

片瀬・鎌倉海岸の沿岸流に関する研究

東京大学工学部教授 工学博士 本 間 仁
 同 助教授 堀 川 清 司
 同 大学院 鮮 于 激

まえがき 神奈川県下の片瀬東浜および鎌倉海岸は、最近数年来汀線の後退が顕著になつたといわれ、県の依頼によつて侵食原因を検討するための調査が行なわれた。調査項目は、波浪、海底地形、底質、漂砂、沿岸流など各分野にわたるが、われわれは漂砂および沿岸流を担当した。

昭和31年9月より同32年1月までは、漂砂に関する調査が行なわれ、その結果は前回の講演集に発表したとおりである。今回は昭和32年6月から同33年1月にかけて行なわれた沿岸流に関する調査結果の概要を報告する。なお水圧式自記波高計による波浪の観測を定期的に行っているが、まだ報告の段階に至っていない。

従来の多数の現地調査や実験的、理論的研究の結果により、海岸現象はかなりの程度まで解明されるようになった。そして、実際の応用面においても、海岸工学の研究結果が直接間接に役立っている例が少なくない。しかしながら、海岸過程の核心ともいふべき海岸土砂の運動機構を定量的に表現する方法は、遺憾ながらまだ存在しない。

一般に行なわれている公式の見解によれば、ある特定の海岸部分から持ち去られる土砂量が、供給される土砂量よりも大であれば侵食現象が発生するとされているが、このような現象は、少なくとも1年をサイクルとしてくり返されるものであつて、短期間の観測の結果にもとづいて全般的傾向を推論することは困難である。また、漂砂量の測定そのものがすでに困難な問題であり、たとえ出入り土砂量のアンバランスが決定されたとしても、その運動機構が不明であるかぎり、現在の侵食傾向が一時的なものか、あるいは継続的なものかを断定することは不可能であろう。

われわれの調査海岸は、観光的にきわめて重要な地位を占めている関係上早急な侵食対策が望まれたので、現地調査の不備を補うために若干の理論的考察を加えた。すなわち、砂浜海岸は、主として陸地から供給された土砂が海の営力作用によつて堆積した部分であつて、大河川の流出する沖積地の周辺に豊富な砂浜地形をみることが周知の事実である。したがつて、侵食現象は過去における堆積作用と逆向きの過程が進行していることを示すものであり、その原因は、土砂供給源か、あるいは堆積作用を妨害するもの（人工営造物）などでなくてはならない。もし人工営造物が直接的原因であるとすれば、侵食現象はこれらの海岸部分だけに限られたものとなるはずであるが、供給源が原因であるとすれば、侵食現象はより広範囲におよぶことが想像される。

また、これらの海岸における侵食現象が最近数年間に於いて特に目立ち始めたという事実は注目する必要がある。何となれば、この地域一帯は、古来多数の地変に見舞われているので、地盤の沈下運動が急激に進行し始めるという可能性は十分考えられることであつたし、また、人工営造物や土砂供給源の変動を検討するにあつて最近数年間における特異な状態に着目することにより、調査がいちじるしく容易になることが予想されたからである。

その他、海浜の微細な現象についても若干の検討を加えた。たとえば、beach cusp、汀砂、前浜勾配、流出河口の移動状態、浅水における浮遊物の分布状態、風波時の濁水部分の分布状態、および代表的岩石の分布などである。

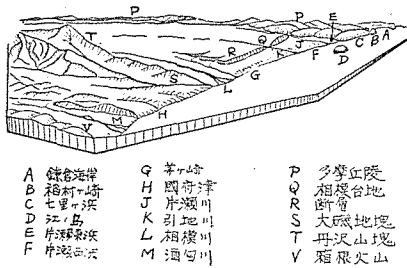
1. 地 学 的 特 性

1.1 地形発達史

図-1は調査域周辺の地形を示す。相模平野は、厚木市付近から低平な、はんらん原を形成するが、かつてはこの付近まで海水が湾入し、いわゆる「古相模湾」を形成していた。その後、丹沢山塊のローム層を開析して流下する相模川の堆積作用や、地震変動によつて次第に今日の相模平野ができ上つたといわれる。

相模平野は、西は大磯地塊から東は片瀬川付近にまでおよぶとみなされている。この地域には、砂丘の発達がいちじるしい¹⁾。相模川西岸には延長2kmに達する砂丘が5~6列規則正しくなっており、東岸では、規則正しい配列は示さないが、海岸に沿う東西方向の砂丘列と孤立した砂丘群があり、その一部分は相模台地前縁の断

