



# Power Assist Sail の実用化 に関する研究開発

2015年6月

株式会社三井造船昭島研究所  
平山 明仁



# 世界的なCO<sub>2</sub>削減要請に応えるには

- 船舶が排出するCO<sub>2</sub>の大幅削減には、新造船のみならず、多数存在する既存船のCO<sub>2</sub>削減も必要である。



- 既存船に装備可能なCO<sub>2</sub>削減装置としては、省エネ付加物や主機排熱回収装置が存在する。



- さらにCO<sub>2</sub>削減の為に、現有のCO<sub>2</sub>削減手段の他に、新たなCO<sub>2</sub>削減手段を獲得すべきである。



- その回答の一つは、帆による洋上風の利用である。

# 帆の利用の事例について

## ● 省エネ性能改善を目的とした硬帆装備の商船

### 1. 1980年代に12隻建造及び改造

- 世界初の自動制御の帆を備える「新愛徳丸」
- 帆装TankerおよびBC、10隻は内航船

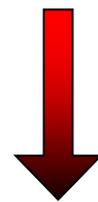
1980年代の帆装商船

建造所	Lpp	B	D	d	Displacement	D.W.T.	Main Engine		Sail		
							MCR PS	Prop. revolution rpm	Number	Area m <sup>2</sup>	
Aqua City	日本鋼管	173.0	26.0		10.4		30,900	8300		2	352
Usuki Pioneer	臼杵鉄工	152.0	25.2	14.8	10.6		26,666	6600	88	2	640
第五新水丸	寺岡造船	97.0	15.5		6.4		4,999	3800		2	
第一共栄丸	桧垣造船	95.8	15.0		6.3		5,539	3000	225	1	216
新コープ丸	臼杵鉄工	90.0	17.0	8.9	7.7	8256.0	6,203	3200	340		
TROPICAL MARINA	高知重工	89.8	18.8		7.6	9078.1	6,650	3300	240	3	429
カルビーポテト丸	三浦造船	73.6	13.0		3.6		1,491	1600		1	96
扇蓉丸	檜崎造船(日本鋼管)	72.0	12.6	6.9	4.7		2,081	1550	190	2	234
日産丸	佐々木造船(日本鋼管)	72.0	12.6	6.9	4.8		2,098	1550	190	2	234
新愛徳丸	日本鋼管	66.0	10.6	5.2	4.4	2010.0	1,400	1600	250	2	194
愛徳丸	今村造船	66.0	10.6	5.2	4.4	2010.0	1,400	1600	250	1	85
日徳丸	今村造船	52.5	10.0		3.6		630	1050		1	96

