

蒸気タービン，主ボイラ

はじめに

エンジン項目

蒸気タービン、主ボイラーコース

このコースではLNG (Liquefied Natural Gas) 液化天然ガス船用主機蒸気タービン及びボイラについて、従来型の非再熱式蒸気タービン、ボイラと最新の再熱式蒸気タービン、ボイラの構造について解説致します。

LNG船について

1970年代まではオイルタンカー等でも、蒸気タービン、ボイラシステムが採用されていましたが、現在は、ディーゼルエンジンの高効率化によって、LNG船を除く一般商船ではディーゼルエンジンが主流となっています。

LNG船ではなぜ、現在も蒸気タービン、ボイラシステムが採用されているのか？

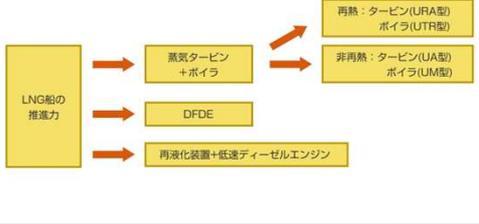
⇒LNG船では他の船舶と異なり、積荷の天然ガスを液化温度(-162℃)以下に保持する必要があります。しかし運搬中に一部自然燃焼(BOG:Boil Off Gas)します。このBOGをボイラの燃料として安全に燃焼できる為、現在でもLNG船では蒸気タービン、ボイラシステムが採用されています。



提供：川崎重工業（株）

LNG船主機の動向

前ページで記載した通り、LNG船は蒸気タービンが主機としています。従来非再熱式（UA型タービン/UAM型ボイラ）が主流であり、全世界で200隻以上の実績があります。2005年頃より「BOGを再液化する装置+低速ディーゼルエンジン」や「天然ガスを全く電気推進船(DFDE: DUAL FUEL DIESEL ELECTRIC)」が建造/運航されています。そのため近年では、より効率の高い再熱サイクルを使用する再熱式（URA型タービン/UTR型ボイラ）が主流になりつつあります。

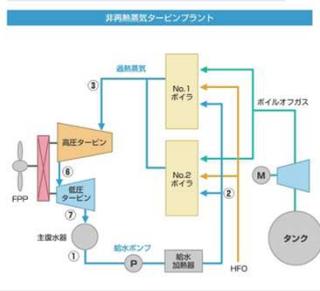
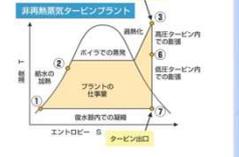


LNG船の推進力

- 蒸気タービン + ボイラ
 - 再熱：タービン(URA型)ボイラ(UTR型)
 - 非再熱：タービン(UA型)ボイラ(UAM型)
- DFDE
- 再液化装置+低速ディーゼルエンジン

非再熱蒸気サイクル（ランキンサイクル）と再熱サイクル（1）

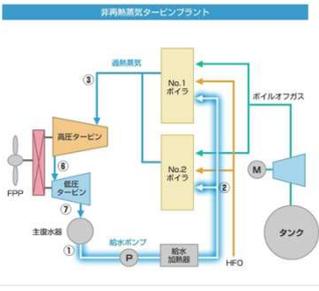
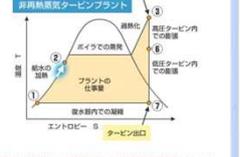
非再熱蒸気タービンサイクル（ランキンサイクル）

- ① 海水は給水ポンプで加圧後、給水加熱器で加熱され、ボイラ給水となります。
- ② ボイラで加熱され蒸気となり、さらに加熱されて① 過熱蒸気となります。
- ③ 過熱蒸気は高圧タービンに入り、高圧タービン内で膨張して出力を発生し④ 低圧タービン排気となります。
- ④ さらに低圧タービンに入って、低圧タービン内で膨張して出力を発生し⑤ 低圧タービン排気となります。
- ⑤ 復水器で冷却され、復水となります。

非再熱蒸気サイクル（ランキンサイクル）と再熱サイクル（1）

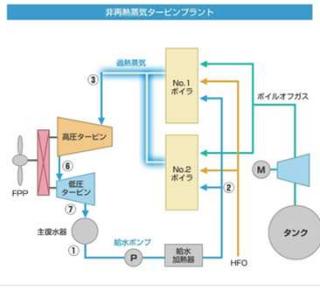
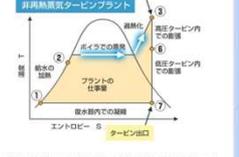
非再熱蒸気タービンサイクル（ランキンサイクル）

- ① 海水は給水ポンプで加圧後、給水加熱器で加熱され、ボイラ給水となります。
- ② ボイラで加熱され蒸気となり、さらに加熱されて① 過熱蒸気となります。
- ③ 過熱蒸気は高圧タービンに入り、高圧タービン内で膨張して出力を発生し④ 低圧タービン排気となります。
- ④ さらに低圧タービンに入って、低圧タービン内で膨張して出力を発生し⑤ 低圧タービン排気となります。
- ⑤ 復水器で冷却され、復水となります。

非再熱蒸気サイクル（ランキンサイクル）と再熱サイクル（1）

非再熱蒸気タービンサイクル（ランキンサイクル）

- ① 海水は給水ポンプで加圧後、給水加熱器で加熱され、ボイラ給水となります。
- ② ボイラで加熱され蒸気となり、さらに加熱されて① 過熱蒸気となります。
- ③ 過熱蒸気は高圧タービンに入り、高圧タービン内で膨張して出力を発生し④ 低圧タービン排気となります。
- ④ さらに低圧タービンに入って、低圧タービン内で膨張して出力を発生し⑤ 低圧タービン排気となります。
- ⑤ 復水器で冷却され、復水となります。

非再熱蒸気サイクル (ランキンサイクル) と再熱サイクル (2)

非再熱蒸気タービンサイクル (ランキンサイクル)

非再熱蒸気タービンプラント

再熱プラント

- ① 復水は給水ポンプで加圧後、給水加熱器で加熱されボイラ給水となります。
- ② はボイラで加熱され蒸気となり、さらに加熱されて過熱蒸気となります。
- ③ は高圧タービンに入り、高圧タービン内で膨張して出力を発生し、④ 高圧タービン排気となります。
- ④ はボイラに戻り、再び加熱されて⑤ 再熱蒸気となります。
- ⑤ は中圧タービンに入り、中圧タービン内で膨張して出力を発生し、⑥ 中圧タービン排気となります。
- ⑥ は低圧タービンに入り、低圧タービン内で膨張して出力を発生し、⑦ 低圧タービン排気となります。
- ⑦ は復水器で冷却され、復水となります。

非再熱蒸気サイクル (ランキンサイクル) と再熱サイクル (2)

非再熱蒸気タービンサイクル (ランキンサイクル)

非再熱蒸気タービンプラント

再熱プラント

- ① 復水は給水ポンプで加圧後、給水加熱器で加熱されボイラ給水となります。
- ② はボイラで加熱され蒸気となり、さらに加熱されて過熱蒸気となります。
- ③ は高圧タービンに入り、高圧タービン内で膨張して出力を発生し、④ 高圧タービン排気となります。
- ④ はボイラに戻り、再び加熱されて⑤ 再熱蒸気となります。
- ⑤ は中圧タービンに入り、中圧タービン内で膨張して出力を発生し、⑥ 中圧タービン排気となります。
- ⑥ は低圧タービンに入り、低圧タービン内で膨張して出力を発生し、⑦ 低圧タービン排気となります。
- ⑦ は復水器で冷却され、復水となります。

非再熱蒸気サイクル (ランキンサイクル) と再熱サイクル (2)

非再熱蒸気タービンサイクル (ランキンサイクル)

非再熱蒸気タービンプラント

再熱プラント

- ① 復水は給水ポンプで加圧後、給水加熱器で加熱されボイラ給水となります。
- ② はボイラで加熱され蒸気となり、さらに加熱されて過熱蒸気となります。
- ③ は高圧タービンに入り、高圧タービン内で膨張して出力を発生し、④ 高圧タービン排気となります。
- ④ はボイラに戻り、再び加熱されて⑤ 再熱蒸気となります。
- ⑤ は中圧タービンに入り、中圧タービン内で膨張して出力を発生し、⑥ 中圧タービン排気となります。
- ⑥ は低圧タービンに入り、低圧タービン内で膨張して出力を発生し、⑦ 低圧タービン排気となります。
- ⑦ は復水器で冷却され、復水となります。

非再熱蒸気サイクル (ランキンサイクル) と再熱サイクル (2)

非再熱蒸気タービンサイクル (ランキンサイクル)

非再熱蒸気タービンプラント

再熱プラント

- ① 復水は給水ポンプで加圧後、給水加熱器で加熱されボイラ給水となります。
- ② はボイラで加熱され蒸気となり、さらに加熱されて過熱蒸気となります。
- ③ は高圧タービンに入り、高圧タービン内で膨張して出力を発生し、④ 高圧タービン排気となります。
- ④ はボイラに戻り、再び加熱されて⑤ 再熱蒸気となります。
- ⑤ は中圧タービンに入り、中圧タービン内で膨張して出力を発生し、⑥ 中圧タービン排気となります。
- ⑥ は低圧タービンに入り、低圧タービン内で膨張して出力を発生し、⑦ 低圧タービン排気となります。
- ⑦ は復水器で冷却され、復水となります。

非再熱蒸気サイクル (ランキンサイクル) と再熱サイクル (2)

非再熱蒸気タービンサイクル (ランキンサイクル)

非再熱蒸気タービンプラント

再熱プラント

- ① 復水は給水ポンプで加圧後、給水加熱器で加熱されボイラ給水となります。
- ② はボイラで加熱され蒸気となり、さらに加熱されて過熱蒸気となります。
- ③ は高圧タービンに入り、高圧タービン内で膨張して出力を発生し、④ 高圧タービン排気となります。
- ④ はボイラに戻り、再び加熱されて⑤ 再熱蒸気となります。
- ⑤ は中圧タービンに入り、中圧タービン内で膨張して出力を発生し、⑥ 中圧タービン排気となります。
- ⑥ は低圧タービンに入り、低圧タービン内で膨張して出力を発生し、⑦ 低圧タービン排気となります。
- ⑦ は復水器で冷却され、復水となります。

