

# リーフ海岸における平均水位上昇量に関する研究

仲 座 栄 三\* ・ 津嘉山正光\*\* ・ 川 上 和 宏\*\*\*  
渡慶次健忠\*\*\*・ 鹿 田 正 一\*\*\*\*・ 駒 口 友 章\*\*\*\*

## 1. はじめに

天然のリーフ海岸では, しばしば水位の上昇による災害が発生している。リーフ海岸における水位上昇量に関しては, 二次元実験や数値計算などをおしてかなり検討されている。中でも, 合田の浅海域における波浪の碎波変形 (1975) や港湾構造物の耐波設計 (1977), 高山ら (1977) のリーフ上の波と水位上昇量の算定手法は特筆される。これを契機にリーフ上の海岸構造物の合理的な設計手法が確立されることとなった。その後, 江頭ら (1985) は, リーフ上の波浪観測を行い, 高山式中の各係数の見直しを行った。その中で, リーフ上の水位上昇量については, 高山らの実験で見られたと同様に, リーフ奥でかなり水位の低下が見られるとしている。

リーフ上の波や水位上昇量に関しては, 人工リーフに関する研究などをおしても検討されており, 人工リーフの設計においては二次元実験などで得られた水位上昇量の半分程度の値を用いることが推奨されている (人工リーフの設計の手引き, 1992)。沖縄県下では, 天然のリーフ海岸における海岸構造物の設計においても, これまでの経験や人工リーフに関する手引きなどを参考に, 計算水位の  $3/4$  や  $1/2$  を用いることが推奨されている場合もあり, 未だ統一した見解が得られていない。こうした現状は, 二次元水理実験が実海岸の状況と大きく異なることや, 検証のための現地データが十分得られていないことなどに起因している。

このような状況下, 1988 年からリーフ上の設計手法の見直しが琉球大学及び水産庁・沖縄県を中心として進められてきた。その間, 8 年間にも亘る現地観測が行われた。この現地観測は, これまで高潮災害が多発した通称「三大水位上昇漁港」を中心として 5 個所の海岸で行われ, 設計波クラスに達する沖波波高の観測も相当な量に達した。

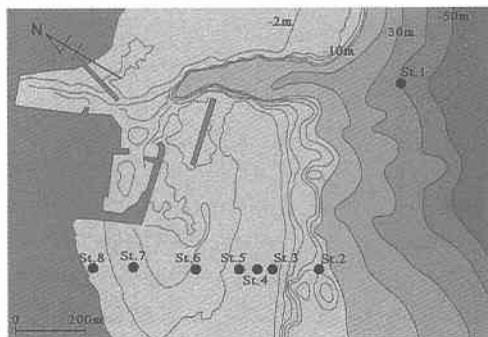
本研究は, 上記の 8 年間にも亘るリーフ上の波浪の現地観測データをもとに, リーフ上の水位上昇量に限定し

て検討したものである。

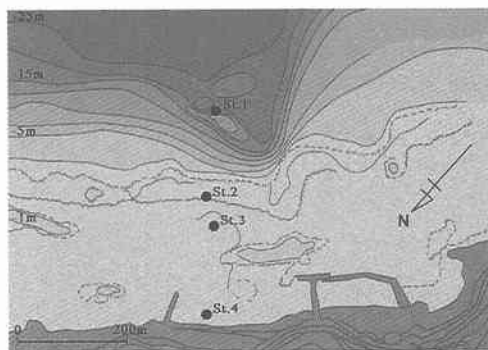
## 2. 現地観測位置及び方法

現地観測位置を図一～四に示す。図中には代表的な観測点を示してある。図一及び二の海岸は, 沖縄本島南部具志頭村内に位置し, 港川海岸及び坡名城海岸と呼ばれている。港川海岸と坡名城海岸とは, 約 2 km 離れている。図示のとおり, 港川海岸は漁港など人工構造物の存在やリーフギャップの存在のために, 沿岸方向に比較的三次元性の強い海岸となっている。一方, 坡名城海岸は比較的二次元性の海岸といえる。

