

電験どうでしょう管理人
KWG presents

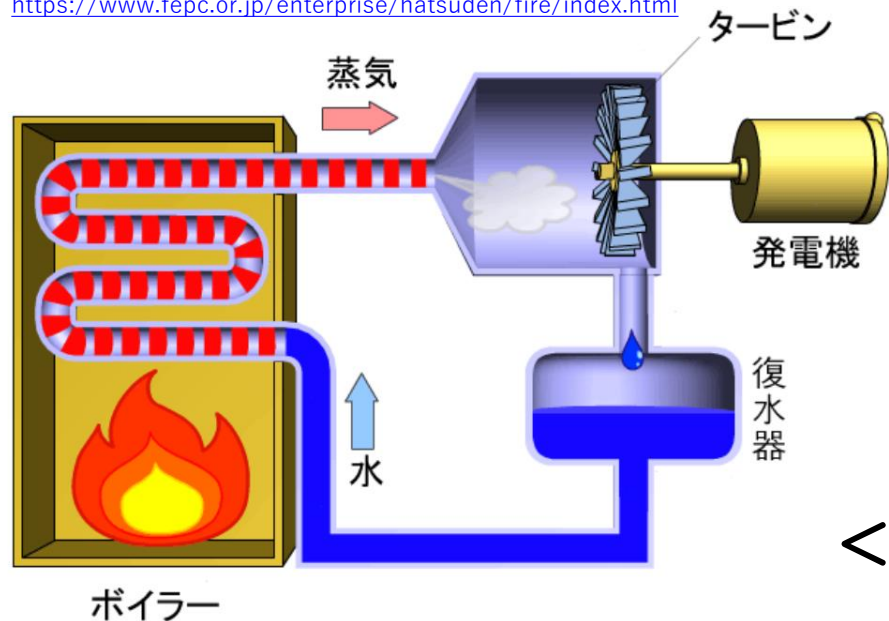
電験オンライン塾

第2回 タービン、復水器

2022.05.14 Sat

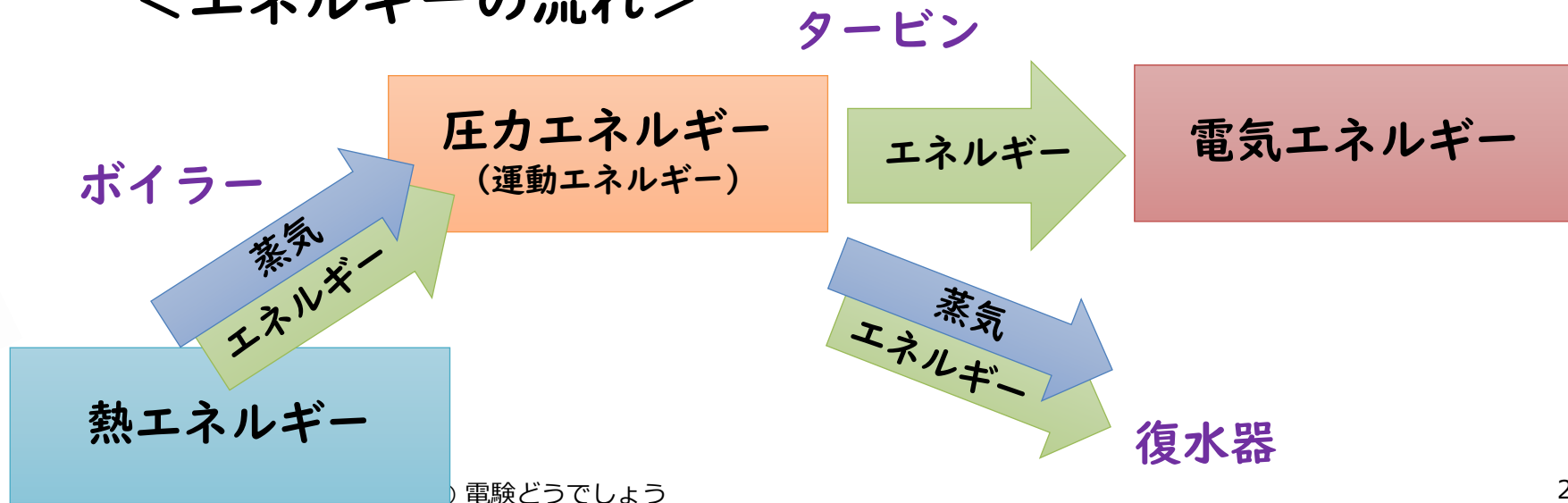
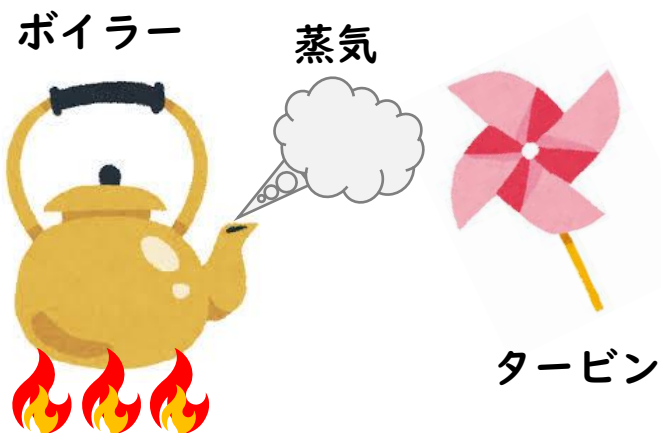
火力発電（汽力発電）とは

