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

解 説

(ア)　圧力
運転中の水車の流水経路中のある点で （ア）圧力 が低下し，
そのときの （イ）飽和水蒸気圧 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。

水の圧力が下がり飽和水蒸気圧以下になると、その部分で水が蒸発し気泡ができます。

(イ)　飽和水蒸気圧

(ウ)　振動や騒音

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）振動や騒音 の増大など水車に有害な現象が現れる。

気泡が圧壊するときに、振動や騒音が発生します。

(エ)　低く

吸出し管の高さを （エ）低く 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。

吸出し管の高さを高くすると、吸出す力が強くなるので圧力が下がり、キャビテーションが起きやすくなる。
したがって、吸出し管の高さを低くすればキャビテーション防止になります。

答　(5)

水圧管や水車の中を水が流れる際に、部分的に水の圧力が下がることがあります。
このとき、圧力が低下したところで水が蒸発して水蒸気となり 気泡ができます。(＊1)
この気泡が圧力の高い場所にくると破裂し、その際に発生する衝撃により、金属面にダメージを与えて腐食させ、また振動や騒音などを発生させる。このことを **キャビテーション** と言います。

水がランナや水車の羽根をスムーズに通り抜けることが出来ない場合、部分的な圧力低下が起きて、キャビテーションは発生します。
また、吸出し管の水を吸い出す力により 水車内の水圧が下がり過ぎて、キャビテーションが起こる場合もあります。

