

## RA2A1 グループ

### QE for AFE[RA] アナログ・フロント・エンド調整ガイド

---

#### 要旨

本書は、Evaluation Kit for RA2A1 の EK-RA2A1 ボードと接続し、操作を行う PC ツール QE for AFE[RA]（以降 QE for AFE）の操作説明書です。MCU についての詳細は「RA2A1 グループ ユーザーズ マニュアル ハードウェア編」を参照してください。

QE for AFE は、同梱の RA2A1 グループ QE for AFE 用ボード制御プログラムと組み合わせてご使用ください。

#### 動作確認デバイス

RA2A1 (R7FA2A1AB3CFM)

#### 動作対象ボード

RA2A1 グループ RA2A1 MCU グループ用評価キット EK-RA2A1

## 目次

1.	概要	4
1.1	システム概要	4
1.2	動作環境	5
1.3	参考文献	5
2.	事前準備	6
2.1	QE for AFE のイントール	6
2.1.1	QE for AFE のアップデート	7
2.1.2	QE for AFE のアンインストール	7
2.2	QE for AFE 用ボード制御プログラムの書き込み	7
2.3	ターゲットボードの設定	7
2.3.1	シングルチップモードに設定	7
2.3.2	ADC16 使用時の基準電圧端子接続	7
3.	接続	8
3.1	UART 接続時の注意	9
3.1.1	USB-UART 変換アダプタからの電圧供給機能の使用禁止	9
3.1.2	転送速度の変更手順	9
4.	評価例	10
4.1	評価手順	10
4.1.1	事前準備	11
4.1.2	ホスト PC とターゲットボードを接続	11
4.1.3	QE for AFE とターゲットボードを接続	11
4.1.4	レジスタ設定ファイルのインポート	12
4.1.5	DAC8 設定	13
4.1.6	OPAMP 設定	14
4.1.7	ADC16 設定	15
4.1.8	接続確認	16
4.1.9	RA2A1 に書き込み	17
4.1.10	チューニング開始	18
4.1.11	グラフ表示	19
4.2	SDADC24 評価例	20
4.3	ADC16 評価例	22
4.4	ACMPHS 評価例	24
4.5	ACMPLP 評価例	27
5.	機能説明	30
5.1	AFE 接続	31
5.1.1	共通機能	31
5.1.2	接続タブ	33
5.1.3	SDADC24 タブ	34
5.1.4	ADC16 タブ	36
5.1.5	OPAMP タブ	38
5.1.6	DAC8 タブ	40

---

5.1.7	DAC12 タブ	42
5.1.8	ACMPHS タブ	44
5.1.9	ACMPLP タブ	46
5.2	モニター	48
5.2.1	共通機能	48
5.2.2	波形表示	51
5.2.3	ヒストグラム表示	52
5.2.4	ローデータ表示	53
5.3	フィルタ	54
5.3.1	SINC3 の周波数特性	55
5.4	キャリブレーション	56
	改訂記録	57

## 1. 概要

### 1.1 システム概要

QE for AFE は、アナログフロントエンド（以降 AFE）を内蔵したマイコン向けに、高精度なセンシングを行う組み込みシステム開発に対応した開発支援ツールです。EK-RA2A1 ボード（以降ターゲットボード）と USB 接続でシリアル通信を行い、ターゲットボード搭載の RA2A1（以降 RA2A1）の AFE レジスタ設定、及び動作制御を行い、A/D 変換値を取得してグラフ表示します。QE for AFE はローカル PC で実行するスタンドアロン版ツール (.exe) です。

主な機能は次のとおりです。

- (1). ターゲットボードと USB 接続のシリアル通信により以下を行います。
  - ターゲットボードとの接続確認
  - RA2A1 レジスタ値の取得・設定
  - A/D 変換とコンパレータの開始・停止指示
  - A/D 変換値とコンパレータ出力の取得（A/D 変換は連続スキャンモードで行う）
- (2). 取得した A/D 変換値とコンパレータ出力に対して以下の解析・表示を行います。
  - A/D 変換値とコンパレータ出力の波形表示
  - A/D 変換値のヒストグラム解析・表示
  - 各種計測結果の表示
- (3). AFE レジスタ設定値の取得・設定を行います。
  - ブロック図レベルでのレジスタパラメータの選択・指定
  - パラメータのレジスタ設定値表示
  - レジスタ設定値に基づく SINC3 フィルタの周波数-Gain 特性グラフの表示

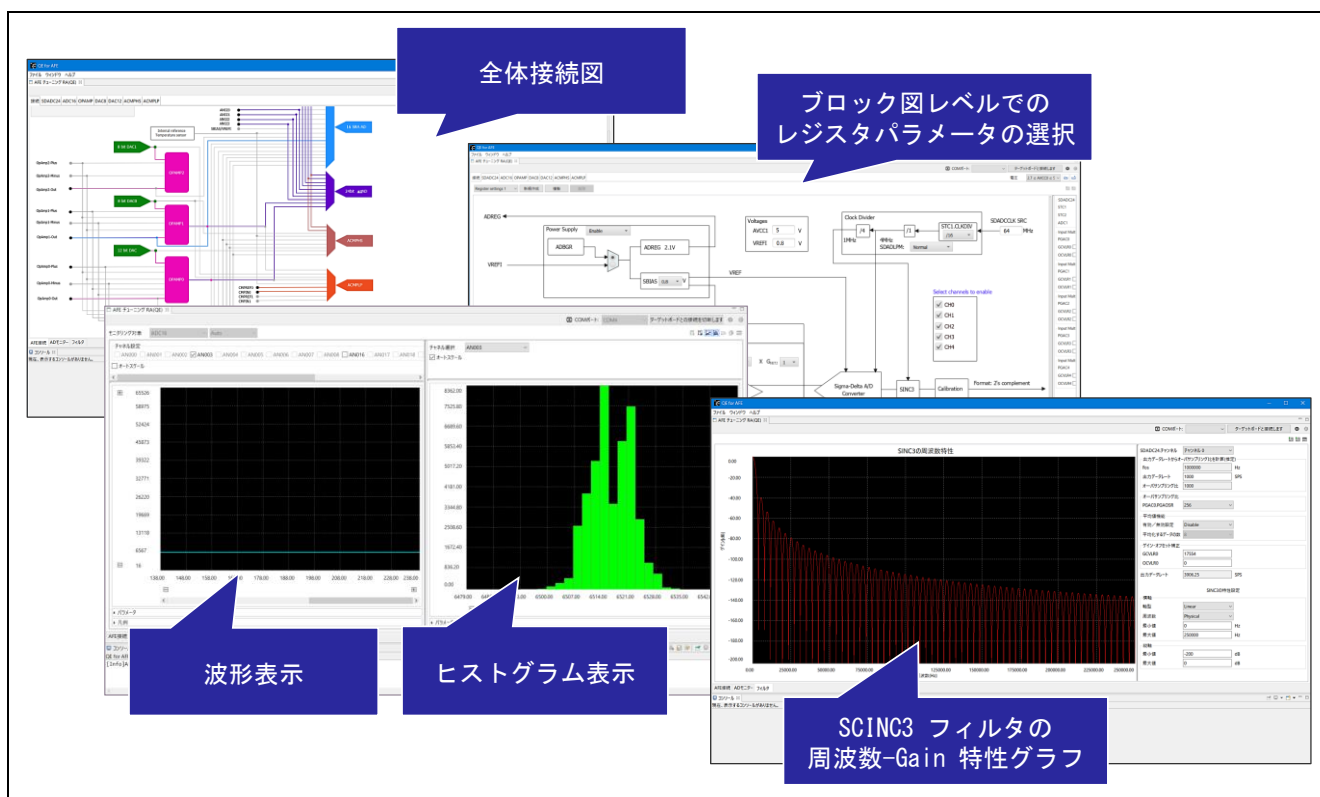


図 1-1 QE for AFE の主な機能

## 1.2 動作環境

QE for AFE の動作環境は次のとおりです。

表 1-1 動作環境

項目	内容	備考
ホスト PC の OS	Windows10 (64 ビット版)	—
ターゲットボード	EK-RA2A1 ボード	—
QE for AFE	QE for AFE[RA] V1.10	—
QE for AFE 用ボード制御プログラム	QE_for_AFE_uart QE_for_AFE_usb	R01AN5795 RA2A1 グループ QE for AFE 用ボード制御プログラムのアプリケーションノート 参照

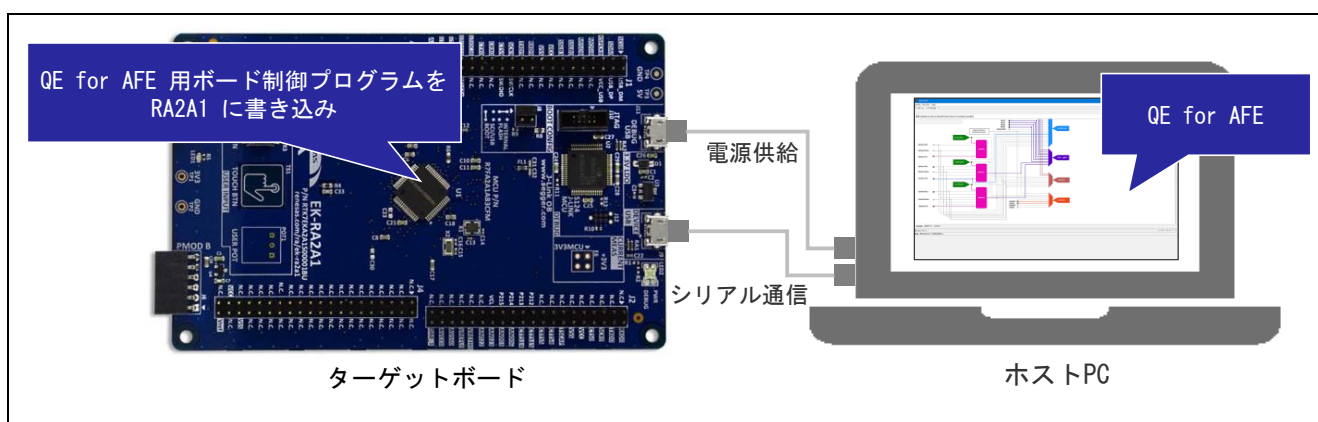


図 1-2 QE for AFE 動作環境

## 1.3 参考文献

- R01UH0888 RA2A1 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編
- R01AN5795 RA2A1 グループ QE for AFE 用ボード制御プログラムのアプリケーションノート
- R20UT4580 RA2A1 MCU グループ用評価キット EK-RA2A1 ユーザーズマニュアル

## 2. 事前準備

QE for AFE を使用するために必要な準備は次のとおりです。

- QE for AFE のインストール
- QE for AFE 用ボード制御プログラムの書き込み
- ターゲットボードの設定

### 2.1 QE for AFE のイントール

QE for AFE は、zip 形式のパッケージで提供されます。QE for AFE の使用手順は次のとおりです。

(1). パソコンの任意の場所に zip ファイルを解凍します。

zip ファイルの解凍は、フォルダ階層の浅い場所で行ってください。

【注】 OS のプログラムフォルダー（C:\Program Files）の下には置かないでください。

(2). “¥eclipse¥ qe-afe.exe” をダブルクリックして QE for AFE を起動します。

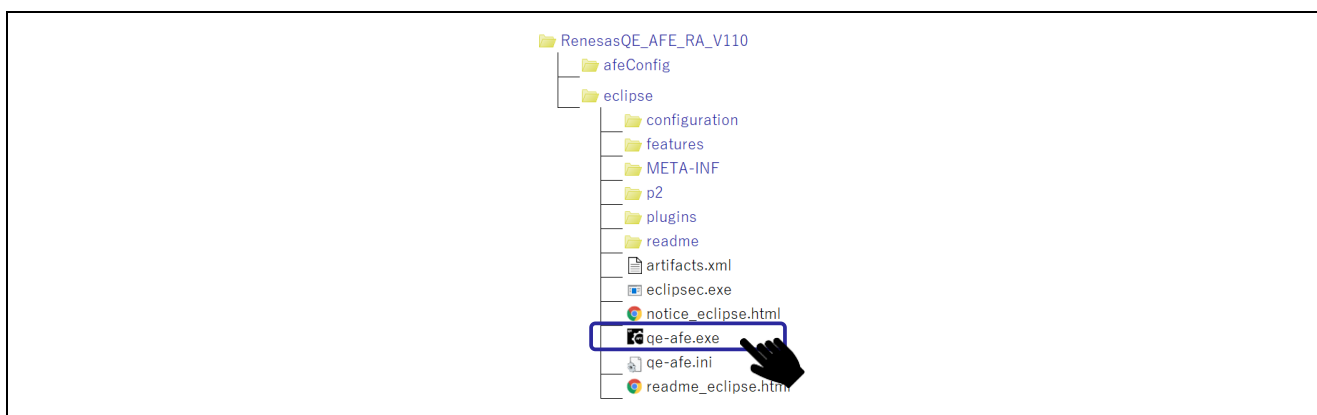


図 2-1 QE for AFE 実行ファイル

(3). QE for AFE の初回起動時には、使用許諾のダイアログが表示されます。ライセンスの内容を確認し、「同意する」または「同意しない」を選択してください。

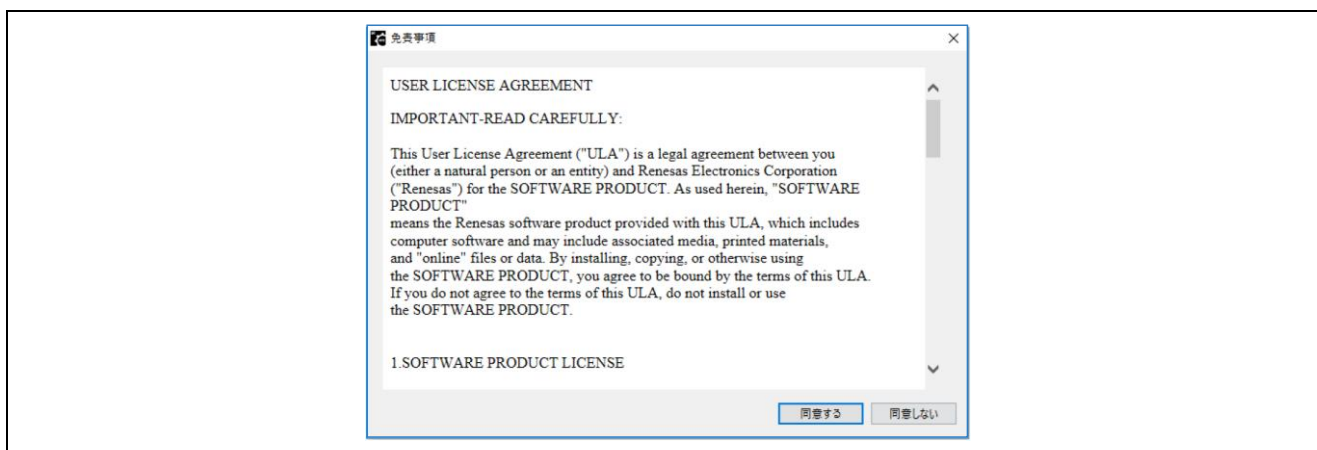


図 2-2 使用許諾承諾書のダイアログ

(4). 上記の手順で「同意する」を選択した場合、QE for AFE は起動され使用することができます。

上記の手順で「同意しない」を選択した場合、QE for AFE は起動されず使用することができません。

### 2.1.1 QE for AFE のアップデート

QE for AFE をアップデートする場合は、インストール方法と同じ手順でアップデートできます。

### 2.1.2 QE for AFE のアンインストール

QE for AFE をアンインストールする場合は、zip ファイルを解凍したフォルダを削除してください。

## 2.2 QE for AFE 用ボード制御プログラムの書き込み

RA2A1 ヘプログラムを書き込む方法は、「RA2A1 グループ QE for AFE 用ボード制御プログラムのアプリケーションノート」を参照してください。

## 2.3 ターゲットボードの設定

### 2.3.1 シングルチップモードに設定

ターゲットボード上の J8 ジャンパを「INTERNAL FLASH」に設定してください。



図 2-3 INTERNAL FLASH モード設定

### 2.3.2 ADC16 使用時の基準電圧端子接続

ADC16 使用時の基準電圧は次のとおりです。

- 高電位基準電圧：基準電源端子 (VREFH0) または内部基準電圧 (VREFADC)
- 低電位基準電圧：基準電源グランド端子 (VREFL0)

EK-RA2A1 ボードでは、VREFH0 と VREFL0 はオープン状態です。そのため、ADC16 を使用する場合は、使用する基準電圧を端子に供給する必要があります。

EK-RA2A1 ボード上の J2 34 ピン (VREFL0) と J2 36 ピン (AVSS0) は隣り合う端子のため、以下のとおりジャンパを使用して容易に接続できます。

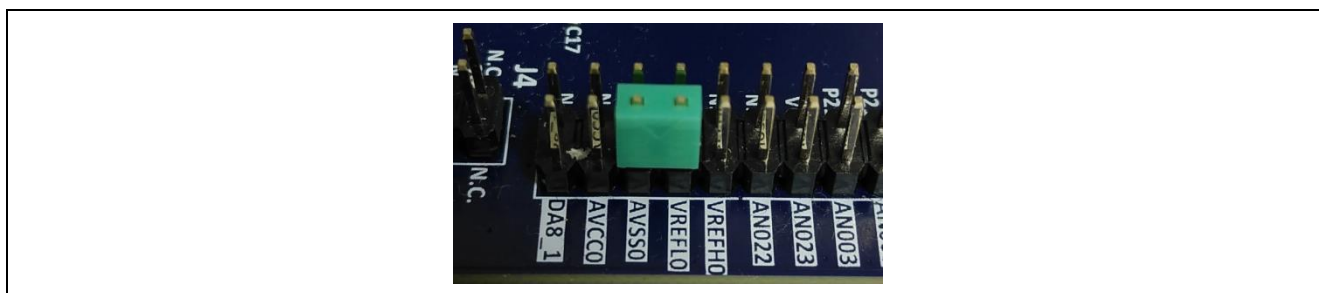


図 2-4 ADC16 使用時の VREFL0 接続例

### 3. 接続

ホスト PC とターゲットボードを接続する前に、「2. 事前準備」を参照し準備を完了してください。QE for AFE からターゲットボード上の RA2A1 を操作するために、接続を確立する手順は次のとおりです。

#### (1). ホスト PC とターゲットボードを USB ケーブルで接続

ホスト PC とターゲットボードの通信は、USB PCDC または SCI UART を介する方法を選択できます。それぞれの通信に対応したボード制御プログラムが提供されます。どちらの通信を使用するかは、RA2A1 に書き込んだ QE for AFE 用ボード制御プログラムに依存します。

ホスト PC とターゲットボードの接続図を図 3-1 に示します。

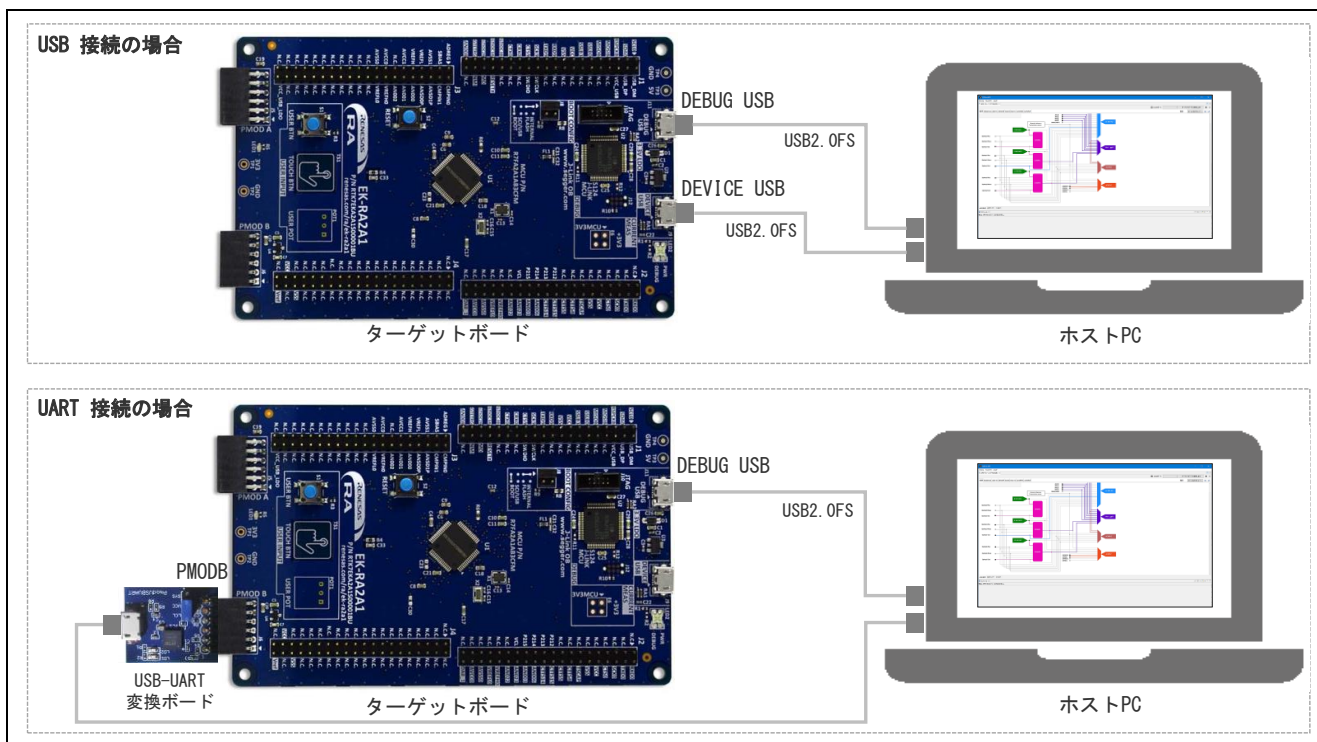


図 3-1 接続図

ターゲットボードについての詳細は、「RA2A1 MCU グループ用評価キット EK-RA2A1 ユーザーズマニュアル」を参照してください。

#### (2). QE for AFE を起動

ホスト PC で QE for AFE を起動します。

#### (3). AVCC0 電圧の選択

AVCC0 に供給する電圧の範囲を選択します。

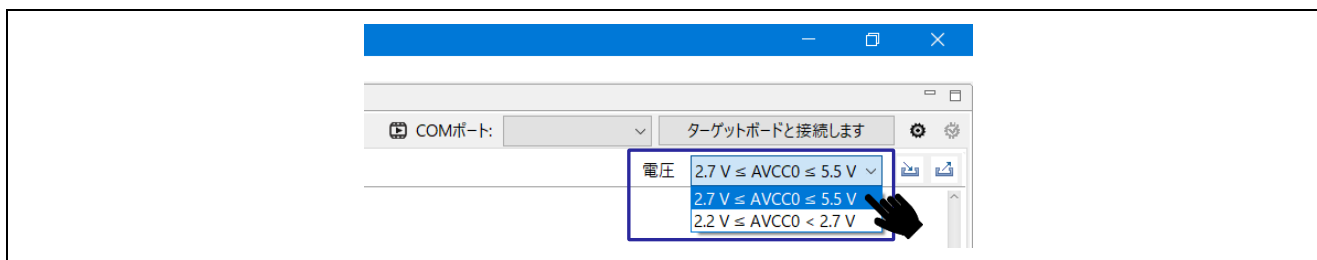


図 3-2 AVCC0 電圧の選択



#### (4). COM ポートの選択と接続

ホスト PC のデバイスマネージャーで「USB シリアルデバイス」の COM ポートを確認し、QE for AFE に設定します。COM ポートを設定した後、QE for AFE とターゲットボードを接続します。COM ポートの選択と、ターゲットボードの接続方法は以下のとおりです。

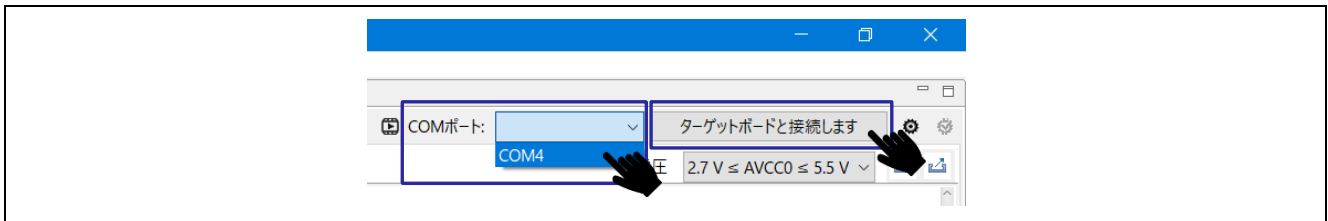


図 3-3 COM ポートの選択と接続

### 3.1 UART 接続時の注意

#### 3.1.1 USB-UART 変換アダプタからの電圧供給機能の使用禁止

USB-UART 変換アダプタによっては、アダプタから 3.3V 電圧供給可能な製品があります。EK-RA2A1 ボードに異なる電源から電圧が供給されることを防ぐため、USB-UART 変換アダプタからの 3.3V 電圧供給機能は使用しないでください。

#### 3.1.2 転送速度の変更手順

ターゲットボードをリセット後は、初期値の 1,000,000 bps で接続してください。一度接続した後は、以下のアイコンをクリックして転送速度を変更することができます。

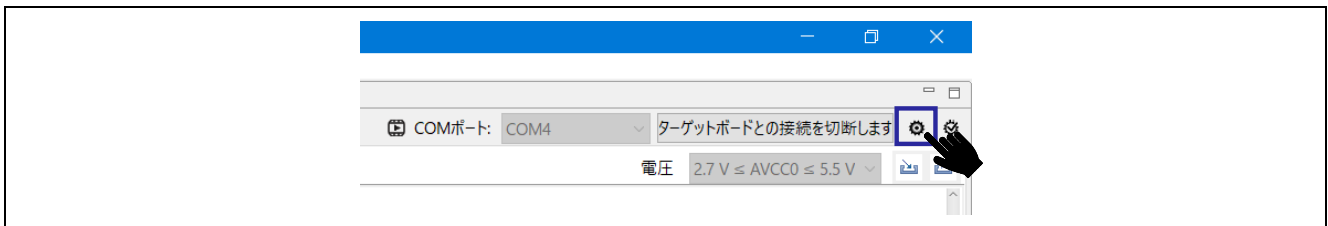


図 3-4 UART 転送速度設定

転送速度は、以下のとおりプルダウンから選択するか、直接値を入力することができます。

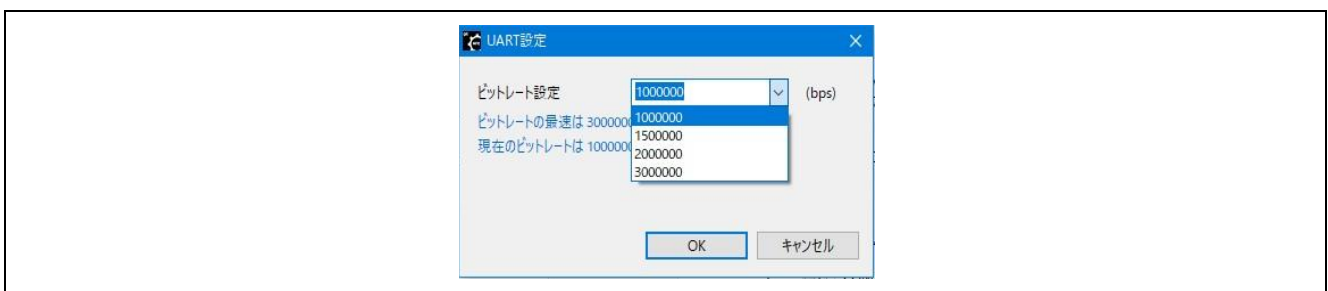


図 3-5 UART 転送速度選択

## 4. 評価例

本アプリケーションノートは、QE for AFE にインポート可能なレジスタ設定ファイルを用意しています。本章では、レジスタ設定ファイルをインポートし評価する場合の手順を説明します。表 4-1 にレジスタ設定ファイルの一覧を示します。

「4.1 評価手順」で詳細な評価手順を説明し、「4.2 SDADC24 評価例」以降で、各機能の設定例を示します。

表 4-1 レジスタ設定ファイル一覧

レジスタ設定ファイル名	レジスタ設定ファイルの内容	参照
qe_afe_sample_dac8_adc16.2a1	DAC8 出力を OPAMP 経由で ADC16 に入力して A/D 変換します。 本レジスタ設定ファイルは QE for AFE 動作確認用です。外部からのアナログ信号入力なしで動作確認ができます。	4.1
qe_afe_sample_sdadc24.2a1	AN022 端子と AN023 端子からの入力信号を SDADC24 で A/D 変換します。	4.2
qe_afe_sample_adc16.2a1	AN008 端子からの入力信号を ADC16 で A/D 変換します。	4.3
qe_afe_sample_acmphs.2a1	DAC12 で比較電位を生成し、AN000 端子からアナログ信号を入力して、ACMPHS がコンパレータとして動作します。	4.4
qe_afe_sample_acmplp.2a1	DAC8 で比較電位を生成し、CMPIN1 端子からアナログ信号を入力して、ACMPLP がウィンドウコンパレータとして動作します。	4.5

### 4.1 評価手順

本章では、図 4-1 のとおり DAC8 出力を OPAMP 経由で ADC16 に入力して A/D 変換する場合の評価手順を説明します。

- レジスタ設定ファイル : qe\_afe\_sample\_dac8\_adc16.2a1

本例では、外部からの基準電圧供給が必要なく、入力信号も使用しないため、容易に QE for AFE の使い方を確認することができます。なお、QE for AFE とターゲットボードの通信には USB PCDC を使用します。

