

ClassNK Practical R&D Seminar

9<sup>th</sup> December 2015

# 衝突時の被害軽減のための船体構造への 高延性鋼(HDS)適用に関する研究

今治造船株式会社 紙田 健二

共同研究者

新日鐵住金株式会社

国立研究開発法人 海上技術安全研究所

一般財団法人 日本海事協会

# 内容

1. 研究の背景
2. 高延性鋼 (Highly Ductile Steel : HDS)
3. 解析による効果確認
4. Class Notation
5. まとめ

IMAZO NSSMC NMRI

# 研究の背景

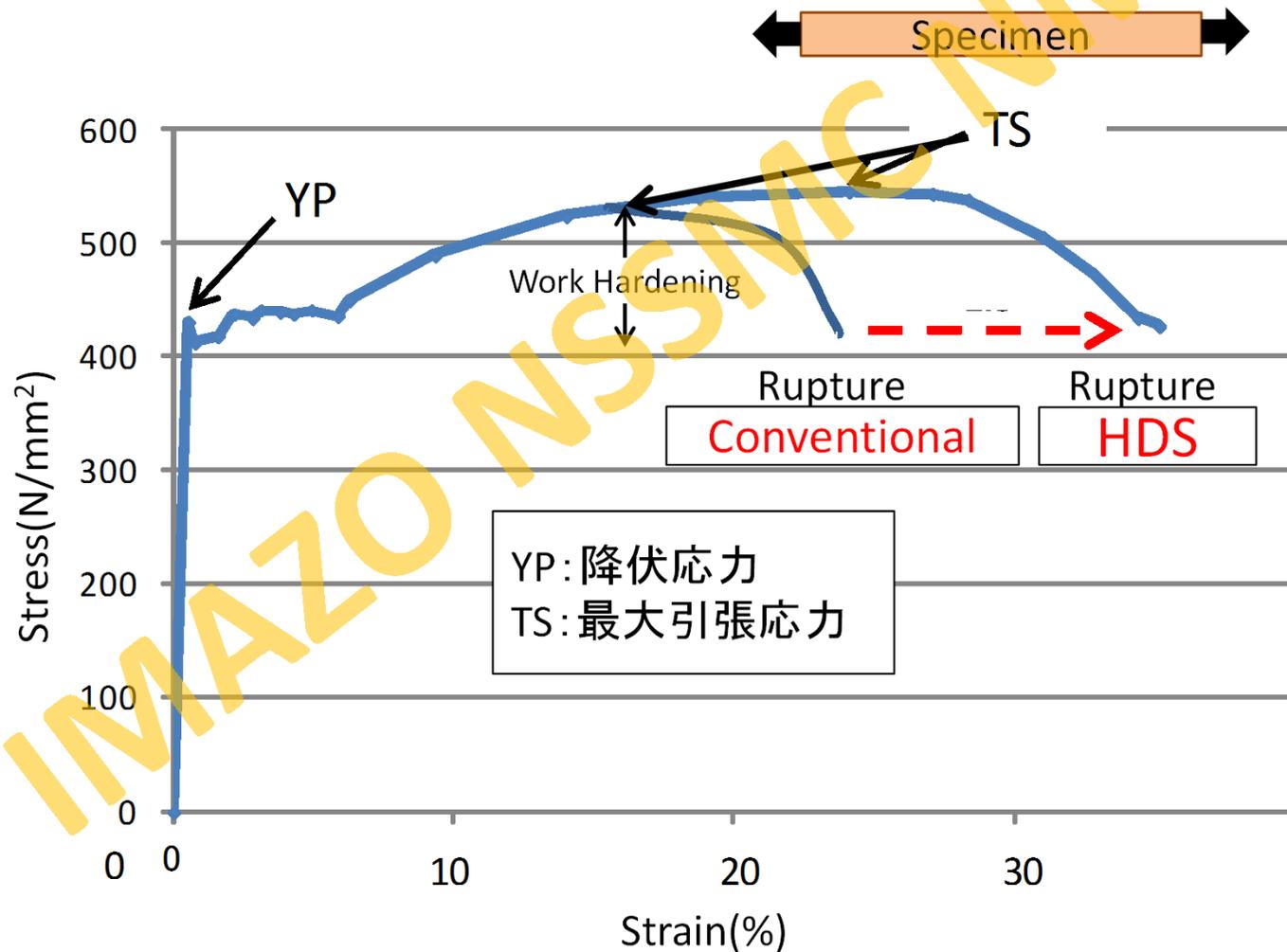
- 船舶の衝突や座礁による損傷・沈没は貴重な人命や資源を喪失させるだけではなく、大きな環境被害にもなりかねない重大事故
- 油タンカーの二重殻構造も油流出防止に効果的であるが、現状で十分であるかはこれまでも議論されている
- 新日鐵住金株式会社が開発した高延性鋼(Highly Ductile Steel)を船体に適用した場合の効果をシミュレーションで確認した上で、実船にも適用し、船舶の安全性をより高めた

# 高延性鋼(HDS)の特徴

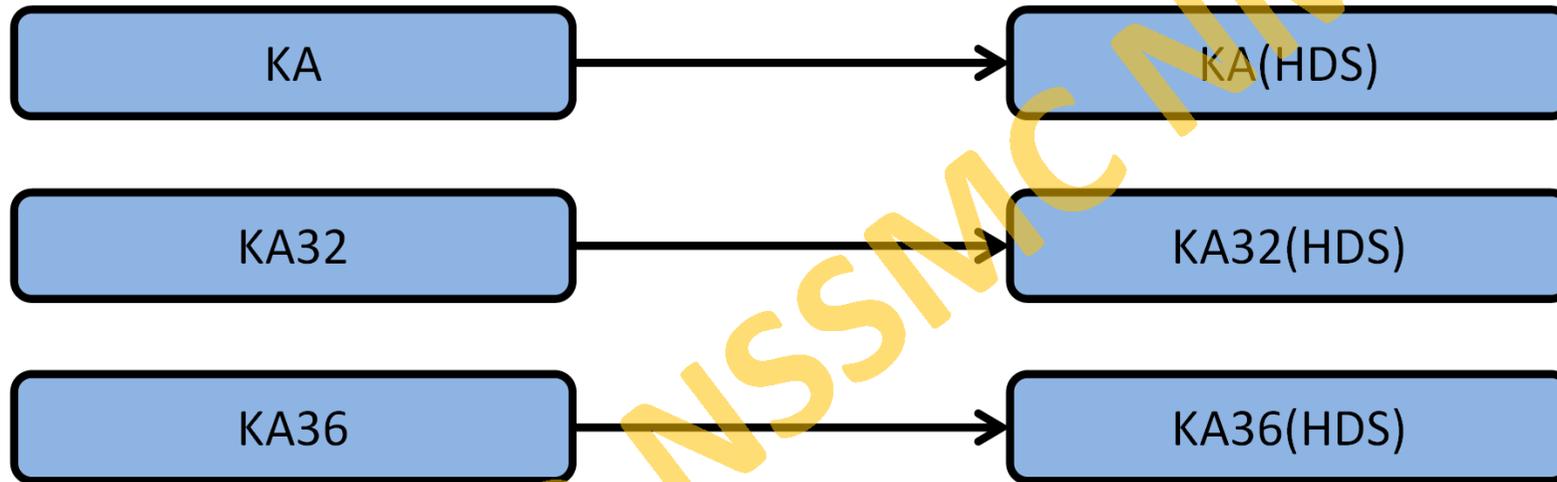
- 従来鋼に比べて
  - (1) (規則要求値に比べて) 大幅な伸びを有する
  - (2) 強度、施工性(溶接性)などは従来鋼と同じ
- 従来鋼をHDSに置き換えるだけで良く、構造変更は不要

