

— 論文 —

砂浜海岸における港湾建設後の海岸地形と海浜環境の変化*

宇野木 早苗[†]・妹川 征男[‡]・岡 夏子[‡]

要 旨

砂浜海岸に建設された港が、期待された機能が発揮できない場合がある。この典型例として、福岡県北部の芦屋海岸に建設された地方港湾・芦屋港を例にして、港湾建設後の港湾埋没、海岸侵食、および海浜環境の悪化が進行した実態とその原因について述べ、あわせてこの種の港湾が抱える問題点を指摘する。

キーワード：砂浜海岸，港湾建設，海岸変形，海浜環境，芦屋港

1. はじめに

わが国の沿岸各地で海岸侵食が進行して大きな問題になっている。原因はいろいろ存在するが、主要なものは河川から海に流出する砂が減少したことと、砂浜における海岸構造物の建設によるものである（例えば宇多，1990）。後者の原因は、漂砂が海岸に沿って連続的に流れて、安定した海岸を形成していたのに、途中で海岸構造物が建設されて、漂砂の流れが中断された場合である。

砂浜海岸に港を建設した場合にも海岸変形が生じるが、波の特性と港の形状に応じて海岸の変形は複雑多様である（例えば佐藤・合田，1972）。そして、港の機能維持に苦慮する例が多く、本論文ではこの種の港湾の代表例として福岡県が建設した地方港湾・芦屋港を取り上げる。

Fig. 1 に芦屋港の形状を示す。芦屋港は福岡県北部の景観を謳われた芦屋海岸において、一級河川・遠賀川の河口に接して建設されたものである。これは東側の漁港と、西側の商港からなっている。福岡県港湾当

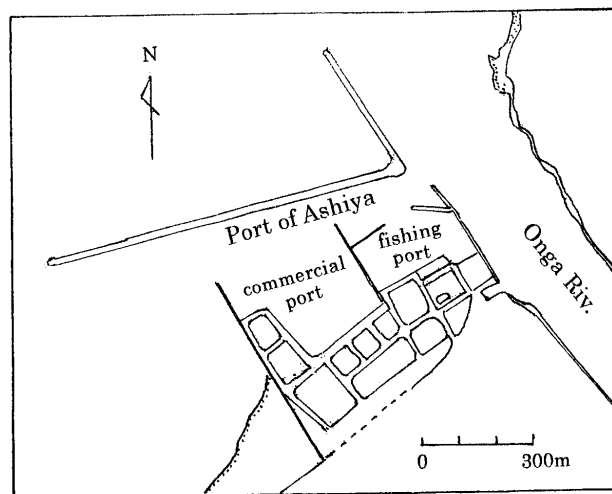


Fig. 1. Port of Ashiya.

局の資料によれば、1979年に着工されて漁港は1982年に、商港は1986年に竣工し、工事費には9億7千万円を要したという。商港はいわゆる経済成長のバブル期に、物流基地として建設されたものであり、2000トン級の船の出入を予定していた。芦屋港の建設に当たっては住民の間には、環境と有効性の面で批判が上がっていた。

港が建設された後、漁港が日常有効に利用されているのと対照的に、商港は後から述べるように開港以来

* 2007年3月6日受領；2007年6月11日受理

著作権：日本海洋学会，2007

[†] 〒424-0917 静岡市清水区殿沢2-12-24

[‡] 芦屋町の自然を守る会

〒807-0141 福岡県遠賀郡芦屋町山鹿535-4

予想通りに利用率が極めて低い。また港内外における砂の堆積と共に、その外の西側海岸における海岸侵食の対策などに追われて、福岡県は商港の運営と海岸侵食対策に苦慮している。一方、港湾建設に伴う海浜環境の激しい悪化と共に、漂砂対策に関する芦屋町の分担金支出などに対して、住民から強い非難が出ている。さらに漁師からは、港の建設は漁業に影響を与えているとの不満の声を聞くが、詳細は不明である。

この報告では、既存の資料を収集解析して、建設後の港の埋没、海岸侵食、さらに海浜環境の悪化の実態と原因について述べ、あわせて漂砂対策その他この種の港が抱える問題点について考察する。

2. 芦屋海岸の自然条件

芦屋港建設前の自然条件を、福岡県(1982)が国に提出した「芦屋港埋め立て免許願書」に添付した資料に基づいて概要を述べる。芦屋港が建設された芦屋海岸は、Fig. 2に示すように、福岡県北部にあつて響灘に面する西端の波津から東端の遠賀川に至る長さ12 kmの緩やかな弧を描く長大な砂浜海岸の東部に位置している。この長大な砂浜海岸を挟んで東方地域と西方地域は玄海国定公園に指定されている程の景勝の地で、芦屋海岸は海水浴場としても著名であり、最盛期には年間約75万人の海水浴客で賑わった(後記Fig. 10(a)の写真⑥参照)。沿岸域の等深線は海岸線にほぼ平行で、海底地形は水深10 m以浅でやや勾配が急で、それ以深では平坦で単調に深くなっている。

芦屋町における風向は、季節による変化は比較的小さく、風速 10 m s^{-1} 以下ではNが最多風向であり、 10 m s^{-1} 以上ではWとNが多く、最多風向はWである。この海岸の潮汐は1日に2回の満干潮が訪れる半日周潮型であり、朔望における平均満潮位と平均干潮位の差は約1.5 mになっている。芦屋港建設地点付近の9測点における潮流は、上げ潮で $0.12 \sim 0.38 \text{ m s}^{-1}$ 、下げ潮で $0.09 \sim 0.31 \text{ m s}^{-1}$ の範囲の大きさであり、遠賀川河口前面海域に向けて流速がやや増加する傾向にある。一方、遠賀川下流部における河川流量は、1975～1977の3年間において平均流量は $29 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 、最大流量は $493 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ 、最小流量は $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ であった。河

口から2 km上流には、1974年から1980年にかけて遠賀川河口堰が建設された。

芦屋海岸の沖合1.5 km、水深16 mの地点における波は、NNW～WNWの方向から来襲し、月別で見ればNWから来るものが50～94%を占めている。有義波高は1.0 m以下が90%を、2.0 m以下が99%の程度である。季節的には秋から冬にかけて高く、夏に低い。1972～1973年の1年余の観測期間中において波高が2 m以上の場合は7例であるが、すべて冬の季節風が卓越する11月～2月の間に発生している。最大の波はNWの季節風による波高2.7 m、周期6.5秒であった。

またこの海岸の砂の平均粒径は大半が $0.2 \sim 0.4 \text{ mm}$ であるので、上記の波浪の状況では砂の移動限界水深は10 m前後となり、およそ水深 $0 \sim 10 \text{ m}$ の間が漂砂の移動帯と考えられる。恒流の観測は数点で1回だけなされているが、 $1.8 \sim 6.6 \text{ cm s}^{-1}$ の範囲にあり、EからNEの方向に向けて流れていた。上記の風向、波向、恒流の向きを考慮すると、本海岸における漂砂は全体としては海岸に沿って西から東へ流れていると考えられる。芦屋海岸に連なる12 kmの海岸は、波が高い冬季に後退、波が低い夏季に前進を繰り返している。田中ら(1977)が1946～1966年の20年余の期間における汀線の変化を、航空写真を用いて解析した結果によれば(同論文中の図-112)、同海岸では約20 m以下の汀線の後退が生じていて、長期間で見れば海岸はほぼ平衡か、弱い侵食の状態にあるといえる。

