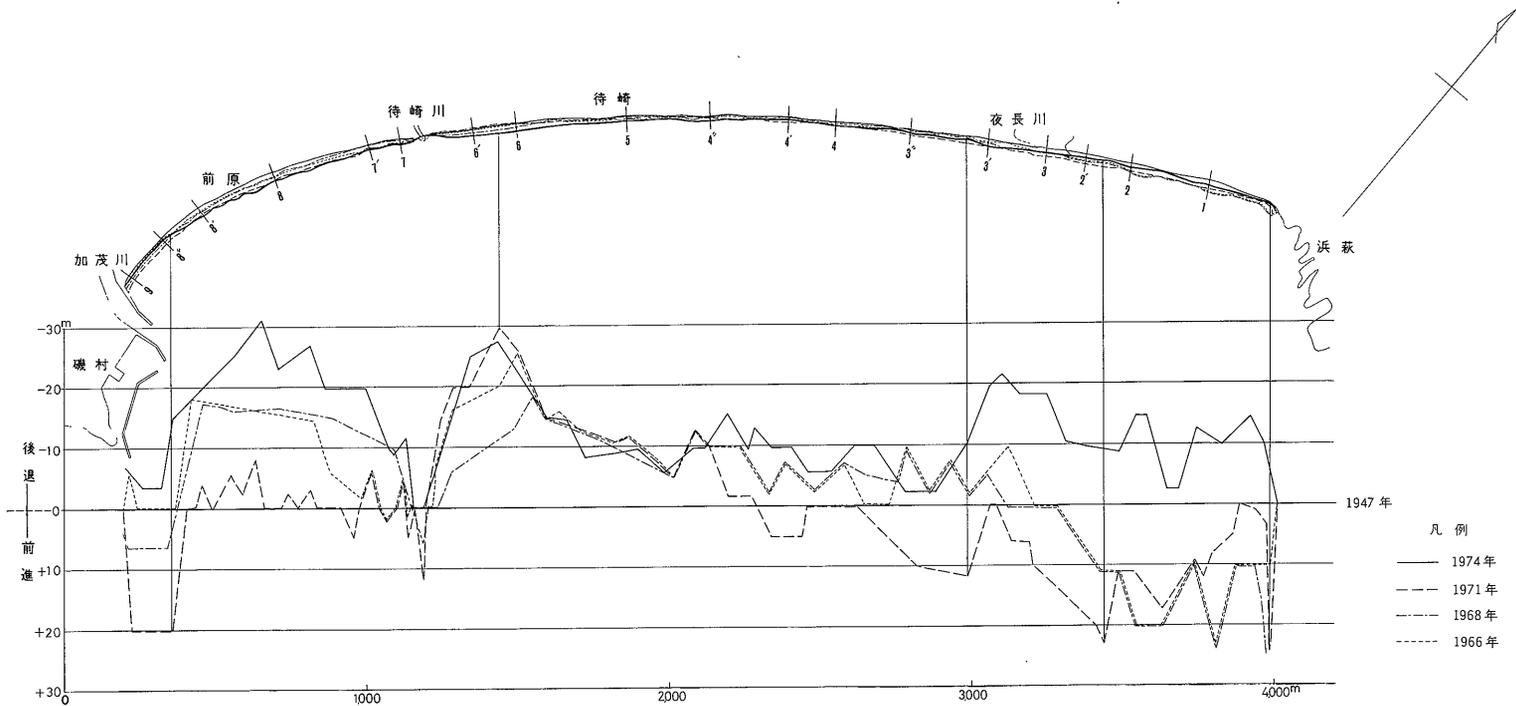
さらに、この第8図(2)と同図(1)について侵食・堆積域の沿岸方向変化を比較すると、第8図(2)の2mラインの方が第8図(1)の0mラインより小区内で顕著に変化し、侵食・堆積量の振幅が80m(後者のそれは50m)にも達するほど大である。この理由は次のように考えられる。