### 2. “Wind Challenger”計画

- 伸縮可能な硬帆を装備する商船の計画
- 年間平均20%程度の省エネ性能を想定

多くの商船に装備可能な帆の開発



過去の帆装商船には障害があった  
✓ 運航上の制約  
✓ 設計変更や改造の必要性

十分な省エネ効果を持つが、帆の影響が小さいもの



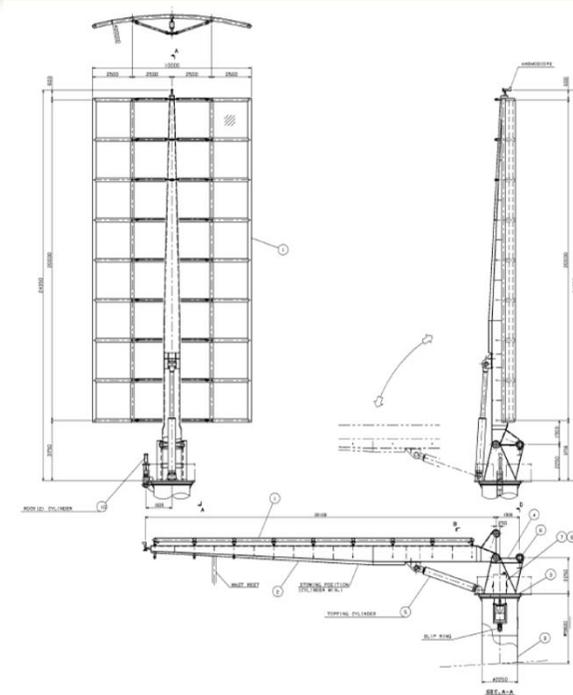
省エネ付加物的な帆を装備



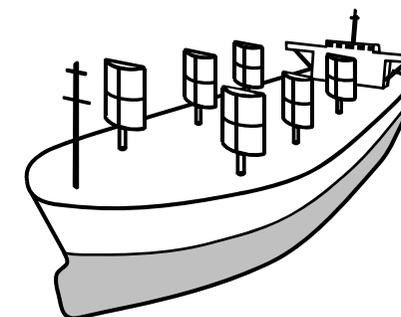
格納可能な小さな面積の帆を装備する

# コンセプトの検討(2)

- 格納可能な小面積帆の利点
  - 帆の配置箇所の自由度が高い。
  - 主機のみでの航行も可能で、定時制の確保が容易である。
  - 推力の変動が小さく、可変ピッチプロペラを装備する等の必要が無い。
  - 格納すれば、操縦性能とブリッジからの視界は、既存船舶と同等になる。



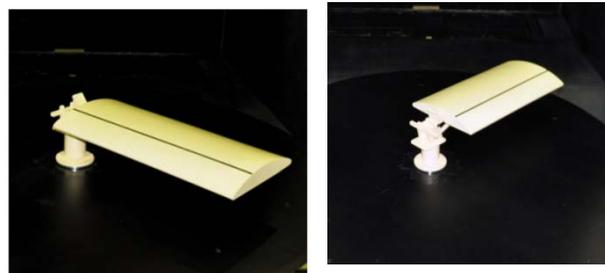
プロトタイプ案



装備イメージ

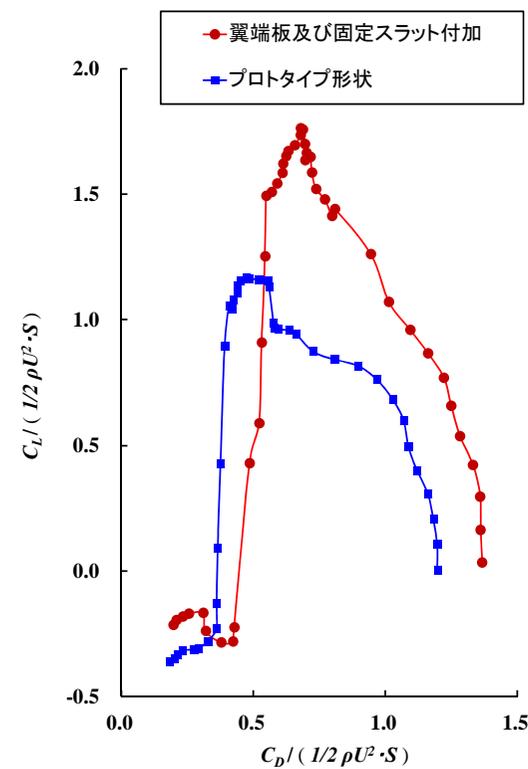
## ● 試験目的

- プロトタイプ形状の空力特性を把握
- 改良形状を見出す → スラット及び翼端板の付加



三井造船昭島研究所風洞

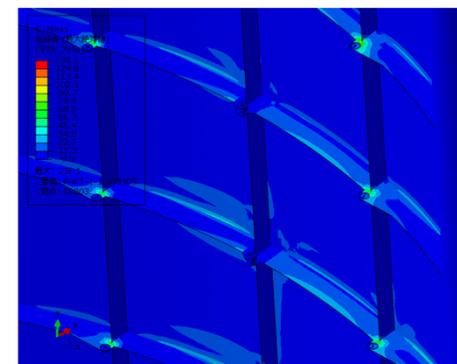
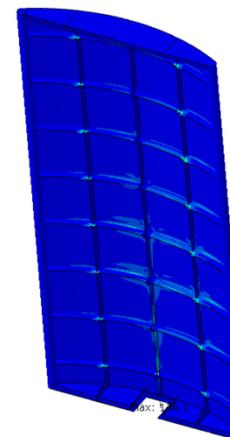
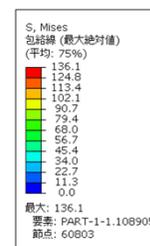
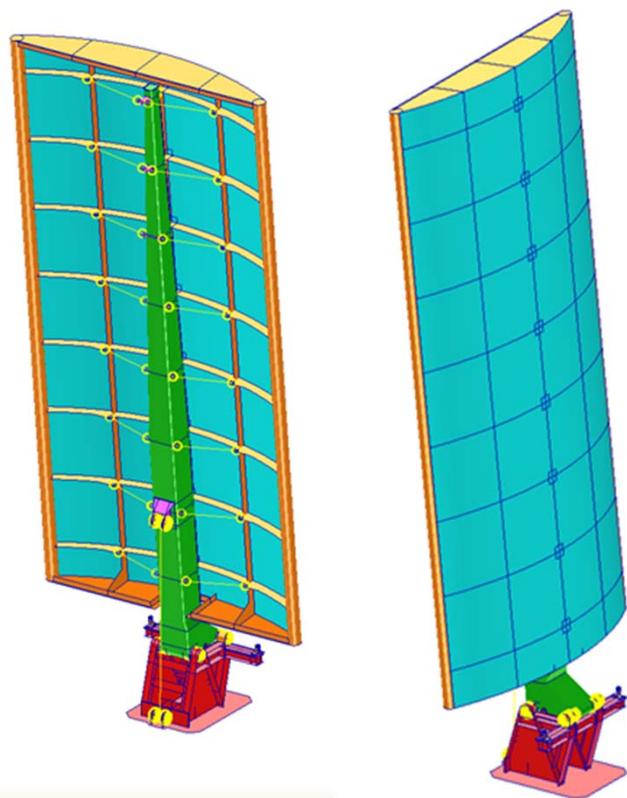
風洞試験模型および試験状況