3. 航空写真から見た海岸線の変化

近年における海岸地形の変化を、Fig. 3(a)～(d)の航空写真に基づいて考察する。このうち画像(a)、(b)、(d)は国土交通省のホームページにおける国土画像情報によるもの、(c)は国土地理院の成品を日本地図センターから購入したものである。Fig. 3(a)は、まだ漁港も建設されていない1974年当時の状況を示し、海岸構造物としては遠賀川河口左岸に導流堤のみが見出される。その後1981年に撮られたFig. 3(b)の写真によれば、遠賀川河口の導流堤の西側に漁港が、その沖側に波を遮蔽する北防波堤が建設され、海岸の形状は大きく変化した。すなわち漁港の西側の防波堤には西から

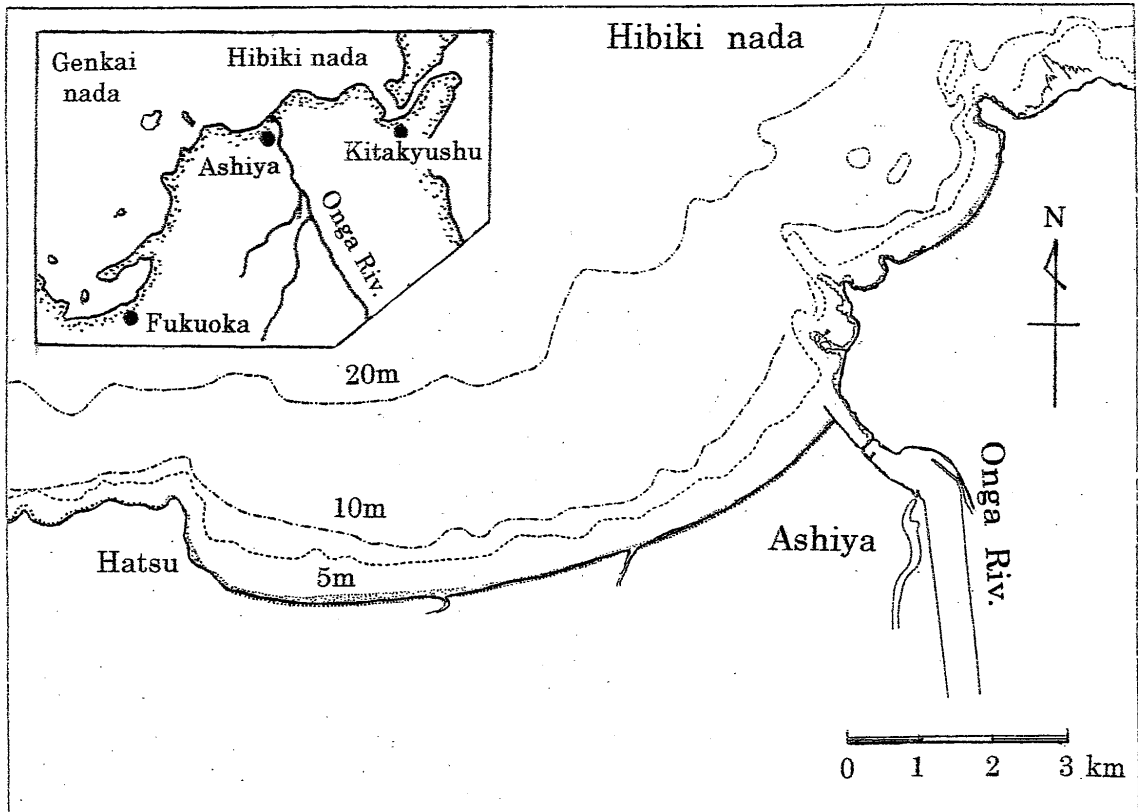


Fig. 2. Topography of the sea in the neighborhood of Ashiya.

運ばれて来た漂砂が大量に溜まり、海岸線が沖に伸びてきたことが認められる。その一方で、この防波堤のおよそ 500 m から 1,200 m の範囲にある西方の海岸では、海岸侵食を防ぐために沖側に 5 基の離岸堤が設置されていて、岸から離岸堤に向けて浜が伸びるトンボロ現象が認められる。

Fig. 3(c) は 1994 年の航空写真で、漁港の西側には既に商港が建設されていて、北防波堤は西方に延び、その基部からは沖の北西方向に向けて遠賀川の導流堤が伸びている。商港の西を区切る防波堤の外側には、やはり漂砂によって多量の砂が付き、汀線が沖に向けて前進している。これに対して離岸堤群の西方では、海岸侵食が活発で砂浜の幅は狭まっている。なお西側の防波堤の近くでは、新たに 2 基の離岸堤の設置が認められる。

Fig. 3(d) は 1999 年当時の海岸を写したものである。商港西側の防波堤の外海側では、防波堤に沿って汀線はさらに沖に伸びて岸壁前端に達し、その先の防波堤の先端からは砂が防波堤を越えて盛んに芦屋港内に流

れ込み、港の機能が失われつつある状況が推測される。ただし離岸堤群の西方 1 km の範囲にわたり、1994 年から 2004 年にかけてそれぞれ大きさ 200 m × 30 m の潜堤 (人工リーフ) 4 基が 50 m の間隔をもって建設された。位置は Fig. 4 に示されている。このためと考えられるが、写真 (c) と (d) の間における侵食海岸の汀線の後退は弱まり、同時に商港西側の防波堤に沿う汀線の前進は、以前に比べて緩やかになっている。なおこの潜堤群の建設費用は約 10 億円で、その 8% の 8,000 万円は芦屋町の負担である。

いま Fig. 3(a) から (d) までの海岸線の変化を重ねると Fig. 4 を得る。ただし、写真による汀線の決定には多少の任意性が加わる。また斜めから撮った写真の歪み補正や潮時補正を行っていないので、厳密な比較は困難であるが、固定された海岸地物を目標に揃えているので、大筋においては利用できると思われる。なお Fig. 4 では 4 枚の写真の範囲を揃えるために、より西側の部分がカットされているものもあるが、Fig. 4 にはカット部分も含めた海岸線が描かれている。また Fig. 4

