

後入川流域の利水現況の調査と 活動拠点整備予定地における水利用検討

児玉 翔¹ 澤田 真衣¹

川村 日成¹ 五艘 隆志^{2*}

(受領日：2017年5月8日)

¹ 高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

² 東京都市大学工学部都市工学科
〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1

* E-mail: tgoso@tcu.ac.jp

要約：高知県香美市土佐山田町佐岡地区を対象フィールドとした“里山基盤科学技術の社会実装モデルプロジェクト”の一環として、同地区を中心とした物部川支川・後入川流域に設置されている水路の位置・流量や農地等での利用状況といった水資源利用状況を実測調査により把握した。さらに、調査によって得られた情報から、今後整備が予定されている活動拠点で実現可能な水資源利用計画を検討した。その結果、2016年度現在においても水路には十分な量の水が供給されており、活動拠点整備予定地での生活用水や農業用水、小水力発電として利用することが可能であることが確認された。

1. はじめに

高知県香美市土佐山田町佐岡地区を対象フィールドとした“里山基盤科学技術の社会実装モデルプロジェクト”は現代の技術を活用した新しい里山暮らしの提案を目指した活動である。河川は里山を構成する重要な要素の一部であるが、同地区を流れる物部川支川・後入川や、これを源流とする水路についての定量的データ（所在位置、形状、流量その他のデータ）はほぼ全くと言ってよいほど取得されていないのが現状である。

新しい里山暮らしの提案をするためには、過去から現在の水利用状況を定量的に把握することがその第一歩となる。本研究は“里山基盤科学技術の社会実装モデルプロジェクト”の一環であると同時に、高知工科大学大学院基盤工学専攻社会システム工学コースの科目「セミナー1、セミナー2」の活動

として取り組んだものであり、佐岡地区の河川・水路の位置・流量・水資源利用状況について現地調査を実施した。そのうえで、この調査結果から実現可能な活動拠点での水資源利用計画を立案することを試みたものであり、本稿はその内容について報告するものである。

2. 水路の現状調査

2.1 線形調査範囲

水路線形の把握を行うため、地区住民へのヒアリングと現地調査を行った。

地域住民へのヒアリング調査

(2016年8月24日18時～19時 調査者：川村、児玉、五艘)

佐岡地区住民であると同時に土地改良区職員でもある技術者の方に、同地区の水路網について歴史的経緯や管理実態、線形の概要等のヒアリングを実



図 1. 後入川と佐岡地区内の水路位置
(地図データ@2017google ZENRIN に加筆)

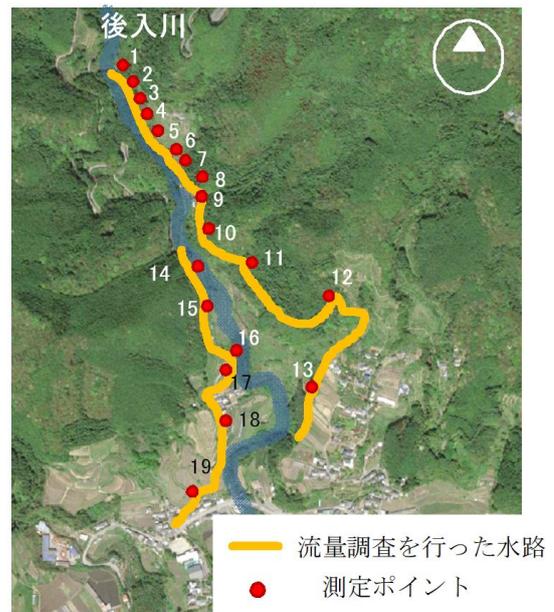


図 2. 流量調査を行った水路と測定ポイント
(地図データ@2017google ZENRIN に加筆)

施し、水路網の概略図を入手した。

[ヒアリング概要]

- 佐岡地区には地元の水利組合が管理している水路と、杉田ダム土地改良区が管理している水路の2種類が存在する。
- 水利組合は60代の住民（土地改良区や元県職員など）が中心となって活動しており2016年現在の組合員は10数名。
- 水利組合は住民の自主活動であり、基本的に3月と7月に泥上げ・草刈りを行っている。1回の活動に7人程度が2時間ほど作業する。
- 現在60代の住民が子どもだった頃から流量は大きく変わっておらず、必要な分だけ田畑に流し、必要ではない分は後入川に返している。
- 水路上流側の水質は高く、水路下流部では生活排水が流入することがあることから多少水質レベルは落ちる（特に水質調査はしていない）。

