

第37回風力エネルギー利用シンポジウム
会場: 科学技術館

セッション:A
日時: 11月27日(金), 16:00~16:15
場所: サイエンスホール(地下2階)

地形乱流診断による風車運転方法の 検討と今後の展開

The wind turbine control based on the CFD
results and future research plan



西日本技術開発(株)

川島 泰史



九州大学 応用力学研究所

内田 孝紀



(株)日立製作所

山田 裕



(株)環境GIS研究所

荒屋 亮



西日本技術開発(株)

猿渡 和明



九電工新エネルギー(株)

西田 利彦

緒言

近年、複雑地形上に建設されたウインドファームにおいて、稼働率が当初の予定を下回る問題が顕在化している。

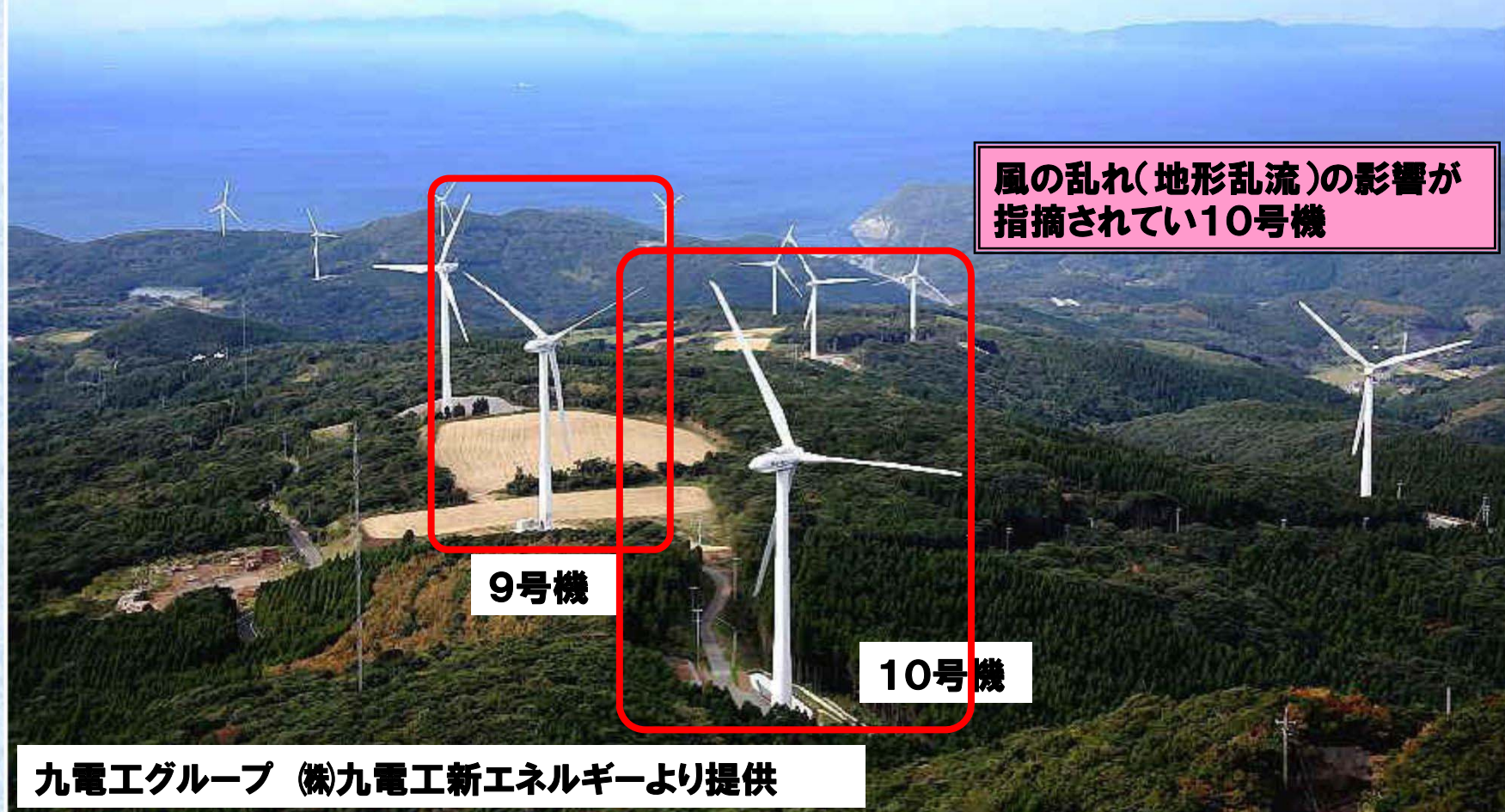
すなわち、発電出力が著しく悪い風車や、風車内外の故障（例えば、ヨーモーターやヨーギアの故障、風車ブレードのクラックなど）が発生している。

