

漂砂移動床模型実験の有効性について - 国縫漁港における事例

Effectiveness of movable bed model experiment of littoral transport - a case of Kun-nui Fishing Port

北海道水産林務部漁港漁村課 正員 柏葉 導徳 (Michinori Kashiba)
 北海道水産林務部漁港漁村課 非会員 沼田 辰巳 (Tatsumi Numata)
 北海道水産林務部漁港漁村課 正員 山本 明宏 (Akihiro Yamamoto)

1. はじめに

国縫漁港は北海道内浦湾西岸最奥部に位置し、我が国初の島式漁港として建設された漁港である。当漁港は昭和59年度に着工し平成5年度に完成している。漁港完成後、鎌田(1996)により計画立案の経緯及び漁港建設後の海浜変形について報告されている¹⁾²⁾。その中で国縫漁港建設の計画策定にあたっては(1)漂砂による港口港内の埋塞防止、(2)漁港建設に伴う近接海岸への影響の極小化(沿岸漂砂の連続性保持)、(3)港内の静穏の確保を基本方針にすることが述べられている。漁港建設から10年余り経過し、国縫漁港の漂砂に関する評価については数多く論文及び議論がされているところである。基本方針の達成度については(1)の港口港内の埋塞については目的をほぼ達成しており、(2)の沿岸漂砂の連続性の保持については疑問が残るといった評価を得ている³⁾。(3)については漁港利用上の問題として港内の静穏の改善が求められている現状にある。

本報告では国縫漁港の現状と今後について移動床模型実験の結果を加えて述べたいと考えている。模型実験を行うにあたって、国縫漁港の過去の評価内容及び調査結果を踏まえ、漁港建設から現在までの状況を把握し、国縫漁港の漂砂機構の諸条件を整理することとする。その諸条件を前提に模型実験を行い、その結果を含めて国縫漁港の現状の把握を深めるとともに今後の推移について述べていきたい。

また、地方自治体である北海道が行っている模型実験について紹介することにより、模型実験の有効性についても述べていきたい。

2. 国縫漁港の既往資料の整理及び現状把握

2.1 波浪流況調査

内浦湾内の沿岸流及び海岸流については「内浦湾海岸侵食成因報告書」(1967)で報告されている。それによると(1)国縫付近では春季から夏季は北向き(長万部方向)、秋季から冬季は南向き(八雲方向)の流れが存在し、(2)流れの強さについては内浦湾の奥に向かうに従って、徐々に弱くなる傾向にある⁴⁾。また、(3)国縫漁港周辺では両方向の流れが存在するが若干北向きが勝ると推測されている⁵⁾。(4)波浪の方向については波浪観測結果(1999)⁶⁾によるとほぼESE方向(N116°E)を中心に±5°の範囲に集中している。等深線に対して約3°南に傾いているがほぼ垂直に入射している。

2.2 底質調査

国縫漁港周辺の調査結果(1999)⁶⁾によると(1)沖へ向かって粒径が小さくなる岸沖方向の底質移動の傾向を示

す。(2)漁港両側の粒径の差は見られず沿岸漂砂の卓越した方向の傾向は弱い。(3)内浦湾内の周辺海域の調査結果(1993)⁷⁾をみると、八雲側が粒径が大きく長万部側が粒径が小さくあり全体的に北向きの底質移動の傾向を示す。

2.3 河川からの土砂供給

周辺には南から遊楽部川、国縫川、紋別川、長万部川が存在し海域に土砂を供給している。国縫漁港周辺への土砂供給は(1)周辺海域はいくつかの漁港により海域が遮断されている、(2)国縫付近では若干北向きの流れが勝っているため、主に国縫川と考えられる。

2.4 国縫漁港における海浜変形

国縫漁港の深浅測量より漁港建設から現在までの海浜変形の経過を下記に示す。

(1)1989.8 ~ 1990.9(図-1) - 沖に初めて構造物(幅約150m)が配置される。この期間については岸沖方向の砂移動が顕著で波浪により構造物背後に強い循環流が発生し、構造物岸側背後に急激に舌状砂州が発達した。
 (2)1990.9 ~ 1993.8(図-2) - 構造物の幅が広がり(約220m)、現在の港形となる。この期間については幅の広