現地での地形確認

(2016年7月6日9時～12時 調査者：川村、児玉、澤田、岡田、細川、五艘) (2016年10月6日15時～17時 調査者：川村、児玉、澤田)

ヒアリング調査にて入手した水路網概略図から正確な水路位置を特定することを目的として、GPSロガーを持ち水路に沿って歩き、その結果をGIS上に記録した。図1はその結果を示すものである。またこの調査によりヒアリングでは確認できなかった後入川左岸側の水路も確認できた。

2.2 流量調査

確認できた水路のうち、後入川から取水している2本の水利組合管理水路の流量を測定した。図2は流量調査を行った水路と測定ポイントを示すものである。

流量調査の方法

流量は以下の要領にて測定した。

- 水路が直線的なポイントを選定し、プロペラ式流速計によって水路の左端、中央、右端の流速を測定した。
- メジャーにより水路幅と水深を計測し掛け合わせ、測定ポイントの断面を算出した。
- (3点の流速の平均値) × (測定ポイントの断面) をその点の流量とした。
- 豊水期と渇水期両方の流量を確認するため、計測は2016年7月6日、2016年12月5日、2017年1月16日の3回実施した。

流量測定結果

[後入川左岸側水路]

図3は左岸側水路の流量計測結果を示すものである。夏(豊水期)の第1回調査においては約30 l/sが取水され、下流に行くにしたがって流量が減少している。冬(渇水期)の測定として第2回調査を行ったが測定日までの1週間に雨天の日が続いており大幅に流量が増していたため、第3回調査の結果を渇水期の流量とした。渇水期では川から取水されている流量が豊水期の半分程度であるという結果が得られた。

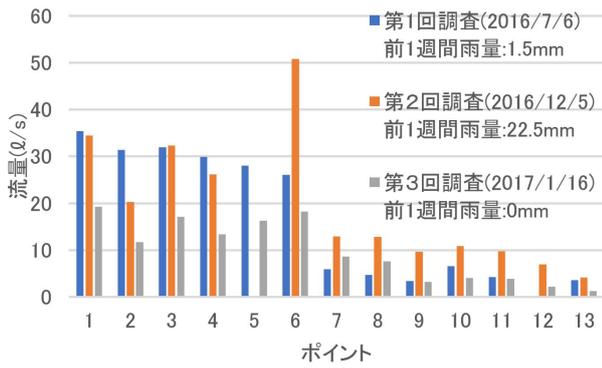


図3. 後入川左岸側水路の流量

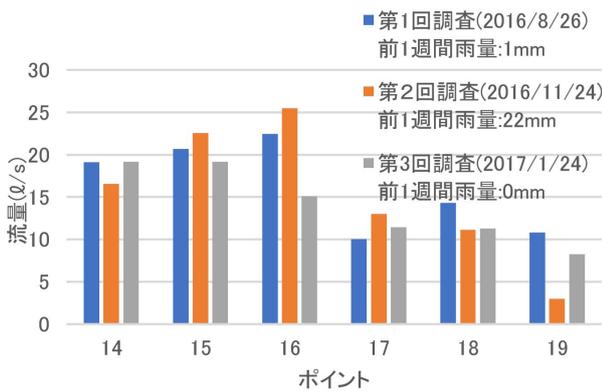


図4. 後入川右岸側水路の流量

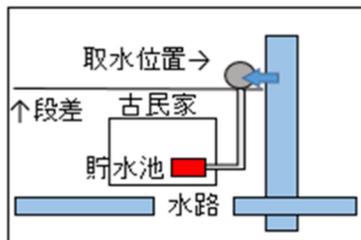


図5. 活動拠点予定地の水量・水質調査位置

[後入川右岸側水路]

図4は右岸側水路の流量計測結果を示すものである。右岸側調査も左岸側と同様、第2回調査は雨天が続いた期間だったため第1回調査の結果を豊水期の流量、第3回調査の結果を渇水期の流量とした。豊水期には約20ℓ/sの水が川から取水されており、左岸側と比べると減少量は少ないが、渇水期は豊水期に比べて流量が減少する傾向にあった。

