

釧路港周辺における細粒底質移動現象に関する現地調査

平澤充成* ・ 金田 充** ・ 松本浩史***
川口 勉**** ・ 佐藤寿彦***** ・ 山下俊彦*****

釧路港西港区周辺には細砂を主成分とする底質が分布しているが、港口付近の航路・泊地においてはシルト・粘土の細粒底質による顕著な堆積が発生している。この細粒底質の発生、輸送、堆積メカニズムを把握するため、水深変化、流況、濁度及び底質物性に関する現地調査と底質の巻き上がり及び凝集に関する室内実験を行った。その結果、港口近傍の底面付近では、静穏時で50 mg/L、波浪時で2,000 mg/Lを越えるSS濃度がみられ、港内方向への流入が卓越していること、周辺河川から供給される懸濁粒子は海水等との混合で凝集し、これが細粒底質発生の一要因と考えられることが分かった。

1. はじめに

釧路港は東北海道の太平洋側に位置する重要港湾で、周辺地域の主要産業である農畜産業や製紙業の飼料・原料輸入や製品輸移の基地となっている。釧路港西港区は増加する物流需要に対応するため、新釧路川と阿寒川に挟まれた砂浜海岸において1969年から整備を進めている。西港区では整備の進捗に従い、港内で堆積傾向が見られていたが、近年、西側港口付近を中心とする水深14 mの航路・泊地において特に顕著に堆積の進行が見られるようになっている。この堆積現象に対して適切な対応を行うことは、船舶航行の安全確保だけでなく、円滑な物流の確保や港湾の管理コストの面からも重要となる。

堆積物の主要な組成は微細な粒径のシルト・粘土分であるが、西港区周辺海域に分布する底質のほとんどは比較的粒径の大きな細砂である。細粒な底質による埋没現象に関する研究例としては鶴谷ら(1989)や細川ら(1986)の研究などがあるが、いずれも有明海など広域に細粒底質が堆積している事例であり、港内や航路に局所的に細粒底質が堆積する海域を対象とした例はほとんどない。

本研究は釧路港西港区における細粒底質の発生、輸送、堆積のメカニズムを解明し、航路・泊地埋没に対する適切な対策を講じることを目的として実施した一連の現地調査及び室内実験結果について報告するものである。

2. 現地調査と室内実験

(1) 現地調査

波高、流速、濁度の現地観測を2001年より実施しており、図-1にその観測地点を示す。表-1はそのうち2004

年9月4日～10月18日観測時の機器設置状況を示したものである。計測水深は観測年により一部異なるが、毎年、台風の影響で高波浪が発生する9月初旬から10月中旬に観測を実施している。なお、濁度計(ATU3-8M, Compact-CLW)の観測値については、現地観測地点か

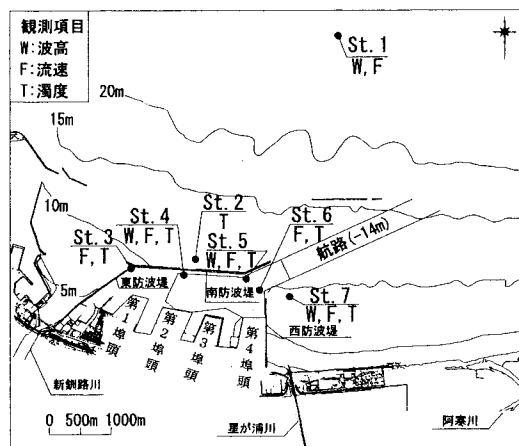


図-1 現地調査箇所(波高、流速、濁度)

表-1 現地設置機器(2004年)

観測地点	設置水深	流速計 (ADCP)	流速計 (ACM-8M)	波高計	濁度計
St. 1	22.4 m	—	中層: 11.2 m	○	—
St. 2	11.3 m	—	—	—	上層: 4.5 m
St. 3	9.0 m	—	中層: 4.5 m 下層: 8.2 m	—	中層: 4.5 m 下層: 8.5 m
St. 4	10.0 m	—	中層: 4.5 m 下層: 9.2 m	○	中層: 4.5 m 下層: 9.5 m
St. 5	13.5 m	中層: 7.2 m	—	○	上層: 1.0 m 中層: 6.8 m 下層: 13.0 m
St. 6	14.2 m	中層: 7.2 m	—	—	上層: 1.0 m 中層: 7.1 m 下層: 13.7 m
St. 7	10.2 m	—	中層: 5.1 m 下層: 9.4 m	○	中層: 5.1 m 下層: 9.7 m
観測間隔		20 min	20 min	連続	20 min
測定時間		3 min	2 min	連続	2 min
サンプリング間隔		1.0 s	1.0 s	0.5 s	1.0 s

