

## 島式漁港の建設と海浜変形 — 国縫漁港における事例 —

北海道水産部漁港課 正員 鎌田 彰

1.はじめに：北海道は太平洋・日本海・オホーツク海に囲まれて、海岸線延長が約3,006kmに及んでおり〔平成5年3月版、北緯社編〕、その海岸性状は図-1のようになっています。周辺海域は、各々2つの暖流と寒流が交差した好漁場で、豊かな水産資源に恵まれて本道の水産業が発展して来ましたが、昭和52年以降に200海里漁業水域体制が定着して種々の国際的な規制が強まる厳しい環境の中、本道水産業の再構築が必要となりました。そして、水産物の生産活動・流通加工の基地としての「漁港」の整備をこれまで以上に推進すると共に、漁業関連産業を主とする地域社会の核、海や魚とのふれあい余暇空間の創出と提供、栽培漁業の進展や多様化する水産物の消費・流通形態への対応等々、漁港が果たす役割は増々重要となっています。

本道には284の漁港がありますが〔平成6年1月版〕、その約1/3は砂浜地帯に建設されて建設中や完成後の漂砂に伴う航路や港口・港内の浚渫及び近接海浜の保全等の対策が必要な場合が多く、多大な費用と年月を要しています。本報文は、漂砂対策に苦慮している砂浜地帯に建設した国縫(くぬい)漁港の計画策定において、漂砂特性や近接海浜への影響等を十分に把握し、漂砂の影響を極力避けるため、「島式漁港」を立案するに至った経緯を述べています。また、建設前後に調査した等深線変化や海浜変形について考察を加えています。

2.国縫漁港の概要：国縫漁港は長万部町にあって、昭和57年10月8日、その利用範囲が地元の水産物を主とする第1種漁港に指定されました。漁港施設が未整備な頃の漁業者は、天然海浜の利用を余儀なくされて諸作業に多大な労力と時間を要し、また、荒天時の船揚作業の安全確保や漁獲物の鮮度保持等、種々の面に支障がありました。そこで、これらの問題を解消して漁業振興を図るため、第7次(昭和57～62年)及び第8次(昭和63～平成5年)の漁港整備長期計画によって建設が進められ、総事業費約50億円、昭和59年度の着工以来10年間という異例の早さで平成6年3月末に完成しました(写真-1)。

### 3. 島式漁港

3-1 漂砂対策の有利性：砂浜地帯の漁港の多くは、規模や事業費等の面から砕波帯付近への港口設置を余儀なくされて

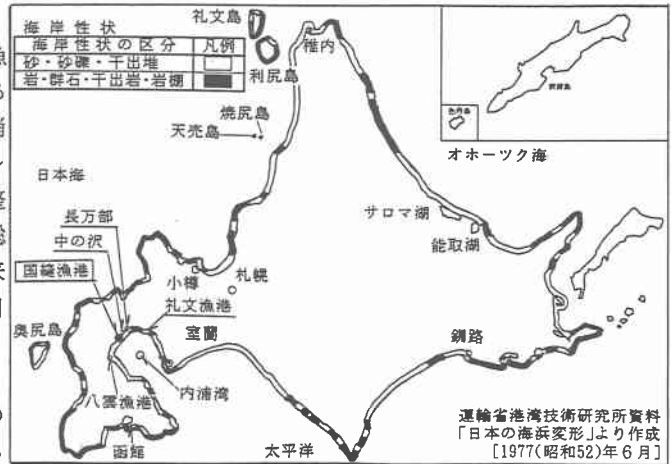


図-1 国縫漁港等の位置図と北海道の海岸性状

いますが、砕波帯付近は漂砂が最も激しくて航路や港口・港内の埋没の危険性が高く、漁港整備の隘路となっています。これらの漂砂対策として、①定常的な維持浚渫、②主防波堤の伸長、③防砂(突)堤等の設置、④3方法の組み合わせ等が実施されています。漂砂は沿岸漂砂と岸沖漂砂に大別され、沿岸漂砂の卓越箇所から従来の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ります〔図-2〕。しかし、島式漁港にして陸部と島部を橋梁で連絡すると、漂砂の連続性を妨げずに海浜の平衡状