# 応力－歪曲線（模式図）

- 強度（降伏，引張）は従来鋼と同じで伸びが大きい



# 本プロジェクトで用いたHDSの種類



それぞれについて、試験から求めた  
応力-歪データを基にHDSを定義

- 一般に伸びは強度に反比例し、高張力鋼の伸びを増大させることは難しい

## HDSによる効果

塑性域において延びが大きくなることにより、吸収する衝突エネルギーは大きくなる

- 1)各部材がより多くのエネルギーを吸収可能  
⇒破壊範囲が小さくなる
- 2)破断が生じにくい  
⇒油流出量防止・減少，浸水（沈没）防止

# 適用第1船紹介

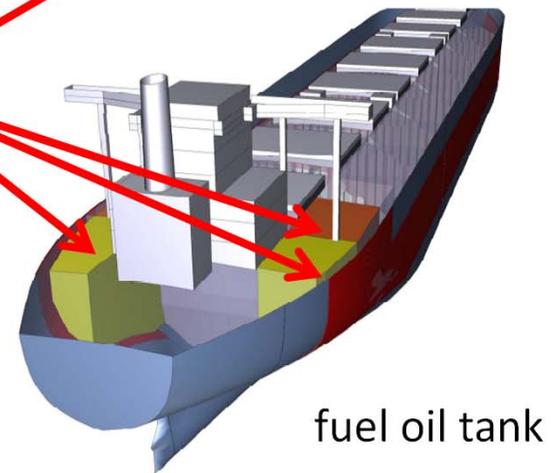
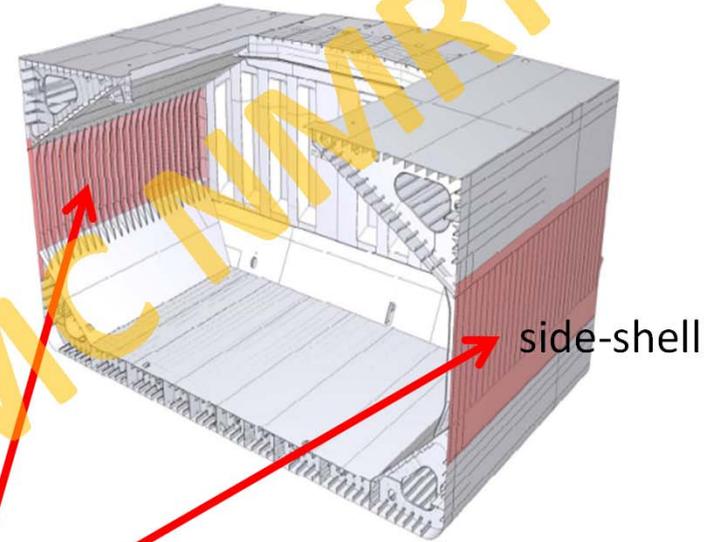
Bulk carrier (Mitsui O.S.K. Lines)  
Sister Ship featuring the NSafe®-Hull



Built by Imabari Shipbuilding CO. Ltd.  
Over 10 vessels will be HDS applied.

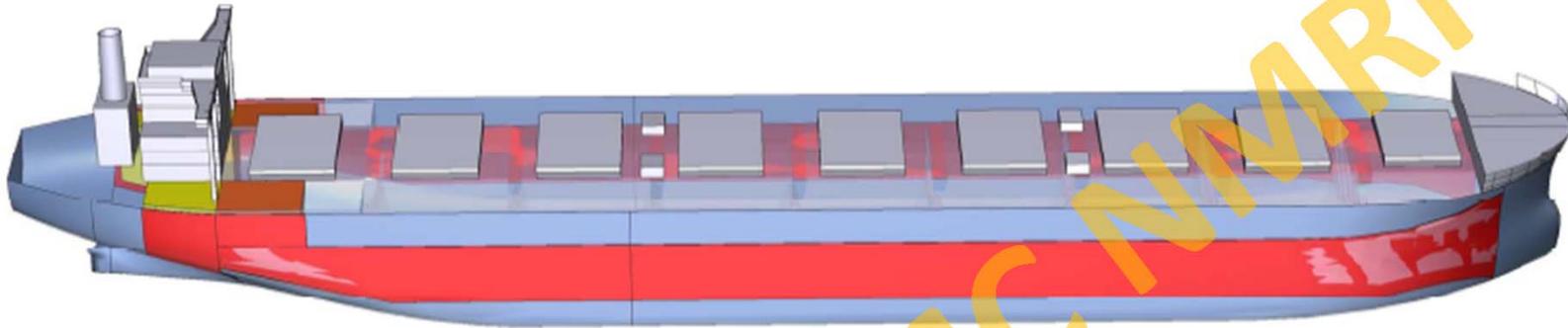
Loa	299.94 m
B	50m
D	24.7 m
DWT	206,600 ton

高延性鋼(HDS)



新日鐵住金株式会社  
NSafe®-Hullを採用

# 適用船に期待される効果



Part	部材名	目的
貨物倉外板部	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Side shell</li> <li>▪ Hold frame</li> <li>▪ Side longitudinal stiffener</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 浸水防止</li> <li>▪ 貨物保護</li> <li>▪ 荷役装置(グラブ等)による損傷</li> </ul>
燃料タンク (Top side tank)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Side shell</li> <li>▪ Top side tank bottom plate</li> <li>▪ Longitudinal bulkhead plate of fuel oil tank</li> <li>▪ Side longitudinal stiffener</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 油流出防止</li> <li>▪ 荷役装置(グラブ等)による損傷</li> </ul>
燃料タンク (Engine room)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Side shell</li> <li>▪ Longitudinal bulkhead plate of fuel oil tank</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 油流出防止</li> </ul>