* 正会員 北海道開発局釧路港湾事務所長
** 北海道開発局釧路港湾事務所第1工事課長
*** 北海道開発局釧路港湾事務所計画係長
**** 日本データサービス(株)総合解析室
***** (株)クマシロシステム設計技術解析部長
***** 正会員 工博 北海道大学教授大学院工学研究科

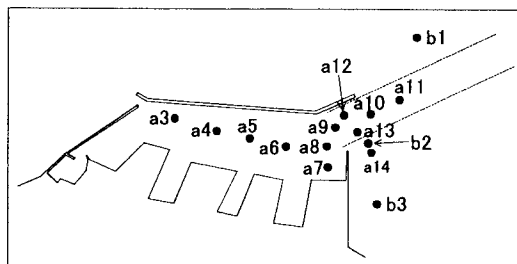


図-2 現地調査箇所(堆積物コア採取)

ら採取した底質を用いて検定を行い、SS濃度に換算した。

堆積物の物性調査については2003年より実施している。調査項目は粒度組成、中央粒径、含水比、強熱減量であり、透明な塩ビ管容器(長さ100 cm及び150 cm)を用いダイバーによる押し込みによりコアを採取した。鉛直方向の試料採取は、塩ビ管容器の10 cm毎に開けた孔から真空ポンプにより上層部側から抽出した。コア採取地点を図-2に示す。

深浅測量は、西港区港内、航路(-14 m)、西防波堤周辺を網羅する範囲を1984年よりほぼ毎年1回実施しており、2003年からは年数回測量している。また、2003年9月14日に発生した十勝沖地震に伴う津波来襲直後には航路の深浅測量を実施している。

(2) 室内実験

シルト・粘土の細粒底質の輸送現象を把握するには、流れと巻き上げの関係を明らかにすることが重要である。室内実験による現地底泥の巻き上がり特性の研究例として楠田ら(1989)などがあるが、本研究では特に高波浪時の底質巻き上げ特性を把握するため、北海道工業大学所有の振動流実験装置を用いて実験を行った。実験では流速振幅を2.5~30.0 cm/sの間で変化させ、現地採取した不攪乱細粒底質の巻き上がりによるSS濃度を計測した。

また細粒底質の発生源のひとつに河川から供給される懸濁粒子の海水混合による凝集が考えられることから、今回は新釧路川の懸濁粒子を対象に実験を行った。実験は攪拌装置とビーカー(内容量500 ml)を使用し、懸濁粒子濃度25 mg/Lの条件で、溶媒としてSt.1で採取した海水500 mlを使用したケースとともに、凝集過程における工場排水の影響についても調べるため、東防波堤の排水口から採取した工場排水25及び50 mlを添加したケースについても実験した。実験方法の詳細は、山下ら(2002)の研究論文を参考にされたい。なお、調査期間中に新釧路川では大規模出水が発生せず、河川水から必要な懸濁粒子を採取できなかったため、実験では河口上

流約15 km地点の河床底質を懸濁粒子として用いた。

3. 堆積特性

(1) 堆積範囲

図-3は西港区周辺の2003年12月から2005年1月までの水深変化(測線間隔100 m)を示したものである。第4埠頭前面泊地から航路部にかけての範囲を中心に堆積傾向が見られ、特に航路部は顕著な堆積傾向を示している。図-4は2003年10月から2004年12月までの詳細な航路部の水深変化(測線間隔20 m)を示したものであるが、港口から港外側1000 mの範囲に50 cm以上の堆積変化が集中的に発生しており、約26万 m^3 の堆積量が生じている。また一部侵食傾向を示す箇所が現れる港口から2000 mの範囲の堆積量は約34万 m^3 になる。後述するように、港内にも航路と同様に細粒底質が堆積しているが、侵食傾向を示す第2埠頭及び第3埠頭前面泊地の侵食量は約4万 m^3 であり、航路の堆積量と比較して非常に小さい。このことから、港内底質の移動は航路における顕著な堆積傾向を引き起こす主要因ではないと考えられる。

