

離岸流にともなう海水浴中の 事故発生に関する一考察

A FIELD INVESTIGATION ON RIP CURRENTS CAUSING FATAL BEACH SWIMMING ACCIDENTS

高橋重雄¹・常数浩二²・鈴木高二朗³・西田仁志⁴

土棚毅⁵・小林雅彦⁶・小沢保臣⁷

Shigeo Takahashi, Koji Tsunekazu, Kojiro Suzuki, Hitoshi Nishida,
Takashi Tsuchitana, Masahiko Kobayashi, Yasuomi Ozawa

1 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所 水工部耐波研究室 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

2 正会員 運輸省港湾技術研究所 水工部海洋エネルギー利用研究室

3 正会員 工修 運輸省港湾技術研究所 水工部耐波研究室

4 正会員 運輸省港湾局海岸防災課

5 (社)日本マリナー・ビーチ協会 調査研究部 (〒104-0032 東京都中央区八丁堀3-3-2)

6 日本ライフセービング協会 (〒105-0021 東京都港区東新橋2-13-9)

7 (株)エコー 環境水理部 (〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

Analysis of 296 fatal beach swimming accidents occurring over the past decade in the Kanto Plains area of Japan indicated that "rip currents" present in the nearshore zone caused half of them. Accordingly, two year long field surveys were conducted on the currents at five beaches, with results finding several typical patterns of rip current-caused accidents.

Key Words : sea bathing, rip current, marine recreation, swimming accidents, beach accidents
lifesaving, nearshore current

1. まえがき

海水浴は、多くの人が楽しむことのできる海のレジャーであるが、毎年多くの事故が報告されている。著者らは、このような事故をより少なくするため、平成5年度より海水浴の安全性の調査研究を行っている¹⁾。特に平成9年度調査では関東近郊で発生した海水浴中の死亡事故について事故の発生場所、原因、事故当時の波浪状態等を調べており²⁾、この中で離岸流による事故が重大事故の主要な原因であることを確認している。

外洋に面した砂浜海岸では、冲向きの速い流れ(離岸流)があり、このような流れが水難事故の原因となることは古くから指摘されている。我が国においても、1970年代の海浜流系統の研究^{3), 4), 5)}から、外洋に面する海岸での離岸流の危険性が指摘されている^{6), 7), 8), 9)}。しかしながら未だ、外洋に面した海岸での海水浴中の死亡事故は減少していない。

平成9年度の調査では、死亡事故は、①意外にも

波高0.5~1.0mという比較的小さい波による離岸流により発生している、②近年、築造されている突堤、ヘッドランド等の構造物に沿って発生する流れによる事故が多い、という特徴が把握されている。しかしながら、これら調査では事故件数が限られていたこと、調査自体が事故後のヒアリング調査が主体であったため事故原因となった離岸流の特徴やそれに付随する海底地形の状況等に不明な点が多かったことなど、不十分な点が少なかった。

平成10年度も、海水浴の安全性に関する種々の調査を実施している。特に、離岸流による事故についてさらに検討を加えることを目的とした調査を行っている。まず、過去10年間に発生した海水浴中の死亡事故について新聞記事により検索を行い、離岸流による事故を中心に、事故発生のパターンをより明確にするための“事件事例調査”を行った。また、5つの海水浴場において夏季の長期間にわたり観測を行い、海水浴中の事故を引き起こす重要な要因と考えられる離岸流の発生状況の把握を試みる“離岸流

調査”を行った。さらに、離岸流内に被験者を入れ、海底地形と流れおよび人の挙動を明確にすることを目的とした“人流れ調査”も行っている。

2. 事故事例調査

(1)調査概要

過去10年間（1988～1998年）に発生した海水浴中の死亡事故について、新聞記事（朝日、毎日、読売新聞および共同通信）から事故の原因、状況等进行分析し、事故の発生パターンについて調査を行った。なお、調査対象は茨城県、千葉県、神奈川県、静岡県、新潟県の5県である。また、1998年の事故については、平成9年度と同様にヒアリング調査で詳細に調査を行っている。

