

香美市における小水力発電可能性調査 報告書

H26 年 3 月

地域小水力発電株式会社

目次

要約	4
1 調査の目的.....	10
1-1 物部川水系の概要.....	12
1-2 業務フロー	16
1-3 各項目の調査方法.....	17
2 調査地点	21
2-1 西熊溪谷	21
2-2 安丸	25
2-3 山田分水工	29
3 流量の把握.....	33
3-1 西熊	34
3-1-1 流量計測	34
3-1-2 流量推定	36
3-2 安丸	39
3-2-1 流量計測	39
3-2-2 流量推定	41
3-3 山田分水	45
3-3-1 流量計測	45
3-3-2 流量推定	47
4 レイアウト設計.....	49
4-1 現地踏査	49
4-1-1 堰・取水口	49
4-1-2 発電所・排水口	50
4-1-3 導水路・ヘッドタンク・圧力管	51
4-2 レイアウト	52
4-2-1 西熊.....	52
4-2-2 安丸.....	53
4-2-3 山田.....	54
5 計画の策定.....	55
5-1 事業計画の策定	55
5-1-1 背景.....	55

5-1-2 目標値	57
5-1-3 発電計画	58
5-1-4 地域還元策	66
5-2 予算計画の策定	67
5-2-1 西熊.....	68
5-2-2 安丸.....	71
5-2-3 山田.....	74
5-3 地点一覧総括表	77
5-3-1 算出根拠	77
<u>6 まとめ.....</u>	<u>78</u>
6-1 小水力発電の環境負荷に関する課題	78
6-1-1 河川協議（法定河川）	79
6-1-2 河川協議（法定外河川）	79
<u>7 参考資料</u>	<u>83</u>
7-1 積算根拠資料.....	83
7-1-1 西熊.....	83
7-1-2 安丸.....	85
7-1-3 山田.....	87
<u>8 参考文献</u>	<u>89</u>

要約

○事業目的

地域主導型の再生可能エネルギー事業、特に小水力発電事業は、少子高齢化によるいびつな人口構成に起因する担い手不足や人口減少による過疎など、多くの悩みを抱える中山間地域の再生活動に寄与することが可能である。

これは、小水力発電の父と呼ばれる織田史郎が半世紀前に中国地方で証明しており、これが固定価格買取制度（FIT）によって、日本全国で可能になった。

本報告書では、社会的なフレームワークと高知県香美市内の有望な地点に対する基本的な計画を示し、小水力発電によるの地域活性の可能性を具体的に示すものである。

○事業内容

本調査では、高知県香美市内における小水力発電の適地として3ヶ所（西熊溪谷・安丸・山田分水）を選定し、基礎調査を行った上で流量計測とレイアウト概略設計を行い、発電事業を行うための事業計画と予算計画とを策定した。また、地域への地元還元手法もあわせて検討した。

○結果

調査対象で、1ヶ所については事業性が概ね良好と認められた。次の1ヶ所については、調査の精度が粗いため今後の詳細な調査により事業性を好転できる可能性が高い。残りの1ヶ所については、採算性を実施可能なレベルにするために大きな工夫を必要とするものと判定した。

計画に対しては、地域住民からは概ね良好な反応があった。より詳細な計画を提示することで、次の段階に進めることができる。

本調査について第三者の外部専門家から助言を受けた。おおむね妥当であり、今後より精緻な調査と工夫を加えることで、実現性を高める必要があるとの評価を受けた。

■参考資料

山田堰井筋土地改良区における小水力発電事業（受託：日本工営株式会社）の報告書を添付し、多様な角度からの事業検証を示す。

略称の一覧

本報告書では、以下のとおり略称の統一を図る。

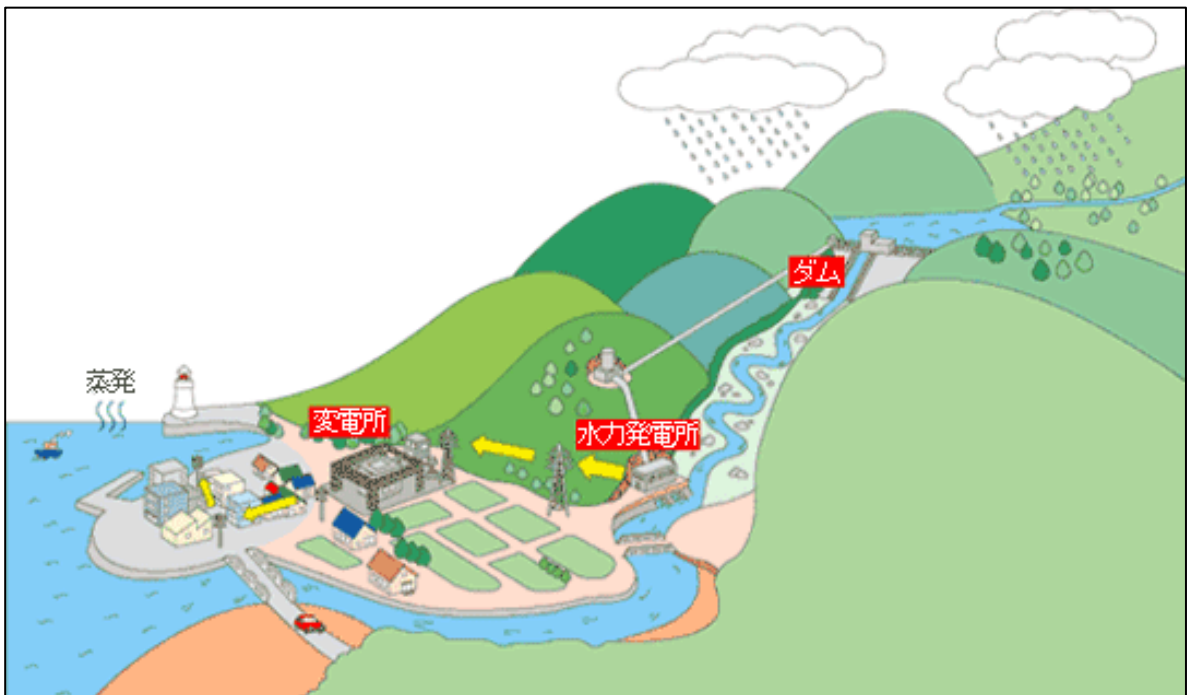
略称 本報告書での表記	正式名称・意味など
RISO	広域事業支援組織 (Regional Initiative Supporting Organization)
CHE	地域小水力発電株式会社 (Community Hydro Energy Co. Ltd.,)
FIT	固定価格買取制度 (Feed-In Tariff)
IPP	卸供給事業者／独立系発電事業者 (Independent Power Producer)
IRR (%)	内部収益率 (Internal Rate of Return)
EL (m)	標高 (Elevation Level)

そもそも水力発電とは。

○ クリーンな循環エネルギー

川や海の水は、太陽の熱エネルギーで少しずつ蒸発して水蒸気になり、雲に変わります。そして、雨や雪になって再び地上に落ち、川や地下水として海に流れ込んでいきます。このように水は、自然界に存在する無限でしかも循環しているエネルギーです。

水力発電は、この水の持つエネルギーを利用したクリーンな発電方式です。原子力発電と同様に、発電に伴って CO2 を排出することなく、地球温暖化の防止に役立っています。（四国電力ホームページより抜粋）



◆四国電力（株）の概要

主要設備	
[発電設備]	
水力発電所	: 58カ所 (114万2千kW)
火力発電所	: 4カ所 (379万7千kW)
原子力発電所	: 1カ所 (202万2千kW)
太陽光発電所	: 1カ所 (2千kW)
風力発電所	: 1カ所 (0.3千kW)
合計	: 65カ所 (696万3千kW)
[送電設備]	
送電線(回線延長)	: 6,374km
[変電設備]	
変電所	: 208カ所 2,083万kVA
[配電設備]	
配電線(電線延長)	: 166,299km

◆四国電力（株）における水力発電（全体の 16.4%）

水力発電所一覧表（当社設備）〔H24年3月31日現在〕					
徳島県		高知県		愛媛県	
発電所	認可出力(kW)	発電所	認可出力(kW)	発電所	認可出力(kW)
薩平	46,650	吉良川	256	第五黒川	5,500
広野	35,700	名村川	420	小村	2,900
名頃	1,300	伊尾木川	7,700	柳谷	23,000
祖谷	6,300	東豊永	6,500	面河第一	7,000
高野	5,200	大田口	1,500	面河第二	1,600
一字	8,700	穴内川	12,500	面河第三	22,000
出合	9,500	平山	41,500	湯山	3,400
三縄	7,000	新改	8,700	鈍川	800
白川	400	天神	11,800	船渡	520
伊予川	3,100	鏡川	3,300	惣川	1,130
池田	5,000	大森川	12,200	横林	5,000
松尾川第一	20,800	長沢	5,200	加茂	1,700
松尾川第二	21,400	分水第一	26,600	12	
切越	4,500	分水第二	7,800	当社計	1,141,496
吉良	2,700	分水第三	10,900	58施設	
15		分水第四	8,100		
		大橋	5,500		
		本川	615,000		
		橋原川第一	1,550		
		橋原川第二	6,000		
		橋原川第三	2,800		
		津賀	18,650		
		佐賀	15,700		
		松葉川	320		
		坂本	1,100		
		大渡	33,000		
		名野川	1,200		
		加枝	9,700		
		土居川	1,400		
		仁淀川第三	10,000		
		岩屋川	1,800		

四国電力ホームページより抜粋

<http://www.yonden.co.jp/index.htm>

◆四国の年間降水量（出典：国土交通省）



◆四国の1級河川（出典：国土交通省）



小水力発電の適地は、こんなところ・・・

ビル循環水や工業用水



ダムや既設発電所の放流水



農業用水



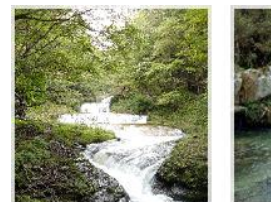
上・下水道施設



砂防・治山ダム

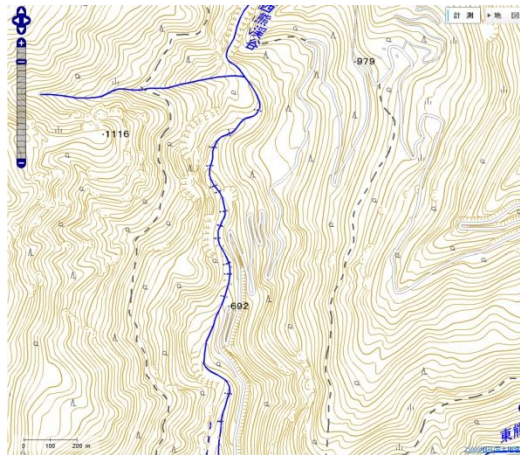


河川



1 調査の目的

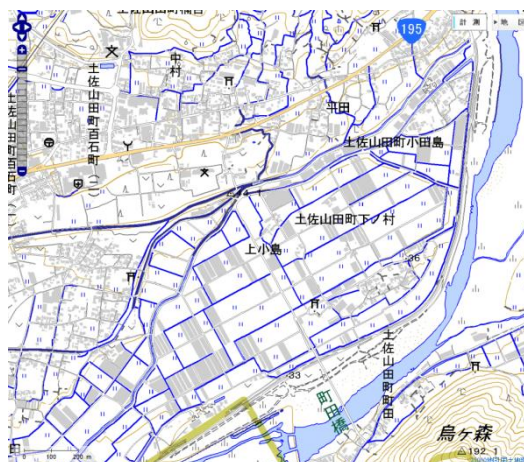
小水力発電は、再生可能エネルギーのなかでも小規模の投資で実現可能であることや地域の資源を活用できることなどから、地域活性化のツールとして期待される。地域が経済的な循環を興して地域全体を活性化する地域再生の拡大再生産を目指すため、本調査では、下記3カ所における小水力発電の実施可能性について検討した。



西熊溪谷



安丸



山田分水



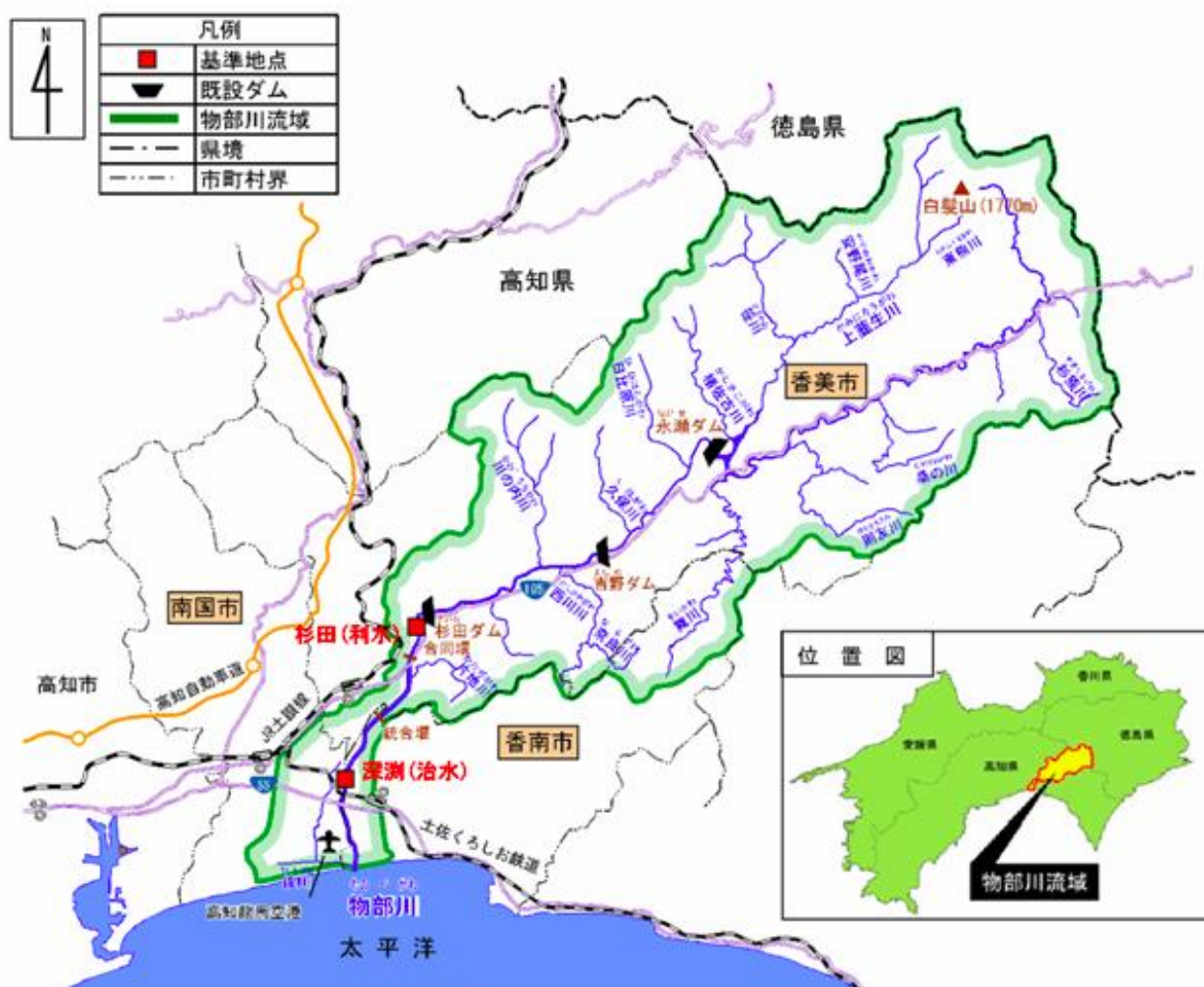
出典) この背景地図データは、Google マップから提供されたものである。

1-1 物部川水系の概要

物部川は、その源を高知県香美市の白髪山(標高1,770m)に発し、途中、上葎生川、舞川、川の内川等を合わせ西流し、香美市神母ノ木において香長平野に出て南流し、南国市物部において太平洋に注ぐ、幹川流路延長71km、流域面積508k m²の一級河川である。

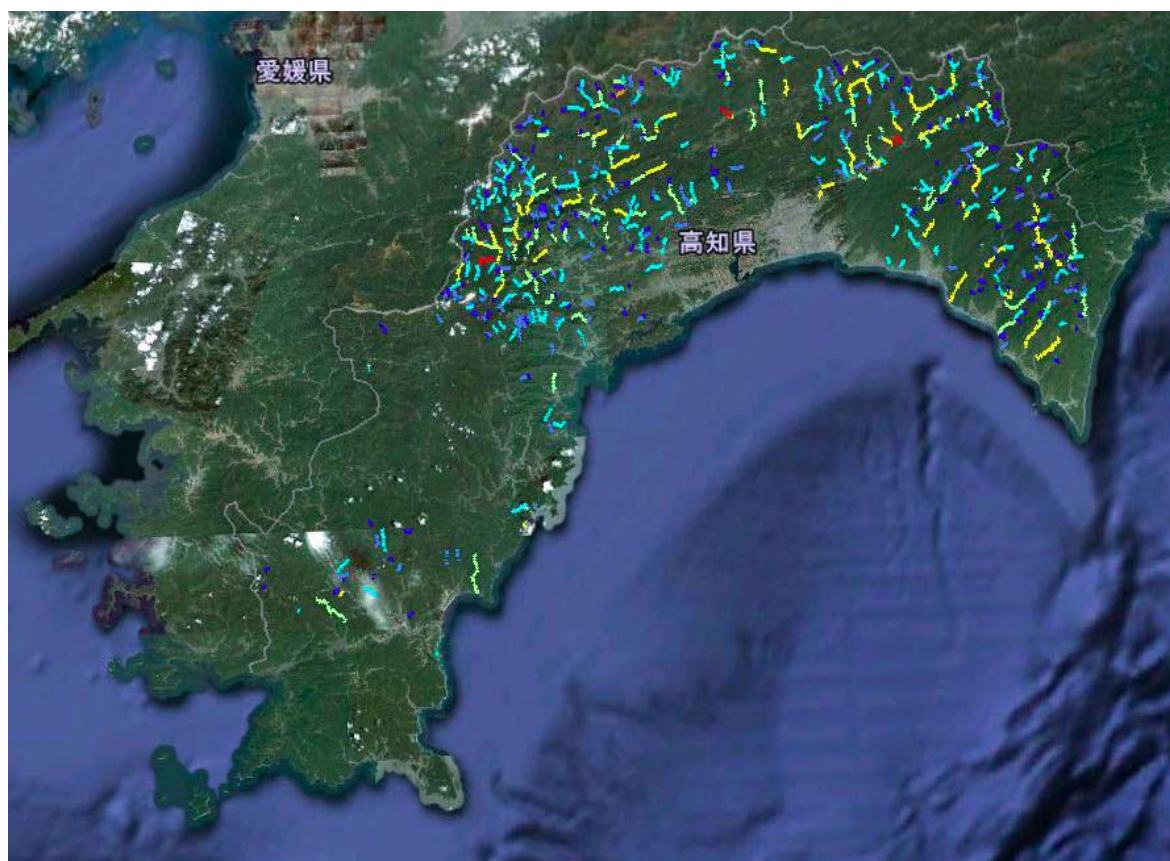
物部川流域は、上流域として白髪山をはじめとする急峻な山地から成り、中流域として永瀬ダムより下流の本川沿いには河岸段丘地形が続き、下流域として合同堰より下流は、広い扇状地が形成されている。河床勾配は、上流域は約1/40、中流域は約1/145、下流域は約1/280 の急流河川である。

発電用水としても利用され、治水・かんがい・発電の多目的ダムとして建設した永瀬ダムのほか、吉野ダム、杉田ダムを含め、現在6箇所の発電所により最大出力約6.4 万kWの発電が行われている。



(出典：高知県「緑の分権改革」推進事業報告書)

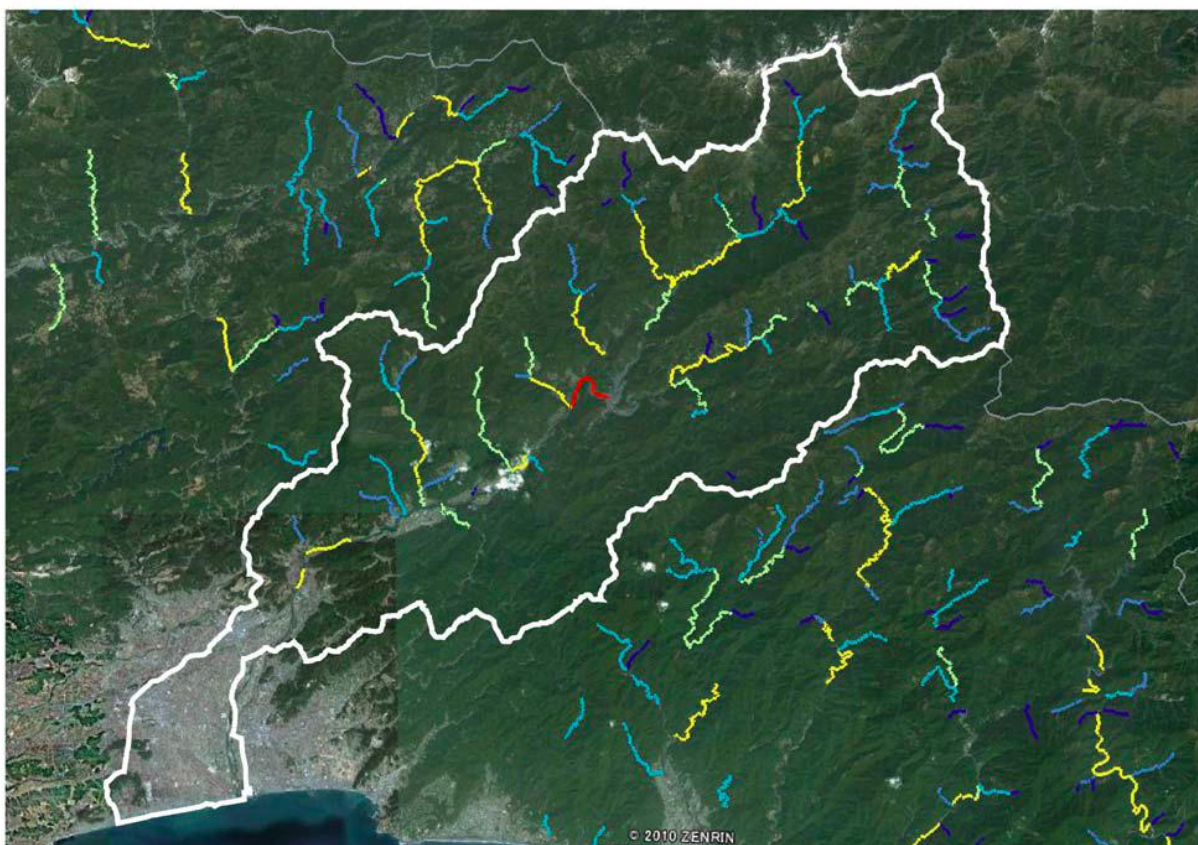
■ 高知県小水力発電 賦存量マップ（利用可能量）マップ



出典：平成 21 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャルマップ（環境省）



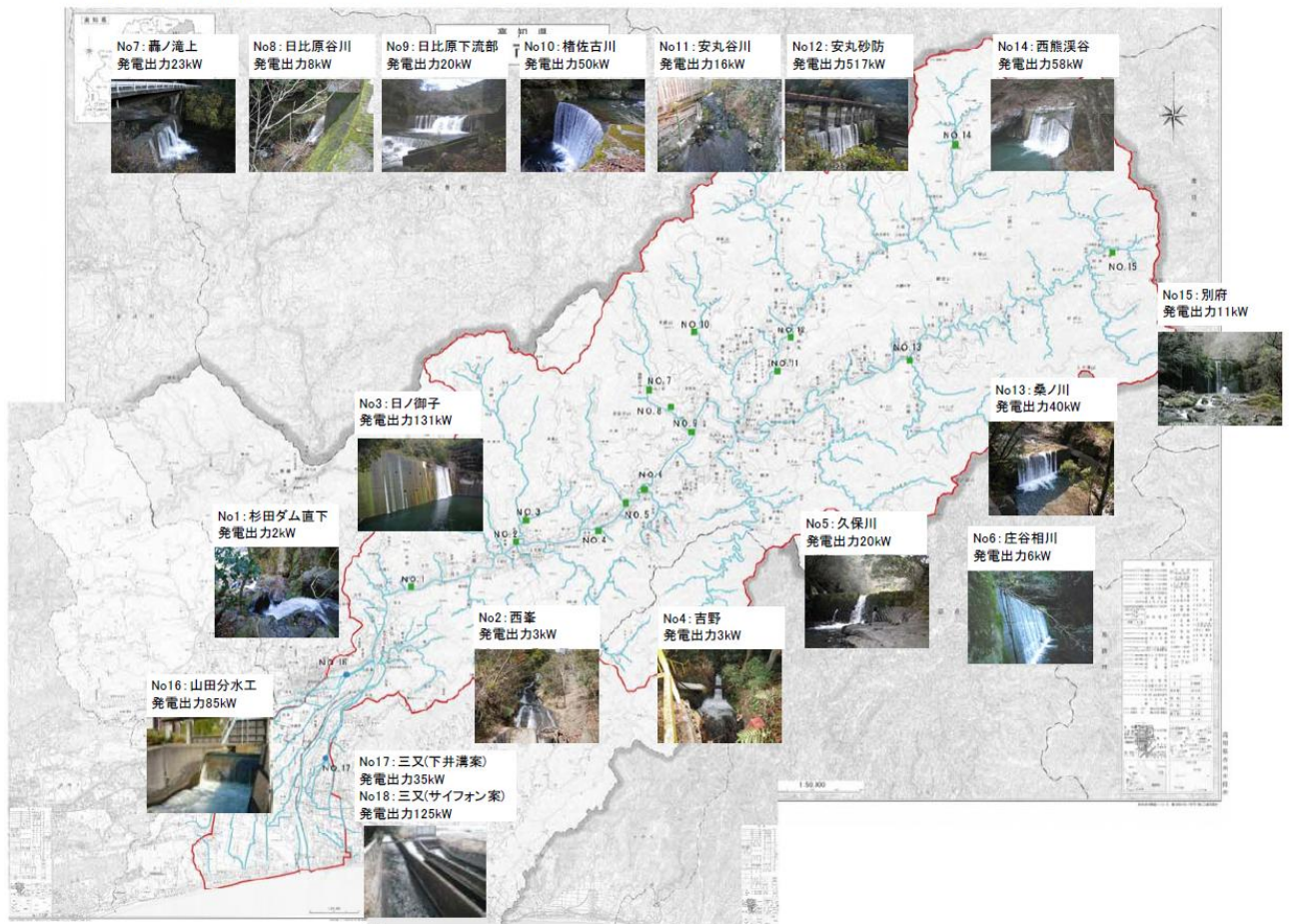
■ 物部川流域の小水力発電 賦存量マップ



出典：平成 21 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャルマップ（環境省）



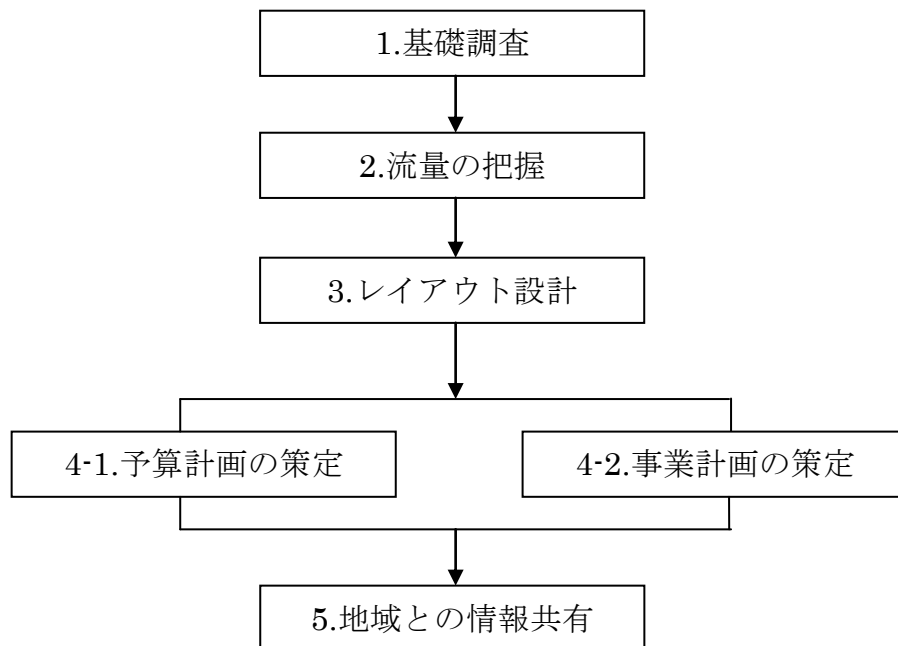
■開発可能性が高い地点マップ



(出典：高知県「緑の分権改革」推進事業報告書)

