

## Renesas RA0 シリーズ

### 低消費電力ガイド

---

#### 要旨

本アプリケーションノートでは、低消費電力を実現する一般的な手法と、RA0 シリーズに搭載された消費電力低減機能の設定方法を説明します。CPU/周辺ハードウェア・クロックの設定や、スリープモード、ソフトウェアスタンバイモード、スヌーズモードを活用した低消費電力化手法について解説します。

#### 対象デバイス

RA0 シリーズ

本アプリケーションノートを他のマイコンへ適用する場合、そのマイコンの仕様にあわせて変更し、十分評価してください。

## 目次

マイクロコントローラの消費電力低減方法 .....	3
1. 低消費電力機能 .....	6
1.1 RA0 シリーズの低消費電力モード .....	6
1.2 低消費電力モードへの移行・解除方法 .....	7
1.2.1 FSP を使用したスリープモードの設定 .....	9
1.2.2 FSP を使用したソフトウェアスタンバイモードの設定 .....	11
1.2.3 FSP を使用したスヌーズモードの設定 .....	14
1.3 モジュールストップ機能 .....	17
1.3.1 モジュールストップ設定方法 .....	17
1.3.2 FSP を使用したモジュールストップ機能の設定 .....	19
1.4 フラッシュ動作モード .....	20
1.4.1 フラッシュ動作モードの設定 .....	21
1.4.2 FSP を使用したフラッシュ動作モードの設定 .....	21
1.5 サブクロック発振器駆動モード .....	23
1.5.1 サブクロック発振駆動能力の設定 .....	23
1.5.2 FSP を使用したサブクロック発振器駆動モードの設定 .....	24
1.6 RAM の動作モード .....	25
1.6.1 RAM の動作モードの設定 .....	25
1.6.2 FSP を使用した RAM 動作モードの設定 .....	25
1.7 A/D 動作電圧モード .....	27
1.7.1 A/D 動作電圧モードの設定 .....	27
1.7.2 FSP を使用した A/D 動作モードの設定 .....	28
2. 低消費電力実現のための注意事項 .....	29
2.1 未使用端子の処理 .....	29
2.1.1 FSP を使用した未使用端子の処理設定 .....	29
2.2 スタンバイコントロールレジスタ(SBYCR)の設定 .....	30
2.2.1 フラッシュ動作/停止設定 .....	30
2.2.2 サブクロック発振器で動作する周辺機能 .....	30
2.2.3 FSP を使用したスタンバイコントロールレジスタの設定 .....	30
3. 参考ドキュメント .....	33
改訂記録 .....	34

## マイクロコントローラの消費電力低減方法

マイクロコントローラの消費電力を低減させる方法としては次の方法があります。

- (1) 低消費電力モードの使用
- (2) 処理内容に適した低消費電力モードの選択
- (3) 適切な発振子と発振周波数の使用
- (4) 未使用端子の処理

### (1) 低消費電力モードの使用

マイクロコントローラの動作は、プログラム実行できる通常動作モードと、プログラム実行する必要がないときに遷移可能な低消費電力モードの二つに大別されます。

多くのアプリケーションでは、CPU が常にプログラム実行している必要はなく、外部からの入力信号待ちやタイマによる時間経過待ちなど、CPU が演算処理を行っていない期間が多く存在します。この期間、通常動作モードから低消費電力モードに切り替えることで、消費電力を低減することができます。

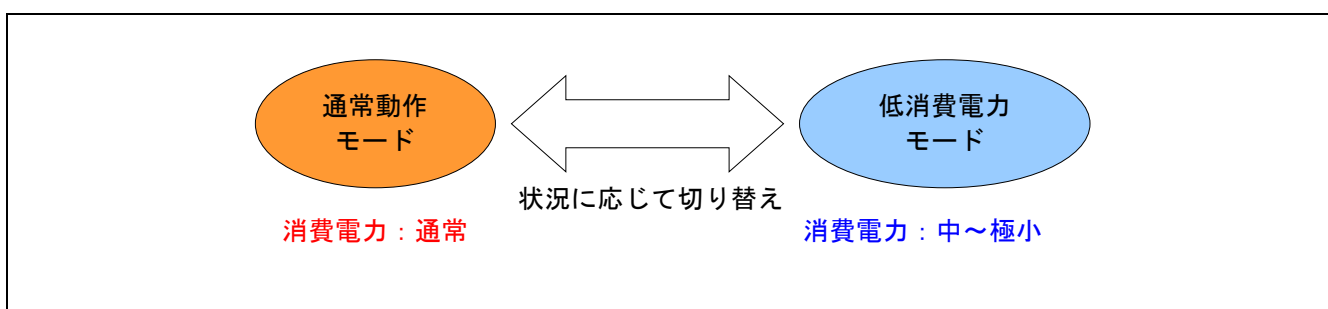


図 0-1 基本的なマイクロコントローラの動作モード

### (2) 処理内容に適した低消費電力モードの選択

RA0 シリーズの低消費電力モードにはスリープモード、ソフトウェアスタンバイモード、スヌーズモードがあります。システムに応じて最適な低消費電力モードを選択することが重要です。

#### ● スリープモード:

CPU の動作を停止し、周辺機能は動作可能な状態を維持します。ソフトウェアスタンバイモードよりも消費電力は高くなりますが、高速な復帰が可能です。

#### ● ソフトウェアスタンバイモード:

CPU だけでなくシステムクロックも停止し、消費電力を最小限に抑えます。ただし、スリープモードに比べて復帰に時間がかかります。

#### ● スヌーズモード:

ソフトウェアスタンバイモード中に、一部の周辺機能（ADC、SAU、DTC）のクロック動作を再開し、低消費電力で動作させることができます。CPU を動作させることなく、間欠的なデータ収集や監視を行う場合に適しています。

## ① 低消費電力モードからの復帰を早くしたい場合

低消費電力モードからの復帰速度を重視する場合は、スリープモードを選択します。ただし、使用するクロックによっては、ソフトウェアスタンバイモードでも十分な速度で復帰できる場合があります。システムの要件に応じて最適なモードを選択してください（ソフトウェアスタンバイモードからの復帰時間：高速オンチップオシレータ高速起動時 0.9 $\mu$ s）。

## ② 低消費電力モード中に周辺機能を動作させる場合

ソフトウェアスタンバイモード中に特定の周辺機能を動作させる必要がある場合は、消費電力と機能要件を考慮して、スリープモード、ソフトウェアスタンバイモード、スヌーズモードの中から最適なモードを選択する必要があります。

- スリープモード
  - ・TAUによるインターバル動作やキャプチャ動作を使用する場合
- ソフトウェアスタンバイモード
  - ・RTCやTML32のようにサブシステム・クロックのみで動作可能な周辺機能を使用する場合
  - ・IICAをスレーブとして使用し、ウエイク・アップ機能を使用する場合
- スヌーズモード
  - ・SAUのスレーブ受信やUARTによるデータ受信に使用する場合
  - ・A/Dコンバータでアナログ信号を監視する場合

## ③ 低消費電力モードと通常動作モードを切り替える場合

システム全体の平均消費電力を考える必要があります。スタンバイ状態となる時間とその消費電力、通常動作状態となる時間とその消費電力を考慮して動作モードを決定します。一般的には、スタンバイ状態となる期間が長い場合は最も低消費電力であるソフトウェアスタンバイモード、スタンバイ解除の頻度が高い場合はスタンバイ復帰時間が短いスリープモードが有効です。

以上を簡単にまとめると表 0-1 のようになります。

表 0-1 アプリケーションに適した低消費電力モード

アプリケーション	適した低消費電力モード
定期的に通常動作とスタンバイを繰り返すアプリケーション (スタンバイ状態の期間が長いアプリケーション)	ソフトウェアスタンバイモード
頻繁に通常動作とスタンバイを繰り返すアプリケーション (高速なスタンバイ復帰を必要とするアプリケーション)	スリープモード
スタンバイ期間中に一部の周辺機能(ADC,SAU,DTC)を動作させるアプリケーション	スヌーズモード

## (3) 使用する発振子と発振周波数

水晶振動子は、周波数精度に優れる一方で、発振安定時間が比較的長いという特性があります。発振安定時間中にも電力を消費するため、発振安定時間が長いほど消費電力が増加する傾向があります。そのため、周波数精度が特に重要ではないアプリケーションにおいては、セラミック発振子や高速オンチップオシレータ (HOCO) を使用することで、発振安定時間を短縮し、消費電力を低減できます。

セラミック発振子は、水晶振動子に比べて周波数精度は劣りますが、発振安定時間が短いという利点があり、消費電力の低減につながります。

高速オンチップオシレータ (HOCO) は、セラミック発振子よりも周波数精度はさらに劣るものの、セラミック発振子を使用する場合と比較して、消費電力を低減できます。加えて、外付けの発振子が不要になるため、部品コストの削減にもつながります。各クロックの特性を表 0-2 に示します。

一般的に、動作周波数と消費電力は比例関係にあります。したがって、システム処理速度を重要視しない場合は、動作周波数を下げることで、消費電力の低減が可能です。

表 0-2 各クロックの特徴

	発振周波数の精度	発振安定時間
水晶発振子	非常に高精度 (0.001 %程度)	長い (数 ms ~ 数十 ms)
セラミック発振子	水晶発振子より劣る (0.5 %程度)	短い (数十 $\mu$ s ~ 数百 $\mu$ s)
高速オンチップオシレータ	セラミック発振子より劣る (1 %程度)	短い (4.4 $\mu$ s (MAX.) )

## (4) 未使用端子の処理

マイクロコントローラの未使用端子を放置すると、外部ノイズや電磁波の影響により端子の電位が不安定になり、内部回路が意図しない状態遷移を引き起こす可能性があります。これにより、不要な電流が流れ込み、消費電力が増加する原因となります。そのため、未使用端子の適切な処理は、誤動作の防止やノイズ耐性の向上に加え、消費電力の低減にも重要な役割を果たします。

入出力ポートにおいて、入力モードに設定された未使用端子は、プルアップ抵抗またはプルダウン抵抗を介して、電源電圧 (VCC) または接地 (VSS) に接続します。これにより、入力電圧が安定し、電源ノイズの影響を抑制することができます。抵抗は、できる限り端子に近い位置に配置することが重要です。抵抗と端子間の配線が長くなると、その配線が外部ノイズをマイクロコントローラ内部に引き込むアンテナとして機能する可能性があります。

出力モードに設定された未使用端子は、原則として開放状態とします。ただし、開放状態のポートの出力レベルを頻繁に変化させると、そのポート自体がノイズ源となるため、プログラムによって出力レベルを固定することを推奨します。

## 1. 低消費電力機能

### 1.1 RA0 シリーズの低消費電力モード

RA0 シリーズが搭載している 3 つの低消費電力モードについて説明します。

#### ① スリープモード

スリープモードでは、CPU は動作を停止しますが、CPU の内部レジスタの値は保持されます。CPU 以外の周辺機能は動作を継続します。

独立ウォッチドッグタイマ (IWDT) がオートスタートに設定されており、かつ OFS0.IWDTSTPCTL ビットが 1 に設定されている場合、スリープモード中は IWDT のカウント動作が停止します。OFS0.IWDTSTPCTL が 0 の場合はカウント動作が継続されます。

#### ② ソフトウェアスタンバイモード

ソフトウェアスタンバイモードでは、CPU と大半の内蔵周辺機能、および発振器が停止します。ただし、CPU の内部レジスタの値と SRAM データ、内蔵周辺機能と I/O ポートの状態は保持されます。

ソフトウェアスタンバイモードでは、大半の発振器が停止するため、消費電力が大幅に削減できます。IWDT がオートスタートモードに設定されており、かつ OFS0.IWDTSTPCTL ビットが 1 の場合、ソフトウェアスタンバイモードへの移行と同時に IWDT カウント動作が停止します。OFS0.IWDTSTPCTL ビットが 0 の場合はカウント動作が継続されます。

#### ③ スヌーズモード

ソフトウェアスタンバイモード中にスヌーズ要求を受信すると MCU はスヌーズモードへ移行します。

スヌーズモードでは、CPU の動作を停止したまま一部の周辺機能 (ADC、SAU、DTC) による動作が可能となります。

図 1-1 に通常動作モードと各低消費電力モードの状態を示します。

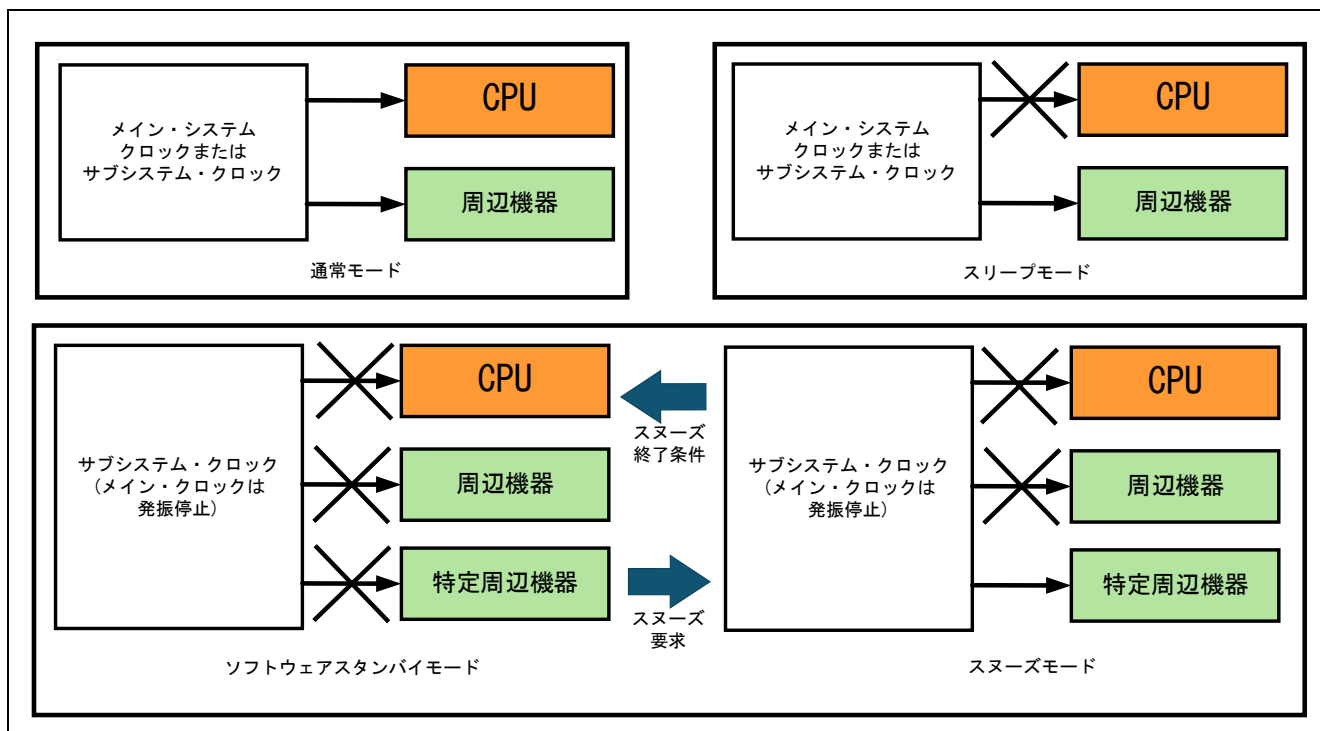


図 1-1 各動作モードの状態

## 1.2 低消費電力モードへの移行・解除方法

低消費電力モードへの遷移と解除方法の概要について、以下の図 1-2 に示します。詳細や使用上の注意点については、ユーザーズマニュアル ハードウェア編：低消費電力モードの項目をご参照ください。

