

平成 27 年度

小水力等農村地域資源利活用促進事業(概略設計)

柏木地区 委託 27-1

要約版

平成 28 年 3 月

株式会社 三祐コンサルタンツ

1. 発電施設概要

(1) 施設位置

図 1.1 業務対象施設位置図



表 1 柏木堰地区 小水力発電施設概要

項目		諸元	備考
設備概要	取水	二級河川菱田川水系梅ヶ渡川	柏木堰
	放流	既設余水路(梅ヶ渡川)	
	発電方式	流れ込み式	
	水車機種	プロペラ水車	
	取水位 (EL. m)	106.74(m)	
	放水位 (EL. m)	96.55(m)	
発電計画諸元	・最大使用水量	0.35(m ³ /s)	
	・常時使用水量	0.024(m ³ /s)	
	・総落差	10.19(m)	
	・有効落差	9.62(m)	
	・最大出力	20.9(kW)	
	・常時出力	0(kW)	
	・年間可能発生電力量	107,326(kWh/年)	
	・設備利用率	58.6(%)	
建設工事費	52,067(千円)	42,100(発電)+9,967(導水管)	
建設単価	392(円/kWh)		
発電原価	17.61(円/kWh)		
40年累計収支	-59,874(千円)	市収支(過疎債利用時)	

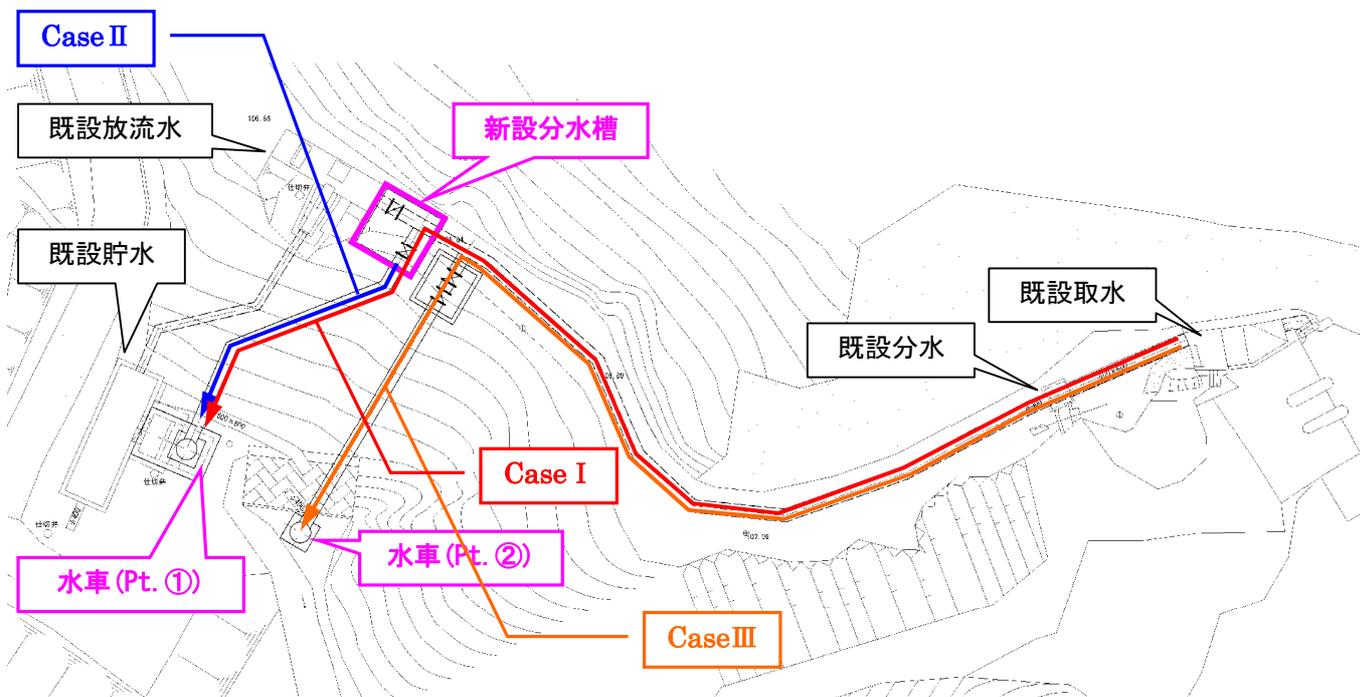
2. 設計条件等

柏木堰小水力発電施設は、九州農政局水利整備課との事前協議により、取水口～導水管本線の改修は小水力発電事業には含むことは出来ない旨の指示を受けたため、既設構造規模の拡張を伴う導水管工事は別途、市単独事業として取り扱うことを前提条件とした。

