

アイスクラス船の省エネ性能の向上 に関する研究開発

成果報告

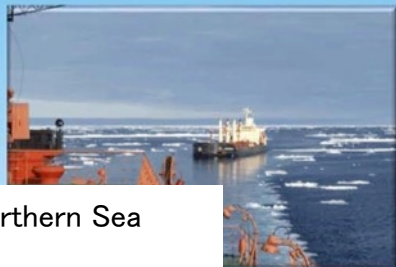
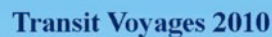
平成27年9月

国立研究開発法人海上技術安全研究所

株式会社大島造船所

学校法人工学院大学

- 近年、北極海航路(NSR)の利用が拡大している。
- 北極海等氷海域における資源開発の機運が高まっている。



Belkin, M., The Navigation on the Northern Sea Route Today & in the Future (2012)

[illegible]

【他の事例】

2012-12-04 ノルウェー発LNG船がNSR経由で戸畑着

2013-09-11 中国発コンテナ船がNSR経由でアムステルダム着

今後のアイスクラス船の条件

- アイスクラス要件を満足し、かつ各フェーズにおけるEEDI規制をクリアするためには、氷中性能と平水中性能の両立が求められる。

氷中で立ち往生しないために
十分な主機出力を要請

アイスクラスの主機出力要件

- 氷中を5ノットで航行可能以上の主機出力の搭載を義務化
- 原則として簡易推定式で算定

環境負荷を抑えるために
主機出力の削減を要請

EEDI規制による主機出力制限

- EEDI値は75%MCRにおける平水中船速 V_{ref} で算出
- フェーズが進むにつれて厳格化

研究開発の目的と内容

EEDI規制とアイスクラス要件の両立が可能な
省エネ船型及び省エネデバイスの検討

実施内容

- 1) アイスクラス船に適した省エネ船型の開発
- 2) 氷海水槽試験による標準試験法の開発
- 3) 省エネデバイスの耐氷性評価
- 4) 数値シミュレーションによる氷中抵抗増加推定技術の開発

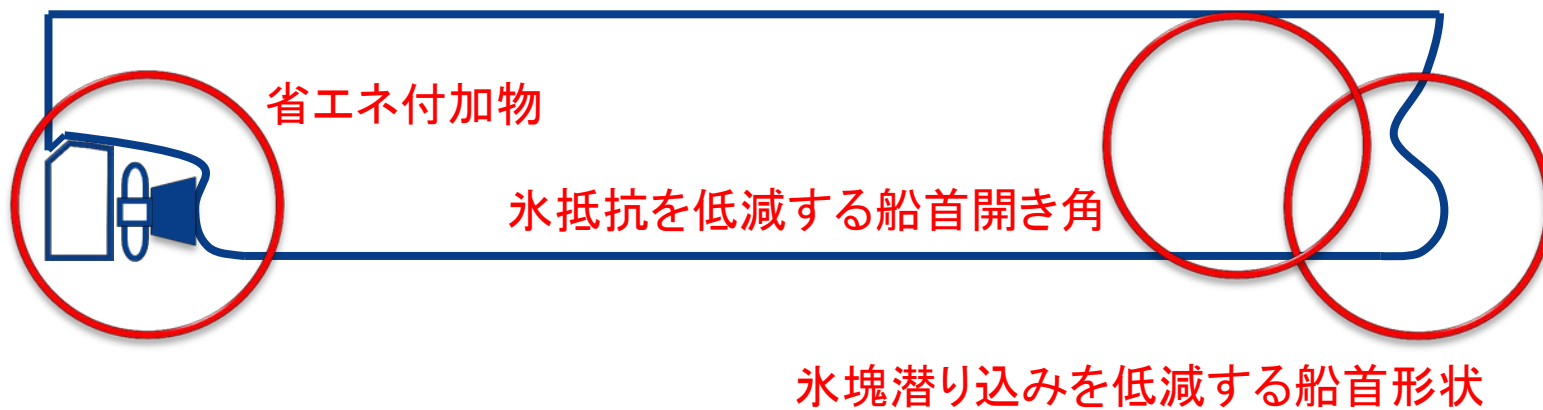
1) アイスクラス船に適した省エネ船型の開発

アイスクラス船に適した省エネ船型の開発

● 改良のポイント

- ❖ アイスクラスルール規定算式の要求値より25%以上低い主機出力
- ❖ バラスト状態(最小氷海喫水)において氷塊の船底潜り込みを低減
- ❖ 平水中抵抗性能を維持あるいは向上