2mラインは加茂川河口左岸を除いて高位汀段端の海側に当たり、そこには大cuspが発達することが多く、cuspのapexの部分ではそれが海側へ前進し、cuspのbayの部分では陸側へ後退する。このために、2mラインの沿岸方向の変化は一層助長され、侵食・堆積量の振幅が大きくなったものと考えられる。一方、0mライン付近の地形は平滑な縦断形状を呈するために、その沿岸方向の変化は小さく、侵食・堆積量の振幅が小さくなったものと考えられる。

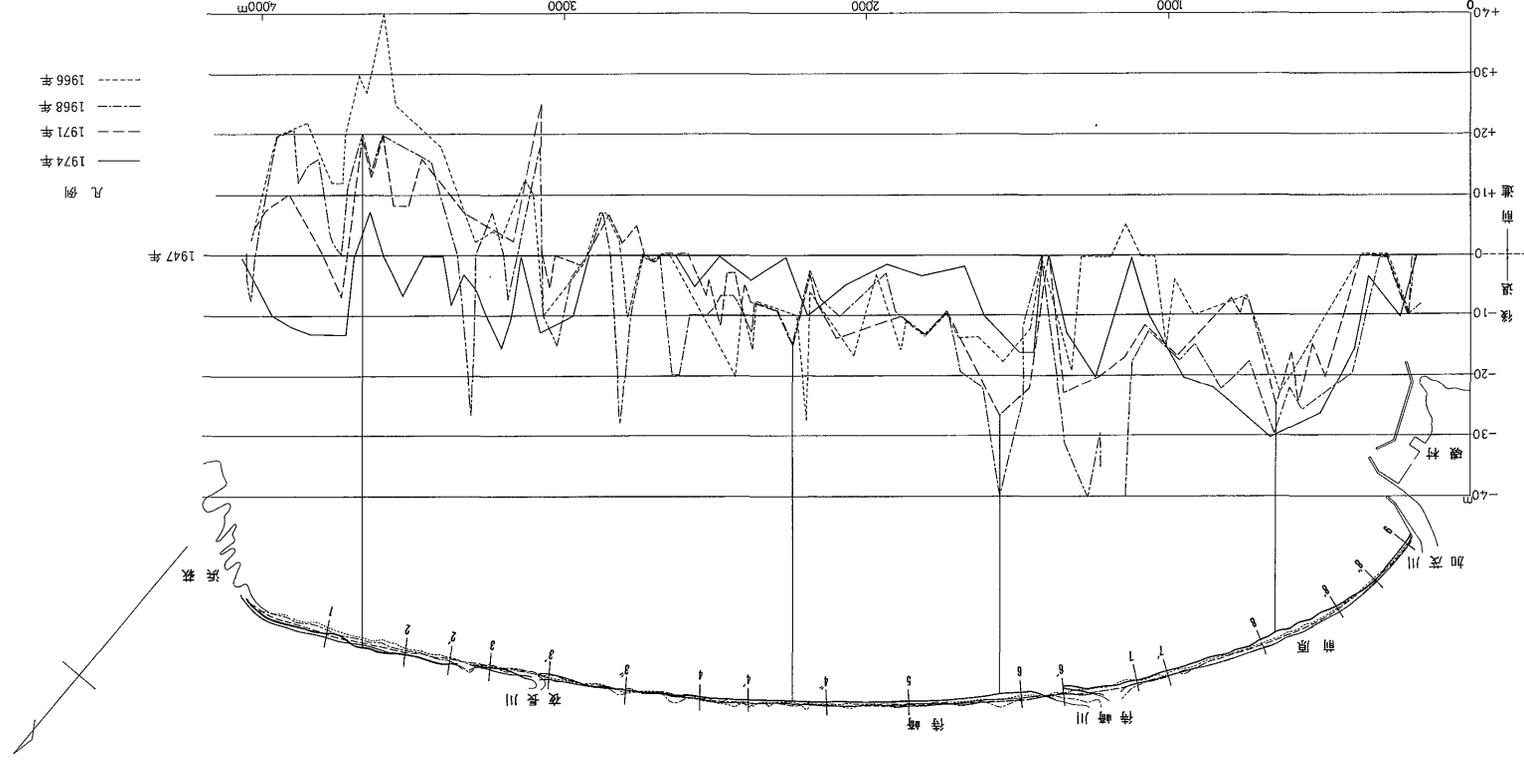
6.2 侵食・堆積の経年変化