本業務において検討する発電方式は以下に示す3案とした。

表一 発電方式検討ケース一覧表

	Pt. ①		Pt. ②
	Case I	Case II	Case III
発電使用水量	◆ 柏木堰地点における最大河川流量を上限とした河川流量の全量までを利用	◆ 既得農業用水取水量 (Q=0.31m ³ /s) を上限とした農業用水量、及び河川流量(非かんがい期)を利用	◆ 柏木堰地点における河川流量から取水が必要な農業用水量を差し引いた河川流量を単独で利用
発電用導水管	◆ 取水口～発電専用管分岐部までの区間を市単独事業にて改修し、発電専用管路～水車までを発電事業にて新設。	◆ 取水口～発電専用管分岐部までは既設導水管利用とし、発電専用管路～水車までを発電事業にて新設。	◆ 取水口～発電専用管分岐部までの区間を市単独事業にて改修し、発電専用管路～水車までを発電事業にて新設。
水車設置位置	◆ 既設貯水槽に隣接して放水槽を新設して水車を設置	◆ 既設貯水槽に隣接して放水槽を新設して水車を設置	◆ 既設貯水槽の余水放水先である河川部に放水槽を新設して水車を設置
水路ルート	◆ 下図の赤線ルート 既設取水槽～水車までを新設配管にて造成する。	◆ 下図の青線ルート 既設取水槽～発電管を分岐する新設分水槽までは既設構造物利用。新設分水槽～水車までを新設配管にて造成する。	◆ 下図の橙色線ルート 既設取水槽～水車までを新設配管にて造成する。

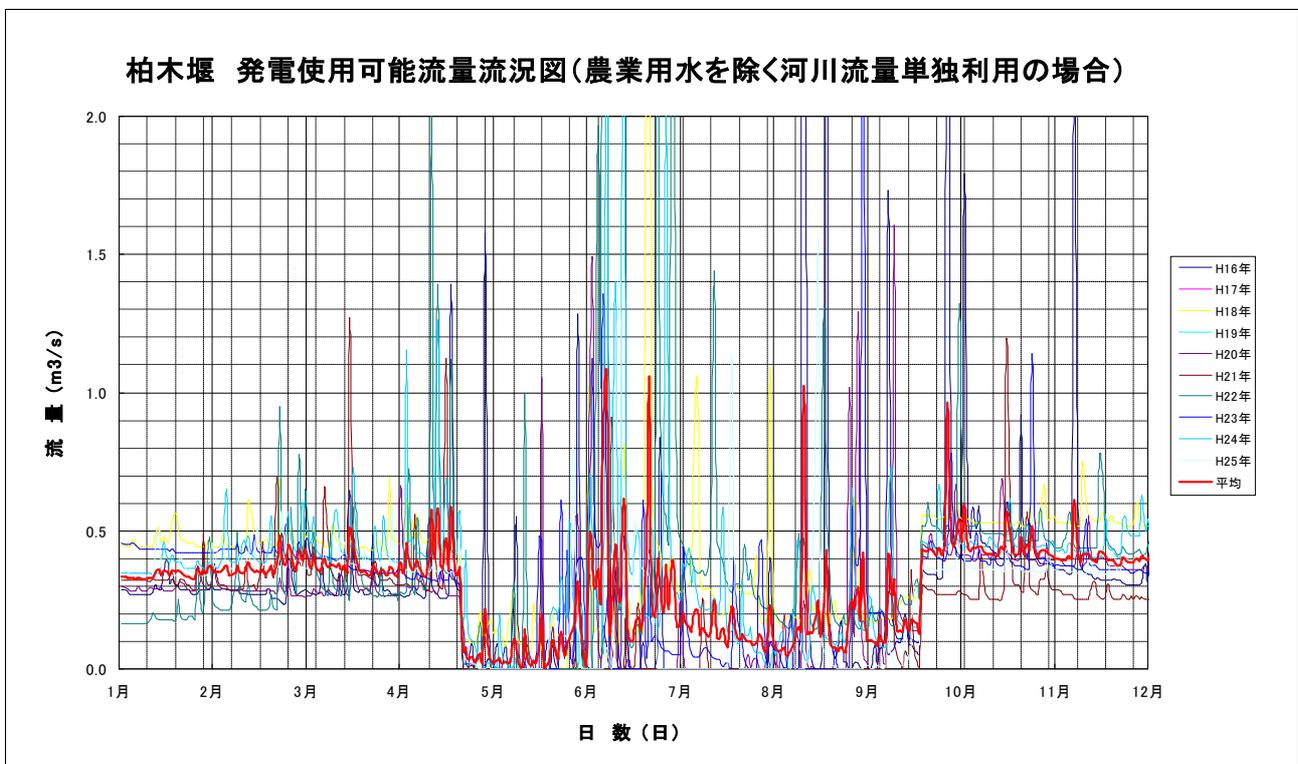


小水力発電検討に使用する放流量データは、直近データである平成 17～26 年の 10 ヶ年データを収集・整理した。本検討に用いる流量資料は、検討地点（梅ヶ渡川）における流量資料が皆無であることから、同水系の近傍河川である『月野川（中村橋地点、流域面積 68 km²）』の有する流量データ（平成 16～25 年の 10 ヶ年。但し、平成 17 年及び 19 年はデータ欠損又は異常データのため除外）に対する流域面積比により算出する。柏木堰地点での流域面積は、下図に示すように 7.56 km² とし、流域面積比は 0.111（=7.56/68）となる。

