

水素燃料電池船の Hazard Identification ガイドライン

本ガイドラインは、代替設計で求められる水素燃料電池船のリスク評価について、HAZID 手法により、燃料の使用に伴い発生する可能性があるハザードを同定するための標準的な手順を定めたものである。

なお、本ガイドラインに代えて HAZID 手法以外のその他リスク評価手法及びリスク評価に関するその他国内基準又は国際基準・国際規格に準拠した手順とすることができる。

1. 一般

1.1. HAZID (Hazard identification) は、定性的リスク評価の核をなすものである。HAZID は、従前の事故の経験や判断に基づき発生する可能性のあるハザード事象 (Hazardous events) を、ワークショップ形式のレビューにより実施されなければならない。計画的かつ包括的な HAZID は、定性的評価及びこの結果を踏まえたリスクの高い重大ハザードの定量的評価から構成されるリスク評価の全体プロセスの基礎になるものである。HAZID 手法の基本を以下に示す。

- .1 安全、環境等に関する潜在的なハザード事象の確認を基礎とした構造化され系統だったブレインストーミングによる専門家参加のワークショップ形式での検討
- .2 検討の初期段階での安全、環境等に関するハザード及びその脅威の同定、詳細化及び評価する手段
- .3 迅速かつ文書化された検討プロセス

2. HAZID 専門家チーム

2.1 HAZID の検討 (HAZID study) は、関係する様々な分野の専門性 (知見及び経験) 及び HAZID プロセスを理解した参加者で構成される HAZID 専門家チームにより、実施されなければならない。HAZID 専門家チームには、様々な分野の専門性を有し HAZID の検討をサポートするファシリテーターを含まなければならない。専門家チームの参加者には、以下に示す専門性が要求される。

- .1 船舶の構造設備の設計、オペレーション及び維持管理
- .2 使用燃料オペレーション
- .3 バンカリングオペレーション
- .4 火災、爆発等を含む船舶及び使用燃料関連のリスク評価
- .5 HAZID 専門家チームの参加者が必要とするその他事項

2.2 HAZID 専門家チームは、客観的かつ独立した評価が確実にできるように参加者を選択すること。

3. HAZID ワークショップ (HAZID 会議)

3.1 HAZID ワークショップは、以下に示すことを目的として、すべてのシステムの要素及びオペレーションに伴うハザード事象の因果関係をレビューすること。

- .1 潜在するハザード (Hazard)、その原因 (Cause) 及び結果 (Consequence) の特定
- .2 ハザードの結果の影響の大きさ (Severity) 及びハザードの発生可能性の大きさ (Likelihood) 並びにこれらを考慮したリスクのランク付けによるハザード事象の評価 (リスクのランク付けには、リスクマトリクスが一般的に使用される。図 1.1 にリスクマトリクスの事例を示す。)
- .3 潜在的するリスクを軽減する安全対策 (Safeguards) の検討及び評価 (上記.2 での検証)
- .4 対応が必要なリスクの高い重大ハザード及びその安全対策の勧告

3.2 HAZID は、別紙 1 に定める燃料の使用に係るハザードのチェックリストから適切なハザードを選択すること。ただし、少なくとも以下に示すハザードを検討すること（使用する燃料の特性に応じたものに限る）。

- .1 燃料の漏えい又は流出
- .2 燃料の流出が火災及び爆発に至る着火危険性
- .3 窒素の流出、乗員及び作業員の窒息の危険性
- .4 人的過誤が原因の事故イベント

3.3 HAZID は、少なくとも以下に示すハザードの結果を検討しなければならない（使用する燃料の特性に応じたものに限る）。

- .1 燃料の流出による火災
 - .1 船舶の構造設備の損傷
 - .2 乗員又は作業員の死傷
 - .3 二次火災の発生
 - .4 延焼による加圧式燃料タンクの沸騰液膨張蒸気爆発（BLEVE）の発生
- .2 燃料の海面流出による蒸気雲爆燃・フラッシュ火災（vapour cloud deflagration/flash fires）
 - .1 船舶の構造設備の損傷
 - .2 乗員又は作業員の死傷
- .3 極低温燃料の流出
 - .1 船舶の構造設備の損傷（低温脆性破壊）
 - .2 液体又は冷たい蒸気の流出による乗員又は作業員の凍傷
- .4 その他
 - .1 乗員又は作業員の窒息
 - .2 燃料の海面流出によるガス燃料の急速な相転移（Rapid phase transition）

3.4 HAZID は、ハザード、ハザードのリスクのランク及びリスクを軽減するための安全対策のリストを作成しなければならない。HAZID で検討する安全対策は、少なくとも以下に示すものを含まなければならない（使用する燃料の特性に応じたものに限る）。

- .1 乗員又は作業員の訓練
- .2 構造設備等の維持管理計画
- .3 極低温燃料の流出の防護措置
- .4 バンカリングオペレーションに従事する乗員又は作業員の個人保護具
- .5 緊急時の脱出計画
- .6 消化設備及び防火設備

3.5 HAZID の勧告を受けた行動計画（Action plan）は、HAZID ワークショップの結果を踏まえ作成し、当該計画の評価及び実行が追跡できるようにしなければならない。

4. HAZID ワークショップの記録・報告書の作成

4.1 HAZID ワークショップの検討は、少なくとも以下に示す事項が含まれるワークシートに記録すること。ワークシートの事例を図 1.2 に示す。

- .1 分類番号
- .2 検討対象のシステム（船舶の構造設備、オペレーション等の分類）
- .3 ハザード、その原因及び結果
- .4 安全対策（必要に応じ、予防措置（Prevention）及び緩和措置（Mitigation）に分類）

- .5 ハザードの結果の影響の大きさ（使用するリスクマトリクスに従ったランク）
- .6 ハザードの発生可能性の大きさ（使用するリスクマトリクスに従ったランク）
- .7 リスクの大きさ（使用するリスクマトリクスに従ったランク）
- .8 同定されたリスクの高い重大ハザード及びリスクを軽減する追加の安全対策
- .9 その他（参加者コメント等）

4.2 HAZID ワークショップの検討が終了した際は、報告書（HAZID study report）を作成すること。報告書の構成は、少なくとも以下に示す事項を含むものであること。

- .1 報告書の概要 ” Executive Summary”
- .2 はじめに “Introduction”
 - .1 HAZID 手法の概要 “HAZID Introduction”
- .3 HAZID の目的及び検討範囲 “Objective and Scope”
- .4 HAZID の対象の概要 “Description”
 - .1 HAZID 検討の対象とした船舶の要目 “Vessel Application and Particulars”
- .5 HAZID の検討方法 “Approach”
 - .1 HAZID 検討の実施手順 “HAZID study Procedure or Methodology”
 - .2 HAZID 検討の実施の際に想定した検討条件 “Any Assumptions Made in the Study”
 - .3 検討対象のシステムの定義 “System Definition”
 - .4 ワークシートの様式 “Worksheet : Format”
 - .5 リスクマトリクスの定義 “Risk matrix Definition”
- .6 HAZID の結果 “Results”
 - .1 結果の概要（詳細は附録 ” ワークシート” を参照）
- .7 結論 “Conclusions”
 - .1 勧告 “Recommendations” 含むまとめ
- .8 アクション “Actions” （必要な場合）
 - .1 勧告 “Recommendations” の実行の責任者と実行日
- .9 附録 “Appendices”
 - .1 HAZID ワークショップに参加した専門家チームの一覧
 - .2 ワークシート
 - .3 検討対象のシステムの情報 “Description of Systems” （必要な場合）

5. HAZID ワークシートのサンプル

5.1 別紙 2 に水素燃料電池船の HAZID ワークシートのサンプルを示す。

Consequence					Increasing probability			
Severity rating	People	Assets	Environment	Reputation	A	B	C	D
					Has occurred in E&P industry	Has occurred in operating company	Occurred several times a year in operating company	Occurred several times a year in location
0	Zero injury	Zero damage	Zero effect	Zero impact	Manage for continued improvement			
1	Slight injury	Slight damage	Slight effect	Slight impact				
2	Minor injury	Minor damage	Minor effect	Limited impact				
3	Major injury	Local damage	Local effect	Considerable impact	Incorporate risk-reducing measures		Fail to meet screening criteria	
4	Single fatality	Major damage	Major effect	Major national impact				
5	Multiple fatalities	Extensive damage	Massive effect	Major international impact				

