

直接荷重解析及び構造解析による 強度評価について

日本海事協会 船体開発部 杉本圭

- はじめに
- 構造強度ガイドライン等
- 直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン
- まとめ(展望等)

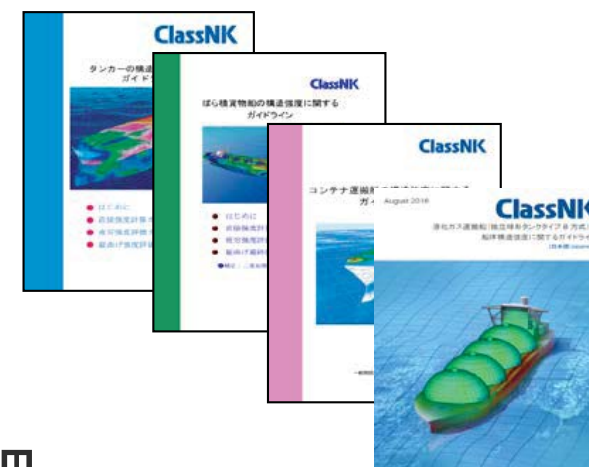
➤ 鋼船規則C編、CSR-B&T編

- 原則等一般的な規定
- 配置要件(区画等)
- 構造強度に関する要件
 - 部材ごとの要求寸法に関する算式
 - 考慮する荷重の算式
 - 構造解析(FEM)を用いた強度評価
- 材料、溶接
- 舵、艀装 etc.



➤ 関連ガイドライン①(構造強度ガイドライン)

- 考慮する荷重の算式
- 構造解析(FEM)を用いた強度評価手法詳細
- 直接荷重解析に関する規定 etc.