下図に整理を行った流量資料による流況表、及び流況図（採用案である Pt. ②（農業用水を除く河川流量を単独利用））を示す。

柏木堰 発電利用可能量流況 単位：m³/s（日平均）

	最大 (1日)	— (40日)	豊水 (95日)	平水 (185日)	低水 (275日)	渇水 (355日)	最小 (365日)
平成16年	7.272	0.420	0.323	0.271	0.000	0.000	0.000
平成17年							
平成18年	6.422	0.545	0.517	0.443	0.199	0.021	0.000
平成19年							
平成20年	1.604	0.411	0.359	0.276	0.000	0.000	0.000
平成21年	1.271	0.347	0.315	0.255	0.000	0.000	0.000
平成22年	5.206	0.533	0.464	0.287	0.180	0.000	0.000
平成23年	2.821	0.438	0.414	0.362	0.064	0.000	0.000
平成24年	2.863	0.505	0.441	0.386	0.180	0.000	0.000
平成25年	1.540	0.407	0.366	0.351	0.000	0.000	0.000
平均	1.063	0.434	0.398	0.346	0.135	0.024	0.011



3. 基本事項の検討

3.1 発電使用水量と発電形式の検討(採用案の Pt.②で記載)

(1) 発電使用水量

柏木堰地点の全河川流量から確保が必要な農業用水量($Q_{\max}=0.31\text{m}^3/\text{s}$)を差し引いた流量とする。

(2) 発電形式

発電形式は、河川放流量及び農業用水量に完全従属した発電方法となり、利用水を貯めることなくそのまま発電に使用していることから流れ込み式であり、農業用水路(パイプライン)を利用した発電であるため水路式となる。

3.2 取水位、放水落差の検討

(1) 取水位(基準水位)

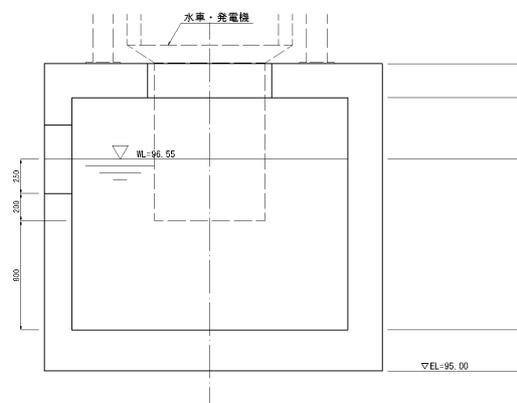
本堰における常時の河川放流は、固定堰からの自然越流による。そのため、取水位は柏木堰の天端に起因し、取水時の越流高とする。

◆計画取水位(発電基準水位) = WL. 106.74m (柏木堰越流水位)

(2) 放水位

放水槽は、既設貯水槽の余水吐付近とし、水槽水位は当該箇所付近の地盤(岩盤)標高が EL. 95.0m 程度であることから、下図のような放水路構造とした時の水槽水位とする。

◆放水位 = WL. 96.55m (放水槽水位)



