

## 洋上風況調査における風速の高度補正に関する新しい提案：その2：福岡県北九州市響灘洋上風力発電の検討

内田，孝紀  
九州大学応用力学研究所：准教授

<https://doi.org/10.15017/1917870>

---

出版情報：九州大学応用力学研究所所報. 151, pp.12-23, 2016-09. 九州大学応用力学研究所  
バージョン：  
権利関係：

# 洋上風況調査における 風速の高度補正に関する新しい提案 その2 —福岡県北九州市響灘洋上風力発電の検討—

内田 孝紀\*

(2016年7月29日受理)

## New Wind Speed Vertical Extrapolation Method by using Power Law in Offshore Wind Observation: Part2

—Numerical investigation of the offshore wind energy in the Hibikinada region—

Takanori UCHIDA

E-mail of corresponding author: [takanori@riam.kyushu-u.ac.jp](mailto:takanori@riam.kyushu-u.ac.jp)

### Abstract

Offshore wind energy development promises to be a significant domestic renewable energy source.

There are two approaches to estimating the increase in wind speed with height: the power law method and the logarithmic method. Logarithmic extrapolation is derived mathematically from a theoretical understanding of how the wind moves across the surface of the earth. In contrast, the power law equation is derived empirically from actual measurements.

For an assessment of offshore wind energy resources by using the weather GPV (MSM-S and LFM-S) wind speed data at 10m above the sea surface, a new wind speed vertical extrapolation method based on a power law was proposed in the present study. In addition, the numerical investigation of the offshore wind energy in the Hibikinada region was performed.

**Key words :** *Offshore wind energy, Weather GPV data, Vertical extrapolation method, Power law*

## 1. 緒言

近年、陸上風力発電(オンショア風力発電)に加えて、洋上風力発電(オフショア風力発電)が注目されてきており、欧州を中心に大規模な洋上ウインドファームが建設されている。一方日本では、陸上風力発電のみならず洋上風力発電の分野でも欧州に大きく後れをとっている。

しかし日本は、領海および排他的経済水域を合わせた面積が世界第6位(約447万 $\text{m}^2$ )の海洋大国であり、洋上風力発電のポテンシャルには恵まれている。エネルギー基本計画2014では、「中長期的には、陸上風力の導入可能な適地が限定的な我が国において、洋上風力発電の導入拡大は不可欠である」と書かれている。今後、さらなる発展が期待されている。

一般社団法人日本風力発電協会(JWPA)によれば、日本における洋上風力発電の累積導入目標は、2030年に960万kW、2050年には3,700万kWとなっており、

大規模に導入されるとの試算がまとめられている。

洋上風力発電事業を検討する際、その事業における採算性や事業リスクなどを詳細に事前評価する必要がある。特に、風況調査の結果を用いて風車の設計や最適な設置計画が作成されるため、正確な風況把握は最重要検討項目である。

一般に、洋上風況調査では、観測高度と風車ハブ高の間の高度補正が必要となる。数値風況シミュレーションを用いない場合には、経験則なべき乗則(an empirical power law)に基づいて、風速の高度補正が行われるのが一般的である。

我々のグループでは、気象庁が提供する種々の気象Grid Point Value(GPV)データを、風力発電分野へ適用するための研究開発を進めてきた。特に、海面からの高度が10mに固定されているメソ数値予報モデル Meso Scale Model(MSM-S, 水平解像度5km)と、局地数値予報モデルLocal Forecast Model(LFM-S, 水平解像度2km)の利用とその予測精度の検証を行ってき

\* 九州大学応用力学研究所

た<sup>1-7)</sup>.

本報では、経験則なべき乗則を適用し、上記の地上高10m位置における気象GPVデータ(MSM-SおよびLFM-S)の風速値から、一般的な洋上風車のハブ高さ80m～90mに高度補正する場合の問題点を指摘するとともに、新たな高度補正手法の提案を行う。さらに、福岡県北九州市の響灘洋上風力発電導入の検討も行った。

## 2. 本研究で対象とした実証研究サイト

NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)では、千葉県銚子沖および福岡県北九州市沖の2地点を対象にし、国内で初めての沖合における洋上風力発電の実現に向けて、風向と風速を観測する洋上風況観測タワーと実際に洋上において発電を行う洋上風車を実海域に設置するプロジェクトを2009年度より実施している。銚子沖では2013年3月から、北九州市沖では2013年6月からそれぞれ運転を開始し、実証研究が行われている(<http://www.nedo.go.jp/fuusha/index.html>)。本研究では、福岡県

北九州市沖の洋上風況データを対象に調査を行うとともに、洋上風力発電の経済的試算を実施した(図1と図2を参照)<sup>8,9)</sup>。

## 3. 解析結果および考察

本研究の目的は、経験則なべき乗則を適用し、地上高10m位置で抽出した気象GPVデータ(MSM-SおよびLFM-S)の風速値から、一般的な洋上風車のハブ高さ80m～90mにおける風速値を高精度に推定(高度補正)する手法を確立することである。

図3には、本研究における気象GPVデータ(MSM-S, 地上高10m)の取得位置と洋上風況観測地点との位置関係を示す。気象GPVデータ(MSM-S, 地上高10m)の詳細については文献<sup>1-7)</sup>を参照して頂きたい。同図に示すように、福岡県北九州市沖のデータ解析では、Point3で取得された気象GPVデータ(MSM-S, 地上高10m)を観測地点の風速値と見なして用いた。評価期間は2012年10月1日～2013年8月31日までの11ヶ月である。



