

ピコ水力発電システムの検討および 簡易流速測定方法の提案



鶴岡工業高等専門学校
創造工学科 機械コース

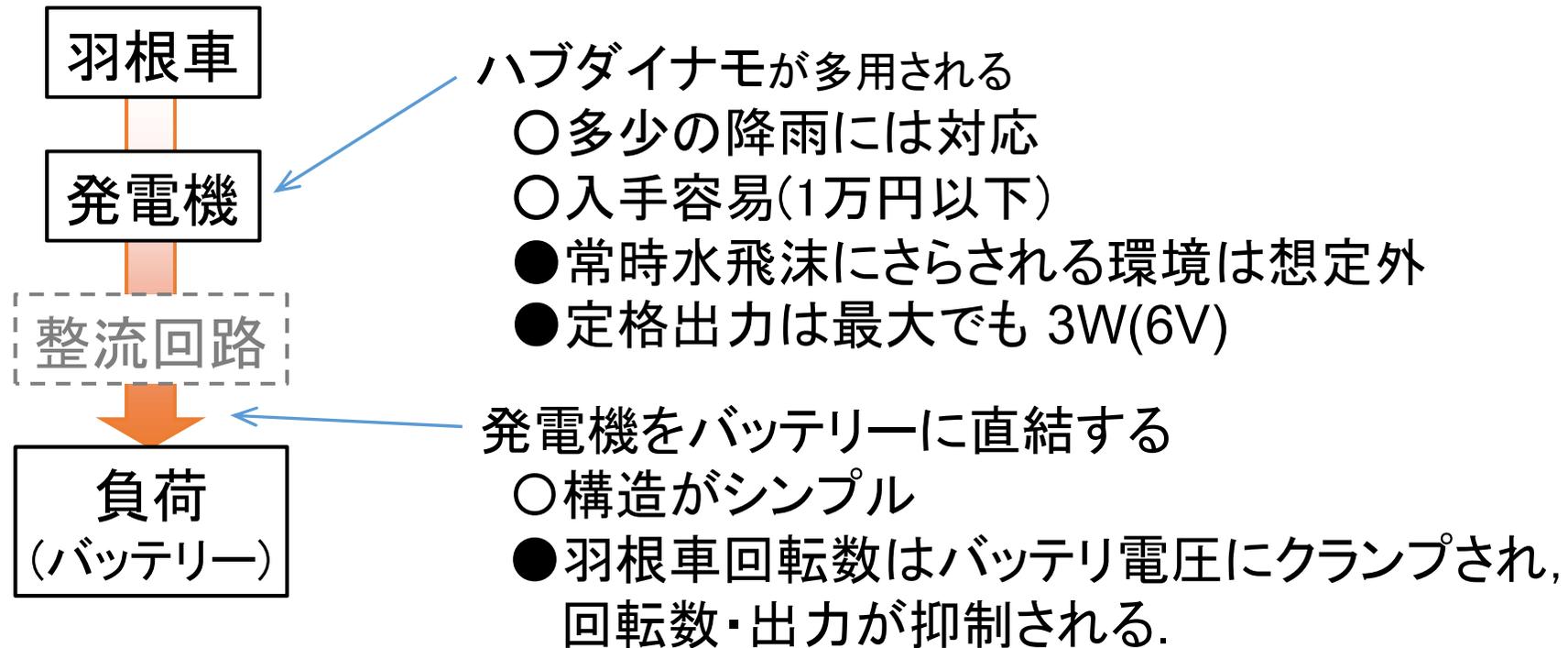
5年 磯貝 勇人

5年 林 りょう

教授 本橋 元

ピコ水力発電システムの検討

ピコ水力電気システムの課題

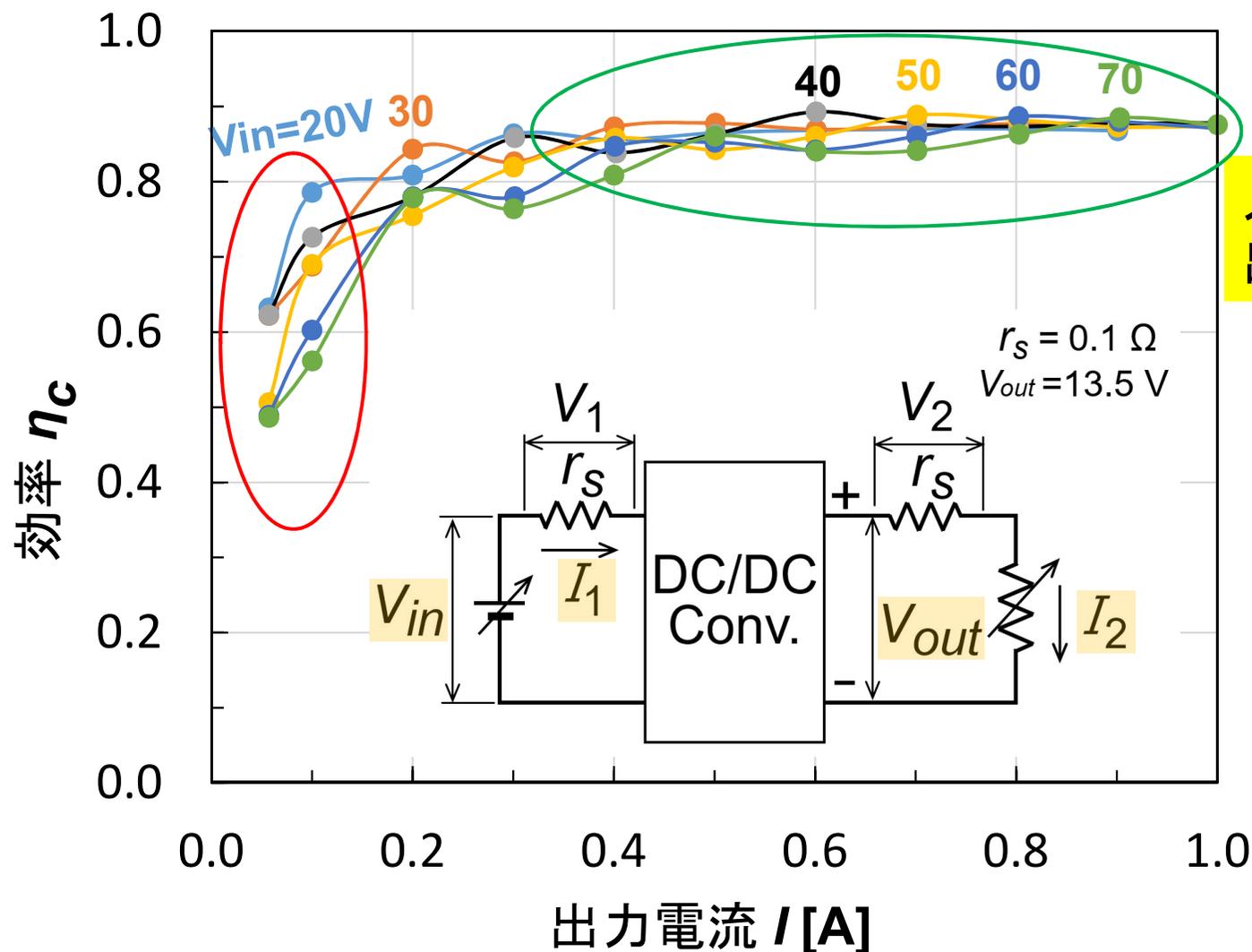


発電システムの耐久性, 出力を向上させるために

- ・ 発電機には防水タイプの小型モータを使用する
- ・ DC/DCコンバータを導入し, 発電機の運用回転数を高くしたい

DC/DCコンバータ

→直流の電圧を変換するデバイス



TDK-Lambda
CCG15-48-15S

入力:18~76V
出力:15V \pm 10%, 1A



効率

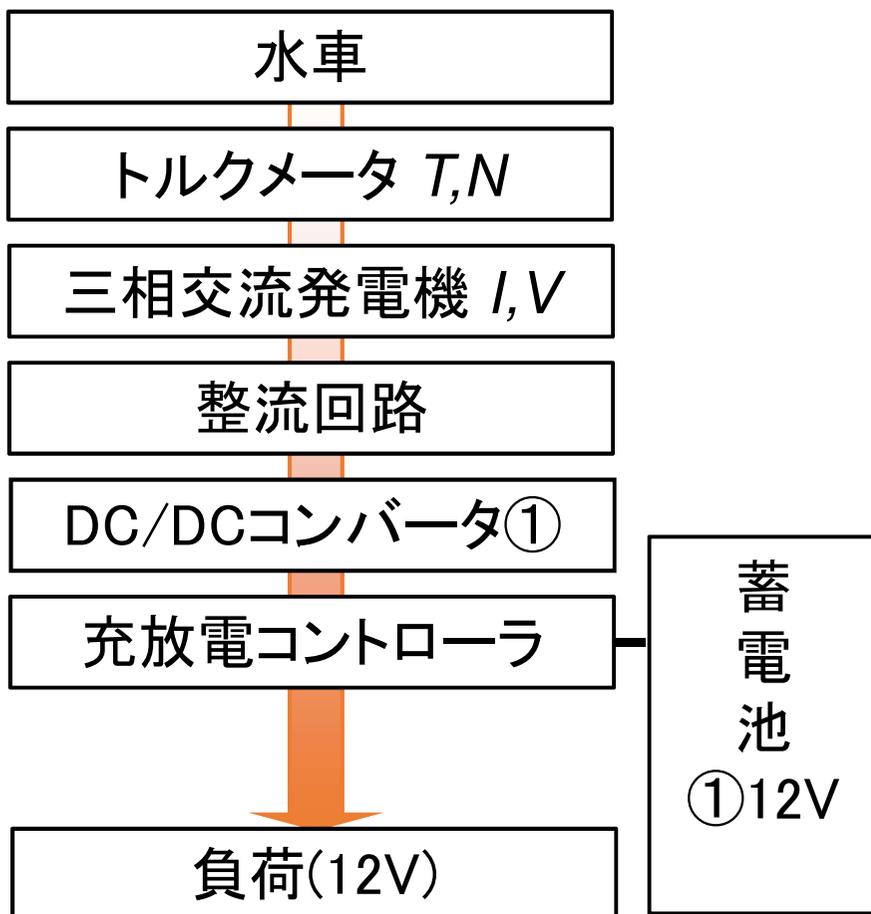
