

第17回海上技術安全研究所 研究発表会  
平成29年7月20日@JA共済ビル



# 船舶水中騒音規制に対する 海技研の取り組み

2017/7/20

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

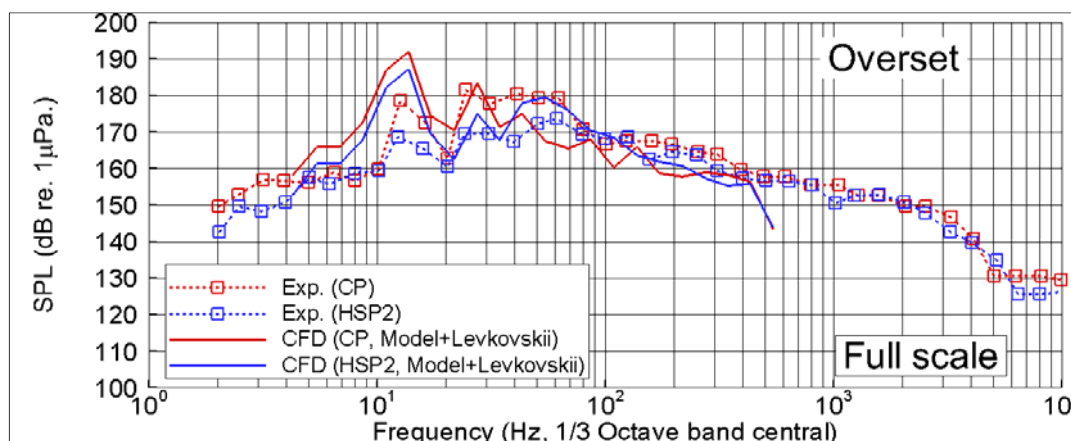
坂本信晶\*・上入佐光



sakamoto@nmri.go.jp/kamiirisa@nmri.go.jp

# 1. はじめに

## ■ 本発表の要旨

- 海洋環境保護の観点から、船舶水中騒音に対する関心高。
- 欧米では、水中騒音施策が具体的に始動。
- 規制等対策のため、日本国としても研究を開始。
- 海技研で、水中騒音音源レベルを、CFDを援用して推定する方法を構築。結果は以下の通り。



- 実船の水中騒音 (背景雑音: 、キャビ騒音: )
- 海技研キャビ水槽における、水中騒音計測技術の復活

本発表内容の一部は、「海技研報告(2016), 第16巻第1号, pp.65-87」  
に掲載されており、海技研websiteからダウンロード可能です。

## 2. 国際動向

- **バンクーバー港湾使用料割引サービス** "EcoAction Program"  
 → 海洋環境対策を講じている船舶が、サービス対象。  
 → **水中騒音**については、**船級notation**を持つ船舶、或いは**特定のデバイス**を持つ船舶が対象。(2017年1月より。)

### NEW for 2017

#### Underwater noise reduction criteria

Underwater noise created from shipping activities can impact whales' ability to navigate, communicate, and find prey. With a number of at-risk whale species frequenting our waters, reducing underwater noise from vessels is a priority for the Vancouver Fraser Port Authority.

We are proud to be the first port in the world to recognize vessels who are doing their part to reduce underwater noise.

#### Eligible options for reduced rates:

- Ship classification society quiet vessel notations
  - Bureau Veritas Underwater Radiated Noise (URN)
  - DNV-GL Silent-Environmental (E)
  - RINA DOLPHIN
- Cavitation/wake flow reduction technologies
  - Becker Mewis duct
  - Propeller Boss Cap Fins (PBCF)
  - Schneekluth duct

#### Reduce underwater noise

- Becker Mewis duct **NEW**
- Propeller Boss Cap Fins (PBCF) **NEW**
- Schneekluth duct **NEW**

#### Ship Classification Societies

##### Lloyd's Register (LR)

- EP Designation

##### American Bureau of Shipping (ABS)

- ES Designation

##### Bureau Veritas (BV)

- Underwater Radiated Noise (URN) Notation **NEW**
- CLEANSHIP Designation

##### Nippon Kaiji Kyokai (Class NK)

- EA Designation

##### Registro Italiano Navale (RINA)

- DOLPHIN Notation **NEW**
- GREEN STAR Designation

##### Det Norske Veritas-Germanischer Lloyd (DNV-GL)

- SILENT Environmental (E) Notation **NEW**
- CLEAN or EP Designations



### EcoAction Award Levels

GRT: Gross Registered Tonne

省エネデバイス: "Bronze"  
 水中騒音notation: "Gold"

出典: <http://www.portvancouver.com/environment/air-energy-climate-action/marine/>

## 2. 国際動向



- 生物多様性条約 (Convention on Biological Diversity: CBD)
- 2016年4月の補助機関会合(SBSTTA)@モントリオール
- 批准国に対して、以下の勧告(Suggested Recommendation)

