京都教育大学臨海研究集録　3 : 51-58, 1992

海水浴のための海浜地形と海浜流に関する知識

第二社会科学科　武田一郎

まえがき

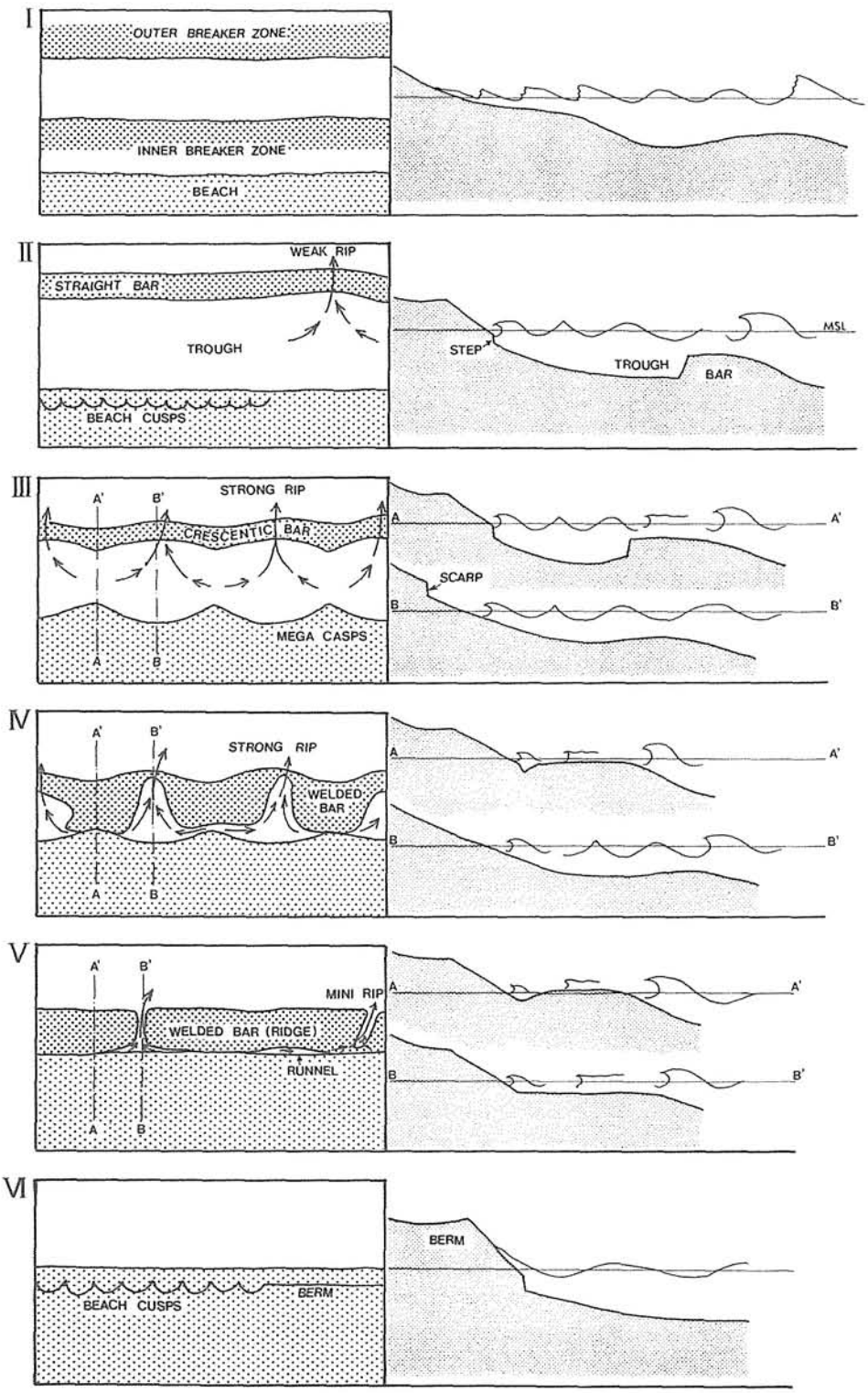
毎年，特に夏になると，海岸での水の事故が続発する．遊泳中や浜遊び中に沖に流されたり，海に引きずり込まれたり，深みにはまるといったケースが多いようである．しかも，かなり泳力のある者までが溺れてしまうことも少なくない．ところが，沖に向かう流れの発生する場所や急に深くなる場所の分布は意外と単純で，簡単に見分けることもできるのである．そのような海浜地形と海浜流に関する知識があれば，近寄るべきでない危険な場所がすぐわかるし，また，たとえ沖に向かう流れに巻き込まれた場合でも，その流れから逃れることもできる．以下で，安全な海水浴のための海浜地形，海浜流，波の性質などについて述べるが，読者の海辺での安全，および海水浴の引率，指導に役立てていただきたい．

