

海水浴の基礎知識

港湾研究室

〔問1〕 毎年、水難事故のニュースが後を断ちません。溺れる原因にはどのようなものがあるのでしょうか。

〔回答〕 図-1は、最近5年間のプレジャーボートを除く海洋レジャーに伴う海浜事故の推移を表わしたもので、年々増加の傾向を示しています。平成3年度の遊泳中の事故者345人

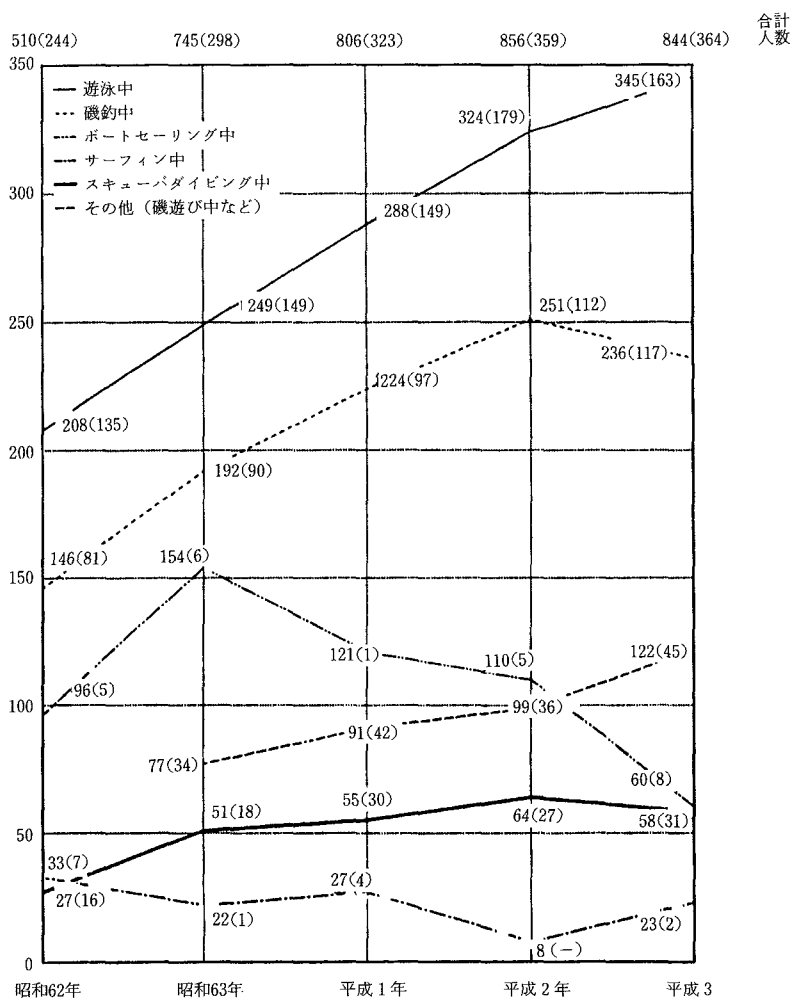


図-1 海洋レジャーに伴う海浜事故の推移（昭和62年～平成3年）（出典 1）

注1 ()内は死亡・行方不明を再掲した。

注2 その他（磯遊び中など）については、昭和62年以前の統計は作成していない。

(死亡・行方不明163人)の原因内訳をみてみますと、気象・海象不注意112人(32%)、泳力不足104人(30%)、禁止海域での遊泳85人(25%)、その他34人(13%)となっており、気象・海象不注意あるいは無視、自分の技量に対する過信、すなわち知識や技能の不足が事故原因の多くを占めています。

では、水難事故を未然に防ぐにはどのように

したらよいのでしょうか。まず、泳ぐ前に天気予報を聞くことが大切です。注意報・警報が発令されている場合や、気象・海象の悪化が予測される場合は、中止することも必要です。また、自分の体調に気をつけ、体調の悪いときは運動神経も判断力も鈍くなるので中止することも必要となるでしょう。これらにより、無謀な遊泳による水難事故は防げるものと思われます。