1-2 業務フロー

本業務の業務フローを示す。



(a) 基礎調査

対象地域において、現地調査をそれぞれ1回実施し、小水力発電の事業可能性を検討する上で必要な以下の基礎情報について整理した。1回の現地調査で情報が得られない場合は必要に応じて文献調査や追加の現地調査を行った。

また、調査の際は、調査項目や調査方法について、小水力発電の外部専門家と打合せを実施し、アドバイスを受けた。

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. 流域面積2. 河川構造物の概要3. 地形4. 流量（目視）5. 取水候補地6. 発電候補地7. 地質8. 植生9. 落差10. 標高11. 河川区分12. アクセス道の概要13. 高圧配電線や電柱の位置14. 管理者や地権者 など |
|---|

1-3 各項目の調査方法

基礎調査の各項目については以下のように調べる。これらは必ずしも互いに独立ではなく、一つの項目の結果が他の結果に影響する場合があります、全体の状況から総合的に判断するような工程を踏む場合がある。

1) 流域面積

取水候補地点に連続する土地で、降水が取水候補地点に流れ込むような地形にある部分の面積を言う。取水地点を決定後に、主に地形図から読みとる。一般に流域面積は大きい方が安定した取水の観点から望ましい。

2) 河川構造物の概要

対象となる河川に河川構造物がある場合、それを調査対象とする。砂防堰堤、取水堰堤・取水口、橋梁等が該当する。農業用水や飲料水（簡易水道等）の取水口が近くにあ

る場合は発電用の利水ができない場合がある。近隣にダムがある場合には、ダムの最高水位がどこに来るのかも注意する。

3) 地形

対象地点近傍の土地のおおよその状況を調査する。特に河川の合流の状況を対象区間で調べる。これは地形図に掲載されていない場合があり、これにより流域面積が大きく変わる要因になりうる。さらに、河川勾配を事前に地図で計算し、現地で確認を行う。これは落差や施工容易性さらに自然災害リスク等に関係する。

4) 流量（目視）

対象地点近傍の流量を目視や簡易な手法で計測する。流速の異なる地点や、複数人での目視によって行う。堰がある場合には、堰堤幅と流速および越流水深等も参考にする。計測の日付・季節とそれまでの天候、近傍の植生・濁水の程度等で、年間を通じて安定した水量が望めるかを検討する材料とする。

5) 取水候補地

取水の方法により大きく 3 種類に分かれる。

(a) 取水堰堤を新たに設置する場合

溪流等から取水する場合で付近に砂防堰堤等の河川構造物がない場合は、新規に取水目的の堰堤を構築する必要がある。この場合、取水と土木工事との観点から候補地を選択する。まず、取水については、土砂や落ち葉が流れ込み難いような塞がれ難い取水口を作れること、取水後に水平（正確には 1 パーミル以上の勾配）で発電地点まで導水できるような水路を作れることが必要である。また、排砂ゲートや除塵機を設置するスペースがあるかも調べる。各種の設備は増水時に水没しないことが必要である。土木工事の観点からは、安定した岩盤があること、重機が入れるアクセス道があることなどを調べる。

(b) 既存の砂防堰堤から取水する場合

近傍に砂防堰堤がある場合は、堰堤の利用を検討する。取水口に関する調査として、上述の観点に加えて、特に土砂が堆積しやすいので対策も含めて位置を検討する。導水は堰堤を越える必要があるため、水平に構成することが困難なことが多い。サイフォンもしくは堰堤を遠回りするような構造を考える必要がある。主堤と副堤との 2 段構造になっている場合に、副堤から取水すると土砂流入をかなり押さえることが可能となる。ただし、後述する落差が小さくなるので採算性は悪化する。また主堤からの流入の勢いを副堤の貯水により和らげて構造物への負荷を軽減している場合があるので、最大取水の場合でも副堤の貯水が一定以上残存する様にする。いずれの場合にも、堰堤の構造に悪影響を与えないような注意が必要である。

(c) 既存の用水路から取水する場合

用水路から取水する場合は、土砂の影響が少なくなるので排砂ゲートや沈砂地は小さくて構わないか、もしくはなくて良い。用水路が3面で上部が開放されている開渠の場合、落ち葉の影響が大きいため除塵機の設置が可能になる様にする。用水路の途中から取水する場合はゲート構造の空間が必要で、落差工で取水する場合は、水の流れを悪化させない様に落差の途中から取水できるような構造が可能か検討する。

6) 発電候補地

発電所を建設できる空間があること、増水時に浸からないこと、メンテナンスの際に水車・発電機をつり上げることが可能な構造に出来ること、などから検討する。衝動水車の場合は河川に水を戻す吐水口より水車の排出口を高くできないとならない。なお、反動水車の場合はこの制約はない。自家発電の場合は需要家までの距離、売電の場合は電力系統までの距離も勘案に入れる。

7) 地質

公表されている地質データ（例：産業総合研究所のシームレス地質図）の他、目視でも確認する。地質によっては自然災害のリスクが上昇し、また水力発電の構造物を建設するのが困難かコスト高になる場合がある。

8) 植生

近傍および周辺山林の植生を調べる。自然災害のリスクや、山林の保水力による採算性の違いに影響する可能性がある。概して植生の与える影響の程度は小さい。

環境省 自然環境局 生物多様性センター, <http://www.biodic.go.jp> より取得

9) 落差・標高

取水地点と発電地点との標高差を落差と呼ぶ。これが大きいほど採算性が高いので、取水候補地と発電候補地を検討する際に十分に意識する必要がある。取水点の標高が高くなると流域面積が減少するので、取水量の変化が大きく渇水期の影響を受ける可能性が出て来る。

10) 河川区分

どの河川区分（一級河川、二級河川、準用河川、普通河川）かを調べる。法定河川（一級河川、二級河川）の場合は国土交通省直轄区間かどうか調べる。都道府県庁河川課や市町村の役場で調べることが可能である。検討個所が区分境界に近い場合には、現地で境界票を確認し、取水地点から発電地点まで同一区分なのか異なる区分にまたがっているのかを調査する。

11) アクセス道の概要

土木工事の際に、構築しようとする構造物の位置に重機が侵入可能かアクセス道を調べる。アクセス道がない場合、新たなアクセス道を準備できるか、山間部にワイヤーを張って吊り降ろしが可能かを検討する。発電所内にクレーンを設置しない場合は、メンテナンス時に水車・発電機を持ち上げるためのクレーン車が発電所まで侵入可能かを検討する。

12) 高圧配電線や電柱の位置

自家発電の場合は需要家まで、売電の場合は電力会社の系統までの電力線があるかを調査する。今回対象としている 100kW 以上での売電の場合は、電力会社の高圧配電線（三相 6600V）と並列する必要がある。高圧配電線が近傍にあるか、ある場合はどの電柱に共架するのかを調査する。単相の場合は、どこまで三相になっているのかを調べ、1 線分の延長の距離を調査する。また、変電所から発電所までの集落と、発電所から更に奥に居住している集落の程度を調べ、配電網全体で発電所がどの位置にくるかの見当をつけておく。

13) 管理者や地権者

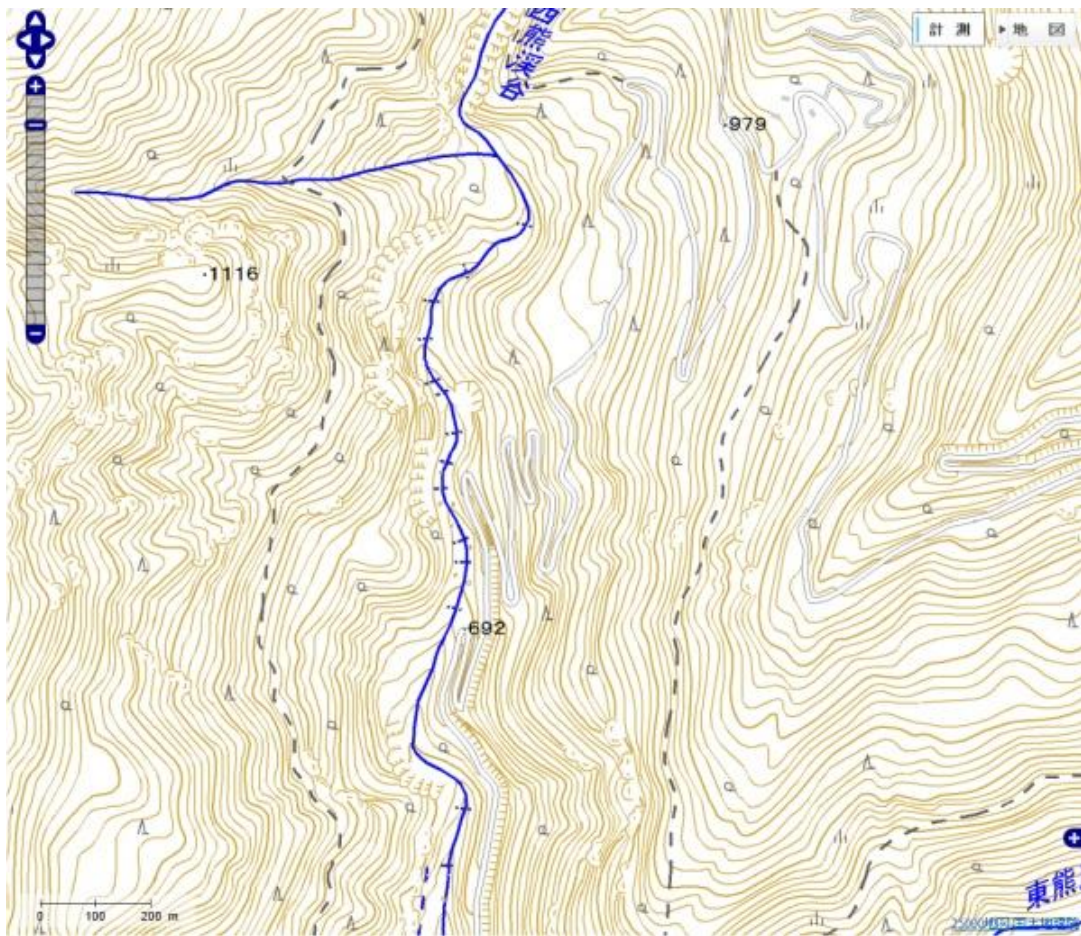
河川管理者、河川構造物の管理者、近傍の土地の地権者、保安林指定の有無を調べる。地権者はおおざっぱに、国もしくは准ずる団体の所有有、地方公共団体の所有、地域の関係者所有、その他に分けて判明すれば良い。個人所有の場合はより進んだプロセスで地権者を調べる。これに加えて、水利権や水利用の実態を調査する。農業、漁業、飲料水等で利用されている場合、権利者や利用者との協議が必要になるので、関係する団体等も調査する。

2 調査地点

2-1 西熊溪谷

西熊溪谷は、今回の調査では机上検討から調査対象となった唯一の地点である。一級河川物部川の最大支流上韮生川の源流域にあたり、もみじの名所としても知られている。西熊溪谷には、住友共同電力がすでに取水堰を設けており、五王堂発電所まで導水し発電事業を行っている。

住友共同電力の取水堰の上流には連続した砂防堰堤があり、その区間だけでも落差は100m以上ある。よって、住友共同電力の取水堰から300m地点の右岸平坦地点を発電所と想定し、取水地点は連続した砂防堰堤の最上段として検討した。



出典) この背景地図データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

図 西熊地図

基礎データ	地点名	香美市物部町久保
	水系河川名	物部川水系上葦生川西熊溪谷
	流域面積	14.13km ²
	河川構造物の概要	砂防堰堤
	河川区分	一級河川
	地形	V字谷。斜面崩落地帯。河川勾配 12%。
	地質	取水地点ほか、流域の主な地層は、前-後期ジュラ紀(J1-3)の付加コンプレックスの基質。 発電地点は、前-後期ジュラ紀(J1-3)の付加コンプレックスの玄武岩ブロック(石炭紀-ペルム紀)。
	植生	ツガーコカンスゲ群集
	標高	取水位 810m、放水位 671m
	管理者や地権者	砂防堰堤は林野庁管理。近傍は保安林指定。
発電計画諸元	流量	最大流量入力 m ³ /s、豊水流量 0.9m ³ /s 180 日、 平水流量 0.8m ³ /s 15 日、低水流量 0.5m ³ /s 80 日、 渇水流量 0.3m ³ /s 80 日、最低流量 0m ³ /s 10 日
	取水候補地	発電所地点から 1000m 上流の連続した砂防堰堤の最上段
	発電候補地	住友共同電力の西熊取水堰の上流 400m 右岸
	落差	120m
高圧配電線や電柱の位置	アクセス道の概要	県道西熊線
	発電所用地	取水堰より 1000m 下流
	アクセス	県道西熊線
	連系配電線	四国電力高圧配電線 三相 6,600V
	需要設備	無（全量売電）

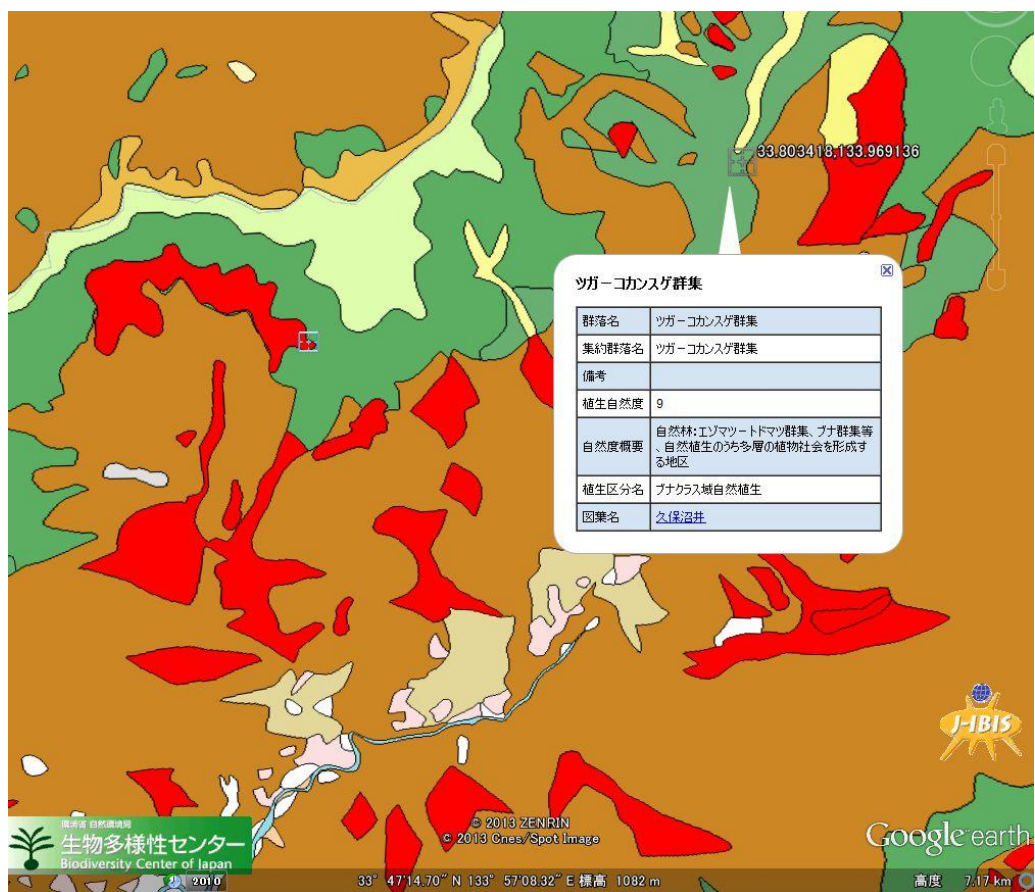


図1 西熊 植生図



写真 西熊溪谷 連続砂防ダム

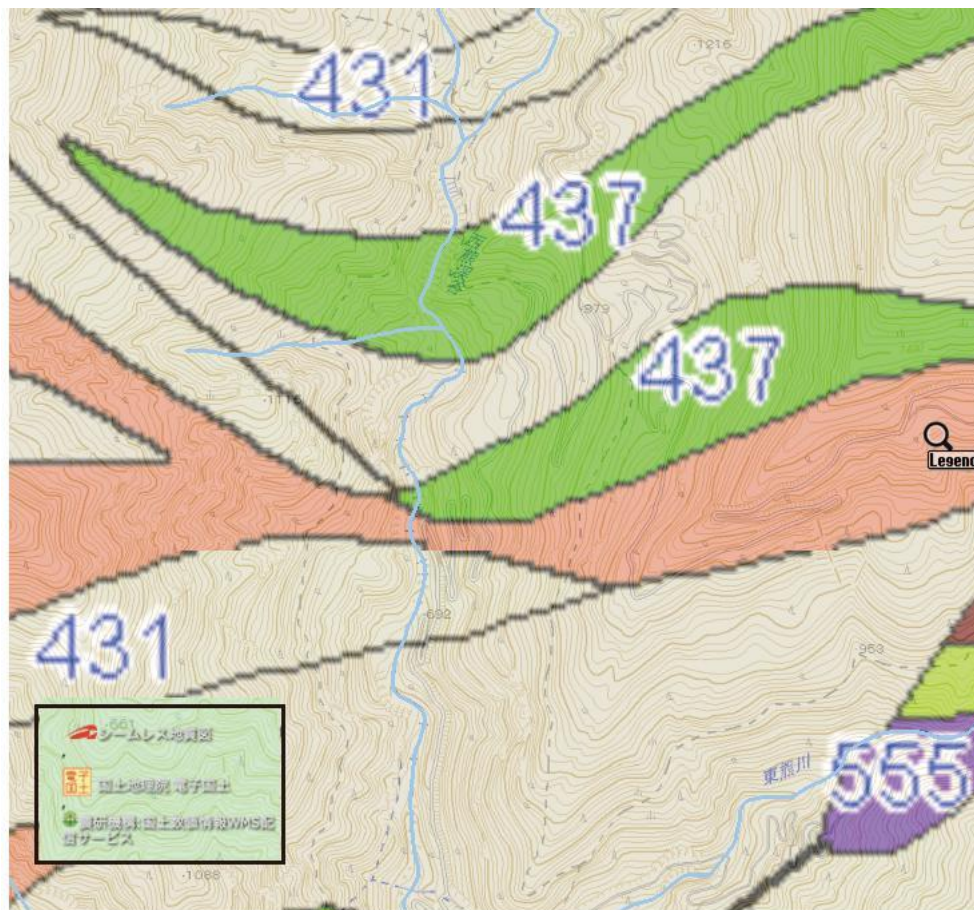


図 1 西熊 地質図

取水地点ほか、流域の主な地層は、前-後期ジュラ紀(J1-3)の付加コンプレックスの基質で形成されている。

説明：約 2 億年前～1 億 4600 万年前に海溝で複雑に変形した地層(付加体)

発電地点は、前-後期ジュラ紀(J1-3)の付加コンプレックスの玄武岩ブロック(石炭紀-ペルム紀)で形成されている。

説明：約 2 億年前～1 億 4600 万年前に付加した玄武岩(海底火山を構成していた岩石の一部)

上流、下流に、前-後期ジュラ紀(J1-3)の付加コンプレックスのチャートブロック(石炭紀-中期ジュラ紀)が点在する。

説明：約 2 億年前～1 億 4600 万年前に付加したチャートという岩石(ガラスと類似の成分)

2-2 安丸

安丸砂防堰堤は、高知県の中で最大級の水量と落差の砂防堰堤であり、高知県企業局の小水力の調査でも候補地に上がっていた。

住友共同電力の五王堂発電所からの吐水も加わり、安丸砂防堰堤では常に上葦生川のすべての水がここを流下する。副堤も含めた落差は 13.5m である。砂防堰堤の長さが 50m 以上と長く、取水方法と発電方法の選定が困難で実現可能な計画を描くことが難しかった。

今回は、あらためて発電方法と取水方法を検討することとした。



出典) この背景地図データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

図 2 安丸地図

基礎データ	地点名	香美市安丸
	水系河川名	物部川水系上葦生川
	流域面積	91.44km ²
	河川構造物の概要	砂防堰堤
	河川区分	一級河川
	地形	V字谷。斜面崩落地帯。砂防堰堤上流の河川勾配 1.9%。
	地質	流域全体は、前期白亜紀(K1)の海成堆積岩類 東南東に後期ジュラ紀-前期白亜紀(J3-K1)の付加コンプレックスの基質が分布
	植生	スギ・ヒノキ植林
	標高	取水位 214m、放水位 199m
	管理者や地権者	砂防堰堤は高知県管理。
発電計画諸元	流量	最大流量入力 m ³ /s、豊水流量 1.8m ³ /s 290 日、 平水流量 0m ³ /s 0 日、低水流量 1.5m ³ /s 35 日、 渇水流量 0m ³ /s 30 日、最低流量 0m ³ /s 10 日
	取水候補地	安丸砂防堰堤左岸から上流 100m
	発電候補地	安丸砂防堰堤左岸から下流 100m 地点
	落差	13m
高圧配電線や電柱の位置	アクセス道の概要	県道 49 号線から砂防堰堤を通る車道あり。
	発電所用地	ヘッドタンクからのパイプ内に水中タービンを設置
	アクセス	砂防堰堤上の車道から道路設置
	連系配電線	四国電力高圧配電線 三相 6,600V
	需要設備	無（全量売電）



図 3 安丸 植生図



写真 安丸砂防ダム



図 4 安丸 地質図

流域全体は、前期白亜紀(K1)の海成堆積岩類で形成されている。

説明：約 1 億 4600 万年前～1 億年前に海で形成された地層

東南東には後期ジュラ紀-前期白亜紀(J3-K1)の付加コンプレックスの基質¹⁾ 及び後期ジュラ紀-前期白亜紀(J3-K1)の付加コンプレックスの石灰岩ブロック(ペルム紀-前期白亜紀)²⁾ が分布する。

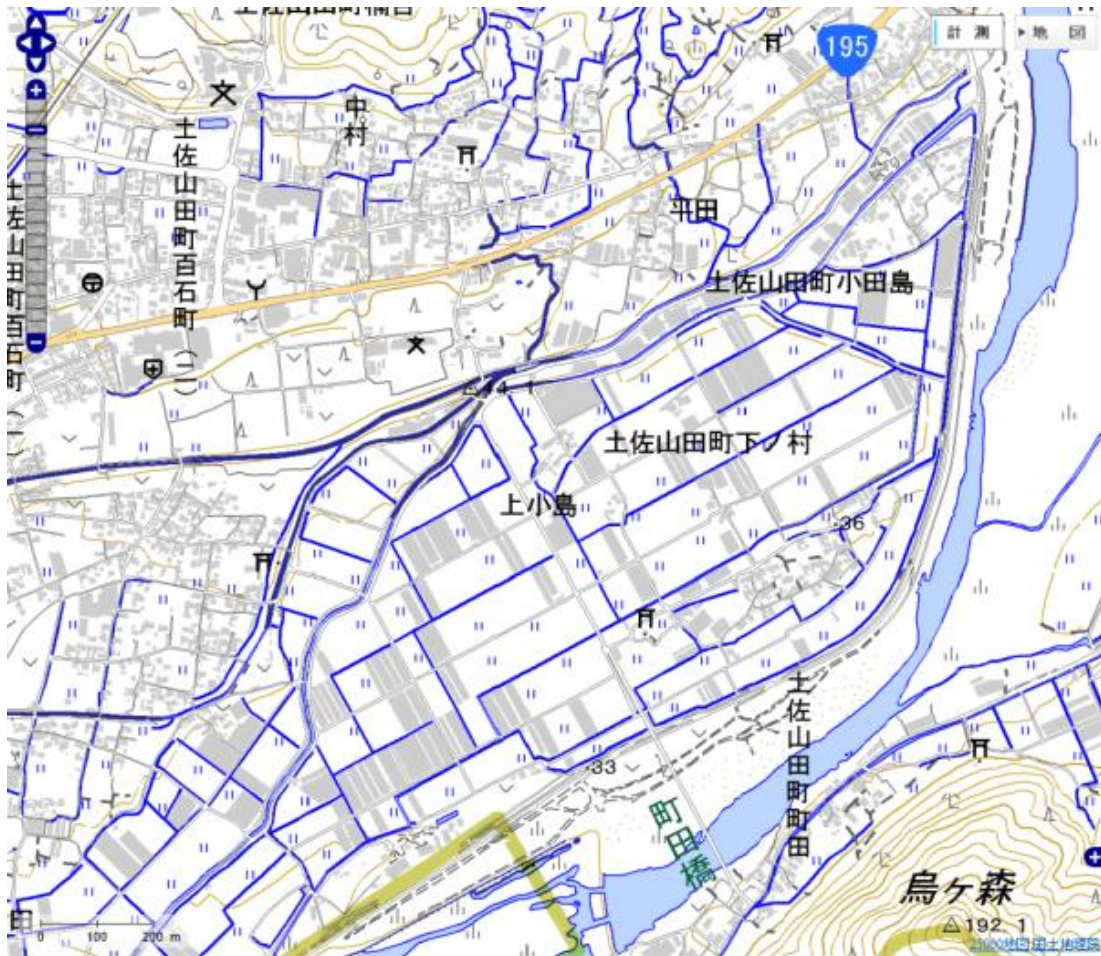
1) 説明：約 1 億 6100 万年～1 億年前に海溝で複雑に変形した地層(付加体)

