



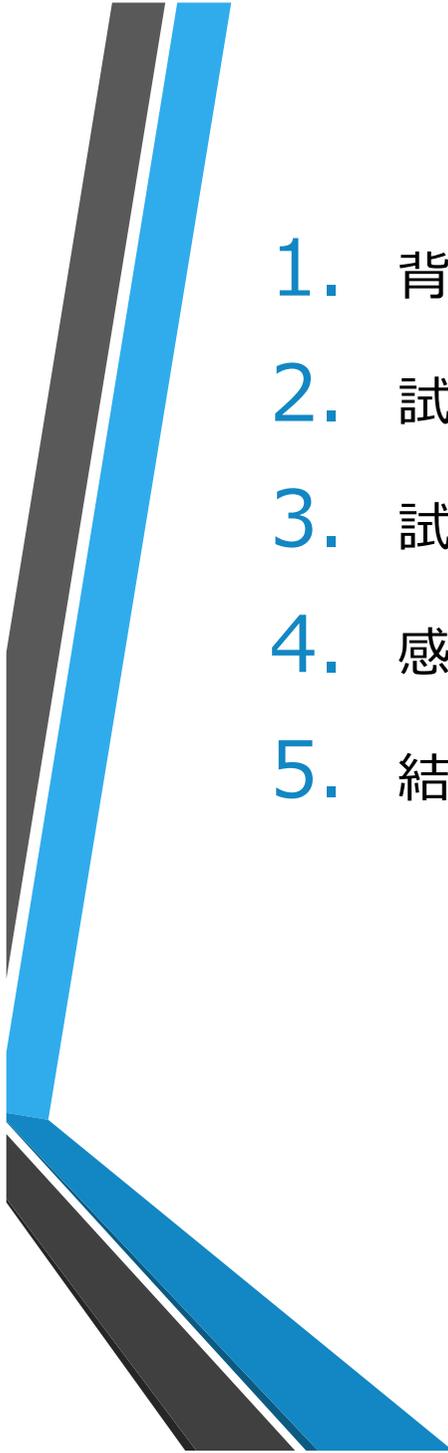
# 大型船舶で顕著となる極短波長における 向波中抵抗増加と試験の精度

国立研究開発法人

海上・港湾・航空技術研究所

海上技術安全研究所

横田早織・黒田麻利子・深澤良平・大場弘樹・辻本勝



# 発表内容

1. 背景
2. 試験内容
3. 試験結果
4. 感度解析
5. 結言

# 背景

近年の船舶

燃料コストの低減

➡ 大型化

➡ 低速運航

大型船の遭遇海象

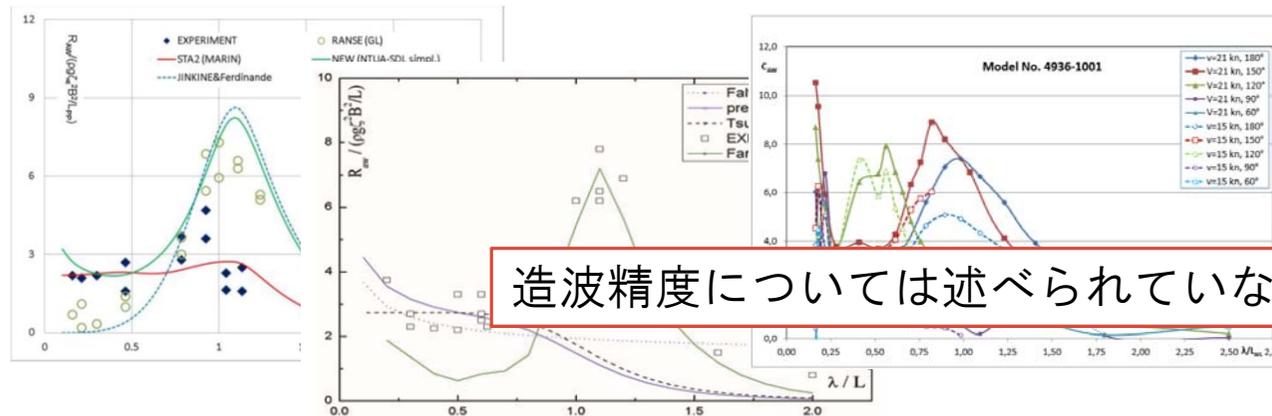
大型になればなるほど  
極短波長での船の性能が重要

↓  
極短波長 ( $\lambda/L0.2$ 以下) での  
波浪中抵抗増加試験

しかし

➡ 造波機の性能：極短波長の造波が難しい

➤ 海外では極短波長の波浪中抵抗増加試験を行った例がいくつもある



極短波長の造波精度による試験結果の違いと感度解析を実施した

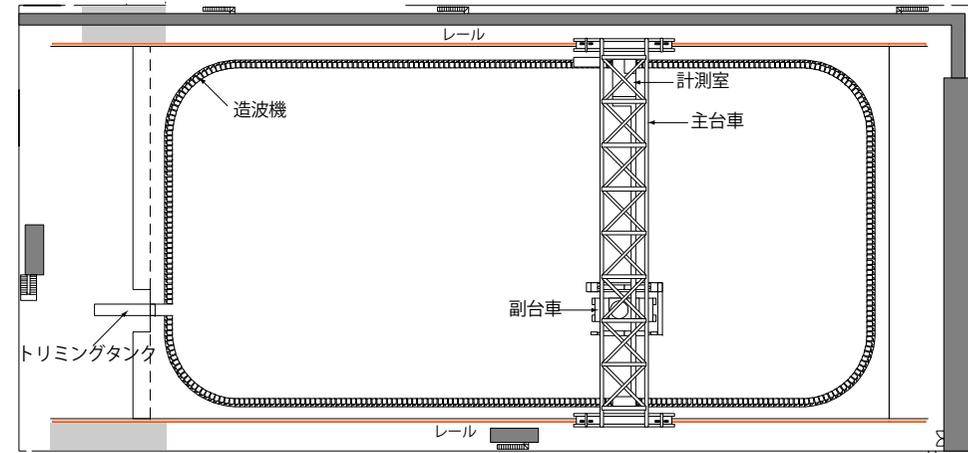
# 水槽試験

## 試験水槽：実海域再現水槽



長さ：80[m]、幅40[m]、水深4.5[m]

造波機：多分割吸収式フラップ型