「串木野れいめい風力発電所」10号機においても風の乱れ（地形乱流）の影響が指摘されていた。

1. 串木野れいめい風力発電所の概要

9・10号機 周辺地形状況①

10号機の運転状態を確認するため、運転データ(風況・発電電力量)について、9号機と比較・解析を実施



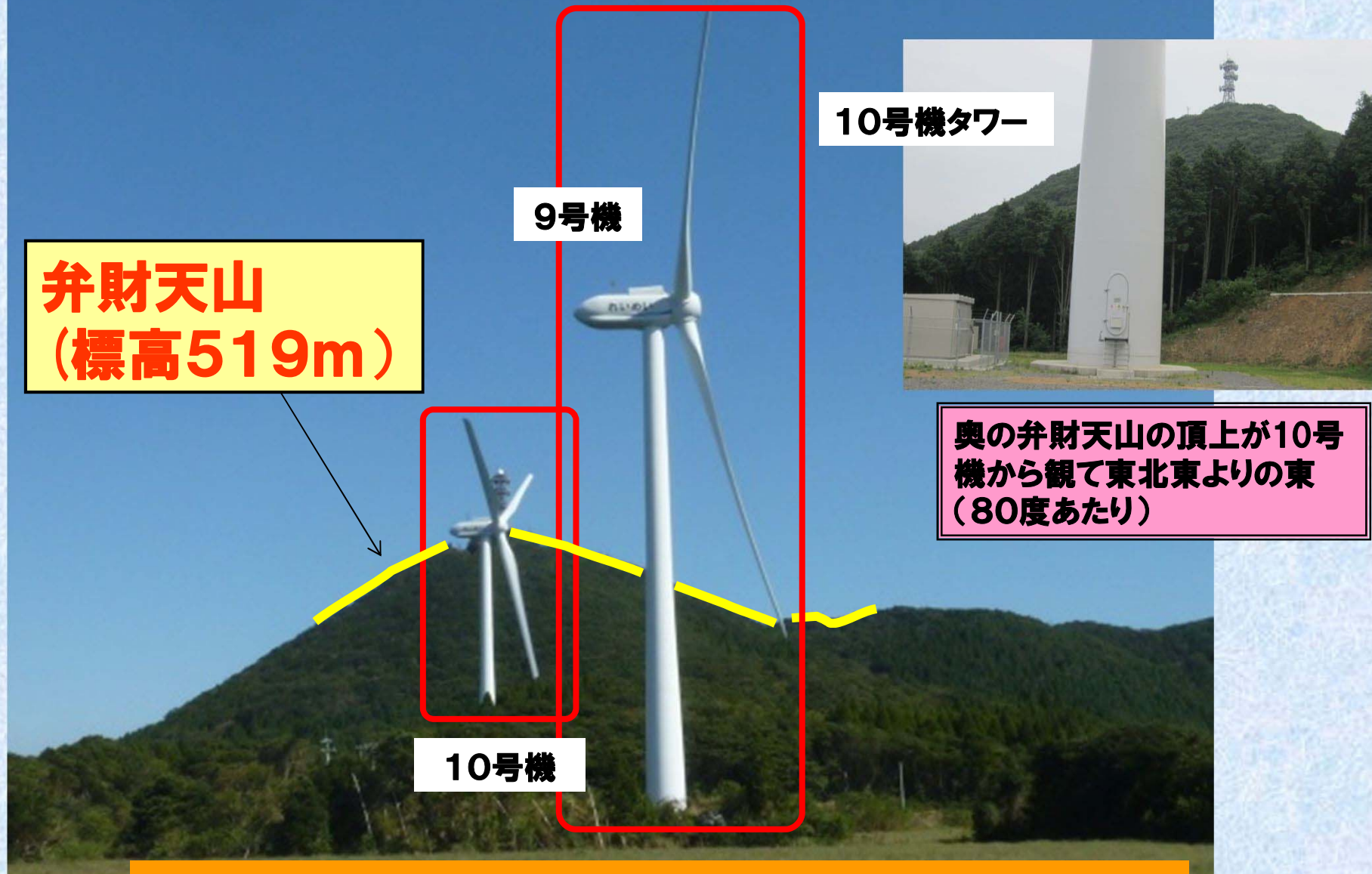
風の乱れ(地形乱流)の影響が指摘されてい10号機

9号機

10号機

九電グループ (株)九電工新エネルギーより提供

9・10号機 周辺地形状況②



**弁財天山
(標高519m)**

9号機

10号機タワー

奥の弁財天山の頂上が10号機から観て東北東よりの東(80度あたり)

10号機

9号機より東側を眺望(10号機から東側約300mの位置に弁財天山が存在)

2. 風力発電所のナセル風向・風速計 による気流場解析結果 (実測データ解析結果)

【解析データ】

- ①ナセル風向・風速データ(10分間値)
- ②発電電力量データ(10分間値)

【解析期間】

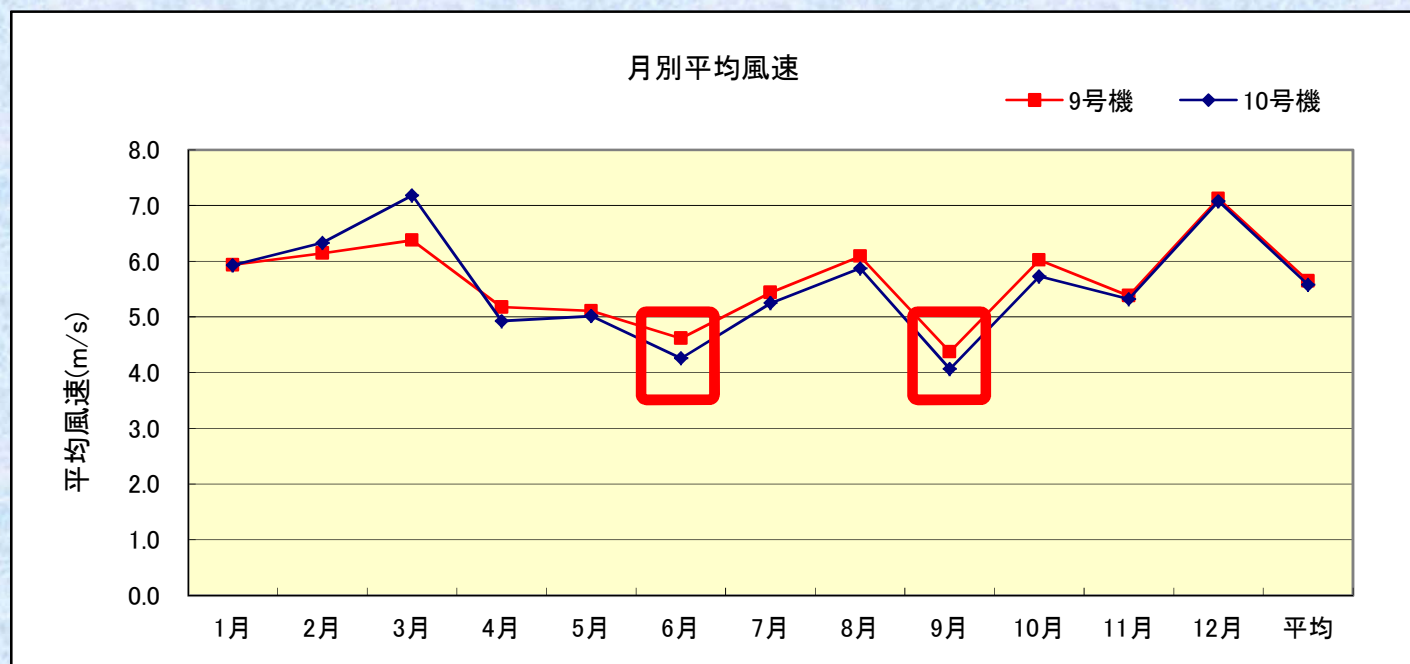
2014年1月～2014年12月(1年間)

風況特性〔2014年1～12月〕①

年間及び月別平均風速

(単位 : m/s)

風車	2014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	
9号機	5.9	6.1	6.4	5.2	5.1	4.6	5.4	6.1	4.4	6.0	5.4	7.1	5.6
10号機	5.9	6.3	7.2	4.9	5.0	4.3	5.2	5.9	4.1	5.7	5.3	7.1	5.6