空力特性

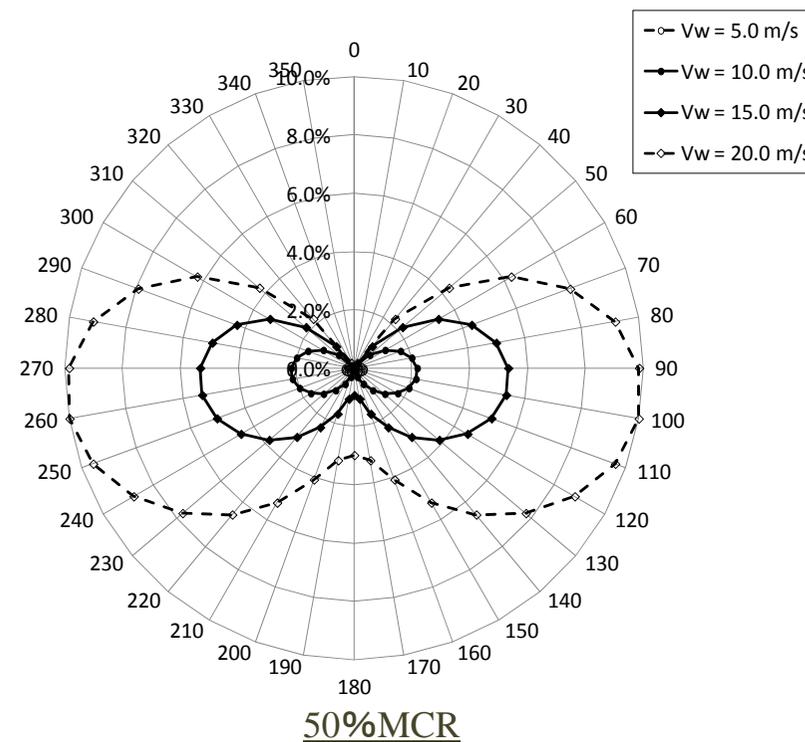
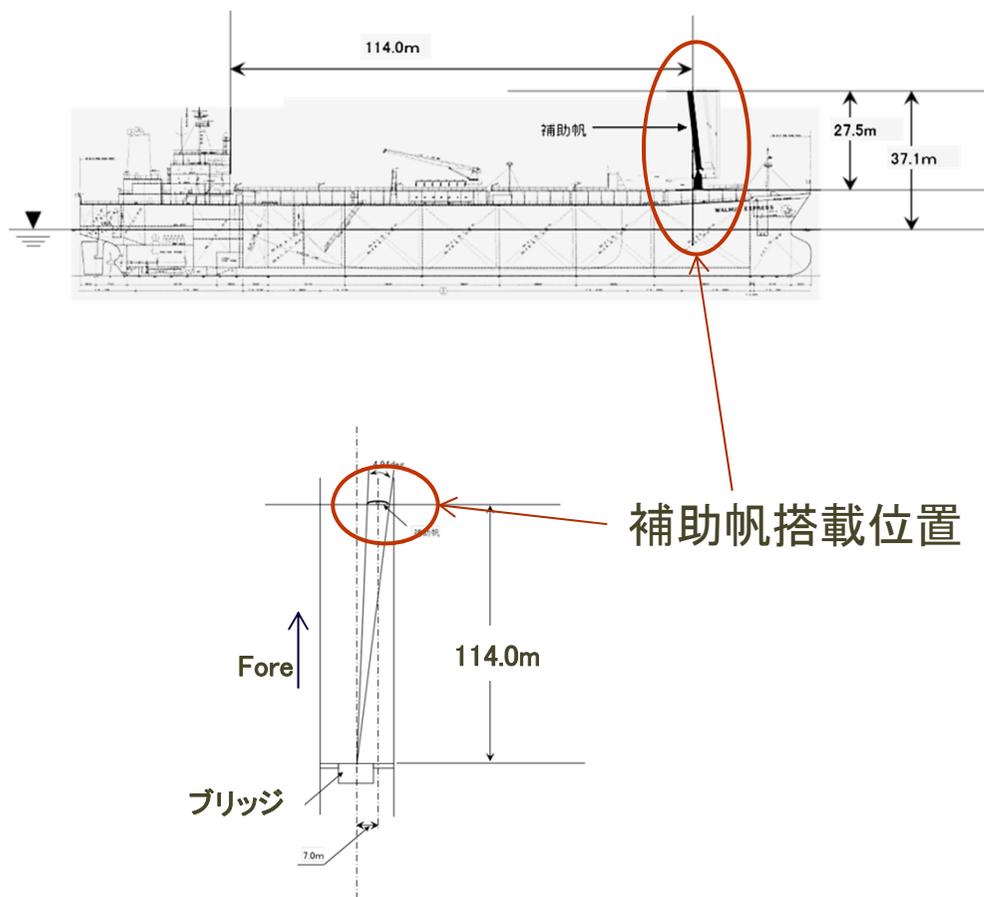
# FEM解析

