

# 2003 ClassNK 技術セミナー

**ClassNK**

(財) 日本海事協会

## 目 次

## 改正技術規則の解説

|   |    |
|---|----|
| 1. 鋼船規則等の一部改正                           | 1  |
| 2. 鋼船規則等の改正概要                           |    |
| 2.1 潜水装置コード改正関連                         | 6  |
| 2.2 高圧電気設備                              | 7  |
| 2.3 ボイラ及び熱媒油設備のポンプ                      | 12 |
| 2.4 管装置の設計                              | 13 |
| 2.5 メカニカルジョイント                          | 14 |
| 2.6 旋回式推進装置                             | 15 |
| 2.7 ウォータージェット推進装置                       | 19 |
| 2.8 耐火ケーブル                              | 22 |
| 2.9 発電機用原動機の調速機                         | 25 |
| 2.10 主発電装置を構成する軸発電装置                    | 26 |
| 2.11 主発電装置に追加して設置される軸発電装置               | 27 |
| 2.12 非金属ケーブル支持物                         | 28 |
| 2.13 自動化機器の環境試験                         | 29 |
| 2.14 小型船のデッドシップ規定                       | 30 |
| 2.15 MARPOL 73/78 ANNEX IV              | 31 |
| 2.16 バラストタンク部分積付                        | 33 |
| 2.17 縦通肋骨等が貫通する桁板又は肋板に取り付けられる防撓材の強度評価関連 | 34 |
| 2.18 ばら積貨物船の標準積付状態                      | 36 |
| 2.19 鋼材の使用区分                            | 39 |
| 2.20 一般乾貨物船の検査強化及び船底検査関連                | 40 |
| 2.21 コンテナ運搬船の非風雨密倉口蓋関連                  | 41 |
| 2.22 暴露甲板前方部分の小倉口及び艀装品                  | 42 |
| 2.23 自動閉鎖式空気管頭の検査                       | 47 |
| 2.24 水密戸の要件                             | 48 |
| 2.25 タンカーの電気防食                          | 49 |
| 2.26 現存ばら積貨物船の倉内肋骨関連                    | 50 |
| 2.27 現存ばら積貨物船の風雨密倉口蓋の固着装置及び移動防止装置       | 52 |
| 2.28 検査準備等関連                            | 53 |
| 2.29 ばら積貨物船、鉍石運搬船及び兼用船の鋼製風雨密蓋等          | 54 |
| 2.30 ばら積貨物船、鉍石運搬船及び兼用船に設置される船首楼         | 56 |
| 2.31 チェーンロッカの閉鎖                         | 57 |
| 2.32 縦強度用件に関する標準積付状態                    | 58 |
| 2.33 非風雨密倉口蓋に関する追加要件                    | 61 |

## 技術トピックス

|                          |    |
|--------------------------|----|
| ・ 電子制御ディーゼル機関の安全措置について   | 62 |
| ・ クランク軸用鍛鋼材の超高サイクル疲労強度評価 | 66 |
| ・ 船体構造の板・小骨の基準について       | 74 |

## その他

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| ・ リスク管理の現状とリスク評価技術の概要について | 81  |
| ・ IMO, IACS の動向           | 104 |

## — 改正技術規則の解説 —

### 1. 鋼船規則等の一部改正

2002年6月30日以降2003年8月31日までに制定された改正規則は下記の一覧のとおりである。  
これらの改正規則のうち主要なものにつき、その「背景及び概要」を次章に解説する。

#### 鋼船規則等の一部改正

| 案件              | 改正規則等 |             | 制定日      | 施行日      |
|-----------------|-------|-------------|----------|----------|
|                 | 和     | 規則 B編       |          |          |
| 板厚計測箇所          | 和     | 規則 L編       | 02.12.27 | 03.01.01 |
| 丸窓及び角窓の水密試験     | 和     | 規則 L編       | 02.12.27 | 03.01.01 |
| 潜水装置一部改正案       | 和     | 規則 潜水装置     | 02.12.27 | 03.01.01 |
|                 |       | 要領 潜水装置(新規) | 02.12.27 | 03.01.01 |
|                 | 英     | 規則 潜水装置     | 02.12.27 | 03.01.01 |
|                 |       | 要領 潜水装置(新規) | 02.12.27 | 03.01.01 |
| 新造ばら積貨物船の構造詳細   | 和     | 規則 C編       | 02.12.27 | 03.01.01 |
| 高压電気設備          | 和     | 規則 H編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 高速船         | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 要領 H編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 | 英     | 規則 H編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 高速船         | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 要領 H編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
| 機関の溶接           | 和     | 規則 D編       | 02.12.27 | 03.01.01 |
|                 | 英     | 規則 D編       | 02.12.27 | 03.01.01 |
| ボイラ及び熱媒油設備のポンプ  | 和     | 規則 D編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 自動化         | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 要領 D編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 | 英     | 規則 D編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 自動化         | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 要領 D編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
| アルミニウム合金材       | 和     | 規則 K編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 高速船         | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 要領 C, K編    | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 高速船         | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 | 英     | 規則 K編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 高速船         | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 要領 C, K編    | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 高速船         | 02.12.27 | 03.07.01 |
| 圧延鋼材及び鋼管に関する規格  | 和     | 規則 K編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 要領 K編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 | 英     | 規則 K編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 要領 K編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
| 金属材料の製造方法の承認    | 和     | 要領 認定要領     | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 | 英     | 要領 認定要領     | 02.12.27 | 03.07.01 |
| 新造ばら積貨物船の横隔壁の溶接 | 和     | 規則 C編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 要領 C編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
| ESP船の検査強化等      | 和     | 規則 B, C編    | 02.12.27 | 03.01.01 |
|                 |       | 要領 B編       | 02.08.20 | 02.09.01 |
|                 |       |             | 02.12.27 | 03.01.01 |
|                 | 英     | 規則 B, C編    | 02.12.27 | 03.01.01 |
|                 |       | 要領 B編       | 02.08.20 | 02.09.01 |
|                 |       |             | 02.12.27 | 03.01.01 |
| 管装置の設計          | 和     | 規則 D編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 要領 D編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 | 英     | 規則 D編       | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                 |       | 要領 D編       | 02.12.27 | 03.07.01 |

| 案件                              | 改正規則等    |          |                 | 制定日      | 施行日             |          |          |
|---------------------------------|----------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|----------|
| メカニカルジョイント                      | 和        | 規則       | D, Q 編          | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 冷蔵設備            | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 高速船             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | D, S 編          | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 海防              | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 認定要領            | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 | 英        | 規則       | D, Q 編          | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 冷蔵設備            | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 高速船             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | D, S 編          | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 海防              | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 認定要領            | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
| 構造強度評価に関する船級符号への付記              | 和        | 規則       | A, C 編          | 02.12.27 | 03.01.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.01.01        |          |          |
|                                 | 英        | 規則       | A, C 編          | 02.12.27 | 03.01.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.01.01        |          |          |
| 最前部貨物倉前端隔壁後方の船側防撓構造             | 和        | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 | 英        | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
| バラスタック部分積付                      | 和        | 規則       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 | 英        | 規則       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
| 縦通肋骨のスパン修正                      | 和        | 規則       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 | 英        | 規則       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
| 縦通防撓材の疲労強度                      | 和        | 規則       | C 編             | 02.12.27 | 03.01.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.01.01        |          |          |
|                                 | 英        | 規則       | C 編             | 02.12.27 | 03.01.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.01.01        |          |          |
| 縦通肋骨等の貫通する桁板又は肋骨に取付けられる防撓材の強度評価 | 和        | 規則       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 | 英        | 規則       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | C 編             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
| 船級符号への付記                        | 和        | 規則       | A, B, C, P, S 編 | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 高速船             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 強化プラスチック        | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | フローティング         | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | A, C 編          | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 高速船             | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          |          | 英               | 規則       | A, B, C, P, S 編 | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                                 |          |          |                 |          | 高速船             | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                                 | 旅客船      | 02.12.27 |                 |          | 03.07.01        |          |          |
|                                 | 強化プラスチック | 02.12.27 |                 |          | 03.07.01        |          |          |
|                                 | フローティング  | 02.12.27 |                 | 03.07.01 |                 |          |          |
|                                 | 要領       | A, C 編   |                 | 02.12.27 | 03.07.01        |          |          |
|                                 |          | 高速船      | 02.12.27        | 03.07.01 |                 |          |          |
|                                 | 旅客船      | 02.12.27 | 03.07.01        |          |                 |          |          |
| 船級船の情報公開                        |          | 和        | 規則              | 業務提供の条件  | 02.12.27        | 03.01.01 |          |
| 英                               | 規則       | 業務提供の条件  | 02.12.27        | 03.01.01 |                 |          |          |
| ばら積貨物船の標準積付状態                   | 和        | 規則       | A, C 編          | 03.08.27 | 04.01.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | A, C 編          | 03.08.27 | 04.01.01        |          |          |
|                                 | 英        | 規則       | A, C 編          | 03.08.27 | 04.01.01        |          |          |
|                                 |          | 要領       | A, C 編          | 03.08.27 | 04.01.01        |          |          |

| 案件                    | 改正規則等 |    | 制定日           | 施行日      |          |
|-----------------------|-------|----|---------------|----------|----------|
| 鋼材の使用区分               | 和     | 規則 | C, CS 編       | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | C 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       | 英     | 規則 | C, CS 編       | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | C 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
| 旋回式推進装置               | 和     | 要領 | D 編           | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                       | 英     | 要領 | D 編           | 02.12.27 | 03.07.01 |
| ウォータージェット推進装置         | 和     | 要領 | D 編           | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                       | 英     | 要領 | D 編           | 02.12.27 | 03.07.01 |
| 一般乾貨物船の検査強化及び船底検査     | 和     | 規則 | B 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | B 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       | 英     | 規則 | B 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | B 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
| コンテナ運搬船の船楼甲板上の非風雨密倉口蓋 | 和     | 要領 | C 編           | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                       | 英     | 要領 | C 編           | 02.12.27 | 03.07.01 |
| 燃料油サービスタンクの定義         | 和     | 要領 | D 編           | 02.12.27 | 03.07.01 |
|                       | 英     | 要領 | D 編           | 02.12.27 | 03.07.01 |
| 貨物タンクの通気装置            | 和     | 要領 | S 編           | 02.12.27 | 03.01.01 |
|                       | 英     | 要領 | S 編           | 02.12.27 | 03.01.01 |
| 暴露甲板前方部分の小倉口及び艀装品     | 和     | 規則 | C, CS, D 編    | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | B, C, CS, D 編 | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       | 英     | 規則 | C, CS, D 編    | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | B, C, CS, D 編 | 03.08.27 | 04.01.01 |
| 自動閉鎖式空気管の検査           | 和     | 規則 | B 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | B 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       | 英     | 規則 | B 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | B 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
| 耐火ケーブルの適用範囲           | 和     | 規則 | H 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       |    | 潜水装置          | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       |    | 高速船           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | H 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       | 高速船   |    | 03.08.27      | 04.01.01 |          |
|                       | 英     | 規則 | H 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                       |       |    | 旅客船           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | H 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
| 旅客船                   |       |    | 03.06.25      | 04.01.01 |          |
| 発電用原動機の调速機            | 和     | 規則 | H 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | H 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       | 英     | 規則 | H 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | H 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
| 主発電装置を構成する軸発電装置       | 和     | 要領 | H 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                       | 英     | 要領 | H 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
| 主発電装置に追加して設置される軸発電装置  | 和     | 要領 | H 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                       | 英     | 要領 | H 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
| 非金属製ケーブル支持物           | 和     | 規則 | H, P 編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | H 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       |       |    | 認定要領          | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                       | 英     | 規則 | H, P 編        | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                       |       | 要領 | H 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                       |       |    | 認定要領          | 03.06.25 | 04.01.01 |

| 案件                           | 改正規則等 |          | 制定日           | 施行日      |          |
|------------------------------|-------|----------|---------------|----------|----------|
| 自動化機器の環境試験                   | 和     | 規則       | D 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       |          | 自動化           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | D 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       |          | 自動化           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              | 英     | 規則       | D 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                              |       |          | 自動化           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | D 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                              |       |          | 自動化           | 03.06.25 | 04.01.01 |
| 認定要領                         |       | 03.06.25 | 04.01.01      |          |          |
|                              |       |          |               |          |          |
| 小型船のデッドシップ規定                 | 和     | 規則       | D 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              | 英     | 規則       | D 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
| 船体用圧延鋼材                      | 和     | 規則       | K 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | K 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       |          | 認定要領          | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              | 英     | 規則       | K 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | K 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       |          | 認定要領          | 03.08.27 | 04.01.01 |
| ステンレス圧延鋼材及びステンレス鋼用溶接材料       | 和     | 規則       | M 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | M, K 編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              | 英     | 規則       | M 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | M, K 編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
| 鋳鋼品及び鍛鋼品                     | 和     | 規則       | K 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | K 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              | 英     | 規則       | K 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | K 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
| チェーン用材料等                     | 和     | 規則       | K, L 編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | L 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              | 英     | 規則       | K, L 編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | L 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
| MARPOL 73/78 ANNEX IV        | 和     | 規則       | 海防            |          |          |
|                              |       | 要領       | 海防            |          |          |
|                              | 英     | 規則       | 海防            | 未        | 未        |
|                              |       | 要領       | 海防            | 未        | 未        |
| 認定要領                         |       |          | 未             | 未        |          |
| 窓に関する詳細要件                    | 和     | 要領       | C 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                              | 英     | 要領       | C 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
| 水密戸の要件                       | 和     | 規則       | C, CS, R 編    | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | B, C, CS, R 編 | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              | 英     | 規則       | C, CS, R 編    | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       |          | 旅客船           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | B, C, CS, R 編 | 03.08.27 | 04.01.01 |
| タンカーの電気防食                    | 和     | 要領       | C 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                              | 英     | 要領       | C 編           | 03.06.25 | 04.01.01 |
| 防火・消防に関する詳細規定                | 和     | 規則       | D, H, R 編     | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | D, R 編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              | 英     | 規則       | D, H, R 編     | 03.06.25 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | D, R 編        | 03.06.25 | 04.01.01 |
| 現存ばら積貨物船の風雨密倉口蓋の固着装置及び移動防止装置 | 和     | 規則       | B, C 編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | C 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              | 英     | 規則       | B, C 編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                              |       | 要領       | C 編           | 03.08.27 | 04.01.01 |

| 案件                        | 改正規則等 |    |           | 制定日      | 施行日      |
|---------------------------|-------|----|-----------|----------|----------|
| 検査準備等                     | 和     | 規則 | B編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           |       | 要領 | B編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           | 英     | 規則 | B編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           |       | 要領 | B編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
| 船体状態評価策一部改正               | 和     | 要領 | 海防        | 03.08.27 | 04.03.01 |
|                           | 英     | 要領 | 海防        | 03.08.27 | 04.03.01 |
| ばら積貨物船，鉦石運搬船及び兼用船の鋼製風雨密蓋等 | 和     | 規則 | C編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           |       | 要領 | C編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           | 英     | 規則 | C編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           |       | 要領 | C編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
| ばら積貨物船，鉦石運搬船及び兼用船の船首楼     | 和     | 規則 | C編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           | 英     | 規則 | C編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
| チェーンロックの閉鎖                | 和     | 規則 | B, C, CS編 | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           | 英     | 規則 | B, C, CS編 | 03.08.27 | 04.01.01 |
| 縦強度要件に関する標準積付状態           | 和     | 要領 | C編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           | 英     | 要領 | C編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
| 耐氷構造                      | 和     | 規則 | C編        | 03.08.27 | 03.10.01 |
|                           |       | 要領 | C編        | 03.08.27 | 03.10.01 |
|                           | 英     | 規則 | C編        | 03.08.27 | 03.10.01 |
|                           |       | 要領 | C編        | 03.08.27 | 03.10.01 |
| 電子制御ディーゼル機関               | 和     | 規則 | D編        |          |          |
|                           |       | 要領 | D編        |          |          |
|                           |       |    | 認定要領      |          |          |
|                           | 英     | 規則 | D編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           |       | 要領 | D編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           |       |    | 認定要領      | 03.08.27 | 04.01.01 |
| 火災制御図に使用する記号              | 和     | 要領 | R編        |          |          |
|                           |       | 英  | 要領        | R編       | 未        |
|                           |       |    |           | 旅客船      | 未        |
| 低圧式炭酸ガス消火装置               | 和     | 要領 | R編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           | 英     | 要領 | R編        | 03.08.27 | 04.01.01 |
| 非風雨密倉口蓋に関する追加要件           | 和     | 要領 | C, R編     | 03.08.27 | 04.01.01 |
|                           | 英     | 要領 | C, R編     | 03.08.27 | 04.01.01 |

## 2.1 潜水装置コード改正関連

### 改正の背景

1983年に制定されたIMOのThe Code of Safety for Diving Systemsは1985年にはRes.A583(14)、1995年にはRes.A831(19)として一部改正が行われた。これらの動きに対して本会の潜水装置規則も速やかに見直すべきであったが、当時はダイバー救助等に関する改正内容が国の所掌であったこと、海洋開発ブームが一段落して本会に船級登録されていた潜水装置が相次いで脱級したこと等により、現在まで改正は行われていなかった。しかし、現在も本会の鑑定取得を希望する潜水装置があり、規則とIMOコードとの対応が望まれていることから、改正を行った。

### 改正の内容

#### 1. 潜水装置規則の改正内容

新たに改正を行った潜水装置規則とDS Code Res.A831(19)との対応及びその概要を表1に示す。今回の改正では、これまでの規則で取り扱ってこなかった生命維持装置、消火・防火、居住衛生設備、救命といった項目を新たに追加した。これに伴い、これまで「加圧及び減圧用高圧ガス」と称していたダイバーの呼吸ガスを「呼吸ガス」と改め、5章のタイトルを「加圧及び減圧用高圧ガス供給装置」から「生命維持装置」に改めた。さらに「9章 居住衛生設備及び消火装置等」を新たに設けた。

表1 潜水装置規則

| 潜水装置規則 |       | DS Code Res A 831(19) 及び旧規則          | 概要   |              |
|--------|-------|--------------------------------------|--|--------------|
| 1章     | 1.1.5 | (8)                                  | 1.3.11 「危険場所」の定義   |              |
|        |       | (9)                                  | 1.3.12 「生命維持装置」の定義   |              |
|        |       | (10)                                 | 1.3.13 「居住区画」の定義   |              |
|        | 1.1.6 | -1.                                  | 2.1.1  | 潜水装置に関する一般要件 |
|        |       | -2.                                  | 2.1.6  |              |
|        |       | -3.                                  | 2.2.7  |              |
|        |       | -4., -5.                             | 2.6.6  |              |
|        |       | -6.                                  | 2.11.1   |              |
|        |       | -7.                                  | 2.8.3  |              |
|        |       | -8.                                  | 2.8.1  |              |
| -9.    | 2.8.2 |                                      |  |              |
| 1.1.7  |       | 3.1 船体放棄時に加圧下にあるダイバーを退避させるための設備の設置要件 |  |              |
| 3.2.1  | -1.   | 旧 本文                                 | -  |              |
|        | -2.   | 2.1.3                                | 窓に使用される材料の規定   |              |
| 2章     | 2.2.2 | -1.                                  | 潜水装置の据付詳細図、退避設備の構造図、潜水装置を設置する区画の防火構造、消火装置及び火災探知警報装置の仕様及び配置図、減圧タンク内居住衛生設備の材料仕様及び配置図、危険場所を示す図面及び危険場所で使用される電気機器の一覧表、呼吸ガス貯蔵容器用の水噴霧装置の仕様、配置図及び能力計算書、非常位置表示装置の仕様、水中通話装置の仕様、生命維持装置の仕様及び容量計算書を、登録検査時の提出図面及び資料として新たに追加した。 |              |



|     |        |      |               |   |
|-----|--------|------|---------------|---|
|     | 2.2.4  | -3.  |               | 登録検査における減圧タンクの気密試験を、潜水ベル及び退避設備との結合状態並びにサービロックの使用状態を含む全ての状態について行うことを明記した。                                      |
|     | 2.2.5  |      |               | 1.7 に退避設備の設置要件を追加したことに伴い、退避設備の検査を登録検査に新たに追加した。  |
|     | 2.2.6  |      | 旧 2.2.5       | -   |
|     | 2.2.7  |      | 旧 2.2.6       | -   |
|     | 2.2.8  |      | 旧 2.2.7       | -   |
|     | 2.2.9  |      | 旧 2.2.8       | 登録検査におけるその他の装置の検査に、5 章に定めた生命維持装置、9.2 に定めた固定式消火装置、火災探知警報装置及び水噴霧装置、6.2.1 に定めた通信装置及び 6.2.2 に定めた非常位置表示装置の試験を追加した。 |
|     | 2.2.10 |      | 旧 2.2.9       | -   |
|     | 2.3.1  | (11) |               | 定期検査における効力試験に、5 章に定めた生命維持装置、9.2.2 に定めた火災探知警報装置、6.2.1 に定めた通信装置、6.2.2 に定めた非常位置表示装置を追加した。                        |
|     |        | (13) |               | 定期検査における効力試験に、9.2.2 に定めた固定式消火装置及び水噴霧装置の効力試験を追加した。   |
|     |        | (14) | 旧(13)         | -   |
| 3 章 | 3.3.1  | -4.  | 2.3.1.1       | 揚収作業中の機械的損傷からの保護  |
|     |        | -5.  | 2.3.1.2       | 潜水ベルの吊り上げ金物の設置  |
|     |        | -6.  | 2.3.1.4       | 温水用及び呼吸ガス用のマニホールドの設置  |
|     |        | -7.  | 旧 -4.         | -   |
|     |        | -8.  | 2.3.1.3       | 無意識となったダイバーをベル内に回収する装置の設置   |
|     |        | -9.  | 2.3.4         | ベル内からダイバーを観察できるのぞき窓の設置  |
|     |        | -10. | 旧 -5.         | -   |
|     |        | -11. | 旧 -6.         | -   |
|     |        | -12. | 旧 -7.         | -   |
|     |        | -13. | 2.3.2         | 潜水ベルのドアが不用意に開かないような措置   |
|     | 3.3.2  | -6.  | 2.2.1         | 減圧タンク扉の施錠装置に関する要件   |
|     |        | -7.  | 旧 -6.         | -   |
|     |        | -8.  | 旧 -7.         | -   |
| 5 章 | 5.1.1  | -1.  | 2.6.1<br>旧 本文 | 加圧及び減圧作業に使用される高圧ガスの供給に関する規定として記述されていた旧規定を、呼吸ガスの供給に関する規定に改めた。  |
|     |        | -2.  | 2.6.2         | 呼吸装置、呼吸ガス及び潜水装置から排出される呼吸ガスに関する要件  |
|     |        | -3.  | 2.5.13        |   |
|     |        | -4.  | 2.6.7         | 通常時及び非常時においてダイバーを保温する装置及び手段に関する要件   |
|     |        | -5.  | 2.6.8         |   |
|     | 5.2.1  | -2.  | 2.6.9         | 管装置及びガス貯蔵容器のカラーコードの要件   |
|     | 5.2.2  | -2.  | 2.4.2         | 酸素用の貯蔵容器、装置の材料、管装置等に関する要件   |
|     |        | -3.  | 2.5.7         |   |
|     |        | -4.  | 2.5.8         |   |
|     |        | -5.  | 2.5.10        |   |
|     |        | -6.  | 2.5.11        |   |
|     |        | -7.  | 2.5.15        |   |
|     |        | -8.  | 2.5.16        |   |
|     | 5.3.1  |      | 2.6.3<br>旧 本文 | 非常の際にダイバー全員に少なくとも 24 時間呼吸ガスを供給できる要件を追加  |
|     | 5.4.1  |      | 2.5.5<br>旧 本文 | 減圧タンクの圧力逃し弁に関する要件を追加  |

|       |       |          |                                   |   |
|-------|-------|----------|-----------------------------------|---|
| 6 章   | 6.1.1 | -3.      | 2.11.3                            | 潜水ベル及び減圧タンクに O2 及び CO2 分圧を表示する計器の設置                                       |
|       | 6.1.3 | -2.      | 2.5.2<br>2.5.3<br>旧-2.            | 旧規則で要求される潜水ベル及び減圧タンクの圧力を表示する計器に加え、温度、湿度、O2 及び CO2 分圧といった安全環境を表示する計器の設置を追加 |
|       | 6.2.1 | -1.      | 2.12.1                            | 双方向の通信が可能な連絡装置及びその設置場所に関する要件  |
|       |       | -2., -3. | 2.12.4                            |   |
|       |       | -4.      | 2.12.2                            |   |
|       |       | -5.      | 2.12.3                            |   |
| 6.2.2 |       | 2.12.5   | トランスポンダ及びダイバー用通信器の要件              |   |
| 6.2.3 |       | 2.12.6   | タッピングコードの要件                       |   |
| 8 章   | 8.3.1 | -5.      | 2.5.6<br>2.5.13                   | 圧力逃し装置、騒音、フレキシブルホース及び機械的損傷からの保護等、管装置に関する要件                                |
|       |       | -6.      | 2.5.1                             |   |
|       |       | -7.      | 2.5.9                             |   |
|       |       | -8.      | 2.5.14                            |   |
|       | 8.3.2 | -1.      | 2.5.4<br>旧 -1.                    | 潜水装置を貫通する管系の止め弁の個数、逆止弁の個数、及び排出管の逆流防止装置の設置要件                               |
|       |       | -2.      | 2.5.12                            |   |
|       | 8.3.3 | -1.      | 旧 -1.<br>2.5.4                    | 及び減圧タンクを貫通する管系の止め弁の個数、逆止弁の個数、及び排出管の逆流防止装置の設置要件                            |
|       |       | -2.      | 2.5.12                            |   |
|       | 8.5.5 | -1.      | 2.10.2<br>2.10.3<br>旧 -1.         | 電源装置の設置場所に関する要件を追加  |
| 8.5.7 | -2.   | 2.10.4   | 減圧タンク内の常用及び非常用照明装置の設置要件           |   |
| 8.5.9 | -7.   | —        | 危険場所に設置される潜水装置の電気設備に関する規定         |   |
| 9 章   | 9.1.1 |          | 2.2.2                             | 減圧タンクの居住区画の大きさに関する要件  |
|       | 9.1.2 |          | 2.2.3                             | 減圧タンクに食料、薬品、機器等運びこむことが出来るサービスロック及びインターロックの設置要件                            |
|       |       |          | 2.2.4                             |   |
|       | 9.1.3 |          | 2.2.6                             | インターロックを持つ便所の設置等、減圧タンクの居住衛生設備   |
|       | 9.2.1 |          | 2.9.6                             | 減圧タンク内の各区画の消火手段の設置要件  |
|       | 9.2.2 | -1.      | 2.9.2                             | 潜水装置を設置する区画の防火構造  |
|       |       | -2.      | 2.9.3                             | 固定式火災探知警報装置及び固定式消火装置の設置要件   |
| -3.   |       | 2.9.4    | 潜水装置を設置する区画内の、可搬式消火器の設置要件         |   |
| -4.   |       | 2.9.5    | 閉囲された区画内にガス貯蔵容器を設ける場合の、水噴霧装置の設置要件 |   |

## 2. 潜水装置規則検査要領の制定内容

今回制定した潜水装置規則検査要領と DS Code Res.A831(19)との対応及びその概要を表 2 に示す。

表 2 潜水装置規則検査要領

| 潜水装置規則検査要領 |       | DS Code Res A 831(19) | 概要           |
|------------|-------|-----------------------|--------------|
| 5 章        | 5.1.1 | 2.6.8                 | ダイバー保温手段の具体例 |
| 6 章        | 6.2.2 | -1.                   | 2.12.5 1.    |
|            |       | -2.                   | 2.12.5 2.    |
|            | 6.2.3 | 2.12.6                | タッピングコード表    |

## 2.2 高圧電気設備

### 改正の背景

高圧電気設備に関する規則は、平成4年に IACS UR E11 及び IEC 規格などを基に改正されて以来見直されていなかったが、2001年に IACS UR E11 が IEC 規格の改正に伴って改正されたため、これを基に関連要件の見直しを行った。

### 改正の内容

#### 1. 鋼船規則 H 編 電気設備

##### 2 章 電気設備及びシステム設計

##### 2.1.2 電圧及び周波数

適用可能な交流電圧を 11,000V から 15,000V に改めた。

##### 2.17 高圧電気設備

##### 2.17.1 一般

適用可能な交流電圧を 11,000V から 15,000V に改めた。

##### 2.17.3 構造及び据付け

- 1. 従来は、本会の適当と認める規格に従って製作されるべき高圧電気機器を、名称を掲げて限定していたが、基本的にはすべての機器が適当な規格に従って製作されるべきものであるため、規則では具体的な機器名称を掲げないこととした。
- 8. 従来から、発電機固定子巻線の各相の線端を端子箱に引き出しておかなければならない旨の要件が規定されているが、この措置を行う理由は、2.17.4-2.に規定する発電機側の電気的事故に対する保護として端子箱内に比率差動継電器を接続するためである。よって、別な方法により 2.17.4-2.の規定を満たすものにあつては、各相の線端を引き出しておく必要はない。
- 14. 従来の規定では、配電盤及び制御盤を専用の区画に設ける場合、これらの盤は閉鎖構造のものとする必要はなかったが、感電保護を強化する意味で、専用の区画に設置される場合であってもこれらの盤には閉鎖構造が要求されるよう規定を改めた。なお、低圧配電盤の一部を高圧部とするような場合については、高圧部の扉にのみ施錠装置を備えることで差し支えない。
- 15. 本項は接地導体の装備及び接地事故時の電流を制限するための断面積に関する規定である。従来は地絡電流の制限値を一律  $200A/mm^2$  としていたが、IEC60298 の改正及び地絡時に回路を切り離さない設計のものを考慮し、1 秒以内については  $200A/mm^2$ 、1～3 秒については  $125A/mm^2$  に制限することとした。
- 16. 従来は主配電盤を単に二分割するよう規定していたが、高圧配電盤についても低圧配電盤と同様の冗長性を確保する必要があるため、2.5.3-1.及び同-2.に従って二重装備される機器への給電の冗長性及び配電盤母線の分割を行うよう要求を改めることとした。
- 17. 低圧配電盤又は低圧制御盤の一部を高圧部とするような場合は、高圧部についてのみ接地及び短絡のための手段を設けることで差し支えない旨を明確にした。
- 18. 従来の規定では、低圧回路の器具と高圧回路のそれとを分離する際、別の部屋に配置すべきとの意味に誤解される場合があつたため、当該要件は配電盤内及び制御盤内における区割りの意味である旨を明確にした。
- 21. ここで規定される遮断器及びスイッチの引き出し位置における充電部の覆いについては、現在市販されているものの全てが自動的に覆われる構造のものであることから、手動で覆われるものに関する記述を削除することとした。
- 22. 遮断器、スイッチ等が引き外される際に補助動力を必要とする場合の要件である。従来の要件に加え、過負荷、短絡及び低電圧による遮断のために貯蔵電源を使用するものにあつては、引き外し回路の断線及び電源の喪失によって警報を発する装置を設ける必要がある。ここで、断線警報を要求した理由は、貯蔵電源を配電盤から離れた

位置に設置する場合、電源と遮断器間の回路に不具合が生じて補助動力が使用不能となることを防ぐためである。従って、少なくとも貯蔵電源から各遮断器に備わるトリップ用コンデンサのヒューズまでの回路及びトリップ用コンデンサのヒューズ切れについては、監視を行う必要があるが、トリップ用コンデンサとヒューズ間の回路断線については監視を省略しても差し支えない。

- 23. 表 H2.15 に 12,000V を超えるものについての欄を新設した。ただし高圧制御用機器については、対応する JEM 規格に規定がないため記載していない。
- 24. 油入変圧器に備えるべき警報装置及び保護装置について規定した。いずれの装置も絶縁物である油の異常を検出し、これに起因する事故の予防を目的としている。

#### 2.17.4 保護装置等

従来 2.17.4-6. に規定されていた変圧器の過負荷保護については、鋼船規則 H 編 2.3.9 に別途規定があるため削除した。

- 4. 回転機に装備される温度検出器が埋め込み式の場合の要件について表現を一部改めたが、従来からの要求に変わりはない。
- 9. 一次側のヒューズの装備については、IEC 規格上は強制要件でないため規定から除外した。また「電圧喪失によって重大な影響を生じる」装置とは、例えば AVR (自動電圧調整器) が挙げられるが、当該回路は給電の連続を優先するため、通常過負荷保護は行われていない。
- 12. 2.17.2-3. に関連する要件を新設した。中性点低インピーダンス接地方式又は中性点直接接地方式にあつては、接地時の地絡電流が大きいため、地絡故障回路を自動的に切り離すよう要求した。また、中性点高インピーダンス接地方式については、地絡電流が小さいため、自動的な切り離しは要求されないが、1 線地絡により相間電圧が上昇するので、切り離しを行わないものにあつては、この電圧を基に機器の絶縁を設計するよう規定した。

#### 2.17.5 ケーブル

- 2. 電圧の異なる複数の高圧ケーブルを敷設する際の要件について規定した。これらのケーブルを同一のトレイ上に敷設する場合には、電圧の異なるケーブル間の空間距離を表 H2.15 に規定される値よりも離し、かつ、別個のケーブルバンドによって固定する必要がある。また、このような分離が難しい場合 (ダクト又は管内へ敷設する場合) については、電圧の異なるケーブルを別個のダクト又は管に敷設する必要がある。
- 3. 電圧の異なる複数の高圧ケーブルについては、上記のとおり同一のトレイに敷設することが可能であるが、高圧ケーブルと低圧ケーブルの組み合わせについては、ダクト及び管はもとより、トレイについても同一の電路とすることは認められない。
- 4. 高圧ケーブルは居住区域をできる限り通過させてはならないが、やむを得ず通過させる場合は、全長にわたり全閉形 (閉鎖形) の電線管等によって保護する必要がある。
- 5. 高圧ケーブルの端末及び接続部の処理について規定した。端子箱において導体が絶縁されない場合は、適当な絶縁材料の遮蔽によって大地間及び相間を分離しなければならない。

#### 2.17.6 試験

供給電圧が 15,000V まで拡大されたことに伴い、配電盤、変圧器及びケーブルに対する耐電圧試験値を見直した。

## 2. 鋼船規則検査要領 H 編 電気設備

### H2 電気設備及びシステム設計

#### H2.17 高圧電気設備

##### H2.17.3 構造及び据付け

- 1. 高圧電気機器のうち、特に 1,000V を超えるものに対する「本会の適当と認める規格」について、従来検査要領に掲げられている機器に変圧器及び配電盤を追加した上、具体的な規格名称及び規格番号を掲げた。なお、1,000V を超えるものに限定したのは、これらの規格自体が 1,000V を超える機器を対象としているためである。

- 3. IEC規格等の国際規格及びIACS統一規則UR E11においては、高圧電気機器とは適用電圧が1,000Vを超えるものであると定義されている。しかしながら、日本の国内法（国土交通省船舶設備規程）では、適用電圧は500V以下と規定されており、この電圧を超えるものが高圧とみなされている。このため、従来から本会の規則上は500Vを超える電圧を高圧として扱っているが、適用電圧が500Vから1,000Vまでの機器に対しても、規則H編2.17に規定する高圧電気設備のすべての要件を適用させることは難しいので、今回の改正により、この範囲の電圧を適用電圧とするものについては、対象となる設備の種類、要目、使用場所等に関する資料を提出し、本会の承認を得ることにより使用できるようにした。
- 4. 高圧電気機器の保護外被については、感電保護の観点から、施錠される区画に設置される場合はIP23、それ以外の場合はIP43とすることを基本とし、従来からの規定を考慮した上で、機器毎に要求を改めた。

#### H2.17.4 保護装置等

- 1. 「高インピーダンス」及び「低インピーダンス」について、該当するシステムの接地系がいずれに分類されるものであるか、その判定基準を算式で示した。
- 2. 混触からの保護について、その具体的な対策例を掲げた。

#### H2.17.5 ケーブル

規則H編2.17.5の改正に伴い当該規定を削除した。

### 3. 高速船規則10編 電気設備

#### 2章 電気設備及びシステム設計

##### 2.1 一般

##### 2.1.2 電圧及び周波数

適用可能な交流電圧を11,000Vから15,000Vに改めた。

## 2.3 ボイラ及び熱媒油設備のポンプ

### 改正の背景

鋼船規則及び自動化設備規則において、補助ボイラと熱媒油設備との間で、これらに使用されるポンプの設置台数及び予備ポンプの自動始動又は遠隔始動に関する要件が若干異なっていたため、実情に合わせ見直しを行った。

### 改正の内容

#### 1. 自動化設備規則

##### (1) 熱媒油設備

自動化設備規則において、熱媒油設備の燃料油噴燃ポンプは、「2台以上設け、かつ、運転中のポンプが故障した場合に予備のポンプを自動始動又は遠隔始動できるように設備すること」が従来要求されていた。しかしながら、ポンプの設置台数については、鋼船規則 D 編 13 章に規定があるので、自動化規則において 3.8.2-2.中の設置台数を削除し、また同じく、鋼船規則 D 編 13 章の規定により、当該ポンプが故障した場合でも通常航海に支障をきたさない代替設備が設けられている場合は 2 台設ける必要はなく、このような場合には、予備ポンプの自動始動又は遠隔始動は不要となるので、文末に「ただし、燃料噴燃ポンプであっては、当該ポンプが故障した場合でも、通常航海及び貨物の加熱に支障をきたさない代替の設備が設けられている場合には、この限りではない。」との一文を加えた。

##### (2) 補助ボイラ

熱媒油設備の要件に合わせて、補助ボイラの噴燃ポンプについても、通常航海に支障をきたさない代替設備が設けられている場合には、仮にオプションで 2 台以上備えられていても、「待機中のポンプの自動始動又は遠隔始動」は不要であるので、3.6.4-3.に規定するボイラのポンプに関する要件の文末に「ただし、重要な補助ボイラの噴燃ポンプであって、当該ポンプが故障した場合でも、通常航海及び貨物の加熱に支障をきたさない代替の設備が設けられている場合には、この限りではない。」との一文を加えた。

#### 2. 鋼船規則及び同検査要領 D 編 13 章

鋼船規則及び同検査要領において、熱媒油設備の熱媒油循環ポンプは、当該ポンプが故障した場合でも通常航海に支障をきたさない代替設備又は短時間で交換可能な完体予備品がある場合には、「2台以上の設置」が要求されていない。しかしながら、この熱媒油循環ポンプが停止すると燃料油の管内凝固等により直ちに通常航海に支障をきたす恐れがあるため、代替設備又は完体予備品の有無にかかわらず「2台以上の設置」が要求されるよう、鋼船規則 D 編 13.11.3 及び同検査要領 D 編 D13.11.3-2.を改めた。

なお、荷役時に貨物を加熱する必要がある場合には、排ガスエコマイザ又は排ガスヒータは、ボイラ又は熱媒油設備の代替設備とはみなせないで、噴燃ポンプは 2 台要求されることになる。また、イナートガス供給源として補助ボイラを使用する場合においては、鋼船規則 R 編 35 章 35.2.2-4.の規定により別途 2 台の燃料ポンプを備えることが要求されている。

#### 3. 鋼船規則 D 編 18 章改正

鋼船規則 D 編 18 章において、熱媒油設備の燃料油噴燃ポンプ及び熱媒油循環ポンプの予備ポンプには自動始動又は遠隔始動が要求されている。しかしながら、D 編 18 章は M0 船以外の一般船舶に対する規定であり、一般船舶では、潤滑油ポンプ等の他の重要なポンプについても予備ポンプの自動始動又は遠隔始動が要求されていないことから、熱媒油設備のポンプに対する突出した要求となっている。このため、他の重要なポンプに合わせて、「自動始動又は遠隔始動」が要求されないよう、鋼船規則 D 編 18.6.3(1)の規定を削除した。

## 2.4 管装置の設計

### 改正の背景

管装置に関する IACS UR P1 及び P2 が改正され、火災に対する安全性を高める観点から燃料油管の設計圧力を新たに定める、管の分類において潤滑油及び可燃性操作油を燃料油と同じ分類に改める等、管装置の設計に関する要件について見直しが行われた。

今般、本 UR を参考に鋼船規則 D 編 12 章の関連する規定を改めた。また、鋼船規則 D 編 10 章及び 12 章において、銅管及び銅合金管の許容応力を UR P1.2.6 に合わせて改めた。

### 改正の内容

#### 1. 鋼船規則 D 編

##### 10 章 圧力容器

##### 10.5.4 熱交換器の管の所要厚さ

表 D10.3 に定められている銅及び銅合金管の許容応力値を IACS UR P1.2(Rev.5 Nov. 2001)を参考に改めた。

##### 12 章 管、弁、管取付け物及び補機

##### 12.1.2 用語

IACS UR P1.2(Rev.5 Nov. 2001)を参考に、-1.(4)として燃料油に用いられる管、弁及び管取付け物の設計圧力を新たに規定した。

##### 12.1.3 管の分類

IACS UR P2.2(Rev.4 Nov. 2001)を参考に表 D12.1 に掲げる管の分類について、蒸気と熱媒油を別の分類とした。また、操作油を可燃性操作油及び不燃性操作油に区別し、潤滑油及び可燃性操作油を燃料油と同じ分類とした。

##### 12.2.1 内圧を受ける管の所要厚さ

10.5.4 と同じく、表 D12.3(2)に定められている銅及び銅合金管の許容応力値を IACS UR P1.2(Rev.5 Nov. 2001)を参考に改めた。

また、同 UR を参考に表 D12.4 備考 5.として、管がタンクを貫通する場合には、内部腐蝕に対する腐蝕予備厚に追加して外部腐蝕に対する腐蝕予備厚を付加するよう規定した。

##### 13 章 管艤装

##### 13.7.2 オーバフロー管の寸法

従来の鋼船規則に規定されていなかったオーバーフロー管の最小径について、IACS UR P1.2(Rev.5 Nov. 2001)を参考に内径を 50mm 以上と規定した。

#### 2. 鋼船規則検査要領 D 編

##### D12 管、弁、管取付け物及び補機

##### D12.2.2 管の最小厚さ

IACS UR P1.2(Rev.5 Nov. 2001)を参考に、規則 D 編表 D12.6(2)脚注 3.に掲げられている「本表に示す以外の呼び径の管については本会の適当と認めるところによる。」に対し、450mm を超える径の管の取り扱いを定めた。

## 2.5 メカニカルジョイント

### 改正の背景

IACS UR P2.7(Rev.2 Nov. 2001)の改正により、新たにメカニカルジョイントの構造、適用区分及び使用場所の制限等が規定され、さらに P2.11(Nov. 2001)において当該メカニカルジョイントの使用承認試験が規定された。メカニカルジョイントは現在海水管等に使用されているが、着脱が容易なため、今後使用頻度がさらに増すものと考えられることから、本 UR を参考にメカニカルジョイントの要件を新たに定めた。

### 改正の内容

#### 1. メカニカルジョイントの要件及び使用承認

IACS UR P2.7 (Rev.2 Nov. 2001)を参考に、メカニカルジョイントの構造、適用区分及び使用場所の制限等を鋼船規則 D 編 12.3.3 に新たに規定した。同規定では、メカニカルジョイントを3分類8形式とし、各分類及び形式に応じて同規定中表 D12.8 及び表 D12.9 に使用区分を設けた。また、使用に際し当該ジョイントは承認品であることが必要となるため、IACS UR P2.11 (Nov. 2001)等を参考に、船用材料・機器等の承認及び認定要領第6編9章に承認の申込及び承認試験等について新たに規定した。

なお、鋼船規則 D 編 12.3.3-4.にスリップオンジョイントの使用制限が規定されているが、同規定中「横方向の変形により生じる変位」とは、管の曲げ変形による長手方向成分の変位を含む。