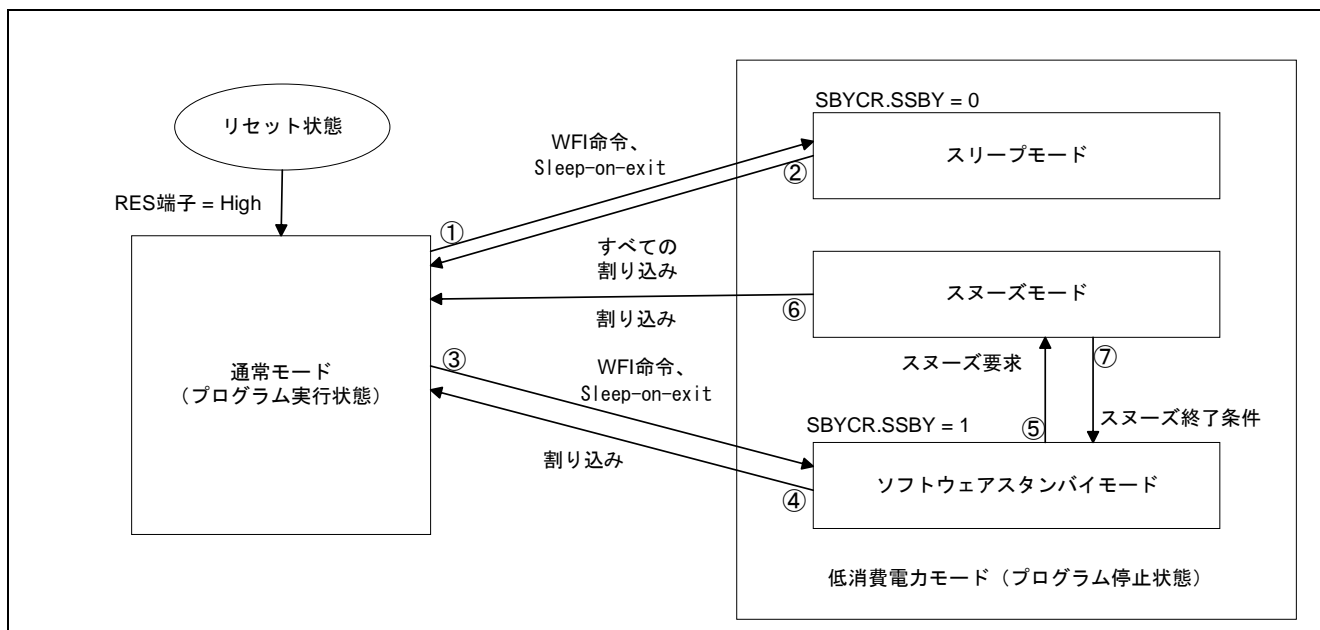


図 1-2 各動作モードの遷移

- ① スリープモードへの移行  
SBYCR レジスタの SSBY ビットが 0 に設定された状態で WFI 命令を実行すると、CPU へのクロック供給が停止してスリープモードに移行します。
- ② スリープモードの解除  
スリープモードは、主に割り込み信号（外部割り込みやタイマ割り込みなど）によって解除されます。その他、RES 端子からのリセット、IWDT のアンダーフローによる内部リセット、電圧監視や SRAM パリティエラーによるリセットもスリープ解除の要因となります。
- ③ ソフトウェアスタンバイモードへの移行  
SBYCR レジスタの SSBY ビットを 1 に設定された状態で WFI 命令を実行するとソフトウェアスタンバイモードに移行します。  
フラッシュ・メモリのプログラム/イレース処理中はソフトウェアスタンバイモードに移行できません。これらの処理が完了してから WFI 命令を実行してください。
- ④ ソフトウェアスタンバイモードの解除  
ソフトウェアスタンバイモードは、利用可能な割り込み、RES 端子リセット、パワーオンリセットなどによって解除されます。解除後、移行前に動作していた発振器が再起動し、ICLK のソースクロックが安定すると、MCU は通常モードへ復帰します。

## ⑤ スヌーズモードへの移行

ソフトウェアスタンバイモード中にスヌーズ要求を受信すると MCU はスヌーズモードへ移行します。スヌーズモードへの切り替えに利用可能なスヌーズ要求を表 1-1 示します。

表 1-1 スヌーズモードへの切り替えに利用可能なスヌーズ要求

スヌーズ要求出力ソース	コントロールレジスタ	
	レジスタ	ビット
SAU0	SSC0	SWC
ADC12	ADM2	AWC
ICU (DTC 用)	DTCENSTn	STm

スヌーズモード時に DTC を使用する場合を除き、DTCST.DTCST ビットを 0 にしてから WFI 命令を実行してください。スヌーズモード時に DTC が必要な場合は、DTCST.DTCST ビットを 1 にしてから WFI 命令を実行してください。

## ⑥ スヌーズモードの解除

スヌーズモードは、ソフトウェアスタンバイモードで利用可能な割り込み（GPIO エッジ検出、RTC 割り込み）または、リセット（RES 端子リセット、IWDG リセット）によって解除されます。

## ⑦ スヌーズモードからソフトウェアスタンバイモードへの復帰

スヌーズモード中に動作していた周辺機能の処理が完了し、スヌーズ要求がクリアされると、MCU はスヌーズモードを抜け、自動的にソフトウェアスタンバイモードへ戻ります。

1.2.1 FSP を使用したスリープモードの設定

FSP でのスリープモードの設定方法を図 1-3 に示します。

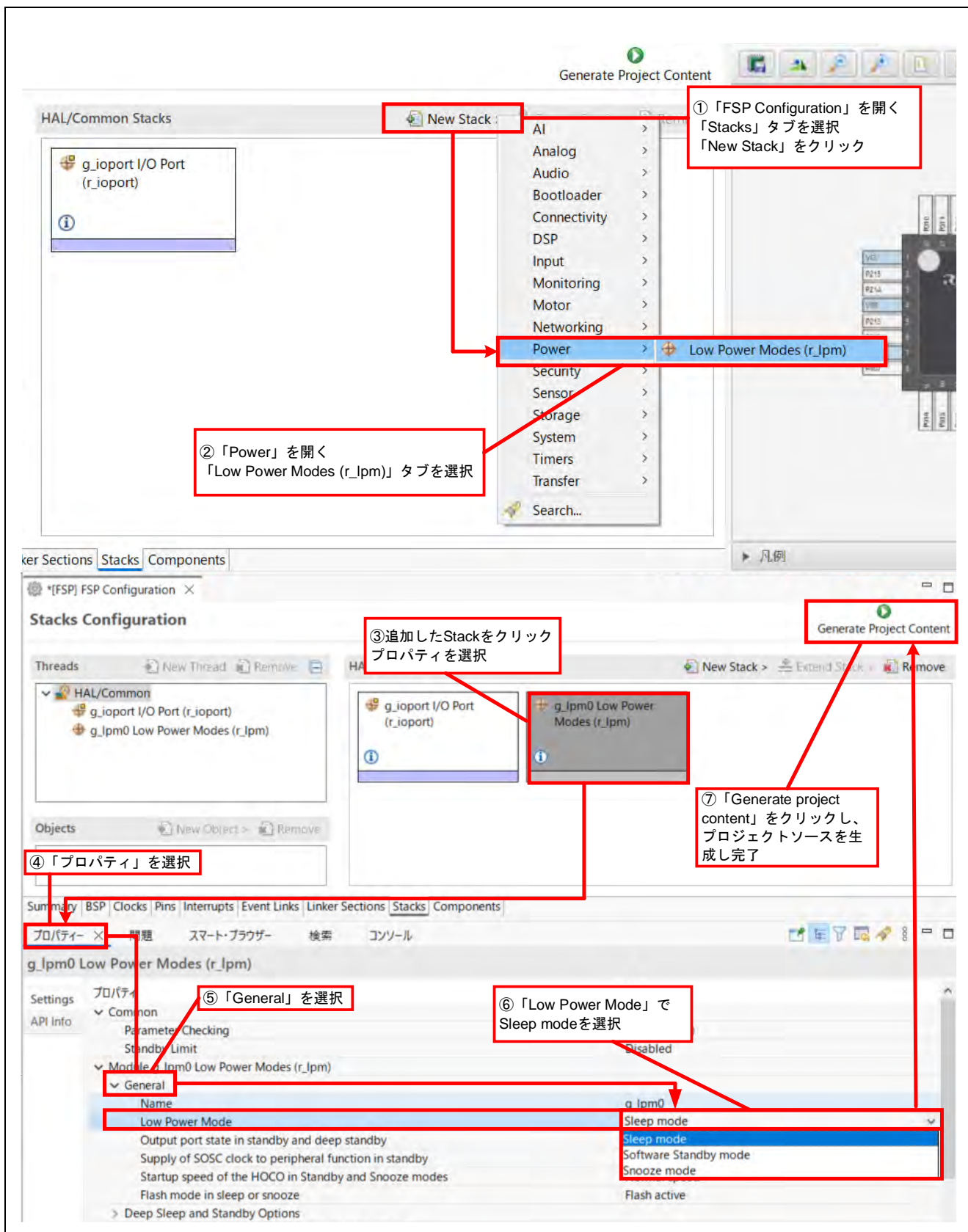


図 1-3 スリープモードの設定

FSP 設定後の API 関数の使用方法を図 1-4 に示します。API の詳細については、FSP の Module Resource Page をご参照ください。

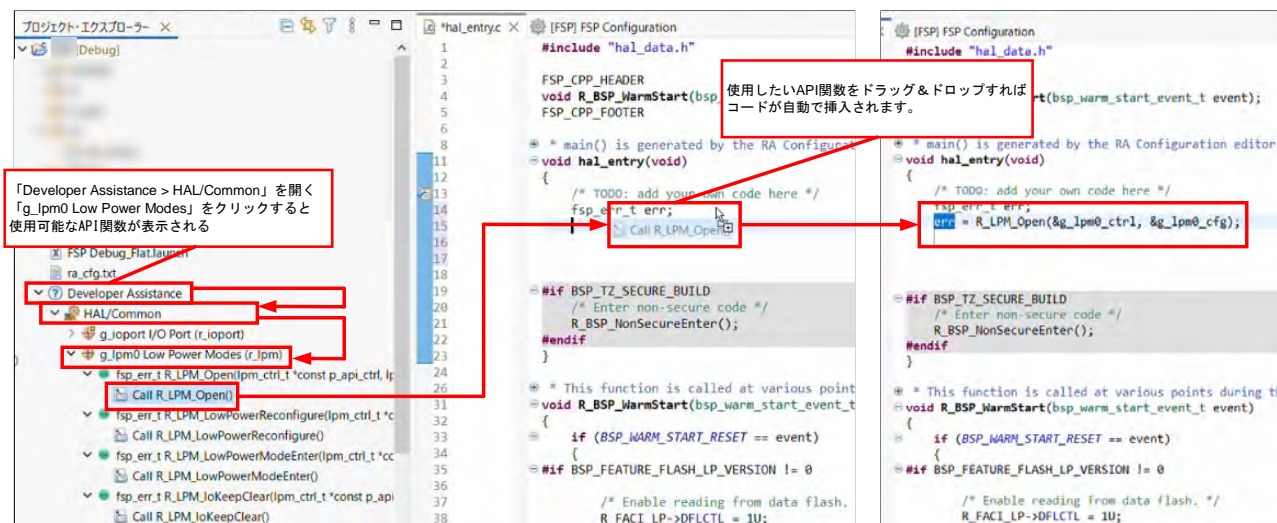


図 1-4 API の使用方法

FSP で設定した r\_lpm モジュールの Name を「g\_lpm0」、Low Power Mode を「sleep mode」に設定した時に、スリープモードに移行して解除するまでの例を図 1-5 にフローチャートで示します。

