

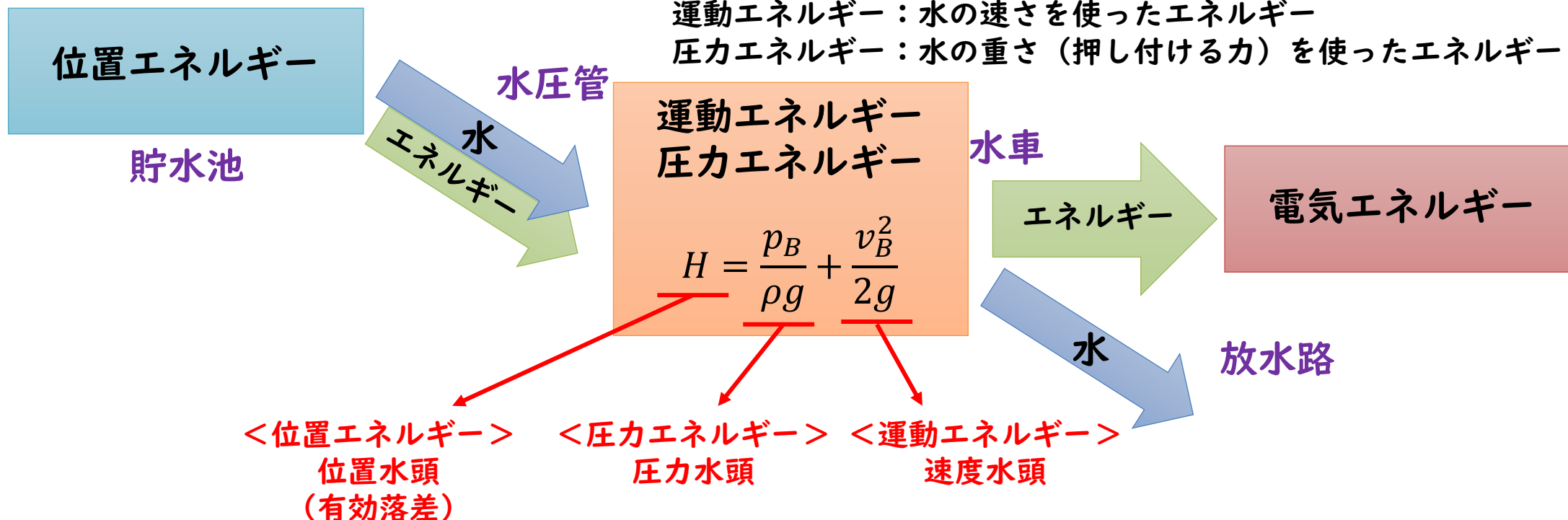
電験どうでしょう管理人
KWG presents

電験オンライン塾

第3回 水車の種類、比速度、 キャビテーション

2022.04.23 Sat

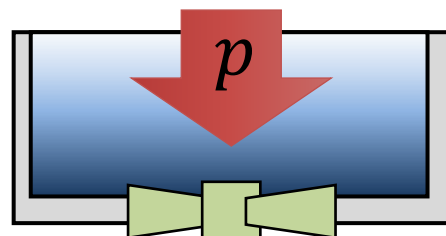
水力発電と水車



<圧力エネルギー>
圧力水頭

を使う水車→反動水車

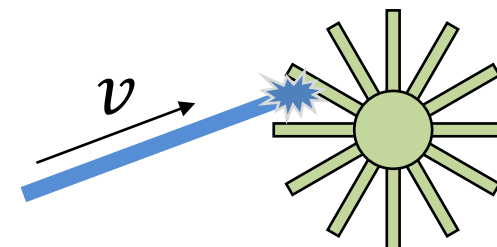