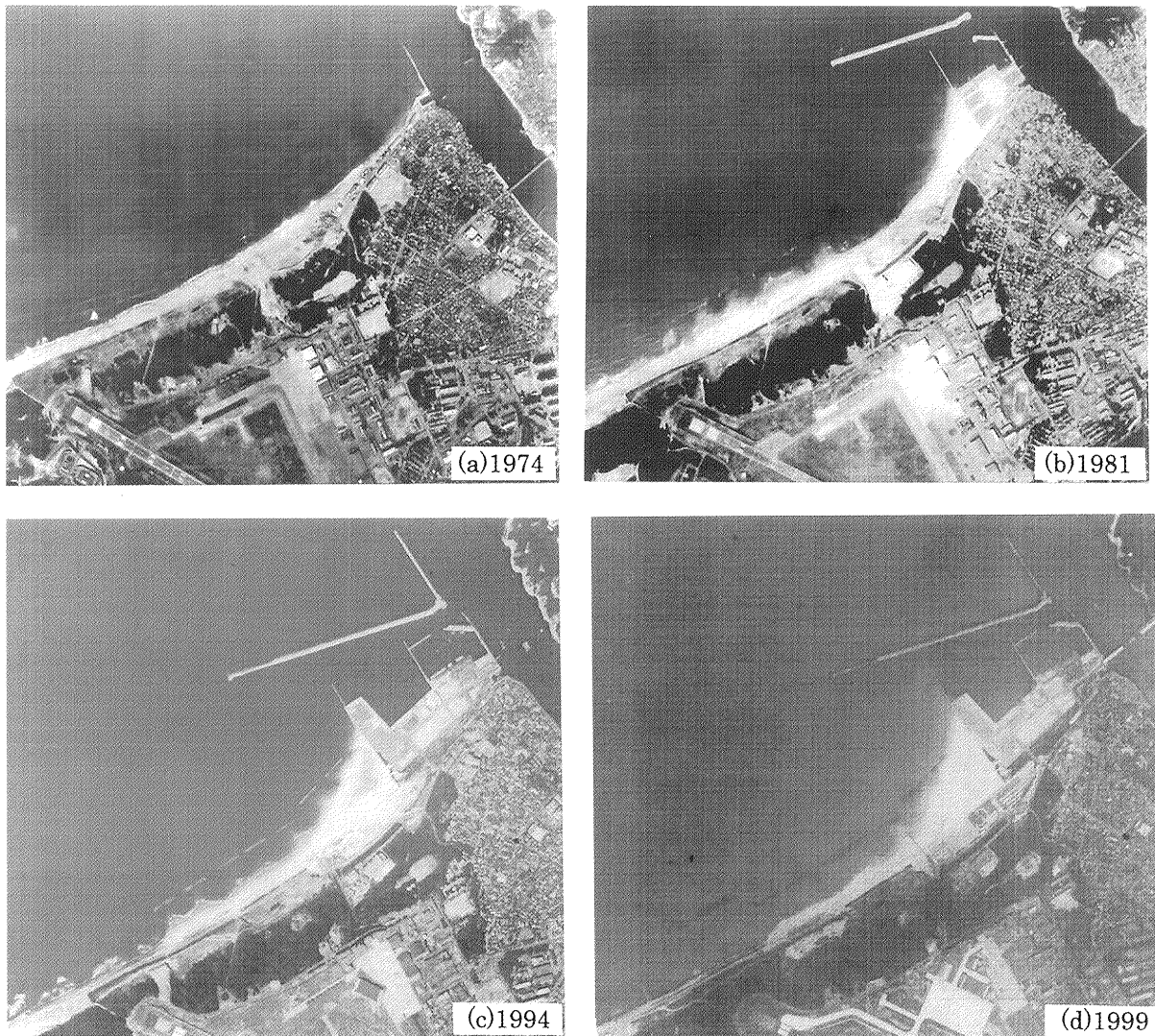


Fig. 3. Air photographs taken near Ashiya in 1974(a), 1981(b), 1994(c) and 1999(d).

には、次節の Fig. 6 に示す測量結果に基づく 2004 年の汀線の位置も加えてある。この海岸では西からの漂砂のために、港湾建設が進むにつれて、それぞれの時期に防波堤西側の広い範囲に砂が堆積し、防波堤に沿って海岸が沖に前進する様子が明らかに認識できる。なお図中の堆積域、遷移域、侵食域、および Q^* 、 A^* 、 B^* などの意味は 5 節で説明される。

一方、芦屋港の対岸になる遠賀川河口の右方海岸では、侵食が発生していてその保全が問題になっている。これは、芦屋港や遠賀川河口堰の建設によって砂の供給が減少したことに関係すると推測される。

4. 水深分布の変化

福岡県の港湾当局の資料に基づいて、1982 年と 2004 年の芦屋港付近の水深分布図をそれぞれ Fig. 5 と Fig. 6 に示す。Fig. 5 の商港は計画中のもので、この時点では実在していない。Fig. 5 によれば商港建設前には予定される西側の防波堤先端付近の水深は 6 m であり、防波堤と沖側の北防波堤に挟まれた水路の中心付近の水深は 7 m 程度であったことが分かる。一方、Fig. 6 に示す商港建設後の 2004 年の測量に基づく水深分布によれば、商港西側の防波堤の先端付近における水深は 0 m 程度であり、すでに汀線が防波堤先端付近にまで達していて、この 22 年の間における砂の堆積の激しさを教えてくれる。この防波堤と北防波堤の間の中央部

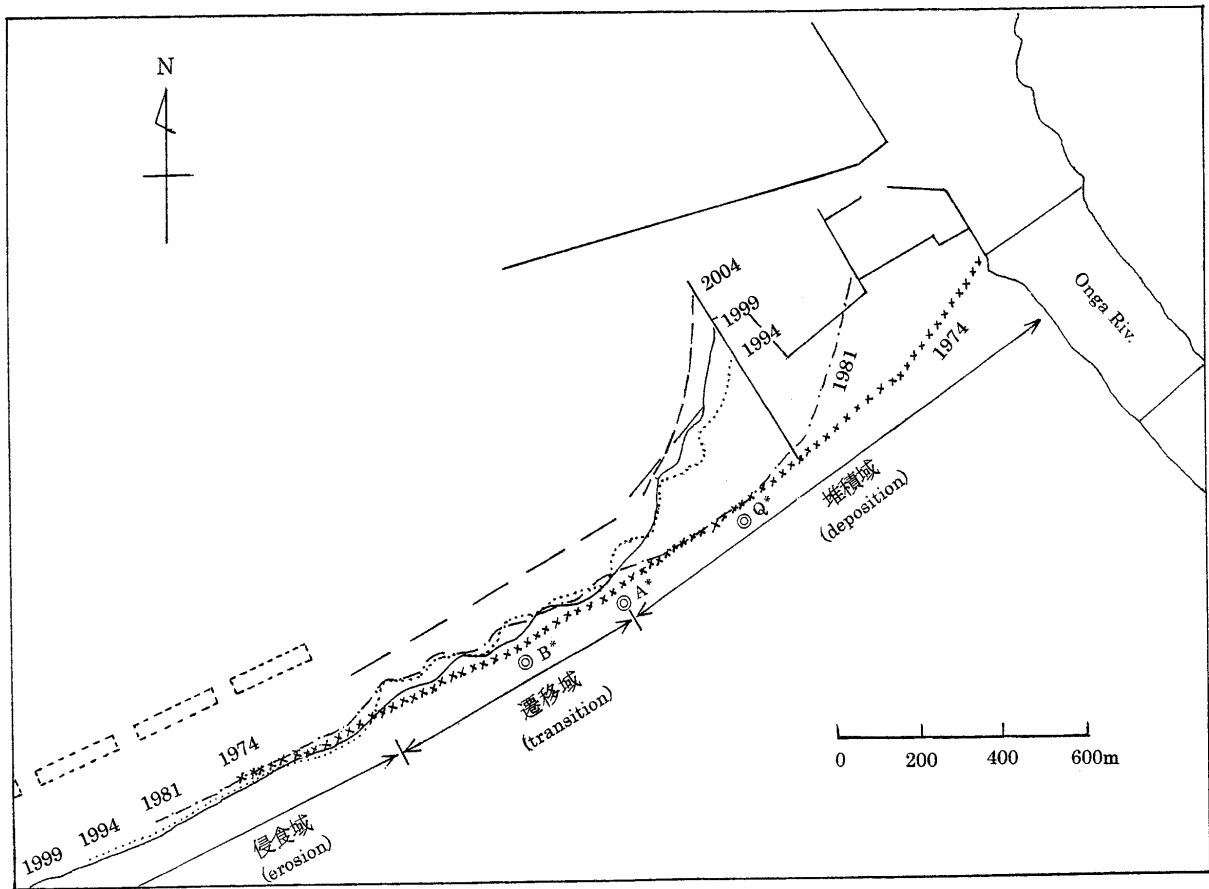


Fig. 4. Historical change of the coastline in the vicinity of the Port of Ashiya.