### 「海棲生物に対する、水中騒音の評価ガイドライン・ 評価ツールキットの整備」

2. *Recalling* paragraph 3 of decision XII/23, *invites* Parties, other Governments and competent organizations, including the International Maritime Organization, the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals,<sup>9</sup> the International Whaling Commission, other relevant stakeholders, and indigenous peoples and local communities, to share their experiences on the application of measures to minimize and mitigate the significant adverse impacts of anthropogenic underwater noise on marine and coastal biodiversity, including the measures specified in paragraph 3 of the same decision, and requests the Executive Secretary to continue his work on the compilation, synthesis and dissemination of these experiences, and to develop, in collaboration with Parties, other Governments and relevant organizations, practical guidance and toolkits on measures to minimize and mitigate the significant adverse impacts of anthropogenic underwater noise on marine and coastal biodiversity;

出典: UNEP/CBD/SBSTTA/20/5 pp.4-5



## 2. 国際動向

### ■ EUプロジェクト: 2012年~2015年

→SILENV(2009-2012): 船舶の**振動騒音全般**に対する、EUとしての**学術的アプローチ**。

→AQUO(2012-2015): SILENVの後継であり、水中騒音の**海棲生物に対する影響の研究**を追加。

→SONIC(2012-2015): AQUOから派生し、**プロペラキャビテーション騒音**に特化。

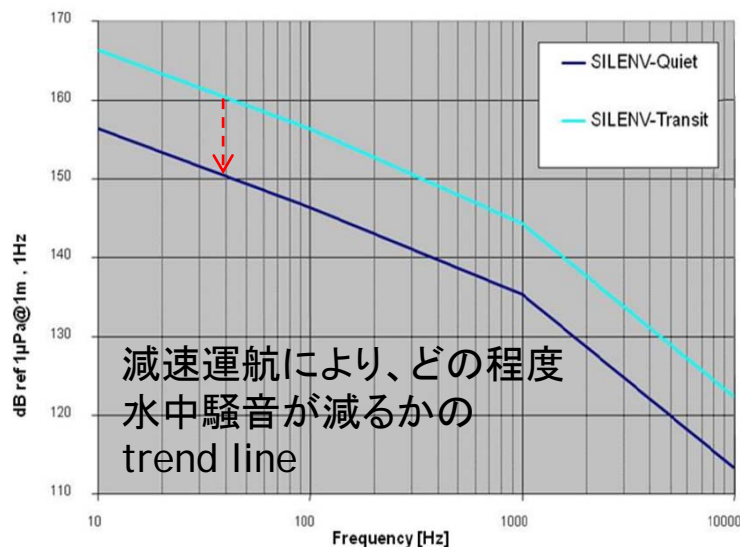
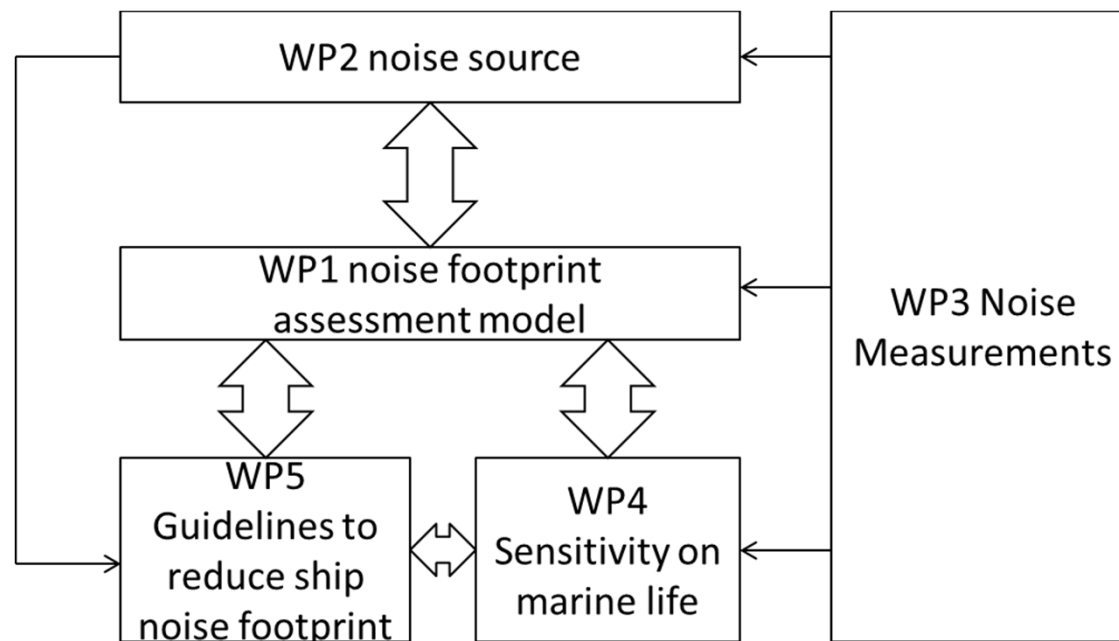


Fig. 4 URN Green Label requirements



AQUO組織図 (Audoly et al. 2014)