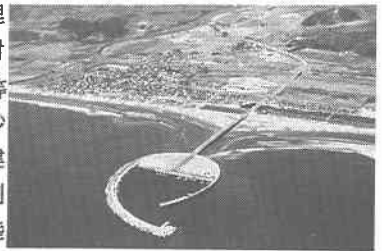


写真-1 国縫漁港完成写真

態が保持可能です。一方、岸沖方向の卓越箇所から離岸堤を設置すると一般に、背後にトンボロが発生します

Construction of the Offshore Fishing Port of Kun-nui and Study of Shoreline Change

by Akira KAMADA, Sr. Officer, Fishing Port Division, Fisheries Department, Hokkaido Prefecture

が[図-3]、離岸堤の設置方法によってその規模の抑制が可能です。今、島部を一種の離岸堤とみなして陸部との距離を十分確保すれば、岸沖漂砂に対して海浜変形を極力少なくするのが可能で、国土保全という見地からも島式漁港は有効な手法と言えます。

### 3-2 期待される効果

1) 直接的効果：突堤式漁港の漂砂対策は①の維持浚渫か、④の組み合わせが一般的ですが、毎年の浚渫費用

は少なくありません。漁港規模や漂砂状態にもよりますが、建設費や浚渫費、将来の施設改良費等を考慮して比較すると、連絡橋等が多少高くても長期的に見ると島式の方が安価との試算も行われています。

2) 間接的効果：既存漁港の殆どは、職場(漁港)と住居(漁家集落)が隣接した職住一体型ですが、生活空間と労働空間の輻輳や魚類の処理に伴う悪臭等の欠点があります。しかし、車社会の発達が漁港と漁家集落の隣接の必要性を薄れさせ、職住分離型の島式漁港の建設によって、新たな生活様式に適した漁家への転換が可能です。近年は、漁業集落環境整備事業、漁港環境整備事業、漁港漁村総合整備事業等によって、漁港と集落の生産及び生活環境の整備が図られています。また、白砂青松で代表される砂浜海岸は景観上の名所が多く、海浜変形の少ない島式漁港は景観保持の面からも有効と言えます。なお、島部の背後水域は静穏となり、海洋レクリエーションの場や浅海魚介類増養殖の場としての利用が可能です。

3-3 施工例：施工例としては廣井 勇の「築港 前編」に島港(Island Harbour)という名称で、図-4に示すデンマークのフンデステット(Hundested)港が掲げられています。これはザートマン(H. Zahrtmann)の設計によって1893年に建設されましたが、現在は新たな外郭施設の建設によって完全に内港化しています。我国では国縫の計画策定以降、木造(まづくり)[青森県]、道川(みちがわ)[秋田県]、沓尾(くつお)[福岡県]の3漁港で建設が進められており、国縫・木造・道川の3港は漂砂対策、沓尾は干潟対策を主たる目的としています。

## 4. 国縫漁港の計画策定

### 4-1 内浦湾内の漂砂傾向と国縫の近接漁港の漂砂対策実施例

1) 漂砂傾向：湾内の漂砂傾向の概観を、「内浦湾海岸侵食成因調査報告書」(昭和42年2月、北海道開発局土木試験所)等から引用します。

① 現地聴取調査から、国縫周辺では昭和初期から40年間で汀線が約25m後退し、年平均変化量は-0.6m/年と推定。② 国土地理院発行の地形図によると明治29(1896)年から昭和44年頃までは汀線の後退が続き、それ以降は平衡状態を保っています。③ 国縫の北上、約5kmにある中の沢で、昭和38年

6月～昭和40年6月の期間に調査された汀線変化によると、夏季には汀線が前進[堆積、回復]し、冬季には後退する傾向があって、季節的な周期性が認められました。調査期間中は、侵食傾向にあったため汀線は回復せず、2年間で平均的に汀線が20m程後退。④ 汀線の変化は急激に起きるのが支配的で、しかも、一旦、侵食されるとその後の波浪によって完全には回復していません。

