

# 沖縄本島にみるリーフ海岸での開発と保全の姿

宇多高明・五十嵐竜行

## 1. はじめに

熱帯・亜熱帯の海岸は、リーフの発達とともに特有の海浜植生が生育するため、本州の海岸とは大きく異なる環境を有している。沖縄本島においても、本土復帰前には多くの地域でこのような特徴ある海岸環境が見られたが、復帰後急速に進んだ海岸線付近の土地利用の変化や、海岸線に沿う道路整備などにより、特徴ある海岸環境が急速に失われた。海岸付近の土地利用の変化は、可住地の少ない沖縄本島にあっては不可避であったと思われるが、これによって良好な自然環境が多く失われたこともまた事実である。さらに、近年沖縄では観光立県の観点から人工海浜の造成なども活発に進められたが、人工海浜の造成後、養浜砂の流出や飛砂に悩まされる事例も多く発生している。本稿では、過去の様々な開発のその後の状況や、沖縄の原風景が保たれている海岸の姿について現地踏査を行い、種々の問題の発生を未然に防ぐために必要とされた配慮事項について考察した。現地踏査は2013年1月、沖縄本島で実施した。

## 2. 沖縄の海岸の現状と課題

### 2.1 沖縄の海岸の原風景

沖縄本島北端に位置する辺戸岬の近傍にある奥海岸の衛星画像を図-1に示す。奥海岸ではリーフの発達が良好であるが、リーフが中央部で湾入しており、それに応じて汀線も凹状である。海岸線を東端の岬から見下ろすと、広いリーフの陸側端にリーフ起源の砂礫が堆積してきれいな砂浜が発達していた(図-2)。湾入汀線に対し岬の隣接部を除いて植生帯の外縁線もほぼ平行に伸びており、植生帯外縁線は同一標高で連なっているように見えた。図-1の点aでこの状況を撮影した写真を図-3に示す。後浜と背後地の境界にはアダンを主とする植生帯がほぼ一定標高を保って沿岸方向に連なっていた。

### 2.2 人工海浜での飛砂

沖縄本島南部の知念岬の北1.4kmにあつて太平洋を北東方向に望む場所には、あざまサンサンビーチの人工海浜が造られた(図-4)。この海岸では3基の突堤が伸ばされ、これらの施設により囲まれた区域で養浜が行われた。養浜後、突堤間では緩く湾曲した安定海浜が形成されていることから、この人工海浜では波による漂砂の制御は成功した。しかし北東風の作用時、養浜砂が背後地へ運ばれる飛砂の発生が課題となっていた。この海浜では、海浜と背後地の間に幅広い遊歩道が伸び、その海側端は緩傾斜



図-1 沖縄本島北端部に位置する奥海岸の衛星画像



図-2 奥海岸の斜め写真



図-3 奥海岸の後浜背後にある密生したアダン林

護岸で縁どられていた。この緩傾斜護岸上（図-4のb点）から南側を望むと、図-5のように遊歩道と海浜を分ける緩傾斜護岸のステップ上に飛砂が堆積してなだらかなスロープが形成され、また護岸と遊歩道の高さが同一のため、スロープを這い上がった飛砂は背後地へと容易に運ばれていた。図-6に示すように背後の施設への飛砂の侵入を防ぐために木製の堆砂垣は設置されてはいたが、木杭が隙間なく並べられた不透過構造であったために、飛砂は堆砂垣に沿って運ばれた後、堆砂垣の端部から公園内へと侵入していた（図-6：図-4の地点c）。海浜利用上の適性より沖縄では養浜砂として一般に細砂が用いられているが、波による細砂の流出は防止できたものの飛砂による海浜砂の流出に課題が残されていた。