2) 説明：約 1 億 6100 万年～1 億 3000 万年前に付加した石灰岩(セメントの原料)

2-3 山田分水工

山がちで平地の少ない高知県の中で最も広い面積の田畑を潤す用水が山田合同堰から取水される用水である。江戸期の土佐藩の偉人、野中兼山が開削した山田堰とその用水が、この用水路の原型である。

まとまった水量があり、許可水利を持っている高知県内で数少ない用水路であることより、今回調査対象とすることとした。過去から現在まで利用されている遺産を利用して発電ができないものか可能性を探ることとした。



出典) この背景地図データは、国土地理院の電子国土 Web システムから提供されたものである。

図5 山田地図

基礎データ	地点名	香美市土佐山田町楠目
	水系河川名	山田分水
	流域面積	調査中
	河川構造物の概要	無
	河川区分	
	地形	
	地質	用水路は、後期更新世-完新世(H)の海成または非海成堆積岩類
	植生	水田雑草群落
	標高	取水位 38m、放水位 34m
	管理者や地権者	
発電計画諸元	流量(m ³ /s)	自-至 全体流量(分水後流量) 03.21-07.31 8.61 (3.50) 08.01-09.03 6.06 (2.46) 10.01-11.30 3.89 (1.58) 12.01-03.20 3.19 (1.30)
	取水候補地	分水直後の落差工途中
	発電候補地	香美市土佐山田町楠目
	落差	3.5m
高圧配電線や電柱の位置	アクセス道の概要	国道 195 号
	発電所用地	分岐後、50m 先の落差工近傍
	アクセス	国道 195 号から楠目小学校方面に、水路脇に道路。
	連系配電線	四国電力高圧配電線 三相 6,600V
	需要設備	無(全量売電)

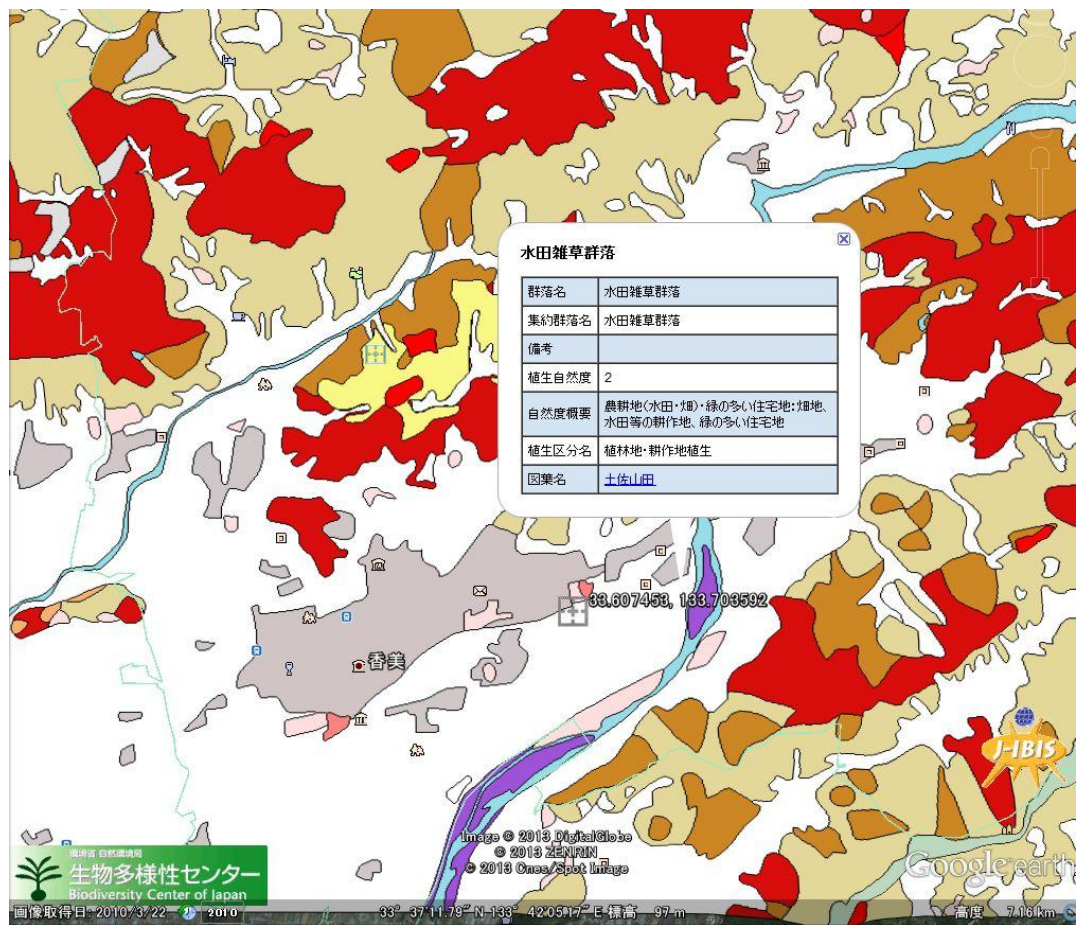


図 6 山田 植生図



写真 山田分水工

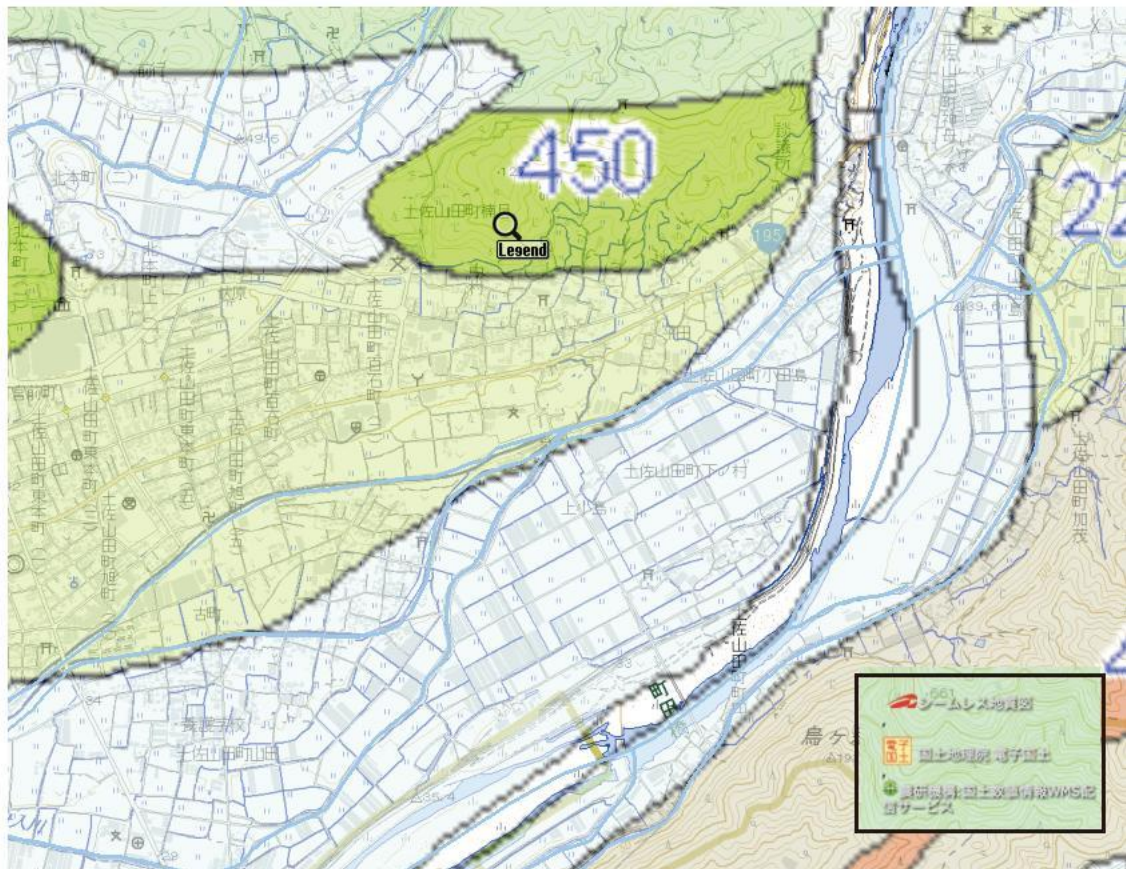


図 7 山田 地質図

用水路は、後期更新世-完新世(H)の海成または非海成堆積岩類で形成されている。

説明：約 1 万 8000 年前～現在までに形成された最も新しい時代の地層

北部は主に後期更新世(Q3)の低位段丘堆積物である。

説明：川沿いの低地に分布している約 7 万年前～1 万 8000 年前に形成された段丘層

北部には後期ジュラ紀-前期白亜紀(J3-K1)の付加コンプレックスの基質も点在する。

説明：約 1 億 6100 万年～1 億年前に海溝で複雑に変形した地層(付加体)

3 流量の把握

発電計画を策定するうえで、取水位・放水位と並んで最も重要なデータが河川流量である。これは流量と落差の積が発電出力を決定する主たる要素であるためである。

今回の計測は通常の河川流量の計測同様に以下の手順を経て行った。

- ・ 該当河川において流速と河川状況が安定している地点を選定する。
- ・ 河川横断長を計測する。横断長と河床形状に応じて計測幅を決定する。河床形状の変化が大きい区間については計測幅を縮める。
- ・ 計測幅毎に水深を計測する。
- ・ 流速計により、計測幅ごとの流速を計測する。水深が 75cm 未満の場合は 60%水深での計測値をもって当該区間の平均流速とする。75cm 以上の場合には 20%水深と 80%水深での流速を計測した後、両者の算術平均値をもって当該区間の平均流速とする。
- ・ 計測幅毎の断面積を、水深と計測幅の積によって求める。さらに計測幅毎の流量を断面積と流速の積によって求める。
- ・ 以上の流量の総和を当該地点での河川流量とする。

計測は計測・測量担当者が 1 名以上の補佐員とともに行った。計測には携帯型電磁流速計を使用した。これは経済産業省が定める「発電水力流量測定規則」に準拠した検定¹を受けている。

今回の調査事業では、実測日を 1 回だけ設けた。特に今回は各河川での渇水流量を把握することを目的としており、高知県においては 1 月が渇水である。これは、事業計画を策定する上で該当河川の渇水時にどれだけ発電量が減るのかを把握することが計画策定上重要なポイントであるからである。降雨の影響も勘案する必要があるため、測定日の直近でどのような降水量があったかも記載する。

¹ <http://www.ceresco.jp/ryusokukei/youryou/kaisyaku.html>

3-1 西熊

3-1-1 流量計測

西熊での流量計測は表 1 の通り実施した。

表 1 西熊の流量観測情報

計測日	2013 年 2 月 7 日 9 時 30 分～10 時 10 分
流速計	携帯型電磁流速計ケネック社製 LP30
操作者	測定士、千光士眞明
立会者	CHE 藤島和典

測定地点は、実際の取水予定地点より 150m ほど下流に、流れが安定し河床も均一な地点があり流量測定地点とした。まず測定地点の河川は 8.10m の横断があり、左岸から 0cm、30cm、70cm、100cm、140cm、200cm と刻み、次からは 50cm 間隔で、水深と流速を実測した。合計 20 地点の水深と流速を求め、19 の区間流量を合計して西熊溪谷の流量を算出した。

求められた流量は、 $1.1803\text{m}^3/\text{s}$ となった。

図の上が、区分された河川横断図であり、下の表が測定結果を示している。

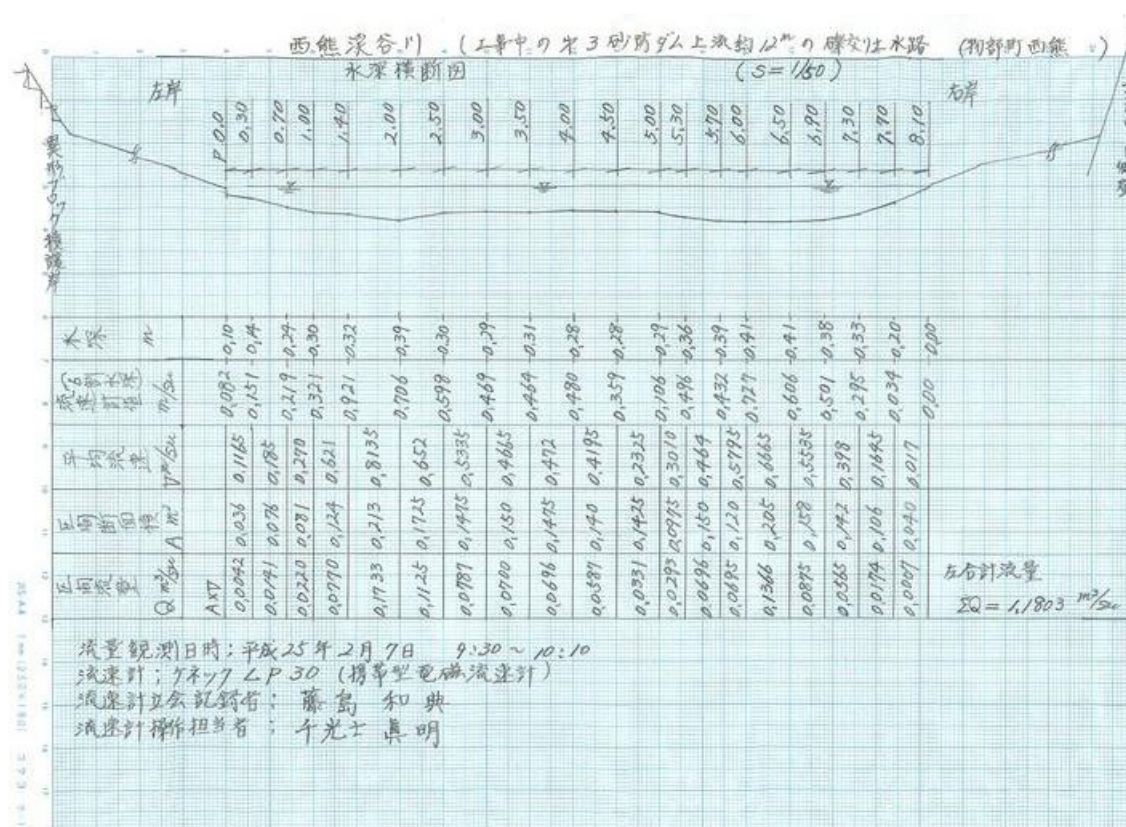


図 8 流量観測 (西熊溪谷川)

今回の西熊溪谷では、2013 年 2 月 4、5、6 日と降雨が見られ、大栃観測所によるとそれぞれ、18mm、6.5mm、8.5mm の降雨があった。2 月に入り雨と降雪が続き、測定値は湧水流量でない。前後で現地調査を行った際の目測により、湧水流量より 3～5 割増しと推定している。

表 2 西熊の調査補足気象情報

日			2/1	2/2	2/3	2/4	2/5	2/6	2/7
天気概況	昼	(06:00-18:00)	曇後時々雨	曇後晴	晴	雨後曇	曇一時晴	晴一時雨	晴後曇
	夜	(18:00-翌日06:00)	大雨	快晴	曇後雨	晴	雨	晴	曇後晴
降水量(mm)	合計		16	14	0	18	6.5	9.5	0
	最大	1 時間	4.5	6.5	0	5	3	3.5	0
		10 分間	1.5	3	0	2	1	1	0
気温(℃)	平均		8.4	12.3	7.7	9.4	8.8	8.7	5.7
	最高		14.4	19.7	15.2	14.4	13	12.5	11.2
	最低		2.8	6.3	2.7	5.5	5.3	4.6	1.6
湿度(%)	平均		85	72	51	83	64	74	61
	最小		67	28	28	58	38	34	30
気圧(hPa)	現地平均		1027.5	1018.4	1022.7	1014.7	1017.5	1010.6	1012.7
	海面平均		1028.1	1019	1023.3	1015.3	1018.1	1011.2	1013.3

出典) 気象庁：気象統計情報より作成



写真 香美市西熊溪谷 流量測定の様子

3-1-2 流量推定

西熊では、取水予定地点の現地流量測定時と同時刻の同一水系河川データが不明である。また、測定した現地流量は渇水期のものとは認められない。最も近傍の流量データは同一水系の五王堂測水所であり、地勢が良く似ている。よって、五王堂測水所の過去の流量データで流域面積比を乗じて取水予定地点の年間流量を推定した。

西熊の取水予定地点における流域面積は 14.13km² であり、五王堂測水所の流域面積は 48.29km² である。よって流域面積比は 0.293 となる。2011 年 1 年間の五王堂測水所の流量データ（表 3）に対して流域面積比を乗じ、取水予定地点の流量を表 4 の通り推定した。

表 3 物部川水系 上葦生川 五王堂測水所の流量表

単位：m³/s

年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年
月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
日												
1	1.68	1.15	6.70	12.50	12.50	20.10	22.00	13.00	4.70	10.10	7.17	5.49
2	1.68	1.15	5.40	10.40	10.40	17.30	18.20	12.60	22.50	9.06	6.59	5.22
3	1.68	1.15	4.23	9.06	9.06	14.40	15.60	11.20	79.70	8.41	6.59	6.59
4	1.68	1.15	3.59	8.13	8.13	12.50	13.60	9.90	47.10	8.09	6.31	6.03
5	1.54	1.15	3.20	6.97	6.97	11.10	23.50	9.28	29.10	7.78	6.31	5.22
6	1.54	1.15	3.01	6.43	6.43	9.71	16.90	15.20	21.60	7.48	6.31	4.97
7	1.54	1.15	4.68	5.90	5.90	9.06	25.50	11.60	17.20	6.88	5.75	4.72
8	1.40	1.40	3.59	5.40	5.40	9.06	20.10	9.90	14.50	6.31	5.75	5.49
9	1.40	1.54	3.20	4.91	4.91	7.84	17.30	8.67	12.60	6.03	5.49	4.97
10	1.40	1.83	2.82	5.40	5.40	7.26	14.40	8.08	10.90	5.75	5.22	4.72
11	1.40	1.98	2.64	11.10	11.10	37.80	12.90	7.23	9.59	5.49	5.22	4.47
12	1.40	1.98	2.47	21.50	21.50	29.40	11.80	6.95	8.67	5.22	4.97	4.23
13	1.40	1.68	2.47	15.20	15.20	34.10	10.40	6.42	8.08	5.22	4.72	4.23
14	1.40	1.98	2.30	11.80	11.80	22.50	9.38	5.91	7.23	20.00	4.47	4.00
15	1.40	1.68	2.47	9.71	9.71	16.90	8.44	5.91	6.68	39.70	4.47	3.77
16	1.27	1.27	2.47	8.44	8.44	17.80	7.54	6.16	18.10	21.00	4.23	3.77
17	1.27	1.98	2.30	7.54	7.54	19.60	6.97	5.66	47.10	15.90	4.23	3.77
18	1.27	7.54	2.14	6.70	6.70	16.90	20.50	5.17	28.50	13.40	4.47	3.55
19	1.27	3.59	2.14	6.16	6.16	15.60	84.30	4.93	24.90	11.90	47.10	3.55
20	1.27	2.64	2.64	5.64	5.64	26.60	58.00	4.70	73.00	10.40	25.70	3.33
21	1.27	2.30	6.70	5.64	5.64	31.70	35.80	4.70	128.0	9.74	15.90	3.33
22	1.27	2.14	5.64	9.06	9.06	23.50	27.00	6.42	49.10	16.80	12.70	3.33
23	1.27	2.14	4.45	10.00	10.00	20.50	21.10	8.67	32.60	16.40	10.40	3.12
24	1.27	2.14	3.80	18.70	18.70	21.00	17.60	5.91	24.60	13.00	9.06	3.12
25	1.27	2.47	3.59	12.90	12.90	20.10	15.60	5.91	20.50	11.50	8.41	3.12
26	1.15	2.64	3.20	10.40	10.40	47.80	14.10	5.66	17.30	10.40	7.48	2.91
27	1.15	2.47	3.01	9.38	9.38	67.90	17.20	6.16	15.10	9.40	6.88	2.91
28	1.15	6.70	2.64	10.70	10.70	49.10	16.00	5.91	13.40	8.73	6.59	2.91
29	1.15		2.64	52.50	52.50	31.10	13.70	5.41	11.90	8.09	6.31	2.71
30	1.15		2.47	42.40	42.40	23.50	12.30	5.17	11.20	7.78	5.75	2.71
31	1.15		2.30	26.10	26.10		11.20	4.70		7.78		2.71

出典：住友共同電力株式会社調査

表 4 西熊の推定流量表

単位：m³/s

年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年	2012 年
月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
日												
1	0.49	0.34	1.96	3.66	3.66	5.89	6.45	3.81	1.38	2.96	2.10	1.61
2	0.49	0.34	1.58	3.05	3.05	5.07	5.33	3.69	6.59	2.65	1.93	1.53
3	0.49	0.34	1.24	2.65	2.65	4.22	4.57	3.28	23.35	2.46	1.93	1.93
4	0.49	0.34	1.05	2.38	2.38	3.66	3.98	2.90	13.80	2.37	1.85	1.77
5	0.45	0.34	0.94	2.04	2.04	3.25	6.89	2.72	8.53	2.28	1.85	1.53
6	0.45	0.34	0.88	1.88	1.88	2.85	4.95	4.45	6.33	2.19	1.85	1.46
7	0.45	0.34	1.37	1.73	1.73	2.65	7.47	3.40	5.04	2.02	1.68	1.38
8	0.41	0.41	1.05	1.58	1.58	2.65	5.89	2.90	4.25	1.85	1.68	1.61
9	0.41	0.45	0.94	1.44	1.44	2.30	5.07	2.54	3.69	1.77	1.61	1.46
10	0.41	0.54	0.83	1.58	1.58	2.13	4.22	2.37	3.19	1.68	1.53	1.38
11	0.41	0.58	0.77	3.25	3.25	11.08	3.78	2.12	2.81	1.61	1.53	1.31
12	0.41	0.58	0.72	6.30	6.30	8.61	3.46	2.04	2.54	1.53	1.46	1.24
13	0.41	0.49	0.72	4.45	4.45	9.99	3.05	1.88	2.37	1.53	1.38	1.24
14	0.41	0.58	0.67	3.46	3.46	6.59	2.75	1.73	2.12	5.86	1.31	1.17
15	0.41	0.49	0.72	2.85	2.85	4.95	2.47	1.73	1.96	11.63	1.31	1.10
16	0.37	0.37	0.72	2.47	2.47	5.22	2.21	1.80	5.30	6.15	1.24	1.10
17	0.37	0.58	0.67	2.21	2.21	5.74	2.04	1.66	13.80	4.66	1.24	1.10
18	0.37	2.21	0.63	1.96	1.96	4.95	6.01	1.51	8.35	3.93	1.31	1.04
19	0.37	1.05	0.63	1.80	1.80	4.57	24.70	1.44	7.30	3.49	13.80	1.04
20	0.37	0.77	0.77	1.65	1.65	7.79	16.99	1.38	21.39	3.05	7.53	0.98
21	0.37	0.67	1.96	1.65	1.65	9.29	10.49	1.38	37.50	2.85	4.66	0.98
22	0.37	0.63	1.65	2.65	2.65	6.89	7.91	1.88	14.39	4.92	3.72	0.98
23	0.37	0.63	1.30	2.93	2.93	6.01	6.18	2.54	9.55	4.81	3.05	0.91
24	0.37	0.63	1.11	5.48	5.48	6.15	5.16	1.73	7.21	3.81	2.65	0.91
25	0.37	0.72	1.05	3.78	3.78	5.89	4.57	1.73	6.01	3.37	2.46	0.91
26	0.34	0.77	0.94	3.05	3.05	14.01	4.13	1.66	5.07	3.05	2.19	0.85
27	0.34	0.72	0.88	2.75	2.75	19.89	5.04	1.80	4.42	2.75	2.02	0.85
28	0.34	1.96	0.77	3.14	3.14	14.39	4.69	1.73	3.93	2.56	1.93	0.85
29	0.34		0.77	15.38	15.38	9.11	4.01	1.59	3.49	2.37	1.85	0.79
30	0.34		0.72	12.42	12.42	6.89	3.60	1.51	3.28	2.28	1.68	0.79
31	0.34		0.67	7.65	7.65		3.28	1.38		2.28		0.79

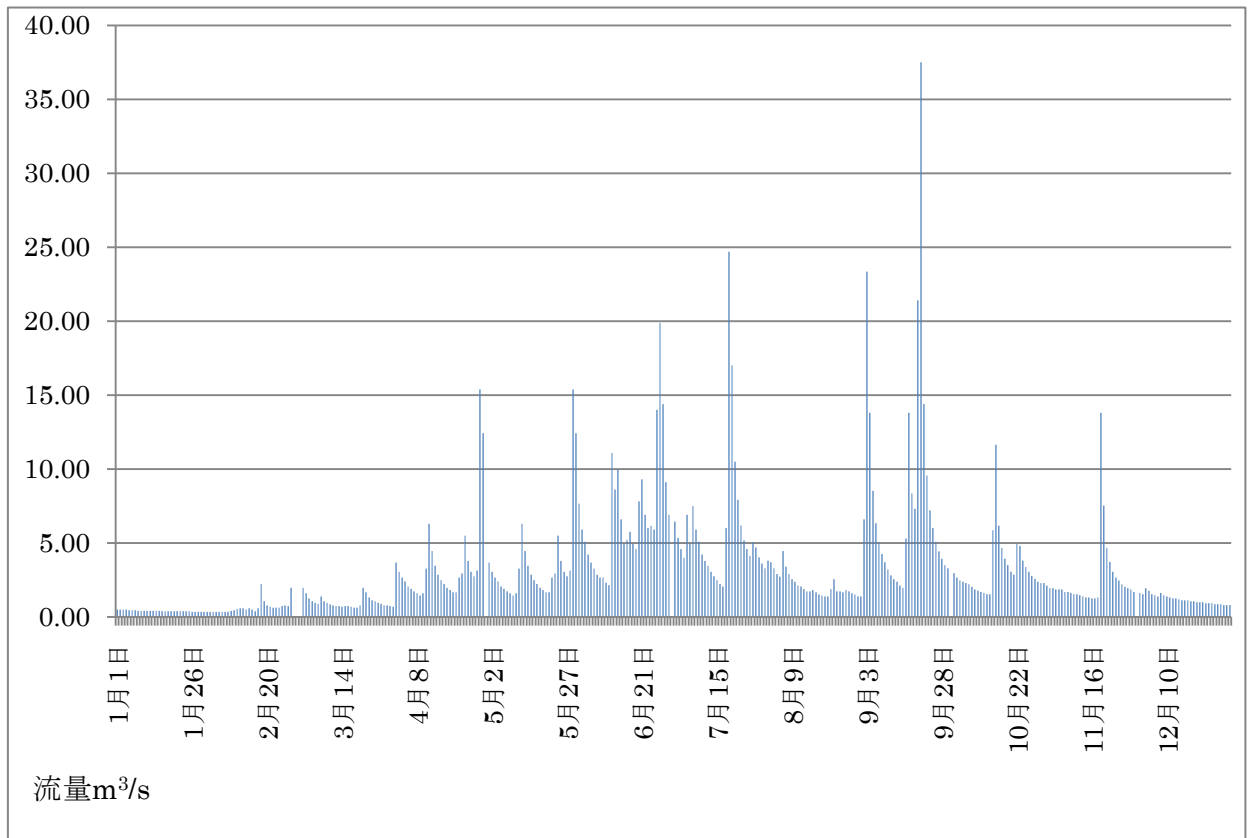


図9 西熊の推定流量時間軸グラフ

3-2 安丸

3-2-1 流量計測

安丸での流量計測は表 5 の通り実施した。

表 5 安丸の流量観測情報

計測日	2013 年 1 月 27 日 10 時 00 分～10 時 30 分
流速計	携帯型電磁流速計ケネック社製 LP30
操作者	測定士、千光士眞明
立会者	CHE 古谷桂信