非再熱蒸気タービンの仕様

下記に再熱式タービン (URA型) と非再熱式タービン (UA型) の仕様一覧を示します。

	再熱式タービン	非再熱式タービン
型式	URA-450	UA-400
出力	最大 33,100 kW (45,000 PS)	最大 29,420 kW (40,000 PS)
高圧タービン入口蒸気条件	11.7 MPaG 560 °C	5.9 MPaG 520 °C
中圧タービン入口蒸気条件	2.9 MPaG 540 °C	(None)
低圧タービン入口蒸気圧力	0.7 MPaG	0.5 MPaG

非再熱タービンの構造

従来の非再熱タービン (UA型) タービンの構造を示します。再熱タービンを並列に配置したクロスオーバー構造を採用。各タービンの出力は1台の主減速機に伝達されてプロペラ軸に回転力を与えます。主減速機はシェルアンドチューブ式の1回流で、冷却管にはタンク管が使用されています。

■前送進運転時
前送進時には、主ボイラからの主蒸気は前送進線管を介して高圧タービンに流入して仕事をし、クロスオーバー管を経て低圧タービン内の前送タービンに流入します。前送タービンの排気は、低圧タービンの排気室下部に置かれた主復水器内で海水と熱交換して復水になります。

■後送進運転時
後送進時には、主蒸気は後送進線管を介して後送中間弁 (急急送開弁) を経て低圧タービン内の後送タービンに流入して仕事をした後、主復水器で復水になります。

主減速装置 2段減速機 1段減速機 クロスオーバー管 低圧タービン 後送タービン 後送中間弁 海水出口 高圧タービン 操縦弁 (主蒸気入口) 復水 (主ボイラ) パッケージフレーム (タービン軸方向熱安定化装置) 主復水器

Kawasaki UA-TURBINE
UA型再熱タービン 26,900 kW 80 min⁻¹ 330 ton

非再熱タービンの構造

従来の非再熱タービン (UA型) タービンの構造を示します。再熱タービンを並列に配置したクロスオーバー構造を採用。各タービンの出力は1台の主減速機に伝達されてプロペラ軸に回転力を与えます。主減速機はシェルアンドチューブ式です。

■前送進運転時
前送進時には、主ボイラからの主蒸気は前送進線管を介して高圧タービンに流入して仕事をし、クロスオーバー管を経て低圧タービン内の前送タービンに流入します。前送タービンの排気は、低圧タービンの排気室下部に置かれた主復水器内で海水と熱交換して復水になります。

■後送進運転時
後送進時には、主蒸気は後送進線管を介して後送中間弁 (急急送開弁) を経て低圧タービン内の後送タービンに流入して仕事をした後、主復水器で復水になります。

主減速装置 2段減速機 1段減速機 クロスオーバー管 低圧タービン 後送タービン 後送中間弁 海水出口 高圧タービン 操縦弁 (主蒸気入口) 復水 (主ボイラ) パッケージフレーム (タービン軸方向熱安定化装置) 主復水器

Kawasaki UA-TURBINE
UA型再熱タービン 26,900 kW 80 min⁻¹ 330 ton

再熱タービンの構造

再熱タービン (URA型) タービンの構造を示します。再熱タービンでは高圧タービン出口の蒸気、圧力が低下した排気蒸気を主ボイラに送って再加熱して中圧タービンに戻す構造になっています。高圧タービンと中圧タービンは一体となっています。その他の機器については非再熱タービン (UA型) と基本的に同じ構造と配置が採用されています。

URA型再熱蒸気タービン
26,900 kW 76 min⁻¹ 360 ton

主減速装置 2段減速機 1段減速機 クロスオーバー管 低圧タービン 後送タービン 後送中間弁 海水出口 高圧タービン 操縦弁 (主蒸気入口) 復水 (主ボイラ) パッケージフレーム (タービン軸方向熱安定化装置) 主復水器

Kawasaki UA-TURBINE
再熱タービン 26,900 kW 76 min⁻¹ 360 ton

高中圧タービンの構造

再熱タービン (URA型) の高中圧タービンの断面図と写真を示します。高中圧タービンローターと中圧タービンローターは一体となっており、水平分断式の筒形室に組み込まれたコンパクトな構造になっています。

高中圧タービンローター 提供: 川崎重工業 (株)

高圧 (HP) & 中圧 (IP) タービン組立断面図 (URA)

提供: 川崎重工業 (株)

低圧タービンの構造

再熱タービン (URA型) の低圧タービンの断面図と写真を示します。低圧タービンでは前送タービンと後送タービンが一体となっています。前送進時には、中圧タービン排気蒸気が低圧タービン内の前送タービンに流入します。後送進時には、主蒸気は後送線管を介して後送中間弁 (急急送開弁) を経て低圧タービン内の後送タービンに流入します。

低圧タービンローター 提供: 川崎重工業 (株)

低圧タービン組立断面図 (URA)

提供: 川崎重工業 (株)

減速機の構造

タービン軸は減速比を大きくするための主減速装置は2段減速式となり減速装置の寸法、重量は主蒸気タービンで大きな部分を占めます。第1段小歯車はフレキシブルカップリング (歯車式) で各タービン軸と結合します。下部のように第1段小歯車に1個の第1段大歯車が噛み合うシングルトレイン型がURA型再熱蒸気タービンに採用されています。

主減速装置 提供: 川崎重工業 (株)

大歯車 76 min⁻¹
LP Turbine 低圧タービン 約 3,300 min⁻¹
HP Turbine 高中圧タービン 約 6,050 min⁻¹

再熱ボイラの構造 (1)

ます。LM型ボイラ同様、2期水管式(蒸気ドラムメンブレン(水管)で覆われる溶接構造ですが、再熱運転の場合、燃焼室を通過しD⇒GAHを通過し、煙突から排出されます。

提供：川崎重工(株)

再熱ボイラの構造 (1)

ます。LM型ボイラ同様、2期水管式(蒸気ドラムメンブレン(水管)で覆われる溶接構造ですが、再熱運転の場合、燃焼室を通過しD⇒GAHを通過し、煙突から排出されます。

※寸法、重量は一例であり最大蒸発量の変化に伴い、若干異なることもあります。

提供：川崎重工(株)

再熱ボイラの構造 (2)

左上面は蒸気フローを示します。左下面は再熱、非再熱の燃焼ガスフローを示します。

■再熱運転
蒸気ドラムで飽和した蒸気は1SH→4SHで過熱され、高圧タービンへ。その後1RH→2RHで再度過熱され中圧/低圧タービンを通過し戻されます。SH構造は、ドラム内に設置された温調内部燃焼熱により直接加熱されています。これはLM型ボイラも同様です。尚、温調外部燃焼熱器は非常用で、過常運転時は使用しません。(LM型ボイラには未設置)
これらに対して中圧蒸気温度は再熱蒸気温度制御ダンパで燃焼ガス量を調整することで制御しています。

■非再熱運転(後述時、待機時)
後述タービン使用時や蒸気が発電機にのみ供給される待機時は、高圧タービンを使用しない為、RHチューブに蒸気が流れない非再熱運転となります。
再熱器直線上部の燃焼ダンパ(は再熱蒸気温度制御ダンパ、再熱器保護ダンパ及びシールエアダンパ)により構成されており、再熱器保護ダンパで止め、この二重ダンパの中継スペースにシールエアを注入し、燃焼ガスを遮断することで、RHチューブを燃焼ガスから保護しています。

再熱ボイラの構造 (2)

左下面は再熱、非再熱の燃焼ガスを示します。左上面は再熱、非再熱の燃焼ガスを示します。

■再熱運転
蒸気ドラムで飽和した蒸気は1SH→4SHで過熱され、高圧タービンへ。その後1RH→2RHで再度過熱され中圧/低圧タービンを通過し戻されます。SH構造は、ドラム内に設置された温調内部燃焼熱により直接加熱されています。これはLM型ボイラも同様です。尚、温調外部燃焼熱器は非常用で、過常運転時は使用しません。(LM型ボイラには未設置)
これらに対して中圧蒸気温度は再熱蒸気温度制御ダンパで燃焼ガス量を調整することで制御しています。

■非再熱運転(後述時、待機時)
後述タービン使用時や蒸気が発電機にのみ供給される待機時は、高圧タービンを使用しない為、RHチューブに蒸気が流れない非再熱運転となります。
再熱器直線上部の燃焼ダンパ(は再熱蒸気温度制御ダンパ、再熱器保護ダンパ及びシールエアダンパ)により構成されており、再熱器保護ダンパで止め、この二重ダンパの中継スペースにシールエアを注入し、燃焼ガスを遮断することで、RHチューブを燃焼ガスから保護しています。

再熱ボイラの構造 (2)

左下面は再熱、非再熱の燃焼ガスを示します。左上面は再熱、非再熱の燃焼ガスを示します。

■再熱運転
蒸気ドラムで飽和した蒸気は1SH→4SHで過熱され、高圧タービンへ。その後1RH→2RHで再度過熱され中圧/低圧タービンを通過し戻されます。SH構造は、ドラム内に設置された温調内部燃焼熱により直接加熱されています。これはLM型ボイラも同様です。尚、温調外部燃焼熱器は非常用で、過常運転時は使用しません。(LM型ボイラには未設置)
これらに対して中圧蒸気温度は再熱蒸気温度制御ダンパで燃焼ガス量を調整することで制御しています。

■非再熱運転(後述時、待機時)
後述タービン使用時や蒸気が発電機にのみ供給される待機時は、高圧タービンを使用しない為、RHチューブに蒸気が流れない非再熱運転となります。
再熱器直線上部の燃焼ダンパ(は再熱蒸気温度制御ダンパ、再熱器保護ダンパ及びシールエアダンパ)により構成されており、再熱器保護ダンパで止め、この二重ダンパの中継スペースにシールエアを注入し、燃焼ガスを遮断することで、RHチューブを燃焼ガスから保護しています。

ガスタービン

はじめに

エンジン項目

ガスタービンコース

このコースではガスタービン機関について、その特徴と他機関との比較、基本サイクルと構造、使用用途について解説します。

ガスタービンの基本サイクル

もっとも単純な可逆ガスタービンサイクル（ブレイトンサイクル）の熱力学過程を、実際のサイクルでの流体の授受する作用と共に説明します。

図2 熱力学理論サイクル（ブレイトンサイクル）

- 圧縮機に入る吸気は等エントロピー過程で圧縮される。実際には断熱状態で圧縮され高温高压の空気が圧縮機を出る。
- 燃焼機に入った高温高压の空気が等圧過程で加熱される。実際には、高温高压の空気に燃料を加えて燃焼させ、高エネルギーを持つ燃焼ガスとなって燃焼機を出る。
- タービンに入った燃焼ガスは等エントロピー過程で膨張する。実際には静圧で断熱膨張した高速のガスを動員において回転エネルギーとして仕事を奪ってタービンを出る。
- タービンを出たガスは等圧過程で冷却されたのちに圧縮機に入る。実際にはタービンを出た後のガスは排出されるが、ターボジェットエンジンの場合はノズルを走り推進力を生み出す。また、蒸気タービンとの混合サイクルでは蒸気タービンサイクルの加熱に用いられる。

