

1 版 : 2018.01.21

2 版 : 2018.07.11

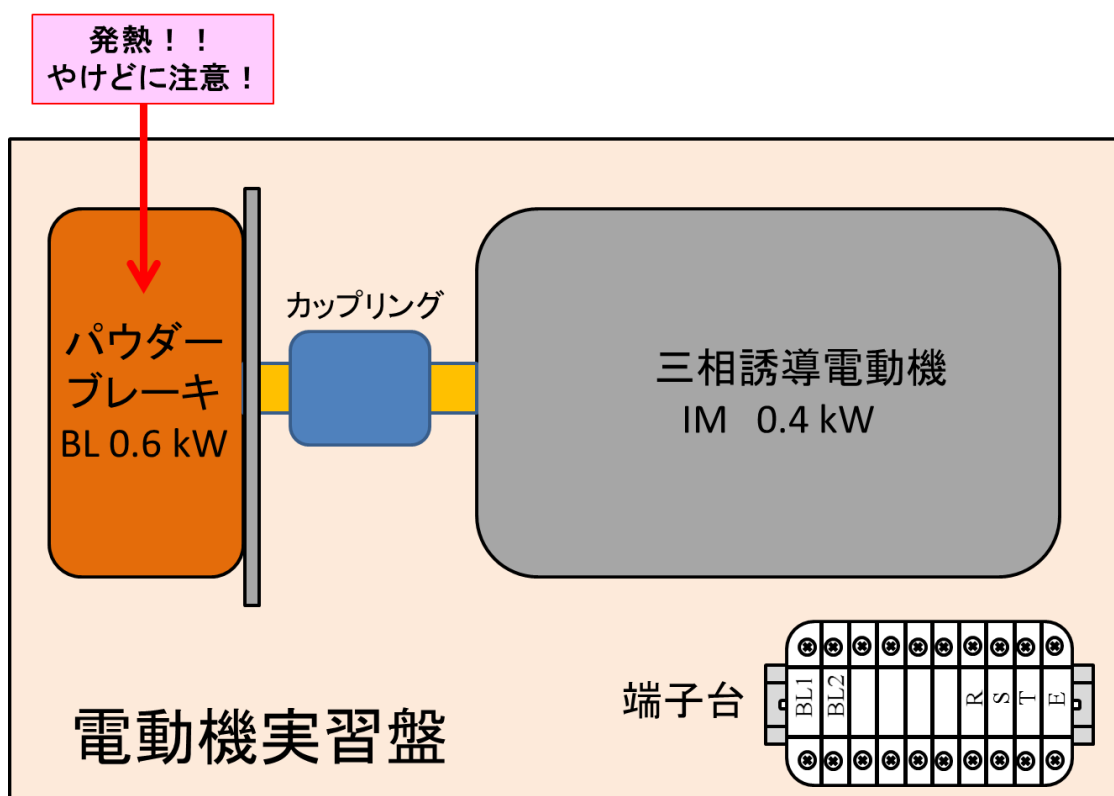
# 汎用インバータ

## 実習編

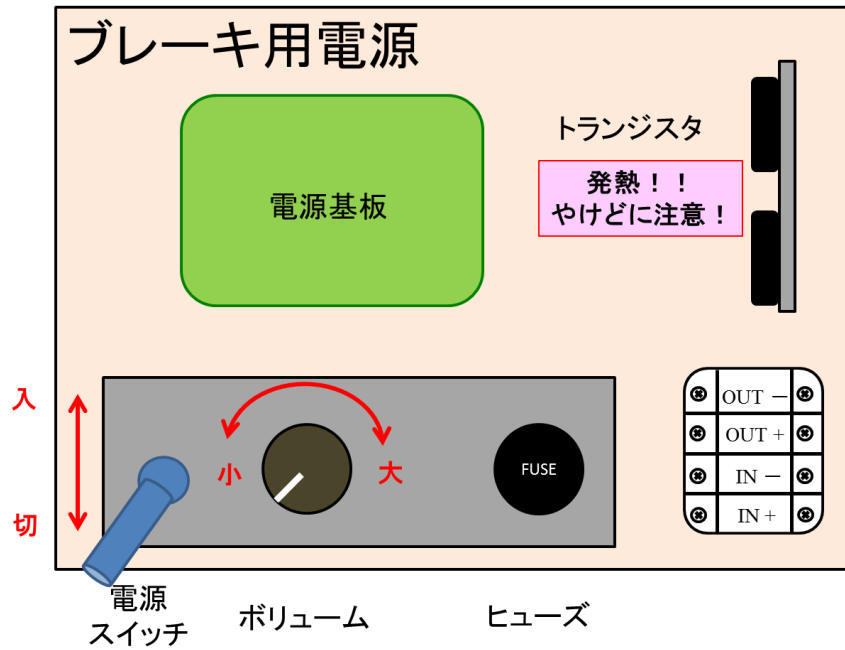
# 1. 実習①（機器の配線）

## 1.1 インバータ・電動機の配線

- 電動機実習盤

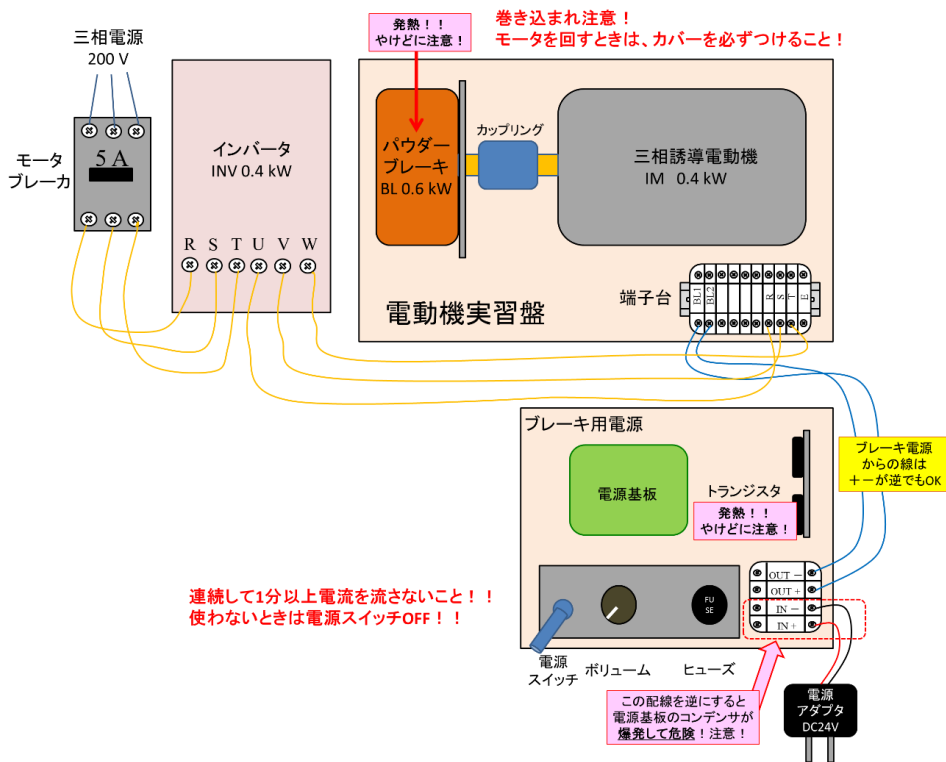


○ ブレーキ用電源



**連続して長時間電流を流さないこと！！**

○ 接続図



## 2. 実習 (JOG 運転・PU 運転)

### 2.1 インバータの試運転 (JOG 運転)

まずは、電動機やブレーキが正しく運転できるかの確認をする。インバータの運転モードには次のようなものがある。はじめに、JOG 運転モードで運転する。

#### 運転モード

① JOG 運転モード

試運転のためのモード。RUNを押すと、押している間のみ 5 Hz で電動機が回転する。

② PU 運転モード

インバータについているボタンで操作するモード。

③ EXT 運転モード

インバータの外部にスイッチやボリュームを接続し、外部から制御するモード。

④ PU/EXT 併用運転モード

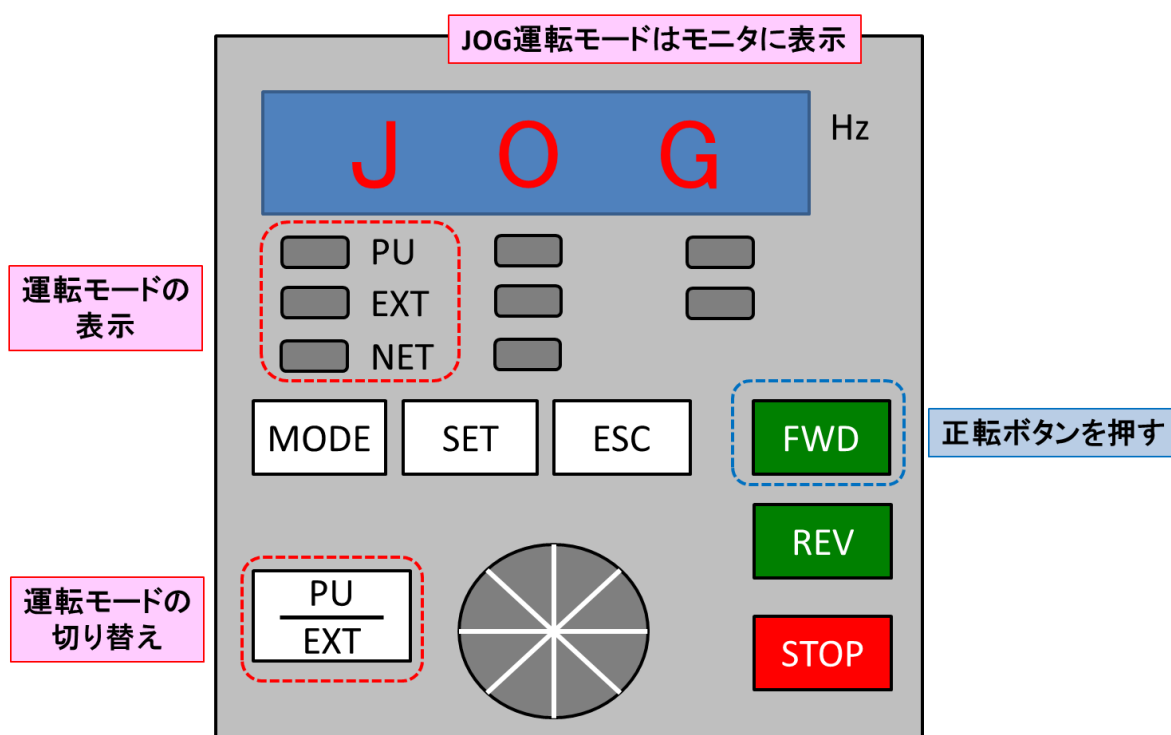
PU/EXT の両方で操作できるようにするモード。

⑤ ネットワーク運転モード

PLC や PC から RS485 を使い、制御するモード。

## JOG 運転モードでの運転方法

- ① **PU/EXT** を押すたびに、運転モードが切り替わる。何度か押して、JOG 運転モードに切り替える。
- ② **正転 (FWD)** を押すと、押している間のみ、右回りに 5 Hz で回転する。  
**逆転 (REV)** を押すと、押している間のみ、左回りに 5 Hz で回転する。



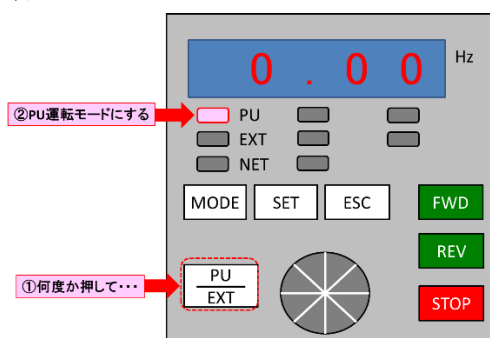
## 2.2 PU 運転モード

**初期設定** (パラメータの設定方法)

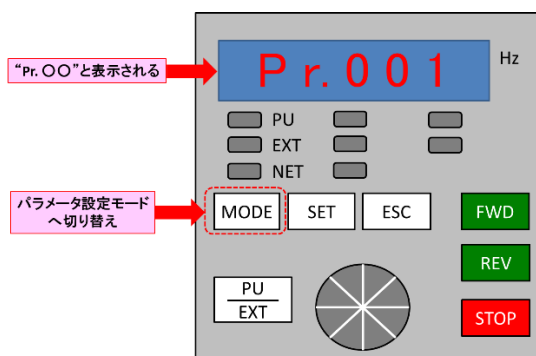
ここでは、パラメータを初期値に戻す、リセットのやり方を確認します。

### ①パラメータのオールクリア (初期化) 【ALLC=1】

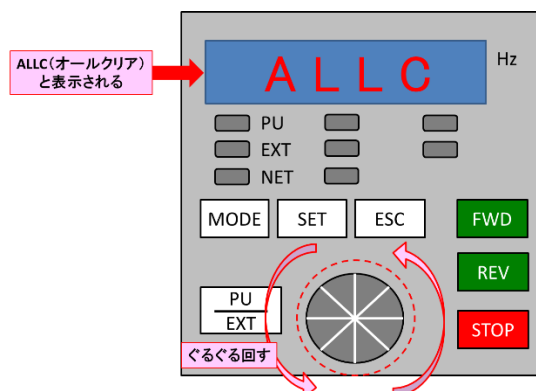
- ・ PU 運転モードへの切り替え



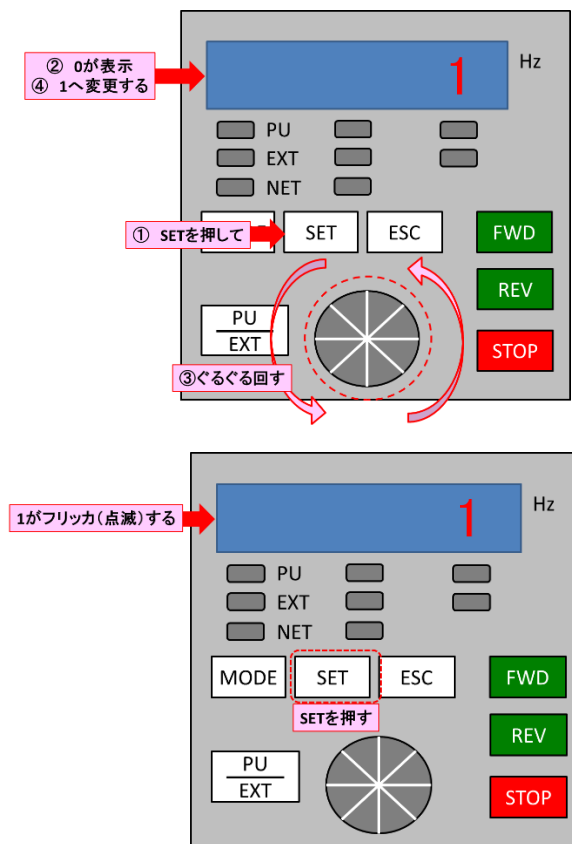
- ・ パラメータ設定モードに切り替え



- ・ ALL CLEAR (オールクリア) 選択



- ALLC=1 を設定



- 最後に MODE を何回か押して、最初の画面（周波数表示）に戻す。

②上限周波数の設定 【Pr.1=60.00】

周波数の上限を設定し、設定値以上に周波数が高くないようにする。  
ここでは、上限周波数を 60 Hz にセットする。

手順	操作内容
1	【PU/EXT】 を押し、PU 運転モードにする。
2	【MODE】 を押し、パラメータ設定モードに切り替える。
3	◎ (グルグル) を回して、Pr.1 を画面に表示させる。
4	【SET】 を押すと、現在の設定値が表示される。 (オールクリア後であれば、120 Hz と表示される。)
5	◎ (グルグル) を回して、60 Hz を表示させる。
6	【SET】 を押し、値を確定させる。
7	【MODE】 を何回か押し最初の画面 (周波数表示) に戻す。



## PU 運転モード

### ①30 Hz で運転

インバータの本体から電動機を制御する方法を確認する。  
電動機が動くので、周囲の安全に十分に気を配ること！！  
30 Hz で運転していく。

手順	操作内容
1	<b>【PU/EXT】</b> を押し、PU 運転モードにする。
2	◎ (グルグル) を回して、30.00 Hz を画面に表示させる。
3	<b>【SET】</b> を押し、設定値を確定させる。  (F と 30.00 が交互に点滅する。)
4	<b>【FWD】</b> を押すと、電動機が正転する。  ( <b>【REV】</b> を押すと、電動機が逆転する。 )
5	<b>【STOP】</b> を押すと、電動機が停止する。