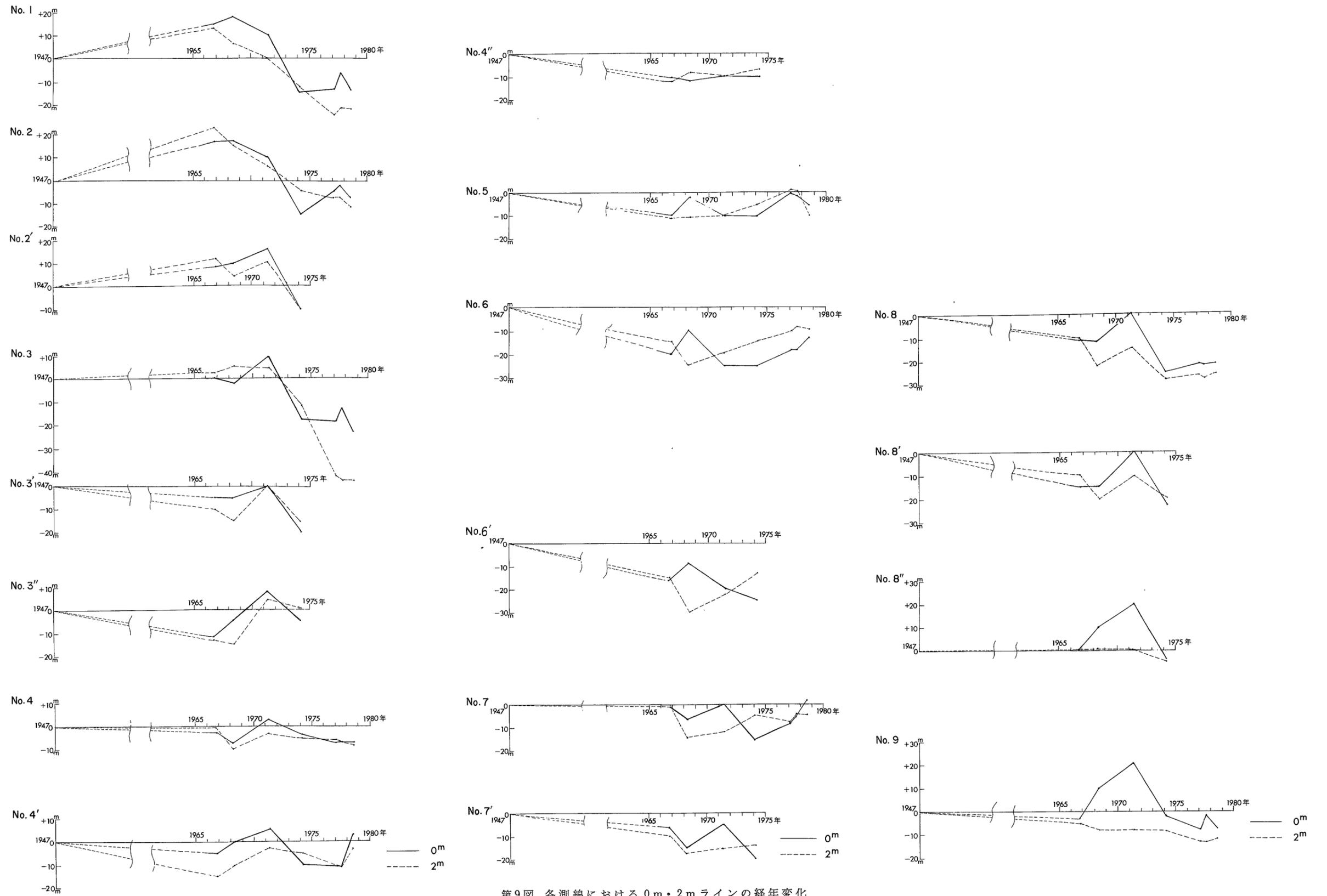
第9図は、第8図上段の汀線に直角方向の18測線について、高度0mと2mの陸側・海側への後退(侵食)・前進(堆積)の経年変化を示したものである。No. 2'・3'・3''・4''・6'・7'・8'及び8''の8測線については1947年から1974年までの5回の変化を、No. 4'についてはこの5回の変化に1977・1978年の2回の測量結果を加えて計7回の変化を、さらにNo. 1・2・3・4・5・6・7・8及び9の9測線については1977・1978年の3回のそれらを加えて計8回の変化をそれぞれ示している。

