

令和6年度

中小水力発電自治体主導型案件創出調査等支援事業費補助金

大長谷第五発電所水車発電機更新等概略設計事業

(交付決定番号：FC25250041)

事業結果報告書

令和8年2月

富山県企業局

## 目次

○概要	.....	2
○はじめに	.....	3
1. 事業の目的	.....	4
2. 事業の目標	.....	4
3. 事業の内容	.....	4
4. 事業のスケジュール	.....	5
5. 事業の成果	.....	6

## ○概要

大長谷第五発電所の水車発電機等の更新について、概略設計（基本設計、事業性評価）を実施するもの。

○はじめに

富山県では、小水力発電など、地球環境にやさしい再生可能エネルギーの導入を積極的に推進しています。

現在は老朽化した施設を新しくするリプレース（発電所全面的更新）を実施しており、より多くの再生可能エネルギーを供給できるよう取り組んでいます。

今回の概略設計事業にて、大長谷第五発電所の水車発電機等の更新を検討し、再生可能エネルギーの供給強化に努めるものとしています。

本調査は、一般財団法人新エネルギー財団の「令和6年度中小水力発電自治体主導型案件創出調査等支援事業補助金」の補助により実施しました。

注) 著作権等に関しては、了解済み

## 1. 事業の目的

大長谷第五発電所リプレースにおいて、最適な設備に更新するための水車発電機更新の基本設計、系統連系変更の比較検討、系統連系変更した場合の新大長谷第一発電所の変圧器更新の基本設計を行い、事業性を評価するもの。

## 2. 事業の目標

水車発電機等の更新計画を複数作成し、それぞれについて事業性評価を行う。

## 3. 事業の内容

大長谷第五発電所の水車ランナは、土砂摩耗等が著しく数年で複数回の修繕を実施している。また、最大出力で発電できる日数が少ないため、流況からの発電出力の再検討が必要となっている。そのため、近年の技術動向を踏まえ最も適した水車型式を選定する等、発電電力量の増加を目指した発電所リプレースの基本設計を行う。

大長谷第五発電所は、高圧自営線及び大長谷第三発電所を經由し、北陸電力送配電の特別高圧送電線に系統連系しているが、リプレースにあ

たつては、大長谷第五発電所近傍の北陸電力送配電の高圧配電線に系統  
 連系させて FIT 申請とする案も検討する。その高圧配電線は新大長谷第  
 一発電所を經由していることから、新大長谷第一発電所の主要変圧器の  
 容量不足が懸念されるため、その更新に係る基本設計も含めて実施す  
 る。

上記の基本設計や検討を踏まえ、最適な設備更新となるよう事業性を  
 評価する。

#### 4. 事業のスケジュール

調査項目	令和7年度(実績)												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
基本設計						■							
事業性評価										■			

#### 5. 事業の成果

##### (1) 基本設計

水車発電機の型式（クロスフロー水車、横軸フランシス水車、ターゴ  
 水車）それぞれについて、水車発電機容量、発電電力量及び工事費を検

討し、図面等作成の上、取りまとめができた。

## (2) 事業性評価

事業性評価として「概算工事費の算定」「総合検討」を実施した。基本設計にて調査した水車発電機型式において、年間発電電力量及び20年間収支（売電収入と工事費との差分）を調査した結果、既設型式であるクロスフロー水車以外のものは、土木工作物に係る工事費が大きく、収支においてメリットがない結果となった。

クロスフロー水車において、最大使用水量 1.6m<sup>3</sup>/s 及び 2.0m<sup>3</sup>/s の場合の2点について、メーカーヒアリング等をもとにより総合検討を行ったところ、使用水量 1.6m<sup>3</sup>/s が発電電力量及び工事費ともに優位性があった。ただし、発電電力量、工事費ともに差がわずかであったことから、事業性を確保するには今後の詳細設計等において、使用水量については幅を待たせた検討することも考える結果となった。以下に概略設計結果を記載する。

### 概略設計結果

型式	クロスフロー水車(水路式)
発電出力[kW]	774
使用水量[m <sup>3</sup> /s]	1.6
有効落差[m]	62.9
年間発電電力量[kwh]	2,643,775
設備利用率[%]	39

総工事費[千円]	705,926
売電収入(年間)[千円/年]	55,519
経済性評価	20年間収支:404,460[千円] ※FIT 期間 20年の売電収入と工事費等の差し引きで評価

※申請時との差異は概略設計によるもの

### (3) 業務委託成果品

業務委託による成果品を別添として付属する。

## 1. 業務概要

本業務は、富山県企業局の大長谷第五発電所について、事業性評価に必要な水車発電機更新等の概略設計を行うことを目的とする。

水車発電機の更新に伴い検討する主な項目は以下の通りである。

- ・更新対象施設の検討

FIT/FIP 適用の検討に伴う更新対象施設、及びその他更新必要施設を検討する。FIT/FIP 適用の有無については別途検討する。

- ・検討に使用する流量・使用水量

10 ヶ年の平均流況に基づいて、取水口地点の流況、流量設備利用率等を考慮し、最適な使用水量を決定する。

- ・水車形式・発電出力・発電電力量の検討

決定した使用水量に基づき、水車発電機効率、水車型式等を検討のうえ、10 年間の日流量による可能発電電力量を算定する。水車型式は、複数の型式で比較検討を行う。

- ・袖ノ谷取水口の検討

袖ノ谷からの取水の有無による発電電力量の変化を検討する。また、袖ノ谷取水口の改修を検討する。

- ・系統連系設備・連系先

連系先を大長谷第三発電所または新大長谷第一発電所として検討する。設備容量や保護装置等を調査し、更新の必要有無等を検討する。

- ・施工計画

施工計画、工事工程等を立案する。

- ・総合検討

事業性評価を行い、最終的な取りまとめを行う。

- ・その他検討項目

電気・機械設備等概略設計

土木構造物・建築設備等概略設計

電気及び機械設備等概略設計における土木構造物・建築設備等の改修範囲

大長谷第五発電所の施設位置図を以下に示す。

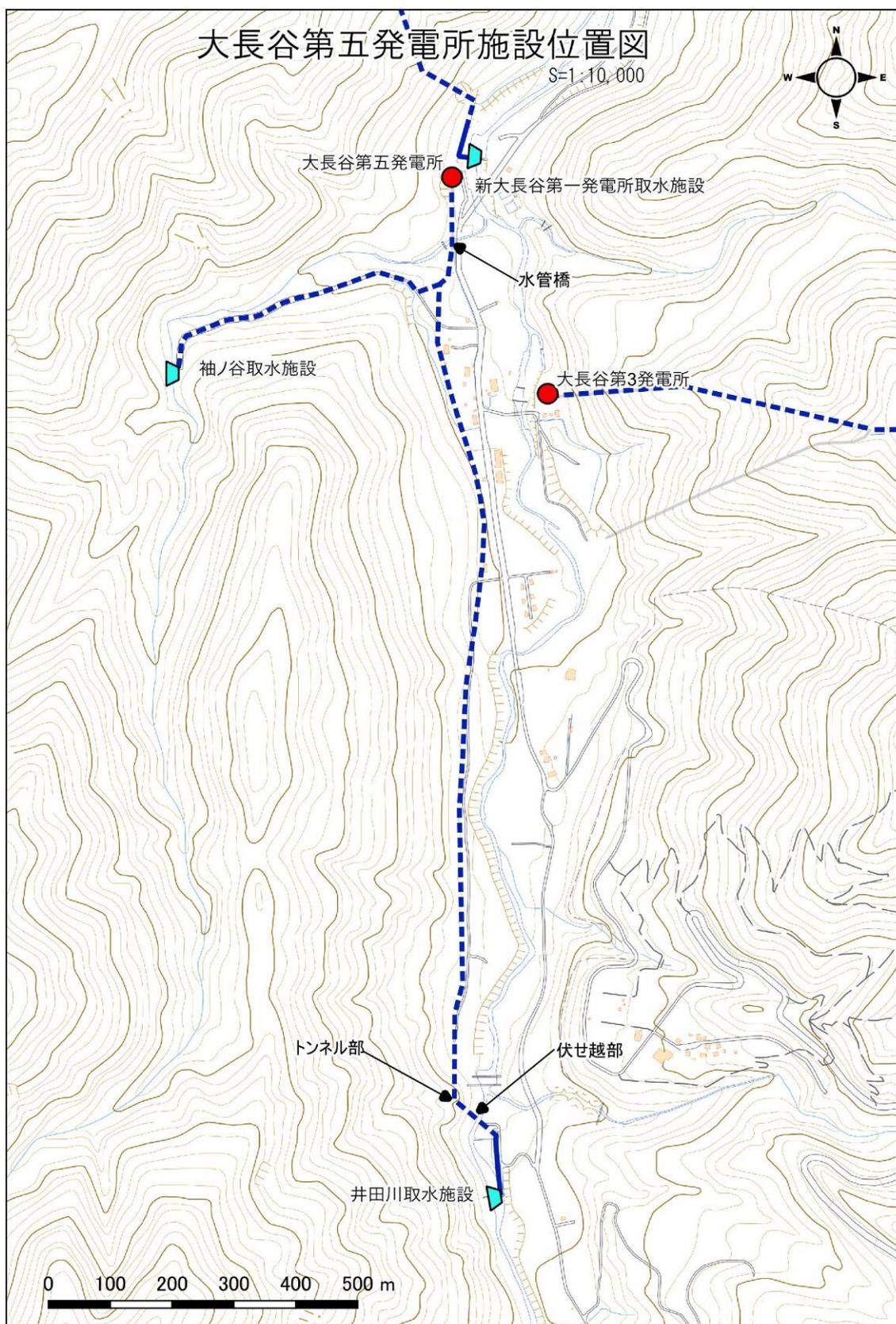


図1-1 位置図

## 2. 設計対象施設の検討

本発電所は更新工事にあたり、「既設導水路活用区分」のFIT/FIP認定申請を行うことを検討している。固定価格買取制度における既設の水力発電設備の更新に係る認定の考え方(平成 29 年 3 月 1 日、資源エネルギー庁) (以下、「FIT認定考え方」と称す)において、既設導水路活用型区分の認定を受けるために必要な工事対象設備範囲や工事内容は表2-1の通りである。

表2-1 水力発電の更新に係る認定の考え方一覧表

	新設区分	新設区分 (既設発電所を更新する場合)	既設導水路 活用型区分
<b>電気設備</b>			
水車(入口弁含む)	◎	◎	◎
発電機	◎	◎	◎
変電設備等その他電気設備 (制御盤、変圧器、遮断器等)	◎	◎	◎
<b>土木設備</b>			
水圧鉄管	◎	◎	△※3
取水設備(ダム・堰等)	◎	○※2	対象外
導水設備	導水路	◎	対象外
	沈砂池	◎	対象外
	水槽・ヘッドタンク	◎	対象外
	放水路	◎	対象外
<b>建築物</b>			
建屋	対象外	対象外	対象外

