

敦賀港における自動係留装置導入概要

（技術検討委員会・現地実証試験・ガイドライン）

令和7年10月

北陸地方整備局
新潟港湾空港技術調査事務所

- 次世代高規格ユニットロードターミナルの形成に向け、新技術の活用による高度化の取組を進めている。

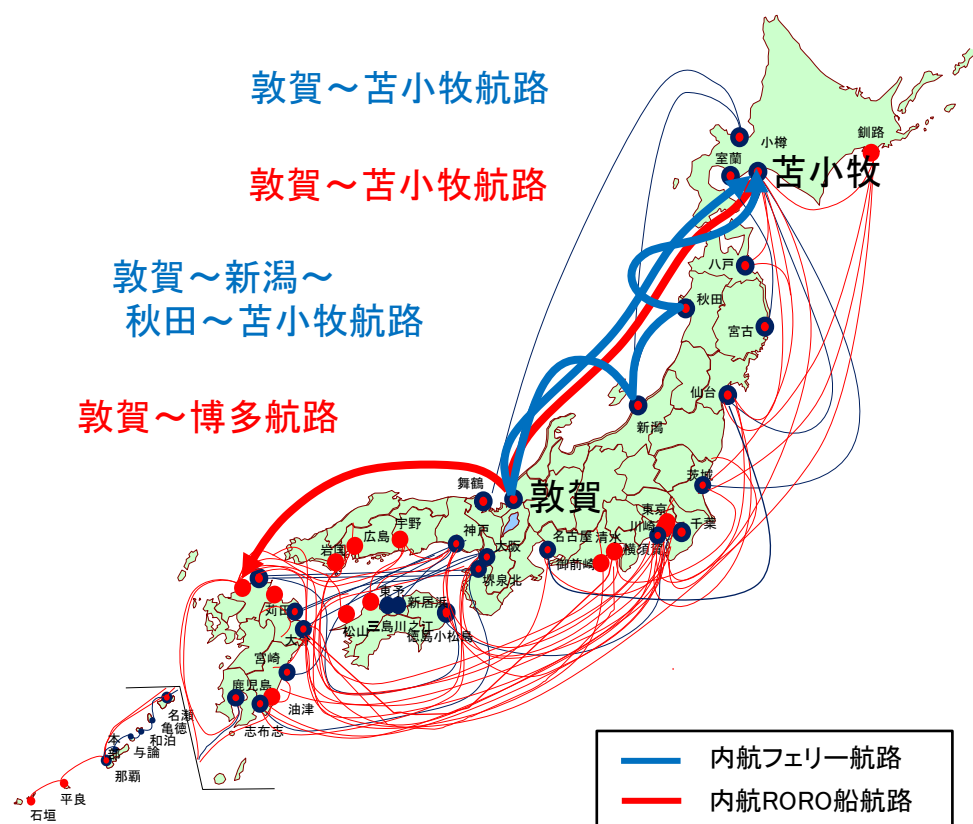
持続可能で新たな価値を創造する国内物流体系の構築



施策の実現に向けた取組の一つとして、敦賀港において自動係留装置を導入

敦賀港の概要

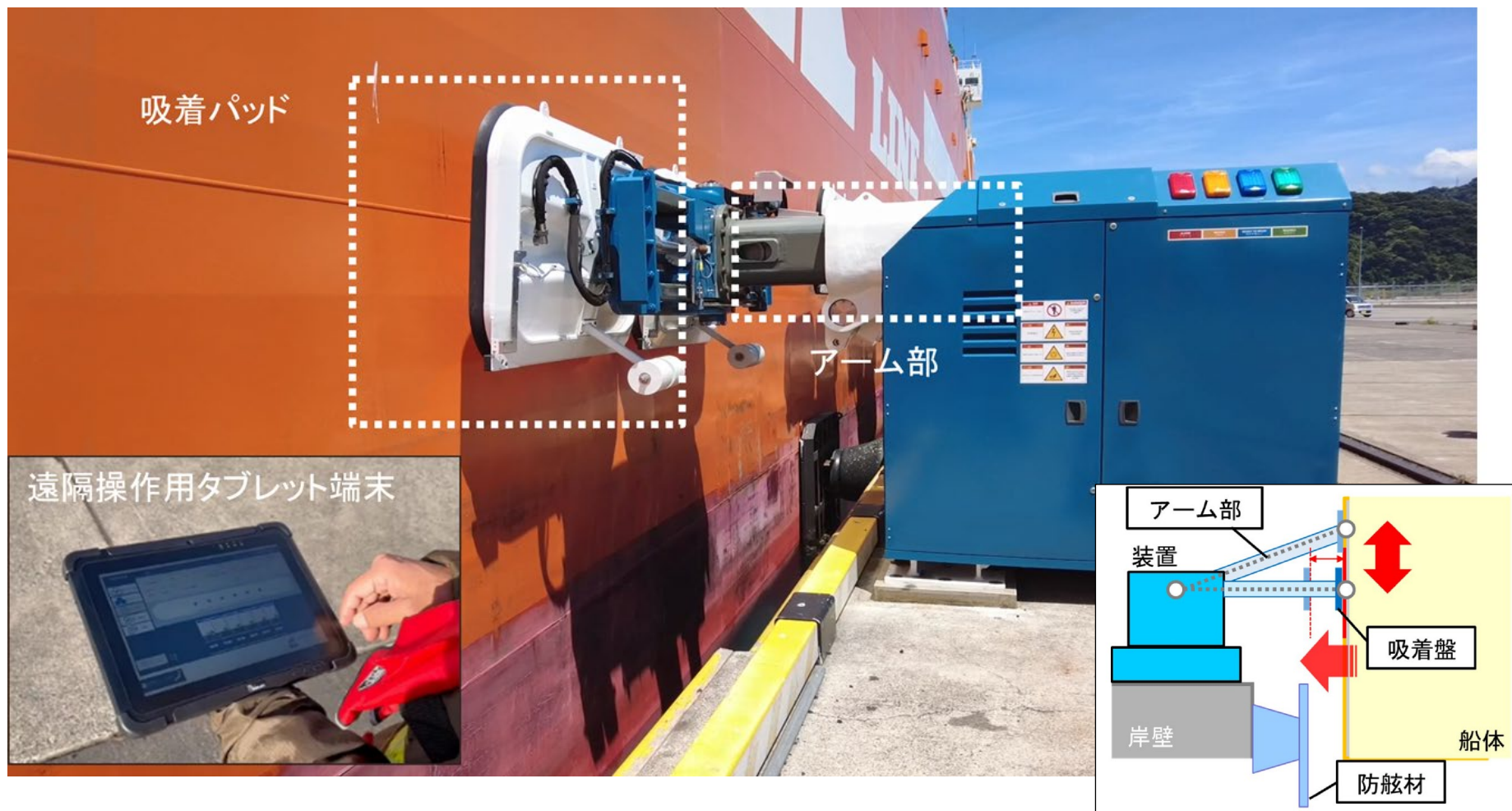
- 福井県敦賀港は本州日本海側の中心に位置する港であり、関西・中京地域と北海道を結ぶ国内物流の結節点として重要な役割を担っている。
- 自動係留装置の導入にあたり、敦賀港鞠山南地区で現地実証試験を実施。



内航フェリー・RORO船航路図

自動係留装置の概要

- 自動係留装置とは、船体を機械的に係留し、係留索の取り放しの作業を自動化することで作業の省力化を図る装置。



自動係留装置（吸着式）

自動係留装置の仕様

- 寸法: H2.61m × W3.33m × D2.20m
- 概要: 「①アーム」を伸ばし「②二重真空パッド」を船体に吸着させ、パッド内を真空状態にすることで船体を係留させる。装置は「⑤タブレット」及び「⑥PC」に無線接続されており、遠隔で吸着・脱着操作が可能。緊急時には、装置本体を操作することにより緊急停止が可能。

