

砂防堰堤を活用した小水力発電における発電可能量の推計方法について

国際航業株式会社 ○宇野沢 剛・佐伯博人・坂本洋二・江夏 碧
前橋工科大学 土屋十圀
群馬高専 山本好克

1. はじめに

砂防堰堤の落下流のエネルギーを利用した小水力発電は、既存ストックの有効活用、再生可能エネルギーによる電力の地産地消の観点から、その導入・推進が望まれている。しかし、砂防堰堤が設置されている比較的上流域の河川には、一般に流量観測データが乏しく、流量の季節変動も大きいことから、年間を通した発電量の予測が難しい。また、これを補う流量観測（通年）を幾つもの候補地点で行うには、多大な労力がかかるため現実的といえない。

本稿では効率的な流量推定方法として、空間情報技術を活用した分布型流出解析により、群馬県赤城山麓の自然河川で行った解析結果を整理し、中上流域における小水力発電の適地選定の観点から、その適用性と課題について考察した。

2. 分布型流出解析の概要と特徴

流出現象を精度よく再現するために、本稿で提案する分布型流出解析では、地表面+地下3層の分布型モデルを採用する（表-1 参照）。これにより、基底流量から洪水流量まで、通年流量の再現性を高めることが可能である。

地形モデルは、市販数値地図を 250m メッシュに分割し、地形自動解析技術により谷壁、谷底などに区分（図-1 参照）し、それぞれの区分に対して地形成因（例えば、残積土、崩壊土、堆積土など）を設定する。なお、航空レーザ測量が実施されていれば、精密地形データの利活用により、解析のさらなる精度向上が期待できる。

表-1 ハイドログラフ分離と層構成

ハイドログラフ分離	分布型モデルへの反映・設定	層構成	重視
①全降雨流出	—	—	
②ハイドログラフ	—	—	
⑦初期損失分	土地利用・植生→樹冠遮断量、凹地貯留量	地表面	洪水
③地表流出分	土地利用・植生→等価粗度係数	地表面	洪水
④速中間流出分	土地利用・植生→層厚、間隙率、透水係数	第1層	洪水
⑤遅中間流出分	土壌分類 → 層厚、間隙率、透水係数	第2層	低水
⑥基底流出分	表層地質・時代→層厚、間隙率、透水係数	第3層	低水

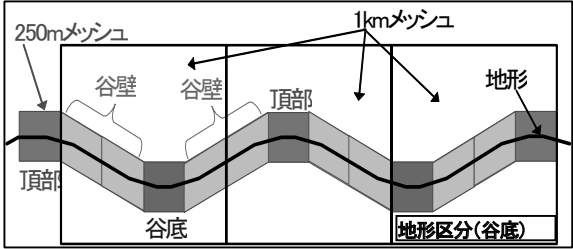


図-1 地形成因の区分

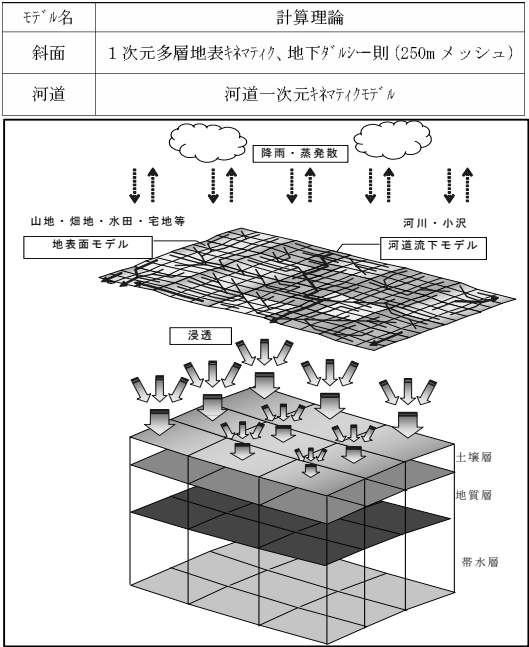


図-2 分布型流出モデル構造図

3. 解析の事例

赤城山を源に発する利根川水系広瀬川流域の上流域を対象に解析を行った。

表-2 調査対象流域および解析概要

項目	内容	備考
調査解析対象流域	利根川水系広瀬川流域の下武士観測所上流域	
流出計算手法	分布型流出モデル	250m地下3層
検証地点	洪水低水：下武士 低水：若葉学園、サンデン、大胡橋、大胡	
検証データ	洪水 低水	
	H14. 7. 11, H14. 9. 5, H18. 7. 19, H19. 9. 7 H17. 1～H17. 12	十六本堰取水実績