これによれば、No. 1-3では、1947年から1971年(以下前期と呼ぶ)まで堆積傾向にあるが、そのうちNo. 1-



第8図(1) 0 mラインの平面的変化





第9図 各測線における0m・2mラインの経年変化

2を除いて1966年から1971年にかけて本期間後半には堆積傾向が弱まる。一方、No. 3'-9では前期内に逆の侵食傾向にあり、No. 5-6を除き本期間後半に侵食から堆積傾向へ変化するものが多い。

以上を要約すると、前期にはNo. 3以北の本海岸北部では堆積傾向にあるのに対して、No. 3'以南の本海岸中南部では侵食傾向となっており、相反する関係にある。そして、本期間後半にはこの関係が弱まっている。

1971年から1974年の期間(以下中期と呼ぶ)には全測線とも侵食傾向が一層強まり、以前に堆積傾向にあった所でも新たに侵食傾向に転じている。しかも詳細にみると、高度0 mラインの方が、高度2 mのそれよりこの傾向が著しい。

1974年から1978年の期間(以下後期と呼ぶ)における経年変化は、No. 3'-3"については1977年と1978年の測定の資料がなく不明であるが、No. 3以北は引続いて侵食傾向、No. 4以南はむしろ緩慢な堆積傾向にある。

先に述べた後期のうち、ごく最近の1977年1・6月と1978年6月の3回にわたって測量して得られた海浜縦断形状の変化を示したものが、第10図である。これによれば、高度3 m以上に発達した高位汀段がみられるのは、No. 1-3とNo. 5-6の2地域だけである。このうちNo. 3の1977年1・6月の高位汀段端は、夜長川が砂浜に流入してから北方へ片寄って流れることにより、侵食されて急崖を成している。またこの測線ではその海側に高度2 m未満の低位汀段が大規模に発達し、本海岸においてこの砂浜の幅が最大となっている。

待崎川及び夜長川河口から南方へ遠ざかるに従い(No. 7→9, No. 4→4'), 砂浜は幅が小さく、急勾配な縦断形状を呈するようになり、かつ汀段の発達が極端に悪くなる。なお、No. 4'においては1977年6月に著しく侵食された状態にあって、砂浜の幅がわずか20 mまでに減少していたものが、1年後の1978年6月には再び砂浜の幅が45 mに増加した。1977年6月には、本測線の南北に当たる砂浜の幅が大であるのに対し、本測線のそれだけが著しく小さく、次のような前浜及び外浜の地形の特徴と密接な関係が認められた。すなわち、本測線の海側においては沿岸州が海側へ遠ざかりtroughが発達し、局地的な湾入部に当たるため大規模に侵食された状態を呈する。一方、本測線の南北に当たる砂浜は、沿岸州が陸側へ近づきtroughが未発達のために突出部に当たり、堆積した状態を呈する。1978年6月には湾入部が北方へ約100 m移動したために、本測線は突出部に当たり、砂浜の幅が復元したものと考えられる。

さらに、1977年1月と6月、1977年6月と1978年6月

の縦断形状を比較することにする。測線ごとに変化に富み一概には述べ難いが、前者の期間には堆積、後者のそれには侵食傾向がそれぞれ認められる。この理由としては、1)砂浜の侵食と堆積の生ずる季節の違い、2)本海岸における経年変化に基づくものの二つが考えられる。すなわち、1)の理由によれば、本海岸付近の風況及び海況の特徴から判断して1月に侵食、6月に堆積の状態にあり、1977年1月から6月にかけて期間には堆積傾向になったものと考えられる。2)の理由によれば、本海岸北部を中心に1971年以降侵食傾向が強まっていることにより、1977年6月から1978年6月にかけて1年間にも侵食傾向が表われたものであろう。

