2008 年度研究開発成果の紹介 － ④

電子制御エンジンの実情とトラブル防止に向けた取り組み

ClassNK
NIPPON KAIJI KYOKAI

2009年ClassNK
春季技術セミナー

電子制御エンジンの実情と トラブル防止に向けた取り組み

2009年　7月

ClassNK
NIPPON KAIJI KYOKAI

目次

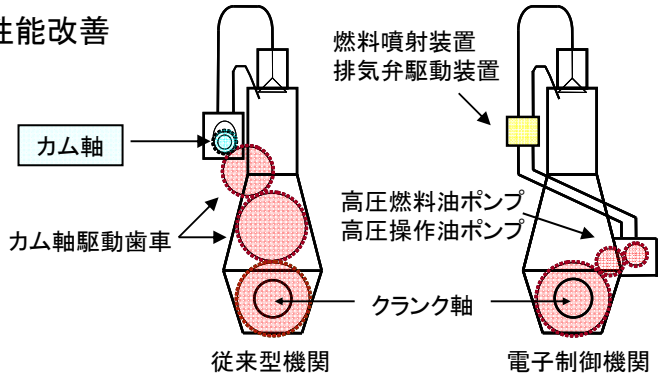
- 研究開発の背景
- 研究開発の概要
  - 電子制御機関の実績及び構造
  - 損傷、不具合の分類及び事例
  - 船内環境（振動、温度）に関する実態調査
- まとめ

背景及び目的

電子制御機関の出現

燃料噴射、排気弁駆動等の電子制御により、各負荷（特に、低負荷）における最適制御が可能となった。

- 燃費改善
- 環境性能改善



背景及び目的

損傷

電子制御機関が船舶に搭載されてから約5年が経過したが、採用開始からしばらくの間（2004年～2006年頃）、電子制御に関連するエンジントラブルが頻発した。

目的

電子制御機関で発生しているトラブルの全般及び船内環境（振動、温度）について実態調査を行う。

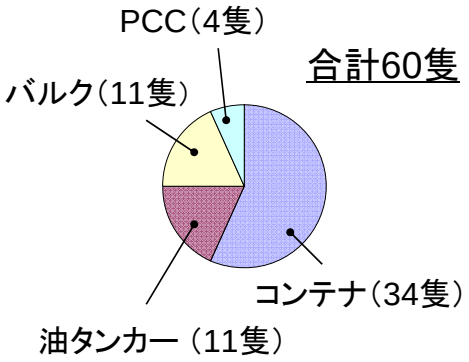
- 個別の損傷に対する適切な対応
- 電子制御関連規則の見直し
- 試験方法（環境試験基準 等）の見直し

目次

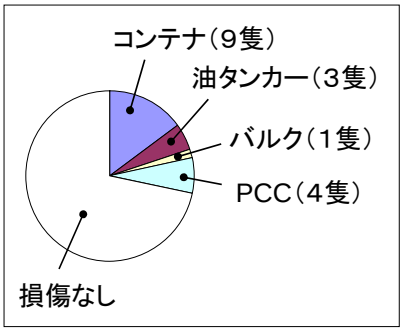
- 研究開発の背景
- 研究開発の概要
  - 電子制御機関の実績及び構造
  - 損傷、不具合の分類及び事例
  - 船内環境（振動、温度）に関する実態調査
- まとめ

