

小水力等再生可能エネルギー導入推進事業
松永地区 委託 27-1 外 2 件

報 告 書

平成 28 年 3 月

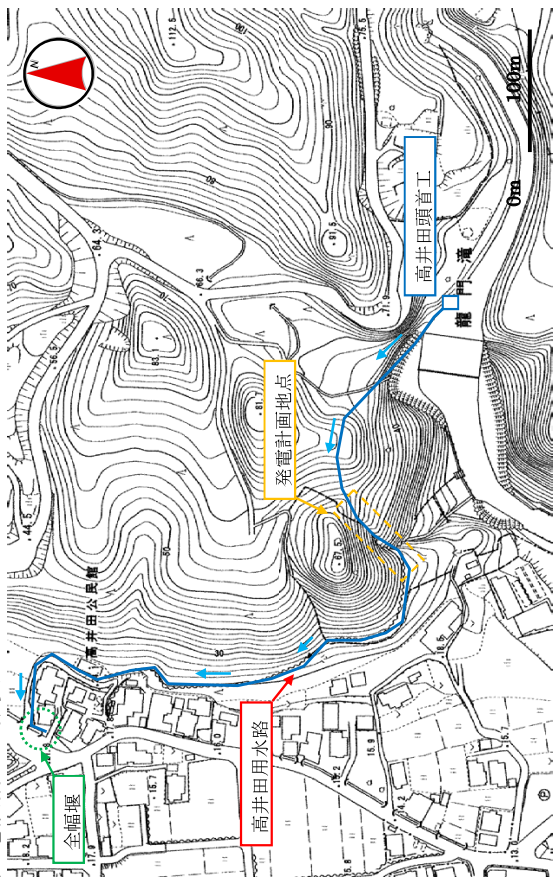
鹿児島県 始良・伊佐地域振興局



日本工営株式会社

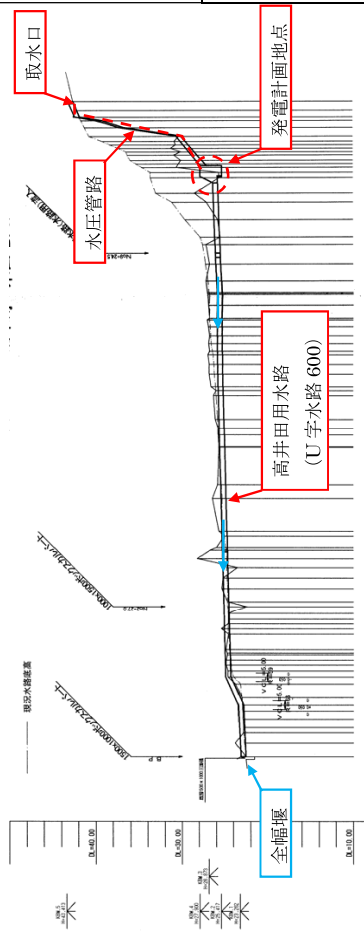
龍門滝地区

1. 発電候補地の概要



出典：始良市都市計画課より受領した地形図 (1/2500)

図 1 高井田用水路 (龍門滝周辺) 地形図



出典：県営土砂崩壊防止事業 高井田地区 17-1 変更区画

図 2 発電計画地点縦断面



2. 発電使用水量及び落差の設定

発電出力は以下の式のより算定される。

$$\text{発電出力} = 9.8 \times \text{発電使用水量} \times \text{有効落差} \times \text{水車発電機合成効率}$$

(kW) (m³/s) (m) (%)

算定式より、善根頭首工にある未利用落差を利用した小水力発電計画立案のためには、①発電使用水量、②有効落差、③水車発電機合成効率を算定する必要がある。また、本地区に設置可能な水車形式を選定するためにも、①発電使用水量及び②有効落差の算定が必要であるため検討を行った。

(1) 流量の設定

表 1 龍門滝地区 流量設定一覧表

No	設定方法	流量 (m ³ /s)	採用
1	小水力発電事業導入可能性調査概要表 (設定根拠不明)	0.20	
2	高井田用水路転倒ゲートにおける全幅堰計算 (2015年11月12日計測時の越流水深)	0.16	○
3	網掛川の慣行水利権のリスト (始良・伊佐振興局より受領した水利権台帳より高井田頭首工における流量)	0.21	

