

大津波被災後の港湾における航路等の啓開作業の方法と

必要な機材に関する研究

A research of means and integral equipment for channel clearing operations after a large-scale tsunami disaster

大野正人*・宮本卓次郎**・志村浩美***・米原 吉彦****
Masato OHNO *and Takujiro MIYAMOTO**, Hiroyoshi SHIMURA***,
Yoshihiko YONEHARA****

要旨：大規模な津波による被災後の港湾機能の早期回復のためには、まず航路啓開を進め船舶航行の安全を図ることが不可欠となる。今後、発生が予想される南海トラフ地震等、津波を伴う大規模な地震後に、早期の港湾機能の復旧をより効率的に行うためには、航路の啓開方法及び必要な資機材を準備しておくことが重要である。本論では、東日本大震災時の航路の啓開事例等の分析をもとに、今後発生が予想される大津波被災後の港湾における航路等の啓開作業を円滑に進めるためのガイドラインとしてその作業方針と必要な機材の種類及び量についての基礎情報を提案するものである。

キーワード：大規模地震、港湾、津波、航路、啓開作業、起重機船、ガイドライン

1. 研究の背景と目標

大震災時には、港湾を利用した緊急物資の輸送や地域経済の復旧・復興のために、港湾の機能の早期復旧が求められる。この際、まず陸路と海路双方の早期の啓開作業が行われることになる。海路については、大規模な津波を伴う震災時には、津波により多くの漂流物等が港湾区域内の航路（以下「航路」という。）を障害物として塞ぐこととなるため、啓開作業も容易ではない。東日本大震災時には、大津波の被害を受けた東北地方の太平洋側沿岸の広範囲に分布する多くの港湾において、初期段階に行われた航路の啓開作業により、緊急物資の輸送及びその後の港湾の経済活動を支

える船舶等の航行が可能となり、被災地の救援と港湾の復旧に重要な役割を果たした。大津波後にこのような広範囲かつ多くの港湾において航路の啓開作業が行われたのは我が国でも初めてと言えるものであった。このため、これらの航路啓開作業事例^{1) 2)}の分析を行い、航路啓開作業の手順やこれに必要な資機材の把握などを行うことにより、今後発生が予想される南海トラフ地震等の大規模な津波を伴う地震時の航路啓開を円滑に行えるよう備えておくことは、重要かつ有効である。

本論は、東日本大震災時の事例等を基にして、航路啓開作業の効率的な作業方針をガイドラインとして提案している。ここでは、航路啓開作業の

*正会員 九州地方整備局副局長, **正会員 横浜国立大学統合的海洋教育・研究センター特任教授

港湾空港総合技術センター調査役, *九州地方整備局 港湾空港部 港湾空港防災・危機管理課長

中心となる起重機船やガット船をはじめとする作業船の種類と量の考え方なども明らかにしている。これにより、今後発生が予想される南海トラフ地震等の大規模地震の備えに資するものである。

2. 啓開作業の定義と研究の手順

本論では、標準的な航路等の啓開作業を次の一連の作業と定義している。まず、航路等の海域において浮遊障害物を撤去し、その次に海底障害物の調査を行い、障害物を特定して、その障害物を撤去する。障害物の撤去が終わると、海上保安庁が水深の確認を行い、船の通行を許可するという作業である。この作業は、暫定水深での通行の許可の際にも同様に行われることがある。

本研究は、主に以下の3つ手順に基づいて論旨を展開している。

(1) 作業実態の情報の収集分析

東日本大震災時に大津波による被害を受けた東北地方の主要港湾（重要港湾以上の港湾）において、航路、泊地及びこれらの隣接海域（以下「航路等」という。）の被災状況と、航路等の啓開作業の実態を収集し、整理分析を行う。

(2) ガイドラインの提案

今後予想される大規模震災時の港湾機能の早期復旧に必要な航路等の啓開作業の効率的な実施に向けて、事前対応や啓開作業の効率化を図るため、作業手順や必要な資機材等、事前の準備のための基礎情報としてのガイドラインを提案する。

(3) まとめ

本提案が、今後予想される大規模地震時の航路等の啓開作業の円滑な実施に有効であること、今後さらに取組むべき課題等を取りまとめる。

3. 東日本大震災時における東北各港の航路被災状況の整理と啓開実態の分析

3.1 航路等の被災実態

3.1.1 調査対象港

東日本大震災時には、東北地方の太平洋側に面した全ての港湾が大津波に襲われ大きな被害を受けた。ここでは、被害を受けた港湾の内、経済活動等で重要な役割を果たしている重要港湾以上の港湾・港区、すなわち八戸港、久慈港、宮古港、釜石港、大船渡港、仙台塩釜港石巻港区、仙台塩釜港塩釜港区、同港仙台港区、相馬港及び小名浜港の10港湾・港区（以下「港湾等」と記述する。）を対象にして航路等の被災事例を整理する。