図1 本研究で対象とした実証研究サイトの詳細

<http://www.nedo.go.jp/fuusha/index.html>



図2 実証研究サイトの写真

<http://www.nedo.go.jp/fuusha/photogallery.html>

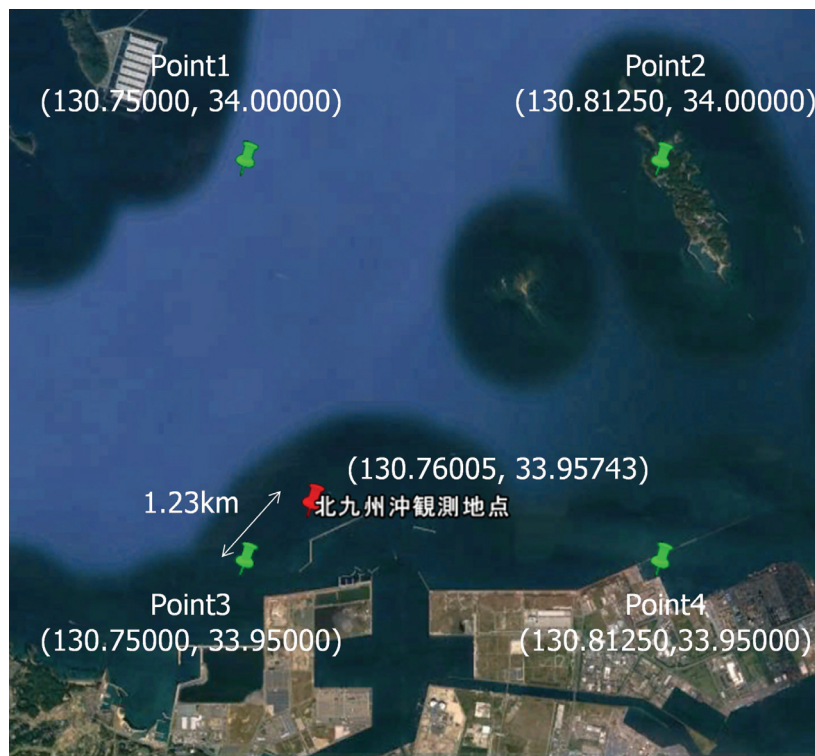


図3 気象GPVデータの取得位置と洋上風況観測地点との位置関係



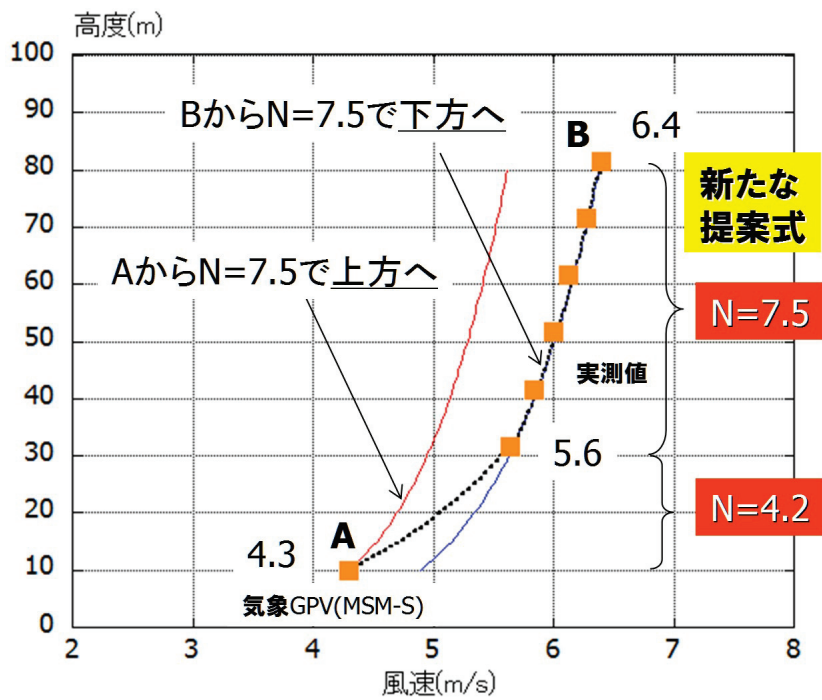
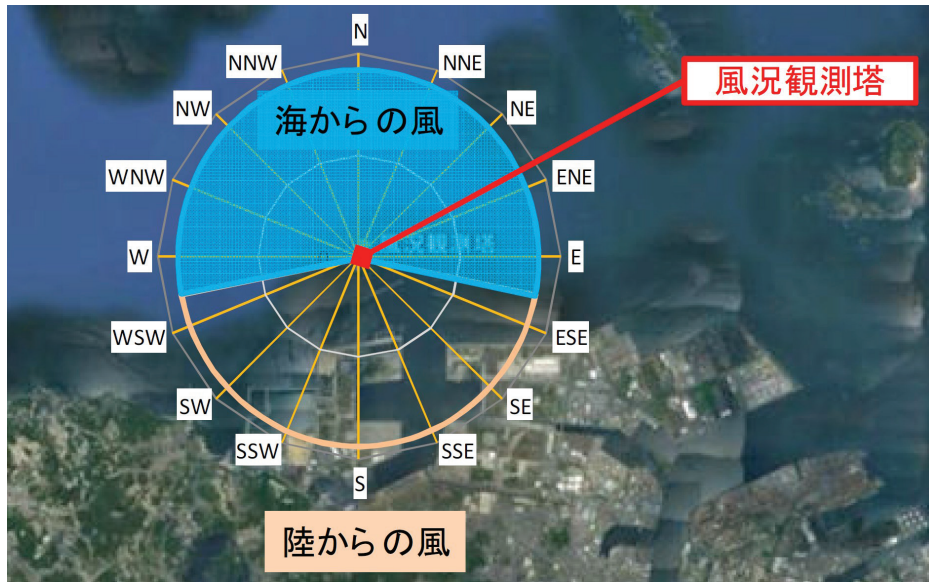


