

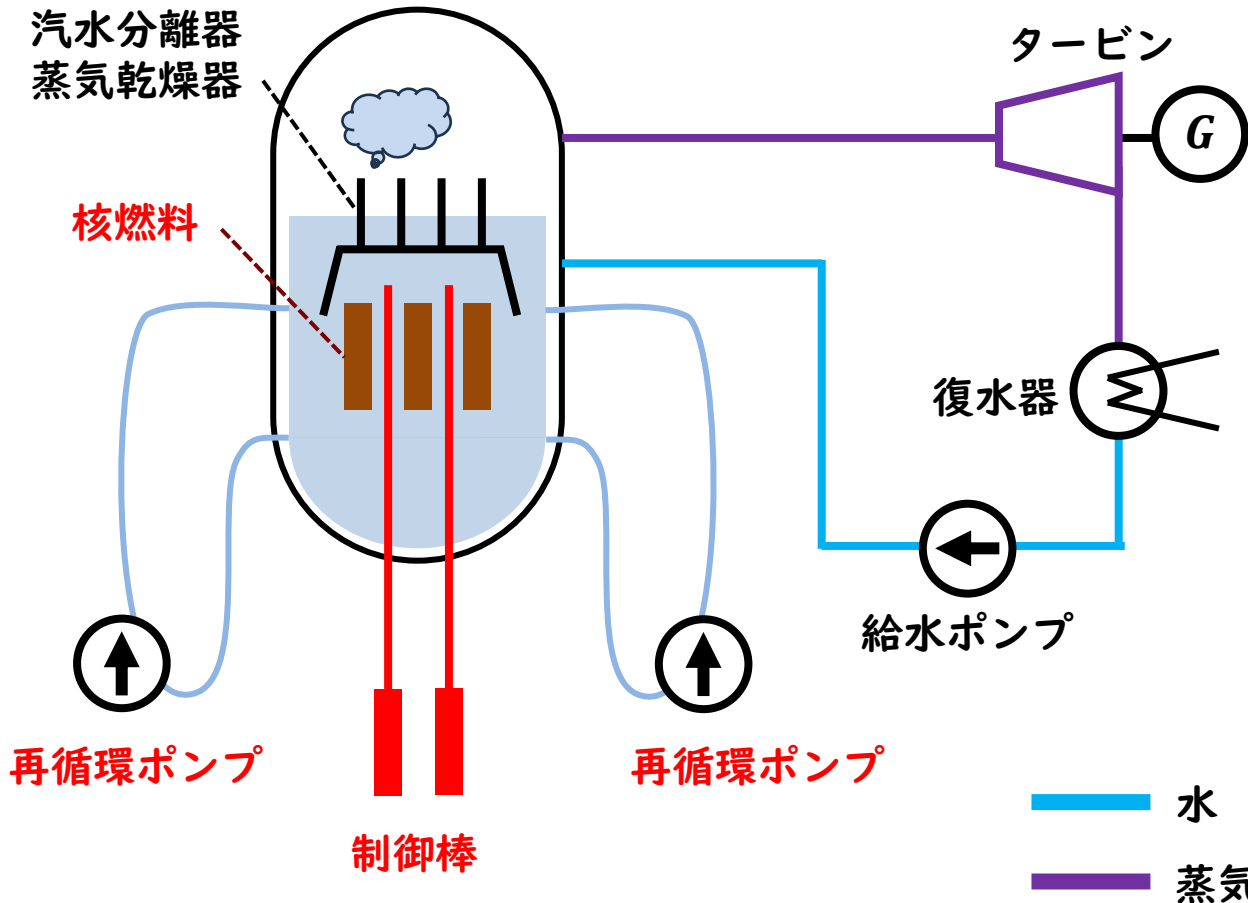
# 電験三種 オンライン講座

## 電力 原子力発電(2)

# 原子力発電（軽水炉）の構造

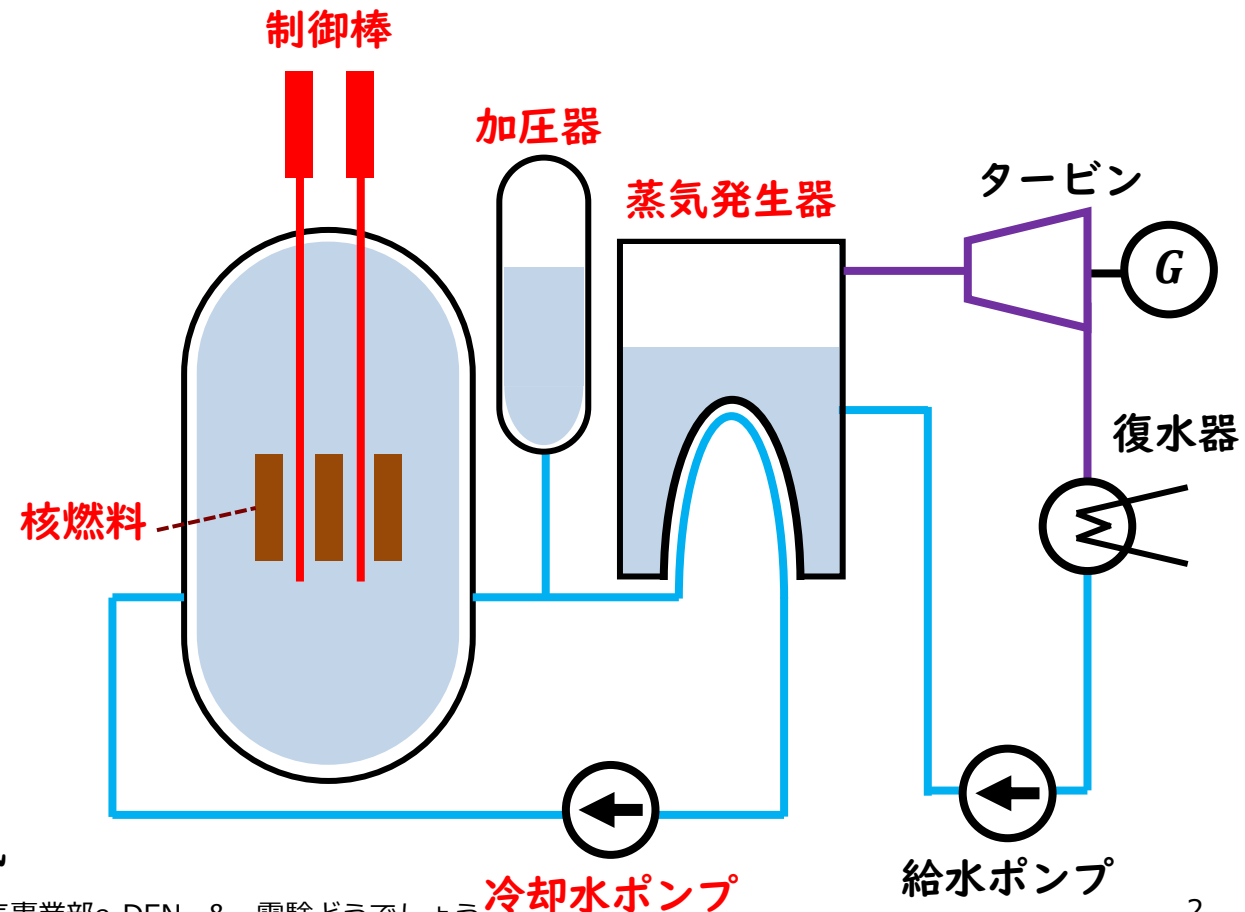
## 沸騰水型原子炉（BWR：Boil Water Reactor）

原子炉の熱で蒸気を作る（蒸気は放射能を含む）  
蒸気の量は制御棒と再循環ポンプで制御する



## 加圧水型原子炉（PWR：Pressure Water Reactor）

原子炉で高温高压の水を作り、蒸気発生器で循環水を蒸気にする（蒸気は放射能を含まない）  
制御棒と冷却材（水）中のほう素濃度で蒸気量を調整する