#### 2. ねじ込み式管継手

IACS UR P2.7(Rev.2 Nov. 2001)を参考に、鋼船規則 D 編 12.4.2-2.のねじ込み式管継手の使用制限を改めた。同規定中(3)の呼び径 25A を超える 1 類管への使用制限は従来の規則から変わらないが、場合により使用を認められるよう改めた。この場合の例として鋼船規則検査要領 D 編 D12.4.2 に固定式局所消火装置に使用する場合を明記したが、これは固定式局所消火装置用の呼び径 25A を超える高圧の配水管にねじ込み式管継手が使用され、当該継手から漏れを生じた場合でも漏洩物が水であることを考慮したためである。ただし、当該継手は、国際規格、国家規格又は本会が認める団体規格を満足することが必要である。

#### 3. スリップオンジョイント

鋼船規則 D 編 14.2.2-5.及び 14.3.2-3.に貨物油管に規定するスリップオンジョイントは、**12.3.3** の要件に適合するよう規定した。従って、12.3.3-1.の規定により当該スリップオンジョイントは承認品である必要がある。鋼船規則 Q 編 20.4.2, 海洋汚染防止のための構造及び設備規則検査要領 3 編 3.4.2(6)(a)も同様である。なお、旧規則では「スリップジョイント」と記述されていたが、用語を UR に整合させるため、「スリップオンジョイント」に改めた。

#### 4. その他

鋼船規則 D 編 12.1.2-3.に管取付け物の定義を設けたが、当該規定は旧鋼船規則検査要領 D 編 D12.1.1 を移設したものである。



## 2.6 旋回式推進装置

### 改正の背景

旋回式推進装置は、従来から主として内航のタグボート等、比較的小型の船舶に採用されていたが、その要件は規則上特に明確に定められておらず、鋼船規則中の適用可能な規定を準用することで取り扱われてきた。しかしながら、近年、推進用電動機をプロペラポッドに内蔵する新しいタイプの旋回式推進装置の登場により、従来からの優れた操船性に加えて、機関室容積の縮小及び自由な船尾形状の選択が可能になり、大型外航船舶にも採用され始めるようになってきた。このため、特に SOLAS 条約のラダーストックを有する操舵装置に対する要件をどのような形で満足させるかについて明確な取扱いを設けるべく、旋回式推進装置の要件を新たに設けることとした。

### 改正の内容

#### 1. 検査要領 D 編 D1

検査要領 D 編 D1.1.3「新設計理論に基づく機関」に旋回式推進装置については附属書 D1.1.3-3.「旋回式推進装置に関する検査要領」による旨の規定を設け、旋回式推進装置の強度、材料、設備及び検査等について一括した独立の検査要領を新設した。

#### 2. 附属書 D1.1.3-3.

##### 1.1 一般

##### 1.1.1 適用

本検査要領は推進用として用いられる旋回式推進装置に限定して適用することとした。位置保持及びスラスター用として用いられる旋回式推進装置が今後増えるようであれば、本附属書もしくは規則 P 編にて対応できるよう検討したい。

##### 1.1.3 推進装置の数

装備される推進装置の台数については、操舵装置と同様に二重性を求められる。ストラット（コラム）部において通常の舵と同じ機能が得られる場合においては、推進装置は1台の装備で旋回装置のみを2台装備すればよいとの意見もあったが、舵機能の有無を判断する基準の制定が難しいこと及びストラット（コラム）部が舵形状をしていても舵機能は期待できないとの意見もあり、本検査要領においては下記の考え方を基本として、その他は 1.1.1-3.の「特殊な設計の推進装置であって…」において、別途考慮することとした。

旋回式推進装置は、プロペラの回転による推力があつて初めて操舵機能が得られるという装置である。そのため、旋回装置のみ2台装備するだけでは SOLAS で要求される操舵能力の二重性を確保するには十分ではなく、各々独立した推進装置（推進及び旋回を有するもの）を2台装備することを要求している。また、1台の推進装置に2の旋回装置を要求しているとの誤解を避けるため「この場合、規則 D 編 15章に定める補助操舵装置に関する規定は適用しない」の一文を設けている。

-2.において、推進機能と旋回機能の冗長性が保たれる場合、1台の推進装置のみの設置を認めることを示した。上述のとおり本検査要領においては2台設置が原則であることから、この考え方は当初解説に示す予定であったが、要領に明記すべきとの要望があつたため敢えて記載したものである。

##### 1.2 検査

##### 1.2.1 登録検査

検査については、プロペラ、プロペラ軸及び旋回装置等の各々の構成要素について規則 D 編の関連各章の規定を参照することとした。

旋回部ケーシングの圧力検査については、規則 B 編の複板舵に対する規定を引

用しているが、旋回部ケーシングは内部に重要部品を収めることを考慮して一般の機関部品に要求されるとおり、最低圧力を  $0.2\text{ MPa}$  とした。

海上試運転については、規則 B 編の海上試運転における操舵装置に対する試験項目の規定を引用した。

### 1.2.2 登録を維持するための検査

年次検査において、操舵装置同様に旋回装置の効力試験及び現状確認を行うこととし、定期検査において、旋回式推進装置各部の現状についてより詳細な検査を行うものとする。

船底検査においては、旋回コラム及びプロペラポッド等の旋回式推進装置の容器として海水に触れる部分及びプロペラについての検査、旋回装置及びプロペラ軸のシール装置の検査を行うものとし、プロペラ軸の検査については、規則 B 編 8 章に規定された検査を行うものとする。

機関計画検査において、推進用歯車等の動力伝達要素及び旋回用歯車並びに油圧ポンプ等の付属設備の開放検査を行うものとする。

## 1.3 材料及び溶接

### 1.3.1 材料

旋回式推進装置を構成する重要要素の材料については、それぞれ規則 K 編に規定されたものとし、動力を伝達する要素、プロペラ及び操作油配管装置については、それぞれ規則 D 編の関連各章にもよることとした。

## 1.4 構造及び強度

構造及び強度については、それぞれ該当する規則を参照することとした。

## 1.5 旋回装置

### 1.5.1 旋回能力

-1.において、通常のラダーストックを有する操舵装置同様、SOLAS 条約において要求される  $35^\circ \sim 30^\circ / 28$  秒の旋回能力を要求することとした。

-2.において、全旋回をするタイプの旋回式推進装置にあつては、1周するために要する速度として  $1.0\text{ rpm}$  を要求することとした。これは、旋回式推進装置自体を旋回することにより後進力を得る推進装置に要求される事項であり、プロペラを逆転又は可変ピッチプロペラのピッチを変更することにより後進力を得る推進装置には要求されない。なお、航走状態における全旋回を想定した油圧駆動システムの容量増加を要求しているとの誤解を避けるため、「船舶の静止状態において」の一文を追加している。

### 1.5.2 構造

### 1.5.3 配管

操作油管装置の構造及び設備については、規則 D 編 15 章の操舵装置の操作油配管に対する規定を引用もしくは規則 D 編の関連各章によることを示した。

### 1.5.4 シール装置

旋回部のシール装置については、規則 D 編 6 章の船尾管シール装置に対する規定と同様に使用承認を取得したものとするものとした。

## 1.6 電気設備

### 1.6.1 一般

給電系統の二重化、ケーブルの敷設及び動力喪失時の警報装置等について、規則 D 編 15 章の操舵装置の電気設備に対する規定の中で、旋回式推進装置の推進装置及び旋回装置の両方に適用可能なものを引用した。

## 1.6.2 給電の維持

ラダーストックを有する通常の操舵装置を搭載する船舶において、操舵機能は主発電機からの電力の喪失時に、例えば非常電源のような別区画に設置された電源による給電でその機能を維持できるように要求されている。しかしながら、旋回式推進装置にあっては、「1.1.3 推進装置の数」の解説で述べたように、旋回式推進装置はプロペラの推力があって初めて操舵能力を得ることから、推進機能と旋回機能の両方に給電を維持しなければ操舵機能を維持することにはならず、主機の運転維持のためにも給電が要求される。このことにより、通常の船舶に比べて非常に大きな非常用発電機が要求されることは現実的ではないと考えられるため、主発電機の並行運転又は待機発電機への自動切換による「給電の維持」を要求することとした。

なお、条約において「別区画」とする意義は、機関室の火災又は浸水時に電源を確保することであり、そのような事態において同時に非常操舵が要求されることはないと考えれば、主発電機により給電を維持することで同等性は保つことができるものと考えられる。

## 1.6.3 旋回装置の電気設備

旋回装置の電気設備について、規則 D 編 15 章の操舵装置の電気設備に対する規定の中で、旋回装置にのみ適用可能なものを引用した。

(5)は、非常発電機を搭載する船舶においては、非常発電機から旋回装置への給電回路を持つことを要求している。これは、他船級でも規定される要件であるが、「1.6.2 給電の維持」の解説で述べた主旨をないがしろにしたものではなく、Port State Control 検査時に、非常発電機を持っているにもかかわらず給電がなされていないと指摘されるトラブルを回避するため（昨今の PSC 検査の強化、SOLAS 条約が適用される船舶への旋回式推進装置の搭載率の低さ及びラダーストックを持たない操舵装置を搭載する船舶に対して SOLAS 条約上要求される代替動力についての統一見解のない現状においては十分考えられることである。）、停泊中、非常発電機により旋回装置のみを動かすことは可能であると判断してこの要求をしたが、これにより非常発電機の容量を増大させることを意図するものではない。

## 1.7 制御装置

### 1.7.1 一般

船橋における遠隔及び自動制御並びに設置場所における機側制御について、規則 D 編 15 章の操舵装置の制御装置に対する規定及び D 編 18 章の主機及び可変ピッチプロペラの制御装置に対する規定を引用した。

-9.においては、制御場所に旋回角指示器に加えて推力及びその方向を指示する計器の設置を要求することとした。これは、本解説で述べてきた旋回式推進装置の特徴を考慮すれば当然の要求である。

## 1.9 推進装置の設置場所

### 1.9.1 一般

推進装置の設置場所については、規則 D 編 15 章の操舵装置の設置場所に対する規定を引用した。

-4.については、旋回装置用油圧ポンプが主機減速機付のタイプもあり、設置場所における機側制御が困難である場合、設置場所における要件を満たしていれば、当該箇所を設置場所とみなしても構わないことを規定したものである。この場合において、機関区域における機側制御は-1.という機関区域と分離された閉囲区画における機側制御に比べて危険性が高いことになるが、通常操舵は船橋における遠隔及び自動操舵であり、遠隔制御装置故障時の非常操舵は「1.6.2 給電の維持」の解説で述べた火災及び浸水時に非常操舵が要求されることはないとの考えに基づけば許容できるものである。しかしながら、機関区域はラダーストックを有する通常の操舵装置設置場所と比較して危険性が高いことを考慮すれば、旋回式推進装置の油圧

駆動システムの設置及び機側制御場所は機関区域からできる限り分離されたほうが好ましい。

#### 1.10 プロペラポッド内に推進用電動機を内蔵する場合の追加規定

##### 1.10.1 一般

プロペラポッド内に推進用電動機を内蔵するタイプの旋回式推進装置は、機械駆動式の推進装置と違いストラット（コラム）部及びポッド部に潤滑油が充填されているわけではないので以下のような追加規定が必要となる。

-1.において、海水の浸入を検知する装置及び排水手段を設けることを規定した。

-2.において、ポッド内にアクセスできる場合には、火災探知警報装置の設置を規定した。ポッド内にアクセスできる場合に限定したのは、旋回式推進装置が小型でポッド内にアクセスできない構造のものにあっては火災を探知することができても、消火作業を行うことができないため、火災探知警報装置の設置自体が意味をなさないためである。

-3.において、電動機を通風機により冷却する場合の通風機の台数を規定した。複数台の旋回式推進装置を1台の通風機により冷却する場合には予備の通風機が要求されるが、旋回式推進装置毎に専用の通風機を設ける場合には、予備通風機の省略が認められる。

-4.においては、電動機冷却用の通風機を設ける場合、火災が生じた際に当該箇所新鮮な空気を供給し、火災を発達させることを防ぐために通風機の吸気口及び排気口を閉鎖する装置の設置を要求している。電動機冷却用空気系統が閉回路になっている（吸気口及び排気口がない）場合には要求されない。

##### 1.11 説明書等

##### 1.12 予備品

##### 1.13 航路を制限される船舶及び小型の船舶に施設される推進装置の特例

説明書の掲示、予備品及び航路制限船に対する軽減について、規則 D 編の関連各章の規定を引用した。

## 2.7 ウォータージェット推進装置

### 改正の背景

ウォータージェット推進装置について、当該装置が推進に加えて操舵装置の機能を兼ねることから、「旋回式推進装置に関する検査要領」を制定する機会に、同様の考え方に基き SOLAS 条約のラダーストックを有する操舵装置に関する要件に可能な限り準拠するよう、推進装置の台数及び給電の維持に関する規定を新たに追加し、油圧駆動システム等の規定について見直しを行うこととした。

### 改正の内容

#### 1. 附属書 D1.1.3-1.

##### 1.1 通則

##### 1.1.1 適用

推進機能に操船機能を併せ持つウォータージェット推進装置に適用することを明記した。

デフレクタを持たないブースト用のウォータージェット推進装置に対しては、SOLAS 条約の操舵装置に関する要件を考慮する必要がないため、-3.において、適用すべき規定を明らかにしている。

##### 1.1.3 推進装置の台数

旋回式推進装置同様に、ウォータージェット推進装置も推力があってはじめて操舵機能が得られる推進装置であるため、独立した推進装置を 2 以上装備することを要求している。

-2.において、推進機能及び操船機能の冗長性が保たれる場合、1 台の推進装置のみの設置を認める規定を設けることとした。

##### 1.2 検査

##### 1.2.1 登録検査

検査については、油圧駆動システム及び制御装置等に要求される検査、海上試運転時の検査項目についての取扱いを明記しただけで内容の変更はない。

##### 1.2.2 登録を維持するための検査

年次検査及び中間検査において、内容の変更はない。

定期検査においては船底検査も同時に行われるため、従来船底検査で要求されていた検査及び主軸の検査で要求されていた検査を定期検査時に行うこととした。これは、主軸を抜き出す際にポンプユニットも分解する必要があること及び年次検査において推進装置の現状について確認にしているためデフレクタ及びリバーサを開放する間隔は 5 年に 1 回で十分との判断によるものである。

船底検査においては、ポンプユニットの支持部及び水吸入管路について検査することとした。

油圧ポンプ等の付属機器の開放検査については、一般船舶の場合と同様に機関計画検査により行うこととした。

##### 1.3 材料及び溶接

##### 1.3.1 材料

軸系、インペラ及び操作油配管装置については、それぞれ規則 D 編の関連各章にもよることを明記したのみで、従来の取扱いから変更はない。

##### 1.4 構造及び強度

従来、「1.3.2 構造及び強度」及び「1.3.3 軸系のねじり振動及び曲げ振動」に

記載されていたものであり、変更はない。1.4.5 にシール装置の取扱いを明記した。

## 1.5 操船システム

### 1.5.1 操船能力

従来、「1.3.4 操舵能力」及び「1.3.5 逆進装置及び後進力」に記載されていたものをまとめたものであり、内容の変更はない。

### 1.5.2 構造一般

操作油管装置の構造及び設備については、規則 D 編 15 章の操舵装置の操作油配管に対する規定を引用又は規則 D 編の関連各章によることを示した。

リバーサの構造に対する規定を従来の「1.3.5 逆進装置及び後進力」から移項した。

### 1.5.3 アクチュエータ

### 1.5.4 操作油管装置

従来、「1.3.6 油圧装置」において、二重性又は非常油圧源の確保を要求していたが、今回の改正においては、操船システムを含み独立の 2 以上の推進装置を要求している。各々の内容については、規則 D 編の操舵装置の操作油管装置に対する規定を引用又は参照することとした。

## 1.6 電気設備

### 1.6.2 給電の維持

ラダーストックを有する通常の船舶において要求される代替動力源の代わりに主発電機による給電の維持を要求している。この考え方については、鋼船規則 D 編における改正点の解説（旋回式推進装置関連）の「1.6.2 給電の維持」の項を参照のこと。

旋回式推進装置の給電維持と異なり、高速ディーゼル機関を主機とする場合、潤滑油ポンプ等が機付ポンプであり主機の運転維持を含み非常発電機による給電のみで操舵機能の維持が可能である、という意見もあったが、ガスタービン機関又は高速ディーゼル機関を主機とする場合においても推進補機がすべて主機駆動によるものであるとは限らないため、旋回式推進装置における給電の維持と同様の要求をすることとした。

### 1.6.3 操船システムの電気設備

ウォータージェット推進装置において、リバーサ及びデフレクタの駆動方式は油圧駆動方式であるので、電動油圧方式に限定して適用する。

給電回路の二重化等、規則 D 編 15 章の操舵装置の電気設備に対する規定を引用した。

(8)については、鋼船規則 D 編における改正点の解説（旋回式推進装置関連）の「1.6.3 旋回装置の電気設備」の項を参照のこと。

## 1.7 制御装置

### 1.7.1 一般

船橋における遠隔及び自動制御並びに設置場所における機側制御について、規則 D 編 15 章の操舵装置の制御装置に対する規定及び D 編 18 章の主機及び可変ピッチプロペラの制御装置に対する規定を引用した。

機側制御は、デフレクタについては 1.9 に掲げる補助操舵場所、リバーサについては補助操舵場所又は主機の機側制御場所において行うこととした。リバーサの遠隔制御装置の切り離しについては、制御場所間における制御権の受け渡しが行われる主機の制御装置よりも、非常時のみ機側に制御権を渡す操舵装置の制御装置の要件が妥当であると考え、機側での遠隔制御装置の切り離しを要求することとした。

### 1.7.2 指示装置

デフレクタ位置指示装置は、舵角指示器同様に制御システムから独立したものであること及びデフレクタ位置を遠隔及び機側制御場所に表示することを要求することとした。

リバーサ位置及びインペラ回転数については遠隔及び機側制御場所に加えて、デフレクタの制御場所にも表示されることを要求することとした。

## 1.9 補助操舵場所

### 1.9.1 一般

ウォータージェット推進装置においては、設置場所が船外となるため、機側制御場所として補助操舵場所を規定し、規則 D 編 15 章の操舵装置に対する規定を引用することとした。

### 1.10 説明書

### 1.11 予備品

### 1.12 航路を制限される船舶及び小型の船舶に施設される推進装置の特例

説明書の掲示、予備品及び航路制限船に対する軽減について、規則 D 編の関連各章の規定を引用した。

## 2.8 耐火ケーブル

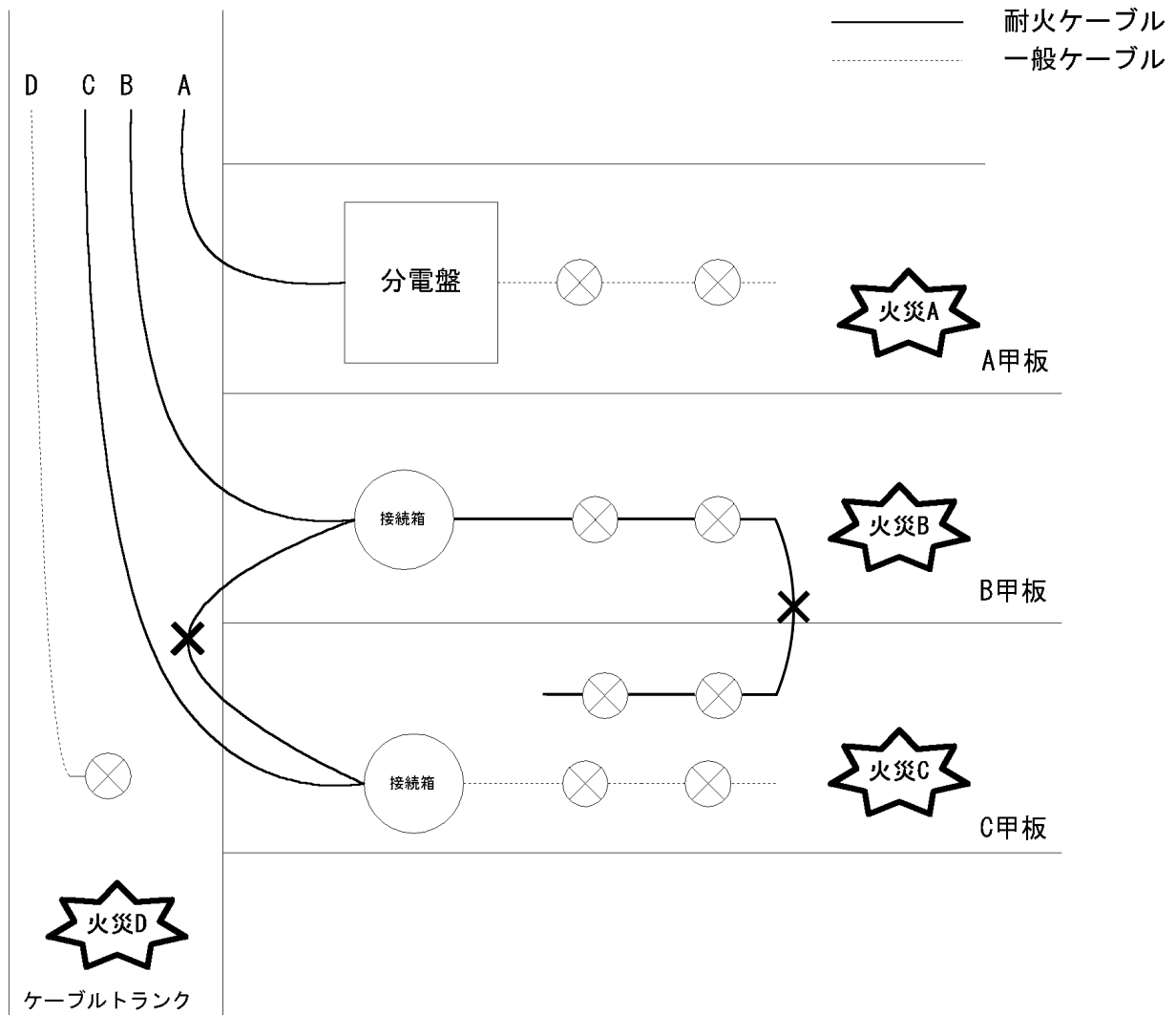
### 改正の背景

鋼船規則 H 編において、一般非常警報装置、火災警報装置等の火災の際に使用される電気機器には、耐火ケーブルが使用されなければならない旨が規定されている。この規定は、1998年に火災安全対策強化の一環として IEC 規格を参考に設けられたものである。その後、1999年に IACS において同様の統一規則が UR E15 としてとりまとめられた。この統一規則と鋼船規則 H 編の規定との間に、適用対象機器及び敷設範囲に関して若干の相違があるため、今般、関連規定の見直しを行った。

### 改正の内容

1. 火災の際に使用される電気機器として従来から例示されている一般非常警報装置、火災警報装置等に、非常照明装置、船内通報装置（Public addresser）並びに水密戸及び防火戸の動力・制御装置を追加する。
2. 耐火ケーブルの敷設範囲として、従来は非常配電盤から末端機器までが要求されていたが、今回の改正により、「防火境界」（居住区内の甲板並びに階段室、A 類機関区域及びこれらに類似の区画を囲む隔壁及び甲板をいう。）を通過してケーブルが敷設される場合にのみ耐火性が要求されるように改める。また、防火境界の内側に敷設されるケーブルについても、分電盤を備えている場合には、その分電盤以降の電路について耐火性を問わないように改める。
3. 装置自体に自己監視機能があるような場合及びケーブルを二重化して分離敷設するような場合等については、耐火ケーブルを使用する必要がないことを明文化する。
4. 「耐燃性」を「耐火性」に改める。ただし、「耐燃性ケーブル」は「耐火ケーブル」とする。



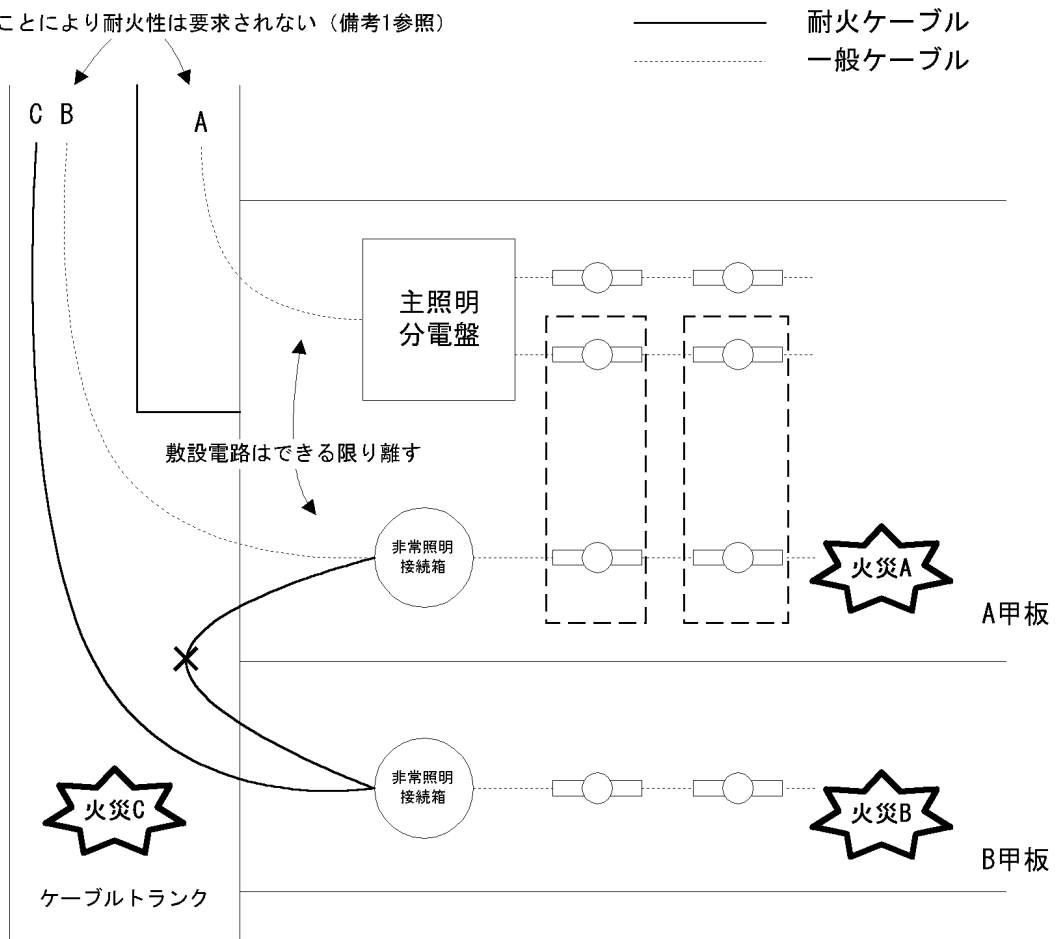


(備考)

- 1 火災 A から火災 D がそれぞれ単独に発生した場合、その防火境界内における火災によって他の防火境界内に設置される機器が影響を受けないように耐火ケーブルを使用する。  
 (例) ケーブルトランク内に敷設されるケーブルが耐火性のものでない場合、火災 D により A 甲板から C 甲板に設置される機器へ至るケーブルが使用不能となるため、当該境界内に敷設されるケーブルは耐火性のものとする。
- 2 給電のための渡り線 (図では、B 甲板と C 甲板の接続箱間を結ぶケーブル及び B 甲板と C 甲板の機器間を結ぶケーブル) については、1 つの防火境界内における火災により他の防火境界内の機器が使用不能となるため、認められない。
- 3 各防火境界内に設置される接続箱の耐火性能が IEC60331 に規定される耐火性能と同等以上の性能を有する場合であって、回路が防火境界内毎に独立となるように多心の耐火ケーブルによる渡り線を適用する場合は、接続箱間を結ぶ渡り線 (図中の B 甲板と C 甲板の接続箱を結ぶ渡り線) を設けることができる。

図 H2.9.11-1. 想定される火災及び耐火ケーブルの適用範囲の例

別区画に敷設することにより耐火性は要求されない（備考1参照）



(備考)

- 1 同一場所（図中の点線で囲った部分）内に主照明装置と非常照明装置を備える場合、これらの照明装置に至る給電ケーブルをそれぞれ別区画（少なくとも **A-0** 相当の隔壁又は甲板により分離された区画）に敷設することにより、給電ケーブルを耐火性のものとしなくても差し支えない。  
（例）主照明装置及び非常照明装置用給電ケーブルをそれぞれ別区画（少なくとも **A-0** 相当の隔壁又は甲板により分離された区画）に敷設し、防火境界内ではできる限り離して敷設する。この場合、火災 **C** が発生しても主照明装置のケーブルは継続して使用することが可能であるため、給電ケーブルを一般のものとするのが可能である。
- 2 場所内に非常照明装置のみが備えられるような場合（図中の **B** 甲板の非常照明装置の場合）は、1つの場所に対する照明装置の冗長性が確保されないため、前1に示す取扱いを適用することはできない。
- 3 給電のための渡り線（図では、**A** 甲板と **B** 甲板の接続箱間を結ぶケーブル）については、1つの防火境界内における火災により他の防火境界内の機器が使用不能となるため、認められない。
- 4 各防火境界内に設置される接続箱の耐火性能が **IEC60331** に規定される耐火性能と同等以上の性能を有する場合であって、回路が防火境界内毎に独立となるように多心の耐火ケーブルによる渡り線を適用する場合は、接続箱間を結ぶ渡り線（図中の **A** 甲板と **B** 甲板の接続箱を結ぶ渡り線）を設けることができる。

図 H2.9.11-2. 主照明装置及び非常照明装置を備える場合の例

## 2.9 発電機用原動機の調速機

### 改正の背景

発電機の定格負荷を急激に遮断した場合の調速特性については、IACS UR M3 を基に瞬時速度変動を 10%以内に抑えるよう鋼船規則に規定されている。近年の船内負荷の増大と運航コストの関係から、発電機用原動機の 1 台あたりの出力が大きくなる傾向にあり、機関製造者によると、瞬時速度変動が現行規定値を超えてしまうものも出てきているとのことである。このため IACS において、発電機の定格負荷を急激に遮断した場合は、発電機が船内電気系統から完全に切り離され船内電気系統に悪影響を与えないので、過速度防止装置の設定値未満であれば瞬時速度変動が 10%を超えても差し支えない旨の見解が示され、同 UR が改正された。この際の条件として、船内最大負荷を急激に遮断した場合の発電機の調速特性について、船内電気系統に接続する電気機器を保護するため、従来の負荷投入時の場合と同様に速度整定までの時間が定められた。これらの改正を受けて、関連規定の見直しを行った。

### 改正の内容

定格負荷を急激に遮断した場合の発電機の調速特性については、過速度防止装置が作動しないことを条件に、瞬時速度変動は 10%を超えても差し支えないことを検査要領に示す。この際、船内最大負荷を急激に遮断した場合の発電機の調速特性について、瞬時速度変動が 10%以下であり、かつ、最終整定速度の 1%以内に回復するまでの時間が 5 秒を超えないことが要求される。

## 2.10 主発電装置を構成する軸発電装置

### 改正の背景

主電源のために軸発電装置が使用される場合には、一般の主発電装置の場合と比べて「船舶の主電源は、推進機関又は軸系の回転数及び回転方向のいかににかかわらず、その機能が維持されること」という SOLAS 条約 II-1 章第 41 規則 1.3 の要件の適用が問題となる。

本要件については、軸発電装置が主発電装置を構成する場合に対し、IACS において統一解釈 UI SC1 が制定されているが、定周波装置の必要性等、細部において各船級協会間の取り扱いが異なる事項があった。今般、取り扱いを統一する目的で当該 UI が改正され、主発電装置を構成する軸発電装置の電気的特性について、クラッシュアスターン時を含めた船舶のいかなる操船状態に置いても、電圧及び周波数の変動を一定値以下に抑えることが要求されたことを受けて、これを参考として関連規則の見直しを行った。

### 改正の内容

主発電装置を構成する軸発電装置に対し、船舶のいかなる操船状態に置いても電圧及び周波数の変動値をそれぞれ IEC60092-301 及び IACS UR E5 の値以下に抑えるよう規定する。

## 2.11 主発電装置に追加して設置される軸発電装置

### 改正の背景

主電源のために軸発電装置が使用される場合には、一般の主発電装置の場合と比べて、「船舶の主電源は、推進機関又は軸系の回転数及び回転方向のいかんにかかわらず、その機能が維持されること」という SOLAS 条約 II-1 章第 41 規則 1.3 の要件の適用が問題となる。

本要件については、軸発電装置が主発電装置に追加して設置される場合に対し、検査要領において取扱いが定められているが、ブラックアウトの回避等船舶の安全性に対する配慮は航海中における乗組員の状況判断に委ねられていた。今般 IACS において統一規則 UR E17 が制定され、船舶の安全性を損なわずに軸発電装置を航海中に使用するための取扱いが定められた。この取扱いでは、軸発電装置の電圧及び周波数の変動を一定値以下に抑え、安定電源を供給することを前提としながらも、その値を超えた場合は別途設備されている主発電装置に適切に切り換えられることを条件に航海中の単独使用が認められることとなっており、軸発電装置が主発電装置の一部を構成する場合の規定より若干軽減されたものとなっている。これを参考として関連規則の見直しを行った。

### 改正の内容

主発電装置に追加して設けられた軸発電装置を航海中に使用するための電圧及び周波数の許容変動値を定め、さらにこの値を外れた場合には主発電装置への自動切換えにより主電源を確保することを定める。

## 2.12 非金属製ケーブル支持物

### 改正の背景

近年、ケーブル支持物の材料として、従来の鋼に代えてプラスチック等の非金属材料を使用する動きがある。非金属製ケーブル支持物に関しては、鋼船規則に一般規定はあるものの具体的な承認方法は定められていない。今般、IACSにおいてプラスチック製ケーブル支持物の特性及び設置方法に関する統一規則 UR E16 が制定されたため、これを参考として、非金属製ケーブル支持物に関する規定の改正を行った。

### 改正の内容

- (1) 非金属製ケーブル支持物の材料特性及び設置方法を定める。
- (2) 非金属製ケーブル支持物の承認試験項目を定める。

## 2.13 自動化機器の環境試験

### 改正の背景

自動化機器の環境試験については、1991年にIACSにおいて統一規則UR E10が制定されている。近年の国際的なEMC（電磁両立性）関連の規制強化の動向（欧州におけるEMC指令、SOLAS V章第17規則改正、IEC60945及びIEC60533の規格改正等）を考慮して今般同URが改正されたため、これを参考として関連規則の見直しを行った。

### 改正の内容

1. 試験項目の名称を改正されたIACS UR E10に整合させる。
2. 高周波放射電磁界イミュニティ試験及び放射性エミッション試験において、試験周波数を2GHzまで拡大する。
3. パルス妨害波に対するイミュニティ試験の判定基準を改める。
4. その他一部の試験について、改正されたIACS UR E10に基づき細部を改める。

## 2.14 小型船のデッドシップ規定

### 改正の背景

1996年改正 SOLAS のデッドシップ関連の要件（デッドシップ状態から 30 分以内に復帰すること）については、既に 1998 年版鋼船規則及び同検査要領の一部改正として取り入れられている。

総トン数 500 トン未満の船舶については、非常発電機を持たない場合が多いこと、機関室が狭いため新たな設備を設けることが難しいこと、及びほとんどの発電機用機関がバッテリー始動のために技術的対応が困難なことから、最近、航行区域にかかわらず本要件の適用を免除してほしいとの要望があるため、今般、 SOLAS 条約の適用対象外となる総トン数 500 トン未満の船舶について航行区域にかかわらず本要件の適用を免除できるよう改めた。

### 改正の内容

総トン数 500 トン未満の船舶に対して、デッドシップ状態からの復帰に関する要件の免除規定を設ける。



## 2.15 MARPOL73/78 ANNEX IV

### 改正の背景

1973年11月に採択後未発効であった1973年海洋汚染防止条約1978年議定書の附属書IV「船舶からの汚水による汚染の防止」が2002年10月開催のMEPC48により2003年9月27日に発効することとなった（同附属書は1990年3月採択のRes. MEPC.88(44)により既に発効前から改正が行われている）。これに対処するため汚水による海洋汚染防止に関する要件を新たに定めた。

### 改正の内容

#### 1. 2編 検査

##### 1.1 規則2編2.1.2-1.(4)及び-3.並びに要領2編2.1.2-2.(1)及び(2)

汚水による海洋汚染防止のための設備の登録検査時に提出する図面及び書類等を新たに規定した。なお、規則2編2.1.2-3.に規定するとおり、同一の事業所において承認済みの図面又は図書等を用いて汚水汚染防止設備を製造又は設備する場合には、他の海洋汚染防止設備と同様に提出図書の一部を省略する事ができる。

##### 1.2 規則2編2.1.3-4.及び3.3.2-4.並びに要領2編2.1.3-4.及び3.3.2-2.

附属書第3規則を取り入れるべく、登録検査及び定期検査を受ける海洋汚染防止設備の項目に汚水による汚染防止のための設備に関する検査規定を設けた。登録検査の内容は、各汚水処理装置、排出管及び連結具の設備状況並びに装置及びポンプの作動確認、定期検査においては前記に加え管及びポンプ等の衰耗に関する検査となっている。これらの具体的な検査内容については、汚水処理装置の種類毎に検査要領2編に明記した。以下に汚水処理設備別に検査項目を述べる。

汚水処理プラントの検査は、外観検査及び作動確認を行う。作動確認には装置そのものに加え安全装置及び警報装置を含む。また、定期検査には前記に加え、保全記録のチェック及び処理水の視認検査を行う。汚水処理プラントには大きく分けて生物学式、物理化学式及び焼却式があり、生物学式は微生物による処理、物理化学式は沈殿、濾過等による処理、焼却式は燃焼による処理となっている。これらのうち、処理水を排出する型式としては生物学式及び物理化学式である。生物学式で使用するバクテリアが減少するとプラントの処理能力が減少するが、この要因として酸素の遮断と殺菌剤の投入が挙げられる。ただしバクテリアは自然発生するものを使用しており、再度酸素を供給すると回復するので、殺菌剤の処理槽への投入を行っていないかを検査時に確認することとした。また、物理化学式において沈殿等を行う際に凝縮剤等の薬剤を使用するものがあり、処理性能に大きく影響するものと考えられるので本方式の処理装置についても保全記録を確認することとした。

汚水の粉碎及び消毒装置の検査は、汚水処理プラントと同じく外観検査及び作動確認を行うこととした。定期検査については登録検査と同様の検査を行うこととした。

貯留タンクの検査は、船舶に使用される他のタンクに鑑み、外観検査及び張水試験を行うこととした。

#### 2. 7編 船舶からの汚水による汚染の防止のための設備

##### 2.1 規則7編2.1.1

附属書第2規則を取り入れるべく、第7編の規定が適用される対象を国際航海に従事する以下の船舶とした。

- (1) 総トン数400トン以上の新船
- (2) 総トン数400トン未満の新船のうち15人を超える人の搭載を認められたもの
- (3) 総トン数の測度を受けていない新船のうち15人を超える人の搭載を認められたもの
- (4) 2008年9月27日における総トン数400トン以上の現存船

- (5) 2008年9月27日における総トン数400トン未満の現存船のうち15人を超える人の搭載を認められたもの
- (6) 2008年9月27日における総トン数の測度を受けていない現存船のうち15人を超える人の搭載を認められたもの

## 2.2 規則7編2.2.1及び要領7編2.2.1

附属書第3規則及び第11規則を取り入れるべく、同編2.1.1に掲げる船舶に設置が要求される汚水による海洋汚染防止設備を規定した。要求される設備は附属書通りであり、汚水処理プラントについてはIMO Res. MEPC.2 (VI)に適合するもので主管庁の検査に合格したもの、汚水の粉碎及び消毒装置については主管庁の要求する基準に適合するもので汚水排出規制海域における汚水の一時貯蔵設備を備えるものとした。貯留タンクについては、船舶の運航、搭載人員その他関連要因を考慮して全ての汚水を保留するために十分であると主管庁が認める容量となっているが、具体的な容量の算出方法は明記されていないため、要領2.2.1-5.に当該タンクの容量の条件式を規定した。係数 $0.072(m^3/人/日)$ については、(財)日本舶用品検定協会(以下、HKという)がまとめた、ふん尿処理装置の型式承認に関する基準案に掲げられている処理装置に対する汚水負荷量 $60(l/人/日)$ に日数に関する安全率1.2を乗じた値としている。安全率1.2については(社)日本海難防止協会がまとめた、循環式ふん尿処理装置試験基準案に掲げられている循環貯留タンクにおける余裕値を参考とした。また、真空式の便器洗浄方式の場合には汚水の量が少なくて済むため、これに対処できるように但し書きを設けた。

## 3. 船用材料・機器等の承認及び認定要領

附属書第3規則において、汚水処理プラント並びに汚水の粉碎及び消毒装置は主管庁の承認が要求されている。これに対処するため、両装置の型式承認基準を船用材料・機器等の承認及び認定要領第2編8章に新たに規定した。汚水処理プラントの承認試験基準はIMO Res. MEPC.2(VI)、船工第134号 船舶用ふん尿処理装置(ばっ気式)性能試験基準、HKがまとめたふん尿処理装置の型式承認基準案及び嫌気性微生物によるふん尿処理装置試験基準案を参考にした。水質検査時に用いる分析方法については、ふん尿処理装置の型式承認に関する基準案において、懸濁固形物及び5日間生物化学的酸素要求量( $BOD_5$ )についてはJIS K 0102、排泄物大腸菌については最確数による定量法が示されているが、その後、それぞれJIS K 0400-21-10及びJIS K 0430-72-40により分析方法が制定されているため、これらの規格を参照できるように規定した。

汚水粉碎及び消毒装置の検査は、MARPOL 73/78 ANNEX Vの適用を受ける粉碎装置に対するHKの型式承認試験基準を参考にした。

また、製品検査については、HKがまとめたふん尿処理装置の検定基準案及び同じくHKがまとめた、ANNEX Vの適用を受ける粉碎装置の検定基準案を参考にした。

## 2.16 バラストタンク部分積付

### 改正の背景

従来規則においては、バラスト航海において縦曲げモーメント/せん断力を調整するために船首尾バラストタンク等を部分積付する場合には、バラストの積載超過による作用応力過剰を防止するための措置を要求していた。この規定は、IACS UR S1A に基づいたものであるが、IACS で見直しが行われた結果、全航海の半数近くをしめるバラスト航海において、積載超過による過度の縦曲げ応力が発生するリスクを負うことは船舶の標準状態が持つべき安全性のレベルとして好ましくないとの結論に達し、このような状態を排除するため、バラストタンクを部分積付したバラスト状態を設計する場合に当該タンクのすべての水位において縦強度を満足するように UR が改正された(S1A/rev.4, S11/rev.2)。この改正は、部分積付を行うバラストタンクの水位が設計水位よりも少しでも変わったときに縦強度を満足しなくなるような設計を排除することを目的とする。これに従い、鋼船規則 C 編及び同検査要領附属書を改正した。

### 改正の内容

鋼船規則 C 編 34.2.2-2.(3)の末尾の一文を削った。また、附属書 C34.1.2 中の 1.3.1-2.として新たに一項を加えた。これにより、標準積付状態のバラスト状態において、バラストタンクを部分積付する場合は、当該バラストタンクのすべての水位において縦強度を満足することを確認することとなった。すべての水位での確認とは、当該タンクにおいて、Full 及び Empty で確認を行えば十分であると考ええる。今回の改正の適用対象はあくまでも標準積付状態であるところのバラスト状態であり、Multi Port Condition 等の貨物を積載する積付状態については、適用対象外とする。また、「部分積付タンク」とは、バラスト水が満載または空でない状態が一定期間生じるタンクのことをいう。よって、APT において Departure で 0%, Arrival で 100%となる場合、このタンクは航海中の一定期間部分積付となる状態が生じるため部分積付タンクとなる。