$$\eta_c = \frac{V_{in} I_1}{V_{out} I_2}$$

- ・ 入力電圧によらず, 0.1 A以下では効率が低い
- ・ 0.4A以上であれば効率0.8以上での運用ができる

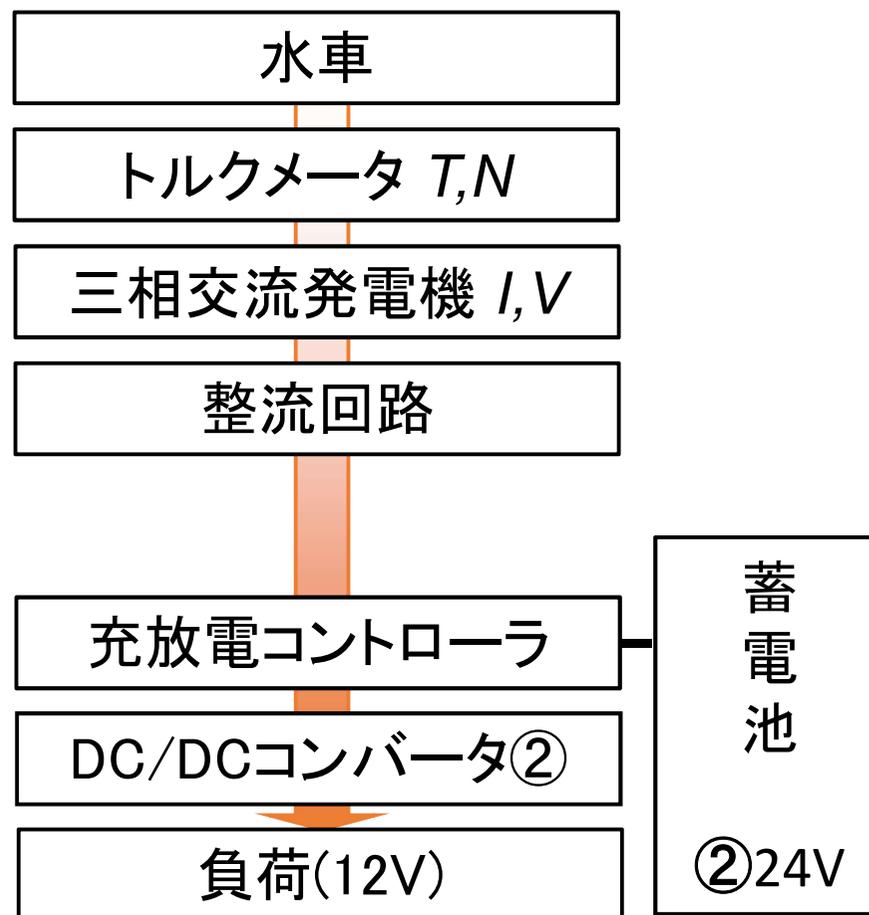
目的

DC/DCコンバータの利用により出力向上の可能性を探る

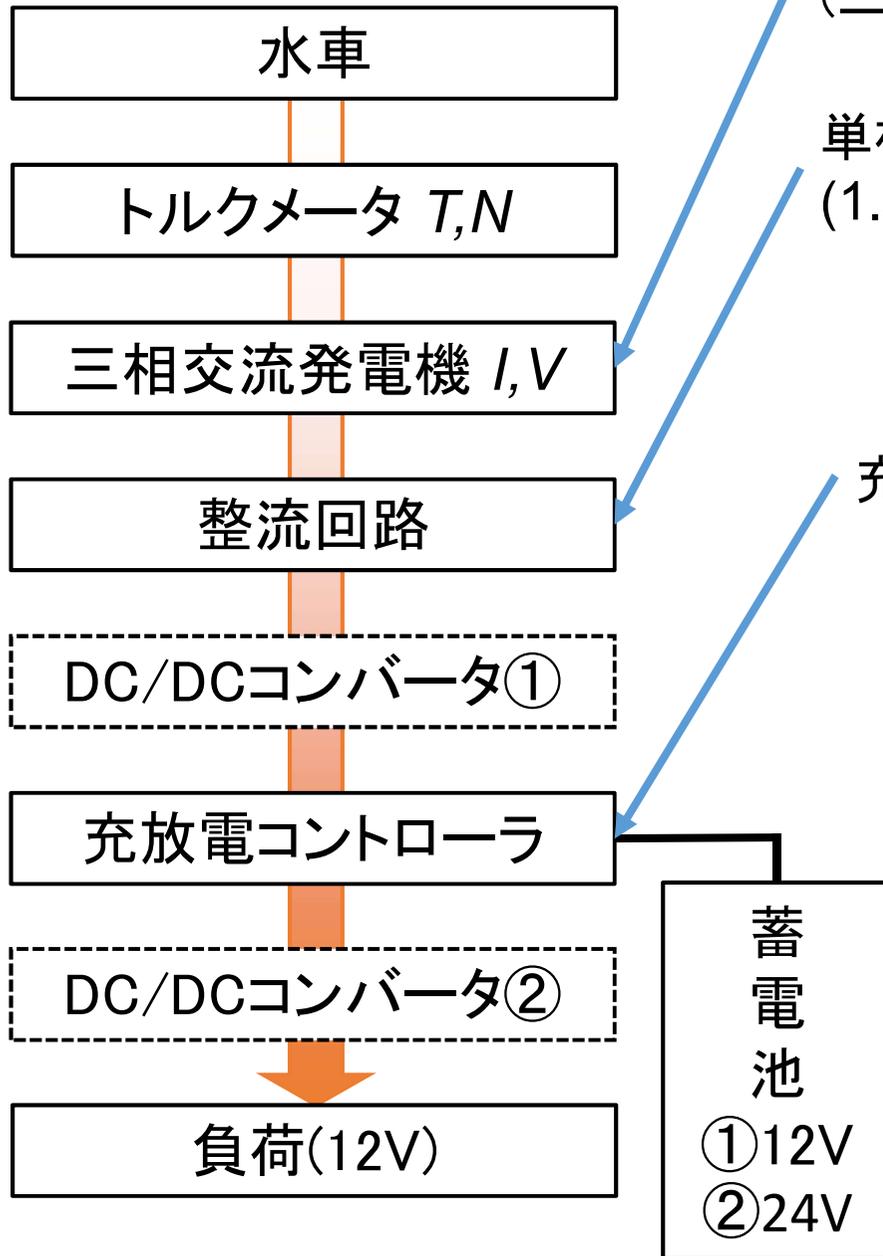
- ①高回転での運転を期待し、
発電電圧を12Vバッテリー用に変換



- ②発電電力を24Vバッテリーに充電し、
負荷に供給する電力を12Vに変換

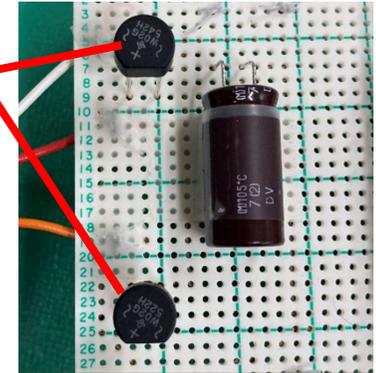


システム構成



ブラシレスモーター防水タイプ
(三相交流発電機, 定格出力30W, IP66)