②Mダイヤルによる運転周波数の設定【Pr.160=0, Pr.161=1】

手順	操作内容
1	【PU/EXT】を押し、PU運転モードにする。
2	【MODE】を押し、パラメータ設定モードに切り替える。
3	Pr.160 に 0  Pr.161 に 1 を設定する。
4	【MODE】を何回か押し最初の画面（周波数表示）に戻す。
5	【FWD】を押し、電動機を回転させる。
6	◎（グルグル）を回すと、周波数が変化する。
7	【STP】で電動機が停止する。

○電流・電圧の表示

電動機が回転しているときに【SET】を押すと、インバータの出力電流／電圧が表示される。

演習 1)  $V/f$  特性試験

周波数を変えて電動機を回転させた時の、電圧と電流を測定せよ。

周波数 $f$ [Hz]	電流 $I$ [A]	電圧 $V$ [V]	$V \div f$
5 Hz	A	V	
10 Hz	A	V	
20 Hz	A	V	
30 Hz	A	V	
40 Hz	A	V	
50 Hz	A	V	
60 Hz	A	V	
70 Hz	A	V	
80 Hz	A	V	
90 Hz	A	V	
100 Hz	A	V	

※上限周波数を 100 Hz に再設定すること。

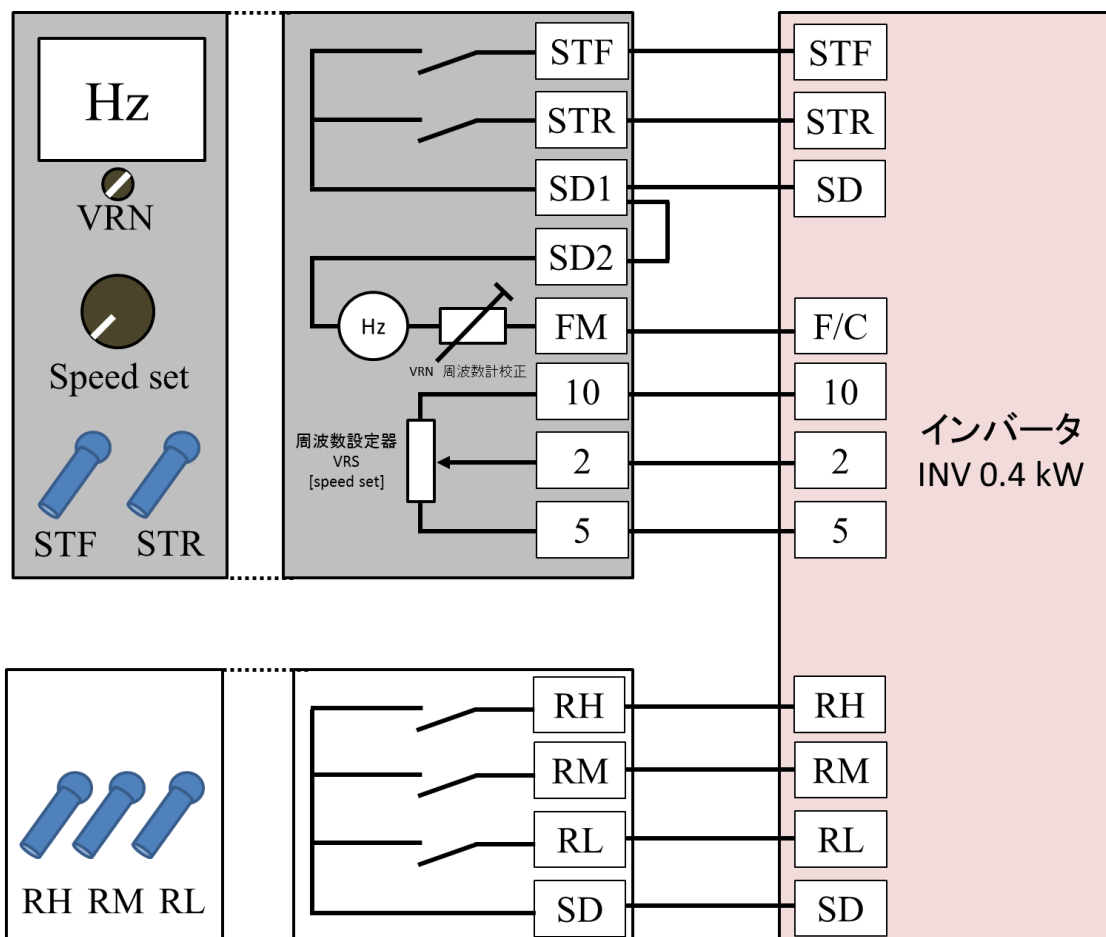
演習 2) 負荷特性実習

電動機を 60 Hz で運転し、負荷が変化したときの、電流の変化を調べよ。

負荷の大きさ	電流 $I$ [A]	電圧 $V$ [V]	$V \div f$
0 %	A	V	
50 %	A	V	
100 %	A	V	
200 %	A	V	

### 3.4 PU/EXT 併用運転モード

機器の接続



① 正転・逆転スイッチによって電動機を運転する

**初期設定**

- ・パラメータオールクリア【ALLC=1】
- ・上限周波数の設定：60 Hz【Pr.1=60.00】

手順	操作内容
1	Pr.79 を 4 (PU/EXT 併用モード 2) に設定する。
2	低速スイッチ (RL) を ON する。
3	【FWD】 (正転)、または 【REV】 (逆転) を押すと電動機が 始動する。
4	【STP】 を押すと、電動機が停止する。

※ 高速・中速・低速スイッチの速度設定は、以下のパラメータに行う。

RH (高速) の周波数【Pr4】、RM (中速) の周波数【Pr.5】、RL (低速) の周波数【Pr.6】

演習) RH を 60 Hz、RM を 50 Hz、RL を 30 Hz に変更せよ。

② 回転数をアナログボリュームで決める

手順	操作内容
1	Pr.79 を 4 (PU/EXT 併用モード 2) に設定する。
2	<b>【FWD】</b> (正転) を押す。
3	アナログボリュームをゆっくり回す。  (電動機がボリュームの回転量に応じて回転する)
4	<b>【STP】</b> で電動機が停止する。

### 3.4 外部 (EXT) 運転モード

- ① 操作パネルで周波数を設定して、外部スイッチから正転/逆転させる。

#### 初期設定

- ・パラメータオールクリア【Pr.CL=ALLC】
- ・上限周波数の設定：60 Hz【Pr.1=60.00】

手順	操作内容
1	Pr.79 を 3 (PU/EXT 併用モード 1) に設定する。
2	◎ (グルグル) を回して回転させたい周波数を表示させる。
3	【SET】 を押し、値を確定させる。
4	正転スイッチ (STF) を ON すると、電動機が回転する。
5	正転スイッチ (STF) を OFF すると、電動機が停止する。



- ② 高速/中速/低速スイッチで周波数を決めて、外部スイッチから正転/逆転させる。

手順	操作内容
1	Pr.79 を 3 (PU/EXT 併用モード 1) に設定する。
2	正転スイッチ (STF) を ON すると、電動機が回転する。
3	高速/中速/低速スイッチのどれかを ON すると設定した速度になる。
4	正転スイッチ (STF) を OFF すると、電動機が停止する。

③ アナログボリュームで周波数を決めて、外部スイッチから正転/逆転させる。

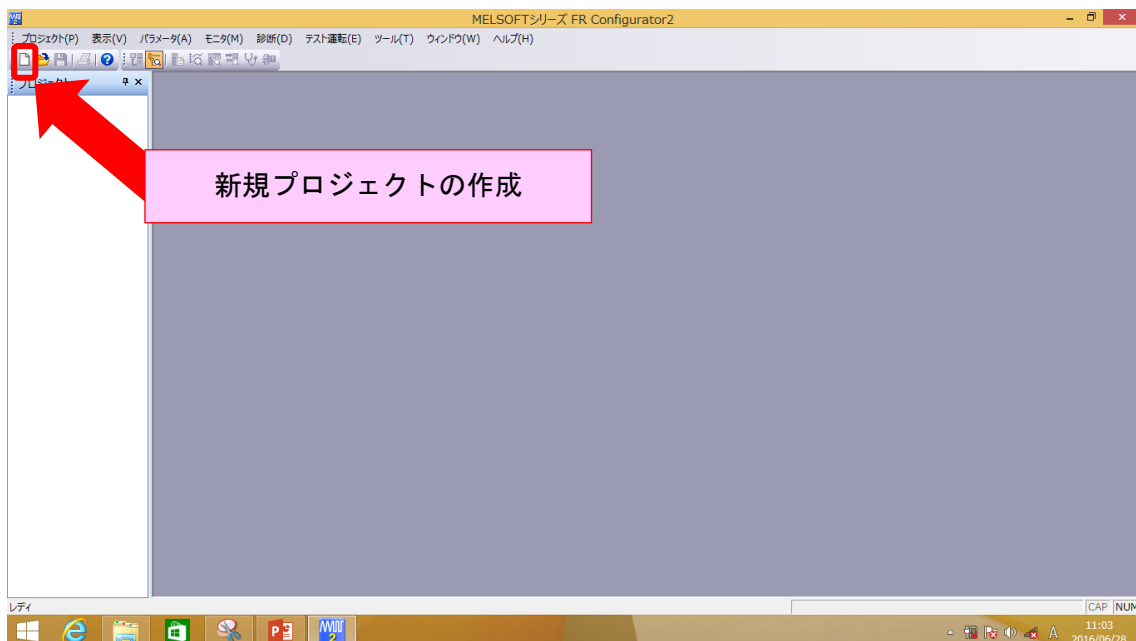
手順	操作内容
1	Pr.79 を 3 (PU/EXT 併用モード 1) に設定する。
2	正転スイッチ (STF) を ON すると、電動機が回転する。
3	アナログボリュームをゆっくり回す。  (電動機がボリュームの回転量に応じて回転する)
4	正転スイッチ (STF) を OFF すると、電動機が停止する。

### 3. ソフトウェアを使った制御(FR Configurator2)

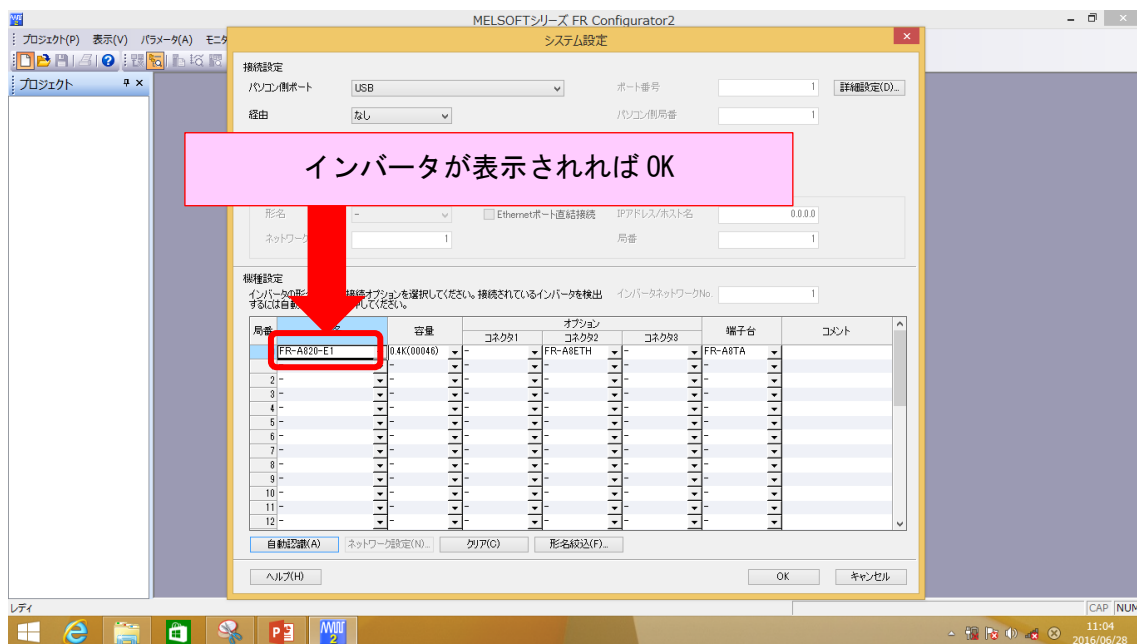
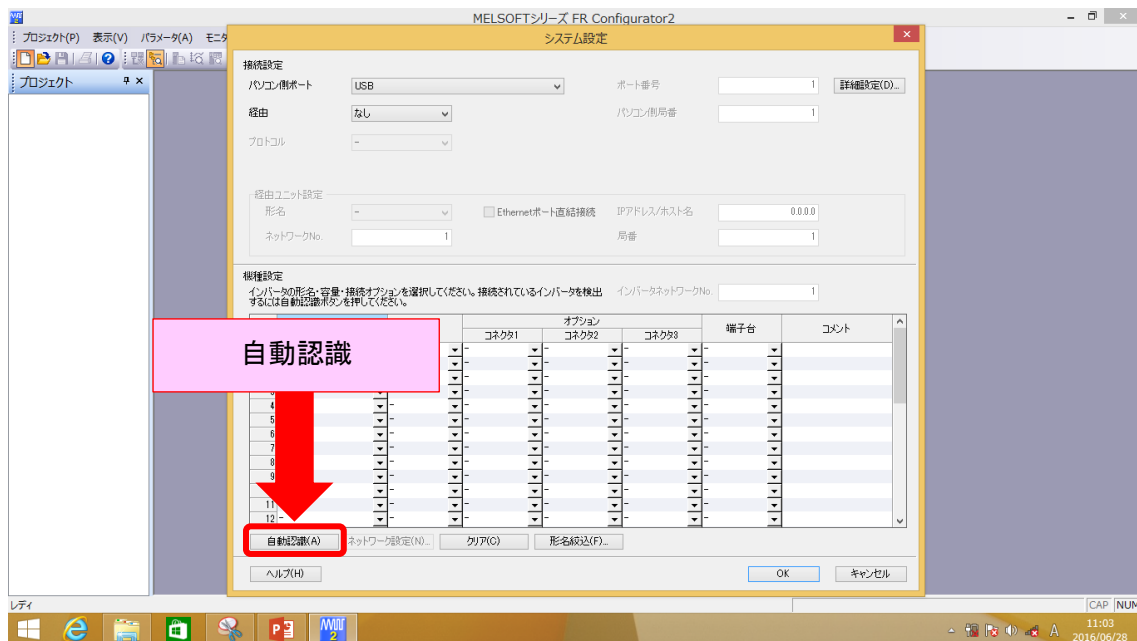
ソフトの立ち上げ