(2)過去10年間の事故の傾向

a)流れ（離岸流）による事故

表-1は、県別に事故件数示したものであり、茨城県61件、千葉県101件、神奈川県34件、静岡県53件、新潟県47件の計296件である。表には、流れによる事故件数についても記載しているが、“流れによる事故”とは、沖へ流された、波にのまれて沖で発見された等の記述があったものである。ただし、この中には、構造物周りの流れ、河口付近での流れ等が事故原因として考えられるものについても計上している。

流れによる事故は全体で43%を占めており、特に茨城県では61件中38件（62%）、千葉県では101件中51件（50%）と、半数以上の事故が流れによる事故である。また、茨城県、千葉県では、流れによる事故のほとんどが構造物の無い砂浜海岸で発生する離岸流によるもので、茨城県で38件中28件（74%）、千葉県で51件中32件（63%）と非常に多い。これらの事故は、そのほとんどが遊泳禁止区域、または遊泳禁止のときに発生していたものであるが、遊泳区域、しかも遊泳可の状態でも発生している場合もある。神奈川県、静岡県、新潟県においては流れによる事故、特に離岸流による事故と判断できたものが比較的少なく、外洋性の海岸が多い茨城県や千葉県との違いが表れている。

b)波浪状態と事故発生における相関

表-2は、茨城県、千葉県における離岸流の事故を有義波高（海水浴場近辺のNOWPHASのデータおよび片貝漁港沖合波浪観測データ）で分類したものである。事故の多くは波高が0.5～1.25m、特に0.5～1.0mに集中しているのがわかる。この波高レベルは海水浴場では遊泳可から遊泳注意の状態であり、波が厳しい状況ではなく、比較的小さい状態で多くの事故が発生していることに注意が必要である。

(3)平成10年度におけるヒアリング調査

平成10年度においても多くの水難事故が報じられた。特に遊泳中に事故に遭われた方は277人であり、その内の半数以上の165人が死亡・行方不明となっている。関東近郊では、千葉県で同一の海岸におい

表-1 事故の発生状態

県名	事故件数	流れによる事故
茨城県	61件	38件（28件）
千葉県	101件	51件（32件）
神奈川県	34件	8件（1件）
静岡県	53件	16件（5件）
新潟県	47件	13件（3件）
計	296件	126件（69件）

※（ ）内は離岸流による事故

表-2 波高による分類

有義波高（m）	茨城県	千葉県
$H_{1/3} < 0.25m$	0件	0件
$0.25 \leq H_{1/3} < 0.50m$	1件	2件
$0.50 \leq H_{1/3} < 0.75m$	4件	12件
$0.75 \leq H_{1/3} < 1.00m$	7件	10件
$1.00 \leq H_{1/3} < 1.25m$	11件	4件
$1.25m \leq H_{1/3}$	5件	4件

て離岸流による事故が連続で2件発生しており、新潟県、茨城県においても突堤、ヘッドランド周辺での流れによる事故が多く発生していた。以下に代表的な事例を説明する。

a)離岸流による事故

千葉県では、7月5日に九十九里の中程に位置するA海岸で離岸流による事故が発生している。発生場所は海水浴期間でも遊泳禁止区域で、監視活動も行われていない場所である。

事故は、6～7人で海水浴にきて、その内の3人が遊泳禁止区域で泳いでいる時に発生している。すなわち、3人で泳いでいたところ1人が沖に流されたため、2人で手を引っ張り岸へ戻ろうとしたが、波が押し寄せてきたときに手が放れてしまい沖へと流されてしまった。事故者は次の日になってから波打ち際で発見されている。事故当時の波は比較的穏やかであり、九十九里の片貝漁港沖合波浪観測データでも有義波高0.6m、周期5.6sであった。