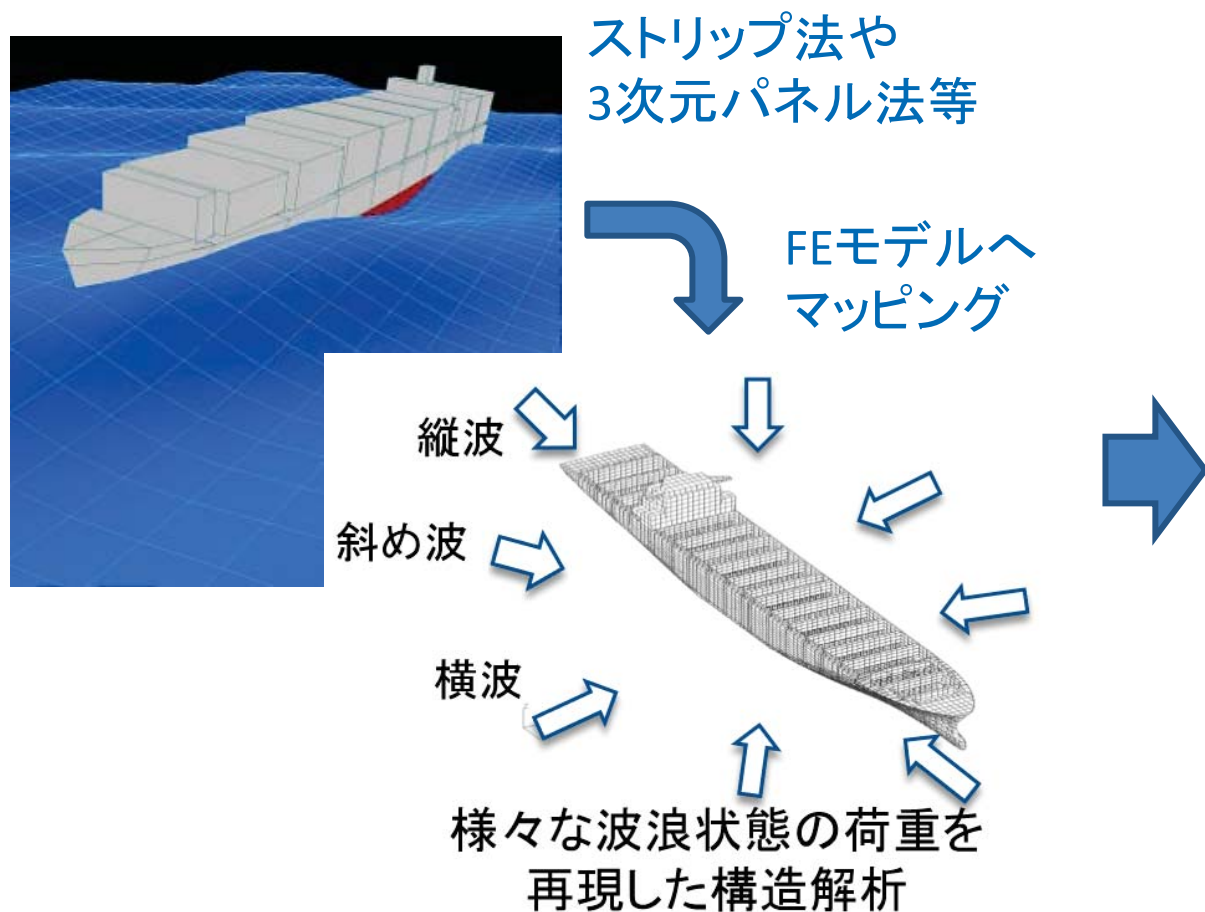
➤ 関連ガイドライン②

(直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン)

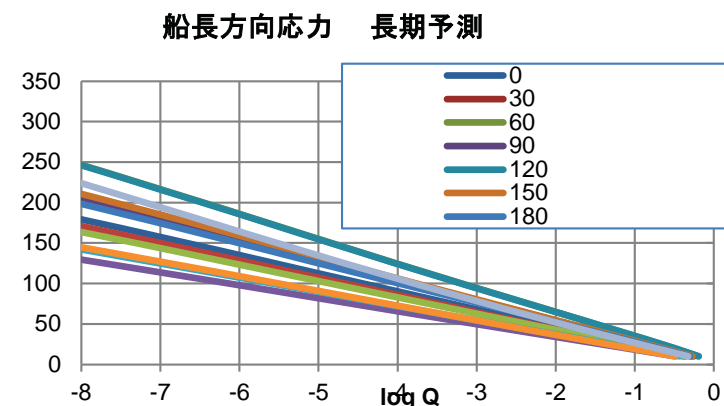
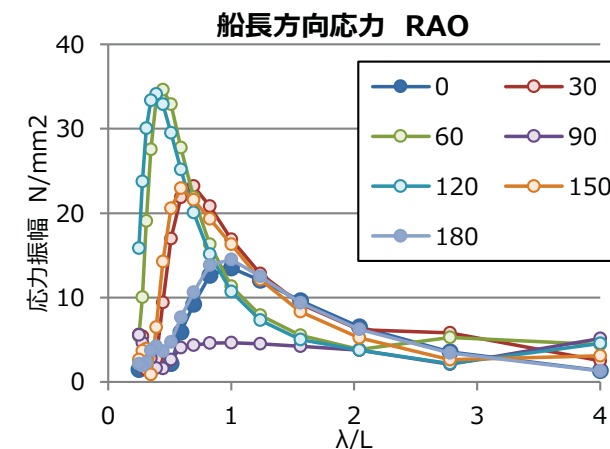


荷重構造一貫解析(DLSA)とは？

- ✓ 個船ごとに、船体運動・荷重解析を行い、その結果(波浪変動圧や運動・加速度)を基に構造解析・構造強度評価を行う手法
- ✓ 構造応答(応力等)の応答関数(RAO)、統計予測(短期・長期予測)により、その船固有の構造応答を評価することができる



応力のRAOや統計予測値



構造強度評価手順の例(応力応答関数)

様々な波浪状態(規則波)における荷重を再現した構造解析

船体に生じる構造応答(応力応答)の把握(応力応答関数)