<https://www.fepec.or.jp/enterprise/hatsuden/fire/index.html>

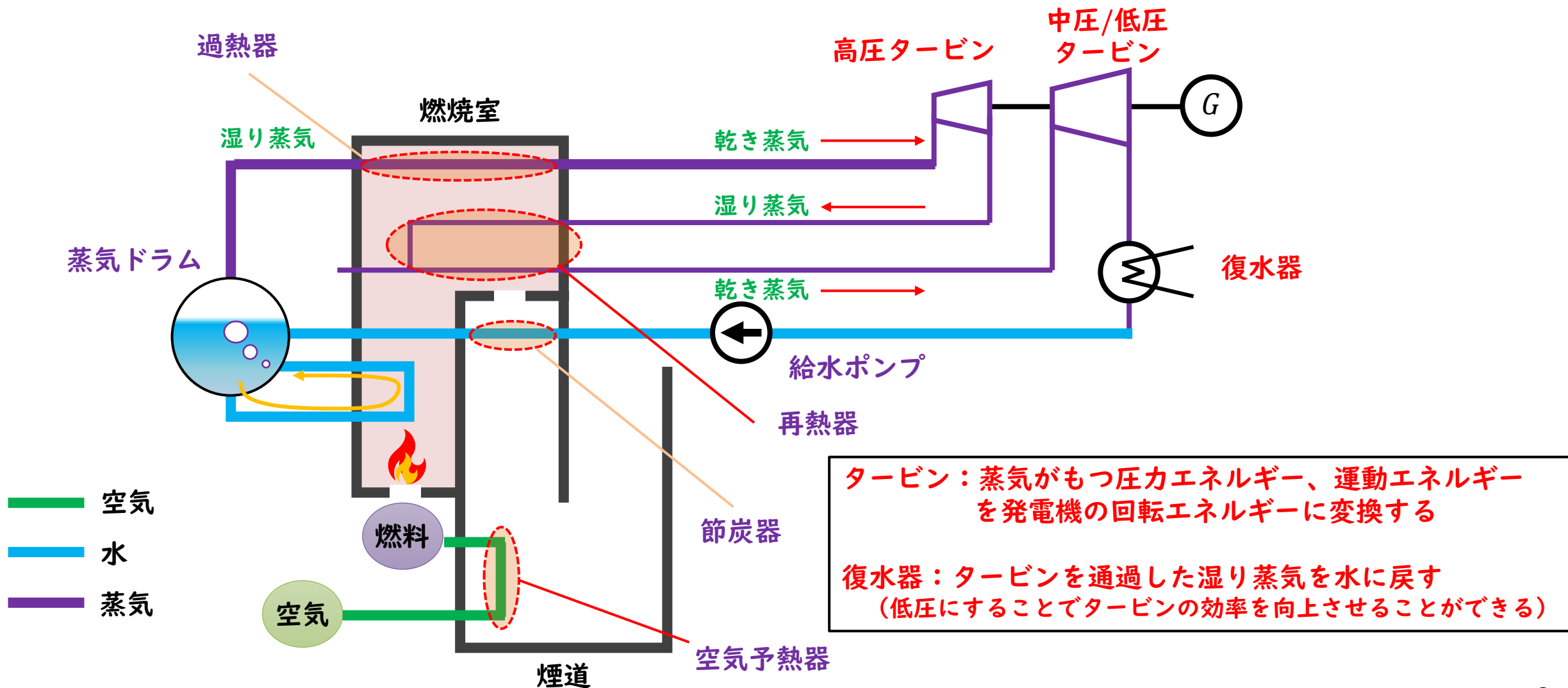


汽力発電：蒸気の膨張により得られる圧力を利用した発電方式

＜エネルギーの流れ＞

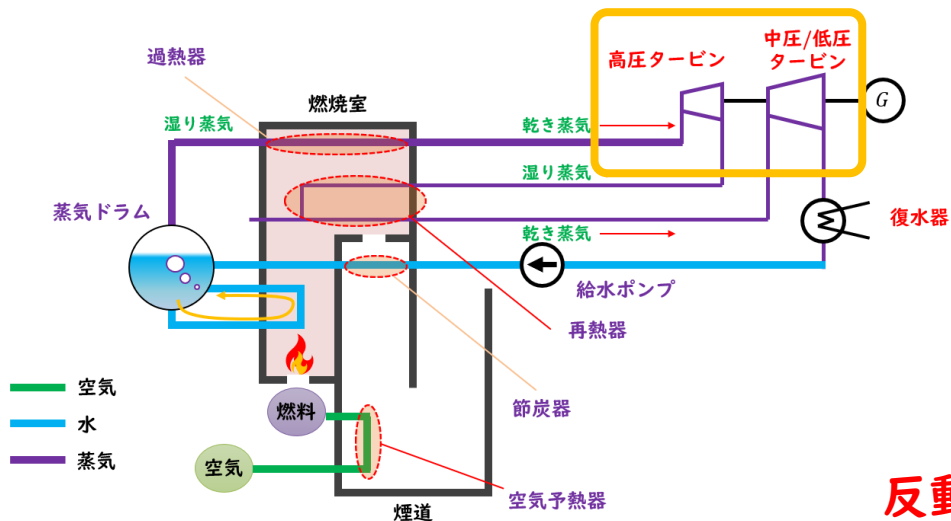


