

抜海漁港における漂砂対策について —防砂堤整備における効果と今後の課題—

稚内開発建設部 稚内港湾事務所 第2工務課 ○小林 祐一
落野 憲人
(社) 寒地港湾技術研究センター 調査研究部 藤本 恵

抜海漁港は、冬季に流氷が来襲する宗谷管内における唯一の不凍港であり、漁船をはじめ、付近を航行する船舶の避難港として大きな役割を果たしている。しかしながら、近年、漂砂流入による水深の浅化が目立っており、避難機能を確保するため、漂砂対策が求められているところである。本報告では、漂砂の流入防止のため整備を行った防砂堤による効果と、抜海漁港の漂砂対策における今後の課題について報告するものである。

キーワード：防災、事故防止、計画手法

1. はじめに

抜海漁港は、ノシャップ岬南方約19kmに位置する第4種漁港である。本漁港は、昭和26年に第2種漁港に指定された後、昭和48年に第4種に指定変更され、以降、直轄事業として整備されてきている。

本漁港は、沿岸を北上する対馬暖流の影響により宗谷管内で唯一の不凍港であり、稚内港結氷時には大型船の避難港ともなる重要な役割を担っている。主な漁業はサケ、ホッキ、ナマコ、カレイ、タコ等で、近年は、「つくり育てる漁業」の推進に伴い、カレイ・ヒラメ・ソイ・ナマコ等を対象とした蓄養水面施設が平成6年度に整備され、水産物の安定供給基地として期待が高まっている。

一方、漁港内は漂砂による影響で埋没傾向にあり、船舶の安全航行を確保するため、漂砂流入低減対策を実施してきている。

本報告は、平成17年度に漂砂対策のひとつとして位置づけられた防砂堤整備が、平成18年度に着工後、平成23年7月に完成したことから、現時点での効果検証と今後の課題について検討したものである。



図-1 抜海漁港 (H23.8.19撮影)

2. 自然条件

抜海漁港は、図-2に示すように、南北約16km続く砂浜海岸のほぼ中央にある岬地形に位置する。南西方向約30km沖に利尻島、西方向約45km沖に礼文島がある。海底地形は、水深-12mまではなだらかであるが、それ以深は急勾配の地形となっており、底質は、粒径0.17mm程度の細砂が卓越している。

来襲波浪は、夏季に低気圧等によるSW系波浪、冬季には季節風等によるNW系波浪が卓越している。流況は、波浪の他に、北上する対馬海流や吹送流の影響も受け、夏季には北上、冬季には南下する特徴をもつ。

以上のような諸条件より、沿岸の漂砂機構は、全体として北上する沿岸漂砂が発生しており、漁港周辺においても水深12m程度まで地形変化が生じている。また、細砂が卓越していることから、高波浪により浮遊砂が発生しやすく、港内への漂砂流入・堆積が生じている。

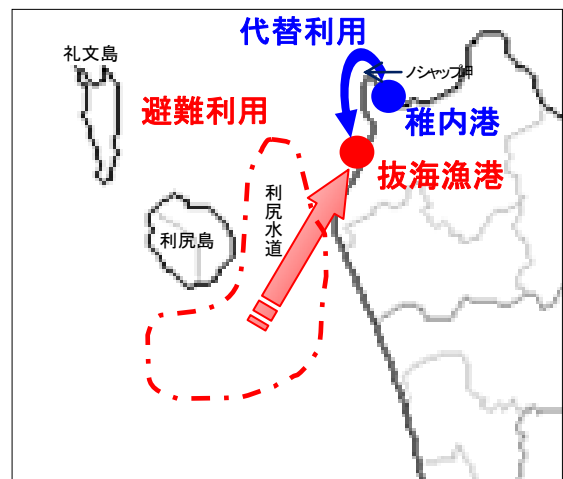


図-2 抜海漁港の位置

3. 漁港周辺の漂砂特性

漁港周辺の漂砂機構の概念を図-3および図4-1、4-2に示す。

周辺海岸は、夏季には北上、冬季には南下する沿岸漂砂が発生している。これは、夏季のSW系波浪、冬季のNW系波浪および対馬海流や吹送流の影響を受けているものであるが、通年でみると、北上する沿岸漂砂が卓越している。