6月及び9月において、
10号機が9号機と比較して
0.3m/s低い

風況特性〔2014年1～12月〕②

年間風向別平均風速

方位	9号機		10号機	
	平均風速(m/s)	風向出現率(%)	平均風速(m/s)	風向出現率(%)
N	5.9	12.1	6.4	14.5
NNE	6.1	11.6	5.7	7.4
NE	4.9	5.3	4.8	5.6
ENE	5.0	4.7	4.4	4.0
E	6.4	5.4	5.2	5.3
ESE	6.0	5.5	5.1	4.7
SE	6.8	7.3	6.6	8.7
SSE	5.8	4.8	6.2	5.7
S	5.3	6.5	4.9	5.8
SSW	5.6	7.8	5.7	7.1
SW	4.3	3.8	4.4	3.8
WSW	3.4	2.2	3.2	1.9
W	3.5	2.4	3.5	2.6
WNW	3.8	3.1	3.6	3.0
NW	5.8	7.2	6.5	10.3
NNW	6.4	10.3	5.9	9.6
計	5.7	100.0	5.6	100.0

東風において、10号機が9号機と比較して1.2m/s低い

風況特性〔2014年6月〕③

風速の低下が確認された、6月において、東風の出現率はほぼ同等であるが、10号機は9号機より平均風速で1.8m/s低い。

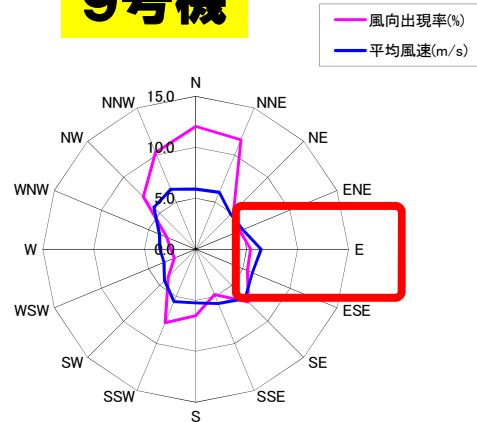
10号機の東風の減速は、弁財天山が影響していると推察される

東風の平均風速

(単位:m/s)

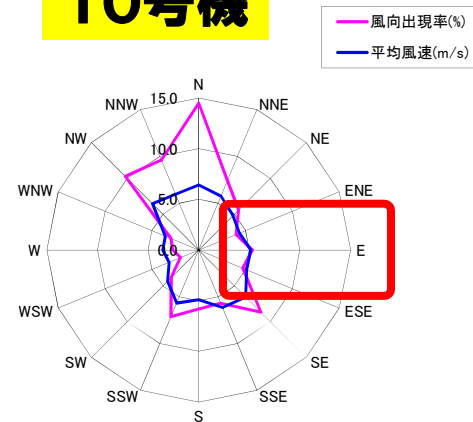
	①9号機	②10号機	②-①
2014年6月	8.1	6.3	-1.8
2014年9月	6.0	4.9	-1.1

9号機



東風の出現率 : 5.4%

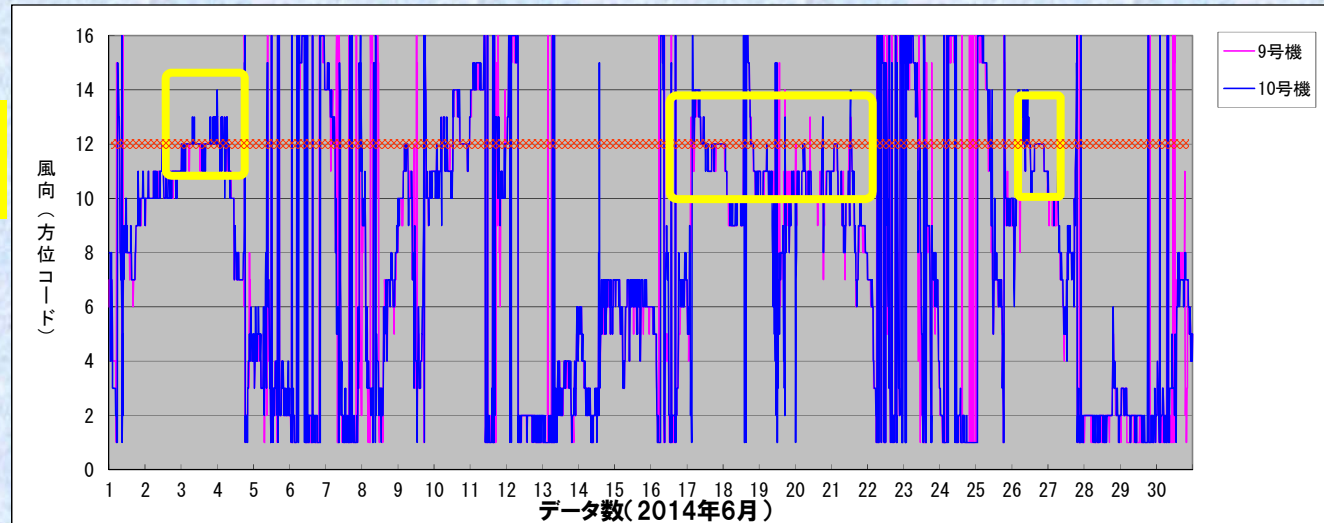
10号機



東風の出現率 : 5.3%

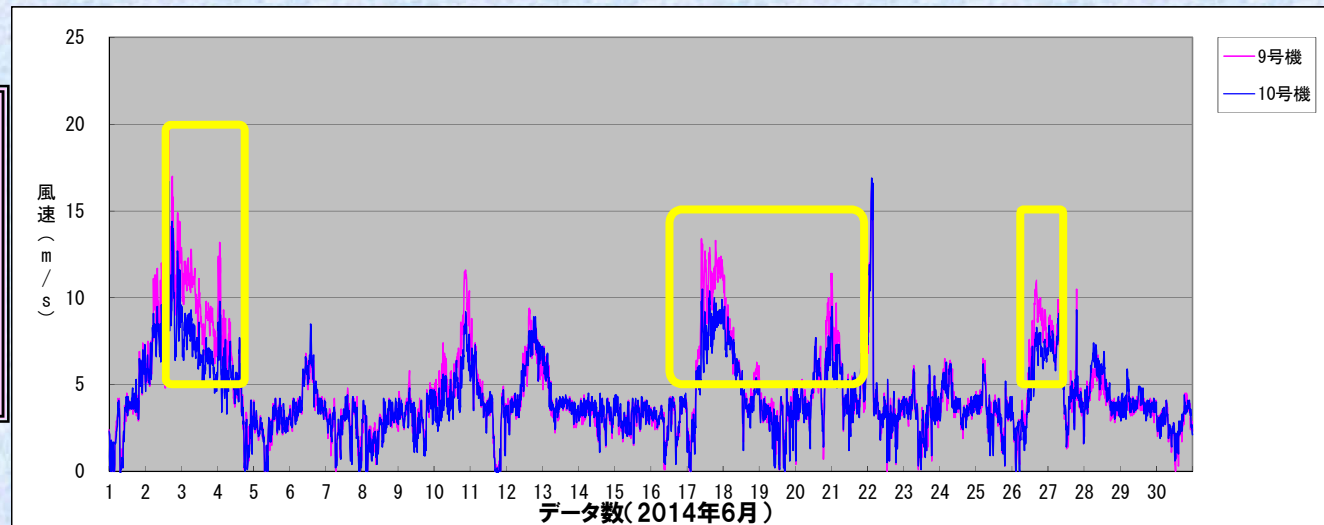
風況特性〔2014年6月〕④

東風→
(方位コード12)