# 効果確認

1. HDSを適用した場合の被衝突船の効果確認として動的非線形有限要素解析実施 (NL-FEA)
2. 限界衝突速度 ( $V_{B,cr}$ ) :  
衝突による荷油タンク貫通(内板き裂)に至る衝突船の速度
  - Simulation 1 : 1Tankモデル / 弾塑性領域 1 Tank (片舷)  
Collision angle : 真横  
Collision speed: 12knot
  - Simulation 2 : 高精度モデル / 弾塑性領域 3 Tank (両舷)  
Collision angle : 斜め – 真横  
Collision speed : 1-12(15)knot

# FEA Analysis

## Simulation 1

真横衝突

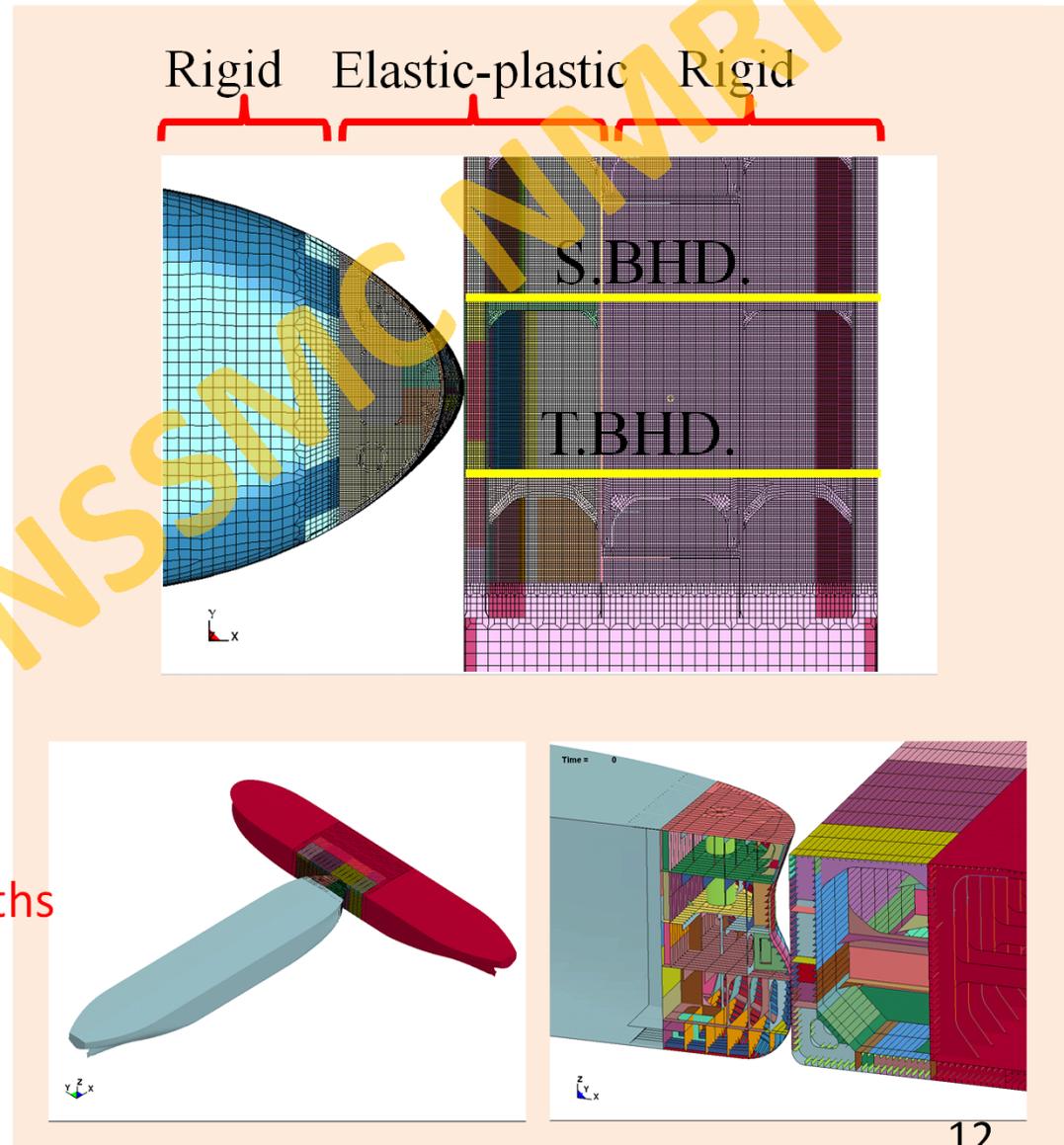
(Simple simulation)