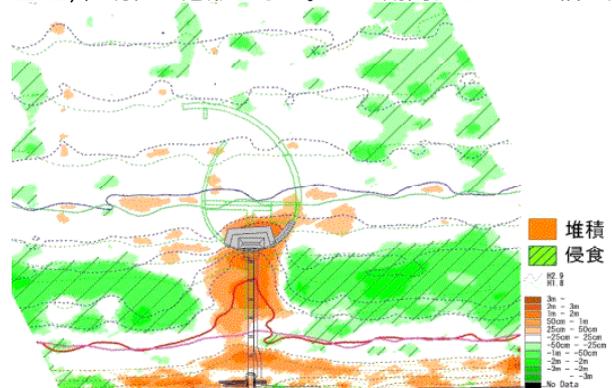


図 - 1 地形変化図(1989.8-1990.9)

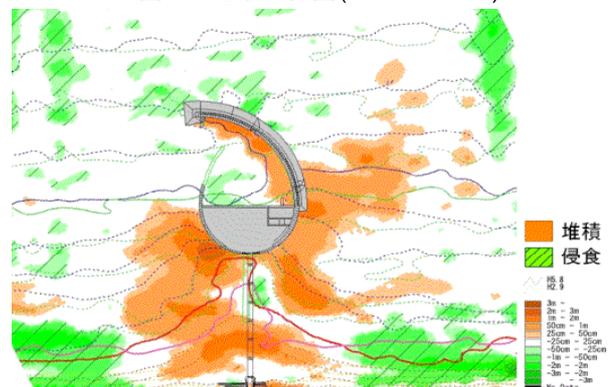


図 - 2 地形変化図(1990.9-1993.8)

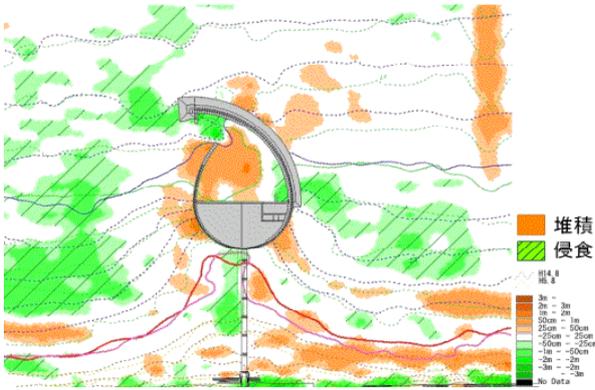


図 - 3 地形変化図(1993.8-2002.8)

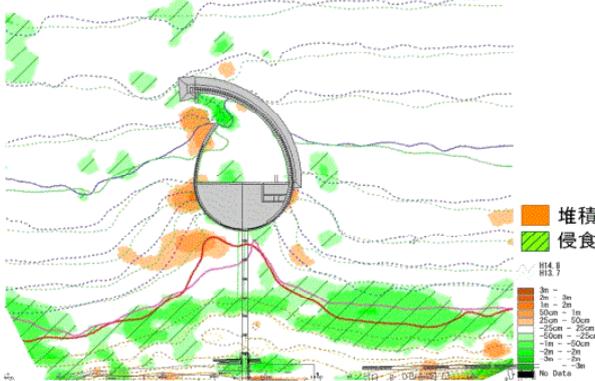


図 - 4 地形変化図(2001.7-2002.8)

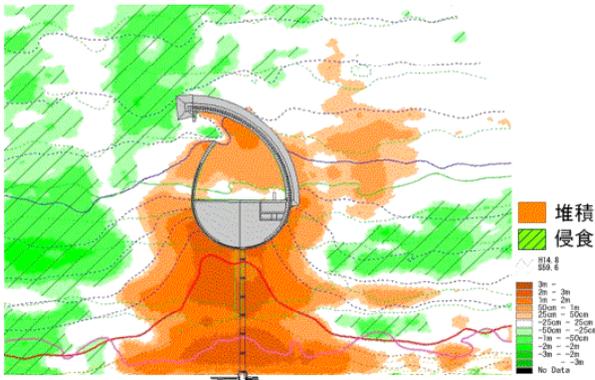


図 - 5 地形変化図(1984.6-2002.8)

がりによる新たな循環流の発生と両側からの沿岸漂砂により舌状砂州の幅の成長がみられる。

(3)1993.8 ~ 2002.8(図 - 3) - 漁港完成後構造物は変化がない状態である。この期間については漁港南側からの堆積傾向を示すも地形が波浪との関係で平衡状態に近い状態で、強い循環流が発生しない状況と推測される。