# R04上 問4

問4 沸騰水型原子炉(BWR)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。

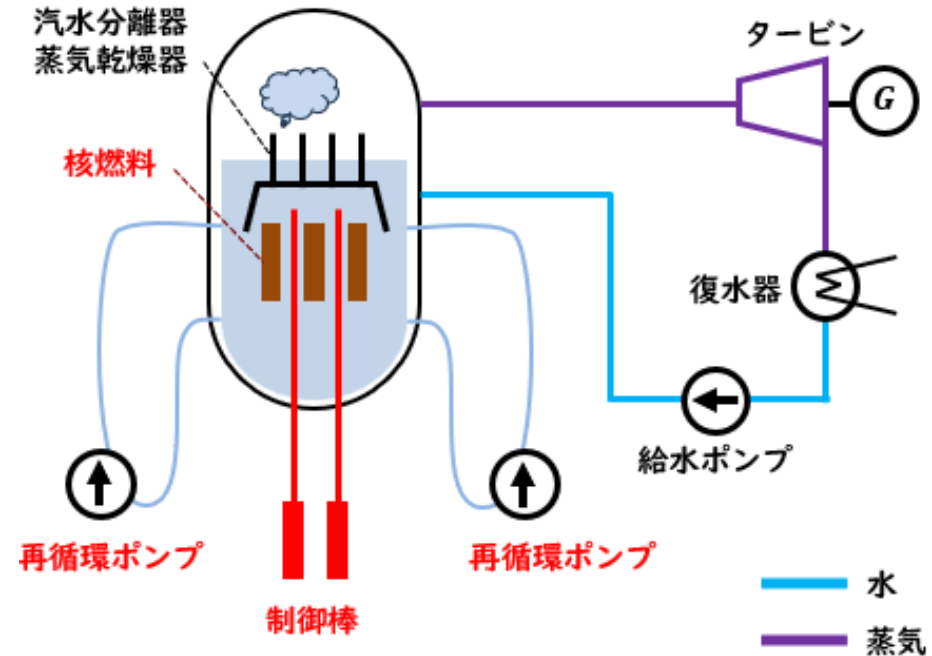
- (1) 燃料には低濃縮ウランを，冷却材及び減速材には軽水を使用する。
- (2) 加圧水型原子炉(PWR)に比べて原子炉圧力が低く，蒸気発生器が無いので構成が簡単である。
- (3) 出力調整は，制御棒の抜き差しと再循環ポンプの流量調節により行う。
- (4) 制御棒は，炉心上部から燃料集合体内を上下することができる構造となっている。
- (5) タービン系統に放射性物質が持ち込まれるため，タービン等に遮へい対策が必要である。

