



東日本大震災を通じた被災港湾の 早期啓開の効率性に関する検討

計画マネジメント 皆川研究室
1218081 細越 貴将

はじめに

2011年3月11日 東日本大震災 発生



港湾啓開はどのように行われたのか？
効率性は？問題点は？

背景

効率的な
港湾啓開
の重要性



大規模災害発生時に被災者の生活維持及び国民生活の維持



一度に大量の物資を運搬できる
⇒コストパフォーマンスが良い



大型の特殊船舶の使用
⇒より多くのがれきりや重量物を撤去できる

効率的な港湾啓開事業は非常に重要である

目的

東日本大震災時の港湾啓開の効率性

- 港湾啓開の実績
水路測量や喫水確保、測量等
- 応急復旧のレベル
岸壁の一部供用開始等
- 各船舶の実績
各船舶の入港実績や作業内容、能力等

各船舶の実績
能力 数

各港湾における
啓開作業実績

応急復旧の
レベル

効率性

どのような工程で作業を終えたかを調査

諸問題等を踏まえながら効率性を評価
作業実績を説明し得るモデル作成

調査方法

①震災前の水深分布

②震災後の水深分布

④航路に関する水深・ルート

⑧撤去用船舶の種類

対象港湾

宮古港 石巻港 仙台塩釜港

③
堆積物の
量

⑤
優先航路

⑨船舶の必要水深
能力 数量

⑥
除去すべき量

⑦
応急復旧で必
要な除去量

⑩作業日数

調査方法

対象港湾の選定方法

1. 東日本大震災において、甚大な津波被害を受けた港湾
2. 重要港湾、もしくはそれに相当する重要な港湾
3. 災害時の活動情報が多く残っていると考えられる港湾

評価方法

撤去作業	撤去物の量(Om^3)と撤去日数 \Leftrightarrow 船舶の作業能力($\Delta\text{m}^3/\text{時}$) 実働時間を統一して仮定し、比較評価
測量作業	実際に行われた測量方法 \Leftrightarrow 別の方法で行う測量方法(仮定) 期間を短縮可能かを比較評価
喫水確保	第1船入港の情報から、確保された喫水の割り出し さらに、それ以降の入港実績から喫水の変化を調査

港湾啓開作業において活躍した主な作業船種類



測量船

- 海底地形などの測量
- 深淺測量
- マルチビームソナー等を搭載



クレーン付台船

- 非自航式台船上に移動式クレーンを搭載
- 比較的軽量物の揚重
- 比較的小型なため、狭い場所でも適応可能



起重機船

- 旋回式
- 各種重量物の吊り上げ
- 自航式、非自航式
- 障害物や沈殿物の揚収
- 400t吊りの大型も存在



Grab船 (ガット船)

- 通常は捨石や砂の運搬、投入に使用
- 災害時は水域の障害物撤去に使用

作業に従事した船舶の数

港名	起重機船	グラブ船	合計
宮古港	2隻	1隻	3隻
石巻港	4隻		4隻
仙台塩釜港	11隻	1隻	12隻

港名	在港	東北管内応援	東北管外応援	合計
宮古港	1隻		2隻	3隻
石巻港	2隻		2隻	4隻
仙台塩釜港	2隻	3隻	7隻	12隻

航路啓開の作業能力

流出対象物	除去方法	除去能力
船舶	タグボート等による曳航	1隻/50分1隻
コンテナ	起重機船による引き上げ	1個/1時間1隻
原木	作業船による陸揚げ	10本/1時間1隻
自動車	起重機	
家屋残骸物	作業船	

一時間あたりの除去能力に
換算すると

津波流出物	除去方法・使用船舶	除去能力
船舶	タグボートによる曳航	1.2隻/時
コンテナ	起重機船による引き上げ	1個/時
原木	作業船による陸揚げ	10本/時
自動車	起重機船による引き上げ	1隻/時
家屋残骸物	作業船による陸揚げ	75m ³ /時・2隻

啓開作業実績

山内らの研究によると...