砂浜海岸の地形変化

砂浜海岸は暴浪によって侵食される．侵食された砂は沖の方に運ばれ，浅海域に堆積してバー（海底洲）を形成する．このバーは，波の静穏時に，バーの形態を保ったまま徐々に岸方向に移動し，ついには岸に付着するウェルデッド・バーと呼ばれる状態となる．この状態で，ある波の条件を満足すると，バーは最終的に陸上に乗り上げバームという高まりを形成する．この一連の地形変化の間に暴浪が来ると，バーは沖の方に移動する．このような砂浜海岸の地形変化を，６段階のビーチ・ステージとして第１図に模式的に示した．次に，各ステージにおける地形，波，海浜流の性格について簡単に説明する．

ステージⅠ．　暴浪中，あるいは暴浪直後で波がまだ大きい時のステージである．汀線から１００～２００mほど沖に砂浜から侵食された砂が堆積するが，断面形はなめらかであり，沿岸方向にも変化の少ない単純な地形である．波は砂の堆積域付近で砕け，その岸側に位置するトラフ（沿岸方向にのびる深み）で波の形にreformし，汀線付近で再び砕ける．大暴浪の場合，波はトラフでreformせず，砕け波の状態のまま汀線に到達する．いずれにせよ汀線付近の波はかなり大きい．

ステージⅡ．　波が小さくなるとすぐに，砂の堆積域は岸側に急崖を持つ明瞭なバーの形態となり，それが岸方向に移動を始める．バーの頂部水深は徐々に小さくなり，干潮時に人の背の立つ深さになる．波はバーの上で一旦砕けるが，トラフで再びreformする．ただし，reform


I
OUTER BREAKER ZONE
INNER BREAKER ZONE
BEACH
II
WEAK RIP
STRAIGHT BAR
TROUGH
BEACH CUSPS
MSL
STEP
TROUGH
BAR
III
A'
B'
STRONG RIP
CRESCENTIC BAR
MEGA CASPS
A
B
SCARP
IV
STRONG RIP
WELDED BAR
V
MINI RIP
WELDED BAR (RIDGE)
RUNNEL
VI
BERM
BEACH CUSPS

第1図　海浜の地形変化

後の波高は小さくなり，砕波によってかなりの波のエネルギーが失われたこと（減衰効果）がわかる．また，同時に，バーの比高も大きくなり，バーをこえて岸側に流れ込んで来た水が沖側に戻りにくくなる（せき止め効果）．そのためトラフの水位が高くなるが，水位がある限界の高さに達すると，水はバーの頂部水深が相対的に大きなところで沖に向かって流れ戻ることになる．この流れは離岸流（リップ・カレント）と呼ばれるが，離岸流が流れる部分（リップ・チャネル）ではその流れによって海底がさらに堀り下げられ，バーが断ち切られることとなる．ステージⅡの状態ではバーのせき止め効果がまだ小さいため，離岸流は断続的な流れであり，流速もそれほど大きくはない．このステージでは，汀線のすぐ沖側にステップと呼ばれる水面下に没する急崖が，水面上にビーチ・カスプと呼ばれる沿岸方向に周期的に屈曲する地形が形成される．

ステージⅢ．　さらにバーが岸方向に移動すると，バーの頂部は腰くらいの深さとなる．バーの沖側斜面上で砕けた波はバー上を岸方向へ進む一方向流れ（段波）となり，これが汀線付近に多量の海水を供給するため，リップ・フィーダー（離岸流へと続く流れ）と離岸流は，定常的に強く流れるようになる．その離岸流のため，リップ・チャネルの部分でバーは沖側に引きずられ、バーの平面形態は三日月形（正確には，三日月形のバーが深いリップ・チャネルで分断された形態）となる．三日月形バーの波長はさまざまであるが，２００～３００m程度が一般的である．この時，汀線も三日月形バーと対応して屈曲し，メガカスプと呼ばれる周期性のある地形を呈する．メガカスプが陸側に屈曲した部分の前面はリップ・チャネルであり，そこでは水深が大きいため波は砕けにくく（減衰効果が弱く），汀線まで大きな波が到来するから，その部分はしばしば侵食され，スカープと呼ばれる陸上の崖（比高数１０cm～数m）が形成される．一方，メガカスプが沖側に突出した部分ではバーの減衰効果のために汀線付近の波は小さい．前のステージで形成されたビーチ・カスプはactive（その時の波に対応する）でなくなる．