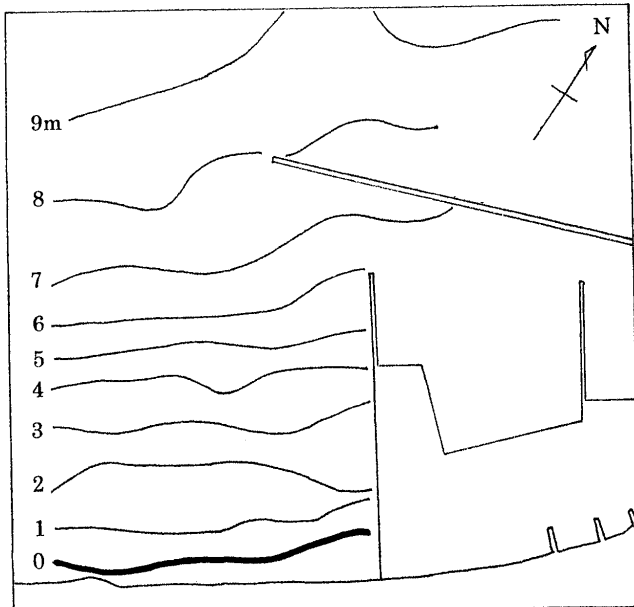


Fig. 5. Distribution of the water depth (meter) in the vicinity of the Port of Ashiya in 1982.

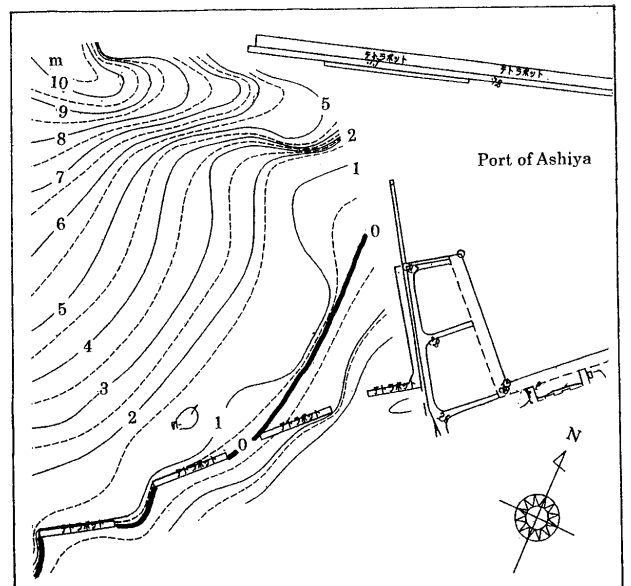


Fig. 6. The same as Fig.5 but for in 2004.

水深は、測量値がないので正確ではないが2 m前後と推測される。したがって当初予定の2000 トン級の船は

いうまでもないが、水路の中央を少し逸れると地元の漁船の航行すらも困難であるといわれていることも理解できる。

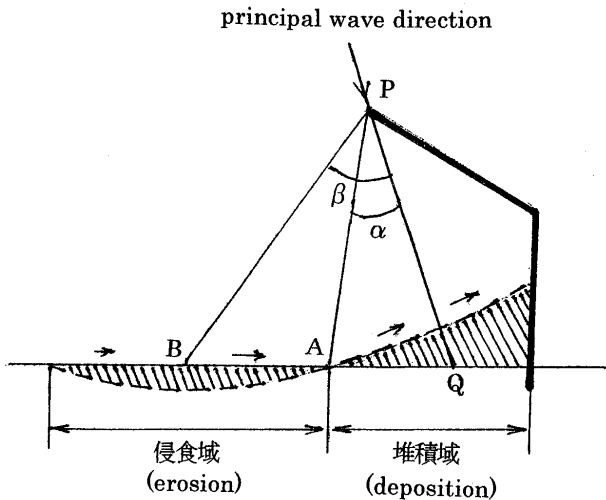


Fig. 7. Model of the topographic change of the coastline caused by the construction of a port on the sandy coast, (after Tanaka, 1974).

5. 片トンボロ型海浜変形モデルの離岸堤設置に伴う変化

芦屋港内およびその西側の防波堤のすぐ外側で砂が堆積するのは、西からの漂砂の流れが港の建設によって妨げられたことから当然といえる。ただし、その砂の堆積域のさらに西方において、逆に海岸が激しく侵食されていることは興味を惹く現象である。単純な海岸構造物が設置された場合の海岸の侵食は、一般に漂砂の流れに対して砂の供給が途絶えた構造物の下手側に発生すると考えられているのである。

これに関して田中(1974)は、全国の砂浜海岸に建設された同様な形式の既存の6港において発生した事例研究から、港の建設に伴う局所的な砂の流れに注目し、港付近の堆積域と侵食域の範囲について Fig. 7 に示すモデルを発表した。彼はこの現象を片トンボロ型海浜変形とよんでいる。彼のモデルにおいては、港の主防波堤の頭部 P 点から岸に向けて、海域の卓越波向に平行な直線 PQ を引く。このとき港側の堆積域と外側の侵食域の境界点 A は、Q 点より港を離れる方向に位置して、

PQ と PA がなす角は $\alpha = 20^\circ \sim 30^\circ$ の範囲の値をとる。一方、侵食が最も激しい地点 B は PQ と角 $\beta = 40^\circ \sim 50^\circ$ となす方向に位置すると考えている。

ここで Fig. 4 や Fig. 7 が示すように、港を離れた外側海岸に侵食域が形成される理由が問題になる。これについて田中(1974)は、Longuet-Higgins・Stewart(1962)が提唱した radiation stress の働きによる wave set-up(砕波による海水堆積、例えば宇野木(1993)参照)の現象を利用して、以下のように説明している。すなわち砕波帯の平均水面の上昇量は砕波高に比例するので、防波堤などの構造物による波浪遮蔽域では平均水面は低く、非遮蔽域では平均水面は高い。ゆえに岸沿いに波の非遮蔽域から遮蔽域に向かって平均水面が低くなるので、遮蔽域への流れが生じ、同時に砂の流れも生じる。この結果非遮蔽域では浜の侵食が、遮蔽域では砂の堆積が起こると考えられるのである。そしてもともと海岸一帯に存在して岸に平行であった漂砂の流れが、この局所的な砂の流れに重なることになる。

芦屋港の場合にも港の防波堤のすぐ外に砂の堆積が、それより外側に海岸侵食が発生している。港湾当局も芦屋港の建設計画に際して、田中(1974)によるこの片トンボロ型海浜変形モデルを参考にして、Fig. 7 と同様な海岸変形が生じ得ることを理解していた(福岡県(1982)の図 4-1-28)。ただし外側の海岸侵食は、港湾建設前に設置された離岸堤によって避けることが可能であると期待していた。たしかに Fig. 3(b) の写真に示されるように、離岸堤が設置された区間では砂は海岸に付いている。しかし商港が建設を終えた後には、Fig. 3(c), (d) に認められるように、期待が外れて離岸堤群の外側に顕著な侵食域が発生したのである。このように侵食防止のための離岸堤の設置に伴って、現実の海岸変形は Fig. 7 のモデルと相違する部分が生じる。そこで航空写真に基づいて海岸変形をまとめた Fig. 4 では、芦屋海岸において内側の「堆積域」と外側の「侵食域」の間に、「遷移域」を設けている。

