

渥美半島・高豊漁港海岸の海浜変形と沿岸漂砂の素過程

和田 清*・石原 安雄**

1. はじめに

渥美半島の遠州灘に面した高豊漁港海岸（豊橋市）周辺は、わが国でも有数の侵食海岸である。この海岸線一帯は、高さ数十mに及ぶ海食崖が連続しており、以前からこの海食崖の崩壊と天竜川からの土砂供給が、漂砂源の主体をなしてきたと言われている（豊島，1972）。このような海岸の侵食対策や漁港整備を検討する場合、河川からの流送土砂量が減少している状況下での海浜地形変化と沿岸漂砂の素過程を的確に把握する必要がある。従来、本海岸の東西に位置する浜名湖今切口と赤羽根漁港周辺の海浜変形の実態については、海岸構造物（導流堤と防波堤）によって阻止された沿岸漂砂量などの詳細な検討がなされ、両海岸周辺の沿岸漂砂の卓越方向は、西向きであることなどが明らかとなっている（富谷ら，1987；宇多ら，1989）。しかしながら、それらの間に位置する高豊漁港海岸周辺の海浜変形の実態については、必ずしも充分な検討がされていない状況である。そこで本研究は、現地観測結果と既存の調査資料に基づいて、まず天竜川から伊良湖岬に至る汀線変化の特性を把握するとともに、砂礫の距離の変化などからマクロ的な沿岸漂砂の卓越方向を推定する。ついで、高豊漁港海岸における海浜地形変化の実態と波浪の特性を関連づけて議論しながら、季節的な沿岸漂砂の特性について考察する。

2. 調査地域の概要

高豊漁港海岸は、図-1に示すように、伊良湖岬と天竜川河口のはぼ中間の渥美半島東部に位置する海岸である。海岸線はほぼ直線で、背後には渥美果層（礫層・砂層・粘土層の互層）と呼ばれる洪積層台地が、雨水侵食・海食作用を受けてV字谷や崖を形成している。この周辺の洪積台地は、東から西に緩やかに傾き、かつ太平洋岸ほど高く三河湾に向かって約1/100勾配で傾斜している。この高低差による自然流下を利用した豊川用水が県境付近の細谷から伊良湖にまで達している。また、海浜

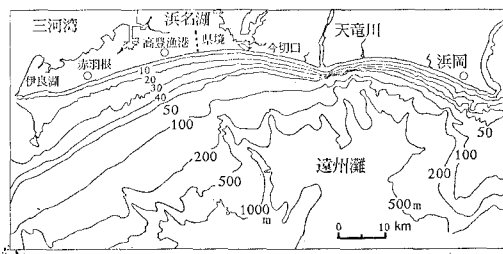


図-1 調査地域周辺の陸岸・海底地形

幅（海岸段丘崖から汀線までの距離）は、県境付近の潮見坂から西に向かって減少しており、高豊漁港周辺では、崖直下の消波堤付近にまで波が打ち寄せ、切り立った海食崖が連なって形成されている。高豊漁港海岸周辺の河川は、東方に天竜川が流入している他、渥美半島の河川はそのほとんどが北流して三河湾に流入しており、遠州灘に流入する河川は流路延長約4 km以下の小規模な数本にすぎない。したがって、これら小河川からの供給土砂量はほとんど期待できず、本海岸の土砂供給源の主体は、天竜川と海食崖の崩壊土砂と考えられる。ただし、近年に至っては海岸の護岸整備によって崖の崩壊速度は小さくなっており、供給量も減少傾向にある。

一方、波浪の浅水変形に影響を与える遠州灘の海底地形を見ると、大陸棚の発達是天竜川河口付近を境として東西2つに大別できる。天竜川河口において大陸棚の幅は平均約3.5 kmであり、外縁水深は50~60 mである。河口より東部では、大陸棚の幅は平均約9 km、水深は120~160 mとなる。御前崎海脚部では幅25 km、水深は約120 m程度である。また、河口より西部では大陸棚の幅が徐々に広くなり、外縁水深も増加する。渥美半島先端の沖では、大陸棚の幅は約30 km、水深は300 mに達する。