この場合、APT において Departure で 0%及び 100%, Arrival で 0%及び 100%の状態にて確認計算を行う必要があるかどうかだが、今改正の主旨はバラスト水位が少しでも設計状態から変わると縦強度を満足しなくなるような余裕度のない設計を排除することにあるため、基本的に必ずしも上述の 4 ケースについて計算を行う必要はなく、Departure から Arrival までのある中間時点(例えば、Half Bunker 状態時)にて APT の 0%及び 100%の 2 ケースを確認すればよいと考える。ただし、全ての船に対してこれで十分とはならないため各船毎に柔軟に対応する必要がある。なお、今改正案の適用上の曖昧点(必要となる計算ケース等)については、その後 IACS にて議論され UR S11 及び S17 の改正案が採択されているので、後述の 2.32 を参照されたい。

## 2.17 縦通肋骨等が貫通する桁板又は肋板に取付けられる防撓材の強度評価関連

### 改正の背景

桁板や肋板を縦通肋骨等が貫通する箇所には、図 2.17.1 に示すような防撓材が桁板や肋板に取り付けられる。当該防撓材に関し、鋼船規則 C 編 6 章の二重底及び 30 章の鉱石運搬船に関する規則において、桁板又は肋板の座屈を防止する目的で、寸法に関する規定を設けている。また、当該防撓材は、船底外板などを介して縦通肋骨等に伝わる荷重を桁部材に伝える役割も担っている。

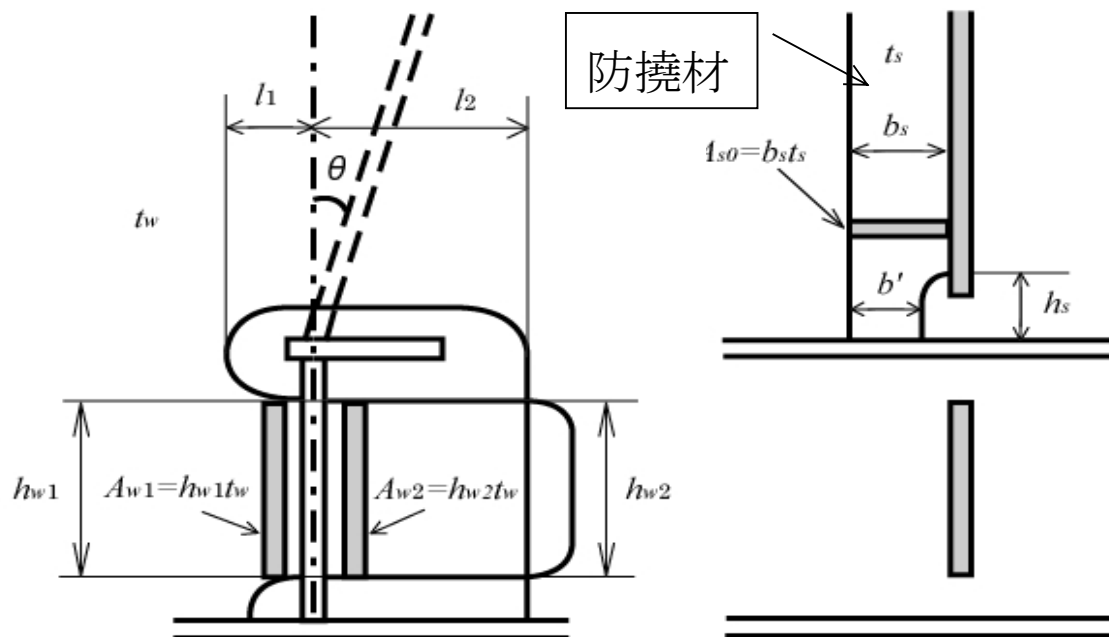


図 2.17.1 桁板／肋板を貫通する縦通肋骨とそれを支持する防撓材

しかし、現行規則では後者に関する強度評価の規定を設けていないため、縦通肋骨等の肋板貫通部では開口周辺や防撓材基部に亀裂損傷の報告が後を絶たない。本件に関し、1960年代後半から原因解明のための研究や実験並びに損傷防止対策に関する検討がなされていた。その結果、損傷の多くは、防撓材基部で生じていることが報告されている。また、貫通部（スロット部）の亀裂損傷は、以下のような経過をたどって生じていると報告されている。

- ①防撓材基部に亀裂発生→②亀裂伝播→③防撓材基部破断→④スロット部周辺の応力増大→⑤スロット周辺に亀裂発生→⑥亀裂伝播

これらの亀裂損傷は、船体の破壊あるいは油の漏洩など致命的なダメージに至らない場合も多いが、肋板・桁板毎に縦通肋骨等が貫通する箇所は非常に多いため、亀裂損傷が多く箇所に生じ、修理のための時間・費用を考えると、重大な損傷と言わざるを得ない。

そこで今回これらの防撓材について、従来の桁板や肋板の座屈防止を目的とする規定に加え、防撓材のもう1つの役割である荷重伝達機能に着目し、防撓材基部における亀裂損傷の防止を目的とする規定を設けることとした。

## 改正の内容

### (1) 強度評価式

防撓材基部の強度評価は、日本造船学会関東地区部会スロット懇談会(以下、スロット懇談会)で検討された「大型船の桁板におけるスロット周辺の損傷防止に関する検討」(日本造船学会誌第 505, 506 号に掲載)をベースとし、防撓材基部に作用する荷重は、肋板又は横桁の心距及び縦通部材で囲まれた部位に作用する荷重のうち、肋板・桁板に直接伝達する荷重を差し引いた荷重が伝わるとした。

### (2) 荷重

防撓材基部の損傷は、典型的な疲労亀裂であることから、防撓材基部に作用する荷重として、船体動揺により生じる上下加速度により誘起されるタンク内水圧の変動成分を考慮した。

### (3) 応力集中係数

図 1 に示すような一般的な形状を有する防撓材の場合、防撓材基部に作用する応力は、ヒール部の応力が最大となる。ヒール部における応力集中や腐食による影響、非対称断面の縦通材から生じる曲げの影響などを考慮した係数を詳細構造解析した結果に基づき、標準タイプの応力集中係数を 1 として定めた。なお、応力集中係数は、防撓材基部の形状に依存するため、各造船所においてその詳細は工夫されており、応力集中を緩和できる代表的な形状 (Negative R タイプ) についても係数を設けている。

### (4) 許容値

許容値を定めるために、損傷が報告されている船舶と損傷がない船舶について防撓材基部の応力を計算した。結果にはばらつきはあるものの、防撓材基部の疲労損傷が報告されているものは、損傷船ではいずれも  $175\text{N/mm}^2$  を超えていることから、許容応力を  $175\text{N/mm}^2$  とした。

### (5) その他

今回の改正は、鋼船規則 C 編 6.3.3-2. (二重底) 及び鋼船規則 C 編 30.1.5.-2(5)(a) (鉦石運搬船) にある桁板又は肋板の座屈防止を目的とした規定のうち縦式構造に防撓材を設ける場合について、それが設けられる区画や船種に拘らず適用すべき規定であるため、鋼船規則 C 編 1 章の通則に移設し、上述の疲労強度に着目した強度評価も行う旨の規定を追加した。

## 2.18 ばら積貨物船の標準積付状態

### 改正の背景

商船の設計・建造は、基本的に船主（発注者）が個々の船舶に対して積荷契約等の輸送形態を考慮して仕様を決定し造船所に発注する、所謂オーダーメイド方式である。しかし、船種によっては、各々の積荷・航路に対する最適船型の決定及び複数船の配船等の船主側事情並びに設計コストの削減等の造船所側事情により基本的に同一設計に基づく同型船建造という形態（所謂レディーメイド方式に近い状態）に移行している。代表的なレディーメイド方式であるばら積貨物船は、一般的にケープサイズ、パナマックスサイズ、ハンディマックスサイズ及びスモールハンディサイズの4つのグループに大別され、造船所はそれぞれの船型毎に最適化した標準船を設計している。しかしながら、この場合、極端に設計の最適化が図られることにより就航後の様々な状況の中で貨物積付や荷役・揚荷作業に対して強度上の制限が生じ、実際にはこれらの制限条件内で運航することが困難なため、かえって船舶の安全性を損ねる結果となっている場合があることが指摘されている。また、「船舶は、強度上支配的と考えられる航行状態（例えば隔倉積状態。）に基づき設計され、その設計条件でカバーされる範囲で運航されるもの」という従来の考え方に対して、「荷役中の状態等、通常の実運用の中で発生し得る状態は、設計条件に含まれるべき」とする設計思想に関する国際的な認識の変化がある。このため IACS では、オペレーションにおける自由度を確保しつつ安全性を確保するために、積載する貨物のばら積密度及び積付方法に基づく分類に応じた標準的な設計条件を規定する統一規則 S25 “*Harmonized Notations and Corresponding Design Loading Conditions for Bulk Carriers*”を制定した。

本統一規則 S25 では、基本的に **BC-A**（ばら積貨物密度の大きな貨物を隔倉積する船舶）、**BC-B**（ばら積貨物密度の大きな貨物を均等積する船舶）及び **BC-C**（ばら積貨物密度の小さな貨物を均等積する船舶）の3種類の船級符号への付記（*Notation*）を規定し、それぞれに応じた標準設計積付状態を規定している。また、バラスト航海についても安全性を向上させることを検討し、運航上必要最小限のバラストタンク容量を確保すべく標準バラスト状態を規定している。本会としては、ばら積貨物船が就航後に種々の貨物及び運航形態への対応が求められ、ローディングマニュアルで与えられる船体縦強度、横強度及び局部強度の許容値の限度を一杯に使用して運航されていることを考慮し、運航者の利便性を確保しつつ十分な強度上の安全性を担保するためある程度余裕を持った設計条件を与えるため、上記統一規則を参考に、**鋼船規則 A 編**及び **C 編**並びに関連検査要領について、必要規定の追設及び改正を行った。

### 改正の内容

#### 1. 統一 Notation

船級協会に登録される船舶は、当該船級協会の規則に基づき検査を受けたことを表すものとして、個々の船級毎に固有の船級符号が与えられる。この時、個々の船舶の種類に応じて適用された規則を示すと共に、設計航路、船殻材料の種類、船舶の種類、構造・艀装上の特徴を表す各種の記号が船級符号に付記されている。これらの付記を *Notation* といい、船舶の特徴を表すものとして広く認識されている。

ばら積貨物船の場合、当該船舶の大きさ、載荷重量以外に、どの程度の密度の貨物が積載可能か、隔倉積が可能であるかといった積付条件に関する事項が運航者・傭船者にとって非常に重要な情報であるため、船級符号と同様、船級毎にそれぞれ独自の *Notation* が与えられている。このため長さ 150 m 以上のばら積貨物船を対象に、後述する設計積付条件の標準化と関連させて積付条件に関する事項を IACS として統一的に付記することとし、次のような *Notation* を付記することを**鋼船規則 A 編 1.2.4-6.**に規定した。なお、トップサイドタンク及びビルジホップタンクを有する通常のばら積貨物船以外の船型を有するばら積貨物船については、**鋼船規則検査要領 C31.1.1-1.**及び **C31.1.2-3.**に適用要件を明示するとともに、*Notation* において区別するものとしている。

- (1) **BC-A**： ばら積貨物密度（積付状態において貨物が占める体積に対するその時の貨物質量の割合のこと。）が  $1.0 \text{ ton/m}^3$  以上の貨物を運送しようとするばら積貨物船であって、計画最大満載喫水状態において特定の貨物倉を空倉とする（以下、隔倉積という。）ことができるもの。
- (2) **BC-B**： ばら積貨物密度が  $1.0 \text{ ton/m}^3$  以上の貨物を、計画最大満載喫水状態において全ての貨物倉に均等積して運送しようとするばら積貨物船。
- (3) **BC-C**： ばら積貨物密度が  $1.0 \text{ ton/m}^3$  未満の貨物のみを、計画最大満載喫水状態において全ての貨物倉に均等積して運送しようとするばら積貨物船。
- (4) 多港積荷・揚荷の計画のないばら積貨物船については、(1)から(3)の *Notation* に”**NO MP**”を追記する。
- (5) ”**BC-A**”又は”**BC-B**”を付記する船舶については、設計ばら積貨物密度は  $3.0 \text{ ton/m}^3$  とすることを標準とするが、これを下回る設計ばら積貨物密度を使用する場合、別途この旨を注記する。（鋼船規則検査要領 **A1.2.4-4.**）
- (6) ”**BC-A**”を付記する船舶で、空倉とする貨物倉又は貨物倉の組み合わせを制限する場合は、別途その旨を注記する。（鋼船規則検査要領 **A1.2.4-4.**）
- (7) トップサイドタンク及びビルジホップタンクを有する通常のばら積貨物船以外の船型を有するばら積貨物船については、”**BCM**”を付記する。（鋼船規則検査要領 **A1.2.4-5.**）

## 2. 標準化された設計積付条件

前述のように、統一 *Notation* を付記する場合、運航者・備船者としては、同一 *Notation* を付記された船舶はできる限り同一の運航形態を取り得るものとなっていることが望まれる。このため、運航者・備船者から見て統一的な適用を確保するため、**1.(1)**から**(3)**の *Notation* に相当する積付状態を定義付けると同時に強度検討の際の設計積付条件を標準化している。

ここでは、ばら積貨物船が就航後に種々の貨物及び運航形態への対応が求められ、ローディングマニュアルで与えられる船体縦強度、横強度及び局部強度の許容値の限度を一杯に使用して運航されていることを考慮し、運航者の利便性を確保しつつ十分な強度上の安全性を担保するためある程度余裕を持った設計条件を与えるものとしている。これは、個々の船舶の設計において強度上の理由により極端に偏った設計を適用することにより、就航後の運航において種々の制限が生じることがあったと考えられることによる。

例えば、隔倉積状態について浸水時も含めて縦強度を検討する場合、最適解としては個々の積付倉の積付率をばらばらに設定するようなことも考えられるが、このような場合、所謂常識的な積付ができない等の制約が生じることが予想される。また、船体横強度上の許容値は一般的に図 **2.18.1** のように各貨物倉毎／隣接 2 倉毎に許容最大・必要最小貨物質量曲線として与えられるが、これは基本的に二重底に作用する貨物荷重と船底荷重差を制限値内に抑えるように喫水に応じて許容される最大貨物質量及び必要な最小貨物質量を規定している。このため、従来の設計では、設計時の強度検討において当該貨物倉で許容されている貨物質量が、他の貨物倉の貨物質量が少ない等の理由で喫水が減少した場合に許容されないという現象が発生し得る。

本規則改正では鋼船規則 **C 編 31.2**（直接計算を適用する場合については、鋼船規則検査要領 **C31.1.5**）において、表 **2.18.1** のように荷役状態も含めて種々の積付条件に応じて設計上考慮すべき貨物質量及び喫水を規定している。また、多港積荷・揚荷状態については 2 倉連続で積付倉／空倉とする場合を考慮しているため、横隔壁の船側近傍における剪断強度並びに横隔壁を立式波形とする場合の上部スツール及び甲板口側線内甲板の強度について、鋼船規則検査要領 **C31.5** に詳細規定を追加している。なお、ここでいう多港積荷・揚荷状態は、均等積の状態にするために複数の港にて荷役する状態及び均等積の状態から複数の港にて揚荷する状態を想定したものである。

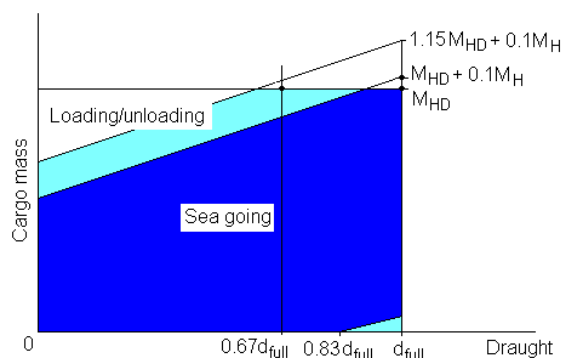


図 2.18.1 許容最大／必要最小貨物質量曲線  
(BC-A 船の例)

表 2.18.1 標準積付状態における設計条件 (抜粋)

| 積付状態   | 設計貨物質量   | 喫水   |
|--------|--|------|
| 均等積    | 貨物倉容積 x 1.0 ton/m <sup>3</sup><br>(M <sub>Full</sub> ) | 100% |
| スラック状態 | 均等積時の貨物質量 (M <sub>H</sub> )<br>の 50%                   | 100% |
| 隔倉積    | 許容最大貨物質量 + 0.1M <sub>H</sub><br>(M <sub>HD</sub> )     | 100% |
| 多港積荷揚荷 | 貨物倉容積 x 1.0 ton/m <sup>3</sup><br>(M <sub>Full</sub> ) | 67%  |
|        | Empty  | 83%  |
| 荷役状態   | 許容最大貨物質量   | 67%  |

### 3. 標準バラスト状態

ばら積貨物船の場合、その目的上、貨物倉の容積をできる限り大きく取ることが設計上の至上命題であるため、貨物倉容積確保によるメリットと構造強度上の補強による船殻重量増加のデメリットがバランスするハンディマックス以上の場合、多くの場合に一部の貨物倉をバラスト兼用倉として設計する。しかしながら、貨物倉にバラストを漲水することは荒天時においてはスロッシングの危険性を伴うものであり、天候に関する判断を誤った場合、バラスト兼用倉に漲水することができず、スラミングやレーシングに対して十分な喫水が確保できないまま航行せざるを得ない状況となる。事実、バラスト兼用倉に漲水できない場合にかなり浅い喫水となる比較的的小型のばら積貨物船では、他の船種に比べて多くの船首船底部の損傷が報告されている。

このため、前述のような積付に関する設計条件を標準化すると同時に、バラスト航海についても安全性を向上させることを検討し、運航上必要最小限のバラストタンク容量を確保すべく標準バラスト状態を規定している。ここでは、バラスト兼用倉に漲水しないバラスト状態（ノーマルバラスト状態）において必要最小限の船首喫水及びプロペラ没水を与えると同時に船首船底部の強度を確保することを規定している。さらに、荒天時により安全な航行状態を確保するため、より深い船首喫水及びプロペラ没水が要求されるヘビーバラスト状態（バラスト兼用倉に漲水しても可）も規定している。いずれの状態においても船体縦強度要件（鋼船規則 C 編 31A.5 に規定される浸水時縦強度要件を含む。）を満足させることは当然ながら、上記バラスト状態において空又は部分積付となるバラストタンクがある場合には、荒天時にさらに深い喫水を得るための処置や誤操作により過積載となり得ること等も考慮して、これらのタンクを満載にした状態においても船体縦強度要件を満足させることが規定されている。（本件については、縦強度要件における標準積付状態に関する規則改正案の解説も参照のこと。）



## 2.19 鋼材の使用区分

### 改正の背景

鋼材の使用区分については、IACS UR S6に基づき鋼船規則に規定されているが、現行規則では、当該使用区分を示す表の備考の解釈及び適用等に関して、一部不明確な表現となっていた。今般、当該部分の改正がIACSにて行われた(UR S6 Rev.3)。ため、これを参考に鋼船規則の改正を行う。

### 改正の内容

- (1) 縦通隔壁に関し、強力甲板に隣接する一条とその他の条板とに分けて適用した。
- (2) ビルジ外板でD級鋼以上を要求される箇所を、 $L_1$ が250m以上の船舶の中央部0.4L間の箇所に限定した。
- (3) 強力甲板の倉口隅部に関し、これまで「大きい倉口」と規定していた用語の意味を明確にし、コンテナ船のような倉口配置の船舶とばら積貨物船／鉱石運搬船のような倉口配置の船舶とで鋼材の使用区分の規定を区別して適用した。検査要領で、「コンテナ船及び同様な倉口配置の船舶とは、船の中央部における倉口の幅が0.7Bを超える船舶と規定した。「ばら積貨物船、鉱石運搬船、兼用船及び同様な倉口配置の船舶」には、損傷実績及び建造実績を調査し、一般貨物船及び冷凍運搬船のような倉口配置の船舶を含むこととした。「上記以外中央部0.4L間」には、コンテナ船等の、船側隅部以外の隅部が含まれる。
- (4) 損傷実績を考慮し、0.15 L以上連続する縦通倉口縁材及びその端部肘板及び甲板室との取り合い部に対して鋼材の使用区分の要求を規定する。
- (5) 縦通隔壁に隣接する強力甲板のうち、二重船殻部の縦通隔壁に隣接する強力甲板の一条の鋼材の使用区分については、梁上側板の一条と異なる場合は、当該条板は、通常強力甲板として適用して差し支えないとした。

## 2.20 一般乾貨物船の検査強化及び船底検査関連

### 改正の背景

IACS は、ロイズ損傷データベースを解析した結果、検査が強化された ESP の対象とならない、一般乾貨物船、特に木材運搬船にも損傷が多く発生していることが判明した。これらの船舶の海難事故を減少させ、安全性を高めるために、ばら積貨物船に対する検査手法の一部を導入する必要があると判断した。この解析結果に基づき、いわゆる一般貨物船、木材運搬船等の船舶を総称して一般乾貨物船と定義づけて、2002年6月に総トン数が500トン以上の一般乾貨物船に対する検査方法を定める統一規則 UR Z10.6 を新規制定した。また、同年8月に船底検査に関する UR の一部改正 Z3(rev.2)が採択された。これらの新規 UR 及び一部改正を参考にして鋼船規則 B 編同検査要領を改めた。

### 改正の内容

#### 1. 一般乾貨物船

- (1) いわゆる一般貨物船、木材運搬船等を総称して 1.3.1(14)として、新たに「一般乾貨物船」の定義を設けた。なお、検査強化の対象は総トン数が500トン以上の一般乾貨物船に限定した。
- (2) 木材運搬船に加えて一般乾貨物船の年次検査において、建造後10年を超える船舶は船首部及び船尾部の各1個の貨物倉、15年を超える船舶は全ての貨物倉について内部検査を行う要件を表 B3.4 に加えた。
- (3) 年次検査において、全ての倉口蓋及び倉口縁材について精密検査を行うこと、及び建造後15年を超える船舶の年次検査において、倉内肋骨について精密検査を行うことを表 B3.5 に規定した。
- (4) ESP 船に倣って、建造後15年以上の一般乾貨物船の中間検査は前回の定期検査に準じて行う規定を 4.1.1-2 に追加した。
- (5) 木材運搬船に加えて一般乾貨物船の中間検査において、建造後5年を超える船舶は船首及び船尾の各1個の貨物倉、10年を超える船舶は全ての貨物倉について内部検査を行う規定を表 B4.2 に設けた。
- (6) 5.2.2-3.において、定期検査におけるばら積貨物船に対する貨物倉内及びその隣接区画内並びに暴露甲板上の各種管装置の検査要件を一般乾貨物船にも適用することとした。
- (7) 定期検査における圧力試験はばら積貨物船に対する要件を適用する (5.2.7 及び表 B5.24)。
- (8) 定期検査における一般乾貨物船の精密検査の対象部材を表 B5.7 として新たに設け、第1回定期検査より、貨物倉内の横隔壁について、また、第2回定期検査より、バラスタククの内部構造部材及び甲板、二重底の板について精密検査を行うことを規定した。
- (9) 定期検査における一般乾貨物船の精密検査の対象部材を表 B5.21 として新たに設け、第2回定期検査より、精密検査の対象部材について板厚計測を行う規定を設けた。

#### 2. 船底検査

舵について圧力試験を要求することがある旨を表 B6.1 に追記した。

## 2.21 コンテナ運搬船の非風雨密倉口蓋関連

### 改正の背景

コンテナ運搬船の倉口蓋の風雨密性について、IMOのガイドラインが作成されるまで、当面IACSが制定した統一解釈UI LL64を適用することにMSC75で合意されたので、IACS UI LL64に倣って鋼船規則検査要領C編中の同様の規定を改正した。

### 改正の内容

- (1) 当該倉口蓋を設備する場所における倉口縁材の甲板上面上の高さを位置IIでも600mm以上とする規定を検査要領C編にC20.2.2-1.として新たに設けた。
- (2) 鋼船規則検査要領C編C20.2.7の規定を次のように改正した。
  - (a) 当該倉口蓋は乾舷甲板又は仮想した乾舷甲板より標準船楼高さの2層分以上の甲板上に設置できる。ただし、倉口の一部でも船首から0.25Lfの位置より前方にある場合は、標準船楼3層分より上方の甲板上でなければ設置できない。
  - (b) 倉口蓋相互間の間隙は、50mm以下を標準とする。
  - (c) ラビリンス、ガッタバー又は同等物を倉口蓋の各パネルの縁に取り付けること。
  - (d) 当該倉口蓋が設置される貨物倉には、ビルジ警報装置を設けること。

## 2.22 暴露甲板前方部分の小倉口及び艙装品

### 改正の背景

英国 High Court は、M.V. Derbyshire 号事故の詳細調査の結果、IMO 及び IACS にばら積貨物船の安全性向上に関する勧告を下した。IACS はこれを受けて 2002 年 3 月以降 8 項目に及ぶ安全性強化対策の実施を検討してきた。

#### 小倉口について(UR S26)

M.V. Derbyshire 号の調査結果では、ロープハッチとして使用された小倉口の損傷が原因で甲板下区画への浸水を招き、沈没に至ったと考えられた。そこで IACS は、荒天時に小倉口のハッチカバーが開放する危険を低減し、甲板下への浸水を未然に防ぐことを目的として、暴露甲板前方部分に設置される小倉口の締付装置及び強度に関する UR S26 を制定した。なお、UR S26 は、当初、ばら積貨物船を対象として検討されていたが、青波打ち込みによる当該損傷はどの船種にも起こりうるため、他の船舶にも適用することとし、また、費用対効果の面からも検討を行い現存船も適用対象(ただし、適用する船長、船種及び対象箇所を限定)にしている。

#### 艙装品強度について(UR S27)

M.V. Derbyshire 号の調査結果では、前方甲板の回転式通風管頭の喪失が船舶の沈没の因果関係の最初の事象の一つであると識別された。また、海底の沈没船を調査したところ、左舷のウインドラスが喪失していたことが判明した。そこで、IACS は、船首部前方部分に設置される艙装品強度の損傷に起因する甲板下への浸水を防止する目的で、UR S27 を制定した。これも UR S26 と同様の理由により、多くの船種に対して、また、現存船に対しても適用対象(ただし、適用する船長、船種及び対象箇所を限定)にしている。

これら UR S26 及び S27 を鋼船規則に取り入れた。

### 改正の内容

#### 1. 適用について

##### (1) 現存船の小倉口及び艙装品

現存船に対して、適用する船長、船種及び適用箇所を限定し、建造後の経過年数に応じて、新造船と同様の要件（ウインドラスの要件を除く）に適合するように規定した。これらの要件を遡及適用要件として鋼船規則検査要領 B1.1.3-5.(6)に規定した。

現存船の暴露甲板前方部分に設置される小倉口及び艙装品に対する要件の適用対象を 2004 年 1 月 1 日より前に建造契約された長さ 100m 以上の船舶で専ら液体を運送する船舶以外の貨物船（ただし、コンテナ船、自動車運搬船、ロールオンロールオフ船及びチップ船のような乾舷の大きな専用船を除く）の船首隔壁より前方にある区画及び区画の前端が船首隔壁位置より前方にある区画の暴露甲板に設置される小倉口、通風筒及び空気を対象とし、建造後の経過年数に応じた適合時期までに新造船の要件と同等の要件に適合することを確認する検査を行うこととした。

実施方法については、表 2.22.1 のとおりです。なお、IACS の UR では、建造後 10 年未満の船舶に対する適用に対して、建造後 10 年に達する日を適合期限としている。NK は、建造後 10 年未満の船舶に対する適用に関して、改正規則実施以降船齢 10 年に達する日までの間に定期検査又は中間検査の時期が存在しない船舶に対して、建造後 10 年に達する日を適合期限とすることは適当ではないと考え、このような場合には、建造後 10 年に達する日より後の最初の定期検査又は中間検査を適合時期とした。

表 2.22.1 規則適合時期

| 2004年1月1日時点の建造後経過年数 (A)     | 適合期限                                 |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| $A \geq 15$ 年               | 2004年1月1日以降の最初の中間検査または、定期検査のいずれか早い時期 |
| $10 \text{年} \leq A < 15$ 年 | 2004年1月1日以降の最初の定期検査の時期 <sup>1)</sup> |
| $A < 10$ 年                  | 建造後 10 年に達する日 <sup>2)</sup>          |

注: 1) 当該定期検査の時期が建造後 15 年に達する日を超える場合、その日の後の最初の中間検査または定期検査のいずれか早い日としなければならない。

2) 2004年1月1日から建造後 10 年に達する日までの間に中間検査または定期検査の時期のいずれもない場合には、建造後 10 年に達する日の後の最初の中間検査または定期検査のいずれか早い時期として差し支えない。

## (2) 新造船の小倉口及び艀装品

鋼船規則 C 編 15.2.1-1.に定める船の長さ( $m$ ) $L_1$ が 80m 以上の船舶において、 $L_1$ の前端から  $0.25L_1$ の箇所より前方の暴露甲板に設置されるものであって、当該装置の設置位置における暴露甲板の計画最大満載喫水線からの高さが  $0.1L_1$ 又は 22m のいずれか小さい値より小である場合に適用することとした。

改正箇所を以下の表 2.22.2 にまとめる。

表 2.22.2 改正箇所

|                           | 適用について                        | 具体的な強度基準等                               |
|---------------------------|-------------------------------|---|
| 小倉口 <sup>(*)1</sup>       | 規則 C 編 20.2.9, 規則 CS 編 19.2.8 | 要領 C20.2.9, 要領 CS 編付録 I <sup>(*)3</sup> |
| 通風筒                       | 規則 C 編 23.6.8, 規則 CS 編 21.6.8 | 要領 C23.6.8, 要領 CS 編付録 I <sup>(*)3</sup> |
| 空気管                       | 規則 D 編 13.6.5                 | 要領 D13.6.5                              |
| ウィンドラス                    | 規則 D 編 16.2.2                 | 要領 D16.2.2                              |
| ムアリングウィンチ <sup>(*)2</sup> | 規則 D 編 16.3.1                 | -                                       |

<sup>(\*)1</sup>: 強度基準(要領 C20.2.9 等)は、開口の大きさが 2.5 (m<sup>2</sup>)以下の倉口のみ対象

<sup>(\*)2</sup>: ウィンドラスと一体型のもののみ適用

<sup>(\*)3</sup>: C 編要領を準用するよう規定

## 2. 強度基準等

### (1) 小倉口 (要領 C20.2.9)

具体的な要件を IACS UR S26 に準じて規定した。

- 要領 C20.2.9-1.(2)に本条の規定が適用される小倉口とは、開口の大きさが 2.5(m<sup>2</sup>)以下のものである旨規定した。
- ちょうナットによって締付けられた小倉口は、荒天時には、締付が弛緩しトグルボルトが外れる可能性がある。つまり、青波打ち込みにより、倉口蓋が下に押し付けられ、ちょうナットが緩みトグルボルトが外れてしまう可能性がある。そこで、主締付装置が緩み外れる場合にあって、倉口蓋が定位置にあるよう補助締付装置を要求することとした。なお、補助締付装置が風雨密を保たなくても、倉口蓋を定位置に留めることができると考えている。(要領 C20.2.9-5.)
- 青波による過度な圧縮状態を防止するため、当て板による金属同士の接触となるよう規定した。(要領 C20.2.9-4.(1))
- ちょうナットを主締付装置として用いる場合、過度の締付はフォークの永久変形の原因となり、ちょうナットを容易に外れさせる危険があるため、その防止策として、ちょうナット自体に強度をもたせ、フォークの端部を上曲げる又は盛り上げる設計とするよう(図 2.22.3 参照)規定した。(要領 C20.2.9-4.(3))
- 青波によって小倉口蓋が万一緩んだ場合でも、蓋が開きにくいようにするために蓋のヒンジをハッチの前に設ける。(要領 C20.2.9-4.(4))
- 小倉口蓋の強度要件は、設計水圧 150kPa に対して十分な強度を有するよう定められた。要領 C 編 表 C20.2.5-1.に示す寸法は、現行の各工業標準(ISO, JIS, 韓国工業規格及び DIN)及びイタリアの造船所実績を参考にして呼び寸法及び防撓材の要件を定めた。また、防撓材の配置を要領 C 編 図 C20.2.9-1.に示した。

(図 2.22.4 参照)

(g) 主締付装置の例を要領 C 編 図 C20.2.9-2.に示した。(図 2.22.3 参照)

(2) 通風筒及び空気管(要領 C23.6.8 及び D13.6.5)

(a) 通風筒及び空気管について、青波水平荷重を当該装置が受けた場合に生じる転倒モーメントを求め、発生応力が  $0.8\sigma_y$  ( $\sigma_y$  は鋼材の降伏応力または 0.2%耐力) を超えないような強度をもつよう規定した。

(b) また、現存船にも適用することを考慮し、現行の各工業標準(ISO, JIS, 韓国工業規格及び DIN)の管厚標準の主なもの(規則 C 編 表 C23.6.8-1.及び表 D13.6.5-1.参照)については、当該装置を取り替えることなく継続使用できるよう肘板の追加補強により対応可能となるよう規定した。

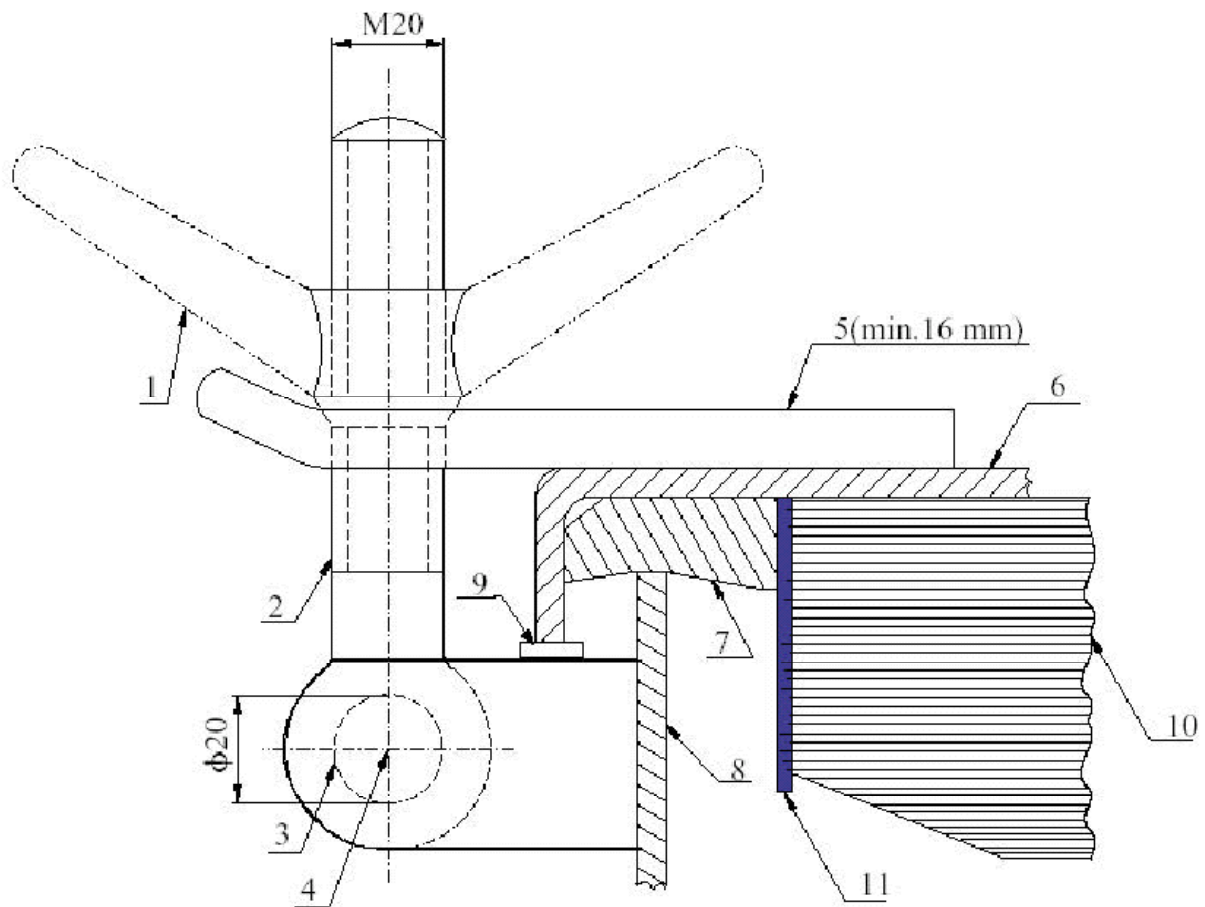
(c) 回転式マッシュルーム型通風筒(管頭自身が回転し閉鎖装置を兼ねる形式の通風筒)は、認められない旨規定した。

(3) ウインドラス及び一体型のムアリングウインチ(要領 D16.2.2)

この強度の評価は、ウインドラスが複数個の近接したボルト群によって据付けられるとした上で、各ボルト群における個々のボルトの強度安全率が波浪の打ち込み力に対して 2 以上であることを確認するもので、鋼船規則検査要領 D 編 D16.2.2 に規定を設けた。安全率の算出の際、ウインドラスの鎖車軸に対して前方及び水平方向からそれぞれの投影面積に比例した力をウインドラスに作用させて、各据付けボルトの軸応力を計算する。また、ボルトの剪断応力については、固定金物で当該せん断力の一部又は全部を受け持つ場合にはボルトが受け持つ応力から相当分を差し引くことができるが、この場合当該金物の安全率は 2 以上確保されなければならない。なお、ここでいう据付ボルトはリーマボルトを指し、通常の六角ボルトを用いる場合には当該ボルトが水平力を受け持つことはないので支持金物が必要となる。

このほか、ムアリングウインチについては、ウインドラスと一体型のものについて適用され、ムアリングウインチ単体の場合には本強度要件は適用されない。

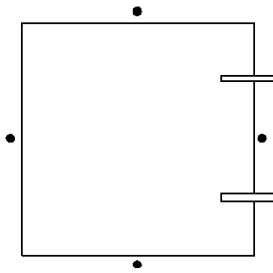
図 2.22.3 小倉口蓋の主締付装置



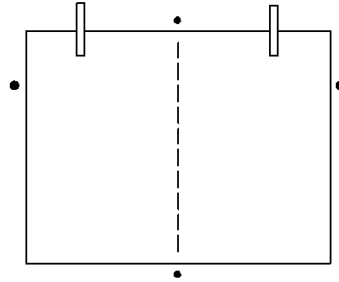
(注：単位 mm)

1. ちょうナット
2. トグルボルト
3. トグルボルトピン
4. トグルボルトピン中心
5. フォークプレート
6. ハッチカバー
7. ガスケット
8. ハッチコーミング
9. 金属同士の接触のためのトグルボルト付肘板に溶接された当板
10. 防撓材
11. 内部端防撓材

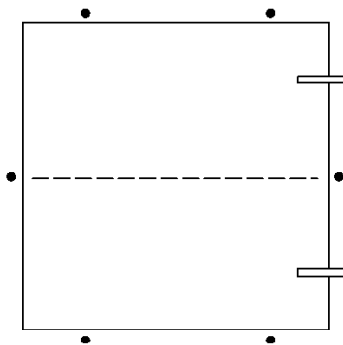
図 2.22.4 小倉口蓋の防撓材の配置



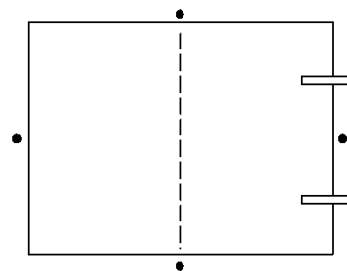
呼び寸法 630 x 630



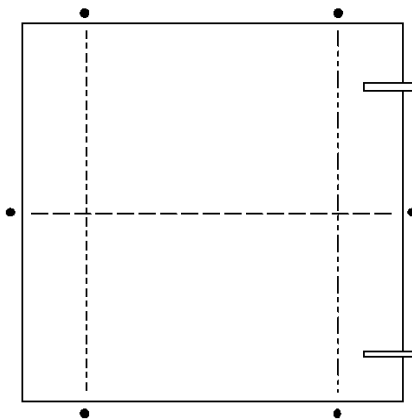
呼び寸法 630 x 830



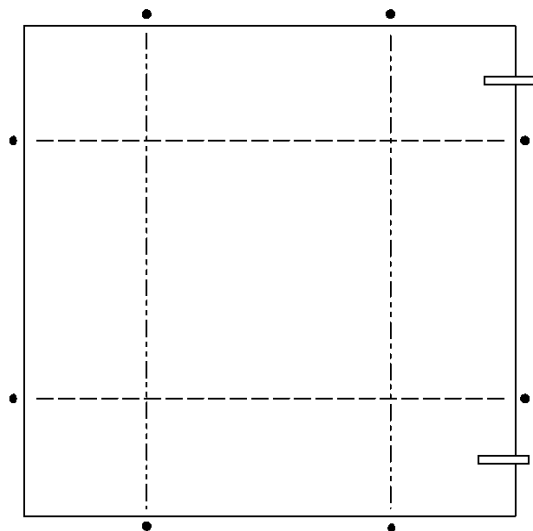
呼び寸法 830 x 830



呼び寸法 830 x 630



呼び寸法 1030 x 1030



呼び寸法 1330 x 1330

— ヒンジ

• 締付装置 / 金属同士の接触

----- 一次防撓材

----- 二次防撓材



## 2.23 自動閉鎖式空気管頭の検査

### 改正の背景

2.22 の改正事項と同様、2002 年 3 月に発表した 8 項目に及ぶ安全性強化対策に関連する改正である。自動閉鎖式空気管頭については、青波打ち込みによる当該管の破壊により貨物倉内へ海水が侵入することを防ぐ目的で、UR Z22 を制定して定期的検査を強化している。

### 改正の内容

従来は、外観検査のみであったが、暴露甲板上に設置される自動閉鎖式空気管にあつては、詳細な検査を行うよう根拠規定を鋼船規則 B 編 5.2.2 に設けた。また、鋼船規則検査要領 B5.2.2 に内部部品が外部から適切に検査できない場合は、空気管から管頭を取り外して検査する旨規定し、建造後の経過年数に応じて検査項目を規定した。具体的には、建造後 10 年以下の船舶に対する定期検査時までは抜き取り検査であるが、それ以降では全数検査とする。

## 2.24 水密戸の要件

### 改正の背景

SOLAS 条約第 II-1 章 B-1 部には乾貨物船の区画及び損傷時復原性要件が規定されており、1992 年 2 月 1 日以降に建造された貨物船に適用されている。ここでは、本要件に関する内部開口の閉鎖装置（水密戸）について遠隔閉鎖、状態表示装置、警報装置等の要件が規定されているが、実際に船舶に適用するには曖昧な部分も多く、各主管庁、船級協会での独自の解釈を行い適用してきた。IACS では、これらの要件について統一解釈の作成が必要であると判断し、SOLAS 条約上の他の規定（例えば第 II-1 章の第 15 規則）やその他の条約により適用される損傷時復原性要件も考慮して検討を続け、統一解釈 SC156 として取りまとめた。

本会の規則の場合、従来からの考え方に基づく鋼船規則 C 編 13 章の水密戸に対する要件と上記条約要件に基づく規定である同 C 編 4 章の水密戸に対する要件に差異が生じており、両要件の整合を図ることが必要であると指摘されていた。また、業界の利便性を考慮すると、条約要件に対して各船級協会間で統一的な適用を期することが必要であると考えられ、本統一解釈を参考として関連規則を改正した。ただし、30 度横傾斜時の操作要件について、ヒンジ戸について適用することは実際的でないと判断し、適用を変更している。

### 改正の内容

具体的な改正内容は次の通り。

- (1) 鋼船規則 C 編 4 章及び CS 編 4 章に規定されている水密戸の詳細要件を見直し、水密戸の一般要件として C 編 13 章及び CS 編 13 章に規定した。具体的な要件の変更は、ヒンジ戸又はロール戸を使用できる条件を明示すること及び航海中に閉鎖されていない戸については 30 度横傾斜時でも操作できることを規定することとなっている。
- (2) 鋼船規則検査要領 C 編に、水密試験の要求や遠隔操作について詳細要件を規定した。
- (3) 鋼船規則検査要領 R 編に、防火構造との関連について詳細を規定した。
- (4) 旅客船規則から鋼船規則の規定を適用する場合について、条約要件と上記詳細要件との整合を図り、適用に関する条項を修正した。

