

B-10 地球の温暖化による海面上昇等の影響予測に関する研究

(4) 海面上昇に伴うバリアアイランドの変形と保全に関する研究

研究代表者 建設省土木研究所河川部海岸研究室 室長 田中茂信
建設省土木研究所河川部海岸研究室 研究員 山本幸次

平成5年度-平成7年度合計予算額 10,077千円
(平成7年度予算額 2,909千円)

【要旨】本研究では、沿岸域における堆積地形の一つであるバリアを対象として、海面上昇に対する影響とその対応策を検討した。その結果、以下のことを明らかにした。

- ①海面上昇のシナリオについては、CSIRO (1992) では2070年に15-90cmの上昇量と予測しており、海面の上昇は加速的に進むため、その上昇速度は2010年には0.15-0.75cm/年、2070年には0.18-1.01cm/年と推定されている。
- ②バリアは世界各地の沿岸域に見られる海岸地形であり、その背後に重要な水環境であるラグーンを有することから、今後保全を進めるべき価値の高い地形の一つと言える。
- ③緩勾配海岸においては水位、波高の変動する条件下での海浜変形により複数の大規模バーが形成されることが実験により分かった。このうち、最も岸側の大規模バーは水位が急激に低下すればラグーンを有するバリアとなる可能性があることを明らかにした。
- ④海面上昇によるバリアの変形過程を実験により検討した結果、水位の上昇に伴いバリアが陸進することを確認した。
- ⑤海面上昇に伴いバリアの消失が危惧される場合の保全手法としては、バリアの幅を拡幅する養浜等の対策が、沿岸漂砂を遮断する構造物がある場合にはサンドバイパスが有効であると言える。したがって、これらの手法を生態系の保全も含め自然の治癒機構を生かしたバリアの保全対策として提案できる。

【キーワード】バリア、ラグーン、形成過程、海面上昇、保全手法。

1. まえがき

二酸化炭素に代表される温室効果ガスの濃度増大によって低層大気的气温が1.5~4.5度上昇し、それに伴う海水の熱膨張や山岳氷河・極氷床の融解により海面が上昇する、これが地球温暖化による海面上昇のメカニズムである。海面上昇が沿岸域に及ぼす影響を評価するうえでは、今後地球温暖化がどのように進んでいくのかが重要な問題となる。また、地球温暖化に伴う海面の上昇は地球規模で生じるため、国際的な研究と対応策の検討が重要である。アジア地域の先進国である日本が果たすべき役割は、主として東南アジア地域の沿岸域における影響と対応策の検討において主導的な立場をとることであろう。

ところで、沿岸域における堆積地形の一つにバリアがある。バリアとは海岸との間に潟や湿地(ラグーン)を抱きながら、その外側をふちどり、水面上にあらわれた平たい堆積地形のことである(茂木, 1971, p.217)。バリア背後のラグーンは静穏な海域となるため、豊富な生態系を有する

とともに、舟運や水産資源などの面からも利用が進んでおり、バリアとラグーンは重要な沿岸域地形の一つになっている。

本研究では、沿岸域における堆積地形の一つであるバリアを対象として、海面上昇に対する影響とその対応策を検討する。バリアを対象としたのは、その発達過程に相対的海水面変動が関係していること、海面上昇に対して影響を受けやすい低標高地形であること、背後に舟運や水産資源の場として高度利用されているラグーンを有していること、東南アジア地域に比較的多く見られる地形であることによる。以下では、海面上昇のシナリオ、バリアの世界的な分布、バリアの発達過程、海面上昇に対するバリアの地形応答とその対応策について述べる。

2. 海面上昇のシナリオ

1988年11月に国際機関として「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」が組織され、1990年には、今後温暖化が進んだ時に海水面がどの程度上昇するかについて、いくつかのシナリオを提示している。海面上昇の影響を評価する時に最も良く用いられるのは、Business As Usual というシナリオである。これは、温室効果ガスの排出に対して有効な規制がとられずにほぼ

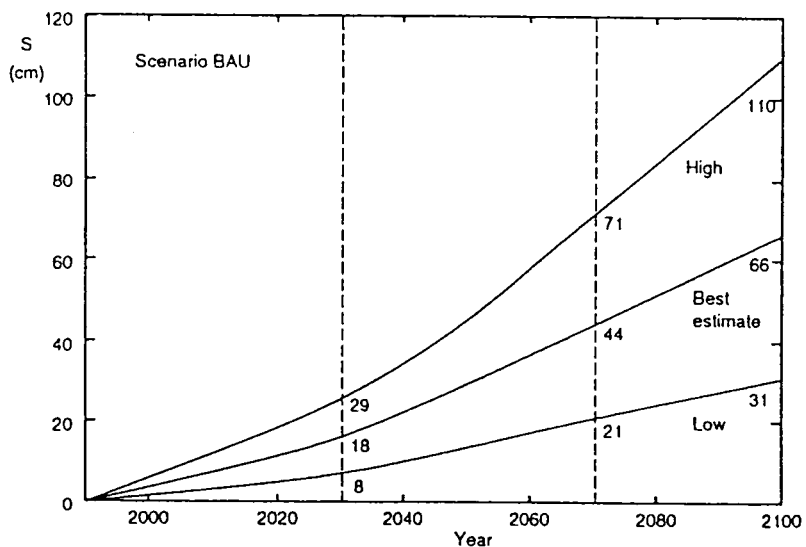


図-1 海面上昇のシナリオ

現状のまま推移した場合のシナリオで、図-1に示すように2070年には21-71cmの海面上昇が予測されている。

その後モデルの改良が進められ、例えばCSIRO (1992) では、IPCC (1990)の検討を受けて、2070年に15-90cmの上昇量と予測している。また、海水面の上昇は加速的に進むため、その上昇速度は2010年には0.15-0.75cm/年、2070年には0.18-1.01cm/年と推定されている。

3. バリアの世界的な分布

バリアは模式的に図-2に示すような海浜地形であり、ラグーン内は舟運の場として利用されるとともに、バリアおよびラグーンの陸側も生活の場として利用されている。

バリアに関する研究は、興味ある地形形状であることから、地質・地形学的観点からかなり行われている。そこで、バリアに関する研究をとりまとめた「Barrier Islands」(Schwartz, 1973)、「Barrier Islands」(Leatherman, 1979)、「Barrier Islands

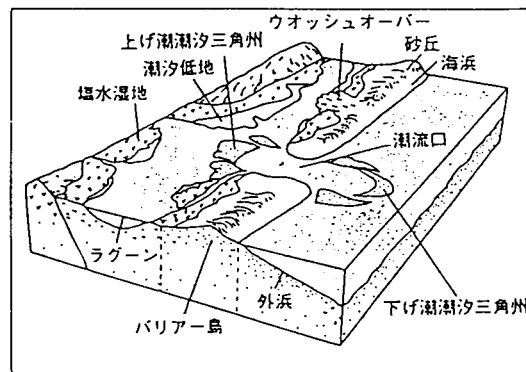


図-2 バリアの模式図

Handbook」(Leatherman, 1982)などを参考とし、「世界大地図帳」(梅棹ほか, 1984)を用いてバリアの世界的な分布を調べた。

M.O.Hayesが作成したバリアの分布図(Leatherman, 1979, p.3)を「世界大地図帳」(梅棹ほか, 1984)で確認した結果を図-3に示す。ここではバリアの分布する海岸線を黒く塗りつぶした。太平洋沿岸におけるバリアの分布は北アメリカ大陸西岸のアラスカ周辺、カリフォルニア周辺、南アメリカ大陸西岸の一部、及び日本東岸の一部と比較的少ない。

