

# 突発的に発生するブラックアウト (船内電源の喪失) に備えて！

平成31年4月25日

運輸安全委員会事務局 首席船舶事故調査官

1. はじめに  
船内電源の自動化システム
2. 船舶事故等におけるブラックアウトに関する統計データ
3. ブラックアウトに至る原因の分類
4. ブラックアウトの事例紹介
5. ブラックアウト発生後の処置（対応指針）
6. ブラックアウトに備えた日頃からの点検事項
7. おわりに 突発的に発生するブラックアウトに備えて！  
**ブラックアウト対応マニュアルのアウトライン**

## 1. はじめに

船舶における船内電源の喪失（以下「ブラックアウト」という。）は、突発的に発生し、操舵装置等の重要機器が一瞬のうちに停止して操縦不能に陥る危険な状態となり、次いで衝突、座礁等を引き起こしかねません。

ブラックアウトが発生した場合、その原因究明は二の次として、誘発する事故を防ぐために船内電源の確保、主機及び重要補機器の復旧を第一に考えなければなりません。

発電機自動化システムがある場合、ブラックアウト発生後に待機中の発電機が自動始動して船内電源を復旧（スライド3参照）させますが、過去に運輸安全委員会が調査した中には、機関又はシステムの不具合により、直ちに船内電源の復旧ができない又は全くできなかった事例があります。

この場合、船舶を応急的に操縦して安全な場所に導き、停船させることが必要になり、日頃からの機器点検及び乗組員の訓練が重要となります。

# 1. はじめに 船内電源を確保する発電機自動化システム

ブラックアウトが発生すると船内電源を復旧するシステムが作動します。



電源復旧

## 2. 船舶事故等におけるブラックアウトに関する統計データ（1）

運輸安全委員会（JTTSB）が発足した平成20年10月から平成30年11月までの間に公表した船舶事故等調査報告書の中で、ブラックアウトによる事故及びインシデントは、次のとおりであり、次スライド以降にこの統計データをグラフ及び事例で示します。

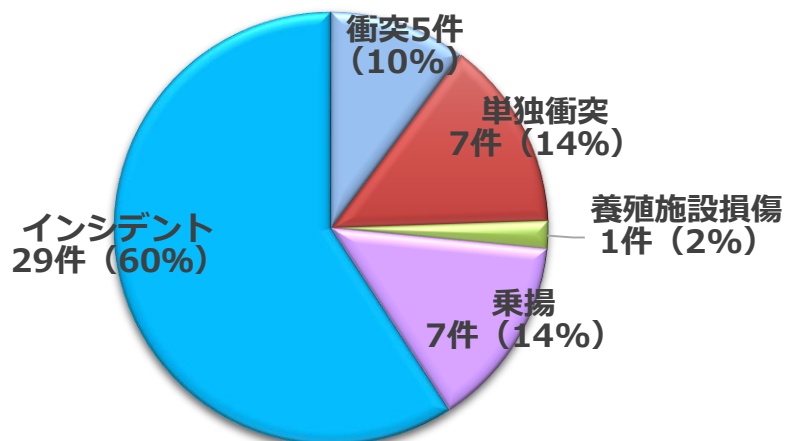
- 衝突事故：12件
- 乗揚事故：7件
- 養殖施設損傷事故：1件
- インシデント（機関故障、燃料供給不能、運航阻害等）：29件

### ブラックアウトの特徴と危険性

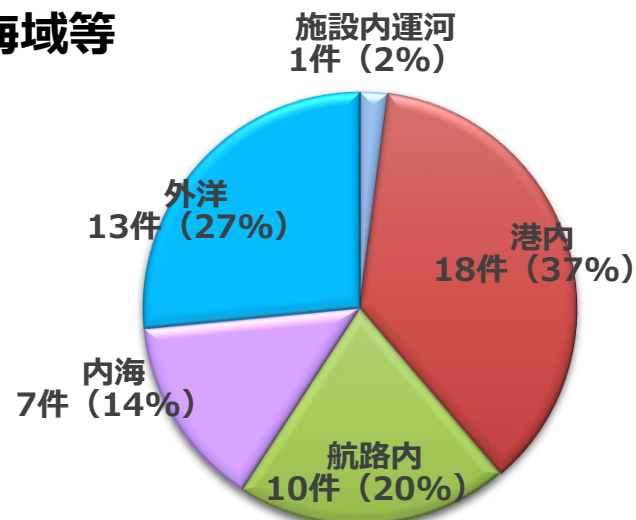
- ① 原因が様々である。
- ② いつ、どこで発生するか予測することが困難である。
- ③ 自船の付近に岸壁、浅所、他船等が存在している場所で発生すれば、衝突、乗揚等の事故を引き起こしかねない。