長期予測等による統計予測

構造強度評価

DLSA

膨大な解析工数

本会の構造強度評価手順の基本思想

構造強度に対して支配的な応力応答を適切に推定



簡易な評価手法

実用性を考慮



鋼船規則、構造強度ガイドラインの関連要件

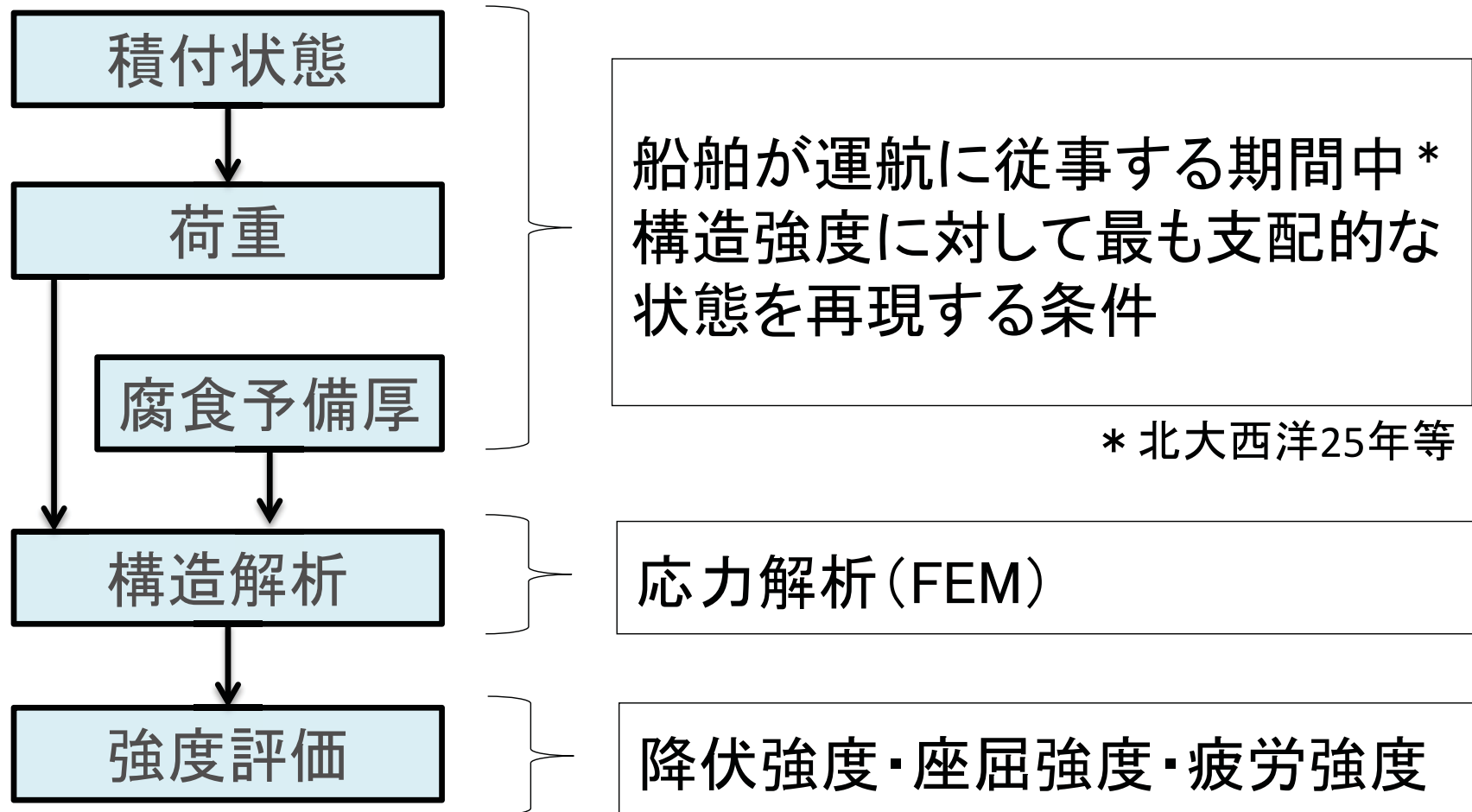
Generalな形に

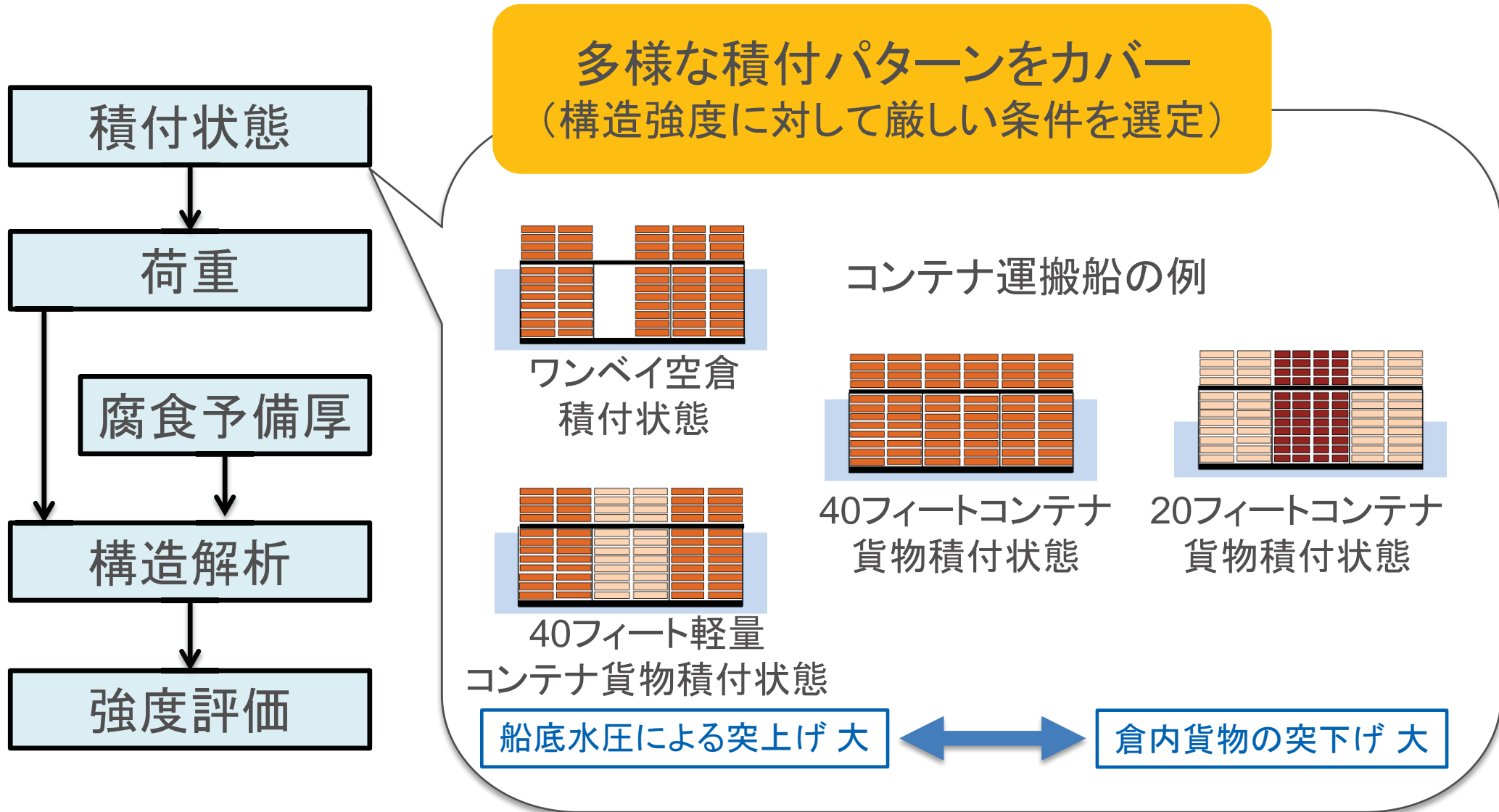