単相用ブリッジダイオード
(1.5A, 200V, W02G-E4/51)



充放電コントローラ

仕様 12V 24V
最大入力電圧: 25V 50V
入力電流 : 10A 10A
負荷電流 : 10A 10A

過充電保護, 過放電保護, 過温度保護,
過負荷保護, 逆接保護, サージ保護

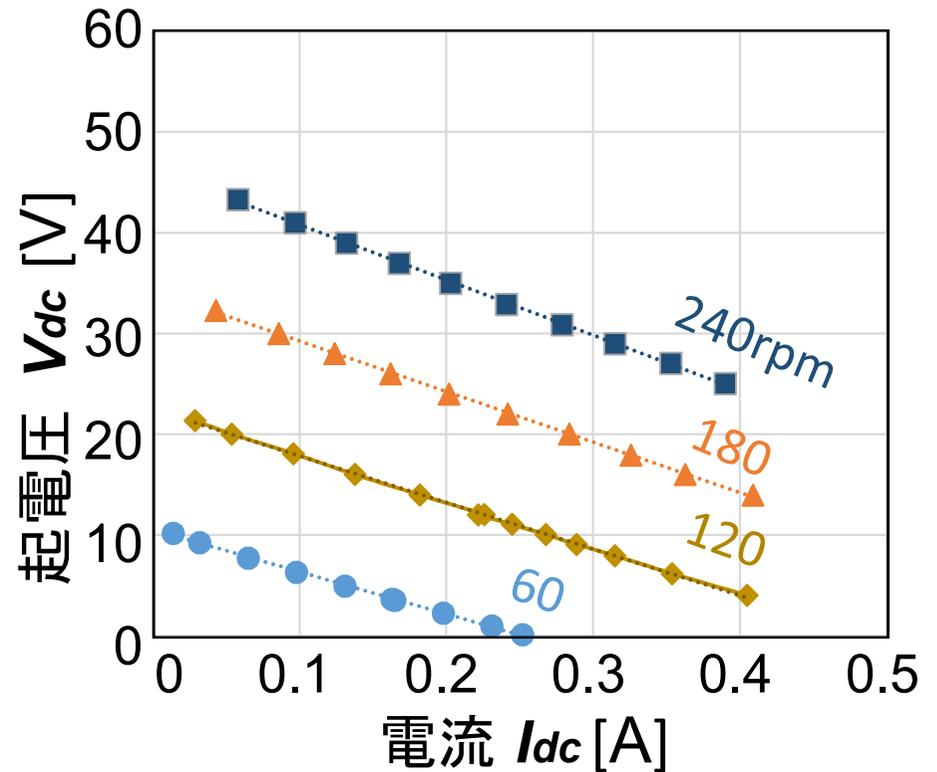
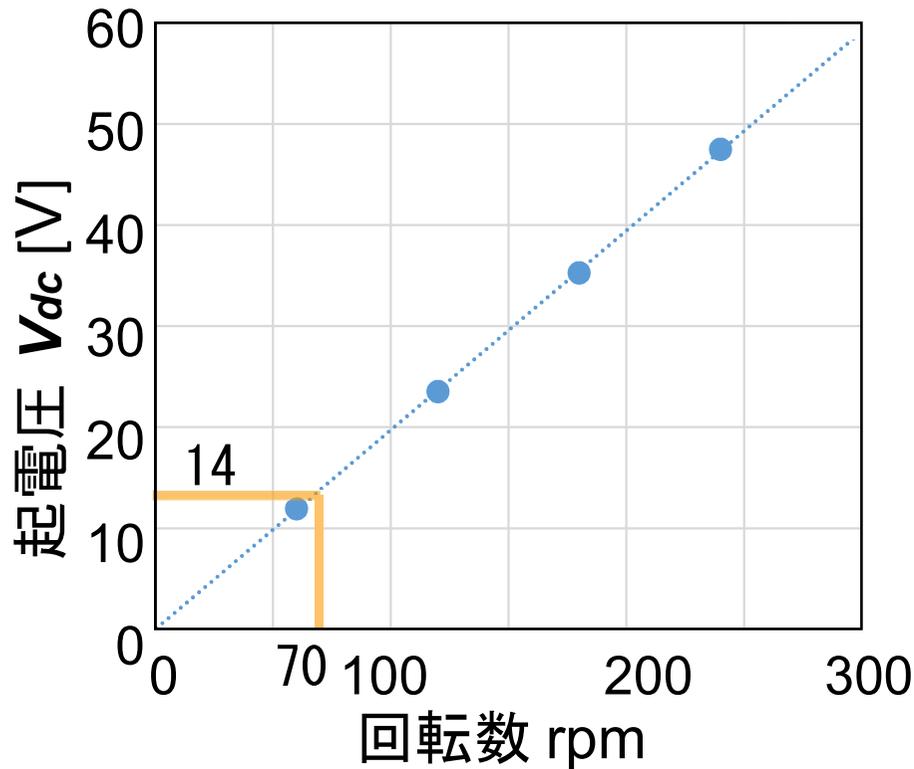
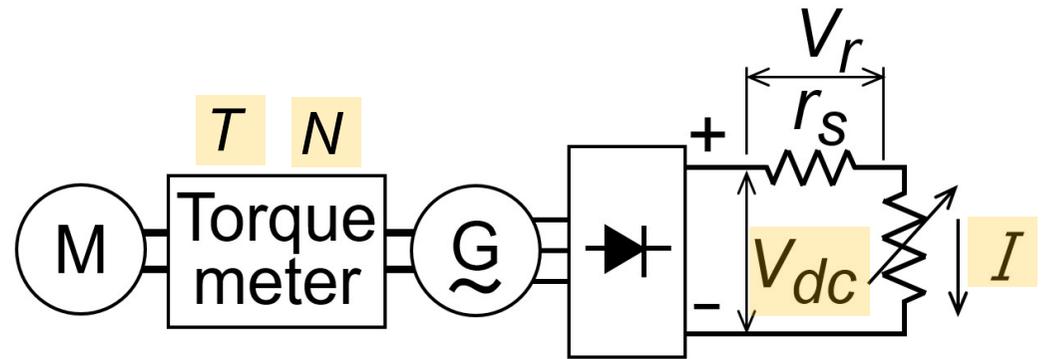