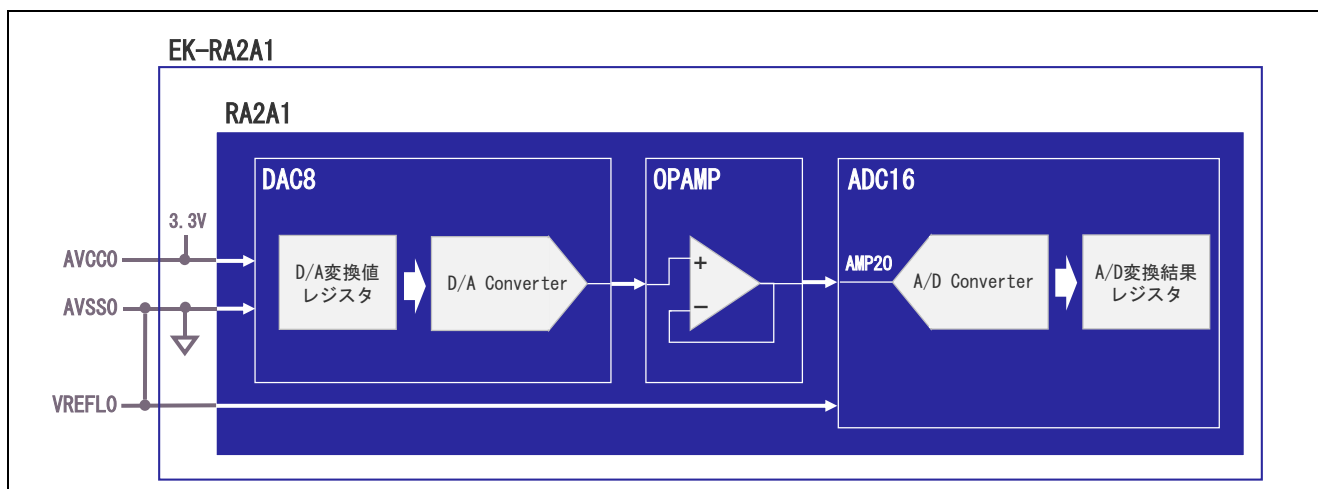


図 4-1 評価手順 接続

### 4.1.1 事前準備

「2 事前準備」に従い、QE for AFE を使用するための準備を行います。

- QE for AFE のインストール
- QE for AFE 用ボード制御プログラムの書き込み
- ターゲットボードの設定
  - ターゲットボード上の J8 ジャンパを「INTERNAL FLASH」に設定します。
  - ADC16 を使用するため、VREFL0 と AVSS0 を接続します。

### 4.1.2 ホスト PC とターゲットボードを接続

ホスト PC とターゲットボードを以下のとおり接続します。

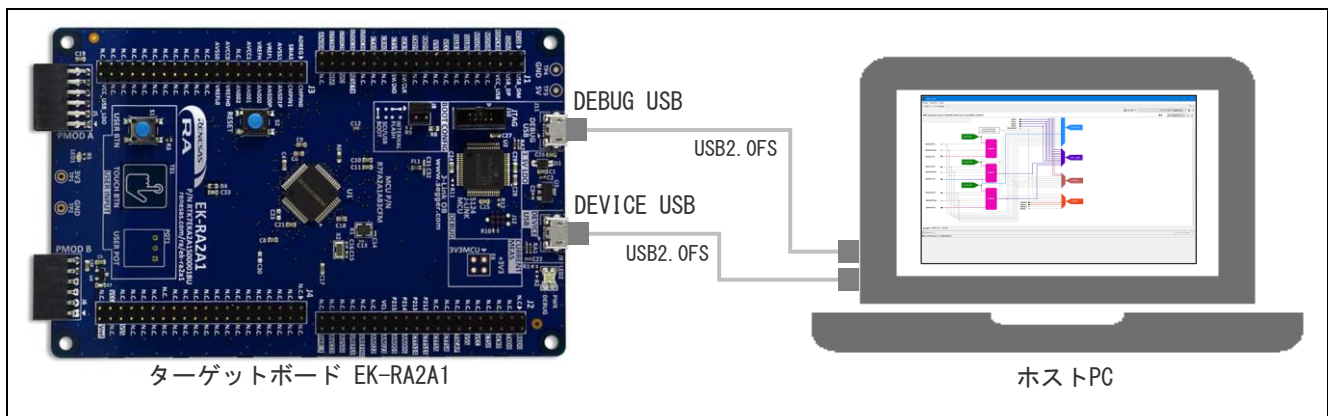


図 4-2 評価手順 ホスト PC とターゲットボードを接続

### 4.1.3 QE for AFE とターゲットボードを接続

QE for AFE を起動します。

ターゲットボードでは AVCC0 に 3.3V の電圧が供給されています。以下のとおり AVCC0 に供給する電圧の範囲を選択します。

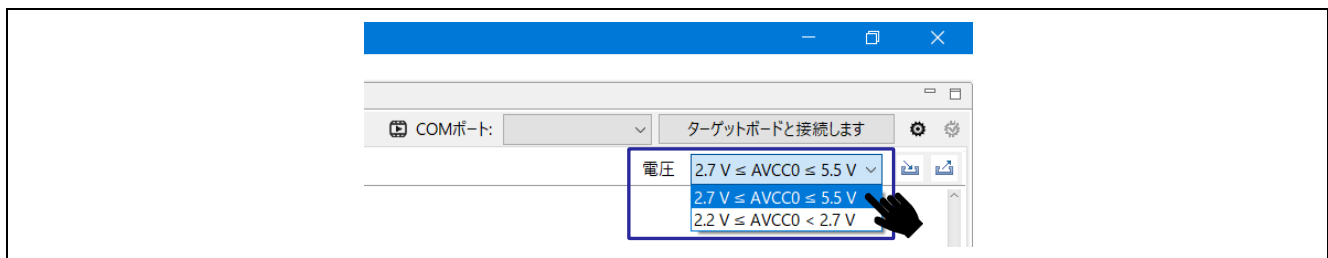


図 4-3 評価手順 AVCC0 電圧の選択

QE for AFE で COM ポートを選択し、「ターゲットボードと接続します」をクリックします。

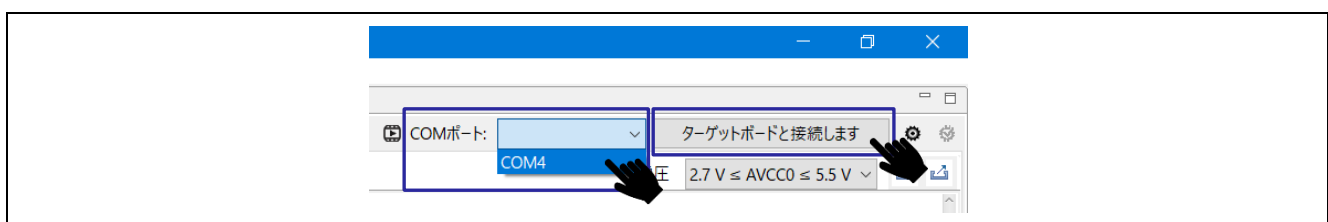


図 4-4 評価手順 COM ポートの選択と接続

QE for AFE のコンソールで、接続に成功したことを確認します。接続に成功すると、レジスタ値のターゲットボードへの書き込みも自動的に行われます。

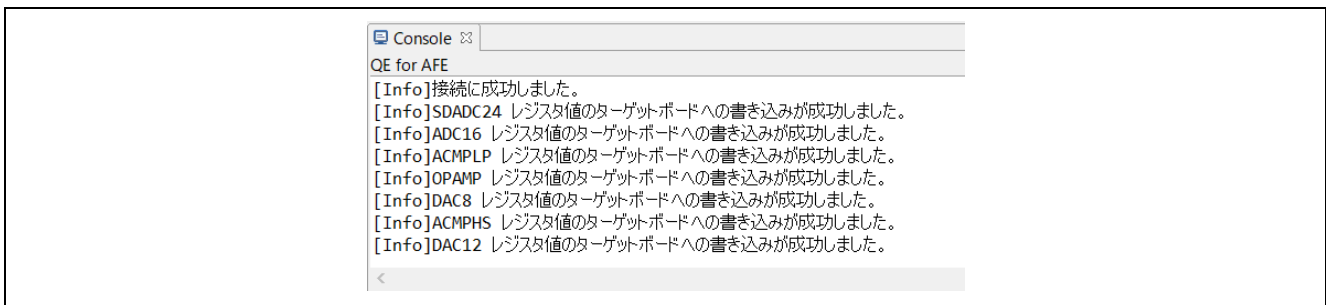


図 4-5 評価手順 接続に成功

#### 4.1.4 レジスタ設定ファイルのインポート

以下のとおり AFE 接続タブを選択し、設定画面を表示します。

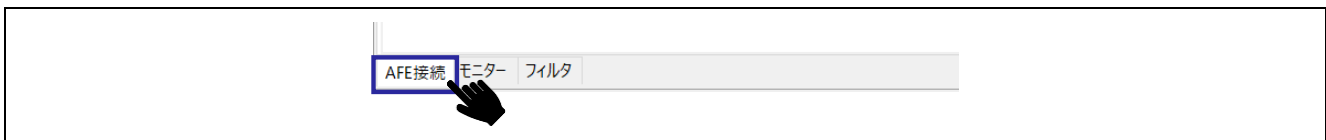


図 4-6 評価手順 AFE 接続タブ

以下のアイコンをクリックし、レジスタ設定ファイルをインポートします。

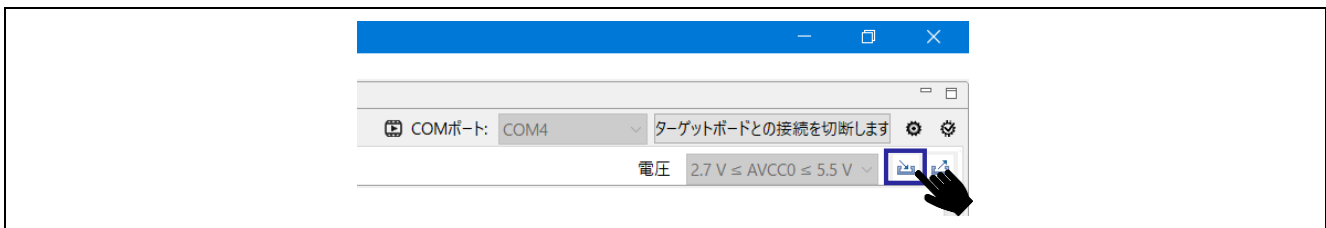


図 4-7 評価手順 インポートアイコン

レジスタ設定ファイルを選択すると、以下のウィンドウが表示されます。すべての機能にチェックが入っていることを確認し、「OK」をクリックします。

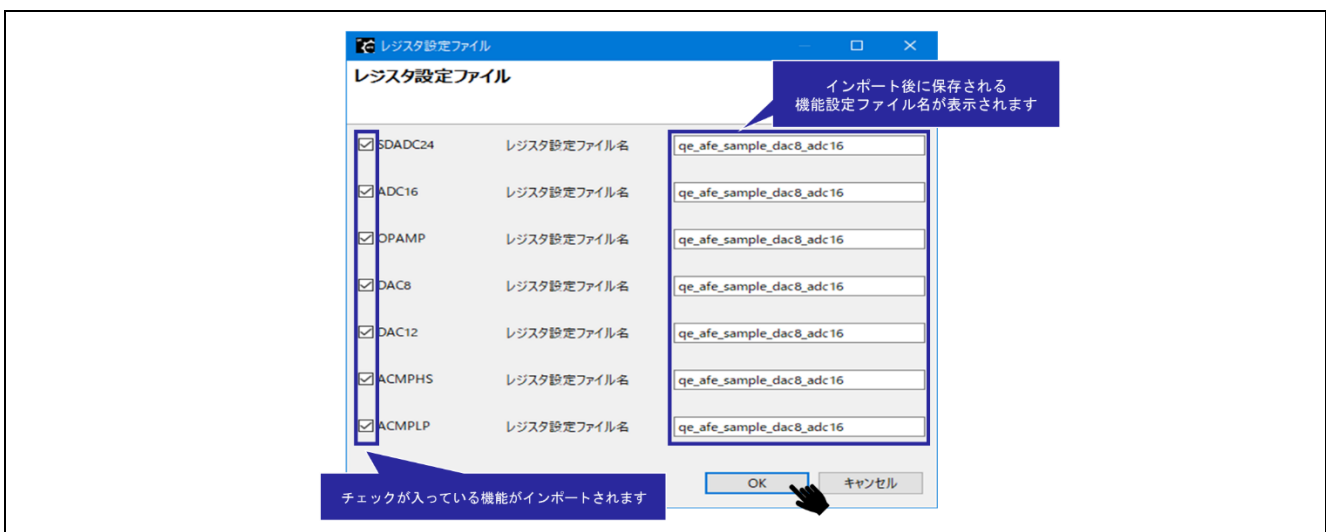


図 4-8 評価手順 レジスタ設定ファイルの選択

### 4.1.5 DAC8 設定

レジスタ設定ファイルでは、DAC8 Ch1 を使用し 0x73 を D/A 変換してアナログ信号（約 1.5V）を生成しています。

以下のとおり DAC8 タブを選択し、DAC8 設定画面を表示します。

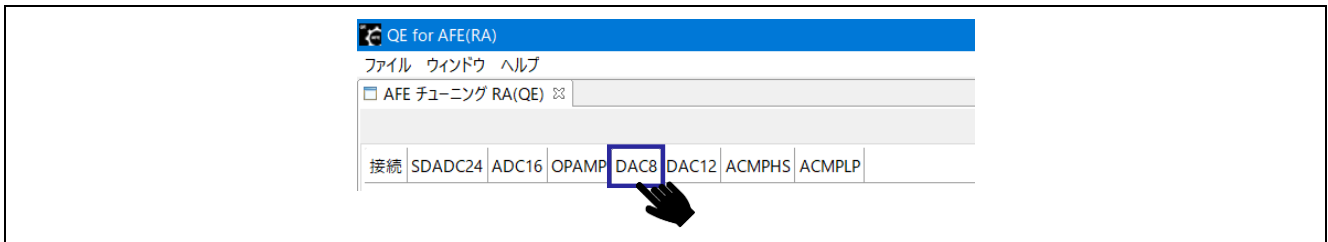


図 4-9 評価手順 DAC8 タブ

DAC8 は以下のとおり設定されています。

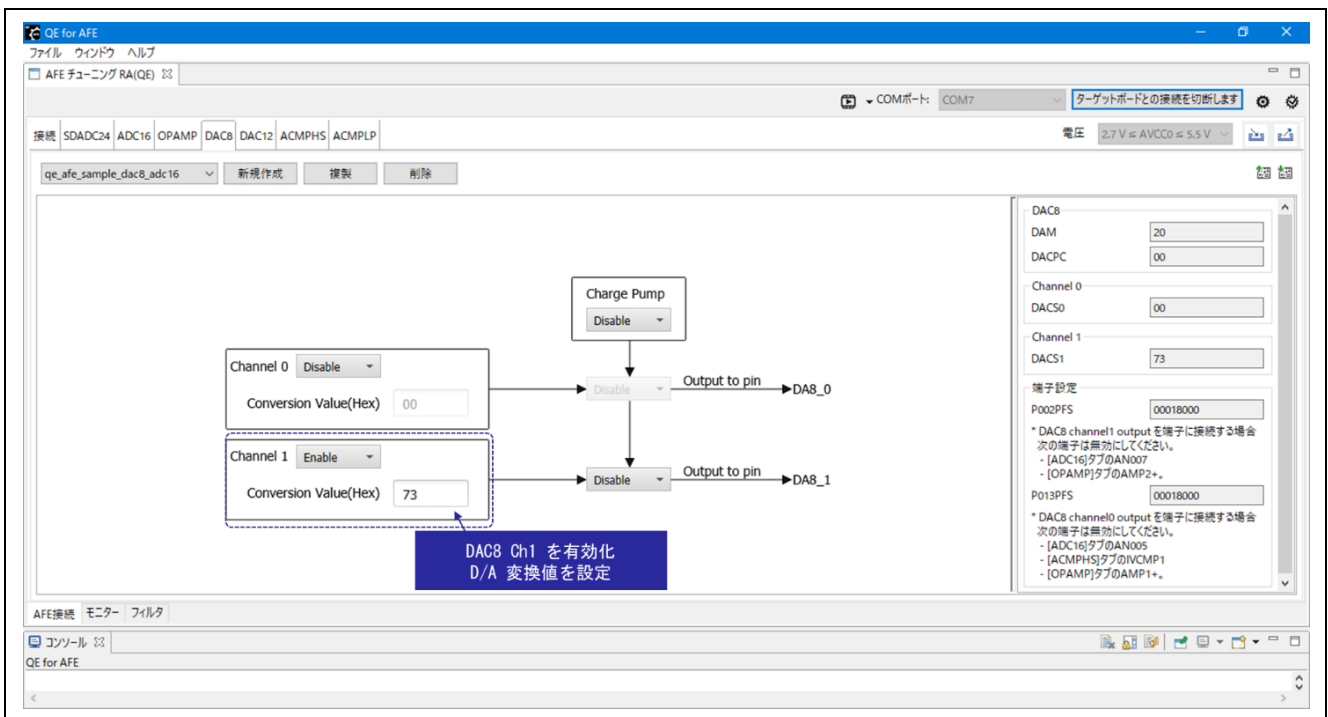


図 4-10 評価手順 DAC8 設定

4.1.6 OPAMP 設定

レジスタ設定ファイルでは、OPAMP2 を使用し DAC8 Ch1 出力を入力信号に設定しています。  
 以下のとおり OPAMP タブを選択し、OPAMP 設定画面を表示します。

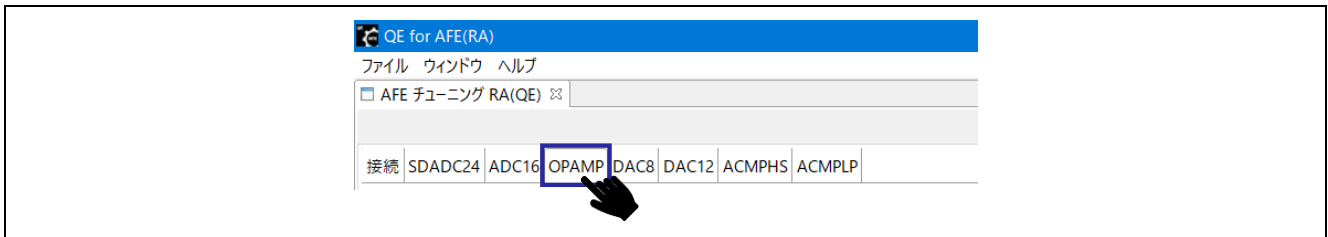


図 4-11 評価手順 OPAMP タブ

OPAMP は以下のとおり設定されています。

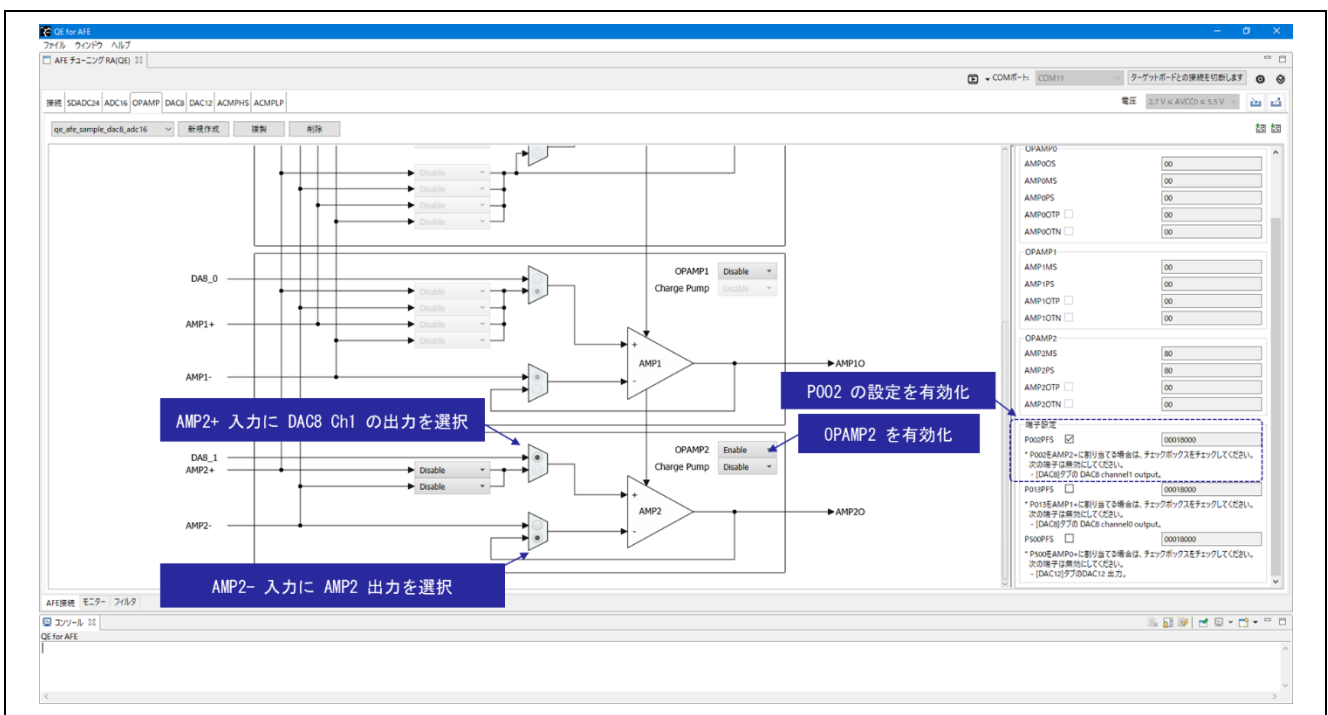


図 4-12 評価手順 OPAMP 設定

4.1.7 ADC16 設定

レジスタ設定ファイルでは、ADC16 は入力信号に OPAMP2 出力を設定し、0.40625  $\mu$ s 周期で A/D 変換しています。

以下のとおり ADC16 タブを選択し、ADC16 設定画面を表示します。

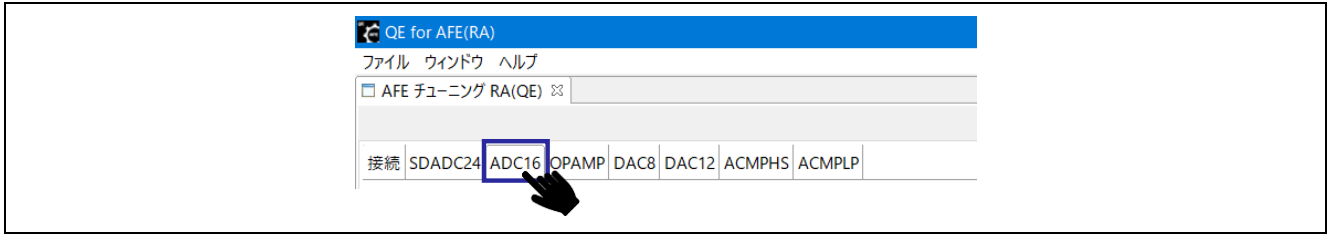


図 4-13 評価手順 ADC16 タブ

ADC16 は以下のとおり設定されています。

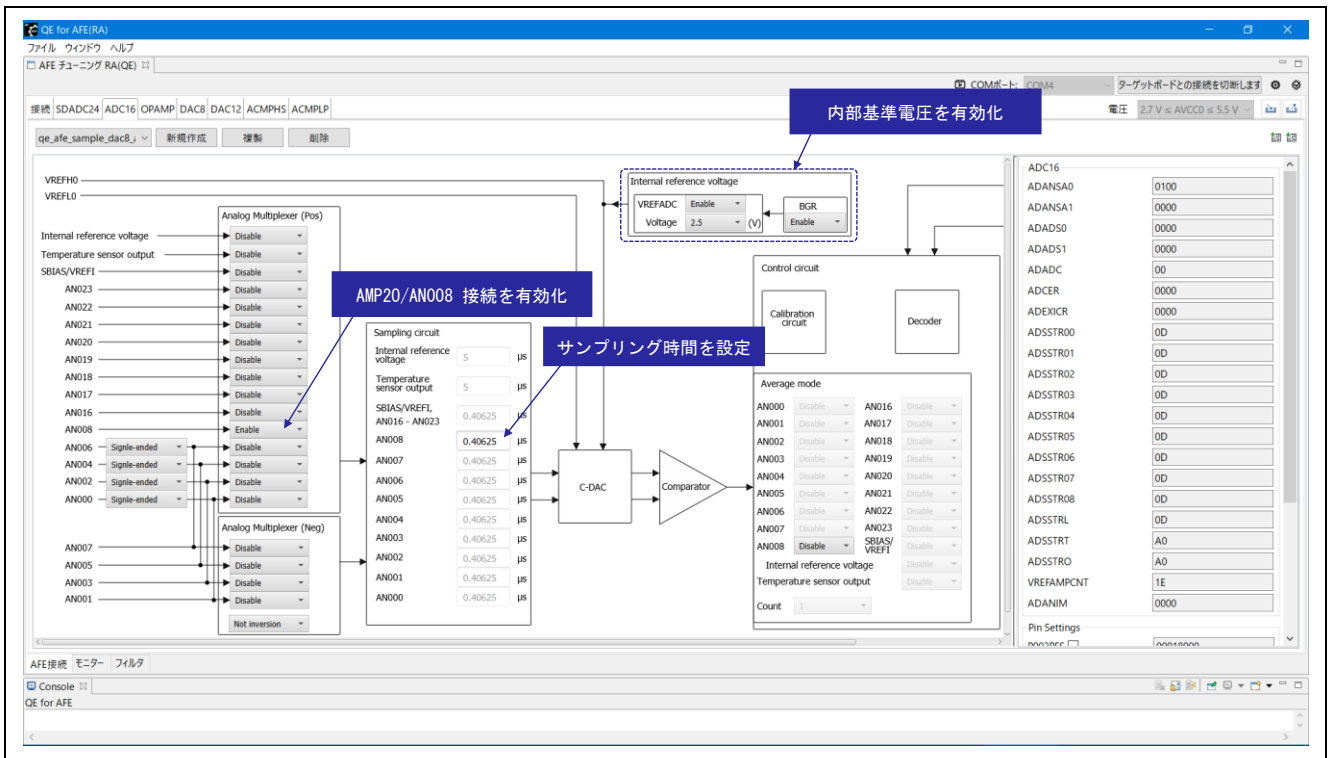


図 4-14 評価手順 ADC16 設定

## 4.1.8 接続確認

以下のとおり接続タブを選択し、接続図を確認します。

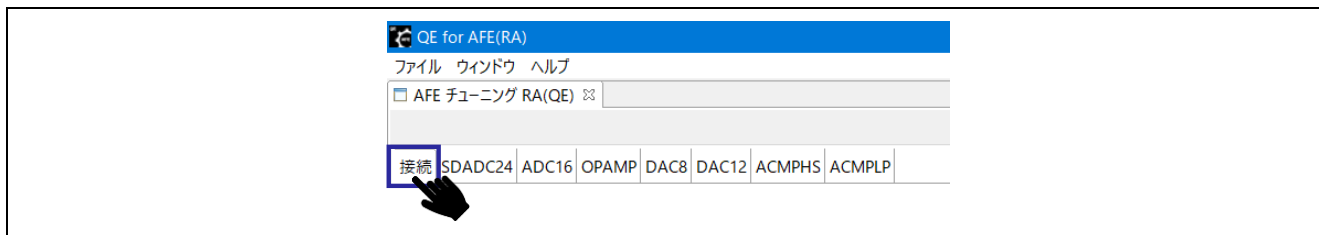


図 4-15 評価手順 接続タブ

DAC8、OPAMP、ADC16 の設定が、接続図に反映されています。

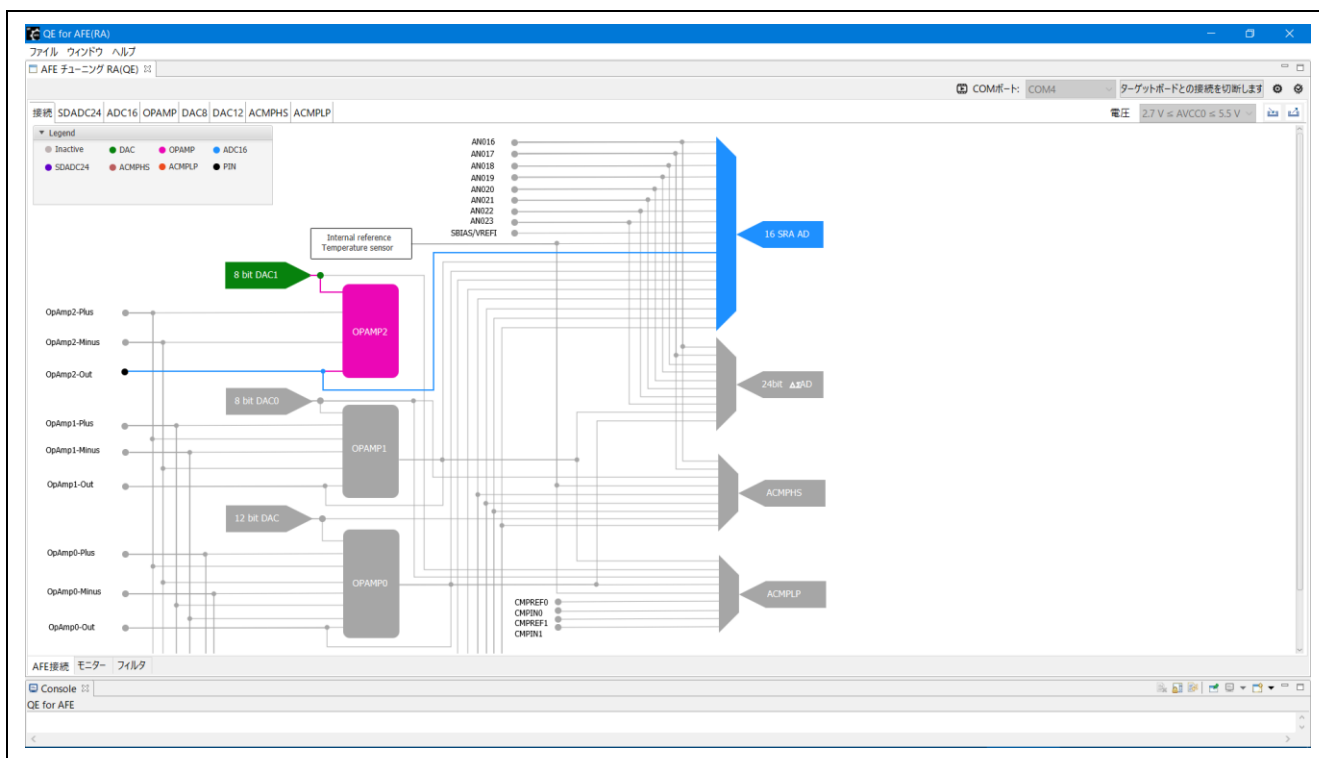


図 4-16 評価手順 接続図



4.1.9 RA2A1 に書き込み

設定を行った「DAC8」「OPAMP」「ADC16」の各設定画面を表示した状態で、以下のアイコンをクリックしてレジスタ値をターゲットボード上の RA2A1 に書き込みます。