IMAZO NS SMC NMRI

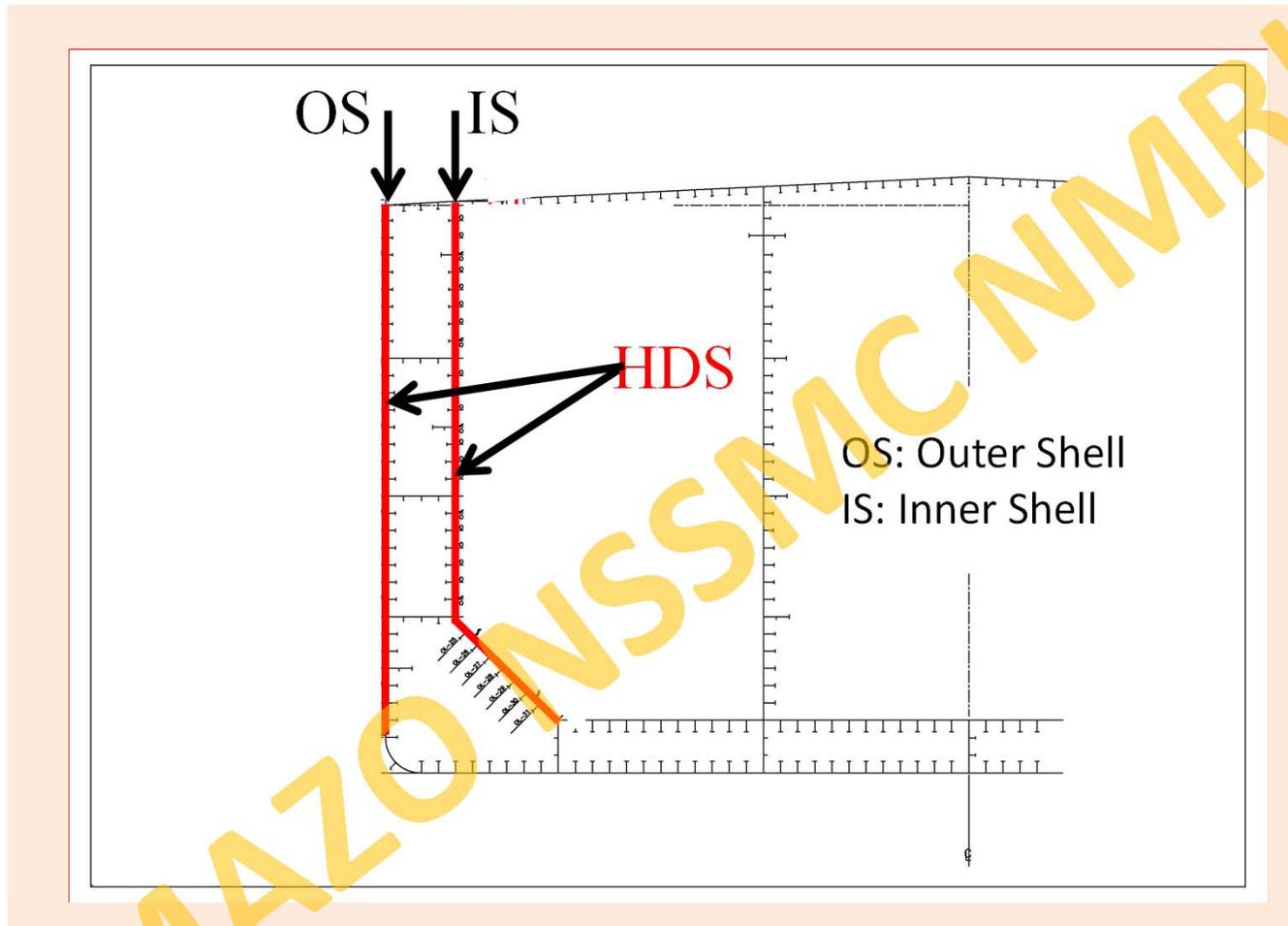
# 衝突シナリオ (Simulation 1)

## Simulation 1

- VLCC collides with the midship part of another VLCC
- Both ships fully loaded
- Collision speed  
striking (VB) = 12 knot  
struck (VA) = still
- Collision angle  $\theta=90$  deg.
- Motion of struck ship  
: Considered
- Deformation area  
: 1hold length ,1/3widths