全周造波吸収装置

消波されやすく、波待ち時間が短縮される

### 極短波長の造波の難しさ

- ①造波機の性能として不可能な場合  
→ 複数の造波機を用い、極短波長の造波も問題なく可能  
(今回の試験では $\lambda/L=0.176$ より造波可能)
- ②水面状態の影響を受けやすい  
→ 全周で消波を行うため、極短波長でも水面に波が残りにくい
- ③波が水面に残りやすい

実海域再現水槽は極短波長の試験に適した水槽

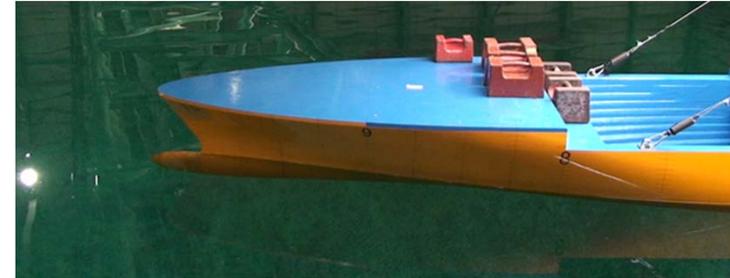
# 対象模型船

## DTC (Duisburg Test Case: Post-Panamax Container Ship)

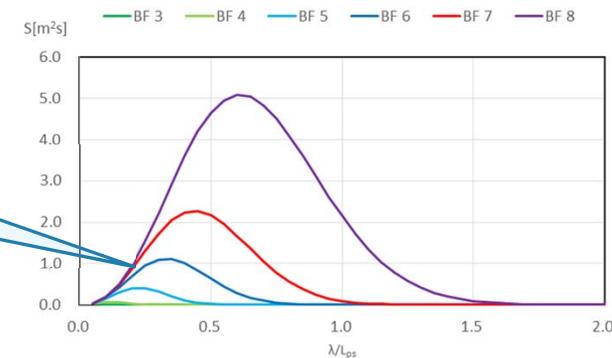
船長300mを超える大型コンテナ船

※動画

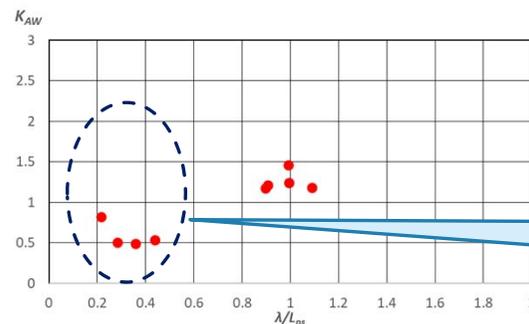
Item	Full-scale	Model
Length between perpendiculars[m]	<b>355.0</b>	5.5
Ship breadth [m]	51.0	0.79
Midship draft [m]	14.5	0.225