2) 漂砂対策実施例：内浦湾沿岸の大半は遠浅の砂浜海岸で、国縫の計画策定時のみならず、現在も、漂砂対策に苦慮している漁港があり、近接漁港の漂砂対策実施例としては、①八雲(やぐも)漁港[八戸]の防砂堤[リンド・トラップ、いわゆる、節婦(せつぶ)冚。]と②礼文(れいぶん)漁港[豊浦町]の防砂突堤等があります。両港とも、対策工法施工後は概ね所期の効果を発現していますが、年に1回程、港口の維持浚渫を要する場合があります。

### 4-2 国縫漁港の計画策定における基本方針と検討事項

1) 基本方針：① 漂砂による航路や港口・港内の埋没阻止、② 漁港建設に伴う近接海浜への影響の極小化、③ 港内の静穏度確保の3点を基本方針とし、①対策は港口を漂砂の移動限界水深より深い位置に設置。②対策はシミュレーションや模型実験によって形状や設置箇所を検討し、海浜の平衡状態が保持可能な島式漁港にする。③対策は模型実験によって、防波堤の伸長と港口側に突堤を設置することとしました。

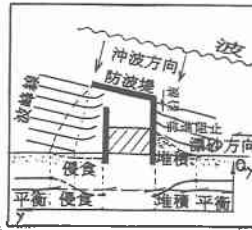


図-2 防波堤による海浜変形パターン

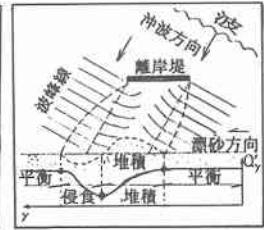


図-3 離岸堤による海浜変形パターン



図-4 フンデステット港

2) 検討事項：① 島式漁港を

ある幅を有する 離岸堤とみなし、単堤としての長さや離岸距離の関係から、トンボロ効果との相関性を把握する[図-5]。

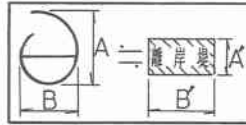


図-5 島式漁港と離岸堤

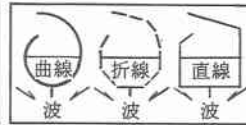


図-6 島部(外郭施設)法線形状

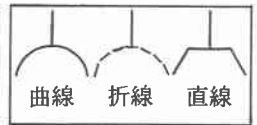


図-7 陸部護岸法線形状

② 島部の外郭施設(防波堤・

護岸)を曲線、折線、直線とした場合、堆砂性や消波性の効果についての有為差の有無を調べる[図-6]。

③ 陸部護岸についても、曲線、折線、直線、あるいは、無堤の選択を行う[図-7]等です。

4-3 基礎調査：昭和59、60年度に既存資料収集と現地調査を実施。項目と簡単なコメントを記述。

① 気象調査：夏期は内浦湾外の太平洋に通じるESEとSE方向が卓越し、本方向の強風が長時間吹つけた時、発達した外洋波が来襲。② 海象調査：現地観測、既存資料から沖波諸元を決定[表-1]。③ 漂砂調査：蛍光砂をトレーサーとして現地観測。岸沖漂砂が卓越し、特に、水深-6m以下での移動が激しいことが判明。④ 流況調査：内浦湾内の海岸流(海流・潮流)や海浜流(沿岸流・離岸流等)は、概略的に、夏季は湾奥方向、冬季は湾口方向へ向かう沿岸流が存在[図-8]。本調査でも、漂流板を追跡観測して既存資料とほぼ同様の結果を取得。⑤ 底質調査：漁港の包含範囲16地点から底質を採取し、粒度・比重試験実施。⑥ 深淺測量調査：汀線は昭和初期から44年頃までは25m程後退し、以後は平衡もしくは若干の侵食傾向状態。浅海部のみならず、-7m付近においても年間を通して、春から夏の堆積期と秋から冬の侵食期が交互に出現。⑦ 移動限界水深：漂砂の表層移動限界水深 $h_i$ と完全移動限界水深 $h_c$ について、②の調査期間中(昭和59年10月～60年9月)に観測された階級別有義波の発生頻度と限界水深の関係を求めると、 $h_i \leq 5.2\text{m}$ で98.8%、 $h_c \leq 3.2\text{m}$ で99.4%。表-1の沖波諸元の内、ESE波の激浪時で $h_i = 23.4\text{m}$ 、 $h_c = 12.1\text{m}$ 、通常時で $h_i = 6.8\text{m}$ 、 $h_c = 3.4\text{m}$ 。これらから、国縫漁港の港口を水深-6m付近に設置することを決定しました。

