

鹿児島市における再生可能エネルギー
導入促進に係る報告書

平成26年3月

株式会社 日本経済研究所

小水力発電導入可能性調査業務 報告書

平成26年3月

株式会社 日本経済研究所

目 次

序 調査の概要	1
1 調査の目的	1
2 調査内容	2
第1章 小水力発電の導入可能性調査箇所を選定	3
1 鹿児島市における河川の現状と発電施設	3
2 調査箇所選定	5
第2章 小水力発電の導入可能性調査箇所の現地調査	7
1 調査事項	7
2 現地調査の実施	9
3 現地調査の実施結果	10
4 小水力発電の導入可能性候補地の選定	54
第3章 小水力発電の導入可能性候補地における概略設計の検討	57
1 概略設計の流れ	57
2 各地点の概略設計	66
2.1 井出ヶ宇都の滝（永田川）	67
2.2 発電所の滝（犬迫川）	76
2.3 花野の滝（花野川）	85
2.4 平川動物公園内（五位野川）	94
2.5 八重の滝（八重地区水路）	103
3 概略設計の検討結果一覧表	112
第4章 小水力発電導入に向けた課題	113
参考資料	117

序 調査の概要

1 調査の目的

小水力発電は、クリーンエネルギーであり、自然の形状を有効活用するもので、成熟した技術があることから、全国的に導入されてきている。特に平成 24 年 7 月 1 日より開始された「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」により、施設建設の動きが活発化している。

鹿児島県でも新曽木水力発電所が約 490 kW の発電規模で平成 25 年 4 月に運転を開始した。また、肝付町では 997 kW の発電規模の船間水力発電所を建設中で、平成 26 年 5 月の稼働を目指している。このように発電規模の比較的大きい施設が建設される一方で、農山村地域における身近な再生可能エネルギーとして小水力発電に取り組む事例や環境教育・観光資源の視点から取り組む事例がみられている。

鹿児島県内で導入が進む小水力発電については、鹿児島市においても他の再生可能エネルギーに先行して、その導入の可能性を検討するため、本調査を実施するものである。

表 小水力発電について

① 発電方法	○水の位置エネルギーを電気エネルギーに変換する方法である。小水力の場合は、一般的に水を貯めることなく、落差や流速をそのまま利用する。 ○利用水資源の種類は、渓流水利用、農業用水利用、上下水道利用、工場内水利用などがある。
② 発電効率	○水力発電では水力エネルギーを発電機の軸を回す動力に換える水車の効率や軸動力を電力に換える発電機の効率に依存する。 ○水車効率は 0.75～0.90、発電機効率は 0.82～0.93 程度である。 ○本調査で設定している発電効率は、水車効率と発電機効率の積とする。
③ 設置条件	○落差 2m 以上あるのが望ましい。
④ 技術の段階	○普及段階：技術的には既に成熟しており、中小規模の河川や農業用水路も中小水力発電に用いられている。
⑤ 建設費	○小水力発電の電気工事費（水車、発電機、配電盤、制御盤及び据付費等）の概略は以下のとおりであり、概ね 1 千万円～1 億円の範囲である。

注 小水力発電について明確な規模の定義はないが、本調査では、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(新エネ法)」の対象となる出力 1,000kW 以下の比較的小規模な発電設備を総称して「小水力発電」とする。

2 調査内容

(1) 小水力発電の導入可能性調査箇所の選定

- ①鹿児島市における河川の現状と既存の発電施設の立地状況を把握する。
- ②河川、農業用水路、農業用ダム、上下水道等に関する既存資料の収集を行い、調査箇所を選定する。

(2) 小水力発電の導入可能性調査箇所の現地調査

- ①発電出力や水利権等についての調査事項を整理する。
- ②現地調査を実施する。
- ③調査結果をとりまとめ、施工の容易性や景観配慮の必要性等についての評価事項を整理し、総合判定を行う。
- ④総合判定の結果から候補地を絞り込む。
- ⑤絞り込んだ候補地の中から、想定される利用目的を踏まえ、発電出力規模ごとに平準的と考えられる箇所を導入可能性候補地（概略設計箇所）として選定する。

(3) 概略設計の検討

- ①「中小水力発電ガイドブック（(財)新エネルギー財団）」に基づき、発電量や概算事業費、事業化の可能性等を検討する概略設計を行う。

(4) 小水力発電導入に向けた検討

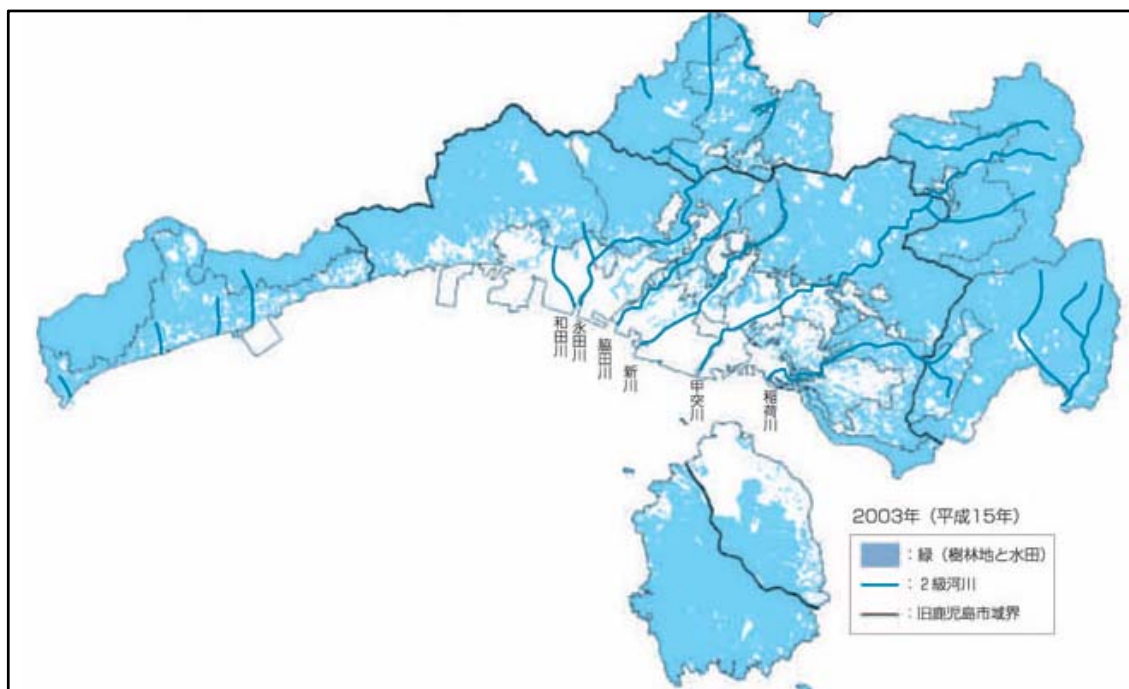
- ①調査結果から、小水力発電の導入に向けた課題を整理する。
- ②調査結果から、小水力発電の導入に向けた方策を検討する。

第1章 小水力発電の導入可能性調査箇所の選定

1 鹿児島市における河川の現状と発電施設

鹿児島市には、一級河川はないものの、二級河川、準用河川が域内を流れ、江戸時代には各地に水車動力が発達し、明治に入ると1892年には、仙巖園邸にダムを造り発電された電気が電灯だけでなく電話にも使われたとのことである。また、1898年には九州で最初の水力発電所となった小山田発電所が出力60kWで発電を始めた。その後、河頭発電所、高附発電所が建設され、現在は、3つの施設の出力を合わせると660kWとなっている。

図 鹿児島市の主要河川の分布



出典：かごしま都市マスタープラン、平成19年3月 p.30

表 鹿児島市にある発電所

名称	河川	所在地	運転開始日	発電出力(kW)
①小山田発電所	甲突川	鹿児島市小山田町 3452	1898年7月22日	240
②河頭発電所	甲突川	鹿児島市小山田町 751	1900年9月11日	180
③高附発電所	思川	鹿児島市本城町 766-2	1924年2月1日	240

出典：水力認定設備一覧(2012年3月31日までに認定された設備)より作成

表 鹿児島市の主要河川

名称	河川種別	流路延長 (km) (市内分)	流域面 (k m ²) (市内分)
①甲突川	二級河川	26.3	44.6
②新川		14.1	20.4
③永田川		14.5	24.0
④稲荷川		15.4	28.5
⑤脇田川		7.3	10.2
⑥神之川		6.8	14.8
⑦思川		8.3	19.2

資料：県河川課

出典：鹿児島市統計書、平成 25 年 4 月 1 日



表 鹿児島市が管理している準用河川

管理している部署	河川名
河川港湾課管内	牟礼谷川の左岸、花倉川、七社川、米神川、上之原川、磯川、西菖川、野呂迫川、馬口場川、山崎川、長井田川、永吉川、小山田川、田上川、西之谷川、脇田川の田上町側
谷山建設課管内	山之田川、木之下川、和田川、野頭川、障子川、草野川、伍位野川、岩屋川、鎌塚川、谷川、脇田川の五ヶ別府町側
吉田建設事務所管内	水越川、吉水川、榑木川、火之宇都川、井手口川、塩柚川、高牧川、舟ヶ平川、思川、宇都谷川、甘漬川、本城川、加世脇川、本吉田川、棚前川、本名川、牟礼谷川の右岸
桜島建設事務所管内	金床川、第 1 金床川、第 2 金床川
松元建設事務所管内	福山上川、中尾田川、芋洗川、前谷川、中園川、椋木ヶ宇都川、小谷川、東ヶ谷川、城ノ河内川、堤山川、森園川、屋敷ヶ谷川、樫ヶ谷川、山方川、高田上川、山木場川、一里坂川
郡山建設事務所管内	湯屋川、宮脇川、川田川、岩戸前之川、油須木川、東迫川、雑田川、甲突川、小浦川、梨木野川、大谷川、雪元川、鏡川、大谷山川、土塔川、大平川、久保山川、岩戸川、迫田川、浦田川、大下川、峠川、神之川、宮田川、上原川、中牟田川、石ヶ丸川、山田川、大中川、前畑川、前石坂川、栗下川

出典：鹿児島市 HP

2 調査箇所選定

鹿児島市内の河川、農業用水路、浄水場、下水処理施設、ダム等に関する既存情報をもとに、小水力発電導入の可能性が想定される箇所として23箇所を選定した。

選定にあたっては、原則、次の事項を前提条件とした。

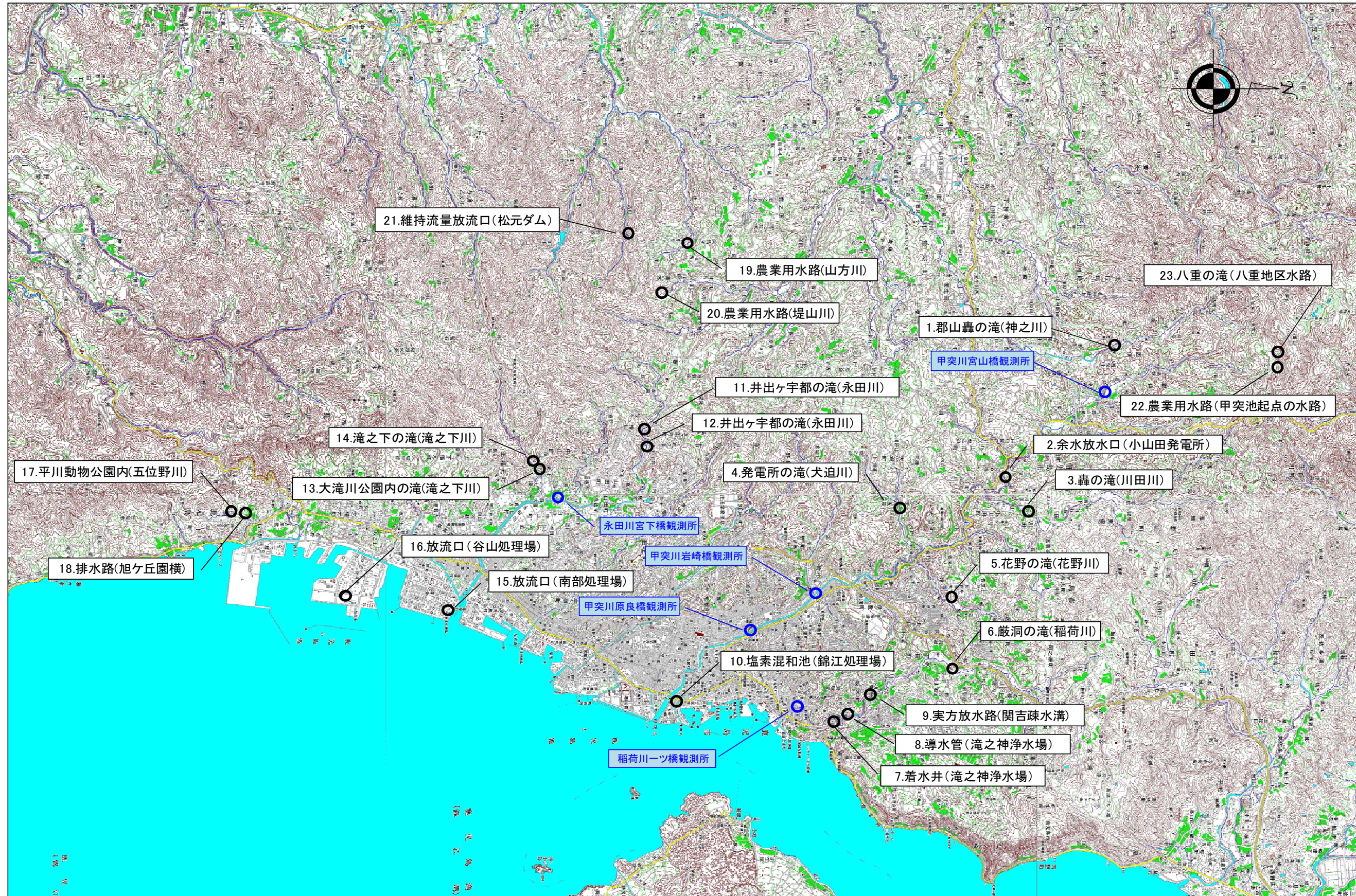
【選定の前提条件】

- ・ 流量 0.1 m³/s 程度又は落差 2.0m 程度が見込まれること
- ・ 送電設備又は電気供給施設が近くにあること

表 小水力発電の導入可能性調査箇所一覧

番号	分類	河川名・施設名	位置名称
1	二級河川	神之川	郡山轟の滝
2	発電所	小山田発電所	余水放水口
3	二級河川	川田川	轟の滝
4	二級河川	犬迫川	発電所の滝
5	二級河川	花野川	花野の滝
6	二級河川	稲荷川	巖洞の滝
7	浄水場	滝之神浄水場	着水井
8	二級河川	(稲荷川) 滝之神浄水場	導水管
9	用水路	関吉疎水溝	実方放水路
10	下水処理施設	錦江処理場	塩素混和池
11, 12	二級河川	永田川	井出ヶ宇都の滝
13	二級河川	滝之下川	大滝川公園内の滝
14	二級河川	滝之下川	滝之下の滝
15	下水処理施設	南部処理場	放流口
16	下水処理施設	谷山処理場	放流口
17	準用河川	五位野川	平川動物公園内
18	排水路	旭ヶ丘園横	排水路
19	準用河川	山方川	農業用水路
20	準用河川	堤山川	農業用水路
21	ダム	松元ダム	維持流量放流口
22	水路	甲突池起点の水路	農業用水路
23	水路	八重地区水路	八重の滝

図 小水力発電の導入可能性調査地点



第2章 小水力発電の導入可能性調査箇所の現地調査

1 調査事項

小水力発電導入の可能性が想定される箇所として選定した23箇所について、次のとおり調査事項を整理し、現地調査を実施した。

①発電出力

流量（ m^3/s ）と落差（ m ）を簡易測定により推計し、発電出力を算定。

- 流量（安定した流水の有無）
- 落差（取水位置と発電施設の標高差）

②想定される電気の利用方法

発電出力や周辺環境から、発電した電気について想定される利用方法を検討。

③水利権

河川の流域で取水し、利用する上での法的制約や河川等の管理者を確認。

④発電施設施工の容易性

工期や事業費等に影響する地形や取水施設（堰や水門、ポンプ）等の周辺環境を把握した上で、想定される導水管延長を算定し、発電施設施工の容易性を判断。

【発電施設】

- 取水設備（除塵施設や取水口の設置）
- 導水設備（導水管の設置）
- 発電施設（水車の種類や発電機、パワーコンディショナ、建屋の設置）
- 発電装置の設置スペース（施設の直下もしくは近くに発電装置を設置するスペースの確保）
- 発電施設までのアクセス（幹線道路に近接した施設までのアクセスルートの確保）

⑤景観性の確保

河川を維持する上で必要な水量の確保や親水スポット等への影響を確認。

⑥法的規制等

河川法など関係法令に基づく規制等を確認。

【関係法令】

河川法、電気事業法、自然公園法、自然環境保全法、鳥獣保護及び狩猟に関する法律、文化財保護法、土地収用法、農地法、農業振興地域の整備に関する法律、土地改良法、森林法、国有林野法、水産資源保護法、国土利用計画法、国有財産法、砂防法、地すべり防止法等

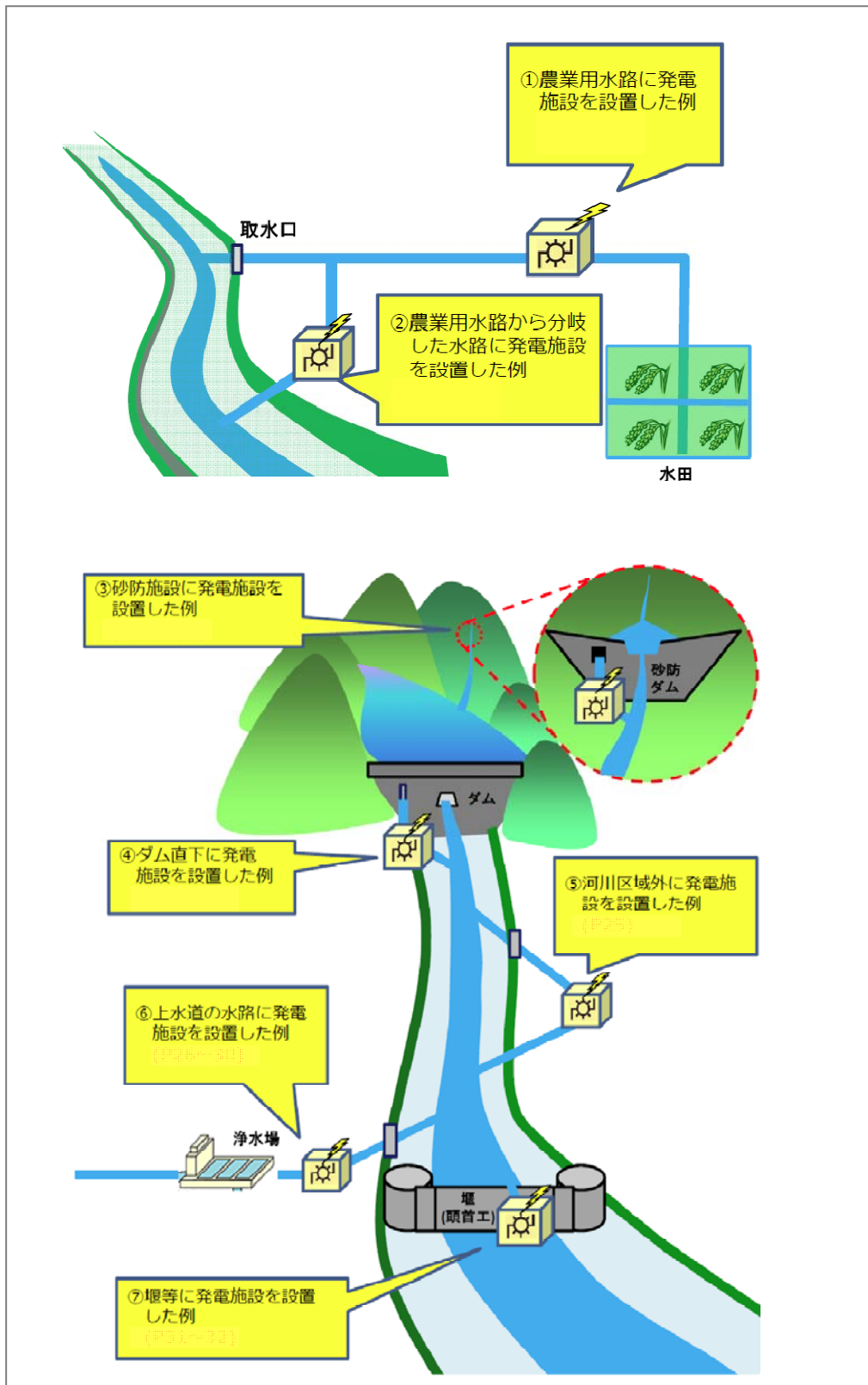


図 小水力発電の設置イメージ

出典 「小水力発電設置のための手引き」(国土交通省 水管理・保全局、P10、P21)

2 現地調査の実施

現地調査は、平成 25 年 7 月から 11 月にかけて下表のとおり実施した。

表 小水力発電の導入可能性調査箇所の調査実施月

番号	分類	河川名・施設名	位置名称	実施月
1	二級河川	神之川	郡山轟の滝	25 年 7 月
2	発電所	小山田発電所	余水放水口	25 年 7 月
3	二級河川	川田川	轟の滝	25 年 7 月
4	二級河川	犬迫川	発電所の滝	25 年 7 月
5	二級河川	花野川	花野の滝	25 年 7 月
6	二級河川	稲荷川	巖洞の滝	25 年 7 月
7	浄水場	滝之神浄水場	着水井	25 年 7 月
8	二級河川	(稲荷川) 滝之神浄水場	導水管	25 年 7 月
9	用水路	関吉疎水溝	実方放水路	25 年 7 月
10	下水処理施設	錦江処理場	塩素混和池	25 年 7 月
11, 12	二級河川	永田川	井出ヶ宇都の滝	25 年 7 月
13	二級河川	滝之下川	大滝川公園内の滝	25 年 7 月 25 年 9 月 (再)
14	二級河川	滝之下川	滝之下の滝	25 年 7 月
15	下水処理施設	南部処理場	放流口	25 年 7 月
16	下水処理施設	谷山処理場	放流口	25 年 7 月
17	準用河川	五位野川	平川動物公園内	25 年 7 月
18	排水路	旭ヶ丘園横	排水路	25 年 7 月 25 年 9 月 (再)
19	準用河川	山方川	農業用水路	25 年 9 月
20	準用河川	堤山川	農業用水路	25 年 9 月
21	ダム	松元ダム	維持流量放流口	25 年 9 月
22	水路	甲突池起点の水路	農業用水路	25 年 11 月
23	水路	八重地区水路	八重の滝	25 年 11 月

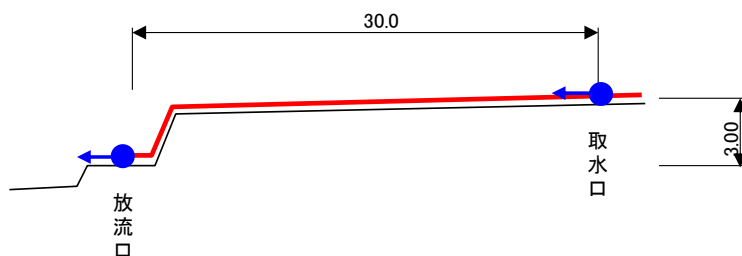
3 現地調査の実施結果

番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
1	二級河川	神之川	郡山轟の滝	郡山岳町（県道40号轟ヶ滝バス停の下）

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (k m^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.03	3.00	0.75	0.66	4,636
2						
3						

評価

滝を中心に河川周辺が整備されている。景観のために現在の水量は維持される必要があるため、発電用取水は難しいと思われる。滝の下流側に固定堰があり農業用に取水している。取水量は水深 0.3m、幅 0.5m。半円形断面側溝流量は $(3.14 \times (0.25)^2 / 2 + 0.05 \times 0.5) \times \text{流速 } 0.25\text{m/s} \approx 0.03\text{m}^3/\text{s}$ で、マイクロ発電は可能と思われる。100m 先に電灯付き電柱あり。滝の上流右岸にも固定堰があり、農業用に取水している。水田面積は広い。

現況写真

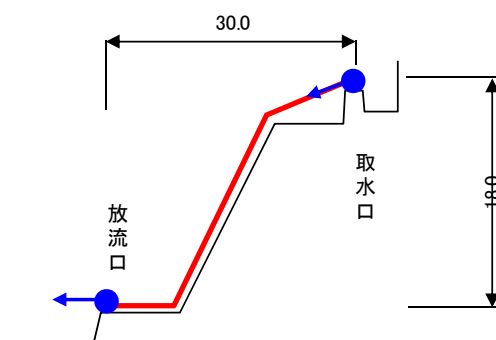


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
2	発電所	小山田発電所	余水放水口	小山田町

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		2.00	18.00	0.75	264.60	1,854,317
2						
3						

評価

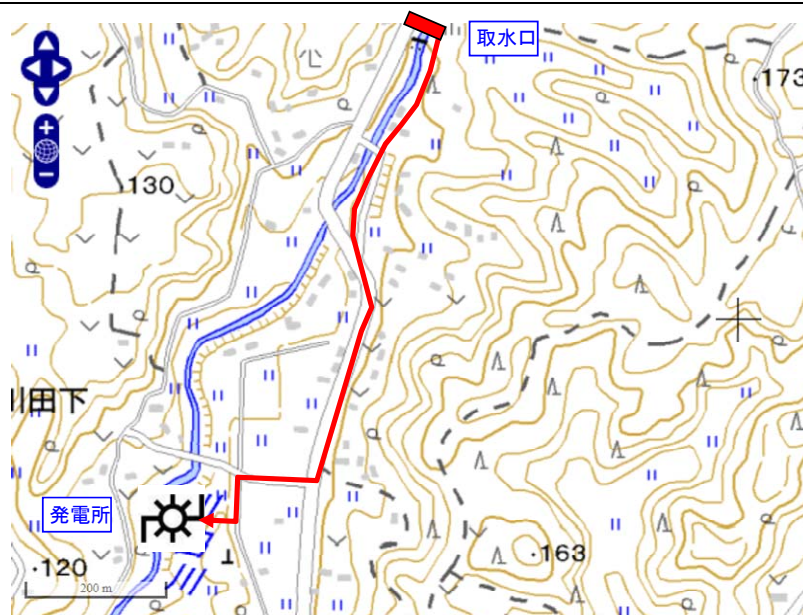
ここは九州電力の管理下にあるが、余水放流水を発電用に使えるとしたら、200kWクラスの発電が可能と推察される。目測流量は $2\text{m}^3/\text{s}$ で、発電出力は $2\text{m}^3/\text{s} \times 18\text{m} \times 9.8 \times 0.75 \div 260\text{kW}$ 。

現況写真

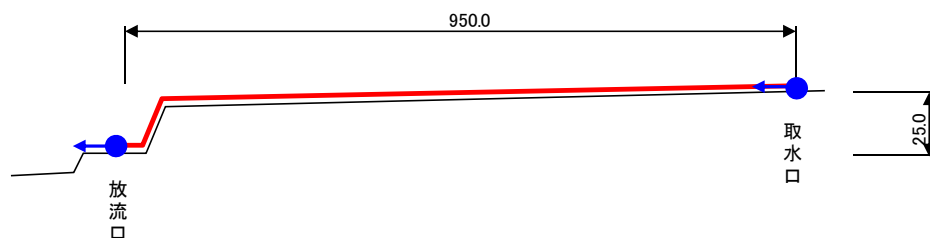


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
3	二級河川	川田川	轟の滝	郡山川田町（県道 211 号沿い，郡山温泉近く）

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.30	25.00	0.75	55.13	386,316
2						
3						