3. 天竜川以西の汀線変化とマクロ的な沿岸漂砂の卓越方向の推定

(1) 汀線変化速度の推移

天竜川河口から伊良湖岬に至る海岸線の汀線変化について既存の調査資料を再整理し、汀線の変化速度 V_L (m

* 正会員 工博 豊橋技術科学大学助手 工学部建設工学系

** 正会員 工博 豊橋技術科学大学教授 工学部建設工学系

/年)としてまとめると図-2 のようである。ただし、1956~1971 年のデータは、資料を再整理したものであり、1976~1988年のものは航空写真結果から汀線比較をして、新たに解析したものである。

天竜川以西の海岸において、沿岸漂砂の阻止要因となる海岸構造物は、主に浜名湖今切口の導流堤と赤羽根漁港の防波堤である。それらの建設経緯をまとめると以下のようである。今切口では、1961年に東西両導流堤の建設が同時に始まり、1963年までに共に約 200 m 延ばされた。1971 年にはそれぞれ約 450、300 m に延長され、その後東側導流堤の斜め先端部(約 200 m)の建設が急速に進み、1973年にはこれら導流堤の延長工事が終了している。一方、赤羽根漁港では、1953年に東防波堤の建設が始まり、1958年には約 200 m、1971年には東側約 400 m、西側約 200 m まで建設され、1976年では東側約 500 m、西側約 300 m に達し延長工事がほぼ完了している。

以上の経緯を考慮して図-2(a)を見れば、今切口導流堤の建設以前、かつ赤羽根漁港東防波堤が小規模の1956~1958年から、それらが本格的に延長工事された1968~1971年間までの汀線変化が大きいところは天竜川右岸から今切口にかけてである。特に、天竜川河口部では変化速度 -10 m/年以上に達する顕著な汀線の後退が生じている反面、今切口東導流堤の東側と馬込川付近では、同程度の汀線の前進が生じている。また今切口より西側では、県境から高豊漁港にかけては最大 -5 m/年に達する汀線の後退、高豊漁港から高松では同程度の前進が生じており、高豊漁港付近を境に東西区間で汀線の前進と

後退が対照的に生じている点の特徴である。また赤羽根漁港周辺にもこの傾向が見られる。

一方、今切口導流堤と赤羽根漁港防波堤がほぼ完成した後の1976年~1988年の間の汀線変化は、図-2(b)に示すように、赤羽根漁港と今切口との東側で汀線の前進(5 m/年程度)がみられ、高豊漁港から県境にかけての区間では前進傾向にある。また汀線の後退が明瞭な場所は馬込川付近、今切口西側および高豊漁港から高松の区間に見られる。

図-2(a)と(b)を対比して興味深い点は、赤羽根漁港と今切口において海岸構造物の東側で汀線の前進が顕著に生じている点と、それらの間に位置する高豊漁港海岸を挟んで東西の海岸(高松から県境)では汀線の前進および後退状況が逆転している点である。前者については、海岸構造物の完成後、西向き沿岸漂砂が阻止されたこと、後者については、今切口から赤羽根漁港に至る区間で沿岸漂砂の卓越方向が複雑に変化していることを予想させる。

(2) 沿岸漂砂の卓越方向の推定

海浜堆積物の分布状態から沿岸漂砂の移動方向を推定する方法が種々提案されている(堀川ら, 1971)。本研究では比較的時間がかからず、しかも経済的な方法として海浜砂の粒度特性から推定する方法を採用した。これは、海浜砂の粒径が供給源から遠ざかるほど小さくなる性質を利用したものである。また、前浜と後浜では沿岸漂砂の卓越方向やその移動速度が異なることも指摘されている(服部ら, 1974)。今回は、比較的穏な海象時に