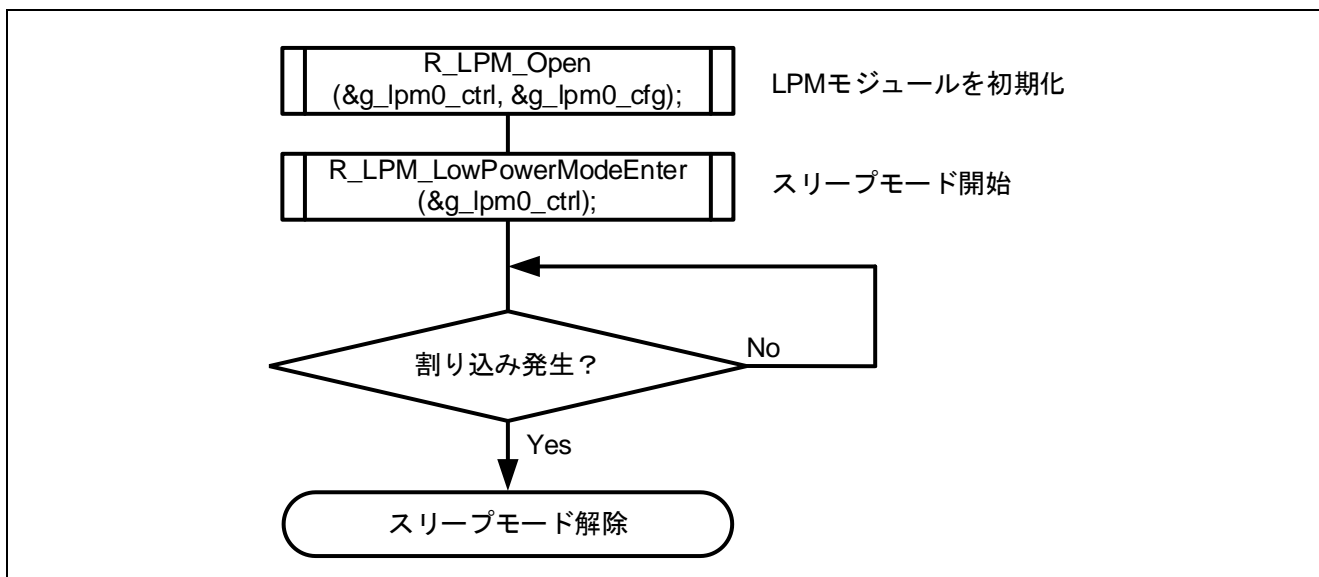


図 1-5 スリープモード移行・解除フロー

1.2.2 FSP を使用したソフトウェアスタンバイモードの設定

FSP でのソフトウェアスタンバイモードの設定方法を図 1-6 に示します。

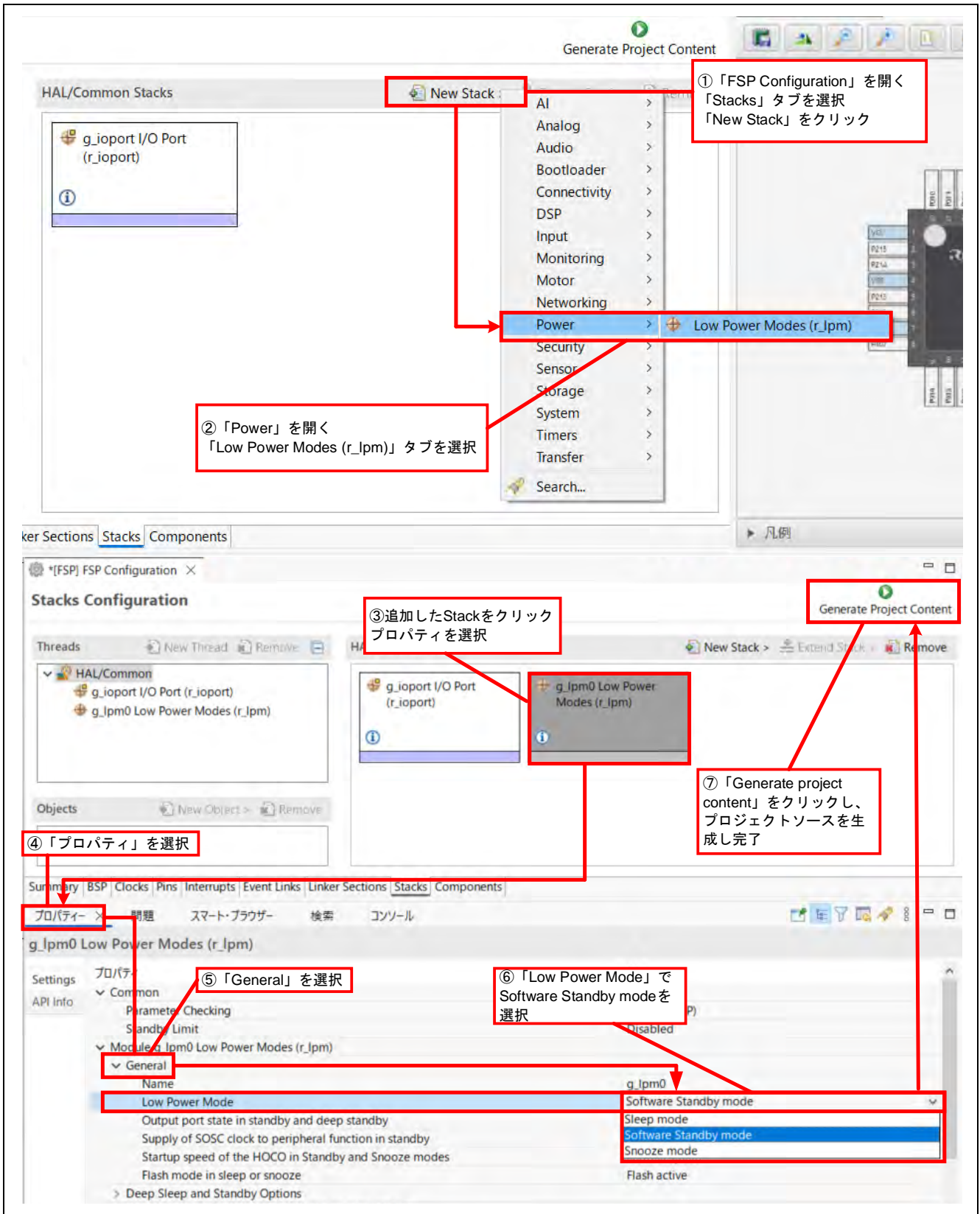


図 1-6 ソフトウェアスタンバイモードの設定

ソフトウェアスタンバイモード解除用の割り込み設定例を図 1-7 に示します。図は IRQ0 による割り込みで解除するための設定です。

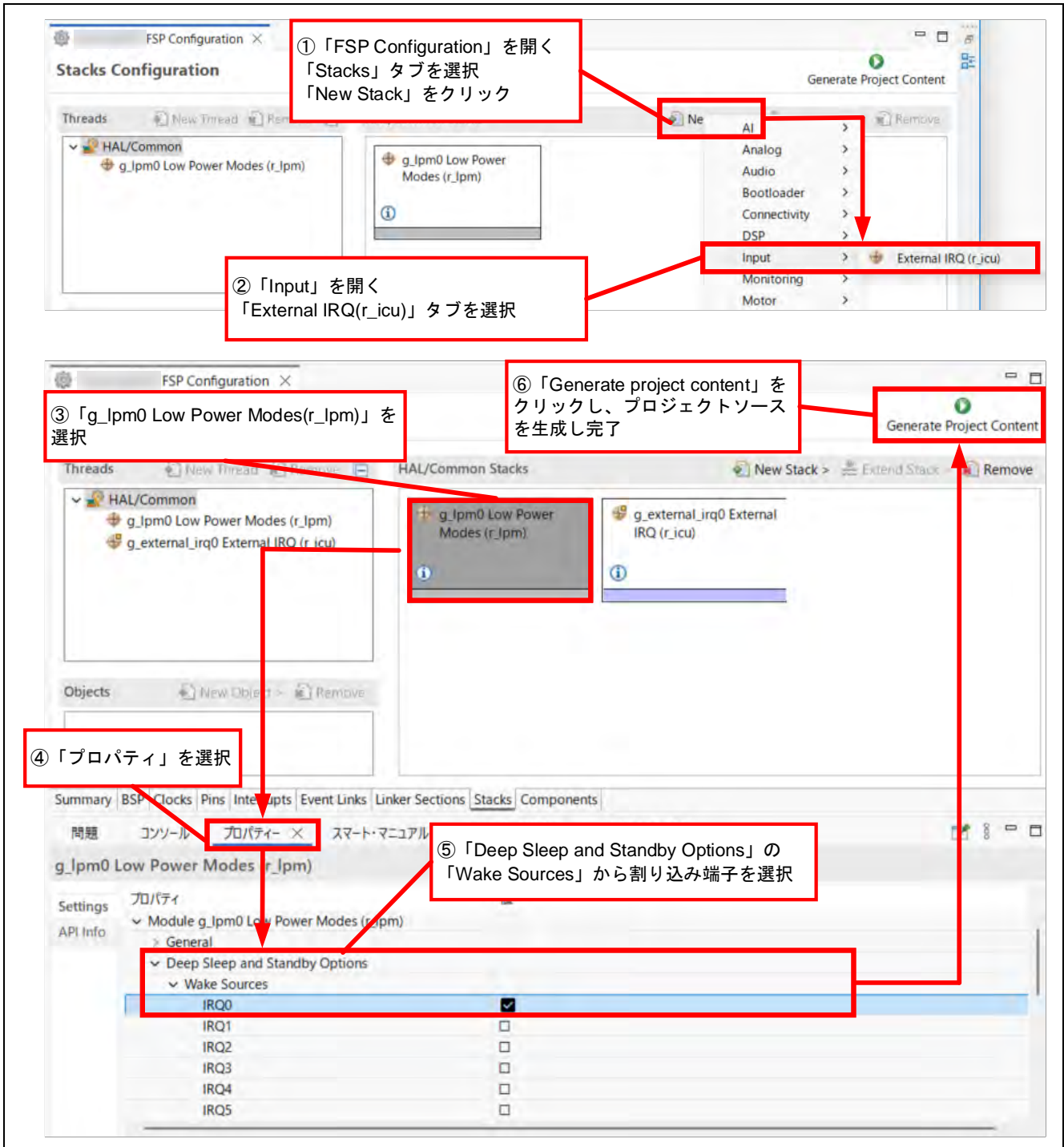


図 1-7 ソフトウェアスタンバイモード解除用割り込みの設定

FSP 設定後の API 関数の使用方法を図 1-8 に示します。API の詳細については、FSP の Module Resource Page をご参照ください。

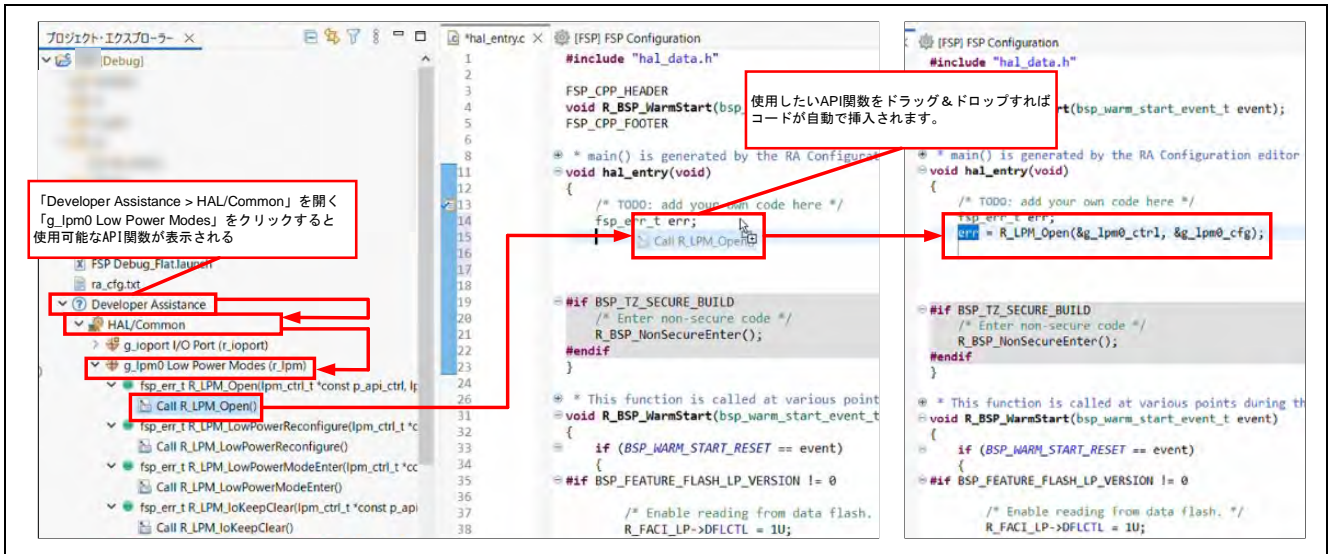


図 1-8 API の使用方法

FSP で設定した r\_lpm モジュールの Name を「g\_lpm0」、Low Power Mode を「Software standby mode」、Wake Sources を「IRQ0」に設定した時に、ソフトウェアスタンバイモードに移行して解除するまでの例を図 1-9 にフローチャートで示します。

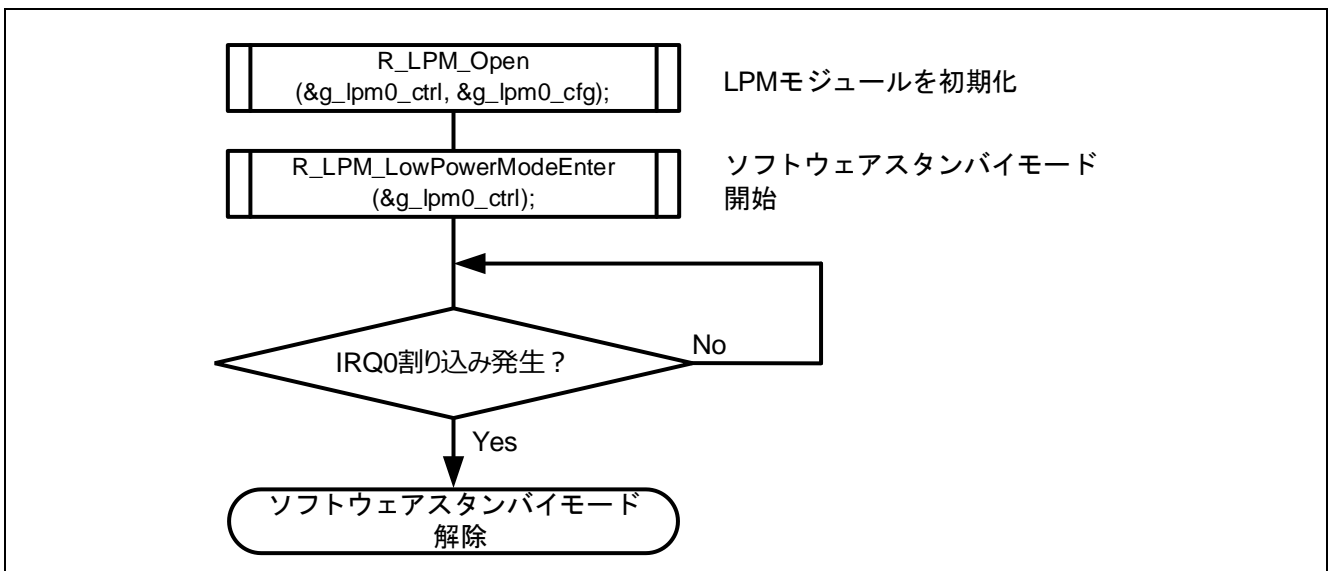


図 1-9 ソフトウェアスタンバイモード移行・解除フロー

1.2.3 FSP を使用したスヌーズモードの設定

FSP でのスヌーズモードの設定方法を図 1-10 に示します。

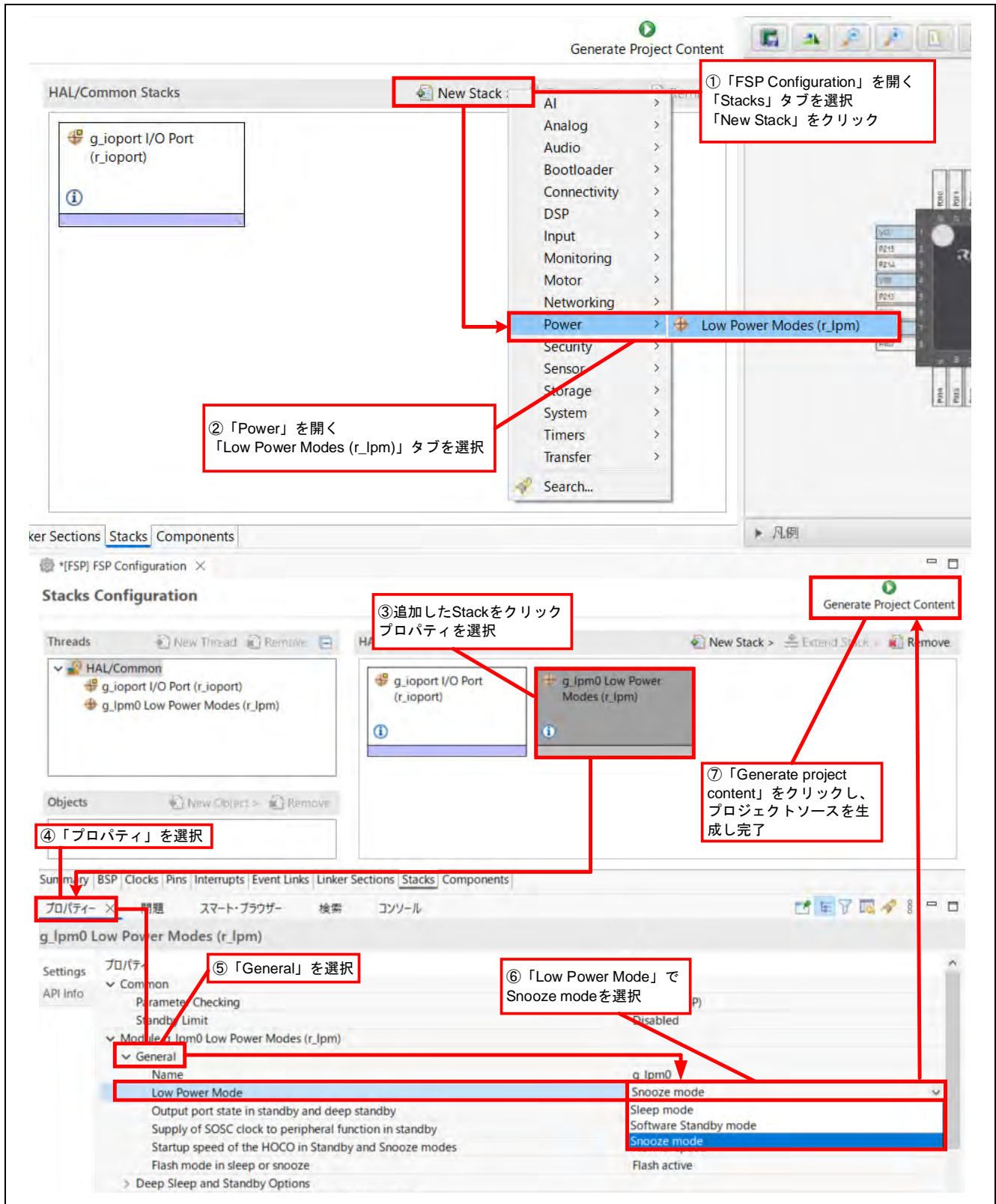


図 1-10 スヌーズモードの設定

【注】スヌーズモード時に DTC を使用する場合は、DTCENSETx を 1 に設定してください。ビットに 1 を書き込むことにより、対応するイベントが DTC 起動要因として選択されます。