# R04上 問4

問4 沸騰水型原子炉(BWR)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) 燃料には低濃縮ウランを、冷却材及び減速材には軽水を使用する。
- (2) 加圧水型原子炉(PWR)に比べて原子炉圧力が低く、蒸気発生器が無いので構成が簡単である。
- (3) 出力調整は、制御棒の抜き差しと再循環ポンプの流量調節により行う。
- (4) 制御棒は、炉心上部から燃料集合体内を上下することができる構造となっている。
- (5) タービン系統に放射性物質が持ち込まれるため、タービン等に遮へい対策が必要である。

下部から



沸騰水型原子炉 (BWR)

# H17 問4

問4 沸騰水型軽水炉（BWR）に関する記述として、誤っているのは次のうちどれか。

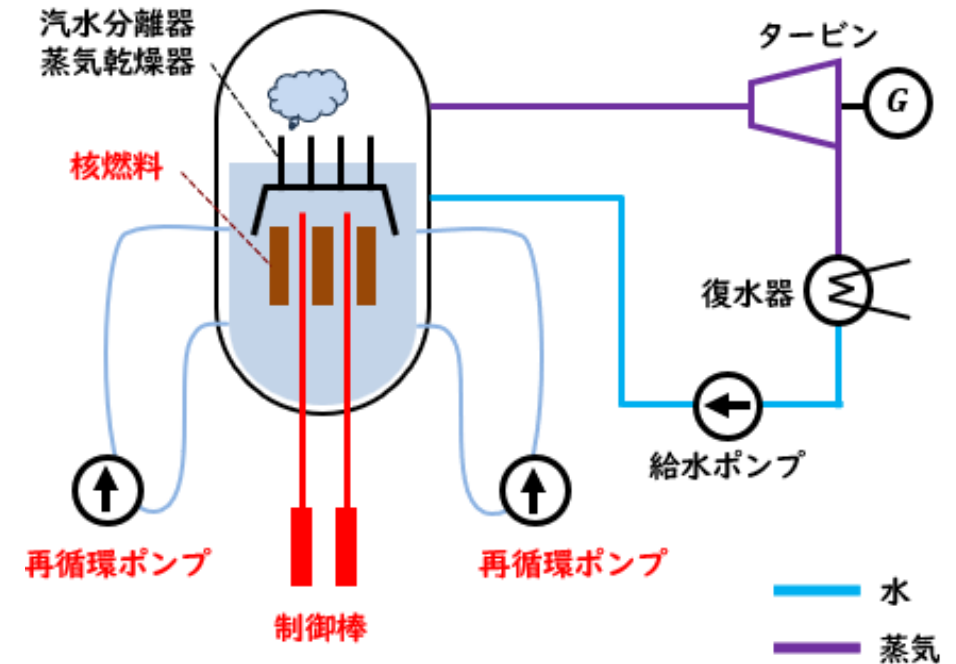
- (1) 燃料には低濃縮ウランを、冷却材及び減速材には軽水を使用する。
- (2) 加圧水型軽水炉（PWR）に比べて出力密度が大きいので、炉心及び原子炉圧力容器は小さくなる。
- (3) 出力調整は、制御棒の抜き差しと再循環ポンプの流量調整により行う。
- (4) 加圧水型軽水炉に比べて原子炉圧力が低く、蒸気発生器がないので構成が簡単である。
- (5) タービン系に放射性物質が持ち込まれるため、タービン等に遮へい対策が必要である。

