

小水力発電における河川流出量と その持続性に関する検討

～陸前高田市生出地区における研究より～

上席客員研究員 和田 清美

はじめに

地域におけるエネルギー自給策の一つに、小水力発電がある。小水力発電の規模については、新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(新エネ法)の対象になっている発電出力 1,000 [kW] 以下において、ミニ水力(100～1000kW)、マイクロ(100kW 以下)ならびにピコ水力(1kW 未満)に細分化され、議論されることが多い。これらの計画に関する指針とされる資料は、ハイドロバレー計画ガイドブック⁽¹⁾(資源エネルギー庁(2005))はじめ、発電用水力設備に関する技術基準を定める省令(電気事業法)、農業用水利施設小水力発電設備設計技術マニュアル(農水省(1995))、小水力発電を行うための水利使用の許可申請ガイドブック(国土交通省(2011))、小水力発電設置ための手引き(国土交通省水管理 国土保全局(2013))などがある。また、小水力発電用導水に関して、河川法ならびに水利権への適合性が重要事項となる。

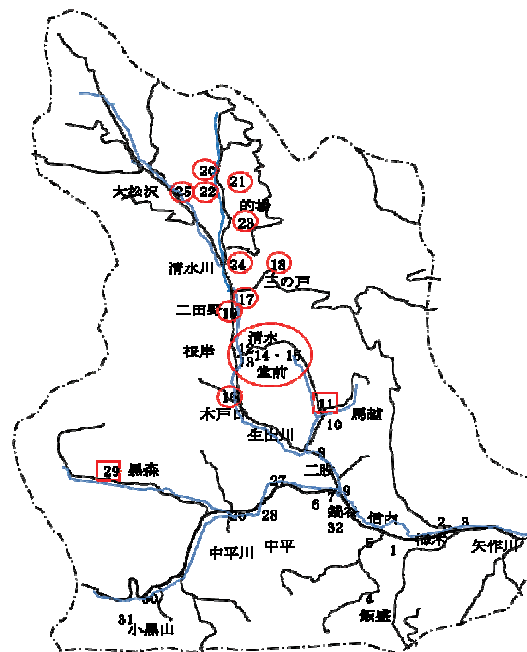
さらに、FIT 対応性においても小規模になるほど建設費割高が課題とみられる。このような状況の下、市町村単位の新エネビジョン策定において小水力発電の計画は多くみられる。そこで、陸前高田市生出地区においては、第一に、電力自給手段として小水力発電を新エネ、ならびにFIT とは別視点、即ち電力の地産地消を目的とした「コミュニティグリッド」構成要素の一つと位置づけた。次に、設置上課題が比較的少ないと考えられる、地域における過去の水車稼働場所に着目した。その上で、小水力発電に利用できる生出川の流出量測定を実施した事例について述べる。

1. 水車設置場所について

陸前高田市矢作町生出地区における過去の水車設置場所は、地域内唯一の生出川とそれを構成する支流、沢、ならびに湧水を利用するところに該当していた。なお、過去の水車稼働状況の概要については、本誌前号(2013 summer 29)5. (1)で述べた。

そのうち、明確に場所を特定できた、矢作町全体中の 32 基、ならびにその内数になる生出地区 14 基を○印で図表 1. に示す。図中の数字は水車設置場所に順次つけたものであり、□印は精穀や脱穀などの動力源としての使用に加え発電を行っていた所である。

図表 1. 過去の水車設置場所



また、調査は、地域に残る郷土史⁽²⁾などを基に過去の水車稼働に関する予備調査を行い、それにより過去に水車が設置されていた場所単位の現地における見聞調査を行った。調査実施に際して地域の地理や地形を