直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン

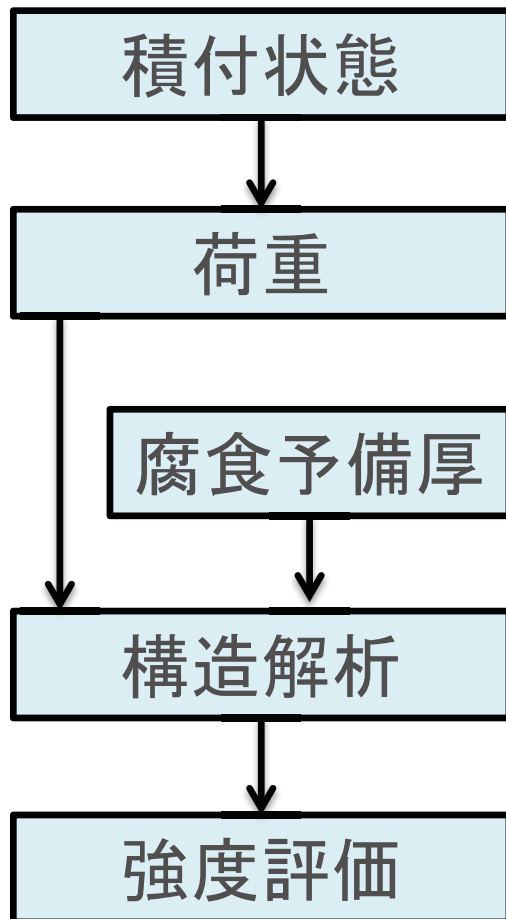


- はじめに
- **構造強度ガイドライン等**
- 直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン
- まとめ(展望等)

