

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
商業機密あるいは防護上の観点  
から公開できません

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-218改0
提出年月日	平成30年3月13日

V-1-8-4 圧力低減設備その他の安全設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書

## 目 次

	頁
1. 概 要.....	1
2. 基本方針.....	2
2.1 サプレッション・プールを水源とするポンプの有効 NPSH .....	2
2.2 サプレッション・プールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH .....	2
3. 評 価.....	3
3.1 サプレッション・プールを水源とするポンプの評価方針.....	3
3.2 サプレッション・プールを除くタンク等を水源とするポンプの評価方針.....	3
3.3 評価対象ポンプの選定 .....	4
3.4 評価方法 .....	5
3.4.1 サプレッション・プールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法 .....	5
3.4.2 サプレッション・プールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法 ....	9
3.5 評価結果 .....	10
3.5.1 サプレッション・プールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価結果 .....	10
3.5.2 サプレッション・プールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH 評価結果 ...	13

別添1

非常用炉心冷却系ストレナの異物付着による圧損上昇評価

## 1. 概要

本書類は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（以下「技術基準規則」という。）」第44条第1項第5号及び第54条第1項第1号並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）により、原子炉格納施設の「圧力低減設備その他の安全設備」のうちサプレッション・プールを水源として原子炉格納容器除熱のために運転するポンプが、原子炉格納容器内の圧力、水位及び温度並びに冷却材中の異物の影響により想定される最も小さい有効吸込水頭（以下「有効 NPSH」という。）において、正常に機能することを説明するとともに、サプレッション・プールを除くタンク等を水源として原子炉格納容器冷却のために運転するポンプについても想定される最も小さい有効 NPSH において、正常に機能することを説明するものである。

また、有効 NPSH 以外の温度、放射線、荷重その他の使用条件に対して有効に機能を発揮することについては、添付書類「V-1-1-6 安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に示す。

なお、設計基準対象施設に関しては、技術基準規則の要求事項に変更がないため、今回の申請においては変更は行わない。

今回、新たに重大事故等対処設備として申請する「圧力低減設備その他の安全設備」のうちサプレッション・プールを水源として原子炉格納容器除熱のために運転する代替循環冷却系ポンプ及びサプレッション・プールを除くタンク等を水源として原子炉格納容器冷却のために運転する常設低圧代替注水系ポンプについて、想定される最も小さい有効 NPSH において、正常に機能することを説明する。

## 2. 基本方針

### 2.1 サプレッション・プールを水源とするポンプの有効NPSH

重大事故等時において、原子炉格納施設のうち「圧力低減設備その他の安全設備」としてサプレッション・プールを水源として原子炉格納容器除熱のために運転するポンプは、想定される原子炉格納容器内の圧力、水位及び温度並びに冷却材中の異物の影響によるろ過装置の性能評価により想定される最も小さい有効 NPSH において、正常に機能する設計とする。

### 2.2 サプレッション・プールを除くタンク等を水源とするポンプの有効NPSH

重大事故等時において、原子炉格納施設のうち「圧力低減設備その他の安全設備」としてサプレッション・プールを除くタンク等を水源として原子炉格納容器冷却のために運転するポンプは、各水源タンク等の圧力、水位及び温度により想定される最も小さい有効 NPSH において、正常に機能する設計とする。

これらのポンプについては、以下により異物の影響については考慮不要とする。

- ・代替淡水貯槽から取水する可搬型代替注水大型ポンプ車の付属品である水中ポンプ及び西側淡水貯水設備から取水する可搬型代替注水中型ポンプには、吸込口に異物混入防止のフィルタを設置する設計とする。
- ・万一、これらのポンプの吸込口のフィルタが詰まった場合は、ポンプの起動停止によるフィルタ閉塞の回復及びポンプの吊り上げによるフィルタ清掃が短時間で可能である。

### 3. 評価

#### 3.1 サプレッション・プールを水源とするポンプの評価方針

重大事故等時において、サプレッション・プールを水源とするポンプは、原子炉格納容器内の圧力、水位及び水源の温度並びに冷却材中の異物により想定される最も小さい有効 NPSH が必要吸込水頭（以下「必要 NPSH」という。）を上回ることを評価する。

