

# 2001 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 鋳鉄弁関連	9
2.2 非常発電機の停泊時使用関連	10
2.3 自動閉鎖式空気管頭関連	12
2.4 火災探知警報装置等関連	13
2.5 固定式ガス検知装置関連	18
2.6 機関区域の火災措置関連	20
2.7 無火花構造の通風装置関連	22
2.8 上部舵頭材の所要径計算関連	23
2.9 有害液体汚染防止緊急措置手引書関連	24
2.10 規制冷媒及び代替冷媒関連	25
2.11 イナートガス装置関連	26
2.12 耐氷構造関連	32
2.13 COW 検証の要件関連	35
2.14 ステンレス圧延鋼材及びステンレスクラッド鋼板関連	36
2.15 クロスデッキの強度に関する規定	37
2.16 傾斜試験関連及び復原性試験の省略関連	38
2.17 バウフレアスラミングに対する構造強度に関する規定	40
2.18 コンテナ運搬船の縦通隔壁付き縦通防撓材に関する規定	41
2.19 高齢船の検査強化等関連	42
2.20 溶接施工及び非破壊試験関連	43
2.21 旅客船規則制定関連	46

## 改正 SOLAS 概要

SOLAS II-2 章 (局所消火装置関連)	48
SOLAS V 章	51

## 技術トピックス

機関始動空気管爆発に関する研究	64
船体構造強度評価関連	
1. 直接強度計算ガイドラインの概要 (ダブルハルタンカー編)	68
2. 疲労強度評価ガイドラインの概要 (ダブルハルタンカー編)	86
3. 縦曲げ最終強度ガイドラインの概要 (ダブルハルタンカー編)	98
プロペラ補修指針	105

## — 改正技術規則の解説 —

## 1. 鋼船規則等の一部改正

2000年3月22日以降2001年7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	
機関の溶接施工	和	規則	D編	01.07.18	02.01.01
		要領	D編	01.07.18	02.01.01
主機の自動減速項目	和	規則	D編	01.07.18	02.01.01
高圧燃料油管の火災安全対策	和	規則	D編	01.07.18	01.08.01
危険化学品を運送するはしけ	和	規則	Q編	01.07.18	01.08.01
危険物運搬船の消防設備	和	規則	N編	01.07.18	01.08.01
			R編	01.07.18	01.08.01
			S編	01.07.18	01.08.01
危険物を運送する船舶の特別要件	和	規則	R編	01.07.18	01.08.01
		要領	R編	01.07.18	01.08.01
合成繊維製倉口覆布	和	規則	L編	01.07.18	02.01.01
無人はしけの空气管及び測深管及びビルジ排出装置	和	規則	Q編	01.07.18	02.01.01
丸窓及び角窓の規格	和	規則	L編	01.07.18	02.01.01
丸窓及び角窓の位置	和	規則	C編	01.07.18	02.01.01
			CS編	01.07.18	02.01.01
			要領	C編	01.07.18
救命艇の進水装置等の検査方法	和	規則	安全設備	01.07.18	01.08.01
		要領	安全設備	01.07.18	01.08.01
航海用レーダーの基準	和	規則	安全設備	01.07.18	01.08.01
		要領	安全設備	01.07.18	01.08.01
係船に関する取扱い関連	和	要領	B編	00.10.01	00.10.01
	英	要領	B編	00.10.01	00.10.01
シリンダ内過圧警報装置関連	和	規則	D編		
	英	規則	D編	01.04.10	00.10.01
クランク軸の表面処理の取扱い関連	和	要領	D編	00.10.01	00.10.01
	英	要領	D編	00.10.01	00.10.01
ローズボックスの寸法関連	和	規則	D編		
	英	規則	D編	01.04.10	01.10.01
鋳鉄弁関連	和	規則	D編	01.07.18	02.01.01
		要領	D編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	D編	01.04.10	01.07.01
		要領	D編	01.04.10	01.07.01
非常発電機の停泊時使用関連	和	規則	H編		
		要領	H編		
	英	規則	H編	01.04.10	01.07.01
		要領	H編	01.04.10	01.07.01
主配電盤設置場所関連	和	要領	H編	00.10.01	00.10.01
	英	要領	H編	00.10.01	00.10.01
ばら積貨物船の許容積載重量関連	和	要領	C編	00.10.01	01.02.01
	英	要領	C編	00.10.01	01.02.01

案件	改正規則等			制定日	施行日	
貨物油タンクに設ける倉口関連	和	規則	C編	01.07.18	02.01.01	
	英	規則	C編	01.04.10	01.10.01	
液化ガス貨物の汚染分類関連	英	規則	海防	00.10.01	00.10.01	
油排出監視制御装置の免除関連	和	要領	海防	00.10.01	00.10.01	
	英	要領	海防	00.10.01	00.10.01	
超高把駐力アンカー関連	和	規則	C編	01.07.18	02.01.01	
			CS編	01.07.18	02.01.01	
			L編	01.07.18	02.01.01	
			Q編	01.07.18	02.01.01	
			高速船	01.07.18	02.01.01	
		要領	認定要領	01.07.18	02.01.01	
	英	規則	C編	00.10.01	01.02.01	
			CS編	00.10.01	01.02.01	
			L編	00.10.01	01.02.01	
			Q編	00.10.01	01.02.01	
		高速船	00.10.01	01.02.01		
	要領	認定要領	00.10.01	01.02.01		
	兼用船における油兼用倉とその他の船倉との隔離関連	和	要領	C編	00.10.01	01.02.01
		英	要領	C編	00.10.01	01.02.01
脱出設備関連	和	要領	R編	00.10.01	01.02.01	
	英	要領	R編	00.10.01	01.02.01	
スチレンモノマーの環境制御関連	和	要領	S編	00.10.01	01.02.01	
	英	要領	S編	00.10.01	01.02.01	
舵用非金属ベアリング材関連	和	要領	C編	01.04.10	01.10.01	
			認定要領	01.04.10	01.10.01	
	英	要領	C編	01.04.10	01.10.01	
			認定要領	01.04.10	01.10.01	
自動閉鎖式空気管頭関連	和	規則	D編			
		要領	D編			
			認定要領			
	英	規則	D編	01.04.10	01.07.01	
		要領	D編	01.04.10	01.07.01	
			認定要領	01.04.10	01.07.01	
火災探知警報装置等関連	和	規則	D編			
			H編			
			R編			
		要領	A編			
			D編			
	英	規則	D編	00.10.01	01.02.01	
			H編	00.10.01	01.02.01	
			R編	00.10.01	01.02.01	
		要領	A編	00.10.01	01.02.01	
			D編	00.10.01	01.02.01	
バウドア, サイドドア等の表示警報装置関連	和	規則	C編	01.07.18	02.01.01	
		要領	C編	01.07.18	02.01.01	
	英	規則	C編	01.04.10	01.07.01	
		要領	C編	01.04.10	01.07.01	

案件	改正規則等		制定日	施行日	
揚貨設備要件の見直し関連	和	規則	揚貨設備	01.07.18	01.08.01
		要領	揚貨設備	01.07.18	01.08.01
	英	規則	揚貨設備	01.04.10	01.07.01
		要領	揚貨設備	01.04.10	01.07.01
昇降設備関連	和	要領	居住衛生	00.10.01	01.02.01
船級検査関連	和	規則	B 編	01.07.18	01.08.01
		要領	B 編	01.07.18	01.08.01
	英	規則	B 編	01.04.10	01.07.01
		要領	B 編	01.04.10	01.07.01
検査に係る IACS 統一規則取入れ関連	和	規則	B 編	01.07.18	01.08.01
		要領	B 編	01.07.18	01.08.01
	英	規則	B 編	00.10.01	01.02.01
		要領	B 編	00.10.01	01.02.01
COW 検証の要件関連	和	規則	海防	01.07.18	01.08.01
		要領	海防	01.07.18	01.08.01
	英	規則	海防	00.10.01	01.02.01
		要領	海防	00.10.01	01.02.01
設備規則の検査関連	和	規則	冷蔵設備	01.07.18	01.08.01
			潜水装置	01.07.18	01.08.01
			自動化設備	01.07.18	01.08.01
			船橋設備	01.07.18	01.08.01
			機関予防	01.07.18	01.08.01
			総合火災	01.07.18	01.08.01
		要領	冷蔵設備	01.07.18	01.08.01
	自動化設備		01.07.18	01.08.01	
	英	規則	冷蔵設備	01.04.10	01.07.01
			潜水装置	01.04.10	01.07.01
			自動化設備	01.04.10	01.07.01
			船橋設備	01.04.10	01.07.01
			機関予防	01.04.10	01.07.01
			総合火災	01.04.10	01.07.01
要領		冷蔵設備	01.04.10	01.07.01	
	自動化設備	01.04.10	01.07.01		
旅客船規則	英	規則	旅客船	01.07.18	02.01.01
			B 編	01.07.18	02.01.01
			C 編	01.07.18	02.01.01
			CS 編	01.07.18	02.01.01
			D 編	01.07.18	02.01.01
			H 編	01.07.18	02.01.01
			R 編	01.07.18	02.01.01
	要領	旅客船	01.07.18	02.01.01	
		B 編	01.07.18	02.01.01	

案件	改正規則等		制定日	施行日	
ステンレス圧延鋼材及びステンレスクラッド鋼板 関連	和	規則	C編	01.07.18	02.01.01
			CS編	01.07.18	02.01.01
			K編	01.07.18	02.01.01
		要領	C編	01.07.18	02.01.01
	K編		01.07.18	02.01.01	
	英	規則	C編	01.04.10	01.10.01
			CS編	01.04.10	01.10.01
			K編	01.04.10	01.10.01
要領		C編	01.04.10	01.10.01	
	K編	01.04.10	01.10.01		
スチールコイルの積載関連	和	要領	C編	00.10.01	01.02.01
	英	要領	C編	00.10.01	01.02.01
アルミニウム合金材用溶接材料関連	和	規則	M編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	M編	00.10.01	01.02.01
チェーン部品等の取扱い関連	和	規則	L編	01.07.18	02.01.01
		要領	L編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	L編	00.10.01	01.02.01
		要領	L編	00.10.01	01.02.01
パイプトンネルの配置及び隔離関連	和	規則	C編	01.07.18	02.01.01
			R編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	C編	00.10.01	01.02.01
			R編	00.10.01	01.02.01
消火設備関連	和	規則	R編		
		要領	R編		
	英	規則	R編	01.04.10	01.10.01
		要領	R編	01.04.10	01.10.01
防火構造関連	和	規則	R編		
		要領	R編		
	英	規則	R編	01.04.10	01.10.01
		要領	R編	01.04.10	01.10.01
消火ホースのカップリング及びノズル関連	和	要領	R編	00.10.01	01.02.01
	英	要領	R編	00.10.01	01.02.01
固定式ガス検知装置関連	和	規則	B編	01.07.18	02.01.01
			D編	01.07.18	02.01.01
			N編	01.07.18	02.01.01
			S編	01.07.18	02.01.01
		要領	D編	01.07.18	02.01.01
			N編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	B編	01.04.10	01.07.01
			D編	01.04.10	01.07.01
			N編	01.04.10	01.07.01
			S編	01.04.10	01.07.01
要領	D編	01.04.10	01.07.01		
	N編	01.04.10	01.07.01		
可搬式ガス検知器及び酸素濃度計測器関連	和	規則	D編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	D編	01.04.10	01.07.01
固定式ガス消火装置の警報装置関連	和	規則	R編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	R編	00.10.01	01.02.01

案件	改正規則等		制定日	施行日	
機関区域の火災安全措置関連	和	規則	D 編		
		要領	D 編		
	英	規則	D 編	01.04.10	01.07.01
		要領	D 編	01.04.10	01.07.01
定期的検査関連	英	規則	揚貨設備	00.10.01	00.10.01
検査, 計測機器等の校正関連	和	規則	B 編	01.07.18	02.01.01
			海防	01.07.18	02.01.01
			安全設備	01.07.18	02.01.01
			居住衛生	01.07.18	02.01.01
			冷蔵設備	01.07.18	02.01.01
			揚貨設備	01.07.18	02.01.01
			潜水装置	01.07.18	02.01.01
			自動化設備	01.07.18	02.01.01
			船橋設備	01.07.18	02.01.01
			機関予防	01.07.18	02.01.01
			総合火災	01.07.18	02.01.01
			高速船	01.07.18	02.01.01
			フローティング <sup>ホ</sup>	01.07.18	02.01.01
			海上コンテナ	01.07.18	02.01.01
	試験機	01.07.18	02.01.01		
	要領	試験機	01.07.18	02.01.01	
	英	規則	B 編	01.04.10	01.07.01
			海防	01.04.10	01.07.01
			安全設備	01.04.10	01.07.01
			冷蔵設備	01.04.10	01.07.01
			揚貨設備	01.04.10	01.07.01
			潜水装置	01.04.10	01.07.01
			自動化設備	01.04.10	01.07.01
			船橋設備	01.04.10	01.07.01
			機関予防	01.04.10	01.07.01
			総合火災	01.04.10	01.07.01
高速船			01.04.10	01.07.01	
フローティング <sup>ホ</sup>			01.04.10	01.07.01	
海上コンテナ	01.04.10	01.07.01			
試験機	01.04.10	01.07.01			
要領	試験機	01.04.10	01.07.01		
機関確認運転関連	和	規則	B 編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	B 編	00.12.27	01.01.01
クロスデッキ関連	和	規則	C 編	01.07.18	02.01.01
		要領	C 編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	C 編	01.04.10	01.10.01
		要領	C 編	01.04.10	01.10.01
コンテナ運搬船の高張力鋼使用時の部材寸法関連	和	要領	C 編	01.04.10	01.10.01
	英	要領	C 編	01.04.10	01.10.01
MARPOL 附属書 I 第 13G 規則関連	和	規則	海防		
		要領	海防		
	英	規則	海防	00.12.27	01.01.01
		要領	海防	00.12.27	01.01.01
傾斜試験関連	和	要領	B 編	00.12.27	01.07.01
	英	要領	B 編	00.12.27	01.07.01

案件	改正規則等		制定日	施行日	
バウフレアスラミングに対する構造強度関連	和	規則	C 編	01.07.18	02.01.01
		要領	C 編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	C 編	01.04.10	01.10.01
		要領	C 編	01.04.10	01.10.01
無火花構造の通風装置関連	和	規則	H 編		
		要領	D 編		
			H 編		
			P 編		
			R 編		
			N 編		
			S 編		
	英	規則	H 編	01.04.10	01.07.01
		要領	D 編	01.04.10	01.07.01
			H 編	01.04.10	01.07.01
			P 編	01.04.10	01.07.01
			R 編	01.04.10	01.07.01
			N 編	01.04.10	01.07.01
			S 編	01.04.10	01.07.01
上部舵舵頭材の所要径計算関連	和	規則	D 編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	D 編	01.04.10	01.07.01
提出図面及びその他の書類関連	和	規則	海防	01.07.18	01.08.01
		要領	海防	01.07.18	01.08.01
	英	規則	海防	01.04.10	01.07.01
		要領	海防	01.04.10	01.07.01
有害液体汚染防止緊急措置手引書関連	和	規則	海防	00.12.27	01.01.01
		要領	海防	00.12.27	01.01.01
	英	規則	海防	00.12.27	01.01.01
		要領	海防	00.12.27	01.01.01
アルミペイントの使用制限関連	和	要領	C 編	01.04.10	01.10.01
			D 編	01.04.10	01.10.01
			認定要領	01.04.10	01.10.01
	英	要領	C 編	01.04.10	01.10.01
			D 編	01.04.10	01.10.01
			認定要領	01.04.10	01.10.01
機関室及び非常用発電機室の通風筒関連	和	規則	C 編	01.07.18	02.01.01
			CS 編	01.07.18	02.01.01
		要領	C 編	01.07.18	02.01.01
			CS 編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	C 編	01.04.10	01.10.01
			CS 編	01.04.10	01.10.01
		要領	C 編	01.04.10	01.10.01
			CS 編	01.04.10	01.10.01
炭酸ガス容器の圧力逃し弁関連	英	要領	R 編	01.04.10	01.07.01
国際航海に従事しない船舶又は総トン数 500 トン未満の船舶の船舶安全管理システム	和	規則	2000 年制定	00.07.27	00.08.01
		要領	2000 年制定	00.07.27	00.08.01



案件	改正規則等		制定日	施行日	
損傷時及び非損傷時復原性関連	和	規則	C編		
			U編		
			旅客船		
		要領	C編		
	U編				
	英	規則	C編	01.04.10	01.07.01
			U編	01.04.10	01.07.01
			旅客船	01.07.18	02.01.01
		要領	B編	01.04.10	01.07.01
			C編	01.04.10	01.07.01
U編			01.04.10	01.07.01	
復原性試験の省略関連	和	要領	B編	00.12.27	01.01.01
			高速船	00.12.27	01.01.01
	英	要領	B編	00.12.27	01.01.01
			高速船	00.12.27	01.01.01
コンテナ運搬船の縦通隔壁付き縦通坊撓材関連	和	規則	C編	01.07.18	02.01.01
	英	規則	C編	01.04.10	01.10.01
規制冷媒及び代替冷媒への対応関連	和	規則	D編	01.07.18	02.01.01
			高速船	01.07.18	02.01.01
			冷蔵設備	01.07.18	02.01.01
		要領	D編	01.07.18	02.01.01
	冷蔵設備		01.07.18	02.01.01	
	英	規則	D編	01.04.10	01.10.01
			高速船	01.04.10	01.10.01
			冷蔵設備	01.04.10	01.10.01
		要領	D編	01.04.10	01.10.01
			冷蔵設備	01.04.10	01.10.01
冷蔵設備			01.04.10	01.10.01	
イナートガス装置	和	規則	D編		
			D編		
		要領	N編		
			S編		
	英	規則	D編	01.04.10	01.07.01
			D編	01.04.10	01.07.01
		要領	N編	01.04.10	01.07.01
			S編	01.04.10	01.07.01
燃料油置タンクの水圧試験関連	和	要領	D編	00.12.27	01.06.01
	英	要領	D編	00.12.27	01.06.01
油濁防止緊急措置手引書関連	和	要領	海防	00.12.27	01.06.01
	英	要領	海防	00.12.27	01.06.01
タンカーの船首尾荷役設備関連	和	規則	D編		
	英	規則	D編	01.04.10	01.07.01
タンカー船首部バラストシステム関連	和	要領	D編	01.04.10	01.07.01
	英	要領	D編	01.04.10	01.07.01
「A」級仕切りの接着剤及び火災試験方法関連	和	要領	R編	00.12.27	01.01.01
			船用材料	00.12.27	01.01.01
	英	要領	R編	00.12.27	01.01.01
			船用材料	00.12.27	01.01.01
耐氷構造関連	和	規則	C編	00.12.27	01.01.01
		要領	C編	00.12.27	01.01.01
	英	規則	C編	00.12.27	01.01.01
		要領	C編	00.12.27	01.01.01

案件	改正規則等			制定日	施行日	
ばら積貨物船における直接強度計算時の載貨状態	和	要領	C編	01.07.18	02.01.01	
	英	要領	C編	01.07.18	02.01.01	
高齢船の検査強化等関連	和	規則	B編	01.07.18	01.08.01	
			事業所承認	01.07.18	01.08.01	
	英	規則	B編	01.04.10	01.07.01	
			事業所承認	01.04.10	01.07.01	
溶接工事の品質管理確認	和	規則	C編	01.07.18	02.01.01	
			D編	01.07.18	02.01.01	
			M編	01.07.18	02.01.01	
		要領	B編	01.07.18	02.01.01	
			C編	01.07.18	02.01.01	
			D編	01.07.18	02.01.01	
	M編		01.07.18	02.01.01		
	英	規則	C編	01.07.18	02.01.01	
			D編	01.07.18	02.01.01	
			M編	01.07.18	02.01.01	
		要領	B編	01.07.18	02.01.01	
			C編	01.07.18	02.01.01	
			D編	01.07.18	02.01.01	
			M編	01.07.18	02.01.01	
N編			01.07.18	02.01.01		
アルミ合金の溶接施工方法	和	規則	M編	01.07.18	02.01.01	
		要領	M編	01.07.18	02.01.01	
	英	規則	M編	01.07.18	02.01.01	
		要領	M編	01.07.18	02.01.01	
	機械式過給機の主要部品及びクランク室の逃し弁	和	規則	D編	01.07.18	02.01.01
		英	規則	D編	01.07.18	02.01.01
防爆形電気機器の引用規格	和	要領	H編	01.07.18	02.01.01	
			冷蔵設備	01.07.18	02.01.01	
			高速船	01.07.18	02.01.01	
	英	要領	H編	01.07.18	02.01.01	
			冷蔵設備	01.07.18	02.01.01	
			高速船	01.07.18	02.01.01	
音響測深機の基準	和	規則	安全設備	01.07.18	01.08.01	

## 2.1 鋳鉄弁関連

### 改正背景

- (1) 現行規則において、鋳鉄製の弁を1類管等に使用することは禁止されている。これは、一般的に鋳鉄で鋳造成形される弁は外部からの機械的荷重等の衝撃荷重に弱いため、重要な用途の管装置に使用するには不相当であるという理由によっている。しかしながら、鋳造成形ではなく、鋳鉄製のブロックから作動流体の通路を削り出したようなものは、外部からの機械的な荷重に対しても十分な強度を有するように製造することができる。鋳鉄製の弁は、鋳鉄特有の内部微小空間に油がしみ込むことにより摺動部が潤滑されるため、方向制御弁、ブロック弁、ソレノイド・バルブと呼ばれる油圧を作用させる方向の制御を行う弁として適している。このため、このような弁を1類管に使用できるように、その取り扱いを規則及び検査要領に定めた。
- (2) 現行規則では、燃料油タンクの外壁に直接取り付けられる弁については、伸びが12%以上の鋳鉄の場合には製造法承認の取得が要求されている。これに対して、MSC Circ.847(1998)等に鑑み、伸びが12%以上の鋳鉄品であればJIS規格又は本会が適当と認める規格に適合した材料の使用が認められるように改めた。
- (3) 現行規則では、外板又はシーチェストに直接取り付けられる弁については、伸びが12%以上の鋳鉄の場合には製造法承認の取得が要求されている。しかしながら、本件については1999年の鋼船規則K編一部改正により、K編中に伸びが12%以上の鋳鉄品の規定が既に取り入れられており、もはやD編中にある製造法承認に係る要件は不要となったため、これを削除した。

### 改正内容

- (1) 規則において、用途及び構造を考慮して本会が適当と認める場合には鋳鉄弁を1類管の弁及び管取り付け物に鋳鉄品を使用できる旨を規定し、検査要領において、甲板油圧機器等で油圧を作用させる方向の制御に使用される弁であって、堅固な構造を有し、かつ、作動流体の最高使用圧力の5倍（ねずみ鋳鉄品の場合は10倍）以上の破壊圧力で設計される必要があることを示した。
- (2) 燃料油タンクの外壁に直接取り付けられる弁については、伸びが12%以上の鋳鉄品であればJIS規格又は本会が適当と認める規格に適合した材料が使用できるように改めた。
- (3) 外板に直接取り付けられる弁等については、伸びが12%以上の鋳鉄の場合には従来の取り扱いと同様に製造法承認の取得必要な、K編の規定に適合した材料が要求される。  
 なお、従来外板若しくは船首隔壁に直接取り付けられる弁及び管取り付け物については、呼び径100A未満、又は、設計圧力3MPa未満かつ設計温度が230℃以下の場合、JIS規格又は本会が適当と認める規格に適合した材料の使用を認めていたが、今般、管装置に使用されるnodular cast ironについて規定したIACS UR P2.3.3に鑑み、「外板又はシーチェストに取付けられる弁、座金及びディスクスタンスピース」に使用される鋳鉄品（伸びが12%以上のもの）は、K編の規定に適合した材料に限り認めることとした。

## 2.2 非常発電機の停泊時使用関連

### 改正背景

SOLAS II-1 章 43.1.4 規則では、例外的かつ短期間、非常発電機を非常用以外の回路へ給電して差し支えない旨規定している。この規則でいう「例外的かつ短期間」の解釈として、IACS UI SC 3 (1985 年制定) では、「デッドシップ状態」、「ブラックアウト状態」及び「非常発電機の定期的試験時」を掲げ、これらの状態においてのみ、非常発電機を非常用以外の回路への給電に使用してよい旨解釈していた。NK では、従来からこの規定に基づく運用を行ってきたが、今般、IACS において、この UI SC 3 が改正され、前述の 3 つの状態に加え、「非常発電機を停泊時に主電源として使用する場合」と、これに関連する「非常発電機と主発電機の短時間の並行運転時」が追加されることとなった。また、非常発電機の停泊時の使用に関して、非常発電機及び関連の設備が具備すべき条件を定めた UI SC 152 も同時期に制定された。鋼船規則検査要領 H 編へ非常発電機を停泊時に使用して差し支えない旨を明文化するとともに、非常発電機及び関連の設備が具備すべき条件を定めた UI SC 152 の取り入れを行った。

### 改正内容

#### 鋼船規則 H 編

##### 3 章設備計画

##### 3.3 非常電気設備

##### 3.3.1 一般

-4.の規定を改めた。従来は、適切な手段が講じられていれば、非常発電機を非常回路以外への給電に使用して差し支えない旨を記述していたが、SOLAS II-1 章 43.1.4 規則に記載されるとおり、適切な手段が講じられている場合であっても非常発電機の給電は例外的かつ短期間に限られる旨に規定を改めた。また、この例外的かつ短期間の解釈として、同規則検査要領 H3.3.1-1 に以下の 5 つの状態を掲げることとした。5 つの状態のいずれかに該当する場合のみ、非常発電機を非常回路以外への給電に使用することができる。

#### 【例外的かつ短期間とは】

- (1) ブラックアウト状態
- (2) デッドシップ状態
- (3) 非常発電機の定期的試験時
- (4) 主発電機と非常発電機との短時間の並行運転時
- (5) 停泊中に非常発電機を主電源として使用する場合

#### 鋼船規則検査要領 H 編

##### 3 章設備計画

##### H3.3 非常電気設備

##### H3.3.1 一般

上述のように、-1.に「例外的かつ短期間」と見なされる船舶の状態を掲げた。

-2.には、IACS UI SC152 を基に、停泊時に非常発電機を使用する場合の要件について規定した。

- (1) 過負荷対策  
非常発電機を停泊時に使用する場合は、一般的には、非常配電盤より主配電盤へ逆給電を行う。この場合、主配電盤側で負荷を過剰に接続すると非常発電機は過負荷となってしまう。このような場合であっても、非常発電機の過負荷による停止を防止するため、非常配電盤と主配電盤との接続線には、非常発電機の過負荷によって接続線を切り離すような設備が必要となる。また、停泊専用の分電盤へ給電するような場合であっても非常負荷への給電を確保するため、非常発電機容量が十分である場合を除き、同様の設備を設けることが必要である。
- (2) ディーゼル機関に対する警報及び自動停止  
非常発電機に対しては、鋼船規則 D 編 2.4.1-4.及び 2.5.5-1.に規定する自動停止装置は要求されないが、停泊用として使用される場合には、一般の発電機と同様、これらの装置を設けることが必要である。この場合、従来から要求されている自動停止装置のオーバーライド装置も鋼船規則 D 編により要求されることに注意する必要がある。
- (3) 燃料油供給タンクの低液面警報装置  
停泊用として使用される非常発電機は、非常時の燃料供給を確保するため、燃料油供給タンクに低液面警報装置を設ける必要がある。
- (4) 火災探知器  
非常発電機室には、鋼船規則 R 編 5.1.13 に規定する火災探知器を設ける必要がある。この場合、火災警報表示盤等へ非常発電機室としての単独表示を行わなくてもよい。
- (5) 非常負荷への迅速な給電  
非常負荷への給電を迅速に行うための切替え手段を設けること。主配電盤と非常配電盤との接続線を利用して主配電盤への逆給電を行うような場合には、この接続線を切り離す手段がここで言う切替え手段に相当する。
- (6) 停泊用として設けられる回路  
停泊用として設けられた回路の故障によって、非常用の回路が影響を受けることがないように、停泊用の回路を配置し、かつ、保護するよう規定した。具体的な措置については、個船毎に確認することになる。
- (7) 取扱説明書  
停泊時を含む一連の操作に関する取扱説明書を設けるよう規定した。

## 2.3 自動閉鎖式空気管頭関連

### 改正背景

今般、国際基準との整合性を図るため、IACS UR P3 (1998)を参考にして自動閉鎖式空気管頭(ボール入り及びフロートディスク式空気管頭)の承認基準、設計要件、性能要件を船用材料・機器等の承認及び認定要領に、また、当該空気管頭は承認品であることを要求する旨、鋼船規則 D 編及び同検査要領に規定した。

### 改正内容

1. 鋼船規則 D 編 13.6.2-2., 検査要領 D 編 D13.6.2-1.及び-2.  
規則を改め、自動閉鎖式空気管頭は、本会の承認品であることが必要である旨規定した。  
検査要領を改め、本会の承認を得た自動式閉鎖式空気管頭は、有効な閉鎖装置を有するものである旨規定し、“ボール入り空気管頭及びフロート式空気管頭”という空気管頭の構造規定は削除した。
2. 船用材料・機器等の承認及び認定要領 第6編 2章  
2.1.1 の予め本会の承認を得ることが要求される船用機器の項目に「自動閉鎖式空気管頭」を追加した。  
自動閉鎖式空気管頭が満足すべき性能要件及び構造要件並びに承認試験に関する要件を下記のように 2.4.2-10.に追加した。
  - (1)性能要件及び構造要件
    - (a) 材料
    - (b) 構造及び寸法
  - (2)試験
    - (a) 自動閉鎖式空気管頭の試験
      - i)繰り返し浸水気密試験（最大許容漏水量 7リットル/min）  
通常的位置及び 40 度傾斜の状態
      - ii)容積流量率に対する圧力低下の測定（水を使用して行う）
    - (b) 非金属製ボールフロートの試験
      - i)衝撃試験  
2.5Nm, 5 回の試験において永久変形、ひび割れ及び表面損傷が生じないこと。  
25Nm, 5 回の試験において永久変形及びひび割れが生じないこと。局所的な表面の損傷は許容される。
      - ii)圧縮負荷試験  
350kg の負荷で 60 分間保持する。
    - (c) 金属製ボール及びフロート閉鎖装置の試験

(1)(a)に規定される‘腐食に対する十分な保護’の対策として、材料自体に防食性のある金属材料であるステンレス鋼等が考えられるが、ケーシングの外側及び内部をタールエポキシ等の防食塗装又は亜鉛めっきを施した鋳鉄についても認める。また、(2)(a)i)に規定される 1 サイクル当たりの最大許容漏水量は、ディスクフロート式で接続部のフランジ内径が 200mm のものを想定して 7l/min としたが、フランジ内径により、その都度考慮しなければならない。(2)(c)により金属製の自動閉鎖装置の場合、(a)の試験に加え、(b)i)の衝撃試験は室温及び乾燥状態の試験条件のみでよく、(b)ii)の圧縮負荷試験は要求されない。

## 2.4 火災探知警報装置等関連

### 改正背景

SOLAS II-2 章の条文中に含まれる曖昧な表現に対する解釈は、IMO において MSC Circular 847 として纏められ、1998 年 6 月 12 日に発行された。これらの解釈については、ほとんどのものが既に規則、検査要領等に取り入れられているが、未だ周知又は明文化されていない一部の解釈について取り入れを行うこととした。

### 改正内容

#### D 編 機関

##### 1 章 通則

##### 1.3 機関に対する一般要件

##### 1.3.4 火災対策

従来から要求されている燃料油ポンプ等の設置区画外からの非常停止において、停止すべきポンプ類に、潤滑油供給ポンプ、熱媒油循環ポンプ及び油分離器を追加した。なお、熱媒油循環ポンプについては、鋼船規則 D 編 13.11.2(2)に同様の規定が設けられていたが、同規定を削除し、他のポンプ類とともに本規定中に記載することとした。

#### H 編 電気設備

##### 2 章 電気設備及びシステム設計

##### 2.2.13 通風機及びポンプの遠隔停止

遠隔停止が要求される通風機及びポンプとして、D 編 1.3.4 の改正と同様に潤滑油ポンプ、熱媒油循環ポンプ及び油分離器を追加した。

#### R 編 防火構造、脱出設備及び消防設備

##### 5 章 貨物船の消防設備

##### 5.1 火災探知及び消火装置

##### 5.1.13 固定式火災探知警報装置

(14) SOLAS II-2 章 13.1.15 規則に規定される火災位置識別機能を有する火災探知警報装置に対する具体的な要件を記載した。詳細は以下のとおりである。

- (a) 火災位置識別機能を有する火災探知警報装置とは、作動した個々の探知器を表示盤等で確認できる機能を有する火災探知警報装置をいう。この装置は、複数の探知器及び手動発信器をループ状の接続線によって結ぶことによって、単一損傷（1カ所における断線、短絡等）に対する冗長性を持たせている。一般の火災探知警報装置は、各甲板毎に探知器を単線のケーブルによって接続し、端部に挿入された終端抵抗によって、途中の断線、短絡等の事故を検出して、故障警報を出力する。一方、火災位置識別機能を有する火災探知警報装置は、上述のようにループ状の接続線であるため、1カ所で損傷が起きた場合には、そのまま継続して使用することができる。しかしながら、ループ中の2カ所が損傷すると事故点に挟まれる探知器は、使用不能になってしまうため、ループは同時に2カ所以上が損傷しないように配置されなければならない。この規定を満たすためには、当該規定の検査要領に示されるように、同一区画で1つのループを2度通さないように配置するなどの対応が必要となる。
- (b) ループの冗長性に関する規定である。具体的な機能については、上記(a)を参照。
- (c) 探知器個々の識別機能及び前述の冗長性などの要求により、一般的な火災位置識別機能を有する火災探知警報装置は、コンピューター制御されているものがほとんどである。

る。このため、故障復旧後の再起動のためには、メモリーに保持された内容を解放し、ROM に焼かれたプログラムなどを利用して、初期状態に戻すような機能が必要となる。パソコンなどのリセットスイッチのようなものがこの機能を果たすものとなる。

- (d) ここでの要求を満たすためには、警報点の記憶保持機能が必要である。時間的に遅れて探知した箇所の火災についても警報として出力されるよう規定したものである。
- (e) ループの独立性に関する規定である。前述のように、火災位置識別機能を有する火災探知警報装置は、単一損傷に対する冗長性があるものの、2カ所の損傷に対しては脆弱であるため、前述(a)の要求のほか、最小限の独立性が要求される。

## 鋼船規則検査要領

### A 編 総則

#### A2 定義

##### A2.1 適用等

##### A2.1.36 居住区域

「居住区域」の定義に含まれる「調理器具のない配ぜん室」を解釈したものである。5kW 以下のコーヒーマーカー、トースター、食器洗い器、電子レンジ、湯沸器等については、ここでいう調理器具とはみなされないため、同室に設置することができる。ただし、ホットプレートについては、2kW 以下で、かつ、その表面温度が 150°C を超えないもののみ、設置が可能である。

##### A2.1.37 公室

「公室」に分類される「食堂」には、「調理器具のない配ぜん室」に設置可能な機器を設けることができる。このため、「食堂」には、5kW 以下の電気機器、2kW 以下で表面温度が 150°C を超えないホットプレートなどを設置することができるが、これらの定格を超える電気機器については、「食堂」に設置することができない。設置する場合には、「食堂」は「公室」ではなく、「業務区域」に分類されることに注意する必要がある。

### D 編 機関

#### D1 通則

##### D1.3 機関に対する一般要件

##### D1.3.3 燃料油の使用制限

- (11) 引火点が 61°C 以下で、かつ、43°C を超える燃料油を使用する場合の要件については、検査要領 D1.3.3 に、燃料油タンクを A 類機関区域内に設けてはならないなどの要件が定められている。今回の改正により、従来からの要件に加え、ポンプの吸引管に温度計測装置を備えなければならない旨の要件が追加された。

#### D13 管艙装

##### D13.2 配管

##### D13.2.1 配管に対する一般要件

- 1. 船内に給油ポンプを備えない場合の燃料油給油管には、逃がし弁を設けなくてよい旨の解釈を示した。

##### D13.9 燃料油管装置

##### D13.9.3 燃料油タンクよりの吸引管の弁装置

- 2. 空気タンクの兼用

- (3) 非常発電機用燃料油タンク吸引元弁の遠隔閉鎖用空気管系統については、他の燃料油



タンク吸引元弁の遠隔閉鎖用空気管系統から独立した配管としなければならない旨を示した。

## D13.10 潤滑油管装置及び操作油管装置

### D13.10.1 一般

- 2. 油圧弁及び油圧シリンダーより漏出した油が高温表面（排気管等）に接触するおそれがある場合、それらの弁及びシリンダーの下部に金属製油受け皿を設けなければならない旨を示した。
- 3. 潤滑油タンクの遠隔閉鎖装置に関する軽減規定を明文化した。次のいずれかに該当する場合、同装置を設けなくても差し支えない。（(2)に該当する場合の例としては、減速ギア用潤滑油重力タンク（2～3m<sup>3</sup>程度）などがある。）
  - (1) 潤滑油タンクの容量が 500l 未満の場合
  - (2) 潤滑油タンク吸引元弁を閉鎖することにより、主推進装置又は重要な補機の安全な操作を妨げる場合

## R 編 防火構造，脱出設備及び設備規則

### R1 通則

#### R1.1 一般

##### R1.1.3 定義

- 4. 非常操舵場所を有する操舵機室については、「制御場所」とみなさない旨の解釈を示した。この解釈は従来どおりである。
- 5. 「制御場所」に分類される蓄電池設置区画を列記した。

### R2 貨物船の防火構造

#### R2.3 隔壁及び甲板の保全防熱性

##### R2.3.1 隔壁及び甲板の保全防熱性

航海機器の設置場所は「制御場所」に分類される。今回の改正では、ここでいう航海機器は、操舵スタンド、コンパス、レーダー及び方位測定装置などが該当する旨を括弧書きで示した。

### R5 貨物船の消防設備

#### R5.1 火災探知及び消火装置

##### R5.1.2 非常用消火ポンプ

- 4. 非常用消火ポンプに関して、「本会の適当と認める加熱装置」の具体例を示した。非常用消火ポンプ設置区画の暖房設備，ディーゼル機関の冷却水等の電熱器などがここでいう「本会の適当と認める加熱装置」として認められる。
- 5. 手動以外の非常用消火ポンプの始動手段については、圧縮空気，蓄電池，油圧，火薬カートリッジなどが該当する旨の解釈を示した。

##### R5.1.10 機関区域の固定式高膨張泡消火装置

- 2. 高膨張泡消火装置の泡の供給ダクトに関する要件を示した。
  - (1) 供給ダクトは 5mm 厚以上の鋼製のものでなければならない旨明記した。従来の規定では、具体的な厚さの記述はなかった。
  - (2) 泡発生機の設置区画と保護される区画が隣接する場合の供給ダクトの長さについて規定した。供給ダクト長が短いと、泡により保護される区画内の火災によって泡発生機そのものが影響を受ける恐れがあるため、供給ダクトの適当な長さ（450mm 以上）

が必要である旨を示した。

- (3) 耐火性の閉鎖装置に関する要件である。閉鎖装置は、3mm 厚以上のステンレス製ダンパーでなければならない旨を具体的に示した。IMO Circ.847 では、このダンパーは自動式のものでなければならない旨解釈されている。一方、国土交通省の規定においては、手動操作のものでなければならないとなっている。両者の要求を満足するよう「自動操作のもので、手動でも操作できなければならない」旨を示すこととした。
- 5 機関区域以外に設置される高膨張泡消火装置についても、鋼船規則 R 編 5.1.10 を適用しなければならない旨を示した。

#### R5.1.12 自動スプリンクラ装置(火災探知及び火災警報の装置を内蔵するもの)

- 1. 自動スプリンクラの各系統の止め弁は、系統が保護する区画外に設けられなければならない旨を示した。階段囲壁内のキャビネットについては、通路を保護する自動スプリンクラの止め弁を対象として考えられたものである。
- 3. SOLAS II-2 章 11.5.2 に規定される自動スプリンクラの圧力については、圧力計算書を本会に提出し、承認を得なければならない。本会が必要と認めた場合には、さらに実効試験が要求される。