レジスタ設定ファイルをインポートする前に、この3つの機能以外のレジスタに初期値以外が設定されていた場合は、その初期値以外を設定した機能への書き込みも行ってください。

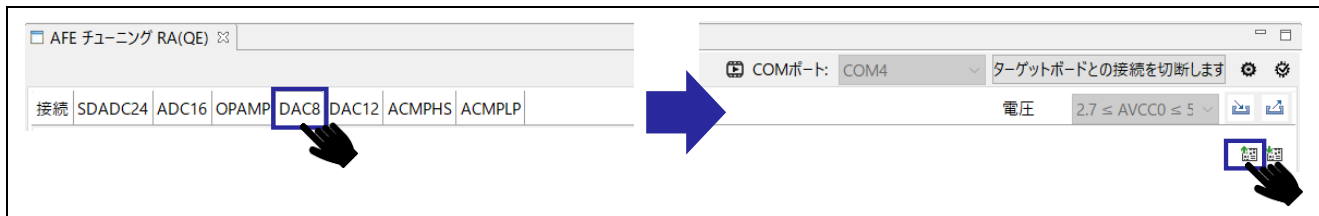


図 4-17 評価手順 DAC8 レジスタ値の書き込み

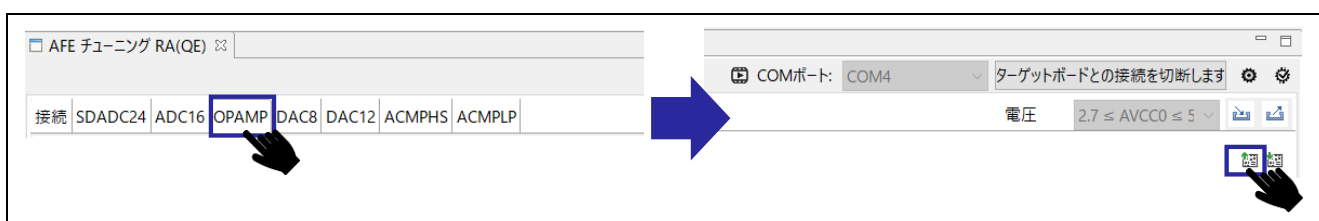


図 4-18 評価手順 OPAMP レジスタ値の書き込み

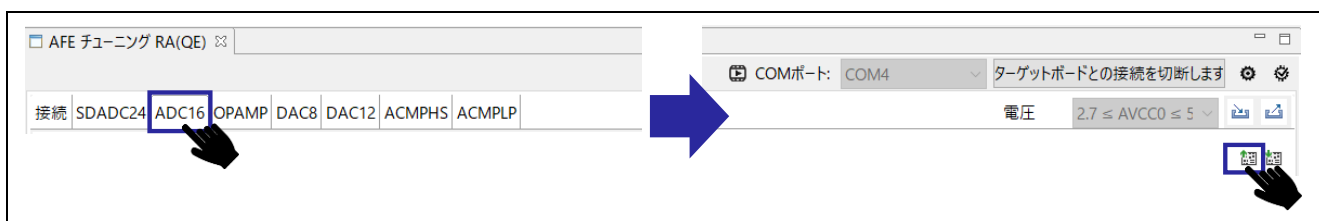


図 4-19 評価手順 ADC16 レジスタ値の書き込み

QE for AFE のコンソールで、対象機能全ての設定がターゲットボード上の RA2A1 に書かれたことを確認します。

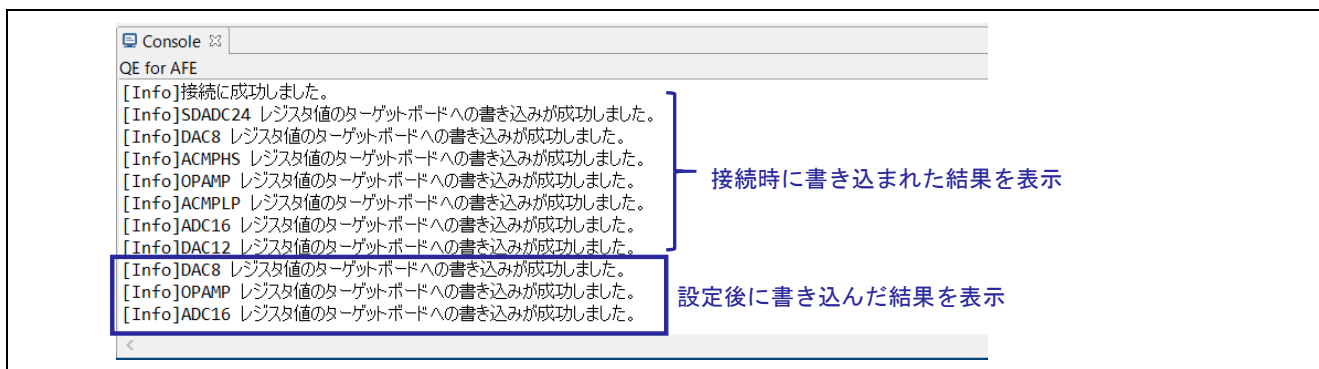


図 4-20 評価手順 書き込みに成功

## 4.1.10 チューニング開始

以下のタブを選択し、モニター表示に切り替えます。



図 4-21 評価手順 モニター選択

モニタリング対象の ADC16 を、以下のとおりプルダウンから選択し、Auto モードを選択します。モニタリング対象に ADC16 を選択した場合のみ、モードの選択が可能です。

モニタリング対象の選択は AFE チューニング停止中に行います。



図 4-22 評価手順 モニタリング対象選択

以下のアイコンをクリックし、AFE チューニングを開始します。

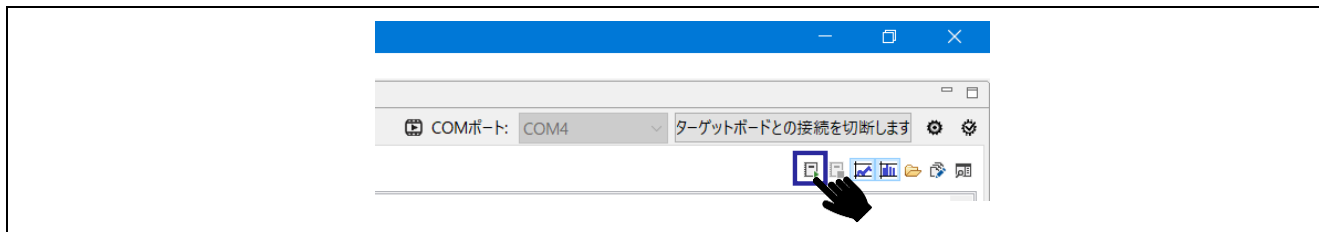


図 4-23 評価手順 AFE チューニング開始

QE for AFE のコンソールで、AFE チューニングが開始されたことを確認します。

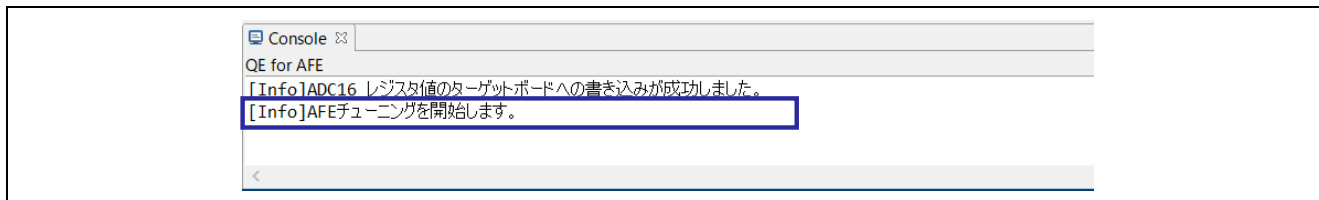


図 4-24 評価手順 チューニング開始に成功

## 4.1.11 グラフ表示

初期状態では、画面左側に波形、画面右側にヒストグラムが表示されます。

波形が表示されていない場合は、以下のアイコンをクリックし、波形を表示します。

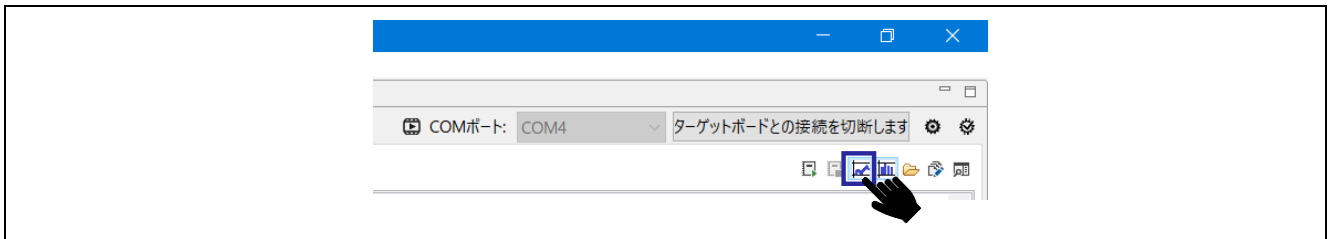


図 4-25 評価手順 波形表示アイコン

ヒストグラムが表示されていない場合は、以下のアイコンをクリックし、ヒストグラムを表示します。

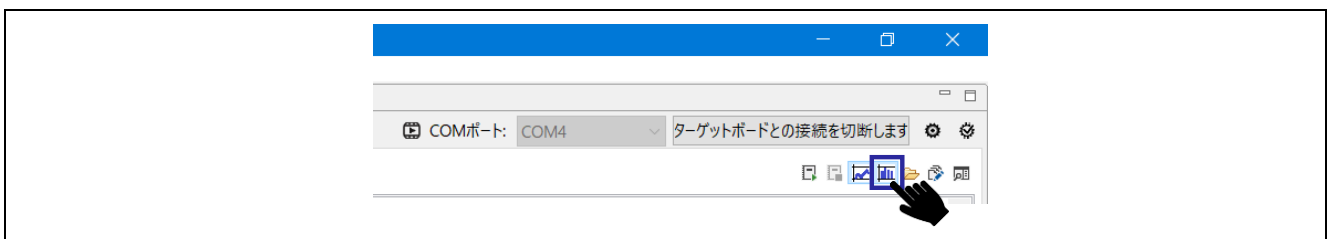


図 4-26 評価手順 ヒストグラム表示アイコン

ADC16 の A/D 変換結果レジスタの値がグラフで表示されます。グラフが見やすいように X 軸と Y 軸の範囲を変更することができます。

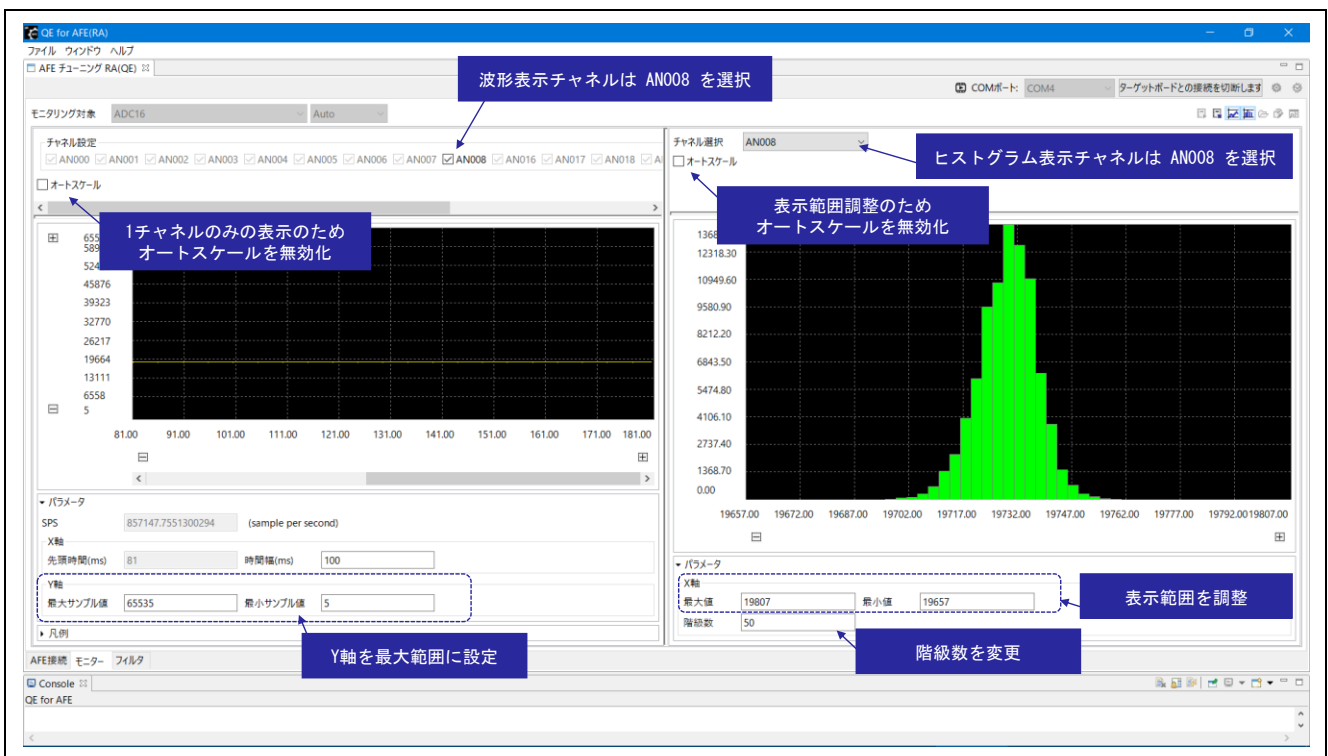


図 4-27 評価手順 グラフ設定

4.2 SDADC24 評価例

本章では、図 4-28 のとおり AN022 端子と AN023 端子からの入力信号を SDADC24 で A/D 変換した結果を取得する場合の例を示します。評価手順の詳細については、「4.1 評価手順」を参照してください。

- レジスタ設定ファイル : qe\_afe\_sample\_sdadc24.2a1

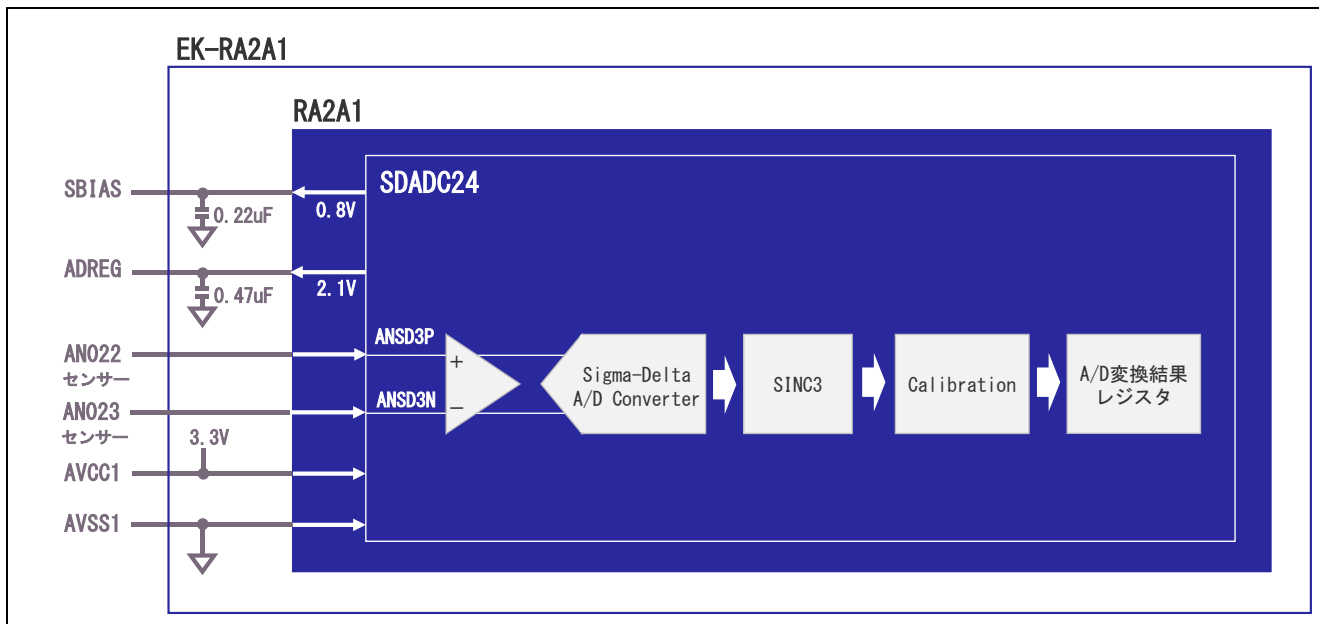


図 4-28 SDADC24 評価例 - 接続

レジスタ設定ファイルをインポートすると、図 4-29、図 4-30 のとおり設定されます。

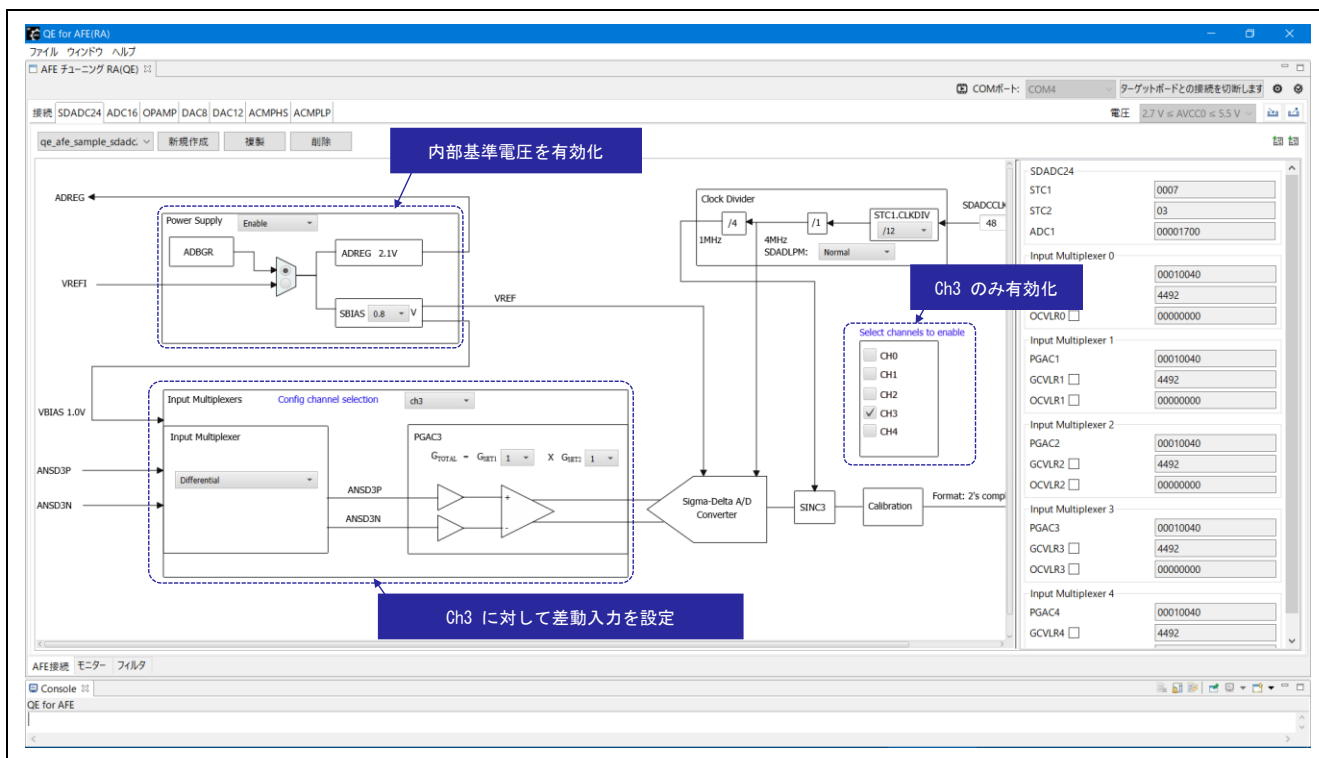


図 4-29 SDADC24 評価例 - SDADC24 設定

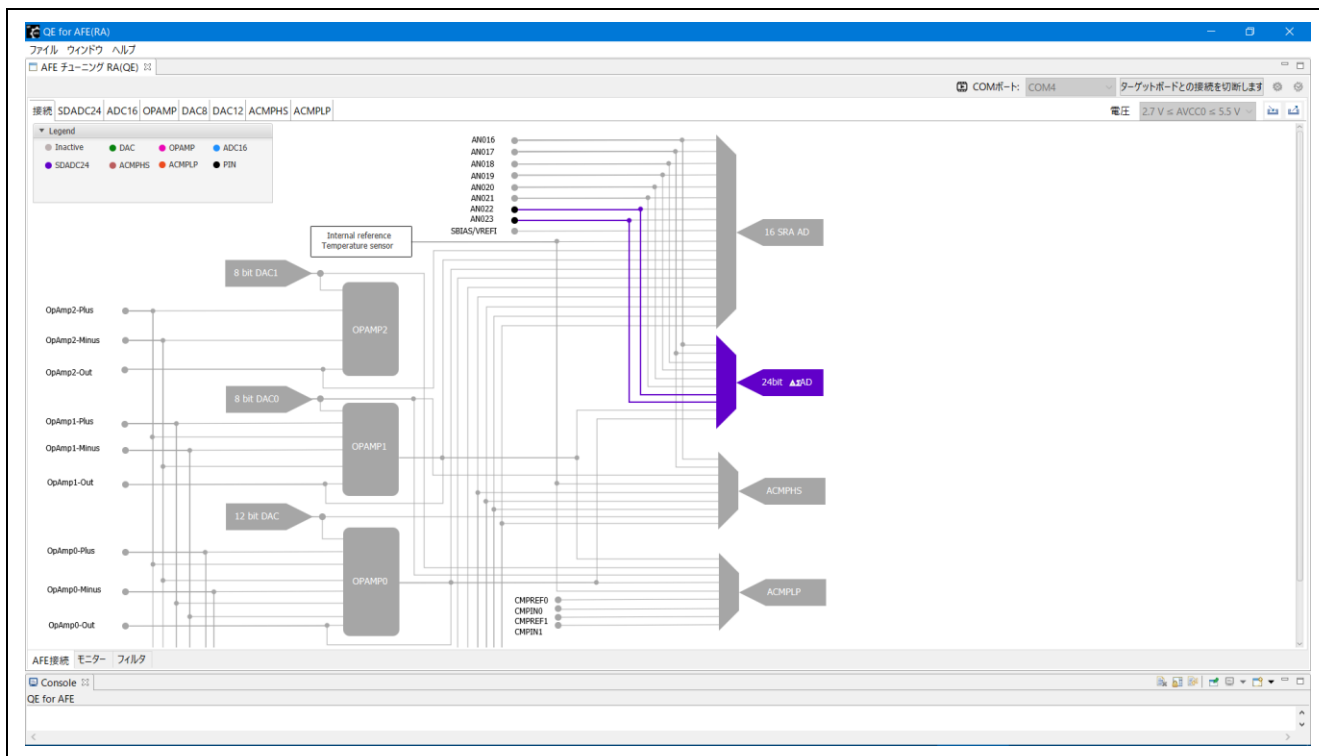


図 4-30 SDADC24 評価例 - 接続図

AN022 端子と AN023 端子からアナログ信号を入力した場合の A/D 変換結果が、以下のようにグラフ表示されます。図 4-31 は波形のみ表示しています。

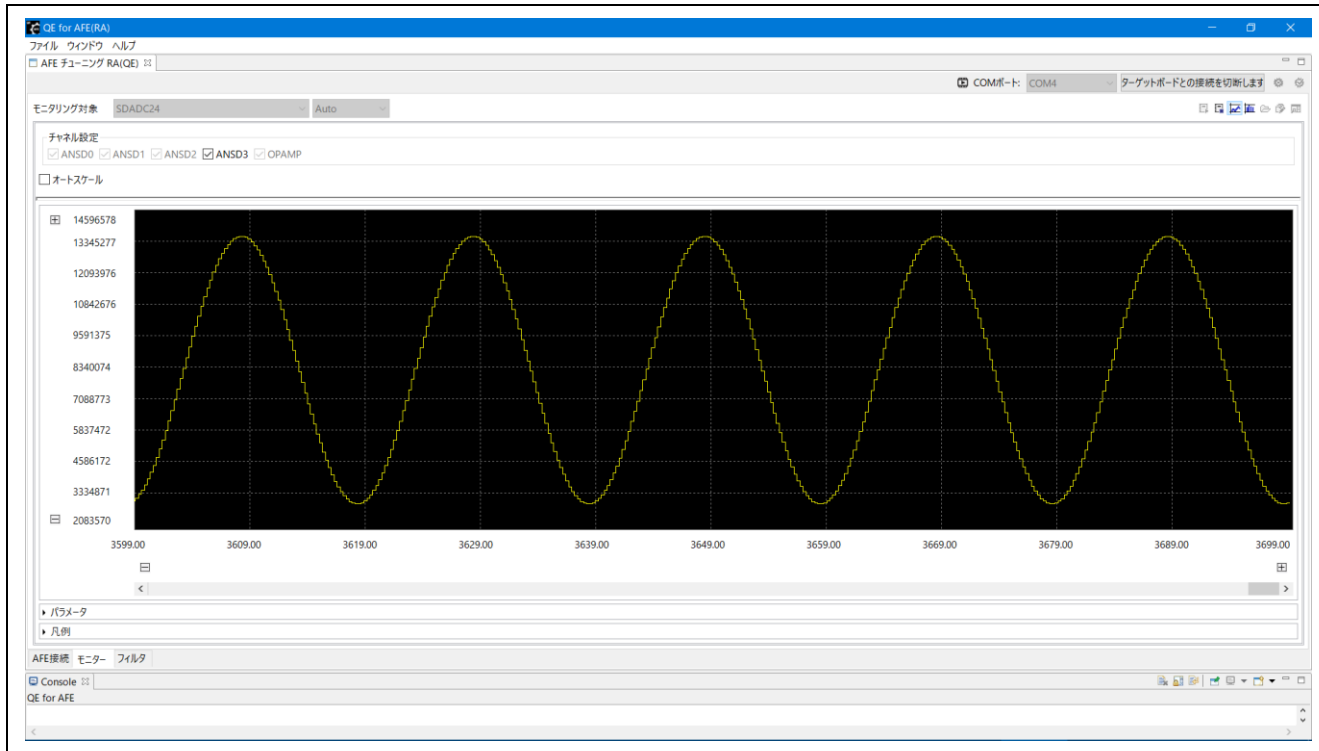


図 4-31 SDADC24 評価例 - グラフ表示

## 4.3 ADC16 評価例

本章では、図 4-32 のとおり AN008 端子からの入力信号を ADC16 で A/D 変換した結果を取得する場合の例を示します。評価手順の詳細については、「4.1 評価手順」を参照してください。

- レジスタ設定ファイル : qe\_afe\_sample\_adc16.2a1

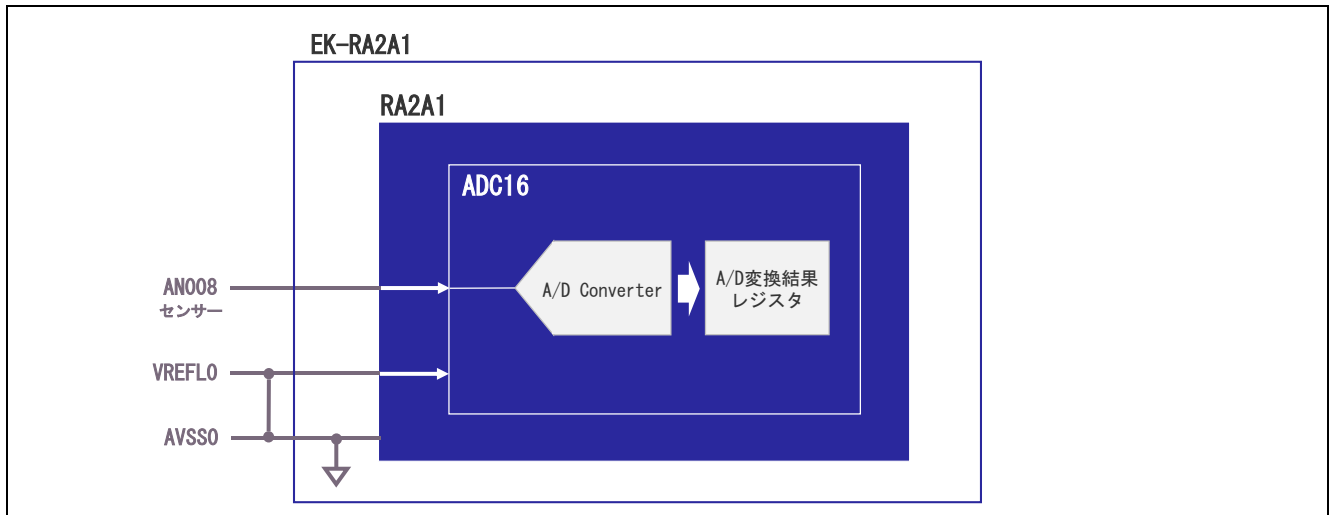


図 4-32 ADC16 評価例 - 接続

レジスタ設定ファイルをインポートすると、図 4-33、図 4-34 のとおり設定されます。

Channel	Internal reference voltage	Temperature sensor output	SBIAS/VREF1
AN023	Disable	Disable	Disable
AN022	Disable	Disable	Disable
AN021	Disable	Disable	Disable
AN020	Disable	Disable	Disable
AN019	Disable	Disable	Disable
AN018	Disable	Disable	Disable
AN017	Disable	Disable	Disable
AN016	Disable	Disable	Disable
AN008	Enable	Disable	Disable
AN006	Single-ended	Disable	Disable
AN004	Single-ended	Disable	Disable
AN002	Single-ended	Disable	Disable
AN000	Single-ended	Disable	Disable