測定地点は、実際の取水予定地点より 350m ほど上流で、流れが安定し河床も均一であり、浸透が見られない地点を選定し流量測定とした。測定地点の河川横断は 11.80m であり、左岸から 0cm、40cm、100cm と刻み、次からは 100cm 間隔で、右岸際は、1000cm から 1060cm、1100cm、1140cm、1180cm と刻み、水深と流速を実測した。合計 15 地点の水深と流速を求め、14 の区間流量を合計して安丸砂防堰堤の流量を算出した。

求められた流量は、 $2.678\text{m}^3/\text{s}$ となった。

図の上が、区分された河川横断図であり、下の表が測定結果を示している。

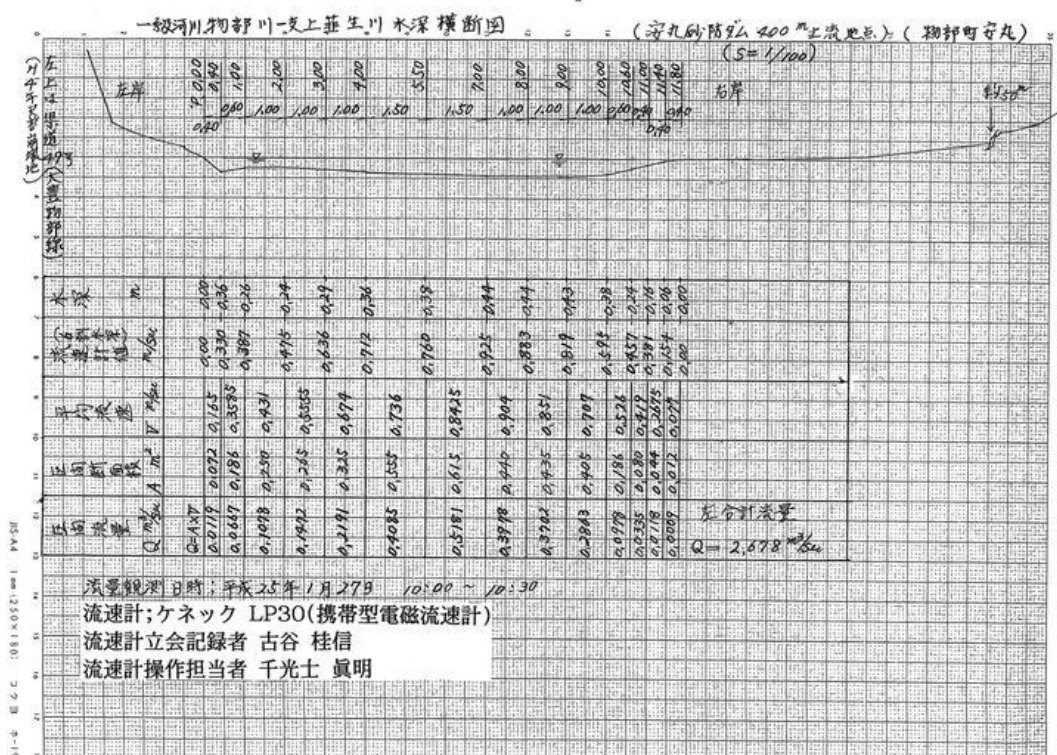


図 10 流量観測 (物部川上葦生川安丸砂防ダム)

今回の安丸砂防堰堤の測定では、大柵観測所によると直近で降雨が見られたのは2013年1月21、22日に、それぞれ13mmと8.5mm降雨が観測された。今回の安丸砂防堰堤での実測値は、湧水流量に近い値が得られたと判断する。

表6 安丸の調査補足気象情報

日			1/21	1/22	1/23	1/24	1/25	1/26	1/27
天気概況	昼	(06:00-18:00)	曇後時々雨	曇一時雨	曇一時晴	晴	晴一時みぞれ	晴	晴
	夜	(18:00-翌日06:00)	雨後一時曇	晴一時曇	晴	晴後一時みぞれ	晴	快晴	晴一時みぞれ
降水量(mm)	合計		13	8.5	0	0	0	0	0
	最大	1時間	5	4.5	0	0	0	0	0
		10分間	1.5	1	0	0	0	0	0
気温(℃)	平均		4.4	8.2	4.2	4.1	2.7	2	1.2
	最高		10.2	12	9.1	11.6	5.6	6.7	4.7
	最低		-1.4	3.3	1.1	-1.3	-0.5	-1.5	-1.2
湿度(%)	平均		77	75	62	62	44	44	52
	最小		48	50	40	25	17	24	28
気圧(hPa)	現地平均		1025	1013.3	1014.8	1013.4	1011.6	1013.5	1018.4
	海面平均		1025.6	1013.9	1015.4	1014	1012.2	1014.1	1019

出典) 気象庁：気象統計情報より作成

3-2-2 流量推定

安丸では、取水予定地点の現地流量測定時と同時刻の同水系河川データがわからない。そこで、流量測定値と同水系の過去の同月の永瀬ダムから、中央値を代表値とし、流量測定値と過去同月の同水系河川データの代表値との流量比を用いて、取水予定地点の年間流量を推定した。また、第1四分位数および第3四分位数までを推定誤差として検討した。

表7 安丸の各種指数

平均値	5.10
標準偏差	0.65
中央値	4.96
第1四分位点	4.63
第3四分位点	5.73
正規四分位範囲	0.82

安丸は、 $2.678\text{m}^3/\text{s}$ （2013年1月27日10時00分から10時30分に計測）である。これに対して、同水系である永瀬ダムのデータは2011年1月の中央値は $4.96\text{m}^3/\text{s}$ 、第1四分位数4.63、第3四分位数5.73となっている。

これらより、同水系河川データに対する取水予定地点の流量比は0.54（推定誤差範囲：0.467～0.578）と算出できた。

表 8 永瀬ダムの流量表

単位：m³/s

年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年
月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
日												
1	0.08	0.08	3.30	0.34	0.63	2.23	2.62	0.68	0.08	0.93	0.43	0.55
2	0.08	0.08	2.51	0.29	0.14	0.85	1.00	0.14	30.08	0.82	0.39	0.43
3	0.08	0.08	1.93	0.14	0.12	0.14	0.23	0.08	85.72	0.68	0.42	0.69
4	0.08	0.08	1.92	0.08	0.08	0.09	0.10	0.08	33.46	0.55	0.31	0.50
5	0.08	0.08	1.92	0.08	0.08	0.08	4.28	0.10	14.91	0.59	0.42	0.33
6	0.08	0.08	1.94	0.08	0.08	0.08	0.83	1.21	7.62	0.56	0.44	0.37
7	0.08	0.08	2.82	0.08	0.08	0.08	4.92	0.11	4.26	0.42	0.31	0.42
8	0.08	0.08	2.20	1.44	0.08	0.08	2.08	0.08	2.69	0.32	0.31	0.55
9	0.08	0.08	2.01	1.61	0.08	0.08	0.99	0.08	2.00	0.31	0.23	0.56
10	0.08	0.08	1.92	0.12	0.20	0.13	0.27	0.08	1.50	0.23	0.21	0.43
11	0.08	0.08	1.92	0.08	0.71	14.21	0.08	0.08	1.11	0.19	0.21	0.42
12	0.08	0.08	1.92	0.08	4.52	8.03	0.08	0.08	0.82	0.14	0.21	0.42
13	0.08	0.08	1.92	0.08	0.89	9.06	0.08	0.08	0.54	0.14	0.21	0.42
14	0.08	0.08	1.72	0.08	0.14	3.52	0.08	0.08	0.34	20.30	0.21	0.42
15	0.08	0.08	1.50	0.08	0.09	0.24	0.08	0.08	0.20	22.06	0.17	0.42
16	0.08	0.08	1.24	0.08	0.08	0.75	0.08	0.08	15.44	5.43	0.14	0.33
17	0.08	0.08	1.03	0.08	0.08	1.18	0.08	0.08	31.32	2.74	0.14	0.31
18	0.08	4.20	1.03	0.08	0.08	0.28	8.49	0.08	13.36	1.64	0.19	0.31
19	0.08	0.72	1.03	0.08	0.08	0.10	93.41	0.08	10.96	1.27	52.13	0.31
20	0.08	0.08	1.36	0.08	0.08	5.27	44.16	0.08	107.64	1.03	11.23	0.24
21	0.08	0.47	2.76	0.08	0.08	6.52	14.79	0.08	206.88	0.87	3.62	0.21
22	0.08	1.70	1.80	0.08	0.32	3.25	6.40	0.21	32.83	4.73	2.06	0.21
23	0.08	2.19	1.31	7.54	0.30	1.36	3.15	0.17	13.76	3.02	1.65	0.21
24	0.08	2.36	1.15	1.16	2.58	1.61	1.53	0.08	6.97	1.62	1.31	0.21
25	0.08	2.89	0.85	0.15	0.25	1.15	1.01	0.08	4.19	1.17	1.03	0.15
26	0.08	2.71	0.55	0.14	0.10	19.65	0.63	0.08	2.77	0.75	0.87	0.14
27	0.08	2.49	0.61	4.37	0.08	41.08	1.90	0.08	1.93	0.69	0.86	0.14
28	0.08	4.83	0.69	3.83	0.21	21.98	1.30	0.08	1.51	0.69	0.73	0.14
29	0.08		0.69	0.52	42.85	8.03	0.70	0.08	1.27	0.53	0.69	0.14
30	0.08		0.57	0.14	14.39	3.75	0.34	0.08	1.10	0.55	0.55	0.14
31	0.08		0.46		5.58		0.15	0.08		0.55		0.14

出典：高知県南国土木事務所永瀬ダム管理事務所, 長瀬ダム観測記録より作成

表9 安丸の推定流量表（中央値）

単位：m³/s

年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年	2011 年
月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
日												
1	3.45	2.26	7.29	3.42	18.98	29.14	31.56	17.43	7.37	12.82	9.16	7.51
2	3.37	2.16	5.89	3.43	16.28	35.67	25.37	16.41	89.00	11.64	8.72	7.17
3	3.34	2.36	4.98	3.27	14.00	24.22	22.05	14.91	221.6	10.95	8.32	9.47
4	3.19	2.10	4.46	3.29	12.44	19.68	19.72	13.29	84.29	10.30	7.83	7.75
5	3.33	2.39	4.15	3.29	10.95	16.96	28.18	13.40	46.32	10.57	7.55	6.86
6	3.14	2.20	4.47	3.11	9.96	15.84	21.57	25.44	32.43	9.38	8.49	6.42
7	3.09	2.29	6.50	3.27	9.14	14.27	34.29	17.20	25.17	8.52	7.17	6.26
8	3.14	2.30	4.97	8.88	8.74	13.98	25.86	14.17	20.17	7.94	6.86	6.86
9	2.96	2.65	4.67	18.85	7.73	12.74	22.57	12.38	17.84	7.65	6.50	6.25
10	2.74	2.29	4.27	8.46	9.24	12.81	19.04	11.47	16.30	7.32	6.24	5.71
11	3.03	2.87	4.01	6.98	17.51	91.17	17.43	10.40	14.32	6.90	6.00	5.46
12	2.68	2.39	3.93	6.09	41.99	58.29	16.15	9.76	12.93	6.77	5.77	5.43
13	2.79	2.17	3.73	5.65	25.81	61.08	14.75	9.05	11.72	6.69	5.45	5.31
14	2.69	2.80	3.66	5.16	18.77	35.93	13.35	8.55	11.04	55.23	5.22	5.15
15	2.68	2.41	3.66	4.99	15.30	26.80	12.27	8.20	10.26	57.81	4.95	4.85
16	2.78	2.33	3.75	4.71	13.13	27.59	11.28	8.97	48.49	28.66	5.03	4.75
17	2.61	3.41	3.46	4.52	11.89	29.55	10.44	7.83	92.83	20.67	4.75	4.56
18	2.80	8.83	3.35	4.37	10.44	26.11	55.44	7.77	48.62	17.60	5.37	4.54
19	2.50	4.50	3.46	4.40	9.52	24.23	318.6	6.95	40.09	15.33	106.4	4.46
20	2.60	3.51	4.36	3.98	8.78	50.53	142.5	6.69	190.4	13.28	36.78	4.30
21	2.61	3.17	8.81	4.01	9.24	58.09	60.29	6.73	310.6	12.44	21.30	4.24
22	2.43	3.13	6.88	5.44	15.02	38.62	42.13	9.29	78.80	34.83	17.59	4.22
23	2.52	3.24	5.83	38.80	15.09	29.76	32.11	11.29	47.20	29.60	14.96	3.99
24	2.42	3.14	5.15	18.62	26.94	28.18	25.95	7.64	33.77	20.61	12.74	4.01
25	2.53	3.23	4.84	12.47	19.09	25.68	23.39	8.80	26.47	17.19	11.53	3.92
26	2.31	3.31	4.48	10.02	15.45	71.57	20.98	9.28	22.46	15.06	10.32	3.66
27	2.31	3.50	4.35	49.96	13.59	118.3	26.16	11.94	19.72	13.28	9.54	3.78
28	2.36	8.43	4.06	43.76	15.17	71.41	22.83	10.43	18.00	12.51	8.89	3.58
29	2.34		3.96	23.62	108.6	43.32	19.75	8.67	15.90	11.18	8.46	3.73
30	2.30		3.67	17.02	62.73	32.27	16.43	7.99	14.40	10.89	7.78	3.48
31	2.33		3.57		35.20		15.53	7.43		10.35		3.56

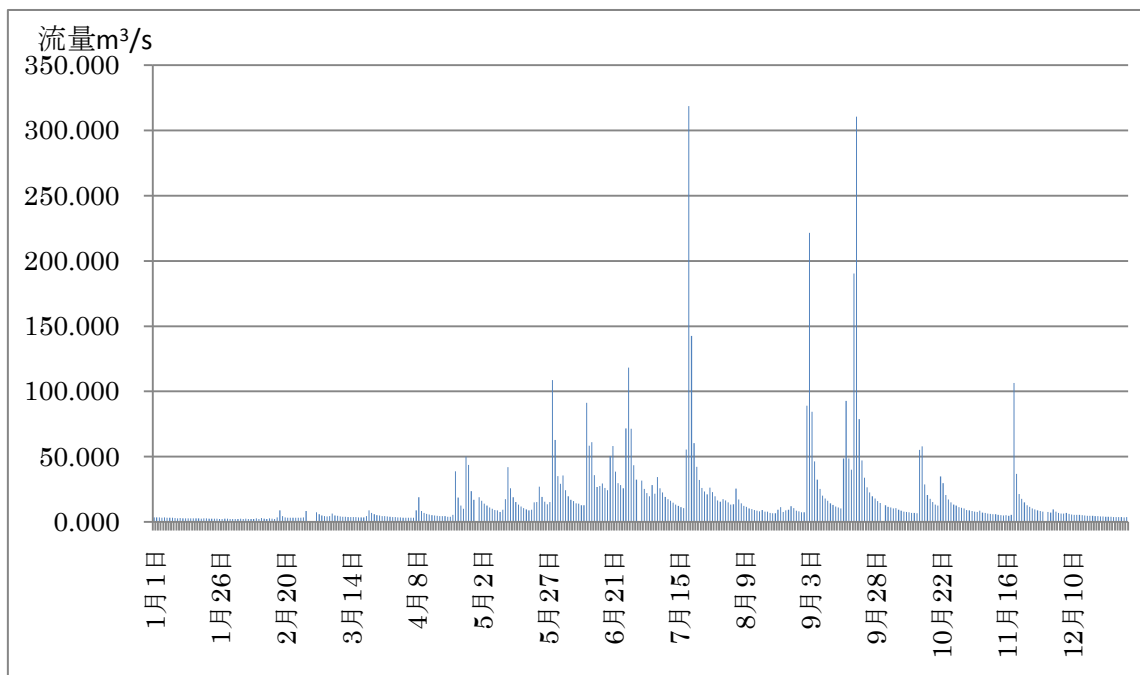


図 11 安丸の推定流量時間軸グラフ

3-3 山田分水

この用水路は農業用であり、許可水利権を取っている。降雨量とは無関係に季節ごとの許可取水量が決められていて、以下の通りである。

表 10 山田堰の許可取水量

期間	山田堰許可取水量	舟入筋推定流量
03 月 21 日～07 月 31 日	8.61 m ³ /s	3.50 m ³ /s
08 月 01 日～09 月 03 日	6.06 m ³ /s	2.46 m ³ /s
10 月 01 日～11 月 30 日	3.89 m ³ /s	1.58 m ³ /s
12 月 01 日～03 月 20 日	3.19 m ³ /s	1.30 m ³ /s

分水後の流量は計測されていないため、正確な値は不明である。上での舟入筋推定流量値は、分水後の当該用水路の推定流量である。これは、最も水量が多い場合について 3.5m³/s 程度というヒアリング結果を得たため、総計画流量より同じ割合で分水されると仮定して推定した値である。

3-3-1 流量計測

山田での流量計測は表 11 の通り実施した。

表 11 山田の流量観測情報

計測日	2013 年 3 月 12 日 10 時 30 分～10 時 50 分
流速計	携帯型電磁流速計ケネック社製 LP30
操作者	測定士、千光士眞明
立会者	CHE 菊池豊

測定地点は、分水から下流 35m ほどを流れが安定している地点として流量測定地点とした。測定地点の用水路は 4.00m の横断があり、左岸から 0cm、50cm、100cm と 50cm 間隔で水深と流速を実測した。合計 9 地点の水深と流速を求め、8 つの区間流量を合計して舟入筋用水路の流量を算出した。

求められた流量は、1.1263m³/s となった。

なお、天候と取水量は無関係であるので、天候についての考察は行わない。今回の測定値時の山田分土工の分水前の計画総流量は 3.19m³/s であり、それからの推定では 1.30m³/s である。

毎入筋用水路 (倉美市上匠山町楠田) 水深横断面
 (S=1/50)

水深	流速計値	平均流速	圧断面積	圧断流量
m	m/sec	m/sec	m²	m³/sec
0.24	0.708	0.8925	0.125	0.1116
0.26	1.077	1.060	0.130	0.1378
0.26	1.043	1.045	0.1325	0.1386
0.27	1.050	1.099	0.135	0.1477
0.27	1.138	1.064	0.135	0.1436
0.27	0.990	1.060	0.1325	0.1405
0.26	1.130	1.2035	0.130	0.1565
0.26	1.277	1.154	0.130	0.1500
0.26	1.031			
				圧断合計流量 ΣQ = 1.1263

流量観測日時 平成25年3月12日 10:30~10:50
 流速計: ケネック LFS30 (携帯型電磁流速計)
 観測記録者: 菊池 豊
 観測担当者: 片光士 真明

~ 46 ~

3-3-2 流量推定

山田では、山田堰の取水計画から取水予定地点の流量を推定した。山田堰の最大取水時（8.61m³/s）に取水予定地点の流量は 3.5m/s（流量比：0.407）としている。取水年間計画に対して、この流量比を乗じ、取水予定地点の流量を表 12 の通り推定した。

表 12 山田の推定流量表

単位：m³/s

年	2013 年	2013 年	2013 年	2013 年	2013 年	2013 年	2013 年	2013 年	2013 年	2013 年	2014 年	2014 年
月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月
日												
1	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
2	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
3	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
4	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
5	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
6	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
7	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
8	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
9	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
10	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
11	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
12	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
13	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
14	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
15	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
16	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
17	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
18	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
19	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
20	1.30	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
21	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
22	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
23	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
24	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
25	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
26	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
27	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
28	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	1.30
29	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	
30	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	2.47	2.47	1.58	1.58	1.30	1.30	
31	3.50		3.50		3.50	2.47		1.58		1.30	1.30	

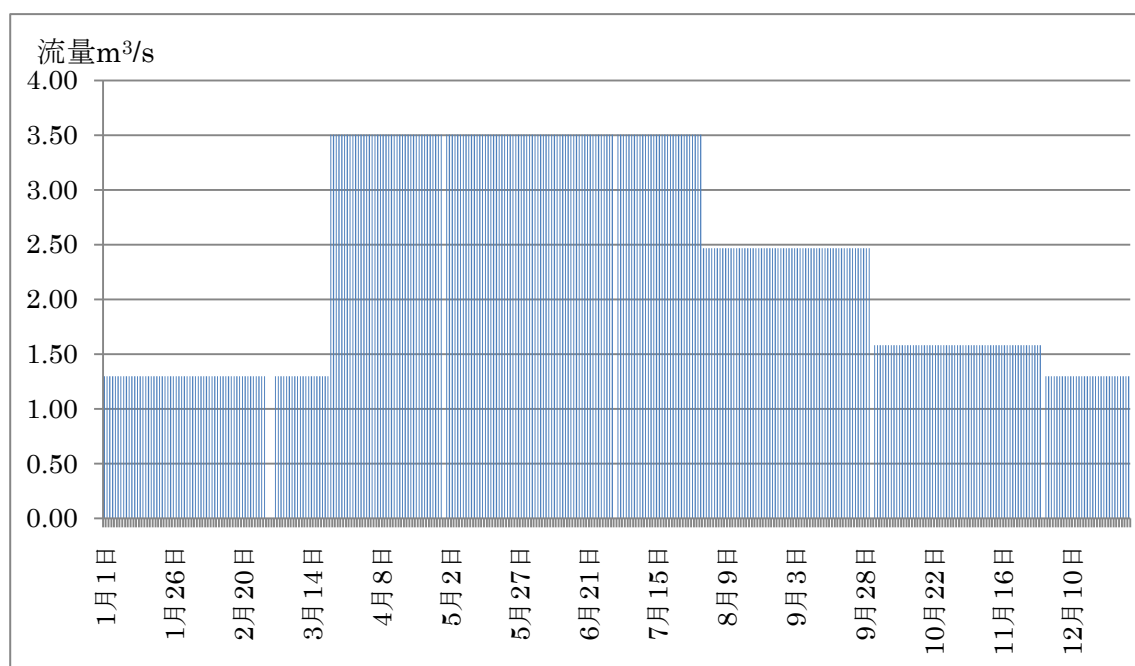


図 13 山田の推定流量時間軸グラフ

4 レイアウト設計

基本調査の結果を元にレイアウト設計を行う。本章では、レイアウト設計の手法を述べた上で、個別の地点について行ったレイアウトを示す。

レイアウト設計においては1回のプロセスでレイアウトの決定を行うとは限らない。最終的に事業を実施するかどうかは、経済性の有無に依存する。発電出力は流量・落差・効率の積で定まり、レイアウト設計はこれらの要素のうち、取水口の位置による流量、および取水口と発電地点による落差を決定する大きなプロセスである。よって最も採算性が高くなる設計となるまで基本調査／レイアウト設計／流量計測のステップを互いに繰り返して実施することになる。

4-1 現地踏査

レイアウト設計では、取水地点、沈砂地、導水路、ヘッドタンク、圧力管、発電所、排水路、排水口、と言った構造物を地理的にどのように配置するかを決定する作業である。基本調査によって、レイアウトを設計するのに必要な諸情報が一定判明している。それに従ってレイアウトを検討し、現地においてレイアウトが実現可能であることを確認する作業を行う。

4-1-1 堰・取水口

取水に関する河川構造物は標準的には、堰、スクリーン付き取水口、沈砂地、排砂ゲート、バルブからなる。これらを配置できるか、続く導水路との接続が無理なくできるかを判断する。また、落差と流量をできるだけ大きくできる位置を検討する。

一般に、落差を大きく採ろうと標高を上げる目的で上流側に配置すると、今度は流域面積が減って流量が減少する。よって一概には言えず、小河川の合流や施工性なども勘案して総合的に決定する。

より細かい条件での判断は、取水の方法により大きく3種類に分かれる。

(1) 取水堰堤を新たに設置する場合

溪流等から取水する場合で付近に砂防堰堤等の河川構造物がない場合は、新規に取水目的の堰堤を構築する必要がある。この場合、取水と土木工事との観点から候補地を選択する。まず、取水については、土砂や落ち葉が流れ込み難いような塞がれ難い取水口を作れること、取水後にほぼ水平（正確には1パーミル程度の勾配）で発電地点まで導水できるような水路を作れることが必要である。また、排砂ゲートや除塵機を設置する空間があるかも調べる。各種の設備は増水時に水没しないことが必要である。土木工事の観点からは、安定した岩盤があること、重機が入れるアクセス道があることなどを調べる。

(2) 既存の堰堤から取水する場合

近傍に砂防堰堤や頭首口がある場合は、堰堤の利用を検討する。取水口に関する調査

として、上述の観点に加えて、特に土砂が堆積しやすい点に留意して対策も含めて位置を検討する。導水は堰堤を越える必要があるため、水平に構成することが困難なことが多い。サイフォンもしくは堰堤を遠回りするような構造を考える必要がある。主堤と副堤との2段構造になっている場合に、副堤から取水すると土砂流入をかなり抑制することが可能となる。ただし、落差が小さくなるので採算性は悪化する。また主堤からの流入の勢いを副堤の貯水により和らげて構造物への負荷を軽減している場合があるので、最大取水の場合でも副堤の貯水が一定以上残存する様にする。いずれの場合にも、堰堤の機能に悪影響を与えないような注意が必要である。