ガスタービンの基本サイクル

もっとも単純な可逆ガスタービンサイクル（ブレイトンサイクル）の熱力学過程を、実際のサイクルでの流体の授受する作用と共に説明します。

図2 熱力学理論サイクル（ブレイトンサイクル）

- 圧縮機に入る吸気は等エントロピー過程で圧縮される。実際には断熱状態で圧縮され高温高压の空気が圧縮機を出る。
- 燃焼機に入った高温高压の空気が等圧過程で加熱される。実際には、高温高压の空気に燃料を加えて燃焼させ、高エネルギーを持つ燃焼ガスとなって燃焼機を出る。
- タービンに入った燃焼ガスは等エントロピー過程で膨張する。実際には静圧で断熱膨張した高速のガスを動員において回転エネルギーとして仕事を奪ってタービンを出る。
- タービンを出たガスは等圧過程で冷却されたのちに圧縮機に入る。実際にはタービンを出た後のガスは排出されるが、ターボジェットエンジンの場合はノズルを走り推進力を生み出す。また、蒸気タービンとの混合サイクルでは蒸気タービンサイクルの加熱に用いられる。

ガスタービンの基本サイクル

もっとも単純な可逆ガスタービンサイクル（ブレイトンサイクル）の熱力学過程を、実際のサイクルでの流体の授受する作用と共に説明します。

図2 熱力学理論サイクル（ブレイトンサイクル）

- 圧縮機に入る吸気は等エントロピー過程で圧縮される。実際には断熱状態で圧縮され高温高压の空気が圧縮機を出る。
- 燃焼機に入った高温高压の空気が等圧過程で加熱される。実際には、高温高压の空気に燃料を加えて燃焼させ、高エネルギーを持つ燃焼ガスとなって燃焼機を出る。
- タービンに入った燃焼ガスは等エントロピー過程で膨張する。実際には静圧で断熱膨張した高速のガスを動員において回転エネルギーとして仕事を奪ってタービンを出る。
- タービンを出たガスは等圧過程で冷却されたのちに圧縮機に入る。実際にはタービンを出た後のガスは排出されるが、ターボジェットエンジンの場合はノズルを走り推進力を生み出す。また、蒸気タービンとの混合サイクルでは蒸気タービンサイクルの加熱に用いられる。

ガスタービンの基本サイクル

もっとも単純な可逆ガスタービンサイクル（ブレイトンサイクル）の熱力学過程を、実際のサイクルでの流体の授受する作用と共に説明します。

図2 熱力学理論サイクル（ブレイトンサイクル）

- 圧縮機に入る吸気は等エントロピー過程で圧縮される。実際には断熱状態で圧縮され高温高压の空気が圧縮機を出る。
- 燃焼機に入った高温高压の空気が等圧過程で加熱される。実際には、高温高压の空気に燃料を加えて燃焼させ、高エネルギーを持つ燃焼ガスとなって燃焼機を出る。
- タービンに入った燃焼ガスは等エントロピー過程で膨張する。実際には静圧で断熱膨張した高速のガスを動員において回転エネルギーとして仕事を奪ってタービンを出る。
- タービンを出たガスは等圧過程で冷却されたのちに圧縮機に入る。実際にはタービンを出た後のガスは排出されるが、ターボジェットエンジンの場合はノズルを走り推進力を生み出す。また、蒸気タービンとの混合サイクルでは蒸気タービンサイクルの加熱に用いられる。

ガスタービンの基本サイクル

もっとも単純な可逆ガスタービンサイクル（ブレイトンサイクル）の熱力学過程を、実際のサイクルでの流体の授受する作用と共に説明します。

図2 熱力学理論サイクル（ブレイトンサイクル）

- 圧縮機に入る吸気は等エントロピー過程で圧縮される。実際には断熱状態で圧縮され高温高压の空気が圧縮機を出る。
- 燃焼機に入った高温高压の空気が等圧過程で加熱される。実際には、高温高压の空気に燃料を加えて燃焼させ、高エネルギーを持つ燃焼ガスとなって燃焼機を出る。
- タービンに入った燃焼ガスは等エントロピー過程で膨張する。実際には静圧で断熱膨張した高速のガスを動員において回転エネルギーとして仕事を奪ってタービンを出る。
- タービンを出たガスは等圧過程で冷却されたのちに圧縮機に入る。実際にはタービンを出た後のガスは排出されるが、ターボジェットエンジンの場合はノズルを走り推進力を生み出す。また、蒸気タービンとの混合サイクルでは蒸気タービンサイクルの加熱に用いられる。

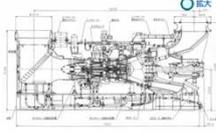
基本構造と各所の動作

圧縮機
圧縮機ではタービンから仕事をきて空気を圧縮して高圧にします。遠心圧縮機、軸流圧縮機および両者の組み合わせがあります。

燃焼器
圧縮機を出た高圧空気に燃料を混入して、高温の燃焼ガスを発生させます。

タービン
燃焼機を構成されます。通常、軽流タービンを、タービンは圧縮機を駆動するとともに有効出力を取り出します。

どんなところで使われているか



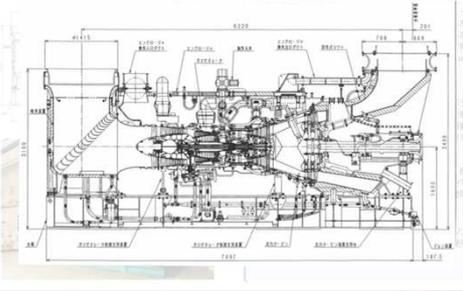

航空機用エンジン：
主エンジンとして推進力を得る方法は、ターボジェットエンジンでは排気流を、ターボファンエンジンでは排気と駆動したファンによる空気流を、ターボプロップエンジンとしては駆動したプロペラによって空気を推進し、それぞれ後方に押し出す反動力で推進力を得ます。また、航空機で使用する電力を発電するAPU(Auxiliary Power Unit)用としても利用されます。

船舶推進用エンジン：
主機関としては、得られた回転力を減速してプロペラを回転させる方式、得られた回転力で発電した電力でモータを駆動してプロペラを回転させる方式、得られた回転力でポンプを駆動して後方に水噴流を押し出す反動力で推進力を得る方式があります。

発電用エンジン：
得られた回転力で発電機を駆動して電力を得ます。機関は発電機出力に合わせた一定回転速度で運転される一種タービンです。近年は軍用タービン発電機の組合サイクルの導入により高発電効率を得ることができました。

その他、ヘリコプタの主エンジン、車両駆動の主エンジン、鉄道駆動の主エンジン、ミサイル駆動の主エンジンなどとして使用されています。

どんなところで使われているか



ジェットエンジン
ジェットエンジンとは、燃料を燃焼させて空気を圧縮し、その反動で推進力を得るエンジンです。

燃焼室
燃焼室は、圧縮された空気に燃料を混合し、点火して燃焼させる場所です。

タービン
燃焼室で発生した高温の燃焼ガスによって駆動されるタービンは、圧縮機を回すだけでなく、発電機やポンプを駆動する役割も果たします。

プロペラ
タービンの回転力を減速してプロペラを回すことで、推進力を得る方式があります。

どんなところで使われているか



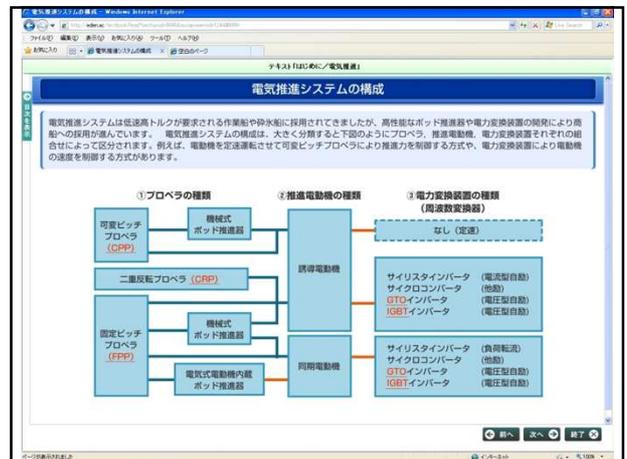
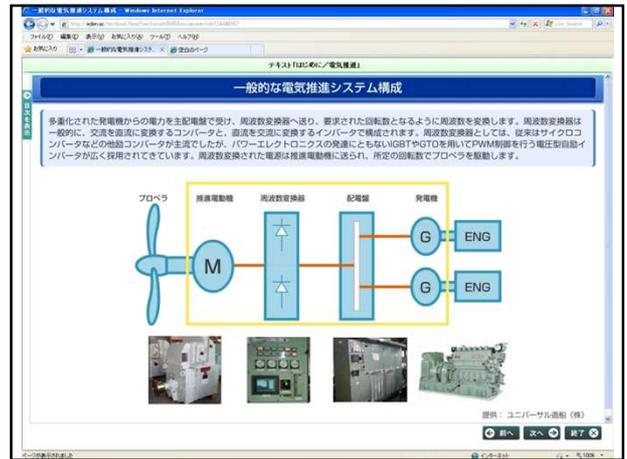
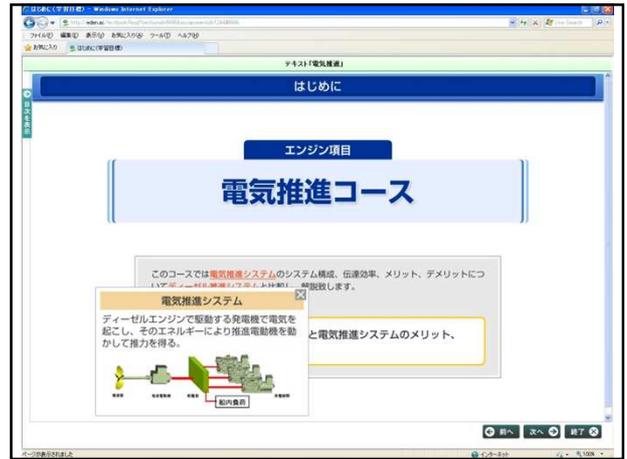
ジェットエンジン
ジェットエンジンとは、燃料を燃焼させて空気を圧縮し、その反動で推進力を得るエンジンです。

