

外海に面した中規模海水浴場の波と流れに関する調査事例

A Field Survey of Waves and Currents in Seabathing Area facing Open Sea

高橋重雄* 鈴木高二朗* 岡村知光** 三浦裕信***

坂本峻二**** 小林雅彦*****

Shigeo Takahashi, Kojiro Suzuki, Tomomitsu Okamura, Hironobu Miura

Syunji Sakamoto, Masahiko Kobayashi

Seabathing is a very popular sea activity in Japan. However many people were involved in accidents during bathing, and unfortunately, over one hundred people were killed each year. A series of studies are being conducted to investigate the causes of accidents and to improve the safety of the activity. In this report, waves and currents, and movements of bathing people driven by them are measured in a coast of a small island in the Pacific Ocean.

Keywords: seabathing, sea accidents, people's safety

1. まえがき

海水浴は身近な夏のレジャーであり年間1億人の入々が楽しんでいる。ただし調査によると海水浴では多くの人々が事故に遭っており、例えば平成6年では207人の方の死亡が報告されている。したがって市民の安全性を確保する技術の確立が必要となっており、土木工学の観点(安全な海浜を創る技術等)からも検討すべきことは少なくない。しかしながら、そうした研究は少なく現地のデータも少ない(堀川ら(1972)、佐々木ら(1974)、井上ら(1988)、小舟(1990)、宇多ら(1991))。

筆者らは海水浴における安全性を高めるための基礎的なデータを得ることを目的として平成5年度から夏期に海水浴の安全性に関する現地調査を行っている。平成5年度には、首都圏中心の11の海岸のライフガードのレスキューレポートをもとにして、海水浴での事故の全体像をつかむための基礎的なデータ(事故と対策の現状)をとりまとめている。その結果、海水浴場によっては事故が多発している海岸とそうでない海岸があることや、事故原因が流れ、風、波という気象海象条件によるものが多いというようなことが分かっている。また、平成6年度は伊豆の一海岸を対象にさらに詳しい調査を行っている(塩見ら(1995))。しかし、この時の調査では波、流れ、風等を定量的に調査しておらず、気象海象条件がどのように事故と結びつくのかという事故発生メカニズムについてはあまり知見が得られていない。そこで平成7年度は特徴の異なる4つの海岸で波・流れ・風と事故との関係をできるだけ定量的に把握することを目的として調査を行っている(金澤ら(1996))。

平成8年度にはその結果をもとに気象海象条件が比較的厳しい離島のM海岸を対象にさらに詳しい調査を行っている。本報告はこの平成8年度の調査に基づくものである。

2. 調査内容

調査は平成8年7月30日～25日の間、特に7/30～8/9を重点期間として離島のM海岸を対象に実施した。M海岸は図-1に示すように長さ約700mで汀線付近がやや急勾配な砂浜海岸である。海岸は西側に面しており南側は岩場で北側には突堤(岸壁を兼ねた防波堤)が延びている。また沖合約250m付近に潜堤が2基設置されている。遊泳区域は遊泳者が潜堤や沖の方へ流されないようにブイで囲まれている。浜の中央には監視タワーが設置され、ライフセーバーにより監視活動及び事故発生時の救助活動が行われている。

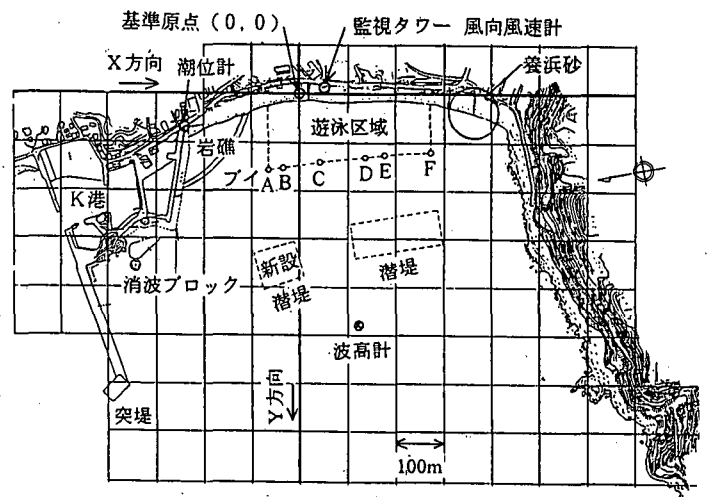


図-1 M海岸の様子

* 正会員 運輸省港湾技術研究所水工部耐波研究室 (239 横須賀市長瀬 3-1-1)