(3) 総落差

総落差は、計画取水位－放水位であり、以下の通りとなる。

◆総落差 = WL. 106.74m - WL. 96.55m
= 10.19m

(4) 有効落差

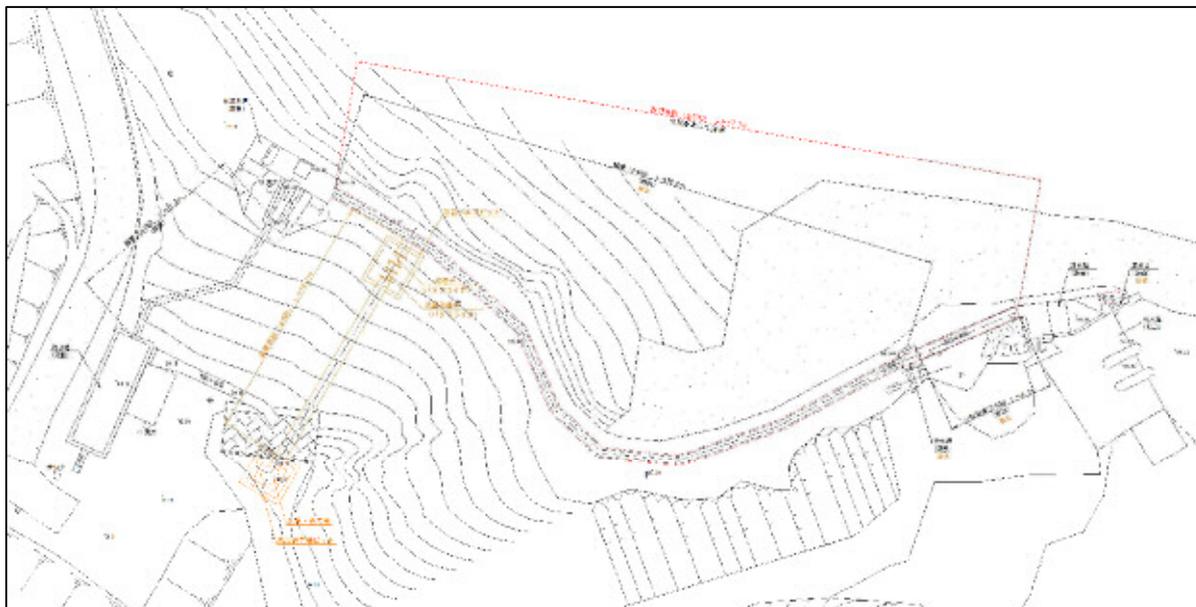
有効落差は、総落差から取水口～水車までの水路損失を差し引いた値である。

◆有効落差 = 総落差 - 損失落差 h_1 (0.57m・・・採用案の損失落差)
= 10.19m - 0.57m
= 9.62m

3.3 構造物の位置、規模、並びにルートを検討

(1) 構造物の位置並びにルート

発電所は、放水槽を既設かんがい用水貯水槽の余水先河川とし、分岐位置～放水槽を直線的に結ぶことに留意し、下図に示すルートとした。



3.4 最大、常時使用水量の検討

最大使用水量の決定に当たっては、流況図により流量を設定し、ケーススタディーにより決定するものとする。本発電方式は、発電専用の貯水容量をもたず、河川放流量に付属した発電となるので流れ込み式発電となる。流れ込み式発電の場合、一般的に最大使用水量は40～95日流量(Pt.①では0.515～0.431m³/s、Pt.②では0.434～0.398m³/s)の範囲にあるといわれている。また、過年度業務では、最大使用水量0.31(既得最大取水権流量)～0.4m³/sの範囲について検討が実施されており、本業務では上記範囲を含む以下の5ケースを比較案として設定する。

【単位：m³/s】

	Case①	Case②	Case③	Case④	Case⑤
最大使用水量	0.31	0.35	0.40	0.45	0.50

3.5 発電規模及び電力量の算定

3.5.1 水車の選定

水車選定は、与えられた水力諸元(最大使用水量と有効落差)に対して水車選定表を用いて選定(◀▶範囲)される。

本地区のケーススタディ各案においては、最大使用水量及び有効落差より、水車選定表で水車機種を選定すると下記の通りであり、対象範囲を満足する形式は、①「インライン式チューブラ水車」、②「クロスフロー水車」の2機種が選定される。

ここで、クロスフロー水車は一般的な事業向け水車であるが、ガイドベーンによる流量制御機構を有し、高度な負荷調整が必要(機器費が高額となる)で、大規模なヘッドタンクを要す

る。しかしながら本地区の現場条件ではヘッドタンクの設置スペースの確保は困難であり、クロスフロー水車の採用は現実的ではないため、本検討では、①「インライン式チューブラ水車」を選定する。