そのうち、原子炉冷却材喪失（以下「LOCA」という。）等時の対応においてサプレッション・プールを水源として、原子炉格納容器除熱のために運転する場合、運転に係る最も厳しい初期条件は原子炉冷却材配管の両端破断による大破断 LOCA を想定するが、破断形態は設計基準事故と同等であるため、保温材の破損影響範囲（以下「ZOI」という。）及び配管破断による保温材等の異物発生量は設計基準事故時より拡大することはない。

ただし、炉心損傷を伴う重大事故等時においては、原子炉格納容器内の pH 制御のために注入する水酸化ナトリウム水溶液と原子炉格納容器内構造物等との化学反応により新たに発生する異物（以下「化学影響生成異物」という。）が想定されるため、化学影響生成異物の想定発生量が最大となる事象を抽出して有効 NPSH を評価する。

#### 3.2 サプレッション・プールを除くタンク等を水源とするポンプの評価方針

重大事故等時において、サプレッション・プールを除くタンク等を水源とするポンプは、それぞれの水源の圧力、水位、温度及び配管圧損等により想定される最も小さい有効 NPSH が必要 NPSH を上回ることを評価する。

### 3.3 評価対象ポンプの選定

重大事故等時の対応において、原子炉格納施設のうち「圧力低減設備その他の安全設備」として原子炉格納容器除熱又は冷却のために使用するポンプを以下に示す。

- ・ 残留熱除去系ポンプ\* (水源：サプレッション・プール)
- ・ 常設低圧代替注水系ポンプ\* (水源：代替淡水貯槽)
- ・ 代替循環冷却系ポンプ\* (水源：サプレッション・プール)
- ・ 可搬型代替注水大型ポンプ\* (水源：代替淡水貯槽)
- ・ 可搬型代替注水中型ポンプ\* (水源：西側淡水貯水設備)

注記\*：原子炉冷却系統施設のうち「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」と兼用するポンプを示す。

「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」と兼用するポンプのうち、残留熱除去系ポンプ、可搬型代替注水大型ポンプ及び可搬型代替注水中型ポンプは、「圧力低減設備その他の安全設備」として原子炉格納容器除熱又は冷却のために使用する場合と、「非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備」として原子炉圧力容器へ注水するために使用する場合で使用条件が変わらないため、添付書類「V-1-4-2 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書」にて有効 NPSH を評価する。

したがって、本書類では、以下のポンプの重大事故等時の有効 NPSH を評価する。

- ・ 常設低圧代替注水系ポンプ (水源：代替淡水貯槽)  
(200m<sup>3</sup>/h)
- ・ 代替循環冷却系ポンプ (水源：サプレッション・プール)  
(250m<sup>3</sup>/h)

### 3.4 評価方法

#### 3.4.1 サプレッション・プールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法

「3.3 評価対象ポンプの選定」により選定した代替循環冷却系ポンプの有効 NPSH 評価については、重大事故等時の各事象のうち、個別評価が必要な事象を抽出し、その事象について最も小さい有効 NPSH が必要 NPSH を上回ることを評価する。

具体的な評価手順及び評価内容については、別添1「非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇評価」に示す。

##### 3.4.1.1 有効 NPSH 評価事象の抽出

重大事故等時の各事象におけるサプレッション・プール吸込ストレーナの圧損に影響する評価条件を比較し、「3.3 評価対象ポンプの選定」で選定した代替循環冷却系ポンプ（残留熱除去系ストレーナを兼用）に対して、有効 NPSH の個別評価が必要な事象を以下のとおり抽出する。表3.4.1-1に設計基準事故時と重大事故等時における各事象の評価条件の比較結果を示す。

##### (a) 重大事故等時の各事象におけるポンプ運転状態

重大事故等における各事象（表3.4.1-1のaからi）のうち、a及びfの事象については、有効性評価の評価条件として、サプレッション・プールを水源とした原子炉格納容器除熱を考慮していないため評価対象外とする。

##### (b) 有効NPSH評価条件および発生異物量の影響

重大事故等時における各事象（第3.4.1-1のaからi）のうち、b, c, d, e及びgの事象については、残留熱除去系ポンプを原子炉格納容器除熱に使用するが、「3.3 評価対象ポンプの選定」に記載のとおり、添付書類「V-1-4-2 非常用炉心冷却設備その他原子炉注水ポンプの有効吸込水頭に関する説明書」にて有効NPSHを評価するため個別評価対象外とする。

h及びiの事象については、代替循環冷却系ポンプを原子炉格納容器除熱に使用するが、iの事象については、原子炉冷却材配管の破断が生じず、保温材等の異物発生が想定されないことから、hの事象の評価に包絡される。