事故が発生した場所は、離岸流の事故が多く発生している場所であり、過去の事故でも波高1.0m以下の時の離岸流による事故の発生が多い。

b)構造物周りの流れによる事故

新潟県では、B海岸で7月25日に構造物周りの流れによる事故が発生している。事故は、家族6人（大人2人、子供4人）で海水浴に来て、遊泳区域外のT型突堤付近で、子供4人で泳いでいた時に発生している。すなわち、兄弟2人が構造物周りの流れにより流されそうになったため、それを発見した姉妹2人が救助に向かった。しかしながら逆に姉妹の2人が沖に流されてしまい行方不明となった。その後、行方不明になった姉妹2人は、1人が2日後にT型突堤前面に沈んでいるところを、もう1人は4日後に約17km離れた海上で発見されている。事故当時は新潟沖で波高0.5m、周期7.6sと比較的穏や

かな状態であった。また事故は監視活動時間外に発生しており、監視員は在駐していなかった。

構造物周りの流れによる事故は茨城県下においても多く発生していたが、そのほとんどは監視員等に救助され重大事故に至っていない。しかしながら、監視員や他の遊泳客等がいない場合は死亡につながる重大事故に至っている。

3. 海水浴場の流れの発生状況（離岸流調査）

(1) 調査概要

ライフセーバーの協力のもとに離岸流調査を行った。図-1に、調査対象とした海水浴場および調査期間を示しているが、関東近郊でライフセーバーによる監視活動が行われている海水浴場を選定している。すなわち、外洋に面し比較的遠浅な地形状態を有している鹿島灘に面したD海水浴場（図-2）・九十九里海岸のE海水浴場、また構造物周りの流れの発生が考えられるF海水浴場（図-3）・G海水浴場、内湾に面し比較的静穏度が高いH海水浴場について調査を行っている。

調査は、主に目視による気象・海象状態、離岸流の発生状況等の観測であり、これら目視データと波浪観測データおよび波浪追算による計算結果とを比較し、離岸流および構造物周りの流れの発生パターンについての検討を行った。次節以降にD海水浴場、F海水浴場での調査結果について述べる。

(2) D海水浴場の調査結果

a) 波高データ

D海水浴場は、鹿島港から北へ約40kmの鹿島灘に面した遠浅の海岸である。この海水浴場は、ライフセーバーによる監視・救助活動が適切に行われており、事故も少ない。

図-4は、鹿島港波浪観測データを示すもので、波高・周期・波向きが示されている。調査期間の観測有義波高は、0.49～2.46m、平均が1.04m、周期は、4.8～10.8 s、平均が7.9 s、波向きが41～126°である。汀線はほぼ南北方向（汀線に直角な方向が75°）で南側からの波が多い。なお、離岸流の事故では、台風のうねりが問題となることがあるが、今回の調査では、うねりの影響がある日はなかった。