- プロトタイプの強度を把握
- 波浪中での動揺(傾斜と加速度)を考慮
- 適切な補強を設計に反映



# 省エネ性能評価(1)

- 4万5千トンタンカーに、プロトタイプを搭載した場合の省エネ効果を推定



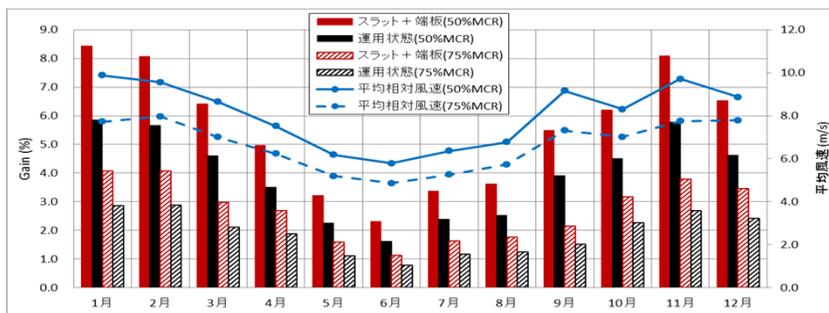
風向毎の省エネ効果

# 省エネ性能評価(2)

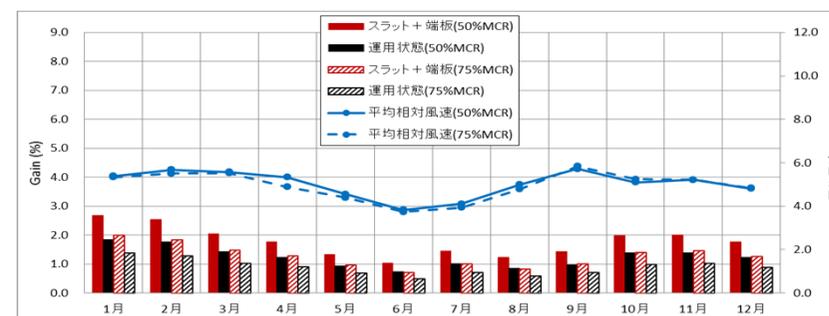
- 実際に航海した場合の年間の省エネ効果を評価
- 帆を装備しない場合の燃料消費が最小になる航路で評価



最適航路(燃料消費)