図—1 調査域周辺の地形



なく、むしろ河口入江をはさんで東西両浜が向い合っているように配置されている。おそらくその当時は、片瀬川の排出土砂や、さらにその西側から東進してきた漂砂は、比較的容易に東浜に堆積したことであろう。しかしながら、河口沖積地の前進とトンボロの発達により、東浜への土砂の供給は次第に減少したものと考えられる。なお、片瀬川の土砂生産能力は大して期待しうるに至らない。従つて、今日でも、江の島から浜東端の小動岬に至る水深 6~10 m の海底には岩盤が露出しており、小動岬の付近では、水深 1 m 付近ですでに岩盤に達する。すなわち、砂浜から水深 5 m 付近までの砂質海底はこれらの岩盤帯によつて囲まれ、あるいはその上に載っているものであつて、その砂層はかなり薄いことが想像される。

さて、鎌倉海岸は、多摩丘陵の南縁に存在し、滑川の排出土砂が堆積した地形である。東西には海食崖がそびえ、砂浜はその奥に入りこんで東西にひろがっている。故田山氏によると²⁾、滑川の延長とみられる海谷が水深 15 m まで追跡されており、このことから、鎌倉海岸の海底地形は、かつての滑川峡谷部がその河口付近で沈水し、滑川の下刻によつて新河口から排出される土砂が次第に旧河谷部を埋積した結果であることが推定される。浜の西端から稲村ヶ崎にかけての海食崖のふもとには、岩盤帯が横たわり水深は浅くなっている。滑川の土砂生産能力は、今日ではかなり低下しており、河口前面の水深 5 m 付近までは等深線はほとんど汀線に平行に走っており、通常みられるような三角洲堆積物の存在を示さない。

以上に述べたように、片瀬東浜海岸は、相模沖積平野の一部分であり、かつその東の終端にあつて、多摩丘陵の西縁に載っている。一方、鎌倉海岸は多摩丘陵を開析する小河川の沖積地である。

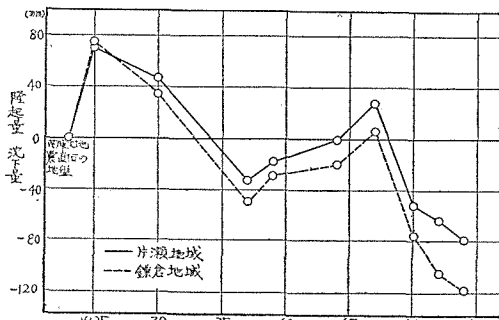
1.2 地盤変動

周辺山地における塊裂地塊や断層の錯綜、河岸および海岸における段丘地形などにみられるように、この一帯は古来地盤変動の多くの痕跡をとどめている。関東大地震は、相模湾西北岸の酒匂川河口にその震源があつたといわれ、そのため、われわれの調査海岸では 80~100 cm の隆起をみた。

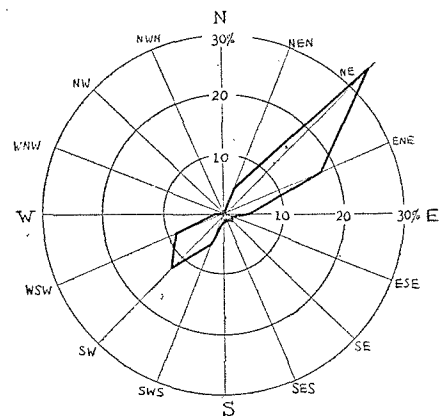
図—2 は、地理調査所の測量による関東大地震以後の地盤変動である。過去 7 年間の沈降量は 10~12 cm で、年間 14~17 mm におよぶ。しかしながら、関東大地震の際の隆起量にくらべると、現在までの沈降量はその 10% 程度にすぎず、地盤の沈降現象が現在の汀線後退現象と直接関連性があるとは考えられない。

地元の古老によれば、大地震以前には、片瀬東浜や鎌倉には砂浜らしきものはほとんどなく、現在の砂浜は隆

図—2 関東大地震以後における調査地域の地盤変化



図—3 大島における 5 m/sec 以上の風速頻度 (昭和 28, 29 年毎時記録による)



起によつて形成されたものであるといわれる。隆起による砂浜の形成は、相模湾沿岸の全体にわたる現象であつた。そして、汀線の後退現象も相模湾沿岸に共通して発生している。これを地学的見地から解釈すれば、河川における構造段丘の場合と同じように、海岸線が隆起すると波浪による侵食力が若返り、その結果、隆起によつて一時ひろくなつた浜はまた次第にせばまることになる。そして、底質、波浪、地形などの特性に応じた海底勾配ができ上るまで、汀線付近の砂は沖に運ばれて堆積する。この地方が、過去においてしばしば隆起沈降をくり返しただけに、現在の侵食現象を海食の輪回現象とみなすこともできよう。

