

# 厳寒の南極海を航行する 砕氷艦「しらせ」の電気推進装置

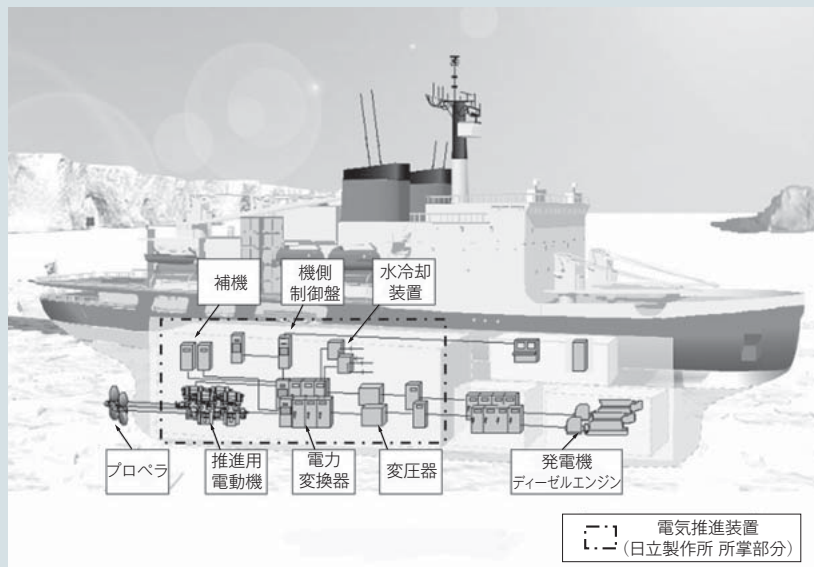


図1 新しらせの全体構成

2009年5月に新型砕氷艦「しらせ(新しらせ)」が就役した。しらせは、南極観測隊の物資と人員の輸送、および観測業務支援を目的とし、世界的に見ても高い砕氷能力、輸送能力を誇るもので、第51次南極地域観測から従事する予定である。日立グループは、鉄鋼圧延や鉄道といった豊富な回転制御技術を基に、しらせの電気推進装置を開発した。

## 1. はじめに

新型砕氷艦「しらせ(新しらせ)」は、南極観測行動における隊員や物資の輸送観測活動を行うための多目的船であり、先代しらせに代わり2009年5月に就役した。砕氷艦は、その名が示すとおり氷を割りながら航行することを前提としており、高出力の推進装置を必要とする。特に日本の観測隊がめざす昭和基地は、南極海で有数の流氷域であるリュツォホルム湾を越えた所にあり、しらせは、船を後進させて助走した後、氷床に船を体当たりさせて氷を割るラミング砕氷を繰り返しながら航行する。排水量1万t以上のしらせがこの砕氷航行を行うには、迅速に加減速できる推進装置が必要であり、さらに、このときプロペラに接触する氷塊を砕くために、高いトルク特性をもった推進装置でなければならない。しらせは、これらの仕様を満足するため、発電機、電気推進装置、プロペラから成る電気推進システムを採用しており、日立グループは、システムの中核を担

う電気推進装置の開発を行った。

## 2. 新しらせの電気推進装置

電気推進装置の全体構成を図1に示す。プロペラを駆動する推進用電動機、電動機を制御する電力変換器、変圧器、水冷却装置、ポンプや送風機といった補機類、そして各装置を統括する機側制御盤により構成される。新しらせと先代しらせの比較を表1に示し、以下に各機器の特徴を述べる。

### 2.1. 統合給電方式

新しらせの電源システムを図2に示す。先代しらせは、艦内一般負荷と推進負荷に別々の発電機から給電する分離給電方式であったが、新しらせは同じ発電機からすべての負荷に給電する統合給電方式を採用した。ただし、統合給電方式における発電機が全停止した場合の一般負荷への影響を回避するために、発電機停止の要因となる負荷急変や過負荷が起こらないよう、推進用電動機の出力を制限する制御を行っている。

### 2.2. プロペラ軸

新しらせは、プロペラ軸が先代しらせの3軸から2軸に変更となり、機関区画の減少、重量の低減が図られている。

表1 新しらせと先代しらせの比較

| 項目               | 新しらせ                               | 先代しらせ                           |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 常備排水量<br>(基準排水量) | 1万8,500 t<br>(1万2,500 t)           | 1万7,230 t<br>(1万1,600 t)        |
| 推進方式<br>(最大出力)   | 電気推進方式<br>(3万PS)                   | 電気推進方式<br>(3万PS)                |
| 軸数               | 2軸                                 | 3軸                              |
| 電動機              | 誘導電動機                              | 直流電動機                           |
| 電動機台数            | 5,516 kW×4台<br>(2軸×2台)             | 3,680 kW×6台<br>(3軸×2台)          |
| 電力変換機<br>制御方式    | ダイオードコンバータ<br>+PWM制御によるIGBTインバータ方式 | AC-R-DC方式                       |
| 給電方式             | 統合給電方式                             | 分離給電方式                          |
| 母線電圧             | 6.6 kV                             | 715 V                           |
| 発電機台数            | 7,400 kW×4台<br>(+補助発電機1,200 kW×2台) | 4,050 kW×6台<br>(+主発電機900 kW×4台) |