水の重み（圧力）で
押し込むように水車
を回転させる



<運動エネルギー>
速度水頭

を使う水車→衝動水車

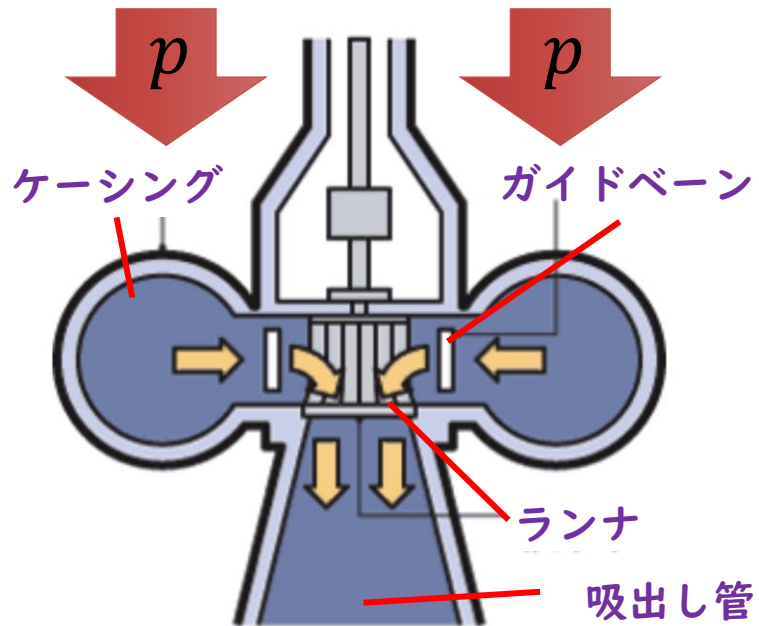
水を勢いよく
ぶつけて（速度）で
水車を回転させる



反動水車

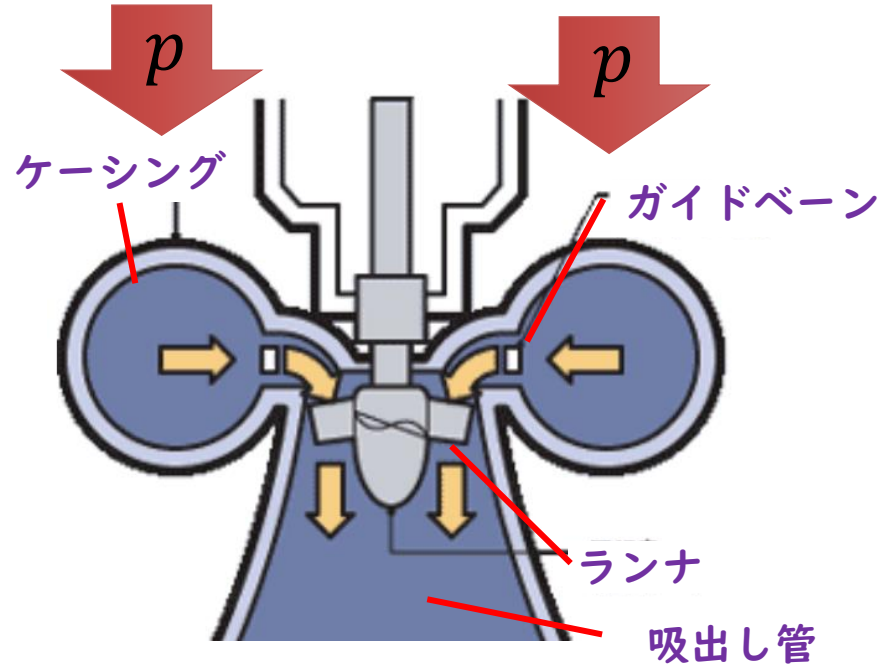
https://www.chuden.co.jp/energy/renew/ren_shikumi/wat_shikumi/suisha/

