

# 北海道日本海沿岸の長周期波特性と漁港内の 漂砂現象に関する現地観測

三 船 修 司\* ・ 川 口 勉\*\* ・ 松 本 英 明\*\*  
渡 辺 博 美\*\*\* ・ 荒 井 直 人\*\*\*\* ・ 山 下 俊 彦\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

砂浜域に位置する中小規模の港湾・漁港では、その港口部が砕波点近傍やそれより浅い水深にあることが多く、多くの浮遊砂が港内に流入しやすいため、港内埋没問題をかかえている港も少なくない。この浮遊砂を移動させる外力としては潮流や海浜流、吹送流、長周期流動等が考えられる。潮位差が小さい日本海に面した港では、海浜流・吹送流・長周期流動等がより重要となる。港外で発生した長周期波が港内に侵入して、船舶・周辺施設等の損傷事故や荷役障害を起こす例が報告されている(例えば菅沼ら, 1995)。長周期波は漂砂現象を理解する上でも重要であり、松岡ら(1991)は漁港内の航路堆砂問題において長周期流動の寄与を指摘している。しかし、日本海沿岸、特に北海道日本海側における長周期波の観測例及び長周期波と漂砂現象の関連を研究した例は少ない。

本研究は、北海道日本海側(図-1 参照)の砂浜海岸に位置する遠別漁港を対象として、漁港内の漂砂現象のメカニズムを、長周期波との関連から明らかにすることを目的として、現地観測を行ったので、その結果を報告する。

## 2. 港内堆砂の状況

調査対象とした遠別漁港は、建設当初より漂砂による港内埋没現象が問題になっていた。近年その傾向が顕著になり、漁船の入出港等の漁業活動に支障をきたすようになってきた。

遠別漁港の外郭施設の建設状況を図-2 に示す。遠別漁港では南防波堤及び島防波堤が平成 5 年 12 月までに建設された。その後西防波堤の建設とともに港内堆砂が激しくなったため(図-3 参照)、漂砂流入を防ぐため平成 10 年 8 月に仮設堤が建設された。しかし、その後も漂砂流入が続いていた。遠別漁港では港外を含む広域深淺

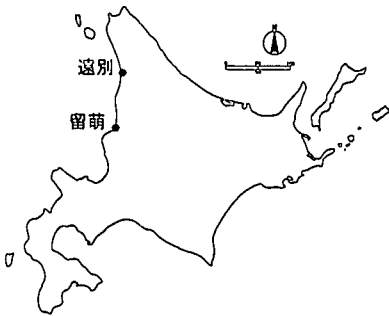


図-1 遠別漁港位置図

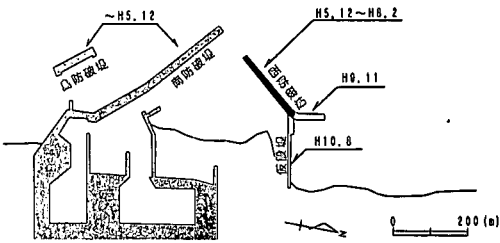


図-2 外郭施設建設状況

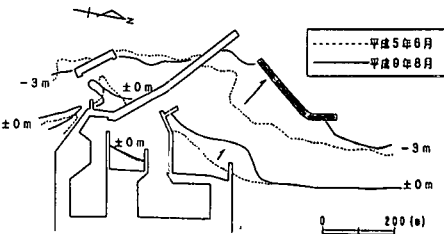


図-3 地形変化図

測量が毎年 2 回、夏(8 月あるいは 6 月)と冬(2 月)に実施されている。平成 8 年 2 月を基準とした港内地形変化量の経年変化を、港口近くの領域 A と港内全域(領域 A+B)で示したのが図-4 である。平成 8 年 6 月以降港内は堆砂傾向にあることがわかる。平成 11 年 8 月以降領域 A ではあまり変化していないが港内全域では増加しており港奥への堆砂をうかがわせる。又、平成 12 年 9