スヌーズモード解除用の割り込み設定例を以下の図 1-11 に示します。図 1-11 は IRQ0 による割り込みで解除するための設定です。

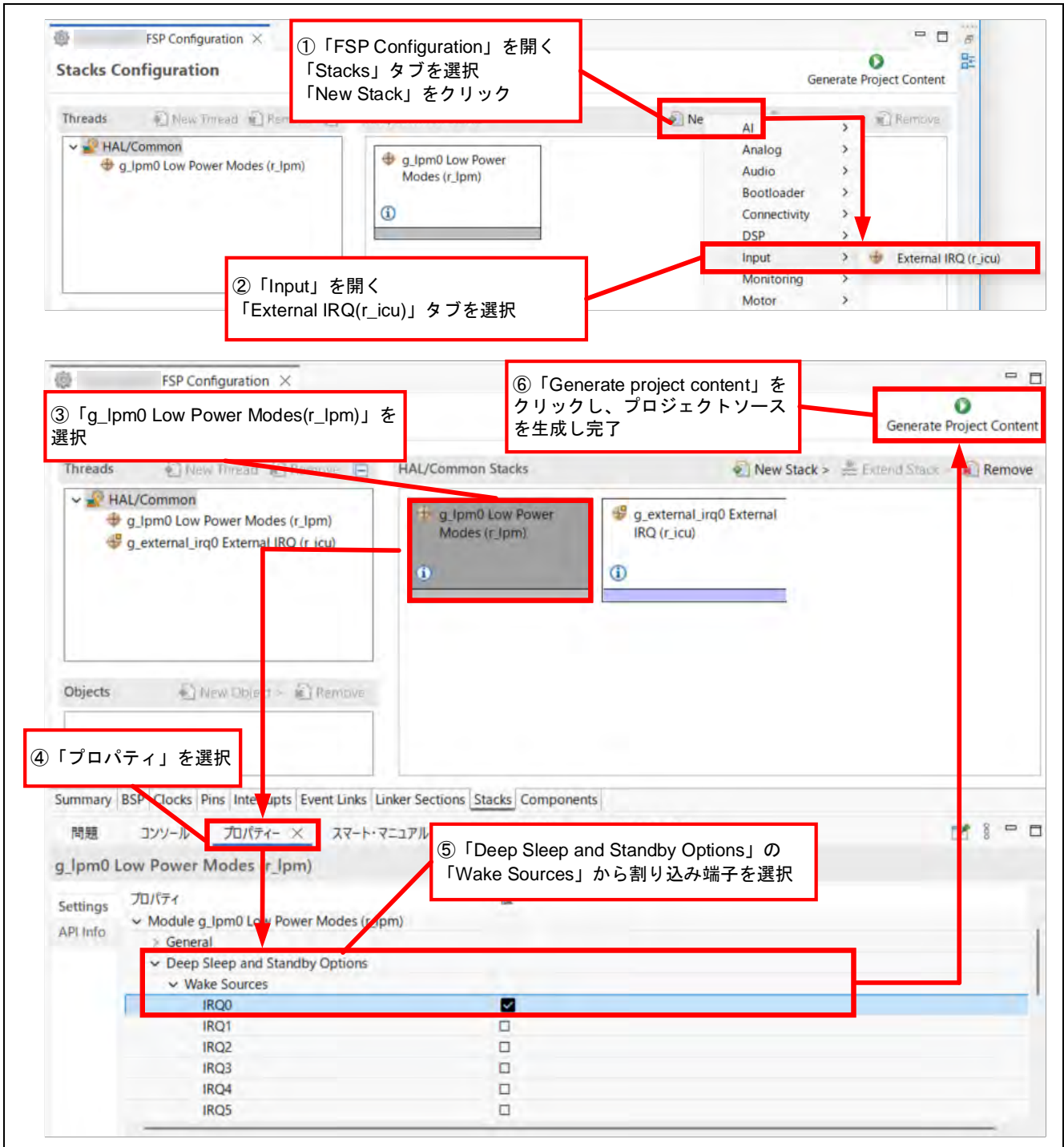


図 1-11 スヌーズモード解除用割り込みの設定

FSP 設定後の API 関数の使用方法を図 1-12 に示します。API の詳細については、FSP の Module Resource Page をご参照ください。

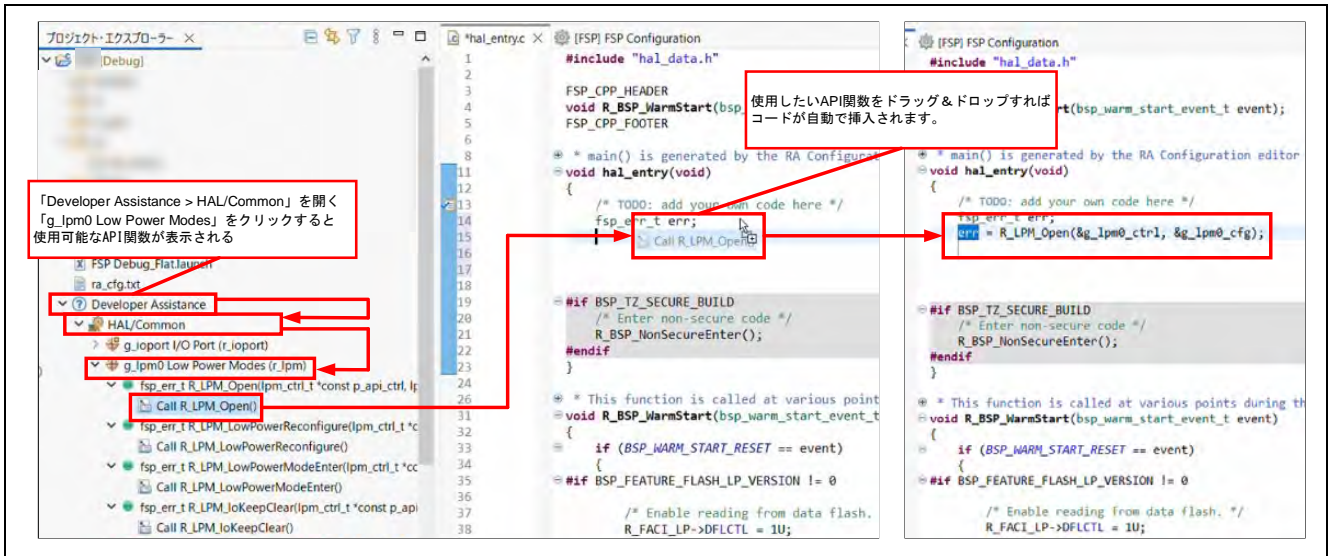


図 1-12 API の活用方法

FSP で設定した r\_lpm モジュールの Name を「g\_lpm0」、Low Power Mode を「Snooze mode」、Wake Sources を「IRQ0」に設定した時の、スヌーズモード移行のトリガ検出からスヌーズモード解除するまでの例を図 1-13 にフローチャートで示します。

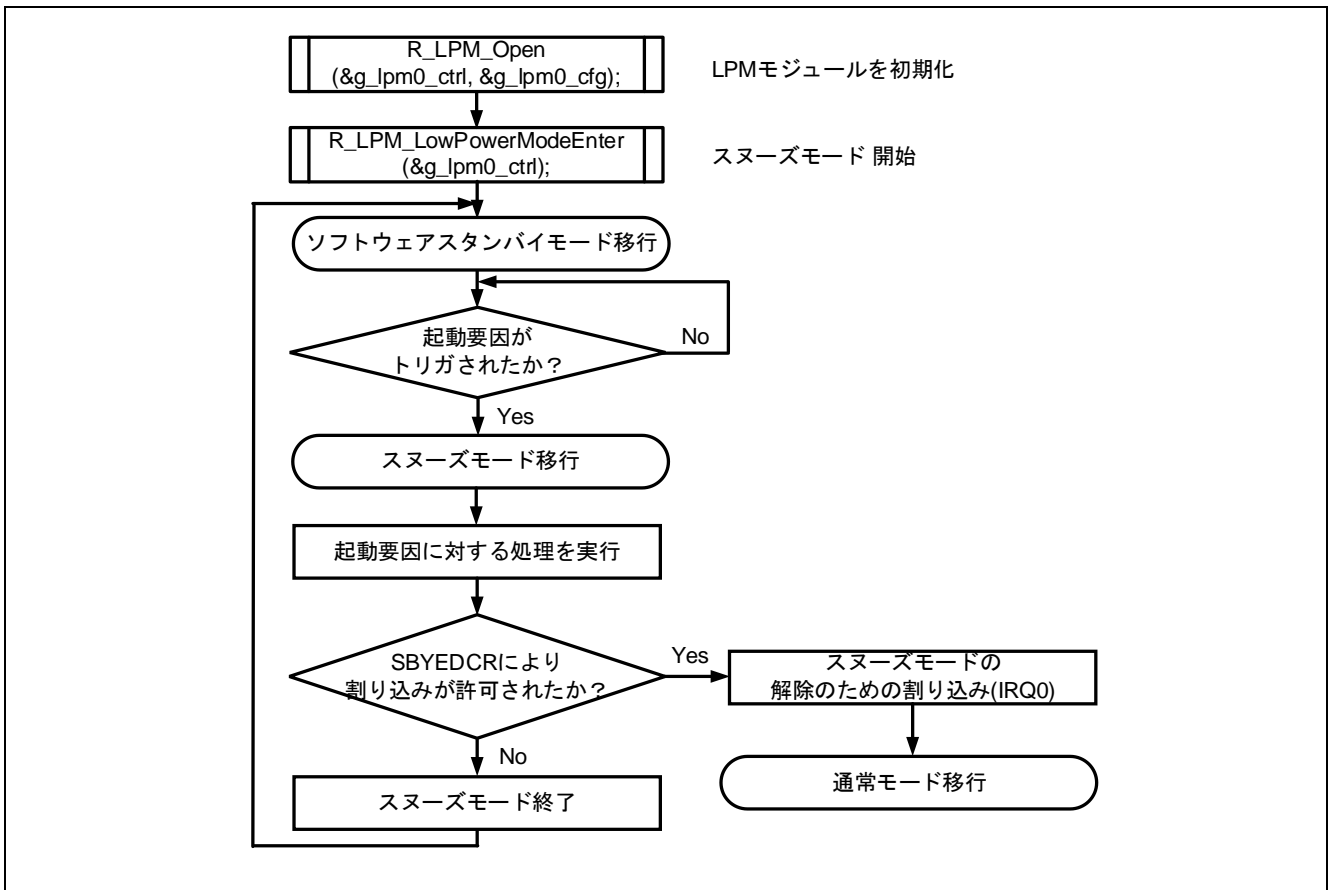


図 1-13 スヌーズモード移行・解除フロー

### 1.3 モジュールストップ機能

モジュールストップ機能を使うと、各内蔵周辺モジュールへのクロック供給を停止し、指定モジュールをモジュールストップ状態へ遷移させることで低消費電力動作を実現できます。MSTPCRN (n = A~D) レジスタの該当する MSTPmi ビットを「1」に設定すると、当該モジュールは動作を停止し、その間も CPU は独立して動作を継続します。停止を解除したい場合は MSTPmi ビットを「0」に戻すと、バスサイクルの終了時点でモジュールは再び動作を開始します。なお、リセット解除後は DTC を除く全モジュールがモジュールストップ状態になっており、MSTPmi ビットが「1」のときは対応モジュールにアクセスできないため、アクセス中には必ず「0」に設定してください。

#### 1.3.1 モジュールストップ設定方法

モジュールストップコントロールレジスタを用いると、各周辺機能へのクロック供給を停止し、指定したモジュールを動作停止状態にできます。ここでは のモジュールストップ設定および解除方法を例示します。その他のモジュールについてはユーザーマニュアルをご参照ください。

図 1-14 に、MSTPCRA レジスタのビットと対応する周辺モジュールの関係を示します。各ビットを「1」に設定すると対応モジュールへのクロック供給が停止され、モジュールストップ状態になります。

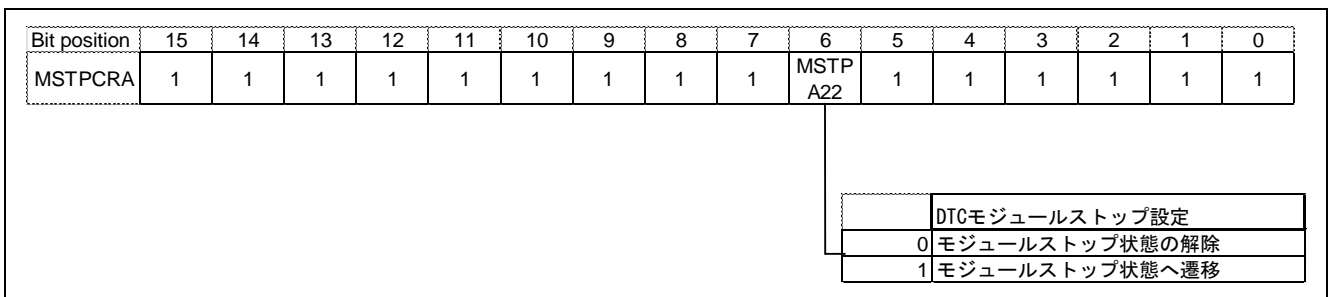


図 1-14 MSTPCRA レジスタ

図 1-15 に、MSTPCRB レジスタのビットと対応する周辺モジュールの関係を示します。各ビットを「1」に設定すると対応モジュールへのクロック供給が停止され、モジュールストップ状態になります。

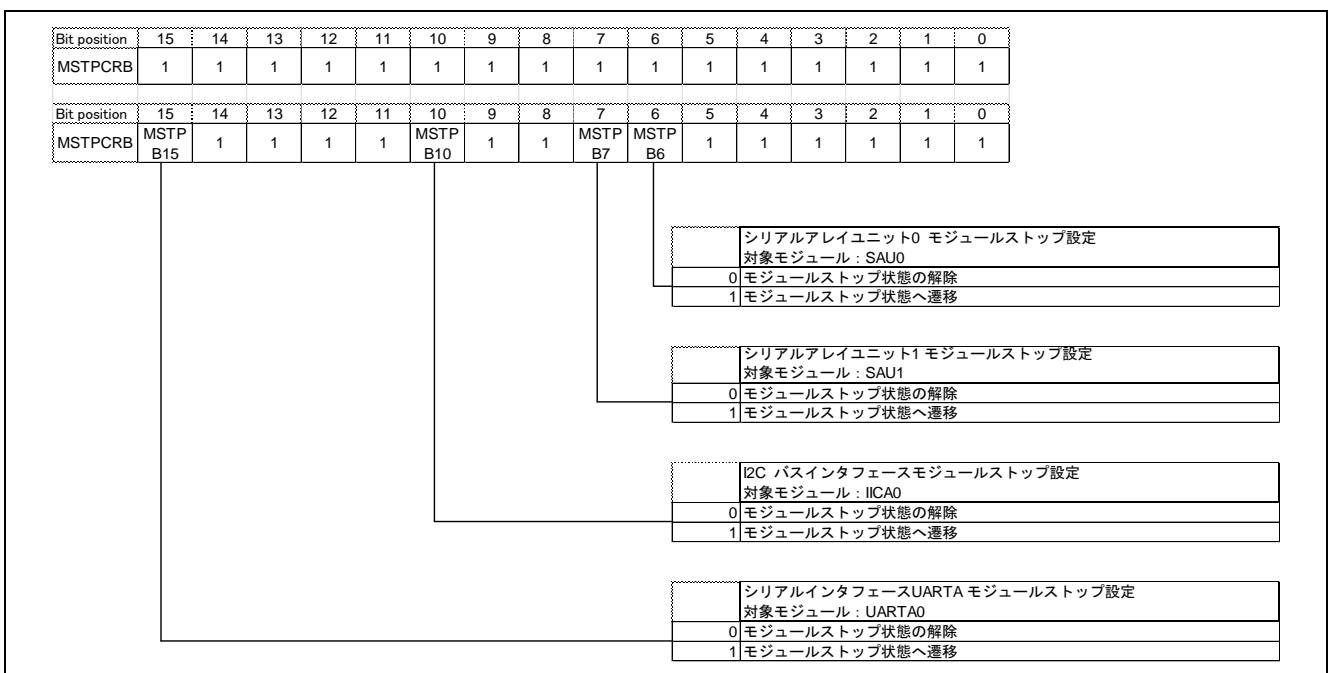


図 1-15 MSTPCRB レジスタ

図 1-16 に、MSTPCRC レジスタのビットと対応する周辺モジュールの関係を示します。各ビットを「1」に設定すると対応モジュールへのクロック供給が停止され、モジュールストップ状態になります。