フランシス水車



ケーシング：ランナに水を送る
ランナ：水車の羽根の部分
ガイドベーン：水の流量を調整
吸出し管：ランナ出口から放水口までの管

プロペラ水車

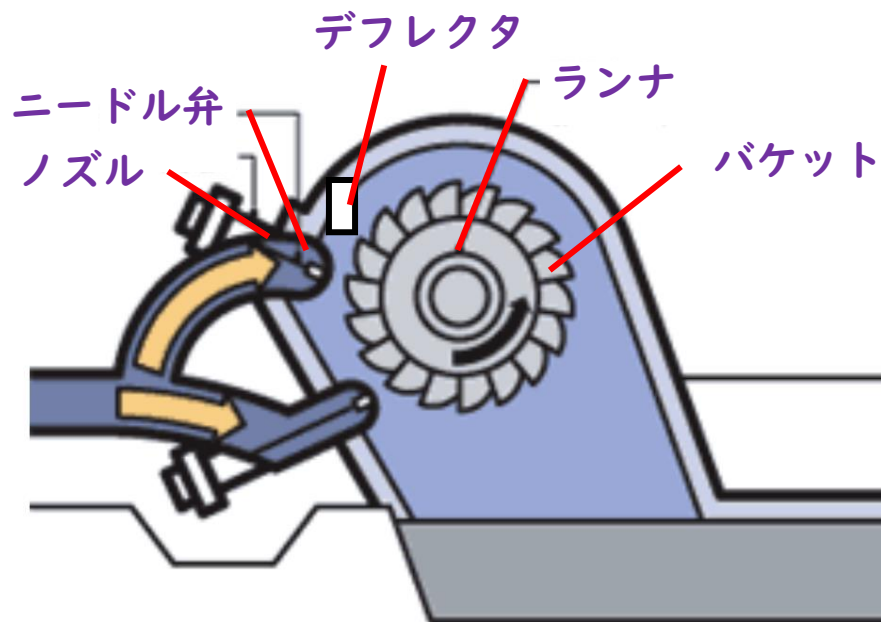


プロペラ水車は落差が小さく流量が多い発電所で採用される。
また、ランナを調整するために羽根が可動式になっているものをカプラン水車という。

衝動水車

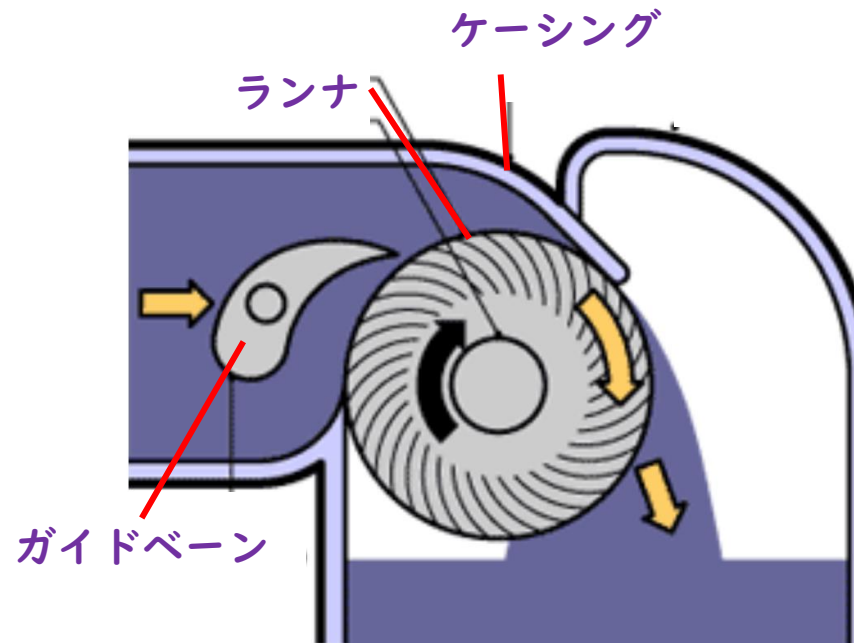
https://www.chuden.co.jp/energy/renew/ren_shikumi/wat_shikumi/suisha/

ペルトン水車



ノズル：ランナに水を噴出する
ランナ：水車の羽根の部分
バケット：羽根の構造が水受けのようになっている
ニードル弁：ノズルの噴出口の開閉を行い、流量調整をする
デフレクタ：ノズルから噴出された水を遮る（ランナの停止用）

クロスフロー水車



部品構成はフランシス水車と同じだが、ランナの軸が水平方向についており、ランナは水の勢い（速度）により回転するため衝動水車である。

比速度

比速度：水車の形状はそのまま大きさを変えて、単位落差(1 m)で単位出力(1 kW)を発生させる仮想水車の回転速度のこと

$$n_s = n \frac{P^{1/2}}{H^{5/4}} = n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

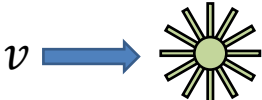
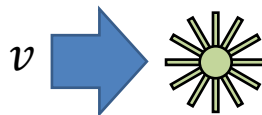
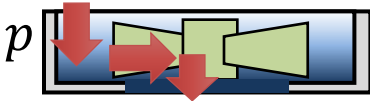
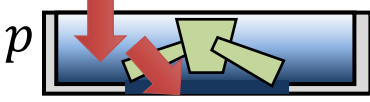
n_s : 比速度

n : 水車の回転速度 [min^{-1}]

