

第71回実海域推進性能研究会

LNG船の最新取り組み状況について



2015年9月18日
三菱重工業株式会社

1. 弊社のLNG船のご紹介

1.1 「さやえんどう」

1.2 次世代型LNG運搬船「サヤリンゴSTaGE」

2. 実海域推進性能の向上に対する取り組み

2.1 ブイ式波高計を用いた波計測

2.2 速力試験におけるブイ式波高計を用いた波修正方法について

三菱LNG船の系譜

第一世代
125,000m³, 5tanks



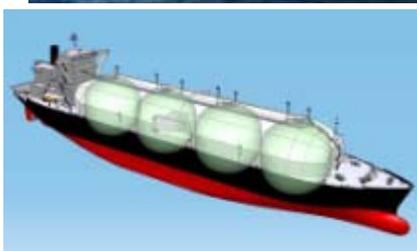
第二世代
127,000m³, 4tanks



第三世代
137,000m³, 5tanks

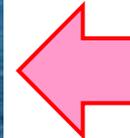


第四世代
147,000m³, 4tanks



第六世代
180,000m³, 4tanks
“サヤリンゴSTaGE”

進化



第五世代
155,000m³, 4tanks
“さやえんどう”
(8隻受注、内3隻引渡済)

1. 弊社のLNG船のご紹介

1.1 「さやえんどう」

1.2 次世代型LNG運搬船「サヤリンゴSTaGE」

2. 実海域推進性能の向上に対する取り組み

2.1 ブイ式波高計を用いた波計測

2.2 速力試験におけるブイ式波高計を用いた波修正方法について

155,300m³ さやえんどう型球形タンク方式LNG船



シップ・オブ・ザ・イヤー2014 受賞

連続カバー船 について

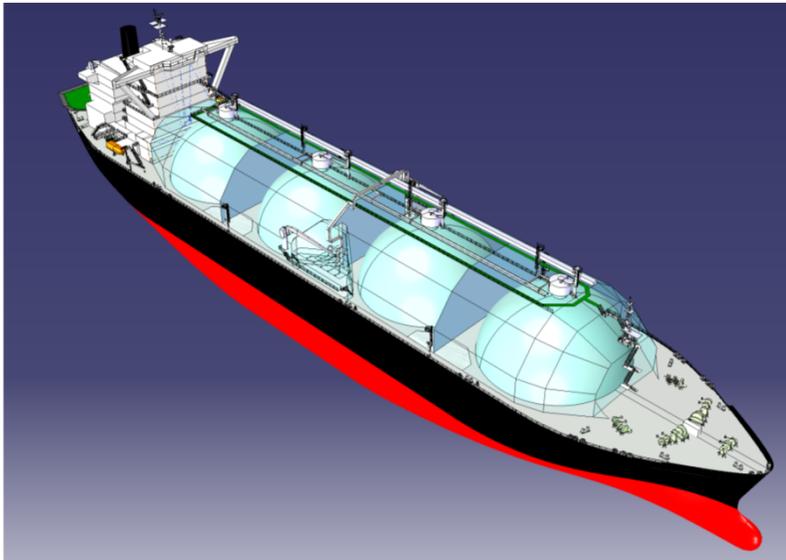
6



- ・ 愛称「さやえんどう」 
- ・ 連続カバーを利用した、軽量かつメンテナンス性の良い球形タンク方式 LNG船。
- ・ 推進性能改善（低燃費）



さやえんどう型



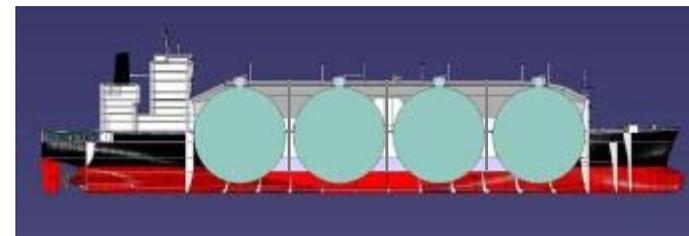
さやえんどう透視図



従来型球形タンク船

本船の開発コンセプト

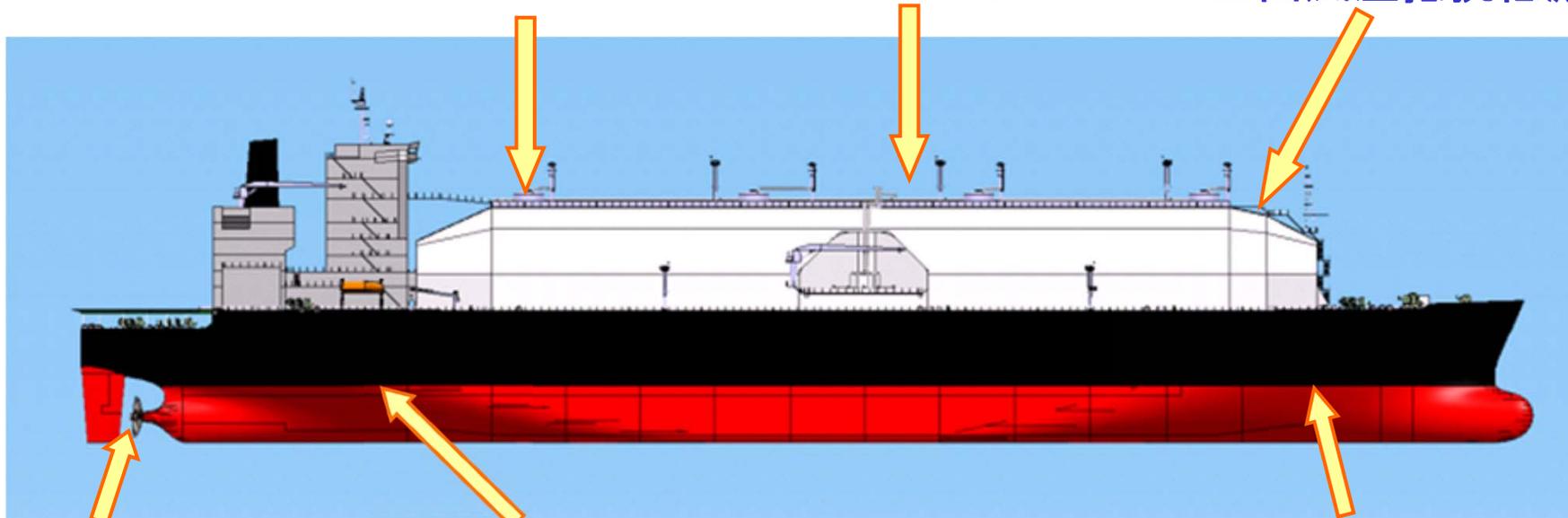
- ◆ 信頼性の高い球形タンク方式
- ◆ 主寸法は147型を維持したまま、貨物容積増量（ストレッチタンク）
- ◆ 燃費改善（船型、主機、風圧抵抗）
- ◆ 低BOR選択可能 0.10～0.08 %/d