1.3 供給源

相模川は、上流山地に広大な崩壊地をひかえているために砂礫の生産が活潑である。しかしながら、上流の与瀬、津久井両地点にダムが築造されて洪水流量が減少し、京浜地区へ上水・工業用水を供給するための大規模な取水計画が実施され、また砂礫採取業が急増したので、近年に至り流送土砂量は減少しているものと考えられる。

相模川の平水量は約 $400 \text{ 万 m}^3/\text{day}$ であり、昭和 29 年現在はその 20% 以上を取水している。これは、昭和 26 年の取水量の 2 倍弱である。さらに昭和 36 年からは、新しい取水計画によつて取水量は 25% に達する見込みである。

また、相模本川および支流の道志川、中津川における砂礫の採取量は年々激増の傾向にあり、昭和 21~26 年には、平均年間約 40 万 m^3 であつたのが、昭和 27 年には一躍 70 万 m^3 を上まわり、昭和 31 年現在では 120 万 m^3 となつている。ここに示した数字は公式のものであつて、実際は 200 万 m^3 にのぼる乱掘が行なわれているといわれている。

相模川の土砂排出量は正確な算定が困難であるが、中津川や道志川水系における溪間堆積量が約 500 万 m^3 であることを考えると、上記の採取量がいかに莫大なものであるかがうなづけるのであり、また随所に河床の低下が訴えられている現状からみて、採取量は排出量を上まわるものと考えられる。

相模川と異なつて片瀬川は、土砂供給能力が小さく、また生産土砂は細粒が多く、汀線の維持に必要な粗粒にとぼしいので、周辺海岸の侵食現象にはさして大きな影響がないように思われる。したがつて、相模川の東にある茅ヶ崎海岸で発生しているいちじるしい侵食現象も、結局は相模川の供給能力の減少に由来するものであるう。

1.4 人工営造物

近年において築造された人工営造物は、鎌倉片瀬両海岸に設けられた海岸道路が筆頭にあげられる。これらの道路は、従来の海岸砂丘の海側斜面に沿つて走り、その前面は護岸となつて砂浜と接続している。したがつて、見かけ上も砂浜はせばまつているが、風波が激しいときには、護岸の根元にまで swash がおよび洗掘を加速する。また、鎌倉海岸の西辺に沿う護岸では入射波の反射がいちじるしく、反射波は砂浜の滑川西寄りの部分に集中して東向きの流れを強め、従つて砂浜西端部の汀砂は東へ移動する傾向を増す。

片瀬川の河口は、以前はしばしば東偏して東浜に注いでいたが、昭和 24 年、トンボロ北部の突出部がかさ上げされて陸堤が設けられ、また河口東岸には導流堤が出されて、河口は全く西浜に固定された。従つて、西浜から東浜へ漂砂が移動することは非常に困難になり、東浜は事実上供給源から絶縁される状態になつた。

2. 沿 岸 流

2.1 調査方法

沿岸流は、入射波の慣性力や水位差もしくは風による接線圧力などの影響をうけ、時間的にも場所的にもいちじるしく変動に富む。従つて、このような流れを正確に測定するためには、感度や堅牢さにおいて十分に信頼のおける計器が必要である。しかしながら実際の問題としては、風波時においても操作が可能であることが要求されるので、設備が大がかりになりやすく、われわれの調査域のような観光地でははなはだ不便である。

採用した方法は、プロペラ式流速計、十字板フロート、ボール・フロート、および着色剤である。

流速計は一定地点に固定することが困難で、かつ波の衝撃による故障が頻発したので、その性能を発揮することができなかつた。

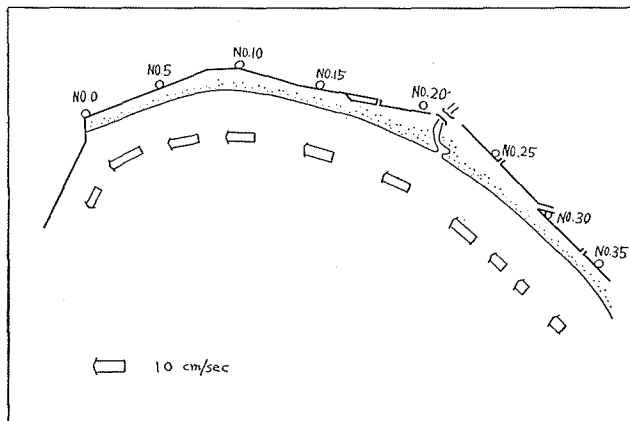
十字板フロートは、原理が簡単で任意水深の流速を測定しうる利点があるが、風波時には投入が困難であるので常用しなかつた。