出典 : Table A.1 of ISO 17776:2000

Severity Index				
SI	SEVERITY	EFFECTS ON HUMAN SAFETY	EFFECTS ON SHIP	S (Equivalent fatalities)
1	Minor	Single or minor injuries	Local equipment damage	0.01
2	Significant	Multiple or severe injuries	Non-severe ship damage	0.1
3	Severe	Single fatality or multiple severe injuries	Severe damage	1
4	Catastrophic	Multiple fatalities	Total loss	10

Frequency Index			
FI	FREQUENCY	DEFINITION	F (per ship year)
7	Frequent	Likely to occur once per month on one ship	10
5	Reasonably probable	Likely to occur once per year in a fleet of 10 ships, i.e. likely to occur a few times during the ship's life	0.1
3	Remote	Likely to occur once per year in a fleet of 1,000 ships, i.e. likely to occur in the total life of several similar ships	10 ⁻³
1	Extremely remote	Likely to occur once in the lifetime (20 years) of a world fleet of 5,000 ships.	10 ⁻⁵

Risk Index (RI)					
FI	FREQUENCY	SEVERITY (SI)			
		1	2	3	4
		Minor	Significant	Severe	Catastrophic
7	Frequent	8	9	10	11
6		7	8	9	10
5	Reasonably probable	6	7	8	9
4		5	6	7	8
3	Remote	4	5	6	7
2		3	4	5	6
1	Extremely remote	2	3	4	5

出典 : Appendix 4 of Guidelines for FSA for use in the IMO rule-making process: MSC-MEPC.2/Circ.12

図 1.1 リスクマトリクスの事例

Name of system (Node) 船舶の構造設備全般

Sheet Number

Revision 1

Mode of system operation 航海

Date

YY/MM/DD

ID	Hazard	Cause	Consequences	Safeguards -Prevention *	Safeguards - Mitigation *	Severity class	Likelihood class	Risk class *	Note (commnets and remarks)
	ハザード	原因	結果	安全対策(予防措置)	安全対策(緩和措置)	影響度	発生可能性	リスク	備考
1.1	衝突	☐ 機器の故障/損傷(航海関連) ☐ 荒天(操縦性能の喪失) ☐ 操作ミス(見張り不十分)	☐ 構造設備の故障/損傷(タンク等) ☐ 二次災害(火災・爆発、海洋汚染等) ☐ 乗員の負傷/死亡	☐ 警報装置、船側二重構造等 ☐ 機器の検査点検、作業員の訓練等	☐ 損傷時復原性、消防、救命救助等	2	4	6	
1.2	接触	☐ 機器の故障/損傷(航海関連) ☐ 荒天(操縦性能の喪失) ☐ 操作ミス(見張り不十分)	☐ 構造設備の故障/損傷 ☐ 二次災害(海洋汚染等) ☐ 乗員の負傷	☐ 警報装置、船側二重構造等 ☐ 機器の検査点検、作業員の訓練等	☐ 損傷時復原性、救命救助等	2	2	4	
1.3	座礁	☐ 荒天(操縦性能の喪失) ☐ 操作ミス(見張り不十分)	☐ 構造設備の故障/損傷(タンク等) ☐ 二次災害(海洋汚染等) ☐ 乗員の負傷	☐ 警報装置、船側二重構造等 ☐ 機器の検査点検、作業員の訓練等	☐ 損傷時復原性、救命救助等	2	2	4	
1.4	沈没(転覆)	※多くは小型船で発生 ☐ 機器の故障/損傷(航海関連) ☐ 荒天(浸水、復原性の喪失等) ☐ 操作ミス(貨物積載、荒天操船等)	※多くは小型船で発生 ☐ 二次災害(海洋汚染等) ☐ 乗員の負傷/死亡	☐ 警報装置、復原性/減揺等 ☐ 機器の検査点検、作業員の訓練等	☐ 区画、救命救助等	2	2	4	
1.5	火災・爆発	☐ 機器の故障/損傷(居住・機関・貨物) ☐ 引火性貨物の漏洩 ☐ 操作ミス(貨物関連)	☐ 構造設備の故障/損傷(タンク等) ☐ 二次災害(海洋汚染等) ☐ 乗員の負傷/死亡	☐ 警報装置、ガス漏洩検知、防火構造、防爆機器等 ☐ 機器の検査点検、作業員の訓練等	☐ 消防、救命救助等	2	4	6	

* The category of Safeguards should be included if applicable. 安全対策の分類は、該当の場合に追加する。

** This items should be included if applicable. 当該項目は、該当の場合に追加する。

図 1.2 HAZID ワークシートの事例

ハザードのチェックリスト

1. 一般(General)

1	Flammable materials	可燃性物質
2	Explosives	爆発物
3	Pressure hazards	高圧危険性
4	Hazards associated with differences in height	高さの違いに伴う危険性
5	Objects under induced stress	ストレス状況下の対象物
6	Dynamic situation hazards	動的状況の危険性
7	Environmental hazards	環境有害性
8	Hot surfaces	高温面
9	Hot liquid	高温液体
10	Cold surfaces	低温面
11	Cold fluids	低温液体
12	Open flame	直火
13	Electricity	電気
14	Electromagnetic radiation	電磁放射
15	Ionizing radiation - Open source	電離放射線 - オープンソース
16	Ionizing radiation - Closed source	電離放射線 - クローズソース
17	Asphyxiates	窒息誘発
18	Toxic gas	毒性ガス
19	Toxic fluid	毒性液体
20	Toxic solid	毒性固体
21	Corrosive substances	腐食性物質
22	Biological hazards	生物有害性
23	Ergonomic hazards	人的過誤事象
24	Psychological hazards	心理的危険性
25	Security-related hazards	セキュリティ関連の危険性
26	Use of natural resources	天然資源の利用
27	Medical	医学（乗り物酔い等）
28	Noise	騒音
29	Entrapment	わな・おとり

出典：ISO 17776, “Petroleum and natural gas industries - Offshore production installations - Guidelines on tools and techniques for hazard identification and risk assessment”

2. 海難事故 (Marine Casualty)

1	Collision	衝突
2	Contact	接触
3	Wrecked/Stranded	座礁・漂流
4	Foundered	沈没
5	Fire/Explosion	火災・爆発

3. 重大事故 (Major Accident)

1	Leakage of/exposure to flammable gases/fluid/solids.	可燃性ガス/流体/固体の漏えい・着火
2	Leakage of/exposure to toxic or suffocating gases/fluid/solids.	毒性又は窒息性のガス/液体/固体の漏えい
3	Structural failure/collapse	構造の損傷/破壊（経年劣化、維持管理不足等）

4	Equipment and System failure	設備及びシステムの故障
5	Operational failure	作業の失敗
6	Loss of stability/position	復原性・位置保持の喪失 (バラストシステム、アンカー/係留索、Dynamic Positioning system、過積載等)
7	Extreme environmental loads	外部環境からの急激な負荷 (風、波、潮流、流氷、温度、地震等)
8	Loading/unloading accidents	荷役事故 (荷役超過等)
9	Transportation accidents	人員移送事故
10	Accidents during escape, evacuation and rescue	脱出・救助中の事故
11	Accidents causing acute pollution to sea or air	海洋・大気汚染事故

出典：NORSOK STANDARD Z-013, “Risk and emergency preparedness assessment”

4. 水素燃料の流出で追加検討すべき固有のハザード

4.1 Initiating hazardous eventsConsequences

Pressure related	Sloshing
	Liquid to gas expansion
	Ortho-hydrogen to para-hydrogen conversion
	Stratification and roll-over
	Loss of vacuum
Temperature related	Solidification of condensable gases
	Oxygen enrichment
	Thermal expansion and contraction
Material related	Brittle fracture
	Hydrogen embrittlement
	High Temperature Hydrogen Attack
Leakage related	Viscosity, diffusion and buoyancy