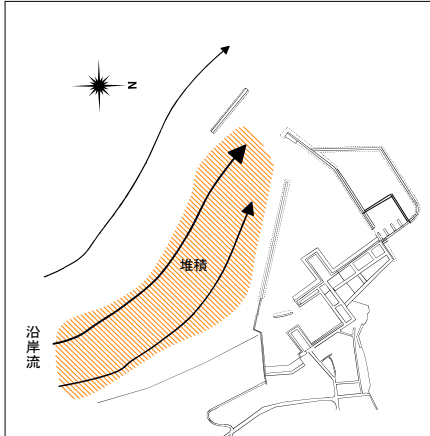


図-3 通常時の漂砂機構 (H16防砂堤未整備)

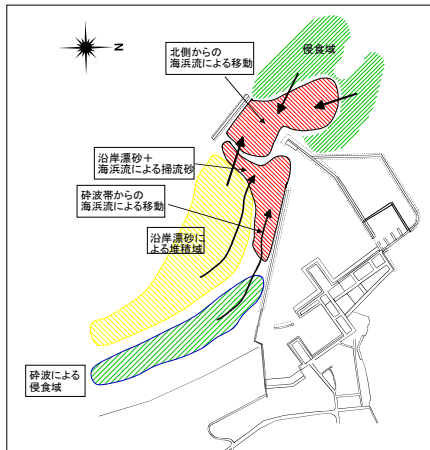


図4-1 高波浪時の漂砂機構 (掃流砂) (H16防砂堤未整備)

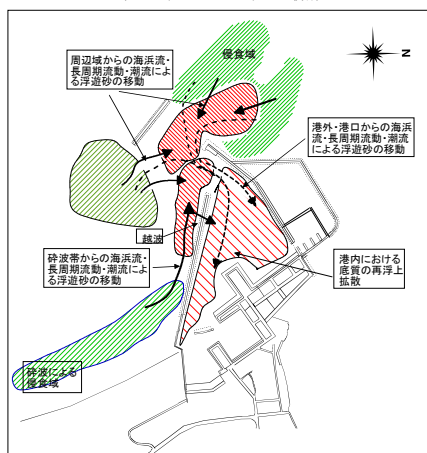


図4-2 高波浪時の漂砂機構 (浮遊砂) (H16防砂堤未整備)

一方、激浪による岸沖漂砂の影響も大きい。また、激浪方向が夏季ではSW系、冬季ではNW系となり、季節的に来襲方向が変わるため、漁港施設周りでの流況が変化し、局所的な侵食・堆積が発生して地形変化が複雑になっている。このため、施設整備に伴い侵食・堆積する場所が変化するという特徴がある。

更に、底質については細砂成分が多いため浮遊砂が発生しやすいことと、外郭施設が透堤であることから、浮遊砂が港内に入りやすい状況にある。

これまで、漁船航行に対する支障がたびたび起きており、特に平成22年12月末には爆弾低気圧の来襲により航路が浅くなり、すぐに応急浚渫を施工したが、漁船が出漁できない事態が数日続き、漁価が高い年末時期に漁業者に対して多大な迷惑をかけた。

以上より、施設整備に伴う地形変化を監視し、港内および港口の堆砂による航行障害、構造物基礎部の侵食による洗掘などに留意することが重要となっており、毎年、深浅測量によるモニタリングと波浪・流況調査等を実施し、新たな漂砂特性を把握して適切な対応を検討している。

4. 漂砂対策の経過と効果

抜海漁港は、昭和48年に第4種指定変更されてから、南防波堤 (昭和50~57年度)、北防波堤 (昭和52~58年度)、島防波堤 (昭和62~平成元年度)、北外防波堤 (平成2~4年度) と外郭施設が整備されて、その後蓄養施設 (平成6~7年度) が整備された。

漂砂対策としては、平成11年度以降に対策工が整備されてきている。

以下に各期間の計画概要と整備内容および対策効果を示す。

(1) 外郭施設の不透過化 (平成11~24年度)

平成10年度にこれまでの現地調査結果の整理に基づき漂砂機構を再整理し、対策については浮遊砂の港内侵入低減を最優先として、外郭施設の不透過化の提案と、整備の優先順位 (蓄養施設、南防波堤、北防波堤の順) を決定した。図-5に計画図を示す。