従つて、最も機動性に富み簡便な方法として、バレー・ボールのチューブにブロックを結んだものを表層流用に、また過マンガン酸カリによる着色剤を中層流用に使用した。ボール・フロートは、平常時には舟から投入するが、風波時には投てきも可能である。着色剤の投入方法は、過マンガン酸カリに浜砂を加えておもりとし、紙

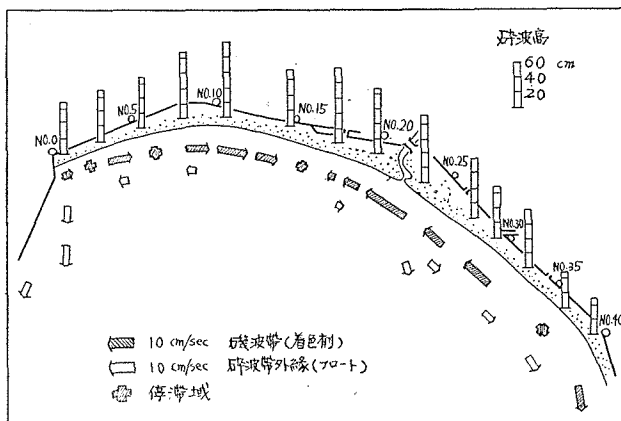
に包んで水際から投てきする。過マンガン酸カリは水中における拡散が急速であつて、流速が小さいときには過大な値を与えやすく、また長時間の追跡が不可能である。しかし、砕波帯付近の泡沫やしぶきの白色背景に対しては、拡散速度のおそい螢光染料よりも赤色系統の染料が効果的である。

底層流に対しては、ボールに水をつめ、海水と比重をほぼ一様にしたものを使用した。流速がかなり大きくないと、砂漣などのような、海底の起伏の影響が大きくひびいて不都合である。また波があらいつきはボールが表層まではね上ることが多い。

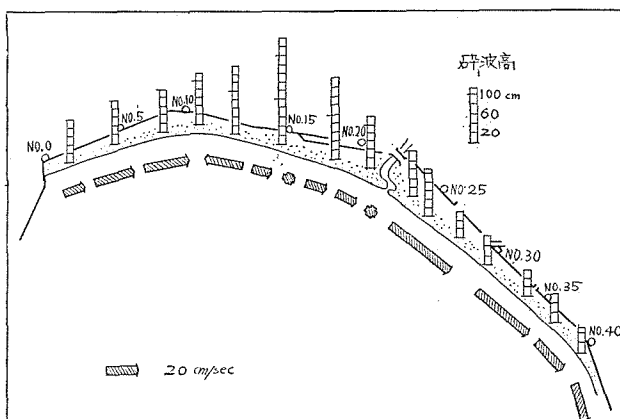
図—4 砕波帯外縁の沿岸流—鎌倉海岸 (フロートによる)
昭和 32 年 10 月 22 日



図—5 沿岸流—鎌倉海岸 昭和 32 年 11 月 16 日



図—6 砕波帯沿岸流—鎌倉海岸 (着色剤) 昭和 32 年 12 月 19 日



さて、フロートについては、トランシットによる追跡を試みたが、全海岸における流れの分布を同時に観測する上からは非能率的であるので、あとでは、観測者がフロートや着色部分を汀線に直角方向に見とおしながら追跡するという方法をとった。

2.2 測定結果

図—4～10 は、測定結果の一部である。フロートの位置は、砕波帯の外縁であつて、水深 1～2 m におよび、また着色剤による流速値は磯波帯のものである。なお、参考のため、沿岸流と同時に観測した砕波高を示してある。

観測した沿岸流の特色を要約すると次のとおりである。

(1) 砕波高の大きい所で必ずしも沿岸流は大きくない。これは、両海岸とも入江状地形の奥になつているために入射波の屈折がいちじるしく、従つて波は汀線にほとんど直角に入射するので、砕波角による慣性的流れよりも、集中分散による水位差が流れの主要な原因になつているためと考えられる。

(2) 図には示していないが、底層流は必ずしも、中・上層と同一方向ではない。一般的傾向としては、冲向きの流速がより頻繁であつた。

(3) 砕波帯外部の流れは、比較的長時間にわたつて同一方向を維持するが、磯波帯の流れは変動性がいちじるしい。これは、沿岸流というよりは、個々の不規則的な波の swash の影響が大きくひびいてくるためと考えられる。このような現象は、流速が 5 cm/sec 程度のものに多く、流速の増大につれて変動性は軽減される。