# H17 問4

問4 沸騰水型軽水炉（BWR）に関する記述として、誤っているのは次のうちどれか。

- (1) 燃料には低濃縮ウランを、冷却材及び減速材には軽水を使用する。
- (2) 加圧水型軽水炉（PWR）に比べて出力密度が大きいので、炉心及び原子炉圧力容器は小さくなる。
- (3) 出力調整は、制御棒の抜き差しと再循環ポンプの流量調整により行う。
- (4) 加圧水型軽水炉に比べて原子炉圧力が低く、蒸気発生器がないので構成が簡単である。
- (5) タービン系に放射性物質が持ち込まれるため、タービン等に遮へい対策が必要である。

圧力容器内に汽水分離器、蒸気発生器が含まれるため、圧力容器は大きくなる



沸騰水型原子炉（BWR）

# H25 問4

問4 原子力発電に用いられる軽水炉には、加圧水型（PWR）と沸騰水型（BWR）がある。この軽水炉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) 軽水炉では、低濃縮ウランを燃料として使用し、冷却材や減速材に軽水を使用する。
- (2) 加圧水型では、構造上、一次冷却材を沸騰させない。また、原子炉の反応度を調整するために、ホウ酸を冷却材に溶かして利用する。
- (3) 加圧水型では、高温高压の一次冷却材を炉心から送り出し、蒸気発生器の二次側で蒸気を発生してタービンに導くので、原則的に炉心の冷却材がタービンに直接入ることはない。
- (4) 沸騰水型では、炉心で発生した蒸気と蒸気発生器で発生した蒸気を混合して、タービンに送る。
- (5) 沸騰水型では、冷却材の蒸気がタービンに入るので、タービンの放射線防護が必要である。

# H25 問4

問4 原子力発電に用いられる軽水炉には、加圧水型（PWR）と沸騰水型（BWR）がある。この軽水炉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) 軽水炉では、低濃縮ウランを燃料として使用し、冷却材や減速材に軽水を使用する。
- (2) 加圧水型では、構造上、一次冷却材を沸騰させない。また、原子炉の反応度を調整するために、ホウ酸を冷却材に溶かして利用する。
- (3) 加圧水型では、高温高压の一次冷却材を炉心から送り出し、蒸気発生器の二次側で蒸気を発生してタービンに導くので、原則的に炉心の冷却材がタービンに直接入ることはない。
- (4) 沸騰水型では、炉心で発生した蒸気と蒸気発生器で発生した蒸気を混合して、タービンに送る。
- (5) 沸騰水型では、冷却材の蒸気がタービンに入るので、タービンの放射線防護が必要である。

**沸騰水型は蒸気発生器をもたない**

# H22 問4

問4 わが国における商業発電用の加圧水型原子炉(PWR)の記述として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 炉心内で水を蒸発させて、蒸気を発生する。
- (2) 再循環ポンプで炉心内の冷却水流量を変えることにより、蒸気泡の発生量を変えて出力を調整できる。
- (3) 高温・高圧の水を、炉心から蒸気発生器に送る。
- (4) 炉心と蒸気発生器で発生した蒸気を混合して、タービンに送る。
- (5) 炉心を通って放射線を受けた蒸気が、タービンを通過する。

# H22 問4

問4 わが国における商業発電用の加圧水型原子炉(PWR)の記述として、正しいのは次のうちどれか。

- (1) 炉心内で水を蒸発させて、蒸気を発生する。 **PWRは炉心内で水を蒸発させない**
- (2) 再循環ポンプで炉心内の冷却水流量を変えることにより、蒸気泡の発生量を変えて出力を調整できる。 **再循環ポンプはBWRの機能**
- (3) 高温・高圧の水を、炉心から蒸気発生器に送る。
- (4) 炉心と蒸気発生器で発生した蒸気を混合して、タービンに送る。 **蒸気は蒸気発生器でのみ生じる**
- (5) 炉心を通して放射線を受けた蒸気が、タービンを通過する。 **PWRは放射線を受けた蒸気は発生しない**

# R04下 問4

問4 次の文章は、原子炉の型と特性に関する記述である。

軽水炉は、を原子燃料とし、冷却材とに軽水を用いた原子炉であり、我が国の商用原子力発電所に広く用いられている。この軽水炉には、蒸気を原子炉の中で直接発生する原子炉と蒸気発生器を介して蒸気を作る原子炉とがある。

軽水炉では、何らかの原因により原子炉の核分裂反応による熱出力が増加して、炉内温度が上昇した場合でも、燃料の温度上昇にともなってウラン238による中性子の吸収が増加するにより、出力が抑制される。このような働きを原子炉の固有の安全性という。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	低濃縮ウラン	減速材	沸騰水型	加圧水型	ドップラー効果
(2)	高濃縮ウラン	減速材	沸騰水型	加圧水型	ボイド効果
(3)	プルトニウム	加速材	加圧水型	沸騰水型	ボイド効果
(4)	低濃縮ウラン	減速材	加圧水型	沸騰水型	ボイド効果
(5)	高濃縮ウラン	加速材	沸騰水型	加圧水型	ドップラー効果