ステージⅣ．　バーは，干潮時には頂部水深が膝ほどとなり，また面的にも広がる．三日月形バーの岸側に張り出した部分は汀線と結合するか，または汀線との間にランネル（トラフの浅く狭くなったもの）を残すだけとなる．せき止め効果がさらに強くなり，その結果，トラフ内の沿岸流やリップ・フィーダーも強さを増す．両方向のリップ・フィーダーを集めた離岸流はきわめて強い．

ステージⅤ．　バーは汀線に付着して，ウェルデッド・バーとなるが，その頂部は，潮位の低い時に水面上に出るようになる．ランネルやリップ・チャネルは砂による埋め立てが進行するため，さらに浅く狭くなる．ランネルを残している場合，バーはリッジと呼ばれることもある．汀線の屈曲（メガカスプ）は小さくなり，海浜は沿岸方向の変化の少ない単純な形態となる．

ステージⅥ．　周期が長く波高の小さな堆積性の波の状況下でウェルデッド・バーが陸上に乗り上げ，バームを形成する．ビーチ・カスプとステップが再び形成され，汀線は沿岸方向に

直線的に延びる．バームの高さは海浜によって異なり，波の小さな湖畔の浜で数１０ｃｍ，外洋に面する礫浜では５～６ｍにも達することもある．また，ビーチ・カスプの波長は，湖畔で数１０ｃｍから数ｍ，海浜で数１０ｍ（最大約６０ｍ）であり，ステップの比高は数１０ｃｍ～数ｍである．

前述したように，これらの海浜の状態は，波の静穏時にステージⅠ→Ⅵと変化し，暴浪になるとどのステージからでも一挙にステージⅠに戻る．このような一つの暴浪に対応する海浜の変化をストーム・サイクルと言う．また，季節により波の性格がまったく異なる場合，これに対応して海浜も季節変化し，高波浪季にはステージⅠ，低波浪季にはステージⅥ，その間の季節に中間的なステージとなる．このような海浜の季節的変化を季節サイクルと言う．たとえば，日本海は冬季に北西季節風のため時化の状態が続くが，夏季にはほとんど荒れることがなく，実質的に湖の状態となる．海浜も冬季には侵食型のステージⅠ，夏季には堆積型のステージⅣ・Ⅳ・Ⅵが卓越する．

どの海浜・湖浜においても，すべてのステージの生ずる可能性はある．しかし，実際には，年間を通していずれかひとつのステージあるいはふたつのステージに偏る海浜も少なくない．それほど大きな波の襲来しない海域（たとえば瀬戸内沿岸），内湾（たとえば天橋立），湖の岸辺（たとえば，琵琶湖岸，特に西岸），絶対的な波の規模は大きくとも相対的に波の力が強くはない粗粒砂や礫の海浜（たとえば，和歌山県御坊市の煙樹海岸）などでは，ステージⅥに偏る．一方，常に大きな波が押し寄せ，しかも堆積物が細粒の海浜は，年間を通してステージⅠの形態をとる（日本には良い例がない）．