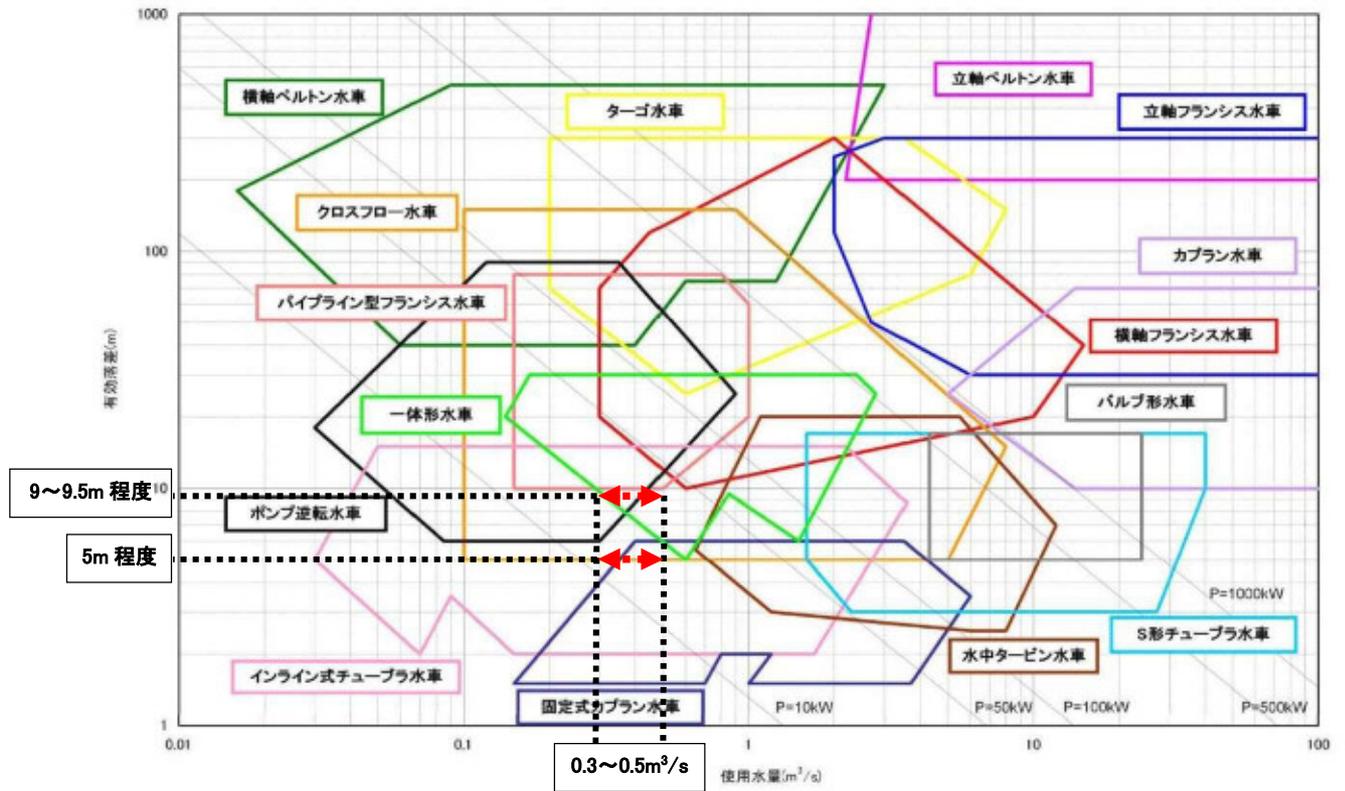


図 4.1 水車形式選定図

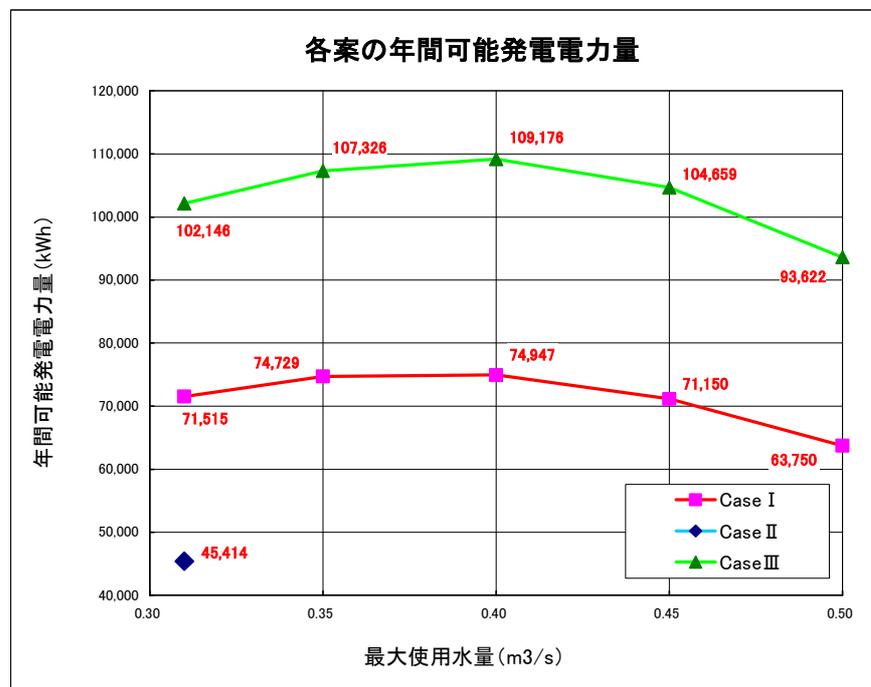
図 2 水車の適用範囲図

3.6 出力及び年間発電電力量

検討各案の出力及び年間可能発電電力量を下表・図に示す。検討結果より、年間の発電日数が少なくなるものの、有効落差が大きくなる Case③の年間可能発電電力量が最大となる結果となった。

表一 発電方式による発電規模比較一覧表

		Case I			Case II			Case III		
		最大出力 (kW)	年間可能発電電力量 (kWh/年)	発電日数 (日)	最大出力 (kW)	年間可能発電電力量 (kWh/年)	発電日数 (日)	最大出力 (kW)	年間可能発電電力量 (kWh/年)	発電日数 (日)
最大使用水量	0.31m ³ /s	9.5	71,515	341	6.0	45,414	341	18.2	102,146	243
	0.35m ³ /s	10.4	74,729	334				21	107,326	237
	0.40m ³ /s	11.3	74,947	323				24	109,176	229
	0.45m ³ /s	12.1	71,150	299				25	104,659	213
	0.50m ³ /s	13.0	63,750	259				28	93,622	182



3.7 経済性の検討及び最適案の決定

(1) 経済性の検討結果

検討各案について、「kWh 当たり建設単価」、「発電原価」、「40 年収支計算」の 3 つの着眼点で経済性評価を行った。なお、収支計算は事業実施主体である鹿屋市（建設費負担 35%）における起債措置による収支としている。

売電単価は当初 20 年は固定価格買取制度単価（34 円/kWh）、21 年目以降は RPS 法導入以前の買取水準である 10 円/kWh とした。年経費については「 hidroバレー計画ガイドブック」に準じた算出額を計上（修繕費は実運用を想定しメーカー聞取修繕費を採用）している。