(4) 一般に波浪が大きいほど、大きい流速が実現される。

(5) 同一の波浪に対しても、満潮と干潮とでは異なつた流速分布をうる (図—8, 9)。

(6) 離岸流はパルス状に沖合へ移動するようである。通常 2～3 コの濁つたふく

らみ部分が沖合に拡がって行くのが観察によつて判別できる。

(7) 河口付近では、しばしば沖向きのゆるやかな流れが発見されるが、これは沿岸流によつて feed される離岸流ではなく、淡水の存在による特異現象であると考えられる。

(8) 沖向きの流れは、前浜下端の back-wash の部分が最も大きく、沖に出るに従つて急激に消滅する。

さて、片瀬・鎌倉海岸における測定例をみると、一般に流速値は1ノットを超えることはまれである。流速が1ノットに達したのは、12月19日(図-6, 10), 相模湾一帯が SW 10 m/sec 以上の風域におおわれたときであつて、沖波高は 1.5~2.0 m におよび、砕波の攪乱による底質の巻き上げがいちじるしく、かなりの漂砂が存在しているとみなされた。その他の観測例では、沖波高はせいぜい 1 m 未満であつて、磯波帯はいちじるしくせばまり、海水も比較的清澄であつて、漂砂運動には大して影響がないように思われた。その後、本年7月22日、台風11号によつて沖波高 2.0~2.5 m をみたが、沿岸流速は約2ノットであつた。

流向は、もちろん入射波の特性によつて左右されるが、波高が大きいときには、異なつた方向の流れが衝突して、その部分は停滞域になつてることが多い。しかし、前記12月19日の沿岸流は、ほとんど一様に東向きであつて、これは、風向ならびに入射波の方向と一致する。一方、台風11号の場合には、全く西向きの流れのみとなつた。このときは、すでに風がおさまり、風波の名残りとうねりが共存して、入射波は汀線にほぼ直角であるとみられた。

2.3 沿岸流の一般的傾向

観測例が少ないので、局所的な流速や流向の分布に関する一般的傾向を論ずることは困難である。しかし、大流速の流れについて概要を述べれば、鎌倉海岸では、SW の卓越風により、No.20 (滑川前面) で東向きの流れが発達する。この地域においては、SW 風はほとんどが夏期の季節風であつて、このために、6月から翌年の1月までの約7カ月間に、滑川の河口は、東へ 150 m ほど移動する。また、汀線に直角に入射する大きなうねりなどの場合には、西向きの流れが卓越し、また、浜西端の坂の下護岸では沖向きの流れとなるようである。