P : 定格出力 [kW]

H : 有効落差 [m]

Q : 流量 [m^3/s]

水車の種類		適用落差 H [m]	比速度 n_s	水車構造
衝動水車	ペルトン水車	150 ~ 800	17 ~ 25	
	クロスフロー水車	5 ~ 100	50 ~ 225	
反動水車	フランシス水車	40 ~ 500	75 ~ 350	
	斜流水車	40 ~ 180	140 ~ 370	
	プロペラ水車 (カプラン) 水車	5 ~ 80	250 ~ 980	

比速度が大きいと水車は回転しやすいが、高落差に適さない

H22 問1

問1 次の文章は、水車に関する記述である。

衝動水車は、位置水頭を (ア) に変えて、水車に作用させるものである。

この衝動水車は、ランナ部で (イ) を用いないので、 (ウ) 水車の
ように、水流が (エ) を通過するような構造が可能となる。

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)	圧力水頭	速度水頭	フランシス	空気中
(2)	圧力水頭	速度水頭	フランシス	吸出管中
(3)	速度水頭	圧力水頭	フランシス	吸出管中
(4)	速度水頭	圧力水頭	ペルトン	吸出管中
(5)	速度水頭	圧力水頭	ペルトン	空気中

導出のポイント

問1 次の文章は、水車に関する記述である。

衝動水車は、位置水頭を **速度水頭** (ア) に変えて、水車に作用させるものである。

この衝動水車は、ランナ部で (イ) を用いないので、 **ペルトン** (ウ) 水車の
ように、水流が **圧力水頭** (エ) を通過するような構造が可能となる。

空気中

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)	圧力水頭	速度水頭	フランシス	空気中
(2)	圧力水頭	速度水頭	フランシス	吸出管中
(3)	速度水頭	圧力水頭	フランシス	吸出管中
(4)	速度水頭	圧力水頭	ペルトン	吸出管中
(5)	速度水頭	圧力水頭	ペルトン	空気中

H25 問1

問1 次の文章は、水力発電に用いる水車に関する記述である。

水をノズルから噴出させ、水の位置エネルギーを運動エネルギーに変えた流水をランナに作用させる構造の水車を (ア) 水車と呼び、代表的なものに (イ) 水車がある。また、水の位置エネルギーを圧力エネルギーとして、流水をランナに作用させる構造の代表的な水車に (ウ) 水車がある。さらに、流水がランナを軸方向に通過する (エ) 水車もある。近年の地球温暖化防止策として、農業用水・上下水道・工業用水など少水量と低落差での発電が注目されており、代表的なものに (オ) 水車がある。

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)	反 動	ペルトン	プロペラ	フランシス	クロスフロー
(2)	衝 動	フランシス	カプラン	クロスフロー	ポンプ
(3)	反 動	斜 流	フランシス	ポンプ	プロペラ
(4)	衝 動	ペルトン	フランシス	プロペラ	クロスフロー
(5)	斜 流	カプラン	クロスフロー	プロペラ	フランシス

導出のポイント

問1 次の文章は、水力発電に用いる水車に関する記述である。

水をノズルから噴出させ、水の位置エネルギーを運動エネルギーに変えた流水をランナに作用させる構造の水車を (ア) 水車と呼び、代表的なものに (イ) 水車がある。また、水の位置エネルギーを圧力エネルギーとして、流水をランナに作用させる構造の代表的な水車に (ウ) 水車がある。さらに、流水がランナを軸方向に通過する (エ) 水車もある。近年の地球温暖化防止策として、農業用水・上下水道・工業用水など少水量と低落差での発電が注目されており、代表的なものに (オ) 水車がある。

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)	反 動	ペルトン	プロペラ	フランシス	クロスフロー
(2)	衝 動	フランシス	カプラン	クロスフロー	ポンプ
(3)	反 動	斜 流	フランシス	ポンプ	プロペラ
(4)	衝 動	ペルトン	フランシス	プロペラ	クロスフロー
(5)	斜 流	カプラン	クロスフロー	プロペラ	フランシス

