

## 河川下降風による風力発電ポテンシャルの評価

岐阜大学	正会員	吉野 純
岐阜大学	学生会員	○伊藤 寛
大日コンサルタント(株)	正会員	飯田潤士
岐阜大学	正会員	小林智尚

### 1. はじめに

2014年4月の道路法施行令改正, および, 2012年7月の固定価格買取制度(FIT)の開始により, 今後, 橋梁や堤防などの河川周辺の道路施設に対して, 特に, 小型風力発電の導入が進むものと考えられる. 河川付近には比較的強い風が吹くことが知られている(岩本ら, 2009). 一般的に, 河川表面の温度と周囲の空気の温度との差は, 河川下降風と呼ばれる重力を起源とする流れを引き起こす(竹内, 1997). 河川周辺に年間平均風速5m/sから発電可能な小型風力発電を導入すれば, イニシャルコストの回収が可能になると期待される. しかし, 現時点でその発電量ポテンシャルは全くの未知数であり, 河川下降風による小型風力発電の発電量を評価するためには, 河川下降風の発達メカニズムを理解することが必要となってくる.

そこで本研究では, 河川と気象との間の相互作用について理論的考察を行い, 簡略化された2次元数値気象モデルによる数値解析を行うことで, どのような地形・気候条件で河川下降風が強まるかについて検討を行う.

### 2. 河川下降風に関する理論的考察

まず, 河川上における冷たく重たい気塊の運動を表す運動方程式より,

$$\frac{\partial}{\partial x}(u\eta) + \frac{\partial}{\partial z}(w\eta) = -\frac{g}{T} \left( \frac{\partial \Delta T}{\partial z} \sin\theta + \frac{\partial \Delta T}{\partial x} \cos\theta \right) - k \frac{\partial u}{\partial z} \quad (1)$$

流れが定常かつ水平的であることを仮定することで,

$$u = -kL + \sqrt{k^2 L^2 - 2g \frac{\Delta T}{T} (L \sin\theta + h \cos\theta)} \quad (2)$$

となる. この理論式より, 定常風速  $u$  は, 「河川表面温度と河川周辺温度の温度差 $\Delta T$ 」の大きい夏季に, 「河川勾配 $\theta$ 」の大きな山間部を流れる河川や, もしくは「河川長 $L$ 」の大きな大河川の河口部において, 特に強まりやすいと考察できる(図1).

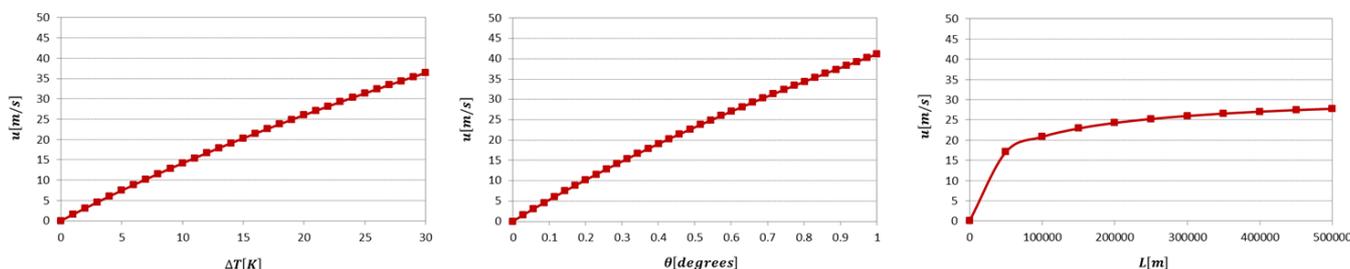


図1 各種物理量と定常風速の関係(基礎値:  $L=300\text{km}$ ,  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ ,  $\tan\theta=0.01$ )

### 3. 河川下降風に関する数値解析

次に, 上記の理論的考察に基づき, 傾斜角度  $\theta$  の斜面上を流れる2次元数値気象モデル(非圧縮性流体モデル)を構築することで河川下降風の非定常数値解析を実施する.

まず, 河川表面温度と河川周辺温度の差を  $20^\circ\text{C}$ , 河川勾配を  $\tan\theta=0.01$ , 河川長を  $300\text{km}$  と設定して数値

キーワード 小型風力発電, 河川下降風, 発電量ポテンシャル, 数値気象モデル

連絡先 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1 岐阜大学大学院工学研究科環境エネルギーシステム専攻自然エネルギー研究室

TEL 058-293-2439 FAX 058-293-2431

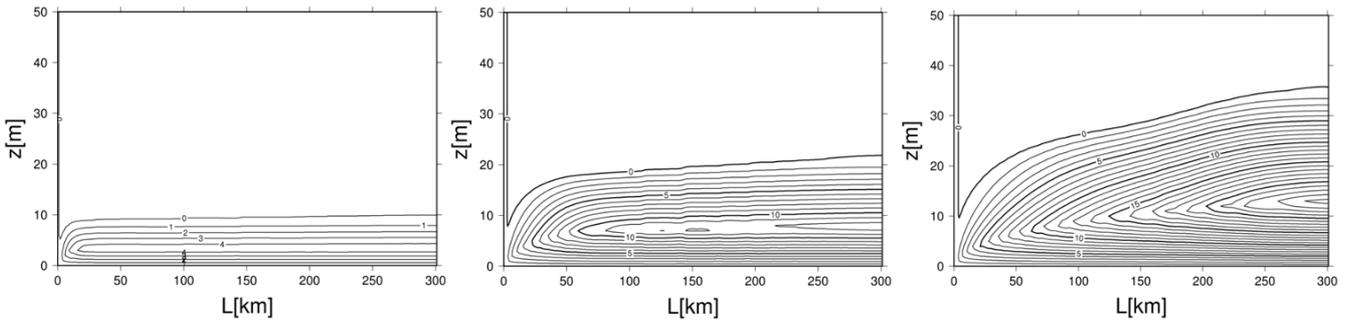


図2 計算開始1時間後, 3時間後, 6時間後(左から順に)の風速分布[m/s]

