

館山湾に位置する船形漁港周辺の海浜変形

BEACH CHANGES AROUND FUNAKATA FISHING PORT LOCATED IN TATEYAMA BAY

星上幸良¹・熊田貴之²・宇多高明³・芹沢真澄⁴・三波敏郎⁵・古池 鋼⁵

Yukiyoshi HOSHIGAMI, Takayuki KUMADA, Takaaki UDA,
Masumi SERIZAWA, Toshiro SAN-NAMI and Kou FURUIKE

¹正会員 国際航業(株)海洋エンジニアリング部(〒191-0065 東京都日野市旭が丘3-6-1)

²正会員 工修 日本大学大学院理工学研究科海洋建築工学専攻(〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

³正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所研究総務官(〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

⁴正会員 海岸研究室(有)(〒160-0011 東京都新宿区若葉1-22 ローヤル若葉208号)

⁵海岸研究室(有)(同上)

Beach changes around Funakata fishing port located in Tateyama Bay in Chiba Prefecture were investigated through the comparison of aerial photographs. Shoreline changes were read and sand volume accumulated in the wave shadow zone of this fishing port was calculated to be $6.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ since 1995. Time rate of sand volume change, $1.05 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$, gives the sand supply from the Heguri River flowing into this bay. Also stable shoreline form was predicted by Hsu model and compared with the measured shoreline form. Both results agreed well.

Key Words : Shoreline change, Funakata fishing port, Hsu model, sand supply from river

1. まえがき

沖合に防波堤など波の遮蔽構造物が建設された場合、背後の遮蔽域では汀線が前進し、その外側では汀線が後退することはよく知られている。このような場合の汀線変化について最終安定形を簡便に直接計算できる手法にHsuの式¹⁾がある。筆者ら²⁾はこの方式を用いて千葉県検見川浜における汀線変化計算を行い、それによってほぼ妥当な解を得ることができた。前報の検討対象の検見川浜は河川からの流入土砂が存在しない完全なポケットビーチであるが、現実の多くのポケットビーチでは中小河川が流入し、それによる土砂流入も無視できない場合が多い。しかしこのような場合における安定海浜の形成については十分議論が行われているとは言い難い。千葉県の館山湾北部に位置する船形漁港では、沖防波堤の建設に伴う波の遮蔽域形成によって、その周辺域で著しい海浜変形が生じ、この結果侵食域では冬季風浪による越波が著しい。この海岸の海浜変形を特徴付けるのは近傍に二級河川平久里川が流入していることであり、この川からの流入土砂が海浜変形の軽減に役立っていることである。本研究では船形漁港周辺を例として、現地踏査と空中写真判読、Hsuの式によって海岸の海浜変形について解析し、河川流入土砂を期待した砂浜形成とそれによる越波対策の可能