タービンと復水器



蒸気タービン

蒸気をもつ圧力エネルギー、運動エネルギーを発電機の回転エネルギーに変換する



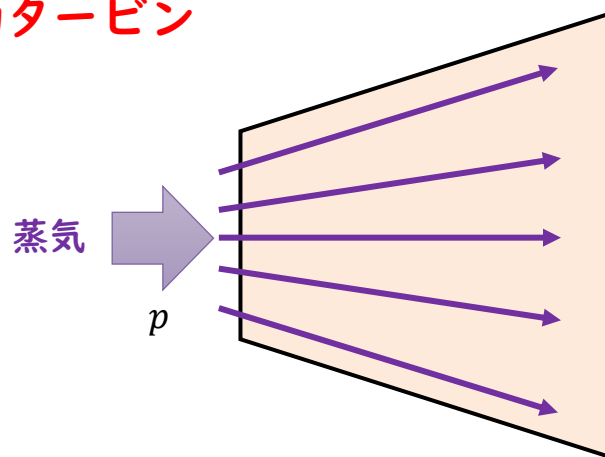
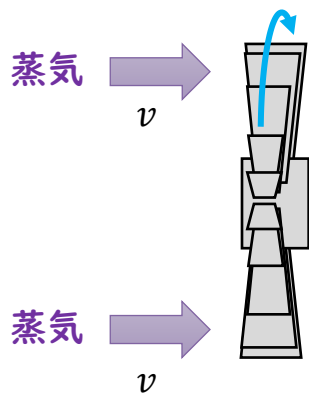
衝動タービン：蒸気の運動エネルギー（速度）で回転
※水力発電の衝動水車（ペルトン水車）