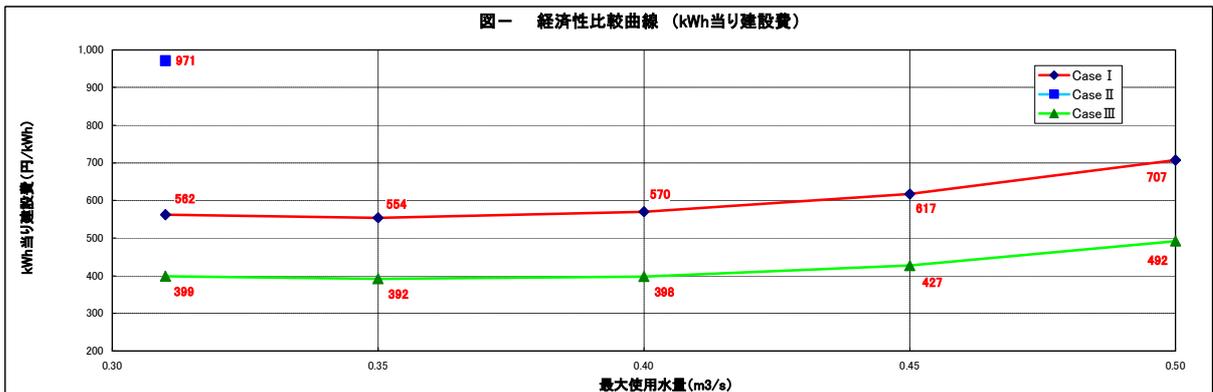
検討結果より、最適案(40年収支が最大となる案)は CaseⅢの Case②(最大使用水量 0.35m³/s)となるが、累計収支は 40 年で 3,300 千円程度（年間 82 千円）と極めて小さく、予期せぬ水車の故障等が生じると赤字収支に転じる可能性が高く、経済性は低いと判断され、柏木堰地点での小水力発電事業化は困難であると判断される。

参考として、最適案について鹿屋市における採算性を収支計算にて検証した。計算条件は、発電所工事費の市負担率は65%、導水管工事は市負担率100%とし、負担費用については過疎債(充当率90%、算入率30%)を活用することとした。検討結果より、市の収支は40年累計で約60,000千円の赤字となり、事業投資効果はないと判断される。