3.1.2 航路等の2つの被災の状況

航路等の被災は2つの状況の混在であった。一つは、水面上に木材や漁網筏、漂流した標識灯などの浮遊障害物がある状況であり、今一つは、海底にコンテナや自動車、小型船、消波ブロックなどの海底障害物が沈んでいる状況である。

3.1.3 浮遊障害物の状況

浮遊障害物は、港湾内の広い範囲に分布していることが多く、これらの中には、風や潮流などにより移動するものも多くみられた。主要な浮遊障害物について見てみると、木材の取り扱いの多い港である宮古港、石巻港などでは流木などが多く、また、漁業活動が盛んな大船渡港や塩釜港区では、筏や漁網などが多くみられた。

3.1.4 海底障害物の状況

海底障害物としては、コンテナの取り扱いが多い八戸港、仙台港区、小名浜港等ではコンテナが多く、また、背後に工場や居住地の集中しており、津波波高も大きかった釜石港、大船渡港などは家屋の残骸が多くみられた。また、港湾周辺に車が駐車されていた港は、車が沈んでおり、小型船が比較的多い港は小型船の沈船も多くみられた。さらに、建設作業などを中心に行われていた久慈港、相馬港などでは根固めブロックや消波ブロックなどが多くみられた。これらの航路等の被災実態は表—1に示すとおりであった。なお、同表

では、3.3 に記述する海底障害物の調査工に関する情報も併記している。

表—1 航路等の被災実態

港湾等	調査異常点数	主な海底障害物（異常点撤去物）	調査方法等	NMB等の調査面積 ha, ()**
八戸	938	コゲテ多数、製品ロール紙、古紙束、車両、トバツカ、トタン屋根、自販機等	NMB（別途深浅測量）	244.3 (3,136)
久慈	40	L型ブロック、自販機、単管パイプ、小型船、鋼板、門扉等	深浅測量	79.9 (1,736)
宮古	134	木材流出多数及び漁網、水産用機械、車両等	音響測深機	92.9 (540)
釜石	54	車両33台、船舶、家屋・建屋の残骸等	NMB	43.6 (842)
大船渡	236	延縄・筏・ブイ等が塊となり点在、木材等流出多数、車両10台以上、トラックレン等*	深浅測量	9.2 (1,033)
石巻	6	原木、木材等多数	深浅測量	141.6 (1,925)
塩釜	66	漁網 20 t、漁船ブイジャボット多数、車、養殖棚等	NMB、音響測深機	139.2 (5,209)
仙台	493	コゲテ315個、車27台、コゲテキャブ等	NMB、音響測深機	408.1 **
相馬	213	六脚ブロック、トバツカ、車、小型船等	NMB	202.9 (1,170)
小名浜	208	車両 21 台、ブイジャボット 11、六脚ブロック 5 基等	NMB、音響測深機	552.5 (1,999)

*）大船渡港は湾口防波堤倒壊により風向きにより漂流物の出入りが多く広範囲の啓開が必要だった

**）（ ）は港湾区域面積、なお塩釜の値は仙台を含む

被災後、最初に行われるのは、海面の浮遊障害物の撤去である。この工事は交通船、調査船の運行に必要であり、被災後の早い段階から実施された。浮遊障害物撤去の主な方法は、フォークアタッチメント付きのバックホウにて陸上から岸壁際のもを掴みあげて撤去する方法と、オレンジバケットを装備した起重機船やガット船（オレンジバケットを備え自航できる船）により掴みあげる方法が用いられた。

3.2.2 封じ込め工

浮遊障害物は、3.1.3 に記述したように広い範囲に分布し、潮流や風により移動するものも多いため、回収は簡単ではない。これに対しては、宮古港や石巻港区において行われた、シルプロテクター（以下「シルプロ」という。）を展開して封じ込める工法が大変効率的だった。この工法に必要な資機材は、2 隻の曳船とシルプロ 1 張が一つのセットとなっていた。この際のシルプロの長さは、主要航路幅の 1 倍程度以上が必要とであった。なお、シルプロで集めた浮遊障害物は、陸揚げされるまでの暫くの間、そのまま海上で囲い込まれていることもあった。



図—1 シルプロによる浮遊障害物の封じ込め状況¹⁾

3.2 浮遊障害物の撤去及び封じ込め工

3.2.1 浮遊障害物の撤去工

3.3 海底障害物の調査工

3.3.1 異常点の把握

海底障害物の撤去に当たっては、まず、海底障

害物の位置を把握することが不可欠である。海底障害物の位置の把握方法としては、深浅測量の機器を用いていたが、その中でも多数の音響ビームにより一度に広い幅の測深を行うことができるマルチビーム測深器（以下「NMB」という。）を用いていた港が10港中6港あった。NMBは津波後の海水が濁っている状態の中で、海底障害物の可能性が考えられる局所的に浅くなっている異常な点（以下「調査異常点」という。）の分布を短時間で面的に把握する上で有効な方法であった。なお、障害物の分布把握後には、障害物の状況に応じて、潜水士が障害物を一つ一つ特定し、目印を付け、撤去作業ができる状態にしていたものもあった。