電子制御機関の実績

電子制御機関搭載船　　2004年4月～2009年4月完工のNK船



損傷：17隻

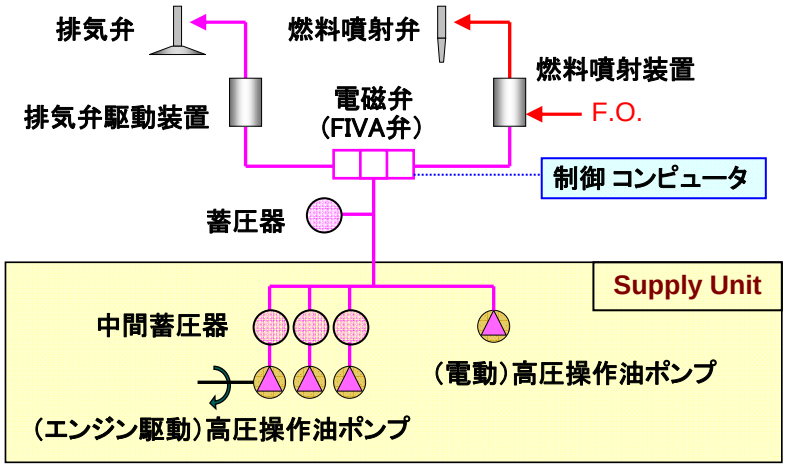


ClassNK NIPPON KAIJI KYOKAI

電子制御機関の構造（その1）

従来型機関のカム軸を油圧装置に置き換えた型式：

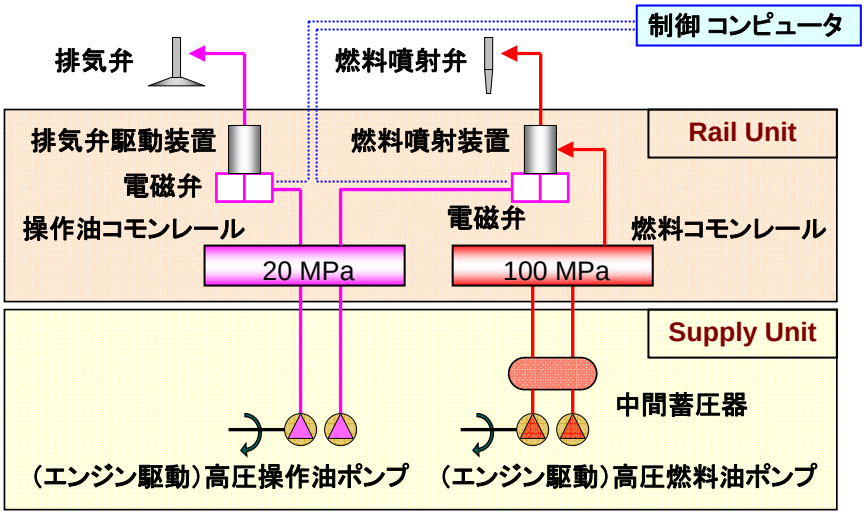
（例） MAN Diesel ME機関、三菱UEC-Eco機関



ClassNK NIPPON KAIJI KYOKAI

電子制御機関の構造（その2）

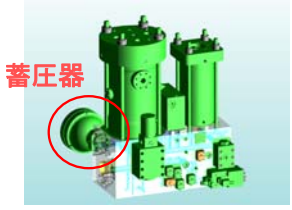
コモンレール式： （例） Wartsila RT-flex機関



ClassNK NIPPON KAIJI KYOKAI

損傷を誘発しやすい要因

- これまで舶用機関で使用実績がない機器（操作油蓄圧器（メンブレンを含む）、ロータリエンコーダ 等）が装着されている。
- ほとんどの電子制御機関は、制御パネル（制御基板を含む）を機側に設置している。
- 小径、かつ、多数の操作油管が機関のまわりに配置されている。



MAN DIESEL, SERVICE EXPERIENCE, 2007

WARTSILA, "The Sulzer RT-flex Common-Rail System Described"