いま芦屋海岸において波が来襲する卓越方向を、港湾当局と同じく NW とし、Fig. 7 の P 点に対応する点を Fig. 4 の北防波堤の西端と考え、Fig. 7 の Q, A, B 点に相当する点を Fig. 4 にプロットするとそれぞれ◎で示す Q*, A*, B* の位置になる。ただし α と β は角

度範囲の中間値をとって $\alpha = 25^\circ$, $\beta = 45^\circ$ としている。そうするとモデルで期待された堆積と侵食の境界点 A* は遷移域の始まりに位置し、予想される最大の侵食点 B* は遷移域の中央に相当する。したがって田中のモデルは基本的には妥当であるが、人為的に侵食防止対策が講じられると修正が必要になる。ただしこのような侵食対策では侵食防止の達成は困難で、対策域の外側に新たに深刻な侵食が発生することになる (Fig. 10(a) の①参照)。これは wave set-up の概念からいえば当然と思われる。すなわち遮蔽域と被遮蔽域が存在する限り、必ず平均水面の勾配が生じて水の流れと砂の移動を避けることができないであろう。事実、福岡県はさらなる侵食対策として、離岸堤群の西側沖に、1994年から2004年にかけて4個の潜堤を設置したことを前に述べた (Fig. 4)。

6. 漂砂量の推定

後の議論の必要上、3節の航空写真や4節の水深図を基に漂砂量を推定する。これは港周辺の堆積量で知り得るであろう。もともと正確な漂砂量の推定は困難を伴うものであるが、とくにいまの場合は資料が限られ、しかも部分的であるために、精度の高い結果を期待することは難しく、ごく概略の値を理解するに止めざるを得ない。

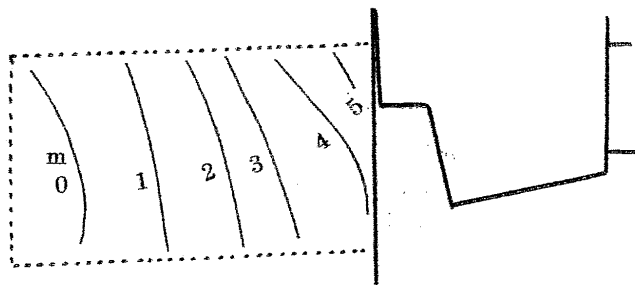


Fig. 8. Elevation of the bottom near the Port of Ashiya from 1982 to 2004, (in meter).

6.1. 水深図から推測される堆積量

Fig. 5 と Fig. 6 の水深分布を比較して水深の変化を求めれば、1982～2004年における砂の堆積量を見積も

ることができる。ただし両図の水深分布が重なる範囲は意外に狭く、その範囲は Fig. 8 の点線で囲んだ範囲、すなわち商港の西側の防波堤より外海側の $600\text{ m} \times 300\text{ m}$ の矩形域に過ぎない。図中の実線はこの期間における海底の上昇量を表している。これから求めた堆積量は22年間に 37.1 万 m^3 になる。したがって1年当たりの堆積量は 1.69 万 m^3 である。しかし、Fig. 8 の等値線を外挿すると、この矩形海域以外の海域における堆積も大きいと考えられ、全体の堆積量はこの値を大幅に超えると推測される。

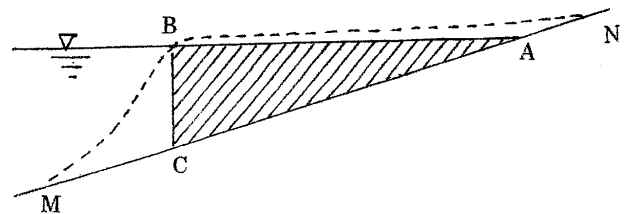
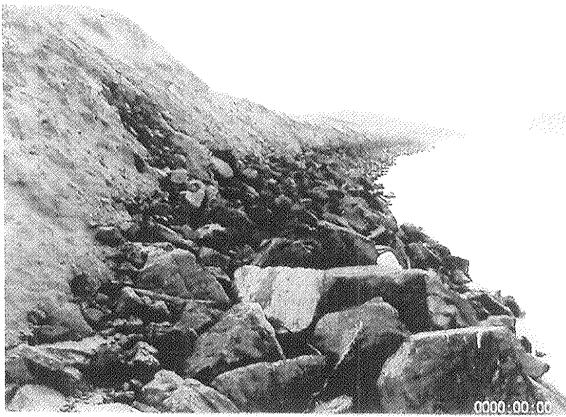


Fig. 9. Estimation of the amount of deposition while the beach shifts from A to B.

6.2. 航空写真から推測される堆積量

Fig. 2 や Fig. 5 の水深分布を見れば、かつては芦屋町近傍の汀線近傍では水深は沖に向かってほぼ直線的に増加していると考えられるので、以下のような大胆な仮定のもとで、ごく概略の漂砂量を推測する。そこで Fig. 9 において、MN を初期の海底とし、そのときの汀線の位置を A 点とする。やがて砂の堆積のために汀線が前進して B 点にまで達したとする。それに対応する初期海底の位置を C 点とする。そこで2枚の航空写真から汀線の位置 A, B を知れば、三角形 ABC の面積、したがって砂の堆積量を求めることができる。このような考え方で計算された1994年 (Fig. 3(c)) と1999年 (Fig. 3(d)) の間の堆積量は 15.9 万 m^3 になる。ゆえに1年間当たりの堆積量としては 3.19 万 m^3 を得る。ただし、汀線が B 点にまで達したときの海底と陸上の地形は、例えば Fig. 9 における破線のような状態になっているであろう。ゆえに実際の堆積量は、ここで求めた堆積量よりはかなりの程度大きいと考えねばならない。



①



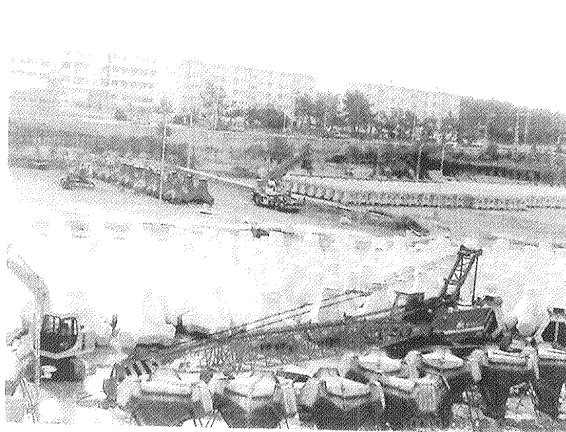
②



③



④



⑤



⑥

Fig. 10. (a) Six photographs taken near the coast of Ashiya.