✓ 評価フロー



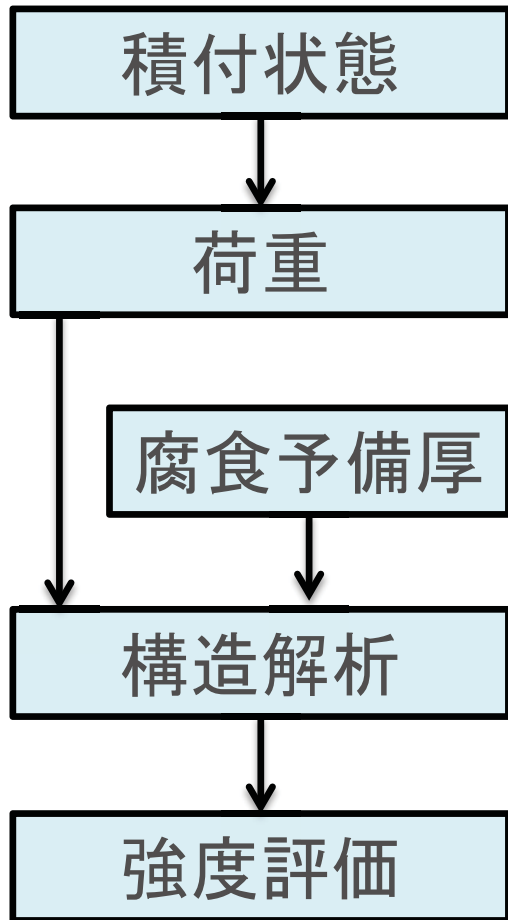




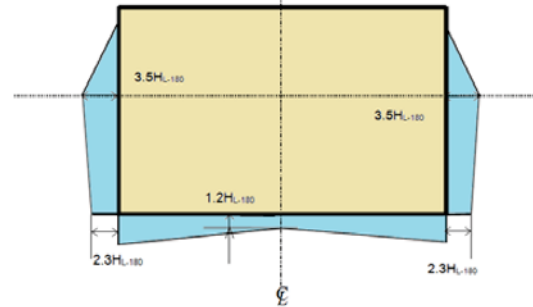
- 設計規則波：
多様な波条件の中から、構造強度に支配的な（応力が最大となるような）波条件を規定
→ **L180（向波）、L0（追波）**
R（ロール最大）、P（波浪変動圧最大）
- 設計荷重：
支配的な波条件に即した荷重状態を再現（波浪荷重、慣性力、モーメント等）

個船のパラメータに基づいた
簡易算式にて規定

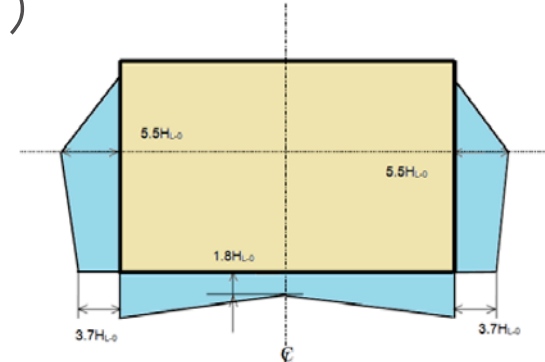
* 荷重解析にかかる工数を削減できるように
荷重の簡易算式を与えている



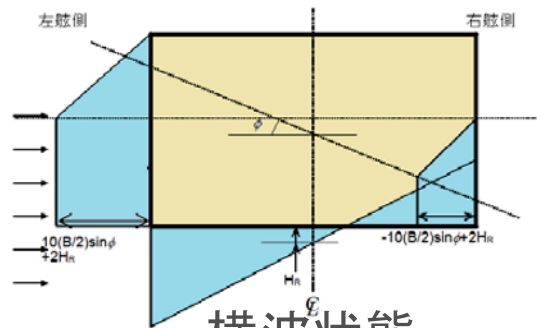
✓ 4つの設計規則波における荷重の一例
(波浪変動圧の分布図)



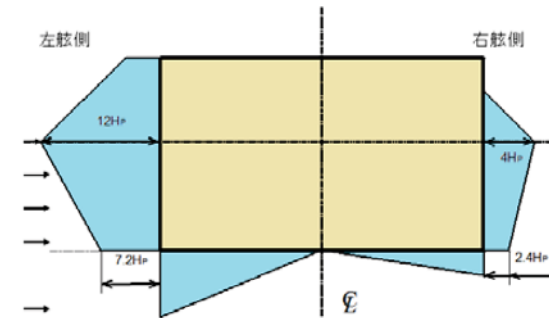
波浪変動圧 (L180)



追波状態 (L0)