(3) 既存の用水路から取水する場合

用水路から取水する場合は、土砂の影響が少なくなるので排砂ゲートや沈砂地は小さくて構わないか、もしくはなくて良い。用水路が3面で上部が開放されている開渠の場合、落ち葉の影響が大きいため除塵機の設置が可能になる様にする。用水路の途中から取水する場合はゲート構造の空間が必要で、落差工で取水する場合は、水の流れを悪化させない様に落差の途中から取水できるような構造が可能か検討する。

4-1-2 発電所・排水口

発電所は、付属する設備は主に建屋内に設置するので、それらを収容する面積・容積をもった堅牢な構造物を設置できるかを検討する。河川沿いの建築となるので、基礎が不安定になりやすく、しっかりした基礎を打てるような地点を探す。設置工事をするためのアクセス道があるか、クレーンによるつり上げやクレーン車によるつり上げが可能かを検討する。

発電所の標高によっても落差が決まるので、可能であれば標高が低い方が良い。ただし、堰から遠くなると建設費用が大きくなり、また減水区間が長くなって環境負荷が大きくなることに留意する。大きな河川勾配が小さくなるような、下流に向って勾配が緩く変化するような地点が一つの目安になる。

落差が大きいく流量が少ない場合は、水車がペルトン型等の衝動水車となる。この場合、落差は厳密には水車ノズルの位置になる。よって水車の位置が重要になる。落差と流量が中程度の場合は、フランシス等の反動水車を選択できる。その場合、落差は排水口の水面とすることができ、衝動水車に比較して落差を稼ぎやすい。ただし、水車と排水口の吸い出し落差を大きくしすぎるとキャビテーション等の障害の原因になることに留意する。さらに落差が低く流量が大きい場合には、カプラン型／チューブラ型といった反動水車を選択できる。これらの水車には地下に設置できるような構造をもつ製品があり、発電所の母屋が河川から若干高い位置にあっても、有効落差を河川水面まで使えるようになるので、工夫の余地が出てくる。

この他、売電の場合は電力系統への並列接続が必要になる。この系統連系は高圧配電線への接続となるため、発電所近くに高圧配電線が来ているかも重要になる。高圧配電線は、四国管内の場合は三相 6600V で、たいていは 15m の電力柱の最上部に 3 本張って

あるので容易に発見できる。

発電所近くにない場合は、自らの電気設備として設置する必要がある、初期投資額が大きくなる。おおよそ 1m で 1 万円程度の費用がかかると言われている。土地の占有も必要となり、実現に時間を要するようになる。

近くに電力柱がある場合でも、山間部になると 3 線の三相ではなく、2 線の単相しか来ていない場合がある。この場合は電力会社に依頼して 1 線を追加する工事が必要となる。また、山間部へは供給電力容量が小さいため、電線の太さが十分でない場合がある。この場合も電力会社に依頼して、より電流を流せる太い電線への張り替えを依頼しないとならない。これらは全て電力会社で実施して発電事業者が費用負担を行うので、やはり初期費用を押し上げる要因となる。

4-1-3 導水路・ヘッドタンク・圧力管

取水口から発電所までを流れる水が通る設備である。導水路は圧力がかからず、圧力管は落差 10m 当たり約 1 気圧の大きな水の圧力がかかるため、材料費が大きく異なり、一般には圧力管が短い方が建設コストは低くできる。

導水路は、ほぼ水平に配置し、数パーミル程度の勾配によって水を流す。地形図上は、等高線にほぼ沿った線で表現される。圧力がかからないゆるい勾配のため、必要な流量を通過させるために十分断面積の大きな水路や管路とする。斜面が崩れた場合にも破壊されない様にするためには埋設が望ましい。よって十分な断面積の導水路を地下に埋設できるような、施工が容易であるような線形の土地に這わす様にレイアウトする。

圧力管は短い方が費用が圧縮できるので、発電所から斜面鉛直方向に伸ばすようにレイアウトする。土砂災害が起こり難く、施工が容易であるような斜面が望ましい。圧力管は急斜面に露出して設置することが多く、その場合、圧力管を支える頑丈な基礎が打てることも重要である。

取水口からほぼ水平に這わせる導水路と発電所から斜面鉛直方向に伸ばす圧力管とが交わる地点にヘッドタンクを設置する。ヘッドタンクは両者を接続する他、圧力管からの水激を緩衝する。これは、発送電事故等で水車を緊急停止させた場合に、水車直近のバルブを短い時間で閉塞することによって起こる水激が、圧力管を通して対向側の入り口に到達するため、急激に増加する水を一時的に貯えるか排出するかして、ショックから他の構造物を守る働きをする。この機能を実現するための容量と重量を支える丈夫な土地が必要となる。

なお、高知県における小水力発電では、溪流の地勢的な構造や管路を這わすための道路形状の問題で、取水して余り距離を置かずにヘッドタンクを接続し、水路のほとんどが圧力管となるような構造が適している場合が多い。このような場合は、圧力管が斜面の最大斜度ではなく取水口に向って斜めに配置するような場合が多々あることに注意されたい。

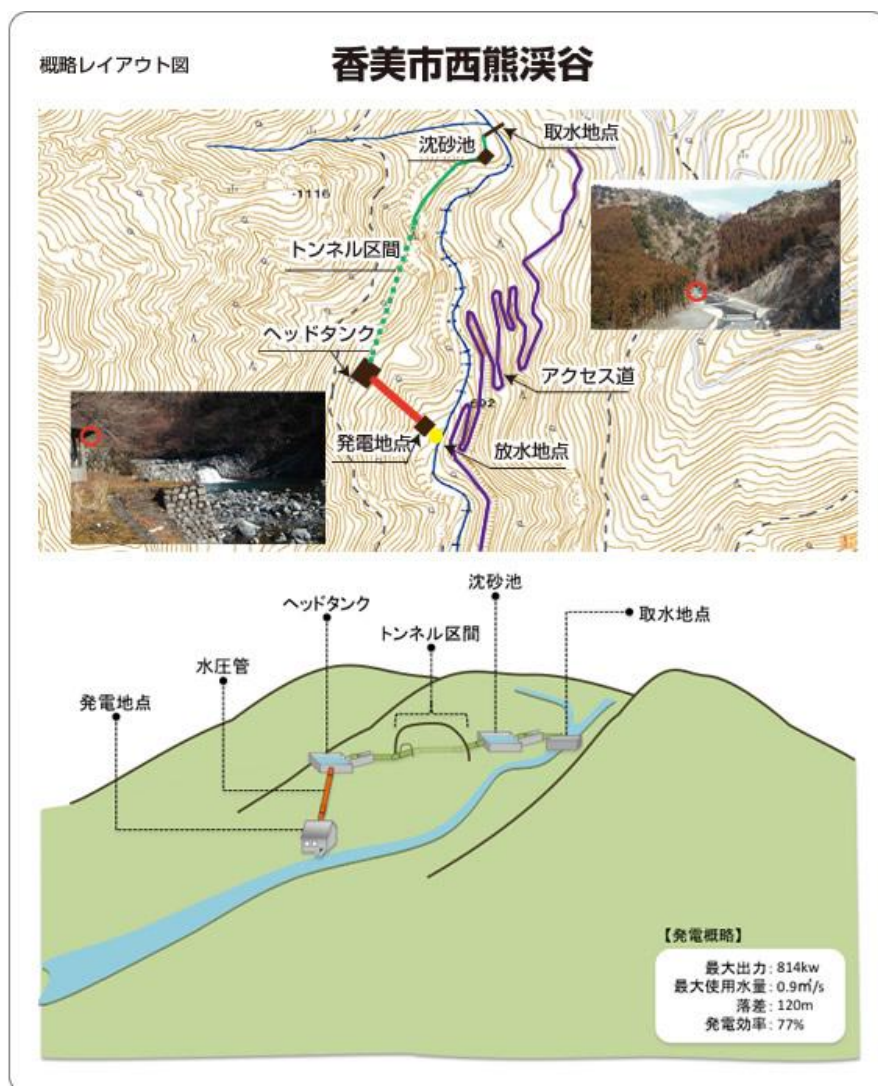
4-2 レイアウト

前節の手法に従って、候補となっている地点で検討を行った。以下にその詳細を述べる。

4-2-1 西熊

通常、導水路や圧力管はアクセス道路近くに沿わせるか埋設するレイアウトとする。西区まではアクセス道路のあるのは左岸であるものの、左岸は土砂崩れ危険地帯に指定されていて導水が不可能と判断した。よって、右岸に導水することを計画し、現地踏査に向かった。アクセス道路がないので、索道を張っての工事を必要とする。

砂防堰堤が連続する最も高い地点での標高は810mである。レベルでの導水400m、張り出した稜線は400mトンネルで抜き、さらに250mを導水し、ヘッドタンクを標高800mあたりに設置することが可能と判断した。



この背景地図データは、国土地理院の電子国土 Web システム <http://portal.cyberjapan.jp/> から提供されたものである。

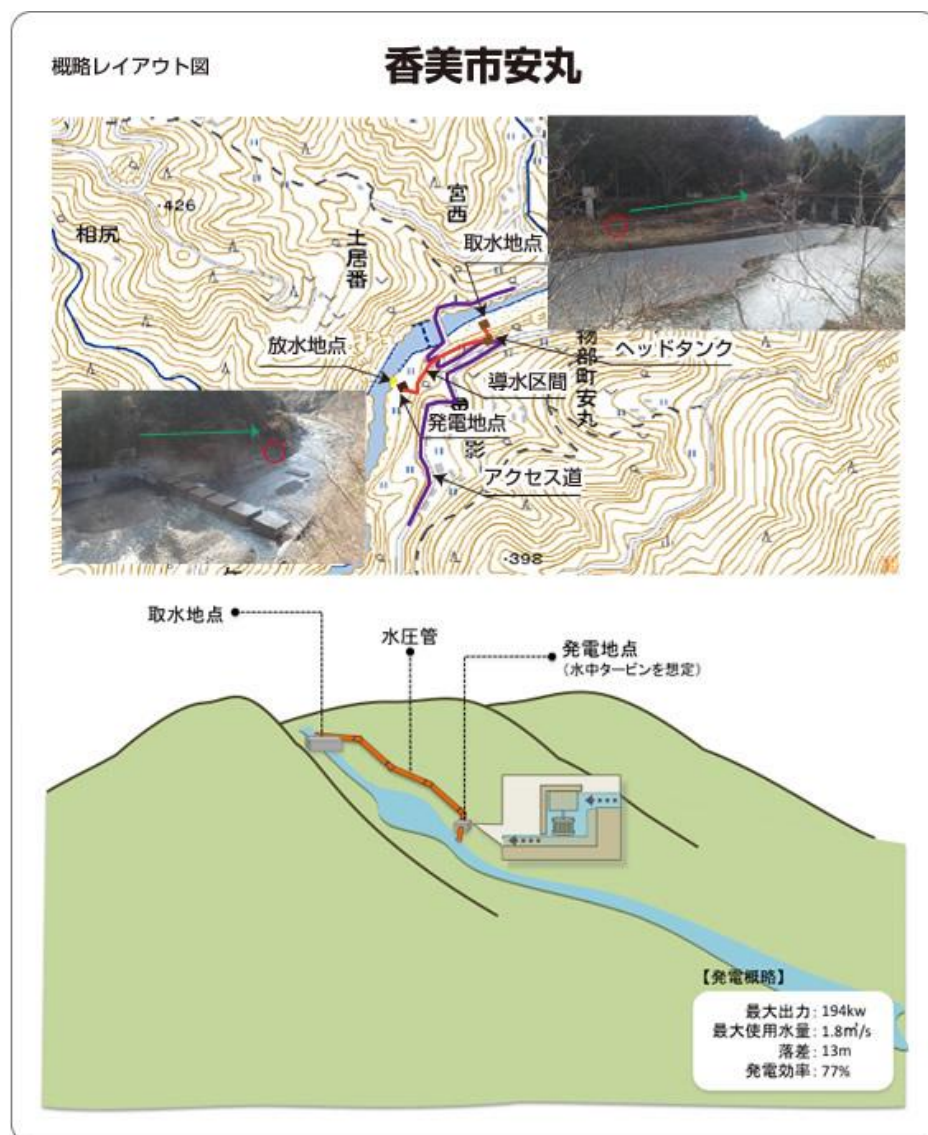
図 14 西熊のレイアウト図

4-2-2 安丸

取水は左岸、砂防堰堤の上流 100m 地点に鉄格子状のものを取水口前に設置し、土砂の流入を防ぎつつ、取水口を設置することを検討した。沈砂池は洪水時は水没することが想定されるため、あらかじめおおわれた構造とする。

沈砂池からは左岸山中をトンネルで導水し、砂防堰堤から 100m 下流の杉林の中にヘッドタンクを設置、地下埋設可能な水車発電機を用い発電することで落差を得ることとした。

放水地点である河川から 15m ほど岸よりであり、洪水時でもメンテナンスは容易である。ただし、このレイアウトでも、洪水時には取水口が土砂で埋まってしまう可能性は残り、より安全性の高いレイアウトを考案する必要がある。

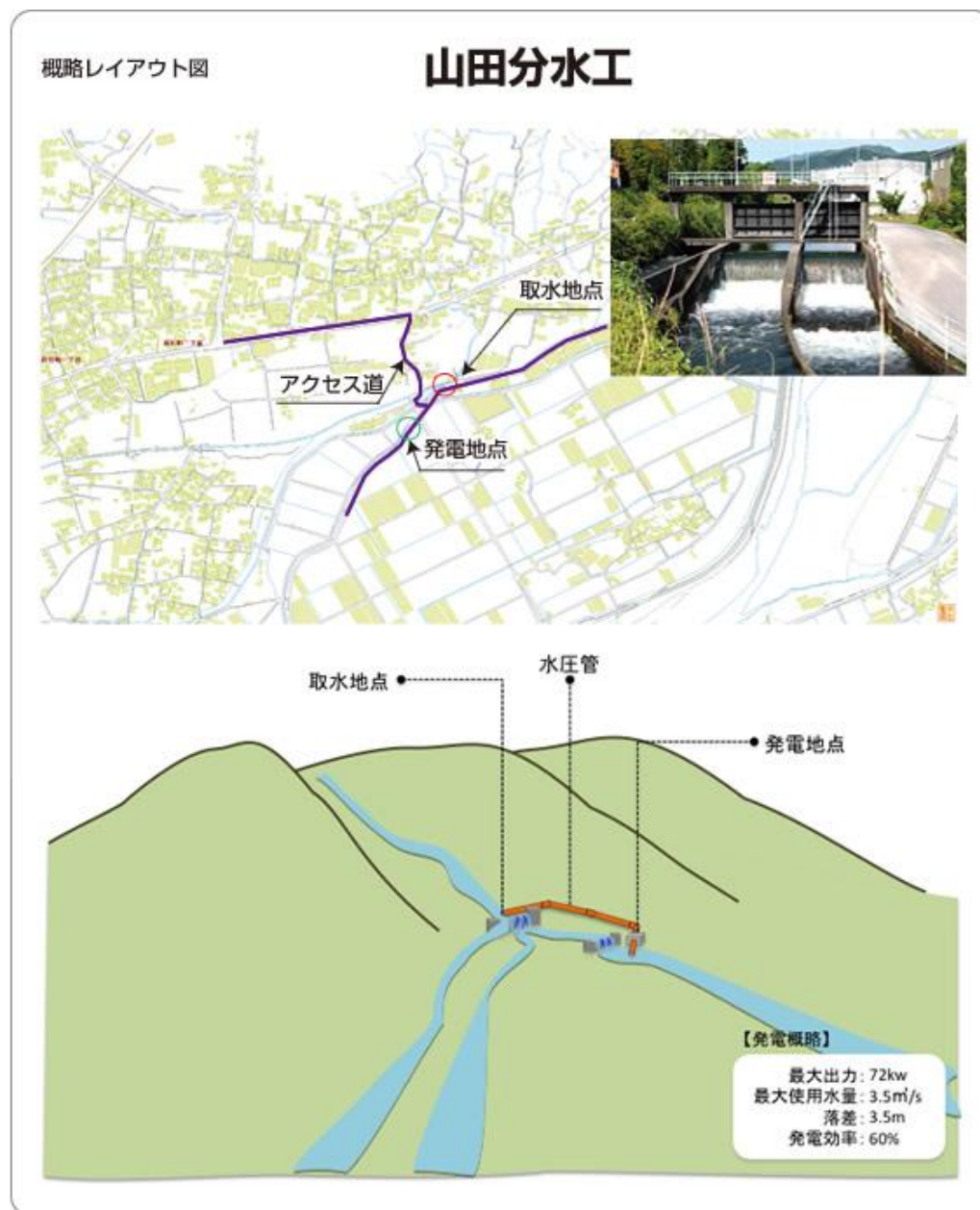


この背景地図データは、国土地理院の電子国土 Web システム
<http://portal.cyberjapan.jp/> から提供されたものである。

図 15 安丸のレイアウト図

4-2-3 山田

物部川右岸を潤す山田分水の東端が舟入筋用水であり、分土工から 70m 下流に 2.5m の落差工を持っている。この落差を利用した発電を計画した。許可流量から、発電出力が低いことが想定されたので、舟入筋水路を櫓で持ち上げ、分土工の 2m の落差の半分 1m を追加することで 3.5m の落差を作ることとした。



この背景地図データは、国土地理院の電子国土 Web システム
<http://portal.cyberjapan.jp/> から提供されたものである。

図 16 山田のレイアウト図

5 計画の策定

5-1 事業計画の策定

小水力による地域での発電事業は、地域再生の強力なツールとなり得る。

この章では、事業全体を FIT を活用した地域再生活動とみなして、全体構造を示す。

5-1-1 背景

最初に、具体的な事業の内容に至る前の背景について述べる。

(1) 地産地消

大きな前提としてエネルギーに対する社会全体の課題がある。これは、東北大震災による地域電力事業社の電力供給不安で顕在化した。これにより、エネルギー供給手段のポートフォリオを再検討する必要性が生じている。また災害に対する電源確保の観点から、高効率大出力の発電所を集中的に配置する考え方に対して、電源の分散の重要性が言われる様になった。

これまで、商品やサービスを入手するのが金銭との交換で済むものであり、その商品やサービスがどのようにして実現されているのかについては知る必要がなかった。これは社会生活における産業のモジュラリティを高める高効率な分業を実現している。しかしながら、食品の安全性や電力供給上の見えていなかった問題点が露呈するにつれて、過度の分業が結果として大きなリスクを内在していることを示した。

商品やサービスに対するリスクを軽減するためには、その実現方法に対する「見える化」が必要となる。分業がなされている状況で実現するには商品のトレーサビリティが一つの解法となる。一方、分業の状態そのものを緩めてやって実現方法を見やすくするのがもう一つの手法である。これが地域においては地産地消の考え方と結びつく。地域においては、もともと、食材の地産地消の考え方が成熟しつつあり、これがエネルギーにおいても地産地消の観点を導入すべきという考え方が広まって来ている原因と考える。

(2) 地域の自立

地域への支援方法としての補助金制度を考えると、果たして総合的に地域が発展するのに貢献しているのか甚だ不明確になる。事業を実施する際に、補助金が先行することは、事業の成果ではなく、補助金を獲得するまでのプロセスに力点が集まる。事業自体の成功の価値が相対的に下がり事業に対する後年度の評価が甘くなり、モラルハザードを誘発する。

FIT の利点は、実施者に対して責任を課すことである。FIT の場合は、事業を開始して初めて売上が発生するのであり、良い状態を維持することで利益が拡大するため、事業主体が必然的にしっかりとした責任を持つことになる。このため、国の制度としては補助金行政とは全く異なるツールとして使うことが出来る。

(3) 地域再生に向けた発電手法

FIT が対象とする発電事業の種類において、小水力発電が最も地域再生に向いていると考えている。それは、事業規模と事業対象エリアに依存している。

小水力発電は、地域の集落との関係が強いことが多い。溪流取水の場合は、流域の集落や内水面漁協が利害関係を持ち、農業用水の場合は土地改良区が主体となる。このため、地域で主体となって実施して、地域に対する利益還元を実施しやすい環境にある。設備利用率が 60%と想定されており、出力 200kW でおよそ年間 1GWh の発電量になる。この規模で初期投資は 2～3 億円程度である。

最も FIT の設備認定が多い太陽光発電は、資金調達以外では土地の確保が地域での課題となる。これは多分に地主対策であって地域全体で責任を負って実施するような事項ではない。また、1MW クラスの発電設備に 4～5 億円かかるものの、設備利用率が 12%程度であり年間発電量も 1GWh 程度にしかない。出力変動も大きく系統の安定性に悪影響を及ぼす。これは陸上の風力発電も同様であり、設備稼働率は 20%程度とされている。どちらも同程度の年間発電量の水力発電設備と比較して、規模が大きくなる。

木質バイオマス発電は、採算性が良いのは出力 5MW 規模の発電所と言われており、初期投資が 20～30 億円になる。また、年間 10 万立方メートルの木材が必要となる。これは複数の森林組合でないとカバーできない量であり、金額も面積も地域というには規模が大きくなりすぎる。

(4) 小水力発電の利用方法

一口に小水力発電と言っても、その出力で考えると、LED を点灯可能な程度の 10mW クラスから、水量・落差共に余裕がある場合の 1MW クラスまで、と 10 の 8 乗程度の開きがある。これらは使い方で 3 通りほどに分類される。

まず、電灯やイルミネーション、軽負荷の電子機器等を、電力線のないところや電力契約無しで使う場合がある。これは数 10W 未満の発電出力があれば良く、電力供給が止まっても大きな問題が発生しないような用途である。学校や少人数セミナーに置ける学習・啓発用途としても利用できる。

つぎに、住宅や公共施設の電力を賄う場合がある。出力は数 100W～10kW 程度で、独立電源として使う場合の他、逆潮流無しの系統連系を行って発電量が不足の場合に電力会社からの受電を行う様にしている場合がある。地域における啓発のシンボリックな存在として利用する場合もある。

最後が、売電目的の発電で、出力は数 10kW から 1000kW である。全量売電が基本、すなわち逆潮流ありの系統連系で地域の電力会社もしくは電力託送で IPP に売電を行う。

我々は地域再生には 150kW 以上の小水力発電所が向いていると考えている。FIT によればもっと小さな出力であっても利益を出すことが可能になる。しかしながら、地域に対する貢献度で考えると、FIT が終わった後も継続して利益を出し続けることが望ましく、このクラスはそれが可能な規模である。岡山県や広島県には FIT がなかった時代から 50 年程も継続して地域に利益還元をでいている水力発電所が多くある。これは 100kW

以上の発電所が多く、100kW 未満の場合は途中で維持管理費の負担ができなくなって廃止されている場合が多い。

(5) 地域での支援構造

地域再生の手段として小水力発電事業を進めるにあたり、社会的な枠組みを構成する必要がある。

まず、関係するステークホルダーが多く、それも事業の経過とともに変化する可能性がある。これは地域で実施するメリットの裏返しでもあり、多くの地域の関係者が発生するためである。また、必要なノウハウが、電力、土木、河川、各種許認可と、ひろいスペクトラムを持つ。さらに、初期投資規模が数億円となる上に営利組織の運営も必要である。これは住民ベースの活動の限界を越えている。

このため各活動や事業体を支援する広域の支援組織が必要である。このような組織を広域事業支援組織（以下理想：Regional Initiative Supporting Organization と記す）と呼ぶことにする。

(6) 高知県における広域事業支援組織

高知県においては、2009 年ほどより小水力発電に関する関心が高まり、2011 年 3 月 26 日に高知小水力利用推進協議会（以下「協議会」と記す）が設立された。協議会では、会員の勉強会や啓発活動の他、協議会内外から持ち込まれる案件の可能性を調査する活動を実施している。

その後、協議会会員有志が RISO として地域小水力発電株式会社（以下 CHE と記す）を 2012 年 8 月 1 日に設立された。

5-1-2 目標値

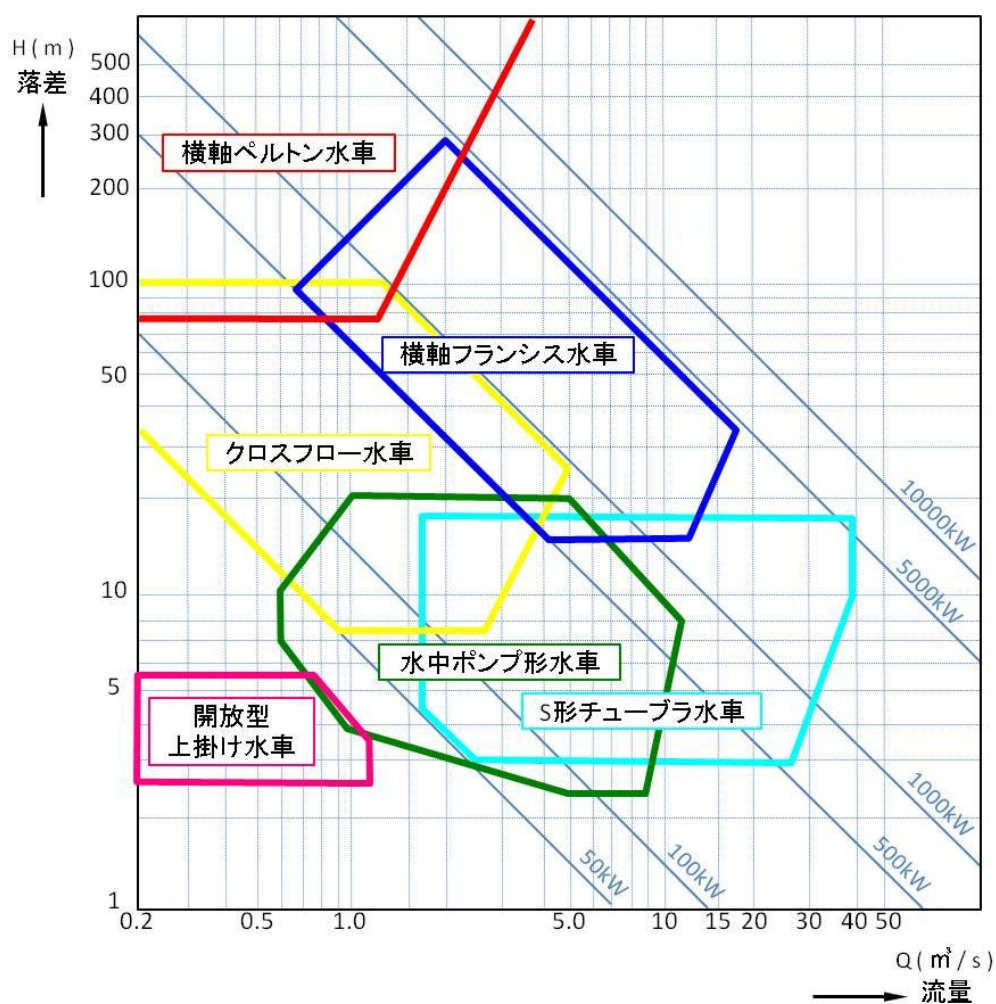
被災リスクや渇水リスクを軽減し安定な事業展開を行うには、数が多いのが望ましい。一方で、課題な債務や資金調達の困難性、同時多発的に実施することでノウハウが活用出来なかったり個々の発電事業の最適性が損なわれたりする可能性がある。