評価

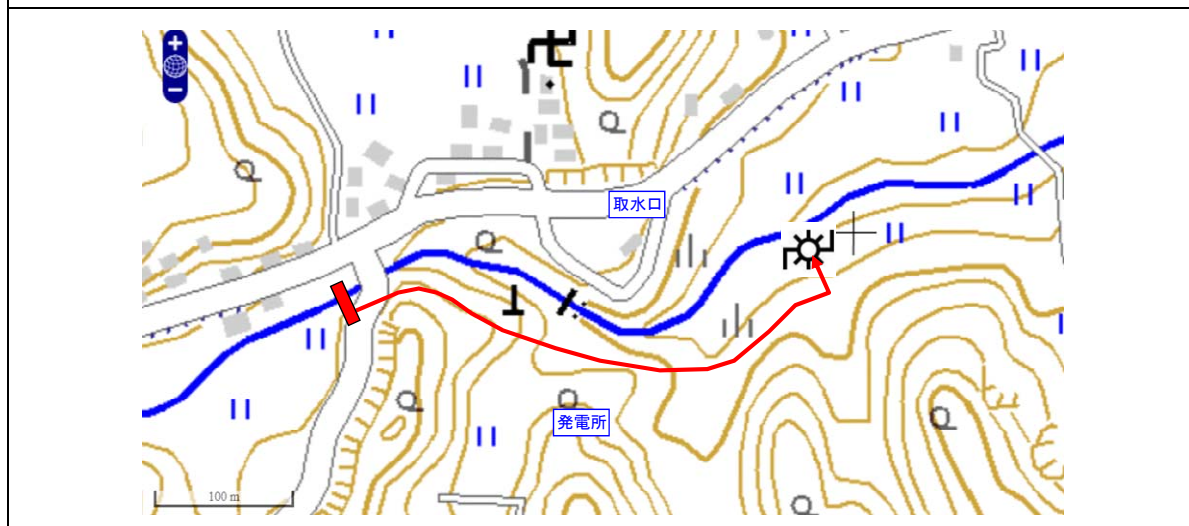
滝の落差は5m以上あるが景勝地となっており、ここでの発電は難しいと思われる。川の流量は $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。滝の上流に農業用転倒堰があり、現時点で目測流量 $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ の流量で取水中。用水路からの取水量を増やすことができれば、取水地点から数百メートル下流にヘッドタンクを設け、そこから導水管で引っ張って、25mの落差は確保可能。 $0.3 \text{ m}^3/\text{s}$ の流量を発電用に取水できれば、発電出力は $0.3 \text{ m}^3/\text{s} \times 25 \text{ m} \times 9.8 \times 0.75 \approx 50 \text{ kW}$

現況写真

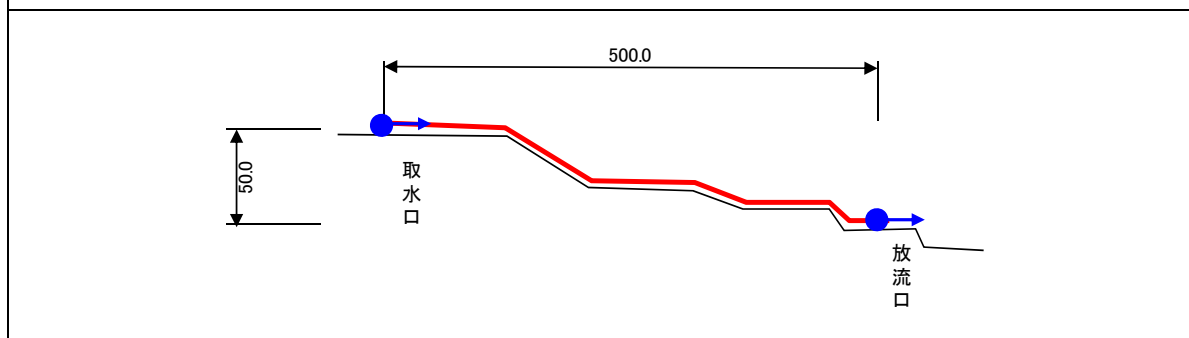


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
4	二級河川	犬迫川	発電所の滝	犬迫町（河頭浄水場から犬迫小学校方面途中）

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km ²)	取水流量 (m ³ /s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.20	50.00	0.75	73.50	515,088
2						
3						

評価

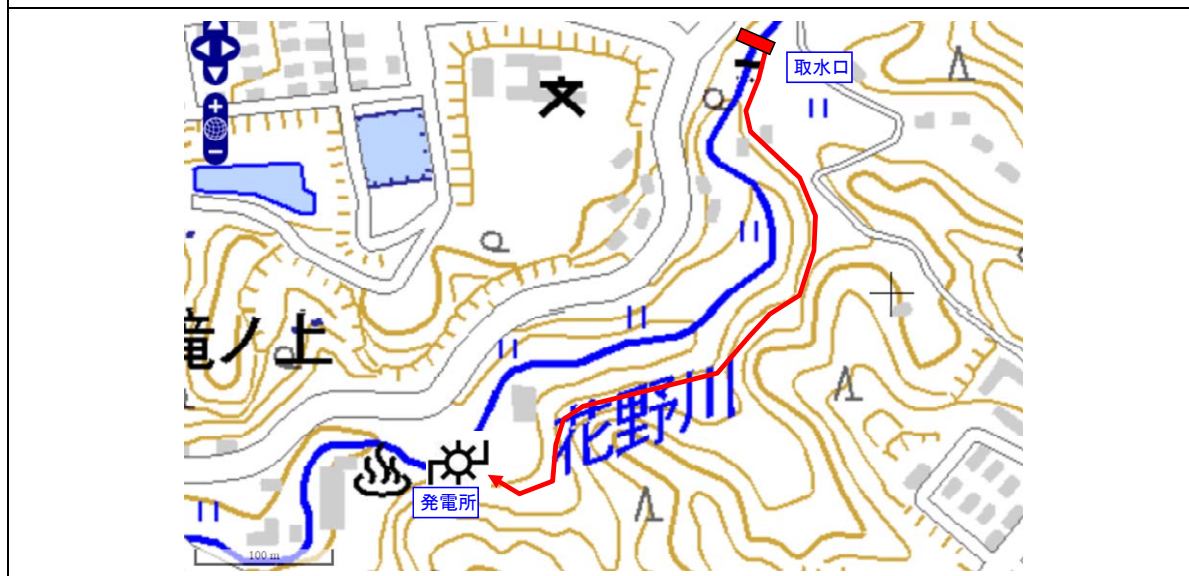
ここは「発電所の滝」と市の水辺環境マップに記載がある。久木田橋の上手には農業用転倒堰があり、右岸は利用先不明、左岸は道路反対側の田に給水中。左岸より階段で川岸を降りていくと固定堰があり、そこに汲み上げポンプが設置され、給水中。転倒堰の箇所から右岸に導水管で延長できれば、右岸側で発電可能性がある。 $0.2\text{m}^3/\text{s} \times 50\text{m} \times 9.8 \times 0.75 \doteq 73\text{kW}$ 。

現況写真

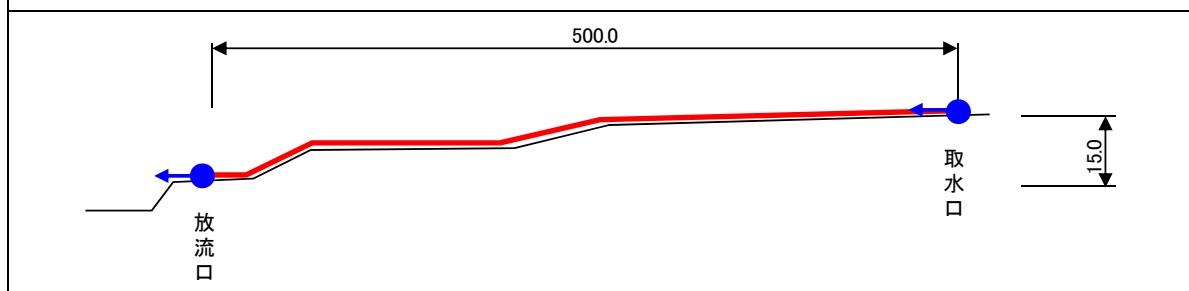


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
5	二級河川	花野川	花野の滝	岡之原町（花野小学校東側）

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.20	15.00	0.75	22.05	154,526
2						
3						

評価

滝の上流の左岸側で取水して、500m 下流まで導水管で延長し、そこにヘッドタンクを設けることができれば、発電可能性有。目測流量 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ 。発電出力は $0.2\text{m}^3/\text{s} \times 15\text{m} \times 9.8 \times 0.75 \div 22\text{kW}$ 。

現況写真

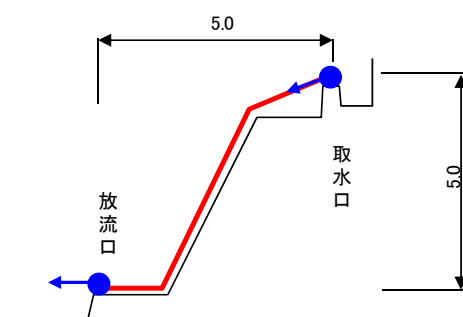


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
6	二級河川	稲荷川	巖洞の滝	下田町（城ヶ丘保育園東側）

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (k m^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.30	5.00	0.75	11.03	77,263
2						
3						

評価

ここは史跡に指定されており、景勝地である。ここでの発電は難しいと思われる。現時点で用水路へは目測で $0.3\text{m}^3/\text{s}$ が流水していた。

現況写真



関吉の疎水溝取水口(左岸)



関吉の疎水溝取水口(左岸)



疎水の状況(左岸)



関吉の疎水溝取水口(右岸)



疎水の余水放流口



関吉の疎水溝取水口

ここから、吉野の雀ヶ宮まで、約8kmの間に疎水溝(用水路)がつけられました。
 元禄4(1691)、島津家21代吉貴のときです。
 この疎水は、はじめ磯別邸への泉水の用水として、使うために引かれました。
 28代斉彬は、この疎水を、磯の集成館事業(大反射炉・製鉄溶鉱炉・紅ガラス精錬などの近代工場群をつくること)に使うことにしました。そのために、磯の裏山に貯水池をつくり、水車をまわして機械の動力に使うことを考え、大々的に改修することになりました。この工事には、トンネルを17か所もつくったといわれています。
 この疎水は、現在実方橋の手前でとだえています。当時としては、用水を動力源として利用するという大事業であったと思われます。

INTAKE AT SEKIYOSHI FOR CANAL WATER

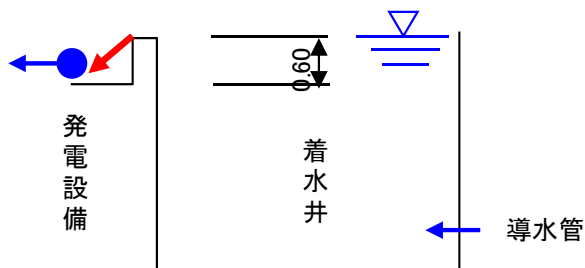
A canal of about 8 kilometers was built from here to Suzumegamiya, Yoshino in the days of the 21st Satsuma Lord Yoshitaka.
 The canal was first intended to supply water to the spring in the Iso villa. The 28th lord Narikira, however, decided to use the water for his Shuseikan project in Iso, (construction of a major industrial complex including a large reverberatory furnace, a blast furnace and a manufacturing facility for red glass). For the purpose, he launched big scale improvements on the canal, building a reservoir on a hill at the back of Iso to secure water power for the complex. In connection with the work, 17 tunnels were built. The work on the canal, which now ends above the Sanekata bridge, is thought to have been a great undertaking in that it aimed at turning canal water into a power source.

番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
7	浄水場	滝之神浄水場	着水井	吉野町 1125-1

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.46	0.60	0.75	2.03	14,309
2						
3						

評価

九電の旧滝之神発電所の水圧管(600mm)を活用して、現在の浄水場へ稲荷川からの水を自然流下で取水している。その放流口が着水井。着水井と反応槽との落差が約0.5m~0.6mある。取水量は約4万トン/日 $0.463\text{m}^3/\text{s}$ で、発電出力は $0.463 \times 0.6 \times 9.8 \times 0.75 \div 2\text{kW}$ 程度であり、可能性は低いと思われる。

現況写真

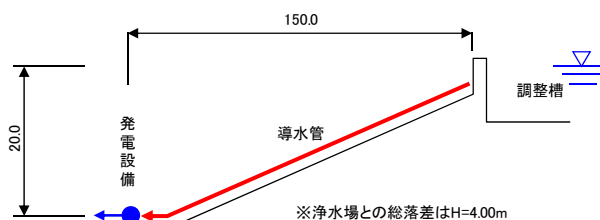


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
8	二級河川	(稲荷川)滝之神浄水場	導水管	吉野町 1125-1

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (k m^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.46	4.00	0.75	13.52	95,394
2						
3						

評価

- ・九電の旧滝之神発電所から滝之神浄水場への水圧管(600mm)の落差約20mを活用し、管路の途中に水車を設置できる可能性があり、調査が必要で、維持管理のためのバイパス等の検討を要す。発電出力は $0.463 \times 4 \times 9.8 \times 0.75 \div 13 \text{ kW}$ で導入可能性はある。
- ・九電の旧滝之神発電所から滝之神浄水場への水圧管取水口ヘッドタンクからの余水が相当量ある。平成25年7月24日午前8時現在のヘッドタンク上流側50m地点にある導水管流量計データは $1,671 \text{ m}^3/\text{h}$ 。取水量は $1,500 \text{ m}^3/\text{h}$ 。この差 $171 \text{ m}^3/\text{h}$ が余水。現地調査時はもっと水量は多く感じられた。

現況写真

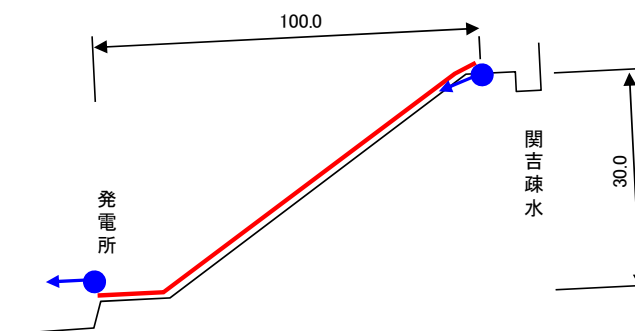


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
9	用水路	関吉疎水溝	実方放水路	吉野町実方橋近く

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.10	30.00	0.75	22.05	154,526
2						
3						

評価

- ・平成 25 年 7 月 24 日午前の現地調査時、実方橋近くの疎水溝からの川への落下が止水板が閉鎖してあり放流が少なく、トンネルの方向へ取水してあった。今年 6 月に確認した際には、全量が川へ放流してあったので、トンネル側で農業用として利用しているかどうか調査を要す。
- ・この地点での流量は $0.9 \times 0.18 \times 0.05 \div 0.01 \text{m}^3/\text{s}$ (今年 6 月調査時は $0.1 \text{m}^3/\text{s}$)。ここで全量取水できれば導入可能性がある。ただし、農業用と発電用を同じ取水口とする場合の取水量の常時管理が課題となる。

現況写真

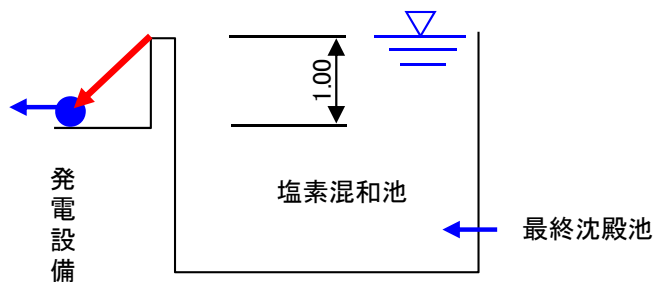


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
10	下水処理施設	錦江処理場	塩素混和池	錦江町 5-3

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.13	1.00	0.75	0.96	6,696
2						
3						

評価

放流量は $10,000 \sim 11,000 \text{m}^3/\text{日} \doteq 0.13 \text{m}^3/\text{s}$ 。放流口と放流先との落差が少なく、潮の干満で落差が変動する。大潮時は、年2～3回は逆流する。可能性は少ないと思われる。

現況写真

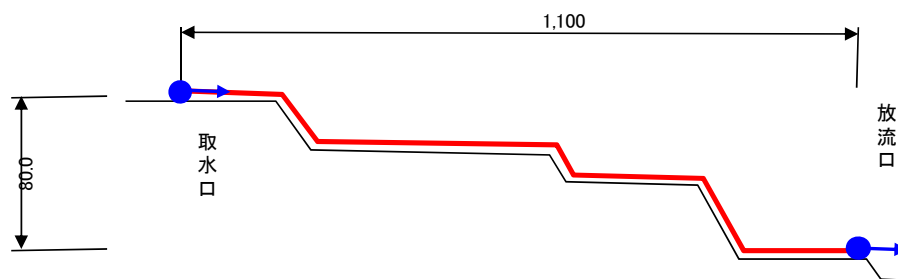


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
11, 12	二級河川	永田川	井出ヶ宇都の滝	五ヶ別府町（星ヶ峯入口から春山方面へ）

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km ²)	取水流量 (m ³ /s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.10	80.00	0.75	58.80	412,070
2		0.10	40.00	0.75	29.40	206,035
3						

評価

上流側の川口橋の下流約100m地点から、大きく落ち込む滝となっており、変電所下流の同地橋までは落差が約80m見込める。ここまでの距離約1km。途中の変電所上流側で1箇所農業用の転倒堰がある（農業水路流量は $0.4 \times 0.15 \times 0.5 \div 0.03 \text{m}^3/\text{s}$ ）。転倒堰上流側に発電所を設置できると水利権問題がなくなる可能性あり。どの程度の導水管延長となるか調査を要す。川口橋での流量実測 $\div 2.3 \times 0.1 \times 0.1 \div 0.023 \text{m}^3/\text{s}$ と少ない。田に水が行き渡っていない水量が非常に少ない時であった。昨年春調査時は $0.2 \text{m}^3/\text{s}$ で、 $0.02 \sim 0.2 \times 40 \sim 80 \times 9.8 \times 0.75 \div 12 \sim 120 \text{kW}$ 。

現況写真

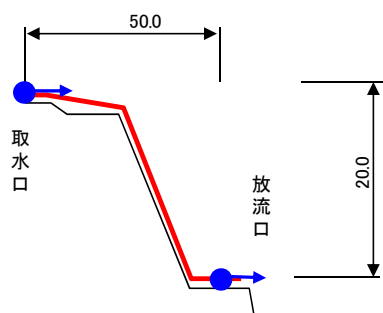


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
13	二級河川	滝之下川	大滝川公園内の滝	中山町（中山農協バス停から滝之下川に沿って指宿スカイライン大滝橋への途中）

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.10	20.00	0.75	14.70	103,018
2						
3						

評価

滝之下周辺が公園(個人管理)として整備されている。落差は16~18mあり、景観も良いが、ここで発電用に取水するのは困難と思われる。昔下流の水路で水車を回して粉引きをしていたとの話があるが、場所の特定はできなかった。現在も農業用に固定堰から取水している(流量 $\div 1.2 \times 0.18 \times 0.15 \div 0.03 \text{m}^3/\text{s}$)。

現況写真

大滝川公園内の滝(落差約20m)



滝下流側の取水施設



整備された公園内を流れる農業用水路



整備された公園内に残る歴史的遺構



整備された公園内に残る歴史的遺構



整備された公園内に残る歴史的遺構

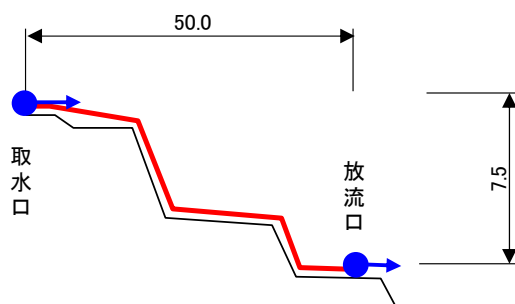


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
14	二級河川	滝之下川	滝之下の滝	中山町（指宿スカイライン大滝橋の下）

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.05	7.50	0.75	2.76	19,316
2						
3						

評価

大滝橋の下には、子供たちの親水場がある。大滝の上流部に発電所を設けるならば発電の可能性はあるが落差が取れない。もう少し上流側に取り水口を取れば、落差もあり、導入可能性はある。ただし、親水場の水量が減少するため、その対応の検討が必要。

現況写真

上流部天然落差の上流側



上流部天然落差の下流側



取水施設の遺構が残る



上流部天然落差 H=4.0m



親水の場として利用されている

下流部天然落差 H=3.50m



右岸側の発電所装置箇所

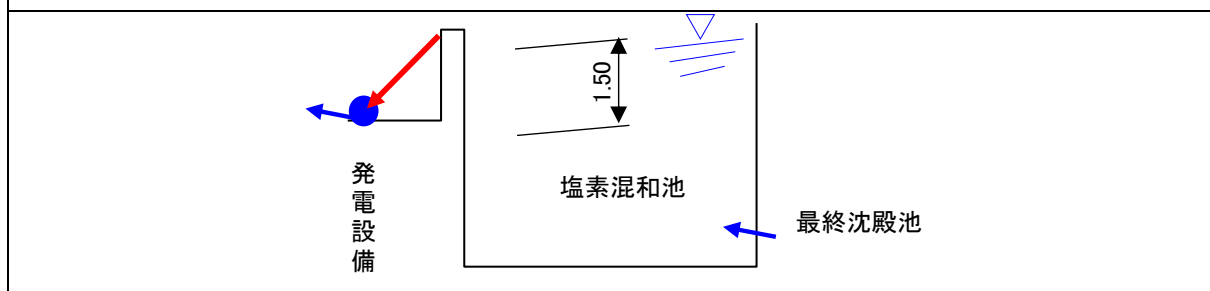


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
15	下水処理施設	南部処理場	放流口	南栄2丁目13

位置図



縦断図



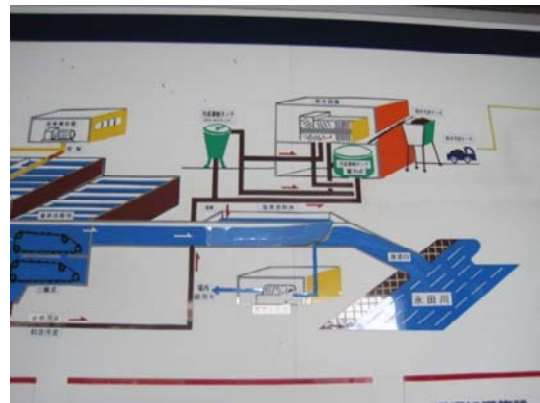
概算発電量

Case	流域面積 (km ²)	取水流量 (m ³ /s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		1.50	1.50	0.75	16.54	115,895
2						
3						

評価

多い時間帯で6,100m³/h、夜間の少ない時で2,000m³/hの流量がある。平均で1.5m³/s、落差が1.5mとあまり取れない。東京都森ヶ崎水再生センターでは放流落差を用いてサイフォン式小水力発電設備を設置しているので、同施設の情報収集し、当該施設での設置可能性を確認する。発電出力は1.5×1.5×9.8×0.75≒16kWと試算。

現況写真

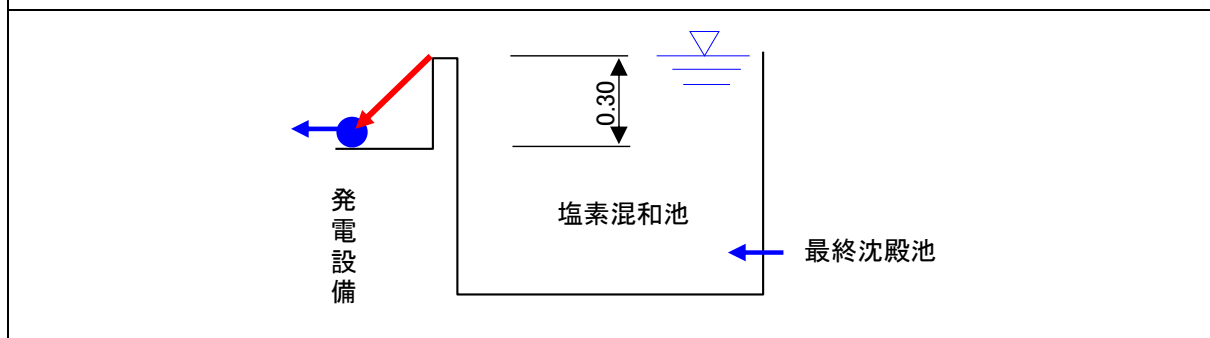


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
16	下水処理施設	谷山処理場	放流口	谷山港 3 丁目 2-5

位 置 図



縦 断 図



概 算 発 電 量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.44	0.30	0.75	0.97	6,799
2						
3						

評 価

現在は 5 池で $38,000\text{m}^3/\text{日}$ を放流。平成 27 年に新たに 2 池増となり、 $52,000\text{m}^3/\text{日}$ 程度の放流量となる見込み。発電出力は現在、 $38,000 \div 24 \div 60 \div 60 \times 0.3 \times 9.8 \times 0.75 \div 1.0 \text{ kW}$ 。平成 27 年には、 $52,000 \div 24 \div 60 \div 60 \times 0.3 \times 9.8 \times 0.75 \div 1.3 \text{ kW}$ の見込み。落差が小さいため、発電出力は小さい。南部処理場と同様に既存発電の資料を参考にした検討が必要。

現況写真

増設中の水処理施設



最終沈殿池



塩素混和池



塩素混和池



放流口



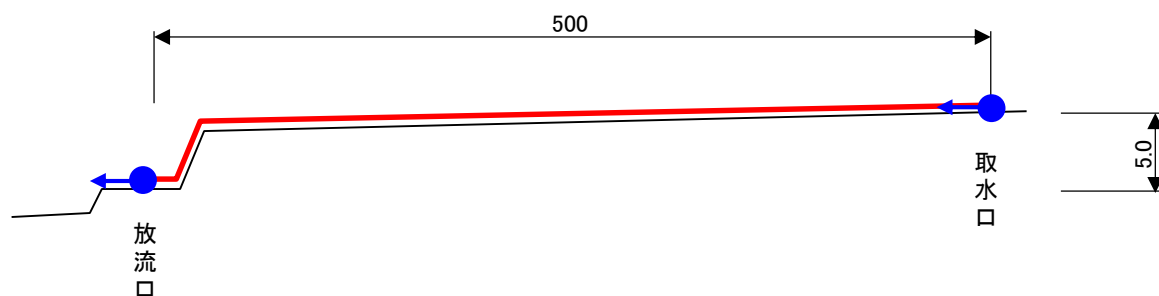
放流口

番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
17	準用河川	五位野川	平川動物公園内	平川町 5669-1

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (k m^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.05	5.00	0.75	1.84	12,877
2						
3						

評価

園内の五位野川最上流部にふくろう橋があり、下流のリス橋までの落差は3~5m程度は見込める。上流部から導水管を園内に設置し、リス橋下流部まで延長し、川から隔離した箇所に水車を設置することができれば導入可能性はある。河川水量実測値は $1.4 \times 0.25 \times 0.25 \div 0.09 \text{m}^3/\text{s}$ (昨年春の水量は $0.15 \text{m}^3/\text{s}$ 程度)。どの程度取水できるかであるが、 $0.05 \text{m}^3/\text{s}$ の取水の場合 $0.05 \times 3 \times 9.8 \times 0.75 \div 1 \text{kW}$ 程度。環境教育や周辺環境に配慮した発電設備(下掛け水車等)が望ましい。

現況写真

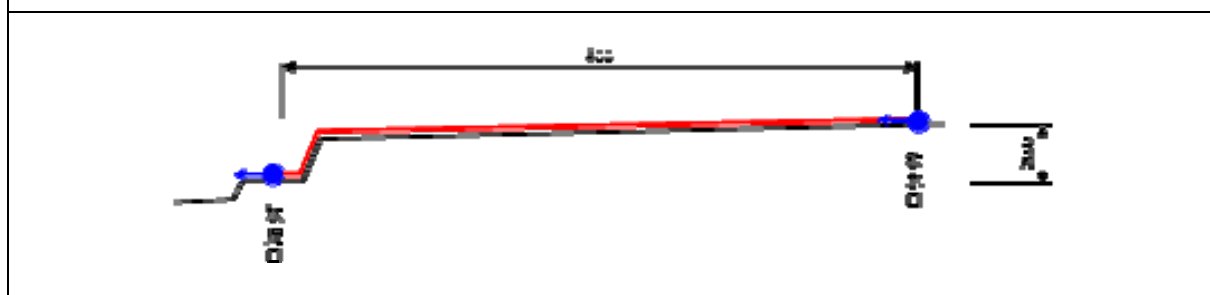


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
18	排水路	旭ヶ丘園横	排水路	平川町

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.10	20.00	0.75	14.70	103,018
2						
3						