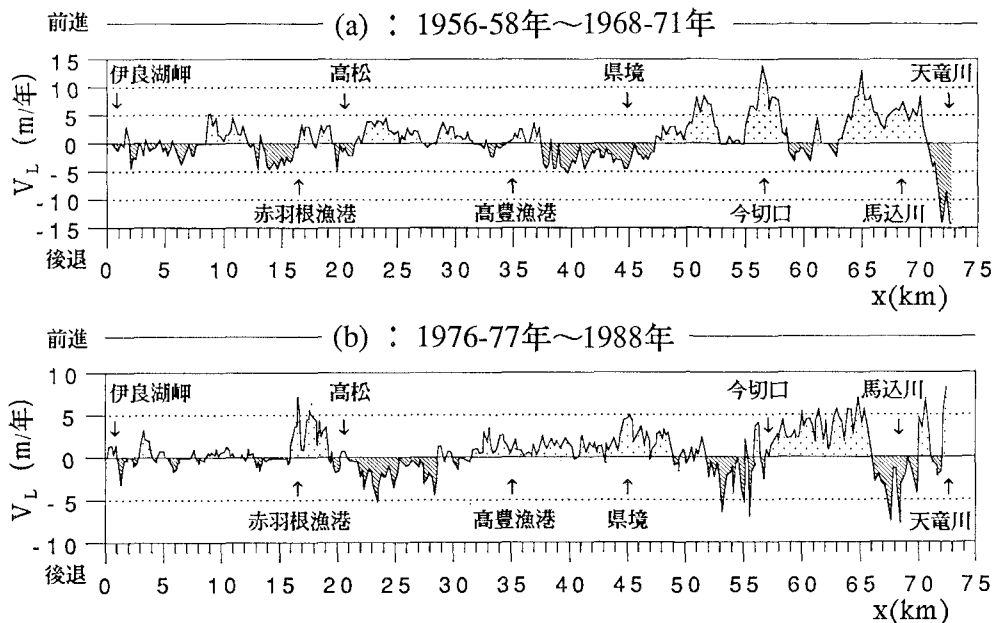
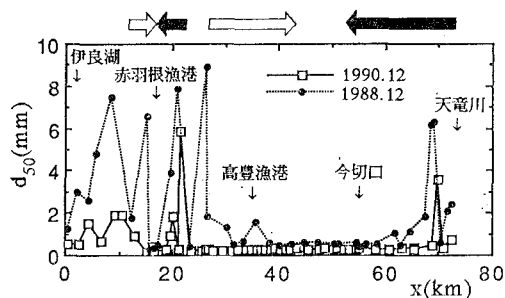
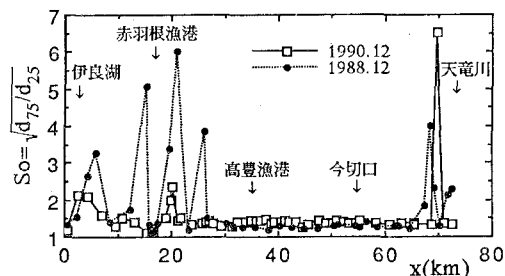


図-2 天竜川以西の汀線変化速度の経過



(a) 中央粒径の変化



(b) 分級度の変化

図-3 海浜砂の特性の距離的变化

おける沿岸漂砂移動を把握するため、天竜川から伊良湖岬の区間において、約 1 km 間隔に採取地点を設け、波の遡上点付近の前浜表層部 10 cm 以浅から採取した海浜砂の粒度分析を行った。なお、採取時期は、1988 年および 1990 年の 12 月の計 2 回である。

和田ら (1991) によれば、採取した海浜砂の中央粒径と平均粒径の汀線方向変化は同様の傾向を示しているの、伊良湖岬を起点 ($x=0$) として中央粒径 (d_{50}) の距離的变化を示せば図-3(a) のようである。また、図-3(b) は分級度 ($S_0 = \sqrt{d_{75}/d_{25}}$) の変化を示したものである。ここで、 d_p は累加百分率 p に相当する粒径である。また分級度 S_0 は、1 に近いほど均一な粒径によって形成されていることを示している。なお、1990 年の値は礫を除外して図示したものである。

図-3(a) からわかるように、中央粒径の極大値は天竜川と赤羽根漁港を挟む東西区間に、極小値は赤羽根漁港付近と、高豊漁港から浜名湖今切口までの区間に見られる。これらのことから、沿岸漂砂の合流地点は、それらの区間にあると予想される。また、山内 (1967) が遠州灘全域にわたって調査した最大級礫 (砂岩) の距離的变化結果では、今切口から高豊漁港付近に至る区間で礫体積が激減しており、上記の海浜砂粒径の傾向と類似している。このように、最大級礫の体積と海浜砂の粒径変化は、採取時期も異なり採取場所も対応していないにもかかわらず、距離的变化の極大値と極小値の位置がほぼ一致している点は興味深い。