連続バーによる重量低減

メンテナンス性向上

正面風圧抵抗低減

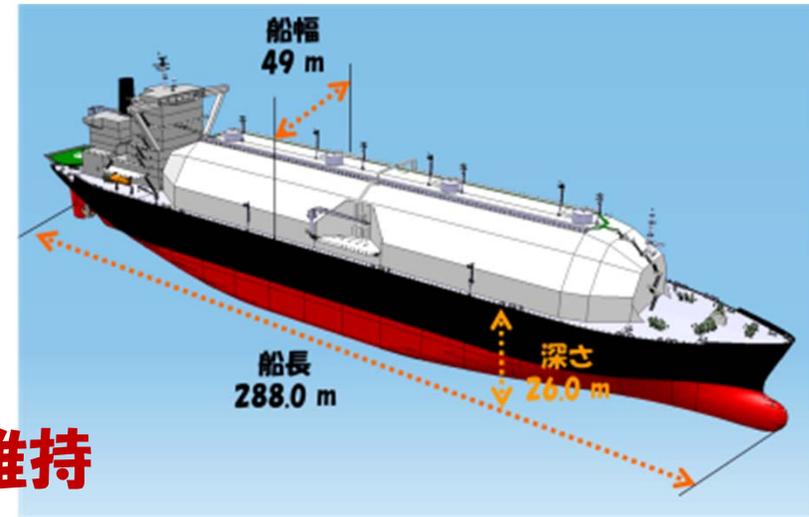


高効率推進装置

高効率タービン採用

高性能船型

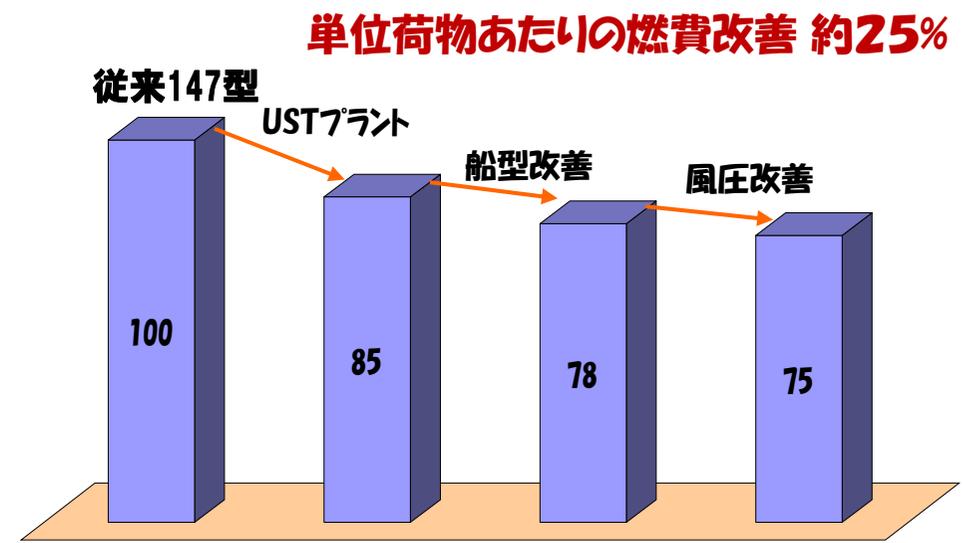
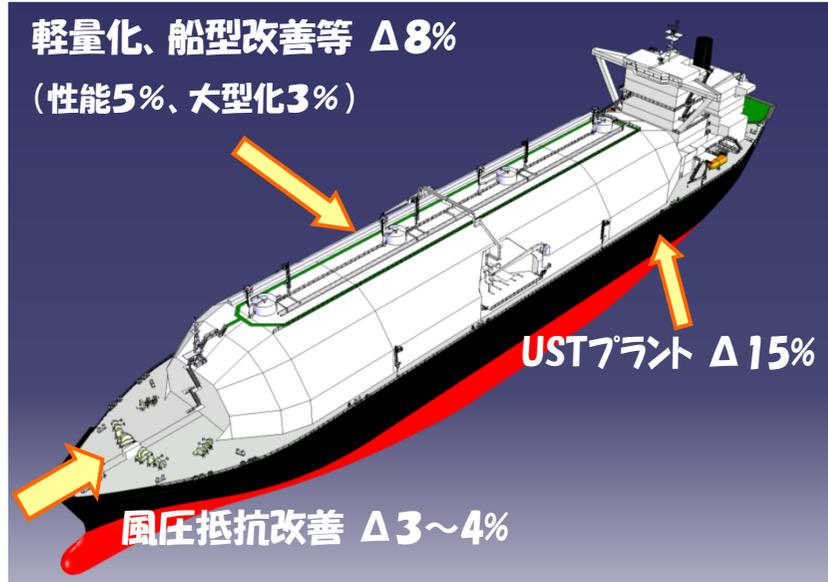
155km さやえんどう 要目



👉 従来の147型船並み主寸法を維持

	従来型 147 km ³	さやえんどう型 155 km ³	特徴
タンク容量	約 147,200 m ³	約 155,300 m ³	約 8,000m ³ 増
船長 (Loa)	約 288 m	約 288 m	同長さ
船幅 (mld.)	49.0 m	48.94 m	ほぼ同じ幅
船深さ (mld.)	26.8 m	26.0 m	深さ減
船速	約 19.5 knot	約 19.5 knot	
推進プラント	従来型 船用タービンプラント	UST (Ultra Steam Turbine) :再熱型 船用タービンプラント	省燃費主機
Boil Off Rate	0.15 % / day	0.08 % / day	低BOR

さやえんどうの燃費改善



・ 燃費良好なUST推進フロント



USTタービン



USTボイラー

USTはNox3次規制値以下達成 (NOx規制対象外)



1. 弊社のLNG船のご紹介

1.1 「さやえんどう」

1.2 次世代型LNG運搬船「サヤリンゴSTaGE」

2. 実海域推進性能の向上に対する取り組み

2.1 ブイ式波高計を用いた波計測

2.2 速力試験におけるブイ式波高計を用いた波修正方法について

MOSS型 LNG船の系譜

第一世代
125,000m³, 5tanks



第二世代
127,000m³, 4tanks



第三世代
137,000m³, 5tanks



第四世代
147,000m³, 4tanks



第六世代
180,000m³, 4tanks
“サヤリンゴSTaGE”

進化



第五世代
155,000m³, 4tanks
“さやえんどう”
(8隻受注、内2隻引渡済)

開発の背景 北米シェールガス輸入航路の特徴



18万m³級連続型タンクカバー MOSS型LNG運搬船 (サヤリンゴ STaGE)

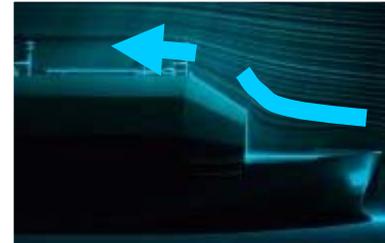
連続型タンクカバー(“サヤ”)