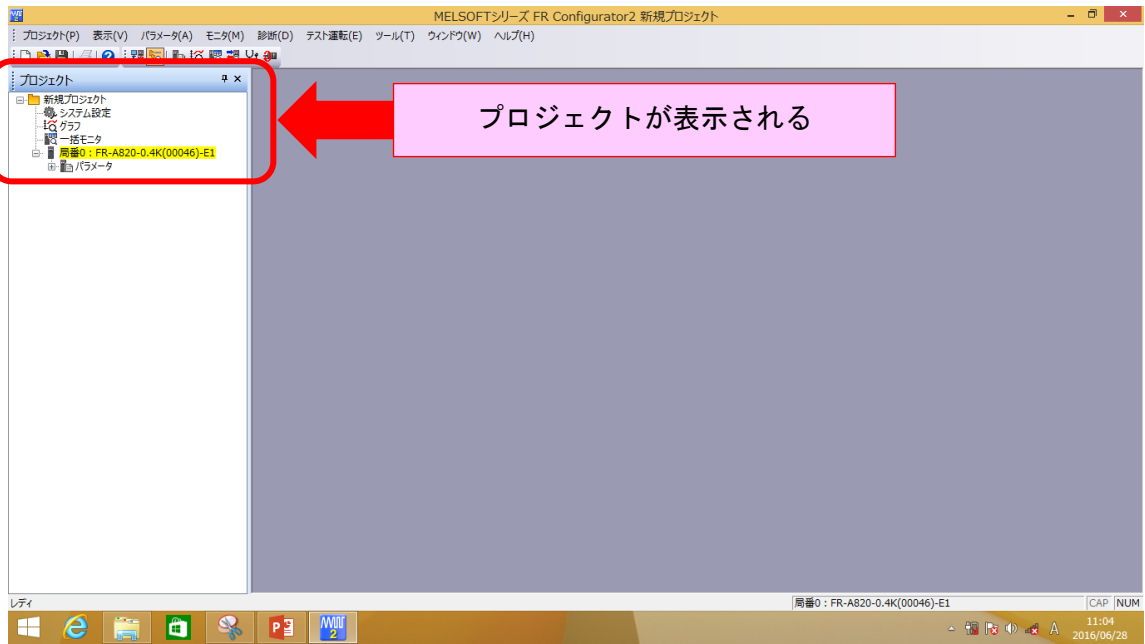


新規プロジェクトの作成

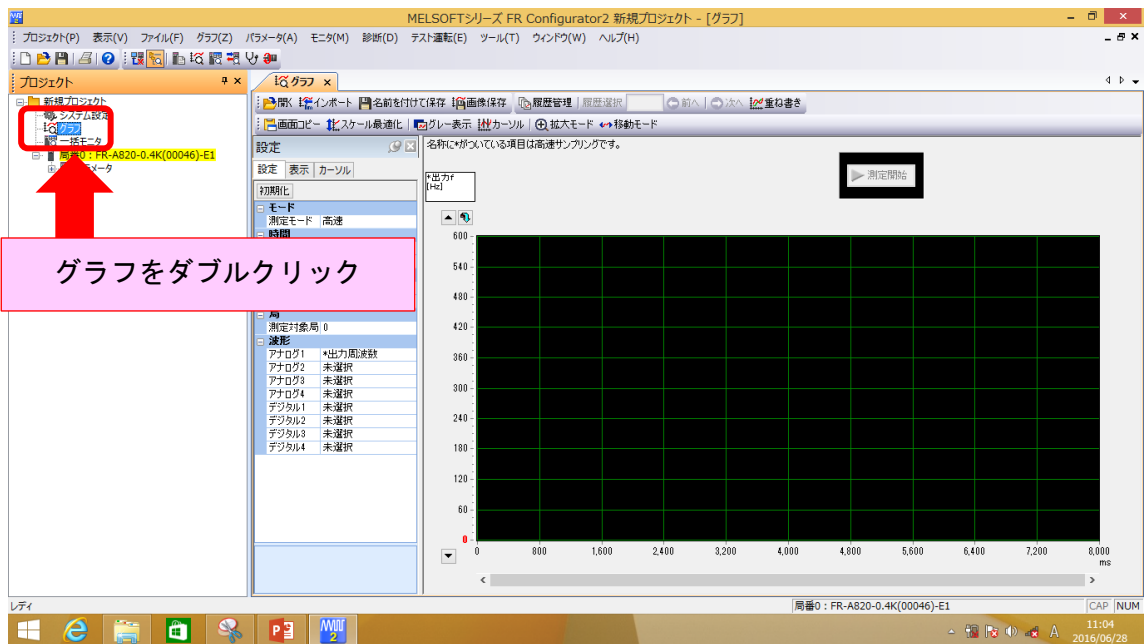


インバータの選択 (インバータとパソコンを USB ケーブルで接続しておく)

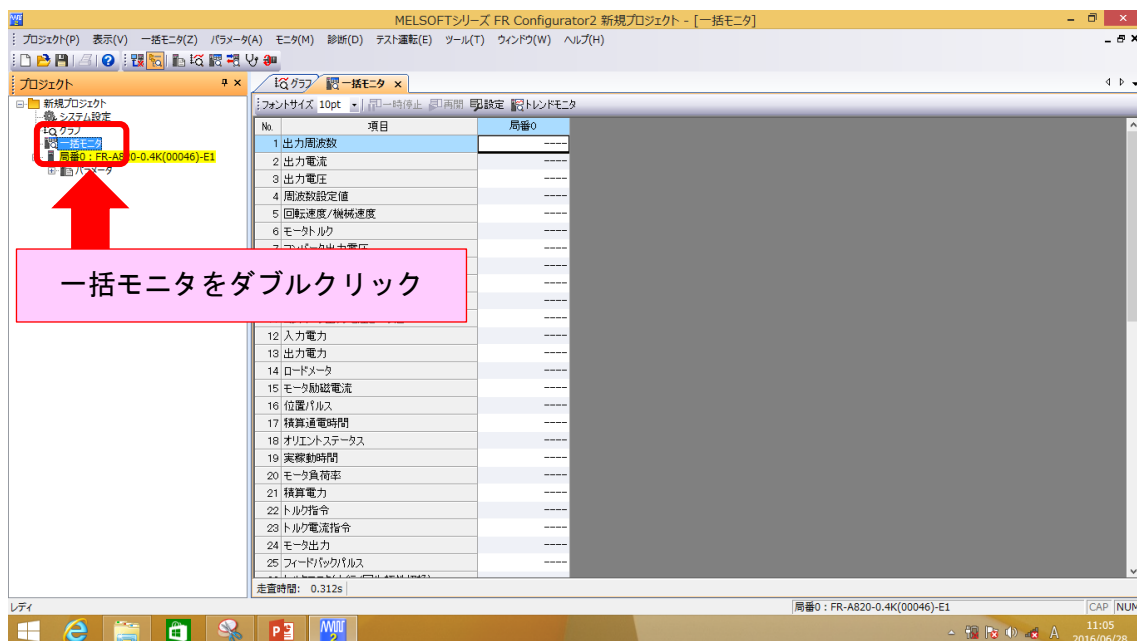




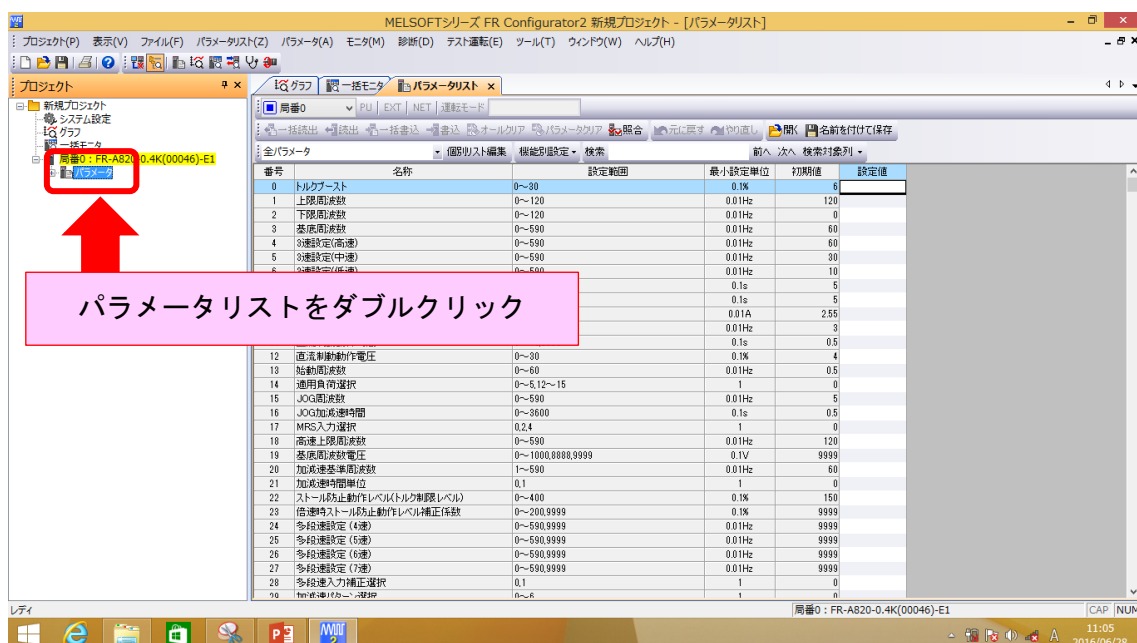
## グラフ画面



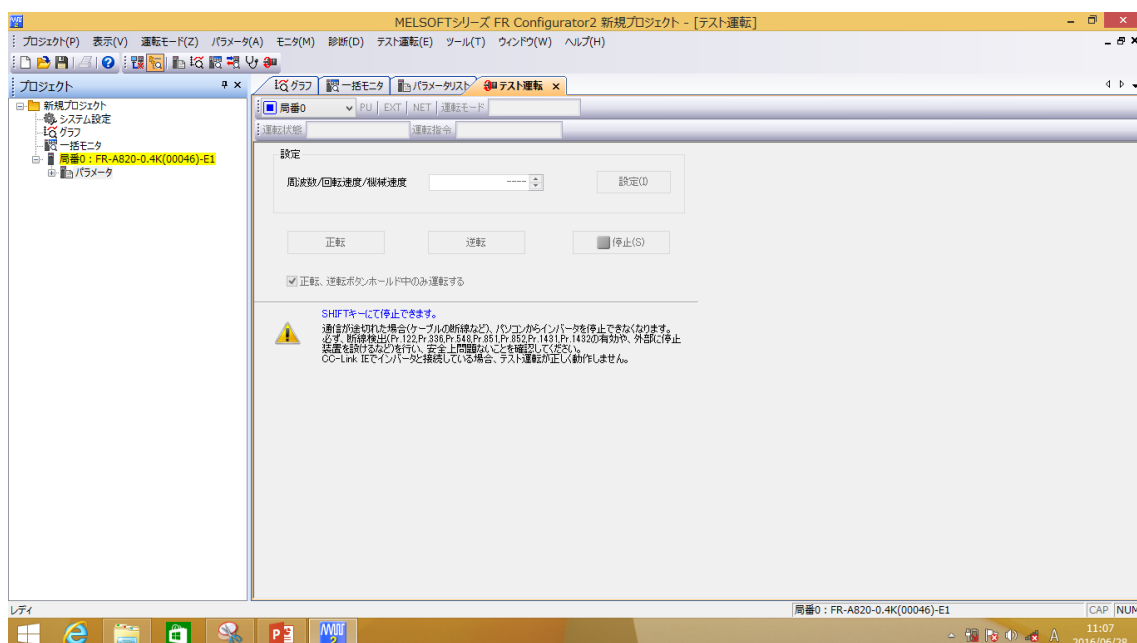
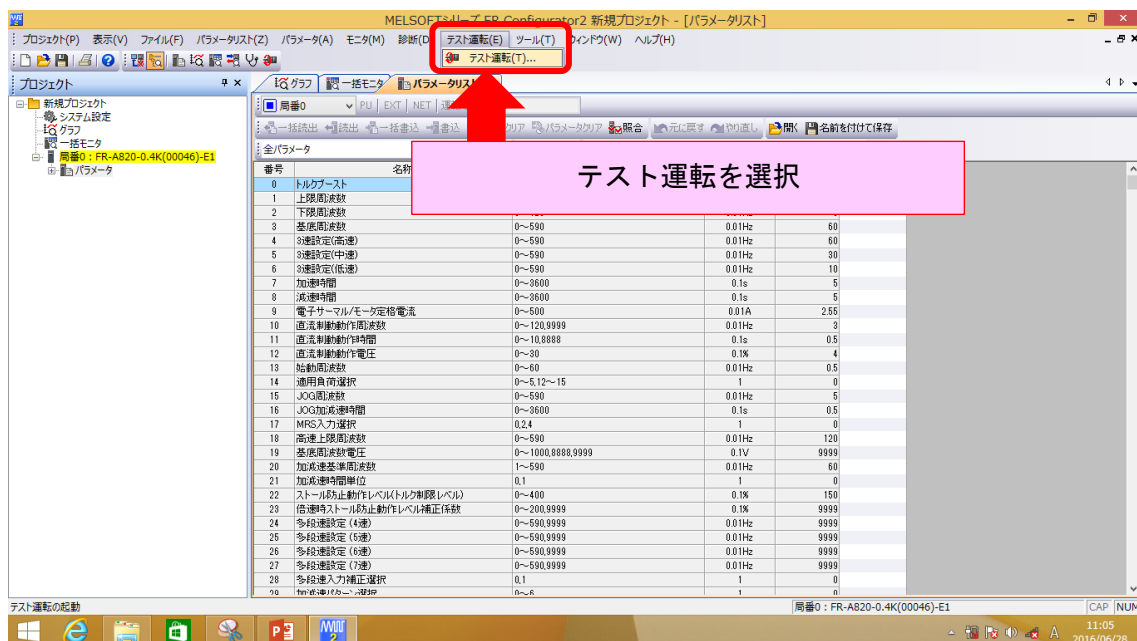
## 一括モニタ画面



## パラメータリスト画面



## テスト運転画面



## パソコンを使ったPU 運転

インバータとパソコン間をオンラインにする。

オンライン/オフラインを選択

番号	名称	設定範囲	最小設定単位	初期値	設定値
4	加速減速	0~9999	0.1%	6	
5	加速設定(高速)	0~590	0.01Hz	120	
6	加速設定(中速)	0~590	0.01Hz	60	
7	加速設定(低速)	0~590	0.01Hz	30	
8	加速時間	0~3600	0.1s	10	
9	減速時間	0~3600	0.1s	5	
10	電子サーモスタット定格電流	0~500	0.01A	2.55	
11	直流制動動作周波数	0~120.9999	0.01Hz	3	
12	直流制動動作時間	0~10.9999	0.1s	0.5	
13	直流制動動作電圧	0~30	0.1%	4	
14	制動周波数	0~60	0.01Hz	0.5	
15	適用負荷選択	0~5,12~15	1	0	
16	JOG周波数	0~590	0.01Hz	5	
17	JOG加速減速時間	0~3600	0.1s	0.5	
18	MRS入力選択	0.24	1	0	
19	高速上限周波数	0~590	0.01Hz	120	
20	基流周波数電圧	0~1000.8888,9999	0.1V	9999	
21	加速減速周波数	1~590	0.01Hz	60	
22	加速減速時間単位	0.1	1	0	
23	ストール防止動作レベル(トルク制限レベル)	0~400	0.1%	150	
24	倍速時ストール防止動作レベル補正係数	0~200.9999	0.1%	9999	
25	多段速設定(4速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	
26	多段速設定(5速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	
27	多段速設定(6速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	
28	多段速入力補正選択	0.1	1	0	
29	トルク制限レベル	0~6	1	0	