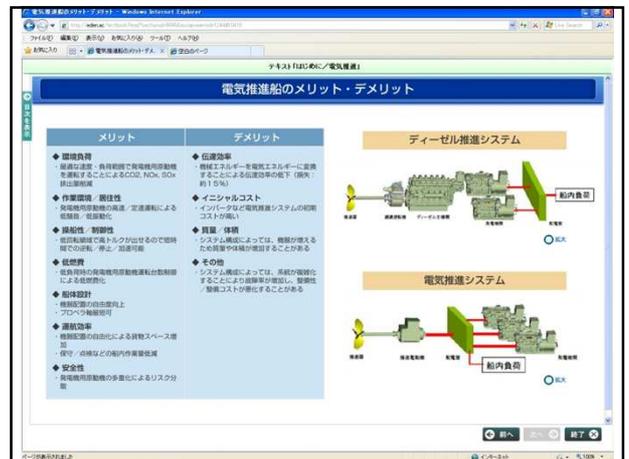
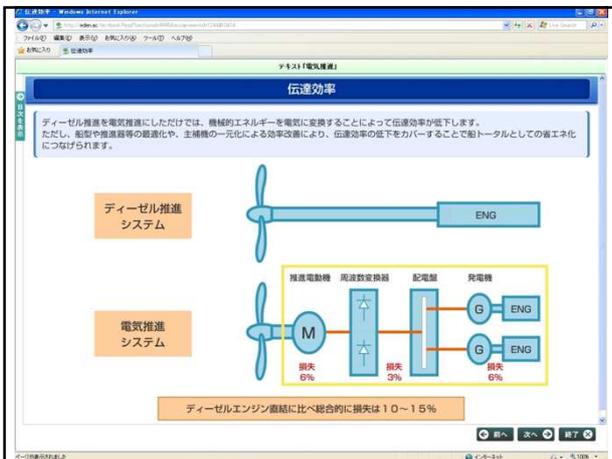
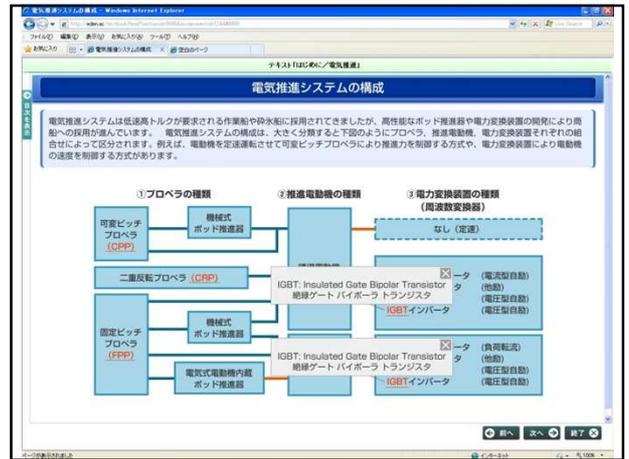
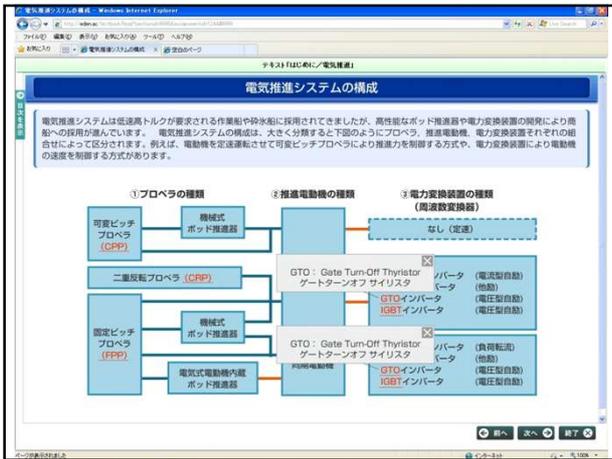
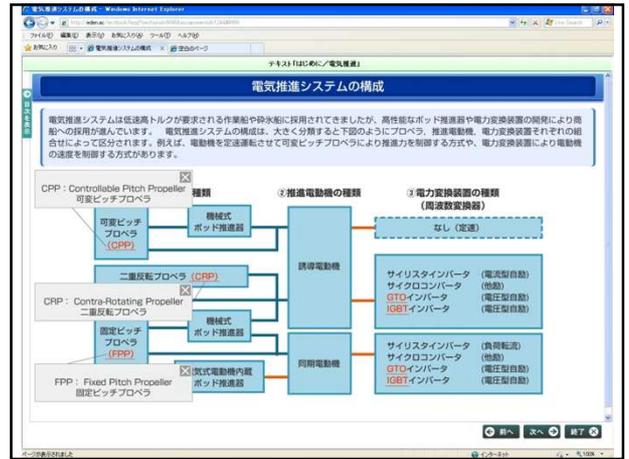
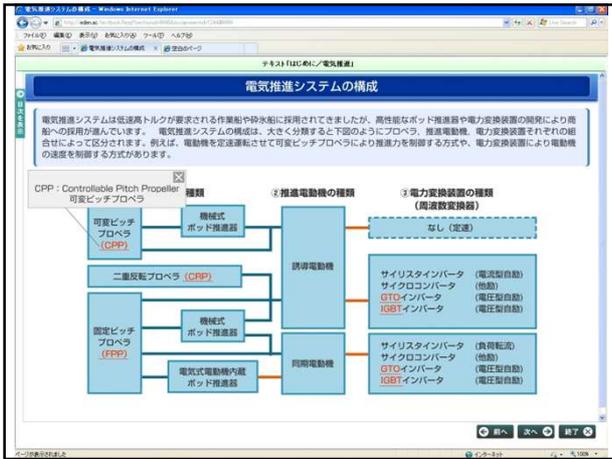
燃焼室
燃焼室は、圧縮された空気に燃料を混合し、点火して燃焼させる場所です。

タービン
燃焼室で発生した高温の燃焼ガスによって駆動されるタービンは、圧縮機を回すだけでなく、発電機やポンプを駆動する役割も果たします。

プロペラ
タービンの回転力を減速してプロペラを回すことで、推進力を得る方式があります。

電気推進





電気推進船のメリット・デメリット

メリット

- **環境負荷**
 - ・騒音に由来・負荷変動を減らすことによる心拍変動抑制
- **作業環境、操作性**
 - ・発電機用電動機の高速度駆動、電圧変動
- **操縦性、制御性**
 - ・低周波領域で高トルク駆動が可能（停止・加速）
- **信頼性**
 - ・低周波領域の発電機用電動機駆動制御による信頼性向上
- **船体設計**
 - ・機軸位置の自由度向上
 - ・プロペラ軸駆動不可
- **運航効率**
 - ・機軸位置の自由度による機軸スペース増大
 - ・保守・点検などの船内作業効率
- **安全性**
 - ・発電機用電動機の高速度によるリスク分散

システム構成によっては、系統が複雑化するによる信頼性の低下、操作性・整備コストが悪化することがある

電気推進システム

推進部 発電機 ディーゼルエンジン 配電系 船内負荷

電気推進船のメリット・デメリット

メリット

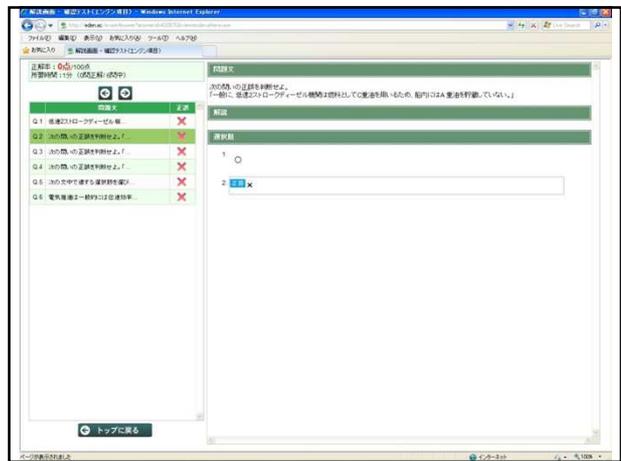
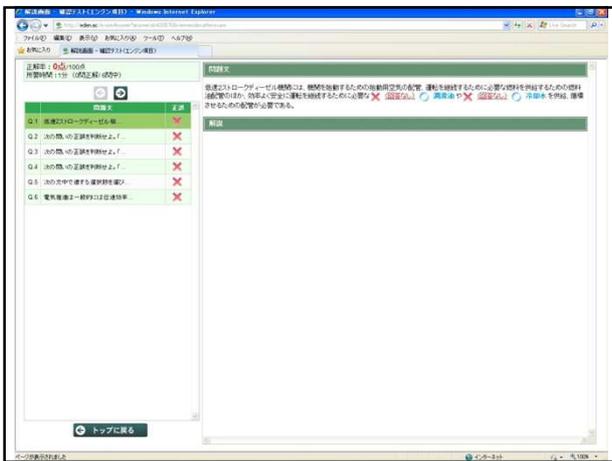
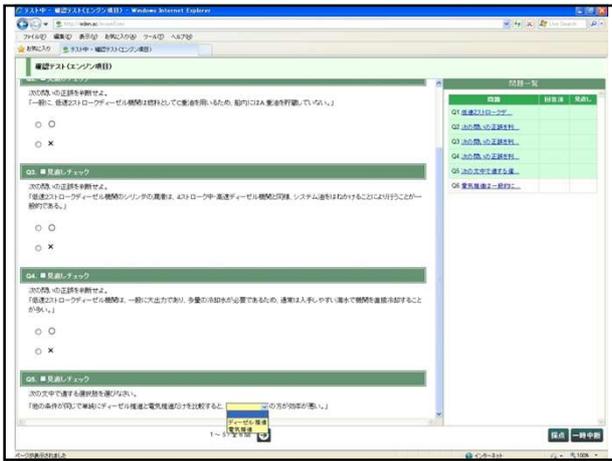
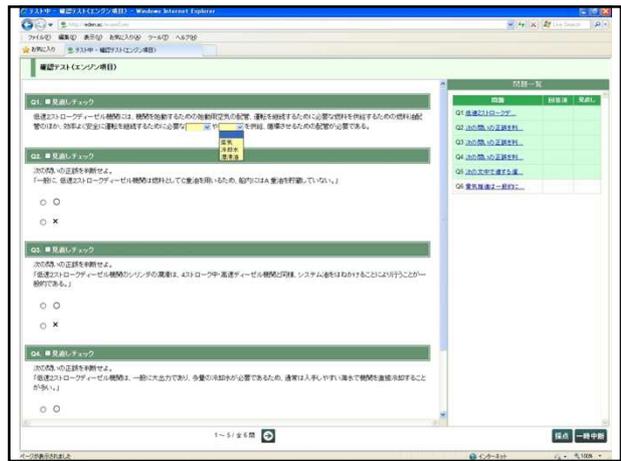
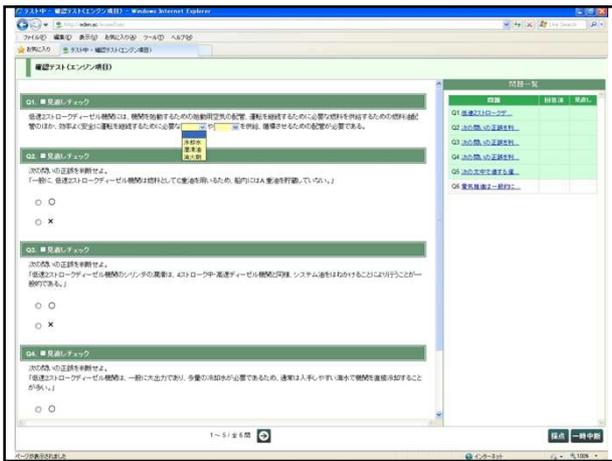
- **環境負荷**
 - ・騒音に由来・負荷変動を減らすことによるCO2, NOx, SOx排出抑制
- **作業環境、操作性**
 - ・発電機用電動機の高速度駆動、電圧変動による信頼性・操作性向上
- **操縦性、制御性**
 - ・低周波領域で高トルク駆動が可能（停止・加速）
- **信頼性**
 - ・低周波領域の発電機用電動機駆動制御による信頼性向上
- **船体設計**
 - ・機軸位置の自由度向上
 - ・プロペラ軸駆動不可
- **運航効率**
 - ・機軸位置の自由度による機軸スペース増大
 - ・保守・点検などの船内作業効率
- **安全性**
 - ・発電機用電動機の高速度によるリスク分散