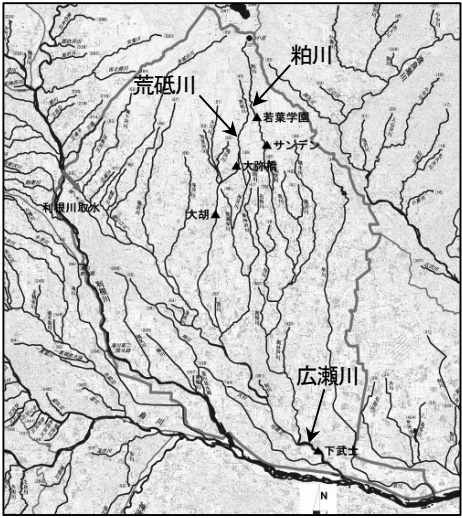


図-3 広瀬川水系図

解析に用いる降雨は、気象庁の前橋、伊勢崎、黒保根をティーセン分割して求めた。洪水低水の検証計算結果を図-4に示す。前走計算（9月～12月）開始時の出発地地下水分量が少なく全計算結果にその影響が残るが、洪水時ピークを除いた低水部の計算は、実績に近似している。ピークが一致しない理由は、赤城山の雨量を正確に反映していないためと推測する。

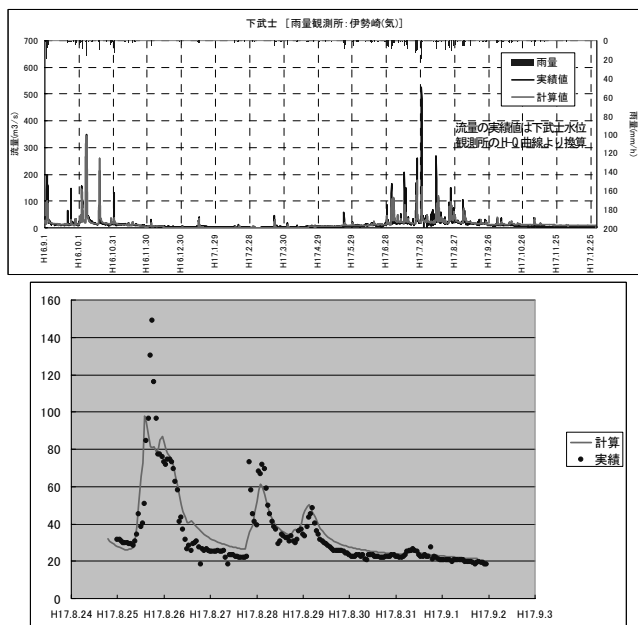


図-4 検証結果（上段：1年間，下段：8月下旬フォーカス）

次に、砂防堰堤が分布する上流域の支流（荒砥川、粕川）2地点の流出解析結果を図-5に示す。

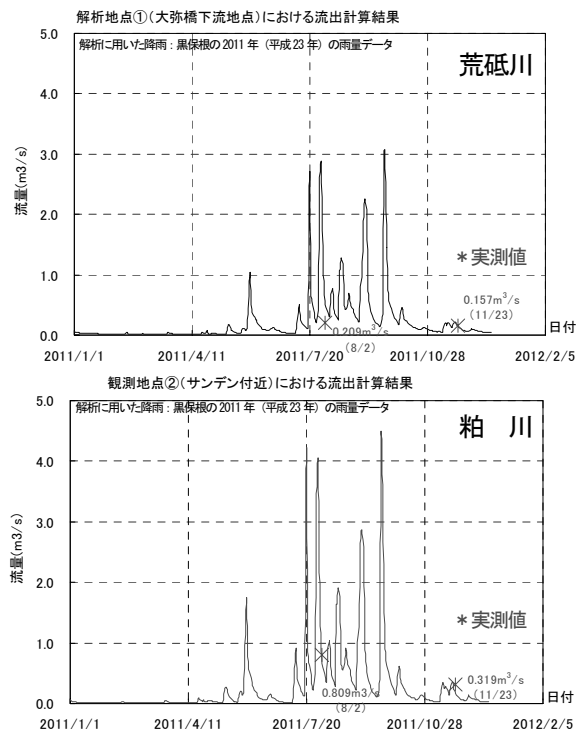


図-5 解析結果（上流域の砂防区間の流量予測）

ここで、解析地点近傍の比較的落差が大きい砂防堰堤地点（16基）で同様にハイドログラフを求め、流況図を作成し、下記の計算により発電可能出力を推計した。

発電電力量 $P = 9.8 \times \text{使用水力 } Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times \text{有効落差 } H_e \text{ (m)} \times \eta$
 η ：水車・発電機の総合効率で本検討では0.65と仮定。
 ※「小水力エネルギー読本」（小水力利用推進協議会編），p.55

表-3 各砂防堰堤の発電出力の推計値

堰堤名称 (略称)	有効落差(m) (本堤水通し天端高～ 前庭部河床高の落差)	解析流量		発電出力 (kW) 95日流量のとき
		185日流量 (m³/s)	95日流量 (m³/s)	
第1堰堤	10	0.0260	0.0953	6.1
第2堰堤	8	0.0260	0.0953	6.1
第3堰堤	10	0.0253	0.1253	8.0