Type	バルクキャリア
L x B x d (m)	220 x 32 x 15
DWT (ton)	75,000



アイスクラス船に適した省エネ船型の開発

- 推進性能と耐氷性の観点で省エネデバイスを検討した。
- 氷中航行を想定した水槽試験の結果などから、船尾ダクトを選定した。



WAD : Weather Adapted Duct

海上技術安全研究所で開発

推力のゲイン、推進効率の向上が得られる

付加物	推進性能 (低速)	耐氷性	総合
A (Fin)	○	△	○
B (Stator)	◎	△	○
C (Fin+Stator)	△	△	△
D (WAD 45%Dp)	△	○	△
E (WAD47.5%Dp)	○	○	○
F (WAD 50%Dp)	◎	○	◎

アイスクラス船に適した省エネ船型の開発

- 平水中水槽試験(EEDI予備認証試験)

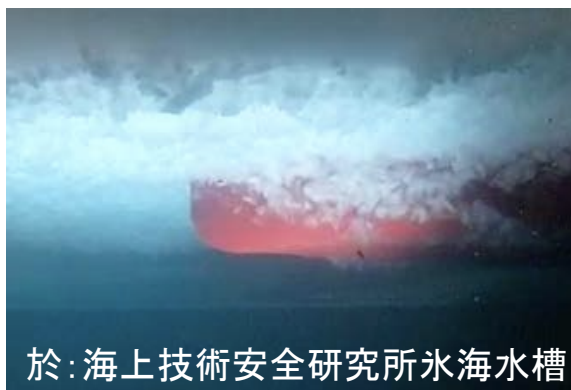
- ❖ 船尾ダクトの効果により主機出力を1～5%低減



於：海上技術安全研究所400m水槽

- 氷海水槽試験(アイスクラスルール試験)

- ❖ バラスト状態における船首部氷塊潜り込みが低減（原船型比）
- ❖ アイスクラスルール算式より25%以上の主機出力の低減を達成



於：海上技術安全研究所氷海水槽

2)氷海水槽試験による標準試験法の開発

氷海水槽試験による標準試験法の開発

● アイスクラスルールで規定される主機出力を低減する方法

❖ FSICR* では「より厳密な計算法」または「水槽試験」による設定を認めている。

For an individual ship, in lieu of the Ke or RCH values defined in 3.2.2 and 3.2.3, the use of Ke or RCH values based on more exact calculations or values based on model tests may be approved. (FSICR 3.2.5)

* FSICR : Finnish-Swedish Ice Class Rules, バルト海におけるアイスクラスルール

❖ NK鋼船規則では代替手法による主機出力の設定を認めている。

氷海航行能力の向上が期待できる船型を有する船舶又は-1.に規定する算式中のパラメータが表I5.14に示す範囲を超える船舶については、本会が適当と認める場合、次に掲げる厚さの氷がある水路において5ノット以上の速力を与えられることを条件に、-1.に規定する出力未満の主機出力としても差し支えない。

(1)耐氷船階級がIA Superの耐氷船:1.0mの砕け氷及び0.1mの凍結密氷域

(2)耐氷船階級がIAの耐氷船:1.0mの砕け氷

以下、略

(NK鋼船規則I編 5.4.2-3)