(4)2001.7 ~ 2002.8(図 - 4) - 漁港完成後の最近1年間について地形変化を見ると、岸沖方向の砂移動の傾向は若干見られるが、地形が平衡状態に近いため地形変化は少ないといえる。

(5)1984.6 ~ 2002.8(図 - 5) - 漁港建設前から現在までの海浜変形。国縫漁港を中心として、土砂供給源のある漁港南側(八雲側)が堆積傾向、漁港北側(長万部側)が侵食傾向にある。これは舌状砂州の形成により沿岸漂砂の連続性が一部阻害された結果といえる。

(6)舌状砂州を含む範囲の土砂変化量の推移について1985.9 から 1994.11 までを鎌田(1996)²⁾、1995.3 から 1999.12 までを岸ら(2000)⁵⁾において算出している。こ

れに 2002.8 までのデータを加えてみると図 - 6 のようになる。漁港の港形完成後 1983.8 以降 2002.8 までの9年間の舌状砂州を含む範囲の年平均土砂増加量を算出すると約 6000m³/年となり、経年変化、季節変動を繰り返しながら若干堆積傾向を示している。また、経年変化、季節変動の中で舌状砂州部を後退させる要因も存在していると考えられる。

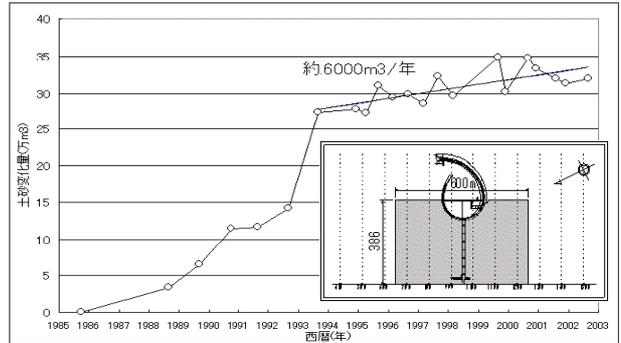


図 - 6 舌状砂州部の土砂変化量

2.5 漂砂環境について

国縫漁港周辺の漂砂量について考察してみると、沿岸漂砂については若干北向きが勝っているとはいえ、左右方向の沿岸漂砂量はほぼ等しく、沿岸漂砂量としては少ない海域といえる³⁾。また、当海域の漁港建設による海浜変形の要因は主として岸沖漂砂によると考えられることから、移動床模型実験を行うには適した条件であるといえる。

3 北海道漁港実験室の紹介

3.1 漁港実験室の誕生とその背景

第二次大戦後の昭和 25 年に日本国内の食料不足に対処するため漁港法が国会で成立し、翌 26 年から第 1 次漁港整備計画が開始された。これを受け北海道では、35 の漁港で整備に着手したが、当時はまだ海洋水理学や海岸工学などが進歩しておらず、建設された漁港では漂砂で港内が埋塞したり、時化の時に港内が擾乱して漁船を安全に係留できないなど多くの問題が各地で発生した。漁港建設に携わる技術者は試行錯誤を繰り返し、創意工夫をしながら漁港建設にあたったが、その問題を解決するに至ることは容易ではなかった。

こうした中、昭和 30 年頃に北海道庁土木部内で漁港計画に際し水理模型実験で検証すべきではとの意見が高まり、昭和 31 年に札幌市中の島(当時の札幌土木現業所)に小規模の模型実験室が作られた。

その後、昭和 35 年に実験施設の拡充のため札幌市西野に実験施設を建設したが、約 40 年後の平成 11 年、施設の老朽化と近代化のため現在の石狩市に施設を移転して現在に至っている。

3.2 実験施設の規模と変遷

(1) 位置: 札幌市豊平区中の島、期間: 昭和 31 年 ~ 34 年、管理者: 札幌土木現業所、(2) 位置: 札幌市西区西野、期間: 昭和 35 年 ~ 平成 11 年、管理者: 札幌土木現業所(昭和 47 年迄)、土木部(昭和 48 ~ 62 年迄)、水産部(昭和 63 年 ~ 平成 11 年迄)、(3) 位置: 石狩市新港南 2 丁目、施設規模: A=8,403m³、鉄骨造り一部二階建(58m×38m)、屋内水槽(24m×24m×0.7m)、屋内水槽