片瀬東浜についてみると、SW の強風による場合には、全海岸にわたつて東向きの流れとなり、また浜の東端

図-7 砕波帯外縁の沿岸流一片瀬東浜 (フロートによる)
昭和 32 年 10 月 21 日

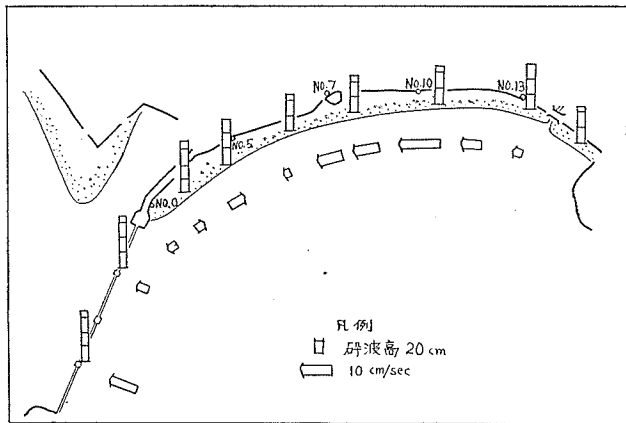


図-8 磯波帯の沿岸流、満潮時一片瀬東浜 (着色剤)
昭和 32 年 11 月 15 日

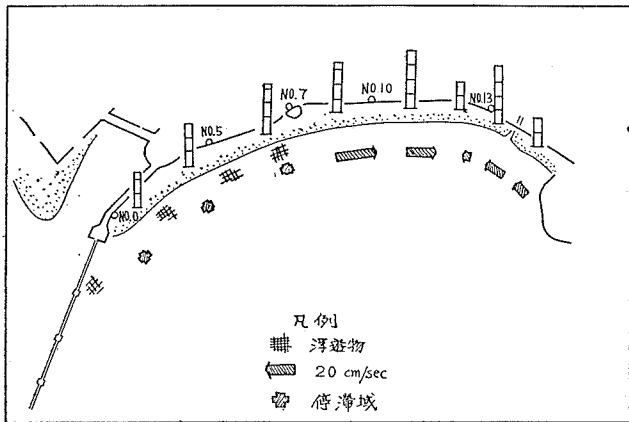


図-9 磯波帯の沿岸流、干潮時一片瀬東浜 (着色剤)
昭和 32 年 11 月 15 日

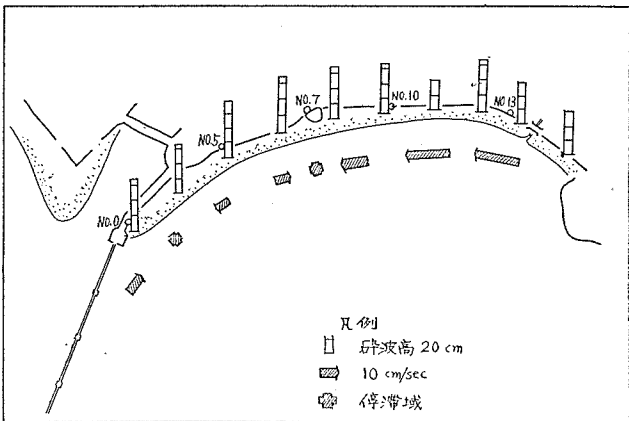
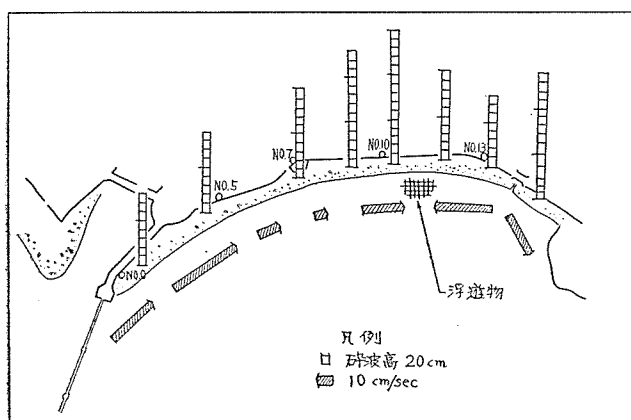


図-10 磯波帯の沿岸流一片瀬東浜 (着色剤) 昭和32年12月19日



は小動岬付近であるが、ともに離岸流といわれるほどのものでなく、流速も微弱である。離岸流が観測されたのは、12月19日、鎌倉海岸 No.10 付近において一度のみであつた。このような狭い海岸では、浜の両端から沖合に向う流れが存在しているので離岸流発生は弱まるものと考えられる。

3. 汀 相

3.1 前浜勾配

図-11, 12 は、それぞれ鎌倉、片瀬東浜の両海岸における前浜勾配を示す。

図-11 前浜勾配—鎌倉海岸

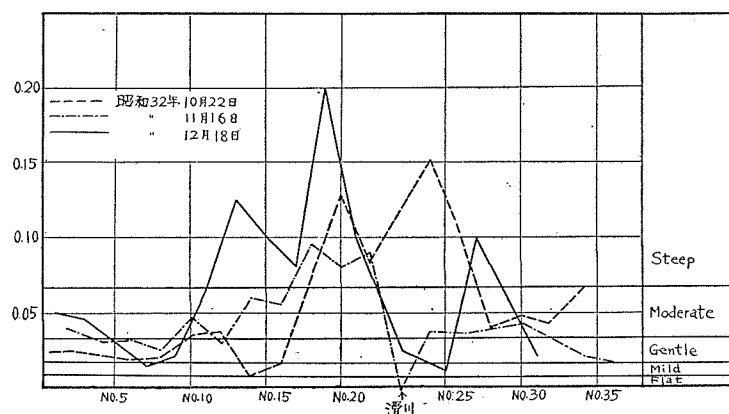
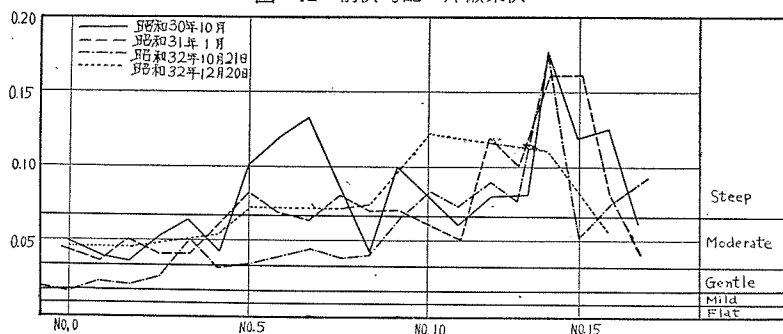