2.3 水利組合管理と改良地区管理における水供給能力の比較

前節の流量調査と、土地改良区へのヒアリング結果(2016年8月26日調査者:川村)より、両水路の水供給能力の比較を行った。表1はその結果を示

表1. 水路の水供給能力の比較

	水利組合管理	土地改良区管理
供給量	左右岸計 約50ℓ/s(夏)	年平均揚水量 約103万t =30ℓ/s
供給面積	約6ha (航空写真より)	約5ha

表2. 水質評価項目

COD(低濃度)
亜硝酸態窒素
硝酸態窒素
りん酸態りん(低濃度)

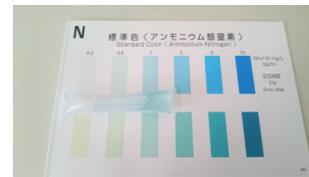


図6. 色変化例

すものである。水の供給量、使用されている面積において2種類の水路に大差はなかった。水利組合のように住民のボランティア的活動として管理されている水路が土地改良区と同程度以上の水供給能力を維持することができており、地域における重要性が再確認された。

2.4 水量・水質調査

調査対象

今後整備される予定の拠点(2016年度現在は古民家があり、これを改修予定:以後「古民家」と記載)で活動することを想定し、水量・水質調査を現古民家の敷地内にある貯水池にて行った。この貯水池は図5で示すように山から流れてくる水を古民家の裏手から取水し、貯めているものである。

調査方法

水量の計測は2ℓのペットボトルに水が満杯になるまでにかかる時間を3回測定し、その平均より求めた。調査は豊水期である8月と渇水期である1月に行った。

水質調査は共立理科学研究所の川の水調査キットを用いて行った。これは、薬品の入ったチューブに水を入れることで図6のように色が変わり、水に含まれる成分の量を検査できるものである。検査できる項目は表2の4項目で香美市上水道との比較を行った。

表 5. 稲作の水管理機関と水深の目安^{2,3)}

管理法	活動期間	浅水管理	中干し	飽水管理	深水管理
水深 (m)	0.05	0.04	—	0.01	0.06

表 3. 水質調査評価項目

評価項目	今西邸内 (mg/L)	香美市上水道 (mg/L)
COD (低濃度)	3	8 以上
亜硝酸態窒素	0.005	0.01
硝酸態窒素	0.20	2.00
りん酸態りん (低濃度)	0.02	0.05

表 4. 田畑の利用状況

	畑地 (ha)	水田 (ha)	休耕田 (ha)
右岸	0.03	3.4	5.7
左岸	0.46	2.0	4.7

調査結果

水量調査の結果、2 回の調査で 0.18 ℓ/s ~ 0.2 ℓ/s 取水できた。

水質調査の結果を表 3 に示す。各項目は全て香美市上水道の数値を下回っていることから、この表の項目に関しては安全であると判断できる。しかし、水質調査に関しては引き続き調査を行い、安全性の確認をすることが必要である。

3. 現在の利水状況

3.1 古民家周辺の田畑における利水状況調査

前章で調査した古民家において、現状以上の取水を行った場合は水路下流への影響が懸念される。本調査においては、古民家で取水した場合に影響を受けることが予想される水路下流側の田畑の利用状況を航空写真と目視で確認し、GIS 上で畑地、水田、休耕田それぞれの面積を算出した。その結果を表 4 に示す。この内、最も多くの水を必要とし、使用されている面積も大きい水田に必要な水量を計算し、水路から供給される平均流量との比較を行うことで古民家において使用できる流量を明確にすることを試みた。

3.2 水田に対する必要水量算出法

水田に対する必要水量は、後入川を通じて水路より供給される。必要水量は稲作の管理に必要な水量を示す保水量と、水田の保水量を維持するために必要な蒸発散量分の水と考えることとした。

稲作の水管理期間と水深の目安^{2,3)}を表 5 に示す。ここで、飽水管理とは水田内に水が張られておらず、土の上を歩くと足跡がつき、ところどころに水たまりがみられる状態を維持する管理だが、本検討においては水深 1cm の水を水田内に張っていると仮定し、計算を行った。