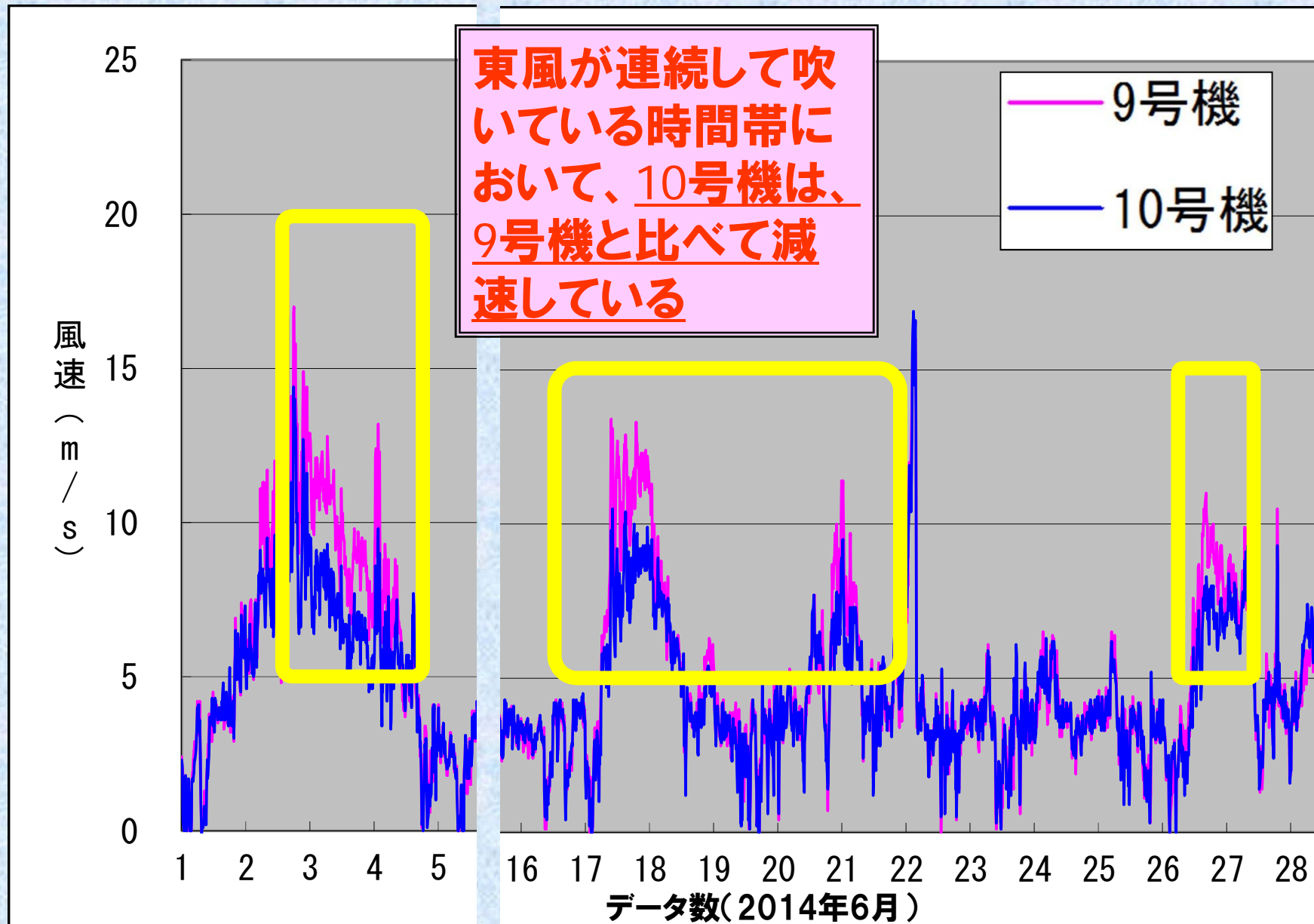
時系列風向データ(10分間値)

東風において、
10号機は、9号機と
比べて減速してい
る



時系列風速データ(10分間値)