3.3.2 海底障害物の調査水深

啓開作業で求められる水深（以下「啓開水深」という。）は、基本的には入港する船舶の喫水及び余裕水深を確保できるものであることである。海底障害物の形状は様々であるため、啓開水深に海底障害物の大きさを考慮して、調査水深を決める必要がある。

今回の啓開作業の調査工において、震災前の港湾等における最も深い岸壁の水深（以下「岸壁最大水深」という。）と、震災後に海底障害物を調査した際に最も深くまで調べた水深（以下「調査最大水深」という。）及び調査により調査異常点が発見された最大水深（推定を含む。以下「異常点最大水深」という。）を整理したものが図-2である。これによると、航路の水深が港湾区域内の最大水深とさほど変わらない八戸港、石巻港、塩釜港と湾内水深の非常に深い釜石港とを除くと、岸壁最大水深よりも5～10m深い水深まで調査を行っていた。また、異常点は岸壁最大水深より5m程度以上深い場所でも確認されていた。

さらに、石巻港区における調査では調査水深が-1.3～-1.4mの地点で、-9.2m～-1.0m程度の浅い部分(異常点)が確認されており、仙台

港等においてはコンテナ等の4m程度の高さの障害物が見られた実績もあった。

これらのデータは、大津波被災後の啓開作業の調査水深を決める一つの目安として岸壁最大水深よりも5～10m程度の余裕を持つことが有力であることを示している。

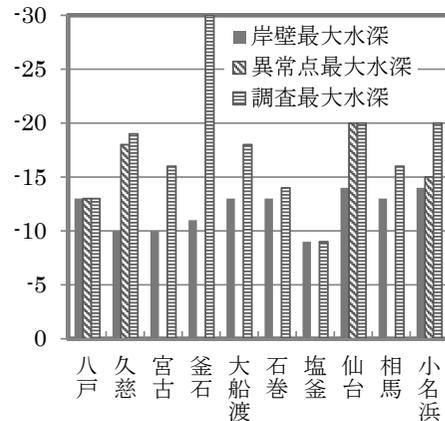


図-2 岸壁水深と調査水深等の関係

3.3.3 調査工における潜水士船の機能

海底障害物の調査資機材の内、潜水士船隻数及び潜水用コンプレッサの機材数（以下「潜水士船隻数等」という。）は、その後行われる海底障害物撤去工（3.4に後述）の起重機船による吊上げ方式による撤去との関係が深い。図-3は、起重機船船団数と潜水士船隻数等の関係を示したものであるが、主として吊上げ作業が行われている起重機船船団数とほぼ同数の潜水士船隻数等となっている。これは、吊り上げ方式による障害物の撤去作業時には潜水士が障害物にワイヤーを玉掛ける作業が発生するため潜水士船隻数等と起重機船隻数とは1対1に近い関係にあること、及び調査工が吊り上げ方式による撤去工に先駆けて一連の作業として行われていることがよくあることによるものと考えられる。このことは潜水士船隻数等と起重機船団数とがほぼ同数になるように事前に準備しておくことが効率的であることを示している。

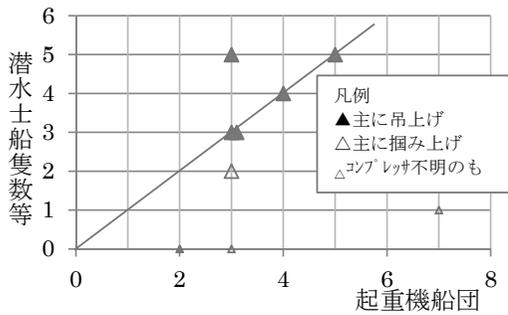


図-3 起重機船団と潜水士船等の関係

大船渡	3	1	0	1	潜水用プロップ不明
石巻	3	1	3	3	宿舎船1、ガットバンプ1
塩釜	7	0	1	0	潜水用プロップ不明
仙台	5*	0	0	2	土運船1、居住区船1、潜水用プロップ5
相馬	3	0	2	1	潜水用プロップ3
小名浜	4**	0	-	1※	居住区船1、潜水用プロップ4

*) 塩釜港と2隻重複、**) クレーン付き台船含む、※) 潜水士船と兼ねる、(埋立浅瀬協会からのヒアリングを元に整理)

3.4 海底障害物撤去工

3.4.1 作業船団の形成

啓開作業の中心は船団による撤去作業である。各港湾等に投入された啓開作業に用いられた作業船(以下「啓開用作業船」という。)は、一つには起重機船(非航式)と押船(又は曳船)が中心となり必要に応じ揚錨船や監視用の作業船等からなる起重機船団である。今一つはガット船団である。潜水士のための潜水士船や、測量船も投入された。その他の支援船としては、作業員が寝泊まりする居住区船、土砂等の輸送が必要となった場合の土運船、起重機船の代用として用いられるクレーン付き台船なども投入されていた。なお、海底障害物及び浮遊障害物の撤去工として、最も多く投入されたのは、起重機船団であった。これらの投入量の全数を港湾別に整理したものを表-2に示す。