4.2 Consequences

Fire related	Fire
	Jet fire
	Pool fire
	Flash fire
Explosion related	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
	Rapid Phase Transition
	Vapour cloud explosion – deflagration
	Vapour cloud explosion – detonation
Exposure related	Cryogenic burns and frostbite
	Hypothermia
	Asphyxiation

1 - Scenario "PEM Fuel Cell (PEMFC) on-board RoPax ferry and LGC"**1- シナリオ 船上搭載の固体高分子形燃料電池 (PEMFC)**

- 1.1 - Normal operation with gaseous Hydrogen as fuel
- 1.1 - ガス性状水素燃料使用の通常オペレーション
 - 1.1.1 - Fuel System
 - 1.1.1 - 燃料システム
 - 1.1.1.1 - Fuel Tank System
 - 1.1.1.1 - 燃料タンクシステム
 - 1.1.1.2 - Distribution line between Hydrogen tank and fuel preparation (gaseous)
 - 1.1.1.2 - 水素タンクと燃料調整の間の移送ライン(ガス性状)
 - 1.1.1.3 - Fuel preparation (gaseous)
 - 1.1.1.3 - 燃料調整(ガス性状)
 - 1.1.1.4 - Distribution line to fuel cell power system (primary fuel, gaseous)
 - 1.1.1.4 - 燃料電池発電システムへの移送ライン (一次燃料、ガス性状の場合)
 - 1.1.1.2 - Fuel Cell Power Installation
 - 1.1.2 - 燃料電池発電設備
 - 1.1.2.1 - Fuel Cell Power System
 - 1.1.2.1 - 燃料電池発電システム
 - 1.1.2.1.1 - Piping between fuel preparation and fuel cell
 - 1.1.2.1.1 - 燃料調整と燃料電池の間の配管
 - 1.1.2.1.2 - PEM Fuel Cells Module
 - 1.1.2.1.2 - 固体高分子形(PEM)燃料電池モジュール
 - 1.1.2.1.3 - liquid cooling
 - 1.1.2.1.3 - 液冷
 - 1.1.2.1.4 - Process Air
 - 1.1.2.1.4 - プロセス空気
 - 1.1.2.1.5 - Afterburner
 - 1.1.2.1.5 - アフターバーナー
 - 1.1.2.1.6 - heat (energy) recovery
 - 1.1.2.1.6 - 熱 (エネルギー) 回収
 - 1.1.2.1.7 - exhaust gas line (overpressure)
 - 1.1.2.1.7 - 排気ガスライン (過圧)
 - 1.1.2.2 - electrical power output conditioning
 - 1.1.2.2 - 電力出力調整
 - 1.1.2.3 - Net integration
 - 1.1.2.3 - 電路統合
 - 1.1.2.4 - Fuel Cell control system
 - 1.1.2.4 - 燃料電池の制御装置
 - 1.1.2.5 - Fuel Cell safety control system
 - 1.1.2.5 - 燃料電池の安全制御システム
 - 1.1.3 - Ventilation system for ESD protected fuel cell spaces
 - 1.1.3 - ESD保護された燃料電池設置区画の換気装置
 - 1.1.4 - Ventilation system for gas safe fuel cell spaces
 - 1.1.4 - ガス安全の燃料電池設置区画
 - 1.1.5 - Onboard energy buffer
 - 1.1.5 - 船上エネルギーバッファ
 - 1.1.6 - Inertgas system
 - 1.1.6 - イナートガス装置
 - 1.1.7 - External events
 - 1.1.7 - 外部イベント
 - 1.2 - Bunkering
 - 1.2 - バンカリング

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
1 - Scenario “PEM Fuel Cell (PEMFC) on-board RoPax ferry and LGC”														
1- シナリオ 船上搭載の固体高分子形燃料電池 (PEMFC)														
1.1 - Normal operation with gaseous Hydrogen as fuel														
1.1 - ガス性状水素燃料使用の通常オペレーション														
1.1.1 - Fuel System														
1.1.1 - 燃料システム														
1.1.1.1 - Fuel Tank System														
1.1.1.1 - 燃料タンクシステム														
Storage of compressed Hydrogen	rupture of the tank / fuel containment system	damage of the ship structure possible	5	mechanical damage	1.1.1.1-1	suitable pressure relief system for the hold space of the tank, cp. IGF-Code 6.7.11	2	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
圧縮水素の貯蔵	タンク／燃料格納システムの破裂	船体構造の損傷の可能性	5	機械的損傷	1.1.1.1-1	タンクのホールドスペースに適した圧力リリーフシステム(IGF-Code 6.7.11に適合した)	2	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
1.1.1.2 - Distribution line between Hydrogen tank and fuel preparation (gaseous)														
1.1.1.2 - 水素タンクと燃料調整の間の移送ライン(ガス性状)														
Transportation of gaseous Hydrogen from tank to fuel preparation (secondary barrier principal)	External leakage	leakage of hydrogen in the secondary barrier space, gas detection and shut down of the system, hydrogen will be ventilated in a safe location	3	material or welding failure	1.1.1.2-1	secondary barrier principle hydrogen pipes between tank and fuel preparation design as short as possible redundancy requirements of the IGF Code	3	1	yellow	Consideration shall be given to possible ventilation or inerting of the secondary barrier space in case of leakage into space not normally to be entered (due to the behaviour of hydrogen) diffusion of hydrogen shall be considered according to ISO 15916, chapter 4.1.3.3				
タンクから燃料調整へのガス性状水素の移送（二次防壁）	外部漏洩	二次防壁スペースでの水素の漏れ、ガスの検出とシステムのシャットダウン、水素は安全な場所で換気される	3	材料不良又は溶接不良	1.1.1.2-1	二次防壁 タンクと燃料調整設計の間の水素パイプはできるだけ短くする IGF コードの冗長性要件	3	1	yellow	（水素の性質により）通常入ることができないスペースへの漏れの場合、二次防壁スペースの換気又はイナーティングの可能性を考慮しなければならない 水素の拡散は、ISO 15916 の4.1.3.3 章に従って考慮が必要				
1.1.1.3 - Fuel preparation (gaseous)														
1.1.1.3 - 燃料調整(ガス性状)														
Reduction of hydrogen pressure	no or unsufficient pressure reduction	possible damage of downstream components to be considered	4	failure of gas pressure reducer	1.1.1.3-1	pressure relief device to be installed to protect systems in case of failure of the pressure reducer	3	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
水素圧力の減圧	減圧しない、又は不十分	下流コンポーネントの損傷の可能性を考慮	4	ガス減圧装置の故障	1.1.1.3-1	減圧装置が故障した場合にシステムを保護するための圧力逃がし装置の設置	3	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
1.1.1.4 - Distribution line to fuel cell power system (primary fuel, gaseous)														
1.1.1.4 - 燃料電池発電システムへの移送ライン（一次燃料、ガス性状の場合）														
Transportation of gaseous Hydrogen as fuel	External leakage	see distribution line between Hydrogen tank and fuel preparation (gaseous), failure ID (1.1.1.2-1)												
ガス性状の水素燃料の移送	外部漏れ	水素タンクと燃料調整の間の移送ライン（ガス性状）の故障ID（1.1.1.2-1）を参照												
1.1.2 - Fuel Cell Power Installation														
1.1.2 - 燃料電池発電設備														
1.1.2.1 - Fuel Cell Power System														
1.1.2.1 - 燃料電池発電システム														
1.1.2.1.1 - Piping between fuel preparation and fuel cell														
1.1.2.1.1 - 燃料調整と燃料電池の間の配管														