このため、一定の数を確保することと、実施可能性の上限、そして経済性から考えて目標を設定する。高知においては、FIT プレミアム期間内（2014 年度）に 3 ヶ所程度、5 年で 5 ヶ所のペースで発電事業体を増やすことを目標とする。

5-1-3 発電計画

基礎調査、レイアウト設計より、発電計画の諸元を決定した。通常は、取水計画について1年以上の流量計測により得られた流況により決定する。本調査では、基礎調査の段階で行った目視による流量推定と、計測による流量測定結果に基づいて策定した。さらに、推定した流況曲線と取水計画を比較することで、取水計画の妥当性を考察することとした。

利用する水車は、主に流量と落差をもって検討し、加えて設備の諸条件も考慮の上で決定する。流量と落差による一般的な水車型式の分類を図 17 に示す。発電機はすべて系統連系の負荷が小さい同期型とした。なお誘導型発電機も選択可能でありコストを軽減できる。その場合には系統連系への影響を軽減する措置を検討する必要がある。



出典) 中小水力発電ガイドブック (新エネルギー財団) より抜粋
 開放型上掛け水車のみ日本小水力発電株式会社資料より
<http://www.smallhydro.co.jp/products/syutsuryoku.html#sentei>

図 17 水車型式選定図

なお、グラフにある流況曲線の用語は以下の意味である。

用語	意味
流量	流域面積比等による推定流量
流量（1q）	推定流量（2q）からの推定誤差が中央値から四分位数分多い場合
流量（2q）	推定用河川の流量中央値を用いた河川流量比による推定流量
流量（3q）	推定流量（2q）からの推定誤差が中央値から四分位数分少ない場合
取水	発電計画による想定取水量
取水＋維持	発電計画による想定取水量に河川維持流量を加えた流量

(A) 西熊

まず、最大使用水量の見当を 2013 年 2 月 7 日の流量測定の結果で推測した。

物部川流域では 2 月に入ってより降雨が続き、この流量は渇水流量とはいえない値である。よって、測定値の半分ほどが渇水流量であると想定し、最大使用水量を $0.9\text{m}^3/\text{s}$ とした。なお、この流量は流下で運転されている住友共同電力の許可取水量の $2.2\text{m}^3/\text{s}$ の半分以下であり、観光地でもある西熊溪谷の景観にも配慮した計画とすることを念頭においている。

水車については、水量が多く変化は少ないため、フランシス型で検討した。

この最大流量 $0.9\text{m}^3/\text{s}$ で算出すると、有効落差が 120m であることより、発電効率を 77%として最大出力が 814kW となる。

表 13 西熊の発電計画諸元

項目	数値	備考
(1) 取水位 (EL.)	810	
(2) 放水位 (EL.)	671	
(3) 総落差 (m)	129	
(4) 有効落差 (m)	120	損失水頭： 9 m
(5) 最大使用水量 (m^3/s)	0.90	
(6) 合成効率	0.77	
(7) 最大出力 (kW)	814	$=9.8 \times \text{最大使用水量} \times \text{有効落差} \times \text{合成効率}$

表 14 西熊の年間可能発電電力量

期間	日順	日数 (日)	使用水量 (m^3/s)	負荷率 (%) 使用水量 /最大使用水量	合成効率 (%)	発電出力 (kW)	発生電力量 (kWh)
	180	180	0.90	100%	77	814	3,520,000
	195	15	0.80	89%	75	705	254,000
	275	80	0.50	56%	70	411	789,000
	355	80	0.30	33%	65	229	440,000
	365	10	0.00	0%	0	0	0
計		365					5,000,000

推定流況曲線によると、渇水期のうちで最も流量が少ない時期には想定する取水を行うことが出来ない。今後、年間を通じた流量計測を行って発電計画を精査する必要がある。

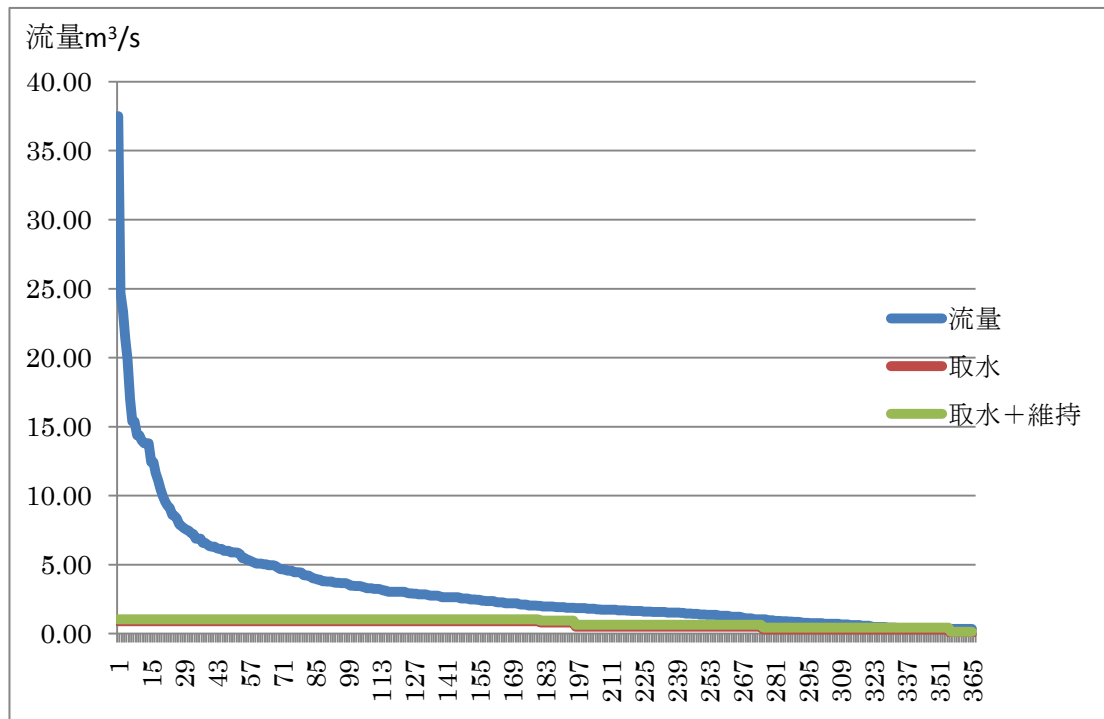


図 18 西熊の流量曲線グラフ

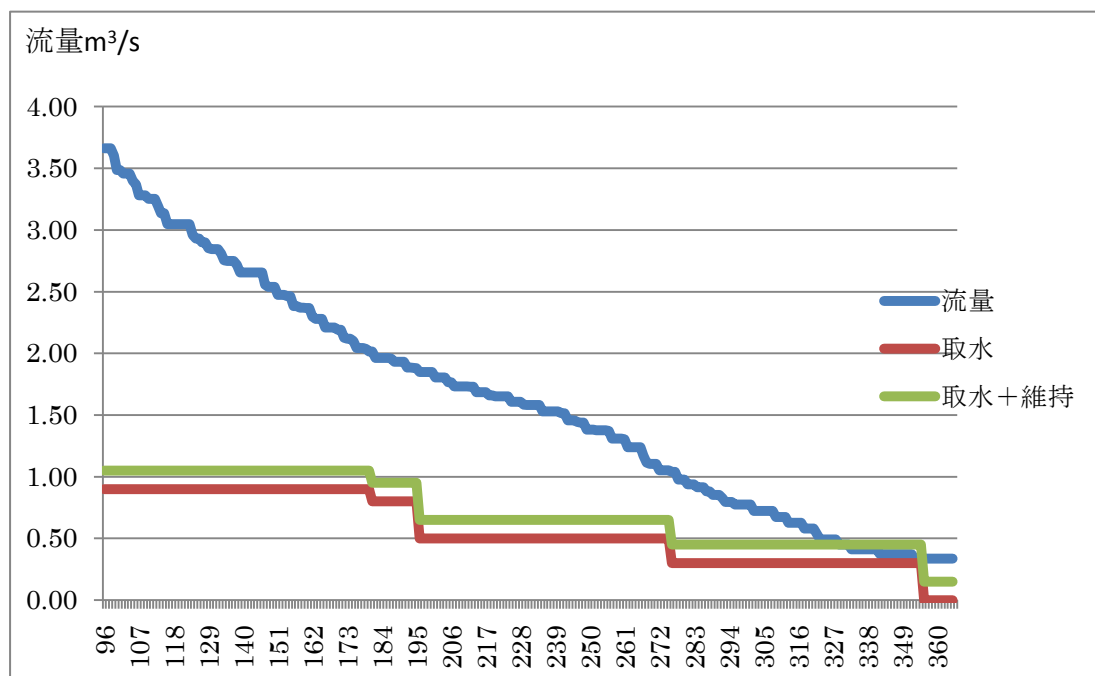


図 19 西熊の流量曲線グラフ (豊水時以外)

(B) 安丸

まず、最大使用水量の見当を 2013 年 1 月 27 日の流量測定の結果で推測した。

この日の流量は、 $2.678\text{m}^3/\text{s}$ であった。これはほぼ渇水期の流量と思われることと、砂防堰堤の前後で発電する構造であることより、最大使用水量は $2.0\text{m}^3/\text{s}$ 程度でも余裕があると考ええる。よって、渇水流量以下の最大使用水量とすることで、設備稼働率を上げることが可能となる。

他の地点に比較してレイアウト設計が窮屈であることより、水車発電機をより限定して考えることとした。レイアウトより、砂防堰堤下流に発電所を作るための十分な空間を確保することが難しいことと、激しい増水による堰堤越流が想定されること、落差が採り難いので反動水車を用いること、という条件に適している垂直軸ポンプ型水車を今回は想定することとした。

これにより、FIT の最高単価区分上限の 200kW を狙うと、最大使用水量を $1.80\text{m}^3/\text{s}$ と設定すると、有効落差の 13m より、最大出力 197kW を見込むことができる。設備利用率は 85%を想定できる。

表 15 安丸の発電計画諸元

項目	数値	備考
(1) 取水位 (EL.)	214	
(2) 放水位 (EL.)	199	
(3) 総落差 (m)	15	
(4) 有効落差 (m)	14	損失水頭： 0.5 m
(5) 最大使用水量 (m^3/s)	1.80	
(6) 合成効率	0.85	
(7) 最大出力 (kW)	197	$=9.8 \times \text{最大使用水量} \times \text{有効落差} \times \text{合成効率}$

表 16 安丸の年間可能発電電力量

期間	日順	日数 (日)	使用水量 (m^3/s)	負荷率 (%) 使用水量 /最大使用 水量	合成効 率 (%)	発電 出力 (kW)	発生電力量 (kWh)
	290	290	1.80	100%	85	197	1,370,000
	290	0	0.00	0%		0	0
	325	35	1.50	83%	60	116	97,300
	355	30	0.00	0%	0	0	0
	365	10	0.00	0%	0	0	0
計		365					1,470,000

推定流況曲線によると、渇水期には想定する取水を行うことが出来ない。今後、年間を通じた流量計測を行って発電計画を精査する必要がある。

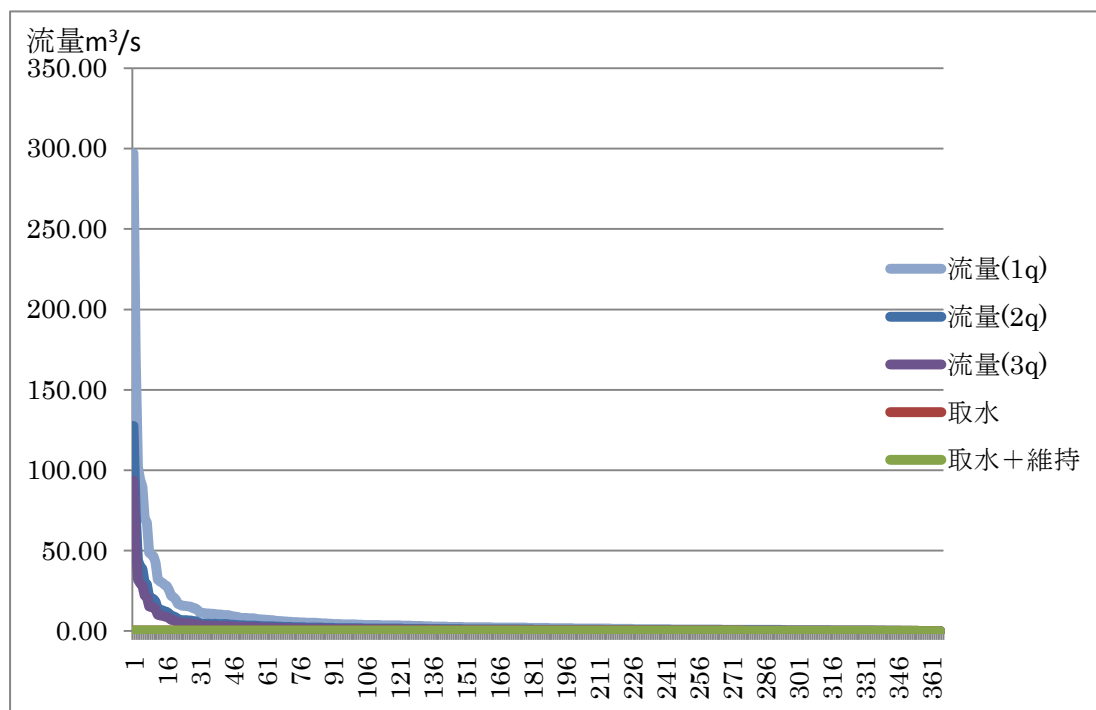


図 20 安丸の流量曲線グラフ

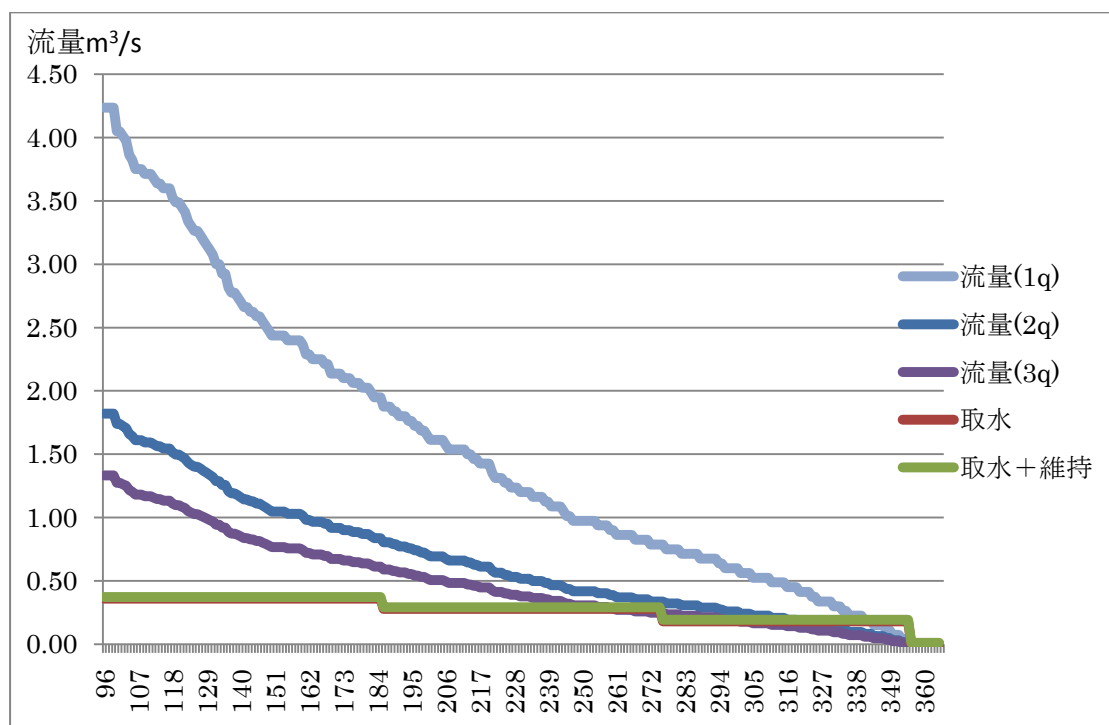


図 21 安丸の流量曲線グラフ（豊水時以外）

(c) 山田

農業用水路の場合は、農業水利の従属利用として発電する場合であれば、水利権の処理手続きが大幅に軽減される。よって農業用水として取水している全量を発電に利用することとする。

レイアウトに自由度がほとんどないことと、概算で発電出力があまり取れないと見込めることより、水車は発電効率が60%程度の上掛け型で想定した。流量は最大で3.5m³/sで、有効落差が3.5mで、最大出力72kW程度となった。

表 17 山田の発電計画諸元

項目	数値	備考
(1)取水位 (EL.)	38	
(2)放水位 (EL.)	34	
(3)総落差 (m)	4	
(4)有効落差 (m)	3.5	損失水頭： 0.5 m
(5)最大使用水量 (m ³ /s)	3.500	
(6)合成効率	0.60	
(7)最大出力 (kW)	72	=9.8×最大使用水量×有効落差×合成効率

表 18 山田の年間可能発電電力量

期間	日順	日数 (日)	使用水量 (m ³ /s)	負荷率 (%) 使用水量 /最大使用水量	合成効率 (%)	発電出力 (kW)	発生電力量 (kWh)
03/21 - 07/31	133	133	3.50	100%	60	72	230,000
08/01 - 09/30	194	61	2.46	70%	60	51	74,100
10/01 - 11/30	255	61	1.58	45%	60	33	47,600
12/01 - 03/20	365	110	1.30	37%	60	27	70,600
	365	0	0.00	0%	0	0	0
計		365					422,000

用水路であり全量取水可能であることより、河川維持流量を 0 としている。ここでの流量は取水堰での流量が分水された後の想定流量である。今後、季節ごとに流量計測を行って発電計画を精査する必要がある。

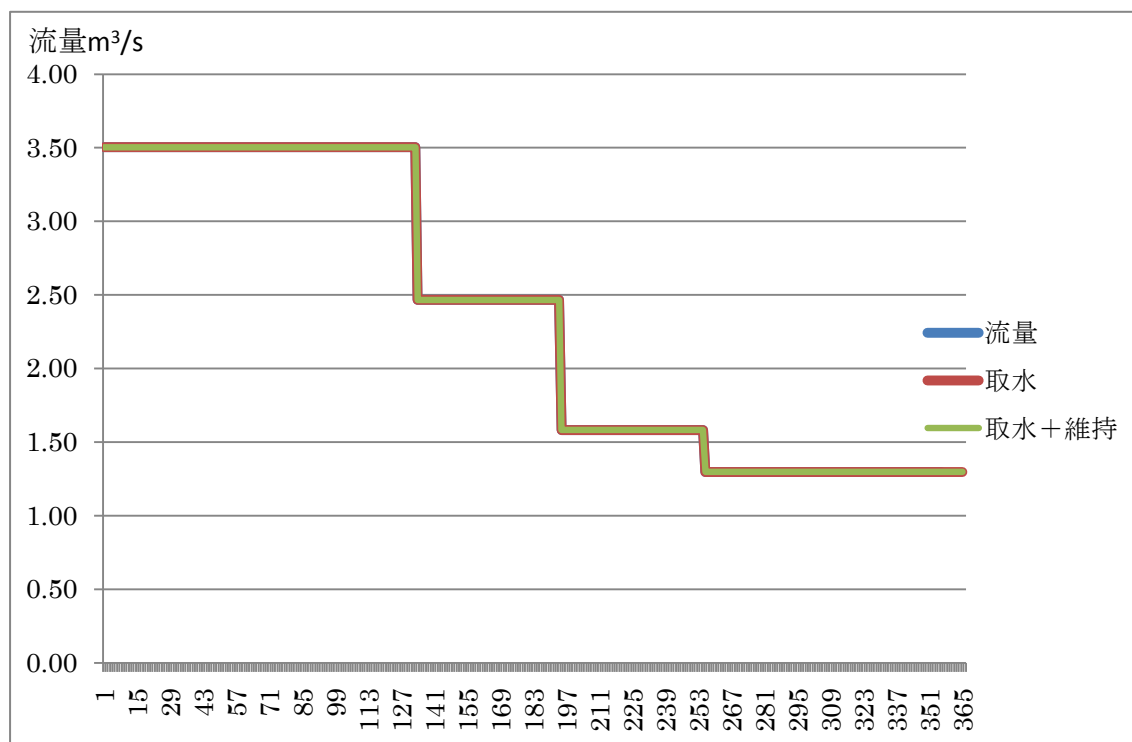


図 22 山田の流量曲線グラフ

5-1-4 地域還元策

地域主導の小水力発電所の開発を考えたとき、地元の状況や地勢、歴史的な流れを把握し、地元のニーズがどこにあるのかを地元の方々とともに考える姿勢が肝心となる。

(A) 西熊

西熊溪谷は、物部川でもっとも流域面積の広い支流、上葦生川の源流域にある。四国で2番目に高い剣山につながる三嶺に源を発する西熊溪谷はたいへん澄んだ水が流れる清流として知られている。溪流釣りのスポットでもあり、アマゴに配慮した小水力計画をするべきであり、西熊溪谷小水力発電所が稼働してからアマゴが増えたと呼ばれるような、溪流漁を増やすことに小水力発電の利益を回すべきである。この西熊溪谷には人家がなく、最も近い集落も過疎化が激しく、過疎対策の小水力発電としたいところであるが、現在は、直接、過疎対策への利用は適当な策が出てきていない。

むしろ、流域全体への貢献策が想定されていて、次の安丸砂防堰堤で流域貢献策を述べる。

(B) 安丸

香美市安丸地区に位置する安丸砂防は、物部川の最大支流である上葦生川が永瀬ダムに注ぎ込む少し上流域にある。ほぼ、上葦生川全域の91平方キロを超える流域面積を要している。ここの地元である安丸地区も過疎の勢いが強く地区のみでは、小水力発電による地元還元策を考えにくい下地がある。そこで、上流の西熊溪谷小水力発電とも連動し、上葦生川全体の環境保全に資する小水力発電所という視点から地域貢献策を述べる。元々は、アユが多い清流として知られていた物部川であるが、永瀬ダム建設による上下流の分断に加えて、近年は、大雨が降る度に濁水がダムに流れ込み、数日どころか数ヶ月、濁りが取れないという悩みを抱えることとなった。山林の荒廃したところに雨が降り、土砂崩れが頻発していることに加え、鹿が異常繁殖し、森林の破壊に拍車をかけていることが指摘されているが、原因は確定されていない。

安丸砂防や西熊溪谷小水力発電所が実現すれば、その利益の一定率を、「物部川 21 世紀の森と水の会」などの環境保全団体と協力し、濁水対策に限らない流域の保全活動に充てることを考えている。そうして、蘇った清流にアユとアマゴを放し、市民が親しめる物部川・上葦生川を取り戻していくことに資する小水力発電所を実現させたい。

(C) 山田

高知県でもっとも広い田を潤す山田用水の分水を利用した発電計画である。楠目土地改良区では、高知小水力利用推進協議会ができたときから小水力発電の可能性を探ってきた経緯がある。

ここの利益は、幅広い層に届ける施策は採用しにくく、該当の土地改良区である楠目土地改良区の構成員の負担金を減少させることにまず利用する。その他としては、比較的市街地近くに立地する小水力発電施設となるので、小中学生などに親しまれる環境教育にも利用しやすい施設として設置するべきである。

5-2 予算計画の策定

発電計画に基づいて、予算計画を策定した。

土木工事費用と電気関係費用の詳細については巻末の資料を参照して頂きたい。

維持費については年間 40,000 円/kW で積算している。出力 200kW の小水力発電所の典型的な年間維持費用が以下とされており、この合計が 7,986,000 円である。これをおおよそ kW あたりの額に換算したものである。

表 19 kW あたりの年間維持費用

項目	金額
人件費・管理委託費等	4,424,000 円
資材・設備管理費	120,000 円
修繕費・災害引当金	1,541,000 円
保険料	217,000 円
水利使用料	100,000 円
賃借料・保証料等	700,000 円
その他事務経費	884,000 円

全て株式会社で運営した場合を想定して、資本金 1000 万円で残額を利率 3.5%の融資で賄うという仮定をしている。なお、減価償却については、通常設備は定額法で行うところを定率法で行っている。これは、高知県では自然災害リスクが高く、将来的な固定資産価値を低めに見る方が妥当と考えたからである。

結果は、諸条件、貸借対照表、損益計算書、キャッシュフロー計算書で示し、経済性を示す指標をキャッシュフロー計算書の下部に付記した。

5-2-1 西熊

出力が 1GW 級の発電所計画である。斜面崩落が心配されるため、出来るだけ長い区間をトンネルで計画した。これにより IRR が負で投資回収年数が 21 年となり、土木工事費を大きく削減できない限り、事業は困難である。

(a) 設定項目

固定項目	設定値	単位
最大出力	814	
年間発電量	5,000,000	kWh/年

オプション項目	設定値	単位
ファンドの事業期間	15	年
借入 利率	3.50%	
固定資産税率	1.40%	
建設費		
・土木建設費	1,524,300,000	円
・建屋	8,000,000	円
・発電設備（工事込み）	770,000,000	円
・電力契約諸費用	200,000	円
・消費税	115,125,000	円
建設費合計	2,417,625,000	
建設費補助率	0%	
ファンド等借入	2,410,000,000	円
売電単価	29.0	円/kWh
年間売電収入	145,000,000	円
法人税		
・均等割額	70,000	
・実行税率	41%	
自己資金額	10,000,000	円