** 正会員 運輸省第四港湾建設局博多港工事事務所

*** 運輸省第一港湾建設局秋田港工事事務所

**** 正会員 マリーナビーチ協会 ***** ライフセービング協会

調査は主に以下の二項目である。

①日常調査 … 調査期間中毎日所定の時刻に各浜における気象・海象等を記録する。なお、波高計は2基の潜堤の中間に、風速計はライフセーバーの監視塔上部に設置してある。また、潮位データは第三管区海上保安本部より頂いている。

②人流れ調査 … 人が浮かんでいる状態で海面上にいるとき風・潮流の影響をどのように受けるかを調査する。今回の調査の特徴はこの遊泳調査において実際に人を浮かべ、その人が波や流れにより移動するのを測量によって追跡したことである。また、危険な箇所を対象に高さ1mの円筒状の浮体を人の代わりに流すことも行っている。

3. 調査結果

(1) M海岸の海底地形と潮位について

図-2は、平成8年7月31日に実施した測量結果であり、干潮時（ほぼL.W.L.）に人がたてる範囲で測定したものである。図にはH.H.W.L.(2.02m)とL.W.L.(0.49m)とD.L.(0m)が示してある。前浜の勾配が1/5から1/6と急であり、一度少し深くなって（トラフ）また浅くなっており（バー）、沖側に歩いていける距離が50mから100mである。このように低潮位では足の着く範囲が広くて安全性が高い。ただし、潮位が平均潮位程度(1.5m)となると足が着く範囲が勾配の急な前浜の部分だけとなって危険である。特に波がこの付近で砕波するため危険性が高くなる。

太平洋側では1m以上の潮位差があり、朝、足の着く場所が沖合遠くまで続いている。夕方になると汀線付近しか足が着かないというように、潮位によって遊泳者が受ける海浜のイメージが大きく異なる海岸が他にも多いものと考えられる。

(2) 調査期間中の気象海象条件

波浪の観測は8/3～22まで実施している。8/13からは台風12号の影響で波高が大きくなり15日には4mを越え、16日まで高かった。それ以外の日は1m以下であった。風も計器で計測しており、たとえば8月5日午後にはSESからSWの風が4～6m/sで吹いていた。8月の遊泳注意は1日と16日で、遊泳禁止は16日だけであった。人流れ調査を行った7/30～8/10にかけては比較的静穏であり、この期間の事故は後に述べる1例だけであった。