風況特性〔2014年6月〕⑤

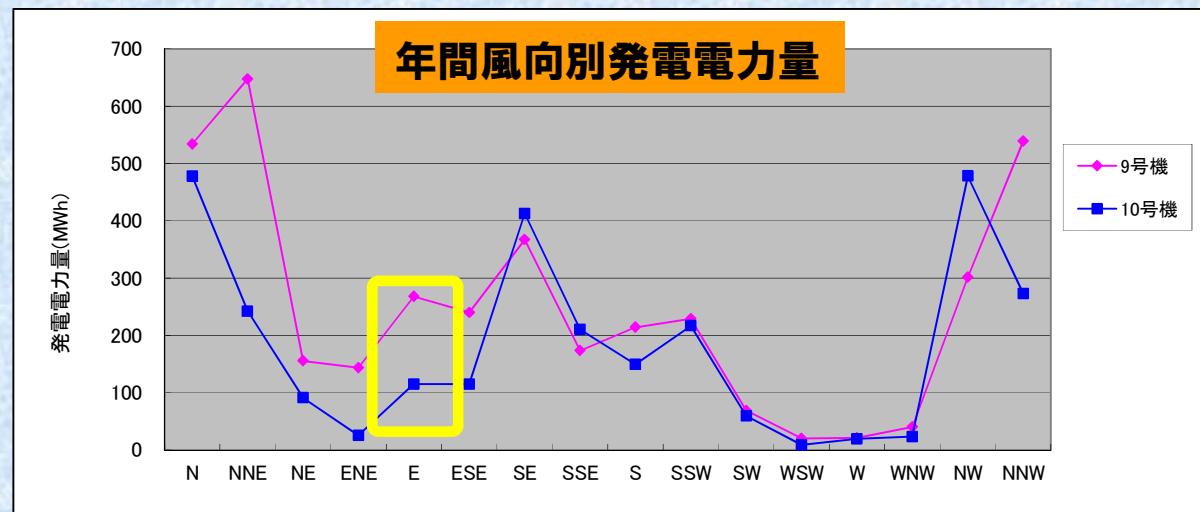
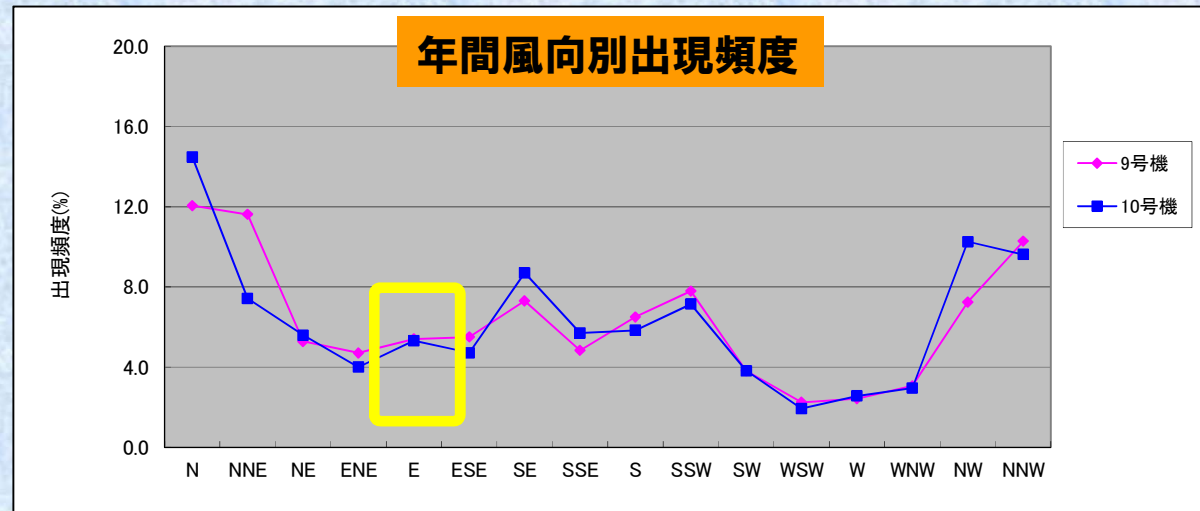


発電電力量特性〔2014年1～12月〕

10号機の東風の発電量の低下は、并財天山が影響している
と推察される

東風風向出現率は、9号機が5.4%、10号機が5.3%で等しい

10号機発電量が、9号機に対して150MWh低下している



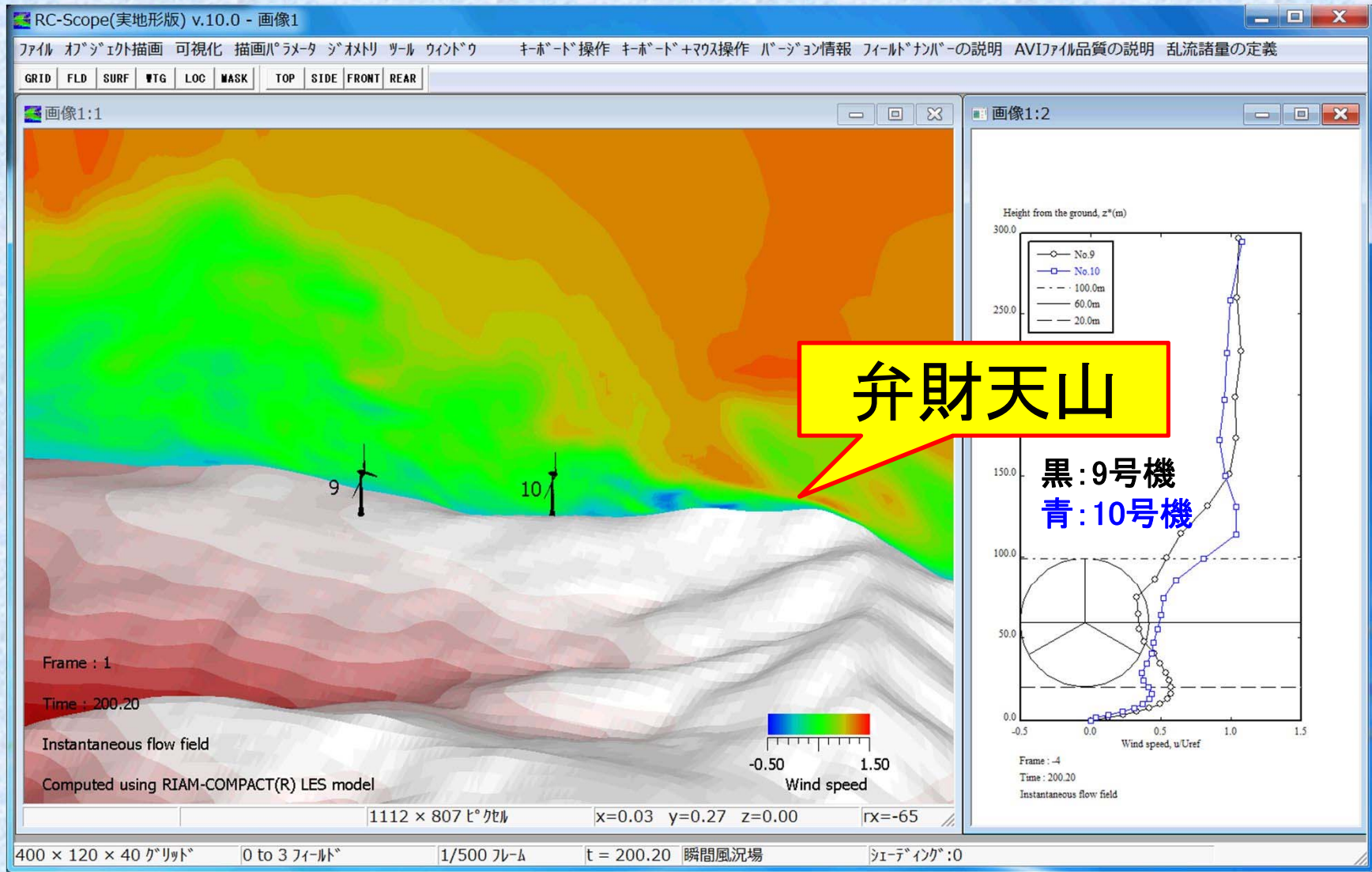
実測データ解析結果まとめ

・ 9号機と10号機の実測データを詳しく比較した結果、10号機が9号機と比較して、**東風の場合の平均風速が低い、及びこれに対応した発電電力量の低下が明確に示された。**