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
feed the fuel for the fuel cell	external leakage	release of fuel hydrogen fuel to the fuel cell space, gas accumulation possible, self-ignition not expected (gas temperature too low)	3	mechanical damage	1.1.2.1.1-1	process Temperature deviation in afterburner accumulation of hydrogen shall be avoided by ventilation gas detection / fire detection ESD protected fuel cell space fire extinguishing system	3	1	yellow	Detail assessment of hydrogen gas release scenarios in respect to ignition and dispersion to be done				
燃料電池への燃料供給	外部漏洩	燃料電池設置区画への水素燃料の放出、ガスが蓄積する可能性、自己発火は予期されていない（ガス温度が低いため）	3	機械的損傷	1.1.2.1.1-1	アフターバーナー内のプロセス温度偏差 水素の蓄積は換気により回避することが必要 ガス検知/火災探知 ESD保護された燃料電池設置区画 消火設備	3	1	yellow	水素ガスの放出シナリオについては、発火・拡散に関する詳細な評価を行うことが必要				
1.1.2.1.2 - PEM Fuel Cells Module														
1.1.2.1.2 - 固体高分子形(PEM)燃料電池モジュール														
Provision of electrical energy for propulsion and other consumers	wrong qualification of the fuel	unlikely: pure hydrogen as fuel												
推進装置や他の需要への電気エネルギーの供給	誤った燃料の使用	起こりそうにない：純粋な水素を燃料とする場合												
	external leakage	gas release out of the fuel cell into the fuel cell module installation space, no self-ignition possible (gas temperature too low)	3	mechanical damage, welding failure, untight connections	1.1.2.1.2-1	ESD protected fuel cell space Gas safe fuel cell space type approval / certification of the fuel cell	3	1	yellow	Detail assessment of hydrogen rich gas release scenarios in respect to ignition and dispersion to be done Distance requirements to the outer shell for fuel piping shall be also applied to fuel cell stacks (reduce collision effects)				
	外部漏洩	燃料電池から燃料電池モジュールの設置区画へのガス放出、自己発火の可能性はない（ガス温度が低いため）	3	機械的損傷、溶接不良、接続不良	1.1.2.1.2-1	ESD保護された燃料電池設置区画 ガス安全の燃料電池設置区画 型式承認 / 燃料電池の認証	3	1	yellow	水素リッチガスの放出シナリオについては、発火・拡散に関する詳細な評価を行うことが必要 燃料配管の外板までの距離要件は、燃料電池スタックにも適用することが必要（衝突の影響を低減するため）				

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
	internal leakage	high stack temperature developing into an internal oxidation / fire, drop in voltage, shut down of related module	4	cracking of plates	1.1.2.1.2-2	temperature monitoring of the stack voltage monitoring	4	1	red	Amount of fuel in the fuel cell space and the corresponding consequences shall be evaluated. Safety devices are designed to handle max. credible release scenario. Combustible material in fuel cell modules are to be minimized	3	4	1	yellow
	内部漏洩	スタック温度高温は、内部酸化 / 火災、電圧降下、関連モジュールのシャットダウンへ進展する	4	プレートの割れ	1.1.2.1.2-2	スタックの温度監視 電圧監視	4	1	red	燃料電池設置区画内の燃料の量とそれに対応する結果を評価することが必要。 安全装置は想定される最大放出シナリオに対応するように設計されている。 燃料電池モジュール内の可燃性物質を最小限に抑えることが必要	3	4	1	yellow
	load jumps: not considered to cause an hazardous event, energy buffer systems installed (e.g. battery system)	no effect	1	load changes	1.1.2.1.2-3	energy buffer system	5	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	負荷ジャンプ：危険なイベントを引き起こすとは考えられていない、エネルギーバッファシステムが設置されている（例：バッテリーシステム）	影響なし	1	負荷変動	1.1.2.1.2-3	エネルギーバッファシステム	5	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	short circuit	loss of power output, remaining fuel gases in the exhaust air not to be expected	3	electrical failure	1.1.2.1.2-4	short circuit breaker dielectric strength test acc. To 62282/3-100 provided monitoring of stack voltage shut down of fuel supply for related FC module	4	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	短絡	出力の喪失、排気空気中への燃料ガスの残留は予期されていない	3	電氣的故障	1.1.2.1.2-4	ショートサーキットブレーカー 62282/3-100へ適合した絶縁耐力試験の実施 スタック電圧の監視 関連する燃料電池モジュールへの燃料供給の遮断	4	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	high temperature exhaust	exhaust gas temperature will be monitored, shut down in case of reaching limiting values	3	malfunction of fuel cell	1.1.2.1.2-5	temperature monitoring of exhaust air	3	1	yellow	Exhaust gas temperature should be monitored and shut down to be initiated in case of reaching limiting values				
	排気高温	排気ガス温度が監視され、制限値に達した場合は遮断	3	燃料電池の故障	1.1.2.1.2-5	排気空気の温度監視	3	1	yellow	排気ガス温度を監視し、制限値に達した場合は遮断することが必要				

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
1.1.2.1.3 - liquid cooling														
1.1.2.1.3 - 液冷														
stack temperature control	loss of cooling	ramp down of the system	3	failure of cooling pump	1.1.2.1.3-1	process control incl. coolant Temperature and pressure safety system redundancy requirements of the IGF-Code	4	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
スタック温度制御	冷却の喪失	システムのランブダウン	3	冷却ポンプの故障	1.1.2.1.3-1	クーラントの温度及び圧力を含むプロセス制御 安全装置 IGFコードの冗長性要件	4	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	internal leakage	Methanol in coolant unlikely as higher coolant pressure	3	material or welding failure	1.1.2.1.3-2				yellow		3	3	1	yellow
	内部漏洩	クーラント圧力が高いため、メタノールがクーラントに入る可能性はかなり低い	3	材料不良又は溶接不良	1.1.2.1.3-2				yellow		3	3	1	yellow
	external leakage of coolant	hazards by coolant liquid to be considered, not a fuel cell specific topic							yellow					
	クーラントの外部漏洩	燃料電池固有のトピックではなく、クーラント液による危険を考慮することが必要							yellow					
	loss of secondary cooling (Seawater cooling)	ramp down of the system	3	failure of cooling pump and lines (Seawater inlet filter clogging)	1.1.2.1.3-3	process control incl. coolant Temperature and pressure safety system redundancy requirements of the IGF-Code	4	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	二次冷却の喪失（海水冷却）	システムのランブダウン	3	冷却ポンプ及び冷却配管の故障(海水吸入フィルタの目詰まり)	1.1.2.1.3-3	クーラントの温度及び圧力を含むプロセス制御 安全装置 IGFコードの冗長性要件	4	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	Deterioration of coolant insulation	ramp down of the system	3	installation/replacement mistake and/or poor maintenance of coolant, material or welding failure (leakage of cooling seawater into coolant)	1.1.2.1.3-4	process control incl. coolant Temperature, pressure and/or electrical conductivity safety system redundancy requirements of the IGF-Code	4	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
	クーラントの絶縁性能低下	システムのランブダウン		3 使用するクーラントの誤り及び/ 又は不適切な保守管理、材料又は溶接不良(海水のクーラント側への漏洩)	1.1.2.1.3-4	クーラントの温度、圧力及び/ 又は電気伝導度を含むプロセス制御 安全装置 IGFコードの冗長性要件	4	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
1.1.2.1.4 - Process Air														
1.1.2.1.4 - プロセス空気														
Provide oxygen for the FC process	loss of process air	No or insufficient oxygen provided for the FC process, shut down of the FC power system due to undervoltage, remaining fuel will be processed by the after burner, no release of fuel out of the exhaust gas line	3	failure of ventilation fan	1.1.2.1.4-1	redundancy requirements of the IGF-Code after burner in exhaust gas line: designed to process the highest amount of fuel expected in case of a failure of the fuel cell (at least the amount of fuel at nominal fuel cell load)	4	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
燃料電池プロセスへの酸素供給	プロセス空気喪失	燃料電池プロセスへ供給される酸素がない又は十分でない、燃料電池発電システムは不足電圧により停止、残留燃料はアフターバーナーにより処理される、排気ガスラインの外への燃料放出はない	3	通風ファンの故障	1.1.2.1.4-1	IGFコードの冗長性要件 排気ガスラインのアフターバーナー：燃料電池の故障の場合に想定される最大量の燃料を処理するように設計されている（少なくとも公称燃料電池負荷での燃料量）	4	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
1.1.2.1.5 - Afterburner														
1.1.2.1.5 - アフターバーナー														
use of the heat from the exhaust, burn remaining fuel in the exhaust	no oxygen	remaining fuel is released to atmosphere (flammable) , amount depending on the utilisation rate of the FC at the actual load	3	failure of the ventilation system	1.1.2.1.5-1	if the presence of explosive gas concentration in the exhaust can not be excluded the exhaust shall be arranged as a ventilation outlet of a hazardous zone redundancy requirements of the IGF-Code	4	2	yellow	Exhaust gas temperature behind the afterburner should be monitored and shut down to be initiated in case of reaching limiting values	3	4	1	yellow
排気からの熱を利用、排気中の残留燃料を燃焼	酸素なし	残留燃料は、大気に放出される（可燃性）、量は実負荷での燃料電池の使用率によって異なる	3	通風装置の故障	1.1.2.1.5-1	排気中に爆発性となるガス濃度の排気存在を排除できない場合、通風の排出口は危険場所とすることが必要 IGFコードの冗長性要件	4	2	yellow	アフターバーナーより後の排気ガス温度を監視し、制限値に達した場合に遮断することが必要	3	4	1	yellow
1.1.2.1.6 - heat (energy) recovery														
1.1.2.1.6 - 熱 (エネルギー) 回収														
external heat recovery (various designs available)	internal leakage	leakage of exhaust gas into the heating media system excluded: heating media pressure higher than exhaust gas system (open system)	1	welding failure, material damage	1.1.2.1.6-1		1	1	green					
外部熱回収（様々な設計が利用可能）	内部漏洩	熱媒体システムへの排気ガスの漏洩を除く：熱媒体の圧力が排気ガスシステムよりも高い（オープンシステム）	1	溶接不良、材料の損傷	1.1.2.1.6-1		1	1	green					