図 4-33 ADC16 評価例 - ADC16 設定

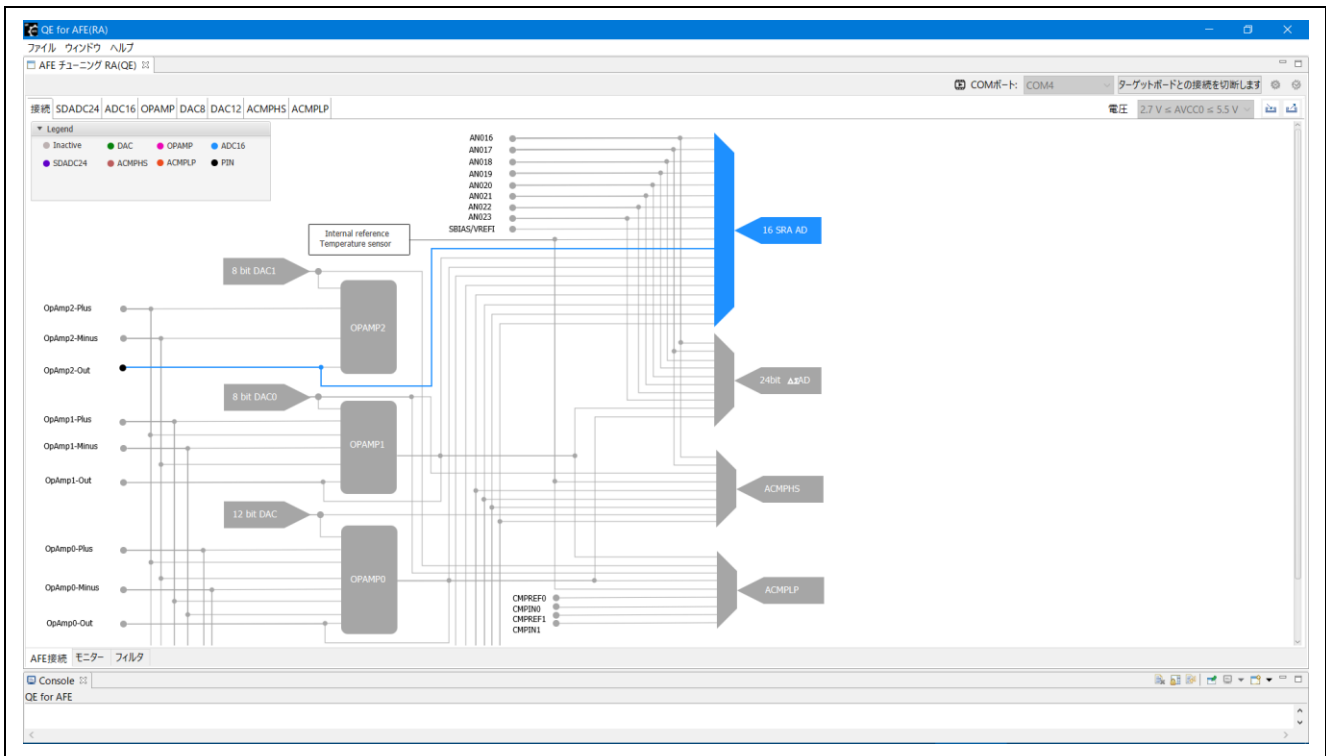


図 4-34 ADC16 評価例 - 接続図

AN008 端子から定電圧の信号を入力した場合の A/D 変換結果が、以下のようにグラフで表示されます。図 4-35 は波形とヒストグラムを表示しています。

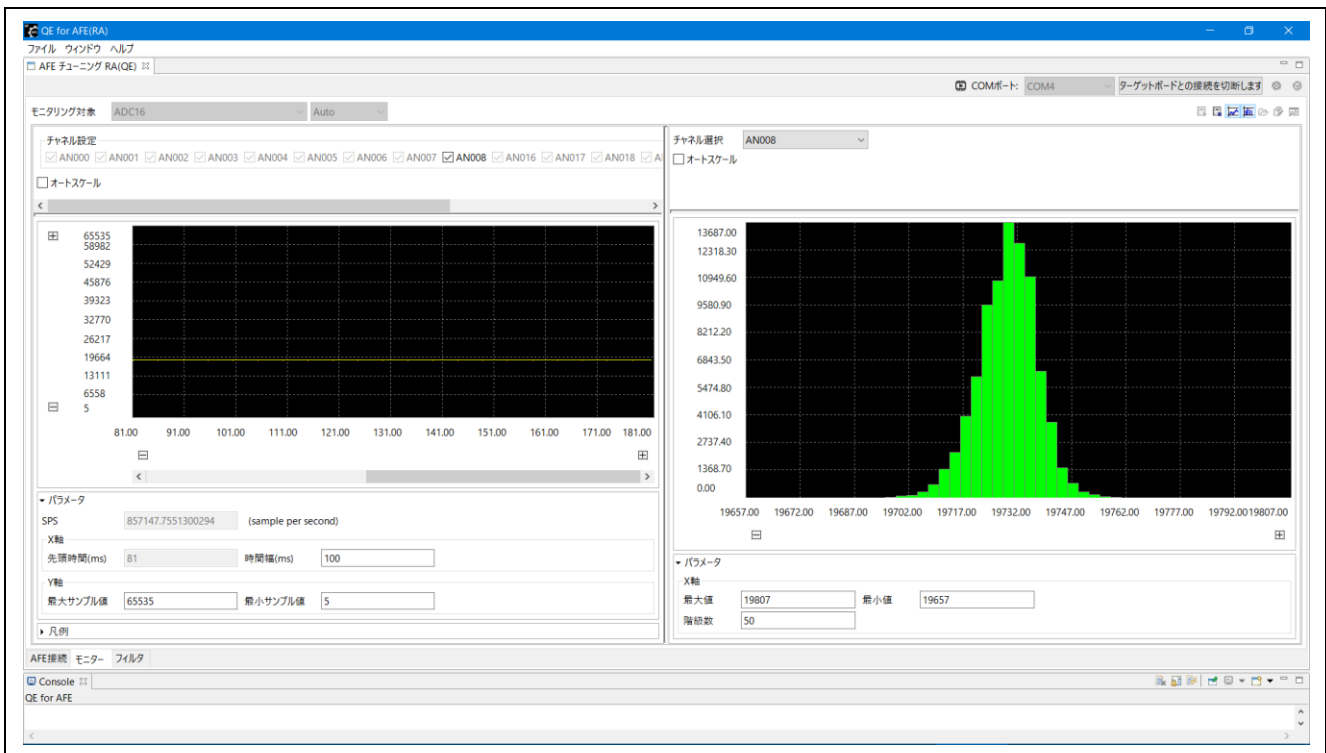


図 4-35 ADC16 評価例 - グラフ表示

### 4.4 ACMPHS 評価例

本章では、図 4-36 のとおり DAC12 で比較電位を生成し、AN000 端子からアナログ信号を入力して、ACMPHS がコンパレータとして動作する場合の例を示します。評価手順の詳細については、「4.1 評価手順」を参照してください。

- レジスタ設定ファイル : qe\_afe\_sample\_acmphs.2a1

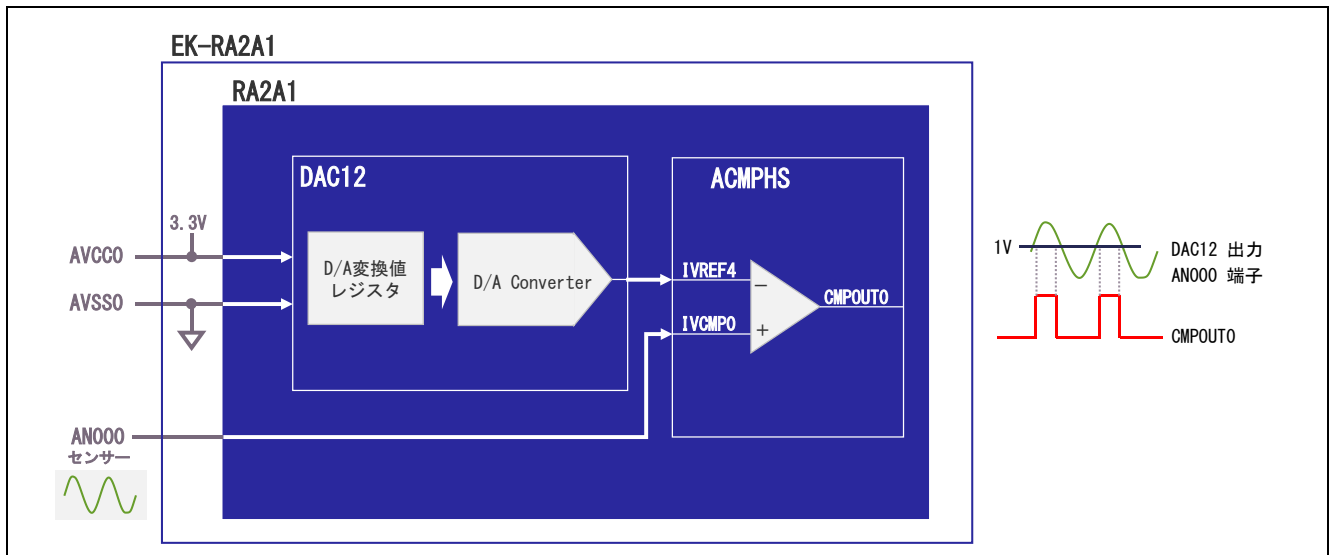


図 4-36 ACMPHS 評価例 - 接続

レジスタ設定ファイルをインポートすると、図 4-37 ~ 図 4-39 のとおり設定されます。

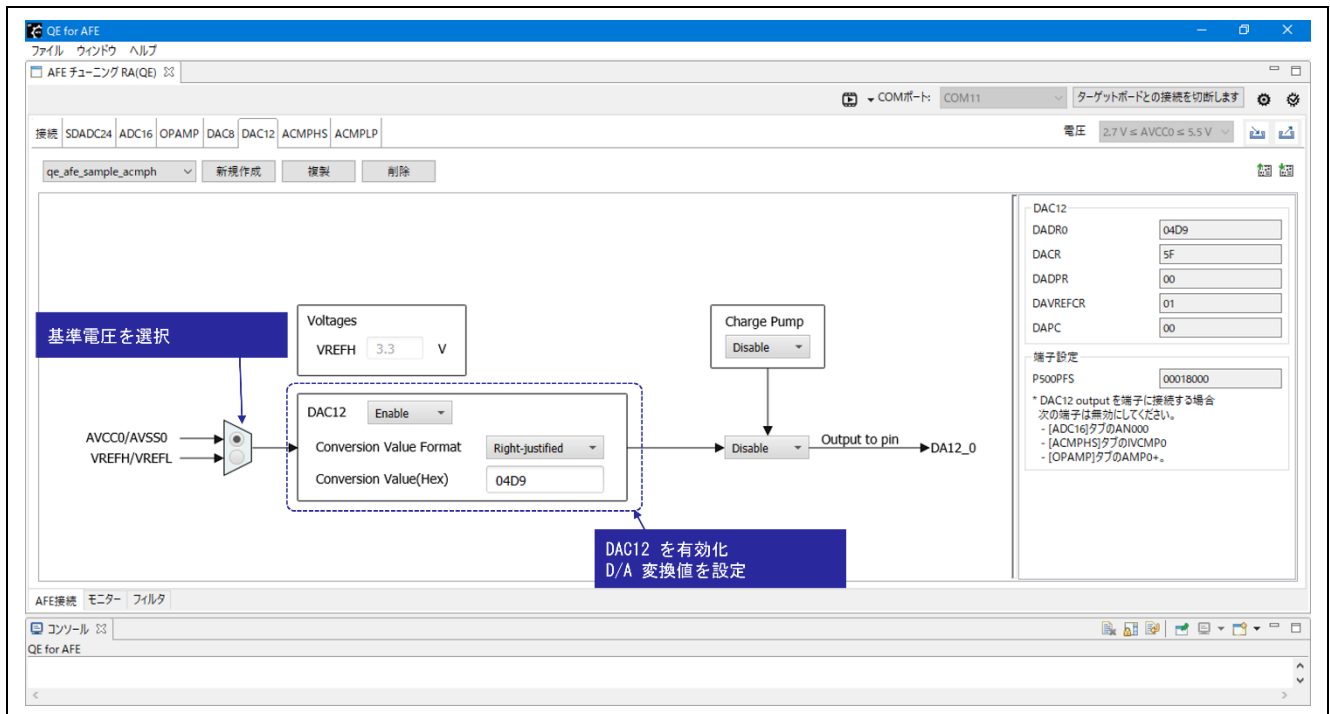


図 4-37 ACMPHS 評価例 - DAC12 設定



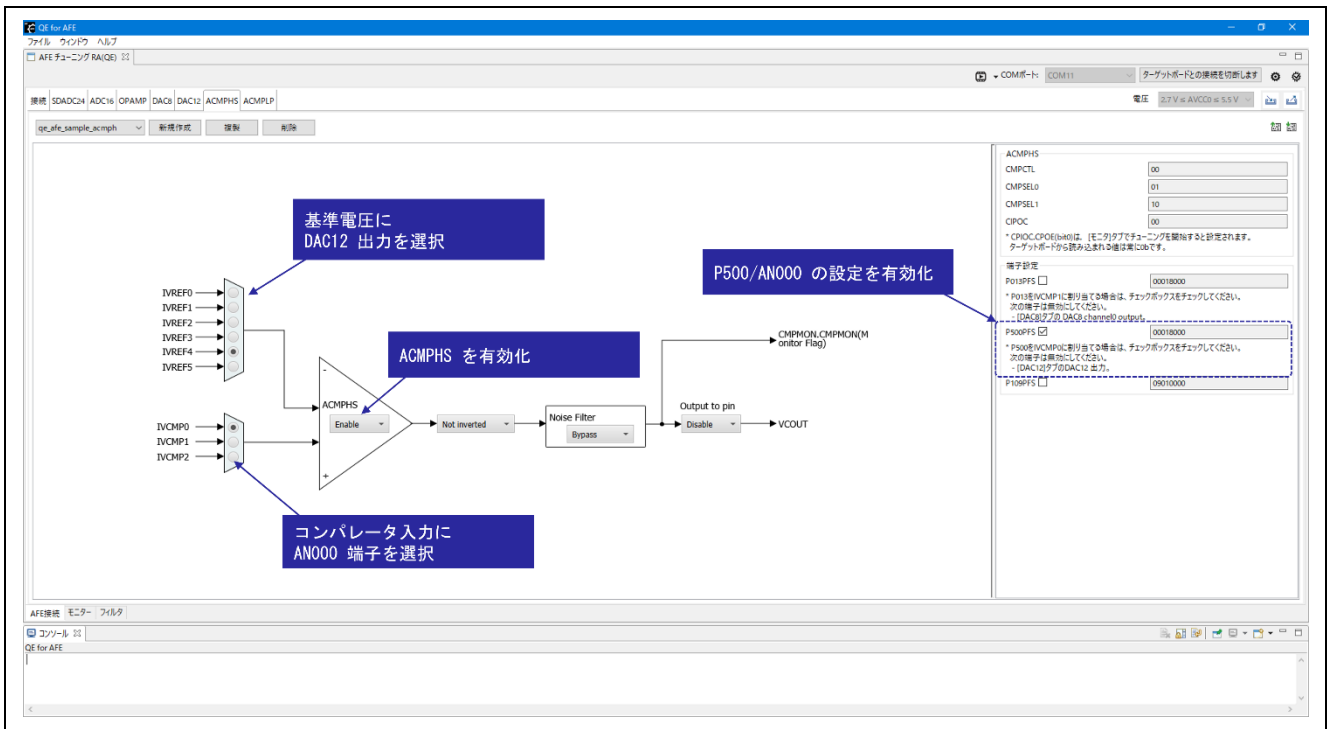


図 4-38 ACMPHS 評価例 - ACMPHS 設定

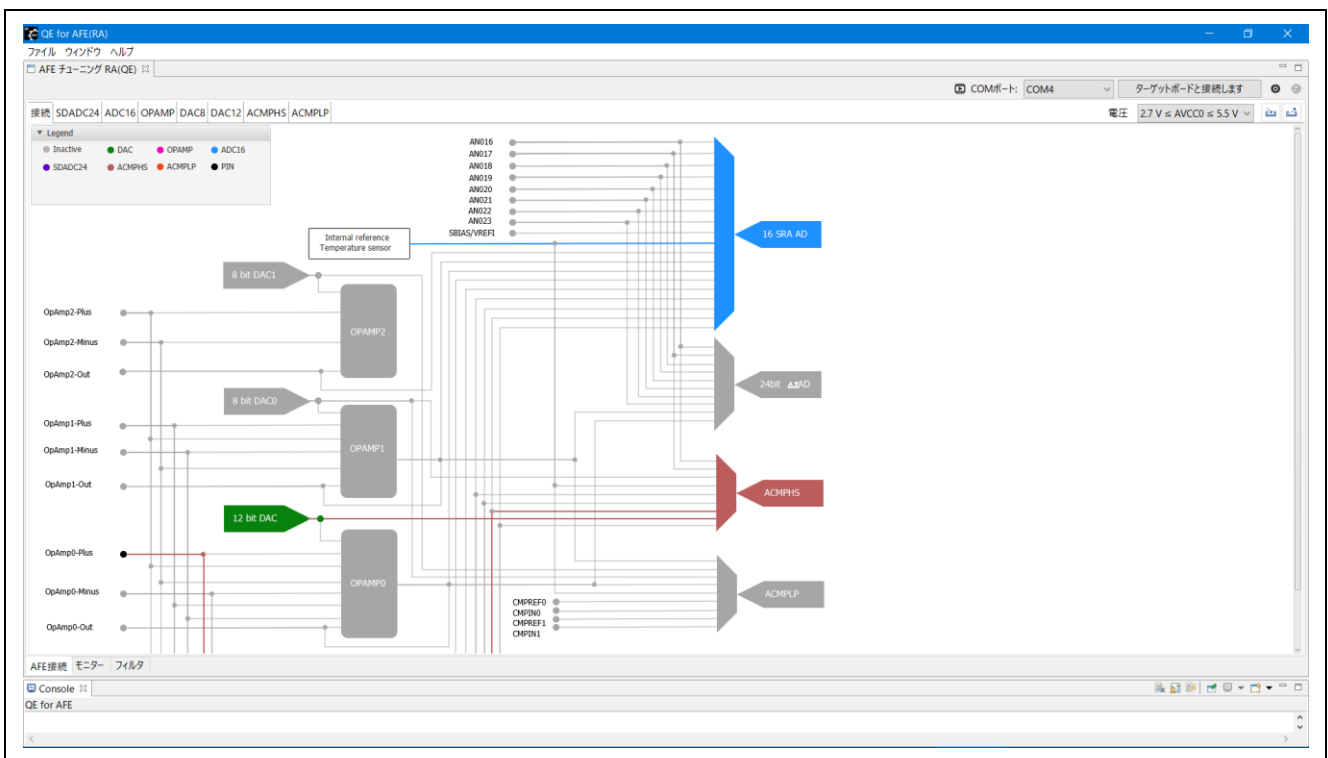


図 4-39 ACMPHS 評価例 - 接続図

AN000 端子からアナログ信号を入力した場合の比較結果が、以下のようにグラフで表示されます。モニタリング対象に ACMPHS を選択した場合は、波形のみ表示されます。



図 4-40 ACMPHS 評価例 - グラフ表示

4.5 ACMPLP 評価例

本章では、図 4-41 のとおり DAC8 で比較電位を生成し、CMPIN1 端子からアナログ信号を入力して、ACMPLP がウィンドウコンパレータとして動作する場合の例を示します。評価手順の詳細については、「4.1 評価手順」を参照してください。

- レジスタ設定ファイル : qe\_afe\_sample\_acmplp.2a1

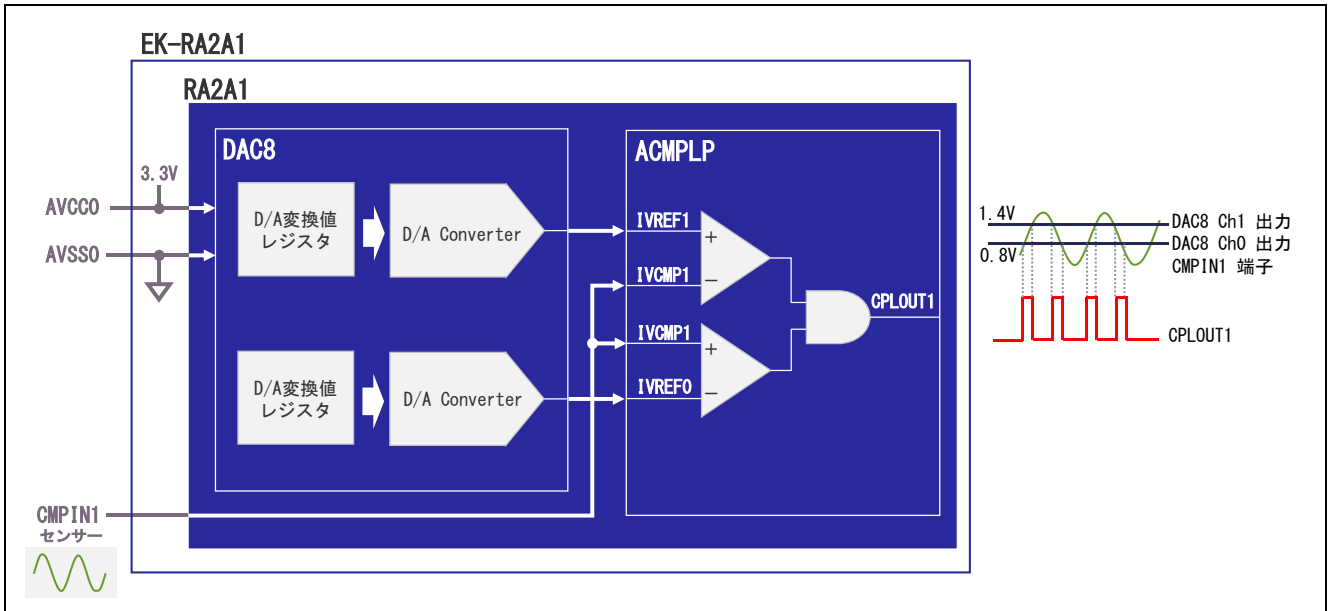


図 4-41 ACMPLP 評価例 - 接続

レジスタ設定ファイルをインポートすると、図 4-42 ~ 図 4-44 のとおり設定されます。

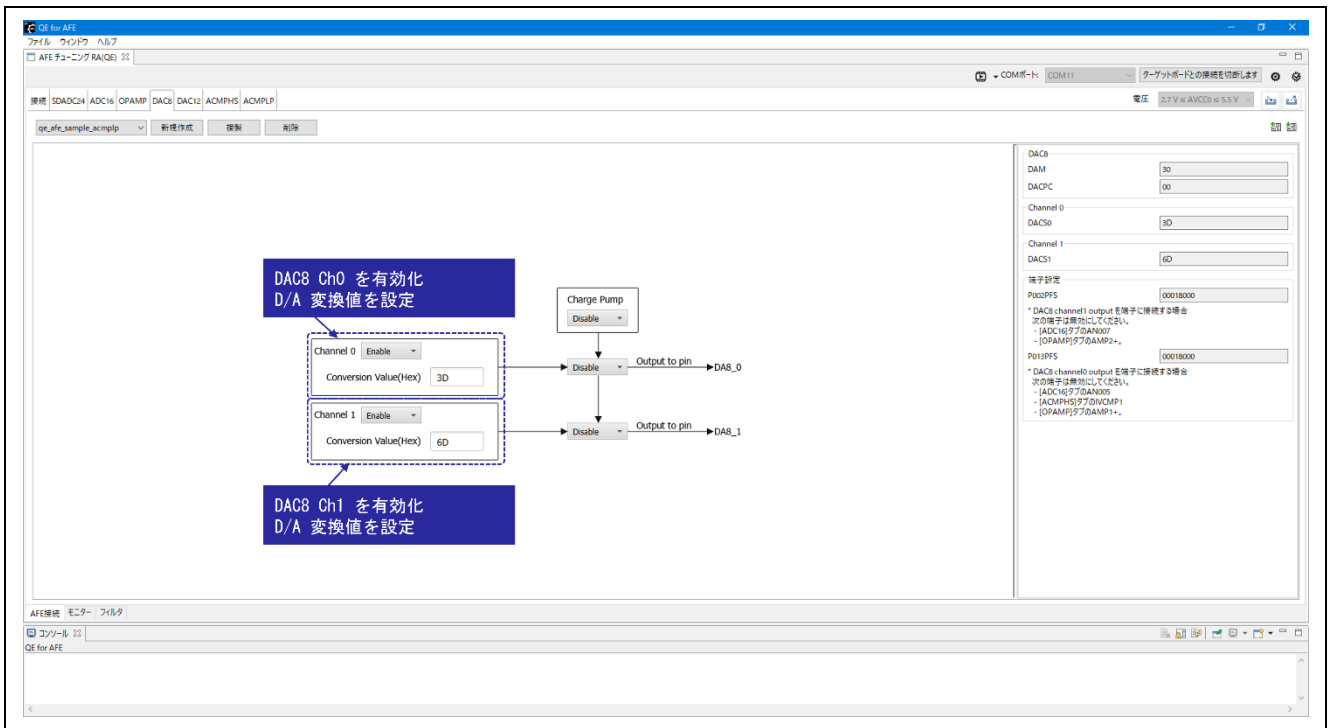


図 4-42 ACMPLP 評価例 - DAC8 設定

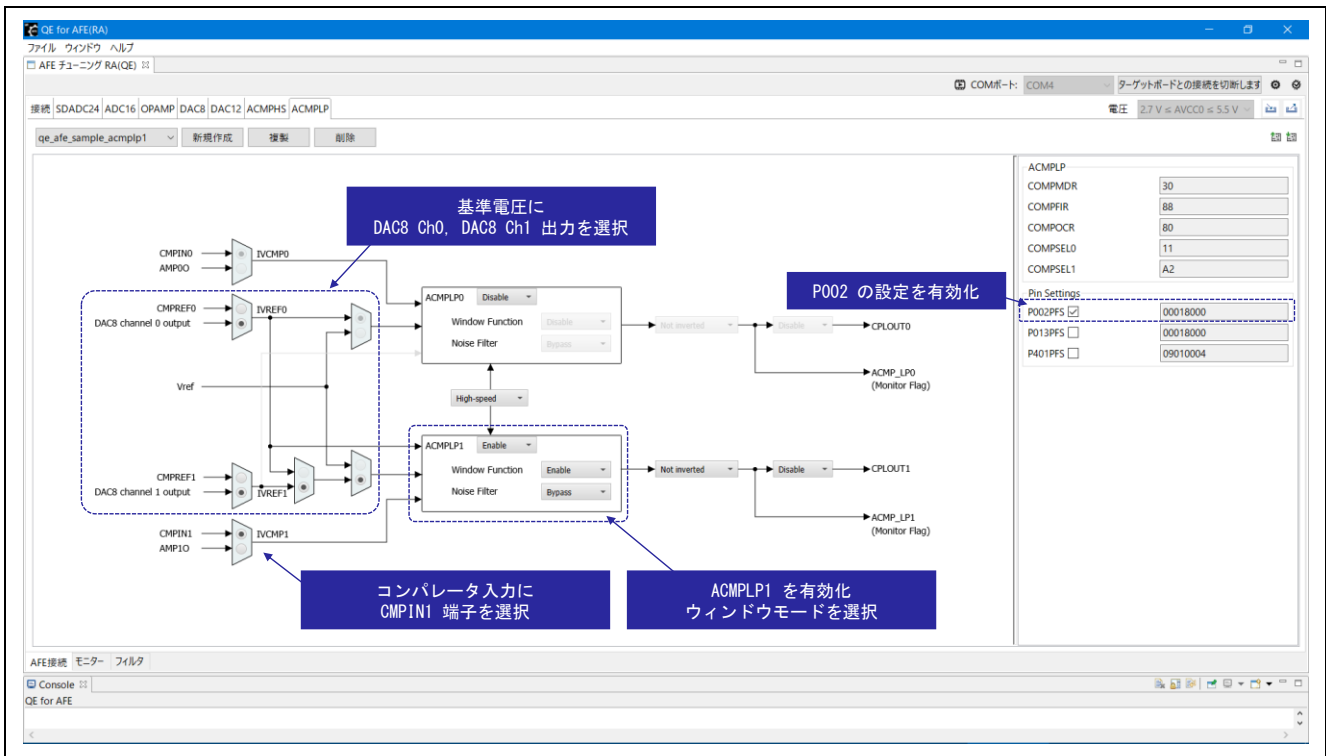


図 4-43 ACMPPLP 評価例 – ACMPPLP 設定

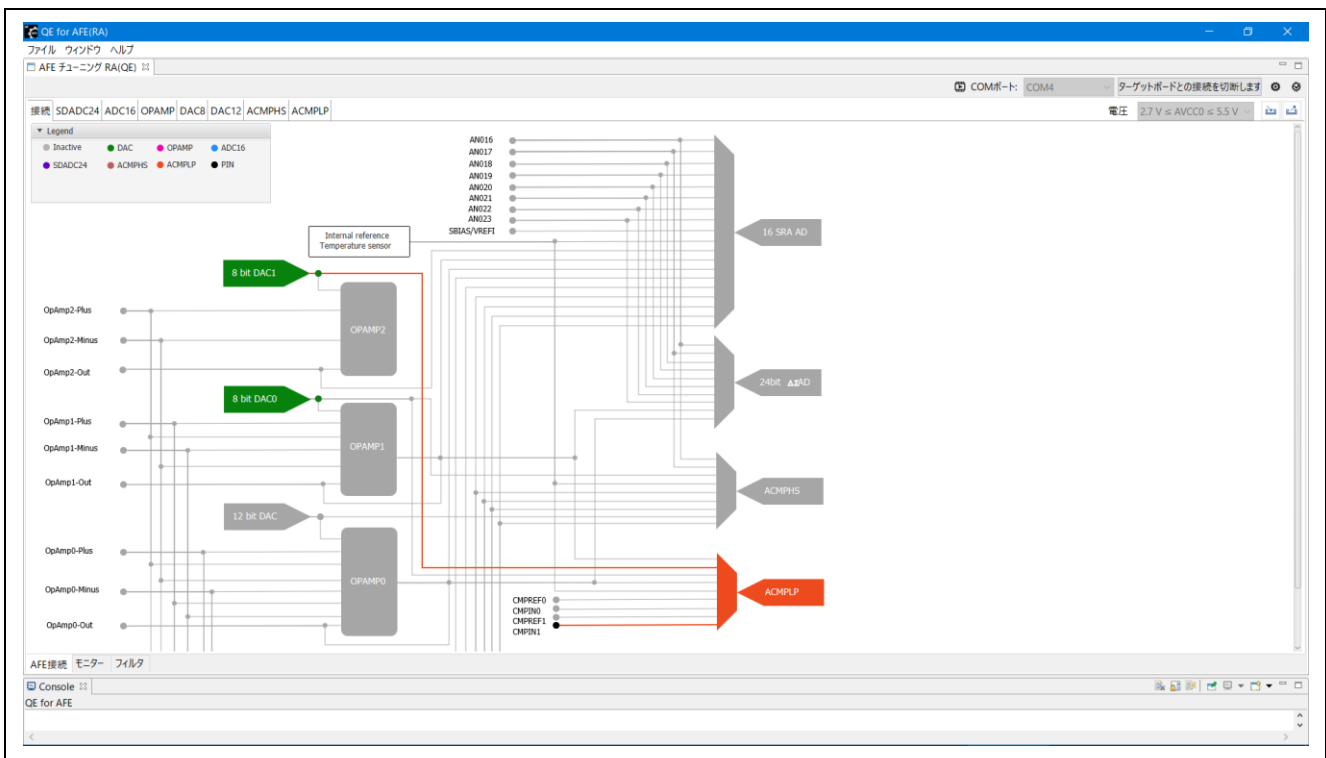


図 4-44 ACMPPLP 評価例 - 接続図

CMPIN1 端子からアナログ信号を入力した場合の比較結果が、以下のようにグラフで表示されます。モニタリング対象に ACMPLP を選択した場合は、波形のみ表示されます。



