

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：13501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25870282

研究課題名(和文) 超高解像度分布型水文モデルによる日本全域の小水力発電ポテンシャルの詳細評価

研究課題名(英文) Evaluation of small hydropower potential for all over Japan using super high resolution distributed hydrological model

研究代表者

馬籠 純 (MAGOME, Jun)

山梨大学・総合研究部・助教

研究者番号：70377597

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：日本全国規模のみならず地方から流域スケールといった地域生産・小規模な小水力発電におけるポテンシャル評価を可能にする空間的に詳細な評価を目指して、超高解像度分布型水文モデルを用いた小水力発電ポテンシャルの推計を本研究の目的とした。基盤地図情報による高解像度DEMにより落差を求め、YHyM/BTOPモデルを拡張した高解像度分布型水文モデルから得られた利用可能水量情報を活用した日本域での小水力発電ポテンシャル評価結果は、従来の成果よりも高解像度かつ高精度な情報を反映した有用な情報を得られることが分かった。

研究成果の概要(英文)：The goal of this study is to evaluate spatially detailed small hydropower potential for all over Japan using super high resolution distributed hydrological model in order to produce useful information to consider regional and basin scale applications as well as county scale. The head of flued (elevation drops) was calculated high resolution DEMs in Fundamental Geospatial Data available from the Geospatial Information Authority of Japan (GSI). Available discharges at each points was estimated using a developed super high resolution distributed hydrological model extended from "YHyM/BTOP". Finally, small hydropower potential was estimated from above heads and discharges. As a results, we confirmed that it was feasible to evaluate more spatially detailed and accurate small hydropower potentials using proposed method in this study.

研究分野：水文学・水資源工学

キーワード：水資源工学 再生可能エネルギー 水工学 持続可能システム 小水力発電 分布型水文モデル

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 小水力発電は再生可能エネルギーのひとつとして、注目されてきている。特に、「京都議定書」の発効等をうけ施行された「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法(RPS法)」や「再生可能エネルギー特別措置法」により、多くの自治体・地域において、これまで未活用の小規模な落差・流量を利用した電力の地域生産が可能になると期待されている。

(2) これまで、小型の水車の開発・高効率化といった発電機の開発研究は国内でも盛んになってきたものの、上記のような自治体・地域において期待される未活用の小規模な立地の選定に必要な発電ポテンシャル推定に関する研究・調査は十分になされているとは言えない状況にある。例えば、「発電水力調査(経済産業省・資源エネルギー庁)」があるが、地点の把握や「包蔵水力」といった大規模ダムを念頭に置いた推定されているにとどまっている。また近年の「未利用落差発電包蔵水力調査(経済産業省資源エネルギー庁, 2008, 2009)」「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査(環境省, 2010)」において、新たに小規模の落差等を活用する小水力発電の導入ポテンシャルについて議論されるようになってきたが、推定に用いられた落差および流量の取り扱い精度は十分とは言いがたく、更なる詳細な評価が望まれる。

(3) 以上のような調査結果は全国規模での外観を調査する目的への応用にとどまると言える(環境省, 2010)が、今後、多くの地域・自治体からの調査ニーズが高まると予想されることから、各地方から各流域スケールの検討資料としても活用できる高精度な小水力発電ポテンシャルの詳細な推計が必要不可欠である。

## 2. 研究の目的

以上のような背景から、未活用の小規模な落差・流量を活用した「地域生産・消費型の小水力発電」の検討において、全国の外観のみならず地方から流域スケールにおける検討にも活用可能な、分布型水文モデルによる高解像度・高精度の小水力発電ポテンシャルの推計を本研究の目的とした。したがって、本研究では、①現在利用可能な超高解像度DEM(解像度:空間5m・鉛直10cm)による落差の算出②高解像度分布型水文モデルの構築ならびに構築したモデルを活用した全日本の流量再現による発電利用可能水量の推定③小水力発電ポテンシャルの全国推定を課題とした。

## 3. 研究の方法

(1) 超高解像度DEMによる落差の算定と評価  
国土地理院が公開している基盤地図情報数値標高モデル(空間解像度5mおよび10m)

を日本全国で整備し、これらにより超高解像度落水線網を構築した。さらに構築した落水線網を元に任意地点での落差を算出した。

(2) 高解像度分布型水文モデルの構築と発電利用可能水量の推定

① 分布型水文型水文モデル(YHyM/BTOPモデル(Ao et al., 1999, Takeuchi et al., 2008)へ、上記で構築した超高解像度落水線網を統合し、合わせて土地利用・地質・水利用等の関連サブシステムの統合を図った。