反動タービン：蒸気の圧力エネルギー（圧力）で回転
※水力発電の反動水車（フランシス水車）

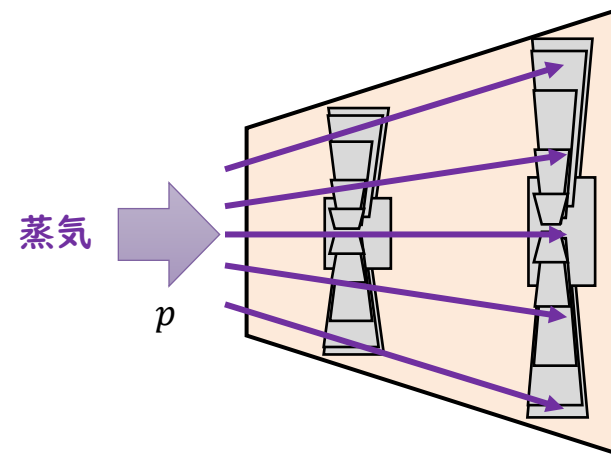
→主体は反動タービン

反動タービン

衝動タービン

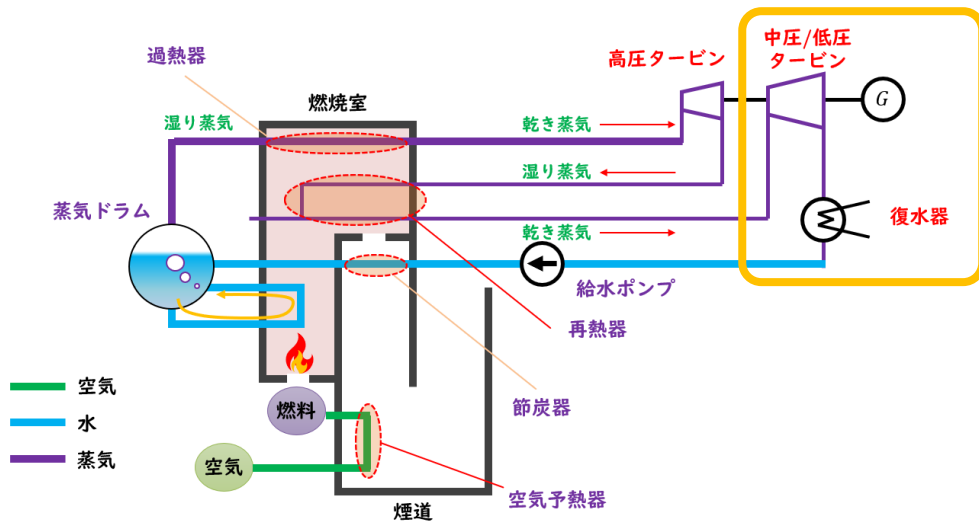


配管を末広りにすると蒸気が膨張し、広いほうへ進む

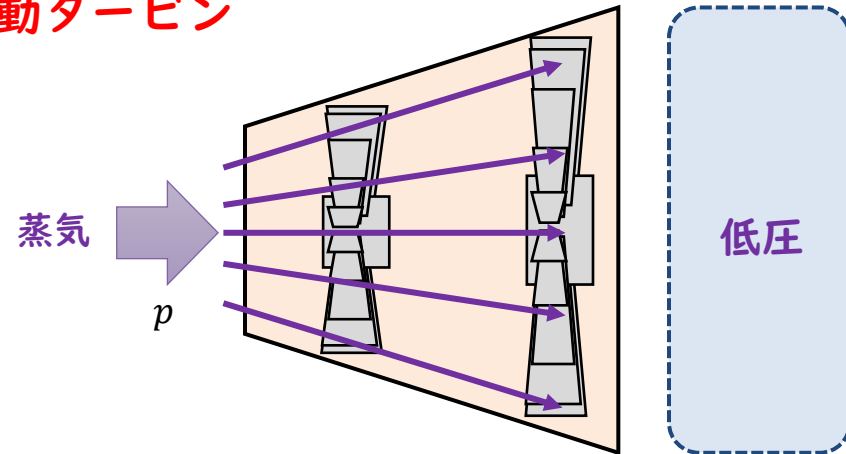


圧力を回転エネルギーに変換しながら蒸気は膨張する

復水器



反動タービン



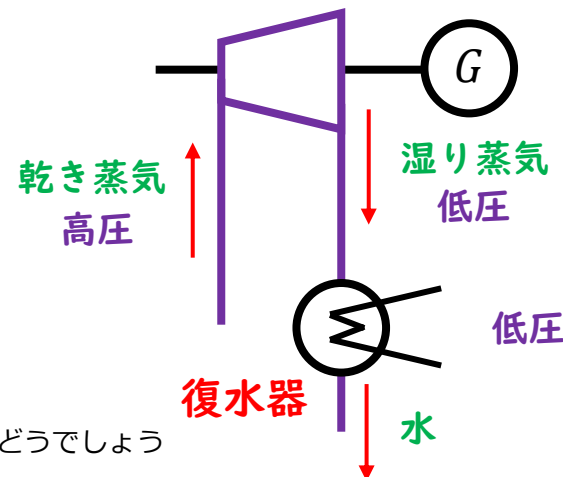
タービンの後段の圧力が
低いほうが蒸気が膨張し
やすい

圧力を回転エネルギーに変換し
ながら蒸気は膨張する

復水器：タービンを通じた湿り蒸気を水に戻す
→蒸気から水に変わるだけで圧力は一気に下がる
(空気中の水の粒が一か所に集まるのでスカスカになる)



蒸気タービン



タービン出口を低压にする
↓
復水器で蒸気を水に凝縮する
(蒸気の熱エネルギーを取り去る)
※汽力発電で最も
大きなエネルギー損失
↓
復水器の真空度を高くする

H2I 問3



問3 汽力発電所における，熱効率の向上を図る方法として，誤っているのは次のうちどれか。

- (1) タービン入口の蒸気として，高温・高圧のものを採用する。
- (2) 復水器の真空度を低くすることで蒸気はタービン内で十分に膨張して，タービンの羽根車に大きな回転力を与える。
- (3) 節炭器を設置し，排ガスエネルギーを回収する。
- (4) 高圧タービンから出た湿り飽和蒸気をボイラで再熱し，再び高温の乾き飽和蒸気として低圧タービンに用いる。
- (5) 高圧及び低圧のタービンから蒸気の一部取り出し，給水加熱器に導いて給水を加熱する。