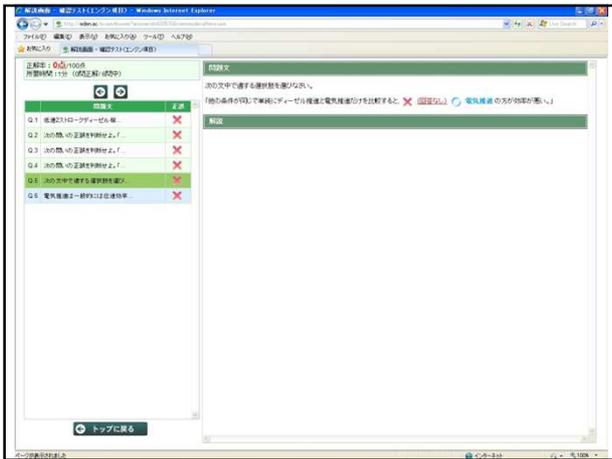
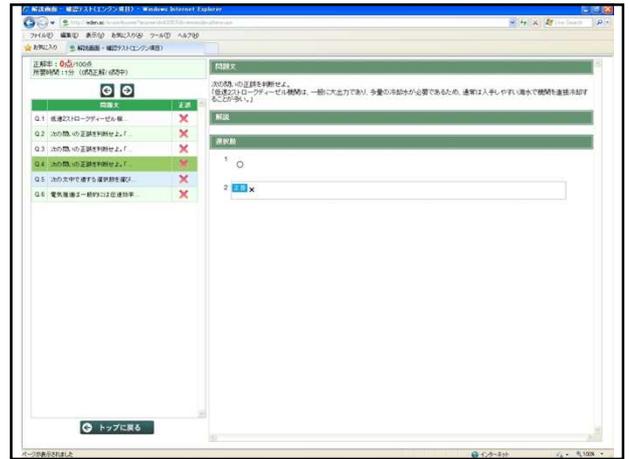
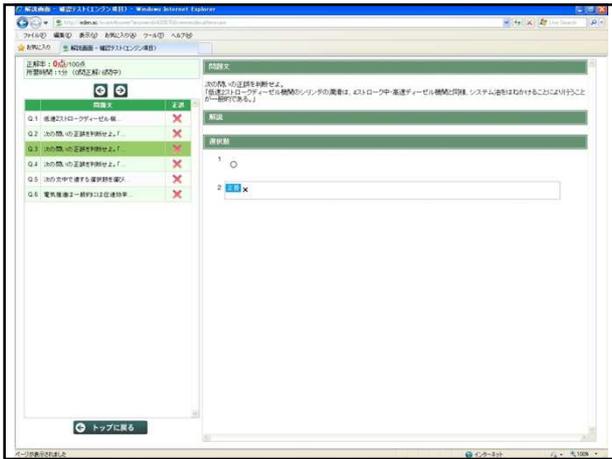
デメリット

- **信頼性**
 - ・機軸位置の自由度によるCO2, NOx, SOx排出抑制
- **インシデントコスト**
 - ・インverterなど電気推進システムの初期コストが高い
- **重量・体積**
 - ・システム構成によっては、重量が増える
 - ・高速度駆動時の騒音が増加することがある
- **その他**

ディーゼル推進システム

推進部 発電機 ディーゼルエンジン 配電系 船内負荷





排ガスエコノマイザー

はじめに

機関室補機項目

排ガスエコノマイザーコース

このコースでは機関室補機の構造、用途、原理について解説します。

学習目標

機関室補機の構造、用途、原理について説明できる。

概要

船の主機関が蒸気の利用していた時代からディーゼルエンジンの時代に移り変わる中で、ディーゼル主機関は、熱エネルギーの約30%が排ガスとして船外に捨てられていたが、主機関の排ガス下流環境中に熱交換器を設け、この排熱（排ガスの持つ熱エネルギー）を蒸気の形で回収する省エネルギー設備の一つとして排ガスエコノマイザー（以下、「排エコ」と称する）が普及してきた。

構造（1）

排ガスエコノマイザーを構造方式から区分すると、自然循環式と強制循環式に区分される。

自然循環式とは、熱回収をすると同時に排エコ内のボイラ水を密閉の状態で自然循環し、排エコ構成ドラム内で気水分離（蒸気と水に分ける）を行うものである。

強制循環式とは、左側の様に、排エコの入口側にボイラ水循環ポンプを設けて気水分離ドラムのボイラ水を強制的に排エコに通して循環させ、本体では熱回収のみを行い、気水分離は、別に設けられた油抜き補助ボイラ又は気水分離器で行うもので一般的に「排エコ」とは強制循環式を指す。

更に、伝熱管内を流れる流体により区分すると、水管式と煙管式に区分される。

水管式とは、主燃焼排ガス中に配置された伝熱管の中をボイラ水が流るものである。

煙管式とは、ボイラ水中に配置された伝熱管の中を主燃焼排ガスが流るものである。

構造（2）

左図に強制循環水管式用小形排エコの構造例を示す。この排エコは、主燃焼の排ガス循環中に水平に取り付けられる多数の伝熱管（水管）と出入口管寄せとから構成され、ボイラ水は伝熱管内を流れ、主燃焼排ガスは伝熱管外を直角上方に流れる。

図1. 系統図

排ガスエコノマイザーとは主燃焼の排熱を利用し蒸気発生させる装置である

用途

排エコで作られた蒸気の用途の中で主な役割としては、通常使用される高粘度の燃料油や廃油などを蒸気によって加熱し油の粘度を上げて粘度を低くし、流動性を高めることである。その他の用途としては下記の通りである。

また、コンテナ船や原油輸送船等では加熱用だけでなく、航海中の船内電力を供給するターボ発電機駆動用蒸気タービン（以下、「T/G」と称する）を装備してそれを駆動する動力用として利用される。

T/G 駆動用大形排ガスエコノマイザー 使用用途例

原理

DC型小形排エコ イメージ図 (最大級 1 台製作所 カタログより)

SGG型 大形排エコ 3 D図 (最大級 1 台製作所 カタログより)

蒸発の原理として、ボイラ水循環ポンプからのボイラ水は、蒸気器の入口管寄せに導かれ、ここから伝熱管に分配され、伝熱管内を流す間に熱回収されて気水混合物（飽和蒸気と飽和水の混合したもの）となり出口管寄せに集められる。集められた気水混合物は、補助ボイラ（または専用の気水分離器）に導かれて気水分離され、分離された飽和蒸気は、前述で示した通り加熱サービスとして、油タンクの加熱、その他用途に使用される。

T/G 駆動用の過熱蒸気を供給するT/G 駆動用大形排エコは、内部に過熱器を有し、過熱蒸気を生成させるのが種用小形排エコと異なる。

ボイラ

概要

ボイラは、密閉された容器内に水を入れ、これを加熱して大気圧以上の圧力を持つ水蒸気を生産させる装置のこと。当装置は蒸気機関などを駆動する動力源として開発、利用され始めたが、現在では動力以外にも加熱用など、様々な目的に利用されるようになっている。

構造 (油焚き補助ボイラ)

図1. OEV型 立水筒式油焚き補助ボイラ 断面図 (最大運転寸・製作所 カタログより)

図2. OEV型 立水筒式油焚き補助ボイラ 3D図 (最大運転寸・製作所 カタログより)

図1. に、立水筒式油焚き補助ボイラの断面図、図2. に3D図を示す。
その構造は、上部ドラムはボイラ用鋼板で作られた立形の内筒で水室と蒸気室を有し、その上層は三角形の構造で構成され、蒸気室は蒸気管のための管束となっている。円筒形の上部ドラムと下部ドラムの間には水室、ステー管及び降水管(ボイラ水の循環を助ける口径の大きな管)の事で、ボイラ水が上方から下方に流れる)を垂直方向に配置し、管外を蒸気燃焼ガスが流れ管内を水が流れる構造で、下部ドラム内にはボイラ用鋼板で作られた火炉が設けられている。
ボイラ水は火炉並びに伝熱管により加熱され、密度の差によってボイラ内部で対流、循環する。

ボイラとは密閉された容器内に水を入れ、これを加熱して大気圧以上の圧力を持つ水蒸気を生産させる装置である

構造 (コンビジットボイラ)