② 次に、長期の流量再現計算を行った。まず、気象庁ホームページで公開されている水文気象データに加え、気象データベースアメダス(気象業務支援センター)都道府県観測データ、レーダー・アメダス解析雨量(気象業務支援センター)や水文・水質データベース(国土交通省)を整備した。これらを上記①の分布型水文モデルへ入力することで長期間の流量再現計算を実施した。

③ さらに、得られたモデル各地点での流量推定結果から流況曲線を作成することによって発電利用可能水量を推定し、あわせてこれらの年々変動や季節変動についても評価を行った。

④ 詳細な精度評価(不確実性評価)については、富士川流域を対象流域として、長期再現流量等について評価した。

(3) 小水力発電ポテンシャルの全国推定

① 小水力発電機(水車ならびに効率等)および運用シナリオについて、既存文献(例えば、環境省, 2010)を参考に設定し、上記(1)の落差と(2)の流量(利用可能水量)を入力として、日本全国を対象とした小水力発電ポテンシャル推計を実施した。

② 得られた超高解像小水力発電ポテンシャル推計の成果はGISによりポテンシャルマップとして地図化した。なお、Web表示システム(成果公開システム)の試作を目指して、Web-GISをウェブサーバに構築することで、小水力発電ポテンシャルマップの公開について検討を行った。

## 4. 研究成果

(1) 超高解像度DEMによる落差の算定と評価  
整備した基盤地図情報数値標高モデルを基に全国の落水線網を作成し、地点ごとの落差を算出した(図1左)。特に低平地で生じることの多い、落水線向きの実際との不一致に対処するため、従来のFill法に加えて、Stream-Burning法の活用を検討した結果、本手法の有用性が確認された。なお、詳細解析対象流域の富士川流域においてレーザー測量成果等と本算定精度を確認したところ、用いたDEMによる落差の算定精度は従来の

DEM の場合よりも高精度で算定できる可能性が示された。

### (2) 高解像度分布型水文モデルの構築と発電利用可能水量の推定

整備した各種水文気象データを、前述のように構築した超高解像度落水線網を統合した分布型水文モデルへ入力することで、長期間の流量再現計算を実施した（計算時間ステップ：日単位）。さらに、得られた流量推定結果から流況曲線を作成し、発電利用可能水量を推定できるようにした。図 1（真ん中）は例としてカプラン水車の場合（設計容量  $Q=30\text{m}^3/\text{s}$ ）した場合の推定例である。また、詳細解析対象流域の富士川流域において、長期再現流量について、中でも入力降水量データの入力地点数の不確実性評価を行った。入力観測地点数が増えるほど、局地的な降雨量が再現され、上流域でのピーク流量等の再現性の向上がみられた。一方で、データ中に異常値等による精度低下のケースもみられ、当然のことではあるが、データの精査の重要性が改めて確認された。

### (3) 小水力発電ポテンシャルの全国推定

#### ① 超高解像度水文モデルによる小水力発電ポテンシャルの全国推定結果

これまでに得られた落差と流量（利用可能水量）を入力とし、さらに、前述のように運用シナリオを設定することで、小水力発電ポテンシャル推計を実施した。なお、この過程で、計算の信頼性向上、さらにより高速な流量シミュレーション（空間ダウンスケーリング手法）の必要性が生じたための追加解析を実施した。前者の信頼性の向上においては、用いた DEM（特に 5mDEM）の例えば山間部のような場所でまれに標高の異常値が存在していたことが明らかとなり、この影響（このような場所では異常値の処理を実施しないと、落差算定結果は異常な過大評価になってしまう、さらには流量推定も不安定かつ異常になる）への対処（標高の異常値の修正。異常値の場合は別 DEM の数値で代用する等）を行った。後者のダウンスケーリング手法の解析は、超高解像度で膨大になってしまう計算量を軽減する対策について検討し、集水面積が小さなセルの計算の省略や、中～高解像度（例：約 50m～100m）の流量シミュレーション値を超高解像度の落水線網に組み合わせる可能性を確認した。なお、より高精度で高速に実施するには境界の取り扱いなど更なる改善が必要であるが分かった。

以上により推定した小水力発電ポテンシャル図を例として図 1 右に示した（アップスケーリングしたものを表示）。これは、前述と同様にカプラン水車の場合を想定したものであり、ポテンシャルを発電量として表示している。図 2 には、流域毎での平均的なポテンシャルを含む各要素の集計結果、図 3 には、通常みられるような都道府県ごとの集計

結果を合わせて表示した。富山、岐阜、長野などの急峻な地形では発電ポテンシャルが大きく、千葉、香川、茨城などの平野部（低落差）を多く含む地形では発電ポテンシャルは小さいことが確認された。これらは再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書等とも同様な結果であった。本研究では計算機資源等の理由から小規模流域（たとえば流域面積  $200\text{km}^2$  未満）は対象としなかったが、これら小規模の流域でも実施することで、いっそう地域で活用可能な未活用の小水力発電ポテンシャル検討への機会が増えると期待される。