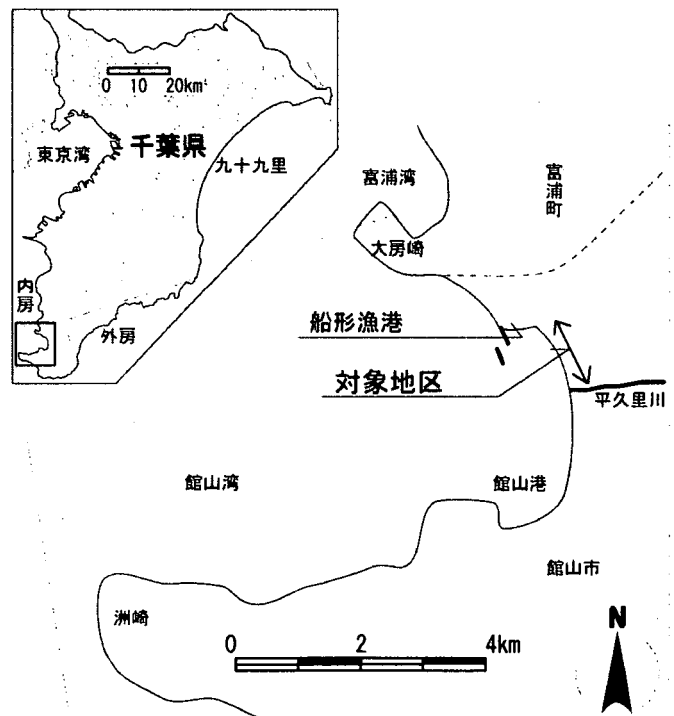


図-1 館山湾内の船形漁港の位置

性について考察する。研究対象の船形漁港は房総半島南部、千葉県館山湾の北部にあり、南北約4kmのポケットビーチの北端に位置する(図-1参照)。館山湾は西に開いており、太平洋からのうねりは入射しにくく、卓越波浪は冬季の西風に伴う風浪である。

2. 空中写真の判読

この区域では1969年以降毎年1回の空中写真撮影がなされてきている。本研究では船形漁港の沖防波堤の建設によって周辺域で顕著な汀線変化が観察された1990年以降の海浜変形に着目して検討を進める。

写真-1(A)は1990年撮影の館山湾北部の空中写真である。写真に示すように弓形に湾入した海岸線の北端部に船形漁港の防波堤が建設された。防波堤形状は複雑であるが、北側の泊地が先に建設され、その外側に変形した「コ」の字形の泊地が建設された。

またこの泊地の西側には一文字の防波堤が延び、さらに汀線の沖合約1,000mには沖防波堤の建設が始められていた。しかしこの時点では沖防波堤の長さは170mと、離岸距離1,000mと比較して短かったために沖防波堤の建設が汀線に及ぼす影響は小さかった。写真には以下で現地状況を示す場所をa~fで示すが、泊地の端部である南防波堤の南約450m(b点)に見える直線状の施設は透過性の棧橋である。

写真-1(B)は2001年の空中写真である。船形漁港の泊地形状を見ると、沖防波堤が130m延長されて300mとなった以外、大きな変化は見られない。沖防波堤が延ばされた結果、漁港南側隣接部が波の遮蔽域内へ入り、そこで最大約120m汀線が前進した。またb点の棧橋においても汀線が前進したために海への突出長が1990年と2001年で50m短くなった。この場合、広大な汀線の前進域に比較して汀線の後退域はそれほど目立たないが、中央部の直線状の護岸が延びている付近(d点)では広い範囲で前浜が狭まった。