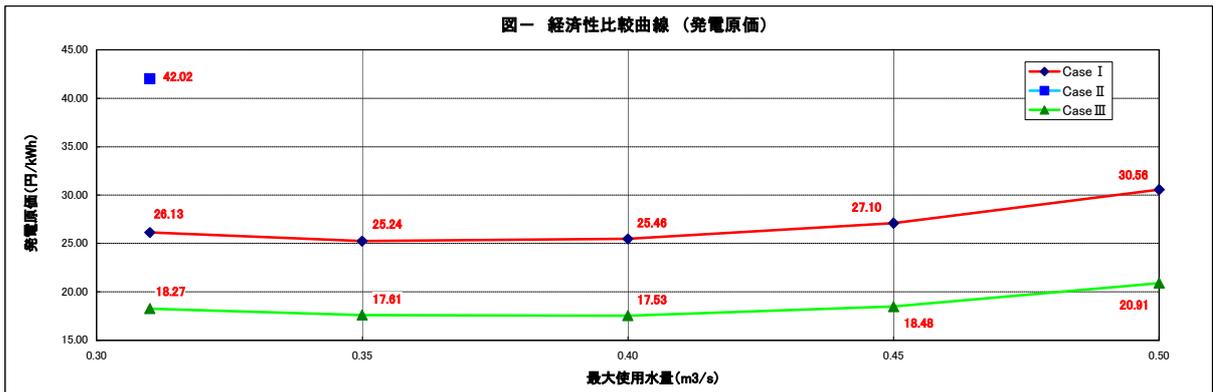
柏木堰小水力発電 検討結果一覧表

ケース名	単位	Case I					Case II	Case III					備考
		Case①	Case②	Case③	Case④	Case⑤	Case①	Case①	Case②	Case③	Case④	Case⑤	
①最大使用水量	m ³ /s	0.31	0.35	0.40	0.45	0.50	0.31	0.31	0.35	0.40	0.45	0.50	
②基準水位	WLm	106.74	106.74	106.74	106.74	106.74	106.74	106.74	106.74	106.74	106.74	106.74	
③放水水位	WLm	101.43	101.43	101.43	101.43	101.43	101.43	96.55	96.55	96.55	96.55	96.55	
④総落差	m	5.31	5.31	5.31	5.31	5.31	5.31	10.19	10.19	10.19	10.19	10.19	④=(②-③)
⑤損失水頭	m	0.45	0.57	0.75	0.95	1.17	2.28	0.45	0.57	0.75	0.95	1.17	
⑥有効落差	m	4.86	4.74	4.56	4.36	4.14	3.03	9.74	9.62	9.44	9.24	9.02	⑥=(④-⑤)
⑦最大出力	kW	9.5	10.4	11.3	12.1	13.0	6.0	18.2	20.9	23.5	25.3	27.9	
⑧基準水位時出力	kW	9.5	10.4	11.3	12.1	13.0	6.0	18.2	20.9	23.5	25.3	27.9	
⑨年間可能発電電力量	kWh/年	71,515	74,729	74,947	71,150	63,750	45,414	102,146	107,326	109,176	104,659	93,622	
⑩供給可能発電電力量	kWh/年	67,940	70,993	71,200	67,592	60,562	43,143	97,039	101,960	103,717	99,426	88,941	⑩=⑨×0.95
⑪設備利用率	%	85.9	82.0	75.7	67.1	56.0	86.4	64.1	58.6	53.0	47.2	38.3	
⑫設備工事費	千円	40,200	41,400	42,700	43,900	45,100	44,100	40,800	42,100	43,500	44,700	46,100	
⑬年経費	千円/年	2,124	2,160	2,200	2,237	2,276	2,155	2,118	2,160	2,199	2,237	2,277	当初20年で算出
⑭kWh当たり建設単価	円/kWh	562	554	570	617	707	971	399	392	398	427	492	
⑮建設費単価	千円/kWh	4,232	3,981	3,779	3,628	3,469	7,350	2,242	2,014	1,851	1,767	1,652	
建設費単価上限	千円/kWh	4,000	4,000	4,000	3,500	3,000	4,000	3,500	3,000	3,000	2,500	2,000	設計支援採択要件
採択判定		NG	OK	OK	NG	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	
⑯発電原価	円/kWh	26.13	25.24	25.46	27.10	30.56	42.02	18.27	17.61	17.53	18.48	20.91	
⑰取引価格(売電)	円/kWh	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	税抜価格
⑱収支計算(積立有り)													
前期20年収支(1~20年)	千円	-3,069	-1,951	-2,863	-6,305	-12,107	-20,766	16,827	19,074	19,231	15,309	7,106	
後期20年収支(21~40年)	千円	-22,133	-22,000	-22,487	-23,733	-25,660	-27,513	-16,153	-15,760	-15,927	-17,293	-19,940	
全体40年収支	千円	-25,202	-23,951	-25,350	-30,038	-37,767	-48,280	673	3,314	3,304	-1,984	-12,834	40年収支で判定
判定									1位				

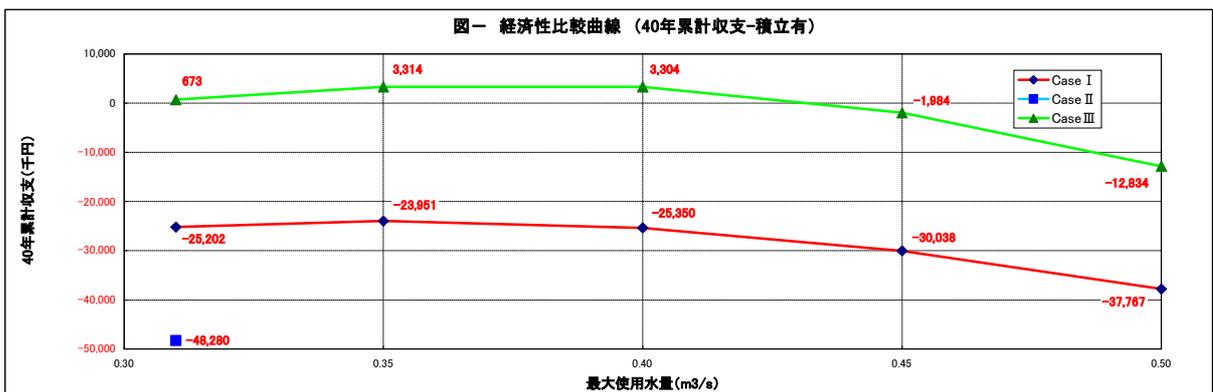
図一 経済性比較曲線 (kWh当り建設費)



図一 経済性比較曲線 (発電原価)



図一 経済性比較曲線 (40年累計収支-積立有)



柏木堰発電所 (CaseⅢ-②) 収支計算書

【積立あり】

【初年度】 借入金 24,702 千円(発電所工事費×市負担率35%+導水管工事費×市負担率100%)
 利率 0.02
 償還年数 20年
 【過疎債】 充当率 90%
 算入率 30%

【15年更新 積立金 13,200 千円(機械電気費×地元負担率50%)

※1) 当初20年間は固定買取制度導入を想定した売電単価を採用した。
 ※2) 21年目以降の売電単価はRPS法導入前の売電単価水準とした。
 総建設費: 52,067 千円
 [導水管工事費] 9,967 千円(補助対象外)
 [発電所工事費] 42,100 千円(補助対象)
 発電量: 101,960 kwh
 売電単価: 34.00 円/kwh(当初20年)
 売電単価: 10.00 円/kwh(21年目以降)