以上より、新設設備である代替循環冷却系ポンプについて、「h 大破断LOCA時注水機能喪失」の事象を想定し、発生する異物の影響を考慮して有効NPSH評価を実施する。



表3.4.1-1 設計基準事故時と重大事故等時における各事象の評価条件の比較結果（設計基準事故時を基準）

重大事故等における各事象 (有効性評価の事故シーケンスグループ)		S/P水源での運転 をするポンプ*1	有効NPSH評価条件 (水源の圧力, 温度等)	破断形態	発生異物量		
					保温材等	化学影響 生成異物	
炉心損傷がない場合	a	高圧・低圧注水機能喪失	—	—	無	—	—
	b	高圧注水・減圧機能喪失	RHR	— *3	無	—	—
	c	全交流動力電源喪失	RHR	— *3	無	—	—
	d	崩壊熱除去機能喪失	RHR	— *3	無	—	—
	e	原子炉停止機能喪失	RHR	— *3	無	—	—
	f	LOCA時注水機能喪失	—	—	中小破断	設計基準 事故時未満	—
	g	格納容器バイパス	RHR	— *3	無	—	—
炉心損傷する場合	h	大破断LOCA時注水機能喪失	ARC	ARC : 個別評価を実施	大破断	設計基準 事故時と同等	化学影響 生成異物の 発生 *2
	i	DCH, FCI, MCCI	ARC	ARC : hの事象に包絡	無	—	

注記\*1：サプレッション・プールを水源として、原子炉格納容器除熱に使用するポンプを示す。

注記\*2：pH制御装置よりサプレッション・プール内に水酸化ナトリウムが注入され、水質がアルカリ性になることで、原子炉格納容器内のAl, Si, Zn, Feを含有した構造材との化学反応により溶出したものが保守的に全析出すると仮定する。

注記\*3：残留熱除去系ポンプについては、添付書類「V-1-4-2 非常用炉心冷却設備  
その他原子炉注水設備のポンプの有効吸込水頭に関する説明書」にて評価する。

注：RHR：残留熱除去系ポンプ， ARC：代替循環冷却系ポンプ， DCH：過渡事象+高圧炉心冷却失敗+手動減圧失敗+炉心損傷後の手動減圧失敗+DCH， FCI：過渡事象+高圧炉心冷却失敗+低圧炉心冷却失敗+損傷炉心冷却失敗+FCI(ペDESTAL)， MCCI：過渡事象+高圧炉心冷却失敗+低圧炉心冷却失敗+損傷炉心冷却失敗+デブリ冷却失敗(ペDESTAL)

### 3.4.1.2 有効 NPSH の評価条件

有効NPSH評価について、以下の各条件を考慮した上で評価する。

#### (1) 事故後の原子炉格納容器圧力、サプレッション・プール水の温度

各事象における水源の温度及び圧力は、事故後の経過時間とともに変化するが、サプレッション・チェンバの圧力は常にサプレッション・プール水温の飽和蒸気圧以上となる。

サプレッション・プールを水源として 有効 NPSHを評価するときは、評価条件を保守的に設定するという観点より、保守性を十分考慮した背圧を設定する。

#### (2) サプレッション・プールの最低水位

サプレッション・プールの最低水位は、重大事故等で想定されるサプレッション・プールの最低水位を考慮する。

#### (3) ストレーナの異物付着による圧損上昇

ストレーナの異物付着による圧損上昇を考慮する。詳細については、別添1に示す。

なお、ストレーナの異物付着による圧損上昇は、代替循環冷却系ポンプ運転時の通水流量（250m<sup>3</sup>/h）に対して、有効NPSH評価上保守的な評価となるように、ストレーナを兼用する残留熱除去系ポンプ運転時の定格流量（1691.9m<sup>3</sup>/h）を用いた評価を実施する。

#### (4) 配管圧損

ポンプの有効 NPSH 算定に必要な配管圧損については、配管の径、長さ、形状及び弁類の仕様並びに原子炉格納容器除熱のために使用するポンプの最大流量により評価した値を用いる。

### 3.4.2 サプレッション・プールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH 評価方法

「3.3 評価対象ポンプの選定」により選定した、常設低圧代替注水系ポンプの有効 NPSH 評価については、吸込揚程が最も小さくなる代替淡水貯槽の水位が最低水位となった場合の運転を想定した最も小さい有効 NPSH が必要NPSHを上回ることを確認する。