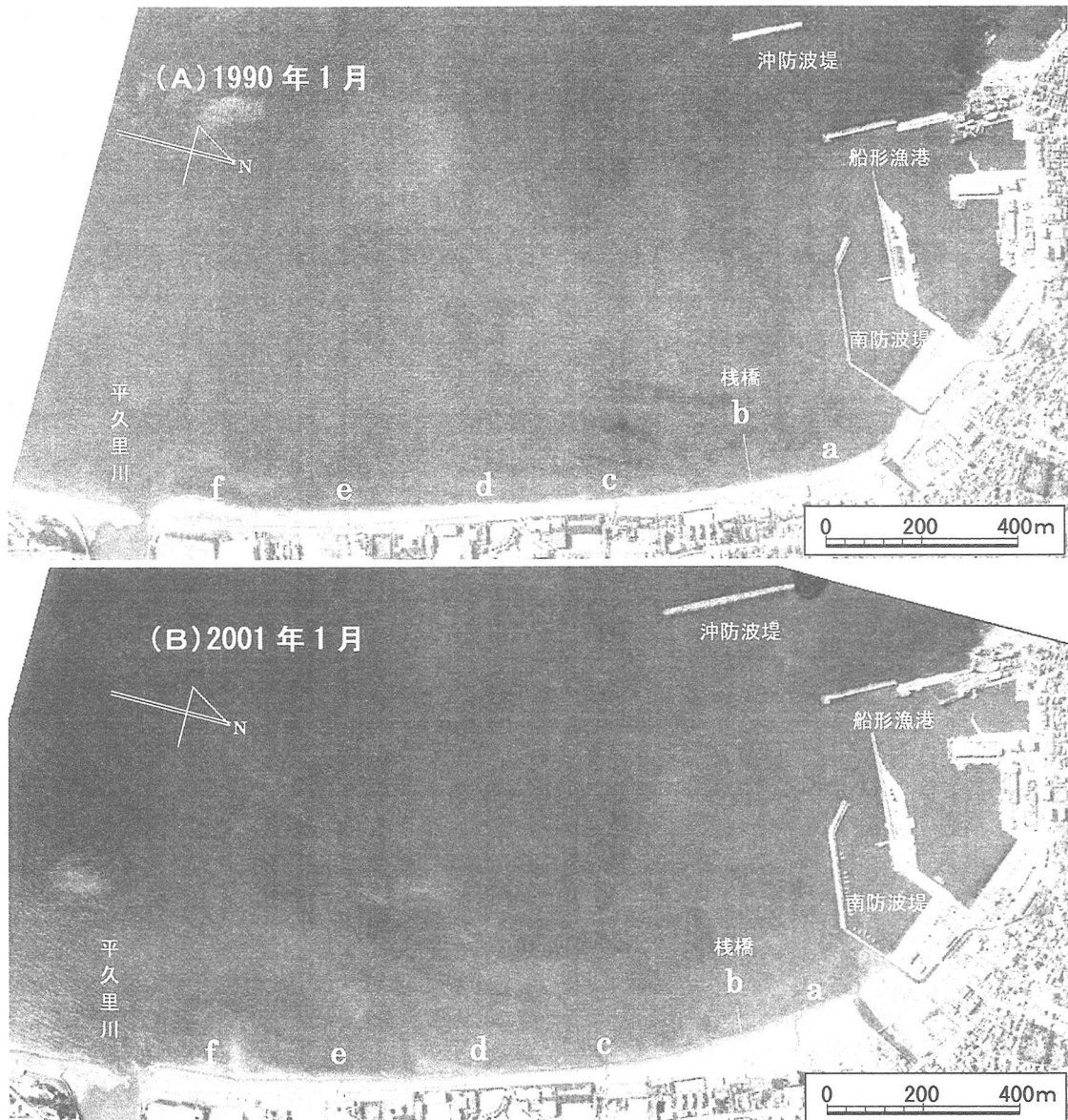


写真-1 船形漁港～平久里川河口間の空中写真

3. 海岸状況の現地踏査

2001年10月6日、対象地区の現地踏査を行った。当日は干潮時で静穏な条件であった。踏査範囲は漁港の南防波堤より漁港の南約1.7kmに位置する平久里川河口までである。写真-1(B)に示したように、沖防波堤による波の遮蔽域では三角形の堆積域が形成されている。この堆積域のほぼ南端付近のc点には排水樋門があり、その上部からは俯角の大きな写真撮影が可能である。そこでまず北向きに堆積域を撮影したのが写真-2(1)である。写真中央に栈橋が見える。大きく弓状に湾曲した汀線が延びており、砂浜の広さは北側ほど広がる。汀線に沿って黒っぽい前浜とそのすぐ陸側には流木や浮遊物が大量にうち上げられているのが見て取れる。海岸堤防前面の土地が安定していることは北部の堤防前面に植生が繁茂していることから明らかである。

同じ場所(c点)から南向き(d点方向)を撮影したのが写真-2(2)である。北側の広い前浜と対照的に、南側では三面張り海岸堤防の前面の砂浜幅はごくわずかである。この付近は写真-1(B)によれば沖防波堤による波の遮蔽域外になる。このため防波堤の遮蔽域内へ向かう沿岸漂砂によって侵食が進み、砂浜幅が狭まったと考えられる。写真-2(3)はd点付近で撮影したものであるが、干潮時にもかかわらず前浜がほとんどない。海岸堤防裏側の民地を調べると、海岸線に沿って、高さの異なるフェンスが立てられており、フェンスの高さは、前浜が最も狭い場所で最も高い。