#### R5.1.13 固定式火災探知警報装置

- 1. 火災探知警報装置の「系統」についての解釈を示した。火災位置識別機能を有する火災探知警報装置の出現により、従来の接続線をイメージした電氣的な「系統」では、鋼船規則 R 編 5.1.13 に規定される火災探知警報装置の要件を満たす上で不都合が生じる。例えば、火災位置識別機能を有する火災探知警報装置のループによって、A 甲板から D 甲板までの複数の甲板を保護する場合、SOLAS では、系統を甲板毎に分けなければならない旨規定しているため、従来の概念でこの要求を満たそうとすると、甲板毎、即ち、A 甲板から D 甲板まで、4つのループに分けることが必要と解釈されてしまう。このため、ループが1つの場合であっても、表示盤に出力されるグループを A 甲板から D 甲板までの4つに分ければ、要求を満たすという解釈が可能のように、「系統」の定義を「表示盤に出力されるグループ」とした。
- 3. 火災探知警報装置の制御盤に設けることができる機能について列記した。鋼船規則 R 編 5.1.13-1.(13)に規定される独立性の要求に対して、当該検査要領に列記される機能については、防火戸の閉鎖に類似する機能として認められる。
- 4. 鋼船規則 R 編 5.1.13-1.(14)でいう「火災位置識別機能を備える火災探知警報装置」及び「ループ」の定義を記載した。
- 5. 前述の鋼船規則 R 編 5.1.13(14)(a)の解説で述べたように、火災位置識別機能を備える火災探知警報装置に対する要件のうち、「火災により同時に 2 カ所以上損傷しないように配置しなければならない」についての具体的な解釈を示した。
- 6.(4) 通路、ロッカー及び階段に設ける火災探知器については、隔壁から十分な距離を離して設置することができない場合がある。このような場合については、隔壁から 0.5m 以内に設置して差し支えない旨の解釈を示した。
- 9. 動作温度が 130°Cの熱探知器については、鋼船規則 R 編 5.1.13-3(4)にいう乾燥室等の高温が予想される場所における「天井の最高温度に 30°Cを加えた温度」とみなすことができる旨の解釈を示した。

#### R5.1.14 試料抽出式煙探知装置

- 1. 試料抽出式煙探知装置に関する規定のうち、「本会が認める総応答時間」についての解釈を示した。

- (a) 煙を吸引する管を連続的に監視しているものにあつては、吸煙してから3分以内に警報を発するように設備する必要がある。
- (b) 各煙吸引管を1つの光源によって断続的に監視するものにあつては、吸煙してから警報を発するまでの時間が3分以内で、かつ、監視区域を感知する1サイクルの時間が鋼船規則検査要領 R5.1.14-1. の算式により得られる値を超えるものであつてはならない。また、この場合、1サイクルの時間は2分以内でなければならない。

## R5.2定期的に無人となる機関区域等に対する追加要件

### R5.2.2 消火主管からの迅速な給水

- 1. 1600トン未満のM0船については、機関区域内の通路の配置により、消火主管からの迅速な給水に関する規定が免除される。この免除規定が適用可能な機関区域内の通路配置については、機関区域内の主消火ポンプ用始動装置（スタータ）が容易に接近できる場所に設置される場合が該当する旨の解釈を示した。

## 2.5 固定式ガス検知装置関連

### 改正背景

タンカー、液化ガスばら積船及び危険化学品ばら積船には、防火の観点からガス検知装置の設置が要求される。今般、ガス検知装置をガス安全区画内に備え付ける場合の要件が IACS UR F43 (Rev.1 1999)として公表されたため、同要件を取り入れた。また、タンカーの年次検査において、液化ガスばら積船及び危険化学品ばら積船と同様に、固定式／可搬式ガス検知装置及び警報装置の作動試験並びに酸素濃度計測装置の作動試験を行うこととした。さらに UR F39 の改正(Rev.2 1997)を参考として、タンカー(引火点が 60℃を超えるものを除く。)の貨物ポンプ室内のガス濃度監視に関する要件を明確化した。

### 改正内容

#### 1 タンカーの年次検査

規則 B 編 3.3.2 の表 B3.8 を改め、液化ガスばら積船及び危険化学品ばら積船と同様に、タンカーについても、年次検査の試験項目として固定式／可搬式ガス検知装置及び警報装置の作動試験並びに酸素濃度計測装置の作動試験を追加した。

#### 2 タンカーの貨物ポンプ室におけるガス濃度監視

タンカーの貨物ポンプ室内のガス濃度監視は、原則として連続的な監視が要求され、順次ガスを採取して監視する場合、当該装置はポンプ室専用で、かつ、そのサンプリング間隔はできるだけ短くなければならない旨、規則 D 編 14.4.8-4.に明記した。

#### 3 タンカー、液化ガスばら積船及び危険化学品ばら積船のガス検知装置

タンカー、液化ガスばら積船及び危険化学品ばら積船に非防爆測定機器を有する吸引式の固定式ガス検知装置をガス安全区画に設置する場合、当該装置はガス安全区画の前部隔壁に取付けられなければならない旨、鋼船規則 D 編 14.4.8-5.に規定し、その取扱いを検査要領 D14.4.8 に設けた。

- (1) 原則として、ガス採取管は、ガス安全区画(炭化水素ガスの侵入により、引火性又は毒性の危険が生ずる区画をいう。)を通過させてはならない。
- (2) ガス採取管には、フレイム・アレスターを備えなければならない。ただし、比較的径の大きい通風装置のものを想定した本会承認試験は、ガス採取管のような径の小さいものに対しては不相当であるので、当該フレイムアレスターは本会が適当と認める規格に適合したものでよい。一方、採取した試料ガスの排出管には、フレイム・スクリーンを備えなければならない。また、排出される試料ガスは濃度が低く、排出量も少ないことを考慮して、排気口は暴露甲板上の安全な位置として、最も近い空気取入口、排気口又は居住区域、業務区域及び制御場所又は他の非危険場所から 3m 以上の水平距離をおいて大気に導くものとした。
- (3) ガス採取管のガス安全区画とガス危険区画の隔壁貫通部はガスの漏洩を防ぐため、本会が承認した構造又は取付物(R1.2.1-8.参照)により、隔壁と同等の防火性能を有しなければならない。ガス安全区画側の隔壁には、各ガス採取管に止め弁を設けなければならない。
- (4) ガス検知装置(ガス採取管、吸引ポンプ、電磁弁及び検知器等を含む。)は、気密の鋼製キャビネットに配置しなければならない。また、キャビネット内部が LFL(ガス濃度が空気中における燃焼限界の下限)の 30%を超えた場合、自動的にガス検知

- 装置が停止し、貨物制御室及び船橋に可視可聴の警報が発せられなければならない。
- (5) キャビネットを直接、前部隔壁に設置できない場合、ガス採取管は、鋼又は同等の材料(銅管も認められる。)でなければならない。かつ、隔壁及び検知装置に備えられる止め弁の接続部分以外に、ガス採取管を取り外すことができないものとし、また、できる限り短い配管としなければならない。

鋼船規則 D 編 14.5.7-2.の‘ガス安全区画’の注釈は、14.4.8-5.と重複するので削除した。

液化ガスばら積船及び危険化学品ばら積船に備える吸引式固定式ガス検知装置についても、D 編の規定を参照するよう規則 N 編 13.8.1 及び S 編 13.3.1 として参照規定を追加した。

液化ガスばら積船にあつては、試料ガスの排出口に関する規定に関し整合性を図り、鋼船規則検査要領 N 編 N8.2.11(2)を改正及び N13.6.5 を削除することで、排出口と非危険場所の距離が‘10m 以上’から‘3m 以上’に緩和されるが、採取ガスが危険でない場合に採取区画にガスを戻すことが禁じられることとなった。

なお、燃料として貨物を利用する液化ガスばら積船にあつては、鋼船規則規則 N 編 16.3.10 に規定される警報を考慮して、ガス検知装置のキャビネット内部のガス濃度が *LFL* の 30%を超えたときに主ガス燃料弁を遮断するものでなければならない旨、規則 N 編 13.8.1 に規定した。

## 2.6 機関区域の火災安全措置関連

### 改正背景

機関区域の火災安全措置関連規定に関して、UR F35 の改正(Rev.6 1999)等に鑑み、次の項目について見直しを行った。

- (1) 機関区域における火災の危険性を増加させる材料の使用制限について明確化した。
- (2) 機関区域に備える油圧装置の油飛散防止措置を規定した。
- (3) フレキシブル管継手の構造，耐火性等及び使用個所を承認の対象とする旨，規定した。
- (4) 油タンクに取り付ける液面スイッチの火災安全措置を明確化した。
- (5) 燃料油管装置に渦巻き形ポンプを備える場合の規定を追加した。
- (6) 燃料油こし器の飛散防止について明確化した。
- (7) 燃料油タンク内の燃料油を引火点の下 10℃を超えて加熱する場合の特別措置について一部規定を改めた。
- (8) SOLAS II-2/15.2.4 を明記した。
- (9) 可燃性油管の飛散防止措置について見直しを行った。

### 改正内容

#### [規則 1.3.4-8.]

UR F35.5.1.4 及び.5 を参考として、火災の危険性を増加させる材料の機関区域における使用制限について明確化した。

#### [規則 1.3.4-11.]

SOLAS II-2/15.2.4 の条約規定は従前より、油受け及びドレン設備の設置にて対処しており、今後の取扱いにも変更は無いが、今般 SOLAS 条文を明記した。

#### [規則 1.3.4-12.]

UR F35.2.5.4 を参考に油の飛散防止措置の一環として、機関区域内の高圧(設計圧力 1.5MPa 以上)の油圧装置は、原則として、隔離された場所に配置しなければならない旨、規定を設けた。

#### [規則 12.4.4]

これまでの取扱いに変更は無いが、UR F35.2.1.3.1 及び SOLAS II-2/15.2.8 を基にフレキシブル管継手の構造，耐火性等及び使用個所を承認の対象とする旨，明記した。

#### [規則 12.5.1-4.]

UR F35.2.1.1.7 を参考にして、置きタンクと液面レベルスイッチの貫通部からタンク内へ火災の侵入を防止しなければならない旨の規定を設けた。ここで、“液面レベルスイッチを取付ける貫通部”とは、タンク内のフロート変位をタンク外部に伝達するワイヤロープ又はアーム等が直接タンク壁を貫通する個所をいう。

**[規則 13.9.1-7.]**

非容積形ポンプの特性により、燃料油管装置の渦巻き形ポンプについては、ポンプ吐出圧力が吐出側管装置の設計圧力を超えない場合、圧力逃がし弁を設けなくて差し支えない旨、UR F35.2.1.5 を参考にして規定を設けた。

**[規則 13.9.7-4.]**

こし器掃除時の油飛散防止措置について、“開放前に内圧を逃がすための弁又はコックの設置が要求される”対象は、‘ディーゼル機関の運転を停止することなく、こし器の清掃を可能とするために並列に設ける場合’である旨、UR F35.2.5.3 を参考にして明確化した。

**[要領 D1.3.4-2(3)]**

可燃性油の漏洩及び飛散に対する油の飛散防止措置について、“危険性が十分低いと本会が認める場合”の代表的な例として、これまで可燃性油管装置と機関の高温部の距離が3mを超え、設計圧力が0.4Mpa以下としていたが、今般、より実際的な基準となる、当該油の漏洩又は飛散に対して有効な囲い又は遮蔽板を備えている場合、に改めた。

**[要領 D13.9.1-1.]**

UR F35.2.3.2 を参考に、燃料油タンク内の燃料油を引火点の下10℃を超えて加熱する場合の特別措置について、燃料油タンク空気がベーパーを冷却する能力として、従来の‘引火点より10℃低い温度’から‘60℃以下の温度’に改めた。また、空气管開口部が発火源から3m以上離れている場合には本規定の対象から外すこととした。

また、設計段階で(1)から(4)の要件を満足すれば、空气管への温度センサ及び警報の設置は不要と判断し、従来の(2)の要件を削除した。

**[要領 D13.9.7-1.]**

規則の改正に伴う参照個所の整合を図った。

## 2.7 無火花構造の通風装置関連

### 改正背景

ガソリン蒸気等の爆発性ガス雰囲気中で使用される機械式通風装置は、着火要因となる火花を発生しないような構造としなければならない。NK 規則では、従来から、この旨規定しているが、この中で、羽根車とケーシング間の空隙については、材料が火花を生じるものである場合を除き、十分な空隙でなければならない旨の規定があるのみで、その具体的な数値（どの程度離せばよいのか）については、規定していなかった。IACS 統一規則 F29 (Non-sparking fans) では、この空隙について、軸径の 10%以上（最小 2mm）離さなければならない旨規定している。これは、軸とベアリングとの間隙による偏心が最大でも軸径の 10%を超えることはない想定して得られた値である。この統一規則の取り入れを行うとともに無火花構造に関する要件の見直しを行った。

### 改正内容

鋼船規則検査要領 D14.4.3（タンカーの貨物油ポンプ室に設置される通風装置に関する要件）に「火花を生じない構造の通風装置」の具体的な要件として、以下に示す「羽根車とケーシング間の空隙に関する規定」を追加し、タンカー等の危険場所に設置される通風装置だけでなく、石炭運搬船の貨物倉などに設置される通風装置についてもこの検査要領が参照されるように関連の規則を改めた。

1. 爆発性ガス雰囲気中で使用される機械式通風装置については、羽根車とケーシング間の空隙を軸径の 10%以上（最小 2mm）とすること。この値は 13mm 以上とする必要はないが、両者に鉄系材料（オーステナイト系ステンレス鋼を含む）を使用する場合は、従来どおり、13mm 以上の空隙とすること。
2. 爆発性ガス雰囲気中で使用される機械式通風装置については、船舶の用途等に係わらず、関連する規則のすべてについて、同一の構造要件（鋼船規則検査要領 D14.4.3）を適用するよう改めた。
3. 非金属材料を使用する場合に要求される非帯電性の確認について、非帯電性と見なせる指標値を漏洩抵抗（対地絶縁抵抗）が  $1 \times 10^6 \Omega$  未満又は導電率が  $1 \times 10^{-8} S/m$  以上に改めた。



## 2.8 上部舵頭材の所要径計算関連

### 改正背景

上部舵頭材の所要径が主操舵装置に対し  $120\text{mm}$ 、補助操舵装置に対し  $230\text{mm}$  を超える場合には、当該装置を動力駆動にするよう SOLAS II-1/29.3.3 及び 29.4.3 で要求され、さらに、上部舵頭材の径が  $230\text{mm}$  を超える場合には補助操舵装置に要求される能力を発揮するために十分な代替動力源を設けるよう SOLAS II-1/29.14 で要求されている。これらについては鋼船規則 D 編 15 章において同様に規定されている。

また、D 編 22 章では船級符号に *Smooth Water Service* 又はこれに相当する付記を有する船舶の補助操舵装置を省略するための判定に、上部舵頭材の所要径を使用している。

これらの所要径については C 編 3 章 3.5.1 に掲げる算式が引用されているが、今般 IACS UI SC153 において、SOLAS の条文解釈として動力駆動及び代替動力源が要求されるかどうかを判定するために上部舵頭材の所要径を計算するに当たっては、C 編 3.5.1 の算式中の材料係数の値として、軟鋼の降伏強さ  $235\text{N/mm}^2$  (材料係数  $K_s=1$ ) を使用して計算することが合意された。

同解釈を参考にして必要な改正を行った。

### 改正内容

## 鋼船規則 D 編

### 15 章 操舵装置

#### 15.2 操舵装置の性能及び配置

##### 15.2.2 主操舵装置の能力

主操舵装置に動力駆動が要求されるかどうかを判定するために上部舵頭材の所要径を計算する際には、C 編 3.5.1 の算式において材料係数が 1 未満の場合には 1 として計算するように、(2) のカッコ書き中に規定した。この規定により上部舵頭材に軟鋼より強度の高い材料(降伏強さ  $>235\text{ N/mm}^2$ )を使用する場合は強化規定となる。また、主操舵装置に関する規定のカッコ書き中「以下、同じ」として、所要径計算に関する規定(15.2.3 補助操舵装置の能力及び 15.2.6 代替動力源)全てに適用されるようにした。

##### 22.2.2 船級符号に *Smooth Water Service* 又はこれに相当する付記を有する船舶

船級符号に *Smooth Water Service* 又はこれに相当する付記を有する船舶において、補助操舵装置の省略を判定するために上部舵頭材の所要径を計算する際には、上記 15.2.2 と同様に C 編 3.5.1 の算式において材料係数が 1 未満の場合には 1 として計算するように改めた。

## 2.9 有害液体汚染防止緊急措置手引書関連

### 改正背景

IMO Resolution MEPC.78(43)により MARPOL 条約の一部が改正され、附属書 II 第 16 規則として有害液体汚染防止緊急措置手引書に関する要件が新たに規定された。同改正は、150 トン以上の有害液体物質ばら積み船に対し、2003 年 1 月 1 日までに「有害液体汚染防止緊急措置手引書」の備え付けを義務付けるものであり 2001 年 1 月 1 日に発効した。またこれに併せて、IMO Resolution MEPC.85(44)により、手引書に記すべき内容に関する指針 ”Guidelines for the Development of Shipboard Marine Pollution Emergency Plans for Oil and/or Noxious Liquid Substances” が新たに作成された。

今回、これらの要件を取り入れ、海洋汚染防止のための構造及び設備規則及び同検査要領の一部改正した。

### 改正内容

#### 海洋汚染防止のための構造及び設備規則

##### 2 編 検査

受けるべき検査及びその内容については「油濁防止緊急措置手引書」の場合と同様である。

##### 6 編 有害液体汚染防止緊急措置手引書

IMO Resolution MEPC.78(43) 附属書 II 第 16 規則に鑑み第 6 編を新たに設けた。対象船舶は総トン数 150 トン以上の有害液体物質ばら積み船で、2003 年 1 月 1 日までに手引書を備えることが要求される。なお、国際航海に従事しない船舶で推進機関を有しないもの又は係船中の船舶に対する備え付けの免除は、日本籍船舶のみが対象となる。

また、「2.2.3 海洋汚染防止緊急措置手引書」により、油濁防止緊急措置手引書及び有害液体汚染防止緊急措置手引書の兼用が認められる。この場合の手引書名は「海洋汚染防止緊急措置手引書」とする必要がある。

#### 海洋汚染防止のための構造及び設備規則検査要領

##### 6 編 有害液体汚染防止緊急措置手引書

IMO Resolution MEPC.85(44) ”Guidelines for the Development of Shipboard Marine Pollution Emergency Plans for Oil and/or Noxious Liquid Substances”を参考に、規則第 6 編において要求される手引書の記載事項等の詳細を示した。内容は検査要領「第 5 編 油濁防止緊急措置手引書」と同様のものとなっている。

## 2.10 規制冷媒及び代替冷媒関連

### 改正背景

(1) 現行の鋼船規則 D 編 17 章, 高速船規則及び冷蔵設備規則に規定される冷媒のうち, CFC 系冷媒である R12 及び R502 については, オゾン層破壊係数が高いことから, ウィーン条約モントリオール議定書において規制対象となり 1996 年からその生産が停止されている。また, HCFC 系冷媒である R22 についても同様に, 同議定書により 2004 年から 2020 年にかけて段階的に生産を停止する削減スケジュールとなっている。これらの規制の動向を踏まえ, 米国冷凍空調工業会, 日本冷凍空調工業会を中心に規制冷媒に代わる HFC 系代替冷媒に関する研究がなされており, 有力代替冷媒候補がまとめられている。

今般, これらの国内外の基準を参考に, 規制冷媒と代替冷媒への対応として関連規定を見直すこととした。

(2) 現行の冷媒設備の設計圧力については, 低圧側で 40°C, 高圧側で 50°C における冷媒の飽和蒸気圧として規定されている。

低圧側の設計圧力は, 本来は冷媒ガスの蒸発器部分の蒸発温度における飽和蒸気圧に対応すべきものであるが, 冷凍装置の停止中の圧力上昇を考慮する必要があるため, 一般に周囲温度を基準とした冷媒の飽和蒸気圧とされている。船舶の閉囲区画内において想定する温度は, IACS UR M40 において 0°C~45°C と定められており, 今般, 同 IACS UR を参考に, 低圧側の設計圧力の基準温度を 45°C に改める。また, 高圧側の設計圧力は, 冷媒ガスの凝縮器内の凝縮温度における飽和蒸気圧に対応すべきものであり, 冷却方式等の設計に係わる諸要素に支配されるものであるが, 一般に広く認められており, かつ, 従来からの手法でもある低圧側の設計圧力に対する圧力比を考慮し低圧側の基準温度+10°C とするという実践的手法を踏襲して, 高圧側の設計圧力の基準温度を 55°C に改める。

なお, 船用冷凍装置の冷媒として現在まで主流である R22 については, その十分な実績を考慮し, 上記に係わらず, 従来設計圧力値を採用することとする。

### 改正内容

(1) CFC 系冷媒である R12 及び R502 を削除し, 関連規定を改める。

(2) HFC 系冷媒である下記の冷媒を追加し, 関連規定を改める。

R134a :  $CH_2FCF_3$

R404A : R125/R143a/R134a (44/52/4 wt%)  $CHF_2CF_3 / CH_3CF_3 / CH_2FCF_3$

R407C : R32/R125/R134a (23/25/52 wt%)  $CH_2F_2 / CHF_2CF_3 / CH_2FCF_3$

R410A : R32/R125 (50/50 wt%)  $CH_2F_2 / CHF_2CF_3$

R507A : R125/R143a (50/50 wt%)  $CHF_2CF_3 / CH_3CF_3$

(3) R22 以外を一次冷媒とする冷媒設備の設計圧力を, 低圧側で 45°C, 高圧側で 55°C における冷媒の飽和蒸気圧とする。

## 2.11 イナートガス装置関連

### 改正背景

1981年の SOLAS 改正において II-2 章に新設された第 60 及び第 62 規則により、20,000DWT 以上のタンカー又は原油洗浄装置を持つタンカーの貨物タンクの保護を目的として固定式イナートガス装置の設置及び性能要件が規定され、本会においても、鋼船規則 R 編及び D 編に当該装置の要件が規定されている。これらの規定において、イナートガス供給源は、船内のボイラ又は専用の燃焼排ガス発生装置(以下、それぞれ「IGS」、「IGG」という。)が想定されている。

近年、中空繊維、半透過性膜\*又は吸着性材料\*\*の束に圧縮空気を通過させて、大気から酸素を分離し、高濃度の窒素を生成する窒素発生装置(以下、「N2」という。)をイナートガス供給源とする固定式イナートガス装置が船舶に採用され始めている。今般、N2方式の固定式イナートガス装置に関する要件が IACS UR F20 の一部改正(Rev.3 1998)としてまとまったため、これを参考として鋼船規則検査要領 D 編 附属書として新設した。

当該規定を新設するにあたり、船種(タンカー、液化ガスばら積船、危険化学品ばら積船)、使用目的(貨物タンクの保護、貨物タンクの環境制御、ホールドスペース内の環境制御等)及びイナートガスの供給源(IGS, IGG, N2)の全ての組合せについて、それぞれの場合に要求されるイナートガス装置に関する要件を整理した。

また本 UR 改正において、危険化学品ばら積船の IGG 方式の固定式イナートガス装置における逆流防止装置として使用される水封装置の代替措置に関する要件も定められたので、これを参考として関連規定を改めた。

更に、IGS/IGG 方式の固定式イナートガス装置の送風機の容量について、全容量をできる限り 2 台で等分するよう本 UR 改正により明示されたので、今回の改正を機会に規則中に明文化した。

\* 「中空繊維、半透過性膜」：中空の化学繊維等。気体の膜透過性速度の違いにより、空気を高濃度窒素ガスと高濃度酸素ガスとに分離する。

\*\* 「吸着性材料」：特殊活性炭等。ガス分子径の違いにより、空気中の酸素を選択的に吸着性材料の細孔に吸着させ、高濃度窒素ガスを取り出す。

### 改正内容

#### 1 N2方式の固定式イナートガス装置に関する要件について

##### 【規則 D 編 14.5.1-1.及び要領 D 編 D14.5.1-2.】

貨物タンクの保護を目的として設置される固定式イナートガス装置の供給源を従来の IGS/IGG 方式(表 1 中①及び②)に代えて N2 方式とする場合、当該装置(表 1 中③)に関する要件を附属書として新たに規定したことに伴い、当該装置については検査要領によるよう規則を改め、検査要領に附属書を参照する条文を設けた。

##### 【附属書 D14.5.1-2. (以下、「附属 D」と記す。)]

UR F20.4 を参考に、N2 方式の固定式イナートガス装置に関する要件を附属書 D14.5.1-2. 「窒素発生装置を使用する方式のイナートガス装置」として新設した。

### 【附属 D 1.1.1 ‘適用’】

UR に倣って、本附属書の適用対象を明記した。N2 方式の固定式イナートガス装置特有の要件は本附属書に規定し、下記に掲げる IGS/IGG 方式の固定式イナートガス装置と共通する要件は規則 D 編 14.5 を参照することとした。

- ・ 提出図面及び資料
- ・ 貨物タンクと供給主管を隔離した場合、圧力の上昇/低下に対して貨物タンクを保護する手段
- ・ イナートガス制御弁
- ・ イナートガス供給主管装置
- ・ 荷役中における安全装置
- ・ 空タンクのイナートガス供給、パージ又はガスフリーにおける安全措置
- ・ 計測、警報及び安全装置の一部

### 【附属 D 1.1.2 ‘定義’】

本附属書において「窒素発生装置」とは、イナートガス発生装置の中でも‘圧縮空気の前処理(水油分及びごみの除去、乾燥等)’及び‘構成ガスの分離’を行う装置をいい、空気圧縮機、窒素レシーバ/バッファタンク並びにイナートガス供給管装置は含まない。(図 1 参照)

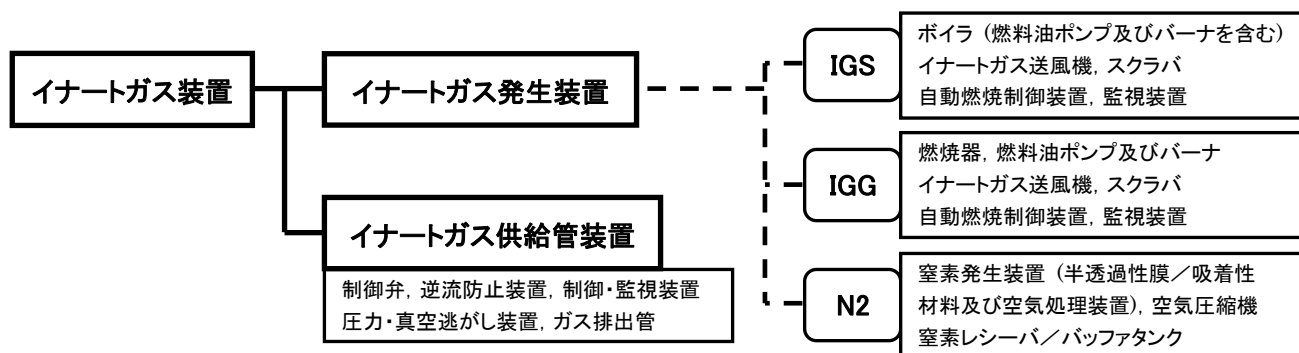


図 1 用語の定義

### 【附属 D 1.2.1 ‘装置一般’】

-1.及び-4.は、IGS/IGG 方式の場合と同様の規定であるが、-2.及び-3.は、N2 方式固有の規定である。空気圧縮機及び窒素発生装置の設置場所は、機関室又は隔離された区画のいずれかとしなければならない。隔離された区画に設ける場合、その区画は「その他の機関区域」として取り扱われ、窒素発生装置から、空気を高濃度の酸素と高濃度の窒素に分離するため、これらのガスの漏洩がもたらす火災の危険性/人体への影響を考慮して、機械式強制排気装置及び低酸素濃度警報を設置しなければならない。また、当該区画へのアクセスも居住区域、業務区域及び制御場所に直接出入できるものであってはならない。

### 【附属 D 1.2.2 ‘空気圧縮機’】

N2 方式における空気圧縮機は、高濃度窒素ガスを生成する上で必要不可欠であるので、空気圧縮機の台数、容量配分等を-1.に規定した。

中空繊維/活性炭は、ミクロンオーダーの微細な孔によって空気を高濃度酸素ガスと高濃度窒素ガスとに分離するので、この細孔が水分、ゴミ及び油分により閉塞され窒素発生装置としての機能を失ってしまわないように、水分除去装置、フィルタ、ヒータ等の供給空気前処理装置を設けなければならない旨、-2.に規定した。

### 【附属 D 1.2.3 ‘窒素レシーバ又はバッファタンク’】

装置自体の特性により高濃度窒素ガス又は圧縮空気の圧力が変動してしまうので、安定したイナートガスの供給を目的として、窒素レシーバ又はバッファタンクを設ける場合がある。こうした窒素レシーバ又はバッファタンクを設ける場合、その設置場所並びに高濃度窒素ガスの漏れにより設置区画の酸素濃度が低くなることの危険性に対し、アクセス、出入口の扉等の設置が義務付けられる。また、高濃度酸素ガス/高濃度窒素ガスは、安全な場所に排出しなければならず、整備作業ができるように止め弁等の分離する手段を設ける必要がある。

### 【附属 D 1.2.4 ‘逆流防止装置’】

N2 方式の固定式イナートガス装置では、IGS/IGG 方式で備えられる水封装置に代えて、逆流防止装置として直列の 2 個の止め弁及びその間に通気弁を設けなければならない。(1) から(3)として、当該弁の追加要件がある。

### 【附属 D 1.2.5 ‘計測装置’】

N2 方式の固定式イナートガス装置の計測、警報及び安全装置の概略図を図 2 に示した。空気圧縮機の過負荷、供給空気処理装置におけるフィルタの目詰まり、電熱器の異常等を検知するために空気圧縮機の吐出側及び窒素発生装置の入口側(中空繊維、半透過性膜又は吸着性材料の束への入口側)における圧縮空気の温度及び圧力を連続的に表示する装置を設けなければならない旨、-1.に規定した。

-2.及び-3.により、IGS/IGG 方式と同様に、窒素発生装置の下流におけるイナートガスの酸素濃度を連続的に表示し、かつ、恒久的に記録する装置を設けなければならない。表示及び記録装置の設置場所も IGS/IGG 方式と同じである。

### 【附属 D 1.2.6 ‘警報装置’】

-1.(1)から(4)については、N2 方式特有の項目である。(3)の脱水器の排水量が異常に増加した場合の警報について、常時排水される水量を計測するものでなくても、ある程度の排水が溜まったところで、自動的に弁が開となるような排水装置において、装置内の貯留水位が異常であるときに警報を発するもので差し支えない。(5)及び(6)は、IGS/IGG 方式と同様な規定である。

-2.について。N2 方式特有の項目にが加わっているが、可視可聴警報を発する場所は、IGS/IGG 方式と同様である。

### 【附属 D 1.2.7 ‘安全装置’】

警報装置と同様に、N2 方式の特有の項目が加わっているが、送風機に代えて空気圧縮機を停止させる他は安全装置についても IGS/IGG 方式と同様である。

## 2 船種、使用目的及びイナートガスの供給源の組合せについて

船種(タンカー、液化ガスばら積船、危険化学品ばら積船)、使用目的(貨物タンクの保護、貨物タンクの環境制御、ホールドスペース内の環境制御等)及び固定式イナートガスの供給源(IGS, IGG, N2)の全ての組合せについて、それぞれの場合に要求される固定式イナートガス装置に関する要件を表 1 のように整理した。

同 UR においては、SOLAS II-2 章 第 60 規則で要求されるイナートガス以外の目的で備えられる固定式イナートガス装置(表 1 中④～⑱)に対して、空気圧縮機、送風機、燃料油ポンプ、冷却水ポンプ等のイナートガス製造のための機器の 2 重性を要求しない旨の軽減規定が定められているので、これを参考として、次に掲げる固定式イナートガス装置に対して、この 2 重性を要求しないこととした。

- (1) 20,000DWT 未満であって原油洗浄装置を持たないタンカーに備えられる固定式イナートガス装置：(表 1 中④～⑥)
- (2) ホールドスペース、インタバリアスペース等の貨物タンク以外のイナーティングに使用するために液化ガスばら積船に備えられる固定式イナートガス装置：(表 1 中⑩～⑫)
- (3) 航海中の通常の損失分を補うために危険化学品ばら積船に備えられる固定式イナートガス装置：(表 1 中⑯～⑰)

なお、上記以外で、SOLAS II-2 章 第 60 規則の対象外となるイナートガス装置(表 1 中⑦～⑨及び⑬～⑮)、即ち、液化ガスばら積船及び危険化学品ばら積船の貨物タンクの荷役時及びガスフリー又はパージの際のイナーティングに使用される固定式イナートガス装置については、現行の取り扱いに従うこととして、UR F20 において認めている機器の 2 重性の軽減は行わない。

同 UR F20.5.3 において、SOLAS II-2 章 第 60 規則で要求されるイナーティング以外の目的で備えられる N2 方式の固定式イナートガス装置のうち、さらに貨物タンク等への接続が恒久的でない場合には、逆流防止装置を 2 個の逆止弁に置き換えることができるよう定められているが、この規定の実質的な適用対象は、イナーティングされた区画の切離しが要求される液化ガスばら積船となる。また、従来から鋼船規則 N 編において液化ガスばら積船に備えられる IGG 方式の固定式イナートガス装置の逆流防止装置も同様の扱いをしている。以上のことから、当該船種に備えられるすべての方式の固定式イナートガス装置(表 1 中⑦～⑫)について、この置き換えを認めることとした。

#### 【要領 D 編 D14.5.1-1.】

本改正において、N2 方式の固定式イナートガス装置に関する規定を取り入れるにあたり、「イナートガス装置」、「イナートガス発生装置」、「イナートガス供給管装置」の定義を図 1 のように明確にするため、IMO Res. A.567(14)を参考にして、「イナートガス発生装置」の定義を明記した。

#### 【要領 D 編 D14.5.1-3.】

UR F20.5 を参考に、SOLAS II-2 章 第 60 規則で要求されるイナーティング以外の目的で備えられる固定式イナートガス装置(表 1 中④～⑥)に対して、送風機、燃料油ポンプ、冷却水ポンプ、空気圧縮機等のイナートガス製造のための機器の 2 重性を要求しない旨の軽減規定を設けた。

#### 【要領 N 編 N9.5.1-1.～-3.】

液化ガスばら積船に SOLAS II-2 章 60 規則で要求されるイナーティング以外の目的で備えられる IGG, N2 及び IGS 方式の固定式イナートガス装置に適用される代替措置及び免除規定を、それぞれ-1., -2.及び-3.に明記した。-1.は表 1 中⑦及び⑩を、-2 は表 1 中⑨及び⑫を、-3.は表 1 中⑧及び⑪を参照のこと。

#### 【要領 N 編 N11.1.1】

液化ガスばら積船に SOLAS II-2 章 60 規則で要求されるイナーティングの目的で固定式イナートガス装置を備える場合の代替措置として、危険化学品ばら積船の規定を参照する条文を設けた。(表 1 中‘代替措置’)

#### 【要領 N 編 附属書 I 8.2.4-5.】

液化ガスばら積船に備えられる IGG 方式の固定式イナートガス装置に関する可視可聴警報を発する要件を他のイナートガス供給源に関する要件と整合させた。

**【要領 S 編 S9.1.3】**

危険化学品ばら積船に SOLAS II-2 章 60 規則で要求されるイナートング以外の目的で備えられる固定式イナートガス装置に適用される代替措置及び免除規定を、-1.及び-2.に明記した。-1.は表 1 中⑬から⑮を、-2 は表 1 中⑯から⑲を参照のこと。

**【要領 S 編 S11.1.1-2.(1)(a)】**

船種、使用目的及びイナートガスの供給源の組合せについての全ての組合せについて、それぞれの場合に要求される固定式イナートガス装置に関する要件の整理に関連して、危険化学品ばら積船に備える IGG 方式の固定式イナートガス装置に対する規定として、IMO Resolution A.567(14)を附属書として取入れたため、その参照条文を設けた。

**【附属書 S11.1.1-2.(1)(a) (以下、「附属 S」と記す)】**

危険化学品ばら積船に備える IGG 方式の固定式イナートガス装置に対する規定を、IMO Resolution A.567(14)を参考に、附属書 S11.1.1-2.「危険化学品ばら積船に備える燃焼排ガスを使用する方式のイナートガス装置」として新設した。

### 3 危険化学品ばら積船の IGG 方式の固定式イナートガス装置における逆流防止装置として使用される水封装置の代替措置について

**【要領 S 編 S11.1.1-2.(1)(b)】**

危険化学品ばら積船の IGG 方式の固定式イナートガス装置における逆流防止装置として使用される水封装置の代替措置に関する要件も同時に本 UR 改正において定められたので、これを参考として関連規定を改めた。

### 4 イナートガス送風機の容量配分について

**【規則 D 編 14.5.6-1.】**

IGS/IGG 方式の固定式イナートガス装置の送風機の容量について、1 台の故障による影響を少なくするために、全容量をできる限り 2 台で等分(2:1 まで認める)するよう本 UR 改正により明示された。この取扱いは、現行の固定式イナートガス装置の要件が規則化された当時の規則改正の解説(会誌 No.190, 1985(I))にも記載されており、現在までこれに従って実際に運用されてきているが、今回の改正を機会に規則中に明文化した。





## 2.12 耐氷構造関連

### 改正背景

本会の耐氷構造は、1977年版鋼船規則に Finnish-Swedish Ice Class Rules 1971 (以下、F-S'71 とする。)を取り入れることで、1978年8月に、Finnish Board of Navigation (以下、FBN とする。)から、F-S'71の耐氷構造と合致していることの承認を得た。これ以降、本会の耐氷階級 IA Super, IA 等は、F-S の該当階級として認められ、この対応関係は F-S の ANNEX に明記されることとなった。その後、F-S'71 の 1985 年改正 (以下、F-S'85 とする。)を鋼船規則に取入れ、現在に至っている。今般 F-S'85 の Reg.3 「主機出力の要件」が改正されたため、これを鋼船規則 C 編 28.2.4 の該当規則に取り入れた。

### 改正概要

改正された F-S'85 Reg.3 「主機出力の要件」を鋼船規則 C 編 28.2.4 の該当規則に取り入れた。改正された主機出力の算定式は、船体形状 (ステム角度、喫水線断面の船首部面積等) に関するファクターを用いて、主機出力を決定する際に基となる船体抵抗を現行の規定よりも詳細に計算するものとなっている。なお、改正された主機出力の算定式は、耐氷階級 IA Super 及び IA のみに適用され、耐氷階級 IB, IC 及び ID の主機出力の算定式は従来のもと同じである。これらの改正は、2001年1月1日から適用となる。また、耐氷階級 IA Super 及び IA に対する改正は、一定の猶予期間の後、現存船にも適用となる。

### 改正内容

#### 1 適用

本改正により適用される規則を表にまとめると以下のとおりである。

表 1 改正規則の適用

適用船舶			適用規則			
			鋼船規則 C 編			
			28.2.4-1(1)	28.2.4-1(2)	28.2.4-2	28.2.4-3
IA Super, IA	現存船	遡及適用* <sup>1</sup>			○	
	新船		○			○
IB, IC, ID	現存船&新船			○		

\*<sup>1</sup>: 耐氷階級 IA Super 及び IA を付記する船舶の場合、現存船であっても、次に示す期日のいずれか遅い方の期日までに、鋼船規則 C 編 28.2.4-3 に示す主機出力の要件に適合しなければならない。

- ・ 2005 年 1 月 1 日
- ・ 船舶の完工から 20 年を経過する年の 1 月 1 日 (例 : 1990 年 5 月 1 日完工 → 2010 年 1 月 1 日)

#### 2 鋼船規則 C 編 28.1.2-2.

鋼船規則 C 編 28.2.4 で主機出力を算出するのに必要な船体パラメータを船体一般配置図に示すことを要求する規定を追加した。

### 3 鋼船規則 C 編 28.2.4-1.(1)

本規則は、耐氷階級 IA Super 及び IA を付記する船舶であって、2001 年 1 月 1 日以降にキールを据え付ける船舶、又は同様の建造段階にある船舶に適用する。以下に規則の内容を示す。