発電機

オリエンタルモータ

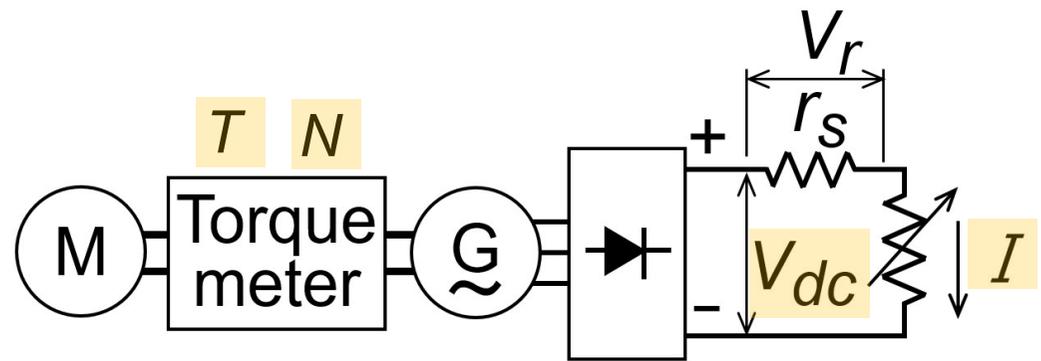
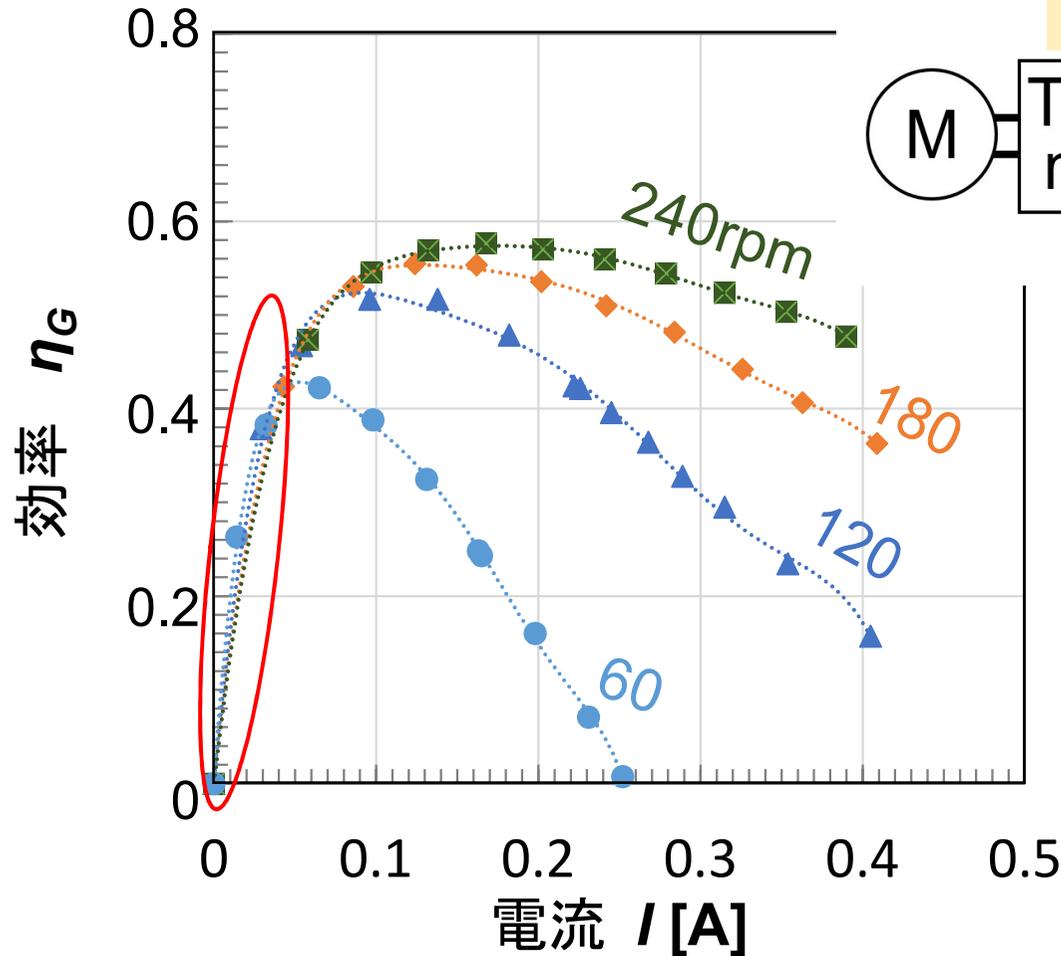
定格出力：30W, 600rpm

保護等級：IP66



- ・ 70rpm程度で12Vバッテリー充電可能
- ・ 電流 $\uparrow \Rightarrow$ 電圧 \downarrow

発電機



シャント抵抗 : $r_s = 0.1 \Omega$

$$\text{入力動力} : P_T = \frac{2\pi N}{60} * T$$

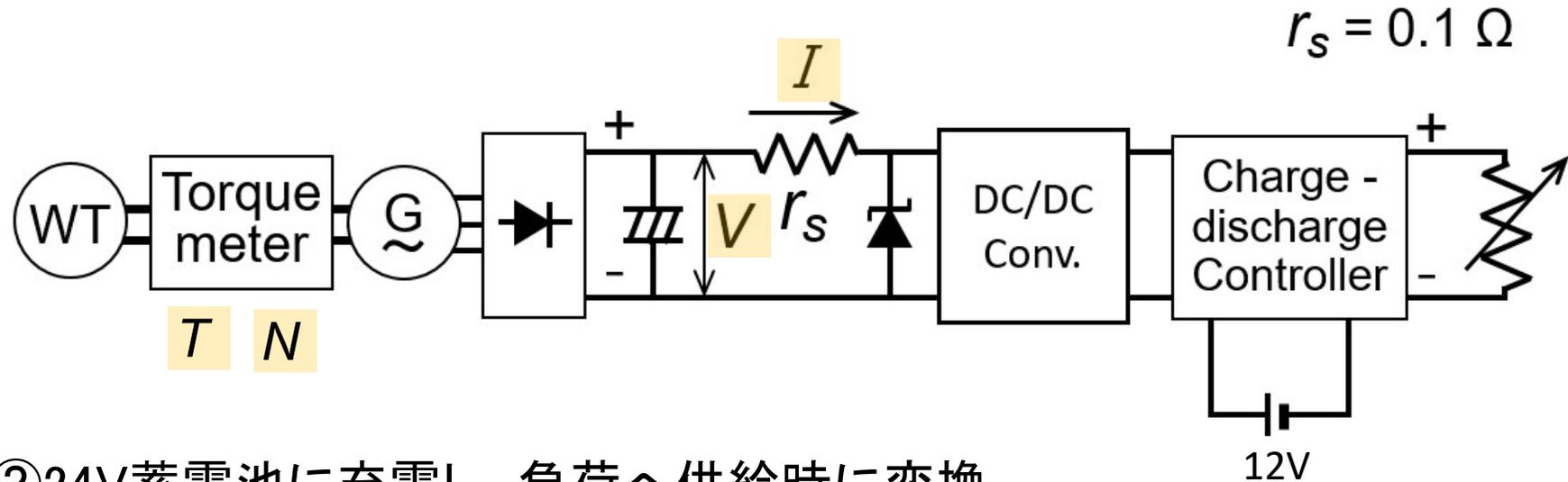
$$\text{出力電力} : P_G = I * V_{dc}$$

$$\text{発電機効率} : \eta_G = \frac{P_G}{P_T}$$

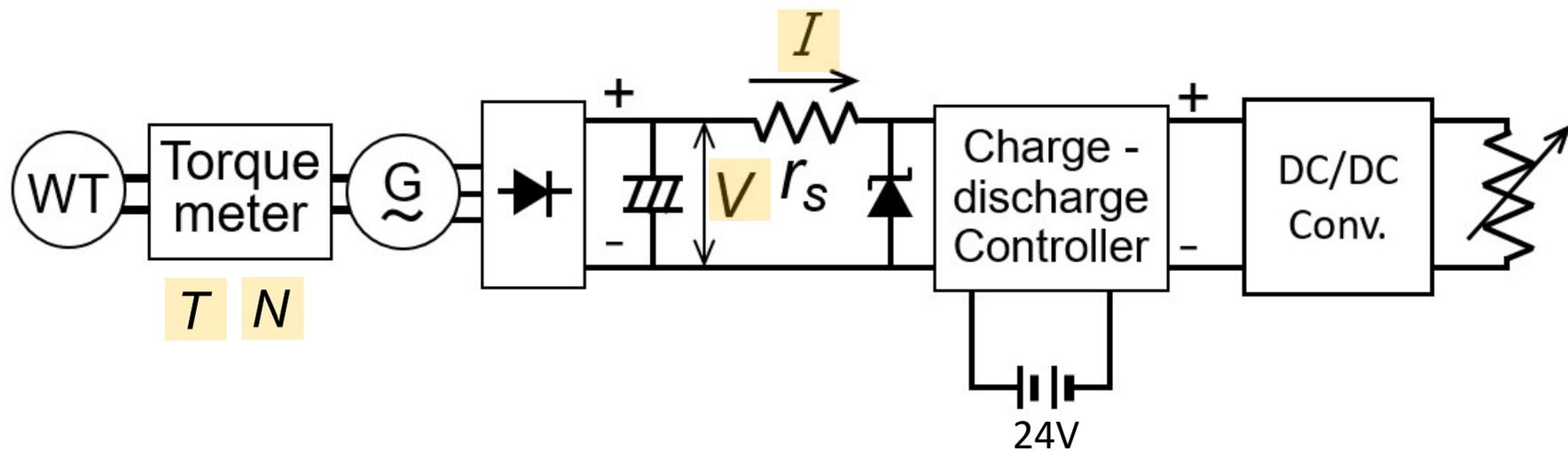
- ・ 回転数によらず, 0.05A以下では効率が低い
 - ・ 回転数が下がると効率が低下し, 60rpmでは極端に低い
- ⇒ $I \geq 0.05A$ で高回転での運転が求められる