注：略語説明 PWM(Pulse Width Modulation)、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)

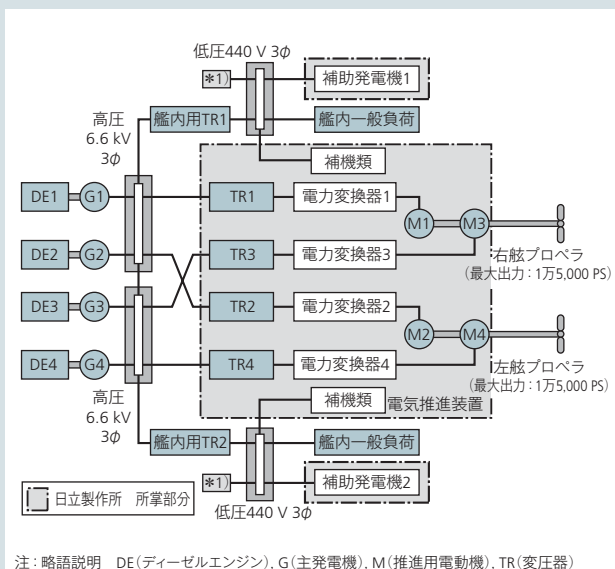


図2 新しらせの電源系統概略

それぞれの軸には2台ずつ電動機が直結されており、1台の電動機が故障した場合でも、もう1台の電動機が運転することで航行を続けることができる。電動機の切換は、制御によりスムーズに行うことが可能である。

### 2.3. 推進用電動機

新しらせは推進用電動機に堅牢(ろう)な誘導電動機を採用したことにより、直流電動機のブラシ・整流子のメンテナンスが不要となり、保守性が向上している。電動機は1台当たりの定格出力が5,516 kWであり、二つのプロペラ軸に2台ずつ計4台装備し、最大出力は約3万PS(仏馬力)である。通常海域では最大20ノットで船を航行させることができ、氷海域においても厚さ1.5 mの水を砕氷しながら3ノットで航行することが可能である。

### 2.4. 電力変換器

電力変換器は、電動機の加減速制御を行うインバータ、インバータに直流電力を供給するコンバータ、そしてこれらの制御を行う制御装置によって構成される。インバータはPWM(Pulse Width Modulation)制御IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)インバータを採用し、ベクトル制御演算によって電動機の迅速な加減速を可能としている。また、コンバータには多相ダイオード整流方式を採用し、電源系統への高調波を2%以下(単一成分)に抑制できた。

### 2.5. 機側制御盤

機側制御盤は、艦橋など上位システムからの指令を受信して各装置を統括するとともに、各装置の現在の状況を上位へ送信する。また、万一のCPU(Central Processing Unit)故障時の冗長性を高めるため、制御装置の二重化や、バッテリー付属の直流電源装置による停電時の電源供給など、緊急時にも対応できるように信頼性の高いシステムを構築している。

### 3. ミニモデルを用いた砕氷航行の検証

しらせは南極での航行を主とするため、ほかの艦船からの補給や援助を受けることがほぼ不可能である。電気推進装置が停止した場合は航行ができず、氷海に閉じ込められることから、砕氷航行における電動機制御の検証を行うことは、システムの信頼性の面で非常に重要である。

砕氷航行の検証は国内では困難なため、プロペラ形状や船体データによって砕氷時に電動機にかかる負荷を計算予測し、これらのデータを基にさまざまな砕氷パターンにおける動作シミュレーションを行うことで、砕氷航行時の電気推進装置の動作を確認した。また、プロペラ負荷を電動機で模擬した電気推進装置のミニモデル(出力換算で実機の約500分の1縮小モデル)を製作し、動作シミュレーションとの健全性を確認した。これらの検証により、氷海航行時に起こりうるリスクが最小限となるように低減を図った。

### 4. おわりに

今回開発したシステムには砕氷艦特有の仕様が数多く存在する。培った技術を基に、今後は他の艦船、船舶における電気推進装置においても開発に取り組んでいく考えである。

#### 執筆者紹介



西川 友啓  
2006年日立製作所入社、ディフェンスシステム事業部 電機システム設計部 所属  
現在、電気推進装置の設計、開発に従事