\* 正会員 理修 日本データサービス(株)  
\*\* 工修 日本データサービス(株)  
\*\*\* 国土交通省北海道開発局函館開発建設部  
\*\*\*\* 国土交通省北海道開発局留萌開発建設部  
\*\*\*\*\* 正会員 工博 北海道大学助教授 大学院工学研究科

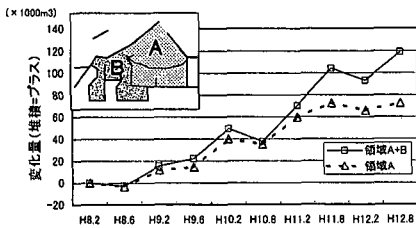


図-4 領域別地形変化量

月と11月に実施した領域Aのみの深浅測量結果と、後述する現地観測における波浪観測結果から短期的地形変化量と期間内有義波高の最大値を整理して表-1に示す。表中、有義波高最大値の留萌推定値とは、平成12年8月から9月の期間は遠別漁港での波浪観測値がなかったので、平成12年9月から11月までの留萌港と遠別漁港の観測値から作成した波高相関式から推定したものである。表から波高が小さい期間に侵食傾向、波高が大きい期間に堆積傾向にあり、期間内の来襲波浪の波高の大きさによって港内の堆砂傾向が異なることがわかった。但し、この結論は限られたデータにより導かれたものであり、今後、更に事例を積み重ね、検討する必要がある。

表-1 短期的地形変化量

| 期 間                | 領域Aの地形変化量 | 期間内有義波高最大値     |
|--------------------|-----------|----------------|
| H 12. 8 → H 12. 9  | -3,295 m³ | 2 m 以下 (留萌推定値) |
| H 12. 9 → H 12. 11 | +5,515 m³ | 6 m 以上 (遠別観測値) |

### 3. 現地観測の概要

現地調査は平成12年9月22日から11月12日まで行われた。図-5に調査位置を、表-2に観測項目と測定モードを示す。St.1では港外での入射波特性を把握するために水位・流速の測定を行った。港口部の浮遊砂移動状況を把握するためにSt.2とSt.3で流速と濁度観測を行った。濁度計と流速計のセンサーは海底面上1.5 mに位置した。St.4～St.6では港内における波浪伝播状況、流動特性、地形変化特性を把握するために水位、流速、砂面高の測定を行った。水位と流速の測定は長周期の検討を行うために連続観測とした。St.1とSt.4～St.6の水位、流速観測のセンサーの位置は海底面上1 mである。又、計測器設置時の水深は、St.1が17 m、St.2とSt.3は4 m、St.4は1.8 m、St.5とSt.6は3 mである。

### 4. 観測結果と解析

#### 4.1 長周期波特性

図-6に港外波高 $H_{1/3}=3.6$  mの時の港外(St.1)と港

|       |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|
| 波浪観測  | St.1 | St.4 | St.5 | St.6 |
| 流況観測  | St.2 | St.3 |      |      |
| 濁度観測  | St.2 | St.3 |      |      |
| 砂面計観測 | St.4 | St.5 | St.6 |      |

◎ St.1

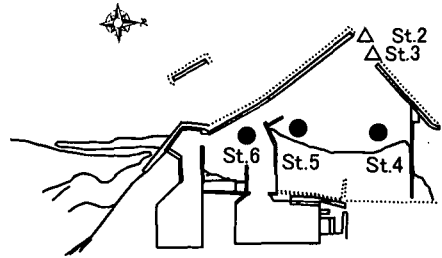


図-5 調査位置

表-2 観測項目と測定モード

| 地点   | 観測項目                                  | 測定モード                           |
|------|---------------------------------------|---------------------------------|
| St.1 | 水位 (水圧, 超音波)<br>流速 (2成分)              | 連続観測, 0.5秒間隔                    |
| St.2 | 流速 (2成分)<br>濁度 (1層)                   | 連続観測, 0.5秒間隔<br>20分毎1分間, 1.0秒間隔 |
| St.3 | 流速 (2成分)<br>濁度 (1層)                   | 連続観測, 0.5秒間隔<br>20分毎1分間, 1.0秒間隔 |
| St.4 | 水位 (水圧, 超音波)<br>流速 (2成分)<br>砂面高 (超音波) | 連続観測, 0.5秒間隔<br>20分毎, 5発射1回観測   |
| St.5 | 水位 (水圧, 超音波)<br>流速 (2成分)<br>砂面高 (超音波) | 連続観測, 0.5秒間隔<br>20分毎, 5発射1回観測   |
| St.6 | 水位 (水圧, 超音波)<br>流速 (2成分)<br>砂面高 (超音波) | 連続観測, 0.5秒間隔<br>20分毎, 5発射1回観測   |