短波長の挙動が重要となる



SHOPERAが極短波長を含む  
波浪中抵抗増加試験結果を公開 ( $\lambda/L=0.2\sim$ )



短波長も集中的に  
試験を実施している

BF	$U_{wind}$ [m/s]	$H$ [m]	$T$ [s]
3	4.4	0.6	3.0
4	6.9	1.0	3.9
5	9.8	2.0	5.5
6	12.6	3.0	6.7
7	15.7	4.0	7.7
8	19.0	5.5	9.1

# 試験条件

## 試験条件

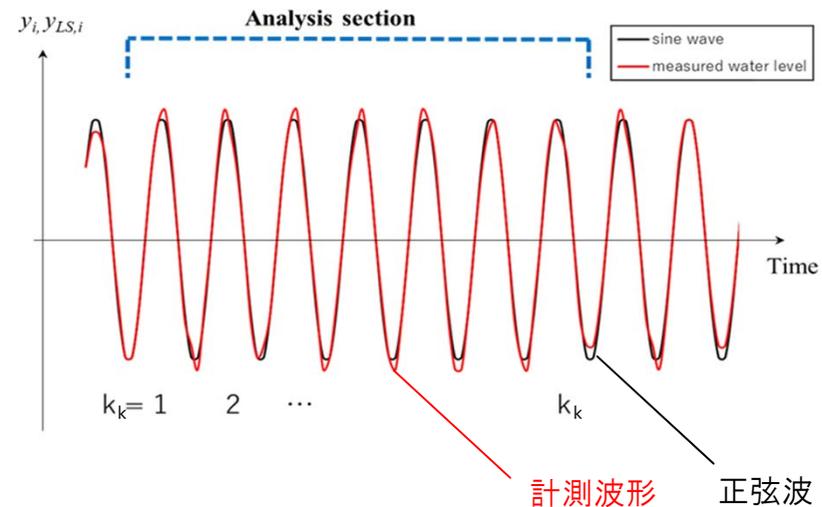
試験内容：向波中抵抗増加試験

速度： $Fr=0.139$ （16knot相当）

波長船長比： $\lambda/L=0.2\sim 1.1$

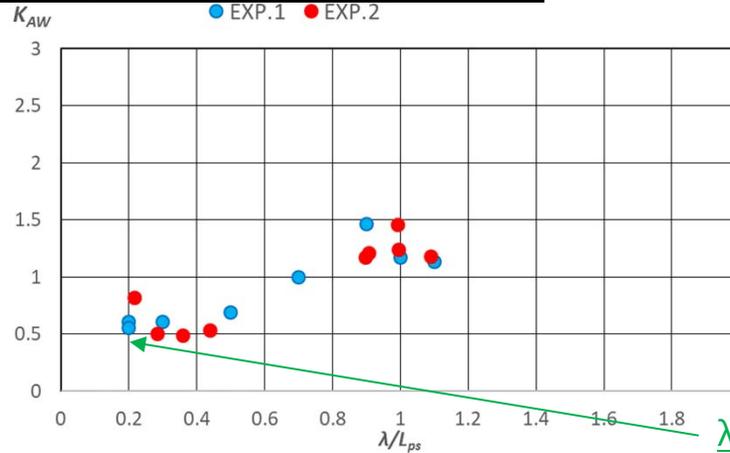
## 採用条件

- ・ 実船で3m相当の波を想定し、波の計測値が**想定波高の±10%未満**の計測点のみ採用
- ・ **運動および計測波形の安定した解析区間**を採用



# 試験結果

## 向波中抵抗増加 (16knot相当)



波浪中抵抗増加  $K_{AW}$

$$K_{AW} = \frac{R_{AW}}{4\rho g \zeta_a^2 B_{max}^2 / L_{ps}}$$

$\lambda/L=0.2$ は2計測おこなっており、ほぼ重なっている

## 計測波

$\lambda / L_{ps}$	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.9	1	1.1
$k_k$	10	12	9	10	9	12	7	5
$dH_w$	-3.40%	-1.70%	1.60%	7.30%	5.60%	0.30%	0.00%	-0.40%