6.3. 浚渫量を考慮した漂砂量の推定

これまでの堆砂量の推定には、港内に堆積する砂量は考慮に入れていなかった。一方で福岡県の北九州土

木事務所によれば、芦屋港建設以後の1995年度から2004年度までの10年間における浚渫量は14.7万 m^3 であるので、1年間の浚渫量は1.47万 m^3 になる。この量は港内付近の浚渫量であって、上記の港外における

堆砂とは別と考えられる。ゆえにこの浚渫量に港外における堆積量を加えたものが、芦屋海岸における漂砂量と考えてよいであろう。港外における堆積量として航空写真の方から求めた 3.19 万 m^3 を採用すると、漂砂量は 4.66 万 m^3 になる。港外の堆積量の推定が含む不確かさを考えると、芦屋海岸の漂砂量は少なくとも1年間に 5 万 m^3 を超えると考えても大きな誤りではないであろう。

なお芦屋海岸の東端には遠賀川が流出しているので、この川が運ぶ砂量も考えねばならない。これに関して建設省遠賀川工事事務所(旧)によれば、遠賀川河口堰の建設前で、かつ漁港の建設前でもある1971~1974年の平均によれば、遠賀川河口より前面海域の海底土量の増加を水深分布から見積もると、1年当たり 8.5 万 m^3 という値が報告されている(福岡県, 1982)。この数値には河川から流出する砂量に、海岸沿いに西から運ばれて来た漂砂量が含まれている。

しかし河口堰建設後の河川からの流出砂量についての知識に欠け、また港湾建設の条件が新たに加わっているので、前述の 5 万 m^3 以上の値と、この 8.5 万 m^3 との関係を議論することは困難である。そうではあるが、 5 万 m^3 以上という数値はオーダ的には必ずしも見当はずれとはいえないように思われる。

7. 海浜環境の変化

芦屋港建設後に港周辺には顕著な砂の堆積が生じると共に、その西方海岸では激しい侵食が生じて、海浜環境が著しく悪化した。以下にその実態を Fig. 10(a) の①から⑤までの写真で示す。撮影時期は2005年3月で、写真①から⑤までの撮影地点の位置は Fig. 10(b) に示してある。

Fig. 10(a) の①は、離岸堤より西方の激しく侵食された海岸を写したものである。ここでは侵食を防ぐために砂止めとして大きな石や岩を水際に敷き、その上に港内から浚渫したコンクリート破片を含む瓦礫や砂を積み上げている。この結果、侵食された海岸の崖下には、石や岩が転がる無残な姿が現れることになり、古くから謳われた白砂青松の浜の面影は全く失われている。

一方、Fig. 10(a) の②の写真は、①より東に位置する

商港西側の防波堤の外側に広がる広大な砂浜を写したものである。しかしこれは大小無数の瓦礫が散らばった荒れた砂浜で、かつて折々に住民が訪れて親しみ、子供たちが遊び戯れた砂浜の風景とは遠く離れている。これら瓦礫は、西方の海岸侵食対策に使用された上記の岩やコンクリートの破片が砂と共に流れ着いたものに、夏の砂浜祭りの際に外から運び込まれたものが加わっていると考えられている。

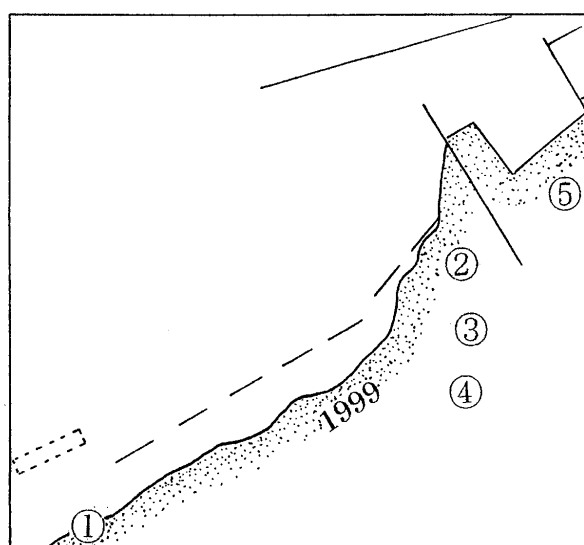


Fig. 10(b) The points of camera shot for the photographs ① to ⑤ of Fig.10(a).

また北風が吹き荒ぶ冬の日に現地を訪れた筆者らは、激しい砂嵐で目や口を開けておくことができず、歩行も困難を覚えた。港周辺に広く厚く堆積した乾いた細砂は、沖から陸に向かう強い風によって吹き飛ばされて被害を与える。Fig. 10(a) の③の写真は海浜公園の施設を写したものであるが、前面の植え込みの列は砂に没し、公園を楽しむことはできない。それより陸側の岸に平行に走るサイクリング道路も、写真④に写されているように砂の中に埋まり、利用は困難である。また広大な砂の浜と港内敷地が形成されたために、激しい飛砂の来襲によって地域住民の生活はさまざまな障害を受けている。これら障害となる砂を除去するために、町は毎年少なからぬ経費を支出しなければならない。

さらに海で泳ぐためには、②の写真に示されるような瓦礫やコンクリート破片がごろごろと散らばっている荒れた砂浜を長く歩いて行かねばならない。かつての芦屋海岸は、近隣一帯に評判が高くて非常に賑わっ

た海水浴場であったが、その名声は過去のものとなった。最盛期の海水浴場風景が Fig. 10(a) の写真⑥に示されている。芦屋町の資料によって海水浴客数を5年ごとにみると、75万人(1975年)、39万人(1980)、37万人(1985)、10万人(1990)、10万人(1995)、6万人(2000)、3万人(2005)と経過している、最近では海水浴客数は最盛期の4%にも激減している。ちなみに芦屋港建設の着工は1979年、完成は1986年であり、その影響は明らかである。

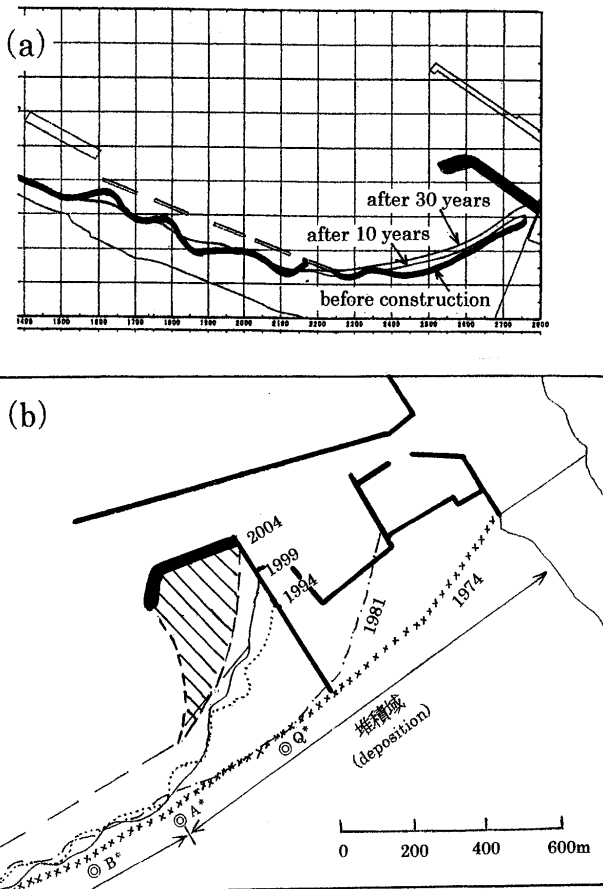


Fig. 11. (a) The result of a numerical simulation for the movement of a coastline, after the construction of the sand prevention dike, due to the Harbor Authorities. (b) Change of the coastline near the Port of Ashiya.