図 4-45 ACMPLP 評価例 - グラフ表示

5. 機能説明

QE for AFE には、主に3つの機能があります。各機能は、QE for AFE 下部のタブで選択することができます。

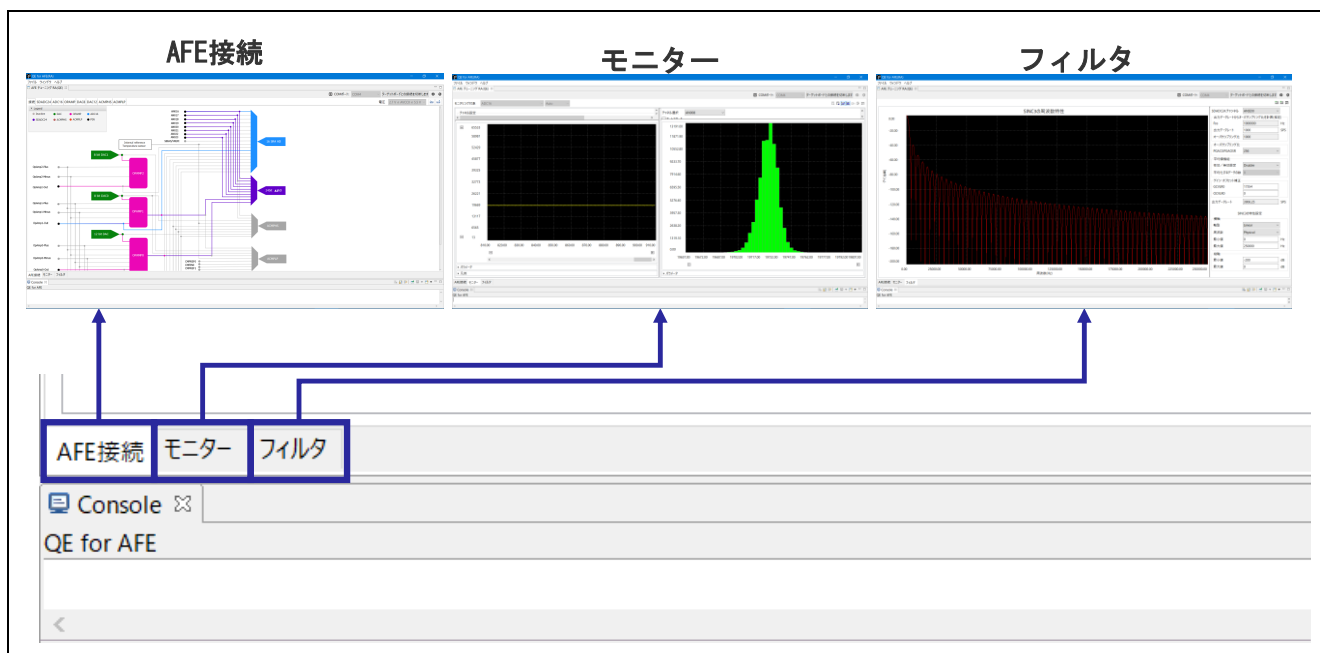


図 5-1 QE for AFE 機能

表 5-1 QE for AFE 機能タブ

タブ名	説明
AFE 接続	アナログ機能のブロック図を表示し、ブロック図上で機能の設定ができます。設定に基づくレジスタ値を、RA2A1 レジスタに書き込みます。 また、機能毎の設定に基づく全体の接続図も表示します。
モニター	RA2A1 から A/D 変換値を取得し、波形とヒストグラムで表示します。モニタリング対象にコンパレータを選択した場合は、比較結果を波形で表示します。
フィルタ	SINC3 フィルタ設定を行い AFE 接続のレジスタ値に反映します。 設定に基づく SINC3 フィルタ周波数-Gain 特性グラフを表示します。

### 5.1 AFE 接続

以下のタブを選択することで、ブロック図上でアナログ機能の設定を行うことができます。

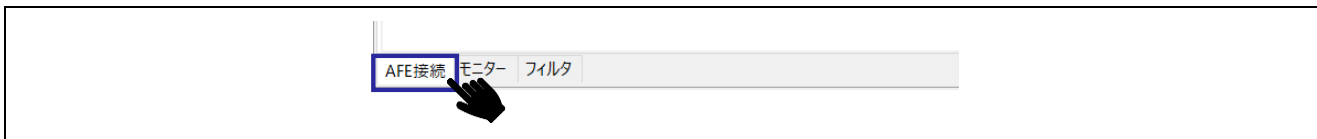


図 5-2 AFE 接続タブの選択

設定に基づくレジスタ値を、RA2A1 レジスタに書き込みます。また、機能毎の設定に基づく全体の接続図も表示します。

各設定は、レジスタ設定ファイルにエクスポートまたはインポートして QE for AFE に反映することができます。

各機能とレジスタ値についての詳細は「RA2A1 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編」を参照してください

#### 5.1.1 共通機能

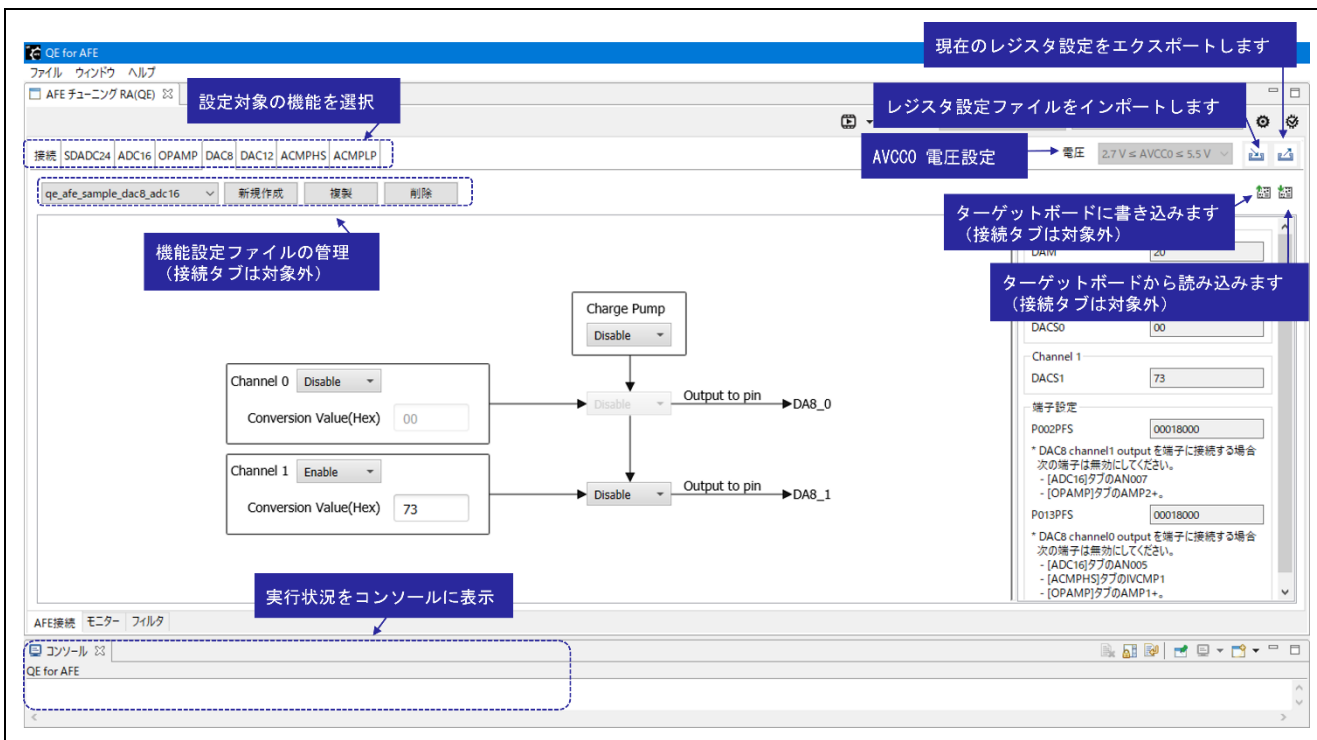


図 5-3 AFE 接続 共通機能

- 設定対象機能の選択  
設定対象のアナログ機能は、以下のタブで選択します。各タブについては、次章以降で説明します。

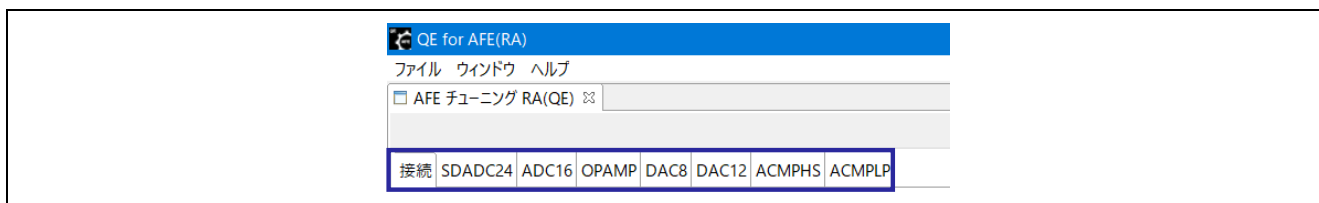


図 5-4 AFE 接続 設定対象機能の選択

- AVCC0 電圧の選択  
AVCC0 の電圧範囲は、以下のとおりプルダウンから選択します。接続中は変更できません。

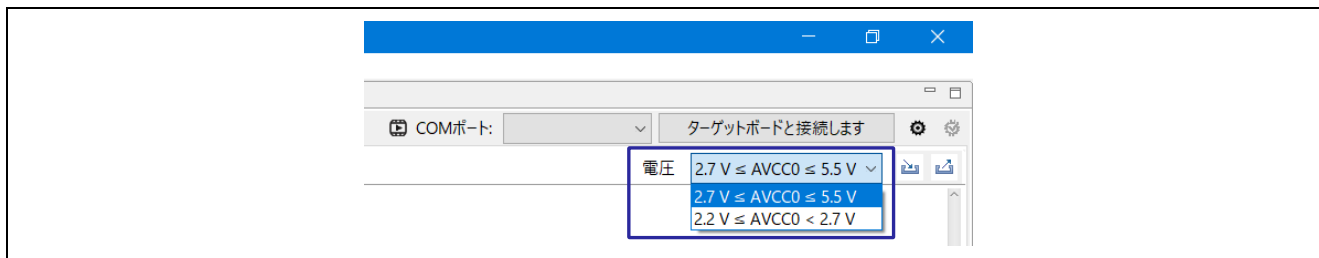


図 5-5 AFE 接続 AVCC0 電圧の選択

表 5-2 AFE 接続 共通機能一覧

アイコン	説明	設定可能な状態		
		接続前	接続後 <sup>【注】</sup>	
			停止中	実行中
	レジスタ設定ファイルをインポートして QE for AFE に反映します。インポート対象の機能は選択することができます。ファイルの拡張子は「.2a1」で、格納場所は任意です。	✓	✓	
	QE for AFE の現在のレジスタ値をエクスポートします。エクスポート対象の機能は選択することができます。ファイルの拡張子は「.2a1」で、格納場所は任意です。	✓	✓	
	QE for AFE のレジスタ値を RA2A1 に書き込みます。選択中の機能に対してのみ実行されます。		✓	
	RA2A1 のレジスタ値を QE for AFE に反映します。選択中の機能に対してのみ実行されます。		✓	
Register settings 1	現在選択されている機能設定ファイルの名前が表示されます。プルダウンから他の機能設定ファイルに変更することも可能です。機能設定ファイルを変更した場合、変更前の機能設定ファイルは自動的に保存されます。機能設定ファイルは、QE for AFE を解凍したフォルダ内の、afeConfig フォルダに機能別に保存されます。レジスタ設定ファイルのインポートが複数の機能に対して実行されるのに対し、機能設定ファイルは選択中の機能に対してのみ実行されます。ファイルの拡張子は「.cn」です。	✓	✓	✓
新規作成	QE for AFE のレジスタ値を RA2A1 の初期値に戻し、別の名前で機能設定ファイルを作成します。初期値に戻す前の設定は、機能設定ファイルに自動的に保存されます。	✓	✓	✓
複製	別の名前で機能設定ファイルを複製します。	✓	✓	✓
削除	選択中の機能設定ファイルを削除します。	✓	✓	✓

【注】 QE for AFE とターゲットボードを接続後、AFE チューニングを停止中と AFE チューニングを実行中の場合に条件分けしています



5.1.2 接続タブ

以下のタブを選択することで、アナログの各機能設定に基づく全体の接続図を表示します。

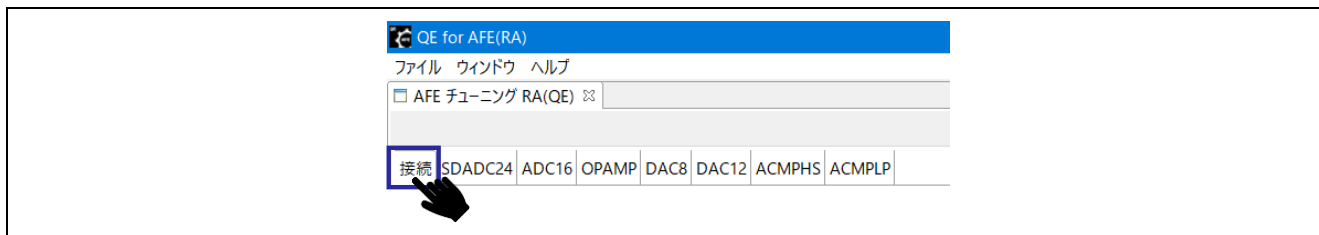


図 5-6 AFE 接続 接続タブ

本画面で、アナログ機能の接続状態を確認することができます。本画面では設定する項目はありません。

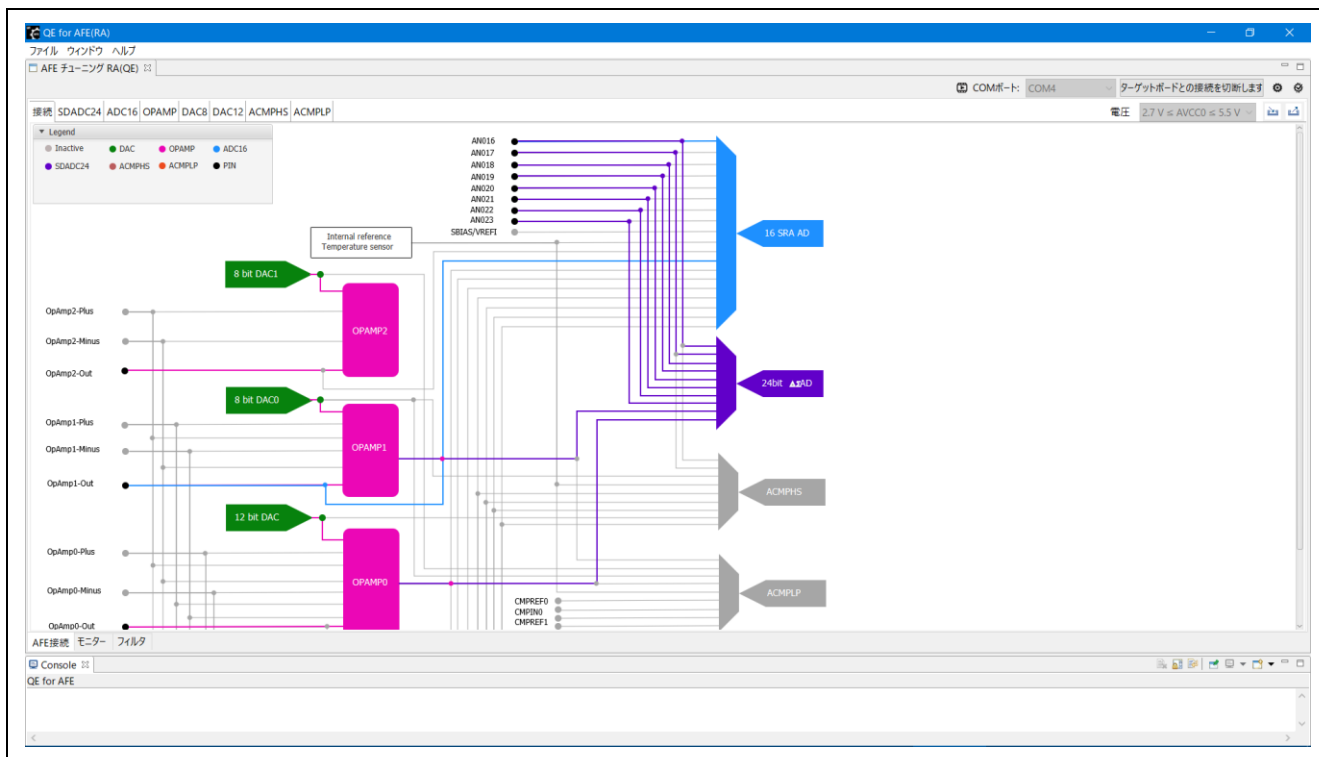


図 5-7 AFE 接続図

5.1.3 SDADC24 タブ

以下のタブを選択することで、24 ビットシグマデルタ A/D コンバータ（SDADC24）のブロック図とレジスタ値を表示します。

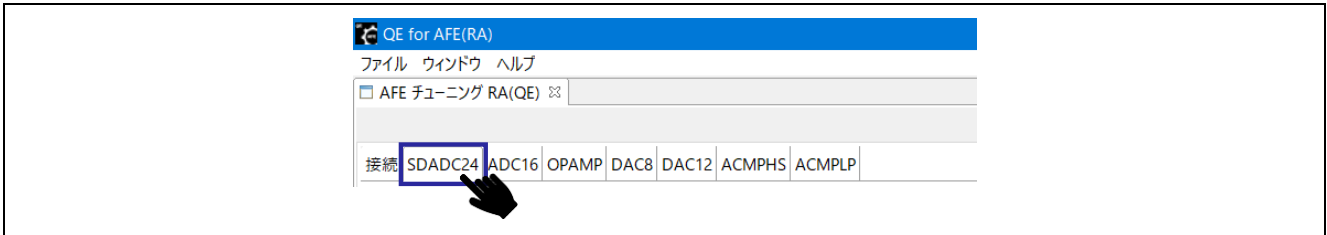


図 5-8 AFE 接続 SDADC24 タブ

SDADC24 の各機能をブロック図上で設定できます。図 5-9 ~ 図 5-11 に各機能の関連レジスタ名を記載しています。

SINC3 については「5.3.1 SINC3 の周波数特性」、Calibration については「5.4 キャリブレーション」を参照してください。

SDADC24 のソースクロック SDADCCLK SRC の周波数は、RA2A1 から取得しブロック図上に反映されます。SDADC24 の設定を行う場合はターゲットボードと接続してください。

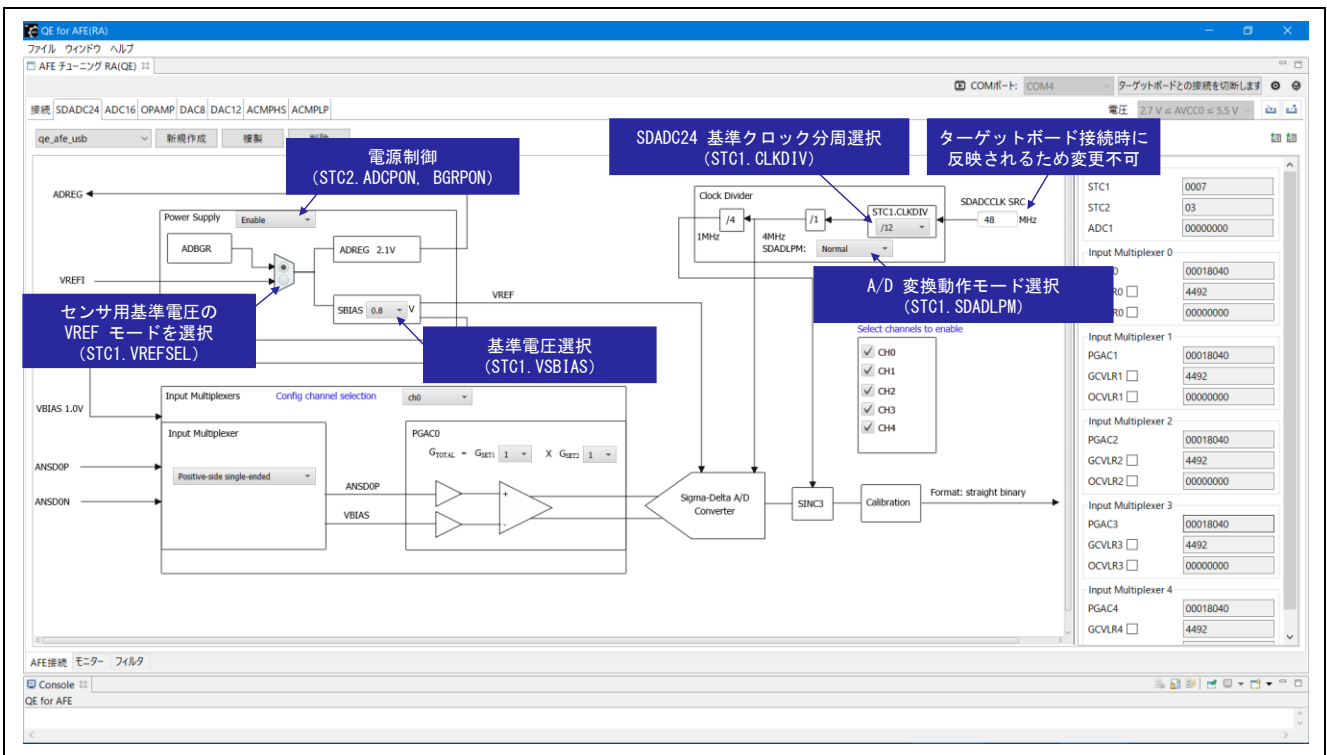


図 5-9 AFE 接続 SDADC24 基準電圧とクロック設定

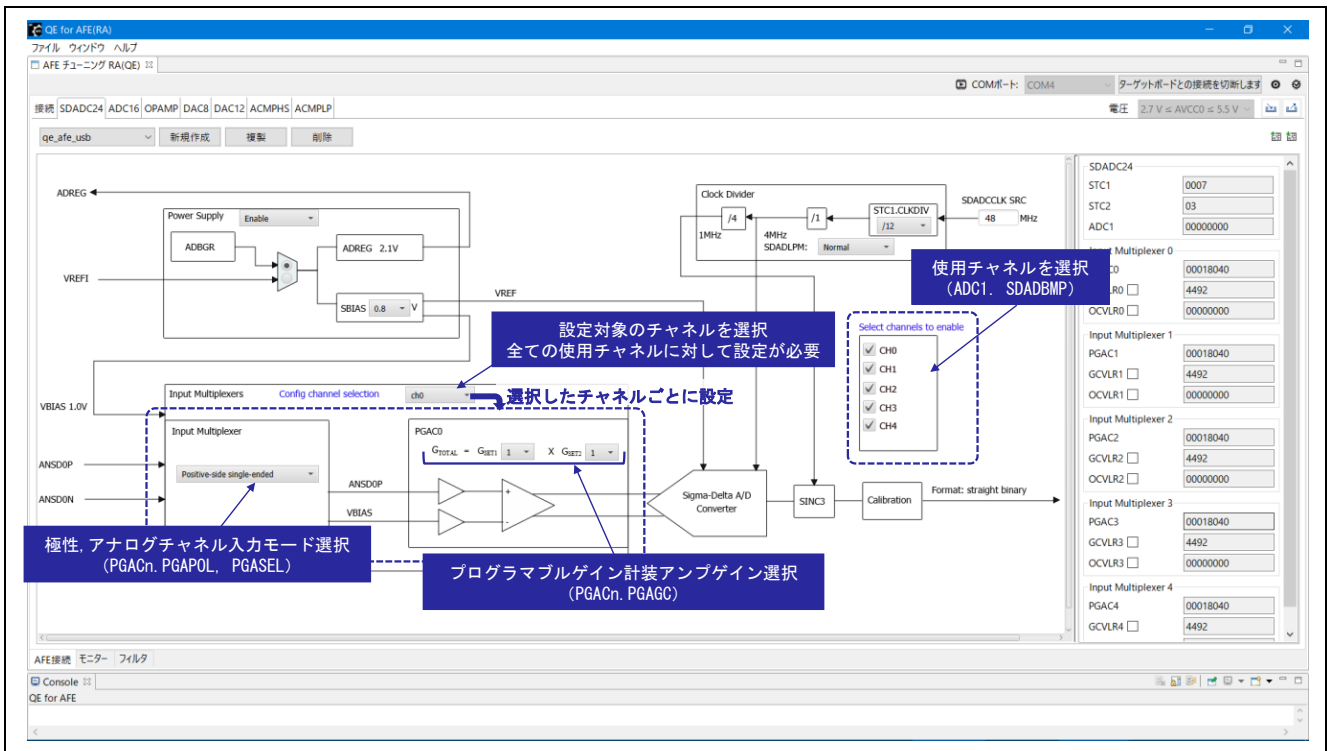


図 5-10 AFE 接続 SDADC24 チャンネル設定

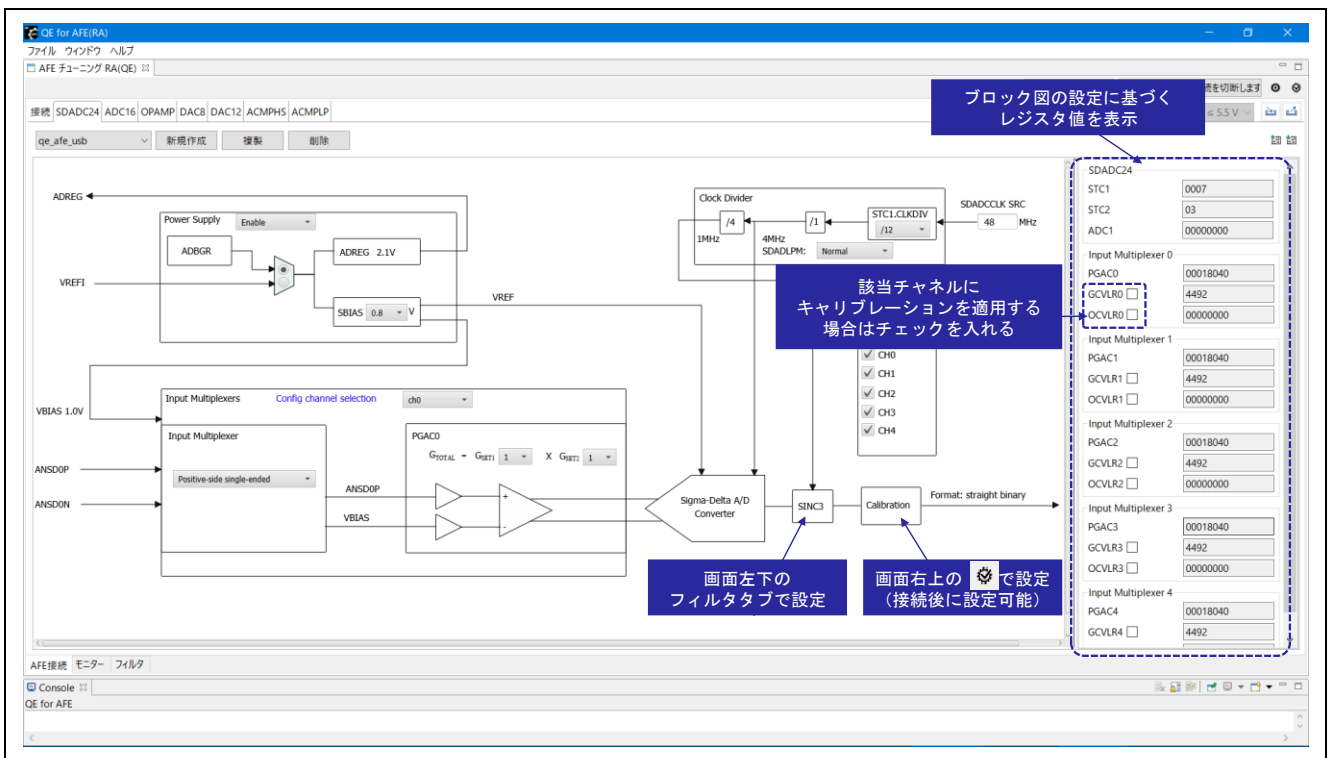


図 5-11 AFE 接続 SDADC24 レジスタ他

5.1.4 ADC16 タブ

以下のタブを選択することで、16 ビット A/D コンバータ（ADC16）のブロック図とレジスタ値を表示します。

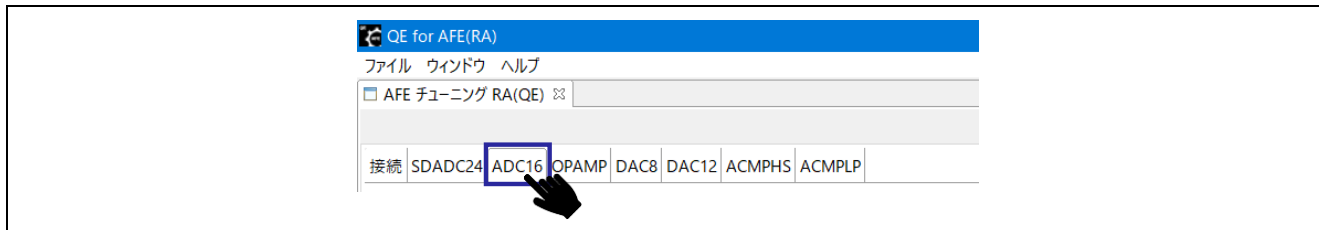


図 5-12 AFE 接続 ADC16 タブ

ADC16 の各機能をブロック図上で設定できます。図 5-13 ~ 図 5-15 に各機能の関連レジスタ名を記載しています。

ADC16 の周辺モジュールクロック PCLKB と A/D 変換クロック PCLKD の周波数は、RA2A1 から取得しブロック図上に反映されます。ADC16 の設定を行う場合はターゲットボードと接続してください。