表-1 国縫漁港の沖波諸元

波浪条件	波向	$H_0(\text{m})$	T(秒)
通常荒天時 (1年確率波)	ESE	2.1	6
激浪時 (20年確率波)	SE	2.9	8
	ESE	6.8	10
	SE	8.0	11

4-4 平面計画の検討：基礎調査結果に基づき、図-9に示す4案について、国縫

以下の項目の比較検討を行いました。① 港内静穏度：シミュレーションによる波高分布からは検討案(2)が良い。② 港口・港内の埋没：港口を-6m付近に潮流設定したため、通常荒天時波に対して、埋没の危険性は少ない。③ 汀線変化：港形[島式・突堤式]や島部形状「丸形・角形」による汀線変化状況把握のため、当時、最も研究されていた沿岸漂砂のみを考慮した一次元モデルシミュレーションの結果、各検討案間には有為差はありませんでした。ただし、本海岸では激

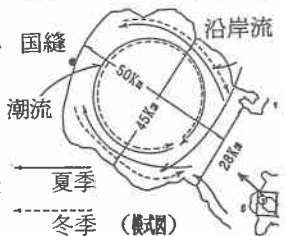


図-8 内浦湾沿岸流況図

浪が汀線に直角に入射するため検討案(3)の突堤式の場合、防波堤や護岸の沿波によって護岸基部がかなり先掘られるものと思われます。また、当地区は岸沖漂砂の卓越箇所ですが沿岸漂砂も皆無でなく、

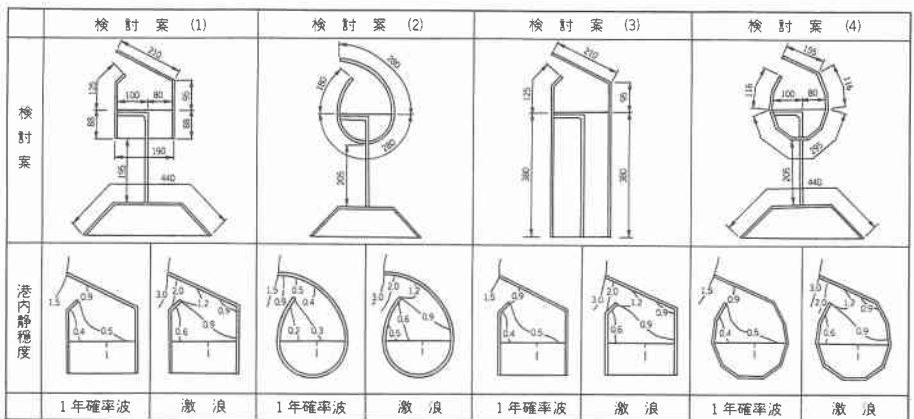


図-9 国縫漁港の港形比較検討案[島式:(1)直線、(2)曲線、(4)折線；突堤式(3)]

来襲波の大きさによっては沿岸漂砂が強まることも考えられます。しかし、島式漁港にするとこれらの懸念も払拭され、さらに、島部を曲線として反射波の分散を図ることによって、汀線変化を少なくすることが可能と思われました。④ 概算工事費・施工性：検討案(2)と(4)が有利となり、①、③の結果等を考慮して検討案(2)を採用することとしました。⑤ 海浜流シミュレーション：検討案(2)について漁港周辺の波浪による流れの状況をシミュレーションした結果、島部背後では流速も大きく、渦が発生していることが判りました。また、島部背後から側面に沿った流れが島部前面から沖に向かう離岸流として発生しておりました。