具体的な手法は申請側で提案し、承認を受ける必要がある。

海上技術安全研究所の氷海水槽

Basin

length 35.0 m

width 6.0 m

depth 1.8 m

Towing Carriage

capacity 50 kN

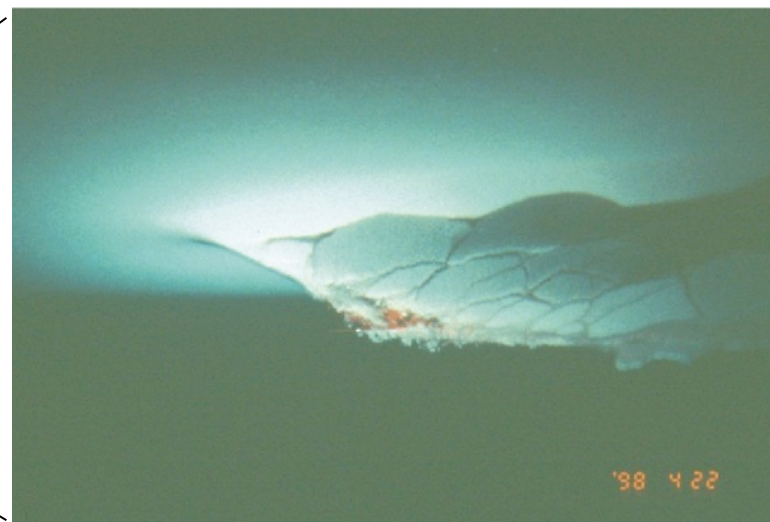
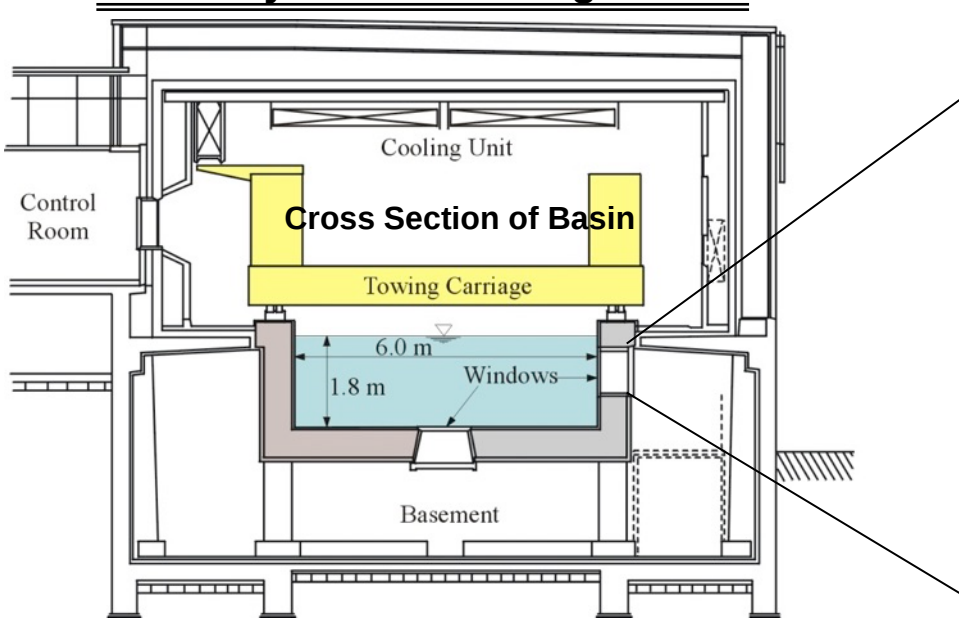
speed 5-1500 mm/s

Ice

dopant Propylene Glycol

thickness 5-100 mm

density 850-940 kg/m³

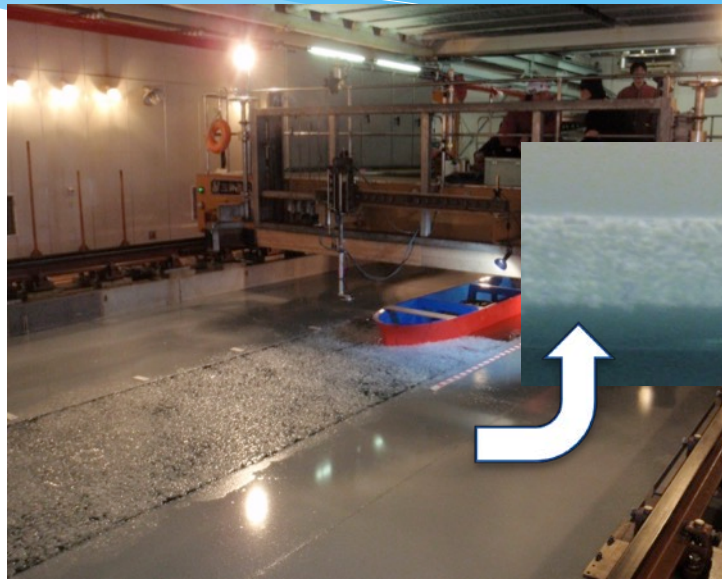


氷海水槽における標準試験法

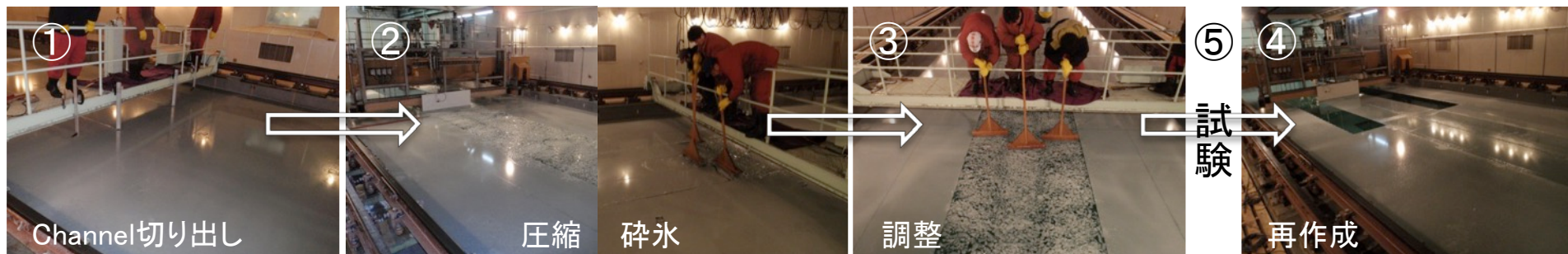
- アイスクラスの規定に対応するBrash Ice Channel(下図)の再現が必要
- Brash Ice Channel作成法及び氷質計測法を新たにを開発