実験回路図

① 発電電圧を12V蓄電池用に変換



② 24V蓄電池に充電し、負荷へ供給時に変換



結果および考察

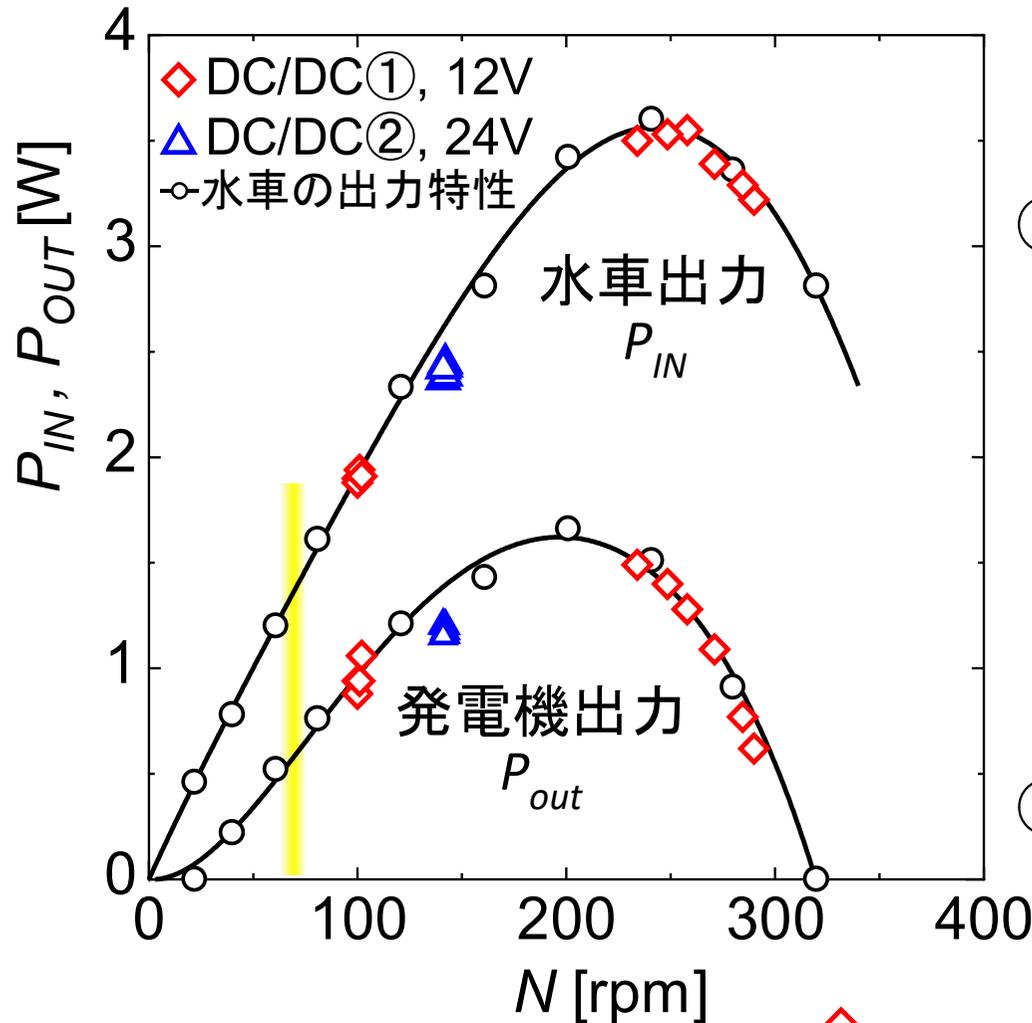
- ① 発電電圧を12V蓄電池用に変換
- ② 24V蓄電池に充電し, 負荷へ供給時に変換

水車出力

$$P_{IN} = \frac{2\pi N}{60} * T$$

発電機出力

$$P_{OUT} = I * V$$



- ① ◇ 低速回転と高速回転

低速: DC/DCコンバータの
作動下限電圧に対応

高速: 水車出力は高いが電力は
低い場合もある(←低電流)

低速・高速モードを制御できない。

- ② △ ①低速回転よりは電力増

発電電力: 12V蓄電池に直結 ◇ ①低速 < △ ②24V蓄電池に直結 < ◇ ①高速

まとめ

発電システムの出力を向上させるためにDC/DCコンバータ、三相交流発電機の使用を検討した。結果として発電機出力を12Vバッテリーに直結するよりも大きな出力を得ることができた。

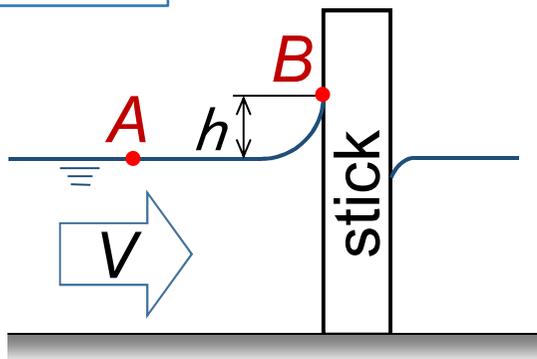
ただし発電機をDC/DCコンバータに接続した場合、低速と高速の回転モードがありその切替条件を探る必要がある。

簡易流速測定方法の提案

背景

ピコ水力導入のためには、対象水路の流況を把握しておきたい。
本研究では高額な計測器を使わず、また水路のゴミに左右されない
簡便な流速測定方法を提案する。

原理



A点, B点は同一流線上にあり, いずれも大気圧

ベルヌーイの定理より

$$\frac{v^2}{2g} = h \quad v = \sqrt{2gh} \quad \rightarrow \quad v = \alpha\sqrt{2gh}$$

水面上昇 h を測定 \Rightarrow 流速 V が求まる.

α は棒形状・水路条件により定まる係数

目的

各条件について速度係数 α を調べ、測定に適した棒形状を検討する。

実験概要

◆実験対象

丸棒

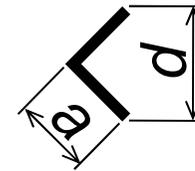
$d = 10 \sim 40 \text{ mm}$



アングル

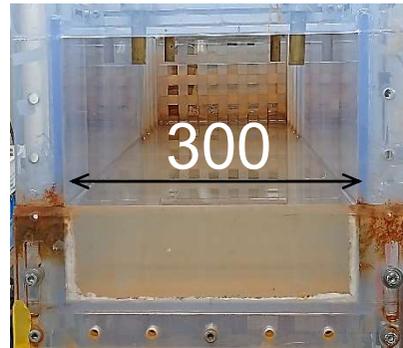
$d = 14 \sim 42 \text{ mm}$

($a = 10 \sim 30 \text{ mm}$)