この図に、D海水浴場における、目視入射波高をプロットしている。目視による波高データは鹿島港

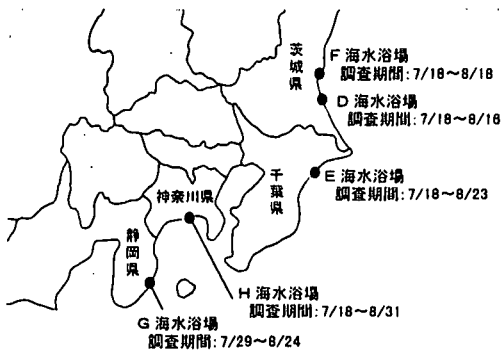


図-1 調査対象場所

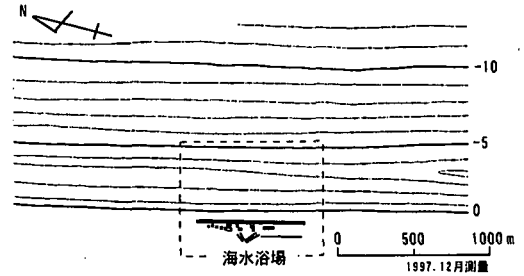


図-2 D 海水浴場

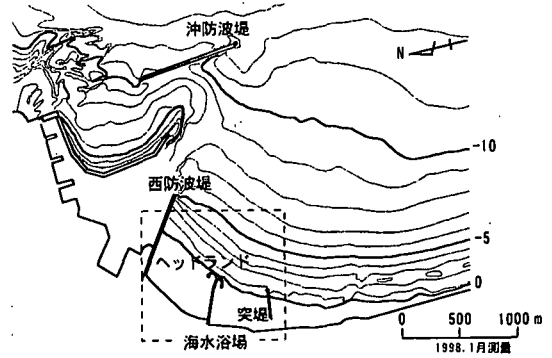


図-3 F 海水浴場

のデータと非常に相関が高いが、これは鹿島港の波高を沖波として波浪変形計算すると、40°の斜め入射でも85%程度の波高となり、屈折による波高変化が目視の誤差程度であるからである。

波向きについては、北側の波の場合、鹿島港の波向きと目視とが適合せず、やや南側にずれている可能性がある。計算結果では、沖合で40°斜めで15°程度の入射波向きとなっており、また沖合で20°程度の斜めではほぼ8°の入射波向きとなっている。実測では、鹿島港で20°斜めでも目視波向きでは0°になっている。

図には、波浪追算により算出した波高も示しているが、観測波高との相関が高い。ただし、7月30日～8月1日では、数値計算波高と鹿島港の観測波高がずれている。目視波高との相関は高く、鹿島港とD海水浴場で成分の異なった波が入射していたと考えられる。いずれにしても、波浪推算である程度の沖波波高の推定が可能であり、それによって入射波高の算定もできることを示している。

b) 離岸流の発生状況

図には、離岸流の発生について発生本数を縦軸にとって示している。8月1日～7日、8月13日～8月22日にかけて多くの離岸流が確認されているが、波高0.5～0.75m、周期7.0～9.0 sの間に最も多く発生している。特に、波高が大きい状態から減衰しているとき、波浪の変動が比較的落ち着いているときに集中して発生しているのが特徴的である。また従来から言われているように、波向きが汀線に対して直角入射に近い場合に発生している（沖波で汀線直角方向から南側に20°程度、図の鹿島港の波向ENEからE、ESE方向）。

なお、8月1日～7日にかけては非常に多くの安

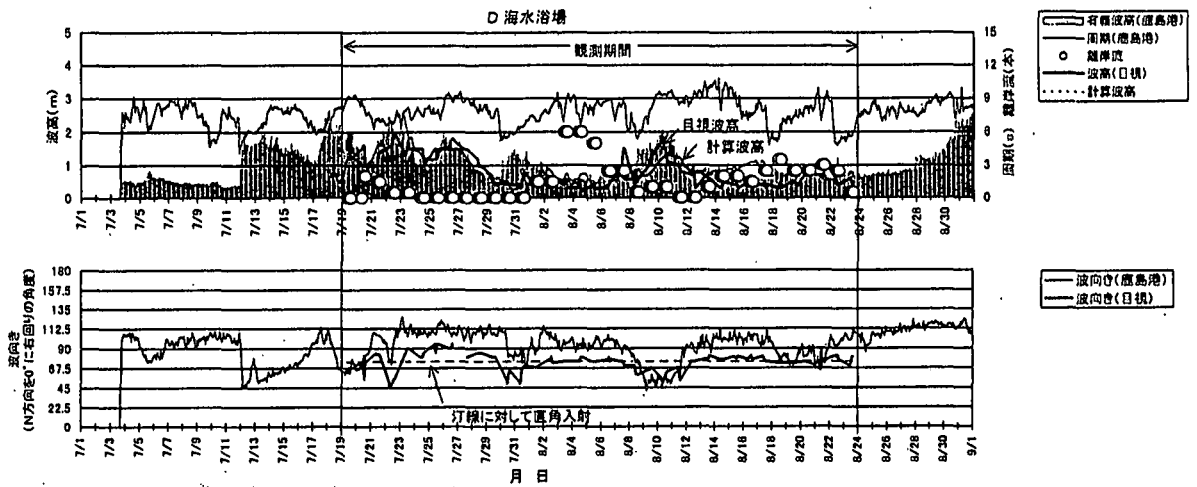


図-4 離岸流の発生状況および鹿島港波浪観測データ (NOWPHAS)