R01 問2

問2 次の文章は、水車の構造と特徴についての記述である。

〔ア〕を持つ流水がランナに流入し、ここから出るときの反動力により回転する水車を反動水車という。〔イ〕は、ケーシング(渦形室)からランナに流入した水がランナを出るときに軸方向に向きを変えるように水の流れをつくる水車である。一般に、落差 40 m～500 m の中高落差用に用いられている。

プロペラ水車ではランナを通過する流水が軸方向である。ランナには扇風機のような羽根がついている。流量が多く低落差の発電所で使用される。〔ウ〕はプロペラ水車の羽根を可動にしたもので、流量の変化に応じて羽根の角度を変えて効率がよい運転ができる。

一方、水の落差による〔エ〕を〔オ〕に変えてその流水をランナに作用させる構造のものが衝動水車である。〔オ〕は、水圧管路に導かれた流水が、ノズルから噴射されてランナバケットに当たり、このときの衝動力でランナが回転する水車である。高落差で流量の比較的少ない地点に用いられる。

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)	圧力水頭	フランシス水車	カプラン水車	速度水頭	ペルトン水車
(2)	速度水頭	ペルトン水車	フランシス水車	圧力水頭	カプラン水車
(3)	圧力水頭	カプラン水車	ペルトン水車	速度水頭	フランシス水車
(4)	速度水頭	フランシス水車	カプラン水車	圧力水頭	ペルトン水車
(5)	圧力水頭	ペルトン水車	フランシス水車	速度水頭	カプラン水車

導出のポイント

問2 次の文章は、水車の構造と特徴についての記述である。

〔ア〕を持つ流水がランナに流入し、ここから出るときの反動力により回転する水車を反動水車という。〔イ〕は、ケーシング(渦形室)からランナに流入した水がランナを出るときに軸方向に向きを変えるように水の流れをつくる水車である。一般に、落差 40 m～500 m の中高落差用に用いられている。

プロペラ水車ではランナを通過する流水が軸方向である。ランナには扇風機のような羽根がついている。流量が多く低落差の発電所で使用される。〔ウ〕はプロペラ水車の羽根を可動にしたもので、流量の変化に応じて羽根の角度を変えて効率がよい運転ができる。

一方、水の落差による〔ア〕を〔エ〕に変えてその流水をランナに作用させる構造のものが衝動水車である。〔オ〕は、水圧管路に導かれた流水が、ノズルから噴射されてランナバケットに当たり、このときの衝動力でランナが回転する水車である。高落差で流量の比較的少ない地点に用いられる。

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)	圧力水頭	フランシス水車	カプラン水車	速度水頭	ペルトン水車
(2)	速度水頭	ペルトン水車	フランシス水車	圧力水頭	カプラン水車
(3)	圧力水頭	カプラン水車	ペルトン水車	速度水頭	フランシス水車
(4)	速度水頭	フランシス水車	カプラン水車	圧力水頭	ペルトン水車
(5)	圧力水頭	ペルトン水車	フランシス水車	速度水頭	カプラン水車

H30 問2

問2 次の文章は、水車の比速度に関する記述である。

比速度とは、任意の水車の形(幾何学的形状)と運転状態(水車内の流れの状態)とを 変えたとき、 で単位出力(1 kW)を発生させる仮想水車の回転速度のことである。

水車では、ランナの形や特性を表すものとしてこの比速度が用いられ、水車の ごとに適切な比速度の範囲が存在する。

水車の回転速度を n [min^{-1}]、有効落差を H [m]、ランナ1個当たり又はノズル1個当たりの出力を P [kW]とすれば、この水車の比速度 n_s は、次の式で表される。

$$n_s = n \cdot \frac{1}{5} \frac{P^2}{H^4}$$

通常、ペルトン水車の比速度は、フランシス水車の比速度より 。

比速度の大きな水車を大きな落差で使用し、吸出し管を用いると、放水速度が大きくなって、 やすくなる。そのため、各水車には、その比速度に適した有効落差が決められている。