表 2 龍門滝地区 発電使用可能流量の設定

期間	日数 (日)	発電使用可能流量 (m ³ /s)	備考
1/1~12/31	365	0.16	取水口では通年取水しており、取水口直下流部の発電検討箇所においても年間を通じて発電用水の利用は可能であると想定される。

(2) 落差

表 3 有効落差取り纏め表

①上流側水位 (EL.m)	②下流側水位 (EL.m)	③損失水頭 (m)	有効落差 (①-②-③) (m)	備考
41.86	24.83	0.368	16.66	

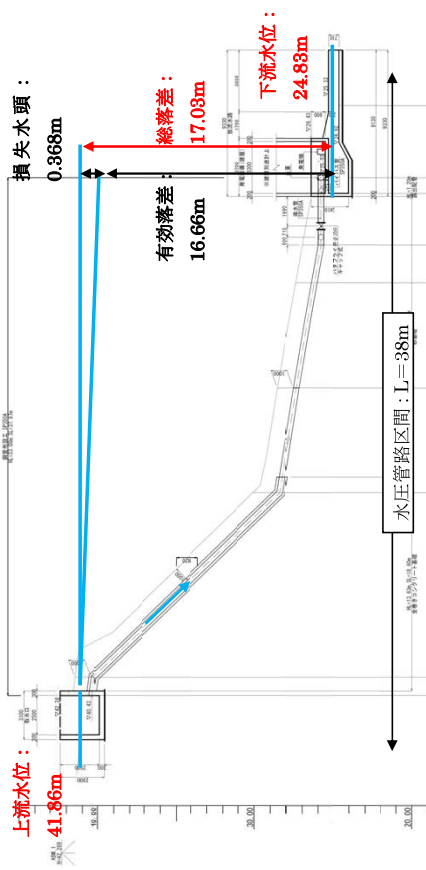


図 3 龍門滝高井田用水路 有効落差模式図

出典: 本年度業務測量図面

(3) 小水力発電検討条件

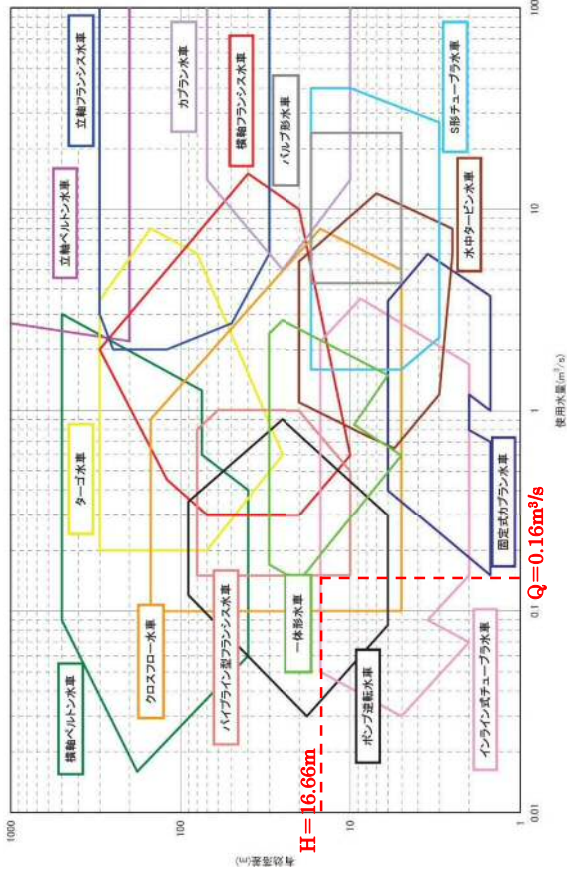
表 4 龍門滝地区高井田用水路 発電計画一覧表

発電使用流量 (m ³ /s)	有効落差 (m)	発電可能期間	備考
0.16	16.66	通年可能	土地改良区への聞き取りより発電可能期間は取水期間(通年)と同様と設定