2000 10/08 18Hr — 港外 (St.1)  
--- 港内 (St.4)

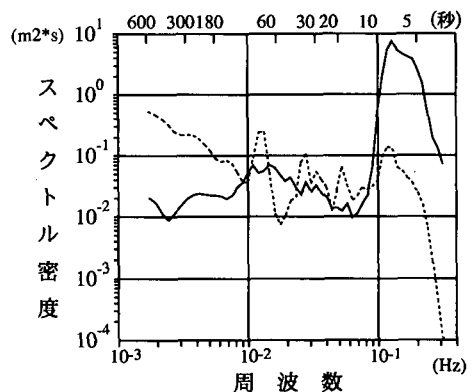


図-6 港外・港内波高スペクトル

内 (St. 4) で観測したパワースペクトルを示す。周期 10 秒以下の短周期成分は港外に比べて港内のスペクトルが大きな減衰を示しているが、30 秒以上の長周期成分、特に約 90 秒のスペクトルピークは港内で逆に大きくなっている。港外の長周期波が港内へ侵入し、増幅しているものと考えられる。又、港外のスペクトル分布は周期 20 秒～30 秒で一旦スペクトルが小さくなっているため、この周波数帯を境に短周期側と長周期側に分割できるものと考えられる。ここでは次式のように周波数 1/30 秒～1/10 分を長周期波と定義し、長周期波高  $H_L$  を算出した。

$$H_L = 4\sqrt{m_0}, \quad m_0 = \int_{f_1}^{f_2} S(f) df,$$

ここに  $S(f)$ : 周波数スペクトル

$$f_1 = 1/600(\text{Hz}), \quad f_2 = 1/30(\text{Hz})$$

図-7 に全観測期間の有義波高と長周期波高の分布を示す。長周期波高は有義波高の 2 乗に比例しており、これは港外の長周期波高には拘束波 (セットダウン波) の成分が大きな割合を占めていることを示している。この有義波高と長周期波高の相関式を用いて、長期的な波浪観測が行われている留萌港の波浪資料から遠別漁港における長周期波の季節別・通年の平均波高を求めたところ冬期平均で 9 cm 以上、年間平均でも約 8 cm 程度の長周期波が遠別漁港に存在しているものと推定された。

このように日本海沿岸である遠別漁港では高波高時に長周期波が顕著になっている。太平洋沿岸で観測されるうねり性の長周期波にくらべて、日本海側の長周期波は浮遊砂を巻き上げ、移動させるため、漂砂現象に大きな影響を与えることが予想される。

図-8 は St. 1 と St. 4, St. 5, St. 6 との長周期波平均波高比を St. 1 の波向に対してプロットしたものである。St. 4 では波向が W (270°) と NW (315°) で平均波高比が大きくなっている。他の地点では、波向 W で最も大きくなっている。又、全ての波向で St. 4 における波高比が大きく、次いで St. 5, St. 6 の順になっているが、St. 5 と

St. 6 の差は小さい。

図-9 は St. 5 における流速測定結果から 20 分移動平均流 (平均流) と 30 秒移動平均流 (長周期流速) を示したものである。この時港外波高は  $H_{1/3} = 3.6 \text{ m}$  であった。平均流は約 0.1 m/s で流向もほぼ一定であるが、長周期流速は最大で 0.3 m/s 程度と大きく、流向も変動している。平均流に比べて長周期流速が大きくなっており、港外の波高が大きい時の港内流況における長周期成分の重