【問2】 目の前で海が荒れていれば遊泳の中止も考えますが、今後気象・海象が悪化するといふときは納得がいらず中止の判断はしづらいと思います。気象・海象の悪化が予測されるとはどういうことですか。

【回答】 昔の人なら雲の様子などで天気を予測したり波がどれだけ来るかを判断できたのですが、今の私達にはその能力は失なわれています。その代わりに毎日テレビやラジオで天気予報を聞くことができます。先にも触れましたが、これらを事前に聞くだけで天候や風の状況などを大方把握することができ、現地での判断に役立つはずですが、また、泳ぐ場合に直接問題になるのは、波がどれだけあるかということです。ですから、気象庁が1日1回の天気図などをもとに推定した波浪予報もだしテレビやラジオの天気予報などで1日5回発表していますので、これを利用するのもよいでしょう。気象庁ではこのほかに波浪注意報・警報なども随時発令していますが、これらも耳に入りやすい情報です。ちなみに、この注意報や警報の基準値は地域によって異なっており、平成4年度3月現在での札幌の強風および波浪に関する基準値は注意報(強風:陸上12m/s,海上15m/s,波浪3m)、警報(強風:陸上18m/s,海上25m/s,波浪6.8)となっています。

さて、ここでの波浪予報でだされる波の高さは、天気図などをもとに風速や風域などを求め算出したもので、これを「波浪推算」といいます。気象庁の波浪予報は、次のようにいくつかの方法を用いて行われています。外洋の波浪予測にはスペクトル法を用い、1日1回6時間ごとの波高を72時間先まで計算します。発表はFAX放送により行われ、主に船舶が安全航行

の資料に利用しています。日本近海域の波浪予測は外洋での計算結果をもとにここでもスペクトル法を用い、1日1回3時間ごと48時間先の計算を行っています。海水浴などに最も利用度の高い沿岸域の予測には、日本近海域の計算結果をもとに沿岸地形の影響も考慮した有義波法を用い1日1回6時間ごと48時間先までの計算をし、テレビやラジオの天気予報の中で発表されます。

では、この中で使われている有義波法について少し詳しくみてみましょう。

この計算法は、与えられた気象データから特定の海域の風向・風速の時間的・空間的变化を推定し、その風場によって発生、発達する波浪の諸元を推定する方法です。波が風によって生じるものであることは直感的にわかりますが、波の発達には海域の広さの影響も考えられます。無限に近いほど十分に広い海域に一定風速の風が吹きはじめると、いたる所で波高および周期は時間とともに一様に増加し、風速に対応したある値になります。このような場合には、風速と風の吹送時間(duration)とによって波高と周期が決まります。ここでの波の状態は、さらに風速が増せば波高や周期が大きくなることから過渡状態と呼ばれます。次に有限の長さを有する海域に一定風速の風が十分長い時間吹送するときは、波高と周期はやはり一様に増加しますが、ある時間以後は一定状態となり、波高と周期は風域の風上端から吹送距離(fetch)

と風速とによって決まります。これは波が止まって風のエネルギーを受けているのではなく、進みながら受けていることから海域の広さによってひとつの波が風からエネルギーを受取る時間に限りがあるからです。このように、限られた広さの海域ではそれ以後にいかにも長時間風が吹いても波高は大きくならないので、これを定常状態と呼んでいます。実際の海では吹送距離、吹送時間はともに有限であるので、一定風速に対する波高あるいは周期の分布は図-2のように発達するものと考えられます。すなわち、一定風速 U の風が吹きはじめて t 時間後には波高の分布は OAB の形となり、 F より右の点では波高はどこでも一様です。さらに t' 時間後には $OAA'B'$ の分布を示し、 F' より右の区間では一様の波高を示します。したがって、 OF の区間では t 時間を経過した後では波高は定常となっており、これ以上風が吹送しても波高は変わりません。このときの吹送時間を風速 U のときの吹送距離 OF に対する最小吹送間を $t_{\min}$ といいます。また逆に吹送時間が t 時間であれば、吹送距離 OF に対しては波高が定常となるので、 OF を風速 U 、吹送時間 t に対する最小吹送距離 $F_{\min}$ とすることが出来ます。このことから、一定の吹送距離において一定風速の風が吹くとき、吹送時間が $t_{\min}$ より大きいときは波高は吹送距離によって決まり、 $t_{\min}$ より小さいときは吹送時間によって決まるということがわかります。