評価

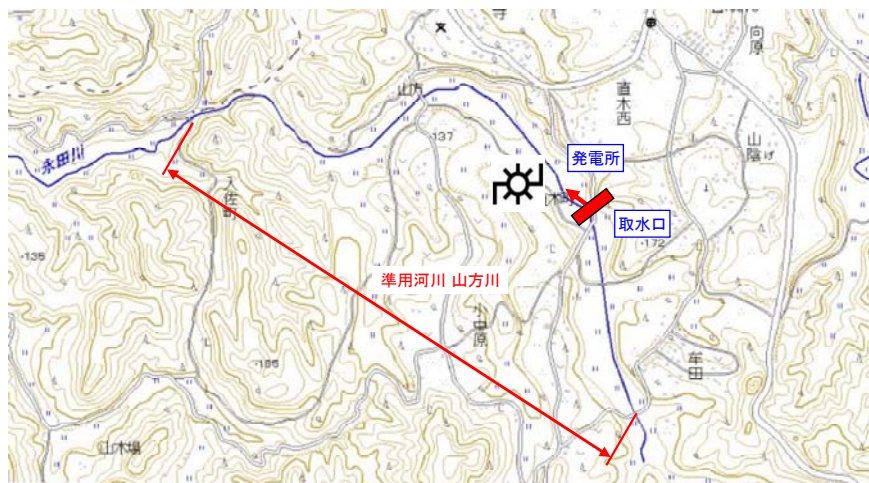
排水路の排水は昨年調査時 ($0.25\text{m}^3/\text{s}$) よりは少ないが流量多い。上流部に市の平川浄水場があり、24時間運転ではないので、取水停止中は、 $100\sim 300\text{m}^3/\text{h}$ の万之瀬川導水トンネルの湧水がある。これと2つの自然の川の水が合流して、五位野川へ流れ込んでいる。団地中央部から下流まで20m程度の落差があり、団地内にヘッドタンクを設置できれば、20mの水圧管で下の旭ヶ丘園の隣に発電所を設けるとした場合、発電可能性は、 $0.25 \times 20 \times 9.8 \times 0.75 \doteq 35\text{kW}$ で、調査が必要。

現況写真

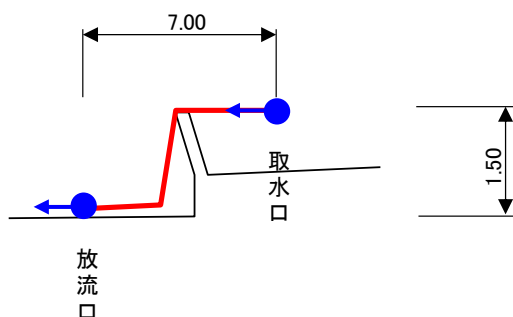


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
19	準用河川	山方川	農業用水路	直木町

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.01	1.50	0.75	0.11	773
2						
3						

評価

準用河川である山方川は流路延長約 2.4km の農業用水路であり、コンクリートの 3 面張水路である。用水路には取水堰（巻上げ式転倒ゲート）が設置されており、ゲート起立時には約 1.5m の高低差を利用した発電が可能であるが、流量が少なく、年間を通して安定した発電は困難と思われる。

現況写真

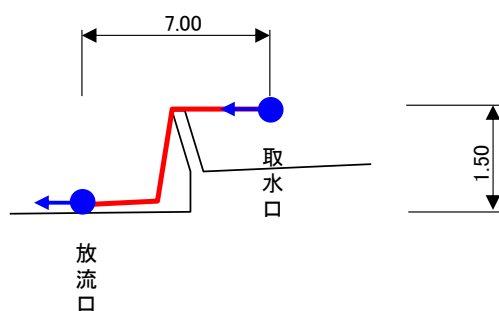


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
20	準用河川	堤山川	農業用水路	直木町

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.01	1.50	0.75	0.11	773
2						
3						

評価

準用河川である堤山川は、流路延長約 0.5km の農業用水路であり、コンクリートの 3 面張水路である。用水路には取水堰（巻上げ式転倒ゲート）が設置されており、ゲート起立時には約 1.5m の高低差を利用した発電が可能であるが、流量が少なく、年間を通して安定した発電は困難と思われる。

現況写真

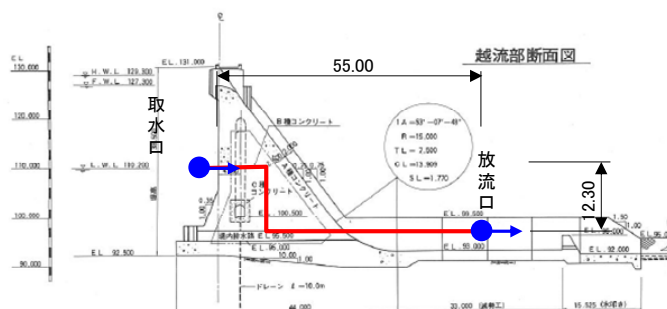


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
21	ダム	松元ダム	維持流量放流口	直木町

位置図



縦断図



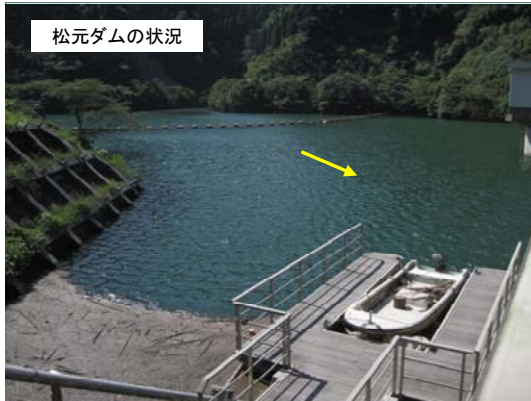
概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.03	12.30	0.75	2.71	19,007
2						
3						

評価

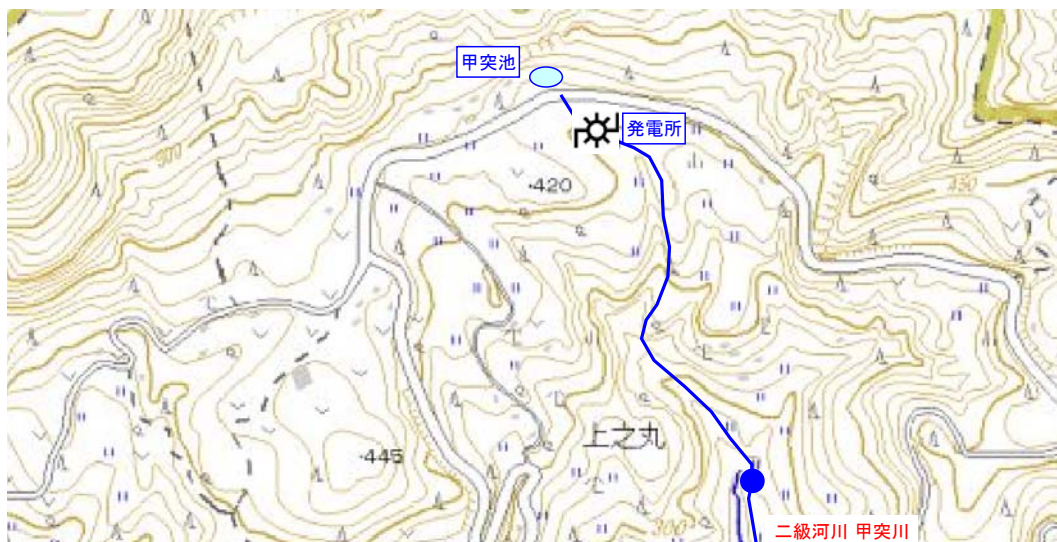
松元ダムは、松元地区の畑地かんがいを目的として平成 9 年に築造された重力式コンクリートダム（堤頂長 144.0m 堤高 38.5m）である。ダムから取水した農業用水は、高台にあるファームポンドにポンプにより揚水され、各地区のファームポンドに配水されている。ダムの直下流では、二級河川永吉川水系高田川の維持流量確保のため、 $Q=0.029\text{m}^3/\text{s}$ の水が放流されており、ダム貯水面高と放流口の高低差を利用した発電が可能であるが、流量が少なく、年間を通して安定した発電は困難と思われる。

現況写真

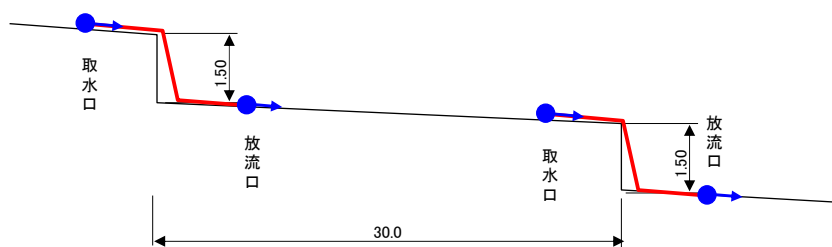


番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
22	水路	甲突池起点の水路	農業用水路	郡山町

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (km^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.02	3.00	0.75	0.44	3,091
2		(調査時点)				
3						

評価

甲突池から放流されている、コンクリートの3面張水路である。水路には落差工（床固工）が設置されており、約1.5mの高低差2箇所を利用した発電が可能である。調査時には流量が少なかったが、年間を通した発電は可能と思われる。

現況写真



甲突池の状況



甲突池からの流出水



甲突池水路の状況



上流落差(床固工)の状況



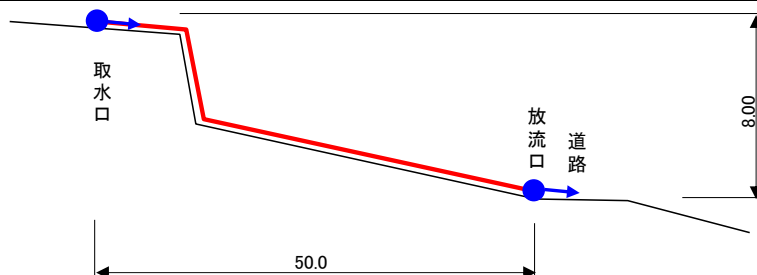
下流落差(床固工)の状況

番号	分類	河川名・施設名	位置名称	所在地
23	水路	八重地区水路	八重の滝	郡山町

位置図



縦断図



概算発電量

Case	流域面積 (k m^2)	取水流量 (m^3/s)	有効落差 (m)	発電効率	発電出力 (kW)	年間発電量 (kWh/年)
1		0.03	8.00	0.75	1.76	12,362
2		(調査時点)				
3						

評価

八重の滝（仮称）を流下した流水は水路を通じて甲突川上流に流れ込んでいる。滝の落差高は4.0m程度であるが、道路脇までの高低差は8.0m程度あり、この落差を利用した発電が可能である。調査時には流量が少なかったが、年間を通した発電は可能と思われる。八重地区は鹿児島市景観条例に基づき、景観形成重点地区に指定されているため、景観に配慮した施設整備が必要となる。

現況写真

八重の滝の状況(遠景)



八重の滝の状況(近景)



滝上流部の状況



滝上流部の状況



滝下流部の水路状況



滝下流部の水路状況



4 小水力発電の導入可能性候補地の選定

現地調査結果から、小水力発電の導入可能性調査箇所について、発電出力、水利権、発電施設施工の容易性、景観性の確保等の視点から評価し8箇所絞り込んだ。さらにその中から、想定される利用目的を踏まえ、発電出力規模ごとに平準的と考えられる5箇所を導入可能性候補地（概略設計箇所）として選定した。

(1) 現地調査 23 箇所についての評価事項

①発電規模

電気事業法では、20kW 未満の場合は保安規定の届出、電気技術者の配置が不要となっていることから、20kW を基準として、次のとおり指標を設定し評価した。

- ◎：事業化、モデル的導入が可能（20kW 以上）
- ：モデル的導入が可能（10kW 以上 20kW 未満）
- △：小規模電力利用（10kW 未満）

②水利権

水利権の申請手続きについて次のとおり指標を設定し評価した。

- ◎：水利権許可申請手続きが不要なもの。
- ：水利権変更申請手続きが必要なもの。
- △：水利権許可申請手続きが必要なもの。

③発電施設施工の容易性

取水施設や導水施設、発電設備等の施工に係る工期をもとに、次のとおり指標を設定し、発電施設施工の容易性を評価した。

- ◎：取水施設、導水施設、発電設備などの規模が小さいか、導水施設が不要で、工事に時間がかからないと判断されるもの。
- ：取水施設、導水管、発電設備などの規模は小さいが、工事に時間を要すると判断されるもの。
- △：取水施設、導水管、発電設備などの規模が大きく、工事に時間を要すると判断されるもの。

④景観性

発電施設設置場所における景観上配慮すべき度合いについて、次のとおり指標を設定し評価した。

- ◎：景観上配慮すべき対象物がないと判断されるもの。
- ：景観整備されていないが親水スポットと判断されるもの。
- △：一体が景観整備され景観保全すべき度合いが高いと判断されるもの。

⑤その他

その他現地の法的規制や今後の周辺環境の変化から、候補地となりえない箇所については対象外とした。

(2) 想定される利用目的

- ①売電
- ②環境教育
- ③観光資源
- ④防災
- ⑤農業

(3) 評価結果

評価結果は次ページの「小水力発電導入可能性調査箇所の評価結果一覧表」のとおり。

小水力発電導入可能性調査箇所の評価結果一覧表

○下表は、小水力発電導入可能性調査箇所23箇所について、調査結果をもとに、発電出力、水利権、発電施設施工の容易性、景観性の確保等の視点から評価したものである。
 ○網掛けした8箇所は導入可能性があると見込まれる箇所であり、発電出力規模ごとに色分けして区分している。
 ○さらに、想定される利用目的を踏まえ、発電出力規模ごとに標準的と考えられる5箇所を導入可能性候補地(概略設計箇所)として選定した。5箇所は赤字で表記。
 ※番号の上段は発電出力の大きなもの順(19以降を除く)、下段は調査箇所番号

番号※	分類	河川名・施設名	位置名称	流量(m ³ /s) (注2)	落差(m) (注2)	発電出力(kW)		導水管延長 (m)	河川管理者	想定される 利用方法	近くの 送電施設	水利権 許可申請 (注4)	施工性(工期) (注5)	景観性 (注6)	総合判定 (注7)	想定される利用目的					
						(注3)										売電	環境教育	観光	防災	農業	
1 (4)	二級河川	犬迫川	発電所の滝	0.20	50.00	73.50	◎	500	鹿児島県	発電事業	電柱	△	△	○	○	道路など公共の場から見えにくく、景観上の配慮はほとんど不要。落差を利用した発電が可能。	○				○
2 (11,12)	二級河川	永田川	井出ヶ宇都の滝	0.10	80.00	58.80	◎	1,100	鹿児島県	発電事業	電柱	△	△	○	○	道路など公共の場から見えず、景観上の配慮はほとんど不要。落差を利用した発電が可能。	○				
3 (3)	二級河川	川田川	轟の滝	0.30	25.00	55.13	◎	950	鹿児島県	発電事業	電柱	△	△	○	○	道路など公共の場から見える場所であり、取水によって滝の景観性が損なわれる恐れがある。	○				
4 (5)	二級河川	花野川	花野の滝	0.20	15.00	22.05	◎	500	鹿児島県	発電事業	電柱	△	△	○	○	道路など公共の場から見えず、景観上の配慮はほとんど不要。落差を利用した発電が可能。	○				○
5 (15)	下水処理施設	南部処理場	放流口	1.50	1.50	16.54	○	5	市水道局	場内での利用	場内電気設備	◎	○	◎	○	水道局において、22年度に下水道施設新エネルギー導入可能性調査を実施済。		○			
6 (13)	二級河川	滝之下川	大滝川公園内の滝	0.10	20.00	14.70	○	50	鹿児島県	近隣施設(外灯)での利用	電柱	△	○	○	○	道路など公共の場から見えず、景観上の配慮はほとんど不要。落差を利用した発電が可能。		○			
7 (17)	準用河川	五位野川	平川動物公園内	0.05	5.00	1.84	△	500	鹿児島市	園内(外灯)での利用	電柱	◎	◎	○	○	河川からの一定の水量が確保できれば、小規模ながら発電可能。不特定多数から視認されやすく、環境教育、観光資源としての効果が期待できる。		○	○		
8 (23)	水路	八重地区水路	八重の滝	0.03	8.00	1.76	△	5	鹿児島市	近隣施設(電気柵)での利用	電気柵	◎	◎	◎	○	8.0m程度の落差を利用。調査時の水量は少ないが、年間を通じての可能性がある。		○	○		○
9 (1)	二級河川	神之川	郡山轟の滝	0.03	3.00	0.66	△	30	鹿児島県	近隣施設(外灯)での利用	電柱	△	△	△	△	景観整備され、景観のための維持流量が必要であり、発電用取水は難しい。					
10 (6)	二級河川	稲荷川	巖洞の滝	0.30	5.00	11.03	○	5	鹿児島県	近隣施設(外灯)での利用	電柱	△	◎	△	△	景観整備され、景観のための維持流量が必要であり、発電用取水は難しい。					
11 (7)	浄水場	滝之神浄水場	着水井	0.46	0.60	2.03	△	0	市水道局	場内での利用	場内電気設備	◎	○	◎	△	水量はある程度確保できるが、落差が小さいため、発電規模が小さい。					
12 (8)	二級河川	(稲荷川)滝之神浄水場	導水管	0.46	4.00	13.52	○	150	鹿児島県市水道局	場内での利用	場内電気設備	○	△	◎	△	導水管の有効落差が小さく、余水量も安定しないことから可能性は低い。不特定多数から視認されない場所でありモデルに不適。					
13 (14)	二級河川	滝之下川	滝之下の滝	0.05	7.50	2.76	△	50	鹿児島県	近隣施設(外灯)での利用	電柱	△	△	○	△	道路など公共の場から見えないが、観水スポットとして利用が見られ、発電用水量の確保が課題となる。					
14 (16)	下水処理施設	谷山処理場	放流口	0.44	0.30	0.97	△	5	市水道局	場内での利用	場内電気設備	◎	○	◎	△	水量はある程度確保できるが、落差が小さいため、発電規模が小さい。					
15 (19)	準用河川	山方川	農業用水路	0.01	1.50	0.11	△	7	鹿児島市	近隣施設(電気柵)での利用	電気柵	◎	◎	◎	△	水量は少なく、落差も転倒堰起伏時にしか確保できないため、可能性は低い。					
16 (20)	準用河川	堤山川	農業用水路	0.01	1.50	0.11	△	7	鹿児島市	近隣施設(電気柵)での利用	電気柵	◎	◎	◎	△	水量は少なく、落差も転倒堰起伏時にしか確保できないため、可能性は低い。					
17 (21)	ダム	松元ダム	維持流量放流口	0.03	12.30	2.71	△	55	鹿児島県	施設内での利用	電柱	◎	◎	△	△	維持流量を確保すると、利用可能な水量が少なくなり、可能性は低い。					
18 (22)	水路	甲突池起点の水路	農業用水路	0.02	3.00	0.44	△	5	鹿児島市	近隣施設(電気柵)での利用	電気柵	◎	◎	◎	△	水量が少ないため、1.5m程度の落差を2段利用した場合の推計値を算出したが、発電規模が小さいことから、可能性は低い。					
19 (2)	発電所	小山田発電所	余水放水口	0.00	0.00	0.00	—	30	鹿児島県九州電力	発電事業	所内電気設備	○	△	◎	—	調査時に余水(2m ³ /sの見込み)が発生していたのは、ヘッドタンクで土砂が堆積し、水が溢れていたためである(九州電力から聴き取り)。基本的には余水は発生しないことから対象外とする。					
20 (9)	用水路	関吉疎水溝	実方放水路	0.10	30.00	22.05	◎	100	水利組合	発電事業	電柱	○	○	◎	—	国文化財に指定され、景観上、発電用取水は難しい。					
21 (10)	下水処理施設	錦江処理場	塩素混和池	0.13	1.00	0.96	△	3	市水道局	場内での利用	場内電気設備	◎	○	◎	—	湖の干満の影響で落差が変動するため、可能性は低い。10年後に廃止予定。					
22 (18)	排水路	旭ヶ丘園横	排水路	0.10	20.00	14.70	○	400	鹿児島市	近隣施設(外灯)での利用	電柱	◎	△	◎	—	4、5年後の県工業用水浄水場供用開始により、平川浄水場からのトンネル湧水放流がなくなるため水量の確保が困難。					

(注1) 小水力発電導入可能性調査箇所選定の前提条件: ①流量0.1m³/s程度又は落差2.0m程度が見込まれること ②送電施設又は電気供給施設が近くにあること
 (注2) 水量、落差: 簡易測定による推計値。絞り込み後の調査箇所については、概略設計を進める中で明確にする。
 (注3) ◎: 事業化、モデル的導入が可能(20kW以上) ○: モデル的導入が可能(10kW以上20kW未満) △: 小規模電力利用(10kW未満)
 (注4) ◎: 水利権許可申請手続きが不要なもの。 ○: 水利権変更申請手続きが必要なもの。 △: 水利権許可申請手続きが必要なもの。
 (注5) ◎: 取水施設、導水施設、発電設備などの規模が小さいか、導水施設が不要で、工事に時間がかからないと判断されるもの。
 ○: 取水施設、導水管、発電設備などの規模は小さいが、工事に時間を要すると判断されるもの。 △: 取水施設、導水管、発電設備などの規模が大きく、工事に時間を要すると判断されるもの。
 (注6) ◎: 景観上配慮すべき対象物がないと判断されるもの。 ○: 景観整備されていないが観水スポットと判断されるもの。 △: 一体が景観整備され景観保全すべき度合いが高いと判断されるもの。

(注7) ○: 検討すべき事項はあるが、導入可能性が見込まれるもの
 △: 諸条件の制約により、導入に向けて課題があるもの
 —: 導入が困難と考えられる制約があるもの

第3章 小水力発電の導入可能性候補地における概略設計の検討

1 概略設計の流れ

導入可能性調査結果を踏まえ、選定された5箇所の概略設計の検討を行った。概略設計の検討は、「中小水力発電ガイドブック（(財)新エネルギー財団）」を参考に、以下に示すフロー図に沿って実施した。

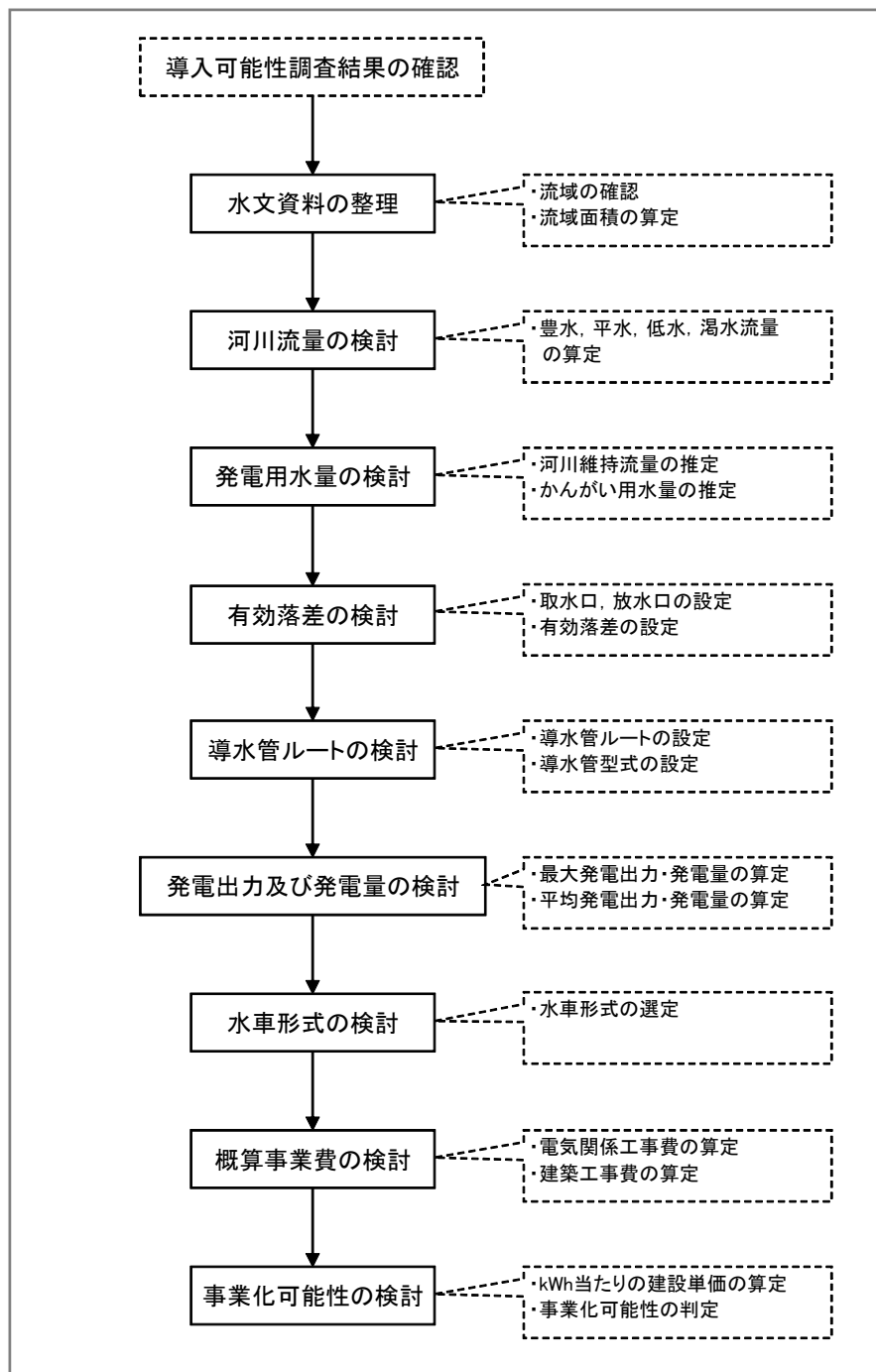


図 概略設計のフロー

①水文資料の整理

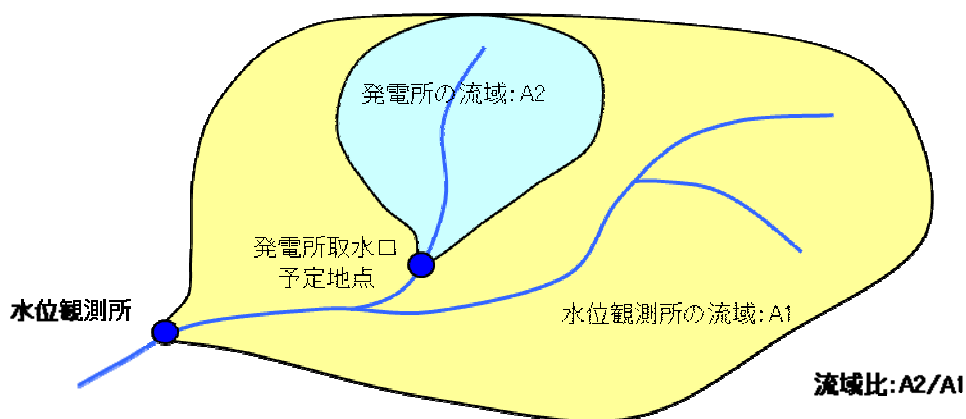
- 国土地理院発行の 1/25,000 地形図上で、対象河川の発電取水口予定地点を基準点とする流域界を確認し、流域面積を算定する。
- 対象河川の発電取水口予定地点での流量観測データがないことから、近傍の河川水位観測所（鹿児島県河川課、以下同じ）のデータに基づき、対象箇所の流量データを推定する。使用する河川水位観測所のデータは、同程度の流況が望ましいことから、できるだけ同一の河川水系内の観測所データとする。
※「中小水力発電ガイドブック（(財)新エネルギー財団」p. 53～54 参照

②河川流量の検討

- 発電取水口予定地点での流域面積と近傍河川水位観測所の流域面積の流域比より、観測流量データの至近 10 年平均値に基づき、河川流量（豊水流量、平水流量、低水流量、渇水流量）を算定する。

$$\text{流域比} = \frac{\text{発電所の流域}(A2)(\text{km}^2)}{\text{水位観測所の流域}(A1)(\text{km}^2)}$$