◆水路

室内水路

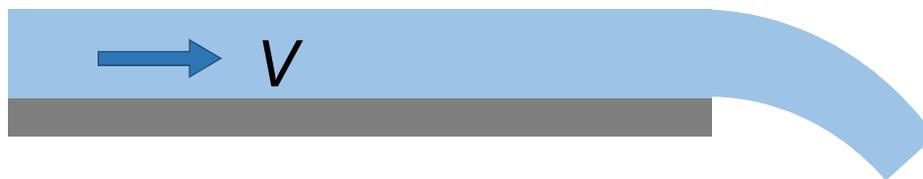


実水路

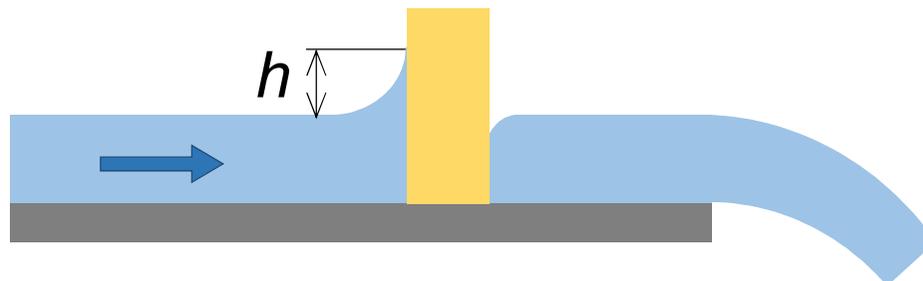


◆実験手順

(1) 基準流速 V を求める



(2) 水面上昇 h を測定



(3) 速度係数の算出

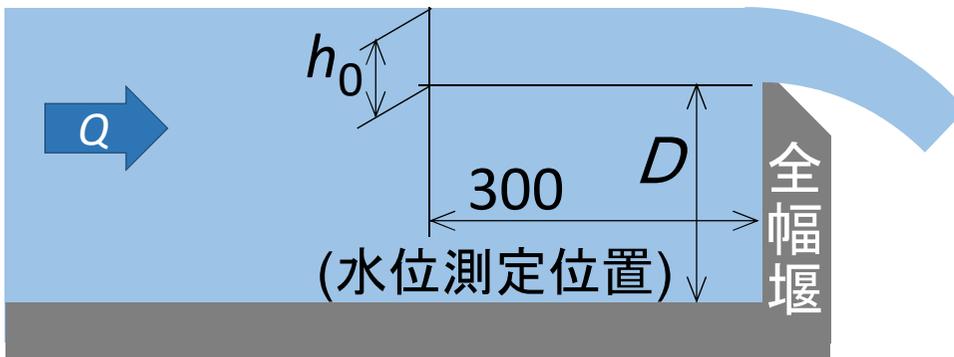
$$\alpha = \frac{V}{\sqrt{2gh}}$$

基準流速の求め方 (1)室内水路

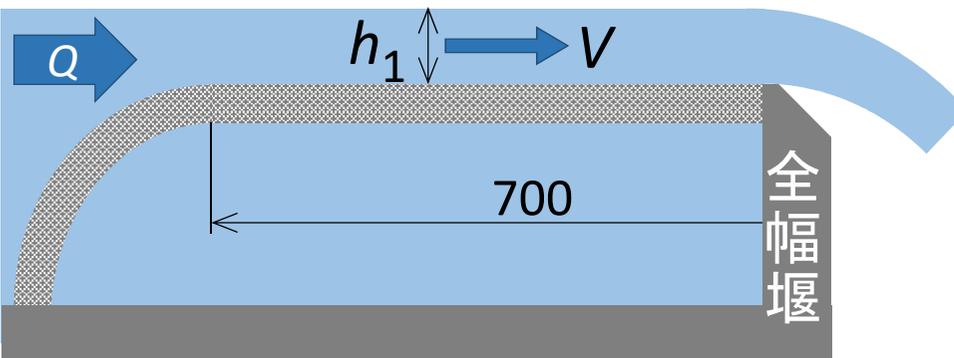
全幅堰の式を適用して、流速を求める。

手順① 越流水位 h_0 から流量 Q を算出

$$\text{流量 } Q = KBh_0^{3/2}, K = K(D, h_0)$$

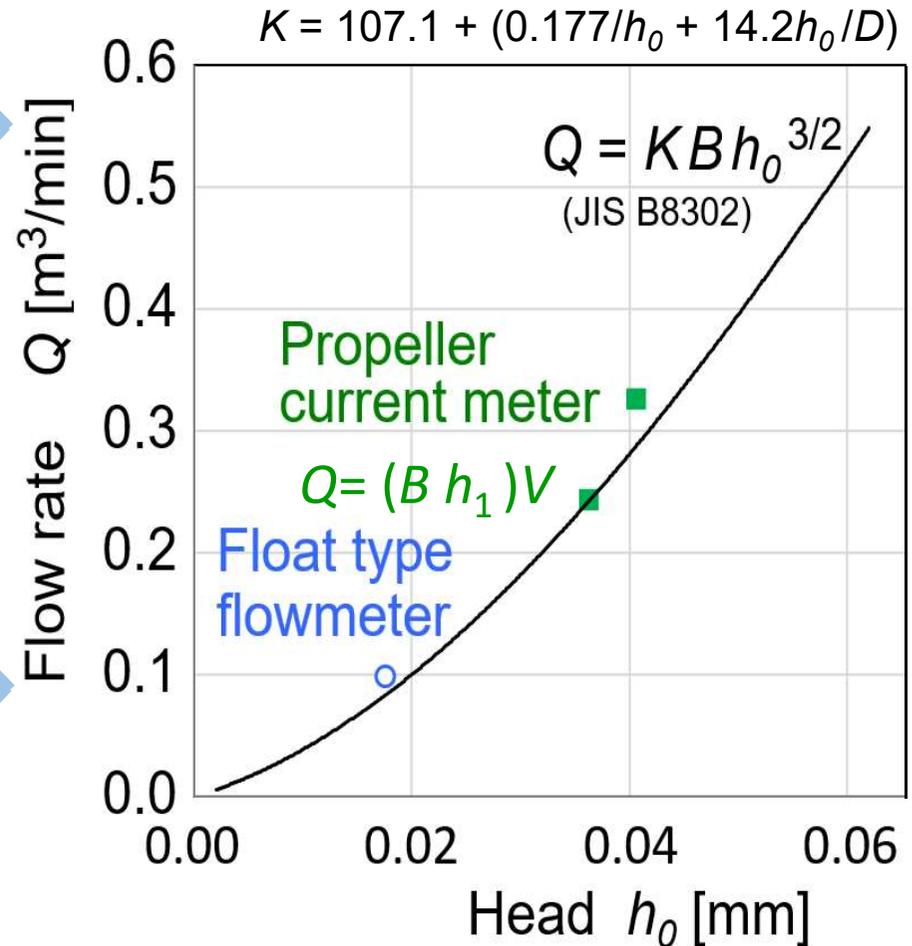


手順② h_1 を測定 \Rightarrow 流速 $V = Q / (h_1 B)$



実験水路 JIS適用範囲

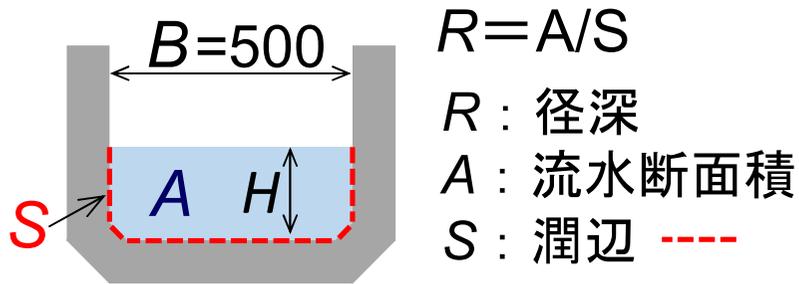
水路幅 B [m]	0.3	≥ 0.5
堰高さ D [m]	0.1	0.3~2.5
越流水位 h_0 [m]	≥ 0.02	0.03~ D



基準流速の求め方 (2) 実水路

プロペラ式流速計の誤差を均すため、
マンニングの式より、水深 H から平均流速 V を算出する。

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$



I : 勾配 ($1^\circ = 0.01746$)

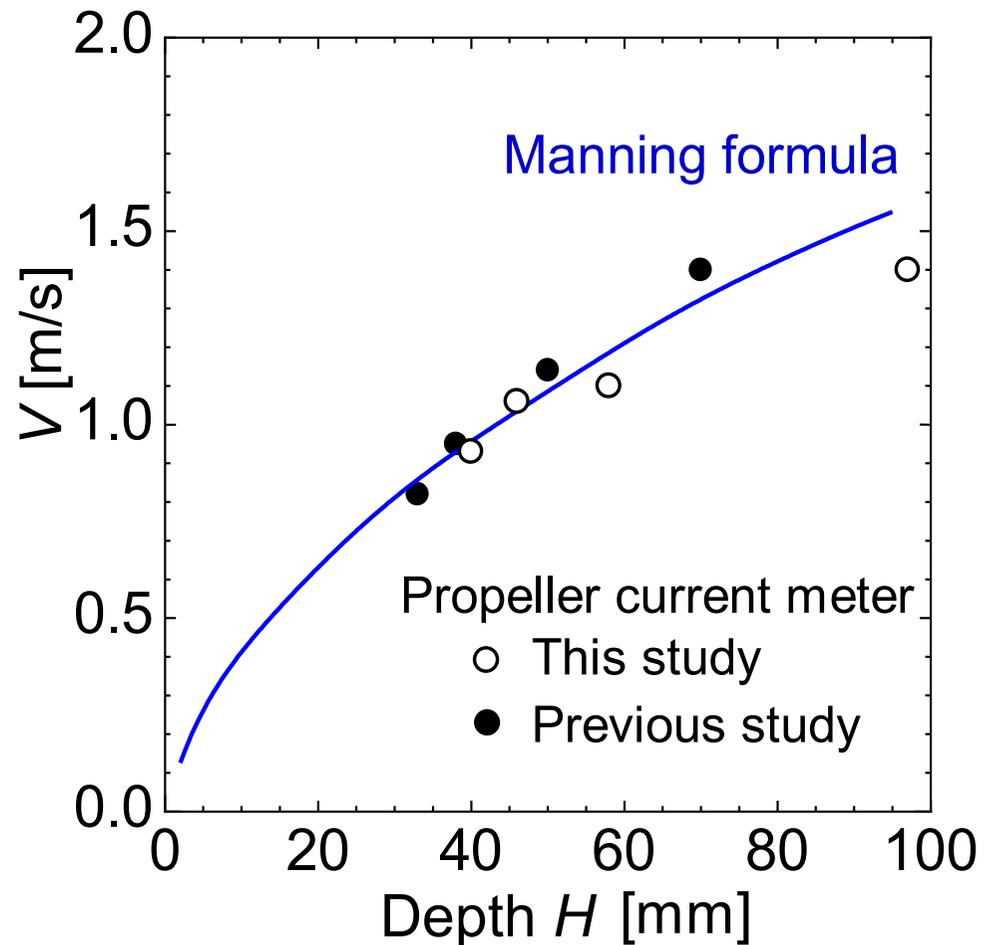
n : 粗度係数 (0.0145)