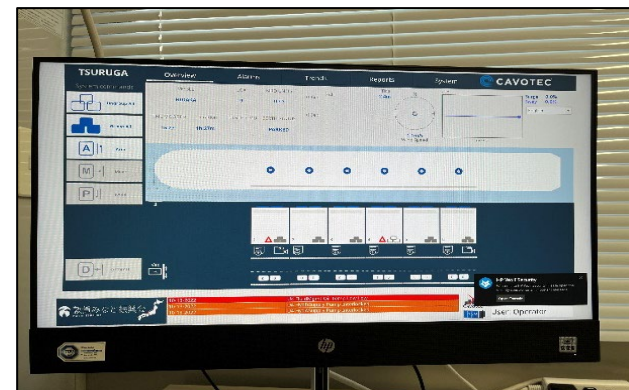


- ①: アーム
 ②: 二重真空パッド
 ③: オペレーターステーション
 ④: ユニット状態ビーコン
- : 係留中
 ■: 係留準備完了
 ■: 待機中または停止中
 ■: 異常・エラー

⑤遠隔操作用タブレット端末



⑥状態監視用PC



項目	スペック
最大係留力(Sway成分)	400kN
最大係留力(Surge成分)	200kN
上下可動範囲	2,000mm
サイドシフト可動範囲(前後方向)	±400mm
アウトリーチ可動範囲(右舷左舷方向)	960mm
動作温度範囲	-20～50℃

自動係留装置技術検討委員会の概要

- 自動係留装置の導入に向けて、令和2年8月に「自動係留装置技術検討委員会」を設置。
- 同技術検討委員会は、波浪、船舶、係留に関する学識経験者、港湾関係者、行政関係者等で構成され、装置導入効果の妥当性等について検証を行った。

【 主な審議事項 】

- 自動係留装置導入計画
- 実証試験に用いる自動係留装置の選定
- 自動係留装置の所要基数の検討
- 実証試験の検討方針
(作業体制、計測方法・結果の整理方針)
- 実証試験実施方策
- 装置導入効果のとりまとめ
- 自動係留装置導入ガイドラインの審議

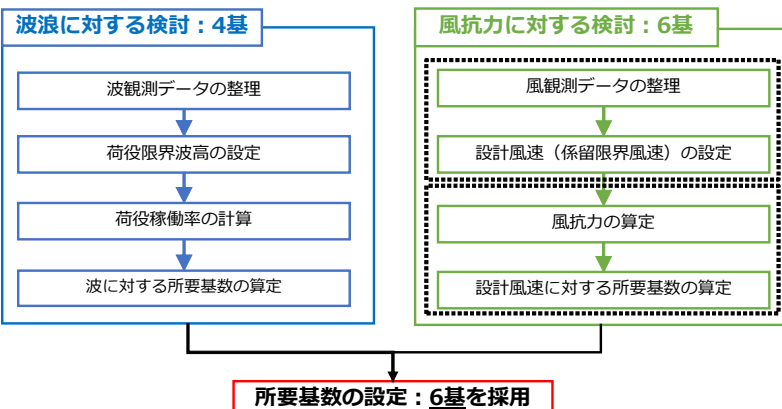


自動係留装置技術検討委員会の様子

R1～2d: 装置の選定・所要基数検討

- ✓ 風・潮流に対する所要基数の検討
- ✓ 波浪に対する係留性能の検証
- ✓ 導入する装置の選定

所要基数の検討



選定した装置



R3d: 実証試験方策検討

- ✓ 試験スケジュール
- ✓ 作業効率化の測定手順
- ✓ 動揺量計測手順

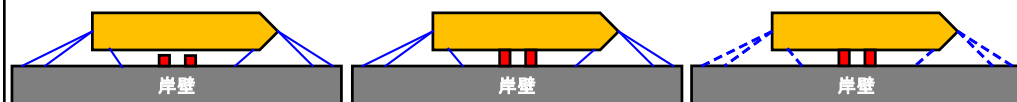
試験スケジュール

[illegible]

