

海岸保全の立場から見た島式漁港の計画についての新しい提案

三波俊郎*・宇多高明**・芹沢真澄***
古池 鋼*・神田康嗣****

1. ま え が き

砂浜海岸に建設された漁港では、漂砂による港口・港内の埋没に悩まされるとともに、とくに卓越沿岸漂砂のある海岸では、防波堤による沿岸漂砂の阻止に起因する漂砂下手側海岸の侵食が問題となる。このような状況を改善するために、近年島式漁港が提案され、北海道内浦湾の国縫漁港をはじめとして、青森県の木造漁港、秋田県の道川漁港、福岡県の杓尾漁港などで計画が実施に移されつつある(長野ら, 1991)。島式漁港の計画論に関して、例えば井元・鎌田(1993)は、国縫漁港について計画地域は遠浅の砂浜海岸であって、近隣の漁港の例からいわれる突堤式漁港では漂砂による港内および航路の埋没および近隣海岸への諸対策に苦慮することが想定され、したがって漂砂による港口、港内の埋没防止、構造物設置に伴う海浜変形の極小化、港内の静穏度保持のためには漂砂の移動限界水深以下に港口を設けることが必要であるとした。また、鎌田(1996)は、沿岸漂砂の卓越する海岸に突堤式漁港を建設すると、漂砂の連続性が遮断されて上手側には砂が堆積し、下手側は侵食される危険性があるが、島式漁港として陸部と島部とを橋で連絡すると漂砂の連続性を妨げずに海浜の平衡状態の保持が可能とした。一方、卓越沿岸漂砂のない海岸では、島部を一種の離岸堤とみなして陸部との距離を十分に確保すれば、トンボロの規模もある程度抑制できるので、このような場合も有効と述べている。

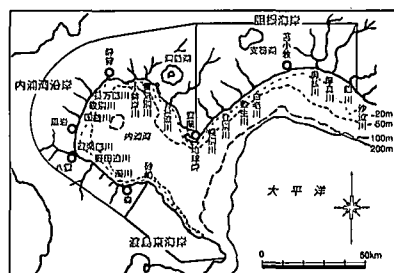
以上のように、島式漁港は、従来型の突堤式漁港の欠点を補う機能を有する新しい漁港と位置付けられ、各地で計画が進んでいる。しかし、島式漁港の岸側では建設前には広い水域があっても、漁港の建設と同時に舌状砂州が形成され、この結果沿岸漂砂の通過は大きく阻止されるであろうし、また、島式漁港の背後にはかなり規模の大きい舌状砂州が形成されるから、周辺海岸への侵食の影響も小さくないと考えられる。したがって、このような点について誤解があるように思われる。ところで、

島式漁港の背後に舌状砂州ができるのが自然であるとすれば、逆に舌状砂州を積極的に形成させ、それによりヘッドランドとしての機能を発揮させ、海浜の静的安定化に島式漁港を利用する方法も考えられる。従来の考え方では沿岸漂砂を通過させることを強く主張するため、このような考え方は取られていないが、多くの問題を解決する方法として検討に値すると思われる。本研究では、国縫漁港を例として、広域的かつ長期的な漂砂に主眼を置いて、このような点について海岸保全から見た島式漁港のあり方についての提案を行う。

2. 内浦湾（噴火湾）沿岸の地形特性

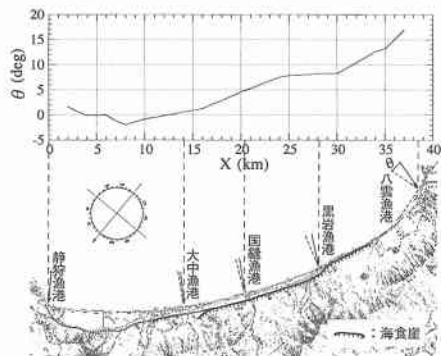
図一1には、内浦湾、胆振・日高沿岸の概要を示す。内浦湾は直径約 50 km の円形で、延長約 150 km の海岸線を持ち、南東に向いた湾口が太平洋に開いている。そして湾口は南部においては砂崎の砂嘴により、また北部においては地球岬により狭められている。内浦湾沿岸の漂砂特性について調べた鴻上ら（1970）によると、内浦湾北東部の静狩～有珠間は火成岩系の地質に属し、浸食には極めて強い抵抗力を示す。静狩～八雲間は、沖積層から成る単調な海岸で、とくに静狩から国縫までの北部海岸は、水深 20 m 程度の海底の隆起による離水海岸で、砂粒は微細で浸食には最も抵抗力の弱い地層を形成するとしている。さらに、南西海岸は全般的に凝灰岩、泥岩の堆積岩が多く、海食崖が連続的に形成されている。