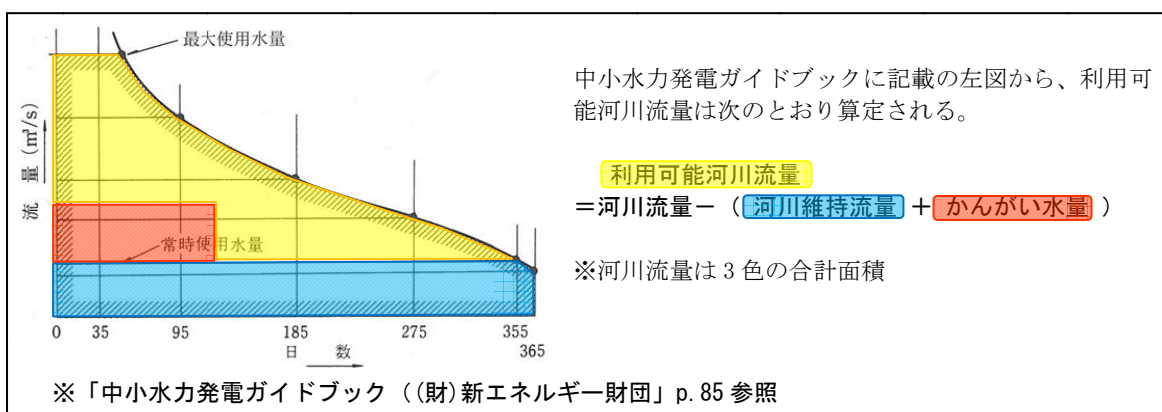
$$\text{発電所取水口予定地点の河川流量}(\text{m}^3/\text{s}) = \text{水位観測所の流量}(\text{m}^3/\text{s}) \times \text{流域比}(A2/A1)$$



※「中小水力発電ガイドブック（(財)新エネルギー財団」p. 53～54 参照

③発電用水量の検討

- 算定した河川流量から、河川維持流量及びかんがい水量を差し引き、発電用の利用可能河川流量を算定する。
- 「中小水力発電ガイドブック (p. 58)」によると、「河川維持流量は、開発地点の河川環境特性に応じて決定すべきものであり、流域の単位面積当たりの維持流量を決め、これを画一的に適用することは行うべきでない」とされているが、ここでは最近の鹿児島県内の小水力発電計画実績を参考に $0.005(\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2)$ としている。
- かんがい水量については、慣行水利権及び許可水利権により、設定されるものであるが、現段階では確認ができないことから、最近の鹿児島県内の小水力発電計画実績 ($0.05\text{m}^3/\text{s}$) を参考にかんがい期を 122 日として推定する。
※かんがい期：6月1日～9月30日(122日) 代掻き期=2日, 普通期=120日



④有効落差の検討

- 国土地理院発行の 1/25,000 地形図上で、現地調査で確認した発電取水口予定地点と放水口（発電所）地点を設定し、等高線から、有効落差を算定する。

⑤導水管ルート of 検討

- 国土地理院発行の 1/25,000 地形図及び導入可能性調査結果を踏まえ、発電取水口予定地点から最短で放水口（発電所）地点まで到達するルートを設定し、地形図上で、導水管延長を算定する。
- 導水管型式については、導水管のルート及びルート上の地形条件にもよるが、本検討においては、平川動物公園以外の箇所については水圧管路を想定しており、耐久性に優れ、軽量かつ施工性のよい FRPM 管を採用することとしている。
- 渇水期等で河川流量が平均発電設計流量を下回る時期がある河川では、取水堰もしくはヘッドタンクを設けて流量調整を行い、発電に必要な流量を確保する必要がある。

【参考】

水圧管路：ヘッドタンク等に貯えられた水の位置エネルギーを圧力エネルギーに変換して水車に与えることを目的としてその間に布設される圧力管を水圧管路という。

FRPM 管：強化プラスチック複合管；Fiberglass Reinforced Plastic Mortar Pipes（略称 FRPM 管）は引っ張り強度に優れたガラス繊維と樹脂及び骨材を組み合わせた複合パイプをさす。内外面の引っ張り強度と中間層の圧縮強度が複合化される事で非常に高強度な管である。鉄管に比べて軽量で、運搬や取扱いが容易なため、施工性に優れている。

⑥発電出力及び発電量の検討

- 算定した利用可能河川流量（最大発電設計水量，平均発電設計流量）に基づき、発電効率（水車効率，発電機効率）や設備利用率（1年間：8,760時間のうち、施設が稼働する時間の割合）を勘案して最大発電出力・最大発電量及び平均発電出力・平均発電量を算定する。

- 算定に使用する発電効率は、100～300 kWの標準的なモデルを参考に $\eta = 0.75$ とした。

発電効率 (0.75) = 水車効率 (0.81) × 発電機効率 (0.93)

※『小水力発電がわかる本』（全国小水力利用推進力協議会編）P111 参照

- 算定に使用する設備利用率は、最大発電量では $\alpha = 0.60$ 、平均発電量で $\alpha = 0.80$ とした。

※「中小水力発電ガイドブック（(財)新エネルギー財団）p.84～90 参照

⑦水車形式の検討

- 最大発電設計水量及び有効落差から、以下に示す水車形式選定図に基づき、水車形式を選定する。

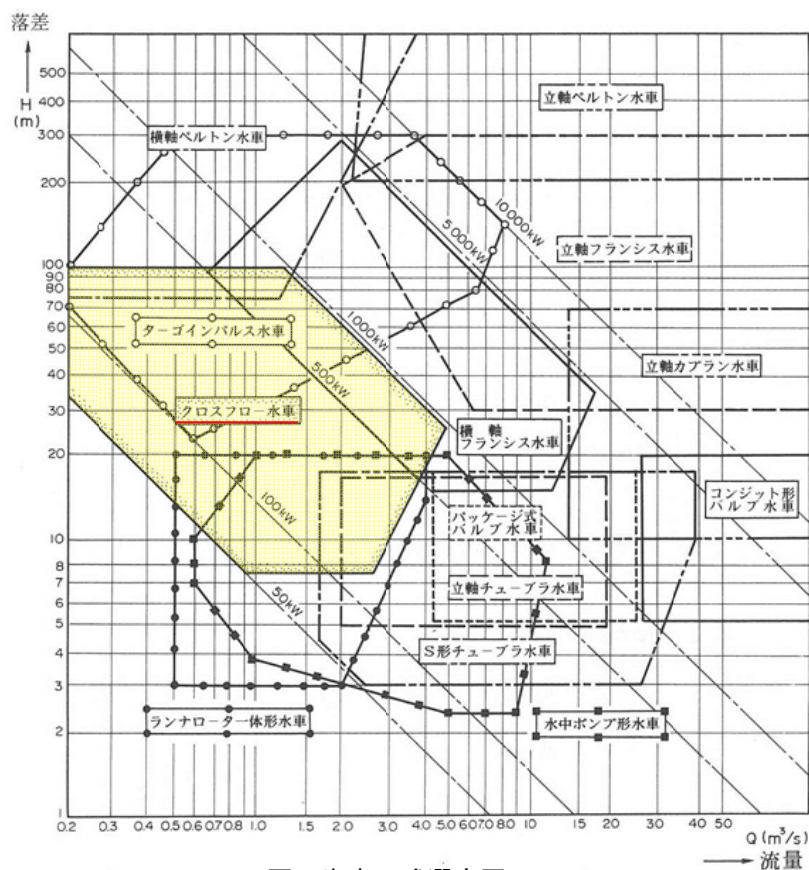


図 水車形式選定図

注) この図は水車の特性並びに製作上の限界などを考えてメーカー等により作成されている。

※「中小水力発電ガイドブック (財)新エネルギー財団」p.108 参照

- クロスフロー水車を選定する場合は、流量と落差は概ね図の網掛け部分に相当し、次頁に示す特徴を参考にした。
- 上掛け・下掛け水車については、他県の事例を参考にした。

【クロスフロー水車について】

クロスフロー水車は、小水力プラント開発気運の高まりと共に経済性の面から脚光をあびるようになってきたものである。この水車は、中低落差で使用水量が少なく、流量変化の大きい流れ込み発電に適した水車であり、適用範囲は概ね次のとおりである。また実用化した会社名からオズバーガー水車と呼ばれる。

出力 50～1,000 (kW)

流量 0.1～10(m³/s)

落差 5～100 (m)

クロスフロー水車の出力上限は1,000 kW程度であるが、構造が簡単であり、運転保守が容易であること、またベルトン水車に似て流量変化に対する効率特性が比較的良好で軽負荷まで広い運転領域を有し、機器価格も安いのが特徴である。

※上記の適用範囲は、中小水力発電ガイドブックにおいて適用できると考えられている範囲である。

※「中小水力発電ガイドブック（(財)新エネルギー財団」P97 参照

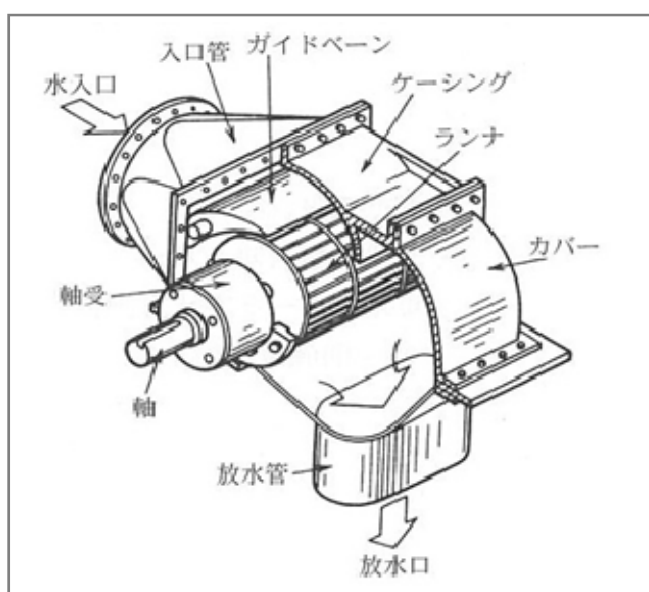


図 クロスフロー水車の構造

資料：中小水力発電ガイドブック資料 P102 参照

⑧概算事業費の検討

- 電気関係工事費及び建築工事費、土木工事費、用地補償費、施工管理諸手続き費の他、調査設計費を含む事業費について、概算で算定する。
- 電気関係工事費については、電気関係工事費算定図(巻末資料)より算定した。
- 建築(上屋)工事費、用地補償費、施工管理諸手続き費、調査設計費については、最近の鹿児島県内の小水力発電実績を参考に計上した。
- 土木工事費のうち、取水口については土木工事費算定図より算定し、その他については最近の鹿児島県内の小水力発電実績を参考に計上した。
- 建築中利息については、借入れ金利2%として計上した。

※「中小水力発電ガイドブック(財)新エネルギー財団」p.129~136 参照

⑨事業化可能性の検討

- 建設単価法を用いて、事業化の可能性を判定することとした。
- 判定に用いた開発限界単価については以下に記載する。

※「中小水力発電ガイドブック(財)新エネルギー財団」p.137~144 参照

- 「kWh当たりの建設単価」算出時の「年間可能発電量」には「利用率」を乗じて計算している。このときの「利用率」は、「中小水力発電ガイドブック(p.214)」より96.0%としている。

3.8.2 建設単価法

個別の電源の経済性を厳密に求めるには、その発電所から生まれる電力の発電原価を検討するわけであるが、水力の場合、その年間経費のほとんどは資本費であり、計画地点が異なっても経費率に大差はないので、計画段階での経済性の比較は建設単価で行うのが便宜的である。しかし、水力発電所の総耐用年数は個々に異なり、機器費用の総工事費に占める割合の大きいものでは耐用年数が短くなり、それによって原価が高騰する定性は考慮しておくべきである。

建設単価には、出力(kW)当たりの建設単価と、発電電力量(kWh)当たりの建設単価の2種類がある。前者は、

$$\text{出力(kW)当たり建設単価} = \frac{\text{建設費}}{\text{最大出力}} \quad (\text{円/kW})$$

で求められ、kW供給力として期待され、ピーク発電をする貯水池、調整池式あるいは揚水式のようなものは、これの安いことが要求される。特に、揚水式の開発規模の決定に当たっては、代替火力のkW当たり建設単価が見合いとされる。この建設単価が重視されるような計画では設備利用率が小さくなる。一方、年間可能発電電力量(kWh)当たりの建設単価は、

$$\text{発電電力量(kWh)当たり建設単価} = \frac{\text{建設費}}{\text{年間可能発電電力量}} \quad (\text{円/kWh})$$

で求められ、これに経費率を乗ずるだけで原価が速算できることから、最も良く用いられる指標である。原価主義による電気料金と密接な関係を持つ評価ではあるが、水力のkW需給バランスへの貢献が全く入っておらず、単に輸入エネルギーの代替としての視点しか評価されていないと言うことがあるが、耐用年数をも考慮した総合評価は後段で考慮するとし、計画段階では、一般水力の経済性の概略を簡便に示す指標といえる。

3.8.3 限界単価法

C/V法の場合であれば、 $C/V \leq 1$ なら開発の可能性有りとの判断が下せるが、簡便なkWh当たり建設単価を用いた場合の判断基準を考える必要がある。

「第5次発電水力調査」では、経済性ランクをa、b、cと区分し、それぞれ発電型式ごとにkWh当たり建設単価の限度を決めているが、ここではその考え方を紹介する。

一般水力に極力kW 価値を併せもたそうという観念から検討されたものであり、C/V手法のkW 価値分をkWh 当たり建設単価に換算し、本来のkWh 当り建設単価に加算したものと要約される。昭和55年4月時点で、モデル火力として表3.10に示す諸元の石油火力を想定し、その代替電源としての水力(表3.11)のkW 価値、kWh 価値を算出(表3.14)する。その際、水力、火力の比較ポイントは表3.12に示すように、モデル火力から500kV、275kVの流通設備をとおり、275/154又は275/66の変電所で水力発電所からの送電線と接続されるものとし、更に、当該水力発電所に154kV又は66kVの送電線が1回線、10km新設されるものとして、送電経費、ロス補正を施している。原価の算定に当たっては、表3.13に示す経済指数の下に、15年間均等化を図っている。

その結果、表3.14に示すように、

kW 価値 : 44,200 円 /kW

kWh 価値 : 27.2 円 /kWh

となる。

そこで、kW 価値を織り込んで対比電源発電原価を、

$$\frac{\text{kW 価値} \times \text{kW 有効化率}}{\text{年間発電時間}} + \text{kWh 価値} \quad \text{ただし、kW 有効化率} = \text{有効出力} / \text{最大出力}$$

で求め、これを水力発電経費率で割ると、一般水力開発限界単価を計算できる。

例えば設備利用率50%、kW 有効化率30%の流れ込み式発電所の場合の開発限界単価は、

$$\frac{44,200 \times 0.3}{8,760 \times 0.5} + 27.2 = 246 \text{ 円 / kWh}$$

となり、この方式でkW 有効化率、設備利用率を種々与えて開発限界単価のマトリックスをつくると、表3.15のようになる。表中破線で囲んだ①、②、③のゾーンは、ほぼ貯水池式、調整池式及び流れ込み式に相当するゾーンであり、これらより、昭和55年4月時点の工事費でkWh当たりの限界単価は、

貯水池式の開発限界建設単価 = 400 円 /kWh

調整池式の開発限界建設単価 = 300 円 /kWh

流れ込み式の開発限界建設単価 = 250 円 /kWh

と判断される。

中小水力発電ガイドブックによると、開発限界建設単価は250円/kWhとある。しかし、本単価は昭和55年時点のものであり、現在と売電単価が異なることから、当時の売電単価(20~25円/kWh)と現在の売電単価(34円/kWh)を勘案し、開発限界建設単価を250円/kWh×1.5≒350円/kWhとした。この単価は、「広島県再生可能エネルギー推進検討報告書」における概略検討のなかでも同程度の単価で判定されていることから、妥当であると考えられる。

表 広島県10ダム 小水力発電可能性調査 概略検討総括表

ダム名	最大使用水量 (m ³ /s)	有効落差 (m)	最大出力 (kW)	概算工事費 (百万円)	電力量当り 建設単価 (円/kWh)	評価
福富ダム	1.53	42.60	450	450	228	○
椋梨ダム	0.16	26.70	29	70	551	
山田川ダム	0.12	13.00	11	40	830	
野呂川ダム	0.5	27.40	94	160	389	△
御調ダム	1.14	25.10	200	290	331	○
四川ダム	0.13	27.50	25	60	548	
梶毛ダム	0.07	21.10	10	40	913	
仁賀ダム	0.1	24.20	17	50	672	
小瀬川ダム 魚切ダム	ダムからの放流水を利用した発電が実施されているため、新規発電を実施するのは困難					

(注) 県河川課の検討内容等を参照

※「広島県再生可能エネルギー推進検討報告書」(広島県HP)より抜粋

2 各地点の概略設計

小水力発電の導入可能性候補地として、以下の5箇所について概略設計を行った。

番号	分類	河川名・施設名	位置名称
1	二級河川	永田川	井出ヶ宇都の滝
2	二級河川	犬迫川	発電所の滝
3	二級河川	花野川	花野の滝
4	準用河川	五位野川	平川動物公園内
5	水路	八重地区水路	八重の滝



図 小水力発電の導入可能性候補地の位置

2.1 井出ヶ宇都の滝（永田川）

2.1.1 小水力発電計画諸元

(1) 流域図

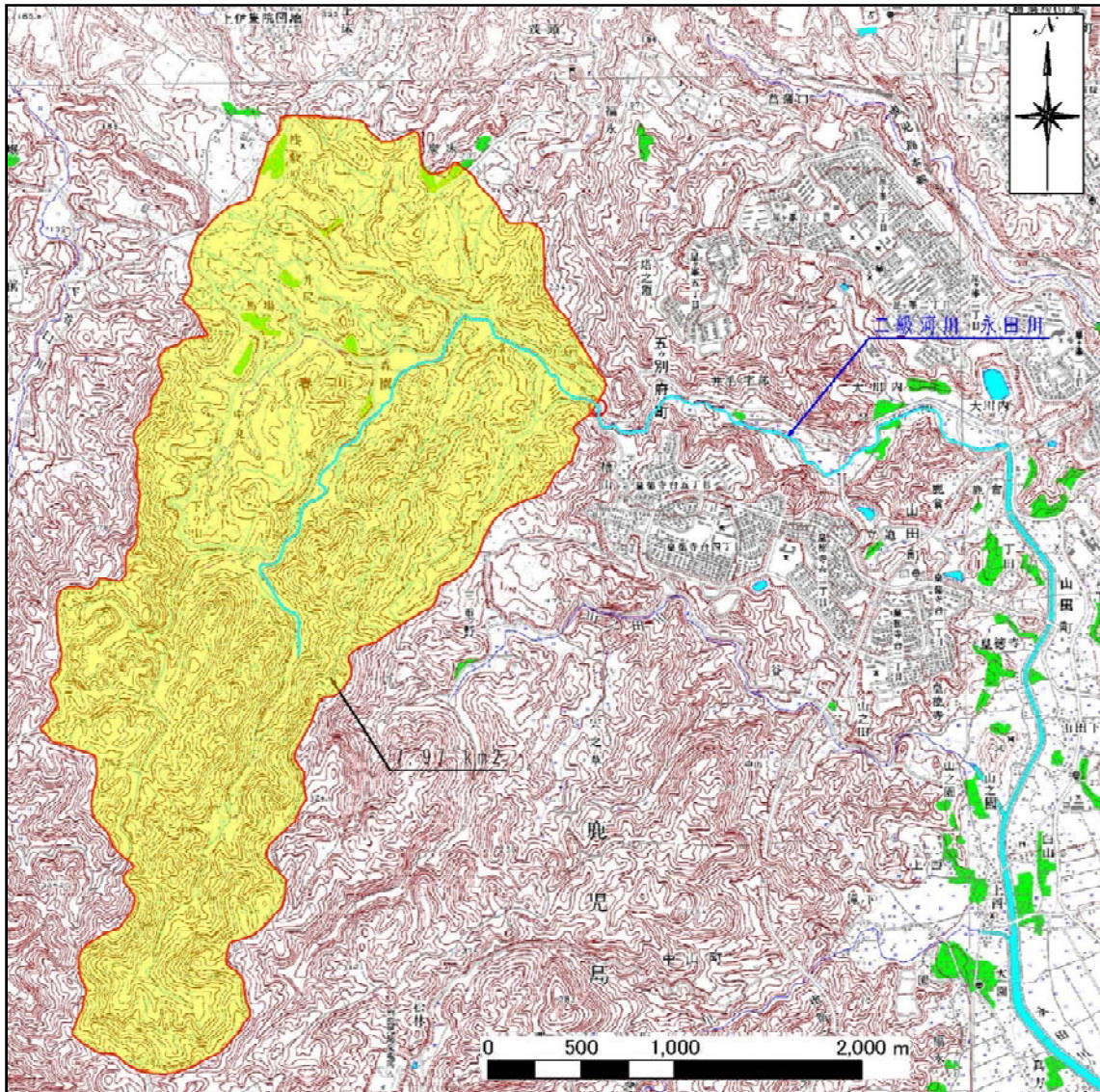


図 井出ヶ宇都の滝（二級河川 永田川）

(2) 施設の配置



図 施設配置位置図 (二級河川 永田川)

(3) 発電水量の検討

1) 河川流量

① 流域面積



図 流域面積図 (二級河川 永田川)

②河川流量

河川流量は流量観測が実施されている二級河川永田川（宮下橋観測所）の流況を当該地区の代表流況として、比流量で推定する。

表 河川流量（永田川水系 永田川宮下橋観測所）

永田川水系 永田川宮下橋観測所 流域面積 A= 21.2 km²

No.	年	豊水流量	平水流量	低水流量	渇水流量
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1	平成14年	1.15	0.49	0.29	0.20
2	平成15年	1.22	0.71	0.61	0.44
3	平成16年	0.76	0.65	0.36	0.19
4	平成17年	0.61	0.18	0.06	0.02
5	平成18年	0.90	0.55	0.39	0.25
6	平成19年	2.41	0.65	0.41	0.21
7	平成20年	1.04	0.76	0.62	0.43
8	平成21年	0.77	0.49	0.28	0.12
9	平成22年	1.79	1.35	0.29	0.13
10	平成23年	1.35	1.02	0.85	0.22
(10年間平均)		1.20	0.69	0.42	0.22
比流量(m ³ /s/km ²)		0.057	0.032	0.020	0.010

※平成24年は欠測

井出ヶ宇都の滝取水口計画地点における河川流量は以下ようになる。

表 発電所計画地点における河川流量（発電所の滝取水口）

区分	算定式	河川流量(m ³ /s)
豊水流量	q1= 7.97 × 0.057 =	0.45
平水流量	q2= 7.97 × 0.032 =	0.26
低水流量	q3= 7.97 × 0.020 =	0.16
渇水流量	q4= 7.97 × 0.010 =	0.08

※河川維持流量=0.005(m³/s/km²)×7.97=0.040(m³/s)

※用語の説明

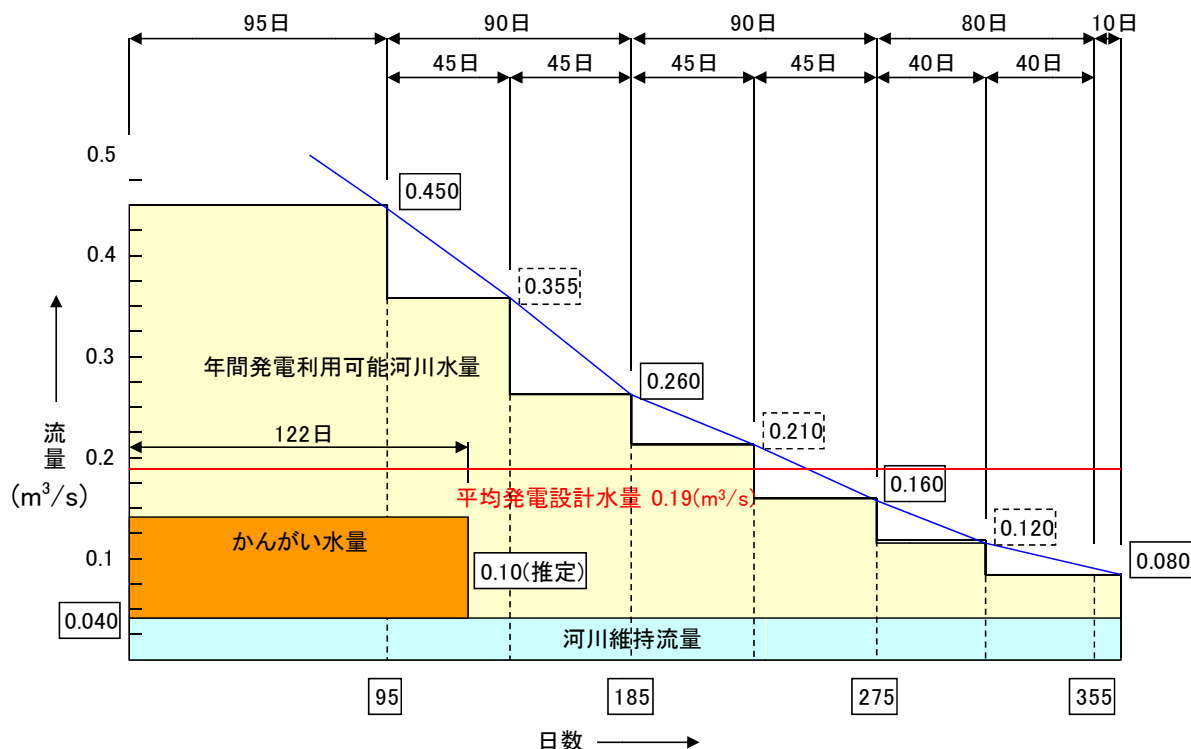
豊水流量:1年を通じて95日はこれを下らない流量

平水流量:1年を通じて185日はこれを下らない流量

低水流量:1年を通じて275日はこれを下らない流量

渇水流量:1年を通じて355日はこれを下らない流量

2) 発電利用可能河川水量



※かんがい水量は、対象となる流域面積が7.97k㎡と広く、受益地も多いことから、0.10m³/sとして算出した。

図 発電利用可能河川水量の算出根拠図（井出ヶ宇都の滝）

①最大発電設計水量の算出

$$\begin{aligned} & \text{最大発電利用可能河川水量(豊水期)} \\ & = 0.45 \times 95 \text{日} - 0.040 \times 95 \text{日(河川維持流量)} \\ & = 38.95(\text{m}^3/\text{s}) \quad (\times 60 \times 60 \times 24) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{最大発電設計水量} \\ & = 38.95 / 95 \text{日} = 0.41(\text{m}^3/\text{s}) \end{aligned}$$

②平均発電設計水量の算出

$$\begin{aligned} & \text{年間発電利用可能河川水量} \\ & = 0.45 \times 95 \text{日} + 0.355 \times 45 \text{日} + 0.26 \times 45 \text{日} + 0.21 \times 45 \text{日} + 0.16 \times 45 \text{日} + 0.12 \times 40 \text{日} + 0.08 \times 40 \text{日} + \\ & \quad 0.08 \times 10 \text{日} - 0.10 \times 122 \text{日(かんがい水量)} - 0.040 \times 365 \text{日(河川維持流量)} \\ & = 69.08(\text{m}^3/\text{s}) \quad (\times 60 \times 60 \times 24) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{平均発電設計水量} \\ & = 69.08 / 365 \text{日} = 0.19(\text{m}^3/\text{s}) \end{aligned}$$