STEP①：係留索のみ

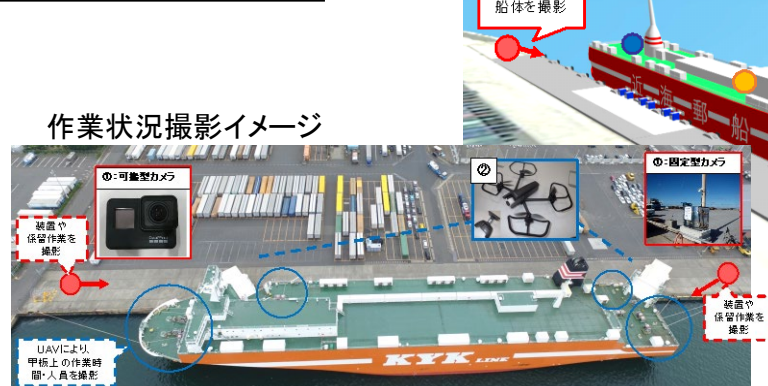
STEP②：係留索+自動係留裝置

STEP③：自動係留装置のみ（係留索を緩める）

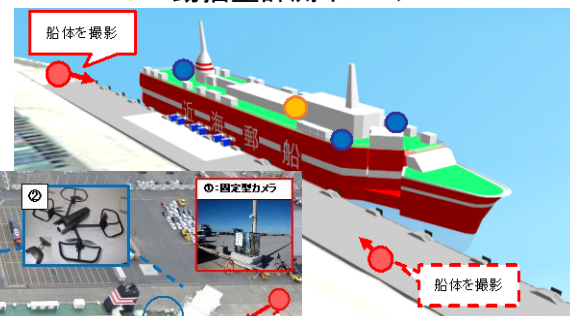


← 同一時間帯で計測した船体動揺量を比較し、船体動揺量の差異から船体動揺低減効果を評価する

試験スケジュール



動揺量計測イメージ



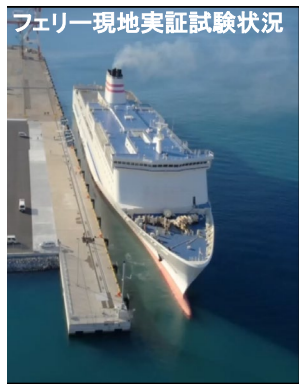
R4d～6d: 現地実証を通じた装置導入効果の検証

- ✓ 離着岸作業に要する時間・人員数の計測
- ✓ 係留索未使用時における現状の着岸精度把握(フェリー:現地実証試験、RORO船:操船シミュレーション上で試験)

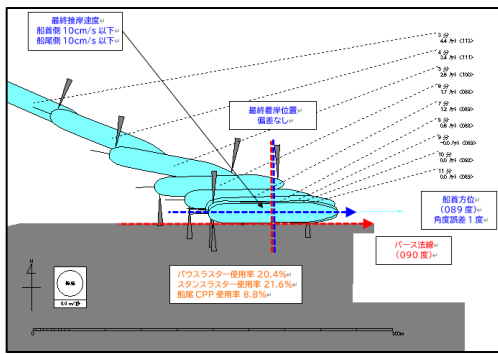
離着岸作業に要する時間・人員計測結果

		RORO船北海道航路		2022/10/24			つるが	
対象船舶	作業条件		作業項目	作業員数(人)	作業時間(秒)	総作業時間(人・秒)	総作業時間(人・秒)	
				①	②	①×②		
RORO船北海道航路	船上作業	着岸時 現行	着岸準備 (係留索出し)	船首側	2	290	580	5,060
				船尾側	2	190	380	
			船体位置調整 (スプリングライン)	船首側	1	540	540	
				船尾側	2	630	1,260	
			着岸作業 (その他網取り・係船機操作) ヒービングライン 巻き取り作業	船首側	2	290	580	
				船尾側	3	220	660	
		船首側		1	100	100		
		離岸時 現行	係留索 回収作業	船尾側	3	320	960	
				船首側	3	210	630	
	船尾側			3	160	480		
	岸壁上作業	着岸時 現行	船体位置調整	船首側	4	40	160	4,340
				船尾側	4	350	1,400	
			着岸作業 (その他網取り・係船機操作)	船首側	6	310	1,860	
				船尾側	4	230	920	
		離岸時 現行	係留索外し	船首側	3	60	180	580
				船尾側	4	100	400	