実際



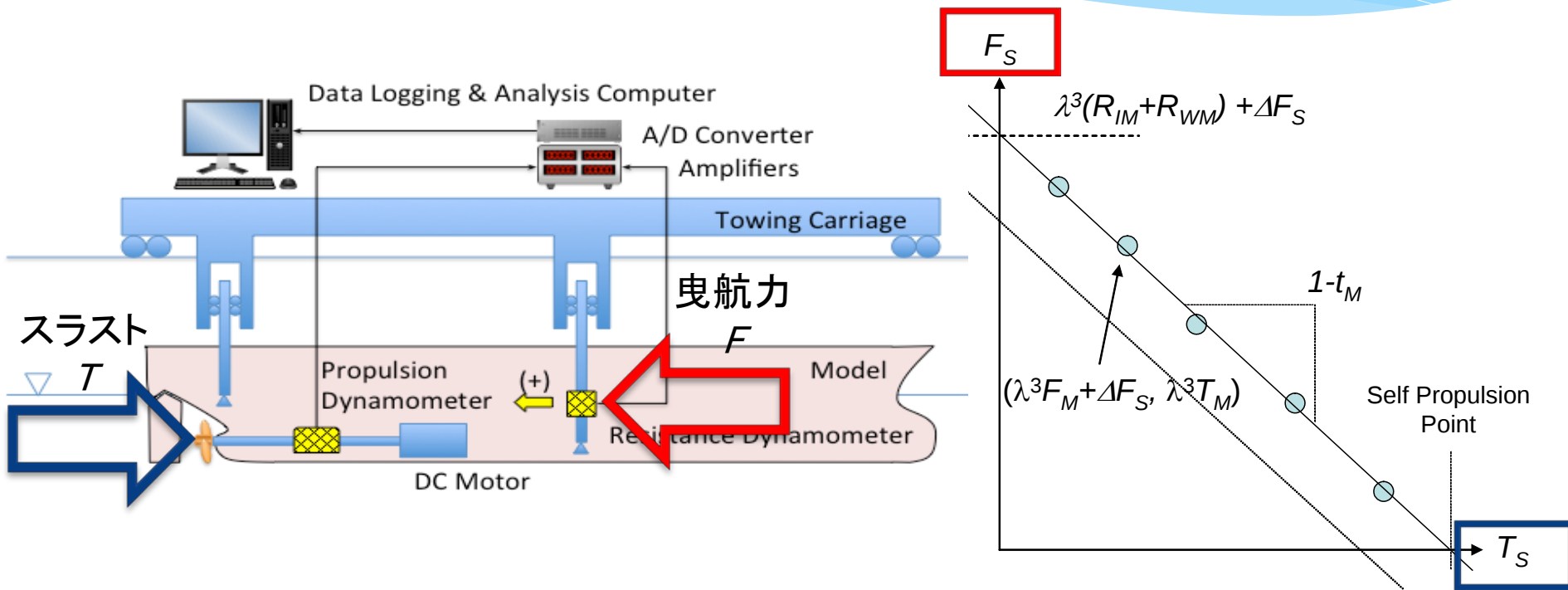
氷海水槽で再現



作成手順

氷海水槽試験結果の標準解析法

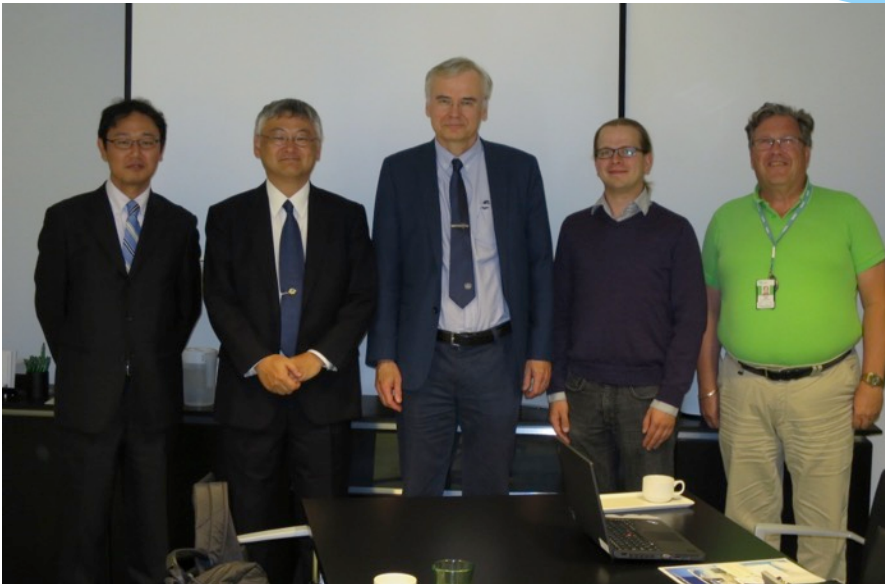
- 荷重度変更試験法を適用
- 水中抵抗試験・水中及び平水中荷重度変更試験に基づき実船性能を推定