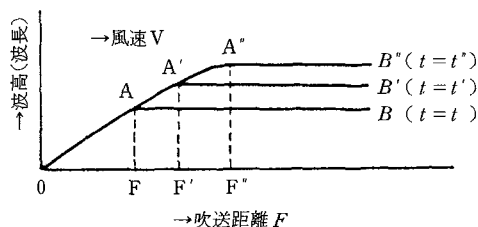


図-2 風速に対する波高および周期の関係 (出典 4))

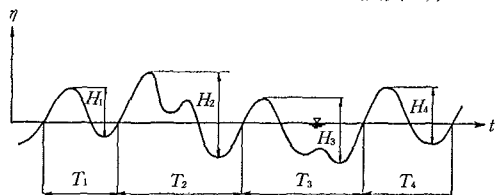


図-3 海の波の様子

によって決まるということがわかります。

この原理を用いた波浪推算法に、SMB法があります。これは、現実の海に発生する不規則な波を有義波で代表して深海に発生する風波を推定するものです。有義波とは、図-3のようなさまざまな波高を持つ実際の波を統計的な代表波で取扱うようにしたもので、その波高は波の連続観測記録(20分程度、100波程度)から、波高の大きい波から数えて全体の波の個数の $1/3$ を取りだし、それらの波高を平均して得られます。この波は工学的にその海域の波をよく表わしているといわれ、港湾計画、構造物の設計、施工に広く用いられています。さて、SMB法ですが、式で表わすと式1、2のようになります。この関係式を図に表わしたものが図-4で、風速、吹送距離、吹送時間から深海での有義波高、周期を推定できます。例えば、風速 $U=15\text{m}$ 、吹送距離 $F=100\text{km}$ のときの3時間後と9時間後の波高と周期を求めてみましょう。

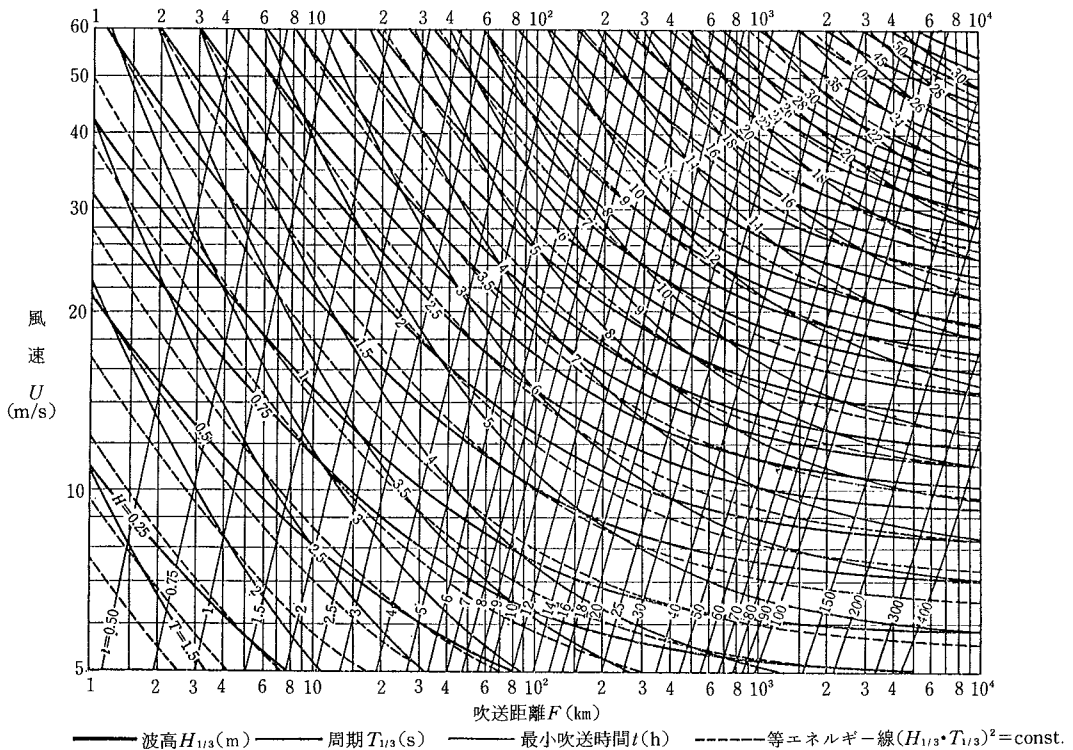
(1) 3時間後 U と F の交点は最小吹送時間の8と9の間にあり、8.0と読み取れます。これより $t_{\min}=8.0\text{h}$ となり、 $t=3 < t_{\min}=8.0$ で波高と周期は吹送時間により決まります。そこで U と t を用いて、波高と周期を求めます。 U と t の交点は波高線の1.5と2の間にあり、1.6と読み取れます。また周期線の4と5の間にあり、4.4と読み取れます。これより、3時間後の波諸元は $H_{1/3}=1.6\text{m}$ 、 $T_{1/3}=4.4\text{sec}$ と推定されます。