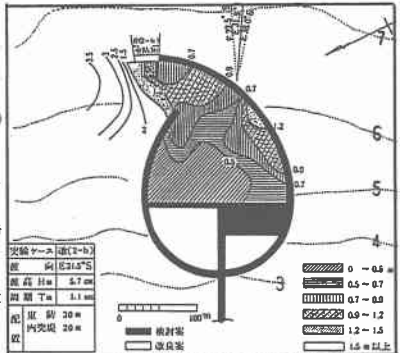


図-10 模型実験結果(港内水位高分布)

4-5 模型実験：上述の結果に基づき、港形を検討案(1)と(2)に限定して模型実験を行い、港内静穏度や海浜変化状況を調べました。① 港内静穏度：シミュレーションでは激浪時に所要の静穏度が確保されておらず、模型実験によって、検討案(2)は東防波堤30mの伸長と内突堤20mの設置で確保されることが判りました[図-10]。② 等深線変化：シミュレーションでは有為差がなかったのが、両者共に島部背後にトンボロが形成され、検討案(2)の方がその規模が小さいことが判りました[図-11]。また、陸上部の護岸は自然海浜[無堤]の場合が最も変化が少ないことが判りました。

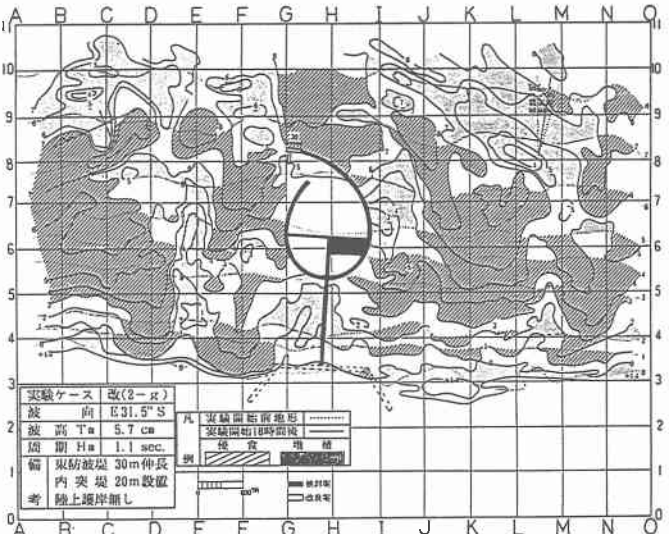


図-11 模型実験結果(等深線変化)

4-6 国縫漁港の最適形状と計画平面図：基礎調査や種々の解析・検討の結果、国縫漁港の最適形状と計画平面図を図-12の

ように決定しました。なお、道路橋は昭和61年度の着工されて平成2年度に完成し、「国縫漁港大橋(くんぬいぎょこうおおはし)」と名付けられました。また、先の4-4 ③に記した汀線変化と橋脚設置による汀線変化を比較するため、シミュレーションを行いました。橋脚設置の影響は小さいことが判りました。

5. 漁港建設に伴う海浜変形

5-1 等深線の変化の傾向：昭和59年度の事業着手以来、ほぼ毎年度、深浅測量を実施しており、図-12には汀線変化(L. W. L. ±0.0m時)も示してあります。また、図-13には昭和59年8月を基準として、道路橋や島部の諸施設の建設が始まった昭和63年度からの±0、-2、-4、-6、-8mの各等深線の変化を示します。これらから、次のようなことが判ります。① 昭和63年8月：道路橋の仮設栈橋の施工完了。各等深線に明瞭な変化無し。② 平成元年8月：4基目橋脚の施工を完了。汀線変化は殆ど無し。-2m線は前進傾向、-4、-6m線は後退傾向。③ 平成2年9月：汀線の最大変化は島部背後で、昭和59年8月と比較して140m程、前年8月と比較して100m程前進し、橋長247mの内、陸側から約3/4の地点に到達。-2m線も島部護岸から張り出して明瞭なトンボロが出現。要因は、施工済の護岸が海岸線に平行な離岸堤としての機能を発揮したものと思われ、試算によると篠原の実験結果に類似。この傾向は、島部が離岸堤に近い状態、すなわち、回折効果によって島部背後が静穏になり、周囲から背後へ回り込む流れが強い状態が続けば、変わらずに生じるものと思われました。④ 平成3年8月：汀線は前年9月と比較すると、島部背後で最大70m程後退して、橋のほぼ中央付近。-2m線は橋の北側では殆ど変わらず、南側では多少前進。また、-4、-6m線についても若干の前進傾向。