図-12 前浜勾配—片瀬東浜



変動が最も少ないのは、鎌倉における浜の両端部、片瀬東浜におけるトンボロ付近であつて、これらの部分ではこのように moderate 以下の平坦な勾配が道路護岸までつゞいており、換言すれば砂浜がきわめて貧弱である。ここでは、砂が大量に流入することなく、また波あたりの弱いことがその特徴である。特に片瀬東浜にお

では冲向きの流速成分や、いくらか逆向きの成分があらわれるが、これは、水位上昇の影響によるものと考えられる。うねりの場合には、流れは浜の東半分の主としてあらわれるが、大波高のうねりでは、西向きの流れが全海岸で卓越するようである。

片瀬東浜では満潮時に東向き、干潮時に西向きの流れが観測されているが、これは流速値が小さい場合であつて、波高が高まれば潮汐の影響はひびかないものと推定される。

冲向きの流れが頻繁に発生するのは、鎌倉では、滑川前面から No.30 にかけて、および坂の下護岸付近であり、片瀬東浜で

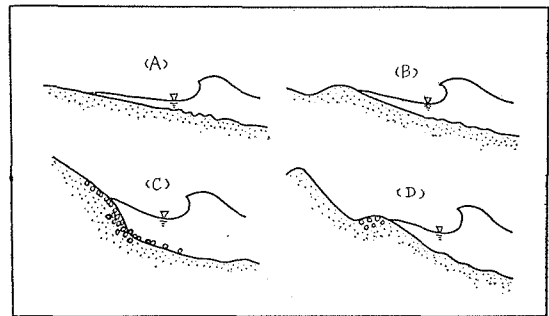
いて、供給源と最も近接した浜の西端部で汀砂の移動が少ないことは注目に値する。すなわちこれは、トンボロを超えて多量の砂が流入することがないということを示すものであつて、前述のとおり、この海岸は供給源から絶縁されていることがわかる。

変動がいちじるしいのは、勾配の大きい部分であつて、鎌倉では海岸の中央部、片瀬東浜では浜の東半部である。この部分では、砂の粒径があらばかりでなく、貝ガラ類など大径の物質が堆積する。鎌倉海岸では特にこの傾向がいちじるしく、滑川河口前面付近では、表層から 20 cm の深さまでこのような物質でおおわれていることがある。このような事情からみると、粒径の大きさと勾配とは比例する関係にあると思われる。

しかしながら、前浜勾配は、粒径に対応する安息角よりもはるかに小さい値で落着いているのが普通であり、勾配と粒径の関係よりもむしろ入射波の大きさに対する関係が直接的であると思われる。われわれの観察した結果によれば、勾配の大きさは波あたりの大きさに関係しており、勾配の大きい鎌倉海岸中央部と片瀬東浜の東半部は常時波あたりが大きい。すなわち波あたりの大きい場所では、細粒成分が洗い去られ、粗粒成分が残る傾向にある。しかるに風波が激しい場合には、これらの粗粒成分も洗い去られるので、前浜勾配は海岸全域にわたつて一様に平坦化する傾向にある。

代表的な前浜形状を図-13に示す。(A)は、前浜勾配のきわめて小さい鎌倉海岸西端および片瀬東浜西端でよくみられる形状であり、波は比較的沖側で碎波して surging 形式で走り、海底にはピッチの小さい砂漣が分布する。(B)は、鎌倉海岸の東端付近でよくみられ、風波によつて一たん洗い去られた砂が次第に運び戻される過程である。水際のふくらみを押し上つた水はその背面をまわつてミオ筋をつくり海にもどる。(A)(B)は、どちらも砂が細かく、よくしまつていて、前浜勾配の変動も小さい。(C)は、片瀬東浜の東端でよくみられ、碎波はほとんど

図-13 汀線付近の縦断形状例

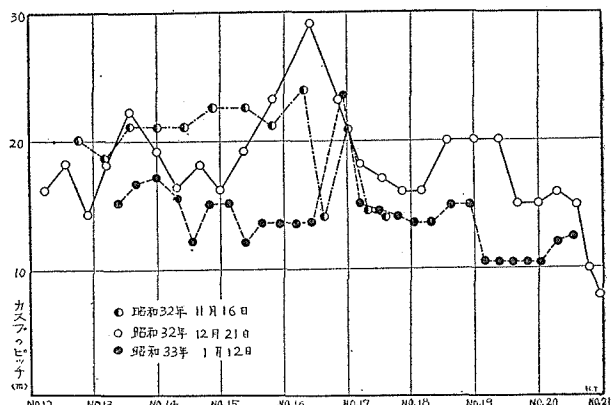


水際で行なわれ、従つて波あたりが大きい。また戻り流れも強く、水際付近の海底には大ピッチの砂漣が存在する。砂ばかりでなく、粗径の物質が目立ち、往々にして礫の分布をみる。(D)は、上述の3者に比して砂量が豊富な場合で、滑川前面一帯によく、みうけられる。粗径物質は前浜を押し上げられてその背面に堆積し、次第に厚い層を成す。一般に波あたりは大きく、水際付近には大ピッチの砂漣が現われ、また概して粒径は粗大である。beach cusp がよく出現するも (D) 形式の海岸である。