#### -1. 主機出力 H について

船舶が氷海中を航行するためには、遭遇する氷抵抗  $R_{CH}$  に対応する推力 T を発生させる主機出力 H を有する必要がある。そこで、氷海航行中に必要な推力 T を氷抵抗  $R_{CH}$  と考え主機出力 H を求めると、

一般的に主機出力 H 及び推力 T (=氷抵抗  $R_{CH}$ ) は、

$$H = 2\pi\rho K_Q N^3 D_P^5, \quad T = R_{CH} = K_T \rho N^2 D_P^4$$

と表されることから、

$$H = K_e \frac{(T)^{3/2}}{D_P} \left( = K_e \frac{(R_{CH})^{3/2}}{D_P} \right)$$

$$K_e = \frac{2\pi}{(\rho)^{1/2}} \cdot \frac{K_Q}{(K_T)^{3/2}}$$

H: 主機出力, T: 推力,  $K_Q$ : トルク係数,  $K_T$ : スラスト係数,  $\rho$ : 海水密度,  
N: プロペラ回転数,  $D_P$ : プロペラ直径,  $R_{CH}$ : 航行水路中の氷抵抗,  $K_e$ : 係数

となる。

#### -2. 係数 $K_e$ について

推進方式が CPP で 1 軸船の氷海中のプロペラ推進性能を示す係数  $K_e$  に、経験値として 2.03 を与える。また、係数  $K_e$  に大きな影響を与える要素として、プロペラ型式 (FPP/ CPP) と軸数がある。

##### (1) プロペラ型式

CPP と FPP に分類され、CPP はプロペラピッチを最適角まで減ずることで機関最大出力を得ることが可能 (通常の  $K_T, K_Q$  の値にほぼ等しい。) なのに対し、FPP は機関が定格回転数まで上昇できず、最大出力を得ることができない ( $K_T, K_Q$  が通常と異なることが考えられる。) ことを考慮して、FPP の  $K_e$  については、 $K_e(\text{FPP}) = (1/0.9) \cdot K_e(\text{CPP})$  とした。

##### (2) 軸数

改正された主機出力の算定式中では、氷海航行に必要な総主機出力 H を、総氷抵抗  $R_{CH}$  (=総推力 T) 及び軸数に応じた係数  $K_e$  を用いて表している。軸数と係数  $K_e$  の関係は、 $K_e(\text{軸数}) = 2.03 / (\text{軸数})^{1/2}$  となっている。即ち、プロペラ型式が CPP で軸数 n の場合、

$$H = n \cdot H_{each} = n \cdot \left\{ 2.03 \frac{(R_{CH}/n)^{3/2}}{D_P} \right\} = 2.03 \underbrace{\frac{n}{n^{3/2}}}_{\parallel} \cdot \frac{R_{CH}^{3/2}}{D_P}$$

Ke(軸数)

$H_{each}$  : H/n (1 軸あたりの伝達馬力)

### -3. 氷抵抗 $R_{CH}$ について

今般の改正により、氷抵抗  $R_{CH}$  は船体形状に関するファクターを用いて、現行規定よりも詳細に計算されることとなった。改正の詳細は、参考文献(1)に拠ることとし、ここでは耐氷階級 IA Super 及び IA で想定している運航状態及び氷抵抗  $R_{CH}$  を次に示す。

#### 耐氷階級 IA Super

運航状態：氷海内の開かれた水路を独行

氷抵抗  $R_{CH}$  :  $\langle C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 \rangle$

もろい氷の最表層が凍結した固着層(Consolidated Layer)を割る際の抵抗  $C_1$ ,  $C_2$   
 + もろい氷(Brash Ice)と船体との摩擦として生じる抵抗  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$

#### 耐氷階級 IA

運航状態：氷海内の開かれた水路を砕氷船の先導で航行

氷抵抗  $R_{CH}$  :  $\langle C_3 + C_4 + C_5 \rangle$

もろい氷(Brash Ice)と船体との摩擦として生じる抵抗  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$

## 4 鋼船規則 C 編 28.2.4-1.(2)

本規則は、耐氷階級 IB, IC 及び ID を付記する船舶に適用する。現行の鋼船規則 C 編 28.2.4-1 の規定と同じ。

## 5 鋼船規則 C 編 28.2.4-2.

本規則は、耐氷階級 IA Super, IA を付記する現存船に適用する。現行の鋼船規則 C 編 28.2.4-1 の規定と同じ。猶予期間内は従前の取扱いに同じ。

## 6 鋼船規則 C 編 28.2.4-3.

本規則は、耐氷階級 IA Super, IA を付記する現存船に対する遡及適用要件である。猶予期間を経過した耐氷階級 IA Super, IA を付記する現存船の主機出力は、鋼船規則 C 編 28.2.4-1.(1)の規定に適合することが要求され、計算に必要な船体パラメータが不明な場合には鋼船規則 C 編 28.2.4-3.の規定に適合することが要求される。なお、鋼船規則 C 編 28.2.4-3 の主機出力算定式は、鋼船規則 C 編 28.2.4-1.(1)の算定式をより少ない船体パラメータで丸めたものと考えられる。

## 7 鋼船規則検査要領 C28.1.1-2.

主推進機関の参考用図面及び資料として、鋼船規則 28.2.4 の主機出力要件を示した計算書の提出を要求する規定を追加した。

## 2.13 COW 検証の要件関連

### 改正背景

COW の技術要件（効果の検証要件を含む。）を定めた IMO Res.A.446(XI)及び Res.A.497(XII)の一部が IMO Res.A897(21)により改正された。このため同決議による一部改正要件を、海洋汚染防止のための構造及び設備規則に取り入れるべく所要の改正を行った。

### 改正内容

- (1) COW 検証における貨物油タンクの内部検査は、検査員が特に必要と認めた場合以外は要求しない。また、同型船に対してはCOW 検証（ただし、原油洗浄機及び原油洗浄ポンプの作動確認並びにストリッピング装置の機能の確認を除く。）そのものを省略する。
- (2) ダブルハルタンカーでは、貨物タンク底部における残滓が発生しにくいため、COW 検証項目の貨物油兼荒天時不可バラスタタンク等における浮遊油量の要件を省略することとする。

## 2.14 ステンレス圧延鋼材及びステンレスクラッド鋼板関連

### 改正背景

母材を高張力鋼とするステンレスクラッド鋼板が開発され、船体構造へ使用する場合は当該鋼板の規格を設ける必要が生じた。また、ステンレス圧延鋼材及びステンレスクラッド鋼板の使用に関する規定は、現行鋼船規則にはなく、個船毎に検討を行い承認されている。これらの使用実績をもとにして、船体構造に使用に関する規定を設けることとした。

### 改正内容

#### ① ステンレスクラッド鋼板の材料規格

母材を高張力鋼とするステンレスクラッド鋼板の強度に関する規格は、母材の降伏点/引張強度と合わせ材の降伏点又は耐力/引張強度とそれぞれの板厚により求まる値とした。なお、せん断強度については、母材を高張力鋼とする場合も、軟鋼と同じ規格値で問題ないことを試験により確認できたため、変更はしていない。

#### ② ステンレス圧延鋼材及びステンレスクラッド鋼板の使用について

##### (a) 材料係数

高張力鋼を使用する場合の規定にならい、材料係数  $K$  を用いることにより構造寸法を与える算式を準用できるようにした。なお、材料係数は、高張力鋼において実績のある数値を2次曲線で近似したものとした。また、ステンレス圧延鋼材及びステンレスクラッド鋼板の材料強度は、温度に依存するため、危険化学品ばら積船の積載物の温度を考慮し、60°Cから100°Cまでの温度に対し、試験結果から算定した温度影響係数も材料係数として考慮することとした。

##### (b) 腐食に対する配慮

ステンレス圧延鋼材及びステンレスクラッド鋼板は、積載貨物の腐食性の考慮及び化学反応などによる制限から使用されるものであり、一般に腐食による減耗は発生しにくいことから、上記(a)により求められる寸法から、1mm ないし0.5mm 減じることができることとした。

## 2.15 クロスデッキの強度に関する規定

### 改正背景

ばら積貨物船のクロスデッキは座屈に配慮して横式構造としているが、座屈損傷を起こす例がまれにある。主要原因としては高比重貨物を集中的に積載した場合（所謂、ブロックローディング）にクロスデッキの横方向の圧縮荷重が増大し、さらに大きな波浪による横方向の水圧が圧縮荷重として作用することにあると考えられる。また、ばら積み貨物船に一般的に採用される立て式波形隔壁は、横方向圧縮に対する剛性及びせん断剛性が防撓板構造の隔壁に比べて小さく、クロスデッキに過大な圧縮応力を発生させることになる。今回の改正によりこれらに対処することとした。

### 改正内容

- (1) 鋼船規則 C 編 31 章ばら積み貨物船において横式構造のクロスデッキ（甲板口側線内甲板）の座屈検討について 31.7.2-3 を新設した。
- (2) クロスデッキの座屈に対して具体的な評価を行う方法として簡易算式による方法と直接強度計算を適用する場合を鋼船規則検査要領において定めた。

## 2-16 傾斜試験関連及び復原性試験の省略関連

## 改正背景

## (1) 傾斜試験関連

鋼船規則 **B 編 2.3.2** では、復原性資料の基礎となる要目を得るため、傾斜試験を行うことが定められているが、従前の規則では、傾斜試験についての具体的な基準は設けられていなかった。1993年1月に採択されたIMO決議A.749は、強制要件でないものの傾斜試験に関する国際的な基準となっており、同基準に適合することを求める政府が増加している。今回これらの情勢も鑑みて、精度の良い試験結果が得られることを目的とした傾斜試験に関する基準を策定した。

## (2) 復原性試験の省略関連

鋼船規則 **B 編 2.3.2-3** では、同型船の復原性試験の成績等により復原性に関して十分信頼できる情報が得られる場合で、本会が特に承認したときは、傾斜試験と動揺試験を含む復原性試験を省略できる旨規定されている。本船の復原性試験を省略した場合、先に建造された同型船の復原性試験の結果を元に、同船から設計変更があれば、設計変更箇所の重量及び重心位置を計算して、本船の復原性に関する性能を推定することになる。このような場合、設計変更した箇所が多ければ、重心位置の推定に誤差が生じること、設計変更が全く無くとも工作上的問題から重心位置がずれる可能性が考えられる。2000年5月に発行されたIACS UI SC155では、本船の軽荷重量査定試験の結果を用いて、同型船の成績等から推定した復原性に関する性能の妥当性を確認する方法が取られており、これに倣った改正を行った。

## 改正内容

## (1) 傾斜試験関連

標準的な傾斜試験を示すものとして鋼船規則検査要領 **B 編**に附属書 **2.3.1-2**を新設した。主な内容は下記の通りである。

- (a) 傾斜試験を行う船舶は、できる限り完成に近い建造段階とし、軽荷状態から過不足のある設備及び備品等がある場合は、それらの重量及び重心位置を正確に記録すること。
- (b) 貨物の残留物、道具、残骸、足場、雪、氷、ビルジ水及び甲板上に溜まった液体等を取り除くこと
- (c) 原則として、すべてのタンクは、空又は満載とすること。半載となっているタンクがある場合は、その自由表面影響を考慮すること。
- (d) 傾斜試験の初期状態にあつては、ヒール角は  $0.5^\circ$  以内、トリム量は船の長さの1%以内とすること。
- (e) 船体のヒール角の測定は、2つ以上の計測装置を用いて行い、その内の1つは、振り子又はU字管とすること。また、振り子については、最大振れ幅が  $100\text{mm}$  以上となるような振り子の長さにする。
- (f) 最大のヒールモーメントを与えるおもり位置でのヒール角は、船の種類及び大きさに応じて  $1^\circ \sim 4^\circ$  までとすること。

一般的に、ヒール角とヒールモーメントの相関が線形である範囲内で、ヒール角を大きく取って計測を行えば、計測精度を高めることになる。ヒール角  $1^\circ$  以上を達成するために、バラスト水の移動による方法をとらなければならない場合があるが、バラスト水の重量及び重心位置の推定に誤差が生じ易いことか



ら、ヒール角を  $1^\circ$  以上にすることに固執することが、必ずしも試験精度を高める結果とならない。また、 $G_0M$  が大きくヒール角を大きく取ることが困難な大型のばら積船及びタンカー等は、そもそも復原性が問題になることは少ないということも考慮して、次のように規定した。

「 $G_0M$  が大きい等の理由により  $1^\circ$  以上傾斜させることが困難な場合、船舶の特性、船舶の状態、試験環境等に特に注意を払い、計測精度を高めること。」

(2) 復原性試験の省略関連

鋼船規則検査要領 **B 編 2.3.2, 2.5.1** 及び高速船規則検査要領 **2 編 2.3.2, 2.5.1** に次の要件を加えた。

本船の復原性試験を省略する場合、本船の軽荷重量査定試験から得られた軽荷重量及び船長方向の重心位置と、(a)から(c)のいずれか該当する推定値との比較を行い、両者の偏差が、軽荷重量について推定された軽荷重量の2%以内、船長方向の重心位置について船の長さの1%以内であることを確認する。偏差がこれよりも大きい場合は、本船の復原性試験の省略は認められない。

(a) 先に建造された同型船から設計変更の無い場合

先に建造された同型船の復原性資料から得られる軽荷重量及び船長方向の重心位置

(b) 先に建造された同型船から設計変更が有る場合

設計変更箇所の重量及び重心位置についての計算により、先に建造された同型船の復原性資料から修正をして得られた軽荷重量及び船長方向の重心位置

(c) 改造工事を行った場合

改造箇所の重量及び重心位置についての計算により、改造前の本船の復原性資料から修正をして得られた軽荷重量及び船長方向の重心位置

## 2.17 バウフレアスラミングに対する構造強度に関する規定

### 改正背景

鋼船規則 C 編では船首船底部の補強を規定しているが、船首部のフレアが大きいコンテナ運搬船及び自動車専用運搬船におけるスラミングによる船首フレア部の補強に関して明確な規定はなかった。当該部に損傷が散発することから、運用実績のある西部造船会の指針（損傷実績をもとに算定された設計指針）に基づき、船首部のフレアが大きい箇所の船首波浪衝撃に対する構造強度規定を設けた。

### 改正内容

西部造船会技術研究会研究報告第 18 号を参考として、コンテナ運搬船及び自動車専用運搬船において船首フレア部の波浪衝撃が大きいと考えられる箇所の外板、肋骨及び桁部材の補強に関する規定を設けた。スラミング衝撃圧は、Chuang の実験式に構造応答の影響の修正を加え算定した。船首部フレア形状を考慮し、損傷データからの逆解析により衝撃相対角を求め、修正を行い等価静水圧として算定した。外板パネルの耐力は、等分布荷重を受ける四辺固定の長方形板の屋根型塑性崩壊として取り扱った。肋骨の耐力は、等分布荷重を受ける両端固定の一様梁の塑性崩壊として取り扱った。肋骨付きブラケットは、2 辺固定の直角二等辺三角形ブラケットのフランジ部の座屈強度として取り扱った。判定式は、耐力が等価静水圧より大きいこととした。

ウェブフレームの耐力は、等分布荷重を受ける両端固定の一様な梁の局部降伏（曲げ及び剪断）を考慮した。ウェブプレートの耐力は、周辺支持の長方形板の面内一軸方向の曲げ座屈及び剪断座屈を考慮した。判定式は、耐力が等価静水圧の 1/2 より大きいこととした。

### 改正概要

#### (1) 鋼船規則 C 編

7.1.8「フレアが大きい箇所の肋骨」及び 8.1.4「フレアが特に大きい箇所の特設肋骨及び船側縦桁」を新設し、船首フレア部の波浪衝撃が大きいと考えられる箇所の肋骨と桁部材の補強に関しての精神規定を記述した。（外板については、16.4.1 に規定済み）

また、特にコンテナ運搬船に関しては、現行鋼船規則で 32 章にコンテナ運搬船の特別要件が記載されているので、32 章にも 32.8「フレアが特に大きい箇所の強度」として、船首フレア部の波浪衝撃が大きいと考えられる箇所の外板、肋骨と桁部材の補強に関しての精神規定を設けた。

#### (2) 鋼船規則検査要領 C 編

自動車専用運搬船に関しての船首フレア部の外板、肋骨及び桁部材の構造強度算式をそれぞれ C16.4.1, C7.1.8 及び C8.1.4 に設けた。また、コンテナ運搬船に関しての船首フレア部の外板、肋骨及び桁部材の構造強度算式はそれぞれ C32.8.1, C32.8.2 及び C32.8.3 に設けた。検討箇所は、船級船の損傷統計を考慮して船首から 0.1L の箇所より前方及び満載喫水線より上方のフレアが大きい箇所とした。

## 2.18 コンテナ運搬船の縦通隔壁付き縦通防撓材に関する規定

### 改正背景

近年の荷重推定技術の向上と解析技術の進歩により、規則算式を制定する際に合理的な安全率の設定や支持条件を種々に変更した検討ができるようになった。また、最近のロンジ関連規則改正において荷重、安全率、端部固着度の影響等検討が行われ、コンテナ運搬船の縦通隔壁防撓材についてもその成果を取り入れることが可能になった。そこでコンテナ運搬船の縦通隔壁防撓材の実績値や他船級協会の規定を調査した上で、ロンジに対する規則の考え方を統一するように改正した。

### 改正内容

鋼船規則 C 編 32.4.3 (2) 縦通隔壁防撓材の断面係数の規定において以下の改正を行った。

- (1) 荷重の安全率及び許容応力について見直しを行った。
- (2) 船の長さが 230m より大きい場合の修正係数を導入した。
- (3) ロンジ端部の固着条件（例えばブラケットを取付けた場合）に応じた修正係数を導入した。

## 2.19 高齢船の検査強化等関連

### 改正背景

エリカ号事故対策として、IACS は海上における船舶の安全と海洋環境保護にむけて更なる改善のため検査要求項目と手順の全般的な見直しを行い、高齢 ESP 対象船に対する検査要件を中心に統一規則の改正を行った。本会もこれらの要件を取り入れ、高齢船に対する検査要件の強化及び板厚計測中の検査員の立会いに関する規定を改めた。

### 改正内容

主な改正内容は次のとおりである。

- (1) 船齢 15 年以上の ESP が適用される船舶では、中間検査は前回の定期検査に準じる。ただし、タンクの水圧テストは含まない。
- (2) 船齢 15 年以上の油タンカー及び危険化学品ばら積船において、加熱管を設置している貨物タンクに隣接するすべてのバラストタンクは、毎年内部検査を行う。
- (3) 板厚計測をする際は、本会の検査員が立会うこととする。
- (4) 板厚計測事業所の承認の条件として、これまでの書類提出に電子データによる板厚計測記録の提出を加える。
- (5) 油タンカー及び危険化学品ばら積船において、定期検査時に圧力試験が要求される管装置を明確にする。
- (6) ばら積貨物船において、定期検査時にすべての倉口蓋の風雨密性について射水試験等を行う。

## 2.20 溶接施工及び非破壊試験関連

### 改正背景

溶接施工に関する規定は、船体構造が溶接により建造されるようになった当時に制定されて以来、主なる見直し・改正がなかったため、その当時における溶接施工に対する考え方が規定されたままのため、溶接施工に関するNKの考え方、船級船の品質に対する溶接施工、検査、品質管理などの位置付けは読み取れないものであった。また、その間の溶接技術、検査技術の進歩、品質管理や品質保証制度の普及など溶接施工を取り巻く状況が大きく変化したにも関わらず、溶接施工に関する規定の改正がなされなかったために、現在の溶接施工を取り巻く状況に則した対応ができなくなってきた。非破壊検査についても、その原案は、約40年前に作成されたものであり、その間に造船界では、船舶の大型化、溶接施工方法の合理化などがなされ、また、JISなどの非破壊検査方法の規格も見直されたため、利用しにくいものとなった。さらに、非破壊検査に関する具体的な内容は、NKインストラクションに記載されてはいるため、規則体系上は公式なものとはいえないもので、NKの要求事項としては曖昧なものであった。

これらの改正は、品質確保と経済性、要求内容など細部にわたる議論を要し、かつ、この分野の専門家の意見が不可欠であることから、弊社材料専門委員会の中に作業グループ（座長 野本東京大学教授、造船所12社が委員）を設置し、そこで詳細に検討し、造船所の現状、規則としての透明性、説得性及び合理性があるよう要望され、また、品質管理に対する考え方などを整理して改正した。

### 改正内容

#### 1. 溶接施工関連

鋼船規則M編の規定は、1章から6章までであり、3章は、溶接材料及び溶接施工方法の承認試験における試験片及び試験方法に関する規定、4章は、溶接施工方法承認に関する規定、5章は、溶接士の技量資格に関する規定、6章は、溶接材料の認定に関する規定で、実溶接工事を実施する前に必要な規定で、溶接工事に直接関係する規定は2章に規定し、それらの位置付けが明確になるよう1章の通則を全面的に改めた。また、2章の規定については、実溶接工事の工程の流れに沿う構成に改めた。これらの改正により、「溶接の品質がヤードの施工管理レベルに依存する」内容であったものを、NK検査員が溶接工事の品質管理に積極的に関与し、また、溶接工事中の施工状況確認を通じて、“溶接の品質”を確保する姿勢を示すこととした。以下に各章の主な改正内容を紹介する。

#### ① 鋼船規則1章 通則の主な改正内容

(a) 従来から船体溶接工事の検査は、溶接工事全般にわたり全数を検査することが不可能なことから、品質管理状況に応じた検査の頻度、検査項目、検査方法などを採用してきた。しかし、その根拠となる規定が現行規定にはないこと及び製造所の一定レベルの品質管理を前提とすることが不可欠であることから、1.1.1-2.として、製造者が行なう溶接工事に関する前提条件を明記した。具体的には、溶接工事全般について一貫した施工管理を行い、溶接工事の品質を確保すること及び溶接施行管理体制に不具合が発生した場合に、それを追跡調査することができ、適切な是正措置が講じられることを条件とした規定を適用に追加した。

- (b) 製造者に、溶接工事全般にわたって施工管理の実施を要求する規定を 1.3.1 として規定し、NK は、その有効性を確認するために、溶接工事中の施工状況を確認する旨及びその確認に際し製造者に協力を求める規定を 1.3.2 - 1 として規定した。なお、施工状況の確認結果、不具合を発見した場合には、製造者に施工管理について是正措置を要求できる旨 1.3.2 - 2 に規定した。
  - (c) 検査の実施として、鋼船規則 B 編の製造中登録検査の規定に関連する旨の規定を 1.4.1 に規定し、溶接部の品質及びその管理方式が適当であると認めた場合、例えば「事業所承認規則」により承認された事業所の管理方式が維持されている場合は、溶接工事に関する検査の立会を軽減する旨も追記した。
  - (d) 溶接部の品質の確認として、従来は溶接工事完了後に溶接部の外観検査と非破壊検査を実施することとしていたが、非破壊検査は抜き取り検査であること及び溶接工事の品質は、溶接工事中の状態に強く依存することから、溶接工事中の検査（例えば、開先加工、取付精度、予熱の施工状況、裏はつり後の状況確認等）を 1.4.2 として明記した。
  - (e) 個船の品質は、上記(f)により確保できるが、補修或いは修復箇所が多く、溶接施工管理が不適切な場合には、管理体制の改善を要求する旨 1.4.3 として規定し、製造所の品質向上を図り、次船の溶接工事にフィードバックすることができるようにした。
- ② 鋼船規則 2 章 溶接工事の主な改正内容  
個船ごとに、使用材料、板厚、溶接施工方法、溶接姿勢などが、溶接施工方法承認試験において承認された範囲内かどうかを確認するために、溶接工事計画書を建造前に承認する旨 2.1.1 規定した。
- ③ 鋼船規則 M 編 4 章 溶接施工方法及びその施工要領  
現行規定のうち、一部を M 編 2 章に移設し、また、再試験の規定は、突合せ溶接継手試験及びすみ肉溶接継手試験のそれぞれの試験に規定することとした。
2. 非破壊試験に関する検査要領について
- ① 非破壊検査計画書の承認  
非破壊検査は、船体構造の突合せ溶接箇所のうち、ブロック継手（ブロック同士のバット継手及びシーム継手）を対象とする。非破壊検査計画書は、ブロック継手の溶接方法、非破壊検査数及び検査方法などを記載したもので、溶接工事に先立って作成し、船種、ブロック割、溶接姿勢、検査実績などを考慮して検査数の配分などを承認する。
- ② 非破壊検査箇所の指定  
非破壊検査は抜き取り検査により溶接内部の品質を確認する検査であるため、予め溶接施工者が検査箇所を把握していることがあってはならない。そこで、検査箇所の指定は溶接工事完了後に検査員が指示することとした。この指定は、工事の工程や補修のことも考慮して、造船所と密に連絡をとりながら的確に指示する必要がある。
- ③ 非破壊検査方法  
非破壊検査方法は、放射線透過検査を原則とするが、従来内構部材にしか認めていなかった超音波探傷検査も、放射線透過検査と同等以上の合否判定が行えることが併用することにより確認できた場合には、板部材にも使用できることとした。なお、超音波探傷検査の使用範囲は、溶接交差部を除く規定枚数の半分までとし、検査員が立会することとした。なお、最近多く使用されるようになった自動超音波探傷装置は、きずの判別能力や記録性も放射線透過試験以上のものもあるが、これらの使用についても、承認を得れば使用できることとした。

## ④ 非破壊検査箇所範囲及び検査数

放射線透過検査の検査数は、従来長さが 300m の船舶で 250 枚程度であったが、今回 375 枚程度に増大した。検査箇所は、船体中央部のバット継手に重点をおくが、その範囲を船体中央部以外にも拡大し、また、シーム継手も対象とした。表 1 に検査対象部材及び検査数を示す。

表1 検査対象部材及び検査数

検査対象部材		対象部材別検査数 <sup>*1, *2</sup>		
		中央部 0.6L 間		中央部 0.6L 間外
		バット継手	シーム継手	バット継手又はシーム継手
強力甲板 船側外板 船底外板	板部材	$\frac{6}{10} L$ 箇所 上記のうち、 $\frac{1}{3}$ 箇所は溶接交差点とする。	$\frac{2}{10} L$ 箇所	$\frac{2}{10} L$ 箇所
	内部材 <sup>*3</sup>	$\frac{3}{40} L$ 箇所 上記のうち、 $\frac{1}{3}$ 箇所は溶接交差点とする。	$\frac{1}{40} L$ 箇所	$\frac{1}{40} L$ 箇所
	桁部材	$\frac{2}{40} L$ 箇所		
骨部材	$\frac{3}{40} L$ 箇所			

## ⑤ 合否の判定

試験は、JIS などの規格に従って、有資格者が実施し、きずの判定は有資格者が判定するが、合否は、検査員が決定することとした。

## ⑥ 合否の判定基準

合否の基準は、JIS でいう 4 類が不合格となるよう定めたが、溶込み不良については、船体構造上重大な損傷の原因となる可能性が高いため、JIS でいう 3 類であっても不合格となる場合がある厳しい合否基準とした。

## ⑦ 補修

不合格箇所の補修は、検査員の指示に従って実施することとした。なお、補修後の取扱いとしては、材料の再試験規定と同様、試験を原則倍数箇所実施することとした。

## ⑧ 検査結果の施工管理へのフィードバック

不合格率が 10% を上回るような品質水準の造船所に対しては、その原因を調査し、品質改善を要求することとした。

## ⑨ 検査記録書の作成及び保管

造船所は、補修後の記録も含む検査記録書を作成し、検査委員に提出するとともに、5 年間（第 1 回定期検査完了までの間）保管することとした。

## 2.21 旅客船規則制定関連

### 改正背景

近年、大型客船の入級が増加したため、これらの建造実績を参考にして旅客船の技術規則を集大成することとした。

### 改正内容

制定の主な内容は次のとおりで、外国籍船舶に適用することとした。

- (1) 旅客船規則を鋼船規則から独立させて、関連規定を集大成した。
- (2) 旅客船規則で規定する要件は、鋼船規則（船舶検査と構造、艙装、機関、電気等）と同じ範囲のものとし、船級取得の条件とした。
- (3) 自動化設備、海防設備、揚貨設備、安全設備、無線設備等の設備及び船舶安全管理システムについては、該当規則によるものとし、これらの登録を船級取得の条件とはしない。
- (4) 旅客船規則の検査要領に SOLAS 条約及びこれに関する IMO の統一解釈（Circ.752, 847 等）、IACS の統一解釈、USCG の解釈/要求などを加えた。
- (5) 旅客船規則制定に伴い、現行英文鋼船規則に記載される旅客船関連規定を一部改正した。

また、旅客船規則各編の構成及び主な内容は次のとおりである。

#### 1 編 総則

本規則の適用に関する一般的事項及び特殊事項並びに用語の定義について規定している。

#### 2 編 船級検査

「通則」、「登録検査」、「中間検査」、「定期検査」、「船底検査」、「ボイラ検査」、「プロペラ軸及び船尾管軸の検査」及び「機関計画検査」の 8 章で構成されている。基本的には旧英文版鋼船規則 B 編 14 章及び同検査要領 B14 「旅客船の検査」の内容を移設し章構成等の整理を行ったものであるが、一部 IMO Resolution A.746(18), A.752(18)等を取入れている。

#### 3 編 船体構造及び艙装

「通則」、「材料及び溶接」、「縦強度」、「二重底構造」、「船側構造」、「水密隔壁及びその開口」、「外板の開口及び水密性」及び「甲板」の 8 章で構成されており、SOLAS 条約 II-1 章の内容を含んでいる。なお本編に規定するもの以外の規定は、基本的に鋼船規則 C 編等の該当規則を適用する形を採っている。

#### 4 編 区画及び復原性

「通則」、「区画」、「損傷制御図」及び「非損傷時復原性」の 4 章で構成されており、「区画」については SOLAS 条約 II-1 章を、「損傷制御図」については鋼船規則 C 編 33 章の内容を取入れている。また「非損傷時復原性」については IMO Res.A167(ES.IV)及び Res.A.562(14)に従う旨規定している。

#### 5 編 機関

「通則」、「排水装置、衛生装置等、ビルジ管装置及びバラスト管装置」、「操舵装置」及び「航路を制限される船舶に施設される機関の特例」の 4 章で構成されている。本編 2 章及び 3 章では、基本的に SOLAS 条約 II-1 章の該当規則を取入れ、4 章では航路を制限した場合の軽減規定をそれぞれ規定している。



## 6編 電気設備

「通則」,「設備計画」,「特殊な貨物等を運送する船舶に対する追加規定」及び「航路を制限される船舶等に関する電気設備の特例」の4章で構成されている。本編2章及び3章では,基本的に SOLAS 条約 II-1 及び II-2 章の該当規則を取入れ,4章では航路を制限した場合の軽減規定をそれぞれ規定している。

## 7編 火災安全措置

「通則」,「防火構造」,「脱出設備」,「消防設備」,「火災制御図」の5編で構成されており,基本的に SOLAS 条約 II-2 章の該当する規則に従う旨規定している。なお,検査要領で国際航海に従事しない船舶に対する軽減規定を規定しており,さらに付録として SOLAS 条約 II-2 章の旅客船関連の条文解釈を IMO-MSC/Circ.A.847 等を基に規定している。

## 8編 満載喫水線

鋼船規則 V 編の規定に適合しなければならない旨規定している。

## 9編 船橋視界

鋼船規則 W 編の規定に適合しなければならない旨規定している。

## 2000年改正 SOLASII-2 章 局所消火装置に関わる諸要件の整理

### 1. 適用

総トン数 500 トン以上の旅客船及び総トン数 2,000 トン以上の貨物船の 500 立方メートルを超える容積を有する A 類機関区域における次の場所が対象。

- (a) 主機及び発電用内燃機関の排ガス管及び高圧燃料油管が集中する場所（通常は機関頂部）
- (b) ボイラ（IGG も含む）のバーナー部
- (c) 焼却炉のバーナー部
- (d) 燃料油清浄機

### 2. 構成機器

#### (a) 消火ノズル

MSC/Circ.913 に対応した型式承認試験に合格したもの。

#### (b) 高圧ポンプ及び管装置

消火ノズルが所定の性能を発揮するよう設計され承認されたもの。基本的な要件は一般的な消火装置と同様、船舶機関規則や鋼船規則 D 編に従う。また機関室内に設置される加圧ユニット（高圧ポンプ）の電気部分については、局所消火装置作動中であっても機能を確保するために適当な外皮構造を備える。

#### (c) 清水タンク（実効上の問題を考慮し清水使用を前提とする。）

局所消火装置 20 分間の作動に必要な清水量（一番大きな保護対象となる場所を基準に算定する。）を確保する。専用の清水タンクでない場合、必要水量（造水機が設備されていない場合余裕分を見込む必要がある。）を確保する低液面警報を設置する。

#### (d) 手動起動装置（停止装置も含む）

A 類機関区域の内部及び外部の場所であって、保護対象場所における火災の際にも容易に近づくことができる安全な場所に手動起動装置を設ける。機関区域内の場所については、保護対象とする場所の火災状況を確認した後に速やかに操作できるように、また、火災抑制のために火災源の燃料を速やかに遮断できるように Reg.4.2.2.5.5 の燃料油遮断装置と近接した位置とすることが望ましい。

#### (e) 起動警報装置

局所消火装置の起動を知らせるもので、機関区域内には保護対象場所毎に設けられた可視警報装置及び他の警報と区別できる可聴警報装置、船橋等常時人が配員される場所に局所消火装置が起動した場所を明示する警報装置がそれぞれ必要となる。同警報は、ポンプの起動等を検知して作動する。

自動起動が要求される場合は、上記に次を加える。

#### (f) 火災探知装置

局所消火装置の自動起動のために、局所での火災を速やかに探知する様に設置すると同時に、誤って消火装置が起動することを防止するよう対策を取る。この両者を満足するために、炎式火災探知機と煙式火災探知機を併用し、一つ目の探知機による感知で火災警報を発し、二つ目の探知機による感知で局所消火装置を起動させるものとするのが現実的な選択肢として考えられる。この場合、火災探知装置の一次的な目的は局所における火災の早期検知ということになり、場所が特定できるものでありさえすれば従来から要求されている火災探知警報装置を流用できる。

#### (g) 自動起動装置

M0 運転時に上記火災探知装置の信号を受けて局所消火装置を自動起動させる。自動起動に関

しては、本格消火活動への移行を含めて乗組員による判断の余地を残すために、手動操作による上書きを優先させる機能を設ける。

### 3. 消火能力

A 類機関区域内の局所における火災の抑制を目的とし、その能力は消火ノズルの型式承認試験、装置全体の設計(ノズルの配置、電気機器のミスト対策等)及び搭載後の適当な試験により担保される。

### 4. 局所消火装置の起動と消火活動の流れ

(非 M0 船及び M0 船であっても非 M0 運行時\*の場合)

- 1-① 当直による火災発生の確認。
- 1-② 火災発生源の燃料遮断、稼動中の発電機の場合はできればスタンバイ機への負荷移行後燃料遮断。できなければ燃料遮断及びブラックアウト後のスタンバイ機の自動始動確認。
- 1-③ 必要に応じて局所消火装置を手動起動(起動警報\*\*が作動)し火災を抑制、要すれば本格消火活動へ移行。

注)

- ①と②の間に火災探知警報装置が作動する場合もあり。  
火災の状況に応じて発電機火災以外の場合には②と③が入れ替わることもある。

(M0 運行時の場合／火災認知が早かった場合)

- 2-① 火災探知装置\*\*\*が作動し、火災発生を知らせる。
- 2-② 乗組員が現場へ到着し火災状況を判断。
- 2-③ 1-②及び③へ続く(場合によって、2-②以降に 2 つ目の火災探知装置が作動し、局所消火装置は自動で起動する\*\*\*\*。)

(M0 運行時の場合／火災認知が遅かった場合)

- 3-① 火災探知装置\*\*\*が作動し、火災発生を知らせる。
- 3-② もう一つの火災探知装置が火災を感知し、局所消火装置が自動起動(起動警報\*\*が作動)し火災を抑制する\*\*\*\*\*。
- 3-③ 乗務員が現場へ到着し火災状況を判断。
- 3-④ 火災発生源の燃料遮断、稼動中の発電機の場合はスタンバイ機への負荷移行後燃料遮断。
- 3-⑤ 状況に応じて本格消火活動へ移行、場合によっては局所消火装置を停止する\*\*\*\*。

\* 自動起動装置を備える場合であっても、機関室に配員時には同機能を停止して差し支えないと考えられる。(M0 運転時には当然自動起動装置を機能させておかなければならない。)

\*\* 起動警報は局所における火災を知らせる可視可聴のものであって、可視警報は局所毎に設置し機関室内外において火災場所が特定できるものとし、可聴警報は火災警報及び他の消火装置の起動警報と識別できるものとする。(警報音を局所毎に識別させる必要は無い。)

\*\*\* 局所消火装置の自動起動については従来からある火災探知機を流用することを念頭に置くが、誤作動を防止するために局所毎に 2 種類の火災探知機を使用するものとし、一つめの探知機作動時に警報を発生し、2 つめの探知機が作動したときに局所消火装置が起動するようにする必要がある。この火災探知機は、局所における火災が個々に認知できるものであれば、全体の火災探知警報装置を流用するものとしても問題ない。流用する場合もしない場合も、警報音自体は通常の火災探知警報と同様で可と考えられる。

\*\*\*\* 自動起動装置は、乗務員の判断で機能を上書き停止させることができる。

\*\*\*\*\* 局所消火装置の自動起動により万が一ブラックアウトしてしまった場合、局所消火装置は速やかに給電復帰されるものとし、ブラックアウト直前の状態を保持する(局所消火装置が起動していた場合は再起動するものとし、起動していない場合についても火災探知の結果については保持される。)ものとする必要がある。

## 5. 局所消火装置の機能を確保するために必要な措置

### (a) 通風影響の緩和

機関区域内の局所消火装置の保護対象となっている機器は、燃焼用空気を供給するため、もともと通風量の多い場所である場合が多い。局所消火装置の性能を発揮するためには少なくとも当該場所の通風は停止又は遮断させる必要があると思われるので、局所でのダンパーによる遮断もしくは一部の通風機の停止を消火装置の起動と連動させる。

### (b) 消火ノズルの設置位置

下記 7. を参照

## 6. 船舶の機能を確保するために必要な措置

船舶の運行に関わる主要な機能としては主として次の二点が考えられる。これらを確保するために、関連する機器（電線等も含む。）は基本的に火災危険性が高いと考えられる場所、特に局所消火装置作動時にミスト雰囲気になると考えられる場所は避けて配置される必要がある。このことが実行不可能な場合には、当該機器に適当な保護外皮構造を持たせる等の措置が必要となる。

### (a) 推進力の確保（主機火災時を除く。）

他の場所における局所消火装置作動による影響を直接受ける可能性は低いと考えられ、燃料油及び潤滑油システムの確保や電源確保の措置がとられていれば問題ないと考えられる。なお、主機自体が火災の場合に推進力が確保できなくなるのはやむを得ないと考えられる。

### (b) 電源確保

発電機用機関の火災時に船舶の電源（局所消火装置への給電を含む）を確保するためには、火災拡大前に速やかにスタンバイ機への負荷移行を完了し、火災源機関の燃料を遮断、停止させた後に局所消火装置を起動させる必要がある。乗員が配置されている場合には状況に応じて判断し行動することが可能であるが、M0 運行時には火災探知時に速やかに措置を施すことが肝要で、1 つ目の火災探知警報に連動させてスタンバイ機を自動起動して負荷を移行、負荷移行後は速やかに火災源機関を停止、燃料を遮断できるよう措置する必要がある。

## 7. 実船への適用上の問題

### (a) 消火ノズルの配置

主機頂部の保護（天井が高い場合や天井クレーンを避けるための傾斜ノズル配置）  
天井が低い場合の近接配置に対する対処

### (b) 火災探知機の要件及び配置（自動起動が要求される場合）

炎式火災探知機を使用する場合に要求される性能基準  
炎式火災探知機の視野角及び死界の問題  
煙式火災探知機の有効な設置場所の特定（気流によりおよそ離れた位置の探知機が作動する可能性がある。＞自動起動に際してもう少し融通が効くほうがよいか？）  
煙式火災探知機の船内効力試験方法