図3. OVS型 立筒式コンビジットボイラ 断面図 (最大運転寸・製作所 カタログより)

図4. OVS型 立筒式コンビジットボイラ 3D図 (最大運転寸・製作所 カタログより)

前頂の排ガスエコマイザと合わせた排ガス併用補助ボイラ(以下、「コンビジットボイラ」と呼ぶ)がある。
図3. にコンビジットボイラの断面図、図4. に3D図を示す。
停泊中は前面図右側に配置された火炉で燃料油を直接焚くことにより蒸気が作られ、航海中は前面図左側に配置された主燃焼排ガス導入用の垂直伝熱管群にディーゼル主機関からの排ガスを通すことで管外のボイラ水が加熱されて蒸気が作られる。作られた蒸気は、ドラム上部の排ガス出口温度を高くエリアに形成される蒸気室で汽水分離される。既に航海中に蒸気が不足した場合、バーナを燃焼させることにより不足した蒸気量を補うことができる。

油焚き補助ボイラに自然循環式排煙工を内蔵したボイラのことをコンビジットボイラと呼ぶ

用途/原理

■用途: 補助ボイラの使用用途は排ガスエコマイザとは異なり、前頂排ガスエコマイザの使用用途を参照のこと。

■原理

ON/OFF制御

燃焼ストップ (OFF)

蒸気圧力上昇

常用蒸気圧力

蒸気圧力低下

燃焼スタート (ON)

補助ボイラ本体は、その内部にボイラ水と蒸気を保有するため、圧力に発生される丈夫なボイラ用鋼板で作られた火ドラムと蒸気室、さらに、火炉(バーナ)から直接排出された重油を燃焼させることで燃焼室とも言う)を有し、火炉で燃焼された燃焼ガスは水管または伝熱管等の伝熱管により熱交換を行い、出口温度を通り船外へと排出される。
ボイラの圧力を自動燃焼するに当たり、ON/OFF制御方式がよく用いられる。
ON/OFF制御方式とは、バーナのON/OFFのみで蒸気圧力を制御する方式である。常用蒸気圧力に対して、蒸気圧力が常用圧力より下の設定圧力になると燃焼をスタートさせ、常用蒸気圧力より上の設定圧力になると燃焼をストップさせるという最も簡単な制御である。ボイラ内圧力を電気信号に変換して発信、制御している。
この他の制御方式では、急激な負荷増を耐える為の「ON/OFF & HI/LOW制御方式」、圧力を常時常用圧力に保持しようとする「ON/OFF & 比例制御方式」などがある。

ポンプ類

ポンプの構造 (1)

ポンプとは、液体にエネルギーを与え、「必要とする量」の液体を「目的とする高さ」まで移送、又は「目的とする圧力」まで昇圧する流体機械である。

ポンプの構造は、作動原理によって下記のように分類される。

ターボ形ポンプ	渦巻ポンプ	容積形ポンプ	往復動ポンプ
	軸流ポンプ		回転ポンプ
	斜流ポンプ		

特殊形ポンプ (上記2つに属さない物)

図1 構造による分類

ポンプの構造によって、必要な量(吐出し量、Capacity)と、目的とする高さ(揚程、Head)の性能が変わる。「ポンプの原理」で詳しく述べる。

ポンプの構造 (2)

図2 ターボ型ポンプ (渦巻ポンプ) (左: 構造、右: 羽根車断面)

図3 容積型ポンプ (左: 往復動、右: 回転)

ターボ型ポンプは、羽根車が液体に高速作用を与える。容積型ポンプは、容積の増減により昇圧作用を与える。ターボ型ポンプの原理は「ポンプの原理」で詳しく述べる。
※備考: 液体のエネルギーは下式のように速度、高さ、圧力の順であり、速度→圧力、高さ→圧力の順に形を変えることができる。
 $E(一定) = 1/2 \rho v^2 + mgh + mp/p$

ポンプの用途 (1)

これまで見てきたように、ポンプの吐出量と揚程の情報は、その構造に左右される。現在においては、使いやすさや性能の面から、ポンプの主流はターボ型（特に渦巻き型）である。これと比較して大容量で低揚程、又は小容量で高揚程の用途には、他の構造のものも用いられる。下の表にその関係を簡単に示す。

ポンプの種類	吐出量	揚程	備考	
ターボ形ポンプ	渦巻ポンプ	小～中	低～高	高揚程の場合、多段型とする。最も普及している。
	斜流ポンプ	中～大	低～中	渦巻きと斜流の中間。
容積形ポンプ	軸流ポンプ	大	低	大流量・低揚程に適する。船上の水道設備等に用いられる。
	往復動ポンプ	小	中～高	小流量・高揚程に適する。
特殊形ポンプ	回転ポンプ	小～中	中～高	粘性のある液体に適する。
	再生ポンプ・水撃ポンプ・ジェットポンプ等			ターボ・容積のどちらにも属しないポンプ。

ポンプの用途 (2)

表1のように、ポンプの性能・適する用途は構造によって違う。したがってポンプを購入する際は、全揚程・吐出量・使用液体・運転保守・設置条件などの情報をメーカーに与え設定させる必要がある。船内で用いられる「船用ポンプ」としては、各ポンプは一般に次のように用いられる。（特記なき場合は渦巻き型）

系統	(ポンプ名称の例)	備考
消防海水系統	主消防海水ポンプ	(主機・推進関係)
バラスト系統	バラストポンプ	
ビルジ系統	ビルジポンプ	渦巻き型ポンプ/往復動型ポンプ
消火(消防)系統	消防ポンプ	渦巻き型ポンプ(多段型)
汚水系統	汚水ポンプ	
精形水系統	精形ポンプ	
消泡海水系統	主冷却海水ポンプ	(主機・推進関係)
海水循環系統	海水循環ポンプ	
飲料水系統	飲料水ポンプ	
清水系統	清水ポンプ	
海水汲揚系統	汲揚水ポンプ、エジェクターポンプ	
潤滑油 (LO) 系統	高圧油ポンプ	渦巻き型ポンプ/回転型ポンプ
燃料油 (FO) 系統	燃料油移送ポンプ	回転型ポンプ
給水系統	高圧給水ポンプ	高圧関係 (ボイラー・ヒーター (過熱器) / タービン関係)
海水循環系統	海水循環ポンプ	(ボイラー・エコノマイザー関係)
海水系統	主海水ポンプ	(ボイラー・真空コンデンサー関係)
ドレン系統	ドレンポンプ	(ボイラー・大気圧コンデンサー関係)

ポンプの原理 (1)

渦巻きポンプの模式図

ページ数の都合上、渦巻きポンプの羽根車における動力伝達に絞って原理を説明する。

(1) で述べたように、渦巻きポンプでは羽根車の回転により液体に遠達作用（運動量の増加）を与える。これについては翼風機が風を送り出すところをイメージされたい。

今、羽根車の入り口から出口において液体に与える動力を知りたいとき、渦巻きポンプでは回転運動により運動量の変化が生じるため、角運動量として計算が必要である。角運動量の法則より、角運動量の変化は回転トルクに等しい。そのため、回転トルク T は羽根車出口、入り口の角運動量 L の差に等しいと言える。

単位時間当たりの角運動量 $L = mvv$ 、また $m = \rho Q$ より、
 $T = L_2 - L_1 = \rho Q (r_2 v_2 - r_1 v_1)$ (Nm) (1.1)
と表すことができる。

L : 単位時間当たりの角運動量 (kg・m²/s²)
 m : 流体の質量 (kg/s) $= \rho Q$
 v : 羽根車の半径 (m)
 v : 流体の円周方向成分 (m/s)
 T : 液体に与えるトルク (kg・m²/s² = Nm)
 ρ : 流体の密度 (kg/m³)
 Q : 流体の流量 (m³/s)
 v_1, v_2 : (羽根車入口) (羽根車出口) における流体の円周方向成分 (m/s)
流束率 1, 2: 羽根車入り口、出口

ポンプの原理 (2)

さて、今単位時間当たり持つ液体のエネルギーすべてが位置エネルギーの形であるとすると、 $E = mgh$ であり、 $\Delta E = E_2 - E_1 = mgh$ と表すことができ、 ΔE は液体の単位質量あたりのエネルギーを表す。

さらにこれを変形して、 $H = \Delta E / g$ という形にすると、その単位は (m) となり、エネルギーの高さ(揚程)で表すことができる。

よって、ポンプにおいて羽根車から液体に与える動力 P は E に等しいと考え、 $m = \rho Q$ を考慮して、
動力 $P = \rho Q \Delta E = \rho Q g H$ (W) (1.2)
と表すことができる。

一方、先に求めた羽根車の与えるトルクと動力 P の関係は $P = T \omega$ であるから、式(1.1)(1.2)を用いて、
 $P = \rho Q (r_2 v_2 - r_1 v_1) \cdot \omega = \rho Q \Delta E = \rho Q g H$
 $\therefore \Delta E = (r_2 v_2 - r_1 v_1) \cdot \omega = u_2 v_2 - u_1 v_1$ ここで、 P : 動力(W) ω : 角速度(rad/s) u : 羽根車の周速(m/s) $= r\omega$ となり、速度の変化で理論上のエネルギー変化量を表すことができる。この式をオイラーの式と呼ぶ。

またこの式を揚程 H を用いてあらわすと、
理論揚程 $H = (u_2 v_2 - u_1 v_1) / g$
と書くことができる。

以上のように、羽根車で受け渡される動力は、液体と羽根車の速度を用いて表すことができる。

参考文献: "ターボ機械入門"、ターボ機械協会、H21.9.15

フィルター(ストレイナ)

フィルター (ストレーナ) とは/単式フィルター

液体中の不要な固形物を取り除くためにもちいる網状の器具のことをフィルター (ストレーナ) と呼ぶ。(日本語では一般的にこし器という)

船舶ではポンプ、減圧弁、その他各種装置等が液体に含まれた異物の流入により故障や損傷を受けることを防止する目的でそれぞれの入口に設置される。

JIS では JIS F 7202～7209 及び J220～7225 に規定されている。

使用液体: 本体形状によって様々なタイプのフィルターがあるが、船用としてフィルターで代表的なものを下記する。

単式フィルター (Simplex filter)

標準的なタイプのこし器で、水、油、薬品等様々な用途に用いられる。主に連続使用しない配管系統、またはバックアップの機器及びラインが取り付けられている箇所に使用される。