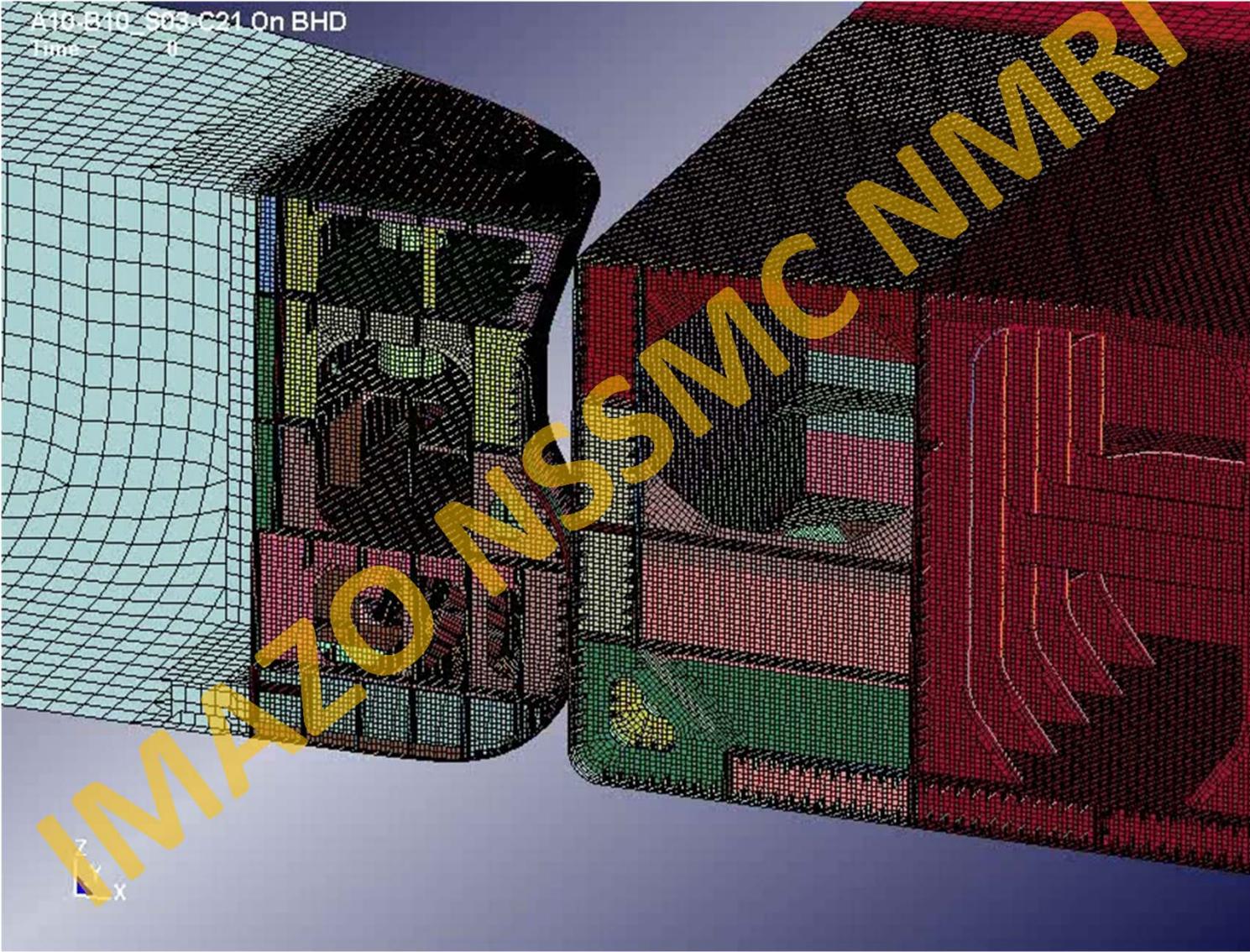


# HDS適用範囲 (Simulation 1)



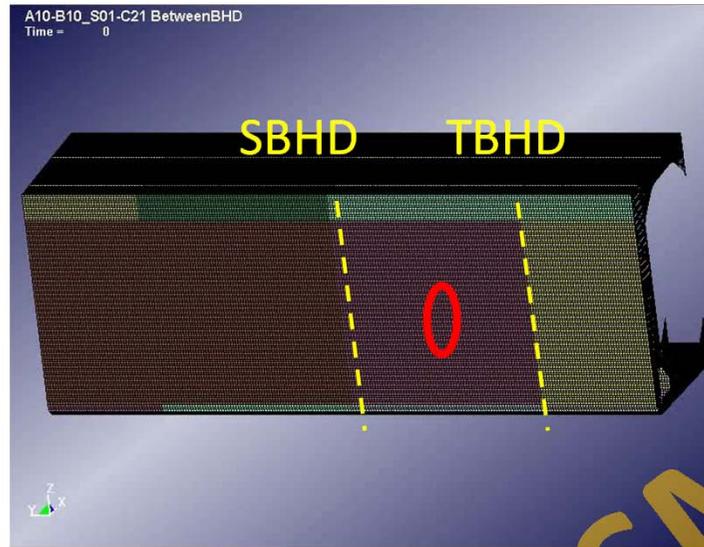
- HDSは被衝突船の外板及び内板のみに使用
- その他の部材は従来鋼

# FEA Results

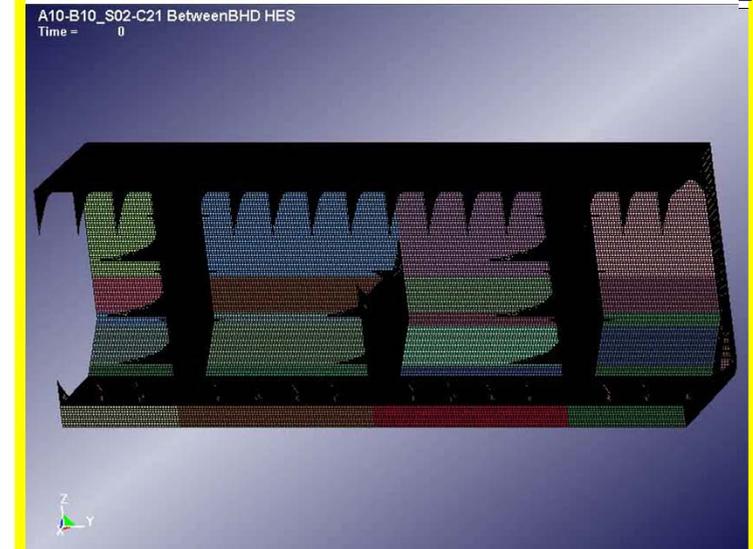


# Results of FEA

Outer Shell



Inner Shell



Conventional

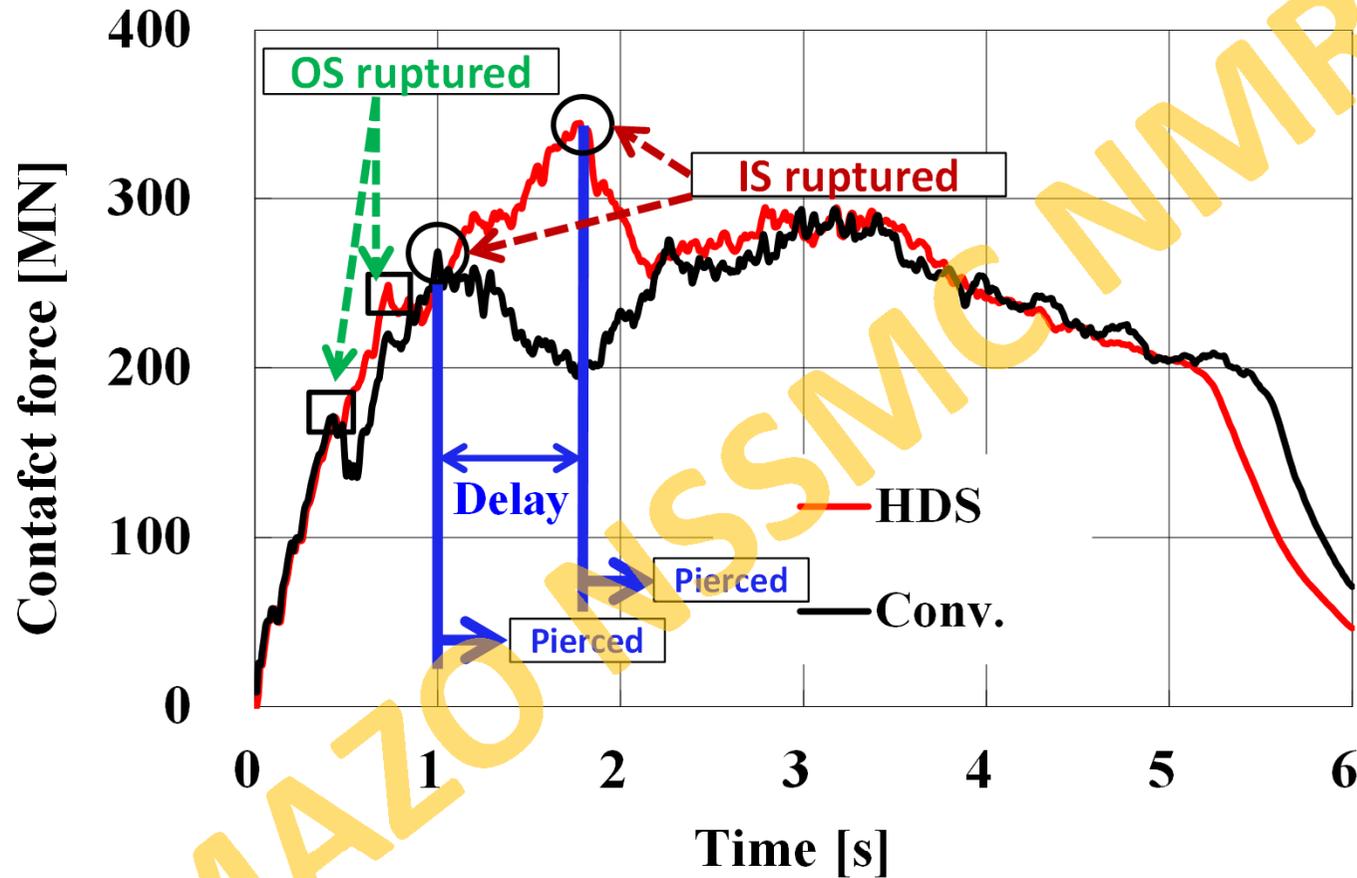
Trupture:0.87

HDS

Trupture:1.81

# 反力履歴の比較

VB=12kt, Bet. T.BHD. (C21)