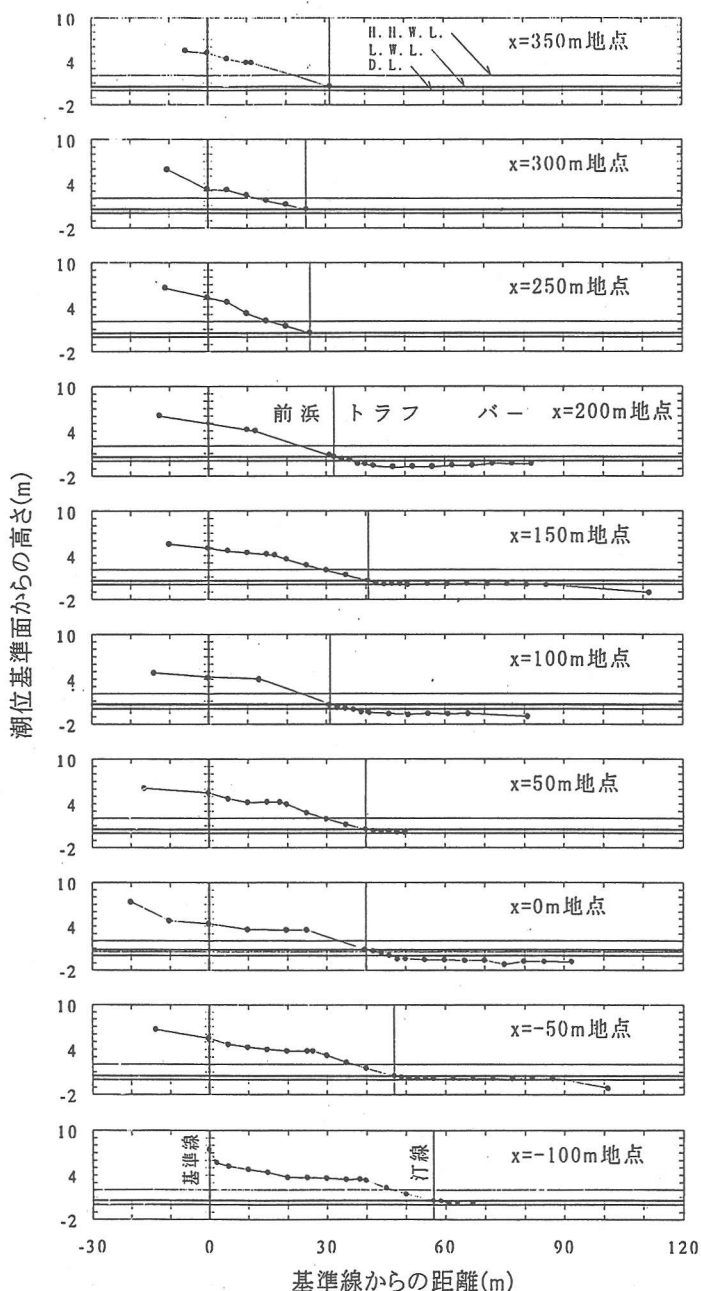


図-2 神津島前浜海岸の海底地形



写真-1 M海岸での砕波の状況

(3) 人流れ調査結果

①波による影響

8月1日は波高がやや大きく遊泳注意がでていた。波高計がまだ設置されていないため目視による砕波波高が1.5mで風はSW、2m/sであった。調査時は特に潮位が低く、D.L.+60~100cm (L.W.L.+10~50cm)であり、写真-1のように沖の潜堤上でも砕波している。図-3はこのときの調査結果で、砕波点のやや沖のブイ付近ではかなり速い流れがあり、0.3m/sを越えている。ここには示していないが、その後砕波帯に入ると砕波に乗るような形でさらに加速されて汀線付近に近づいているが、潮位が低いために足が着き、それ以上流されることはなかった。このように波が高い場合には波によると思われる流れが発生する。通常M海岸ではこの図のように北向きと南向きの流れに分かれ、海岸の両端に近づくと沖側に流されるようである。

図-4は参考のため平成7年8月7日に行った調査結果を示すものであり、この日も $H_{1/3}=0.7\text{m}$, $T_{1/3}=5.5\text{s}$ と遊泳可の条件ではあったが比較的波が大きかった。流れは汀線付近から沖合に向かうほど速く、遊泳区域外の潜堤付近

では突堤に向かって0.2m/sもの速度で流されている。特に浜の北側では突堤に向かう強い流れがあり、①点での計測後、被験者であるライフセーバーがかなり沖合に流され自力で戻れず、ボートによって救助されている。

人流れ調査に引き続いてライフセーバーによる遊泳調査を行い、当海岸の安全性を評価した。安全性の評価にはA：安全、B：やや注意、C：注意、D：遊泳禁止の直前、E：遊泳禁止（危険）、F：非常に危険という安全度を用いている。潜堤付近や潜堤上では「注意」を表すランクCが示されている。これは潜堤の上では周辺の区域と比較して波高が大きく流れも速いため、遊泳者が恐怖感を感じるためと思われる。また、北側には岩礁がありここに入り込むと危険でありランクCとなっている。特に北向きの流れがある場合には、気づかないうちにこの付近に流され危険であり、そこから沖に行くと突堤に向かう流れがあり非常に危険となる。なお、浜の中央部では波高の大きい日には斜めに離岸流が発生するため「やや注意」のランクBが示されている。