表-2 港湾等別啓開用作業船の種類と投入量

港湾等	起重船 団数	ガット 船	潜水 士船	測量 船	その他
八戸	5	0	3	2	監視船3
久慈	3	0	2	1	監視船1、交通船1
宮古	3	1	3	0	
釜石	2	1	0	1	監視兼交通船1、曳船兼交通船1、居住区船兼油船、潜水用プロップ不明

3.4.2 海底障害物の撤去方法

撤去方法は、主として2つの方法で行われた。一つは、潜水士が異常点を確認し、障害物を特定し、起重機船を用いて一つ一つの障害物に玉掛け(ワイヤーをしっかりと結び付けること)をして吊上げ撤去する方法(以下「吊上げ方式」という。)で、車、船舶、コンテナ、機械類などが、この方法で撤去された(図-4)。

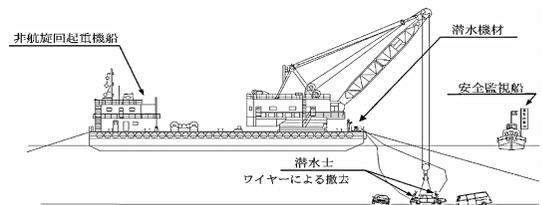


図-4 起重機船を用いた吊り上げ方式

いま一つは、潜水士が障害物に目印竹などを付けてオレンジバケットを装備した起重機船やガット船で掴みあげて撤去する方法(以下「掴み上げ方式」という。)で、沈木やコンクリートブロックなど玉掛けが困難なものが、この方法で撤去された。

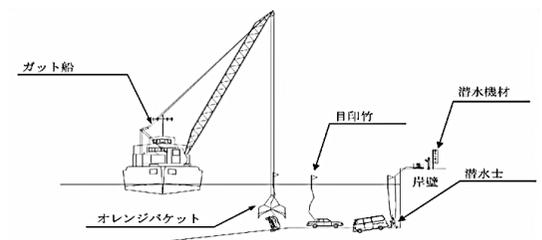


図-5 ガット船を用いた掴み上げ方式

3.4.3 船団の特性

起重機船団は、吊上げ方式及び掴み上げ方式の両方で利用されており、吊上げ能力も比較的大きく汎用性があるのが特長である。一方でガット船は掴み上げ方式である。しかし、自航(自力での航行)ができるため機動力がある。海底障害物には様々な形状や重量の物があるため、撤去に当たっては、起重機船団での対応を基本とするのが、状況に応じてガット船を有効に活用することも考慮すべきである。

3.4.4 投入船団数と調査面積の関係

投入された起重機船団数とガット船隻数の合計を「投入船団数」とすると、投入船団数と調査面積との関係を調べたものが図-6である。調査面積は、当初に啓開作業が必要と考えられた範囲を示しているものと考えられるが、投入船団数1隻当たりの調査面積にはかなりのばらつきがある。その平均は46haとなっており、小名浜港を除くと1船団あたり80ha以下となっている。

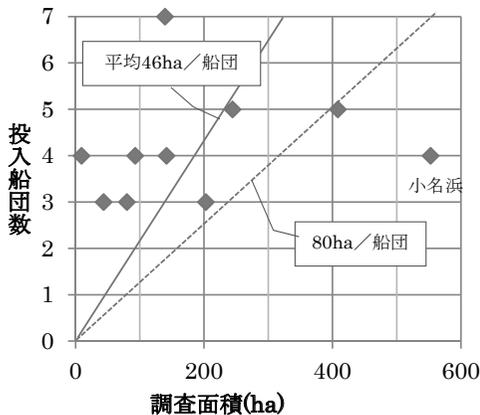


図-6 調査面積と投入船団数等

3.4.5 投入船団数と異常点数の関係

調査時の異常点数と投入船団数との関係を示したものが図-7である。ここでも、投入船団数と初期調査異常点数との関係には大きなばらつきがあるが、平均では異常点数57あたりに1船団を投

入していた。また、八戸港を除くと、少なくとも異常点数100あたり1船団は投入している。

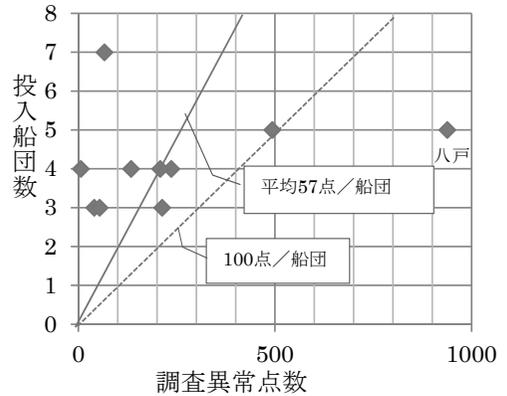


図-7 投入船団と調査異常点数

3.4.6 投入船団数と港湾区域面積の関係

投入船団数と港湾区域の面積とを比較すると図-8のとおりとなった。港湾区域の面積は浮遊障害物の広がりを表す指標の一つとして考えられるため、投入船団数との関係を調べた。なお、仙台港区と塩釜港区については、データの関係から合わせたものを用いた。ここでも投入船団数と港湾区域面積との関係は港によりばらつきがみられるが、1船団あたりの平均は440haとなっている。八戸港及び仙台塩釜港が平均値よりも若干下方に外れているが、これを除くと平均値の近傍か、それよりも上方にずれている。図-8に1船団あたり約500haの点線を入れると、ほとんどの港湾等が点線の近傍または上方になることが分かる。