海水浴の心得

泳いだり，水遊び，砂遊びをするときに注意しなければならないことを，ステージ毎に説明する．

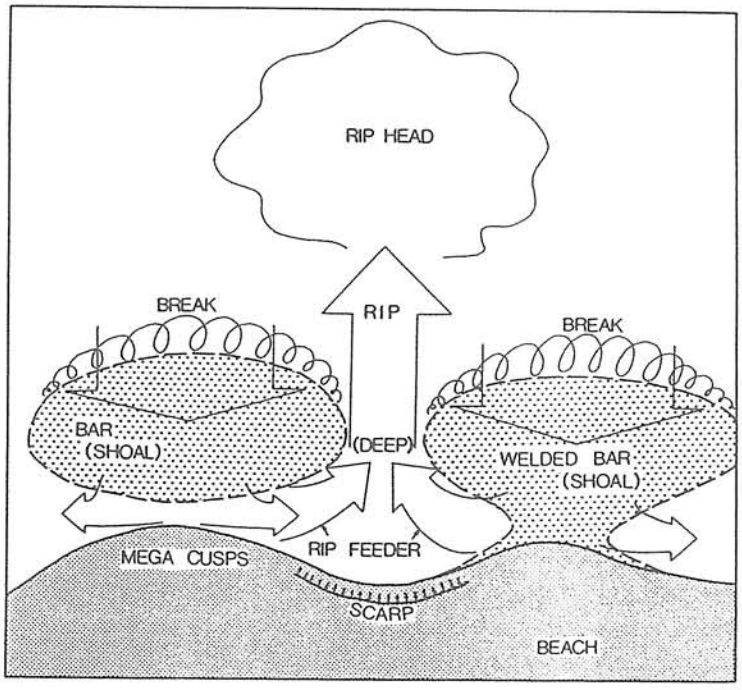
ステージⅠ．そもそも波の大きい状況に対応するステージであるから，普通は遊泳禁止になるし，それにもまして沖に泳ぎ出そうとする人はまずいない．しかし，せっかく来たのだからせめて膝や腰の深さまで水に入ってみようという意識はだれしもが持つであろう．その程度でも水難事故が起こってしまうのがこのステージの恐さである．

サーフ・ビートというサーファーには良く知られている現象がある．これは，周期の異なる複数の波群が重ね合わさるために生ずるものであるが，波打ち際に立っていると，時に大きい波が打ち寄せることがあり，それに続いて幾つかの大きい波が打ち寄せた後，しばらくは目立って大きい波はやってこないという現象である．また，セット・アップという砕波帯内の水位が高くなる現象（波打ち際の水位が最も高くなり，その高さは砕波波高の１割程度）もある．これは波のエネルギーがその地点の波の高さに比例するということに由来している．これらふたつの現象は数分の周期で同時に起こり，水位が高くなる時に大きい波が打ち寄せる．膝や腰

の深さで水遊びをしていたはずが，突然深くなり，かつ，そこに大きな波がやってくる．人間は腰の深さで流速１ｍ以上の流れには逆らえないという．しかも，暴浪の場合，引き波による流れは底層流であることが多く，足元からすくわれるように沖の方に引きずり込まれる．砕波帯内には入射波と反射波，両者の衝突で生ずる不規則な波，予測のできない様々な流れなどがあり，水泳の上級者でも岸に戻ってくるのはかなり難しい．このステージの時は海にはいるべきではない．

ステージⅡ．バーの波に対する減衰効果が小さいため，汀線付近の波はまだ大きい．時とし大波が押し寄せ（サーフ・ビート），しかも，その引き波は強い．トラフの水深は大きく，リップ・フィーダーが脈動的に発生するので，油断すると深いトラフにはまって沿岸方向に流され，そして離岸流によって沖方向に運ばれる．泳ぎに自信のない者は腰より浅いところで遊ぶべきであり，上級者もあまり岸から離れるべきではない．

ステージⅢ．第２図に模式的に示したように，バーの沖側斜面上で砕ける波の強さはバーの中央部で大きく，リップ・チャネルに近いほど小さい．前述したように，砕波後の波は，段波状の一方向流としてバー上を岸方向に流れる．減衰効果のため波打ち際の波はかなり小さいが，せき止め効果も強く，沿岸流，リップ・フィーダー，離岸流が定常的に強く流れる．離岸流は，まるで川の様に流れ，これには水泳のエキスパートでも逆らえない．波が比較的小さいにもかかわらず，離岸流による水難事故が多発するステージであり，泳ぎに自信のある人でも溺れるケースの多い海浜状態である．注意して欲しい．



第２図　　ステージⅢとⅣにおける浅海域の状態．

離岸流の流れている場所を見分けるのは簡単である．リップ・チャネルは水深が大きく，そこだけ波が砕けない．また，リップ・チャネルの岸側の部分は，沖からやって来る波とふたつの沿岸流が衝突するため逆波立っている（漁師はウズと呼んでいる）．さらにリップ・チャネルの間隔は２００～３００ｍで，かなり規則的である．加えて，リップ・チャネルでは強い流れによって海底の砂が舞い上がり，水が濁っている事が多い．これらの事から，離岸流が沖に向かって流れている所はすぐわかる．泳ぐときには，ふたつのリップ・チャネルの中間部（汀線が沖の方に張り出している部分）が沿岸流の流速も小さく，安全である．