### 2.3 ポケットビーチ中央部での侵食

埋立地造成によって海岸線付近まで開発が進んだ地域では、埋め立てによって失われた自然海浜に代わり人工海浜が造成されることがしばしばある。この場合、用地が十分取れないため海浜が海側の狭い区域に押しやられ、結果的に初期海浜の安定性が失われた例が数多い。那覇の北東13kmに位置する北谷町サンセットビーチが実例のひとつである（図-7）。このビーチでは、南北両端に突堤が伸ばされ、それらの間で養浜が行われたが、両端の突堤による波の遮蔽効果が開口部中央で強く現れ、そこでは前浜が消失し、護岸が波に曝されていた。この人工海浜では、図-7に示すように北突堤は護岸線から120m沖で60mの突出長を有するのに対し、南突堤は95m沖で長さが30mと短い上、斜め沖向きに伸ばされたため波の遮蔽効果が北突堤に比べて弱いという特徴を有していた。人工海浜の汀線形状を比較すると、突堤によって養浜砂の流出は防止されているものの、両端の突堤による波の遮蔽効果が著しいため、中央部から両端方向への漂砂が生じた結果、中央部の護岸前浜では前浜が消失したと考えられる。海浜公園の中央部（図-7の点d）では図-8のようにブロック式の緩傾斜護岸があったが、前浜は全く存在せず、ブロックが波の打ち上げのため変色し、護岸沖には耐候性の大型土嚢が直線状に並べられていた。緩傾斜護岸への波の打ち上げが著しいために、波の打ち上げを軽減するために大型土嚢が設置されたことが明らかで、海水浴利用のため人工海浜が造成されたものの、造成後中央部での養浜砂が南北両方向に流出した結果護岸が露出し、海水浴のための

ビーチが消失したと考えられる。当初のポケットビーチの配置計画の検討が不十分であったと考えられる。

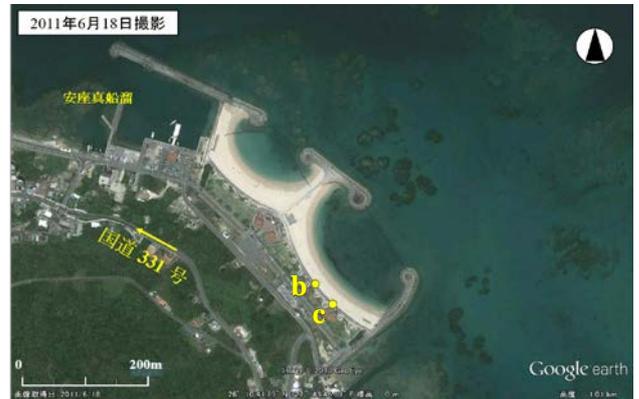


図-4 あざまサンサンビーチの衛星画像



図-5 飛砂で埋まった緩傾斜護岸(あざまサンサンビーチ)



図-6 木杭列堆砂垣間の開口部から背後地への飛砂の侵入(あざまサンサンビーチ)