◎:新設・更新      ○:改修(※1)      △:補修又は一部更新

- ※1 発電以外の用途にも利用されている設備部分については更新対象外。また、各導水設備の更新した箇所の延長の合計が、各調達区分に応じた以下の導水設備の一般的な規模以上(全延長が以下の延長未満の場合は全延長)であること。  
 ・100m(200kW未満)  
 ・500m(200kW以上1,000kW未満)  
 ・1500m(1,000kW以上5,000kW未満)  
 ・3000m(5,000kW以上30,000kW未満)
- ※2 設備全体の更新が現実的に困難である場合は、必要な補修のみでも可。ただし、発電専用ダムによるダム式・ダム水路式発電所については、ダムの撤去・更新を行うもの又は、改修工事を行うもので電気事業法に基づく工事計画の届出を要するものに限り対象とする。
- ※3 水圧鉄管の断面全周に渡り、延長の一部又は全部を取り替えるもの若しくは水圧鉄管の全延長に渡り、内部又は外部(埋設部除く)の塗装を行うもの。

出典：固定買取価格制度における既設の水力発電設備の更新に係る認定の考え方について(資源エネルギー庁)

「FIT認定考え方」で対象外である施設についても、表1-2の通り現地踏査及び既往資料調査により更新の必要性を検討する。

表2-2 業務対象施設範囲

発電所名		①		②	
		大長谷第五発電所		新大長谷第一発電所	
発電 諸元 (既設)	水車形式	クロスフロー水車			
	最大出力(kW)	1,200			
	使用水量(m <sup>3</sup> /s)	2.60			
	有効落差(m)	62.90			
発電 設備	取水ダム				
	取水堰				
	取水施設				
	除塵機	○	検討による		
	スクリーン	○	検討による		
	制水ゲート	○	検討による		
	沈砂池	○	検討による		
	溪流取水				
	導水路	○	検討による		
	水槽	×			
	余水路				
	水圧管路	○	対象範囲はFIT検討による		
	電気設備				
	水車発電機	○	更新		
	制御盤・配電盤	○	更新		
	変電・送電設備	○	更新	○	FIT検討による
	水車発電機基礎	○	一部改良 (水車発電機等の更新により必要な範囲)		
発電所建屋	○	一部改良 (水車発電機等の更新により必要な範囲)			
放水路	○	一部改良 (水車発電機等の更新により必要な範囲)			
放水路制水ゲート	×				
その他					

○:対象、×:対象外

更新施設の検討結果を表2-3に示す。

表2-3 更新検討施設

施設	更新要否、範囲
取水施設	袖ノ谷取水スクリーンは必要に応じて改修
沈砂池	袖ノ谷取水沈砂池は必要に応じて改修
導水路	不要
水圧管路	FIT/FIP適用時は、明かり部の全延長(水管橋部、発電所付近露出部)において塗装塗替
発電所	電気設備は全て新設機器に更新 更新に伴い発電機周囲の基礎コンクリートの撤去、復旧が生じる

### 3. 検討に使用する流量

年間発電電力量に使用する流量は、流量実績流況と取水実績それぞれにおいて年間発電電力量を算出し比較した。

流況は中山ダム流入量の流域面積按分により算定している。流域換算が可能な流域比は0.5~1.5以内とされている。この範囲を逸脱する場合、基準地点と検討地点の間で流域の特性（平均勾配、流路長、土地利用等）が幾何学的に相似であると見なせなくなる。そのため、単純な面積按分では、当該流域特有の流出応答を適切に反映できず、流量推定精度が著しく低下する。

中山ダムと計画地点の流域比は1.5を超えるため流況の使用は精度的に問題がある。

- ・ 中山ダム流域面積 65.20 km<sup>2</sup>
- ・ 井田川取水流域面積 28.72 km<sup>2</sup> (換算係数=65.20/28.72=2.270)
- ・ 袖ノ谷取水流域面積 4.80 km<sup>2</sup> (換算係数=65.20/4.80=13.583)
- ・ 井田川残流域面積 7.52 km<sup>2</sup> (換算係数=65.20/7.52=8.670)

#### 流量資料の認定について

(通達 7資公部第419号 平成7年12月1日)

今般、電気事業法の一部を改正する法律（平成7年法律第75号）が平成7年12月1日から施行されますが、発電水力流量測定規則（昭和40年通商産業省令第55号）の規定に基づき通商産業大臣に報告された計画地点直近における最近の連続10年以上の測定結果以外のものを、電気事業法に基づく手続きに使用するに際しては、下記のとおり、これに準ずるものとして認定を受けることができるので通知します。

#### 2 認定を受けるための手続き

別紙様式に従い、当職宛に申請することとする。また、認定の基準は、当該流量資料が、計画地点直近において発電水力流量測定規則の規定に基づき測定されたとした場合と同等の精度を有すると認められる場合とする。

2. 計画地点付近に指定測水所の観測資料がない場合には、近くにある測水所の流量資料を流域比換算して計画地点の流量資料としているが、この換算については流域比（計画地点流域面積/測水所流域面積）が0.5~1.5の範囲とするよう指導されている。この範囲外では、改めてできる限り取水口付近に測水所を新設して測定することとされ、立地上設置が困難な場合でも、流域比が2.0以下の範囲内に新設して流量観測をすることとされている。

出典：発電水力流量調査の手引き（電力土木技術協会）

取水実績では定期点検等のため取水を停止している期間があることから、流況資料を用いた場合、発電電力量が過大になることが分かった。一般的に年間発電電力量に対して利用率を見込み削減するが、取水実績を用いて検討することで実態と近い結果を得られると考える。

以上より、取水実績を元に検討をおこなう。

井田川と袖ノ谷の取水量を合計した全体取水実績による流況表を示す。

表3-1 全体取水実績における流況表（単位：m<sup>3</sup>/s）

年度	最大流量 (1日)	35日流量 (35日)	豊水流量 (95日)	平水流量 (185日)	低水流量 (275日)	渇水流量 (355日)	最小流量 (365日)	年平均流量	備考
2012年（平成24年）	2.34	1.36	0.82	0.42	0.27	0.00	0.00	0.57	
2013年（平成25年）	2.50	1.99	1.10	0.78	0.52	0.25	0.00	0.95	
2014年（平成26年）	2.16	1.74	0.94	0.61	0.41	0.28	0.00	0.80	
2015年（平成27年）	2.32	1.94	0.89	0.41	0.00	0.00	0.00	0.64	ランナ更新
2016年（平成28年）	2.30	1.46	0.96	0.66	0.39	0.00	0.00	0.73	
2017年（平成29年）	2.36	1.93	0.84	0.65	0.42	0.11	0.00	0.77	
2018年（平成30年）	2.09	0.96	0.86	0.60	0.27	0.00	0.00	0.59	
2019年（平成31年）	2.36	1.75	0.97	0.50	0.32	0.00	0.00	0.69	
2020年（令和2年）	1.27	1.24	1.02	0.56	0.33	0.00	0.00	0.65	
2021年（令和3年）	2.29	1.78	1.32	0.64	0.38	0.00	0.00	0.82	
合計	21.99	16.15	9.72	5.83	3.31	0.64	0.00	8.11	
10ヶ年 平均	2.20	1.62	0.97	0.58	0.33	0.06	0.00	0.58	