※渇水期に平均発電設計水量を下回る場合は、取水口もしくはヘッドタンクにより水量調整を行う。

(4) 有効落差

永田川の井出ヶ宇都の滝取水口の有効落差は、S=1/25,000の地形図より下図のとおりとなる。

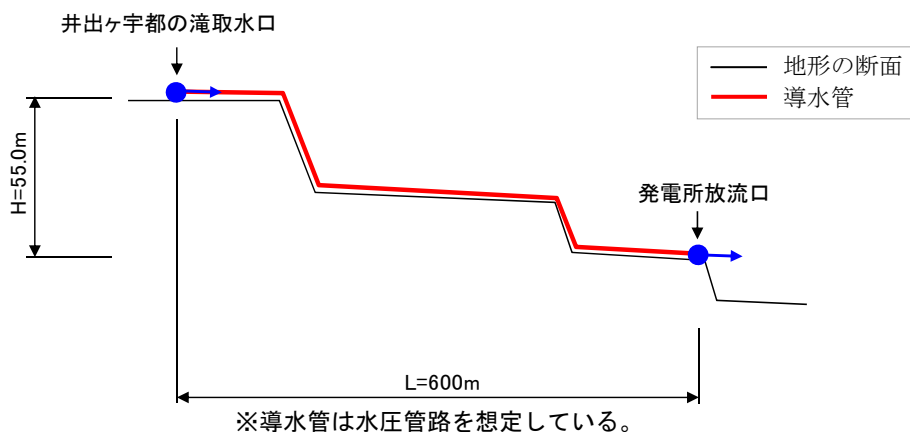


図 有効落差イメージ図（井出ヶ宇都の滝）

2.1.2 発電出力及び発電量

(1) 最大発電量

1) 最大発電出力

最大発電出力は、次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 9.8 \times Q_{\max} \times H \times \eta \text{ (kW)} \\ &= 9.8 \times 0.41 \times 55.0 \times 0.75 \\ &= 165.7 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} 9.8 : \text{重力加速度 (m/s}^2\text{)} \\ Q_{\max} : \text{最大発電設計水量 (m}^3\text{/s)} \\ H : \text{有効落差 (m)} \\ \eta : \text{効率 (}\cong 0.75\text{)} \end{array} \right)$$

2) 最大発電量

最大発電量は次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_{\max} &= P_{\max} \times 24 \text{ (hr)} \times N \text{ (日)} \times \alpha \\ &= 165.7 \times 24 \times 365 \times 0.60 \\ &= 870,919 \text{ (kWh)} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} P_{\max} : \text{最大発電量 (kWh)} \\ P_{\max} : \text{最大発電出力 (kW)} \\ N : \text{稼働日数 (日)} \\ \alpha : \text{設備利用率 (}\cong 0.60\text{)} \end{array} \right)$$

(2) 平均発電量

1) 平均発電出力

平均発電出力は、次式で算出する。

$$\begin{aligned} P &= 9.8 \times Q \times H \times \eta \text{ (kW)} \\ &= 9.8 \times 0.19 \times 55.0 \times 0.75 \\ &= 76.8 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

$$\left[\begin{array}{l} 9.8 : \text{重力加速度(m/s}^2\text{)} \\ Q : \text{平均発電設計水量 (m}^3\text{/s)} \\ H : \text{有効落差 (m)} \\ \eta : \text{効率 (}\doteq 0.75\text{)} \end{array} \right]$$

2) 平均発電量

平均年間発電量は次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_e &= P \times 24 \text{ (hr)} \times N \text{ (日)} \times \alpha \\ &= 76.8 \times 24 \times 365 \times 0.80 \\ &= 538,214 \text{ (kWh)} \end{aligned}$$

$$\left[\begin{array}{l} P_e : \text{平均年間発電量 (kWh)} \\ P : \text{平均発電出力 (kW)} \\ N : \text{稼働日数 (日)} \\ \alpha : \text{設備利用率 (}\doteq 0.80\text{)} \end{array} \right]$$

【水車形式の選定】 クロスフロー水車

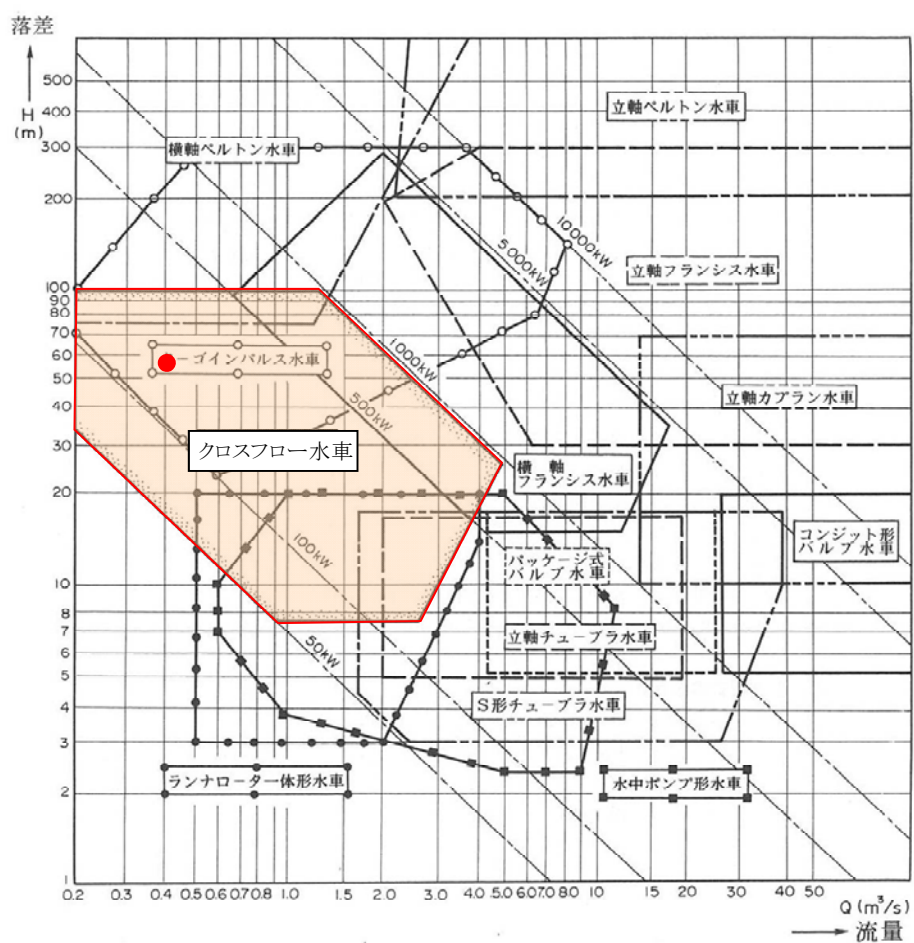


図 水車形式選定図 (井出ヶ宇都の滝)

※「中小水力発電ガイドブック ((財)新エネルギー財団) p.108 参照

2.1.3 事業費

表 概算事業費算定（井出ヶ宇都の滝）

項目	内 容				金額(千円)	備考	
1)	水車・発電機	P=170kW, クロスフロー水車				87,000	中小水力発電ガイドブック 第28回参照
2)	建築・上屋	地上式 7.0(m)×5.0(m)×200(千円/㎡)				7,000	
3)	①	取水堰				(4,000)	中小水力発電ガイドブック 第4回参照
	②	取水口				7,000	中小水力発電ガイドブック 第7回参照
	③	ヘッドタンク				(16,000)	中小水力発電ガイドブック 第14回参照
	④	水圧管路	φ700 FRPM L=600(m)×100(千円/m)×1.2			72,000	
	⑤	発電所基礎工	地上式			4,000	
	⑥	敷地造成	—			4,000	
	⑦	河川護岸工	放水工含む			2,000	
		計			89,000		
4)	用地補償費	—			4,000		
5)	施工管理 諸手続き	—			10,000		
6)	建設中利息	工期6.0ヶ月 197,000×0.020×6/12			2,000	0.020×工期/12	
		小 計			199,000		
7)	調査設計費	測量・調査費	地質調査費	実施設計	河川協議	17,000	
		3,000	2,000	10,000	2,000		
		合 計			216,000		

(236,000)

注1) 渇水期等で流量調整が必要な場合に、取水口での調整が困難であれば取水堰及びヘッドタンクを設ける必要がある。

注2) 欄外の()金額は、取水堰及びヘッドタンクを設けた場合の概算事業費である。

2.1.4 事業化の可能性

事業化の可能性を判定するために、kWh 当たりの建設単価を算出する。

一般的に、

$$\text{kWh 当たりの建設単価} = \frac{\text{事業費}}{\text{年間発電量}} \leq 350 (\text{円/kWh}) \text{程度}$$

本地区の kWh 当たりの建設単価は、

$$\text{kWh 当たりの建設単価} = \frac{216,000 (\text{千円})}{538,000 (\text{kWh}) \times 0.96} = 418 (\text{円/kWh})$$

※年間発電量には利用率 0.96 を乗じる（「中小水力発電ガイドブック（P214）」参照）

従って、1kWh 当たりの建設単価が一般値よりやや高いが、**事業化の可能性はある**と判定される。

なお、事業開始後の保守点検・維持管理費用としては 20 年間で 142,948 千円（年平均 7,147 千円）になると推計される。

表 保守点検・維持管理費用の推計

項目	細目	対象	比率	原価(千円)	費用(千円)	20年間費用(千円)	備考
修繕費	通常点検費	機械電気設備費	0.20%	87,000	174	3,480	1年に1回
	詳細点検費	機械電気設備費	1.00%	87,000	870	3,480	5年に1回
	オーバーホール	機械電気設備費	5.50%	87,000	4,785	4,785	15年に1回
設備管理費	日常点検				1,000	20,000	委託
減価償却費	定額法償却費	建物費	2.70%	7,000	189	3,780	年
	定額法償却費	土木構造物費	2.40%	89,000	2,136	42,720	年
	定額法償却費	機械電気設備費	3.40%	87,000	2,958	59,160	年
流水占用料					277	5,543	鹿児島県
※流水占用料=(1976*P+436*(Pmax-P)) Pmax:最大理論水力, P:常時理論水力					(合計)	142,948	
					1年間平均	7,147	

※修繕費を算出する機械電気設備費に対する比率はメーカーへの聞き取りによる概数である。

2.1.5 発電電力の有効利用

売電事業としての可能性はある。また、当該箇所周辺には圃場がひろがっていることから、農業事業者への供給（害獣対策用電気柵等）による利用も考えられる。

2.1.6 主な課題

- ・新たに取水口を設ける必要があり、水利使用等の許可申請が必要となる。
- ・導水管や発電設備等を設置するための用地を確保する際は、森林法など関係法令による規制が適用される区域を踏まえて計画する必要がある。

2.2 発電所の滝（犬迫川）

2.2.1 小水力発電計画諸元

(1) 流域図

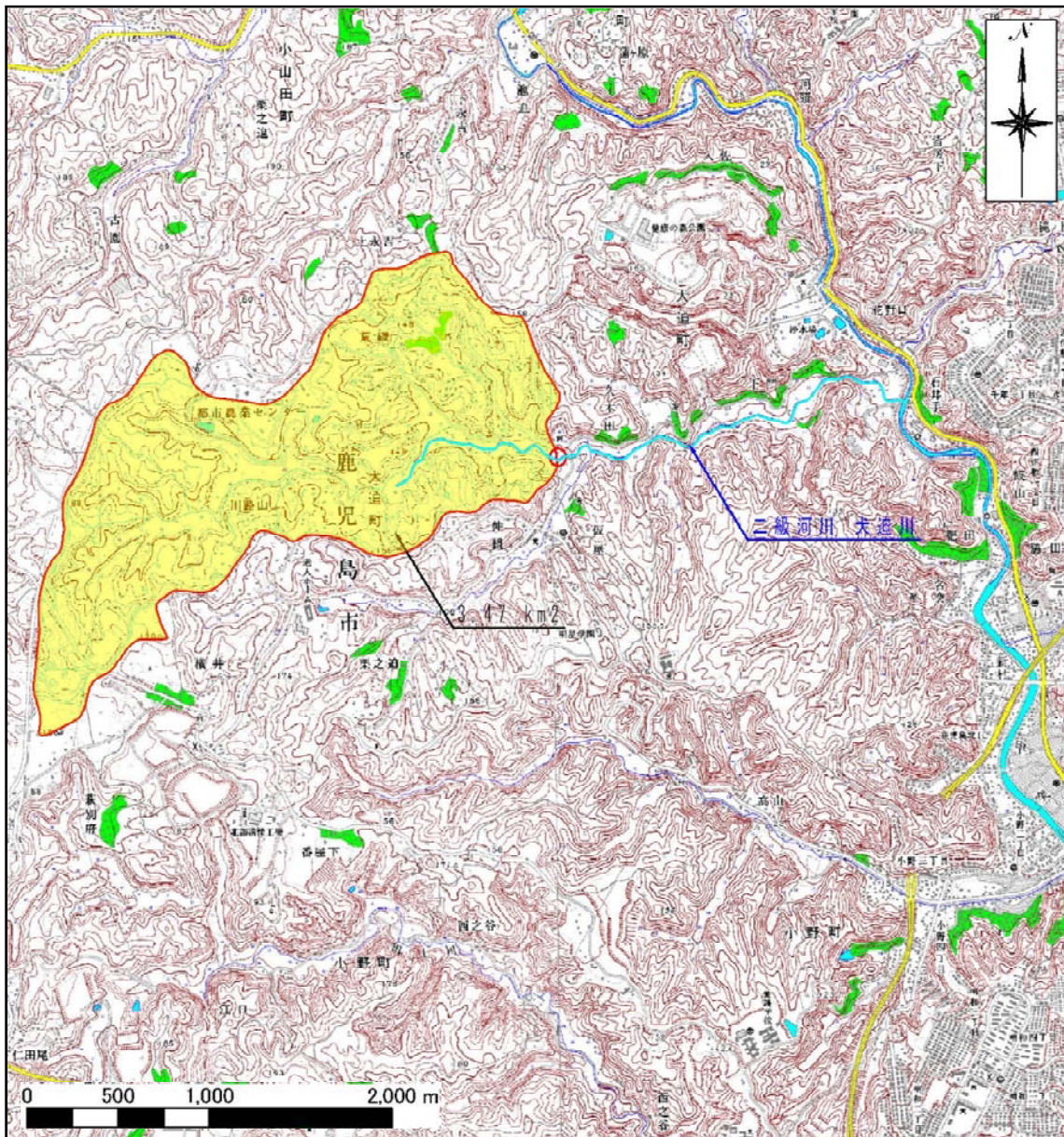


図 発電所の滝（二級河川 犬迫川）

(2) 施設の配置

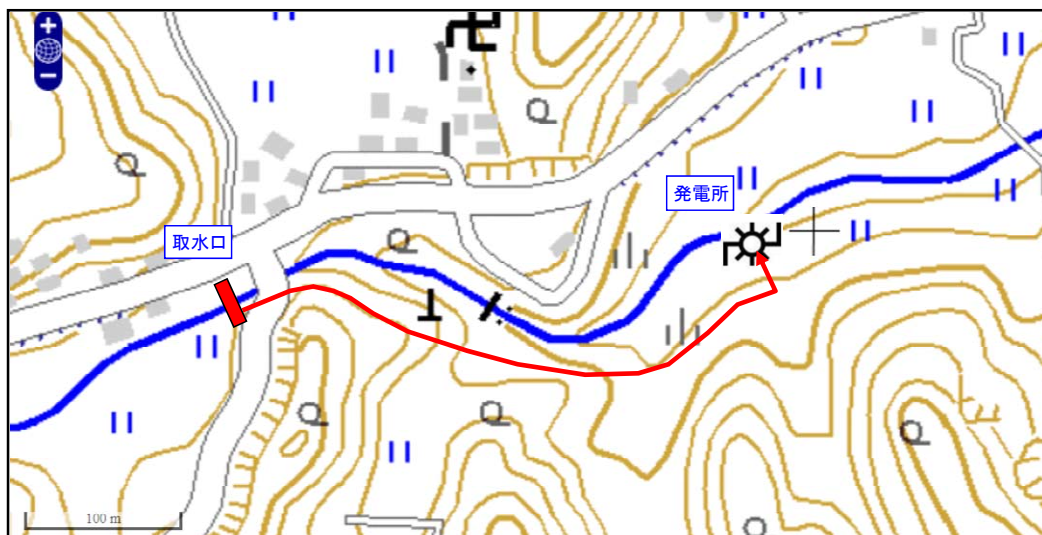


図 施設配置位置図 (二級河川 犬迫川)

(3) 発電水量の検討

1) 河川流量

① 流域面積

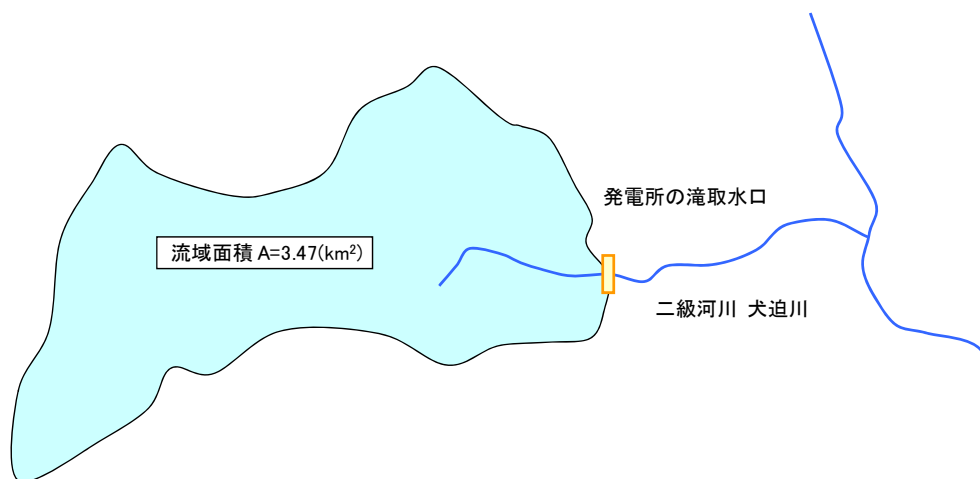


図 流域面積図 (二級河川 犬迫川)

②河川流量

河川流量は流量観測が実施されている二級河川甲突川（岩崎橋観測所）の流況を当該地区の代表流況として、比流量で推定する。

表 河川流量（甲突川水系 甲突川岩崎橋観測所）

甲突川水系 甲突川岩崎橋観測所 流域面積 A= 91.4 km²

No.	年	豊水流量	平水流量	低水流量	渇水流量
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1	平成12年	8.02	4.76	4.26	4.26
2	平成13年	3.55	3.55	2.98	2.98
3	平成14年	2.75	2.75	2.42	1.97
4	平成15年	3.33	2.96	1.68	1.26
5	平成16年	3.86	2.83	2.17	1.63
6	平成17年	2.55	2.06	1.75	1.42
7	平成18年	3.72	1.62	1.27	0.99
8	平成19年	3.31	2.66	0.45	0.33
9	平成21年	2.69	1.87	1.32	1.08
10	平成23年	4.10	2.31	1.27	0.59
(10年間平均)		3.79	2.74	1.96	1.65
比流量(m ³ /s/km ²)		0.041	0.030	0.021	0.018

※平成20,22,24年は欠測

発電所の滝取水口計画地点における河川流量は以下ようになる。

表 発電所計画地点における河川流量（発電所の滝取水口）

区分	算定式	河川流量(m ³ /s)
豊水流量	q1= 3.47 × 0.041 =	0.14
平水流量	q2= 3.47 × 0.030 =	0.10
低水流量	q3= 3.47 × 0.021 =	0.07
渇水流量	q4= 3.47 × 0.018 =	0.06

※河川維持流量=0.005(m³/s/km²)×3.47=0.017(m³/s)

※用語の説明

豊水流量:1年を通じて95日はこれを下らない流量

平水流量:1年を通じて185日はこれを下らない流量

低水流量:1年を通じて275日はこれを下らない流量

渇水流量:1年を通じて355日はこれを下らない流量

2) 発電利用可能河川水量

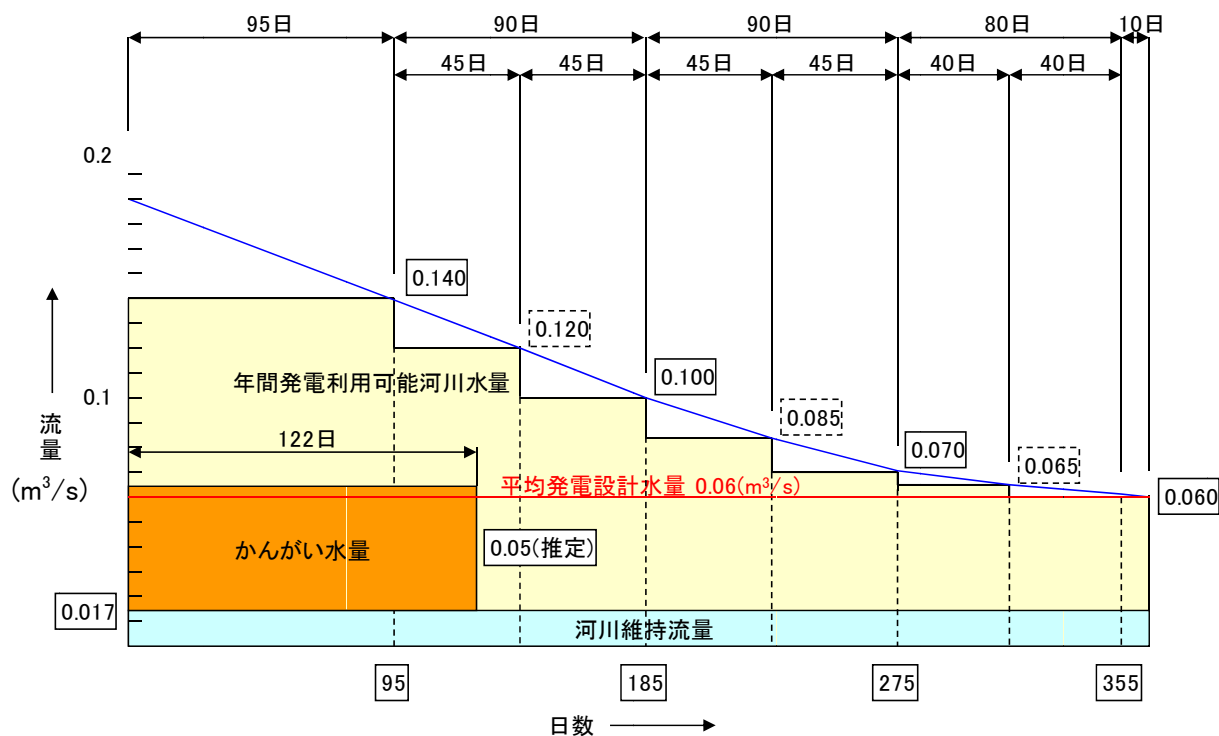


図 発電利用可能河川水量の算出根拠図（発電所の滝）

①最大発電設計水量の算出

最大発電利用可能河川水量(豊水期)
 $= 0.14 \times 95日 - 0.017 \times 95日(河川維持流量)$
 $= 11.69(m^3/s) (\times 60 \times 60 \times 24)$

最大発電設計水量
 $= 11.69 / 95日 = 0.12(m^3/s)$

②平均発電設計水量の算出

年間発電利用可能河川水量
 $= 0.14 \times 95日 + 0.12 \times 45日 + 0.10 \times 45日 + 0.085 \times 45日 + 0.07 \times 45日 + 0.065 \times 40日 +$
 $0.06 \times 40日 + 0.06 \times 10日 - 0.05 \times 122日(かんがい水量) - 0.017 \times 365日(河川維持流量)$
 $= 23.47(m^3/s) (\times 60 \times 60 \times 24)$

平均発電設計水量
 $= 23.47 / 365日 = 0.06(m^3/s)$

※ 渇水期に平均発電設計水量を下回る場合は、取水口もしくはヘッドタンクにより水量調整を行う。

(4) 有効落差

犬迫川の発電所の滝の滝取水口の有効落差は、 $S=1/25,000$ の地形図より下図のとおりとなる。

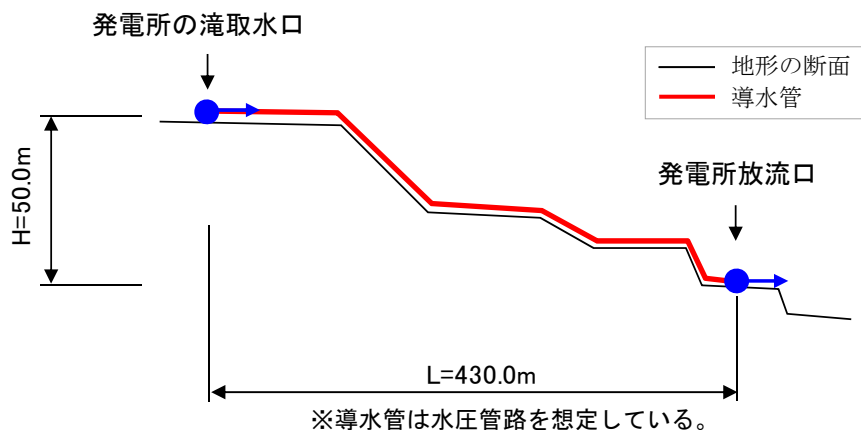


図 有効落差イメージ図（発電所の滝）

2.2.2 発電出力及び発電量

(1) 最大発電量

1) 最大発電出力

最大発電出力は、次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 9.8 \times Q_{\max} \times H \times \eta \text{ (kW)} \\ &= 9.8 \times 0.12 \times 50.0 \times 0.75 \\ &= 44.1 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

$$\left[\begin{array}{l} 9.8 : \text{重力加速度 (m/s}^2\text{)} \\ Q_{\max} : \text{最大発電設計水量 (m}^3\text{/s)} \\ H : \text{有効落差 (m)} \\ \eta : \text{効率 (}\cong 0.75\text{)} \end{array} \right]$$

2) 最大発電量

最大発電量は次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_{\max} &= P_{\max} \times 24 \text{ (hr)} \times N \text{ (日)} \times \alpha \\ &= 44.1 \times 24 \times 365 \times 0.60 \\ &= 231,790 \text{ (kWh)} \end{aligned}$$

$$\left[\begin{array}{l} P_{\max} : \text{最大発電量 (kWh)} \\ P_{\max} : \text{最大発電出力 (kW)} \\ N : \text{稼働日数 (日)} \\ \alpha : \text{設備利用率 (}\cong 0.60\text{)} \end{array} \right]$$

(2) 平均発電量

1) 平均発電出力

平均発電出力は、次式で算出する。

$$\begin{aligned} P &= 9.8 \times Q \times H \times \eta \text{ (kW)} \\ &= 9.8 \times 0.06 \times 50.0 \times 0.75 \\ &= 22.1 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

$$\left[\begin{array}{l} 9.8 : \text{重力加速度(m/s}^2\text{)} \\ Q : \text{平均発電設計水量 (m}^3\text{/s)} \\ H : \text{有効落差 (m)} \\ \eta : \text{効率 (}\simeq\text{ 0.75)} \end{array} \right]$$

2) 平均発電量

平均年間発電量は次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_e &= P \times 24 \text{ (hr)} \times N \text{ (日)} \times \alpha \\ &= 22.1 \times 24 \times 365 \times 0.80 \\ &= 154,877 \text{ (kWh)} \end{aligned}$$

$$\left[\begin{array}{l} P_e : \text{平均年間発電量 (kWh)} \\ P : \text{平均発電出力 (kW)} \\ N : \text{稼働日数 (日)} \\ \alpha : \text{設備利用率 (}\simeq\text{ 0.80)} \end{array} \right]$$