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
		leakage of heating media (gaseous or liquid) and release out of the vent mast; no hazards expected; reduced energy recovery		2 welding failure, material damage	1.1.2.1.6-2		3	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
		熱媒体（ガス性状又は液体）の漏れとベントマストからの放出；危険は予期されていない；エネルギー回収の減少		2 溶接不良、材料の損傷	1.1.2.1.6-2		3	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
1.1.2.1.7 - exhaust gas line (overpressure)														
1.1.2.1.7 - 排気ガスライン (過圧)														
transport of exhaust gas	same as for HTFC see item 1.1.2.1.8: external leakage	release of exhaust air in the fuel cell power system space, exhaust air will be ventilated		1 mechanical damage, welding failure, untight connections	1.1.2.1.7-1	ventilation requirements acc. to IGF Code	4	2	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
排気ガスの移送	外部漏洩	燃料電池発電システムの区画での排気空気の放出、排気空気は換気される		1 機械的損傷、溶接不良、接続不良	1.1.2.1.7-1	IGFコードの換気要件への適合	4	2	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	external leakage of exhaust gas with flammable content	not further considered, only in case of two failures (malfunction of the burner) flammable and toxic gas can enter the exhaust trunk		3 mechanical damage, welding failure, untight connections	1.1.2.1.7-2	ventilation requirements acc. to IGF Code gas detection after burner	2	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	可燃性内容物を含む排気ガスの外部漏洩	さらなる考慮はされないが、2つの故障（バーナーの故障）の場合にのみ、可燃性で有毒なガスが排気トランクに入る可能性		3 機械的損傷、溶接不良、接続不良	1.1.2.1.7-2	IGFコードの換気要件への適合 ガス検知 アフターバーナー	2	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
1.1.2.2 - electrical power output conditioning														
1.1.2.2 - 電力出力調整														
Conditioning of electrical output of the FC power system for on-board net integration; Protection of Fuel Cell Power System against reverse power; Galvanic isolation from the grid	short circuit (input side)	Short circuit on the Fuel Cell Power system side does not effect the downstream power electronics in terms of damage, global effect will be the loss of power of the related FC stack / module		3 material failure	1.1.2.2-1	short circuit breaker dielectric strength test acc. to 62282/3-100 provided monitoring of stack voltage shut down of fuel supply for related FC module redundancy requirements of the IGF-Code	4	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
船上電路への統合のための燃料電池発電システムの電気出力の調整；逆電力に対する燃料電池発電システムの保護；グリッドからのガルバニック絶縁	短絡（入力側）	燃料電池電源システム側での短絡は、下流のパワーエレクトロニクスにはダメージを与えないが、全体的な影響としては、関連するFCスタック/モジュールの電力が失われる		3 材料不良	1.1.2.2-1	ショートサーキットブレーカー 62282/3-100に準拠した絶縁耐力試験の実施 スタック電圧の監視 関連するFCモジュールへの燃料供給の停止 IGF-Codeの冗長性要件	4	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
	short circuit (internal)	High voltage (Grid voltage level) in the Fuel Cell Module, High temperature in the stack, fire possible	4	electrical failure	1.1.2.2-2	circuit breakers at each consumer converter designed to handle short circuits	3	1	yellow	Consideration to be given to electrical reverse power	3	3	1	yellow
	短絡（内部）	燃料電池モジュールの高電圧（グリッド電圧レベル）、スタック内高温、火災可能性	4	電氣的故障	1.1.2.2-2	民生用のサーキットブレーカー 短絡に対応したコンバータ	3	1	yellow	逆電力への配慮	3	3	1	yellow
	short circuit (output side)	Fuel Cell System will be protected, fuel no longer consumed, hydrogen rich gas in exhaust possible (note: only if system without afterburner)	3	electrical failure	1.1.2.2-3	FC system is designed to safely handle unconverted fuel gas (incl. consideration of black out) afterburner design (if integrated) if the presence of explosive and harmful gas concentration in the exhaust can not be excluded (e.g. no afterburner) the exhaust shall be arranged as a ventilation outlet of a hazardous zone.	3	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	短絡（出力側）	燃料電池システムが保護され、燃料が消費されなくなり、排気中に水素リッチガスが発生する可能性（注：アフターバーナーのないシステムの場合のみ）	3	電氣的故障	1.1.2.2-3	FCシステムは未転換の燃料ガスを安全に処理するように設計されている(ブラックアウトの考慮を含む) アフターバーナーの設計(組み込まれている場合) 排気中の爆発性・有害性ガス濃度の存在が否定できない場合(例：アフターバーナーがない)、排気は危険区域の換気口として配置されなければならない	3	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	wrong conversion, e.g. faulty frequency	power grid protected ship-side at Main Switch Board (MSB), FC control system might be affected; damage to the fuel cell system possible, (depending on design)	4	e.g. converter control failure	1.1.2.2-4	FC control system protected from electrical faults (e.g. fail safe mode or UPS) MSB electrical protection	3	1	yellow	decentralised grids are to be designed for load fluctuations				
	誤った変換、（例：誤った周波数）	メインスイッチボード（MSB）で保護された船側のパワーグリッド、FC制御システムに影響を与える可能性があり、燃料電池システムにダメージを与える可能性（設計による）	4	例：コンバータ制御不良	1.1.2.2-4	FC制御システムの電氣的障害からの保護（フェイルセーフモード又はUPSなど） MSBの電氣的保護	3	1	yellow	分散型グリッドは、負荷変動に対応するように設計することが必要				
Protection of Fuel Cell Power System against reverse power	covered in above													
逆電力に対する燃料電池発電システムの保護	上記に含まれる													
Galvanic isolation from the grid	covered in above													