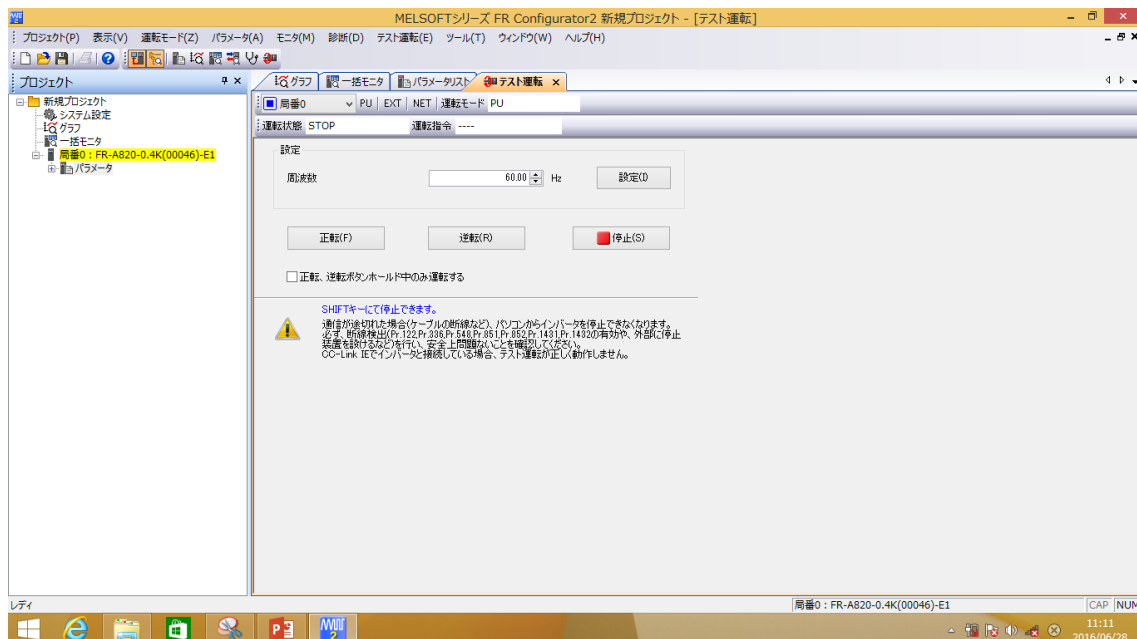
## PU 運転に切り替え

PU 運転モードに切り替え

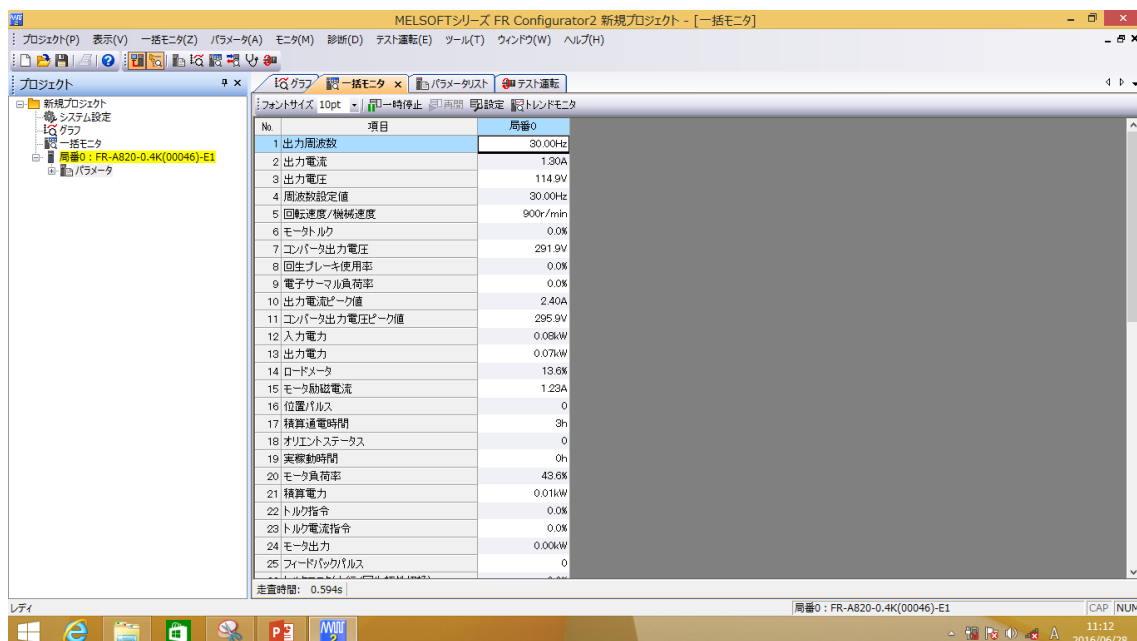
番号	名称	設定範囲	最小設定単位	初期値	設定値
0	トルクブースト	0~30	0.1%	6	
1	上段	0~590	0.01Hz	120	
2	下段	0~590	0.01Hz	60	
3	基流	0~590	0.01Hz	30	
4	加速	0~590	0.01Hz	60	
5	減速	0~590	0.01Hz	30	
6	加速時間	0~3600	0.1s	10	
7	減速時間	0~3600	0.1s	5	
8	流電時間	0~3600	0.1s	5	
9	電子サーモスタット定格電流	0~500	0.01A	2.55	
10	直流制動動作周波数	0~120.9999	0.01Hz	3	
11	直流制動動作時間	0~10.9999	0.1s	0.5	
12	直流制動動作電圧	0~30	0.1%	4	
13	制動周波数	0~60	0.01Hz	0.5	
14	適用負荷選択	0~5,12~15	1	0	
15	JOG周波数	0~590	0.01Hz	5	
16	JOG加速減速時間	0~3600	0.1s	0.5	
17	MRS入力選択	0.24	1	0	
18	高速上限周波数	0~590	0.01Hz	120	
19	基流周波数電圧	0~1000.8888,9999	0.1V	9999	
20	加速減速周波数	1~590	0.01Hz	60	
21	加速減速時間単位	0.1	1	0	
22	ストール防止動作レベル(トルク制限レベル)	0~400	0.1%	150	
23	倍速時ストール防止動作レベル補正係数	0~200.9999	0.1%	9999	
24	多段速設定(4速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	
25	多段速設定(5速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	
26	多段速設定(6速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	
27	多段速設定(7速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	
28	多段速入力補正選択	0.1	1	0	
29	トルク制限レベル	0~6	1	0	



テスト運転画面を表示→正転／逆転ボタンで電動機が動く

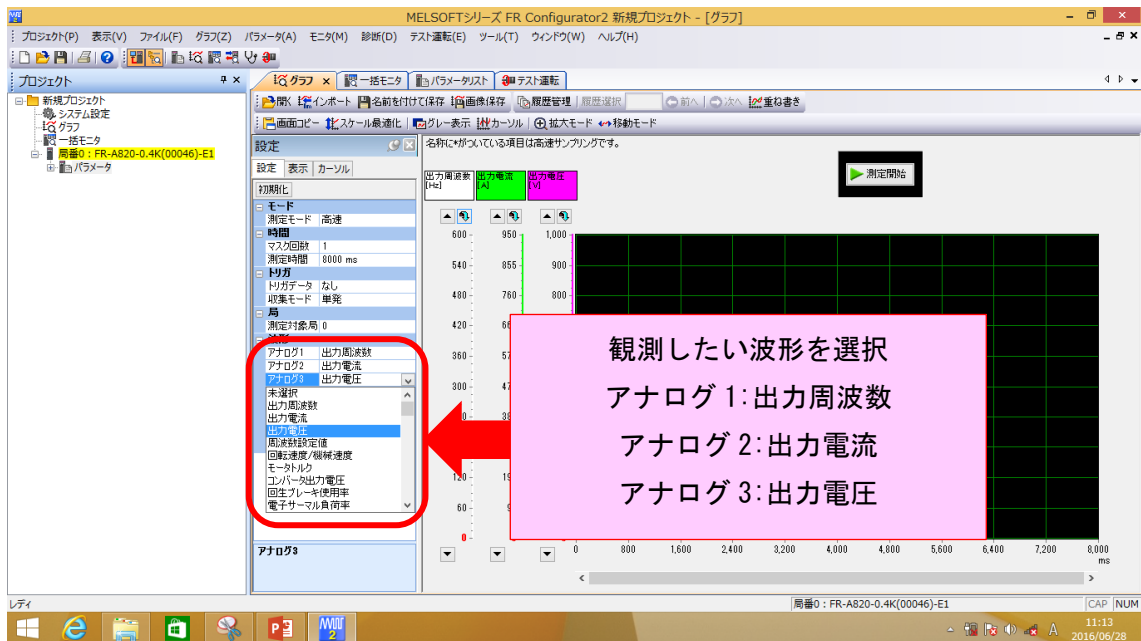


一括モニタ画面にすると、その時の電圧、電流などの測定データが表示される。



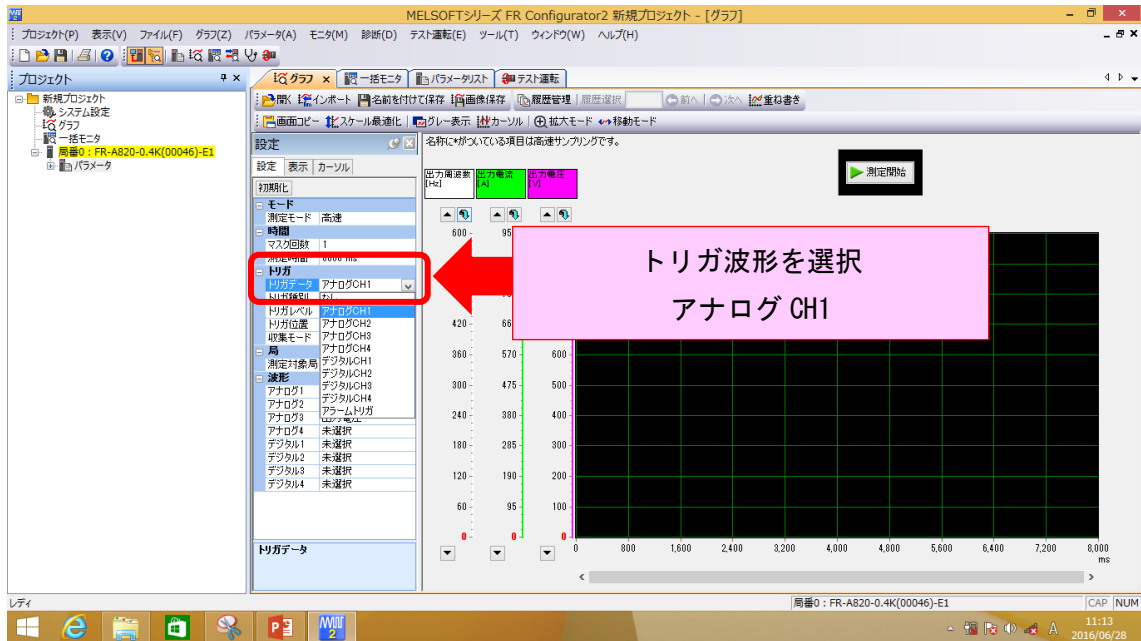
## ○グラフ機能の使い方

観測したい波形を選択（4つまで選択可）



トリガ波形を選択（立ち上がり波形を観測したい場合）

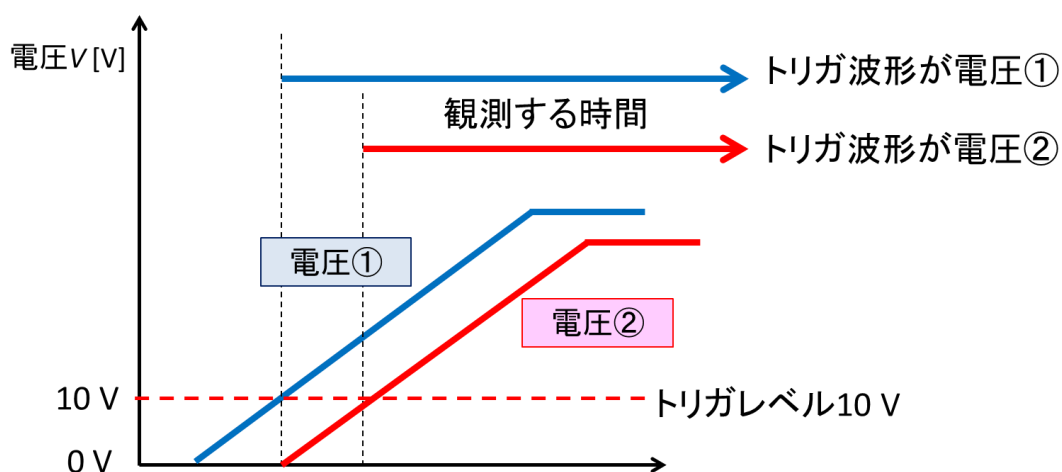
※選択なしにすると、測定開始ボタンを押した瞬間から測定がスタートする。



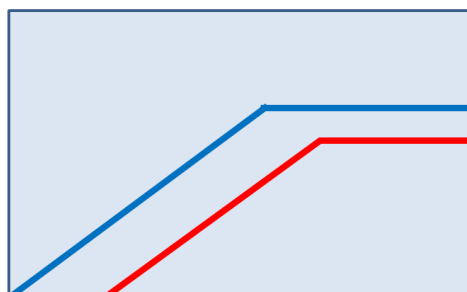
トリガレベルは0のままでよい。

※トリガ波形・トリガレベルとは？

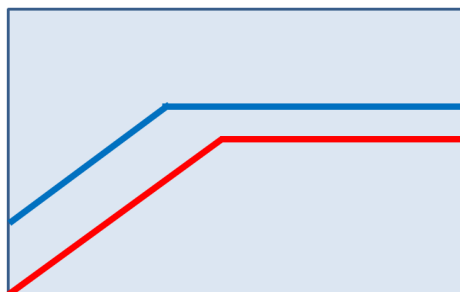
トリガ波形とは、電圧や電流などの波形を観測するとき、その観測を始める基準となる波形である。トリガレベルをはじめに決めておき、トリガ波形がトリガレベルを超えた瞬間から観測を開始する。そのため、下の図に示す電圧①と電圧②を観測するとき、それぞれどちらをトリガ波形に選ぶかによって、表示される波形も変わってくる。