全体取水実績による10カ年平均流量と計画の最大取水量との関係を図2-1に示す。

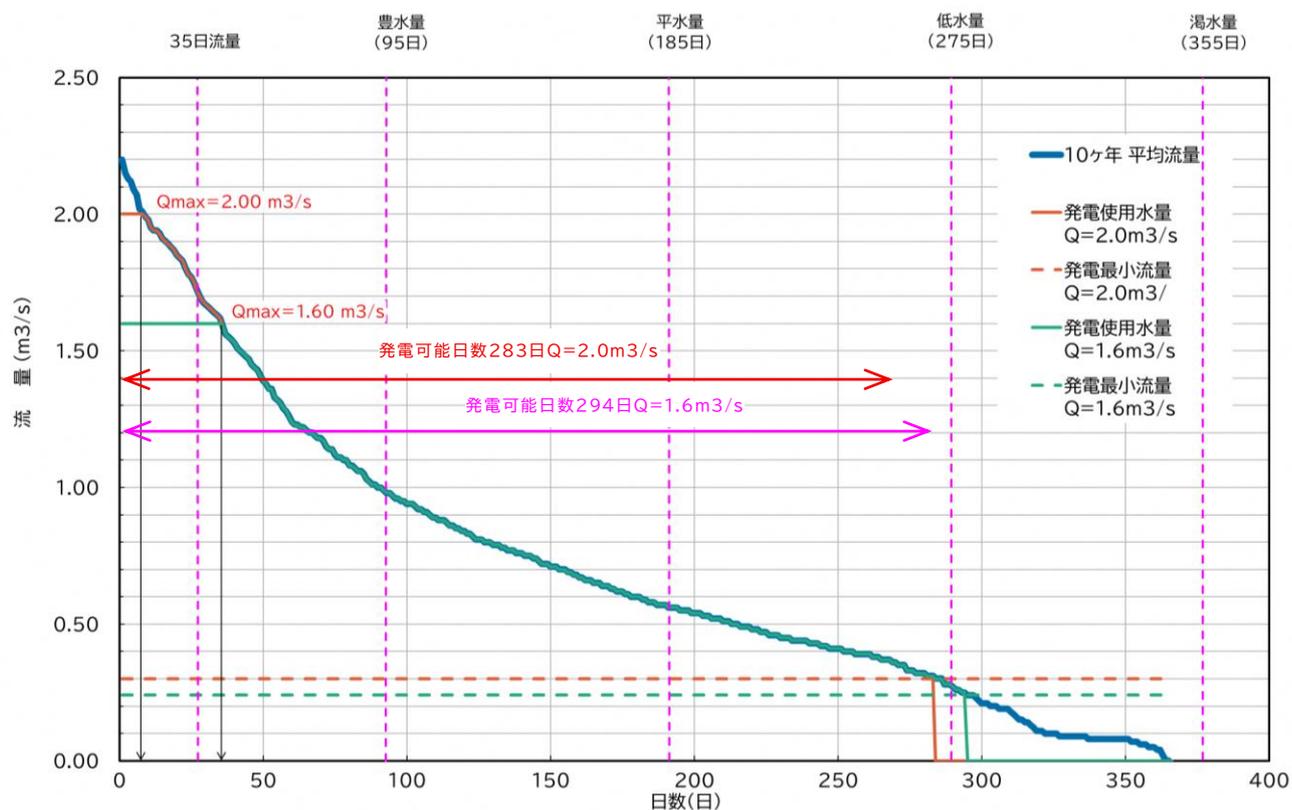


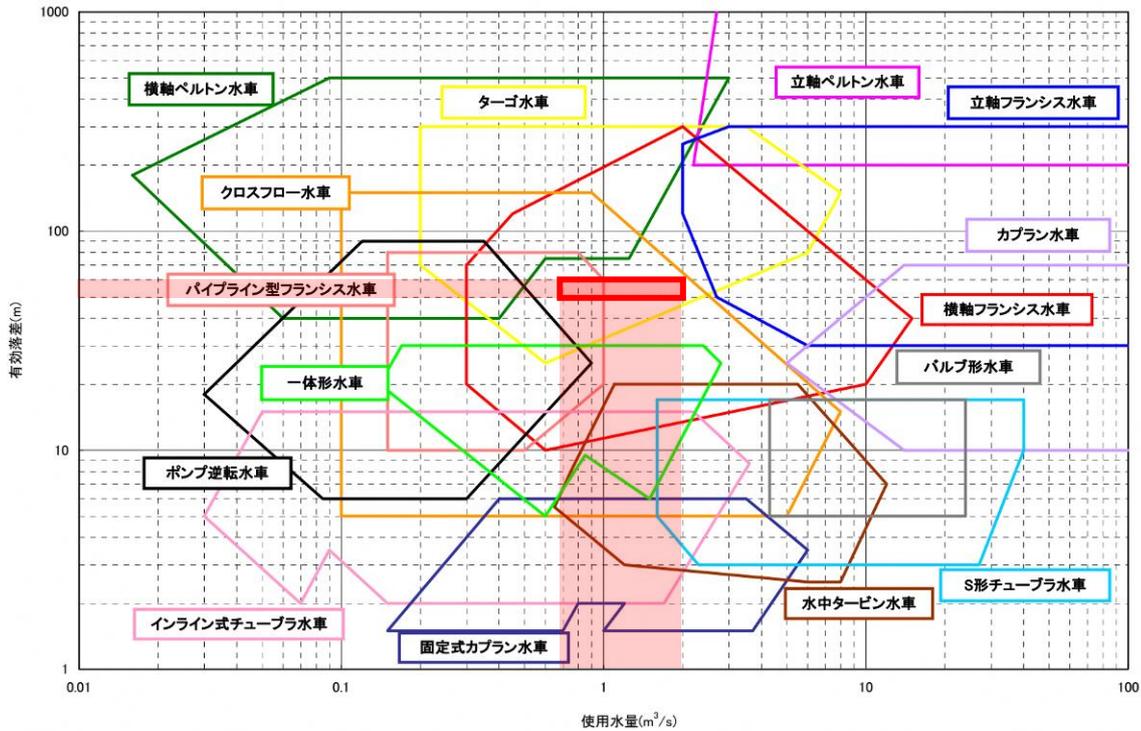
図3-1 全体取水実績における流況図

最大使用水量は「5. 使用水量の決定」で述べる。

#### 4. 水車形式の検討

水車発電機は図4-1の水車形式選定図に示すとおり、下記水車形式が適用範囲となる。

- ・ フランス水車
- ・ クロスフロー水車
- ・ ターゴインパルス水車



出典：中小水力発電計画導入の手引き（経済産業省資源エネルギー庁）

図4-1 水車形式選定図

水車の一般的特性を整理し、表4-1に示す。

水車形式	横軸フランシス水車	クロスフロー水車	ターゴ水車
写真・図			
概要	出典：日本小水力発電株式会社HP 流水がランナ外周から半径方向に流入し、ランナ内において軸方向に向きを変えて流出する構造となっている反動水車。流量調整できるガイドベーンを備えている。	出典：中小水力発電計画導入の手引き（経済産業省資源エネルギー） 水流が円筒形のランナに軸と直角方向より流入し、ランナ内を貫通して流出する構造となっている衝動水車。流量調整できるガイドベーンを備えている。	ノズルからのジェット主流をランナの斜めから入斜させる構造となっている衝動水車。流量調整できるニードルを備えている。
水車最高効率	低流量でも効率低下が小さい	低流量でも効率低下が小さい	低流量でも効率低下が小さい
落差	落差変化に対しては効率低下が少ない	落差変化が大きいと効率が低下する	中高落差に適している
流量	流入量が30～50%以下では効率の低下が大きい	流量変化の大きい箇所に適している	非常に少ない流量から採用可能である
維持管理性	運転、保守、補修が容易	構造が簡単のため据え付け、運転、保守、補修が非常に容易。容易に除塵することができ塵に強い。	水車の摩耗部が少なく、耐久性が高い。日常保守をほとんど必要とせず、補修も容易。土砂の多い河川にも適する。

表4-1 水車形式比較表

機器配置、改修範囲から大長谷第五発電所での工事の容易性について、水車形式別で比較検討を行った。

- ・フランシス水車、ターゴインパルス水車ともに発電所の改修が大規模になる。この改修は地下での作業となるため、重機の搬入等が困難で、施工性が悪く、停水期間が長い。
- ・フランシス水車は、吸出管が横方向にできること、反動水車であることから放水庭周辺の改修が必要となる。吸出管の設置により作業通路が確保できなくなる。通路確保のためには発電所の拡張等が必要。
- ・ターゴ水車は水車本体が大きくなるため、放水庭の拡幅が必要となる。盤の設置スペースがなくなるため、発電所の拡張又は、地上に盤設置用の建屋が必要となる可能性がある。
- ・クロスフロー水車は現況と同形式であるため、発電所の土木の改修が最小限ですむ。作業通路も既往のままである。停水期間が最も短い。
- ・いずれの水車形式も袖ノ谷取水口改修の検討が必要である。

工事の容易性の比較表を表4-2に示す。また水車形式別の改修計画検討図を図3-2～図3-3に示す。

工事の容易性においては、回収範囲が最も少なく工事期間や改修工事費が有利な「クロスフロー水車」が選定される。

使用水量の検討では、「工事の容易性」や「年間発電電力量」、「売電収入20年間－工事費」、及び「工事費/年間発電電力量」から比較検討し選定する。

検討の詳細は次章「5. 使用水量の検討」で述べる。

表4-2 水車形式比較表

水車形式	クロスフロー	フランシス	ターゴインパルス
同流量での発電量	低	中	高
発電所改修	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改修範囲：小</li> <li>・既設水車発電機及び配電盤撤去</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改修範囲：中</li> <li>・既設水車発電機及び配電盤撤去</li> <li>・放水庭掘り下げ</li> <li>・作業通路</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改修範囲：大</li> <li>・既設水車発電機及び配電盤撤去</li> <li>・放水庭拡幅</li> <li>・盤設置スペース</li> </ul>
水車発電機工事費	低	中	高
施工時停水期間	短	長	長
土砂耐性	低	中	高



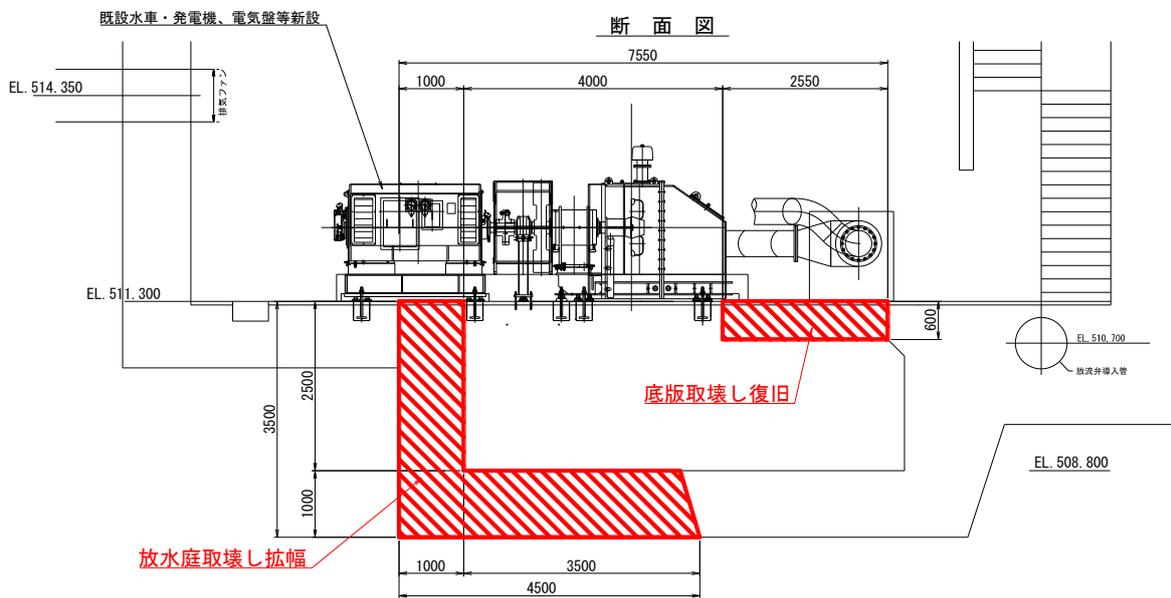
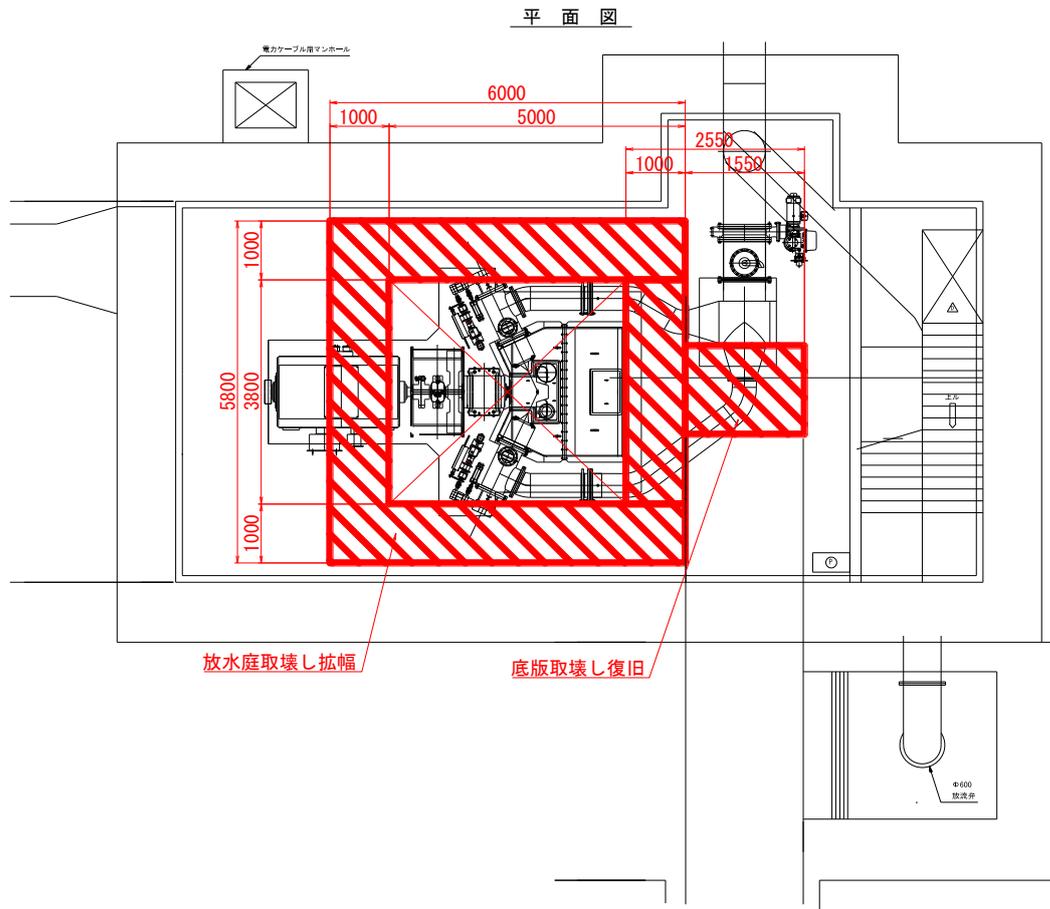


図3-3 ターゴインパルス水車 放水庭拡幅

## 5. 使用水量の検討

### 5.1 最大使用水量の決定

一般的に流れ込み式の場合、設備利用率が45～60%程度の規模で最適規模が求められることが多い。本計画では取水実績の平水流量 $Q=0.6\text{m}^3/\text{s}$ 以上、水利権流量 $Q=2.6\text{m}^3/\text{s}$ 以下の流量において、出力・発電電力量・工事費を算出し経済比較により最適規模を決定した。