さらに、図-3(b) のように、天竜川河口付近と赤羽根漁港を挟む東西区間ではふるい分けがよくない傾向を示している。本海域では供給源から遠ざかるにつれて、粒径および分級度が共に減少する傾向を示しており、このことから、赤羽根漁港から高豊漁港の区間において、海岸を構成する物質からの土砂供給源が存在することが予想される。冒頭にも述べたように、この付近は海食崖が発達している区間であり、崖からの供給物が多く含まれていると考えられる。加えて、粒径が減少する方向に沿岸漂砂が卓越するとすれば、図-3(a) の矢印で示したように、高豊漁港海岸の西から今切口までの区間で、西からの漂砂 (海食崖からの供給) と東からの漂砂 (天竜川からの供給) が合流しているものと考えられる。

4. 高豊漁港海岸の海浜変形特性

高豊漁港海岸の季節的な海浜地形変化の特性を詳細に検討するために、汀線方向 4 km (間隔 100 m)、沖合い 1 km (間隔 20 m) の区間において、1989 年 7 月～1990 年 7 月までの 1 年間に実施された深浅測量結果 (1989 年 7 月: I, 11 月: II および 1990 年 7 月: III の計 3 回) をもとに考察する。図-4 は、対象区域内の海浜地形を観測時ごとに鳥瞰図として表したものである。I において、沿岸砂州は沖合い 200 m 付近に汀線とはほぼ平行に形成されているが、II ではその一様性は見られず、特に対象区域の中央部ではスケールの大きなトラフと 2 段バーの形成が顕著であり、I の場合に比べて複雑な変化をしている。また 1 年後の III では、I とほぼ同様な沿岸砂州が回復し形成される傾向にある。さらに、汀線より陸側の海浜地形 (図中黒塗り部分) は、総じて I で堆積した土砂が II では侵食され、III において再び堆積した状況がうかがえる。

このような侵食・堆積の空間分布を詳細に検討するために、観測時 I, II, III の各期間内の海底地形の変化量を角度を変えた鳥瞰図として表したものが図-5 である。図中、黒塗りは堆積が顕著な場所 (1 m 以上)、侵食が顕著な場所 (-1 m 以下) をドット (点) で示している。I ~ II において、土量変化の大きい部分は汀線より 200 m 以内にあり、浜名湖側では顕著な侵食、伊良湖側では堆積が生じている。II ~ III では、I ~ II の場合と異なり、汀線より 500 ~ 900 m 付近の浜名湖側でも、1 m 以上の堆積が生じている。さらに注目すべき点は、汀線より 200 m 以内において、I ~ II で生じた侵食・堆積分布が、一転して逆の傾向となっていることである。すなわち、I ~ II において侵食された部分 (浜名湖側) が II ~ III では埋め戻され、I ~ II で堆積した部分 (伊良湖側) が II ~ III では洗掘されたことを示しており、来襲した波浪の特性が、台風の影響を含む I ~ II と II ~ III では大きく