JAPAN ~ SEATTLE、75%MCR



JAPAN ~ BRISBANE、75%MCR

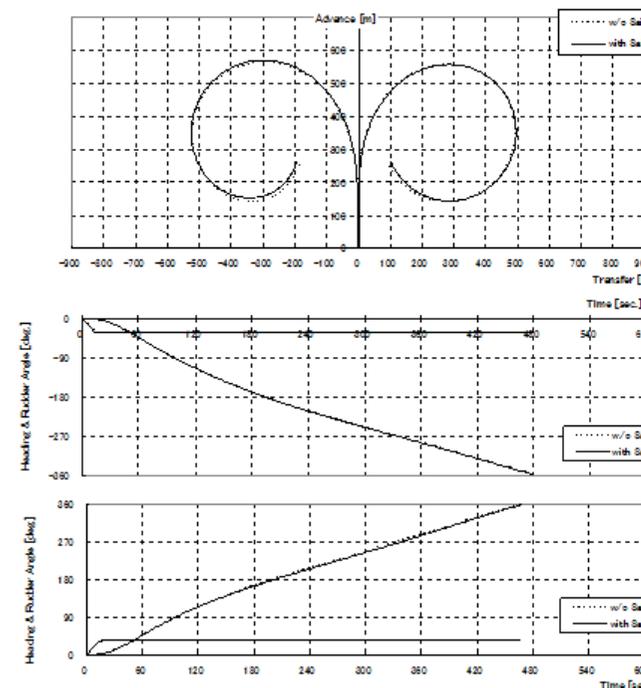
各月の省エネ効果

# 操船影響確認

- 帆が装備された状態での操縦性能をシミュレーションを実施
- 4万5千トンタンカーに、プロトタイプ(20m × 10m)を搭載した場合
- 実用上問題となるような影響が無いことを確認
- 帆を格納すれば、帆を装備しない状況とほとんど変わらない操縦特性を示す。

(4) Windy Condition (20m/s, 90deg)

Turning Angle	Without Sail				With Sail			
	Turn to Port		Turn to Stbd.		Turn to Port		Turn to Stbd.	
	time	speed	time	speed	time	speed	time	speed
90	97s	9.2kts	96	8.7kts	97s	9.3kts	96s	8.7kts
180	194s	5.4 kts	200	5.1 kts	194s	5.4 kts	202s	5.0 kts
270	335s	3.8 kts	334	4.6 kts	334s	3.7 kts	339s	4.6 kts
360	482s	3.7 kts	468	4.3 kts	482s	3.7 kts	470s	4.4 kts





# 陸上試験実施場所の選定(1)

## ● 陸上試験場所の選定

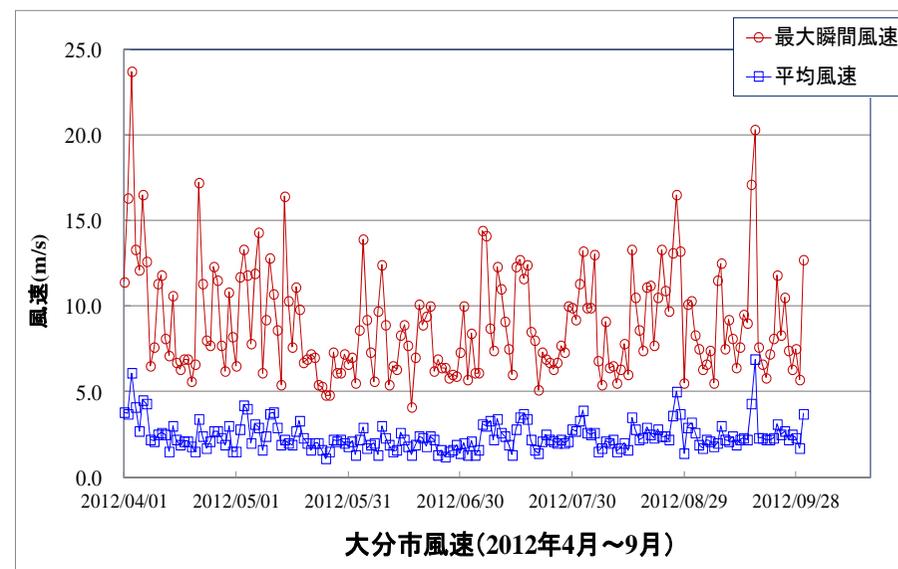
- 試験を実施するに十分な風が発生すること
- 耐久試験の面から、海上の環境に近い海岸にプロトタイプの設置が出来ること
- 周辺に風に影響を与える建造物や地形が存在しないこと
- 格納展帆を含む全ての動作試験を行う事が出来る十分な試験エリアを確保できること
- 緊急時の対応を含む十分な安全管理体制を整えることができること