(2) 9時間後 上と同様に $t_{\min}$ を求めると 8.0h で、 $t=9 > t_{\min}=8.0$ となるので波高、周期は吹送距離によって決まります。そこで U と F を用いて波高と周期を求めます。 U と F の交点から波高、周期を読み取ると $H_{1/3}=2.5\text{m}$ 、 $T_{1/3}=6.0\text{sec}$ となります。

有義波法としてはこのほかに台風の接近時など風域も移動し風速および風向の変化が著しい場合の波浪推算法として Wilson 法、波の速度分散と方向分散を考慮した PNJ 法などがあります。波浪推算法にはこの有義波法のほかに、波の諸元に対する観測値を直接に風の諸元と結びつけ港や海岸ごとに求める経験公式、エネルギー

$$\frac{gH_{1/3}}{U^2} = 0.30 \left\{ 1 - \frac{1}{[1 + 0.004(gF/U^2)^{1/2}]^2} \right\} \quad \text{—式 1}$$

$$\frac{gT_{1/3}}{2\pi U} = 1.37 \left\{ 1 - \frac{1}{[1 + 0.008(gF/U^2)^{1/3}]^5} \right\} \quad \text{—式 2}$$



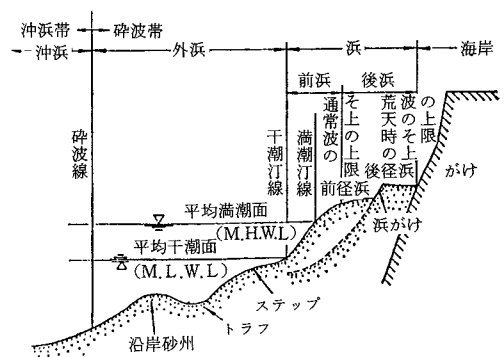
図—4 S—M—B法による波浪予知曲線(出典 4))

ギ平衡方程式に基づき,スペクトルの発達・減衰を追跡計算するスペクトル法などがあります。

〔問3〕 泳力不足での事故も多いですが、海で泳ぐときの注意点があれば教えてください。

〔回答〕 まず注意しなければならないのは、海はプールと違い、環境が一定ではなく常に状態が変化するということです。深みがあったり、水温が変わったり、流れがあったり、波の存在もまた海の変幻自在さを物語るものです。また、海はプールと比べられないほど広いということも重要な違いです。疲れたからといって床に足をついてプールサイドに戻るようなわけにはいきません。では、具体的にどのようなことに気をつけたらよいのでしょうか。

(1) 泳ぎ方向 沖向きに目いっぱい泳いでしま



図—5 砂浜の構造(出典 4))