# R04下 問4

問4 次の文章は、原子炉の型と特性に関する記述である。

軽水炉は、**低濃縮ウラン** (ア) を原子燃料とし、冷却材と **減速材** (イ) に軽水を用いた原子炉であり、我が国の商用原子力発電所に広く用いられている。この軽水炉には、蒸気を原子炉の中で直接発生する **沸騰水型** (ウ) 原子炉と蒸気発生器を介して蒸気を作る **加圧水型** (エ) 原子炉とがある。

軽水炉では、何らかの原因により原子炉の核分裂反応による熱出力が増加して、炉内温度が上昇した場合でも、燃料の温度上昇にともなってウラン238による中性子の吸収が増加する **ドップラー効果** (オ) により、出力が抑制される。このような働きを原子炉の固有の安全性という。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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)	低濃縮ウラン	減速材	沸騰水型	加圧水型	ドップラー効果
(2)	高濃縮ウラン	減速材	沸騰水型	加圧水型	ボイド効果
(3)	プルトニウム	加速材	加圧水型	沸騰水型	ボイド効果
(4)	低濃縮ウラン	減速材	加圧水型	沸騰水型	ボイド効果
(5)	高濃縮ウラン	加速材	沸騰水型	加圧水型	ドップラー効果

## ボイド効果

### 沸騰水型軽水炉(BWR)特有の自己制御性

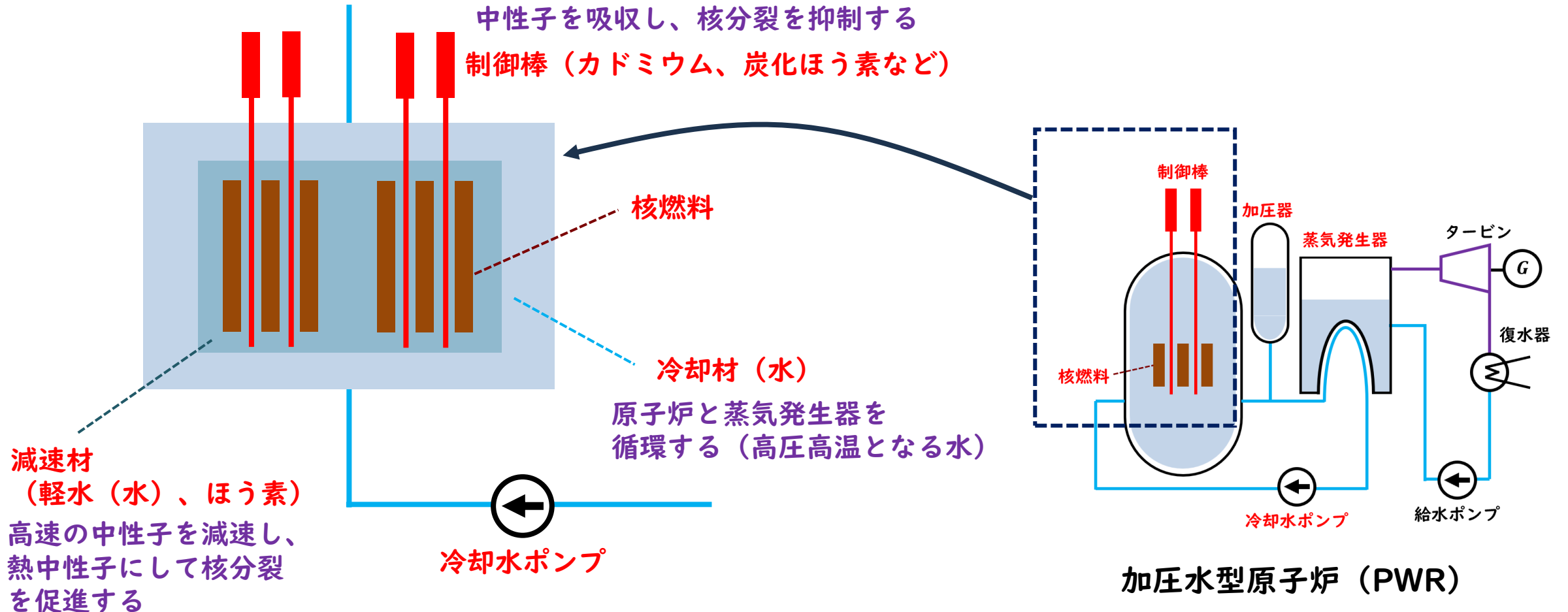
(核燃料の周りの水(減速材)が沸騰して気泡になり、核分裂の効率が低下する)