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)	一定に保って有効落差を	単位流量(1 m ³ /s)	出力	大きい	高い効率を得
(2)	一定に保って有効落差を	単位落差(1 m)	種類	大きい	キャビテーションが生じ
(3)	相似に保って大きさを	単位流量(1 m ³ /s)	出力	大きい	高い効率を得
(4)	相似に保って大きさを	単位落差(1 m)	種類	小さい	キャビテーションが生じ
(5)	相似に保って大きさを	単位流量(1 m ³ /s)	出力	小さい	高い効率を得

導出のポイント

問2 次の文章は、水車の比速度に関する記述である。

比速度とは、任意の水車の形(幾何学的形状)と運転状態(水車内の流れの状態)とを **相似に保って大きさを** (ア) 変えたとき、(イ) で単位出力(1 kW)を発生させる仮想水車の回転速度のことである。 **単位落差(1 m)**

水車では、ランナの形や特性を表すものとしてこの比速度が用いられ、水車の

(ウ) ごとに適切な比速度の範囲が存在する。

種類

水車の回転速度を n [min^{-1}]、有効落差を H [m]、ランナ1個当たり又はノズル

1個当たりの出力を P [kW]とすれば、この水車の比速度 n_s は、次の式で表される。

$$n_s = n \cdot \frac{1}{5} \frac{P^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

小さい

通常、ペルトン水車の比速度は、フランシス水車の比速度より (エ) 。

比速度の大きな水車を大きな落差で使用し、吸出し管を用いると、放水速度が大きくなって、(オ) やすくなる。そのため、各水車には、その比速度に

キャビテーションが生じ
適した有効落差が決められている。

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)	一定に保って有効落差を	単位流量(1 m ³ /s)	出力	大きい	高い効率を得
(2)	一定に保って有効落差を	単位落差(1 m)	種類	大きい	キャビテーションが生じ
(3)	相似に保って大きさを	単位流量(1 m ³ /s)	出力	大きい	高い効率を得
(4)	相似に保って大きさを	単位落差(1 m)	種類	小さい	キャビテーションが生じ
(5)	相似に保って大きさを	単位流量(1 m ³ /s)	出力	小さい	高い効率を得