一方、大西洋沿岸においては、北アメリカ大陸東岸でワシントンからフロリダ周辺、南アメリカ大陸東岸ではほぼ全域に分布し、アフリカ大陸西岸でもほぼ全域にバリアが点在する。太平洋沿岸と大西洋沿岸とを比較すると、後者にバリアが多く分布することが分かる。

また、地中海や北海沿岸にもバリアが多く分布し、インド洋沿岸やオーストラリア大陸南岸、アラスカの北岸にもバリアは見られる。この分布状況からバリアは熱帯地域特有の地形ではなく、世界各地の沿岸に見られる海岸地形であり、沿岸域を構成する主要な地形の一つと言える。

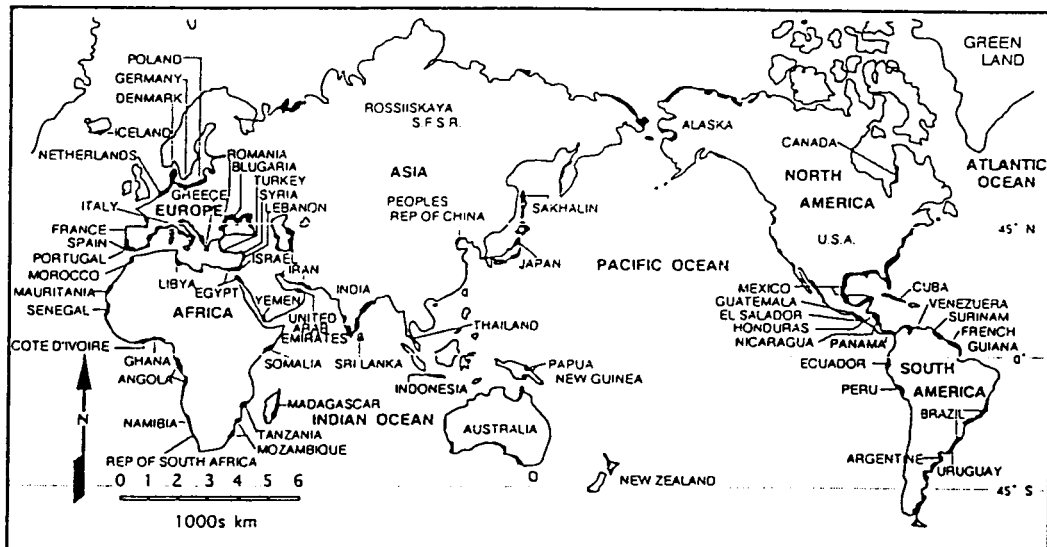


図-3 世界におけるバリアの分布

4. バリアの発達過程に関する仮説

(1) 砂嘴の沿岸方向への成長

によるバリアの発達

図-4は、岬から形成された砂嘴が沿岸方向へと発達し、ある程度の延長になると砂嘴が分断し潮流口が形成されバリアとなる過程である。この発達過程では沿岸漂砂が主要な要因であり、宇多・山本の研究(1992)により実験室で再現され

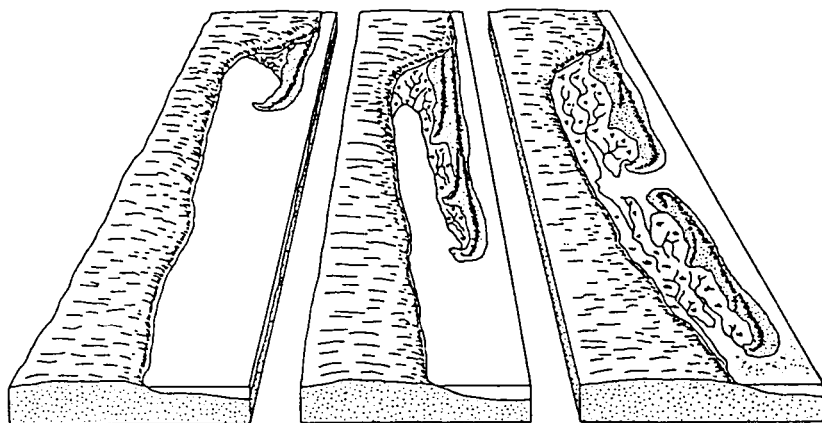


図-4 バリアの形成過程(沿岸漂砂起因)

ている。それによれば、形成される海域(湾内など)の水深が浅いほど細長い砂嘴が沿岸方向によく発達し、バリアの形成が顕著になると推定できる。

(2) 砂丘の沈水によるバリアの発達

図-5は、陸上部に形成された砂丘が相対的な海面上昇によりバリアとなる過程である。この場合、波浪による沿岸漂砂や岸沖漂砂に起因する地形ではなく、砂丘形成の営力(風)と海水面変動が主要な要因と考えられる。しかし、この説に関する実証的な研究は少ない。

(3) 海底のバーの陸化によるバリアの発達

図-6には海面下に形成されたバーが相対的な海面低下により陸化し、バリアとなる過程を示した。この場合、バリアの形成は主に岸沖漂砂に起因するが、この説にはいくつかの疑問点がある。まず、バリアのような大規模な地形が海面下に形成されるか否かの点である。碎波により形成されるバーはそれほど大きくないから、バリアと同規模のバーが形成れるためにはかなり大きな波浪の作用を考えなければならない。また、海水面下に形成された地形が波の作用する条件下で陸化するには、急激な相対的な海水面低下が生じなければならない。さらに、海水面下の地形が陸化して、その後、波浪の作用に対して安定な地形を保つことが可能か否かについても疑問が残る。

(4) まとめ

以上のバリアの発達過程に関する3つの説は、実験や現地調査による検証が進んでいる説もあれば、海岸工学的な知見から否定されつつある説もある。また、新しく提案した説などに関する検証は今後の研究課題と言える。ところで、世界各地のバリア周辺の諸条件は前述したように地域毎に異なっているから、その発達過程も異なって当然である。その意味からも3つの説に関する検証の実験や

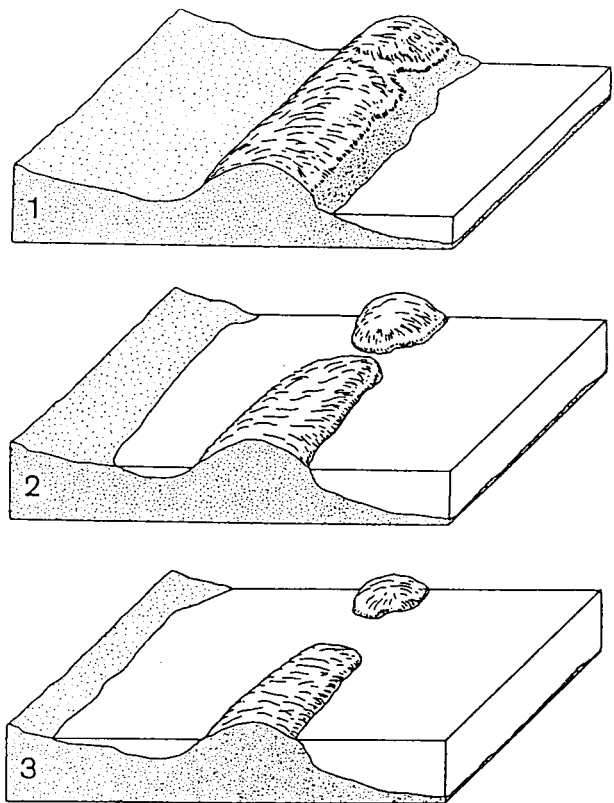


図-5 バリアの形成過程(陸上地形の沈降)