## 2. 国際動向

### ■ EUプロジェクト:2012年~2015年

#### AQUO成果例:

→沿岸域の特定海棲生物(タラ)に対する、船舶雑音が及ぼし得る影響(=聴覚障害)の**定量的な評価**。

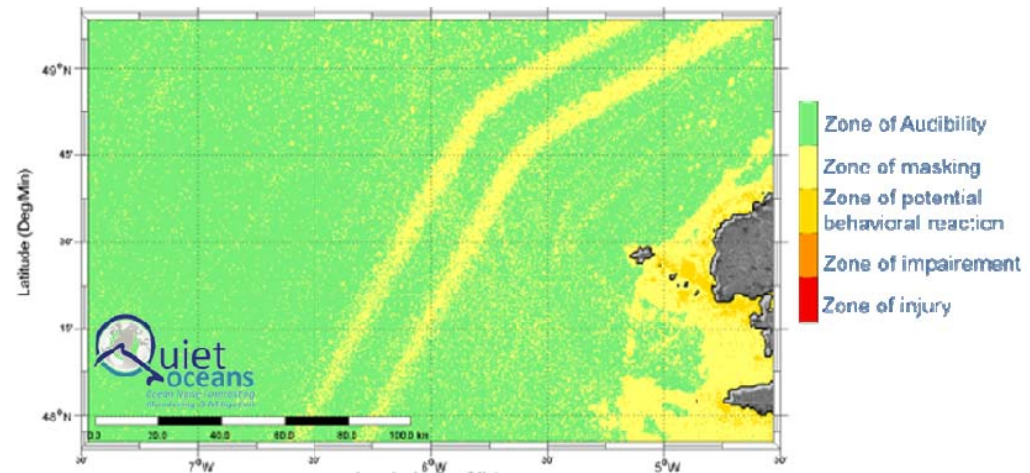


Figure A- 21 Illustration of assessment of masking spawning communication and potential behavioral reaction to shipping noise in June 2014 for Atlantic Cod offshore Brest, (AQUO D5.7, 2015), (AQUO D4.2, 2015), QO and UPC.

#### SONIC成果例:

→船尾伴流を改善したことによる、キャビテーションパターンの変化および**水中騒音への影響**。

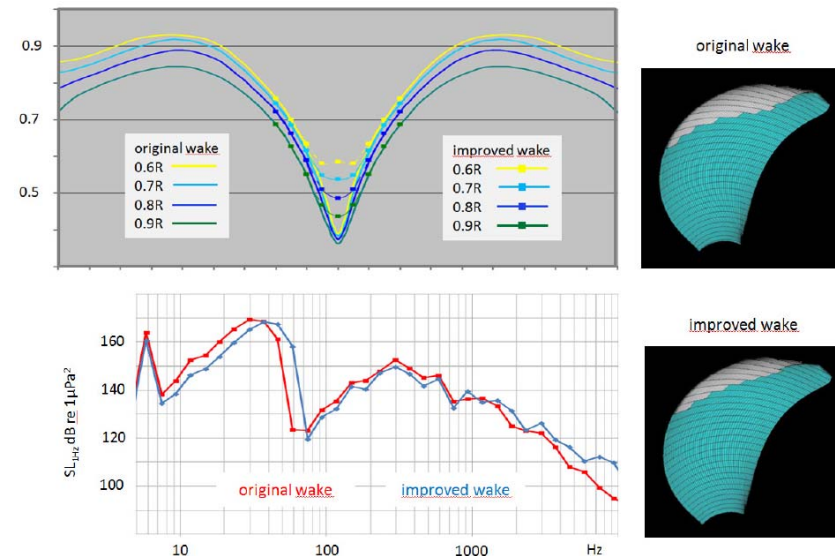


Figure A- 33 Effect of wake improvement on extent of cavitation and  $SL_{1/3}$  spectrum as computed for VIRTUE container vessel at moderate ship speed, CETENA