これより、投入船団数は少なくとも500ha程度あたり1船団を想定しておくことが適当であると考えられる。この指標は、他の2つの指標(調査面積及び調査異常点数)に比べ、事前に明らかに分かっている指標であるため、あらかじめ投入船団数を予想するうえで重要な目安となり得る。

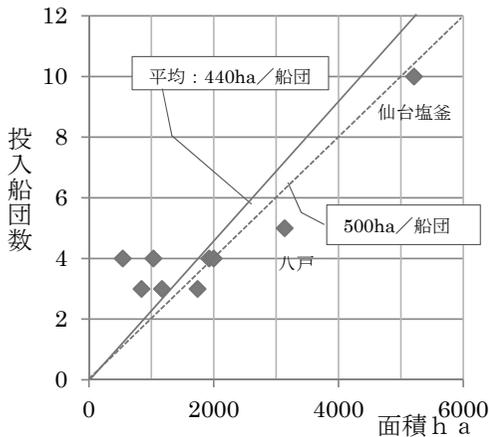


図-8 投入船団数と港湾区域面積

3.5 工期（啓開作業開始日と終了日）

発災後3ヶ月間における各港湾等の障害物の調査及び啓開作業の日数及びそれぞれの開始日、終了日について調べたものが表-3である。啓開作業の開始は早い港湾では3日目であり、大船渡と相馬を除くと7日目（1週間目）には、啓開作業が開始されている。相馬は原子力発電所の事故の影響があったものと考えられ、大船渡は被害が他の港湾よりも大きかったことが考えられる。久慈港を除くと調査開始と啓開作業の開始の間にさほどの期間を要していない。調査と啓開作業は並行的に進められている。また、余震による津波注意報・警報や、天候などの影響により調査・啓開作業が度々行われない日もあり、実調査日数及び啓開作業日数は終了日から開始日を差し引いた日数よりも少なくなっている。また、港湾等の障害物の状況等が異なるため調査日数、啓開作業日数はまちまちであるが、5港湾が震災後1か月以内で作業を終了しており、さらに3港湾が2か月以内で作業を終了している。

啓開作業終了の時期を、災害の初動段階から復旧・復興段階に入る時期と比較するために、各港湾毎の復興会議³⁾（各港湾の災害に対する復旧方

針を検討するために地元港湾関係者も参加させて各港湾毎に設けた会議）の第一回が開催される時期を同表に整理した。これによると、石巻、仙台塩釜では地震発生後1月以内に開催されているが、開催が遅い港では2ヶ月余り経過した後に開催されている。また、早く開催された石巻及び仙台塩釜を除けば、啓開作業終了後に開催されていた。

表-3 調査及び啓開作業日数

港湾等	調査			啓開作業			復興会議第一回
	開始日	終了日	実調査日数	開始日	終了日	啓開作業日数	
八戸	7	33	9	10	59	27	73
久慈	3	19	10	10	20	10	63
宮古	4	31	10	3	27	20	68
釜石	3	17	10	4	17	12	62
大船渡	9	20	8	8	21	14	68
石巻	6	48	25	9	64	43	21
塩釜	5	41	21	6	43	30	22
仙台	3	62	16	4	71	48	22
相馬	16	38	13	18	48	20	41
小名浜	7	27	15	9	28	18	35

注) 開始日および終了日は震災発生日から数えた日数

(東北地方整備局からのヒアリングをもとに整理)

なお、東北地方はもともと作業船の在港隻数が少なかったことと、在港していた作業船も被害を受けたり作業員が集まらなかったりしたため、大半の啓開用作業船は東北地方太平洋側以外の地域から投入された。

4. 航路啓開作業ガイドラインの提案

4.1 用語の定義

本章では、航路啓開作業を円滑に進めるための航路啓開作業ガイドラインを提案する。ここでいうガイドラインとは、将来の大津波に対応した航

路啓開作業マニュアルの策定や各港における啓開計画の策定にあたって、基礎的な情報を主要工程毎に整理しその要点をまとめたものである。

4.2 航路等の啓開作業の手順

航路等の啓開作業の手順としては、まず、浮遊障害物を撤去又は囲い込みし、その次に海底障害物の調査を行い、障害物を特定して、その障害物を撤去することを基本とする。障害物の撤去が終わると、海上保安庁が水深の確認を行い船の通行を許可することになる。なお、上記手順は港の被災状況等に応じ、航路を暫定水深で供用する場合などの段階的啓開作業も含めて、柔軟な対応が必要となる場合もあることを想定すべきである。