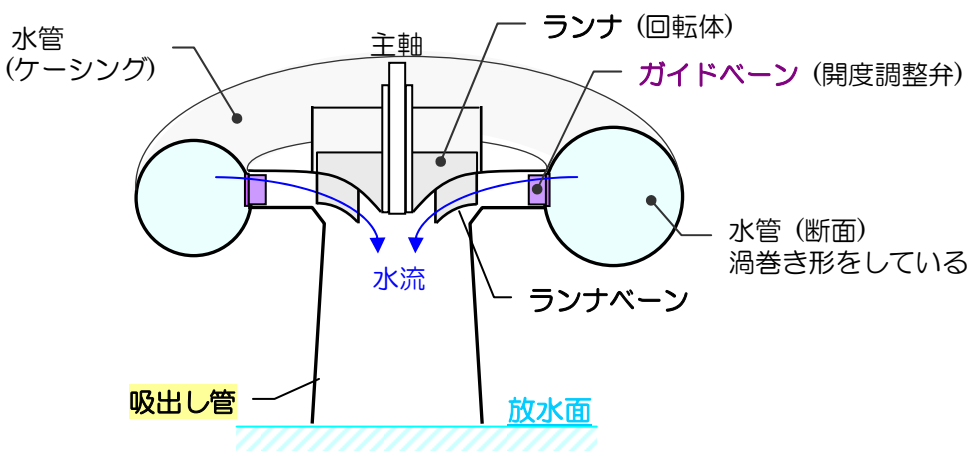


図１　フランシス水車（断面図）

キャビテーションの防止策

キャビテーションの防止策としては、次のようなものがあります。

・吸出し管の高さを高くしすぎない（吸出し管の高さを低くする）
　吸出し管の高さを高くしすぎると、圧力は低下します。

・比速度が適当な水車を選ぶ。（落差に合わせた比速度の水車を選ぶ）（＊2）

・摩擦による圧力の低下を防ぐため、ランナなどの表面を平滑にする

・腐食に対して強い素材を使う

注釈

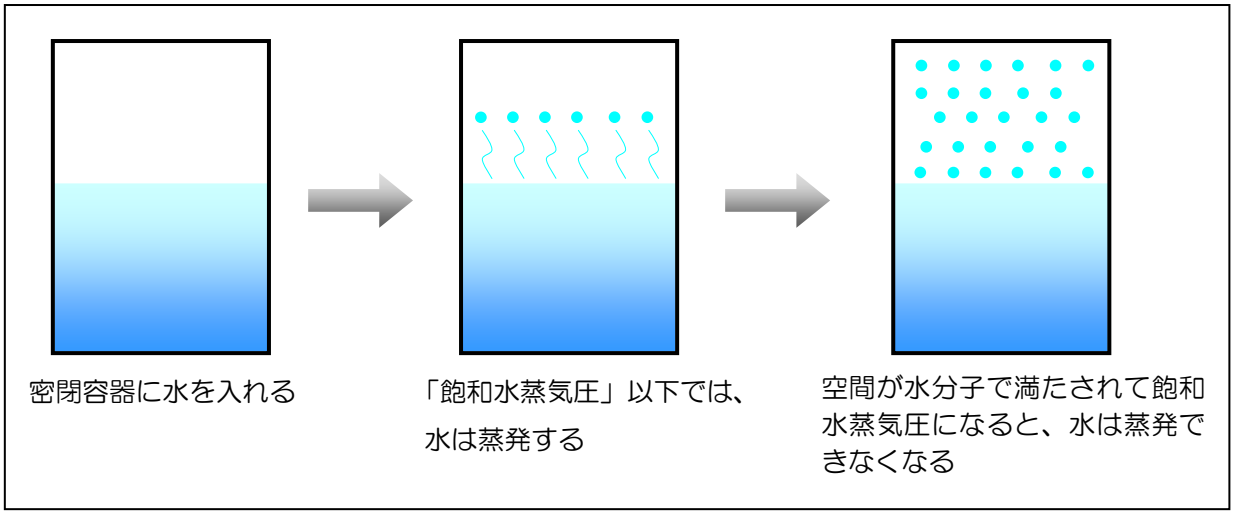
（＊1）
例えば富士山の頂上で湯を沸かすような場合、沸騰温度は 100℃よりも低い温度になる。
これは、富士山の頂上では地上より気圧が低いためで、気圧が下がると水の沸騰温度は下がります。
そして圧力がさらに低下し真空に近い状態になると、常温でも水は沸騰します。

（＊2）
比速度の小さな水車の場合、水車を回すのに大きな力が必要となり、
吸出し管により水が吸い出されても、水車の回転が遅く、水の流れが滞る場合がある。
水がスムーズに流れないと、圧力低下が起きてキャビテーションが発生します。

飽和水蒸気圧

密閉した容器の中に半分ほど水を入れておく。
容器内で水は蒸発するが、ある程度蒸発するとそれ以上蒸発しなくなります。
これは、空間が水分子で満たされたためにそれ以上蒸発できなくなるからで、
このときの圧力を「飽和水蒸気圧」と言います。

容器の中で水が蒸発しているときは、「飽和水蒸気圧」以下になります。
これは、蒸発しているときは「飽和水蒸気圧」以下なので、蒸発できるということです。
水が十分に蒸発し、空間が水分子で満たされると「飽和水蒸気圧」になるので、それ以上蒸発できなくなります。



圧力が「飽和水蒸気圧」以下では、水は蒸発できる

圧力が「飽和水蒸気圧」になると、水は蒸発できない

このように覚えておけばいいと思います。

補足)

ある空間が、水分子(水蒸気)で完全に満たされている状態を飽和と言い、その時の圧力が飽和水蒸気圧になります。

通常、水の中にはごく微細な気泡が存在する。

このとき、気泡周囲の水が蒸発して気泡の中は水蒸気で満たされる。(＊3)

気泡が水蒸気で満たされ、これ以上は水が気泡内に蒸発できない状態の圧力を飽和水蒸気圧と言います。

このとき、水の圧力が下がると気泡は膨張する。

圧力が下がって気泡が膨張すると、水分子の入り込む隙間ができるので、再び水は蒸発することができる。

このとき、圧力は飽和水蒸気圧以下に下がった と言えます。(＊4)

圧力が飽和水蒸気圧以下に下がると、気体は膨張して隙間ができるため、再び気泡周囲の水が蒸発して気泡の中は水蒸気(水の分子)で満たされる。

そして、再び圧力が下がるとさらに気泡は膨張し、再び気泡周囲の水は蒸発する。

つまり、圧力が下がれば下がるほど、気泡は大きくなるということです。(＊5)

水車の流水経路の色々な箇所で圧力は下がるが、その箇所を通り過ぎれば 再び圧力は上がる。

すると、膨張した気泡は押しつぶされ、そのときに騒音や振動が発生する。

このことをキャビテーションと言います。

注釈

(＊3)
水蒸気で満たされるとは、水から水分子が気泡中に飛び出し、気泡の中が水分子でいっぱいになること。気泡が水分子で満たされ、これ以上水分子が入り込む隙間のない状態が飽和状態。

(＊4)
気体は圧縮性が大きいので、圧力をかければ縮むし、圧力をなくせば(弱めれば)膨らむという性質がある。
例えば袋入りのスナック菓子を高い山の頂上に持っていくと、袋はパンパンに膨らむという現象が起きる。
これは、圧力(気圧)下がったために、袋の中の気体が膨張するという現象。

(＊5)
ここでは「蒸発」という表現を使っているが、圧力が激しく低下し、その圧力に対する温度が沸点になれば、「蒸発」ではなく「沸騰」になる。
(圧力が下がれば、沸点も下がる。そのため、真空に近いような圧力では常温でも水が沸騰する)