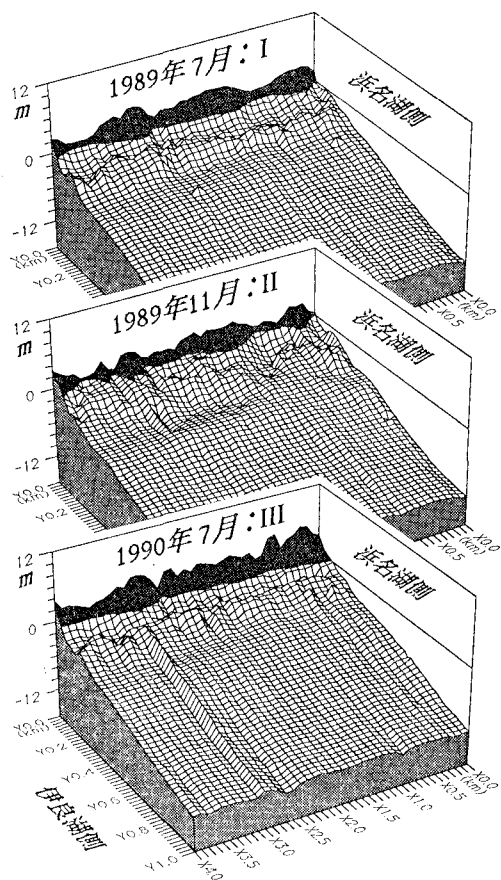


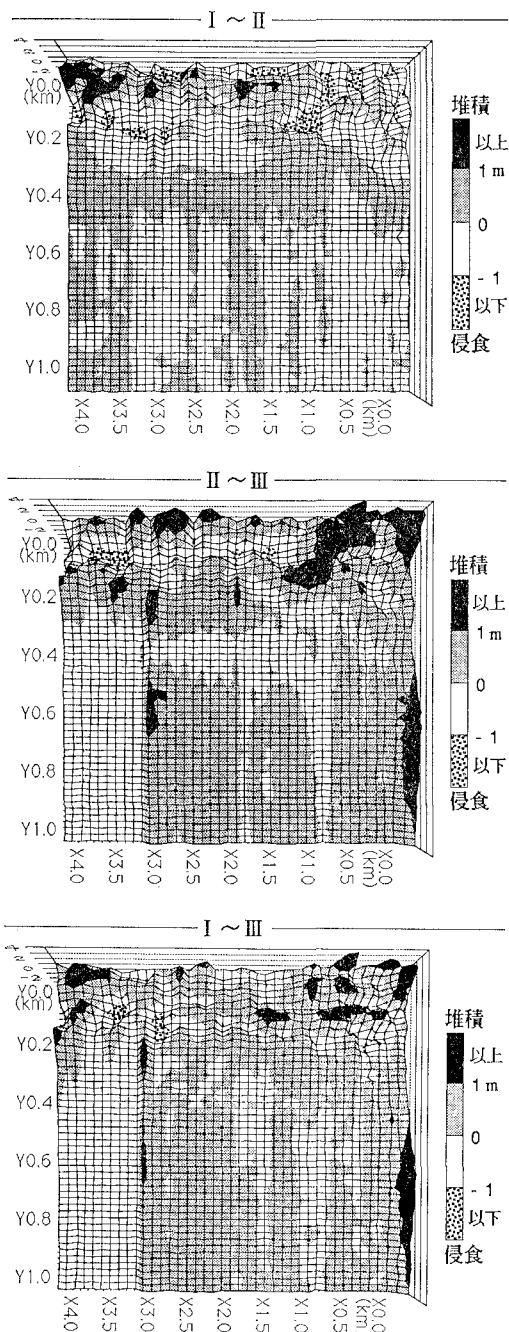
図4 高豊漁港海岸の海浜地形変化

異なっていたことを示唆しているものと考えられる。

一方、領域内における各期間ごとの全土量変化を求めると、I～IIの期間では侵食 ($-2 \times 10^5 \text{ m}^3$)、II～IIIでは堆積 ($6.2 \times 10^5 \text{ m}^3$)、I～IIIでは堆積 ($4.2 \times 10^5 \text{ m}^3$) 状況にあった。したがって、I～IIとII～IIIでは侵食・堆積の空間分布がほぼ逆転してはいるものの、後者の土量変化の絶対値が大きいことから、I～IIIの1年間では、堆積傾向にあったことがうかがえる。

さらに、1年ごとの土量変化を把握するために、高豊漁港海岸と今切口のほぼ中間に位置する湖西海岸（汀線方向 3.1 km、沖合い約 1 km の区間）において実施された最近の深浅測量結果（1988年～1990年、毎年3月の計3回）を整理した結果によると、1988年を基準とした場合、土量変化は、1989年では $-5.1 \times 10^5 \text{ m}^3$ の侵食、1990年には $-12.2 \times 10^5 \text{ m}^3$ もの侵食が生じていることが判明した。

以上のように、高豊漁港海岸と湖西海岸で実施された深浅測量は期間が異なるものの、堆積・侵食土量は $4 \sim 7 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{年}$ 程度の値となっており、相当大的な変動を繰り返している様子がうかがえる。

図5 高豊漁港海岸の土砂変化量
(図中、左: 伊良湖側, 右: 浜名湖側)

5. 沿岸漂砂の卓越方向に関する考察

高豊漁港海岸において実施された深浅測量時には、同地点で波浪諸元を観測していないので、波浪特性を把握するにあたって、測量とはほぼ同時期に対応する御前崎付近（浜岡）の波浪観測データ（1989年9月～1990年6月）

を用いて、逆屈折解析により高豊漁港海岸に襲撃した波浪を推算した。浜岡の波浪に関する有義波高と周期の時系列データによれば(和田ら, 1991), 有義波高が4 mを越える高波浪が, 9~10月および2~4月に襲撃している。また, 周期については, 台風最盛期の夏から秋(9~11月)にかけて周期14秒前後のウネリ性の波浪が, それ以外の期間(12~6月)では, 6~10秒の比較的周期の短い波浪が襲撃したことを示しており, この傾向は, 過去の赤羽根漁港波浪観測結果とほぼ対応している。