船体軽量化

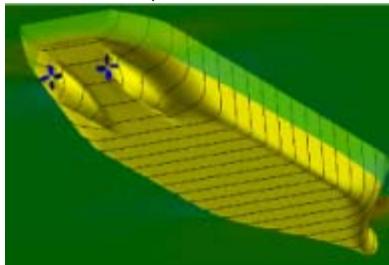
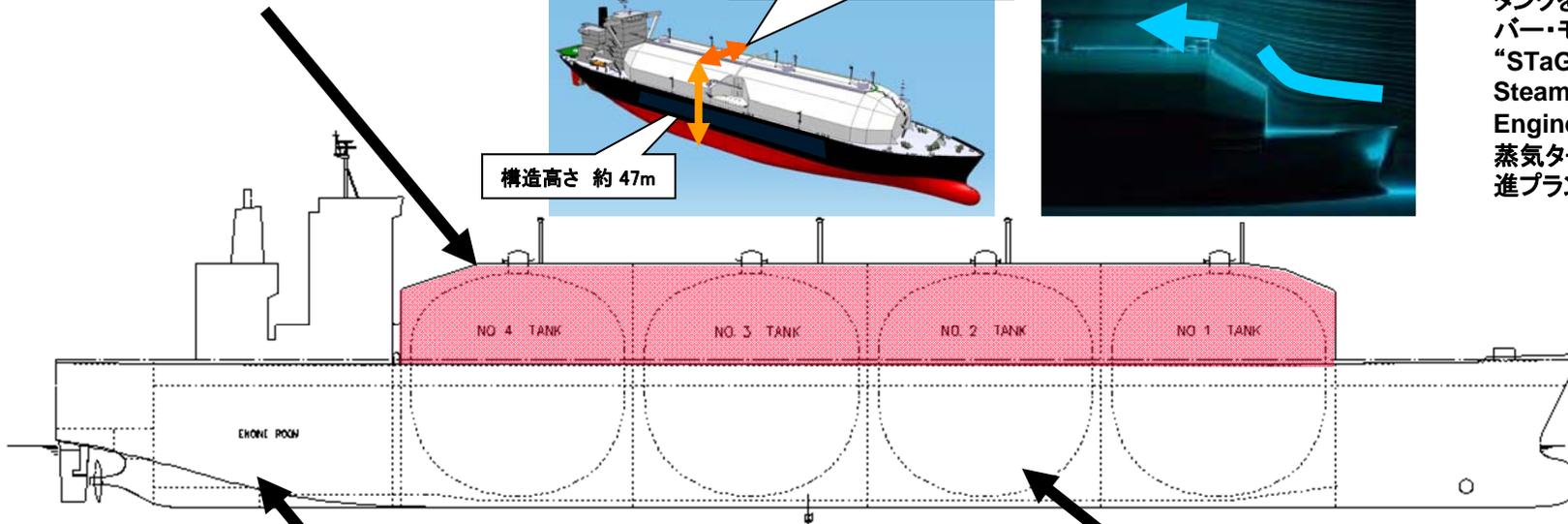
強度上のデッキ面積が大きい

構造高さ 約 47m

風圧抵抗低減



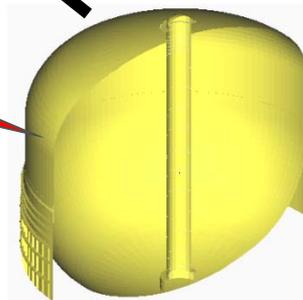
“サヤリンゴ”
カーゴタンクに改良MOSS型
タンクを採用した連続型カ
バー・モス型LNG船の愛称。
“STaGE”
Steam Turbine and Gas
Engineの略称で2軸高効率
蒸気タービンハイブリッド推
進プラントの愛称。



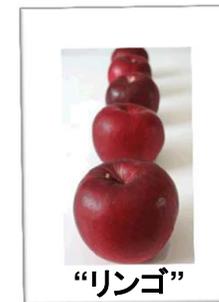
2軸高効率
蒸気タービンハイブリッド推進プラント
(STaGE)

49mの幅制限内で、貨物
容積18万m³を確保

Patent pending



改良MOSS型タンク
(リンゴ形状タンク)



“リンゴ”

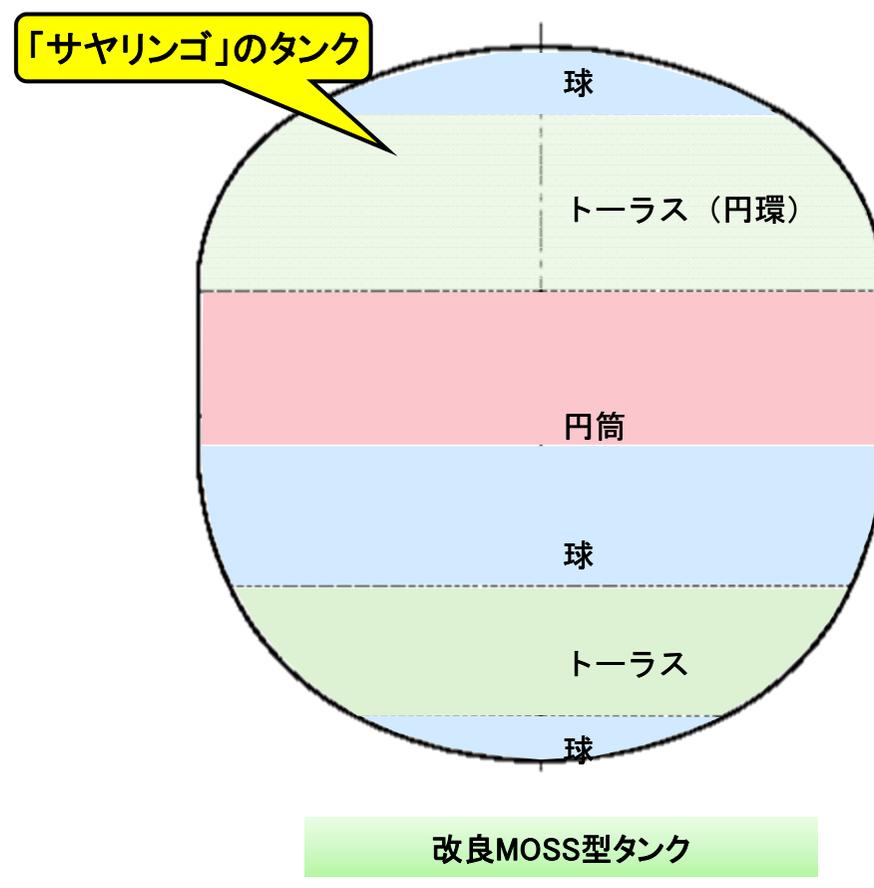
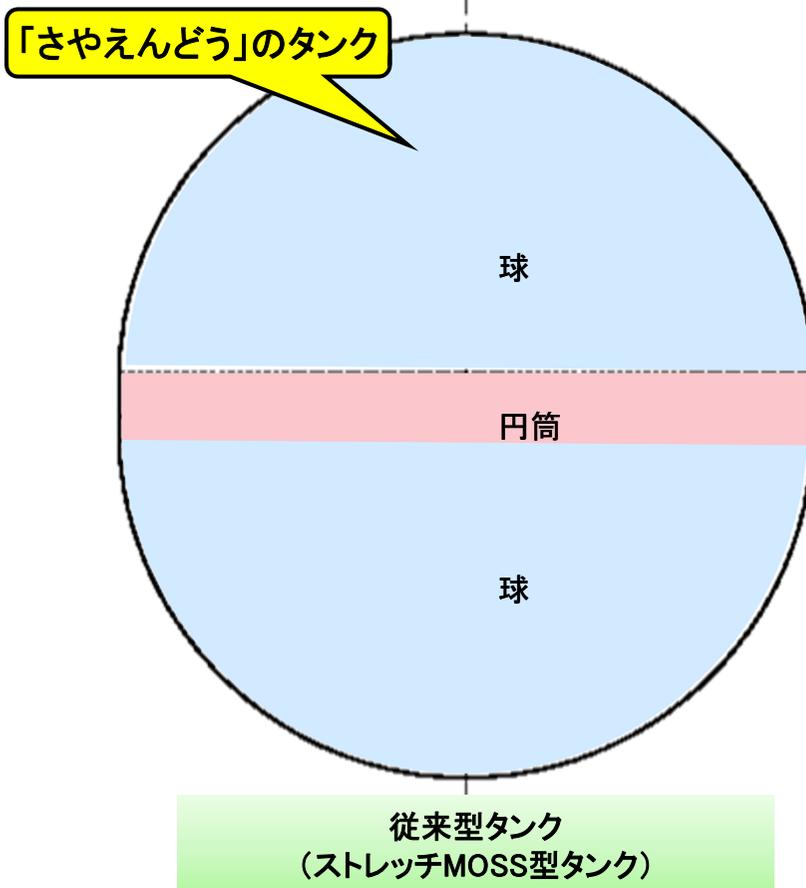
主要目（従来船型との比較）