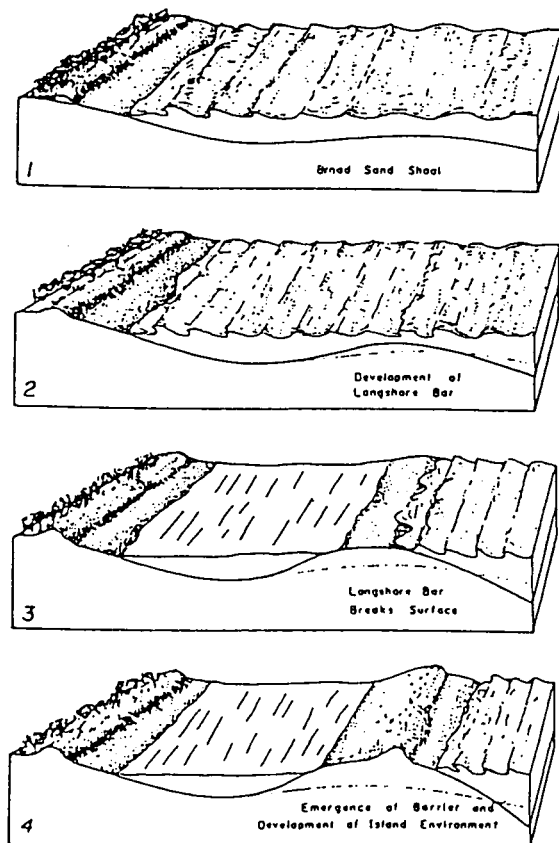


図-6 バリアの形成過程(海底地形の陸化)

現地調査を行い、バリアの発達過程を明らかにする必要がある。

5. バリアの発達過程に関する実験

前述したようにバリアの形成過程を明らかにする必要があることから、ここでは岸沖漂砂が主要な役割を果たす場合の形成過程について2次元模型実験により検討した。この実験では4章で述べたバリアの形成過程の第3の説(図-6)を対象とし、水位、波高が変化する条件下での緩勾配海岸の2次元変形によりバリアが形成されるか否かを明らかにする。実験は幅0.6m、高さ1.5m、長さ150mの2次元水路内に中

央粒径 $d_{50}=0.3\text{mm}$ の実験砂を用いて、海底勾配 $1/100$ の模型海浜を整形して行った(図-7)。そして、4つの水位条件、3つの波浪条件を設定し、それらの組み合わせで4ケースの実験を行った。

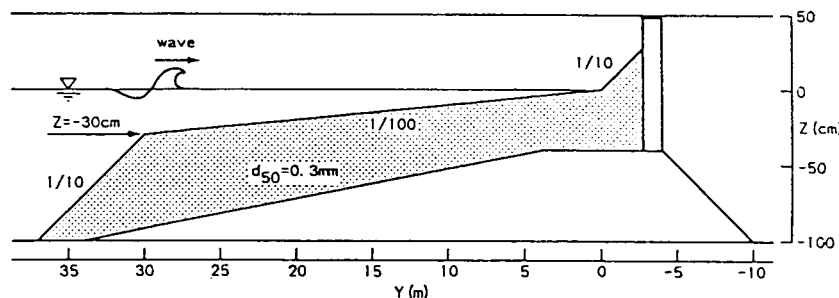


図-7 模型海浜の概要

水位を $Z=0\text{cm}$ 、周期を $T=1.76\text{s}$ と一定にして波高を時間的に変化させた場合(ケース①)の地形変化を図-8に示す。約5cmと波高の小さい

波浪を作用させた $t=0\sim 8\text{hr}$ では、地形変化はそれほど生じておらず砂漣の形成が見られるのみである。波高を約10cmと高くした $t=8\sim 16\text{hr}$ では $Y=18\text{m}$ 付近にバーが形成された。さらに、約15cmと波高を高くした $t=16\sim 24\text{hr}$ では形成されたバーの沖側が侵食され、その土砂が岸側に堆積してバーはやや大きくなり陸側に移動した。このときバー頂部の高さは $Z\approx -5\text{cm}$ であり陸化することにはなかった。 $t=24\sim 32\text{hr}$ に波高約10cmの波を作用させたところ、 $t=24\text{hr}$ までに形成されたバーにより部分重複波が生じて、バーを岸側の起点としてその沖側にトラフ間の距離が約7mで、高さが約20cmの大規模バーが形成された。さらに波高5cmの波を8時間 ($t=32\sim 40\text{hr}$) 作用させたがほとんど変化は生じず、結果的には3つのバーが形成された。

波高を約10cm、周期を $T=1.76\text{s}$ と一定にし、水位を時間的に変化させた場合(ケース②)の2次元変形を図-9に示す。水位を $Z=-5\sim 0\text{cm}$ と低く設定した $t=0\sim 8\text{hr}$ では $Y=$

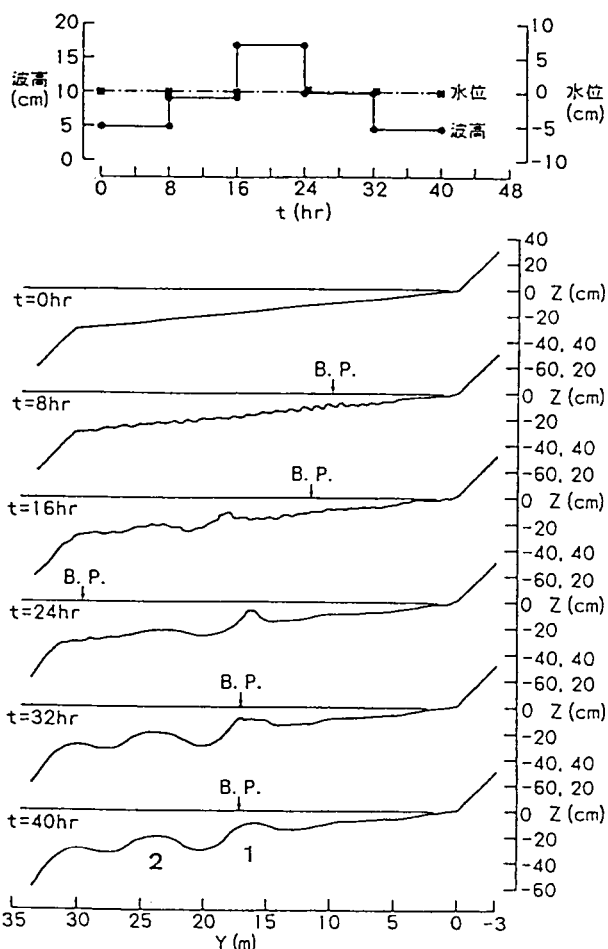


図-8 実験結果(ケース①)

24~27mで侵食され、 $Y = 22 \sim 24\text{m}$ と $Y = 27 \sim 30\text{m}$ に堆積が生じ、 $Y = 23\text{m}$ にバーが形成された。水位を $Z = 5 \sim 10\text{cm}$ とした $t = 5 \sim 16\text{hr}$ では $Y = 20\text{m}$ 付近が侵食され、その土砂は岸側にうすく堆積した。その後水位を $Z = 0\text{cm}$ まで下げた $t = 16 \sim 24\text{hr}$ では $Y = 16\text{m}$ 付近に新しいバーが形成された。そのバーの頂部の高さは $Z \approx -5\text{cm}$ まで発達した。さらに水位を $Z = -5\text{cm}$ まで下げたところ、そのバーは侵食されてしまった($t = 28\text{hr}$)。そこで、水位を急激に $Z = -5\text{cm}$ から $Z = 10\text{cm}$ まで上昇させて波を作用させると $Y = 9\text{m}$ 付近に新しいバーが形成された($t = 36\text{hr}$)。最終的には $Y = 9, 16, 22, 29\text{m}$ 付近を頂部とする4つのバーが形成され、その規模は沖側ほど大きくなった。また、 $t = 48\text{hr}$ における $Y = 9\text{m}$ のバーの頂部の高さは $Z \approx 2\text{cm}$ であり、波の作用しない条件下で水位が $Z = 10\text{cm}$ から $Z = 0\text{cm}$ まで急激に低下すれば、それは $Y = 1 \sim 8\text{m}$ にラグーンを有するバリアになると考えられる。