東北地方整備局

日本浚渫協会東北支部

平成11
災害応

3/24までに主要港湾すべてにおいて
一部の岸壁が利用可能に

緊急物資輸送のための
航路などの啓開実績

3/15	3/16	3/17	3/18	3/19	3/20	3/21	3/22	3/23	3/24
茨城港 釜石港 (常陸那珂)	小名浜港	宮古港	仙台塩釜港 (仙台)	鹿島港 相馬港 八戸港	茨城港 (久慈 日立)	仙台塩釜港 (塩釜)	大船渡港	石巻港	茨城港 (大洗)

啓開作業日数

港湾名	水路測量		航路啓開 作業着手日	第1船入港日	一部供用 開始日
宮古港	3月15日 ~16日	2日間	3月15日~	3月16日 (救援物資)	3月17日
石巻港	3月23日 ~24日	2日間	3月19日~	3月23日 (救援物資)	3月23日
仙台塩釜港 (仙台港区)	3月15日 ~17日	3日間	3月14日~	3月17日 (救援物資)	3月18日
仙台塩釜港 (塩釜港区)	3月17日 ~21日	5日間	3月16日~	3月21日 (燃料)	3月21日

仙台塩釜港の啓開作業

○区間を限定⇒段階的に航路啓開



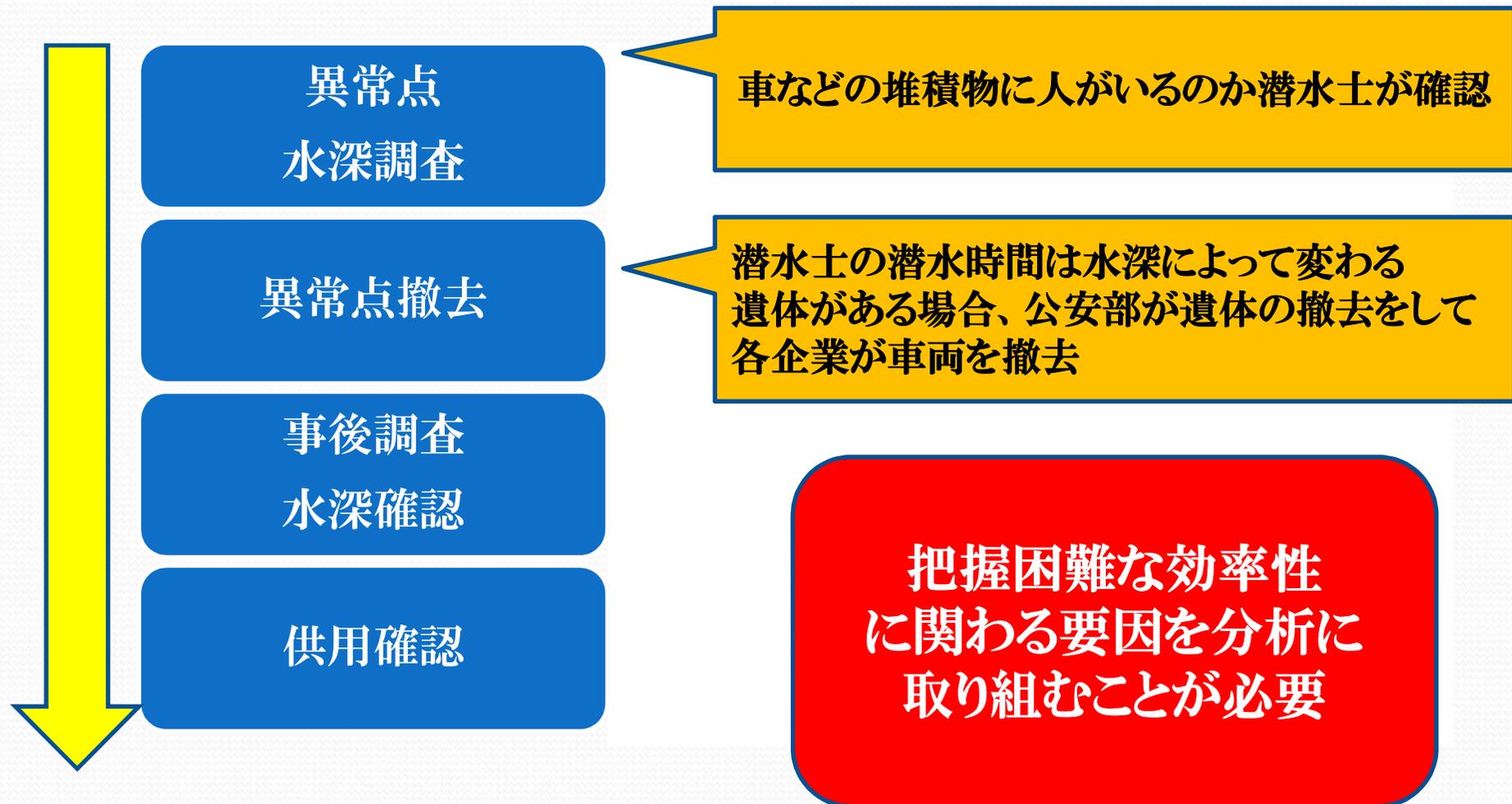
3/14 海底状況の確認調査開始

3/15 航路啓開作業に着手
高松埠頭岸壁前面の音速深浅測量実施
ナローマルチビームによる海域地形測量実施

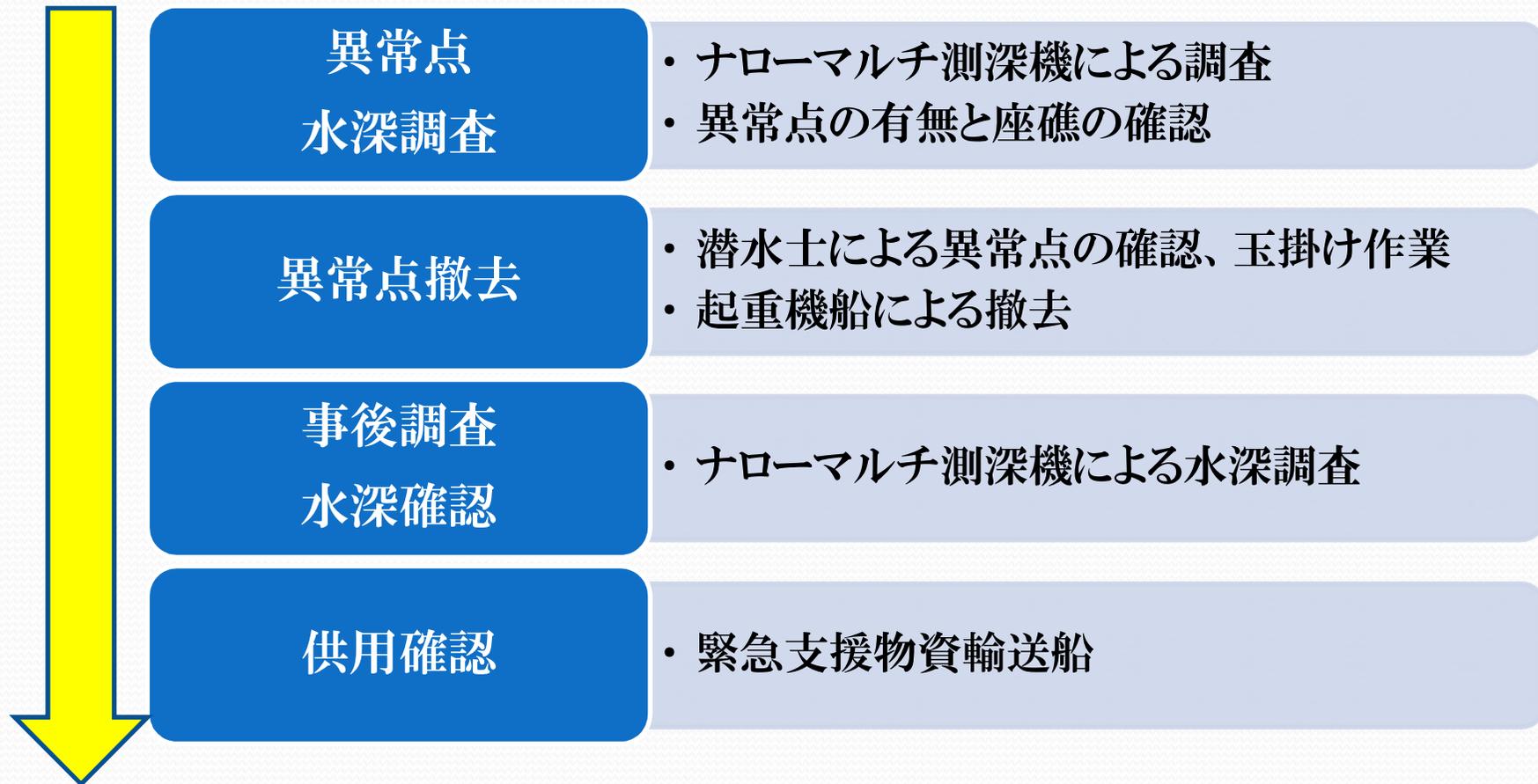
3/18 高松埠頭(-12m)1バースが解放
引き続き、航路啓開作業及び海域地形測量実施

