

サロマ湖漁港における浚渫土砂の 海洋投入処分について

～ ICT 技術を活用した土砂処分量の確認手法～

網走開発建設部 網走港湾事務所 第二工務課 ○中村 雅博
前田 優
株式会社 西村組 合田 幸司

サロマ湖漁港はオホーツク海とサロマ湖を結ぶ湖口部に位置し、漁船の航路や湖内と外海との海水交換機能を有しているが、近年は漂砂の影響により堆砂傾向が強まり、平成 24 年には完全埋塞して漁業活動に大きな影響を及ぼしたことから、現在、航路拡幅、サンドポケット造成等の漂砂対策を進めている。本年度施工したサンドポケットは、北海道では初となる海防法に基づく海洋投入処分により施工し、また、土砂処分量確認等には ICT 技術も活用した。本報では、海洋投入処分に至る背景、ICT 活用手法等を報告する。

キーワード：ICT、漂砂、海洋投入処分、土量検収手法、海防法

1. はじめに

サロマ湖漁港（第1湖口、第2湖口）は、オホーツク海とサロマ湖を結ぶ湖口部に位置（写真-1）する第4種漁港で、サロマ湖内及び周辺8漁港を利用する漁船の航路、周辺海域で操業する漁船の避難のほか湖内と外海との海水交換の役割を有し、国内生産の2割に及ぶホタテガイの生産を支えている。

他方、近年は第2湖口地区において、漂砂の影響で堆砂傾向が顕著となっており、平成 24 年 1 月には、昭和 53 年の通水以降初となる埋塞が発生するとともに、平成 27 年 1 月にも再度埋塞し、湖内の水質悪化が危惧されたほか漁業活動への大きな影響をもたらしたことから、有識者委員会を設置し、原因の究明、対策手法の検討を行った。

有識者委員会で提案された対策のひとつであるサンドポケット造成は、漁期により制限される工期内に大量の浚渫土砂が発生するものの、有効利用や陸上処分は困難であったため、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」（以下「海防法」という。）に基づく海洋投入処分を検討、計画した。

施工にあたっては、海防法で日々の土砂処分量の把握が義務付けられていたため、施工の効率化と正確な処分量の把握を目的に、ドローンやマルチビームを活用して処分量や海底地形変化を把握した。

以下に、海洋投入処分に至る背景やICT技術を活用した土砂処分量の確認手法等を詳述する。

2. 海洋投入処分に至る背景

(1) 第2湖口の漂砂対策

平成24年1月に発生した埋塞（写真-2）のメカニズムは、東側（右岸側）からの沿岸漂砂量の増加により防砂堤右岸側が満砂状態となり、土砂が防砂堤を迂回して湖口前面に浅瀬を形成、高波浪によって水路内に押し込まれたものと結論付けられた（図-1）。

本メカニズムを踏まえて、沿岸漂砂の制御、貯砂機能の確保、フラッシュ機能の確保（水路内に堆積した土砂を排出する機能）の視点から対策手法が検討され、対策の効果、経済性、漁業活動への影響等を総合的に評価した上で、サンドポケット造成（仮



写真-1 サロマ湖周辺衛星写真

設ポケット含む)、防砂堤嵩上げ・延伸、水路拡幅の漂砂対策工が決定された(図-2)。



写真-2 H24.1 発生の水路埋塞

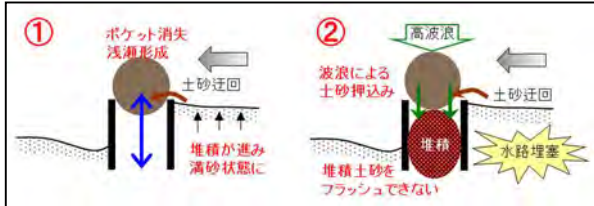


図-1 埋塞メカニズム模式図

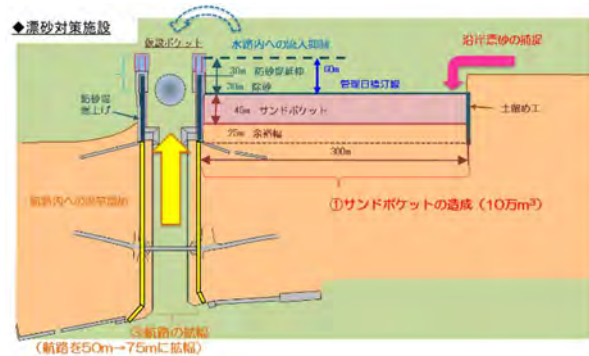


図-2 漂砂対策工の概要

(2) 従来の浚渫土砂の処分方法

平成24年1月の埋塞以降、堆砂傾向が継続しており、漁船航路の確保、湖内水質環境の維持の観点から毎年航路浚渫が行われており、その浚渫量は約5万m³/年~13万m³/年に及んでいる(表-1)。