平成11年度から上記計画に基づき、①蓄養施設の不透過化 (平成11~12年度)、②南防波堤の不透過化 (平成13~15年度)、③北防波堤の不透過化 (平成15~17年度、平成22~24年度) が実施された。

この結果、蓄養水面および港内堆砂は大きく減少したが、一方、港口周辺は堆砂傾向が増加した。これは、不透過によって低減された漂砂が防波堤を回り込んで港口に流入している可能性も示唆していた。

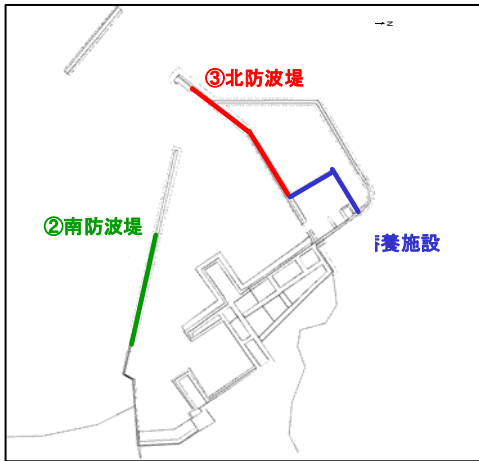


図-5 外郭施設の不透過化

(2) 防砂堤の新設（平成18～23年度）

平成16～17年度に有識者で構成する検討会を開催し、漂砂機構と対策について検討した。

漂砂機構については、島防波堤と港口との間に北上した沿岸漂砂の土砂が堆積し、それが夏季SW系波浪、冬季NW系波浪の激浪時に港口および港内に流入する機構を明らかにした。

対策として、北上する沿岸漂砂の方向を島防波堤沖へ移動させる①防砂堤新設（延長500m）と、島防波堤に沿って北側へ移動・堆積した土砂が冬季のNW系波浪によって港内へ流入しないように②北防波堤延伸、③港内浚渫（水深-5.5m）を実施する計画とした。図-6に計画図を示す。

整備順序は、①防砂堤、②港内浚渫（一様に-3.5m）、③北防波堤延伸、④港内残分・港口浚渫とし、平成18年度から防砂堤に着工した。

防砂堤は、平成18年度から毎年130m、120m、50m、100m、47.7mと延伸して、平成23年7月に52.3mを延伸して全長500mが完成した。これにより、南防波堤と島防波堤の間を遮断する港形となり、港口は北側のみとなった。また、港内堆砂部の浚渫についても平成24年度に暫定-3.5mで実施している。今後は、北防波堤延伸、浚渫を行い整備が完了する予定である。

防砂堤整備における対策効果については後述する。



図-6 防砂堤新設・北防波堤延伸計画

5. 防砂堤整備に伴う漂砂特性の変化

平成23年7月に防砂堤が完成し、その後平成24年1月までに、深浅測量（平成23年10月、平成24年1月）、流況観測（平成23年10～11月）等の現地調査を実施した。

これらの現地調査結果に基づき、防砂堤完成後の現時点における効果について分析評価した。

(1) 水深変化特性の変化

a) 防砂堤建設前

平成16年10月～平成17年10月の水深変化を図-7に示す。沿岸漂砂により北上した土砂は、島防波堤と北防波堤に囲まれたエリア内および周辺に堆積しており、波浪により局所的な侵食箇所と堆積箇所を形成している。堆積は北防波堤側の航路および先端部に見られる。

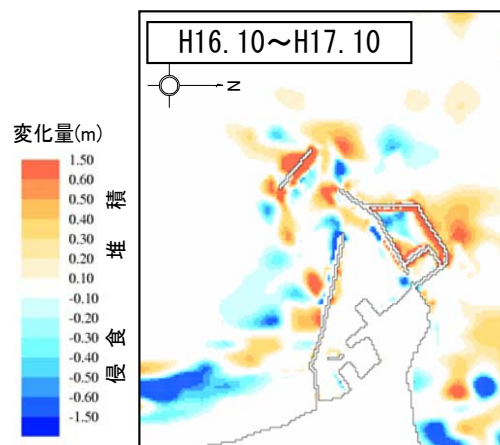


図-7 防砂堤建設前の水深変化（H16.10-H17.10）

b) 防砂堤建設中

平成20年10月～平成21年11月の水深変化を図-8に示す。

沿岸漂砂により北上する土砂は島防波堤と北防波堤に囲まれたエリア内に加えて島防波堤沖の北側と南側の水域に堆積エリアが発生している点が特徴的である。また、港内についても、港口部の堆積に加えて、防砂堤と南防波堤で囲まれたV字範囲（以降、「ふところ部」と称す）での堆積が見られるようになった。