#### 3.4.2.1 有効 NPSH 評価条件

有効 NPSH 評価条件については、以下の各条件を考慮した上で評価する。

(1) 水源の温度

水源の温度は、代替淡水貯槽の最高使用温度である66℃とする。

(2) 水源の水位

常設低圧代替注水系ポンプ運転時の水源の最低水位は、常設低圧代替注水系ポンプへの空気吸込を防止する観点から、代替淡水貯槽の最低水位とする。

(3) 水源の液面に作用する圧力

代替淡水貯槽は大気に開放しているため、水源の液面に作用する圧力は大気圧とする。

(4) 配管圧損

ポンプの有効 NPSH 算定に必要な配管圧損については、配管の径、長さ、形状及び弁類の仕様並びに原子炉格納容器冷却のために使用するポンプの最大流量により評価した値を用いる。

### 3.5 評価結果

#### 3.5.1 サプレッション・プールを水源とするポンプの有効 NPSH 評価結果

##### 3.5.1.1 代替循環冷却系ポンプの有効 NPSH 評価結果

###### (1) 有効 NPSH の算定結果

代替循環冷却系ポンプの有効 NPSH 算定結果を表3.5.1.1-1に示す。また、有効 NPSH 評価の概略図を図3.5.1.1-1に示す。

表3.5.1.1-1 代替循環冷却系ポンプの有効 NPSH 算定結果

(単位：m)

	重大事故等時	
$H_a$ ：吸込み液面に作用する絶対圧力		
$H_s$ ：吸込揚程		
$H_1$ ：ポンプ吸込配管圧損		
$H_2$ ：異物付着なしの状態におけるストレーナ圧損		
$H_3$ ：異物付着による圧損上昇*2		
$h_s$ ：ポンプ吸込口における飽和蒸気圧水頭		
有効 NPSH ( $H_a + H_s - H_1 - H_2 - H_3 - h_s$ )		

注記\*1：代替循環冷却系ポンプの流量は、ストレーナを兼用する残留熱除去系ポンプの流量に比べて小さく、ストレーナ圧損は低減するが、有効 NPSH 評価上保守的な評価となるように、残留熱除去系ポンプ運転時のストレーナ圧損を使用するものとし、設備の変更がないため、残留熱除去系ストレーナの既工事計画添付書類の算定値と同じとする。

注記\*2：ストレーナの異物付着による圧損上昇は、代替循環冷却系ポンプ運転時の通水流量 (250m<sup>3</sup>/h) に対して、有効 NPSH 評価上保守的な評価となるように、ストレーナを兼用する残留熱除去系ポンプ運転時の定格流量 (1691.9m<sup>3</sup>/h) を用いた値を使用する。詳細は別添1「非常用炉心冷却系ストレーナの異物付着による圧損上昇評価」に示す。

(2) 有効 NPSH 評価結果

代替循環冷却系ポンプの有効 NPSH 評価結果を表3.5.1.1-2に示す。

表3.5.1.1-2 代替循環冷却系ポンプの有効 NPSH 評価結果

(単位:m)

	必要 NPSH	有効 NPSH
		重大事故等時
代替循環冷却系ポンプ	<input type="text"/>	<input type="text"/>

表3.5.1.1-2に示すとおり、重大事故等時における代替循環冷却系ポンプの有効 NPSH は、必要 NPSH を上回っており、代替循環冷却系ポンプの運転状態において、必要 NPSH は確保されている。

