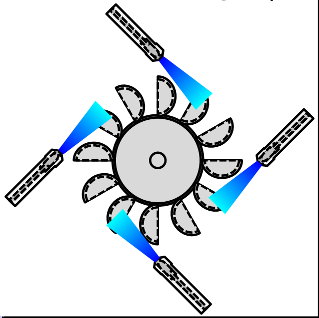
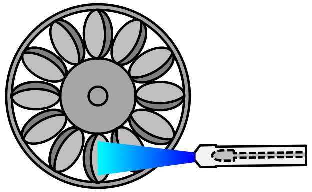
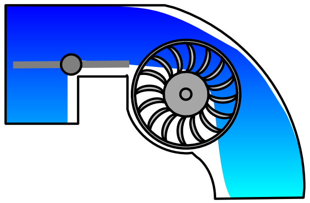
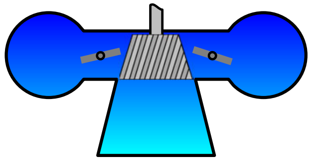
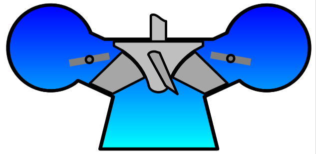
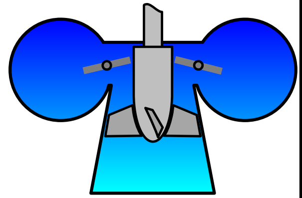
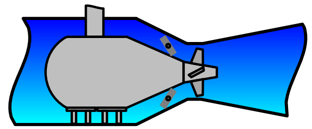
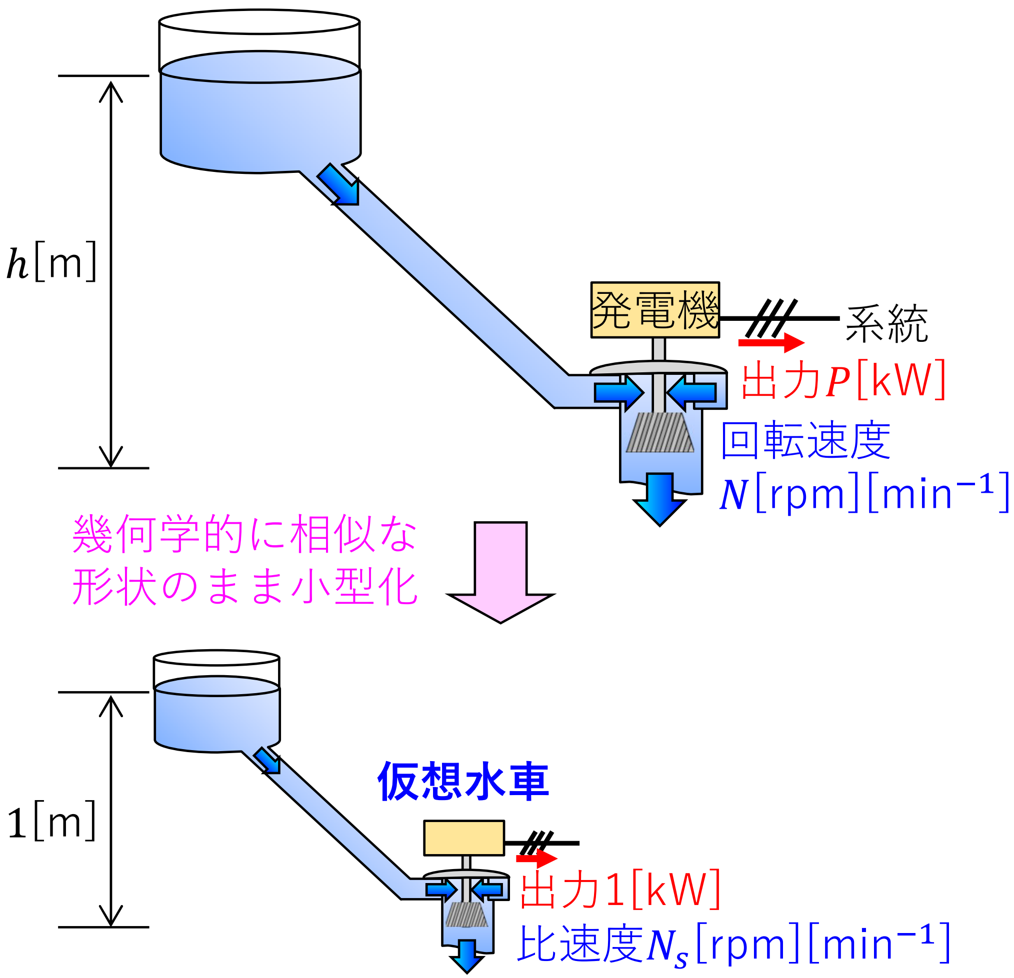
水力発電（3）－1　《水車種類と用途の特徴》　　※各値は参考値