(16m×18m×0.7m)、二次元水路(30m×1m×1.2m)、期間：平成12年～現在、管理者：水産林務部

3.3 模型実験の実績

漁港実験室は、昭和35年以降道内各地の漁港が抱える漂砂や静穏の課題に対し具体的な対策を提案するため、各漁港の波浪条件や地理条件に相応の相似率、縮尺を適用しながら実験に取り組み、平成16年までの45年間に漂砂実験106港、遮蔽実験175港を実施してきた。供用開始当時から港内に砂が堆積し漁業活動に支障を来すことが多かった斜里漁港や厚賀漁港などでは実験結果を基にした漁港整備により浚渫量が減少しており、模型実験が安全で機能的な漁港造りに貢献している一例となっている。

4. 移動床模型実験について

4.1 実験条件

- (1) 実験施設は平面水槽(24m×24m×0.7m)を使用した。
- (2) 造波装置は多方向不規則波スネーク型造波機(幅17.25m)を使用した。(3) 縮尺は1/80(歪みなし)とした。
- (4) 模型地形範囲は汀線方向1.4km、沖方向0.9kmで水深-9mまで製作した。(5) 模型方向は造波方向ESE方向(N116°E)を考慮し決定した。(6) 底質材料は砂8号(中央粒径0.11mm、比重2.60)を使用した。

4.2 予備実験

予備実験は漁港建設前(1984.6 深浅測量)の地形に漁港を配置し行った(図-7)。移動床模型実験においては、沿岸漂砂及び土砂供給を考慮した長期的な地形変化を再現することが難しい。そこで、波浪による岸沖漂砂の短期的な地形変化を再現することとした。現地において沖に漁港の一部を建設することにより漁港岸側背後に舌状砂州が急激に発達した1989.8～1990.9の地形変化は、沿岸漂砂及び土砂供給の影響が非常に少ないと考えられ、漁港の幅など完成形とは異なるが、模型実験において短期的な地形変化を再現するための参考として適していると考えた。予備実験においては漁港岸側背後の舌状砂州の形成状況と海浜の断面形状変化に着目し行った。

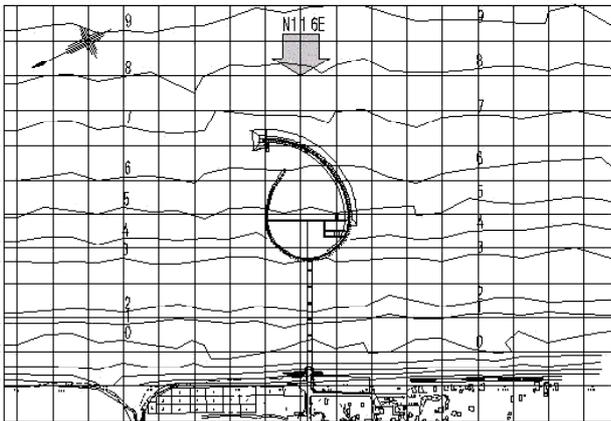


図-7 予備実験模型配置図(1984.6 地形)

予備実験の設定条件として、(1)多方向不規則波波高 $H_m=2.9\text{cm}$ ($H_p=2.3\text{m}$)、周期 $T_m=0.78\text{s}$ ($T_p=7.0\text{s}$) (1年確率波)、(2)波向 N116°E、(3)造波時間18時間、(4)水位 H.W.L.+2.0cm(+1.6m)を採用した。漁港岸側背後の舌状砂州部に注目すると強い循環流の発生を証明する土砂の堆積が確認できる。また、海浜断面形状としては、

汀線際の堆積傾向、水深-1m～-3m付近の侵食傾向、その沖側の堆積傾向及び侵食傾向など岸沖方向の砂移動が顕著で1989.8～1990.9の地形変化について類似する結果となった(図-8)。

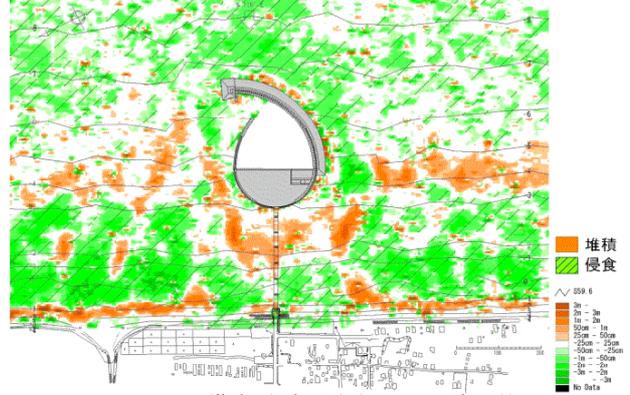


図-8 予備実験地形変化図(18時間後)