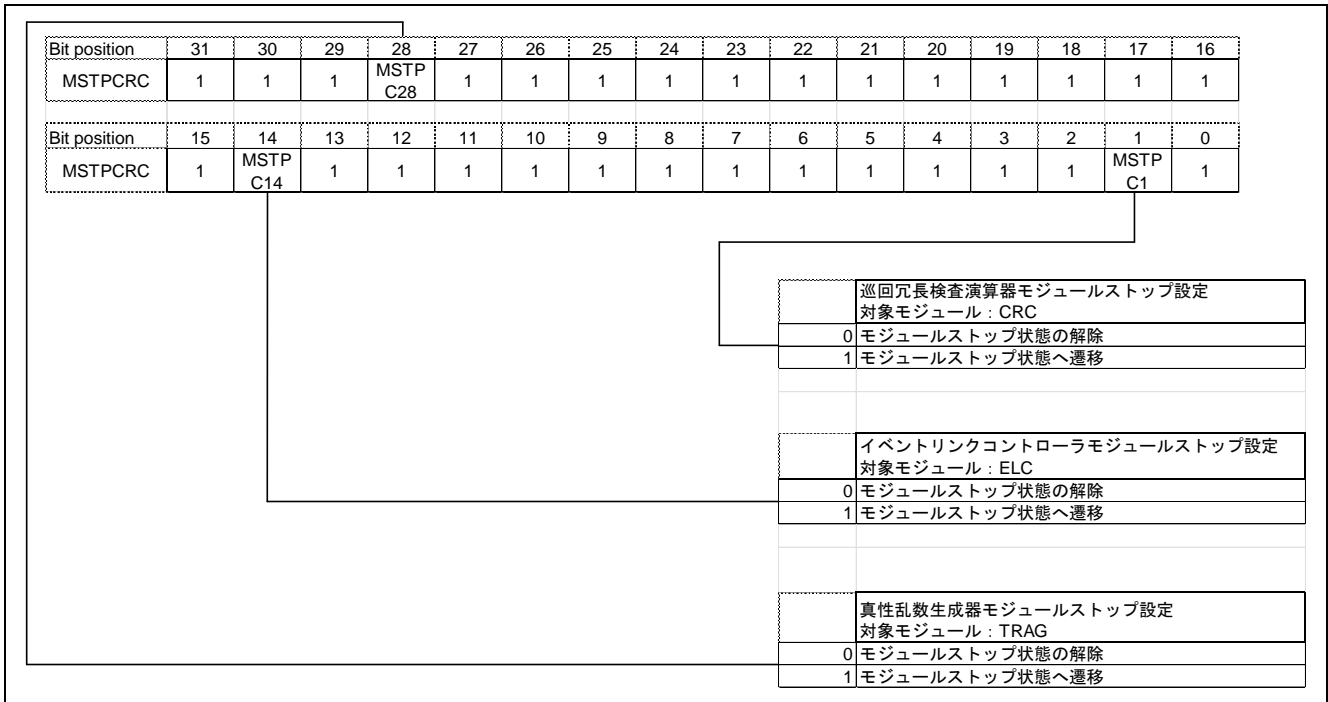


図 1-16 MSTPCRC レジスタ

図 1-17 に、MSTPCRD レジスタのビットと対応する周辺モジュールの関係を示します。各ビットを「1」に設定すると対応モジュールへのクロック供給が停止され、モジュールストップ状態になります。

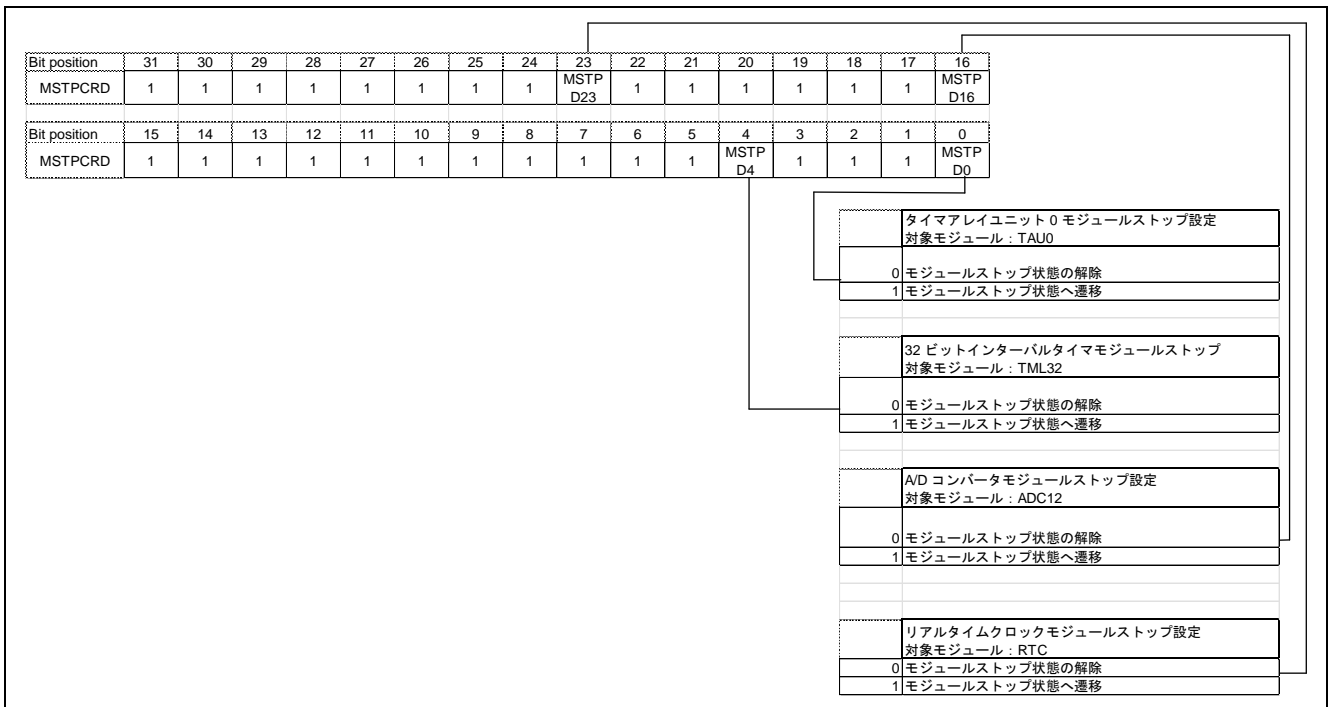


図 1-17 MSTPCRD レジスタ

## 1.3.2 FSP を使用したモジュールストップ機能の設定

モジュールストップ機能はFSPでは設定できないため、個別に記述を追加する必要があります。表 1-2 に各モジュールストップコントロールレジスタに「1」を設定する例を示します。

表 1-2 モジュールストップコントロールレジスタコード一覧

モジュール名	コード
DTC	R_SYSTEM->MSTPCRA_b.MSTPA22 = 1; <sup>注</sup>
SAU0	R_MSTP->MSTPCRB_b.MSTPB6 = 1;
SAU1	R_MSTP->MSTPCRB_b.MSTPB7 = 1;
IICA0	R_MSTP->MSTPCRB_b.MSTPB10 = 1;
UARTA	R_MSTP->MSTPCRB_b.MSTPB15 = 1;
CRC	R_MSTP->MSTPCRC_b.MSTPC1 = 1;
ELC	R_MSTP->MSTPCRC_b.MSTPC14 = 1;
TRING	R_MSTP->MSTPCRC_b.MSTPC28 = 1;
TAU0	R_MSTP->MSTPCRD_b.MSTPD0 = 1;
TML32	R_MSTP->MSTPCRD_b.MSTPD4 = 1;
ADC12	R_MSTP->MSTPCRD_b.MSTPD16 = 1;
RTC	R_MSTP->MSTPCRD_b.MSTPD23 = 1;

【注】 DTCST.DTCST が 0 になっていることを確認してください。

## 1.4 フラッシュ動作モード

動作周波数と動作電圧に応じて適切な動作電力制御モードを選択することにより、通常モード時、スリープモード時、スヌーズモード時の消費電力を削減できます。

フラッシュ・メモリは高速アクセス時に内部で大きな電流を消費するため、「High モード」では速い代わりに消費電力が高くなります。「Middle モード」や「Low モード」にすると、内部クロックやタイミングをゆるやかにすることで、読み書き時の電流を抑えられるため消費電力が減ります。各モードの概要は以下の通りです。

### ① High-speed モード

フラッシュ読み出し時の ICLK の最高動作周波数は 32 MHz です。フラッシュ読み出し時の動作電圧範囲は 1.8~5.5 V です。しかし、動作電圧が 1.6~1.8 V の場合、フラッシュ読み出し時の ICLK の最高動作周波数は 4 MHz になります。フラッシュのプログラム/イレース (P/E) 時では、動作周波数範囲は 1~32 MHz で、動作電圧範囲は 1.8~5.5 V です。

### ② Middle-speed モード

このモードでは、同じ条件下で High-speed モードよりも消費電力を低減できます。

フラッシュ読み出し時の ICLK の最高動作周波数は 24 MHz です。フラッシュ読み出し時の動作電圧範囲は 1.6~5.5 V です。しかし、動作電圧が 1.6~1.8 V の場合、フラッシュ読み出し時の ICLK の最高動作周波数は 4 MHz になります。

フラッシュのプログラム/イレース (P/E) 時の動作周波数範囲は 1~24 MHz、動作電圧範囲は 1.6~5.5 V です。

しかし、動作電圧が 1.6~1.8 V の場合、フラッシュのプログラム/イレース (P/E) 時の最高動作周波数は 4 MHz になります。

### ③ Low-speed モード

フラッシュ読み出し時の ICLK の最高動作周波数は 2 MHz です。フラッシュ読み出し時の動作電圧範囲は 1.6~5.5 V です。

### ④ Subosc-speed モード

フラッシュ読み出し時の ICLK の最高動作周波数は 37.6832 kHz です。フラッシュ読み出し時の動作電圧範囲は 1.6~5.5 V です。フラッシュ・メモリの P/E 操作は禁止です。サブクロック発振器と低速オンチップオシレータ以外の発振器は使用禁止です。

### 1.4.1 フラッシュ動作モードの設定

FLMODE レジスタの MODE[1:0] ビットを設定することで、フラッシュ動作モードを切り替えられます。図 1-18 に、FLMODE レジスタのビットと動作モードの関係を示します。

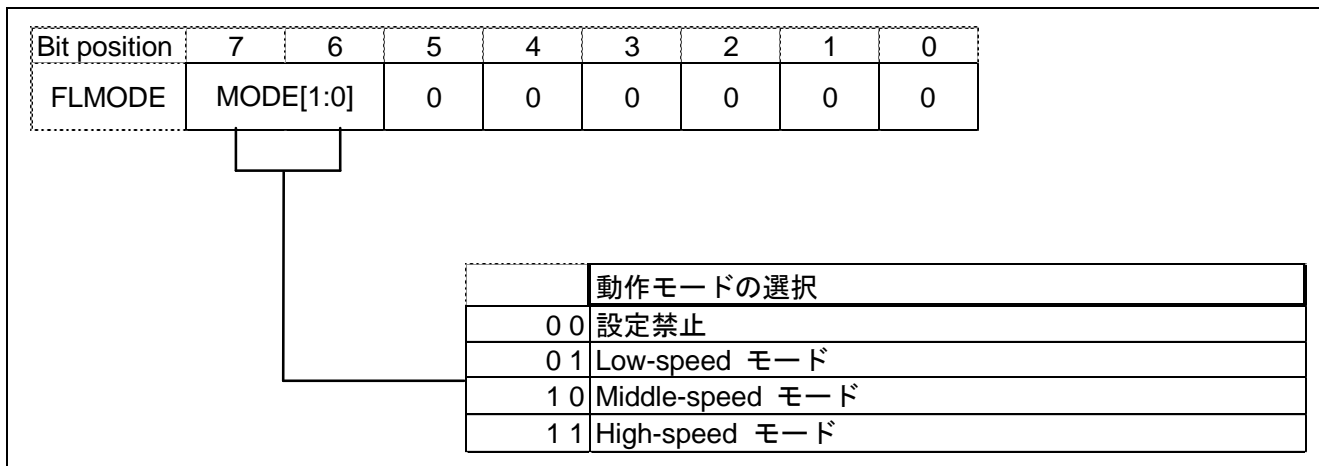


図 1-18 FLMODE レジスタ

### 1.4.2 FSP を使用したフラッシュ動作モードの設定

フラッシュ動作モードを FSP で設定する方法を紹介します。フラッシュ動作モードの選択には ICLK の周波数などの動作条件を仕様範囲に収める必要がありますが、r\_cg モジュールの API 関数を用いてクロック周波数を設定することで、フラッシュ動作モードも適切なモードに設定されます。

図 1-19 に r\_cg モジュールを FSP で設定する方法を示します。

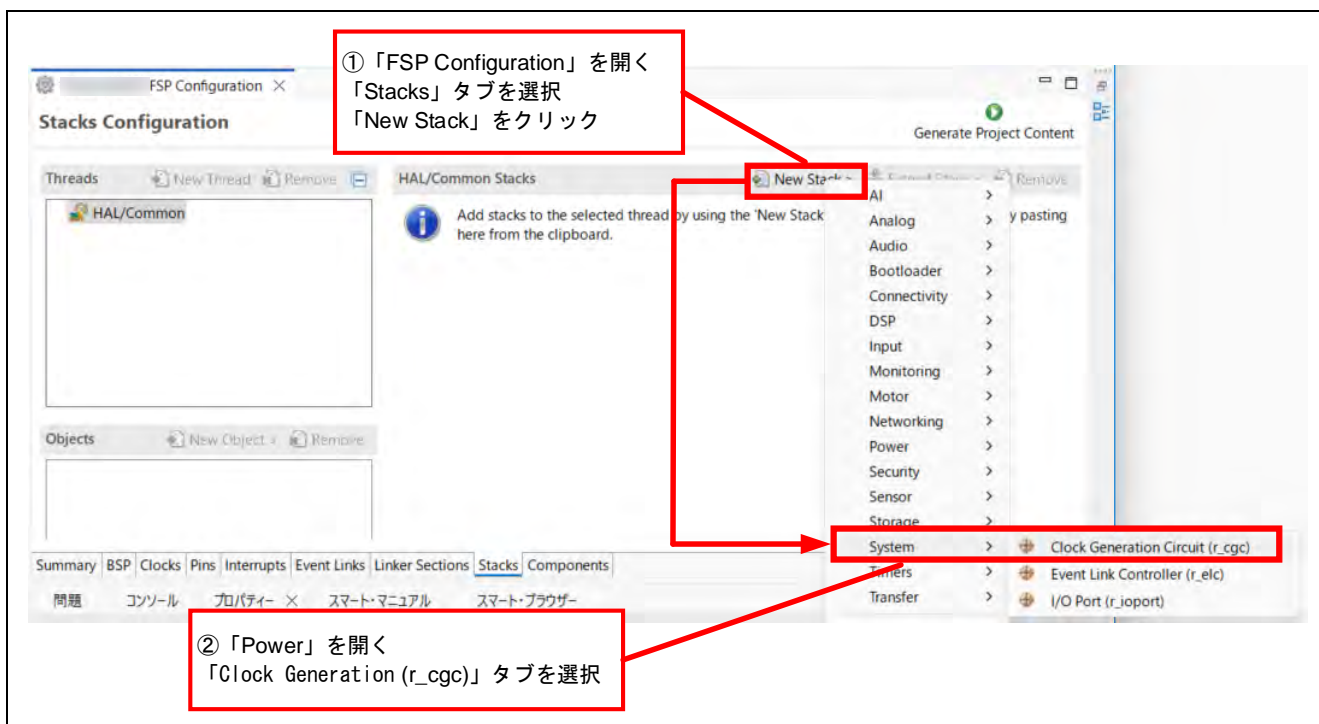


図 1-19 r\_cg モジュールの設定

FSP 設定後、コード中で API 関数を使用してクロック周波数の切り替えを行います。図 1-20 に HOCO を 16 分周に設定する例をフローチャートで示します。ICLK の設定に伴って、フラッシュ動作モードも設定されます。