# 陸上試験実施場所の選定(2)

## ● 大分市の風況

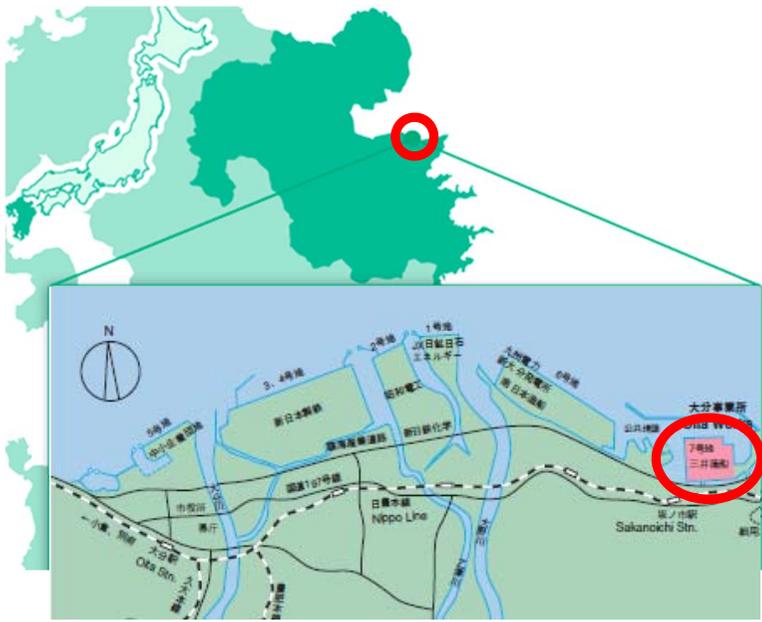
- 試験実施期間と同時期の2012年の気象庁による観測結果から、次の事が確認され、三井造船大分事業所は風況面から、試験場所として適当であることが確認された。

- 風が吹かない日がないこと
- ほぼ毎日5m/s以上の風が吹く瞬間があること
- 3割程度の日が最大瞬間風速10m/s以上であること
- 20m/s以上の最大瞬間風速が試験期間内に数回期待できること



\* Power Assist Sailは、相対風速20m/s以下での動作を想定している

# 陸上試験実施場所の選定(3)



大分県大分市日吉原

試験実施場所



三井造船大分事業所

# 設置工事状況



土木工事



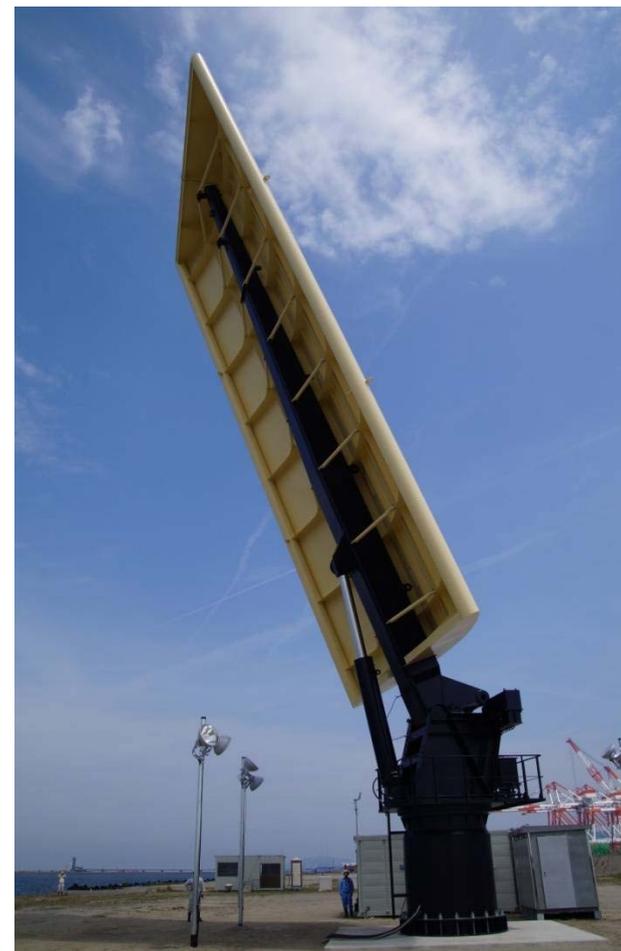
輸送



設置工事

# 陸上試験(1)

- 陸上試験期間
  - 2013年5月～12月
- 試験内容
  - 動作確認試験
    - 設計通りに動作するかを確認
  - 空力特性確認試験
    - 風洞模型との失速角度の違いを確認
  - 自動制御試験
    - 制御の妥当性確認および耐久試験
  - 航海再現試験
    - 加速試験、耐久性の確認
  - 格納状態試験