4.3 本実験

本実験は現在の地形(2002.8 深浅測量)を再現し地形変化及び流況の傾向を把握し、現在の国縫漁港の状況を推測した。また将来、港内静穏対策で防波堤を延伸した場合などの影響の検討を行った(図-9)。

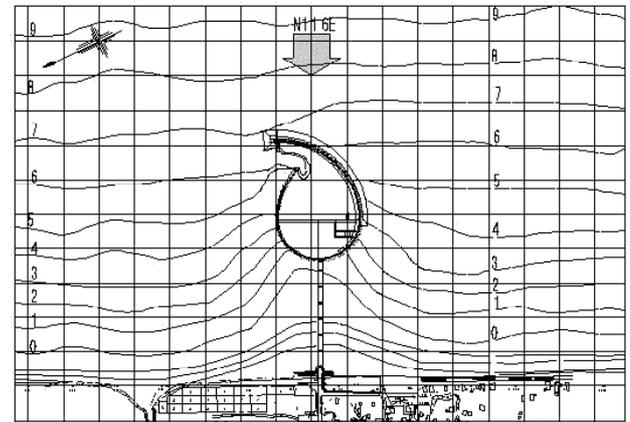


図-9 本実験模型配置図(2002.8 地形)

本実験は予備実験と同一波浪条件で同様の18時間造波し実験を行った。地形の変化についてみると、海浜断面変化が予備実験に比べて少なく、舌状砂州部についてもほとんど砂の移動が見られなかった(図-10)。これは、地形が平衡状態に近い状態で、海浜断面変化を起こす流れ及び砂を舌状砂州付近まで移動させる強い循環流が発生していないためと推測される。

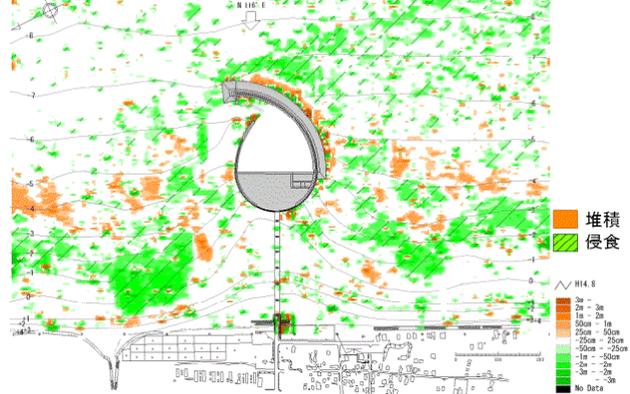


図-10 本実験(現況)地形変化図(18時間後)

また、2002.8の地形で予備実験と同一波浪条件で流況

の測定を行い流速ベクトルの分布を確認した。(1)漁港北側では循環流の発生が確認できない。(2)漁港南側では循環流の発生が確認された。その要因として、(1)漁港北側では沿岸漂砂が舌状砂州により一部阻害されているため土砂供給が少ない。そのため、地形が波浪との関係でほぼ平衡状態にあり循環流が発生しないと推測される。(2)漁港南側では河川による土砂供給が地形に反映していると考えられる。そのため、地形が波浪との関係で平衡状態に達しておらず循環流が発生していると推測される(図 - 11)。

次に、主防波堤(東防波堤)を 30m 延伸した場合について検討を行った。地形変化では副防波堤(北防波堤)付近に現況と違う堆砂傾向が見られた。また、流速ベクトルの分布では漁港北側に新たに循環流が発生していることがわかる(図 - 12)。

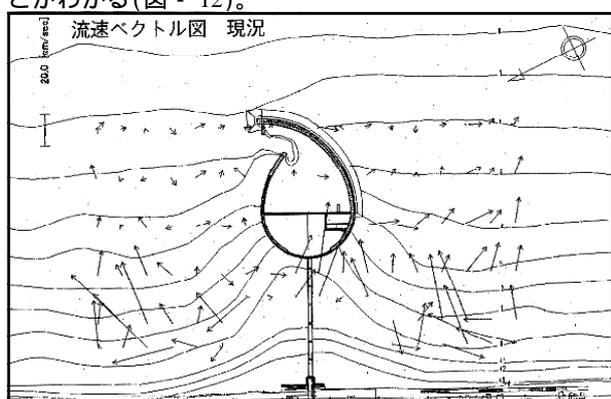


図 - 11 流速ベクトル図(現況)