## 2. 船舶事故等におけるブラックアウトに関する統計データ (2)

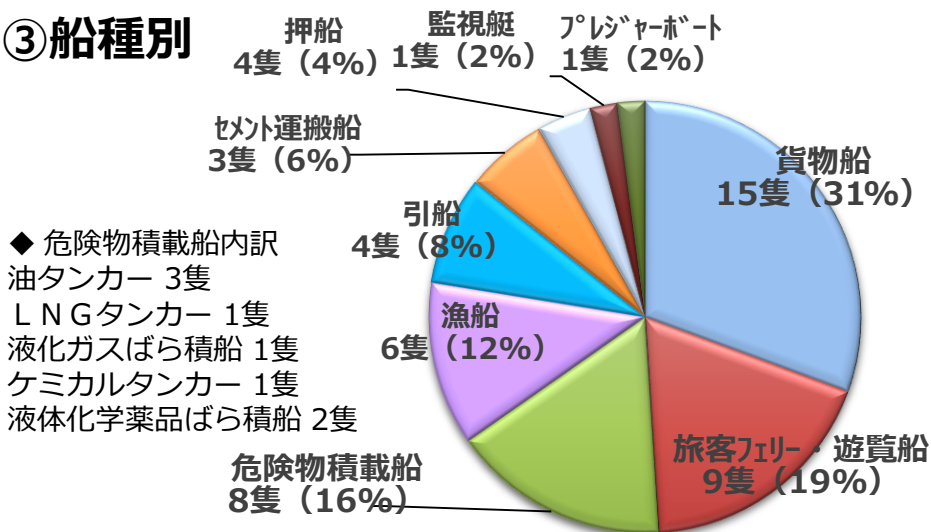
### ① ブラックアウトによる船舶事故等の件数



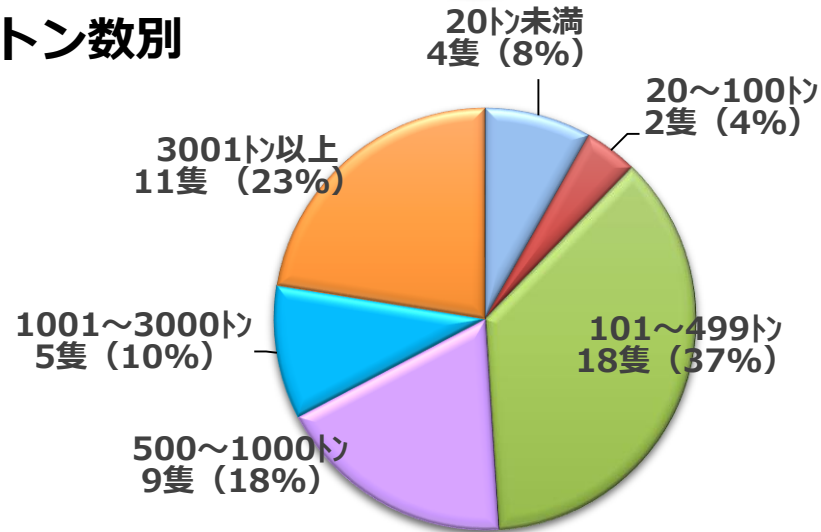
### ② 発生海域等



### ③ 船種別



### ④ トン数別



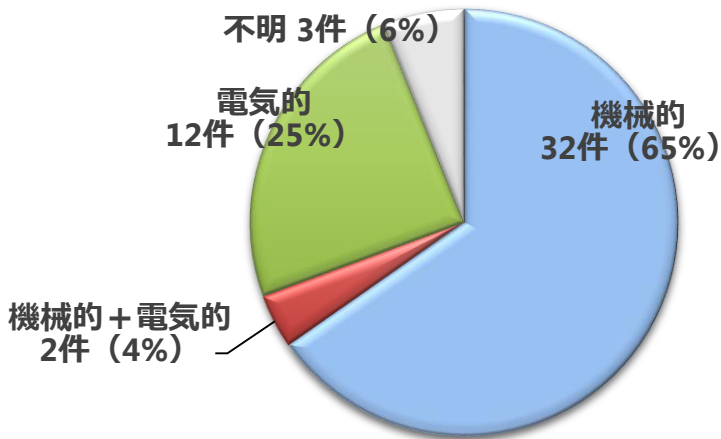
### 3. ブラックアウトに至る原因の分類（1）

ブラックアウトの原因は、発電機原動機の異常停止等による機械的なものと、気中遮断器（ACB）トリップ等による電氣的なものに大別されます。

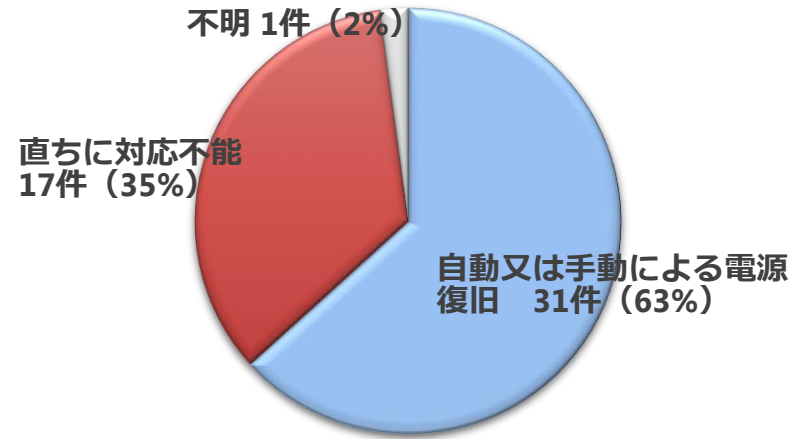
発電機原動機の異常停止	ACBのトリップ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 原動機保護装置の作動(危急停止)               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 過速度</li> <li>(2) 潤滑油圧力低下</li> <li>(3) 冷却清水出口温度の上昇</li> <li>(4) 手動トリップボタン操作</li> </ol> </li> <li>2. 燃料油系統の不具合               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 燃料油切れ</li> <li>(2) 燃料油系統管の破孔</li> <li>(3) 元弁, 中間弁の閉塞</li> <li>(4) 多量の水分の混入</li> <li>(5) ストレーナの閉塞</li> </ol> </li> <li>3. 運動部分の不具合               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 原動機の破損</li> <li>(2) 回転部, 摺動部の焼付き等</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ACB保護装置の作動               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 過電流 (瞬時、短限時、長限時)</li> <li>(2) 逆電力</li> </ol> </li> <li>2. ACB投入時の誤操作</li> <li>3. 母線無電圧</li> <li>4. 母線異常               <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 電圧低下</li> <li>(2) 電圧上昇</li> <li>(3) 周波数低下</li> <li>(4) 周波数上昇</li> </ol> </li> </ol>