	155k m3級 連続型タンクカバー MOSS型LNG運搬船 「さやえんどう」	180k m3級 連続型タンクカバー MOSS型LNG運搬船 「サヤリンゴSTaGE」
貨物容積 (100%)	約 155,300m ³	約 180,000m ³
全長	約 288 m	約 297.5 m
型幅	48.94 m	48.94 m
型深さ	26.0 m	27.0 m
計画満載喫水	11.55 m	11.5 m
船速	約 19.5 kn	約 19.5 kn
推進プラント	1軸1舵 高効率再熱船用蒸気タービン (UST)	2軸2舵 高効率蒸気タービンハイブリッド (STaGE)

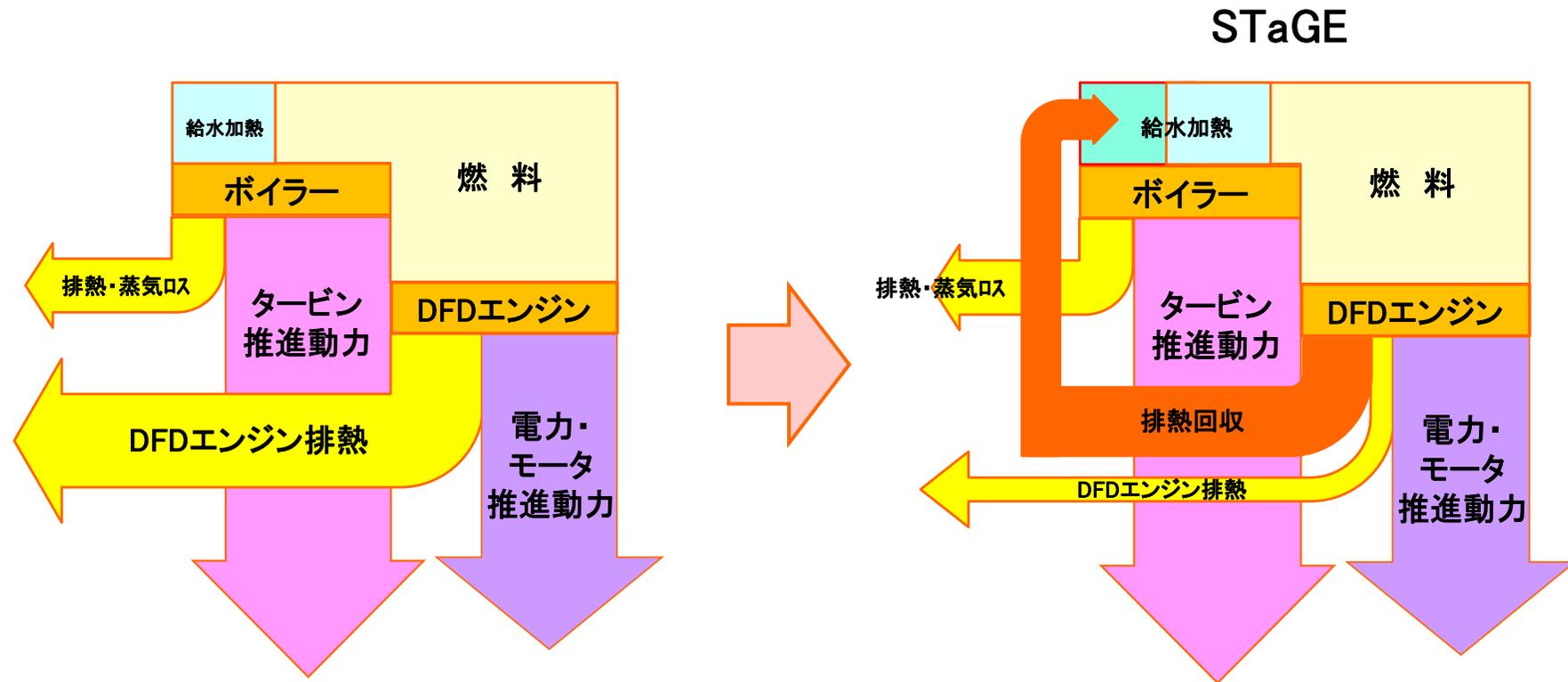
改良MOSS型タンク(リンゴ形状タンク)の特長

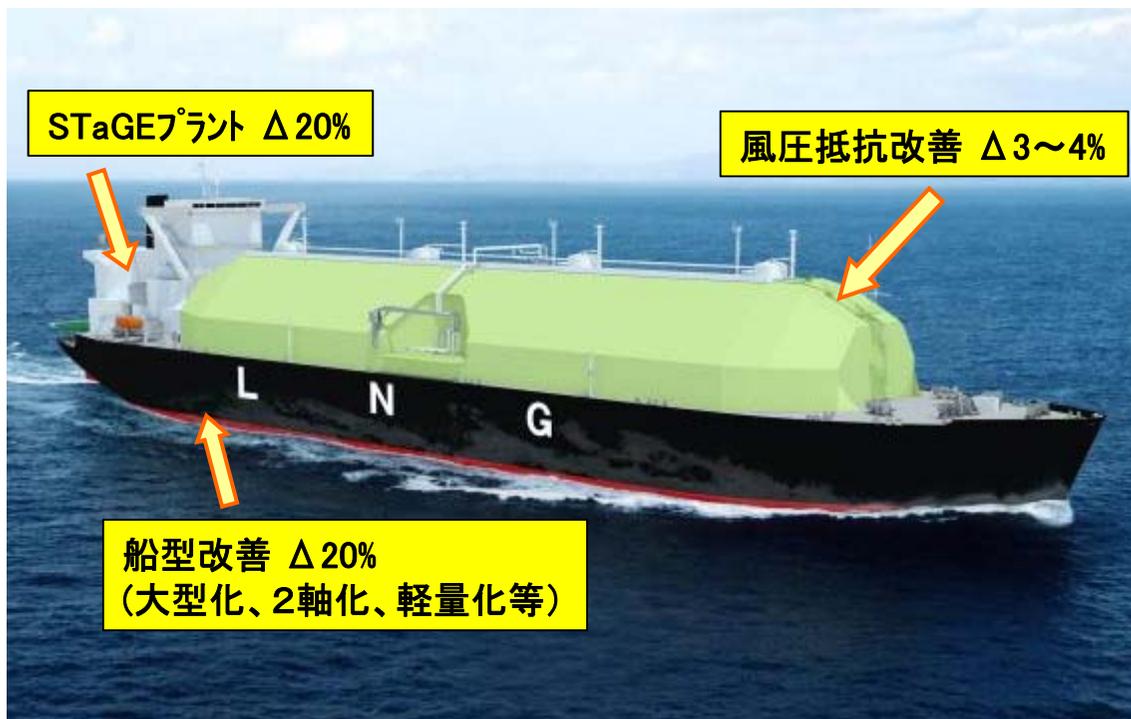
本船は、新パナマ運河通行制限のもとでの最大容積達成の為、改良MOSS型タンク(リンゴ形状タンク)を採用。これは豊富な実績により高い信頼性が裏付けされたMOSS型球形タンクに、形状変更を加えて容積効率を高めたタンクです。従来型タンクと比較した主な特徴は下記の通りです。

- 円筒ストレッチ部を従来MOSS船よりも延長。
- 北半球および南半球にトーラス(円環)を挿入。
- 同じ容積に対し、タンク高さを押さえることが出来、かつタンク重心を低く出来る。