【水車形式の選定】 クロスフロー水車を検討

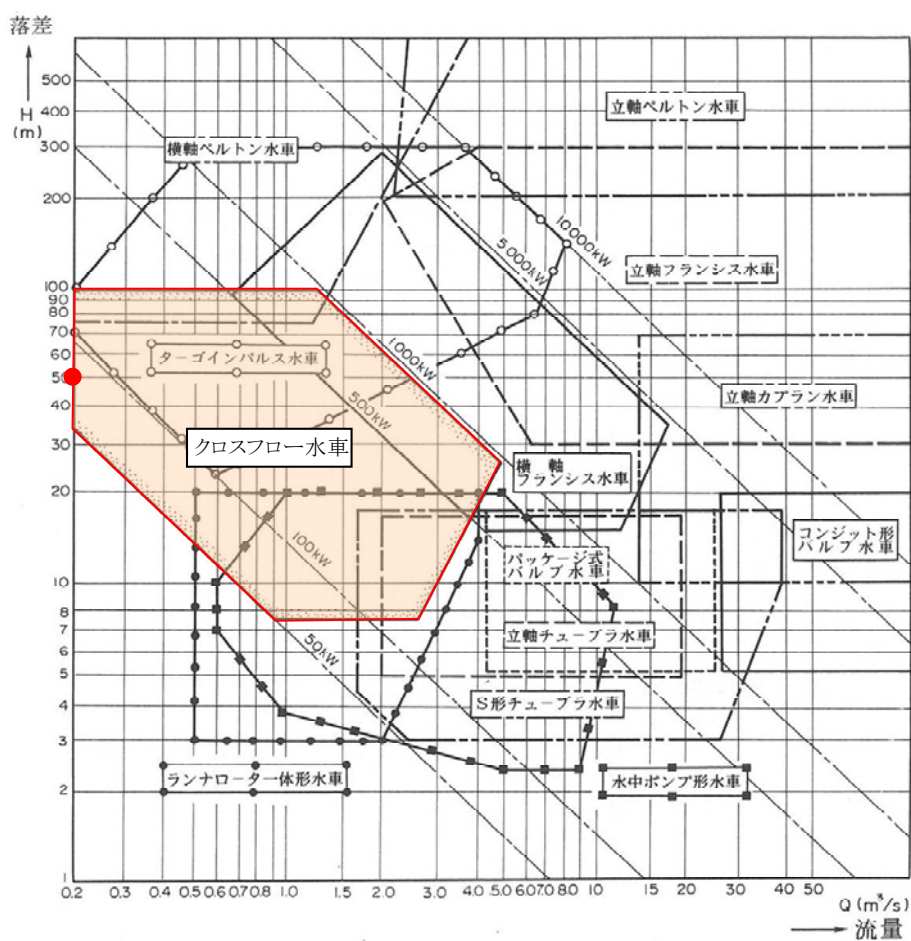


図 水車形式選定図（発電所の滝）

※「中小水力発電ガイドブック（財）新エネルギー財団」p.108 参照

※この図はメーカー等により作成されたものであるが、中小水力発電ガイドブックにおいては、クロスフロー水車の流量の適用範囲下限を $0.1\text{m}^3/\text{s}$ としていることから、同水車を適用することとする。

2.2.3 事業費

表 概算事業費算定（発電所の滝）

項目	内 容				金額(千円)	備考	
1)	水車・発電機	P= 45kW, クロスフロー水車				34,000	中小水力発電ガイドブック 第28回参照
2)	建築・上屋	地上式 5.0(m)×4.0(m)×200(千円/㎡)				4,000	
3)	①	取水堰					
	②	取水口				4,000	中小水力発電ガイドブック 第7回参照
	③	ヘッドタンク				(7,000)	中小水力発電ガイドブック 第14回参照
	④	水圧管路	φ500 FRPM L=430(m)×80(千円/m)×1.2			42,000	
	⑤	発電所基礎工	地上式			2,000	
	⑥	敷地造成	—			2,000	
	⑦	河川護岸工	放水工含む			2,000	
		計				52,000	
4)	用地補償費	—			2,000		
5)	施工管理諸手続き	—			10,000		
6)	建設中利息	工期6.0ヶ月 108,000×0.020×6/12			1,000	0.020×工期/12	
		小 計				103,000	
7)	調査設計費	測量・調査費	地質調査費	実施設計	河川協議	17,000	
		3,000	2,000	10,000	2,000		
		合 計				120,000	

(127,000)

注1) 取水堰は既設利用を前提としており、渇水期等で流量調整が必要な場合に、取水口での調整が困難であればヘッドタンクを設ける必要がある。

注2) 欄外の()金額は、ヘッドタンクを設けた場合の概算事業費である。

2.2.4 事業化の可能性

事業化の可能性を判定するために、kWh 当たりの建設単価を算出する。

一般的に、

$$\text{kWh 当たりの建設単価} = \frac{\text{事業費}}{\text{年間発電量}} \leq 350(\text{円/kWh})\text{程度}$$

本地区の kWh 当たりの建設単価は、

$$\text{kWh 当たりの建設単価} = \frac{120,000 \text{ (千円)}}{155,000 \text{ (kWh)} \times 0.96} = 806 \text{ (円/kWh)}$$

従って、1kWh 当たりの建設単価が一般値より高いので、**事業化の可能性は低い**と判定される。

なお、事業開始後の保守点検・維持管理費用としては 20 年間で 75,895 千円（年平均 3,795 千円）になると推計される。

表 保守点検・維持管理費用の推計

項目	細目	対象	比率	原価(千円)	費用(千円)	20年間費用(千円)	備考
修繕費	通常点検費	機械電気設備費	0.20%	34,000	68	1,360	1年に1回
	詳細点検費	機械電気設備費	1.00%	34,000	340	1,360	5年に1回
	オーバーホール	機械電気設備費	5.50%	34,000	1,870	1,870	15年に1回
設備管理費	日常点検				1,000	20,000	委託
減価償却費	定額法償却費	建物費	2.70%	4,000	108	2,160	年
	定額法償却費	土木構造物費	2.40%	52,000	1,248	24,960	年
	定額法償却費	機械電気設備費	3.40%	34,000	1,156	23,120	年
流水占用料					53	1,065	鹿児島県
※流水占用料=(1976*P+436*(Pmax-P)) Pmax:最大理論水力, P:常時理論水力					(合計)	75,895	
					1年間平均	3,795	

※修繕費を算出する機械電気設備費に対する比率はメーカーへの聞き取りによる概数である。

2.2.5 発電電力の有効利用

売電事業としての可能性は低いですが、当該箇所周辺には圃場がひろがり、農業事業者への供給（害獣対策用電気柵等）による有効利用が考えられる。

2.2.6 主な課題

- ・ 現行の取水堰を活用するため、水利使用等の変更許可申請が必要となる。
- ・ 導水管や発電設備等を設置するための用地を確保する際は、森林法など関係法令による規制が適用される区域を踏まえて計画する必要がある。

2.3 花野の滝（花野川）

2.3.1 小水力発電計画諸元

(1) 流域図

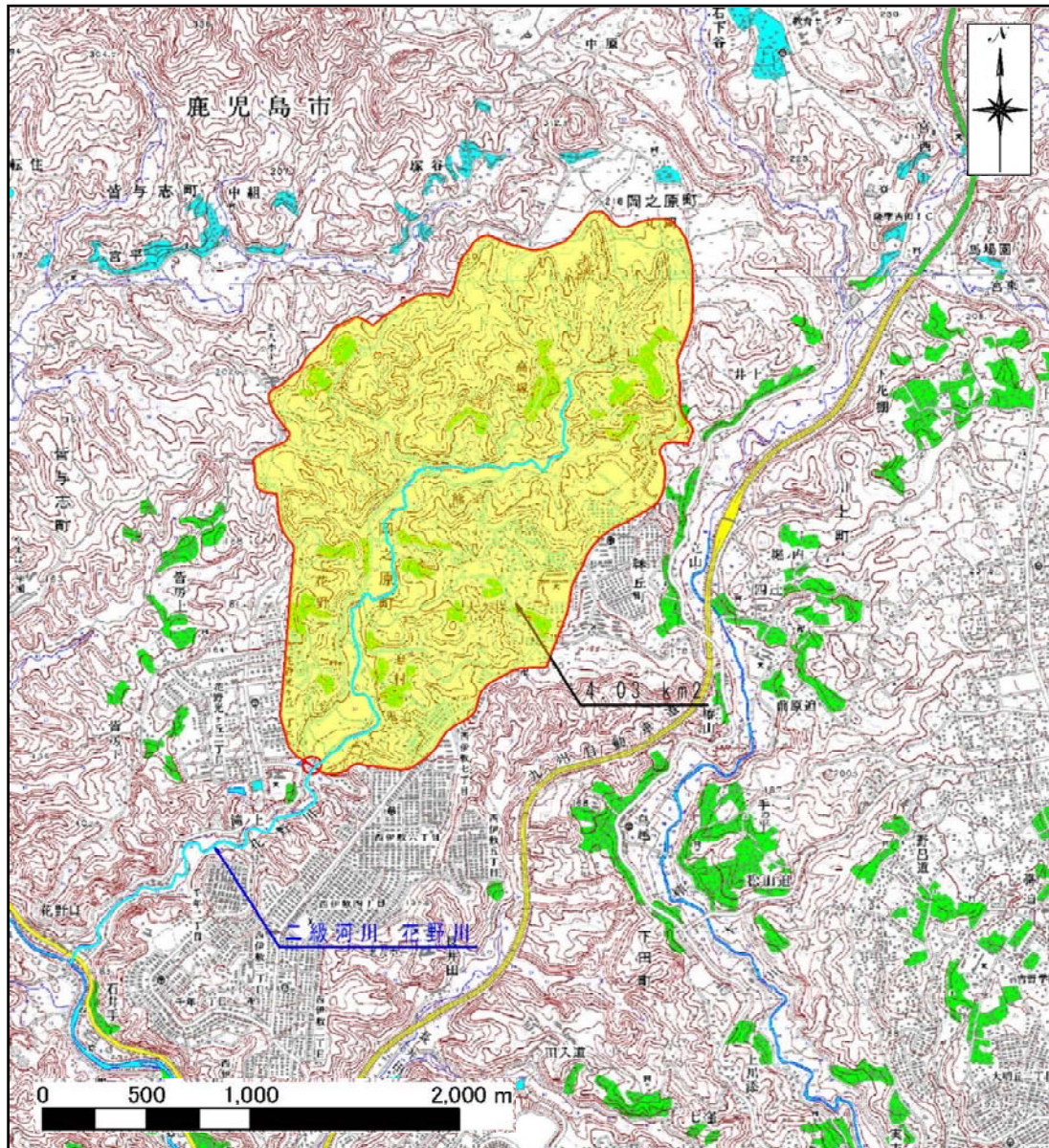


図 花野の滝（二級河川 花野川）

(2) 施設の配置

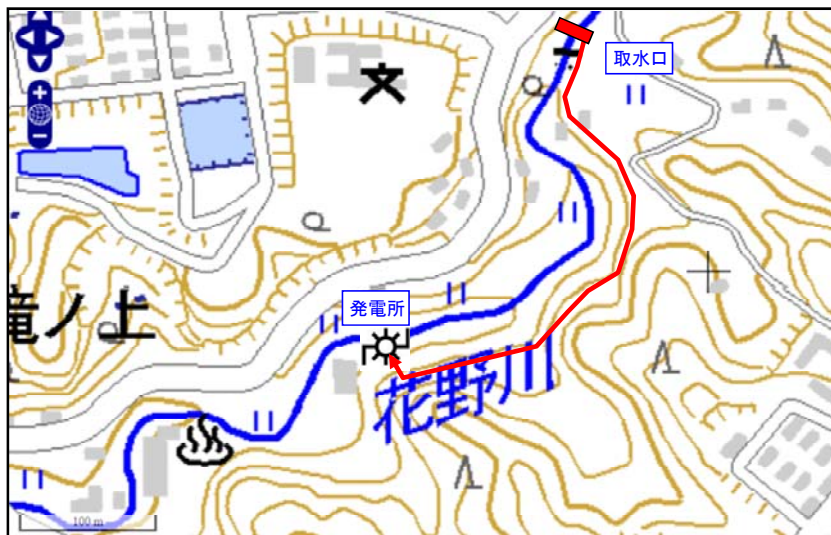


図 施設配置位置図 (二級河川 花野川)

(3) 発電水量の検討

1) 河川流量

① 流域面積

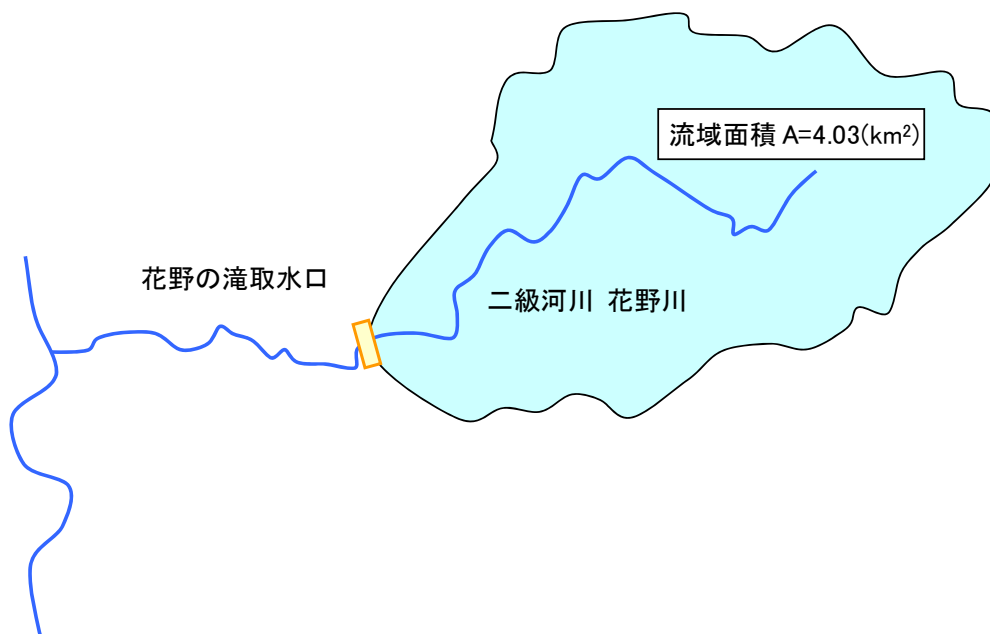


図 流域面積図 (二級河川 花野川)

②河川流量

河川流量は流量観測が実施されている二級河川甲突川（岩崎橋観測所）の流況を当該地区の代表流況として、比流量で推定する。

表 河川流量（甲突川水系 甲突川岩崎橋観測所）

甲突川水系 甲突川岩崎橋観測所 流域面積 A= 91.4 km²

No.	年	豊水流量	平水流量	低水流量	渇水流量
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1	平成12年	8.02	4.76	4.26	4.26
2	平成13年	3.55	3.55	2.98	2.98
3	平成14年	2.75	2.75	2.42	1.97
4	平成15年	3.33	2.96	1.68	1.26
5	平成16年	3.86	2.83	2.17	1.63
6	平成17年	2.55	2.06	1.75	1.42
7	平成18年	3.72	1.62	1.27	0.99
8	平成19年	3.31	2.66	0.45	0.33
9	平成21年	2.69	1.87	1.32	1.08
10	平成23年	4.10	2.31	1.27	0.59
(10年間平均)		3.79	2.74	1.96	1.65
比流量(m ³ /s/km ²)		0.041	0.030	0.021	0.018

※平成20,22,24年は欠測

花野の滝取水口計画地点における河川流量は以下のようになる。

表 発電所計画地点における河川流量（花野の滝取水口）

区分	算定式	河川流量(m ³ /s)
豊水流量	q1= 4.03 × 0.041 =	0.17
平水流量	q2= 4.03 × 0.030 =	0.12
低水流量	q3= 4.03 × 0.021 =	0.08
渇水流量	q4= 4.03 × 0.018 =	0.07

※河川維持流量=0.005(m³/s/km²)×4.03=0.020(m³/s)

※用語の説明

豊水流量:1年を通じて95日はこれを下らない流量

平水流量:1年を通じて185日はこれを下らない流量

低水流量:1年を通じて275日はこれを下らない流量

渇水流量:1年を通じて355日はこれを下らない流量

2) 発電利用可能河川水量

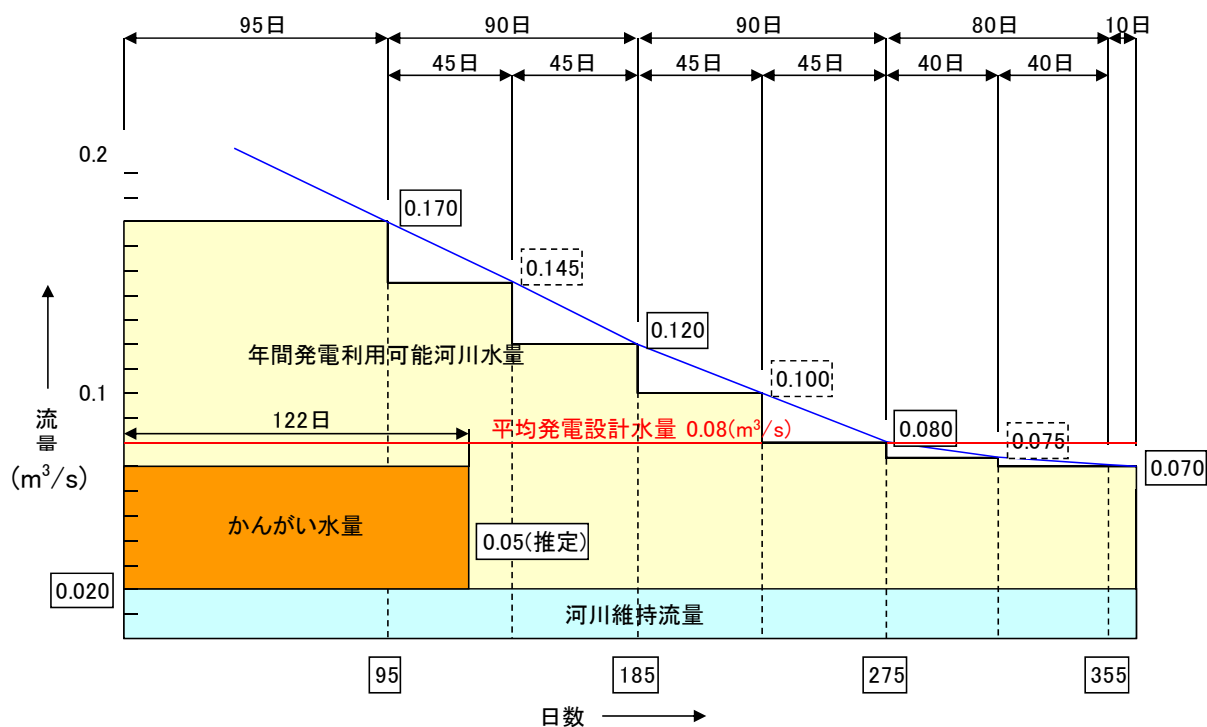


図 発電利用可能河川水量の算出根拠図（花野の滝）

①最大発電設計水量の算出

$$\begin{aligned} & \text{最大発電利用可能河川水量(豊水期)} \\ & = 0.17 \times 95 \text{日} - 0.020 \times 95 \text{日(河川維持流量)} \\ & = 14.25(\text{m}^3/\text{s}) \quad (\times 60 \times 60 \times 24) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{最大発電設計水量} \\ & = 14.25 / 95 \text{日} = 0.15(\text{m}^3/\text{s}) \end{aligned}$$

②平均発電設計水量の算出

$$\begin{aligned} & \text{年間発電利用可能河川水量} \\ & = 0.17 \times 95 \text{日} + 0.145 \times 45 \text{日} + 0.12 \times 45 \text{日} + 0.10 \times 45 \text{日} + 0.08 \times 45 \text{日} + 0.075 \times 40 \text{日} + 0.07 \times 40 \text{日} + \\ & \quad 0.07 \times 10 \text{日} - 0.05 \times 122 \text{日(かんがい水量)} - 0.020 \times 365 \text{日(河川維持流量)} \\ & = 29.28(\text{m}^3/\text{s}) \quad (\times 60 \times 60 \times 24) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{平均発電設計水量} \\ & = 29.28 / 365 \text{日} = 0.08(\text{m}^3/\text{s}) \end{aligned}$$

※ 渇水期に平均発電設計水量を下回る場合は、取水口もしくはヘッドタンクにより水量調整を行う。

(4) 有効落差

花野川の花野の滝の有効落差は、S=1/25,000の地形図より下図のとおりとなる。

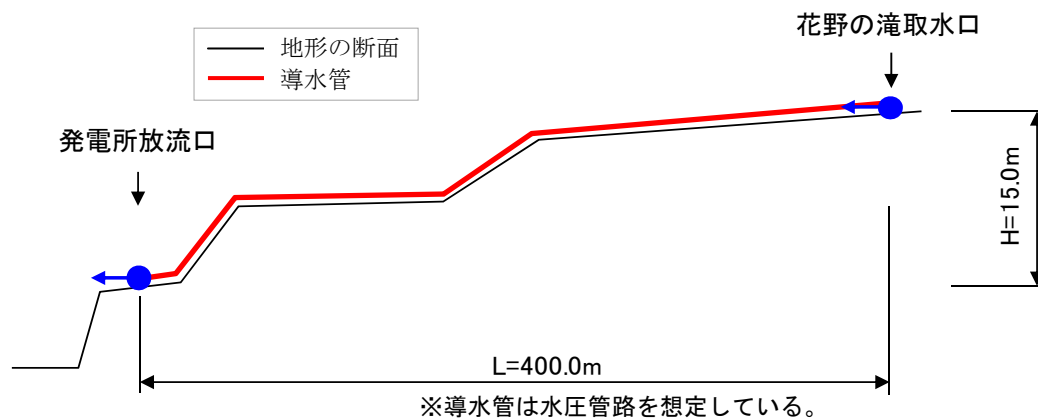


図 有効落差イメージ図 (花野の滝)

2.3.2 発電出力及び発電量

(1) 最大発電量

1) 最大発電出力

最大発電出力は、次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 9.8 \times Q_{\max} \times H \times \eta \text{ (kW)} \\ &= 9.8 \times 0.15 \times 15.0 \times 0.75 \\ &= 16.5 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

$$\left[\begin{array}{l} 9.8 : \text{重力加速度 (m/s}^2\text{)} \\ Q_{\max} : \text{最大発電設計水量 (m}^3\text{/s)} \\ H : \text{有効落差 (m)} \\ \eta : \text{効率 (}\cong 0.75\text{)} \end{array} \right]$$

2) 最大発電量

最大発電量は次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_{\max} &= P_{\max} \times 24 \text{ (hr)} \times N \text{ (日)} \times \alpha \\ &= 16.5 \times 24 \times 365 \times 0.60 \\ &= 86,724 \text{ (kWh)} \end{aligned}$$

$$\left[\begin{array}{l} P_{\max} : \text{最大発電量 (kWh)} \\ P_{\max} : \text{最大発電出力 (kW)} \\ N : \text{稼働日数 (日)} \\ \alpha : \text{設備利用率 (}\cong 0.60\text{)} \end{array} \right]$$

(2) 平均発電量

1) 平均発電出力

平均発電出力は、次式で算出する。

$$\begin{aligned} P &= 9.8 \times Q \times H \times \eta \text{ (kW)} \\ &= 9.8 \times 0.08 \times 15.0 \times 0.75 \\ &= 8.8 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} 9.8 : \text{重力加速度(m/s}^2\text{)} \\ Q : \text{平均発電設計水量 (m}^3\text{/s)} \\ H : \text{有効落差 (m)} \\ \eta : \text{効率 (}\doteq\text{ 0.75)} \end{array} \right)$$

2) 平均発電量

平均年間発電量は次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_e &= P \times 24 \text{ (hr)} \times N \text{ (日)} \times \alpha \\ &= 8.8 \times 24 \times 365 \times 0.80 \\ &= 61,670 \text{ (kWh)} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} P_e : \text{平均年間発電量 (kWh)} \\ P : \text{平均発電出力 (kW)} \\ N : \text{稼働日数 (日)} \\ \alpha : \text{設備利用率 (}\doteq\text{ 0.80)} \end{array} \right)$$

【水車形式の選定】 クロスフロー水車で検討

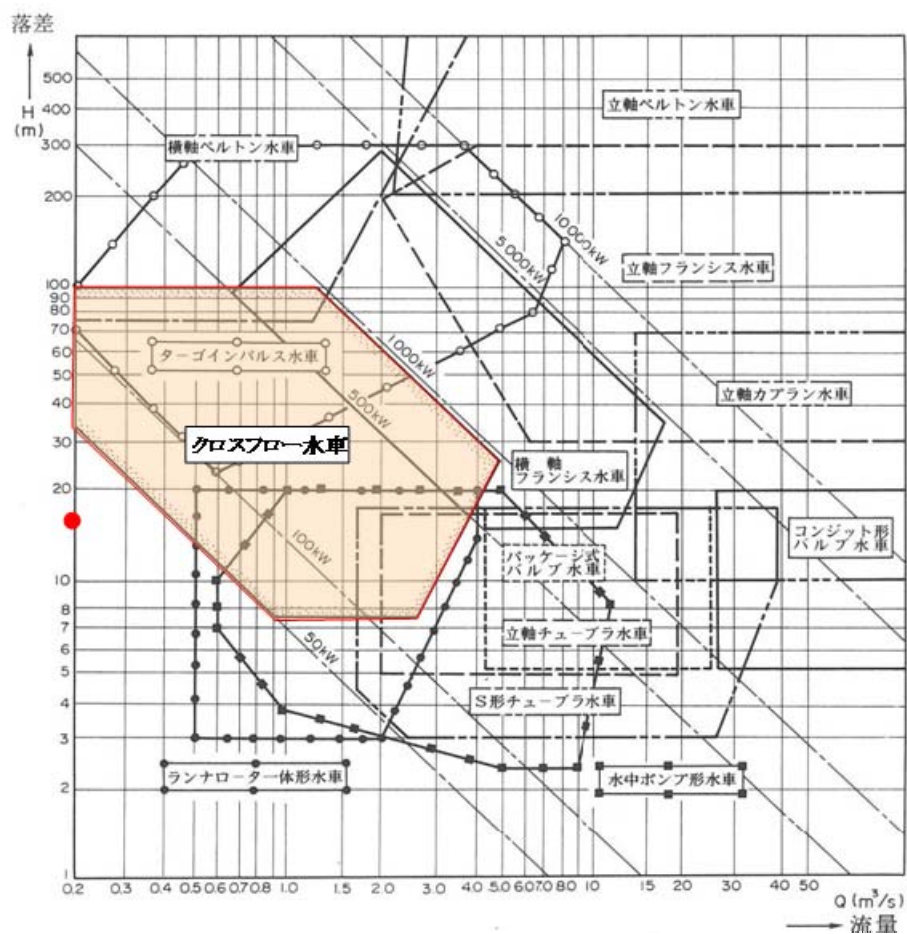


図 水車形式選定図（花野の滝）

※「中小水力発電ガイドブック（(財)新エネルギー財団」p.108 参照

※この図はメーカー等により作成されたものであるが、中小水力発電ガイドブックにおいては、クロスフロー水車の適用範囲を流量 $0.1 \sim 10 \text{ m}^3/\text{s}$ 、落差 $5 \sim 100 \text{ m}$ としていることから同水車を適用することとする。（P62 参照）。

2.3.3 事業費

表 概算事業費算定（花野の滝）

項目	内容				金額(千円)	備考	
1)	水車・発電機	P= 20kW, クロスフロー水車				29,000	中小水力発電ガイドブック 第28回参照
2)	建築・上屋	地上式 5.0(m)×4.0(m)×200(千円/㎡)				4,000	
3)	①	取水堰				(4,000)	中小水力発電ガイドブック 第4回参照
	②	取水口				4,000	中小水力発電ガイドブック 第7回参照
	③	ヘッドタンク				(8,000)	中小水力発電ガイドブック 第14回参照
	④	水圧管路	φ500 FRPM L=400(m)×80(千円/m)×1.2			39,000	
	⑤	発電所基礎工	地上式			2,000	
	⑥	敷地造成	—			2,000	
	⑦	河川護岸工	放水工含む			2,000	
		計			49,000		
4)	用地補償費	—			2,000		
5)	施工管理諸手続き	—			10,000		
6)	建設中利息	工期6.0ヶ月 103,000×0.020×6/12			1,000	0.020×工期/12	
		小計			95,000		
7)	調査設計費	測量・調査費	地質調査費	実施設計	河川協議	17,000	
		3,000	2,000	10,000	2,000		
		合計			112,000		

(124,000)

注1) 渇水期等で流量調整が必要な場合に、取水口での調整が困難であれば取水堰及びヘッドタンクを設ける必要がある。

注2) 欄外の()金額は、取水堰及びヘッドタンクを設けた場合の概算事業費である。

2.3.4 事業化の可能性

事業化の可能性を判定するために、kWh 当たりの建設単価を算出する。

一般的に、

$$\text{kWh 当たりの建設単価} = \frac{\text{事業費}}{\text{年間発電量}} \leq 350 (\text{円/kWh}) \text{程度}$$

本地区の kWh 当たりの建設単価は、

$$\text{kWh 当たりの建設単価} = \frac{112,000 (\text{千円})}{62,000 (\text{kWh}) \times 0.96} = 1,882 (\text{円/kWh})$$