## 2.25 タンカーの電気防食

### 改正の背景

貨物タンクの塗装の補助又は塗装の代替として電気防食を採用する場合、外部電源方式陰極防食装置については**鋼船規則 H 編 4.3.3**に規定されているが、陽極の設置については特に規定されていない。しかしながら、貨物タンク及び貨物タンクに隣接する区画においては、可燃性蒸気が滞留する恐れがあるため、発火源を排除することが要求されており、陽極についても何らかの要件を規定する必要がある。このため、**IACS**の統一規則**F1**を参考とし、引火点 60℃（日本籍船舶にあつては 61℃）以下の貨物を積載する貨物タンク及び貨物タンクに隣接する区画に取付けられる陽極について要件を定めた。

### 改正の内容

具体的な改正内容は次のとおり。

- (1) 貨物タンク及び貨物タンクに隣接する区画に設置される陽極について、取付け位置からの脱落による火花発生の防止を目的とし、詳細を**鋼船規則検査要領 C25.2.1-4.**として規定した。
- (2) 他の金属等との接触時に火花発生の危険性が高いと考えられるアルミニウム及びアルミニウム合金製の陽極については、設置高さ等に関する追加規定を設けた。さらに、マグネシウム及びマグネシウム合金製の陽極については、当該区画への設置を禁止した。

## 2.26 現存ばら積貨物船の倉内肋骨関連

### 改正の背景

IACS は、2002 年 3 月、プレスリリースでばら積貨物船に対する 8 つの方策を発表した。主としてばら積貨物船の安全性を改善するための方策として、短期間で数多くの検討及び規則改正を行うとの IACS の宣言であった。「現存ばら積貨物船の倉内肋骨」の改正は、この 8 つの方策の 1 つであり、IACS AHG/EBC (Ad Hoc Group/Existing Bulk Carrier) 及び WP/S(Working Party / Strength) において検討され、UR S31 (Renewal Criteria for Side Shell Frames and Brackets in Single Side Skin Bulk Carriers not Built in accordance with UR S12 Rev.1 or subsequent revisions) として取り纏められた。

UR S31 の開発目的は、ばら積貨物船に対する安全強化対策として UR S12 (Rev.1) に適合していないばら積貨物船 (建造契約が 1998 年 7 月 1 日より前) の倉内肋骨について、UR S12 (Rev.1, 2 及び 3) (以下、S12 という) の要件に適合したばら積貨物船の倉内肋骨の強度とほぼ同等になるよう倉内肋骨のウェブの切替基準を剪断強度、曲げ強度及び座屈強度等の評価に基づいて定める統一規則を制定することである。

今般、この統一規則を鋼船規則に取り入れるにあたり、現存ばら積貨物船の要件は鋼船規則 B 編及び C 編 31B 章に既に規定されているので、現行規則を修正・追加する形式で規定することとした。

### 改正の内容

今回の鋼船規則の改正は、鋼船規則 C 編 31B.5 及び同検査要領 C31B.5 に取り入れることにした。

#### 1. 切替板厚(31B.5.2-1., -3.)

S12 適用前のばら積貨物船の船側肋骨に対する鋼材切替基準を制定する目的で、以下に示す 2 つの板厚値を定義する。

- (1)  $t_{COAT}$  は、S12 適用船舶の切替板厚に相当し、S12 で要求される倉内肋骨及び端部肘板板厚の 75% と定義される。
- (2)  $t_{REN}$  は切替板厚で、 $t_{COAT}$  から調整しろとでも称すべき  $t_C$  を減じて得られる。 $t_C$  の値は、IACS メンバー協会の現在の取扱いを再調査して決定された。

船倉及び考慮する肋骨の位置により、異なった最小板厚が UR S12 で定義されるため、結果的に異なった  $t_{COAT}$  及び  $t_C$ 、つまり、異なった  $t_{REN}$  の値が以下の箇所について、それぞれ定義される。なお、No.1 貨物倉と他の貨物倉は区別して扱う。

- ・スパン及び上部肘板
- ・下部肘板

S12 適用前の船舶において船側肋骨の適切な強度を確保するために、計測板厚  $t_M$  に応じた次の基準を設ける。

- (1)  $t_M \leq t_{REN}$  の場合、鋼材切替を行う。
- (2)  $t_{REN} < t_M \leq t_{COAT}$  の場合、錆打ち、再塗装とトリッピングブラケットの取付けを行う。

これらの基準が S12 の切替基準と一般に同等と見做せるようにするために、切替板厚  $t_{REN}$  はいくつかの簡易な降伏及び座屈強度確認を満足する必要がある (3. を参照)。

座屈強度確認は、肋骨及び下部肘板の両方に対するウェブの深さと板厚の比を規制することにより規定している。

#### 2. 板厚計測、鋼材切替及び補強方法(31B.5.2-4., -5.及び-6.)

さらに、鋼材切替などの有効性は、その施工範囲の適切さが重要なので、肋骨の切替範囲を A, B, C 及び D の 4 つのゾーンに分けて、各ゾーンに対する板厚計測及び切替又は補強の基準を 31B.5.2-4. に規定する。(図 2.26.1 参照)

肋骨の倒壊は、船側肋骨崩壊の主原因の一つと考えられ、壊滅的な崩壊を防ぐ倒止肘板の有効性は、過去のいくつかの事例で証明されているので、補強方法は船側肋骨の中央部及び下部位置で倒止肘板を設置することとした(31B.5.2-5.)。

ピッチング及びグルーピング腐食に対する対応策についても規定している。

### 3. 鋼材切替の判定基準

(1)  $t_{REN,s}$

肋骨下部における肋骨のウェブ厚さを規定するもので、船側波浪水圧による荷重に対するウェブのせん断強度を判定する。

(2)  $t_{REN,d/t}$

肋骨中央部と下部肘板毎にウェブの厚さを規定しており、座屈及び横倒れ強度を判定する。

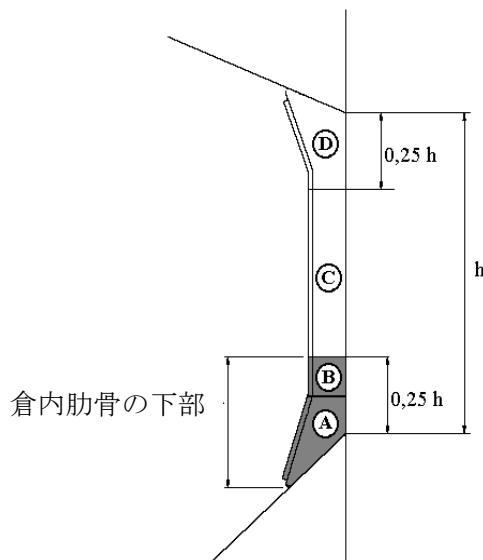
(3)  $t_{REN,m}$

肋骨下部における曲げ強度の判定を行うための肋骨ウェブの基準。これに満たない場合には、鋼材切替に代えて曲げ剛性を増すような補強を行ってもよい。

### 4. 適用時期について (NK の取り扱い) (31B.5.1)

現存ばら積貨物船倉内肋骨の遡及適用要件の適合時期は、建造後の経過年数に応じて規定している(表 2.22.1 参照)。建造後 10 年未満の船舶に対する適用について、建造後 10 年に達する日を適合期限とする。NK は、建造後 10 年未満の船舶に対する適用に関し、定期検査又は中間検査の時期が存在しない船舶に対して、建造後 10 年に達する日を適合期限とすることは妥当ではないと考え、改正規則制定日以降であっても、定期検査又は中間検査の時期が存在しない場合には、建造後 10 年に達する日より後の最初の定期検査又は中間検査の時期を適合期限とする。

図 2.26.1 倉内肋骨の各ゾーン



## 2.27 現存ばら積貨物船の風雨密倉口蓋の固着装置及び移動防止装置

### 改正の背景

ばら積貨物船の安全性向上について種々の議論が行われてきたが、IMO 第 76 回海上安全委員会 (MSC76) において、現存ばら積貨物船の風雨密倉口蓋については、その固着装置 (Securing devices) 及び移動防止装置 (Stoppers) の強化をすることが効果的であるとの結論にいたった。このため IACS は、2002 年 3 月以来検討を行ってきた安全対策の一つとして統一規則 S30 を制定した。なお、2003 年 6 月の MSC77 においては、本統一規則を非 IACS 船級船にも適用することを勧告する決議が MSC.146(77) として採択されている。本会の規則においては、統一規則 S30 の一部を既に規則化しており、1988 年 9 月 1 日より適用してきていたが、今般 S30 を参考に関連規定及び遡及適用のための規定を追加した。

### 改正の内容

具体的な改正内容は次のとおり。

- (1) 2004 年 1 月 1 日前に建造契約が行われたばら積貨物船の鋼製風雨密倉口蓋であつて、その全部または一部が **C 編 15.2.1-1** に規定する  $L_1$  の前端から  $0.25L_1$  の箇所より前方の範囲に位置するもの (最前端貨物倉及びその直後の貨物倉に設ける倉口蓋に限る。) について、倉口蓋の風雨密性を保持するための固着装置及び固着装置取り付けに関する風雨密倉口蓋強度 (現行の **鋼船規則検査要領 C20.2.5-2.(1)** から **(4)** を参照する。) 並びに青波の水平荷重により起こる倉口蓋の移動を防止する装置に関する要件を、**鋼船規則 C 編 31B 章** に追加規定した。
- (2) 2004 年 1 月 1 日の時点における建造後の経過年数に応じて期日を設定し、前**(1)**の要件に適合していることを検査において確認する旨を、**鋼船規則 B 編** に規定した。なお、1988 年 9 月 1 日以降に製造中登録検査申し込みのあった船舶については、これらの要件のうち移動防止装置以外の事項は、建造時に適用されている。

なお、移動防止装置については、固着装置が倉口蓋をパッキンとの関係において適正な位置に保持し、かつ、風雨密を保持するためにパッキンとの間に十分な締め付け力を発生させるもの (従って固着装置は、倉口蓋の端/縁部分における剛性でもってパッキンを十分に抑え込めるような間隔で配置され、かつ、パッキンの締め付け反力に対して十分な強度を有するものとする) ことが要求されている。) に対し、極限状態における青波荷重に対して倉口蓋が脱落することを防止するものと考えられ、風雨密性が著しく損なわれない限り、固着装置が破壊しない程度の範囲において倉口蓋が移動することを許容するものでも差し支えない。また、基本的に船首及び両舷からのそれぞれの 1 方向からの荷重に対し、上記の役割を果たすものであればよい。

## 2.28 検査準備等関連

### 改正の背景

IACS は船体検査が確実に実施でき、検査の質をより高めるために 2002 年 10 月に検査方法を定める次の統一規則の一部改正を採択した。これらの一部改正された UR を取り入れるために鋼船規則 B 編同検査要領を改めた。

- |                 |   |                 |
|-----------------|---|-----------------|
| • Z7(rev.9)     | : Hull Classification Surveys             | 船体検査全般          |
| • Z10.1(rev.10) | : Hull Surveys of Oil Tankers             | 油タンカーの船体検査      |
| • Z10.2(rev.13) | : Hull Surveys of Bulk Carriers           | ばら積貨物船の船体検査     |
| • Z10.3(rev.6)  | : Hull Surveys of Chemical Tankers        | 危険化学品ばら積船の船体検査  |
| • Z10.4(rev.1)  | : Hull Surveys of Double Hull Oil Tankers | ダブルハル油タンカーの船体検査 |

### 改正の内容

#### 1. 鋼船規則 B 編

表 B5.1 において次の事項を明記した。

- (1) 第 2 回及び第 3 回目の定期検査において、内部検査を行う燃料油タンクの選定を必ず貨物区域内からも行うこと。
- (2) 第 3 回目の定期検査において、内部検査を行う燃料油タンクの選定を必ず機関室内からも行うこと。

#### 2. 鋼船規則検査要領 B 編

定期的検査において、著しい腐食が認められた構造部材について要求される追加の板厚計測は当該検査が完了するまでに行うことを B5.2.6-6.に明記した。

## 2.29 ばら積貨物船、鉱石運搬船及び兼用船の鋼製風雨密倉口蓋等

### 改正の背景

M.V.Derbyshire 号事故の詳細調査及び英国 High Court の結果、IMO 及び IACS にばら積貨物船の安全性向上に関する 8 項目におよぶ勧告が下された。IACS はこれを受けて 2002 年 3 月以来 8 項目に及ぶ安全強化対策の実施を検討してきた。このうち鋼製風雨密倉口蓋について、IACS は UR S21 の強度基準の妥当性について再検討作業を行っていた。一方、IMO においては Load Line 条約 第 16 規則(以後 LL 条約という)の見直し作業が行われ、MSC76(2002 年 12 月)にて同条約の改正案が採択された。現行 LL 条約及び UR S21 では、ハッチカバーに作用する垂直青波荷重は、UR S21 のほうがはるかに大きな値を与える規定であったが、改正 LL 条約と作業中であった UR S21 改正案の垂直荷重に関する規定とを比較すると、改正 LL 条約の荷重算式のほうがより大きな値を与えるケースもあることが判明した。また、現行 UR S21 は弾性座屈を許容し座屈後の減少した有効幅を用いて強度解析を行うよう規定していたが、改正 LL 条約では弾性座屈を許容しない旨の条文が加えられた。よって、IACS は改正 LL 条約と不整合をきたすことがないように(UR S21 を満足しても改正 LL 条約を満足しないということがないように)に UR S21 を修正することとし、UR S21(Rev.3)を採択した。S21(Rev.3)では、倉口縁材及び締付装置に関する規定も加えられている。

よって、更なる安全性向上を目的とした UR S21(Rev.3)を鋼船規則に取り入れた。

### 改正の内容

従来 UR S21 の適用は、ばら積貨物船の船首部 0.25L 以内のものに限定していたが、今般の改正によりばら積貨物船、鉱石運搬船及び兼用船のすべての倉口蓋(ただし、LL 条約で定義される位置 I に限る。)に適用範囲が拡大された。また、倉口縁材及び締付装置の強度規定も追加された。よって、現行鋼船規則 C 編 31.9 を削り、C 編 20.5 に鋼製風雨密倉口蓋、同 20.6 に倉口縁材、同 20.7 に締付装置の各規定をこれらの船種に対する追加要件として規定した。主な改正内容を以下に概説する。

#### (1) 鋼船規則 C 編 20.5 及び同検査要領 C20.5 [鋼製風雨密倉口蓋]

##### (a) 規則 C 編 20.5.2 [鋼製風雨密倉口蓋の荷重条件]

改正 LL 条約の荷重算式を取り入れた。この算式は、MARIN の模型船実験の結果をもとに策定されており、実験は北大西洋の 20 年間最大(ピッチングに最も厳しくなる周期を中心に)の波を想定し、有義波高 15m 相当という厳しい海象を想定して実施された。この算式は、減少型乾舷船舶と B 型乾舷船舶とで異なる係数を与えるよう規定されており、No.1 ハッチカバーにおいて、減少型乾舷船舶で現行 S21 の 1.3~1.5 倍、B 型乾舷船舶でほぼ同等という値となる。

##### (b) 規則 C 編 20.5.3 [鋼製風雨密倉口蓋の強度基準]

鋼製風雨密倉口蓋が格子構造である場合は、骨組解析または有限要素法解析により寸法決定しなければならない旨-1.に規定した。許容応力を規則 C 編表 C20.8 のようにした。梁解析または骨組解析により各桁部材に生じる応力を求める場合の圧縮側フランジの有効断面積を-2.(4)に規定した。弾性座屈を許容しないという設計思想であるため、あくまでも直接計算では弾性座屈を考慮せず、-3.に新たに規定する座屈算式により座屈強度をあたることとなる。改正 LL 条約に合わせ座屈安全率を 1.25 とし、直接計算により求まる発生応力が、各座屈算式により求まる限界座屈応力の 0.8 倍を超えてはならないこととした。座屈チェックは、頂板パネル、二次防撓材フランジ及び各桁部材のウェブパネルに対して行われる。なお、これらの算式は UR S11(縦強度)の規定から準用されている。

-2.(2)に鋼製風雨密倉口蓋のネット板厚に関する算式を規定した。また、改正 LL 条約の規定を取り入れ最小値を定めた。



-2.(3)に二次防撓材の断面係数に関する算式を規定した。

- (2) 鋼船規則 C 編 20.6 及び同検査要領 C20.6 [倉口縁材]  
 前方及び船側からの青波水平荷重に対して倉口縁材が十分な強度を有するように強度規定を加えた。
- (a) 規則 C 編 20.6.1 [一般]  
 適用対象は、B 編 1.3.1(13)に規定するばら積貨物船であって、C 編 20.1.2 に定義する位置 I の暴露甲板上にある前端及び船側倉口縁材である旨規定した。
- (b) C 編 20.6.2 及び要領 C20.6.2 [倉口縁材の荷重条件]  
 No.1 倉口蓋の前端縁材は  $290(\text{kN/m}^2)$ \*、それ以外は  $220(\text{kN/m}^2)$ である旨規定した。  
 \*: 適切な船首楼が備え付けられている場合には、青波水平打ち込み荷重を減じる効果が期待できることから、鋼船規則 C 編 18.4 に従う船首楼が備え付けられている場合は、 $220(\text{kN/m}^2)$ として差し支えない旨規定した。
- (c) C 編 20.6.3 [強度基準]  
 (i) 倉口縁材の板部材の板厚に関する算式を(1)に規定した。ただし、最小値は  $9.5\text{mm}$  とした。  
 (ii) 倉口縁材付の二次防撓材の断面係数に関する算式を(2)に規定した。  
 (iii) 倉口縁材ステイの板厚及び断面係数に関する算式を(3)(a)に規定した。ただし、この算式は片持梁構造に一様分布荷重が作用したときの剪断力及び曲げモーメントを考慮して定められているため、片持梁構造ではないステイについては算式が適用できないため、そのような場合の取り扱いとして、具体的な評価手法は規定せず、(1)に規定する荷重がステイに作用したときの発生応力が規則 C 編表 C20.8 の許容値を超えないよう寸法を定める旨(3)(c)に規定した。
- (3) 鋼船規則 C 編 20.7 及び同検査要領 C20.7 [移動防止装置]  
 青波打ち込み荷重により鋼製風雨密倉口蓋そのものが脱落することを防ぐために移動防止装置を備えるよう規定した。また、強度要件として規則 C 編表 C20.10 に設計圧力及び許容等価応力を定め当該装置はこれを満足しなければならない旨規定した。

## 2.30 ばら積貨物船，鉱石運搬船及び兼用船に設置される船首楼

### 改正の背景

2003年3月以来 IACS にて検討されている 8 項目におよぶばら積貨物船に対する安全強化対策の実施のうち、船首楼設置の強制化に関する UR S28 については、2003年5月に IACS で採択された。よって、これを鋼船規則に取り入れた。

### 改正の内容

鋼船規則 C 編 18.1.1-1.を改め、ばら積貨物船、鉱石運搬船及び兼用船に対して船首楼設置を強制化した。また、設置要件については、鋼船規則 C 編 18.4 として新たに 1 節を加えた。内容は以下のとおり。

- (1) 船首楼は閉囲されたものとする。[規則 C 編 18.4(1)]
- (2) 船首楼の後端位置及び高さに関する規定を定める。[規則 C 編 18.4(2)及び(3)]
- (3) 倉口蓋及び倉口縁材を青波水平荷重から保護するための設置要件を定める。  
[規則 C 編 18.4(4)]
- (4) 船首楼上にブレイクウォーターを設ける場合の設置規定を設ける。  
[規則 C 編 18.4(5)]

## 2.31 チェーンロッカの閉鎖

### 改正の背景

IACSにおいて、チェーンロッカの閉鎖に関する検討が行われていたが、IMOでも同様の内容が検討されており、2002年12月に開催されたIMO MSC76にてLoad Line条約の改正案が採択された(第22-2規則)。この改正LL条約は88 Protocolの改正であり、これを批准していない国に対しては、この改正案が適用されないため、UR L4を規定することにより全てのIACS船に本要件を適用することがIACSにて合意された。よって、IACS UR L4(改正LL条約 第22-2規則)を鋼船規則に取り入れた。

### 改正の内容

IACS UR L4と改正Load Line条約 第22-2規則は、適用日を除いて同一の内容となっている。現行鋼船規則C編及びCS編13.1.7「チェーンロッカ」の規定をそれぞれC編27.1.6、CS編23.1.6に移動させた。改正内容は以下の通り。

- (1) 鋼船規則B編の表B2.1中、欄6の適用箇所を「船首隔壁の後方に設けるチェーンロッカ」から「チェーンロッカ」に改めた。また、鋼船規則C編及びCS編13.1.7-1.を一部改めそれぞれC編27.1.6-1.、CS編23.1.6-1.に規定を移し、これまで船首隔壁の後方に設けるまたは船首深水タンク内に設けるチェーンロッカのみ水密を要求していたものをすべてのチェーンロッカに対して水密を要求することとした。
- (2) 鋼船規則C編27.1.6-3.及びCS編23.1.6-3.  
チェーンロッカに交通口を設ける場合には、当該交通口は密に配置されたボルトにより締付けられる堅固な蓋により閉鎖されなければならない旨新たに規定した。
- (3) 鋼船規則C編27.1.6-4.及びCS編23.1.6-4.  
チェーンを導入するための錨鎖管には、浸水を最小化するための恒久的な閉鎖装置を備えなければならない旨新たに規定した。具体的には、鋼製カバー及びキャンバス(織布)の覆いを設置する場合などが考えられる。

## 2.32 縦強度要件に関する標準積付状態

### 改正の背景

IACS は、ばら積貨物船の設計積付状態の標準化を図る統一規則 S25 を制定したが、この適用に関して、縦強度要件適用上の部分積付バラスタンの取扱い及び浸水時縦強度要件の適用を明確にする必要が生じたため、統一規則 S11（縦強度基準）、S17（ばら積貨物船の浸水時縦強度要件）及び S25 の見直しを行い、2003 年 5 月にこれらの統一規則の改正案が合意された。なお、S11 の部分積付バラスタンに対する要件（ばら積貨物船以外にも適用されることになっている）については、前回の改正が 2002 年 12 月 27 日付けで鋼船規則検査要領に取り入れられ、本年 7 月 1 日から適用されているものの、複数のバラスタンを部分積付にする場合の扱い（全ての組み合わせにおいて満載/空の状態を強度を検討する）等について見直しが必要とされていたため、今回の改正についても全船種に適用されることとなっている。

本会としては、設計条件とバラスタン漲水/排水作業のバランスを考慮した上で、規則適用上のバラスタンを部分積付にする場合の扱いを明確にする必要があると考え、上記統一規則を参考に、**鋼船規則検査要領 C 編**について、必要規定の追設及び改正を行った。

### 改正の内容

具体的な改正内容は次のとおり。

- (1) いずれの貨物積載状態・バラスタン状態においても、航海中における消費物の重量変化により縦強度上の要求値が厳しくなると考えられる場合、出入港状態に加え、そのような状態を中間状態として設計コンディションに加え、標準状態としてローディングマニュアルにも記載することを、**附属書 C34.1.2「ローディングマニュアルに関する検査要領」**の **1.3.1-3**に規定した。また、航海中に水位を調節するバラスタンがある場合についても、同様にバラスタンの漲水/排水作業前後の各ステップ（原則として、個々のバラスタンの漲水/排水の開始前の状態及び完了後の状態とする。）を、中間状態として設計コンディションに加え、標準状態としてローディングマニュアルにも記載することを、**附属書 C34.1.2**の **1.3.1-3**に規定した。
- (2) 出入港状態及び前(1)の中間状態において部分積付をするバラスタンを有するバラスタン状態については、部分積付になっているバラスタンが満載及び空のいずれの状態においても、浸水時縦強度要件を含む縦強度要件を満足することを**鋼船規則検査要領 C15.2.1(4)**及び**C31A.5.1-3**に規定した。（上記(1)により中間状態を細かく設定することで、縦強度チェックにおいて、通常発生し得ない full/empty の組み合わせを排除できることとしている。）また、貨物積載状態についても船首尾端のバラスタンについて、上記要件を適用することを**鋼船規則検査要領 C15.2.1(5)**に規定した。

上記のとおり、規則改正の目的は航行中に発生し得る縦強度上厳しいと考えられる状態を、現実的な範囲で建造時の設計に反映させることにある。このため、縦強度上問題無いと考えられる場合については、中間状態の設定をある程度まとめることは可能で、ローディングマニュアルを簡略にする場合はそこに記載されない事項を強度で担保することになり、ローディングマニュアルへの記載事項と強度要件の適用に関するバランスを考慮して、造船所と船者の仕様で中間状態を設定する形となる。また、消費物の質量変化の影響についても、その消費に応じた縦曲げモーメントの変化が予測できるような形であれば問題ない。例えば、二重底部と船尾部に燃料タンクを有し二重底部から順に燃料油を消費するような場合では、燃料油の消費に応じて一旦はホギングが大きくなるものの、船尾部タンクの消費が始まればホギングは緩和されると予想され、当該積付状態でホギングが問題とされる場合にあつては、二重底タンクの燃料油を消費した状態を中間状態のひとつとし

て追加するようなことが考えられる。なお、消費物の消費率や中間状態における質量については、造船所のプラクティスによるものとして差し支えない。

ここで、例題として表 2.32.1 のようなバラスト状態を考える。

表 2.32.1 バラスト状態

|             | APT  | FOT  | No.4 WBT | FPT  |
|-------------|------|------|----------|------|
| Departure   | 0%   | 100% | Empty    | 50%  |
| Half bunker | 50%  | 50%  | 50%      | Full |
| Arrival     | Full | 0%   | 50%      | Full |

この時、表 2.32.2 のように 2 段階でバラスト漲水／排水を行うものとし、中間状態として Condition 1 (before/after) 及び Condition 2 (before/after) の 4 状態を設定する場合、縦強度を確認する計算ケースは表 2.32.3 のようになる。なお、ここではバラスト漲水／排水の流れを表すために”Half bunker”状態を設定しているが、あくまで航海中のある瞬間の状態を表しているのみで、ここでいうところの中間状態にはあたらない。ただし、バラストタンクの漲水／排水を FOT が 50% の状態で行うということであれば、ここでいう中間状態となる。(つまり、表 2 の Condition 1 (before/after) 又は Condition 2 (before/after) とすることになる。)

表 2.32.2 Ballast Change in Two Steps (例)

|                      | APT  | FOT  | No.4 WBT | FPT  |
|----------------------|------|------|----------|------|
| Departure            | 0%   | 100% | Empty    | 50%  |
| Condition 1 (before) | 0%   | C1   | Empty    | 50%  |
| Condition 1 (after)  | 50%  | C1   | 50%      | Full |
| Half bunker          | 50%  | 50%  | 50%      | Full |
| Condition 2 (before) | 50%  | C2   | 50%      | Full |
| Condition 2 (after)  | Full | C2   | 50%      | Full |
| Arrival              | Full | 0%   | 50%      | Full |

表 2.32.3 縦強度を計算するケース (例)

| Condition   | APT           | FOT  | No.4 WBT      | FPT           | 計算ケース数 |
|-------------|---------------|------|---------------|---------------|--------|
| Departure   | 0%            | 100% | Empty         | Full or Empty | 2 (1)  |
| Condition 1 | Full or Empty | C1   | Full or Empty | Full or Empty | 8 (2)  |
| Half bunker | Full or Empty | 50%  | Full or Empty | Full          | 4 (1)  |
| Condition 2 | Full or Empty | C2   | Full or Empty | Full          | 4 (2)  |
| Arrival     | Full          | 0%   | Full or Empty | Full          | 2 (1)  |

表 2.32.4 のように 4 段階でバラスト漲水／排水を行うものとし、更に細かく中間状態を設定する場合、計算ケースは表 2.32.5 のようになる。

表 32.2.4 Ballast Change in Four Steps (例)

|                      | APT  | FOT  | No.4 WBT | FPT  |
|----------------------|------|------|----------|------|
| Departure            | 0%   | 100% | Empty    | 50%  |
| Condition 3 (before) | 0%   | C3   | Empty    | 50%  |
| Condition 3 (after)  | 50%  | C3   | Empty    | 50%  |
| Condition 4 (before) | 50%  | C4   | Empty    | 50%  |
| Condition 4 (after)  | 50%  | C4   | Empty    | Full |
| Condition 5 (before) | 50%  | C5   | Empty    | Full |
| Condition 5 (after)  | 50%  | C5   | 50%      | Full |
| Half bunker          | 50%  | 50%  | 50%      | Full |
| Condition 6 (before) | 50%  | C6   | 50%      | Full |
| Condition 6 (after)  | Full | C6   | 50%      | Full |
| Arrival              | Full | 0%   | 50%      | Full |

表 2.32.5 縦強度を計算するケース (例)

| Condition   | APT           | FOT  | No.4 WBT      | FPT           | 計算ケース数 |
|-------------|---------------|------|---------------|---------------|--------|
| Departure   | 0%            | 100% | Empty         | Full or Empty | 2 (1)  |
| Condition 3 | Full or Empty | C3   | Empty         | Full or Empty | 4 (2)  |
| Condition 4 | Full or Empty | C4   | Empty         | Full or Empty | 4 (2)  |
| Condition 5 | Full or Empty | C5   | Full or Empty | Full          | 4 (2)  |
| Half bunker | Full or Empty | 50%  | Full or Empty | Full          | 4 (1)  |
| Condition 6 | Full or Empty | C6   | Full or Empty | Full          | 4 (2)  |
| Arrival     | Full          | 0%   | Full or Empty | Full          | 2 (1)  |

結果として、表 2.32.6 のような非現実的な状態の縦強度を検討する必要がなくなるとともに、中間状態を細かく設定した表 2.32.4 のケースでは、表 2.32.3 の Condition 1 のような状態も計算する必要がなくなる。

表 2.32.6 計算不要となるケース

|           | APT   | FOT  | No.4 WBT | FPT   |
|-----------|-------|------|----------|-------|
| Departure | Full  | 100% | Full     | Full  |
| Arrival   | Empty | 0%   | Empty    | Empty |

## 2.33 非風密倉口蓋に関する追加要件

### 改正の背景

コンテナ運搬船に非風雨密倉口蓋を備える場合の追加要件については、*IMO* の各小委員会において検討されてきたが、2003年2月に開催された第47回防火小委員会（*FP47*）において貨物倉の固定式炭酸ガス消火装置に関する取扱いが合意され、満載喫水線条約に関する事項（2002年8月に *SLF45* で合意済み。）及び危険物の積付に関する事項（2002年10月に *DSC7* で合意済み。）とあわせて2003年6月に第77回海上安全委員会（*MSC77*）において *MSC/Circular* として承認され、2004年1月1日に発効することとなった。本会の規則においては、既に満載喫水線条約に関する事項を *IACS* の統一解釈 *LL64* をもとに規則化している（コンテナ運搬船の船楼甲板上の非風雨密倉口蓋に関する規則改正解説を参照のこと。）が、今般 *MSC/Circ.1087* にあわせて鋼船規則検査要領 **C編** の関連規定を改めるとともに、固定式炭酸ガス消火装置に関する取扱い等を鋼船規則検査要領 **R編** に規定した。

### 改正の内容

具体的な改正内容は次のとおり。

- (1) 鋼船規則検査要領 **C20.2.7** においてコンテナ運搬船に非風雨密倉口蓋を備える場合の詳細規定を加えた。
- (2) 鋼船規則検査要領 **R19.2.1** において、非風雨密倉口蓋を備えるコンテナ運搬船に危険物を積載する際、*MSC/Circ.1087* の積付に関する規定を参照することを注記した。
- (3) 鋼船規則検査要領 **R10.4.2**、**R20.5.1** 及び **R25.2.2** において、非風雨密倉口蓋を備えるコンテナ運搬船の貨物倉についても、固定式炭酸ガス消火装置が使用できることを示し、その場合には炭酸ガスの増量が必要であることを規定した。

なお、固定式炭酸ガス消火装置の消火剤増量に関する要件は、海上技術安全研究所の太田氏を中心に取りまとめた *FP47* への日本提案によるもので、基本的に米国の *NFPA12* に従って消火に必要な時間の観点からそれぞれの火災において考慮すべき炭酸ガスの漏洩量に相当する量を増加要求するものとしており、一般の貨物倉における火災については非表面火災と捉え 30 分間の漏洩量を、車両を積載する貨物倉における火災については、自走用燃料が漏洩したものによると考えられるため、表面火災と考えて 1 分間の漏洩量を、それぞれ考慮している。詳細については *FP47/INF.3* を参照されたい。

## 電子制御ディーゼル機関の安全措置について

### 1. はじめに

電子制御ディーゼル機関は、従来型ディーゼル機関のカム軸による機械結合を廃し、燃料噴射及び排気弁開閉等の制御をコンピュータにより行うことが特徴であり、全ての回転数域における燃焼状態の最適化が可能なことから、燃費向上と有害排ガス成分の低減の面で効果が期待されている。またその開発は既に船舶に搭載される段階まできており、実験機では1万時間以上の運転実績を有するものもある。昨年末及び本年7月には、機関製造工場において、各船級協会の立会のもとに電子制御ディーゼル機関の型式承認試験が行われ、良好な結果が得られている。

NK では、本技術が船用ディーゼル機関において成功を収める一助となるよう安全面での検討を行い、従来型機関に上乘せして要求される電子制御ディーゼル機関の追加要件を規則化する作業を進めている。

### 2. 電子制御ディーゼル機関の特徴

#### 2.1. 従来型ディーゼル機関との比較

従来型機関では、クランク軸から歯車又はチェーンを介してカム軸及びカムを駆動し、燃料噴射及び排気弁開閉タイミング等の制御が行われている。一方電子制御ディーゼル機関では、コンピュータ制御により開閉される電磁弁を介してクランク軸駆動の操作油高圧ポンプにより加圧された操作油を作用させることにより、燃料噴射及び排気弁開閉タイミング等の制御が行われている。

電子制御ディーゼル機関の最大の特徴は、加圧された操作油と電磁弁の開閉動作により、クランク軸の回転とは無関係に燃料噴射及び排気弁開閉タイミングが制御されることである。このため、全ての機関回転数域において最適な運転状態を作り出すことが可能となり、特に低回転数域（低負荷域）における燃料消費率の低減が期待できる。また、燃料噴射量及び噴射タイミングをシリンダ毎に独立に設定することが可能であり、緊急時に減筒運転を行う場合であっても、より負担の少ない運転状態を実現することができる。なお、通常の運転時に採用されると思われる燃料消費量低減モードとは別に、従来より NOx 排出値を抑える NOx 低減モードを選択することもできる。

機関製造各社は、従来型機関と比較し、機関重量の軽減、機械結合廃止による振動の低減、機関構造の簡素化、部分負荷時における燃焼改善に基づくシリンダヘッド、シリンダカバ等の燃焼室回り部品の長寿命化、それに伴う保守開放間隔の延長及び部品交換作業の負担軽減による保守管理の良さ等を大きなメリットとして掲げている。

#### 2.2. 電子制御ディーゼル機関の構造

現在公表されている電子制御ディーゼル機関の構造は、従来型機関のカム軸を油圧装置に置き換えた型式とコモンレール型式の2種類がある。

- (1) 従来型機関のカム軸を油圧装置に置き換えた型式の電子制御ディーゼル機関（図1参照）  
燃料噴射及び排気弁の駆動を制御するための操作油は、機関駆動の操作油高圧ポンプにより約  $20MPa$  に加圧され中間蓄圧器に保持される。燃料噴射については、中間蓄圧器から供給される操作油が、コンピュータ制御された比例制御弁を介して、燃料噴射装置に供給される燃料油の噴射量、噴射タイミング及び回転数に応じた所定の噴射圧の制御を行う。また、排気弁駆動については、コンピュータ制御されたオンオフ電磁弁を介して、加圧された操作油を制御し排気弁を駆動する。
- (2) コモンレール型式の電子制御ディーゼル機関（図2参照）  
燃料油は機関駆動の燃料油高圧ポンプにより約  $100MPa$  まで加圧され、全シリンダに



共通（コモン）な高圧管（レール），即ちコモンレール（燃料油レール）に供給される。燃料油はこの燃料油レールを通過して燃料噴射装置へ到達し，コンピュータ制御される電磁弁（レールバルブ）を介した操作油により噴射量，噴射タイミング及び回転数に応じた所定の噴射圧が制御され，各シリンダに供給される。この操作油は，次に述べるサーボオイルレール内の油を専用のコモンレール（コントロールオイルレール）に供給することでまかなわれる。また，排気弁駆動系も同様の仕組みにより制御される。即ち，操作油は機関駆動の操作油高圧ポンプにより約 20MPa まで加圧され，コモンレール（サーボオイルレール）を通過して排気弁駆動装置へ到達し，コンピュータ制御されるレールバルブを介して排気弁の作動タイミングを制御する。

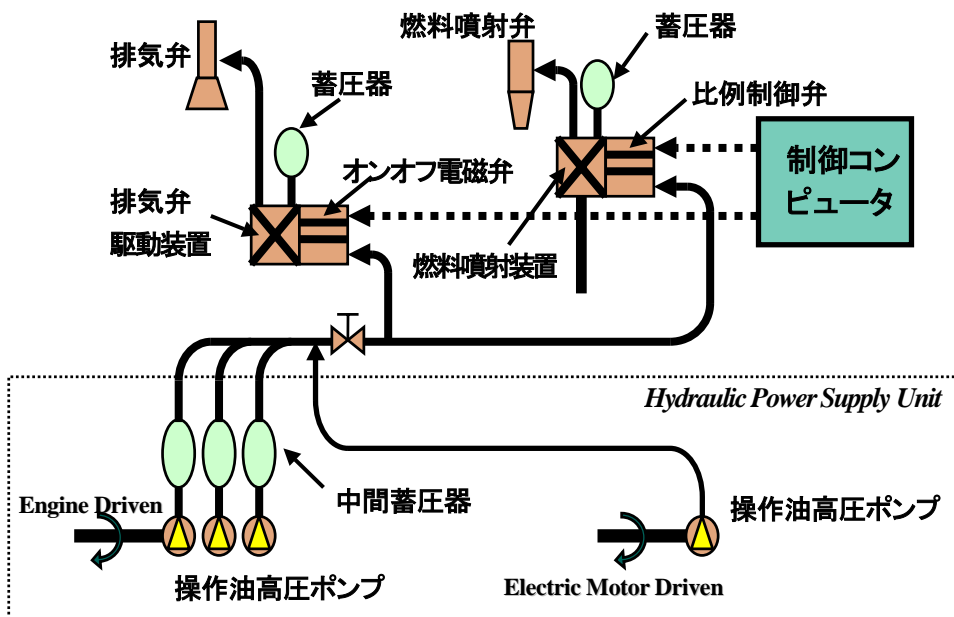


図 1. 従来型機関のカム軸を油圧装置に置き換えた型式の電子制御ディーゼル機関の系統図

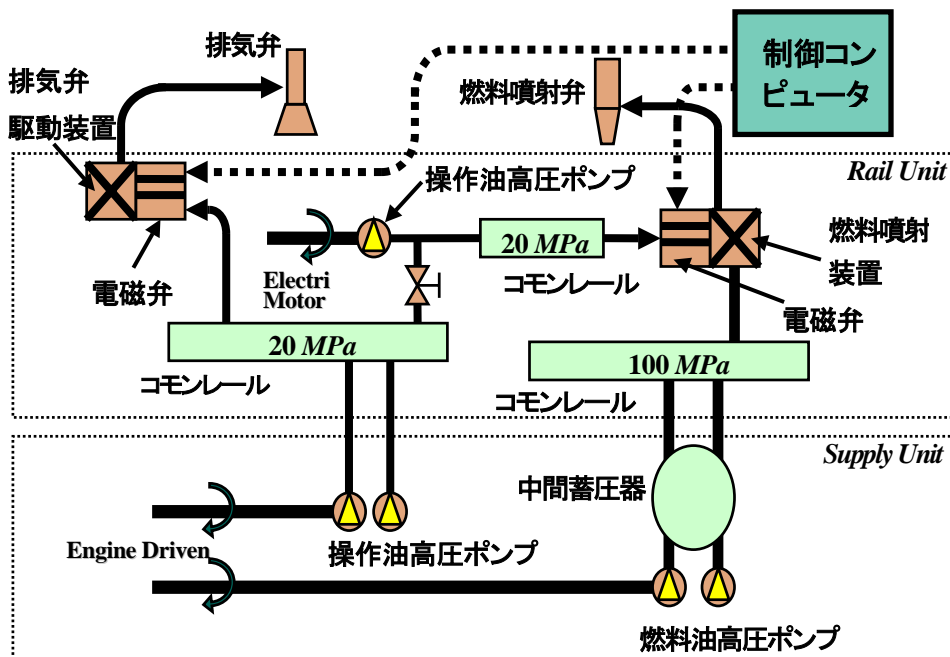


図 2. コモンレール型式の電子制御ディーゼル機関の系統図

### 3. 規則化の作業中に検討した安全措置

電子制御ディーゼル機関に対して安全上の観点から特に必要と思われる次の 11 項目について検討を行った。

(1) 二重管

燃料油及び操作油高压管系統については、漏油による火災を防止するため 2 重管又は囲い等の被覆が必要となる。

(2) ポンプ、管及び蓄圧器の二重化

ポンプ、管及び蓄圧器等の機関に共通の部品については、1 台又は 1 系統の故障により機関が直ちに停止しないよう原則 2 台又は 2 系統とすることが必要となる。ただし、管及び蓄圧器については設計上単一構造となることが避けられない場合もあるので、疲労解析を行う等によって十分な信頼性を確保することにより 1 台とすることが認められる。

(3) 部品の耐久性

電子制御ディーゼル機関の構造上重要部品である電磁弁及び蓄圧器ダイヤフラムについては寿命部品と捉え、その機能を発揮しなければならない最低の期間を定める。当該期間中は部品交換なしで正常に動作する品質が必要となる。

(4) 機側操縦ハンドル

従来型機関では制御系が 1 系統であったため、制御動力源の喪失を考慮し、機械式制御機構による機側操縦ハンドルの設置が要求されている。この要件は、電子制御ディーゼル機関の設計思想である機械式制御の廃止と相反しているため、この代替措置として、機器及び電源の単一故障時にも機関が制御不能とならないようにシステムを構成することとし、当該ハンドルの設置は不要とする。具体的には、主機の電子制御システム全体の冗長性が確保されていること（メインコントローラの 2 重化、電源、給電回路及び制御回路の 2 重化）、電子制御運転に不可欠なセンサの 2 重化が必要となる。

(5) 制御動力源喪失時の回転数と推力方向の現状維持

従来型機関では制御系が 1 系統であったため、制御動力源の喪失時に備えて、回転数及び推力方向を維持するための機械式ロック機構が必要であった。電子制御ディーゼル機関においては、前述の通り、電源を含めた制御システムについて冗長性が確保されているため、ロック機構は不要とする。具体的には、制御電源について、2 電源 2 回路とし 1 電源は蓄電池とすることが必要となる。

(6) 燃料油のシリンダ内流入防止

コモンレール型式の電子制御機関においては、高压の燃料油を内包する燃料油レールとシリンダとの間が弁により分離されているだけであり、電磁弁が開状態で固着した場合、燃料油ラインが直接シリンダ内と繋がり燃料油が常時シリンダ内に流入する恐れがあるので、これを防止する措置が必要となる。

(7) 高压管の異常圧力上昇防止

上記(6)とは逆に電磁弁が閉状態で固着した場合に対し、燃料油及び操作油高压管には、管内圧力の異常上昇により作動する高压警報及び逃し弁の設置が必要となる。

(8) 機側の非常停止装置

従来型機関では、機側の操縦ハンドルを停止位置に戻すことにより非常停止を行うことが可能であったが、電子制御ディーゼル機関ではこの機械式停止機構を設けることができない。これと同等の安全性を確保するため、通常の制御系統から独立した非常停止装置が必要となる。