保水量と蒸発散量を求める式を式 (1)、式 (2) に

示す。更に必要流量を求める式を式 (3) に示す。ここで、必要流量は、2 日間で水田に水を張るために必要な水量であるとして試算を行った。

$$W = A \times h \quad (1)$$

$$E = E_A \times A \quad (2)$$

$$F_n = W \times 1000 / 2 (\text{日}) \times 86400 (\text{s})$$

$$F_n = E \times 1000 / 86400 (\text{s}) \quad (3)$$

W : 保水量 (m^3) A : 水田面積 (m^2) h : 水深 (m)

E_A : 平均蒸発散量 (0.007m/日)

E : 蒸発散量 ($\text{m}^3/\text{日}$)

F_n : 必要流量 (ℓ/s)

3.3 水田に対する必要水量算出結果

前節より試算した必要流量を表 6 に示す。この表における流量とは必要流量のことを指す。

表より、最大必要流量は保水量と蒸発散量の流量を合わせたものと考えられ、右岸で約 13 (ℓ/s)、左岸が約 8 (ℓ/s) である。

[右岸側]

$$\text{保水 } 9.8 \ell/s \quad \text{蒸発散 } 236 \text{ m}^3/\text{日} = 2.7 \ell/s$$

$$\text{合計 } 12.5 \ell/s \rightarrow \text{切り上げ } 13 \ell/s$$

[左岸側]

$$\text{保水 } 5.8 \ell/s \quad \text{蒸発散 } 140 \text{ m}^3/\text{日} = 1.6 \ell/s$$

$$\text{合計 } 7.4 \ell/s \rightarrow \text{切り上げ } 8 \ell/s$$

稲作は豊水期に行われるため豊水期に測定した平均流量 (右岸約 16 (ℓ/s)、左岸約 18 (ℓ/s)) との比較を行うと右岸で約 3 (ℓ/s)、左岸で約 10 (ℓ/s) までは水利用を上流側で行うことが可能であると考えられる。

4. 制約条件から考えられる利水方法

既存古民家は地域における活動拠点として改修・整備される予定となっている。その方向性として、プロジェクト拠点案、地域交流拠点案など複数案が

表 6. 水田に対する必要水量

	活着期間		浅水期間		飽水期間		深水期間		蒸発散量 (m ³ /日)	流量 (ℓ/s)
	保水量 (m ³)	流量 (ℓ/s)	保水量 (m ³)	流量 (ℓ/s)	保水量 (m ³)	流量 (ℓ/s)	保水量 (m ³)	流量 (ℓ/s)		
右岸	1,700	9.8	1,300	—	340	2.0	2,000	9.8	236	2.7
左岸	1,000	5.8	800	—	200	1.2	1,200	5.8	140	1.6

表 7. もち米水稻栽培の必要流量

	活着期間		浅水期間		飽水期間		深水期間		蒸発散量 (m ³ /日)	流量 (ℓ/s)
	保水量 (m ³)	流量 (ℓ/s)	保水量 (m ³)	流量 (ℓ/s)	保水量 (m ³)	流量 (ℓ/s)	保水量 (m ³)	流量 (ℓ/s)		
今西邸前	1,400	9.1	1,100	—	280	1.6	1,700	9.8	19	0.22

“里山基盤科学技術の社会実装モデルプロジェクト”のグループで検討されている。

いずれの案も古民家に常駐することは想定しておらず、限定された期間の利用を想定しているため、入浴・宿泊設備はない（簡単な宿泊のためのシャワー程度は設置予定）。トイレはコンポスト方式を主体として検討中であり、利水量はあまり多くないことが考えられるが、煮沸した後の飲料水としての利用や、細々したものを洗うなどの最低限の生活用水としての利水は考えておく必要がある。

既存古民家には水道が来ておらず、ヒアリングによると昔は井戸の水を使って生活していたとのことである。なお、電力会社による電線が敷地上に架かっており、通電しているため活用可能な状況であるが、将来的にはエネルギーの自給も検討課題となってくる。

上記のような生活用途以外にも既存古民家周辺には過去に棚田として整備された休耕中の田畑があり、図1の赤色線で示した後入川右岸の水路を活用した農業生産活動も検討されている。農業生産としての利水の他、先に述べたエネルギー自給への対策を検討することも里山での新しい暮らしを提示する上で重要と考えられる。