8/23 公共岸壁(-4.5m以上)13バースが解放(一部暫定)

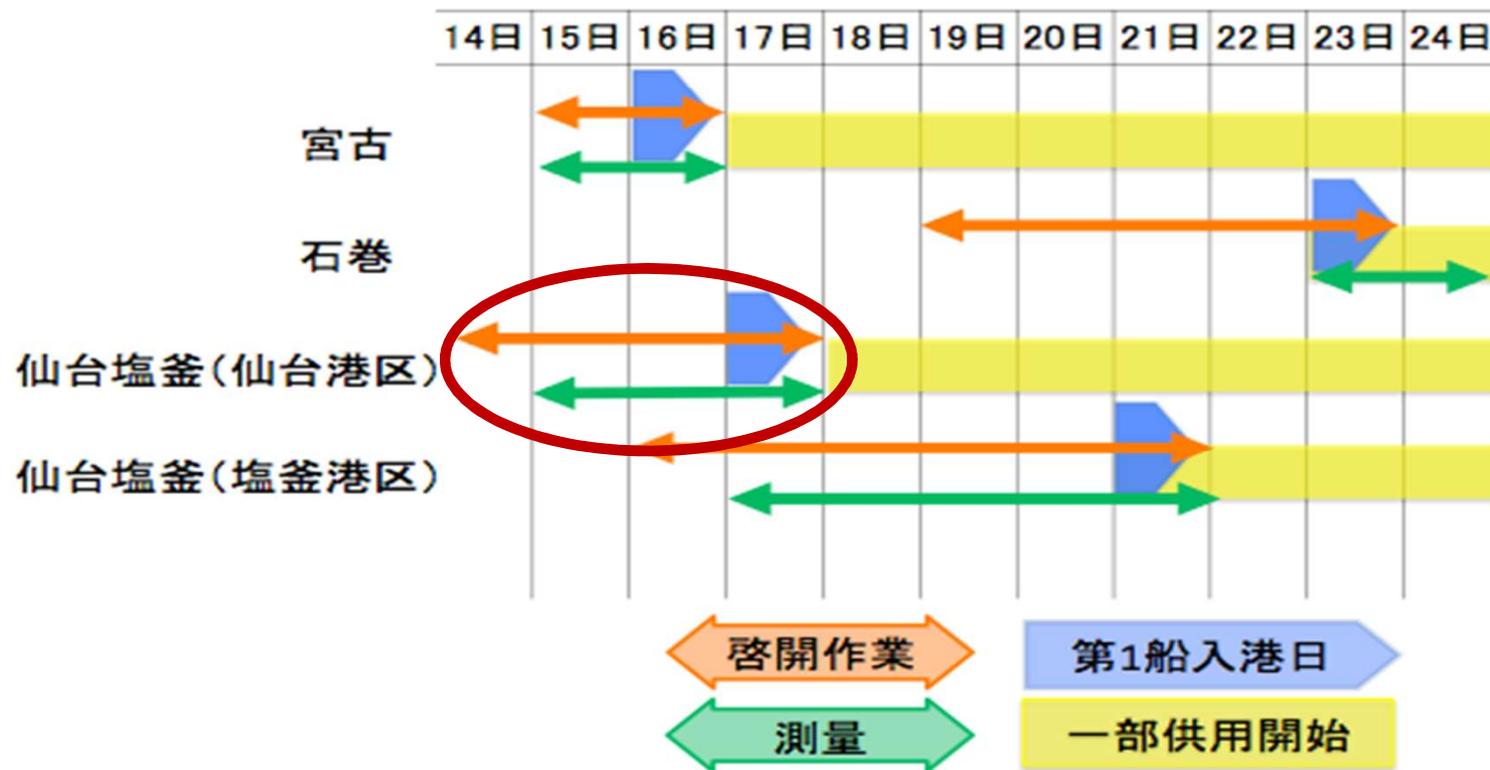
五洋建設とのヒアリングか出てきた問題点



啓開作業工程



航路啓開作業と測量の日程



啓開作業工程の測量 (異常点調査、事後確認)と異常点撤去は同時進行であるとも見て取れる。

建設会社へのヒアリング

- 初期初動について
- 啓開作業の流れについて
- 堆積物撤去と所有者許可の関係

- 潜水士による作業と時間の関係

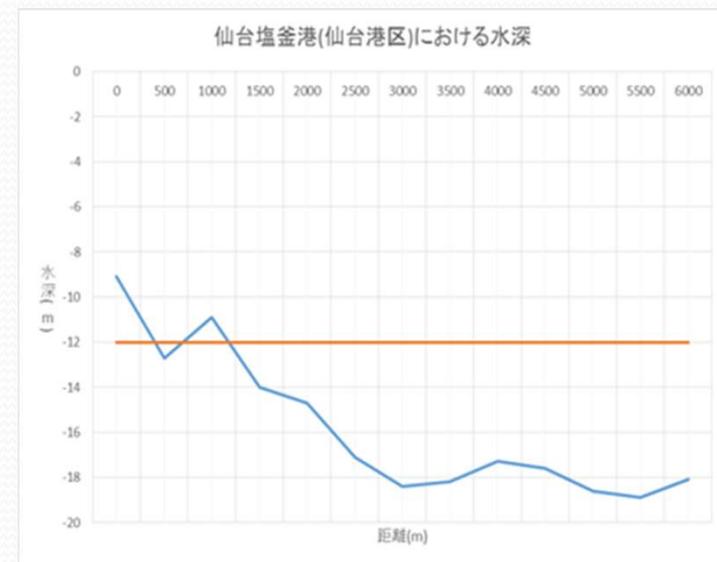
水深10m以内に比べ、水深10m以降となると、潜水士による作業効率が30%おちる。

啓開作業シミュレーション

- 対象港湾：仙台塩釜港 仙台港区
- 全異常点342地点(コンテナ318個、車24台)
- 啓開作業船団数：4船団



(日本埋立浚渫協会)