従って、1kWh 当たりの建設単価が一般値より高いので、**事業化の可能性は低い**と判定される。

なお、事業開始後の保守点検・維持管理費用としては 20 年間で 69,730 千円（年平均 3,486 千円）になると推計される。

表 保守点検・維持管理費用の推計

項目	細目	対象	比率	原価(千円)	費用(千円)	20年間費用(千円)	備考
修繕費	通常点検費	機械電気設備費	0.20%	29,000	58	1,160	1年に1回
	詳細点検費	機械電気設備費	1.00%	29,000	290	1,160	5年に1回
	オーバーホール	機械電気設備費	5.50%	29,000	1,595	1,595	15年に1回
設備管理費	日常点検				1,000	20,000	委託
減価償却費	定額法償却費	建物費	2.70%	4,000	108	2,160	年
	定額法償却費	土木構造物費	2.40%	49,000	1,176	23,520	年
	定額法償却費	機械電気設備費	3.40%	29,000	986	19,720	年
流水占用料					21	415	鹿児島県
※流水占用料=(1976*P+436*(Pmax-P)) Pmax:最大理論水力, P:常時理論水力					(合計)	69,730	
					1年間平均	3,486	

※修繕費を算出する機械電気設備費に対する比率はメーカーへの聞き取りによる概数である。

2.3.5 発電電力の有効利用

売電事業としての可能性は低いですが、当該箇所周辺には花野小学校及び圃場があり、小学校及び農業事業者への供給（害獣対策用電気柵等）による有効利用が考えられる。

2.3.6 主な課題

- ・新たに取水口を設ける必要があり、水利使用等の許可申請が必要となる。
- ・導水管や発電設備等を設置するための用地を確保する際は、森林法など関係法令による規制が適用される区域を踏まえて計画する必要がある。

2.4 平川動物公園内（五位野川）

2.4.1 小水力発電計画諸元

(1) 流域図

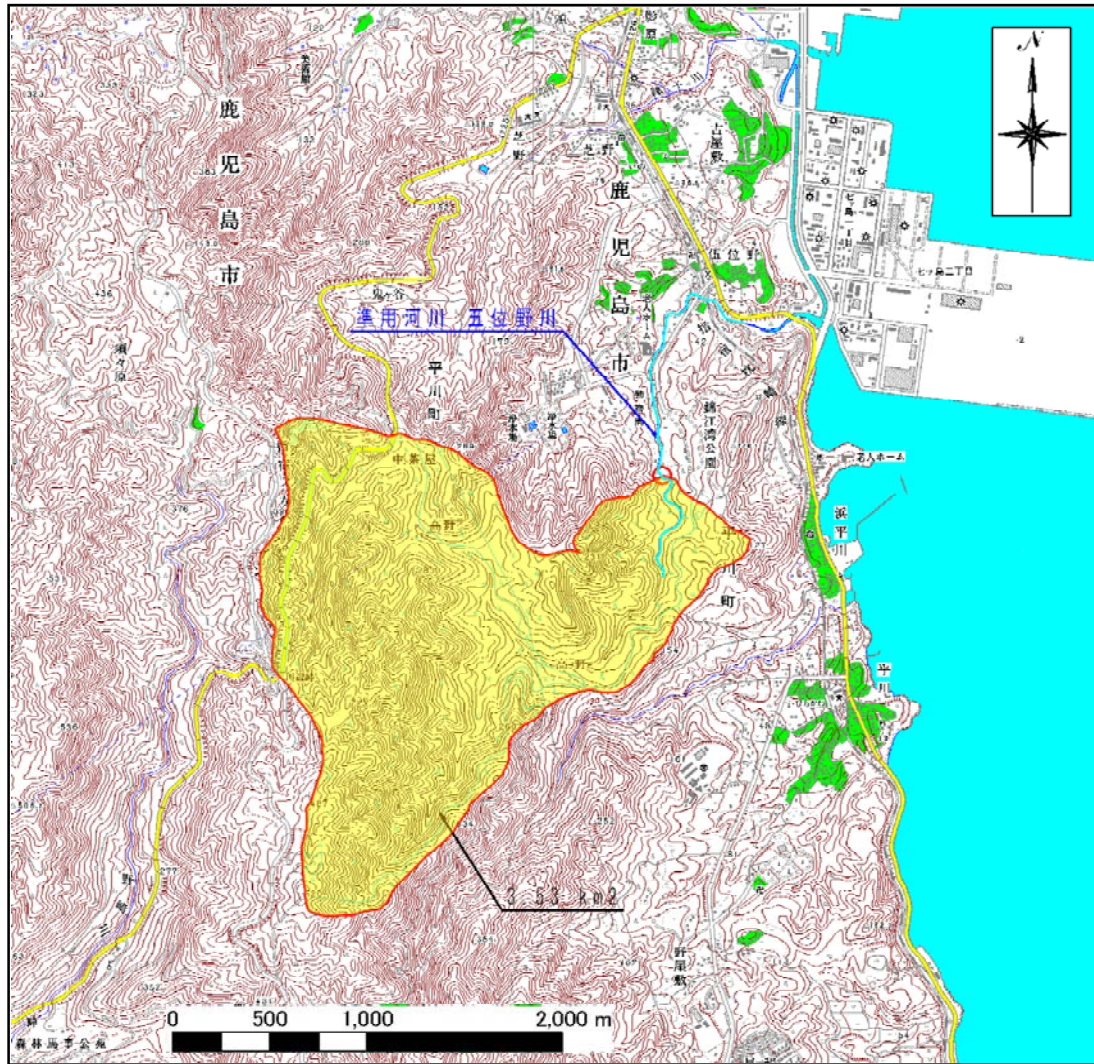


図 平川動物公園（準用河川 五位野川）

(2) 施設の配置



図 施設配置位置図 (準用河川 五位野川)

(3) 発電水量の検討

1) 河川流量

① 流域面積

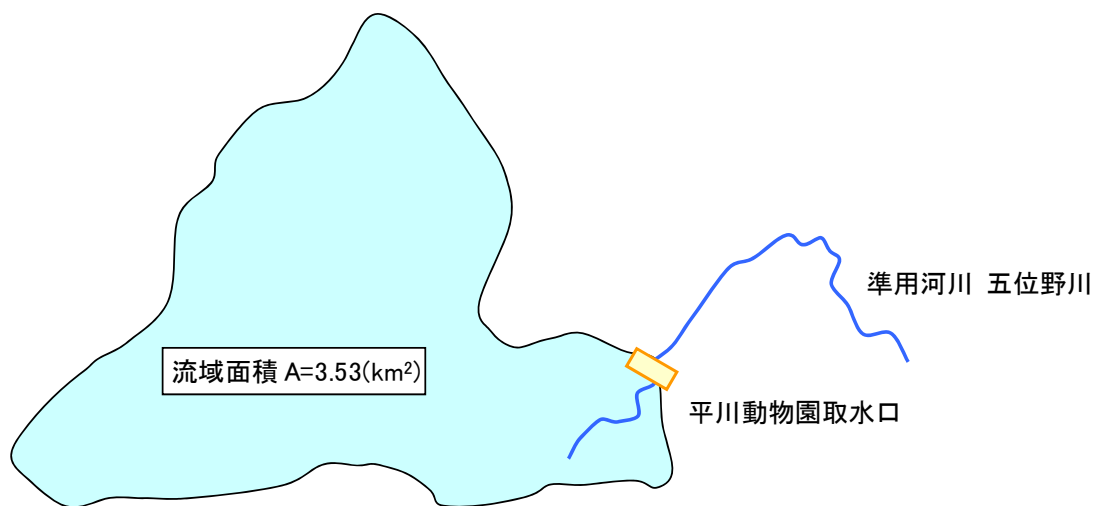


図 流域面積図 (準用河川 五位野川)

②河川流量

河川流量は流量観測が実施されている二級河川永田川（宮下橋観測所）の流況を当該地区の代表流況として、比流量で推定する。

表 河川流量（永田川水系 永田川宮下橋観測所）

永田川水系 永田川宮下橋観測所 流域面積 A= 21.2 km²

No.	年	豊水流量	平水流量	低水流量	渇水流量
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1	平成14年	1.15	0.49	0.29	0.20
2	平成15年	1.22	0.71	0.61	0.44
3	平成16年	0.76	0.65	0.36	0.19
4	平成17年	0.61	0.18	0.06	0.02
5	平成18年	0.90	0.55	0.39	0.25
6	平成19年	2.41	0.65	0.41	0.21
7	平成20年	1.04	0.76	0.62	0.43
8	平成21年	0.77	0.49	0.28	0.12
9	平成22年	1.79	1.35	0.29	0.13
10	平成23年	1.35	1.02	0.85	0.22
(10年間平均)		1.20	0.69	0.42	0.22
比流量(m ³ /s/km ²)		0.057	0.032	0.020	0.010

※平成24年は欠測

平川動物公園取水口計画地点における河川流量は以下のようになる。

表 発電所計画地点における河川流量（平川動物公園取水口）

区分	算定式	河川流量(m ³ /s)
豊水流量	q1= 3.53 × 0.057 =	0.20
平水流量	q2= 3.53 × 0.032 =	0.11
低水流量	q3= 3.53 × 0.020 =	0.07
渇水流量	q4= 3.53 × 0.010 =	0.04

※河川維持流量=0.005(m³/s/km²)×3.53=0.018(m³/s)

※用語の説明

豊水流量:1年を通じて95日はこれを下らない流量
 平水流量:1年を通じて185日はこれを下らない流量
 低水流量:1年を通じて275日はこれを下らない流量
 渇水流量:1年を通じて355日はこれを下らない流量

2) 発電利用可能河川水量

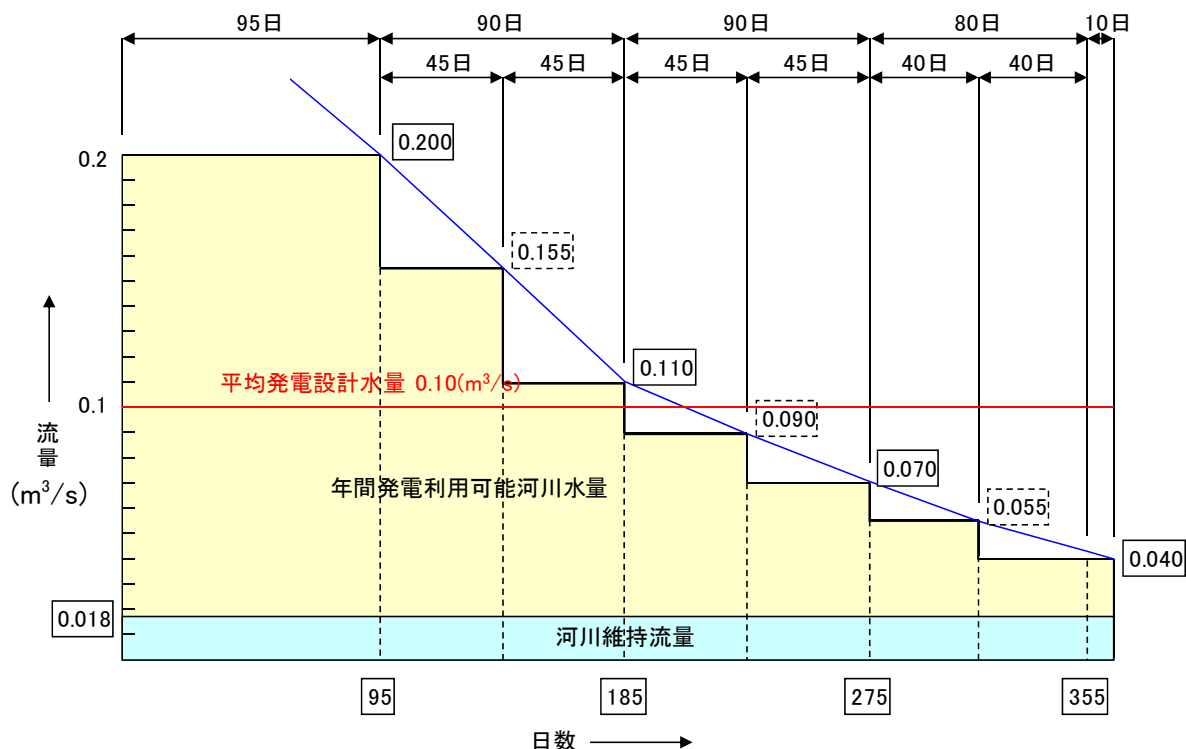


図 発電利用可能河川水量の算出根拠図（平川動物公園）

①最大発電設計水量の算出

$$\begin{aligned} & \text{最大発電利用可能河川水量(豊水期)} \\ & = 0.20 \times 95\text{日} - 0.018 \times 95\text{日(河川維持流量)} \\ & = 17.29(\text{m}^3/\text{s}) (\times 60 \times 60 \times 24) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{最大発電設計水量} \\ & = 17.29 / 95\text{日} = 0.18(\text{m}^3/\text{s}) \end{aligned}$$

②平均発電設計水量の算出

$$\begin{aligned} & \text{年間発電利用可能河川水量} \\ & = 0.20 \times 95\text{日} + 0.155 \times 45\text{日} + 0.11 \times 45\text{日} + 0.09 \times 45\text{日} + 0.07 \times 45\text{日} + 0.055 \times 40\text{日} + 0.04 \times 40\text{日} + \\ & \quad 0.04 \times 10\text{日} - 0.018 \times 365\text{日(河川維持流量)} \\ & = 35.76(\text{m}^3/\text{s}) (\times 60 \times 60 \times 24) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{平均発電設計水量} \\ & = 35.76 / 365\text{日} = 0.10(\text{m}^3/\text{s}) \end{aligned}$$

※ 渇水期に平均発電設計水量を下回る場合は、取水口もしくはヘッドタンクにより水量調整を行う。

(4) 有効落差

五位野川の平川動物公園の有効落差は、 $S=1/25,000$ の地形図より下図のとおりとなる。

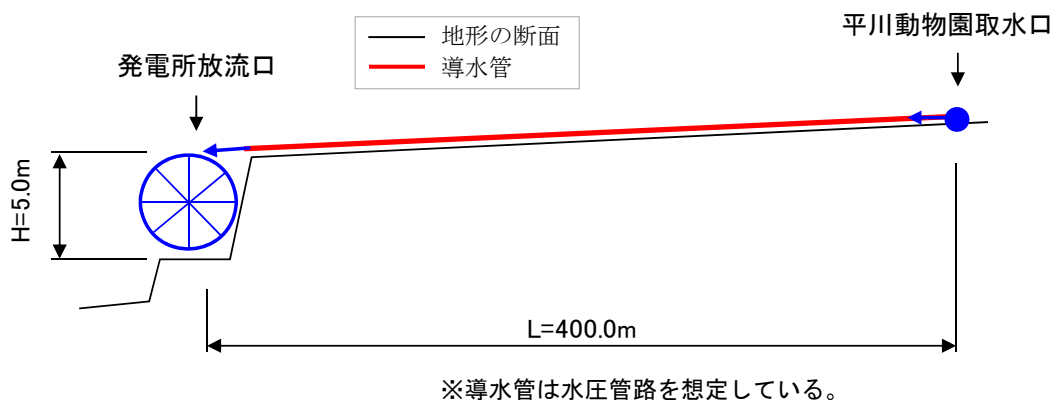


図 有効落差イメージ図 (平川動物公園)

2.4.2 発電出力及び発電量

(1) 最大発電量

1) 最大発電出力

最大発電出力は、次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 9.8 \times Q_{\max} \times H \times \eta \text{ (kW)} \\ &= 9.8 \times 0.18 \times 5.0 \times 0.75 \\ &= 6.6 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} 9.8 : \text{重力加速度 (m/s}^2\text{)} \\ Q_{\max} : \text{最大発電設計水量 (m}^3\text{/s)} \\ H : \text{有効落差 (m)} \\ \eta : \text{効率 (}\cong 0.75\text{)} \end{array} \right)$$

2) 最大発電量

最大発電量は次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_{\max} &= P_{\max} \times 24 \text{ (hr)} \times N \text{ (日)} \times \alpha \\ &= 6.6 \times 24 \times 365 \times 0.60 \\ &= 34,690 \text{ (kWh)} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} P_{\max} : \text{最大発電量 (kWh)} \\ P_{\max} : \text{最大発電出力 (kW)} \\ N : \text{稼働日数 (日)} \\ \alpha : \text{設備利用率 (}\cong 0.60\text{)} \end{array} \right)$$

(2) 平均発電量

1) 平均発電出力

平均発電出力は、次式で算出する。

$$\begin{aligned} P &= 9.8 \times Q \times H \times \eta \text{ (kW)} \\ &= 9.8 \times 0.10 \times 5.0 \times 0.75 \\ &= 3.7 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} 9.8 : \text{重力加速度(m/s}^2\text{)} \\ Q : \text{平均発電設計水量 (m}^3\text{/s)} \\ H : \text{有効落差 (m)} \\ \eta : \text{効率 (}\doteq\text{ 0.75)} \end{array} \right)$$

2) 平均発電量

平均年間発電量は次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_e &= P \times 24 \text{ (hr)} \times N \text{ (日)} \times \alpha \\ &= 3.7 \times 24 \times 365 \times 0.80 \\ &= 25,930 \text{ (kWh)} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} P_e : \text{平均年間発電量 (kWh)} \\ P : \text{平均発電出力 (kW)} \\ N : \text{稼働日数 (日)} \\ \alpha : \text{設備利用率 (}\doteq\text{ 0.80)} \end{array} \right)$$

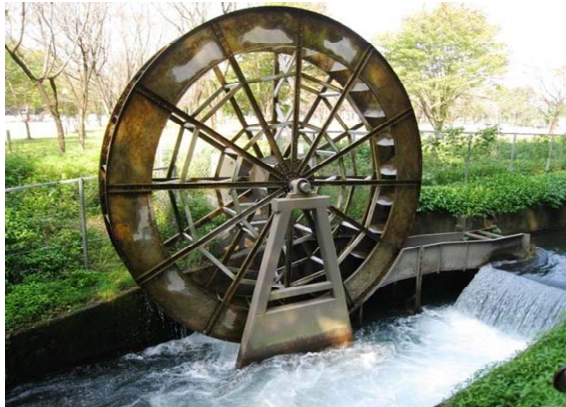


図 開放型下掛水車の構造

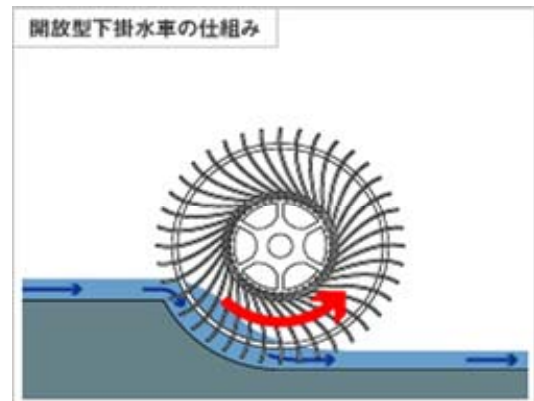


図 開放型下掛水車のイメージ写真

2.4.3 事業費

表 概算事業費算定（平川動物公園）

項目	内容				金額(千円)	備考
1)	水車・発電機	P= 10kW, 上掛け水車			13,000	
2)	建築・上屋	地上式 4.0(m)×3.0(m)×200(千円/㎡)			2,400	
3)	①	取水堰			(2,000)	中小水力発電ガイドブック 第4図参照
	②	取水口			4,000	中小水力発電ガイドブック 第7図参照
	③	ヘッドタンク			(9,000)	中小水力発電ガイドブック 第14図参照
	④	導水路	U300(水路側溝) L=400(m)×6(千円/m)×1.2		3,000	
	⑤	発電所基礎工	地上式		2,000	
	⑥	敷地造成	—		2,000	
	⑦	河川護岸工	放水工含む		0	
		計			11,000	
4)	用地補償費	—			0	
5)	施工管理諸手続き	—			7,000	
6)	建設中利息	工期6.0ヶ月 40,000×0.020×6/12			300	0.020×工期/12
	小計				33,700	
7)	調査設計費	測量・調査費	地質調査費	実施設計	8,000	
		2,000	1,000	5,000		
	合計				41,700	

(52,700)

注1) 渇水期等で流量調整が必要な場合に、取水口での調整が困難であれば取水堰及びヘッドタンクを設ける必要がある。

注2) 欄外の()金額は、取水堰及びヘッドタンクを設けた場合の概算事業費である。

2.4.4 事業化の可能性

事業化の可能性を判定するために、kWh 当たりの建設単価を算出する。

一般的に、

$$\text{kWh 当たりの建設単価} = \frac{\text{事業費}}{\text{年間発電量}} \leq 350(\text{円/kWh})\text{程度}$$

本地区の kWh 当たりの建設単価は、

$$\text{kWh 当たりの建設単価} = \frac{41,700 (\text{千円})}{26,000 (\text{kWh}) \times 0.96} = 1,671 (\text{円/kWh})$$

従って、1kWh 当たりの建設単価が一般値より高いので、**事業化の可能性は低い**と判定される。

なお、事業開始後の保守点検・維持管理費用としては 20 年間で 37,171 千円（年平均 1,859 千円）になると推計される。

表 保守点検・維持管理費用

項目	細目	対象	比率	原価(千円)	費用(千円)	20年間費用(千円)	備考
修繕費	通常点検費	機械電気設備費	0.20%	13,000	26	520	1年に1回
	詳細点検費	機械電気設備費	1.00%	13,000	130	520	5年に1回
	オーバーホール	機械電気設備費	5.50%	13,000	715	715	15年に1回
設備管理費	日常点検				1,000	20,000	委託
減価償却費	定額法償却費	建物費	2.70%	2,400	65	1,296	年
	定額法償却費	土木構造物費	2.40%	11,000	264	5,280	年
	定額法償却費	機械電気設備費	3.40%	13,000	442	8,840	年
					(合計)	37,171	鹿児島県
					1年間平均	1,859	

※修繕費を算出する機械電気設備費に対する比率はメーカーへの聞き取りによる概数である。

2.4.5 発電電力の有効利用

売電事業としての可能性は低いが、当該箇所は平川動物公園内に位置していることから、発生電力を園路の街灯やイベントのイルミネーション、案内板の照明等に利用することが可能であると考えられ、再生可能エネルギーの利用推進の啓発につながるものと考えられる。

2.4.6 主な課題

- ・洪水時の水位上昇を考慮した水車配置が必要である。
- ・河川内に設置する導水管の維持管理（落葉対策等）が必要である。

2.5 八重の滝（八重地区水路）

2.5.1 小水力発電計画諸元

(1) 流域図

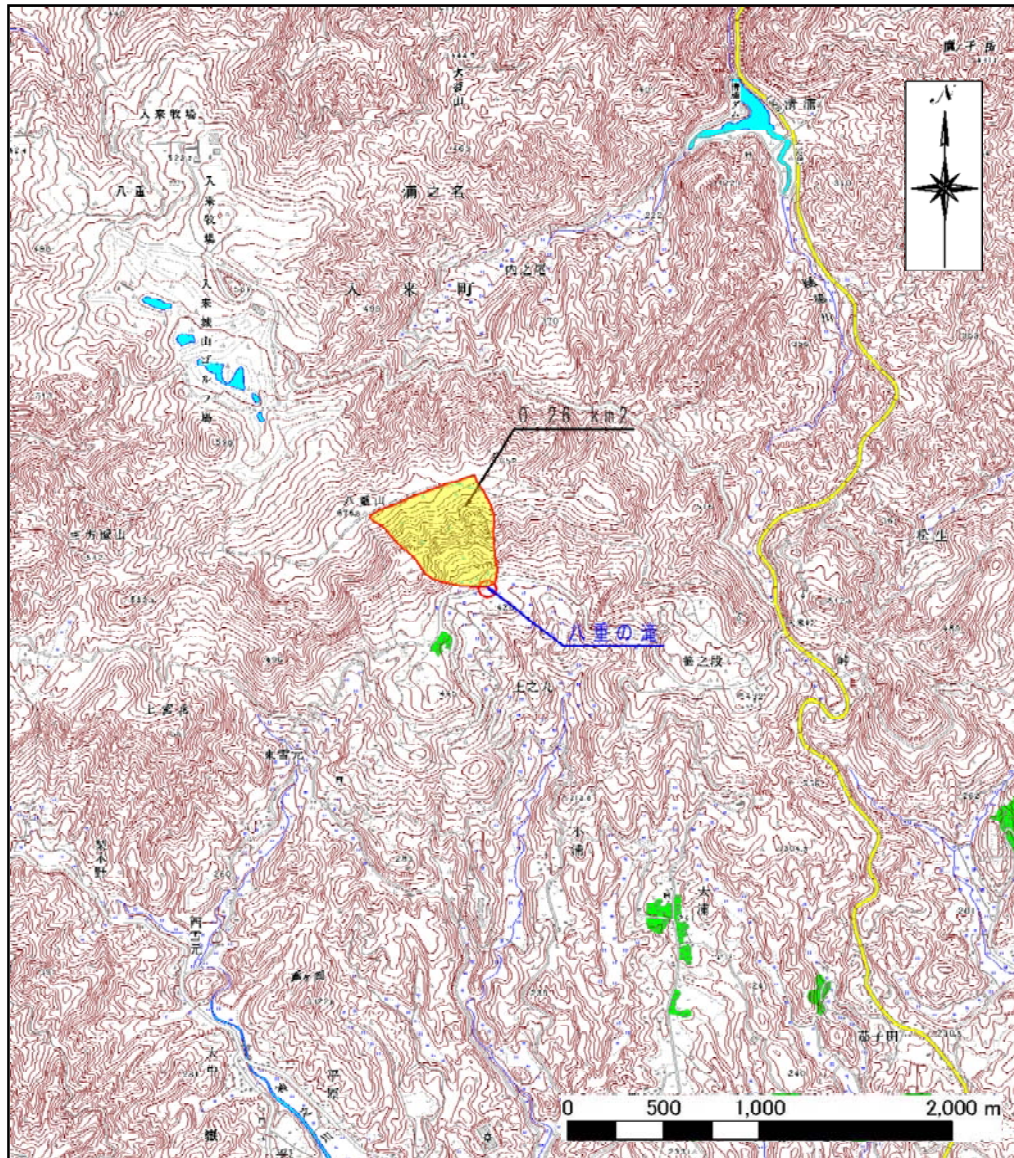


図 八重の滝（甲突川源流付近）

(2) 施設の配置

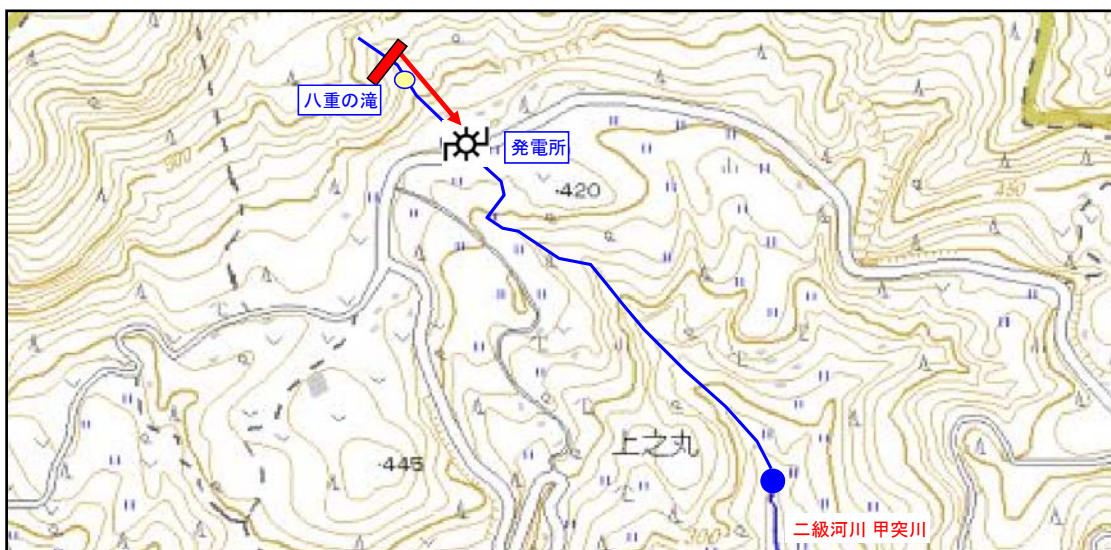


図 施設配置位置図 (甲突川源流付近)