キャビテーション

管内で発生した水蒸気の気泡が水車部分で圧縮され、衝撃波となって消滅すること

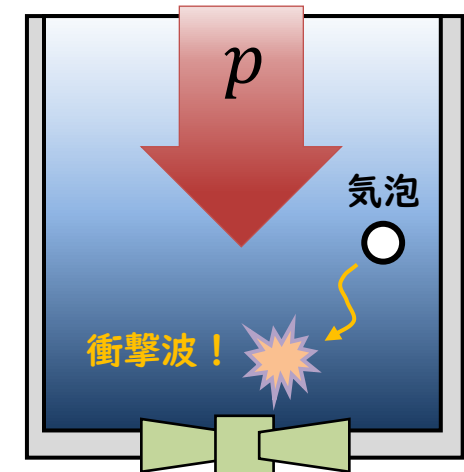
なぜ水蒸気の気泡が発生？

気圧が低いと沸点が下がるように、水の周りの圧力が低いと一部の水が水蒸気となる

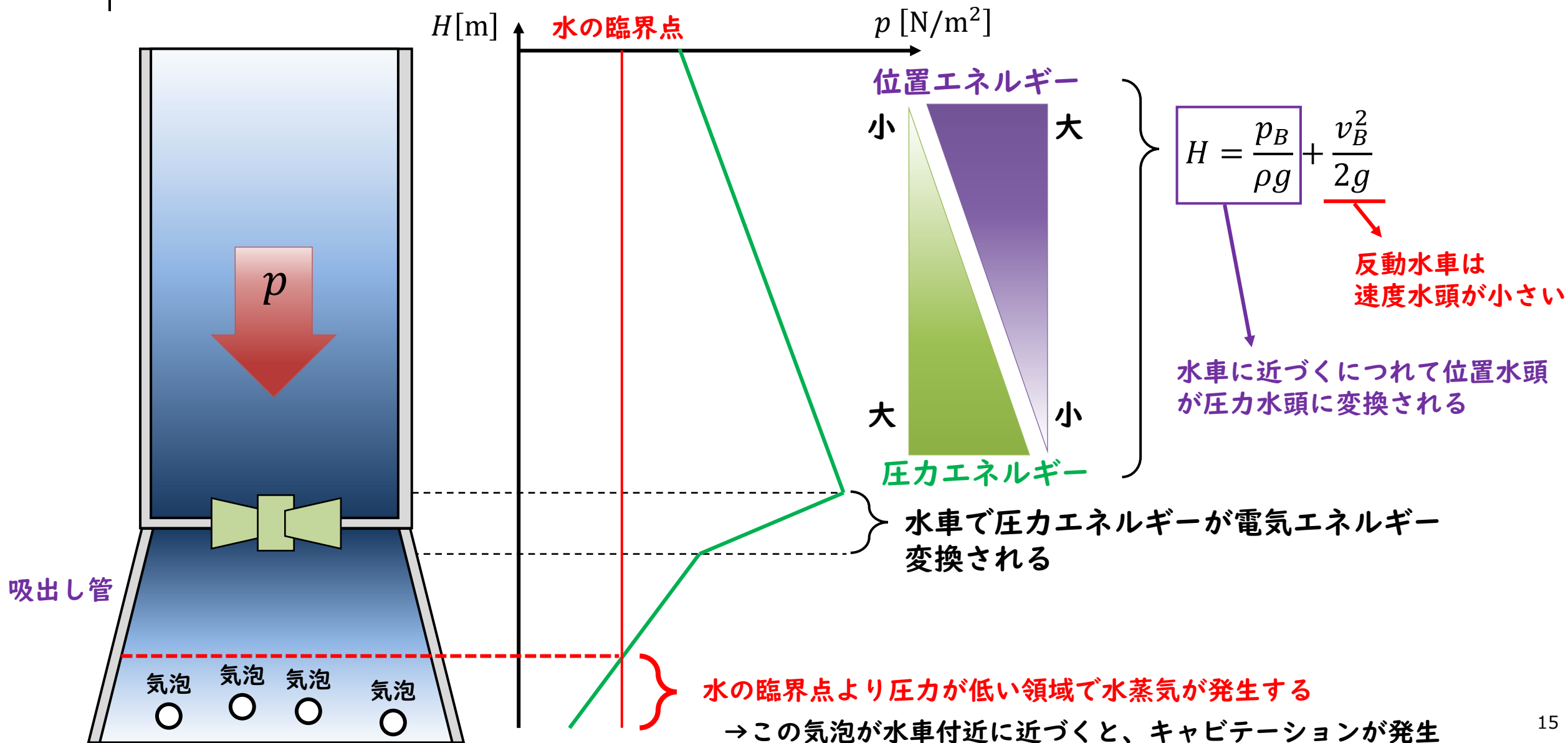
キャビテーションの原因は
水車付近（高圧力領域）の近くで水蒸気が発生（低圧力領域）ができる圧力分布になること