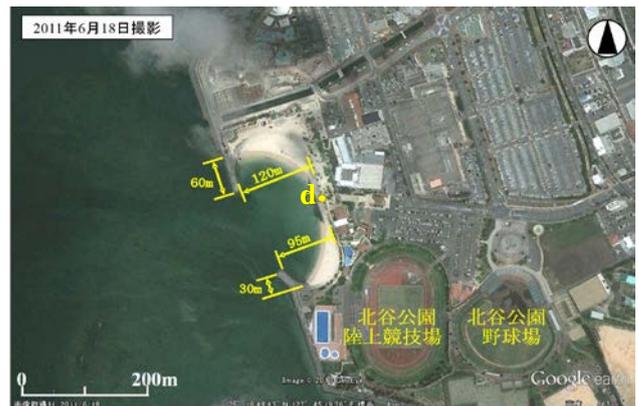


図-7 サンセットビーチの衛星画像

土研センター

2.4 リーフ掘削が海浜変形に及ぼす影響と飛砂

北谷町のアラハビーチではリーフがよく発達していたが、米軍によりリーフが掘削され現況では海岸線近くまで深みが迫っている（図-9）。白く見える海浜が両端を長さ90mの突堤に挟まれた長さ600mのアラハビーチである。沖には掘削穴が黒く見える。海岸線付近まで埋め立てが行われ、その西側に人工ビーチが造られた。沖合の海底のeは掘削部分であるが、その北側には掘削されずに残されたリーフの浅瀬fが伸びている。図-9によると、現況の砂浜と侵食されて水面下に残された砂の堆積域が色調の違いから見て取れ、当初背後の護岸線と平行に養浜が行われたが、北向きの沿岸漂砂により人工海浜の南半分では汀線が後退し、北側では前進することにより背後の護岸線と斜行した汀線が形成されたと推察される。その理由として、人工海浜沖の南半分には深みeがある一方、北半分には浅いリーフfが残され、それが消波効果を発揮しているため、全体として南側で波高が高く、北側で低いという波高分布となり、結果として波の遮蔽域外（南側）から遮蔽域内（北側）への沿岸漂砂が誘起されたことが考えられる。この結果、南部では汀線が後退して海浜の沖端付近に浅い水域が形成される一方、北端の突堤先端付近では砂が深みへと急勾配をなして落ち込んだと推定できる。すなわち、埋立地の西縁に沿って海浜を造成する際、沿岸漂砂の作用が十分考慮されないまま計画が立てられたことが後に課題を残したと考えられる。

一方、この人工海浜では、海浜背後には琉球石灰岩を用いた勾配1/5の平滑なり面を有する緩傾斜護岸が造られており、その天端には高さ30cmの突起があるのみであった（図-10, 11）。突起の高さが低く、不透過構造のため飛砂は突起を容易に飛び越え遊歩道内へと侵入していた。遊歩道の陸側には都市公園が広がっており、そこには亜熱帯の景観を作り出すためにヤシの植栽があった（図-11参照）。しかし高木では地面付近の風は弱まることなしに内陸へと吹き込み、その際飛砂を発生させていた。すなわち、アラハビーチでは公園から望む海の景観を重視した設計がなされたがゆえに、海浜から公園内へと吹き上がる飛砂を防ぐことができていないことが分かった。



図-8 サンセットビーチ中央部の露出した緩傾斜護岸



図-9 アラハビーチの衛星画像



図-10 人工海浜背後の緩傾斜護岸と遊歩道（アラハビーチ）

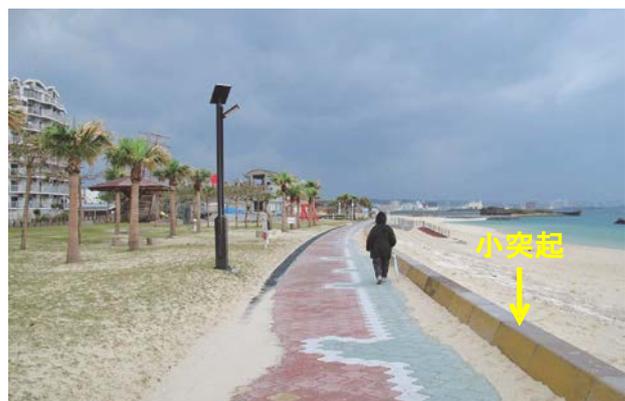


図-11 遊歩道と海浜を分ける低い小突起(アラハビーチ)

### 3. 問題の発生を防ぐための留意点

#### 3.1 リーフ海岸における砂浜保全

奥海岸の事例のみならず沖縄本島南端にある糸満市の米須海岸など、沖縄本島にはサンゴ礁海岸の自然地形がよく残されている場所が数多くある。これらの海岸では、図-12の模式図に示すように、陸側端はアダン林で覆われており、植生密度が高いため海風はアダン林によって弱められ、内陸への飛砂や飛沫塩分の飛来は抑制されている。アダン林の前面には草木類が繁茂し、満潮時の遡上点は海浜中央の点A付近にあるので、通常時には草木類の生育地まで波は遡上しない。AB間は海浜であり、そこには海岸ごとに有限量の砂が堆積している。したがってこの砂の除去は侵食原因となるし、またサンゴ砂は沖合のリーフエッジ付近（C）から供給されるものであるがゆえに、砂の発生源付近の改変やリーフ面上での岸向き漂砂を阻害する行為を避けることが海浜の安定性を保つ上で大事である。リーフ海岸では沖合のサンゴ礁、砂浜および陸域の植生が有機的に結びついているので、それらのバランスを極力崩さないようにする視点を持つことが大事である。