波高と水位を時間的に変化させた場合(ケース③)の地形変化を図-10に示す。水位が徐々に低下し、波高も徐々に小さくなる $t = 0 \sim 32\text{hr}$ では $Y = 17\text{m}$ 付近にバーが形成され、その岸側と沖側は侵食された。また、 $Y = 23, 29\text{m}$ 付近にも比高の小さいバーが形成された。水位を徐々に上昇させ、波高も徐々に大きくした $t = 32 \sim 48\text{hr}$ では $Y = 17, 23, 29\text{m}$ のバーがそれぞれ発達し、最終的には $Y = 17, 23, 29\text{m}$ 付近に頂部を有する3つの大規模バーが形成された。同じく3つのバーが形成されたケース①(図-8)に比較して各々のバーの規模が大きくなった。また、 $Y = 16\text{m}$ のバーの規模は図-8, 9の各バーに比較して大きく、その頂部の高さは $Z = 0\text{cm}$ である。この場合、波が作用しない条件下で水位が $Z = 10\text{cm}$ から $Z \approx 0\text{cm}$ まで急激に下がれば $Y = 0 \sim 15\text{m}$ にラグーンを有するバリアとなると推定できる。

周期を $T = 1.46\text{s}$ 、波高を $H_0 \approx 10\text{cm}$ と一定とし、水位を $Z = 5 \sim -5\text{cm}$ と変化させた場合(ケース④)の地形変化を図-11に示す。ケース①~③と比較して波浪条件と水位の変動幅を小さくした。水位が徐々に低下する $t = 0 \sim 24\text{hr}$ では $Y = 15, 21\text{m}$ 付近に頂部を持つバーが形成されたが、その

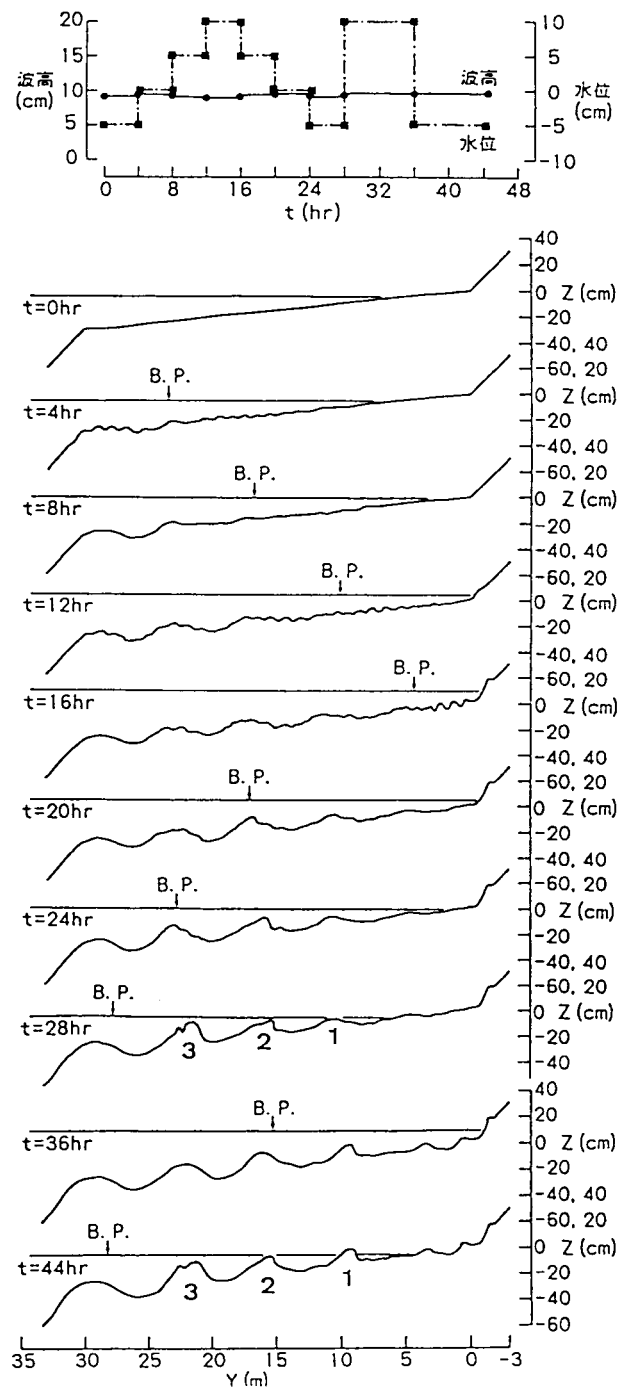


図-9 実験結果(ケース②)

規模は小さい。水位が徐々に上昇する $t = 24 \sim 40$ hr では $Y = 13, 18, 22$ m 付近に頂部を持つバーが形成された。最終的なバーの規模はケース①～③と比較すると小さく、各バー間の幅も短くなった。これは波浪条件が小さいためと考えられ、特に各バー間の幅は周期に依存すると推定できる。

ケース①～④の比較により、水位が上昇する際に一旦形成されたバーが大規模バーへと発達することが分かる。これは、図-6のステージ1～2の過程を再現している。しかし、実験においてはその大規模バーが波の作用する条件下で陸化することはなかった。したがって、図-6のステージ2～4の過程を再現できず、この大規模バーの陸化には急激な相対的海面低下を考慮する必要があると指摘できる。

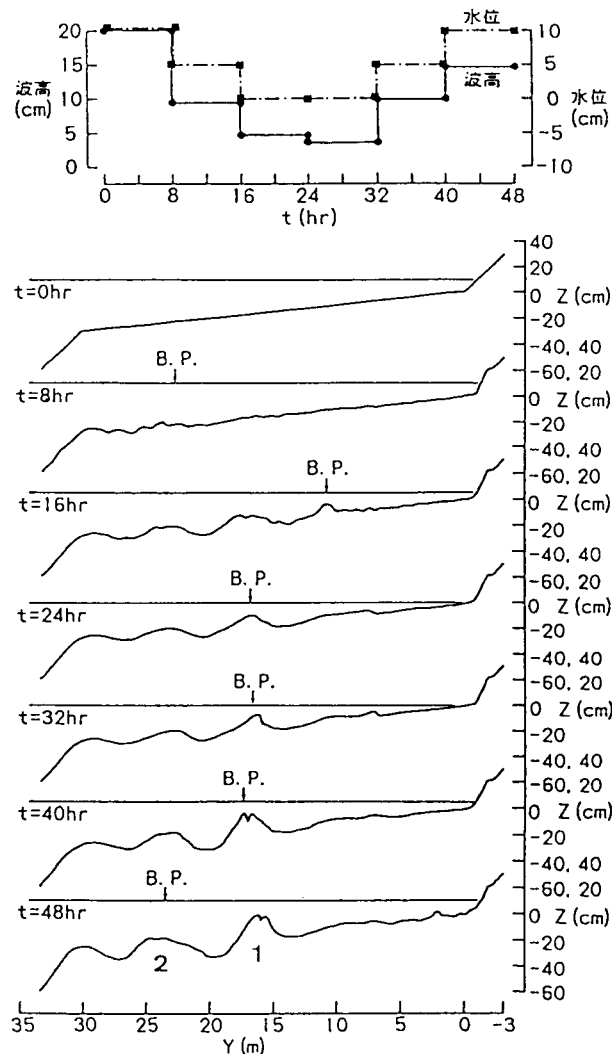


図-10 実験結果(ケース③)