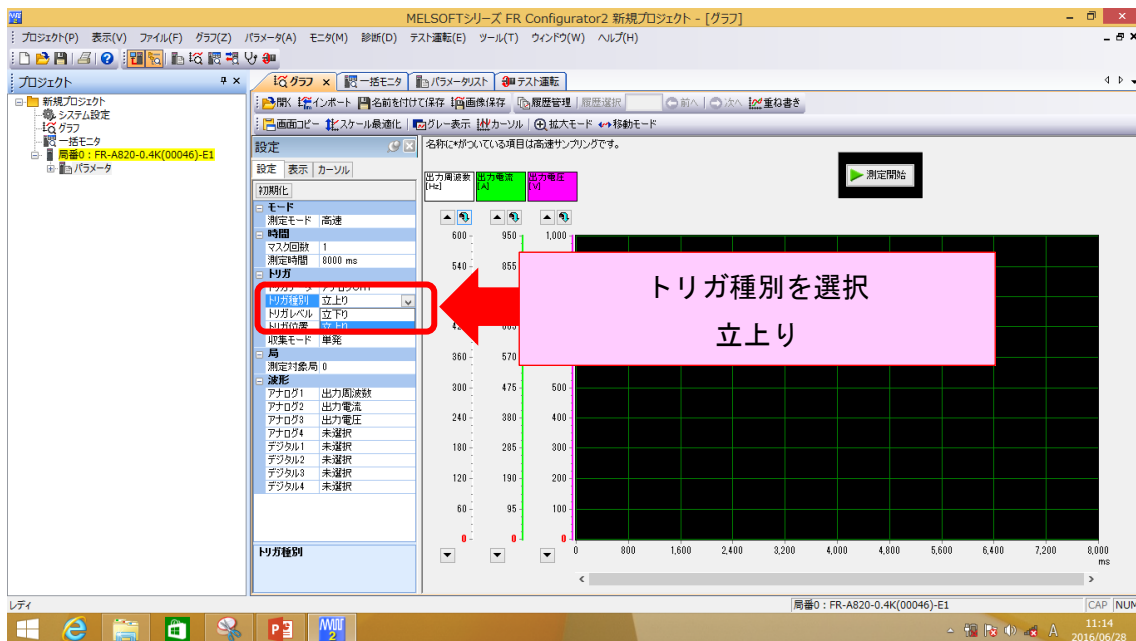
トリガ波形を電圧①にしたとき



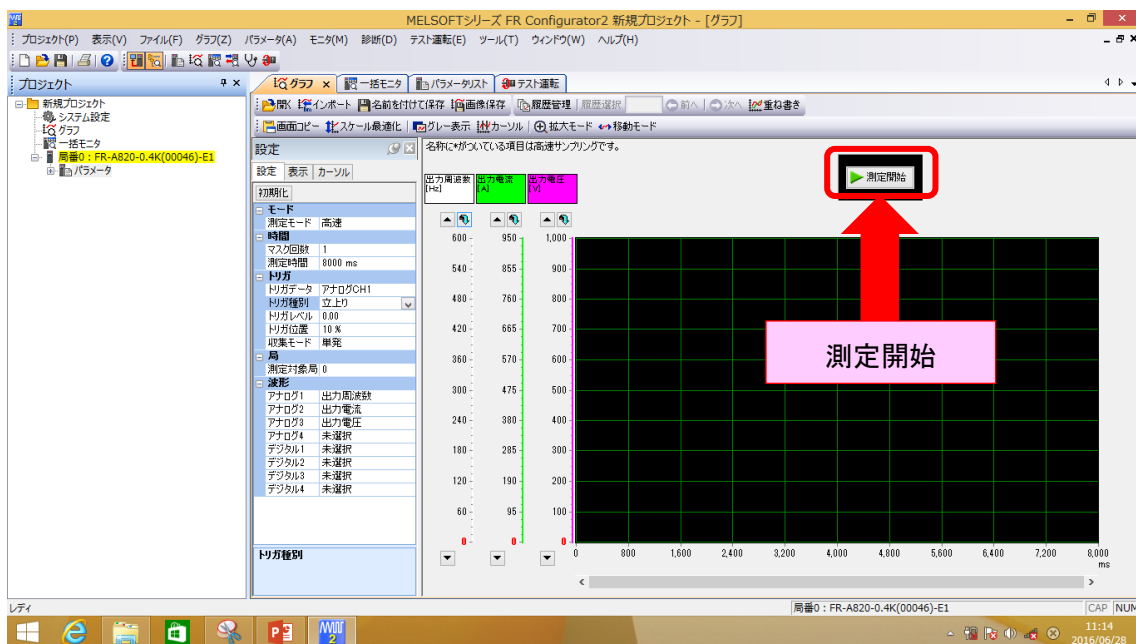
トリガ波形を電圧②にしたとき



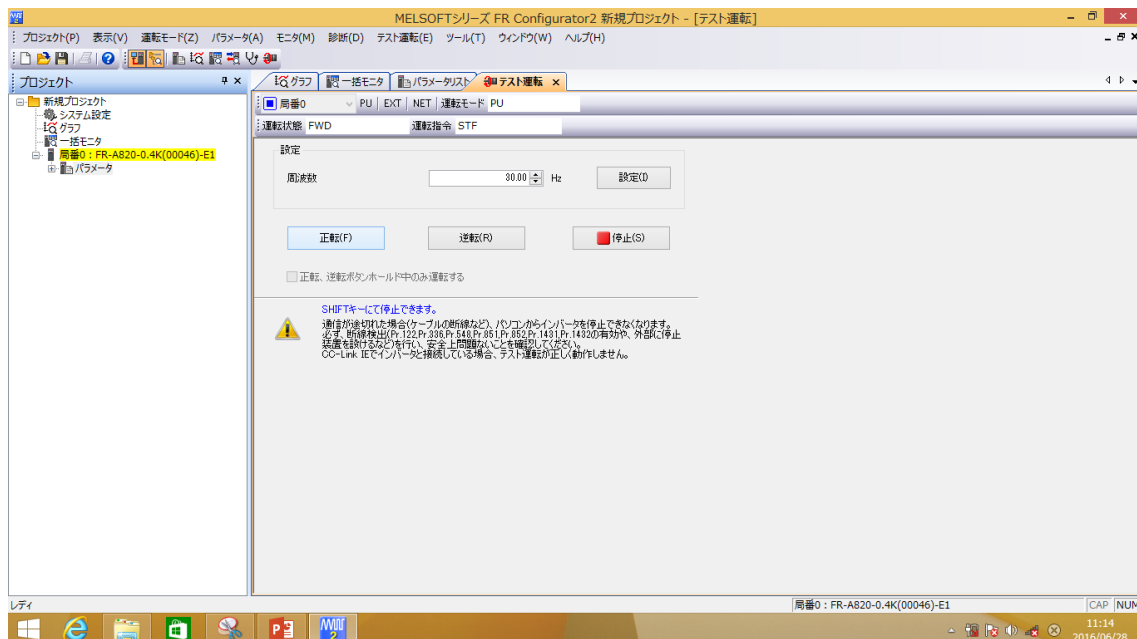
トリガ種別（立上り／立下り）を選択



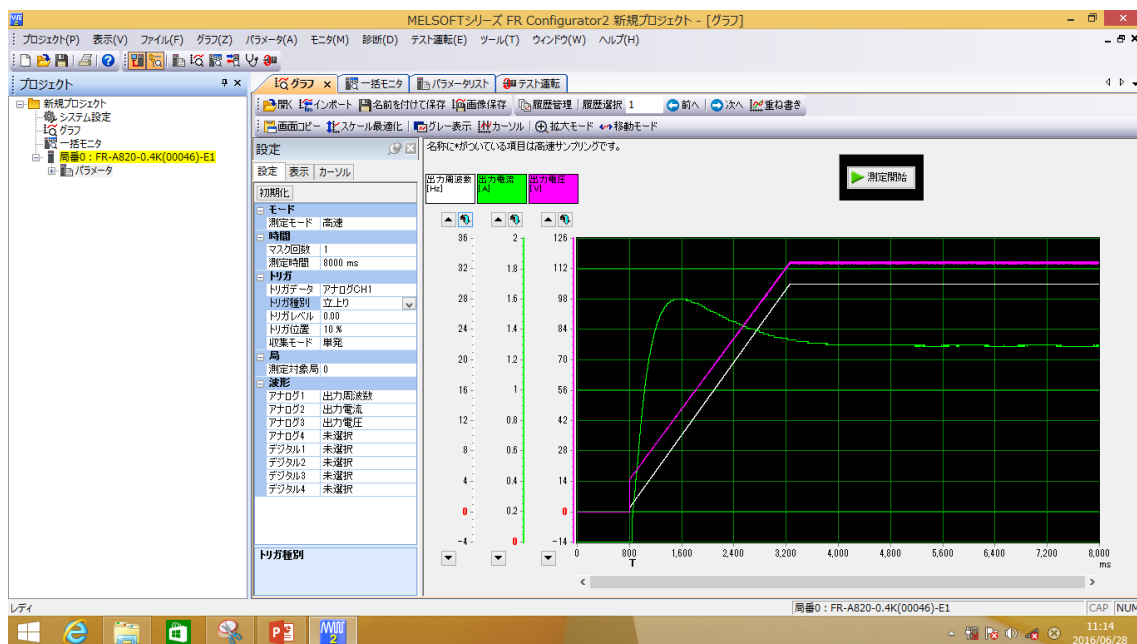
観測を開始する。



テスト運転画面から、電動機を正転させる。

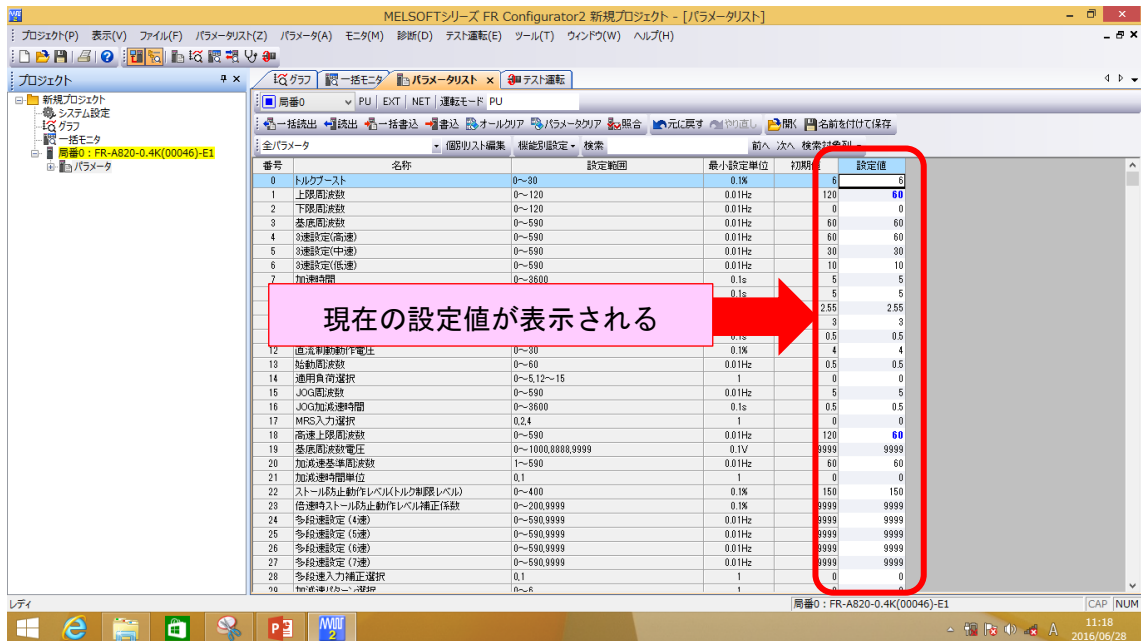
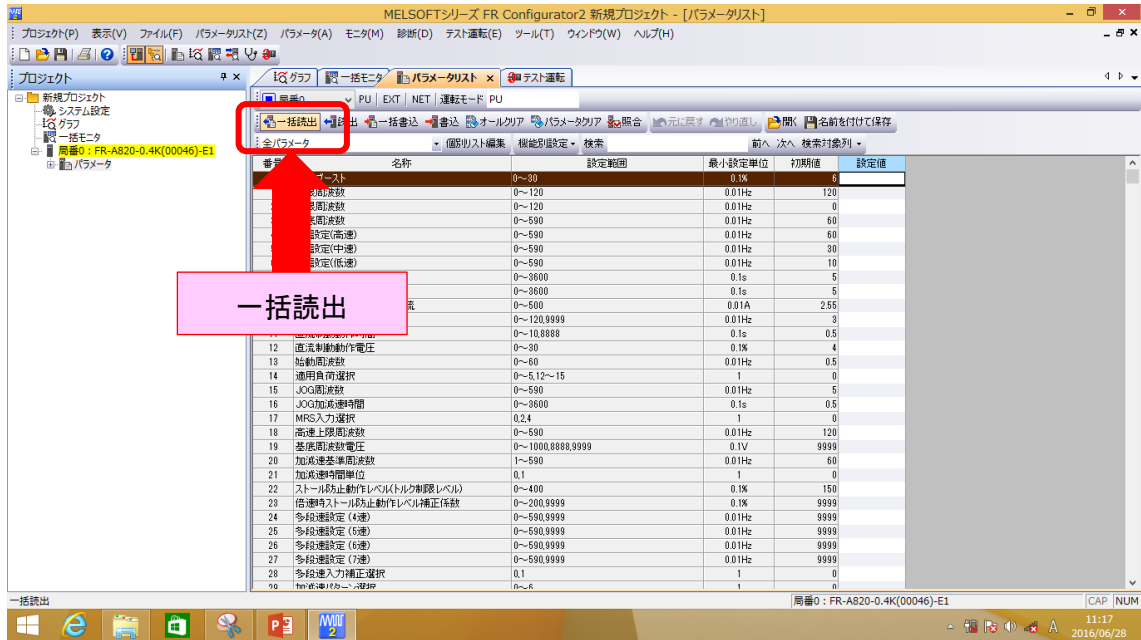


それぞれのデータが表示される。



# ○パラメータの読出し／書き込み

## 一括読出し



## オールクリア

MELSOFTシリーズ FR Configurator2 新規プロジェクト - [パラメータリスト]

オールクリア

MELSOFTシリーズ FR Configurator2

オールクリアしますか?

はい(Y) いいえ(N)

番号	名称	設定範囲	最小設定単位	初期値	設定値
0	トルクブースト	0~30	0.1%	6	6
1	上段周波数	0~120	0.01Hz	120	60
2	下段周波数	0~120	0.01Hz	0	0
3	基準周波数	0~590	0.01Hz	60	60
4	8速設定(高速)	0~600	0.01Hz	60	60
5	8速設定(中速)	0~600	0.01Hz	30	30
6	8速設定(低速)	0~600	0.01Hz	10	10
7	加速時間	0~5	0.1s	5	5
8	減速時間	0~5	0.1s	5	5
9	電子サーモスタット定格電圧	0~255	0.01A	255	255
10	直流制動動作周波数	0~3	0.01Hz	3	3
11	直流制動動作時間	0~5	0.1s	0.5	0.5
12	直流制動動作電圧	1~590	0.01Hz	4	4
13	起動周波数	0~5	0.01Hz	0.5	0.5
14	適用負荷選択	1	1	0	0
15	JOG周波数	0~590	0.01Hz	5	5
16	JOG加速時間	0~3600	0.1s	0.5	0.5
17	MRS入力選択	0.24	1	0	0
18	高速上段周波数	0~590	0.01Hz	120	60
19	基準周波数電圧	0~1000.8888.9999	0.1V	9999	9999
20	加速基準周波数	1~590	0.01Hz	60	60
21	加速時間単位	0.1	1	0	0
22	ストール防止動作レベル(トルク制限レベル)	0~400	0.1%	150	150
23	倍速時ストール防止動作レベル補正係数	0~200.9999	0.1%	9999	9999
24	多段速設定(4速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	9999
25	多段速設定(5速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	9999
26	多段速設定(6速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	9999
27	多段速設定(7速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	9999
28	多段速入力補正選択	0.1	1	0	0
29	トルク制限レベル(補正)	0~6	1	0	0

## 書き込み／一括書き込み

MELSOFTシリーズ FR Configurator2 新規プロジェクト - [パラメータリスト]

書き込み

一括書き込み

書き込みしますか?

はい(Y) いいえ(N)

書き込 : パラメータ1つのみ  
一括書き込 : すべてのパラメータ

数値を変更

番号	名称	設定範囲	最小設定単位	初期値	設定値
0	トルクブースト	0~30	0.1%	6	6
1	上段周波数	0~120	0.01Hz	120	60
2	下段周波数	0~120	0.01Hz	0	0
3	基準周波数	0~590	0.01Hz	60	60
4	8速設定(高速)	0~600	0.01Hz	60	60
5	8速設定(中速)	0~600	0.01Hz	30	30
6	8速設定(低速)	0~600	0.01Hz	10	10
7	加速時間	0~5	0.1s	5	5
8	減速時間	0~5	0.1s	5	5
9	電子サーモスタット定格電圧	0~255	0.01A	255	255
10	直流制動動作周波数	0~3	0.01Hz	3	3
11	直流制動動作時間	0~5	0.1s	0.5	0.5
12	直流制動動作電圧	1~590	0.01Hz	4	4
13	起動周波数	0~5	0.01Hz	0.5	0.5
14	適用負荷選択	1	1	0	0
15	JOG周波数	0~590	0.01Hz	5	5
16	JOG加速時間	0~3600	0.1s	0.5	0.5
17	MRS入力選択	0.24	1	0	0
18	高速上段周波数	0~590	0.01Hz	120	120
19	基準周波数電圧	0~1000.8888.9999	0.1V	9999	9999
20	加速基準周波数	1~590	0.01Hz	60	60
21	加速時間単位	0.1	1	0	0
22	ストール防止動作レベル(トルク制限レベル)	0~400	0.1%	150	150
23	倍速時ストール防止動作レベル補正係数	0~200.9999	0.1%	9999	9999
24	多段速設定(4速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	9999
25	多段速設定(5速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	9999
26	多段速設定(6速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	9999
27	多段速設定(7速)	0~590.9999	0.01Hz	9999	9999
28	多段速入力補正選択	0.1	1	0	0
29	トルク制限レベル(補正)	0~6	1	0	0

※書き込みでは、選択されている部分のみを書き込む。

演習① PU/EXT 併用モード (Pr.79=4) で、三速設定スイッチ (RH、RM、RL) による速度設定で運転できることを確認せよ。速度は RH=60 Hz、RM=40 Hz、RL=20 Hz とせよ。

ヒント) 正転指令はパソコンから行う。

演習② PU/EXT 併用モード (Pr.79=4) で、ボリュームによる速度制御で運転できることを確認せよ。

演習③ PU/EXT 併用モード (Pr.79=3) で、外部正転スイッチ (FWD) と、三速設定スイッチ (RH、RM、RL) による速度設定で運転できることを確認せよ。速度は RH=60 Hz、RM=40 Hz、RL=20 Hz とせよ。3つのスイッチがすべて OFF のときは、30 Hz で運転するようにすること。

ヒント) パソコンのテスト運転画面の周波数設定を使う。



## 4. 電動機特性の確認

### ① トルクブースト 【Pr.0】

トルクブーストを 6 %、0 %、10 %、20 %としたときの、立ち上がり波形を観測せよ。

### ② 電子サーマル 【Pr.9】

電子サーマルの設定値 (Pr.9) を 1.0 A とし、負荷をかけずに 6 Hz で運転して、電子サーマルがトリップすることを確認せよ。(数十秒後にトリップする)