#### 3.2 飛砂対策

あざまサンサンビーチに典型的な姿が見られたように、人工海浜において細砂を用いた養浜が行われるとしばしば著しい飛砂害が発生する。あざまサンサンビーチでは飛砂対策として木杭を用いた堆砂垣が設置されていたが、図-12の模式図に示した天然アダン林が透過性のために砂のトラップが起こると対照的に、その構造が不透過であり風速低減によって堆砂を促進する形状ではなかった。また、海浜と遊歩道間に段差もなく、なだらかなスロープとなっていたことも飛砂の助長要因の一つであった。このように、人工海浜の設計では、波による砂の流出防止には十分な配慮が行われるのに対し、海浜から背後地への飛砂については検討が不十分な例が多く、とくにアラハビーチでも見られたように（図-11参照）、都市公園の設計のように景観のみ重視して高木を配置した場合、事後の維持管理に多大な労力を要することになる。高木中心の公園植栽は水平線を望む景観は良好であるが、飛砂の抑制には効果的でないことを十分考慮し、海浜から背後地への飛砂の抑制が可能のように境界壁を必要な高さとするとともに、堆砂垣や植栽をも利用した飛砂対策を

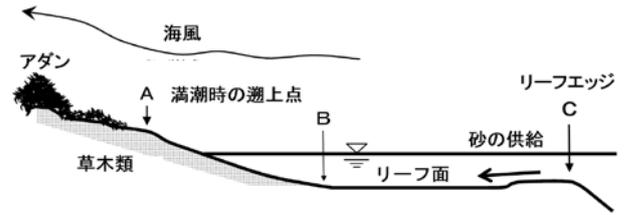


図-12 リーフ海岸の縦断形の模式図

行うことが現実的である。景観と飛砂害とはtrade-offの関係にあることを十分注意し、図-12に示したように密生したアダン林の植栽を用い、景観はある程度損なわれるとしても飛砂対策が恒常的に必要となることを避けることが有効である。

#### 3.3 人工海浜の施設配置と汀線形状

サンセットビーチのように両端部に突堤が伸ばされて波が遮蔽されると、両施設間の汀線は直線状の姿を保つことはできず湾曲した汀線が形成される。この場合、安定な3次元海浜形状はBGモデルなど<sup>1)</sup>により定量評価が可能となっている。その事例には、伊良部島の長山の浜での養浜計画検討の例<sup>2)</sup>がある。計画段階でのこの種の検討を十分行うことが整備後の問題の発生を防ぐこととなる。

同様に、アラハビーチでは、海浜の中央以北にはリーフの浅瀬が残されているのに対し、南半分ではリーフの掘削が行われて深みが形成され、波浪場が南北非対称となったことが要因となって養浜砂の北向き移動が起り、北端の突堤先端付近から沖への落ち込みが起きていると推察された。このような場合についても上記数値モデルによる検討を当初から行うことが問題の発生を防ぐこととなる。

#### 参考文献

- 1) 芹沢真澄、宇多高明、三波俊郎、古池 鋼：Bagnold概念に基づく海浜変形モデル、土木学会論文誌B、Vol.62、No.4、pp.330～347、2006。
- 2) 宇多高明、宮原志帆、宜保 勝、勢理客 武、奥間章、嶺井治男、三波俊郎、芹沢真澄、菊池昭男：伊良部島長山の浜の侵食実態とBGモデルによる海浜安定化検討、土木学会論文誌B2（海岸工学）、Vol.67、No.2、p.I\_586～I\_590、2011。

宇多高明



(一財)土木研究センター  
常務理事、なぎさ総合研究室長  
Dr. Takaaki UDA

五十嵐竜行



(一財)土木研究センター  
河川・海岸研究部長  
Tatsuyuki IGARASHI