キャビテーションが起こると、

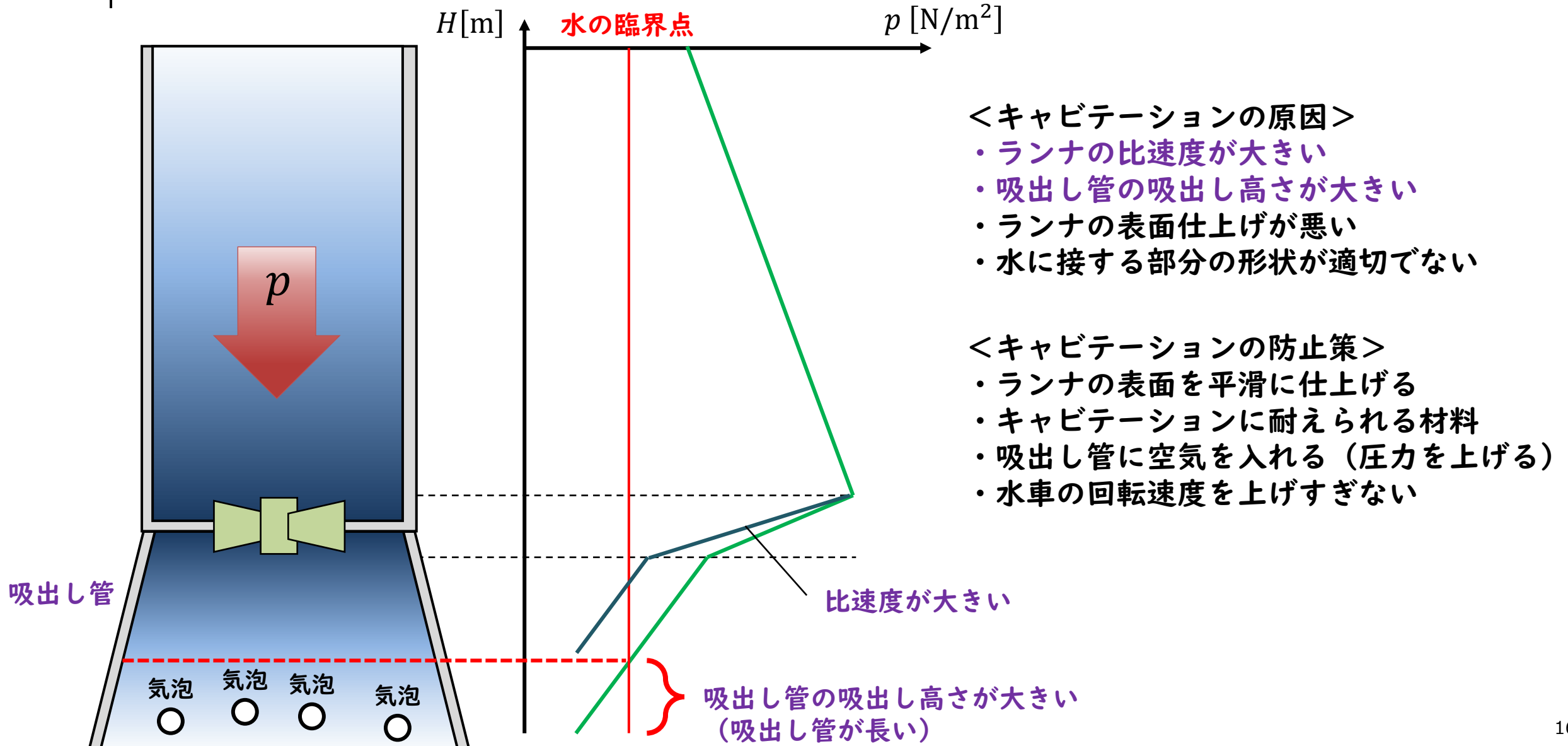
- ・ランナで振動や騒音が発生
- ・ガイドベーンやランナが壊食



キャビテーション



キャビテーション



H29 問2

問2 次の文章は、水車のキャビテーションに関する記述である。

運転中の水車の流水経路中のある点で が低下し、そのときの 以下になると、その部分の水は蒸発して流水中に微細な気泡が発生する。その気泡が の高い箇所に到達すると押し潰され消滅する。このような現象をキャビテーションという。水車にキャビテーションが発生すると、ランナやガイドベーンの壊食、効率の低下、 の増大など水車に有害な現象が現れる。

吸出し管の高さを することは、キャビテーションの防止のため有効な対策である。

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) 流速	飽和水蒸気圧	吸出し管水圧	低く
(2) 流速	最低流速	吸出し管水圧	高く
(3) 圧力	飽和水蒸気圧	吸出し管水圧	低く
(4) 圧力	最低流速	振動や騒音	高く
(5) 圧力	飽和水蒸気圧	振動や騒音	低く

導出のポイント

問2 次の文章は、水車のキャビテーションに関する記述である。

運転中の水車の流水経路中のある点で (ア) が低下し、そのときの (イ) 以下になると、その部分の水は蒸発して流水中に微細な気泡が発生する。その気泡が (ア) の高い箇所に到達すると押し潰され消滅する。このような現象をキャビテーションという。水車にキャビテーションが発生すると、ランナやガイドベーンの壊食、効率の低下、(ウ) の増大など水車に有害な現象が現れる。

吸出し管の高さを (エ) することは、キャビテーションの防止のため有効な対策である。

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) 流速	飽和水蒸気圧	吸出し管水圧	低く
(2) 流速	最低流速	吸出し管水圧	高く
(3) 圧力	飽和水蒸気圧	吸出し管水圧	低く
(4) 圧力	最低流速	振動や騒音	高く
(5) 圧力	飽和水蒸気圧	振動や騒音	低く

ご聴講ありがとうございました!!