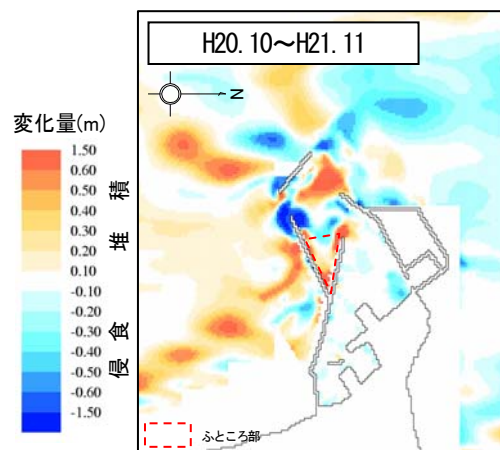


図-8 防砂堤建設中の水深変化（H20.10-H21.11）

c) 防砂堤完成後

平成23年7月の防砂堤完成後の平成23年10月～平成24年1月の水深変化を図-9に示す。

島防波堤沖の堆積エリアのうち、北側分が岸側へ近づいている。また、港内のふところ部の堆積が侵食に転じているが、港口および航路部の堆積は依然として継続している。

以上より、北上する沿岸漂砂については、防砂堤の完成により、これまで島防波堤と北防波堤に囲まれたエリア内および周辺に集中していた土砂が、港口と島防波堤沖合へ二分して移動していると推定した。ただし、港口周辺の堆積は依然として継続していることから、航行障害の危険性は残っている状況と考える。

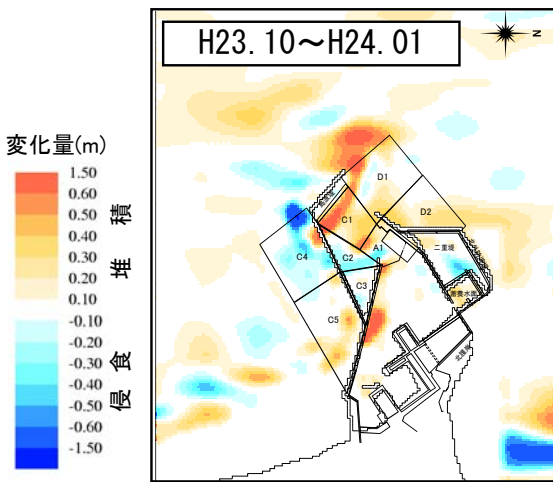


図-9 防砂堤完成後の水深変化 (H23.10-H24.01)

(2) 地形変化量の変化

a) 広域の地形変化量

図-10に示す各狭域エリアを合計したエリア（広域エリアと称する）を設定し、エリア内の地形変化量の経年変化について図-11に示す。期間は、防砂堤着工前の平成15年8月から完成後の平成23年10月とする。なお、港内では浚渫を実施していることから、これを加味した。