3.2 Beach cusp

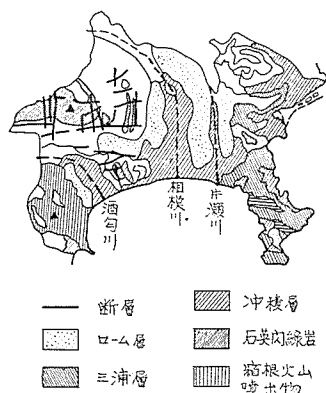
カスプがよくみられるのは鎌倉海岸の中央部であつて、他の部分では少ないか、あるいは不鮮明にしか現われない。図-14は、鎌倉海岸で観測したカスプである。一般に、波の規模が大きいほど、カスプのピッチも大きくなり、大風波によつて生じた大カスプは、その後長期にわたつて砂浜頂部付近に残存する。ピッチは比較的そろっているが、波あたりの程度が異なるので、局部的に不揃いのものが見出される。ピッチの最大は 30 m であつた。また、入射波向が汀線に直角な場合のみカスプが生じるという説が行なわれているが、風波時の個々の波はかなり不規則に入射しているにもかかわらず顕著なカスプが形成される。おそらく、前浜の砂が活潑に岸沿いに移動せしめられる程度に斜め方向から入射したり、あるいはよほど汀砂が不足しないかぎり、カスプは形成されるものと思われ、汀線の直角方向に淘汰が行なわれていることを示しているのではあるまいか。

図-14 鎌倉海岸における cusp の分布例



3.3 礫の分布

図-15 神奈川県地質概要



丹沢山塊の石英閃緑岩と箱根火山塊の輝石安山岩とを、それぞれ相模川および酒匂川の産出する代表的岩石とみなして、相模湾北岸一帯における礫の分布状態を調査した。その結果を図-16に示す。ここでは、石英閃緑岩および輝石安山岩の酒匂川口における礫容積 1027.0 cm^3 および 1095.4 cm^3 を基準として、それに対する他の地点における礫の容積の比率を求めたものである。これで見ると、酒匂川から照ヶ崎の突出地塊に至るまで比較的スムーズに減少しており、地塊の東で急激に小さくなり片瀬川付近まではやや不規則に変化する。片瀬東浜および鎌倉海岸では、これらの岩石から成る礫は全く発見されない。

酒匂川を原点とし、東へ距離を $L(\text{km})$ 、その点における礫の容積を Q 、原点での容積を Q_0 とすると、図の曲線はほぼ次式で表現される。

$$\frac{Q}{Q_0} = e^{-0.1L}$$

これは、河川における Sternberg の関係に対比されるものであるが、ただ曲線の勾配が河川の場合に比して急である。

4. む す び

以上、鎌倉および片瀬東浜における侵食原因として考えられる種々の要因を検討した。地盤の沈下、人工営造物、土砂供給源のそれぞれがともに侵食現象に関係しているが、またこれらの海岸の地形発達史から判断すれば侵食現象は当然おこるべくしておこつた自然の成行きでもあろう。

調査海岸以外の部分、たとえば大磯の東海岸などでは、過去 2, 3 年間に数 10 m の汀線後退があつたといわれているが、これは土砂供給源の荒廃によるものと判断される。

沿岸流については、土砂の運動機構を知るためには、流れの流体力学構造を調べる必要があり、そのためにはフロートによる測定方法は不完全である。将来、すべからく計器を改良してさらに精密な研究をすすめたい。

本研究を実施するにあたっては、神奈川県土木部ならびに藤沢土木出張所の方々から積極的な御協力を頂いた。厚くお礼を申上げる次第である。

東京教育大学特別研究生荒牧 孚氏からは、礫の調査について指導と協力を頂いた。東京大学土木工学科大学院酒匂敏次、学部学生 中村幸夫、山口高志、金谷重亮は、現地調査に参加され、技術員 手賀 啓、秋山一夫氏からは現場調査や原稿作製上多大な協力を賜わつた。併記して深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 花井重次：浜堤列の諸性質と湘南の砂丘について、地評 2, 1926
- 2) 田山利三郎：相模湾東部の海底地形と底質の分布について、水路要報, 第 17 号, 1950

図-16 相模湾北岸における礫の代表的容積比 (百分率)