### 3. ブラックアウトに至る原因の分類 (2) 要因別

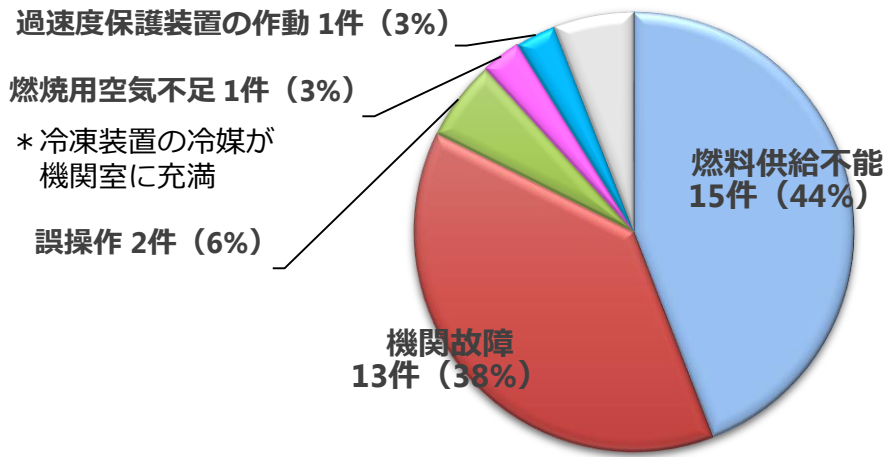
#### ⑤ ブラックアウトの原因



#### ⑥ 船内電源の復旧の有無



#### ⑦ 機械的要因の詳細



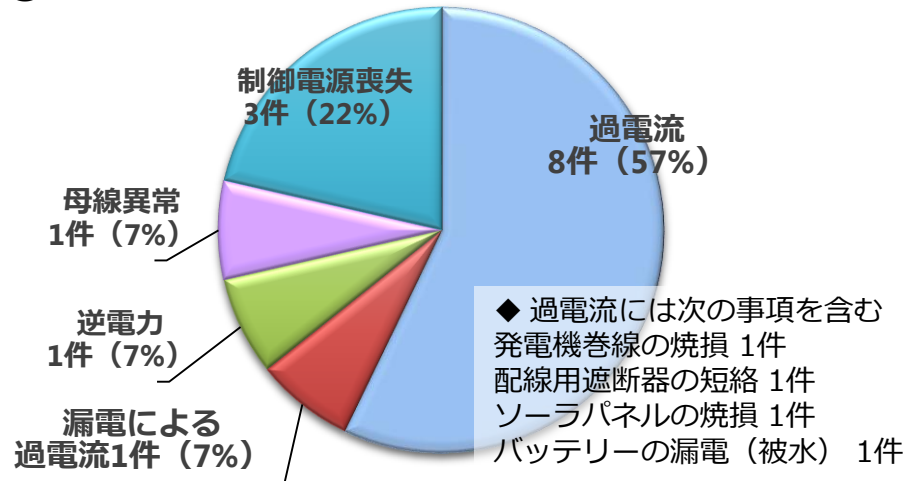
#### 機械的要因の特徴

- ① 燃料油系統の要因（水の混入、スラッジ、弁閉鎖等）が一番多く、直ちに船内電源が復旧できない状態となる
- ② 機関故障のうち軸発電機の不具合では、同機の出力低下、主機の燃焼不良、連結継手の異常等が要因となっていた



### 3. ブラックアウトに至る原因の分類 (2) 要因別

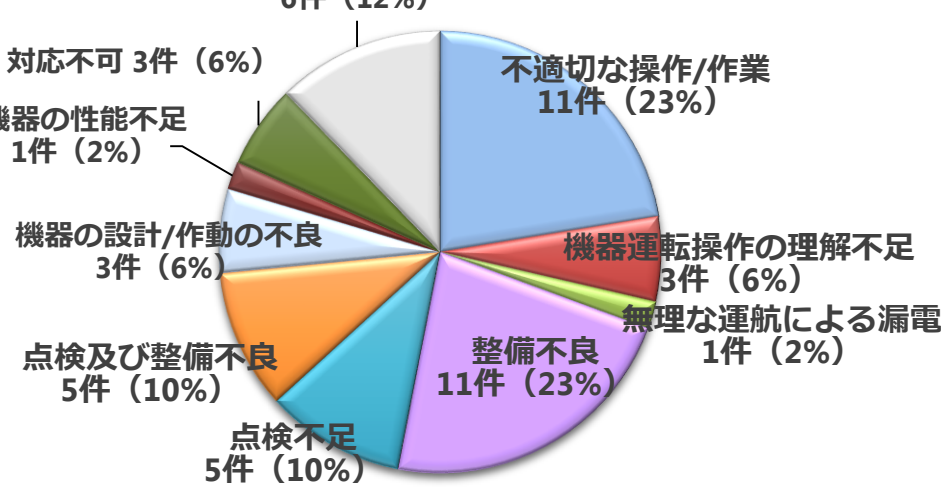
#### ⑧ 電氣的要因の詳細



#### 電氣的要因の事例

- ① 過電流 (短絡、過負荷等) が流れて気中遮断器が断となる事例が多い
- ② 発電機並行運転の際に、モード選択の誤りで同期外れを起こして電源喪失
- ③ 発電機が始動しても、バッテリー、DC 24Vからの制御電源を喪失していたので制御不能となった事例がある

#### ⑨ 人的要因



#### 人的要因の事例

- ① ウィンチの無理な運転操作で過負荷
- ② 航路内でスタンバイ状態にある発電機のモードを解除し、こし器の掃除
- ③ バルブの誤操作によってA重油タンクにC重油が混入 (逆止弁が作動せず)
- ④ 切れたOリングを繋いでこし器に使用して空気の吸入