浚渫は施工箇所に応じて、陸上掘削と海上浚渫に区分して施工しているが、第2湖口地区には揚土場所が無いことから、海上作業による浚渫土砂は約12km離れた第1湖口地区まで運搬し、揚土後は背後用地に仮置きしている。

なお、浚渫土砂の一部は他事業への有効活用やコンクリート用骨材として売却しており、残りを建設発生土として最終処分場に運搬、処分している。

表-1 第2湖口航路の年度別浚渫量(海上・陸上浚渫量合計)

浚渫年度	浚渫量(m ³)	備考
平成24年度	110,400	うち災復52,000m ³
平成25年度	61,400	
平成26年度	51,400	
平成27年度	128,300	
平成28年度	115,200	

(3) サンドポケット浚渫土砂の処分方法の検討

第2湖口地区で行われている航路浚渫(海上)の施工期間は、流氷の接岸や近隣海域で操業されるサケ・マス定置網漁業への影響回避のため3月下旬~7月下旬に限定されている。

同様にサンドポケットも同時期に浚渫を行う必要があるが、浚渫土量が10.5万m³(海上浚渫、仮設浚渫含む)と膨大な一方で、第1湖口地区の揚土場所は狭隘で揚土可能土量に限界(最大5~6万m³/年)があった。このような条件下で、毎年実施している航路浚渫のほかに、サンドポケットから発生する浚渫土砂を従来の方法で処分することは不可能との結論に至り、海洋投入処分を検討することとした。

3. 海洋投入処分にかかる許可申請

(1) 海防法の概要

浚渫土砂を海洋で処分する行為(船舶から廃棄物を排出する行為)は海防法で規制されている。本法は平成16年の法律改正(平成19年施行)により、以下に示す内容等が新たに追加されている。

- イ) 船舶から廃棄物の海洋投入処分をしようとする者は、環境大臣の許可を受けなければならない。
- ロ) 廃棄物海洋投入処分の許可を受けた者は、廃棄物の排出海域の監視を行い、その結果を環境大臣に報告する。
- ハ) 船舶から廃棄物を排出しようとする者は、当該廃棄物の船舶への積込み前に、海上保安庁長官の確認を受けなければならない。

なお、海防法に基づく海洋投入処分は、平成16年の海防法改正以降、全国の港湾、漁港等で約100件の許可がなされているが、北海道での許可事例は無く(図-3)、サロマ湖漁港の海洋投入処分は道内では初の試みとなった。