本研究のポテンシャル推定方法は、超高解像度 DEM による詳細な落差と、収集した気象・水文情報を分布型水文モデルに入力してえられた長期間（約 35 年間）の流量変動を考慮している。したがって、従来成果よりも高解像度かつ高精度な情報（信頼性の高い平均的なポテンシャル（賦存量））を提供できる可能性を有していると考えられる。今後もさらに検入力データの見直しや各種モデルパラメタの精査を継続し、信頼性の向上のための検討を鋭意進めることでよりよい成果としていきたい。

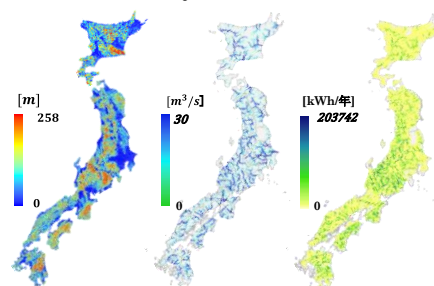


図 1 グリッド毎の落差・利用可能流量水力発電開発ポテンシャル

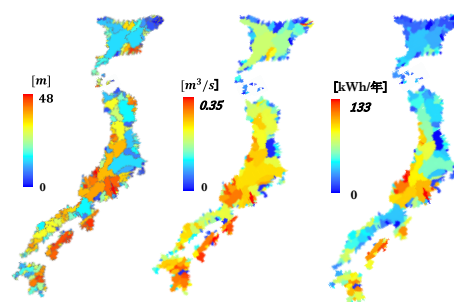


図 2 流域空間平均の落差・利用可能流量水力発電開発ポテンシャル

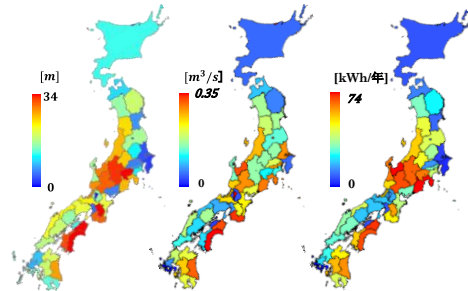


図 3 都道府県平均の落差・利用可能流量水力発電開発ポテンシャル

## ②Web 表示システムの検討

本研究では、成果公開システムの試作を目指して、ウェブサーバに MapServer や ArcGIS Server による Web-GIS の構築と表示方法について検討を行った。今後も、これらの検討に加えて、ポテンシャル推計結果の精査を完了させることで、将来的に結果の公開などの次なる展開を図っていきたい。

### <引用文献>

①経済産業省資源エネルギー庁,水力開発地点計画策定調査報告書 (第5次発電水力調査),1986

②経済産業省,未利用落差発電包蔵水力調査,2008,2009

③環境省,再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査

④Ao, T., H. Ishidaira, and K. Takeuchi, Study of distributed runoff, simulation model based on block type TOPMODEL and Muskingum-Cunge method. Annual J. of Hydraulic Engineering 43, pp.7-12, 1999

⑤Takeuchi, K., H. A. P. Hapuarachchi, M. Zhou, H. Ishidaira and J. Magome (2008). A BTOP model to extend TOPMODEL for distributed hydrological simulation of large basins. Hydrological. Process 22: 3236-3251.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件)

[学会発表] (計3件)

①Jun Magome, Akira Hasegawa, Maksym .A. Gusyev. Kuniyoshi Takeuchi, Future Projection of Extreme Hazard Using a Global BTOP with GCM Output, The 7<sup>th</sup> International Conference on Water Resources and Environment Research, Kyoto TERRSA, Kyoto, Japan, June 7, 2016

② Jun Magome, Maksym .A. Gusyev, Akira Hasegawa, Kuniyoshi Takeuchi, River discharge simulation of a distributed hydrological model on global scale for the hazard quantification, 21st International Congress on Modelling and Simulation, Gold Coast, Australia, Nov 29 to Dec 4, 2015

③ Jun Magome, Akira Hasegawa, Effect of Bias Corrections of GCM Outputs on Simulated River Discharges and Extreme

Discharge Values with a Distributed Hydrological Model, Asian Oceania Geoscience Society 2014, Royton Sapporo Hotel, Hokkaido, July 30, 2014

[図書] (計0件)

[その他]

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

馬籠 純 (MAGOME, Jun)

山梨大学・総合研究部・助教

研究者番号：70377597

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし

### (4) 研究協力者

なし