## ドップラー効果

### 原子燃料であるウランの特性による自己制御性

(温度上昇によりウラン238の熱中性子吸収量が増加する特性)

# 原子炉の構造



# H20 問4

問4 わが国の商業発電用原子炉のほとんどは、軽水炉と呼ばれる型式であり、それには加圧水型原子炉（PWR）と沸騰水型原子炉（BWR）の2種類がある。

PWRの熱出力調整は主として炉水中の  の調整によって行われる。一方、BWRでは主として  の調整によって行われる。なお、両型式とも起動又は停止時のような大幅な出力調整は制御棒の調整で行い、制御棒の  によって出力は上昇し、 によって出力は下降する。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	ほう素濃度	再循環流量	挿入	引抜き
(2)	再循環流量	ほう素濃度	引抜き	挿入
(3)	ほう素濃度	再循環流量	引抜き	挿入
(4)	ナトリウム濃度	再循環流量	挿入	引抜き
(5)	再循環流量	ほう素濃度	挿入	引抜き

# H20 問4

問4 わが国の商業発電用原子炉のほとんどは、軽水炉と呼ばれる型式であり、それには加圧水型原子炉（PWR）と沸騰水型原子炉（BWR）の2種類がある。

PWRの熱出力調整は主として炉水中の **ほう素濃度** の調整によって行われる。  
一方、BWRでは主として **再循環流量** の調整によって行われる。なお、両型式とも起動又は停止時のような大幅な出力調整は制御棒の調整で行い、制御棒の **引抜き** によって出力は上昇し、 **挿入** によって出力は下降する。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	ほう素濃度	再循環流量	挿入	引抜き
(2)	再循環流量	ほう素濃度	引抜き	挿入
(3)	ほう素濃度	再循環流量	引抜き	挿入
(4)	ナトリウム濃度	再循環流量	挿入	引抜き
(5)	再循環流量	ほう素濃度	挿入	引抜き

# H14 問3

問3 我が国の原子力発電所で用いられる軽水炉では、水が (ア) と減速材を兼ねている。もし、何らかの原因で核分裂反応が増大し出力が増加して水の温度が上昇すると、水の密度が (イ) し、中性子の減速効果が低下する。その結果、核分裂に寄与する (ウ) が減少し、核分裂は自動的に (エ) される。このような特性を軽水炉の固有の安全性又は自己制御性という。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に記入する語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	冷却材	減少	熱中性子	抑制
(2)	遮へい材	減少	熱中性子	加速
(3)	遮へい材	減少	高速中性子	抑制
(4)	冷却材	増加	熱中性子	抑制
(5)	遮へい材	増加	高速中性子	加速

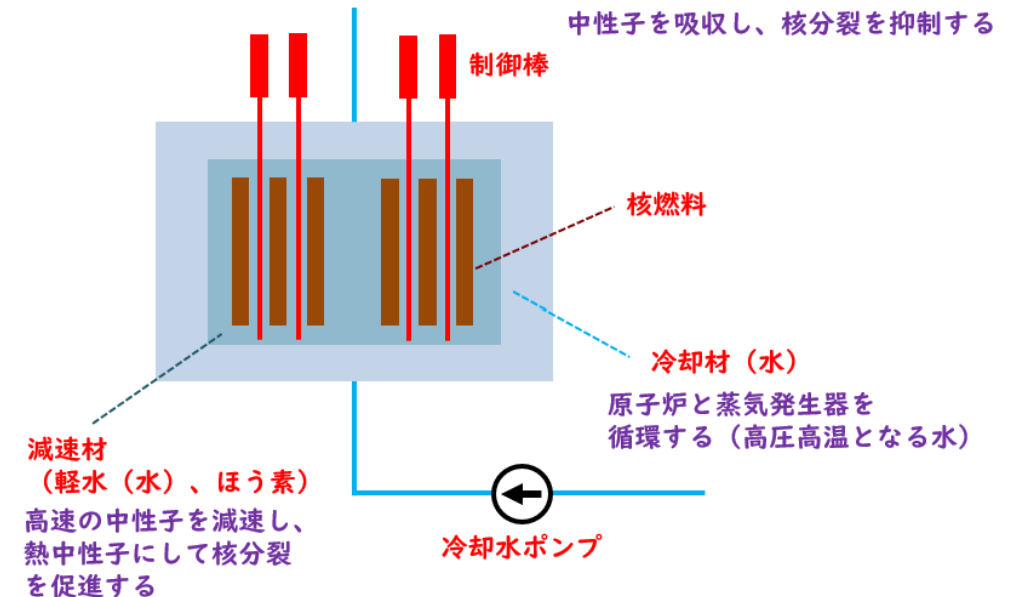
# H14 問3

問3 我が国の原子力発電所で用いられる軽水炉では、水が **冷却材** (ア) と減速材を兼ねている。もし、何らかの原因で核分裂反応が増大し出力が増加して水の温度が上昇すると、水の密度が **減少** (イ) し、中性子の減速効果が低下する。その結果、核分裂に寄与する **熱中性子** (ウ) が減少し、核分裂は自動的に **抑制** (エ) される。このような特性を軽水炉の固有の安全性又は自己制御性という。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に記入する語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	冷却材	減少	熱中性子	抑制
(2)	遮へい材	減少	熱中性子	加速
(3)	遮へい材	減少	高速中性子	抑制
(4)	冷却材	増加	熱中性子	抑制
(5)	遮へい材	増加	高速中性子	加速