荷重度変更試験結果の
解析のイメージ

Trafiの認証

- FSICRを主管するフィンランド運輸省Trafiに試験報告書を提出
- 試験法・解析法の妥当性が認められ、認証を取得



Trafi (Finnish Transport Safety Agency)
との会合(2015年8月24日)

Approval of the model test report
(TRAFI/56419/05.01.16.00/2015)

 **Trafi** Liikenteen turvallisuusvirasto
Traffiksäkerhetsverket
Finnish Transport Safety Agency

saate • följebrev • cover letter

National Maritime Research Institute
Shotaro Uto
6-38-1, Shinkawa,
Mitaka, Tokyo
Japan

13.10.2015

☐ Keskusteluun viitaten
Med hänvisning till vårt samtal
Referring to our previous
conversation

☒ Tiedoksi
För kännedom
For information

☐ Palautetaan
Retunerar
Returning

☐ Pyydetään palauttamaan
Vänligen returnera
Please return

Ref.: NMRI report "Brash Ice Test for a Panamax Bulk Carrier with Ice Class 1A, Prepared for Oshima Shipbuilding Co., Ltd.

Approval of the model test report

Dear Mr. Shotaro Uto,

Please find enclosed the above mentioned report marked with our approval. We have inspected the report and found the results of the study acceptable. (TRAFI/56419/05.01.16.00/2015).

We kindly ask you to note that we will send an invoice of EUR 330 for the approval of the model test report.

Please note that a separate Statement of Compliance issued by the Finnish Transport Safety Agency is needed for each vessel, if the minimum engine power of the vessel is determined in accordance with results of the study.