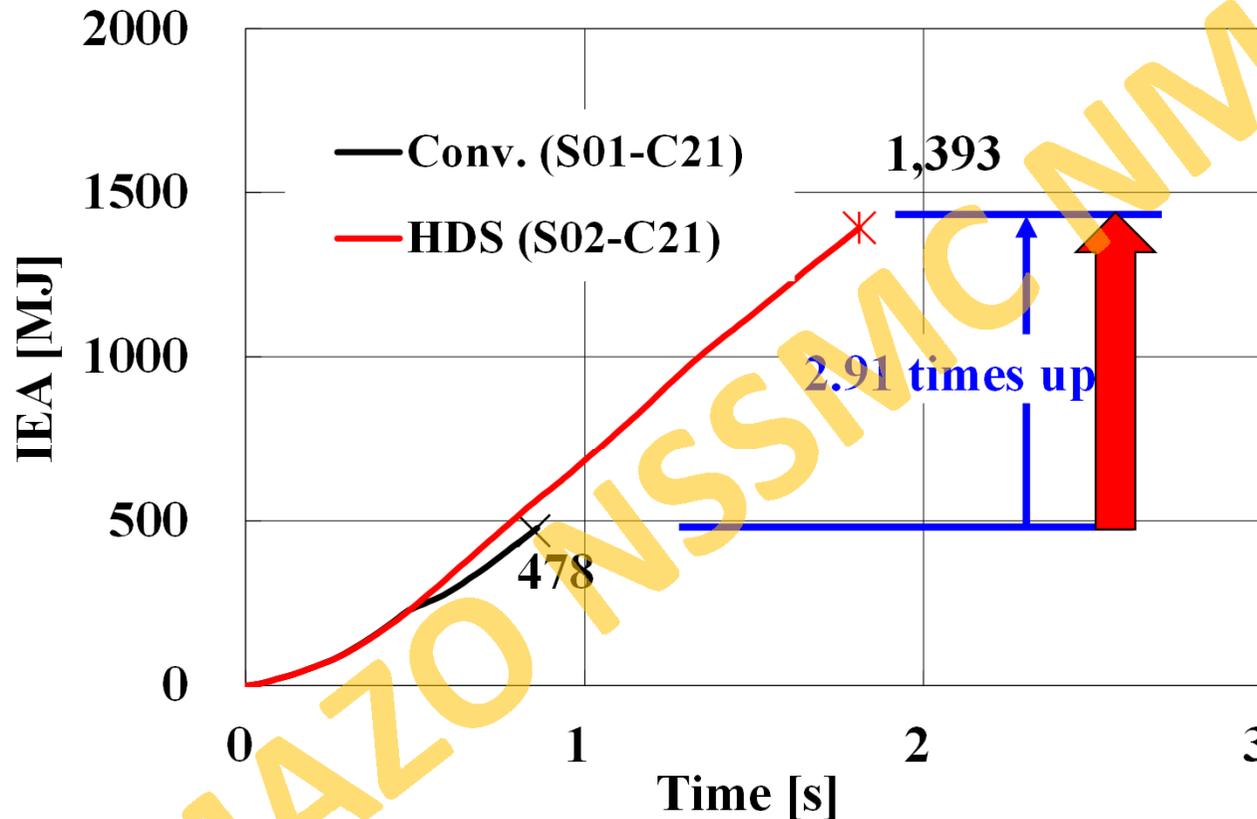
黒：従来鋼 赤：HDS

反力は内板き裂後急激に減少する

内板き裂に至る時間は約2倍の差 ( $T_{rupture}$ ; 0.87s → 1.81s)

# エネルギー吸収の比較

Bet. BHD.

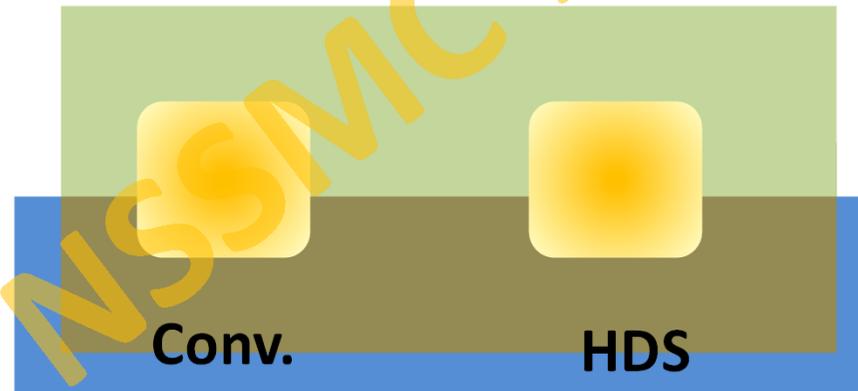


被衝突船の荷油タンク(内板)き裂に至るまでのエネルギー吸収量は従来鋼に比べて約3倍

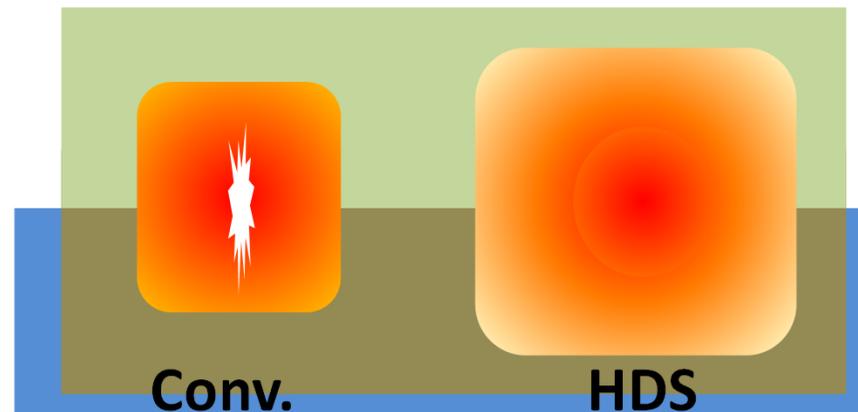
# 変形量の概念図

HDSの特性である高延性により塑性域が拡大し、エネルギー吸収量が増加する  
従って、HDSを適用した場合、き裂が生じにくい

Small deformation  
(Low speed collision)