**ボイド効果**  
沸騰水型軽水炉(BWR)特有の自己制御性  
(核燃料の周りの水(減速材)が沸騰して気泡になり、核分裂の効率が低下する)



# R03 問5

問5 原子力発電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) 原子力発電は、原子燃料の核分裂により発生する熱エネルギーで水を蒸気に変え、その蒸気で蒸気タービンを回し、タービンに連結された発電機で発電する。
- (2) 軽水炉は、減速材に黒鉛、冷却材に軽水を使用する原子炉であり、原子炉圧力容器の中で直接蒸気を発生させる沸騰水型と、別置の蒸気発生器で蒸気を発生させる加圧水型がある。
- (3) 軽水炉は、天然ウラン中のウラン 235 の濃度を 3～5 %程度に濃縮した低濃縮ウランを原子燃料として用いる。
- (4) 核分裂反応を起こさせるために熱中性子を用いる原子炉を熱中性子炉といい、軽水炉は熱中性子炉である。
- (5) 沸騰水型原子炉の出力調整は、再循環ポンプによる冷却材再循環流量の調節と制御棒の挿入及び引き抜き操作により行われ、加圧水型原子炉の出力調整は、一次冷却材中のほう素濃度の調節と制御棒の挿入及び引き抜き操作により行われる。

# R03 問5

問5 原子力発電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) 原子力発電は、原子燃料の核分裂により発生する熱エネルギーで水を蒸気に変え、その蒸気で蒸気タービンを回し、タービンに連結された発電機で発電する。
- (2) 軽水炉は、減速材に黒鉛、冷却材に軽水を使用する原子炉であり、原子炉圧力容器の中で直接蒸気を発生させる沸騰水型と、別置の蒸気発生器で蒸気を発生させる加圧水型がある。
- (3) 軽水炉は、天然ウラン中のウラン 235 の濃度を 3～5 %程度に濃縮した低濃縮ウランを原子燃料として用いる。
- (4) 核分裂反応を起こさせるために熱中性子を用いる原子炉を熱中性子炉といい、軽水炉は熱中性子炉である。
- (5) 沸騰水型原子炉の出力調整は、再循環ポンプによる冷却材再循環流量の調節と制御棒の挿入及び引き抜き操作により行われ、加圧水型原子炉の出力調整は、一次冷却材中のほう素濃度の調節と制御棒の挿入及び引き抜き操作により行われる。

軽水炉で用いられる減速材は黒鉛ではなく軽水

# H27 問4

問4 次の文章は、原子力発電の設備概要に関する記述である。

原子力発電で多く採用されている原子炉の型式は軽水炉であり、主に加圧水型と沸騰水型に分けられるが、いずれも冷却材と  に軽水を使用している。

加圧水型は、原子炉内で加熱された冷却材の沸騰を  により防ぐとともに、一次冷却材ポンプで原子炉、  に冷却材を循環させる。  
 で熱交換を行い、タービンに送る二次系の蒸気を発生させる。

沸騰水型は、原子炉内で冷却材を加熱し、発生した蒸気を直接タービンに送るため、系統が単純になる。

それぞれに特有な設備には、加圧水型では  ，  ，一次冷却材ポンプがあり、沸騰水型では  がある。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)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)
(1)	減速材	加圧器	蒸気発生器	再循環ポンプ
(2)	減速材	蒸気発生器	加圧器	再循環ポンプ
(3)	減速材	加圧器	蒸気発生器	給水ポンプ
(4)	遮へい材	蒸気発生器	加圧器	再循環ポンプ
(5)	遮へい材	蒸気発生器	加圧器	給水ポンプ