全移送（遊泳者が危険な場所にいるときや遊泳禁止区域に接近した場合に行う、ライフセーバーの活動）が行われている。このときの離岸流速は約10～40cm/sのそれほど速くないものであったが、遊泳者が流される危険性があり、ライフセーバーによってそうした危険が回避されている。

(3) F 海水浴場の調査結果

a) 波高データ

F 海水浴場はD海水浴場よりさらに北へ約20kmの北側にF港を臨む、海水浴場である。この海水浴場もライフセーバーによって、監視・救助活動が適切に行われている。前掲図-3に示したように、F港の西防波堤で止められた砂が海水浴場の中央のヘッドランドをほぼ埋めてしまうほど豊富な砂浜である。近くには常陸那珂港がありここの波浪観測データは、比較的鹿島港のものに近い。ただし、沖合には防波堤があり、図-5に示すように、ESE方向～N方向の波は遮蔽され、特に北側では非常に静穏となる。また、汀線に直角に近い入射波であっても屈折の影響である程度波高が小さくなる。

b) 流れの発生

F 海水浴場では、いわゆる離岸流の発生はほとんど観測されておらず、構造物周りの流れの発生が多く観測されている。ただし南側の突堤付近からの発生が多く、北側の西防波堤付近においては7月23日、24日の2日間しか発生していない。西防波堤に沿う流れの発生は、低気圧の通過にともない大きな波がSE方向から海水浴場に入射していたときであり、常陸那珂港では波向きがSE～SSE方向のときで、波高が1.02～3.03m、周期が6.8～8.4sである。

一方、南突堤付近（遊泳禁止区域）では複雑な流れが常時発生しており、流速が1.5m/sに達する場合もあった。写真-1は、8月7日に南防波堤付近の流れの状況を撮影したものである。当時の気象・海象状態としては、常陸那珂港で波高0.91m、周期8.8s、波向きESE方向の比較的静穏な状態であり、遊泳区域内においては遊泳可の状況であった。写真は連続写真となっており、1分間に被験者が突堤周

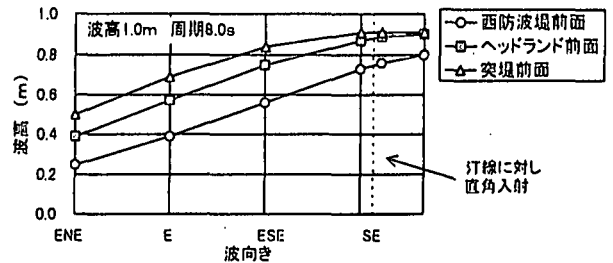


図-5 防波堤による遮蔽 (F 海水浴場)



写真-1 構造物周辺の流れ

りの流れにより沖合へと流されている状況がわかる。このように波が比較的小さく、静穏な状況下においても構造物の周辺では、速い流れが発生している。

4. 離岸流内における人の挙動（人流れ調査）

(1) 調査概要

調査は、D海水浴場（9月1～5日、9月27～28日、10月20日の計3回）と、E海水浴場（8月25～28日、9月20日の計2回）で行った。両海水浴場は外洋に面した遠浅な海岸で、離岸流調査の際にも離岸流の発生が多く観測されている場所である。

調査では、離岸流の発生に大きな影響をおよぼす地形状態について詳細な計測を行い、沖合200m付近までのバー・トラフ地形などの把握を行った。また、実際に離岸流の中に被験者を入れ、その挙動を