## 4. ブラックアウトの事例紹介（1）

ブラックアウト後に船内電源が直ぐに復旧できなかった事例を紹介します。

油タンカー（749トン）A丸

インシデント 燃料供給不能 漂流

①発生場所 福岡県（志賀島）北方沖

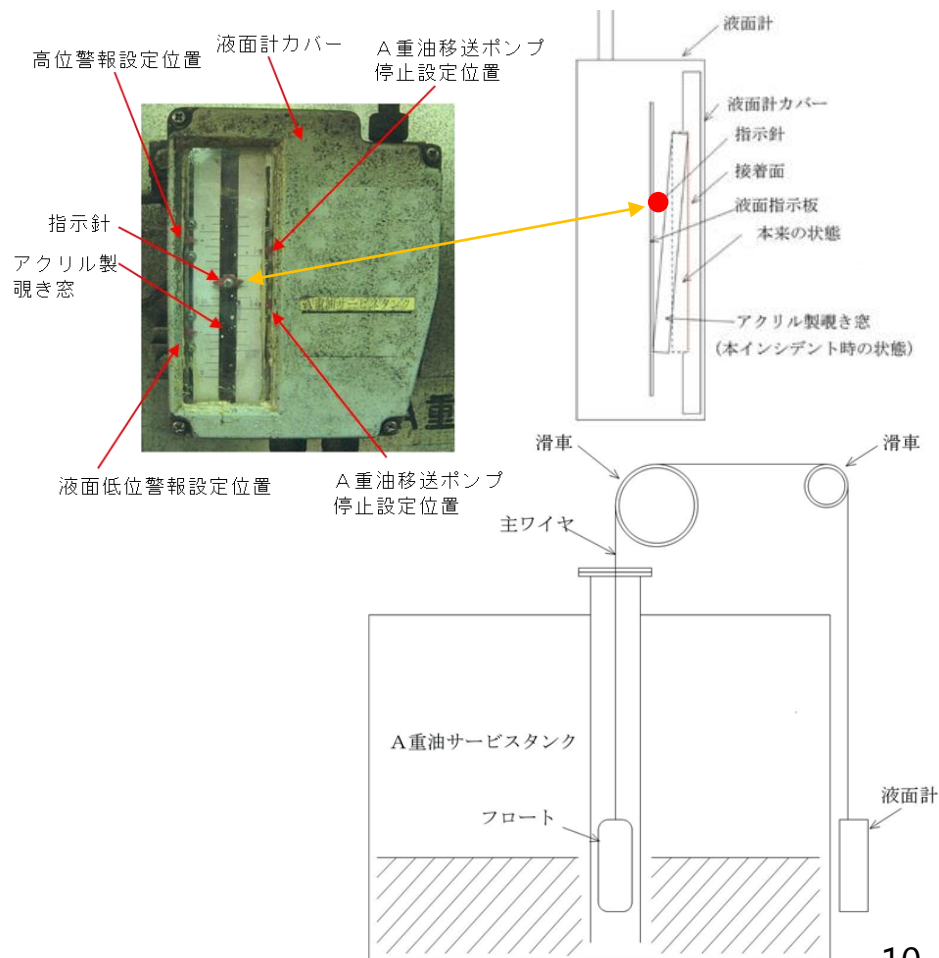
②運航状況 航行中

③発電機が停止した原因

液面計の亚克力製カバーが外れて液面検出機構に接触し、液面低下を検出しなくなったので、燃料油移送ポンプが自動始動せず、燃料油サービスタンクの油量が低下して燃料供給不能となった。

④再発防止策

- アクリル製カバーを外側に設置
- 液面計をポンプと警報に独立して設置



## 4. ブラックアウトの事例紹介（2）

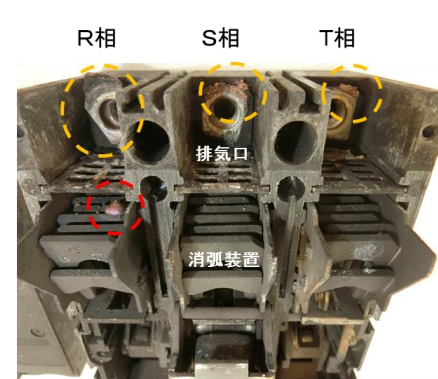
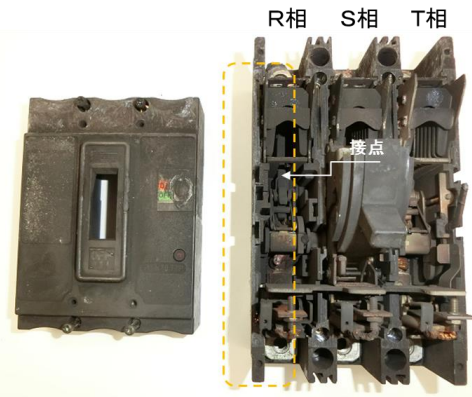
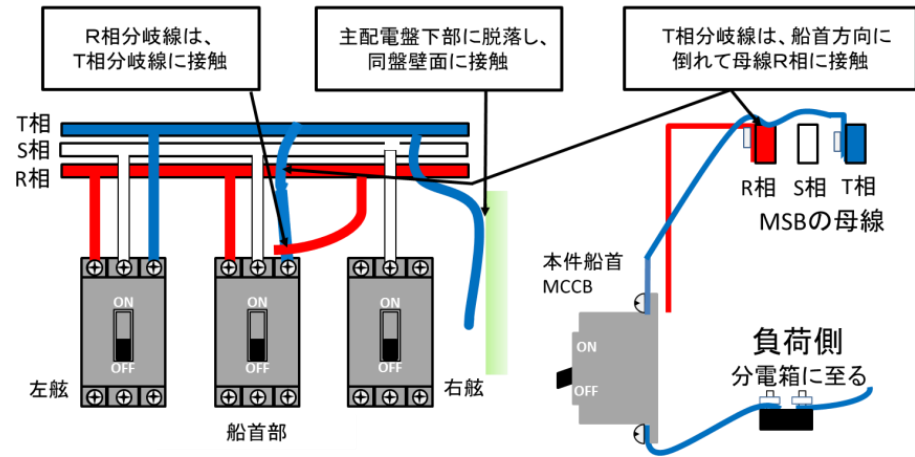
ブラックアウト後に船内電源が直ぐに復旧できなかった事例を紹介します。

旅客フェリー（3,633トン）B号  
インシデント 電源喪失 緊急投錨

- ①発生場所 香川県高松港港内
- ②運航状況 出航直後

③ A C Bが再投入できなかった原因  
 負荷側の故障及び電路の短絡によって何度か短絡電流が流れて断となった履歴のある主配電盤の配線用遮断器からアークガスが放出し、母線銅帯分岐線が溶断して跳ね飛び、同分岐線が相が異なる分岐線に短絡及び船体に地絡した。