シミュレーション概要

異常点設定

- 乱数を発生させ、異常点の岸壁からの距離をランダムに設定する

水深設定

- 設定した異常点の水深を海底グラフから読み取る

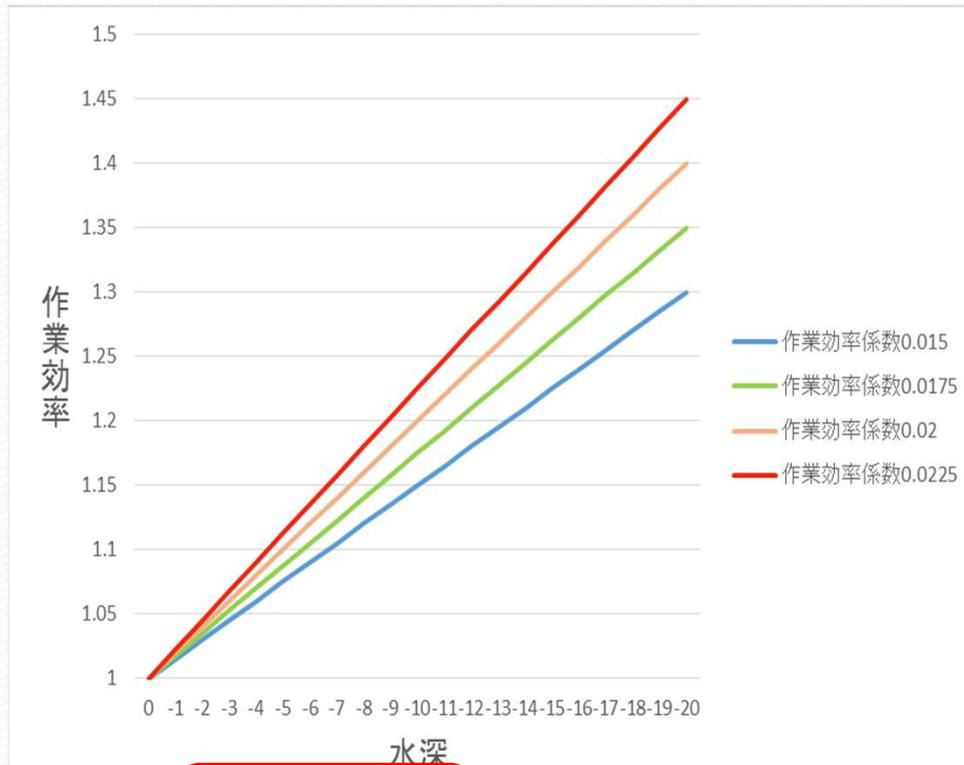
作業効率係数 水深限度の設定

- 作業効率係数4パターン、水深限度6パターン計24パターンの場合分けをする

作業日数算出

- 24パターンの作業日数と実際の異常点分布の日数を算出する

作業効率係数・水深限度の設定



水深限度 6パターン	8m
	10m
	12m
	14m
	16m
	18m

目的

パターン分けをすることでどの様に
作業日数に影響してくるかを図るため

作業日数の算出(24パターン)

水深限度-8m		所要時間		所要日数 (/4船団)	水深限度-10m		所要時間		所要日数 (/4船団)
		平均	分散				平均	分散	
作業効 率	0.015	8.23	4.73	0.17	作業効 率	0.015	53.86	33.86	1.12
	0.0175	7.25	4.22	0.15		0.0175	55.57	22.45	1.16
	0.02	8.63	3.60	0.18		0.02	56.24	18.79	1.17
	0.0225	7.95	6.62	0.17		0.0225	58.02	41.70	1.21
水深限度-12m		所要時間		所要日数 (/4船団)	水深限度-14m		所要時間		所要日数 (/4船団)
		平均	分散				平均	分散	
作業効 率	0.015	96.26	139.30	2.01	作業効 率	0.015	155.49	88.84	3.24
	0.0175	98.23	93.49	2.05		0.0175	151.70	87.47	3.16
	0.02	102.56	63.84	2.14		0.02	151.34	204.57	3.15
	0.0225	108.77	41.14	2.27		0.0225	157.84	84.54	3.29