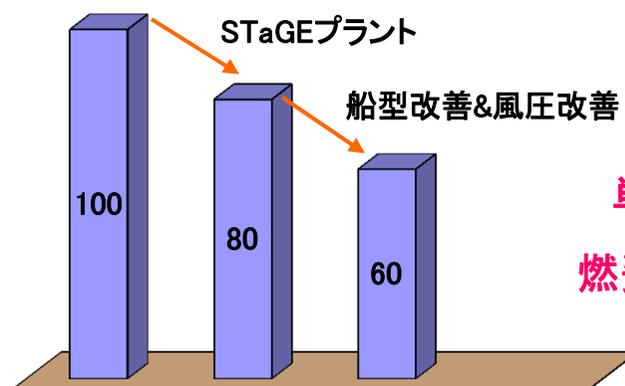


排熱回収のイメージ





従来型(147km³, CST)



単位貨物当り
燃費改善40%超

1. 弊社のLNG船のご紹介

1.1 「さやえんどう」

1.2 次世代型LNG運搬船「サヤリンゴSTaGE」

2. 実海域推進性能の向上に対する取り組み

2.1 ブイ式波高計を用いた波計測

2.2 速力試験におけるブイ式波高計を用いた波修正方法について

波高計比較

	マイクロ波式波高計	レーダー式波高計	ブイ式波高計 Axys製TRIAXY MINI
方式	マイクロ波ドップラーレーダ＋加速度計	船舶用Xバンドレーダー	係留型ブイ
出力	実波高、有義波高、平均出 会周期、相対波高、船体 Heave	有義波高、最大波高、 波周期、波速度、波長、 波方向、 周波数・方向スペクトル	波高、波周期、波方向、 周波数・方向スペクトル
重量	30kg	20kg未満	60 kg
特徴	乾舷25m程度まで可能。 計測される周期は出会周期。 波方向が計測できない。	波高計測中にレーダー範囲 を固定する必要有り	潮流1.8kn、水深 200m程 度まで可能。 衛星等を利用してデータ転 送可能。
備考	*無線局免許取得が必要。 *出会周期から絶対周期への 変換の検討が必要。	*自動Calibration機能有り。 設置調整1日未満。 *試運転毎に調整が必要。	*ブイ回収に小型船チャー ターが必要。 *計測精度が最も高い。