このような条件から、考えられる利水方法として、

- 生活用水としての利用
- 農業用水としての利用
- 小水力発電としての利用

の三つを検討した。

5. 利水方法検討

5.1 生活用水としての利用

国土交通省による生活用水使用量の推移⁴⁾によれば、古民家で3人が活動する、もしくは宿泊することになった場合、生活用水は1日に約0.9 t必要

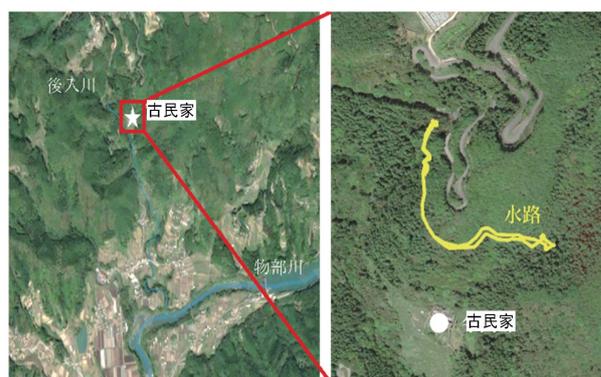


図 7. 金峯神社周辺水路調査範囲

と推定される。古民家の貯水池から0.18 ℓ/s～0.2 ℓ/s（1日に約15～17 t）得ることが出来るため、水質の安全性が確認できれば現在取水されている水量で生活は可能である。

5.2 農業用水としての利用

次に、もち米を一例として農業用水としての利用を検討した。水稻でもち米を栽培する場合、稲作と同量の水を必要とするため最大必要流量は3.2を参考に計算し、結果を表7に示す。

表より、最大必要流量は9.8 (ℓ/s)となる。古民家周辺の農地である左岸の用水路の使用可能な流量の約10 (ℓ/s)を下回っていること、また生活用水の余裕分を活用することで水稻によるもち米の栽培は可能と考えられる。

次に、陸稲でもち米を栽培する場合も検討した。陸稲は1週間～10日に1度の灌水が必要とされる。灌水の必要頻度を把握するため、南国日章（2010～2014）の降雨データを調査し、1週間降雨がない日数を確認したところ2013年以外の年は月に1度程度の灌水で栽培可能であるという結果を得た。

このように陸稲でも水稻でももち米栽培を行う

表 8. 拠点活動での電力利用用途と消費電力

	利用用途	条件	消費電力 [kWh]
照明	60 W 型 LED 照明 ×8	24 時間利用	1.44
充電	携帯電話充電	24 時間利用	0.36
	ノートパソコン	24 時間利用	2.88
			合計 = 4.68

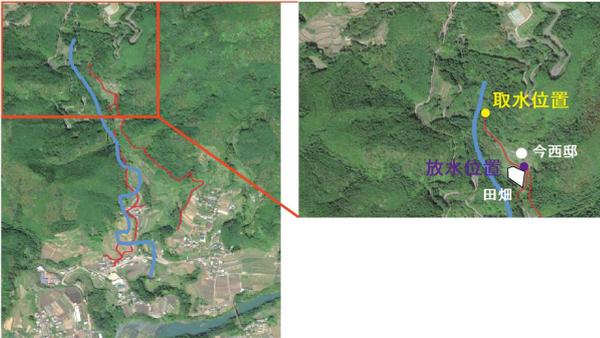


図 8. 案 1 での取水位置と放水位置の検討

ことは可能であるが、水稲は水の管理が難しく、陸稲の方が容易に栽培可能であることから、今後の拠点における生産活動では陸稲でもち米を栽培する方が適していると考えられる。

5.3 小水力発電としての利用

金峯神社周辺水路の小水力発電可能性検討

既存古民家周辺で発電することを想定し、高低差を利用することを考え、まず既存拠点の直上にある金峯神社周辺の水路の現地踏査を行った。図7の黄色で示す線はこの水路に沿って GPS ロガーを持ち歩いた軌跡である。

現地調査の結果、水路の現状としては、

- 現在水路に水は通っていない。
- 水路は土で埋もれている。
- 水路周辺で土砂崩れが起こっている。
- 土砂崩れにより、水路が寸断されている。

ということが確認された。

この水路で小水力発電を行う場合、再び水を通す必要があり、人力による水路の掘り起こしや破損・寸断箇所新しい U 字溝の設置が必要となる。今後また土砂崩れが発生する可能性を考えると、この水路での小水力発電の可能性は低いことが考えられる。