H2I 問3



問3 汽力発電所における，熱効率の向上を図る方法として，誤っているのは次のうちどれか。

- (1) タービン入口の蒸気として，高温・高圧のものを採用する。
- (2) 復水器の真空度を低くすることで蒸気はタービン内で十分に膨張して，タービンの羽根車に大きな回転力を与える。 **復水器の真空度を高く（低圧）にする**
- (3) 節炭器を設置し，排ガスエネルギーを回収する。
- (4) 高圧タービンから出た湿り飽和蒸気をボイラで再熱し，再び高温の乾き飽和蒸気として低圧タービンに用いる。
- (5) 高圧及び低圧のタービンから蒸気の一部取り出し，給水加熱器に導いて給水を加熱する。

R01 問3



問3 汽力発電所における熱効率向上方法として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) タービン入口蒸気として、極力、温度が低く、圧力が低いものを採用する。
- (2) 復水器の真空度を高くすることで蒸気はタービン内で十分に膨張して、タービンの羽根車に大きな回転力を与える。
- (3) 節炭器を設置し、排ガス温度を上昇させる。
- (4) 高圧タービンから出た湿り飽和蒸気をボイラで再熱させないようにする。
- (5) 高圧及び低圧のタービンから蒸気の一部取り出し、給水加熱器に導いて給水を加熱させ、復水器に捨てる熱量を増加させる。

R01 問3



問3 汽力発電所における熱効率向上方法として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) タービン入口蒸気として、極力、温度が低く、圧力が低いものを採用する。

極力、温度が高く、圧力が高いもの

(2) 復水器の真空度を高くすることで蒸気はタービン内で十分に膨張して、タービンの羽根車に大きな回転力を与える。

(3) 節炭器を設置し、排ガス温度を上昇させる。

節炭器、空気予熱器、排ガスの熱を回収する

(4) 高圧タービンから出た湿り飽和蒸気をボイラで再熱させないようにする。

再熱器：湿り飽和蒸気を再熱し、中低圧タービンへ

(5) 高圧及び低圧のタービンから蒸気の一部取り出し、給水加熱器に導いて給水を加熱させ、復水器に捨てる熱量を増加させる。

復水器に捨てる熱量を減少

(復水器で熱エネルギーの多くを捨ててしまう)

H23 問3



問3 汽力発電所の復水器に関する一般的説明として、誤っているものを次の

(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 汽力発電所で最も大きな損失は、復水器の冷却水に持ち去られる熱量である。
- (2) 復水器の冷却水の温度が低くなるほど、復水器の真空度は高くなる。
- (3) 汽力発電所では一般的に表面復水器が多く用いられている。
- (4) 復水器の真空度を高くすると、発電所の熱効率が低下する。
- (5) 復水器の補機として、復水器内の空気を排出する装置がある。

H23 問3

問3 汽力発電所の復水器に関する一般的説明として、誤っているものを次の

(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) 汽力発電所で最も大きな損失は、復水器の冷却水に持ち去られる熱量である。

(2) 復水器の冷却水の温度が低くなるほど、復水器の真空度は高くなる。

(3) 汽力発電所では一般的に表面復水器が多く用いられている。

(4) 復水器の真空度を高くすると、発電所の熱効率が低下する。 真空度を高くすると、熱効率が向上

(5) 復水器の補機として、復水器内の空気を排出する装置がある。

R02 問2

問2 次の文章は、汽力発電所の復水器の機能に関する記述である。

汽力発電所の復水器は蒸気タービン内で仕事を取り出した後の (ア) 蒸気を冷却して凝縮させる装置である。復水器内部の真空度を (イ) 保持してタービンの (ウ) 圧力を (エ) させることにより、(オ) の向上を図ることができる。なお、復水器によるエネルギー損失は熱サイクルの中で最も (カ) 。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(カ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(カ)
(1)	抽気	低く	上昇	熱効率	大きい
(2)	排気	高く	上昇	利用率	小さい
(3)	排気	高く	低下	熱効率	大きい
(4)	抽気	高く	低下	熱効率	小さい
(5)	排気	低く	停止	利用率	大きい

R02 問2

問2 次の文章は、汽力発電所の復水器の機能に関する記述である。

汽力発電所の復水器は蒸気タービン内で仕事を取り出した後の **排気** (ア) 蒸気を冷却して凝縮させる装置である。復水器内部の真空度を **高く** (イ) 保持してタービンの **排気** (ウ) 圧力を **低下** (エ) させることにより、**熱効率** (オ) の向上を図ることができる。なお、復水器によるエネルギー損失は熱サイクルの中で最も **大きい** (カ) 。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(カ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	抽気	低く	上昇	熱効率	大きい
(2)	排気	高く	上昇	利用率	小さい
(3)	排気	高く	低下	熱効率	大きい
(4)	抽気	高く	低下	熱効率	小さい
(5)	排気	低く	停止	利用率	大きい