また、2003年10月の深浅測量結果から、同年9月の十勝沖地震津波の作用により港口から1000 mの範囲で最大50 cm以上の侵食が発生しており、浸後後に堆積していた航路部の堆積物のほとんどが払拭されたと推測される。十勝沖地震以前の航路部の水深変化は、図-4とほぼ同様の堆積傾向を呈しており、港口付近で強い堆積傾向を示す航路部の水深変化の特徴は、防波堤の配置など港形に大きな変化がない限り、恒常的に現れる現象であると考えられる。

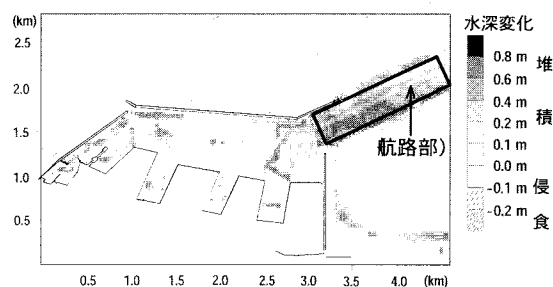


図-3 西港区周辺の水深変化(2003.12~2005.1)

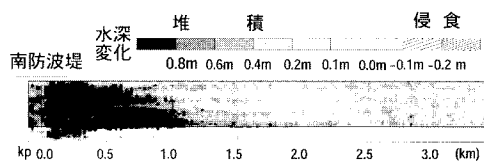


図-4 航路部の水深変化(2003.10~2004.12)

(2) 堆積物の物性

図-5 に b2 及び a8 における底質のシルト・粘土分占有率の鉛直分布を示す。b2 は主に細砂が分布する西港区周辺の代表例であり、粒度組成の経年変化もほとんど見られない。一方、a8 は航路・泊地の代表例で、海底面近傍はシルト・粘土分の細粒底質であり、細砂や粗砂が現れるのは過去の浚渫深さ以深に限定される。港奥部においても同様にシルトや粘土が表層付近に堆積している。以上より、航路部をはじめ港内に堆積する底質のほとんどは細粒なシルト・粘土であるが、西港区周辺に堆積する粗粒径の底質が移動したものではないと考えられる。

図-6 は a8 の例であるが航路・泊地部に堆積する細粒底質の表層付近の含水比は 150~300%，強熱減量は 10~40% である。含水比は中川ら（2004）による熊本港周辺海域の底泥とほぼ同程度であり、五明ら（1990）による東京湾の数値よりやや小さい。強熱減量は堆積傾向の強い港口付近において東京湾より大きい箇所が見られた。またこれらの物性値は上層ほど大きい傾向が見られ、五明らの東京湾底泥の観測結果と同様の傾向を示した。下層ほど含水比が減少するのは、五明らの指摘にあるとおり圧密が進んだためと考えられる。

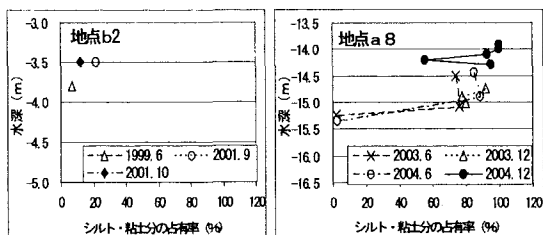


図-5 シルト・粘土分占有率の鉛直分布 (b2 及び a8)

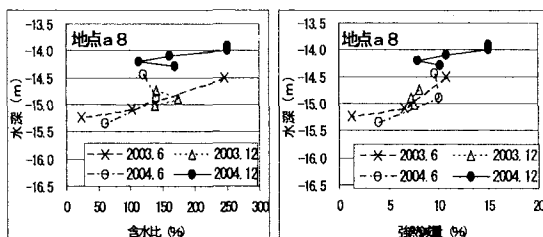


図-6 含水比、強熱減量の鉛直分布 (a8)