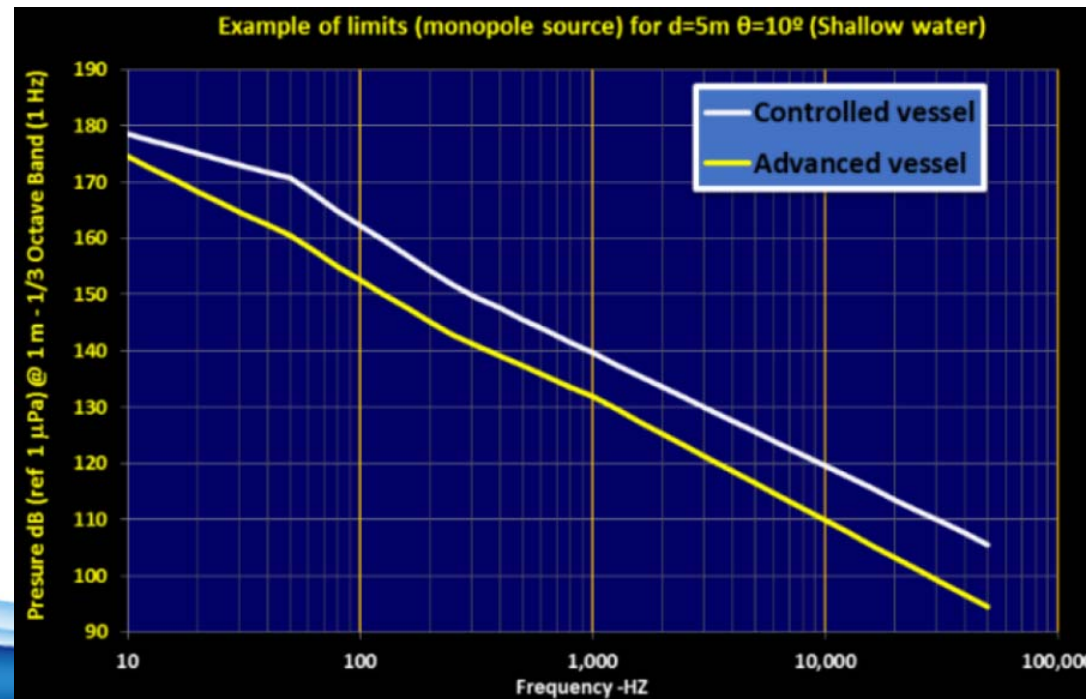
出典: Guidelines for regulation on UW noise from commercial shipping (DNV-GL/BV 2016)

## 2. 国際動向

### ■ 船級notation

- ① DNV-GL: "SILENT Class Notation" (2010)
- ② Bureau Veritas: "NR614" (2014, 2017Feb.改訂)
- ③ RINA: "DOLPHIN" (2014)

→①②では、水中騒音の**実船計測法**、船種毎の**noise limit line**を規定。特に②は、**EUプロジェクトの成果に基づき**作成。



出典：  
Palomo et al. (2015)

## 2. 国際動向



### ■ IMO基準(非強制)

MEPC.1/Circ.833 (2014)

→船尾変動圧( $Kp_i$ )の振幅値を以て、水中騒音を間接的に規定

$$C_B < 0.65$$

$$Kp_1 \leq 3\text{kPa}, Kp_2 \leq 2\text{kPa}$$

$$C_B > 0.65$$

$$Kp_1 \leq 5\text{kPa}, Kp_2 \leq 3\text{kPa}$$

MEPC 71/16/5 (28 April 2017)