# H27 問4

問4 次の文章は、原子力発電の設備概要に関する記述である。

原子力発電で多く採用されている原子炉の型式は軽水炉であり、主に加圧水型と沸騰水型に分けられるが、いずれも冷却材と **減速材** に軽水を使用している。

加圧水型は、原子炉内で加熱された冷却材の沸騰を **加圧器** により防ぐとともに、一次冷却材ポンプで原子炉、**蒸気発生器** に冷却材を循環させる。

**蒸気発生器** で熱交換を行い、タービンに送る二次系の蒸気を発生させる。

沸騰水型は、原子炉内で冷却材を加熱し、発生した蒸気を直接タービンに送るため、系統が単純になる。

それぞれに特有な設備には、加圧水型では **加圧器**、**蒸気発生器** 一次冷却材ポンプがあり、沸騰水型で **再循環ポンプ** がある。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)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)
(1)	減速材	加圧器	蒸気発生器	再循環ポンプ
(2)	減速材	蒸気発生器	加圧器	再循環ポンプ
(3)	減速材	加圧器	蒸気発生器	給水ポンプ
(4)	遮へい材	蒸気発生器	加圧器	再循環ポンプ
(5)	遮へい材	蒸気発生器	加圧器	給水ポンプ

# H30 問4

問4 次の文章は、我が国の原子力発電所の蒸気タービンの特徴に関する記述である。

原子力発電所の蒸気タービンは、高圧タービンと低圧タービンから構成され、くし形に配置されている。

原子力発電所においては、原子炉又は蒸気発生器によって発生した蒸気が高圧タービンに送られ、高圧タービンにて所定の仕事をを行った排気は、 分離器に送られて、排気に含まれる  を除去した後に低圧タービンに送られる。

高圧タービンの入口蒸気は、 であるため、火力発電所の高圧タービンの入口蒸気に比べて、圧力・温度ともに  ，そのため、原子力発電所の熱効率は、火力発電所と比べて  なる。また、原子力発電所の高圧タービンに送られる蒸気量は、同じ出力に対する火力発電所と比べて  。

低圧タービンの最終段翼は、35～54 インチ(約 89 cm～137 cm)の長大な翼を使用し、 による翼の浸食を防ぐため翼先端周速度を減らさなければならぬので、タービンの回転速度は  としている。

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)	空気	過熱蒸気	高く	多い	1 500 min <sup>-1</sup> 又は1 800 min <sup>-1</sup>
(2)	湿分	飽和蒸気	低く	多い	1 500 min <sup>-1</sup> 又は1 800 min <sup>-1</sup>
(3)	空気	飽和蒸気	低く	多い	750 min <sup>-1</sup> 又は900 min <sup>-1</sup>
(4)	湿分	飽和蒸気	高く	少ない	750 min <sup>-1</sup> 又は900 min <sup>-1</sup>
(5)	空気	過熱蒸気	高く	少ない	750 min <sup>-1</sup> 又は900 min <sup>-1</sup>

# H30 問4

問4 次の文章は、我が国の原子力発電所の蒸気タービンの特徴に関する記述である。

原子力発電所の蒸気タービンは、高圧タービンと低圧タービンから構成され、くし形に配置されている。

原子力発電所においては、原子炉又は蒸気発生器によって発生した蒸気が高圧タービンに送られ、高圧タービンにて所定の仕事をを行った排気は、**湿分**分離器に送られて、排気に含まれる**湿分**を除去した後に低圧タービンに送られる。

高圧タービンの入口蒸気は、**飽和蒸気**であるため、火力発電所の高圧タービンの入口蒸気に比べて、圧力・温度ともに**低い**，そのため、原子力発電所の熱効率も、火力発電所と比べて**低い**なる。また、原子力発電所の高圧タービンに送られる蒸気量は、同じ出力に対する火力発電所と比べて**多い**。

低圧タービンの最終段翼は、35～54 インチ(約 89 cm～137 cm)の長大な翼を使用し、**湿分**による翼の浸食を防ぐため翼先端周速度を減らさなければならぬので、タービンの回転速度は**(オ)**としている。  
**1500 min<sup>-1</sup>又は1800 min<sup>-1</sup>**

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。

飽和蒸気→湿り蒸気 (湿分あり)  
過熱蒸気→乾き蒸気 (湿分なし)

火力発電所の低圧タービンが3000 min<sup>-1</sup>又は3600 min<sup>-1</sup>が主流なのに対し、原子力発電所の低圧タービンの回転速度が1500 min<sup>-1</sup>又は1800 min<sup>-1</sup>となっている

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	空気	過熱蒸気	高く	多い	1 500 min <sup>-1</sup> 又は1 800 min <sup>-1</sup>
(2)	湿分	飽和蒸気	低く	多い	1 500 min <sup>-1</sup> 又は1 800 min <sup>-1</sup>
(3)	空気	飽和蒸気	低く	多い	750 min <sup>-1</sup> 又は900 min <sup>-1</sup>
(4)	湿分	飽和蒸気	高く	少ない	750 min <sup>-1</sup> 又は900 min <sup>-1</sup>
(5)	空気	過熱蒸気	高く	少ない	750 min <sup>-1</sup> 又は900 min <sup>-1</sup>

ご聴講ありがとうございました!!