4. 流況と SS 濃度の関係

図-7 は 2003 年 10 月 10 日から 11 日に観測された静穏時 (St.1 の最大有義波高 1.2 m) における流況及び SS 濃度の時系列変化である。西防波堤外港側の St.7 では航路方向の流れが卓越し、底面付近で 50~200 mg/L の SS 濃度が観測されている。一方、港口南防波堤側の St.5 では

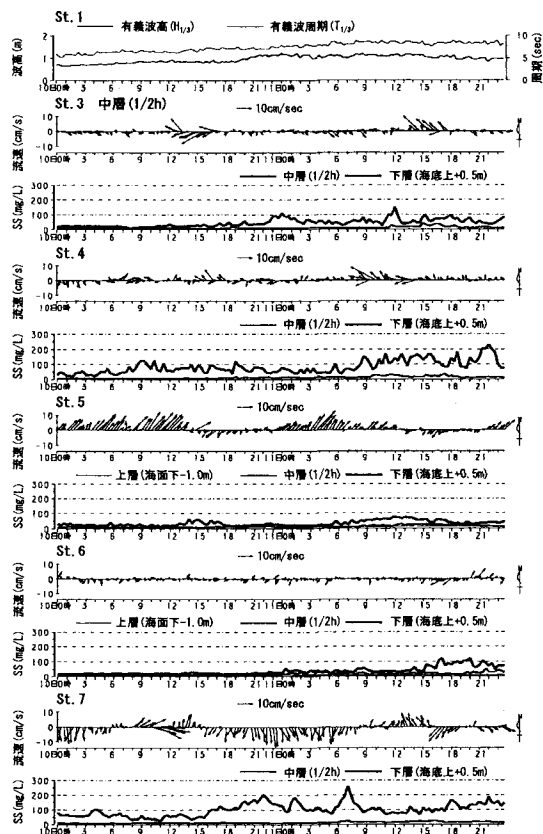


図-7 静穏時における流況と SS 濃度の関係

港内方向の流れが卓越し、10 cm/s 程度の流速が一定時間生じた後、50 mg/L を越える SS 濃度が観測されている。この原因として St.7 を含む西防波堤外側浅海域から航路方向の流れで航路部に供給された浮遊泥が港内側の流れにより St.5 に輸送されたことが考えられる。なお、これまでの観測から西港区周辺の潮流は O_1 分潮が支配的であることが分かっており、St.5 及び St.7 の流れは主にこれによるものと考えられる。

また、港口西防波堤側 St.6 の SS 濃度が 11 日後半に増加している。この要因として、St.4 の SS 濃度増加と St.5 から流入した浮遊泥が循環流で輸送されたことが考えられる。なお、St.4 の SS 濃度は常に 50 mg/L 以上となっているが、これは St.3 近傍の東側港口から流入した新釧路川の懸濁粒子の影響と考えられ、この凝集により St.3 よりも底面付近の SS 濃度が高くなったと考えられる。懸濁粒子の凝集については、5. で詳述する。

図-8 は 2004 年 9 月 8 日から 9 日の台風 18 号通過時 (St.1 の最大有義波高 5.0 m) における流況及び SS 濃度の時系列変化である。St.7 では航路方向に 80 cm/s 程度の強い流れが観測されたが、SS 濃度は欠測となった。