EK-RA2A1 ボードでは、VREFH0 と VREFL0 はオープン状態です。「2.3.2. ADC16 使用時の基準電圧端子接続」を参考に、使用する基準電圧の端子を接続してください。

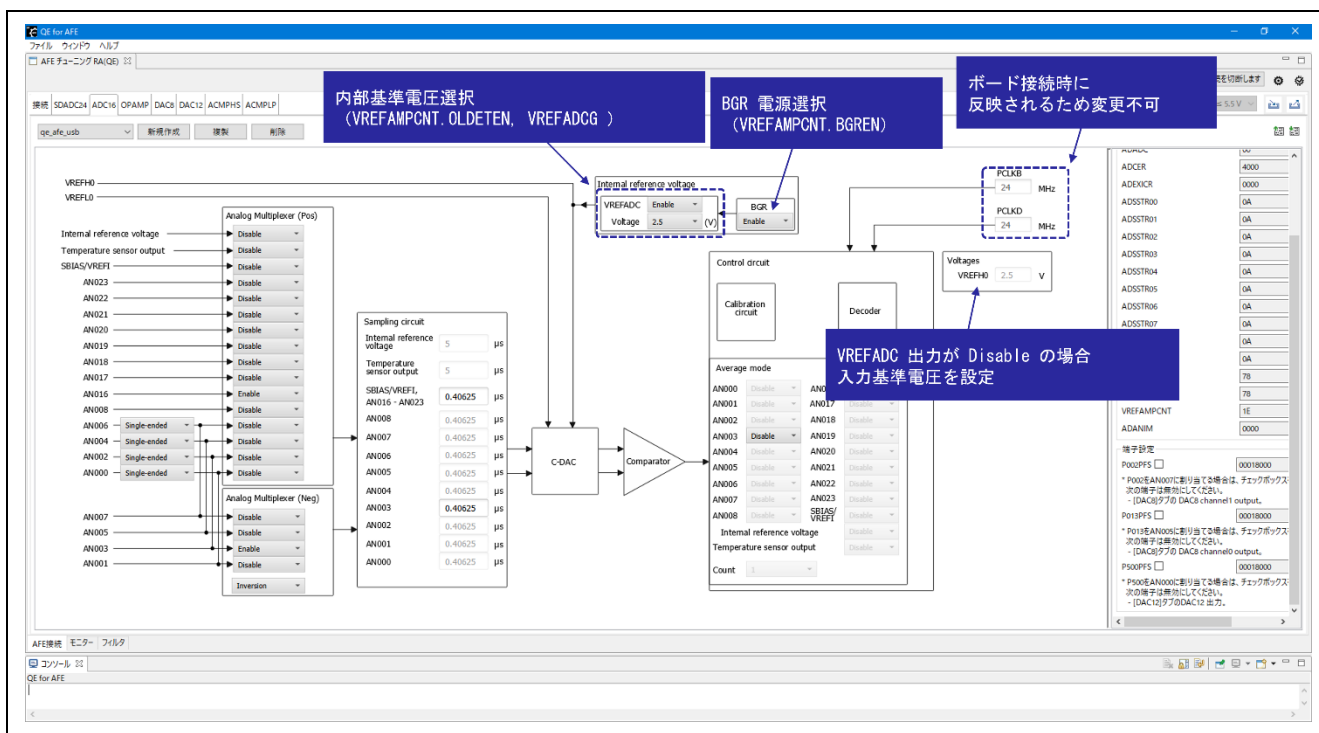


図 5-13 AFE 接続 ADC16 基準電圧とクロック設定

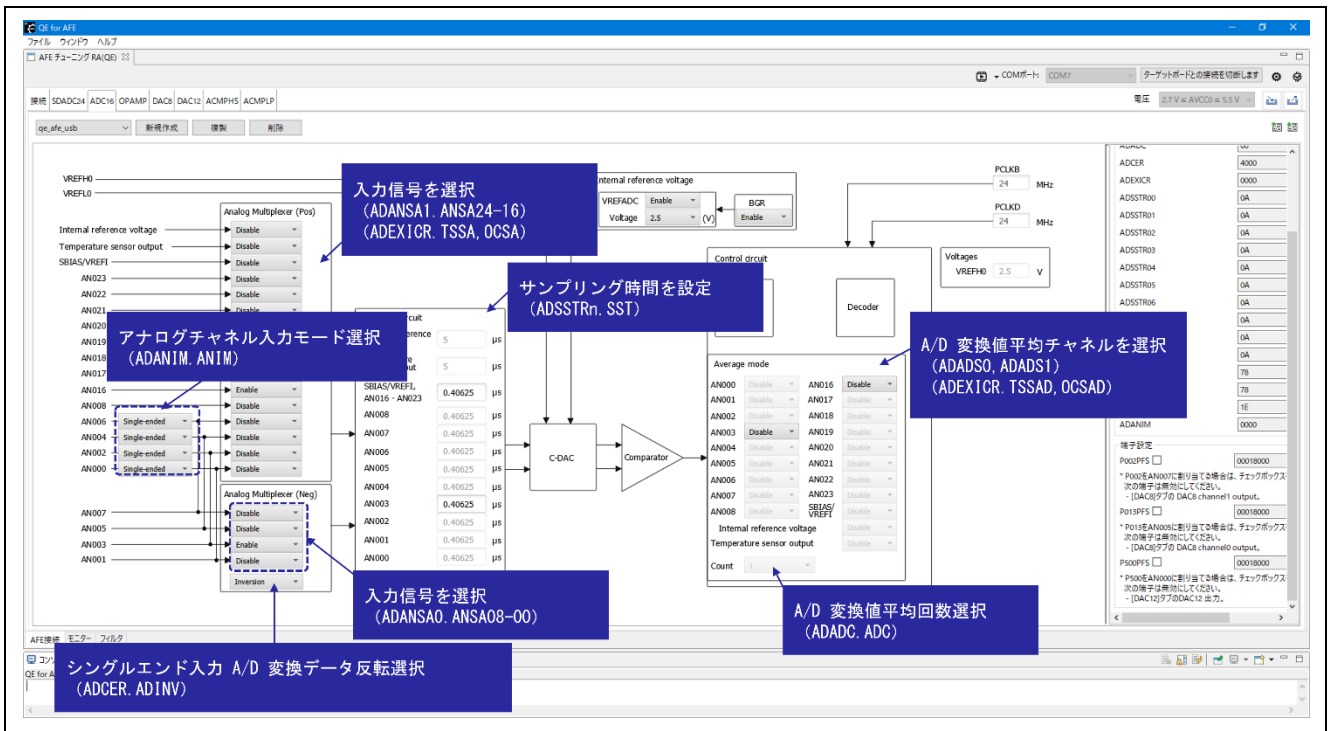


図 5-14 AFE 接続 ADC16 入力出力設定

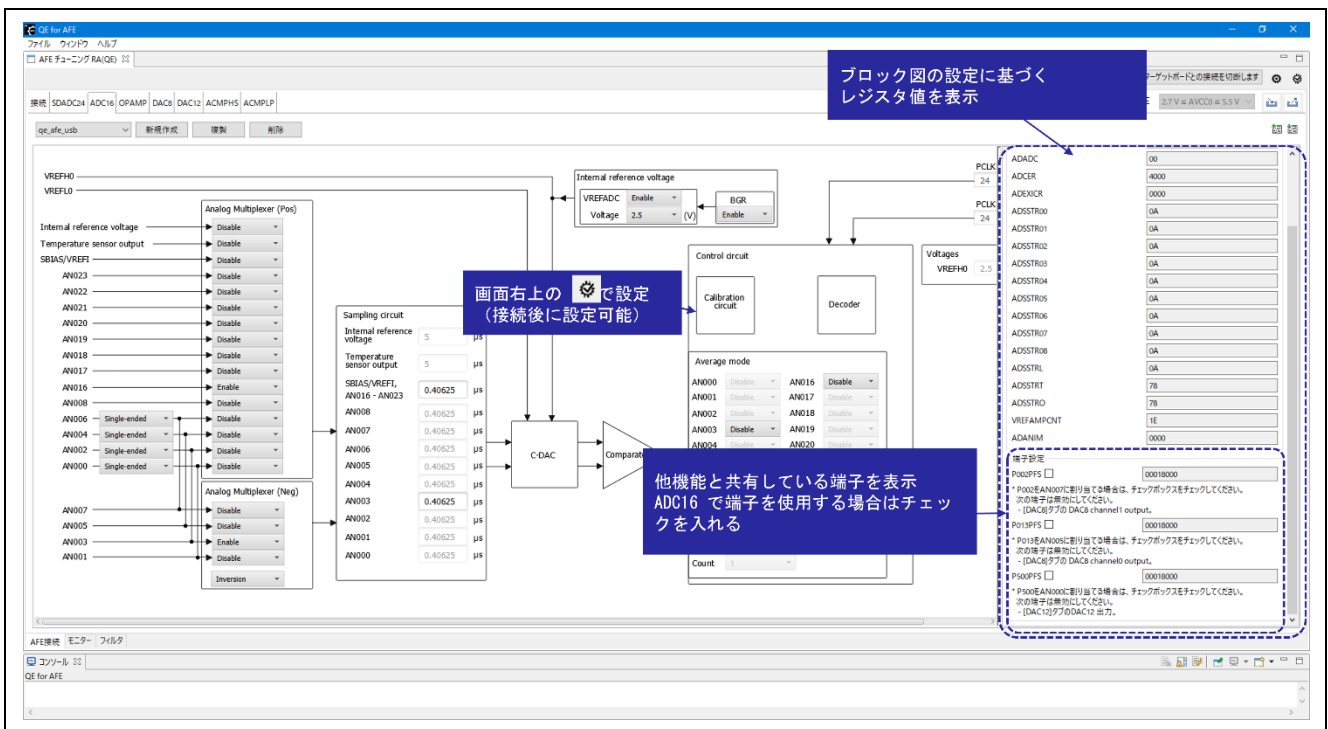


図 5-15 AFE 接続 ADC16 レジスタ他

5.1.5 OPAMP タブ

以下のタブを選択することで、オペアンプ（OPAMP）のブロック図とレジスタ値を表示します。

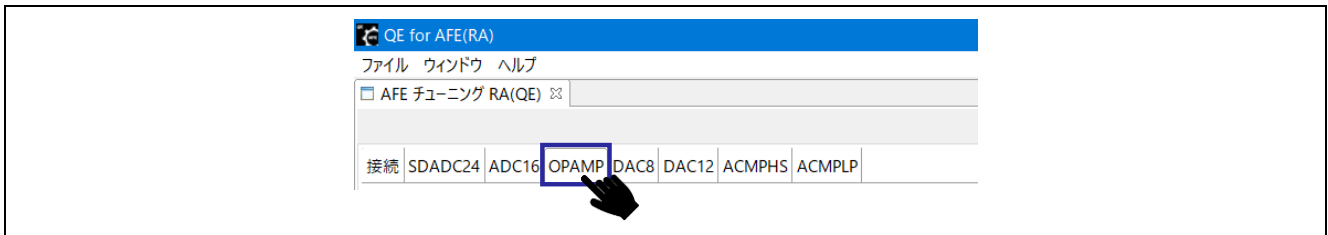


図 5-16 AFE 接続 OPAMP タブ

OPAMP の各機能をブロック図上で設定できます。図 5-17 ~ 図 5-18 に各機能の関連レジスタ名を記載しています。

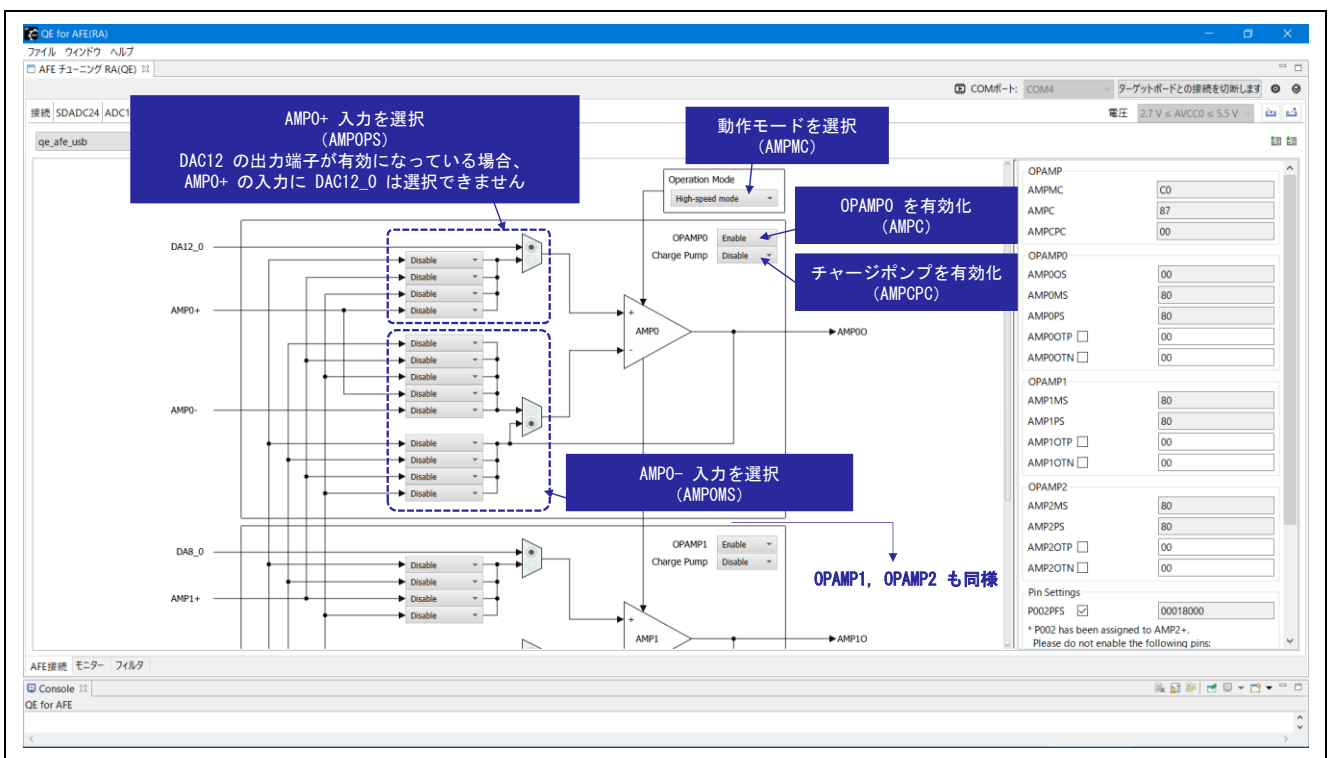


図 5-17 AFE 接続 OPAMP 設定

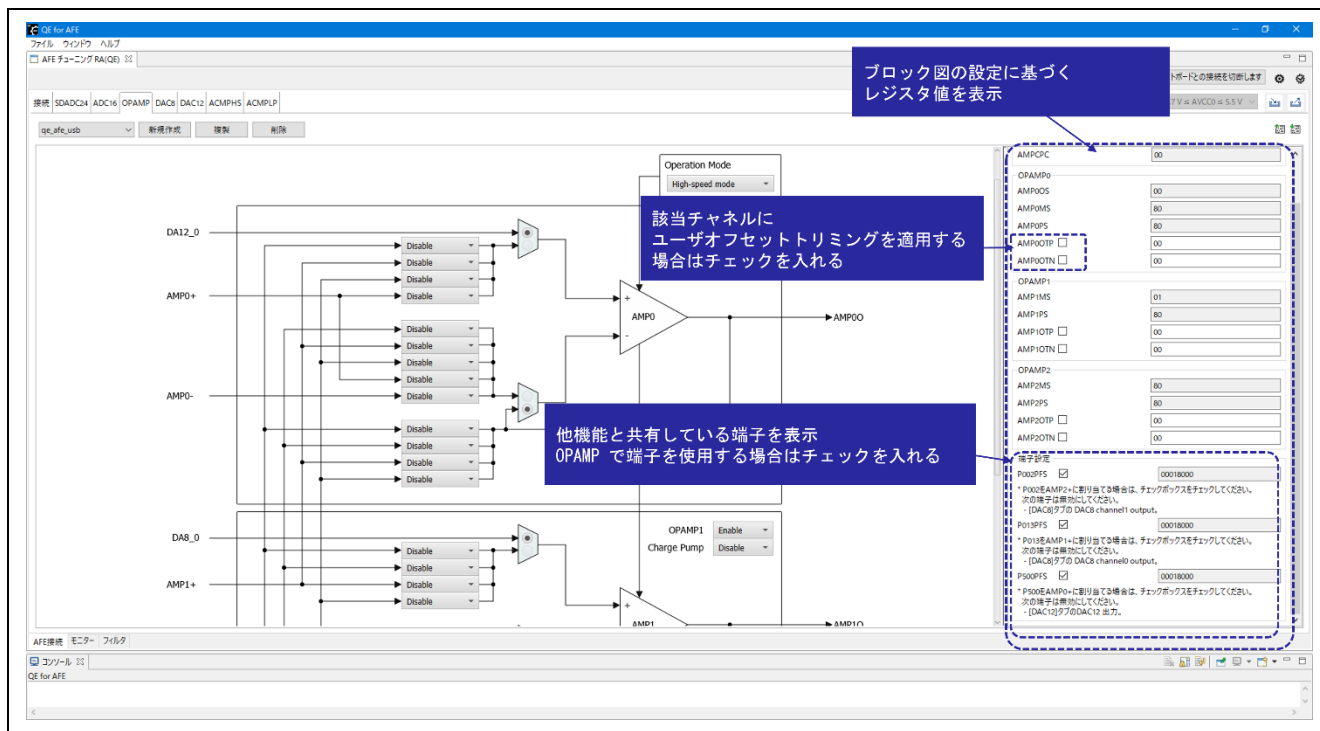


図 5-18 AFE 接続 OPAMP レジスタ

5.1.6 DAC8 タブ

以下のタブを選択することで、8 ビット D/A コンバータ（以下、DAC8）のブロック図とレジスタ値を表示します。

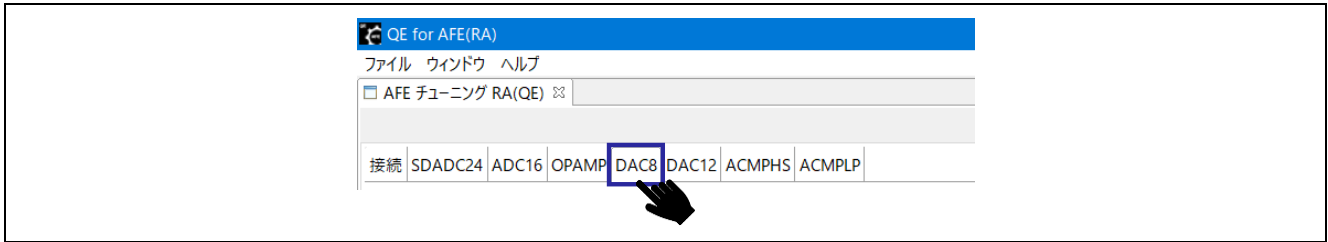


図 5-19 AFE 接続 DAC8 タブ

DAC8 の各機能をブロック図上で設定できます。図 5-20 ~ 図 5-21 に各機能の関連レジスタ名を記載しています。

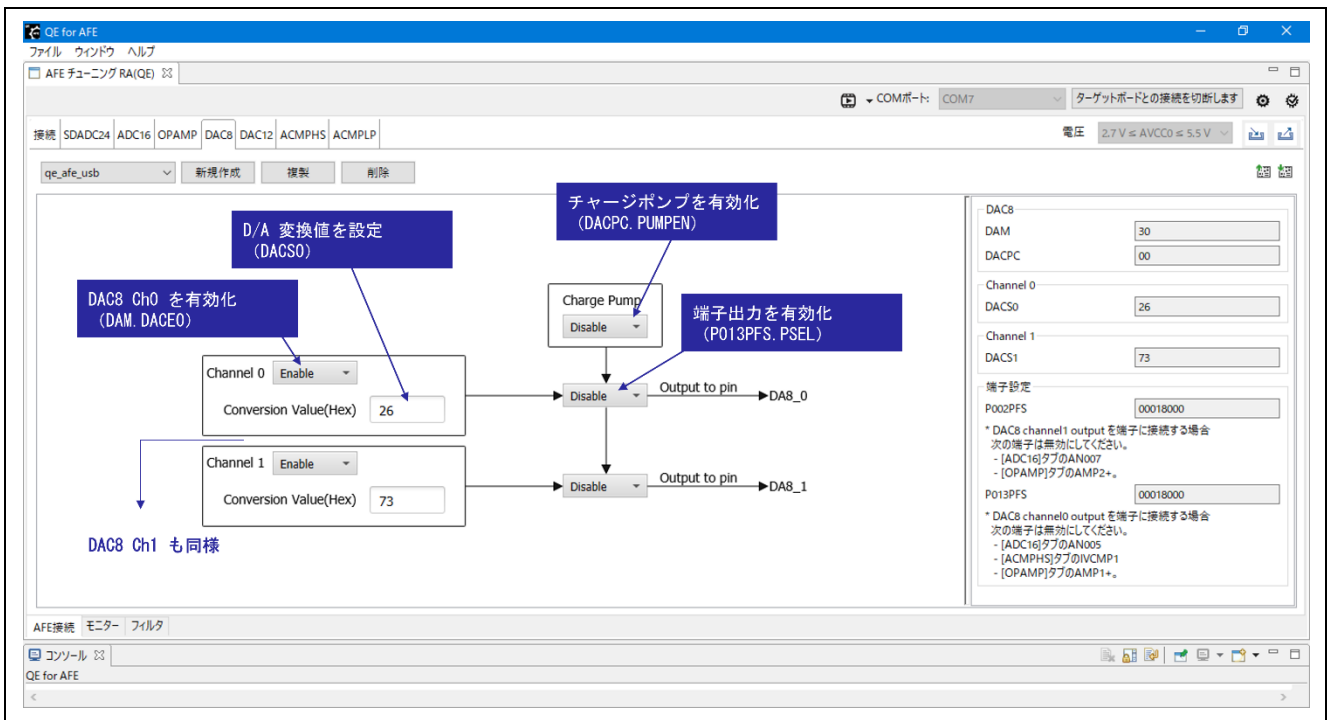


図 5-20 AFE 接続 DAC8 入出力設定



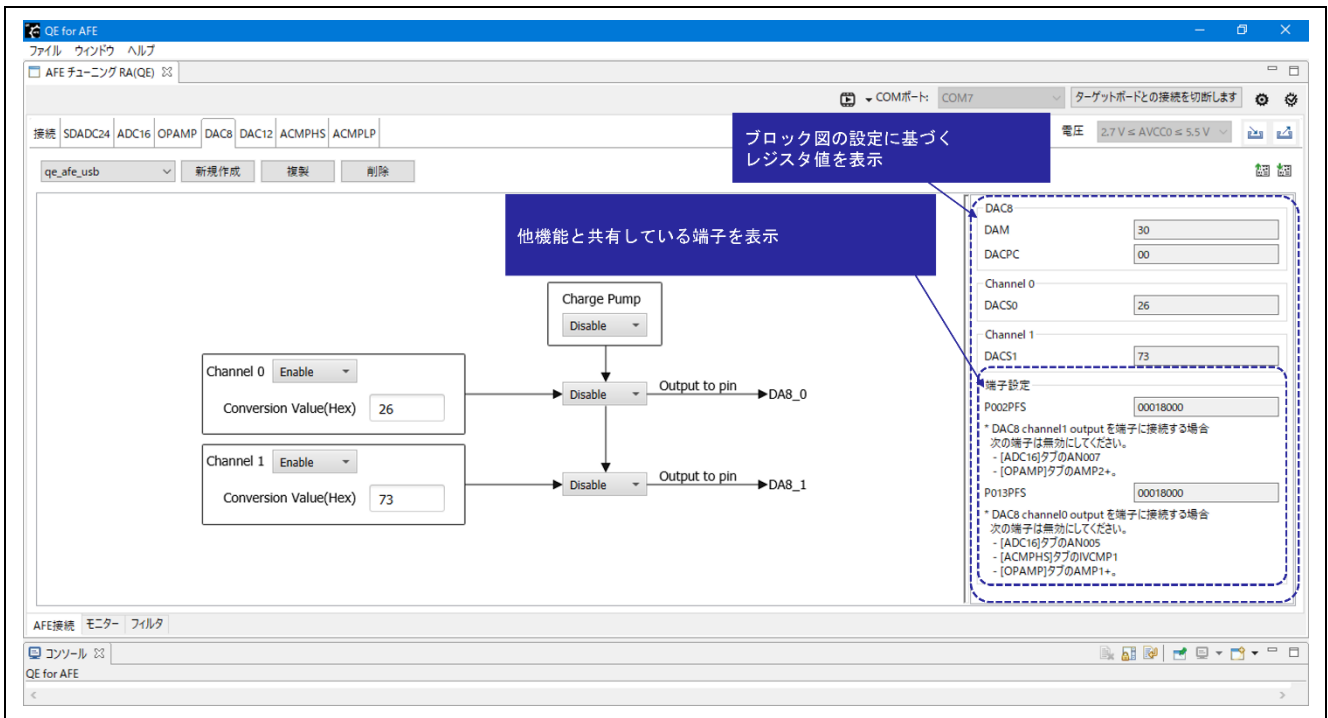


図 5-21 AFE 接続 DAC8 レジスタ

## 5.1.7 DAC12 タブ

以下のタブを選択することで、12 ビット D/A コンバータ（以下、DAC12）のブロック図とレジスタ値を表示します。

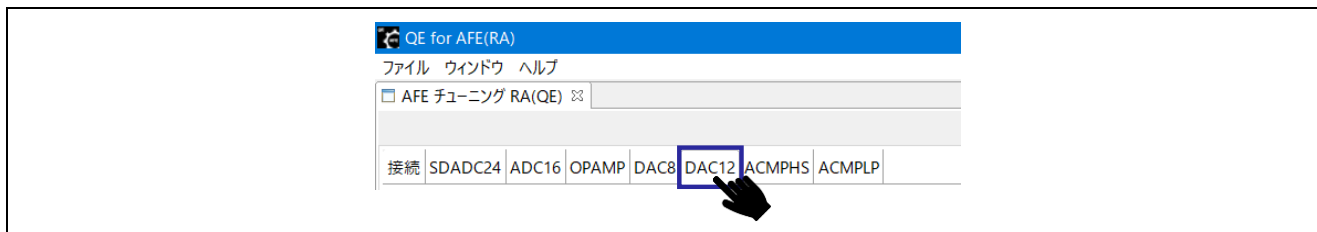


図 5-22 AFE 接続 DAC12 タブ

DAC12 の各機能をブロック図上で設定できます。図 5-23 ~ 図 5-25 に各機能の関連レジスタ名を記載しています。

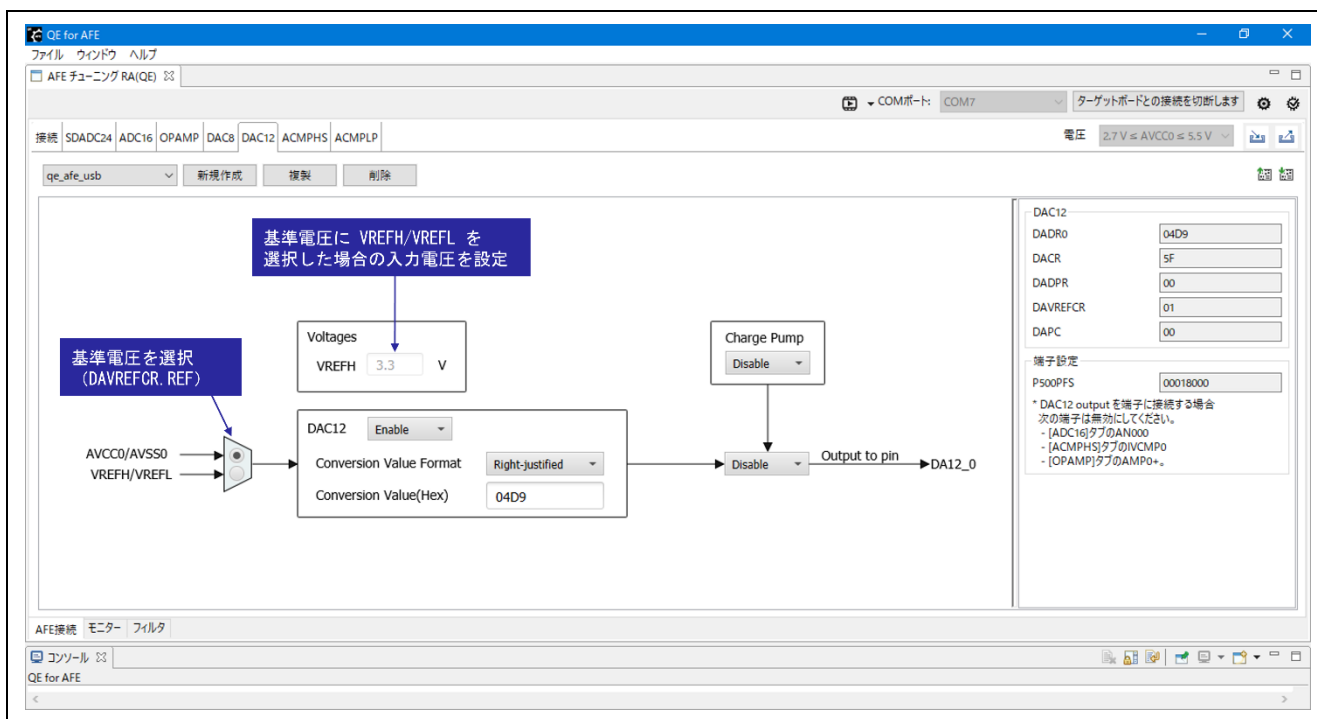


図 5-23 AFE 接続 DAC12 基準電圧設定

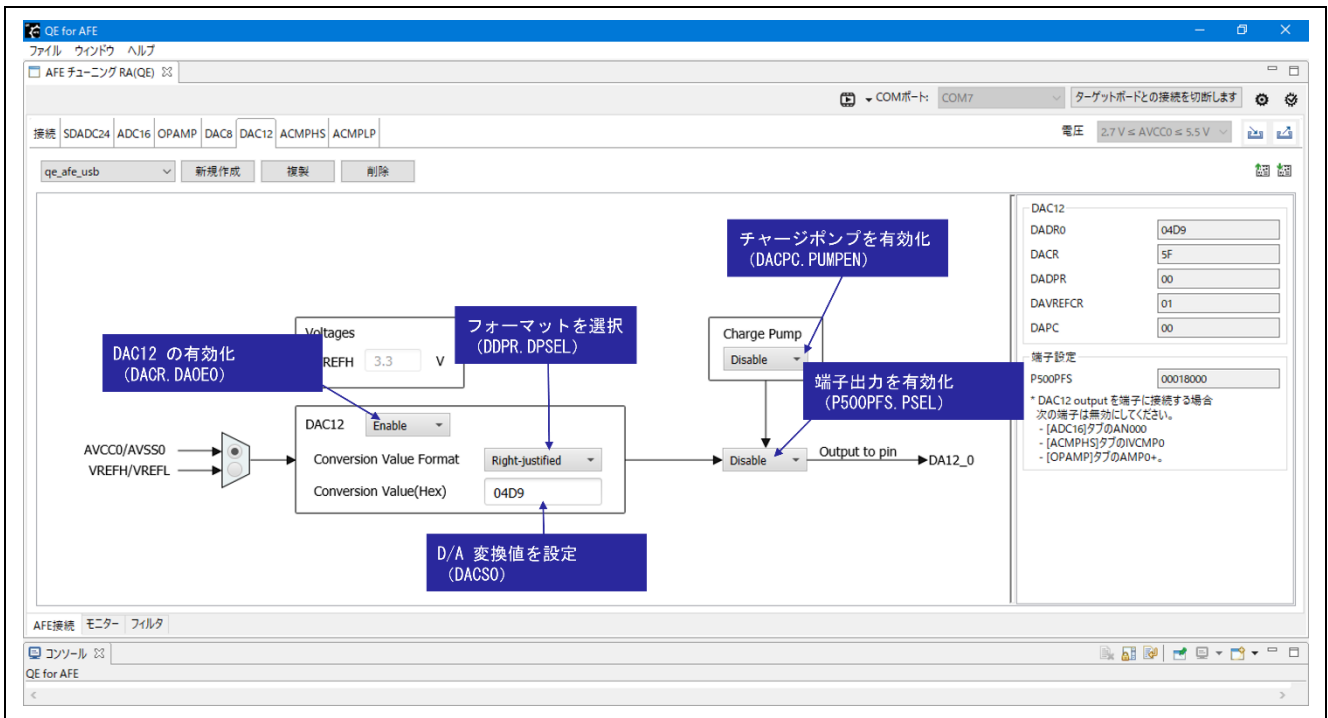


図 5-24 AFE 接続 DAC12 入出力設定

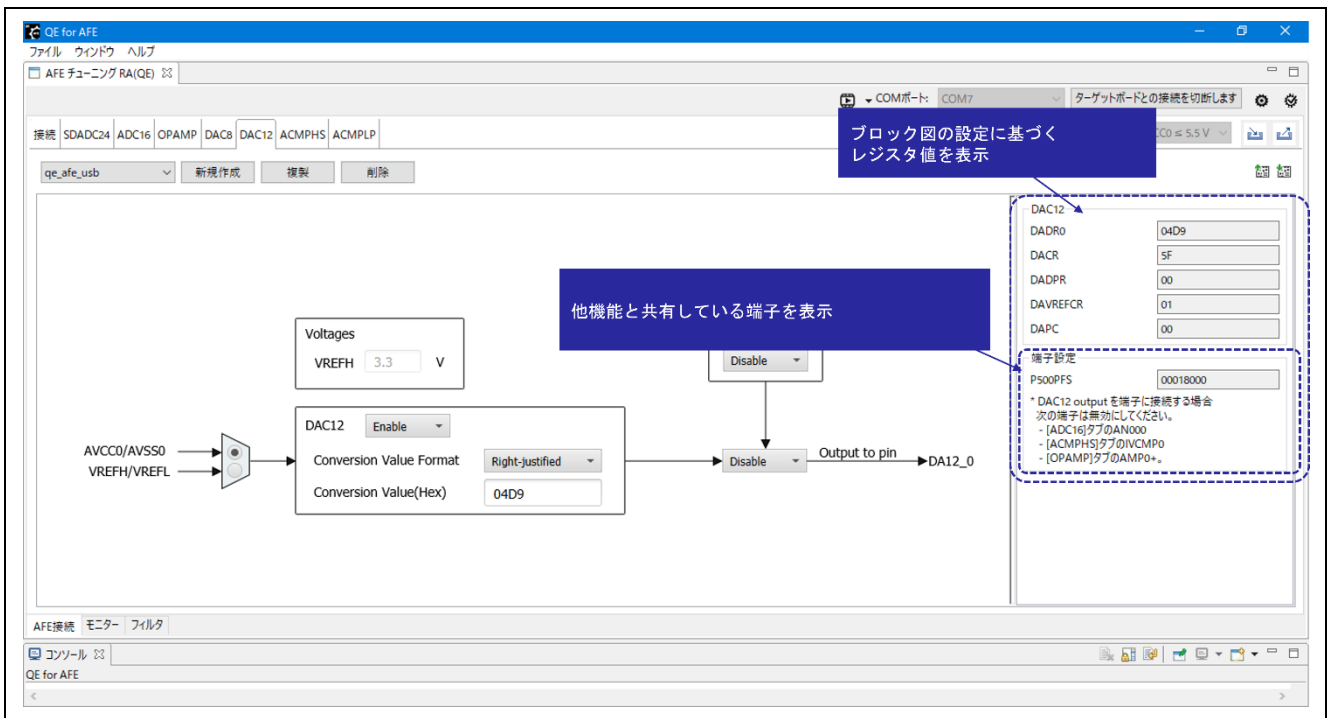