コンクリート 0.010~0.020

樹脂 0.008~0.010

土, 雑草あり 0.022~0.033

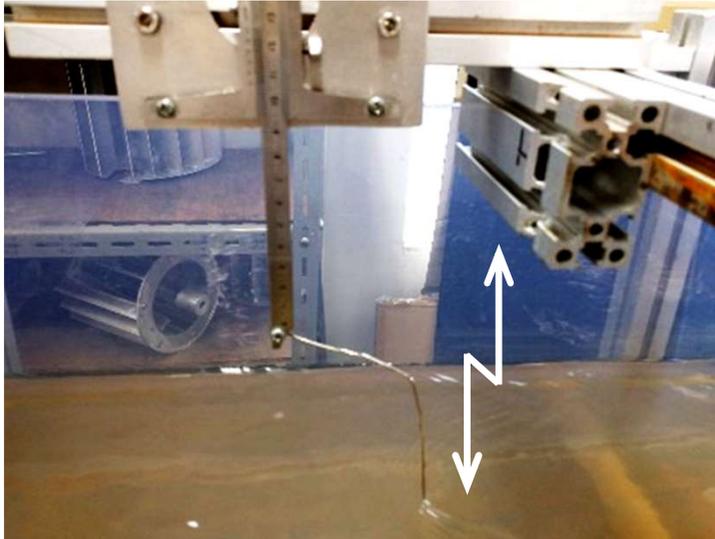
(土木学会発行「水理公式集」基礎水理編)



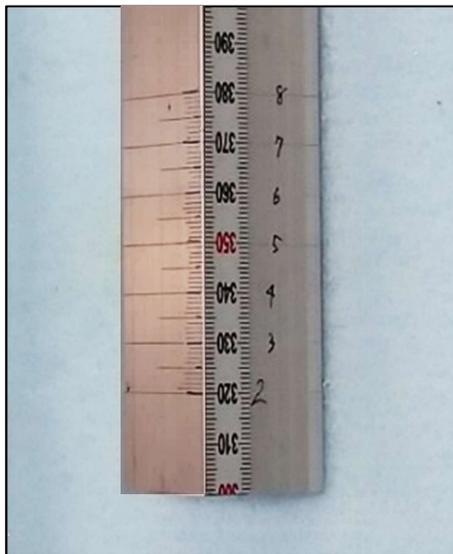
hの測定方法

■ 上方から水面の位置を測る

予備実験



現地実験



■ 水流に差し入れた棒の目盛りを読む

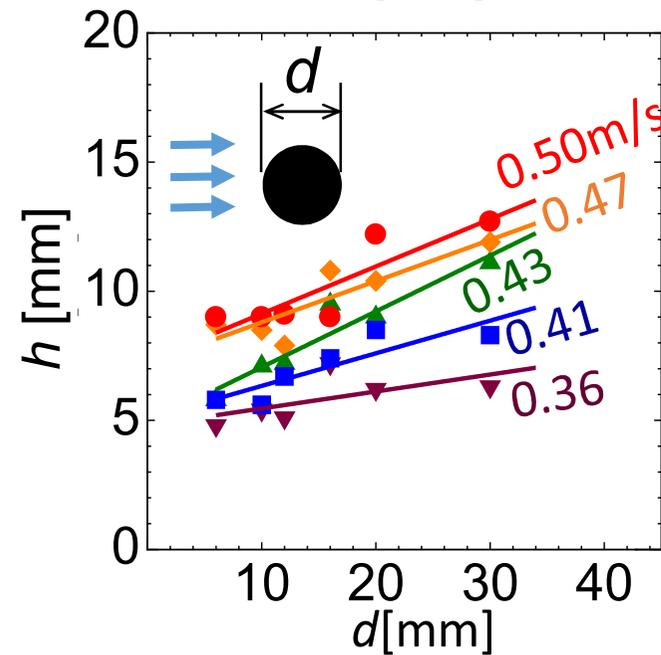
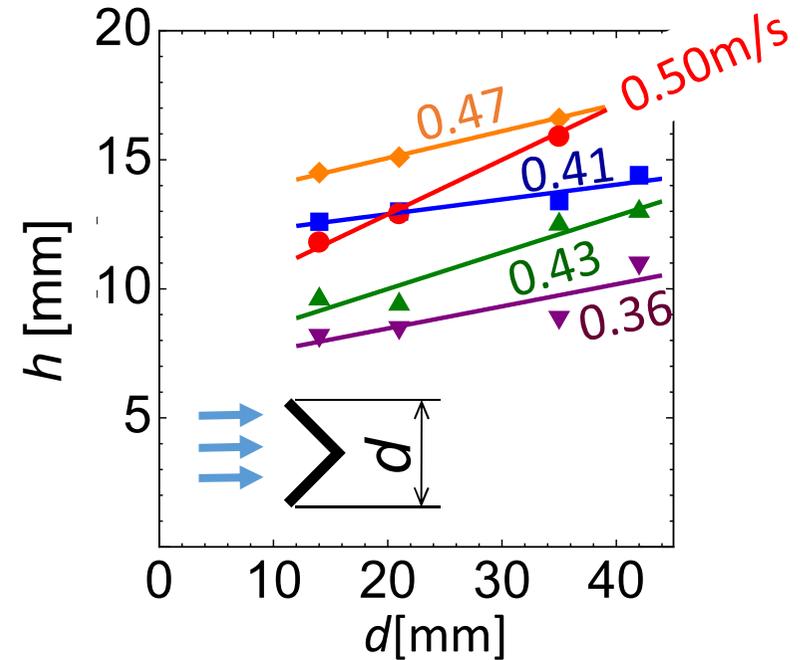
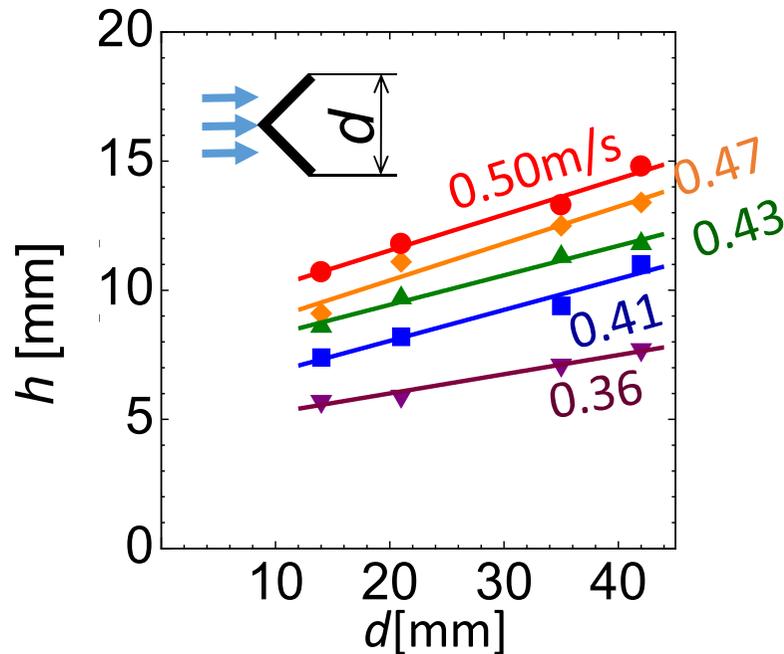
目盛りをけがく



スケールテープを貼る
(厚さ0.2mm)