第4堰堤	9	0.0252	0.1242	7.9
第5堰堤	10	0.0237	0.0775	4.9
第6堰堤	10	0.0369	0.0940	6.0
第7堰堤	12	0.0369	0.0940	6.0
第8堰堤	12	0.0401	0.1144	7.3
第9堰堤	12	0.0217	0.0939	6.0
第10堰堤	14	0.0217	0.0939	6.0
第11堰堤	12	0.0168	0.0678	4.3
第12堰堤	10	0.0168	0.0678	4.3
第13堰堤	10	0.0068	0.0316	2.0
第14堰堤	7	0.0627	0.2399	15.3
第15堰堤	8	0.0627	0.2399	15.3
第16堰堤	8	0.0604	0.1900	12.1

また、年間を通した発電量を予測するため、ハイドロを発電量に変換したグラフの一例を図-6に示す。

第16堰堤における計算上の発電量（荒砥川流域内）

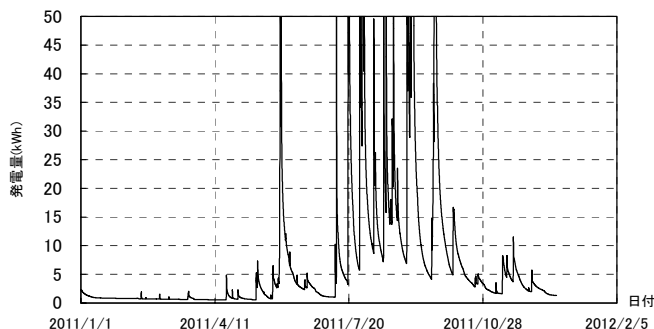


図-6 年間の発電量の予測グラフ

4. まとめ

本研究の成果をまとめると次のようになる。

- ①結果の予想から、赤城山麓では発電量の季節変動が大きい傾向にあることが推定される。1月～4月は流量が少ない渇水期のため、発電施設の稼働率が悪くなる。7月～9月に高い発電量を示すが、台風豪雨で水車が一時停止する等、計算どおりの発電量は得られない可能性がある。
- ②わが国の自然河川、とくに中上流域では、本対象流域と同様に流量の季節変動が大きいことがある。本研究のように通年の発電可能量を予測・推計すれば、安定供給が可能な小水力発電地点を選別しやすくなる。
- ③本解析結果は、前走計算期間が短く低水流量が少なく算出される傾向にある。適地選定には低水時の発電量の予測が重要であり、低水計算での感度分析検証が必要である。
- ④長期的には、この予測技術を今後どのように活かすのか（例えば、中山間地の自立分散型電力ネットワーク構築の支援など）が課題である。