### (c) ミスト雰囲気下における機器の動作

ミストの影響範囲の特定  
適当な保護(外皮)構造  
要求される作動時間

## SOLAS V 章 2000 年改正の概要

### 1. はじめに

SOLAS 第 V 章全面改正案は、1992 年に提案されてから航行安全委員会(NAV)で審議が行われ、最終案が 2000 年 12 月に開催の IMO の海上安全委員会第 73 回会議(MSC)において採択され、2002 年 7 月 1 日に発効の予定である。

本改正は、

- ① V 章の再構成、
- ② 機能要件の明示及び代替の設備・措置の承認に関する規則の新設、
- ③ V 章の既存設備の要件を強化及び新技術による機器の設置などの要件の新設

からなっており、一部は現存船にも遡及適用される。

ここでは、航行設備と機器に係る改正の概要について旅客船、高速船を除く船舶（以下「船舶」という。）への適用について述べる。

### 2. 規則の概要

#### 2.1 適用船舶

- 1) 他に別段の明文規定がない限り、軍艦等非商船及び五大湖のみを航行する船舶等を除くすべての航海に従事するすべての船舶に適用する。
- 2) 主官庁は、専ら国内規則で規定される沿岸部を航行する船舶に対して、V 章の適用の程度を決めることができる。
- 3) 主官庁は次の種別の船舶に対して航行設備の要件の適用の程度を決定する。
  - .1 全ての航海に従事する総トン数 150 トン未満の船舶
  - .2 国際航海に従事しない総トン数 500 トン未満の船舶
  - .3 漁船

#### 2.2 航行設備の適用時期及び現存船への遡及適用

- 1) 2002 年 7 月 1 日以降に建造される船舶は、航行装置及び機器（第 19 規則 2.1 から 2.9）を備える。
- 2) 2002 年 7 月 1 日より前に建造される船舶は次による。
  - .1 2002 年 7 月 1 日より前に発効された 74SOLAS の V/11 規則(信号灯)及び V/12 規則（船舶に備える航行設備）及び V/20 規則（航海用刊行物）の要求を満たす機器を備える。
  - .2 第 19 規則 2.1.6 に規定された全地球的衛星航法装置又は全地球的無線航法装置を 2002 年 7 月 1 日より前に発効された 74SOLAS の V/12(p)規則に規定される無線方向探知機が要求されなくなる 2002 年 7 月 1 日以降の最初の検査より前に備える。
- 3) 第 19 規則 2.4 に規定された自動船舶識別装置(AIS)を次の時期までに備える。
  - .1 国際航海に従事する 300GT 以上のすべての貨物船
    - 1.1 タンカーは 2003 年 7 月 1 日以降の最初の SE 検査までに備える。
    - 1.2 タンカー以外の 50,000GT 以上の貨物船は 2004 年 7 月 1 日までに備える。
    - 1.3 タンカー以外の 10,000GT 以上 50,000GT 未満の貨物船は 2005 年 7 月 1 日までに備える。

- 1.4 タンカー以外の 3,000GT 以上 10,000GT 未満の貨物船は 2006 年 7 月 1 日までに備える。
- 1.5 タンカー以外の 300GT 以上 3,000GT 未満の貨物船は 2007 年 7 月 1 日までに備える。

2 国際航海に従事しない 500GT 以上の貨物船は 2008 年 7 月 1 日までに備える。

(注) タンカーとは、SOLAS 第 I 章 2(h)規則で定義される「引火性の液体貨物のばら積み運送のために建造し又は改造した貨物船」で 73/78MARPOL 議定書付属書 I 第 1 規則に掲げる油を輸送するタンカー、IBC コード第 17 章に掲げる液体物質のばら積み運送のために建造し又は改造された貨物船（不燃性物質のみ積載する場合を除く）、IGC コード第 19 章に掲げる液化ガスその他の物質のばら積み運送のために建造し又は改造した貨物船（非引火性物質のみ積載する場合を除く）を言う。

4) 第 20 規則に規定された航海記録装置(VDR)は次の時期までに備える。

- .1 2002 年 7 月 1 日以降に建造される 3,000GT 以上の貨物船に備える。
- .2 主官庁はロールオンロールオフ旅客船を除く 2002 年 7 月 1 日より前に建造された船舶に対して、現存設備との VDR の連携が不合理かつ不可能であると証明される場合、VDR の設置を免除することができる。

(注) 現存船への遡及適用については、IMO で検討中。

5) その他

船橋監視アラーム・システム (Bridge watch alarm system) の性能要件については、NAV47 において検討中で、装備については未定。

このシステムは、当直航海士の監視が行われているかをモニターし、時間を経過しても警報を確認しない場合は延長警報を発するシステムである。

航海設備 及び機器	対象船舶		適用期日									
	02/7/1 前の 建造船 (現存船)	02/7/1 以降の 建造船 (新船)	02/7/1	建造日	02/7/1 より後 の最初 の検査	03/7/1	03/7/1 以降の 最初の SE 検査	04/7/1	05/7/1	06/7/1	07/7/1	08/7/1
電子航法 装置(GPS 等)		全ての船舶		●								
	全ての船舶				●							
AIS		全ての旅客 船, 300GT 以 上の国際航海 貨物船 500GT 以上の非国際 航海貨物船		●								
	国際航海の旅客 船					●						
	国際航海 300GT 以上のタンカー					●						
	国際航海 50,000GT 以上 の貨物船						●					
	国際航海 10,000GT 以上 の貨物船							●				
	国際航海 3,000GT 以上の 貨物船								●			
	国際航海 300GT 以上の貨物船									●		
	非国際航海の旅 客船及び 500GT 以上の貨物船											●
VDR		国際航海の全 ての旅客船		●								
	国際航海 RO/RO 旅客船				●							
	国際航海のそ の他旅客船							●				
		国際航海 3,000GT 以上 の貨物船		●								
	現存貨物船		遡及適用については、IMO で検討中									
その他の 航海設備		新船		●								
	現存船		2002年7月1日前に発効された74SOLASのV/11, V/12及びV/20規則の要求を満足する機器を備える。 無線方向探知機は2002年7月1日以降最初の検査までに無線航法装置を備えることで要求されなくなる。									

## 2.3 航行設備及び機器に係る新設規則

航行設備の搭載要件は、第 15 規則、第 16 規則、第 17 規則、第 18 規則、第 19 規則、第 20 規則、第 21 規則、第 22 規則、第 24 規則、第 27 規則、第 28 規則で規定されている。

### 1) 第 15 規則 船橋設計、航行設備及び機器の設計及び配置、並びに船橋作業手順に係わる原則

— 船橋機器及び配置のための人間工学的基準に係わる指針 (Guidelines on ergonomic criteria for bridge equipment and layout; MSC.Circ.982)、統合型船橋システム IBS の性能基準(Performance standards for Integrated Bridge System; MSC.64(67); annex 1)、統合型航海システム INS の性能基準(Performance standards for Integrated Navigation System; MSC.86(70); annex 3)を参照する。

— 新規則第 19、22、24、25、27、28 規則を適用するための決定、船橋の設計・機器配置・船橋作業に影響を与える決定が次に掲げる目的のために行われなければならない。

1. 全ての運航状態において、状況の完全な評価を行い、船舶を安全に運航させるために船橋当直員と水先案内人により行われる業務を容易にすること。
2. 効果的で安全な船橋における資源の管理を助長すること。
3. 船橋当直員及び水先案内人が、明瞭かつ明白に提示される重要な情報を、制御及び表示する標準化されたシンボル及びコード変換システムを使用して簡単に継続して得ることを可能にすること。
4. 自動化された機能並びに一体化された部品、装置及び/又は補助装置の動作内容を表示すること。
5. 船橋当直員及び水先案内人によって処理され決済される、消費的、継続的かつ実務的な情報を受容すること。
6. 過剰又は不必要な業務、並びに船橋当直員及び水先案内人の疲労の原因となる又は緊張業務の妨げとなる、船橋でのいかなる状態又は精神的混乱を防止又は最小限とすること。
7. 人的間違いの危険性を最小限にし、そのような間違いが起きた場合には、監視及び警報装置を通して、船橋当直者及び水先案内人が適切な行動を取れるように、それを探知すること。

\* 人間工学的基準に係わる指針を参照し、ヒューマンエレメント/Bridge Resource Management について考慮された設計・配置を可能な限り実施する。

### 2) 第 16 規則 機器の保守

— 主官庁は V 章で要求される機器の性能が維持されることを確実にするための適切な措置が取られるようにする。

— 第 I 章第 8 規則 (条約適用の総トン数 500 トン以上の貨物船の救命設備及び航行設備の検査) に規定されたものを除き、V 章で要求される機器の故障に対して、船長により適切な措置が取られていれば、修理のため船を遅延させる理由としない。

### 3) 第 17 規則 電磁両立性

— 2002 年 7 月 1 日以降に建造される船舶について、船橋又は船橋の近傍に設ける全ての電気及び電子機器が、電磁両立性(EMC)について試験されること。

(注) 電磁両立性を確認するための試験は、電磁波、雑音等の放出量が一定の値以下で



あることを確認するための試験（エミッション試験）と一定の値の電磁波、雑音等に対し機器が耐性を有していることを確認するための試験（イミュニティ試験）に分けられ、それぞれの試験に合格することにより両立性が成り立つことになる。

—電気及び電子機器は、電磁的干渉が航行設備及び機器の正常な機能に影響を与えないように設置されること。

\* 船内で最も大きな電磁的干渉の発生源としては無線設備の送信アンテナからの電波の放射による放出が考えられる。

\* 試運転で航海設備などが支障なく作動するか確認する。

—持ち運び式電気及び電子機器は、航行設備及び機器の正常な機能に影響を与える恐れがある場合には船橋で使用しないこと。

—A.813 General requirements for electromagnetic compatibility for all electrical and electronic ship's equipment を参照する。

\* 機器の試験内容は IEC60945, IEC61000-4 による。

#### 4) 第 18 規則 航行設備、機器及び航海記録装置（VDR）の承認及び検査並びに性能基準

—主官庁の型式承認を受けたものとする。

\* AIS, HCS, TCS, EPA/ATA, VDR, SRS, THD, ECDIS については国内の型式承認基準を検討中。

\* IBS, INS については国内では当面型式承認しない。機能別に個別承認となる。

—2002年7月1日以降に設置される航海設備・機器（予備を含む）は機関により採択された性能基準に適合すること。

\* AIS, VDR, SPEED DISTANCE IND., EPA/ATA については IEC 最終試験基準を投票中。Radar Reflector(9/3GHz), Daylight Signal Lamps, THD については性能基準作成中。

—2002年7月1日前に建造された船舶において航行設備及び機器が交換又は追加された場合には、最新の性能基準に適合したものとする。

\* GPS を引き続き使用する場合は、特別な指示がなければ新しい性能基準の適用が免除される。但し、AIS などに接続する場合は、その要求に適合する必要がある。

—機関による性能基準の採択前に設置された航行設備及び機器については、性能基準に注意を払ったうえで、主官庁の指示により引き続きそれらの基準に対する全面適用から免除される。

\* ECDIS を海図の代わりに機器として使用する場合は、設置時期において有効な機関により採択された性能基準を下回らないこと。1999年1月1日前に設置された装置については1995年11月23日の時点で機関が採択している性能基準を下回らないこと。

—主官庁は、製造者が型式承認の状態に継続して適合していることを確保するために、監査を受けた品質管理システムを有することを要求する。この代わりとして型式承認

を取得していることが検証されている製品に対して最終製品段階における確認手法を用いることができる。

- VDR については、すべてのセンサーを含め、年次性能試験を行う。この試験は、承認された試験所もしくはサービス機関において、記録されたデータの精度、持続性及び復元性を確認するために行われる。更に、試験及び検査は、すべての保護外被及び位置を認識するための装置の有効性を決定するために行われる。効力日及び適合可能な性能要件について記載された試験所が発行する適合証書を船舶に備える。

#### 5) 第 22 規則 航海船橋の視界

- ほぼ現行通り。

#### 6) 第 24 規則 ヘディングコントロールシステム及び/又はトラックコントロールシステムの使用

- オートマチックパイロットの規定がヘディングコントロールシステム及びトラックコントロールシステムに変わった。

#### 7) SOLAS 条約付属書付録の改正

- 貨物船安全設備証書に対する設備の記録(様式 E)に新 V 章の改正にあわせて航行設備のリストが追加された。

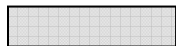
### 3 航行設備及び機器の搭載要件

#### 3.1 第 19 規則、第 20 規則、第 21 規則、第 27 規則、第 28 規則で規定される航行設備等の搭載要件

(150GT 未満の船舶及び非国際航海の 500GT 未満の船舶は主官庁が要件を決定する。)

適用船舶	航行設備	Navigational systems and equipment
①全 船	<ul style="list-style-type: none"> <li>標準磁気コンパス及び操舵場所への標準手順</li> <li>方位盤又はコンパス方位測定具</li> <li>真方位への修正手段</li> <li>海図又は ECDIS</li> <li>ECDIS のバックアップ (電子海図を使用する場合)</li> <li>航海用刊行物 (水路誌、灯台表、水路通報、潮汐表、その他必要な航海用刊行物)</li> <li>電子航海用刊行物のバックアップ(電子化された航海情報を使用する場合)</li> <li>電子航法装置など船位情報を得る手段</li> <li>音響受信装置(全閉囲船橋の船舶)</li> <li>非常操舵場所との通信手段</li> <li>ログブック(国際航海の船舶)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standard magnetic compass for heading information at the main steering position (19.2.1.1)</li> <li>Pelorus or compass bearing device (19.2.1.2)</li> <li>Means of correcting heading and bearing (19.2.1.3)</li> <li>Nautical chart/ECDIS (19.2.1.4)</li> <li>Back up arrangements for ECDIS (19.2.1.5 &amp; 19.2.1.6)</li> <li>Nautical publications (19.2.1.4 &amp; 27)</li> <li>Back up arrangements for electronic nautical publications (19.2.1.5)</li> <li>Receiver for a global navigation satellite system/terrestrial radionavigation system (19.2.1.6)</li> <li>Sound reception system (19.2.1.8)</li> <li>Telephone to emergency steering position (19.2.1.9)</li> <li>Log books (28)</li> </ul>
② 150GT 未満(①に加えて装備)	<ul style="list-style-type: none"> <li>レーダーリフレクター</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Radar reflector (19.2.1.7)</li> </ul>
③ 150GT 以上(①に加えて装備)	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備の磁気コンパス</li> <li>昼間信号灯</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spare magnetic compass (19.2.2.1)</li> <li>Daylight signaling lamp (19.2.2.2)</li> </ul>
④ 300GT 以上(③に加えて装備)	<ul style="list-style-type: none"> <li>音響測深機</li> <li>9GHz レーダー</li> <li>船速距離計(対水)</li> <li>自動船舶識別装置(AIS、国際航海の船舶)</li> <li>国際信号書 (SOLAS 適用の無線設備を設ける船舶)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Echo sounding device (19.2.3.1)</li> <li>9 GHz radar (19.2.3.2)</li> <li>Speed and distance measuring device (through the water) (19.2.3.4)</li> <li>Automatic identification system (AIS) (19.2.4)</li> <li>International Code of Signals (21)</li> </ul>
⑤ 300GT から 500GT 未満(④に加えて装備)	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子プロティング装置(EPA)</li> <li>指針伝達装置(THD)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Electronic plotting aid (EPA) (19.2.3.3)</li> <li>Transmitting heading device (THD) (19.2.3.5)</li> </ul>

適用船舶	航行設備	Navigational systems and equipment
⑥ 500GT 以上(④に加えて装備)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ジャイロコンパス</li> <li>・ 非常操舵場所用ジャイロレピータ</li> <li>・ 方位測定用ジャイロレピータ (1600GT 未満の船舶は可能な限り設置)</li> <li>・ 舵角表示器、プロペラ軸回転計、ピッチ角指示計、操作モード表示器</li> <li>・ 自動物標追跡装置 (ATA)</li> <li>・ 故障代替機能</li> <li>・ 自動船舶識別装置(AIS、非国際航海の船舶)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Gyro compass (19.2.5.1)</li> <li>・ Gyro compass heading repeater (19.2.5.2)</li> <li>・ Gyro compass bearing repeater(s) (19.2.5.3)</li> <li>・ Rudder, propeller, thrust, pitch and operational mode indicator (19.2.5.4)</li> <li>・ Automatic tracking aid (ATA) (19.2.5.5)</li> <li>・ Ability for 2.1.1, 2.1.2 &amp; 2.1.4 (19.2.6)</li> <li>・ Automatic Identification System (AIS) (19.2.4)</li> </ul>
⑦ 3,000GT 以上(⑥に加えて装備)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第 2 のレーダー</li> <li>・ 航海データ記録装置(VDR) (国際航海の船舶)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Second radar (3 GHz/9 GHz) (19.2.7.1)</li> <li>・ Voyage data recorder</li> </ul>
⑧ 3,000GT 以上 10,000GT 未満(⑦に加えて装備)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 第 2 の自動物標追跡装置(ATA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Second automatic tracking aid (19.2.7.2)</li> </ul>
⑨ 10,000GT 以上(⑦に加えて装備)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自動操舵装置 (船首方位制御装置(HCS) /航跡制御装置(TCS) )</li> <li>・ 自動衝突予防援助装置 (ARPA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Heading or track control system (19.2.8.2)</li> <li>・ ARPA (19.2.8.1)</li> </ul>
⑩ 50,000GT 以上(⑨に加えて装備)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 回頭角速度計</li> <li>・ 船速距離(対地)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ Rate of turn indicator (19.2.9.1)</li> <li>・ Speed and distance measuring device (over the ground in the forward and athwartships direction) (19.2.9.2)</li> </ul>



搭載要件の強化・新たな設備の設置要求の航行設備

—AIS は機関の採択した運用に関する指針を考慮して運用される。(NAV47/5)

- ・ 使用者は機器の運用に習熟しなければならない。
- ・ 船舶同士の衝突回避の状況で AIS を使用する場合、AIS は航海支援のための情報システムであること、AIS の使用が国際海上衝突予防法における当直職員の責任を免ずるものではない。

—航海機器及び装置は、故障を最小限とするように設置され、試験されなければならない。

—操作の代替モードを有する航海機器及び装置は、実際に使用しているモードについて表示しなければならない。

—集中船橋設備(IBS)は、1つの補助設備の故障により当直航海士に対して可視可聴警報による迅速な注意を喚起するものでなければならない。また、その故障がその他の補助設備を故障させる原因となってはならない。集中航行設備(INS)の一部が故障した場合には、個々の機器をそれぞれ操作することができるか、又は、装置の一部を分離して操作することができなければならない。

### 3.2 航行設備及び機器の機能要件

第 18 規則に規定された航行設備の機能要件は次の通り。

- ① 航行設備及び機器は、主官庁の型式承認を受けたものとする。
- ② 2002 年 7 月 1 日以降に設置される航行設備及び機器は、予備装置を含み、適用可能な限り機関により採択された性能基準を下回らない適当な性能基準に適合すること。
- ③ 一般要件は、A.343(IX), A.529, A.575(14), A.694(17), A.813(19), A.830(19), MSC. Circ.982 及び IEC61162, IEC60945, IEC61000-4 を参照する。

#### 航行設備及び機器の仕様と改正点

設 備	仕 様	改正点	性能基準
Standard magnetic compass for heading information at the main steering position	現行通り 反映式磁気コンパス		A.382(X)
Spare magnetic compass	現行通り 予備の羅盆		
Pelorus or compass bearing device	現行通り アジムスサークル		
Ability for 2.1.1, 2.1.2 & 2.1.4	新設 磁気コンパス,コンパス方位測定器,紙海図を選択すれば不要		
Means of correcting heading and bearing	現行通り 自差修正手段		
ECDIS, Back up arrangements for ECDIS & Back up arrangements for electronic nautical publications	新設 電子海図情報表示装置 (ECDIS) : 電子海図(SENC)の表示,航海情報の表示(Radar 情報, 航海計画情報) バックアップ(海図との組合せも可)		A.817(19) 1995, MSC.64(67) Annex 5 (1999.1.1-) MSC.86(70) Annex 4 (2001.1.1-)
Receiver for a global navigation satellite system/terrestrial radio-navigation system	新設 GPS ; DGPS ; GLONASS ; DGLONASS ; GPS/GLONASS 一体型		A.819(19), MSC.53(66), MSC.64(67) Annex 2, MSC.74(69) Annex 1 (2000.1.1-), MSC.112(73) MSC.113(73) MSC.114(73) MSC.115(73)

設 備	仕 様	改正点	性能基準
Sound reception system	新設 音響受信装置(SRS)		MSC.86(70) Annex 1 (2000.1.1-)
Telephone to emergency steering position	現行通り 電話またはトークバック		
Radar reflector	新設 レーダ反射器		A.384(X) 新基準 pending
Daylight signaling lamp	新基準への適合 昼間信号灯	船内電源から独立した内蔵蓄電池が必要	MSC.95(72) (2002.7.1-)
Echo sounding device	現行通り		MSC.74(69) Annex4 (2001.1.1-)
9 GHz radar	現行通り		MSC.64(67) Annex4 (1999.1.1-)
Second radar (3 GHz/9 GHz)	現行通り 3 GHz レーダ,主官庁が認めた場合は 9 GHz レーダ		MSC.64(67) Annex4 (1999.1.1-)
Electronic plotting aid (EPA)	新基準への適合 レーダー (EPA: 10 目標の手動電子プロッター付)		MSC.64(67) Annex 4 Appendix 2 (1999.1.1-)
Automatic tracking aid (ATA)	新基準への適合 レーダー (ATA: 10 目標の自動捕捉・自動追尾付)		MSC.64(67) Annex 4 Appendix 1 (1999.1.1-)
Automatic radar plotting aids (ARPA)	現行通り レーダー(ARPA: 20 目標の自動追尾,衝突予防援助付)		A.422(XI) A.823(19)
Universal shipborne automatic identification system (AIS) using VHF TDMA	新設 全世界船舶自動識別装置 : 送受信動作モード(自律、被指定,ホッピング),送信停止,自己診断,構成(トランスポンダー,1台の送信機,2台の受信機,1台の DSC 受信機), 接続機器 (GPS,GYRO,TURN RATE METER) ,情報 (静的情報、動的情報,航海情報,安全メッセージ,他船情報,警報)		MSC.43(64)  MSC74(69) Annex3 (2000.1.1-)

設 備	仕 様	改正点	性能基準
Speed and distance measuring device (through the water)	新基準への適合 EM LOG, DOPPLER LOG		A.824(19) MSC.96(72) Annex 14 (2002.7.1-)
Speed and distance measuring device (over the ground in the forward and athwartships direction)	新設 ドップラーソナー： 前方及び横方向の対地速力及び距離		A.824(19) MSC.96(72) Annex 14
Transmitting heading device (THD)	新設 船首情報伝達装置(THD): 方式(ジャイロ,磁気コンパス,GPS,電子磁気コンパス等の方式)		MSC.116(73) Annex 29 (2002.7.1-)  MSC.86(70) Annex 2 -TMHD (2000.1.1-)
Gyro compass, heading repeater, & bearing repeater	現行通り ジャイロコンパス及びレピータ		A.424(11)
Rudder, propeller, thrust, pitch and operational mode indicator	現行通り 舵角計,プロペラ回転計,スラスト計,プロペラピッチ計,操作モード表示器(推進方式により選択)		
Voyage data recorder	新設 VDR： カプセル(耐火・耐圧固定式又は浮揚式,離脱機構及び水中ビーコン付), 主演算装置(自動連続12時間記録,2年間記録維持),再生装置,電源(非常及び補助), 記録データ(日付,時刻,船位,船速,船首方位,船橋音声,通信音声,レーダ映像,水深,風向・風速,主警報,舵角指令実舵角,エンジン指令応答,船倉扉開閉状態,水密・防火扉状態,船体ストレス), データ表示装置(オプション),再現装置(陸上設備)  (注)浮揚式カプセルについては、NAVで検討中。		A.861(20)

設備	仕様	改正点	性能基準
Heading or track control system	新設 オートパイロット(HCS: 針路保持+ヘディングモニター) または オートパイロット+ECDIS (TCS: 航路計画に基づき変針点を結んで進路を制御)		A.342(IX) MSC.64(67) Annex 3 (1999.1.1-) MSC.74(69) Annex 2 (2000.1.1-)
Rate of turn indicator	現行通り 回頭角速度計		A.526(13)
Integrated bridge system (IBS)	新設(装備する場合) 集中船橋設備 (IBS) は、1つの補助設備の故障により当直航海士に対して可視可聴警報による迅速な注意を喚起するものでなければならない。また、その故障がその他の補助設備を故障させる原因となってはならない。 集中船橋では、航海、通信、機関制御、荷役制御、安全・保安に関する2つ以上の操作を行う。故障分析が必要。		MSC.64(67) Annex1
Integrated navigational system (INS)	新設 (装備する場合) 集中航海設備(INS)の一部が故障した場合には、個々の機器をそれぞれ操作することができるか、または、装置の一部を分離して操作することができなければならない。集中した航海設備は航海士を支援するシステムで、INS(A)は集中情報表示、INS(B)は統合情報表示、INS(C)は自動航行操船まで含む。		A.529(13) A.815(19) MSC.86(70) Annex3 (2000.1.1-)



### 3.3 代替の設計及び措置の承認に関する規則の新設

第 19 規則で代替え手段を認めている航行設備は次の通り。

—Standard magnetic compass, Spare magnetic compass, Gyro compass, Gyro compass repeater, Heading or Track control system, Pelorus or Compass bearing device, Transmitting heading device, ECDIS, Receiver for a global navigation satellite system, 9 GHz radar, ARPA, ATA, EPA, Speed and distance measuring device, Echo sounding device, Rudder angle indicator, Shaft revolution indicator, Propeller pitch indicator, Operational mode indicator, Rate of turn indicator, Sound reception system, Telephone to emergency steering position, Daylight signal lamp, Radar reflector

\* AIS, VDR については代替え手段を認めていない。

—この規則に基づいて「他の手段」が認められる場合、この手段については第 18 規則に従って主官庁が承認する。

### 3.4 免除及び同等物に関する規則の新設

第 3 規則で主官庁は、非自航船、ある一定の航行区域を航行する船舶で第 V 章を全面的に適用することが不合理又は不必要である船舶に対して部分的又は条件付きの免除及び同等物を認めることができる。

## 4. 安全航行に関する新設規則

### 1) 第 14 規則 船舶配員

—国際航海に従事する船舶においては、船舶同士及び船舶と陸上との安全通信並びに本船上での水先案内人と当直員との間の交信のための使用言語として英語が船橋で使われること。

### 2) 第 28 規則 航海行動の記録

—国際航海に従事するすべての船舶は、航海の安全のために重要であって、航海中の全ての記録を復元するために十分詳細な内容を含む航海行動及び事故の記録を船内に保持する。この記録については、機関により採択された勧告を考慮する。このような情報が船用航海日誌で維持されない場合は、主官庁によって承認された他の様式で維持する。

- ・ 機関により採択された勧告 NAV47/5/2

### 3) 第 34 規則 安全航行及び危険回避

—出港に先立ち、船長は関連する海域の海図及び航海用刊行物を使用して予定する航海を計画する。

- ・ 機関により作成された指針 A.893(21)
- ・ 詳細な航海計画は、利用するパイロットのサービスエリアを含め、バースからバースまでの全航程をカバーするものであること。航路は適切な尺度の海図にプロットされていること。
- ・ 航路計画の詳細は明確に区別しておくこと。認められる場合は、海図上及び航海計画ノートあるいはコンピュータ記憶装置に記録しておくこと。
- ・ 各々の航海計画は、その航海の開始前に船長の承認を得たものでなければならない。

以上

## 機関始動空気管爆発に関する研究

### 1. 始動空気管爆発とは

現在では、ほぼすべての大型船用主機関の始動が圧縮空気により行われる。始動空気は始動空気管制弁により制御され、始動空気溜からピストンの作動行程にあるシリンダの始動弁より噴き入って機関を始動する。ここで論じる始動空気管爆発とは、始動空気主管内で爆発が起き、爆発圧力により主管、それにつながる始動空気自動止弁

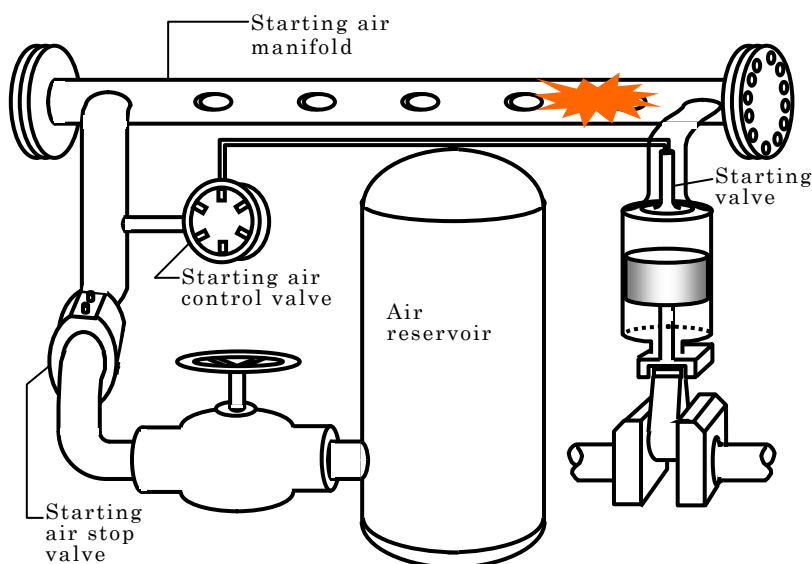


FIG. 1 Illustration of Explosion in Starting Air Manifold

または始動空気管制弁などのどれかに機械的損傷を生じさせることを言う (FIG. 1)。始動空気管爆発のタイミングは、入港のため機関の前後進試験時に、一旦燃料カットした後後進始動をしようとした瞬間、または他船と衝突しそうになり、回避しようとして危急後進始動をかけた瞬間が殆どである。

### 2. 始動空気管爆発の発生頻度と結果の重大さ

始動空気管の爆発事故は従来からあり、本会の船級船では平均して年 1 件弱のペースで起きていた。また、下記

MARINE PROPULSION 誌の記事によるとロイドのデータでも本会より若干多いが、ほぼ同程度の発生率を示している。

始動空気管爆発が一旦起きると、殆どの場合船が操船不能に陥るため、座礁や衝突の危険が高くなる。また爆発事故なので当然直接乗組員を死傷させることも十分考えられ、実際の例もあった。さらに、前述のとおりこの種の爆発のタイミングは、入港のため機関の前後進試験時に一旦機関を燃料カットし、後進始動をしようとした瞬間、または衝突しそうになり、回避しようとして危急後進始動をかけた瞬間が殆どのため、狭い海域または迅速な始動が要求されるときだけに、乗組員からすれば、まったく正常な操作手順を踏んだのにもかかわらず、何の前触れもなく突然爆発が起こるので、精神的なショックもまた大きいと言えよう。

■ Reference to LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING's Marine Division defect database reveals that since 1987, 11 incidents of explosions in air start system have been reported. Most have been attributable to unsatisfactory practice by ships' crews resulting in presence of oil or explosive vapour in the manifold. A recent case was a large container ship fitted with large bore two-stroke engine, which suffered damage when the starting air manifold was blown apart by an internal explosion during manoeuvring while berthing.

< From MARINE PROPULSION, April 1998 >

### 3. 従来から言われている原因及び関連する船級規則の現状

上述のように始動空気管爆発事故は昔からあったが、現象に対する認識が不十分の

ため、限られていた情報からこの種の爆発を引き起こす原因を推測した。当時は各シリンダに設置されている始動弁のスティックによってもたらされるシリンダからの逆火が原因であるとの結論が導かれ、この結

#### IACS UR M11 (1972)

##### Protective devices for starting air mains

In order to protect starting air mains against explosion arising from improper functioning of starting valves, the following devices must be fitted:

- (i) an isolation non-return valve or equivalent at the starting air supply connection to each engine
- (ii) a bursting disc or flame arrester in way of the starting valve of each cylinder for direct reversing engines having a main starting manifold at the supply inlet to the starting air manifold for non-reversing engines.

Devices under (ii) above may be omitted for engines having a bore not exceeding 230 mm.

論に基づいた防止策として、1972年に国際船級協会 IACS (International Association of Classification Societies)によって上記のような統一規則 UR(Unified Requirements)が制定され、始動空気枝管にフレームアレスタまたはラプチャディスクの設置を要求するようになった。この統一規則は、制定された後そのまま各加盟協会によって各自の船級規則に取り入れられ、今日に至った。ただし、本会は次に述べるような爆発の原因に対する新たな認識から1999年に独自の改正を行ない、UR以上のものを要求することとなった。

UR どちらの措置が取られた後も事故が減少方向に見られないことと、最近の爆発事故は燃料噴射の前に起きたことが確認されたことなどから、本会では1999年の時点で確証が得られていないものの、徹底した事故調査及び各種文献・資料の分析より、逆火がなくても始動空気主管内に何らかの原因で浸入した油分が滞積すれば、高圧の始動空気の投入により主管端部で一時的に高温になるので、滞積した油分が自己着火し、爆発に発展しうることを認識した。しかし、このような認識があっても完全に爆発を起こさないような抜本的対策を立てるには時間がかかると考え、一先ず損傷軽減策として、関連する規則を改正し、枝管にフレームアレスタを採用した機関に対しては始動空気主管にラプチャディスクの設置を要求することにした。この規則改正は根本から爆発を防ぐものではないが、その背後にある事故原因に対する認識の変化は根本的対策につながるものと考えられ、海運業界から高い評価を受けている<sup>1)</sup>。

#### 4. 本会の最新の研究で新たに判ったこと

酸化反応による爆発は燃焼と同様その発生には酸素、発火源及び可燃物が不可欠である。始動空気管内の状況について言えば、この3要素のうちまず酸素はもちろん存在する。以下発火源としての急激な始動空気の投入により管端部で瞬間的に達しうる最高温度を中心に、加えて可燃物ついて本会の最新の研究で判ったことを述べる。

##### 4. 1 始動空気投入時の高温状態及びその影響因子



PHOTO 1 Thermocouples

1) 例えば、奥村吉男、造船研究、日本造船研究協会、Vol.32 No.4,2000,pp.16

急速圧縮による管端部で達する最高温度に関して、圧縮による温度上昇と、熱損失による温度低下の両方を考慮して数値計算による推定を試みた。その結果、完全断熱圧縮過程とは違って、初期温度及び圧力比のほか、圧力上昇率に強く依存することが判った。圧力上昇率が大きいほど、熱損失が少なくなるので、より高い温度となる。圧力上昇率は始動空気自動止弁の開弁面積が大きいほど、開弁時間が短いほど高いと推定されている。ある機関の諸パラメータを用いて初期温度 40℃で試算して得た最高温度は 400℃強であった。

数値計算の結果を確かめるため 2000 年 11 月に上記同型機関の工場内における予行運転時に温度の計測を実施した。供試機関始動空気の公称圧力は 30kgf/cm<sup>2</sup>である。

計測には感度の異なった 4 種類、合計 6 本の熱電対式の温度センサーを用いた。また、温度の軸方向における変動状況を調べるため、センサーの差込深さも何通りか変えてみた。管壁への伝熱の影響を軽減させるため、温度センサーは出来るかぎりフランジの中心部に集中させるように配置した(FIG. 1)。計測結果から判るように、①初期温度 10℃で 340℃の最高温度が観測され、初期温度の差を考慮すれば計算結果と完全に一致したと言えよう；②感度が同じで軸方向位置のみが異なるセンサーで得られたデータを見ると、最高温度はほぼ同じであるが、温度が低下していく過程では深い位置ほど冷却が遅い傾向が見られ、端部フランジへの伝熱が減少したことが原因と考えられる(FIG. 2)；③ほぼ同じ条件で開弁時間を 0.3 s から 3.0 s に変更しただけで最高温度は 190℃程度まで下がった(FIG. 3)。

#### 4. 2 始動空気主管内の滞積油分及びその自己発火特性

某船社の調査によれば、始動空気管内下部にしばしば帯状の滞積油分が見られ、その成分には空気圧縮機潤滑油やシリンダ潤滑油並びに燃料油も含まれているが、その大半は機関システム油であった(FIG. 4)。しかし、油分の浸入経路は特定されていないため、構造上遮断措置を講じるのも現時点では困難である。

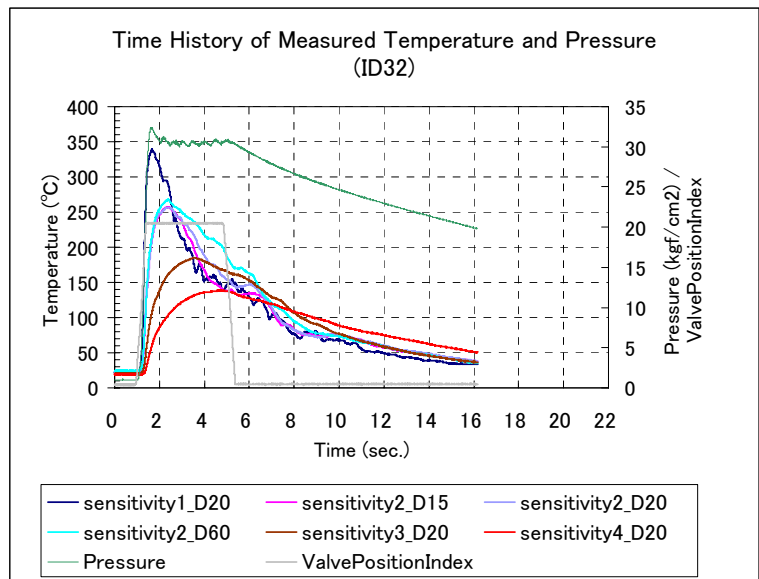


FIG. 2 Measured Temperature at Normal Valve Opening Speed

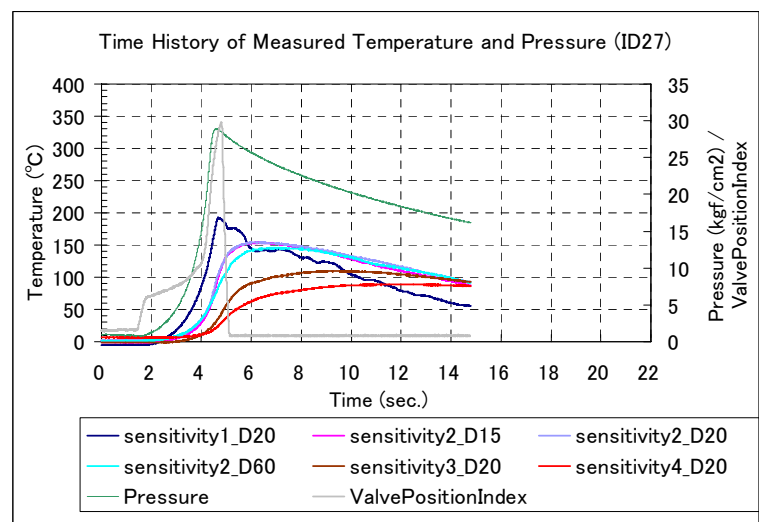


FIG. 3 Measured Temperature at Reduced Valve Opening Speed

主成分であるシステム油の自己発火特性を ASTM の規格 E 659 (常圧) に基づいて計測した。その結果 (FIG. 5) を始動時の温度条件と比べると自己発火の危険は低いと言えるが、始動時の管内圧 (25~30 kgf/cm<sup>2</sup>) を考慮すれば自己発火温度は図の値より幾分低いと考えられるので、実際に自己発火条件が満たされる場合もあると推察される。