※リトライ機能

Pr.67=3、Pr.68=5 に設定し、リトライ機能が動作することを確認せよ。

### ③ ストール防止機能の確認 【Pr.22】

ストール防止機能 (Pr.22) を 40 %に設定し、0%負荷で運転してみよ。

※Pr.22 は定格電流 (pr.9) の何%になったとき、ストール防止機能を働かせるかを定めるパラメータである。

### ④ 周波数ジャンプ 【Pr.31~Pr.32、他】

25~35 Hz を避けて、V/f 制御が行われるようにせよ。

## 5. $V/f$ 制御とセンサレスベクトル制御

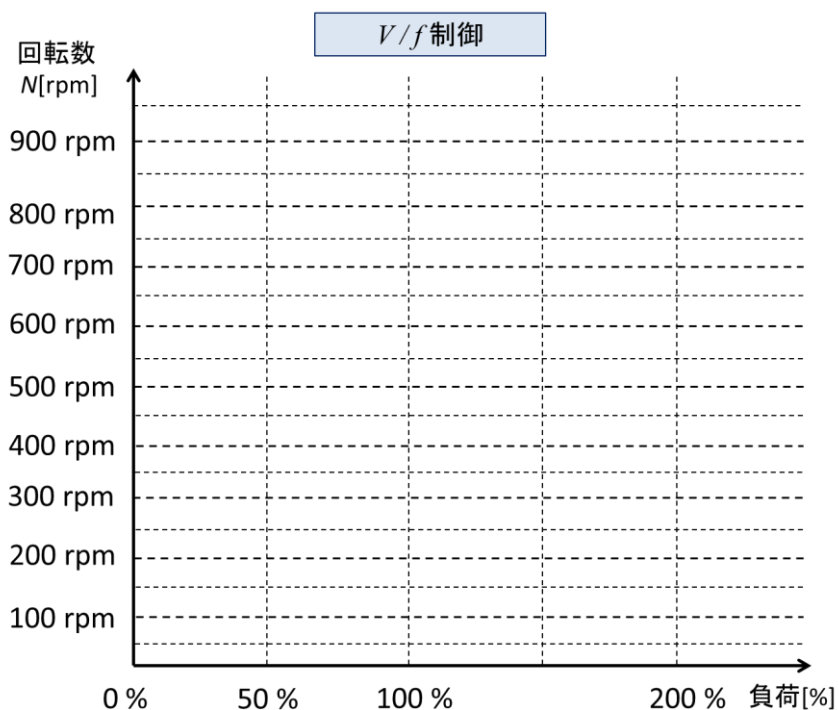
$V/f$  制御とセンサレスベクトル制御の負荷特性の違いを確認していく。

### 演習 1

$V/f$  制御のときの負荷と回転数の特性を測定し、以下の表をうめよ。また、インバータの周波数を 30 Hz に設定した時の回転数をグラフにかけ。

○ $V/f$  制御の回転数 [rpm]

	0%負荷	50%負荷	100%負荷	200%負荷
5 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
10 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
20 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
30 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
40 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
50 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
60 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm



## 演習 2

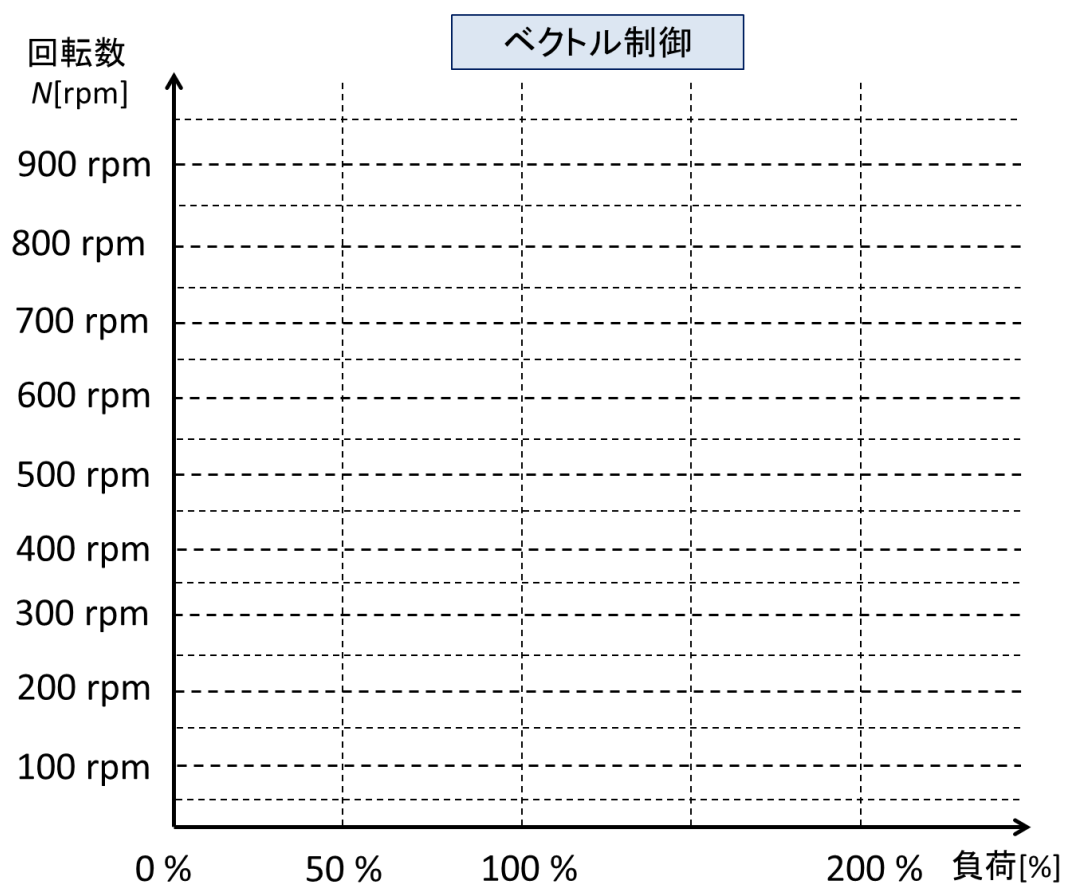
電動機のオートチューニングを実施し、センサレスベクトル制御のときの負荷と回転数の特性を測定し、以下の表をうめよ。また、インバータの周波数を 30 Hz に設定した時の回転数をグラフにかけ。

### オートチューニングの方法

手順	操作内容
1	インバータの運転を停止する。
2	PU 運転モードに切り替える。
3	パラメータを以下の通り設定する。 Pr.71=3 (標準モータ) Pr.80=0.4 (定格出力 0.4 kW) Pr.81=4 (極数 4) Pr.800=10 (速度制御) Pr.810=0 (トルク制限設定) Pr.22=200 (トルク制限 200%) Pr.83=200 (チューニング 200 V) Pr.84=60 (チューニング周波数 60 Hz) Pr.96=101 (チューニング時に回転する/1 にすれば回転しない) Pr.9=2.0 (電子サーマル 2.0 A)
4	<b>【FWD】</b> を押す (チューニングが開始される)。  チューニングが完了すると FWD のランプが点滅し、モニタに 103 または 3 が表示される。
5	<b>【STP】</b> を押す。
6	もう一度 <b>【FWD】</b> を押すと、電動機が動き出す。

○センサレスベクトル制御の回転数 [rpm]

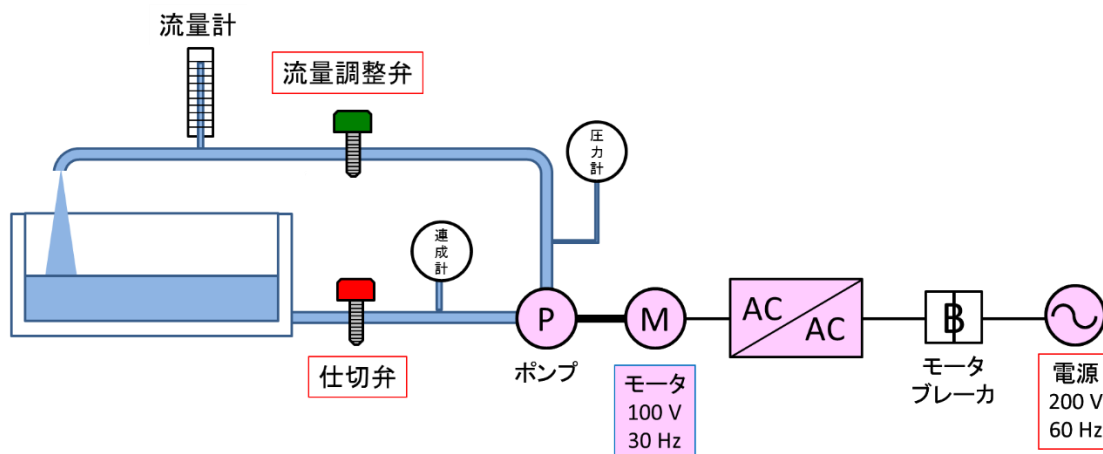
	0% 負荷	50% 負荷	100% 負荷	200% 負荷
5 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
10 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
20 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
30 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
40 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
50 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm
60 Hz	rpm	rpm	rpm	rpm



## 6. ポンプを使った省エネ効果の検証実習

### ○ポンプ設備

ポンプ設備の概略を以下に示す。



### 安全上の注意！

**実習装置は正しい使用法以外の操作を行うと大変危険である。以下の手順を必ず守ったうえで、指導員の指示に従って操作すること。**

### 主な注意点

- ①ポンプの空転がないよう、仕切弁、流量調整弁が全閉となっていないことを確認すること。また、水槽の水位が適正であることを確認すること。
- ②ポンプの回転軸の固着のおそれがあるので、ポンプを最初に使用するときは、JOG運転を行い、回転することを確認すること。
- ③実習装置のポンプのパッキンはグラウンドパッキンであるので、軸の加熱を防止するために、定格運転時には適正量の水漏れ（滴下）がある。滴下量が適正（1分に2滴程度）であることを確認する。
- ④感電防止のため、ポンプ・電動機のD種接地線が接続されていることを確認する。

※その他、操作手順は装置の作業標準書に従い、**指導員の指示で操作を行うこと。**

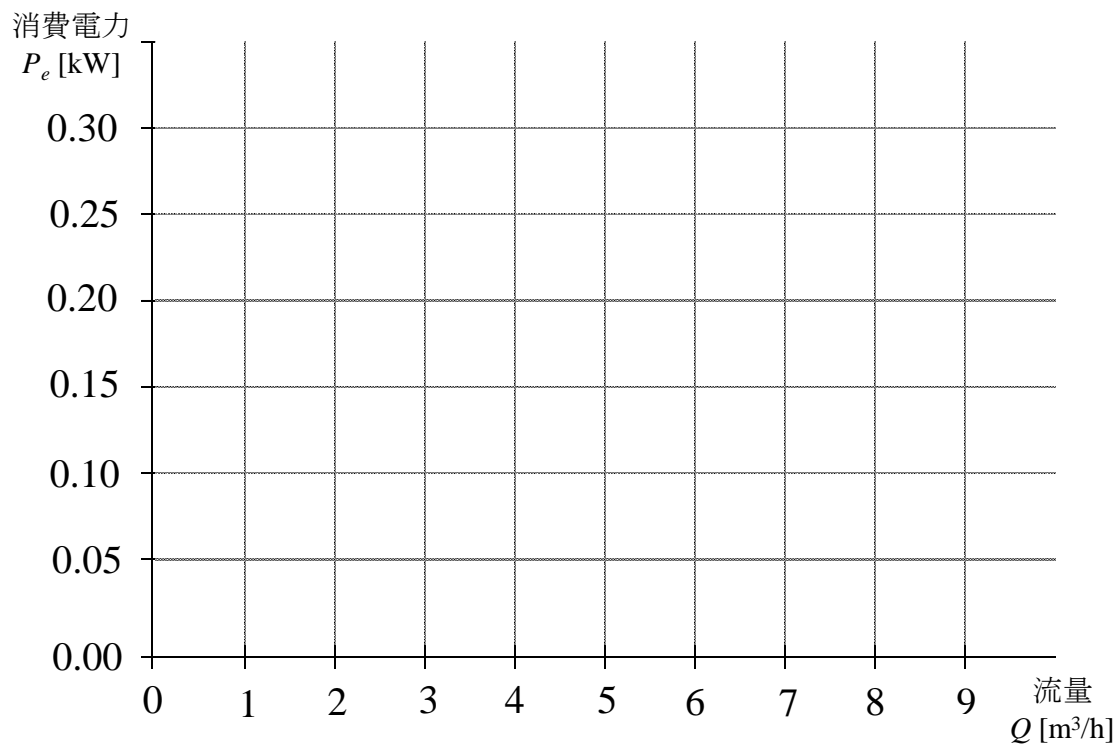
実習 1) バルブ制御におけるポンプ揚程の測定

インバータの出力周波数を 60 Hz (一定) にし、流量調整バルブを可変することによって流量を調整し、以下の表をうめよ。

測定

表 1 バルブ制御における流量と消費電力

流量 $Q$ [m <sup>3</sup> /h]	圧力計 $P_p$ [MPa]	連成計 $P_v$ [MPa]	消費電力 $P_e$ [kW]
8.5			
8.0			
7.0			
6.0			
5.0			
4.0			



計算

毎分流量 :  $Q_{min} [m^3/min] = \text{毎時流量 } Q [m^3/h] \div 60 \text{ min/h}$

吐出し揚程 :  $H_p [m] = \text{圧力計の読み } P_p [MPa] \times 10.33 \text{ mH}_2\text{O} \div 0.1013 \text{ MPa/atm}$

吸出し揚程 :  $H_v [m] = \text{連成計の読み } P_p [MPa] \times 10.33 \text{ mH}_2\text{O} \div 0.1013 \text{ MPa/atm}$

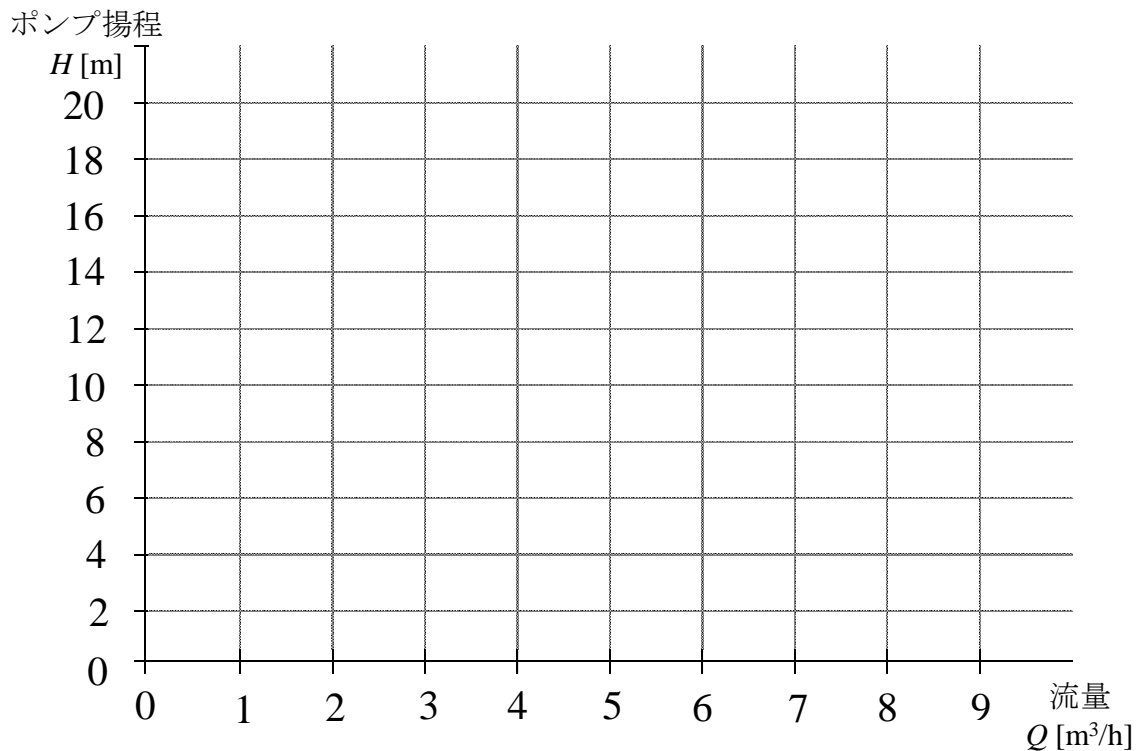
圧力計の位置水頭 :  $h [m] = \text{ポンプ中心から圧力計の管の分岐部分までの垂直距離 (0.57 m)}$