⇒これは10号機東側約300mに位置する弁財天山（標高519m）の影響と推察された。よって、弁財天山の影響を詳細に調査するため、数値風況診断を実施した。

3. 数值風況診断結果

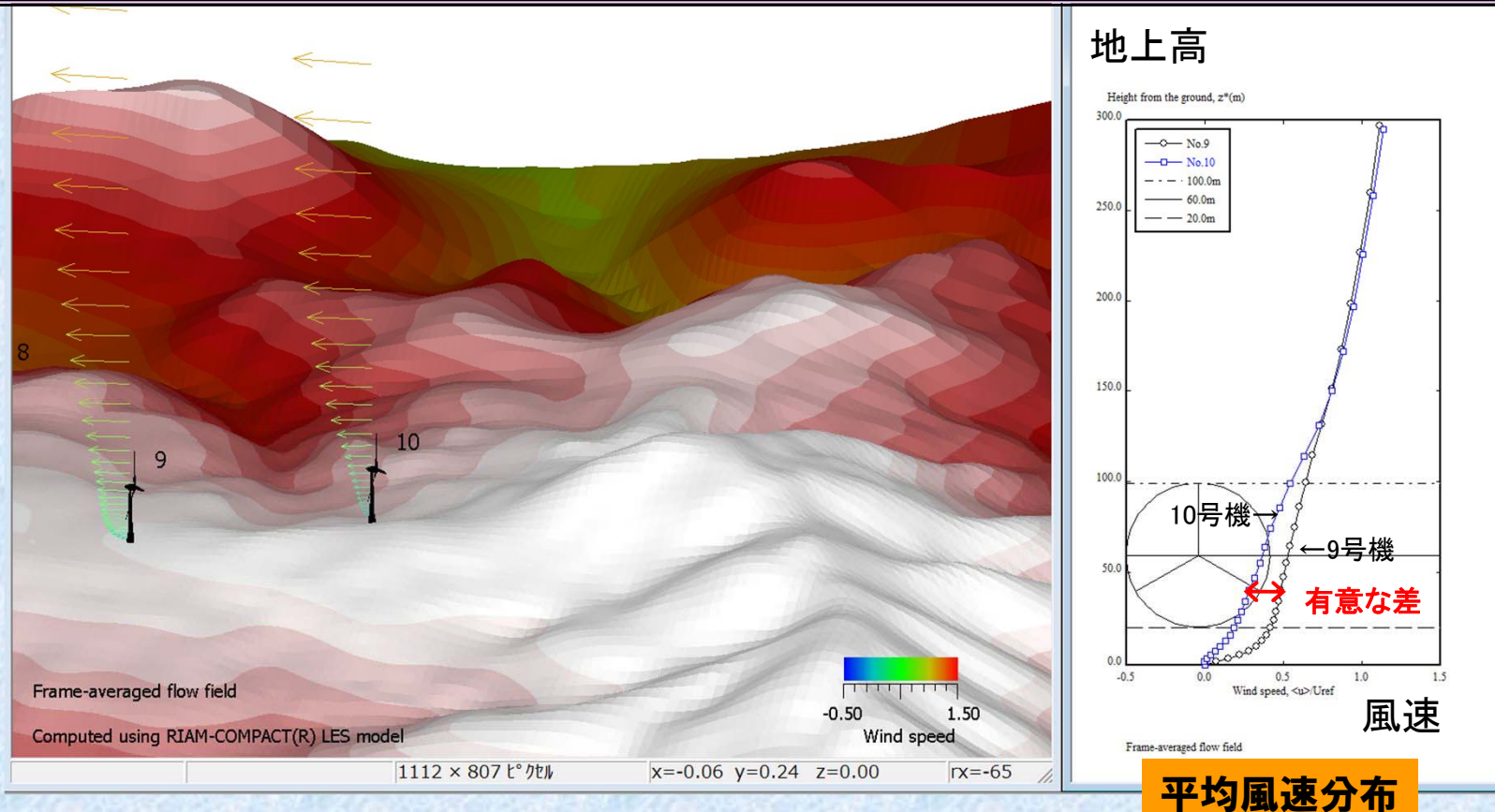
数値計算の結果(東風の場合)



風車立地点における風速分布と10号機を通る風速分布

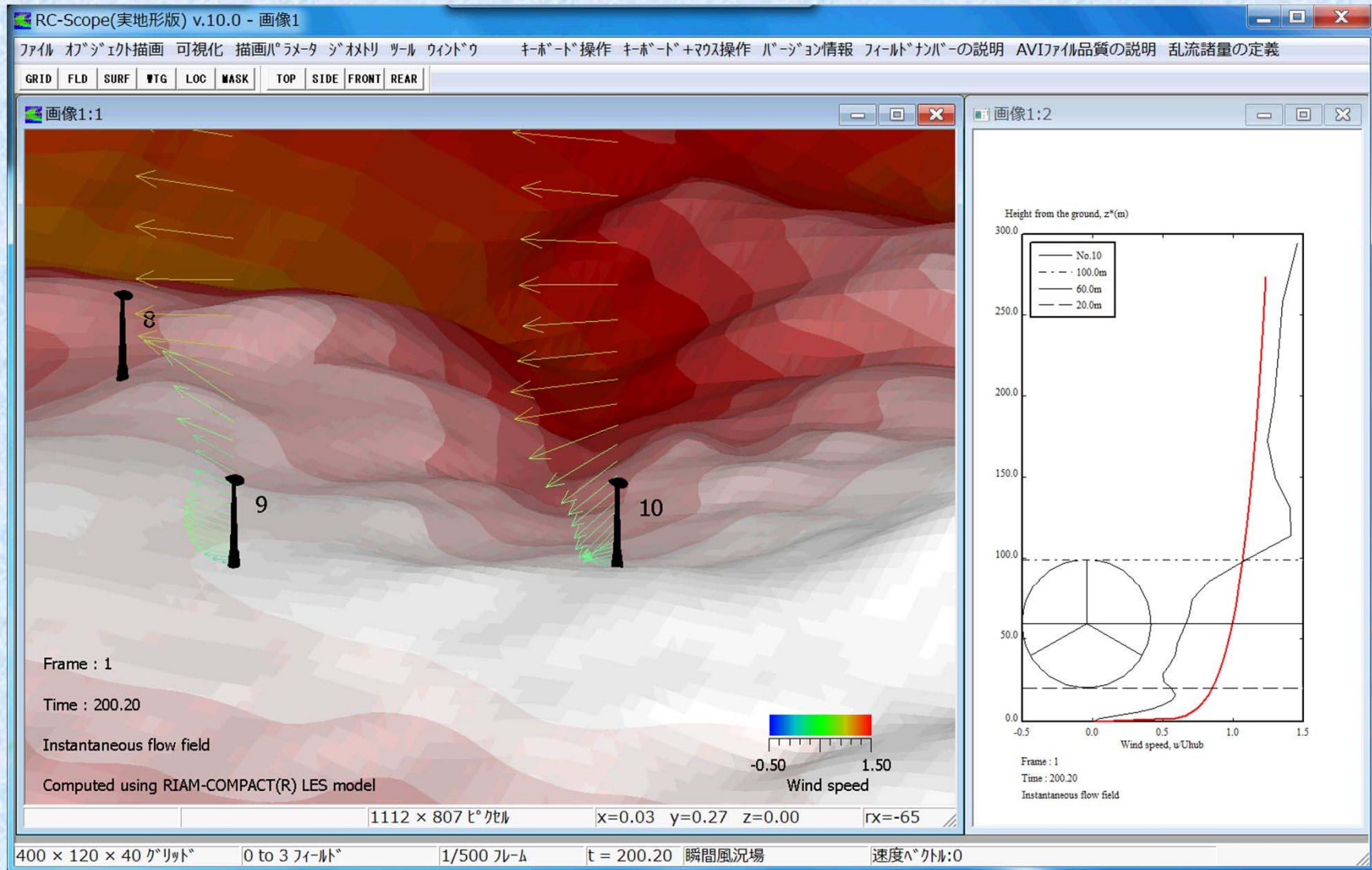
時間平均した結果(東の場合)