(9) 新設計機関の信頼性

システムの信頼性を評価する手法の一つに故障モード影響解析 (FMEA) があり、一般にソフト化された複雑なシステムには必須なものとされている。電子制御ディーゼル機関につい

ても、当該手法による解析を義務付けることによりシステム全体の信頼性の向上を図る。

(10) 初号機関に対する使用承認

機関の初号機に対して行われる使用承認（型式）試験の項目のうち、製造者が行う社内試験の項目として、電磁弁及び蓄圧器ダイヤフラムの耐久試験、制御プログラムの機能試験（実際には各プログラムモードでの運転試験）並びに1シリンダカット運転試験が追加される。

(11) 電子制御装置に対する使用承認

電子制御ディーゼル機関に使用される電子制御システム及び電子部品については、環境耐性（温度，振動，EMC等）の評価を中心とした環境試験を行うことが必要となる。

## クランク軸用鍛鋼材の超高サイクル疲労強度評価

### 1. はじめに

船用高速ディーゼル機関のクランク軸の折損事故が従来より散見されている。その損傷の特徴として、使用材料が引張強さ 800MPa 程度以上の低合金鋼であること、損傷時までの総回転数が  $10^7$  サイクルを遙かに上回っていることなどが挙げられる。従来、鋼材の疲労破壊は、鋼材表面が起点になると考えられており、いわゆる疲労限度以下では疲労破壊は生じないとみなされてきた。しかし、高強度鋼においては、 $10^7$  サイクル以上の超高サイクル域で鋼材内部を起点とする疲労破壊が生じる現象が近年多く報告されており<sup>(1)~(5)</sup>、前述したクランク軸の損傷もこの超高サイクル疲労であると考えられる。著者らは、これまでにクランク軸用普通炭素鋼鍛造材 KSF60 及び低合金鋼鍛造材 KSFA80, KSFA110 鋼（日本海事協会規格,  $\sigma_B=590, 780, 1,080$ MPa 級）の、超高サイクル域での疲労特性について検討を行ってきた<sup>(6)~(9)</sup>。その結果、KSFA80 及び KSFA110 鋼において超高サイクル域での内部破壊が観察されること、また、疲労破壊起点の介在物寸法が疲労強度に顕著な影響を及ぼすこと等を明らかにした。

本報では、超高サイクル疲労現象を解明するために KSFA110 鋼を用いて実施した、き裂進展特性に基づく疲労特性評価について概説する。更に、超高サイクル疲労強度と鋼材の静的強度の関係についての調査・検討結果を示す。

### 2. 試験方法

#### 2.1 供試材及び試験片

供試材は既報<sup>(6)</sup>にて用いたクランク軸用低合金鋼鍛造材 KSFA110 鋼で、鑄込みの異なる 2 種類(KSFA110A, KSFA110B)を用いた。供試材の機械的性質を Table 1 に示す。

Table 1 供試材の機械的性質

| Material | orientation | 0.2% proof stress (MPa) | Tensile strength (MPa) | Elongation (%) | Reduction of area (%) | Charpy impact absorbed energy (J) | Hardness Hv |
|----------|-------------|-------------------------|------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------|
| KSFA110A | L           | 968                     | 1096                   | 14             | 59                    | 43                                | 333         |
|          | T           | 956                     | 1099                   | 15             | 48                    | 55                                |             |
| KSFA110B | L           | 949                     | 1086                   | 16             | 49                    | 43                                | 356         |
|          | T           | 956                     | 1083                   | 13             | 39                    | 27                                |             |

試験片は最小断面直径 10mm の砂時計型であり、表面状態の異なる以下の 3 種類を作製した（ただし KSFA110-A は NT 材のみを作製）。

- (1) 未処理材(NT 材)：試験部は#600 のエメリー研磨紙仕上げ。
- (2) 電解研磨材(EP 材)：電解研磨により NT 材の試験部表面層を  $100 \mu\text{m}$  除去。
- (3) ショットピーニング材(SP 材)：NT 材にショットピーニング処理（アークハイト  $0.174\text{mmA}$ ）を施工し、表面に厚さ約  $200 \mu\text{m}$  の圧縮残留応力層を導入。

#### 2.2 疲労試験

片持ち式回転曲げ疲労試験機を用い、室温・大気中で試験周波数 50Hz にて疲労試験を実施した。

### 3. 試験結果

KSFA110B について、疲労試験結果を Fig. 1 に示す。図中の応力振幅はき裂発生点（起点介在物中心位置）の応力である。また、中央に点を付したマークは起点部に介在物が存在しない結果を、薄墨マークの矢印付きは未破断を示している。

鍛造方向に伸長した介在物の影響<sup>(6)</sup>により、L 方向材に比較して T 方向材の疲労強度が著しく低下している。EP 材 (▲, △) では、NT 材 (●, ○) と比較して低応力振幅でも表面破壊が生じている。ただし、L 方向材ではすべて表面破壊で、T 方向材では低応力振幅で表面破壊と内部破壊が混在している。SP 材 (◆, ◇) では、NT 材において表面起点型破壊（以下、表面破壊と

略記する)が生じる応力振幅においても内部破壊が生じ、顕著な疲労寿命の向上が認められる。しかしながら、NT材で内部破壊が生じる応力振幅においては、SP材の寿命はNT材の寿命とほぼ同等である。

なお、EP材では表面破壊が支配的であり、本供試材の内部破壊には試験片表面の圧縮残留応力が影響していることがわかる。

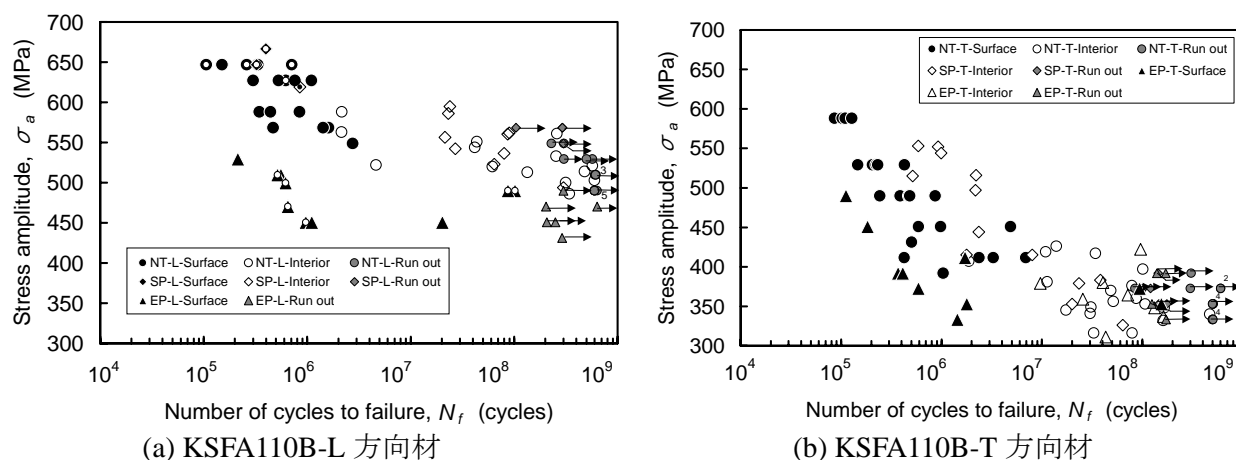


Fig. 1 S-N 関係

#### 4. き裂進展特性に基づく疲労特性の評価

##### 4.1 表面破壊と内部破壊のき裂進展特性

介在物起点で内部破壊する場合のき裂発生寿命が破断寿命に占める割合が極めて小さいことが、黒島ら<sup>(10)</sup>により報告されている。そこで、き裂進展特性に基づいた S-N 関係の評価を試みた。

一般に初期き裂寸法を  $a_0$  とすれば、初期応力拡大係数範囲  $\Delta K_0$  は式(1)で、き裂進展速度  $da/dN$  と応力拡大係数範囲  $\Delta K$  の関係は式(2)で、 $\Delta K_0$  とき裂進展寿命  $N_f$  の関係は近似的に式(3)で与えられる<sup>(11)</sup>。

$$\Delta K_0 = M \Delta \sigma \sqrt{\pi a_0} \quad (1)$$

$$\frac{da}{dN} = C (\Delta K)^m \quad (2)$$

$$\Delta K_0^m N_f = \frac{2a_0}{(m-2)C} \quad (3)$$

ここで、 $M$  は応力拡大係数の補正係数、 $\Delta \sigma$  は応力範囲、 $m$  と  $C$  は材料定数である。

また、介在物起点のような微小き裂の場合、 $\Delta K_0$  として次式の有効性が示されている<sup>(12)</sup>。

$$\Delta K_0 = M \sigma_a \sqrt{\pi \sqrt{A}} \quad (4)$$

ここで、表面き裂の場合に  $M=0.65$ 、内部き裂の場合に  $M=0.50$  である。 $\sigma_a$  は本研究のような両振りの場合の応力振幅で、式(1)の  $\Delta \sigma$  に等しい。また、 $A$  は微小き裂の面積である。

介在物起点の S-N 関係の全データについて、介在物を楕円形状き裂に置き換えて  $A$  と式(4)の  $\Delta K_0$  を算出した。式(4)の  $\Delta K_0$  と実際の疲労寿命  $N_f$  の関係を Fig. 2 に示す。データは全体的に右下がりの傾向が認められるが、ばらつきが著しく、表面破壊と内部破壊の差異は判別できない。

そこで、式(1)において  $\Delta \sigma = \sigma_a$ 、 $a_0 = \sqrt{A}$  と置き換え、式(3)を式(5)のように表示する。

$$\Delta K_0^m \left( \frac{N_f}{\sqrt{A}} \right) = \frac{2}{(m-2)C} = D \quad (5)$$

ここで、 $D$  は定数である。

式(5)の  $\Delta K_0$  と実際の疲労寿命  $N_f/\sqrt{A}$  の関係を Fig. 3 に示す。この取扱いは、き裂進展寿命に及ぼすき裂形状と残留応力の影響を無視しているが、Fig. 2 と比較すれば、 $\Delta K_0$  と  $N_f/\sqrt{A}$  の間に表面破壊と内部破壊に対して異なる両対数直線関係が認められる。この結果は表面破壊と内部破壊で、式(2)の  $m$  と  $C$  が異なる値となることを意味している。なお、\*を付記した内部破壊のデータは破壊起点位置が表面から  $50\mu\text{m}$  以下で、表面破壊とみなせることがわかる。

図中の直線（点線）から、表面破壊と内部破壊における  $m$  と  $C$  の値をそれぞれ見積もると、表面破壊で約  $m=4, C=4 \times 10^{-13}$ 、内部破壊で約  $m=10, C=6 \times 10^{-18}$  となる。式(2)のき裂進展速度  $da/dN$  と  $\Delta K$  の関係を、大きい表面き裂で得られた結果と共に Fig. 4 に示す。大きい表面き裂の結果は、KSFA110 鋼での試験結果がないため、同程度の静的強度 ( $\sigma_B=1,176\text{MPa}$ ) を有する SCM440 鋼で得られた結果（応力比  $R=0.1$ ）<sup>(13)</sup> を示した。本研究の表面破壊の結果は、大きい表面き裂の進展下限界以下で、その  $da/dN$  と  $\Delta K$  の関係のほぼ延長線上に位置している。この傾向は、実測された微小表面き裂の進展速度<sup>(14)</sup>の傾向と一致しており、介在物起点の疲労破壊において、破断寿命がき裂進展寿命で費やされること、及び  $da/dN$  が  $\Delta K$  で一義的に決まることの妥当性を示している。内部破壊の結果は、表面破壊の結果と比較して大きく低速側に位置しており、内部破壊ではき裂が極めて遅い進展をしていることが推測される。

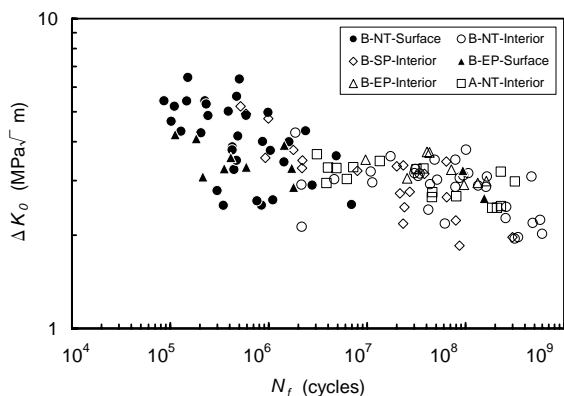


Fig. 2  $\Delta K_0$  と  $N_f$  の関係

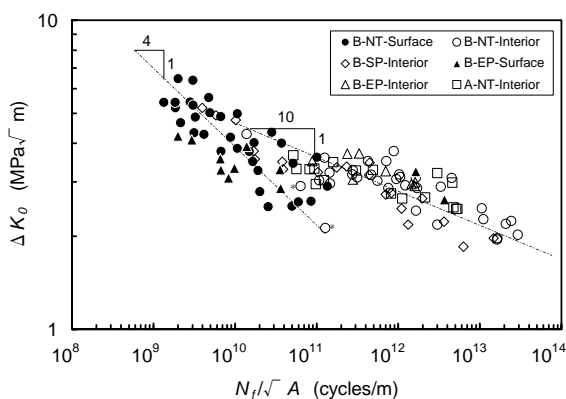


Fig. 3  $\Delta K_0$  と  $N_f/\sqrt{A}$  の関係

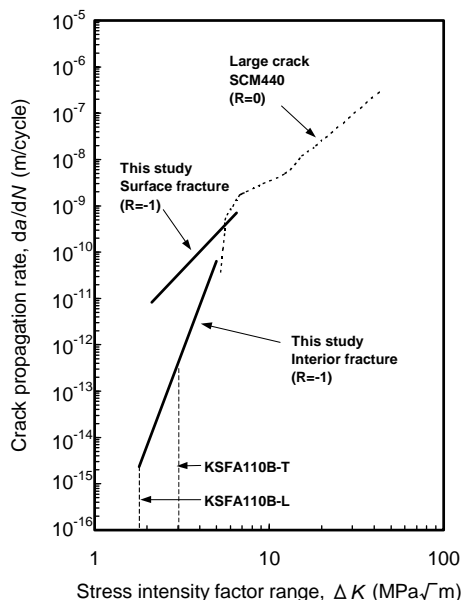


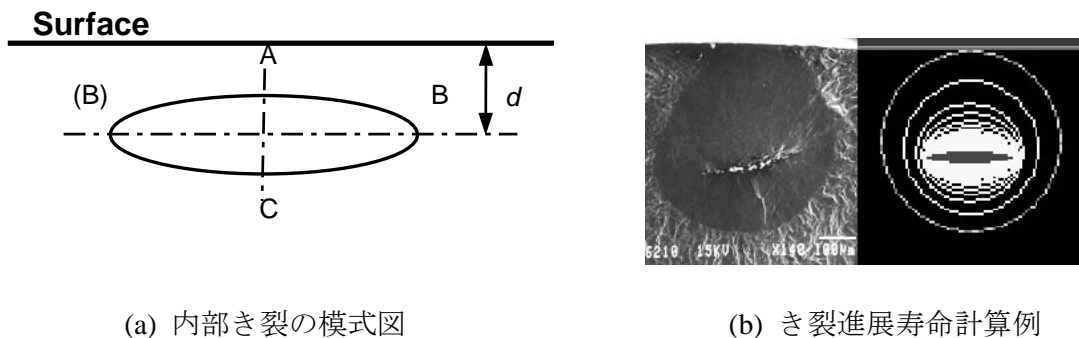
Fig. 4  $da/dN$  と  $\Delta K$  の関係

#### 4.2 き裂進展寿命解析

内部破壊の場合に、き裂進展寿命解析を行うことにより、き裂形状と残留応力の影響を考慮して式(2)の  $m$  と  $C$  についてより詳細な評価を行った。

破壊起点が表面から深さ  $50\mu\text{m}$  以上の場合について、介在物を楕円形状き裂に置き換え、き裂が試験片表面に貫通するまでのき裂進展寿命を算出した。正の応力拡大係数範囲がき裂進展に寄与するとして、き裂進展量を式(2)によって算出し、逐次楕円形状を更新していくことでき裂進展を模擬した (Fig.5 (b)参照)。なお、応力拡大係数は Fig. 5 (a)に示した A,B,C の3点について、Irwin による無限体中一様応力場の解析解<sup>(15)</sup>と、渋谷による曲げ応力場の解析解<sup>(16)</sup>を重ね合わせることにより算出した。残留応力の影響は、Shiratori ら<sup>(17)</sup>による影響関数法を用いて考慮した。残留応力  $\sigma_r$  は、便宜的に自己平衡を満たす矩形分布を与え、負荷応力  $\sigma_a$  と残留応力の和が圧縮降伏応力  $\sigma_y$  を越える場合には残留応力の緩和を考慮して、緩和後の残留応力  $\sigma_r'$  を  $(\sigma_y - \sigma_a)$  とした。

き裂進展寿命計算を繰り返し行うことにより、実験結果を最もよく説明し得る  $m$  と  $C$  の値を探索した結果、 $m=10.4$ ,  $C=2.35 \times 10^{-18}$  が得られた。なお、Tanaka ら<sup>(18)</sup>はSUJ2鋼にて類似の検討を行い、 $m=14.2$ ,  $C=3.44 \times 10^{-21}$  を報告している。



(a) 内部き裂の模式図

(b) き裂進展寿命計算例

Fig. 5 内部き裂の模式図及び進展計算例

#### 4.3 き裂進展下限界応力拡大係数範囲

超高サイクル疲労試験は極めて長時間を要するため、これまでき裂進展下限界、あるいは疲労限度の確認が困難であった。そこで、本研究では、前述のき裂進展寿命と未破断試験片のデータを統計的に比較することにより、き裂進展下限界応力拡大係数範囲  $\Delta K_{th}$  の評価を試みた。なお、超音波疲労試験により、SNCM439鋼の内部破壊の疲労限度の存在を確認した例が最近報告されている<sup>(19)</sup>。

詳細は既報<sup>(9)</sup>に譲るが、試験データが比較的多数得られているKSFA110B-T方向材を評価対象とした結果、き裂進展下限界応力拡大係数範囲  $\Delta K_{th}$  は  $3.0\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$  と見積もられた。

全試験材について、SP材を除く内部破壊の  $\Delta K_0$  と  $N_f/\sqrt{A}$  の関係を Fig. 6 に示す。図中に、KSFA110B-T方向材で得た  $\Delta K_{th}(3.0\text{MPa}\sqrt{\text{m}})$  を点線で示す。他の試験材については、KSFA110B-T方向材の  $\Delta K_{th}$  以下の  $\Delta K_0$  でも破壊が生じており、介在物寸法の小さい試験材 (Table 2 参照) ほど、小さな  $\Delta K_0$  での破壊が認められる。現状では十分な試験データが得られていないため、他の試験材についてKSFA110B-T方向材と同様な評価を行うことができず、 $\Delta K_{th}$  の確認が困難であるが、内部破壊の  $\Delta K_{th}$  にはき裂寸法依存性があると考えられる。

表面破壊においては、き裂寸法が小さい場合に、 $\Delta K_{th}$  がき裂寸法に依存することが知られており、多くの鋼材において、式 (6) が近似的に成立することが示されている<sup>(12)</sup>。

$$\frac{\Delta K_{th}}{(\sqrt{A})^{1/3}} = \text{Const.} \quad (6)$$

試みに、Table 2 に示す各試験材の介在物寸法の平均値を用い、KSFA110B-T 方向材の  $\Delta K_{th}=3.0\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$  を基準として式(6)から各試験材の  $\Delta K_{th}$  を見積もった結果を Fig. 6 に線で示す。Fig. 4 にも KSFA110B-L 及び T 方向材の  $\Delta K_{th}$  を細点線で示す。いずれの試験材においても、見積もった  $\Delta K_{th}$  は  $\Delta K_0$  の下限値と概ね一致している。すなわち、いずれの試験材も  $10^9$  サイクル程度で疲労限度に到達すると仮定すれば、内部破壊における  $\Delta K_{th}$  のき裂寸法依存性は表面破壊の場合とほぼ同程度であるとみなすことができる。

Table 2 起点介在物形状・寸法の平均値

|                              | KSFA110A-L | KSFA110A-T | KSFA110B-L | KSFA110B-T |
|------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| $a/b$                        | 0.7        | 0.2        | 0.7        | 0.2        |
| $\sqrt{A}$ ( $\mu\text{m}$ ) | 46         | 73         | 27         | 104        |

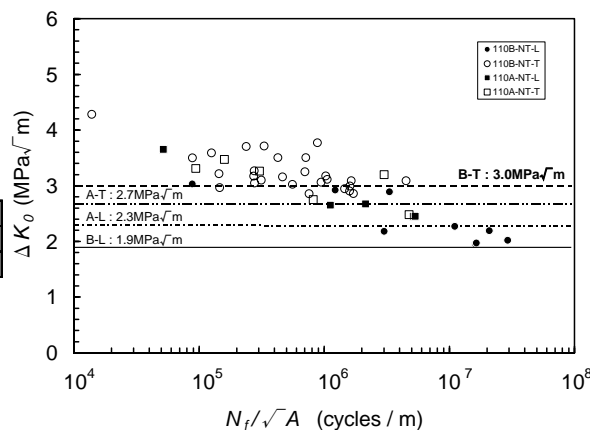


Fig. 6 内部破壊の下限界応力拡大係数範囲

## 5. 超高サイクル疲労強度と静的強度の関係

前節で、内部破壊においてもき裂進展下限界応力拡大係数範囲  $\Delta K_{th}$  が存在し、 $\Delta K_{th}$  と起点介在物の破面上の面積  $A$  との間に、近似的に式(6)が成立することを示した。式(6)の  $\Delta K_{th}$  を疲労限度  $\sigma_w$  を用いて書き直すと式(7)の関係が得られる。

疲労限度設計を念頭に置いた疲労強度評価を行うためには、材料の静的強度と疲労限度の関係を知ることが重要となるが、内部破壊について、これまでにこの関係を明確に示した例はみあたらない。本節では、本研究の結果（既報<sup>(8)</sup>の結果を含む）と最新の研究結果<sup>(4),(19)</sup>を参照して、静的強度と内部破壊の疲労限度との関係について検討を行う。検討対象の鋼材を Table 3 に示す。また、各鋼材についての概要を以下に記す。

$$\sigma_w \left( \sqrt{A} \right)^{\frac{1}{6}} = \text{Const.} \quad (7)$$

Table 3 内部破壊の疲労限度検討対象鋼材の一覧

| No. | Material | $\sigma_B$ (MPa) | Loading type     | Stress ratio | $\sqrt{A}_{ave}$ ( $\mu\text{m}$ ) | $\sigma_w$ (MPa) | $\sigma_{w,10}$ (MPa) | Reference  |
|-----|----------|------------------|------------------|--------------|------------------------------------|------------------|-----------------------|------------|
| 1   | KSF60    | 606              | Rotating bending | -1           | 112                                | 250              | 374                   | this study |
| 2   | KSFA110  | 1,083            | Rotating bending | -1           | 104                                | 338              | 499                   | this study |
| 3   | SNM439   | 1,877            | Axial            | -1           | 22                                 | 750              | 855                   | (19)       |
| 4   | SUJ2     | 2,354            | Rotating bending | -1           | 10                                 | 863              | 863                   | (4)        |

### (1) KSF60 鋼

SP 材の試験結果において、内部破壊の疲労限度が確認されている<sup>(8)</sup>。

### (2) KSFA110 鋼

4.3 節で示したように、内部破壊の疲労限度が確認できる。

### (3) SNM439 鋼

古谷ら<sup>(19)</sup>による超音波疲労試験の結果であり、SNM439 鋼の軸荷重疲労試験(R=-1)における疲労限度が得られている。

### (4) SUJ2 鋼

材料強度確率モデル研究会の共通試験材であり、現在最も多くの内部破壊試験データが得られている鋼材である。本鋼材については、おおよそ  $10^9$  サイクル程度までの



試験データが得られているが、明確な疲労限度は認められていない<sup>(4)</sup>。従って本来であれば検討対象にはなり得ないが、KSFA110 鋼や SNCM439 鋼では  $10^9$  サイクル前後で疲労限度が確認されているため、 $10^9$  疲労強度を疲労限度と仮定し、検討対象に含めることにする。

疲労限度が介在物寸法の平均値  $\sqrt{A_{ave}}$  に対応するとみなし、各鋼材について Table 3 の  $\sqrt{A_{ave}}$  と式(7)の関係を用いて、介在物寸法  $\sqrt{A}$  が  $10 \mu\text{m}$  のときの値に換算した疲労限度  $\sigma_{w,10}$  (MPa) と引張強さ  $\sigma_B$  (MPa) の関係を Fig. 7 に示す。図中、実線は全データの回帰直線であり、式(8)で表される。式(7)を用いて、これらを任意の介在物寸法  $\sqrt{A}$  ( $\mu\text{m}$ ) を用いた一般式で表すと、式(9)が得られる。

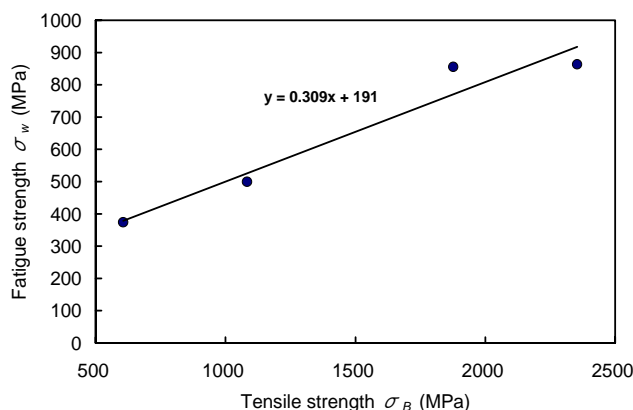


Fig. 7  $\sigma_{w,10}$  と  $\sigma_B$  の関係

$$\sigma_{w,10} = 0.309\sigma_B + 191 \quad (8)$$

$$\sigma_w = \frac{0.453(\sigma_B + 619)}{\sqrt{A}^{1/6}} \quad (9)$$

クランク軸のフィレット近傍の介在物寸法を、非破壊検査等の手法で測定することが可能であれば、式(9)を用いることにより、介在物寸法をパラメータとして内部破壊の疲労限度を評価することができる。しかし、現時点では鋼材内部の介在物のように極めて微小な欠陥を非破壊的に検査する手法はなく、ここでは標準的な介在物寸法を設定し、疲労限度の標準値を設定することで疲労限度設計の指針を与える。

ここでは、介在物寸法の標準値  $\sqrt{A_{std}}$  を、暫定的に本研究で観察された起点介在物寸法の分布を用いて設定する。疲労試験において観察された起点介在物は、その試験片の破壊起点となり得る高応力部分（この部分の体積を破壊危険体積と呼ぶ）において、最大寸法  $\sqrt{A_{max}}$  を有していると考えられる。そこで、試験片 1 本当たりの破壊危険体積  $V_0$  における起点介在物の寸法分布から、実際のクランク軸での破壊危険体積  $V$  における介在物の最大寸法を極値統計の手法を用いて推定した。

評価対象軸は直径 100mm、フィレット半径 5mm に設定し、破壊危険体積は応力が最大値の 8 割以上となる範囲とした。また、クランク軸の年間あたりの出荷数などを勘案し、クランク軸 2,000 本あたりの破壊危険体積を評価体積  $V$  とした。

ここでは、既報<sup>(8)</sup>の供試材 (KSF60, KSFA80, KSFA110) で観察された起点介在物寸法を全て一括して用いて極値統計解析を行った。L 方向材に対応する  $\sqrt{A_{max}}$  の極値統計確率紙へのプロットを Fig. 8 に示す。解析の結果、クランク軸の破壊危険体積  $V$  に対する  $\sqrt{A_{max,V}}$  は  $130 \mu\text{m}$  と見積もられた。そこで、介在物寸法の標準値  $\sqrt{A_{std}}$  を  $130 \mu\text{m}$  に設定すると、疲労限度の標準値  $\sigma_{w,std}$  と  $\sigma_B$  の関係は式(10)で表される。式(10)を現行規則の疲労強度評価式である式(11)<sup>(20)</sup>と共に Fig. 9 に示す。 $\sigma_B$  が約 600MPa 以上の高強度鋼に対して、式(10)は従来の  $10^7$  疲労強度推定式と比較して安全側の評価を与える結果となっている。

$$\sigma_{w, std.} = 0.201\sigma_B + 125 \quad (10)$$

$$\sigma_{w0} = 196 \left\{ 1 + \frac{2}{3} \left( \frac{\sigma_B}{440} - 1 \right) \right\} \quad (11)$$

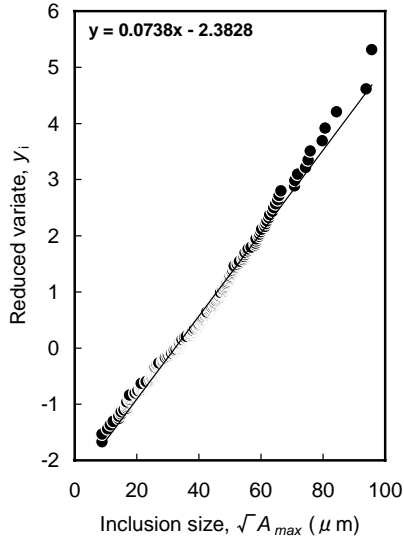
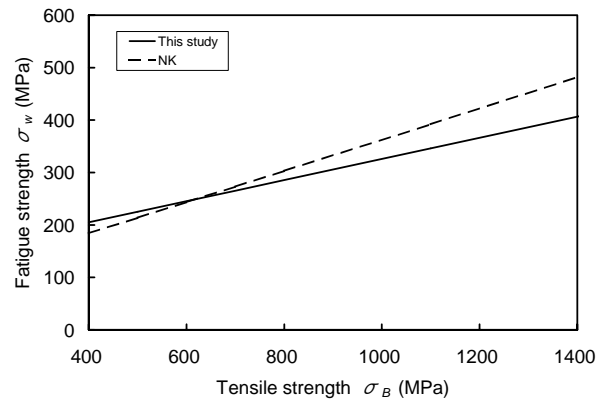
Fig. 8  $\sqrt{A_{max}}$  の極値統計確率紙へのプロット

Fig. 9 疲労強度評価式の比較

## 6. まとめ

本研究により得られた成果と知見を以下に要約する。

- (1) KSEA110 鋼の内部き裂の進展則パラメータとして  $m=10.4$ ,  $C=2.35 \times 10^{-18}$  を用いることによって、内部破壊の疲労寿命を推定できる。
- (2) 内部破壊のき裂進展下限界応力拡大係数範囲  $\Delta K_{th}$  には、表面破壊の  $\Delta K_{th}$  と同様に介在物寸法依存性が認められる。
- (3) 超高サイクル域での内部破壊の疲労限度と静的強度の関係についての評価式を提案した。

## 参考文献

- (1) 江村, 浅見, 日本機械学会論文集, A-55(1989), 509
- (2) 塩沢, 魯, 石原, 材料, 48(1999), 10, 1095
- (3) 村上, 野本, 植田, 村上, 大堀, 材料, 48(1999), 1112
- (4) 酒井, 武田, 塩沢, 越智, 中島, 中村, 小熊, 材料, 49(2000), 779
- (5) 阿部, 松岡, CAMP-ISIJ, 13(2000), 1175
- (6) 小俣, 松下, 小林, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 36(2000), 384
- (7) S.Omata, H.Matsushita and H.Kobayashi, Proceedings of the Eighth International Fatigue Congress, EMAS, 5(2002), 2979.
- (8) 小俣, 東京工業大学学位論文, (2002)
- (9) 小俣, 日本海事協会誌, 262(2003), 35
- (10) 黒島, 池田, 原田, 原田, 日本機械学会論文集, A-64(1998), 2536
- (11) 小林, “破壊力学”, 共立出版, (1993)
- (12) 村上, “金属疲労 微小欠陥と介在物の影響”, 養賢堂, (1993)

- (13) “DATA BOOK ON FATIGUE CRACK GROWTH RATES OF METALLIC MATERIALS Vol.1”, 日本材料学会, (1983), 372
- (14) 戸梶, 小川, 原田, 安藤, 材料, **34**(1985), 1160
- (15) Irwin, G. R., Transactions of the ASME : Journal of Applied Mechanics, **29**(1962), 651
- (16) 渋谷, 日本機械学会論文集, **42**(1976), 3718
- (17) Shiratori, M., Miyoshi, T., Yu, Q., Terakado, T. and Matsumoto, T., Computer Technology-1999, ASME, **385** (1999), 299
- (18) Tanaka, K. and Akiniwa, Y., Proceedings of the International Conference on Fatigue in the Very High Cycle Regime, BOKU, (2001), 61
- (19) 古谷, 松岡, 阿部, 山口, 日本機械学会論文集, **A68**(2002), 477
- (20) 日本海事協会鋼船規則 D 編規則要領, (2002), 10

## 板・小骨基準の見直しについて

### 1. はじめに

NKでは、ここ数年来、直接強度計算ベースの基準の見直しが進められ、設計荷重、腐食控除量、座屈・疲労等の各種強度評価法の精度を高め、より合理的で高い説明性を有した強度基準を開発した。これらの成果は、「タンカーの構造強度に関するガイドライン」及び「ばら積貨物船の構造強度に関するガイドライン」として公表されており、既に多くの船舶に適用されている。

直接強度計算ベースの強度基準は、船級規則の構造強度要件の中で非常に重要な位置を占めるようになったが、船体のすべての構造部材について直接強度計算による強度評価がなされている訳ではない。船舶で最も基本的な局部構造様式である板とそれを防撓する骨から構成される構造（防撓パネル構造）に関する基準、いわゆる板・小骨基準は、簡易な算式によって定められている。現行の板・小骨基準は、強度モデル、設計荷重、安全率の組み合わせで、損傷の起きない安全な寸法が導かれるようになっている。

この防撓パネル構造に関する最近の研究では、最終強度（崩壊強度）を高い精度で推定する技術が開発されており、評価対象箇所に働く最大荷重を知ることができれば損傷を起さず耐える構造であることを直接確認することができるようになっている。NKは、直接強度計算ベースの強度基準で用いられている設計荷重推定、腐食控除量推定の技術に加え、このような最終強度推定技術を取り入れることによって、板・小骨基準に高い合理性と説明性を持たせることを目指し、見直し作業を進めている。ここでは、新しい最終強度評価技術及び板・小骨基準見直しの基本的な考え方などを紹介する。

### 2. 防撓パネル構造の最終強度について

防撓パネルの最終強度に関する研究は、多くの研究者によって手掛けられており、既に長い歴史がある。過去には大規模な構造モデルを用いた崩壊実験が実施されているが、境界条件や初期不整量を実験で再現できないことや、溶接残留応力の影響を受けるためかなり大きな構造モデルを用意する必要のあることから、実験による検証は困難であると考えられる。

広島大学とNKが共同で行った最近の研究では、材料的及び幾何学的な非線形性を考慮できる有限要素法（FEM）を用いる解析言わば数値実験により、防撓パネル構造の崩壊挙動を追跡している。数値実験の利点を活かし、様々な寸法の防撓材及びパネル、荷重状態の組み合わせで解析が実施され、詳細な崩壊挙動の調査、崩壊荷重推定法の開発など包括的な研究が行われている。このような研究は、他にも見られるが、防撓パネルを、連続した構造の一部として捉えて、隣接スパン間の相互影響を正しく考慮していることが本研究の特徴と言える。以下に、防撓パネル構造の崩壊挙動について説明する。

#### 長辺方向 1 軸圧縮荷重状態での崩壊について

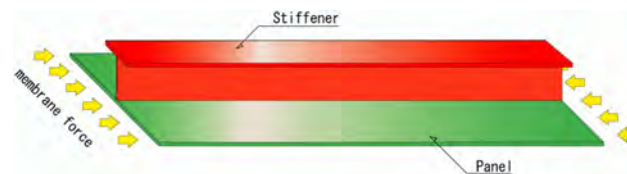


Fig.1

Fig.1のように、防撓パネルの長辺方向に圧縮面内荷重が働いている場合の崩壊挙動について説明する。船舶の防撓パネル構造のパネルには薄板が使われる場合が多く、圧縮荷重をかけると、まず防撓材間のパネルに座屈が生ずる(Fig.2)。座屈が発生すると面内剛性が低下するため、結果的に当該構造の崩壊強度を低下させることになるが、座屈が生じた途端に、防撓パネル全体が崩壊することは無く、さらなる荷重に耐える

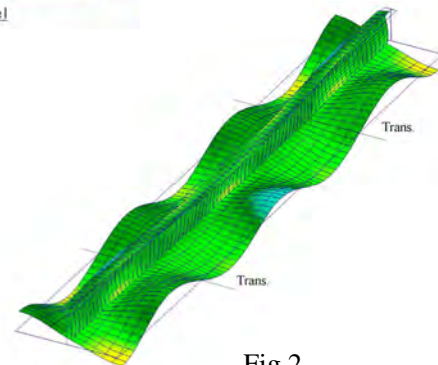


Fig.2

ことができる。

防撓パネルには、切断・溶接等で生じる初期不整として、Euler 座屈モードの撓みを予め与えており、圧縮荷重によってこのモードの変形が増大する。変形が増大していくと、次第にスパン中央部の防撓材のフェイス付近に圧縮応力による降伏が生じ、防撓パネルは最終強度に達する (Fig.3)。このような崩壊は、防撓材に生じた降伏が原因となっているため、SI 崩壊 (Stiffener-Induced Failure) と呼ばれている。

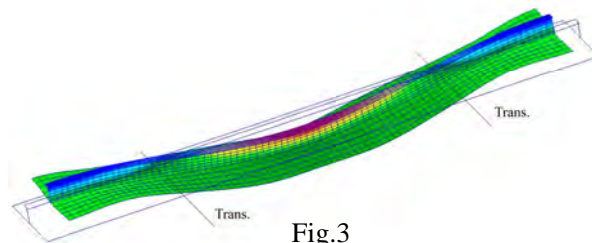


Fig.3

実際には、初期撓みの形状によって、圧縮による降伏が防撓材のフェイス側に起きるか、パネル側に起きるかが決まるが、曲げの中性軸がパネル側に寄っていることから、防撓材フェイス側の降伏の方がより小さい荷重で発生することになる。初期撓み形状は予め限定することができないため、強度基準としては、最終強度が最弱となる初期撓みを想定すべきである。よって、1 軸圧縮荷重状態では、必ず SI 崩壊が生じるとしている。

防撓パネル構造に比較的背の高い防撓材が使われる場合には、異なった崩壊挙動を示す。背の高い防撓材は、コラム座屈に対する剛性が高くなり、その一方で、防撓材が横倒れするような捩れ座屈強度が低下する傾向にある。よって、当該構造に圧縮荷重を与えていくと、捩れ変形が増大し、フェイスの局部曲げが生じ、次第に降伏域が広がり崩壊することになる (Fig.4)。

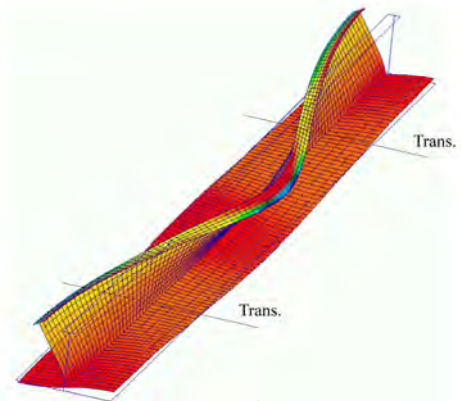


Fig.4

Fig.5 はパネルの細長比  $\beta$  を横軸に取って、防撓パネルの最終強度の推移を示している。 $\beta$  が大きい場合 (薄板の場合)、パネルの局部座屈による面内剛性低下の影響で最終強度が低くなっており、パネルの局部座屈が生じなくなるような範囲までは  $\beta$  が小さくなる程、最終強度は上昇するが、さらに  $\beta$  が小となるころでは、環動半径  $\sqrt{I/A}$  が減少するため、再び最終強度は低下する。

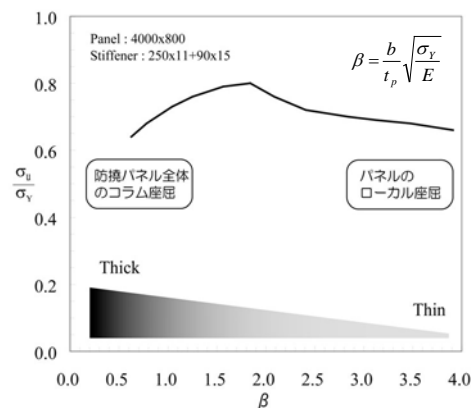


Fig.5

## 長辺方向軸圧縮荷重及び面外荷重状態での崩壊について

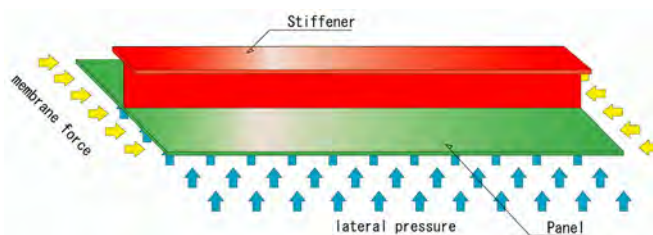


Fig.6

次に軸圧縮荷重に加えて、Fig.6のようにパネル側からの面外荷重が働く場合について考える。Fig.7は、防撓パネル崩壊に関する軸圧縮応力と面外荷重の相関を示している。面外荷重が比較的小さいところでは、防撓パネルの崩壊強度は、面外荷重が無い場合よりもむしろ上昇している。これは、圧縮荷重状態での崩壊原因となっていたフェイス側の圧縮応力と、面外荷重による曲げ変形から発生する引張応力が打ち消し合うためである。

しかしながら、面外荷重を上げていくと、軸方向の最終強度は減少に転ずる。このように最終強度が減少している範囲では、SI崩壊ではなく、パネル側での圧縮応力による降伏が要因となるPI崩壊(Plate-Induced Failure)が発生している(Fig.8)。ここでも、初期撓み形状を予め限定することができないことから、パネル側に圧縮応力による降伏が生じる初期撓みを有する箇所、面外荷重により生じる曲げ応力が重畳する最終強度が最弱となる場面を考えている。

さらに面外荷重を大きくしていくと、崩壊荷重減少の傾きが変化する。傾きが変化するの、トランス材近傍のフェイスに降伏が生じる面外荷重が働く時で、ここから右側の領域では、軸圧縮荷重による崩壊というよりは、むしろ面外荷重によって塑性ヒンジが形成されて崩壊するような挙動を示す。このような崩壊をHI崩壊(Plastic Hinge Induced Failure)と呼んでいる。