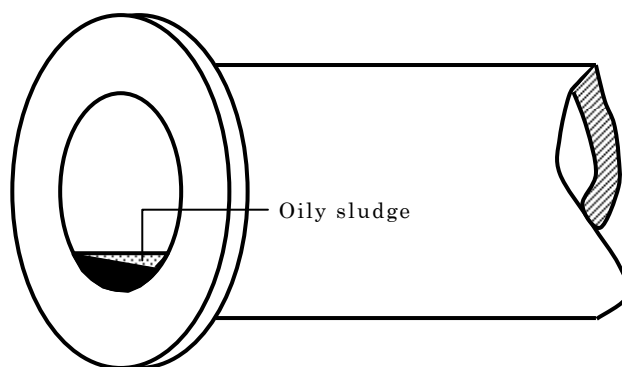


FIG. 4 Illustration of Oily Sludge Accumulated inside Starting Air Manifold

#### 4. 3 なぜ後進始動時が危険か

実際の事故例は、入港前の逆転始動時または衝突回避のためのいわゆる CARSH ASTERN 時に起ったものが殆どと思われる。その理由として下記 2 点考えられる。①前進始動と後進始動には挙動的違いはなく、単なる長い航海の後には管内の温度が高くなり、滞積の油のミスト化が進んだ状態で、たまたま 1 回目の始動が殆ど後進始動であるだけのこと。②後進始動の場合は、船が前進 (機関が前進回転) しながら逆転の始動空気が投入されるので、始動空気が一時的にブ

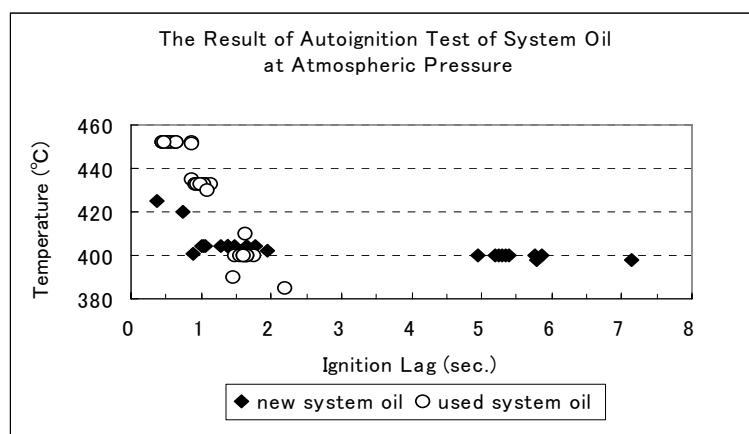


FIG. 5 Result of Autoignition Test of System Oil

レーキングの作用をし、管内空気がピストンにより圧縮され、一時的に管内の圧力が通常よりも幾分高くなり、相応して温度も通常の前進始動より高くなる。第②点については先日実船計測を実施し、CARSH ASTERN 時の管内圧力が始動圧力よりも 1 割程度高くなり、さらに 400°C 前後の高温状態の持続時間も通常より長くなり 0.5 秒以上になったことが判明した。この温度条件は当然自己発火の可能性を高くする。

#### 5. 当面の事故防止策

まず始動空気管内に油分があれば、始動空気自動止弁を急に開けると自己発火による爆発が起きうることを認識することが重要である。この認識に立ってこまめな点検を行い、油分の滞積があれば除去する。入港前の前後進試験時の最初の後進始動は意図的に低めの圧力で行うことも危険を回避する一つの方法と考えられる。また、万が一に備え既存船も含め始動空気主管にラプチャディスクを設置することが望ましい。

#### 6. 今後関連する船級規則の改正方向

根本的対策として温度を低下させることと油を浸入させないことの両方から検討し、機関の始動性能を損なわない範囲で改善策を見出さなければならないが、構造的に温度を低下させようとするならば、開弁時間を長くするなどの処置が有効と考えられる。

## 直接強度計算ガイドラインの概要(ダブルハルタンカー編)

### 1. はじめに

NK では、ダブルハルタンカーの主要構造部材の実用的強度評価手法として新たに「直接強度計算ガイドライン」を開発している。本ガイドラインは、1999 年末に公表された「船体構造強度評価のための技術指針」の基本的な考え方にに基づき、更なる研究を進め実用化された、直接強度計算による降伏強度及び座屈強度並びに最終強度評価のためのガイドラインである。本ガイドラインはまもなく公開される予定であるが、公開に先立ちこの機会を利用してガイドラインの概要を紹介する。

### 2. ガイドラインの位置付け

本ガイドラインは、現行の鋼船規則検査要領 C 編「船体構造及び船体艤装」の内、C29「タンカー」C29.6.2「桁部材の直接強度計算」の規定及び「座屈強度計算に関する検査要領」の規定と同等性を有する強度評価基準として位置付けられる。また、本ガイドラインには、簡易算式による設計荷重の設定手順に加え、直接荷重解析による設計荷重の設定手順も含まれているため、1994 年に公表された「DATA ガイドライン」にも置き換わり得るものである。

本ガイドラインは公開後、更なる見直しを経て鋼船規則に取り込まれる予定である。従って、本ガイドラインは当面現行規則同等基準として弾力的に運用されるものである。

疲労強度については別途「疲労強度評価ガイドライン」が本年度中に公表される予定である。

### 3. ガイドラインの概要

#### 3.1 ガイドラインの特徴

ガイドラインの作成に際しては、強度評価に必要な設計荷重、構造解析及び評価基準並びに腐食の考慮法について単にそれぞれの精度を向上させるだけではなく、それらの基準またはそれらの背景に対して透明性( transparency )及び説明性( accountability )を持たせることを心掛けて開発した。主な特徴を以下に示す。

#### (1) 設計荷重

これまで船級協会規則としてあまり明確にされていなかった船舶の設計海象や設計規則波などの設計条件をガイドライン上に明示することで、荷重の長期予測値と設計荷重の関係あるいは応力の長期予測値と強度評価に用いる参照応力の関係を明確にした。さらに、水槽実験や理論解析により大波高時の非線形現象の解明に取り組み、船舶が一生のうちに一度遭遇するかどうかというような非常に厳しい海象において船舶が受けるであろう荷重の推定精度も向上させた。

考慮する波浪荷重としては、現行規定で規定している縦波の山、谷に相当する波浪変動圧に加え、ガイドラインでは、さらに横波を受ける状態での波浪変動圧を考慮すると共に船体加速度により生じる貨物やバラストなどの慣性力も考慮できるものとした。

これらにより、明確化された設計条件の下で、直接荷重解析や簡易算式など解析レベルに応じた設計荷重の設定手法を設計者が選択の上、実現象に即した荷重を設計荷重として設定することが可能となる。

## (2) 腐食に対する考慮

強度評価に際しては従来の腐食予備厚を含んだ建造時の寸法に対する強度評価(グロス寸法による強度評価)から、建造時の寸法から腐食の影響を除いた真に強度上必要な寸法に対するより直接的かつ現実的な強度評価(ネット寸法による強度評価)に移行した。これに伴い、これまで蓄積された膨大な板厚計測記録を科学的に分析することにより腐食による衰耗を定量的に把握し、合理的な腐食予備厚の考え方及び値を提案した。

## (3) 強度評価

強度評価については、許容応力の見直しは勿論のこと、最近の技術の進歩に合わせて座屈強度評価手法を抜本的に見直すと共に最終強度に対する評価手法も一部導入した。

このように今回のガイドラインでは従来経験ベースで規定していた構造強度をより工学的に判定できるようになることから、強度に余裕がある部材については寸法の軽減を図り、強度的に余裕の少ない部材については適切な増厚や補強により、均一な安全余裕を有する、より合理的な構造寸法を確保することが可能となる。なお、このような工学的手法は従来も DATA 手法(直接荷重解析と全船モデルを用いた直接構造解析の組み合わせによる強度評価)として実施してきたが、ガイドラインの開発により、DATA 手法と同等の強度評価が簡易算式ベースの設計荷重と従前の 1 ないし 2 ホールド程度の構造モデルを用いた直接構造解析を用いて実用的なレベルで実施できることとなる。

参考までに現行の直接強度計算規則との比較を表 3.1 に示す。

表 3.1 現行規則とガイドラインの比較

項目		現行規則	ガイドライン	
設計条件	設計海象	—	○ ( $H_{1/3}, T_{01}, \chi$ )	
	設計規則波	—	○ ( $H, \lambda, \chi$ )	
設計荷重	船体運動・加速度	—	○ (ピッチ、ロール、ヒープ)	
	静水中荷重	静水圧	○	○
		貨物等の静圧	○	○ (蒸気圧を含む)
	波浪中荷重	波浪変動圧	△ (縦波のみ)	○ (縦波 + 横波)
		貨物等の慣性力	△ ( $\Delta H$ 算式)	○ (質量 × 加速度)
	ハルガーダモーメント	△ (強度評価時に考慮)	○ (解析結果に重合)	
	荷重成分の同時性の考慮	—	○	
直接荷重解析手法	— (DATA ガイダンス)	○		
構造解析	腐食予備厚の考慮	グロス	ネット	
	モデル化範囲	1 or 2 Hold Model	1 or 2 Hold Model	
強度評価	降伏強度	○	○	
	座屈強度	○ (代表 2 応力成分)	○ (4 応力成分)	
	最終強度	—	△ (2 軸応力場のみ)	

(備考)

- : 簡易算式を用いて考慮できる。
- △: 簡易算式を用いて部分的に考慮できる。
- : 考慮しない、あるいは、考慮を省略している。

### 3.2 ガイドラインによる強度評価手順

本ガイドラインにより構造強度の評価を行う場合の手順を以下に示す。また、強度評価手順の流れを図 3.1 に示す。

#### (1) 積付状態の設定

検討すべき船舶の状態は航海状態及び水圧試験状態とする。航海状態に対しては予め設定されている標準積付状態の中から降伏強度及び座屈強度上厳しいと考えられる積付状態を選定する。

#### (2) 設計条件の設定

航海状態として選定された積付条件毎に、船体構造に対して最も大きな影響を与える複数の短期海象を船の長さや喫水などの基本パラメータを用いて算出し、設計海象として設定する。さらに設定された設計海象下で生じる構造応答値と同等の応答を生じさせるような設計規則波を簡易算式により設定する。

#### (3) 設計荷重の設定

積付状態毎に設定された設計規則波条件下で船体構造に加わる静水中荷重及び波浪中荷重を設計荷重として設定する。波浪中荷重は、波浪変動圧及び貨物、バラストなどの慣性力とし、簡易算式により算出する。なお、設計荷重は、前(2)にて設定された設計海象あるいは設計規則波条件に基づきストリップ法などの直接荷重解析により個船ごとに設定することも可能である。

#### (4) 構造解析

構造解析のため、評価対象部材の構造応答が十分に得られる程度のホールドモデルを作成する。ホールドモデルの作成に際しては、腐食に対する考慮として腐食控除分を図面寸法から差し引く。ホールドモデルに設定された設計荷重を負荷し、FEM により応力を算出する。

#### (5) 参照応力の算出

構造解析結果より、降伏強度及び座屈強度あるいは最終強度評価のための参照応力を求める。縦通部材に対しては、別途梁理論により求められたハルガーダ応力を同時性を考慮して重ね合わせる。

#### (6) 強度評価

- ① 求められた参照応力を用いて降伏強度評価を行う。降伏強度の評価に際しては、参照応力が許容応力を上回らないことを確認する。航海状態と水圧試験状態では設計条件の違いを考慮して異なる許容応力を用いる。
- ② 求められた参照応力を用いて座屈強度評価を行う。座屈強度の評価に際しては、参照応力が座屈応力を上回らないことを確認する。座屈応力の算出に際しては、腐食控除分を差し引いた板厚を用いる。また、開孔影響による座屈強度の低下を考慮すると共に防撓材の影響及び水圧の影響による座屈強度の上昇を考慮することができる。
- ③ 船底外板や内底板など、もっぱらせん断応力が小さく 2 軸圧縮応力場となる部材に対しては、前②の座屈強度基準にかかわらず、別途新設した最終強度基準により強度評価を行うことができる。最終強度の評価に際しては、参照応力が最終強度を上回らないことを確認する。最終強度の算出に際しては、腐食控除分を差し引いた板厚を用いる。



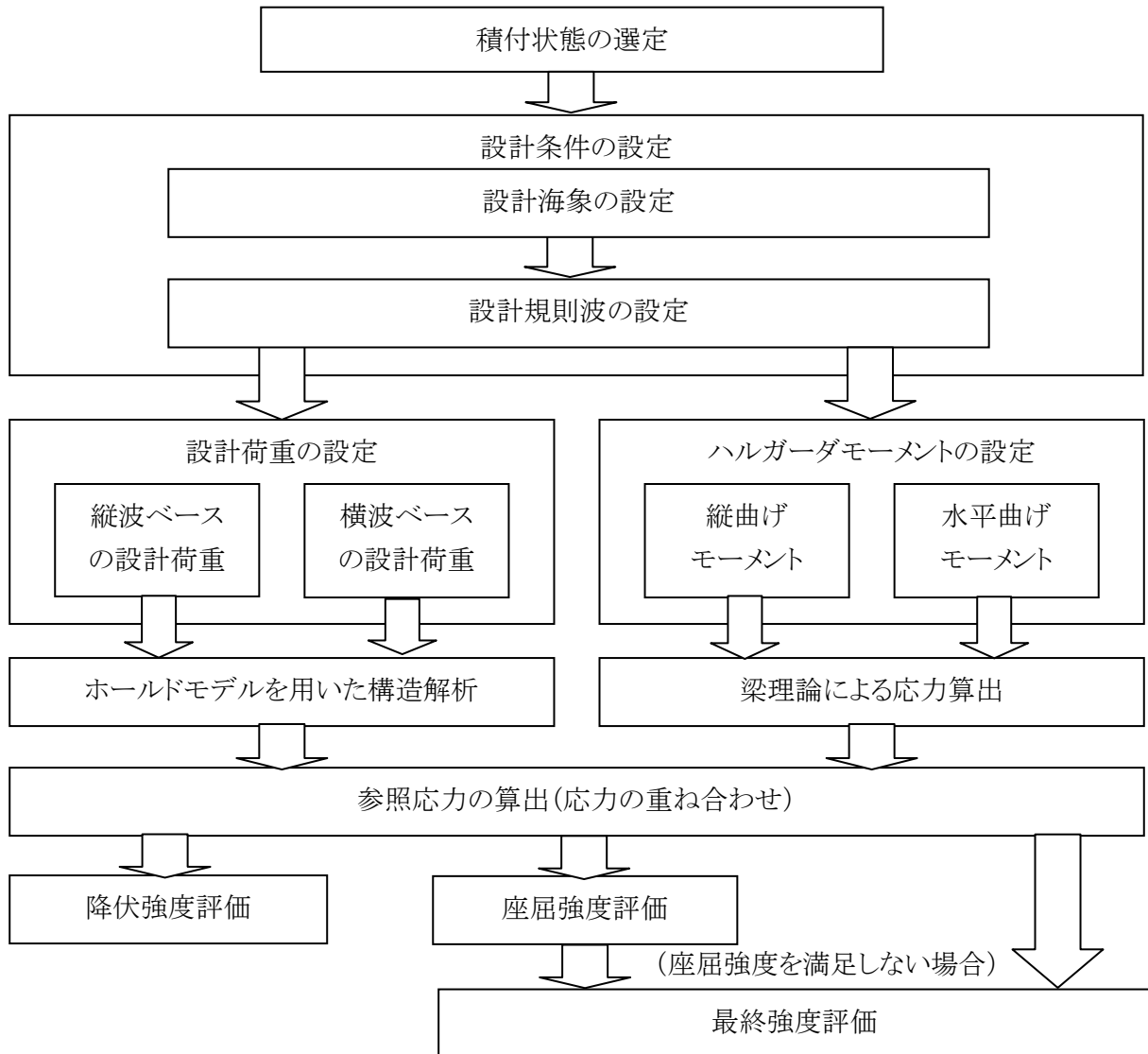


図 3.1 強度評価手順

#### 4. 設計条件

##### 4.1 設計条件の概要

本ガイドラインでは、ダブルハルタンカーの主要構造部材に対して強度的に支配的な短期海象及び規則波を設計条件(設計海象及び設計規則波)として設定している。設計条件は、直接荷重解析及び統計解析などの解析を実施することなく、それらを実施して設定される設計条件と同等の設計条件をパラメトリック化した簡易算式にて与えることにより、実用性を向上させた基準としている。また、設計条件を明示することにより、直接荷重解析を用いたより高度な強度評価も可能な基準としている。設計条件の特徴を以下に示す。

- (1) 設計条件は、従来の長期予測手法を踏襲し、長期予測値を再現するような最小限の設計海象及び設計規則波をベースとする。ここで、長期予測値を再現するとは、各設計条件による構造応答値の内、いずれか最大の値が、主要構造部位について応力の応答関数を用いて求められた長期予測値を包絡することをいう。設計条件は以下の通り。

(縦波ベースの設計条件)

- ① 縦曲げモーメントが最大となる設計条件(向波状態)
- ② ①と同条件で波浪変動圧と相殺し合う変動内圧が最小となる設計条件(追波状態)

(横波ベースの設計条件)

- ③ ロールが最大となる設計条件(横波状態)
- ④ 喫水線位置における波浪変動圧が最大となる設計条件(横波状態)

(2) 波浪条件は、約  $10^8$  回の波を考慮し、波浪テーブルは、BMTの北大西洋をベースに作成された IACS のデータを用いる。

(3) 設計時及び運航時の参考とできるよう、設計荷重のベースとなる設計波条件と短期海象との関連付けを図る。

(4) 設計荷重を船舶が実際に遭遇し受けるであろう荷重に可能な限り近づけるため、大波高時の非線形影響及び3次元影響を考慮する。

## 4.2 設計海象

代表的な構造部材の応力の応答関数を用いて、それらの部材に対して支配的な海象を計算した結果を図 4.1 に示す。試供船は図 4.2 に示すダブルハル VLCC (L=320m)であり、代表的な構造部材としては、図 4.3 に示すように強度的に厳しいと考えられる部材を船舶の全長にわたり予め選出している。図 4.1 の数値は、支配的な海象(平均波周期(T)と出会角( $\chi$ ))の組み合わせが一致する代表的な構造部材の合計数であり、数値が大きいほど、その平均波周期及び出会角が船体構造に対して支配的ということになる。

このような検討を種々の積付状態に対して実施し、応力レベルで船体構造に対して支配的な短期海象を絞り込んだ。さらに、応力レベルで絞り込んだ短期海象と荷重成分(船体運動、加速度、波浪変動圧、波浪断面力など、以下同様)に対して支配的な短期海象を対応付けることにより、構造強度に支配的な最小限の荷重成分を特定した。このように船体構造に対して支配的な荷重成分を特定することにより、構造解析を実施することなく実用的なレベルで設計海象を設定することが可能となる。荷重成分から設定される設計海象は以下のとおり。

(縦波ベースの設計海象)

- ① 縦曲げモーメントが最大となる設計海象(向波状態)
- ② ①と同条件で波浪変動圧と相殺し合う変動内圧が最小となる設計海象(追波状態)

(横波ベースの設計海象)

- ③ ロールが最大となる設計海象(横波状態)
- ④ 喫水線位置における波浪変動圧が最大となる設計海象(横波状態)

さらに、約 30 隻のタンカーに対してストリップ法を用いたシリーズ計算を実施し、上記①～④の設計海象(平均波周期、有義波高、波との出会角)の簡易算式を開発することにより、ストリップ法などの直接荷重解析を実施することなく容易に  $10^8$  レベルの長期予測値を生じさせる設計海象が設定できる。設計海象の簡易算式を表 4.1 に、また、簡易算式により求めた有義波高(HwF)と直接荷重解析により求めた有義波高(HwD)の比較を縦曲げモーメントを例に図 4.4 に示す

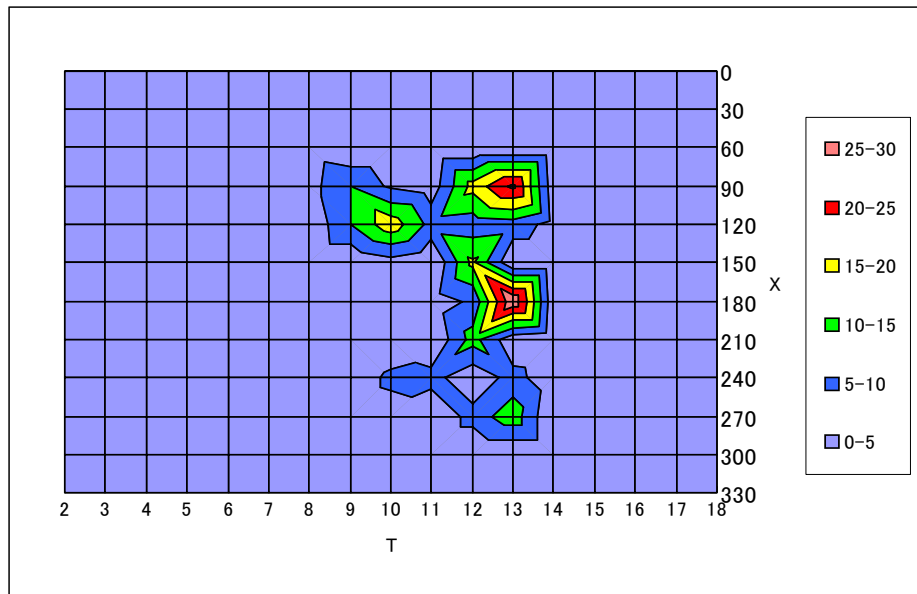


図 4.1 支配的海象の分布図(満載状態)

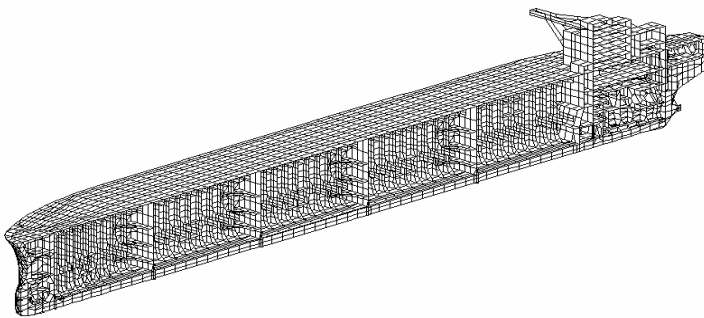


図 4.2 FEM モデル

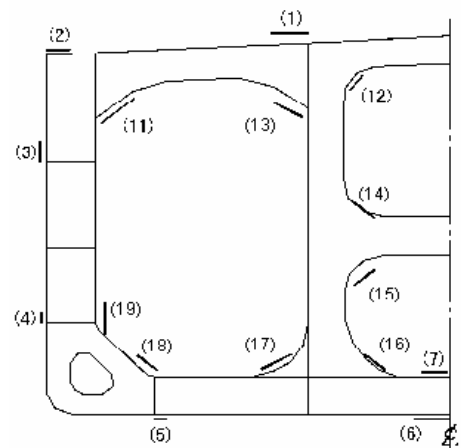


図 4.3 代表的断面の応力算出箇所

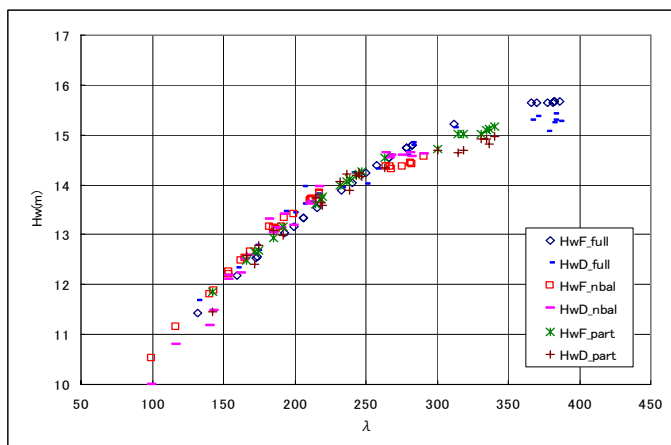


図 4.4a 有義波高比較(縦曲げモーメント)

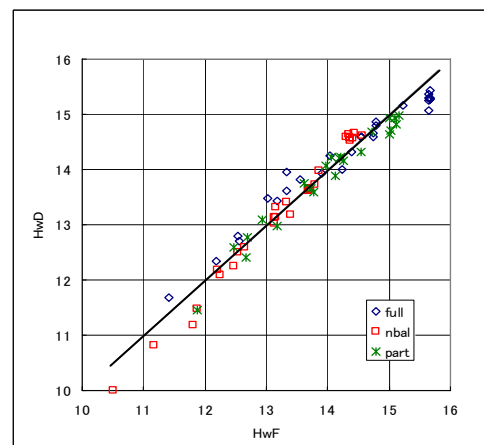


図 4.4b 有義波高相関(縦曲げモーメント)

表 4.1 設計海象

設計条件	出会角 ( $\alpha_j$ )	平均波周期 ( $T_{01(j)}$ )	最大波高 ( $H_{\max(j)}$ )
L-180	180 (deg.)	$T_{01(j)} = 0.85 \sqrt{\frac{2\pi\lambda_j}{g}} \quad (s)$	$H_{\max(j)} = C_3 \cdot H_{1/3(j)} \quad (m)$ $C_3 : 1.9$ $H_{1/3(j)}$ : 有義波高で次の算式による。 $H_{1/3(j)} = C_1 \cdot C_{2(j)} \quad (m)$ $C_1$ : 規則 C 編 15.2.1-1 による。 $C_{2(j)} = \sqrt{\frac{L + \lambda_j - 25}{L}}$
L-0	0 (deg.)		
R	90 (deg.)		
P	90 (deg.)		

## 4.3 設計規則波

設計海象下における構造応答を求める際には、荷重成分間の位相が明確で、取り扱いの比較的容易な規則波を用いる。設計波として規則波を用いる場合には、設計条件下で発生する不規則波中の応答値と同等の応答値を発生させる規則波を設定する必要がある。設計規則波の簡易算式を表 4.2 に示す。また、算式中の係数  $C_4$ 、 $C_5$ 、 $C_6$  について以下に概説する。

表 4.2 設計規則波

設計条件	出会角 ( $\alpha_j$ )	波長 ( $\lambda_j$ )	規則波高 ( $H_j$ )			
			$C_4$	$C_5$	$C_6$	
L-180	180 (deg.)	$\lambda_{L-180} = 0.6 \left( 1 + \frac{d_i}{d_f} \right) L \quad (m)$	$H_j = C_4 \cdot C_5 \cdot C_6 \cdot H_{\max(j)}$ $C_4$ : 規則波高への修正係数 $C_5$ : 非線形影響及び 3 次元影響の修正係数 $C_6$ : 弾性設計用の修正係数	0.65	0.9	0.67
L-0	0 (deg.)	$\lambda_{L-0} = 0.6 \left( 1 + \frac{2}{3} \frac{d_i}{d_f} \right) L$				
R	90 (deg.)	$\lambda_R = \frac{g}{2\pi} T_R^2 \quad (m)$		0.42	0.8	
P	90 (deg.)	$\lambda_P = \left( 0.2 + 0.4 \frac{d_i}{d_f} \right) L \quad (m)$		0.70	0.7	
$T_R = C \frac{2K_{xx}}{\sqrt{GM}} \quad (s)$ $C = 1.15$ $K_{xx}$ : 縦軸回りの環動半径 (m) で、積付状態に応じて次のとおり。 $K_{xx} = 0.35B \cdots$ 満載積付状態の場合 $= 0.40B \cdots$ バラスト状態及び部分積付状態の場合 GM : メタセンタ高さ (m)						

(1) 係数  $C_4$ 

係数  $C_4$  は、不規則波中の最大波高を規則波中の応答関数の形状及び不規則波のスペクトル形状を考慮して、不規則波中の最大応答と等価な応答を生じさせるような規則波の波高に修正する係数である。ここで、係数  $C_4$  は単位有義波高あたりの不規則波応答の有義値と規則波中の単位波高あたりの応答値の比として表される。

図 4.5 に喫水線における波浪変動圧に対する係数  $C_4$  のシリーズ計算結果を示す。

(2) 係数  $C_5$ 

ガイドラインの作成に当たっては、直接荷重解析にはストリップ法を、短期予測には線形重ね合せ法を用いて多くのシリーズ計算を実施し、線形の範囲において汎用的な傾向を把握した後に、大波高時の非線形影響や 3 次元影響を考慮した修正係数  $C_5$  を用いて荒天時に実際に船舶が受けるであろう荷重を推定する。係数  $C_5$  の設定に関しては水槽実験などの結果を参照して設定する。

参考として、VLCC サイズの肥大船を用いた大波高時の水槽実験結果の例を図 4.6 に示す。同図は、ロールに対する規則波中の計測結果を短期予測した結果 ( $\chi : 90$  度) である。

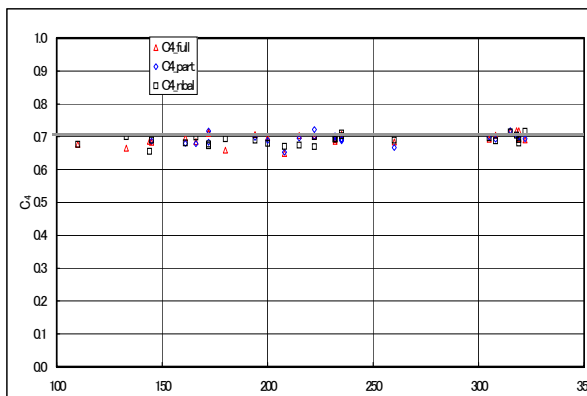


図 4.5 係数  $C_4$  (喫水線における波浪変動圧)

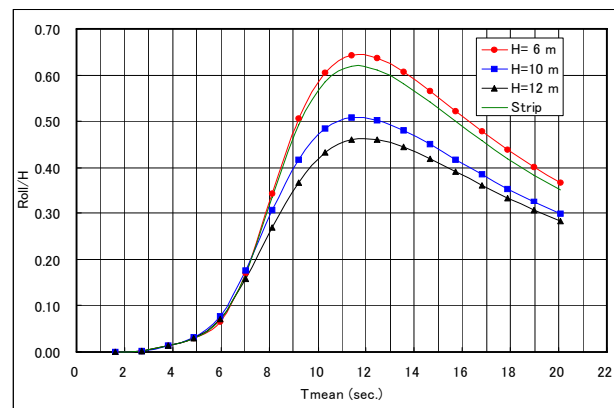


図 4.6 大波高時の水槽実験結果(ロール)

(3) 係数  $C_6$ 

一般に、実用性の観点から降伏強度の検討に際しては弾性範囲内での許容応力設計が、座屈強度の検討に際しては弾性座屈を許容しない設計が行われている。しかしながら、多くの構造部材は、これら弾性設計で想定する強度を上回る最終強度を有していることから、船の一生の内数度経験するかどうかといった極値(船舶が北大西洋を航行し  $10^8$  回の波に遭遇した中で最も大きな波に対する構造応答)に対しては最終強度をベースとした強度評価の方が合理的と考える。

係数  $C_6$  は、 $10^{-8}$  レベルの荷重に対して最終強度の観点から十分な強度を有することを条件に、それと同等の強度を弾性設計レベルで実用的な検討ができるよう、降伏強度と最終強度の比率を考慮して設定した修正係数であり、変動荷重について最大荷重の  $2/3(0.67)$  程度の値を採用している。設計荷重に対する強度評価基準については「8. 強度評価基準」に後述する。

## (4) 設計波高と発現確率

設計波高の算式は、係数  $C_5, C_6$  の考慮の有無により図 4.7 のような位置付けとなる。

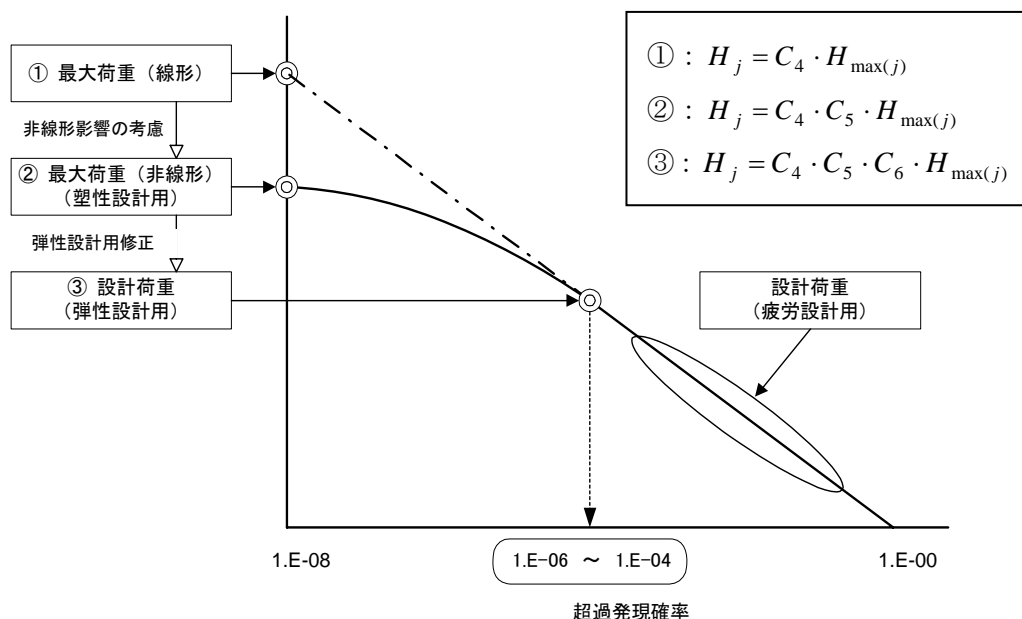


図 4.7 設計荷重と発現確率の関係

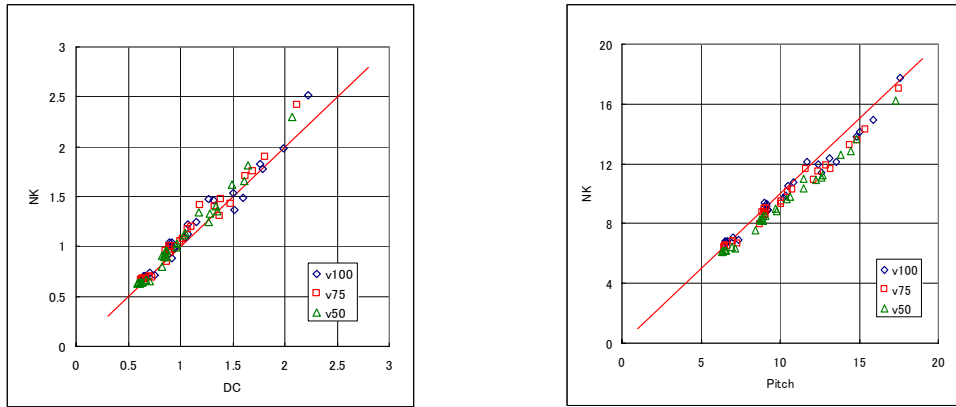
## 5. 設計荷重

約 30 隻のタンカーに対してストリップ法を用いたシリーズ計算を実施し、前 4.にて概説した設計条件下で船体に加わる荷重の簡易算式を開発した。船体に加わる荷重として、静水中の荷重及び波浪中の荷重を考慮する。波の山谷を波浪変動圧として与えている現行規則の延長線上で、ハルガーダの影響、変動内圧の影響及びそれらの位相を考慮することにより影響因子となるパラメータを増やし、荷重推定精度を向上させた。また、簡易算式による設計荷重の設定のほか、設計条件下における直接荷重解析により個船ごとに設計荷重を設定できることとした。

紙面の関係上、設計荷重の簡易算式の提示は省略するが、4 種の設計規則波に対応して以下の項目に関する簡易算式が準備されている。船体運動、加速度、波浪変動圧などの値は、支配的荷重成分(縦曲げモーメント、ロール、喫水線における波浪変動圧)の応答が最大となる時の各荷重成分の RAO に波高を乗じることにより求めることができる。

- ① 船体運動(ピッチ、ロール)
- ② 船体重心加速度(上下方向、左右方向)
- ③ タンク重心加速度(上下方向、左右方向)
- ④ 波浪変動圧
- ⑤ ハルガーダモーメント
- ⑥ ハルガーダ応力との重ね合わせ比率

参考として、船体運動(ピッチ)とミッドシップにおける波浪変動圧分布について、簡易算式による値と長期予測値の比較を図 5.1 及び図 5.2 に示す。さらに、簡易算式を用いて最終的に算出される設計荷重(変動荷重のみ)の分布例を 4 種の設計規則波毎に図 5.3 に示す。



(RAO レベル)

(長期予測値レベル)

図 5.1 船体運動(ピッチ)の比較(満載状態)

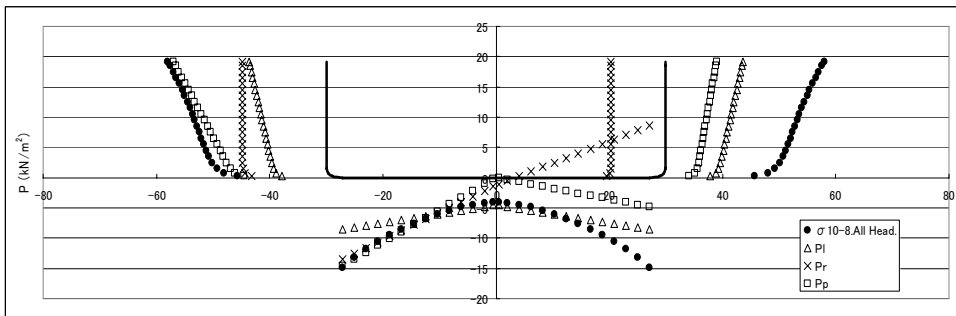
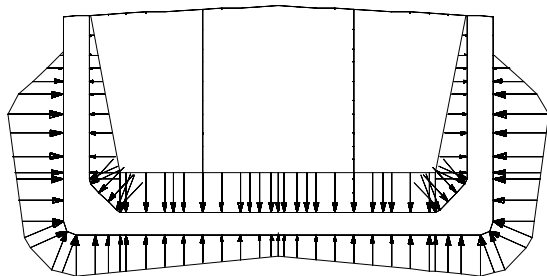
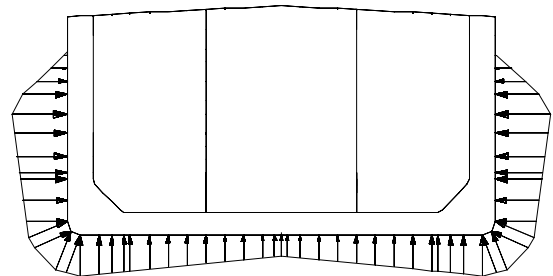


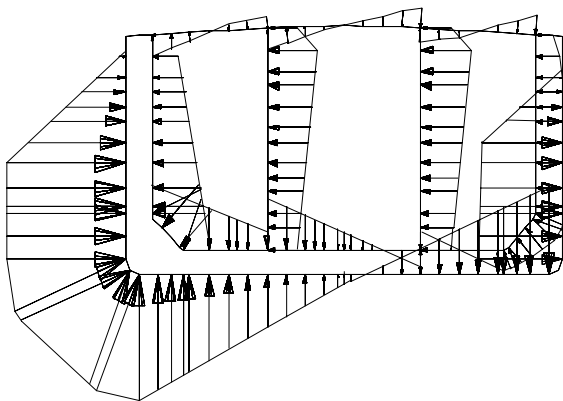
図 5.2 波浪変動圧の比較(満載状態、SS5)



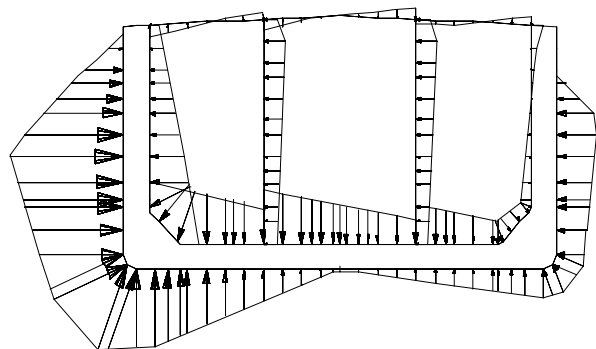
設計条件 L-180 (縦曲げ最大、向い波)



設計条件 L-0 (縦曲げ最大、追い波)



設計条件 R(ロール最大)



設計条件 P(喫水線における波浪変動圧最大)

図 5.3 設計荷重の分布(変動荷重のみ)

## 6. 構造解析

構造解析に関しては現行規則を踏襲し、モデル化範囲、支持条件など従来より実施されている構造解析手法とほぼ同様な手法を採用している。ただし、構造解析においてはロンジや防撓材などのモデル化の取り扱いやメッシュサイズの違いにより解析結果に差が生じ、それが降伏強度や座屈強度の評価時に無視できない影響を与えることから、解析結果の信頼度を向上させるために具体的な解析手法を例示した手引きを別途準備する予定としている。