DU-WARTSILA, "RT-flex機関の紹介", 2006

2009年ClassNK春季技術セミナー

ClassNK NIPPON KAIJI KYOKAI

損傷、不具合の分類

（1）電子制御機関に特有なハードウェアの損傷

- 燃料噴射弁及び排気弁の制御弁
- 高圧操作油及び燃料油のサプライポンプユニット
- 操作油蓄圧器（アキュムレータ）
- 各種制御用センサ、制御回路基板、等

（2）その他のハードウェアの損傷

- 燃料噴射弁、排気弁、等

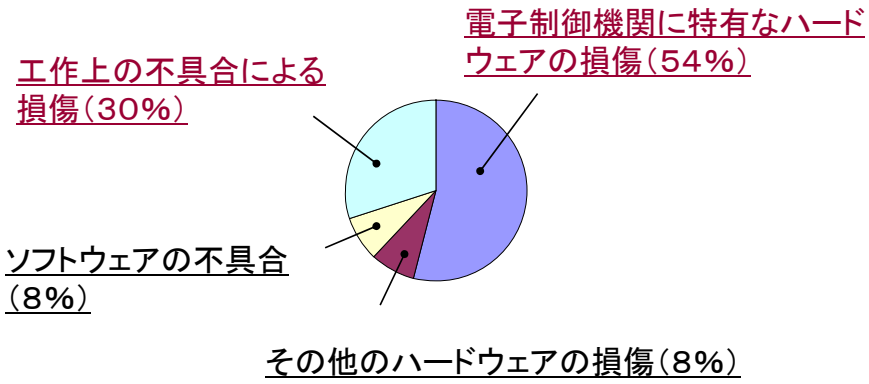
（3）ソフトウェアの不具合

（4）工作上の不具合による損傷

- 操作油ラインに異物が混入 ← 配管のフラッシング不良
- 配管溶接部からき裂発生 ← 配管のサポート不良

損傷、不具合の内訳

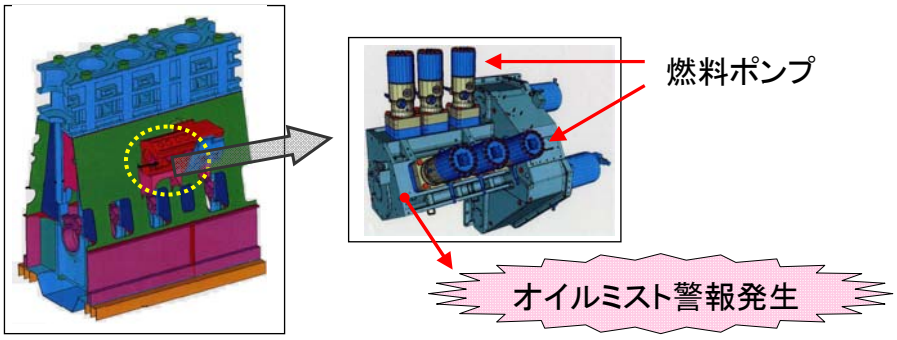
損傷、不具合に関する情報収集の結果：36件（NK船以外を含む）



損傷事例（1）

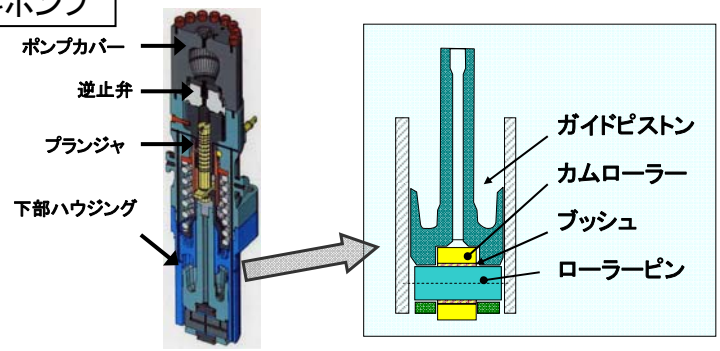
燃料サプライポンプユニット（RT-flex機関）

油タンカーに装備された電子制御機関において、燃料サプライポンプユニットケーシング内のオイルミスト濃度高警報が発生し、主機が自動減速



損傷事例（1）

燃料ポンプ



- 燃料ポンプカムローラー部のピンとブッシュの焼付き
- ガイドピストンの発熱膨張によるハウジングとの固着

➡ 耐荷重不足 or 潤滑油流量不足（冷却不足）

損傷事例（1）

ガイドピストンの掻き傷

ブッシュの焼損

ローラー部表面
の肌荒れ

損傷事例（1）

◆ 対策

新型式の燃料ポンプ（型式：V4）に構造変更

- ✓ 逆止弁の改良