離岸流に巻き込まれたときには絶対に岸方向に戻ろうとしてはならない．最短距離で岸に戻りたいという心理が働くが，離岸流の流速は２ｍ／秒以上にもなり，これは人間が泳ぐスピードよりも速い流れである．泳いでも泳いでも前に進まず，ついには力尽きる．離岸流から逃れるためには，この流れは岸からせいぜい２００～３００ｍのリップ・ヘッドでなくなってしまうから，そのまま浮いていて沖に流され，流れが止まったところで，リップ・チャネルを避けるように戻ってくればよい．前述したようにリップ・チャネルの部分では波は砕けていないから，沖の方からも位置はすぐわかる．“波の砕けている所は恐い”という心理が働きがちだが，波が砕けているということは，そこが浅いということであり，岸向きの流れがあるこということである（第２図）．砕波地点まで戻れば，そこは背の立つ深さである．もうひとつ，離岸流から逃れる方法がある．離岸流の流れる幅はせいぜい２０～３０ｍ程度であるから，沿岸方向（離岸流を横切る方向）に泳げばバーの浅瀬にすぐにたどり着ける．ただし，バーにたどり着くまで，かなりの流れの抵抗（離岸流そのものだけではなく，バーからリップ・チャネルに入り込む強い流れがある）を覚悟しなければならない．

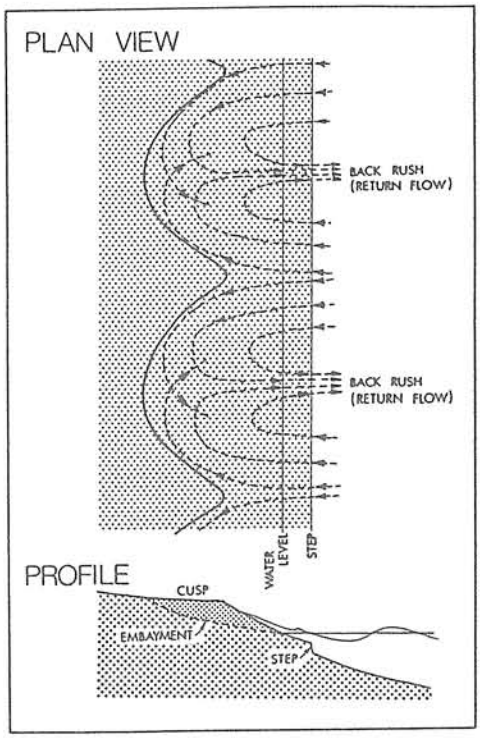
ところで，サーファーは第２図の様なバー海浜の状況をよく知っており，離岸流を逆用して沖に泳ぎだし，波の大きなバー中央部で波に乗る．また，浜釣りをする人達もこの状況を知っており，リップ・チャネルの深みから岸近くまで入って来るスズキなどの大物を狙うそうである．

ステージⅣ．トラフは埋め立てられて浅くなり，それに続くリップ・チャネルも浅くなって背の立つ程度となる．しかし離岸流の流速はきわめて大きく，流れに逆らうことはほとんど不可能であり，沖に流される危険性が高い．浅く広くなったバーで夢中になって遊んでいると突然リップ・チャネルの深みにはまり，強い流れに巻き込まれることになる．離岸流に流された時には，前のステージと同じく，一旦沖に流されてからリップ・チャネルを避けて波の砕けているバーに戻って来ればよい．くれぐれも慌てないことである．

ステージⅤ．バーやランネルは絶好の水遊び場になる．リップ・チャネルは埋め尽くされるか極めて小規模なものになる．危険度は低いが，小規模とはいえ沖に流れる流れはあるので，特に子供には注意したい．

ステージⅥ．波の小さな状況に対応するステージであり，海水浴に最も適している．特に，細粒砂から成る海浜では安全である．しかし，外洋に面する粗粒砂海浜ではこのステージでも注意しなければならないことがある．波は汀線付近で砕けた後，海側に傾斜した斜面上に打ち