【単位: 千円】

年	発電所建設の収支計画									発電所必要経費								収入		
	建設費 の総額	補助率	補助金額	市費 起債額	起債			交付税 算入額	建設費 負担額	人件費 (管理委託費含)	更新費 (支出外)	修繕費	水 利 使用料	その他 経費	一 般 管理費	積立金	経費 合計	売電収入	収 益	収益累計
1	9,967	(0.00%)	0	9,967																
	42,100	(65.00%)	27,365	14,735																
				24,702	24,702	1,017	494	1,511	952	559	1,500	300	16	131	147	880	3,533	3,466	-67	-67
2				23,685	23,685	1,037	474	1,511	952	559	1,500	460	16	131	147	880	3,693	3,466	-227	-293
3				22,648	22,648	1,058	453	1,511	952	559	1,500	440	16	131	147	880	3,673	3,466	-207	-500
4				21,591	21,591	1,079	432	1,511	952	559	1,500	460	16	131	147	880	3,693	3,466	-227	-727
5				20,512	20,512	1,100	410	1,511	952	559	1,500	1,400	16	131	147	880	4,633	3,466	-1,167	-1,893
6				19,411	19,411	1,122	388	1,511	952	559	1,500	460	16	131	147	880	3,693	3,466	-227	-2,120
7				18,289	18,289	1,145	366	1,511	952	559	1,500	440	16	131	147	880	3,673	3,466	-207	-2,327
8				17,144	17,144	1,168	343	1,511	952	559	1,500	460	16	131	147	880	3,693	3,466	-227	-2,554
9				15,976	15,976	1,191	320	1,511	952	559	1,500	440	16	131	147	880	3,673	3,466	-207	-2,760
10				14,785	14,785	1,215	296	1,511	952	559	1,500	11,000	16	131	147	880	14,233	3,466	-10,767	-13,527
11				13,570	13,570	1,239	271	1,511	952	559	1,500	300	16	131	147	880	3,533	3,466	-67	-13,594
12				12,331	12,331	1,264	247	1,511	952	559	1,500	500	16	131	147	880	3,733	3,466	-267	-13,860
13				11,067	11,067	1,289	221	1,511	952	559	1,500	300	16	131	147	880	3,533	3,466	-67	-13,927
14				9,777	9,777	1,315	196	1,511	952	559	1,500	500	16	131	147	880	3,733	3,466	-267	-14,194
15				8,462	8,462	1,341	169	1,511	952	559	1,500	300	16	131	147	880	3,533	3,466	-67	-14,260
16				7,121	7,121	1,368	142	1,511	952	559	1,500	13,200	16	131	147	880	3,233	3,466	233	-14,027
17				5,752	5,752	1,396	115	1,511	952	559	1,500	460	16	131	147	880	3,693	3,466	-227	-14,254
18				4,357	4,357	1,424	87	1,511	952	559	1,500	440	16	131	147	880	3,673	3,466	-207	-14,460
19				2,933	2,933	1,452	59	1,511	952	559	1,500	460	16	131	147	880	3,693	3,466	-227	-14,687
20				1,481	1,481	1,481	30	1,511	952	559	1,500	1,400	16	131	147	880	4,633	3,466	-1,167	-15,854
小計				24,702	24,702	5,512	30,214	19,040	11,174	30,000	20,520	320	2,620	2,940	17,600	85,174	69,320	-15,854		
21										1,500	460	16	131	147	880	3,134	1,019	-2,115	-17,969	
22										1,500	440	16	131	147	880	3,114	1,019	-2,095	-20,064	
23										1,500	460	16	131	147	880	3,134	1,019	-2,115	-22,179	
24										1,500	440	16	131	147	880	3,114	1,019	-2,095	-24,274	
25										1,500	11,000	16	131	147	880	13,674	1,019	-12,655	-36,929	
26										1,500	300	16	131	147	880	2,974	1,019	-1,955	-38,884	
27										1,500	500	16	131	147	880	3,174	1,019	-2,155	-41,039	
28										1,500	300	16	131	147	880	2,974	1,019	-1,955	-42,994	
29										1,500	500	16	131	147	880	3,174	1,019	-2,155	-45,149	
30										1,500	300	16	131	147	880	2,974	1,019	-1,955	-47,104	
31										1,500	13,200	16	131	147	880	1,794	1,019	-775	-47,879	
32										1,500	460	16	131	147	880	2,254	1,019	-1,235	-49,114	
33										1,500	440	16	131	147	880	2,234	1,019	-1,215	-50,329	
34										1,500	460	16	131	147	880	2,254	1,019	-1,235	-51,564	
35										1,500	1,400	16	131	147	880	3,194	1,019	-2,175	-53,739	
36										1,500	460	16	131	147	880	2,254	1,019	-1,235	-54,974	
37										1,500	460	16	131	147	880	2,254	1,019	-1,235	-56,209	
38										1,500	440	16	131	147	880	2,234	1,019	-1,215	-57,424	
39										1,500	460	16	131	147	880	2,254	1,019	-1,235	-58,659	
40										1,500	440	16	131	147	880	2,234	1,019	-1,215	-59,874	
合計				0	0	0	0	0	30,000	60,000	19,720	320	2,620	2,940	8,800	64,400	20,380	-44,020		
				24,702	24,702	5,512	30,214	19,040	11,174	30,000	40,240	640	5,240	5,880	26,400	149,574	89,700	-59,874		