- ✓ ピン径のサイズアップ（φ72 mm → φ80 mm）
- ✓ 固定ピン構造の採用
- ✓ 潤滑性の改良（潤滑油流量増加）

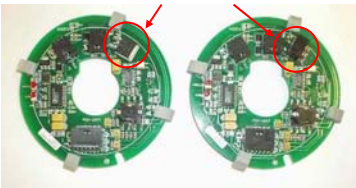
◆ NKの対応

- 機関の Shop Trial 時における検査強化
  （カム、ローラー及びガイドピストンの入念なチェック）
- 燃料ポンプの予備品の要求

損傷事例（2）

制御基板（ME機関）

試運転時、FIVAバルブ制御基板上の部品が発熱し、制御機能が不全となった。燃料過多の噴射が不適切なタイミングで起こり、筒内圧の異常上昇によりシリンダカバーがリフトアップした。



（制御基板）

（シリンダカバーのリフトアップ）

MAN DIESEL, SERVICE EXPERIENCE, 2007

損傷事例(2)

◆ 対策

➡ 設計改良

✓ 既に支給済のものについては、MAN社が独自のポータブル温度試験装置を用いてチェック。

(温度試験装置)
MAN DIESEL, SERVICE EXPERIENCE, 2007

◆ NKの対応

- NK船ではなかったが、船内環境(振動及び温度)の実態調査及び環境試験基準の見直しに着手。

不具合の事例

ソフトウェアの不具合

- エンジン起動前、停止後及びターニング中に、制御空気低圧、始動空気低圧、操作油低圧等の誤警報発生(原因:ソフトウェアのバグ)
- 船に搭載されている電子機器に、誤って旧バージョンのソフトウェアがインストールされた。

◆ NKの対応

- IACS UR E22(ソフトウェア関連規則)の規則への取り入れ(既に規則化を終了)。ソフトウェアの承認(品質管理を含む)、確認試験、バージョン管理、等
- 船舶の定期的検査におけるソフトウェア変更履歴の確認についても検討中。