→カナダが実施している水中騒音研究結果に基づき、各国に対し船舶水中騒音低減を目指した、技術的な取り組みを促す。

### ■ ISO規格 (ISO TC8/SC8/WG14)

ISO WD 20233-1: 水槽におけるキャビテーション騒音計測法

ISO WD 20233-2: キャビテーション水槽における音源探査法

ISO WD 22098: 実船におけるキャビ/船尾変動圧の計測法

→何れも、日本の国益を損なわないような規格とする必要あり。

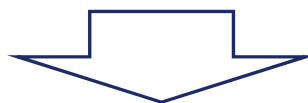
→海技研が中心となり、規格審議を継続中。



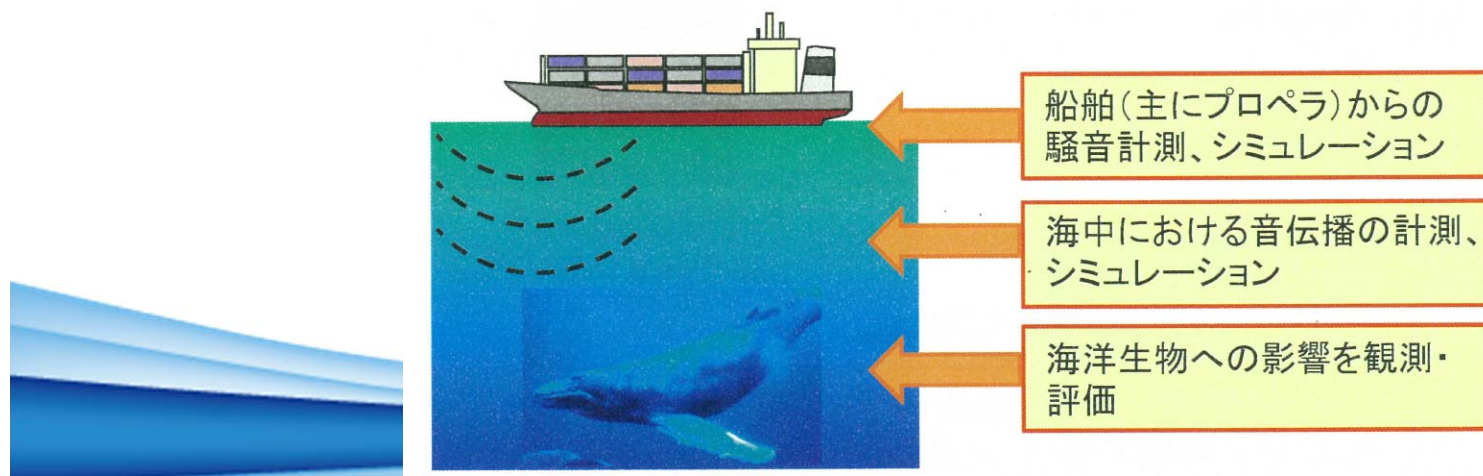
## 2. 国際動向

### ■ 国交省海事局 海洋・環境政策課の方針 (2016年船舶基準セミナー講演資料より)

COP等では、ヒゲクジラの交信音と船舶水中騒音の周波数(低周波音)が**重なることを以て**、「影響がある」と思考。「対策を講ずべき」という**意見あり**。



船舶水中騒音に対する、科学的根拠のない規制の導入は**回避すべき**。日本国としては、**定量的かつ科学的なデータ**を取得し、議論に参加していく。



# 3. 海技研の取り組み例①



## ■ 国内研究体制の構築：船技協 水中騒音PJ(H28~)の例

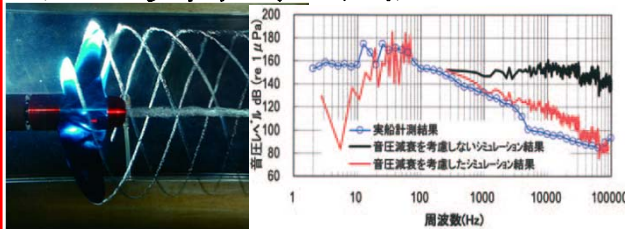
Supported by 日本 THE NIPPON 財団 FOUNDATION

### 要素技術取りまとめ

- ・船技協
- ・予算および進捗管理

### 水中騒音音源レベル推定

- ・海技研(シミュレーション・計測)
- ・どんな音が出るか(周波数・音圧)
- ・プロペラキャビテーション



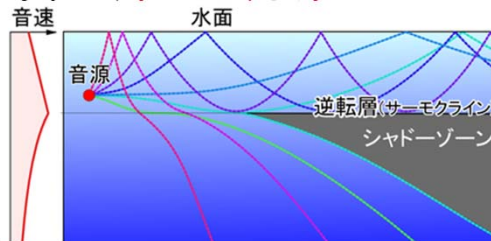
### 海棲生物影響評価

- ・中央水研・北大(計測・解析)
- ・海中を伝わった音の、海棲生物に対する影響評価(クジラ反応行動調査)



### 水中騒音伝搬推定

- ・東京海洋大・阪大(シミュレーション・計測)
- ・海中で、音がどう伝わるか



背景画像の出典：  
木村他 (2015)

### 3. 海技研の取り組み例①

#### ■ プロペラキャビテーション騒音の推定・検証

#### プロペラキャビテーション騒音の特徴:

→周波数帯域が**広い**。

→プロペラおよびキャビテーション気泡が、流体を排除することで生ずる圧力変動=**狭帯域音(翼次成分)**

→キャビテーション気泡の伸縮・崩壊=**広帯域音**

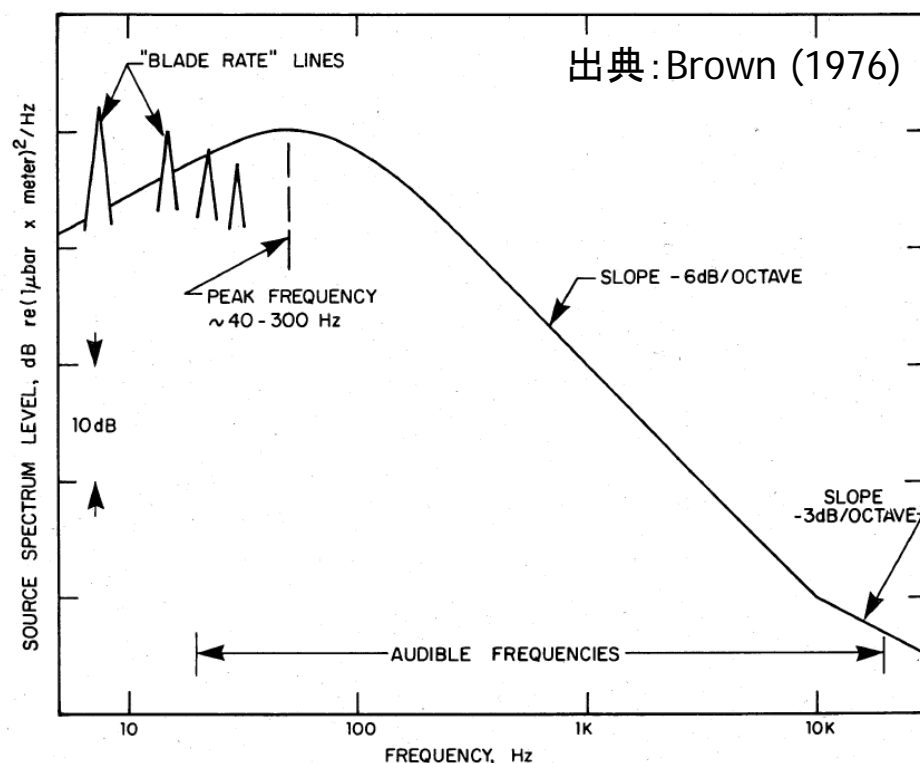


Fig. 1: Typical propeller cavitation source spectrum \*

- CFDを援用したキャビテーション、および騒音の**推定法構築**
- 推定した音源レベルを、実船計測結果と**検証**
- 水中騒音伝搬計算への**入力パラメータ提供**
- CBD/SBSTTAへ、「水中騒音推定ツールキット」として**提案できるレベル**に。