写真-2(4)はe点から南側を撮影したものである。この付近では海岸堤防の表のり面の上部にブロック状に表面を植生で覆われた土砂が残されていた。その高さは沿岸方向にほぼ一定であり、のり面上に残された土層の大きさは南側ほど大きくなる。植生で覆われた土層が昔から存在したと考えることは無理があり、それよりものり面の一定の高さまで一様に覆われていた土層が汀線側から侵食され、のり面上に土層が取り残されたと考えるほうが自然である。ここより平久里川河口にかけて浜崖が続くが、北側ほど浜崖は高く、その高さは最大1.3mであった。

一方、2001年1月12日に対象海岸の一部を現地踏査したが、満潮時でなおかつ冬季の季節風が発達しており、激しい越波が観察された。写真-2(5)は写真-2(3)に示したフェンス前面における波浪の来襲状況である。コンクリートののり面上に波が激しく遡上している。写真では見えないが海岸堤防上を歩行する際には海水の飛沫が著しく、堤防上での飛沫の量、と前浜幅が概ね対比しているように思われた。館山湾では冬季に西風が卓越するが、現状からは、この時の風波によって越波が著しく、その対策としてフェンスが立てられていること、そして越波は海岸堤防の堤脚水深が大きいほど大きいことが推察される。

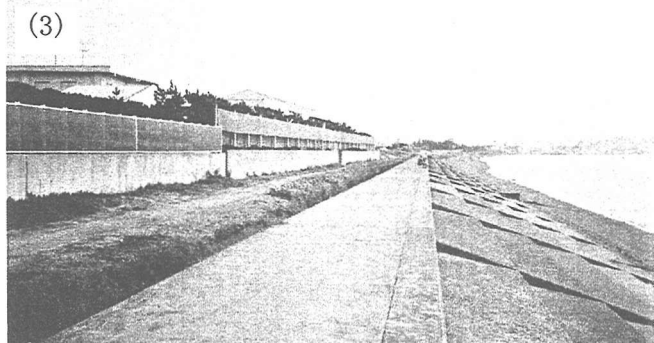


写真-2 現地踏査時の写真

4. 海浜地形変化の解析

沖防波堤建設直前の1985年を基準として、空中写真による汀線変化解析を行った。図-2には館山湾全体の1985年と2001年の汀線形状を、図-3には船形漁港の南防波堤から平久里川河口の右岸側に隣接するf点までの区域の海浜面積の経時変化を示す。図-2によれば、船形漁港周辺では汀線が変化しているのに対し、平久里川の左岸側海浜では大きな汀線変化は見られない。このことは平久里川河口より北側で土砂収支がおおむね成立していることを意味する。

次に、図-3によれば沖防波堤の堤長が170mとなった1990年までの間に、海浜全体の面積は $1.2 \times 10^4 \text{m}^2$ 増加したが、全体的に顕著な侵食・堆積は見られない。ところが、堤長が300mとなった1995年までの間、全体の海浜面積はほとんど変化しなかったのに対し、c点を境にして侵食・堆積が生じた。この時、南防波堤に近いほど変化の割合は大きく、さらに、d～e点では海浜面積が $7,000 \text{m}^2$ 程度減少した。これはc点以南

の海浜砂が北側へ供給されたためと考えられる。その後、2001年にかけてc点以南では海浜面積がほとんど変動しなくなったにもかかわらず、海浜全体の面積は6年間におよそ $2.7 \times 10^4 \text{m}^2$ ($4.5 \times 10^3 \text{m}^2/\text{yr}$)も増加し、c点以北では依然として直線的な増加傾向を示している。これより、海浜南端に位置する平久里川からの土砂供給があり、1995年以降は、流入土砂が見かけ上、護岸前面の海浜幅が狭い区間を通過して遮蔽域へと到達したと考えられる。そして、この土砂のほとんどは平久里川の土砂供給によると考えることができる。また、b点以北では1990年以後に海浜面積が増加したが、c点での増加は1995年以降であった。これは堆積域がc点に及ぶまでに時間がかかったためと考えられる。