船内環境に対する実態調査

電子制御機関に特有なハードウェアの損傷が多い。

※ 開発当初は、特に 振動 及び 高温 による制御基板の損傷が多く見られた。

制御基板が設置される船内環境（振動及び温度）に関する実態調査を開始

2008年、6隻の海上試運転時において温度及び振動計測を実施

↓

環境試験基準（IACS UR E10）の見直し

現行の環境試験基準（IACS UR E10）

振動

《ディーゼル機関に装着される電子機器》

作動状態において、0～100Hzの範囲で加速度4Gの振動試験を行い、異常がないこと。

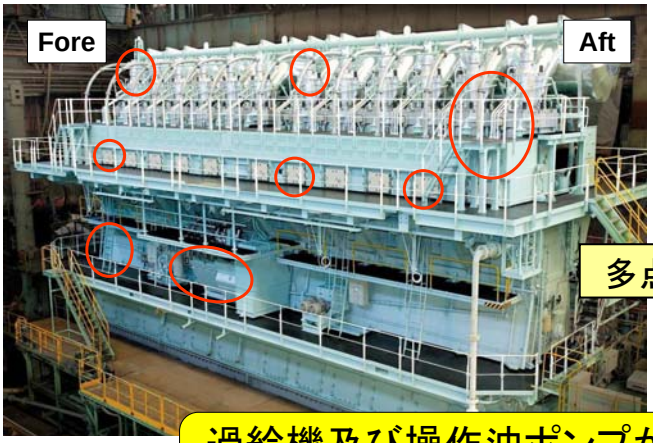
温度

《乾燥高温試験》

次の環境条件で機器を作動させ、異常がないこと。

✓ 70℃±2℃を2時間、又は、55℃±2℃を16時間

振動計測



○ 計測点

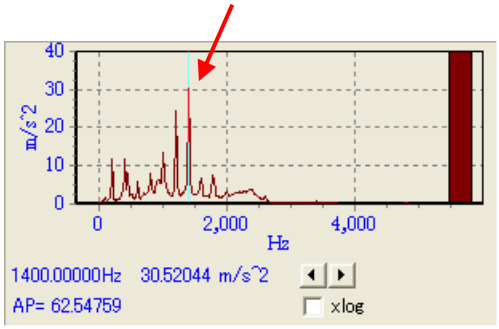
多点で振動計測

過給機及び操作油ポンプが大きな振動源になっていることを確認

振動計測例（1）

操作油ポンプのコントローラ

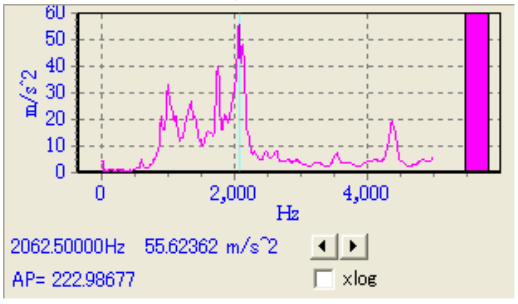
2kHzまでの範囲に最大3Gの振動発生



振動計測例（2）

燃料サプライポンプユニットのケーシング付きオイルミストセンサ

2kHzの付近で最大5.5Gの振動発生



環境試験基準の見直し

振動

《ディーゼル機関に装備される電子機器》

作動状態において、0～100Hzの範囲で加速度4Gの振動試験を行い、異常がないこと。

※ 実際には予想を超える高周波域で、過大な振動が発生している。4Gを超える場合もあり。

➡ **IACSに環境試験基準E10の見直しを提案**

温度計測例

排気弁位置センサー

機関出力：85%（NOR）
E/R温度 ：33.6℃

測定箇所			温度（℃）
No.1	FORE	上部	72.6
		下部	77.3
	AFT	上部	70.5
		下部	73.8
No.2	FORE	上部	73.5
		下部	72.6
	AFT	上部	71.2
		下部	72.7

➡ 70℃を超える温度

環境試験基準の見直し

温度

《乾燥高温試験》

次の環境条件で機器を作動させ、異常がないこと。
✓ 70℃±2℃を2時間、又は、55℃±2℃を16時間

※ 高温部である排気弁に設置される位置センサーについては、70℃を超えるものの、エンジンメーカーは既に対応済。
※ 機関室の温度は35℃前後。ただし、中東地域を航行する油タンカー等では、50℃を超える可能性がある。

➡
- 中東地域での温度計測（予定）
- その結果を踏まえ、IACSに環境試験基準E10の見直しを提案する予定。

目次

- 研究開発の背景
- 研究開発の概要
  - 電子制御機関の実績及び構造
  - 損傷、不具合の分類及び事例
  - 船内環境（振動、温度）に関する実態調査
- まとめ

まとめ （NKの対応）

（1） 電子制御機関の損傷全般に関する調査

電子制御機関に特有なハードウェアの損傷

- 現場検査の強化、予備品の要求等による対応。
- 現在、関連規則の見直しを実施中。

ソフトウェアの不具合

- IACS UR E22の規則への取り入れによるソフトウェアの品質管理体制（特に、バージョン管理体制）の検査を強化。2008年版規則から適用。

（2） 船内環境（振動及び温度）に関する実態調査

- 振動、温度ともに現行の環境試験基準（IACS UR E10）は実態に則していないため、IACSに見直しを提案。

ご静聴ありがとうございました。