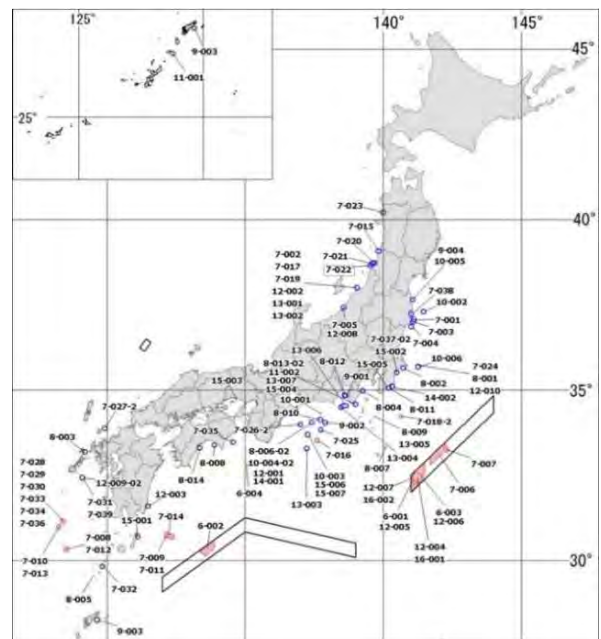


図-3 海洋投入処分排出海域全体図 (H28. 9. 9 時点)
※環境省 HP より

(2) 関係者との事前調整

a. 漁業関係者との合意形成

サロマ湖周辺では水深30m～50m前後の水深帯でホタテの地撒き養殖が行われており、関係する漁業協同組合は（以下、漁協と略す。）、常呂漁協、佐呂間漁協、湧別漁協、サロマ湖養殖漁協の4漁協に及ぶため、浚渫土砂の海洋投入処分行為及び処分場所にかかる漁業関係者との事前の合意形成が最重要課題であった。

調整にあたっては、海洋投入処分の必要性、メリット等を説明した上で意見交換を行ったが、各漁協とも漂砂によって湖口が埋塞する状況は非常に深刻な問題と捉えており、これまでに多額の予算が投入されているとの認識で一致していたことから、海洋投入処分によって漂砂対策が円滑に進み、経済的に事業が実施できるなら全面的に協力したいとの意向が示されたため、以下に示す条件を踏まえつつ具体的な処分場所について調整を進めた。

- イ) ホタテ漁場への影響が最小限となること。
- ロ) 土砂投入箇所は、波浪の影響を受けにくい水深であること。
- ハ) 施工の効率化、経済性を考慮し、比較的運搬距離が短い場所であること。

調整の結果、上記3条件を満たす第2湖口沖合約2kmの水深25m前後、約100haの範囲を処分候補地（写真-3）に設定した。

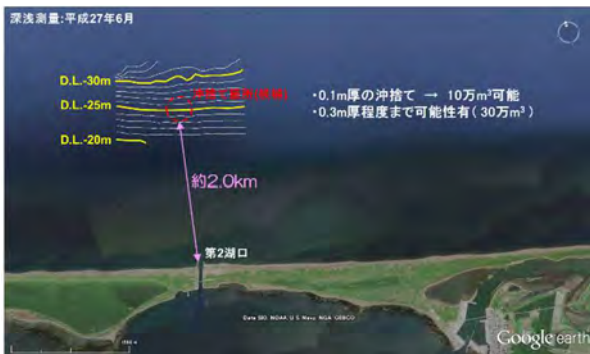


写真-3 海洋投入処分候補地

b. 施工方法の検討

浚渫土砂の海洋投入処分の施工については、施工の効率化、経済性等を踏まえて、スパット式グラブ浚渫船と底開式バージの組合せによる方式で検討を進めていた。

一方、浚渫箇所は潮流が早く、汀線付近で波浪が直接作用する特殊な現場条件であったことから、当該施工方法の安全性、確実性等について、（一社）全日本漁港建設協会から聞き取りを行った。

この結果、底開式バージはアンカーでの固定が困難であるとともに、積込み完了後にバージを回頭させるにあたって、風向きによっては座礁の危険性があるとの結論に至り、施工方法はスパット式グラブ浚渫船による単独施工（自積方式）とした。

(3) 許可申請書作成・申請手続き

a. 許可申請書作成

許可申請書は、海防法、同政令及び関係省令のほか「一般水底土砂の海洋投入処分申請の進め方に関する指針（環境省）」、「浚渫土砂等の海洋投入及び有効利用に関する技術指針（港湾局）」に基づいて作成する必要がある。

申請書の構成は「海洋投入処分計画」、「事前環境影響評価」に大別され、「海洋投入処分計画」においては、事業計画の整理、海洋投入処分量削減の検討、土砂投入計画の整理を行うとともに、「事前環境影響評価」においては、現地調査結果の整理、浚渫土砂特性の整理、海洋環境に及ぼす影響の予測・評価を行った。

b. 申請手続き

海洋投入処分申請は、申請書の作成（約6ヶ月。現地調査含む）、環境省の事前審査（約2ヶ月。質問対応、資料修正等含む）を経て、平成29年1月13日に申請書が受理され、1月19日に環境省から公告、1ヶ月間の縦覧を経て2月20日に環境大臣から許可証が交付された。なお、許可証交付と同時に、環境大臣から海上保安庁長官に対して、海洋投入処分を許可した旨の通知が行われる（図-4）。