詳しく知る必要があり、生出地区コミュニティ推進協議会ならびにその傘下のホロタイ研究会の協力をえて調査対象全域における踏破、見聞調査を行った。

なお、調査期間は2010年1月～3月に行った。また、この調査で得られた調査年代は、調査対象者の年齢構成から1910年代以降と考えられる。

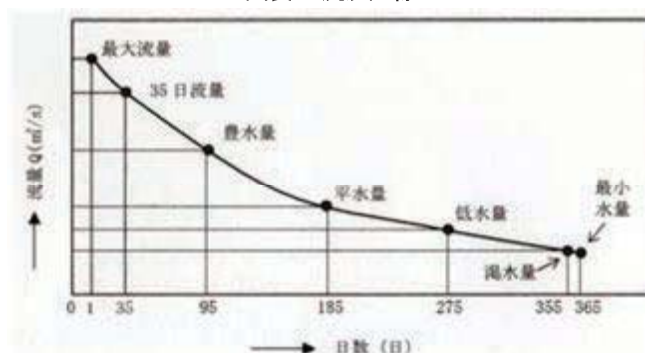
2. 水況(流出量)測定の実例

水況調査について、ハイドロバレー計画ガイドブックによれば、①取水地点で流量測定を少なくとも一年以上行って流量資料を整備する方法と、②近傍の測水所(流量観測所)からの流域面積比により流量資料を整備する方法があるとされている。これらの中で、①において図表2. 流況曲線に示されている通り、小水力発電規模を検討するための渇水量を年間355日間回らないものとしている。これは、小水力発電用取水計画地点の1年間の日流量値を大きい値より順次並べ替え得られた曲線上で渇水量点を示している。しながら、流域河川の支流単位などの流出量測定を連続的に355日以上行うことは実質上困難を極めると考えられる。

また、②の場合、同じく、小水力発電用取水計画地点近傍の測水所(流量観測所)の流量資料を利用し、観測所の流域面積と取水地点の流域面積比から算出するとされている。ここにおいても、支流を支配する林地の状況は同一地域内でも、植生の相違ならびに林地の林床荒廃状況により流域河川の流出量は異なる場合があり特定しにくいと考えられる。

そこで、数年間において、年間を通して降水量の最も少ない年月日の流出量実測値を渇水時流出量とする一方法を提案する。これは流域を支配する林地の水源涵養能力により林地に蓄積された地下水が、測定時直前の降水の影響を受けずに安定して流出している量と考えられることに基づくものである。

図表 2. 流況曲線



出典：資料(1)P5-5. 図 5.3.2. 転写

(1) 測定場所

測定場所は、過去の水車設置場所の予備調査に基づき流域的に区分し易い S_{3-1} (大松沢)、 S_{3-2} (的場)ならびに S_5 (馬越)の三か所とした。その場所を図表3. に示す。

S_{3-1} (大松沢)は流域面積約1,200 [ha]、 S_{3-2} (的場)は同じく640 [ha] ならびに S_5 (馬越)は約290 [ha] から流出する量を測定できる場所である。また、 S_{3-1} (大松沢)、 S_{3-2} (的場)は各々の測定場所下流で合流しているところで、一降水直後の表面流出状況による流出水の色調(濁り具合)を比較できるところでもある。

図表 3. 流出量測定場所



(2) 測定方法

支流などの代表例を図表 4。(図中の白文字は経度・緯度)に示す。このような流況が多い中、流速計を使用できない場合が多く、すべて浮子法で行った。

水面幅、水深、流速を測定し、流出量を算出した。その状況を図表 5. に示す。

図表 4. 大松沢支流 S_2 状況



浮き子法測定における時間的流量変動要素を除外するために、可能な限り短時間内に行う方式とした。水深測定尺の状態、流速測定タイム記録用ストップウォッチの表示、水面幅測定尺の状態を瞬時にかつ時系列的に写真撮影する方法を採った。この方法であれば筆者の経験では最低一人でも可能であった。

また、この方式は地域構成員においても単独で容易に測定できる器具ならびに方法であると考えられる。

図表 5. 上段左は測定用器具を示す、撮影用デジタルカメラは数年間測定を継続することを前提に故障時対策を考慮し同一タイプを 2 台準備した。下段左は水深測定値、右上段は水面幅測定値、右下段は定尺(5m)を浮き子が流れた時間記録地を示している。この方法は、現場での測定値記録時間の短縮に加え、記録ミスを防止する効果もある。また、撮影年月ならびに時刻を正確に記録でき撮影後のデータ整理が容易であった。

(3) 測定結果

上述の測定点において、2006 年 10 月から 2009 年 5 月まで間欠的に述べ 40 回測定した。生出地区は、冬季においても定期的に降雨があり、生出川の流出量に一降水の影響がないと考えられる、約 1 月間降雨が

ほとんどない場合は、述べ 40 サンプル中 3 サンプルであった。これは、測定期間 2006 年から 2009 年の間で測定日前 10 日間の降水量の合計値が約 10[mm]以下、かつ、30 日間の降水量合計が約 50[mm]～60[mm]以下の場合で、降水量の影響のない基底流出量に相当するものと考えられる値であり、源流単位の平均値で大松沢区域系測定点 S_{3-1} : 0.297[m³/s]、的場区域系 S_{3-2} : 0.111[m³/s]、馬越区域系 S_5 : 0.034[m³/s]であった。この値に対応し源流単位での導水計画を立てれば年間を通して安定した発電量を期待できると考えられる。