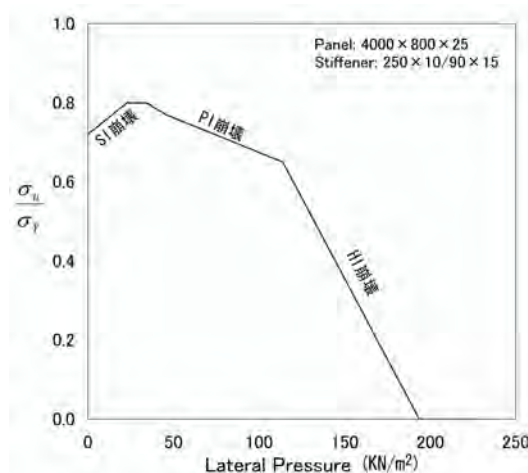


Fig.7

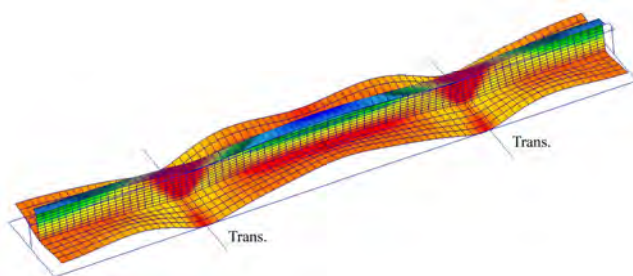


Fig.8

### 3. 防撓パネルの最終強度推定式

最終強度推定式は、単に数値解析結果と Fitting させただけでなく、崩壊解析等から得られた知見に基づき、物理的に意味のあるパラメータを用いた式となっている。

本式は、防撓パネルをパネル座屈後の有効幅を有する梁・柱として考え Perry-Robertson の崩壊推定法を適用し、軸圧縮荷重及び面外荷重により発生する

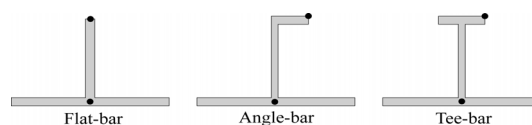


Fig.9

応力を推定する式と組み合わせて作られている。Perry-Robertson 式では、スパン中央で部材が初期降伏した時点で、崩壊と判定する。本式では、SI 崩壊、PI 崩壊に対応して、Fig.9 の丸印で示すフェイスの先端及びパネルの 2 点で降伏の判定を行う。

**SI 崩壊/PI 崩壊**

$$\Gamma = \sigma_Y - (\sigma_a + \sigma_b + \sigma_w + \sigma_B + \sigma_r)$$

$\sigma_Y$  : 降伏応力

$\sigma_a$  : パネル座屈による有効幅減少を考慮した軸圧縮応力

$$\sigma_a = \frac{P}{A_e}$$

$P$  : 軸圧縮荷重  $A_e$  : 有効断面積

$\sigma_b$  : 初期ひずみを有する梁に軸圧縮荷重が働くことにより生じる応力

$$\sigma_b = \frac{P\delta}{(1 - P/P_{cr})Z_e}$$

$\delta$  : 初期撓み量  $P_{cr}$  : Euler 座屈強度  $Z_e$  : 降伏判定位置に応じた有効断面係数

$\sigma_B$  : 水圧による曲げ応力

$$\sigma_B = \begin{cases} \frac{qsl^2}{24} \frac{6\left(\frac{\alpha}{\sin \alpha} - 1\right)}{\alpha^2 Z_e} & \text{SI崩壊} \\ \frac{qsl^2}{8} \frac{2\left(\frac{1}{\cos \alpha} - 1\right)}{\alpha^2 Z_e} & \text{PI崩壊} \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{P}{P_{cr}}}$$

$s$ : ロンジスペース,  $l$ : ロンジスパン,  $q$ : 面外圧力

$\sigma_w$  : 捩り変形による反り応力

$\sigma_r$  : 溶接残留応力

**HI 崩壊**

$$\sigma_u = -\frac{\sigma_u^{cr}}{q_{max} - q_{cr}}(q - q_{cr}) + \sigma_u^{cr} \quad q_{cr} = \frac{12\sigma_Y}{sl^2Z}$$

$\sigma_u^{cr}$  : PI 崩壊のもとで  $q = q_{cr}$  のときの圧縮最終強度

$q_{max}$  : 剛塑性機構解析で得られる両端固定梁の最大横荷重

上式により求まる最終強度推定値と FEM 結果の比較を Fig.10~Fig.11 に示す。最終強度推定式は、荷重条件によって変化する崩壊挙動に対応できており、FEM 結果と良く一致している。

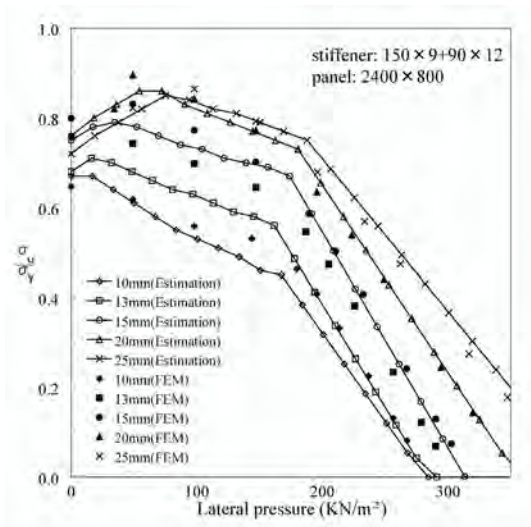


Fig.10

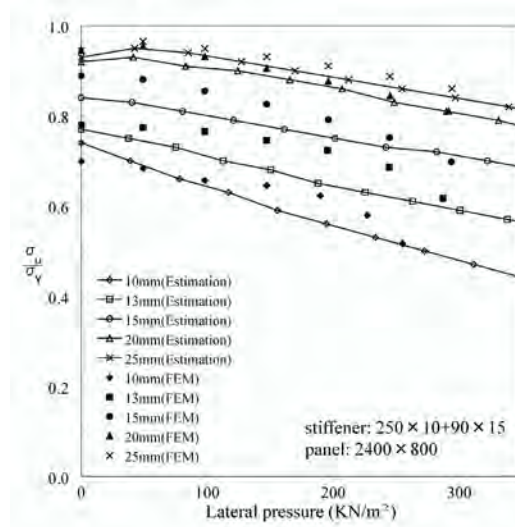


Fig.11

#### 4. 最終強度要件による防撓材の要求寸法

最終強度により防撓パネルの設計を行うと、どのような寸法となるのかを調べるため、前項で示した防撓パネル最終強度推定式を用いた計算を行った。本推定式は、防撓材及びパネルの寸法、面内及び面外荷重の大きさを代入して、崩壊するか否かを判定することができる。よって、本推定式により、防撓パネルを設計するためには、崩壊しないと判定され且つ過大でない寸法を試行錯誤して見つける必要がある。

今回の計算では、ウェブの板厚 $t_w$ 、フェイス断面積 $A_f$ とウェブ高さ $h_w$ の比、及び、フェイス幅 $b_f$ とフェイス板厚 $t_f$ の比を一定にして、防撓材の寸法を1つのパラメタで表せるようにして繰り返し計算を行った。

Fig.12 は、1軸圧縮応力場における最終強度ベースの要求寸法値 ( $I_y$ ) を示したグラフである。Fig.5 と同じ理由から、圧縮応力が低いところでは、厚板パネルの方が大きい防撓材が必要となり、逆に高いところでは、薄板の方が大きい防撓材が要求されるという複雑な相関を示す。ただし、 $I_y$  が大きいところでは、防撓材の捩れ座屈が崩壊に対して支配的になるため、フェイス形状を変えることによって大きく結果が変わると考えられる。

Fig.13,14 のグラフは、軸圧縮荷重及び面外荷重場における防撓材の要求寸法を表しており、圧縮荷重を一定にして、横軸を面外荷重の大きさとしている。比較対象として、現行規則で使われる弾性設計で求められる要求寸法を重ねた。薄板パネルの場合には、局部座屈による有効幅減少の影響から、弾性設計よりも大きい要求寸法が導かれることがあり、弾性設計が必ずしも安全側の評価を行っていないことを示している。

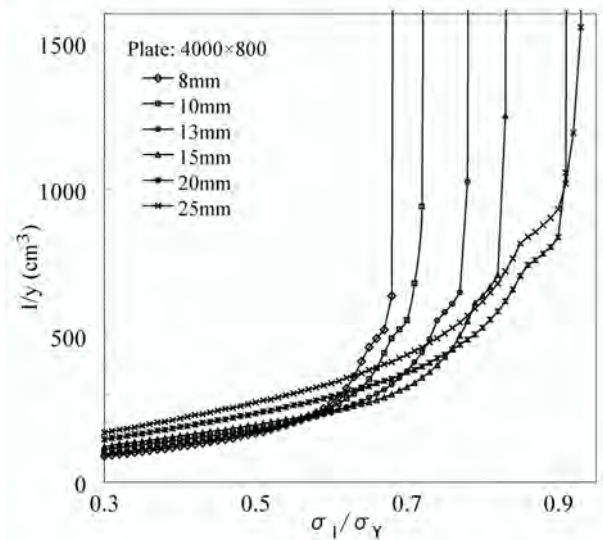


Fig.12

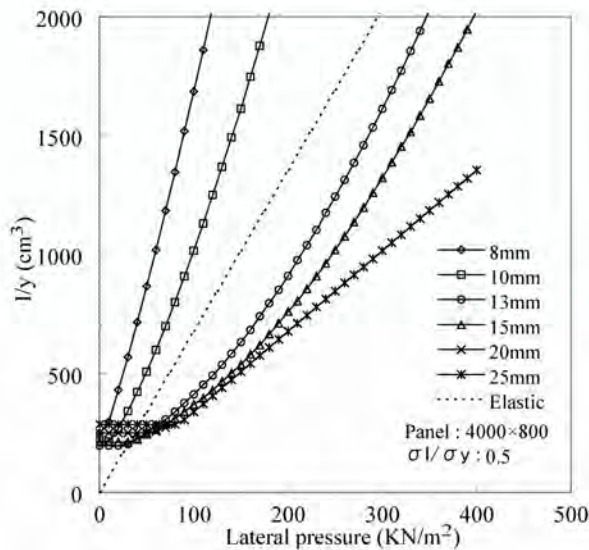


Fig.13

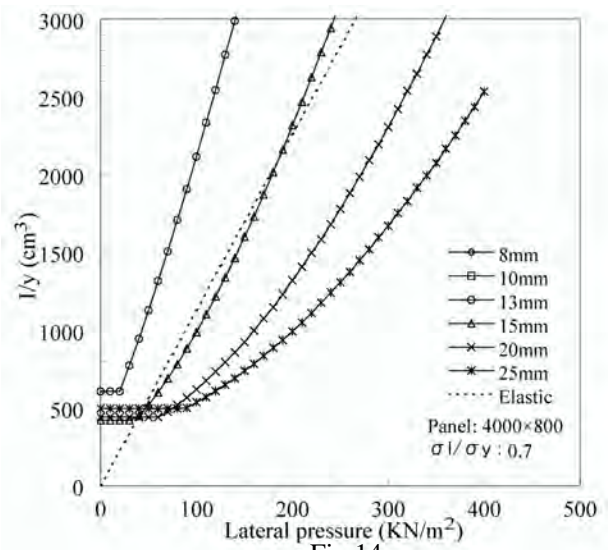


Fig.14

次に、代表的な構造を持つ船舶を使って、最終強度による要求寸法を計算した。設計荷重として、「ばら積貨物船の構造強度に関するガイドライン」に示される4つの最大設計波を用い、腐食による衰耗量も考慮に入れている。

Fig.15,16 は、Pana-max Size Bulk Carrier 及び VLCC について、それぞれ最終強度で要求される各部位の断面係数  $I_y$  を図面寸法で無次元化した値を示す。ほとんどの場合、最終強度ベースの要求寸法は、図面寸法を下回る。これは、現行板・小骨基準で設計された構造寸法が十分



に安全であることを示しているが、図面寸法との比にバラつきがあることから、より最適な設計を行う余地がある可能性も考えられる。また、図面寸法よりも大幅に要求値が低いところでは、常時働くような荷重レベル、例えば、静水中で発生する荷重によっても降伏・座屈が生じる寸法となり、防撓パネル構造は、最終強度要件だけで設計することはできないことが分かる。

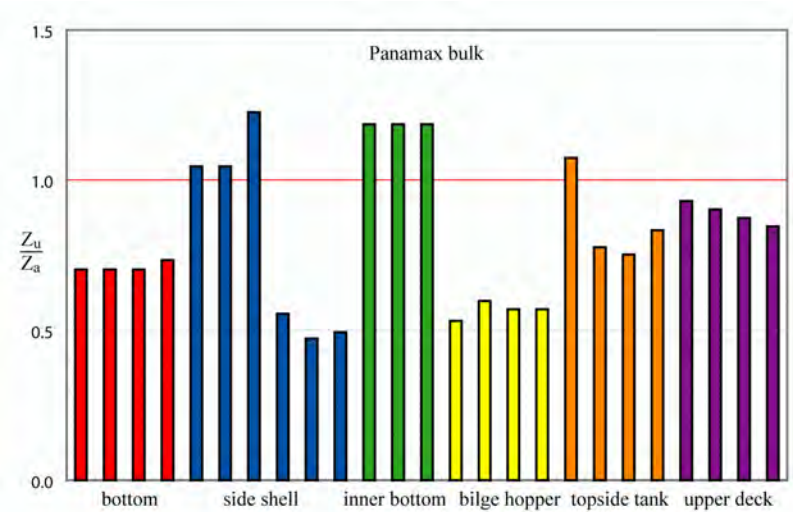


Fig.15

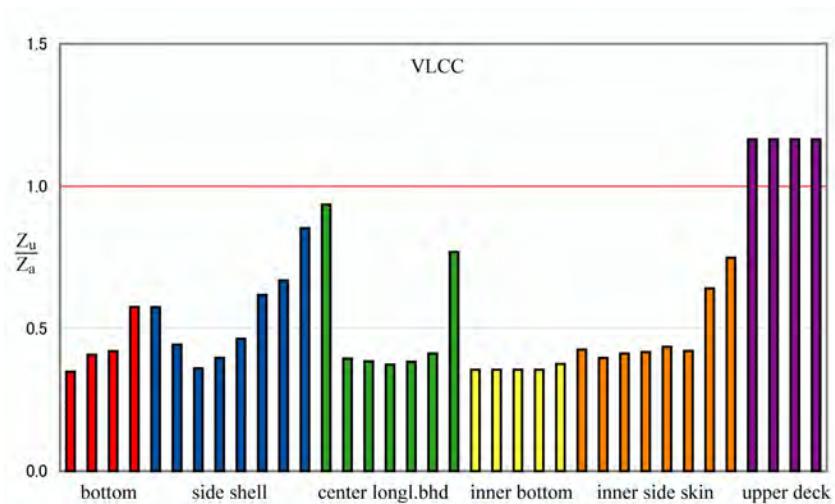


Fig.16

## 5. 新しい板・小骨基準の基本構想

### (1) 防撓パネル構造に必要な強度要件

現行板・小骨基準中の防撓材の規則算式は、両端固定弾性梁モデルが用いられており、設計荷重に対してトランス材近傍のフェイスで降伏が生じないようにしている。NKで新たに開発された設計荷重推定法は、船舶が一生のうち一度遭遇するかどうかというような海象において船舶が受けるであろう最大荷重を精度よく推定することができるようになったが、この最大荷重と現行規則算式で使われている設計荷重を比較すると、前者の方が大きくなる場合が少なくない。すなわち、現行基準で設計された防撓パネル構造に、実態の最大荷重レベルの荷重が働いた場合には、構造応答は弾性範囲内に収まらず降伏が生じていると考えられる。現行規則算式は、弾性強度モデルを用いながらも、設計荷重・安全率を上手に組み合わせることにより、稀に起きるような大きな荷重に対しては、鋼の延性という性質を使って耐えるような寸法になっていることになる。

よって、板・小骨基準に防撓パネルの最終強度推定技術を取り入れることにより、最大荷重に対し構造が耐える設計を行うという基準の目標（背景）と一致した強度評価が可能となり説明性が向上する。また、現行基準では、境界条件を仮定して、パネルと防撓材を

別々に評価していたが、最終強度推定法ではこれらを一体とした防撓パネルとして同時に評価することができ、より精度良く合理的な寸法が得られるようになって考えている。

ところが、最終強度ベースの要件は、部材の降伏及び座屈を許容するため、前4の試計算結果のように、最大荷重に対して崩壊しないように最終強度要件のみで板・小骨構造を設計した場合、常時働くような荷重レベルでも降伏が発生するような寸法になる場合がある。このような場合、少し大きな荷重が働いた時に、部材の広い範囲が塑性域となり、永久ひずみが発生し、撓みを残すことになる。過大な撓みは、最終強度の低下を引き起こす等問題になる場合があることから、この撓みを抑えるための強度要件が別途必要になる。

また、防撓材とウェブスティフナの取り合い等には繰り返し荷重による亀裂が生じる恐れがあり、疲労強度に注意して設計する必要がある。昨年度に鋼船規則検査要領 C 編附属書 C1.1.23-1. 「縦通防撓材の疲労強度評価に関する検査要領」を策定しており、防撓材に対する疲労強度基準が整備されている。

以上により、新しい板・小骨基準は、次の3つの強度要件から構成されると考えている。

- ◆ 使用中に発生する最大荷重に対して、崩壊させない。(最終強度要件)
- ◆ 頻繁に発生する荷重に対して、降伏させない。(降伏強度要件)
- ◆ 繰り返し荷重に対して、疲労亀裂を発生させない。(疲労強度要件)

## (2) 強度評価式と要求寸法算式

現行板・小骨基準は、評価対象部に働く荷重、ロンジスパン、ロンジスペース等の配置から、パネルの板厚と防撓材の寸法が導かれるようになっており、既に設計された構造寸法の強度チェックをするのに用いられるだけでなく、構造寸法決定の指標として用いられることがある。しかし、3で示した最終強度推定式は、繰り返し計算等の煩雑な作業を行わなければ寸法を導くことができない。そこで、判定式をベースに幾つかの前提条件を設定するなどして、陽に要求寸法が導かれる式を別途設ける予定である。

新しい板・小骨基準は、設計の自由度を持たすことができる強度評価式と従来通り容易に寸法を導くことができる要求寸法算式の2本立てとして、設計者が、用途に応じてどちらか1つを選択できるようにすることを予定している。

## リスク管理の現状及びリスク評価技術について

### 1. はじめに

リスクマネジメント、リスク管理、危機管理、リスク評価、リスクアセスメント等は船舶・海洋構造物の規則等に関連する分野でも近年注目されている。工学分野以外でも、例えば「リスクマネジメント」は企業経営等のツールとして認識されつつあり、インターネットで検索すると保険会社、銀行、コンサルティング会社等のサイトが相当数ヒットする。また、「リスクマネジメント」というキーワードを含む書籍（例えば [1], [2]）もここ数年で少なからず出版されている。

最近出版された「リスクマネジメントガイド」という名前の書籍[1]によれば、リスクマネジメントとは、企業等の組織、あるいは組織の活動に潜在するリスクを把握し、そのリスクに対し、企業等組織のリソースの範囲で最適な対処法を検討し実施することである。このガイドによれば企業におけるリスクは多様であり、例えば業務に潜在するリスクは、組織体制リスク、経営リスク、業務リスク、経営管理リスク、経営資源リスク、製品・環境リスク、社会的リスク、購買リスク及び研究開発リスクに分類できるとしている。また、これらを整理すれば、社会的リスク、工学的リスク、経済的リスクの3つのグループにまとめられるとしている。

リスクマネジメントの大枠はリスクの種類や対象によらず基本的には同じものであると考えられるが、対象となる分野やリスクの種類によって異なる部分も多いと思われる。そこで、企業経営等に関するリスクマネジメント等については別の専門家や専門書に譲り、本技術セミナーでは工学分野、特に船舶・海洋構造物に係る分野に限定して、現在注目されているリスク管理技術の現状とリスク評価技術について、その一端を紹介する。

### 2. 用語の定義

#### 2.1 はじめに

リスク管理やリスク評価で用いる用語の中には一般的に使われていても分野によって意味合いが若干異なったり、一般には馴染みの少なかったりする用語が少なくない。そこで、主要な用語について説明／定義等を示す。

#### 2.2 リスク (risk)

リスクという概念は一般に通用する一つの定義があるわけではないが、工学分野ではリスクとは人間にとって好ましくない出来事、事故の頻度(Frequency)と結果(Consequence)の程度(大きさ)の組み合わせとして定義される。IMOでRule-makingの為に開発されたFSAのGuidelines[3]の中では、Risk Matrix(図1参照)を使ってリスクの大きさが整理できると説明されている。Risk Matrixでは縦軸に頻度、横軸に結果の程度(大きさ)をとり、その組み合わせでリスクの大きさを評価する。右上にいくほどリスクが大きく、左下にいくほどリスクが小さい。

頻度と結果が定量的に求められる場合は、(リスク) = (頻度) × (結果)のように両者の積としてリスクを定義することも出来る。

尚、工学分野に限定しなければリスクという用語は上記とは異なる様々な意味で使われていることもあり、例えば(a)「ハザード(hazards, 危険状態)」、(b)「ペリル(peril, 損失の原因)」、(c)「損失にさらされている人・物または活動」、(d)「損失発生の可能性」4つに整理出来ると解説している例もある。しかし、リスクを上記の「頻度」と「結果」の組合せ或いは積と定義すると、この4つの分類は何れもリスクと同義語ではない。ハザードは「人間の生命、財産、環境に対する脅威」、「潜在危険」、「危険源と危害の発生を結びつけるメカニズムを表す概念」或いは「潜在的な事故シナリオ」等々と説明され得るし、ペリルは「損失／被害発生の直接的な原因」である。「損失発生の可能性」は「頻度」或いは「発生確率」と同義語と考えられる。

荒れた海を手漕ぎボートで航海する場合を考えると、「荒れた海」が人間の生命・財産・環境に望ましくない結果をもたらす可能性のある状況であるから「ハザード」であり、事故の一形態である「転覆」が「ペリル」となる。人命に限っていえば、転覆しても(a)無傷で救助される、(b)重傷だが救助される、(c)死亡する場合の3通りが考えられ、

それぞれの場合の「頻度」と「結果」の大きさが求めれば、リスクの大きさが計算できる。尚、手漕ぎボートの代わりに大型の客船を使えば一般に転覆の可能性は小さくなると思われるが、このようなリスクを低減させるための手段を Safeguard（予防策、安全装置）とか RCO（Risk Control Option, リスク制御オプション）と呼ぶ。

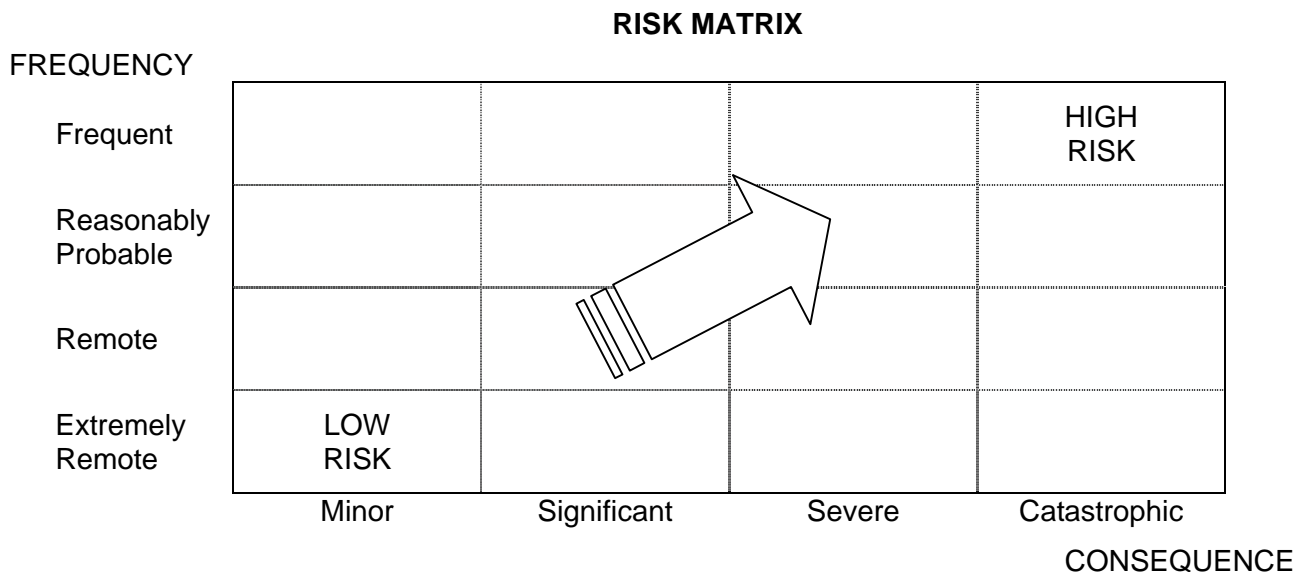


図1 リスク・マトリックス[3]

### 2.3 リスク管理と危機管理

“マネジメント(management)”=“管理”とすれば、“リスク管理”と“リスクマネジメント”は単なる表記上の違いと言える。しかし、“危機”=“クライシス (crisis) ”、“危機”≠“リスク”とすれば、リスク管理と危機管理は区別される。

一般的に、事故や危機がなるべく起きないように対処する活動を含む総合的な場合をリスクマネジメントと呼び、事故や危機的な状況が発生した後の活動を危機管理と呼ぶ。

「実践リスクマネジメント」[2]という書籍によれば、阪神・淡路大震災後、「リスクマネジメント」という用語が氾濫し、「リスクマネジメントシステム (JIS Q2001)」の規格も発効されたが、当時のリスクマネジメントの概念は「何か緊急事態が発生した際にどんなことをやればよいか」ということを人々に連想させるもので、「危機管理 (crisis management)」に近いものであったと考えられるとしている。

### 2.4 用語の定義/説明のまとめ

リスク管理、リスク評価に使われる用語の主に工学分野の定義/説明の例を表1に示す。

表1 リスク管理、リスク評価用語の工学分野を中心とした定義/説明 (主に[3]から引用)

| 用語                          | 定義/説明   |
|-----------------------------|---|
| 事故 (accident)               | 死亡、負傷、船舶の喪失または損傷、その他の資産の喪失または損傷、若しくは環境破壊を含む予期せぬ出来事  |
| 事故カテゴリー (Accident category) | 報告された事故を火災、衝突、座礁等その性格に応じて示す事故統計上の分類区分   |
| 事故シナリオ (Accident scenario)  | 初期事象から最終事象までの一連の出来事   |
| 結果 (Consequence)            | 事故の結果   |
| 頻度 (Frequency)              | 単位時間 (例えば年間等) 当たりの発生数   |
| 一般化モデル (Generic model)      | 考慮している船舶や分野全てに共通した機能の集合   |
| 危害 (Harm)                   | ISO/IEC Guide 51 の 1999 年改訂版では「(人の) 傷害や健康逸失、あるいは財産・環境の毀損 (damage to property or the environment) が生じること」と定義[4]。 |

|  |  |
|--|--|
| ハザード、危険因子(Hazard)                          | 人命、健康、財産または環境に対する潜在的脅威   |
| 初期事象 (Initiating event)                    | 危険な状況又は事故につながる一連の出来事の最初のもの                                     |
| ペリル (Peril)                                | 損失の直接的原因   |
| リスク (Risk)                                 | 頻度と結果の厳しさの組み合わせ  |
| リスク寄与ツリー図<br>(RCT: Risk contribution tree) | リスクモデルを構成するすべての fault trees (故障の木) と event trees (事象の木) の組み合わせ |
| リスク制御手段<br>(RCM: Risk control measure)     | リスクの単一要素を制御するための手段   |
| リスク制御オプション<br>(RCO: Risk control option)   | リスク制御手段の組み合わせ  |
| リスク評価(Risk evaluation)                     | リスク分析に基づき、許容可能なリスクの達成度等を判断すること                                 |
| リスク評価基準<br>(Risk evaluation criteria)      | リスクの許容性の評価に用いる基準、Risk Acceptance Criteria (リスク許容基準) と同じ。       |
| リスクマネジメント<br>(Risk management)             | リスクに関連して組織を指導し管理する統合された活動                                      |
| ステークホルダー(stakeholder)                      | リスクに影響を与えるかもしれない、又はリスクの影響を受けるかもしれない個人、グループ又は組織                 |

### 3. リスク管理

#### 3.1 リスク管理の進め方

リスク管理の進め方の一例として前述の書籍[1]で社会安全の考え方に立つリスクマネジメントの一般ステップが説明されているので、以下に引用して紹介する (図2)。

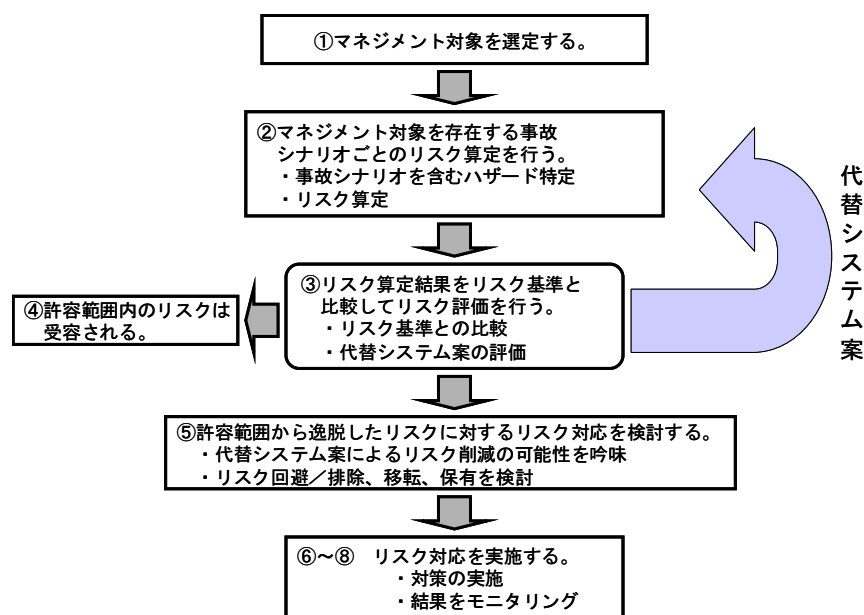


図2 リスクマネジメントの進め方[1]

#### ①マネジメント対象の選定

マネジメントの対象を定める。

#### ②要因の特定とリスクの算定

マネジメント対象に存在する要因を特定し、各々の事故シナリオごとのリスク (発生確率、規模) を定量的あるいは半定量的に算定する。

#### ③リスクの評価

算定結果をリスク基準に照らして評価する。

#### ④リスクの受容性検討

そのリスクが許容範囲である場合は受容される。

#### ⑤リスクへの対応の検討。

そのリスクが許容範囲から逸脱する場合は、削減または軽減するような対策を施した

代替システム案（例えば、当該容器の耐圧機能を向上させたシステム案）を検討し、その効果と費用の算定を行う。その結果、許容される代替案が得られれば、リスク対応の一つの形態であるリスク削減を採用する可能性が高まる。許容される代替システム案を得ることが困難な場合、リスク対応として、リスクの回避／排除（例えば、ハザードの主要部を占めている高圧のプロセスをなくす）、リスクの移転（例えば、保険をかける）、リスクの保有（リスクの結果の損失負担を受容する）も検討する。

⑥対策案の実施法検討

リスク削減を検討する場合、許容された代替システム案をベースに十分に吟味し、どのような対策を施すかを決定する。

⑦他の諸条件の検討

リスク削減以外のリスク対応（リスクの回避／排除、リスクの移転、リスクの保有）を検討する場合も、十分に吟味して諸条件を決定する。

⑧実施後のモニタリング

対策を実施し、その結果をモニタリングする。

## 4. リスク評価

### 4.1 リスク評価技術の現状

船舶、海洋構造物に関するリスク評価の発達状態については、国際船舶海洋構造会議（International Ship and Offshore Structures Congress; ISSC）が2000年及び2003年8月の会議で「リスク評価（Risk Assessment）」の専門家委員会を設置して、調査・検討・レビュー作業を行っている。リスクアセスメントの利用は海事分野でも既に広範囲に利用されており、全てを網羅したレビューを行うことは非常に困難であると思われるが、2003年のISSCの報告書は海事産業関連の研究等を非常に総合的に調査しており、現在の状況がよく把握されている。日本ではISSCの報告書を（社）日本造船研究協会のRR-S7基準研究部会が調査・検討しており、その平成14年度報告書の付録にISSCのリスク評価関連の報告書がその和訳と共に収録されている。本稿では、本分野のキーワードを例示する意味で、目次の主要部分のみを表2に示す。

表2 ISSC 2003 リスク評価専門家委員会の報告書目次（抜粋）

|       |                             |
|-------|-----------------------------|
| 2.    | 海事産業でのリスク評価活動の調査            |
| 2.1   | 法規関係                        |
| 2.1.1 | 海事規則を作るプロセスのための総合的安全評価(FSA) |
| 2.1.2 | IMOのリスク許容基準                 |
| 2.1.3 | バルクキャリア                     |
| 2.1.4 | 客船                          |
| 2.1.5 | 海上における安全保障                  |
| 2.2   | 業界                          |
| 2.2.1 | 船級協会国際連合(IACS)のFSAトレーニング    |
| 2.2.2 | FSAに関するガイダンス刊行物             |
| 2.2.3 | 規則作成プロセスへの安全評価の取り込み         |
| 2.2.4 | 砕氷船へのリスク評価の適用               |
| 2.2.5 | FSAに関する共同調査チーム              |
| 2.2.6 | 火災安全のための代替設計および配置           |
| 2.2.7 | 海事保険業界: リスク評価およびリスク選別       |
| 2.3   | 適用                          |
| 2.3.1 | リスクに基づいた火災安全設計              |
| 2.3.2 | イベントおよびフォールトツリーの適用          |
| 2.3.3 | ファジー集合モデリングと海上安全へのその適用      |
| 2.3.4 | 日本海域を沿岸航行する船舶および安全に関するFSA   |
| 2.3.5 | 放射性核燃料を運ぶ船舶の安全              |
| 2.3.6 | 携帯電話を使用する小型ボートからの警戒通信       |
| 3.    | リスク評価の基本要素                  |
| 4.    | 結論                          |

## 4.2 リスク評価手法

### 4.2.1 はじめに

リスク評価を実施するには、まず事故の原因となるハザードの特定と事故シナリオの組み立てを行う必要がある。一般的には過去の事故事例や損傷統計資料からハザードを統計的に抽出出来るが、新機種のように経験のない場合は HAZOP ( Hazard and Operability Analysis) や FMEA ( Failure Modes and Effects Analysis) の創造的な方法が使われる。

同定したハザード/事故シナリオを何らかのスクリーニング手法を用いて整理し、ETA (Event Tree Analysis)や FTA (Fault Tree Analysis) 等の手法を用いてリスクモデルを構築する。リスクモデルを用いて、情報の質・量、必要性に応じて定性的或いは定量的なリスクの大きさを見積もり、リスク評価基準 (リスク許容基準) と照合することにより、リスクを評価する。

### 4.2.2 HAZOP と FMEA を使ったハザードの同定

HAZOP や FMEA を使ってハザードを同定する方法は、異なった分野の専門家 (船舶分野で言えば、船主・造船所・荷主と船級協会など異業種でかつ電気、機関と船体などの専門家) ほぼ 10 名による Brain Storming を中心とした会議の結果に基づいて検討を行うものである。この会議では、障害、障害の起きる原因、それが引き金となり起こる事故、対策処理の順に、HAZOP や FMEA の枠組みを利用した構造的な手順により検討し、Formal な文書を作成することになる。

### 4.2.3 リスクモデルの構築と評価

リスク評価の代表的な手法としては ETA (Event Tree Analysis) と FTA (Fault Tree Analysis) が挙げられる。事故シナリオを視覚的に表現し定量的なリスクの大きさを評価することを可能にするのが ETA であり、ある事象の原因を階層的に分析するツールが FTA である。

### 4.2.4 各手法の説明

#### (1) HAZOP (Hazard and Operability Analysis) [14],[15]

HAZOP とはシステムに潜在する危険要因を網羅的に摘出、評価するための定性的危険評価手法である。特に設計仕様を逸脱した操作等、プロセス内に「ずれ」を想定し、その原因と影響を確認する際に用いられる。HAZOP を用いた分析は数名の専門家メンバーによって行われ、Guide Words と呼ばれる一連の質問を用いるところにその特徴がある。

HAZOP 実施の準備作業は大別して以下の 5 項目に分けられる。

- (a) 分析対象の範囲と、分析目的の策定
- (b) HAZOP 分析を実施する専門家メンバー (経験豊富でシステムに詳しいリーダー、及び設計、運転に関わるエンジニアと安全担当者などからなる数名のメンバー) の選定
- (c) HAZOP 分析に必要な基礎資料 (PI ダイアグラム (プロセス系統図)・プロットプラン (機器配置図)・操作マニュアル・設定値のデータ・過去の事故、トラブル情報など) の収集
- (d) Guide Words (表 3 参照) の選定
- (e) 作業ワークシート (図 3 参照) のフォーム作成

HAZOP では、議長は定常状態からの逸脱を想定した質問を Guide Words を使って行い、他のメンバーはこの質問に対して討議を経て結論を出していく。

表3 Guide Words の例とその意味

| Guide Word | Guide Word の意味     |
|------------|--------------------|
| no and not | 意図する設計仕様が得られなければ   |
| More       | 量的な増大があったら         |
| Less       | 量的な減少があったら         |
| as well as | 要素の追加があったら         |
| Part of    | 要素の減少があったら         |
| Reverse    | 意図と逆のことが起こったら      |
| Other than | 意図するものと異なることが発生したら |

| Item No. | Deviation | Causes | Consequences | Safeguards | Action |
|----------|-----------|--------|--------------|------------|--------|
| No.      | 考慮する逸脱    | 原因     | 起こり得る結果      | 予防手段       | 対策     |
|          |           |        |              |            |        |

図3 HAZOP Worksheet の例

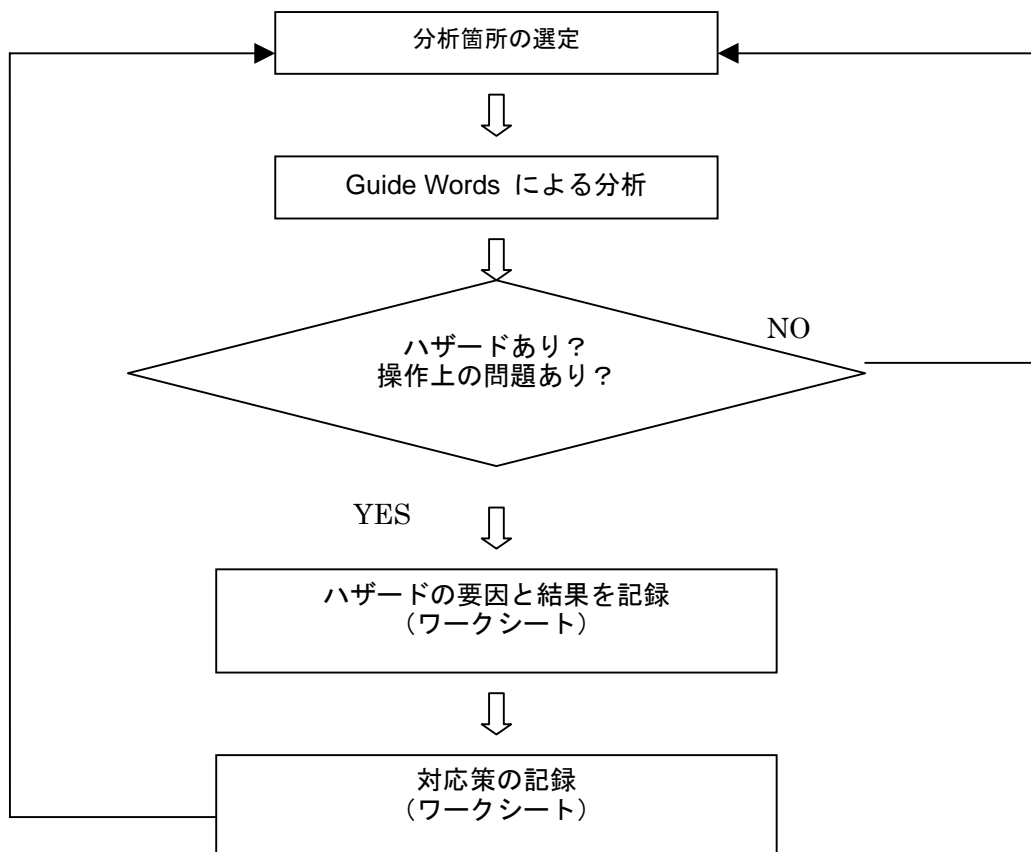


図4 HAZOP 分析作業手順

HAZOP の分析手順は図4に示したフローチャートに表されるようなものであり、システム上の分析すべき箇所を選定し、Guide Words を用いて仕様からの逸脱による潜在ハザード及び操作上の問題点を確認していく。

分析結果は図3に示すような HAZOP ワークシートに記載していく。ワークシートには、逸脱事象，要因と結果，及び対応策などを記録する。



## (2) FMEA (故障モード影響解析)

FMEA は信頼性評価に用いられる手法の一つで、特に設計段階において前もって製品の信頼性を知りたいときに有用な手法である。IMO の HSC Code では、FMEA とは船のシステムや装備に関して、起こり得る失敗や故障及びに不適切な操作の結果が危険で破滅的なものにならないかどうかを判断するための調査の一方法であるとしている。

FMEA を実施するには、(a) システムの構成を十分に把握していることが必要であるが、同時に、(b) 総合的な判断も必要であり、設計者自身だけでなく関連する複数の専門家によって行うことが不可欠である。また、FMEA の最初の段階である対象システムの定義づけと、対象とする範囲の確認(分解レベルの確認)が不十分な場合は、FMEA 作業シート(図5参照)の作成が困難である。

尚、2000年にIMOで採択されたHSC Codeでは設計承認に際してFMEAの実施が要求されており、FMEA Guidelinesが付録となっている。参考までにこのFMEAガイドラインの要点部分のみを仮訳したものを付録として添付した。

| システム : _____   |             |           |              |             | 日付 : _____  |      |              |             |           |
|----------------|-------------|-----------|--------------|-------------|-------------|------|--------------|-------------|-----------|
| サブシステム : _____ |             |           |              |             | 作成者 : _____ |      |              |             |           |
| FMEA           |             |           |              |             | 承認者 : _____ |      |              |             |           |
|                |             |           |              |             | 検閲者 : _____ |      |              |             |           |
| (1)<br>番号      | (2)<br>対象品目 | (3)<br>機能 | (4)<br>故障モード | (5)<br>推定原因 | (6)<br>影響   |      | (7)<br>故障検知法 | (8)<br>故障等級 | (9)<br>備考 |
|                |             |           |              |             | サブシステム      | システム |              |             |           |
|                |             |           |              |             |             |      |              |             |           |

図5 FMEA 記入用紙の様式例[12]

## (3) FTA と ETA

障害や事故の起きる原因とその確率の評価にはFTA (Fault Tree Analysis) とETA (Event Tree Analysis) が用いられることが多い。前者は事故の引き金となる障害の生ずる原因と確率の評価に用いられる。

図6に基本的なFTAを例示する。下から上へ見ていくが、事象(Event)は亀裂が生ずるとか腐食するなどのことであり、頂上事象(Top Event)は部材切断などの大事故の原因となる事象である。「AND GATE」は二つの事象が同時に起こることにより、より上位の事象が起こることを意味する。腐食し座屈して部材機能喪失するなどである。

「OR GATE」は事象のいずれかが生ず

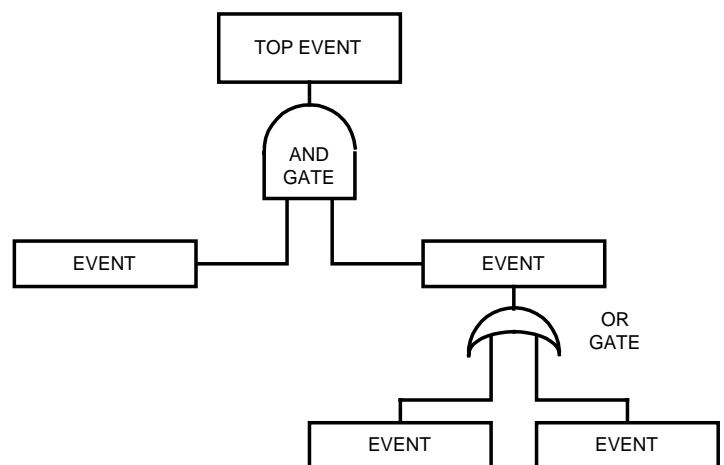


図6 基本的 FTA

ることにより、上位の事象が起ることであり座屈するかもしくは亀裂が生ずることにより部材機能喪失するなどである。

基本的ETAは図7に示すように、左から右へ事故などが進展していく。例えば、『配電盤から出火した場合、手動消火器での消火の成否(Success/No)により、成功だと「配電盤のみの損失(事故A)」となる。