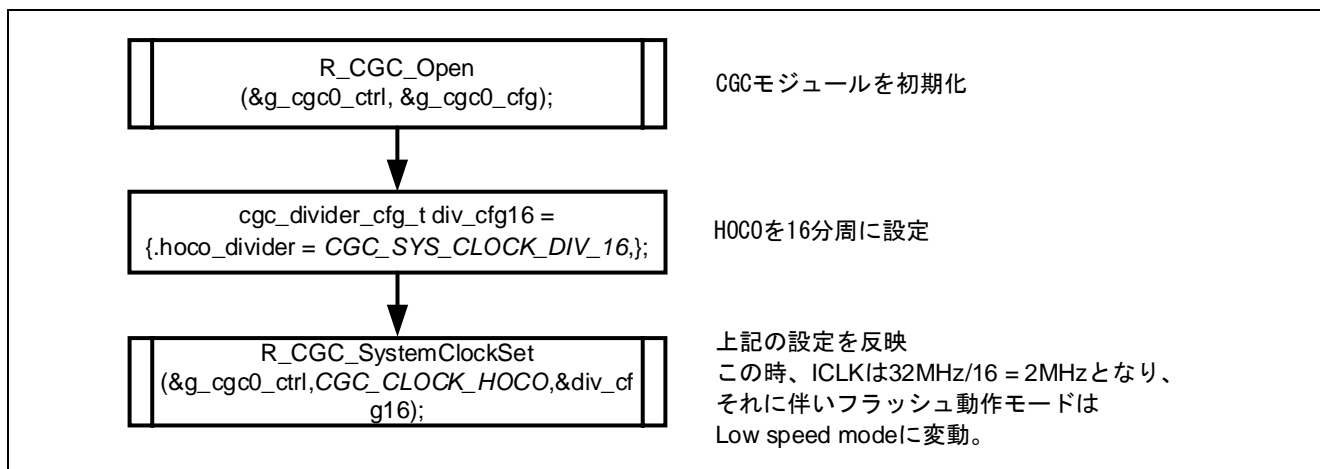


図 1-20 クロック周波数の切り替え

### 1.5 サブクロック発振器駆動モード

サブクロック発振器は、クロック動作モードコントロールレジスタ（CMC）の SODRV[1:0] ビットで「通常モード → 低消費電力モード 1 → 低消費電力モード 2 → 低消費電力モード 3」の順に駆動強度を下げるすることができます。駆動強度を下げるほど発振器が消費する電流が段階的に抑えられるため、スリープモードやソフトウェアスタンバイモード中の全体消費電力をさらに削減できます。表 1-3 にサブクロック発振器駆動モードによる消費電流を示します。

表 1-3 サブクロック発振器駆動モードによる消費電流

駆動モード	SBYCR.RTCLPC = 0 (typ) <sup>注1</sup>	SBYCR.RTCLPC = 1 (typ) <sup>注2</sup>
通常モード	0.8(μA)	0.62(μA)
低消費電力モード 1	0.65(μA)	0.49(μA)
低消費電力モード 2	0.51(μA)	0.34(μA)
低消費電力モード 3	0.3(μA)	0.13(μA)

- 【注】
1. SBYCR.RTCLPC = 0 : ソフトウェアスタンバイ/スヌーズモード時に SOSC クロックを周辺機能まで供給する。
  2. SBYCR.RTCLPC = 1 : ソフトウェアスタンバイ/スヌーズモード時に SOSC クロックをリアルタイムクロック以外の周辺機能へ供給しない。

#### 1.5.1 サブクロック発振駆動能力の設定

CMC レジスタの SODRV[1:0] ビットを設定することで、サブクロック発振器の駆動能力を以下の 4 段階に切り替えられます。図 1-21 に CMC レジスタのビットと対応する動作モードなどの関係を示します。

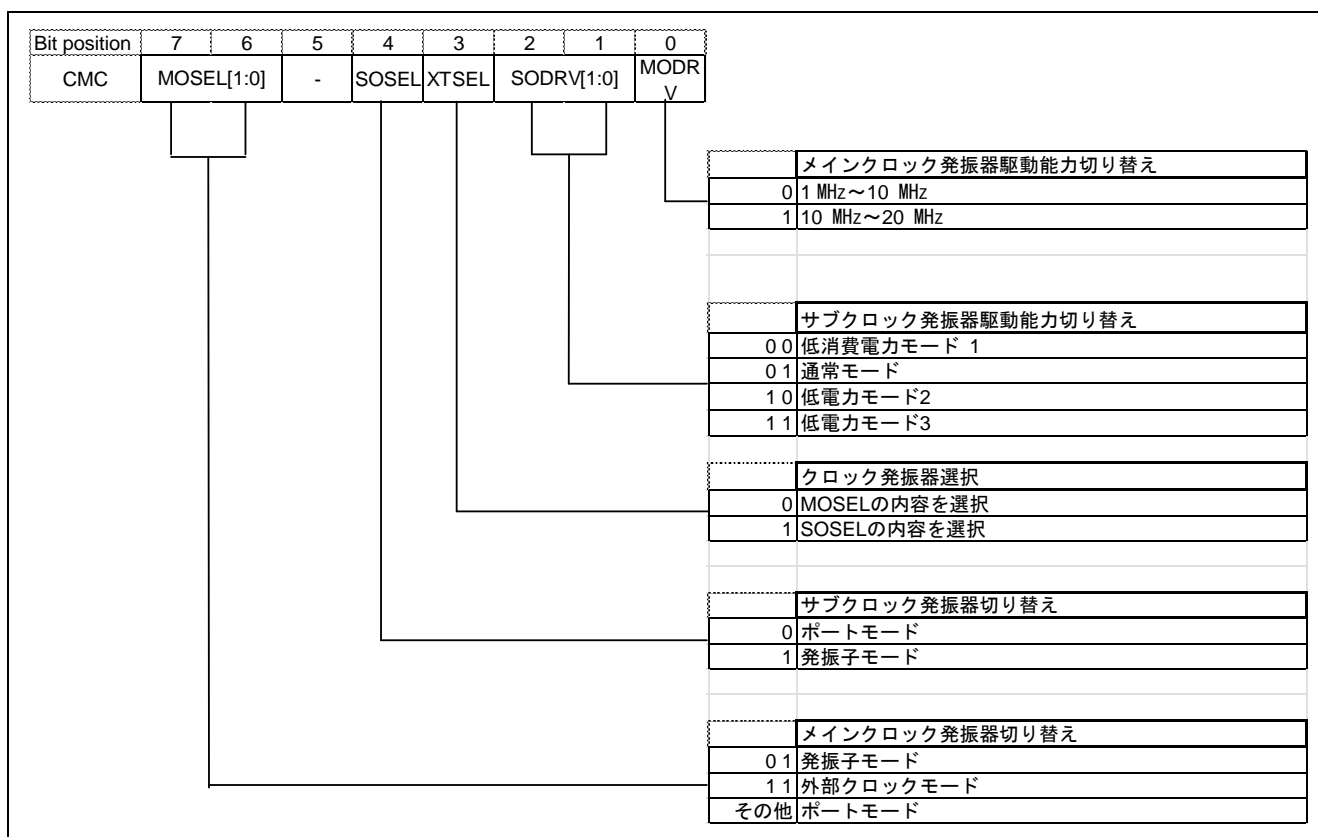


図 1-21 CMC レジスタ

1.5.2 FSP を使用したサブクロック発振器駆動モードの設定

図 1-22 にサブクロック発振器の駆動能力を FSP で設定する例を示します。

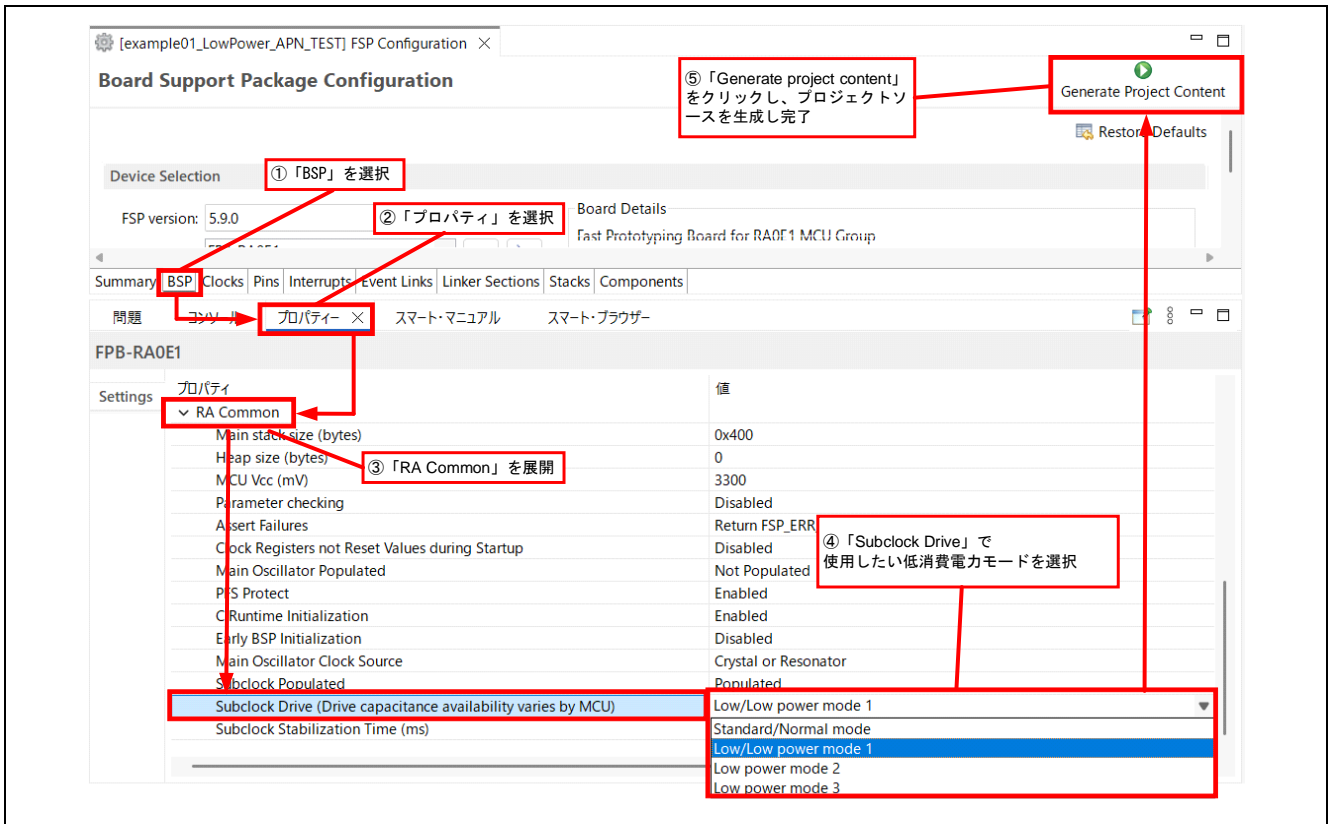


図 1-22 サブクロック発振器の駆動能力設定

## 1.6 RAM の動作モード

RAM の動作を低消費電力モードやシャットダウンモードにすることで、低消費電力での稼働を行うことができます。

### 1.6.1 RAM の動作モードの設定

PSMCR レジスタの RAMSD[1:0] ビットを設定することで、RAM の動作モードを切り替えられます。図 1-23 に PSMCR レジスタのビットと対応する動作モードの関係を示しています。

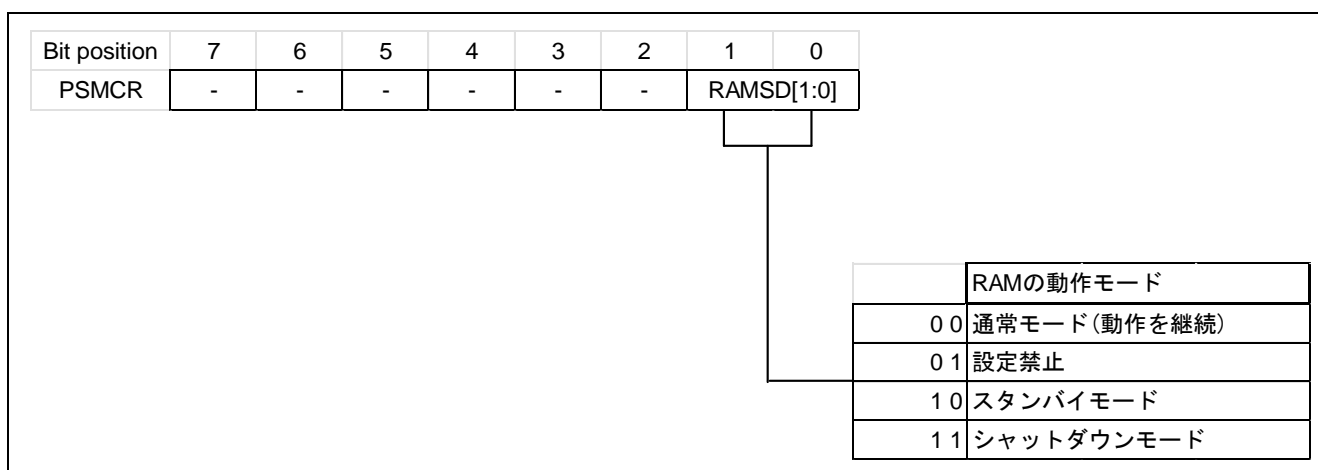


図 1-23 PSMCR レジスタ

- 【注】 シャットダウンモードは、00x2000\_4000~0x2000\_4FFF の範囲以外のすべての RAM に適用されます。00x2000\_4000~0x2000\_4FFF の範囲の RAM は動作を継続し、データを保持します。
- 【注】 スタンバイモードまたはシャットダウンモードである間は、RAM にアクセスしないでください。
- 【注】 シャットダウンモードから通常モードに RAM が復帰するとき、00x2000\_4000~0x2000\_4FFF の範囲以外の RAM の内容は不定となります。
- 【注】 SYOCDRCR.DBGEN が 1 であるとき、RAM はシャットダウンモードに遷移しません。
- 【注】 RAMSD[1:0]ビットを設定します。このレジスタは、PRCR.PRC1 ビットにより保護されます。