図一1には、胆振海岸の海岸線も示すが、この海岸の登別～地球岬ではほぼ直線状の砂浜性海岸線であって、しかも南端を岬により区切られていることから、この海岸



図一1 内浦湾・日高・胆振海岸の位置図

・ 海岸研究室(有)
 ・ 正会員 工博 建設省土木研究所河川部長
 ・ 正会員 海岸研究室(有)
 ・ 正会員 (株)エムエーシー 海岸環境部



図一2 海岸線形状と想定される卓越入射波とのなす角の沿岸分布

線は太平洋からの入射波に対してほぼ安定状態に近く、したがって卓越波の入射方向はこの付近の海岸線に立てた法線の方向に近いと考えられる。そこで、その方向角を求めるとE 40°Sとなり、ほぼSE方向である。いま、このSE方向からの入射波が内浦湾へと進入するとし、屈折変形を考慮して内浦湾の湾奥に広がる八雲漁港から静狩漁港までの範囲での水深約10 mでの入射角の分布を求めると図一2となる。入射角は南端の八雲で最大値約17°をとり、北向きに単調に減少している。このことは、この沿岸では全域で北向きの沿岸漂砂が卓越することを意味する。

3. 空中写真の判読

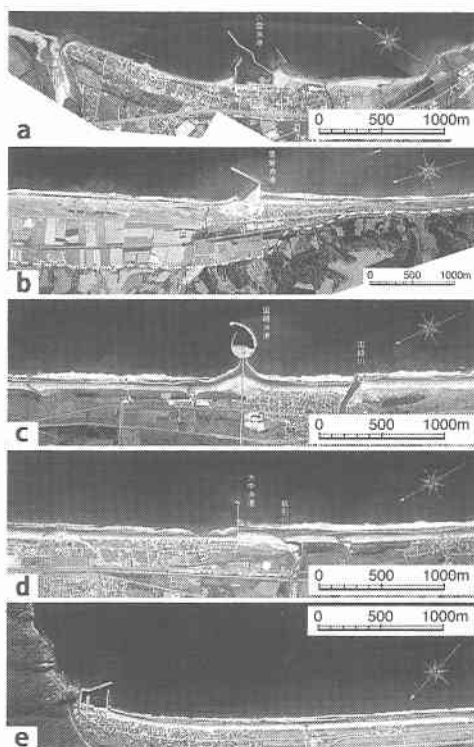
1995年9月撮影の空中写真をもとに、内浦湾の最奥部において八雲から静狩までの間になだらかに伸びる砂浜海岸を対象として海岸状況について述べる。八雲、黒岩、国縫、大中、静狩の各漁港の位置は図一2に示したとおりである。

まず、写真一1(a)は最南端に位置する八雲漁港の空中写真である。延長約700 mで中央部が「く」の字形をした南防波堤が海岸線から大きく伸びている。防波堤の南側には、防波堤とほぼ平行に離岸堤を設置して港内堆砂を防止する、いわゆる節婦漁港方式の防砂堤が設置されており、その背後には三角形の舌状砂州が形成されている。一方、漁港の北側では防波堤の付け根に向かって円弧状に砂州が伸び、しかも北防波堤との接点において汀線が最も突出している。漁港の南側の汀線が北側の汀線よりも大きく突出していることは八雲漁港において北向きの沿岸漂砂が卓越していることを明らかに示している。

写真一1(b)は、八雲漁港の北約13 kmに位置する黒岩漁港周辺の海岸線状況である。黒岩漁港の場合にも南防波堤は「く」の字形をしており、それによる波の遮蔽域は防砂突堤のはるか北側にまで及んでいる。防砂突堤周