初期消火に失敗し炭酸ガスなどの次の消火に成功すると「中規模の事故(事故B)」となり、失敗すると「全損に近い事故(事故C)」となる。』というようなEVENTの流れを図7のような形に描いていく。

このETAにより、配電盤出火などの初期事象が原因で事故に進展する確率が求まる。

例えば、配電盤からの出火確率とその主要原因がFTAから求まり、それが原因で船が全損に至る確率と主要防護措置が無効になる確率がETAにより求まる。

FTA, ETAの検討は多くの事象について行わねばならず、また数十万の船舶の部品の全てが事故に関わり、厳密に行うと膨大なものになる。その為、TDA(Top Down Approach)と言って、より上位の事象で重要度の高いものから順に解析する手法がとられる。船舶においては、重大事故が頂上事象となり、座礁、衝突、火災、機関故障、船体損傷などが下位を構成する事象となる。この下位を構成する事象のうち重大事故の多いものから解析する。これにより、重要な順序で解析を行うため、逐次精度が向上し合理的で無駄のない評価が行えることになる。

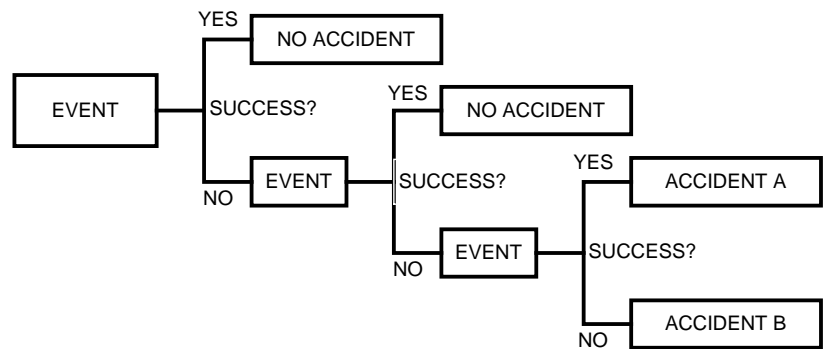


図7 基本的ETA

## 5. リスク評価技術の応用

### 5.1 国際条約／規則及び船級規則等への適用

国際条約／規則及び船級規則への適用について幾つかの事例を紹介する。

前述のようにFMEAはHSC Codeの中でInitial Surveyの一つの要件としてFMEAの実施が要求されている。また、NKの鋼船規則P編では、Dynamic Positioning System(DPS)についてはFMEAの実施が要求されている。従って、これらの規則の対象となる船舶や海洋構造物を設計する際には必ずFMEA或いは同等の信頼性／安全評価を実施しなければならない。

Lloyd's Register of Shipping(LR)のFPSO規則は、5.2で紹介する英国主管庁のSafety Case実施の要求に対応する形で全面的にリスク評価に基づいた船級規則となっている。

更に、IMOではFSA(Formal Safety Assessment)というリスク評価を一つの柱とするRule-makingのツールが開発され、実際の条約の作成／改正の基礎資料作成に利用されつつある。

米国沿岸警備隊(USCG)はリスクアセスメントのガイドラインを1999年に開発し、その後USCGの色々な活動のなかで実際にそれを適用し、2002年にはリスク評価の適用例を含んだ非常にリスクベースの意思決定法に関する総合的なガイドラインを公開した[11]。

これら以外にもリスク評価技術が応用されている例があると思われるが、ここではFSA、Safety Case、HS&E、USCGのガイドラインを代表例としてとりあげ、次節以降で簡単に紹介する。

### 5.2 FSA

FSAについては、1999年のClassNK技術セミナーの技術トピックスで紹介したが、その後正式な「FSAガイドライン」[3]がIMOで承認され、2002年に各国に回章された。やや詳細なFSAのフローチャートをIACSのTraining Modulesから転載して図8に示す。

FSAの実際問題への適用例としてバルクキャリアの安全の問題がある。バルクキャリアの安全に関しては、1998年頃からIACS、日本、Norway、英国主導の国際共同グループ等がFSAを実施し、2002年12月に開催されたMSC 76では新しいSOLAS XII章に組み込むべき

安全対策、RCO が合意されるに至った。現在、設計設備小委員会（DE 小委員会）を中心に FSA に基づく合意に従って具体的な条約改正案作成のための作業が続けられている。尚、この新しい SOLAS 条約の第 XII 章は 2004 年の MSC 78 で承認、MSC 79 で採択され、2006 年 7 月 1 日には発効する見込みである。

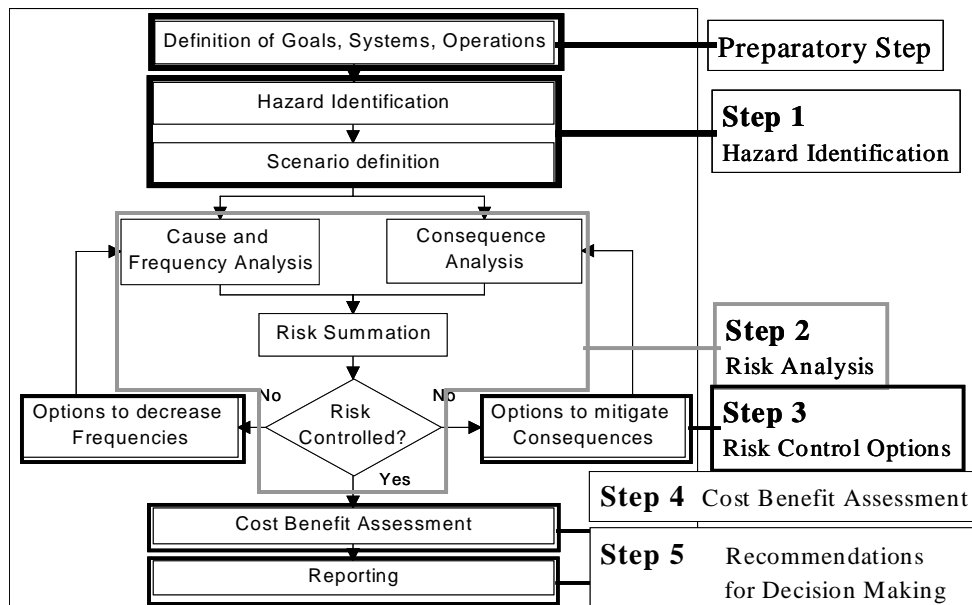


図 8 FSA の 5 ステップのフローチャート[9]

## 5.2 Safety Case と HS&E

海洋構造物のリスク管理、リスク評価に関連して Safety Case と HSE を紹介する。

1988 年に起こった Piper Alpha プラットフォームの爆発炎上事故の調査結果から、英国の海洋開発分野では監督官庁の移管、新しい安全規則の開発等の抜本的な対策が採られた。これは self-regulation、goal-setting、Safety Case というキーワードで代表されると思われるが、システムの安全性を照査するのに確率論的な安全性評価手法が使われるという特徴も持つ。Safety Case 自身は海洋構造物の安全性を包括的、総合的に評価した報告書(文書)であり、英国では(a) Design Safety Case を設計段階、(b) Operational Safety Case を英国領にはいる 3 ヶ月前に、(c) Abandon Safety Case を廃棄する 6 ヶ月前に主管庁に提出する必要がある。

HS&E (Health, Safety and Environment) は海洋開発分野で必要不可欠なものとなっている。石油の探鉱・開発を行おうとするとき、Health, Safety and Environment (HS&E)の議論を抜きにした事業展開はほぼ許されない。人命を保護し、企業や地域社会の資産・財産の保全をはかり、環境汚染を防止することがあらゆる場所で例外なく求められている。特に、Exxon Valdez によるアラスカ沖油流出事故、さらには、北海 Piper Alpha での大災害を経験した欧米では、いち早く HS&E に関する厳格な法規制が発効され、当該地域の操業会社にそれら法律の順守を義務づけている。そして、HS&E 問題に対するその他の産油国の意識の高まりとともに関連法律の改正、整備が地球的規模で進み、HS&E は今や世界標準となったと言える。

インターネット（例えば、www.yahoo.co.uk）で、HS&E と Offshore をキーワードに検索すると約 1000 のサイトがヒットする。HS&E Management のシステム・モデルの一例を図 9 に示す。

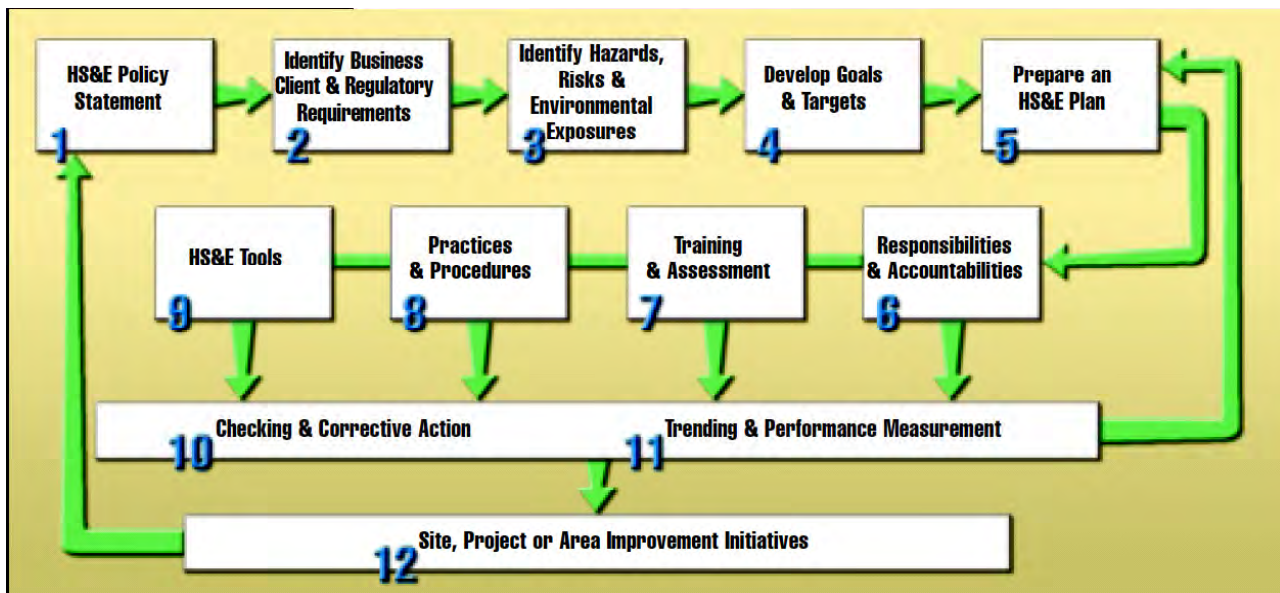


図9 HS&E Management System Model [10]

以下に箇条書きに示した 12 の要素で構成されているが、ベースにはリスク管理、リスク評価の概念が使われている。

- 1) 企業／組織のトップによる HS&E の方針が文書で宣言される。
- 2) 顧客及び規制／規則の認定
- 3) ハザード、リスク及び環境への影響の認定
- 4) 目的、目標の設定
- 5) HS&E 計画作成
- 6) 責任と説明性の確認
- 7) 訓練と評価
- 8) 練習と手続き
- 9) HS&E 用のツール
- 10) チェックと修正作業
- 11) 傾向及び達成度の測定
- 12) 設置サイト、プロジェクト或いは地域ごとの改善イニチアチブ

#### 5.4 USCG の意思決定の為のガイドライン

このガイドラインは優に 800 頁を超える膨大なもので、実際にリスクアセスメントを実施しようとする人々にとって非常に有用なガイドを与えるものとなっている。このガイドラインの正式名称は“Risk-based Decision-making Guidelines”であり、リスクアセスメントを一つのステップとして包含したリスクベースの意思決定法（図 10 参照）のガイドラインである。4 章で触れた HAZOP、FMEA、FTA、ETA などのリスク評価手法が実際の適用例を交えて詳細に解説されている。

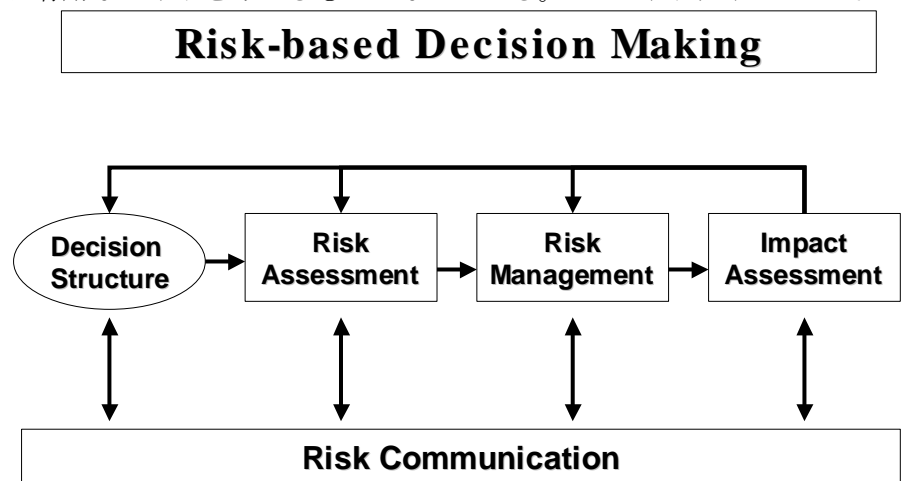


図 10 Components of risk-based decision making [11]

## 6. おわりに

今回の技術セミナーでは、船舶・海洋構造物に関連する条約／規則等々で、リスク管理、リスク評価が適用／応用されつつある現状の一端を紹介した。NK は今後とも本分野に関しても積極的に調査・研究を継続し、また同時に実際問題にも随時適用することによりノウハウの蓄積に努め、より総合的で分かり易い形で関係各位に情報を提供していく予定である。

## 7. 参考文献

- [1] 三菱総合研究所 政策工学研究部 編：リスクマネジメントガイド，日本規格協会，2000.
- [2] (株) インターリンク総研 編著：実践リスクマネジメント --- 事例に学ぶ企業リスクのすべて ---，ISBN4-7668-0577-1，経済法令研究所，2002.
- [3] IMO: MSC/Circ.1023 & MEPC/Circ.392, “Guidelines for the Application of Formal Safety Assessment (FSA) to the IMO Rule-Making Process”, April 2002.
- [4] (社) 日本機械工業連合会、(社) 日本電気計測器工業会 編：機会安全（電気装置）／機能安全」実用マニュアル、日刊工業新聞社、ISBN4-526-04689-2，2001.
- [5] ISSC: Report of SPECIALIST COMMITTEE V.1 RISK ASSESSMENT, 14th INTERNATIONAL SHIP AND OFFSHORE STRUCTURE CONGRESS 2000, Nagasaki, Japan, 2000.
- [6] ISSC: Report of SPECIALIST COMMITTEE V.1 RISK ASSESSMENT, 15th INTERNATIONAL SHIP AND OFFSHORE STRUCTURE CONGRESS 2003, San Diego, USA, 2003.
- [7] (社) 日本造船研究協会：RR-S7 基準研究部会平成 14 年度報告書，3 月，2003.
- [8] IMO：2000 HSC Code, International Code of Safety for High-speed Craft, 2000.
- [9] IACS: FSA Training Modules, 2001. ( [www.iacs.org.uk](http://www.iacs.org.uk) 参照 )
- [10] BAKER HUGHES: Health, Safety & Environmental Management System ([http://www.bakerhughes.com/HSE/HSE\\_Brochure.pdf](http://www.bakerhughes.com/HSE/HSE_Brochure.pdf)), COR-01-1161, September 2001.
- [11] USCG: Risk-based Decision-making Guidelines, 2nd Edition, Washington, D.C. ( <http://www.uscg.mil/hq/g-m/risk/e-guidelines/html/index.htm> 参照 )
- [12] 鈴木順二郎ほか： “FMEA・FTA 実施法”，日科技連，1982.
- [13] 塩見弘ほか： “FMEA、FTA の活用”，日科技連，1983.
- [14] Rao Kolluru, Steven Bartell, Robin Pitblado and Scott Stricoff: Risk Assessment and Management Handbook for Environmental, Health, and Safety Professionals, ISBN0-07-035987-3, McGraw-Hill, 1996.
- [15] 財団法人 日本船舶標準協会：「船舶の安全システムの評価に関する基礎調査報告書（平成 12 年度）」，2000.

付録1 FMEAガイドライン (IMO HSC Code の付録4)

| 章節   | 原文 (英文)  | 仮約/補足  |
|------|--|--|
| タイトル | PROCEDURES FOR FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS   | FMEAの手順  |
| 1.   | Introduction   | はじめに   |
| 1.1  | In the case of traditional craft, it has been possible to specify certain aspects of design or construction in some level of detail, in a way which was consistent with some level of risk which had over the years been intuitively accepted without having to be defined.  | 従来型の船では、ある程度の詳細まで設計の内容や構造を確定的に指定することが可能であり、リスクのレベルは長い間直感的に意識されることなく受け入れられてきたものであった。  |
| 1.2  | 1.2 With the development of large high-speed craft, this required experience has not been widely available. However, with the now broad acceptance of the probabilistic approach to safety assessments within industry as a whole, it is proposed that an analysis of failure performance may be used to assist in the assessment of the safety of operation of high-speed craft.  | 大型の高速船が発達してきたが、リスクに関する幅広い経験は得られていない。そのため、あらゆる産業分野で広く受け入れられている確率的な安全へのアプローチを用いて、高速船の安全評価に利用する。  |
| 1.3  | A practical, realistic and documented assessment of the failure characteristics of the craft and its component systems shall be undertaken with the aim of defining and studying the important failure conditions that may exist.  | 実践的かつ現実的で文章化された故障特性の評価方法であり、その構成システムは存在するかもしれない故障状態を定義し調べるといった目的を果たすものである。   |
| 1.4  | This annex describes a failure mode and effects analysis (FMEA) and gives guidance as to how it may be applied by:<br>.1 explaining basic principles;<br>.2 providing the procedural steps necessary to perform an analysis;<br>.3 identifying appropriate terms, assumptions, measures and failure modes; and<br>.4 providing examples of the necessary worksheets.   | このannexはFMEAの説明と応用のための手引書である。<br>.1 基本原則<br>.2 必要な手順手順<br>.3 適切な条件、前提、手段、故障モードの確認<br>.4 必要なワークシートの例  |
| 1.5  | FMEA for high-speed craft is based on a single -failure concept under which each system at various levels of a system's functional hierarchy is assumed to fail by one probable cause at a time. The effects of the postulated failure are analysed and classified according to their severity. Such effects may include secondary failures (or multiple failures) at other level(s). Any failure mode which may cause a catastrophic effect to the craft shall be guarded against by system or equipment redundancy unless the probability of such failure is extremely improbable (refer to section 13). For failure modes causing hazardous effects, corrective measures may be accepted in lieu. A test programme shall be drawn to confirm the conclusions of FMEA. | 高速船のFMEAは単一故障の概念に基づいている。ここでは、機能的に多様な階層レベルにあるそれぞれのシステムは、一度に一つの原因による故障のみが想定される。その仮定された故障の影響は分析され、重要度別に分類される。その発生確率が極めて低い場合を除いて、大災害に繋がる可能性のある故障モードは、冗長システムや装置によって防がなければいけない。是正措置が取られる場合においては、確認のための試験プログラムがFMEAの結果として作成される。 |

|     |  |  |
|-----|--|--|
| 1.6 | Whilst FMEA is suggested as one of the most flexible analysis techniques, it is accepted that there are other methods which may be used and which in certain circumstances may offer an equally comprehensive insight into particular failure characteristics.   | FMEA は最も柔軟性のある分析手法であるが、場合によっては他の手法も用いられる。  |
| 2.  | Objectives   | 目的   |
| 2.1 | The primary objective of FMEA is to provide a comprehensive, systematic and documented investigation which establishes the important failure conditions of the craft and assesses their significance with regard to the safety of the craft, its occupants and the environment.  | FMEAの主目的は船の運航に関して、包括的でシステムティックかつ文章化された調査を提供し、船と乗組員、環境の安全に影響する故障モードの重要性を評価することである。  |
| 2.2 | The main aims of undertaking the analysis are to:<br>.1 provide the Administration with the results of a study into the craft's failure characteristics so as to assist in an assessment of the levels of safety proposed for the craft's operation;<br>.2 provide craft operators with data to generate comprehensive training, operational and maintenance programmes and documentation; and<br>.3 provide craft and system designers with data to audit their proposed designs. | この分析の主目的<br>.1 船の運航に対して、調査の結果を提供し、船の運航の安全レベルの評価を手助けをする。<br>.2 運航に対し、操船上、メンテナンス上の包括的なトレーニングの情報を提供し、文書化する。<br>.3 船舶及びシステム的设计者に対して、設計案に関する評価データを提供する。 |
| 3   | Scope of application   | 適用範囲   |
| 3.1 | FMEA shall be conducted for each high-speed craft, before its entry into service, in respect of the systems as required under the provisions of 5.2, 9.1.10, 12.1.1 and 16.2.6 of this Code.   | FMEA はそれぞれの高速船について、運航開始前に、5.2, 9.1.10, 12.1.1 and 16.2.6の条項によって要求されるシステムに関し行われなければならない。  |
| 3.2 | For craft of the same design and having the same equipment, one FMEA on the lead craft will be sufficient, but each of the craft shall be subject to the same FMEA conclusion trials.  | 同じデザイン、同じ要求の船舶に関しては、最初の船に1回のFMEAで十分である、しかし、すべての船舶が FMEA conclusion trialの対象になる。  |
| 4   | System failure mode and effects analysis   | システムの故障モード影響解析   |
| 4.1 | Before proceeding with a detailed FMEA into the effects of the failure of the system elements on the system functional output it is necessary to perform a functional failure analysis of the craft's important systems. In this way only systems which fail the functional failure analysis need to be investigated by a more detailed FMEA.  | 事前に機能面からの故障解析が行われる。この結果より詳細なFMEA実施の必要性が判断される。  |
| 4.2 | When conducting a system FMEA the following typical operational modes within the normal design environmental conditions of the craft shall be considered:<br>.1 normal seagoing conditions at full speed;  | FMEAの実施においては、一般的な設計環境条件内での、以下に示す典型的な運航モードが考慮される。<br>.1 普通の航海条件下、最大船速   |

|     |  |  |
|-----|--|--|
|     | <p>.2 maximum permitted operating speed in congested waters; and<br/>.3 manoeuvring alongside.</p>   | <p>.2 混み合う海域での最大運航速度<br/>.3 横に並んだ場合の操縦性</p>  |
| 4.3 | <p>The functional interdependence of these systems shall also be described in either block diagrams or fault-tree diagrams or in a narrative format to enable the failure effects to be understood. As far as applicable, each of the systems to be analysed is assumed to fail in the following failure modes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.1 complete loss of function;</li> <li>.2 rapid change to maximum or minimum output;</li> <li>.3 uncontrolled or varying output;</li> <li>.4 premature operation;</li> <li>.5 failure to operate at a prescribed time; and</li> <li>.6 failure to cease operation at a prescribed time.</li> </ul> <p>Depending on the system under consideration, other failure modes may have to be taken into account.</p>   | <p>システム間の機能の相互関係はブロック線図やフォールトツリー、シナリオの形式で記述され、故障影響が把握できるようにする。そして、解析対象のシステムの故障は以下のモードに当てはめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.1 完全な機能喪失</li> <li>.2 最大もしくは最小出力への急変</li> <li>.3 制御不能もしくは変動的な出力</li> <li>.4 早まった操作</li> <li>.5 所定時における操作ミス</li> <li>.6 所定時における操作の停止ミス</li> </ul> <p>考慮するシステムの内容によっては、これ以外の故障モードも考慮する。</p> |
| 4.4 | <p>If a system can fail without any hazardous or catastrophic effect, there is no need to conduct a detailed FMEA into the system architecture. For systems whose individual failure can cause hazardous or catastrophic effects and where a redundant system is not provided, a detailed FMEA as described in the following paragraphs shall be followed. Results of the system functional failure analysis shall be documented and confirmed by a practical test programme drawn up from the analysis.</p>   | <p>あるシステムの故障がhazardous や catastrophic effect に至らないのであれば、そのシステムの構造に関してこれ以上詳細なFMEA解析の必要はない。hazardous や catastrophic effect に至る固有の故障を持ち、冗長システムのないシステムに関しては、以下のパラグラフに示されるような詳細なFMEAが実施される。</p>   |
| 4.5 | <p>Where a system, the failure of which may cause a hazardous or catastrophic effect, is provided with a redundant system, a detailed FMEA may not be required provided that:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.1 the redundant system can be put into operation or can take over the failed system within the time-limit dictated by the most onerous operational mode in 4.2 without hazarding the craft;</li> <li>.2 the redundant system is completely independent from the system and does not share any common system element the failure of which would cause failure of both the system and the redundant system. Common system element may be acceptable if the probability of failure complies with section 13; and</li> <li>.3 the redundant system may share the same power source as the system. in such case an alternative power source shall be readily</li> </ul> | <p>冗長システムが設置され、かつ以下の条件が与えられている場合には、詳細なFMEAが必要ないこともある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.1 その冗長システムが、4.2 に示す最も煩雑なモード（hazarding the craft を除く）における制限時間以内に故障したシステムと入れ替わることができるもしくは、操作できる場合。</li> <li>.2 冗長システムが完全に独立している場合。</li> <li>.3 冗長システムの電源が本来のシステムと共有されている場合、1 の要求に準じて、すぐに起動する代価の電源が準備されている場合。</li> </ul>            |



|   |  |   |
|---|--|---|
|   | <p>available with regard to the requirement of .1.</p> <p>The probability and effects of operator error to bring in the redundant system shall also be considered.</p>   | <p>操作する人間のエラーの可能性と影響についても考慮されなければならぬ。</p>   |
| 5 | <p>Equipment failure mode and effects analysis</p> <p>The systems to be subject to a more detailed FMEA investigation at this stage shall include all those that have failed the system FMEA and may include those that have a very important influence on the safety of the craft and its occupants and which require an investigation at a deeper level than that undertaken in the system functional failure analysis. These systems are often those which have been specifically designed or adapted for the craft, such as the craft's electrical and hydraulic systems.</p>  | <p>故障モード影響解析の道具</p> <p>この段階においてより詳細な FMEA の対象となるシステムはより深いレベルの検討が要求される。</p>  |
| 6 | <p>Procedures</p> <p>The following steps are necessary to perform FMEA:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 to define the system to be analysed;</li> <li>.2 to illustrate the interrelationships of functional elements of the system by means of block diagrams;</li> <li>.3 to identify all potential failure modes and their causes;</li> <li>.4 to evaluate the effects on the system of each failure mode;</li> <li>.5 to identify failure detection methods;</li> <li>.6 to identify corrective measures for failure modes;</li> <li>.7 to assess the probability of failures causing hazardous or catastrophic effects, where applicable;</li> <li>.8 to document the analysis;</li> <li>.9 to develop a test programme;</li> <li>.10 to prepare FMEA report.</li> </ol> | <p>手順</p> <p>必要な手順</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 解析の対象システムを定義</li> <li>.2 ブロック線図を用いて、システムの機能の相互関係を図式化</li> <li>.3 すべての起こり得る故障モードとその影響の同定</li> <li>.4 それぞれの故障モードの影響評価</li> <li>.5 故障検出方法の同定</li> <li>.6 故障モードに対する修正措置を同定</li> <li>.7 故障（失敗）の引き起こす災害や破滅的な影響の可能性の見積</li> <li>.8 解析の記録</li> <li>.9 テストプログラムを作成</li> <li>.10 FMEA レポートの作成</li> </ol> |
| 7 | <p>System definition</p> <p>The first step in an FMEA study is a detailed study of the system to be analysed through the use of drawings and equipment manuals. A narrative description of the system and its functional requirements shall be drawn up including the following information:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 general description of system operation and structure;</li> <li>.2 functional relationship among the system elements;</li> <li>.3 acceptable functional performance limits of the system and its constituent elements in each of the typical operational modes; and</li> <li>.4 system constraints.</li> </ol>  | <p>システムの定義</p> <p>システムの順序だった記述及びにシステムの機能的要求事項は、下記の情報を含んで形で記述される</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 システムの操作及び構造に関する一般的な記述</li> <li>.2 システム要素間の機能的な関係</li> <li>.3 典型的なオペレーションモードについて、システムとその構成要素の機能限界</li> <li>.4 システムの制限事項</li> </ol>   |

|     |  |  |
|-----|--|--|
| 8   | Development of system block diagrams   | システムブロック線図の作成  |
| 8.1 | <p>8.1 The next step is to develop block diagram(s) showing the functional flow sequence of the system, both for technical understanding of the functions and operation of the system and for the subsequent analysis. As a minimum the block diagram shall contain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.1 breakdown of the system into major sub-systems or equipment;</li> <li>.2 all appropriate labelled inputs and outputs and identification numbers by which each sub-system is consistently referenced; and</li> <li>.3 all redundancies, alternative signal paths and other engineering features which provide "fail-safe" measures.</li> </ul> <p>An example of a system block diagram is given at appendix 1.</p> | <p>機能の流れの順序を図式化したブロック線図を作成においては、少なくとも下記のことを含んだものを作成する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.1 主要なサブシステムや装置に関連するシステムの機能停止</li> <li>.2 すべてのインプットとアウトプットが表示され、番号付けされる</li> <li>.3 fail-safeを提供しているすべての冗長機器、代価機器の情報の流れを記述</li> </ul> <p>システムブロック線図の例をappendix 1に示す。</p> |
| 8.2 | It may be necessary to have a different set of block diagrams prepared for each operational mode.  | オペレーションモード毎に違ったブロック線図が必要な場合もある。  |
| 9   | Identification of failure modes, causes and effects  | 故障モード、原因、影響の検証   |
| 9.1 | Failure mode is the manner by which a failure is observed. It generally describes the way the failure occurs and its impact on the equipment or system. As an example, a list of failure modes is given in table 1. The failure modes listed in table 1 can describe the failure of any system element in sufficiently specific terms. When used in conjunction with performance specifications governing the inputs and outputs on the system block diagram, all potential failure modes can be thus identified and described. Thus, for example, a power supply may have a failure mode described as "loss of output"(29), and a failure cause "open (electrical)" (31).   | 故障モードとは観測される故障の形態である。一般にその装置やシステムに起こった故障の起こり方や、影響によって表現される。故障モードの例の一覧を示す (table 1.)  |
| 9.2 | A failure mode in a system element could also be the failure cause of a system failure. For example, the hydraulic line of a steering gear system might have a failure mode of "external leakage" (10). This failure mode of the hydraulic line could become a failure cause of the steering gear system's failure mode "loss of output" (29).   | あるシステムの構成要素の故障モードは一つのシステム故障の原因にも成り得る。  |
| 9.3 | Each system shall be considered in a top-down approach, starting from the system's functional output, and failure shall be assumed by one possible cause at a time. Since a failure mode may have more than one cause, all potential independent causes for each failure mode shall be identified.   | それぞれのシステムがシステムのアウトプットをスタートとする top-down 式の方法によって、検討される必要がある。また一度に一つの原因が考慮される。一つの故障モードは一つ以上の原因より成る場合があるので、それぞれの故障モードについてすべての可能性のある独立な原因が定義され必要がある。   |

|      |  |  |
|------|--|--|
| 9.4  | <p>If major systems can fail without any adverse effect there is no need to consider them further unless the failure can go undetected by an operator. To decide that there is no adverse effect does not mean just the identification of system redundancy. The redundancy shall be shown to be immediately effective or brought on line with negligible time lag. In addition, if the sequence is:</p> <p>"failure - alarm - operator action - start of back up - back up in service", the effects of delay shall be considered.</p> | <p>もし、主要なシステムの故障がいかなる悪影響も及ぼさないならば、その故障がオペレーターによって検出不能な場合を除いて、それ以上考慮する必要はない。悪影響がないと決定することは、単にシステムの冗長性を確認することを意味するわけではない。冗長システムは間髪入れずに起動することが示されるべきである。さらに「故障-警報-オペレーターの操作-バックアップの起動-バックアップの機能」という流れの場合には、遅れの影響が考慮されるべきである。</p>                      |
| 10   | Failure effects  | 故障の影響  |
| 10.1 | <p>The consequence of a failure mode on the operation, function, or status of an equipment or a system is called a 'failure effect'. Failure effects on a specific sub-system or equipment under consideration are called local failure effects". The evaluation of local failure effects will help to determine the effectiveness of any redundant equipment or corrective action at that system level. In certain instances, there may not be a local effect beyond the failure mode itself.</p>                                     | <p>オペレーション、機能、システムや装置の故障モードの結果影響を、'failure effect' (故障影響) と呼ぶ。評価中の特定のサブシステムや装置における故障影響を local failure effects (部分故障影響) と呼ぶ。</p>  |
| 10.2 | <p>The impact of an equipment or sub-system failure on the system output (system function) is called an "end effect". End effects shall be evaluated and their severity classified in accordance with the following categories:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 catastrophic;</li> <li>.2 hazardous;</li> <li>.3 major; and</li> <li>.4 minor.</li> </ol> <p>The definitions of these four categories of failure effects are given in 2.3 of annex 3 of this Code.</p>   | <p>システムのアウトプット（機能）にかんして、ある装置やサブシステムの故障が与える影響を"end effect"（終端効果）と呼ぶ。End effects は評価され、重要度によって以下のように分類される。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 破滅的</li> <li>.2 危険に満ちた</li> <li>.3 重大</li> <li>.4 軽微</li> </ol> <p>annex3 の 2.3 に定義してある</p> |
| 10.3 | <p>If the end effect of a failure is classified as hazardous or catastrophic, back-up equipment is usually required to prevent or minimize such effect. For hazardous failure effects corrective operational procedures may be accepted.</p>   | <p>もし一つの故障の end effect が hazardous や catastrophic に分類される場合には、その影響を防ぐ若しくは緩和するためのバックアップ装置が要求される。破滅的な故障影響の是正措置としては、操作上の手続も取れられる。</p>  |
| 11   | Failure detection  | 故障検出   |
| 11.1 | <p>The FMEA study in general only analyses failure effects based on a single failure in the system and therefore a failure detection means, such as visual or audible warning devices, automatic sensing devices, sensing instrumentation or other unique indications shall be identified.</p>   | <p>FMEA 解析は一般には、システムにおける単一故障に基づいた故障影響解析である。そのため、故障の検知は視覚的、聴覚的な警報装置で、自動的検出するものとされる。</p>   |

|      |   |   |
|------|---|---|
| 11.2 | Where the system element failure is non-detectable (i.e. a hidden fault or any failure which does not give any visual or audible indication to the operator) and the system can continue with its specific operation, the analysis shall be extended to determine the effects of a second failure, which in combination with the first undetectable failure may result in a more severe failure effect, e.g., hazardous or catastrophic effect.   | システム要素の故障が検出されない状態で、システムは自身の機能を続行可能な場面においては、その分析は第二の故障影響の検出まで拡張される。それは最初の非検出の故障影響と合わせ、もっと重大な故障影響を引き起こすかもしれない。 |
| 12   | Corrective measures   | 是正措置  |
| 12.1 | The response of any back-up equipment, or any corrective action initiated at a given system level to prevent or reduce the effect of the failure mode of a system element or equipment, shall also be identified and evaluated.   | システム要素や装置の故障モードの影響を防いだり、減らしたりする段階において、いかなるバックアップ装置の反応や、いかなる是正措置に関しても、定義され、評価される必要がある。                         |
| 12.2 | Provisions which are features of the design at any system level to nullify the effects of a malfunction or failure, such as controlling or deactivating system elements to halt generation or propagation of failure effects, or activating back-up or standby items or systems, shall be described. Corrective design provisions include:<br>.1 redundancies that allow continued and safe operation;<br>.2 safety devices, monitoring or alarm provisions, which permit restricted operation or<br>.3 alternative modes of operation. | .1 連続して安全に動作する冗長性機能<br>.2 制限された操作環境や、限定的な損傷を許容している安全装置やモニタリング及びアラーム設備<br>.3 オペレーションの代価モード                     |
| 12.3 | Provisions which require operator action to circumvent or mitigate the effects of the postulated failure shall be described. The possibility and effect of operator error shall be considered, if the corrective action or the initiation of the redundancy requires operator input, when evaluating the means to eliminate the local failure effects.  | 故障影響の緩和や回避のためにオペレーターの行動を必要とする設備は、そのことが記載され、オペレーターのエラーの可能性や影響も考慮されるべきである。                                      |
| 12.4 | It shall be noted that corrective responses acceptable in one operational mode may not be acceptable at another, e.g., a redundant system element with considerable time lag to be brought into line, while meeting the operational mode "normal seagoing conditions at full speed" may result in a catastrophic effect in another operational mode, e.g., "maximum permitted operating speed in congested water".  | あるオペレーションモードにとって有効な是正のための応答が、他のオペレーションモードに取っては受け入れがたい場合もあることに注意しなければならぬ。                                      |
| 13   | Use of probability concept  | 確率概念の利用   |
| 13.1 | If corrective measures or redundancy as described in preceding paragraphs are not provided for any failure, as an alternative the probability of occurrence of such failure shall meet the following criteria of  | もし、前述のような是正措置や冗長システムが与えられない場合には、その故障の発生確率は以下に示す評価基準に見合うものである必要がある。  |

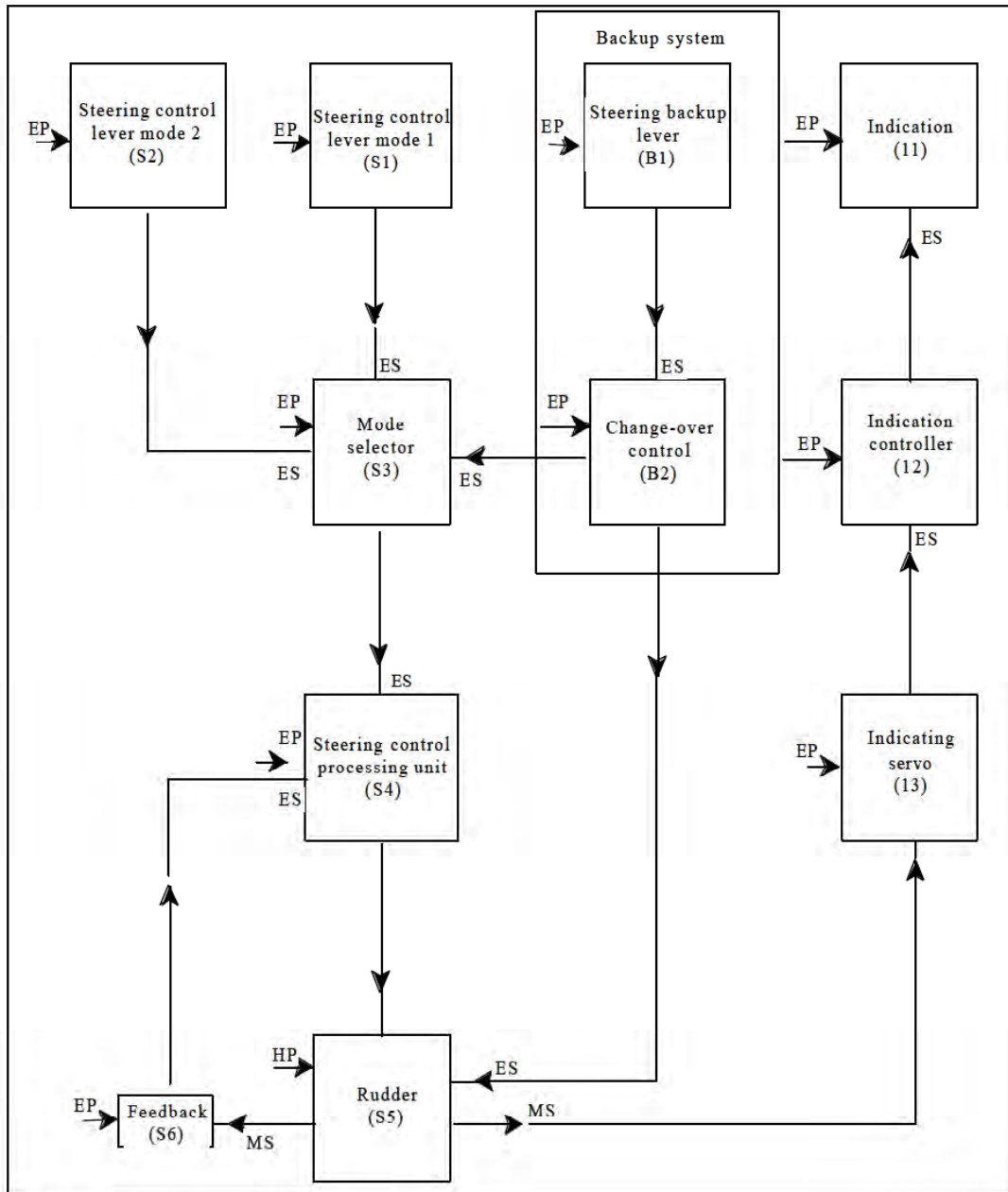
|      |  |   |
|------|--|---|
|      | <p>acceptance:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 a failure mode which results in a catastrophic effect shall be assessed to be extremely improbable;</li> <li>.2 a failure mode assessed as extremely remote shall not result in worse than hazardous effects; and</li> <li>.3 a failure mode assessed as either frequent or reasonably probable shall not result in worse than minor effects.</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 破滅的な影響に至る故障モードについては extremely improbable と評価されなければならない</li> <li>.2 extremely remote と評価される故障モードの結果は、hazardous effects より悪い結果であってはならない</li> <li>.3 either frequent or reasonably probable と評価される故障モードの結果は、minor effects より悪いものであってはならない</li> </ol> |
| 13.2 | <p>Numerical values for various levels of probabilities are laid down in section 3 of annex 3 of this Code. In areas where there are no data from craft to determine the level of probabilities of failure other sources can be used such as:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 workshop test, or</li> <li>.2 history of reliability used in other areas under similar operating conditions, or</li> <li>.3 mathematical model if applicable.</li> </ol>   | <p>生起確率の数的な評価は annex3 の section3 にゆだねる。船舶における利用可能な故障（失敗）確率のデータが存在しない分野については以下のような他のソースが利用できる。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 作業テスト（実験）</li> <li>.2 似たようなオペレーション環境にある他の分野の信頼性履歴</li> <li>.3 該当する数学的モデル</li> </ol>   |
| 14   | Documentation  | 書類作成  |
| 14.1 | It is helpful to perform FMEA on worksheet(s) as shown in appendix 2.  | FMEAを行う上で、appendix 2 に示すワークシートが利用できる。   |
| 14.2 | The worksheet(s) shall be organized to first display the highest system level and then proceed down through decreasing system levels.  | このワークシートは高いシステムレベルからだんだんと下のシステムレベルへと系統的に整理されている。  |
| 15   | Test programme   | テストプログラム  |
| 15.1 | <p>15.1 An FMEA test programme shall be drawn up to prove the conclusions of FMEA. It is recommended that the test programme shall include all systems or system elements whose failure would lead to:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 major or more severe effects;</li> <li>.2 restricted operations; and</li> <li>.3 any other corrective action.</li> </ol> <p>For equipment where failure cannot be easily simulated on the craft, the results of other tests can be used to determine the effects and influences on the systems and craft.</p> | <p>FMEA のテストプログラムは、FMEA の結果が検証できるように作成されるべきである。そのテストプログラムは、故障が以下に挙げる結果に繋がるすべてのシステムやシステムの構成要素を含んだものであることが望ましい。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 重大もしくはより深刻な結果</li> <li>.2 オペレーションの制限</li> <li>.3 唯一の措置である</li> </ol>  |
| 15.2 | <p>The trials shall also include investigations into:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 the layout of control stations with particular regard to the relative positioning of switches and other control devices to ensure a low potential for inadvertent and incorrect crew action, particularly during emergencies, and the provision of interlocks to prevent inadvertent</li> </ol>  | <p>試験には以下の調査を含む</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>.1 特に非常時において、クルーの操作ミスを減らせるスイッチ等の配置や、重要なシステムの操作時にうっかりミスを防ぐような連動設備について</li> <li>.2 船のオペレーションに関する質の高い書類、特に航海前</li> </ol>  |

|      |  |  |
|------|--|--|
|      | <p>operation for important system operation;</p> <p>.2 the existence and quality of the craft's operational documentation with particular regard to the pre-voyage checklists. It is essential that these checks account for any unrevealed failure modes identified in the failure analysis; and</p> <p>.3 the effects of the main failure modes as prescribed in the theoretical analysis.</p>   | <p>のチェックリストについて。これらのチェックは故障解析において、明らかにされていない故障モードを発見するためには是非とも必要なものである。</p> <p>.3 理論的な分析によって得られた、主要な故障モードの影響について</p>   |
| 15.3 | <p>The FMEA tests on board shall be conducted in conjunction with provisions specified in 5.3, 16.4 and 17.4 of this Code, before the craft enters into service.</p>   | <p>船上での FMEA 試験は 5.3, 16.4 and 17.4 の条項に沿って行われるべきである。</p>  |
| 16   | <p>FMEA Report</p> <p>The FMEA report shall be a self-contained document with a full description of the craft, its systems and their functions and the proposed operation and environmental conditions for the failure modes, causes and effects to be understood without any need to refer to other plans and documents not in the report. The analysis assumptions and system block diagrams shall be included, where appropriate. The report shall contain a summary of conclusions and recommendations for each of the systems analysed in the system failure analysis and the equipment failure analysis. It shall also list all probable failures and their probability of failure, where applicable, the corrective actions or operational restrictions for each system in each of the operational modes under analysis. The report shall contain the test programme, reference any other test reports and the FMEA trials.</p> | <p>FMEA レポート</p> <p>FMEA のレポートは自己完結した書類であり、他の書類を参照しなくて済むように、すべての要件を記載したものでなければならぬ。分析の前提事項及びシステムブロック線図も可能な限り含まれるべきである。また、レポートは分析に関する結果と勧告の要約を含んだものであるべきである。</p> |

Table 1 故障モードの一覧の例

|    |                               |    |   |
|----|-------------------------------|----|---|
| 1  | Structural failure (rupture)  | 18 | False actuation   |
| 2  | Physical binding or jamming   | 19 | Fails to stop   |
| 3  | Vibration                     | 20 | Fails to start  |
| 4  | Fails to remain (in position) | 21 | Fails to switch   |
| 5  | Fails to open                 | 22 | Premature operation   |
| 6  | Fails to close                | 23 | Delayed operation   |
| 7  | Fails open                    | 24 | Erroneous input (increased)   |
| 8  | Fails closed                  | 25 | Erroneous input (decreased)   |
| 9  | Internal leakage              | 26 | Erroneous output (increased)  |
| 10 | External leakage              | 27 | Erroneous output (decreased)  |
| 11 | Fails out of tolerance (high) | 28 | Loss of input   |
| 12 | Fails out of tolerance (low)  | 29 | Loss of output  |
| 13 | Inadvertent operation         | 30 | Shorted (electrical)  |
| 14 | Intermittent operation        | 31 | Open (electrical)   |
| 15 | Erratic operation             | 32 | Leakage (electrical)  |
| 16 | Erroneous indication          | 33 | Other unique failure conditions as applicable to the system characteristics, requirements and operational constraints |
| 17 | Restricted flow               |    |   |

## Appendix 1 システム系統図の例



where:

EP - electric power  
 HP - hydraulic power  
 ES - electric signal  
 MS - mechanical signal



**Appendix 2**  
*FMEA worksheet*

Name of system .....  
 Mode of operation .....  
 Sheet No .....  
 Date .....  
 Name of analyst.....