- ④再発防止策
  - MCCBの更新
  - 電路の絶縁抵抗計測方法の見直し



# 4. ブラックアウトの事例紹介 (3)

ブラックアウト後に船内電源が直ぐに復旧できなかった事例を紹介します。

貨物船 (9,378トン) C号

事故 衝突 (防波堤) **衝突方向**



①発生場所 岡山県水島港港内

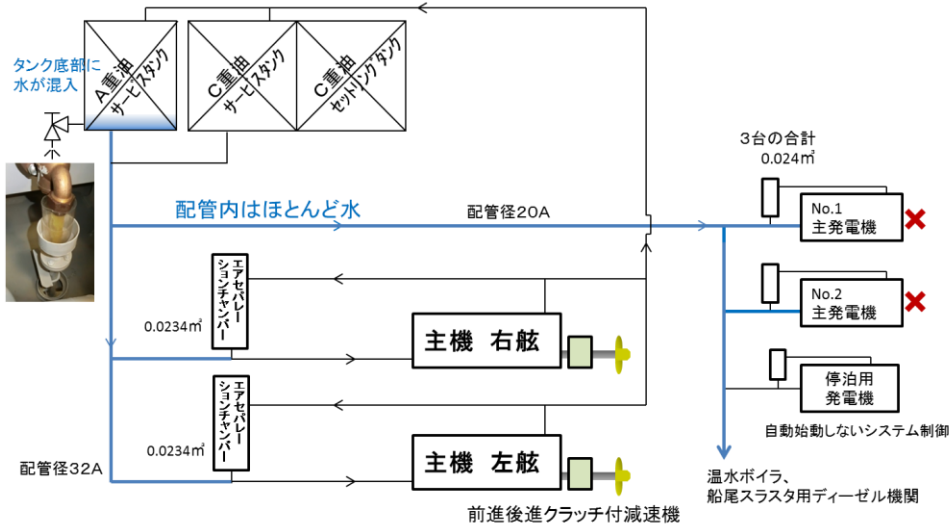
②運航状況 出航後

③発電機が停止した原因

燃料油サービスタンクに水が混入し、発電機原動機の燃料油配管に水が混入して燃焼不良を起こした。

④再発防止策

- 発航前点検における燃料油サービスタンクのドレン排出の状態確認
- 補油時のサンプル油の状態確認
- ブラックアウト発生時における対応手順の作成



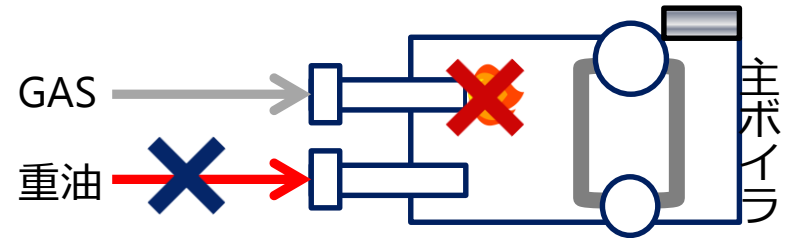
サウンディングテープ  
及び油底水検出剤

## 4. ブラックアウトの事例紹介（4）

ブラックアウト後に船内電源が直ぐに復旧できなかった事例を紹介します。

LNG船（95,084トン）D号  
インシデント 電源喪失 えい航

主ボイラのガス専焼バーナの炎が消える  
重油専焼及び混焼モード未使用



①発生場所 京浜港川崎区港内

②運航状況 着岸作業中

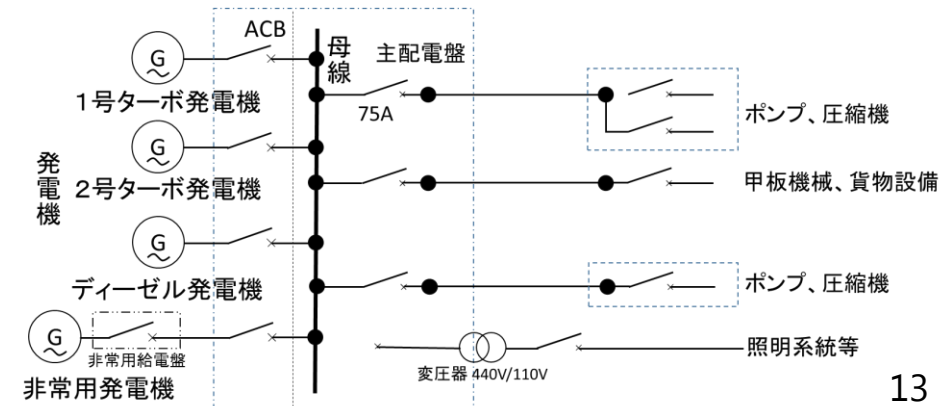
③発電機が運転不能となった原因

タービン発電機が主ボイラの失火で運転継続不能、ディーゼル発電機が空気冷却器の汚れにより性能低下、非常用発電機が電気系統の不具合でACBが投入不能となった。

- ✓ 蒸気圧低下でターボ発電機が使用不可
- ✓ 補助ディーゼル発電機の性能低下
- ✓ 非常用発電機の自動バックアップ不能

④再発防止策

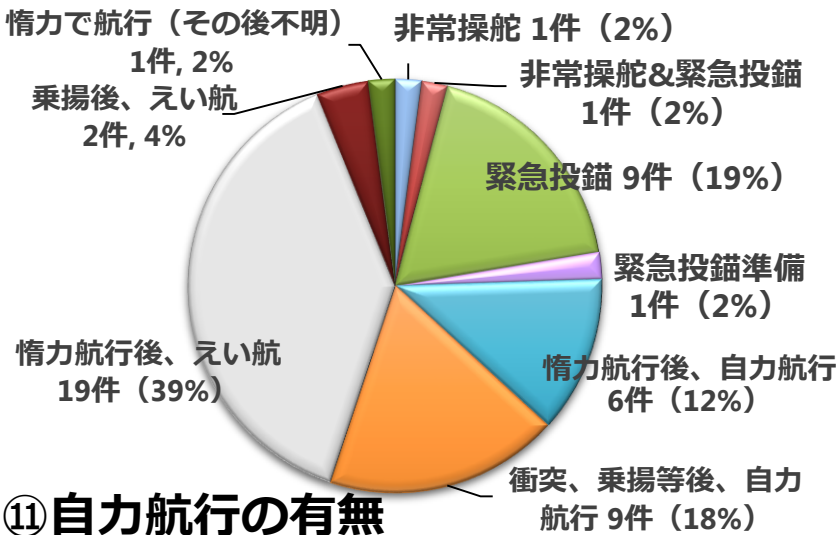
- 出入港時におけるガス及び重油混焼モードの確実な使用
- ディーゼル発電機及び非常用発電機の適切な保守運転と整備