②流れに及ぼす地形と構造物の影響について

一般に言われるように海岸の流れで問題となるのはやはり離岸流であり危険性が高い。今回のM海岸は比較的海岸の規模が小さく、離岸流は両端の岩礁付近から発生し、突堤に沿って流れるというように位置がある程度決まっているようである。海水浴場の危険性について議論するときには、まずその大きさに注目する必要がある、当然のことながら何キロにもおよぶ長い浜と小さい入江のような浜では大きく異なり、離岸流の発生の様子なども異なっているものと考えられる。今回対象とした海岸は中・小規模な海岸で、大規模な海岸より波や風の影響を把握しやすい。

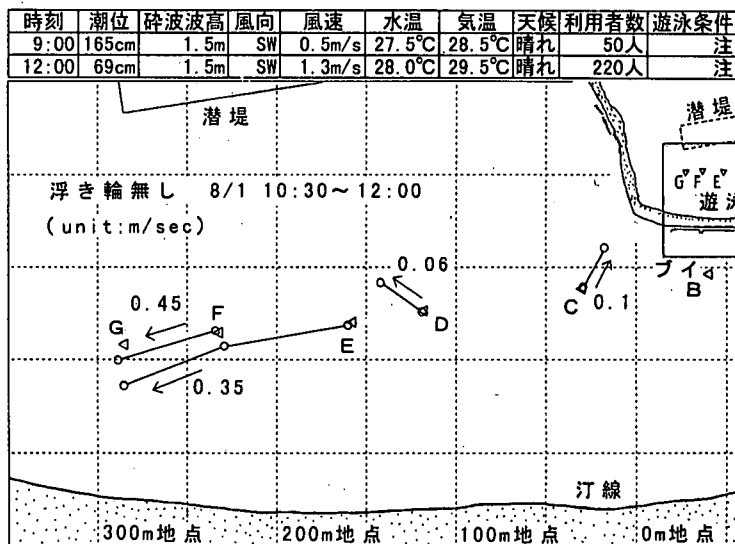


図-3 人流れ調査（平成8年8月1日）

8/7(月)	時刻	潮位	波高	周期	風向	風速	流速	水温(上)	水温(下)	気温	天候	利用者数	遊泳条件
調査開始時刻	9:35	52cm	0.7m	5.5sec	SW	4.3m/s	0.12m/s	24.5℃	24.5℃	30℃	晴れ	30人	可
調査終了時刻	11:30	73cm	0.4m	5.5sec	SW	4.6m/s	0.0m/s	24.5℃	25.5℃	℃	晴れ	700人	可

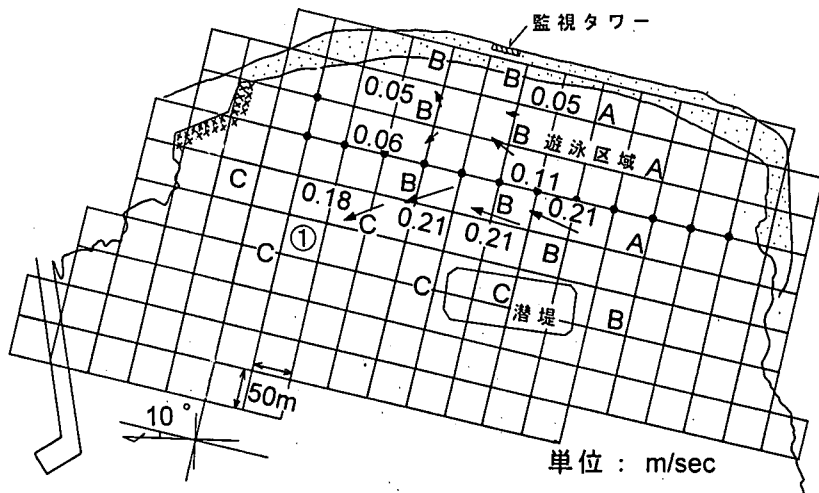


図-4 人流れ調査結果（平成8年8月7日）

(沖側) 50.0 (陸側)