$k_k$ : 波数

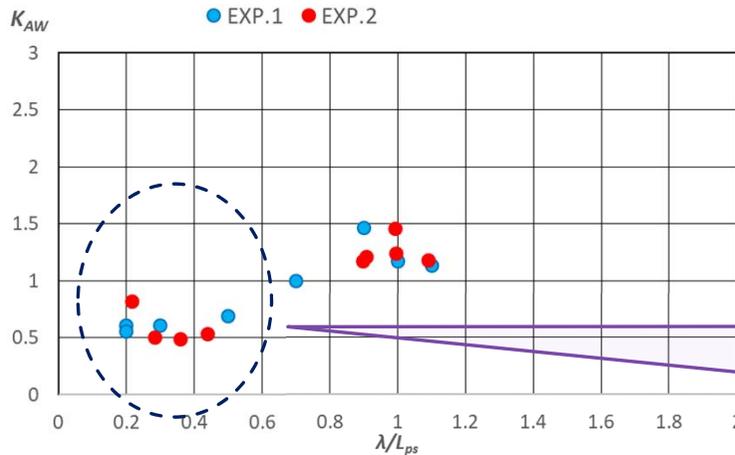
$dH_w$ : 想定波高との差[%]

- ・ 短波長の計測波形の波数は10程度
- ・ 短波長の波高は5%未満
- ・ 極短波長での計測は2点実施し、その2点は重なる結果となっている

精度の高い試験結果

# 試験結果

## 向波中抵抗増加（16knot相当）



- ・ おおよそSHOPERAの結果と同等の結果が得られた。
- ・  $\lambda/L \approx 0.2$ の結果に違いがある

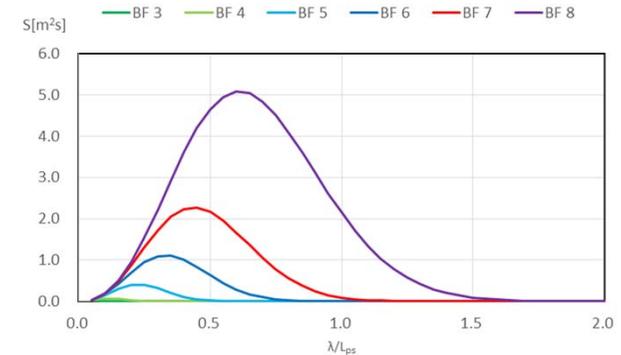
- 青マーカーと赤マーカーで異なる線が描ける
- ・ 青マーカー：短波長で一定
  - ・ 赤マーカー：短波長で増加傾向

極短波長のわずかな違いに見えるが...

$\lambda/L = 0.2$ やそれ以下の傾向によって

実海域性能に大きく影響が出ることが考えられる

3種類の周波数応答関数を  
スプライン補間にて作成



短波長の試験結果の違いによって  
実海域性能にどれほど影響を及ぼすか検証を実施

# 極短波長での周波数応答

## 作成した周波数応答

case1 :

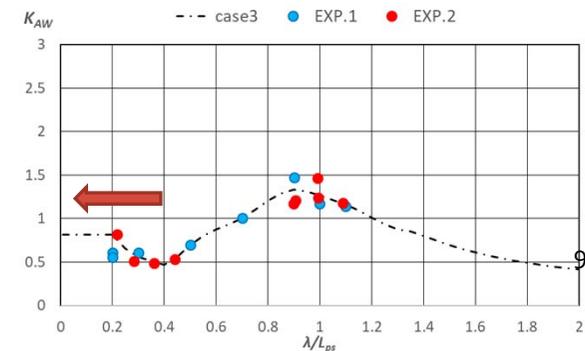
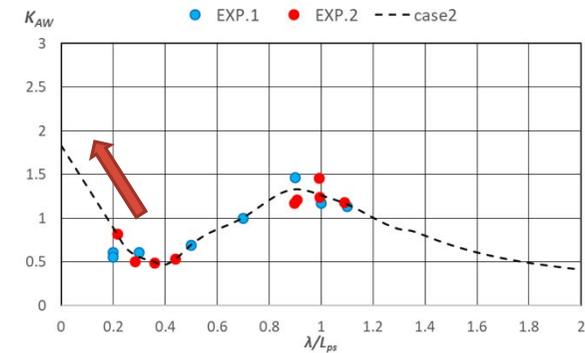
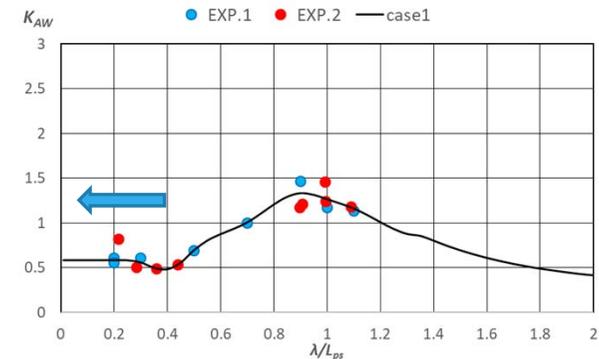
- ・ 短波長ではEXP.1のみで周波数応答を補間
- ・ 極短波長では一定