	衝動水車			反動水車			
	ペルトン水車 	ターゴ水車 	クロスフロー水車 	フランシス水車 	斜流水車（デリア水車） 	プロペラ水車（カプラン水車） 	チューブラ水車（バルブ水車） 
落差	150～800m	25～300m	1～200m	40～500m	40～180m	5～80m	2～25m
流量	～18m³/s	～8m³/s	0.1～ m³/s	～140m³/s	～170m³/s	～290m³/s	1.5～180m³/s
出力	～100MW	～10MW	～1MW	～270MW	～150MW	～100MW	～65MW
発電効率	定格：△ 部分：○	定格：△ 部分：○	定格：△ 部分：○	定格：◎ 部分：×	定格：○ 部分：×(斜流) ○(デリア)	定格：○ 部分:×(プロペラ) ○(カプラン)	定格：○ 部分：○ (ランナベーン可変)
比速度	12～23	15～30	40～200	60～300	180～230	250～850	400～800
特徴	小流量・高落差向け	ペルトンより小型・安価で低落差可	超低落差可で小水力発電向け	適用落差が広く高効率で最も普及	フランシスとプロペラの中間的な性質	大流量・低落差向け	小水力発電向け且つ商用規模にも対応

水力発電（3）－2　《比速度》



比速度N_sとは
元の水車と相似な形状の水車を仮想して、
1[m]の落差の元で相似な状態（水の流れ）で運転させ、
1[kW]の出力を発生するような寸法としたときの
仮想水車の回転速度である。

比速度N_sの公式　$N_s = N \cdot \dfrac{P^{\frac{1}{2}}}{h^{\frac{5}{4}}} = N\sqrt{\dfrac{P}{\sqrt{h^5}}}$
[m・kW]

比速度　高：高速回転、小型（安価）
比速度　低：低速回転、大型（高価）

但し、水車種類によって比速度の最良効率となる範囲があり、これを逸脱すると効率低下やキャビテーションが発生して水車寿命を短くする。

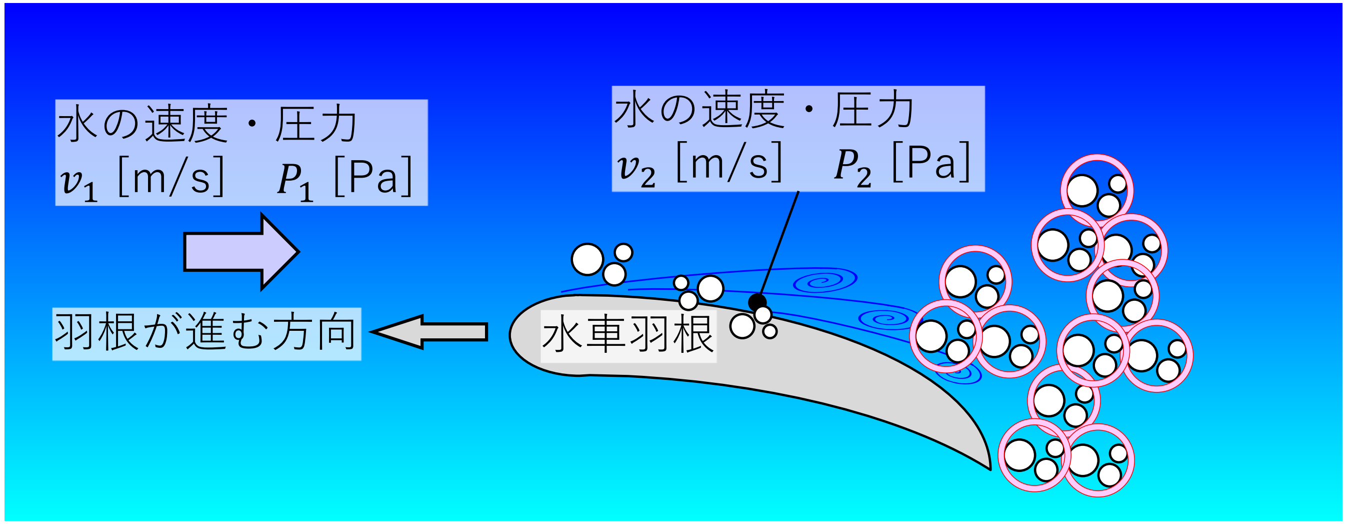
比速度限界値

ペルトン水車	：$N_s \leqq \dfrac{4300}{h+200} + 14$	低
フランシス水車	：$N_s \leqq \dfrac{23000}{h+30} + 40$	高
斜流水車	：$N_s \leqq \dfrac{21000}{h+20} + 40$	高
プロペラ	：$N_s \leqq \dfrac{21000}{h+20} + 35$	高