比較の結果、最大使用流量は工事費／年間発電電力量が最大となる $Q=1.6\text{m}^3/\text{s}$ または発電電力量が最大となる $Q=2.0\text{m}^3/\text{s}$ とする。

工事費の対象工種は、水車発電機を含んだ電気工事と水車形式毎に異なる発電所基礎の土木工事である。

流量、水車ケース毎の算定結果を以下に示す。

#### (1) 流量と出力の関係

それぞれの水車においてFIT適用範囲となる1000kW未満となる流量は下グラフの通りである。クロスフロー水車では、 $Q=2.0\text{m}^3/\text{s}$ となる。

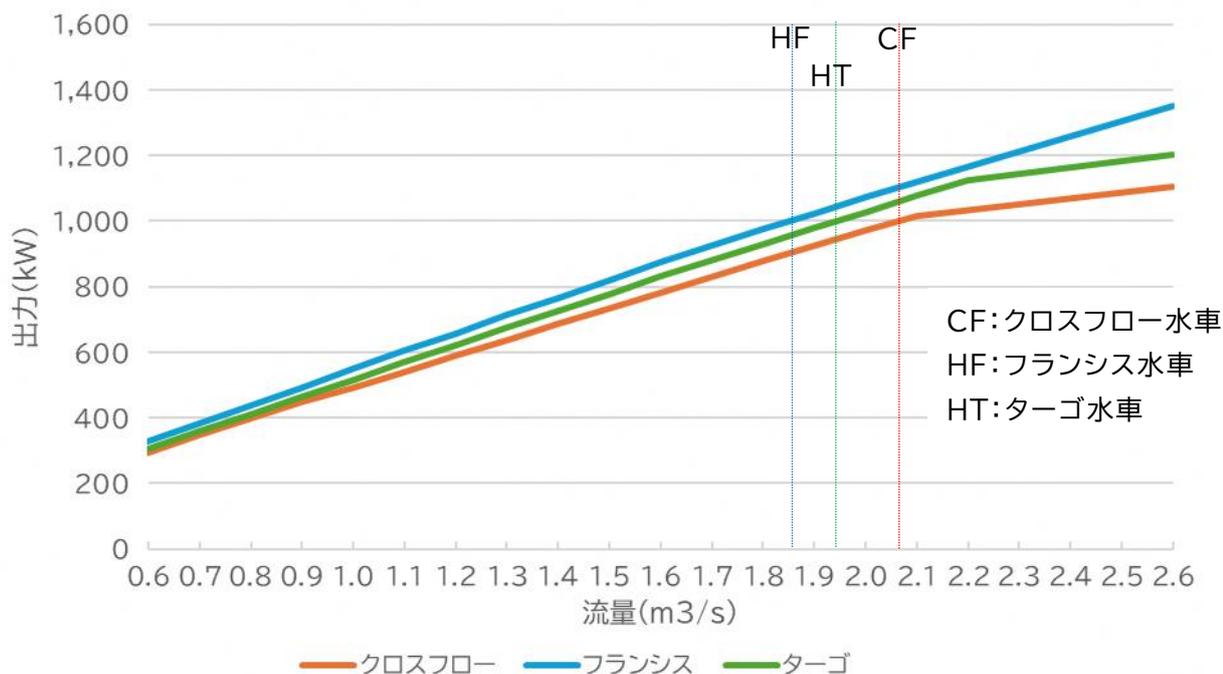


図5-1 流量と出力の関係

## (2) 流量と年間発電電力量、工事費の関係

クロスフロー水車、ターゴインパルス水車は発電可能流量が少流量まで対応できるため、流量変化の大きい当箇所に適している。最大流量を $Q=2.0\text{m}^3/\text{s}$ 付近としたときまで、稼働率が上がり年間発電電力量が増加する。(発電可能最小流量比：クロスフロー15%、フランシス30%、ターゴインパルス10%)

クロスフロー水車は工事費が安価であるため工事費/年間発電電力量が良く、 $Q=1.6\text{m}^3/\text{s}$ 時が最も良い。

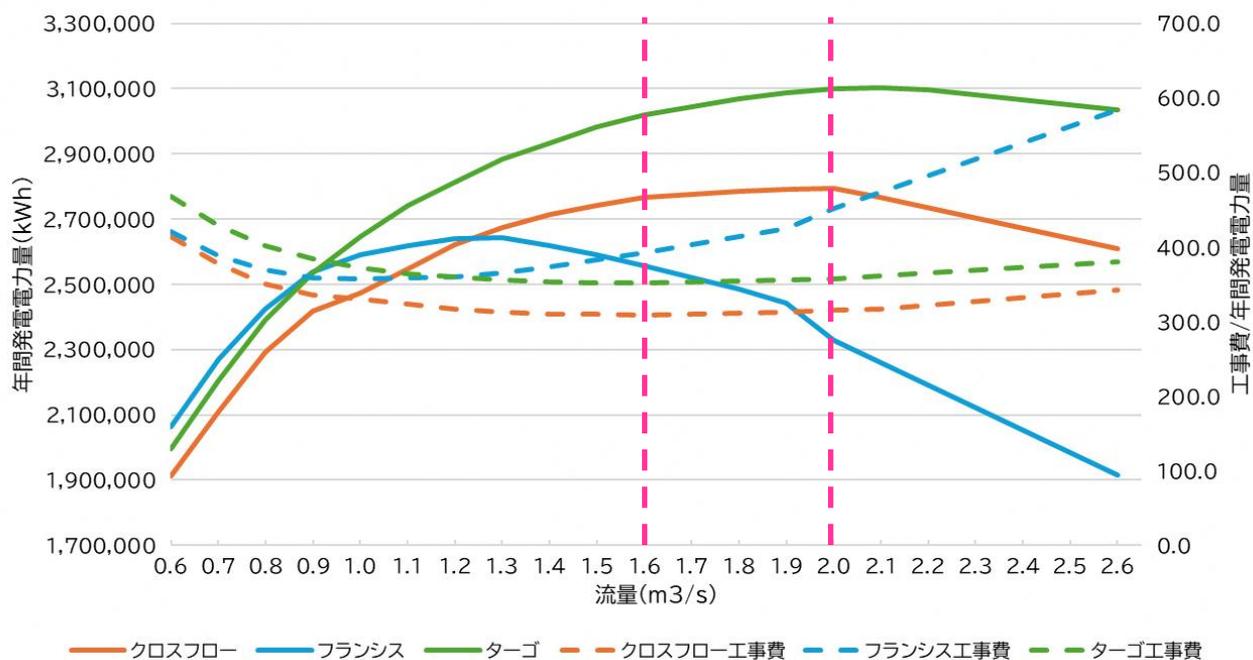


図5-2 流量と年間発電電力量、工事費の関係

### (3) 出力と年間発電電力量、工事費の関係

1000kWのとき最も年間発電電力量が多いのはターゴインパルス水車であるが、工事費/年間発電電力量を考慮したときこれを採用することは不利となる。

次点で年間発電電力量が多いのはクロスフロー水車である。工事費/年間発電電力量はクロスフロー水車が最も良い。

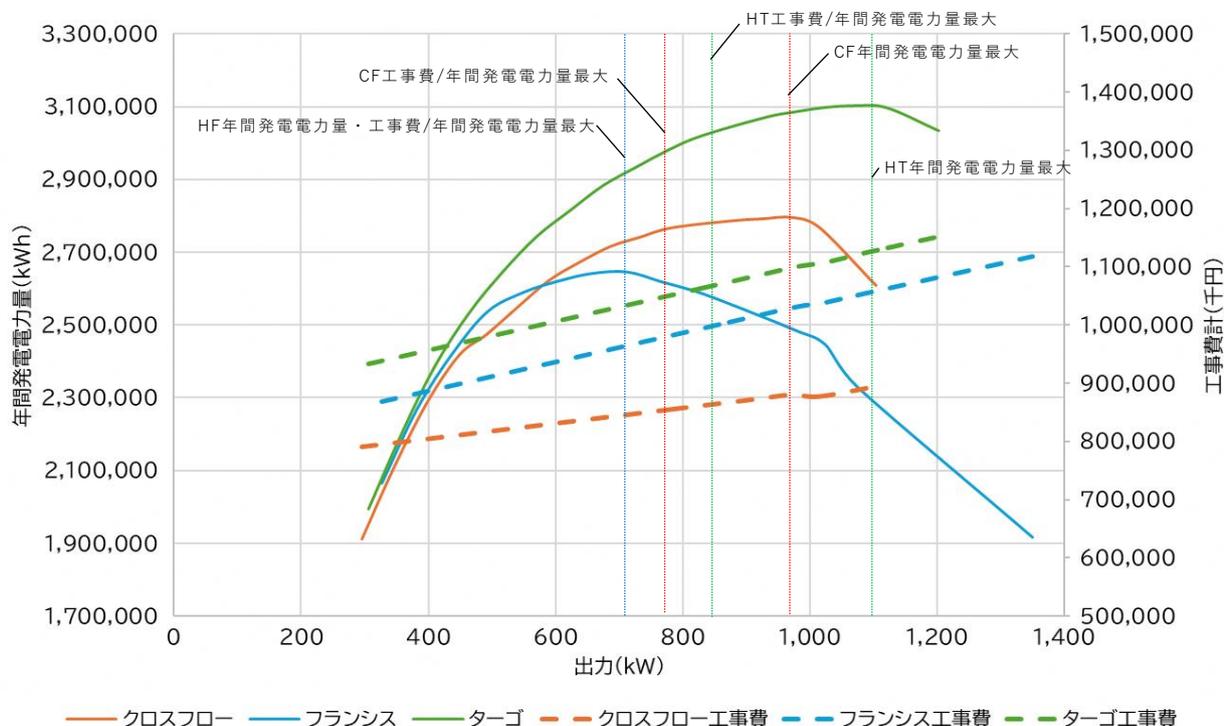


図5-3 出力と年間発電電力量、工事費の関係

### (4) 20年間分の売電収入－工事費が最大を選定する場合

クロスフロー水車(Q=1.6m<sup>3</sup>/s)が優位である。

「20年間分の売電収入－工事費」より、クロスフロー水車は、Q=1.6m<sup>3</sup>/s時で3億円となっている。発電所の改修は最小限で水車発電機工事費も他水車に比べて安価である。クロスフロー水車は年間発電電力量が他水車よりも少ないが、その差は20年間の売電収入にすると90,000千円である。一方工事費の差は最小で約120,000千円となる。

フランシス水車、ターゴインパルス水車にした場合は、水車発電機工事費及び発電所改修が高額となるため、「20年間分の売電収入－工事費」が低い。クロスフロー水車次点のターゴインパルス水車は最大約2億円である。

### (5) 年間発電電力量が最大を選定する場合

クロスフロー水車(Q=2.00m<sup>3</sup>/s)が優位である。

クロスフロー水車ではQ=2.00m<sup>3</sup>/s時に年間発電電力量が最大となる。フランシス水車の最大年間発電電力量はクロスフロー水車を下回る。ターゴインパルス水車はクロスフロー水車を上回るものの、工事費が高額となるため工事費/年間発電電力量を考慮したとき優位性はない。