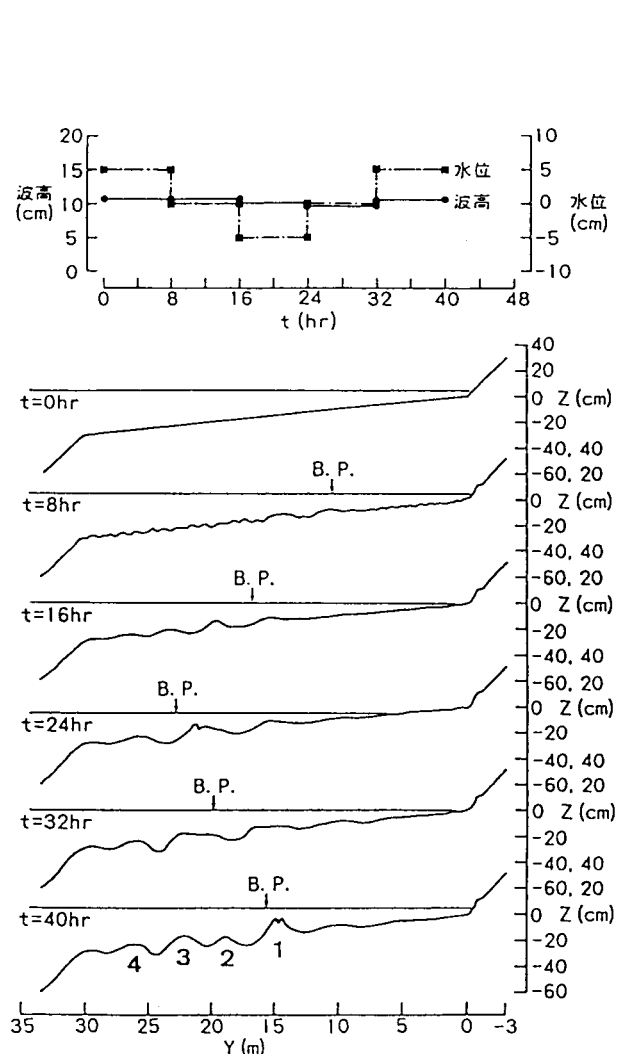


図-11 実験結果(ケース④)

6. 海面上昇に対するバリアの地形応答

(1) 海面上昇がバリアへ及ぼす影響に関する既存の研究

バリアは低標高地形であるため、海面上昇の影響を受け易い地形と言え、このことに関しては地形学的、海岸工学的に次のように考えられている。まず、地形学的にはバリアの形成と海面上昇の影響は図-12のように考えられており、海水面が上昇するとバリアは陸側へ移動・発達するとともに、ラグーンの埋積を招くと概念的に考えられている。

一方、海岸工学的には、バリアとラグーンを有する海岸では、バリアの陸側にも変形が及ぶため、Dean and Maurmeyer (1983)は図-13で示したように、ラグーンの部分で水深 h' の地点まで地形変化が生じるものとし、汀線の後退量を次式で与えられるとした(以下では便宜上 Dean則と呼ぶ)。

$$R = S (L + W + L') / (h - h') \quad (1)$$

ここで、 W はバリアの幅、 L' は干潟部分での漂砂帯の幅、 h' はラグーンにおける砂の移動限界水深である。しかし、Dean則は海水面の上昇速度が緩やかで、海浜断面は幾何学的な平衡形状を維持しながら遷移するという仮定に基づいている。したがって、式(1)に関しては現地条件に適用する前に実験などにより検証しておくことが重要である。

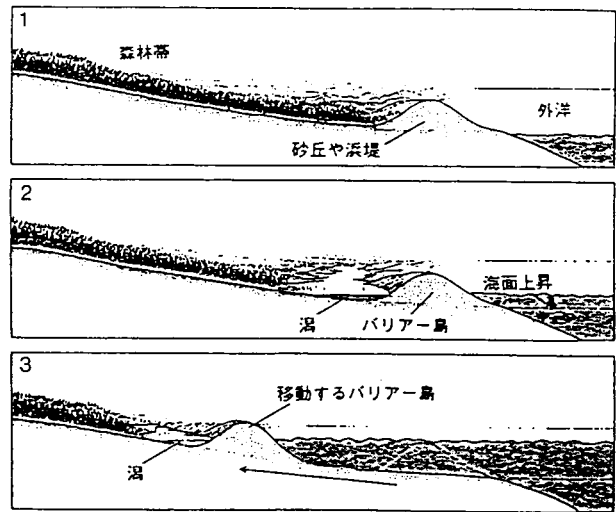


図-12 海面上昇に伴うバリアの陸進

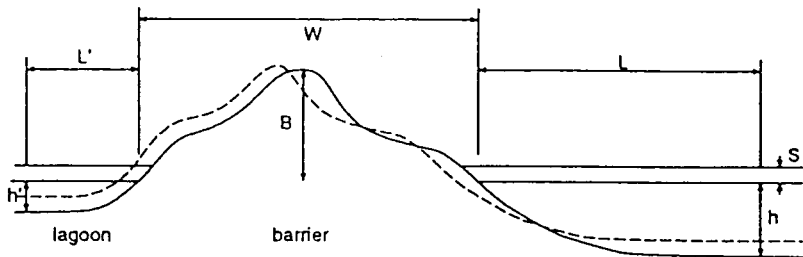


図-13 海面上昇に対するバリアの応答

(2)海面上昇に伴うバリアの変形過程に関する実験

前述したように、Dean則では海水面が緩慢に上昇する際の波浪の強弱の影響などを含んでいると考えられるから、ここでは波浪が時間的に変動するとともに海水面が上昇する場合のバリアの変形機構について実験的に検討する。

実験は幅0.6m、高さ1.5m、長さ150mの二次元水路内に中央粒径 $d_{50} = 0.25\text{mm}$ の底質を用いて、海底勾配 $1/30$ の模型海浜を整形し、この斜面上に法先水深40cm、前浜勾配 $1/10$ 、天端高0.1m、