図4 陸からの風を対象とした場合  
 データ解析期間 : 2012年10月1日～2013年8月31日までの11ヶ月

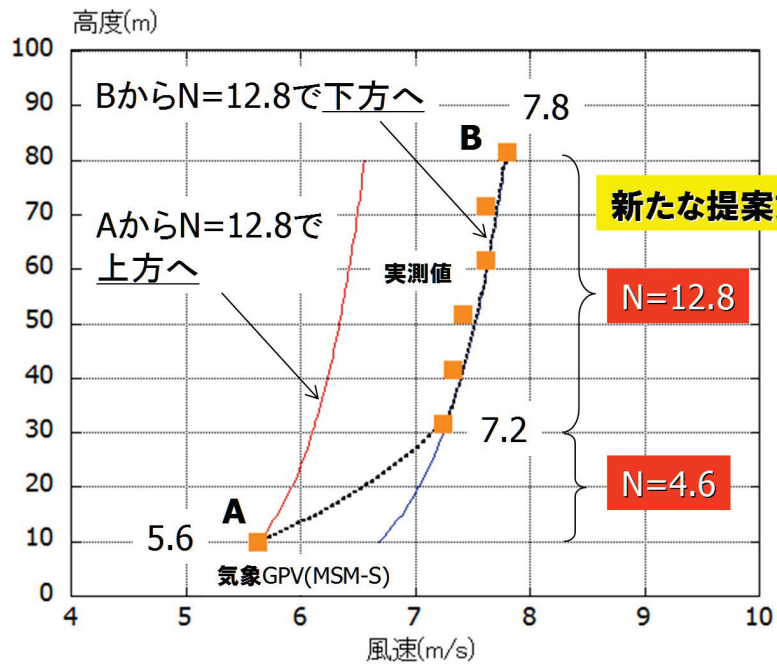


図5 海からの風を対象とした場合  
データ解析期間 : 2012年10月1日～2013年8月31日までの11ヶ月

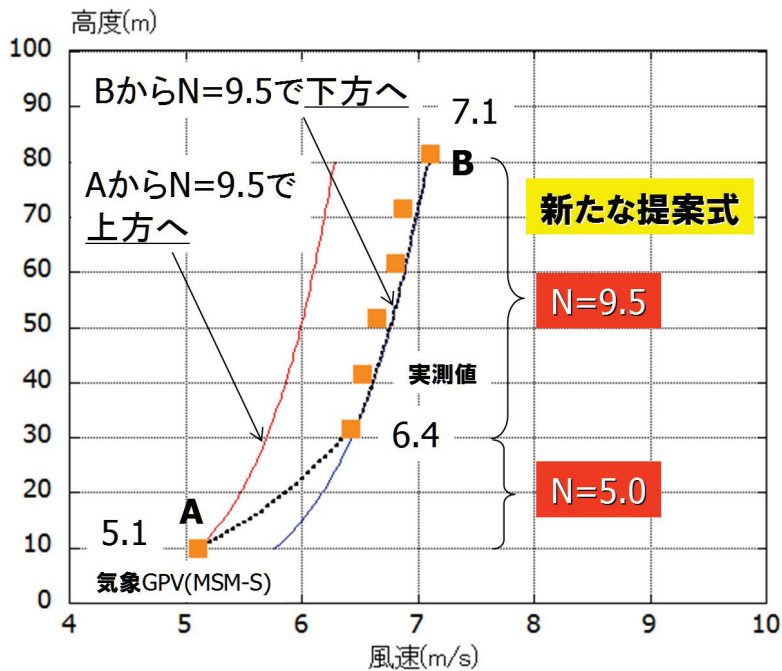