要因として、汀線は南防波堤の施工によって背後流況が離岸堤としての状態と異なってきたため、-2 m線は島部の構造物の左右対称性が崩れてきたためと思われます。

⑤ 平成4年8月：汀線の最大変化は前年8月と比較すると島部背後で60m程前進し、平成2年9月とほぼ同じです。-2m線は、橋に關しての左右対称性が崩れ、左側が若干前進。要因として、南・東防波堤の伸長に伴って、もはや、島部を離岸堤と見なすことができず、背後流況が④以上に離岸堤としての状況と異なって来たためと思われます。

⑥ 平成5年8月：汀線の最大変化は、昭和60年9月と比較して200m程、前年8月と比較して50m程前進。また、-6m線までの堆積状況も前年度より増大。

⑦ 平成6年3月：汀線は前年8月より形状が細くなって、いわゆるカスプ状から一種の砂嘴状となっており、来襲波の条件に応じてその形状を変えているようです。

なお、同年9月にはこの形状が更に細くなっています。要因としては、沖合からの波が完成した漁港の両側に沿って、あまり減衰せずに島部背後で衝突し合うために細くなったものと考えられ、このような状況は模型実験の結果においても確認されております。

**5-2 島部背後領域等の土量変化：** 図-14は昭和60年9月を基準として、図-15の各領域における各年度の堆積土量を平均断面法によって求めた経年経過を示すもので、次のようなことが判ります。① 島部の建設の進捗に伴って各領域とも年々土量が増加し、平成5年8月には、 $A_1$ で約18.6、 $A_2$ で19.6、 $A_3$ で27.4 $\text{万m}^3$ となっています。② 各年度ほぼ、 $V_1 < V_2 < V_3$ ですが、堆積は $A_1$ に集中しています。これは、平均堆積厚 $V_i/a_i(\text{m})$ によっても確認され、 $V_1/a_1=2.99$ 、 $V_2/a_2=1.11$ 、 $V_3/a_3=1.26$ となっています。③ 平成5年