H30 問1

問1 次の文章は、タービン発電機の水素冷却方式の特徴に関する記述である。

水素ガスは、空気に比べ が大きいいため冷却効率が高く、また、空気に比べ が小さいため風損が小さい。

水素ガスは、 であるため、絶縁物への劣化影響が少ない。水素ガス圧力を高めると大気圧の空気よりコロナ放電が生じ難くなる。

水素ガスと空気を混合した場合は、水素ガス濃度が一定範囲内になると爆発の危険性があるので、これを防ぐため自動的に水素ガス濃度を 以上に維持している。

通常運転中は、発電機内の水素ガスが軸に沿って機外に漏れないように軸受の内側に によるシール機能を備えており、機内からの水素ガスの漏れを防いでいる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	比熱	比重	活性	90 %	窒素ガス
(2)	比熱	比重	活性	60 %	窒素ガス
(3)	比熱	比重	不活性	90 %	油膜
(4)	比重	比熱	活性	60 %	油膜
(5)	比重	比熱	不活性	90 %	窒素ガス

H30 問1

問1 次の文章は、タービン発電機の水素冷却方式の特徴に関する記述である。

水素ガスは、空気に比べ が大きい**比熱**ため冷却効率が高く、また、空気に比べ が小さい**比重**ため風損が小さい。

水素ガスは、 **不活性**であるため、絶縁物への劣化影響が少ない。水素ガス圧力を高めると大気圧の空気よりコロナ放電が生じ難くなる。

水素ガスと空気を混合した場合は、水素ガス濃度が一定範囲内になると爆発の危険性があるので、これを防ぐため自動的に水素ガス濃度を **90 %**以上に維持している。

通常運転中は、発電機内の水素ガスが軸に沿って機外に漏れないように軸受の内側に **油膜**によるシール機能を備えており、機内からの水素ガスの漏れを防いでいる。

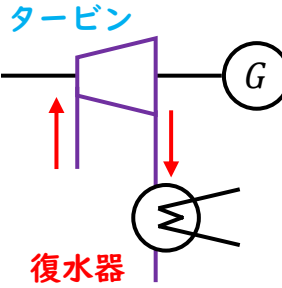
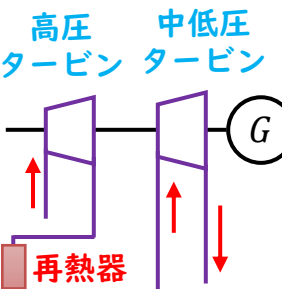
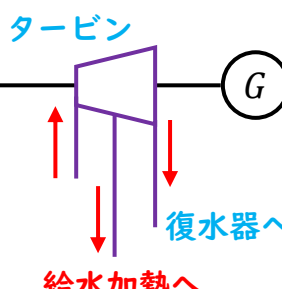
上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

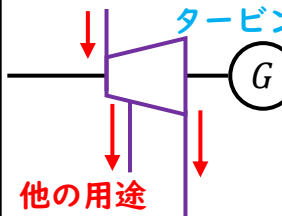
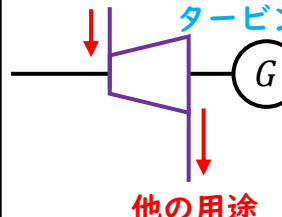
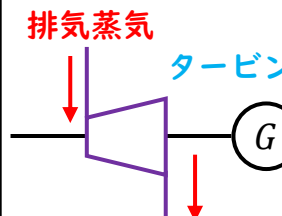
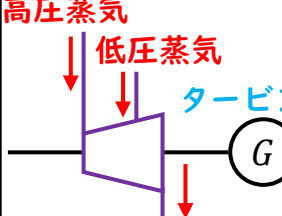
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	比熱	比重	活性	90 %	窒素ガス
(2)	比熱	比重	活性	60 %	窒素ガス
(3)	比熱	比重	不活性	90 %	油膜
(4)	比重	比熱	活性	60 %	油膜
(5)	比重	比熱	不活性	90 %	窒素ガス

水素の特徴

- ・最も軽い気体(空気に対する比重0.00695)
- ・無色・無臭・無毒の不活性ガス
- ・空気に比べ比熱は大きい**が、軽い**ため対流しやすく熱伝導率が良い
- ・軽い**ため風損が少ない**
- ・引火性ガス
(水素濃度4～75%で爆発するので90%以上にする)
- ・隙間から漏れやすい
空気より軽い**ので漏れたら大気に逃げるようにする**
(漏れてどこかに水素が溜まらないようにする)