Large deformation  
(High speed collision)



# FEA Analysis

## Simulation 2

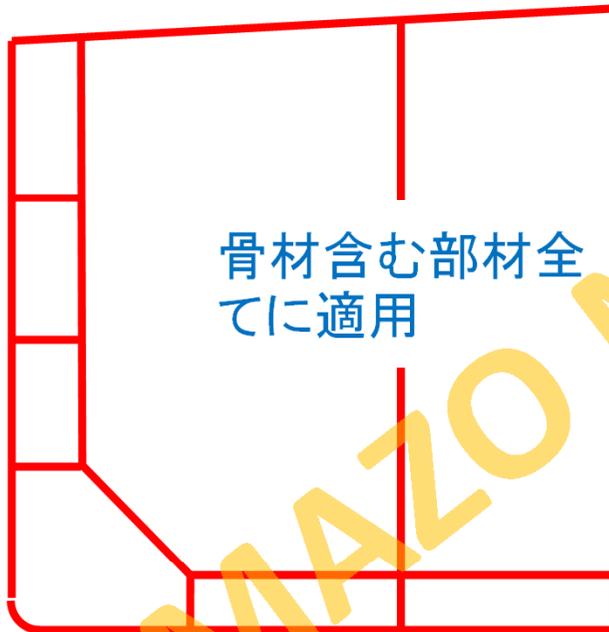
### 斜め – 真横衝突

(Practical and high accuracy simulation)

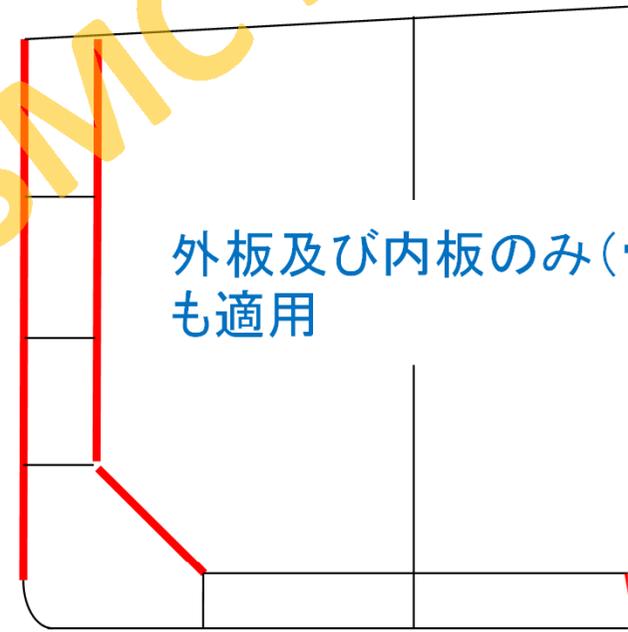
IMAZO NSSMC NMRI

# HDS適用範囲(Simulation 2)

全適用



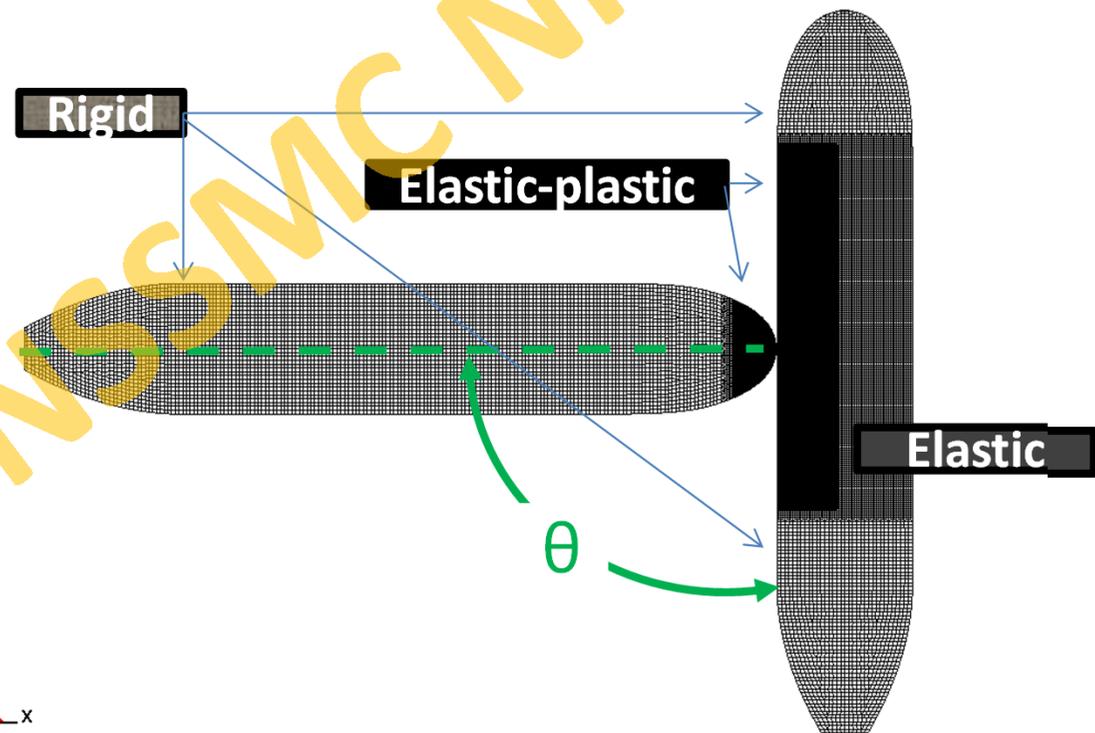
部分適用



# 衝突条件

## Simulation 2

- VLCC collides with the midship part of another VLCC
- Both ships fully loaded
- Collision speed  
striking (VB) = 1-12(15) knot  
struck (VA) = still
- Collision angle  $\theta = 60-150$  deg.
- Motion of struck ship  
: Considered
- Deformation area  
: 3hold  $\times$  1/2width



# 衝突速度，角度

Full applied

Velocity $\theta$	15	12
60		
75		
90		
105		
120		
135		
150		

Partial applied

Velocity $\theta$	15	12
60		
75		
90		
105		
120		
135		
150		

実施済

Not applied

Velocity $\theta$	15	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
60												
75												
90												
105												
120												
135												
150												

# 限界衝突速度 ( $V_{B,cr}$ )

限界衝突速度 ( $V_{B,cr}$ ) :