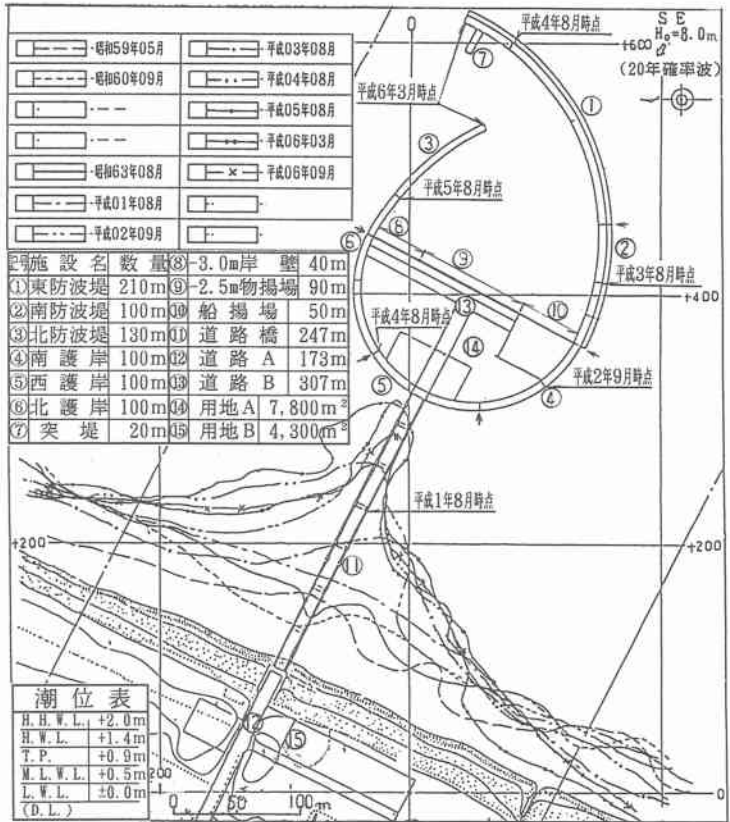


図-12 国縫漁港の計画平面図と汀線の経年変化

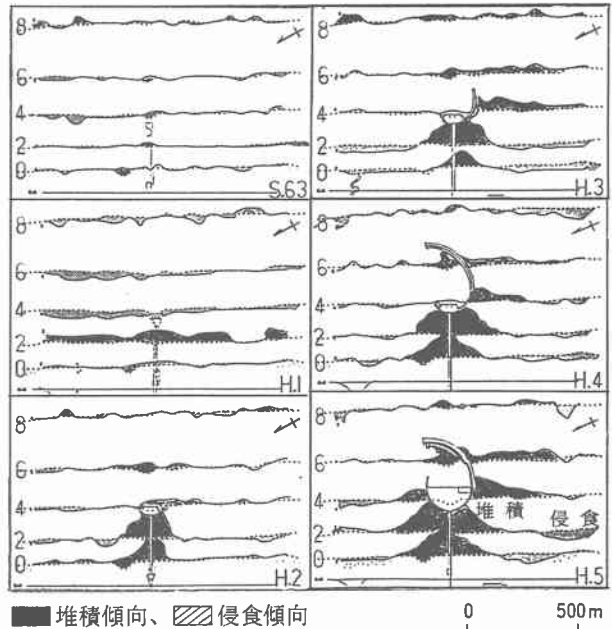


図-13 漁港建設の進捗と等深線の経年変化 [昭和60年9月を基準]

8月と6年3月とを比較すると各領域とも減少しています。これは、8~9月と3月という季節的な相違に加え、島部の埋立土として、 $A_1$ の陸上部から約 $4.9\text{万m}^3$ を採取しており、これによる影響も大きいと思われます。(4) なお、従来の調査月と異なる平成6年11月には、 $V_1$ が17.7、 $V_2$ が18.3、 $V_3$ が27.9 $\text{万m}^3$ となっています。

5-3 海浜変形のまとめ：① 島部背後の汀線形状は細長く、一種の砂嘴状となっています。一般に、透過構造で低天端の離岸堤は両端部で局所洗掘を受けることが多く、島部が縦300m、横200mという不透過構造で、しかも、その陸側法線が曲線で滑らかなため、島部の両側から回り込み波が減衰せずにつつかり合っ、細長い砂嘴が生じたものと思われます。② 海浜流シミュレーションでも確認された島部背後の強い戻り流れによって砂が沖合に運ばれ、-5~-6m付近までの堆積傾向が生じています。③ 等深線や汀線の変化から、漁港の両側に大規模な対象セル循環の存在が考えられ、その幅は昭和59年度の現地調査によって求められた400m程度と想定されます。④ トンボロは橋梁法線を中心として、両側300~350m付近から発生しており、その付近では左側で10m程度の堆積、右側で30m程度の侵食となっています。しかし、これ以遠の汀線は季節による変化程度でほぼ安定しており、島式漁港施工の目的の一つである、海浜への影響の極少化が達成されていると思われる。⑤ 今後の注目点は砂嘴の発達状況で、砂嘴が現在以上に発達して、回り込み波や沿岸漂砂を遮断するようなことにならないかどうかです。国縫漁港が完成してから、まだ、一年足らず、今後、更に深淺測量等の諸調査を継続し、何らかの問題点が生じれば対策を講じて行きたいと考えております。