### (6) 2.6m<sup>3</sup>/s (1200kW) を選定する場合

工事費/年間発電電力量が最も良いのはクロスフロー水車である。Q=2.0m<sup>3</sup>/s時よりも

年間発電電力量が減少すること、1000kW以上のためFIPの基準価格が下がることから優位性がない。

(7) 結論

クロスフロー水車 $Q=1.6\text{m}^3/\text{s}$ または $Q=2.0\text{m}^3/\text{s}$ を採用することが望ましい。

ただし、 $Q=1.6\text{m}^3/\text{s}$ と $Q=2.0\text{m}^3/\text{s}$ を比較したとき年間発電電力量の差は僅かであり、イニシャルコストが安価な $Q=1.6\text{m}^3/\text{s}$ の方が経済的である可能性がある。

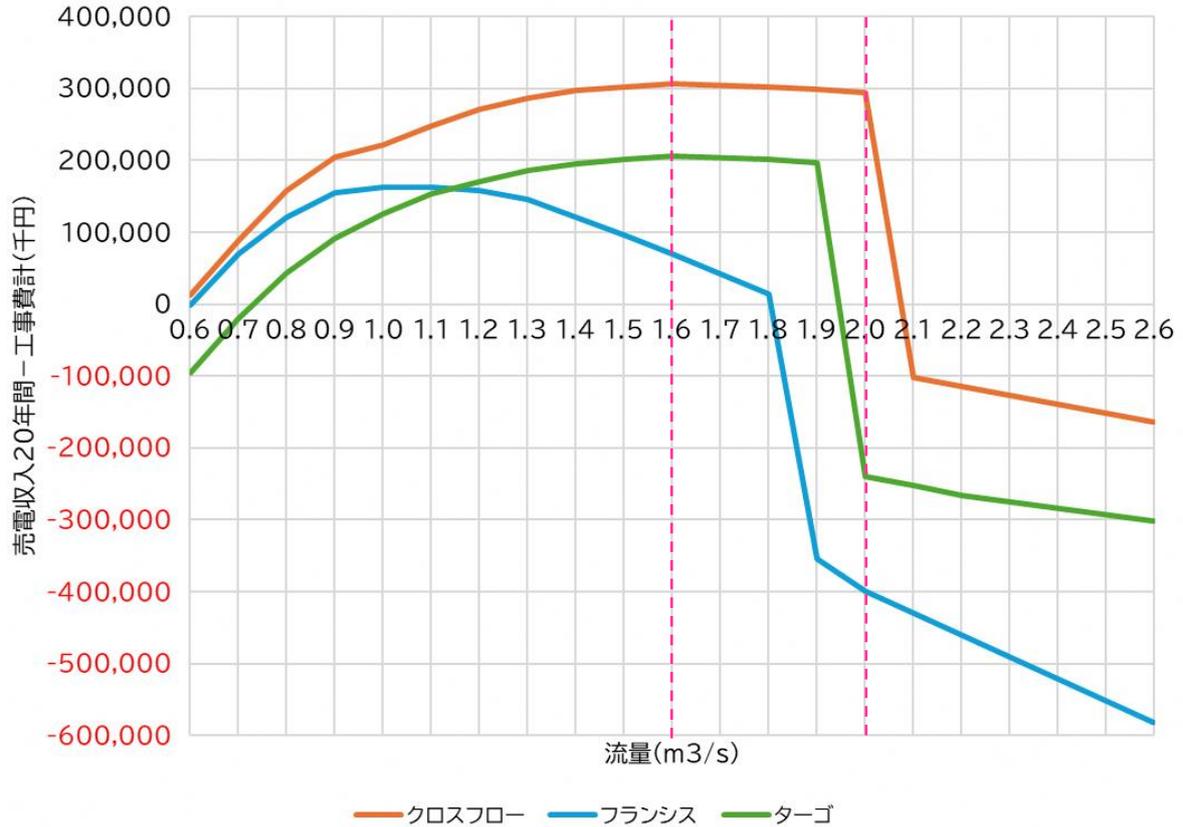


図5-4 流量と売電収入－工事費の関係

P. 16, 17水車発電機配置検討図参照

5.2 常時使用水量の決定

常時使用水量は流れ込み式発電の場合、355日流量（渴水量）に設定する。

したがって、本計画の常時使用水量は、2012から2021の過去10ヶ年平均渴水量より、 $0.04\text{ m}^3/\text{s}$  (井田川) +  $0.01\text{ m}^3/\text{s}$  (袖ノ谷川) =  $0.05\text{ m}^3/\text{s}$ となる。

発電可能流量が $0.3\text{ m}^3/\text{s}$  ( $Q_{\text{max}}=2.0\text{ m}^3/\text{s}$ )、 $0.24\text{ m}^3/\text{s}$  ( $Q_{\text{max}}=1.6\text{ m}^3/\text{s}$ )であることから常時使用水量は $0.00\text{ m}^3/\text{s}$ とする。

## 6. 発電出力、発電電力量

### 6.1 最大使用水量 $Q=1.60 \text{ m}^3/\text{s}$ 時

#### (1) 機器効率

##### 1) 水車効率 ( $\eta_t$ )

メーカー2社に聞き取りをおこない、その平均を採用する。

	A社	B社	平均(採用)
最大使用水量時 水車効率(%)	86.0	78.0	82.0

##### 2) 増速機効率 ( $\eta_m$ )

「水力発電計画工事費積算の手引き」より、 $\eta_m=97.0\%$

##### 3) 発電機最高効率 ( $\eta_g$ )

増速機により回転数900回転となるため、発電機最高効率は極数8極の効率を採用する。 $\eta_g=93.8\%$

(メーカー推奨により、水車回転数450回転、増速機により発電機回転数900回転とする。)

#### (2) 発電出力、発電電力量

設定した最大使用水量、有効落差及び機器効率から最大出力および年間可能発電電力量を算定する。

- ・ 最大出力 = 774kW
- ・ 常時出力 = 0kW(常時流量が発電可能流量を下回るため)
- ・ 年間発電電力量 = 2,643,775kWh (表3.6-1参照)
- ・ 設備利用率 = 39%

クロスフロー水車

最大使用水量

Q<sub>MAX</sub>=1.60 (m<sup>3</sup>/s)

年 月	年間発生電力量(kWh)												合計	
	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年				
1月	111,744	247,440	131,448	138,024	201,168	208,920	212,136	126,720	302,976	136,392			1,816,968	
2月	79,800	209,424	132,240	98,136	211,056	156,552	93,504	148,584	271,848	215,928			1,617,072	
3月	335,760	491,472	343,368	307,584	445,104	199,152	286,464	481,344	370,056	544,296			3,804,600	
4月	256,632	545,496	557,256	539,088	474,768	513,312	287,016	541,032	407,280	527,520			4,649,400	
5月	0	453,696	360,288	420,072	115,176	451,440	223,920	381,000	210,360	390,264			3,006,216	
6月	33,456	105,288	104,616	0	18,864	0	51,864	148,176	85,608	81,168			629,040	
7月	216,096	87,504	125,592	0	63,072	94,392	239,784	164,952	348,816	273,672			1,613,880	
8月	139,896	195,984	274,800	15,312	85,440	223,848	25,560	90,384	137,904	247,920			1,437,048	
9月	45,552	271,752	149,832	109,200	325,176	184,392	396,936	0	87,216	225,072			1,795,128	
10月	100,248	283,272	228,768	69,408	241,920	115,800	142,032	0	7,488	10,560			1,199,496	
11月	360,432	288,216	222,528	136,944	223,128	270,984	28,536	105,168	64,632	51,000			1,751,568	
12月	430,824	256,872	284,928	369,552	338,520	263,976	238,440	346,800	154,776	432,648			3,117,336	
合計	2,110,440	3,436,416	2,915,664	2,203,320	2,743,392	2,682,768	2,226,192	2,534,160	2,448,960	3,136,440			26,437,752	
		最大使用水量(m <sup>3</sup> /s)		1.60		最大出力(kW)	774		年平均発生電力量(kWh/y)				2,643,775	
													年平均売電可能電力量(kWh/y)	2,511,586

## 6.2 最大使用水量 $Q=2.00 \text{ m}^3/\text{s}$ 時

### (1) 機器効率

#### 1) 水車効率 ( $\eta_t$ )

メーカー2社に聞き取りをおこない、その平均を採用する。

	A社	B社	平均(採用)
最大使用水量時 水車効率(%)	86.0	78.0	82.0

#### 2) 増速機効率 ( $\eta_m$ )

「水力発電計画工事費積算の手引き」より、 $\eta_m=97.0\%$

#### 3) 発電機最高効率 ( $\eta_g$ )

増速機により回転数900回転となるため、発電機最高効率は900回転時8極の効率を採用する。 $\eta_g=94.2\%$

(メーカー推奨により、水車回転数450回転、増速機により発電機回転数900回転とする。)

### (2) 発電出力、発電電力量

- ・ 最大出力 = 956kW
- ・ 常時出力 = 0kW(常時流量が発電可能流量を下回るため)
- ・ 年間発電電力量 = 2,627,640kWh (表3.6-2参照)
- ・ 設備利用率 = 31%

クロスフロー水車

最大使用水量

 $Q_{MAX} =$ 2.00 (m<sup>3</sup>/s)

年 月	年間発生電力量(kWh)												合計
	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	合計		
1月	94,464	238,464	118,752	129,168	191,520	199,776	202,896	114,768	291,528	127,392	1,708,728		
2月	51,264	200,424	121,680	77,232	198,072	145,608	74,568	136,800	263,112	208,560	1,477,320		
3月	321,672	558,072	341,592	297,384	458,712	191,568	265,824	503,928	361,560	578,040	3,878,352		
4月	280,248	642,216	648,192	628,536	510,360	601,656	265,560	608,568	415,824	564,048	5,165,208		
5月	0	522,384	390,432	477,312	103,536	504,600	209,160	405,072	203,640	405,696	3,221,832		
6月	31,512	90,552	86,712	0	11,016	0	29,376	135,192	78,672	56,712	519,744		
7月	205,656	53,616	115,368	0	48,744	85,128	224,256	156,384	343,128	264,504	1,496,784		
8月	127,416	182,040	258,960	8,880	75,384	207,552	12,816	69,000	126,024	238,152	1,306,224		
9月	17,376	260,712	137,304	88,416	331,776	173,352	409,176	0	76,488	215,208	1,709,808		
10月	79,272	282,480	211,488	64,536	233,760	99,024	141,648	0	5,472	9,480	1,127,160		
11月	353,664	271,608	210,456	127,416	212,712	250,992	27,648	100,488	41,568	48,408	1,644,960		
12月	421,920	245,952	274,944	363,624	325,440	247,032	225,096	336,912	148,920	430,440	3,020,280		
合計	1,984,464	3,548,520	2,915,880	2,262,504	2,701,032	2,706,288	2,088,024	2,567,112	2,355,936	3,146,640	26,276,400		
		最大使用水量(m <sup>3</sup> /s)	2.00		最大出力(kW)	956		年平均発生電力量(kWh/y)			2,627,640		
								年平均売電可能電力量(kWh/y)			2,496,258		