ここで1995年以降に増加した海浜面積から平久里川の供給土砂量の推定を試みた。まず、漂砂の移動高を推定する。図-4は海上保安庁発行の海底地形図(No. 6362-2)より作製した船形漁港周辺の海底地形図であり、D.L.基準での水深が記入されている

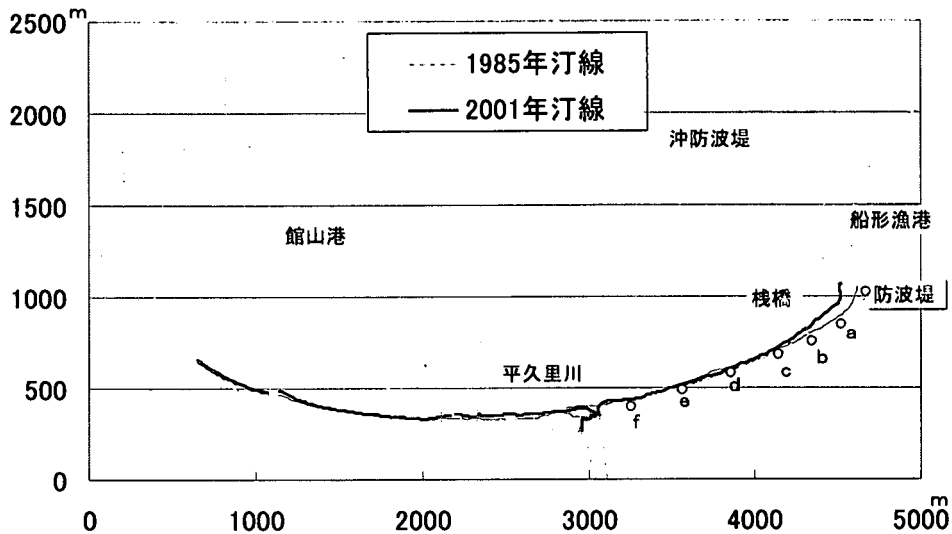


図-2 館山湾全体の汀線変化(1985年基準)