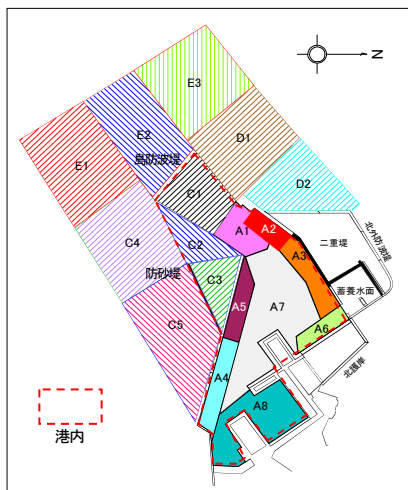


図-10 広域エリア

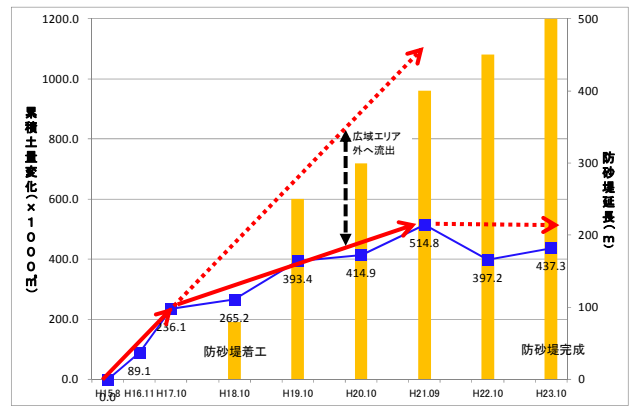


図-11 広域エリアの地形変化量の経年変化

これによると、防砂堤整備期間に沿って異なる傾向が確認された。まず、防砂堤着工前の平成15年8月～平成17年10月ではほぼ一定に土砂量が増加している。次に、平成18年10月（防砂堤着工後）以降は、増加率が小さくなり増加量は減少した。更に、防砂堤完成前の平成21年（防砂堤延長400m段階）からは減少に転じている。

以上より、北上する沿岸漂砂により広域エリア内に流入していた土砂が、防砂堤により広域エリア外にも移動するようになり、エリア内の土砂堆積の増加率が減じたものと考えられる。これは、(1)の島防波堤沖合に堆積エリアが発生している事象と一致するものである。

更に、防砂堤完成直前には増加から減少に転じていることは、広域エリア内に堆積していた土砂がエリア外へ流出し始めたことを表しており、激浪により局所的な侵食や堆積を発生させる土砂が減少傾向にあることを示していると推定した。

これより、防砂堤完成により、長年苦しめられてきた沿岸漂砂の流入を減少させる効果のあることが明らかになった。また、エリア内の堆積土砂も減少する効果が出てきており、激浪により局所的な堆積をもたらす土砂を減らす効果も期待できると推察される。

b) 狭域の地形変化量

図-10に示す狭域エリアにより、地形変化量の変化特性について詳細な分析を行った。防砂堤と島防波堤の外側エリア（港外南=C5+C4+E1+E2）、港外の北側エリア（港外北=D1+E3）および港内区域（港内=A1～A8+C1～C3）の経年変化を図-12に示す。

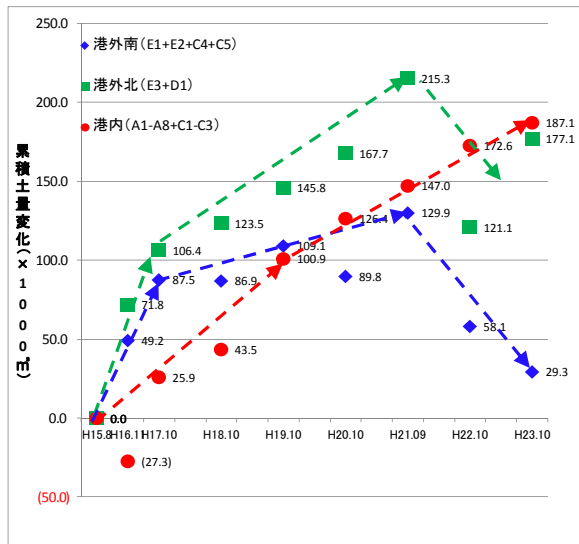


図-12 狭域エリアの地形変化量の経年変化

これによると、港外南と港外北については、広域エリアと同様な傾向を示している。また、防砂堤建設中の増加率が異なり、港外南が港外北より低い結果となっている。増加率が低いことは、エリア内の堆砂増加量が少ないことなので、北上した沿岸漂砂の堆砂する場所が防砂堤・島防波堤に沿って北上していることを示唆している。最終的に港口の港外側へ移動しているものと推察される。

一方、港内については、防砂堤完成直前から増加率はやや減少しているが、港外南・港外北と違って減少には転じていない。これは、激浪による港内への土砂流入を低減させる必要性を示唆していると考えられる。

(3) 流況特性の変化

地形変化からみた防砂堤の効果を分析した結果、沿岸漂砂による漁港周辺への流入土砂量が減少する効果を確認できた。しかし、港口付近への堆積傾向に変化がないことから、その原因を究明するため流況特性について検討した。