4.3 浮遊障害物の撤去工及び囲い込み工

4.3.1 シルプロ工法の採用

航路等の啓開を行う際に、最初に取り組まなければならないのは、浮遊障害物の撤去である。津波による被災を受けた港湾では水域に広範囲に浮遊障害物が存在している場合が多く、これらは風や潮流などにより移動するものであるため、一つ一つ撤去する方法は効率が悪い場合が多い。このため、浮遊障害物を早期に封じ込める方法として、囲い込み工を用いることが効果的である。囲い込み工としては、シルプロのような浮遊障害物を囲い込み集めることができる機材（以下「シルプロ等」という。）を展張し 2 隻の曳船等で浮遊物を囲い込むようにして集める工法（以下「シルプロ工法」という。）を標準的な方法として提案する。このシルプロ工法は、特に木材の取扱いが多いなど大量の浮遊障害物の発生が予想される港湾等においてより効果が大きい。封じ込めに必要な資機材については、曳船 2 隻とシルプロ等 1 張を 1 セットとして、予め港湾等に 1 セット準備しておくことが好ましい。この際のシルプロ等の長さは図

－ 9 のような展張時の弛みを考慮して主要航路の幅の 1.5 倍程度以上が適切である。なお、シルプロ工法で集めた浮遊障害物を暫くの間そのまま海上で囲い込むことがあることも考慮しておく必要がある。



図－ 9 シルプロ工法の展張状況¹⁾

4.3.2 オレンジバケット方式又はバックホウの採用

浮遊障害物の撤去工では、起重機船にオレンジバケットを装着した起重機船やガット船により海上側から掴み上げて撤去する方法と、岸壁や物揚場付近のものをフォークアタッチメント付きバックホウにより陸上から掴み上げる方法とを適切に組み合わせて行うことが効果的である。この際には浮遊障害物の漂流位置や囲い込み工による囲い込み状況等を踏まえて検討することが重要である。

4.4 海底障害物の調査工

4.4.1 調査範囲及び調査水深

調査範囲の設定に当たっては、早期に機能回復が求められる岸壁を特定し、これらの施設を使用するために必要な航路、泊地及びその隣接水域を対象とすべきである。ただし、対象とすべき範囲の水深が特定された岸壁の水深に比して著しく深い場合には、3.3.2 の分析結果より調査水深の目安として特定された岸壁の中で最も深い岸壁の水深よりも 5～10m 程度の余裕を持った深さの範囲

とすることが有力である。

なお、航路啓開の水深については、災害時の緊急物資輸送等のための船舶を対象として緊急を要する暫定水深の確保の視点も踏まえて、段階的に対応する可能性があることも考慮しておく必要がある。

4.4.2 調査方法（NMB等の利用）

調査方法については、津波により発生した海底障害物は、多種多様なものが、広範囲に分布している場合が多く、その分布密度もばらつきが大きいため、NMB等の装置を用い、広域にわたる異常点の分布を効率的に把握することが有効である。これにより概略の障害物の位置にあたりを付けておいた上で、潜水士により個々の障害物の特定とその詳細な位置を確認し、必要に応じ目印等をつけておくことが重要である。

4.5 海底障害物の撤去工

4.5.1 2つの標準的工法の使い分け

海底障害物の標準的な撤去方法としては、2つの方法がある。一つは、潜水士が障害物に玉掛けし、起重機船により吊上げる方法（図-4）であり、今一つは、ガット船や起重機船のオレンジバケットで障害物を掴みあげる方法（図-5）である。

2つの方法は、障害物の種類や状態に応じて使い分けることとし、コンテナや小型船など形状をある程度残したままで撤去したいものは、吊上げる方法、吊上げが困難なものや、形状変形を気にしなくても良いものなどは掴みあげる方法を標準として用いることとする。

撤去作業は、どちらの方法も対応可能な起重機船団を基本とするが、障害物の状況に応じて自航式ができる機動力のあるガット船を有効に活用することも考慮すべきである。

4.5.2 投入必要船団数の予測

投入する船団数を予測する指標としては、様々なものが考えられるが、その中でも被災前に分かっている指標と、被災後に明らかになる指標がある。今回、分析に用いた指標としては、「港湾区域面積」は前者に属し、「異常点数」は後者に属す。また「調査面積」は想定される被災規模に応じてあらかじめ設定することは可能であるが、被災状況によって変わる面もある。これらの指標からわかる範囲で、投入船団数の予測に対するガイドラインを示すと以下のとおりである。

予め投入船団数の試算を行うための目安としては、3.4.6より、少なくとも港湾区域面積約500ha当たり1船団以上を用いることが好ましいと考えられる。なお、今回啓開が行われた何れの港湾においても少なくとも3船団以上は投入されていたため、同規模程度の港湾における投入船団数の目安として3船団以上を考慮に入れておくことが好ましいと考えられる。