本稿では鴨川海岸における海浜変形に関する平面的・経年的特徴から、本海岸を次の3地区(北部・中部・南部)に分けることができる。北部は北端から夜長川河口、中部は夜長川河口から待崎川河口、南部は待崎川河口から加茂川河口(南端)にそれぞれ相当する。

7. 海浜変形の経年変化に関する考察

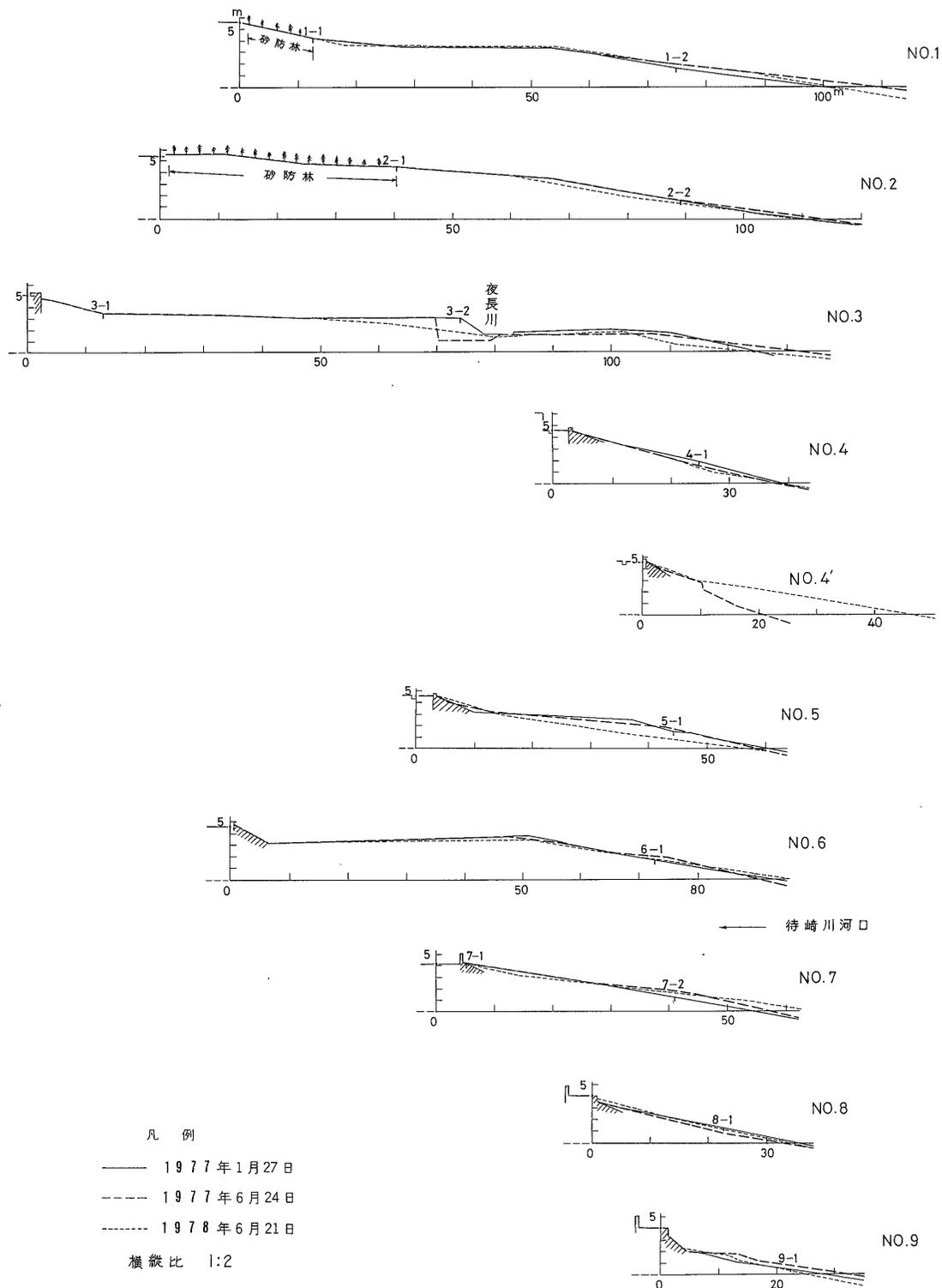
7.1 前期における経年変化

第5図から明らかなように、強風は本海岸の汀線の伸長方向である南西から北東へ吹くことが多い。また待崎川・夜長川等の河口はいずれも年間を通じて北へ片寄る傾向が認められる。さらに、本海岸の海浜堆積物は加茂川・待崎川及び曾呂川を通じて排出される土砂によって構成されている。これらの事実から判断して、本海岸における砂移動は南西から北東へ向うものが卓越しているものと考えられる。

前期のうちさらに前半(1947-1966年)には、本海岸中南部において侵食が、逆に北部においては堆積傾向がみられ、一方、本期間後半(1966-1971年)には前者のうち南部において侵食から堆積傾向へ、後者において堆積から侵食傾向にそれぞれ変化することはすでに述べた通りである。これについては次のように考えられる。

1945年以前には主として加茂川・待崎川及び曾呂川を通じて大量の土砂が本海岸へ供給され、その南端から北端へ向かう波や流れによって運搬され堆積したものと考えられる。ところが、戦後砂防工事・貯水池・漁港防波堤等の人工構築物が相次いで設置されたのに伴って、供給土砂量の減少をきたしたことは十分に考えられる。

本期間の前半には、中南部においては供給土砂量の減少のために、海浜堆積物の供給に比べ搬出が相対的に多くなり、結果的に侵食が生じたものと考えられる。一方、北部においては中南部からの土砂の供給が依然続くため、侵食が生じなかったことは容易に理解できる。し