写真の提供: 三菱重工株式会社 船舶用機械工業株式会社

複式フィルター/自動逆洗フィルター

複式フィルター (Duplex filter)

こちらも様々な液体に用いられるが、一般的に連続使用される配管系統に使用される。

二つのフィルター並んだ形になっており切り替えレバーで使用するフィルターを選択することが出来る。片方はバックアップとして利用し、片方には液体を流しながらもう片方でメンテナンスを行うことが出来る。

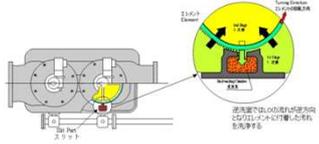
自動逆洗フィルター (Auto back wash type filter)

タイマー又はフィルターの入口・出口の差圧を感知取り自動的に逆洗を行うフィルター。主に 50μm 以下の目の細かいメッシュサイズのごし器に適用され、主機・発電機の燃料油や主機潤滑油のフィルターに多用される。

連続逆洗フィルター / 手動逆洗フィルター

連続逆洗フィルター (Continuous back wash type filter)

油圧アクチュエーターやモーターでエレメントや逆洗専用のアーム等を回転させ常時逆洗を行うことが出来るフィルター。主に50 μ m以下の目の細かいメッシュサイズのこし器に適用され、主機潤滑油のフィルターに多用される。下図に連続逆洗フィルターの原理を示す。



手動逆洗フィルター (Manual back wash type filter)

手で逆洗を行うことが出来るフィルター。主に50 μ m以下の目の細かいメッシュサイズのこし器に適用され、主機・発電機の燃料油主機潤滑油のフィルターに多用される。

手動逆洗フィルター

手動逆洗フィルター (Manual back wash type filter)

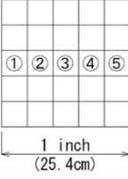
手で逆洗を行うことが出来るフィルター。主に50 μ m以下の目の細かいメッシュサイズのこし器に適用され、主機・発電機の燃料油主機潤滑油のフィルターに多用される。



※逆洗とは—
 フィルターが仕事をすると当然、異物がフィルターの表面に付着され徐々に目詰まりをしていく。そのままではフィルターが堵塞し流体が流れなくなってしまう為、フィルターを定期的にメンテナンスしなければならぬ。
 逆洗とは、流体を通常のろ過する流れとは逆の方向に流すことによってフィルターにて捕捉されたゴミを取り除き解放せずに目詰まりを解消させる仕組みである。
 逆洗された流体は、一般的に逆洗専用のラインを通り各種ドラメンタンクに導かれる。
 流体による分類 : 水フィルター、油フィルター、蒸気フィルター、空気フィルター等
 形状による分類 : 筒型フィルター、H型フィルター、Y型フィルター等
 構造による分類 : 厚式フィルター、薄式フィルター等

エレメント、メッシュとは

フィルターの中に装填される異物を回収する為の網のことをエレメントと呼ぶ。またエレメント (こし網) の目の粗さを単位をメッシュと呼ぶ。ただし、200メッシュ以上の物についてはメッシュ単体の大きさで μ (ミクロン) で表現 されることが多い。主な仕様はJIS F 7207を参照。1インチ (2.54cm) の長さの間に升目が何個並んでいるかでメッシュ数が表される。下の図では1インチの間に升目が5個あるので5メッシュとなる。



メッシュの種類では、比較的目の大きいピンチングメタル、目の大きいものから小さいものまで対応可能な金網やノッチワイヤー等がある。 清水・飲料水等、特に細かいメッシュサイズが要求される物については繊維を用いたメッシュが採用される。

熱交換器

熱交換器とは

温度の異なる流体と流体間、あるいは流体と固体間で熱をやりとりさせる装置。熱を一方の物質から他方の物質へ伝える装置を指す。

熱交換器には多種多様なものがあるが、機関室で補機として使用される主な熱交換器は「プレート式熱交換器」と「多管式熱交換器」の2種である。

プレート式熱交換器

構造 - 表面の形状が異なる2種類の金属プレートを交互に重ね合わせ、重ね合わせた各プレートの隙を、高温及び低温流体を交互に通過させる。これら流体間でプレートを通じ熱交換が行われる。
用途 - 低温流体として海水や淡水を使用し、潤滑油や清水を冷却する。 使用例：潤滑油冷却器、清水冷却器

プレート式熱交換器の長所

- 多管式熱交換器と比べ、液体-液体間の熱交換の効率が良く、装置そのものの大きさが多管式より小さい点、省スペース化が図れる。
- プレート同士を縦横、固定しているボルトを取り外すだけで分解することが出来るので、多管式と比べ、メンテナンスが容易であり、メンテナンス・スペースも小さい。

プレート式熱交換器の流体経路

油清浄機

多管式熱交換器

構造 - 円筒形の胴体(シエル)の中に伝熱管(チューブ)が多数入り、伝熱管の外側と内側に流体を流すことで熱交換が行われる。
用途 - 蒸気加熱式 - 伝熱管内に蒸気を、胴体内に海水や燃料油・潤滑油を流し、海水や各種油の加熱に用いる。
使用例：油加熱器、清水加熱器
海水冷却式 - 伝熱管内に海水を、胴体内に蒸気を流し、蒸気を冷却することで水を生成する。
使用例：海水器

多管式熱交換器の長所

- 低温から高温・低圧から高圧など、様々な流体を使用することが可能な為、蒸気を使用することが出来る。
- 加熱、冷却、蒸発、凝縮の全ての用途に適用可能である。
- プレート式と比べ流体の圧力損失が少なく、配管に組み込まやすい。

船内における油清浄の目的と清浄法

油清浄の目的は、油に含まれる水分や固形分の不純物を除去することである。
船内の油清浄機は、燃料油清浄機と潤滑油清浄機がある。燃料中に、水分、きょう質物、スラッジ等の不純物が多く含まれていると、ディーゼル機関で燃焼不良を引き起こすばかりでなく、燃料噴射ポンプや燃料噴射機を劣化させる原因となる。このため、燃料油清浄機によってこれらを除去している。また、潤滑油を換油機を使用すると、燃焼生成物や軸受メタルの摩耗粉などの混入により、潤滑油の劣化、スラッジの発生が進み、機関故障の原因となる。このため、潤滑油清浄機によってこれらを除去している。
清浄法としては回転機構によって機械的に生み出した遠心力を利用して不純物を除去する遠心式清浄法が最も広く使われている。

三菱セルフレクタ全体写真

遠心油清浄機の理論 (遠心効果)

遠心効果：油中の不純物粒子を重力分層に比べて遠心分層がどれほど迅速に行われるかを示す指標で、遠心力場における粒子の最終沈降速度と重力場における粒子の最終沈降速度との比で表される。これは結局、遠心力($m\omega^2 r$)と重力(mg)の比で表せ、遠心効果 $\omega = \frac{m\omega^2 r}{mg}$ と重力、 ω 角速度、 g 重力加速度となり、粒子の質量 m には関係しない。例えば回転半径15cm、毎分回転数7000rpmの遠心油清浄機の遠心効果は約3000となり、非常に高速に不純物を分離除去できることになる。

三菱セルフレクタ全体写真

遠心油清浄機の理論 (作用原理)

1. 重力下の油水分離機構U字管
右図はU字管に水と油を入れた時の重力下における油水分離の様子を示す。この場合は重力に代わって遠心力を受けて [1] 同様に油水分離の液柱高さが表れる。図より、油水分離部より上部の油と水の液柱高さは両者の密度比の逆比となる。

2. 遠心力場の油水分離機構U字管
右図は [1] のU字管を90度傾けて回転軸を中心に高速回転させたときの様子を示す。この場合は重力に代わって遠心力を受けて [1] 同様に油水分離の液柱高さが表れるが、その液柱高さに相当する部分は油水分離部から各液面までの半径の長さとわり、各半径 r_1, r_2 の間には図 [2] に示す一定の関係が成り立つ。この場合、油と水の密度が一定であればこの液柱状態は変わらない。

3. 遠心油清浄機の模式図回転円筒
そこで、模式図 (右図) に示す通り、油水分離部から汚油 (油水分離物) を入れ、油の出口半径 r_1 を固定し、油の比重から求めた水の出口半径 r_2 に調整して回転円筒を高速回転させて、連続的に汚油を取り出す装置を、遠心油清浄機という。
なお、油部分には約0.6mm間隔に傘形状の分離板を多数取り付け油を挟むことで、粘性凝縮により確実に回転させるとともに、油中の不純物粒子が分離板に付着して分離完了するまでの移動距離を短くしている。この形式をドラム型遠心油清浄機といい、現在の主流となっている。

造水装置

遠心油清浄機の構造例

図は三菱重工の油清浄機セルフレクタの運転中の回転体の立体断面図である。原油（汚油）は高速回転中の回転体上部中央から入り、分層のある分離室の海水増粘剤付道から内部に入る。ここで遠心力によって水やスラッジは外周部に押しやられ、中心部には洗浄された油が溜まる。分層水は青色で示した水出口から排出され、清浄油は黄色で示した清浄油出口から取り出される。

この清浄機は、回転体を密着している弁シリンダの隙間を通過途中に自由に行き入ることから、Self Ejector（セルフレクタ）と呼ばれる。これは回転体下部から進入する作動水の入口を1から2に切り替えるだけで、弁シリンダを開き、排出孔から内部に貯まったスラッジや水を瞬間に排出できるものである。

三菱セルフレクタGENIUS-SERIES新断面構造図
(三菱重工カタログより)

造水の目的 / 造水の原理

造水の目的

船舶で「淡水」は、ボイラ給水、主機・補機の冷却水のほか、乗組員等の生活用水として使われる。このため予め淡水タンクを設けて貯蔵しておくか、または造水装置を用いて海水から淡水を作る必要がある。そこで、造水装置を使えば船に備えるべき淡水タンクの容量を少なくでき、その分より多くの貨物を積めるというメリットがあるため、海洋航海を行う船舶では不可欠の補機となっている。

造水の原理

造水法はいくつかあるが、船舶では蒸発法が一般的である。これは図のように蒸発器に海水（海水）を入れて加熱煮沸させて、水蒸気を作り、これを蒸留器で冷却して淡水にする方法である。蒸留器に落ちた濃縮水はブラインと称して海に捨てる。ここで、海水が蒸発する前の加熱器の出力によって高圧式（大気圧式）と低圧式（真空式）に分けられるが、高圧式は沸点が100℃以上で、高温の加熱器が必要となり不経済であり、スケールの付着が多いため、現在は全く使われず、すべて低圧式造水装置となっている。