辺の汀線形状を調べると、防砂突堤を境として漁港の北側から防砂突堤に近づくにしたがい汀線が前進しているが、突堤を境に一旦汀線が後退し、その後南防波堤の隅角部へと三角形に著しく前進している。南防波堤による波の遮蔽域形成に伴う沿岸漂砂によって地形変化が生じたとなると、北側から防波堤背後へと土砂が運ばれても、このように不連続な汀線形状とはならない。この原因は、南防波堤が最初に建設され、その背後の波の遮蔽域に北側から土砂が運ばれて堆積したあと、防砂突堤が伸ばされたことを表している。そして、漁港を挟んで南側で汀線が前進していることは、この地点においてもまた北向きの沿岸漂砂が卓越していることを示す。なお、写真一1(b)には、海水準が高い時代に形成された海食崖の基部を連ねる線を破線で示すが、黒岩漁港は旧海岸線が内陸側へと発達を始める変化点に位置している。

写真一1(c)は、黒岩漁港の北約8 kmに位置する国縫漁港の空中写真である。国縫漁港の南750 mには国縫川が流入しており、河口には河口導流堤が設置されている。導流堤の南北の汀線位置には段差が付いており、南側の汀線が導流堤の軸方向に約45 m前進している。このことは国縫周辺においても北向きの沿岸漂砂が卓越していることを意味する。一方、国縫漁港の背後には規模の大



写真一1 (a)～(e) 八雲漁港、黒岩漁港、国縫漁港、大中漁港、静狩漁港周辺の空中写真(1995年9月20日撮影)

きな舌状砂州が形成されており、また入射波の碎波状況から判断して、半円形の防波堤の背後は非常に浅くなっている。漁港背後の土砂の多くは南北の海岸から波の遮蔽域形成にともなって生じた沿岸漂砂により運ばれたものであるが、この場合、国縫漁港の南側については、国縫川の河口導流堤が北向きの沿岸漂砂をかなり阻止する境界条件を与えている。この海岸では北向きの沿岸漂砂が卓越するが、国縫漁港はヘッドランドと同様な海浜安定化効果を発揮し、国縫漁港～国縫川河口間の海浜を安定化させる上で役だっている。

国縫漁港の北6 kmには大中漁港が位置する。写真-1(d)がその状況である。1996年11月の現地踏査時には斜め防波堤が伸ばされていたが、写真-1(d)は南防波堤の斜め部分が伸ばされる直前の空中写真である。大中漁港においてもまた、突堤状の防波堤の南側で汀線が大きく前進し、北側では凹んでいる。

写真-1(e)は、内浦湾沿岸の最北端に位置する静狩漁港の海岸状況である。静狩漁港は、それより北東側に伸びる固い火成岩からなる岩石海岸と砂浜との接点に建設されている。このことは、静狩においては、北側からの漂砂の供給はほとんど無視できること、そして静狩漁港の南側に広がる砂浜は、南からの沿岸漂砂によって形成されたことを意味する。

以上のように、八雲漁港～静狩漁港のいずれにおいても漁港を挟んで南側で堆積が起きており、図-2に示した波向分布から推定される北向きの沿岸漂砂の卓越とよく調和している。また、漁港施設の南北での堆砂状況の相違が南端に位置する八雲漁港で最も大きく、北側では小さくなる点は、入射角の絶対値が南側に位置する漁港ほど大きい点とよい対応を示している。

4. 漁港周辺の海浜変形

4.1 八雲漁港

図-3には、鎌田(1996)の示した1983年当時の八雲漁港周辺の深浅図を示す。図示するように、漁港の南側では-3 m以浅の等深線が斜めに防波堤に接近するほど沖側に位置しているのに対して、漁港の北側では-2 m以浅の等深線が大きく凹状になっている。このことは、

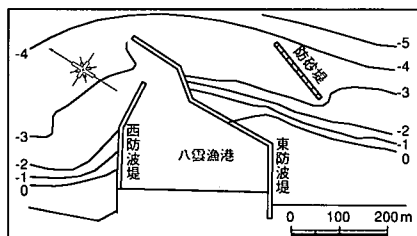


図-3 八雲漁港周辺の深浅図

この地点において北向きの沿岸漂砂が卓越していることを示す。その場合、防波堤の沖合では、-4 mの等深線が漁港を中心として大きく沖向きに突出しており、同時に-5 mの等深線にも-4 mの等深線と同じ特徴が見られる。このことは、八雲漁港での、波による地形変化の限界水深は少なくとも-5 mより深く、漁港は波による地形変化の活発な範囲に完全に含まれていることが分かる。