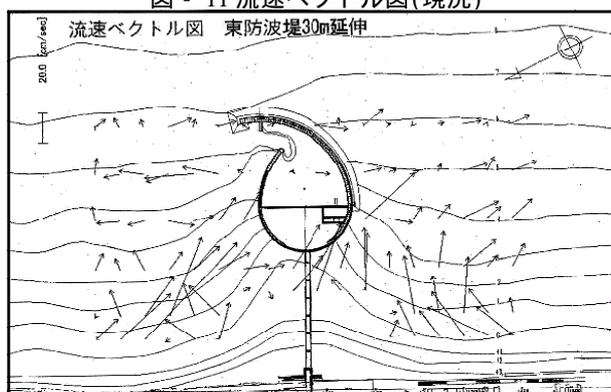


図 - 12 流速ベクトル図(東防波堤 30m 延伸)

5. 結論

国縫漁港の諸条件の整理及び移動床模型実験の結果以下のような結論を得た。

漂砂機構の諸条件の整理から判明したこととして、(1)漁港建設前から現在までの漁港両側の地形変化の差異から舌状砂州の形成により一部沿岸漂砂の阻害が確認できる。(2)漁港完成後 9 年間の海浜変形及び舌状砂州部の土砂変化量の推移から経年変化、季節変動を繰り返しながら漸増傾向を示している。(3)経年変化、季節変動の中で舌状砂州を後退させる要因も存在する。

今回移動床模型実験により新たに判明したこととして、(4)漁港南側では依然として循環流が発生しうる状況が確認できたことがあげられる。これは上述とおり、漁港南側が土砂供給及び沿岸漂砂により地形が波浪との関係で平衡状態に達していないことを意味する。

以上のように、舌状砂州部については堆積させる要因及び侵食させる要因の両方が存在し、今後も地形変化の動向を慎重に見守る必要がある。沿岸漂砂の連続性が一部阻害されていることについては、今後も近隣海岸の影響について調査していく必要がある。また、今後港形変更を伴う漁港整備については、現状をさらに変化させることとなるため、より慎重に行うことが望ましい。

6. おわりに

近年、コンピュータによるシミュレーション技術が発達し、漂砂について移動床模型実験によって結果を求めることが非常に少なくなってきたように思う。その要因として、(1)膨大な時間と費用がかかる、(2)底質材料の相似率等の問題があり、時間と費用の割には結果が伴わない場合がある、(3)現地の条件を全て挿入することが困難である、などがあげられる。しかし、現地で支配的な条件を絞り込んで、現地で起こっている支配的な現象が再現できれば実験としては成功であり、模型実験は非常に有効な手段であると考えられる。

また、地方自治体がこのような実験施設を保有し実験を行うことは非常に希なことである。地方自治体がこのような施設をもつ意義として、実験の結果については必ず地元利用者に見学していただいているということがある。模型実験の結果については専門用語及び数式などは極力使わず、出来るだけわかりやすく説明することに主眼をおいており、模型実験を通して事業の妥当性、必要性などを地元利用者と同じ目線で議論する機会が生まれ、双方が共通の認識で事業を行えることは非常に意義深いことと考える。今後とも、漁港実験室を北海道の技術を高めるとともに、公共事業を円滑に進めるため行政として説明責任を果たす手段としても有効に活用していきたいと考えている。

最後に、室蘭工業大学名誉教授近藤倣郎氏には執筆にあたって多くの御助言を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 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
- 2) 鎌田 彰(1996):島式漁港の建設と海浜変形 - 国縫漁港における事例,水産土木技術者のための施工技術参考資料,第 12 号,pp1-26
- 3) 北海道(2000):島式漁港ワークショップ in 国縫会議録,(財)漁港漁村建設技術センター
- 4) 北海道開発局土木試験所(1967):内浦湾海岸浸食成因調査報告書
- 5) 岸 弘達・神原一雄・長野 章・氏井健一・佐々木崇之(2000):沿岸漂砂系の中に建設された島式漁港とその評価,海岸工学論文集,第 47 巻,pp.571-575
- 6) 北海道(2000):長万部漁港改修工事漂砂調査解析報告書作成委託報告書
- 7) 管和哉・嵯峨山積・檜垣直幸(1997):北海道沿岸域の地質・底質環境 - 1 - 太平洋西海域,地下資源調査所調査研究報告,第 28 号