既設水路を活用した小水力発電可能性検討

次に古民家周辺の既設水路での小水力発電の可能性調査を行った。ここでは、放水位置の違う 2 つの案について検討を行った。

案 1 では、取水位置を河川と用水路の分岐部分



図 9. 案 2 での取水位置と放水位置の検討

とし、放水位置を図 8 に示す点とした。放水先は古民家南側の田畑である。このときの落差は 3m となり、流量は渇水期でおおよそ 0.020 m³/s であることから、以下の計算式より 0.41 kW と試算される。

$$\begin{aligned} & \text{流量 } 0.020 \text{ (m}^3\text{/s)} \times \text{落差 } 3 \text{ (m)} \times \text{重力加速度 } 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)} \\ & \quad \times \text{効率 (水車、発電機等の効率) } 0.7 \\ & = \text{発電量 } 0.41 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

案 2 では、取水位置は案 1 と同じで河川と用水路との分岐地点とし、放水位置をより下流部としたものである (図 9)。落差が約 6 m となっており、流量は 0.015 m³/s となる。このときの発電出力は同様に試算すると 0.62 kW である。また、水車位置は下流側としたものの、最終的な放水先は案 1 と同じ田畑としている。ここで、設備利用率を 70% とすると、各案の 1 日の発電量は、6.9 kWh、10.4 kWh となる。拠点活動における電気利用用途を表 9 のような照明や、情報通信機器の充電などに限定すれば十分確保可能であると考えられる。

なお、両案においても、発電量を確保するために水路や貯水設備などが必要となり、今後は費用・環境面への影響を検討する必要がある。

6. まとめと今後の課題

今回の調査・検討によって得られたことを以下に整理する。

- 佐岡地区には地元の水利組合が管理している水路と、杉田ダム土地改良区が管理している水

路の2種類が存在する。

- 水利組合管理水路は土地改良区管理水路と同程度ほどの水供給能力があると言える
- 活動拠点予定敷地内の貯水池は水質・水量ともに調査した範囲では生活用水として使用できるものである。
- 後入川右岸の用水路からは約3 (ℓ/s)、同左岸の用水路からは約10 (ℓ/s) までは水路下流の耕作等に影響を与えない範囲で利用可能である。
- 金峯神社周辺の水路での小水力発電の可能性は現水路等の破損状況から低く、稼働中の用水路を用いた小水力発電では、活動拠点において照明、情報通信機器の充電のような電気利用に限定すれば可能である。今後の課題を下記に示す。
- 水路の正確な流量把握のためにさらなる定期的な流量調査が必要である。
- 活動拠点予定敷地内の詳細な水質調査を行う必要がある。
- 小水力発電のために必要な構造物を検討し、環境・経済的影響の試算をする必要がある。

謝辞

本調査においては高知県香美市土佐山田町佐岡地区地域振興推進協議会の皆様に多大なご支援を頂きました。感謝申し上げます。またその中でも特に、活動拠点整備予定地として施設を提供して下さった今西事務局長、水路の歴史・経緯についてご説明を頂いた岩崎様にはお時間も頂戴し、大変貴重な知見やデータを頂くことができました。この場を借りて深謝いたします。

文献

- 1) 気象庁, 過去の地点気象データ, 2016年12月取得
- 2) 農林水産, “農業用水の歴史と水利権” p. 9, 2015年5月
- 3) 千葉県 HP, “田植え後の水管理”, <https://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/network/field-h24/sui1205.html>
- 4) 国土交通省, “生活用水使用量の推移”, http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/c_actual/actual03.html

A Study on Water Utilization of the Gounyu-gawa River Basin for Future Water Use in the Hilly and Mountainous Area

Kakeru Kodama¹ Mai Sawada¹

Hinari Kawamura¹ Takashi Goso^{2*}

(Received: May 8th, 2017)

¹ Graduate School of Engineering, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

² Department of Urban and Civil Engineering, Tokyo City University
1–28–1 Tamazutsumi, Setagaya-ku, Tokyo, 158–8557, JAPAN

* E-mail: tgoso@tcu.ac.jp

Abstract: As part of the research project “Rebirth of Satoyama”, we surveyed water utilization checking the location of channels, the flow rate and the water usage situation of farmlands in the Gounyu-gawa River Basin in Kochi Prefecture. Based on data obtained in the basin, water utilization plans for the base for a future project were studied. From the results, we verified that each channel had sufficient flow rate in 2016, so the base can use water from the channels for daily life, agriculture and micro-hydraulic power generation.