図三に示す海岸は, 沖縄本島から約 360 km 南に離れた宮古島の上野村内に位置し, 博愛漁港を中心とする通



図一 港川海岸



図二 坡名城海岸

\* 正会員 工博 琉球大学助教授 工学部環境建設工学科

\*\* 正会員 工博 琉球大学教授 工学部環境建設工学科

\*\*\* 沖縄県漁港課

\*\*\*\* 正会員 工博 (財)漁港漁村建設技術研究所

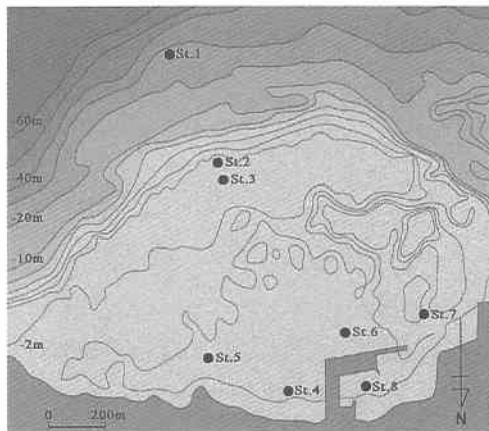


図-3 博愛海岸



写真-1 博愛海岸



写真-2 鳥島海岸

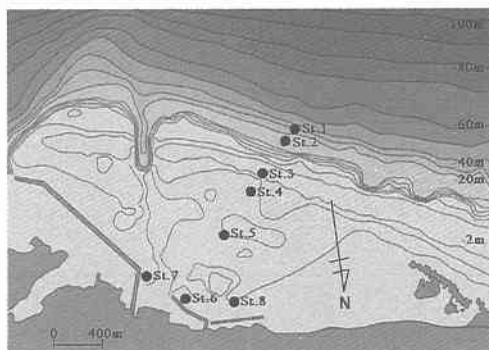


図-4 鳥島海岸

称博愛海岸である。この海岸一帯の航空写真を写真-1に示す。写真には、流れの痕跡を示す筋状の模様がリーフ上に見られ、それから判断すると流れは南東側のリーフ先端から円弧を描くように南西側のリーフギャップに向かっていているものと判断される。

図-4に示す海岸は、沖縄本島の南西約80kmに位置する久米島の鳥島漁港を中心とする海岸である。この海域の航空写真を写真-2に示す。この海岸の場合、流れは南西から漁港及び港湾の防波堤に沿いリーフギャップに向かう流れとなっているものと判断される。

観測には主として水圧計と流速計が内蔵されている波高計(WAVE HUNTER)が用いられたが、一部超音波式波高計をも用いている。観測は基本的に1時間おきに20分間観測とし、データサンプリングレートは0.5秒に設定した。現地観測は、その他沖縄本島南部の米須海岸でも行われたが、以下においては、水位上昇量のデータが系統的に得られている上記4海岸の観測データで検討する。

### 3. 観測結果及び考察

リーフ上の波・流れは、リーフ先端部の水深に大きく規定されることが分っているため(津嘉山ら, 1989, 1995), 以下リーフ上水深( $h$ )としては、リーフ先端付近の平均水深を用いることとする。図-5~8に、それぞれの海岸における高波浪時の平均流速ベクトルを示す。博愛海岸及び鳥島海岸の場合、流速ベクトルは航空写真で見られた流れの痕跡とほぼ同様な方向に向いている。港川海岸の場合、リーフ先端から時計回りの流れとなっている。一方、二次元的な海岸である玻名城海岸の場合は、沿岸流速が殆どなく、ほぼ冲向きの流れとなっている。この冲向きの流れは二次元実験で見られる冲向きの戻り流れと考えられ、この海岸の水理現象は二次元性が強いことを示している。

すなわち、観測対象とした海岸は、その地形特性が異なるのみでなく、海浜流のパターンも大きく異なり、水理学的にも相違点を有する。これらの海岸におけるデータを比較することで、これまで水理実験などで検討が困難であった問題や、はじめに述べたリーフ海岸における水位上昇量算定法の問題等へ解答を与えることが期待される。以下ではその点について検討する。

図-9に、換算沖波( $H_0$ )と水位上昇量( $\Delta h$ )との関係を示す。図示のとおり、水位上昇量と沖波の間にはほぼ直線的な関係がある。観測値はいずれの海岸でも殆ど同じ傾向にあり、平均水位上昇量があまり海岸の平面形状に関係しないことを示している。