### 3. 海技研の取り組み例①



- 供試船体およびプロペラ
- 離島間航路の貨客船

配布不可データのため削除



### 3. 海技研の取り組み例①



- CFDを援用したキャビテーション騒音推定システム

配布不可データのため削除

### 3. 海技研の取り組み例①



#### ■ CFDを援用したキャビテーション騒音推定結果

配布不可データのため削除

### 3. 海技研の取り組み例①



#### ■ CFDを援用したキャビテーション騒音推定結果

配布不可データのため削除

$A_c/A_D$ : キャビテーション発生面積の、翼面積に対する比

$K_p$ : 受音点における圧力変動

$d^2V_c/dt^2$ : キャビテーション発生体積の、2階時間微分

# 3. 海技研の取り組み例②



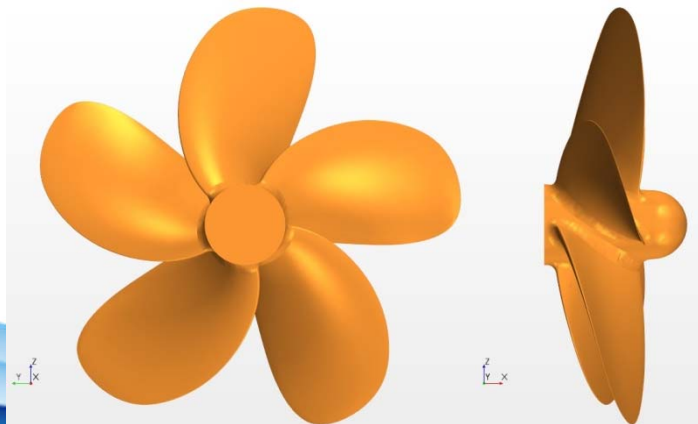
## ■ キャビテーション水槽における水中騒音計測システム構築

表1 供試プロペラ要目(Sydney Express)

	MPNO.250
翼数	5
直径(mm)	250.00
展開面積比	0.7800
レーキ(deg.)	0.0
ボス比	0.1671
ピッチ比(0.7R)	0.9703
翼断面	Aerofoil
回転方向	右