水力発電（３）－３　《キャビテーション》

キャビテーションとは

局所的に飽和蒸気圧力以下の領域ができると、水蒸気の気泡が生じ、飽和蒸気圧力以上の領域で気泡が凝縮して消滅する現象。気泡が消滅する際、衝撃圧による振動・騒音・脈動が発生する。



ベルヌーイの定理

$$mgh + \frac{1}{2}mv^2 + \frac{mP}{\rho} = 一定$$

位置エネルギー　運動エネルギー　内部エネルギー

位置エネルギーは同じなので

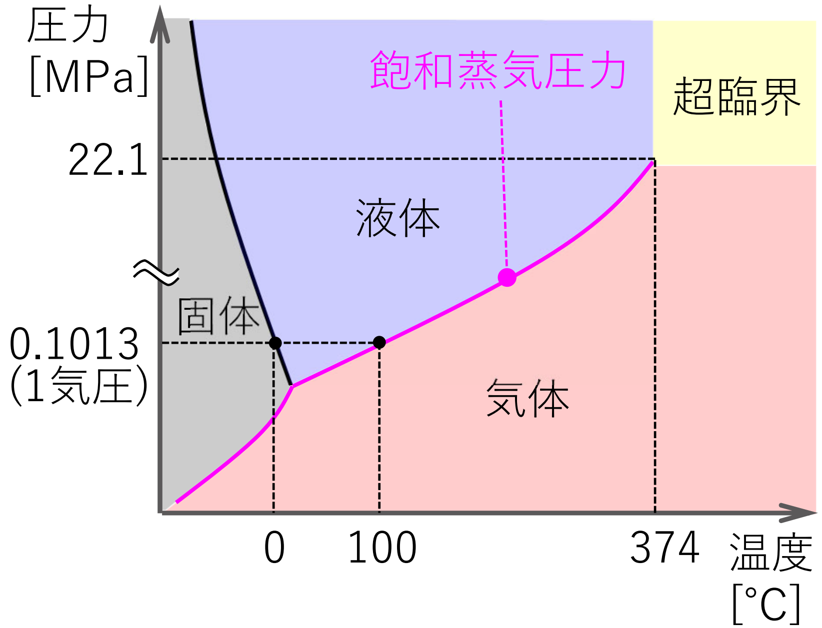
$$\frac{1}{2}mv_1{}^2 + \frac{mP_1}{\rho} = \frac{1}{2}mv_2{}^2 + \frac{mP_2}{\rho}$$

$v_2 > v_1$ より　$P_1 > P_2$

水車に与える悪影響

・衝撃圧や振動による金属部品の損耗
・水車効率の低下（気泡による空転）
・吸出管入口の水圧脈動

対策　水車比速度・吸出管高さを高く取り過ぎない。

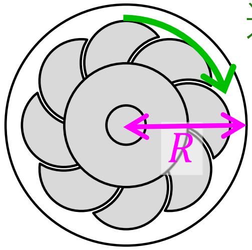


羽根車表面付近は流速が高まるので圧力が下がる。
飽和蒸気圧力以下になるとキャビテーションが生じる。

付録：比速度の導出

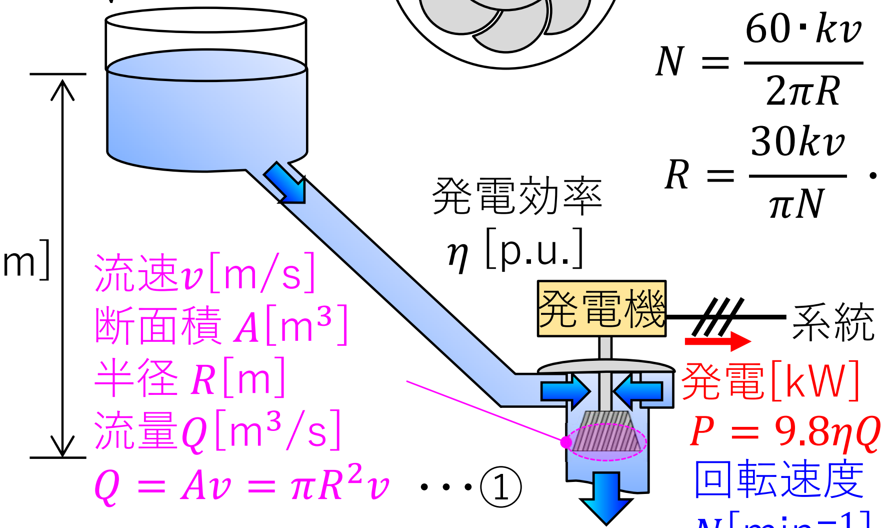
$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{2gh} \quad \cdots ⑤$$