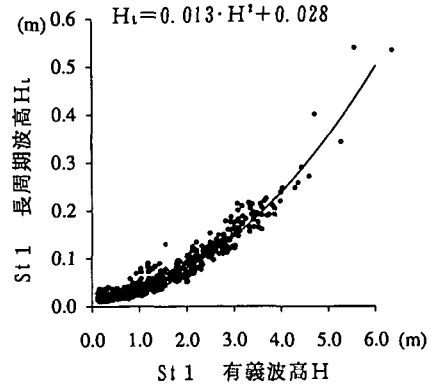


図-7 有義波高と長周期波高相関図

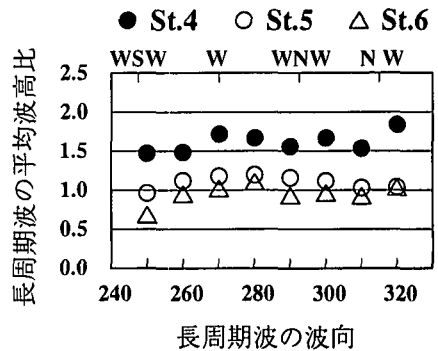


図-8 長周期波平均波高比

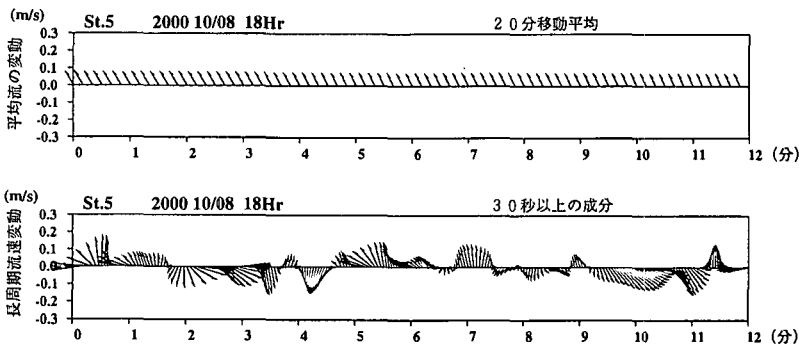


図-9 平均流と長周期流速変動

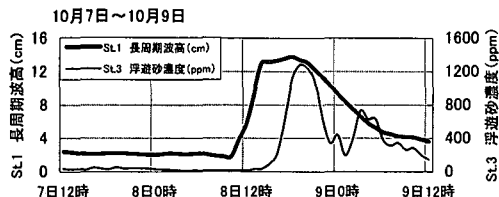


図-10 長周期波高と浮遊砂濃度

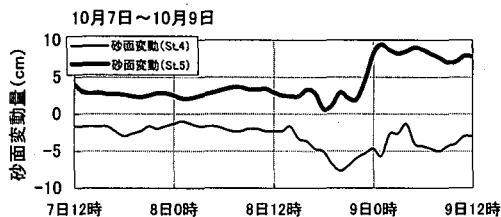


図-11 砂面変動の時間変化

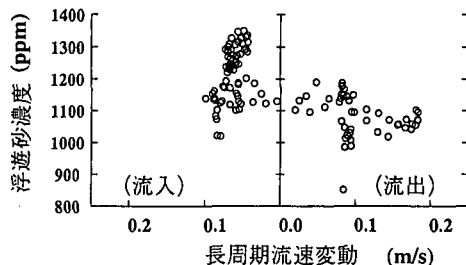


図-12 浮遊砂濃度と長周期流速

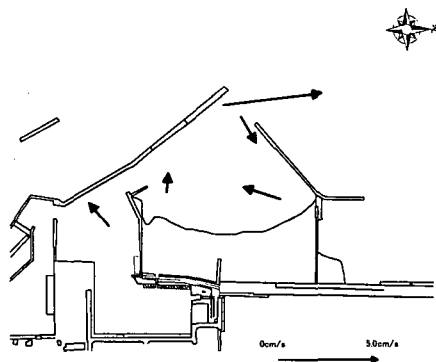


図-13 全期間平均流

要性を示している。

#### 4.2 地形変化特性

図-10にSt.1の長周期波高とSt.3の浮遊砂濃度の時間変化を示す。港口の浮遊砂濃度は港外の波高が大きくなると数時間遅れて急激に大きくなっている。波高が小さくなると浮遊砂濃度も急激に小さくなる。図-11はSt.4とSt.5の砂面変動の時間変化を示してある。港外で長周期波高が大きくなり、次いで港口の浮遊砂濃度が大きくなると、St.4で侵食現象が起きている。同時にSt.5では侵食・堆積の変動が大きくなっている。6時間程度経過するとSt.4、St.5ともに堆積は始めている。図-10と図-11を比較すると港内の地形変化は次のように起きていると推定できる。まず、港外で波高が大きくなると数時間遅れて港口の浮遊砂濃度が大きくなり、ほとんど同時に港内の一部における侵食を含めた地形変動が大きくなり、その約6時間後から港内で堆積が起きている。港内の堆積現象は港外の波高が小さくなり、港口の浮遊砂濃度が小さくなる所に起きている。図-12はSt.3の浮遊砂濃度を同じSt.3の長周期流動に対してプロットしたものである。流出は港内から港外へ向かう流れの場合を、流入は港外から港内へ向かう流れの場合を示している。流出の場合にくらべて流入の場合の方が浮遊砂濃度が高くなっている。港外波高  $H_{1/3}=3.6\text{ m}$  の場合、砕波水深は港口水深4 mより大きいので、砕波点は港外にあり、そのため港内よりも港外の浮遊砂濃度が高くなっているためと考えられる。図-13に示す全観測期間の平均流では港内の流況は時計廻りの循環流になっており、港内の砂の長期的移動方向を示しているものと考えられる。これによればSt.4からSt.5の方向に移動しているものと考えられる。これらの地形変化特性は、遠