係留索未使用時における現状の着岸精度把握



RORO船操船シミュレーション結果例



- ✓ 船体動揺量の計測
- ✓ 計測結果及び船体動揺解析を用いた動揺量低減効果の検証

計測及び船体動揺解析に基づく動揺量低減効果

2024年 NOWPHAS波浪頻度表

波高・周期係数表		2024年7月1日～2024年12月31日																規定回数 2194			
観測地点 津波計測所		ナウファス装置		長期係数(a)																合計	
波高係数 (m)		0~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	3.0~4.0	4.0~5.0	5.0~6.0	6.0~7.0	7.0~8.0	8.0~9.0	9.0~10.0	10.0~11.0	11.0~12.0	12.0~13.0	13.0~14.0	14.0~15.0	15.0~	累計			
0.00	～ 0.50	206 (0.04%)	3367 (15.36%)	4164 (18.99%)	3367 (15.36%)	974 (4.44%)	122 (0.05%)	3 (0.01%)	1 (0.00%)	0	0	0	0	0	0	0	12204 (57.32%)	1204			
0.51	～ 1.00	6 (0.002%)	211 (0.09%)	665 (2.99%)	1073 (7.63%)	668 (9.6%)	246 (3.05%)	11 (0.11%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0	0	0	0	0	0	3355 (25.73%)	1759			
1.01	～ 1.50	43 (0.01%)	244 (1.11%)	581 (2.67%)	649 (2.96%)	189 (0.82%)	189 (0.82%)	1 (0.00%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	0	0	0	0	0	0	1712 (8.13%)	1921			
1.51	～ 2.00	1 (0%)	51 (0.23%)	103 (0.47%)	103 (1.41%)	310 (1.2%)	263 (1.2%)	39 (0.18%)	0	0	0	0	0	0	0	0	767 (3.63%)	20078			
2.01	～ 2.50	0	166 (0.01%)	102 (0.24%)	102 (0.24%)	102 (0.76%)	102 (0.89%)	2 (0.01%)	0	0	0	0	0	0	0	0	550 (2.46%)	20556			
2.51	～ 3.00	0	17 (0.01%)	76 (0.35%)	132 (0.58%)	132 (0.58%)	14 (0.33%)	14 (0.33%)	0	0	0	0	0	0	0	0	310 (1.47%)	20868			
3.01	～ 3.50	0	30 (0.01%)	67 (0.31%)	67 (0.31%)	67 (0.31%)	24 (0.11%)	24 (0.11%)	3 (0.01%)	0	0	0	0	0	0	0	210 (0.99%)	21078			
3.51	～ 4.00	0	0	0	0	0	19 (0.02%)	30 (0.14%)	30 (0.14%)	9 (0.04%)	9 (0.04%)	11 (0.05%)	11 (0.05%)	0	0	0	218 (0.27%)	21141			
4.01	～ 4.50	0	0	0	0	0	0	0	4 (0.02%)	1 (0.00%)	1 (0.00%)	0	0	0	0	0	5 (0.02%)	21141			
4.51	～ 5.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 (0.00%)	21141			
合計		(0%)	(0%)	212 (0.93%)	3363 (77%)	4883 (22.5%)	5338 (24.6%)	3833 (17.6%)	2022 (9.5%)	89 (0.4%)	339 (1.6%)	49 (0.2%)	3 (0.01%)	0	0	0	0	21141 (100%)			