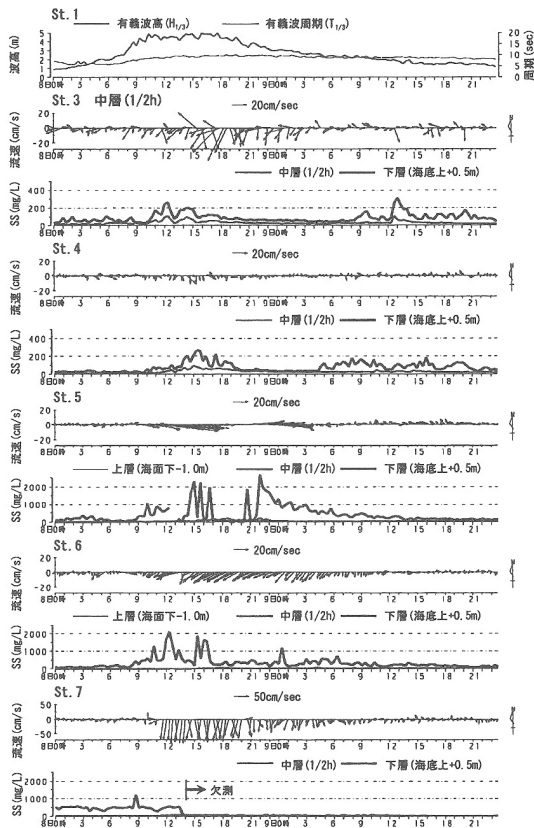


図-8 波浪時における流況とSS濃度の関係

St.5では港内方向に50 cm/s程度、St.6では港外方向に30 cm/s程度の流速が発生し、2,000~2,500 mg/Lの高いSS濃度が底面付近で観測された。

以上より顕著な堆積がみられる港口付近では静穏時、波浪時とも南防波堤側の流れで港内に浮遊泥が流入し、波浪時には西防波堤側の流れで港外に流出していることが分かった。特に波浪時には西防波堤側からの流出を考慮しても、それ以上の浮遊泥が港口から流入する傾向であることが分かった。ただし、水深変化は浮遊泥の沈降と巻き上がりの収支で発生するため、SS濃度の影響については今後更なる検討を要する。

5. 懸濁粒子の凝集特性

図-9は新釧路川内で採取した懸濁粒子に海水及び工場排水を混合した際の粒径変化を示したもので、写真-1は初期状態の懸濁粒子と海水及び工場排水50 mlと混合後の凝集粒子の電子顕微鏡写真である。凝集比(最終中位径/初期中位径)は海水との混合時で1.07、工場排水50 ml追加した場合で1.37となり、河川から供給された懸濁粒子が海水と混合することで凝集が始まり、更に工場排水と混合する場合には、凝集が一層促進されて粒径

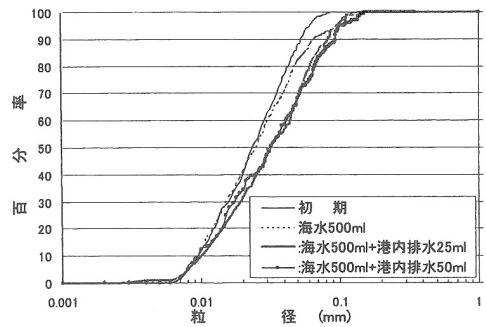


図-9 粒径の累積百分率の変化

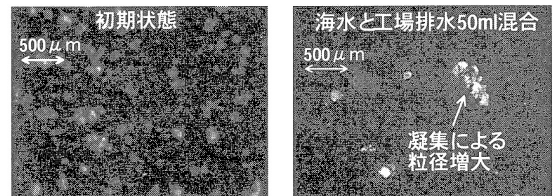


写真-1 懸濁・凝集粒子

が増加することが分かった。これより、港内で工場排水と混合する場合は、凝集粒子が港内に沈降し、西防波堤外側で混合する場合は、海浜流や潮流による航路方向の流れで輸送され、水深変化により流速が急速に減少する航路部において沈降する可能性が考えられる。

また、国土交通省河川局(2003)の調査によると、全国の主要な一級河川22水系の河床底質の中で新釧路川の強熱減量が最も大きな値(6.5%)となっている。これは上流に位置する釧路湿原からの有機成分を含んだ懸濁粒子の供給に起因すると考えられ、この懸濁粒子が凝集し細粒底質となることが、強熱減量が大きな値を示す一因と考えられる。

なお、シルト・粘土分の堆積が航路・泊地に限って見られ、西港区周辺海域では見られないメカニズムについてはまだ明確になっておらず、細粒底質の発生・輸送について、引き続き調査を行っていく必要がある。

6. 堆積物の巻き上がり特性

図-10は振動流実験装置による巻き上げ実験の結果である。実験では港内5地点(図中のC1~C5)から採取した細粒底質を用いたが、全ての試料について速度振幅13.7 cm/sでSS濃度の上昇が確認された。これは現地観測で巻き上がり初期段階の可能性が高いと考えられた底面速度振幅約15 cm/sと概ね一致するものであった。

図-11は十勝沖地震津波が来襲した際のSt.6の流況とSS濃度の関係を示したものである。3.で記したように、この津波によりそれまでの堆積物がほぼ払拭されたが、底面付近で最大2,400 mg/L、海面付近でも最大500