別漁港の漂砂現象において浮遊砂の発生とその移動・沈降・堆積が重要であることを示している。

#### 5. 結 論

以上の検討から、本研究で対象とした遠別漁港の漂砂現象について、以下のことが明らかとなった。

(1) 今回の現地観測では、波高が小さい期間では侵食傾向、波高が大きい期間では堆積傾向と、来襲波高の大きさの異なる期間に対応して堆砂傾向が異なっていた。

(2) 高波高時に港外で拘束波成分が大きな割合を占めると考えられる長周期波が発達する。この長周期波が港内に侵入し、港内で増幅する。港内の長周期流速は、平均流（海浜流）よりも大きい。太平洋沿岸で観測されるうねり性の長周期波にくらべて、高波高時に顕著になる日本海沿岸の長周期波は漂砂現象に大きな影響を与えることが予想される。

(3) 高波高時の短期的な地形変化特性に注目してみると時化が来襲して港外で波高及び長周期波高が大きくなると、数時間遅れて港口の浮遊砂濃度が大きくなり、ほとんど同時に港内の地形変動が大きくなっている。時化がおさまって港外波高が小さくなると港口の浮遊砂濃度も小さくなり、港内で堆積が起きている。この堆積現象は、主に浮遊していた漂砂の沈降・堆積により生じた

ものと考えられる。

(4) 以上の観測結果から港内堆砂メカニズムにおいて、波浪及び長周期波による浮遊砂の発生、海浜流及び長周期流動による浮遊砂の移動、静穏域及び静穏時における沈降・堆積等が大きな役割を果たしていることが明らかになった。これらのメカニズムは浮遊砂の発生量が碎波点の位置に大きく依存していることと相まって、碎波点が港外にあるような大きな波が続く場合には港内が堆積傾向になり、碎波点が港内にあるような小さな波高

が続く場合には港内が侵食傾向になる現象をよく説明できる。

#### 参 考 文 献

- 菅沼史典・神谷昌文・渥美洋一・小泉信男 (1995): 現地観測による長周期波の発生頻度と船体動揺発生予測の検討, 海岸工学論文集, 第42巻, pp. 951-955.
- 松岡道男・木下勝尊・山本正昭・森口朗彦 (1991): 長周期水理特性を考慮した港内堆砂モデルの適用性の検討, 海岸工学論文集, 第38巻, pp. 416-420.