ダブルハルトンカーの構造モデル例を図 6.1 及び図 6.2 に示す。また、アフラマックスタンカーの満載状態に対してガイドラインによる設計荷重を負荷して解析した結果を設計条件ごとに図 6.3 から図 6.6 に示す。図 6.3 から図 6.6 のうち、左図は変形図を、右図は等価応力の分布図を示している。

図 6.3 から図 6.6 より、満載状態の場合、二重底及び二重船側部においては設計条件 L-0 が、センターの縦通隔壁付きトランスにおいては設計条件 R が、また、デッキトランスのコーナ部においては設計条件 P が比較的厳しい条件となっている。なお、部分積付状態やバラスト状態のように、貨物タンクが空倉となる場合には内外圧の相殺が期待できないため、二重船側部やビルジコーナ部において設計条件 P が設計条件 L-0 に比べ厳しくなるなど、その傾向は積付状態により変り得る。

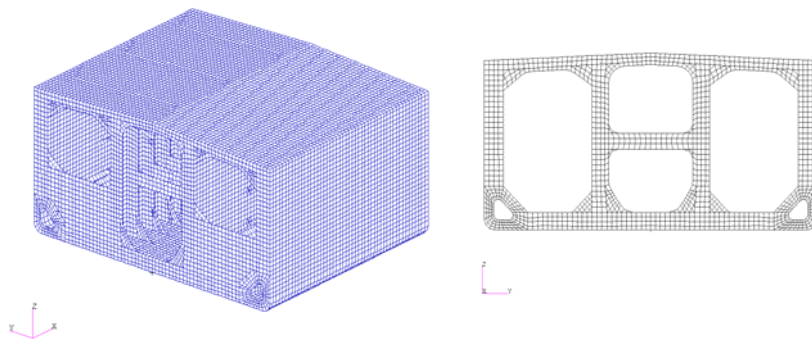


図 6.1 VLCC の構造モデル例

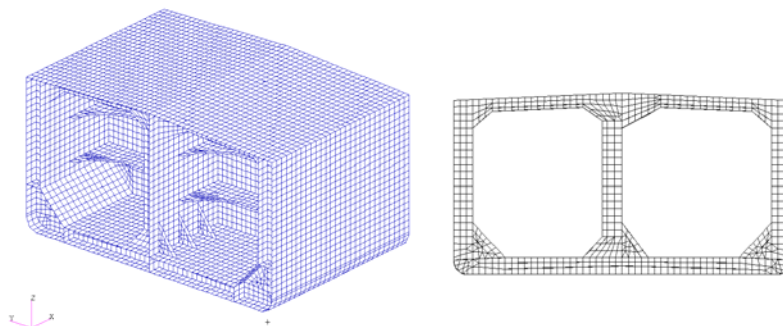


図 6.2 アフラマックスタンカーの構造モデル例



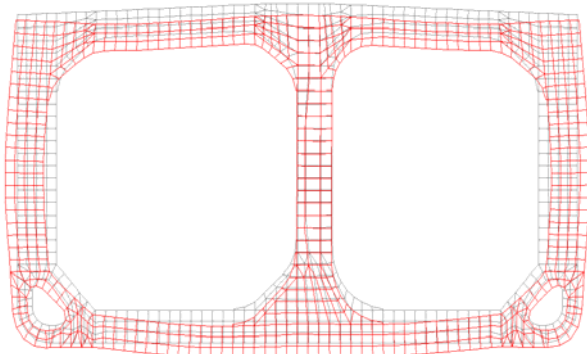


図 6.3a L-180(波の谷)

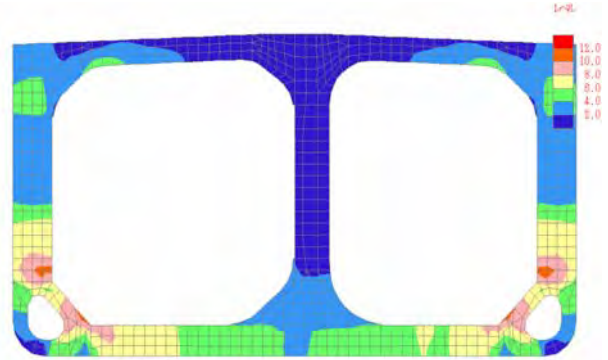


図 6.3b L-180(波の谷)

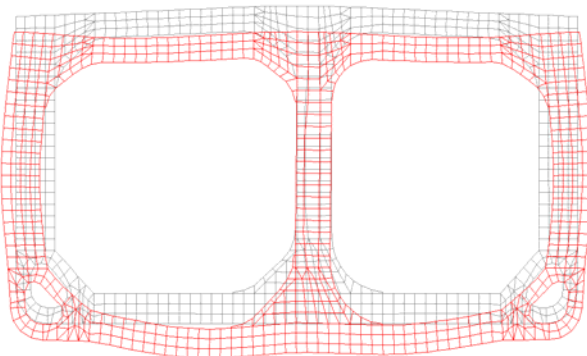


図 6.4a L-0(波の谷)

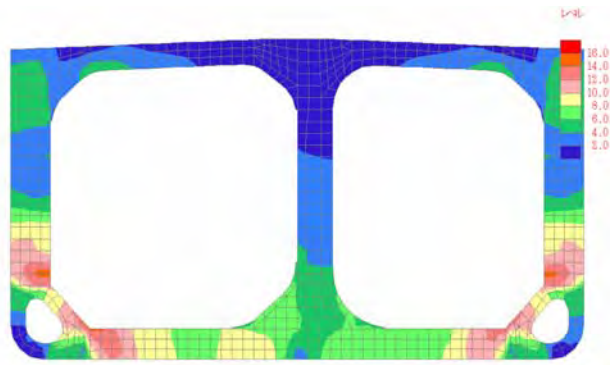


図 6.4b L-0(波の谷)

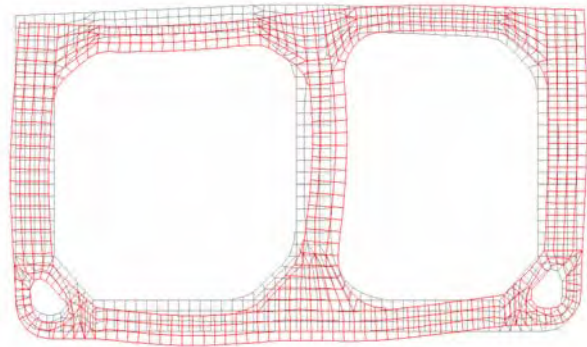


図 6.5a R(左舷側 up)

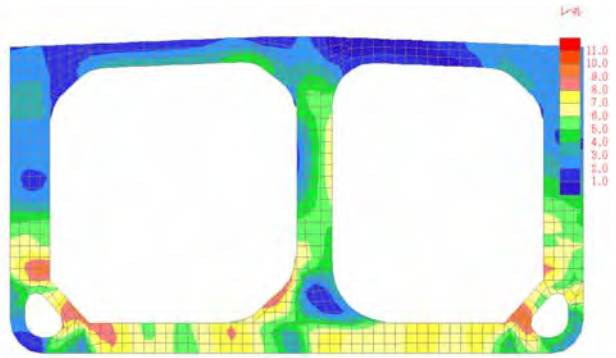


図 6.5b R(左舷側 up)

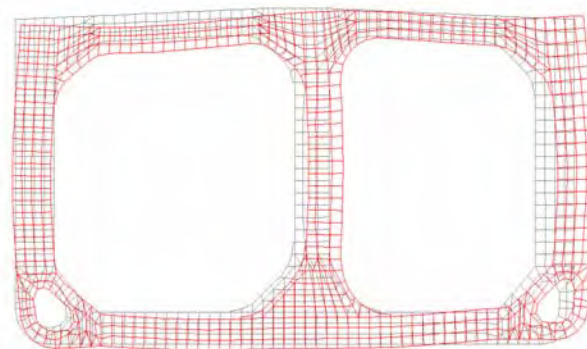


図 6.6a P(左舷側 up)

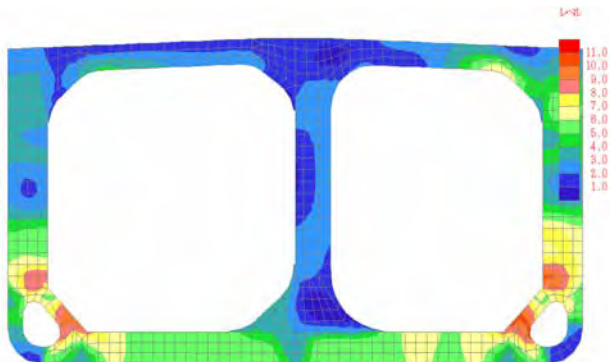


図 6.6b P(左舷側 up)

## 7. 腐食に対する考慮

### 7.1 はじめに

主要構造部材に鋼が使用される船舶にとって、塗装等による適切な腐食対策や適切なメンテナンスが講じられたとしても、腐食による衰耗を完全に防止することは困難である。このことは、船体構造部材の損傷が発見・報告された船舶のうち、約 8 割もの損傷は、衰耗を原因とする破口、亀裂、座屈若しくは衰耗による著しい減厚状態が報告されていることから容易に推察できる。

このように、船舶が使用される環境は、鋼材の腐食に対し、かなり厳しい状況にあるため、一般に有効と考えられている塗装等による腐食対策を講じ、かつ、定期的なメンテナンスを実施することはもちろん、設計、建造時においても腐食による板厚減少を想定した上で十分な構造強度を確保しておく必要がある。そのため、本ガイドラインでは、強度評価に際して構造寸法から腐食による寸法減少分を除いたモデルで強度計算及び強度評価を行うこととした。

ただし、直接強度計算においては、比較的広範囲の構造に対して各構造部材の強度的な相互影響も考慮した強度評価を行うため、一般に局部強度に対して設定される腐食による寸法減少分、いわゆる腐食予備厚をそのまま適用し、すべての構造部材が腐食予備厚分だけ一様衰耗したと仮定することは、構造体として過大な腐食状態を想定していることになる。そこで、主要構造部材を対象とした本ガイドラインでは、考慮する腐食代を腐食控除量と称し、腐食予備厚と使い分けることとした。

### 7.2 腐食推定モデル

従来、腐食量の時間依存性を考慮した評価は年間衰耗率(或る時点での衰耗量を時間で除した値)を指標として用いてきた。年間衰耗率は算定が簡単で、かつ、直感的に分かり易く、この値に基づく衰耗量の評価が容易であるという利点がある。しかし、その反面、板厚計測データから年間衰耗率を評価した場合、塗装が有用である間は腐食が発生、進行しないという現象及び腐食の進行量が時間に対して線形関係でないという現象が考慮されないため、評価に用いるデータの取得年数によっては算定される年間衰耗率の値が大きくばらつくと共に年間衰耗率を用いた内挿値あるいは外挿値の信頼性が低いという不具合がある。

以上のことから、本ガイドラインでは腐食に対する考慮として、板厚減少が生じるような腐食状態に至るまでの時間及び板厚減少の時間依存性を考慮した確率論に基づく腐食推定を行い、それらの知見を用いて腐食控除量を提案している。

具体的には、腐食の発生過程を次の①～③のように仮定した上で、確率論に基づく腐食推定モデルを構築し、腐食量を推定している。

- ① 就航後時間が経過するにつれ、部材表面に孔食点に推移する可能性を有する孔食活性点が生じる。
- ② 生成された孔食活性点が実際に腐食・衰耗を生じさせる孔食点へと推移する。
- ③ 生成された孔食点は夫々独立に成長する。

### 7.3 腐食控除量

船舶の定期的検査として実施される板厚計測記録をもとに、前 7.2 で述べた腐食推定モデルを用いて各構造部材毎の腐食量を同定した。参考までに、貨物油タンク内の上甲板の腐食推定結果を図 7.1 に示す。その後、重要なパラメータである期間と累積確率値を以下のとおり設定し、各構造部材毎の腐食量を算定した。シングルハルトンカーの構造部材毎に推定された腐食量を表 7.1 に示す。

- (1) 腐食量推定の期間は波浪荷重の推定時に想定した年数と合わせて 20 年とする。
- (2) 腐食控除量を求めるために必要な腐食量を推定する場合は、平均的な腐食量とすればいいが、若干の余裕をみて、累積確率 75%とした。(腐食予備厚としては、確率モデルにおける推定精度を考慮して、ほぼ最大値を与えると考えられる 95%累積確率値を採用した。)

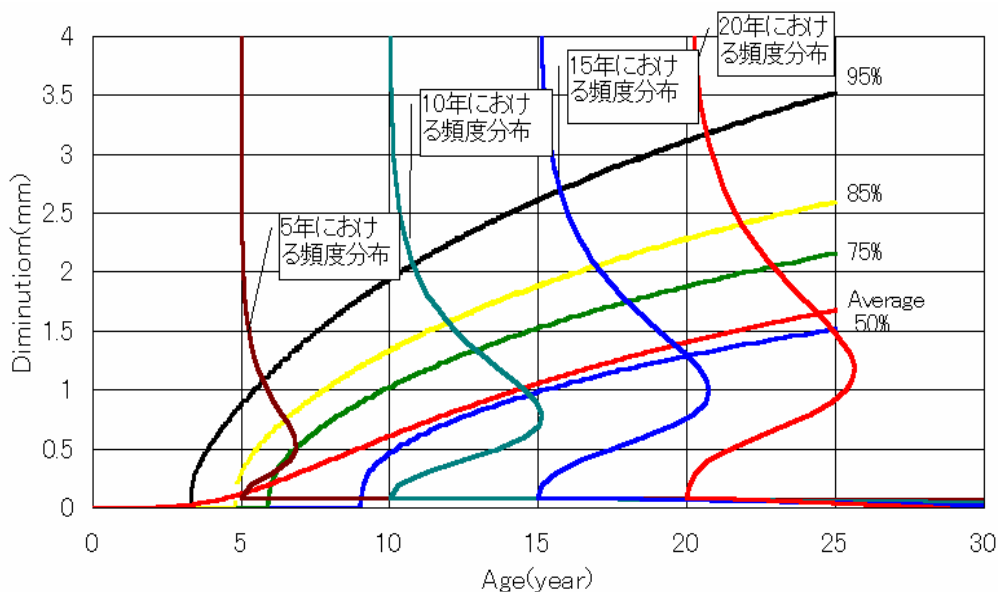


図 7.1 シングルハルトンカーの腐食推定結果(貨物油タンク内の上甲板)

表 7.1 腐食量の推定結果(シングルハルトンカー)

Structural Member	COT (mm)	WBT (mm)
Upper Deck Plate	1.88	1.36
Bottom Plate	2.48	1.91
Longi. Bhd. Plate	1.35	1.43
Trans. Bhd. Plate	1.74	1.63
Deck Longi.	1.37	1.22
Deck Trans. Web / Face	1.51 / 1.64	1.32 / 1.65
Horizontal Girder Web / Face	1.47 / 1.80	1.29 / 1.64
L. Bhd. Longi. Web / Face	1.23 / 1.29	1.16 / 1.50
L. Bhd. Trans. Web / Face	1.80 / 1.35	1.10 / 1.37
Side Longi. Web / Face	1.27 / 1.29	1.06 / 1.09
Side Trans. Web / Face	1.42 / 1.51	1.70 / 1.49
Bottom Trans. Web / Face	1.71 / 1.37	0.98 / 1.13
Bottom Longi. Web	1.30 / 1.32	1.11 / 1.13

さらに、表7.1の結果を用いて、各構造部材がさらされている腐食環境毎の腐食量を算定するために、以下の環境に分けて要因分析を行った。

- ① 貨物油に曝される箇所
- ② バラスト水に曝される箇所
- ③ 大気に曝される箇所
- ④ 海水に曝される箇所

これに、高温になる箇所や、桁部材の Face と桁材、ピッチングコロージョンが進行しやすい箇所など腐食推定量の差異を考慮し、それぞれの腐食環境毎の腐食量を求め、それを直接強度計算を行う際の板厚の腐食控除量とした。ダブルハルトタンカーに適用した結果を図7.2に示す。なお、図7.2の結果は、元厚が0.5mm単位の寸法であるため、腐食控除量も0.5mm単位に丸めている。

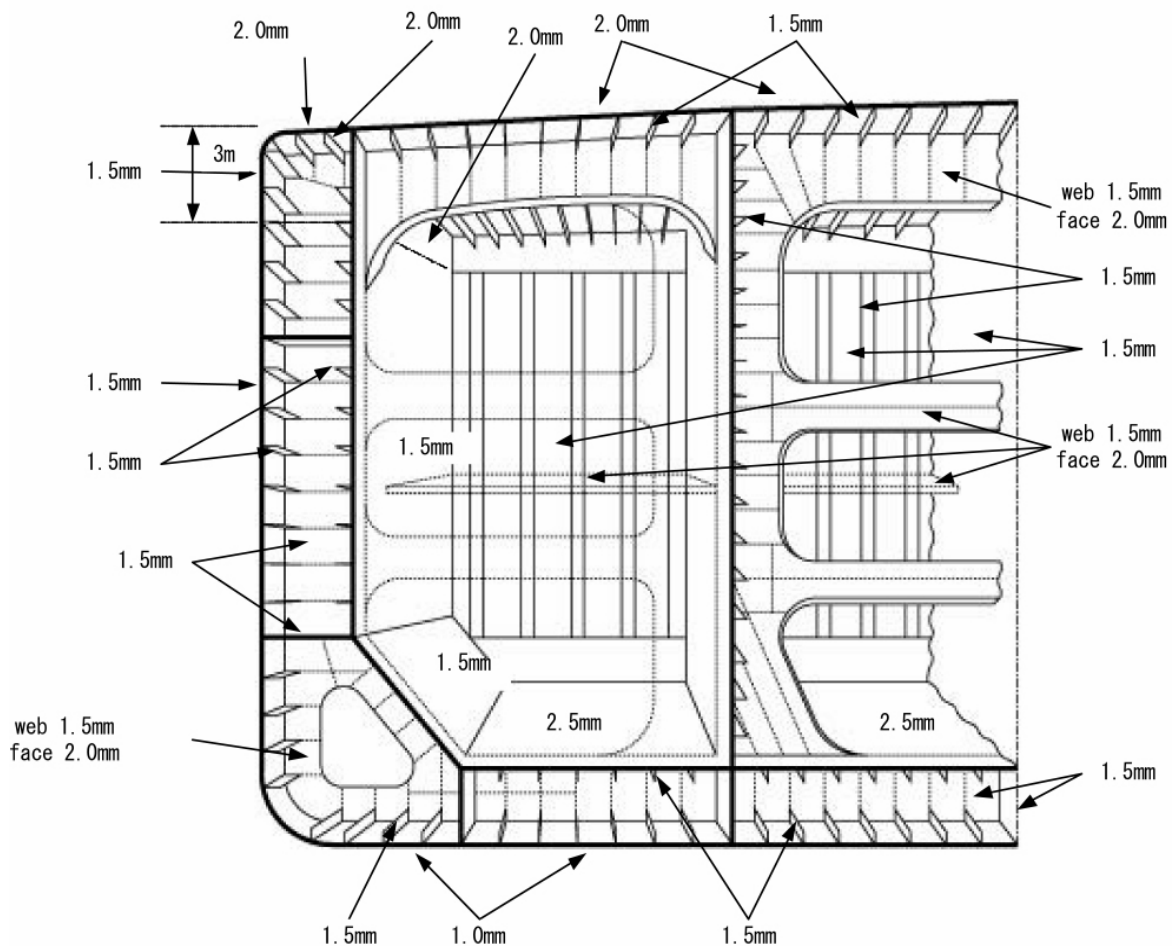


図 7.2 ダブルハルトタンカーの腐食控除量

## 8. 強度評価基準

### 8.1 降伏強度評価

降伏強度評価に関しては、基本的には従来の許容応力設計手法を踏襲した。すなわち、構造モデルに設計荷重を負荷して得られた参照応力が、設定された許容応力を超えないことを確認する。ここで、参照応力は代表値としてミーゼスの等価応力を用いる。

降伏強度評価における許容応力は、設計荷重の高精度化及びハルガード応力の直接的な考慮により、全ての部材で同じ値とし、降伏応力に対して 2 割程度の余裕を確保する。これは、設計荷重のうち変動荷重が 3/2 倍となる最大荷重を受けた場合(前 4.3(3)参照)にも部材が降伏することがないよう定めた値である。ここで、5 割増の変動荷重に対し 2 割程度の強度余裕を対応付けているのは、降伏・座屈強度を検討する場合には波浪中の荷重に加え静水中の荷重も考慮すること、及び、最大応力が発生する場合には静水中の荷重による応力が支配的なことも併せて考慮しているためである。なお、変動荷重が加わらない水圧試験状態では 1 割程度の余裕を確保することとしている。

### 8.2 座屈強度評価

座屈強度評価に関しては、各応力成分間の相関関係及び座屈強度に影響を及ぼす各種影響因子を抜本的に見直すことにより、座屈強度評価手法及び評価基準を全面的に改めた。座屈強度評価の特徴を以下に示す。

#### (1) 弾性座屈相関関係

従来の 3 グループに分かれていた座屈相関関係を全面的に見直した上で、面内 4 応力成分の相関が同時に考慮できる弾性座屈相関式を用いる。考慮すべき応力成分を面内 4 応力成分としたのは、面内 5 応力成分のなかで長辺方向の曲げ応力成分は、船体構造ではほとんど生じない半面、座屈応力が非常に高いことより、この応力成分は無視できると考えたからである。この相関式による座屈強度と FEM による座屈固有値解を比較した例を図 8.1 に示す。

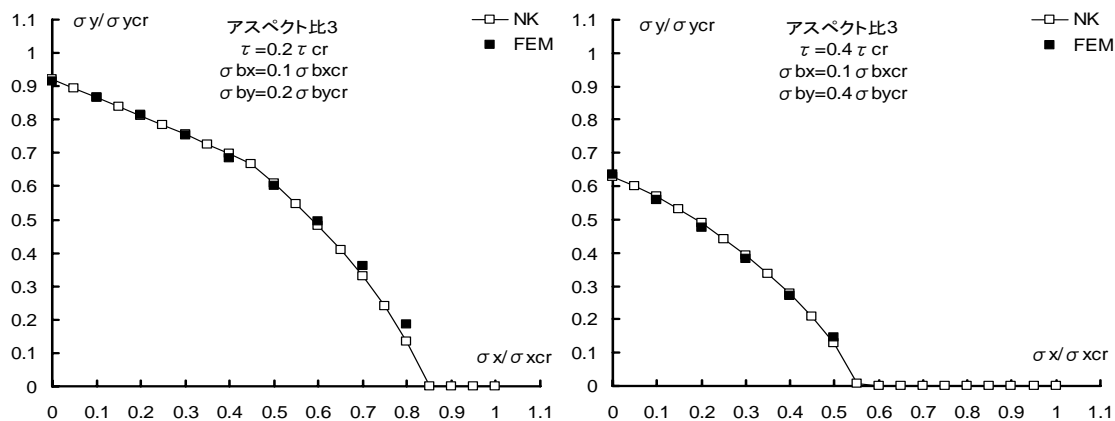


図 8.1 弾性座屈相関式と FEM 結果の比較

#### (2) 開孔修正係数

パネルに開孔があると座屈強度は低下する。この影響は開孔のないパネルの座屈応力に開孔修正係数を掛けることにより考慮してきたが、今回、その開孔修正係数を全面的に見直した。具体的に

は、有孔矩形板に対して FEM による座屈固有値解析を広範囲に実施し、得られた結果に基づき、従来の開孔修正係数を見直した。この修正係数と FEM による座屈固有値解を比較した例を図 8.2 に示す。

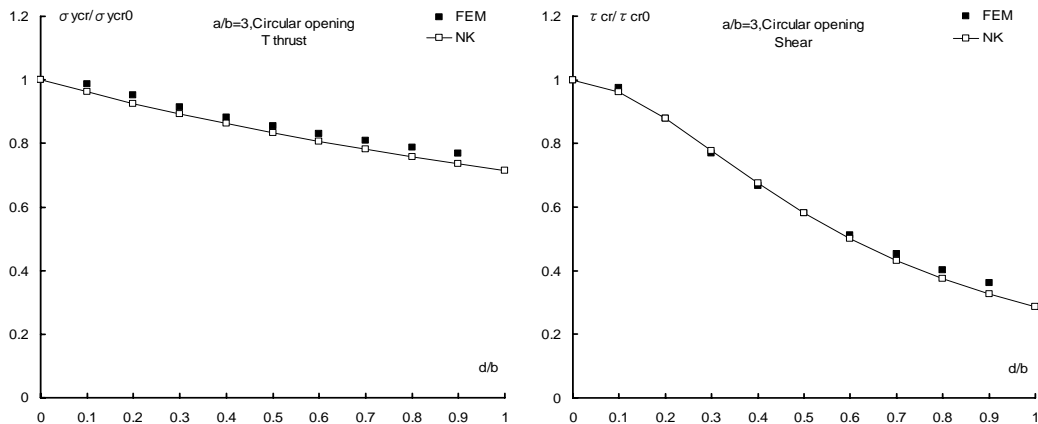


図 8.2 開孔修正係数と FEM 結果の比較

### (3) 各種影響因子の考慮

従来、座屈強度を検討する場合、パネルは周辺単純支持と仮定されており、この仮定の下では、座屈強度は最も安全側の評価となる。しかしながら、実際にはパネルは防撓材や桁で仕切られた防撓パネル構造となっており、この防撓材の振り剛性の影響により、座屈強度は周辺単純支持の場合より上昇する。また、パネルに水圧が作用するとパネルの境界条件が周辺支持から周辺固定に近づき、この場合にも座屈強度は上昇する。今回、これらの影響を簡易的に考慮できる影響係数を開発した。この影響係数を用いることにより、前述した各種影響因子を考慮することができる。例えば、防撓材の影響により座屈強度が周辺支持の条件より上昇する一例を図 8.3 に示す。図はアスペクト比 3 のパネルの長辺にアングル及び T 型の防撓材が設けられる場合の短辺方向圧縮に対する座屈強度の上昇度を示す。図より、通常の部材寸法では座屈強度は周辺支持の条件より約 10~20% 上昇する。

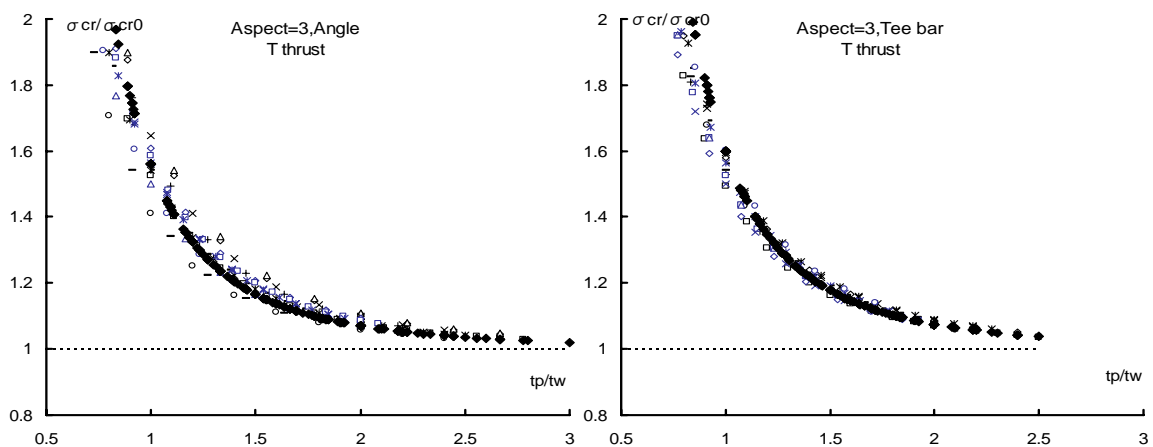


図 8.3 防撓材の影響による座屈強度の上昇度

#### (4) 座屈判定値

座屈の判定は、従来と同様、参照応力を等価弾性座屈応力あるいは等価塑性座屈応力で割った値が座屈判定値を超えないこととした。ここで、参照応力及び等価弾性座屈応力を求める際の代表等価応力には、ミーゼスの等価応力を一部修正した算式を用いる。この修正は、最終強度との相関を考慮したもので、従来より安全側の評価結果となる。座屈判定値に関しては、降伏強度と同様の考え方を踏襲している。

### 8.3 最終強度評価

船が一生に一度受けるような最大荷重に対しては、部材の真の構造強度と考えられる最終強度を評価基準にとるのが望ましいと考えるが、実用性の観点から従来より降伏、座屈強度を評価基準としてきた。しかしながら、近年の構造解析技術及び計算機能力の進歩により、基本的な構造要素については、その最終強度がほぼ明らかにされている。このような背景から、降伏、座屈強度に加え、一部の部材及び応力状態に限定した形で最終強度評価を導入することとした。

#### (1) 適用部材

桁のプレートフランジ部材であって 2 軸圧縮応力状態が支配的となる船底外板や内底板を主な適用対象部材とした。これは、桁構造の強度を考える場合、プレートフランジが座屈してもフランジの座屈後の有効幅分及びウェブ部材が健全であれば、座屈後もさらなる荷重増分に耐荷できるが、ウェブ部材が座屈してしまうとその時点で桁構造は耐荷能力を喪失する可能性があるからである。2 軸圧縮応力状態の他、せん断応力が加わる部材に対しては、今後十分な検討と検証を行った上で改めて提案する予定である。

#### (2) 最終強度算式及び最終強度相関関係(2 軸圧縮応力場)

長辺方向圧縮に対する最終強度算式は、Faulkner の強度算式を、短辺方向圧縮に対する最終強度算式は、藤久保らの強度算式(日本造船学会論文集 186 号、pp.621-630 を参照)をベースとし、これに FEM 解析や実績を考慮して修正した算式を用いる。また、2 軸圧縮応力場の最終強度相関式を FEM 解析や実績を考慮して算定した。この相関曲線は薄板パネルでは円に漸近し、厚板パネルでは  $x=1$  あるいは  $y=1$  の直線に漸近する。

#### (3) 最終強度判定値

最終強度の判定は、参照応力を 2 軸圧縮応力下における最終強度で割った値が最終強度判定値を超えないこととした。最終強度判定値は、降伏強度と同様、最大荷重を受けた場合にも部材が最終強度に至ることがないように設定する。

以上

## 疲労強度評価ガイドラインの概要(ダブルハルタンカー編)

### 1. はじめに

NK では、船体構造の実用的な疲労強度評価手法として、ダブルハルタンカーの大骨に対する評価としての「疲労強度評価ガイドライン(ダブルハルタンカー編)」及びダブルハルタンカー並びにバルクキャリアの縦通肋骨に対する評価としての「縦通肋骨疲労強度評価暫定指針」を開発している。これらガイドライン及び暫定指針は、共通した設計荷重の考え方及び強度評価判定基準に基づく評価手法を提示するものである。これらガイドライン及び暫定指針はまもなく公開される予定であるが、公開に先立ち概要を紹介する。

### 2. ガイドライン及び暫定指針の位置付け

疲労強度評価ガイドラインは今回新たに作成されるもので、縦通肋骨疲労強度評価暫定指針は現行の鋼船規則検査要領 C29「タンカー」、C29.5.1「縦通肋骨」の規定と同等性を有する評価基準として位置付けられる。これらは、簡易算式による設計荷重の設定手順に加え、直接荷重解析による設計荷重の設定手順も含まれているため、1994 年に公表された「DATA ガイドライン」の改訂版としても適用することができる。

これらガイドライン及び暫定指針は公開後、船体専門委員会、技術委員会などでの技術的審議及び必要な見直しを経て鋼船規則に取り込まれる予定である。従って、当面はオプション基準として弾力的に運用されるものである。

### 3. ガイドライン及び暫定指針の概要

#### 3.1 評価の対象

「疲労強度評価ガイドライン(ダブルハルタンカー編)」にあつては、亀裂が生じた結果、区画の水密性に問題が生じるような個所を優先的に選定して評価することとする。具体的には、ビルジナックル部及び内殻に付く大骨端部を評価対象とする。

また、「縦通肋骨疲労強度評価暫定指針」にあつては、満載喫水線下の船側及び底板外板に付く縦通肋骨の横桁貫通部を評価対象とする。縦通肋骨の横隔壁貫通部については、相対変位による応力の発生を抑制する措置を施した場合以外について、相対変位の影響を考慮に入れた評価を行う。

#### 3.2 評価手順

ガイドライン及び暫定指針共に、ホットスポット応力基準の S-N 線図に基づき、ホットスポット変動応力の長期分布に対する累積疲労被害度の評価値と許容被害度の比較による判定により疲労強度評価を行う。評価に当って、船舶の積み付け状態による構造的な平均応力が疲労強度へ及ぼす影響を考慮する。

考慮する船舶の積み付け状態としては、満載状態とバラスト状態の 2 状態とし、 $10^8$  回の応力変動の繰り返しに対する疲労被害度の累積を評価することにより行う。

疲労強度評価ガイドラインにおける疲労強度評価の流れを、模式的に図 1 に示す。主要な手順は以下の通りである。



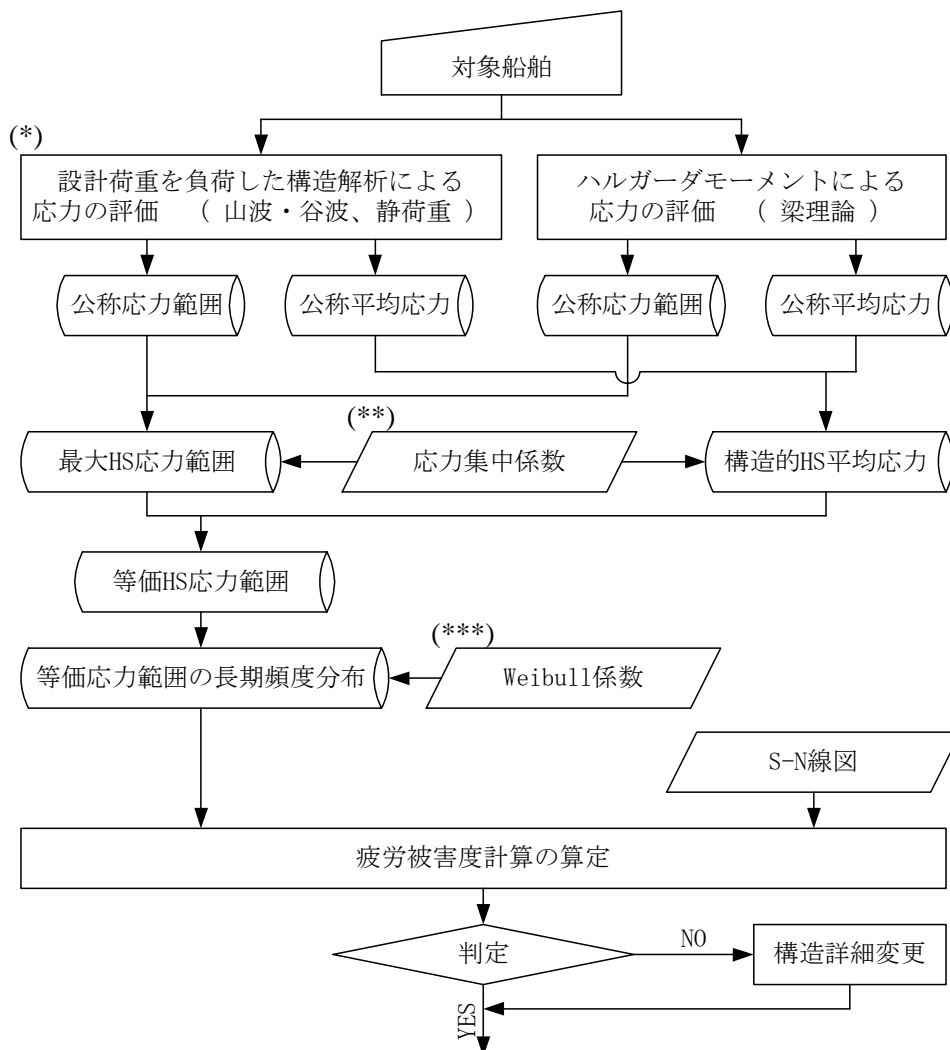


図1 疲労強度評価の手順

(1) 静水中の荷重下における構造的な平均応力の評価

(2) 設計荷重下における変動応力範囲の評価

- ホットスポット個所の平均応力及び変動応力の評価において、ガイドラインにおいては図中に(\*\*)で記したように、公称応力に乘じる応力集中係数を簡易的に与えているが、より詳細に検討する場合には、ホットスポット個所を詳細に要素分割した FEM 解析により直接ホットスポット応力を評価することが望ましい。
- 変動応力範囲は、設計荷重の山波及び谷波における評価値の差で求めるが、4 種類の設計条件の中で最も大きい値となる設計条件を選択する。
- 上記手順を、満載状態及びバラスト状態の夫々の状態について行う。

(3) 両者を組み合わせた等価応力範囲の評価

(4) 累積疲労被害度の評価

- 変動応力の長期分布の評価において、ガイドラインにおいては図中に(\*\*\*)で記したように、Weibull 係数を与えることにより長期分布を設定する必要がある。ガイドラインでは、簡易的に Weibull 形状母数を 1.0 と設定した指数分布としているが、より詳細に検討する場合には、長

期予測結果から Weibull 形状母数を求めることが望ましい。

- 満載状態及びバラスト状態の夫々の状態について累積疲労被害度を求めて両者を足し合わせ、 $10^8$ 回の応力変動の繰り返しに対する疲労被害度の累積を評価する。

#### (5) 累積疲労被害度の判定

縦通肋骨疲労強度評価暫定指針においては、図中に(\*)で記した設計荷重を負荷した状態での応力評価を、構造解析に代わり梁理論の適用により評価することとなる。

### 3.3 設計荷重

#### 3.3.1 基本的考え方

簡易算式により与える設計荷重の考え方は「直接強度計算ガイドライン」における設計荷重と全く同じ考え方に基づいているので、ここでは詳細については触れず両ガイドラインにおける相違について簡単に説明する。

船舶の設計においては、船の寿命に亘る長期間の応答を考慮する必要があるので、長期予測値が条件を考える上での基本となる。線形理論による長期予測値と直接強度計算ガイドライン及び疲労強度評価ガイドラインにおける設計荷重の関係について模式的に示すと図2のようである。

ガイドラインにおいては、疲労強度を検討するために解析を行う場合には、 $10^{-4}$ の超過確率に対応する設計荷重を設定している。

直接計算ガイドラインの設計荷重は、線形理論による長期予測結果に基づき船の寿命に亘る長期寒中に生じる最大応答値に対して、大波高時の非線形影響や3次元影響を考慮した修正及び弾性設計用の修正を行って設定している。疲労強度を評価する場合、船の寿命に亘る変動応力の繰り返しによる疲労被害の累積が問題となるので、変動応力の長期分布を求める必要がある。この場合、修正を施したままの設計荷重による評価応力に基づいた長期分布の評価が困難であるため、線形理論による長期応答値に戻す必要がある。