いろいろなタービン

種類	概要	構造
復水タービン	タービンの出口蒸気を復水器で水にするタービン	
再熱タービン	再熱器に接続されるタービン	
再生タービン	タービンの中間から蒸気を取り出し給水を加熱するタービン	

種類	概要	構造
抽気タービン	タービンの中間から蒸気を取り出し他の用途を加熱するタービン	
背圧タービン	タービンの出口蒸気の圧力（背圧）を他の用途に利用するタービン	
排気タービン	工場などで排出された蒸気を入力として利用するタービン	
混圧タービン	異なる圧力の蒸気を入力として利用するタービン	

H25 問3



問3 汽力発電所における蒸気的作用及び機能や用途による蒸気タービンの分類に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 復水タービンは、タービンの排気を復水器で復水させて高真空とすることにより、タービンに流入した蒸気をごく低圧まで膨張させるタービンである。
- (2) 背圧タービンは、タービンで仕事をした蒸気を復水器に導かず、工場用蒸気及び必要箇所に送気するタービンである。
- (3) 反動タービンは、固定羽根で蒸気圧力を上昇させ、蒸気が回転羽根に衝突する力と回転羽根から排気するときの力を利用して回転させるタービンである。
- (4) 衝動タービンは、蒸気が回転羽根に衝突するときに生じる力によって回転させるタービンである。
- (5) 再生タービンは、ボイラ給水を加熱するため、タービン中間段から一部の蒸気を取り出すようにしたタービンである。

H25 問3

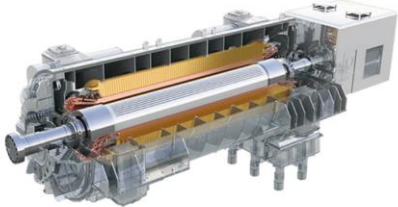


問3 汽力発電所における蒸気的作用及び機能や用途による蒸気タービンの分類に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 復水タービンは、タービンの排気を復水器で復水させて高真空とすることにより、タービンに流入した蒸気をごく低圧まで膨張させるタービンである。
- (2) 背圧タービンは、タービンで仕事をした蒸気を復水器に導かず、工場用蒸気及び必要箇所に送気するタービンである。
- (3) 反動タービンは、固定羽根で蒸気圧力を上昇させ、蒸気が回転羽根に衝突する力と回転羽根から排気するときの力を利用して回転させるタービンである。
- (4) 衝動タービンは、蒸気が回転羽根に衝突するときを生じる力によって回転させるタービンである。
- (5) 再生タービンは、ボイラ給水を加熱するため、タービン中間段から一部の蒸気を取り出すようにしたタービンである。

固定羽根に集まった蒸気の圧力を利用し、圧力エネルギーを
回転エネルギー変換するタービン
(この際、圧力は低下する)
(水車の反動水車と同じ考え)

発電機の構造

項目	タービン発電機	水車発電機
回転速度	速い (3000 ~ 3600 min ⁻¹)	遅い (100 ~ 1200 min ⁻¹)
回転子の形	非突極形 (円筒型) 直径が小さい 軸長が長い 	突極形 直径が大きい 軸長が短い 
極数	少ない (2極or4極)	多い
冷却方式	水素、空気、水	空気
軸形式	横軸形	主に立て軸形
サイズ	小型	大型

<https://www.global.toshiba/jp/products-solutions/thermal/products-technical-services/generation-technologies.html>

<https://www.global.toshiba/jp/products-solutions/renewable-energy/products-technical-services/hydro-power.html>

項目	タービン発電機	水車発電機
種類	銅機械	鉄機械
空隙	小	大
電機子巻線の巻数	多	少
重量	軽量	重量大
起磁力	電機子起磁力 > 界磁起磁力	電機子起磁力 < 界磁起磁力
電機子反作用	大	小
同期インピーダンス	大	小
短絡比	小	大
電圧変動率	大	小
線路充電容量	小	大
安定度	小	大
負荷	銅損大	鉄損大

H24 問2

問2 次の文章は、汽力発電所のタービン発電機の特徴に関する記述である。

汽力発電所のタービン発電機は、水車発電機に比べ回転速度が (ア) なるため、 (イ) 強度を要求されることから、回転子の構造は (ウ) にし、水車発電機よりも直径を (エ) しなければならない。このため、水車発電機と同出力を得るためには軸方向に (オ) することが必要となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、最も適切なものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	高 く	熱 的	突極形	小さく	長 く
(2)	低 く	熱 的	円筒形	大きく	短 く
(3)	高 く	機械的	円筒形	小さく	長 く
(4)	低 く	機械的	円筒形	大きく	短 く
(5)	高 く	機械的	突極形	小さく	長 く