造水装置の原理図

造水装置の種類・形式・特徴（浸管式造水装置）

低圧式造水装置は蒸発器内における海水の蒸発様式によって、浸管式とフラッシュ式に分かれる。

浸管式造水装置

浸管式造水装置とは、蒸発器に貯められた給水（海水）を、真空中でディールエンジンの冷却水出口水（約80℃）などの低熱源で加熱蒸発させて水蒸気を得る形式である。図の形式では、海水エゼクタを用いてブラインを排出するとともに、器内の真空を得るばかりでなく、海水の一部を動力として蒸発器に供給している。

本形式は、一般にフラッシュ式に比べるとブラインの水分濃度は高く、低熱源へのスケール付着量はやや多いが、給水量、ブライン量が少なく、熱損失が小さいという利点を持っている。

新サクラ 低圧浸管式造水装置 (Kシリーズ) の流れ図・写真 (同カタログより)

造水装置の種類・形式・特徴（フラッシュ式造水装置）

フラッシュ式造水装置

図は2段用低圧フラッシュ式造水装置である。フラッシュ式は海水のように蒸発器内を給水エゼクタによって真空中に送り、各段内圧力に相当する飽和温度以上に予め加熱された給水（海水）を蒸発器内に噴射して瞬時に一部を自己蒸発させるという形式である。給水はまず蒸留器を冷却した後、給水加熱器で加熱されて、蒸発器に導かれる。タービン駆動の場合、機軸の冷却海水出口水（40℃～45℃）が蒸留器として利用されることもある。給水の一部が蒸発して水温の低下した給水は蒸発器内に取り出される。図のように2段用の場合はさらに真空中の第2段蒸発器に導かれ、自己蒸発した後、連続的に船外に排出される。このためブライン濃度は低く、給水量・ブライン量ともに浸管式の約10～20%と多く、熱損失が大きい。器内に付着するスケール量は極めて少ないという利点がある。

新サクラ 2段用低圧フラッシュ式造水装置の流れ図 (同カタログより)

空気圧縮機

概要

圧縮空気は、主機及び発電機等ディーゼル機関の始動空気、制御機を動作させる制御空気及び空気工具などの動力用として使用される。また、圧縮方式、冷却方式、潤滑方式により表のように分類することができる。

	分類	備考
圧縮方式	容積式	往復動式 中小容量の高圧空気に適する
	回転式 (スクルー式)	往復動式に対して、運動及び空気の騒動が小さい
冷却方式	ターボ式	遠心式 大容量の低圧空気に適する
	水冷式	遠心式 冷却水により冷却する
潤滑方式	空冷式	自然放熱またはファンにより冷却する
	油注式	油を注入し、潤滑、冷却、シールの作用をする
	無給油式 (オイルフリー)	潤滑及び冷却シール材を使用しない

主空気圧縮機

往復動型2段圧縮機 (例)

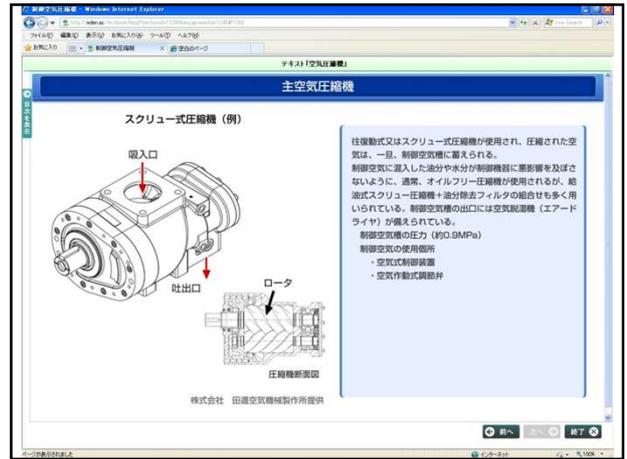
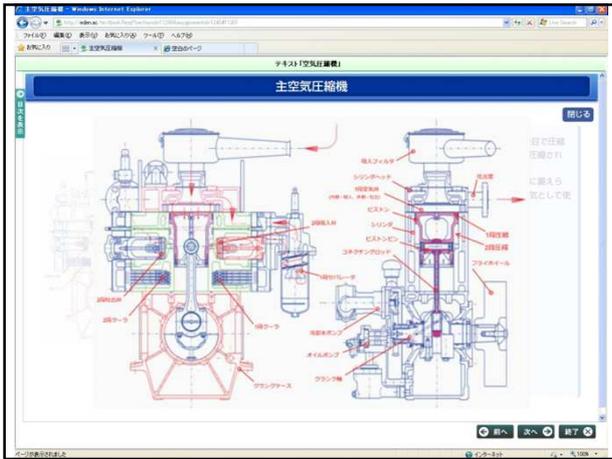
通常2～3段の往復動式圧縮機が使用される。1段目で圧縮された空気は、冷却されて次の段に送られ、順次圧縮される。主空気圧縮機で作られた空気は、一旦、主空気罐に蓄えられ、主機及び発電機等ディーゼル機関の始動空気として使われる。

また、減圧して、補助空気として使用される。

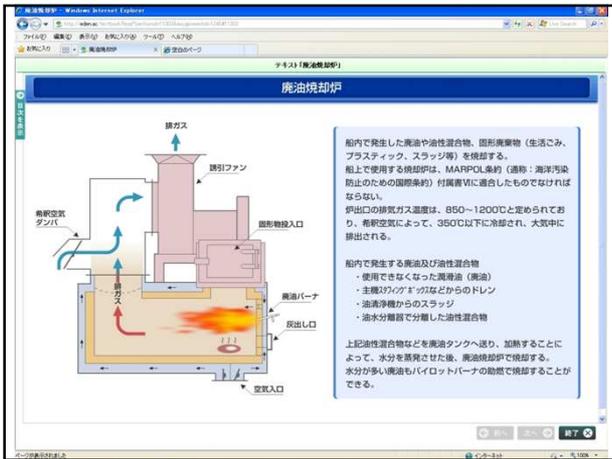
主空気罐の圧力 (約2.5～3.0 MPa)
補助空気の用途 (約0.5 MPa)

- 空気工具駆動用
- エアホーン
- タンク駆動用
- 掃除機

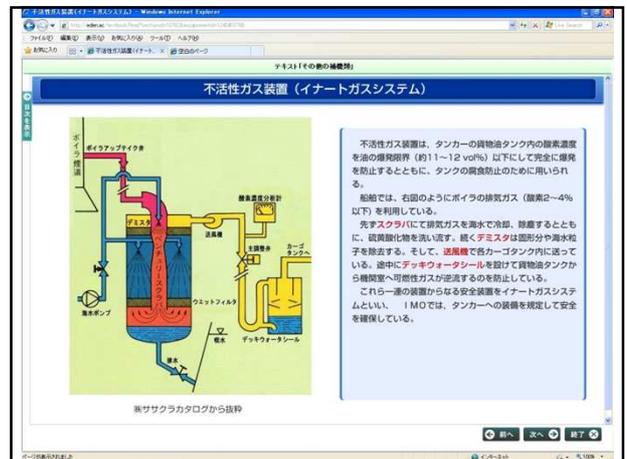
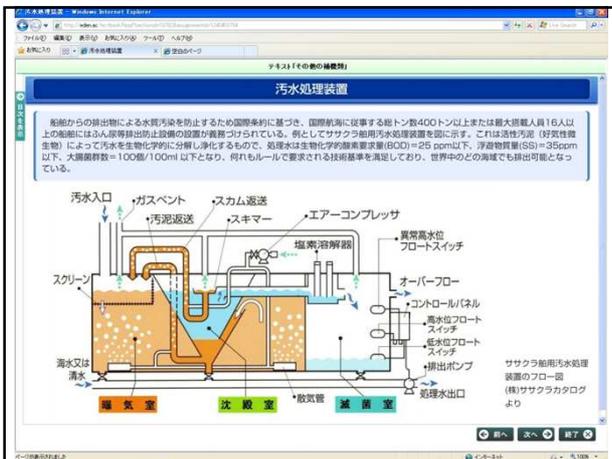
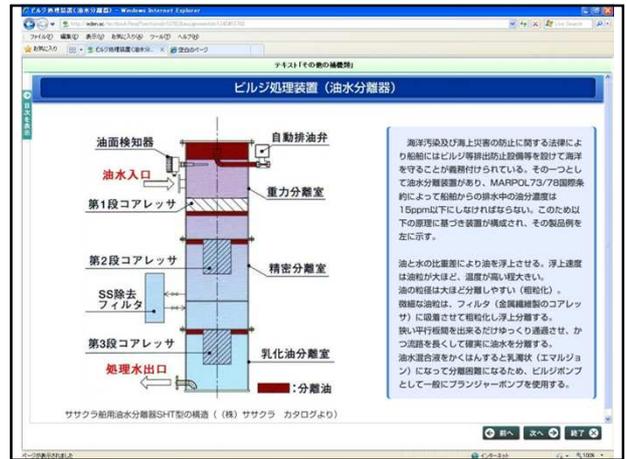
株式会社 田島空気機械製作所提供



排油焼却炉



その他の補機類



Windows Internet Explorer

アドレスバー: http://www.nhk.or.jp/

メニュー: 検索, 表示, 印刷, ヘルプ

アドレス: http://www.nhk.or.jp/

ページ名: 冷房機

現在のページ

冷房機

蒸気圧縮式冷房機の原理

現在の冷房機はほとんど蒸気圧縮式冷房機である。
蒸気圧縮式冷房機は、図のように圧縮機・凝縮器・膨張弁・蒸発器からなる。
 まず圧縮機①に動力を加えて蒸気冷媒を断熱圧縮すると高温高圧の蒸気となる。
 次にこの蒸気を凝縮器②で海水や空気で冷やすと圧力一定のまま液化する。
 この高温高圧の液冷媒を膨張弁③で圧縮機の吸込み圧力まで絞り膨張させると、冷媒の一部が蒸発しその潜熱を冷房自身から吸収するため低温の飽和蒸気となる。
 これを蒸発器④に送ると、より高温の冷房室内から熱を奪い、冷媒は全て蒸発して、再び圧縮機①に吸込まれ、最初に戻る。
 このようにして冷房室内を冷やしている。
 この4つの機器内を流れる流体を冷媒といい、現在はフロン系の冷媒であるHFC134aやHCFC123のほか、アンモニアも用いられる。

戻る 進む 終了