防砂堤着工前の流況特性を図-13に、完成後の流況特性を図-14に示す。流況特性については、現地観測結果とそれに基づく海浜流計算に基づいている。

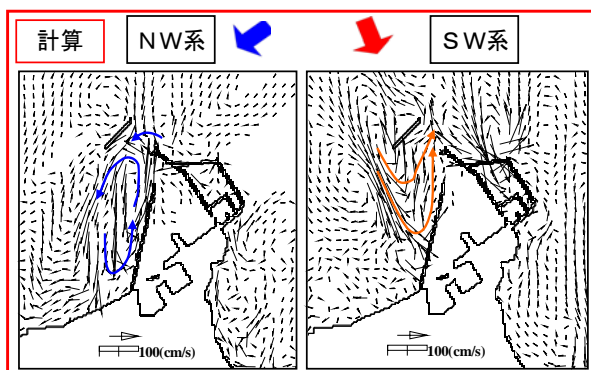
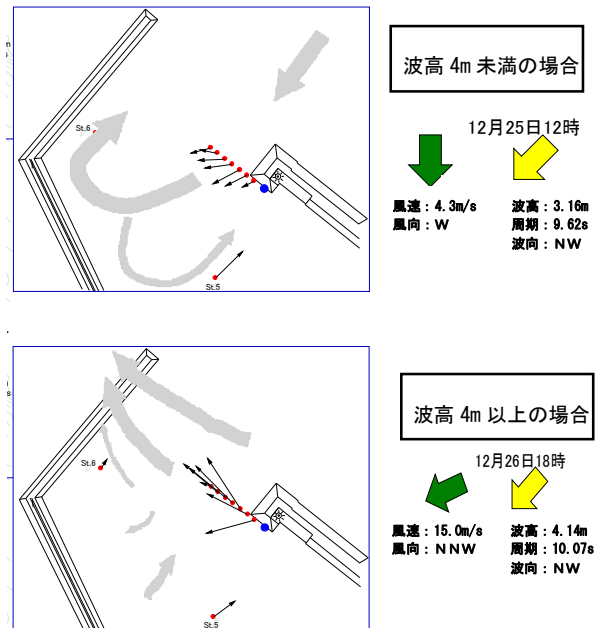


図-13 防砂堤着工前の流況特性



※北防波堤先端付近では局所的に港内へ向かう流れが確認されている

図-14 防砂堤完成後の流況特性

これによると、南防波堤と島防波堤で挟まれた水域では、防砂堤着工前は、NW系波浪では直接流入により、SW系波浪では回折波により強い流れが発生している。また、その流れの一部が港内に流入している。これらの流れにより、南防波堤と島防波堤の間の水域では、沿岸漂砂で流入した土砂による堆積と、強い流れによるフラッシュとのバランスで長期的に地形は安定していたと推定される。また、港内の堆積はフラッシュした土砂の一部が流入しているものと推定される。

次に、防砂堤完成後は、SW系波浪は遮断され、NW系波浪は通過できなくなったことから南防波堤と島防波堤の間の水域（港内となった）の流況が大きく変化した。現地観測結果によると、NW系波浪で、波高4m以上では港口前面の流向は島防波堤先端方向へ向かい、港内に向いていない。これは、流れに伴う港内での土砂移動が減少する効果を期待できる。しかし、波高4m未満になると港内へ向かう流れが観測されており、土砂流入が予想される。特に、底質に細粒分が多い特徴があることから、浮遊砂が流入する可能性が高い。したがって、今後もこれらの事象に対する対策を検討する必要性が示唆された。

6. 防砂堤完成後の漂砂特性

防砂堤完成後の漂砂特性は図-15に示すように着工前と大きく変化している。

恒常的な北上する沿岸漂砂については、従来は漁港周辺に堆積していたものが、防砂堤整備により漁港周辺外へも堆積する機構に変化した。この結果、漁港周辺に堆積する土砂量が減少傾向に転じた。

また、激浪により漁港周辺で発生する局所的浸食・堆

積現象については、夏季のSW系波浪では、港内に流入する流れが減少した。また、冬季のNW系波浪では、波高4m以上では港内へ向かう流れが減少している。

したがって、港内に堆積する流れとしては、波高4m未満のNW系波浪と推定され、これらに対する漂砂対策を実施すれば、長年苦しめられてきた港内堆砂を解決できる見通しが立った。