4.2 国縫漁港

国縫漁港はもともとほぼ平行等深線海岸に建設された。井元・鎌田(1993)による漁港建設前の1987年9月の測量結果と、鎌田(1996)による漁港建設後の1993年8月の等深線形状を重ねて示したのが図-4である。両者の比較によれば、直線状であった等深線は島式漁港の背後を中心として凹状になり、島式漁港の背後を中心として大きな舌状砂州が形成された。そして、ほぼ-4 m以浅の等深線は汀線とほぼ同様に凹状となった。また、波による地形変化の限界水深はほぼ-6 mにある。さらに、島式漁港の防波堤は南北非対称であって、南側のほうが突出しているの、その遮蔽効果を考えれば-5 mの等深線位置は北側が南側よりも沖側にあってよいが、実際には漁港の南側のほうが沖に位置している。このことは、国縫漁港ではやや北向きの沿岸漂砂が卓越することに対応していると考えられる。さらに、鎌田(1996)は、図-4に示す矩形領域の堆積土砂量の経年変化を図-5に示すように求めている。これを利用して沿岸漂砂量を推定すると、1985年9月を基準として、1993年8月までに $27.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ の土砂が堆積したことから、この期間の平均では $3.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ の割合で、また1992年8月～1993年8月の最盛時には $13.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ の割合で土砂が堆積している。図-4の深浅図によれば、等深線形状は全体的には南北ほぼ対称形をしていることから、波の遮蔽域形成に伴って島式漁港の両側からほぼ同量の沿岸漂砂が運ばれたと考えられるので、上述の期間における平均沿

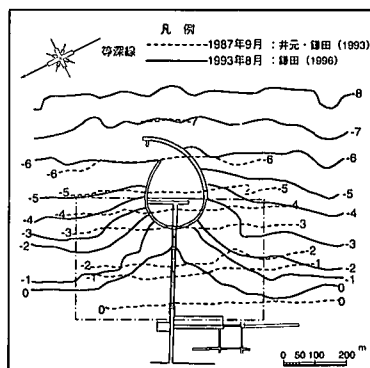
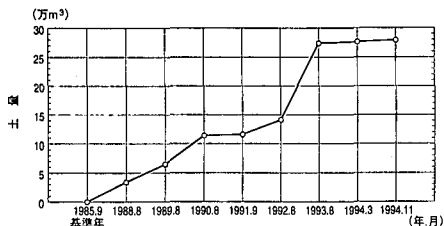
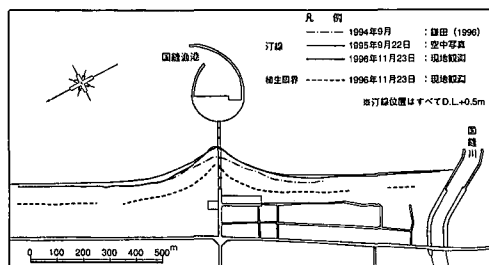


図-4 国縫漁港建設前後の深浅図の比較



図—5 堆積土砂量の経年変化



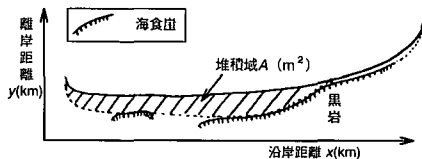
図—6 国縫漁港背後の汀線形状と植生限界

岸漂砂量は、それぞれ $1.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ 、最盛時で $6.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ であったと推定される。

鎌田 (1996) は、漁港建設に伴う平均干潮位時の汀線変化を示している。その結果のうち最も最近の 1994 年のデータに、写真—1(c) からよみ取った汀線、および 1996 年 11 月 23 日に測定した汀線および植生限界を重ねて示したのが図—6 である。汀線変化によれば、島式漁港の背後の汀線はほぼ安定状態に達している。そこで、空中写真から求めた汀線をもとに、舌状砂州が周辺海岸線から突出している部分の平面積を求めると、 $2.7 \times 10^4 \text{ m}^2$ となる。一方、図—5 に示したように、1994 年 11 月での堆積土砂量は $27.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ であったから、測定時期はわずかにずれるものの、舌状砂州はほぼ安定状態に近づいていたことを考慮して、両者の比を求めると、10.3 m となる。前浜面積に漂砂の移動高を乗じた値は全堆積土砂量に等しいとの関係から、逆に、漂砂の移動高は 10.3 m と推定される。