い、帰る分の体力がなくなってしまうというようなそのような話でも事故は起きています。海での泳ぎ方の基本として、沖岸方向で泳がずに海岸沿いに泳ぐようにするということがいえます。

(2) 水深の変化 図-5は砂浜の模式図ですが、砂浜には波の作用によってできる沿岸砂州やステップが存在します。波の高いときには砕波は水深の深い所で起きますので、これらも深い所にありますが、波の小さいときは逆に浅い所にできます。夏の日本海などは大変静かなので浅い所にできます。つまり、このような砂浜では、今、背がたったからといって次の1歩も足がつくとは限らないのです。図でもわかるように、これを少し沖に外れると急に水深が増していきます。突然足がつかなくなってパニックに陥らないようにするには、砂浜にはこのような水深の変化があることを知っておかなければなりません。

(3) 流れの存在 砂浜近くでは海浜流と呼ばれる流れが存在しますが、これらは波とともに発達しますので、波が荒いときに海に入らなければ

ば問題になりません。しかし、サーフィンなど波がないとできないものもありますので触れておきます。海浜流には主に波による岸向きの質量輸送、砕波帯内を汀線と平行に流れる沿岸流および沖だし方向の流れである離岸流があります(図-6)。危険な流れは沿岸流と離岸流ですので、これについて述べます。

沿岸流とは、砕波によって砕波帯に放出された水塊が一種の傾斜流となって海岸に沿って流れるものです。この流れにのると自分のいた砂浜からどんどん遠ざかることになります。本能的に自分のいた場所に戻ろうと流れに逆らいながら泳いでしまうと、体力を著しく消耗することになります。この場合は、とにかく横に流されようがないにしようが岸と直角に泳ぐようにします。見た目には横に流されますが、実質的にはそれが岸への最短距離です(図-7)。

離岸流は上記の沿岸流が沖向きに流れだしたもので、リップカント(rip current)ともいいます。沿岸流が発達すると、ある間隔で狭い幅で砕波帯を横切るように離岸流が生じます。この流れは、離岸堤(岸から離れて消波ブロックなどでできた防波堤)や砂州の間など、水の流れやすい所がある地形でも起こりやすく、その流速は1~2 m/secにもなります。この流れにのると岸からだんだん離れていくので、反射的に岸に戻ろうとするとこの流れに逆らって泳ぐことになりますが、その流速からもわかるよ

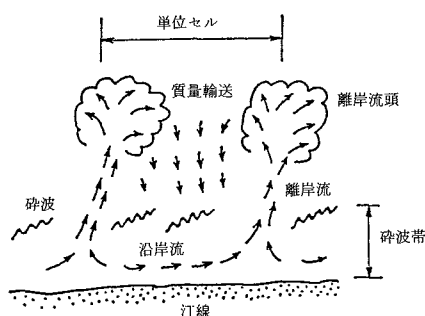


図-6 海浜で起こるさまざまな流れ(出典 2))

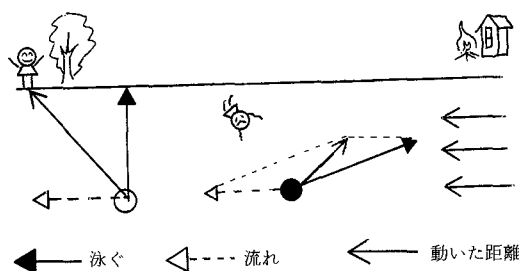


図-7 沿岸流の中での岸への最短距離

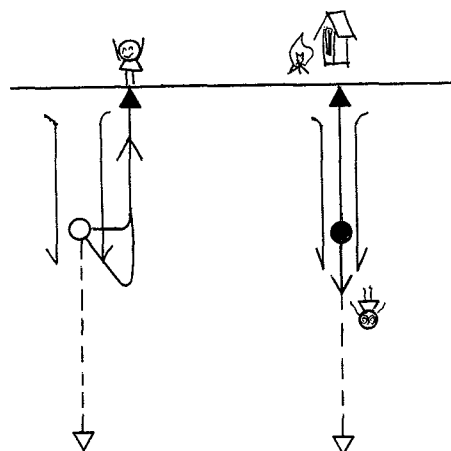


図-8 リップカレントからの逃げ方

うに決して岸に近づけません。では、どうすればよいのでしょうか。リップカレントが幅の狭い流れであることを知っていれば、答は簡単です。流れと直角に、岸と平行に泳げば簡単にこの流れから外れることができます(図-8)。この流れの存在を知っていればなんということの