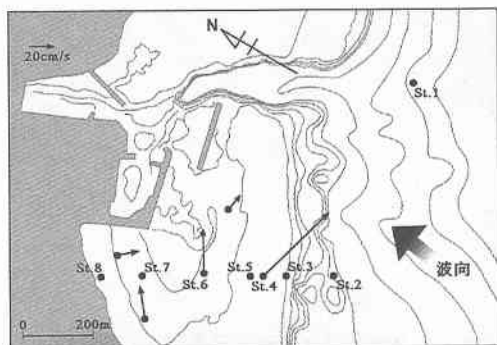


図-5 平均流速分布 (港川)

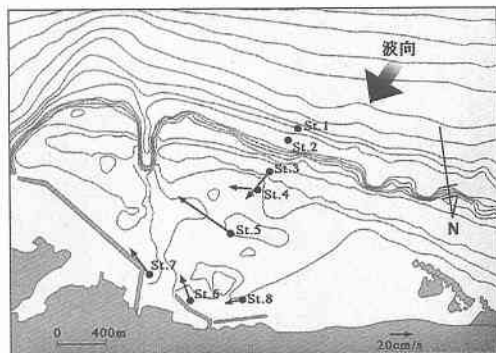


図-8 平均流速分布 (鳥島)

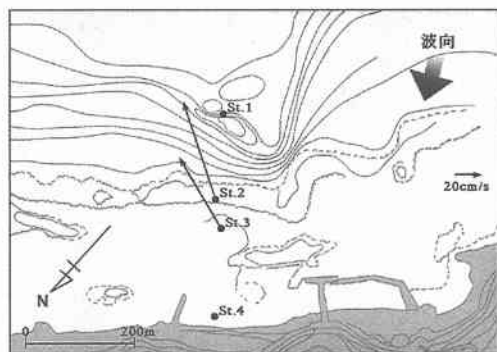


図-6 平均流速分布 (波名城)

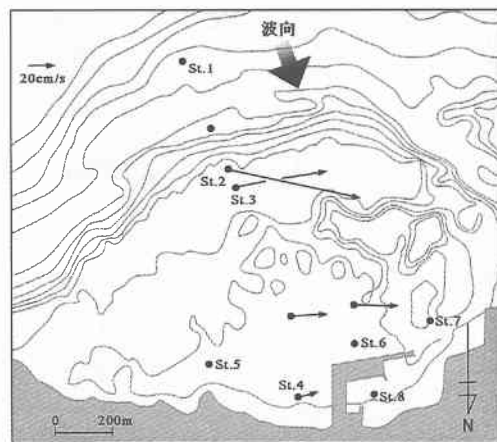


図-7 平均流速分布 (博愛)