実験結果 (1) 棒サイズと水面上昇の関係

【予備実験】



共通 : d が増加 $\Rightarrow h$ も増加

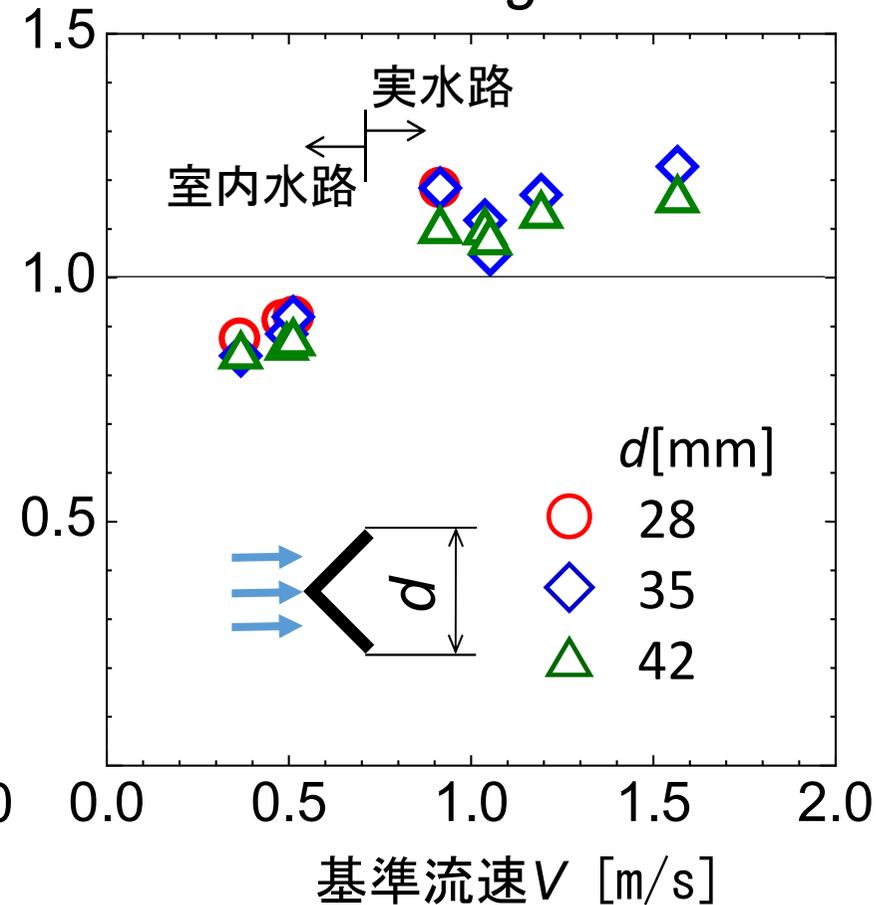
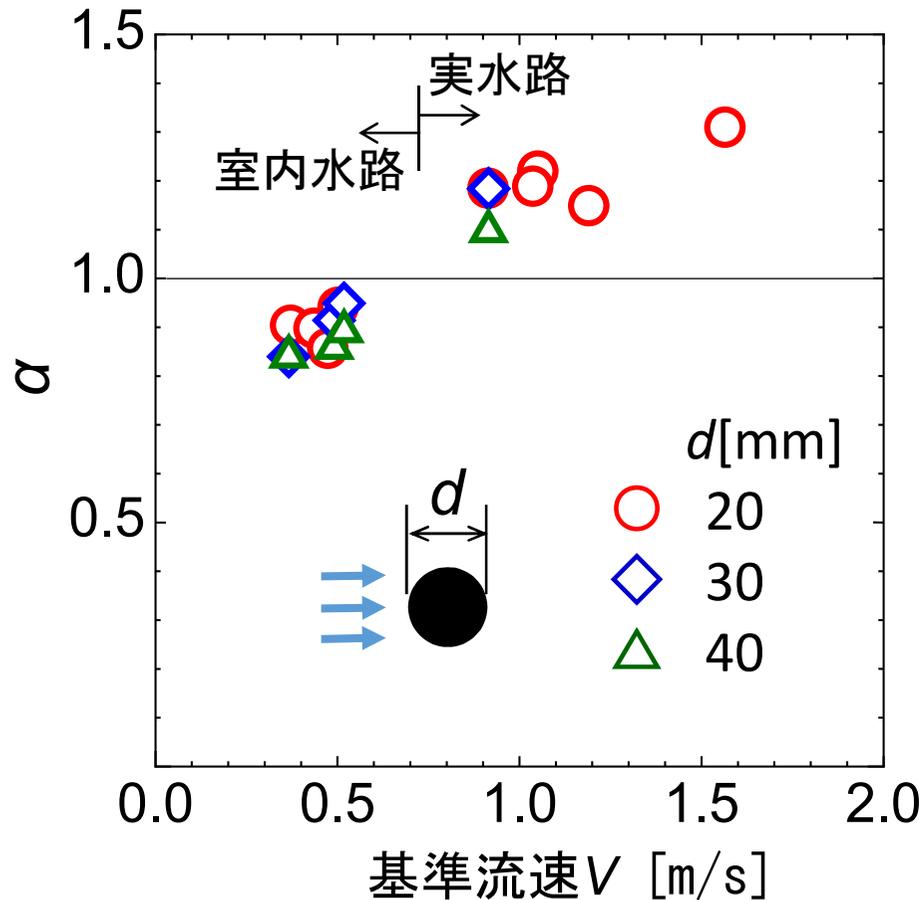
\Rightarrow \triangleleft : V が増加 $\Rightarrow h$ も増加

\Rightarrow \triangleright, \bullet : d が(小)だとばらつきが(大)

$\Rightarrow d$ が(大)の \Rightarrow \triangleleft, \bullet について α を求める

実験結果 (2) 基準流速と係数 α の関係

$$\alpha = \frac{V}{\sqrt{2gh}}$$



- ・ 流速が低いとばらつきが小さい
- ・ d が大きくなるとわずかに α が低下する傾向がある
- ・ 室内水路（水路幅300mm、 V が小）： $\alpha < 1$
- ・ 実水路（水路幅500mm、 V が大）： $\alpha > 1$

考察

$\alpha > 1$ の原因： h を過少評価

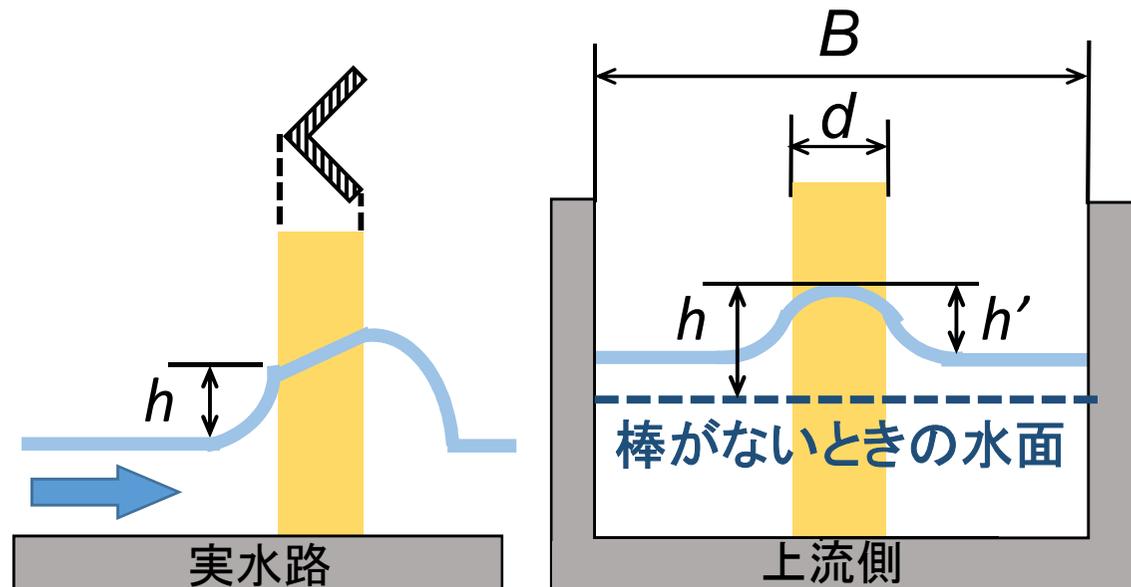
- ①測定点で流速 $\neq 0$
- ②水面変動
- ③摩擦によるエネルギー減少



$\alpha < 1$ の原因： h を過大評価

棒挿入により水流幅が減少

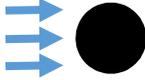
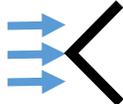
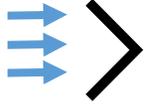
	d/B ($d=20\sim42$)
室内水路	7~14%
実水路	4~8%



おわりに

ピコ水力導入のために簡易的な流速測定方法を提案した。

速度係数 α は棒および水路に依存するが概ね1前後であり、水流に差し入れた棒の上流側の水面上昇から流速を推定できると考えられる。

	設置のしやすさ	水面変動
	◎	△
	△	○
	△	×

一人作業では水面上昇を測定しにくいので、工夫が必要である。