図6 全データの風を対象とした場合  
データ解析期間 : 2012年10月1日～2013年8月31日までの11ヶ月

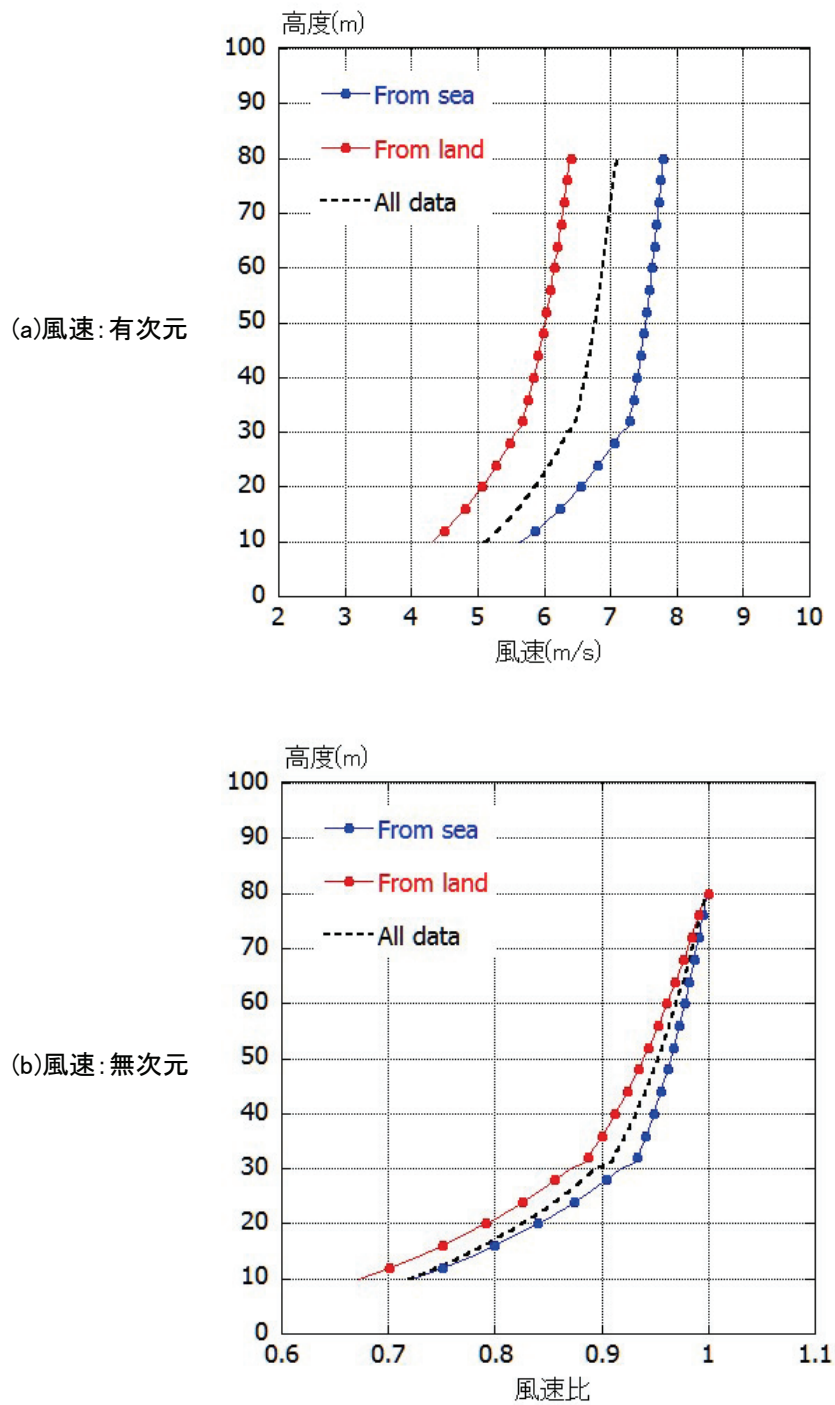


図7 本研究で提案する新しい高度補正方法により  
評価された風速の鉛直分布の比較

データ解析期間 : 2012年10月1日～2013年8月31日までの11ヶ月