表2 試験状態

#	伴流	n (rps)	J	$K_T$	$\sigma_n$
1.1	一様流	25.0	0.6	0.248	Non-cavi
1.2			0.9	0.095	
2.1			0.6	0.248	1.826
2.2			0.9	0.095	

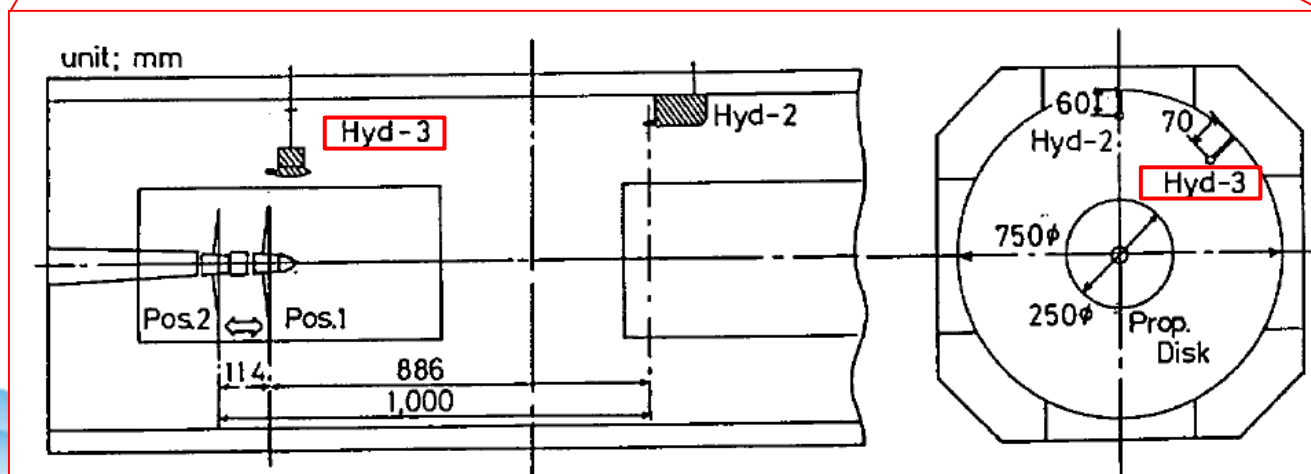
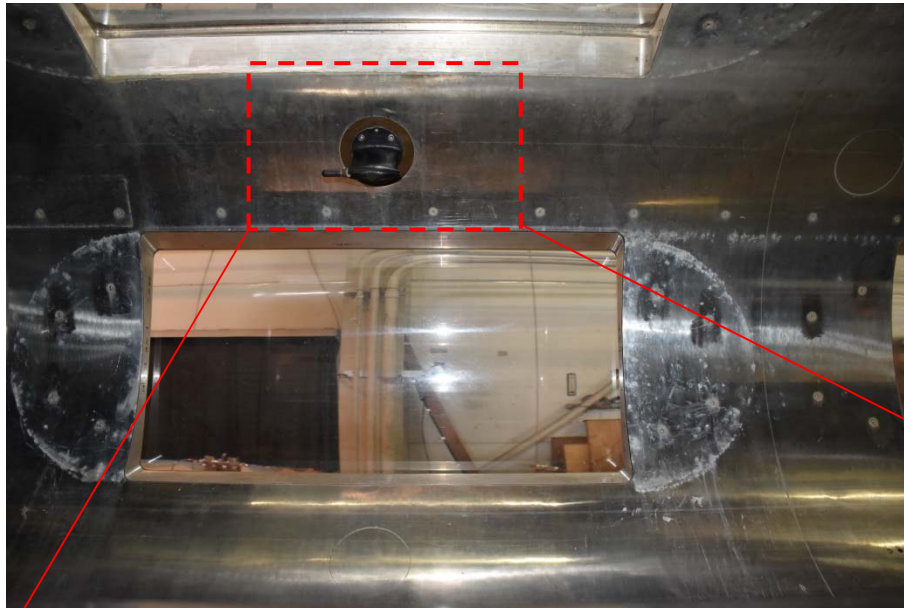


- 海技研大型キャビテーション水槽第1計測部, J26動力計を使用。
- $J=0.6$ (バック面へのシートキャビテーション・翼端渦キャビテーション)、 $J=0.9$ (フェースキャビテーション)の条件を対象。
- 本計測例以外にも、欧州水槽試験技術委員会(HTF)の持ち回り試験に参加、計測を実施中。
- 水槽内伝達関数の計測についても、研究開発を予定。