(3) 発電水量の検討

1) 河川流量

① 流域面積

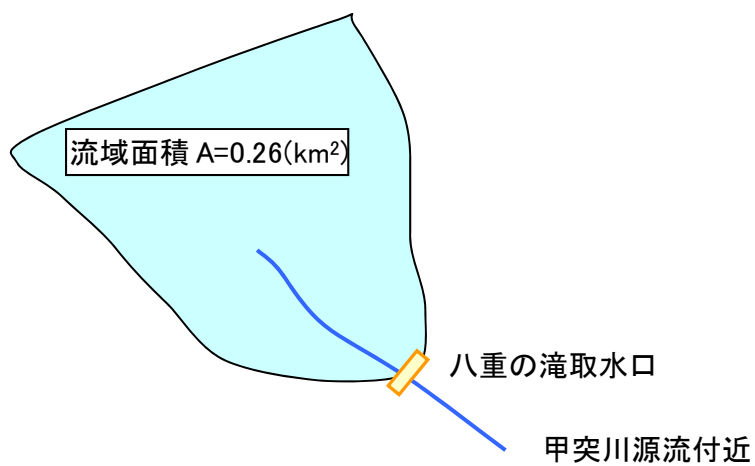


図 流域面積図 (甲突川源流付近)

②河川流量

河川流量は流量観測が実施されている二級河川甲突川（宮山橋観測所）の流況を当該地区の代表流況として、比流量で推定する。

表 河川流量（甲突川水系 甲突川宮山橋観測所）

甲突川水系 甲突川宮山橋観測所 流域面積 A= 21.0 km²

No.	年	豊水流量	平水流量	低水流量	渇水流量
		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1	平成11年	0.80	0.41	0.26	0.17
2	平成12年	0.98	0.54	0.26	0.16
3	平成13年	0.72	0.43	0.29	0.23
4	平成14年	0.60	0.36	0.28	0.22
5	平成15年	0.72	0.42	0.32	0.24
6	平成16年	0.60	0.31	0.19	0.14
7	平成18年	0.64	0.44	0.34	0.28
8	平成20年	0.64	0.36	0.22	0.12
9	平成22年	1.50	1.00	0.50	0.09
10	平成24年	0.85	0.51	0.40	0.27
(10年間平均)		0.81	0.48	0.31	0.19
比流量(m ³ /s/km ²)		0.038	0.023	0.015	0.009

※平成17,19,21,23年は欠測

八重の滝取水口計画地点における河川流量は以下のようになる。

表 発電所計画地点における河川流量（八重の滝取水口）

区分	算定式	河川流量(m ³ /s)
豊水流量	q1= 0.26 × 0.038 =	0.010
平水流量	q2= 0.26 × 0.023 =	0.006
低水流量	q3= 0.26 × 0.015 =	0.004
渇水流量	q4= 0.26 × 0.009 =	0.002

※生活利用流量=0.005(m³/s/km²)×0.26=0.001(m³/s)

※用語の説明

豊水流量:1年を通じて95日はこれを下らない流量

平水流量:1年を通じて185日はこれを下らない流量

低水流量:1年を通じて275日はこれを下らない流量

渇水流量:1年を通じて355日はこれを下らない流量

2) 発電利用可能河川水量

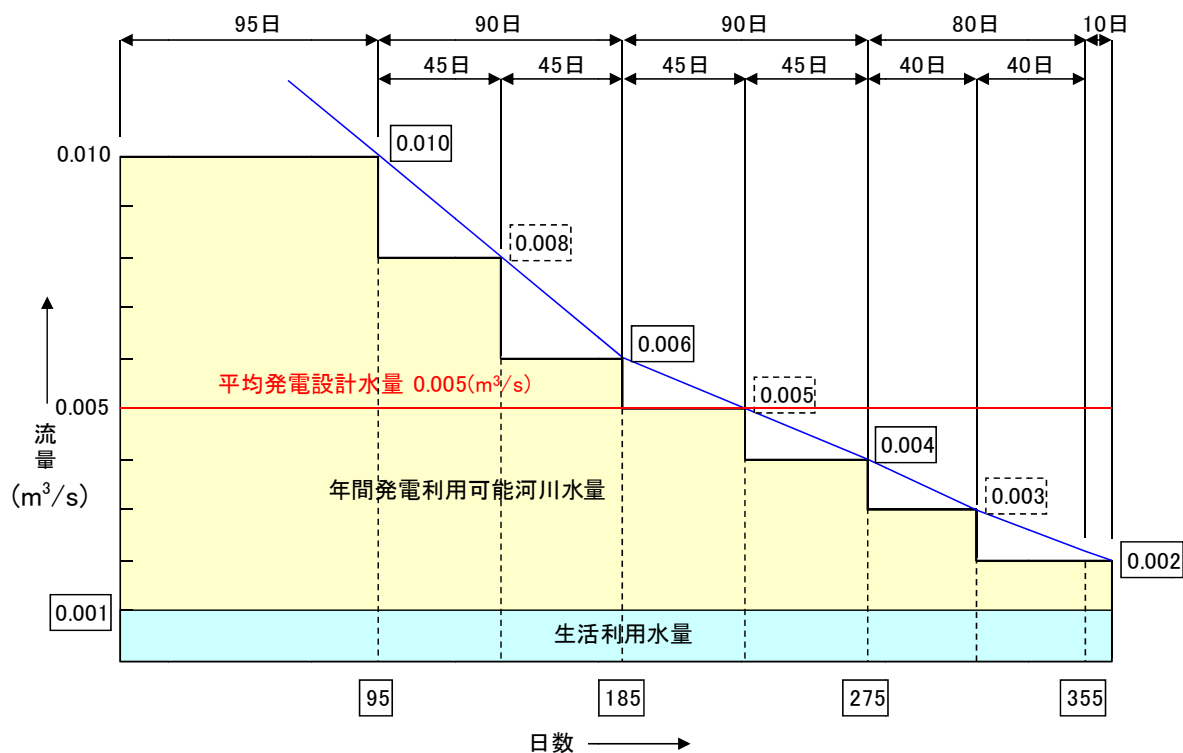


図 発電利用可能河川水量の算出根拠図（八重の滝）

①最大発電設計水量の算出

最大発電利用可能河川水量(豊水期)
 $= 0.01 \times 95日 - 0.001 \times 95日(生活利用水量)$
 $= 0.86(m^3/s) (\times 60 \times 60 \times 24)$

最大発電設計水量
 $= 0.86 / 95日 = 0.009(m^3/s)$

②平均発電設計水量の算出

年間発電利用可能河川水量
 $= 0.01 \times 95日 + 0.008 \times 45日 + 0.006 \times 45日 + 0.005 \times 45日 + 0.004 \times 45日 + 0.003 \times 40日 + 0.002 \times 40日 + 0.002 \times 10日 - 0.001 \times 365日(生活利用水量)$
 $= 1.84(m^3/s) (\times 60 \times 60 \times 24)$

平均発電設計水量
 $= 1.84 / 365日 = 0.005(m^3/s)$

※ 渇水期に平均発電設計水量を下回る場合は、取水口もしくはヘッドタンクにより水量調整を行う。

(4) 有効落差

甲突川源流付近の八重の滝の有効落差は、 $S=1/25,000$ の地形図より下図のとおりとなる。

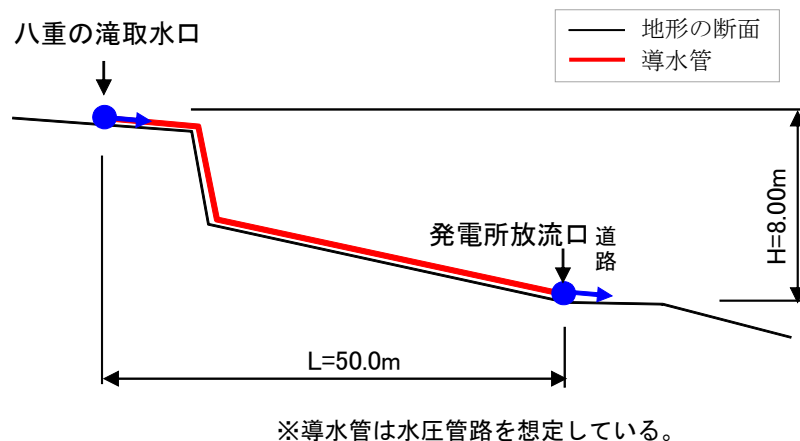


図 有効落差イメージ図 (八重の滝)

2.5.2 発電出力及び発電量

(1) 最大発電量

1) 最大発電出力

最大発電出力は、次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 9.8 \times Q_{\max} \times H \times \eta \text{ (kW)} \\ &= 9.8 \times 0.01 \times 8.0 \times 0.75 \\ &= 0.6 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

$$\left[\begin{array}{l} 9.8 : \text{重力加速度 (m/s}^2\text{)} \\ Q_{\max} : \text{最大発電設計水量 (m}^3\text{/s)} \\ H : \text{有効落差 (m)} \\ \eta : \text{効率 (}\cong 0.75\text{)} \end{array} \right]$$

2) 最大発電量

最大発電量は次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_{\max} &= P_{\max} \times 24 \text{ (hr)} \times N \text{ (日)} \times \alpha \\ &= 0.6 \times 24 \times 365 \times 0.60 \\ &= 3,154 \text{ (kWh)} \end{aligned}$$

$$\left[\begin{array}{l} P_{\max} : \text{最大発電量 (kWh)} \\ P_{\max} : \text{最大発電出力 (kW)} \\ N : \text{稼働日数 (日)} \\ \alpha : \text{設備利用率 (}\cong 0.60\text{)} \end{array} \right]$$

(2) 平均発電量

1) 平均発電出力

平均発電出力は、次式で算出する。

$$\begin{aligned} P &= 9.8 \times Q \times H \times \eta \text{ (kW)} \\ &= 9.8 \times 0.005 \times 8.0 \times 0.75 \\ &= 0.3 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} 9.8 : \text{重力加速度(m/s}^2\text{)} \\ Q : \text{平均発電設計水量 (m}^3\text{/s)} \\ H : \text{有効落差 (m)} \\ \eta : \text{効率 (}\doteq\text{ 0.75)} \end{array} \right)$$

2) 平均発電量

平均年間発電量は次式で算出する。

$$\begin{aligned} P_e &= P \times 24 \text{ (hr)} \times N \text{ (日)} \times \alpha \\ &= 0.3 \times 24 \times 365 \times 0.80 \\ &= 2,102 \text{ (kWh)} \end{aligned}$$

$$\left(\begin{array}{l} P_e : \text{平均年間発電量 (kWh)} \\ P : \text{平均発電出力 (kW)} \\ N : \text{稼働日数 (日)} \\ \alpha : \text{設備利用率 (}\doteq\text{ 0.80)} \end{array} \right)$$

【水車形式の選定】

流量、落差のいずれも該当する水車形式はないが、流量が少なくても効率よく回転し、運転保守が容易なクロスフロー水車にて検討。

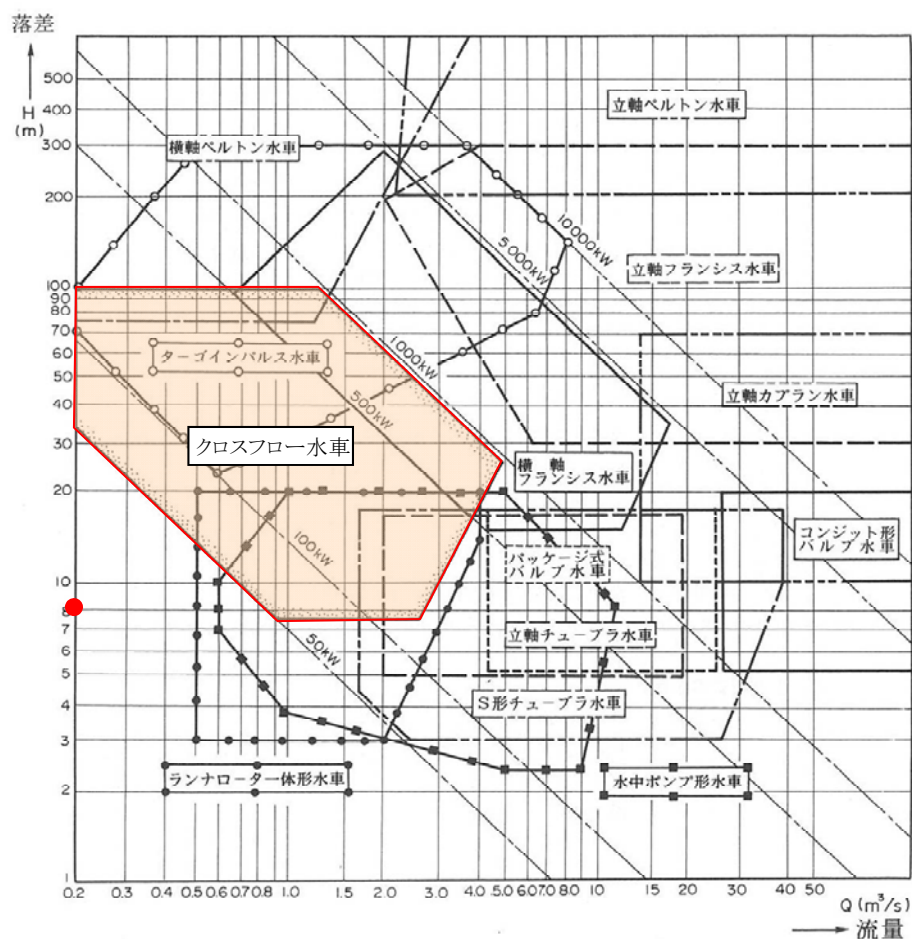


図 水車形式選定図（八重の滝）

※「中小水力発電ガイドブック（(財)新エネルギー財団）p.108 参照

2.5.3 事業費

表 概算事業費算定（八重の滝）

項目	内容				金額(千円)	備考	
1)	水車・発電機	P=1kW, クロスフロー水車				5,000	中小水力発電ガイドブック 第28回参照
2)	建築・上屋	地上式 3.0(m)×3.0(m)×200(千円/㎡)				1,800	
3)	①	取水堰				(1,500)	中小水力発電ガイドブック 第4回参照
	②	取水口				1,000	中小水力発電ガイドブック 第7回参照
	③	ヘッドタンク				(1,500)	中小水力発電ガイドブック 第14回参照
	④	水圧管路	φ200 FRPM L=50(m)×50(千円/m)×1.2		3,000	中小水力発電ガイドブック 第22回参照	
	⑤	発電所基礎工	地上式			1,000	
	⑥	敷地造成	—			1,000	
	⑦	河川護岸工				0	
計					6,000		
4)	用地補償費	—			2,000		
5)	施工管理 諸手続き	—			5,000		
6)	建設中利息	工期6.0ヶ月 19,800×0.020×6/12			200	0.020×工期/12	
小計					20,000		
7)	調査設計費	測量・調査費	地質調査費	実施設計	河川協議	7,000	
		1,000	1,000	5,000	0		
合計					27,000		

(30,000)

注1) 渇水期等で流量調整が必要な場合に、取水口での調整が困難であれば取水堰及びヘッドタンクを設ける必要がある。

注2) 欄外の()金額は、取水堰及びヘッドタンクを設けた場合の概算事業費である。

2.5.4 事業化の可能性

事業化の可能性を判定するために、kWh 当たりの建設単価を算出する。

一般的に、

$$\text{kWh 当たりの建設単価} = \frac{\text{事業費}}{\text{年間発電量}} \leq 350(\text{円/kWh})\text{程度}$$

本地区の kWh 当たりの建設単価は、

$$\text{kWh 当たりの建設単価} = \frac{27,000(\text{千円})}{2,100(\text{kWh}) \times 0.96} = 13,393(\text{円/kWh})$$

従って、1kWh 当たりの建設単価が一般値より高いので、**事業化の可能性は低い**と判定される。

なお、事業開始後の保守点検・維持管理費用としては 20 年間で 27,927 千円（年平均 1,396 千円）になると推計される。

表 保守点検・維持管理費用

項目	細目	対象	比率	原価(千円)	費用(千円)	20年間費用(千円)	備考
修繕費	通常点検費	機械電気設備費	0.20%	5,000	10	200	1年に1回
	詳細点検費	機械電気設備費	1.00%	5,000	50	200	5年に1回
	オーバーホール	機械電気設備費	5.50%	5,000	275	275	15年に1回
設備管理費	日常点検				1,000	20,000	委託
減価償却費	定額法償却費	建物費	2.70%	1,800	49	972	年
	定額法償却費	土木構造物費	2.40%	6,000	144	2,880	年
	定額法償却費	機械電気設備費	3.40%	5,000	170	3,400	年
					(合計)	27,927	鹿児島県
					1年間平均	1,396	

※修繕費を算出する機械電気設備費に対する比率はメーカーへの聞き取りによる概数である。

2.5.5 発電電力の有効利用

売電事業としての可能性は低いが、当該箇所は農業体験等の交流事業が推進されており、交流事業参加者等に対する再生可能エネルギーの利用推進の啓発につながるものと考えられる。

2.5.6 主な課題

- ・伏流する谷川水を効果的に集水できる取水施設が必要である。
- ・景観形成重点地区であるため、景観に配慮した施設整備が必要である。
- ・導水管や発電設備等を設置するための用地を確保する際は、森林法など関係法令による規制が適用される区域を踏まえて計画する必要がある。

3 概略設計の検討結果一覧表

発電出力規模		20kW超		5~20kW	5kW未満	
No.	1	2	3	4	5	
位置名称	井出ヶ宇都の滝	発電所の滝	花野の滝	平川動物公園内	八重の滝	
河川名	二級河川 永田川	二級河川 犬迫川	二級河川 花野川	準用河川 五位野川	八重地区水路	
発電目的	売電事業	売電事業・農業	農業	環境教育・観光	環境教育・観光・農業	
想定される規模	最大発電出力	165.7(kW)	44.1(kW)	16.5(kW)	6.6(kW)	0.6(kW)
	平均発電出力	76.8(kW)	22.1(kW)	8.8(kW)	3.7(kW)	0.3(kW)
	水車	クロスフロー水車(170kW)	クロスフロー水車(45kW)	クロスフロー水車(20kW)	上掛けor下掛け水車(10kW)	クロスフロー水車(1kW)
	平均発電設計水量	0.19(m ³ /s)	0.06(m ³ /s)	0.08(m ³ /s)	0.10(m ³ /s)	0.005(m ³ /s)
	有効落差	55.0(m)	50.0(m)	15.0(m)	5.0(m)	8.0(m)
	導水管延長	600.0(m)	430.0(m)	400.0(m)	400.0(m)	50.0(m)
	年間平均発電量	538,000(kWh)	155,000(kWh)	62,000(kWh)	26,000(kWh)	2,100(kWh)
	概算工事費	216,000(千円)	120,000(千円)	112,000(千円)	41,700(千円)	27,000(千円)
	kWh当たり単価	418(円)	806(円)	1,882(円)	1,671(円)	13,393(円)
保守点検・維持管理費用(年平均)	7,147(千円)	3,795(千円)	3,486(千円)	1,859(千円)	1,396(千円)	
概要図						
想定する類似例 ^(注1)	・轟の滝(川田町 二級河川 川田川)		<ul style="list-style-type: none"> ・南部処理場放流口 (南栄二丁目 下水処理施設) ・大滝川公園の滝 (中山町 二級河川 滝之下川) 		・郡山轟の滝 (郡山岳町 二級河川 神之川)	

(注1) 現地調査を行った中で、発電出力規模等から類似すると考えられる箇所

(注2) 保守点検・維持管理費用は20年間の年平均額

第4章 小水力発電導入に向けた課題

本調査では、鹿児島市内の23箇所において現地調査を行い、導入可能性候補地として5箇所を選定し、概略設計の検討を行った。また、調査の過程で、「鹿児島市再生可能エネルギー導入促進研究会」の下に設置された「小水力発電検討部会」によるご意見を徴した。以下では、これらを踏まえて、鹿児島市において小水力発電を導入する上での課題を整理した。

(1) 導入目的の明確化

概略設計の結果、平均発電出力が最も大きかったのは井出ヶ宇都の滝（永田川）の76.8kWであったが、売電事業目的で導入するには鹿児島県内の他事例に比べて出力は小さい。しかしながら、環境教育、観光資源としての活用のほか、地域のエネルギーとして、農業活動や地域の集会所等での利活用を進めるには十分な発電量が見込まれる。

全国の事例をみても、20kW未満であっても、「施設や照明に使用し、余剰電力は電力会社へ売電」「発電電力は小・中学校に供給し夜間および休校時に売電」「環境学習の場として活用」等がある（P115表参照）。

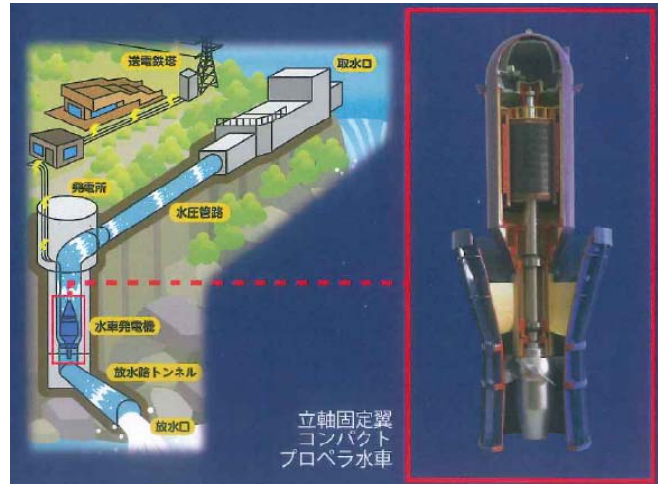
鹿児島市においても、導入可能性箇所での導入目的を明確にしたうえで、電力需要量に応じた施設整備を検討する必要がある。

表 固定価格買取制度を利用した鹿児島県内の小水力発電施設

発電所名	新曾木発電所	船間水力発電所	重久発電所
設置市町	伊佐市	肝付町	霧島市
最大発電出力	490kW	997kW	980kW
河川名	川内川	馬口川(ばくちがわ)	手籠川(てごがわ)
最大使用水量	5.5 m ³ /秒	0.6 m ³ /秒	1.2 m ³ /秒
有効落差	11.6m	205m	110m
水車	立軸固定羽根バルブ水車	縦軸ペルトン水車	横軸フランス水車
施工業者	日本工営株式会社	株式会社 大林組 水車・発電機制作： 日本工営株式会社	若築建設(株) 水車・発電機制作： 富士電機(株)

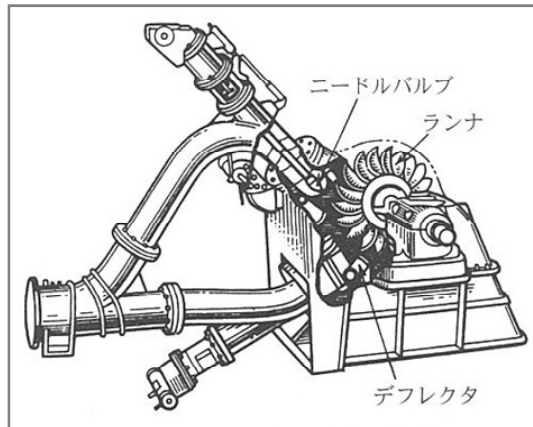
出典：新曾木発電所(株)、鹿児島県小水力利用推進協議会

【立軸固定翼コンパクトプロペラ水車】



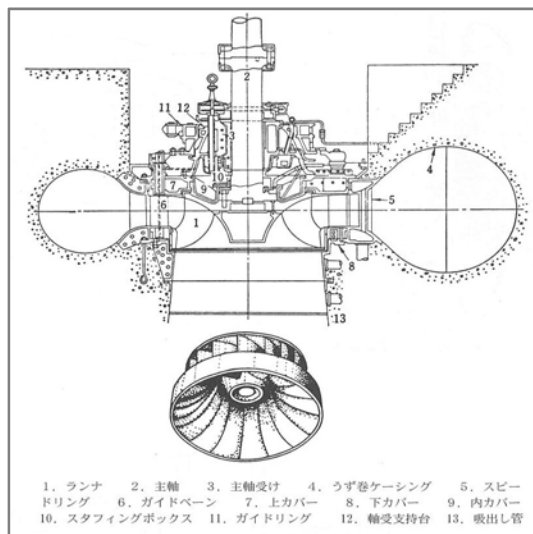
※「新曾木発電所パンフレット」

【ベルトン水車】



※「中小水力発電ガイドブック ((財)新エネルギー財団 P102)」

【立軸フランス水車およびランナ】



※「中小水力発電ガイドブック ((財)新エネルギー財団 P103)」

表 身近な再生可能エネルギーとして小水力発電の導入動向

利用形態	施設	最大使用 水量 (m^3/s)	有効 落差 (m)	出力 (kW)	特 色
1. 河川	嵐山小水力発電所(京都府京都市)	0.55	1.74	5.5	・60基の常設灯に使用 ・余剰電力は電力会社へ売電
	常西公園小水力発電所(富山県富山市)	0.8	2	9.9	・施設や照明に使用し、余剰電力は電力会社へ売電 ・発電パネルを設置し、環境学習に活用
	家中川小水力市民発電所「元気くん2号」(山梨県都留市)	0.99	3.5	19.0	・開放型上掛け水車 ・市役所の電力として使用 ・余剰電力は売電
2. 発電専用ダム、多目的ダム、農業用ダム	狩宿第二発電所(群馬県長野原町)	1.03	7.63	61.0	・発電所導水管途中にある落差工を利用
3. 砂防設備	浅刈砂防ダム(長野県長野市)	0.08	13.7	6.7	・農業用水放水管に水車発電機を設置 ・発電電力は小・中学校に供給 ・夜間および休校時に売電
	鯛生小水力発電所(大分県日田市)	0.5	18	66.0	・ダムの取水口から取水し、約550m先の貯水槽まで導水することにより18mの有効落差を確保
4. 農業用水路	明治百年記念公園小水力発電所(岩手県八幡平市)	0.8	2	9.9	・環境学習の場として活用
5. 上水道・工業用水道	中津排水池小水力発電設備(神奈川県愛川町)	0.4	28.9	100	・夜間照明のほか売電
	釜戸小水力発電所(岐阜県瑞浪市)	0.95	15.12	90	・水道管の水圧を利用して発電8割を売電
	塩川第二発電所(山梨県北杜市)	0.2	63.55	82.0	・小水力発電導入を推進するためのモデル施設として整備
	桃山台配水場	0.417	30	82.0	・浄水を受水する際の水圧を利用 ・発電電力は、配水場のポンプに使用

資料 「小水力発電の現状と課題」(2013年2月) <http://www2.econ.osaka-u.ac.jp> より作成

(2) 立地特性を踏まえ、諸条件を多面的に検討

概略設計の検討において、河川からの取水による発電の場合は、地形や取水口の地点、発電設備の設置場所、及びそれらを結ぶ導水管ルート、導水管型式の設定が難しく、事業費の算出に大きく影響した。今回は、有効落差を確保しつつ、送電線に近く、設置の容易な場所を選定したため、導水管ルートが長くなるケースもみられた。

水車形式の選定にあたっては、平川動物公園においては、景観への配慮から開放型水車（上掛け又は下掛け）、他の4箇所においては、中低落差で使用流量が少なくても効率よく回転し、運転保守が容易なクロスフロー水車を選定した。

発電量の算定にあたっては、近傍河川水位観測所の流量データから試算したが、本来は年間を通じた現場での流量把握が必要である。また、発電設備設置場所の具体的な検討の際には、洪水時の対応やゴミ等の発生も想定する必要がある。

(3) 小水力発電の啓発

小水力発電の導入にあたっては、水利使用許可や系統連系等の申請に関し、利害関係者との調整や様々な法的手続きが必要となることから、水利組合など地域住民の理解を得ることが重要となる。

小水力発電は、太陽光発電と比べ導入効果や経費等に関し、市民・事業者等に広く認識されているとはいえない面もあることから、導入効果等についての情報発信に努め、意識啓発を図る必要がある。

〈参考資料〉

工事費算出図(出典:中小水力発電ガイドブック)