$$N = \frac{60 \cdot kv}{2\pi R}$$

$$R = \frac{30kv}{\pi N} \quad \cdots ③$$

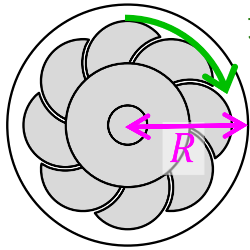


$$P = 9.8\eta Qh \quad \cdots ⑦$$

$$Q = Av = \pi R^2 v \quad \cdots ①$$

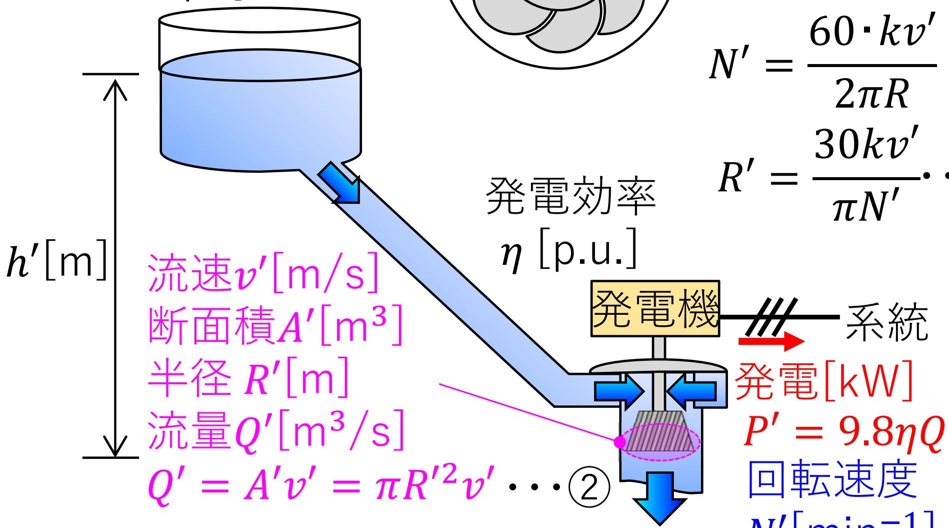
$$mgh' = \frac{1}{2}mv'^2$$

$$v' = \sqrt{2gh'} \cdots ⑥$$



$$N' = \frac{60 \cdot kv'}{2\pi R}$$

$$R' = \frac{30kv'}{\pi N'} \cdots ④$$



$$P' = 9.8\eta Q'h' \cdots ⑧$$

$$Q' = A'v' = \pi R'^2 v' \cdots ②$$

①②③④⑤⑥より、

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{\pi R^2 v}{\pi R'^2 v'} = \left(\frac{R}{R'}\right)^2 \frac{v}{v'} = \left(\frac{\frac{30kv}{\pi N}}{\frac{30kv'}{\pi N'}}\right)^2 \frac{v}{v'} = \left(\frac{N'v}{Nv'}\right)^2 \frac{v}{v'} = \left(\frac{N'}{N}\right)^2 \left(\frac{v}{v'}\right)^3 = \left(\frac{N'}{N}\right)^2 \left(\frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{2gh'}}\right)^3 = \left(\frac{N'}{N}\right)^2 \left(\frac{h}{h'}\right)^{\frac{3}{2}} \cdots ⑨$$

⑦⑧⑨より、

$$\frac{P}{P'} = \frac{9.8\eta Qh}{9.8\eta Q'h'} = \frac{Qh}{Q'h'} = \left(\frac{N'}{N}\right)^2 \left(\frac{h}{h'}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{h}{h'} = \left(\frac{N'}{N}\right)^2 \left(\frac{h}{h'}\right)^{\frac{5}{2}}$$

$P' = 1$、$h' = 1$、$N' = N_s$とすると、N_sが比速度となり

$$P = \left(\frac{N_s}{N}\right)^2 h^{\frac{5}{2}} \qquad \sqrt{P} = \frac{N_s}{N}\sqrt{h^{\frac{5}{2}}} \qquad N_s = N\sqrt{\frac{P}{\sqrt{h^5}}}$$