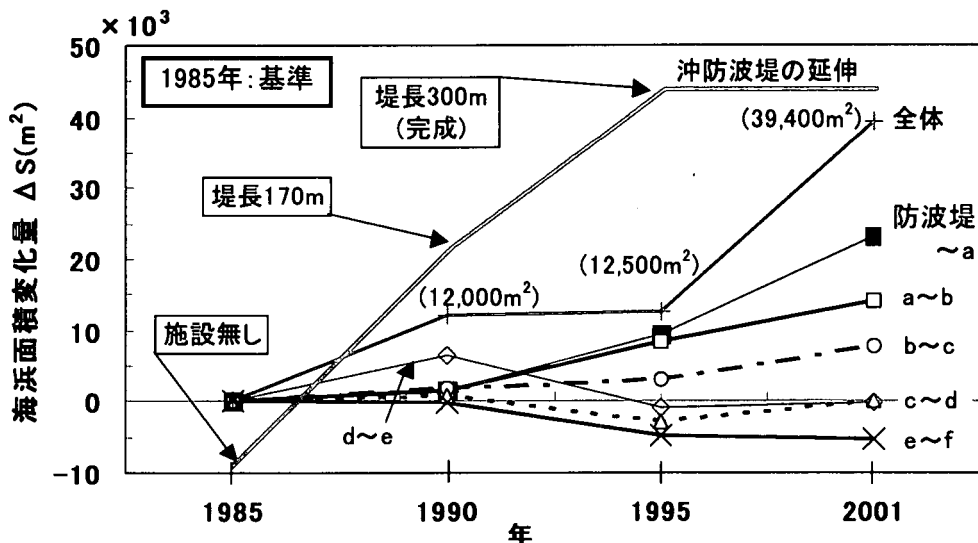


図-3 区間毎の海浜面積の経時変化

(D. L. = T. P. -0.9m). 船形漁港の周辺は岩礁があるため相対的に水深が小さい。沖合の深みはここでは省略したが南部の館山港に接近するほど大きくなる。船形漁港背後の等深線形状を調べると、D. L. -3~-6mの等深線は沖防波堤の背後であっても沿岸方向に平行に延びている。

これに対し、D. L. -2mの等深線は船形漁港に接近するに従い前進している。これは遮蔽域での堆積によると考えられる。このことから、この付近における波による地形変化の限界水深 h_c は、ほぼD. L. -2mとなり、平均水面(≒T. P. +0.0m)に対する水深は約3mとなる。一方、宇多³⁾はバーム高 h_R と波による地形変化の限界水深 h_c の間に、 $h_R=0.33h_c$ なる関係を導いており、これによりバーム高は約1mと推定される。これらの値を次式³⁾に代入すると、移動高 D_s が求められる。

$$D_s = h_R + 1/2h_c - h_R \cdot (h_R/h_c)^2 - 1/2h_R \cdot (h_R/h_c)^3 \cdots (1)$$

以上より汀線が前進した場合の漂砂の移動高 D_s は2.4mと推定され、この移動高と1995年以降の海浜面積を用いて、6年間の堆積土砂量を算出すると、およそ $6.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ ($1.05 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$)となり、この規模の河川からの土砂供給量としてはオーダー的に理解できる値である。

5. Hsuモデルを用いた現況・将来汀線予測

以上の解析結果によれば、船形漁港周辺は、防波堤建設により波の遮蔽域が形成されたために、海浜変形が生じた典型的な海浜である。そこで、湾入した汀線の最終安定形を簡便に直接計算できるHsuモデルを本海岸に適用し、現況再現及び将来予測を行った。

まず、沖防波堤建設以前の安定海浜形状を与える1985年の汀線を対象に現況再現計算を行った。再現計算の諸元として、P点は図-5のように既設防波堤先端部とし、波向は遮蔽域外(点d~f: 図-2参照)の安定汀線の法線方向を与えた。Q点は旧海岸線への法線の方向角が初めて波の入射方向と重なる点として設定した。図-5に再現計算結果を示す。現況と計算結果がほぼ一致し、モデルの適用性の高さが確認できる。これにより、1985年当時の防波堤による遮蔽効果の影響は、図-5の棧橋付近まで及んでいたことが分かる。

次に、将来予測計算を行った。諸元として、P点は図-6のように沖防波堤の先端部とし、波向は再現計算と同値を与えた。Q点は、再現計算で使用したQ点と既設防波堤の先端を結ぶ線を平行移動し、かつ、沖防波堤の南端位置を通る直線を引いた時、この線と初期汀線が交わる点に設定した。図-6に、将来予測結果を示す。侵食・堆積域での汀線変化量についても前述の解析結果と傾向が一致し、侵食域では極端な汀線後退が生じない反面、堆積域では今後さらに汀線がおおよそ200m前進(海浜増加面積でおよそ $5 \times 10^4 \text{ m}^2$ 、