ポンプ揚程 :  $H [m] = \text{吐出し揚程 } H_p [m] - \text{吸出し揚程 } H_v [m] + \text{圧力計の位置水頭 } h [m]$

水動力 :  $P [kW] = 0.163 \times \text{毎分流量 } Q_{min} [m^3/min] \times \text{ポンプ揚程 } H [m]$

表2 バルブ制御における流量と揚程・水動力

毎時流量 $Q [m^3/h]$	毎分流量 $Q_{min} [m^3/min]$	吐出し揚程 $H_p [m]$	吸出し揚程 $H_v [m]$	ポンプ揚程 $H [m]$	水動力 $P [kW]$
8.5					
8.0					
7.0					
6.0					
5.0					
4.0					



※ 数値の補足説明

**10.33 mH<sub>2</sub>O**

温度 4 °Cの水は、1 気圧の大気中では、ポンプで吸い上げるときに最大 10.33m までしか上昇させることはできない（水銀 Hg であれば 760mm がこれに相当し、760mmHg と書く）。すなわち、1 気圧は 10.33 mH<sub>2</sub>O に相当する（1 atm = 10.33 mH<sub>2</sub>O）。

**0.1013 MPa**

地球上の平均気圧は 1013 hPa であり、単位を MPa にすると 0.1013 MPa になる。つまり、1 atm = 0.1013 MPa = 10.33 mH<sub>2</sub>O なので、1 MPa = 10.33 ÷ 0.1013 となる。

**0.163QH**

位置エネルギーは  $mgh$  [J] で計算できる。水の質量  $m$  は 1m<sup>3</sup> で 1000 kg である。流速が毎秒  $Q$  [m<sup>3</sup>] であるとする、1000 $Q$  [kg/s]。重力加速度は  $g=9.8\text{m/s}^2$ 。

よって、1 秒当たりの位置エネルギー[J] = 1000 $Q$  [kg] × 9.8 m/s<sup>2</sup> ×  $h$ 。

ここで、1 秒当たりのエネルギーは、仕事率であって、単位が W になる。さらに 1000 で割って単位を kW に、また 60 で割って、流量の単位を毎分とすると、

ポンプの水動力[kW] = 1000 $Q$  [kg/s] × 9.8 m/s<sup>2</sup> ×  $h$  ÷ 1000 ÷ 60 = 0.163 × Q × H。



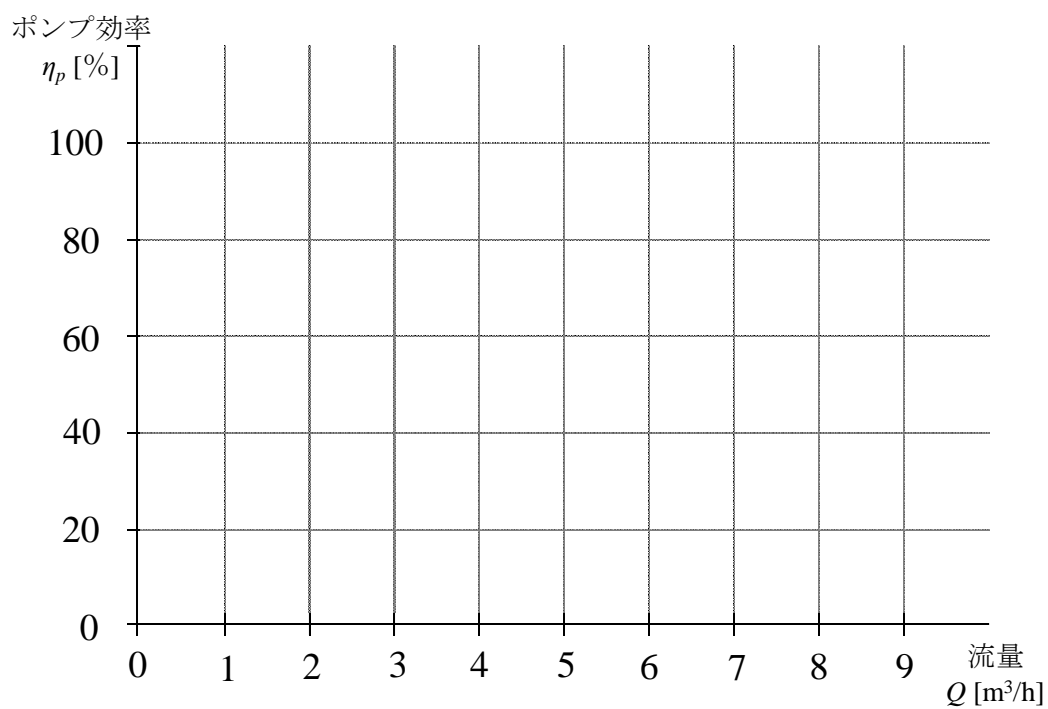
計算

軸動力 :  $P_{in}$  [kW] = 消費電力  $P_e$  [kW]  $\div$  伝達係数 1.1

ポンプ効率 :  $\eta_p$  [%] = 水動力  $P$  [kW]  $\div$  軸動力  $P_{in}$  [kW]  $\times$  100

表3 バルブ制御における流量とポンプ効率

流量 $Q$ [m <sup>3</sup> /h]	水動力 $P$ [kW]	軸動力 $P_{in}$ [kW]	ポンプ効率 $\eta_p$ [%]
8.5			
8.0			
7.0			
6.0			
5.0			
4.0			



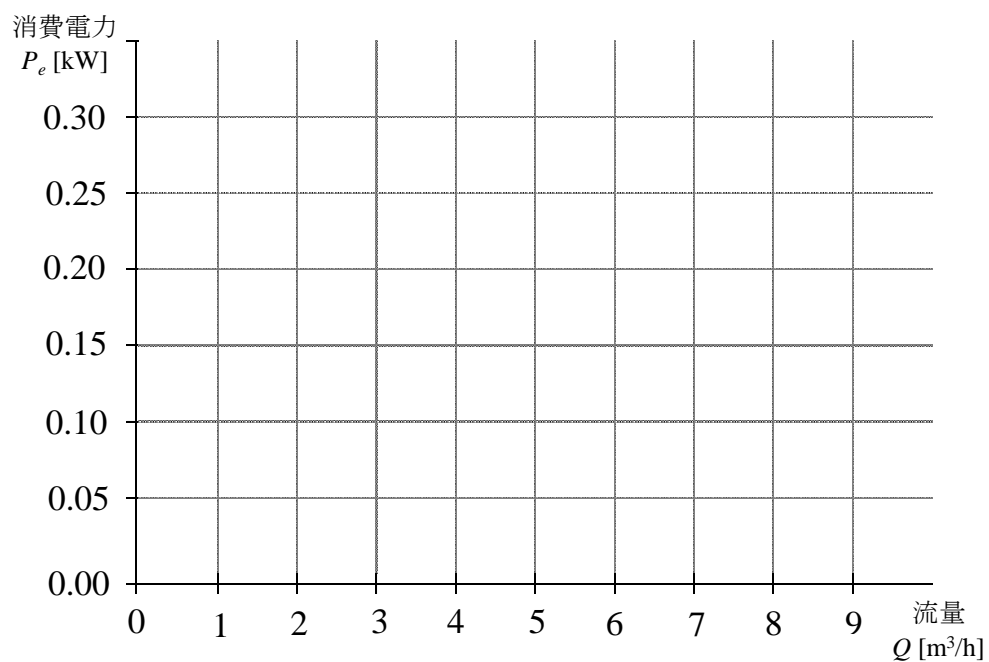
実習 2) インバータ制御におけるポンプ揚程の測定

バルブを全開にしたあと、インバータの出力周波数を変えることによって流量を調整し、以下の表をうめよ。

測定

表 4 インバータ制御における流量と消費電力

流量 $Q$ [m <sup>3</sup> /h]	運転周波数 $f$ [Hz]	圧力計 $P_p$ [MPa]	連成計 $P_v$ [MPa]	消費電力 $P_e$ [kW]
8.5				
8.0				
7.0				
6.0				
5.0				
4.0				



計算

毎分流量 :  $Q_{min} [m^3/min] = \text{毎時流量 } Q [m^3/h] \div 60 \text{ min/h}$

吐出し揚程 :  $H_p [m] = \text{圧力計の読み } P_p [MPa] \times 10.33 \text{ mH}_2\text{O/atm} \div 0.1013 \text{ MPa/atm}$

吸出し揚程 :  $H_v [m] = \text{連成計の読み } P_p [MPa] \times 10.33 \text{ mH}_2\text{O/atm} \div 0.1013 \text{ MPa/atm}$

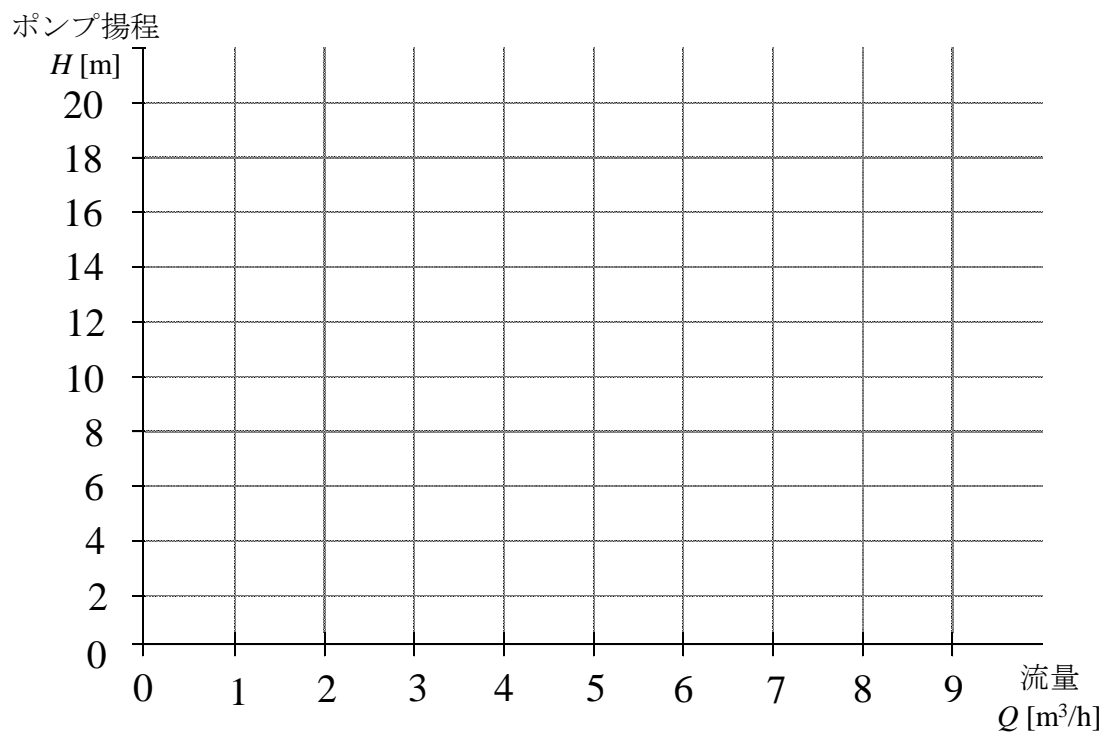
圧力計の位置水頭 :  $h [m] = \text{ポンプ中心から圧力計の管の分岐部分までの垂直距離 (0.57 m)}$

ポンプ揚程 :  $H [m] = \text{吐出し揚程 } H_p [m] - \text{吸出し揚程 } H_v [m] + \text{圧力計の位置水頭 } h [m]$

水動力 :  $P [kW] = 0.163 \times \text{毎分流量 } Q_{min} [m^3/min] \times \text{ポンプ揚程 } H [m]$

表 5 インバータ制御における流量とポンプ揚程・水動力

毎時流量 $Q [m^3/h]$	毎分流量 $Q_{min} [m^3/min]$	吐出し揚程 $H_p [m]$	吸出し揚程 $H_v [m]$	ポンプ揚程 $H [m]$	水動力 $P [kW]$
8.5					
8.0					
7.0					
6.0					
5.0					
4.0					



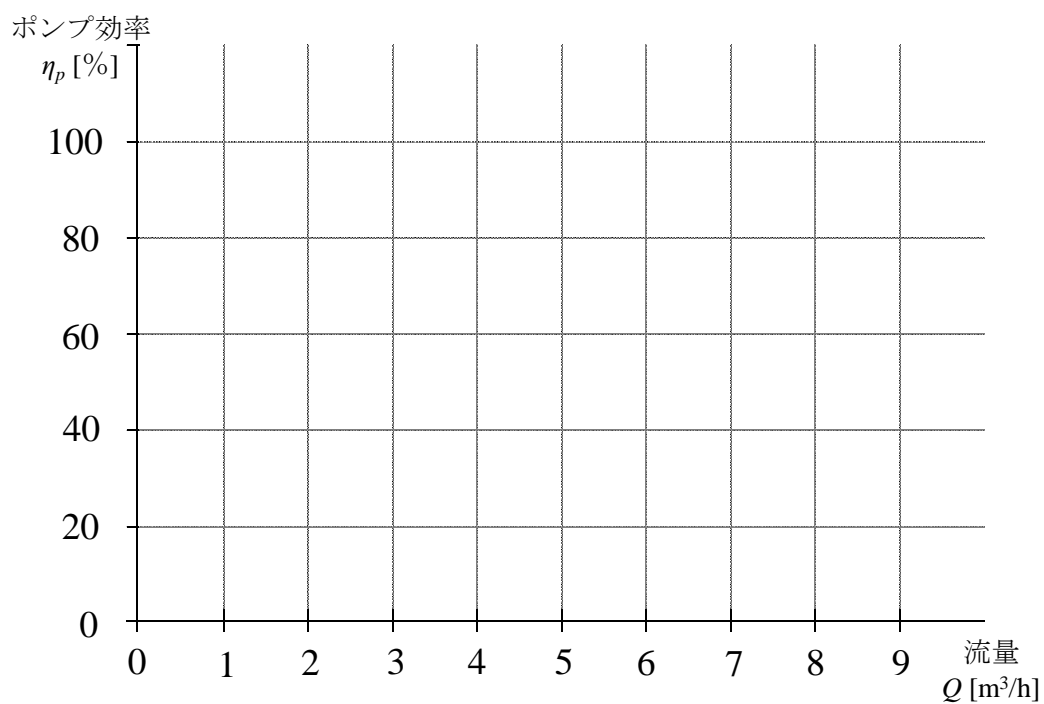
計算

軸動力 :  $P_{in}$  [kW] = 消費電力  $P_e$  [kW] ÷ 伝達係数 1.1

ポンプ効率 :  $\eta_p$  [%] = 水動力  $P$  [kW] ÷ 軸動力  $P_{in}$  [kW] × 100

表 6 インバータ制御における流量と効率

流量 $Q$ [m <sup>3</sup> /h]	水動力 $P$ [kW]	軸動力 $P_{in}$ [kW]	ポンプ効率 $\eta_p$ [%]
8.5			
8.0			
7.0			
6.0			
5.0			
4.0			



実習 3)  $Q$ - $H$  曲線の作成

以下の要領で、インバータの運転周波数が 60 Hz・40 Hz のときの、それぞれの  $Q$ - $H$  曲線を作成せよ。

**測定**

インバータの運転周波数 60 Hz

表 7 インバータ制御における流量と消費電力 (60 Hz)

流量 $Q$ [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	圧力計 $P_p$ [MPa]	連成計 $P_v$ [MPa]	消費電力 $P_e$ [kW]
8.5			
8.0			
7.0			
6.0			
5.0			
4.0			
3.0			

インバータの運転周波数 50 Hz

表 8 インバータ制御における流量と消費電力 (50 Hz)

流量 $Q$ [m <sup>3</sup> /h]	圧力計 $P_p$ [MPa]	連成計 $P_v$ [MPa]	消費電力 $P_e$ [kW]
7.0			
6.0			
5.0			
4.0			
3.0			

インバータの運転周波数 40 Hz

表 8 インバータ制御における流量と消費電力 (40 Hz)

流量 $Q$ [m <sup>3</sup> /h]	圧力計 $P_p$ [MPa]	連成計 $P_v$ [MPa]	消費電力 $P_e$ [kW]
5.0			
4.0			
3.0			