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
グリッドからのガルバニック絶縁	上記に含まれる													
1.1.2.3 - Net integration														
1.1.2.3 - 電路統合														
Providing required electrical power from FC power system to the electrical board net	overproduction / underproduction	same as for other power sources: load fluctuations to be considered and covered by energy buffer	1	load changes	1.1.2.3-1	energy buffer systems	5	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
燃料電池発電システムから電気盤の電路への必要電力の供給	過剰発電/過少発電	他の電源と同様：負荷変動を考慮し、かつ、エネルギーバッファでカバーすること	1	負荷変動	1.1.2.3-1	エネルギーバッファシステム	5	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	too slow reaction to high load fluctuation	will be covered by redundancies in buffer system (design)	1	failure in buffer system	1.1.2.3-2	buffer system design to cope with slow power dynamics PMS buffer system design requires sufficient redundancies -> to be investigated	5	1	yellow	Redundancy requirements for buffer system to be investigated	1	3	1	green
	高負荷変動への反応遅延	バッファシステムの冗長性で措置（設計）	1	バッファシステムの故障	1.1.2.3-2	低速パワーダイナミクスに対処するためのバッファシステムの設計 PMS バッファシステムの設計には、十分な冗長性が必要->調査が必要	5	1	yellow	バッファシステムの冗長性要件の調査が必要	1	3	1	green
	electrical load sharing failures in decentralized grid	Reverse power from the grid	3	failure of power management system	1.1.2.3-3	Power management system	4	1	yellow	Consideration to be given to electrical reverses power	3	3	1	yellow
	分散グリッドでの電気負荷分散の故障	グリッドからの逆電力	3	パワーマネジメントシステムの故障	1.1.2.3-3	パワーマネジメントシステム	4	1	yellow	逆電力への配慮	3	3	1	yellow
1.1.2.4 - Fuel Cell control system														
1.1.2.4 - 燃料電池の制御装置														
process control	General	The Fuel Cell control system shall be designed in a way, that the fuel cell power system will be automatically set in a safe state in case of an unsafe situation			1.1.2.4-1	The Fuel Cell control system shall be designed in a way, that the fuel cell power system will be automatically set in a safe state in case of an unsafe situation				The Fuel Cell control system shall be designed in a way, that the fuel cell power system will be automatically set in a safe state in case of an unsafe situation				
プロセス制御	一般	燃料電池の制御装置は、危険な状況が発生した場合に燃料電池電源システムが自動的に安全な状態に設定されるように設計することが必要			1.1.2.4-1	燃料電池の制御装置は、ある意味では、危険な状況が発生した場合に燃料電池電源システムが自動的に安全な状態に設定されるように設計することが必要				燃料電池の制御装置は、ある意味では、危険な状況が発生した場合に燃料電池電源システムが自動的に安全な状態に設定されるように設計することが必要				
	external communication failure with ship automation	temporary over- or underproduction; following the net	3	loss of communication link to ship automation	1.1.2.4-2	FC system has internal process control (follow the net) (system must maintain safe state or bring itself into a safe state) no-communication alarm	4	1	yellow	develop re-connection procedure to reconnect to the ship automation	3	3	1	yellow

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
	船舶の自動化装置との外部通信障害	一時的な過剰又は過少発電; 電路に追従	3	船舶の自動化装置への通信リンクの喪失	1.1.2.4-2	燃料電池システムには内部プロセス制御がある（電路に追従）（システムは安全な状態を維持するか、自身で安全な状態に移行することが必要） 通信喪失による警報	4	1	yellow	船舶の自動化装置に再接続するための手順を定めること	3	3	1	yellow
	mismatch of fuel, water and energy production	overrun of safety relevant parameter limits, safety control system takes over, hard shut down will be initiated	3	e.g. internal communication failure or sensor failure	1.1.2.4-3	certified safety system shut down of the system to a safe state	3	1	yellow	the safe state of the fuel cell power installation has to be defined for all possible modes of shut down				
	燃料、水、エネルギー生産のミスマッチ	安全関連のパラメータ制限のオーバーラン、安全制御システムが引き継ぎ、ハードウェアのシャットダウンが開始される	3	例：内部通信故障又はセンサー故障	1.1.2.4-3	認定された安全装置 システムを安全な状態に停止	3	1	yellow	燃料電池発電設備の安全な状態は、シャットダウンのすべてのモードに対して定義することが必要				
	loss of control system	overrun of safety relevant parameter limits, safety control system takes over, hard shut down will be initiated	3	e.g. internal communication failure or sensor failure	1.1.2.4-4	certified safety system shut down of the system to a safe state	3	1	yellow	the safe state of the fuel cell power installation has to be defined for all possible modes of shut down				
	制御システムの喪失	安全関連のパラメータ制限のオーバーラン、安全制御システムが引き継ぎ、ハードウェアのシャットダウンが開始される	3	例：内部通信故障又はセンサー故障	1.1.2.4-4	認定された安全装置 システムを安全な状態に停止	3	1	yellow	燃料電池発電設備の安全な状態は、シャットダウンのすべてのモードに対して定義することが必要				
1.1.2.5 - Fuel Cell safety control system														
1.1.2.5 - 燃料電池の安全制御システム														
Control of Fuel Cell safety system	General	safety control system required acc. to IGF Code and established rules and regulations			1.1.2.5-1	safety control system required acc. to IGF Code and established rules and regulations				Safety control system required acc. to IGF Code and established rules and regulations				
燃料電池安全装置の制御	一般	IGFコード及び確立された規則と規制に適合した安全制御システムが必要			1.1.2.5-1	IGFコード及び確立された規則と規制に適合した安全制御システムが必要				IGFコード及び確立された規則と規制に適合した安全制御システムが必要				
1.1.3 - Ventilation system for ESD protected fuel cell spaces														
1.1.3 - ESD保護された燃料電池設置区画の換気装置														
Transport of possible leaking gases out of the ESD protected fuel cell space to a safe location	failure of ventilation	loss of one safety barrier, controlled shut down initiated: complete loss of ventilation not expected due to redundancy requirements	3	electrical failure, mechanical damage	1.1.3-1	monitor functioning of ventilation system redundancy requirements of the IGF-Code	2	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
漏洩の可能性があるガスの、ESD保護された燃料電池設置区画から安全な場所への移送	換気の故障	1つの安全防壁の喪失、制御されたシャットダウンの開始：冗長性要件により換気の完全な喪失は予期されていない	3	電氣的故障、機械的損傷	1.1.3-1	換気装置の機能を監視する IGFコードの冗長性要件	2	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
1.1.4 - Ventilation system for gas safe fuel cell spaces														
1.1.4 - ガス安全の燃料電池設置区画														
no requirements on ventilation of gas safe fuel cell space but for the gas interbarrier space	loss of ventilation	loss of one safety barrier, controlled shut down initiated: complete loss of ventilation not expected due to redundancy requirements	3	electrical failure, mechanical damage	1.1.4-1	gas interbarrier space needs to be monitored redundancy requirements of the IGF-Code	2	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
ガス安全の燃料電池設置区画の換気に関する要件はないが、ガスインタリアスペースについては要件がある	換気の喪失	1つの安全防壁の喪失、制御されたシャットダウンの開始：冗長性要件により換気の完全な喪失は予期されていない	3	電氣的故障、機械的損傷	1.1.4-1	ガスインタリアスペースは監視が必要 IGFコードの冗長性要件	2	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
1.1.5 - Onboard energy buffer														
1.1.5 - 船上エネルギーバッファ														
Backup power in case of shut down of the whole fuel cell power plant	Loss of fuel cell power output	loss of fuel cell power output, electrical energy is to be provided by other energy converters, depending on the hybrid concept the energy could be provided by the energy buffer, in this case the energy buffer must be capable to ensure a minimum power supply for a certain time (see SOLAS requirements)	3	loss of fuel cell installation space in case of centralized installation	1.1.5-1	redundancy requirements of the IGF-Code decentralised power supply	3	1	yellow	Redundancy requirements for buffer system to be investigated				
燃料電池発電プラント全体が停止した場合のバックアップ電源	燃料電池出力の損失	燃料電池の出力が失われた場合、電気エネルギーは他のエネルギー変換器によって供給されなければならない ハイブリッドのコンセプトによっては、エネルギーバッファによってエネルギーが供給されることもあるが、この場合、エネルギーバッファは一定時間、最低限の電力供給を確保できるものでなければならない（SOLASの要求事項を参照）	3	集中設置の場合の燃料電池設置区画の損失	1.1.5-1	IGFコードの冗長性要件 分散型電源	3	1	yellow	バッファシステムの冗長性要件の調査が必要				
	thermal runaway, fire	Thermal runaway and fire	4	internal battery failure	1.1.5-2	temperature switch temperature monitoring	3	1	yellow	Functional safety requirements for battery installation to be considered	3	3	1	yellow
	熱暴走、火災	熱暴走、火災	4	内蔵電池の故障	1.1.5-2	温度スイッチ 温度監視	3	1	yellow	バッテリー設置の機能安全要件を考慮することが必要	3	3	1	yellow
Accommodate for load fluctuations	see net integration failure ID 1.1.2.3-2													
負荷変動への対応	電路統合の故障ID1.1.2.3-2を参照													
1.1.6 - Inertgas system														
1.1.6 - イナートガス装置														
Inerting of FC Power System	no inert gas	inerting not possible	4	inert gas consumed	1.1.6-1	monitoring of inertgas storage alarm level to be defined where the inertgas storage reaches the an amout, which is suitable for a last complete inertign process of the system	3	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
燃料電池発電システムのイナートリング	イナートガスなし	イナートリング不可能	4	イナートガスの消費	1.1.6-1	貯蔵されたイナートガスの監視 システムのイナートリングプロセスの完了のための適正量にイナートガスの貯蔵量が達した場合の警報レベルを定義すること	3	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
1.1.7 - External events														
1.1.7 - 外部イベント														
External events acting on the Fuel and / or Fuel Cell Power Installation	Fire in FC power installation place	fire will be contained in space (active and passive fire protection), automatic shut down of fuel cell by safety system and shut down of fuel system to affected space		3 fuel self ignition, reverse power	1.1.7-1	active and passive fire protection systems acc. to IGF Code requirements safety system with ESD function	3		1 yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
燃料及び/又は燃料電池発電設備に作用する外部イベント	燃料電池発電設備での火災	火災は区画に封じ込められる（アクティブ及びパッシブな防火）、安全装置による燃料電池の自動停止、及び影響を受けた区画の燃料装置の停止	3	燃料の自己発火、逆電力	1.1.7-1	IGFコードの要件に適合したアクティブ及びパッシブな防火システム ESD機能を備えた安全装置	3		1 yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	black-out	FC system designed to be fail safe; blackout recovery will be considered in ship design	3	e.g. electrical net failure	1.1.7-2	Black-out recovery	4		1 yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	ブラックアウト	フェイルセーフになるように設計された燃料電池システム; ブラックアウトからの復旧は船の設計で考慮される	3	例：電路の故障	1.1.7-2	ブラックアウトからの復旧	4		1 yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	flooding	short circuits (nothing specific to FC technology), FC system will be shut down by the safety system, electrical power supply by other power system (redundancy)	3	e.g. collision	1.1.7-3	same requirements than for conventional engine spaces redundancy requirements of the IGF-Code	3		1 yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	浸水	短絡（燃料電池技術に固有のものはない）、燃料電池システムは安全装置により停止され、他の電源装置による電力供給（冗長性）	3	例：衝突	1.1.7-3	従来の機関区域と同様の要件 IGFコードの冗長性要件	3		1 yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	blockage of exhaust	loss of performance and shut down of fuel cells due to deviation of process parameters	3	blockage of exhaust pipe	1.1.7-4	T monitoring of after burner monitoring of fuel cell process parameter	3		1 yellow	Exhaust gas outlet shall be designed in a way, that blockage by e. g. particles is avoided.				
	排気の詰まり	プロセスパラメータの逸脱による燃料電池の性能低下と停止	3	排気管の詰まり	1.1.7-4	アフターバーナーの温度監視 燃料電池プロセスパラメータの監視	3		1 yellow	排気ガス出口は、粒子等による閉塞を回避するように設計することが必要				
	out of range ambient T (low T)	freezing at out of range T could cause damage - no safety relevant failures expected												
	範囲外の外気温（低温）	範囲外の温度での凍結は損傷を引き起こす可能性-安全関連の故障は予期されていない												