水深限度-16m		所要時間		所要日数 (/4船団)	水深限度-18m		所要時間		所要日数 (/4船団)
		平均	分散				平均	分散	
作業効 率	0.015	254.42	177.94	5.30	作業効 率	0.015	414.00	0.43	8.63
	0.0175	268.54	188.78	5.59		0.0175	426.59	1.26	8.89
	0.02	272.87	72.05	5.68		0.02	438.68	0.86	9.14
	0.0225	275.02	62.66	5.73		0.0225	450.50	0.48	9.39

水深限度-12mにおける作業日数比較

実録異常点(-12m) 作業日数の算出結果

水深限界-12m	0.015	0.0175	0.02	0.0225
平均の作業時間	113.00	115.34	117.67	120.01
作業日数(4船団)	2.35	2.40	2.45	2.50

水深限界-12m(24パターン)				
作業日数(4船団)	2.01	2.05	2.14	2.27

作業日数に生じた誤差

・この作業日数に生じた誤差は、乱数による異常点数の差
⇒データの母数を増加させ、異常点数をある値に収束させる

シミュレーションと実録作業日数を比較

このシミュレーションでは測量(異常点調査、事後確認)と異常点撤去を同時進行と仮定しているが事実確認はできていない

同時進行

異常点撤去にかかる日数**4日**

作業効率係数値を増加させ、30試
行分の作業日数平均値から、所要日
数4日を作業効率係数値を算出

作業効率係数	作業日数(日)
0.015	2.01 +2
~	~
0.13	3.96

作業日数 (経過時間/ 1日の作業時間/ 4船団)	3.48	4.01	4.08
	4.49	3.9	4.04
	4.66	3.49	3.96
	3.31	4.12	3.49
	4.14	4.46	3.95
	3.98	3.92	3.69
	4.18	3.65	4.2
	4.27	3.82	3.1
	3.16	4.15	3.8
	4.47	3.87	4.83
平均作業日数			3.955667