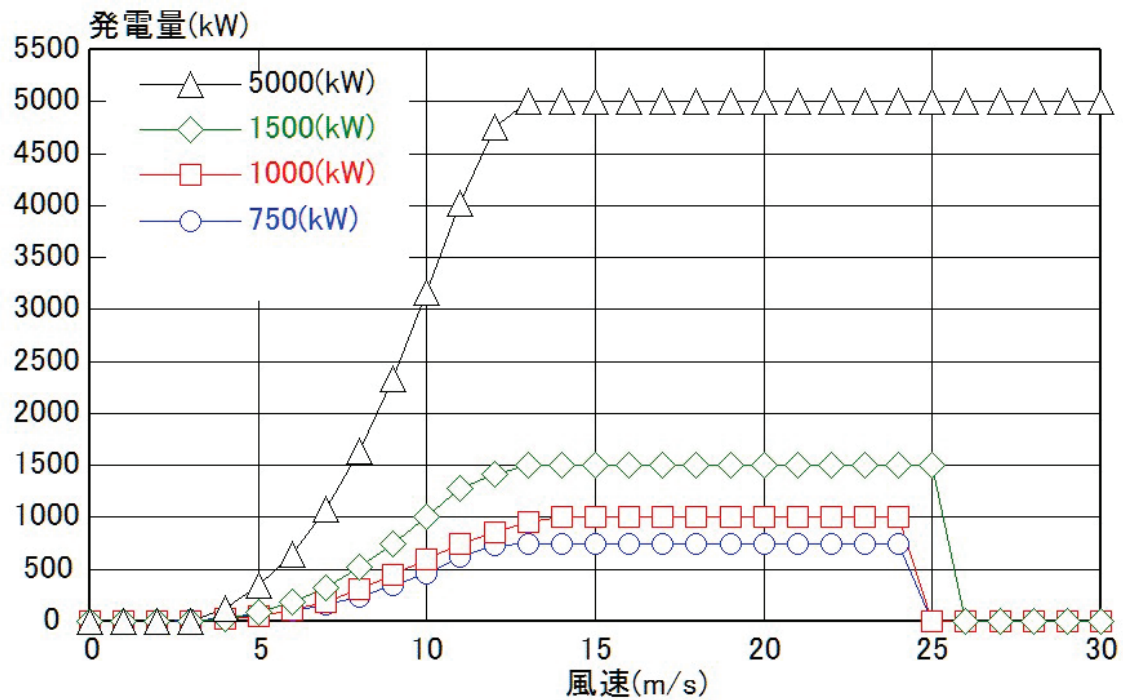


図8 風車のパワーカーブ

風配図 グラフ表示期間：2013年1月1日0時  
～ 2013年12月31日23時

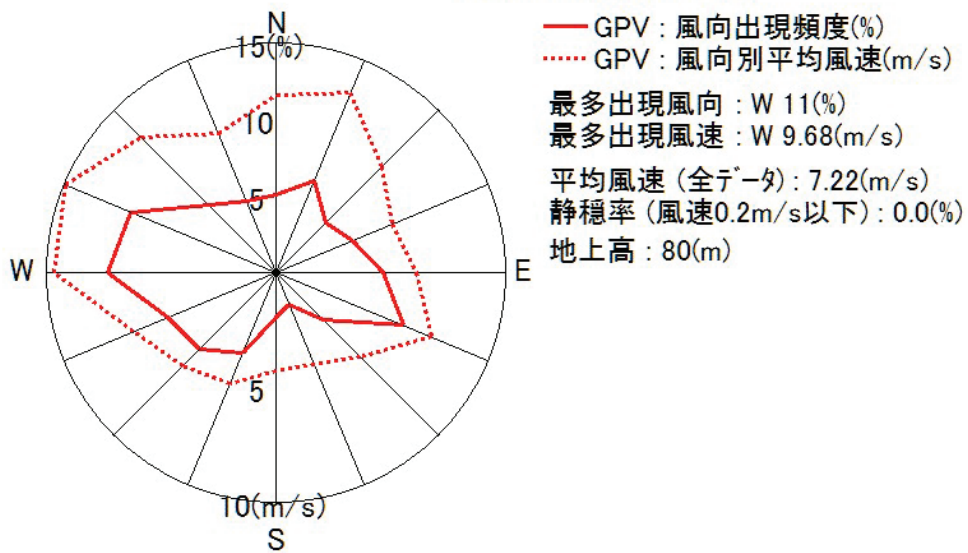


図9 2013年の風配図



風配図 グラフ表示期間：2014年1月1日0時  