8. 議論

8.1. 防砂対策の問題点

漂砂による港の埋没のために芦屋港の機能維持に苦慮している福岡県の港湾当局は、浚渫に要する多大な経費と労力を避けるために、2006年の春から商港西側の防波堤の先端付近からほぼ西方に向けて、費用約5億円をかけて全長300mの防砂堤(Fig. 11の(a)と(b)に黒く塗りつぶしてある)の建設を進めている。竣工予定は2007年度である。県当局は数値計算結果を基に、この防砂堤を建設すると今後21年間は浚渫をする必要がなくなり、経費の節約になると主張している。しかし、これまでに芦屋港付近に砂が堆積して来た実績から判断して期待される効果に疑問が持たれると共に、海浜環境がさらに深刻になることが心配される。その上に芦屋町が建設費用の8%の約4,000万円を負担しなければならない。これらの事情のために、防砂堤の建設に反対する声が地域住民の間に強く上がったのであるが、防砂堤の建設工事は強行されている。

そこで、21年間も浚渫する必要がないという予測の妥当性を検討するために、住民はその根拠を示す資料の公文書開示を県当局に求めた。だが検討に必要な詳細な計算条件、計算方法、および計算結果は開示されず、わずか3頁の結論部分のみが開示された。その一部をFig. 11(a)に示す。図では建設の10年後と30年後の汀線の予測位置が示されているが、設置前に対する汀線の移動距離は、30年後といえども最大で40m程度に過ぎない。したがって汀線の1年間の平均前進速度はわずか約1.3mと著しく小さい。なお汀線の位置は海図で用いる水深0mと同じと考えられる。

これと比較するため、工事の開始以後の防砂堤近傍における実際の海岸の状況を撮った写真4枚をFig. 12に示す。①の着工後間もない2006年5月22日の時点における写真では、防砂堤の付け根付近には砂浜は見られない。撮影時の潮時は不明だが、Fig. 6の水深0mの等深線や、当局によるFig. 11(a)の防砂堤建設前の汀線の位置を見れば、汀線は防砂堤付け根に接近しているの、満潮に近い状態と推測される。写真②は①より約7か月後の2006年12月16日におけるもので、

防砂堤付け根付近は砂浜になっている。汀線は防砂堤に沿ってその基部から約 20 m 先に位置している。このころ満潮と干潮の水位差は約 50 cm と小さく、写真は平均水面時付近の状態を表している。次いで写真③は②より約 2 か月後の 2007 年 2 月 15 日の状況を写していて、汀線は防砂堤基部から約 25 m 先方にあった。ただし潮時は明らかでない。最新の写真④は③から約 3.5 か月を経た 2007 年 5 月 30 日の大潮干潮時における状況を写したもので、汀線は防砂堤基部から 92 m のところに達していた。なお翌々日 6 月 1 日の満潮時の汀線は基部から 23 m の位置にあった。ゆえに平均水面時の汀線は、これらの中間の 58 m 付近にあったと推定される。

これらを基に汀線の前進速度を求める。写真②と写真④の間には 5.5 か月の差があるが、防砂堤基部からの平均水面時の汀線の位置は、前者は約 20 m、後者は約 58 m であって、その間に 38 m の前進があった。したがって 1 年間あたりには汀線は約 83 m を前進することになる。この数値の精度はまだ検討を要するものの、これに比べてシミュレーションから求めた汀線の前進速度は、年間約 1.3 m と桁違いに小さい。なぜこのように実際と大きく異なる計算結果になったかは、今後詳しく検討されねばならない。

年間 83 m の汀線の前進速度を用いると、防砂堤(全長 300 m)の先端に汀線が達するのは建設開始後 3.6 年の勘定になる。この結果を過去の砂の堆積実績と比較する。Fig. 11(b) は Fig. 4 の一部であるが、これに付け加えた斜線部分に注目する。これは防砂堤、建設前の汀線 (Fig. 11(a) に基づく)、および防砂堤先端を通る仮想汀線 (正確ではないが) で囲まれた領域である。この領域における水面下の水量は、かなり大きく見積もっても 15 万 m^3 程度である。この量は前記の年間 5 万 m^3 の漂砂量を考えると、3 年間で埋まってしまうことになる。ただし実際には海面より上に堆積するもの、この領域以外に堆積するものがある。また最近の侵食防止対策などによって堆積速度が減少していると考えられるので、古い堆積速度の適用には限界がある。ゆえに過去の実績から推定した 3 年の値は、おそらく下限を与えると考えるのが妥当であろうが、防砂堤建設開始後における実際の測定に基づく結果をオーダ的に

裏書きしているとみなされる。

今後の侵食・防砂対策の進め方に伴って、汀線の前進速度に変化が生じる可能性はあるが、これまでの経過では防砂堤建設後に 10 年を待たずにおそらく数年程度で、先端が砂浜になることはかなり高い確率で推測できる。防砂堤先端予定地の水深は建設前でも 3 m 程度 (Fig. 6) とかなり浅いので、工事完成までも大量の砂が港内に流入すると共に、数年後に防砂堤先端が砂浜海岸になると、砂の港内への侵入も激しさを増すと考えられる。したがって、21 年間は浚渫の必要なしとの港湾当局の主張を認めることは困難である。なおこの 21 年の根拠は、詳しい資料が示されていないので計算過程が明瞭でないが、Fig. 11(a) の予測計算に加えて、別途に高波の来襲 (3 m 程度の高波が毎年 5 回来襲) を仮定して、防砂堤の建設後に汀線が先端に達する期間を推定したもののようなものである。それにもかかわらず、21 年の値が実際に比べて著しく大き過ぎることは上記のとおりである。

福岡県はまた防砂堤に加えて、Fig. 4 に示す芦屋港の西の離岸堤群・潜堤群よりさらに西方の海岸に、新たに 2006 年度末から長さ 370 m の範囲に、Fig. 10 の写真①が示すのと同様な大きな捨石を用いた海岸災害対策工事を開始した。このように海岸の安定は容易に得られず、港湾埋没と海岸侵食の対策は次々と拡大・継続されている。

8.2. 港湾の現状と問題点

バブル期の経済成長の波に乗って実施された多くの公共事業の例に漏れず、希望的計画の基に物流基地の期待を担って建設された芦屋港の利用率は極めて低い。例えば、1988 年度の資料によれば入出港した船の数は、漁港においては漁船 2,254 隻 (2.2 万総トン) であるのに、商港においては年間わずか 10 隻 (0.7 万総トン) のみで驚くほど少ない。代わりに浚渫作業船のみが停泊している。また芦屋港の貨物処理能力は 23.2 万トンであるが、2003 年度の貨物取扱量は移出が 3.1 万トン、移入が 3.6 万トン、計 6.7 万トンで処理能力の 29% に過ぎなかった。ゆえに広大な港の物揚場は遊ばざるを得ず、港湾施設使用料を稼ぐために、いまは消波ブロックそ