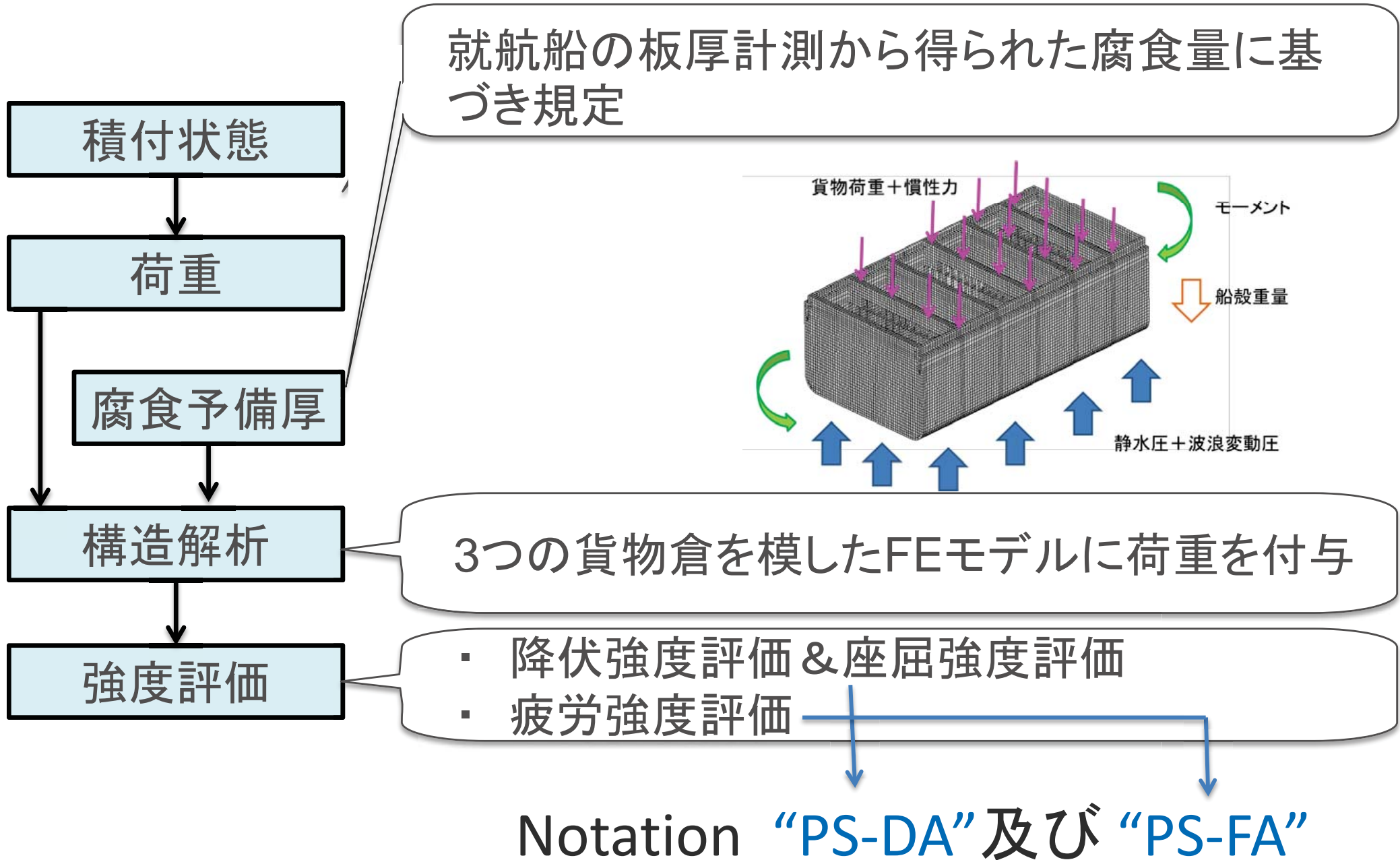
横波状態
(ロール最大) (R)



横波状態
(波浪変動圧最大) (P)

波浪変動圧の式 e.g., $P_{D,L-180} = 2.3C_3 \left(\frac{z}{d_i} + \frac{|2y|}{B} + 1 \right) H_{L-180}$

⇒ 直接荷重解析等(ストリップ法等)による代替を認めている



- はじめに
- 構造強度ガイドライン等
- 直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン
- まとめ(展望等)