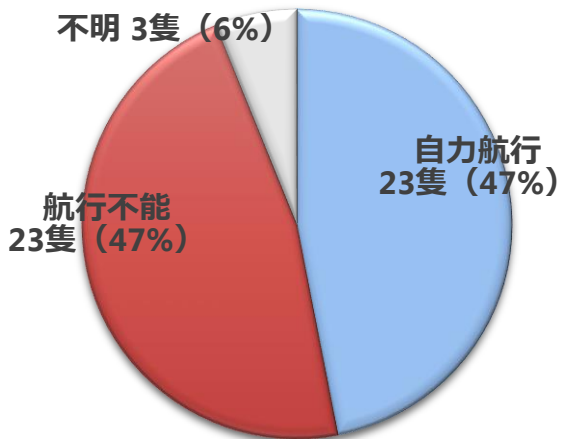


# 5. ブラックアウト発生後の処置 (統計データの結果) (1)

## ⑩ ブラックアウト発生後の対応

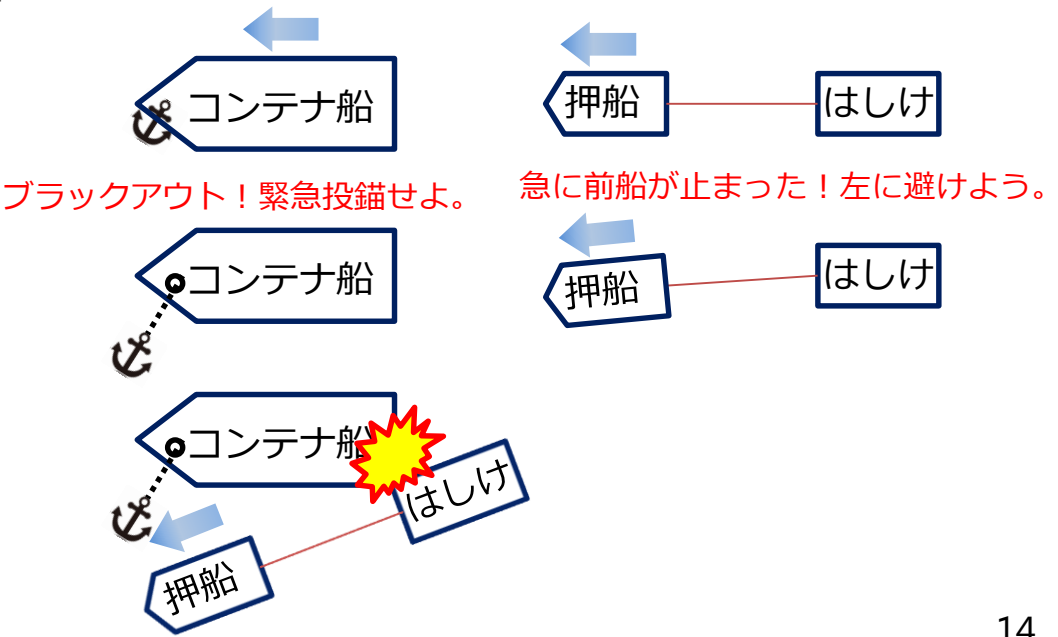


## ⑪ 自力航行の有無



## ブラックアウト発生後の対応に関する所見

- ① 非常操舵が2件、緊急投錨等が11件であり、これらの処置を失敗した事例があった
- ② 3 / 4 が発生後に惰力で航行
  - \* 緊急投錨は周囲の状況を確認して行うこと
  - 下図のような事例がありました



## 5. ブラックアウト発生後の処置（対応指針）（2）

1. 自船周囲の状況の把握
2. 周囲及び関係機関へ周知
3. 船内電源の復旧  
待機状態にある予備発電機の自動始動
4. 重要補機の順次始動の確認
5. 主機運転準備と再始動
6. 危険が迫る場合は、非常操舵部署を発令し、操舵機室で非常操舵  
手動ポンプによる人力操舵  
非常用電機からのバックアップ電源で油圧切替電磁弁を直接操作 等
7. 投錨可能な水域では、緊急投錨  
チェーンストッパーの取り外し  
ウィンドラスのクラッチ離脱及びブレーキを緩めて錨を投下

## 6. ブラックアウトに備えた日頃からの点検事項（1）

### 1. 周囲への周知

航海計画のルートにある緊急時の連絡先を確認しておきましょう。

海上交通センター、ポートルジオ

運転不自由船の灯火点灯又は形象物掲揚を確認しておきましょう。

### 2. 船内電源の復旧

予備の発電機及び非常用発電機がスタンバイ状態になっていることを確認しましょう。

#### (1) 主配電盤 発電機のモードセレクトがAUTOの位置

主配電盤及び発電機原動機に異常警報なし

#### (2) 1<sup>st</sup>及び2<sup>nd</sup>スタンバイの発電機の選択

1<sup>st</sup>予備機、2<sup>nd</sup>予備機、非常用発電機等のスタンバイ表示灯点灯

#### (3) 発電機原動機のスタンバイ条件の確立

燃料ハンドルRUN位置 始動空気の供給 ターニングバーの所定の位置

#### (4) 補助（停泊用）非常用発電機の保守運転（可能であれば高負荷運転）



## 6. ブラックアウトに備えた日頃からの点検事項（2）

### 3. 非常操舵

遠隔操舵から非常操舵への切り替えを訓練しておきましょう。

油圧系統の手動弁の切り替え操作

電磁弁の手動操作方法

### 4. 緊急投錨

出入港の港内、航路、狭水道等では錨をスタンバイにしておきましょう。

錨鎖のチェーンストッパーを外し、

ウィンドラスのクラッチの離脱及びブレーキを緩めて投下できる状態

## 6. ブラックアウトに備えた日頃からの点検事項（3）

### 日頃からの点検及びメンテナンスの勧め

#### 効力テスト

ブラックアウトの発生後に自動的に電源復旧ができなかった事例があります。日常の運航又は入渠において、定期的に電気装置の作動状態を確認する効力テストの実施をお勧めします。