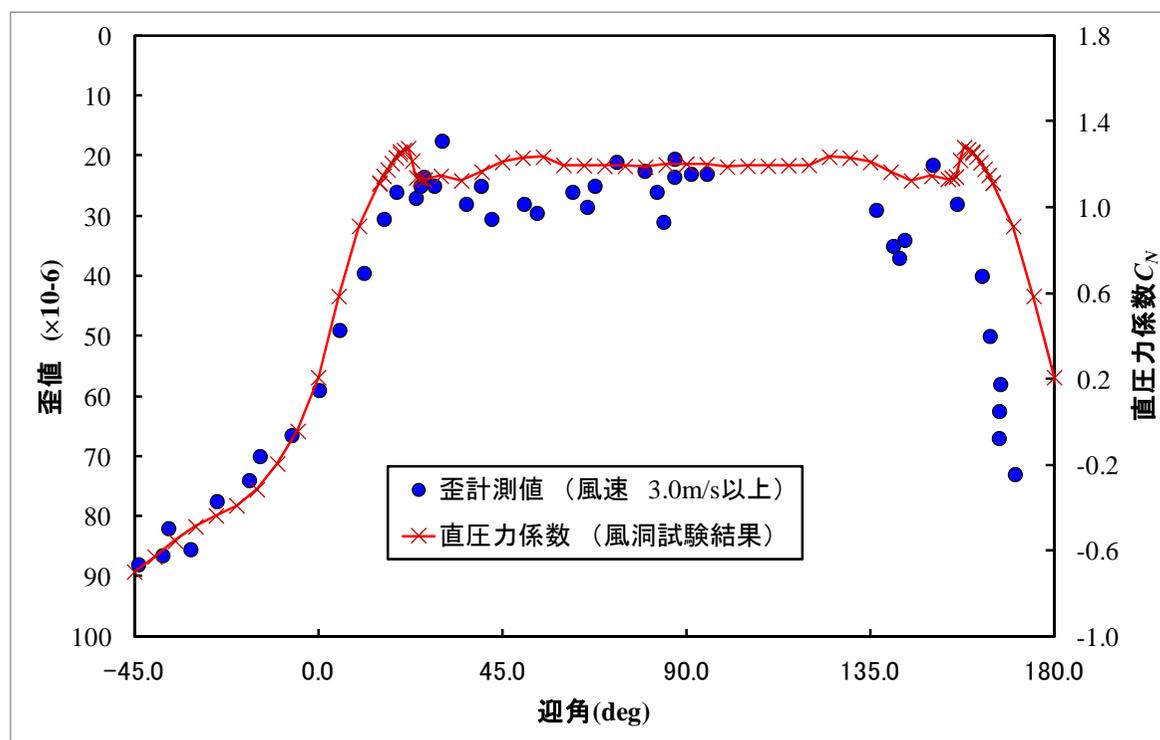


動作試験時の状況

# 陸上試験(2)

## ● 空力特性確認試験(計測例)

- ▶ プロトタイプ実機: 30deg.付近と150deg.付近で失速
- ▶ 風洞試験: 21deg.及び158deg.付近で失速



## 計測例

# 陸上試験(3)

- 総運転時間

- 1,800時間以上の陸上試験を実施



大きな問題は発生しなかった  
高い信頼性を持つことが確認された



- 実用化を目指した改良

- 耐久性・信頼性向上のための改良
- 制御方法改良



- 配線ガイド、油圧配管等の改良
- 油温および風向・風速を考慮した制御法の改良



## 最後に

本研究開発は、日本海事協会、(株)商船三井、三井造船(株)、(株)三井造船昭島研究所との共同研究体制により研究を実施しているもので、日本海事協会の「業界要望による共同研究」のスキームにより研究支援を受けてます。ここに関係者への謝意を表します。

# ClassNK

R & D PROJECT