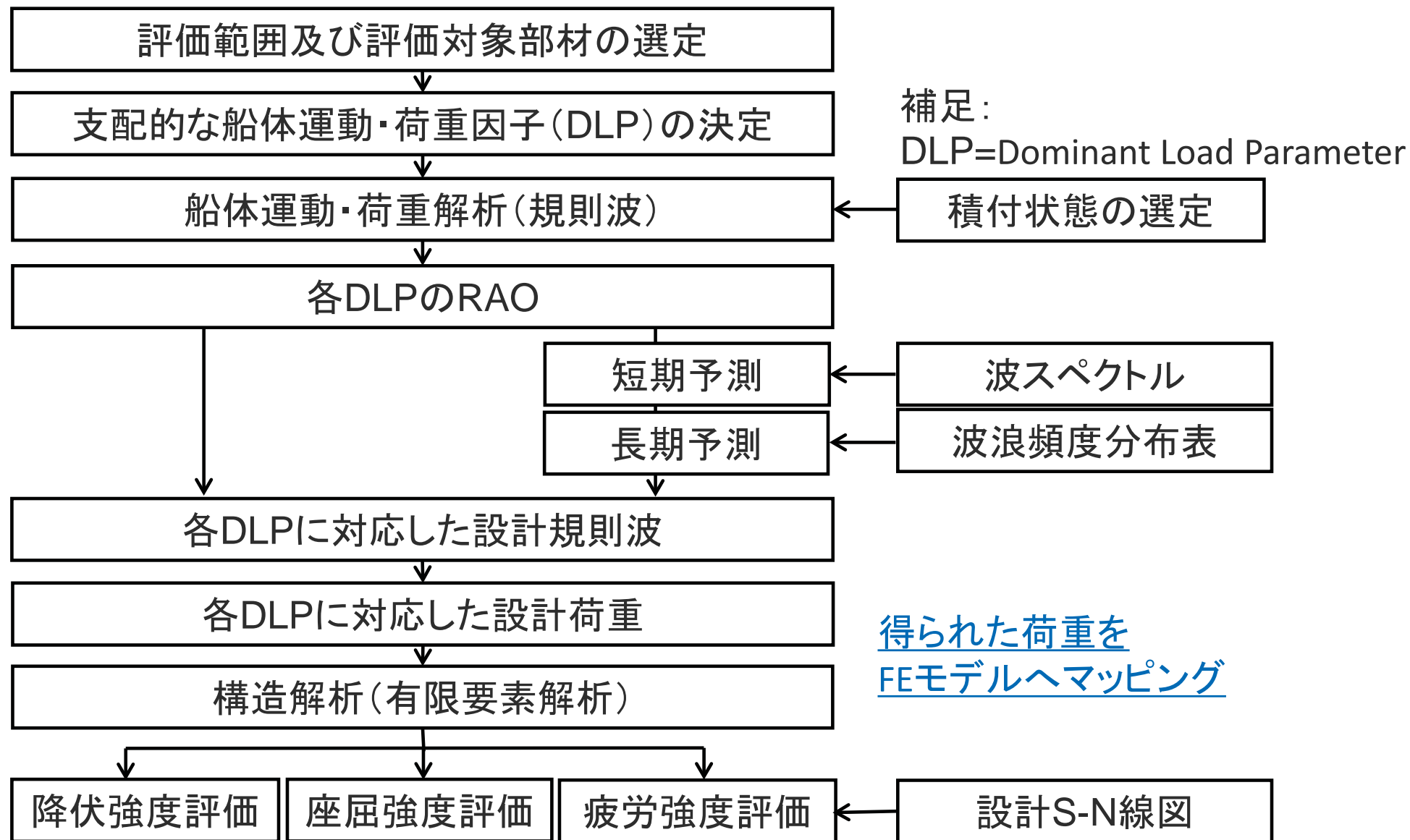
- 鋼船規則及び構造強度ガイドラインでは、既存船から推定した荷重を踏まえて規定



実績のないサイズや新しい構造様式を有する船舶に対してはこれらの特徴を考慮した荷重に基づく強度評価が必要となる。

- **直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン**を作成

ガイドラインの概要(評価フロー)



DLP (Dominant Load Parameter)

(対象とする船舶、部材、強度要件に対し支配的な船体運動・荷重因子)