→弊社ではブイ式波高計を使用

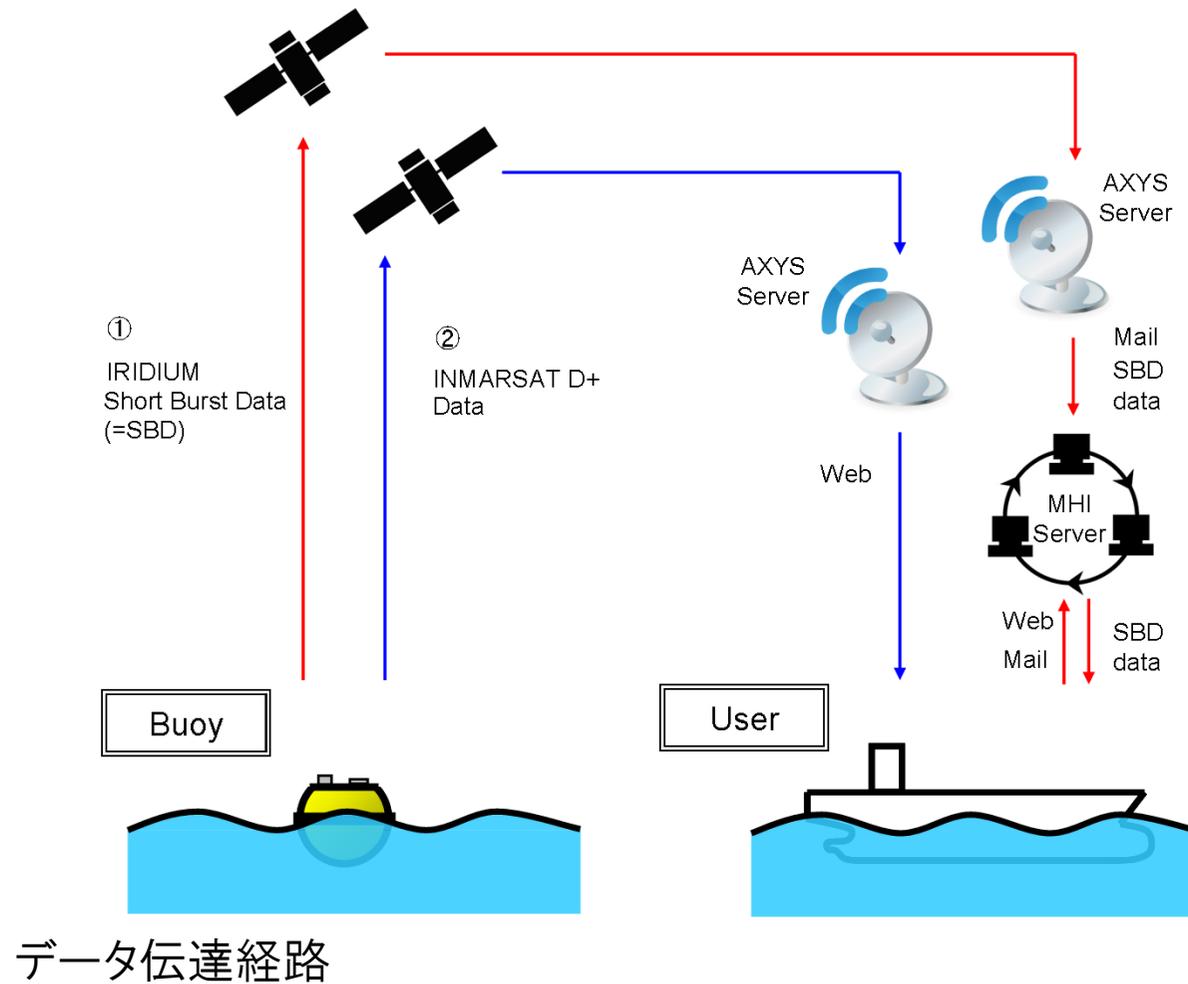


ブイ式波高計



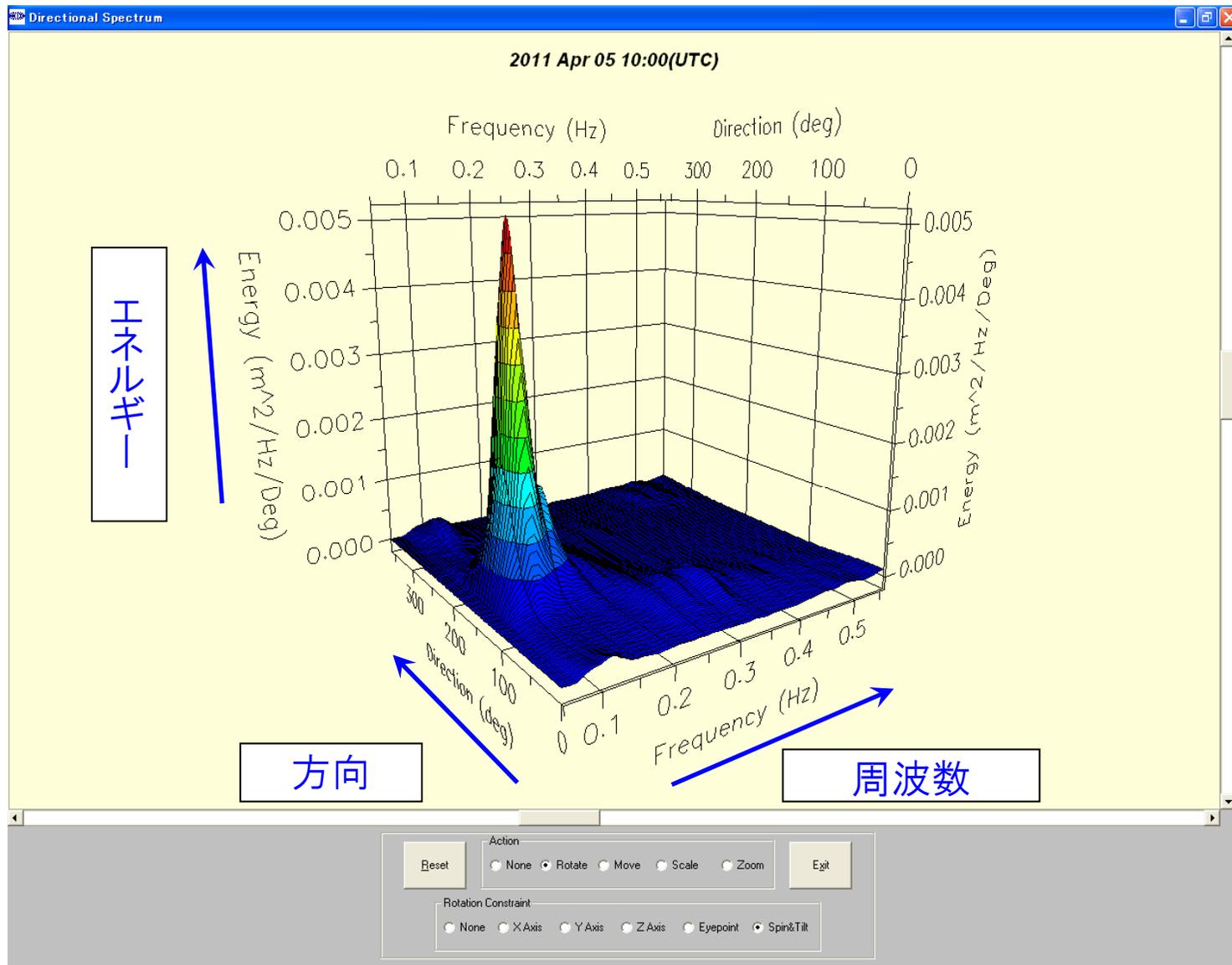
計測中のブイ式波高計

ブイ式波高計



MHIは①イリジウムシステム経由のデータを船上で確認して解析に使用

計測できるスペクトル



1. 弊社のLNG船のご紹介

1.1 「さやえんどう」

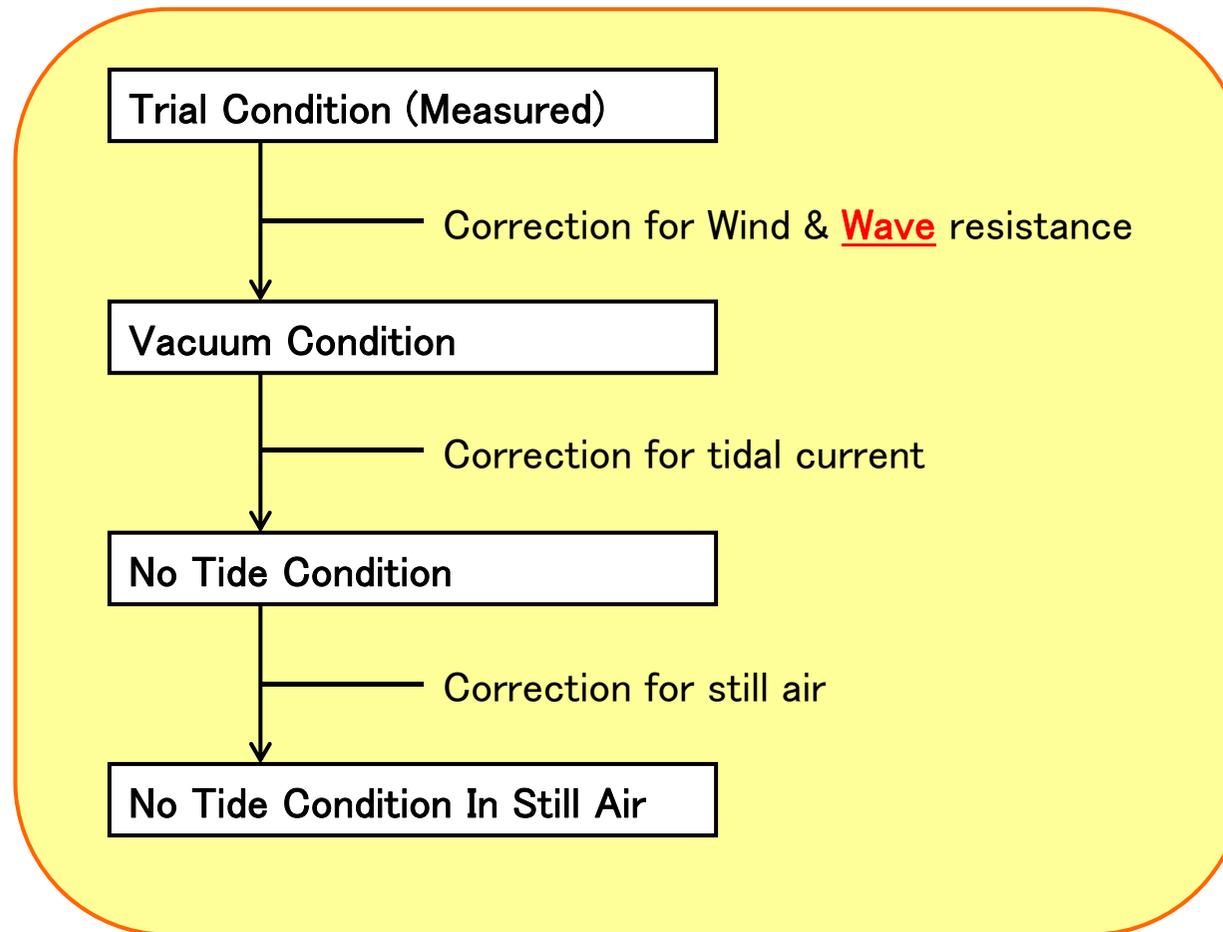
1.2 次世代型LNG運搬船「サヤリンゴSTaGE」

2. 実海域推進性能の向上に対する取り組み