(b) 損益計算書

年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
■売上高	合計	0	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000
	売上高																					
	売上原価																					
■販売費および一般管理費	合計	200	126,056	191,633	179,367	176,836	166,210	156,540	147,726	139,685	132,339	125,621	119,468	113,826	108,644	103,882	99,496	95,452	91,719	88,268	85,073	82,111
	維持管理費	計	0	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560
	租税公課	計	0	20,809	19,507	18,307	25,803	24,271	22,856	21,545	20,330	19,202	18,153	17,177	16,267	15,417	14,624	13,881	13,185	12,532	11,919	11,343
		固定資産税	0	20,809	19,507	18,307	25,803	24,271	22,856	21,545	20,330	19,202	18,153	17,177	16,267	15,417	14,624	13,881	13,185	12,532	11,919	11,343
	減価償却費		0	72,687	139,566	128,500	118,473	109,379	101,124	93,621	86,795	80,577	74,908	69,731	64,999	60,667	56,698	53,055	49,707	46,627	43,789	41,170
	支払い手数料	電力契約諸費用	200																			
	営業利益金額	▲ 200	18,944	▲ 46,633	▲ 34,367	▲ 31,836	▲ 21,210	▲ 11,540	▲ 2,726	5,315	12,661	19,379	25,532	31,174	36,356	41,118	45,504	49,548	53,281	56,732	59,927	62,889
■営業外費用	計	0	84,350	79,979	75,454	70,771	65,925	60,908	55,716	50,343	44,781	39,025	33,067	26,901	20,518	13,913	7,076	0	0	0	0	0
	借入 利子返済額	0	84,350	79,979	75,454	70,771	65,925	60,908	55,716	50,343	44,781	39,025	33,067	26,901	20,518	13,913	7,076	0	0	0	0	0
■経常利益		▲ 200	▲ 65,406	▲ 126,612	▲ 109,821	▲ 102,607	▲ 87,135	▲ 72,448	▲ 58,442	▲ 45,028	▲ 32,120	▲ 19,645	▲ 7,535	4,274	15,837	27,205	38,428	49,548	53,281	56,732	59,927	62,889
法人税等		70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	1,822	6,563	11,224	15,825	20,384	21,915	23,330	24,640	25,855
■純利益		▲ 270	▲ 65,476	▲ 126,682	▲ 109,891	▲ 102,677	▲ 87,205	▲ 72,518	▲ 58,512	▲ 45,098	▲ 32,190	▲ 19,715	▲ 7,605	2,451	9,274	15,981	22,603	29,163	31,366	33,402	35,287	37,035

(参考)

■減価償却費詳細																						
減価償却費	合計	0	72,687	139,566	128,500	118,473	109,379	101,124	93,621	86,795	80,577	74,908	69,731	64,999	60,667	56,698	53,055	49,707	46,627	43,789	41,170	38,751
	水路		30,486	59,753	57,362	55,068	52,865	50,751	48,721	46,772	44,901	43,105	41,381	39,725	38,136	36,611	35,147	33,741	32,391	31,095	29,852	28,658
	建屋		236	458	431	406	382	359	338	318	299	282	265	249	235	221	208	196	184	173	163	153
	発電・設計		41,965	79,356	70,706	62,999	56,132	50,014	44,562	39,705	35,377	31,521	28,085	25,024	22,296	19,866	17,701	15,771	14,052	12,521	11,156	9,940

(c) 貸借対照表

年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
■資産の部	合計	2,419,730	2,229,356	1,973,404	1,729,719	1,488,565	1,258,036	1,037,178	825,134	621,131	424,473	234,534	50,748	▲ 129,149	▲ 308,605	▲ 487,959	▲ 667,529	▲ 638,366	▲ 607,000	▲ 573,599	▲ 538,312	▲ 501,277
	流動資産																					
	計	117,430	▲ 257	▲ 116,643	▲ 231,828	▲ 354,510	▲ 475,659	▲ 595,394	▲ 713,817	▲ 831,025	▲ 947,106	▲ 1,062,137	▲ 1,176,193	▲ 1,291,090	▲ 1,409,879	▲ 1,532,536	▲ 1,659,050	▲ 1,580,180	▲ 1,502,187	▲ 1,424,996	▲ 1,348,539	▲ 1,272,754
	普通預金・現金	117,430	▲ 257	▲ 116,643	▲ 231,828	▲ 354,510	▲ 475,659	▲ 595,394	▲ 713,817	▲ 831,025	▲ 947,106	▲ 1,062,137	▲ 1,176,193	▲ 1,291,090	▲ 1,409,879	▲ 1,532,536	▲ 1,659,050	▲ 1,580,180	▲ 1,502,187	▲ 1,424,996	▲ 1,348,539	▲ 1,272,754
固定資産		2,302,300	2,229,613	2,090,047	1,961,547	1,843,074	1,733,695	1,632,572	1,538,951	1,452,156	1,371,579	1,296,671	1,226,940	1,161,942	1,101,274	1,044,576	991,521	941,814	895,187	851,398	810,227	771,477
■負債および純資産合計		2,419,730	2,229,356	1,973,404	1,729,719	1,488,565	1,258,036	1,037,178	825,134	621,131	424,473	234,534	50,748	▲ 129,149	▲ 308,605	▲ 487,959	▲ 667,529	▲ 638,366	▲ 607,000	▲ 573,599	▲ 538,312	▲ 501,277
■負債の部		2,410,000	2,285,102	2,155,832	2,022,037	1,883,560	1,740,237	1,591,896	1,438,364	1,279,459	1,114,991	944,768	768,586	586,238	397,508	202,172	0	0	0	0	0	0
	固定負債																					
■純資産の部	長期借入金	2,410,000	2,285,102	2,155,832	2,022,037	1,883,560	1,740,237	1,591,896	1,438,364	1,279,459	1,114,991	944,768	768,586	586,238	397,508	202,172	0	0	0	0	0	0
		9,730	▲ 55,746	▲ 182,428	▲ 292,319	▲ 394,996	▲ 482,200	▲ 554,718	▲ 613,230	▲ 658,328	▲ 690,518	▲ 710,234	▲ 717,838	▲ 715,387	▲ 706,113	▲ 690,132	▲ 667,529	▲ 638,366	▲ 607,000	▲ 573,599	▲ 538,312	▲ 501,277
	資本金	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
	繰越利益剰余金	▲ 270	▲ 65,746	▲ 192,428	▲ 302,319	▲ 404,996	▲ 492,200	▲ 564,718	▲ 623,230	▲ 668,328	▲ 700,518	▲ 720,234	▲ 727,838	▲ 725,387	▲ 716,113	▲ 700,132	▲ 677,529	▲ 648,366	▲ 617,000	▲ 583,599	▲ 548,312	▲ 511,277
	(うち当期純利益金額)	▲ 270	▲ 65,476	▲ 126,682	▲ 109,891	▲ 102,677	▲ 87,205	▲ 72,518	▲ 58,512	▲ 45,098	▲ 32,190	▲ 19,715	▲ 7,605	2,451	9,274	15,981	22,603	29,163	31,366	33,402	35,287	37,035

(d) キャッシュフロー計算書

年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
■ 現金収入	合計	2,420,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000
財務等収入	出資金	10,000																				
	借入金	2,410,000																				
補助金収入	建設費補助金	0																				
営業収入	売電収入	0	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000	145,000
■ 現金支出	合計	2,302,570	262,687	261,385	260,185	267,681	266,149	264,734	263,423	262,208	261,080	260,031	259,055	259,898	263,789	267,657	271,515	66,129	67,007	67,809	68,543	69,215
財務等支出	借入 元金返済額	0	124,898	129,270	133,794	138,477	143,324	148,340	153,532	158,906	164,467	170,224	176,182	182,348	188,730	195,336	202,172	0	0	0	0	0
	借入 利子返済額	0	84,350	79,979	75,454	70,771	65,925	60,908	55,716	50,343	44,781	39,025	33,067	26,901	20,518	13,913	7,076	0	0	0	0	0
建設支出	水路建設費	1,524,300																				
	建屋建設費	8,000																				
	発電設備建設費	770,000																				
	電力契約諸費用	200																				
営業支出	維持管理費	0	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560	32,560
	固定資産税	0	20,809	19,507	18,307	25,803	24,271	22,856	21,545	20,330	19,202	18,153	17,177	16,267	15,417	14,624	13,881	13,185	12,532	11,919	11,343	10,800
法人税		70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	1,822	6,563	11,224	15,825	20,384	21,915	23,330	24,640	25,855
■ 収支および現金残高																						
会計収支	累積収支	0	▲ 190,304	▲ 446,186	▲ 689,801	▲ 930,885	▲ 1,161,344	▲ 1,382,132	▲ 1,594,106	▲ 1,798,039	▲ 1,994,627	▲ 2,184,496	▲ 2,368,212	▲ 2,546,286	▲ 2,719,179	▲ 2,887,310	▲ 3,051,054	▲ 3,001,506	▲ 2,948,226	▲ 2,891,494	▲ 2,831,567	▲ 2,768,678
	単年度合計	0	▲ 190,304	▲ 255,882	▲ 243,615	▲ 241,084	▲ 230,459	▲ 220,788	▲ 211,974	▲ 203,933	▲ 196,588	▲ 189,869	▲ 183,716	▲ 178,074	▲ 172,893	▲ 168,130	▲ 163,744	49,548	53,281	56,732	59,927	62,889
	単年度合計 (元金返済無)	0	▲ 65,406	▲ 126,612	▲ 109,821	▲ 102,607	▲ 87,135	▲ 72,448	▲ 58,442	▲ 45,028	▲ 32,120	▲ 19,645	▲ 7,535	4,274	15,837	27,205	38,428	49,548	53,281	56,732	59,927	62,889
現金収支	単年度合計	117,430	▲ 117,687	▲ 116,385	▲ 115,185	▲ 122,681	▲ 121,149	▲ 119,734	▲ 118,423	▲ 117,208	▲ 116,080	▲ 115,031	▲ 114,055	▲ 114,898	▲ 118,789	▲ 122,657	▲ 126,515	78,871	77,993	77,191	76,457	75,785
出資配当		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
期末現金残高	残高	117,430	▲ 257	▲ 116,643	▲ 231,828	▲ 354,510	▲ 475,659	▲ 595,394	▲ 713,817	▲ 831,025	▲ 947,106	▲ 1,062,137	▲ 1,176,193	▲ 1,291,090	▲ 1,409,879	▲ 1,532,536	▲ 1,659,050	▲ 1,580,180	▲ 1,502,187	▲ 1,424,996	▲ 1,348,539	▲ 1,272,754
■ 減価償却費詳細																						
減価償却費	合計	0	72,687	139,566	128,500	118,473	109,379	101,124	93,621	86,795	80,577	74,908	69,731	64,999	60,667	56,698	53,055	49,707	46,627	43,789	41,170	38,751
	水路		30,486	59,753	57,362	55,068	52,865	50,751	48,721	46,772	44,901	43,105	41,381	39,725	38,136	36,611	35,147	33,741	32,391	31,095	29,852	28,658
	建屋		236	458	431	406	382	359	338	318	299	282	265	249	235	221	208	196	184	173	163	153
	発電・設計		41,965	79,356	70,706	62,999	56,132	50,014	44,562	39,705	35,377	31,521	28,085	25,024	22,296	19,866	17,701	15,771	14,052	12,521	11,156	9,940
■ 経済性評価																						
支出／利潤		▲ 2,302,570	39,753	▲ 27,126	▲ 16,060	▲ 6,033	3,061	11,316	18,819	25,645	31,863	37,532	42,709	47,441	51,773	55,742	59,385	62,733	65,813	68,651	71,270	73,689
15年 IRR=	-15.8%																					
20年 IRR=	-8.3%																					
IRR			-98.3%	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	-39.8%	-33.4%	-28.4%	-24.3%	-20.9%	-18.2%	-15.8%	-13.8%	-12.2%	-10.7%	-9.4%	-8.3%	-7.3%
割引率			1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%	13.0%	14.0%	15.0%					
20年 NPV		▲ 1,681,900	▲ 1,764,408	▲ 1,834,557	▲ 1,894,360	▲ 1,945,477	▲ 1,989,282	▲ 2,026,918	▲ 2,059,332	▲ 2,087,318	▲ 2,111,539	▲ 2,132,549	▲ 2,150,816	▲ 2,166,734	▲ 2,180,635	▲ 2,192,800						
投資回収額		▲ 70	7,211	12,884	18,609	15,796	22,174	28,606	35,109	41,697	48,387	55,192	62,126	67,450	69,941	72,679	75,657	78,871	77,993	77,191	76,457	75,785
投資-総投資回収額		▲ 2,302,640	▲ 2,295,429	▲ 2,282,545	▲ 2,263,936	▲ 2,248,140	▲ 2,225,966	▲ 2,197,360	▲ 2,162,251	▲ 2,120,554	▲ 2,072,167	▲ 2,016,975	▲ 1,954,849	▲ 1,887,398	▲ 1,817,457	▲ 1,744,778	▲ 1,669,120	▲ 1,590,250	▲ 1,512,257	▲ 1,435,066	▲ 1,358,609	▲ 1,282,824
投資回収年数	21																					

5-2-2 安丸

斜面が迫る大きな砂防堰堤を利用するプランで、当初の想定より工事費の概算が膨らみ、採算性に検討の余地がある。IRR が 2.5 で投資回収年数が 17 年である。取水方法や砂防堰堤での発電を工夫することで土木工事費を軽減できれば、一気に可能性がでてくると思われる。

(a) 設定項目

固定項目	設定値	単位
最大出力	194	
年間発電量	1,470,000	kWh/年

オプション項目	設定値	単位
ファンドの事業期間	15	年
借入 利率	3.50%	
固定資産税率	1.40%	
建設費		
・土木建設費	222,200,000	円
・建屋	3,000,000	円
・発電設備（工事込み）	178,000,000	円
・電力契約諸費用	200,000	円
・消費税	20,170,000	円
建設費合計	423,570,000	
建設費補助率	0%	
ファンド等借入	420,000,000	円
売電単価	34.0	円/kWh
年間売電収入	49,980,000	円
法人税		
・均等割額	70,000	
・実行税率	41%	
自己資金額	10,000,000	円

(b) 損益計算書

年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
■売上高	合計	0	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980
	売上高	0	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980
	売上原価																					
■販売費および一般管理費	合計	200	25,624	38,363	35,773	34,900	32,691	30,692	28,883	27,243	25,756	24,404	23,175	22,057	21,038	20,109	19,260	18,484	17,772	17,120	16,521	15,972
	維持管理費	計	0	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760
	租税公課	計	0	3,630	3,376	3,144	4,397	4,106	3,838	3,593	3,367	3,160	2,968	2,791	2,628	2,477	2,337	2,207	2,086	1,973	1,868	1,770
		固定資産税	0	3,630	3,376	3,144	4,397	4,106	3,838	3,593	3,367	3,160	2,968	2,791	2,628	2,477	2,337	2,207	2,086	1,973	1,868	1,770
	減価償却費		0	14,234	27,227	24,869	22,743	20,825	19,094	17,530	16,116	14,836	13,676	12,624	11,669	10,801	10,012	9,293	8,638	8,039	7,492	6,991
	支払い手数料	電力契約諸費用	200																			
	営業利益金額	▲ 200	24,357	11,617	14,207	15,080	17,289	19,288	21,097	22,737	24,224	25,576	26,805	27,923	28,942	29,871	30,720	31,496	32,208	32,860	33,459	34,008
■営業外費用	計	0	14,700	13,938	13,150	12,334	11,489	10,615	9,710	8,773	7,804	6,801	5,763	4,688	3,576	2,425	1,233	0	0	0	0	0
	借入 利子返済額	0	14,700	13,938	13,150	12,334	11,489	10,615	9,710	8,773	7,804	6,801	5,763	4,688	3,576	2,425	1,233	0	0	0	0	0
■経常利益		▲ 200	9,657	▲ 2,321	1,058	2,747	5,800	8,673	11,387	13,964	16,420	18,775	21,042	23,235	25,366	27,446	29,487	31,496	32,208	32,860	33,459	34,008
法人税等		70	4,029	70	504	1,196	2,448	3,626	4,739	5,795	6,802	7,768	8,697	9,596	10,470	11,323	12,160	12,984	13,275	13,543	13,788	14,013
■純利益		▲ 270	5,627	▲ 2,391	554	1,550	3,352	5,047	6,648	8,169	9,618	11,007	12,345	13,639	14,896	16,123	17,327	18,513	18,933	19,317	19,671	19,995

(参考)

■減価償却費詳細																						
減価償却費	合計	0	14,234	27,227	24,869	22,743	20,825	19,094	17,530	16,116	14,836	13,676	12,624	11,669	10,801	10,012	9,293	8,638	8,039	7,492	6,991	6,533
	水路		4,444	8,710	8,362	8,027	7,706	7,398	7,102	6,818	6,545	6,283	6,032	5,791	5,559	5,337	5,123	4,918	4,722	4,533	4,352	4,177
	建屋		89	172	162	152	143	135	127	119	112	106	99	94	88	83	78	73	69	65	61	57
	発電・設計		9,701	18,345	16,345	14,563	12,976	11,562	10,301	9,179	8,178	7,287	6,492	5,785	5,154	4,592	4,092	3,646	3,248	2,894	2,579	2,298

(c) 貸借対照表

年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
■資産の部	合計	429,730	413,591	388,672	365,909	343,326	321,701	300,896	280,788	261,263	242,219	223,560	205,202	187,062	169,067	151,148	133,242	151,755	170,687	190,005	209,675	229,670
	流動資産	計	26,530	24,624	26,932	29,038	29,198	28,398	26,687	24,109	20,700	16,491	11,509	5,774	▲ 697	▲ 7,890	▲ 15,797	▲ 24,410	2,741	29,713	56,522	83,184
		普通預金・現金	26,530	24,624	26,932	29,038	29,198	28,398	26,687	24,109	20,700	16,491	11,509	5,774	▲ 697	▲ 7,890	▲ 15,797	▲ 24,410	2,741	29,713	56,522	83,184
	固定資産	403,200	388,967	361,740	336,871	314,128	293,303	274,209	256,679	240,563	225,727	212,051	199,427	187,758	176,957	166,945	157,652	149,014	140,975	133,483	126,491	119,959
■負債および純資産合計		429,730	413,591	388,672	365,909	343,326	321,701	300,896	280,788	261,263	242,219	223,560	205,202	187,062	169,067	151,148	133,242	151,755	170,687	190,005	209,675	229,670
■負債の部	計	420,000	398,233	375,705	352,388	328,255	303,278	277,426	250,669	222,976	194,314	164,648	133,944	102,166	69,275	35,233	0	0	0	0	0	0
	固定負債	長期借入金	420,000	398,233	375,705	352,388	328,255	303,278	277,426	250,669	222,976	194,314	164,648	133,944	102,166	69,275	35,233	0	0	0	0	0
■純資産の部	計	9,730	15,357	12,967	13,521	15,071	18,423	23,470	30,118	38,287	47,905	58,912	71,257	84,896	99,791	115,915	133,242	151,755	170,687	190,005	209,675	229,670
	資本金	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
	繰越利益剰余金	▲ 270	5,357	2,967	3,521	5,071	8,423	13,470	20,118	28,287	37,905	48,912	61,257	74,896	89,791	105,915	123,242	141,755	160,687	180,005	199,675	219,670
	(うち当期純利益金額)	▲ 270	5,627	▲ 2,391	554	1,550	3,352	5,047	6,648	8,169	9,618	11,007	12,345	13,639	14,896	16,123	17,327	18,513	18,933	19,317	19,671	19,995

(d) キャッシュフロー計算書

年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
■現金収入	合計	430,000	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980
財務等収入	出資金	10,000																				
	借入金	420,000																				
補助金収入	建設費補助金	0																				
営業収入	売電収入	0	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980	49,980
■現金支出	合計	403,470	51,886	47,673	47,874	49,820	50,780	51,690	52,558	53,389	54,189	54,962	55,715	56,451	57,173	57,887	58,593	22,830	23,008	23,171	23,318	23,452
財務等支出	借入 元金返済額	0	21,767	22,528	23,317	24,133	24,978	25,852	26,757	27,693	28,662	29,666	30,704	31,778	32,891	34,042	35,233	0	0	0	0	0
	借入 利子返済額	0	14,700	13,938	13,150	12,334	11,489	10,615	9,710	8,773	7,804	6,801	5,763	4,688	3,576	2,425	1,233	0	0	0	0	0
建設支出	水路建設費	222,200																				
	建屋建設費	3,000																				
	発電設備建設費	178,000																				
	電力契約諸費用	200																				
営業支出	維持管理費	0	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760	7,760
	固定資産税	0	3,630	3,376	3,144	4,397	4,106	3,838	3,593	3,367	3,160	2,968	2,791	2,628	2,477	2,337	2,207	2,086	1,973	1,868	1,770	1,679
法人税		70	4,029	70	504	1,196	2,448	3,626	4,739	5,795	6,802	7,768	8,697	9,596	10,470	11,323	12,160	12,984	13,275	13,543	13,788	14,013
■収支および現金残高																						
会計収支	累積収支	0	▲ 12,110	▲ 36,959	▲ 59,218	▲ 80,605	▲ 99,783	▲ 116,961	▲ 132,331	▲ 146,061	▲ 158,303	▲ 169,193	▲ 178,854	▲ 187,398	▲ 194,923	▲ 201,519	▲ 207,265	▲ 175,769	▲ 143,561	▲ 110,701	▲ 77,243	▲ 43,234
	単年度合計	0	▲ 12,110	▲ 24,849	▲ 22,259	▲ 21,386	▲ 19,178	▲ 17,179	▲ 15,370	▲ 13,729	▲ 12,242	▲ 10,890	▲ 9,661	▲ 8,544	▲ 7,525	▲ 6,596	▲ 5,747	31,496	32,208	32,860	33,459	34,008
	単年度合計（元金返済無）	0	9,657	▲ 2,321	1,058	2,747	5,800	8,673	11,387	13,964	16,420	18,775	21,042	23,235	25,366	27,446	29,487	31,496	32,208	32,860	33,459	34,008
現金収支	単年度合計	26,530	▲ 1,906	2,307	2,106	160	▲ 800	▲ 1,710	▲ 2,578	▲ 3,409	▲ 4,209	▲ 4,982	▲ 5,735	▲ 6,471	▲ 7,193	▲ 7,907	▲ 8,613	27,150	26,972	26,809	26,662	26,528
出資配当			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
期末現金残高	残高	26,530	24,624	26,932	29,038	29,198	28,398	26,687	24,109	20,700	16,491	11,509	5,774	▲ 697	▲ 7,890	▲ 15,797	▲ 24,410	2,741	29,713	56,522	83,184	109,712
■減価償却費詳細																						
減価償却費	合計	0	14,234	27,227	24,869	22,743	20,825	19,094	17,530	16,116	14,836	13,676	12,624	11,669	10,801	10,012	9,293	8,638	8,039	7,492	6,991	6,533
	水路		4,444	8,710	8,362	8,027	7,706	7,398	7,102	6,818	6,545	6,283	6,032	5,791	5,559	5,337	5,123	4,918	4,722	4,533	4,352	4,177
	建屋		89	172	162	152	143	135	127	119	112	106	99	94	88	83	78	73	69	65	61	57
	発電・設計		9,701	18,345	16,345	14,563	12,976	11,562	10,301	9,179	8,178	7,287	6,492	5,785	5,154	4,592	4,092	3,646	3,248	2,894	2,579	2,298
■経済性評価																						
	支出／利潤	▲ 403,470	27,987	14,993	17,351	19,477	21,395	23,126	24,690	26,104	27,384	28,544	29,596	30,551	31,419	32,208	32,927	33,582	34,181	34,728	35,229	35,687
	15年 IRR=	-1.5%																				
	20年 IRR=	2.5%																				
	IRR		-93.1%	-76.9%	-58.8%	-44.4%	-33.7%	-25.7%	-19.7%	-15.1%	-11.5%	-8.6%	-6.3%	-4.4%	-2.8%	-1.5%	-0.5%	0.5%	1.3%	1.9%	2.5%	3.0%
	割引率		1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%	13.0%	14.0%	15.0%					
	20年 NPV		97,221	45,182	237	▲ 38,715	▲ 72,591	▲ 102,152	▲ 128,035	▲ 150,774	▲ 170,816	▲ 188,538	▲ 204,260	▲ 218,250	▲ 230,737	▲ 241,918	▲ 251,958					
	投資回収額	▲ 70	19,861	24,836	25,423	24,293	24,177	24,141	24,178	24,284	24,454	24,683	24,969	25,308	25,697	26,135	26,620	27,150	26,972	26,809	26,662	26,528
	投資－総投資回収額	▲ 403,540	▲ 383,679	▲ 358,843	▲ 333,421	▲ 309,127	▲ 284,950	▲ 260,809	▲ 236,630	▲ 212,346	▲ 187,892	▲ 163,209	▲ 138,240	▲ 112,933	▲ 87,235	▲ 61,100	▲ 34,480	▲ 7,329	19,643	46,452	73,114	99,642
	投資回収年数	17																				

5-2-3 山田

出力が 100kW に乗らず年間発電量が少ないため、IRR が負で投資回収年数が 21 年と採算性は悪く、通常の営利法人では事業が困難である。ただし、主体が土地改良区で税金が課されないことと、農林水産省の補助金で FIT が利用できる場合があるため、採算性向上の工夫をしっかりと行くと事業化可能なゾーンに入ってくる事が期待できる。

(a) 設定項目

固定項目	設定値	単位
最大出力	72	
年間発電量	422, 000	kWh/年

オプション項目	設定値	単位
ファンドの事業期間	15	年
借入 利率	3. 50%	
固定資産税率	1. 40%	
建設費		
・ 土木建設費	59, 100, 000	円
・ 建屋	4, 000, 000	円
・ 発電設備（工事込み）	75, 000, 000	円
・ 電力契約諸費用	200, 000	円
・ 消費税	6, 915, 000	円
建設費合計	145, 215, 000	
建設費補助率	0%	
ファンド等借入	140, 000, 000	円
売電単価	34. 0	円/kWh
年間売電収入	14, 348, 000	円
法人税		
・ 均等割額	70, 000	
・ 実行税率	41%	
自己資金額	10, 000, 000	円

(b) 損益計算書

年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
■売上高	合計	0	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348
	売上高	0	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348
	売上原価																					
■販売費および一般管理費	合計	200	9,506	14,297	13,262	12,818	11,945	11,157	10,447	9,807	9,228	8,706	8,233	7,806	7,419	7,068	6,749	6,459	6,196	5,955	5,736	5,537
	維持管理費	計	0	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880
	租税公課	計	0	1,238	1,142	1,055	1,464	1,357	1,258	1,169	1,087	1,012	944	881	824	771	723	678	637	599	563	531
		固定資産税	0	1,238	1,142	1,055	1,464	1,357	1,258	1,169	1,087	1,012	944	881	824	771	723	678	637	599	563	531
	減価償却費		0	5,388	10,275	9,327	8,474	7,708	7,019	6,398	5,840	5,336	4,882	4,472	4,102	3,768	3,465	3,191	2,942	2,717	2,512	2,325
支払い手数料	電力契約諸費用	200																				
営業利益金額		▲ 200	4,843	51	1,086	1,530	2,403	3,191	3,901	4,541	5,120	5,642	6,115	6,542	6,929	7,280	7,599	7,889	8,152	8,393	8,612	8,811
■営業外費用	計	0	4,900	4,646	4,383	4,111	3,830	3,538	3,237	2,924	2,601	2,267	1,921	1,563	1,192	808	411	0	0	0	0	0
	借入 利子返済額	0	4,900	4,646	4,383	4,111	3,830	3,538	3,237	2,924	2,601	2,267	1,921	1,563	1,192	808	411	0	0	0	0	0
■経常利益		▲ 200	▲ 58	▲ 4,595	▲ 3,297	▲ 2,581	▲ 1,427	▲ 347	664	1,617	2,518	3,375	4,194	4,979	5,737	6,472	7,188	7,889	8,152	8,393	8,612	8,811
	法人税等	70	70	70	70	70	70	70	342	733	1,102	1,454	1,789	2,111	2,422	2,723	3,017	3,304	3,412	3,511	3,601	3,683
■純利益		▲ 270	▲ 128	▲ 4,665	▲ 3,367	▲ 2,651	▲ 1,497	▲ 417	322	884	1,416	1,921	2,404	2,868	3,315	3,748	4,171	4,584	4,740	4,882	5,011	5,129
(参考)																						
■減価償却費詳細																						
減価償却費	合計	0	5,388	10,275	9,327	8,474	7,708	7,019	6,398	5,840	5,336	4,882	4,472	4,102	3,768	3,465	3,191	2,942	2,717	2,512	2,325	2,156
	水路		1,182	2,317	2,224	2,135	2,050	1,968	1,889	1,813	1,741	1,671	1,604	1,540	1,479	1,419	1,363	1,308	1,256	1,206	1,157	1,111
	建屋		118	229	216	203	191	180	169	159	150	141	132	125	117	110	104	98	92	87	81	77
	発電・設計		4,088	7,729	6,887	6,136	5,467	4,871	4,340	3,867	3,446	3,070	2,736	2,437	2,172	1,935	1,724	1,536	1,369	1,220	1,087	968