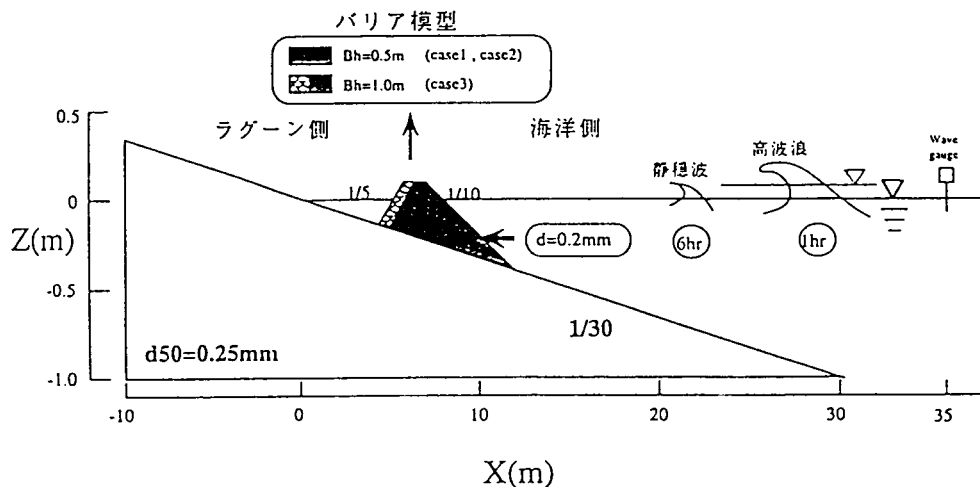


図-14 実験模型の概要

背後斜面勾配1/5のバリア模型を中央粒径0.2mmの豊浦標準砂で製作して行った(図-14参照)。

実験は3ケース行うこととし、ケース①では天端幅0.5mのバリア模型とし、海面上昇がない条件下での静穏波と高波浪の交互作用によるバリアの変形機構を対象とした。ケース②、③では海面上昇する条件下での静穏波と高波浪の交互作用によるバリアの陸進機構を対象とした。ケース②、③の違いはバリアの天端幅を0.5m、1.0mと変えた点にある。

ここで、静穏波は $H_0 = 5.0\text{cm}$ 、 $T = 2.53\text{s}$ 、高波浪は $H_0 = 10.0\text{cm}$ 、 $T = 1.79\text{s}$ に設定した。なお、高波浪作用時には静穏波作用時の水位よりも $\Delta S = 3.0\text{cm}$ 水位を高くした。これは、現地海岸においては異常波浪作用時に気圧低下や風の吹き寄せにより平均水位が上昇する現象を考慮したことによる。また、波の作用時間も静穏波6時間、高波浪1時間とし現地海岸の条件を模した。ケース②、③における海面上昇量は便宜上2.5cmとし、静穏波作用時の水位を $Z = 0, 2.5, 5\text{cm}$ の3段階に設定した。

なお、初期の実験条件をもとに式(1)で与えられるハントの打ち上げ高(ここでは r とする)を求めると、両者とも静水面より約7cmとなる。

$$r = H \cdot 1.01 \cdot \tan \alpha / (H / L_0)^{1/2} \quad (2)$$

ここで、 H は設定した入射波高、 L_0 は設定した沖波波長、 $\tan \alpha$ は顕著な地形変化の生じる水深より浅い部分の海浜勾配とした。したがって、ケース①では静穏波作用時には越流せず、高波浪時に越流限界の条件で、ケース②、③では海面上昇時に波が越流する条件となる。

測定は原則として各ケースともに初期、6, 7, 13, 14, 20, 21時間後に、海浜断面形状、入射波高、碎波波高、ラグーン内の水位、海洋側の水位、碎波点近傍のビデオ撮影について行った。

ケース①の海浜断面形状の経時変化を図-15に示す。水位 $Z = 0\text{cm}$ で静穏波を作用させた初期から6時間では $X = 8.4 \sim 9.2\text{m}$ で $Z = -4 \sim -11\text{cm}$ が侵食され、その砂は $Z = 7 \sim -4\text{cm}$ の範囲に堆積し、バームが形成された。バームの天端高は設定した波の打ち上げ高(7cm)とほぼ一致しており、バリアを超える波はなく越流は生じなかった。

水位を $Z = 3\text{cm}$ に上げ、高波浪を作用させた6~7時間では $Z = 5 \sim -7\text{cm}$ の前浜部分が侵食され、その砂は $Z = 10 \sim 5\text{cm}$ に堆積するとともに、沖側の $Z = -5 \sim -12\text{cm}$ に堆積した。このため、バリアの天端幅が設定した0.5mから0.8mへと広くなるとともに、 $X = 8.5\text{m}$ ($Z = -5\text{cm}$)付近にバーが形成された。 $Z = 10 \sim -15\text{cm}$ では前浜勾配が1/10から約1/9とやや急になった。

水位を $Z = 0\text{cm}$ にもどし、静穏波を作用させた7~13時間では沖側の $Z = -5 \sim -15\text{cm}$ のバーが侵食され、岸側の $Z = 11 \sim -5\text{cm}$ に砂が堆積した。バリアの天端幅は約1mとなり、 $Z = 11 \sim -15\text{cm}$ の勾配は約1/8となった。水位を再び $Z = 3\text{cm}$ に上げ、高波浪を作用させると(13~14時間)、 $Z = 11 \sim -5\text{cm}$ の前浜が侵食され、 $Z = -5 \sim -15\text{cm}$ とバリア頂部、およびラグーン内に砂が堆積した。ラグーン内に砂が運ばれたことは、波が越流したためと考えられる。これは、前浜勾配が1/10から1/8へと急になったため波がバリア頂部よりも高く打ち上がる条件(ハントの打ち上げ高は12.5cm)になったためである。しかし、観察によれば越流は長く続かず、バリアが消失してしまうような大きな変形は生じなかった。これは、砂が波の打ち上げ高に対応する高さまで堆積したことによると考えられる。

再び、水位を $Z = 0\text{cm}$ とし静穏波を作用させた場合(14~20時間)には、7~13時間とほぼ同じ変

形が生じた。また、水位を $Z = 3$ cmとし高波浪を作用させた場合(20~21時間)にも、13~14時間とほぼ同じ変形が生じた。バリアの海洋側では地形変化が生じる範囲と量、および前浜勾配(約 $1/8$)はほぼ同じである。すなわち、7~21時間では、静穏波と高波浪によりタイプⅡ、Ⅲの二次元変形を繰り返す安定した地形となったことが分かる。また、バリアの前面が安定したため、ラグーン側でも14時間以降では地形変化はほとんど生じていない。

以上のことから、海水面が一定で静穏波と高波浪が作用する場合には、異常波浪時の水位上昇を考慮しても、バリアは波浪条件に応じた変形を繰り返し、徐々に安定した地形へと移行し消失する可能性が小さいことが分かる。

ケース②の海浜断面形状の経時変化を図-16に示す。水位 $Z = 0$ cmで静穏波を作用させた初期から6時間と、水位を $Z = 3$ cmに上げて高波浪を作用させた6~7時間では、ケース①の場合とほぼ同様である。

7時間後の地形に水位を $Z = 2.5$ cmに上げて静穏波を作用させる(7~13時間)と、 $X = 8.3 \sim 9.0$ mのバーが侵食され陸上部に堆積してバリアの幅がやや広がった。その後水位を $Z = 5.5$ cmに上げて高波浪を作用させる(13~14時間)と $Z = 10 \sim 0$ cmが大きく侵食され、その砂はバリア背後に堆積した。これは、波がバリア頂部より高く打ち上がる条件となり、越流による地形変化が生じたことによる。越流による変形では、バリアの沖側への土砂移動よりもラグーン内への土砂移動が卓越することが分かる。

さらに水位を $Z = 5$ cmに上げ静穏波を作用させると、 $X = 6.3 \sim 9.8$ mが侵食されラグーン内の $X = 4.7 \sim 6.3$ mに堆積するとともに、バリアの頂部が高くなる陸進が生じた(14~20時間)。水位を $Z = 8$ cmに上げて高波浪を作用させると $X = 5.2 \sim 6.7$ mのバリアが侵食され、 $X = 4 \sim 5$ mに砂が堆積したがバリアの頂部は $Z = 10$ cmと低くなった。この高さは波の作用下においては水没する高さ