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
	Fire in Tank hold space: containment issue not directly fuel cell related	Covered by requirements of the IGF Code								No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	タンクホールド区画での火災：燃料電池に直接関係しない封じ込めの問題	IGFコードの要件により措置								燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	Fire in adjacent rooms to tank hold space	Covered by requirements of the IGF Code								No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	タンクホールド区画に隣接する区画での火災	IGFコードの要件により措置								燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	Fire in fuel preparation room	Covered by requirements of the IGF Code								No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	燃料調整室での火災	IGFコードの要件により措置								燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	Fire adjacent to fuel preparation room	Covered by requirements of the IGF Code								No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	燃料調整室に隣接する区画での火災	IGFコードの要件により措置								燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	Fire in the vicinity of distribution line (Hydrogen)	Covered by requirements of the IGF Code								No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	供給管(水素)付近での火災	IGFコードの要件により措置								燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	RoPax specific: Fire on car deck or open deck structural fire protection acc. to SOLAS and IGF	Covered by requirements of the IGF Code			1.1.7-5	Fuel piping routed through the RoRo deck must be protected against possible fire				Fuel piping routed through the RoRo deck must be protected against possible fire				
	RoPax固有：車両甲板又は開放甲板での火災 SOLAS及びIGFに準拠した防火構造	IGFコードの要件により措置			1.1.7-5	RoRoデッキを通る燃料配管は、火災の可能性から保護することが必要				RoRoデッキを通る燃料配管は、火災の可能性から保護することが必要				
	Ship / Ship collision	Damage of outer shell, damage of adjacent systems possible	3	human error	1.1.7-6	distance requirements for fuel piping shall be also applied to fuel cell stacks	3		1	yellow	Distance requirements to the outer shell for fuel piping shall be also applied to fuel cell stacks (reduce collision effects)			
	船 / 船の衝突	外板の損傷、隣接する装置の損傷の可能性	3	ヒューマンエラー	1.1.7-6	燃料配管の距離要件は、燃料電池スタックにも適用することが必要	3		1	yellow	燃料配管の外板までの距離要件は、燃料電池スタックにも適用することが必要（衝突の影響を低減するため）			
	Shore / Ship collision	Damage of outer shell, damage of adjacent systems possible	3	human error	1.1.7-7	distance requirements for fuel piping shall be also applied to fuel cell stacks	3		1	yellow	Distance requirements to the outer shell for fuel piping shall be also applied to fuel cell stacks (reduce collision effects)			
	岸 / 船の衝突	外板の損傷、隣接する装置の損傷の可能性	3	ヒューマンエラー	1.1.7-7	燃料配管の距離要件は、燃料電池スタックにも適用することが必要	3		1	yellow	燃料配管の外板までの距離要件は、燃料電池スタックにも適用することが必要（衝突の影響を低減するため）			

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
	RoPax specific: vehicle crash	Damage of outer shell, damage of adjacent systems possible	4	human error	1.1.7-8		3	1	yellow	Distance requirements to the outer shell for fuel piping shall be also applied to fuel cell stacks (reduce collision effects) Shells of space facing the car deck where parts of the Fuel Cell Power Installation and related fuel storage, distribution and storage systems are installed must be protected against possible impact of vehicles or cargo Fuel piping routed through the RoRo deck must be protected against possible impacts by vehicles or cargo	3	2	1	yellow
	RoPax固有：車両の衝突	外板の損傷、隣接する装置の損傷の可能性	4	ヒューマンエラー	1.1.7-8		3	1	yellow	燃料配管の外板までの距離要件は、燃料電池スタックにも適用することが必要（衝突の影響を低減するため） 燃料電池発電設備及び関連する燃料貯蔵、供給、貯蔵装置の一部が設置されている車両甲板に面する区画の外板は、車両又は貨物の起こり得る衝撃から保護することが必要 RoRoデッキを通る燃料配管は、車両又は貨物の起こり得る衝撃から保護することが必要	3	2	1	yellow
1.2 - Bunkering														
1.2 - バンカリング														
Transport of compressed Hydrogen form from a bunker source to the ships	IGF Code requirements for bunker station locations and hazardous zone definition to be considered.				1.2-1	IGF Code requirements for bunker station locations and hazardous zone definition to be considered.				Hazardous Areas, safety and security zones are to be aligned according to the behaviour and dispersion characteristics of Hydrogen(different to Natural Gas) For RoPax vessels special attention to possible impact on Passengers and vehicle traffic during bunkering shall be payed. Safety and security zones are to be established. Most credible release scenarios are to be analysed according to possible influence on passengers, crew and ship; especially for this ship type influences on balconies, cabins, open passenger decks, open roro-and cargo decks, passenger bridges as well as passenger ways and vehicle routes on terminal side shall be taken into account.				