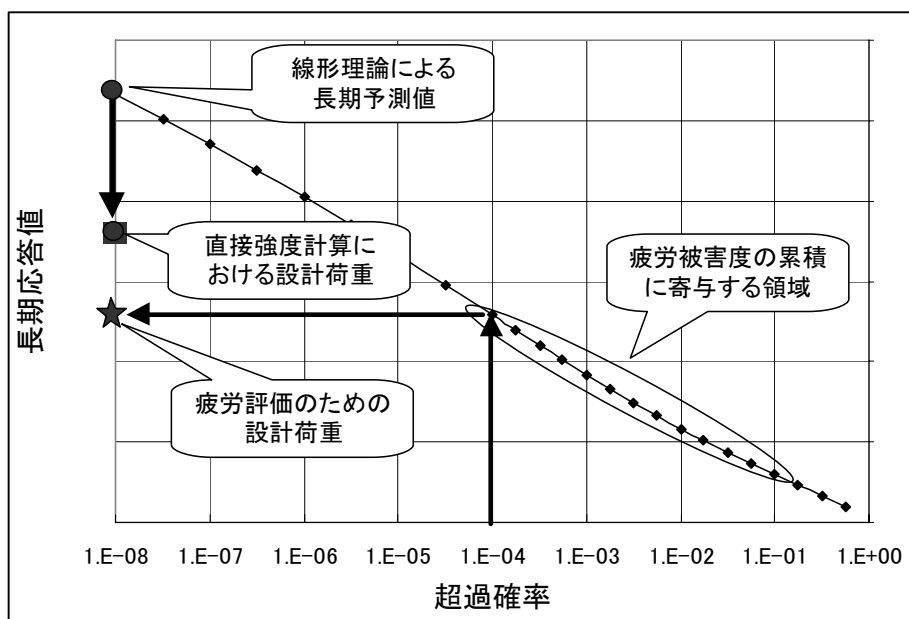


図2 線形理論による長期予測値と設計荷重の関係

### 3.3.2 設計条件

設計荷重は、構造的な平均応力を評価するための静水中の荷重と変動応力幅を評価するための波浪中の荷重を考慮する。

変動荷重を評価する際の設計条件は、以下の 4 条件の内、評価対象箇所について最も厳しい条件を選択する。

- (1) 向波状態で縦曲げモーメントが最大となる短期海象
- (2) 追波状態で縦曲げモーメントが最大となる短期海象
- (3) 船体横傾斜が最大となる短期海象
- (4) 喫水線位置における波浪変動圧が最大となる短期海象

### 3.3.3 船体の縦・水平曲げ

船体の縦・水平曲げによるハルガーダー応力は別途求めて、変動応力に足し合わせる。

## 3.4 腐食に対する考慮

疲労強度を評価する際の腐食に対する考慮として、以下のように考える。

- (1) 疲労強度評価のための、応力評価の際には腐食による構造部材の減厚を考慮しない。
  - 疲労は就航後からの累積によるため、応力評価は初期の状態に対するものとする。従って、応力の評価は腐食予備厚を含んだグロスの寸法に基づいて行う。
- (2) 腐食環境下での疲労強度の減少は、疲労強度の評価の際に腐食による影響を考慮する。
  - 腐食による影響は、構造部材の減厚による応力上昇の他、疲労限の低下、疲労亀裂発生機構の変化等の疲労現象に関わる未知の部分があるため、従来考慮されていた手法を踏襲し、腐食環境下では健全状態での疲労寿命の 1/2 とする。

一方、別途定める「直接計算ガイドライン」に基づき評価された応力を用いて疲労強度の評価を行う際には、腐食控除量を除いたネット寸法によりモデル化された構造解析を実施することになるので、応力評価の際に用いた腐食控除量による応力上昇の影響を考慮して修正を行った後、疲労強度の評価の際に腐食による影響を考慮することとする。

## 3.5 構造解析による応力の評価

### 3.5.1 ホットスポット応力の評価

疲労強度評価はホットスポット応力を参照応力として用いるので、検討箇所のホットスポット応力を評価する必要がある。ホットスポット応力を求める際には、溶接止端形状の影響を無視し、溶接付加物等による局所的な構造不連続の影響による応力上昇を考慮したホットスポット位置における応力として評価する。ただし、二次的な曲げ応力の影響が無視できない場合には、これらの影響を考慮する必要がある。具体的には、シェル要素を用い、ホットスポット個所周辺を板厚程度のファインメッシュでモデル化した構造モデルを用いた解析を行う。モデル化の例を図 3 に示す。

有限要素解析の結果からホットスポット位置における応力を評価する場合、ホットスポット近傍の応力上昇の分布を求め、ホットスポット位置での外挿値を求める必要がある。外挿によるホットスポット

応力評価の手法としては、局部構造モデルによる構造解析により評価されるホットスポット近傍の応力分布を、ホットスポット位置直近の4要素の応力値を用いてラグランジェ補間式等で近似し、図4に示す要領で、ホットスポット位置から  $0.5t$  と  $1.5t$  の2点の応力値をホットスポット位置まで直線外挿して求める。

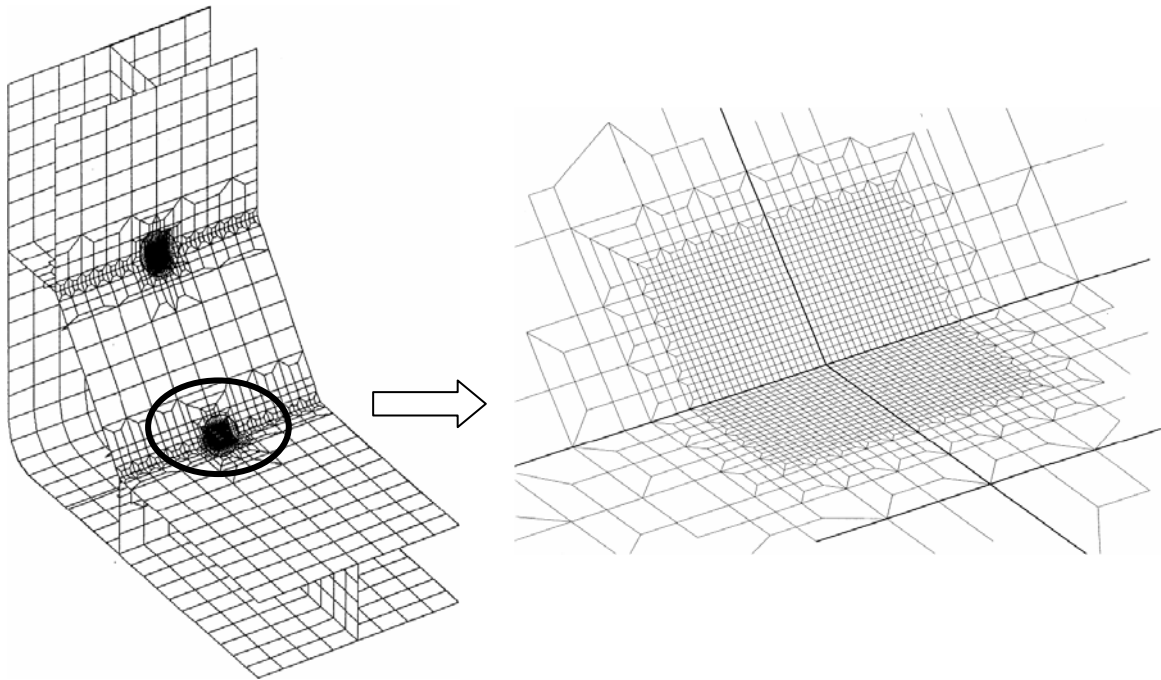
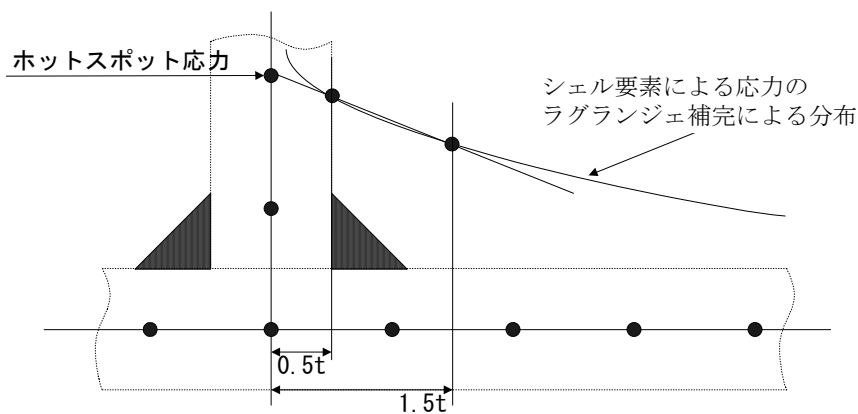


図3 有限要素モデルの例

$$\sigma(x) = c_1(x)\sigma_1 + c_2(x)\sigma_2 + c_3(x)\sigma_3 + c_4(x)\sigma_4$$

$$c_i(x) = \frac{\prod_{j=1, j \neq i}^4 (x - x_j)}{\prod_{j=1, j \neq i}^4 (x_i - x_j)}$$

$x_i$  ; 趾端位置から  $i$  番目の要素中心までの距離  
 $\sigma_i$  ; 趾端位置から  $i$  番目の要素の応力値



$$\sigma_{hot} = \frac{3\sigma\left(\frac{t}{2}\right) - \sigma\left(\frac{3t}{2}\right)}{2}$$

図4 外挿によるホットスポット応力評価の例

### 3.5.2 公称応力の評価

有限要素解析によりホットスポット応力を直接求める解析には多くの工数が掛かり、類似構造の実績が多くある場合には実際的でないことがある。一般には、応力集中係数を公称応力に乗じてホットスポット応力を近似的に評価することが行われる。公称応力を評価する場合、構造解析は 3 次元の有限要素法 (FEM) により、解析対象範囲の部材を板構造モデルに置換して実施する。構造解析の具体的な要領は「直接強度計算ガイドライン」の場合と同じである。

公称応力を求める際には、全体的な構造不連続の影響による応力上昇を考慮したホットスポット位置における応力として評価する。また、評価する応力の方向は、ホットスポット部の溶接ビードに直交する成分を用いる。有限要素法計算結果から板表面の公称応力を定めるときは、図 5 に示すように、ホットスポット位置から 1.5 肋骨心距及び 2.5 肋骨心距離れた位置の応力を用いて、ホットスポット位置の応力を外挿補間により求める。

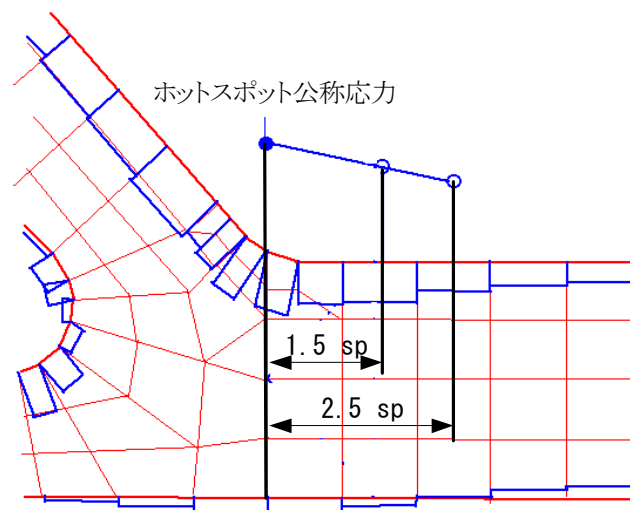


図 5 ホットスポット公称応力の評価

一方、縦通肋骨の疲労強度を検討する場合には、梁理論の適用により公称応力を評価する。

### 3.5.3 応力集中係数

ガイドライン及び暫定指針には、代表的なホットスポット個所における応力集中係数の値及び係数を簡易的に計算するための数表を準備している。

ビルジナックル部の応力集中係数は以下の形で与えられ、各種構造に対応できる。

$$K_t = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4$$

$K_0$  ; 対象個所の寸法による係数

$K_1$  ; 板の曲げ加工による補正係数

$K_2$  ; ウェブ増厚による補正係数

$K_3$  ; 水平スチフナ或いは縦リブ挿入による補正係数

$K_4$  ; 横リブ挿入による補正係数

尚、上式中の係数  $K_0$  は、平面問題である Williams による解を実構造物であるビルジナックル部のホットスポット応力解析に適用したもので、主板厚とナックル角度のマトリクスで値を与えている。ナッ

クル部の応力について、FEM 解析解と近似解の関係を図 6 に示すが、非常に良い相関を示している。

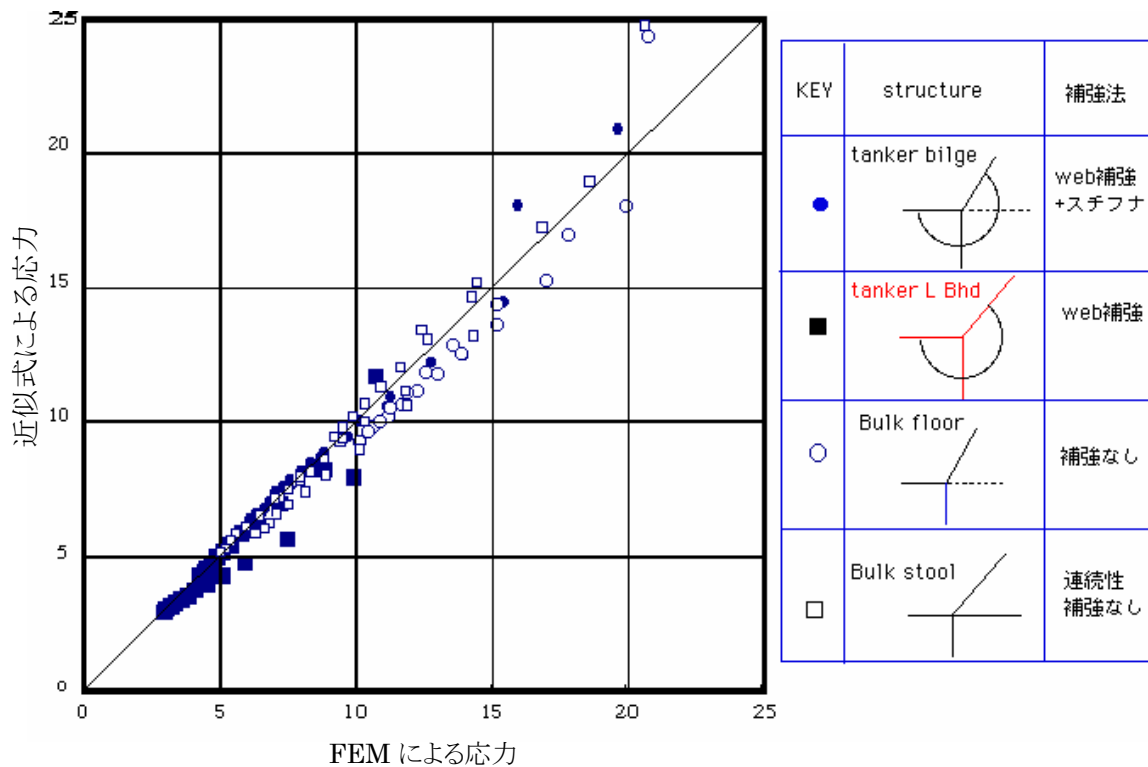


図 6 ナックル部応力の比較

一方、縦通肋骨の貫通部における応力集中係数は、圧力による面外曲げに対する応力集中係数、貫通部の詳細構造形式に応じた応力集中係数並びに非対称断面ロンジの横倒れにより生じる 2 次曲げ応力の影響を考慮した応力集中係数を与えている。

### 3.6 疲労強度評価

#### 3.6.1 設計線図

##### (1) 基準設計線図

船体構造の疲労強度評価を行う場合、局部の構造不連続による応力集中を考慮して、継手の形状の違いによらずに評価を行う統一的な基準応力として、ホットスポット応力が一般的に用いられる。船体構造の疲労強度評価に対して適用されるホットスポット応力基準の設計 S-N 線図としてこれまで幾つか検討されている。

通常広く用いられている UK-HSE の平均 S-N 線図をまとめて示すと図 7 のようである。図中の T\* は、鋼管継手のホットスポット応力基準の線図を板継手のものに直したもので、F\* 及び F2\* は、継手形式毎の線図に応力集中係数を乗じてホットスポット応力基準の線図に直したものである。また、D は突合せ継手の線図で、構造形状に起因する応力集中が無い場合の線図である。参考のため母材に対する B 線図も併せて示している。D、T\*、F\* 及び F2\* はほぼ一致し、何れもホットスポット応力基準の線図として適用できると考えられる。そこで、UK-HSE の提示する D 平均線図を基準設計線図と

する。

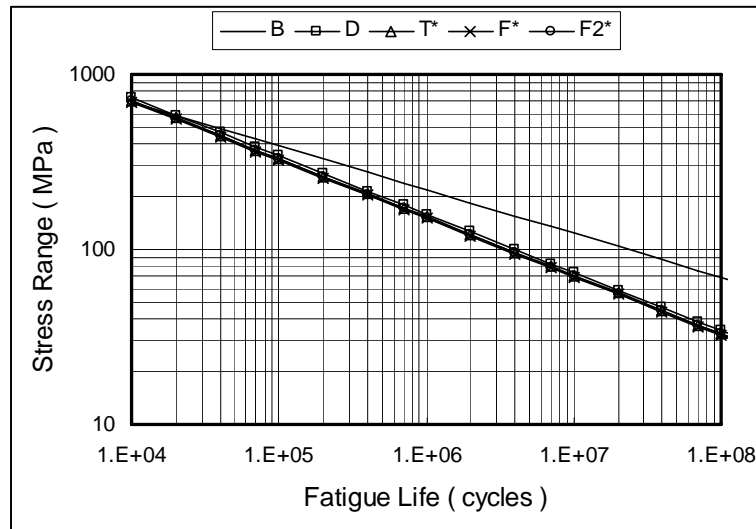


図7 ホットスポット応力基準の疲労設計線図

## (2) 溶接残留応力

通常提示されている溶接継手についての設計 S-N 線図には溶接残留応力の影響が含まれている。一般に、溶接まま継手の場合、ホットスポット部には局所的に降伏応力に相当する溶接残留応力が存在する。設計線図は応力比=0(片振り)の試験条件での結果をまとめたものであるが、実際の局所の応力状態は、シェイク・ダウンによる残留応力の変化が生じていると考えられる。この状態を模式的に表すと、図8のようである。

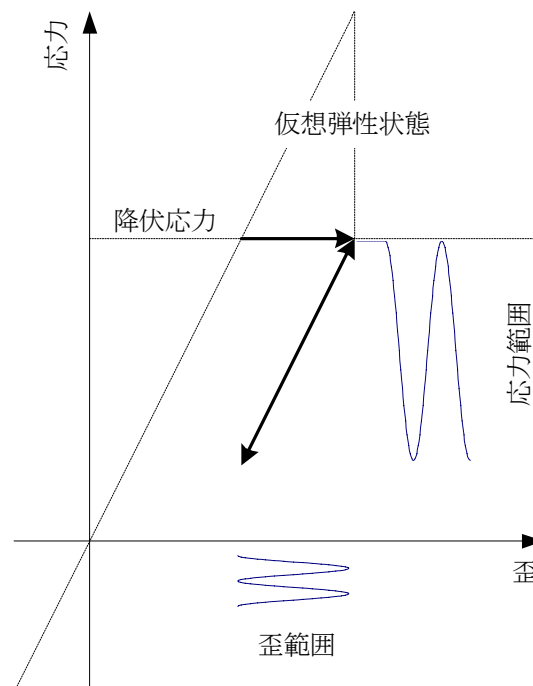


図8 シェイクダウンによる応力状態の変化

ガイドラインにおいては、構造的な平均応力影響を考慮するため、溶接継手については UK-HSE の D 線図の中に含まれる溶接残留応力の影響分を除外した形に修正して基準線図としている。一方、非溶接部については UK-HSE の B 線図を用いている。これら設計線図を表 1 及び図 9 に示す。

表 1 S-N 線図

	$m$	$C$	$m'$	$C'$
非溶接継手	4	$2.34E+15$	7	$4.44E+21$
溶接継手	4.63	$5.46E+16$	8.25	$2.35E+24$

$$N = \begin{cases} C \cdot \Delta\sigma^{-m} & ; \Delta\sigma \geq \left(10^{-7} \cdot C\right)^{1/m} \\ C' \cdot \Delta\sigma^{-m'} & ; \Delta\sigma < \left(10^{-7} \cdot C\right)^{1/m} \end{cases}$$

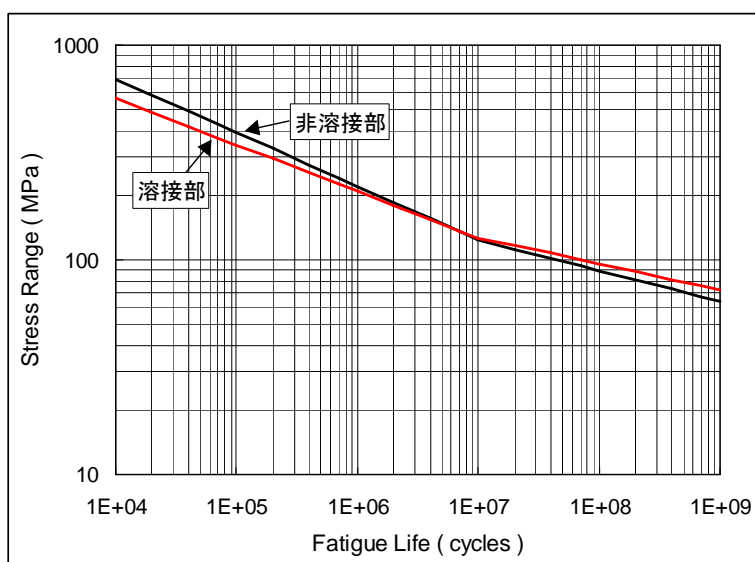


図 9 疲労設計線図

### 3.6.2 平均応力影響

#### (1) 等価応力範囲

構造的な平均応力の影響は、変動応力が負荷された際の局所的な残留応力のシェイクダウンによる変化と共に考慮した等価応力範囲を用いることにより評価する。等価応力範囲は、以下の式により評価される。

$$N_f = C \cdot \Delta\sigma_{eq}^{-m}$$

$$\Delta\sigma_{eq} = \Delta\sigma^\alpha \sigma_{\max}^{1-\alpha} = \Delta\sigma^\alpha \left( \sigma_{mean} + \sigma_{res} + \frac{\Delta\sigma}{2} \right)^{1-\alpha}$$

$$\alpha = 0.6485$$

$\sigma_{mean}$  ; 構造的な平均応力

$\sigma_{res}$  ; 局所的な残留応力

$\Delta\sigma$  ; 負荷される応力範囲

上記の等価応力範囲を用いると、平均応力状態に関わらず表 1 或いは図 9 に示した設計 S-N 線



図を用いて疲労強度を評価することができる。局所残留応力を含む平均応力状態における負荷応力範囲と疲労寿命の関係を図示すると図 10 のようである。

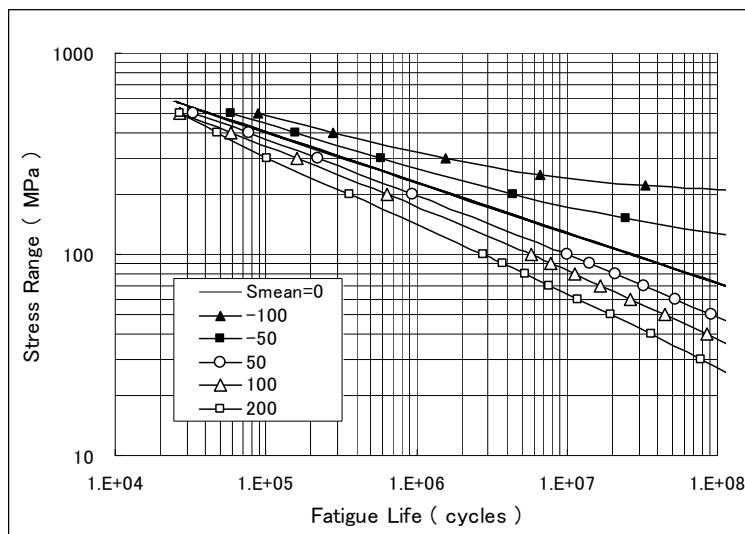


図 10 平均応力の疲労強度へ及ぼす影響

## (2) 平均応力影響の考慮

実際に船体構造部材が受ける応力変動はランダムであるので、負荷変動応力範囲の大きさと負荷される時期により局所の平均応力状態が変化することになる。ガイドライン及び暫定指針では、海洋環境中のランダム性の統計的性質を考慮し、シェイクダウンが生じる時期及びそのときの応力範囲の大きさを期待値として求めることにより、構造的な平均応力が一定と考えられる積み付け条件下での期待平均応力状態を想定して平均応力影響を考慮している。

ガイドライン及び暫定指針における取扱いは以下のものである。

$$\Delta\sigma_{eq1} = \Delta\sigma^\alpha \left( 350 - \frac{0.96\Delta\sigma^* - \Delta\sigma_1}{2} \right)^{1-\alpha}$$

$$\Delta\sigma_{eq2} = \begin{cases} \Delta\sigma^\alpha \left( 350 - \frac{0.96\Delta\sigma^* - \Delta\sigma_2 - (\sigma_{m1} - \sigma_{m2})}{2} \right)^{1-\alpha} & ; 700 - \Delta\sigma^* > \sigma_{m1} - \sigma_{m2} \\ \Delta\sigma^\alpha \left( \frac{0.96\Delta\sigma^* + \Delta\sigma_2}{2} - 350 \right)^{1-\alpha} & ; 700 - \Delta\sigma^* \leq \sigma_{m1} - \sigma_{m2} \end{cases}$$

$\sigma_{m1}$  ; 引張り側に厳しい状態となる「状態 1」における構造的な平均応力

$\sigma_{m2}$  ; 「状態 2」での構造的な平均応力

$\Delta\sigma_i$  ; 各状態における変動応力幅

$\Delta\sigma^*$  ; 「状態 1」における  $10^{-5}$  超過確率レベルの応力変動幅

疲労強度の検討では継続期間が重要な要因であるので、代表的な積み付け状態として満載状態とバラスト状態の 2 状態を考え、夫々の状態のうち、対象個所の構造的な平均応力の大きさが引張り側に厳しい状態を「状態 1」とし、他方を「状態 2」として上式を適用することにより等価応力範囲を求める。

### 3.6.3 許容疲労被害度

#### (1) 損傷経験の評価

実際の船体構造部材への適用性を考えると、許容疲労被害度を設定する際には、実際に生じた疲労損傷とのキャリブレーションが必要である。また、この場合、同じ類似構造におけるなるべく多くの損傷・非損傷のデータが必要となる。

ガイドライン及び暫定指針においては、ホットスポット応力基準の疲労強度評価を行うので、大骨及び小骨両者の疲労強度評価判定基準は同一に取り扱うことができる。そこで、許容疲労被害度の設定のために、SHVLCCの船側縦通肋骨の疲労損傷を対象としたキャリブレーションを行った。

ガイドライン及び暫定指針の手順に従ってSHVLCCの船側縦通肋骨の疲労強度評価を行った例を図11に示す。図11には比較として、構造的平均応力影響が無視できるとする従来法による評価結果も併せて示す。評価結果から、SHVLCCの船側縦通肋骨での疲労損傷の大半がCOT内において発生し、WBT内には発生しなかったという発生傾向の違いを、ガイドライン及び暫定指針の評価手法の適用により有効に説明できることがわかる。

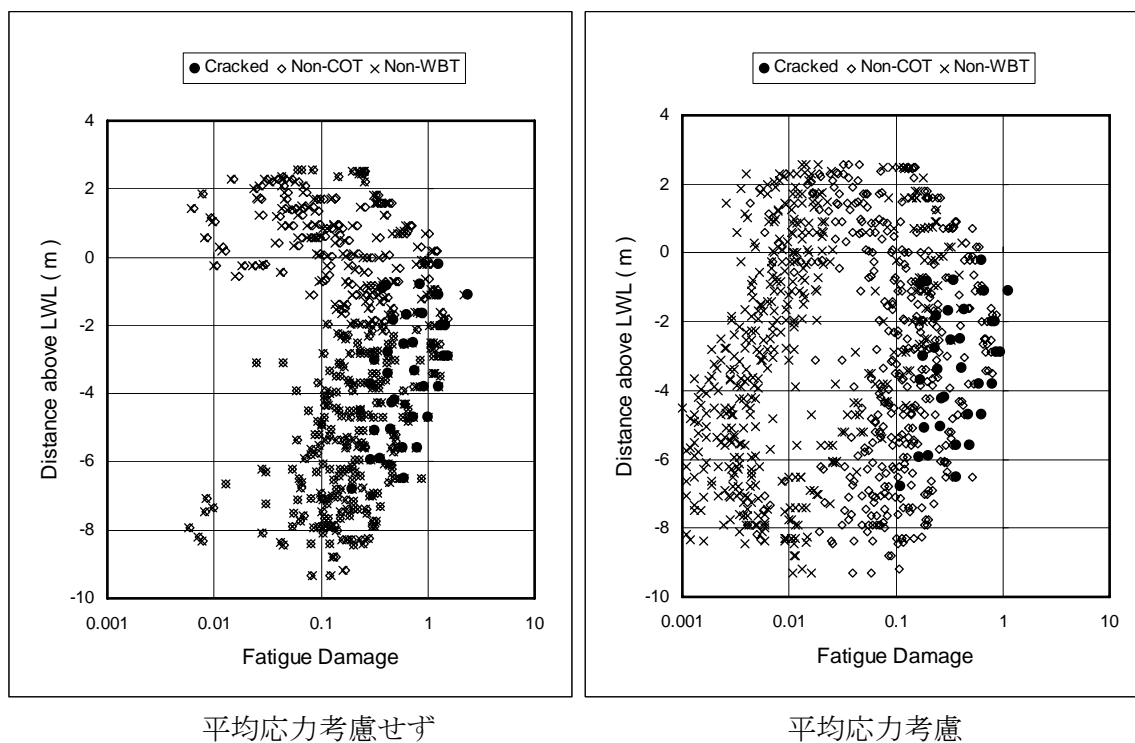


図11 SHVLCC 船側縦通肋骨の疲労強度評価例

#### (2) 被害度の算定方法

許容疲労被害度を設定する際には、累積疲労被害度の算定手法と関連して検討する必要がある。累積疲労被害度の算定方法としては、Miner則、修正Miner則及びHeibach修正による方法等が従来考えられてきた。船体構造のように腐食環境下にある部材では、疲労限の低下が考えられるので、修正Miner則及びHeibach修正による方法について比較を行った。比較の方法は、損傷・非損傷の実績から疲労損傷時の評価累積疲労被害度の分布を求めることにより行った。結果を表2に示す。

表 2 寿命(損傷時被害度)分布の推定結果

	case	Likelihood	mean	std.dev.	97%	cov(%)
平均応力影響考慮せず	修正Miner	60.50	2.07	0.699	0.789	33.8
	Heibach修正	65.49	1.85	0.624	0.704	33.8
平均応力影響考慮	修正Miner	75.72	1.15	0.308	0.551	26.8
	Heibach修正	76.24	1.05	0.354	0.398	33.9
UK-HSE D 線図		-----	1.00	0.310	0.420	31.0

表2の結果から、ガイドライン及び暫定指針の評価手法により平均応力影響を考慮し、被害度の算定を Heibach 修正で行う方法が、損傷実績を最も良く説明できることがわかる。また、この場合、UK-HSE の D 線図の基礎となった実験データと非常に似通った、疲労寿命に関する統計的性質が推定され、UK-HSE の D 線図に基づく設計線図の提案が妥当なことがわかる。

### (3) 許容疲労被害度

疲労強度評価は累積疲労被害度を算定することにより行うが、亀裂が生じた結果、区画の水密性に直接影響を及ぼす個所とそうでない個所について、許容疲労被害度に差をつけることとした。表 2 の結果に基づき、許容疲労被害度として、区画の水密性に直接影響を及ぼす個所については、97%残存確率に対応する値とし、それ以外の個所については、平均－標準偏差(約 85%残存確率に相当)に対応する値を許容疲労被害度と設定した。

ただし、設計荷重の評価に際して IACS の推奨する北大西洋の長期波浪頻度表を基礎としているが、タンカーの就航路における波浪環境と異なるため、タンカー或いはバルクキャリアーとして想定される就航路の内、厳しい海象における長期波浪頻度データによる評価結果の差を用いて、評価された累積疲労被害度を修正して許容被害度と照合することとする。

### 3.7 詳細構造例

疲労強度評価ガイドラインで示す応力集中係数において、標準とする構造不連続部の詳細についての応力上昇緩和法を例示するために、ガイドラインの附録として、代表的な個所についての詳細構造例を載せている。

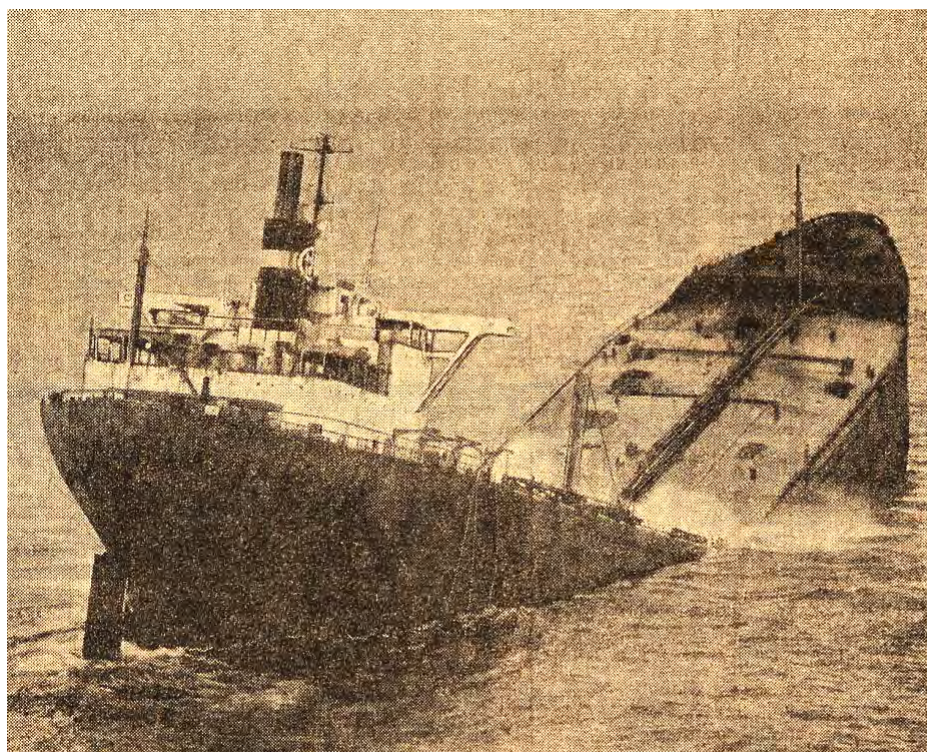
## 縦曲げ最終強度ガイドラインの概要(ダブルハルタンカー編)

### 1. はじめに

ClassNK では構造解析基準の見直しの中で、船の就航期間中に遭遇する海象を想定し、降伏、座屈及び疲労による損傷が発生しないような設計荷重とクライテリアを定めている。構造上重要な箇所については、さらに過酷な海象状態においても船体構造が崩壊しないよう最終強度を確保するという考え方を「船体構造評価のための技術指針」において示している。船体の縦曲げ強度は、船体が両端自由の一本の梁とみなせる静定構造であるため強度上の冗長性が期待できず、損傷が生じた場合には折損、沈没等の重大な事故につながる可能性があるため、最終強度の評価を行い安全性を確保することは重要であると考え、船体の縦曲げ最終強度に関するガイドラインを作成することにした。

### 2. 縦曲げ最終強度ガイドライン作成の背景

近年、タンカーの折損・崩壊事故による人命の損失と広範囲な海洋汚染が大きな社会問題として取り上げられている。これらの事故は厳しい海象条件に船舶が遭遇したことや船体の腐食が著しく進行していたことあるいは貨物積付ミス等が原因と考えられている。



(引用 毎日新聞社)

従来、船体の縦強度は船体梁に作用する曲げモーメント及びせん断力による応力が許容範囲内にあることを確認すると共に個々の縦強度部材の座屈強度を検討するものであった。いくつかの事故例や最近の研究成果から各パネル、防撓材及び連続防撓材パネルの座屈強度を評価するだけでなく、座屈後の剛性低下を考慮した船体横断面の縦曲げモーメント負担能力を直接的に評価することが船舶の折損事故を防ぐ上で必要であると考えた。

### 3. ガイドラインの適用等

規則 C 編 29 章を適用するタンカーで、載貨重量 D.W.20,000 TON 以上の船舶について適用が可能である。極限海象状態を想定した船体の縦曲げの最終強度に関する新しい概念の規定でもあり、当面は暫定指針として位置づけ、今後実績を積み重ねて規則化する方針である。

### 4. 従来の縦曲げ強度評価との違い

従来の船体縦曲げ強度は発現確率レベル $10^{-8}$ (約20年相当)の縦曲げ応力が弾性範囲内であること及びその応力で甲板、外板及びロンジが座屈しないことを確認している。

それに対し、縦曲げ最終強度の評価は船舶が腐食した状態で、就航期間中に遭遇する過酷な状況として100年に1回程度の波浪縦曲げモーメントが船体に作用した場合においても適切な縦曲げモーメント負担能力を有するように規定する。

### 5. 縦曲げモーメント負担能力の計算方法

縦曲げモーメント負担能力とは、曲げの引張側の部材が降伏応力に達しそれ以上の軸力を受け持たなくなっても、或いは、圧縮側の部材が最終強度に達し耐力低下を起こしても、それら以外の未だ弾性域にあるような部材により、縦曲げモーメントに対して受け持つ能力を言う。

ClassNK では縦曲げモーメント負担能力の計算方法について簡易算式、簡易化された断面性能評価手法及び解析コードによる計算手法をガイドラインの中で提案する。

#### 5.1 簡易式による評価手法

縦通肋骨方式を採用するタンカーで、デッキロンジやボトムロンジがそれぞれほぼ等間隔で配置され、デッキの厚さや船底外板(キールプレート等除く)の厚さがそれぞれほぼ一定である場合、ホギング状態及びサギング状態の縦曲げ最終モーメントの負担能力 (Mu(hog)及び Mu(sag)) を次式で与える。

$$\text{Mu(hog)} = (1/1000) \alpha_H \cdot Z_B \cdot \sigma_{us} \quad (kN\text{-}m) \quad \text{-----}(5.1.1)$$

$$\text{Mu(sag)} = (1/1000) \alpha_S \cdot Z_D \cdot \sigma_{us} \quad (kN\text{-}m) \quad \text{-----}(5.1.2)$$

ここで

$\alpha_H, \alpha_S$ : 縦曲げ最終強度係数で 1.0~1.1 程度の値

$Z_B$ : 船体横断面係数(船底側) ( $cm^3$ )

$Z_D$ : 船体横断面係数(甲板側) ( $cm^3$ )

$\sigma_{us}$ : ボトムロンジ又はデッキロンジの最終強度で次式より算定する。(N/mm<sup>2</sup>)

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{us} &= \sigma_y \left\{ \frac{(1 - 0.0692 \lambda_p^2)bt + A_s}{(bt + A_s)} \right\} \quad (\lambda_p \leq 2.69) \\ &= \sigma_y \left\{ \frac{(3.615/\lambda_p^2)bt + A_s}{(bt + A_s)} \right\} \quad (\lambda_p \geq 2.69) \end{aligned} \right\} \text{-----}(5.1.3)$$

$b$ : ロンジの心距 ( $mm$ )

$t$ : デッキあるいは船底外板の厚さ ( $mm$ )

$A_s$ : ロンジの断面積(プレートを除く) ( $mm^2$ )

$\lambda_p$ : 板の細長比で次式による。

$$\lambda_p = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$$

$\sigma_y$ : 降伏応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$E$ : ヤング率 (N/mm<sup>2</sup>)

## 5.2 簡易化された断面性能評価手法

縦通肋骨方式を採用するタンカーで、船体横断面を構成するすべての部材を、防撓材とそれを挟んで両側 1/2 ロンジスペースの範囲のパネルを 1 つの要素(図 5.2.1 参照)として分割し、以下の式より、縦曲げ最終モーメントの負担能力を求める。

船体横断面を構成するすべての要素を要素 i とする。

$$M_{u(hog)} = \frac{\beta_H}{1000} \sum A_i \sigma_i z_i \quad (kN-m) \text{ ----- (5.2.1)}$$

$$M_{u(sag)} = \frac{\beta_S}{1000} \sum A_i \sigma_i z_i \quad (kN-m) \text{ ----- (5.2.2)}$$

$A_i$  : 要素 i の断面積 ( $mm^2$ )

$z_i$  : 弾性中性軸から要素 i の距離 (m)