▽ H.W.L. +1.94
L.W.L. ±0.00

コンクリートブロック型
ハラクロス

▽ -1.50

1:3 1:3

帆布

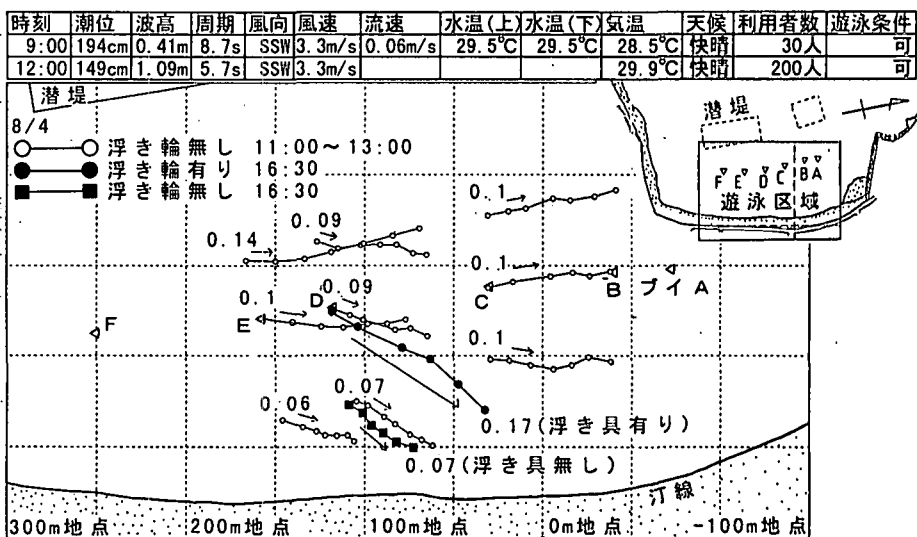
捨石 (300~500kg)

unit: m

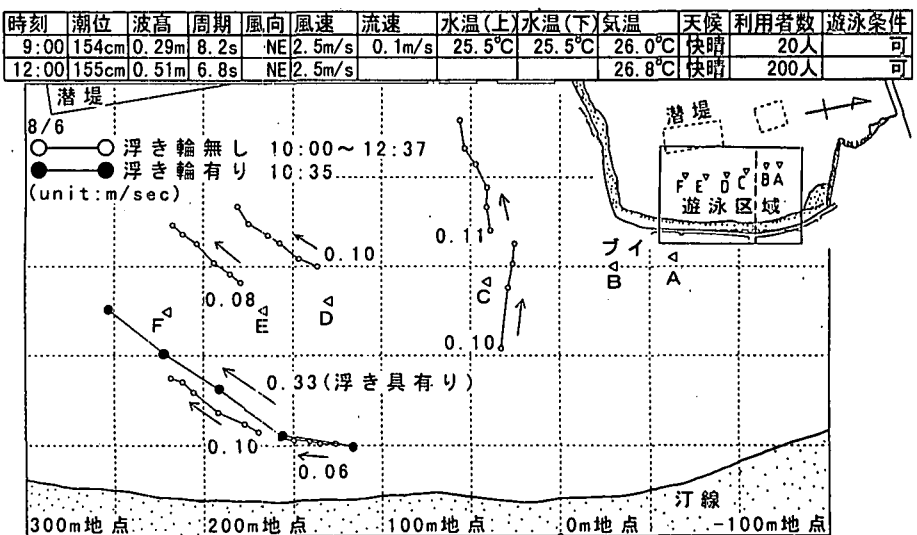
1/500

一般に、潜堤については、それによって海水浴場内で波高が減衰していることが期待されるが、M海岸の潜堤の天端は図-5に示すようにD.L.-1.5m (L.W.L.-2.0m)であり、平均潮位(D.L.+1.5m)以上であれば、遊泳禁止となるような1.5m～2m程度の有義波高の波では、潜堤によって碎波する波は比較的少ない。したがって、満潮時などでは潜堤によって遊泳時の波高が低減する効果はあまり期待できない。