図-6 は, 推算した本海岸における波の単位時間当りの energy flux (E_T) を波向き別に表わしたものである。高豊漁港海岸の汀線と直角方向の方位角は 166° ($S14^\circ E$) であるので, 沿岸漂砂の向きは, それよりも大きい場合には浜名湖方向, 小さい場合は伊良湖方向への移動が卓越すると予想される。同図からわかるように, 1年を通じては本海岸の法線方位角に対してほぼ対称的な分布をしているが, 季節的な変化を見てみると台風最盛期の夏から秋(I~II)にかけては浜名湖側から伊良湖側に向かう西向き, 秋から夏(II~III)にかけては, 逆に東向きの波の energy flux が卓越していた。以上のように, 夏~秋と秋~夏の期間における波浪特性は, 台風の影響によって周期と波向きに顕著な差異がうかがわれる。

これらのことから沿岸漂砂の卓越方向を推察すれば, 図-7 のように, 夏から秋(I~II)にかけては西向き, 秋から夏(II~III)では, 逆に東向きの沿岸漂砂が卓越したものと考えられる。さらに, 前項の海浜変形特性で述べたように, 前者の土砂侵食量に比して後者の土砂堆積量が大きいことから, 調査期間内の1年間では, 東向

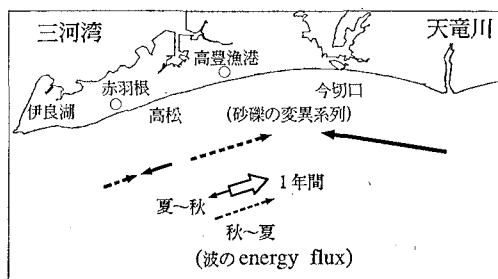


図-7 沿岸漂砂の卓越方向の模式図

きの沿岸漂砂が卓越したものと推察される。

6. おわりに

本研究の解析を通じて想定されることは, 高豊漁港海岸周辺は, 近年全体的には海浜は安定しているものの, 小領域ごとに見れば, 沿岸漂砂の卓越方向が季節(夏→秋, 秋→夏)によって変化するなど, 相当大きな変動を繰り返しており, 本海岸の海浜地形が, 入射波の波向きの変動に応じて敏感に反応し変化するという興味深い示唆が得られた。

謝 辞: 本研究を進めるにあたり, 貴重な資料を提供して頂いた豊橋市農政部をはじめ, 関係諸機関に対し, 深甚な謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 豊島 修 (1972): 現場のための海岸工学(侵食編), 森北出版, 283 p.
- 富谷 雄・宇多高明・酒井佳治・山本武司 (1987): 浜名湖今切口導流堤周辺の海浜変形, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 367-371.
- 宇多高明・山本幸次 (1989): 遠州海岸・赤羽根漁港周辺の海浜変形, 第44回年講概要集, pp. 780-781.
- 堀川清司・砂村継夫 (1971): 千葉県九十九里海岸における漂砂の卓越方向に関する研究, 第18回海岸工学講演会論文集, pp. 417-422.
- 服部昌太郎・鈴木隆介・佐藤敏夫 (1974): 遠州海岸中央部の海浜変形と漂砂, 第21回海岸工学講演会論文集, pp. 127-133.
- 和田 清・石原安雄 (1991): 遠州灘表浜海岸における海浜地形変化過程, 中部支部年講概要集, pp. 266-267.
- 山内秀夫 (1967): 渥美半島南部における海浜漂砂の分布傾向について, 群馬大学紀要, 第17巻, pp. 153-167.

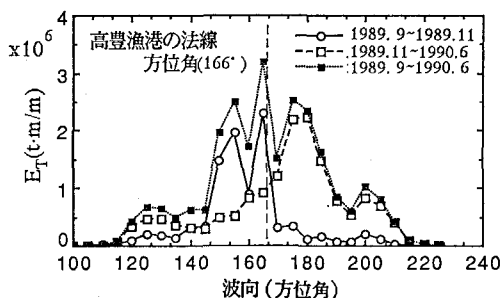


図-6 波向き別 energy flux 分布(推算)