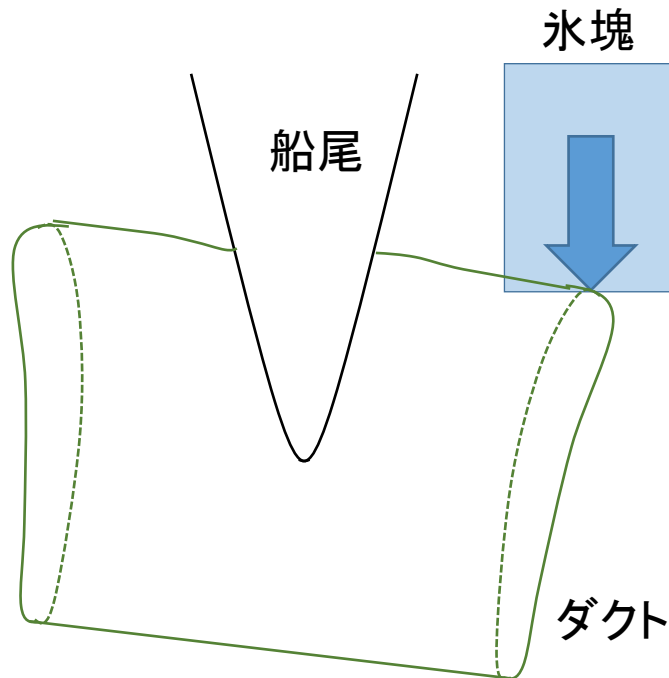
Best regards,


Jerker Klawer
Special Advisor

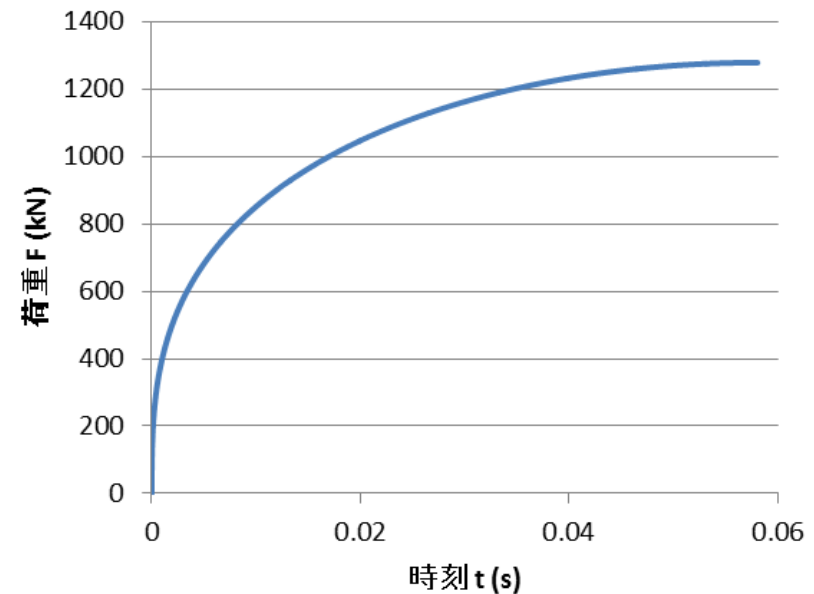
3) 省エネデバイスの耐氷性評価

省エネデバイスに働く氷荷重の推定

- アイスクラス船の船尾付加物においては耐氷性評価が重要
- IACS URIで採用された氷荷重推定モデルをベースとし、想定された氷塊と船尾ダクトの干渉シナリオに基づいて氷荷重を簡易推定する手法を開発