～ 2014年12月31日23時

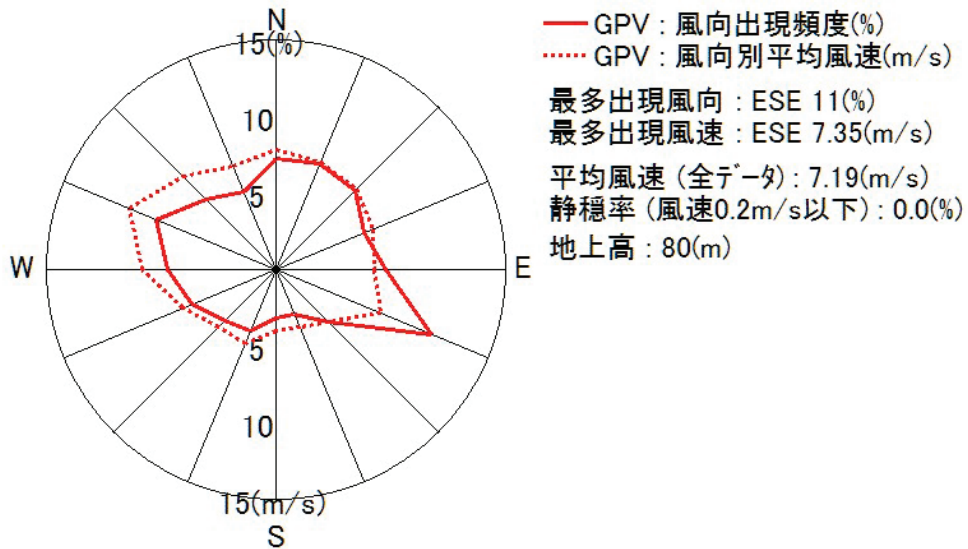


図10 2014年の風配図

風配図 グラフ表示期間：2015年1月1日0時  
～ 2015年12月31日23時

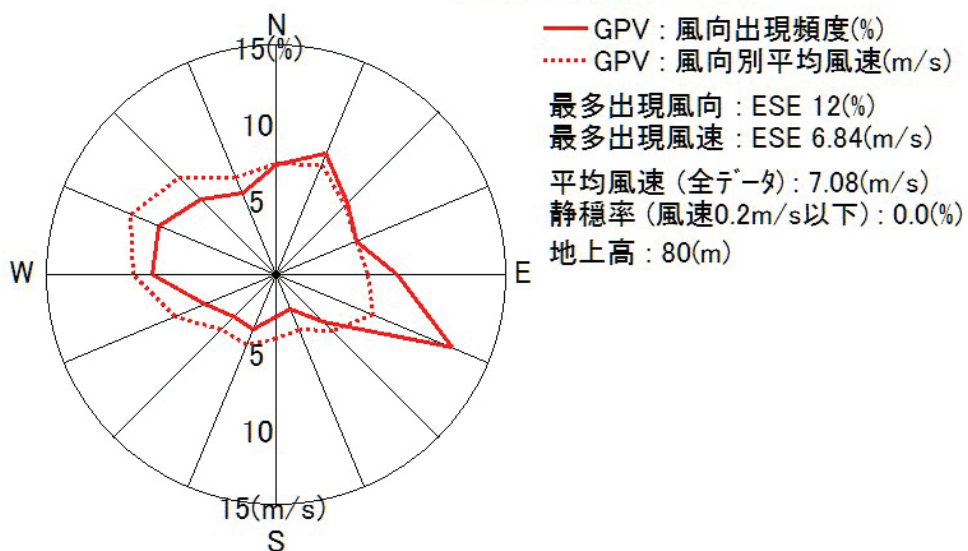


図11 2015年の風配図