図表 5. 流出量測定状況



3. 流出量の持続性に関する検討

現在得られた、流出量値の年代的持続性を検討する必要がある。なぜならば各値は、対応する流域を支配する林地の水文学的要素に左右され年代を経て変化してきたと考えられること。また、生出川の流量が昔に比較して減少しているとの地域構成員からの声が寄せられたこともある。

このことは、小水力発電を計画しその持続性を担保する視点から重要事項と考えられ、これに着目し生出川の過去における流量に関して聞き取り調査を行った。

(1) 生出川における過去の流出量に関する調査

調査は生出地区コミュニティ推進協議会傘下のホロタイ研究会に委託し、図表 6. に示す通り、生出川流域

の大松沢、的場、清水川、三の戸、二田野、清水、根岸、木戸口の8区域に生出川終端の信内区域を加えた、馬越を除く9区域で行った。ここでは、この9区域における過去を知る高齢者を無作為に選び、「生出川の現在の流量は、40～50年前に比べてどの位の割合と感じていますか」との質問形式を採った。

図表 6. 生出地川とその支流



調査結果から、表 7. の通り半減していることが分かった。聞き取り調査 11 サンプル（同一区画で複数の回答者あり）の平均値は 54[%] となった。図表 7. の信内区域の O. K 氏の結果は、生出川終端区域で生出地区全森林面積約 3,200[ha] から流出する全量を評価できる場所のものである。また、最も低い値の S. K 氏の 40[%] の例には、自宅近くの沢でヤマメが常に生息していたが現在はそれが皆無であるとの付記がある。

図表 7. 生出川における過去の流出量調査結果

対象者、 年齢[歳]	区 域	40～50年前を100 とした割合 [%]
K. A, 74	木戸口	50
S. T, 67	的場	50
K. S, 67	清水	50
S. M, 76	三の戸	60
S. T, 54	清水川	50
S. T, 72	根岸	70
O. K, 75	信内	50
S. H, 80	三の戸	60
K. K, 59	木戸口	60
S. T, 76	的場	50
S. K, 60	根岸	40
— — — 平均		54

(2) 調査結果の考察

調査方法として、上述のとおり単純な質問形式を採ったが、地域内では、現在でも全戸数 114 世帯中の約

40 [%] において生活用水を公共上水道に頼らず、伝統的に沢ならびに湧水を使用していることから、生出川の流出量についての観察力は強く精度の高いものと考えられる。この結果から、持続的利用計画における信頼度向上のために減少原因を水文学的に追究する必要がある。流域河川の流出量を左右する主たる要因の一つに流域の水源涵養機能があり、その根源は流域の土壌構造に支配される(片倉, 2002)⁽³⁾ (河田, 2000)⁽⁴⁾。また林床荒廃等がある場合、林内降水が表面流出し水源涵養に寄与しないことも知られている。水区域単位の水収支は概念的に、流出量 Q_0 = 林内降水量 P_0 - (蒸発散量 L_0 + 表面流出量 R_0) で表される(大政・中野, 1978)⁽⁵⁾。

おわりに

地域の電力自給を目的とする自給電力網構成要素の一つである、支流・沢ならびに湧水などを利用するマイクロ小水力発電を実現化の際の水況調査方法の事例は、地域の力で容易かつ、継続的に実施できる方法といえる。また、過去の水車稼働場所を水車発電候補場所としたことは、該当場所の歴史的地形や流況をより生かせるとの考えに基づくものである。

なお、流出量減少原因追及に関して、長期(約 90 年前から)降水量・流域植生の偏移に伴う蒸発散量の変化・林床荒廃に起因する林内降水の表面流出量についての調査を行なったが、この報告⁽⁶⁾は次号以降の機会とする。

資料⁽¹⁾ 産業省・資源エネルギー庁(2005)ハイドロバレー計画ガイドブック, 5.3.

資料⁽²⁾ 佐藤龍治(1975) 生出ものがたり, 112pp, 村上 力也・黄川田敬子・黄川田堅治編集, 陸高田市立図書館蔵(非売品), 陸前高田市。

資料⁽³⁾ 片倉正行(2002) 森林の洪水防止機能と森林施業, 林業技術 No. 726 : 8 - 13.

資料⁽⁴⁾ 河田 弘(2000) 森林土壌学概論, 399pp, 博友社, 東京

資料⁽⁵⁾ 大政正隆監修・中野・帝国森林会(1978) 森林学, 553pp, 共立出版, 東京。

資料⁽⁶⁾ 和田清美(2011) 陸前高田市生出地区における木質バイオマスならびに水力エネルギーの持続的利用と循環型地域社会システムに関する研究, 学位論文, 東北大学。