## 7. 袖ノ谷取水口の検討

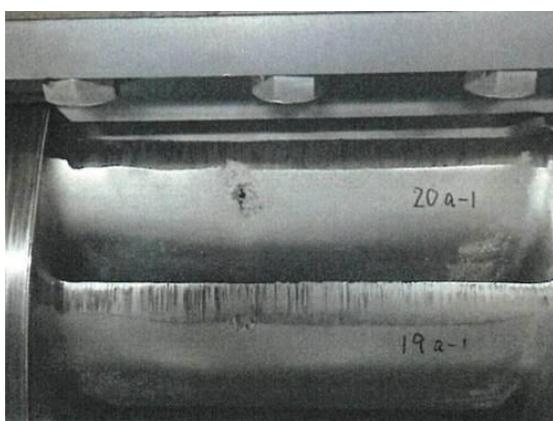
### 7.1 水車の損傷状況

本発電所は平成3年に運転開始し、23年経過時の平成27年に水車ランナの交換を行っている。交換後も羽根のクラック等が頻繁に発生し、溶接補修を繰り返している。

令和4年度定期点検においてランナ全体に異常摩耗、羽根の欠損が確認された。その他にもハウジングカバー内の塗装剥離やランナ出口側ギャップの摩耗も確認されている。これらの損傷は急速に進行しており、土砂の流入や出力が水車に対して過大であることが原因であると推定される。

令和4年度に停水し、ランナの応急処置をおこなったが、その他の損傷は継続しており、原因となる土砂の流入も継続していることから、令和4年12月からは出力制限をおこない運用している。

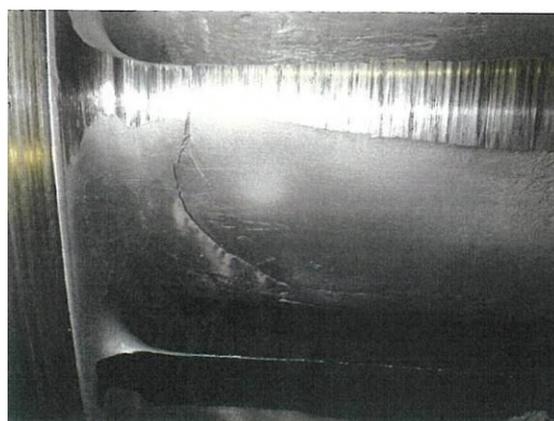
今後も本発電所を安定して運用するために土砂の流入対策をおこなうことが望ましい。



R4 点検ランナ羽根摩耗状況



R4 点検ランナ羽根欠損状況



R4点検羽根クラック状況

出典：令和六年度大長谷第五発電所定期点検作業報告書

図7-1 クロスフロー水車ランナー損傷状況

## 7.2 袖ノ谷取水口の土砂流入対策

### (1) 取水施設の現状

袖ノ谷取水口は現地調査や既存図書をおこなった結果から、取水口及び沈砂池の形状が土砂を十分に除去しきれず水車へ流入しやすい構造になっていると推定した。よって、水車への土砂の流入は袖ノ谷取水口からのものが大きいと考えられる。水車の更新と併せて、袖ノ谷取水口の改良を行うことが望ましい状況である。

取水口はバースクリーン間隔が30mmと大きく土砂礫等が流入しやすい形状となっている。また、開口下流側勾配が水平に近い、土砂が堆積しやすい形状となっている。

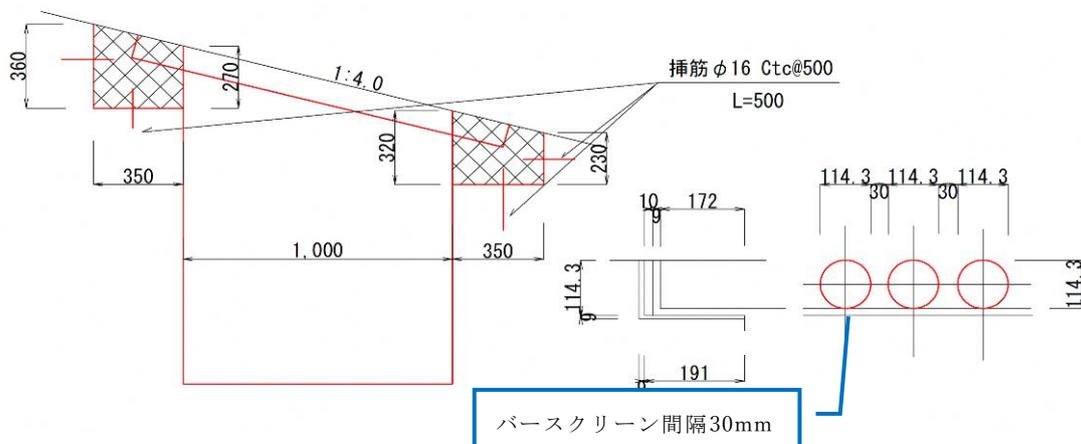
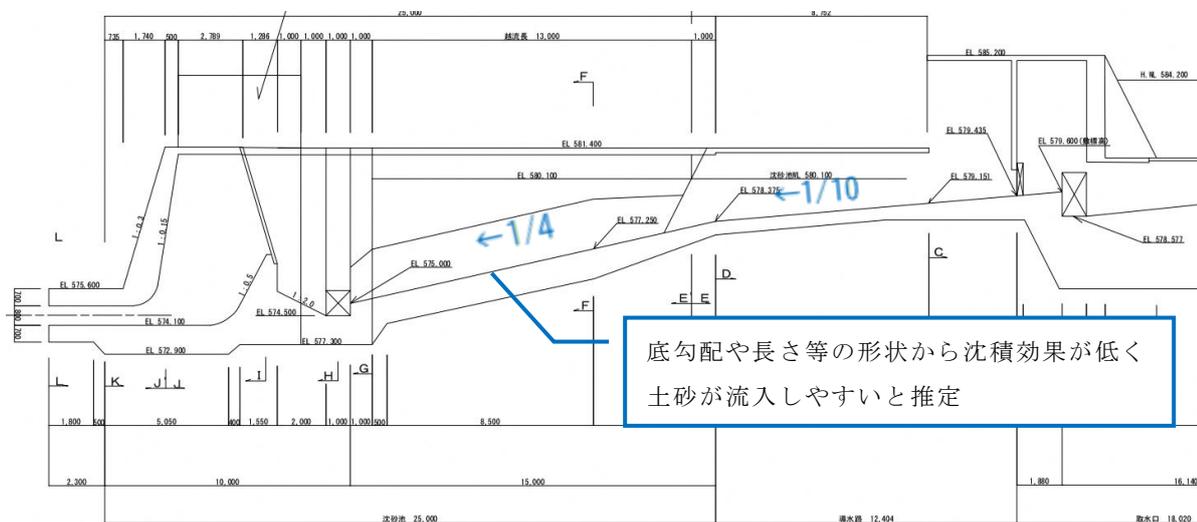


図7-2 既設水平スクリーン状況図

沈砂池は、底勾配や長さ等の形状から沈積効果が低く土砂が流入しやすいと推定する。一般的に沈砂池内は平均流速0.3m/s以下として沈砂させるが、本沈砂池は平均流速0.4m/sで設計されている。沈砂池底の下がり勾配は通常1/20～1/50とする(中小水力発電ガイドブック)ところ本沈砂池は1/4と急勾配となっている。



<大長谷第五発電所>②土木構造物2工区より

図7-3 取水ダム・導水路・沈砂池兼水槽縦断図(間瀬戸)

水車への土砂の流入対策として袖ノ谷取水口を廃止するケースも考えられるが、袖ノ谷取水口は全体取水量の約1/3量を取水しているため、廃止(休止)することは困難であり、取水施設の改良等の対策が必要となる。

## (2) 袖ノ谷取水口の廃止

水車への土砂の流入対策として袖ノ谷取水口を廃止するケースも考えられるが、袖ノ谷取水口は全体取水量の約1/3量を取水しているため、廃止(休止)することは困難である。

袖ノ谷取水口を廃止した場合の発電量を以下に示す。井田川のみでの取水とした場合、発電電力量が減少する。流量変化が大きいため、井田川のみでは稼働率が下がるためと考えられる。

よって、改修方法を検討する。

表7-1 袖ノ谷取水口有無による発電電力量比較(クロスフロー水車)

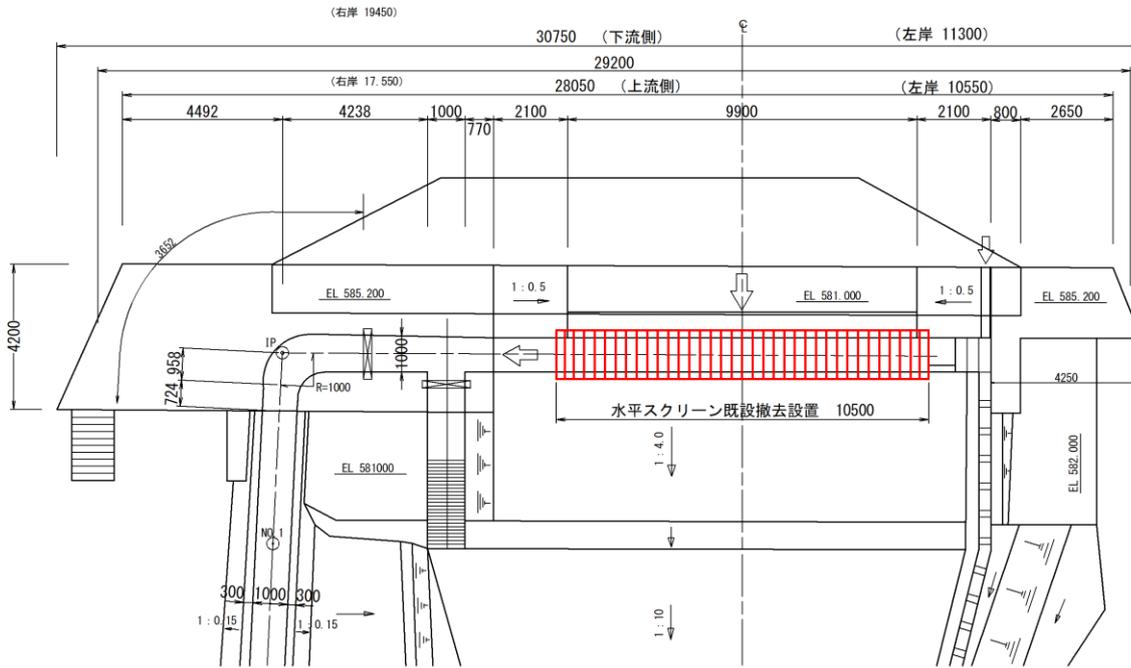
最大取水量 (m <sup>3</sup> /s)	袖ノ谷取水有り (kWh)	袖ノ谷取水無し (kWh)	比率
1.34	2,673,065	1,590,958	60%
1.59	2,767,337	1,413,034	51%