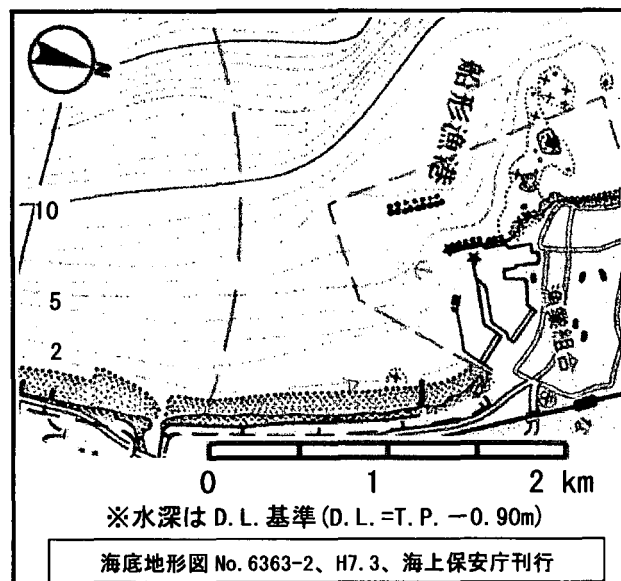


図-4 船形漁港周辺の深浅図

増加土砂量でおよそ $1.2 \times 10^5 \text{ m}^3$ に相当)することが予測された。

前節の解析結果による海浜増加面積と、移動高から得られた平久里川の土砂供給量 $1.05 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ で逆算すると、今後およそ12年程度で安定形状となると予想され、その後は河川供給土砂量に応じて汀線が平行に前進すると考えられる。

通常、侵食域に設置されている護岸では、侵食域拡大にともない護岸前面で洗掘が生じ、結果的に護岸が崩壊することが多いが、対象地区の場合、護岸法線がおおむね沖防波堤建設後の安定汀線に近かったため、平久里川からの供給土砂が侵食域を通過し堆積域に移動する状況となった。平久里川からの土砂供給がある限りにおいては、今後護岸前面の水深増大による越波量の増加や護岸崩壊等の事態は生じないと考えられる。

6. 考察

船形漁港の南側海岸における沖防波堤建設に伴う海浜変形について調べた結果、波の遮蔽域内では大量の砂が堆積して非常に広い前浜が形成される一方、波の遮蔽域内へと沿岸漂砂によって砂が運び去られた場所では越波が激しくなり、その対策として高いフェンスが造られていたことが分かった。

当初、現地での越波や海浜変形の状況から、侵食や越波被害の進行を危惧したことから本研究に着手したが、当該海岸の場合は、結果的に既設護岸設置位置が沖防波堤建設後の将来安定汀線に近かったため、建設前と比べて越波が多くなりフェンス等の対策が必要となったものの、現時点より極端に越波量が増大することは生じにくく、平久里川の土砂供給がある限り、長期的には改善の方向に向かうと推察された。このことは、海浜変形を議論する際には、河川からの土砂供給を含めた検討が必要であり、海岸にお

いても総合土砂管理の視点が必要なことを示唆する。

なお現在、侵食域で生じている越波の防護がフェンスにより確保されているならば対策は必要ないが、これを早期に改善するには、養浜により土砂供給を促進する手だてを取る必要がある。これとは逆に、河口閉塞等の対策のために河口砂州の土砂を浚渫すると、微量ではあるが周辺地域での汀線後退を招き、これに伴う越波範囲を拡大することも考えられ、海岸に対するマイナス要因となるため注意が必要である。

参考文献

- 1) 芹沢真澄・宇多高明・三波俊郎・古池 鋼・神田康嗣：修正HSUモデルによるヘッドランド周辺の最適安定海浜形状の計算法，海岸工学論文集，第43巻，pp. 646-650，1996。
- 2) 熊田貴之・小林昭男・三波俊郎・宇多高明・芹沢真澄・古池 鋼：千葉県検見川人工海浜の変形機構について，海洋開発論文集，第17巻，pp. 559-564，2001。
- 3) 宇多高明：日本の海岸侵食，山海堂，1997。