3. 水車の選定

(1) 水車の選定

発電使用流量と有効落差から水車を選定する。



出典：「水力発電計画工事費積算の手引き」H25.3 経済産業省 資源エネルギー庁

図 4 水車選定図による選定

選定された水車

- ポンプ逆転水車
- インライン式チューブラ水車
- クロスフロー水車



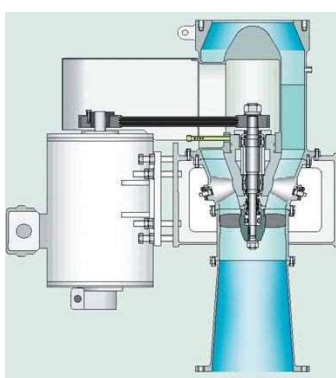
(2) ポンプ逆転水車

1) 適用範囲

- ・ 落差：6～80m 程度
- ・ 流量：0.02～1.00m³/s 程度
- ・ 出力：1～200kW 程度

2) 概要

汎用ポンプを応用し、ポンプインペラと発電機を連結したコンパクトな構造である。汎用ポンプを使用しているために流量調整用のガイドベーンが無く、負荷変動に対しては台数制御で対応する。



(3) インライン式チューブラ水車

1) 適用範囲

- ・ 落差：2.0～15m
- ・ 流量：0.01～3.0m³/s
- ・ 出力：1～200kW

2) 概要

円筒プロペラ水車的一种である。低落差に適した水車で、コストダウンのため流量調整機能が省略されており、落差、流量ともあまり変化しない地点に適している。また、流量が大きき場合は小流量に合わせて設置・調整する。水流は流入・流出とも水車の軸方向なので、配管直線部に配置可能である。

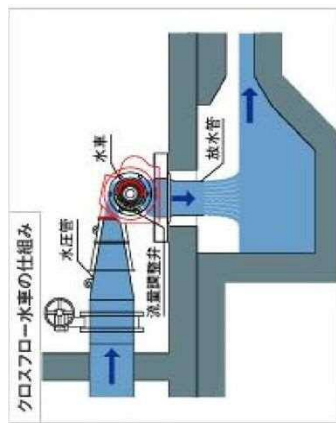
(4) クロスフロー水車

1) 適用範囲

- ・ 落差：5～200m 程度
- ・ 流量：0.1～8.0m³/s
- ・ 出力：10～1,000kW

2) 概要

シロッコファンに似た形状のランナと 1 枚または 2 枚のガイドベーンからなる簡単な構造であり、水流はいったんランナの内側に入り中心部を横切り再びランナの外部へ出る貫流式で、2 回にわたりエネルギーがランナに与えられるため比較的高い効率が得られる水車である。



4. 経済性の評価

(1) 基本条件

1) 補助金割合

- ・ 初期投資に対する補助率：
 - ①補助 0%
 - ②補助 50% (国庫)
 - ③補助 65% (国庫+県)

2) 事業効果検討期間

事業効果検討期間は、固定価格買取制度期間の20年、及び40年とする。水車機器の耐用年数である20年後の水車更新費用について、固定価格買取制度期間の20年間で収益が見込まれるケースについては、水車機器更新費用を見込んだ場合での評価を実施する。また、その際の更新費用に対する補助率は50%と設定し、水車機器費用更新に対する利息も考慮する。

3) 売電単価

検討 ケース	補助率(%)		FIT 売電単価 (円/kWh)	納付単価 (円/kWh)	設定売電単価 (円/kWh)	20年後単価 (円/kWh)
	国	県				
①	0	0	34	0	34	
②	50	0	34	4.76	29.24	10
③	50	15	34	4.76	29.24	

(2) 維持管理費の条件

1) 借入金利息

- ・ 借入金利息：0.70%

日本政策金融公庫、農業基盤整備資金の平成27年12月18日現在における団体等の利率を参照

2) 固定資産税

- ・ 固定資産税：計上しない (管理主体は土地改良区を想定する)

3) 電気設備点検のための人件費

発電使用流量が1m³/s未満及び発電出力20kW以下の場合には一般用電気工作物扱いとして、保安に関する人件費を計上しない事とする。

4) 修繕費 (水車機器の点検)

水車形式	年間修繕費(千円)	修繕費算出方法
ポンプ逆転水車	1,200	メーカーリアリテイング結果
インライン式チューブラ水車	536	メーカーリアリテイング結果
クロスフロー水車	387	メーカーリアリテイング結果

(3) 事業費の条件 (クロスフロー水車の場合)