被害発生後の状況に応じて、投入船団数を予測する指標としては、3.4.5より、少なくとも100異常点当たり1船団以上の投入されることが好ましいと考えられる。また、調査面積当たりでは、3.4.4より、少なくとも80ha当たり1船団が好ましいと考えられる。

なお、これらの指標は、投入船団数の最低限の目安を示すものであるが、当然のことながら被害の状況や、啓開の緊急度等に応じて、投入船団数を増やしていくことが重要である。

4.6 啓開作業の開始・終了時期と事前準備

航路の調査及び啓開作業の開始日については、2次災害の発生が無いように配慮する中で、可能な限り早く行う必要があるが、被災地への緊急物資の搬入を、被災地における食糧等のストックが無くなる前に行うことを考えると、調査開始日及び啓開作業開始日は推奨している食料ストック期

間である1週間⁴⁾が一つの目安になると考えられる。東日本大震災時には、3.5に記述したように、調査開始日は、早い港では被災後3~4日目から行われており、10港中8港が7日目以内となっていたが、啓開作業の開始日は10港中4港のみが7日目以内であったが、予め平時から啓開作業等の準備や訓練をすることにより、調査開始日及び啓開作業開始日を早めるための工夫を行う必要がある。

啓開作業終了日については、港湾における経済活動の早期復旧を進めるために出来る限り短期間に終了することが好ましい。東日本大震災時には、震災から2か月以内で10港中8港が当面の啓開作業を終えているが、啓開作業は災害時の初動対応が一段落し災害復旧や復興の作業が本格化する前に終了するよう努めるべきであると考えられる。啓開作業の期間は障害物の状況によっても変わり、また、震災後の天候・余震などの状況にも影響を受けるものである。しかし、3.5で記述したように、復旧・復興作業を本格的に議論する復興会議の第一回会議の開催が遅いところで震災発生後2ヶ月余り経過していることを考えると、ある程度の作業の休止を余儀なくされる時間を加味しつつも遅くとも2ヶ月を目安に啓開作業が終了できるよう事前の準備や訓練などを進めておくことが重要であると考えられる。

4.7 大規模震災に対応した啓開計画の策定

全国各地の港湾においては、大規模震災時に港湾活動を早期に復旧させ、港湾を中心とした経済活動に大きな支障をもたらさないようにするため、ビジネス・コンティニュー・プラン（BCP）の策定を進めているが、航路啓開作業は、震災後の港湾機能の復旧に先行してまず行われなければならない重要な作業である。このため、BCPと連携のとれた大規模震災時の航路啓開作業計画を策定して

おく必要がある。

港湾の啓開作業においては、起重機船団などの啓開を行う作業船を早期に投入することの重要性が明らかになったが、東北の被災地内の作業船は被害を受けたり作業員が集まらなかったりしたため、大半の作業船は東北地方太平洋側以外の地域から投入されていた。

今後、南海トラフ地震等の巨大地震時の津波は、比較的起重機船などの在港が多い太平洋ベルト地帯や東京湾、伊勢湾、大阪湾などにもある程度の影響を与える可能性があるため、啓開用の作業船等の資機材の事前確保の方法や、津波に対する作業船の被害軽減方策、さらに作業船を現地に投入するための回航計画及び各港湾内で待機・補給等を行う基地等の検討が非常に重要であると考えられ、このための調査研究をさらに進める必要がある。

5. まとめ及び今後の課題

5.1 まとめ

本論では、今後発生が議論されている南海トラフ地震などの巨大地震に伴う大津波に対して、早期に港湾機能を回復させるために必要不可欠な航路啓開作業について、ガイドラインを取りまとめた。ガイドラインの主な要点は以下のとおりである。

- ①啓開作業の標準的な手順を明らかにした
- ②浮遊障害物の撤去方法と封じ込め方法（効率的な封じ込めのためにはシルプロを用いる方法が有効であることなど）を整理、提案した。
- ③海底障害物の調査方法、調査水深、調査資機材（効率的な調査のためにはNMBが有効であることなど）を明らかにした。
- ④海底障害物及び浮遊障害物の撤去方法と投入船団数の想定の方（吊上げ方式と掴み上げ方式）があること、啓開作業には起重機船団を基本

として考えた方がよいこと、最低限の投入船団数の想定のお考え方など)を整理・提案した。

5.2 今後の課題

本論では、港湾の啓開作業において起重機船団などの啓開用作業船を早期に投入するためのガイドラインとして取りまとめることができた。しかしながら、大津波による被災後の航路啓開作業をより迅速に行うためには、本論を更に深めることにより、航路啓開作業のマニュアル化を進めることが重要である。その際には、投入必要船団数の予測精度を上げるための検討や、港湾BCPと連携のとれた啓開作業計画の策定などをさらに進める必要がある。