図 5-25 AFE 接続 DAC12 レジスタ

5.1.8 ACMPHS タブ

以下のタブを選択することで、高速アナログコンパレータ（ACMPHS）のブロック図とレジスタ値を表示します。

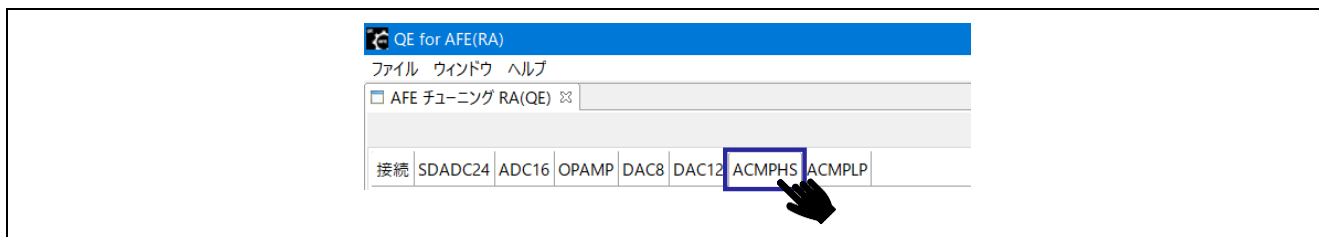
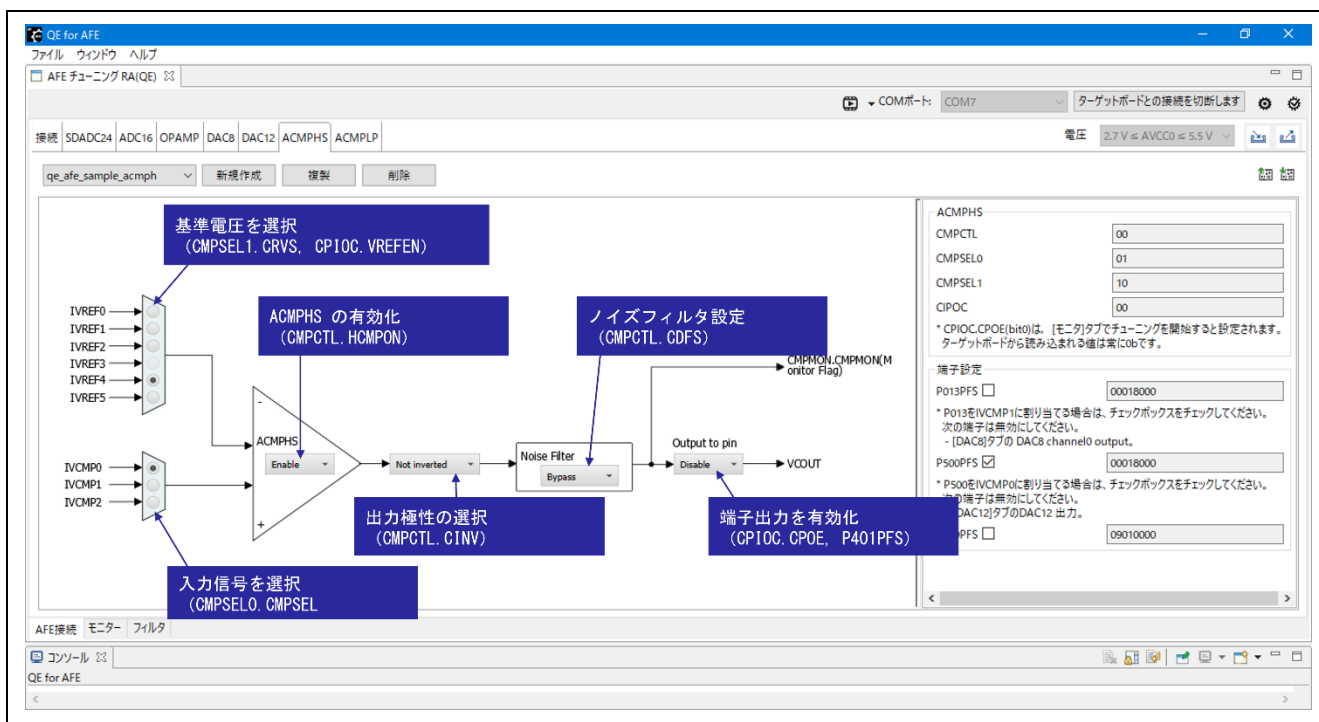


図 5-26 AFE 接続 ACMPHS タブ

ACMPHS の各機能をブロック図上で設定できます。図 5-27 ~ 図 5-28 に各機能の関連レジスタ名を記載しています。



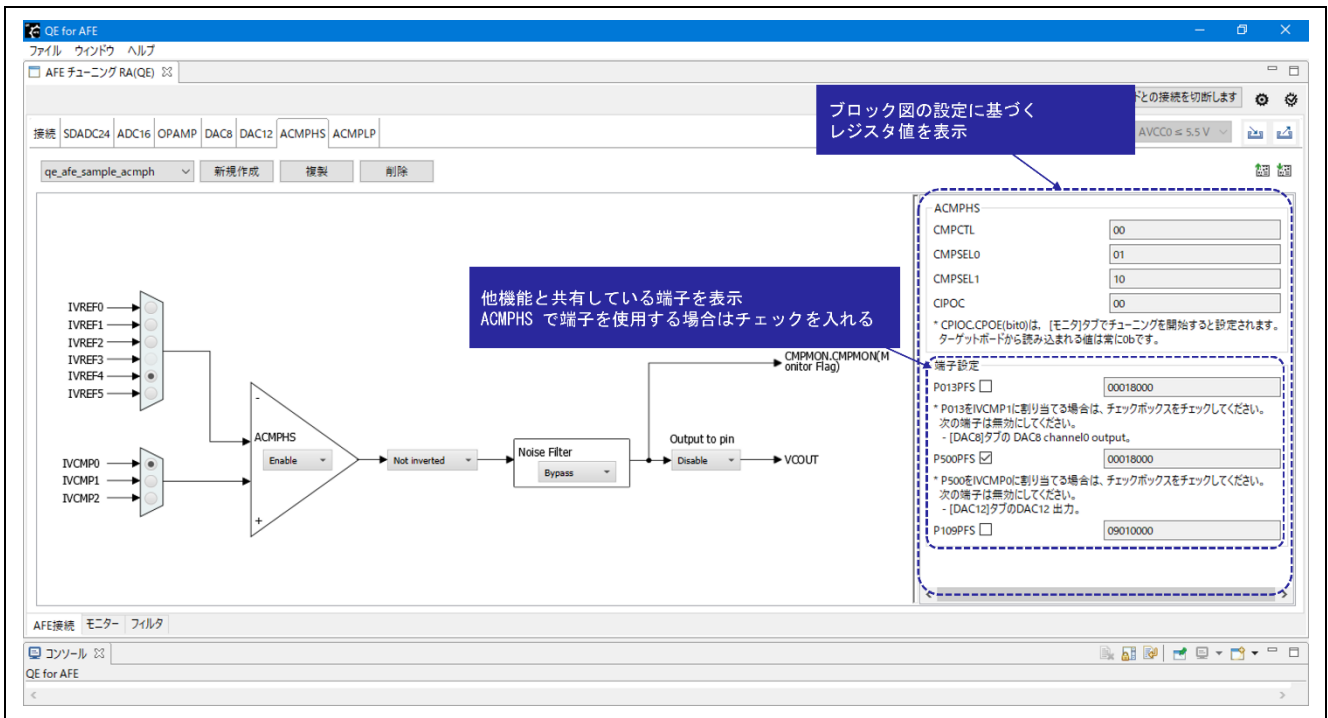


図 5-28 AFE 接続 ACMPHS 基準電圧とレジスタ

5.1.9 ACMLP タブ

以下のタブを選択することで、低消費電力アナログコンパレータ（以下、ACMLP）のブロック図とレジスタ値を表示します。

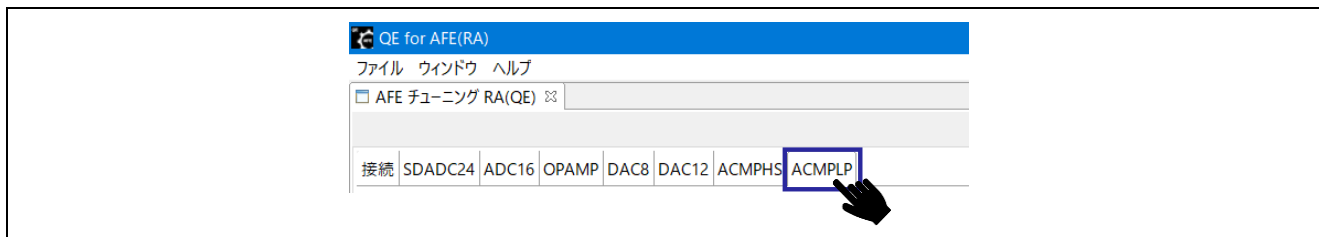


図 5-29 AFE 接続 ACMLP タブ

ACMLP の各機能をブロック図上で設定できます。図 5-30 ~ 図 5-32 に各機能の関連レジスタ名を記載しています。

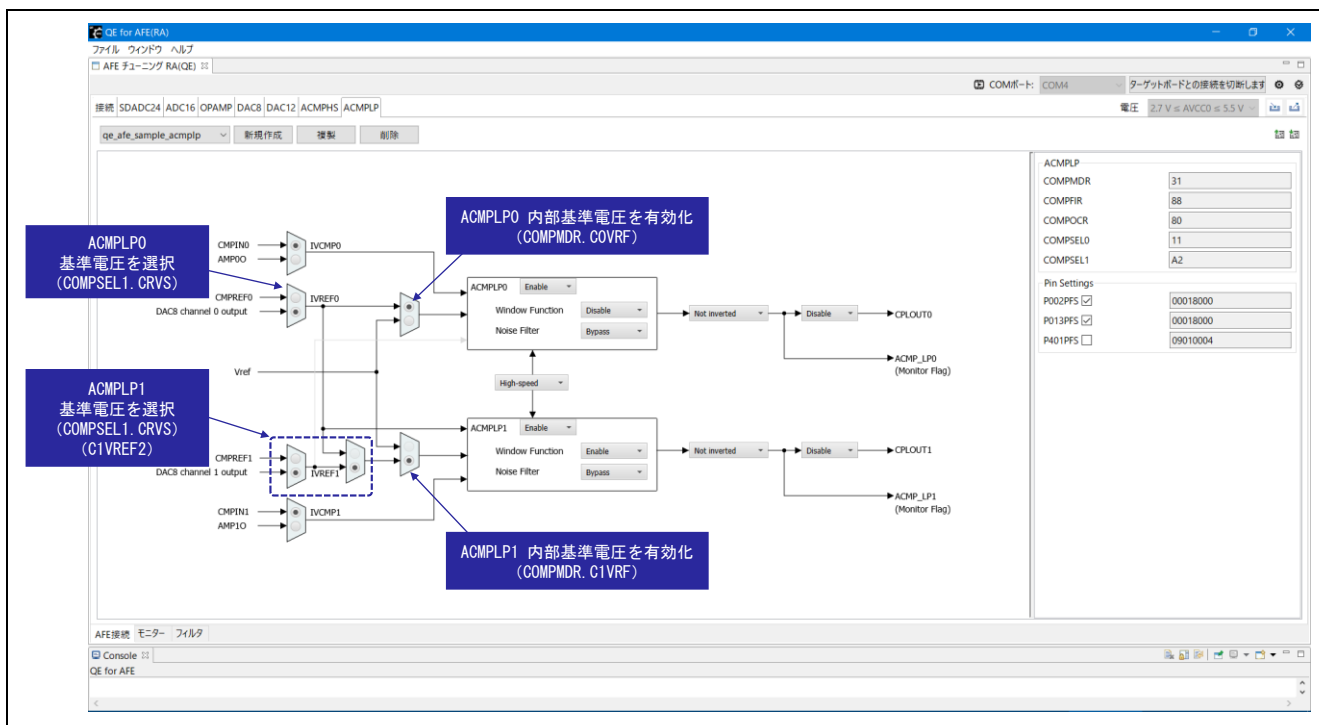


図 5-30 AFE 接続 ACMLP 基準電圧

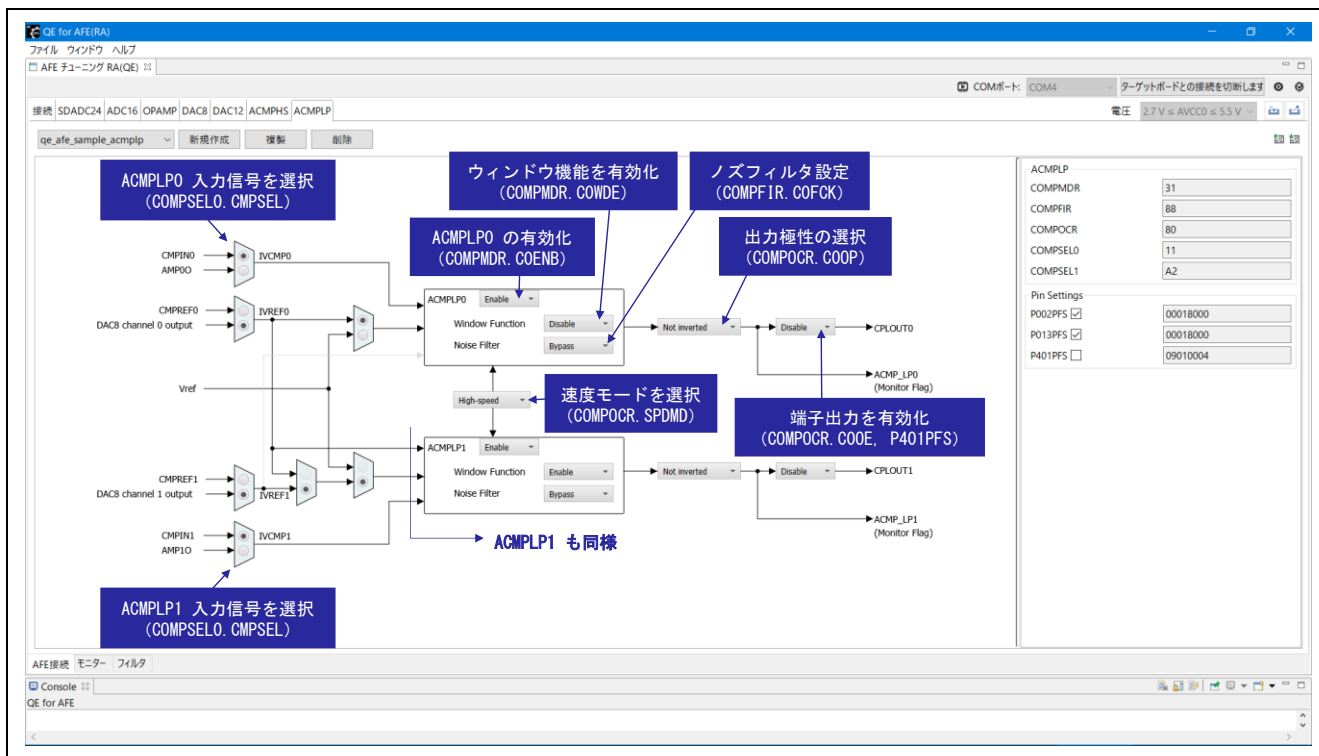


図 5-31 AFE 接続 ACMPPLP 入出力設定

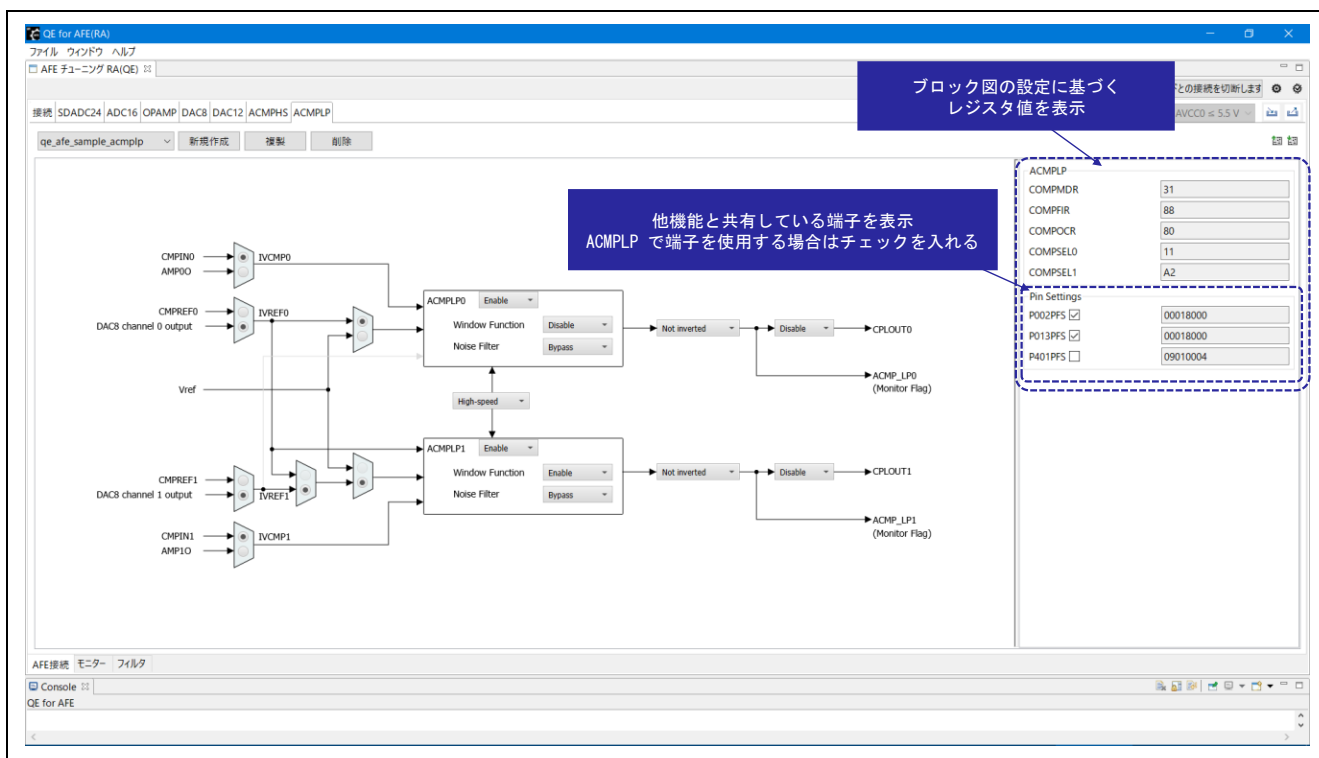


図 5-32 AFE 接続 ACMPPLP レジスタ

## 5.2 モニター

以下のタブを選択することで、A/D 変換値を取得し波形とヒストグラムを表示することができます。モニタリング対象にコンパレータを選択した場合は、比較結果を波形で表示します。



図 5-33 モニタータブの選択

## 5.2.1 共通機能

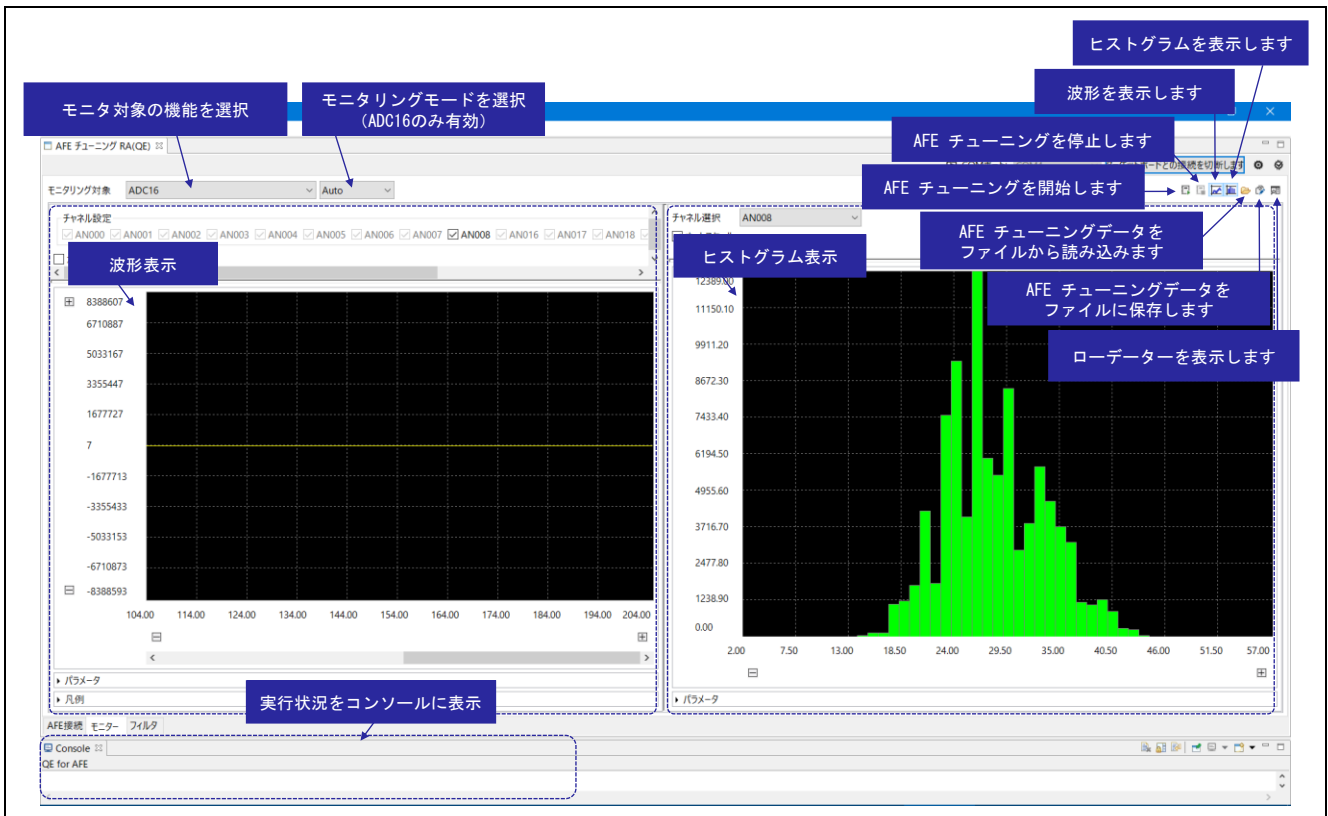


図 5-34 モニター 共通機能



- モニタリング対象機能の選択

モニタリング対象のアナログ機能は、以下のとおりプルダウンから選択します。

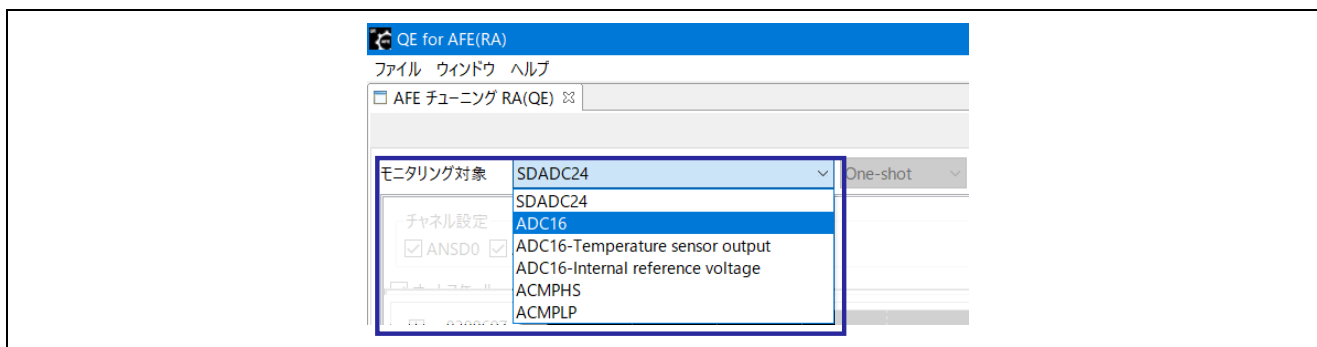


図 5-35 モニター モニタリング対象機能の選択

- モニタモードの選択

モニタリング対象に ADC16 を選択した場合、以下のとおりモニタモードをプルダウンから選択できます。

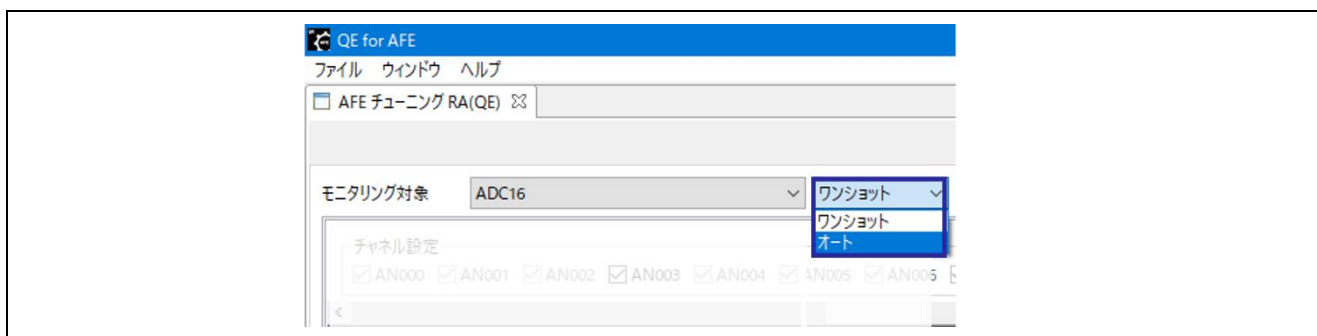









図 5-36 モニター モニタモードの選択

- One-shot : ボード上のバッファが FULL になると AFE チューニングを停止します。ADC16 のみ対象です。
- Auto : 連続して AFE チューニングを実行します（最大 1 時間）。ADC16 以外では、常に本モードで動作します。