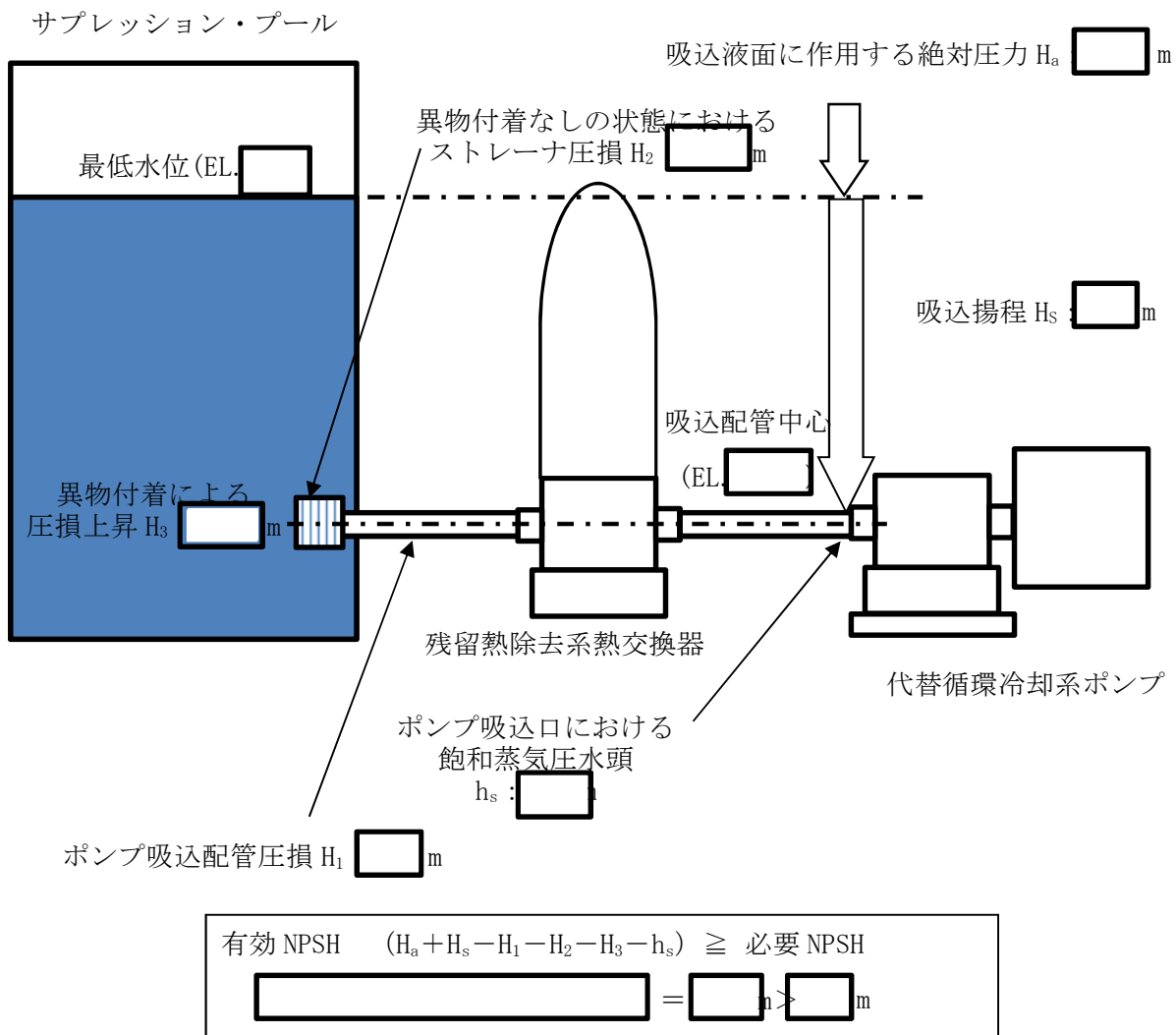


図 3.5.1.1-1 代替循環冷却系ポンプの有効 NPSH 評価の概略図

3.5.2 サプレッション・プールを除くタンク等を水源とするポンプの有効 NPSH 評価結果

3.5.2.1 常設低圧代替注水系ポンプの有効 NPSH 評価結果

(1) 有効 NPSH の算定結果

常設低圧代替注水系ポンプの有効NPSH算定結果を表3.5.2.1-1に示す。また，有効 NPSH 評価の概略図を図3.5.2.1-1に示す。

表3.5.2.1-1 常設低圧代替注水系ポンプの有効 NPSH 算定結果

(単位：m)

	重大事故等時	
$H_a$ ：吸込み液面に作用する絶対圧力		
$H_s$ ：吸込揚程		
$H_1$ ：ポンプ吸込配管圧損		
$h_s$ ：ポンプ吸込口における飽和蒸気圧水頭		
有効 NPSH ( $H_a + H_s - H_1 - h_s$ )		



(2) 有効 NPSH 評価結果

常設低圧代替注水系ポンプの有効 NPSH 評価結果を表3.5.2.1-2に示す。

表3.5.2.1-2 常設低圧代替注水系ポンプの有効 NPSH 評価結果

(単位:m)