2.1 ブイ式波高計を用いた波計測

2.2 速力試験におけるブイ式波高計を用いた波修正方法について

- ・谷口/田村の方法を適用
- ・波抵抗は、風抵抗の修正と同じステップで、風抵抗と併せて修正する



実海域での波浪抵抗算出方法について

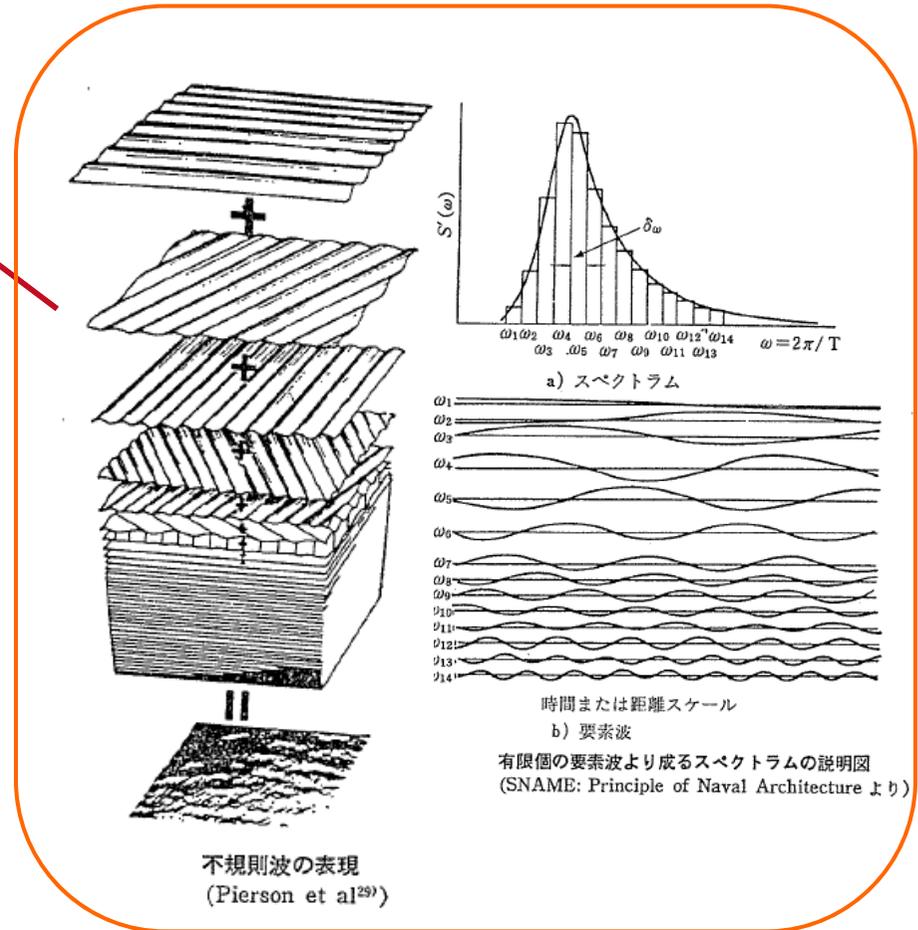
実海域の波:

様々な波高、周期、波方向の波が含まれた不規則波

スペクトルの概念を用いて、実海象を様々な規則波を重ね合わせたものと考える



- 規則波中の抵抗増加量
 - 実海象のスペクトル
- (波高、周期、方向の分布度合い)