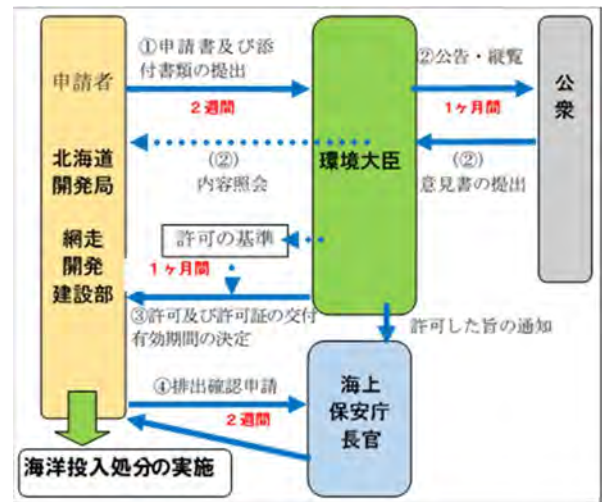


図-4 申請手続きフロー

4. ICT技術を活用した浚渫工事の概要

(1) ICT技術活用に至る背景

a. 排出土量の把握

海洋投入処分を行う場合、排出を行う船舶に「廃棄物処理記録簿」の常備が義務付けられており、排出日毎の排出量、排出回数を記録する必要がある。

排出量を把握する場合、従来は作業船上で測量機器を用いて土量検収を行うが、サンドポケット浚渫は浚渫船単独の施工形態で、施工期間の制限、海象条件が悪い外海作業、複数の浚渫船が稼働する等の現場条件を勘案すると、土量検収に多大な時間を費やすのは、工程管理上のリスクが高まるとの判断に至り、ドローンを活用して作業船上の浚渫土砂の3次元データを収集・整理し、排出量を算定することとした。

b. 排出海域の施工管理

浚渫土砂の排出海域は1,280m×550mと広範囲であり、周辺環境等への影響を最小限にするためには可能な限り均一に排出することが望ましく、また、所定の排出海域外に排出することが無いよう厳格に管理する必要があった。

他方、排出量(10.5万m³)と排出海域面積(70.4万m²)から求まる排出土砂の平均厚は15cm程度となり、水深25m前後の海域であることを勘案すると、従来の音響測深機による測定では線と点のデータしか得られず、適切な施工管理を行うのは困難と判断し、海底面の変化を面的に捉えることが可能なマルチビームを併用した施工管理を行うこととした。

(2) ドローン活用による土量検収手法

浚渫土量は、予め作成した浚渫船積載部(カラの状態)の3次元形状データを基準面とし、積載後にドローンで浚渫船上の土砂を撮影、解析した3次元形状データを重ね合わせて算定している。以下に、実際の現場での施工フロー、作業状況等を紹介する。