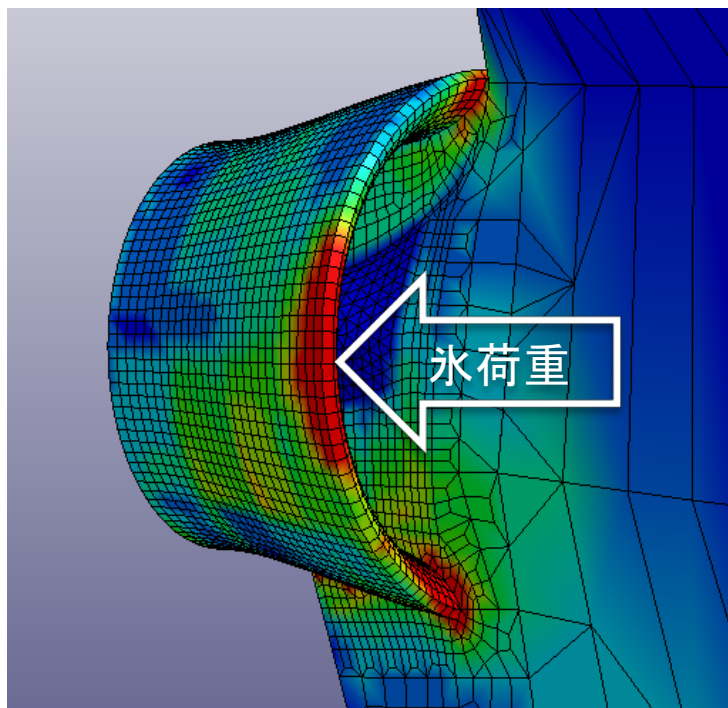
単純化した形状及び貫入シナリオ



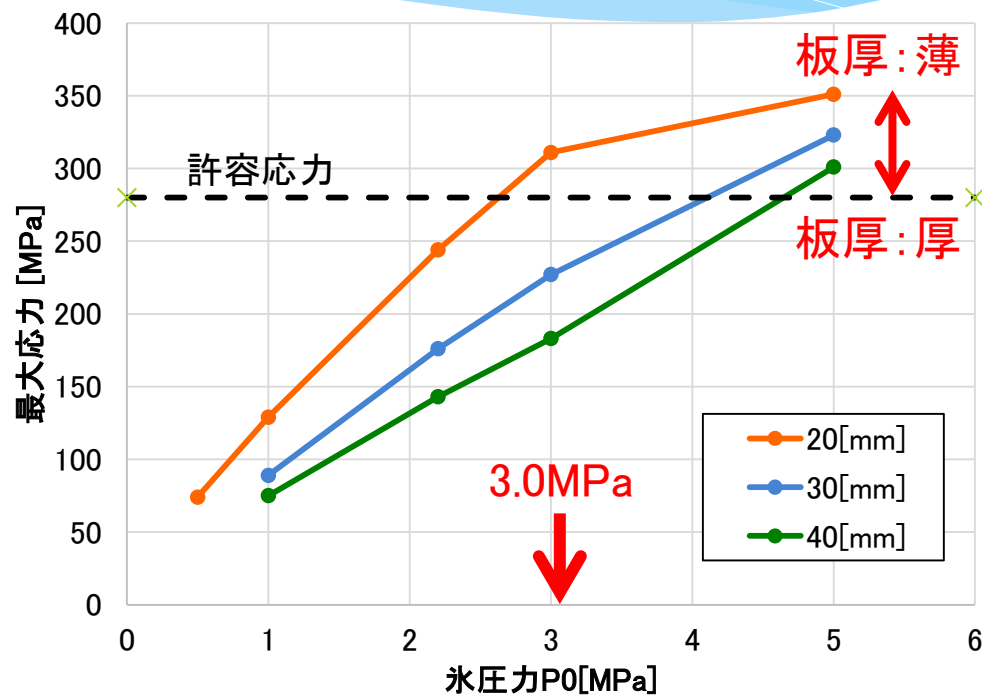
氷荷重の時刻歴

省エネデバイスの耐氷性評価

- 非線形動的構造解析法を用いた構造応答解析を実施
- 冬季バルト海における代表的な氷圧力3.0MPaで、氷荷重の衝撃にほぼ耐え得ることを確認



衝突時のミーゼス応力分布
(赤が高応力部分)



極端な衝突条件における最大応力解析
(水の存在なし、最も厳しい衝突位置、等)