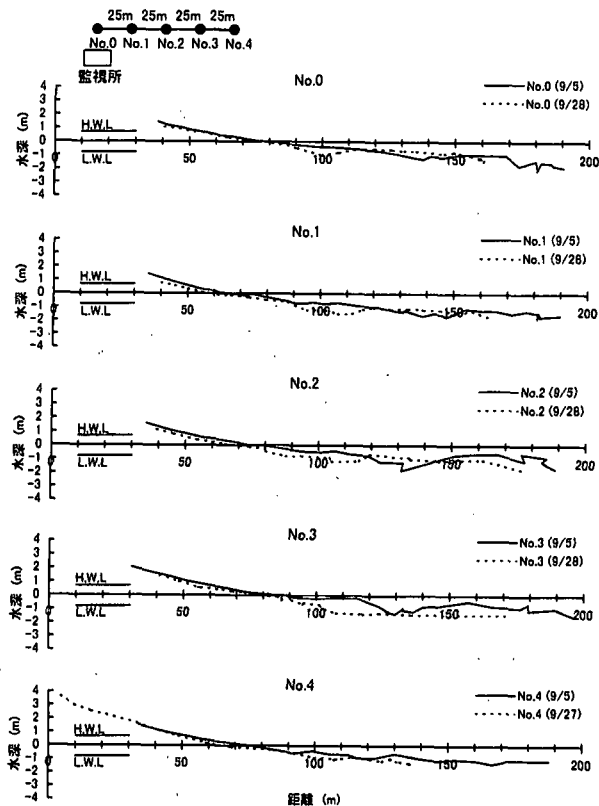


図-6 深浅測量図

観測する調査においては、30秒間隔で追跡計測を行い、流れが人におよぼす影響について検討している。全ての計測では水平角（方位角）、鉛直角、水平距離の計測が可能でレーザー距離計を用いた。

次節以降に、D海水浴場における人流れ調査の結果を報告する。

(2) D海水浴場における海底地形

図-6は、D海水浴場における深浅測量図である。海水浴場のほぼ中央にある監視所前面の護岸上に25m間隔でNo.0からNo.4までの5測点を設け、護岸に垂直な方向に測量を行った。図には9月5日と27～28日の測量結果を示している。9月5日は、8月26日から9月3日の台風4号の影響でまだ波高がやや高い1.5m程度であった。

5日の測量結果では、汀線から150mあたりでは低潮位では足のつく範囲であり、No.0からNo.1にかけて非常になだらかな勾配で凹凸がない締め固まった地形を形成している。No.2からNo.3に移行するにしたがい、徐々にバー・トラフの形成が現れている。このときのトラフ部分は、非常に砂面が軟らかい状態で足が取られやすく、ここで非常に強い沿岸流が発生しており、計測中に流されている。またバー部分は比較的粗い砂利混じりの砂で形成されており、砂面は締め固まっている。今回、トラフが形成されていたのは汀線より50m位沖合で、この辺りは海水浴期間中であれば遊泳区域である。