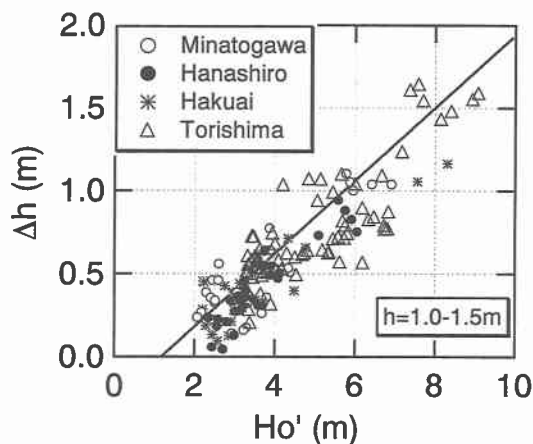


図-9 平均水位上昇量と換算沖波との関係

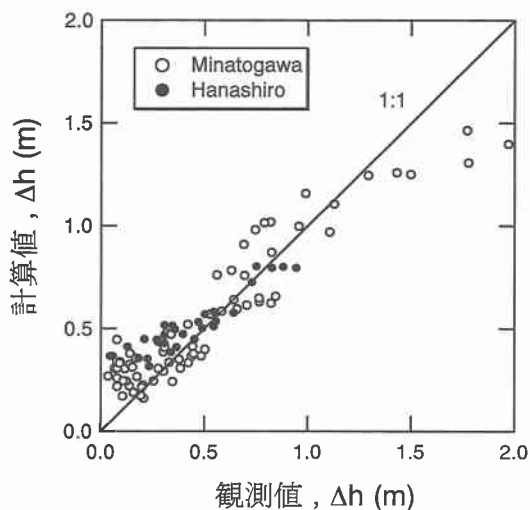
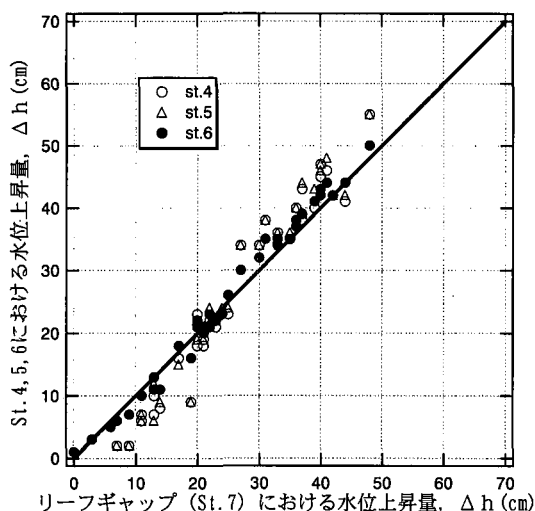


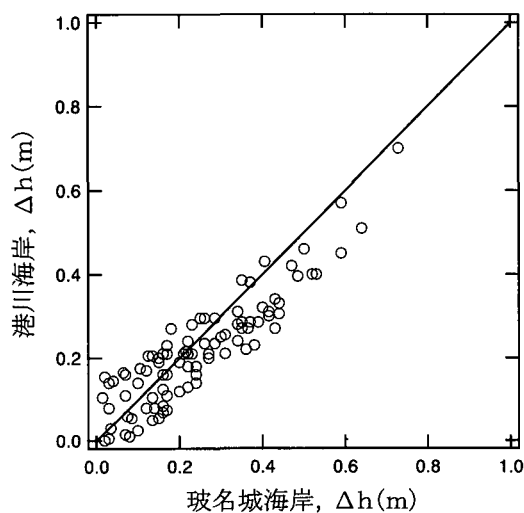
図-10 水位上昇量の観測値と計算値との比較

水位上昇量について、高山らの計算手法を用いて求めた計算値と観測値との比較を図-10に示す。計算に際しては、リーフ上の波高算定に高山式ら(1977)らの算定式を用い、高山式中の各係数には津嘉山ら(1995)の観測値を用いている。図示のとおり、観測値と計算値との対応は良い。

図-11に、博愛海岸においてリーフ奥(St. 4, 5, 6)とリーフギャップ付近(St. 7)との水位上昇量の比較を示



図—11 リーフ沖とリーフギャップ付近の水位上昇量との比較 (博愛)



図—12 港川海岸と具志頭海岸との比較

す。水位上昇量は、僅かにリーフギャップ付近で下がる傾向にあるが、その差は高々10 cm程度である。その結果、計算値の誤差は10%以内に収まっている。

図—12に、港川海岸と玻名城海岸との比較を示す。図示のとおり、両海岸の水位上昇量はほぼ同じ値となっており、この場合も海岸の平面形状の影響があまり出ていない。

以上のことから、平均水位の上昇量としては、高山らが与えた計算手法に基づく計算値をそのまま用いて良いことが分った。ただし、各種係数については津嘉山らの値を用いることを前提にしている。

ところで、江頭らの観測値では明らかに、リーフ奥で

水位上昇量が計算値よりもはるかに小さくなっている。また、隣接する漁港でありながら、異常な水位上昇量による被災箇所が発生する所とそうでない箇所とが存在するというような事例もある。このことは、やはりリーフ形状によっては水位上昇量を計算値よりもいくらか割り引かなければならないということを示唆している。このことに関して、具体的な説明は津嘉山(1989)に詳しい。