#### 効力テストで確認するべき実施項目（例）

- ① 発電機の自動同期投入及び負荷分担
- ② 非常用発電機及び予備発電機の【保守】運転、並びに自動電源供給  
非常用バッテリーの自動給電
- ③ 母線無電圧によるスタンバイ発電機の自動始動
- ④ 発電機保護装置の作動確認  
過電流継電器、逆電力継電器、優先遮断装置

## 6. ブラックアウトに備えた日頃からの点検事項（4）

### 日頃からの点検及びメンテナンスの勧め

船舶によっては、非常用発電機、操舵装置の手動ポンプといった設備の搭載義務がなく、船内電源を喪失した場合には全く対応ができない場合があります。

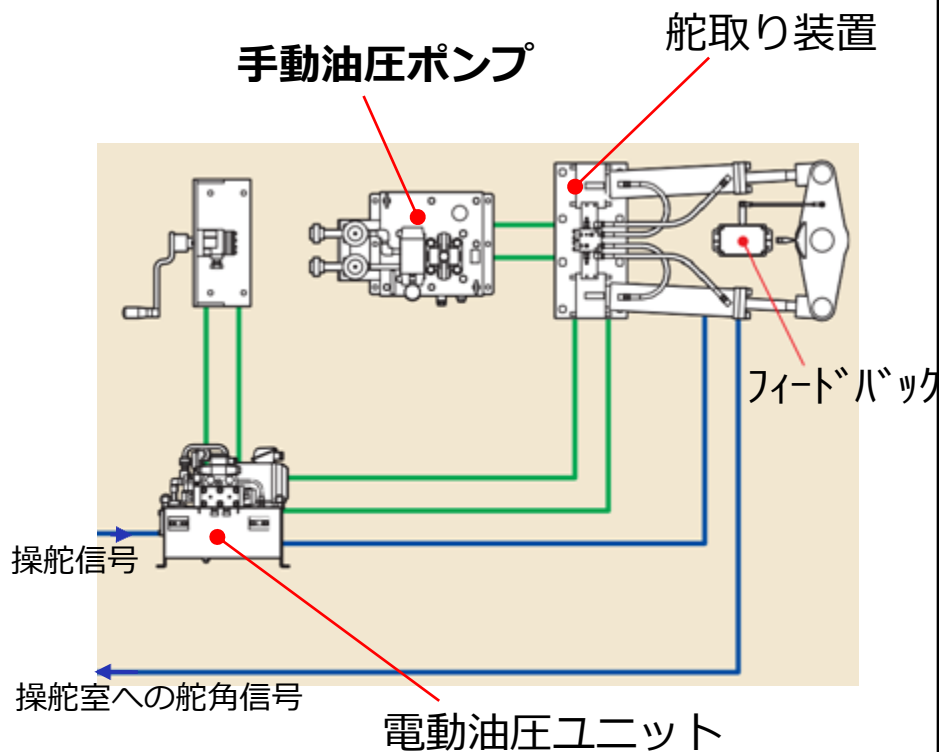
日々の船舶運航は、航海当直基準（運輸省告示第704号）に基づき実施するとともに、ブラックアウトをさせない又はブラックアウトとなっても直ちに船内電源が確保できるよう、次に挙げる日頃からの点検及びメンテナンスが必要です。

機器	点検及びメンテナンスの項目（例）
燃料油供給系統	こし器の掃除、流量計の作動確認、発航前を含む燃料タンクのドレン排出による燃料油の状態確認
配線用遮断器	点検、作動回数及び経年使用に基づく交換
軸発電機	駆動装置と連結部及び継手の確認
電気機器	整理整頓による誤操作の防止 誤操作防止カバーの取付け 電気機器の内部及び周辺の清掃