が分かれば、波浪抵抗を算出することが可能

弊社LNG船の波抵抗算出方法

弊社LNG船で採用されている方法

- ・ISO15016-2002に記載されている波浪修正方法に準拠
- ・ブイ式波高計の計測結果を使用

波の計測データおよび規則波中での抵抗増加関数から不規則波中の抵抗量を算出する過程がISO15016-2002と異なる

複数の波が異なる方向から到来する場合において、より厳密に抵抗増加量を算出することが可能

ISO15016-2002 フローチャート

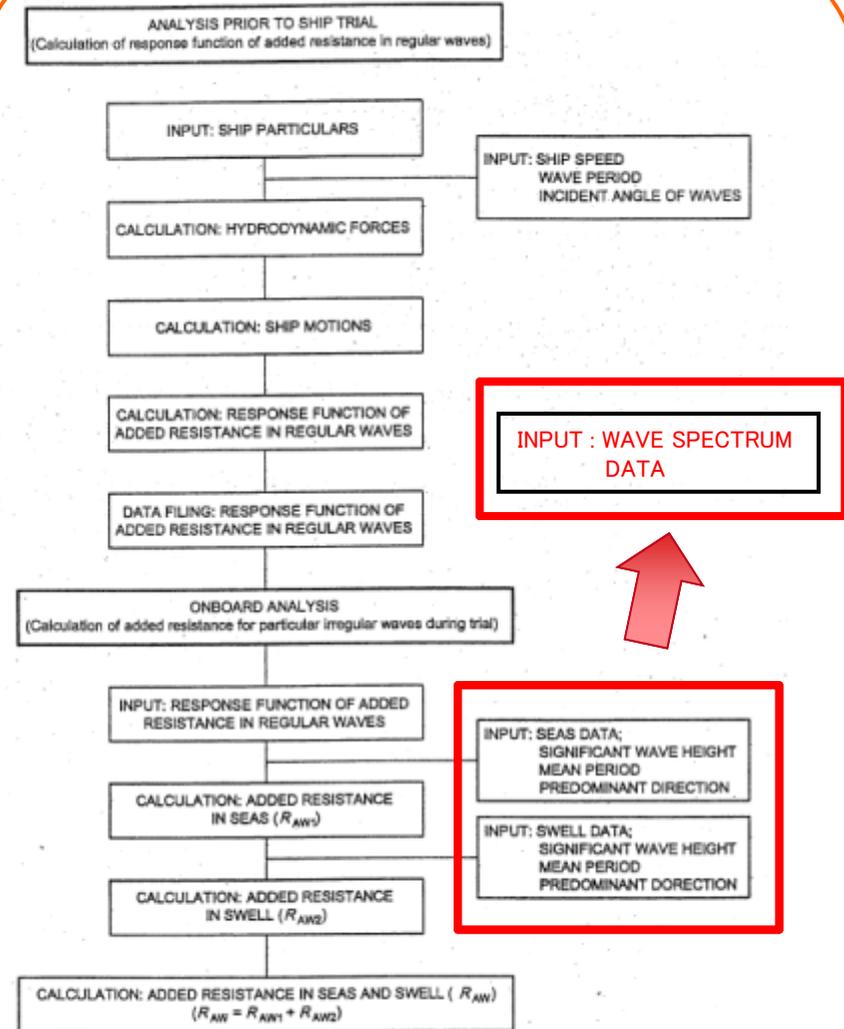
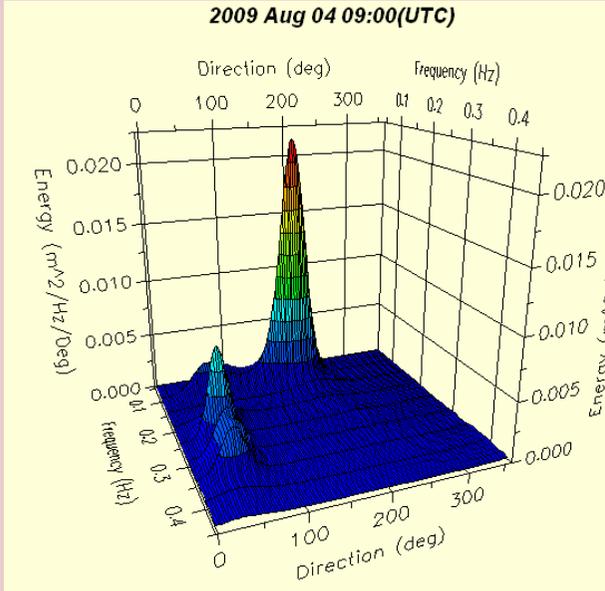


Figure B.1 — Flowchart for calculation of resistance increase in waves

計測方法の比較

ISO15016-2002の方法	弊社LNG船採用の方法
<p data-bbox="342 395 1059 499">風波、うねりにおける以下の項目を計測</p> <ul data-bbox="353 566 629 730" style="list-style-type: none">・ 有義波高・ 平均周期・ 平均波方向	<p data-bbox="1137 395 1854 499">実海象の周波数・方向分布スペクトル</p>  <p data-bbox="1137 1150 1877 1369">上記データから、波高、周期、波方向等の各種データも算出される (算出される値は、風波・うねりが複合されたものとなる)</p>

不規則波中抵抗増加

抵抗増加量算出方法の比較

	ISO15016-2002の方法	弊社LNG船採用の方法
周波数 スペクトル	風波 : ISSCのスペクトル うねり : JONSWAPのスペクトル であるとの仮定の下、計測される波高、 周期を元にスペクトルを作成	計測される周波数・方向分布のスペク トルを使用
方向分布	主方向を中心に、風波 : \cos^2 、 うねり : \cos^{150} の分布であると仮定	
重ね合わせ	風波、うねりそれぞれで規則波中応答 関数と重ね合わせして、算出される抵 抗値を合算	計測される周波数・方向分布スペクトルと規則波中応答関数を直接重ね合わせし、抵抗値を算出

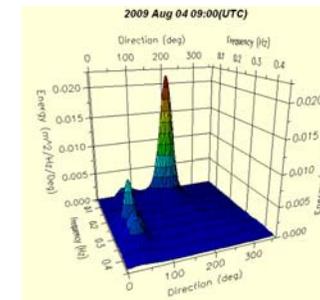
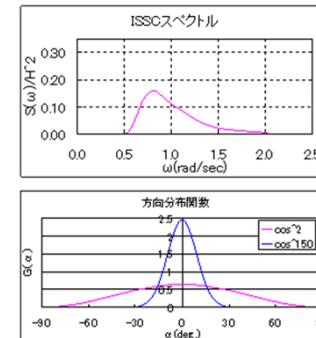
複数の波が異なる方向から到来する場合に、より厳密に抵抗増加量を算出可能

不規則波中抵抗増加

- 標準スペクトル (ISSC、JONSWAP) を用いた場合と、
バイスペクトル (ブイ式波高計の計測スペクトル) を用いた場合では、
波の修正量に差が生じる場合がある



BF6相当の海象で、条件によっては
修正後の推進性能に**5%程度**の差が
生じることが有り得る



- 弊社LNG船採用の方法は、**ISO15016-2015**においても適用可能



Our Technologies, Your Tomorrow