時間平均された結果だけを見ると、前ページの動画で確認された、風車故障等に繋がる、非定常な気流の変化を見落としてしまう恐れがある。



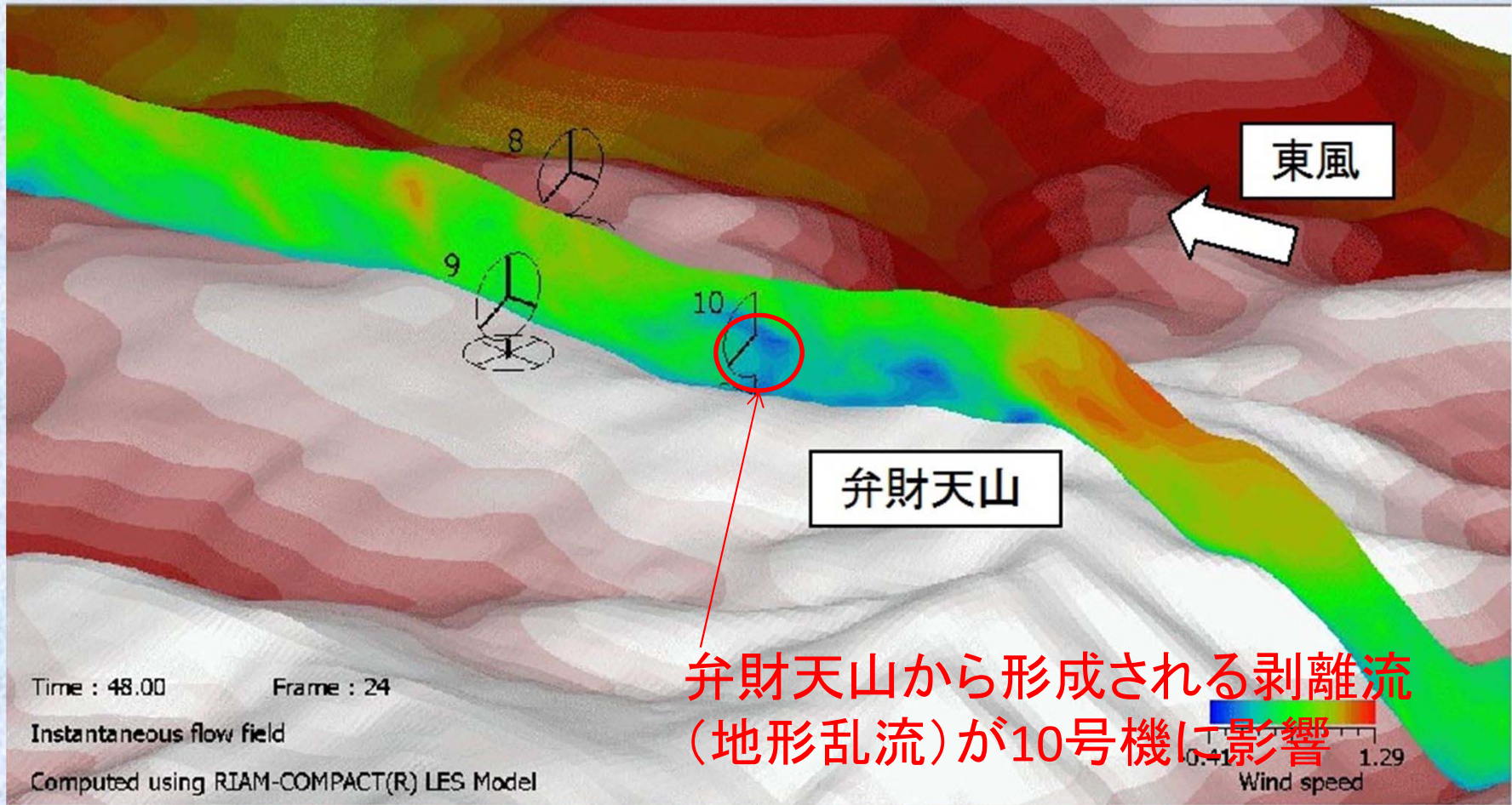
風車立地点における平均風速分布の鉛直分布
(平均化時間は、無次元時間200~300)