(c) 貸借対照表

年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
■資産の部	合計	149,730	142,347	130,172	119,033	108,338	98,515	89,481	80,884	72,536	64,398	56,431	48,600	40,875	33,227	25,628	18,054	22,639	27,379	32,261	37,272	42,400
流動資産	計	11,630	9,634	7,735	5,922	3,701	1,586	▲ 429	▲ 2,628	▲ 5,135	▲ 7,937	▲ 11,022	▲ 14,380	▲ 18,003	▲ 21,884	▲ 26,018	▲ 30,401	▲ 22,874	▲ 15,418	▲ 8,024	▲ 687	6,597
	普通預金・現金	11,630	9,634	7,735	5,922	3,701	1,586	▲ 429	▲ 2,628	▲ 5,135	▲ 7,937	▲ 11,022	▲ 14,380	▲ 18,003	▲ 21,884	▲ 26,018	▲ 30,401	▲ 22,874	▲ 15,418	▲ 8,024	▲ 687	6,597
固定資産		138,100	132,713	122,437	113,111	104,637	96,929	89,910	83,511	77,672	72,335	67,453	62,980	58,878	55,110	51,646	48,455	45,513	42,796	40,285	37,959	35,803
■負債および純資産合計		149,730	142,347	130,172	119,033	108,338	98,515	89,481	80,884	72,536	64,398	56,431	48,600	40,875	33,227	25,628	18,054	22,639	27,379	32,261	37,272	42,400
■負債の部		140,000	132,744	125,235	117,463	109,418	101,093	92,475	83,556	74,325	64,771	54,883	44,648	34,055	23,092	11,744	0	0	0	0	0	0
固定負債	長期借入金	140,000	132,744	125,235	117,463	109,418	101,093	92,475	83,556	74,325	64,771	54,883	44,648	34,055	23,092	11,744	0	0	0	0	0	0
■純資産の部		9,730	9,603	4,937	1,570	▲ 1,081	▲ 2,577	▲ 2,994	▲ 2,673	▲ 1,789	▲ 373	1,548	3,952	6,820	10,135	13,883	18,054	22,639	27,379	32,261	37,272	42,400
資本金		10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
繰越利益剰余金		▲ 270	▲ 398	▲ 5,063	▲ 8,430	▲ 11,081	▲ 12,577	▲ 12,994	▲ 12,673	▲ 11,789	▲ 10,373	▲ 8,452	▲ 6,048	▲ 3,180	135	3,883	8,054	12,639	17,379	22,261	27,272	32,400
(うち当期純利益金額)		▲ 270	▲ 128	▲ 4,665	▲ 3,367	▲ 2,651	▲ 1,497	▲ 417	322	884	1,416	1,921	2,404	2,868	3,315	3,748	4,171	4,584	4,740	4,882	5,011	5,129

(d) キャッシュフロー計算書

年度		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
■ 現金収入	合計	150,000	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348
財務等収入	出資金	10,000																				
	借入金	140,000																				
補助金収入	建設費補助金	0																				
営業収入	売電収入	0	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348	14,348
■ 現金支出	合計	138,370	16,344	16,248	16,161	16,570	16,463	16,364	16,547	16,855	17,150	17,433	17,706	17,971	18,229	18,482	18,731	6,821	6,891	6,954	7,012	7,064
財務等支出	借入 元金返済額	0	7,256	7,509	7,772	8,044	8,326	8,617	8,919	9,231	9,554	9,889	10,235	10,593	10,964	11,347	11,744	0	0	0	0	0
	借入 利子返済額	0	4,900	4,646	4,383	4,111	3,830	3,538	3,237	2,924	2,601	2,267	1,921	1,563	1,192	808	411	0	0	0	0	0
建設支出	水路建設費	59,100																				
	建屋建設費	4,000																				
	発電設備建設費	75,000																				
	電力契約諸費用	200																				
営業支出	維持管理費	0	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880	2,880
	固定資産税	0	1,238	1,142	1,055	1,464	1,357	1,258	1,169	1,087	1,012	944	881	824	771	723	678	637	599	563	531	501
法人税		70	70	70	70	70	70	70	342	733	1,102	1,454	1,789	2,111	2,422	2,723	3,017	3,304	3,412	3,511	3,601	3,683
■ 収支および現金残高																						
会計収支	累積収支	0	▲ 7,313	▲ 19,418	▲ 30,487	▲ 41,112	▲ 50,865	▲ 59,829	▲ 68,084	▲ 75,698	▲ 82,734	▲ 89,248	▲ 95,289	▲ 100,903	▲ 106,129	▲ 111,005	▲ 115,561	▲ 107,672	▲ 99,519	▲ 91,126	▲ 82,515	▲ 73,703
	単年度合計	0	▲ 7,313	▲ 12,105	▲ 11,069	▲ 10,626	▲ 9,752	▲ 8,964	▲ 8,255	▲ 7,614	▲ 7,036	▲ 6,514	▲ 6,041	▲ 5,614	▲ 5,226	▲ 4,875	▲ 4,556	7,889	8,152	8,393	8,612	8,811
	単年度合計（元金返済無）	0	▲ 58	▲ 4,595	▲ 3,297	▲ 2,581	▲ 1,427	▲ 347	664	1,617	2,518	3,375	4,194	4,979	5,737	6,472	7,188	7,889	8,152	8,393	8,612	8,811
現金収支	単年度合計	11,630	▲ 1,996	▲ 1,900	▲ 1,813	▲ 2,222	▲ 2,115	▲ 2,016	▲ 2,199	▲ 2,507	▲ 2,802	▲ 3,085	▲ 3,358	▲ 3,623	▲ 3,881	▲ 4,134	▲ 4,383	7,527	7,457	7,394	7,336	7,284
出資配当			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
期末現金残高	残高	11,630	9,634	7,735	5,922	3,701	1,586	▲ 429	▲ 2,628	▲ 5,135	▲ 7,937	▲ 11,022	▲ 14,380	▲ 18,003	▲ 21,884	▲ 26,018	▲ 30,401	▲ 22,874	▲ 15,418	▲ 8,024	▲ 687	6,597
■ 減価償却費詳細																						
減価償却費	合計	0	5,388	10,275	9,327	8,474	7,708	7,019	6,398	5,840	5,336	4,882	4,472	4,102	3,768	3,465	3,191	2,942	2,717	2,512	2,325	2,156
	水路		1,182	2,317	2,224	2,135	2,050	1,968	1,889	1,813	1,741	1,671	1,604	1,540	1,479	1,419	1,363	1,308	1,256	1,206	1,157	1,111
	建屋		118	229	216	203	191	180	169	159	150	141	132	125	117	110	104	98	92	87	81	77
	発電・設計		4,088	7,729	6,887	6,136	5,467	4,871	4,340	3,867	3,446	3,070	2,736	2,437	2,172	1,935	1,724	1,536	1,369	1,220	1,087	968
■ 経済性評価																						
	支出／利潤	▲ 138,370	6,081	1,193	2,141	2,994	3,760	4,449	5,070	5,628	6,132	6,586	6,996	7,366	7,700	8,003	8,277	8,526	8,751	8,956	9,143	9,312
	15年 IRR=	-6.5%																				
	20年 IRR=	-1.3%																				
	IRR		-95.6%	-88.3%	-72.3%	-57.3%	-45.3%	-36.0%	-28.9%	-23.3%	-18.8%	-15.3%	-12.4%	-10.1%	-8.1%	-6.5%	-5.1%	-4.0%	-3.0%	-2.1%	-1.3%	-0.7%
	割引率		1.0%	2.0%	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%	7.0%	8.0%	9.0%	10.0%	11.0%	12.0%	13.0%	14.0%	15.0%					
	20年 NPV		▲ 25,949	▲ 38,496	▲ 49,282	▲ 58,587	▲ 66,638	▲ 73,628	▲ 79,716	▲ 85,035	▲ 89,697	▲ 93,795	▲ 97,409	▲ 100,605	▲ 103,440	▲ 105,962	▲ 108,212					
	投資回収額	▲ 70	5,260	5,610	5,960	5,823	6,211	6,602	6,720	6,724	6,752	6,803	6,877	6,970	7,083	7,213	7,362	7,527	7,457	7,394	7,336	7,284
	投資－総投資回収額	▲ 138,440	▲ 133,180	▲ 127,570	▲ 121,610	▲ 115,787	▲ 109,576	▲ 102,974	▲ 96,254	▲ 89,531	▲ 82,778	▲ 75,975	▲ 69,098	▲ 62,128	▲ 55,046	▲ 47,832	▲ 40,471	▲ 32,944	▲ 25,488	▲ 18,094	▲ 10,758	▲ 3,473
	投資回収年数	21																				

5-3 地点一覧総括表

No	設置場所	河川名	取水量 (m^3/s)	落差 (m)	発生電 力 (kw)	圧力管 (ϕ)	事業費 (百万円)
1	西熊溪谷	上菰生川	0.8	120	752	0.6	620.30
2	安丸	上菰生川	1.8	14	197	1.8	225.2
3	山田分土工	舟入川	3.5	3.5	70		63.1

5-3-1 算出根拠

- 管路について（建設物価（2013年2月号）による）
 - ・導水路は高密度ポリエチレン管
 - ・圧力管はダクタイル鋳鉄管（耐震）
 - *建設物価に無い管径は見積を原則とするが、時間的制約により按分計算により単価を算出（メーカーに聞く）設置手間は、高知県土木の積算書から算出
 - ・導水トンネルについては、農業用導水トンネルの実績を参考（四万十町一生原）
- 取水堰、沈砂池、放水口については、コンクリート体積から単価/ m^3 （高知県統一単価）を乗じて算出（土工を含む）
- 仮設備費（索道、町道切替え等）については、工事期間、索道延長などにより異なるが砂防工事による実績等を参考として算出
- 用地費等は借地か買収か不確定な要素があり借地を原則とした。

（買収は、山間地域が主であり買収面積を確定するには隣接地の境界画定が必要となるため、地権者の立会が不可欠である。地権者（登記者）は、所有権移転登記がされてないまま現在にいたっている場合が多い。これを解決するためには、親族の同意書や印鑑証明等が必要となるなど解決には時間を要する。

6 まとめ

本業務では、香美市内における小水力発電の適地 3 ヶ所について、基礎調査を行った上で流量計測とレイアウト設計を行い、発電事業を行うための事業計画と予算計画とを策定した。事業計画は、個別の発電事業のみならず、高効率低リスクを実現するための広域協調型ビジネスモデルを示した。また予算計画においては事業の採算性を示した。各地域への地元還元手法を検討し、地域住民との情報交換会を 1 ヶ所で実施することで理解を深めるとともに今後の課題を検討した。

計画策定を行った 3 ヶ所について、事業性が概ね良好と認められる地点は安丸のみであった。今後の調査により事業性を好転できる可能性が高いのが山田である。残りの 1 ヶ所、西熊については採算性を実施可能なレベルにするために大きな工夫を必要とするものと判定した。

事業計画をより詳細で信頼性を上げることで発電事業を実現するために、各想定地点において、今後は以下を実施して行く必要がある。

- ・取水予定地点における、年間を通じた流量調査の実施。
- ・旧発電所跡については、残されている設備の健全性の調査と改修費用の算定。
- ・レイアウトや工法の工夫による建設費の圧縮。
- ・地域住民による主体の形成と、発電事業法人の設立。
- ・行政機関や発送電事業者との許認可に関する交渉。
- ・金融機関によるノンリコースやリミテッドリコースの融資の実施。

6-1 小水力発電の環境負荷に関する課題

ここでは今後事業を行う上での課題のうち、小水力発電の環境負荷に関する課題を述べる。ここで述べる他に、制度的には系統連系や発送電分離の課題が、技術的な課題としては低圧系統連系や独立運転、スマートグリッド対応がある。また規制や商品コストの面で事業化が困難な出力 20～100kW 程度の小水力発電の開拓も地域資源の利活用の面で重要な課題である。

<環境負荷の小さな取水堰>

小水力発電と言う場合には水路式の発電を含意していることが多く、堰は取水機能のために構築される。これは中大出力で用いられるダム式やダム水路式と異なり蓄積目的の機能ではないため、減水区間での環境負荷が小さいと考えられている。

しかしながら、河川を横断する形での河川構造物を構築することになるので、ある程度の負荷は避けられない。これを避けるために、横一文字にコンクリート製の堰を張るのではなくブロック状の構造を持たせることが考えられる。

高知県では江戸時代に土佐藩の野中兼山による灌漑用の山田堰が物部川に作られており、これはブロック上の構造物を間隔をおいて設置したものである。現在は使われていないものの、今回調査を行った山田分木工近くで一部が文化財として保存されいているのを見ることが出来る。

また、堅牢なコンクリートで人工物を構築するのではなく、現場の岩を利用して出来るだけ元の自然に近い形での取水堰を構築する方法も考えられる。これは多自然工法や近自然工法と呼ばれるもので、水棲動物にとって良い環境を維持できるのに加え、良好な景観も維持できると期待される。

これらのアイデアを実現するには、発電所の形式認定の際に取水機能の疑義で問題が起これない様にする必要がある。今後、手法を確立して、堅牢なコンクリート堰でなくても小水力発電には十分な取水能力を発揮することを証明する必要がある。

6-1-1 河川協議（法定河川）

一級河川や二級河川で発電を行うために新規の発電水利の取得が必要となる。FIT法の施行後、規制緩和が進行中であり、現状の許認可規則および協議になる時点で存在するであろう規則が分かり難くなっている。また、法体系が変更になったあと、行政の実務担当者が法体系の期待通りに運用できない場合や運用にバラツキが生じる可能性がある。

特に河川法は激しく対立する利害を調整・整理する目的を持っており、市民レベルでの再生可能エネルギー事業を支援するような文脈とは元々相容れない関係にある。今後、行政府による厳格な規制指向から市民ベースの緩やかな活用指向へのパラダイムシフトと、それに沿った的確な運用が期待される。

6-1-2 河川協議（法定外河川）

普通河川で発電を行う際に、市町村が的確な条例を持っていない場合や、運用が追いついていない場合がある。普通河川を管理する上で、河川法を根拠法とする条例ではなく地方自治法を根拠法とする条例を持っている場合で、法定外公共物を公的な組織にしか占有・利用させないような条文を持っていると、当該地方公共団体では普通河川による小水力発電が一切できないことになる。

また、占有を許可できるような条例を持っている場合にも、行政職員が複雑な決済手続きを踏まずに妥当な結論を導出できるような手立てが必要である。特に山間部の溪流を抱える町村役場は判断を下すためのノウハウやマンパワーが小さく、異動で人員も変動もするので河川運用に長けているとも限らない。一方で単に届け出を受理するような形式的な手続きにってしまうと、反社会的勢力や地域維持に有害な団体を招き込みかねない懸念がある。

この課題を解決しないと、地域が持つ折角の資源の有効活用が計れない。どのような手法が望ましいかを考察した要件が以下である。

- ・ 事業主体となるべき市民レベルで行政手続きを依頼できる内容であること。
- ・ それは総じて役場職員も、それも異動直後の職員でであっても理解できる内容であること。
- ・ 書類を提出する側も受理／許可する側も、最初の手続き結果に拘泥せずに見直しがかけられる枠組みであること。
- ・ 一定の準備の元に書類が整えば、役場で外形的に判定を実施できる制度であること。

以上の要件を実現するためには、例えば以下のような枠組みを提供することが必要であろう。

- ・ 許可する側と許可される側との双方が理解できるガイドラインを準備し、許可を受ける側がガイドラインに沿って必要な作業等を実施する。実施内容を確認するための様式に記入することで申請書類の様式が完成する。
- ・ 許可を申請する側は、事業者だけでなく事業と無関係な地域住民の方の意見も反映するようにガイドラインで手続きを決める。
- ・ 内容は法定河川で実施する場合と同様の 10 項目に準拠する。ただし、法定河川同様の調査検討を加えるのではなく、許可を出す側も役場職員で検証可能な程度に専門性があまりに高度ではない内容とする。
- ・ 許可された後も PDCA サイクルを回すような、定期的な再検証が可能な枠組みとする。場合によっては途中で許可取り消しも可能なようにする。
- ・ 以上を措置するのに、小水力発電事業に長けたコンサルティング会社等の専門家の支援を受けたり、実施・判断に迷う場合に第三者に諮るような枠組みとする。

以上の枠組みは、地域の資源を活用して地域に還元しようとする立場から具体的な提案を行うのが望ましく、今後、地方公共団体の意見を交えながら CHE で企画提案して行きたいと考えている。

以下に簡単な様式例を示す。

様式 0

平成 25 年 4 月 1 日

〇〇〇〇村長

株式会社☆☆☆☆

河川利用に関する確認書

〇〇〇〇村河川利用ガイドラインに沿って、河川利用が可能かを確認しましたので、小水力発電用の取水および河川構造物の構築についての許可をお願い致します。

・動植物

- ・どんな動植物が棲息しているか確認してください
 - リストを作りましたか（はい／いいえ）
 - リスト中の生物の環境を害する可能性がありますか（はい／いいえ）
 - 害する場合の対策を検討していますか（はい／いいえ）
 - リスト内に絶滅危惧種はありましたか（はい／いいえ）

・景観

- ・現状の写真を用意したことを確認してください。
 - それは四季全部に対してありますか（はい／いいえ）
 - それは構造物全部（取水堰、導水、発電所、吐水口）に対してありますか（はい／いいえ）
 - 現状の写真に細工することで構造物ができたときの想定の写真を作りましたか（はい／いいえ）
 - その写真を見てみんなが景観を害さないと言ったか確認してください。
 - 発電事業者（はい／まあまあ／いいえ）
 - 地域内住民（はい／まあまあ／いいえ）
 - 地域外住民（はい／まあまあ／いいえ）

・流量

- ・流量を計測したか確認してください
 - それは通年ですか（はい／渇水時期のみ／いいえ）
 - それは直接計測しましたか（はい／間接的な推定／いいえ）

- 取水計画はガイドラインに定める維持流量を守れますか（はい／いいえ）
- 上で「いいえ」の場合、維持流量の考え方を決めていますか（はい／いいえ）

・主体

- ・発電事業をする事業主体について確認してください
 - 当該地域での活動をする団体ですか（発電所近傍／近隣地区／同一市町村／同一都道府県／その他）
- ・利潤を地域に還元するプランを持っていますか（はい／いいえ）
 - そのプランを聞いてみんなが期待できると考えていますか。
 - ・発電事業者（はい／まあまあ／いいえ）
 - ・地域内住民（はい／まあまあ／いいえ）
 - ・地域外住民（はい／まあまあ／いいえ）
 - 反社会勢力の構成員がいますか。（はい／いいえ）

・再検討事項（2年目以降）

- ・昨年に引き続き今年も実施したことを確認してください（はい／いいえ）
 - 動植物は昨年に比べてどうなったと思いますか（他の種を脅かすほど増えた／若干増えた／同じぐらい／若干減った／棲息を確認できなくなった）
 - 景観についての皆さんの意見（良くなった／変わらない／悪くなった）
 - 流量についての状況（良くなった／変わらない／悪くなった）

・準拠

- 以上の手続きをガイドラインに沿って実施しましたか（はい／まあまあ／いいえ）

・総合判定

- 引き続き発電事業を継続すべきと判定しますか（はい／別の意見を求む／いいえ）

7 参考資料

7-1 積算根拠資料

7-1-1 西熊

(1) 土木費用

積 算 項 目		数量	単価	工事費	適用
				百万円	
1. 本工事費				1532.3	
	土地関係	1		4	
	建物関係	1		4	
	土木関係	1		1,523.3	①+②+③ (1,016.2*1.5)
	①水路			1,016.2	
	a. 取水ダム	0			既設ダム利用
	b. 取水口	1		2	
	c. 沈砂地	1		2	
	d. 導水路	1,050		899.2	トンネル 400m レベル 650m
	e. 水槽	1		2	ヘッドタンク
	f. 余水路	—			
	g. 水圧管	1		13.6	
	埋設式				
	露出式	175m		12	46,000*1.4
	管路費	1		1.4	
	h. 放水路	m		97.4	
	i. 放水口	1		5	
	j. 雑工事	1		92.4	$\Sigma(a-i)*0.1$
	②貯水池又は調整池				
	k. ダム本体				
	l. 雑工事				
	③機械装置				
	m. 基礎				
	n. 諸経費				
4	電気関係				
5	仮設費	1		70	索道、土のう積、水替費等
6	総係費				
7	(小計)				
8	ダム分担金				
9	建設中利子				
10	分担関連費				
11	(計)				
12	送配電関係				
	(引込み柱他)				

(2) 電気関係費用

小水力発電設備概略工事費用算出

(香美市西熊溪谷)

対象地点	香美市西熊溪谷
最大使用水量	0.9 m ³ /s
有効落差	120 m
最大出力	820 kW

小水力発電設備概略工事費用算出

水車		
フランス水車	一式	100 百万円
電気設備	一式	220 百万円
発電機 同期発電機		120 百万円
制御盤		100 百万円
水車および電気設備据付工事費	一式	50 百万円
送配電設備 (系統連系接続費含む)	一式	400 百万円
※送電設備を発電所下流へ 10km 敷設		
合計		770 百万円

7-1-2 安丸

(1) 土木費用

積 算 項 目		概算工事費			適 用
		数量	単価	工事費	
				百万円	
1. 本工事費				225.2	
	土地関係	1		1	借地 5,400m ² 補償 (杉、檜) 15 本
	建物関係	1		2	
	土木関係	1		222.2	①+②+③(144.1*1.5)+仮設
①水路				144.1	
	a. 取水ダム				
	b. 取水口	1		2	
	c. 沈砂地	1		2	
	d. 導水路	1		7	導水路掘削、埋め戻 (盛土) 等
	e. 水槽				
	f. 余水路	—			
	g. 水圧管	1		118	
	埋設式	200m		112	φ 1,200
	露出式				
	管路費	1		6	
	h. 放水路	m		15.1	
	i. 放水口	1		2	
	j. 雑工事	1		13.1	Σ (a-j) 0.1
②貯水池又は調整池					
	k. ダム本体				
	l. 雑工事				
③機械装置					
	m. 基礎				
	n. 諸経費				
④電気関係	(引込み柱他)				
⑤仮設費		1		6	土のう積、水替、仮設道路等
⑥総係費					
⑦ (小計)					
⑧ダム分担金					
⑨建設中利子					
⑩分担関連費 (計)					
⑪送配電関係					

(2) 電気関係費用

小水力発電設備概略工事費用算出
(香美市安丸砂防)

対象地点	香美市安丸砂防
最大使用水量	1.8 m ³ /s
有効落差	13 m
最大出力	194 kW

小水力発電設備概略工事費用算出

水車 水中タービン発電 機	一式	80 百万円
電気設備 制御盤 40 百万円	一式	40 百万円
水車および電気設備据付工事費	一式	55 百万円
送配電設備 (系統連系接続費含む)	一式	3 百万円
合計		178 百万円

7-1-3 山田

(1) 土木費用

積 算 項 目		概算工事費			適用
		数量	単価	工事費	
				百万円	
1. 本工事費				63.1	
	土地関係	1		4	
	建物関係				
	土木関係				
	①水路			59.1	
	a. 取水ダム				
	b. 取水口	1		6	付替え
	c. 除塵機	1		52	
	d. 導水路				
	e. 水槽				
	f. 余水路	—			
	g. 水圧管				
	埋設式				
	露出式				
	管路費				
	h. 放水路	m		6.1	
	i. 放水口	1		5	
	j. 雑工事	1		1.1	$\Sigma (a-i)*0.1$ (但し除塵機費用は除く)
	②貯水池又は調整池				
	k. ダム本体				
	l. 雑工事				
	③機械装置				
	m. 基礎				
	n. 諸経費				
4	電気関係				
5	仮設費				
6	総係費				
7	(小計)				
8	ダム分担金				
9	建設中利子				
10	分担関連費				
11	(計)				
12	送配電関係				
	(引込み柱他)				

(2) 電気関係費用

小水力発電設備概略工事費用算出
(香美市山田分水工)

対象地点	香美市山田分水工
最大使用水量	3.5 m ³ /s
有効落差	3.5 m
最大出力	72 kW

小水力発電設備概略工事費用算出

水車		
上掛け水車	一式	25 百万円
電気設備	一式	32 百万円
発電機 誘導発電機	8 百万円	
制御盤	24 百万円	
水車および電気設備据付工事費	一式	15 百万円
送配電設備 (系統連系接続費含む)	一式	3 百万円
合計		75 百万円

8 参考文献

全国小水力利用推進協議会：「小水力発電がわかる本 - しゅみから導入まで -」、オーム社出版、刊行年（2012）

新エネルギー財団水力本部編集：「中小水力発電ガイドブック - 新訂5版 -」、新エネルギー財団出版、刊行年（2012, 第1刷2002）

特定非営利活動法人地域再生機構：「小水力発電導入マニュアル」、特定非営利活動法人地域再生機構出版、刊行年（2010）

社団法人日本電気協会系統連系専門部会：「系統連系規定」、オーム社出版、刊行年（2010, 第1刷1990）

環境省：「H22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」

高知県公営企業局：「平成23年度 小水力発電先行プロジェクト 報告書」

高知県公営企業局：「平成23年度 小水力発電市町村支援事業 報告書」

高知県公営企業局：「平成22年度 高知県「緑の分権改革」推進事業 報告書」

地域小水力発電株式会社：「平成24年度 地域主導による再生可能エネルギー導入のための緊急支援事業委託業務（高知県等）報告書」

日本工営株式会社：「平成25年度 山田堰井筋土地改良区 小水力等農村地域資源利活用促進事業 小水力発電（概略設計・測量）業務委託 報告書」