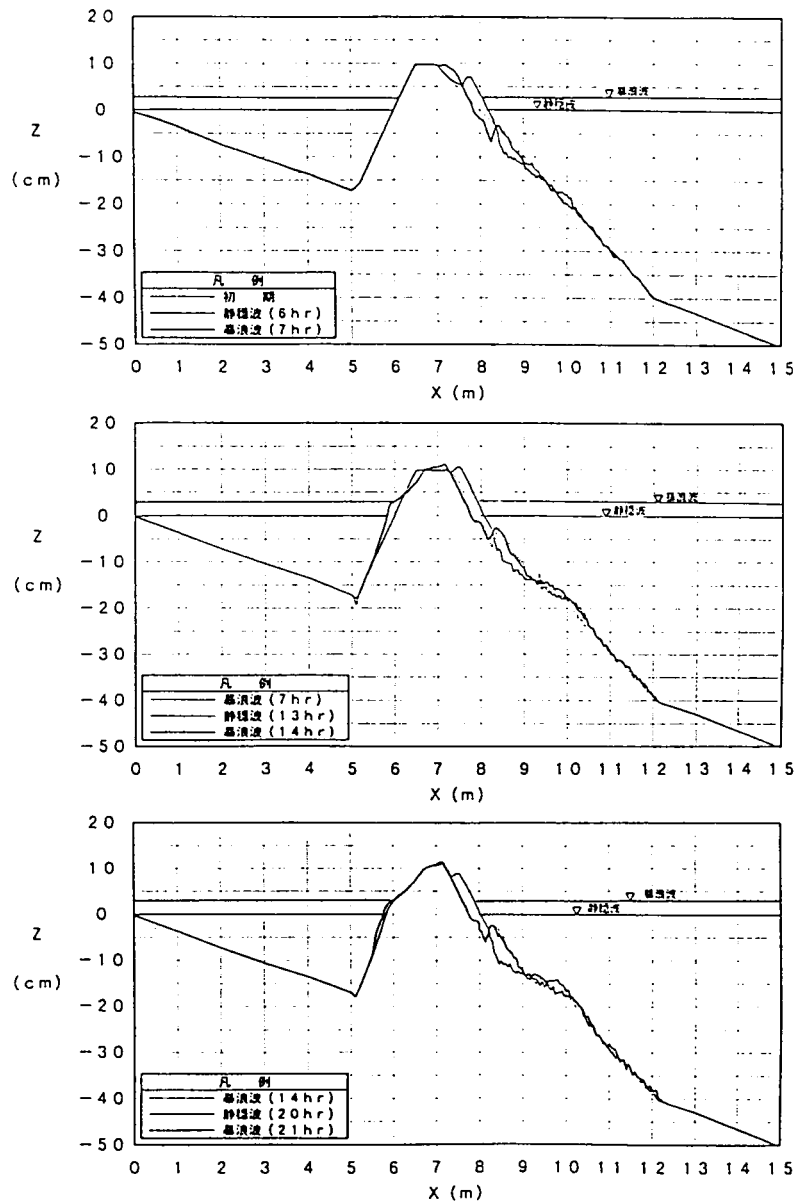


図-15 実験結果(ケース①)

であるから、バリアは事実上消失してしまっただと言える。最終地形では $X = 4.8 \sim 9.6$ m がほぼ $1/20$ 勾配の一樣斜面となっており、海面上昇に伴う大陸棚の形成過程(砂村, 1972)と同様の变形過程を示す。

結局、ケース②では海面上昇による波の越流でバリアが消失してしまうことが分かった。また、一旦越流が生じると、静穏波および高波浪のどちらでもバリアの陸進が進行することが分かる。

バリアをラグーン側へ 0.5 m 拡幅し、幅を 1 m としたケース③の海浜断面形状の経時変化を図-17に示す。水位 $Z = 0$ cm で静穏波を作用させた初期から6時間と、水位を $Z = 3$ cm に上げて高波浪を作用させた6~7時間では、バリア前面の变形はケース①, ②の場合とほぼ同様である。

7時間後の地形に水位を $Z = 2.5$ cm に上げて静穏波を作用させ(7~13時間)、その後水位を $Z = 5.5$ cm に上げ高波浪を作用させた場合(13~14時間)の变形はケース

②とほぼ同様であるが、バリアの幅が広いためラグーン内への砂の堆積が見られないのが特徴である。すなわち、波はバリア頂部より高く打ち上がる条件であるが、バリアの幅が広いため水塊はラグーンまで到達していないことになる。

さらに、水位を $Z = 5$ cm に上げ静穏波を作用させ(14~20時間)、水位を $Z = 8$ cm に上げて高波浪を作用させると(20~21時間)、ラグーン内にも越流による土砂の堆積が見られるようになった。バリアは陸進傾向を見せるものの消失には至っていない。

最終地形のバリア沖側の $Z = 5 \sim 15$ cm の斜面勾配は約 $1/16$ と緩くなった。バリア頂部の高さは 15 cm で、この場合の高波浪の打ち上げ高は約 13 cm と計算されるから、越流したのは高波浪作用初期のみと考えられる。

すなわち、バリアは陸進する際には前浜勾配が緩くなるような变形過程を示し、それによって波の打ち上げ高が減少し、バリアを消失させる越流現象を軽減するように变形すると考えられる。

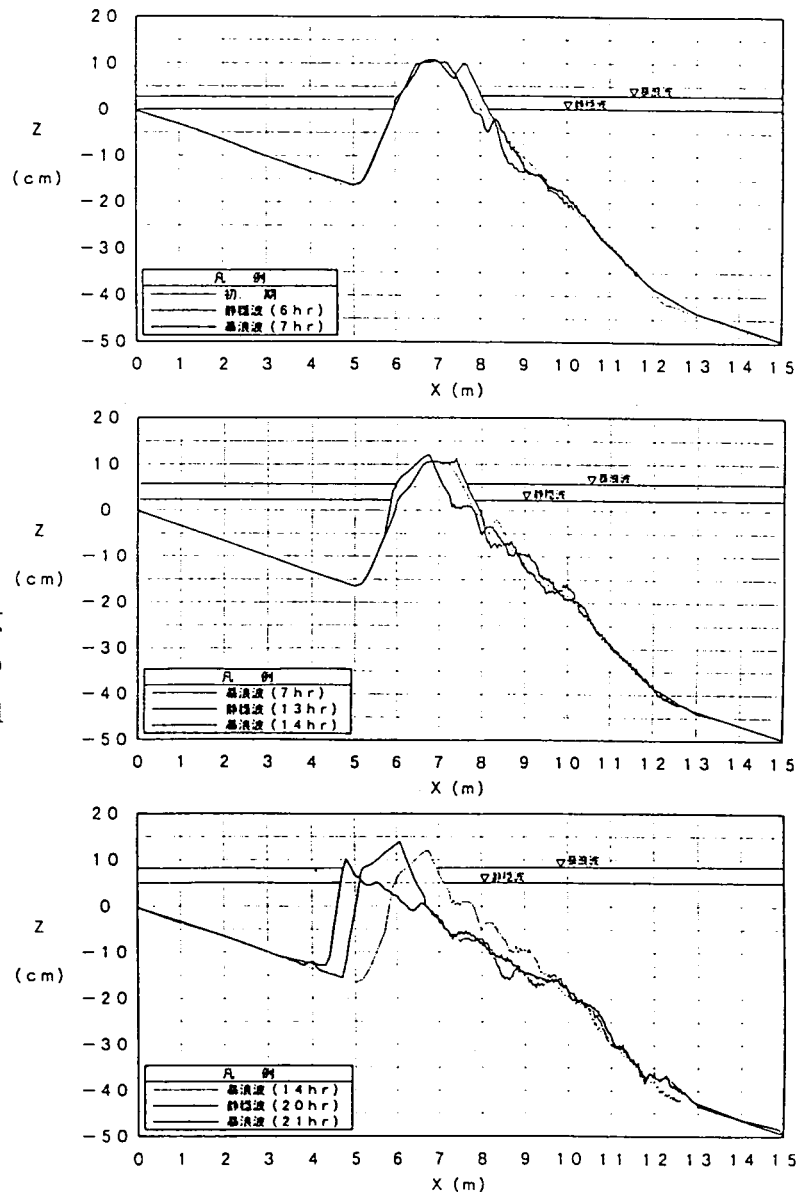


図-16 実験結果(ケース②)