算出した概算事業費一覧表を示す。なお、事業費は以降に示す方法により算出した。

表 5 クロスフロー水車 概算事業費

項目	金額(千円)	備考
① 建物関係		
1 建物工事費	4,000	・地上式、出力15kW ・水力発電計画工事費積算の手引き(H25)、添1-1
2 仮設備費	200	・直接工事費(1)の5% ・水力発電計画工事費積算の手引き(H25)、P16
小計	4,200	
② 土木関係		
1 直接工事費	9,896	・数量計算書及び概算工事費積算書 ・直接工事費(1)の10% ・水力発電計画工事費積算の手引き(H25)、P14
2 雑工事費	990	・直接工事費(1)の5%+ ・工事用仮橋延長20m、道路単価930千円/m ・工事用道路(新設)延長80m、道路単価110千円/m ・工事用道路(改良)延長85m、道路単価40千円/m ・水力発電計画工事費積算の手引き(H25)、P16
3 仮設備費	31,295	
4 土木関係工事費	42,181	・上記(1)~(3)の合計
5 諸経費	25,308	上記土木関係工事費(4)の60%
6 小計	67,490	
③ 電気関係		
1 水車機器費	44,200	メーカー見積り
2 仮設備費	2,210	・直接工事費(1)の5% ・水力発電計画工事費積算の手引き(H25)、P16
3 電気関係工事費	46,410	・上記(1)~(2)の合計
4 諸経費	2,320	上記電気関係工事費(3)の5%
5 小計	48,730	
④ 調査委託費	8,430	①建物、②土木、③電気費用の合計の7%を計上 ・水力発電計画工事費積算の手引き(H25)
合計	128,850	上記①~④の合計

1) 建物関係

建物関係の工事費は最大出力をパラメータとして発電所形式別(地上式、地下式、半地下式)に下図から算出する。なお、仮設備費用として工事費の5%を計上する。

2) 土木関係

作成した図面より主要工種の概算数量及び単価を算出して概算工事費を算出した。

【土木工事費】3 水車形式共通

工種：小水力発電設備設置工

名称	規格	単位	数量	単価	金額	条件設定・根拠等
土工						1式当り
床型	BH0.26m3, 障害無	m3	202.0	1,638	330,876	単価表1-4号参照
埋戻	養生土 振動コパ 77	m3	74.3	2,579	191,619	単価表1-5号参照
埋戻	養生土 振動コパ 18式	m3	79.4	2,631	208,901	単価表1-6号参照
雑土	捨土運搬	m3	31.2	1,000	31,200	指定価格
管水路工						
管基礎工	埋戻用砂 BH投入+カ+タンバ	m3	7.4	6,674	49,387	単価表2-1号参照
コンクリート基礎	φ350, 全巻き	m	18.6	19,441	361,602	単価表2-6号参照 単価表2-5号参照 洗掃・外面塗装含む
鋼管布設工	SP350A, STW-400A 浅埋用, 777井φ560 ヤワ7式, 材工共	m	42.2	35,034	1,478,434	
制水弁据付		基	2.0	1,612,441	3,224,882	単価表2-7号参照
取水口設置工						
均しコブト	無筋	m3	9.2	20,049	184,450	単価表3-4号参照
鉄筋加工組立	D13換算 材工共	t	0.8	112,000	89,600	単価表3-2号参照
型枠	鉄筋	m2	52.8	6,551	345,892	単価表3-3号参照
コンクリート	鉄筋	m3	9.9	19,974	197,742	単価表3-5号参照
足場工	枠組足場	掛m2	12.5	3,383	42,287	単価表1-1号参照
簡易M-ゲート	円形φ350用, 材工共	基	1.0	1,000,000	1,000,000	参考指定価格
	角形φ600用, 材工共	基	1.0	1,200,000	1,200,000	参考指定価格
放流水路設置工(発電設備)						
均しコブト	無筋	m3	1.0	20,049	20,049	単価表3-4号参照
鉄筋加工組立	D13 材工共	t	0.9	112,000	100,800	単価表3-2号参照
型枠	鉄筋	m2	74.8	6,551	490,014	単価表3-3号参照
コンクリート	鉄筋	m3	11.1	19,974	221,711	単価表3-5号参照
足場工	枠組足場	掛m2	30.0	3,383	101,490	単価表1-1号参照
支保工	バ77 枠ト	掛m3	8.2	3,075	25,215	単価表4.4号参照
計					9,896,151	
直接工事費					9,896	(千円)

3) 電気関係

電気関係工事費についてはメーカーリアリング結果を用いる。なお、仮設備費用としてメーカーから受領した水車機器費用の5%を計上し、それらの合計金額に対して5%の諸経費を見込む。