### 1.6.2 FSP を使用した RAM 動作モードの設定

RAM 動作モードは、FSP では設定できないため、個別に記述を追加する必要があります。

図 1-24 に通常モードからシャットダウンモードに変更するフローを、図 1-25 にシャットダウンモードから通常モードに変更するフローを示します。

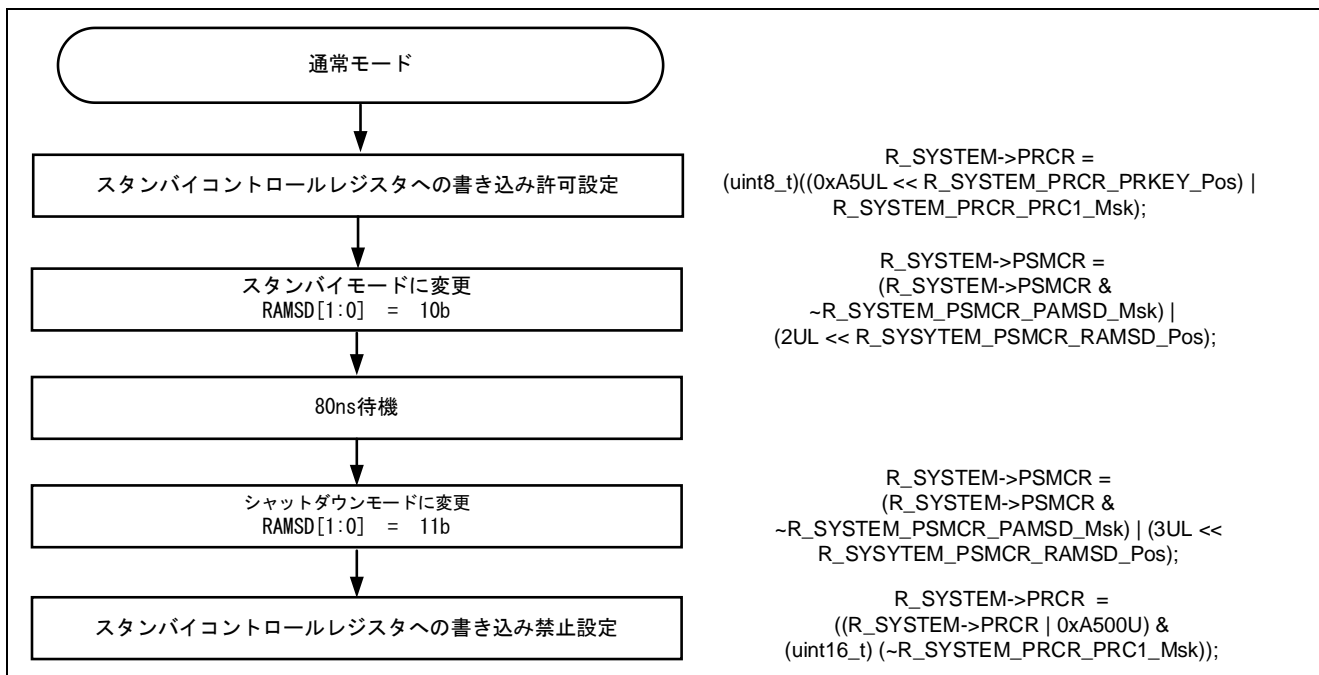


図 1-24 通常モードからシャットダウンモードに変更

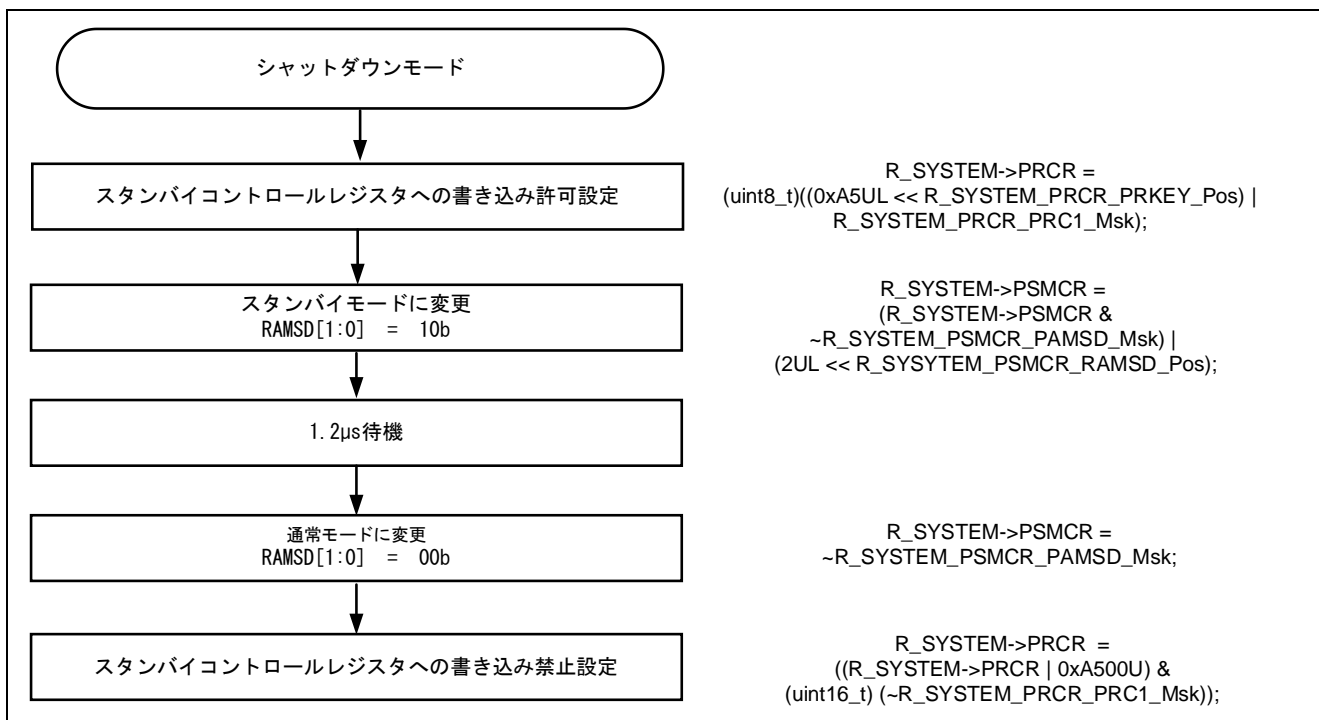


図 1-25 シャットダウンモードから通常モードに変更

【注】 シャットダウンモードから通常モードに RAM が復帰するとき、00x2000\_4000~0x2000\_4FFF の範囲以外の RAM の内容は不定となります。使用する RAM 領域を初期化してください。

### 1.7 A/D 動作電圧モード

ADC12 には、以下の 4 つの動作電圧モードが用意されています。用途に応じて速度と消費電力のバランスを調整できます。

- 通常モード 1 (LV=00) : 変換速度が最も速く消費電力は最大です。
- 通常モード 2 (LV=01) : 変換はやや遅くなりますが通常モード 1 より消費電力を抑えています。
- 低電圧モード 1 (LV=10) : 通常モード 2 より速い変換を実現しつつ、消費電力をさらに削減します。
- 低電圧モード 2 (LV=11) : 変換速度は最も遅くなりますが、消費電力は最小になります。

#### 1.7.1 A/D 動作電圧モードの設定

ADM0 レジスタの LV[1:0] ビットを使い「動作電圧モードの選択」が可能です。LV[1:0] の設定によって、ADC12 の内部駆動回路に流れる電力と変換に要するサンプリング/変換クロック数に変化し、省電力化できます。図 1-26 に ADM0 レジスタのビットと対応する動作モードなどの関係を示します。

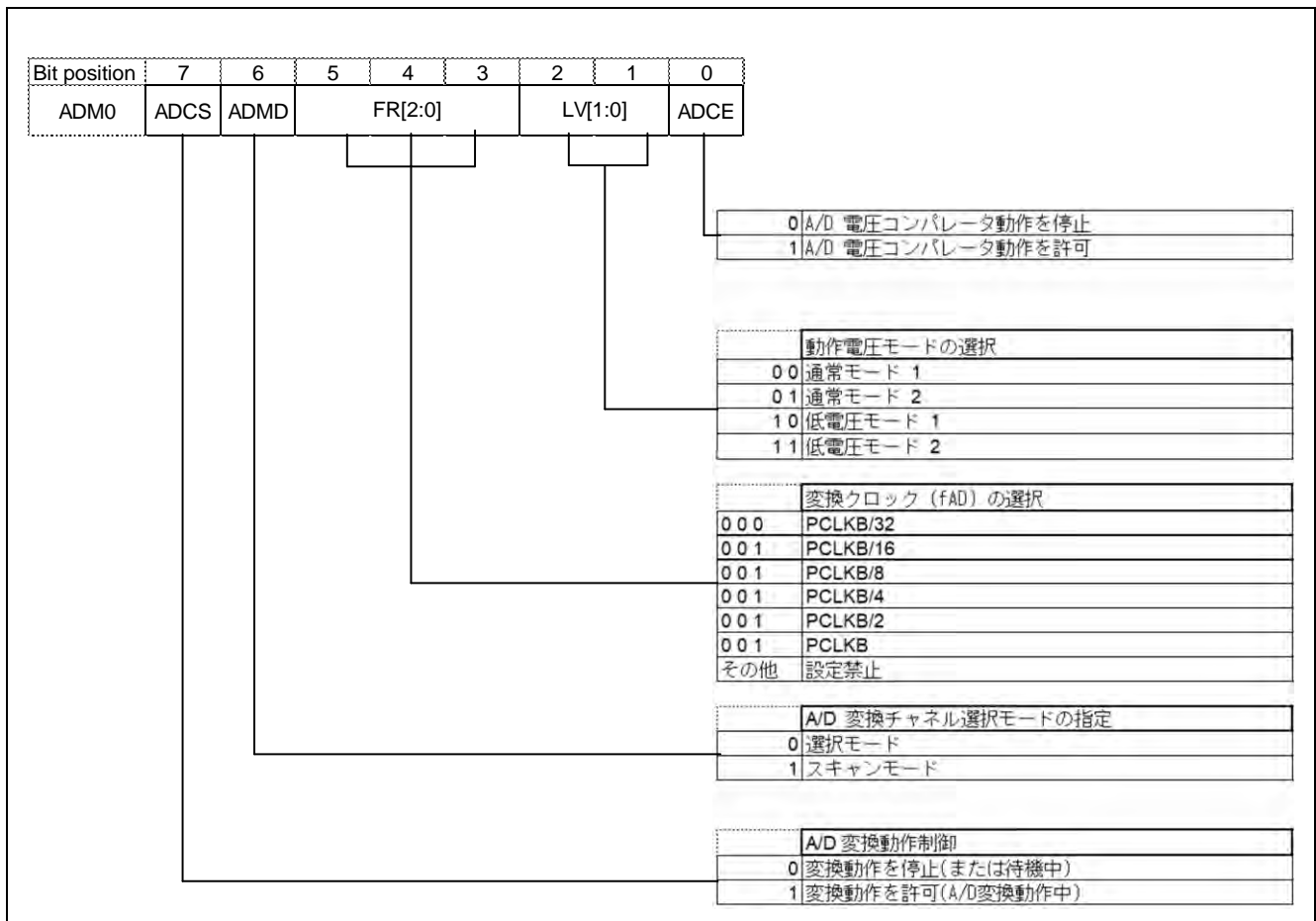


図 1-26 ADM0 レジスタ

1.7.2 FSP を使用した A/D 動作モードの設定

図 1-27 に FSP での A/D 動作電圧モードの設定方法を記載します。

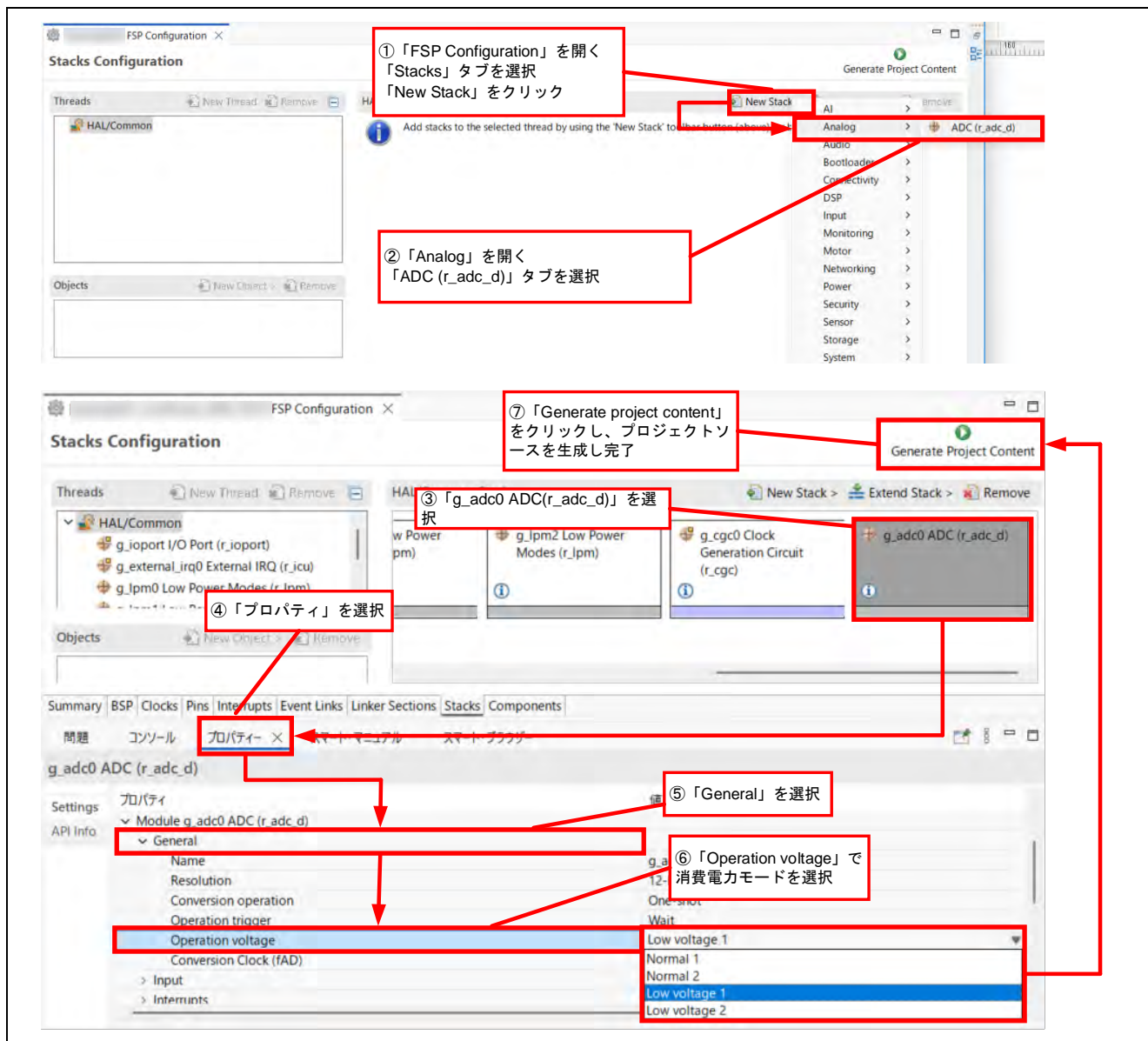


図 1-27 A/D 動作電圧モードの設定

低電圧モード 1 または低電圧モード 2 を使用する場合は、A/D 変換クロック周波数が 24MHz 以下である必要があります。ICLK が 32MHz の場合は、図 1-28 のように Conversion Clock (fAD) 設定で PCLK の分周比を 2 以上 (PCLK/2, PCLK/4, PCLK/8 ...) に設定してください。

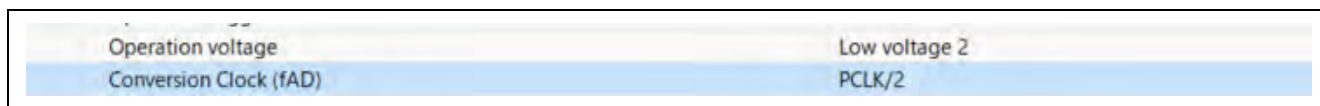


図 1-28 A/D 変換クロック周波数の設定

FSP 設定後、コード中で R\_ADC\_D\_Open (adc\_ctrl\_t \*p\_ctrl, adc\_cfg\_t const \*const p\_cfg) を呼び出したタイミングで、動作電圧モードの設定が行われます。

## 2. 低消費電力実現のための注意事項

### 2.1 未使用端子の処理

未使用端子は放置するとリーク電流が増加し、消費電力の増大を招くことがあります。そのため、未使用のポートには、入力モードの場合はプルアップまたはプルダウンを設定、出力モードの場合は解放することで端子レベルを安定させて余計な消費を防ぎます。本節では、主にプルアップ／プルダウンの設定方法を例として示します。その他の設定や詳細は、ユーザーズマニュアル ハードウェア編：未使用端子の処理の項目をご参照ください。

#### 2.1.1 FSP を使用した未使用端子の処理設定

例えば RA0E1 では、P0x から P4x に属する端子のうち未使用かつ入力方向に設定されたピンについては、ノイズの影響や不要な電流流入を防ぐために適切な処置が必要です。

設定は、FSP Configuration の「Pins」タブを開いて行います。確認の手順としては、対象ピンの Mode が「Input mode」になっている場合、「Pull-up/down」が「None」になっていないかをチェックします。

例として、図 2-1 の P201 は「Input mode」で「Input pull-up」が設定されており、未使用端子として正しく処置されている例です。このように、RA0E1 では P0x～P4x のピンにおいて、入力に設定された未使用端子はプルアップまたはプルダウンによって安定させる必要があります。

The screenshot shows the 'Pin Configuration' window for the 'FPB-RA0E1' device. The 'Pin Selection' list on the left includes pins P100 through P208, with P201 selected. The 'Pin Configuration' table on the right shows the following settings for P201:

Name	Value	Link
Symbolic Name	PMOD1_INT_ARDUINO_D3	
Comment		
Mode	Input mode	
Pull up/down	Input pull-up	
IRQ	None	
Output Type	CMOS	
Input Buffer	Disable	
Input/Output		
P201	GPIO	

Below the table, the 'Module name' is P201 and 'Port Capabilities' include CGC: PCLBUZ0 and IRQ: IRQ5. The bottom navigation bar shows tabs for Summary, BSP, Clocks, Pins (selected), Interrupts, Event Links, Linker Sections, Stacks, and Components.