調査のデータである。風は S W ~ S S W で平均風速 3.5 m/s 程度であり、波高が約 0.5 m の場合である。風は必ずしも一様ではなくある程度のばらつきがあるが被験者は 0.06 ~ 0.14 m/s の速さで沖側に運ばれている。また、浮き具をつけた場合は 2 倍以上の速さで進んでいる。M 海岸ではこのような南系の風で突堤（防波堤 + 岸壁）の方に流され、岩礁内に入ったり沖へ流される危険性がある。図 - 7 は波高が 0.2 ~ 0.3 m と小さく風が N E で 3 m/s とやや強い場合のデータ（8 月 6 日）である。被験者は沖向きに 0.06 ~ 0.1 m/s の速さで運ばれている。



このように風によって流されることは少なくない。波が小さく、人の流れに影響していない幾つかのデータから見ると、人の流される速さは平均風速の約3%程度のものである。風速は2m/s以下であればあまり問題ないが、3m/s以上だとその向きによっては問題となり、5m/sを越えると遊泳注意となる場合がある。単純に3%とすると平均風速5m/sで人の流れは0.15m/sとなり、特に沖に向かう



風では岸に戻ってこれない可能性がある。また、風が強い時に浮き具をつけていると、風の直接的な作用（力）も加わり、流れる速さは2倍以上となって危険である。特に浮き具に人が乗った状態ではさらに速くなり、付けない場合の3倍にもなり危険性が増す。また、浮き輪は大きいほど風の力を受けて動きやすい傾向にある。

8/8 (木)

時刻	潮位	波高	周期	風向	風速	流速	水温(上)	水温(下)	気温	天候	利用者数	遊泳条件
9:00	109cm	0.5m	9.4s	NNW	3.2m/s	0.02m/s	27.0℃	27.0℃	26.5℃	快晴	16人	可
12:00	142cm	0.61m	7.8s	NNW	4.4m/s				27.2℃	快晴	100人	可

8/9 (金)

時刻	潮位	波高	周期	風向	風速	流速	水温(上)	水温(下)	気温	天候	利用者数	遊泳条件
9:00	89cm	0.56m	5.3s	N	0.8m/s	0.01m/s	26.5℃	26.5℃	27.2℃	晴れ	120人	可
12:00	127cm	0.52m	7.6s	N	1.3m/s				29.0℃	晴れ	160人	可

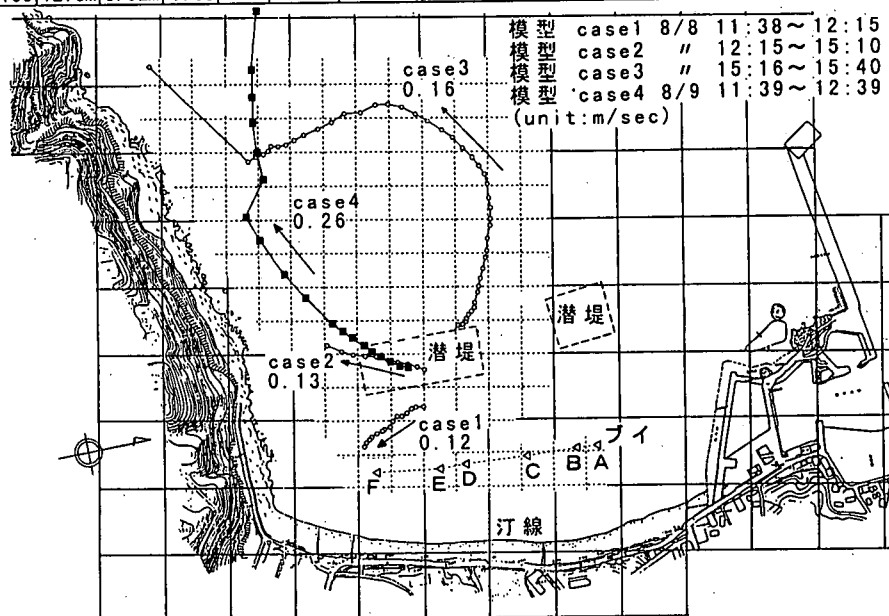


図-8 模型による流れ調査結果 (M海岸、平成8年8月8日-9日)