表 5-3 モニター 共通機能一覧

アイコン	説明	設定可能な状態		
		接続前	接続後	
			停止中	実行中
	AFE チューニングを開始します。チューニング時間は最大 1 時間です。		✓	
	AFE チューニングを停止します。			✓
	RA2A1 から AFE チューニング結果を取得し波形を表示します。波形表示を終了する場合は本アイコンを再度クリックしてください。波形表示については「5.2.2. 波形表示」を参照してください。	✓	✓	✓
	RA2A1 から AFE チューニング結果を取得し、A/D 変換値を母集団としたヒストグラムを表示します。ヒストグラム表示を終了する場合は本アイコンを再度クリックしてください。ヒストグラム表示については「5.2.3. ヒストグラム表示」を参照してください。	✓	✓	✓
	保存した AFE チューニングデータをファイルから読み出します。本操作により保持している AFE チューニングデータは破棄されます。ファイルの拡張子は「.dat」で、格納場所は任意です。	✓	✓	
	保持している AFE チューニングデータをファイルに保存します。ファイルの拡張子は「.dat」で、格納場所は任意です。	✓	✓	
	ローデータをリスト表示します。リスト表示対象のチャンネルは切り替えることができます。リスト表示を終了する場合はウィンドウ右上の「×」をクリックしてください。リスト表示については「5.2.4. ローデータ表示」を参照してください。	✓	✓	

## 5.2.2 波形表示

以下のアイコンをクリックすることで、A/D 変換値を波形表示することができます。モニタリング対象にコンパレータを選択した場合は、比較結果が波形で表示されます。

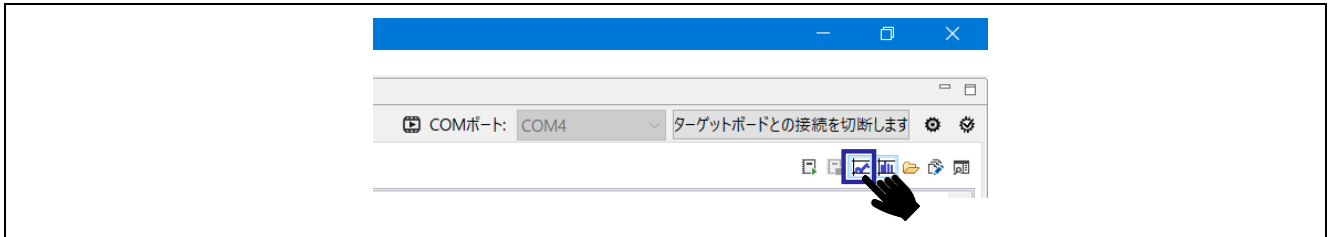


図 5-37 モニター 波形表示アイコン

X 軸は時間、Y 軸は変換値を示します。X 軸、Y 軸共にパラメータで表示範囲を設定可能です。A/D 変換値のローデータを表示することができます。ローデータについては「5.2.4. ローデータ表示」を参照してください。

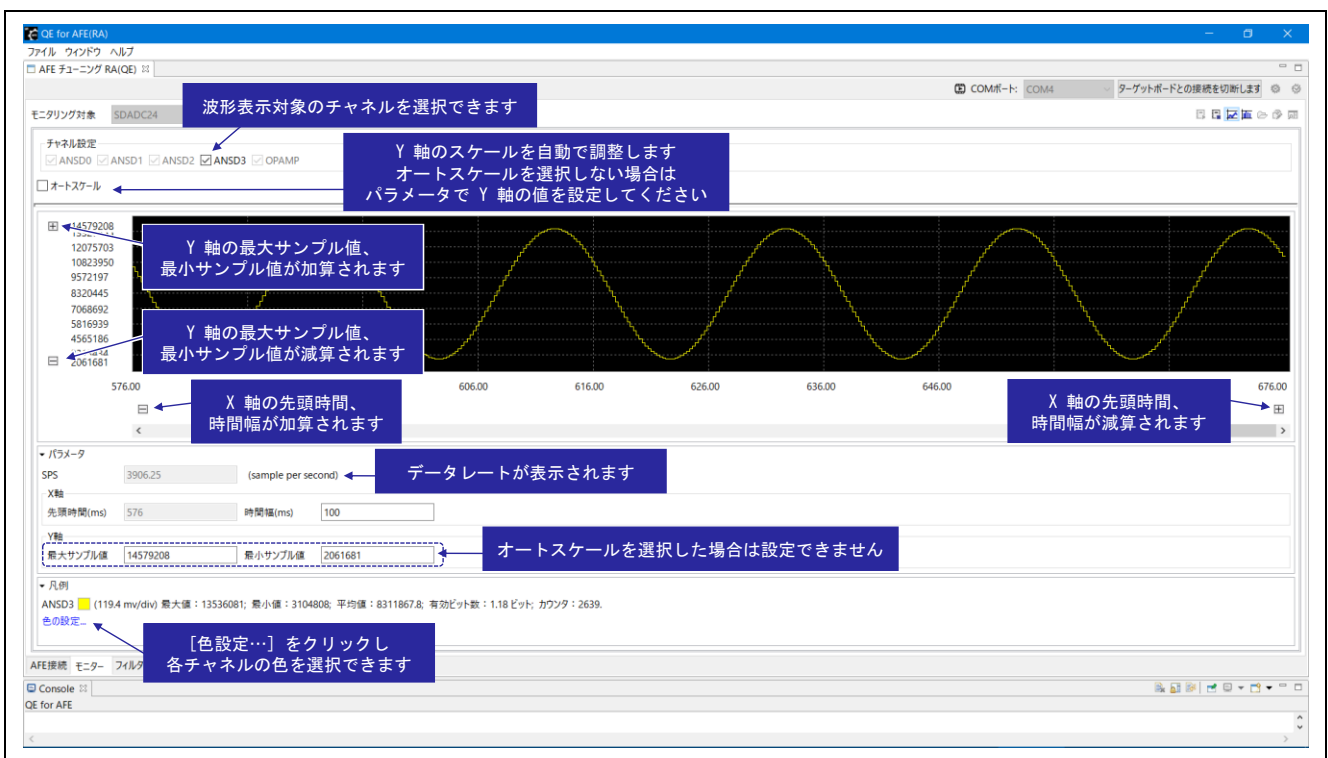


図 5-38 モニター 波形表示

## 5.2.3 ヒストグラム表示

以下のアイコンをクリックすることで、選択チャンネルの A/D 変換値を母数集団としたヒストグラムを表示することができます。

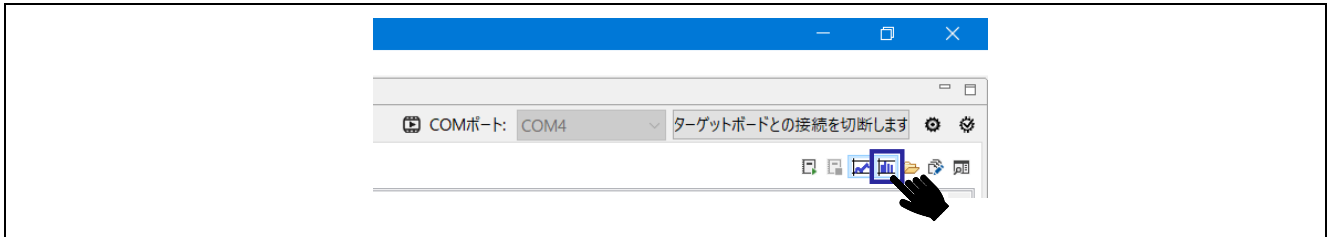


図 5-39 モニター ヒストグラム表示アイコン

X 軸は A/D 変換値、Y 軸は度数を示します。X 軸はパラメータで表示範囲を設定可能です。Y 軸は 0 から最大頻度の範囲で表示します。

各階級のローデータを表示することができます。ローデータについては「5.2.4. ローデータ表示」を参照してください。

波形とヒストグラム両方のアイコンをクリックすることで 2 画面に同時に表示することもできます。2 画面表示のイメージは図 5-34 を参照ください。

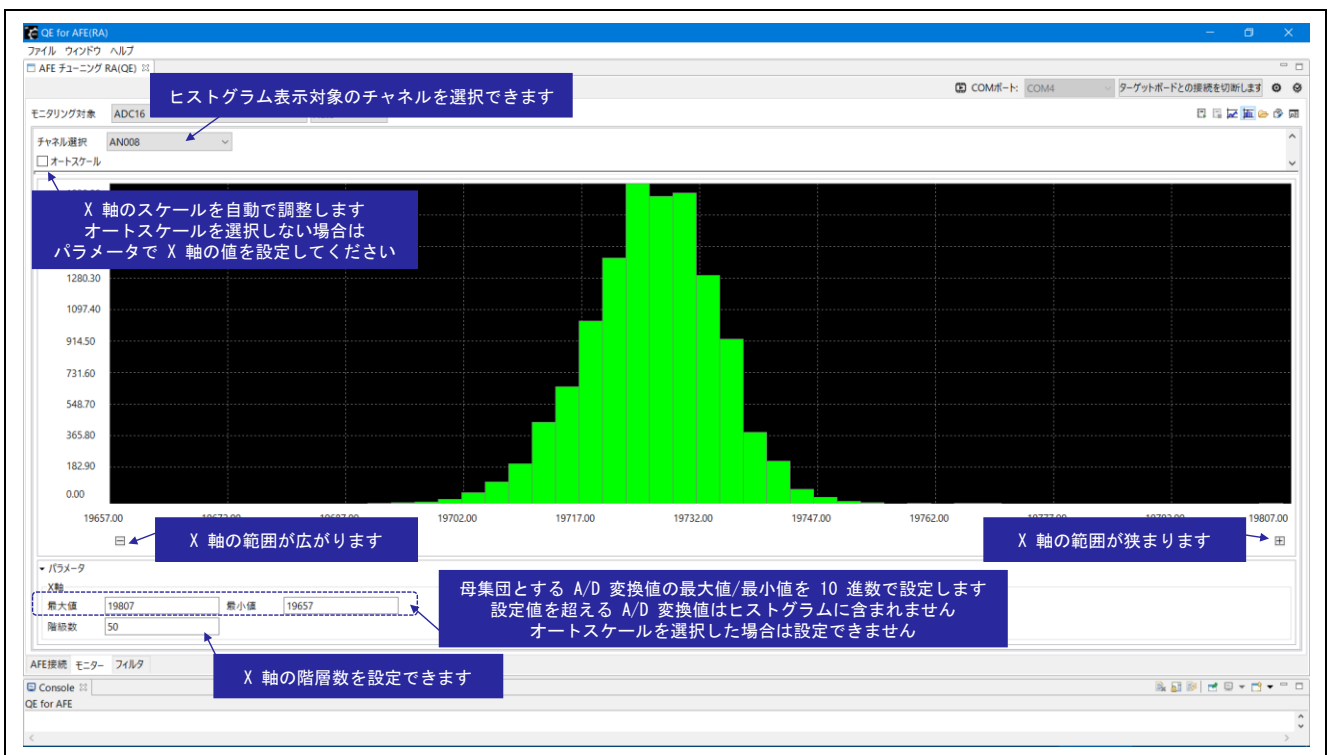


図 5-40 モニター ヒストグラム表示

## 5.2.4 ローデータ表示

以下のアイコンをクリックすることで、ローデータを表示することができます。

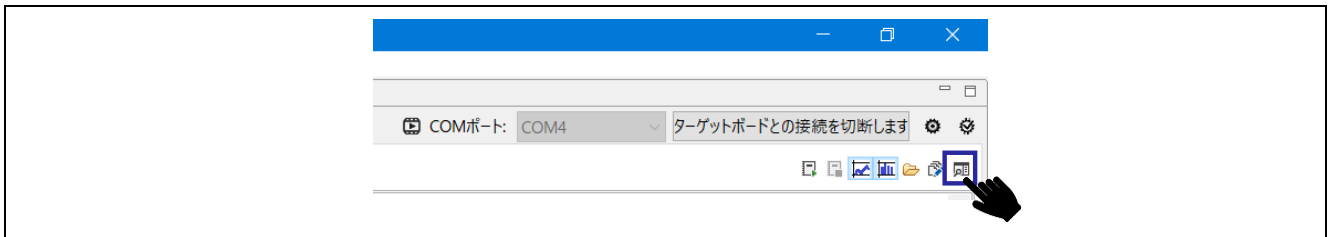


図 5-41 モニター ローデータ表示アイコン

ローデータは範囲を選択し CSV 形式でコピーすることが可能です。コピーは CTRL+C で行います。

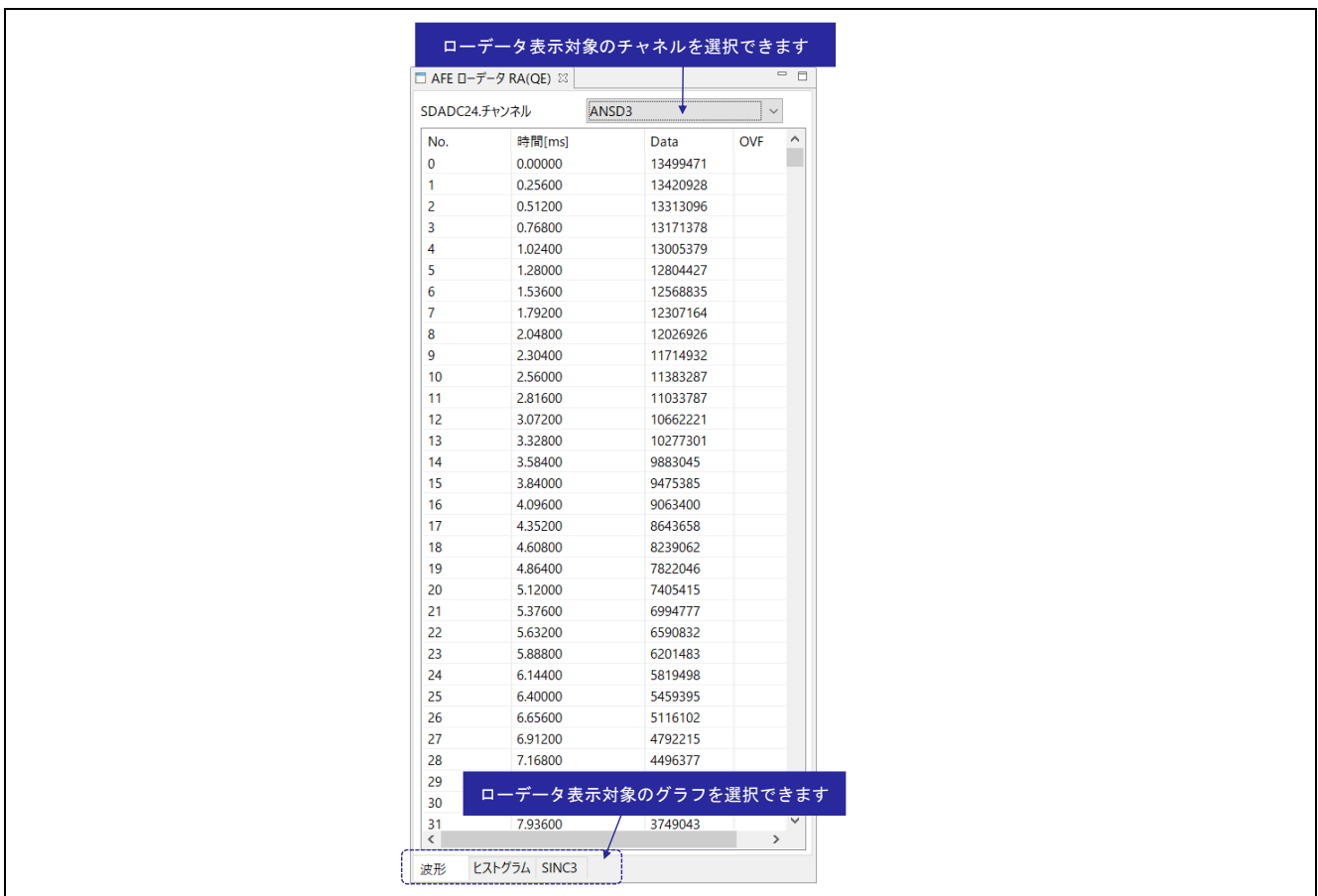


図 5-42 モニター ローデータ表示

### 5.3 フィルタ

以下のタブを選択することで、AFE 接続の補助的設定を行うことができます。



図 5-43 フィルタタブの選択

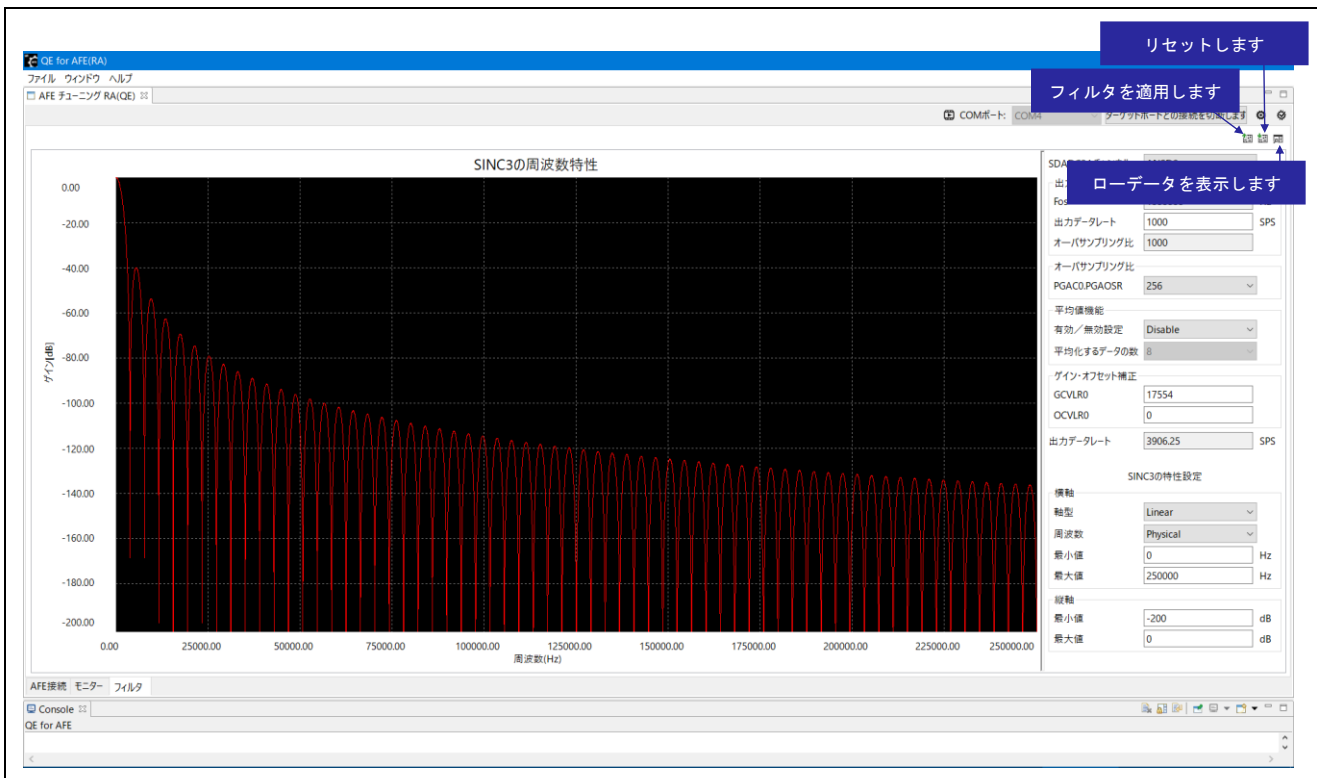


図 5-44 フィルタ表示

表 5-4 フィルタ機能一覧

アイコン	説明	設定可能な状態		
		接続前	接続後	
			停止中	実行中
	フィルタを AFE 接続タブのレジスタ値に適用します。	✓	✓	
	フィルタを AFE 接続タブのレジスタ値に基づく値にリセットします。	✓	✓	
	各周波数に対する Gain のローデータを表示します。 ローデータについては「5.2.4. ローデータ表示」を参照してください。	✓	✓	✓

5.3.1 SINC3 の周波数特性

SINC3 フィルタ関連レジスタの設定と、設定に基づく SINC3 フィルタの周波数特-Gain 特性グラフを表示します

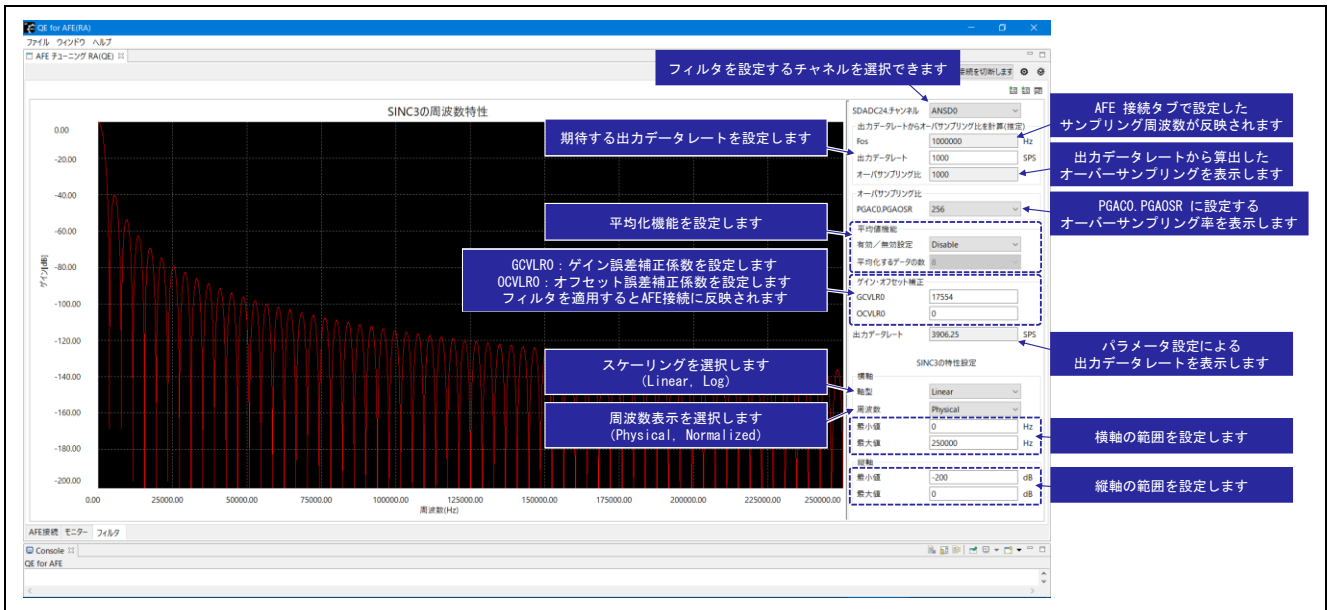


図 5-45 フィルタ SINC3 の周波数特性

### 5.4 キャリブレーション

QE for AFE とターゲットボードを接続後、以下のアイコンをクリックすることで、キャリブレーションによるアナログ特性補正の設定ができます。

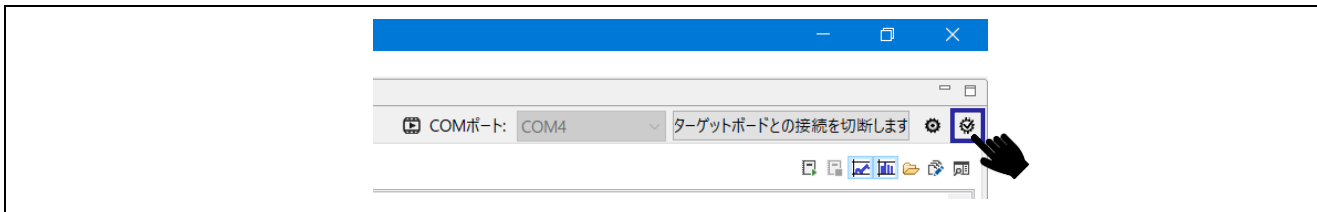


図 5-46 キャリブレーションアイコン

キャリブレーションはチャンネルごとに行います。キャリブレーションを実行する機能とチャンネルを選択し、「次へ」をクリックすると、以下のとおりキャリブレーション結果を表示します。

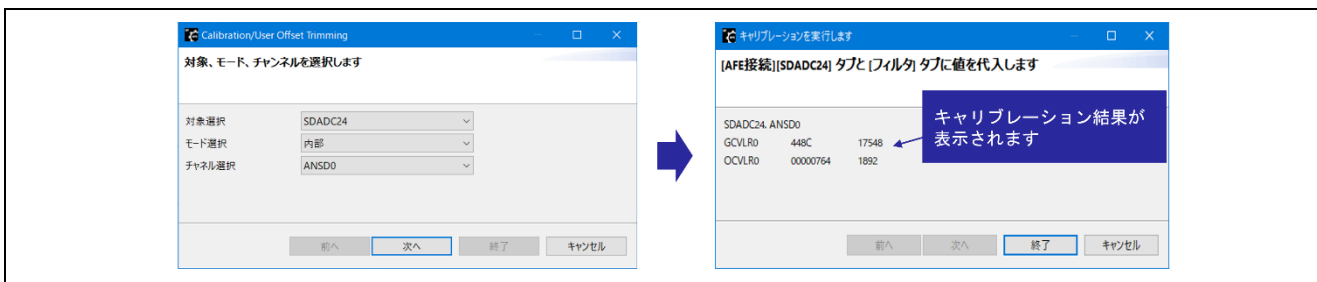


図 5-47 キャリブレーション結果の表示

「終了」をクリックすると、SINC3 および AFE 接続のレジスタ値に反映されます。

キャリブレーション結果を RA2A1 のレジスタに反映させる場合は、「AFE 接続」のキャリブレーション対象レジスタのチェックボックスにチェックを入れ、RA2A1 への書き込みを実行してください。

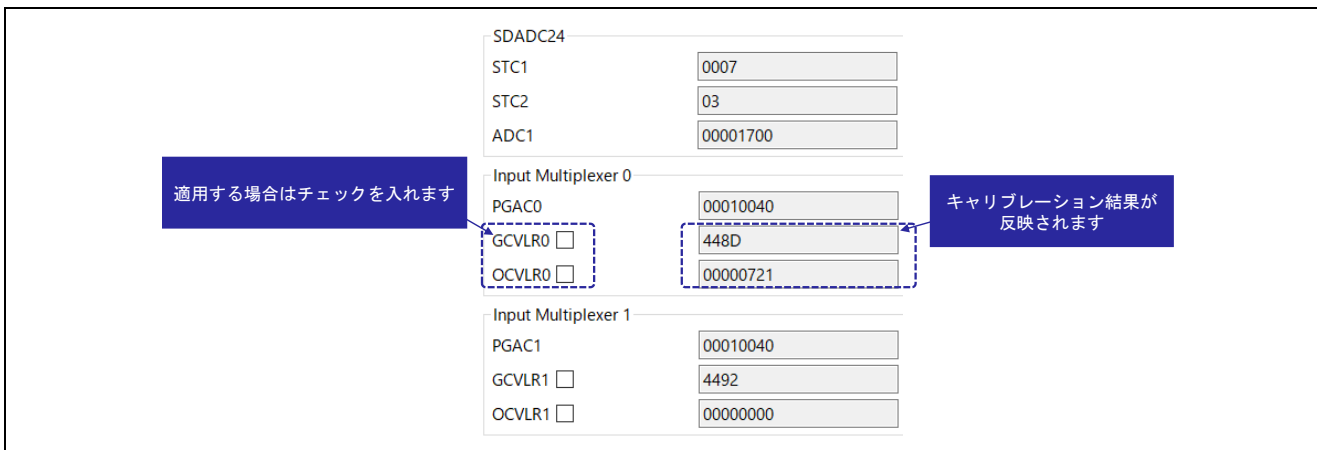


図 5-48 キャリブレーション AFE 接続のレジスタ値への反映



## 改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	Aug.20.21	—	初版

## 製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

### 1. 静電気対策

CMOS製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

### 2. 電源投入時の処置

電源投入時は、製品の状態は不定です。電源投入時には、LSIの内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

### 3. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れしないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

### 4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「未使用端子の処理」に従って処理してください。CMOS製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI周辺のノイズが印加され、LSI内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。

### 5. クロックについて

リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

### 6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS製品の入力がノイズなどに起因して、 $V_{IL}(\text{Max.})$  から  $V_{IH}(\text{Min.})$  までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 $V_{IL}(\text{Max.})$  から  $V_{IH}(\text{Min.})$  までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

### 7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられている リザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

### 8. 製品間の相違について

型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。同じグループのマイコンでも型名が違えば、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

## ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
  2. 当社製品または本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
  3. 当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
  4. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
  5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、変更、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、改造、複製、リバースエンジニアリング等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
  6. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。  
標準水準： コンピュータ、OA 機器、通信機器、計測機器、AV 機器、家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等  
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通管制（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等  
当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。
  7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア/ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限られません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア/ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
  8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
  9. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
  10. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
  11. 当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
  12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものとなります。
  13. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。
  14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。
- 注 1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社が直接的、間接的に支配する会社をいいます。
- 注 2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注 1 において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

(Rev.5.0-1 2020.10)

## 本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

[www.renesas.com](http://www.renesas.com)

## お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

[www.renesas.com/contact/](http://www.renesas.com/contact/)

## 商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。