5日の測量の後、台風5、6、7号が通過している。ただし、27日の観測以前は、波高が1.0m前後のやや小さい日が続いていた。海底地形は5日とか

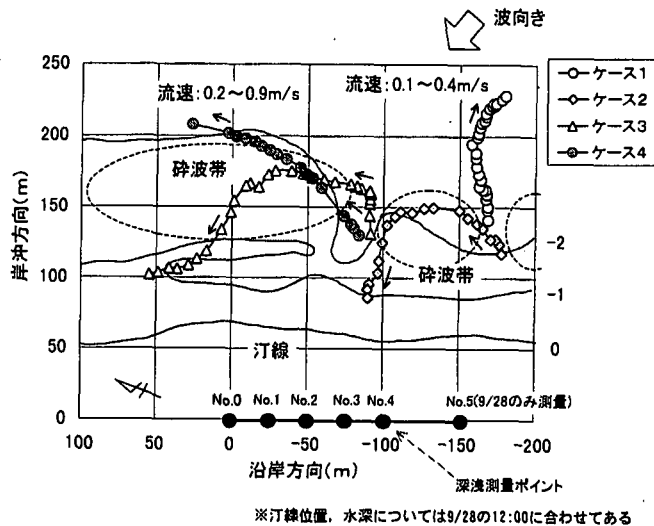


図-7 人流れ調査結果（離岸流）

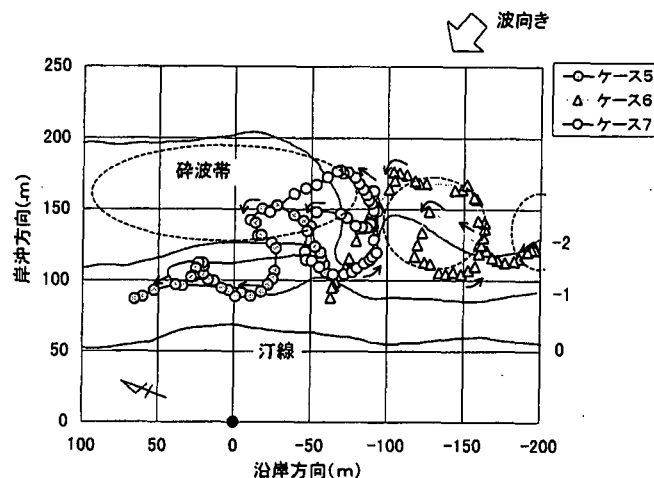


図-8 人流れ調査結果（蛇行流）

なり変わっており、特にバー・トラフが汀線に近いところに形成されていなかったNo.0でもバー・トラフ地形が汀線近くに形成されており、No.2ではバーが前回よりも岸側になっている。またNo.3は他の測点よりも深くなっており、リップチャンネルが形成されていた。ここでは比較的強い離岸流が発生しており、計測時に沖へと流されている。

このような汀線から沖100m位にかけての地形変化は海水浴に大きな影響をおよぼす、特にバー・トラフの変化は流れの状況、特に離岸流発生場所の変化につながり、遊泳者に与える影響が非常に大きい。

(3) D海水浴場における人流れ調査

図-7と図-8は9月27、28日に行った人流れ調査結果の一例を示したもので、被験者の流跡を示している。調査当時は有義波高0.91m、周期5.6s、波向きESE方向で比較的波高は小さいが、先に述べたリップチャンネルから離岸流の発生が確認できた。

ケース1、4は離岸流により沖合に流されたケースである。このときの離岸流速は局所的に90cm/sと非常に速いときもあったが、平均的に約30cm/sのそ

れほど速くない流れである。特にケース1の場合、計測中の被験者はそれほど速い流れで沖合へ流されているとあまり感じておらず、このような離岸流が多く事故の原因と考えられる。

今回の調査ではケース1と4以外は沖に流されていない。ただし、ケース5、6、7のように蛇行しているケースであっても、沖へと向かうときは30cm/sから70cm/sで流されており、碎波により押し戻されなければ沖合へと流される危険性が高かった。なお、この計測期間中では波向きが北側から南側に变化しており、ケース1と4の時にほぼ直角であったが、次第に斜め入射となって沿岸流が卓越し、これに流されている。

5. まとめ

事件事例調査によって遊泳中の事故の多くが流れにより発生していることが確認された。すなわち離岸流と構造物周りの流れが事故の要因の多くを占めており、一般の遊泳者では視認しにくい流れが問題となっている。特に、外洋に面した遠浅の海岸に位置する海水浴場においては離岸流による事故が多く発生しており、その多くが比較的波高の小さいときに発生していた。