case 2 :

- ・ 短波長ではEXP.2のみで周波数応答を補間
- ・ 極短波長では一定増加

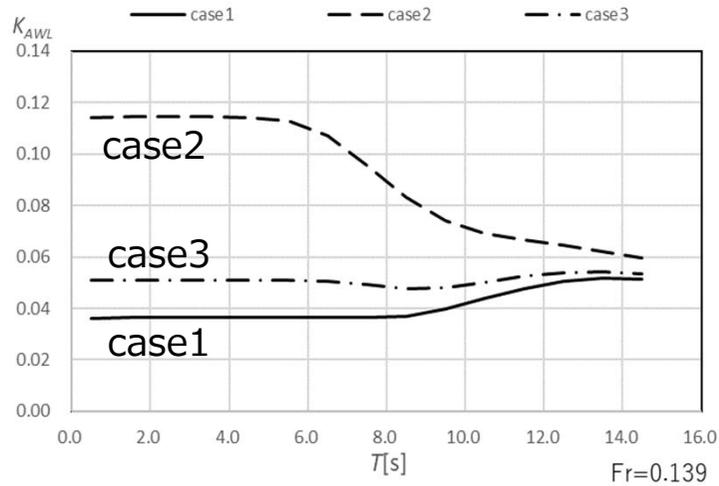
case 3 :