ここで、現地観測の対象とした海岸を再見すると、リーフの平面形状の違いとは別に、サンゴ礁の地形学的な類似性に気づく。すなわち、本研究で対象とした陸地に自然形で接続しているサンゴ礁は裾礁(fringing reef)と呼ばれ、南西諸島の大部分のサンゴ礁がこれにあたる。一方、江頭らが観測の対象としたサンゴ礁は陸地からいくらか離れてパッチ状に存在するもので、離礁(table reef)と呼ばれる。人工リーフの場合、力学的には後者の場合に当たる。その結果、「計算水位上昇量をそのまま用いて良い」とする場合は、裾礁の場合である。南西諸島の殆どの海岸がこれにあたる。

#### 4. おわりに

本研究では、8年間にも亘る現地観測データを基に、リーフ上の平均水位上昇量について検討した。平面形状の大きく異なる海岸における観測値を比較することで、裾礁型のリーフ海岸においては、リーフギャップなどや流れの存在にかかわらず、高々10%の誤差内で、高山らの計算値をそのまま用いて良いことが示された。

本研究で示したデータと津嘉山らの研究成果とを纏めると以下ようになる。

- 1) リーフが島沿いに張り付き、いわゆる裾礁型のサンゴ礁の場合、リーフギャップの存在に拘わらず、水位上昇量として計算値をそのまま用いて良い。
- 2) 人工リーフなど、海岸から離れた所に孤立したパッチ状のリーフが存在する場合、水位上昇量は高山式で求めた計算値よりもかなり小さくなる。何らかの割引率が必要である。あるいは、数値計算など平面場の計算が必要であるが、これについては今後の研究に負うところが大きい。しかし、当面の算定に当たっては人工リーフに関するデータが利用可能であろう。

本研究を遂行するに当たり、多くの方々からご指導やご協力を頂いた。東京大学工学部磯部雅彦教授、水産工学研究所中山哲蔵室長には、委員会等で有益なご指導やご意見を頂いた。現地観測においては、琉球大学の卒業研究などで従事した学生諸君に多大なご協力を頂いた。港川海岸・玻名城海岸や鳥島海岸の観測は(有)海岸環境調査研究所が、博愛海岸の観測は(株)国際海洋気象が実施した。現地観測は、沖縄県からの委託として実施されたものである。さらに、本研究の一部には、文部省

科学研究費(課題番号: 03452214, 05680373, 07680494, 09680450)の援助を受けたことを付記する。

ここに記し、関係各位に対し感謝の意を表します。

ところで、琉球大学水工学研究室でリーフ上の波の研究が行われるようになったのは、宮崎大学名誉教授河野二夫博士(1998・6・11 逝去, 享年 66 才)が琉球大学に赴任された, 1971 年からである。河野先生は研究初期の段階から様々な水理実験や現地観測を通して, リーフ上の波の変形や水位上昇量に関する知見を与えてこられた。さらに, 先前の先生との議論の中で, 筆者らは沖縄のリーフ海岸が持つ工学的な可能性と発展性に関して夢と希望を見出して来た。本研究を遂行するに当たっても, 先生は現地や研究室における議論の中で貴重なお助言を与えて下さった。河野先生のご冥福を心よりお祈り申し上げると共に, ここに記し, これまでのご指導に感謝の念を

捧げます。

## 参考文献

- 江頭和彦・福田 功・岸良安治・西村達郎 (1985): リーフによる波浪変形の現地観測, 第 32 回海岸工学講演会論文集, pp. 90-94.
- 建設省河川局海岸課監修 (1992): 人工リーフの設計の手引き, (社) 全国海岸協会, 94 p.
- 合田良實 (1975): 浅海域における波浪の砕波変形, 港研報告, 第 14 巻, 第 3 号, pp. 59-106.
- 合田良實 (1977): 港湾構造物の耐波設計, 鹿島出版会, 237 p.
- 高山知司・神山 豊・菊池 治 (1977): リーフ上の波の変形に関する研究, 技研資料, No. 278, pp. 1-32.
- 津嘉山正光・河野二夫・仲座栄三・大城真一・福田孝晴 (1995): リーフ上の波の変形に関する研究, 海岸工学論文集, 第 42 巻, pp. 176-180.
- 津嘉山正光・仲座栄三・我喜屋邦浩 (1989): リーフ上の波の変形に関する研究, 海岸工学論文集, 第 36 巻, pp. 70-74.