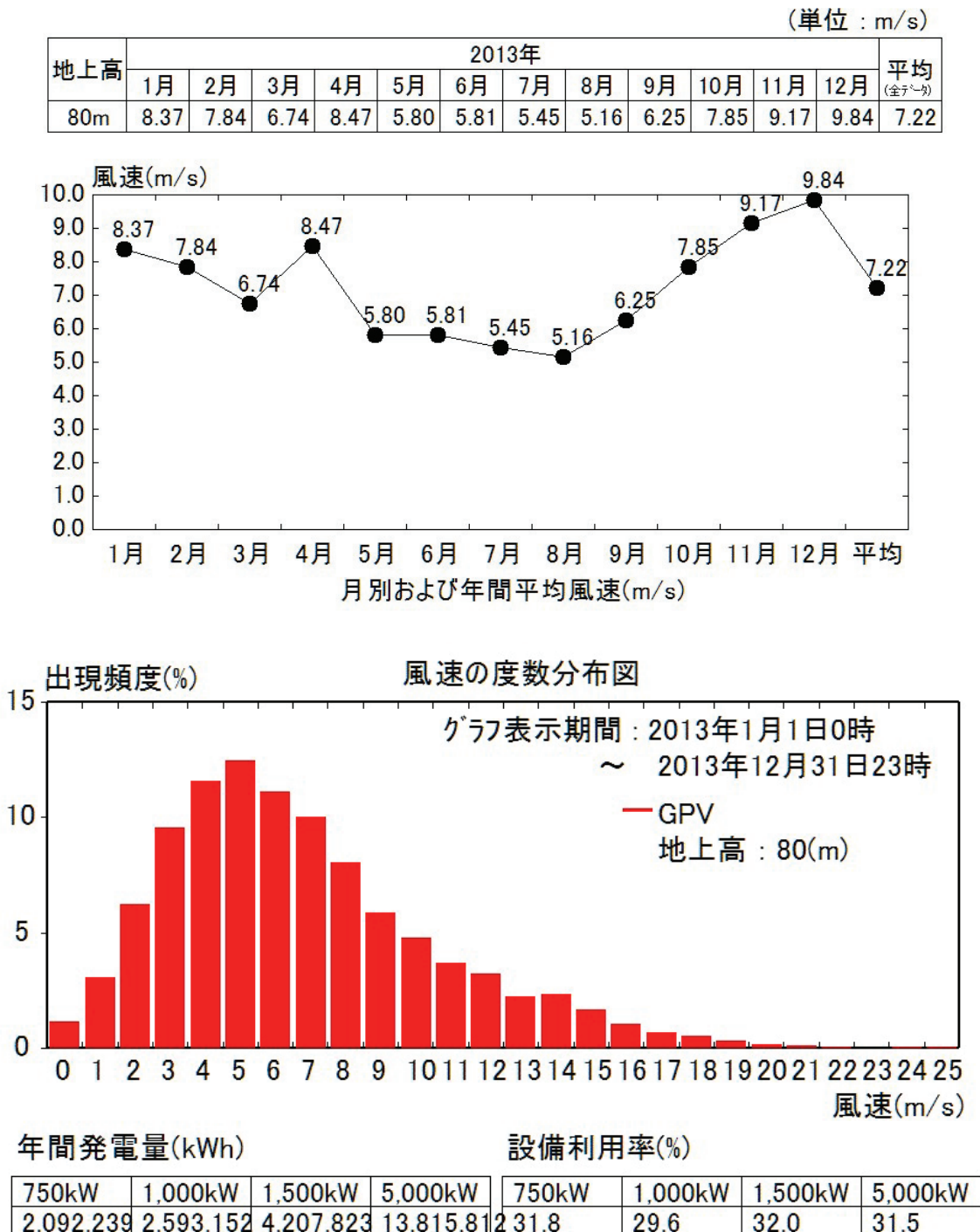


図12 2013年の風況と経済性の試算結果

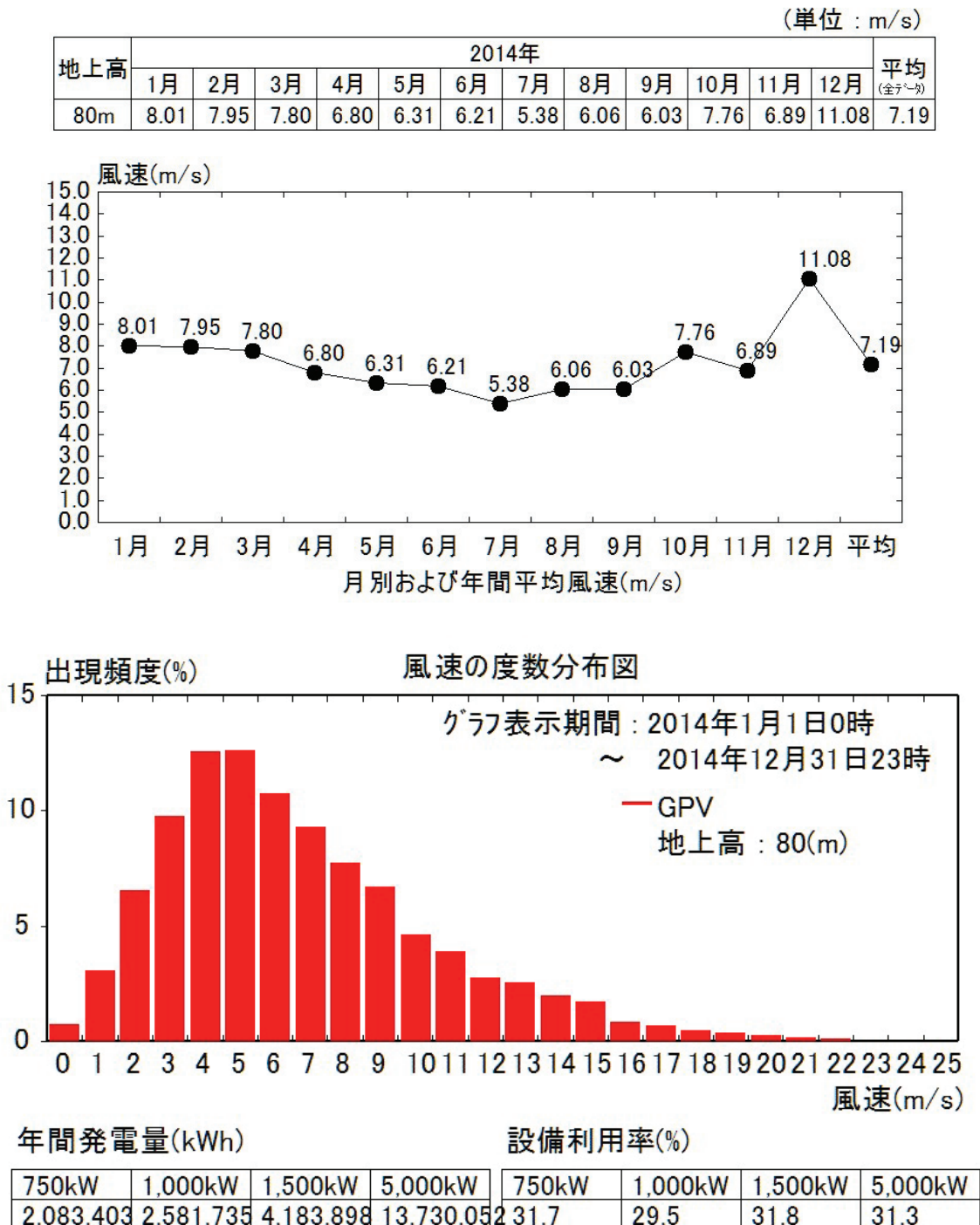
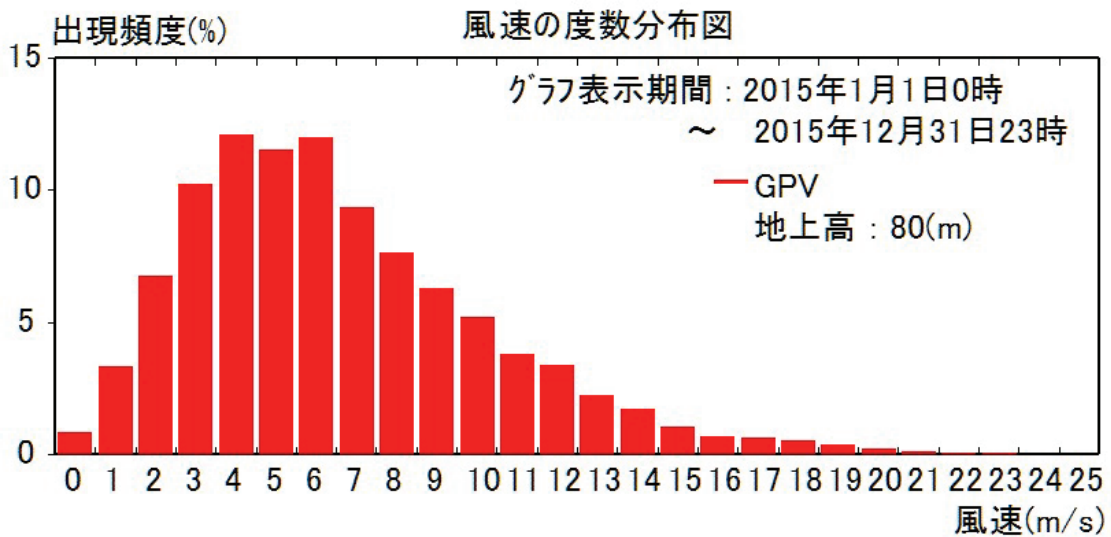
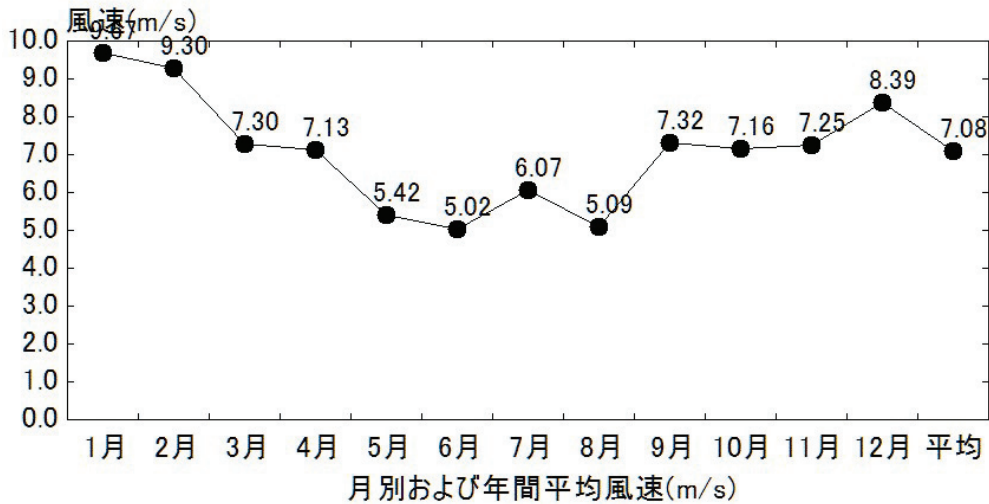