10号機風車立地点の日常的な気流の様子



風車立地地点における風速分布と10号機の風速分布履歴

数値風況診断結果と考察①

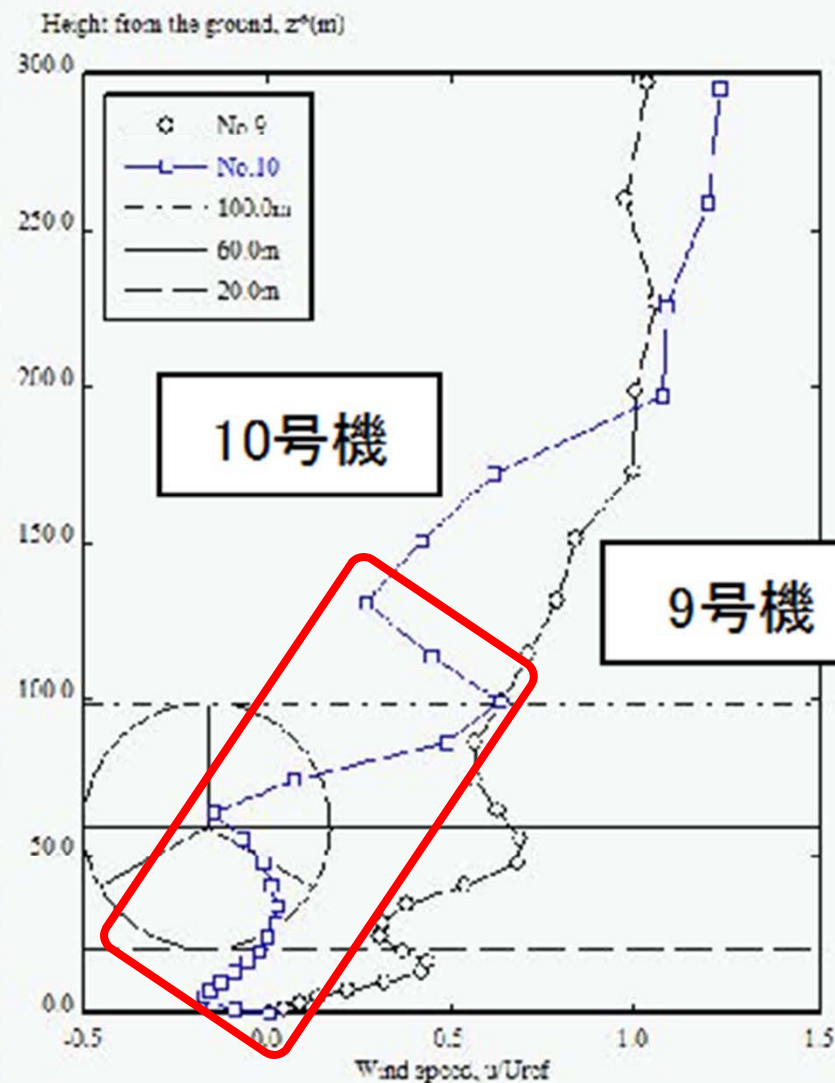


数値診断結果、風向:東、主流方向風速の分布図(赤色ほど風速が大きいことを意味する)と、風車立地点における風速の鉛直分布図

数値風況診断結果と考察②

10号機における風速は9号機と比較して、受風面内で大きく減速している！（風車のブレード上端から下端の間で、過渡的に大きな速度欠損が確認された。）

一般的に、風車のパワーカーブ(カタログ値)は、風車の存在は仮定せずに、平坦地の下で風車ハブ中心へ流入する風速値で規定されている。べき法則から大きく逸脱した速度シアの下では、発電量の大幅な低下が予想される。



瞬間速度鉛直プロファイル

全体の総括

- ・ 9号機と10号機の実測データを詳しく比較した結果、10号機が9号機と比較して東風の場合、平均風速及びこれに対応した発電電力量の低下が示された。
- ・ これを受けて、LES乱流モデルを用いた非定常な数値風況シミュレーションを実施した。
その結果、10号機の東側に位置する弁財天山の影響があることが示唆された。
- ・ 一連の調査結果を考慮して現在、10号機風車については、**予防保全を目的として、東風が発生した場合、風車を停止する制御が導入されている。**

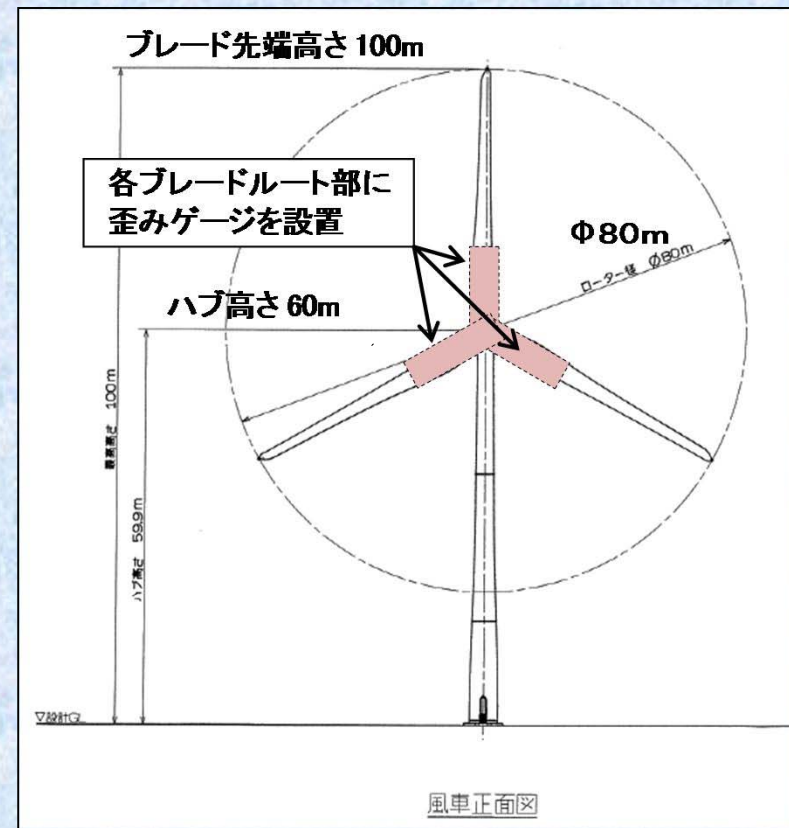
4. 今後の展開と結言

今後の展開

「地形性乱流の風車構造強度に与える影響」を確認するため、共同研究を実施中であり、今後、スパコンを使った風況シミュレーション結果や歪計測データ等に基づく風車構造強度解析を行い、安全に運転する最適風車配置計画のための数値風況指標の定量化を行う予定。

共同研究スケジュール

	2015年			2016年		
	10月	11月	12月	1月	2月	3月
1. 歪み計測	▼センサ設置	▼計測				
2. 解析・まとめ		▼風況シミュレーション、風況データ解析	▼歪データ解析	▼風車構造強度解析	▼数値風況指標定量化	▼まとめ



歪み計測点

結言

・風車の重大事故を未然に防ぎ、適切に維持管理していくためには、風車周辺の風況場のきめ細やかな確認が必要であり、非定常な数値シミュレーションの結果に基づいた考察が不可欠であると考えられます。

・今後の共同研究で、計測したブレード歪データ等を基に地形性乱流の風車構造強度に与える影響を解析するとともに、風車構造強度に影響を与える地形性乱流特性を数値風況面から評価する指標(最適配置基準)を定量化する予定です。