荷油タンク(内板)に破口を生ずる最小の衝突速度

衝突船の運動エネルギー =

衝突後の並進運動 $E$  + 衝突後の回転運動 $E$  +  $E_{s,cr}$

$E_{s,cr}$  : 荷油タンクに破口を生ずるまでに船体運動以外で吸収したエネルギー  
(歪 $E$  + 摩擦 $E$ )

# Collision Movies of Simulation2

A13-B10 B02-C122 A90 V12kt HES-FULL  
Time = 6



Full-applied, 90deg.  
(B02-C122)

A13-B10 B05-C126 A90 V12kt HES-HALF  
Time = 9



Partial-applied, 90deg.  
(B05-C126)

A13-B10 B09b-C116e A90 V12kt Conventional  
Time = 6



Conventional, 90deg  
(B09b-C116e)

A13-B10 C130 A135 V12kt Conventional  
Time = 6



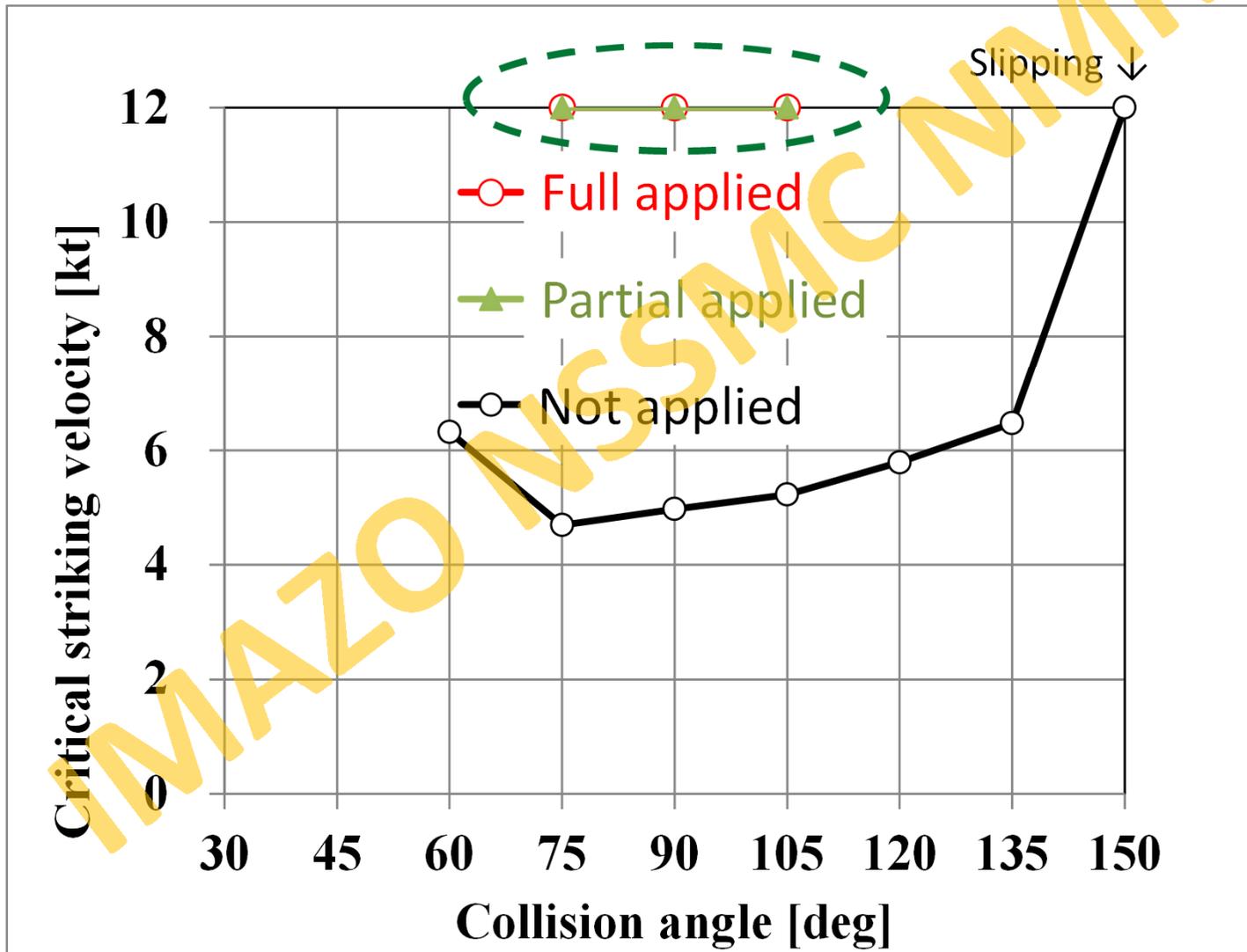
Conventional, 135deg.  
(C130)

A13-B10 C151 A160 V12kt Conventional  
Time = 6



Conventional, 150deg.  
(C151)

# 衝突速度と破断のまとめ



# ClassNK Notation and Descriptive Note

## ClassNK Notation

### **“Hull Protection by Highly Ductile Steel” (HP-HDS)**

衝突や座礁に対するエネルギー吸収に効果のあるHDSを適用した船舶にNotationを付記する

## Descriptive Note

高延性鋼使用した箇所を記載する

例 : KA32-HD XX applied to side shell plate and side longitudinal within Fr. XX-XX (or No. X-X WBT)

## Material grade of HDS

HDS を個別に承認する “HD XX”

“XX” は規則要求値に対する伸び率を記載する

例 : KA32-HD50 for  $15 < t \leq 20$

KA32-HD50の場合、伸び率 27% (規則要求  $18\% \times 1.5 = 27$ )

## まとめ(1)

- 船体の安全性・環境保護を目的とした高延性鋼 (HDS) を新日鐵住金株式会社が開発した
- HDSは従来鋼に比べ、エネルギー吸収量は約3倍
- HDSをばら積み貨物船に実船適用

IMAZO NSSI MC (MSP)

## まとめ(2)

### ・HDS の優位性

- 1)各部材がより多くのエネルギーを吸収可能  
⇒破壊範囲が小さくなる
- 2)衝突されてもき裂が生じにくい  
⇒油流出防止, 浸水(沈没)防止

今治造船は船舶の安全性と環境保護のため、  
HDSを採用していきます

# Thank you for your attention



IMABARI SHIPBUILDING CO., LTD.

ClassNK



ClassNK  
R&D PROJECT

本研究開発は日本海事協会の「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実施しております