$\sigma_i$  : 曲率半径より定まる応力値。ただし、引張側で降伏、圧縮側で最終強度を超えない値とする。

$$\sigma_i = E \frac{z_i}{\rho} \text{ ----- (5.2.3)}$$

$\beta_H, \beta_S$  : 縦曲げ最終強度係数で 1.0~1.1 程度の値

$\rho$  : ホギング状態では内底縦通肋骨が最終強度に達するときの曲率半径、サギング状態ではデッキロンジが最終強度に達するときの曲率半径

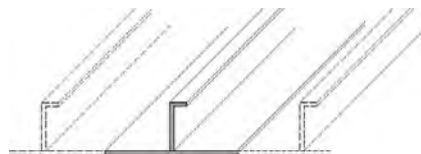


図 5.2.1 防撓パネル要素

## 5.3 解析コードを使用した直接計算による手法

縦強度部材が逐次座屈、塑性崩壊して船体横断面全体が崩壊に至る過程を追跡できる計算手法として Smith の手法に従う逐次崩壊解析コードが一般に使用される。

### 5.3.1 逐次崩壊解析について

船体横断面に過大な縦曲げモーメントが作用する場合、モーメントの増加と共に、曲げの引張り側では断面を構成する構造部材の降伏が、また、曲げの圧縮側では座屈・塑性崩壊が順次発生し、やがて断面がそれ以上の縦曲げモーメントを負担できない最終強度に達する。以後、構造部材の耐力低下に応じて、断面の縦曲げモーメント負担能力も低下して行く。このような崩壊様式は、逐次崩壊と呼ばれている。

このような逐次崩壊の様子を逐次崩壊解析プログラムの計算結果を用いて説明する。この解析方法で

は、船体横断面を構成する部材を、防撓材とそれを挟んで両側 1/2 ロンジスペースの範囲のパネルを 1 つの要素として分割し、分割された各要素毎に予め求められた材料及び幾何学的非線形性を考慮した応力-歪関係の下で曲率  $\theta$  を変化させて縦曲げ最終負担モーメントを求めている。

図 5.3.1 は、曲率  $\theta$  を変化させて行った時の、縦曲げモーメントと中性軸の位置の推移を表している。ホギング・サギングの両側において、ある曲率で縦曲げ最終強度を迎え、それ以降は負担できる縦曲げモーメントが低下していく様子が見られる。図中、A,B,C,D,E,F の各点における応力分布を図 5.3.2 及び図 5.3.3 に示す。

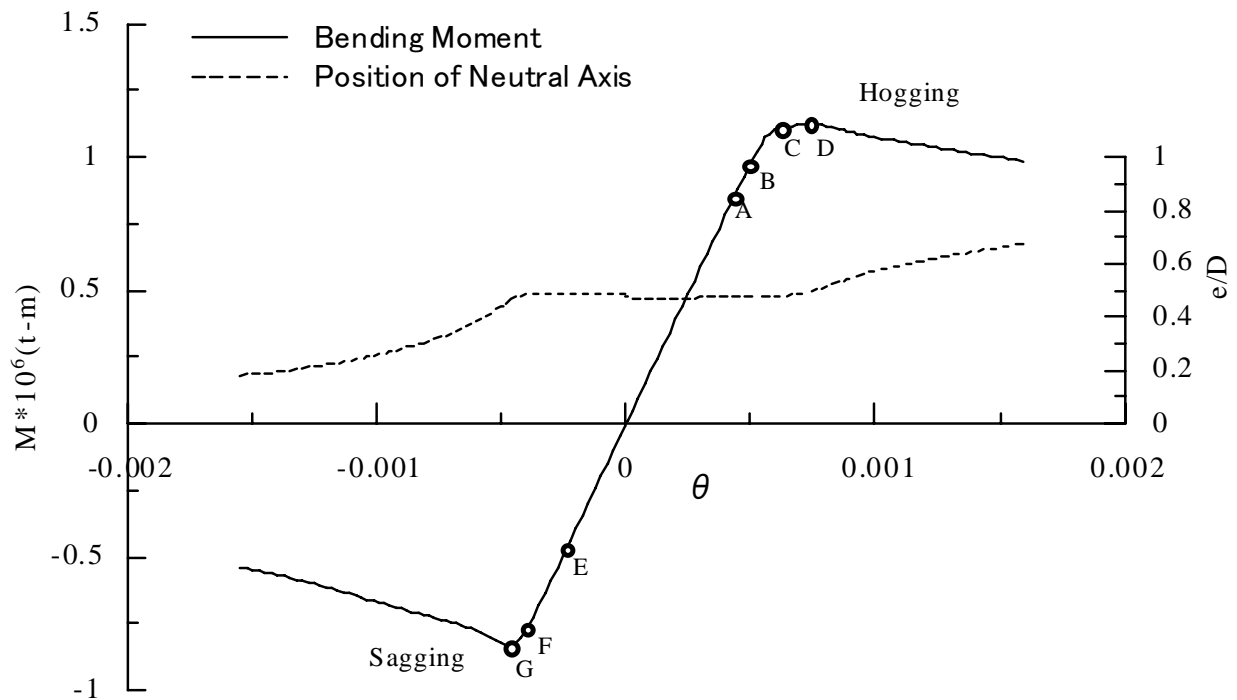


図 5.3.1 曲率  $\theta$  を変化させた場合の縦曲げモーメントと中性軸の位置の推移

図 5.3.2 は、ホギング側に段階的に曲率を加えていった時の、船体横断面の応力分布の推移を表しており、○印がついている箇所の要素は、降伏した或いは最終強度に達した要素を表す。図 5.3.2 中、状態 A では、すべての要素が弾性域にあり、中性軸から遠い要素ほど、応力が高くなっている。船体にはホギング側の曲率を加えているため、上甲板側で引張、船底外板側で圧縮となる。状態 B では、中性軸から最も遠い上甲板の中央部の要素が降伏を起し始める。さらに曲率を加えていくと(状態 C)、上甲板の降伏範囲が広がり、船底外板の要素が座屈し、最終強度に達している。状態 D は、船体が縦曲げ最終強度に達した瞬間のものであり、内底板の要素も最終強度を迎えている。

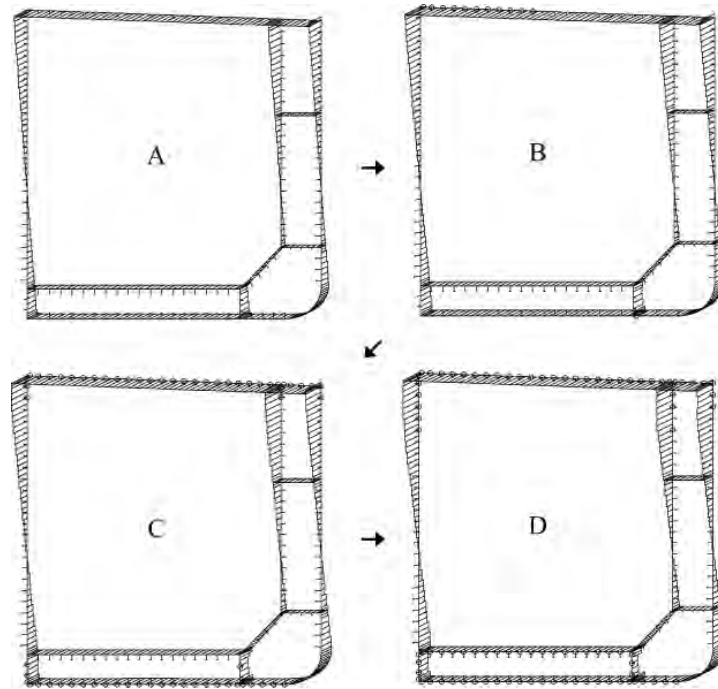


図 5.3.2 ホギング側に段階的に曲率を加えた場合の船体横断面の応力分布の推移

一方、図 5.3.3 はサギング側の応力分布(状態 E)を示しており、上甲板側で圧縮、船底外板側で引張となる。曲率を加えていくと、中性軸から最も遠い上甲板の要素から最終強度に達していき(状態 F)、船体が縦曲げ最終強度に達した瞬間(状態 G)には、上甲板のすべての要素が最終強度に達している。

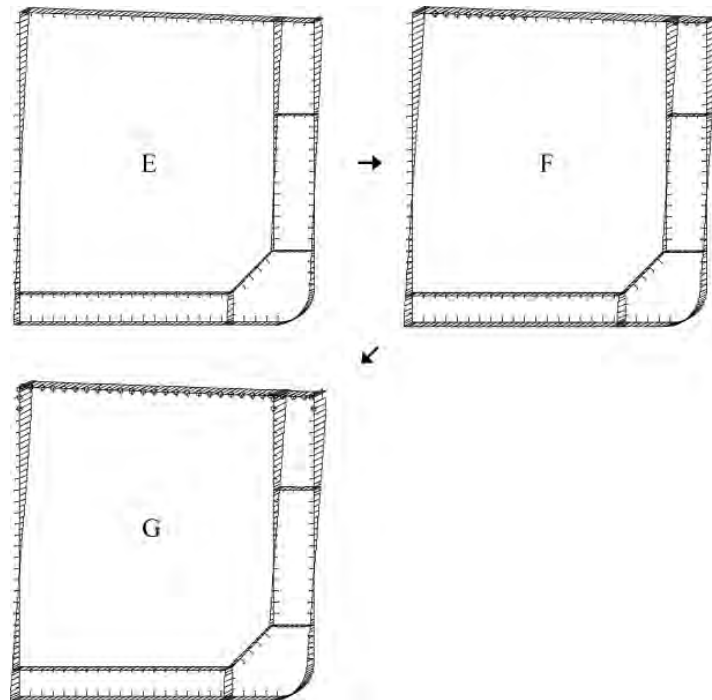


図 5.3.3 サギング側に段階的に曲率を加えた場合の船体横断面の応力分布の推移



## 6. 縦曲げ最終強度負担能力の評価

評価基準は、極限海象状態における縦曲げモーメントがホギング状態とサギング状態でモーメント負担能力  $Mu$  を超えないこととする。即ち、

$$|Ms + Mw_{extreme}| \leq \frac{Mu}{\eta} \quad (kN-m) \text{ ----- (6.1.1)}$$

ここで

$M_s$  : ホギング状態(+)とサギング状態 (-)でそれぞれ絶対値が最大となるモーメント ( $kN-m$ )

$Mw_{extreme}$  : 極限海象における波浪中縦曲げモーメントで次式による、

$$Mw_{extreme} = 1.1 Mw \quad (kN-m) \text{ -----(6.1.2)}$$

$$\text{ホギング状態では } M_w(+) = +0.19C_1C_2L_1^2BC'_b \quad (kN-m) \quad (6.1.2)$$

$$\text{サギング状態では } M_w(-) = -0.11C_1C_2L_1^2B(C'_b + 0.7) \quad (kN-m) \quad (6.1.3)$$

$Mu$  : 設計時の船体横断面の負担能力

$\eta$  : 腐食等を含む最終強度に対する安全率 1.2~1.3

## 7. 参考文献

- (1) Yao, T. and Nikolov, P.I.. *Progressive Collapse Analysis of a Ship's Hull under Longitudinal Bending*. J.Soc. Naval Arch of Japan, Vol.170(1991), pp449-461
- (2) Smith, C.S.. *Influence of Local Compressive Failure on Ultimate Longitudinal Strength of a Ship's Hull*. Proc. Int. Sym. On Practical Design in Shipbuilding, Tokyo, Japan(1977), pp73-79
- (3) Yao, T., Astrup, O.C., Caridis, P., Chen, Y.N., Cho, S.-R., Dow, R.S., Niho, O. and Rigo, P.. *ULTIMATE HULL GIRDER STRENGTH*. PROCEEDINGS OF THE 14<sup>TH</sup> INTERNATIONAL SHIP AND OFFSHORE STRUCTURES CONGRESS Edited by H.Ohtusbo and Y. Sumi, VOL.2, pp321-391
- (4) Yao, T. *ULTIMATE HULL GIRDER STRENGTH*. RECENT ADVANCES IN MARINE STRUCTURES –ABSTRACT– ISSC2000 PRE-CONGRESS SYMPOSIUM, Sep., 28 and 29, 2000, Tokyo, Japan
- (5) ClassNK. *Rules for the survey and constuction of steel ships, Part C, 2001*.
- (6) Fujikubo, M., Yao, T. and Varghese, B. (1997). *Buckling and ultimate strength of plates subjected to combined loads*. Proc. 7-th Offshore and Polar Engineering Conf. Vol.IV, 380-387.
- (7) Fujikubo, M., Kaeding, P. and Yao, T. (2000a). *ISUM rectangular plate element with new lateral shape function (1st Report) – Loagitudinal and transverse thrust –*. J. Soc. Naval Arch. of Japan **187** (in printing).
- (8) JMT (Japan Ministry of Transport) (1997). *Report on the Investigation of Causes of the Casualty of Nakhodka*. The Committee for the Investigation on Causes of the Casualty of Nakhodka. JSRA (Japan Shipbuilding Research Association) (2000). *Investigation into Structural Safety of Aged Ships. Report of No. 74 Rule and Regulation Committee*, (in Japanese).
- (9) Masaoka, K., Okada, H. and Ueda, Y. (1998). *A rectangular plate element for ultimate strength analysis*. Proc. 2nd Int. Conference on Thin-Walled Structures, Singapore, 1-8.
- (10) Nitta, A., Arai, H. and Magaino, A. (1992). *Basis of IACS uniffed longitudinal strength standard*. Marine Structures 5, 1-21.
- (11) Ueda, Y. and Masaoka, K. (1993). *Ultimate strength analysis of thin plated structures using eigen-functions (1st Report); Rectangular plate element subjected to compression and shear*. J. Soc. Naval Arch. of Japan **174**, 439-445 (in Japanese).
- (12) Ueda, Y. and Masaoka, K. (1995). *Ultimate strength analysis of thin plated structures using eigen-functions (2nd Report); Rectangular plate element with initial imperfection*. J. Soc. Naval Arch. of Japan **178**, 463-471 (in Japanese).

## プロペラ補修指針

### 1. プロペラ補修に関する規則及び技術資料（指針）作成の経緯

プロペラの補修について、本会は検査員のための技術資料として1983年に「船用プロペラ補修指針」を作成した。その後、同指針の内容の一部が規則化され、また、2000年度版の鋼船規則及び同検査要領において、IACS UR W24 (1997) に基づいた改正が行われ、現在に至っている。本年度、2000年度版規則に対応する形でプロペラ補修指針の見直しを行い、ハイリースキュードプロペラにおける溶接可否領域の追加、ボス部での溶接に関する注意事項の追加、溶接及び曲り直しにおける温度条件の変更等の改正作業を行ったので、今回、この新補修指針（技術資料）の一部を抜粋して紹介し、ハイリースキュードプロペラの取り扱いとボス部での溶接について解説する。

なお、新補修指針も、前版と同様、現場検査員のための技術資料として作成したものであるが、個々の具体的ケースについては、関係者と十分に協議を行う必要がある。

### 2. ハイリースキュードプロペラ採用船の推移

スキュー角が25度を超えるプロペラは、ハイリースキュードプロペラ（HSP）と呼ばれ、通常のプロペラ（CP）と区別されている。本会船級船において、HSPの採用個数及び採用比率は図1のように推移しており、1990年前後に40%以上採用されたこともあったが、最近の採用比率は約20%となっている。スキュー角に関しては、最近のプロペラでは最大で40度程度であり、極端に大きなスキュー角のプロペラが採用されることはない。

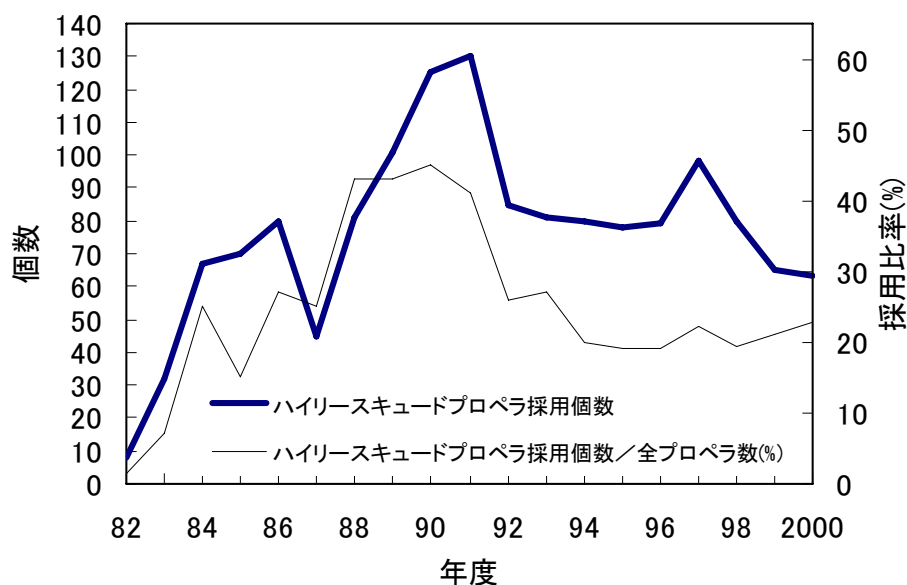


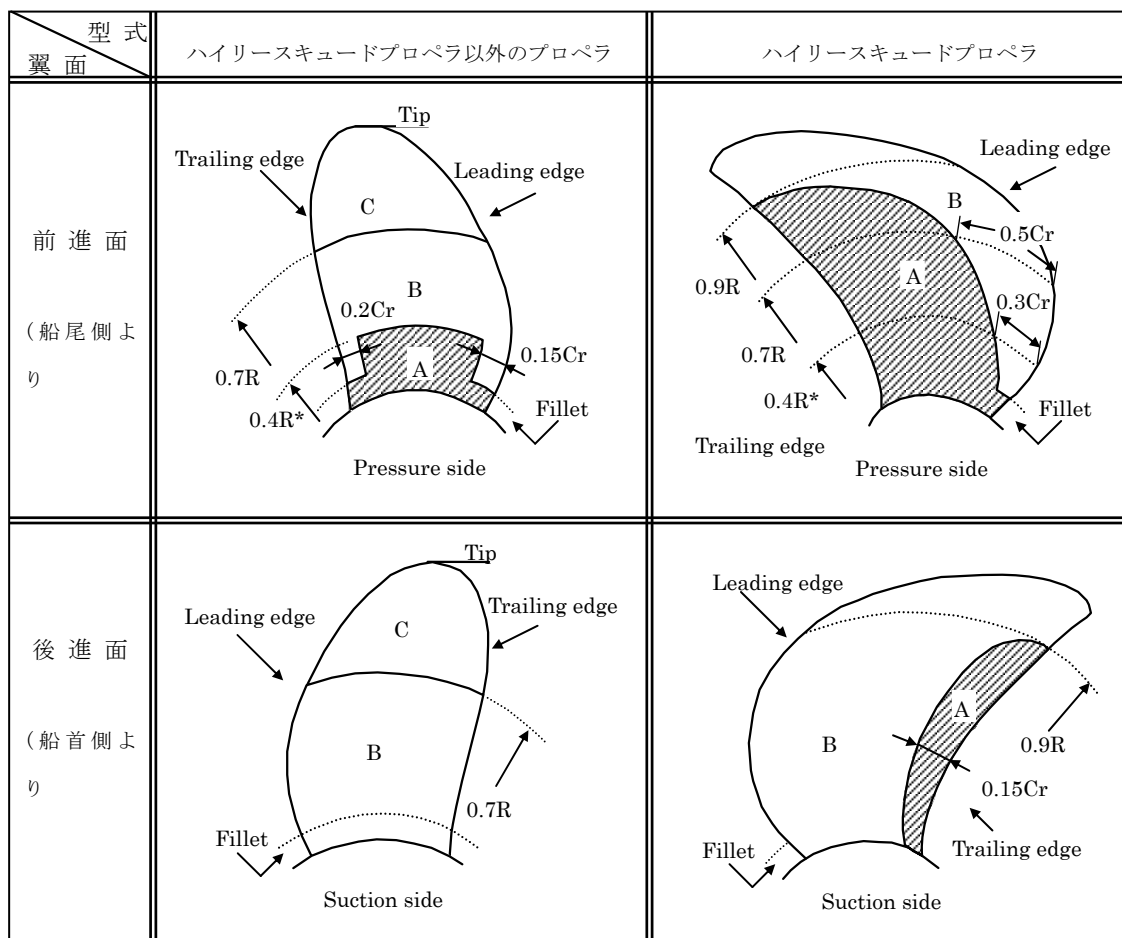
図1 HSP採用船の推移

### 3. 補修に関するプロペラの領域区分

新補修指針からプロペラの領域区分に関する項（本文・解説）を抜粋して以下に示す。

#### （本文）補修に関するプロペラの領域区分（規則 K 編 7.2.10-2（1）関連）

プロペラ翼の前進面（圧力面）と後進面（背面）を、重要度に基づいて図 1 のように A、B 及び C の 3 領域に区分けし、その各領域及びプロペラボス部に適用しうる補修方法の可否を表 3 に示す。



#### （備考）

- (1) R はプロペラ半径、Cr は各半径における羽根の幅を示す。
- (2) ハイリースキュードプロペラとは、スキュー角  $25^\circ$  を超えるプロペラをいう。
- (3) 一体型プロペラのボス部については、領域 C とする。
- (4) 可変ピッチプロペラあるいは組立型プロペラの翼根元部及び可変ピッチプロペラボス部の検査領域については、本会の適当と認めるところによる。
- (5) 応力分布等の詳細な検討をあらかじめ行った場合、特に本会の承認を得て、本図と異なる検査領域とすることができる。
- (6) \* プロペラボス半径 (Rb) が  $0.27R$  を越える場合は、 $1.5Rb$  とする。

図 1 補修区分図

### (解説) 補修に関するプロペラの領域区分

図1では、プロペラに発生する応力の分布状況及び損傷が船の運航に及ぼす影響の度合いに応じて、プロペラ表面をA、B及びCの3領域に区分けした。これは、IACS URの規則に基づくものである。通常のプロペラ（Conventional Propeller、以下CPと略す）における区分は、初版の補修指針においても示されていたが、2000年度版鋼船規則より、IACS UR W24（1997）に規定されているハイリースキュードプロペラ（Highly Skewed Propeller、以下HSPと略す）における区分も含めて規則化することとなった。

CPの場合、航海中にプロペラに発生する引張応力は、前進面における翼根部の最大厚付近で最大となる。それに対してHSPの場合は、図12に示すように、翼根部最大厚付近だけでなく翼後縁0.6R付近においても高応力が発生し、スキュー角によっては翼後縁部が最大応力発生箇所となる<sup>(9)</sup>。高応力部で溶接補修を行った場合、溶接後の残留応力に加えて、航海中はさらに繰返しの引張応力が作用するので、翼の折損を引き起こす危険性は当然高くなる。

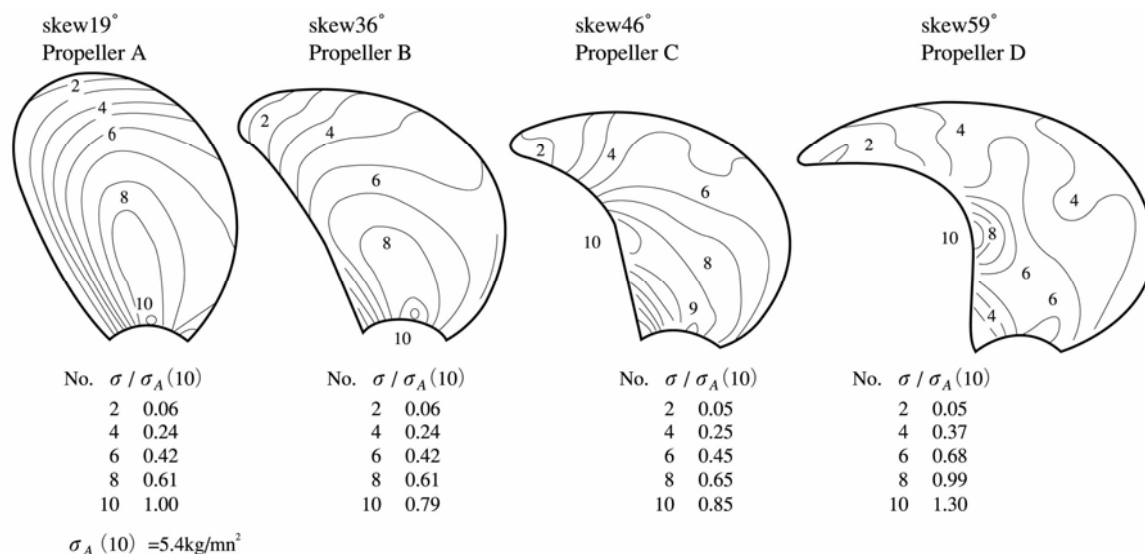


図12 スキュー角の大きさと翼面応力分布の関係<sup>(9)</sup>

溶接に起因するCPの損傷に関しては、翼根部での溶接部を起点とする翼の折損事例が数多く報告されており<sup>(10)</sup>、そのほとんどの場合が短期間に折損に至っている。HSPの場合は、逆転時の浮遊物接触等により後縁0.6R付近に初期き裂が発生し、このき裂が前縁0.9R付近に向かって進展して折損に至った例（図13）がいくつか報告されていることから、後縁部で不適切な溶接補修が行われた場合には、これと同様の折損事故が起こりうると考えられる。そのため、特にHSPにおいては、後縁0.9Rまでを領域Aとして区分し、この領域における溶接補修は原則として禁止とした。

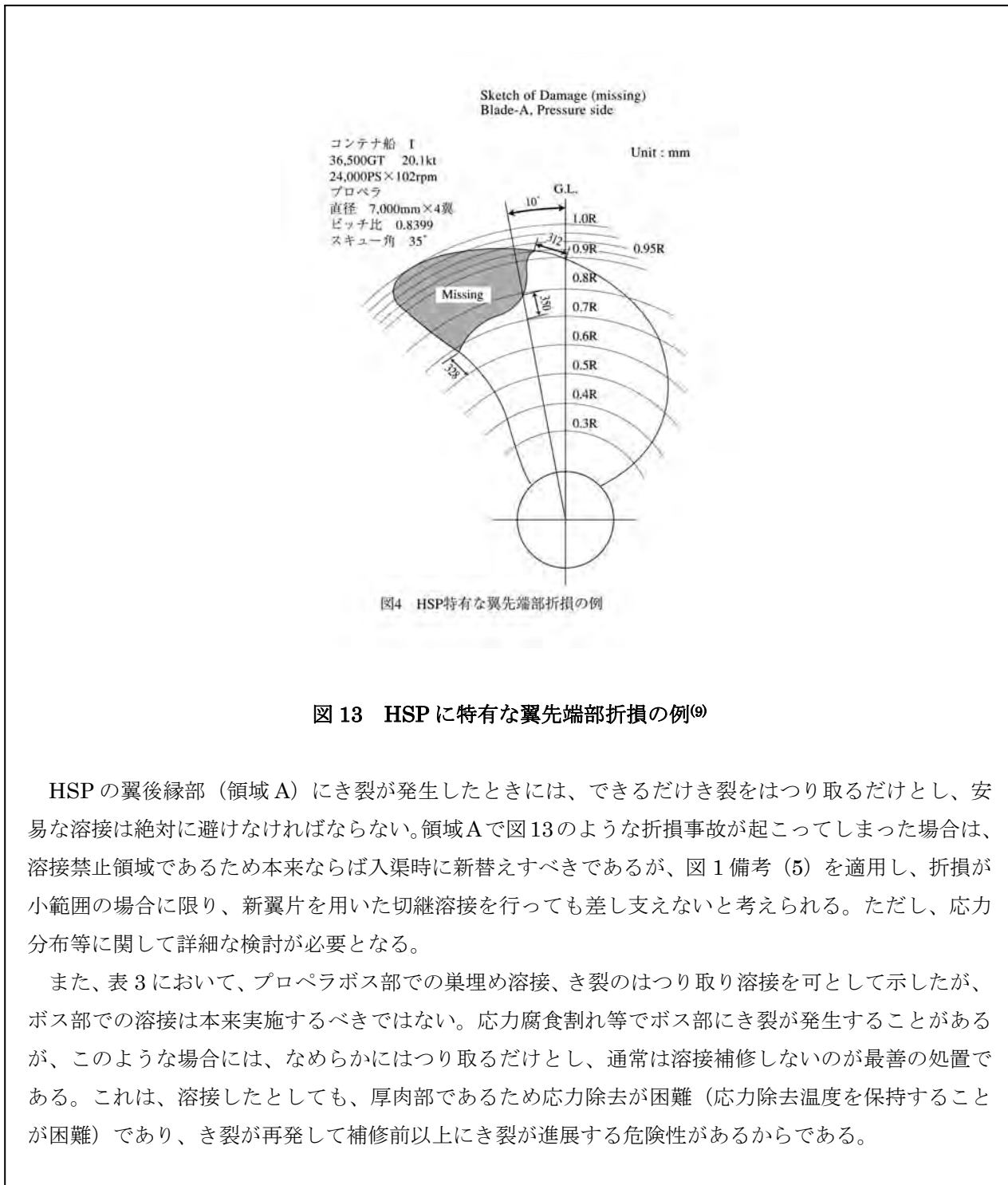


図 13 HSP に特有な翼先端部折損の例<sup>⑨</sup>

HSP の翼後縁部（領域 A）にき裂が発生したときには、できるだけき裂をはつり取るだけとし、安易な溶接は絶対に避けなければならない。領域 A で図 13 のような折損事故が起こってしまった場合は、溶接禁止領域であるため本来ならば入渠時に新替えすべきであるが、図 1 備考（5）を適用し、折損が小範囲の場合に限り、新翼片を用いた切継溶接を行っても差し支えないと考えられる。ただし、応力分布等に関して詳細な検討が必要となる。

また、表 3 において、プロペラボス部での巢埋め溶接、き裂のはつり取り溶接を可として示したが、ボス部での溶接は本来実施するべきではない。応力腐食割れ等でボス部にき裂が発生することがあるが、このような場合には、なめらかにはつり取るだけとし、通常は溶接補修しないのが最善の処置である。これは、溶接したとしても、厚肉部であるため応力除去が困難（応力除去温度を保持することが困難）であり、き裂が再発して補修前以上にき裂が進展する危険性があるからである。

溶接施工可能範囲を示す各領域の扱いは、従来と同様、次による。

領域 A：溶接補修不可

領域 B：本会の承認を得て、溶接補修可

領域 C：溶接補修可

抜粋図 1（補修区分図）から明らかなように、2000 年度版規則で定められた HSP における溶接可能範囲はかなり狭くなっており、特に翼後縁部では前進面、後進面ともに 0.9R まで溶接禁止範囲（領域 A）として指定されている。このような厳しい規則が設けられたのは、スキュー角の大きい HSP では、高応力部が翼根部最大翼厚付近だけでなく翼後縁部の 0.6R 付近にも発生するからである（抜粋図 12 参照）。

抜粋図 13 は HSP に特有の折損状況を示したものである。本図は 1984 年に就航したコンテナ船の損傷例であるが、1993 年の調査<sup>1)</sup>によれば、HSP の損傷は次のように特徴づけられる。

- (1) 高速船に採用された HSP にのみ発生する。
- (2) スキュー角は 27° ～45° と広範囲にわたっている。
- (3) 折損は最終検査後 8 ヶ月～27 ヶ月の間に発生している。（平均 15.6 ヶ月）
- (4) 折損は、後縁 0.6R 近傍を起点とし、前縁 0.9R 近傍に向かって、金属疲労により切断されている。
- (5) 補修方法として、ほとんどの場合翼整形や回転バランスのための翼切断などの応急補修のあと、入渠時にプロペラを新替している。

また、翼厚の薄い後縁部で初期亀裂が発生する可能性として、次の 4 つが考えられる。

- (1) 逆転時の浮遊物接触・巻き込み等による後縁部の亀裂発生
- (2) 正転時に、翼先端部の正面が質量の比較的大きな浮遊物と接触したことによる後縁部の亀裂発生
- (3) 不適切な翼補修（溶接補修、曲り直し等）による後縁部の亀裂発生
- (4) 後縁部の鑄造欠陥を原因とする亀裂発生

当時のプロペラ翼厚算定規則と現在のそれとを比較すると、HSP に関する取り扱い（検査要領 D7.2.1-2）自体は改正されていないが、1886 年（昭和 61 年）版規則より、船尾伴流を考慮した翼厚算定規則（鋼船規則 D7.2.1）の改正が成され、その結果、（変動流体力が大きい）自動車船、コンテナ船等の高速船に対して翼根部、0.6R とともに翼厚増加となったため、現在では HSP の折損事故はめったに見られない。

しかし、高速船に装備された HSP が、他の船種の場合（または CP の場合）と比較して折損を起し易い状況にあることは今も昔も変わってはいない。特に、HSP 翼の後縁部で不適切な溶接が実施されたならば、溶接残留応力の影響で当該部に初期亀裂が発生し、抜粋図 13 と同様の亀裂進展が起こって折損に至る可能性が高いと考えられる。

#### 4. HSP の溶接に関する取り扱い 及び ボス部の溶接に関する注意事項

##### 4.1 HSP の溶接に関する取り扱い

上記 3 に示したように、新規則では HSP の溶接補修に対してかなり厳しい規則となっている。翼後縁部においては 0.9R まで溶接禁止（領域 A）となっているため、翼先端付近の軽微な損傷を除き、HSP の溶接は実質的に認められないことになる。しかし、規則には「応力分布等の詳細な

検討をあらかじめ行った場合、特に本会の承認を得て、本図と異なる検査領域とすることができる」(抜粋図1備考(5)参照)と規定されているので、この規則を適用することにより、変動応力が比較的 low CP と同程度とみなせる範囲においては、CP の領域区分図を採用しても差し支えないと考えられる。

以下に具体例を示す。図2(a)はキャビテーションエロージョン対策として実施される肉盛溶接の例である。このような肉盛溶接は翼先端近くで施工されるが、場合によっては溶接範囲が領域Aと重なる可能性がある。しかし、溶接範囲が図のように翼後縁の端部を含まなければ、一般に当該溶接部の応力レベルはCPの場合と同程度であり、領域Aと重なったとしても溶接して差し支えないと考えられる。

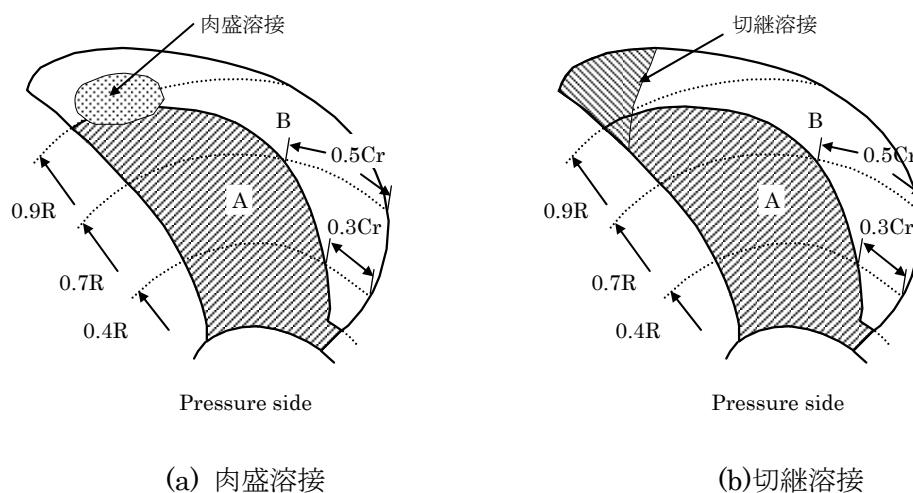


図2 低応力部での溶接

図2(b)は切継溶接の例である。例えば、補修対象とするHSPの0.8R翼後縁端部における応力レベルを調査し、これがスキュー角25度のCPにおける当該部の応力と同程度である場合、(図示したような)0.8Rからの切継溶接を施工しても差し支えないと考えられる。切継溶接を施工した場合、初期亀裂は翼後縁端部で発生するケースがほとんどなので、翼後縁端部のみで応力を評価してよいと思われる。

いずれにしても、HSPの領域Aで溶接しようとするならば、溶接部に作用する応力を評価する必要があるが、上記のように同じ翼型、翼厚を有するCP(スキュー角25度)の応力分布と比較するのも1つの方法であろう。プロペラメーカーが、あらかじめ自社のプロペラに対して、各スキュー角に応じた応力分布図を用意しておけば、修理の際に迅速に対応できるものと考えられる。

#### 4.2 ボス部の溶接に関する注意事項

新補修指針では、プロペラボス部での溶接に対する注意事項を書き加えることにした。IACS UR W24 及びNK規則では、ボス部は領域Cに分類されており、基本的に溶接は許可されている。



しかし、ボス部での溶接は亀裂が再発する可能性が極めて高いので、むしろ溶接は施工しないのが一般的であり、かつ安全である。図3は、この状況を示したものである。

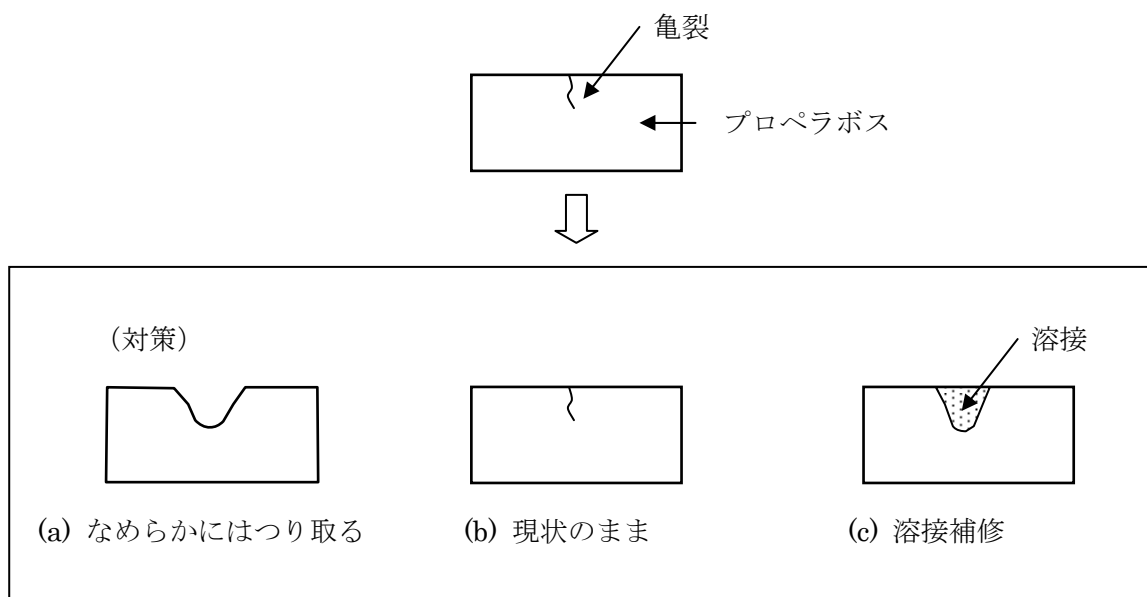


図3 ボス部に発生した亀裂の処理

一般に、厚肉部にスポット溶接を行った場合、溶接境界部及び熱影響部にはきわめて大きな残留応力が発生することが知られており、ボス部での溶接はこれに近い状況にある。溶接後の熱処理が十分であれば残留応力の除去も可能であるが、所定の熱処理温度を長時間キープすることは実質的に困難であり、従って、溶接したとしても残留応力の影響で亀裂が再発する可能性が極めて高い。場合によっては、最初に発生した亀裂よりも深い亀裂が発生すると考えられる。

上記を考慮し、検査時にボス部の亀裂を発見した場合は、安易な溶接補修は避けるのが望ましい。現在の技術では、図3の(a)のように、なめらかにはつり取るだけとするのが最善の策であり、溶接補修する(c)よりは、むしろ現状のままとする(b)のほうがよいと考えられる。ボス部の亀裂は、通常は、はつり取ったままの状態がパーマネントな修理として認められる。新補修指針では、以上のことを注意事項として書き加えた。

最後に、本補修指針は、あくまでもプロペラ補修に関する規則についての解説及び参考資料であり、現場検査員がプロペラ補修の良否を判定する上で参考となるように作成したもので、個々の具体的ケースについては、検査員、船主、造船所、プロペラメーカー、補修業者等の関係者が十分に協議した上でプロペラ補修を実施するべきであることを申し述べておく。

#### 参考文献

- 1) 凌：日本海事協会会誌、No.225 (1993 (IV))、p.16