H24 問2

問2 次の文章は、汽力発電所のタービン発電機の特徴に関する記述である。

汽力発電所のタービン発電機は、水車発電機に比べ回転速度が なるため、 強度を要求されることから、回転子の構造は にし、水車発電機よりも直径を しなければならない。このため、水車発電機と同出力を得るためには軸方向に することが必要となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、最も適切なものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	高 く	熱 的	突極形	小さく	長 く
(2)	低 く	熱 的	円筒形	大きく	短 く
(3)	高 く	機械的	円筒形	小さく	長 く
(4)	低 く	機械的	円筒形	大きく	短 く
(5)	高 く	機械的	突極形	小さく	長 く

H28 問2

問2 次の文章は、発電所に用いられる同期発電機である水車発電機とタービン発電機の特徴に関する記述である。

水力発電所に用いられる水車発電機は直結する水車の特性からその回転速度はおおむね $100 \text{ min}^{-1} \sim 1200 \text{ min}^{-1}$ とタービン発電機に比べ低速である。したがって、商用周波数 $50/60 \text{ Hz}$ を発生させるために磁極を多くとれる (ア) を用い、大形機では据付面積が小さく落差を有効に使用できる立軸形が用いられることが多い。タービン発電機に比べ、直径が大きく軸方向の長さが短い。

一方、火力発電所に用いられるタービン発電機は原動機である蒸気タービンと直結し、回転速度が水車に比べ非常に高速なため2極機又は4極機が用いられ、大きな遠心力に耐えるように、直径が小さく軸方向に長い横軸形の (イ) を採用し、その回転子の軸及び鉄心は一体の鍛造軸材で作られる。

水車発電機は、電力系統の安定度の面及び負荷遮断時の速度変動を抑える点から発電機の経済設計以上のはずみ車効果を要求される場合が多く、回転子直径がより大きくなり、鉄心の鉄量が多い、いわゆる鉄機械となる。

一方、タービン発電機は、上述の構造のため界磁巻線を施す場所が制約され、大きな出力を得るためには電機子巻線の導体数が多い、すなわち銅量が多い、いわゆる銅機械となる。

鉄機械は、体格が大きく重量が重く高価になるが、短絡比が (ウ)、同期インピーダンスが (エ) なり、電圧変動率が小さく、安定度が高く、(オ) が大きくなるといった利点をもつ。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	突極機	円筒機	大きく	小さく	線路充電容量
(2)	円筒機	突極機	大きく	小さく	線路充電容量
(3)	突極機	円筒機	大きく	小さく	部分負荷効率
(4)	円筒機	突極機	小さく	大きく	部分負荷効率
(5)	突極機	円筒機	小さく	大きく	部分負荷効率

H28 問2

問2 次の文章は、発電所に用いられる同期発電機である水車発電機とタービン発電機の特徴に関する記述である。

水力発電所に用いられる水車発電機は直結する水車の特性からその回転速度はおおむね $100 \text{ min}^{-1} \sim 1200 \text{ min}^{-1}$ とタービン発電機に比べ低速である。したがって、商用周波数 $50/60 \text{ Hz}$ を発生させるために磁極を多くとれる (ア) を用い、大形機では据付面積が小さく落差を有効に使用できる立軸形が用いられることが多い。タービン発電機に比べ、直径が大きく軸方向の長さが短い。

一方、火力発電所に用いられるタービン発電機は原動機である蒸気タービンと直結し、回転速度が水車に比べ非常に高速なため2極機又は4極機が用いられ、大きな遠心力に耐えるように、直径が小さく軸方向に長い横軸形の (イ) を採用し、その回転子の軸及び鉄心は一体の鍛造軸材で作られる。

水車発電機は、電力系統の安定度の面及び負荷遮断時の速度変動を抑える点から発電機の経済設計以上のはずみ車効果を要求される場合が多く、回転子直径がより大きくなり、鉄心の鉄量が多い、いわゆる鉄機械となる。

一方、タービン発電機は、上述の構造のため界磁巻線を施す場所が制約され、大きな出力を得るためには電機子巻線の導体数が多い、すなわち銅量が多い、いわゆる銅機械となる。

鉄機械は、体格が大きく重量が重く高価になるが、短絡比が (ウ)、同期インピーダンスが (エ) なり、電圧変動率が小さく、安定度が高く、(オ) が大きくなるといった利点をもつ。

線路充電容量

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	突極機	円筒機	大きく	小さく	線路充電容量
(2)	円筒機	突極機	大きく	小さく	線路充電容量
(3)	突極機	円筒機	大きく	小さく	部分負荷効率
(4)	円筒機	突極機	小さく	大きく	部分負荷効率
(5)	突極機	円筒機	小さく	大きく	部分負荷効率

ご聴講ありがとうございました!!