References .....  
 System block diagrams .....  
 .....  
 Drawings .....

| Equipment name or number | Function | Ident. No. | Failure mode | Failure cause | Failure effect |            | Failure detection | Corrective action | Severity of failure effect | Probability of failure (if applicable) | Ref |
|--------------------------|----------|------------|--------------|---------------|----------------|------------|-------------------|-------------------|----------------------------|--|-----|
|                          |          |            |              |               | Local effect   | End effect |                   |                   |                            |  |     |
|                          |          |            |              |               |                |            |                   |                   |                            |  |     |

## IMO, IACSの動向

## IMO &amp; IACS ▶ 新造船

| 新造船   | 起工日          | 03.07        | 04.01        | 04.07        | 05.01        | 05.07        | 06.01        | 06.07        | 07.01        | 備考   |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| (BC) Water level detectors                          |              |              |              |              |              |              |              |              |              | SOLAS XII/12 (採択済)                             |
| (BC) Pumping arrangements                           |              |              |              |              |              |              |              |              |              | SOLAS XII/13 (採択済)                             |
| Means of access                                     |              |              |              |              |              |              |              |              |              | SOLAS II-1/3-6 (採択済)                           |
| Hatch cover   |              |              |              |              |              |              |              |              |              | ICLL 16 (採択済)                                  |
| H/C securing mechanisms                             |              |              |              |              |              |              |              |              |              | MSC Circular (承認済)                             |
| Bow height & Buoyancy                               |              |              |              |              |              |              |              |              |              | ICLL 39 (採択済)                                  |
| Immersion suits for all crew                        |              |              |              |              |              |              |              |              |              | SOLAS III/32 (承認済)<br>**日程は推定.                 |
| (BC) Double Side Skin                               |              |              |              |              |              |              |              |              |              | L:150m 以上. (審議中)<br>**日程は推定.                   |
| (BC) Free-fall Lifeboat の強制                         |              |              |              |              |              |              |              |              |              | (審議中)<br>**日程は推定.                              |
| Maritime Security                                   |              |              |              |              |              |              |              |              |              | SOLAS XI & ISPS (採択済)                          |
| <b>新造船</b>  | <b>建造契約日</b> | <b>03.07</b> | <b>04.01</b> | <b>04.07</b> | <b>05.01</b> | <b>05.07</b> | <b>06.01</b> | <b>06.07</b> | <b>07.01</b> | <b>備考</b>                                      |
| (BC) Harmonised notation & Design loading condition |              |              |              |              |              |              |              |              |              | IACS UR S25 (採択済)<br>L:150m 以上.                |
| Fcle  |              |              |              |              |              |              |              |              |              | IACS UR S28 (採択済)<br>ICLL 39 改正と関連.            |
| Fore deck fittings & Small hatches                  |              |              |              |              |              |              |              |              |              | IACS UR S26 & S27 (採択済)<br>L:80 m 以上の全船種.      |
| (BC) Hatch Cover (強度及び固縛装置)                         |              |              |              |              |              |              |              |              |              | IACS UR S21 rev.3 (採択済)<br>ICLL 16 改正と関連.      |
| (BC) Hold Frame (UR の見直し)                           |              |              |              |              |              |              |              |              |              | IACS UR S12 rev.4 (審議中)<br>(現存船用 UR S31 との対比.) |

ClassNK

## IMO &amp; IACS ▶ 現存船

| 現存船   | 03.07 | 04.01 | 04.07 | 05.01 | 05.07 | 06.01 | 06.07 | 07.01 | 備考  |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Fore deck fittings & Small hatches<br>- IACS URs S26, S27 (採択済) |       |       |       |       |       |       |       |       | 0401.01 時点で<br>10歳未満; 10歳までに<br>15歳未満; SSまでに<br>15歳以上; IS/SSまでに |
| (BC) Hatch Cover (固縛装置)<br>- IACS UR S30 (採択済)                  |       |       |       |       |       |       |       |       | 0401.01 時点で<br>10歳未満; 10歳までに<br>15歳未満; SSまでに<br>15歳以上; IS/SSまでに |
| (BC) Hold Frame<br>- IACS UR S31 (採択済)                          |       |       |       |       |       |       |       |       | 0401.01 時点で<br>10歳未満; 10歳までに<br>15歳未満; SSまでに<br>15歳以上; IS/SSまでに |
| (BC) Water level detectors                                      |       |       |       |       |       |       |       |       | SOLAS XII/12 (採択済)<br>0407.01 後最初の AS/IS/RS                     |
| Pumping arrangements  |       |       |       |       |       |       |       |       | SOLAS XII/13 (採択済)<br>0407.01 後最初の IS/RS                        |
| Immersion suits for all crew                                    |       |       |       |       |       |       |       |       | SOLAS III/32 (承認済)<br>**日程は推定.                                  |
| (BC, SSS) Any Hold Empty での航行の禁止                                |       |       |       |       |       |       |       |       | L:150m 以上. [10]歳以降.<br>(審議中)                                    |
| Maritime Security   |       |       |       |       |       |       |       |       | SOLAS XI & ISPS (採択済)   |

ClassNK

# IACS Bulk Carrier安全対策

- IACS 8 initiative
  - ① SOLAS XII章の早期実施
  - ② ESPの改正
  - ③ 貨物倉浸水警報装置の設置
  - ④ F'cleの設置
  - ⑤ 船首部艤装品の強度強化
  - ⑥ ハッチカバーの強度強化
  - ⑦ ホールドフレームの強度強化
  - ⑧ 船首区画浸水警報装置の設置
- Harmonized Notation

**ClassNK**

## ▶ IACS (8 measures)

### 1. SOLAS XII章の早期実施(2003.07.01～)

- No.1/2バルクヘッド及びNo.1二重底の補強
  - 新船; 1997.07.01よりSOLAS XIIIにより適用されている
  - 現存船; 2003.07.01より  
(15歳までに実施→10歳までに実施)

### 2. ESPの改正(2003.01.01～)

- SS No.2の精密検査の強化
- SS No.2後のISをSS No.2と同等に
  - 現存船; 2003年1月1日以降のIS, SSから

**ClassNK**

▶ IACS (8 measures)

#### 4. F'cleの設置

- Forecastle
  - 新造BC (, Ore, Combination carriers);  
2004.01.01以降の建造契約船
  - UR S28採択済み (2003.05)
  - 船首部予備浮力についてのIMOの決定 (LL/39規則)
- Breakwater
  - Existing Ships
  - UR S29, in abeyance
  - in line with the Hatch Cover for Ex-ships
  - [Not required ships built in accordance with S21]
  - As alternative means for Strengthen Hatch Coaming

**Withdrawn**

**ClassNK**

▶ IACS (8 measures)

#### 5. 船首部艤装品の強度強化

- 船首部の小ハッチ, 空気管, ウインドラス取付部の強化
- 適用
  - 新船(全船種),  $L \geq 80$  m;  
2004.01.01以降の建造契約船
  - 現存船(乾舷の高い船を除く),  $L \geq 100$  m;
    - Age  $\geq 15$  on 2004.01.01; by 1st IS or SS after the date
    - Age  $\geq 10$  on 2004.01.01; by 1st SS after the date
    - Age  $< 10$  on 2004.01.01; by 10 years old
- UR S26 & S27 採択済み

**ClassNK**

## ▶ IACS (8 measures)

### 6. ハッチカバーの強化

- 新船
  - BC ,Ore, Combination carriers;  
2004.01.01以降の建造契約船
  - UR S21(Rev.3) 採択済み (LL改正の浸水シナリオを考慮)
- 現存船
  - BC; UR S21(Rev.3)に従っていないもの
  - ハッチカバーの補強はNOT cost effective (by FSA study)
  - 締付け装置とストッパー
    - Age $\geq$ 15 on 2004.01.01; by 1st IS or SS after the date
    - Age $\geq$ 10 on 2004.01.01; by 1st SS after the date
    - Age < 10 on 2004.01.01; by 10 years old
  - UR S30採択済み



## 2004.01.01 ▶ IACS (8 measures)

### 7. ホールドフレームの強度強化

- 新船
  - 単船側バルクキャリア
  - UR S12 rev.4が現在審議中  
(現存船用のUR S31との対比を行っている)
- 現存船
  - 単船側バルクキャリア
  - UR S12 rev.1に従っていないもの
    - Age $\geq$ 15 on 2004.01.01; by 1st IS or SS after the date
    - Age $\geq$ 10 on 2004.01.01; by 1st SS after the date
    - Age < 10 on 2004.01.01; by 10 years old
  - UR S31採択済み



## 2003.07.01 ▶ IACS (Harmonised Notation &amp; Design Condition)

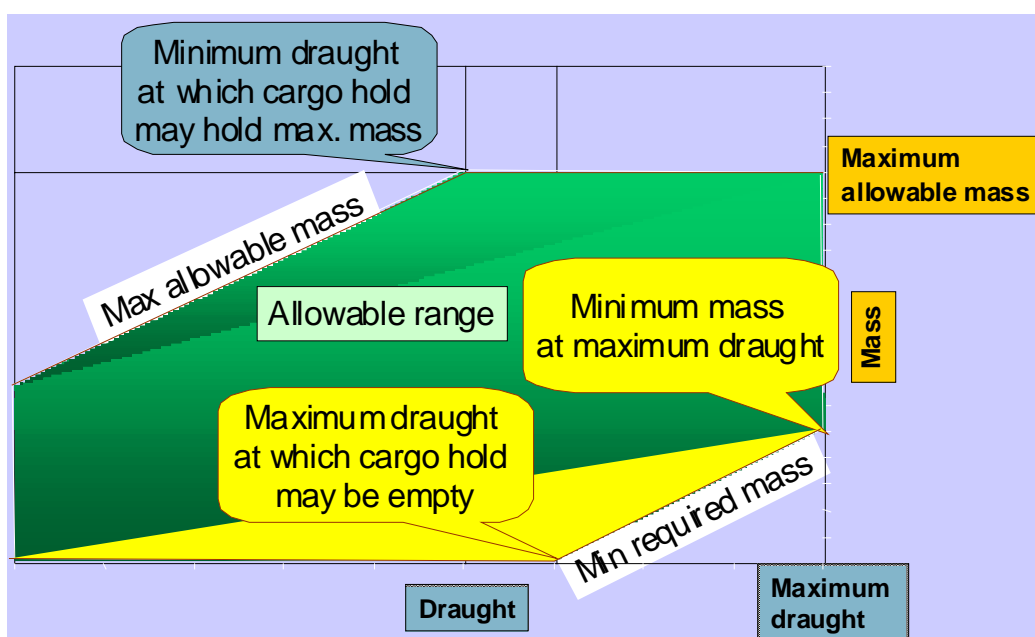
## Harmonised Notation &amp; Design Loading Condition

- 適用
  - 新造バルクキャリア,  $L \geq 150\text{m}$ ;  
2003.07.01以降の建造契約船
- Harmonised Notation
  - BC-A (Ore, Alternate)
  - BC-B (Ore, Homo)
  - BC-C (Grain, Homo)
- Design Loading Condition
  - Ballast Condition
  - Hold Mass Diagram
- UR S25(Rev.1) 採択済み

ClassNK

## 2003.07.01 ▶ IACS (Harmonised Notation &amp; Design Condition)

## Hold Mass Diagram



ClassNK

## IMO 安全関連

- BULK CARRIER SAFETY
  - 水位検知装置 & 排水設備
  - 二重船側構造の強制化
  - Any hold emptyでの航行禁止
  - イマーシヨンスーツ乗員分の搭載
  - Free-fall lifeboatの強制化
- Permanent Means of Access
- 国際満載喫水線条約の全面改正
- 海事保安

**ClassNK**

### ▶ IMO (Bulk Carrier Safety)

#### 水位検知装置

- MSC 76で採択済(SOLAS XII/12規則)
  - 新船: 2004.07.01以降建造船
  - 就航船: 2004.07.01以降の最初のAS/IS/SSまでに
- Performance Standard (決議MSC.145(77))
  - MSC77で採択済
- 貨物倉後方の中心線付近又は両舷に設置

#### 排水設備

- MSC 76で採択済(SOLAS XII/13規則)
  - 新船: 2004.07.01以降建造船
  - 就航船: 2004.07.01以降のIS/SSまでに
  - 対象区画: 0.1 % Ship's Max. Displacement超える区画  
解釈MSC/Circ.1069 - MSC77承認済
- 排水設備の遠隔操作

**ClassNK**

## ▶ IMO (Bulk Carriers Safety)

### Performance Standard on Water Level Detectors

#### • Performance Standard

- 貨物倉: Pre-alarm (0.5 m)  
Main-alarm (15% depth, max. 2 m)
- 船首区画: FPT (Tank Cap. 10%)  
Bosun Store等 (0.1m)
- 精度: ±100 mm
- Override機能とその自動リセット機能  
(Cargo/Ballast hold, Ballast tank)
- Cargo areaの電気回路は本質安全
- IMO “Code on alarms and indicators 1995”に適合
- 独立した2系統の電源から受電可能なこと
- Type testで性能確認

**ClassNK**

## ▶ IMO (Bulk Carrier Safety)

### 二重船側構造の強制化

#### • SOLAS XII/1規則改正

- MSC77で改正素案作成→DE47で再審議(2004.03)
- MSC 78 (2004.05)で承認→MSC 79 (2004.12)で採択予定
- 2006.07.01発効予定

#### • 二重船側構造(審議中)

- Permanent means of accessの要求を満たす必要
- 内部構造及びパイプ等とのクリアランスも考慮
- トランスシステムではフレーム面間は最小で600 mm
- ロンジシステムではフレーム面間は最小800 mm
- 外板と縦隔壁間1,000 mm

#### • Bulk Carrierの定義(審議中)

- Primarily to carry dry cargo in bulk
- Ore carriersとCombination carriersも含む

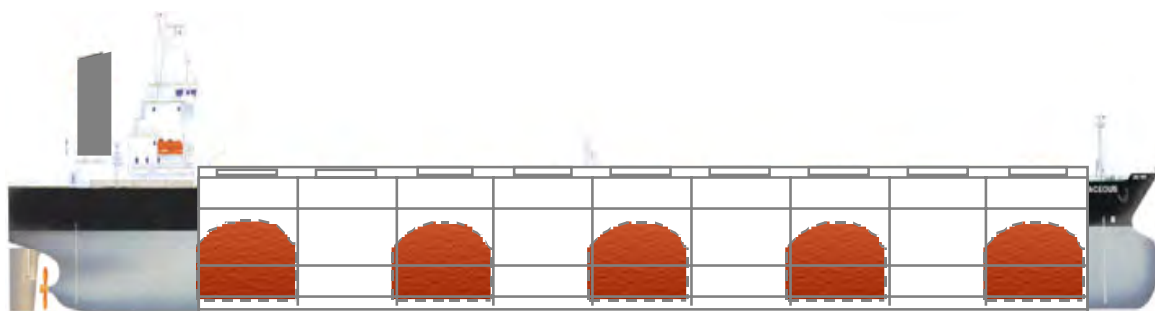
**ClassNK**



▶ IMO (Bulk Carrier Safety)

## Any Hold Emptyでの航行禁止

- SOLAS XII章規則改正
  - 空倉状態の航行禁止(90 % DWT以上の積載状態)
  - 150m以上のSingle Side Skin BC
  - SOLAS XII/5規則、IACS UR S12(rev.2.1)を満足しない
  - 船齢10年以降
- DE47再審議→MSC78承認→MSC79採択



**ClassNK**

▶ IMO (Bulk Carrier Safety)

## イマーシヨンスーツ乗員分の搭載

- SOLAS III/32規則改正案
  - MSC 77で承認済み。MSC 78 (2004.05)で採択予定
  - 2006.01.01発効?
  - 新造船+就航船(発効後のfirst SEまでに)
  - 全船種(BC以外は温暖海域航行船に対し主管庁免除あり)

## Free-fall lifeboat の強制化

- DE47で審議後MSC78で承認予定
  - 新造BCに適用
  - MSC 79 (2004.12)で採択, 2006.07.01発効予定

**ClassNK**

## ▶ IMO &amp; IACS

## Permanent Means of Access

- MSC 76で採択済(SOLAS II-1/3-6規則)
  - 新船: 2005.01.01以降建造船
  - BC: 20,000 GT以上に適用  
Cargo holds, Ballast tanks (TST, BHT, DSS)
  - Tanker: 500 GT以上に適用  
Cargo oil tanks, Ballast tanks
- Technical Provision採択済 (決議MSC.133(76))
- Interpretation
  - IACS, 船主団体及び造船所とのJWGで作成中 (NK議長)
  - 2003年末を作業完了目標



## ▶ IMO (ICLL)

## 国際満載喫水線条約の改正

- MSC 77で採択
  - 新船: 2005.01.01以降建造船
  - 全船種に適用
- 主な改正点
  - ***Bow height & Reserve bow buoyancy*** (LL/39)
  - ***Hatch covers - Minimum design loads*** (LL/16)
- 今後の検討項目
  - 乾舷表の見直し
  - 船楼、sheerの効果等
  - SLF小委員会で引き続き審議



▶ IMO (Maritime Security)

2004.07.01～

**Maritime Security**

- MSC 76 / SOLAS 締約国会議で採択済
- 適用
  - 全船: 2004.07.01までに
- SOLAS XI and ISPS Code
  - Ship Security Certificate (by RSO)
  - Ship Security Plan
  - Ship Security Alert
  - Ship Security Officer
  - Company Security Officer
  - Port Security Officer
- SOLAS V
  - AISの早期適用(2004.12.31までに)

**ClassNK**

▶ IMO (Maritime Security)

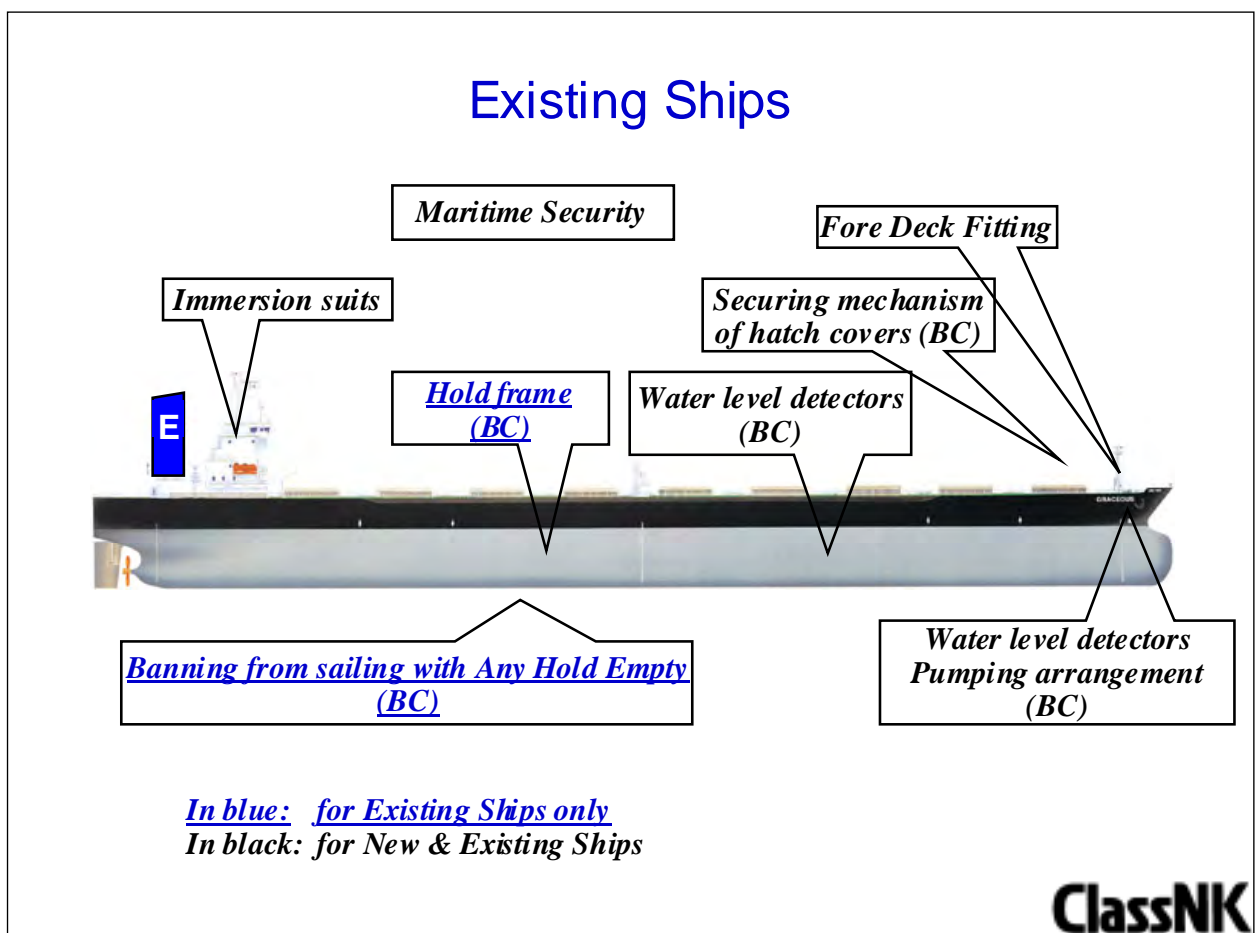
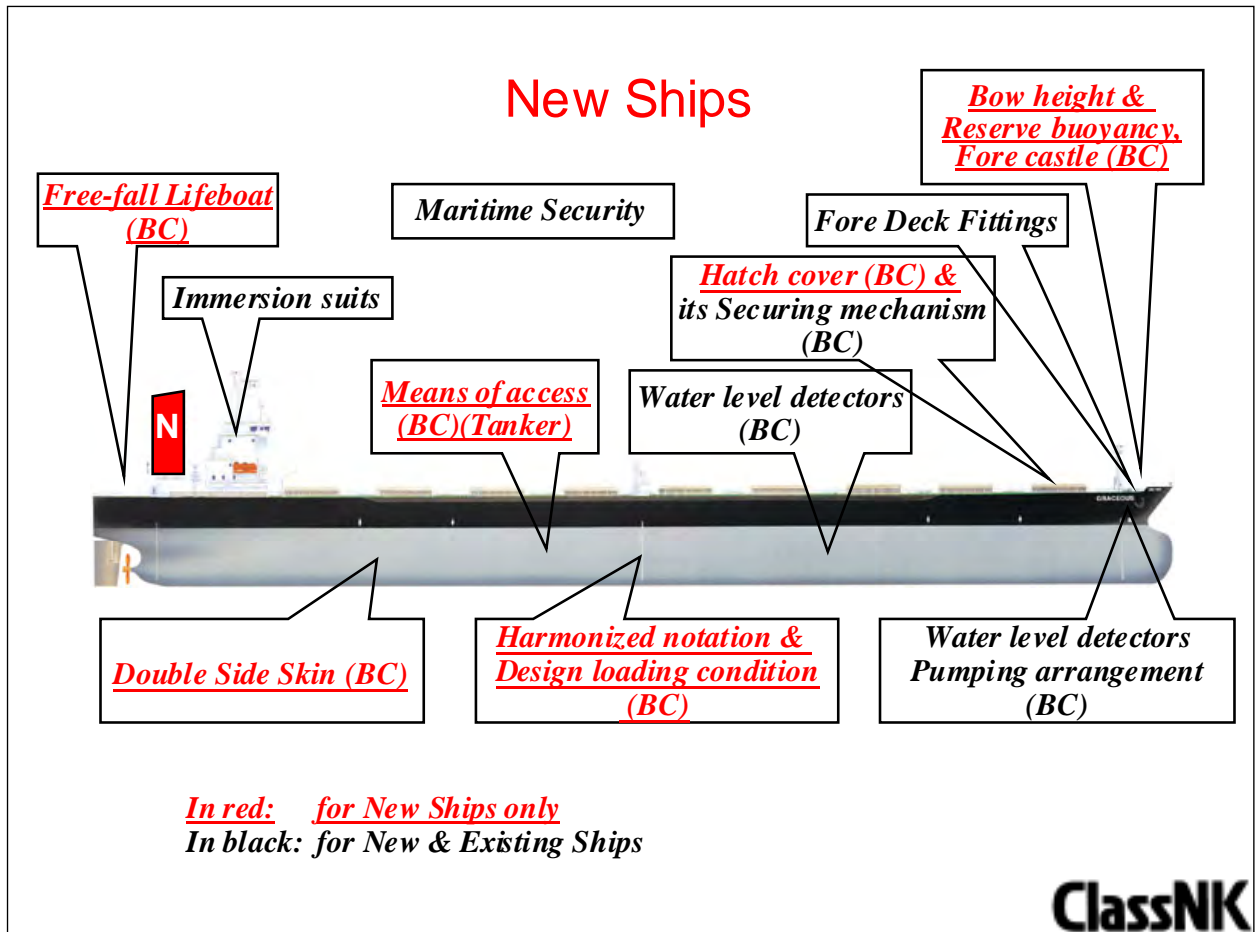
**Maritime Security**

- ClassNKの取り組み
  - Maritime Securityについての説明会の開催
  - Home Pageに資料を掲載 ([www.classnk.or.jp](http://www.classnk.or.jp))  
Maritime SecurityについてのCD-ROMを作成, 配布
  - Ship Security Auditorの研修(IACSの研修Procedure)
  - CSO (Company Security Officer)の研修等々



*M/T "Limburg"*  
2002.10.6

**ClassNK**



## IMO 海洋環境に関する条約

- **MARPOL条約 Annex I 改正**  
油タンカーフェーズアウトの前倒し  
燃料油タンクの保護
- **MARPOL条約 Annex IV**  
船舶からの汚水排出規制
- **MARPOL条約 Annex VI**  
大気汚染防止
- **AFS条約**  
TBT塗料塗布の禁止
- **バラスト水条約**  
バラスト水中の有害生物移動防止

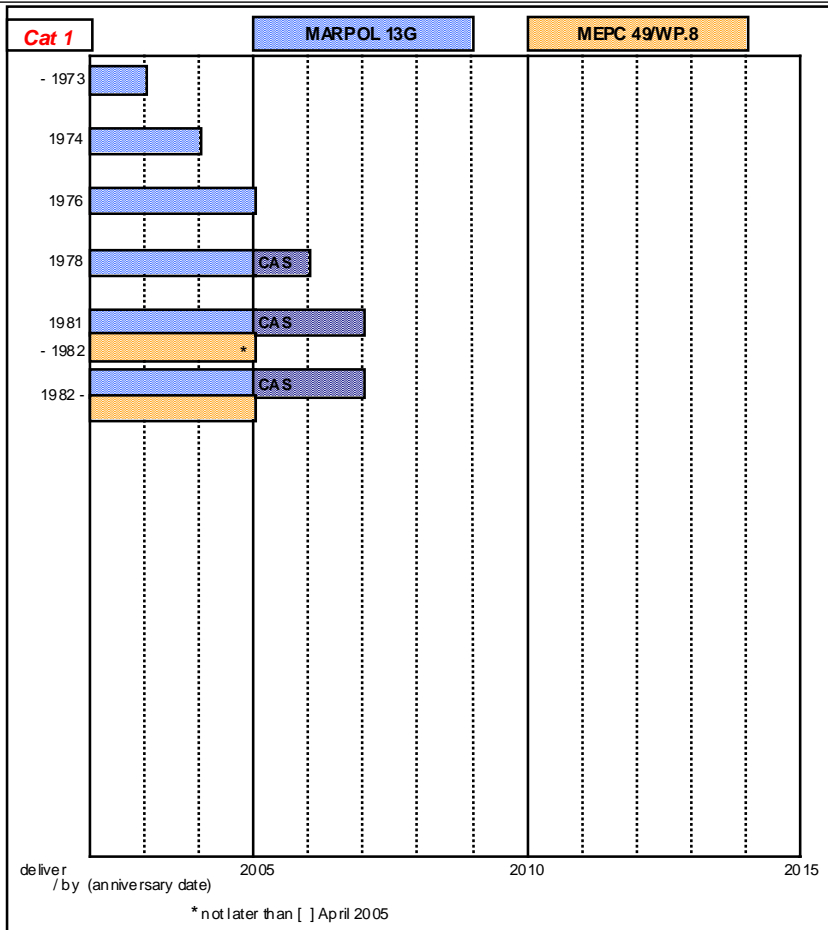
ClassNK

### MARPOL Annex I/13G～フェーズアウトの前倒し

- Prestige事故(2002年12月)
- EUの地域規制(2003.秋には発効?)
  - SHTの早期フェーズアウト, 重質油運送の禁止
- IMO - MEPC49で改正案承認
  - SHTの早期フェーズアウト
    - CAT 1 2005年(←2007)
    - CAT 2 2010年(←2015) 2005年 - CAS (15歳以上)
    - CAT 3 2010年(←2015) 2005年 - CAS (15歳以上)
  - CAT 2 & 3の延命
    - 主管庁裁量:2015年又は[20] [23] [25]歳まで使用可?
  - SHTでの重質油運送の禁止(600 DWT以上)
    - 5000 DWT未満は2008年までに適用
    - 主管庁裁量:2015年又は[xx]歳まで使用可?
    - 内航船への適用除外の要否は再度審議
  - MEPC extra session (本年12月)で採択予定

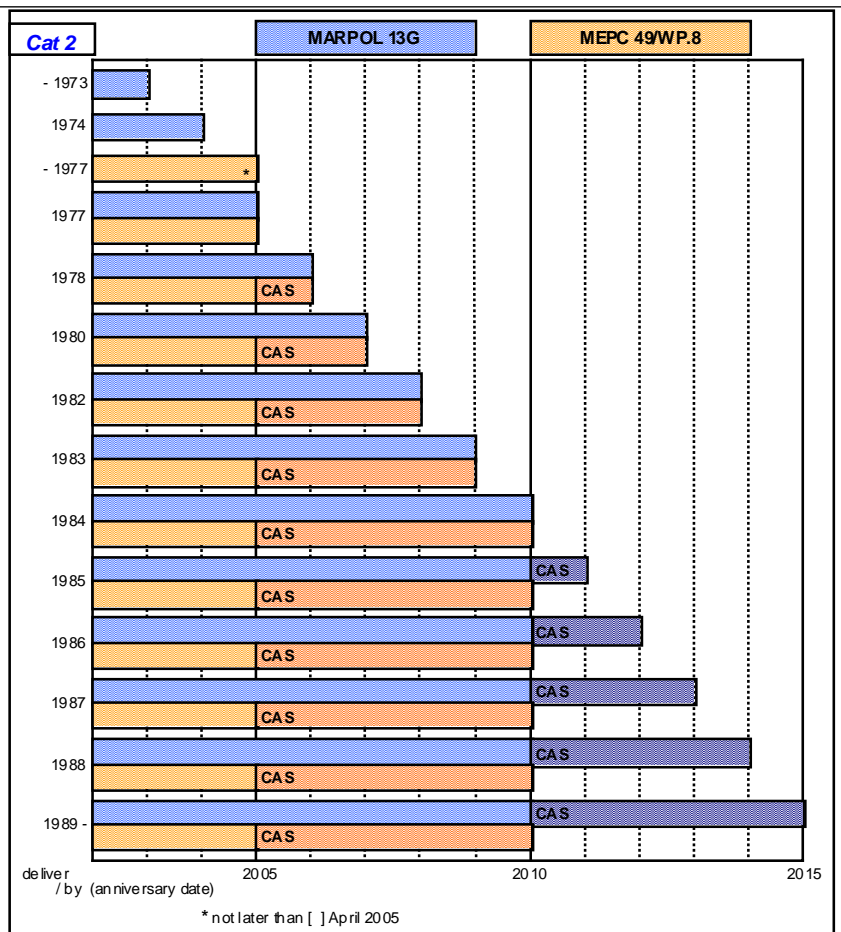
ClassNK

IMO  
▶ SHT

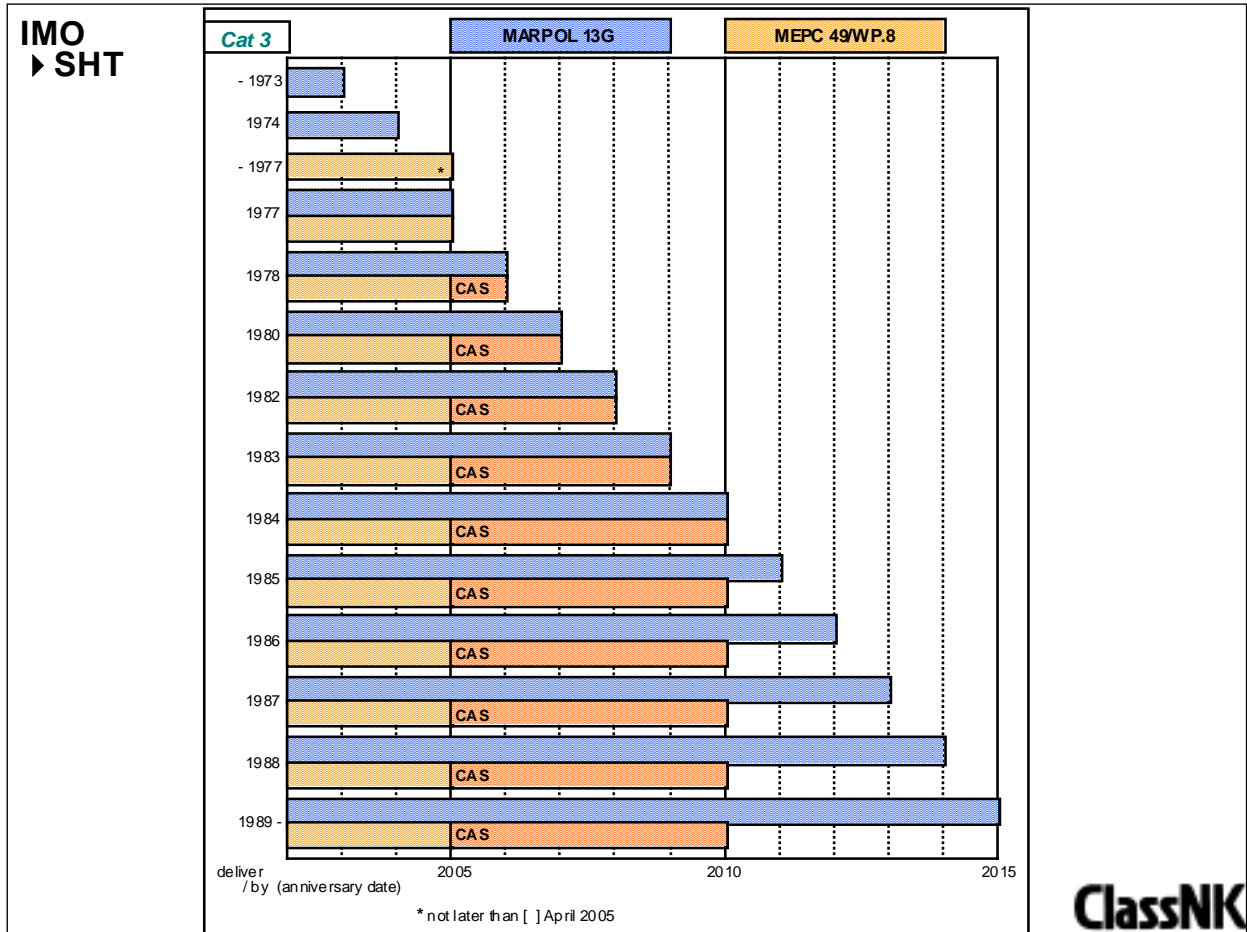


ClassNK

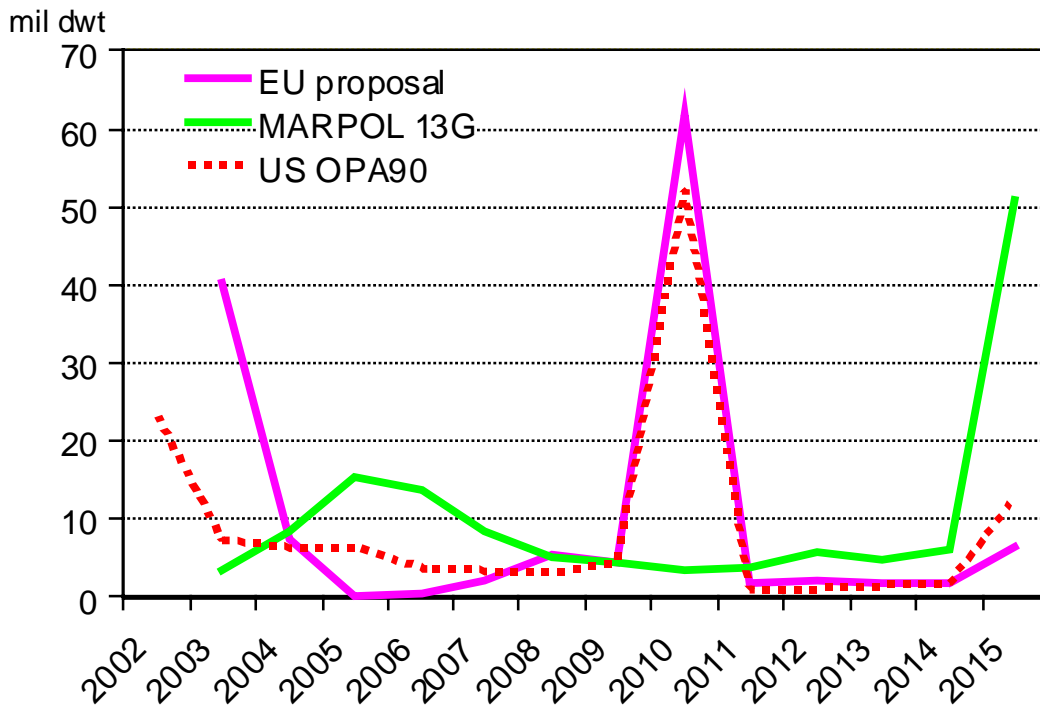
IMO  
▶ SHT



ClassNK



### *Phase-out of single hull tankers > 5,000 dwt*



**INTERTANKO**

## 燃料油タンクの保護

- 経緯
  - エリカ事故を受け海洋環境保全の向上を目的
  - MSC73で検討することが決定
  - DE47から本格審議開始
- MARPOL Annex I を改正
- 燃料油タンクの二重化？
- 適用は新造船のみ

**ClassNK**

## MARPOL条約 Annex IV ～ 船舶からの汚水

### ★汚水処理装置を要求

- 2003年9月27日発効（1978議定書）

#### 適用

- 国際航海・内航船
  - 200GT以上（乗員10人以上：200GT未満も適用）
  - 現存船は発効後10年で適用
- 改正Annex IV
- MEPC51（2004年3月）で採択予定＋16ヶ月後発効
- #### 適用
- 国際航海のみ
  - 400GT以上（乗員15人以上：400GT未満も適用）
  - 現存船は発効後5年で適用

**ClassNK**



## MARPOL条約 Annex VI ～ 大気汚染防止

- 1997年締約国会議において採択
- 2003年秋に発効要件を満たす見込み→1年後に発効

### ★NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)

- ・遡及適用
- ・2000年1月1日以降建造の船舶に搭載される
- ・出力130kWを超えるディーゼルエンジン

### ★焼却炉

- ・遡及適用
- ・2000年1月1日以降建造の船舶に搭載される焼却炉
- ・Standard Specification 決議MEPC.76(40)に従う

**ClassNK**

## Anti-Fouling System 条約 ～ TBTの禁止

- 2001年に条約採択済(未発効)
  - Statement of Compliance を発行
- 適用
  - 新規塗布禁止: 2003.01.01から(又は, 発効してから)
  - 全面禁止: 2008.01.01
- EUの地域規制 ((EC) 782/2003)
  - EU加盟国船: 2003.07.01から新規塗布禁止
  - EU入港船: 2008.01.01から全面禁止
  - 2003.07.01から発効
- USA
  - EUと同様の規制を検討中

**ClassNK**

## バラスト水条約 ～ 有害生物の移動防止

- 2004年春に外交会議開催予定→条約採択
- バラスト水中に含まれる有害海洋生物の移動防止
  - Ballast Water Management Plan
  - Ballast Water Record Book
  - 新船 ( [発効日+3年] [2009年] 以降建造)  
→生物処理装置
  - 現存船 ( [発効日+3年] [2009年] 以前建造)  
→生物処理装置 or 洋上でのバラスト水交換
- 地域規制
  - 豪、米国等数カ国は1990年代にバラスト交換等地域規制

**ClassNK**