図 2-1 未使用端子の処理設定

## 2.2 スタンバイコントロールレジスタ(SBYCR)の設定

SBYCR レジスタには、通常モードから低消費電力モードへ移行する際に WFI 命令実行後の遷移先を設定する SSBY ビットの他にも、低消費電力モードに関する設定があります。図 2-2 に SBYCR レジスタのビットと対応するモードなどの関係を示します。

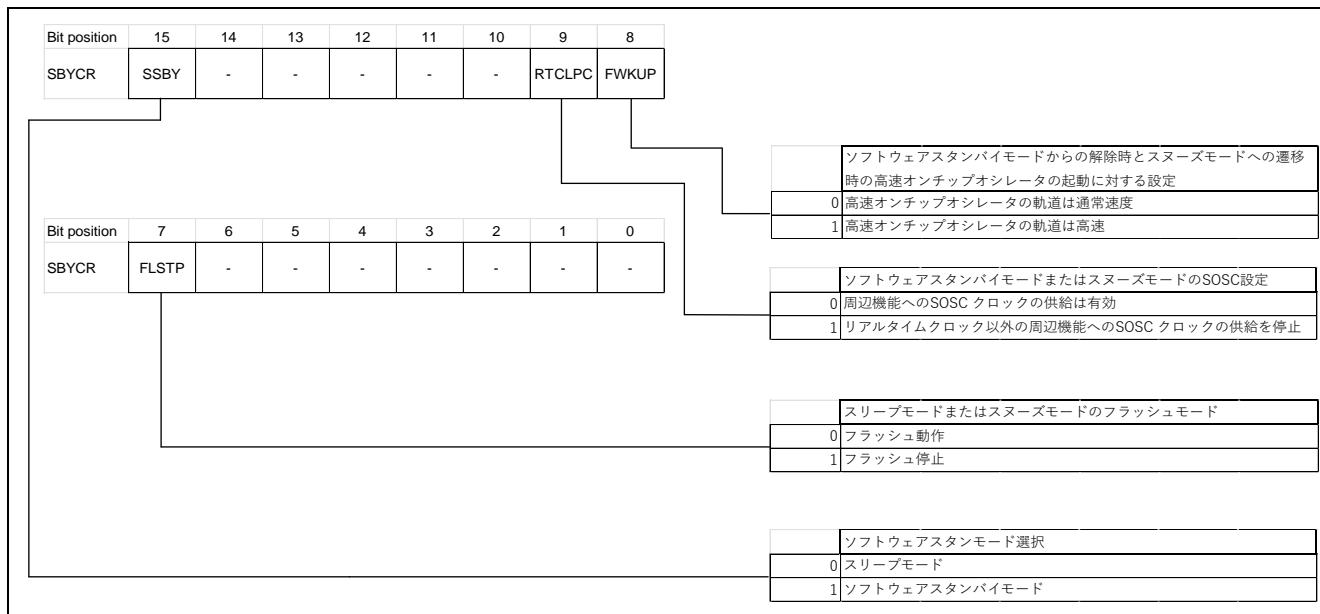


図 2-2 SBYCR レジスタ

### 2.2.1 フラッシュ動作/停止設定

スタンバイコントロールレジスタ (SBYCR) の FLSTP ビットを使用して、スリープモード中またはスヌーズモード中のフラッシュ動作/停止を選択できます。スリープモード中またはスヌーズモード中にフラッシュを停止すると、消費電力を低減できます。その代わりに、スリープモードまたはスヌーズモードの解除に要する時間が延長されます。また、フラッシュのプログラム/イレースもできません。

### 2.2.2 サブクロック発振器で動作する周辺機能

スタンバイコントロールレジスタ (SBYCR) の RTCLPC ビットを使用して、RTC 以外の周辺機能への SOSC クロックの供給を選択できます。ソフトウェアスタンバイモードまたはスヌーズモードにおいて RTC 以外の周辺機能へ SOSC クロックの供給を停止すると、消費電力を低減できます。

### 2.2.3 FSP を使用したスタンバイコントロールレジスタの設定

- 図 2-3 に FSP でスリープモード中またはスヌーズモード中の、フラッシュ動作を停止するための設定方法を示します。RA0 シリーズでは、スリープモード中またはスヌーズモード中にフラッシュ動作するのがデフォルトの設定です。そのため、フラッシュ動作を停止するためには図 2-3 の手順を実行する必要があります。
- 図 2-4 に FSP でソフトウェアスタンバイモード中またはスヌーズモード中に、RTC 以外の周辺機能へ SOSC クロックの供給を停止する設定方法を示します。

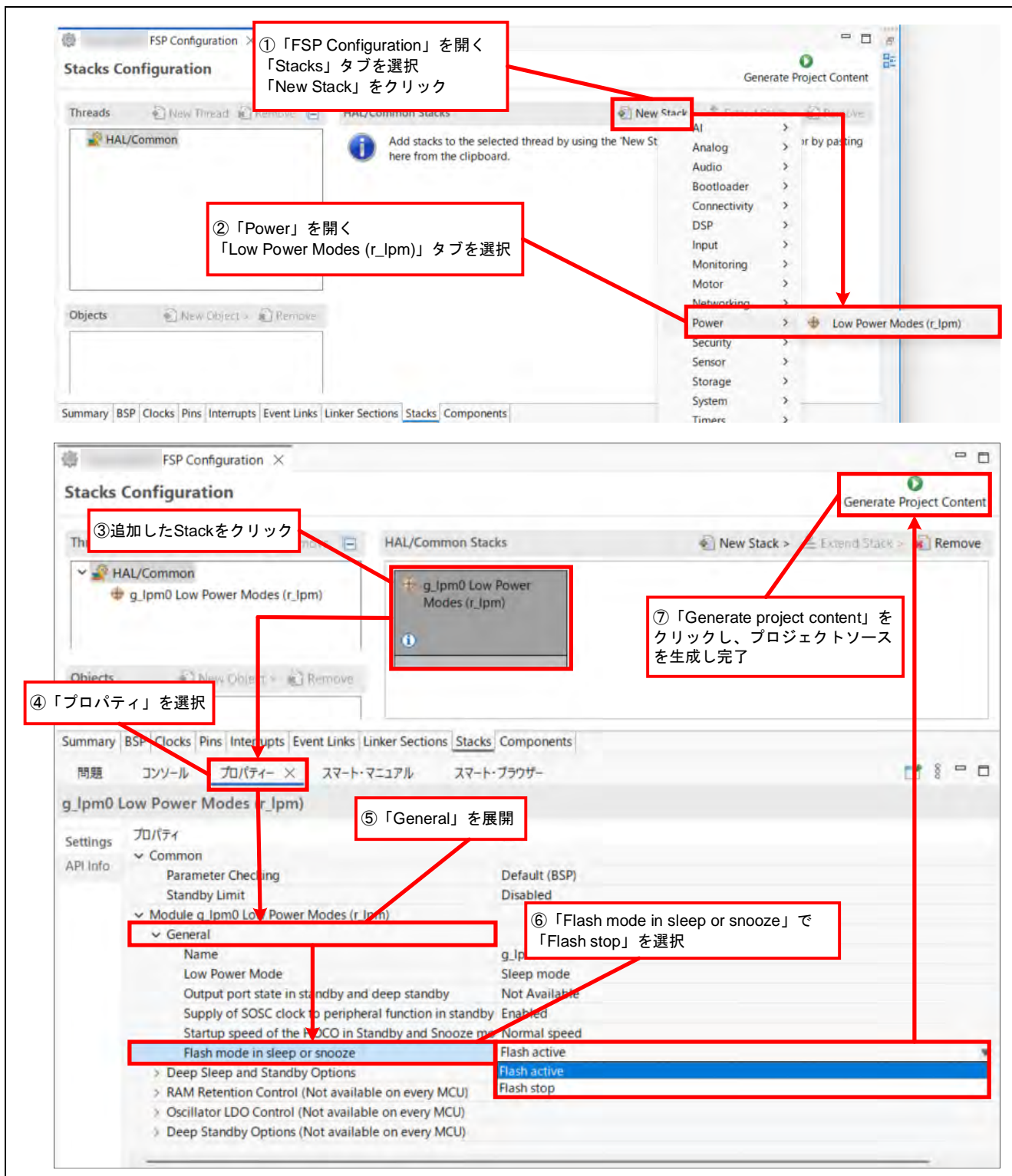


図 2-3 フラッシュ動作の停止設定

スリープモード及びスヌーズモードの設定方法は [1.2 低消費電力モードへの移行・解除方法](#)をご参照ください。FSP の設定後、コード中で `R_LPM_Open (lpm_ctrl_t *const p_api_ctrl, lpm_cfg_t const *const p_cfg)` を呼び出したタイミングで、フラッシュ動作の停止設定が行われます。

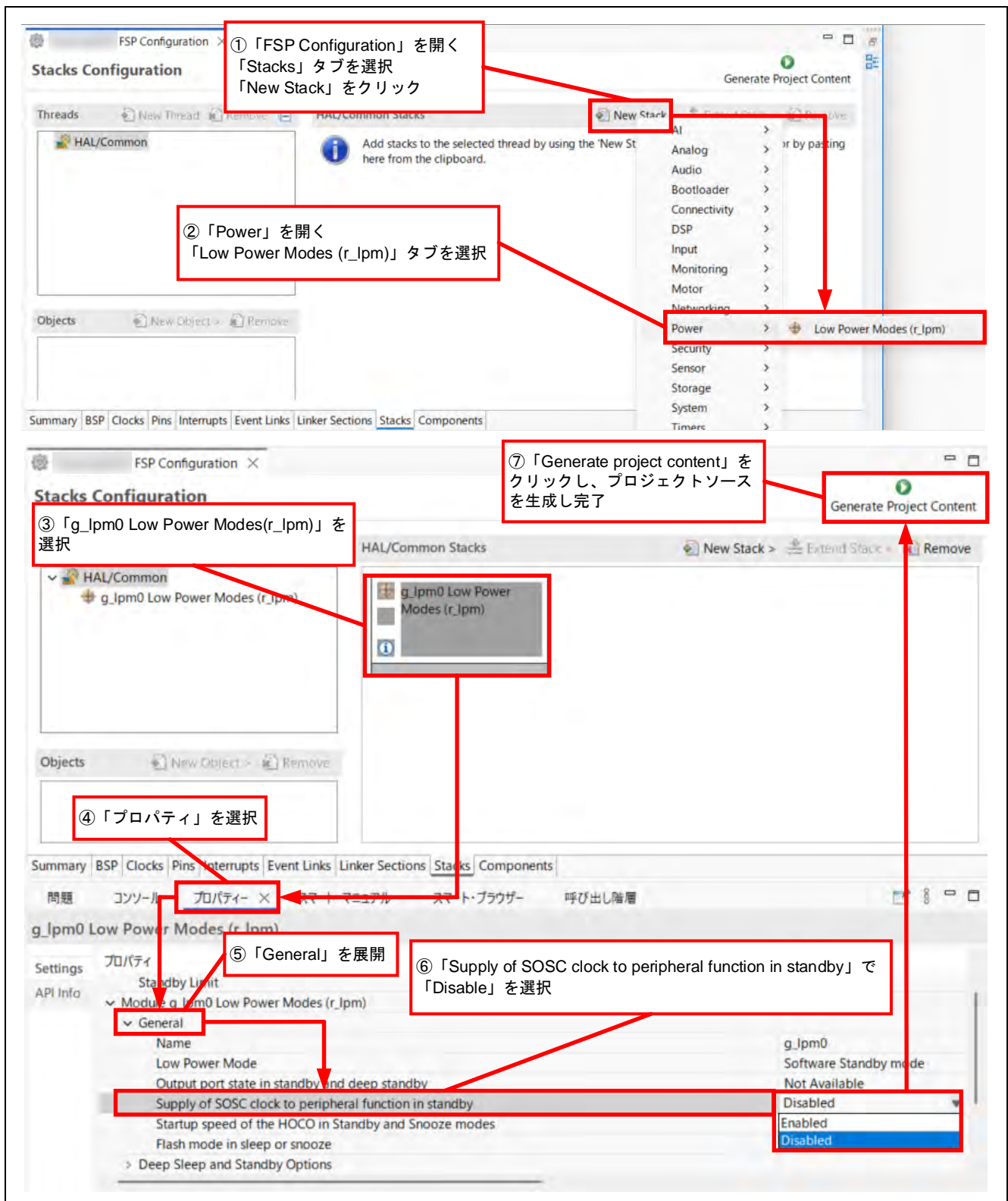


図 2-4 SOSC クロック供給停止設定

ソフトウェアスタンバイモード及びスヌーズモードの設定方法は [1.2 低消費電力モードへの移行・解除方法](#)をご参照ください。FSP の設定後、コード中で `R_LPM_Open (lpm_ctrl_t *const p_api_ctrl, lpm_cfg_t const *const p_cfg)` を呼び出したタイミングで、RTC 以外の周辺機能へ SOSC クロック供給停止設定が反映されます。

### 3. 参考ドキュメント

RA0E1 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH1040JJ0120)

RA0E2 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH1090JJ0110)

RA0E3 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH1165JJ0100)

RA0L1 ユーザーズマニュアル ハードウェア編 (R01UH1143JJ0110)

(最新版をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)

テクニカルアップデート/テクニカルニュース

(最新の情報をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)

#### ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com/>

お問合せ先

<http://japan.renesas.com/contact/>

## 改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2025.9.3	-	初版発行
1.10	2026.3.11	-	軽微な修正

## 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、 $V_{IL}$  (Max.) から  $V_{IH}$  (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、 $V_{IL}$  (Max.) から  $V_{IH}$  (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などの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ幅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、変更、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。