5. 長期的・広域的漂砂についての考察

この沿岸では、海水準が高い時代に形成された海食崖が海岸線に沿って連続的に伸びている。そこで、5 万分の 1 地形図と現地踏査をもとに海食崖の分布を描いたのが図—2 および図—7 (模式図) である。海食崖は、南部の黒岩漁港付近から内陸側へと伸び、幅約 1000 m で広がっている。この海食崖と現況海岸線との間の低地は、海水準が現在よりも約 5 m ほど高かった、縄文海進以後形成されたと推定される。いま、この区域の面積を計算すると、 $3.1 \times 10^7 \text{ m}^2$ となる (図—7 参照)。この値に漂砂の



○堆積域面積からの総堆積量 $V(\text{m}^3)$
 $= A(\text{m}^2) \times \text{漂砂の移動高}(\text{m}) = 3.1 \times 10^8 \text{ m}^3$
 ○沿岸漂砂量からの総堆積量 $V(\text{m}^3)$
 $= 780 \times 6^{5/2} (\text{m}^3/\text{年}) \times 6000 (\text{年}) = 4.1 \times 10^8 \text{ m}^3$

図—7 旧海岸線とその前面に発達した低地の分布

表—1 内浦湾への流入河川の流域面積、流路延長、平均河床勾配(鴻上ら, 1970 による)

	面積 (km^2)	延長 (km)	平均河床 勾配
長 万 部 川	109.6	18.4	1/750
紋 別 川	32.1	9.4	1/220
国 縫 川	50.8	12.0	1/420
遊 楽 部 川	330.4	27.2	1/400
野 田 追 川	120.0	26.7	1/210
落 部 川	125.3	21.0	1/400
濁 川	40.3	11.6	1/75
鳥 崎 川	72.4	16.6	1/100

移動高約 10 m を乗じると、全堆積土砂量は $3.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ となる。漂砂の供給条件として、静狩側からの沿岸漂砂の供給は無視できること、また黒岩以北の沿岸への流入河川(長万部川、紋別川および国縫川)の流域面積は表—1 に示すように大量の土砂供給源となるには小さいので、この土砂は黒岩を通過して北向きの沿岸漂砂によって運ばれたと推定される。したがって経過時間で割ると、6000 年間での平均沿岸漂砂量は $5.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ となる。この沿岸漂砂量は、国縫漁港の建設時に見られた沿岸漂砂量とオーダー的に等しい。また、宇多 (1997) が求めた、波による地形変化の限界水深と沿岸漂砂量との関係、

$$Q = 780 \times h_c^{5/2} \dots \dots \dots (1)$$

において、 $h_c = 6 \text{ m}$ を代入して求められる沿岸漂砂量 $6.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ (図—7 参照) ともオーダー的に等しい。八雲漁港より南側には海食崖が発達し、流域面積と河床勾配の大きい遊楽部川なども流入していることから、これらから供給された土砂が北向きの沿岸漂砂によって運ばれ、堆積して低地が形成されたと考えられる。そして、低地を形成した営力である沿岸漂砂が現在でも同様に作用していることは、八雲漁港～静狩漁港間の空中写真により明らかである。

6. 島式漁港についての新しい提案

長野ら (1991) は、島式漁港の建設が進められている秋田県の道川漁港の計画検討において、港内埋没と周辺海浜への影響を極力少なくするような施設配置を検討するために、砂移動の少ない沖合に人工島形式で漁港を整備し、陸との間を橋梁で結べば港内堆砂や周辺海岸の変

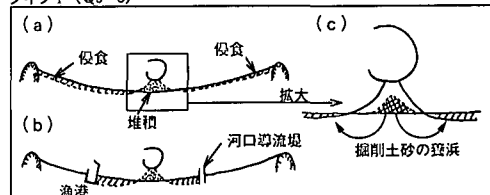
形を極力抑える上で最も効果的とし、さらに漁港背後では堆砂が生じるが、その規模は大きいものではなく、むしろ海水浴や潮干狩など海洋性レクリエーションの場として利用できるとした。

Sunamura and Mizuno (1987) は、島背後におけるトンボロの形成条件について検討し、島の離岸距離を L 、島の幅を B としたとき、トンボロが形成されない条件は、 $L > 3.5B$ であることを示した。このことを考慮すれば、島式漁港の背後に回折波が十分侵入できるほど沖に島式漁港を建設することは、建設コストの急上昇を招くことは自明であって現実的には海岸線からそれほど離れていない位置に島式漁港が建設されることになる。この場合、島式漁港は大規模な離岸堤としての堆砂機能を発揮し、漁港周辺の広い区域の海浜から島式漁港の背後に土砂を堆積させることになる。そして堆積土砂量は少ない量ではなく、むしろ周辺海岸への影響は大きいと見なければならぬ。したがって島式漁港の背後に舌状砂州が形成され、それが海洋性レクリエーションのために良好な空間となるとしても、それは周辺海岸での侵食の上に成立することが問題点として指摘される。