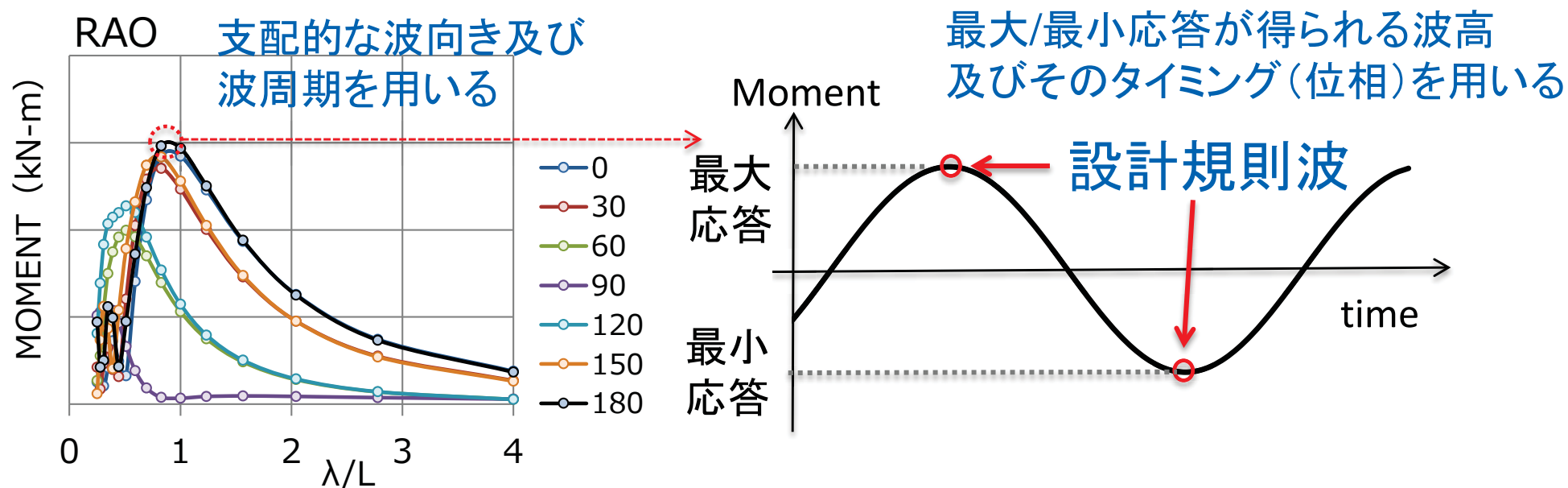
- 考慮するDLPを規定。(船種に関わらず共通)
 - 1) 波浪中垂直曲げモーメント (船体中央)
 - 2) 波浪中垂直せん断力 (0.25L、0.75L)
 - 3) 船底外板とC.L.の交差点における波浪変動圧 (考慮する横断面)
 - 4) ビルジ部における波浪変動圧 (考慮する横断面)
 - 5) 船側外板とW.L.の交差点における波浪変動圧 (考慮する横断面)
 - 6) 船体運動 (ロール, ヒーブ, ピッチ) 及びそれらの船体運動により生じる加速度
- 船種や評価箇所に応じて、追加DLP有。
例: (コンテナ運搬船) 捩りモーメント、水平曲げモーメント
- 構造強度に与える影響が小さいDLPについては省略可。

設計規則波・設計荷重

- 各DLPの船体運動・荷重解析結果(RAO)より、構造強度評価に用いる規則波(設計規則波)を選定する。

各DLPの最大/最小応答を再現する設計規則波を作成
 → 設計規則波の荷重(変動圧、慣性力等)を設計荷重とする。

- ✓ DLPが垂直曲げモーメントの場合:



- 疲労強度評価の場合は、疲労強度への影響が大きい荷重レベルを考慮。

その他要件

(直接強度計算・統計予測・構造強度評価等)

- 現行の構造強度評価基準の背景にある基本的な思想を踏まえ、要件を規定。

例：

- IACS Recommendation No. 34 の規定
(波の方向性分布、波浪発現頻度分布表 etc.)
- FEMの原則(モデル化、境界条件 etc.)
- 荷重解析の計算条件(波長、波向き etc.)
- 各強度評価手法(ミーゼス応力、代表的な設計S-N線図 etc.)

Notationとの関係

➤ PS-DA-DLA

「直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン」に基づき、全貨物区域の主要構造部材の降伏強度及び座屈強度評価を行った場合

➤ PS-FA-DLA

「直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン」に基づき、全貨物区域の主要構造部材の詳細構造の疲労強度評価を行った場合

- はじめに
- 構造強度ガイドライン等
- 直接荷重解析に基づく強度評価ガイドライン
- **まとめ(展望等)**

- DLSAは個船の応答を精度良く捉える手法の一つであり、今後はCFD、非線形FE解析、連成解析等より高度な手法と融合し更に昇華されていくことが見込まれる。
- 近年の解析及び分析技術の向上により、複雑又は大規模な解析が容易となってきたており、DLSAもその例外ではない。
- DLSAはデジタルツイン等のホットピックとの親和性も高く、益々普及していくことが期待される。
- 現在実施中の鋼船規則C編全面見直しプロジェクトにおいても、多数船種を対象にDLSAを行い、その結果を踏まえ規則の見直しを図る計画としている。また、DLSAに関するガイドラインをブラッシュアップしていく予定。