1.34m<sup>3</sup>/sは井田川取水の最大取水量10年平均、1.59m<sup>3</sup>/sは井田川取水の水利権流量である。

### (3) スクリーン改良計画

バースクリーンの間隔が30mmと大きいため、バースクリーンの間隔を18mmとする。また、スクリーン下流側の勾配を改良し土砂が流入しにくい構造とする。

平面図 S=1/100



スクリーン断面図 S=1/50

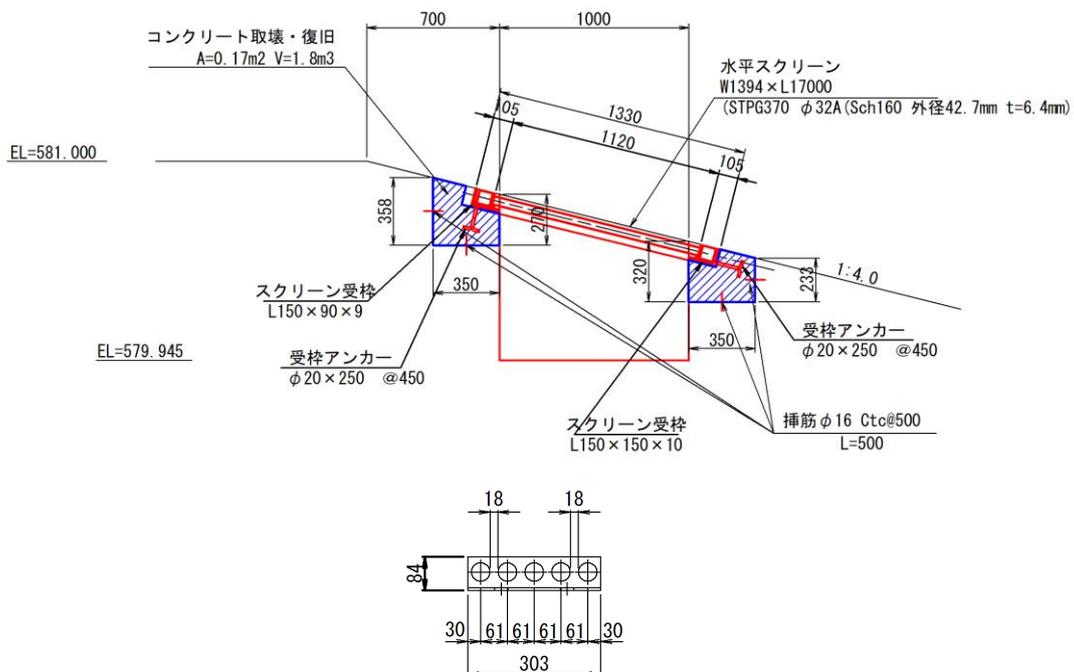


図7-4 スクリーン改良計画

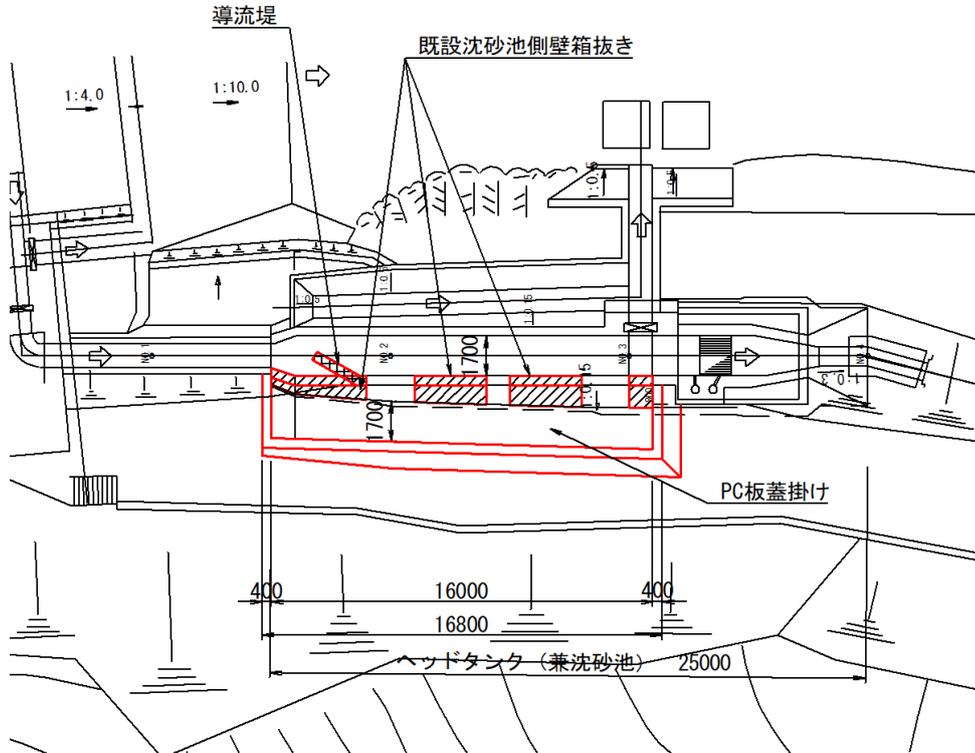
スクリーンの必要開口幅を算出した結果、開口幅を18mmとした場合でも、袖ノ谷最大取水量 $1.01\text{m}^3/\text{s}$ は取水可能である。

(4) 沈砂池改良計画

沈砂池を2層式にし、十分に流速を減速できる構造にする。

沈砂池の幅を2倍にすることで沈砂池内の流速が1/2倍になるため、沈砂効果が2倍となる。

平面図



断面図

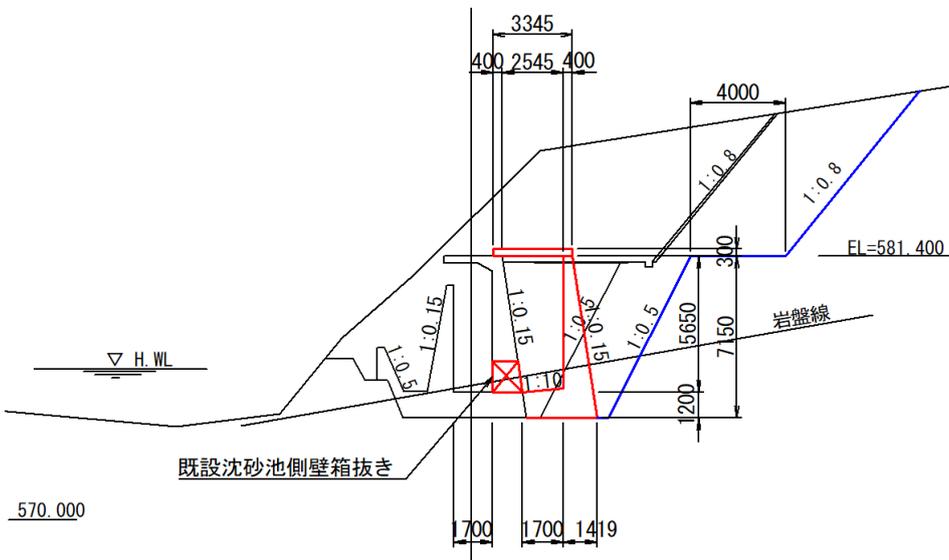


図7-5 沈砂池(兼ヘッドタンク)改良計画



## 8. 系統連系設備

現状大長谷第三発電所に連系しているが、大長谷第三発電所の更新を見込み連系先の変更を検討する。

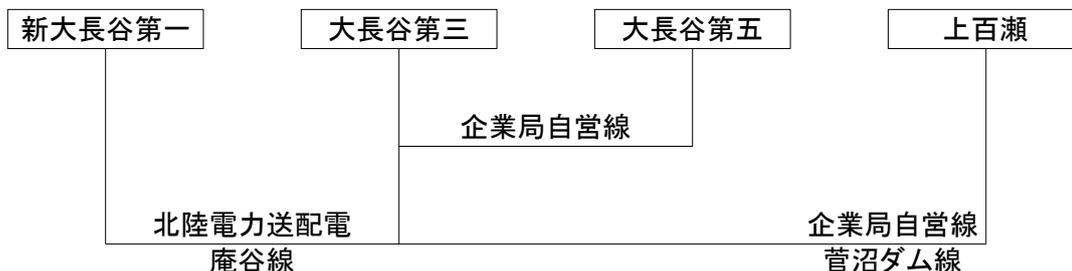


図8-1 現況送電系統イメージ図

連系先の候補として以下のケースについて検討した。

表8-1 連系先検討ケース

ケース	連系先	課題
1	大長谷第三発電所	<ul style="list-style-type: none"> <li>大長谷第三発電所更新時に発電停止</li> <li>大規模な増強工事は不要</li> </ul>
2	新大長谷第一発電所	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工時は新大長谷第一発電所他発電所の一時的発電停止</li> <li>北陸電力送配電(株)配電線(庵谷線)の増強及び主要変圧器増強等の工事費大</li> </ul>

### (1) 大長谷第三発電所への連系(ケース1)

(P. 18単線結線図参照)

現状と同様に大長谷第三発電所に連系する。

現状と同様であり配電設備の大きな変更は不要なため特に課題はないが、FIP(T)制度を利用する場合は、大長谷第三発電所の電力積算計(VCT)の更新と大長谷第三発電所の6.6kV発電母線の連結点手前にFIP(T)算出用電力積算計(VCT)を配置する。

水力発電所のシリーズ開発されたFIT対応更新計画において、計量器(VCT)を付加して、他発電所との電力量積算値を案分する方法でFIT申請し承認を得た事例の方法を参考とする。

大長谷第三発電所を更新する際には、大長谷第五発電所を工事期間中停止する必要がある。

## (2) 新大長谷第一発電所への連系(ケース2)

(P. 19単線結線図参照)

大長谷第五発電所直近の北陸電力送配電(株)の配電線(庵谷線)へ連系し、新大長谷第一発電所の6.6kV配電系統に連系する。

図7-1長谷第一発電所配電系統図に示す、赤太線範囲の北陸電力配電線(庵谷線)について送電容量不足のため太線化、電柱の建て替え、SVR等の交換・新設が必要となる可能性がある。

新大長谷第一発電所内の主要変圧器(66kV)の空き容量が不足しているため、変圧器の増強または増設(並列)する対応が考えられる。

これらの対応を行う場合、新大長谷第一発電所及び同発電所に連結する上百瀬発電所等全ての発電所を一定期間停止(切替工事の1週間程度)する必要がある。

必要工事費は、配電線太線化等40,000千円(北陸電力送配電(株)と協議要)、新大長谷第一発電所主変圧器増強100,000千円、大長谷第五発電所連系装置(SVR等)50,000千円の計約190,000千円と想定する。