図13 2014年の風況と経済性の試算結果

(単位 : m/s)

地上高	2015年												平均 (全年平均)
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
80m	9.67	9.30	7.30	7.13	5.42	5.02	6.07	5.09	7.32	7.16	7.25	8.39	7.08



年間発電量(kWh)

設備利用率(%)

750kW	1,000kW	1,500kW	5,000kW	750kW	1,000kW	1,500kW	5,000kW
2,041,755	2,519,928	4,100,123	13,435,707	31.1	28.8	31.2	30.7

図14 2015年の風況と経済性の試算結果



図4～図7には、本研究で提案する2段階の高度補正方法により得られた結果を示す。ここで、2段階の高度補正方法は下記に示す通りである。また、図4には海からの風、陸からの風として定義した風向も示す。

「ステップ1」

高度10mのGPVデータと  
高度31.6mの実測データから  
(1)式により、N値を導出

「ステップ2」

高度31.6mの実測データと  
高度81.6mの実測データから  
(1)式により、N値を導出

$$\text{べき乗則} \quad U(h_2) = U(h_1) \cdot \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^{\frac{1}{N}} \quad (1)$$

#### 本研究で提案する2段階の高度補正方法

図8～図14には、図3に示すPoint3で抽出した2013、2014、2015年の3年間の気象GPVデータ(地上高10m)に対して、本研究で提案する2段階の高度補正方法を適用し、地上高80mに高度補正したデータに基づいて解析した結果を示す。得られたこれらの結果から、福岡県北九州市の響灘地区における洋上風力発電導入の可能性は、非常に高いことが改めて示された。

#### 謝辞

本研究で掲載した図面や実測データは、NEDOのホームページ(<http://www.nedo.go.jp/fuusha/index.html>)から引用させて頂きました。ここに記して関係者に感謝の意を表します。

#### 4. 結言

本報では、経験則なべき乗則を適用し、地上高10m位置における気象GPVデータ(MSM-SおよびLFM-S)の風速値から、一般的な洋上風車のハブ高さ80m～90mに高度補正する場合の問題点を指摘するとともに、新たな高度補正手法の提案を行った。さらに、福岡県北九州市の響灘洋上風力発電導入の検討も行った。その結果、福岡県北九州市の響灘地区における洋上風力発電導入の可能性は、非常に

高いことが改めて示された。今後、さらなる調査・研究を実施していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 内田 孝紀, 川島 泰史, 荒屋 亮, 気象GPVデータの風力発電分野への活用に関する検討, 九州大学応用力学研究所所報, 第144号, pp.33-40, 2013
- 2) 内田 孝紀, 川島 泰史, 沿岸部における気象GPVデータを用いた簡易風況推定法の試みー鹿児島県内の風力発電所を例としてー, 九州大学応用力学研究所所報, 第147号, pp.15-29, 2014
- 3) 内田 孝紀, 川島 泰史, 山間部における気象GPVデータを用いた簡易風況推定法の試みー阿蘇車帰風力発電所を例としてー, 九州大学応用力学研究所所報, 第147号, pp.31-43, 2014
- 4) 内田 孝紀, 福岡市内における陸上と洋上の風況特性, 九州大学応用力学研究所所報, 第148号, pp.51-58, 2015
- 5) 内田 孝紀, 福岡市内における冬季の風況特性, 九州大学応用力学研究所所報, 第148号, pp.43-49, 2015
- 6) 川島 泰史, 内田 孝紀, 複雑地形における気象庁局地数値予報モデルデータ(LFM)を用いた簡易風況推定法の試みー串木野れいめい風力発電所を例としてー, 九州大学応用力学研究所所報, 第149号, pp.51-63, 2015
- 7) 内田 孝紀, 福岡市博多湾を対象にした気象GPVデータによる洋上風況解析, 九州大学応用力学研究所所報, 第149号, pp.64-71, 2015
- 8) 吉村 豊, 北九州市沖洋上風力発電システム実証研究等の状況, 第35風力エネルギー利用シンポジウム講演論文集, pp.478-481, 2013
- 9) 青木 功, 吉村 豊, 北九州市沖洋上風況観測システム実証研究による洋上風況特性解析, 第35風力エネルギー利用シンポジウム講演論文集, pp.482-485, 2013