- ・ 短波長ではEXP.2のみで周波数応答を補間
- ・ 極短波長では一定



# 不規則波中抵抗増加

## 不規則波中抵抗増加の計算



長波頂不規則波中応答関数を  
作成した規則波中応答関数より計算

case1-case2 : 傾向の違い

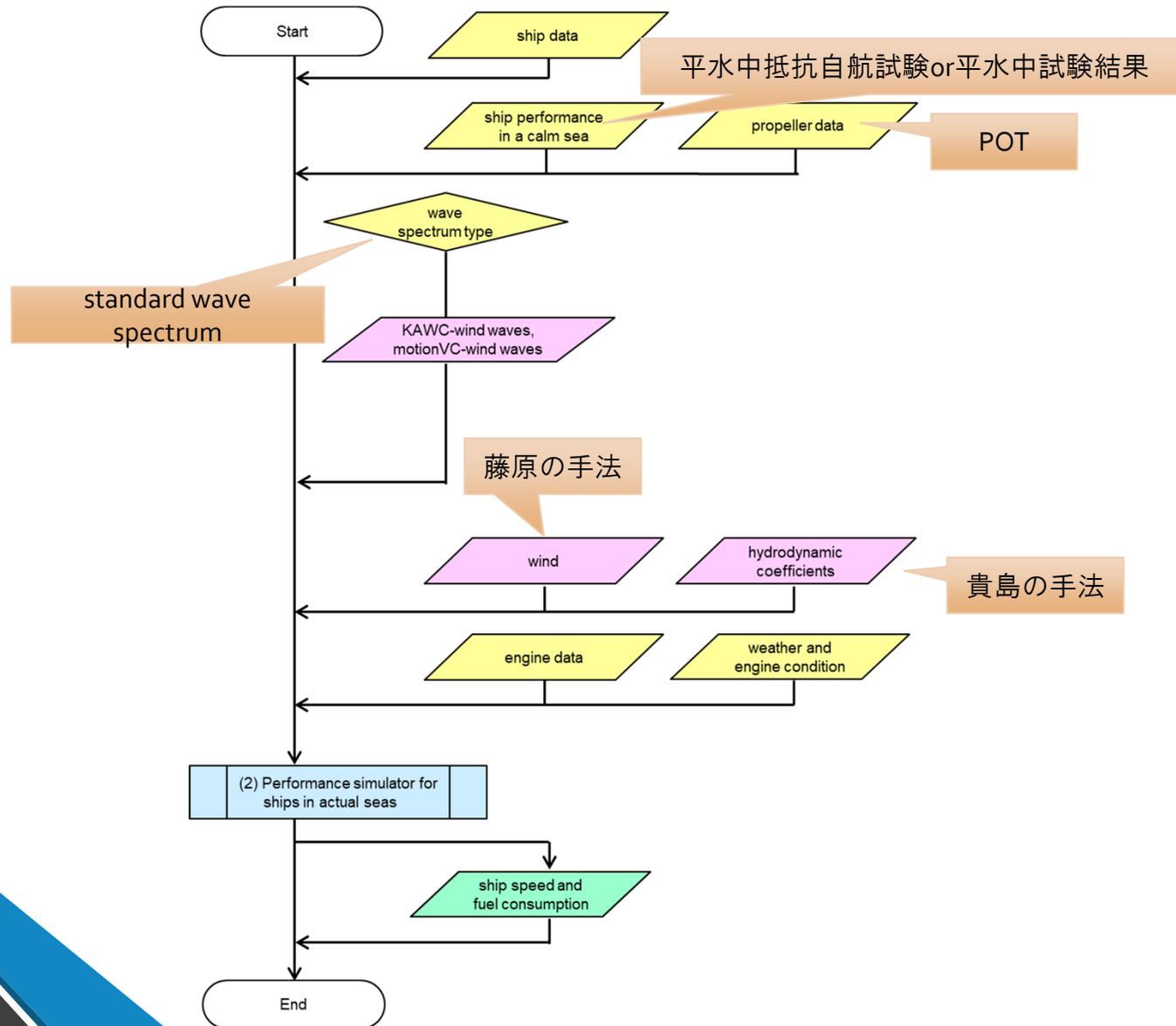
- ・大きく差がある
- ・ $\lambda/L$ が0.2より小さいところでの差の影響はかなり大きい

case1-case3 : 試験結果の違い



これらの差が実海域性能にどれほど影響するか  
実海域シミュレーションを実施

# 実海域シミュレーションの流れ



# 実海域シミュレーション

## 他、実海域シミュレーションに必要な入力データの作成

### ①各速度での不規則波中抵抗増加

SHOPERAでは16knot相当前後の速度での試験を行っていないため、補間が必要



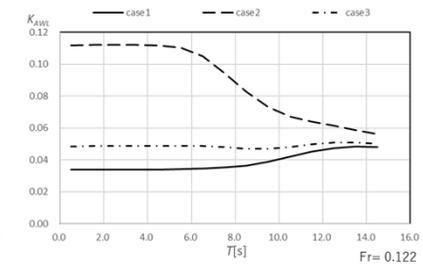
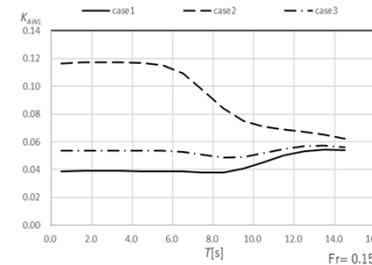
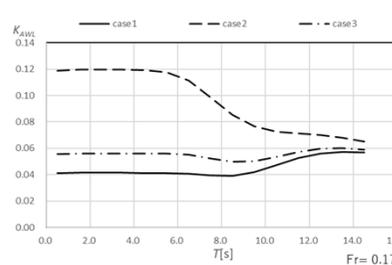
試験速度以外の速度での不規則波中抵抗増加関数は試験速度での不規則波中抵抗増加の計算値と実験値の差分をそれぞれの速度での計算値に加えることで作成