	必要 NPSH	有効 NPSH
		重大事故等時
常設低圧代替注水系 ポンプ	<input type="text"/>	<input type="text"/>

表3.5.2.1-2に示すとおり、重大事故等時における常設低圧代替注水系ポンプの有効 NPSHは、必要NPSHを上回っており、常設低圧代替注水系ポンプの運転状態において、必要 NPSH は確保されている。

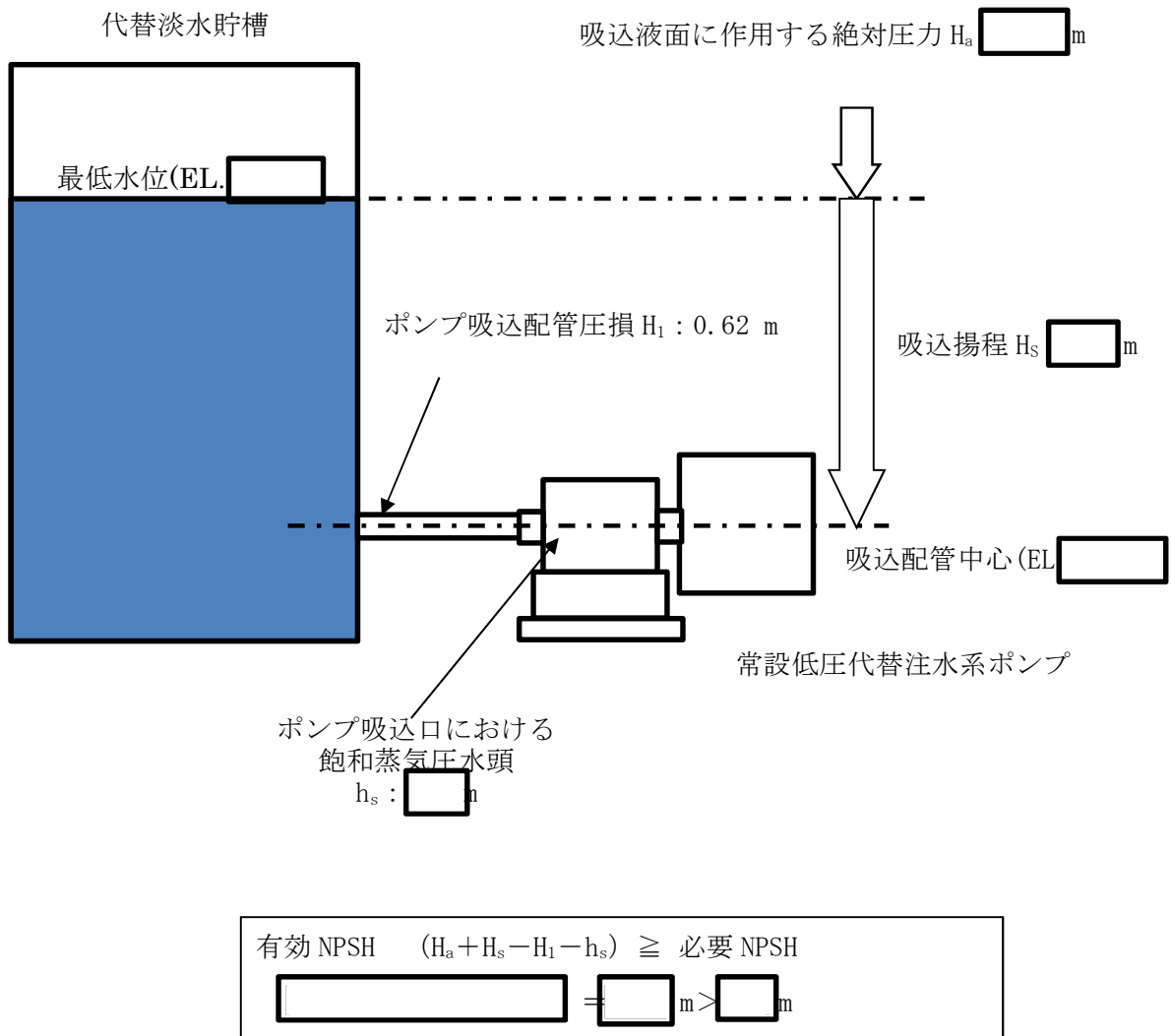


図 3.5.2.1-1 常設低圧代替注水系ポンプの有効 NPSH 評価の概略図