a. 浚渫船積載部への基準点設置

浚渫船積載部に空中からの写真撮影時の目標となる基準点を、上空から視認可能な位置に6箇所設ける(写真-4)。

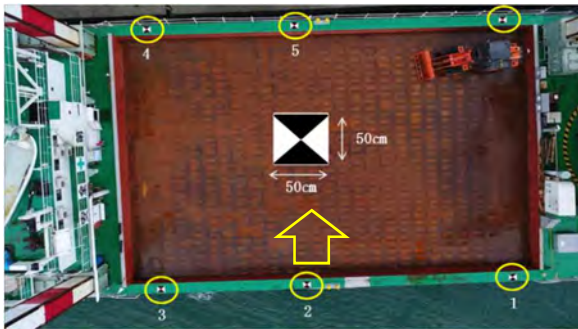


写真-4 基準点設置状況

b. 浚渫船積載部の測量

浚渫船の積載部が空の状態における形状と基準点をトータルステーションやテープで測定し、任意の座標を設定する(写真-5)。



写真-5 積載部測量状況

c. 浚渫船積載部の3次元形状データ作成

b. の測量で求めたXYZ座標を「現場大将(欄建設システム)」に取り込み、浚渫船積載部の3次元形状データを作成する(図-5)。

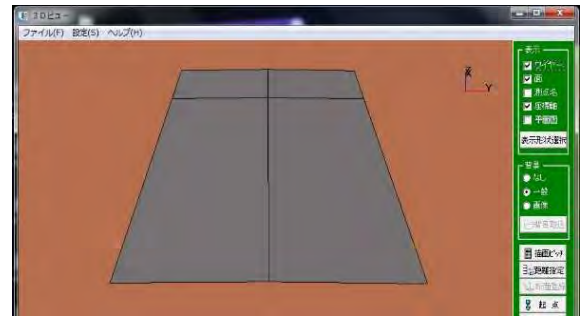


図-5 積載部(カラの状態)の3次元形状

d. ドローンによる浚渫土砂の撮影

土砂積込み完了後、ドローン「PHANTOM4 PRO(DJI JAPAN(株))」により、積載部の土砂を80%以上ラップさせ、6枚程度撮影する(写真-6, 7)。



写真-6 ドローン撮影写真



写真-7 ドローン操作状況

e. 浚渫土砂の3次元点群データ作成

ドローンにより撮影した写真を、3次元点群データソフト「PHOTO SCAN(Agisoft)」に取り込み、マーカーを配置(写真-8)してから解析することで、c. で作成した積載部データと重ね合わせが可能となる3次元点群データが作成される。なお、作成された点群データはXYZ座標を持つ20万個以上の集合体(図-6)となっている。



写真-8 マーカー配置画面 (PHOTO SCAN)

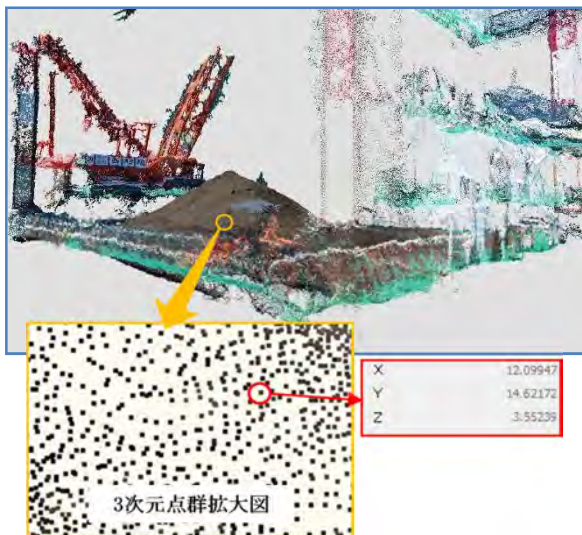


図-6 土砂積載後の3次元点群データ

f. 浚渫土量の算出

c. で作成した3次元形状データとe. で作成した3次元点群データを「Site-Scope (樹建設システム)」に取込み、重ね合わせることで浚渫土量が算定される(図-7)。なお、浚渫土量は積載部を基準面としているため切土量として表示されるほか、積載前・後の高低差もヒートマップ(高低差が大きい箇所が赤色)で表示される。



図-7 土量算定画面 (Site-Scope)

上述した手順のうち、a、b、cは施工前の1回のみ、手順d、e、fは日々の浚渫後(浚渫船毎、排出前)に繰り返す行。

(3) マルチビーム活用による施工管理手法

浚渫土砂の排出海域において、施工前、施工完了後の海底面をマルチビームで測定し、それぞれの測定データを解析して、施工前後の水深差を把握して差分図を作成(図-8)、排出海域全体に均一に排出されているか、排出区域外に排出されていないかを確認した。

このほか、当該差分図より海底面に変化をもたらした土量を算定した上で、浚渫船上で算定された浚渫土量の合計との比較を行うとともに、音響測深機測定データによる海底地形変化量も算定し、比較対象として整理した(表-2)。

結果、実浚渫土量104,419m³に対して、海底地形変化量(マルチビーム)は112,945m³と約8%上振れしていたが、これは、測定誤差に加えて施工前後の

測定の際に3ヶ月程度の期間があったことから、漂砂の堆積による影響もあったものと推測される。

他方、音響測深機データに基づく海底地形変化量は43,525m³と算定され、実浚渫土量と大きな乖離が生じたが、これは排出海域の面積を踏まえて側線間隔を50mと広く設定したことで、地形変化を網羅的に捉えられなかったことが要因と考えられる。