$$K_{AWL\_0.174} = K_{AWL\_0.174NMRI} + \Delta cor$$

$$K_{AWL\_0.157} = K_{AWL\_0.157NMRI} + \Delta cor$$

$$K_{AWL\_0.122} = K_{AWL\_0.122NMRI} + \Delta cor$$

$$\Delta cor = K_{AWC\_0.139EXP} - K_{AWC\_0.139NMRI}$$



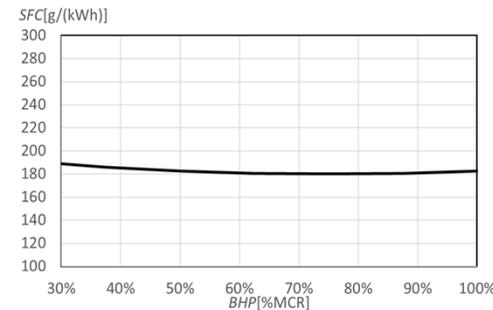
### ②海象条件

向波中で平水～BF8まで実施

BF	$U_{wind}$ [m/s]	$H$ [m]	$T$ [s]
3	4.4	0.6	3.0
4	6.9	1.0	3.9
5	9.8	2.0	5.5
6	12.6	3.0	6.7
7	15.7	4.0	7.7
8	19.0	5.5	9.1