~~同時進行~~

異常点撤去にかかる日数**2日**

測量(異常点調査、事後確認)
をそれぞれ1日かかるとしたら



+
2日



正誤性あり

考察(同時進行の場合)

作業日数に生じた誤差

- 作業船の能力は実績値ではなく簡易的に設定した仮説の値である
- 水深0mの時の作業効率を1として仮定したが実績値では無い



この数値もいくつか場合分けする必要がある

作業効率係数に生じた誤差

- 条件設定時において作業効率を低下させる要因
⇒ 異常点の水深, 一日の作業時間を12時間と仮定設定したから
- 遺体収集や陸路との連携, 連絡の手間, 作業員と負傷など作業効率低下させる要因が多々存在するため

- 水深の関数と同様の作業効率で日数を算出したため理想の作業日数算出方法
(水深の関数による日数)+(その他要因ごとの関数による日数)
⇔ 水深の関数と同様の作業効率で日数を算出

まとめ

作業日数

・ケース1

仮定時間を12時間より短くした場合、作業日数は延びる。



作業効率が悪くなるため、作業効率係数が増加する。

・ケース2

過程時間を12時間より長くした場合作業時間は縮む。



作業効率が良くなるため、作業効率係数は減少する。

本研究では、一日の作業時間が何時間であったかの実績を得ることができなかったため、作業時間の仮定方法は今後の課題となる。

その他

水深以外の要素がどのような関数で作業効率が低下するかを求め、水深の関数だけでなく、その他要因ごとの関数を用いたシミュレーションの試行が必要

参考文献

- 1)国土交通省 平成23年8月1日
平成23年度港湾防災対策会議資料2-1「東日本大震災の被害」
最終閲覧日 2015.8.10
- 2)東北学院大学 東日本大震災の津波高さ
http://www.tohoku-gakuin.ac.jp/about/sinsai/record/chap_7/chap07_07.html
最終閲覧日 2015.6.11
- 3)国土交通省東北地方整備局 仙台港湾航空技術調査事務所
「東日本大震災における港湾被害状況及び復旧・復興について」
平成23年9月29日 最終閲覧日 2015.9.22
- 4)2013年度修士論文 高知工科大学大学院 山内啓嗣
「大規模地震発生後における地方の港湾機能回復に関する研究」
最終閲覧日 2015.11.5
注1 「大規模地震発生後における地方の港湾機能回復に関する研究」要旨
- 5)京都大学防災研究所年報 第56号 B 平成25年6月小野憲司・赤倉康寛
「東日本大震災における港湾物流へのインパクト」
最終閲覧日 2015.9.24
- 6)一般社団法人 日本作業船協会
<http://www.s-jwa.or.jp/workvessels/set01.html>
最終閲覧日 2014.11.15
- 7)大規模災害時の船舶の活用等に関する調査検討会
<http://www.kanships.sakura.ne.jp/daikibosaigaigisanpakukatuyokentouka/ihokoku.pdf>
最終閲覧日 2015.11.5
- 8)海岸港湾論文集第54巻(2007)
東南海・南海地震発生時の港湾機能を活用した緊急輸送戦略
最終閲覧日 2015.1.20
- 9)平成26年3月 国土交通省海事局内航課
大規模災害時の船舶の活用などに関する調査検討会
最終閲覧日 2015.6.2
- 10)国土交通省東北地方整備局 釜石港湾事務所
<http://www.pa.thr.mlit.go.jp/kamaishi/port/miyako-port/>
最終閲覧日 2015.9.26
- 11)国土交通省東北地方整備局 塩釜港湾・空港整備事務所
<http://www.pa.thr.mlit.go.jp/shiogama/>
最終閲覧日 2015.9.26
- 12)MOL Logistics ホームページ
<https://www.mol-logistics-group.com/index.html>
最終閲覧日 2015.12.1
- 13)仙台塩釜港仙台港区
海図海上保安庁 平成25年11月7日刊行



ご清聴ありがとうございました