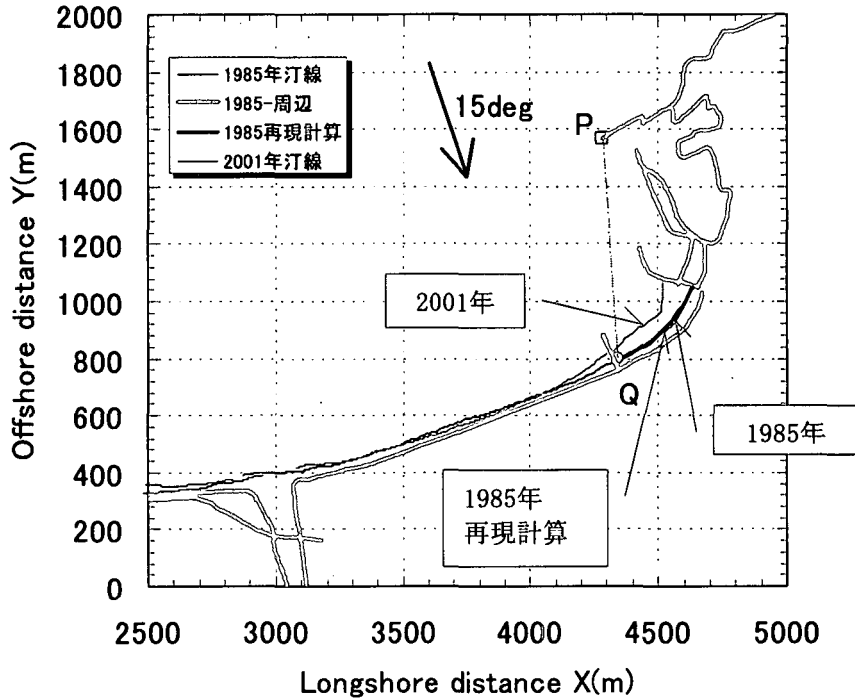


図-5 現況汀線とHsuモデルによる再現結果の比較

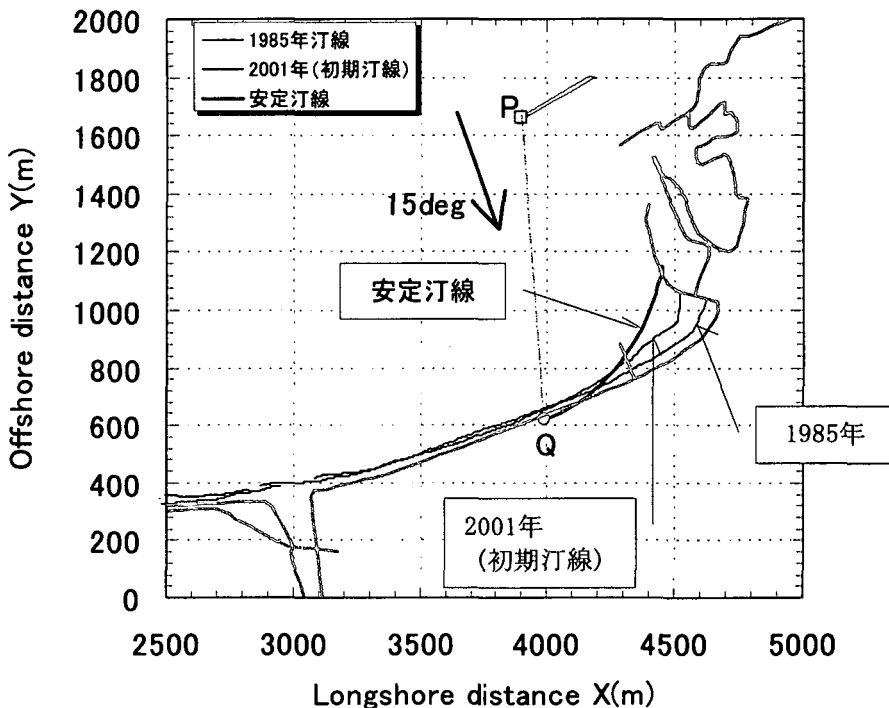


図-6 汀線の将来予測計算結果