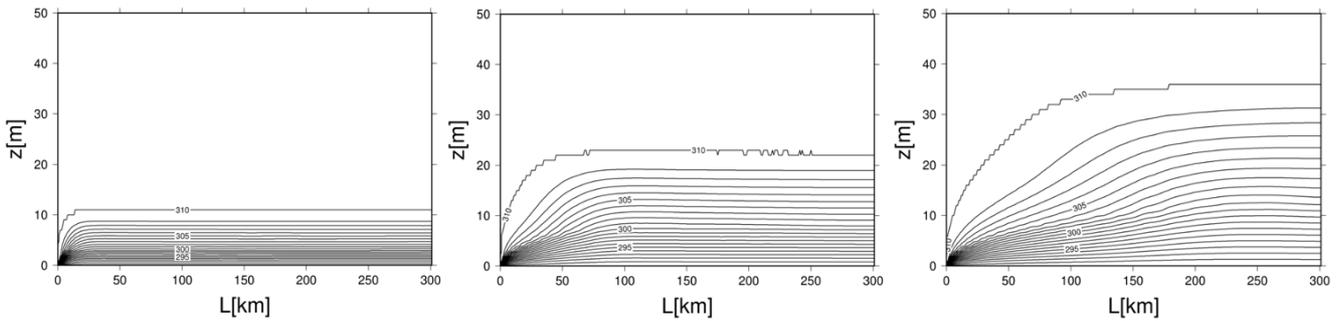


図3 計算開始1時間後, 3時間後, 6時間後(左から順に)の温度分布[K]

解析を行った。図2および図3は、それぞれ、計算開始1時間後、3時間後、および、6時間後の風速分布と温度分布を示す。

風速分布については、時間の経過とともに、風速が増大する様子が見取れるが、計算時間が6時間を経過した頃には風速の強まりが抑えられ、河川下降風が定常状態に達していると言える。計算開始6時間後に河川長300km先では約24m/sにまで河川表面の風速が発達することが理解された。先に述べた式(2)にこれらの数値を代入すると、定常風速  $u$  は 25.9m/s と見積もられ、理論との良い一致を示している。また、温度分布については、風速分布と同様に、河川表面で冷却された低温な空気塊が、時間の経過と共に上空へと広がっている様子が見取れ、河川下降風の高さは約10m(1時間後)から約35m(6時間後)まで上昇している。

次に、各温度差(3°C, 5°C, 7°C, 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, および、30°C)、各河川長(50km, 100km, 300km)、各河川勾配( $\tan\theta=0.005, 0.01$ )における定常風速の変化について数値解析を行った(図3)。結果より、温度差が大きく、かつ、河川勾配が大きく、かつ、河川長が大きいほど定常風速は強くなるが、河川勾配よりも河川長の影響の方がより大きい傾向が確認された。

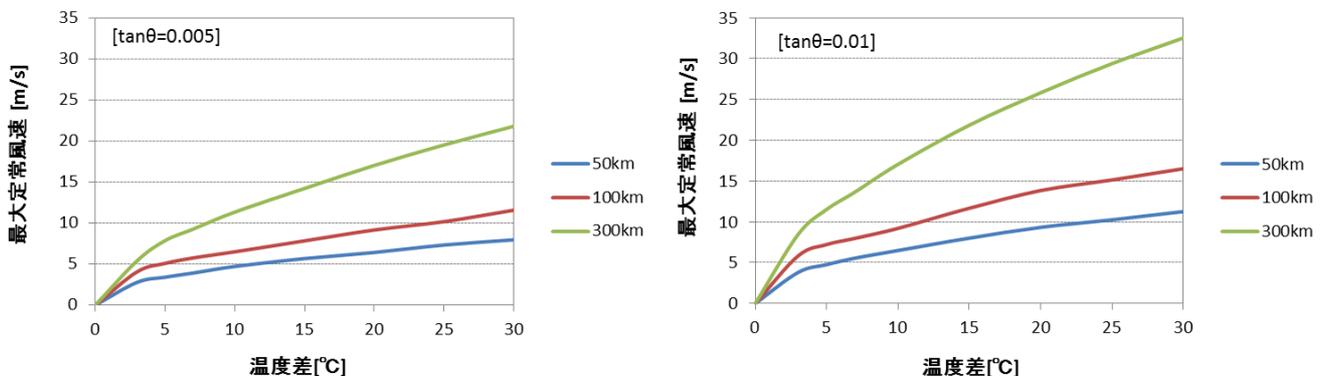


図4 温度差および河川長による最大風速の変化(左:  $\tan\theta=0.005$  右:  $\tan\theta=0.01$ )

4. 結論

本研究では、傾斜する河川上で発達する河川下降風に関する理論的考察および数値解析を行った。これらの結果に基づき、夏季における現実的な河川(L=50km,  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ , および,  $\tan\theta=0.01$ )においては、およそ10m/s程度の河川下降風が発達すると見積もられ、小型風力発電の導入に十分適していると結論づけられる。