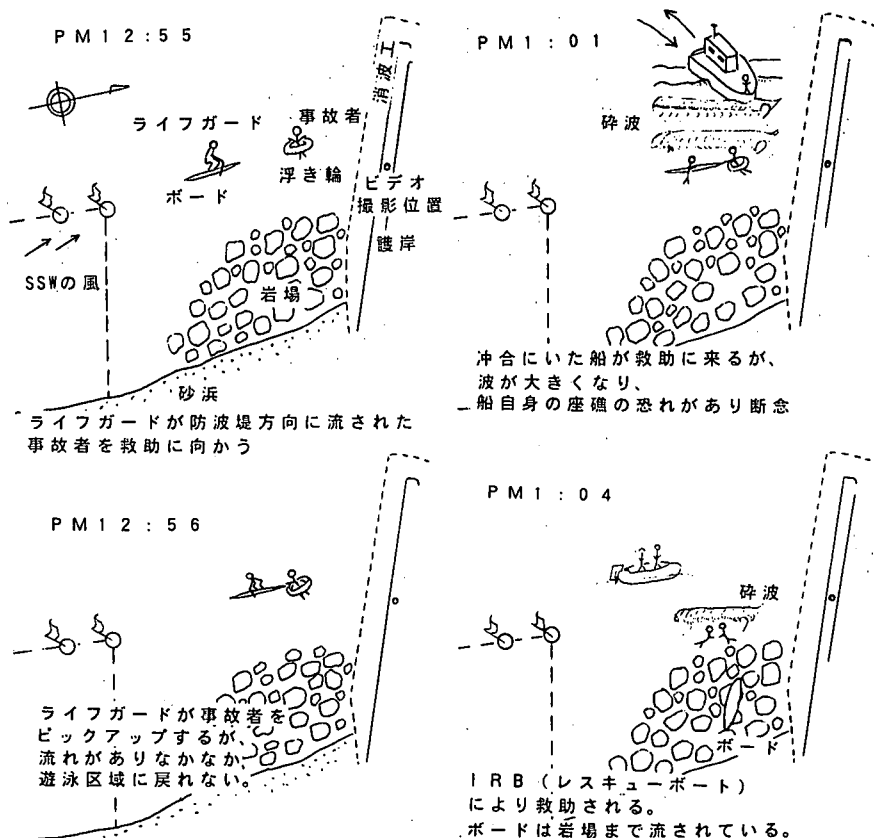


図-9 事故の概要 (神津島前浜、平成8年8月3日)

③模型による流れ調査

円筒模型は潜堤周辺から沖側の調査で用いており、図-8は模型を流した結果の一例で、8月8日と9日のデータを示している。いずれも波高が0.5~1 mで、風がNE、2~3 m/sの場合である。8日のデータでは、潜

堤から風の向きに流されている場合と潜堤開口部から沖合に流されている場合がある。9日のデータでは、南側の岩礁地帯に沿って流れており、沖合で0.2m/sを越えるかなり速い流れとなっている。地元の漁師の方々からのヒヤリングではよく発生する流れであるとのことであった。

(4) 事故の概要

本調査中唯一の事故は8月3日に発生した。事故は図-9に示すように海岸の北端で、遊泳区域のブイよりさらに沖側で発生している。事故者は20歳男子で、浮き輪を使用していた。事故当時、たまたま図に示す護岸位置にいたため、事故の様子をビデオにより撮影した。

事故当日は快晴で遊泳可であり、事故時は潮位D.L. +104cm(ほぼ干潮)、波高0.6m、周期9.0s、風はSSEで1m/sであった。風速はさほど大きくないが、護岸位置から見た遊泳区域を示すブイの旗から推定すると海面上の風速はもう少し大きそうである。事故時の様子を略記すると以下のようなものである。