# 3. 海技研の取り組み例②

## ■ キャビテーション水槽における水中騒音計測システム構築



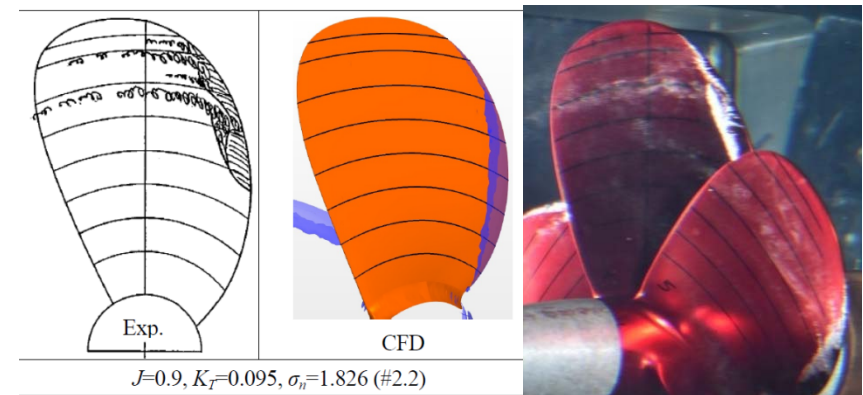
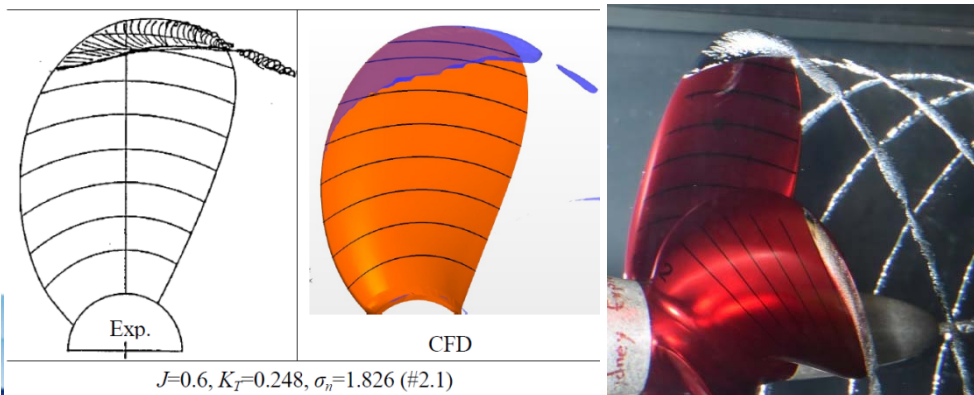
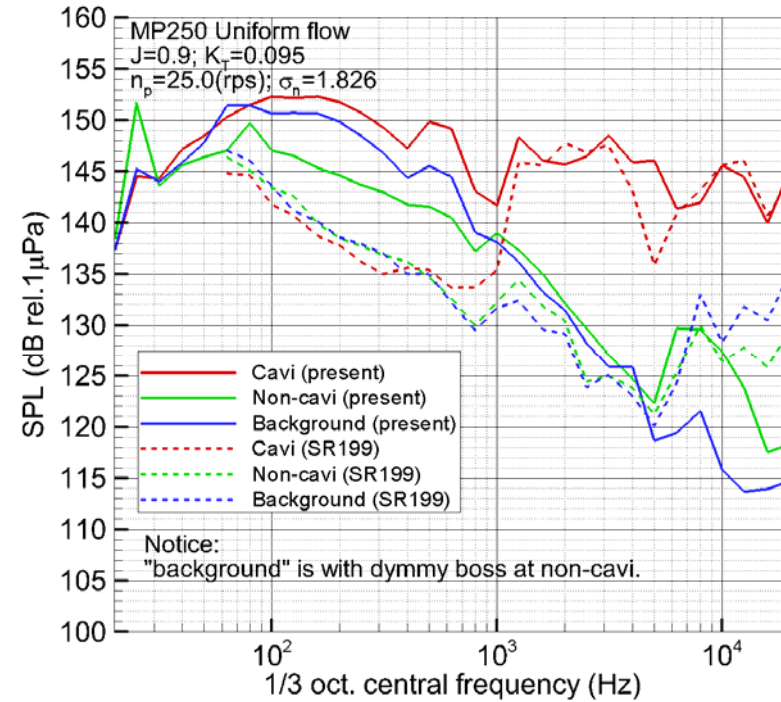
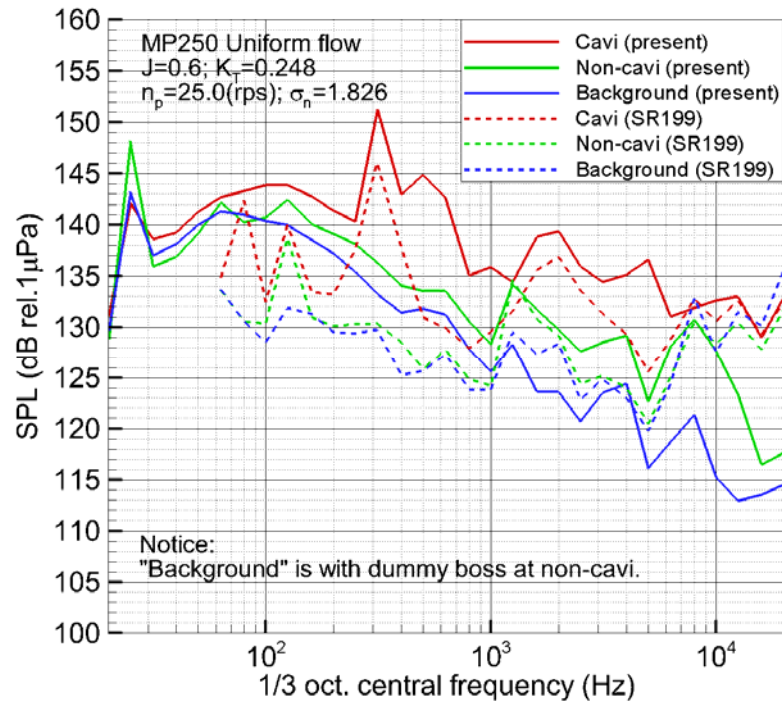
試験実施日：  
2016年12月26日-28日

図の出典：第199研究部会 プロペラ推進性能と騒音特性の推定法に関する研究 報告書 (1986)

# 3. 海技研の取り組み例②



## ■ キャビテーション水槽における水中騒音計測システム構築



## 4. 結言



- CFDを援用した水中騒音推定システムの構築
  - キャビテーション**計算条件そのもの**も、CFDで推定可能。
  - 機関出力の差によるSPLの差を、狭帯域・広帯域共に、CFD計算で**定量的に精度良く捉える**ことが可能。
  - 構築したシステムは、「水中騒音評価toolkit」の一例として、**CBD/SBSTTAへ提案可能**。
  - 更に計算実績を積み、**計算-実船相関を構築**することが必要。
- キャビテーション水槽における水中騒音計測システム構築
  - 海技研大型キャビテーション水槽で**稼働開始**。
  - キャビテーションパターンの差による、水中騒音の特性差を**計測出来ている**。
  - 複数の計測を通じて、**計測ノウハウ・水槽特性を把握**することが必要。

# 謝辞



本研究の一部は、

- 国土交通省”実船の流場等計測による船舶の高度性能評価システムの構築”
- 日本財団・(一財)日本船舶技術研究協会”船舶水中騒音計測”

の補助により実施されました。  
関係各位に深く御礼申し上げます。