**計算** インバータの運転周波数 60 Hz

毎分流量 :  $Q_{min} [\text{m}^3/\text{min}] = \text{毎時流量 } Q [\text{m}^3/\text{h}] \div 60 \text{ min/h}$

吐出し揚程 :  $H_p [\text{m}] = \text{圧力計の読み } P_p [\text{MPa}] \times 10.33 \text{ mH}_2\text{O/atm} \div 0.1013 \text{ MPa/atm}$

吸出し揚程 :  $H_v [\text{m}] = \text{連成計の読み } P_p [\text{MPa}] \times 10.33 \text{ mH}_2\text{O/atm} \div 0.1013 \text{ MPa/atm}$

圧力計の位置水頭 :  $h [\text{m}] = \text{ポンプ中心から圧力計の管の分岐部分までの垂直距離 (0.57 m)}$

ポンプ揚程 :  $H [\text{m}] = \text{吐出し揚程 } H_p [\text{m}] - \text{吸出し揚程 } H_v [\text{m}] + \text{圧力計の位置水頭 } h [\text{m}]$

水動力 :  $P [\text{kW}] = 0.163 \times \text{毎分流量 } Q_{min} [\text{m}^3/\text{min}] \times \text{ポンプ揚程 } H [\text{m}]$

表9 インバータ制御における流量とポンプ揚程・水動力 (60 Hz)

毎時流量 $Q [\text{m}^3/\text{h}]$	毎分流量 $Q_{min} [\text{m}^3/\text{min}]$	吐出し揚程 $H_p [\text{m}]$	吸出し揚程 $H_v [\text{m}]$	ポンプ揚程 $H [\text{m}]$	水動力 $P [\text{kW}]$
8.5					
8.0					
7.0					
6.0					
5.0					
4.0					
3.0					



**計算** インバータの運転周波数 50 Hz

毎分流量 :  $Q_{min} [\text{m}^3/\text{min}] = \text{毎時流量 } Q [\text{m}^3/\text{h}] \div 60 \text{ min/h}$

吐出し揚程 :  $H_p [\text{m}] = \text{圧力計の読み } P_p [\text{MPa}] \times 10.33 \text{ mH}_2\text{O/atm} \div 0.1013 \text{ MPa/atm}$

吸出し揚程 :  $H_v [\text{m}] = \text{連成計の読み } P_p [\text{MPa}] \times 10.33 \text{ mH}_2\text{O/atm} \div 0.1013 \text{ MPa/atm}$

圧力計の位置水頭 :  $h [\text{m}] = \text{ポンプ中心から圧力計の管の分岐部分までの垂直距離 (0.57 m)}$

ポンプ揚程 :  $H [\text{m}] = \text{吐出し揚程 } H_p [\text{m}] - \text{吸出し揚程 } H_v [\text{m}] + \text{圧力計の位置水頭 } h [\text{m}]$

水動力 :  $P [\text{kW}] = 0.163 \times \text{毎分流量 } Q_{min} [\text{m}^3/\text{min}] \times \text{ポンプ揚程 } H [\text{m}]$

表 10 インバータ制御における流量とポンプ揚程・水動力 (50 Hz)

毎時流量 $Q [\text{m}^3/\text{h}]$	毎分流量 $Q_{min} [\text{m}^3/\text{min}]$	吐出し揚程 $H_p [\text{m}]$	吸出し揚程 $H_v [\text{m}]$	ポンプ揚程 $H [\text{m}]$	水動力 $P [\text{kW}]$
7.0					
6.0					
5.0					
4.0					
3.0					

**計算** インバータの運転周波数 40 Hz

毎分流量 :  $Q_{min} [\text{m}^3/\text{min}] = \text{毎時流量 } Q [\text{m}^3/\text{h}] \div 60 \text{ min/h}$

吐出し揚程 :  $H_p [\text{m}] = \text{圧力計の読み } P_p [\text{MPa}] \times 10.33 \text{ mH}_2\text{O/atm} \div 0.1013 \text{ MPa/atm}$

吸出し揚程 :  $H_v [\text{m}] = \text{連成計の読み } P_p [\text{MPa}] \times 10.33 \text{ mH}_2\text{O/atm} \div 0.1013 \text{ MPa/atm}$

圧力計の位置水頭 :  $h [\text{m}] = \text{ポンプ中心から圧力計の管の分岐部分までの垂直距離 (0.57 m)}$

ポンプ揚程 :  $H [\text{m}] = \text{吐出し揚程 } H_p [\text{m}] - \text{吸出し揚程 } H_v [\text{m}] + \text{圧力計の位置水頭 } h [\text{m}]$

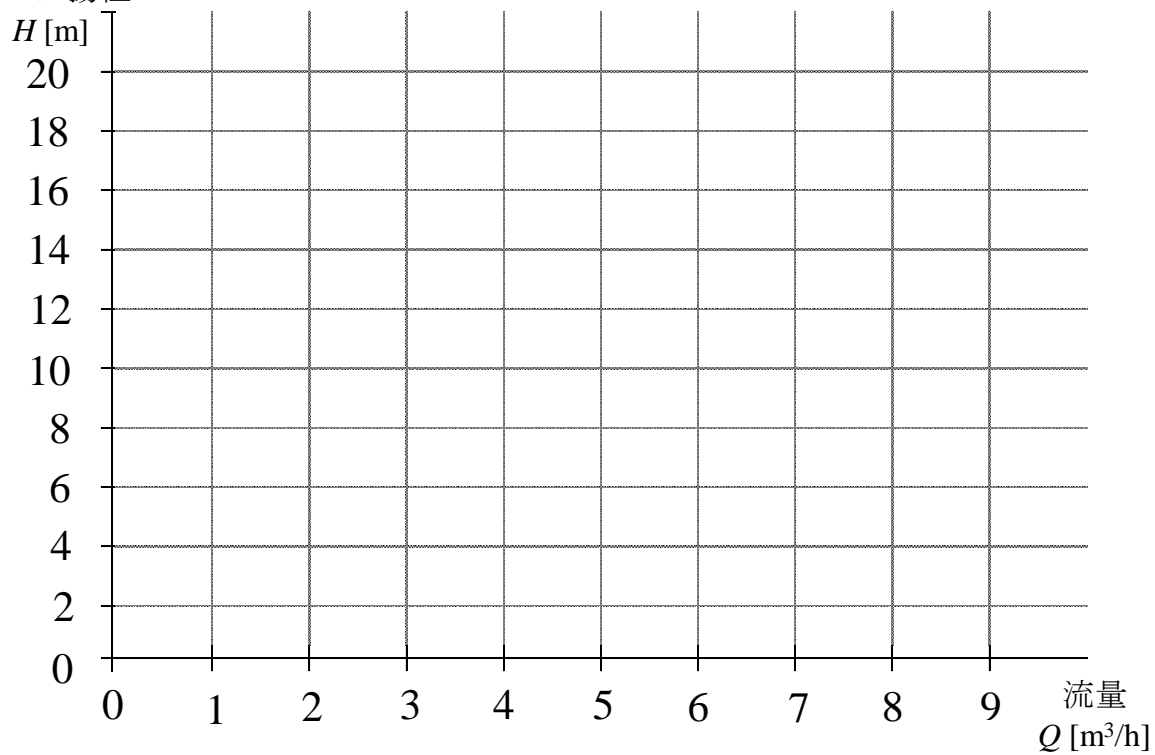
水動力 :  $P [\text{kW}] = 0.163 \times \text{毎分流量 } Q_{min} [\text{m}^3/\text{min}] \times \text{ポンプ揚程 } H [\text{m}]$

表 11 インバータ制御における流量とポンプ揚程・水動力 (40 Hz)

毎時流量 $Q [\text{m}^3/\text{h}]$	毎分流量 $Q_{min} [\text{m}^3/\text{min}]$	吐出し揚程 $H_p [\text{m}]$	吸出し揚程 $H_v [\text{m}]$	ポンプ揚程 $H [\text{m}]$	水動力 $P [\text{kW}]$
5.0					
4.0					
3.0					

60 Hz (表 9)・50 Hz (表 10)・40 Hz (表 11) のときの各ポンプ揚程と、流量を変化させた時の  $Q$ - $H$  特性 (表 5) を記入せよ。

ポンプ揚程



**投資効果の検証**

バルブ制御の消費電力  $P_e$  [kW] : 表 1 を参照

インバータ制御の消費電力  $P_e$  [kW] : 表 4 を参照

1 時間電力料金[円] = 消費電力  $P_e$  [kW] × 15 円/kWh

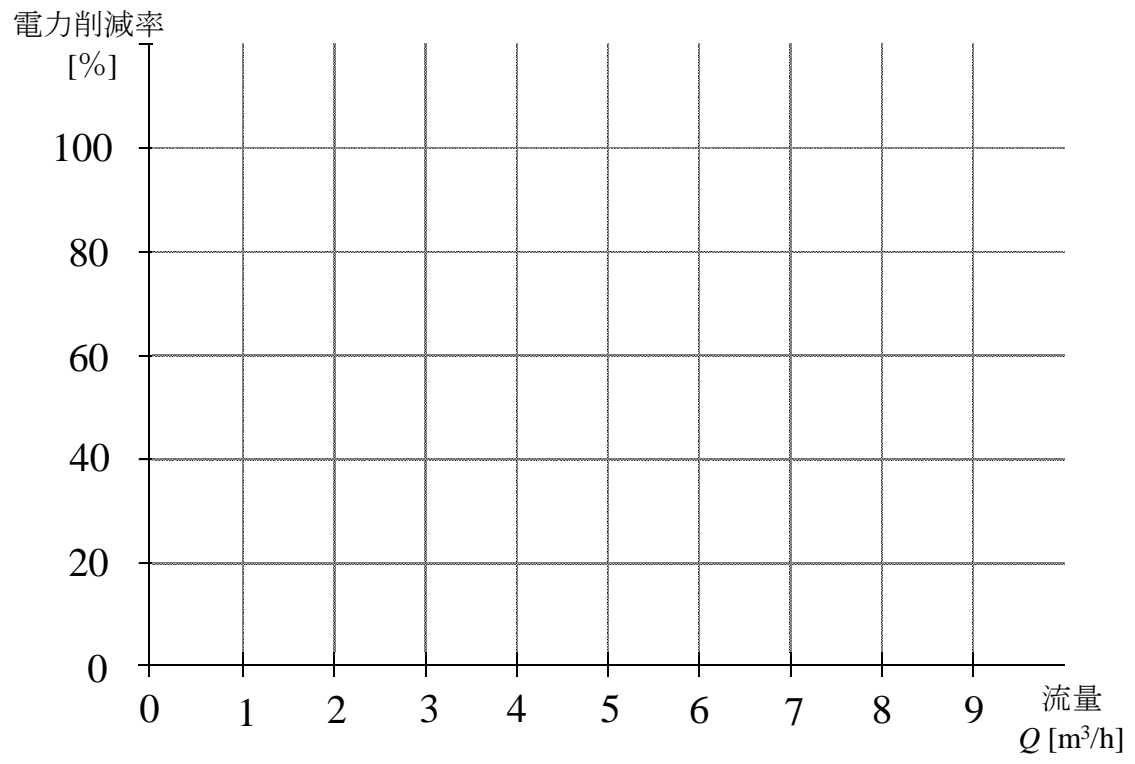
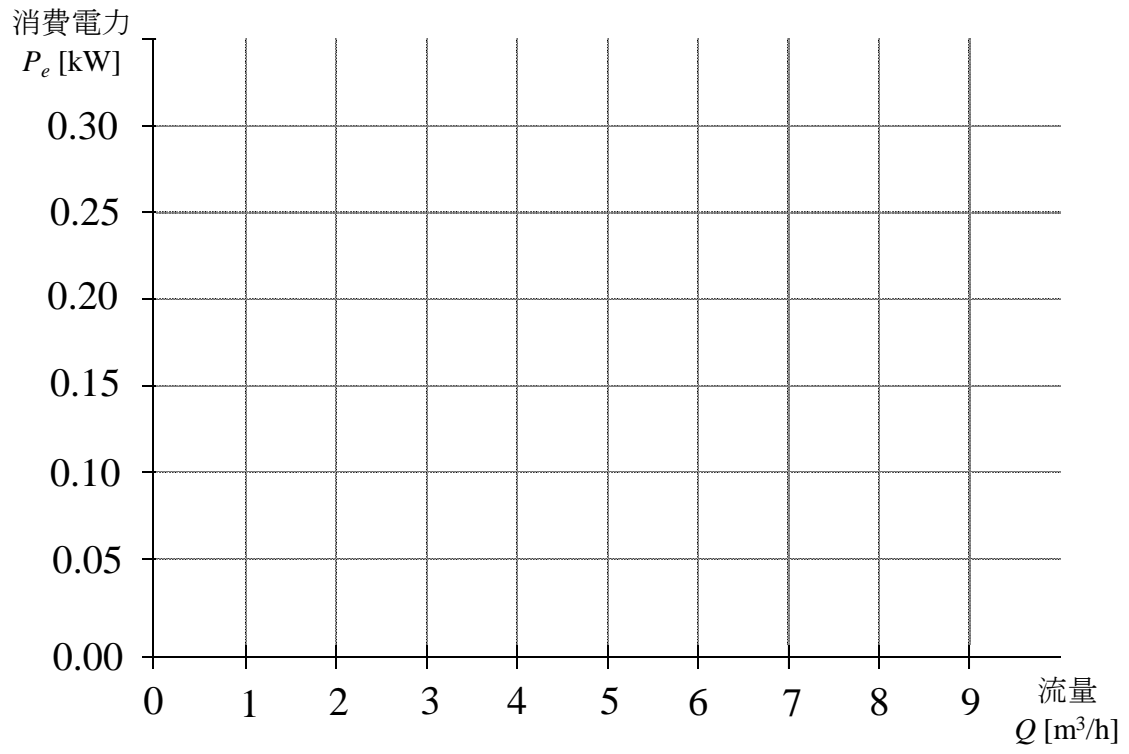
電力削減率[%] = 消費電力  $P_e$  [kW] ÷ (流量  $Q = 8.5\text{m}^3/\text{h}$  のときの消費電力  $P_e$  [kW]) × 100

表 12 バルブ制御における消費電力

流量 $Q$ [m <sup>3</sup> /h]	消費電力 $P_e$ [kW]	1 時間電力料金 [円]	電力削減率[%]
8.5			100
8.0			
7.0			
6.0			
5.0			
4.0			

表 13 インバータ制御における消費電力

流量 $Q$ [m <sup>3</sup> /h]	消費電力 $P_e$ [kW]	1 時間電力料金 [円]	電力削減率[%]
8.5			100
8.0			
7.0			
6.0			
5.0			
4.0			



- 流量が4 m<sup>3</sup>/h のときについて、バルブ制御からインバータ制御へ変更した時の投資対効果を検証せよ。

消費電力  $P_e$  [kW]の削減量=バルブ制御の消費電力-インバータ制御の消費電力

1 時間電力料金 [円]の削減量=バルブ制御の料金-インバータ制御の料金

消費電力  $P_e$  [kW]の削減率=インバータ制御の消費電力÷バルブ制御の消費電力×100

1 時間電力料金 [円]の削減率=インバータ制御の料金÷バルブ制御の料金×100

表 14 制御方式による消費電力の比較

方式	消費電力 $P_e$ [kW]	1 時間電力料金 [円]
バルブ制御		
インバータ制御		
削減量		
削減率	%	%

### 効果金額の計算

以下の工場で、バルブ制御からインバータ制御へ変更した。**流量はともに4 m<sup>3</sup>/hのとき**について、投資金額よりも省エネで削減できた金額が上回るのは、変更から何年経過した時か計算せよ。

#### 想定する工場

インバータ盤の金額：50,000 円（0.4 kW インバータ）

電力量単価：15 円/kWh

1年の工場の操業時間：1日24時間、365日稼働

1年間の削減電力量[kWh] = 消費電力  $P_e$  [kW] の削減量  $\times$  24 時間  $\times$  365 日

1年間の電気料金削減金額[円] = 1年間の削減電力量[kWh]  $\times$  電力量単価 15 円/kWh

投資回収にかかる時間[年] = インバータ盤の金額 50,000 円  $\div$  1年間の電気料金削減金額[円]

1年間の 削減電力量[kWh]	1年間の 電気料金削減金額[円]	投資回収にかかる時間[年]