6. おわりに： 我国初の試みとしての島式漁港を着工以来10年間という早さで、平成5年度に完成してきましたのは地元の方々の熱心な御要望・御協力に加え、関係諸機関の御理解と御尽力の賜物と厚く御礼申し上げます。近年、漁港の役割が多様化し、従来の実用一点張りの建設構想ではなく、地域社会の核や憩いの場としての役割の面から、周囲の環境に配慮した漁港の建設が求められており、国縫の建設手法が今後の漁港計画策定の一助となれば幸いです。なお、道路橋の基部北側には、長万部町が漁港環境整備事業によって駐車場、休憩展望施設等を整備し、特に、築山上の四阿(あがま)から眺めるワイングラスのようなユニークな形状は観光の面からも話題となっています。また、漁港自体も沖合約300mの位置に新たに出現した魚釣の場として、休日ともなれば多数の釣り達が押し寄せて大変な賑わいとなっています。今後は、荷捌施設等の関連施設の整備を進め、名実共に地域に密着した漁港として発展することを心から願うものです。

7. 参考資料： 主な参考資料を下掲しますが、データ等の詳細については1)~3)を参照願います。  
1) 西村、鎌田、別所：国縫漁港の計画について—漂砂海岸における“島式漁港”へのアプローチ、第31回全国漁港技術研究発表会講演集、水産庁、pp. 104~124、1986. 11  
2) 井元、鎌田：漂砂地帯における島式漁港の建設 磯崎、土木施工、34巻第10号、pp. 33~40、山海堂、1993. 10  
3) 北海道函館土木現業所：ワイングラスに夢のせて 国縫漁港が完成、(株)北海道土木工業新聞社、1994. 7  
4) KAWAGUCHI, HASHIMOTO, MIZUMOTO, KAMADA：Construction of Offshore Fishing Port for Prevention of Coastal Erosion, 24th INTERNATIONAL CONFERENCE ON COASTAL ENGINEERING, Oct. 1994[投稿中]

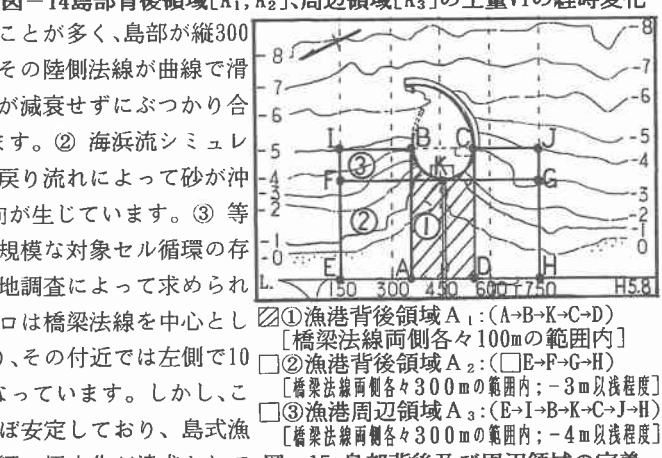
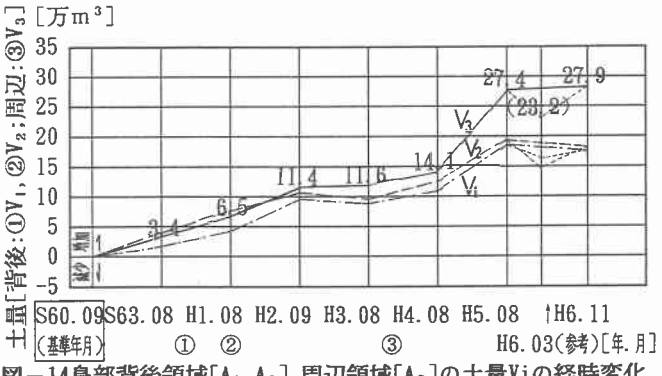


図-14 島部背後領域 $[A_1, A_2]$ 、周辺領域 $[A_3]$ の土量 $V_i$ の経時変化

図-15 島部背後及び周辺領域の定義