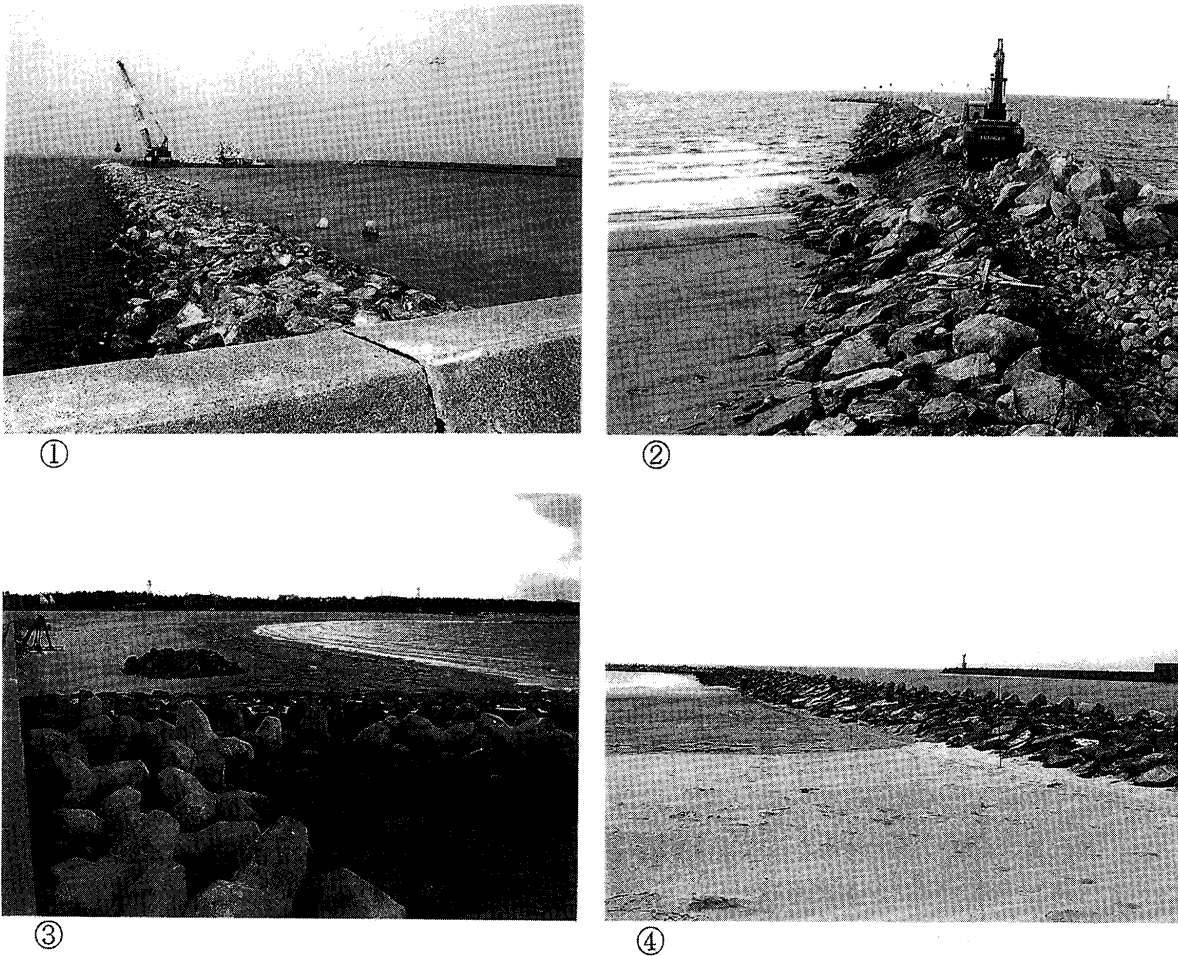


Fig. 12. Photographs showing the change of the sand beach near the sand prevention dike, ① 22 May 2006, ② 16 Dec. 2006, ③ 15 Feb. 2007, ④ 30 May 2007.

他のコンクリートブロックの大規模製造工場と化している。かくして港内に停泊する商船の姿も、荷揚げされた貨物を見ることは乏しく、Fig. 10(a)の写真⑤に示すように、代わりにコンクリートブロック製品が港内敷地を覆い、正常な港の形態とは著しく異なっている。欠陥港とよばれるのも理由のあることである。

このように芦屋砂浜海岸に港が建設された後には、漂砂による埋没と海岸侵食に悩まされて、対策に膨大な経費が浪費されている。それと共に、移出入する貨物量も少なくして本来の港の役割を果たすことは困難で、赤字経営を続けざるを得ない。さらに、海浜の自然環境の悪化とその影響は深刻になる一方で、地元・芦屋町の経費負担も継続すると推測される。港湾建設計画当初に地域住民が危惧した状況が、現実の姿となって現われている。

9. むすび

安定した砂浜海岸に港を建設した例として芦屋港の商港を対象に、港の埋没、海岸の侵食、海浜環境の変化の実態を調べ、その発生機構について考察した。また21年間は浚渫の必要がないとの予測の基に建設中の防砂堤は、その目的を果たすことができないばかりでなく、海岸侵食は継続し、海浜の自然環境の悪化はさらに深刻になる可能性を指摘した。このような悪条件は、安定していた砂浜海岸に建設された港が受けねばならない宿命である。だが地域にとって不可欠であり、かつ得られる利益が負担を上回るものであれば、港の存在意義は大きい。しかし芦屋港の商港の場合には利用率は著しく低く、それが改善される可能性は乏しい。経済面や環境面で多くの問題を抱えて、今後長い間子

孫に多大の負担を残すと考えられるこのような公共事業を、どうすべきかは大きな問題である。社会的・経済的影響を考えながら、一方で自然環境に与える影響を考慮して、廃港まで含めて今後真剣に検討されることが望まれる。本報告がこれを考える際の一助になれば幸いである

謝 辞

本稿の作成に当たって適切なお助言をいただいた東海大学海洋学部の田中 博通教授に厚くお礼を申し上げます。

References

- 福岡県 (1982) : 環境保全に関し講ずる措置を記録した図書. 芦屋港埋立免許願書添付図書, 294 pp.
- Longuet-Higgins, M. S. · R. W. Stewart (1962) : Radiation stress and mass transport in gravity waves with application to surf beats. *J. Fluid Mech.*, **13**, 481-504.
- 佐藤 昭二 · 合田 良実 (1972) : 海岸 · 港湾. 彰国社, 372 pp.
- 田中 則男 (1974) : 砂浜港周辺における海底および海浜の変化. 港湾技研講演会講演集, 1-46.
- 田中 則男 · 小笹 博昭 · 蜂須賀 和吉 · 三好 英一 (1977) : 海浜変形調査資料 (第3報) —航空写真による汀線変化の解析—. 港湾技研資料, No.266, 159 pp.
- 宇多 高明 (1990) : わが国の海岸侵食の現状とその問題点. 地理, **35(6)**, 34-43.
- 宇野木 早苗 (1993) : 沿岸の海洋物理学. 東海大学出版会, 672 pp.

Changes of the Topography and the Natural Environment Caused by the Construction of the Port of Ashiya on the Sandy Coast

Sanae Unoki*, Ikuo Imokawa†, and Natsuko Oka †

Abstract

After the Port of Ashiya was constructed on the sandy coast, the intense deposition of sand was caused in and out of the port. At the same time the severe coastal erosion occurred far west of the port. The phenomena gave a great damage to the function of the port, and ill influences appeared remarkably on the natural environment in the neighborhood of the port. The present paper described the actual state of such circumstances, and the reason of them was examined. Moreover some related problems were discussed.

Key words: construction of port, sandy coast, deformation of coastal topography,
beach environment, the Port of Ashiya

(Received 6 March 2007; accepted 11 June 2007)

(Copyright by the Oceanographic Society of Japan, 2007)

* 2-12-24 Tonosawa, Shimizu-ku, Shizuoka 424-0912, Japan

† The Nature Conservation Group of Ashiya, 535-4, Yamaga, Onga-gun, Fukuoka 807-0141, Japan