島式漁港と海岸保全の関係は以下のように考察される。図-8 に示すように主として2タイプに分かれる。タイプ1は、漁港の建設以前には一方向の卓越漂砂のない海岸に島式漁港が造られる場合である。この場合、一連海岸のある場所に島式漁港が造られると、その両側で固定境界に挟まれた区間で汀線が後退し、島式漁港の背後で堆砂が生じる。堆砂は集中的に生じるのに対して、漁港周辺部を除いた区域の汀線はもとの汀線と平行に後退するから侵食は目立たない。したがって、島式漁港が例えば図示するように突堤式漁港と河口導流堤とに挟まれた位置に建設される場合には、これら2施設の間での汀線後退量は固定境界が遠い場合と比較して大きくなる。しかし、(a) のように島式漁港の背後に舌状砂州が形成されてしまえば海浜はほぼ安定状態に達する。問題となるのは、島の背後へ移動し、堆積した土砂のうち、初期汀線付近に堆積した砂は、図-6 に示したように植生が進出し、固定され汀線付近を移動する土砂としての役割を果せなくなることである。このことが周辺海岸域の侵食原因となる。この場合、舌状砂州部分は各種利用に供されることが多いことを考慮すれば、図-8(c) のように、汀線より内陸側の土砂を土と入れ替え、その砂を周辺海岸へ投入し、養浜材と用いればその砂は再び漂砂として役立つであろう。また土砂を入れ換えた場所は緑地帯とし、海浜公園として漁業以外の人々にも活用される場所とすることも考えられる。

タイプ2は沿岸漂砂が卓越する海岸に島式漁港を計画

タイプ1 (Q0=0)



タイプII (沿岸漂砂が卓越)

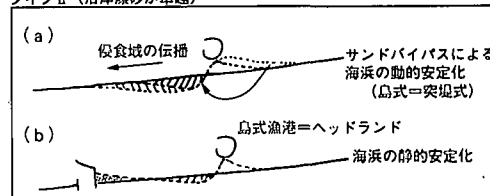


図-8 島式漁港による海浜の静的安定化方策

する場合である。このような場合、建設コストを考えれば、その背後を沿岸漂砂が完全に通過するような形で島式漁港を沖に建設することは現実的には困難であろう。その場合、背後には舌状砂州が発達し、しかも漁港の背後では両側から侵入する波は十分回折するため、沿岸方向のフラックスをもつことができない。このため沿岸漂砂は島式漁港の背後で堆積する。したがってこのような場合には、沿岸漂砂が通過することを目標とせずに、漁港を一種のヘッドランドと考え、周辺海岸を安定化させるとしたほうが良いであろう。すなわち、島式漁港もまた一つの境界条件を与える施設として、他の施設との相対関係において海浜の静的安定化を図るのである。一方、海浜の静的安定化を図るのではなく、サンドバイパスにより動的安定化を図る方法も考えられるが、それならばそもそも島式漁港とせずとも、従来型の突堤式漁港でよいことから、サンドバイパスとの併用は困難であろう。

参考文献

- 井元俊雄・鎌田 彰 (1993): 漂砂海岸地帯における島式漁港の建設, 土木施工, 第34巻, 第10号, 施工研究, pp. 33-40.
- 宇多高明 (1997): 日本の海岸侵食, (株)山海堂, p. 442.
- 鎌田 彰 (1996): 島式漁港の建設と海浜変形-国経漁港における事例, 水産土木技術者のための施工技術参考資料, 第12号, (社)全国漁港協会, pp. 1-26.
- 鴻上雄三・井波宏之・星 藤男 (1970): 北海道太平洋岸における海岸侵食の特徴-内浦湾, 日高・胆振海岸の侵食成因調査から一, 第17回海岸工学講演会論文集, pp. 283-288.
- 長野 章・佐藤信一・川瀬 将 (1991): 砂浜海岸における島式漁港の計画事例(沓尾漁港・道川漁港), 海洋開発論文集, Vol. 7, pp. 265-270.
- Sunamura, T. and O. Mizuno (1987): A study on depositional shoreline forms behind an island, Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, No. 13, pp. 71-73.