この場合、ケース②、③の比較から明らかなようにバリアの幅が広いほど越流が少なくなると考えられる。

なお、実験結果は定性的ではあるが、図-12に示した地形学的なバリアの陸進機構を再現している。

7. バリアの保全手法の提案

6章から推察できるようにバリアは海面上昇に伴い陸進する変形過程を示すが、バリアの前面の海底勾配も緩くなる変形を示す。バリア前面の海底勾配が緩くなることは波浪に対して安定な地形となるから、変形自体が自然的にバリアを保全することになる。

したがって、海面上昇に伴いバリアの消失が危惧される場合の保全手法としては、バリアの幅を拡幅する養浜等の対策が有効である。沿岸漂砂を遮断する構造物がある場合にはサンドバイパスが有効であり、これらが、生態系の保全も含め自然の治癒機構を生かした対策として提案できる。

8. あとがき

海面上昇のシナリオについては、CSIRO (1992) では2070年に15-90cmの上昇量と予測しており、海面の上昇は加速的に進むため、その上昇速度は2010年には0.15-0.75cm/年、2070年には0.18-1.01cm/年と推定されている。バリアは世界各地の沿岸域に見られる海岸地形であり、その背後に重要な水環境であるラグーンを有することから、今後保全を進めるべき価値の高い地形の一つと言える。

緩勾配海岸においては水位、波高の変動する条件下での海浜変形により複数の大規模バーが形成されることが実験により分かった。また、水位と波高がともに変化する条件においては複数の大規模バーが形成され、最も岸側の大規模バーは水位が急激に低下すればラグーンを有するバリ

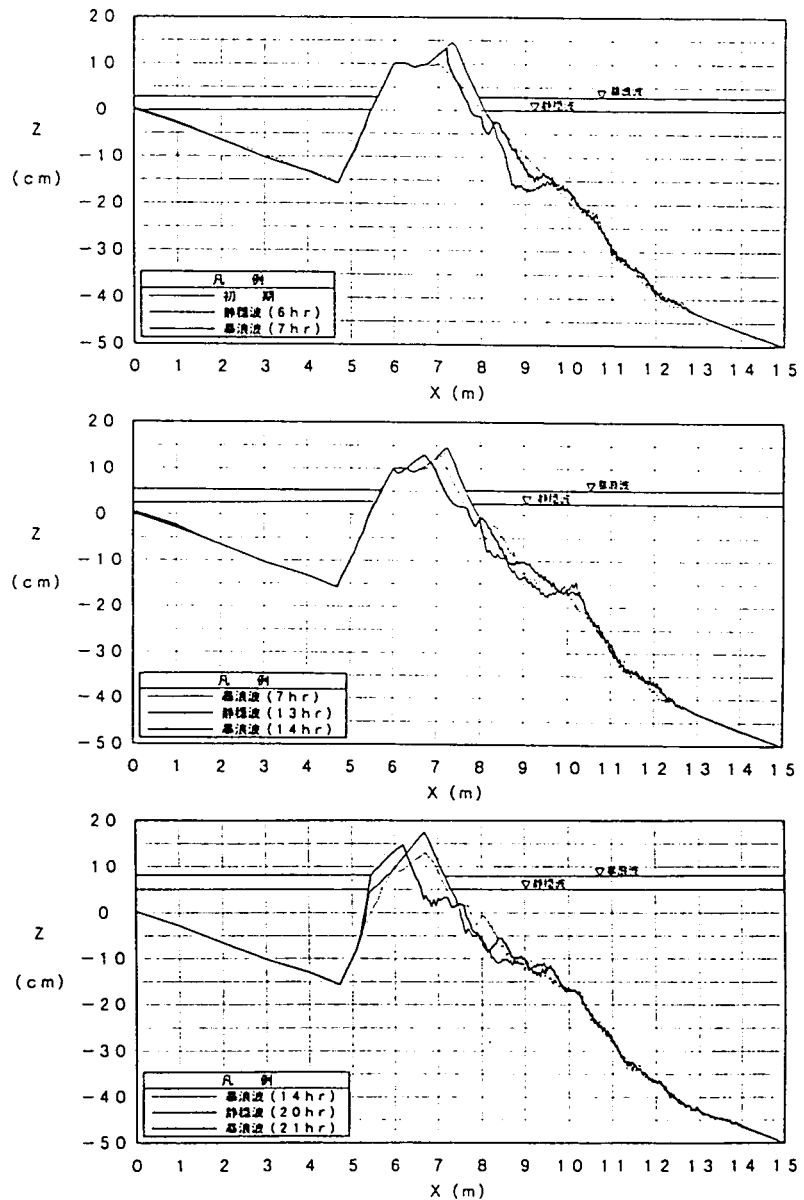


図-17 実験結果(ケース③)

アとなる可能性があることを明らかとなった。

海水面上昇のバリアに及ぼす影響は海岸工学的には図-13、式(1)により説明されるがまだ不明な点も残されている。また、海面上昇によるバリアの変形過程を実験により検討した結果、水位の上昇に伴いバリアが陸進することを確認した。

以上のことから、海水面上昇に伴いバリアの消失が危惧される場合の保全手法としては、バリアの幅を拡幅する養浜等の対策が、沿岸漂砂を遮断する構造物がある場合にはサンドバイパスが有効であると言える。したがって、これらの手法を生態系の保全も含め自然の治癒機構を生かしたバリアの保全対策として提案できる。

参考文献

- 宇多高明・山本幸次(1992)：砂嘴形成海域の海底地形と砂嘴形態の関係について，地形，13-2，pp.141-157.
- 梅棹忠夫・佐藤 久・西川 治・野村正七・正井泰夫(1984)：「世界大地図帳」，平凡社，273p.
- 砂村継夫(1972)：大陸棚の形成に関する一考察，地理学評論，45，pp.813-828.
- 茂木照夫(1971)：汀線と碎波帯，星野通平編「浅海地質学」，東海大学出版会，pp.109-252.
- CSIRO(1992)：Climate change scenarios for south and southwest Asia, Division of Atmospheric Research, Australia.
- Dean, R.G. and E.M. Maurmeyer(1983)：Models for beach profile response, Handbook of Coastal Processes and Erosion, CRC Press, ed. Boca Raton, Fla., pp.151-166.
- IPCC(1990)：Strategies for adaption to sea-level-rise, Ministry of Transport and Public Works, The Netherlands.
- Leatherman, S.P.(1979)：Barrier Islands, Academic Press, New York, 324p.
- Leatherman, S.P.(1982)：Barrier Islands Handbook, Univesity of Maryland, College Park, Maryland, 109p.
- Schwartz, M.L.(1973)：Barrier Islands, Dowden, Huthinson & Ross, Inc., Pennsylvania, 451p.

研究成果

- 田中茂信・張 達平・山本幸次(1994)：波高、水位の変化する条件下での緩勾配海岸の変形に関する実験的研究，海岸工学論文集，第41巻，pp.381-385.