また、今回の大津波による被災は、比較的作業船の在港隻数の少ない地域が被災をしたため、被災地域外から啓開作業に用いられる作業船が投入されるなどにより、啓開作業が比較的円滑に進んだが、今後予想されている南海トラフ地震のような大規模地震では、作業船の在港隻数の比較的多い太平洋ベルト地帯にある東京湾、伊勢湾、大阪湾や瀬戸内の一部でも大きな津波の来襲が予想されることから、啓開用作業船等の資機材の事前確保の方法や、津波に対する啓開用作業船の被害軽減方策、回航計画及び港湾内で待機・補給等を行う基地等の検討が非常に重要であると考えられ、このための調査研究をさらに進める必要がある。

6. 謝辞

東日本大震災発生から3年が経過しようとしているが、本論において、緊急物資輸送や災害復旧の初期段階において行われていた、啓開作業の実態を改めて明らかにすることができた。また、啓開用作業船が港湾の災害復旧を通じた地域の復興に非常に重要な役割を果たしていることを改めて認識いただく良い機会となったものと考えている。

今回の報告及び資料提供に当たっては、九州地方整備局港湾空港部、埋立浚渫協会、東北地方整備局港湾空港部のご理解とご協力をいただいた。また、調査の取りまとめに当たっては、日本大学総合科学研究所客員教授の新井洋一氏、同大学理工学部増田光一教授にご指導いただいた。ここに改めて心からの感謝の気持ちを示したい。

引用・参考文献

- 1) 国立国会図書館デジタルコレクション：各港における啓開状況
(<http://dl.ndl.go.jp/info:ndl.jp/pid/6008250>)
- 2) 国土交通省九州地方整備局：大規模災害時における港湾施設の復旧検討調査(平成25年2月)
- 3) 国土交通省東北地方整備局港湾空港部：東北港湾の復旧・復興状況：各港における復旧・復興方針
(<http://www.pa.thr.mlit.go.jp/kakyoin/info/info001.html>)
- 4) 地震情報サイト J I S 「防災マニュアル準備編」：食料備蓄のポイント
(<http://j-jis.com/bousai/foods.shtml>)

著者紹介



大野正人（正会員）

国土交通省九州地方整備局（福岡市博多区博多駅東 2-10-7），同局副局長，昭和 32 年生まれ，昭和 55 年大阪大学土木工学科卒，昭和 57 年 3 月大阪大学大学

院工学研究科土木工学専攻修業，同年 4 月運輸省港湾局入省，平成 18 年 6 月北陸地方整備局港湾空港部長，平成 21 年 7 月運輸安全委員会首席鉄道事故調査官，平成 24 年 8 月港湾空港総合技術センター建設マネジメント研究所研究主幹，平成 26 年 1 月 1 日同局副局長，土木学会会員，技術士（建設部門）

E-mail: ohno.masato.mlit@gmail.com

宮本卓次郎（正会員）

横浜国立大学統合的の海洋教育・研究センター（横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5），同センター特任教員（教授），昭和 31 年生まれ，昭和 54 年東京大学工学部土木工学科卒，平成 21 年 9 月国土交通省東北地方整備局副局長，平成 23 年 7 月（一財）みなと総合研究財団首席研究員，平成 24 年 10 月（独）港湾空港技術研究所特別研究官，土木学会会員，博士（工学）

E-mail: miyamoto.takujiro@gmail.com

志村浩美

（一財）港湾空港総合技術センター（千代田区霞が関 3-1-1 尚友会館 3 階），昭和 37 年生まれ，昭和 56 年 3 月北海道釧路工業高等学校土木科卒，同年 4 月に三井不動産建設（株）入社，平成 14 年 6 月（一財）沿岸技術研究センター主任研究員，平成 16 年 8 月みらい建設工業（株）羽田建設事務所課長，平成 20 年 9 月清水建設（株）土木東京支店，平成 24 年 4 月同センター調査部調査役，技術士（建設部門）E-mail: hshimura@scopenet.or.jp

米原吉彦

九州地方整備局港湾空港部（福岡市博多区博多駅東 2-10-7），昭和 33 年生まれ，昭和 56 年 3 月福岡大学工学部土木工学科卒，昭和 56 年 4 月運輸省第四港湾建設局入省，平成 23 年 4 月中国地方整備局港湾空港部品質確保室長，平成 25 年 4 月現職

yonehara-y87s3@pa.qsr.mlit.go.jp

A research of means and integral equipment for channel clearing operations after a large-scale tsunami disaster

ABSTRACT: Channel cleaning is essential operation for early restoration of port function after a large tsunami disaster. It is very important to prepare a planning and equipment integral for such clearing operations, with the anticipation of a great earthquake with tsunami like East-South-sea Great Earthquake in the future. Therefore, this report proposes the means and integral equipment for the clearing operations learned from the experiences of East Japan Great Earthquake Disaster on March 11, 2011.

KEYWORDS: Tsunami, Channel Cleaning Operation, Restoration of Port, Crane Barge