第10図 海岸縦断面形状の実測対比図(1977-1978年) 単位:m

かし、著しい堆積が生じた原因については不明であり、局地的な堆積を助長する何らかの要因が存在したのかもわからない。さらに本期間後半には、中部において侵食の傾向が続くが、北部において堆積傾向が弱まり、かつ南部では侵食から堆積傾向へ転じ、基準年の1947年の状態に近づいている。これは南部と北部において生じた著しい侵食と堆積に対して、以前の状態に復元しようとする作用の表われと考えられる。

7.2 中期における経年変化

1972年7・9月には台風6・7・9及び20号が相次いで本土へ接近あるいは上陸することによって暴浪が来襲した。この時太平洋に面する地域では房総半島南東部の本海岸だけでなく、伊豆半島先端の多々戸海岸でも大規模な侵食が生じたことが報告されている(磯部, 1979)。特に同年9月16日に本土へ上陸した台風20号に伴う暴浪は、数年に1回程度の大規模なものであった。これらの数次におよぶ暴浪によってその度に本海岸の砂浜全体は侵食され、沖浜帯への砂移動が生じた。再び静穏時になって砂浜へ向かう砂移動が生じて、砂の一部は鴨川海底谷へ流下したままであり、もはや波動運動によっては陸側への砂移動は生じない。その結果、本海岸における海浜堆積物の絶対量は減少をきたしたものと考えられる。

大規模な台風、及び晩冬から初春にかけ発達した低気圧に伴う暴浪は、前期-中期に当たる1947年から1974年の間に来襲したはずである。それにもかかわらず、先に述べたように顕著な侵食が中期に生じた理由としては、前期に本海岸中-南部だけでなく海岸全体にわたり侵食傾向が進行し、大規模な侵食発生の条件がすでに十分整っていたことによるためと考えられる。