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
バンカーソースから船への水素の移送	バンカーステーションの配置と危険場所の定義に関するIGFコードの要件を考慮することが必要				1.2-1	バンカーステーションの配置と危険場所の定義に関するIGFコードの要件を考慮することが必要				危険場所、安全及び保安区域は、水素の挙動及び分散特性に応じて調整することが必要（天然ガスとは異なる） RoPax船の場合、バンカリング中の乗客と車両交通への影響の可能性に特別な注意を払うことが必要。安全とセキュリティゾーンを確立することが必要。最も想定される放出シナリオは、乗客、乗組員、及び船への影響の可能性に従って分析することが必要。特にこの船種については、バルコニー、客室、開放旅客デッキ、開放RoRo及び貨物デッキ、旅客ブリッジ、ターミナル側のパッセンジャーウェイ及び車両ルートへの影響を考慮に入れることが必要。				
	Delivery pressure to high	High pressure detection and shut down of the bunker line on-board of the vessel, shut down of supply pump		3 supply pump failure of bunker source (ship, truck, shore)	1.2-2	bunker line inlet pressure monitoring shut off valves in bunker line communication link between bunker source and receiving vessel to be provided	3	1	yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	供給圧力高	本船のバンカーラインの高圧検知と停止、供給ポンプの停止		3 バンカーの供給元（船、トラック、岸壁）の供給ポンプの故障	1.2-2	バンカーライン入口圧力モニタリング バンカーラインのシャットオフバルブ バンカーソースと受け入れ船の間に通信リンクを設けること	3	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
	External leakage at bunker source	gas detection and shut down of the bunker process	5	material or welding failure, untight connections	1.2-3	communication link between bunker source and receiving vessel to be provided	3	1	red	Hazardous Areas, safety and security zones are to be established and aligned according to the behaviour, dispersion and ignition characteristics / mechanism of Hydrogen (different to Natural Gas) For RoPax vessels special attention to possible impact on Passengers and vehicle traffic during bunkering shall be payed. Safety and security zones are to be established. Most credible release scenarios are to be analysed according to possible influence on passengers, crew and ship; especially for this ship type influences on balconies, cabins, open passenger decks, open roro-and cargo decks, passenger bridges as well as passenger ways and vehicle routes on terminal side shall be taken into account. For LGC special attention shall be payed to the primary fuel if it is different from the cargo. In this case additional means for bunkering the primary fuels are necessary which differ from the normal cargo transfer. Additional gas detection systems, safety and security zones (e.g. in case of truck to Ship bunkering), training and instruction may be necessary	4	3	1	yellow

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
	バンカー供給元での外部漏洩	ガス検知及びバンカープロセスの停止	5	材料不良、溶接不良、接続不良	1.2-3	バンカーの供給元と受け取り側の船舶との間の通信リンクの提供が必要	3	1	red	水素の挙動、拡散、発火の特性・メカニズムに応じて、危険区域、安全・保安区域を設定・調整することが必要（天然ガスとは異なる） RoPax船の場合、バンカリング中の乗客や車両通行への影響に特別な注意を払わなければならない。安全及びセキュリティゾーンを設定する。特にこの船型では、バルコニー、キャビン、オープンパッセンジャーデッキ、オープンローロー&カーゴデッキ、パッセンジャーブリッジ、ターミナル側の乗客用通路や車両用通路への影響を考慮しなければならない。 LGCでは、一次燃料が貨物と異なる場合、特に注意を払わなければならない。この場合、一次燃料のバンカリングのために、通常の貨物輸送とは異なる追加の手段が必要となる。追加のガス検知システム、安全及びセキュリティゾーン（例：トラックから船舶へのバンカリングの場合）、トレーニング及び指導が必要となる場合がある。	4	3	1	yellow
	External leakage at transfer system	Release of Hydrogen out of the transfer system, detection by loss of supply pressure, shut down of the bunker process	5	material or welding failure, untight connections	1.2-4	surroundings of the bunker station shall be designed for the max. credible leakage scenario Hazardous zones are to be defined acc. to IEC 60079 Safety and security zones are to be established around the whole bunker arrangement bunker line inlet pressure monitoring	3	1	red	Hazardous Areas, safety and security zones are to be established and aligned according to the behaviour, dispersion and ignition characteristics / mechanism of Hydrogen (different to Natural Gas) For RoPax vessels special attention to possible impact on Passengers and vehicle traffic during bunkering shall be payed. Safety and security zones are to be established. Most credible release scenarios are to be analysed according to possible influence on passengers, crew and ship; especially for this ship type influences on balconies, cabins, open passenger decks, open roro-and cargo decks, passenger bridges as well as passenger ways and vehicle routes on terminal side shall be taken into account.	4	3	1	yellow

Function 機能	Failure 故障	Effect 影響	Si (initial severity) Si (初期深刻度)	Cause 原因	Failure ID 故障ID	Control 制御	Oi (initial occurrence) Oi (初期頻度)	Di (initial detectability) Di (初期検出度)	category カテゴリー	Recommended Action 推奨アクション	Sr (revised severity) Sr (修正後深刻度)	Or (revised occurrence) Or (修正後頻度)	Dr (revised detectability) Dr (修正後検出度)	category カテゴリー
										For LGC special attention shall be payed to the primary fuel if it is different from the cargo. In this case additional means for bunkering the primary fuels are necessary which differ from the normal cargo transfer. Additional gas detection systems, safety and security zones (e.g. in case of truck to Ship bunkering), training and instruction may be necessary				
	移送システムからの外部漏洩	移送システムからの水素の放出、供給圧力の低下による検出、バンカープロセスの停止	5	材料不良、溶接不良、接続不良	1.2-4	バンカー・ステーションの周囲は、最大の信頼できる漏洩シナリオを想定して設計することが必要 危険区域は IEC 60079 に従って定義されることが必要 バンカーアレンジメント全体に安全・セキュリティゾーンを設定することが必要 バンカーライン入口圧力の監視	3		1 red	水素の挙動、拡散、発火の特性・メカニズムに応じて、危険区域、安全・保安区域を設定・調整することが必要（天然ガスとは異なる） RoPax船の場合、バンカリング中の乗客や車両通行への影響に特別な注意を払わなければならない。安全及びセキュリティゾーンを設定する。特にこの船型では、バルコニー、キャビン、オープンパッセンジャーデッキ、オープンローロー＆カーゴデッキ、パッセンジャーブリッジ、ターミナル側の乗客用通路や車両用通路への影響を考慮しなければならない。 LGCでは、一次燃料が貨物と異なる場合、特に注意を払わなければならない。この場合、一次燃料のバンカーリングのために、通常の貨物輸送とは異なる追加の手段が必要となる。追加のガス検知システム、安全及びセキュリティゾーン（例：トラックから船舶へのバンカリングの場合）、トレーニング及び指導が必要となる場合がある。	4	3	1 yellow	
	Blackout	automatic shut down of the bunker process	3	failure in ship grid	1.2-5	Valves are fail safe closed communication link between bunker source and receiving vessel to be provided	3		1 yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				
	ブラックアウト	バンカープロセスの自動遮断	3	船のグリッドの故障	1.2-5	バルブのフェイルクローズ バンカーの供給元と受け入れ船の間に通信リンクを設けること	3		1 yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
	excessive tensile forces acting on transfer system	stretching of transfer system, activation of Emergency release coupling, activation of ESD	3	wind loads acting on the ship	1.2-6	Means are to be provided that the bunker source holds its position during transfer Dry break coupling with ESD function	3		1 yellow	No further recommended actions related to Fuel Cell applications identified				

Function	Failure	Effect	Si (initial severity)	Cause	Failure ID	Control	Oi (initial occurrence)	Di (initial detectability)	category	Recommended Action	Sr (revised severity)	Or (revised occurrence)	Dr (revised detectability)	category
機能	故障	影響	Si (初期深刻度)	原因	故障ID	制御	Oi (初期頻度)	Di (初期検出度)	カテゴリー	推奨アクション	Sr (修正後深刻度)	Or (修正後頻度)	Dr (修正後検出度)	カテゴリー
	移送システムに作用する過度の引張力	移送システムの伸張、緊急リリースカップリングの作動、ESDの作動	3	船に作用する風による荷重	1.2-6	バンカー供給元が移動中にその位置を保持するための手段を提供することが必要 ESD機能付きドライブレイクカップリング	3	1	yellow	燃料電池アプリケーションに関してさらなる推奨アクションは特定されていない				
						50 with failure ID								
						12 without failure ID								
						62 Total								
						17 from 62 not ranked (with and without ID)								
						45 from 62 ranked								