1) 事故者が防波堤に向かう流れによって突堤の根元の護岸付近まで流され、ライフガードがレスキューボードにて救助に向かい、到着する(12:56)。

2) 事故者が浮き輪を放さなかったことと、防波堤に向かう流れがあったためなかなか遊泳区域に戻れない。

3) 近くにいた船が救助に向かう(1:00)が、途中波が高くなり、岩場があったため船自身も座礁しそうになり救助することなく沖へ待避する。岩場の近くということもあり波は砕波してボア状になって進み、事故者とライフガードを岩場へ押し流すようになった。ライフガードはレスキューボードを放し、事故者と波の下へ潜り込み、岩場へ押し流されるのを回避した。(放されたレスキューボードは一気に岩場へ流されている。)(1:02)

4) その後、波が少しおさまリ、ライフガードのIRB(レスキューボート)により救助される。(1:04)

波高が比較的大きく、計測された風が小さかったため、防波堤に向かう流れが海浜流によるものか、風による吹送流によるものか断定できないが、複合したものであると考えられる。ただし、当日は午前11時に浮き輪有りと無しの2名のライフガードを同時に流して人流れ調査を実施しており、付近ではやはり北方向の風によって浮き具なしの被験者が0.07m/sで流れている。また、浮き具有りの被験者は、無しの場合より約2倍程度の速度でそれよりやや沖側へ移動しており、やはり風の影響が大きいものと考えられる。この事故では、「流され戻れない危険」、「波で岩場に打ちつけられる危険」が具体的に把握できた。

4. あとがき

これまでの調査をふまえて、今後さらに研究を進めていく予定である。海水浴の安全性は、これまでのような台風などの年に1度ぐらいの異常時を対象にしたものではなく、日常的な波や流れを対象としたものであり、これまでと異なった研究が必要となっている。また、砂浜だけでなく水の中の研究であり、波や流れに対する人の応答の研究も含むなど、これまでの海岸工学の知見を基礎とするものの新たな組織的な研究が必要となっている。こうした研究では、現地調査が重要であり、これまで以上にライフセーバーを含めた現地の関係者の方々との協力が不可欠となっている。

現地調査にあたっては、東京都離島港湾部など多くの機関の方々のご協力を得ている。さらに、港湾技術研究所の小島朗史水工部長のご指導を得るとともに、波浪の観測にあたっては永井紀彦海象観測研究室長および協和商工の方々のご協力を得ている。

参考文献

井上雅夫・島田広昭・光田佳也(1988):人工海浜によって造成された海水浴場における利用者意識、第35回海岸工学講演会論文集、pp.762-766

宇多高明・小俣 篤・富田成秋・羽成英臣(1991):マリンスポーツに適する自然条件に関する研究、第38回海岸工学講演会論文集、pp.991-995

金沢 寛・平井宣典・太田耕栄・高橋重雄・鈴木高二朗・岡村知光・蓮見 隆・小林雅彦(1996):海水浴における安全性に関する一調査、土木学会第51回年次講演会講演概要集、第2部、pp.182-183.

小舟浩治(1990):マリンスポーツに適する自然条件、平成2年度港研講演会講演集、pp.239-279

佐々木民雄・堀田新太郎・五十嵐 元・久保田 進(1974):海洋性レクリエーションに関する研究(第2報)―九十九里海岸における海水浴の現地調査―、第21回海岸工学講演会論文集、pp.471-475.

塩見雅樹・戸引 勲・太田耕栄・高橋重雄・鈴木高二朗・岡村知光・蓮見 隆・小林雅彦(1995):海岸における市民の安全性に関する一調査、海洋工学論文集、Vol. 11、pp.381-386.

高橋重雄・遠藤仁彦(1994):親水施設と市民の安全性に関する研究、平成6年度港湾技術研究所講演会講演集、pp.119-138.

日本マリナー・ビーチ協会編(1992):ビーチ計画・設計マニュアル(運輸省港湾局監修)、118 p.

堀川清司・佐々木民雄・五十嵐 元(1972):海洋性レクリエーションとその環境、第19回海岸工学講演会論文集、pp.83-91.