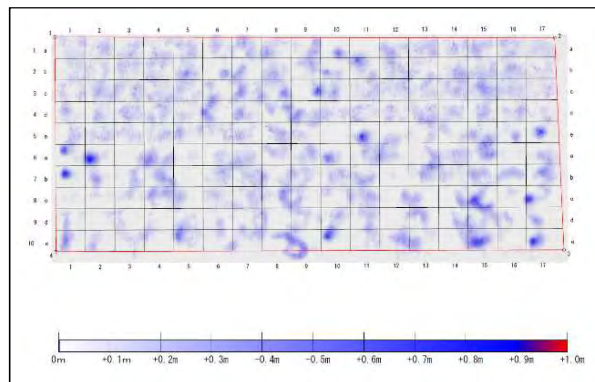


図-8 施工前後の水深変化量(差分図)

表-2 実浚渫土量と海底地形変化量の比較

測定項目	土量(m ³)	備考
実浚渫土量	104,419	3次元点群データ
海底地形変化量	112,945	マルチビームデータ
〃	43,525	音響測深機データ

(4) ICT技術を活用して(評価)

今回のICT技術活用にあたって、実際に施工に携わった現場代理人から寄せられた生の声を以下で紹介する。

イ) 浚渫船上で土量の計測を行う場合、従来方式では最低4名体制で測量を行う必要があるが、ドローンを使用した今回は1名で済んだ。

ロ) 計測時間は、従来方式だと30~45分程度を要するが、今回は5分程度で済んだ。

ハ) 写真データから3次元点群データへの変換、土量算定までは15分程度で、浚渫船が排出場所までの移動中に算定結果が判明するため、作業を中断すること無く、全体の作業時間も短縮できた。

ニ) 今回の工事は複数の浚渫船で施工を行ったが、従来方式であれば土量計測のため各浚渫船に技術職員を1名常駐させる必要があるものの、今回は不要であった。

ホ) 排出海域の施工管理には、マルチビームと音響測深機を併用し、測定精度、数量算定の面でマルチビームが優位となったが、価格面、機器手配の面では音響測深機が優位となるため、目的、現場条件等に応じて使い分ける必要がある。

上述した意見を踏まえると、今回のICT技術活用によって、大幅な省力化、施工時間短縮、測定精度の向上が図られたとともに、海防法で義務付けられた船舶毎の排出量の把握についても適切に実施でき、大いに役立つものと評価できる。

今回のICT技術を活用した浚渫土量の把握に要した費用は200万円程度（ドローン、各種ソフト購入費）であった。

それに対して、土量の計測においては延べ243時間・人の削減^{※1}、各浚渫船の技術職員配置人員については延べ123日・人の削減^{※2}が試算され、労務費として約500万円程度の削減効果があったほか、作業中断の回避、浚渫船の運転時間及び数量算定に要する労力等も大幅に削減できており、ICT技術活用に要した費用を大幅に上回る効果が得られたものと考えられ、今後、他現場への転用、応用も可能なことを勧奨すると、経済的かつ効率的な技術であったと言える。

また、現場での作業量を削減できるため、労働災害発生リスクも低減すると考えられ、安全性向上も副次的効果として見込まれる。

※1 測定1回当たり0.5時間短縮（35分→5分）、排出回数162回（実回数）、測定1回当たり3人減（4人→1人）で算定

※2 浚渫船延べ運転日数123日・隻で算定



写真-9 サンドポケット浚渫状況①



写真-10 サンドポケット浚渫状況②



写真-11 浚渫土砂積込状況



写真-12 海洋投入処分状況

5. おわりに

北海道では初の試みとなった海洋投入処分工事は、比較的海象条件にも恵まれ、平成29年7月末をもって無事終了した（写真-9～12）。

この工事は制約条件も多く、ICT技術の活用は不可欠なものとなっていたが、発注者、受注者ともドローンの活用経験がほぼ皆無であり、実際に現場で使いこなすまでには一定の時間を要し、苦慮した点も数多くあった。一方、使いこなせば、前述したように、大きなメリットをもたらす技術であることも体感した。

建設業界は技術者や作業員等の労働力不足、長時間労働が指摘されているが、ICT技術の活用により、こうした課題に少しでも貢献していくことを期待したい。

最後に、海洋投入処分申請にあたり、ご協力いただいたサロマ湖関係4漁協の関係者、並びに本工事の施工に携わった関係者の皆様に対して厚く御礼を申し上げます。