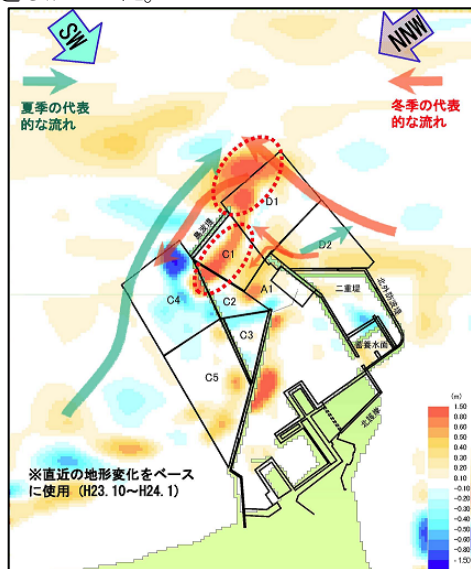


図-15 防砂堤完成後の漂砂特性

7. 防砂堤整備による効果

防砂堤整備により、漁港内外への土砂流入源となっていた北上する沿岸漂砂について、漁港沖側へ流出する経路を発生させ、漁港周辺への堆砂量を減じる効果を発揮した。実際に効果として平成24年の冬季に3回にわたって爆弾低気圧が来襲したが、漁船が出漁できないほど航路が浅くならず、防砂堤完成とともに、ふところ部と航路を一樣水深の-3.5mに浚渫したことによって港内の水深変化が抑えられた。

また、激浪による港内における局所的土砂移動に対して、夏季のSW系波浪では港内侵入の低減と、冬季のNW系波浪では波高4m以上の波浪侵入が低減されたことにより漂砂外力が低減されるため、局所的土砂移動が低減する効果を期待できる。

以上より、NW系波浪の波高4m未満の港内侵入対策を実施することによって、港内の維持浚渫回数を大幅に低減することが可能となるとともに、航路の安全性が向上するものと期待できる。

8. 今後の課題

今回の防砂堤整備効果の検証については、平成23年7月完成後、半年を経過した平成24年1月時点での評価となっている。したがって、通年を通した効果の検証、特に夏季のSW系波浪に関する実態を把握することが重要である。

また、港内水深の変化はSW系、NW系の港内流入波とともに砂が流入することによるが、海面近くまで浅いふところ部(C2~C3)の砂移動も同時に発生していると考えられる。

すなわち激浪時においては、港口から進入する砂とふところ部の砂が混在しながら動き、航路水深を浅くさせている。

これまで防砂堤延伸に伴う漁港周辺の漂砂特性の変化についてはエリア毎に解明できたが、港内に流入した砂の動きはふところ部の砂と重なり正確に捉えていない。

防砂堤の完成によって北上する沿岸漂砂の港内流入をほぼ抑えられたことから、次はNW系波浪に絞って港内に流入する砂の動きを捉えることが可能であるため、平成24年度の秋季までにふところ部も含めて暫定-3.5mまで一様に港内を浚渫し、今冬に流況・波浪、深淺等の現地調査を実施する。今後はNW系波浪に対する港内漂砂の動きを明らかにして防砂堤整備の効果を継続して検証する。

今後の漂砂対策として、現時点では冬季のNW系波浪に対する港内流入波低減の必要性が示唆されているため、現地調査と合わせて、漂砂解析モデルの精度向上を図り、対策工の最適化を検討する必要がある。

9. 結論

抜海漁港の漂砂対策として整備した防砂堤（平成18年度着工、平成23年10月完成）に対して、半年経過した時点における効果を、現地調査等により検討した。

その結果、以下の効果を検証した。

- ①漁港周辺への土砂流入源となっていた北上する沿岸漂砂について、漁港沖側へ流出する経路を発生させ、漁港周辺への堆砂量を減じる効果を発揮した。
- ②激浪による港内における局所的土砂移動に対して、夏季のSW系波浪では港内侵入の低減が図られた。
- ③冬季のNW系波浪では波高4m以上の波浪侵入の低減により漂砂外力が低減されて、局所的土砂移動が低減する効果を発揮した。

また、今後は、以下の課題について取り組んでいく必要がある。

- ①通年を通した防砂堤整備効果を検証する。
- ②冬季のNW系波浪に対する港内流入波低減の必要性が示唆されているため、現地調査と合わせて、漂砂解析モデルの精度向上を図り、今後の対策工の最適化を検討する。

謝辞：本研究は、平成23年度に開催された「抜海漁港漂砂対策検討会」の成果の一部である。本検討会の各委員の方々へ甚大な謝意を表する。