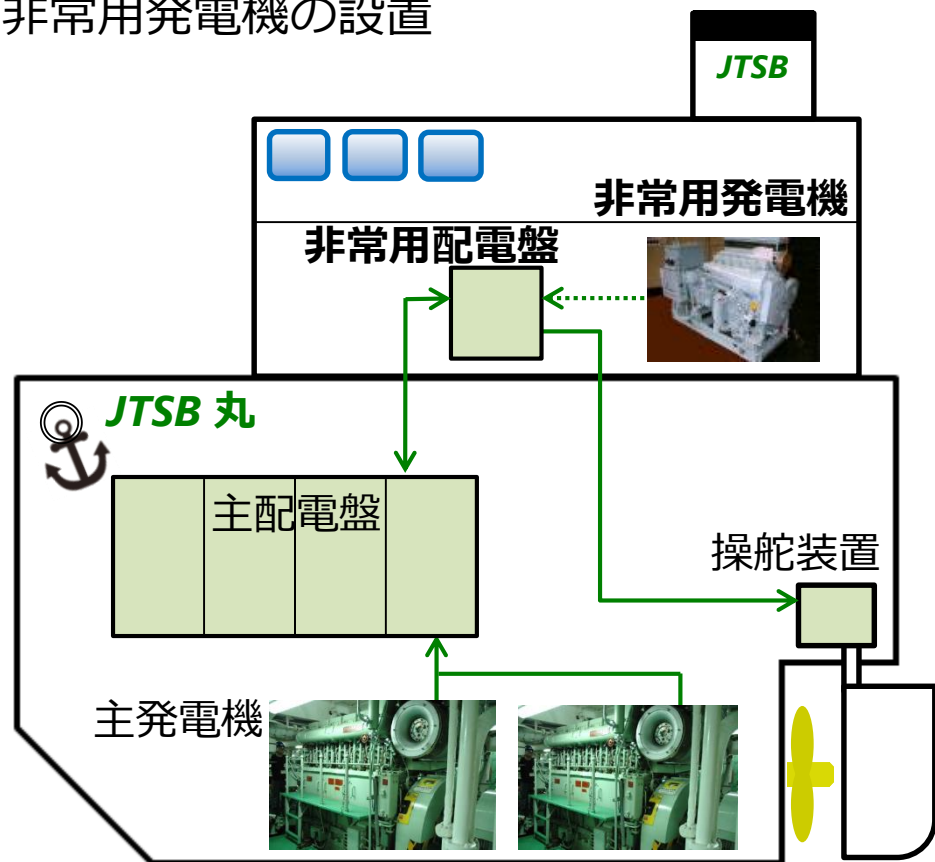
## 6. ブラックアウトに備えた日頃からの点検事項（5） 設備の導入

ブラックアウトによって主要な船内電源が供給されないとき、船舶を応急的に操縦して安全な場所に導くための機器の設置も有効です。

### 操舵装置手動油圧ポンプの設置



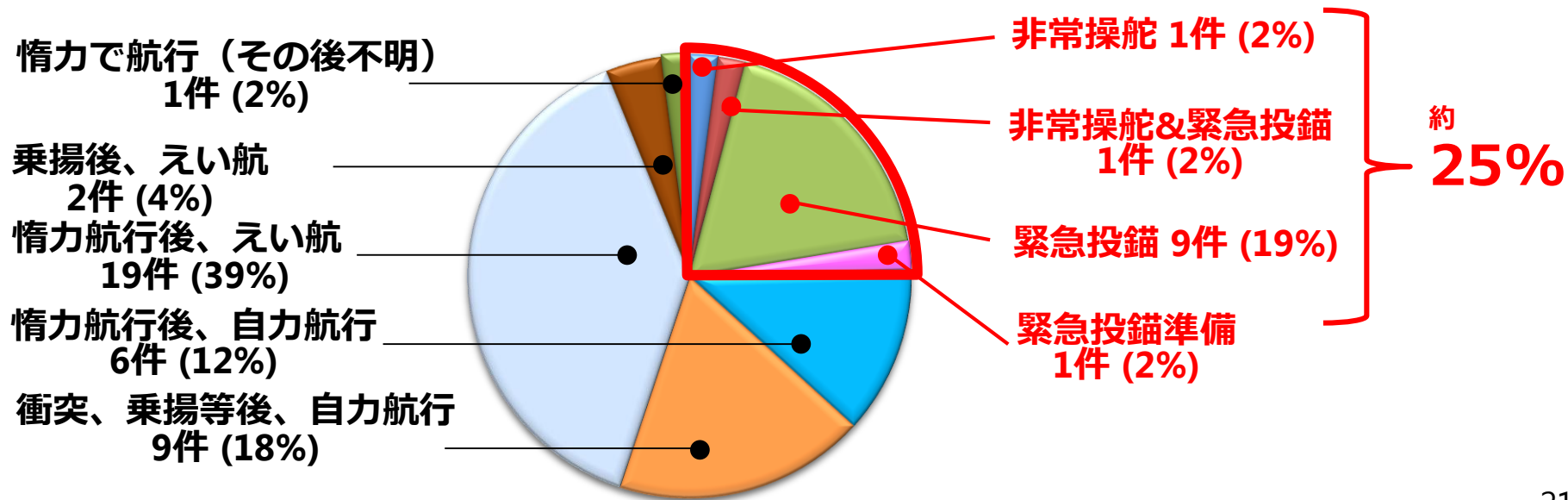
### 非常用発電機の設置



## 7. おわりに 突発的に発生するブラックアウトに備えて！

ブラックアウトは、原因が様々で、いつ、どこで発生するか予測することが困難な、突発的に発生する機関トラブルです。過去の統計データから、下のグラフのとおりブラックアウト発生後に緊急投錨等の処置を行った事例は**約25%**でした。緊急処置を行ったとしても事故を回避できず乗揚などに至った事例もありますが、被害は軽減されます。

こうしたことから、ブラックアウト発生後の処置が重要と言えます。



## 7. おわりに 突発的に発生するブラックアウトに備えて！

については、ブラックアウトが発生したことを想定した「6. ブラックアウト発生後の処置（対応指針）」を踏まえた**マニュアル又は対応手順を作成**し、乗組員の訓練を行うことが対応として有効なものと考えます。

船舶の乗組員は、自船の発電装置の構成機器、配管及び自動化装置等の理解が重要です。

さらに、ブラックアウトから船内電源が復旧した後に、ブラックアウトに至った原因を追及し、ハード面でもソフト面でも、再び同様なトラブルが起こらないようにすることが重要です。（スライド7及び19参照）

## 7. おわりに ブラックアウト対応マニュアルのアウトライン（1）

以下にアウトラインを示し、各社、各船の設備に合わせた「**ブラックアウト対応マニュアル**」の作成をお勧めします。

### ○船内電源が復旧可能な場合の手順

#### 1. 自船周囲の状況の把握

#### 2. 周囲の船舶及び関係機関へ周知

VHFによる海上交通センター、ポートルラジオ等への連絡  
 運転不自由船の灯火点灯又は形象物掲揚

#### 3. 船内電源の自動復旧

発電機自動化システムの作動  
 待機状態にある発電機の自動始動の確認

#### 4. 重要補機の順次始動及び主機の再始動

操舵装置、主機関連ポンプ、空気圧縮機等の始動  
 主機の始動空気の確立



## ○船内電源が完全に喪失する場合の手順

### 3. 船内電源の自動復旧

**NO**

船内電源の自動復旧不可

スタンバイ状態の発電機が始動不可 A C Bの自動投入不可

### 5. 船内電源の手動復旧

**YES**

発電機の手動始動 主配電盤 A C B 手動投入

スライド23

**4. 重要補機の順次始動  
及び主機の再始動**

**NO**

**船内電源が完全に喪失**

6. ① 自船の周囲を確認して惰力で航行

非常操舵部署を発令して操舵機室で**非常操舵** (手動ポンプの操作)

② **緊急投錨準備又は緊急投錨**

出入港の港内、航路、狭水道等では、**錨及び揚錨機のスタンバイ**  
投錨可能な水域の選択