7.3 後期における経年変化

本期間には海岸全体として侵食が緩慢となり、徐々にあるがむしろ堆積傾向に転じた所もある。第10図に示す通り中-南部の砂浜は、その背後に護岸が施工されており、砂浜の幅は小さく、かつ急勾配の所が多い。そして、すでに侵食が十分に進行していたため、侵食傾向が緩慢となったものであろう。また本期間は1972年の暴浪により著しく侵食された状態から、次第に以前の状態に復元する時期に相当するものと考えられる。一方、北部の砂浜はその幅が大きく、汀段も発達している。そこで前期後半以来認められる侵食傾向が引き続き生じ得る可能性が残されていて、結果として緩慢な侵食が生じたものと考えられる。

8. ま と め

鴨川海岸における1947年以降の海浜変形を明らかにするために、撮影年次を異にする空中写真を用いて、実体図化機により図化素図を作成し、それらを比較した。さらに、ごく最近の海浜変形を把握するために水準測量を補足的に実施した結果、次のことが明らかとなった。

前期(1947-1971年)には、本海岸中部において侵食傾向が引続くが、南部と北部においては本期間中の1966年を境に逆の傾向がみられる。すなわち、南部において侵食から堆積傾向へ、反対に北部において著しい堆積から侵食傾向へそれぞれ変化している。この原因として、加茂川及び待崎川等からの供給土砂量の減少と、著しい侵食及び堆積に対して以前の状態に復元しようとする作用の二つが考えられる。

中期(1971-1974年)には、本海岸全体にわたり著しい侵食が生じている。これは、1972年7・9月に来襲した大型台風に伴う暴浪により本海岸が大規模に侵食され、一部の海浜堆積物はその際に鴨川海底谷まで達し、以後陸側へ移動せずに、その絶対量の減少をもたらしたことによるためと考えられる。

後期(1974-1978年)には、侵食傾向が緩慢となり、特に中-南部においては堆積傾向に転じた所も存在する。これは、中期までに生じた大規模な侵食の結果、その進行速度が遅れてきたほかに、以前の状態に復元しようとする作用のためと考えられる。

本地域においては隆起傾向が卓越し、海岸地形は何れも離水海岸の形態を示す特徴がみられる。房総半島南東部では、特に顕著な地盤隆起は大地震に伴うものであり、先に述べた通り1923年の関東大地震の際には0.5-1.5mの隆起がごく短時間内に生じている。急激な地盤隆起の直後から次の大地震発生直前まで徐々に地盤の沈降が継続することは一般に良く知られている事実である。本報告では約30年間という短期間の海浜変形を考察するのにすぎないこともあって、地殻変動の影響を無視し、海浜の前進=堆積、後退=侵食という観点で議論を進めてきた。しかし、より長期間にわたる海浜の形成・変形を論ずるためには、上述の大地震に伴う地盤変動の影響を無視するわけにはいかないであろう。地震に起因する地盤運動と海浜変形との関連に関する研究は、今後に残された重要な課題の一つである。

文 献

- 荒巻 孚(1971) 海岸。犀書房、東京、p.295-300。
藤田尚美(1974) 最近の関東南部における地殻変動

- と地殻ひずみ. 垣見俊弘・鈴木尉元編, 関東地方の地震と地殻変動, ラテイス, 東京, p. 193-200.
- 星野通平・佐藤任弘(1960) 房総半島鴨川沖海底谷の地形と底質について. 第四紀研究, vol. 1, p. 228-237.
- 磯部一洋(1979) 静岡県下田市多々戸海岸における海浜縦断形状の変化過程に関する研究. 地調月報, vol. 30, p. 387-420.
- 伊藤和明(1977) 地震と火山の災害史. 同文書院, 東京, p. 61-94.
- 国土地理院(1974) 測量用語解説. 日本測量協会, 東京, p. 175.
- 近藤精造・高井憲治・大原 隆(1971) 5万分の1表層地質図幅「鴨川」. 千葉県.
- ・—————(1976) 5万分の1表層地質図幅「大多喜」. 千葉県.
- 三梨 昂ほか(1976) 10万分の1東京湾とその周辺地域の地質. 地質調査所, 特殊地質図20.

(受付: 1979年8月23日; 受理: 1979年12月20日)



鳴川海岸全景の空中写真
KT-68-7Y-C8, 10

この空中写真は、建設省国土地理院発行の4万分の1空中写真を一部複製縮小したものである。