### ③エンジン

主機作動状態：回転数一定



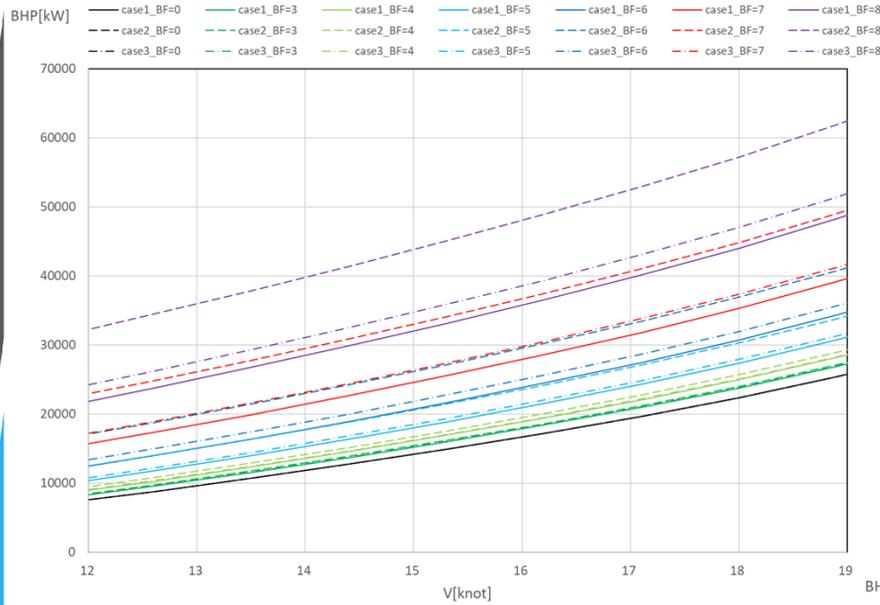
$$SFC = a (BHP - 0.75MCR)^2 + b$$

Where

$$a = 0.24b / MCR^2 \text{ [g / (kW}^3\text{h)]}$$

$$b = 180.0 \text{ [g / (kWh)]}.$$

# 計算結果（パワーカーブ）

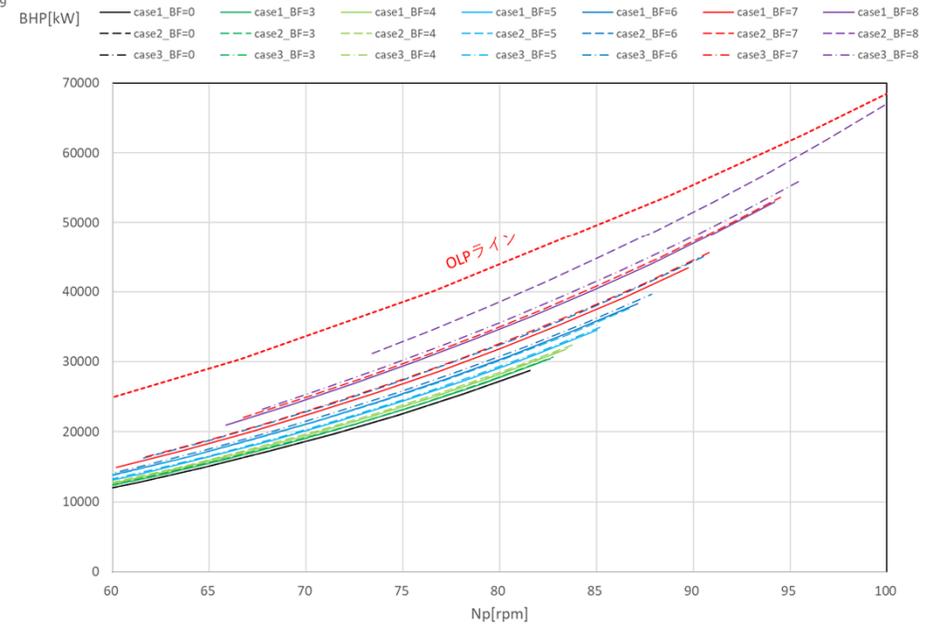


case1-case2 : 傾向の違い

- ・ 影響が非常に大きい
- ・ BF=5程度から違いが見える

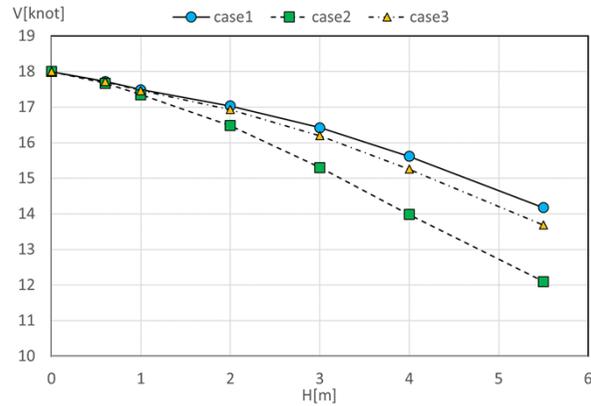
case1-case3 : 試験結果の違い

- ・ 影響が見える

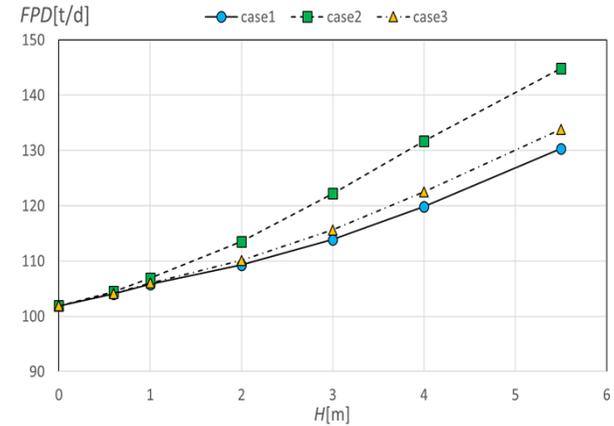


# 計算結果（速力・燃料消費量）

速力



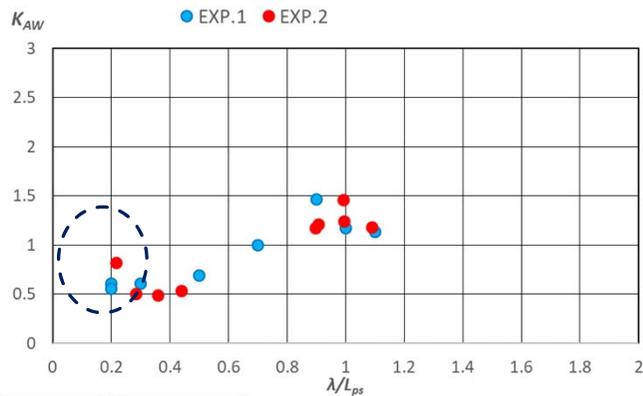
燃料消費量



BF	case2	case3
3	0.05	-0.01
4	0.14	-0.03
5	0.56	-0.11
6	1.12	-0.23
7	1.64	-0.36
8	2.08	-0.49

(単位：knot)

BF	case2	case3
3	0.05	0.01
4	0.14	0.03
5	0.56	0.11
6	1.12	0.23
7	1.64	0.36
8	2.08	0.49



極短波長の試験結果の違いによって  
実海域性能が大きく変わる

## 結言

- 大型コンテナ船の模型船を用い、極短波長を含む向波中抵抗増加試験を行い、SHOPERAで実施した試験結果と比較を行った。
- 試験点採用条件もふまえ、試験結果の妥当性を示した。
- 極短波長の試験結果により、極短波長域の波浪中抵抗増加の傾向が異なり、その傾向の違いによる影響は無視できないほど大きい。