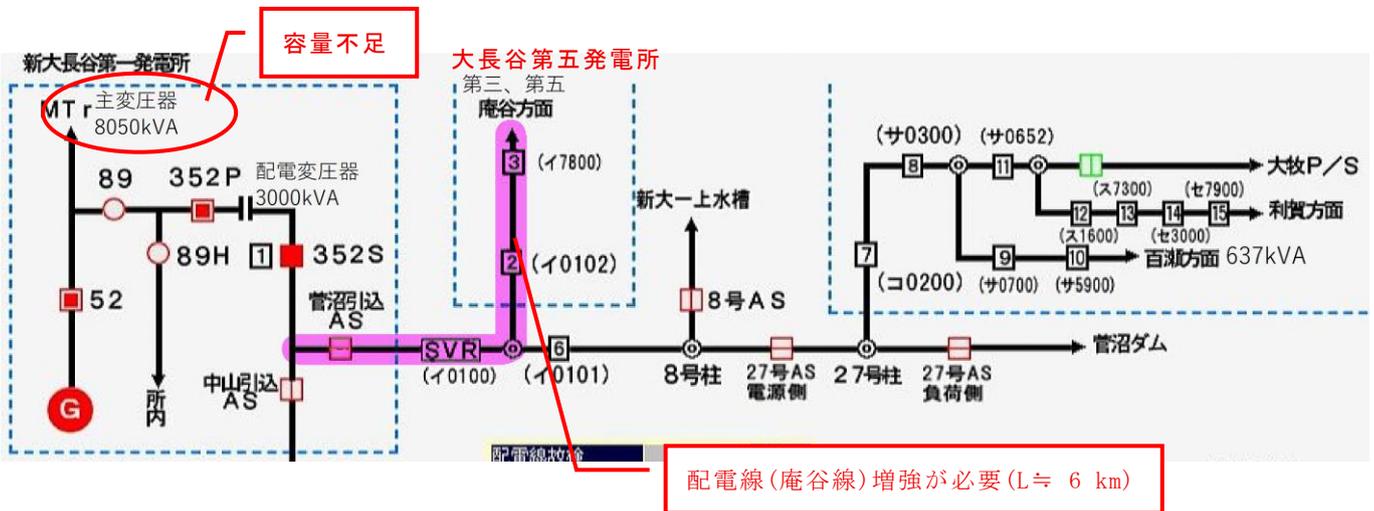


図8-2 新大長谷第一発電所配電系統図

大長谷第五発電所側では、新たに線路遮断器盤(VCB152)と主要変圧器盤(Tie Tr 1, 100kVA)の2面を追加設置する必要がある。

配電線増強工事の工事期間は、北陸電力送配電(株)との協議になるが、地元調整・設計で約4ヶ月。配電線増強工事で約6ヶ月、合計10ヶ月を想定する。

新大長谷第一発電所の主要変圧器増強工事(1,500kVAのトランスを併設)は、変圧器設計製作で6ヶ月。基礎工事で1ヶ月、切替工事1週間、合計8ヶ月を想定する。

新大長谷第一発電所の停電期間は、切替工事1週間程度を想定する。

9. 総合評価

表9-1 発電施設概要

項 目		諸 元	
水系・河川名		一級河川神通川水系井田川、袖ノ谷川	
流域面積		井田川 : 7.52km <sup>2</sup> (直接)、21.20km <sup>2</sup> (間接)、28.72km <sup>2</sup> (合計) 袖ノ谷川 : 4.80km <sup>2</sup>	
河川流量		取水実績(放水路での計測) 2012年～2021年の10ヶ年平均値 最大 : 2.20 m <sup>3</sup> /s 35日 : 1.62 m <sup>3</sup> /s 豊水 : 0.97 m <sup>3</sup> /s 平水 : 0.58 m <sup>3</sup> /s 低水 : 0.33 m <sup>3</sup> /s 渇水 : 0.06 m <sup>3</sup> /s 最小 : 0.00 m <sup>3</sup> /s 年平均 : 0.58 m <sup>3</sup> /s	
発電所位置		富山県富山市八尾町大字庵谷字専ノ沢87	
取水口位置		井田川 : 富山県富山市八尾町大字切詰字欠ノ高7 袖ノ谷川 : 富山県富山市八尾町大字庵谷字間瀬戸7-1	
放水口位置		富山県富山市八尾町大字庵谷字高山4-1	
発 電 計 画	発電方式	水路式(流れ込み式)	
	使用水量	最大 1.60 m <sup>3</sup> /s	最大 2.00 m <sup>3</sup> /s
	取水位	最大 580.00 m	最大 580.00 m
	放水位	最大 512.00 m	最大 512.00 m
	総落差	最大 68.00 m	最大 68.00 m
	有効落差	最大 66.14 m	最大 65.10 m
	出力	最大 774 kW	最大 956 kW
	年間可能発電電	2,643,775 kWh	2,627,640 kWh
設 備 概 要	発電所	地下式鉄筋コンクリート造 21.528m <sup>2</sup>	
	電気室	発電所に含む	
	水車種類	横軸クロスフロー水車 1台	
	発電機種類	三相同期発電機 1台	
	取水口	井田川取水	袖ノ谷取水
	取水形式	側方取水	チロル式
	取水口	(幅3.0m×高さ1.8m) L=4.585m	(幅1.0m×最大高さ2.0m) L=15.950m
	導水路	L=68.737 m	L=12.400 m
	沈砂池	L=27.526 m	L=25.000 m
	水圧管路	埋設式 FRPM管、鉄管、RC L=2,095,370m(総延長) L=1,611,392m 内径1.5～0.7m、1条	埋設式 FRPM管、鉄管 L=483,978m 内径0.8～0.7m、1条
放水路	ボックスカルバート(幅2.0m×最大高さ5.3m) L=93.2 m		
河川維持流量		井田川 : 0.130 m <sup>3</sup> /s(4/1～11/30)、0.089 m <sup>3</sup> /s(12/1～3/31) 袖ノ谷川 : 0.018 m <sup>3</sup> /s(4/1～11/30)、0.015 m <sup>3</sup> /s(12/1～3/31)	

工事区分に基づき、水路土木工事、機械電気工事による概算事業費、費用対効果について、以下にとりまとめる。

表9-2 総合評価

最大取水量	1.6m <sup>3</sup> /s		2.0m <sup>3</sup> /s	
	第三発電所	第一発電所	第三発電所	第一発電所
系統連系				
最大出力(kW)	774	774	956	956
年間発電電力量(kWh)	2,643,775	2,643,775	2,627,640	2,627,640
建築関係	-	-	-	-
土木関係	8,912	8,912	8,912	8,912
電気関係(水車発電機等)	556,000	556,000	676,000	676,000
電気関係(計量器・変圧器等)	10,500	150,000	10,500	150,000
仮設備費	28,771	35,746	34,771	41,746
総経費	90,627	112,599	109,527	131,499
建設中利子	11,116	13,812	13,435	16,130
配電設備費	-	40,000	-	40,000
合計(千円)	705,926	917,069	853,145	1,064,287
売電収入20年間(千円)	1,110,386	1,110,386	1,103,609	1,103,609
売電収入20年間-工事費計	404,460	193,317	250,464	39,322
工事費/年間発電電力量	267	347	325	405

※FIT「既設導水路活用型」1kWhあたり調達価格21円

※最大取水量決定後にメーカー聞き取りをおこない工事費を再整理した結果である

※FIT/FIP適用時の塗装塗替工を含む

### (1) 年間発電電力量

年間発電電力量は、 $Q_{max}=1.6\text{m}^3/\text{s}$ の方が多。  $Q_{max}=2.0\text{m}^3/\text{s}$ は最大出力が大きいものの、発電可能日数が  $Q_{max}=1.6\text{m}^3/\text{s}$ の方が多いためである。

### (2) 費用対効果

最大出力をFIT調達価格21円の範囲としたため、いずれも20年間の売電収入が工事費を上回る結果となった。ただし、上表は維持管理費を考慮していない。

$Q_{max}=1.6\text{m}^3/\text{s}$ と  $Q_{max}=2.0\text{m}^3/\text{s}$ を比較すると、20年間の売電収入に大きな差はないが、  $Q_{max}=2.0\text{m}^3/\text{s}$ は出力が大きくなる分、水車発電機が高額となるため、経済性に劣る。

連系先の比較として、新大長谷第一発電所に連系する場合は、変圧器等の増設、配電設備の負担金が生じるため、現況と同様に大長谷第三発電所に連結するよりも経済性に劣っている。

## 11. 課題整理

今後、事業計画・工事実施を進めるにあたっての課題を以下に記載する。

### (1) 使用水量

最大取水量は2ケースを検討したが、キャッシュフローを作成し採用案を決定する必要がある。

取水実績流量を確認した結果、井田川取水と袖ノ谷取水の取水配分は(7:3)程度あり、袖ノ谷取水により発電電力量に3割の貢献ある。よって袖ノ谷取水の休止・廃止は難しいと考えられる。

### (2) 発電所基本諸元の整理

水車・発電機器の発電効率は、「水力発電計画工事費積算の手引き(資源エネルギー庁平成25年3月)」を基本に算定を行った。詳細検討においては、メーカーの機器保証効率等を確認し、発電所出力および発電電力量について見直しが必要である。

今回選定した使用水量での出力、発電電力量算定は、2社のメーカー提示効率より最大使用水量時水車効率の平均値として算定している。A社:86%、B社:78%の平均82%。海外機メーカーの効率が10%程度高い傾向にある。詳細は「11. 参考資料」を参照ください。

### (3) 水車発電機メーカー

#### 1) 水車発電機メーカー選定

クロスフロー水車 $Q_{max}=2.0\text{m}^3/\text{s}$ とした時、メーカーによっては対応が不可能な場合がある。

現状でのメーカーヒアリングでは「B社はクロスフロー水車で $Q=2.0\text{m}^3/\text{s}$ 、 $P\approx 1,000\text{kW}$ での提案は出来ない。 $Q=1.6\text{m}^3/\text{s}$ 、 $P\approx 800\text{kW}$ は提案可能であるが、限界に近い」との結果である。「A社は海外製水車メーカーであるが、流量、出力に関して特に問題視されていない」。

設計精度向上時は、メーカーが対応可能かヒアリングをおこなう必要がある。

#### 2) 水車ガイドベン、入口弁の駆動方式

国産メーカーは電動駆動方式が一般的であるが、海外製メーカーでは油圧駆動方式を採用している場合があり、水車メーカー選定時は確認のうえ仕様を決定する必要がある。

#### 3) 水車の土砂対策

現在クロスフロー水車で土砂による損傷が出ているため、土砂対策としてランナの補強等は考えられるが、根本的な対策にはならない。

取水施設側での土砂、塵芥対策が水車メーカーの提案条件とされる可能性がある。またメーカーと保証の範囲について協議する必要がある。

### (4) 袖ノ谷取水

袖ノ谷取水の土砂対策案を検討したが、詳細設計で採用案を決定する。

- 1) 取水スクリーン目幅の狭小化(30mm⇒18mm)による、土砂・塵芥の流入低減
- 2) 沈砂池の2槽化により沈砂池内流下流速を低下させ、沈砂効果を向上させる
- 3) 取水制水門、排砂門の遠方操作化

対策案の内、ゲート操作を遠隔で行うことが可能かどうか国交省や河川管理者等の関係各所と協議をおこなう必要がある。

取水口、沈砂池の工事について、工事期間や工法について河川管理者と協議をおこなう必要がある。

#### (5) その他取水施設

既設よりランナ小径化する場合に、羽根間の隙間が小さくなることで土砂が詰まりやすくなる懸念がある。スクリーン目幅の見直しや除塵設備強化等の対策が必要となるか検討する必要がある。

#### (6) 関係機関協議

##### 1) 水利権変更協議

水車・発電機等の更新工事は、使用水量の変更を伴うことから河川法の変更許可事項となるため、河川管理者との協議期間が長くなり、変更許可の遅延で工事も遅延する可能性がある。

#### (7) 連系方式

大長谷第三発電所に連系または新大長谷第一発電所に連系するケースを検討した。

新大長谷第一発電所に連系する場合は工事費が高額となる。

大長谷第三発電所に連系する場合は、第三発電所の発電6.6kV母線にFIT用計量器(VCT盤)を追加設置し、案分によりFIT電力量を案分する。費用は安価である。

関係機関協議をおこない、連系先を決定する必要がある。

##### 1) 更新機器での連系協議

##### 2) FIT対応での計量器の配置方法

大長谷第三発電所に連結する場合、計量器を更新しFIT算出をおこなう計画としている。この算出方法は別発電所で「再生可能エネルギー発電設備の認定」を受けているものであるが、大長谷第三発電所連系が決定後関係機関と認定可能か協議する必要がある。

##### 3) 配電線増強、SVR設置の工事費負担金