4) 数値シミュレーションによる氷中抵抗増加 推定技術の開発

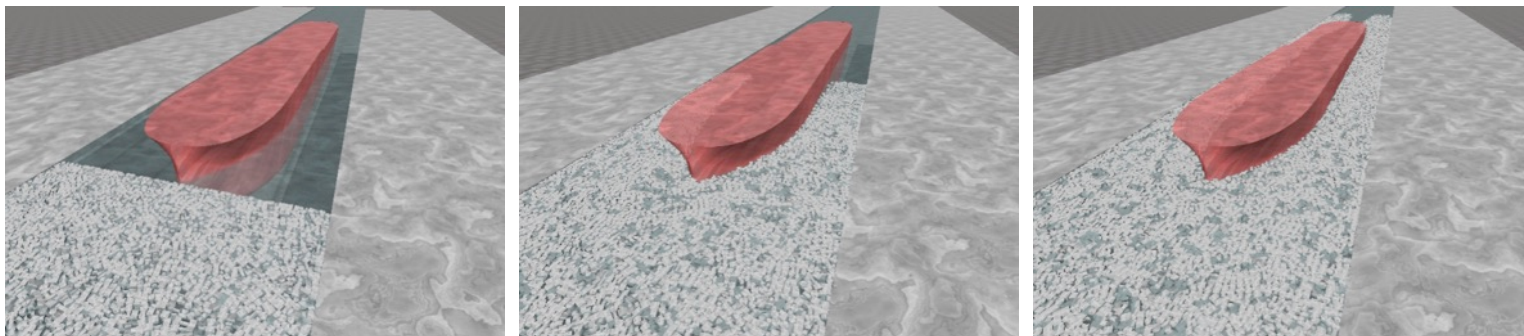
数値シミュレーションによる氷中抵抗増加推定技術の開発

- FSICRでは「より厳密な計算法」によるBrash Ice Channel中の氷抵抗 (R_{CH})を用いた主機出力の設定を認めている。

Brash Ice Channel中での抵抗増加数値シミュレーション技術を開発



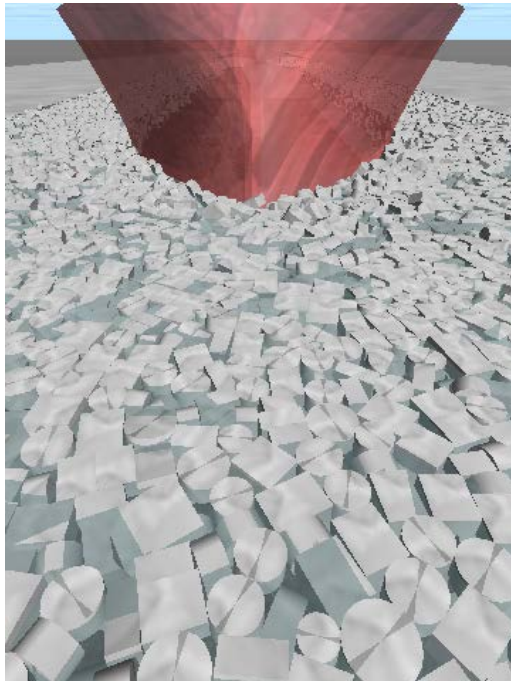
Brash Ice Channelの計算初期条件



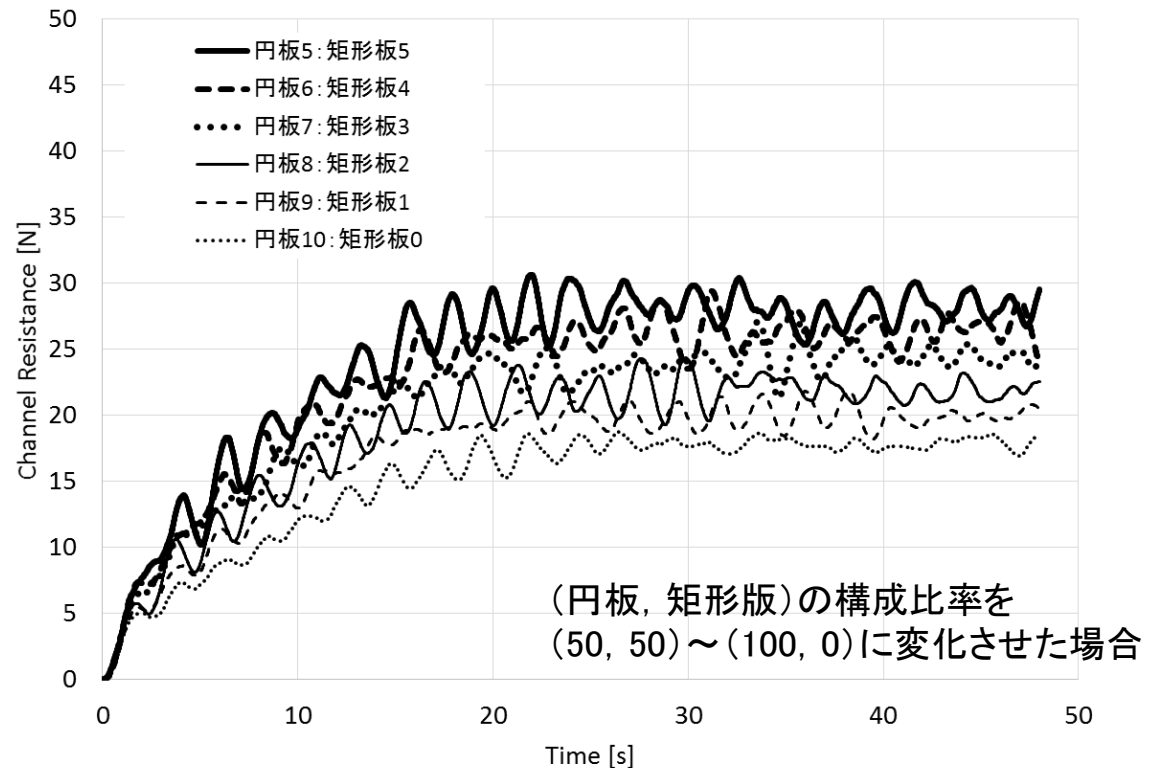
物理ベースモデリングに基づくBrash Ice Channel航行船舶の抵抗評価手法
(工学院大学)

水槽試験のシミュレーションによる検討

- 氷のパラメータ(氷片形状、氷・氷間摩擦係数等)の変化が抵抗に及ぼす影響を検討
- 改良船型について氷厚・氷充填率を水槽試験と合わせた解析結果は水槽試験結果を定性的に再現



氷片形状比率を変更(流れ場考慮, 摩擦係数0.01)



まとめ①

1) アイスクラス船に適した省エネ船型の開発

- 船首形状を改良し、船尾ダクト(WAD)を搭載した船型を開発した。
- 平水中の主機出力は、船尾ダクトの効果により1～5%低減した。
- バラスト状態の船首における氷の潜り込みが原船型より緩和された。
- アイスクラスルール算定式より25%以上の主機出力低減を達成した。

2) 氷海水槽試験による標準試験法の開発

- 海上技術安全研究所の氷海水槽において、FSICRガイドラインに準拠した氷海水槽試験を実施した。
- 氷質、氷中抵抗、主機出力に関する標準試験法・解析法を提案した。
- FSICRを主管するフィンランド運輸省Trafilに試験報告書を提出し、試験法・解析法の妥当性が認められ、認証を取得した。

まとめ②

3) 省エネデバイスの耐氷性評価

- 船尾ダクト(WAD)の氷塊の接触に対する耐氷性の評価を行った。
- 氷塊の衝突で、船体とWADの結合部に高い応力が発生することが分かった。
- 評価した船尾ダクトは、冬季バルト海における代表的な氷圧力3.0MPaで、氷荷重の衝撃にほぼ耐え得ることを確認した。

4) 数値シミュレーションによる氷中抵抗増加推定技術の開発

- Brash ice channel中での抵抗増加について、物理ベースモデリングに基づく数値シミュレーションを実施した。
- 氷のパラメータ(氷片形状、氷・氷間摩擦係数等)の変化が抵抗に及ぼす影響を検討した。
- 改良船型についての解析結果は、水槽試験結果を定性的に再現した。

謝辞

本研究開発は
日本海事協会殿「業界要望による共同研究」
として実施しました。

関係各位のご協力に深く感謝いたします。

ClassNK
R & D P R O J E C T