上げ，その海水は再び海に流れ下る．この戻り流れをバック・ラッシュと言う．ビーチ・カスプが形成されている場合，カスプのくぼみの部分にはカスプの一波長分の水が集まり，バック・ラッシュは一筋の奔流となる（第３図）．粗い砂から成る海浜には，比較的大きな波の状況下でもこのステージが現れ，この時カスプの波長は４０～６０ｍにもなる．カスプのくぼみに集まる水の量が多いために，バック・ラッシュはきわめて強くなる．また，そのような海浜では，ステップの高さが２～３ｍにもなり，波打ち際のすぐ沖側であるにもかかわらず背が立たない場合もある．カスプのくぼみに居ると，バック・ラッシュに襲われ，斜面が海側に傾斜していることもあって流れにはさからえきれず，簡単にステップの深みにまでもっていかれる．ただし，この流れは海にはいるとすぐに止まるので，次に打ち上げる波に乗って陸に戻り，バック・ラッシュが生ずる前にカスプの高まりに逃げればよい．それにしても泳げない人は注意すべきである．



第３図　ビーチ・カスプ海浜における遡上波のパターン．

以上，自然状態がほぼ保たれている砂浜海岸を例にとって説明してきたが，我が国には，養浜のため，浅海域にある間隔でテトラポットを敷設してある海浜も多い．これらは波や流れに対してバーと同じ様な働き（減衰作用やせき止め作用）を持つから，海浜流もバー海浜と同じ様になる．テトラポットの内側に沿岸流が生じ，テトラポットとテトラポットの間を沖に向かって離岸流が流れる．すなわち，海浜流や海浜地形に対する注意は，バー海浜と同様である．ところが，このような海浜で特に注意しなければならないことがある．沖に流された時，波の砕けているテトラポット敷設部に戻ってきてはならない．波の力でテトラポットの隙間に押し込められ，抜け出すことができずに溺れてしまうという事故が多い．救助も難しく，事故から数年経ってもまだ遺体が発見できないケースも少なくないそうである．沖に流されたときには，離岸流の一時的な停止を待って戻って来るか，海浜の端の岬まで泳がねばならない．特に，波の大きい時には離岸流も強くなるので，十分な注意が必要である．

浅海域に基盤岩が露出している海浜もある．このような岩もバーと同じ働きをし，岩と岩の間に離岩流が発生しやすい．沖から戻って来る時は，岩と岩の間の距離が大きいところを選ぶと，離岸流の流速が小さく楽である．また，岩に近づくと，波によって岩にたたきつけられることがあり危険である．岩の近くに居て大きな波が来た時には，水面下では波の力が指数関数的に減衰するから，水の中に潜ればよい．

波が海岸線に対し斜めの方向から入射している場合，きわめて強い沿岸流が発生し，離岸流もその方向に引きずられる．バー，テトラポット，露出岩などがあると流速がさらに増し，危

険性も増す．また沖合いに島があると，海峡部に速い潮流が流れることがあり，それが浅海域にまで影響を及ぼし，強い沿岸流の発生することもある．

海浜での危険な場所と流れ，沖に流された時の対処方について触れてきた．しかし，対処方についてはかなり泳力のある人でなければできない内容である．泳ぎに自信のない人は，とにかく，波の大きいときには海に入らないことである．また，泳力に自信のある人でも，背の立たない深さで速い流れに巻き込まれるとパニック状態になりやすい．特にリップ・チャネルでは強い流れに加えて逆波が立っており不安をさそう．くれぐれも慌てず，対処法を思い出して欲しい．

あとがき

シドニーの海岸で１０か月間，海浜地形に関する調査を行ったことがある．海水浴シーズンになると，浜は結構にぎわい，特に，ある狭い範囲が，子供連れの家族でいっぱいになる．そこは，ちょうどバーの中央部に面する所であり，波も流れも弱い安全なところである．その区間の両端にはポールがさしてあり，背後の砂丘の上に双眼鏡を目にあてた監視員がいる．要するに，そこは，遊泳区間として指定された場所である．ところで，バーは岸沖方向だけではなく沿岸方向にも移動し，それにともない安全な場所も移動するが，バーが移動した日には必ずポールの位置も安全な場所に移動している．監視員の経験も豊富なのだろうが，聞くところによると，海浜地形の専門家の指導もあるらしい．

日本の海水浴場では，波の状況に応じて色の異なる旗を揚げて遊泳を制限しているようであるが，これに加え，安全な場所を遊泳区間として表示すれば，水の事故はかなり減るのではなかろうか．また，ここに紹介したような事をふまえた安全教育も有効であろう．