ない話ですが、知らなければ流れが速いだけに事故につながる可能性は大きいといえます。

この沿岸流や離岸流は波が汀線に対して斜めに打寄せるとき発達しやすいので、泳ぐ前にどんな方向から波がきているかを確かめておくことも必要でしょう。

〔問4〕最後に、意に反して溺れそうな状況に陥ってしまったときはどうすればよいでしょうか

〔回答〕沖に流されて戻り体力もなく、どうしようもなくなったら、救助されるまで無理なく浮いていることが必要です。浮力を確保できるものが近くにあれば、それにつかまります。服などは袖を結んで浮き輪にすることもできます(服を着て海水浴をする人は少ないので意には反しますが、ビキニは万が一のとき役に立たないかも知れないという意味で理解してもらってよいと思います)。もし、これらができないときには息を吸込み、体の力を抜いて図-9のように浮きます。簡単に浮くことができ、息づきも余計な力を使わないため、長い間浮いているのに適した方法です。この1の状態からこむら返りをなおすこともできます。こむら返りなど緊急事態に陥ると、陸上と同じ状態で呼吸をしようと常に顔を空中にだそうとします。しかし、それではうまくなおすことはできませんし、水も飲みやすい危険な状態といえます。1

の状態のようにいったん水に潜るということがポイントといえます。ついでに、水を飲んで溺れるときの状況に触れますと、大概、最初に口に入る水は少量なのですが、溺れてしまうのはそれを反射的に吐いて慌てて息継ぎをしようとしたときに大量の水を飲んでしまうからです。苦しさをいったん我慢して一呼吸おいて息を整えるようにすれば、呼吸をするつもりが水を飲んで溺れてしまうようなことは防げるものと思われます。

最後に、とにかく浮き続けていれば救助を期待できますし、流木や図-10の浮子のように波による質量輸送により岸に運んでもらえるかも知れません。しかし、この図では半分の浮子が流失、海の藻屑と消えています。運を天にまかせたくない方は、今回をこと始めにしっかり海水浴の基礎知識を身につけ、安全な海水浴を楽しみましょう。

(文責 山中浩次)

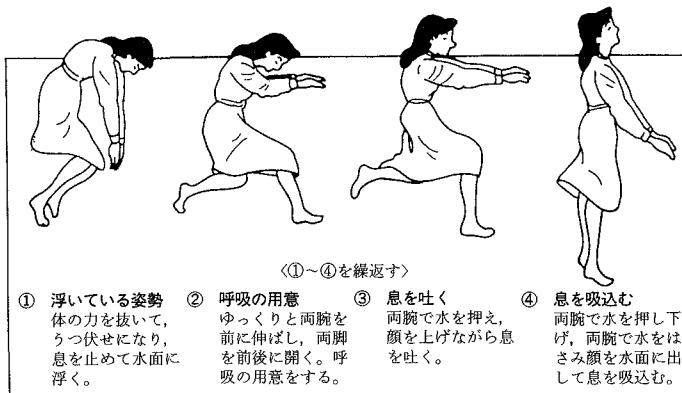


図-9a 体力を使わない浮き方(出典 8))

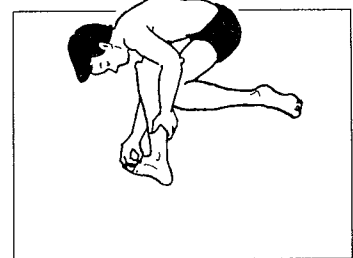


図-9b こむら返りをなおすときの姿勢