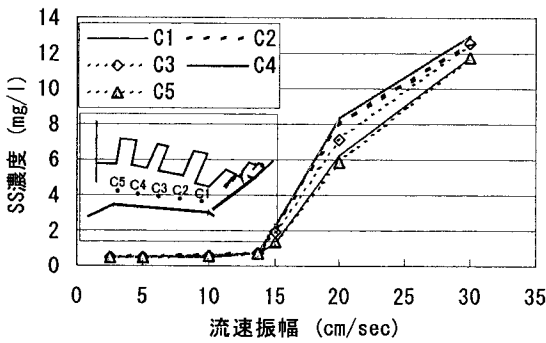


図-10 速度振幅とSS濃度の関係

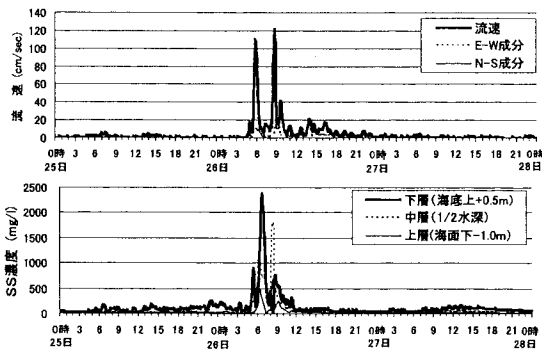


図-11 津波来襲時の流況とSS濃度の関係(St.6)

mg/LのSS濃度が観測されていた。これは津波により底質の巻き上がり限界流速15 cm/sを大幅に越える100 cm/s以上の流速が底面付近で一定時間発生したため、圧密された下部の細粒底質も含めて連続的に巻き上がり、強い流れで輸送されたためと考えられる。

7. 結 論

釧路港西港区の航路・泊地における細粒底質の発生、輸送、堆積メカニズムを把握するため、現地調査と室内実験を行った。その結果、①港口近傍航路部の強い堆積

傾向は、港形変化がない限り恒常的に現れる現象である、②水深変化を及ぼす堆積物の主成分はシルト・粘土分であり、強熱減量が多い、③港口近傍の底面付近では、静穏時で50 mg/L、波浪時で2,000 mg/Lを越えるSS濃度がみられ、港内方向に流入している、④新釧路川から供給される懸濁粒子は海水との混合で凝集が始まり、更に工場排水と混合すると凝集が一層促進される、⑤十勝沖地震津波時に巻き上がり限界流速を越える流速が一定時間発生したため、堆積物のほとんどが払拭された、ことが分かった。

最後に、本調査を進めるに当たり、釧路港漂砂対策検討委員会（委員長：北海道工業大学教授 水野雄三氏）の委員各位に多大なるご教示をいただいた。特に（独法）港湾空港技術研究所海洋・水工部の中川康之氏には底質物性の現地観測においてご協力をいただいた。ここに感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 楠田哲也・山西博幸・吉見博之・二渡 了(1989)：攪乱・不攪乱底泥の巻き上げ特性に関する実験的研究，海工論文集，第36巻，pp. 314-318.
- 五明美智男・矢内栄二・大槻 忠(1990)：東京湾底泥の堆積特性について，海工論文集，第37巻，pp. 848-852.
- 鶴谷広一・村上和男・入江 功(1989)：多層レベルモデルによる航路埋没の予測計算，海工論文集，第36巻，pp. 379-383.
- 中川康之・渡邊和重・谷川晴一・黒田祐一(2004)：海底面近傍における底泥密度の鉛直分布特性の把握，海工論文集，第51巻，pp. 986-990.
- 細川恭史・田中則男・久高将信・佐藤勝弘(1986)：トレンチ内に堆積する浮泥量の予測手法と現地への適用例，海工論文集，第33巻，pp. 312-316.
- 山下俊彦・森田真郷・杉浦幸樹・斎藤大作・山崎真一(2002)：石狩川河川水中の懸濁粒子の海水混合による凝集過程に関する研究，海工論文集，第49巻，pp. 1016-1020.
- 国土交通省河川局河川環境課：平成14年度水環境における内分泌攪乱物質に関する実態調査結果について，http://www.mlit.go.jp/river/press/200307_12/031024/031024.html，参照 2005-03-05