流れによる事故の主要なパターンをこれまでの調査等から推論すると以下のものが考えられる。

①波高が小さいとき(0.5~1.0m)の離岸流事故

台風などの時化によって、汀線近くの海底地形がフラットになる。その後波高が減衰しているときにトラフが汀線に近づき、リップチャネルも形成される。こうした海底地形のときに波向きが汀線に直角入射に近い(沖波で15°以下)とき離岸流が発生する。波高が小さい場合、30cm/s位のそれほど速くはない流れであっても碎波で押し戻されることが無く、沖に流されてしまう危険性がある。こうした事故は、汀線から30~50mの比較的近いところで発生し、その付近の緩い地盤のリップチャネルにはまり、離岸流に流されるといった事故がパターンとして考えられる。

②波高が比較的大きなときの離岸流事故

リップチャネルの形成が進むと、大きな波高でもそこで碎波しにくくなり、碎波で押し戻されることが少なくなる。波高が大きいと流速も速く、沖側に大きく出される危険性がある。また、大きい波に巻かれた後沖に出されることも考えられる。これは比較的汀線から遠いところで発生すると考えられる事故で、ある程度遊泳力がある人でも発生する危険性がある。

③突堤状の構造物付近の流れによる事故

突堤状の構造物があると、リップチャネルが固定され、波高が小さいときから大きいときまで流れが発生する。また、そこで碎波しにくくなり、沖に流されやすい。ただし、碎波する場合は、碎波によって構造物に衝突する危険性もある。また、突堤がそれほど長くない場合でも、その先端から急に深くな

ることがあり、そこで碎波すると、構造物への衝突の危険性が高い。なお、構造物がそこから容易に海に入れる形状であると、危険である。さらに、陸側の構造物によってもリップチャネルが固定されることがある。例えば階段護岸の切れめがある場所の沖などでは事故が発生することがある。

上述した、流れの事故のパターンは、これまでの調査結果を一応とりまとめたものであるが、仮説の段階であり、今後の調査でさらに検討する予定である。特に②の波高が大きいときの事故や③の突堤状の構造物付近の事故などについては、さらに詳細な調査が必要である。また、台風のうねりによる離岸流事故、離岸堤などの他の構造物による事故等についても調査を進める予定である。

なお、今回調査した海岸は、海水浴場開設者によって適切に管理運営されており、ライフセーバーによって監視救助活動が十分なされている海岸である。海岸における安全調査も進んでおり、安全対策のためのデータも蓄積されており、今回の調査では、そうしたデータの提供を含め、多大の御協力を得ている。特に、ライフセーバーの足立、戸上、荒井、稲垣、田代、門井、栗原氏らの御協力を得ている。ここに記して深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 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：外洋に面した中規模海水浴場の波と流れに関する調査事例，海洋開発論文集，Vol. 13，pp. 741-746，1997.
- 2) 高橋重雄・常数浩二・鈴木高二朗・成瀬進・土棚毅・池田義紀：海水浴中の重大事件事例に関する一調査，海岸工学論文集，第45巻，pp. 1211-1215，1997
- 3) 本間仁・堀川清司・鮮干徹：片瀬・鎌倉海岸の沿岸流に関する研究，第5回海岸工学講演会論文集，pp. 115-122，1958.
- 4) 堀川清司・堀井直治・五十嵐元・鬼頭平三：海浜流に関する研究(第1報)-観測法と湘南海岸における観測例-，第18回海岸工学講演会論文集，pp. 395-400，1971.
- 5) 田中則男・加藤一正：大洗海岸における海浜流，碎波帯内の波の観測，第25回海岸工学講演会論文集，pp. 232-236.
- 6) 堀川清司・佐々木民雄・五十嵐元：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. 83-92，1972.
- 7) 佐々木民雄・堀田新太郎・五十嵐元・久保田進：海洋性レクリエーションに関する研究(第二報)-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. 471-476，1974.
- 8) 小舟浩治：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. 239-279，1990.
- 9) 宇多高明・小俣篤・富田成秋・羽成英臣：マリンスポーツに適する自然条件に関する研究，海岸工学論文集，第38巻，pp. 991-995，1991.

(1999. 4. 19受付)