R6年12月21日観測時間帯
における波高:3.6~4.0m
⇒年間上位99.7%に相当す
る波浪出現時に動揺量計測
を実施。

波高3.5m以上の
波浪出現確率:0.3%

係留索係留時に対する装置係留時の荷役限界波高の比

算出方法	係留条件	周期 $T_{1/3}$	波向 θ	荷役限界波高比						最も厳しい動揺成分の荷役限界波高比
				Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw	
実証試験	装置/係留索	-	-	100% (386%)	100% (166%)	100% (93%)	163% (163%)	100% (109%)	100% (115%)	163%
船体動揺解析	装置/係留索	8s	15°	100% (75%)	100% (170%)	100% (99%)	100% (270%)	100% (100%)	100% (110%)	100%
船体動揺解析	装置/係留索	8s	30°	100% (81%)	100% (135%)	100% (99%)	100% (196%)	100% (99%)	100% (141%)	100%
船体動揺解析	装置/係留索	8s	45°	100% (159%)	100% (115%)	100% (99%)	100% (132%)	100% (101%)	100% (101%)	100%
船体動揺解析	装置/係留索	8s	60°	100% (265%)	100% (103%)	100% (98%)	100% (83%)	100% (103%)	100% (86%)	100%
船体動揺解析	装置/係留索	10s	15°	100% (205%)	100% (314%)	100% (99%)	100% (357%)	100% (98%)	100% (91%)	100%
船体動揺解析	装置/係留索	10s	30°	100% (256%)	100% (204%)	100% (101%)	135% (289%)	100% (99%)	100% (93%)	135%
船体動揺解析	装置/係留索	10s	45°	100% (325%)	100% (151%)	100% (99%)	152% (158%)	100% (100%)	100% (88%)	152%
船体動揺解析	装置/係留索	10s	60°	100% (339%)	100% (115%)	88% (88%)	118% (118%)	100% (92%)	100% (86%)	118%
船体動揺解析	装置/係留索	12s	15°	100% (332%)	100% (197%)	100% (101%)	100% (186%)	100% (99%)	100% (56%)	100%
船体動揺解析	装置/係留索	12s	30°	122% (380%)	100% (167%)	100% (105%)	179% (179%)	100% (92%)	92% (92%)	179%
船体動揺解析	装置/係留索	12s	45°	147% (403%)	100% (155%)	100% (101%)	135% (135%)	100% (102%)	106% (106%)	135%
船体動揺解析	装置/係留索	12s	60°	132% (339%)	122% (161%)	100% (100%)	90% (90%)	100% (100%)	95% (95%)	90%

⇒装置により**Surge/Sway/Roll成分**の顕著な動揺量低減を確認。

吸着式自動係留装置ガイドライン(案)

- 北陸地方整備局では福井県敦賀港において試験的に導入した既存メーカー(外国製)の自動係留装置の検討で得た知見をとりまとめ、吸着式自動係留装置導入ガイドライン(案)として策定し、新潟港湾空港技術調査事務所ホームページにて公表。

ガイドライン	目次
吸着式自動係留装置導入ガイドライン (案) 令和 7 年 10 月 国土交通省 北陸地方整備局 新潟港湾空港技術調査事務所 ※留意事項 ・当資料は、利用者の責任において利用してください。 ・当資料の利用に当たって発生するいかなる損害にも責任を負いません。 ・当資料の著作権は、新潟港湾空港技術調査事務所に在ります。	1. 総説 1.1 背景、目的 1.2 用語及び定義 1.3 自動係留装置の分類 2. 自動係留装置導入のための検討項目 2.1 自動係留装置必要性の判断 2.2 検討フロー 2.3 資料収集・整理 2.4 船体条件の把握 2.5 係留施設条件の把握 2.6 自動係留装置の所要基数・配置の検討 2.7 係留施設の安定性照査 2.8 装置の維持管理 2.9 装置の運用方法 3. 自動係留装置の導入効果 3.1 自動係留装置導入効果の概要 3.2 自動係留装置導入による作業効率化効果 3.3 自動係留装置導入による動揺量低減効果 3.4 自動係留装置導入によるその他の定性的な効果 4. 自動係留装置装置の導入事例 4.1 敦賀港の導入事例 4.2 北九州港の導入事例 4.3 海外での導入状況 5. 自動係留装置の導入時及び運用上の留意点 5.1 費用対効果の事前確認 5.2 荷役・係留作業への影響の確認 5.3 故障時の対応 5.4 停電発生時の対応故障時の対応 5.5 地震・津波発生時 6. 参考資料 6.1 敦賀港の実証試験で対象とした船舶の操船能力