4) 調査委託関係

調査委託費用として調査委託費用、人件費、事務関係費等を計上する。本業務では①建物、②土木、③電気関係工事費の合計の7%を計上する。

なお、工事用道路（地下式発電所への進入路以外の取付道路を含む。）については、計画地点の特性により条件が大きく異なることから、以下の道路単価に道路延長を乗じて道路工事費を算定し、別途加算することとした。

① 道路新設の場合	110,000円/m
② 道路（トンネル）新設の場合	1,030,000円/m
③ 道路改良の場合	40,000円/m
④ 橋梁新設の場合	930,000円/m

出典：水力発電工事費積算の手引き（H25）、P.16

本地区では現場にアクセスする方法として、現在整備されている歩道区間を利用する案もあるが、車両幅員が約3.0m程度と限られ、かつ蓋掛けされた既設水路に対して工事用車両の荷重がかかり構造に影響を与える可能性がある事を考慮して、工事用道路として現況歩道区間以外の利用を検討した。現地調査の結果、下図に示すように一部既設の道路を利用する形でアクセス可能な道路でかつ工事用道路の延長が最短となるような路線を設定したなお、発電施設周辺の施工ヤードは、龍門滝下流の公園及び網掛け川に隣接する箇所であり、それらへの影響を考慮しても盛土での工事用道路新設は不可能であると判断される。施工ヤード区間（約20m）は仮橋での工事用道路新設を想定している。この仮橋に管体吊込用の大型車両や工事用車両等が侵入して現場の工事を行う計画である。

- ・工事用道路延長：L=185m
- 既設利用区間：85m（現況道路がある区間）
- 新設設置区間：80m（現況道路がない区間）
- 橋梁設置区間：20m（施工ヤード区間）



出典：https://www.google.co.jp/maps/@31.7531958,130.6673938,18z/data=!3m1!1e3

図5 龍門滝地区 周辺写真

表6 龍門滝地区 経済性評価一覧表

項目	単位	龍門滝地区 経済性評価					算出方法
		ポンプ逆転水車	インライン式チューブラ水車	クロスフロー水車			
基本 条件	① 補助率	0	50	65	0	50	65
	② 最大使用水量	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
	③ 有効落差	16.66					16.66
	④ 水車使用可能落差	14.20					15.96
収 入	⑤ 水車発電機合成効率	0.67	0.67	0.67	0.60	0.61	0.61
	⑥ 最大出力	14.9	14.9	14.9	14.1	15.3	15.3
	⑦ 稼働率	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00
	⑧ 年間可能発電電力量	123,730	123,730	123,730	117,086	127,051	127,051
	⑨ 売電単価	34.00	29.24	29.24	34.00	29.24	29.24
	⑩ 売電収入(年間)	4,207	3,618	3,618	3,981	4,320	3,715
支 出	⑪ 売電収入(20年間)	84,136	72,357	72,357	79,619	68,472	86,395
	⑫ 電気関係工事費 (水車・発電機・電源線等)	53,140					48,730
	⑬ 土木関係工事費 (土木施設・発電所建屋等)	71,690					71,690
	⑭ 調査委託費	8,740					8,430
経 済 性 評 価	⑮ 概算事業費	133,570	66,785	46,750	119,410	59,705	41,794
	⑯ 維持管理費等	2,279	1,811	1,671	1,436	1,018	893
	⑰ 年間収支額 (固定価格買取制度期間)	1,928	1,807	1,947	2,545	2,406	2,531
	⑱ 投資回収年	-※1	-	-	139.00	40.00	16.52
	⑲ 20年間収入相当額	-95,014	-30,648	-7,812	-68,511	-11,593	8,819
	⑳ 設備利用率	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00
	㉑ 建設費単価	8,964					8,422
	㉒ 投資効率	-	0.41	x	x	x	0.43
	㉓ 総合評価※2	-	x	x	x	x	○

※1:ポンプ逆転水車は20年目以降、売電収入額を維持管理費等が上回るため、投資回収する事が困難となる。

※2:固定価格買取制度期間(20年)内に投資を回収でき、20年間の収入相当額がプラスとなっている場合は○とし、それ以外は×とした。

※3:建設費単価は設備利用率に対して設定される値で、本地区で選定した水車の設備利用率95%に対しては4,000千円/kWが目安となる建設費単価である。

※4:投資効率は1.0を超える場合には投資効果ありと判断される指標である。